

技術士一次試験
基礎科目問題を極める
(2022年版)

畑 啓之

増補版への序

昨年（2020年）6月に本書の第1版を出版してから、まだ1年半しか経過していませんが、その間に2回の技術士第一次試験が執り行われました。

本書（2022年版）では、2020年版に平成2年度および平成3年度の問題の解答を加えるとともに、補足資料として近年注目を集め、技術士一次試験にも出題頻度の高い地球温暖化問題とカーボンニュートラルに関して、主に最新のエネルギー白書および環境白書より重要と考えられるデータを引用いたしました。さらに、補足資料としてこれだけ知っていれば技術士第一次試験・基礎科目は乗り切れると考えられる、微分・積分の基礎（基本公式）も加えました。

技術士第一次試験の基礎科目では5つの群より合計30題が出題されます。基礎的で重要と考えられる問題については繰り返し出題されていますが、毎年何題かは新奇な問題が出題されます。例えば本年令和3年度1-2-6の計算量と漸近的記法、1-3-6の四分円の重心位置を求める問題などがこれにあたります。あるいは、はるか昔には勉強はしたが、ここしばらくは見ることのなかった分野の問題が出題されることもあります。たとえば昨年令和2年度試験1-3-6で出題されたベルヌーイの定理に関する計算問題などがそれです。

さらにここ数年は気候変動問題、いわゆる地球温暖化問題に強く焦点が当たっています。全世界が関係する問題であり、その解決には多くの知恵と多くの苦しみが伴います。第5群には白書より関連する問題が多く出題されています。新しい知識を常に吸収し続ける必要があるのがこの第5群です。

技術士第一次試験の基礎科目問題も時代に合わせてその出題内容が少しずつ変化しているということです。第1群から第5群まで、非常に幅広い知識と、その知識を応用する能力が技術士には求められているということです。本書では平成16年度から本年令和3年度までの技術士第一次試験・基礎科目の出題をくまなく網羅しています。うまく活用していただければ受験のための実力養成は勿論のこと、技術者としての問題解決能力の向上にも役立つことでしょう。繰り返し学習が新たな気づきを生み、成長を下支えします。

平成16年度から令和元年度再試験までの、基礎科目試験で出題された問題は、次のアドレスに登録しています（日本技術士会のホームページで確認できるのは平成23年度から本年令和3年度の出題です）。

<https://www.alchemist.jp/GijutsushiShiken/Questions.html>

2021年12月 畑 啓之

はじめに

本書は、技術士一次試験に合格することを最大の目的としています。一次試験は基礎科目、適正科目、専門科目の3科目からなり、各科目に科目合格して一次試験に合格したことになります。

この3科目の中では、基礎科目が最大の難関とされています。その大きな理由は科学技術全般、さらには関連する社会状況に及ぶ非常に広い出題範囲にあります。多くの受験者は目の前に広がる広大な受験分野を目の前にして、どこから手を付ければよいか迷うはずで、自身の培ってきた専門分野には精通していても、垣根を一つ越えた分野となると、科学を業としている人であってもその知識は科学を業としない一般の人と大きな違いがない場合も多々あります。

本書では、このような状況に置かれた受験生が、できる限りシステマティックに受験勉強に取り組めるように、過去の出題を精査し、内容の近いものはグルーピングして学習効率を上げるように配慮しました。また、この精査の過程で、多年度にわたり複数回出題されている同じ問題については、いつ、どんな問題が出題されたかのまとめも作成しました。

できる限りわかりやすく、かつ、すべての問題を網羅することを本書作成の方針としましたので、今までに出題されたすべての問題について、その解法のヒントが得られるものと思えます。最初から答に頼るのではなく、問題を実際に自分で解いてみて、それでも不明なところがある場合に本書を活用していただければ、試験合格はもとより科学技術全般についての実力が養われてくるでしょう。

出題された問題には、問題文の短いものから長いものまで、見ただけで答がわかるものから少し考えなければ答が出てこないものまで、いろいろな種類のもものが混在しています。非常に基礎的な知識問題から、非常に高度な応用問題までを一つの試験の中に含んでいるということです。科学技術に身を置くものとしては、他の分野の事項であってもこれくらいの内容は知っていて当然であるとの前提です。ただし、一部の出題では書籍やWeb上でその解法に至るヒントを得て、やっとのことで解答に至ることができます。

本試験を受験する立場から考えると、30問の出題より15問を選んで解答する形式ですので、簡単で自信がある問題を選び、工夫と時間を要する問題を避けるというのが合格するための基本となります。試験時間は僅かに60分で、その間に15問を解答するとすると、1問あたりにかけられる平均時間は4分ということになります。問題文を見た瞬間に、どの問題なら解けてどの問題は解けないかという問題に対する識別能力が求められます。野球でいえば選球眼ということになるのですが、自身の持つバッティング能力と選球眼があって初めてヒットが打てることになります。バッティングの技能を磨いていく過程で選球眼も磨かれていく、というのも確かでしょう。技術士一次試験もまさにこのバッティング

と同様であり、各試験問題に理解を深めていくことにより、簡単に解ける問題とそうではない問題が、その経験の積み重ねでわかってきます。

試験問題30問中の15問に解答し、その内の8問が正解であればこの試験に合格ですので、この問題を選び取る能力さえ身につければ本試験にパスできるということです。30問出題された中の8問、率にして27%正解すれば合格できる、門戸が開かれた試験であるともいえます。合格することだけを目指すのであれば、練習を積みさえすればそんなに難しいことではないでしょう。

ただ私が思うのは、せっかく勉強するからには、出題された難しい問題、何が難しい問題であるかは実際に解いてみて体感していただかなければわからないし、またどの問題が難しくどの問題がそうでないかは、各人が持っているバックグラウンドにも関係するので、やはり実際に解いていただかないとその識別はできないことになります。

せっかくのチャンスですので、この機会に難しい問題も解く努力をする。高校の教科書では、数学でも物理でも化学でも生物でも、その出題された問題の答は必ず教科書の中にあり、その問題の解法のヒント（解答するための考え方）もかならず教科書の中にあります。

一方、技術士一次試験は、先に示した、見てすぐにわかる問題は別にして、技術士の能力の定義が「科学技術に関する技術的専門知識と高等の専門的応用能力」ですから、出題された30問の中に1問や2問はウンウンいって、時間をかけてやっと解ける問題が紛れ込んでいます。このような問題を解かねばならぬことは、実社会においては往々にして起こることですし、このような問題を解決する能力こそ新しい競争力のある技術を生み出し人類に貢献することになります。従って、過去に出題された問題すべてとはいわないまでも、出題された問題の内、すぐに答が得られなかった数問については実際にウンウンと言いながら解いてみることの意義は大きいと思います。このような問題を見つけて解いてみることを期待しています。その問題に向かい合う態度は「受験生にとっては小さな一歩ですが、技術者としては大きな一歩」となることは間違いないでしょう。

さて、技術士一次試験は技術士となるための通過点です。技術士としてのあるべき姿を心に描いて問題に向き合うと、「なぜ」という言葉が常に心に浮かんできます。技術士は科学技術を用いて疑問や問題を解決する、そのような位置づけの資格です。一次試験といえども、この「なぜ」に真摯に向き合って勉学を積むことが将来の糧になることは間違いないでしょう。逃げることなく問題に取り組む。受験生諸氏の健闘を期待しています。

2020年6月 畑 啓之

目 次

	ページ
はじめに	i
全般的な事項	1
本書の位置づけ	
問題番号の表示方法	
第1～5群の記載方法	
正誤選択問題での文書表示法	
付表について	
過去問を勉強する意味	
調査の方法	
基礎科目解答の掲載されたサイト	

第1群 設計・計画

項 目	出 題 数	ページ
1. 信頼度	13	7
2. 信頼性設計	3	13
3. 設備・機械の保全	5	16
4. 信頼性獲得手法	1	19
5. 最適化手法	4	21
6. 計画・設計 最適化の方法	3	25
7. デザイン各種	7	27
8. 設計図面	5	32
9. 品質要求と品質要素	2	34
10. 製造物責任	4	36
11. 標準偏差	5	37
12. 品質管理	2	40
13. 抜取検査	3	43
14. 待ち行列	5	45
15. オペレーションズ・リサーチ	15	47

項 目	出 題 数	ペー ジ
16. 全体順位の決定	2	5 4
17. PERT 法	9	5 8
18. PDCA サイクル	3	6 4
19. 材料の強度	7	6 6
20. せん断力	1	7 0
21. 地震と破壊	3	7 2

第2群 情報・論理

項 目	出 題 数	ペー ジ
1. 2進数、N進数	1 4	7 6
2. 情報の容量	7	8 4
3. 2進数配列のシフト	1	8 8
4. 記憶素子	4	8 9
5. 実行時間	6	9 2
6. 数値計算の誤差	3	9 6
7. 情報保存 RAID	1	9 9
8. 空間距離とハミング距離	2	1 0 0
9. データ検索法	1	1 0 3
10. パリティ	3	1 0 4
11. インターネット	1 1	1 0 6
12. 論理問題	3	1 1 1
13. 集合の論理式	4	1 1 5
14. 集合に含まれる数	6	1 1 8
15. 天気の高率	3	1 2 2
16. 重み付け	3	1 2 3
17. 文字列の表記	1 0	1 2 5
18. 判断基準と決定表	2	1 3 3
19. アルゴリズム	7	1 3 6

第3群 解析

項 目	出 題 数	ペー ジ
簡単な解説		1 4 7
1. ヤング率	1 6	1 5 4
2. 応力集中	2	1 6 3
3. たわみと固有振動数	6	1 6 4
4. ポアソン比	5	1 6 8
5. バネ	5	1 7 1
6. 有限要素法 基本	1 0	1 7 4
7. 有限要素法 面積座標、座標変換	9	1 7 9
8. 有限要素法 要素内内挿	1	1 8 6
9. 有限要素法 補間多項式	1	1 8 8
10. 有限要素法 差分近似式	5	1 8 9
11. 有限要素法 定積分近似式	4	1 9 0
12. 有限要素法 二重積分	2	1 9 3
13. 有限要素法 トラスモデル	1	1 9 5
14. 有限要素法 振動解析	2	1 9 7
15. 偏微分	9	1 9 8
16. ベクトル	3	2 0 1
17. 慣性モーメント	2	2 0 4
18. 逆行列	3	2 0 6
19. 数式に関すること	1 3	2 0 9

第4群 材料・化学・バイオ

項 目	出 題 数	ペー ジ
1. 原子分子の構造と性質	1 1	2 2 5
2. 化学反応	1 4	2 3 5
3. 計算問題	6	2 4 4
4. 中和と pH	5	2 4 9
5. 高分子化合物	1	2 5 2

項 目	出 題 数	ページ
6. 金属の結晶構造	1	2 5 4
7. 金属の性質	1 5	2 5 5
8. 金属の製造	2	2 6 5
9. 電子セラミックス	2	2 6 7
10. 材料と製品	8	2 6 8
11. 放射線と材料	1	2 7 2
12. 遺伝形質	1	2 7 4
13. DNA	5	2 7 5
14. 遺伝子操作等	5	2 7 8
15. 生物を構成する物質	1 1	2 8 1
16. 生体膜	2	2 8 8
17. 代謝	3	2 9 0
18. 時の話題	2	2 9 2

第5群 環境・エネルギー・技術

項 目	出 題 数	ページ
用語集		2 9 4
1. 計算問題	9	3 0 4
2. エネルギー需給	1 0	3 0 8
3. 発電と蓄電	2	3 1 8
4. エネルギー資源	6	3 1 9
5. 再生可能エネルギー	2	3 2 2
6. 資源リサイクル	7	3 2 4
7. 廃棄物	1	3 2 9
8. 環境汚染	4	3 3 0
9. 環境問題	1	3 3 3
10. 環境保全活動	1 1	3 3 4
11. 地球温暖化	8	3 4 2
12. 生物の多様性	2	3 4 8

項 目	出 題 数	ペー ジ
13. 知的財産	5	3 4 9
14. 技術者倫理	2	3 5 4
15. 科学技術コミュニケーション	4	3 5 5
16. 人類と技術	6	3 5 9
17. 科学技術史	1 0	3 6 3

付表

表 1 出題された問題の正答番号	3 7 0
表 2 出題された問題の掲載位置 (索引)	3 7 1
表 3 過去に複数回出題された問題一覧 表および該当する問題の掲載位置	3 7 2
表 4 出題問題中の難度の高い問題一覧 (参考) 該当する問題の掲載位置	3 7 8
表 5 穴埋め問題一覧 該当する問題の掲載位置	3 7 9
表 6 一次試験の受験者数と合格率	3 8 0

令和 2 年度技術士第一次試験 基礎科目問題 解答 3 8 1

令和 3 年度技術士第一次試験 基礎科目問題 解答 4 2 3

(補足資料)

地球温暖化問題とカーボンニュートラル
エネルギー白書と環境白書を中心に 4 5 7

微分・積分の基礎 4 7 4

全般的な事項

本書の位置づけ

本書は問題の解答あるいはその解き方、考え方に関するものです。本書に記している以外の出題された問題は日本技術士会のホームページより入手することになります。

問題番号の記載方法

H16-1-1-3 は平成16年度出題の I-1-3 を示しています。R01 再は令和1年度の再試験であることを示しています。関連する問題の所在を示すときには、H28-1-1-5（第1群15項）のように表示しています。

第1～5群の記載方法

出題問題のカテゴリ分けを行い、代表的な問題についてその解法を示しています。まとめ方については、たとえば第1群の第1項としてまとめた信頼度では次のようになっています。同じ問題または似た問題を集めて Case という入れ物に入れていきます。

第1群 1. 信頼度

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	2		1		1	1	1	
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1	1	5			1	4	2 3	1

Case 1 H16-1-1-3, H19-1-1-1, H23-1-1-1
H24-1-1-1, H26-1-1-4, H27-1-1-1
H28-1-1-1, H30-1-1-1

Case 3 H17-1-1-6

Case 4 H18-1-1-1

Case 5 H22-1-1-3

Case 2 H17-1-1-1, R01 再-1-1-3

第1群の第1項での表示例

Case 1 直列システムと並列システム、Case 2 F T A (Fault Tree Analysis)、Case 3 故障確率、Case 4 m/n 冗長系、Case 5 時間と共に信頼度が変化する場合、です。

Case 1 と Case 2 については複数の問題が収められています。この中には全く同一の問題も含まれます。たとえば Case 1 では、H16-1-1-3 と H26-1-1-4、H19-1-1-1 と H24-1-1-1 が同じ問題です。

Case 2 は F T A の問題で、問題文中に示されている図も両問題でほぼ同じなのですが、全く同一ではないということで同じ問題には分類していません。このことは Case 1 についてもいえ、出題のされ方とその解き方に注目すれば Case 1 に分類している 8 問題はすべて同一の問題となります。

この Case 1 の関連として、付表の「表3 過去に複数回出題された問題一覧」では基本的には同じ文面の問題を同一の問題として扱っています。Case 1 のように問題どうしは非常に似てはいるのですが同じ問題としては分類していない問題も、同じ問題として拾い出すと、この組み合わせの数はかなり多くなってきます。

選択肢①~⑤より正誤を選択する問題

①~⑤の中の一つが正しいか、あるいは一つが間違っているのがそれが何番の設問であるかを選択する問題です。この形式の問題は多く出題されています。

このタイプの問題については、本書では間違い部分を正しい形に修正して示しています。例えば、第1群の2. 信頼性の Case 1、H16-1-5-7 は①~⑤の中の最も適切なものを選べという問題です。適切なものが1つ、残る4つは間違いとなります。本書では、間違っているものは、出題の文章を適切なものとなるように修正して記しています。

出題の文章と見比べながら、どこがどのように適切でなかったかを比較・確認していただければ学習効果が上がります。本書ではここが適切とか不適切のマークはあえて付していません。読みながらマークを入れていくことも記憶定着につながるものと考えています。

第1群 2. 信頼性設計

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case								
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
		3	2					1

Case 1 H16-1-5-7

Case 2 H21-1-1-4

Case 3 H22-1-5-4

Case 1 信頼性・安全性解析手法

H16-1-5-7 正答 ④

第1群の説明をしていますが、H16-1-5-7は第5群で出題された問題です。少ないながらもこのように、別の群に入り込んでいる問題がありますので、本書ではそれらを適切にあるべき場所へとまとめ直しています。

①～③、⑤を適切な文章に修正しています。

- ① H A Z O P (hazard and operability study)は、化学プロセスのようにフローシートで表されるものについて、操業条件の変化を定められた手引語に従って調べ、それぞれの変化の原因と結果、とるべき対策を表にまとめて検討する手法である。
- ② E T A (event tree analysis)は、ある引金事象がどのような結果を引き起こし得るかを樹木の枝分かれ式に追求し、分析する帰納的解析手法である。
- ③ F T A (fault tree analysis)は、解析対象となるシステムに起こってはならない事故などを頂上事象として設定し、その事象を出現させる原因を機器・部品レベルまで次々に掘り下げ、洗い出していく演繹的解析手法である。
- ④ F M E A (failure mode and effects analysis)は、評価対象の機器、システムを構成する部位に着目し、あらかじめ想定した故障モードを選択することにより、潜在危険を洗い出す、網羅性を有し、構造化された手法である。
- ⑤ 特性要因図(characteristic diagram)は、問題とする特性(問題点、事故など)とそれに影響していると思われる要因(原因)との関連を整理して、魚の骨のような図に体系的にまとめたものである。

付表について

表1 出題された問題の正答番号

日本技術士会のホームページに発表されている正答番号をまとめたものです。

表2 出題された問題の掲載位置（索引）

各問題番号およびその解答例を示した群－項番号を示しました。

表3 過去に複数回出題された問題一覧

複数回出題された同じ文面の問題について、その問題が出題された回数とその試験実施年を記しています。さらに、表中で取り上げた問題番号を図にプロットし、同じ問題が出題される頻度の確認ができるようにしています。

表4 出題問題中の難度の高い問題一覧

基礎科目の問題には易しいものから難しいものまで、種々の問題が混在しています。この中より、難しいと判断されるものを選び図中にプロットしています。ただし、専門分野やキャリアにより難易度は人ごとに違いますので、あくまでも参考です。特に、第5群の問題については知識に関する部分が大きな要素を占めていますので、他の群と比較して問題に難易度をつけることは難しいです。

表5 穴埋め問題一覧

基礎問題では多くの穴埋め問題があります。この問題は、穴の部分に正答より言葉を入れ、できた文章を数回読むことにより、短時間で理解が深まります。理解しながら読み込むことにより、貴重な得点源となるものと考えます。

表6 一次試験の受験者数と合格率

参考までに、日本技術士会のホームページに記載されているデータをまとめました。

令和1年度および令和1年度再試験は異常事態下での試験でしたので参考にはなりません。例年は、受験者数／申込み者数は約8割、合格者数／受験者数は約5割です。

過去問を勉強する意味

付表3に示した過去に複数回出題されている問題より、その問題が何年前に出題されたものであるかを求め、その結果を下表にまとめています。令和元年度の試験とその再試験は共に令和1年度に行われたとしました。

表をまとめるときのルールです。令和元年度に出題された問題で、過去に出題されたものがあり、たとえばそれが前の年の平成30年度の試験で出題されたものであれば、カッコ内の数字を1、またたとえば平成21年度に出題されたものであれば、10年前の出題となりますので括弧内の数字を10としています。平成30年度、および平成29年度の問題についても同様の確認を行い次の表を得ました。

同じ問題が出題される頻度

	令和1年度再	令和1年度	平成30年度	平成29年度
第1群	2 (5, 13)	1 (2)	1 (3)	2 (3, 6)
第2群	3 (2, 4, 6)	2 (5, 10)	3 (1, 2, 5)	2 (4, 8)
第3群	2 (5, 8)	3 (7, 11, 14)	2 (2, 15)	1 (5)
第4群	3 (2, 2, 3)	2 (4, 10)	2 (7, 7)	3 (4, 5, 11)
第5群	3 (6, 6, 7)	1 (2)	3 (4, 4, 5)	1 (6)
合計	13	9	11	9

※ 2 (5, 13) は令和元年度再試験において、第1群の出題6問中の2問が過去に出題されたことがあり、そのひとつが5年前の試験で、そしてもうひとつが13年前の試験で出題されたことを示しています。

技術士一次試験基礎科目は5群より各6問、計30問出題されます。そして、各群より3問ずつを選択し、合計で15問の解答をします。そして、正解の問題数が8以上であれば基礎科目は合格となります。

上の表からは過去問をしっかりと勉強すると、確認した平成29年度から令和1年度再試験まで、いずれの試験においても合格圏に入ることがわかります。過去問の勉強範囲を5年以内とすると、表の合計は、令和元年度再試験が8、令和元年度試験が4、平成30年度試験が8、そして平成29年度試験が6となり、これだけでは合格圏内への到達は難しいことがわかります。

結論としては、過去問もしっかりと勉強し、さらに得点源となる比較的容易に解ける問題もたくさんありますので、それらの問題を取りこぼさないように勉強していくことが必要となります。どの群で、そしてその群の中のどの分野の問題で何問正解できるかの皮算用が必要となってきます。

調査の方法

問題を解くにあたって、疑問点が出てきたときには書籍や Web で調査することになります。

書籍での調査

図書館が利用できればそれに越したことはありませんが、その環境が整っていない場合には書籍を購入して勉強することになります。このとき、あまりにも難しい書籍を購入すると宝の持ち腐れになります。また、多くの書籍を買い込みますと、結局はそのボリュームの多さに振り回されることになります。まずは、知りたい事柄が書いてある、入門書に近い書籍がおすすめだと思うのですが、世の中、そんなに都合の良い本は少ないようです。

Webでの調査

Google での調査が有効だと思います。調査にノウハウがあります。

A と B という単語や言葉の両方が含まれる記事を探したいならば「A B」です。

A - B という単語や言葉のつながりを検索したいならば「"A - B"」です。

このつながった文字列がタイトル中に欲しい場合は `intitle:"A - B"` です。

A を含み B を含まない記事が欲しいのであれば「A - B」です。

これ以外にもルールがありますので、各自 Web にて確認してください。

技術論文など

J - S T A G E というサイトがあります。技術系の論文の調査を行うのに有用です。

その他、コンピュータを用いると、多くの情報を得ることができます。技術者はコンピュータをうまく使いこなして情報を得られることも、その能力の一部となってきました。日本語サイトだけでなく、英語サイトも有用です。日本語を母国語とする人口よりも英語を母国語とする人口の方が圧倒的に多く、そのため記事の数やその内容の充実度が異なる場合が多々あります。

基礎科目の解答や解法に関するサイト

Web 上に情報を探索していくと、基礎科目の解答や解法に関するサイトが多くあります。私のホームページ (alchemist.jp) にも全問題の解答を記しています。従って、Web 上に豊富に情報が満ち溢れる現在においては、基本的には技術士一次試験の勉強を、特に本書に頼る必要はないことになります。

第1群 設計・計画

1. 信頼度

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	2		1		1	1	1	
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1	1	5			1	4	2 3	1

Case 1 H16-1-1-3, H19-1-1-1, H23-1-1-1
H24-1-1-1, H26-1-1-4, H27-1-1-1
H28-1-1-1, H30-1-1-1

Case 3 H17-1-1-6

Case 4 H18-1-1-1

Case 5 H22-1-1-3

Case 2 H17-1-1-1, R01再-1-1-3

Case 1 直列システムと並列システム

システムが永遠に故障もなく働き続けることは理想ですが、機械である限りいずれは故障して本来の機能を発揮しなくなります。たとえば初期のコンピュータであるエニアックでは468本の真空管が用いられていましたが、毎日数本の真空管が壊れるたびに約30分、修理に時間を費やしたそうです。

問題の考え方について解説します。いま基本部品AとBがあり、それぞれの部品が1000時間のあいだ連続して正常に働く確率をそれぞれaおよびbとします（aとbは共に0から1の間の値で、信頼度という）。この部品AとBを直列にして用いたシステム、および並列にして用いたシステムが1000時間の間、正常に働き続ける（故障しない）確率を求めるのが本問です。

直列につないだシステムでは、どちらか一方でも故障するとこのシステムは働かなくなります。部品Aと部品Bが共にこの1000時間の間に故障しなければ、この直列のシステムは働き続けることとなります。本直列システムが1000時間の間、問題なく働き続ける確率は

$$\text{所定の時間正常に働き続ける確率} = a \times b$$

となります。

並列につないだシステムでは、部品Aまたは部品Bの片方が故障したとしても、もう片方が壊れずに働いていれば、この並列系は正常に機能を続けることができます。この並列系が働かなくなるのは、部品Aおよび部品Bが共に故障したときです。この共に故障する確率は、

$$\text{所定の時間内に共に故障する確率} = (1 - a) \times (1 - b)$$

A、B共に正常に働いていない確率の掛け合わせとなります。

$$\text{正常に働いている確率} + \text{正常に働いていない確率} = 1$$

ですから、本並列システムが1000時間の間、問題なく働き続ける確率は

$$\text{所定の時間正常に働き続ける確率} = 1 - (1 - a) \times (1 - b)$$

となります。

H30-1-1-1の出題図（代表例として）

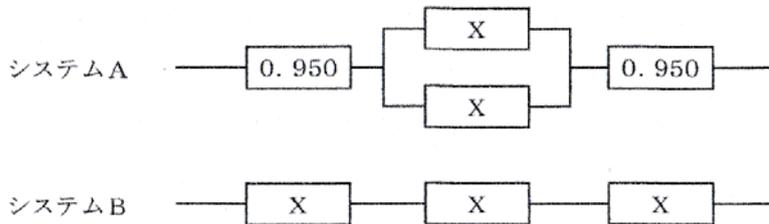


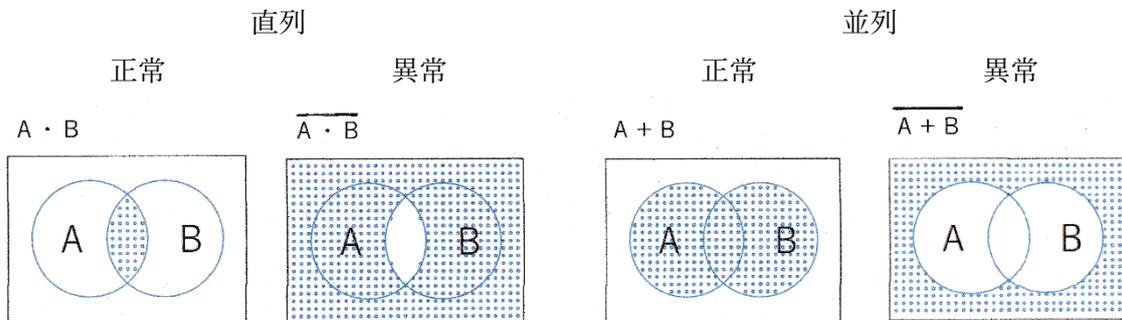
図 システム構成図と各要素の信頼度

要点を整理すると、

直列システムが正常に働き続けるためにはその部品AとBが共に故障しないこと。

並列システムが正常に働かなくなるのは部品Aと部品Bが共に故障する場合。従って、正常に働き続ける確率は、1から両部品AとBが共に正常に働かなくなる確率を引くこと。

これをベン図で表せば次のようになります。A、Bは共に図の円内であれば正常に働き、円外であれば故障しています。黒斜線がそれぞれの相当する部分です。記号の上に付いているバーは否定を表しています。



H23-1-1-1 正答 ②

I-1-1 東京-名古屋間に信頼度が0.8の回線があり、名古屋-大阪間に信頼度が0.6の回線がある。最近、東京-大阪間の通信業務が増加してきたことから、同区間の信頼性を高めるために、既存回線に加えて東京-大阪間を直結する新たな回線を設けることにした。東京-大阪間の回線の信頼度を0.8にするために、この新たな回線の信頼度として最も近い値はどれか。

- ① 0.52 ② 0.62 ③ 0.72 ④ 0.82 ⑤ 0.92

問題文からこの図が書ければ、答は簡単に得られます。



直列部分 $0.6 \times 0.8 = 0.48$

並列追加 $1 - (1 - x) \times (1 - 0.48) = 0.8$

$x = 0.62$ と求まります。

Case 2 FTA (Fault Tree Analysis)

問題の考え方について解説します。Case 1とは違った問題に見えますが、本質は同じです。

Case 1と同じく、部品Aの信頼度をa、部品Bの信頼度をbとすると、AND記号はCase 1の直列と同じく、AND記号の位置でシステムが正常に働いている確率は $a \times b$ であり、OR記号はCase 1の並列と同じく、OR記号の位置でシステムが正常に働いている確率は $1 - (1 - a) \times (1 - b)$ です。このことさえ理解していればこの問題は容易に解けます。

ANDは $a \times b$ 、ORは $1 - (1 - a) \times (1 - b)$ です。

R01 再-1-1-3 正答 ①

I-1-3 下図は、システム信頼性解析の一つであるFTA (Fault Tree Analysis) 図である。図で、記号aはAND機能を表し、その下流(下側)の事象が同時に生じた場合に上流(上側)の事象が発現することを意味し、記号bはOR機能を表し、下流の事象のいずれかが生じた場合に上流の事象が発現することを意味する。事象Aが発現する確率に最も近い値はどれか。図中の最下段の枠内の数値は、最も下流で生じる事象の発現確率を表す。なお、記号の下流側の事象の発生はそれぞれ独立事象とする。

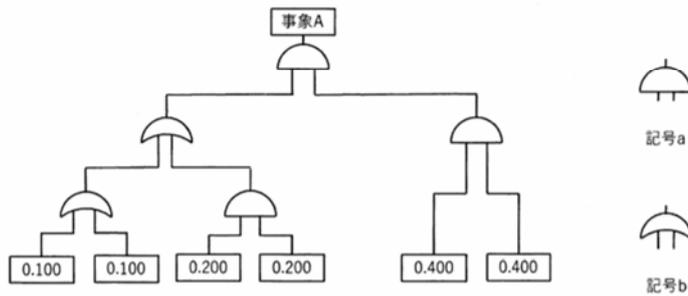
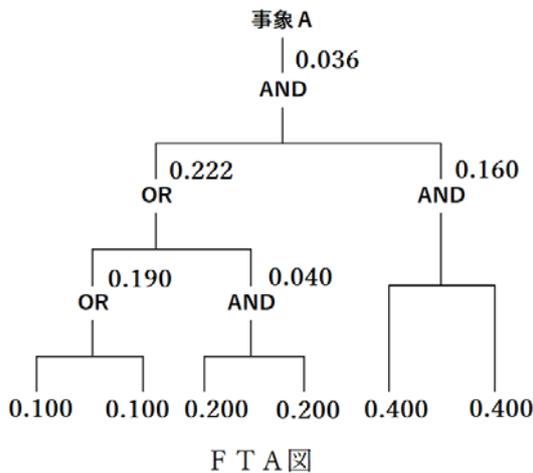


図 FTA図

- ① 0.036 ② 0.038 ③ 0.233 ④ 0.641 ⑤ 0.804

計算過程と計算結果を示します。事象Aの生起確率が0.036となります。

$$\begin{aligned}
 1 - (1 - 0.100)(1 - 0.100) &= 0.190 \\
 0.200 \times 0.200 &= 0.040 \\
 1 - (1 - 0.190)(1 - 0.040) &= 0.222 \\
 0.400 \times 0.400 &= 0.160 \\
 0.222 \times 0.160 &= 0.036
 \end{aligned}$$



Case 3 故障確率

H17-1-1-6 正答 ②

I-1-6 単位期間中の故障発生確率が1%であるように調整されたシステムがある。
このシステムを100単位期間稼働させたとき、この期間内に故障がまったく発生しない確率は次のうちどれに最も近い。ただし個々の単位期間における故障の発生は、それぞれ独立事象とする。

- ① ほぼ0 ② 約1/3 ③ 約1/2 ④ 約2/3 ⑤ ほぼ1

この問題を解くにはイメージーションが大切です。最初に10000個の電球が灯っています。単位時間後に灯っている電球の数は9900個(10000個×99%)です。故障発生確率が1%ですから、正常に働いている確率は99%です。さらに次の単位時間が経過したときには、点灯している電球は9801個(9900個×99%)となっています。従って、100単位期間後に点灯し続けている電球の数は、 10000×0.99^{100} で求めることができます。この問題の要点は、 0.99^{100} が間違いなく計算できるかです。たとえばこのように計算することになります。 $5 \times 5 \times 4 = 100$ です。

$$(((0.99)^5)^5)^4 \doteq ((0.95)^5)^4 \doteq (0.77)^4 \doteq 0.35$$

Case 4 m/n冗長系

H18-1-1-1 正答 ③

I-1-1 n個の同じ機能の構成要素中m個以上が正常に動作している場合、系が正常に動作するように構成されているものをm/n冗長系という。各構成要素の信頼度が0.8である2/3冗長系の信頼度を求め、次の数値の中から最も近いものを選び。

- ① 0.51 ② 0.64 ③ 0.90 ④ 0.96 ⑤ 0.99

m/n冗長系で、構成要素nは3個、このうちmが2個、すなわち構成要素の内の2個以上が正常であればこの系は全体として正常に作動します。この正常に作動する場合の数およびその確率は、各構成要素の信頼度を0.8とすると以下のようになります。

一見難しそうな問題には見えますが、言っていることの内容が理解できると答は簡単に得られます。

A	B	C	正常に稼働する確率
○	○	○	$0.8 \times 0.8 \times 0.8 = 0.512$
○	○	×	$0.8 \times 0.8 \times 0.2 = 0.128$

$$\begin{array}{rcl}
 \bigcirc \times \bigcirc & 0.8 \times 0.2 \times 0.8 & = 0.128 \\
 \times \bigcirc \bigcirc & 0.2 \times 0.8 \times 0.8 & = 0.128 \\
 & \text{合計} & 0.896
 \end{array}$$

素早く計算するには、 $0.8^2 \times (0.8 + 3 \times 0.2) = 0.896$

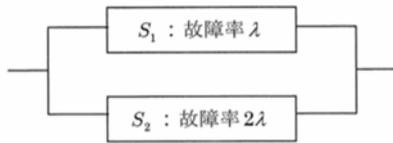
Case 5 時間と共に信頼度が変化する場合

H22-1-1-3 正答 ②

I-1-3 ある系 S_1 の故障率 λ は時間に依存せず一定とする。このとき、この系 S_1 の時

刻 t での信頼度 $R(t)$ は $R(t) = e^{-\lambda t}$ と表され、平均故障寿命は $\int_0^{\infty} R(t) dt = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda}$ となる。

この系の平均故障寿命を長くするために、 S_1 と同じ機能を有し、故障率が 2λ で時間に依存しない系 S_2 を用いて下図に示す並列冗長系を構築した。下図に示す並列冗長系の平均故障寿命は、もとの系 S_1 の平均故障寿命の何倍になるか、①～⑤の中から最も近いものを選び。



- ① 1.00倍 ② 1.17倍 ③ 1.25倍 ④ 1.50倍 ⑤ 2.00倍

時間と共に信頼度が変化するというのが、この問題のポイントです。 S_1 の信頼度は問題文中に $\exp(-\lambda t)$ と与えられています。 t はある任意の経過時間を示しています。同じように考えると S_2 の信頼度は $\exp(-2\lambda t)$ です。そして、システムは S_1 と S_2 が並列に並んでいますので、この系の信頼度は、

$$1 - (1 - \exp(-\lambda t)) \times (1 - \exp(-2\lambda t))$$

となります。この信頼度を時間0から時間無限大まで積分すると下の計算により $7/(6\lambda)$ となります。

S_1 だけの場合の平均寿命が $1/\lambda$ 、 S_1 に S_2 を並列に配置したときの平均寿命が $7/(6\lambda)$ となりますので、並列とすることにより寿命は $7/6$ 倍、1.17倍となりました。

$$\begin{aligned}
 & \int (1 - (1 - \exp(-\lambda t)) (1 - \exp(-2\lambda t))) dt \\
 & = \int (\exp(-\lambda t) + \exp(-2\lambda t) - \exp(-3\lambda t)) dt
 \end{aligned}$$

$$= 1/\lambda + 1/(2\lambda) - 1/(3\lambda)$$

$$= 7/(6\lambda)$$

(参考)

$$\int \exp(-ax) dx = -1/a \times \exp(-ax) + C$$

2. 信頼性設計

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case								
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
		3	2					1

Case 1 H16-1-5-7

Case 2 H21-1-1-4

Case 3 H22-1-5-4

Case 1 信頼性・安全性解析手法

H16-1-5-7 正答 ④

I-5-7 信頼性・安全性解析手法に関する次の記述のうち、最も適切なものを選べ。

- ① 特性要因図 (characteristic diagram) は、化学プロセスのようにフローシートで表されるものについて、操業条件の変化を定められた手引語に従って調べ、それぞれの変化の原因と結果、とるべき対策を表にまとめて検討する手法である。
- ② FTA (fault tree analysis) は、ある引金事象がどのような結果を引き起こし得るかを樹木の枝分かれ式に追求し、分析する帰納的解析手法である。
- ③ ETA (event tree analysis) は、解析対象となるシステムに起こってはならない事故などを頂上事象として設定し、その事象を出現させる原因を機器・部品レベルまで次々に掘り下げ、洗い出していく演繹的解析手法である。
- ④ FMEA (failure mode and effects analysis) は、評価対象の機器、システムを構成する部位に着目し、あらかじめ想定した故障モードを選択することにより、潜在危険を洗い出す、網羅性を有し、構造化された手法である。
- ⑤ HAZOP (hazard and operability study) は、問題とする特性 (問題点、事故など) とそれに影響していると思われる要因 (原因) との関連を整理して、魚の骨のような図に体系的にまとめたものである。

HAZOPと特性要因図、ETAとFTAの記述が入れ替わっていましたので、本来あるべき姿に戻して記載しました。出題された文章と、この書き替えた文章を比較することにより、正しい定義の確認と、その記憶の定着に役立ててください。

- ① HAZOP (hazard and operability study)は、化学プロセスのようにフローシートで表されるものについて、操業条件の変化を定められた手引語に従って調べ、それぞれの変化の原因と結果、とるべき対策を表にまとめて検討する手法である。
- ② ETA (event tree analysis)は、ある引金事象がどのような結果を引き起こし得るかを樹木の枝分かれ式に追求し、分析する帰納的解析手法である。
- ③ FTA (fault tree analysis)は、解析対象となるシステムに起こってはならない事故などを頂上事象として設定し、その事象を出現させる原因を機器・部品レベルまで次々に掘り下げ、洗い出していく演繹的解析手法である。
- ④ FMEA (failure mode and effects analysis)は、評価対象の機器、システムを構成する部位に着目し、あらかじめ想定した故障モードを選択することにより、潜在危険を洗い出す、網羅性を有し、構造化された手法である。
- ⑤ 特性要因図(characteristic diagram)は、問題とする特性(問題点、事故など)とそれに影響していると思われる要因(原因)との関連を整理して、魚の骨のような図に体系的にまとめたものである。

Case 2 信頼性設計に関する用語とその意味

H21-1-1-4 正答 ③

I-1-4 信頼性設計に関する(ア)～(エ)の記述について、それぞれの正誤の組合せとして最も適切なものを①～⑤の中から選べ。

- (ア) ディペンダビリティとは、アベイラビリティ性能及びこれに影響を与える要因、すなわち信頼性性能、保全性性能及び保全支援能力を記述するために用いられる包括的な用語である。
- (イ) フォールトの木解析 (Fault Tree Analysis:FTA) とは、下位アイテム又は外部事象、若しくはこれらの組合せのフォールトモードのいずれが、定められたフォールトモードを発生させ得るかを定めるための、フォールトの木形式で表された解析をいう。
- (ウ) 冗長系とは、システムを構成する一部が故障してもシステム全体の機能が維持できるような系を呼び、代表的なものに、直列系、m/n冗長系、待機冗長系がある。
- (エ) フォールトモード・影響解析 (Failure Modes and Effects Analysis:FMEA) とは、あるアイテムにおいて、各下位アイテムに存在し得るフォールトモードの調査、並びにその他の下位アイテム及び元のアイテム、さらに、上位のアイテムの要求機能に対するフォールトモードの影響の決定を含む定性的な信頼性解析手法をいう。

	ア	イ	ウ	エ
①	正	正	正	正
②	正	正	正	誤
③	正	正	誤	正
④	正	誤	正	正
⑤	誤	正	正	正

問われている用語は「フォールトの木解析」「フォールトモード・影響解析」「冗長系」「ディペンダビリティ」の4つです。

「フォールトの木解析」は英語では「Fault Tree Analysis：F T A」で、これは「1. 信頼度」の Case 2 で具体的に勉強しました。F T A は故障、事故がすでに既知の製品の解析に適しており、製品の起こり得る故障、事故を想定したトップダウン解析が可能となります。

「フォールトモード・影響解析」は英語では「Failure Mode and Effect Analysis：F M E A」です。F M E A は新規性の高い製品の未知の故障、事故などの解析に適しています。

F T A が出来上がったシステム全体の信頼度を主題とするトップダウン手法であるのに対し、F M E A は製品及びプロセスの持っているリスクを、主に製品設計段階及びプロセス設計段階で評価し、そのリスクを可能な限り排除又は軽減するための技法です。

「冗長系」は同じく「1. 信頼度」の Case 4 で具体的に勉強しました。

「ディペンダビリティ」は dependability で、depend が「信頼する」、ability が「能力」です。要求された機能や動作を安定して実行するための「信頼性」、また、外部からの侵入・改ざんや情報漏えいを起こさないための「セキュリティ」などの確保と、この概念には広く、多くの要素が含まれています。

(ウ) 冗長系とは、システムを構成する一部が故障してもシステム全体の機能が維持できるような系を呼び、代表的なものに、m/n 冗長系、待機冗長系がある。
待機冗長系とは、あるユニットが故障したときだけ活動化される追加のユニットがある系のことです。

Case 3 設備の信頼性確保の考え方

H22-1-5-4 正答 ②

I-5-4 次の(ア)～(エ)の記述に対応する用語として、正しい組合せを①～⑤の中から選べ。なお、装置や機器などの対象をアイテムと呼ぶ。

- (ア) アイテムが故障したとき、あらかじめ定められた1つの安全な状態をとるような設計上の性質
- (イ) フォールトが存在しても、機能又は性能を縮退しながらアイテムが要求機能を遂行し続ける、設計上の性質
- (ウ) 人為的に不適切な行為又は過失などが起こっても、アイテムの信頼性及び安全性を保持する性質
- (エ) 放置しておけば故障に至るようなフォールトや誤りが存在しても、要求機能の遂行を可能にするアイテムの属性

	ア	イ	ウ	エ
①	フルブルーフ	フェールセーフ	フェールソフト	フォールトトレランス
②	フェールセーフ	フェールソフト	フルブルーフ	フォールトトレランス
③	フェールセーフ	フェールソフト	フルブルーフ	フォールトマスキング
④	フェールソフト	フォールトトレランス	フルブルーフ	フォールトマスキング
⑤	フルブルーフ	フォールトトレランス	フェールソフト	フォールトマスキング

- (ア) フェールセーフとは、アイテムが故障したとき、あらかじめ定められた1つの安全な状態をとるような設計上の性質
- (イ) フェールソフトとは、フォールトが存在しても、機能又は性能を縮退しながらアイテムが要求機能を遂行し続ける、設計上の性質
- (ウ) フルブルーフとは、人為的に不適切な行為又は過失などが起こっても、アイテムの信頼性及び安全性を保持する性質
- (エ) フォールトトレランスとは、放置しておけば故障に至るようなフォールトや誤りが存在しても、要求機能の遂行を可能にするアイテムの属性

3. 設備・機械の保全

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	1						1	
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
			2 3		1			

Case 1 H19-1-4-4, H26-1-1-5, R01再-1-1-6

Case 2 H21-1-1-1

Case 3 H21-1-5-4

Case 1 保全の種類に関する理解

R01 再-1-1-6 正答 ⑤

I-1-6 保全に関する次の記述の□に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

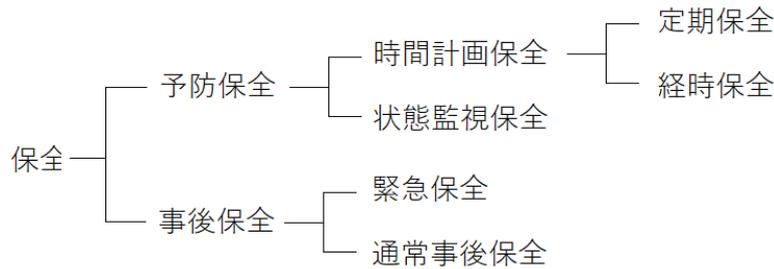
設備や機械など主にハードウェアからなる対象（以下、アイテムと記す）について、それを使用及び運用可能状態に維持し、又は故障、欠点などを修復するための処置及び活動を保全と呼ぶ。保全は、アイテムの劣化の影響を緩和し、かつ、故障の発生確率を低減するために、規定の間隔や基準に従って前もって実行する□ア保全と、フォールトの検出後にアイテムを要求通りの実行状態に修復させるために行う□イ保全とに大別される。また、□ア保全は定められた□ウに従って行う□ウ保全と、アイテムの物理的状態の評価に基づいて行う状態基準保全とに分けられる。さらに、□ウ保全には予定の時間間隔で行う□エ保全、アイテムが予定の累積動作時間に達したときに行う□オ保全がある。

	ア	イ	ウ	エ	オ
①	予防	事後	劣化基準	状態監視	経時
②	状態監視	経時	時間計画	定期	予防
③	状態監視	事後	劣化基準	定期	経時
④	定期	経時	時間計画	状態監視	事後
⑤	予防	事後	時間計画	定期	経時

保全に対する理解を問う問題です。今日では多くの製品がサプライチェーンに組み込まれ、その納期管理が厳格化されています。納期を守るためにも予防保全の重要度は増してきています。

故障が発生すると、部品調達に時間がかかって機器が稼動しなくなる期間が長期化するおそれがあります。予防保全により、1. 予期しない故障の起こる確率を低くする、2. 設備の寿命を長くできることでコスト削減につながる、3. 故障で稼動が止まってしまうことによる生産性のロスも回避できる、などのメリットが見込まれます。

正答を当てはめて、文章の内容を理解してください。



Case 2 稼働率の定義

H21-1-1-1 正答 ③

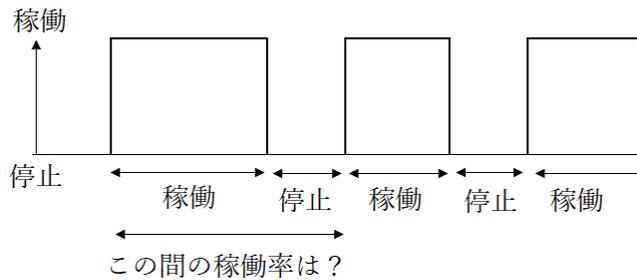
I-1-1 ある装置において、平均故障間隔MTBF (Mean Time Between Failures) が1,000時間、平均修復時間MTTR (Mean Time To Repair) が200時間のとき、この装置の稼働率を求め、最も近いものを①～⑤の中から選べ。

- ① 0.67 ② 0.80 ③ 0.83 ④ 0.90 ⑤ 0.98

平均故障間隔MTBF (Mean Time Between Failure)と平均修復時間MTTR (Mean Time to Repair)より装置の稼働率を求める問題です。稼働率が次式で与えられることが理解できればこの問題は簡単に解けます。

$$\text{稼働率} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$$

Mean Time は時間を見た平均ということ。故障が定期的に発生するわけではありませんので、稼働時間の平均と停止時間（平均修復時間）の平均から、稼働率を求めます。



Case 3 保全の種類とその内容

H21-1-5-4 正答 ②

I-5-4 次の(ア)～(エ)の記述は保全に関する語句の説明である。説明された語句の組合せとして適切なものを①～⑤の中から選べ。ただし、設備や機械などの対象をアイテムと呼ぶ。

- (ア) アイテムの機能の1つ又は幾つかを停止又は低下させた状態で行う保全
- (イ) 予定の時間間隔で行う予防保全
- (ウ) フォールト発見後、アイテムを要求機能遂行状態に修復させるために行われる保全
- (エ) アイテムのいずれの機能も停止又は低下させないで行う保全

	ア	イ	ウ	エ
①	機能維持保全	定期保全	事後保全	機能影響保全
②	機能影響保全	定期保全	事後保全	機能維持保全
③	機能影響保全	経時保全	事後保全	機能維持保全
④	機能影響保全	時間計画保全	予防保全	機能維持保全
⑤	機能維持保全	経時保全	予防保全	機能影響保全

- (ア) 機能影響保全はアイテムの機能の1つ又は幾つかを停止又は低下させた状態で行う保全
- (イ) 定期保全は予定の時間間隔で行う予防保全
- (ウ) 事後保全はフォールト発見後、アイテムを要求機能遂行状態に修復させるために行われる保全
- (エ) 機能維持保全はアイテムのいずれの機能も停止又は低下させないで行う保全

4. 信頼性獲得手法

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case								
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
		1						

Case 1 H22-1-1-2

Case 1 故障に関する用語の意味を問う

H22-1-1-2 正答 ④

I-1-2 JIS Z 8115-2000 を参照したシステムの故障に関する次の記述のうち、最も不適切なものを選び。なお、アイテムとは、装置、機器、サブシステムなどをいう。

- ① 故障とは、アイテムが要求機能達成能力を失うことである。故障モードとは、故障状態の形式による分類であり、例えば、断線、短絡、折損、摩耗、特性の劣化などである。
- ② FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) は、あるアイテムにおいて、各下位アイテムに存在し得るフォールトモードの調査、並びにその他の下位アイテム及び元のアイテム、さらに、上位のアイテムの要求機能に対するフォールトモードの影響の決定を含む定性的な信頼性解析手法である。
- ③ FMECA (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis) は、FMEAに付加して、フォールト発生確率及びフォールトによる影響の重大さの格付けを考慮する定性的な信頼性解析手法である。
- ④ ETA (Event Tree Analysis) は、信頼性又は安全性上、その発生が好ましくない事象について、論理記号を用いて、その発生の経過をさかのぼって樹形図に展開し、発生経路及び発生原因、発生確率を解析する技法である。
- ⑤ FTA (Fault Tree Analysis) は、下位アイテム又は外部事象、若しくはこれらの組合せのフォールトモードのいずれが、定められたフォールトモードを発生させ得るかを定めるための、フォールトの木形式で表された解析である。

設問で問われている用語は「故障」「FMEA」「FMECA」「ETA」「FTA」です。

出典は JIS Z 8115-2000 で、かなり専門的な質問となっています。

最も不適切な説明は④ETA (Event Tree Analysis) です。「論理記号を用いて」とされている部分が間違いです。図はETAの一例で、最上段での発生確率は $0.9 \times 0.8 \times 0.9 = 0.648$ 、最下段での発生確率は $0.1 \times 0.2 \times 0.1 = 0.002$ と計算され、右端の数値をすべて足し合わせると 1.000 となります。

平成22年度に一度出題されただけで、その後にETAに関する出題はありません。

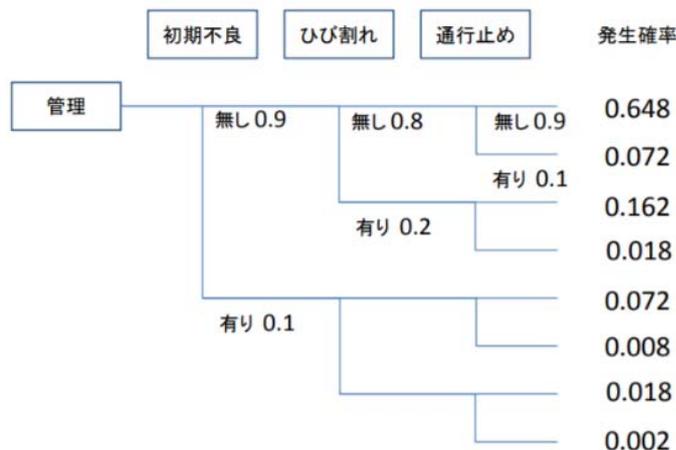


図. 橋梁のイベントツリー (Event Tree) のイメージ
(一般財団法人) 土木研究センターのホームページより

5. 最適化手法

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	1	3						2
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
						1		

Case 1 H18-1-1-2, R01 再-1-1-2

Case 2 H25-1-1-3

Case 3 R01-1-1-1

Case1 計画・設計における最適化の方法

R01 再-1-1-2 正答 ③

I-1-2 計画・設計の問題では、合理的な案を選択するために、最適化の手法が用いられることがある。これについて述べた次の文章の□に入る用語の組合せとして、最も適切なものはどれか。ただし、以下の文中で、「案」を記述するための変数を設計変数と呼ぶこととする。

最適化問題の中で、目的関数や制約条件がすべて設計変数の線形関数で表現されている問題を線形計画問題といい、□ア□などの解法が知られている。設計変数、目的関数、制約条件の設定は必ずしも固定的なものではなく、主問題に対して□イ□が定義できる場合、制約条件と設計変数の関係を逆にして与えることができる。

また、最適化に基づく意思決定問題で、目的関数はただ一つとは限らない。複数の主体（利害関係者など）の目的関数が異なる場合に、これらを並列させることもあるし、また例えばリスクの制約のもとで、利益の最大化を目的関数にする問題を、あらためて利益の最大化とリスクの最小化を並列させる問題としてとらえなおすこともできる。こういう問題を多目的最適化という。この問題では、設計変数を変化させたときに、ある目的関数は改良できても、他の目的関数は悪化する結果になることがある。こういう対立状況を□ウ□と呼び、この状況下にある解集合（どの方向に変化させても、すべての目的関数を同時に改善させることができない設計変数の領域）のことを□エ□という。

	ア	イ	ウ	エ
①	シンプレックス法	逆問題	トレードオン	パレート解
②	シンプレックス法	逆問題	トレードオフ	アクティブ解
③	シンプレックス法	双対問題	トレードオフ	パレート解
④	コンプレックス法	逆問題	トレードオン	アクティブ解
⑤	コンプレックス法	双対問題	トレードオン	パレート解

この問題で登場する用語は、「シンプレックス法」「コンプレックス法」「トレードオフ」「パレート解」「アクティブ解」「逆問題」「双対問題（そうついもんだい）」の7つです。このうち、最適化の方法に関しては「コンプレックス法」と「アクティブ解」という用語は存在しないので、解答の選択肢からは排除されます。

最適化問題の中で、目的関数や制約条件がすべて設計変数の線形関数で表現されている問題を線形計画問題といい、シンプレックス法などの解法が知られています。シンプレックス法を用いる解法の実例は H28-1-1-5（第1群15項、p49）にあります。

設計変数を変化させたときに、ある目的関数は改良できても、他の目的関数は悪化させる結果になることがあります。こういう対立状況をトレードオフと呼び、この状況下にある解集合のことをパレート解といいます。あちらを立てればこちらが立たず状態で、このトレードオフは日常よく経験するところです。

双対問題とは、数学において、最適化問題における主問題の補問題を指します。どちらか一方の解法が両方の問題の解法となっています。問題文には「主問題に対して双対問題が定義できる場合、制約条件と設計条件の関係を逆にして与えることができる。」と記されています。

逆問題は、入力（原因）から出力（結果、観測）を求める順問題に対し、逆に出力から入力を推定する問題や入出力の関係性を推定する問題をいいます。

双対問題は線形計画法に関連する用語です。必要に迫られた場合に学習することになります。

Case 2 最適化手法で用いられる用語

H25-1-1-3 正答 ②

I-1-3 最適化手法に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

最適化問題の定式化では、いくつかの「ア」のもとで、システムの最適性の尺度である「イ」を最大にする変数、あるいは最小化する変数を探索する。最適化問題を数式的に表したものを数理計画問題といい、この問題を数理的に解くための手法を総称して数理計画法と呼ぶ。

最も代表的な数理計画法である線形計画法では、**ア**と**イ**がともに**ウ**で表される。また、システムの最適設計や運用計画の効率化を考える場合、多くの候補の中から最適な組合せを選択する。これを組合せ最適化問題というが、最適解を求めるのに要する計算量が問題の規模に対して爆発的に増加する。この場合、**エ**が効率的な手法として利用される。

	ア	イ	ウ	エ
①	制約条件	目的関数	二次式	厳密解法
②	制約条件	目的関数	一次式	近似解法
③	制約条件	調和関数	二次式	近似解法
④	十分条件	目的関数	一次式	厳密解法
⑤	十分条件	調和関数	二次式	厳密解法

この問題で登場する用語は、「制約条件」「十分条件」「目的関数」「調和関数」「一次式」「二次式」「厳密解法」「近似解法」の8つです。この問題の正答②より、「制約条件」「目的関数」「一次式」「近似解法」の意味するところは理解できます。具体的な問題の解き方は、シンプレックス法を用いる解法はH28-1-1-5（第1群5項、p49）にありますので、そちらを参照してください。

ポイントをまとめると、

問題を解いたり解決したりするためには、守るべき制約条件がある。

- ・目的関数とは注目している指標であり、最大化あるいは最小化されるべき指標である。
- ・線形計画法の線形とは一次式という意味である。一次式で表されないものは非線形という。
- ・厳密解を求めているは、いくら時間があっても足りない場合がある。

許せる誤差の範囲で、収束条件を甘くしたり、計算を短時間で切り上げるなどして、近似解を求めることになります。

Case 3 最適化手法

R01-1-1-1 正答 ⑤

I-1-1 最適化問題に関する次の（ア）から（エ）の記述について、それぞれの正誤の組合せとして、最も適切なものはどれか。

（ア）線形計画問題とは、目的関数が実数の決定変数の線形式として表現できる数理計画問題であり、制約条件が線形式であるか否かは問わない。

- (イ) 決定変数が2変数の線形計画問題の解法として、図解法を適用することができる。この方法は2つの決定変数からなる直交する座標軸上に、制約条件により示される（実行）可能領域、及び目的関数の等高線を描き、最適解を図解的に求める方法である。
- (ウ) 制約条件付きの非線形計画問題のうち凸計画問題については、任意の局所的最適解が大域的最適解になるといった性質を持つ。
- (エ) 決定変数が離散的な整数値である最適化問題を整数計画問題という。整数計画問題では最適解を求めることが難しい問題も多く、問題の規模が大きい場合は遺伝的アルゴリズムなどのヒューリスティックな方法により近似解を求めることがある。

- | | ア | イ | ウ | エ |
|---|---|---|---|---|
| ① | 正 | 正 | 誤 | 誤 |
| ② | 正 | 誤 | 正 | 誤 |
| ③ | 誤 | 正 | 誤 | 正 |
| ④ | 誤 | 誤 | 正 | 正 |
| ⑤ | 誤 | 正 | 正 | 正 |

(ア) 線形計画問題とは、最適化問題において目的関数が線形関数で、なおかつ線形関数の等式と不等式で制約条件が記述できる問題です。

(イ) たとえば、H28-1-1-5（第1群15項、p49）の生産個数最適化問題は図解法を適用することができます。

(ウ) 凸最適化とは最適化問題の分野のひとつで、凸集合上の凸関数の最小化問題です。凸最小化問題は一般的な最適化問題よりも簡単に最適化が可能であり、局所的な最小値が大域的な最小値と一致する性質を持ちます。

(エ) 整数計画問題は、線形計画問題において、解ベクトル x の各要素を整数に限定した問題をいいます。これは NP 困難な問題に該当します。線形計画問題には多項式時間アルゴリズムが存在するのに対し、整数計画問題には存在しません。(Wikipedia)

(エ) ヒューリスティクスまたは発見的（手法）とは、必ず正しい答を導けるわけではありませんが、ある程度のレベルで正解に近い解を得ることができる方法です。発見的手法では、答の精度が保証されない代わりに、解答に至るまでの時間が短いという特徴があります。(Wikipedia)

6. 規格・基準

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case								
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
						3	2	1

Case 1 H16-1-1-4

Case 2 H17-1-1-4

Case 3 H18-1-1-4

最近は出題がない分野です。

Case 1 企画や基準

H16-1-1-4 正答 ⑤

I-1-4 次の記述のうち、最も不適当と思われるものを答えよ。

- ① 規格や規準類に記載されている内容は、必ずしも完全なものではない。技術の進展や社会のニーズ等に応じて改訂が定期的に行われる場合も少なくない。
- ② 規格や規準類を制定し皆が遵守することで、個人や企業の生産活動が効率化、合理化される。一方で、新たな革新的な技術の展開を阻害する要因にもなり得るので、留意が必要である。
- ③ 指針や示方書類は、設計や計画で達成しようとする目標を、設計者・計画者のみならず、第三者にも理解できるように記述されることが近年、求められている。
- ④ 規格、規準類は制定される内容によって、国や地域レベルでの設計や製造の国際競争力を左右することがある。
- ⑤ 規格や規準類は、製品・建造物などの設計や計画段階で選定する材料や工種、加工方法、構造強度の算定などに言及するものであり、製造・施工時の品質管理システムは対象外である。

Case 1 は問題文を読んでいけば常識的にどの設問が誤りであるかがわかります。

Case 2 事実上の標準と法律上の標準

H17-1-1-4 正答 ②

I-1-4 次の記述の(ア)～(オ)には、A : De facto standard (事実上の標準)とB : De jure standard (正当な、法律上の標準)のいずれかが入る。その組合せとして最も適切なものを選べ。

情報通信分野をはじめとする多くの工業分野では、市場でのシェアの優位性を背景に(ア)が形成されることが多い。一方、各分野で国際標準を策定する場合には、安全性や信頼性などの要件の統一を考慮して(イ)としての性格をもつ標準が作られることが少なくない。国あるいは地域ごとに異なった(ウ)がすでに形成されている場合、その間の競争の側面もあり、国際標準策定過程の投票権を有する国数のシェアと製品の流通シェアが一致しないことが、問題を引き起こすこともある。公共調達にかかわるWTO/TBT協定上、我が国も国際標準の尊重が求められているが、例えばセメント材料や地盤分類などをはじめとする粉体の、分級のフルイの目にかかわる我が国の(エ)と国際標準との不整合が、近年危機感をもって受け止められたことは記憶に新しい。一方、(オ)の概念は製造物責任法の責任範囲とも関係しており、製品の安全性・信頼性に関するstate of the artsを常に認識しておく必要がある。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
①	A	B	A	A	A
②	A	B	A	A	B
③	A	B	B	B	A
④	A	B	B	B	B
⑤	A	B	B	A	B

De facto standard (事実上の標準)とDe jure standard (正当な、法律上の標準、デジュリ標準)に関する出題で、この問題が出題された平成17年ころにはこれらの用語が新聞紙上ににぎわせていました。最近ではこれらの用語は全く見ることはなくなりました。

Case 3 ISO マネジメントシステム

H18-1-1-4 正答 ④

I-1-4 国際標準化機構 (ISO) は、あらゆる業種、形態及び規模の組織が効果的な品質マネジメントシステムを実施し、運用することを支援するために、ISO 9000ファミリー規格を開発した。これに対応して我が国においてJIS Q 9000ファミリー規格として発行された品質マネジメントシステムに関する次の記述の□ア～□エの中に入る語句の組合せとして、最も適切なものを①～⑤の中から選べ。

品質マネジメントシステムとは、顧客満足を高めるために、品質に関して組織を指揮し、管理するためのマネジメントシステムである。そのアプローチの中では、顧客及びその他の利害関係者のニーズ、並びに期待を明確にし、組織の品質方針及び品質目標を

設定する。品質目標の達成に必要なプロセス及び責任を明確にし、必要な資源を提供する。また、各プロセスの有効性及び効率を測定する方法を設定し、その判定指標を適用することにより、不適合を予防し、その原因を排除するための手段を決定する。

【ア】は、これらの意図を伝達し、行動に一貫性を持たせることを可能にし、顧客要求事項への適合の達成及び品質改善、教育・訓練の実施、再現性及客観的証拠の提供等に有用である。さらに、その組織のプロセスの能力及びその製品の品質に対する信頼感を生み出し、顧客及びその他の利害関係者の満足度を高めることにつながる、【イ】するためのプロセスを確立し、適用することも重要である。

組織が効果的に機能するためには、数多くの相互に関連し、作用し合うプロセスを明確にし、運営管理しなくてはならない。組織内でプロセス及び、特にそのプロセス間の相互作用を体系的に明確にし、運営管理することを【ウ】と呼び、これを採用することを推奨している。【エ】は、そのリーダーシップ及び行動によって、人々を十分に参画させるような、また、品質マネジメントシステムを効果的に運営することが可能な環境を作り出すことができる重要な役割を担っている。

	ア	イ	ウ	エ
①	電子化	体系的に確認	プロセスアプローチ	プロジェクトマネジメント
②	電子化	客観的に確認	プロセスアプローチ	トップマネジメント
③	文書化	体系的に確認	パフォーマンスチェック	プロジェクトマネジメント
④	文書化	継続的に改善	プロセスアプローチ	トップマネジメント
⑤	体系化	継続的に改善	パフォーマンスチェック	プロジェクトマネジメント

ISO 9000シリーズに関する出題です。ISO 9000も当たり前になり過ぎたためか、最近では話題になることが少なくなりました。

各問題に正答の語句をはめ込んで読むことにより、規格と標準に関する理解が深まります。

7. デザイン各種

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case			5		4		2	
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
2			3	2		1		

Case 1 H18-1-1-5

Case 4 H28-1-1-6

Case 2 H20-1-1-1, H24-1-1-4, H26-1-1-1

Case 5 H30-1-1-3

Case 3 H21-1-1-2

Case 1 デザインの種類

H18-1-1-5 正答 ⑤

I-1-5 人に優しい設計に関する次の記述の「ア」～「ウ」に入る言葉の組合せとして、最も適切なものを①～⑤の中から選べ。

「ア」は、障害のある人や高齢者などが、社会生活をしていくうえで妨げとなる障壁がないように意図された設計をいう。

「イ」は、何らかの機能に制限がある人に焦点を合わせ、これまでの設計をそのような人々のニーズに合わせて拡張することによって、製品や建物やサービスをそのまま利用できる潜在顧客数を最大限まで増やそうとする設計をいう。

「ウ」は、特別な改造や特殊な設計をせずに、すべての人が、可能な限り最大限まで利用できるように配慮された製品や環境の設計をいう。

	ア	イ	ウ
①	ユニバーサルデザイン	バリアフリーデザイン	インクルーシブデザイン
②	バリアフリーデザイン	ユニバーサルデザイン	アクセシブルデザイン
③	アクセシブルデザイン	ユニバーサルデザイン	インクルーシブデザイン
④	インクルーシブデザイン	アクセシブルデザイン	ユニバーサルデザイン
⑤	バリアフリーデザイン	アクセシブルデザイン	ユニバーサルデザイン

この問題で登場する用語は、「バリアフリーデザイン」「アクセシブルデザイン」「ユニバーサルデザイン」「インクルーシブデザイン」の4つです。最初の3つのデザインをそれぞれの文に当てはめて問題文を読めば、その概要は理解できます。

インクルーシブデザインとは、高齢者、障害者、外国人など、従来、デザインプロセスから除外されてきた多様な人々を、デザインプロセスの上流から巻き込むデザイン手法です。アクセシブル (accessible) には「近づきやすい、行きやすい、利用できる」などの意味があります。

インクルーシブ (inclusive) には「すべてを含んだ、包括した、…を含めて、入れて」などの意味があります。

Case 2 ユニバーサルデザイン

H26-1-1-1 正答 ⑤

I-1-1 ユニバーサルデザインに関する次の記述の、に入る語句の組合せとして最も適切なものはどれか。

ユニバーサルデザインは、ロナルド・メイスにより提唱され、特別な改造や特殊な設計をせずに、すべての人が、可能な限り最大限まで利用できるように配慮された製品や環境の設計をいう。ユニバーサルデザインの7つの原則は、(1) 公平な利用、(2) 利用における, (3) 単純でな利用、(4) 認知できる情報、(5) に対する寛大さ、(6) 少ないな努力、(7) 接近や利用のためのサイズと空間、である。

	ア	イ	ウ	エ
①	柔軟性	論理的	失敗	継続的
②	限定性	論理的	失敗	継続的
③	柔軟性	論理的	欠陥	身体的
④	限定性	直観的	欠陥	継続的
⑤	柔軟性	直観的	失敗	身体的

ユニバーサルデザインは、ロナルド・メイスにより提唱されました。

特別な改造や特殊な設計をせずに、すべての人が可能な限り最大限まで利用できるように配慮された製品や環境設計をいいます。

- (1) 誰でも公平に利用できる (誰にとっても利用しやすくする)
- (2) 利用における柔軟性がある
- (3) 単純で直感的に利用することができる
- (4) 認知できる情報 (必要な情報がすぐに理解できる)
- (5) 失敗に対する寛大さ (失敗しても危険性がない)
- (6) 少ない身体的な努力
- (7) 接近や利用のためのサイズと空間

Case 3 人にやさしい設計 (その1)

H21-1-1-2 正答 ⑤

I-1-2 人に優しい設計に関する次の記述の～に入る語句の組合せとして、適切なものを①～⑤の中から選べ。

日本における65歳以上の人口は、昭和25 (1950) 年には総人口の5%に満たなかったが、昭和45 (1970) 年に7%を超え、国連の報告書において社会と定義された水準となった。また、平成6 (1994) 年には14%を超えて社会となった。さらに、平成19 (2007) 年には21%を超え、生活に障壁を感じないよう対応を

とることが必要となってきた。

そのため、障害のある人や高齢者などに主な焦点を当て、そうした方々が社会生活をしていく上で障壁となるものを除去するとともに、新しい障壁を作らないことが必要である。すなわち、物理的な障壁のみならず、社会的、制度的、心理的なすべての障壁に対処するという考え方で施設や製品などを設計する「ウ」と、誰にとっても利用しやすくするという考え方で施設や製品などを設計する「エ」が必要であり、この両方に基づく取組みを併せて推進することが求められている。

	ア	イ	ウ	エ
①	前期高齢	後期高齢	バリアフリーデザイン	ユニバーサルデザイン
②	後期高齢	前期高齢	ユニバーサルデザイン	バリアフリーデザイン
③	高齢	高齢化	バリアフリーデザイン	ユニバーサルデザイン
④	高齢	超高齢	ユニバーサルデザイン	バリアフリーデザイン
⑤	高齢化	高齢	バリアフリーデザイン	ユニバーサルデザイン

ここでは「バリアフリーデザイン」と「ユニバーサルデザイン」についてさらなる説明が加えられています。物理的な障壁のみならず、社会的、制度的、心理的なすべての障壁に対応するという考え方で施設や製品などを設計するバリアフリーデザインと、誰にとっても利用しやすくするという考え方で施設や製品などを設計するユニバーサルデザインが必要であり、この両方に基づく取組みを併せて推進することが求められています。

この Case 3 でポイントとなるのは、国連の報告書における「高齢化社会」と「高齢社会」です。「化」が一文字あるなしで意味は大きく違ってきます。

65歳以上の人が高齢者である。国連の定義によると、人口の7%が高齢者になったら「高齢化社会」（日本は1970年）、14%が高齢者になったら「高齢社会」（同1994年）、そして21%が高齢者になったら「超高齢社会」（同2007年）である。2017年10月1日現在の高齢化率は27.7%となっている。

Case 4 エンジニアリングデザインの原理・原則

H28-1-1-6 正答 ①

I-1-6 エンジニアリングデザインの原理・原則を下記に示した。それぞれの正誤の組合せとして、最も適切なものはどれか。

- ア. エンジニアリングデザインは調和することによって成立する。
- イ. エンジニアリングデザインは複雑をもって最善とする。
- ウ. システムが困難化、巨大化するときは分割する。

エ. 各機能の独立性が低いほど、良いシステムである。

オ. システムには、概ねばらつきがある。

- | | ア | イ | ウ | エ | オ |
|---|---|---|---|---|---|
| ① | 正 | 誤 | 正 | 誤 | 正 |
| ② | 誤 | 正 | 正 | 正 | 正 |
| ③ | 誤 | 正 | 正 | 誤 | 誤 |
| ④ | 正 | 正 | 誤 | 正 | 正 |
| ⑤ | 誤 | 誤 | 誤 | 正 | 誤 |

常識的に判断できる問題です。エンジニアリングデザインは、有機的に調和し、補完しあい、しかも簡単で実効性があるシステムの設計を目的としています。

イ. エンジニアリングデザインは単純化できるに越したことはない。分かり易いし、メンテナンスも楽になる。

エ. 機能をコンポーネントに分けると、デザインがし易くなり、全体として高いパフォーマンスが得られることが多い。

なお、頭の体操ですが、「ウ. システムが困難化、巨大化するときは分割する」と「エ. 各機能の独立性が低いほど、良いシステムである」は相矛盾していますので、どちらかが正しくどちらかが誤っています。

Case 5 人にやさしい設計 (その2)

H30-1-1-3 正答 ②

I-1-3 人に優しい設計に関する次の(ア)～(ウ)の記述について、それぞれの正誤の組合せとして、最も適切なものはどれか。

(ア) バリアフリーデザインとは、障害者、高齢者等の社会生活に焦点を当て、物理的な障壁のみを除去するデザインという考え方である。

(イ) ユニバーサルデザインとは、施設や製品等について新しい障壁が生じないよう、誰にとっても利用しやすく設計するという考え方である。

(ウ) 建築家ロン・メイスが提唱したバリアフリーデザインの7原則は次のとおりである。誰もが公平に利用できる、利用における自由度が高い、使い方が簡単で分かりやすい、情報が理解しやすい、ミスをしても安全である、身体的に省力で済む、近づいたり使用する際に適切な広さの空間がある。

- | | | | |
|---|---|---|---|
| | ア | イ | ウ |
| ① | 正 | 正 | 誤 |
| ② | 誤 | 正 | 誤 |
| ③ | 誤 | 誤 | 正 |
| ④ | 正 | 誤 | 誤 |
| ⑤ | 正 | 正 | 正 |

Case 1～Case 3 を総合した設問となっています。今までの学習成果の確認です。

バリアフリーデザインは上で示した Case 3 (H21-1-1-2) の設問において、「物理的な障害のみならず、社会的、制度的、心理的なすべての障害に対処する」と記されています。

建築家ロン・メイスではなく建築家ロナルド・メイスが提唱。彼が提唱したのはバリアフリーデザインではなくユニバーサルデザインです。

8. 設計図面

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case		3		3			3	
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
							2	1

Case 1 H16-1-1-2

Case 2 H17-1-1-3

Case 3 H26-1-1-6, H29-1-1-5, R01-1-1-3

Case 1 設計技術者の責任

H16-1-1-2 正答 ③

I-1-2 次に示す設計技術者として負わなければならない責任のうち、最も不適当なものを選び。

- ① 成果(設計した製品及び関連資料など)に対する責任
- ② 間違っていると思われる他人の指示や特定の規範に対し批判する責任
- ③ 消費者に悪影響を与える情報でも、所属する組織に不利になる情報は守秘する責任
- ④ 人間や環境に対し、安全を維持する責任
- ⑤ 上司などの指示に無批判でプロジェクトに参加するのではなく、自らの考えも入れて判断を下し、自律的にかかわる責任

問題文を一読するとすぐにわかる問題です。今流にいうと「技術者倫理」に関する出題です。

Case 2 JIS 製図図面の様式

H17-1-1-3 正答 ③

I-1-3 JIS Z 8311:1998 「製図—製図用紙のサイズ及び図面の様式」で規定されている、図面として具備しなければならないもののみを挙げているものを選び。

- ① 中心マーク, 輪郭線, 方向マーク
- ② とじ代, 中心マーク, 輪郭線
- ③ 中心マーク, 輪郭線
- ④ とじ代, 輪郭線, 方向マーク
- ⑤ 輪郭線, 方向マーク

JIS Z 8311 : 1998 「製図—製図用紙のサイズ及び図面の様式」からの出題です。専門的な内容となっています。平成17年の出題です。

決まりごとは、中心マークと輪郭線は設けなければならない、方向マークととじ代は設けてもよい、です。

Case 3 設計者が作成図を作成する際の基本事項

R01-1-1-3 正答 ⑤

I-1-3 設計者が製作図を作成する際の基本事項に関する次の(ア)～(オ)の記述について、それぞれの正誤の組合せとして、最も適切なものはどれか。

- (ア) 工業製品の高度化、精密化に伴い、製品の各部品にも高い精度や互換性が要求されてきた。そのため最近では、形状の幾何学的な公差の指示が不要となってきた。
- (イ) 寸法記入は製作工程上に便利であるようにするとともに、作業現場で計算しなくても寸法が求められるようにする。
- (ウ) 限界ゲージとは、できあがった品物が図面に指示された公差内にあるかどうかを検査するゲージのことをいう。
- (エ) 図面は投影法において第二角法あるいは第三角法で描かれる。
- (オ) 図面の細目事項は、表題欄、部品欄、あるいは図面明細表に記入される。

	ア	イ	ウ	エ	オ
①	誤	誤	誤	正	正
②	誤	正	正	正	誤
③	正	誤	正	誤	正
④	正	正	誤	正	誤
⑤	誤	正	正	誤	正

- (ア) 工業製品の高度化、精密化に伴い、製品の各部品にも高い精度や互換性が要求されてきた。そのため最近では、形状の幾何学的な公差の指示が必要となってきた。
- (エ) 図面は投影法においては第三角法で描かれる。

9. 品質要求と品質要素

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case								
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1		1						

Case 1 H22-1-1-5, H24-1-1-3

Case 1 階層分析法 (AHP: Analytic Hierarchy Process)

H24-1-1-3 正答 ③

I-1-3 下記の品質表は、ライターの要求品質と品質要素との対応関係の強さを表したものである。表中の(◎○△)は、対応関係の強さを示し、数値化してそれぞれ5, 3, 1とする。要求品質重要度と対応関係の強さから、品質要素重要度が計算される。品質要素A, C, Dの重要度の大小関係として最も適切なものはどれか。

表 ライターの品質表

品質要素展開表 要求品質展開表		品質要素					要求品質重要度
		A	B	C	D	E	
		形状寸法	重量	耐久性	着火性	操作性	
要求品質	確実に着火する			○	◎	○	5
	使い易い	◎	◎			○	5
	安心して携帯できる	○	△	◎	○		4
	長い間使用できる			◎	○	○	3
	良いデザインである	○	○				4
	愛着が持てる			△		△	3
品質要素重要度							

注記：品質表とは、ユーザの要求する真の品質を言語表現によって体系化し、これと品質要素との対応関係を表示し、ユーザの要求を品質要素に変換して作成する表である。一般には、◎は「強い対応関係がある」、○は「対応関係がある」、△は「対応関係が予想される」ことを意味する。

- ① 品質要素A > 品質要素C > 品質要素D
- ② 品質要素A > 品質要素D > 品質要素C
- ③ 品質要素C > 品質要素A > 品質要素D
- ④ 品質要素C > 品質要素D > 品質要素A
- ⑤ 品質要素D > 品質要素A > 品質要素C

階層分析法は、意思決定における問題の分析において、人間の主観的判断とシステムアプローチとの両面からこれを決定する問題解決型の意思決定手法です。

表の横方向に品質要素を並べ、縦方向に要求品質を並べ、横と縦のマトリクスを作り出しています。このマトリクスにおいて品質要素と要求品質の関連性を主観的に判断して、その関連の強さに応じた記号付けをします。その後、その記号の重要度に要求品質重要度を掛け合わせるにより品質要求重要度を決定します。

◎を5点、○を3点、△を1点として計算します。

$$\text{品質要素A} = 5 \times \text{◎} + 4 \times \text{○} + 4 \times \text{○} = 5 \times \text{◎} + 8 \times \text{○} = 49$$

$$\text{品質要素B} = 5 \times \text{◎} + 4 \times \text{△} + 4 \times \text{○} = 5 \times \text{◎} + 4 \times (\text{○} + \text{△}) = 41$$

$$\text{品質要素C} = 5 \times \text{○} + 4 \times \text{◎} + 3 \times \text{◎} + 3 \times \text{△} = 7 \times \text{◎} + 5 \times \text{○} + 3 \times \text{△} = 53$$

$$\text{品質要素D} = 5 \times \text{◎} + 4 \times \text{○} + 3 \times \text{○} = 5 \times \text{◎} + 7 \times \text{○} = 46$$

$$\text{品質要素E} = 5 \times \text{○} + 5 \times \text{○} + 3 \times \text{○} + 3 \times \text{△} = 13 \times \text{○} + 3 \times \text{△} = 42$$

従って、品質要素 $C > A > D$ 。

階層分析法の手続きを文章で書けば複雑に見えますが、問題を解いてみるとその理屈はすぐにわかります。

10. 製造物責任

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case			1			1		1
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
				1				

Case 1 H20-1-1-2, H25-1-1-1, H27-1-1-4, H30-1-1-6

Case 1 製造物責任

H30-1-1-6 正答 ④

I-1-6 製造物責任法に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

製造物責任法は、アのイにより人の生命、身体又は財産に係る被害が生じた場合における製造業者等の損害賠償の責任について定めることにより、ウの保護を図り、もって国民生活の安定向上と国民経済の健全な発展に寄与することを目的とする。

製造物責任法においてアとは、製造又は加工された動産をいう。また、イとは、当該製造物の特性、その通常予見される使用形態、その製造業者等が当該製造物を引き渡した時期その他の当該製造物に係る事情を考慮して、当該製造物が通常有すべきエを欠いていることをいう。

- | | | | | |
|---|-----|----|-----|-----|
| | ア | イ | ウ | エ |
| ① | 製造物 | 故障 | 被害者 | 機能性 |
| ② | 設計物 | 欠陥 | 製造者 | 安全性 |
| ③ | 設計物 | 破損 | 被害者 | 信頼性 |
| ④ | 製造物 | 欠陥 | 被害者 | 安全性 |
| ⑤ | 製造物 | 破損 | 製造者 | 機能性 |

4問とも同じ問題です。解答と合わせて読めば、内容は容易に理解できます。

参考までですが、損害賠償責任を追及する場合、民法の不法行為法における一般原則によれば、要件の一つとして加害者に故意・過失があったことにつき被害者側が証明責任を負う。つまり民法で損害賠償を請求する際には、被告の過失を原告が立証する必要があります。しかし多くの場合、その過失の証明が困難です。製造物責任法では製造者の過失を要件とせず、製造物に欠陥があったことを要件とすることにより、損害賠償責任を追及しやすくしました。

1 1. 標準偏差

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case						1		
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
	3		1	2			1	

Case 1 H17-1-1-2, H21-1-1-3, H27-1-1-5

Case 2 H20-1-1-3

Case 3 H23-1-5-4

Case 1 正規分布 分散の加成性

H27-1-1-5 正答 ①

I-1-5 次の記述の、に入る語句として最も適切なものはどれか。

独立に製造された長さ1800 mmの部材Aと長さ1700 mmの部材Bとをびったり接続し、長さ3500 mmの結合部品を作成する。部材A, Bの長さが独立に正規分布に従っていると仮定でき、部材A, Bの長さの標準偏差がそれぞれ0.4 mm, 0.3 mmである場合、結合部品が3501.5 mmを超える確率はとなる。ただし、平均0, 標準偏差1の正規分布で値がz以上となる確率は以下となる。

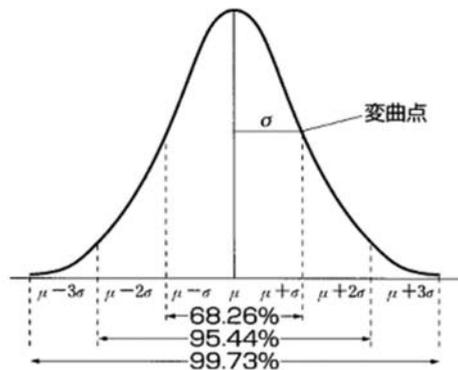
z	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
確率 [%]	15.9	6.68	2.28	0.62	0.13

- ① 0.2%未満
- ② 0.2%以上 1%未満
- ③ 1%以上 5%未満
- ④ 5%以上 10%未満
- ⑤ 10%以上

正規分布は、 $N(\mu, \sigma^2)$ と表します。 μ は平均値、 σ が標準偏差、 σ^2 が分散です。
 $N(\mu_1, \sigma_1^2)$ と $N(\mu_2, \sigma_2^2)$ においてつぎの加法性（正規分布の再生性）が成り立ちます。

$$\mu = \mu_1 + \mu_2, \sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2$$

この問題では、 $\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 = 0.4^2 + 0.3^2 = 0.25$ です。従って、標準偏差 $\sigma = 0.5$ mm となります。出題では 3500 mm が 3501.5 mm と 1.5 mm 増えます。この 1.5 mm は 3σ に相当します。正規分布において数値が $\pm 3\sigma$ 内に存在する確率は 99.7%、 3σ 内に存在しない確率は 0.3% です。この問題では正規分布の横軸の値の高い方、 $+3\sigma$ を超える確率は $0.3\% / 2 = 0.15\%$ です。（正規分布の -3σ より小さい確率と、 $+3\sigma$ より大きい確率の合計が 0.3% です。）



Case 2 信頼水準

H20-1-1-3 正答 ④

I-1-3 あるプラントにおいて、正常に稼働した場合の1日当たりの生産量は平均値 $\mu = 1,200$ kg、標準偏差 $\sigma = 48$ kgの正規分布で表される母集団であることが過去のデータからわかっている。生産量を $n = 36$ 日間計測したところ、1日当たりの生産量の平均値は $\bar{x} = 1,176$ kgであった。信頼水準95%で、このプラントが正常に稼働しているかどうかを統計的に検定するための検討を行った。次の記述の中から、適切なものを選び。なお、信頼水準95%に対する標準正規分布における両側信頼限界は1.96としてよい。

① $\left| \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma^2/n} \right| = \left| \frac{1176 - 1200}{48^2/36} \right| = 0.375 < 1.96$ となるので、少なくとも95%の確率でプラントは正常に稼働している。

$$\textcircled{2} \quad \left| \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma} \right| = \left| \frac{1176 - 1200}{48} \right| = 0.5 < 1.96 \text{ となるので、少なくとも95\%の確率でプラント}$$

は正常に稼働している。

$$\textcircled{3} \quad \left| \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/n} \right| = \left| \frac{1176 - 1200}{48/36} \right| = 18 > 1.96 \text{ となるので、少なくとも95\%の確率でプラント}$$

は正常に稼働していない。

$$\textcircled{4} \quad \left| \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \right| = \left| \frac{1176 - 1200}{48/\sqrt{36}} \right| = 3 > 1.96 \text{ となるので、少なくとも95\%の確率でプラント}$$

は正常に稼働していない。

⑤ 正常に稼働しているかどうか、統計的に検定できない。

95%信頼水準、95%信頼区間とは、得られたデータから計算された注目しているパラメーターが、その信頼水準あるいは信頼区間に収まっている頻度が、100回中95回であることを意味しています。

今、プラントが正常に稼働した場合の1日あたりの生産量の平均値を μ 、標準偏差を σ 、検定したい最近36日間の1日あたりの生産量の平均値を \bar{x} とすると、95%信頼区間は次式で計算されます。

$$\left| \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \right|$$

この計算の値が小さいと、言い換えると正常に稼働していた場合の1日あたりの生産量の平均値 μ と、最近36日間の1日あたりの生産量の平均値が近いと、最近の運転データは正規分布の中央に集まり、運転が正常であることが確認できます。反対に、運転が正常でない場合には、正規分布の中央から離れることになります。

信頼水準95%は、計算結果が正規分布図で $\pm 2\sigma$ の範囲内にあるということです。問題文の④では計算される値が3となり、プラントは正常に稼働していない可能性があることが示されます。

本問題を解くポイントは、上に示した式を知っているかどうかにかかっています。

Case 3 標準偏差の加減則

H23-1-5-4 正答 ③

I-5-4 統計的品質管理においてよく用いられている正規分布に関する次の記述の、
に入る数値の組合せとして、正しいものはどれか。

ある生産ラインにおいて生産されるA製品の1個の質量が、平均80g、標準偏差4gの正規分布に従い、別の生産ラインにおいて生産されるB製品の1個の質量が、平均120g、標準偏差3gの正規分布に従っているとす。このとき、A製品から4個を取り出したときの平均質量は平均g、標準偏差gの正規分布に従う。また、A製品から4個、B製品から4個を取り出したときの合計質量は平均g、標準偏差gの正規分布に従う。ただし、各製品の質量は統計的に独立とする。

	ア	イ	ウ	エ
①	20	4	400	10
②	80	4	800	7
③	80	2	800	10
④	20	2	400	7
⑤	80	2	800	7

- (ア) A製品の標本平均の期待値は母集団の平均と等しく80gとなります。
- (イ) 母標準偏差 $\sigma = 4$ 、標本数 $n = 4$ より、標本平均の標準偏差 $\sigma = 4 / \sqrt{4} = 2$ gとなります。
- (ウ) A製品の母集団の平均は80gなので4個で320g、B製品は120gなので4個で480g、合計で800gです。
- (エ) A製品の標準偏差 $\sigma_A = 4$ より $\sigma_A^2 = 16$ 、同様に $\sigma_B = 3$ より $\sigma_B^2 = 9$ 。A製品4個、B製品4個ですから、

$$\sigma^2 = 16 \times 4 + 9 \times 4 = 100。$$
 従って、 $\sigma = 10$ gとなります。

12. 品質管理

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case								2
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
				1				

Case 1 H20-1-5-5

Case 2 H25-1-1-6

Case 1 QC7つ道具、新QC7つ道具

H20-1-5-5 正答 ④

I-5-5 品質管理の分野でQC七つ道具、新QC七つ道具のように称される基本的なツールに関する次の(ア)～(エ)の記述に対応する語句の組合せとして、適切なものを①～⑤の中から選べ。

- (ア) 特性とその要因と考えられるものが測定されている場合に、一方のデータを横軸、もう一方のデータを縦軸にとって作成された二次元の図のこと。
- (イ) 問題点は何かを明確にするためにブレインストーミングで議論を发散させ、それらを組み立てて整理統合し、絡み合った問題からの真の問題の抽出や、問題に対するアイデアの取得を行う方法のこと。
- (ウ) 目的と手段、問題と要因、現象とその要因などを行と列の二次元に整理して、相互の関連を見たり、抜けやもれのチェックに用いたりする手法のこと。
- (エ) 問題とする事象(結果)に対して、要因が複雑に絡み合っている場合に、要因間の因果関係を論理的につなぎ、図示することによって、要因相互の関係を明らかにし、解決の糸口を見つけ出そうとする手法のこと。

	ア	イ	ウ	エ
①	パレート図	親和図法	マトリックス図法	PDPC法
②	特性要因図	PDPC法	パレート図	連関図法
③	散布図	マトリックス図法	親和図法	PDPC法
④	散布図	親和図法	マトリックス図法	連関図法
⑤	チェックシート	マトリックス図法	PDPC法	親和図法

- (ア) 散布図とは、特性とその要因と考えられるものが測定されている場合に、一方のデータを横軸、もう一方のデータを縦軸にとって作成された二次元の図のこと。
- (イ) 親和図法とは、問題点は何かを明確にするためにブレインストーミングで議論を发散させ、それらを組み立てて整理統合し、絡み合った問題からの真の問題の抽出や、問題に対するアイデアの取得を行う方法のこと。
- (ウ) マトリックス図法とは、目的と手段、問題と要因、現象とその要因などを行と列の二次元に整理して、相互の関連を見たり、抜けやもれのチェックに用いたりする手法のこと。
- (エ) 連関図法とは、問題とする事象(結果)に対して、要因が複雑に絡み合っている場合に、要因間の因果関係を論理的につなぎ、図示することによって、要因相互の関係を明らかにし、解決の糸口を見つけ出そうとする手法のこと。

Case 2 品質管理に関する用語説明

H25-1-1-6 正答 ③

I-1-6 次の(ア)～(エ)の記述は品質管理に関する用語の説明である。説明された語句の組合せとして最も適切なものはどれか。

- (ア) 特性の規定された公差を工程能力で除した値
- (イ) 応答変数に説明変数を結びつけるモデルを評価するための手続きの集まり
- (ウ) 工程異常の検出を目的として用いる、プロセスの変動を視覚化するための図
- (エ) 測定値の存在する範囲をいくつかの区間に分けた場合、各区間を底辺とし、その区間に属する測定値の度数に比例する面積をもつ長方形を並べた図

	ア	イ	ウ	エ
①	標準偏差	主成分分析	管理図	ヒストグラム
②	標準偏差	回帰分析	工程図	散布図
③	工程能力指数	回帰分析	管理図	ヒストグラム
④	工程能力指数	主成分分析	工程図	ヒストグラム
⑤	工程能力指数	回帰分析	工程図	散布図

出題に関する用語は次の通りです。

- 工程能力指数 特性の規定された公差を工程能力で除した値
- 回帰分析 応答変数に説明変数を結びつけるモデルを評価するための手続きの集まり
- 管理図 工程異常の検出を目的として用いるプロセスの変動を視覚化するための図
- ヒストグラム 測定値の存在する範囲をいくつかの区間に分け、その区間に属する測定値の度数に比例する面積をもつ長方形を並べた図

管理図とヒストグラムはわかりやすいので、正答は①か③に絞ることができます。参考までに、QC7つ道具、新QC7つ道具、そして本問題に登場した主成分分析について記します。

QC7つ道具

管理を行うにあたり、現象を数値的・定量的に分析するための技法。いずれも可視化によって、問題点の把握や説明を容易にする。

- グラフ管理図 ヒストグラム パレート図 チェックシート
- 特性要因図 散布図 層別

新QC7つ道具

QC七つ道具が定量的な分析であるのに対し、新QC七つ道具は定性的な分析です。問題の

構造を早期に明らかにするのがその主目的です。

連関図法 親和図法 系統図法 アローダイアグラム法
 マトリックス図法 マトリックスデータ解析法 PDPC 法

主成分分析

複数の変数を合成して元の変数を減らし、全体を少数の変数で説明できるようにする、多変量解析の手法のひとつです。

1 3. 抜取検査

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case					2		2	
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
						1		

Case 1 H18-1-5-4

Case 2 H26-1-1-3, H28-1-1-2

Case 1 検査の種類とその特徴

H18-1-5-4 正答 ①

I-5-4 製品の品質検査の方法として全数検査と抜取検査がある。次の記述のうち、最も適切なものを選び。

- ① 全数検査を行っても不適合品が合格する可能性が残り、検査の信頼性を高めるためには検査結果をチェックする必要がある。
- ② 抜取検査には生産者危険が伴う。生産者危険とは、合格にできない不適合品率のロットを合格にしてしまう確率を表す。
- ③ 抜取検査には消費者危険が伴う。消費者危険とは、消費者が購入した製品のロットあたりの不適合品率を表す。
- ④ 抜取検査においては、ロットからサンプルをランダムにとることにより、生産者危険と消費者危険をゼロにすることができる。
- ⑤ 全数検査に比べて、検査時間が短く検査費用も安いことから、製品の種類にかかわらず抜取検査が選択される。

- ① 全数検査を行っても不適合品が合格する可能性が残り、検査の信頼性を高めるために

は検査結果をチェックする必要がある。

検査の方法が正しく、検査が規定通りに行われているか、の2つの事柄が問われています。「検査結果をチェックする」は「検査の方法それ自体を常に、定期的に検証する」ということです。検査方法の妥当性評価はシステムに組み込んでおく必要があります。

- ② 抜取検査には生産者危険が伴う。生産者危険とは、合格にできる適合品率のロットを不合格にしてしまう確率を表す。
- ③ 抜取検査には消費者危険が伴う。消費者危険とは、合格にできない不適合品率のロットを合格にしてしまう確率です。
- ④ 抜取検査においては、ロットからサンプルをランダムにとることにより、生産者危険と消費者危険をゼロにすることができない。
抜取検査は確率に基づいた検査ですから、生産者危険も消費者危険も、ゼロにすることはできません。
- ⑤ 全数検査に比べて、検査時間が短く検査費用も安いですが、製品の種類にかかわらず抜取検査が選択できるとは限らない。
不良が大きな危害をもたらす場合は、重大欠点による不良防止の為に全数検査を行わなければならない。

Case 2 抜取検査

H28-1-1-2 正答 ④

I-1-2 抜取検査に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

ロットの合格・不合格を計数値抜取検査によって判定する場合、ロットを構成するアイテムを一部抜き取ったサンプルを検査し、その 等で合格・不合格を決定することになる。この際、満足な製品を不合格とする確率及び不満足な製品を合格とする確率のバランスが重要となる。前者を といい、後者を という。この2つの確率は抜取検査手順を固定するとトレードオフの関係にあり、そのバランスは合格判定個数で調整される。検査が一連のロットに対して行われる場合には、先行ロットの結果を利用して後続ロットの抜取検査の厳しさを変更する の切換えエールの設定などが行われる。

	ア	イ	ウ	エ
① 平均値		消費者危険	生産者危険	多回抜取検査
② 平均値		生産者危険	消費者危険	なみ検査ときつい検査
③ 不適合品の数		消費者危険	生産者危険	多回抜取検査
④ 不適合品の数		生産者危険	消費者危険	なみ検査ときつい検査
⑤ 平均値		消費者危険	生産者危険	なみ検査ときつい検査

基本的な問題です。計数値抜取検査ですから、数の集合であるロットより決められた数を抜き出して検査し、その中で何個以上の不良があれば、そのロットを不合格とするかを決めます。ロット合格が続くようであれば検査を「ゆるめ」に、不合格が続くようであれば検査を「きつめ」にして対処する方法もあります（ゆるい検査、なみ検査、きつい検査、これを調整型抜取検査という）。

生産者危険と消費者危険の内容は理解しておく必要があります。

生産者危険 満足な製品を不合格とする確率（生産者が合格品をボツとしてしまう確率）
 消費者危険 不満足な製品を合格とする確率（消費者が不合格品を手にする確率）

1 4. 待ち行列

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case		1		1		1		1
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
	1							

Case 1 H23-1-1-2, H25-1-1-5, H27-1-1-2, H29-1-1-1, R01-1-1-5

Case 1 待ち行列

R01-1-1-5 正答 ②

I-1-5 ある銀行に1台のATMがあり、このATMを利用するために到着する利用者の数は1時間当たり平均40人のポアソン分布に従う。また、このATMでの1人当たりの処理に要する時間は平均40秒の指数分布に従う。このとき、利用者がATMに並んでから処理が終了するまで系内に滞在する時間の平均値として最も近い値はどれか。

トラフィック密度(利用率) = 到着率 ÷ サービス率
平均系内列長 = トラフィック密度 ÷ (1 - トラフィック密度)
平均系内滞在時間 = 平均系内列長 ÷ 到着率

- ① 68秒 ② 72秒 ③ 85秒 ④ 90秒 ⑤ 100秒

ATMでの平均滞在時間を求める問題です。示されている式に素直に数値を代入していけば答に至ります。注意すべき点は単位をまちがえないことです。この一連の計算は「利用率 = 単位時間当たりの平均到着人数 ÷ 単位時間当たりの平均処理人数」の計算から始まります。問題文では「単位時間当たりの平均到着人数」は人/時間、「単位時間当たりの平均処理人数」は人/秒で与えられていますので、時間の統一が必要になります。後者を1時間あたりの平均処理人数とすればよいでしょう。

解法には2つのパターンがあります。解法Aは H23-1-1-2、H25-1-1-5 と H27-1-1-2 で4つの式を用います。解法Bは H25-1-1-5 と R01-1-1-5 で3つの式を用います。

この解法Aと解法Bの方法を用いて R01-1-1-5 の問題を解いてみます。使用されている用語が少し違っていますが、トラフィック密度=利用率です。

解法 A

単位時間を1時間とする。
単位時間あたりの平均到着人数 $A = 40$ 人
単位時間あたりの平均処理人数 $B = 90$ 人 ($3600 / 40$)
利用率 $C = A / B = 40 / 90 = 0.444$
待ち行列長 $D = C / (1 - C) = 0.800$
平均待ち時間 $E = D \times$ 平均処理時間 (40秒) = 32秒
平均対応時間 = $E +$ 平均処理時間 (40秒) = 72秒

解法 B

1時間あたりで考えると、
到着率 $A = 40$ 人/時間 (90秒/人)
サービス率 $B = 90$ 人/時間

トラフィック密度（利用率） $C = A / B = 40 / 90 = 0.444$

平均系内列長 $D = C / (1 - C) = 0.800$

ここまでの計算は解法Aと解法Bで共通です。

平均待ち時間 = 平均系内列長 $D \times$ 到着率 $A = 0.800 \times 90 = 72$ 秒

15. オペレーションズ・リサーチ

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	2	7	2 3		3		6	
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
3	5	4	2	2 3	1 2			1

Case 1 H16-1-1-1, H19-1-1-5

Case 4 H22-1-1-1

Case 2 H19-1-1-2, H20-1-1-5, H21-1-1-5

Case 5 H23-1-1-4

H30-1-1-5, R01 再-1-1-5

Case 6 H26-1-1-2

Case 3 H20-1-1-4, H24-1-1-5, H28-1-1-5

Case 7 R01-1-1-2

H30-1-1-4

オペレーションズ・リサーチとは、システムの運用方法に関する問題を、統計的手法による解析や、システム簡易モデルの作成、シミュレーションなどによって、その問題の発見や解決策の検討などを行うことです。

Case 1 施設建設案の決定

H19-1-1-5 正答 ③

I-1-5 ある施設の計画案ア～オがある。これらの計画案による施設の建設によって得られる便益が、将来の社会環境条件 a, b, c により表1のように変化するものとする。また、それぞれの計画案に要する建設費用が表2に示されるとおりとする。将来の社会環境条件の発生確率が、それぞれ a = 60%, b = 30%, c = 10% と予測される場合、期待される価値 (= 便益 - 費用) が最も大きくなる計画案を①～⑤の中から選べ。

表1 (単位: 億円)

計画案 条件	ア	イ	ウ	エ	オ
a	5	4	3	6	7
b	4	6	7	4	5
c	3	7	8	3	4

表2 (単位: 億円)

計画案	ア	イ	ウ	エ	オ
建設費用	3	4	3	4	6

- ① ア ② イ ③ ウ ④ エ ⑤ オ

項目ごとの重要度に発生確率を掛け、得られた数値を候補案ごとに足し合わせてその評価点とし、その優劣を判断します。

$$\begin{aligned} \text{価値} &= \text{便益} - \text{費用} \\ &= 0.60a + 0.30b + 0.10c - \text{建設費用} \end{aligned}$$

これを計算して、価値が最大となるものを選びます。

Case 2 費用の最小化

H19-1-1-2 正答 ②

I-1-2 ある製品1台の製造工程において検査をX回実施すると、不具合の発生する確率が $1/(X+1)^2$ になると推定されるものとする。検査に要する費用が $(30X)$ 万円であり、不具合の発生による損害が1,875万円と推定されるとすると、検査回数Xを何回に設定すれば総費用が最小となるかを次の中から選べ。

- ① 3回 ② 4回 ③ 5回 ④ 6回 ⑤ 7回

製造工程において、検査の回数を増やすと不具合による損失は減少しますが、その一方で検査にかかる費用が増大します。損失と費用の合計が最小となる検査回数を求める問題です。題意より、検査回数を x とすると、損失+費用 $= 1875/(x+1)^2 + 30x$ と数式化できます。この数式の x に3、4、・・・、7を代入して計算すると②の $x=4$ 回の時がこの式の値が最小になることがわかります。少し時間はかかりますが確実な方法です。微分に自信があるのであれば、この式の一次微分は $-2 \times 1875/(x+1)^3 + 30$ と

なり、これを0（ゼロ）と置くと、 x は4.00であると容易に求まります。時間的にはこちらの方が早いと思います。

（参考）

一般式 $f(x) = x^n$ の微分は $f'(x) = nx^{n-1}$ です。

$f(x) = 1/(x+1)^n$ の微分は、 $X = x+1$ と置くと、 $f(X) = 1/X^n$

$$\begin{aligned} df(x)/dx &= dX/dx \times df(X)/dX \\ &= 1 \times (-2) \times X^{-3} = -2(x+1)^{-3} \end{aligned}$$

Case 3 利益の最大化

H28-1-1-5 正答 ⑤

I-1-5 材料 M_1, M_2, M_3 を用いて、製品 P_1 と P_2 を製造・販売する。製品 P_1 を1台製造するのに、材料 M_1, M_2, M_3 はそれぞれ1個、1個、0個必要で、製品 P_2 を1台製造するのに、0個、2個、2個必要であるとする。ただし、材料 M_1, M_2, M_3 の個数に上限があり、それぞれ5個、9個、6個である。製品 P_1 と P_2 を各々1台製造・販売した際に得られる利益がそれぞれ2万円、5万円のとき、全体の利益が最大となるような最適な製品 P_1 と P_2 の製造・販売台数の組合せはどれか。

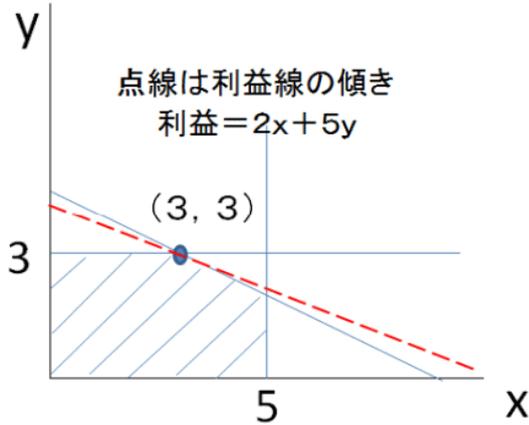
材料	製品		材料の個数の上限
	P_1	P_2	
M_1	1個	0個	5個
M_2	1個	2個	9個
M_3	0個	2個	6個
利益	2万円/台	5万円/台	

- ① P_1 を5台、 P_2 を3台
- ② P_1 を5台、 P_2 を2台
- ③ P_1 を4台、 P_2 を3台
- ④ P_1 を4台、 P_2 を2台
- ⑤ P_1 を3台、 P_2 を3台

グラフを用いる方法と、表を用いる方法の2つの解き方を示すします。シンプレックス法による解法です。

製品 P_1 の数を x 、 P_2 の数を y とすると、使用できる材料 M_1, M_2, M_3 の個数に上限があるので、 $x \leq 5$ 、 $x + 2y \leq 9$ 、 $2y \leq 6$ 。この3つの不等式をグラフに書き込むと斜線部

分が生産可能な領域となります（ただし、 x および y はゼロを含む整数です）。一方、このグラフに利益線を書き込む（ $y = 2/5 x + \text{定数}$ で表される直線）と、利益が最大化されるのは $(x, y) = (3, 3)$ の点で、その利益額は21万円であることがわかります。



しかし、解答時間の制約を考えると、直接数字を入れてみる方が早いかもしれません。利益の“-”は条件が満たされていないこと（必要な材料数が足りないこと）を意味しています。

解答	個数		M ₁	M ₂	M ₃	利益
	P ₁	P ₂	≤5	≤9	≤6	
①	5	3	5	11	6	-
②	5	2	5	9	4	20
③	4	3	4	10	6	-
④	4	2	4	8	4	18
⑤	3	3	3	9	6	21

Case 4 物流費用の最小化

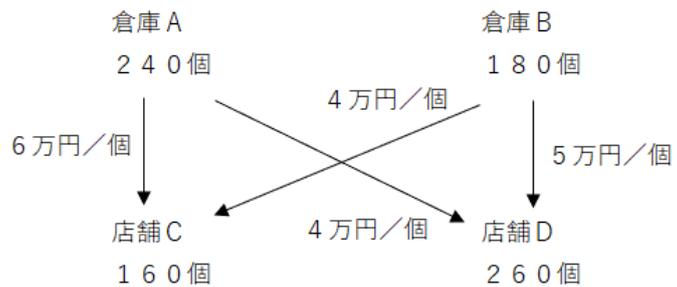
H22-1-1-1 正答 ③

I-1-1 ある製品を2つの倉庫A、Bで保管している。倉庫Aに保管している製品は240個、倉庫Bで保管している製品は180個である。この製品を2つの店舗C、Dに運搬したい。店舗Cの必要量は160個、店舗Dの必要量は260個である。倉庫、店舗間の製品1個当たりの輸送費用は下表のとおりである。この製品を、各倉庫から各店舗へ、輸送費用の合計が最小になるように輸送したときの総輸送費として、正しいものを①～⑤の中から選べ。

	店舗C	店舗D	保管量
倉庫A	6万円/個	4万円/個	240個
倉庫B	4万円/個	5万円/個	180個
必要量	160個	260個	

- ① 1,520万円 ② 1,640万円 ③ 1,700万円
 ④ 2,180万円 ⑤ 2,420万円

この問題の内容を整理すると図のようになります。まず、この図が書けることが必要となります。次に、物流費用を最小にするためには、1個あたりの輸送費用の小さなものから輸送を始めます。このことに気が付けば、この問題は簡単に解けます。



運送料（4万円/個）の低いものから優先して輸送します。
 （高い運送料（6万円/個）は最少量とする）

倉庫 B	⇒	店舗 C	160個	4万円/個	640万円
倉庫 B	⇒	店舗 D	20個	5万円/個	100万円
倉庫 A	⇒	店舗 D	240個	4万円/個	960万円
合計					1700万円

Case 5 ゲームの理論

H23-1-1-4 正答 ①

I-1-4 大画面薄型テレビの新製品を発売しようとしているA社とB社は共に、その定価の設定に悩んでいる。下表のように、あるコンサルタントは定価と売上高の相関を利得表として報告している。この表は、A社が60万円、B社が60万円を定価として設定すると、A社の売上高は12億円、B社の売上高は13億円となることを示している。この表に従うと、A社もB社も他社が設定する定価を予想して、自社の売上高を最大にする定価を設定することができる。A社とB社が共に売上高の最大化を目指し、他社の定価設定に対して各社が独自に設定する最適な自社の定価の組合せはどれか。

表 売上高の利得表

		B社の販売戦略 B社が設定する定価			
		60万円		65万円	
A社の販売戦略 A社が設定する定価	60万円	A社の売上高	12億円	A社の売上高	15億円
		B社の売上高	13億円	B社の売上高	7億円
	65万円	A社の売上高	8億円	A社の売上高	10億円
		B社の売上高	14億円	B社の売上高	10億円

- ① A社の定価：60万円，B社の定価：60万円
- ② A社の定価：60万円，B社の定価：65万円
- ③ A社の定価：65万円，B社の定価：60万円
- ④ A社の定価：65万円，B社の定価：65万円
- ⑤ 定価の組合せは決まらない。

この問題は、ゲームの理論に基づいた売上高極大化の話です。

A社 60万円 B社の価格設定が60万円、あるいは65万円であっても、
A社が65万円と決定した場合よりも売上高は大きくなる。
B社 60万円 A社の価格設定が60万円、あるいは65万円であっても、
B社が65万円を設定した場合よりも売上高は大きくなる。
従って、A社の定価60万円、B社の定価60万円です。

ちなみに、共に定価を60万円と設定すると、業界としての売上高も極大化できるので好ましいと考えられます。

		B社の販売戦略 B社が設定する定価			
		60万円		65万円	
A社の販売戦略 A社が設定する定価	60万円	A社の売上高	12億円	A社の売上高	15億円
		B社の売上高	13億円	B社の売上高	7億円
	65万円	A社の売上高	8億円	A社の売上高	10億円
		B社の売上高	14億円	B社の売上高	10億円

25億円
22億円

22億円
20億円

Case 6 客席回転率**H26-1-1-2 正答 ④**

1-1-2 下表に示す条件で、飲食店の開業を考えている。月に100万円の利益を得るために、1つの客席当たり、1日に必要な来客人数に最も近い値はどれか。なお、ここでいう利益とは、売上高の総額より変動費の合計と固定費を差し引いた額である。

客1人当たりの売上高	500円/人
客1人当たりの変動費	200円/人
1か月の固定費	500,000円
1か月の営業日数	20日
客席数	50席

- ① 2人 ② 3人 ③ 4人 ④ 5人 ⑤ 10人

この問題は、飲食店開業前の利益計画の話です。

$$\begin{aligned} \text{月当たり利益} &= (\text{客1人当たりの売上高} - \text{客1人当たりの変動費}) \\ &\quad \times \text{1日の客数} \times \text{1ヶ月の営業日数} - \text{1ヶ月の固定費} \\ \text{客席回転率} &= \text{1日の客数} / \text{客席数} \end{aligned}$$

1日あたりに必要な来客人数を x とすると、赤字とならないためには、

$$\begin{aligned} 1000000 &= (500 - 200) \times x \times 20 - 500000 \\ x &= 250 \end{aligned}$$

客席回転率は、 $x / 50 = 5$ 回転

客席回転率

飲食店などで用いられる指標で、1日に、客席1席あたり何人の客数があったかを示す指標です。1日の客数を店舗の客席数で除することで得られます。

Case 7 年間在庫維持費用最小化**R01-1-1-2 正答 ②**

1-1-2 ある問屋が取り扱っている製品Aの在庫管理の問題を考える。製品Aの1年間の総需要は d [単位] と分かっており、需要は時間的に一定、すなわち、製品Aの在庫量は一定量ずつ減少していく。この問屋は在庫量がゼロになった時点で発注し、1回当たりの発注量 q [単位] (ただし $q \leq d$) が時間遅れなく即座に納入されると仮定する。この

とき、年間の発注回数は d/q [回]、平均在庫量は $q/2$ [単位] となる。1 回当たりの発注費用は発注量 q [単位] には無関係で k [円]、製品 A の平均在庫量 1 単位当たりの年間在庫維持費用（倉庫費用、保険料、保守費用、税金、利息など）を h [円/単位] とする。

年間総費用 $C(q)$ [円] は 1 回当たりの発注量 q [単位] の関数で、年間総発注費用と年間在庫維持費用の和で表すものとする。このとき年間総費用 $C(q)$ [円] を最小とする発注量を求める。なお、製品 A の購入費は需要 d [単位] には比例するが、1 回当たりの発注量 q [単位] とは関係がないので、ここでは無視する。

$k = 20,000$ [円]、 $d = 1,350$ [単位]、 $h = 15,000$ [円/単位] とするとき、年間総費用を最小とする 1 回当たりの発注量 q [単位] として最も適切なものはどれか。

- ① 50 単位 ② 60 単位 ③ 70 単位 ④ 80 単位 ⑤ 90 単位

題意より、年間総費用は、

$$\text{年間総費用 } C(q) = d/q \times k + q/2 \times h \quad (\text{円/年})$$

$C(q)$ の最小値を求めるには、 $C(q)$ を q で微分してゼロと置きます。

$$C(q) / dq = -d/q^2 \times k + 1/2 \times h = 0$$

求める発注量 q は、

$$q = \sqrt{(2kd/h)} = 60$$

答は②の 60 単位です。

(参考)

$f(x) = 1/x$ を微分すると $f'(x) = -1/x^2$ です。

$f(x) = x^n$ の微分が $f'(x) = nx^{n-1}$ ですので、 $n = -1$ を代入するとこうなります。

16. 全体順位の決定

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case				2				
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
							1	

Case 1 H17-1-1-5

Case 2 H29-1-1-3

Case 1 相互比較情報より全順位を決定

H17-1-1-5 正答 ④

I-1-5 プロジェクトの代替案としてA, B, C, D, E, Fがあり, これらの中に比較優位の順位付けが求められている。しかし, 判定の困難さから, 2個一組の一对比較でしか優劣がつけられないものとする。これまでの調査で, $B > A$, $D > C$, $E > F$, $E > B$, $B > C$, $D > E$ であることが判明した。これによって得られる判断として正しいものを選び。ただし, これらの案の間には明確な順位付けが可能で, 調査によって得られた優劣判断には誤りがないものとする。

- ① まだ「6案中〇位」という順位付けのはっきりしている案はない。
- ② 「6案中〇位」という順位付けのはっきりしている案は1個だけある。
- ③ うまく組合せを選べば, あと2回の比較で必ずすべての順位付けを確定できる。
- ④ うまく組合せを選んでも, あと2回の比較ですべての順位付けが確定できる確率は50%である。
- ⑤ どのように組合せを選んでも, あと2回の比較ですべての順位付けが確定できる可能性はない。

問題文の情報より絵を描いて考えてみます。

設問に従って大小関係を比較します。そして, その順序を整理しなおします。それを見やすいようにしたものが次ページの図の右半分です。

(AC) はAとCの大小関係が決定していないことを意味しています。

設問は①～⑤のなかで, 正しいものはどれかを求めています。

- ① DとEの位置づけは1番と2番と決定しているから誤り。
- ② DとEの2個の位置づけがはっきりしているので誤り。
- ③～⑤は同じ内容についてそれぞれ異なったことを言っています。従って, 少なくともこの中の2つは誤りです。

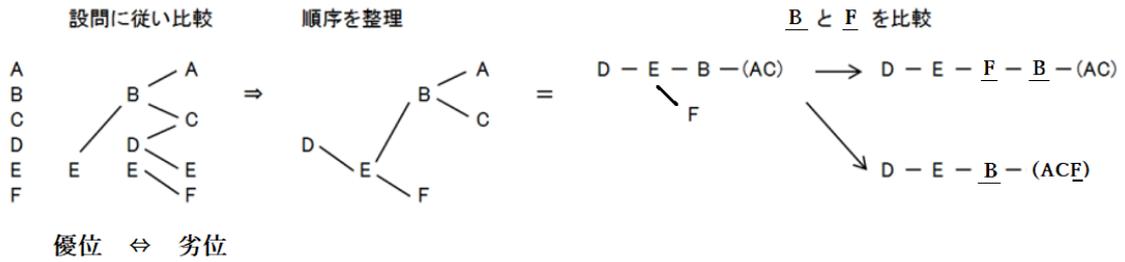
図の右側でBとFを比較します。1回目の比較です。

図右の上のケースでは「D-E-F-B-(AC)」と4つの並び順が決まり, あとはAとCの比較ですべての並び順が決まります。

図右の下のケースでは, AとCとFの並び順を決定する必要があるため, あと1回の比較ではその順番は決まりません。

従って, BとFの比較, 次いでAとCの比較をすると, 確率50%で並び順(順位付け)が決定できます。

設問の「うまく組み合わせを選べば」という言葉は意味深長です。



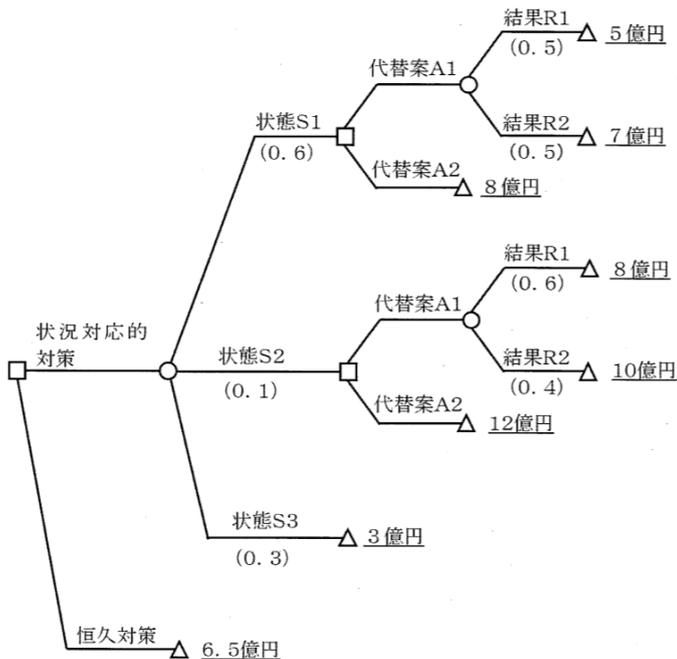
この問題を解くには、少し時間を要します。平成18年度に出題され、それ以降の出題はありません。

Case 2 デシジョンツリー

H29-1-1-3 正答 ②

I-1-3 工場の災害対策として設備投資をする際に、恒久対策を行うか、状況対応的対策を行うかの最適案を判断するために、図に示すデシジョンツリーを用いる。決定ノードは□、機会ノードは○、端末ノードは△で表している。端末ノードには損失額が記載されている。また括弧書きで記載された値は、その「状態」や「結果」が生じる確率である。

状況対応的対策を選んだ場合は、災害の状態S1, S2, S3がそれぞれ記載された確率で生じることが予想される。状態S1とS2においては、対応策として代替案A1若しくはA2を選択する必要がある。代替案A1を選んだ場合には、結果R1とR2が記載された確率で起こり、それぞれ損失額が異なる。期待総損失額を小さくする判断として、最も適切なものはどれか。



- ① 状況対応的対策の期待総損失額は4.5億円となり、状況対応的対策を採択する。
- ② 状況対応的対策の期待総損失額は5.4億円となり、状況対応的対策を採択する。
- ③ 状況対応的対策の期待総損失額は5.7億円となり、状況対応的対策を採択する。
- ④ 状況対応的対策の期待総損失額は6.6億円となり、恒久対策を採択する。
- ⑤ 状況対応的対策の期待総損失額は6.9億円となり、恒久対策を採択する。

新傾向の問題ですが、内容は易しいです。□は決定ノードですから、状態S1では損失が少ない代替案A1を、状態S2でも損失が少ない代替案A1を選ぶことになります。

状況対応的対策での見込み損失額が5.4億円となり、恒久対策の6.5億円よりも少ない金額となります。

(ア) 状態S1を選択した場合、代替案A1の平均損失額(期待値)は、

$$\Delta 5 \text{億円} \times 0.5 + \Delta 7 \text{億円} \times 0.5 = \Delta 6 \text{億円}$$

この金額は代替案A2を選択したときよりも損失額が少ないので代替案A1を選択

(イ) 状態S2を選択した場合、代替案A1の平均損失額(期待値)は、

$$\Delta 8 \text{億円} \times 0.6 + \Delta 10 \text{億円} \times 0.4 = \Delta 8.8 \text{億円}$$

この金額は代替案A2を選択したときよりも損失額が少ないので代替案A1を選択

(ウ) 状態S3には選択肢がないので損失額は3億円



状況対応的対策をとった場合の期待値は、

状態S1、状態S2、状態S3が発生する確率はそれぞれ0.6、0.1、0.3ですので、

$$\Delta 6 \times 0.6 + \Delta 8.8 \times 0.1 + \Delta 3 \times 0.3 = \Delta 5.4 \text{億円}$$

17. PERT法

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	1		1		1		1	1
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
	1 1				1	1		

Case 1 H18-1-2-4, H19-1-2-3, H23-1-1-3, H23-1-2-2, H25-1-1-4
H26-1-2-1, H28-1-1-4, H30-1-1-2, R01 再-1-1-4

この出題は、第1群および第2群の双方で出題されています。

どの問題もPERT法の基本がわかれば解けますので、出題された全問題を同列に並べています。

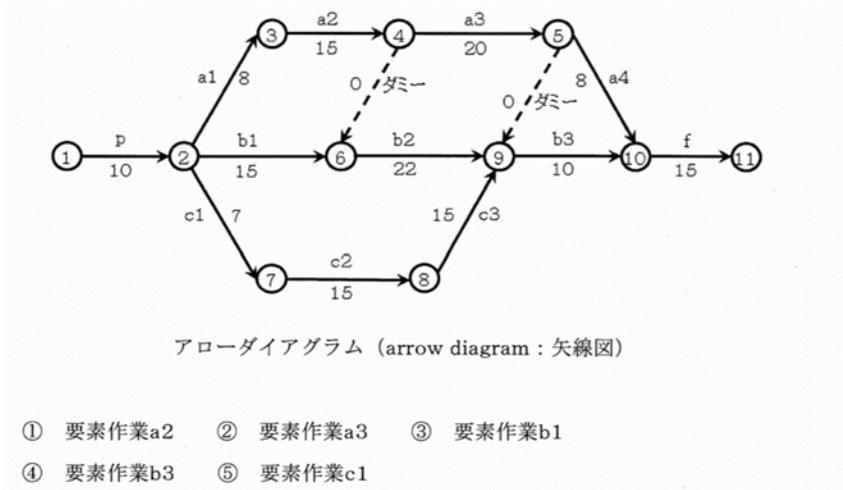
Case 1 PERT法

H28-1-1-4 正答 ④

1-1-4 設計開発プロジェクトの作業リストが下表のように示され、この表からアローダイアグラムが下図のように作成された。ただし、図中の矢印のうち、実線は要素作業を表し、破線はダミー作業を意味する。さらに要素作業a2, a3, b1, b3及びc1は、作業リスト中の追加費用をかけることで1日短縮できることがわかった。設計開発プロジェクトの最早完了日数を1日短縮するのに最も安価な方法を選択したい。このとき、作業日数を1日短縮すべき要素作業はどれか。

作業リスト

要素作業	先行作業	作業日数	追加費用(万円)
p	——	10	
a1	p	8	
a2	a1	15	18
a3	a2	20	10
a4	a3	8	
b1	p	15	5
b2	a2, b1	22	
b3	a3, b2, c3	10	15
c1	p	7	6
c2	c1	15	
c3	c2	15	
f	a4, b3	15	

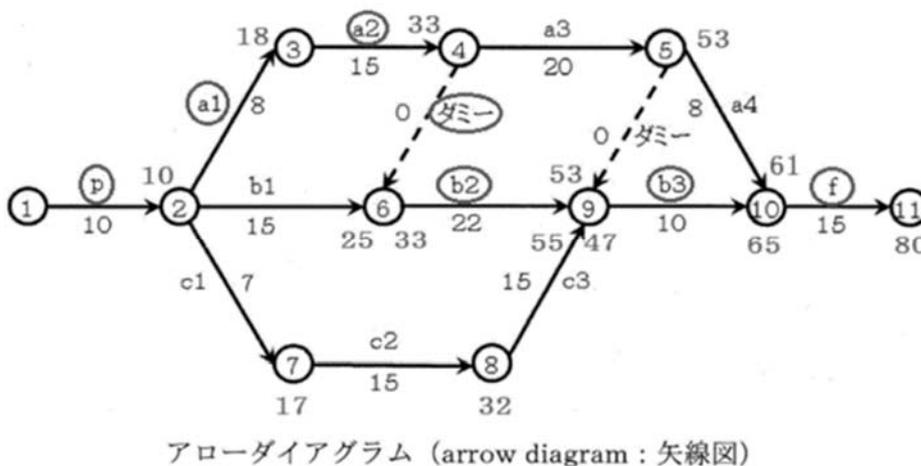


複雑な工程と日数が示されていますが、各ルートの必要日数を頭から積み上げていけば答に到達できます。たとえば中央にあるポイント⑥では、ルート p - b₁ では 25 日必要ですが、p - a₁ - a₂ - ダミー では 33 日と長くかかっています。従って、ルート p - b₁ の工程は余裕を持っていることがわかります。縮めるとすれば、工程 p - a₁ - a₂ - ダミー のどこかということです。同じように日数の積み上げを行って行けば、どこに縮めしろがあるかがわかります。

ダミーとは、工程 a₂ が終了してポイント③に到達しないとポイント⑥からの工程 b₂ が開始できないことを示す記号です。

作業の進行順に必要な日数を求めていくと、ルート p - a₁ - a₂ - ダミー - b₂ - b₃ - f が縮めることのできないクリティカルパスであることがわかります。

費用を支払って工期を 1 日短くするとすると、a₂ か b₃ のどちらかがその候補となりますが、b₃ の方が追加費用が安いのでこちらを選択することになります。



H26-1-2-1 正答 ①

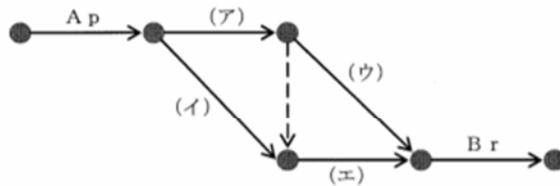
I-2-1 機械A, Bを用いて部品p, q, rを加工する作業を下図のようなアローダイアグラムで表現したい。ただし、この作業は以下の条件を満たさなければならない。

【条件】

- * 機械A, Bのいずれにおいても部品をp→q→rの順に加工する。
- * 部品p, q, rはいずれも機械A→Bの順で加工される。
- * 各機械は一度に1つの部品しか加工できず、機械が1つの部品の加工を始めたら、その加工を中断することはできない。
- * 2台の機械は、異なる部品を加工するのであれば並行して使用できる。

いま、機械Aで部品p, q, rを加工する作業をそれぞれA p, A q, A rとし、機械Bで部品p, q, rを加工する作業をそれぞれB p, B q, B rとしたとき、図中の(ア)～(エ)に該当する作業の組合せとして最も適切なものはどれか。

なお、図中の破線矢印はダミー作業であり、実際の作業には対応しないが、(ア)の作業終了後に(エ)の作業を開始することを示している。

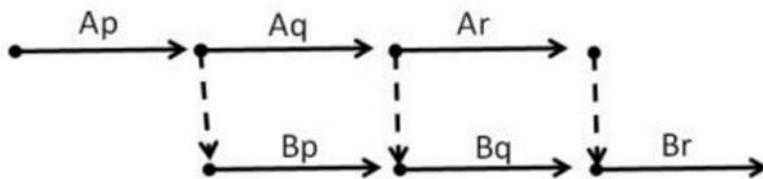


- | | ア | イ | ウ | エ |
|---|-----|-----|-----|-----|
| ① | A q | B p | A r | B q |
| ② | A q | B p | B q | A r |
| ③ | A q | A r | B p | B q |
| ④ | B p | A q | B q | A r |
| ⑤ | B p | A q | A r | B q |

問題で与えられた図を書き直してみました。

(ア)がA q、(イ)がB p、(ウ)がA r、(エ)がB qであることがわかります。

解答欄を見ていれば惑わされますが、その意味するところから考えてみると意外に簡単な問題です。

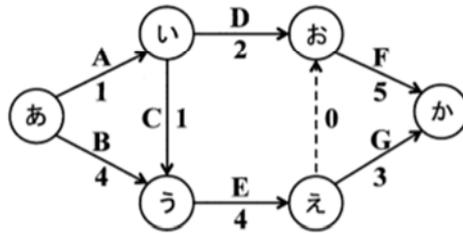


H25-1-1-4 正答 ④

I-1-4 設計開発プロジェクトの作業リストが下表のように示されている。下図は、この表から作成したアローダイアグラムである。表に示されているように、各作業（AからG）は、終了されていなければならない先行作業のあるものがある。また、追加費用を投じることによって、作業日数を1日短縮することができる作業もある。このプロジェクトの最早完了日数を1日短縮する最も安価な方法を選択したい。その場合の追加費用を支払い、作業日数を1日短縮すべき作業はどれか。

作業リストと作業日数を1日短縮するために必要な費用

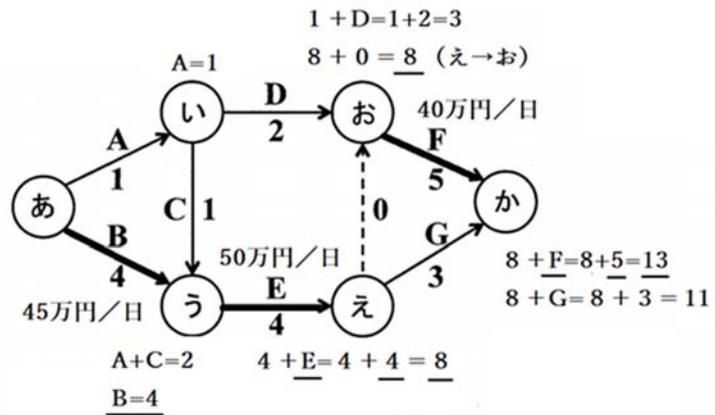
作業名	作業日数	先行作業	追加費用(万円)
A	1	-	-
B	4	-	45
C	1	A	-
D	2	A	15
E	4	B,C	50
F	5	D,E	40
G	3	E	30



アローダイアグラム

- ① 作業B ② 作業D ③ 作業E ④ 作業F ⑤ 作業G

図のようなアローダイアグラムが与えられたとき、まず日数が縮められない作業がどこであるかの確認をします。「あ」から「う」へは、「あ」→「い」→「う」のルートで作業Aおよび作業Bの2日、「あ」→「う」のルートで作業Bの4日が必要となります。アローダイアグラム中の「え」→「お」の点線は、作業Eが終了して「え」に到達したとき、はじめて「お」→「か」の作業Fが始められる条件が整ったことを意味しています。作業Eと作業Dが共に終了してはじめて



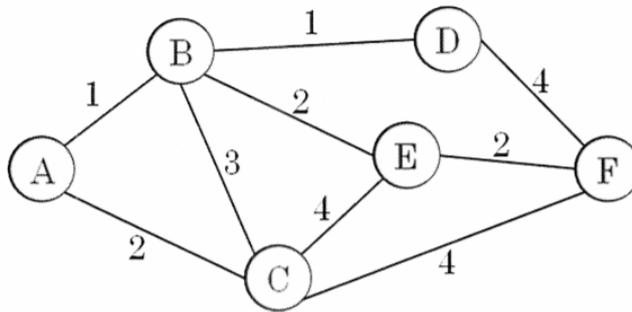
アローダイアグラム

て作業 F が始められます。

図中で縮められないのは「あ」→「う」→「え」→「お」→「か」を経るルートで、作業名は B、E、F です。この作業を 1 日短縮するとすると、いちばん安価な作業である F がその候補となります。

H23-1-2-2 正答 ②

I-2-2 下図に示す通信ネットワークにおいて、隣接するノード間の遅延時間は、各リンクに数字で示したとおりである。このとき、ノード A とノード F の間の通信に最も遅延時間が短くなる経路を利用したとき、その経路の遅延時間はどれか。ただし、経路の遅延時間は、経由するリンクの遅延時間の和で表されるものとする。



- ① 1 ② 5 ③ 6 ④ 8 ⑤ 10

「遅延時間」という言葉が難しく惑わされそうですが、「通信時間」に読み替えれば考えやすくなります。

複雑な経路図が示されていますが、A から F への最短通信時間を達成するには、A → B → E → F で、その通信時間は $1 + 2 + 2 = 5$ となります。

H19-1-2-3 正答 ④

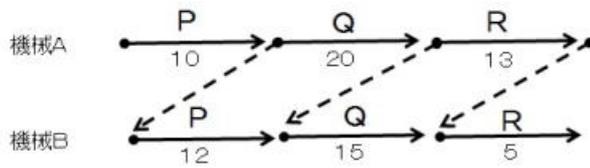
I-2-3 機械 A, B を用いて材料 P, Q, R を加工したい。材料はいずれも機械 A, B の順に加工しなければならない。機械 A で材料 P, Q, R を加工するのに要する時間はそれぞれ 10 分, 20 分, 13 分であり、機械 B で材料 P, Q, R を加工するのに要する時間はそれぞれ 12 分, 15 分, 5 分である。各機械は一度に 1 つの材料しか加工できない。機械が 1 つの材料の加工を始めたら、その加工を中断することはできない。2 台の機械は、異なる材料を加工するのであれば、並行して使用できる。材料が機械間を移動する時間や段取りに要する時間は考えなくてよい。

機械A, Bのいずれにおいても材料をP, Q, Rの順に加工するとしたら, 最初の加工が始まってから最後の加工が終るまでの時間の最小値はいくらか。次の中から選べ。

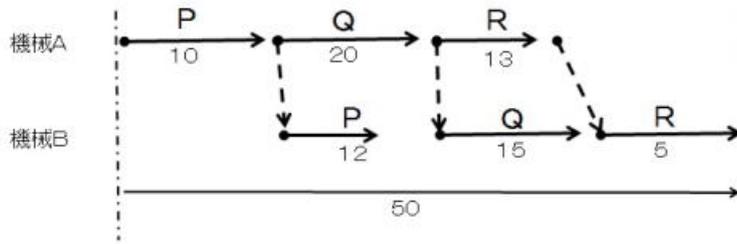
- ① 32分 ② 43分 ③ 47分 ④ 50分 ⑤ 75分

問題文を忠実に図にすると下の図になる。点線矢印は制約条件を表し、たとえば機械Aの作業Pが終わらないと機械Bの作業Pがはじめられないことを意味している。

上の図を書き直したのが下の図だ。必要時間が感覚的にとらえられるように矢印の長さに長短をつけた。全工程に必要な時間は一目瞭然だ。



絵を書き直す



18. PDCAサイクル

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case						1		
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
2								1

Case 1 H16-1-5-6, H27-1-1-6

Case 2 H24-1-5-4

PDCA サイクル (PDCA cycle、plan-do-check-act cycle) は、生産技術における品質管理などの継続的改善手法。Plan (計画) → Do (実行) → Check (評価) → Act (改善) の4段階を繰り返すことによって、業務を継続的に改善する。PDCA サイクルは、ISO9000 の継続的改善にも組み込まれている。

PDCA サイクルはフレデリックテイラーが提唱した科学的管理の系譜とガリレオガリレイにまで遡られる経験主義の科学的方法論の系譜に由来する。

デミングは1950年から日本の企業経営者に、設計/製品品質/製品検査/販売などを強化する方法の一環としてこのPDCAを伝授していった。デミングは晩年にPDCAの問題点を指摘した。現場の力を維持して向上させていくために、PDCAのC:チェックではなく、せめてスタディのPDSAにすべきと提起した。

Case 1 PDCAの並び順

H27-1-1-6 正答 ⑤

I-1-6 ISO 9001:2008 (JIS Q 9001:2008 品質マネジメントシステム-要求事項) では、【ア → イ → ウ → エ】のサイクルによって計画と実施をモデル化し、必要な改善を計画にフィードバックし、継続的な改善が達成できる仕組みとなっている。上記【 】内のサイクル (ア～エ) に当てはまる語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

- | | | | | |
|---|------|-------|-------|-------|
| | ア | イ | ウ | エ |
| ① | Plan | Act | Check | Do |
| ② | Plan | Act | Do | Check |
| ③ | Plan | Check | Act | Do |
| ④ | Plan | Do | Act | Check |
| ⑤ | Plan | Do | Check | Act |

P l a n→D o→C h e c k→A c t (P D C A)、計画→実行→評価→改善 (是正) の、P と D と C と A の順番を問う問題で、知っていて当然の問題です。

Case 2 品質管理の基本的な考え方

H24-1-5-4 正答 ②

I-5-4 品質管理に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

品質管理の基本的な考え方の一つとして、「品質は工程で作り込め」がある。品質保証を行う方法としては、出来上がった製品・サービスが規定要求事項に適合しているかを判定するアを行い、不適合なら後工程や顧客に引き渡さないようにすることが考えられるが、アのみに頼る品質保証は必ずしも効果的・効率的ではない。製品・サービスを生み出す一連のプロセスにおいて、できる限り上流のプロセスを維持向上・改善・革新するイにより体系的に品質保証を達成することが重要である。これを進めるにあたって、プロセスを設定するウが重要となる。これに始まるPDCAを回し、設定されたプロセスを維持向上・改善・革新することで、エに基づく管理を効率的に行える。

	ア	イ	ウ	エ
①	検査	三現管理	基準化	プロセス
②	検査	源流管理	標準化	プロセス
③	検査	三現管理	基準化	アウトカム
④	評価	源流管理	標準化	アウトカム
⑤	評価	三現管理	標準化	プロセス

I S O 9 0 0 0 を想起させる文章です。I S O 9 0 0 0 には P D C A の考え方が取り入れられています。

「源流管理」とは、「お客様に喜ばれる商品やサービスの品質を明らかにして、仕事の仕組みの源流、または担当業務の源流にさかのぼって、品質やサービスの機能や原因を掘り下げ、源流を管理していくこと」である。(日本財団図書館より)

19. 材料の強度

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case		3		1	3	4		3
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
2	1							

Case 1 H23-1-1-5, H29-1-1-2

Case 3 H25-1-1-2, H28-1-1-3, R01-1-1-4

Case 2 H24-1-1-2

Case 4 H27-1-1-3

Case 1 安全率、安全係数

H23-1-1-5 正答 ④

I-1-5 次の(ア)～(エ)の安全率について、それぞれの一般的な数値の組合せとして、最も適切なものはどれか。

(ア) 航空宇宙工学で、航空機あるいはロケットの構造設計に用いる安全率

(イ) 玉掛けに用いるワイヤロープの安全率

(ウ) 人間が摂取する薬品に対する安全率

(エ) かごを主索でつるエレベーターの主索の常時の安全率 (使用時)

	ア	イ	ウ	エ
①	100	6	1000	4
②	1.5	4	100	6
③	100	4	1000	6
④	1.5	6	100	4
⑤	10	4	100	6

航空宇宙で1.5が選べること。安全率を10や100にしてしまうと、確かに頑丈かもしれませんが、重くて飛べないことになります。また、医薬品で安全率100が選べること。この安全率100の根拠は、動物とヒトの種の差が10倍×ヒトとヒトとの間の個体差10倍です。動物実験で安全性を確認し、ほとんどすべての人が安全に、という思想です。食品の安全率も100となっています。

安全率とは、あるシステムが破壊または正常に作動しなくなる最小の負荷と、予測されるシステムへの最大の負荷との比(後者/前者)のことです。構造的な強度のほか、トルク、電圧、曝露量、薬品摂取などさまざまな負荷に対し使われます。

分野	安全率(倍)
航空宇宙	1.5
玉かけワイヤロープ	6
医薬品	100
エレベータ主索	4

Case 2 構造物の安全性

H24-1-1-2 正答 ⑤

I-1-2 構造物の安全性の照査に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

すべての構造部材が破壊に至らなければ、構造物の安全性は十分に確保されるが、不静定次数のでは一部の部材がに至って耐荷機構を失っても、構造全体の安全性が直ちに損なわれない場合もある。部材のな破壊を許容した上で、安全性を要求する場合には、耐震性の照査同様に部材のと、部材の破壊以後の挙動を考慮して照査することが必要である。

* 不静定次数：「静定」とは、力の釣り合いだけで、反力と各部の断面力が定まる構造のことである。一方、力の釣り合いだけから反力又は断面力を決められない構造を、「不静定」と呼ぶ。不静定な構造において、未知反力の数から釣り合い式の数を引いた数を不静定次数という。

* 照査：規格や基準に適合しているかどうかをチェックすること。

	ア	イ	ウ	エ
①	高い構造物	限界状態	部分的	線形性
②	低い構造物	限界状態	全体的	非線形性
③	高い構造物	弾性状態	部分的	線形性
④	低い構造物	弾性状態	全体的	線形性
⑤	高い構造物	限界状態	部分的	非線形性

この問題では難しい用語が並びます。正答の語句を入れて問題文を読んでみてください。

照査は規格や基準に適合しているかどうかをチェックすること。照らし合わせて調べること。建設分野で検査は、発注者側が行うこと。照査は受注者側が行うこと。

不静定次数の「静定」とは、力の釣り合いだけで、反力と各部の断面力が定まる構造のことです。一方、力の釣り合いだけから反力又は断面力を決められない構造を、「不静定」と呼びます。不静定な構造において、未知反力の数から釣り合い式の数を引いた数を不静定次数といいます。

不静定次数とは、架構の安定性に関する次数で、0次はギリギリ倒れない架構です。プラス側に行けば壊れてもよい部分が増えていき、架構それ自体は倒れにくくなります。マイナス側へ行くとその逆となります。

材料非線形履歴モデルに基づく手法は、材料レベルの実験結果を精密に表現できる履歴モ

デルを用い、これに基づいて部材の力学特性を求めます（骨組み構造を対象とした非線形構造物の耐震性能評価システム（青戸ら、2004年、第29回土木学会情報利用技術シンポジウム））。

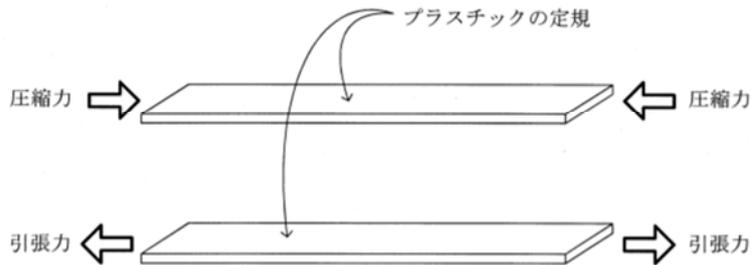
この出題は専門的であり過ぎます。

Case 3 座屈

H28-1-1-3 正答 ④

I-1-3 材料の強度に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

下図に示すように、プラスチックの定規に手で を与えて破壊することは難しいが、 を加えると容易に変形して抵抗をなくしてしまう。これが 現象である。設計に使用される許容応力度は、材料強度の特性値である設計基準強度を で除して決められている。



- | | ア | イ | ウ | エ |
|---|-----|-----|----|-----|
| ① | 引張力 | 圧縮力 | 剥離 | 安全率 |
| ② | 圧縮力 | 引張力 | 剥離 | 安全率 |
| ③ | 圧縮力 | 引張力 | 剥離 | 弾性率 |
| ④ | 引張力 | 圧縮力 | 座屈 | 安全率 |
| ⑤ | 圧縮力 | 引張力 | 座屈 | 弾性率 |

常識を問う問題です。

プラスチック製の定規を手で引っ張っても変形は認めにくいですが、両側から力を加えると容易に中央で折れ曲がり、元には戻らなくなります。この折れ曲がってしまう現象を座屈といいます。

座屈とは、構造物に加える荷重を次第に増加していくと、ある荷重で急に変形の模様が変化し、大きなたわみを生ずることをいいます。

R01-1-1-4 正答 ⑤

I-1-4 材料の強度に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

下図に示すように、真直ぐな細い針金を水平面に垂直に固定し、上端に圧縮荷重が加えられた場合を考える。荷重がきわめてならば針金は真直ぐな形のまま純圧縮を受けるが、荷重がある限界値をと真直ぐな変形様式は不安定となり、形式の変形を生じ、横にたわみはじめる。この種の現象はと呼ばれる。



図 上端に圧縮荷重を加えた場合の水平面に垂直に固定した細い針金

	ア	イ	ウ	エ
①	小	下回る	ねじれ	座屈
②	大	下回る	ねじれ	共振
③	小	越す	ねじれ	共振
④	大	越す	曲げ	共振
⑤	小	越す	曲げ	座屈

正答を当てはめて、文章の内容を理解してください。

Case 4 許容応力とフックの法則

H27-1-1-3 正答 ⑤

I-1-3 丸棒に引張り荷重が作用した構造を金属で設計する際の事項を以下に記載する。□に入る語句の組合せとして最も適切なものはどれか。

材料を選択し極限強さを決定する場合、許容応力は□アで求めることができる。安全率は荷重の種類や性質、材料の性質や信頼度を考慮し、通常□イが用いられる。棒の断面は発生する応力が許容応力以下になるように決定する。設計した棒の変形量を計算するためには、材料に発生する応力とひずみの関係を示す□ウを用いる。このとき、棒の変形量は□エに比例する。

	ア	イ	ウ	エ
①	極限強さ÷安全率	2以上の値	エネルギー保存則	断面積
②	極限強さ÷安全率	2以上の値	フックの法則	断面積
③	極限強さ×安全率	1以下の値	フックの法則	荷重
④	極限強さ×安全率	1以下の値	エネルギー保存則	断面積
⑤	極限強さ÷安全率	2以上の値	フックの法則	荷重

許容応力＝極限強さ÷安全率で、安全率は、材料をその極限いっぱいまで使わないことを前提に設定されています。通常は2以上。フックの法則とは、材料にかかる応力（単位断面積あたりの加重）と変形量が比例するというもので、バネを想像すると理解しやすいです。フックの法則に従う系では、荷重は伸びに正比例します。

20. せん断力

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case								
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
						1		

Case 1 H18-1-1-3

Case 1 せん断力

H18-1-1-3 正答 ②

I-1-3 次の記述の「ア」～「オ」には、A：引張、B：圧縮、C：せん断のいずれかが入る。その組合せとして最も適切なものを①～⑤の中から選べ。

慣れた人がマージャン牌を並べて手ではさんで持ち上げても牌は落ちない（図-1）。これは牌を押し付けることで伝わる「ア」力に、摩擦係数を乗じて評価できる摩擦力が「イ」力を発生させることで、牌の重さとつり合いを保つからである。石積みアーチ構造（図-2）においても、特に石の間に接着剤などを用いなくとも、石の重さが同様のメカニズムで摩擦力による「イ」力の伝達を可能にするので、安定した形を保つことができる。ただし、このメカニズムを正常に機能させるためには、支点において水平方向の反力を得て「ウ」力を生じさせなければならないので、支点が動かないようしっかりした施工が必要である。

ボルトで何枚かの板をはさんで締め付けると、同様に、板の間には摩擦による「エ」のメカニズムが生じるので、様々な力の伝達が可能となる。このとき締め付け力の反作用としてボルトの軸方向には「オ」力が発生する。

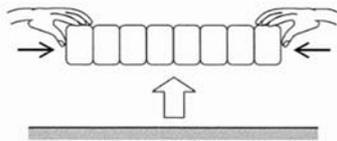


図-1 マージャン牌をはさんで持ち上げる様子



図-2 石積みアーチ構造の例

	ア	イ	ウ	エ	オ
①	A	C	A	C	A
②	B	C	B	C	A
③	B	A	B	C	B
④	C	A	C	A	B
⑤	C	B	C	B	B

マージャン牌を持ち上げる時や、石積みアーチが壊れない理由を説明する問題です。常識的に答にたどり着ける問題ですから、正答を問題文にはめ込んで一読してください。

(参考)

せん断 (Wikipedia)

はさみで物体を切る場合、2つの刃はすれちがうわけで、切られる物体はせん断力によって破壊される。

板金加工などにおいて、板の打抜きを行うことをせん断加工という。

自動車の雪道用タイヤは、タイヤの溝の中で圧縮された雪の「雪柱せん断力」によって、トラクション（駆動力）やグリップ（耐横力や制動力）を得ている。

2 1. 地震と破壊

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case				3				
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
		2			1			

Case 1 H19-1-1-3

Case 2 H22-1-1-4

Case 3 H29-1-1-6

Case 1 せん断破壊

H19-1-1-3 正答 ⑤

I-1-3 地震時には、図-1のように水平方向の揺れによって交互に慣性力が構造物に作用する。はりや柱から成る骨組構造物がこの力を受けた場合には、結果的に図-2のようにどちらかの方向に「マッチ箱がつぶれるような」破壊（せん断破壊）をすることがある。はりや柱で囲まれた壁の部分が、モルタルなどのひび割れが発生しやすい材料で造られていて、鉄筋などの補強もないものとする。この壁の部分が「単純せん断状態」（せん断応力のみがはりや柱から伝えられる）にあり、ひび割れが主引張応力と直交する方向に発生するものとするならば、骨組の破壊に先立って顕著に発生するであろうひび割れは、理論上どのようなものになると予想されるか。最も適切なものを①～⑤の中から選べ。

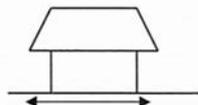


図-1

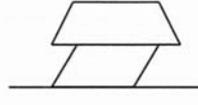
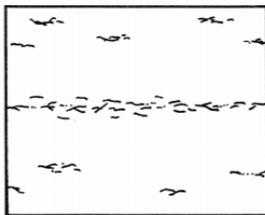
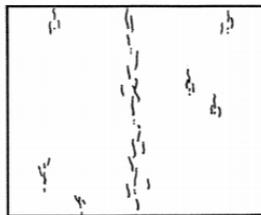


図-2

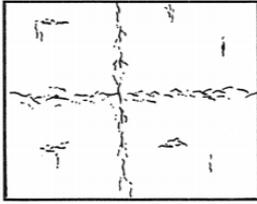
① 水平方向にひび割れが発生



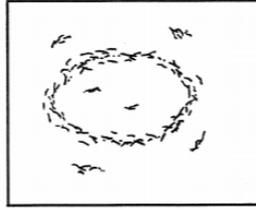
② 鉛直方向にひび割れが発生



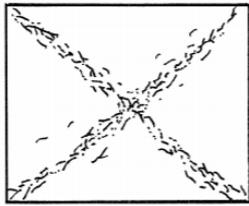
③ ①と②の組合せ



④ 壁の中ほどに円あるいは楕円状のひび割れが発生



⑤ 壁に×状のひび割れが発生



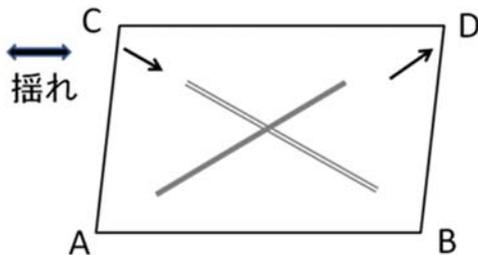
地震の揺れで家屋の壁がどのような被害を受けるかを問う問題です。

問題の説明図にあるように、地震の振動により長方形の枠組みは左右に揺さぶられ、台形へと変化します。出題図は枠組みが右に押す力を受けた（実際には地面が左に移動するのですが）状態を示しています。

A と D の間の距離が伸びてその中間部分に亀裂が生じます。一方、B と C の間では距離が縮まり、中央部分に盛り上がりが生じます。

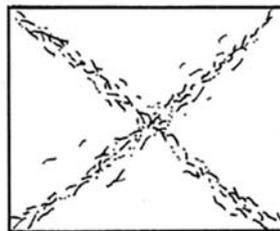
枠組みがこれとは反対方向にゆがんだ時には、割れと盛り上がりはそれぞれ逆となり、この割れ、盛り上がりが地震の期間中に繰り返すことにより、正解図のような状態に至ります。

説明図



正解図

⑤ 壁に×状のひび割れが発生



Case 2 地震時の構造物及び建物の安全性

H22-1-1-4 正答 ④

I-1-4 地震時の構造物及び建物の安全性に関する次の記述のうち、最も不適切なものを選べ。

- ① 建物に免震支承や減衰装置を設置することで、建物の被害を軽減できる。
- ② 既設鉄筋コンクリート柱の耐震性は、鋼板や繊維シートを巻きつけて密着させることで向上する。
- ③ 柔らかい地盤では地震動が増幅し、建物の被害が増大することがある。
- ④ 兵庫県南部地震の被災事例から、曲げ破壊をせん断破壊より先に生じさせないようにすることは、鉄筋コンクリート柱の耐震性を高めるとされている。
- ⑤ 建物における筋かいの設置は、耐震補強の一つの方法である。

② 既設鉄筋コンクリート柱の耐震性は、鋼板や繊維シートを巻きつけて密着させることで向上する。

山陽新幹線の橋脚補強などで行われています。

④ 兵庫県南部地震の被災事例から、せん断破壊を曲げ破壊より先に生じさせないようにすることは、鉄筋コンクリート柱の耐震性を高めるとされている。

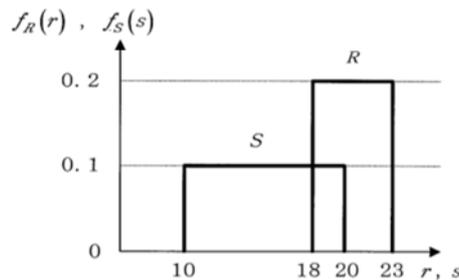
Case 3 構造物の破壊確率

H29-1-1-6 正答 ②

I-1-6 構造物の耐力 R と作用荷重 S は材料強度のばらつきや荷重の変動などにより、確率変数として表される。いま、 R と S の確率密度関数 $f_R(r)$ 、 $f_S(s)$ が次のように与えられたとき、構造物の破壊確率として、最も近い値はどれか。

ただし、破壊確率は、 $Pr[R < S]$ で与えられるものとする。

$$f_R(r) = \begin{cases} 0.2 & (18 \leq r \leq 23) \\ 0 & (\text{その他}) \end{cases}, \quad f_S(s) = \begin{cases} 0.1 & (10 \leq s \leq 20) \\ 0 & (\text{その他}) \end{cases}$$



- ① 0.02 ② 0.04 ③ 0.08 ④ 0.1 ⑤ 0.2

問題の図は横軸が地震などによる揺れの強さを示しています。

Rは材料強度で、建物でいえばその強さを示します。強度18までの揺れには何ら問題はありませんが、それ以上の揺れになると徐々に持ちこたえられなくなり、強度23を超えるともはや残る建物はあります。このRのグラフは底辺が幅5（23－18）、高さ（発生確率）が0.2で、面積1（確率的には必ず起こる）に規格化されています。

一方Sは作用荷重で、地震強度の分布と理解します。こちらも強度10から20まで幅が10、高さが0.1と、掛け合わせると1に規格化されています。

この図において建物が地震で壊れる強度範囲は18から20でその幅は2、この範囲で建物が地震で壊れる確率は、作用荷重がこの範囲にある確率0.1とこの範囲で建物が壊れる平均確率0.2（Sが18の時には建物は壊れないが、Sが20となると40%の確率で建物が壊れ、平均すると20%、すなわち0.2）を掛け合わせた0.02となります。このSとRを掛け合わせた確率0.02に強度幅2を掛け合わせた（横軸に沿って18から20まで積分した）値0.04が構造物の破壊確率となります。

数式で表すと破壊確率は、

$$= \int_{18}^{20} [(x-18) \times 0.2] \times 0.1 dx$$

$y = x - 18$ と置くと、

$$= \int_0^2 0.02 y dy = [0.01 y^2]_0^2 = 0.04$$

第2群 情報・論理

1. 2進数、N進数

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	6	2	7	6		2		1 2
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
	5	4	2 3	2	1 2			

Case 1 H19-1-2-1, H25-1-2-1

Case 4 H22-1-2-1

Case 2 H19-1-2-5, H20-1-2-2, H21-1-2-3

Case 5 H23-1-2-1

H25-1-2-5, H27-1-2-3, R01-1-2-1

Case 6 H29-1-2-2, R01 再-1-2-4

Case 3 H21-1-2-4

Case 7 H30-1-2-3

2進数およびN進数について、一般的な解説をしておきます。

2進数は位が1つ上がるごとに数値の大きさが倍になります。逆に位が1つ下がるごとに数値の大きさは $1/2$ となります。2進数は0と1で表記され、10進数との関係は次表のようになります。

2進数		10進数
1 0 0 0	2^3	8
1 0 0	2^2	4
1 0	2^1	2
1	2^0	1
0. 1	2^{-1}	0. 5
0. 0 1	2^{-2}	0. 2 5
0. 0 0 1	2^{-3}	0. 1 2 5

たとえば、2進数で1 0 1 0は10進数では $8 + 2 = 10$ 、2進数で0. 1 0 1は10進数では $0. 5 + 0. 1 2 5 = 0. 6 2 5$ となります。

計算による10進数とN進数の変換は次のようにします。たとえば、8進数の111があれば、これを10進数とするには、

$$1 \times 8^2 + 1 \times 8^1 + 1 \times 8^0 = 64 + 8 + 1 = 73$$

逆に、10進数の73を8進数とするためには下図左側の計算をして、余りを下から読めば、8進数では111 ($8^2 + 8^1 + 8^0 = 64 + 8 + 1 = 73$) となります。

10進数の0.7を8進数に変換するには下図右側の計算をして、得られた整数部分の数字を上から読んでいくと、0.546となります。

		整数部	
	商	余り	
8	73	.....	1
8	9	.....	1
8	1	.....	1
	0		

×	0.7	0	
	8		0.7×8
×	5.6	5	
	8		0.6×8
×	4.8	4	
	8		0.8×8
	6.4	6	

8進数		10進数
1000	8^3	512
100	8^2	64
10	8^1	8
1	8^0	1
0.1	8^{-1}	0.125
0.01	8^{-2}	0.015625
0.001	8^{-3}	0.0019531

今求めた8進数の0.546は10進数では、

$$\begin{aligned} & 5 \times 8^{-1} + 4 \times 8^{-2} + 6 \times 8^{-3} \\ & = 5 \times 0.125 + 4 \times 0.015625 + 6 \times 0.0019531 \\ & = 0.699219 \doteq 0.7 \end{aligned}$$

となります。

Case 1 2進数の理解

H25-1-2-1 正答 ④

I-2-1 数種類のランプを一行に並べ、ランプを点けた状態（ON）と消した状態（OFF）を考える。例えば、2つのランプを使った場合には、次の4通りの状態を表現できる。

ランプ1	ランプ2
ON	ON
ON	OFF
OFF	ON
OFF	OFF

8個のランプを用いる場合には、4個のランプを用いる場合と比べて表現できる状態の数は何倍になるか。

- ① 2倍 ② 4倍 ③ 8倍 ④ 16倍 ⑤ 32倍

2進数は数値を0か1で表します。2桁の2進数であれば、00、01、10、11の4つの表現が可能となります。すなわち 2^2 通りです。これが5桁となると 2^5 通り（32通り）、10桁では 2^{10} 通り（1024通り）となります。

Case 2 1/nの二進数表記

H19-1-2-5 正答 ③

I-2-5 10進数の「7分の1」を2進表示したものは次のうちどれか。ただし、小数点以下16位までを表示している。

- ① 0.0101001000100001 ② 0.0011011101111011
 ③ 0.0010010010010010 ④ 0.0001010000101000
 ⑤ 0.0111000000000000

問題は、 $1/7$ を二進数表記せよ、です。上の一般的な解説で示したように、2進数と10進数の対応は、2進数で桁数が1つ下がるたびに10進数での値は半分になっていきます。下表に従って、10進数の $1/7 = 0.1428571$ より各桁の引き算を進めていけば、答として0.00100100が得られます。小数点下8桁目まで求めましたが、この問題の答を得るためには小数点下4桁までで十分です。

2進数		10進数	1/7=0.1428571	
1	2^0	1	0	
0.1	2^{-1}	0.5	0	
0.01	2^{-2}	0.25	0	引いた余り
0.001	2^{-3}	0.125	1	0.0178571
0.0001	2^{-4}	0.0625	0	
0.00001	2^{-5}	0.03125	0	
0.000001	2^{-6}	0.015625	1	0.0022321
0.0000001	2^{-7}	0.0078125	0	
0.00000001	2^{-8}	0.00390625	0	

以上の計算では必ず答が得られますが、その計算に時間がかかってしまいます。この計算を速く行うためには次のような方法が考えられます。

$1/7 = (1 + 1/7) / 8 = 1/8 + (1/7) / 8$ と変形すると、第1項目の $1/8$ は2進数で0.001です。第2項目の $(1/7) / 8$ は $1/7$ が再度出現しています。この式の形から、数字の繰り返しとなります。すなわち循環小数となりますので、 $1/7$ を2進数で表すと、0.001001001...と無限に続いていくこととなります。

ただし、この方法がすべてのケースでうまく行くとはいりませんので、確実に解答を得るためには、やはり最初に示した力づくでの計算方法を用いるべきでしょう。

R01-1-2-1 正答 ①

I-2-1 基数変換に関する次の記述の、に入る表記の組合せとして、最も適切なものはどれか。

私たちの日常生活では主に10進数で数を表現するが、コンピュータで数を表現する場合、「0」と「1」の数字で表す2進数や、「0」から「9」までの数字と「A」から「F」までの英字を使って表す16進数などが用いられる。10進数、2進数、16進数は相互に変換できる。例えば10進数の15.75は、2進数では $(1111.11)_2$ 、16進数では $(F.C)_{16}$ である。同様に10進数の11.5を2進数で表すと, 16進数で表すとである。

- | | |
|----------------|---------------|
| ア | イ |
| ① $(1011.1)_2$ | (B. $8)_{16}$ |
| ② $(1011.0)_2$ | (C. $8)_{16}$ |
| ③ $(1011.1)_2$ | (B. $5)_{16}$ |
| ④ $(1011.0)_2$ | (B. $8)_{16}$ |
| ⑤ $(1011.1)_2$ | (C. $5)_{16}$ |

10進数の11.5は16進数ではどのように表記されるか、を問うものです。

16進数の表記は、1から16までが、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、Fとなります。16進数のBは10進数では11に相当し、16進数の8は10進数では8/16、すなわち0.5に相当します。従って、16進数のB.8は10進数では11.5(11+0.5)となります。

Case 3 文字格納に必要なメモリーのビット数

H21-1-2-4 正答 ④

1-2-4 次の記述の「ア」～「ウ」に入る数値の組合せとして、正しいものを①～⑤の中から選べ。

コンピュータで大文字のアルファベット26文字を表すためには少なくとも「ア」ビットの情報量が必要である。同様に、0から255までの整数を表すためには少なくとも「イ」ビット、昭和56年10月に告示された常用漢字表の本表の漢字欄に記載されている1,945文字の漢字を表すためには少なくとも「ウ」ビットの情報量がそれぞれ必要である。

	ア	イ	ウ
①	4	7	11
②	4	8	10
③	5	7	10
④	5	8	11
⑤	5	8	10

基本から考えます。

1ビット (0、1) の2通り

2ビット (00、01、10、11) の4通り

3ビット (000、001、010、100、101、110、111) の8通り

nビットの場合 2^n 通りです。

$2^5 = 32$ でアルファベットが表現でき、 $2^8 = 256$ で0から255まで256個の整数が表わせます。 $2^{11} = 2048$ で1945文字の漢字が表現できます。

Case 4 n進数の引き算

H22-1-2-1 正答 ①

I-2-1 次の計算式が成立するとき、使用された n 進法として正しいものを①～⑤の中から選べ。

$$132-54=34$$

- ① 6進法 ② 8進法 ③ 11進法 ④ 14進法 ⑤ 16進法

n 進数で成立している計算式「132-54=34」が何進数の計算であるかの確認をします。たとえば、これが10進数の計算とすると、「78=34」となり、10進数表記ではないことがわかります。n 進数の n を種々変化させて等式が成り立つかの確認をすることになります。

答は6進数で、右辺左辺共に10進数の数字に換算して比較すると、

$$\text{左辺} = (1 \times 6^2 + 3 \times 6^1 + 2 \times 6^0) - (5 \times 6^1 + 4 \times 6^0) = 22$$

$$\text{右辺} = 3 \times 6^1 + 4 \times 6^0 = 22$$

と左辺と右辺が等しくなります。

Case 5 IP アドレスの表記方法

H23-1-2-1 正答 ④

I-2-1 IPv4アドレスは、32ビットの2進数で定義されるが、ドット付き10進表記を行う場合には、上位から1バイトずつを10進数で表し、ドットで区切って表現する。次のIPアドレスをドット付き10進表記で表したものはどれか。

11000000101010000001111110101100

- ① 172. 31. 192. 168
 ② 172. 31. 168. 192
 ③ 172. 31. 255. 255
 ④ 192. 168. 31. 172
 ⑤ 192. 168. 172. 31

解答が4つの部分に分かれていることからわかるように、1バイトは8ビットです。従って、11000000/10101000/00011111/10101100。この2進数を10進数に変換すると、192/168/31/172となります。関連する問題が「2. 情報の容量」のCase 5 (p 87)にあります。

Case 6 計算機内部での数値表示法

H29-1-2-2 正答 ④

I-2-2 計算機内部では、数は0と1の組合せで表される。絶対値が 2^{-126} 以上 2^{128} 未満の実数を、符号部1文字、指数部8文字、仮数部23文字の合計32文字の0, 1からなる単精度浮動小数表現として、次の手続き1~4によって変換する。

1. 実数を $\pm 2^a \times (1+x)$, $0 \leq x < 1$ 形に変形する。
2. 符号部1文字は符号が正(+)のとき0, 負(-)のとき1とする。
3. 指数部8文字は $a+127$ の値を2進数に直した文字列とする。
4. 仮数部23文字は x の値を2進数に直したとき、小数点以下に表れる23文字分の0, 1からなる文字列とする。

例えば、 $-6.5 = -2^2 \times (1+0.625)$ なので、符号部は符号が負(-)より1, 指数部は $2+127=129=(10000001)_2$ より10000001,

仮数部は $0.625 = \frac{1}{2} + \frac{1}{2^3} = (0.101)_2$ より10100000000000000000000である。

したがって、実数 -6.5 は、

符号部1, 指数部10000001, 仮数部10100000000000000000000

と表現される。

実数13.0をこの方式で表現したとき、最も適切なものはどれか。

	符号部	指数部	仮数部
①	1	10000001	10010000000000000000000
②	1	10000010	10100000000000000000000
③	0	10000001	10010000000000000000000
④	0	10000010	10100000000000000000000
⑤	0	10000001	10100000000000000000000

新傾向の問題ですが、解説に従って解いていけば難しいことはありません。

実数13.0を問題で与えられたステップに従って解いていきます。

ステップ1 a = 3、x = 5 / 8となる。

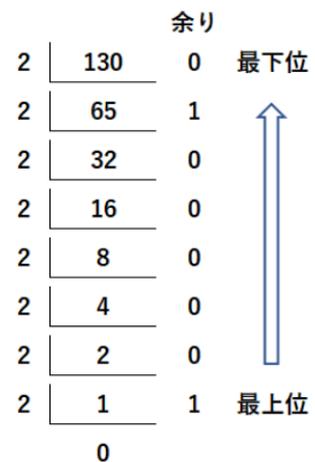
ステップ2 符号は正であるので符号部は 0

ステップ3 指数部の8文字は a + 127 の値、130を2進数に直した文字列で、図に示した方法で計算する。

ステップ4 仮数部23文字は x の値を2進数に直したときの文字列で、x = 5 / 8である。

$$5 / 8 = 1 / 2 + 1 / 8 = 1010000 \dots$$

と問題に答が与えられています。



Case 7 補数表現

H30-1-2-3 正答 ③

I-2-3 補数表現に関する次の記述の、に入る補数の組合せとして、最も適切なものはどれか。

一般に、 k 桁の n 進数 X について、 X の n の補数は $n^k - X$ 、 X の $n-1$ の補数は $(n^k - 1) - X$ をそれぞれ n 進数で表現したものと定義する。よって、3桁の10進数で表現した956の ($n=10$) の補数は、 10^3 から956を引いた $10^3 - 956 = 1000 - 956 = 44$ である。さらに956の ($n-1=10-1=9$) の補数は、 $10^3 - 1$ から956を引いた $(10^3 - 1) - 956 = 1000 - 1 - 956 = 43$ である。同様に、5桁の2進数 $(01011)_2$ の ($n=2$) の補数は ア 、($n-1=2-1=1$) の補数は イ である。

- | | ア | イ |
|---|-------------|-------------|
| ① | $(11011)_2$ | $(10100)_2$ |
| ② | $(10101)_2$ | $(11011)_2$ |
| ③ | $(10101)_2$ | $(10100)_2$ |
| ④ | $(10100)_2$ | $(10101)_2$ |
| ⑤ | $(11011)_2$ | $(11011)_2$ |

補数とは、ある数 N にこの補数を加えるとある基準となる単位の数 (基数) となり、逆にこの基数からある数を引くとその残りが補数となる、そのような数のことをいいます。

$$\text{補数} = \text{基数} - \text{ある数 } N$$

問題文では、 k 桁の n 進数 X について、

$$X \text{ の } n \text{ の補数は } n^k - X$$

$$X \text{ の } n-1 \text{ の補数は } (n^k - 1) - X$$

で、それぞれ n 進数で表現したものと定義しています。

この定義から、10進数では10の補数と9の補数が、2進数では2の補数と1の補数があることとなります。

まず、問題文で示されているのは10進数の956です。

$X = 956$ 、 $n = 10$ 、 $k = 3$ で

$$10 \text{ の補数は } 10^3 - 956 = 1000 - 956 = 44$$

$$9 \text{ の補数は } 10^3 - 1 - 956 = 1000 - 1 - 956 = 43$$

となっています。

問題文は、5桁の2進数の2と1の補数を求めなさい、というものです。

956の基数が1000であったように、5桁の2進数の基数は6桁の $(100000)_2$ です。この基数から与えられた2進数を引くことにより補数を求めます。

2の補数

$$\begin{array}{r} (100000)_2 \\ - (01011)_2 \\ \hline (10101)_2 \end{array}$$

同様に

$$\begin{array}{r} (100000)_2 \\ - (01011)_2 \\ - (00001)_2 \\ \hline (10100)_2 \end{array}$$

すなわち、求める答えは、(ア) $(10101)_2$ 、(イ) $(10100)_2$ となります。

2. 情報の容量

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	4				5	4		
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
3				3			1 2	

Case 1 H17-1-2-1

Case 4 H27-1-2-4, R01再-1-2-3

Case 2 H17-1-2-3

Case 5 H28-1-2-6

Case 3 H20-1-2-1, H24-1-2-4

Case 1 情報圧縮

H17-1-2-1 正答 ③

I-2-1 情報の圧縮に関する次の記述の中から、最も適切なものを選び。

- ① 現在のデジタル情報は0と1の2値を1ビットとして表す方式が主流である。1ビットに多値の情報をもたせることにより、情報のビット数を減らし、情報を圧縮することができる。
- ② ワードプロセッサで作成した文書ファイルが大きすぎる時は、文字サイズを小さくすることにより、ページ数を減らし、ファイルの大きさを小さくして情報を圧縮することができる。
- ③ ファイルに含まれる同じパターンの繰り返しなどの冗長さをとらえて短く表現することにより、情報を圧縮することができる。
- ④ 情報を圧縮する専用ソフトウェアを用いればファイルの大きさは小さくなる。このソフトウェアを2回適用すれば、ファイルの大きさはさらに小さくなる。
- ⑤ 紙に印刷すれば数千ページの文書も1枚のCD-Rに記録することができる。このように、重量や体積の小さな媒体に情報を格納することが情報圧縮の基本である。

「データ圧縮」とは、あるデータをそのデータの実質的な性質（専門用語では「情報量」）を保ったまま、データ量を減らした別のデータに変換することです。ファイルに含まれる同じパターンの繰り返しなどの冗長さをとらえて短く表現することにより、情報を圧縮することができます。

Case 2 情報量

H17-1-2-3 正答 ②

I-2-3 デジタル時計などで使われる7セグメントのLED(発光ダイオード)がある。



LEDが0～9の数字を等しい確率で表示するとき、ある数字(たとえば5)を見たときの情報量は $\log_2 10$ ビットである。

一方、LEDの上部のセグメントが故障している場合には、はと表示されるため、7と1を区別することはできない。この状態でを見たときの情報量を選び。

- ① $\log_2 4$ ビット
- ② $\log_2 5$ ビット
- ③ $\log_2 8$ ビット
- ④ $\log_2 9$ ビット
- ⑤ $\log_2 10$ ビット

情報量の定義は、 $-\log_2$ (起こる確率) である。数字0～9の10個の内、1個がわかる確率は $-\log_2 (1/10) = \log_2 (10)$ 。問題の1と7が区別できないときには、

7あるいは1を見たとき、その数値を見る確率は1/5。

従って、情報量 = $- \log_2 (1/5) = \log_2 (5)$ ビットとなります。

(参考)

$\log (A^n) = n \log (A)$ 、 $\log (A \times B) = \log (A) + \log (B)$

Case 3 情報の格納スペース

H24-1-2-4 正答 ③

I-2-4 ある新聞に書かれた文字数を数えたところ、1ページ当たり10,240字であった。容量が800Mバイトの記憶媒体に格納できるページ数に最も近い値はどれか。ただし、この新聞の文字情報は50%に圧縮して格納できるものとする。また、すべての文字は1文字当たり2バイトで表現され、改行コードなどは考慮しない。Mは1,024の2乗とする。

- ① 約1万ページ ② 約4万ページ ③ 約8万ページ
④ 約16万ページ ⑤ 約32万ページ

新聞1ページの格納に必要な容量は $10240 \times 2 \times 50\% = 10240$ バイト
2は1文字に要するバイト数であり、50%は情報の圧縮率です。

800Mバイトの記憶媒体に格納できるページ数は、

$$800 \times 1024 \times 1024 / 10240 = 81920 \text{ ページ}$$

となります。1024×1024を掛けることによりMバイト(メガバイト)をバイトに換算しています。1024は10³です。

Case 4 情報大きさの単位、テラバイト

R01再-1-2-3 正答 ②

I-2-3 B(バイト)は、データの大きさや記憶装置の容量を表す情報量の単位である。

1KB(キロバイト)は、10進数を基礎とした記法では10³B(=1000B)、2進数を基礎とした記法では2¹⁰B(=1024B)の情報量を表し、この二つの記法が混在して使われている。10進数を基礎とした記法で容量が720KB(キロバイト)と表されるフロッピーディスク(記録媒体)の容量を、2進数を基礎とした記法で表すと、

$$720 \times \left(\frac{1000}{1024} \right) \approx 720 \times 0.9765 \approx 703.1$$

より、概算値で703KB(キロバイト)となる。

1 TB (テラバイト) も、10進数を基礎とした記法では $10^{12}B (=1000^4B)$ 、2進数を基礎とした記法では $2^{40}B (=1024^4B)$ の情報量を表し、この二つの記法が混在して使われている。10進数を基礎とした記法で容量が2TB (テラバイト) と表されるハードディスクの容量を、2進数を基礎とした記法で表したとき、最も適切なものはどれか。

- ① 1.6 TB ② 1.8 TB ③ 2.0 TB ④ 2.2 TB ⑤ 2.4 TB

10を基数とする2TBは $2 \times 10^{12}B$ です。2進数を基数とした場合、1KBが 2^{10} なら1TBは 2^{40} ですので、10を基数とした $2 \times 10^{12}B$ は2を基数とした場合には、 $(2 \times 10^{12}) / (1024)^4 = 1.82TB$ となります。バイトは、1,024バイト=1キロバイト、1,024キロバイト=1メガバイト、1,024メガバイト=1ギガバイト、1,024ギガバイト=1テラバイトと、1,024倍するごとに名称を変化させていきます。

情報量が 10^3 倍となる度に、0.9765倍の乗率で情報量が変化します。これを表にすると次のようになるので、求める答は1.82TBです。

情報量	1 B	1 KB	1 MB	1 GB	1 TB	2 TB
10進数	1	1×10^3	1×10^6	1×10^9	1×10^{12}	2×10^{12}
2進数への乗率	1	0.9765	0.9765	0.9765	0.9765	1.819

Case 5 IP アドレスで表現可能なアドレス数

H28-1-2-6 正答 ⑤

I-2-6 IPv4アドレスは8ビットごとにピリオド(.)で区切り4つのフィールドに分けて、各フィールドの8ビットを10進数で表記する。一方、IPv6アドレスは16ビットごとにコロン(:)で区切り、8つのフィールドに分けて各フィールドの16ビットを16進数で表記する。IPv6アドレスで表現できるアドレス数はIPv4アドレスで表現できるアドレス数の何倍か、最も適切なものはどれか。

- ① 2^8 倍 ② 2^{16} 倍 ③ 2^{32} 倍 ④ 2^{64} 倍 ⑤ 2^{96} 倍

題意より、 $(2^{16})^8 / (2^8)^4 = 2^{96}$ 倍です。

関連する問題が「1. 2進数、N進数」のCase 5 (p 81)にあります。

3. 2進数配列のシフト

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case								
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
							1	

Case 1 H17-1-2-2

Case 1 2進数の除算

H17-1-2-2 正答 ⑤

I-2-2 レジスタを使い、符号付き二進数整数A（ただし、符号は正とする）の値を8で除算したときの商と余りを求めたい。次の空欄に当てはまる処理の組合せを選べ。

アルゴリズム

【商を求める】

- ・レジスタに値Aを入れる。
- ・3ビット（ア）し、値を取り出す。

【余りを求める】

- ・レジスタに値Aを入れる。
- ・7と（イ）演算を行い、値を取り出す。

（ア） （イ）

- ① 左シフト 論理和 (OR)
- ② 左シフト 論理積 (AND)
- ③ 左シフト 排他的論理和 (XOR)
- ④ 右シフト 論理和 (OR)
- ⑤ 右シフト 論理積 (AND)

レジスタを使い、符号付き2進数整数A（ただし、符号は正とする）の値を8で除算したときの商と余りを求めたい、という問題です。

実際に絵にかいてみればすぐにわかります。

たとえば、 $A = 14$ とし、8で割る。 $A = 14$ の配列を作り、これを右に3つシフトする。

（ $8 = 2^3$ です）その時の整数部分の読みは1であり、これが求める商です。

次に数値8と数値7の配列との積（AND）を求めると6が得られ、これが余りです。

「8」で割る、というところがミソです。 2^3 だからうまくいきました。数値Aの配列で8

(2³)の部分は商となることはわかっていますので、それ以外の部分ということで数値7(2進法で111)との積(AND)として余りを求めました。

	8	4	2	1				
A=14	1	1	1	0				
右へ3				1	1	1	0	
読み出し数値				1				商
数値 7		1	1	1				
AND		1	1	0				
読み出し数値				6				余り

4. 記憶素子

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case		2					2	
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
			2					1

Case 1 H16-1-2-1

Case 2 H21-1-2-5, H26-1-2-4, R01-1-2-6

Case 1 レジスタ内での計算

H16-1-2-1 正答 ④

I-2-1 レジスタに正の整数値 a を入れ、左に5ビットシフトしてから、aを引く。

この結果、レジスタの数値はaの何倍の値となるか、次の中から選べ。ただし、レジスタ内で数値は2進数として扱われ、上記の操作中であふれは生じないものとする。

- ① 4 ② 5 ③ 15 ④ 31 ⑤ 33

レジスタに関する問題です。レジスタに正の整数値 a を入れ、左に5ビットシフトしてから、aを引きます。その結果、レジスタ内の値はどうなっているか、という問題です。

現在の値は 1 a

64倍	32倍	16倍	8倍	4倍	2倍	1倍
						a
6	5	4	3	2	1	

左に5ビットシフトします。

64倍	32倍	16倍	8倍	4倍	2倍	1倍
	a					
6	5	4	3	2	1	

この値は $32a$

従って、答は $32a - a = 31a$

なお、この図はイメージ的に作成したもので、実際は2進数ですので、2進数のカラム並びの整数値 a に相当する位置にフラグが立つことになります。

たとえば $a = 1$ であれば 0000001 となります。これを左に5ビットシフトすると、 0010000 、これから元の a を引くと 0001111 。これを10進数に直すと $2^4 + 2^3 + 2^2 + 2^1 + 2^0 = 16 + 8 + 4 + 2 + 1 = 31$ と元の $a = 1$ の31倍となりますが、これでは計算が厄介になります。

Case 2 スタック

R01-1-2-6 正答 ②

I-2-6 スタックとは、次に取り出されるデータ要素が最も新しく記憶されたものであるようなデータ構造で、後入れ先出しとも呼ばれている。スタックに対する基本操作を次のように定義する。

- ・「PUSH n 」 スタックに整数データ n を挿入する。
- ・「POP」 スタックから整数データを取り出す。

空のスタックに対し、次の操作を行った。

PUSH 1, PUSH 2, PUSH 3, PUSH 4, POP, POP, PUSH 5, POP, POP

このとき、最後に取り出される整数データとして、最も適切なものはどれか。

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5

後入れ先出しです。一番最後にスタックに入れたデータが一番最初に取り出されます。

PUSH	1	1				
PUSH	2	2	1			
PUSH	3	3	2	1		
PUSH	4	4	3	2	1	
POP		3	2	1		4 が取り出される
POP		2	1			3 が取り出される
PUSH	5	5	2	1		
POP		2	1			5 が取り出される
POP		1				2 が取り出される

H26-1-2-4 正答 ④

I-2-4 スタックとは、次に取りだされるデータ要素が最も新しく記憶されたものであるようなデータ構造で、後入れ先出しとも呼ばれている。スタックに対する基本操作を次のように定義する。

- ・「PUSH n」 スタックに整数データ n を挿入する。
- ・「POP」 スタックから整数データを取り出す。

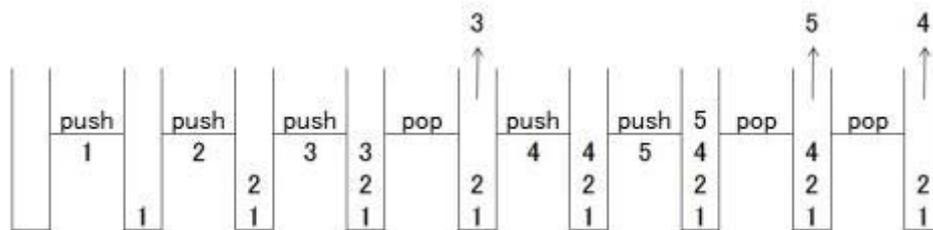
空のスタックに対し、次の操作を行った。

PUSH 1, PUSH 2, PUSH 3, POP, PUSH 4, PUSH 5, POP, POP

最後に取り出される整数データとして正しいものはどれか。

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5

push はスタックに数値を入れること、pop はスタックから一番最後に入れた数値を取り出すことで、要するに後入れ先出しです。問題文に従って素直に考えれば正答に至りません。



5. 実行時間

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case				4	3			4
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
	3	2				1		

Case 1 H18-1-2-1

Case 3 H23-1-2-4, H28-1-2-4

Case 2 H22-1-2-2

Case 4 H25-1-2-6, H29-1-2-6

Case 1 データ送信速度

H18-1-2-1 正答 ④

I-2-1 毎秒1ビットのデータを転送する速度を1bpsと表記する。また、1バイトは8ビットである。このとき、1Gバイトのデータを10Mbpsの転送速度で転送するために必要な時間を次の中から選べ。

- ① 10秒 ② 12.5秒 ③ 100秒 ④ 800秒 ⑤ 1,250秒

送信しようとしているデータの大きさは1Gバイト = $10^9 \times 8$ ビットです。一方、送信速度は $10 \text{ Mbps} = 10 \times 10^6$ ビット/秒です。従って、送信に必要な時間は、
 $(10^9 \times 8) / (10 \times 10^6) = 800$ 秒となります。

Case 2 実行時間のオーダー

H22-1-2-2 正答 ②

I-2-2 実行時間のオーダーに関して、最も不適切な記述を次の中から選べ。

ここで、 n 個のデータがあるアルゴリズムで処理する実行時間が例えば cn^2 (c は定数) と見なせるとき、このアルゴリズムの実行時間のオーダーは n^2 であるという。

- ① 実行時間のオーダーが n^2 のアルゴリズムで $2n$ 個のデータを処理する場合、その実行時間は $4n^2$ とは限らない。
 ② 実行時間のオーダーが $n \log_2 n$ のアルゴリズムと n^2 のアルゴリズムを比較すると、データの個数が十分多い場合には後者のアルゴリズムの方が実行時間が短い。
 ③ 複数のアルゴリズムの実行時間のオーダーが同一であっても、実際の実行時間は同一とは限らない。

- ④ データの個数が多くなった場合の計算量の増加の傾向を実行時間のオーダーで知ることができる。
- ⑤ 実行時間のオーダーを、実行時に使用するメモリサイズの指標として用いることはできない。

実行時間のオーダーとは何であるかがわかりにくいかもしれませんが、たとえば今100の要素からなる建築物の安全性計算をされていてそれにかかる時間が2時間であるとし、続いて200の要素からなる建物についても同じ計算プログラムを用いて計算を行う時にどれだけ計算時間がかかるかに関係してくるのがオーダーです。

要素が100から200へと2倍に増えたのですから、計算時間も2倍になるとするとオーダーは1（2の1乗）です。計算時間が4倍になるとするとオーダーは2（2の2乗）、そして8倍になるとするとオーダーは3（2の3乗）です。

- ① 2n個のデータを処理する場合、アルゴリズムの実行オーダーは n^2 であるが、実行時間まではわからない。n個のデータでの実行時間が cn^2 であるので、2n個のデータならば $c(2n)^2 = 4cn^2$ となり、 $c = 1$ でないときには $4n^2$ とはならない。
- ② データの数が多くなってきた場合、オーダーが小さいほうが実行時間が短くなる。オーダーの大きさを比較すると $n \log_2 n < n^2$ 。すなわちデータの数が多くなってきた場合には $\log_2 n$ のアルゴリズム（前者）のほうが実行時間が短い。設問では逆の記載となっています。

	$\log_2 n$		n
$n = 2$	1	<	2
$n = 4$	2	<	4
$n = 8$	3	<	8

- ③ ①と同じで、 n^2 は同じであるが、実行時間はわからない。
- ④ データ数が2倍になると計算時間が4倍、3倍になると9倍となった時、オーダーは n^2 である。
- ⑤ オーダーは、アルゴリズムの計算特性を表しているだけなので、処理したいデータ数によりメモリサイズは変化する。

Case 3 記憶装置へのアクセス時間**H28-1-2-4 正答 ④**

I-2-4 アクセス時間が 1.00 [ns]のキャッシュとアクセス時間が 100 [ns]の主記憶からなる計算機システムがある。キャッシュのヒット率が95%のとき、このシステムの実効アクセス時間として、最も近い値はどれか。ただし、キャッシュのヒット率とは呼び出されたデータがキャッシュに入っている確率である。

- ① 0.05 [ns]
- ② 0.95 [ns]
- ③ 5.00 [ns]
- ④ 5.95 [ns]
- ⑤ 95.0 [ns]

コンピュータでは一度使ったデータは複数回利用される可能性があるのでキャッシュに登録しておきます。キャッシュはアクセス時間が短いのでコンピュータの処理速度を向上させることができます。だが、キャッシュは主記憶に比べてその容量が大きいという弱みがあります。あるデータが来た時に、コンピュータはまずキャッシュを見に行きます。そこにデータがない場合には主記憶を見に行くことになります。

アクセス時間の計算は

$$1.00 \times 0.95 + 100 \times 0.05 = 5.95 \text{ ns}$$

H23-1-2-4 正答 ①

I-2-4 アクセス時間が 1 nsの一次キャッシュ、アクセス時間が10 nsの二次キャッシュ、アクセス時間が100 nsの主記憶からなる計算機システムがある。一次キャッシュのヒット率が95%、二次キャッシュのヒット率が90%のとき、このシステムの実効メモリアクセス時間はどれか。

- ① 1.9 ns
- ② 6.45 ns
- ③ 11.45 ns
- ④ 15.4 ns
- ⑤ 19.95 ns

メモリヒットの可能性が高いデータを保持している可能性が高く、しかもアクセス速度の速いキャッシュから先に検索されます。

$$\begin{aligned} & 1 \times 0.95 + 10 \times (1 - 0.95) \times 0.9 \\ & \quad + 100 \times (1 - 0.95) \times (1 - 0.90) \\ & = 0.95 + 0.45 + 0.50 = 1.9 \text{ ns} \end{aligned}$$

第1項は1 nsをかけて一次キャッシュを検索するのですが、ここで目的の情報がヒットする確率は95%。1 nsに0.95がかかっているのは、一次キャッシュで目的の情報がヒットする期待時間が0.95 nsであるということです。情報に行き当たればその後の検索を継続する必要はありません。

第2項は二次キャッシュの検索に関するものですが、一次検索で情報が見つからない確率は $1 - 0.95$ 、すなわち5%ですので、二次キャッシュの作動時間は確率的に $10 \times (1 - 0.95)$ ns。これに情報がヒットする確率を掛けるのは、一次キャッシュと同じ意味合いです。

第3項は主記憶の検索に関するものです。一次キャッシュ、二次キャッシュで目的の情報に行き当たらない確率は $(1 - 0.95) \times (1 - 0.90)$ 。これに主記憶のアクセス時間100 nsが掛かっています。

この問題から離れて、すこし余談とはなりますが、アクセス時間が100 nsの主記憶装置に求めるデータが格納されているとして、このデータがヒットするまでの時間を考えてみます。データ並びのひとつ目にそのデータがある場合には検索に要する時間はほぼゼロ、主記憶装置にデータがフルに格納されていて求めるデータがその最後にある場合には検索に要する時間は100 ns、平均検索時間は50 nsとなります。

Case 4 クロックと CPU 実行時間

H29-1-2-6 正答 ②

I-2-6 10,000命令のプログラムをクロック周波数2.0 [GHz]のCPUで実行する。

下表は、各命令の個数と、CPI(命令当たりの平均クロックサイクル数)を示している。

このプログラムのCPU実行時間に最も近い値はどれか。

命令	個数	CPI
転送命令	3,500	6
算術演算命令	5,000	5
条件分岐命令	1,500	4

- ① 260ナノ秒
- ② 26マイクロ秒
- ③ 260マイクロ秒
- ④ 26ミリ秒
- ⑤ 260ミリ秒

一連の命令に要する平均クロックサイクル数 (C P I) は、

$$3500 \times 6 + 5000 \times 5 + 1500 \times 4 \\ = 21000 + 25000 + 6000 = 52000 \text{ CPI}$$

このC P Iをクロック周波数 (単位はG H z /秒) で割り、得られた結果をマイクロ秒に換算すると、

$$52000 / (2 \times 10^9) = 26 \text{ マイクロ秒}$$

6. 数値計算の誤差

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case						1		
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1					1			

Case 1 H19-1-2-4, H24-1-2-1, H27-1-2-1

Case 1 数値計算時に発生する誤差

H27-1-2-1 正答 ⑤

I-2-1 コンピュータで数値計算を実施する場合に、誤差が生じることがある。いま、0.01をコンピュータ内部で表現した値を100回足したところ答えが1にはならなかった。プログラム自体に誤りは無いとすると、1にならなかった原因の誤差として最も適切なものはどれか。なお、コンピュータ内部では数値を2進数で扱っており、0.01は2進数では循環小数で表現するものとする。

- ① 桁落ち
- ② 情報落ち
- ③ オーバーフロー
- ④ アンダーフロー
- ⑤ 丸め誤差

コンピュータ内では0.01を2進数で処理しているため、厳密には0.01ではありません。これが原因で答が1ちょうどとならない可能性があります。これを丸め誤差といいます。

丸め誤差

数値を、どこかの桁で端数処理（切り上げ・切り捨て・四捨五入・五捨六入・丸めなど）をしたときに生じる誤差。

H24-1-2-1 正答 ④

I-2-1 演算と精度に関する記述として、最も適切なものはどれか。

- ① 浮動小数点の演算は、オーバーフローやアンダーフローが発生しないため、広く用いられている。
- ② 浮動小数点の演算において、有効桁数が失われる桁落ちの誤差は乗除算の際にのみ発生する。
- ③ 数値演算を固定小数点方式で行えば、誤差は発生しない。
- ④ 浮動小数点の演算では、単精度の演算で発生する丸め誤差を小さくするため、倍精度の演算が用いられることが多い。
- ⑤ 10進7桁の表現しか許されない場合、100000.0に0.01を加えても誤差は発生しない。

- ① オーバーフローやアンダーフローが発生することがある。
- ② （参考）に示しているように、加減算でも誤差は発生する。
- ③ 数値演算を固定小数点方式で行っても、桁落ちが起こり桁数が減少することがある。
- ④ 正しい。繰り返しの多い計算では誤差を小さくするため、倍精度計算がよく用いられる。
- ⑤ 100000.01は8桁と、7桁を超えているので、誤差が発生する。

（参考）

Wikipedia より抜粋

浮動小数点を用いても、以下のような誤差が発生するとあります。

浮動小数点数は、浮動小数点方式による数のことで、もっぱらコンピュータの数値表現において、それぞれ固定長の仮数部と指数部を持つ、数値の表現法により表現された数です。

打ち切り誤差

反復計算において、必要とされる回数より少ない回数で反復を止めること（打ち切り）によって生じる誤差が打ち切り誤差である。

オーバーフロー／アンダーフロー

演算結果が指数部で表現できる範囲を超える場合があるが、最大値を超えた場合はオーバ

ーフロー、絶対値の最小より小さい場合はアンダーフローという。

桁落ち

絶対値がほぼ等しい異符号の数値同士の加算後や、同符号でほぼ等しい数値同士の減算の後、正規化で有効数字が減少すること。

情報落ち

絶対値の非常に小さな値と絶対値の非常に大きな値との浮動小数点数の加減算を行うときは、まず指数を絶対値の大きい方に揃える桁合わせを行ない、それから加減算を行なう。そのため絶対値の小さな値は仮数部が右側に多くシフトされて下位の桁の部分が反映されずに結果の値が丸められて情報が欠落する。情報欠落ともいう。

積み残し

情報落ちが繰り返し起こる場合をいう。

丸め誤差

仮数部の桁数が有限であるため、収まらない部分の最上位桁で四捨五入（2進法では0捨1入）して仮数部の桁数に丸めることによる誤差。

H19-1-2-4 正答 ①

I-2-4 関数を積分したり、微分方程式の解を求めたりするときに、数式処理で解を求めるのではなく数値的に解を求める場合は、誤差が生ずる。誤差についての記述中の に入る字句の組合せとして最も適切な組合せを①～⑤の中から選べ。

ア はコンピュータで扱う数値が有限桁のビットで表されることによる誤差である。

イ は本来は無限項から成る式を有限項の式で置き換えることによる誤差である。

- | | ア | イ |
|---|------|--------|
| ① | 丸め誤差 | 打ち切り誤差 |
| ② | 相対誤差 | 打ち切り誤差 |
| ③ | 桁落ち | 丸め誤差 |
| ④ | 桁落ち | 絶対誤差 |
| ⑤ | 丸め誤差 | 絶対誤差 |

正答によると、「打ち切り誤差は本来は無限項から成る式を有限項の式で置き換えることによる誤差である。」となっています。

しかしながら打ち切り誤差の本来の意味は「計算を途中で打ち切る」ですので、この正答は積然とはしません。

打ち切り誤差とは、コンピュータで数値計算を行う際に生じる計算誤差の種類の一つで、繰り返し計算を行なって値を求めるような場合に途中で計算を打ち切ることによって計算結果と真の値との間に生じる差のこと。

7. 情報保存 R A I D

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case								
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
		1						

Case 1 H22-1-2-4

Case 1 R A I D

H22-1-2-4 正答 ⑤

I-2-4 複数のハードディスクを用いたRAID (Redundant Array of Inexpensive Disks) に関する次の記述のうち、最も適切なものを選べ。

- ① RAIDでは必ず専用のハードウェアが必要となる。
- ② RAID 0のストライピングでは、ディスク1台の場合と比較して故障率は低下する。
- ③ RAID 1のミラーリングでは、故障時の復旧に対して誤り訂正符号であるパリティの作成が必要となるので、この書き込みに時間がかかる。
- ④ RAID 5では、パリティ専用のディスクを用意することでディスクアクセスのボトルネックを解消する。
- ⑤ RAID 5では、ディスク台数を増やすことでデータが分散されて、アクセスの高速化が可能になる。

非常に専門的な内容の問題です。

- ① 基本思想は安価で低用量のハードディスクを使い、大容量で信頼性の高いストレージを組むことを目的としている。

- ② RAID 0のストライピングでは、複数台のドライブを用いて構成するが、そのドライブの1台でも故障すると機能が停止する。2台では故障率が約2倍となる。
- ③ RAID 1のミラーリングでは、パリティを用いない。パリティを用いるのはRAID 5である。
- ④ RAID 5では、パリティ専用のキャッシュを用意することでディスクアクセスのボトルネックを解消する。
- ⑤ RAID 5では、ディスク台数を増やすことでデータが分散されて、アクセスの高速化が可能になる。

8. 空間距離とハミング距離

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case		1 1						
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16

Case 1 R01-1-2-3, R01-1-2-5

Case 1 空間距離とハミング距離

R01-1-2-3 正答 ③

I-2-3 表1は、文書A～文書F中に含まれる単語とその単語の発生回数を示す。ここでは問題を簡単にするため、各文書には単語1、単語2、単語3の3種類の単語のみが出現するものとする。各文書の特徴を、出現する単語の発生回数を要素とするベクトルで表現する。文書Aの特徴を表すベクトルは $\vec{A} = (7, 3, 2)$ となる。また、ベクトル \vec{A} のノルムは、 $\|\vec{A}\|_2 = \sqrt{7^2 + 3^2 + 2^2} = \sqrt{62}$ と計算できる。

2つの文書Xと文書Y間の距離を(式1)により算出すると定義する。2つの文書の類似度が高ければ、距離の値は0に近づく。文書Aに最も類似する文書はどれか。

表1 文書と単語の発生回数

	文書A	文書B	文書C	文書D	文書E	文書F
単語1	7	2	70	21	1	7
単語2	3	3	3	9	2	30
単語3	2	0	2	6	3	20

$$\text{文書Xと文書Yの距離} = 1 - \frac{\vec{X} \cdot \vec{Y}}{\|\vec{X}\|_2 \|\vec{Y}\|_2} \quad (\text{式1})$$

(式1)において、 $\vec{X} = (x_1, x_2, x_3)$ 、 $\vec{Y} = (y_1, y_2, y_3)$ であれば、
 $\vec{X} \cdot \vec{Y} = x_1 \cdot y_1 + x_2 \cdot y_2 + x_3 \cdot y_3$ 、 $\|\vec{X}\|_2 = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2}$ 、 $\|\vec{Y}\|_2 = \sqrt{y_1^2 + y_2^2 + y_3^2}$

- ① 文書B ② 文書C ③ 文書D ④ 文書E ⑤ 文書F

空間距離に関する問題です。

この問題を解くにはひらめきが必要です。ひらめけば一瞬にして答に至ります。

文書D／文書Aで、単語1 = 2 / 7 = 3、同じく単語2 = 9 / 3 = 3、単語3 = 6 / 2 = 3
 3となっていますので、文書Aと文書Dの空間距離はゼロとなります。

確認のために実際に計算してみました。文書Aと文書D間の空間距離がゼロであることがわかります。

空間距離 (計算結果)

	文書A	文書B	文書C	文書D	文書E	文書F
文書A	0.000	0.190	0.089	0.000	0.355	0.381
文書B	0.190	0.000	0.410	0.190	0.407	0.215
文書C	0.089	0.410	0.000	0.089	0.687	0.759
文書D	0.000	0.190	0.089	0.000	0.355	0.381
文書E	0.355	0.407	0.687	0.355	0.000	0.076
文書F	0.381	0.215	0.759	0.381	0.076	0.000

R01-1-2-5 正答 ⑤

I-2-5 次の記述の、に入る値の組合せとして、最も適切なものはどれか。

同じ長さの2つのビット列に対して、対応する位置のビットが異なっている箇所の数をそれらのハミング距離と呼ぶ。ビット列「0101011」と「0110000」のハミング距離は、表1のように考えると4であり、ビット列「1110001」と「0001110」のハミング距離は ア である。4ビットの情報ビット列「X1 X2 X3 X4」に対して、「X5 X6 X7」を $X5 = X2 + X3 + X4 \pmod{2}$ 、 $X6 = X1 + X3 + X4 \pmod{2}$ 、 $X7 = X1 + X2 + X4 \pmod{2}$ ($\pmod{2}$ は整数を2で割った余りを表す)と置き、これらを付加したビット列「X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7」を考えると、任意の2つのビット列のハミング距離が3以上であることが知られている。このビット列「X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7」を送信し通信を行ったときに、通信過程で高々1ビットし

か通信の誤りが起こらないという仮定の下で、受信ビット列が「0100110」であったとき、表2のように考えると「1100110」が送信ビット列であることがわかる。同じ仮定の下で、受信ビット列が「1001010」であったとき、送信ビット列は であることがわかる。

表1 ハミング距離の計算

1つめのビット列	0	1	0	1	0	1	1
2つめのビット列	0	1	1	0	0	0	0
異なるビット位置と個数計算			1	2		3	4

表2 受信ビット列が「0100110」の場合

受信ビット列の正誤	送信ビット列							⇒	X1,X2,X3,X4に対応する付加ビット列		
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7		$X2+X3+X4 \pmod{2}$	$X1+X3+X4 \pmod{2}$	$X1+X2+X4 \pmod{2}$
全て正しい	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	
X1のみ誤り	1	1	0	0	同上	同上	一致	1	1	0	
X2のみ誤り	0	0	0	0	同上	同上		0	0	0	
X3のみ誤り	0	1	1	0	同上	同上		0	1	1	
X4のみ誤り	0	1	0	1	同上	同上		0	1	0	
X5のみ誤り	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	
X6のみ誤り	同上	同上	同上	同上	1	0	0	同上			
X7のみ誤り	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上			

- ア イ
- ① 5 「1001010」
 - ② 5 「0001010」
 - ③ 5 「1101010」
 - ④ 7 「1001010」
 - ⑤ 7 「1011010」

ハミング距離に関する問題です。本問題は付加ビット（パリティ）（第2群10項）とも絡み、考えさせる問題となっています。

(ア) 1110001と0001110を重ね合わせて、一致しない箇所は7か所です。

(イ) (ア) の解答が決定したので、(イ) に入るのは

「④1001010」か「⑤1011010」

のどちらかとなります。

7桁のビット列は送信過程で高々1ビットしか通信の誤りが起こらないとの仮定です。受信ビット列「1001010」の頭4文字の情報ビット列「1001」を取り出し、許される4つの並びA~Dを表に示しました。また、この候補となる送信ビットから付加ビットを創生しました。

表の「送信ビット」+「付加ビット」と候補となる④および⑤の受信ビット列のハミング距離を求めたところ、その候補として「1011011」（ハミング距離1）が有力であることがわかりました。従って答は⑤となります。

	送信ビット	付加ビット	④との距離	⑤との距離
受信	1 0 0 1	1 0 0	2	3
A	0 0 0 1	0 1 1	2	3
B	1 1 0 1	0 0 1	3	3
C	1 0 1 1	0 1 1	2	1
D	1 0 0 0	1 1 1	3	4

9. データ検索法

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case								
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
							1	

Case 1 H17-1-2-4

Case 1 データ検索法

H17-1-2-4 正答 ①

I-2-4 (ア)～(ウ)は3種類のデータ探索手法の特徴を述べたものである。

(ア) 探索時間を一定にできる。データの大小比較には適さない。

(イ) 探索時間はデータ量に比例する。探索のための前処理は不要である。

(ウ) 探索時間はデータ量の対数に比例する。更新処理の多い用途には適さない。

これらの特徴に最もよく当てはまる手法の組合せを選べ。

- | | (ア) | (イ) | (ウ) |
|---|--------|--------|--------|
| ① | ハッシュ探索 | 線形探索 | 二分探索 |
| ② | 二分探索 | 線形探索 | ハッシュ探索 |
| ③ | 二分探索 | ハッシュ探索 | 線形探索 |
| ④ | ハッシュ探索 | 二分探索 | 線形探索 |
| ⑤ | 線形探索 | ハッシュ探索 | 二分探索 |

ハッシュ探索

探索時間を一定にできる。データの大小比較には適しません。

検索対象のデータを一定の規則にしたがってハッシュ値と呼ばれる整数に変換し、ハッシュ値を比較して検索を行う方式です。

線形探索

探索時間はデータ量に比例します。探索のための前処理は不要です。

リストや配列に入ったデータに対する検索を行うにあたって、先頭から順に比較を行い、それが見つければ終了します。

二分探索

探索時間はデータ量の対数に比例します。更新処理の多い用途には適しません。

中央の値を見て、検索したい値との大小関係を用いて、検索したい値が中央の値の右にあるか、左にあるかを判断して、片側には存在しないことを確かめながら検索していきます。

10. パリティ

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case					1		2	
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
					1			

Case 1 H19-1-2-2, H28-1-2-5

Case 2 H26-1-2-3

Case 1 付加ビット (パリティ)

H28-1-2-5 正答 ④

I-2-5 データをネットワークで伝送する場合には、ノイズ等の原因で一部のビットが反転する伝送誤りが発生する可能性がある。伝送誤りを検出するために、データの末尾に1ビットの符号を付加して伝送する方法を考える。付加するビットの値は、元のデータの中の値が「1」のビットの数が偶数であれば「0」、奇数であれば「1」とする。例えば、元のデータが「1010100」という7ビットであるとき、値が「1」のビットは3個で奇数である。よって付加するビットは「1」であり、「10101001」という8ビットを伝送する。

この伝送誤りの検出に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① データの中の1ビットが反転したことを検出するためには、元のデータは8ビット以下でなければならない。
- ② データの中の1ビットが反転したことを検出するためには、元のデータは2ビット以上でなければならない。
- ③ 8ビットのデータの中の1ビットが反転した場合には、どのビットが反転したかを特定できる。
- ④ データの中の2ビットが反転した場合には、伝送誤りを検出できない。
- ⑤ データによっては付加するビットの値を決められないことがある。

7ビットのデータ、たとえば1010100と0111100の2つの7桁データがあるとします。このデータを送信した場合に受け手側に間違いなくこの内容でデータが届いたかを確かなものとするために、このデータの後ろに1ビットのパリティビットを付加することが行われています。たとえばパリティビットを付加後の各ビットの合計が偶数になると約束しておけば送るデータは10101001と01111000となります。受け手側でこの偶数が確認できればデータは変質することなく送付されてきたと判断されます。ただし、8ビットの中の2ビットが同時に変化した場合には、データの変質を検知することはできません。

Case 2 国際標準図書番号 I S B N

H26-1-2-3 正答 ④

I-2-3 図書やその他の刊行物の識別子である国際標準図書番号 (ISBN-10) は10個の数字で構成される。そのうち10番目の数字は、モジュラス11と呼ばれる手法で算出される検査数字で、重み10から2までを用いる。

例として「ISBN 90-70002-34-5」の検査数字5を計算によって求める過程を以下に示す。

ISBN	9	0	-	7	0	0	0	2	-	3	4	-	(検査数字)
	×	×		×	×	×	×	×		×	×		×
重み	10	9		8	7	6	5	4		3	2		
	90	+	0	+	56	+	0	+	0	+	0	+	8
													+ 9 + 8 = 171
	171 ÷ 11 = 15 余り 6												
	11 - 6 = 5 (検査数字)												

では、「ISBN 90-70002-34-5」の10個の数字のうちの1つないしは2つを書き換えてできる次の番号のうち、ISBN-10として正しいものはどれか。

- ① 2番目の0を5に書き換える (ISBN 95-70002-34-5)
- ② 8番目の3を8に書き換える (ISBN 90-70002-84-5)
- ③ 10番目の5を6に書き換える (ISBN 90-70002-34-6)
- ④ 8, 9番目の34を82に書き換える (ISBN 90-70002-82-5)
- ⑤ 8, 9番目の34を56に書き換える (ISBN 90-70002-56-5)

正しいISBNの数字並びの1数字または2数字が入れ替わったものをルールに従って検証し、ルールに従った正しいISBNの数字並びとなっているものがどれであることを確認します。ルールは単純ですので、計算間違いさえしなければ正答に至ります。

- ① $(5 - 0) \times 9 = 45$ $(45 + 6) \div 11 = 4$ 余り 7 $11 - 7 = 4$
- ② $(8 - 3) \times 3 = 15$ $(15 + 6) \div 11 = 1$ 余り 10 $11 - 10 = 1$
- ③ 検査数字のみを変えるのは根本的に誤り
- ④ $(8 - 3) \times 3 + (2 - 4) \times 2 = 11$ $(11 + 6) \div 11 = 1$
余り 6 $11 - 6 = 5$
- ⑤ $(5 - 3) \times 3 + (6 - 4) \times 2 = 10$ $(10 + 6) \div 11 = 1$
余り 5 $11 - 6 = 6$

従って最終結果が計算値が5となる④が正しいとわかります。

11. インターネット

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	1		1	1		1		
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
	1	1	1	1			1 1	1

Case 1 H16-1-2-2, H17-1-2-5, H17-1-2-6, H20-1-2-5, H21-1-2-2, H22-1-2-5
H23-1-2-5, H27-1-2-5, H29-1-2-1, H30-1-2-1, R01再-1-2-1

インターネットに関する問題は、その通信の安全性に関するものが多いようです。比較的なじみのある問題が多く出題されています。似通っている問題が多いので、問題は分類分けせずに、一体として示しました。

問題文を正答と対比しながら読んでいくと、理解が進みます。
代表的な問題を以下に解説します。

Case 1 インターネットに関する問題

R01 再-1-2-1 正答 ⑤

I-2-1 情報セキュリティ対策に関する記述として、最も適切なものはどれか。

- ① パスワードを設定する場合は、パスワードを忘れないように、単純で短いものを選ぶのが望ましい。
- ② パソコンのパフォーマンスを落とさないようにするため、ウイルス対策ソフトウェアはインストールしなくて良い。
- ③ 実在の企業名から送られてきたメールの場合は、フィッシングの可能性は低いため、信用して添付ファイルを開いて構わない。
- ④ インターネットにおいて様々なサービスを利用するため、ポートはできるだけ開いた状態にし、使わないポートでも閉じる必要はない。
- ⑤ システムに関連したファイルの改ざん等を行うウイルスも存在するため、ウイルスに感染した場合にはウイルス対策ソフトウェアでは完全な修復が困難な場合がある。

- ⑤ システムに関連したファイルの改ざん等を行うウイルスも存在するため、ウイルスに感染した場合にはウイルス対策ソフトでは完全な修復が困難な場合がある。

H29-1-2-1 正答 ①

I-2-1 情報セキュリティを確保する上で、最も不適切なものはどれか。

- ① 添付ファイル付きメールの場合、差出人のメールアドレスが知り合いのものであれば、直ちに添付ファイルを開いてもよい。
- ② 各クライアントとサーバにウイルス対策ソフトを導入する。
- ③ OSやアプリケーションの脆弱性に対するセキュリティ更新情報を定期的に確認し、最新のセキュリティパッチをあてる。
- ④ パスワードは定期的に変更し、過去に使用したものは流用しない。
- ⑤ 出所の不明なプログラムやUSBメモリを使用しない。

- ① 添付ファイル付きメールの場合、差出人のメールアドレスが知り合いのものであっても、添付ファイルを開くとウイルスに感染することがある。

H27-1-2-5 正答 ②

I-2-5 インターネットのセキュリティと暗号化に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 公開鍵暗号方式では、公開鍵だけが必要である。
- ② 公開鍵基盤における公開鍵の所有者を保証する方法の1つとして、認証局を利用するものがある。
- ③ スマートフォンはウイルスに感染しないので、インターネットへのアクセスは安全である。
- ④ デジタル署名では、メッセージに対するダイジェストを公開鍵で暗号化することで、メッセージの改ざんを検出できる。
- ⑤ 無線LANの利用において、WEP (Wired Equivalent Privacy) 方式を用いた暗号化によって完全に盗聴を防ぐことができる。

- ① 公開鍵暗号方式では、公開鍵とペアの秘密鍵も必要です。
- ② 公開鍵基盤における公開鍵の所有者を保証する方法の1つとして、認証局を利用するものがある。
- ③ スマートフォンもウイルスに感染します。
- ④ デジタル署名では、署名者しか知らない秘密鍵で暗号化することで、メッセージの改ざんを検出できる。
- ⑤ 無線LANの利用において、WEP (Wired Equivalent Privacy) 方式は暗号化手法としては脆弱です。

H22-1-2-5 正答 ④

I-2-5 情報セキュリティを向上させる対策として、最も不適切なものを次の中から選べ。

- ① 私有パソコンの社内のネットワークへの接続に制限を設ける。
- ② ウイルス発見と駆除とともに、危険なウェブサイトの閲覧をブロックできる統合型ウイルス対策ソフトウェアを導入する。
- ③ USBメモリやCD-Rなどの外部記録媒体への利用制限を設定する。
- ④ 複数のオンラインサービスを利用する場合に同じID、パスワードを利用する。
- ⑤ クライアントPC上で常に最新のセキュリティパッチを適用する。

- ④ 複数のオンラインサービスを利用する場合に同じID、パスワードを利用することは避けなければならない。

H20-1-2-5 正答 ①

I-2-5 インターネットのセキュリティに関する次の(A)～(E)について、それぞれの正誤の組合せとして正しいものを①～⑤の中から選べ。

- (A) WWW (World Wide Web) のページを閲覧するだけでは、コンピュータウイルスなどの不正プログラムに感染することはない。
- (B) WWW上の匿名の電子掲示板への書き込みでは、ISP (Internet Service Provider) のログなどを用いても書き込みに使用したコンピュータが特定されることはない。
- (C) WWWを使わず電子メールのみを送受信するコンピュータでは、コンピュータウイルスなどの不正プログラムに感染する危険はない。
- (D) WWWで1ページとして表示される内容は、必ず同一のコンピュータから送られている。
- (E) WWWのページに会社のロゴが表示されていれば、その会社のWWWのページであると判断できる。

	A	B	C	D	E
①	誤	誤	誤	誤	誤
②	正	正	誤	誤	誤
③	誤	誤	誤	誤	正
④	誤	誤	誤	正	誤
⑤	誤	誤	正	誤	誤

すべての設問が「誤」である、珍しい問題です。

- (A) www (World Wide Web) のページを閲覧するだけで、Javaなどを通してコンピュータウイルスなどの不正プログラムに感染することがある。
- (B) www上の匿名の電子掲示板への書き込みでは、IPアドレスなどの記録(ログ)が残り、使用したコンピュータが特定されることがある。
- (C) wwwを使わず電子メールのみを送受信するコンピュータでも、添付ファイルに仕込まれたコンピュータウイルスなどに感染する危険がある。
- (D) wwwでは情報をパケット(小包)という単位に分割し、インターネット回線を用いて送付する。それぞれのパケットは多くのコンピュータ、あらゆる経路を経、それが受け手コンピュータに到着して統合され、ページとして表示される。従って、1つのコンピュータから送られてきたというわけではない。
- (E) wwwのページに会社のロゴが表示されても、その会社のwwwのページであるとは限らない。

H17-1-2-5 正答 ④

I-2-5 インターネットに関する次の記述の中から、最も適切なものを選び。

- ① WWW(World Wide Web)を公開するには必ず国への届出が必要である。
- ② WWWを構成するページ(Webページ)はすべての端末で同じレイアウトで表示される。
- ③ 検索エンジンはインターネットに存在するすべてのWebページから検索を行う。
- ④ URLに指定されたドメイン名は常にIPアドレスに変換されてから通信に使われる。
- ⑤ WWWに書かれた内容は常に信頼できる。

- ① w w w (World Wide Web)を公開するのに国への届出の必要はない。
- ② w w w を構成するページ(Web ページ) の表示のされ方は、使用するブラウザにより異なる。
- ③ 検索エンジンはインターネットに存在するリンクが張られたW e b ページから検索を行う。
パスワードで守られているファイルは検索される可能性が小さいです。
- ④ U R L に指定されたドメイン名は常に I P アドレスに変換されてから通信に使われる。
- ⑤ w w w に書かれた内容は常に信頼できないものもある。
フィッシングなどはその最たるものです。

H17-1-2-6 正答 ④

I-2-6 情報ネットワークを通じて重要な情報を送信するときは、暗号化する必要がある。暗号に関する次の記述の中から、最も適切なものを選び。

- ① 近年広く用いられている公開鍵暗号は、同一グループ内で送受信されている情報をそのグループに参加している者が共有することを主要な目的として用いられる。
- ② 近年広く用いられている暗号には、素数を鍵として用いるものがある。素数は有限個しか存在しないので、この方式は、将来は使えなくなる。
- ③ 暗号化は2回行う(暗号文に再度同じ暗号化を施す)方が、1回行うより安全である。
- ④ 暗号化の鍵はときどき変えることが、安全のために望ましい。
- ⑤ デジタル署名は、暗号文が受信者に正しく届いたことを送信者に伝えるために、送信者のアドレスを数値化して暗号文の一部に埋め込んだものである。

- ① 近年広く用いられている公開鍵暗号は、送受信される情報の機密性を保持するために重要である。
- ② 近年広く用いられている暗号には、素数を鍵として用いるものがある。素数は無現個数存在するので、この方式は、将来にわたって利用できる。
- ③ 暗号文に再度同じ暗号化を施しても、暗号化の方式が同じであれば1回行う場合と同

じである。

- ④ 暗号化の鍵はときどき変えることが、安全のために望ましい。
- ⑤ デジタル署名は、送信者と送信された内容が改ざんされたものでないことを保証するためのものである。

H16-1-2-2 正答 ③

I-2-2 社員の給与システムなど慎重なセキュリティ管理が求められるシステムにおいて、パスワードを忘れたユーザに対してシステム管理者がとるべき最も適切な方策を次の中から選べ。なお、このシステムでは、パスワードファイルは暗号化されているものとする。

- ① このユーザの登録を取り消し、新規のユーザとして登録する。このユーザが以前に作成したファイルは消去する。
- ② そのような場合に備えて、パスワード一覧表を印刷して金庫に保管しておき、問合せがあったら、本人に直接一覧表を閲覧させる。
- ③ 新たにパスワードを設定し、それを記した媒体を厳封して本人に直接手渡す。
- ④ 一時的にシステムをパスワードなしでログイン可能な状態にして、本人にパスワード登録コマンドを実行させる。
- ⑤ そのような場合に備えて、パスワードファイルを暗号化されたものと暗号化されていないものの2種類作成しておき、暗号化されていないファイルを調べて、本人に電子メールで知らせる。

「① このユーザの登録を取り消し、新規のユーザとして登録する。このユーザが以前に作成したファイルは消去する。」は誤り。

このようなことをすれば貴重なデータや資料が失われることとなります。

他の項目の解説は省略します。

1 2. 論理問題

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case			2			1		
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
						1		

Case 1 H18-1-2-5, H27-1-2-2

Case 2 H30-1-2-2

Case 1 論理的に判断

両問題は住民が4名か5名かの違いはありますが、ほぼ同じ内容となっています。住民4名の解答を先に示し、その後で住民5名の解答を示します。

H27-1-2-2 正答 ⑤

I-2-2 ある村に住民A, B, C, Dの4名が住んでいる。ここでは、重要なことがらの決定には全員が会議に出席して決めることになっているが、以下のように、他人の意見を見ながら自分の意見を決める住民がいる。

- * 住民Cは、住民AとBが共に議案に賛成のときに反対し、それ以外のときは議案に賛成する。
- * 住民Dは、住民AとCが共に議案に賛成のときに反対し、それ以外のときは議案に賛成する。

このとき、次の記述のうち最も適切なものはどれか。なお、住民は、必ず賛成か反対のどちらかの決定をするものとする。

- ① 住民Cが議案に賛成するのは、住民Aと住民Bが共に賛成するときだけである。
- ② 住民Cが議案に賛成するのは、住民Aと住民Bの賛否が異なるときだけである。
- ③ 住民Dが議案に賛成するのは、住民Aと住民Bが共に賛成するときだけである。
- ④ 住民Dが議案に賛成するのは、住民Aと住民Bの賛否が異なるときだけである。
- ⑤ 住民Bが議案に賛成すれば、必ず住民Dも議案に賛成する。

問題文の1つ目の条件と結果より素直に左の表を作ります。まずはAとBの○と×で4通りを作っておき、次いでCの○×を加えて左の表とします。その後、Dの○×を加えて右の表とします。

	A	B	C	D
1	○	○	×	
2	○	×	○	
3	×	○	○	
4	×	×	○	

⇒

	A	B	C	D
1	○	○	×	○
2	○	×	○	×
3	×	○	○	○
4	×	×	○	○

- ① 2または3または4で否定される。
- ② 4で否定される。
- ③ 3または4で否定される
- ④ 1または4で否定される
- ⑤ 正しい

H18-1-2-5 正答 ④

I-2-5 ある村には住民A, B, C, D, Eの5名が住んでいる。ここでは、重要なこと
がらの決定には全員が会議に出席して決めることになっているが、他人の意見を見なが
ら自分の意見を次のように決める住民がいる。

住民Cは住民AとBが共に議案に賛成のときに反対し、それ以外のときは議案に賛成する。

住民Dは住民AとCが共に議案に賛成のときに反対し、それ以外のときは議案に賛成する。

住民Eは住民BとCが共に議案に賛成のときに反対し、それ以外のときは議案に賛成する。

このとき、次の記述の中から最も適切なものを選び。なお、住民は、必ず賛成か反対の
どちらかの決定をするものとする。

- ① 住民Dが議案に賛成するのは、住民Aと住民Bが賛成するときだけである
- ② 住民Dが議案に賛成するのは、住民Aと住民Bの賛否が異なるときだけである
- ③ 住民Aと住民Bの賛否の組合せによっては、住民Eの賛否が決まらないことがある
- ④ 住民Aが議案に賛成すれば、必ず住民Eも議案に賛成する
- ⑤ 住民Bが議案に賛成すれば、必ず住民Eも議案に賛成する

全ページの問題より人数が1人増えました。

住民から情報を得るたびに、上の問題でやったように、順番に表に情報を加えていきます。

	A	B	C	D	E
1	○	○	×		
2	○	×	○		
3	×	○	○		
4	×	×	○		

⇒

	A	B	C	D	E
1	○	○	×	○	
2	○	×	○	×	
3	×	○	○	○	
4	×	×	○	○	

⇒

	A	B	C	D	E
1	○	○	×	○	○
2	○	×	○	×	○
3	×	○	○	○	×
4	×	×	○	○	○

左側の表と真ん中の表は前の問題と全く同じです。

- ① 3または4により否定される。
- ② 1または4により否定される。
- ③ 表は完成しているので否定される。
- ④ 正しい。
- ⑤ 3により否定される。

Case 2 エレベータの管理

H30-1-2-2 正答 ③

I-2-2 下図は、人や荷物を垂直に移動させる装置であるエレベータの挙動の一部に関する状態遷移図である。図のように、エレベータには、「停止中」、「上昇中」、「下降中」の3つの状態がある。利用者が所望する階を「目的階」とする。「現在階」には現在エレベータが存在している階数が設定される。エレベータの内部には、階数を表すボタンが複数個あるとする。「停止中」状態で、利用者が所望の階数のボタンを押下すると、エレベータは、「停止中」、「上昇中」、「下降中」のいずれかの状態になる。「上昇中」、「下降中」の状態は、「現在階」をそれぞれ1つずつ増加又は減少させる。最終的にエレベータは、「目的階」に到着する。ここでは、簡単のため、エレベータの扉の開閉の状態、扉の開閉のためのボタン押下の動作、エレベータが目的階へ「上昇中」又は「下降中」に別の階から呼び出される動作、エレベータの故障の状態など、ここで挙げた状態遷移以外は考えないこととする。図中の状態遷移の「現在階」と「目的階」の条件において、(a), (b), (c), (d), (e)に入る記述として、最も適切な組合せはどれか。

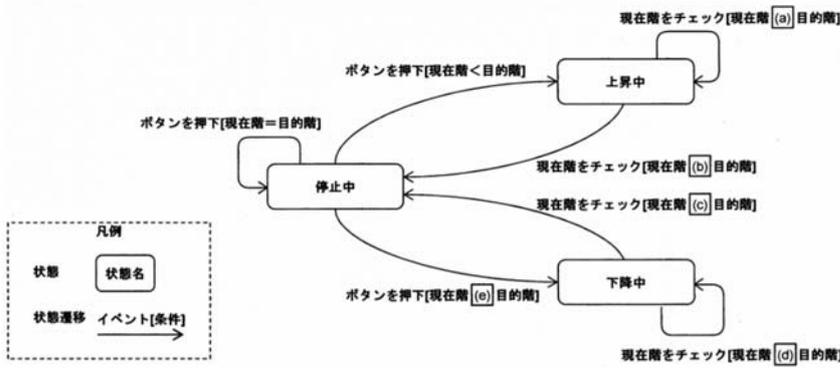


図 エレベータの状態遷移図

	a	b	c	d	e
①	=	=	=	=	=
②	=	>	<	=	=
③	<	=	=	>	>
④	=	<	>	=	=
⑤	>	=	=	<	>

3階建てのビルの2階にいると仮定します。現在エレベータは2階で停止中です。このエレベータに乗り込み3階ボタンを押下します。エレベータの上昇は図の上の部分が相当し、現在階=2階、目的階=3階ですので、aには当然「<」が入ります。下に行きたいときは図の下部分が相当します。同じように考えるとdには共に「>」が入ります。これで答の③は確定です。

下の階に行きたいとボタンを押下したときには、現在階は2階、目的階は1階ですので、eは「>」です。bとcはエレベータが目的階に達したら「停止せよ」との命令であるので、「=」となります。

1 3. 集合の論理式

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case			1		1			1
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
	1							

Case 1 H23-1-2-3, H25-1-2-3, H28-1-2-2, H30-1-2-4

Case 1 集合の論理式

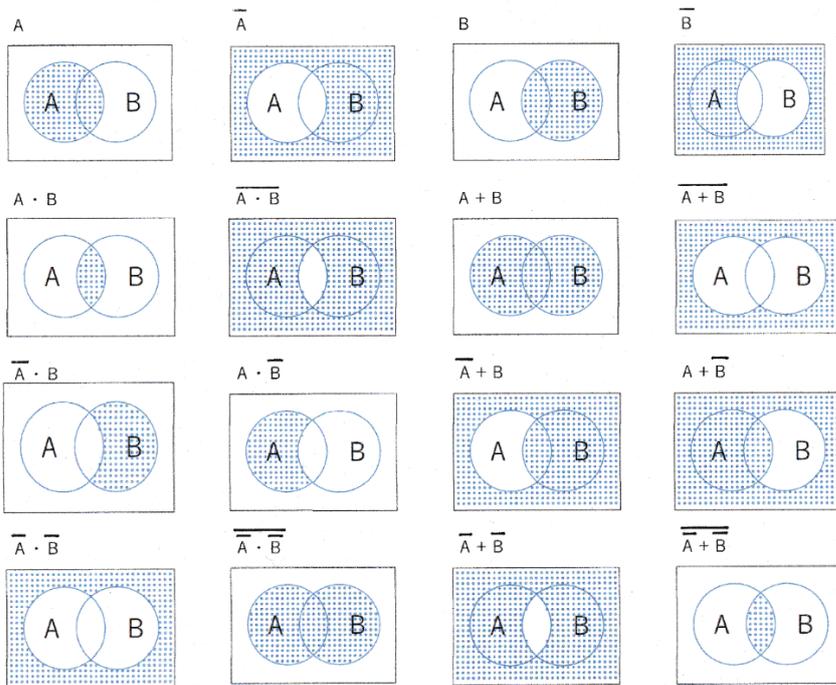
基本公式

$$\overline{A+B} = \bar{A} \cdot \bar{B} \quad \overline{\bar{A}} = A \quad \overline{\bar{B}} = B$$

$$\overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B} \quad \overline{\bar{A} + \bar{B}} = A \cdot B$$

$$\overline{\overline{A \cdot B}} = A \cdot B$$

ベン図で示すと、



H30-1-2-4 正答 ⑤

I-2-4 次の論理式と等価な論理式はどれか。

$$X = \overline{\overline{A \cdot B} + A \cdot B}$$

ただし、論理式中の+は論理和、 \cdot は論理積、 \overline{X} はXの否定を表す。また、2変数の論理和の否定は各変数の否定の論理積に等しく、2変数の論理積の否定は各変数の否定の論理和に等しい。

- ① $X = (A+B) \cdot \overline{(A+B)}$
- ② $X = (A+B) \cdot (\overline{A} \cdot \overline{B})$
- ③ $X = (A \cdot B) \cdot (\overline{A} \cdot \overline{B})$
- ④ $X = (A \cdot B) \cdot \overline{(A \cdot B)}$
- ⑤ $X = (A+B) \cdot \overline{(A \cdot B)}$

$$\begin{aligned} X &= \overline{\overline{A \cdot B} + A \cdot B} \\ &= \overline{\overline{A \cdot B}} \cdot \overline{A \cdot B} \\ &= (\overline{\overline{A}} + \overline{\overline{B}}) \cdot \overline{(A \cdot B)} \\ &= (A + B) \cdot \overline{(A \cdot B)} \end{aligned}$$

H28-1-2-2 正答 ②

I-2-2 下表に示す真理値表の演算結果と一致する論理式はどれか。

A	B	演算結果
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

ただし、論理式中の+は論理和、 \cdot は論理積、 \overline{X} はXの否定を表す。

- ① $A+B$
- ② $\overline{A+B}$
- ③ $A \cdot B$
- ④ $\overline{A \cdot B}$
- ⑤ $A \cdot \overline{B} + \overline{A} \cdot B$

演算結果として1 1 1 0が与えられています。下表で①~⑤の演算結果を示しましたが、②が正解であることがわかります。

なお、A and B ($A \cdot B$) はAとBが共に1ならば1、それ以外なら0。
 A or B ($A + B$) はAかBかのどちらかが1ならば1、共に0ならば0です。

- ① A or B
- ② Not A or Not B
- ③ A and B
- ④ Not A and Not B
- ⑤ (A and Not B) or (Not A and B)

A	B	notA	notB	①	②	③	④	⑤
0	0	1	1	0	1	0	1	0
0	1	1	0	1	1	0	0	1
1	0	0	1	1	1	0	0	1
1	1	0	0	1	0	1	0	0

H23-1-2-3 正答 ②

I-2-3 論理式 $X = (\bar{A} + B) \cdot \overline{(A + \bar{B})}$ と等価な論理式はどれか。ここで、論理式中の
 ・ は論理積、+ は論理和、 \bar{X} はXの否定を表す。

- ① $X = (\bar{A} + B) + (\bar{A} \cdot B)$
- ② $X = \overline{(A \cdot \bar{B}) + (\bar{A} \cdot B)}$
- ③ $X = (A \cdot \bar{B}) \cdot (\bar{A} \cdot B)$
- ④ $X = \overline{(\bar{A} + B) + (A + \bar{B})}$
- ⑤ $X = (A + \bar{B}) \cdot (\bar{A} + \bar{B})$

ルールに従って変形していくと両式が同じであることがわかります。

比較する元の式

$$X = (\bar{A} + B) \cdot \overline{(A + \bar{B})} = (\bar{A} + B) \cdot (\bar{A} \cdot \bar{\bar{B}}) = (\bar{A} + B) \cdot (\bar{A} \cdot B)$$

② これが正解です。

$$X = \overline{(A \cdot \bar{B}) + (\bar{A} \cdot B)} = \overline{(A \cdot \bar{B})} \cdot \overline{(\bar{A} \cdot B)} = (\bar{A} + \bar{\bar{B}}) \cdot (\bar{\bar{A}} + B) = (\bar{A} + B) \cdot (\bar{A} \cdot B)$$

④ 変形しましたが、一致しません。

$$X = \overline{\overline{A+B} + \overline{A+B}} = \overline{\overline{A+B}} \cdot \overline{\overline{A+B}} = (\overline{\overline{A}} \cdot \overline{\overline{B}}) \cdot (\overline{\overline{A}} \cdot \overline{\overline{B}}) = (A \cdot B) \cdot (A \cdot B)$$

①、③、⑤は見ただけで不一致であることがわかります。

1 4. 集合に含まれる数

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	1 2		1					1
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
		1				1		

Case 1 H18-1-2-2, H22-1-2-3, H25-1-2-4, H30-1-2-6, R01 再-1-2-5

Case 2 R01 再-1-2-6

Case 1 集合に含まれる数

含有関係を紐解いていくと答に至ります。以下では2題の解法を示します。

H25-1-2-4 正答 ④

I-2-4 100万件のデータを有するデータベースにおいて検索を行ったところ、結果として次のデータ件数を得た。

・「論理」という語を含む 65万件

・「情報」という語を含む 55万件

「論理」という語を含み「情報」という語を含まないデータ件数を k とするとき、 k がとりうる値の範囲を表わす式として正しいものはどれか。

① $0 \leq k \leq 35$ 万

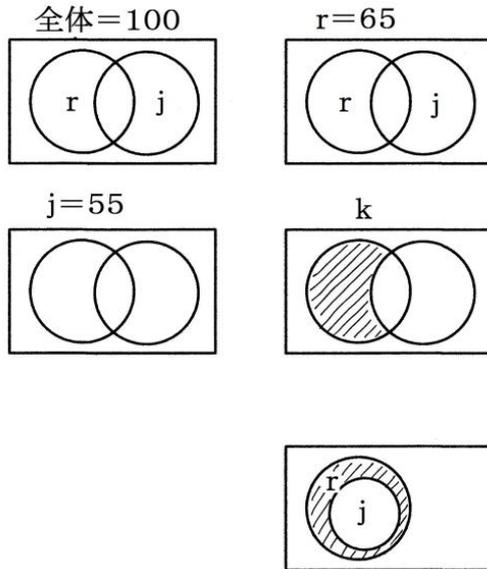
② $0 \leq k \leq 45$ 万

③ $0 \leq k \leq 65$ 万

④ 10 万 $\leq k \leq 45$ 万

⑤ 10 万 $\leq k \leq 65$ 万

100万件のデータが収められているデータベースで、「論理」を含むデータが65万件、「情報」を含むデータが55万件ある場合に、「論理」という語を含まずに「情報」という語を含むデータは何件あるでしょうか、という問題です。
 図に書いて理解するのが、こういう問題の常道でしょう。



まずわかることは、 r と j の件数を足し合わせても100を超えることはないということです。

$$k + j \leq 100$$

ということです。 $k + j$ は面積では $r + j$ 、記号に直せば $r \cup j$ です。

従って、求める k の範囲は

$$k \leq 100 - j = 100 - 55 = 45$$

そして気が付きにくいのですが、 r の領域に j がすっぽり収まった時にも k が存在します。この時の k の値は、

$$r - j = 65 - 55 = 10$$

従って、

$$10 \leq k \leq 45$$

となります。

H22-1-2-3 正答 ③

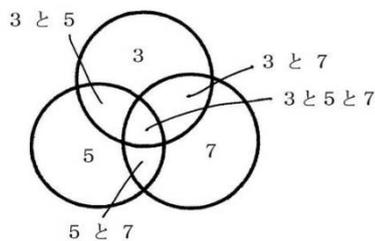
I-2-3 100から999までの900個の整数のうち、素数3と5と7のいずれの倍数でもない整数の個数として、正しいものを①～⑤の中から選べ。なお、3と5と7に関する倍数の個数は次のとおりである。

3の倍数	300個
5の倍数	180個
7の倍数	128個
15の倍数(3と5の公倍数)	60個
21の倍数(3と7の公倍数)	43個
35の倍数(5と7の公倍数)	26個
105の倍数(3と5と7の公倍数)	9個

- ① 129個 ② 154個 ③ 412個 ④ 488個 ⑤ 746個

100から999までの900個の整数の中で、素数3と5と7のいずれの倍数でもない整数の個数を問う問題です。

与えられている条件は、3の倍数は300個、5の倍数は180個、7の倍数は128個、15(3×5)の倍数は60個、21(3×7)の倍数は43個、35(5×7)の倍数は26個、そして105(3×5×7)の倍数は9個です。



$$\begin{aligned}
 & [3 \text{ の倍数}] + [5 \text{ の倍数}] + [7 \text{ の倍数}] - [3 \text{ と } 5 \text{ の倍数}] - [5 \text{ と } 7 \text{ の倍数}] - \\
 & [7 \text{ と } 3 \text{ の倍数}] + [3 \text{ と } 5 \text{ と } 7 \text{ の倍数}] \\
 & = 300 + 180 - 60 - 26 - 43 + 9 = 488
 \end{aligned}$$

最後の項で[3と5と7の倍数]を加えたのは、中心部分を引き過ぎたためです。中心部分は[3]+[5]+[7]で3重になりますが、そこから-[3, 5]-[5, 7]-[7, 3]で0重となってしまう。そこで[3, 5, 7]を加えて1重へと戻しました。

100から999までの900個の数字のなかで素数3か5か7の少なくともいずれか倍数であるものは488個と求まった。そうすると、3か5か7の倍数でないものは、 $900 - 488 = 412$ 個となります。

Case 2 直積集合と写像**R01 再-1-2-6 正答 ④**

I-2-6 集合Aを $A=\{a, b, c, d\}$, 集合Bを $B=\{\alpha, \beta\}$, 集合Cを $C=\{0, 1\}$ とする。

集合Aと集合Bの直積集合 $A\times B$ から集合Cへの写像 $f:A\times B \rightarrow C$ の総数はどれか。

- ① 32 ② 64 ③ 128 ④ 256 ⑤ 512

集合 A と B の直積は、 $A\times B$ という記号で表します。

例えば、 $A = \{1, 2\}$ 、 $B = \{3, 4, 5\}$ のとき、

$$A\times B = \{(1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 3), (2, 4), (2, 5)\}$$

となります。

A の要素と B の要素を1つずつ取ってきて作ったペアをすべて集めた集合です。

集合 A の各元に対して、集合 B の元がただ1つ対応する規則 f が定まっているとき、この対応を A から B への写像といい、 $f:A\rightarrow B$ で表します。

例えば、集合 $A = \{a, b, c, d\}$ から集合 $B = \{0, 1\}$ への写像であれば写像 $f:A\rightarrow B$ は、0 と 1 からなる4個の数字の列 $f(a) f(b) f(c) f(d)$ で表され、そのような列は以下の16個となります。

$$\begin{array}{cccc} 0000, & 0001, & 0010, & 0011 \\ 0011, & 0100, & 0101, & 0111 \\ 1000, & 1001, & 1010, & 1011 \\ 1100, & 1101, & 1110, & 1111 \end{array}$$

以上の理解の上にこの問題を解答していくと、

まず直積集合 $A\times B$ は

$$A\times B = \{(a\alpha) (a\beta) (b\alpha) (b\beta) (c\alpha) (c\beta) (d\alpha) (d\beta)\}$$

写像は8個の字数で表される0と1の組み合わせの数だけあるので、 $2^8=256$ がその総数となります。

15. 天気確率

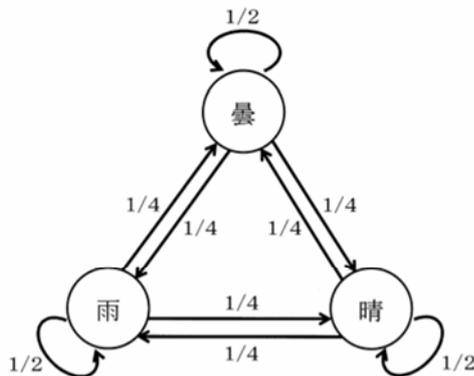
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case					1			
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1								1

Case 1 H16-1-2-3, H24-1-2-3, H28-1-2-1

Case 1 天気確率

H28-1-2-1 正答 ④

I-2-1 ある日の天気が前日の天気によってのみ、下図に示される確率で決まるものとする。このとき、次の記述のうち最も不適切なものはどれか。



- ① ある日の天気が雨であれば、2日後の天気も雨である確率は3/8である。
- ② ある日の天気が晴であれば、2日後の天気が雨である確率は5/16である。
- ③ ある日の天気が曇であれば、2日後の天気も曇である確率は3/8である。
- ④ ある日の天気が曇であれば、2日後の天気が晴である確率は3/16である。
- ⑤ ある日の天気が雨であった場合、遠い将来の日の天気が雨である確率は1/3である。

本日の天候（晴れ、曇り、雨）により次の日の天気がある確率で決まっている場合に、2日後の天候の確率を求める問題です。次の日の天気とその前日と同じになる確率は1/2、それ以外の天候となる確率はそれぞれ共に1/4と設定されています。

当日	1日後	2日後			2日後が晴れの確率
	晴1/4	晴1/2	曇1/4	雨1/4	$1/4 \times 1/2 = 1/8$
曇	曇1/2	晴1/4	曇1/2	雨1/4	$1/2 \times 1/4 = 1/8$
	雨1/4	晴1/4	曇1/4	雨1/2	$1/4 \times 1/4 = 1/16$

当日（本日）が曇りで2日後が晴れである確率は、 $1/8 + 1/8 + 1/16 = 5/16$ となります。

16. 重み付け

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case							1	2
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
				1				

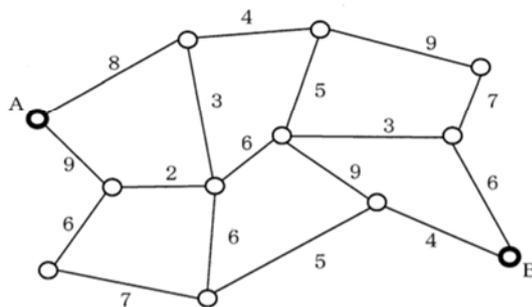
Case 1 H20-1-2-3, H26-1-2-6

Case 2 H25-1-2-2

Case 1 制約条件をくぐり抜ける

H26-1-2-6 正答 ③

I-2-6 下図は、ある地域の道路ネットワークである。丸印は交差点、辺は道路を示している。各辺に付された数字は、その道路を通過できる車の車高制限を示している。したがって、その数字以下の車高であれば、通行が可能である。地点Aから地点Bに移動できる車両の最大車高はどれか。

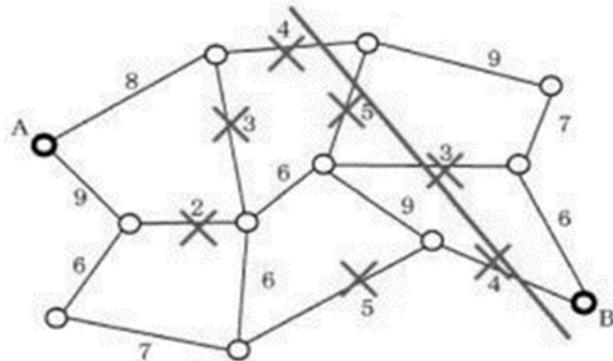


- ① 3 ② 4 ③ 5 ④ 6 ⑤ 7

複数の道路ネットワークが提供されていて、地図上で A 地点から B 地点に車で行くのに多くの経路をたどることができます。それらの経路は途中で交差し、三叉路、四叉路、五叉路を形成しています。交差点ではその後どの経路を選んで進んでもよいのですが、ただ一つだけ、通過可能な車高が経路ごとに決められ、その高さは 2~9 m となっています。このような条件下に、地点 A から地点 B に移動できる最大車高はどれだけか、という問題です。

考え方は、2 m 高さの車ならば A 地点から B 地点に行けるか。3 m 高さの車ならばどうか、4 m ならばどうかと順次可能性を検証していきます。検証で通れなくなった道路を順番に図から消去していくと、やがてある車高に達したとき、地点 A から地点 B に行く通れる道がなくなります。答は、そのひとつ前に検討した車の高さとなります。

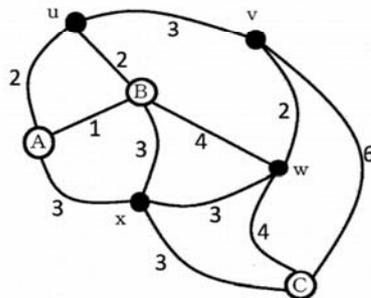
この考え方を物流や商流に応用するとボトルネックを解消し、無駄のない流れを形成することができるようになります。



Case 2 立地条件と集客率

H25-1-2-2 正答 ⑤

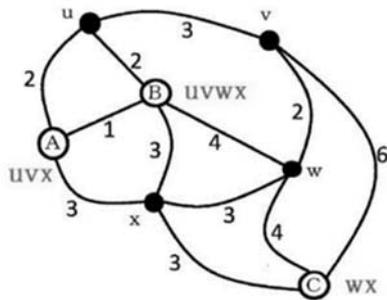
I-2-2 下図は 3 つの施設 A, B, C が存在する道路網を示している。道路に振られている数字は道路の距離を表す。施設ではない点 u, v, w, x には 1 人ずつ施設の利用者があり、その人は最も道路距離が短い施設に利用者として登録されるものとする。ただし、等距離に複数の施設がある場合には、それらの施設全てに登録される。例えば、点 u に居る人は、施設 A と B に登録されることになる。



このとき、A, B, Cに登録されている人の数をそれぞれ a, b, c とすると、 a, b, c の大きさの関係が正しいものはどれか。

- ① $a > b > c$
- ② $a = b > c$
- ③ $a = b = c$
- ④ $b > a = c$
- ⑤ $b > a > c$

こちらも商業に関係しそうな問題です。問題文では複雑な道路ネットワークが示され、三叉路と四叉路間には距離が示されています。このエリアに住む住人達はこの道路ネットワークを通して、距離的に一番近い商業施設A、B、Cへと行きます。2つの施設、あるいは3つの施設の距離の近さが同じとなった場合には、該当するすべての施設がこの住人の商圈となります。問題文は、施設A、B、Cを商圈とする住人の人数を求めるものです。道路網より住人から各施設までの経路長を計算するだけで解ける問題となっています。



17. 文字列の表記

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case		2 4	4	2		3	1	
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
2			2			1		1

Case 1 H16-1-2-4, H18-1-2-3, H26-1-2-5

Case 2 H21-1-2-1, H24-1-2-2, H29-1-2-5, R01-1-2-4

Case 3 H27-1-2-6

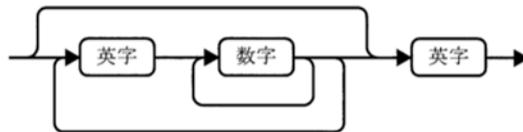
Case 4 H30-1-2-5, R01-1-2-2

Case 1 構文図と文字列

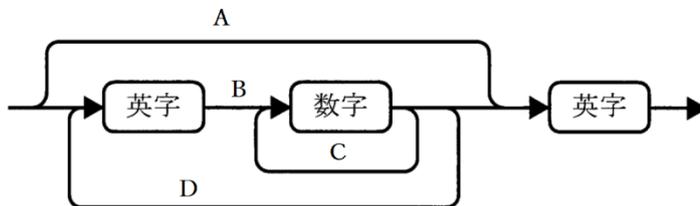
H26-1-2-5 正答 ⑤

I-2-5 次の構文図が与えられたとき、この構文図で表現できる文字列として誤っているものはどれか。ただし、英字は a, b, ..., z のいずれか、数字は 0, 1, ..., 9 のいずれかである。

- ① a 2 b 3 c
- ② x 9 8 y
- ③ w
- ④ p 5 q
- ⑤ a b c 4 5 f g



英字と数字の並び順の規則を示した図です。左側から入り矢印に従って進み、最終的には右側から出ます。この入り口から出口に至る経路で出くわした英字や数字が順番に文字列の後ろに付け加わっていきます。



問題図で示される、上部のバイパスライン (→英字→) を A のルート、中央部のメインライン (→英字→数字→英字→) を B のルート、内側のリサイクルラインを C のルート、外側のリサイクルラインを D のルートとします。

A のルートでは英字 1 文字のみからなる。

B のルートでは、英字 1 文字-数字 1 文字-英字 1 文字 の並びとなる。

C のルートに回ると、英字 1 文字-数字複数-英字 1 文字 の並びとなる。

さらに D のルートに回ると、英字 1 文字-数字 1 文字~複数の繰り返し-英字 1 文字 の並びとなります。

出題された文字列がこの規則にあっているかの確認となります。

- ① a 2 b 3 c B、D のルート
- ② X 9 8 y B、C のルート

- ③ w Aのルート
- ④ P 5 q Bのルート
- ⑤ a b c 4 5 f g 規則外、英字を連続させることはできません。

Case 2 数字の表現形式

H21-1-2-1 正答 ⑤

I-2-1 次の表現形式で表現することができる数値として、誤っているものを①～⑤の中から選べ。

数値 ::= 整数 | 小数 | 整数 小数
小数 ::= 小数点 数字列
整数 ::= 数字列 | 符号 数字列
数字列 ::= 数字 | 数字列 数字
符号 ::= + | -
小数点 ::= .
数字 ::= 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9

ただし、上記表現形式において、::= は定義を表し、| は OR を示す。

- ① -19.1 ② .52 ③ -37 ④ 4.35 ⑤ -.125

数字の表記方法に次のルールが設けられています。与えられた数字列でこの規則に従っていないものを選ぶ問題です。

ルール

- (1) 数値 ::= 整数 | 少数 | 整数 小数
- (2) 小数 ::= 小数点 数字列
- (3) 整数 ::= 数字列 | 符号 数字列
- (4) 数字列 ::= 数字 | 数字列 数字
- (5) 符号 ::= + | -
- (6) 小数点 ::= .
- (7) 数字 ::= 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9

ただし、上記表現形式において、::= は定義を表し、| は OR を示す。

ルール(4)の数字列は、数字列が数字1文字でもよいし、その数字列の後ろに数字を足して数字列を伸ばしてもよいことを示しています。

① - 1 9 . 1

ルール (1) 数値 ::= 整数 小数

→ 整数部分にルール (3) の符号 数字列、小数部分にルール (2) の小数点 数字列を適用

→ 符号 数字列 小数点 数字列

→ 後ろ側の数字列にルール (4) 数字を適用

→ 符号 数字列 小数点 数字

→ - 1 9 . 1 は適

② . 5 2

ルール (1) 数値 ::= 小数

→ ルール (2) を適用

→ 小数点 数字列

→ . 5 2 は適

③ - 3 7

ルール (1) 数値 ::= 整数

→ ルール (3) を適用

→ 符号 数字列

→ - 3 7 は適

④ 4 . 3 5

ルール (1) 数値 ::= 整数 小数

→ 整数にルール (3)、小数にルール (2) を適用

→ 数字列 小数点 数字列

→ 前の数字列にルール (4) を適用

→ 数字 小数点 数字列

→ 4 . 3 5 は適

⑤ -. 1 2 5

ルール (1) 数値 ::= 小数

→ ルール (2) を適用

→ 小数点 数字列

→ 小数点の前に符号を加えるルールがない (これ以上展開のしようがない)

→ -. 1 2 5 は不適 (符号がない . 1 2 5 なら適なのですが)

H24-1-2-2 正答 ②

I-2-2 次の式で表現できる数値列はどれか。

$\langle \text{数値列} \rangle ::= 01 \mid 0 \langle \text{数値列} \rangle 1$

ただし、上記式において、 $::=$ は定義を表し、 \mid は ORを示す。

- ① 000000
- ② 000111
- ③ 001011
- ④ 010101
- ⑤ 011111

記号 \mid はORを表しています。

$\langle \text{数値列} \rangle ::= 01 \mid 0 \langle \text{数値列} \rangle 1$

は、01、0*1が可能で、*には現在の数値列が代入されます。

数値列を01から始めると、次に許されるのは0 01 1 (すなわち0011)

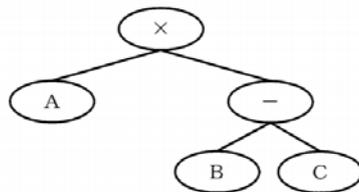
次に許されるのは、00 01 11 (すなわち000111)のみとなります。

答は6桁の数字であるから、000111しか可能性がなくなります。

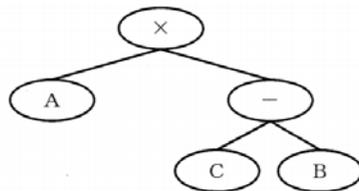
Case 3 算術木

H27-1-2-6 正答 ④

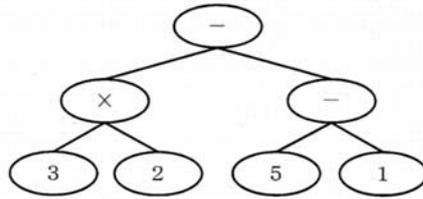
I-2-6 算術木とは算術式を表す二分木である。例として、「 $A \times (B - C)$ 」の算術木を次に示す。



また、「 $A \times (C - B)$ 」の算術木を次に示す。



次の算術木で表される算術式として正しいものはどれか。



ただし、①～⑤の算術式におけるかけ算は引き算に比べ優先され、また、引き算が2つ並ぶときに左の引き算が右の引き算に比べ優先されるものとする。

- ① $(3 - 2) \times (5 - 1)$
- ② $5 - 1 - 3 \times 2$
- ③ $3 \times 2 - 5 - 1$
- ④ $3 \times 2 - (5 - 1)$
- ⑤ $3 \times 2 - 5 \times 1$

枝から幹へと計算を進める。例が2つ示してあるので、要領はわかります。

左下の 3×2 、右下の $5 - 1$ を先に計算し、幹に移って $(3 \times 2) - (5 - 1) = 2$ となります。

Case 4 2分木と後置記法

H30-1-2-5 正答 ①

I-2-5 数式を $a+b$ のように、オペランド（演算の対象となるもの、ここでは1文字のアルファベットで表される文字のみを考える。）の間に演算子（ここでは $+$, $-$, \times , \div の4つの2項演算子のみを考える。）を書く書き方を中間記法と呼ぶ。これを $ab+$ のように、オペランドの後に演算子を置く書き方を後置記法若しくは逆ポーランド記法と呼ぶ。中間記法で、 $(a+b) \times (c+d)$ と書かれる式を下記の図のように数式を表す2分木で表現し、木の根（root）からその周囲を反時計回りに回る順路（下図では▲の方向）を考え、順路が節点の右側を上昇（下図では↑で表現）して通過するときの節点の並び $ab+cd+\times$ はこの式の後置記法となっている。後置記法で書かれた式は、先の式のように「 a と b を足し、 c と d を足し、それらを掛ける」というように式の前頭から読むことによって意味が通じることが多いことや、かっこが不要なため、コンピュータの世界ではよく使われる。中間記法で $a \times b + c + d$ と書かれた式を後置記法に変換したとき、最も適切なものはどれか。

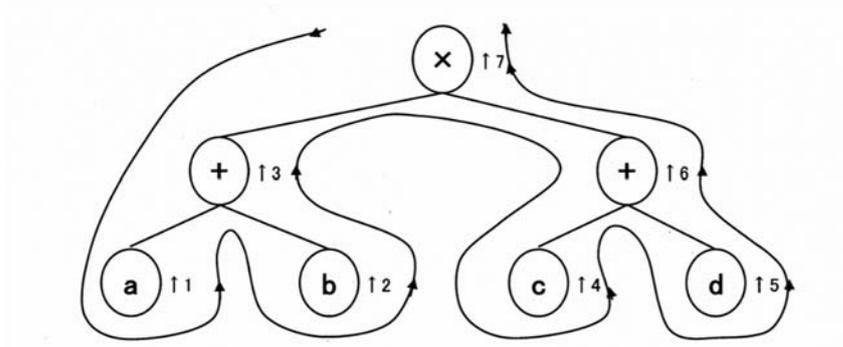
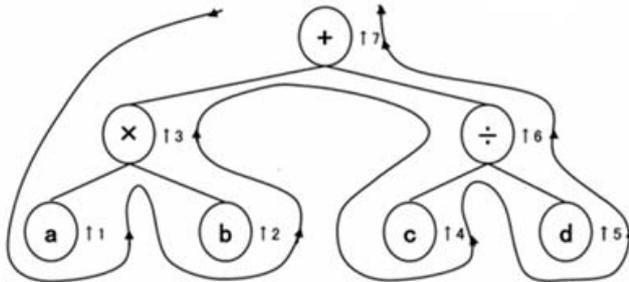


図 式 $(a+b) \times (c+d)$ の二分木と後置記法への変換

- ① $ab \times cd \div +$
- ② $ab \times c \div d +$
- ③ $abc \times \div d +$
- ④ $abc + d \div \times$
- ⑤ $abcd \times \div +$

問題で後置記法への変換が求められている中間記法式は $a \times b + c \div d$ 。題意に沿って、問題文で与えられている図の「↑3」を「+」から「×」に、「↑6」を「+」から「÷」に、そして「↑7」を「×」から「+」へと変換すると答が得られます。例示図と同じに読んでいくと、 $a b \times c d \div +$ となります。



R01-1-2-2 正答 ①

I-2-2 二分探索木とは、各頂点に1つのキーが置かれた二分木であり、任意の頂点 v について次の条件を満たす。

- (1) v の左部分木の頂点に置かれた全てのキーが、 v のキーより小さい。
- (2) v の右部分木の頂点に置かれた全てのキーが、 v のキーより大きい。

以下では空の二分探索木に、8, 12, 5, 3, 10, 7, 6の順に相異なるキーを登録する場合を考える。最初のキー8は二分探索木の根に登録する。次のキー12は根の8より大きいので右部分木の頂点に登録する。次のキー5は根の8より小さいので左部分木の

頂点に登録する。続くキー3は根の8より小さいので左部分木の頂点5に分岐して大小を比較する。比較するとキー3は5よりも小さいので、頂点5の左部分木の頂点に登録する。以降同様に全てのキーを登録すると下図に示す二分探索木を得る。

キーの集合が同じであっても、登録するキーの順番によって二分探索木が変わることもある。下図と同じ二分探索木を与えるキーの順番として、最も適切なものはどれか。

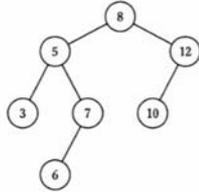
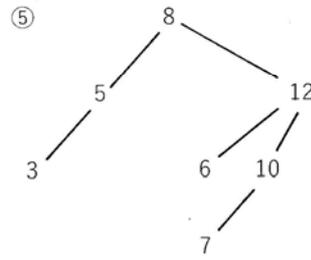
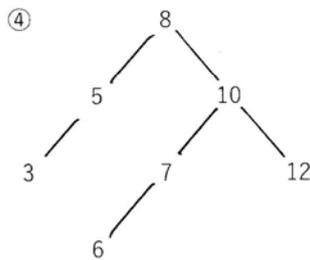
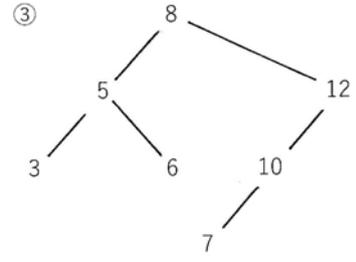
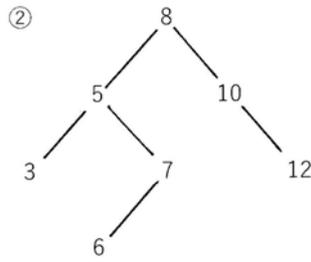
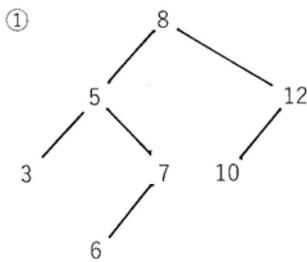


図 二分探索木

- ① 8, 5, 7, 12, 3, 10, 6
- ② 8, 5, 7, 10, 3, 12, 6
- ③ 8, 5, 6, 12, 3, 10, 7
- ④ 8, 5, 3, 10, 7, 12, 6
- ⑤ 8, 5, 3, 12, 6, 10, 7

一見難しそうに見えますが、ルールに従って数字を配列していけば、答は容易に見つかります。



18. 判断基準と決定表

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case				2				
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
				1				

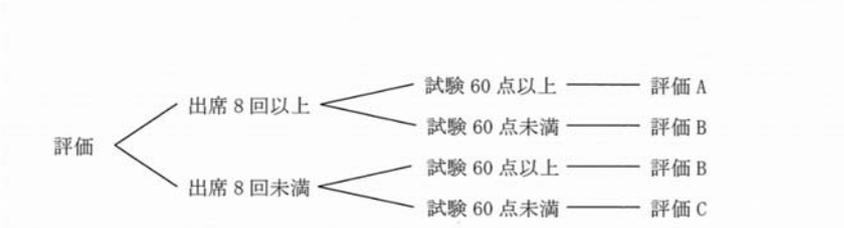
Case 1 H20-1-2-4

Case 2 H29-1-2-4

Case 1 判断基準と決定表

H20-1-2-4 正答 ④

I-2-4 下図は、ある評価の判断基準を示している。この判断を表現している決定表はどれか。①～⑤の中から正しいものを選び。ここで、決定表の条件部での“Y”は条件が真，“N”は条件が偽であることを表す。また、動作部での“X”は条件がすべて満たされたときその行で指定した動作を実行することを表し，“-”は動作を実行しないことを表す。



①

条件部	出席 8 回未満	Y	Y	N	N
	試験 60 点以上	Y	N	Y	N
動作部	評価 A	-	X	-	-
	評価 B	X	-	-	X
	評価 C	-	-	X	-

②

条件部	出席 8 回未満	Y	Y	N	N
	試験 60 点以上	Y	N	Y	N
動作部	評価 A	-	-	-	X
	評価 B	-	X	X	-
	評価 C	X	-	-	-

③

条件部	出席 8 回未満	Y	Y	N	N
	試験 60 点以上	Y	N	Y	N
動作部	評価 A	X	-	-	-
	評価 B	-	X	X	-
	評価 C	-	-	-	X

④

条件部	出席 8 回未満	Y	Y	N	N
	試験 60 点以上	Y	N	Y	N
動作部	評価 A	-	-	X	-
	評価 B	X	-	-	X
	評価 C	-	X	-	-

⑤

条件部	出席 8 回未満	Y	Y	N	N
	試験 60 点以上	Y	N	Y	N
動作部	評価 A	X	-	X	X
	評価 B	X	X	X	-
	評価 C	X	X	-	-

出席回数と試験の点数から学業評価を行うための表が与えられています。仕組みは簡単で、授業への出席率が 8 回以上かそれ未満か、試験の点数が 60 点以上かそれ未満かの $2 \times 2 = 4$ 通りのケースについて評価 A、B、C を与えます。素直に表の内容をたどればどれが答であるかはすぐにわかります。

出席 8 回未満 N で試験 60 点以上 Y の評価 A は④と⑤
 出席 8 回未満 N で試験 60 点未満 N の評価 B は①と④
 従って答は④です。

参考までに、正解 (○)、不正解 (×) 表を作成しておきます。

解答	条件			
	N-Y-A	N-N-B	Y-Y-B	Y-N-C
①	×	○	○	×
②	×	×	×	×
③	×	×	×	×
④	○	○	○	○
⑤	○	×	○? (1)	○? (2)

(1) 評価 A、B、C とともに動作するから不適

(2) 評価 B、C とともに動作するから不適

Case 2 うるう年決定表

H29-1-2-4 正答 ③

I-2-4 西暦年号がうるう年か否かの判定は次の(ア)～(ウ)の条件によって決定する。うるう年か否かの判定を表現している決定表として、最も適切なものはどれか。

- (ア) 西暦年号が4で割り切れない年はうるう年でない。
- (イ) 西暦年号が100で割り切れて400で割り切れない年はうるう年でない。
- (ウ) (ア), (イ) 以外のとき, うるう年である。

なお、決定表の条件部での“Y”は条件が真, “N”は条件が偽であることを表し, “—”は条件の真偽に関係ない又は論理的に起こりえないことを表す。動作部での“X”は条件が全て満たされたときその行で指定した動作の実行を表し, “—”は動作を実行しないことを表す。

①

条件部	西暦年号が4で割り切れる	N	Y	Y	Y
	西暦年号が100で割り切れる	—	N	Y	Y
	西暦年号が400で割り切れる	—	—	N	Y
動作部	うるう年と判定する	—	X	X	X
	うるう年でないと判定する	X	—	—	—

②

条件部	西暦年号が4で割り切れる	N	Y	Y	Y
	西暦年号が100で割り切れる	—	N	Y	Y
	西暦年号が400で割り切れる	—	—	N	Y
動作部	うるう年と判定する	—	—	X	X
	うるう年でないと判定する	X	X	—	—

③

条件部	西暦年号が4で割り切れる	N	Y	Y	Y
	西暦年号が100で割り切れる	—	N	Y	Y
	西暦年号が400で割り切れる	—	—	N	Y
動作部	うるう年と判定する	—	X	—	X
	うるう年でないと判定する	X	—	X	—

④

条件部	西暦年号が4で割り切れる	N	Y	Y	Y
	西暦年号が100で割り切れる	—	N	Y	Y
	西暦年号が400で割り切れる	—	—	N	Y
動作部	うるう年と判定する	—	X	—	—
	うるう年でないと判定する	X	—	X	X

⑤

条件部	西暦年号が4で割り切れる	N	Y	Y	Y
	西暦年号が100で割り切れる	—	N	Y	Y
	西暦年号が400で割り切れる	—	—	N	Y
動作部	うるう年と判定する	—	—	—	X
	うるう年でないと判定する	X	X	X	—

(ア) では①～⑤の
すべてが条件
を満たします。
(イ) では③と⑤が
残ります。
(ウ) で③が答とし
て確定します。

正答 ③

(ア) (イ) 以外
(ア) / (イ) \

条件部	西暦年号が4で割り切れる	N	Y	Y	Y
	西暦年号が100で割り切れる	—	N	Y	Y
	西暦年号が400で割り切れる	—	—	N	Y
動作部	うるう年と判定する	—	(X)	—	(X)
	うるう年でないと判定する	(X)	—	(X)	—

19. アルゴリズム

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	1		1	1	1		1	
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1								1

Case 1 H16-1-2-5, H24-1-2-5, H26-1-2-2, H28-1-2-3
H29-1-2-3, H30-1-3-4, R01 再-1-2-2

過去に同じ問題が出題されたことはありませんが、この中の4題はフローチャートが図として与えられています。その読み方をマスターすればすべて同じように解くことができます。

プログラムを組んだことのある人には簡単な問題ですが、そうでない人には難しい問題かもしれません。試験時間中にデータを追いかけるにも、時間がとられてしまいそうです。なお、この問題攻略のポイントは、やはり極端なケースを想定して数字を回してみる、ということでしょうか。簡単なプログラムをExcelで作り走らせてみると理解が進むのですが、時間との相談です。

Case 1 アルゴリズム

R01 再-1-2-2 正答 ④

I-2-2 自然数 a , b に対して、その最大公約数を記号 $\text{gcd}(a, b)$ で表す。ここでは、ユークリッド互除法と行列の計算によって、 $ax+by=\text{gcd}(a, b)$ を満たす整数 x , y を計算するアルゴリズムを、 $a=108$, $b=57$ の例を使って説明する。まず、ユークリッド互除法で割り算を繰り返し、次の式(1)~(4)を得る。

$$108 \div 57 = 1 \text{ 余り } 51 \quad (1)$$

$$57 \div 51 = 1 \text{ 余り } 6 \quad (2)$$

$$51 \div 6 = 8 \text{ 余り } 3 \quad (3)$$

$$6 \div 3 = 2 \text{ 余り } 0 \quad (4)$$

したがって、 $\text{gcd}(108, 57) = \boxed{\text{ア}}$ である。

$$\text{式(1)(2)は行列を使って, } \begin{pmatrix} 57 \\ 51 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 108 \\ 57 \end{pmatrix}$$

$$\text{式(2)(3)は行列を使って, } \begin{pmatrix} 51 \\ 6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 57 \\ 51 \end{pmatrix}$$

式(3)(4)は行列を使って、 $\begin{pmatrix} 6 \\ 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & -8 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 51 \\ 6 \end{pmatrix}$ と書けるので、

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & -8 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ x & y \end{pmatrix} \text{ と置くと、}$$

$x = \boxed{\text{イ}}$, $y = \boxed{\text{ウ}}$ であり、 $108 \times \boxed{\text{イ}} + 57 \times \boxed{\text{ウ}} = \boxed{\text{ア}}$ を満たす。

$\boxed{\text{ア}} \sim \boxed{\text{ウ}}$ に入る最も適切な値の組合せはどれか。

	ア	イ	ウ
①	6	-1	2
②	6	1	-2
③	6	1	2
④	3	9	-17
⑤	3	-10	19

ユークリッド互除法に関する問題です。

ユークリッドの互除法 (Wikipedia)

2つの自然数の最大公約数を求める手法の一つです。2つの自然数 $a, b (a \geq b)$ について、 a の b による剰余を r とすると、 a と b との最大公約数は b と r との最大公約数に等しいという性質が成り立つ。この性質を利用して、 b を r で割った剰余、除数 r をその剰余で割った剰余、と剰余を求める計算を逐次繰り返すと、剰余が 0 になった時の除数が a と b との最大公約数となります。

今持っている知識を駆使します。中学校で習った方法で最大公約数は次に示すように 3 となります。従って「ア」は 3 です。

$$\begin{array}{r|l} 3 & 108 \quad 57 \\ & \underline{36 \quad 19} \end{array}$$

次に問題文では複雑な説明が続いていますが、ポイントは次の行列式が解けるかということです。これが解ければ x と y 、すなわち「イ」と「ウ」は求まります。

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & -8 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ x & y \end{pmatrix}$$

行列の掛け算の方法を示しますが、これと同じ要領で行列の掛け算を進めます。

$$\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} e & f \\ g & h \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ae+bg & af+bh \\ ce+dg & cf+dh \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & -8 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ -8 & 9 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ 9 & -17 \end{pmatrix}$$

$x = 9$ 、 $y = -17$ となります。

H30-1-3-4 正答 ②

I-3-4 下図は、ニュートン・ラフソン法（ニュートン法）を用いて非線形方程式 $f(x)=0$ の近似解を得るためのフローチャートを示している。図中の（ア）及び（イ）に入れる処理の組合せとして、最も適切なものはどれか。

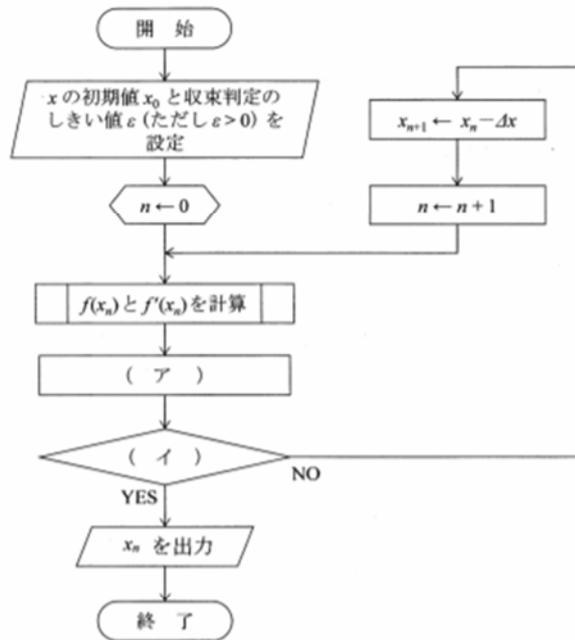


図 ニュートン・ラフソン法のフローチャート

- | ア | イ |
|--|----------------------------|
| ① $\Delta x \leftarrow f(x_n) \cdot f'(x_n)$ | $ \Delta x < \varepsilon$ |
| ② $\Delta x \leftarrow f(x_n) / f'(x_n)$ | $ \Delta x < \varepsilon$ |
| ③ $\Delta x \leftarrow f'(x_n) / f(x_n)$ | $ \Delta x < \varepsilon$ |
| ④ $\Delta x \leftarrow f(x_n) \cdot f'(x_n)$ | $ \Delta x > \varepsilon$ |
| ⑤ $\Delta x \leftarrow f(x_n) / f'(x_n)$ | $ \Delta x > \varepsilon$ |

ニュートン法に関する問題です。

ニュートン法の計算原理を知っていること、そしてフローチャートへの理解があることが、

本問題を解くために必要となります。

図の x_n で曲線と接している直線は一次式で、 $y = a x + b$ です。これを $y = f(x)$ とすると、 a は $x = x_n$ における傾きですから、 $a = f'(x_n)$ であり、

$$f(x_n) = f'(x_n) x_n + b \quad (\text{式1})$$

となります。

一方、 $f(x) = 0$ とすると x_{n+1} の点が求まり、

$$x_{n+1} = -b / f'(x_n) \quad (\text{式2})$$

です。

定義により

$$\Delta x = x_n - x_{n+1} \quad (\text{式3})$$

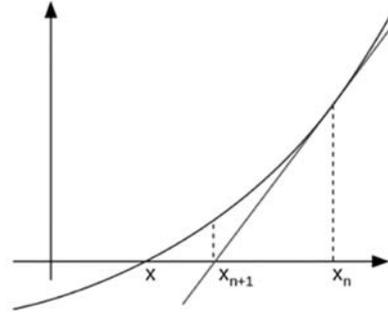
式1より

$$x_n = (f(x_n) - b) / f'(x_n)$$

従って、式3の Δx は

$$\Delta x = f(x_n) / f'(x_n)$$

これで正答は、②または⑤となります。



次に Δx ですが、図で x_{n+1} より垂線を上げ、 $f(x)$ と交わる点で曲線 $f(x)$ の接線を引きます。この直線が x 軸と交わったところが次のポイント x_{n+2} です。

この作業を続け、今回の x_n と次の x_{n+1} の差が、最初に設定したしきい値 ϵ より小さくなった時、 $f(x) = 0$ の解が求まったとして計算を終了します。計算の終了条件は $|\Delta x| < \epsilon$ であり、従って答は②となります。

この問題はニュートン法の原理を理解したうえで、フローチャートをたどりながら、「なるほど」と理解していただくより仕方がない問題だと思います。

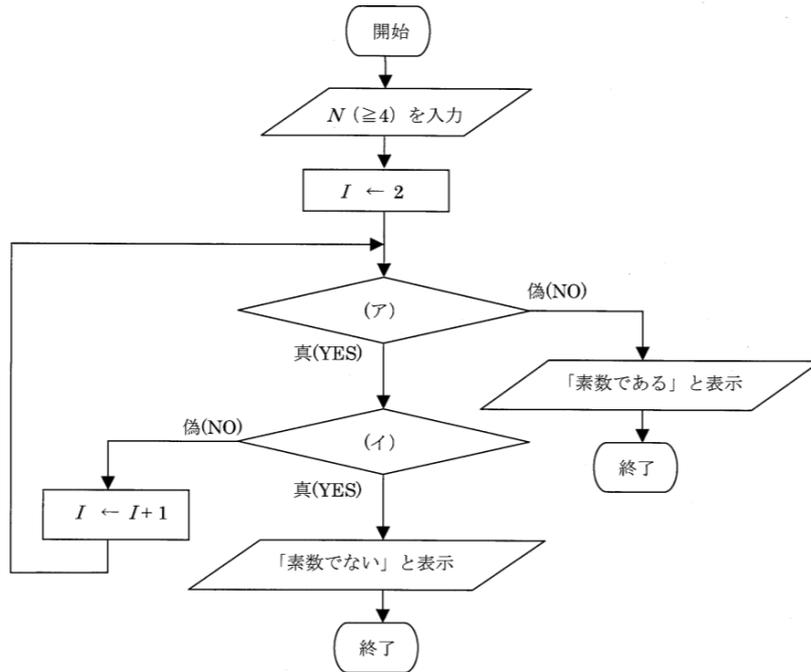
H29-1-2-3 正答 ⑤

I-2-3 2以上の自然数で1とそれ自身以外に約数を持たない数を素数と呼ぶ。 N を4以上の自然数とする。2以上 \sqrt{N} 以下の全ての自然数で N が割り切れないとき、 N は素数であり、そうでないとき、 N は素数でない。

例えば、 $N=11$ の場合、 $11 \div 2 = 5$ 余り1、 $11 \div 3 = 3$ 余り2となり、

2以上 $\sqrt{11} \approx 3.317$ 以下の全ての自然数で割り切れないので11は素数である。

このアルゴリズムを次のような流れ図で表した。流れ図中の(ア)、(イ)に入る記述として、最も適切なものはどれか。

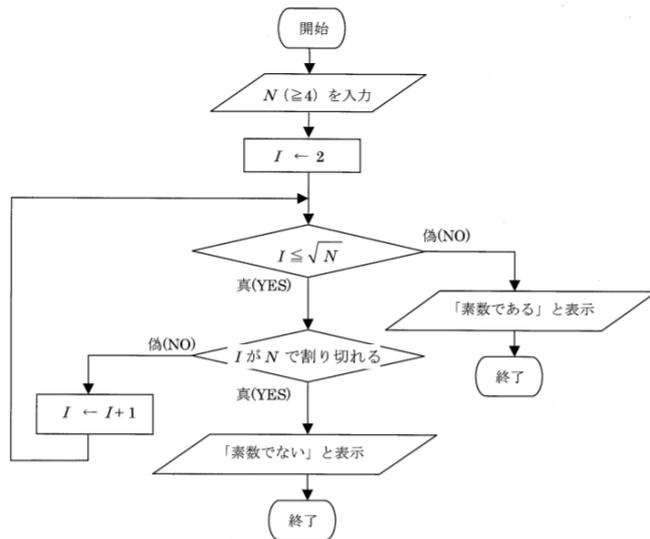


- | ア | イ |
|---------------------|--------------------|
| ① $I \geq \sqrt{N}$ | I が N で割り切れる。 |
| ② $I \geq \sqrt{N}$ | N が I で割り切れない。 |
| ③ $I \geq \sqrt{N}$ | N が I で割り切れる。 |
| ④ $I \leq \sqrt{N}$ | N が I で割り切れない。 |
| ⑤ $I \leq \sqrt{N}$ | N が I で割り切れる。 |

与えられた数値が素数であるかどうかを判定するプログラムです。

これも題意に従ってアルゴリズムを追いかけていけばよい問題です。アルゴリズムに習熟する一番の方法は、このアルゴリズムを思い出しながら白紙の上にフローチャートとしてこの一連の流れを描き出してみることです。

$I \leftarrow 2$ は I に初期値として 2 を代入します。 $I \leftarrow I + 1$ はループが回ると、 I に入っている数値を 1 ずつ増やしていきます。そしてループが回り続けて N が I (アイ) で割り切れたとき、 N は素数ではないと判断されます。すなわち、「 N が I で割り切れる」が「真」のとき、 N は素数ではないと判断されプログラムは終了します。また、 I の値が \sqrt{N} より大きくなった時 ($I \leq \sqrt{N}$ が偽となった時) このプログラムは終了します。

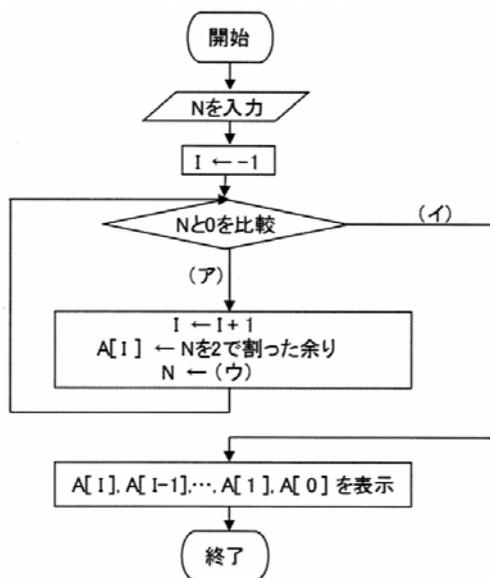


H28-1-2-3 正答 ①

I-2-3 自然数Nに対して、Nを2で割った商にNの値を更新する操作を行い、この操作をNが0になるまで繰り返す。このとき、それぞれの割り算で出てきた余りの値を逆に並べたものがNの2進数表示となる。例えば、N=11から始めると、

- 11 ÷ 2 = 5 余り 1
- 5 ÷ 2 = 2 余り 1
- 2 ÷ 2 = 1 余り 0
- 1 ÷ 2 = 0 余り 1

であり、出てきた余り (1101) を逆に並べた (1011) が11の2進数表示である。このアルゴリズムを次のような流れ図で表した。流れ図中の、(ア) ~ (ウ) に入る式又は記号として、最も適切なものはどれか。



	エ	イ	ウ
①	$N > 0$	$N = 0$	Nを2で割った商
②	$N > 0$	$N = 0$	Nを2で割った余り
③	$N = 0$	$N > 0$	Nを2で割った商
④	$N = 0$	$N > 0$	Nを2で割った余り
⑤	$N > 0$	$N = 0$	$2N$

10進数を2進数に変換する

まず、アルゴリズムへの理解を深めるために、間違っている答⑤に従ってこのルーチンを追いかけてみます。

$I = -1$ 、 $N = 11 > 0$ なので計算は下へ

カウンターが $I = -1 + 1$ で $I = 0$ に

$11 \div 2 = 5$ 余り 1

$A[0] = 1$ 、 $N = 5$ となるべきところが $N = 11$ のままですから、 $2N = 22$ 。

従って、 $A[0] = 1$ 、 $N = 22$ となってしまいます。

この $N = 22$ が「Nと0を比較」で (ア) に進み、

$22 \div 2 = 11$ 余り 0

N は 22 のままですから、 $N = 44$ に。

そしてループは周り続け、 $N = 88$ 、 $N = 176 \dots$ 。

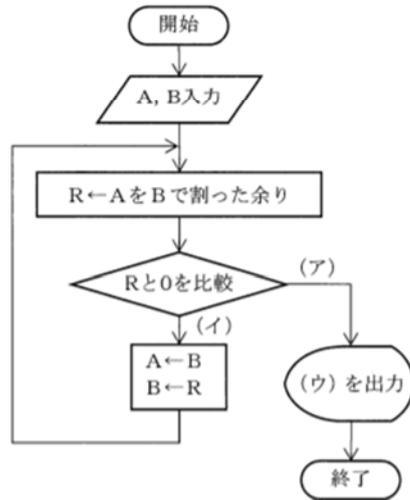
この計算はいずれ、オーバーフローして停止するか、あるいはコンピュータが暴走する運命にあります。

正答の①を同様に試してみてください。

$N = 11$ から始めた場合、このループから抜け出すときには $N = 0$ 、 $I = 3$ 、 $A(3) = 1$ となります。

H26-1-2-2 正答 ②

I-2-2 自然数A, Bに対して, AをBで割った商をQ, 余りをRとすると, AとBの公約数がBとRの公約数でもあり, 逆にBとRの公約数はAとBの公約数である。ユークリッドの互除法は, このことを, 余りRが0になるまで, 繰り返すことによって, AとBの最大公約数を求める手法である。このアルゴリズムを次のような流れ図で表した。流れ図中の, (ア)~(ウ)に入る式又は記号の組合せとして最も適切なものはどれか。



- | | ア | イ | ウ |
|---|-------|-------|---|
| ① | R = 0 | R ≠ 0 | A |
| ② | R = 0 | R ≠ 0 | B |
| ③ | R = 0 | R ≠ 0 | R |
| ④ | R ≠ 0 | R = 0 | A |
| ⑤ | R ≠ 0 | R = 0 | B |

最大公約数を求める

「余りRが0になるまで、繰り返す」と書かれているのですから、当然、(ア)はR = 0、そうすると(イ)はR ≠ 0。

「AとB」の公約数を求める、と言っているのですから、当然(ウ)は求める公約数Rとなります。

実際に数値Aおよび数値Bに整数を与え、このループをたどってみると、この計算アルゴリズムの動きがわかります。

参考までに、プログラム `Basic` では

A を B で割った時の余りは `A MOD B`

A を B で割った時の商は `A ¥ B`

です。

H24-1-2-5 正答 ②

I-2-5 実数 a_i が $0 < a_i < 1000$ ($i = 1, 2, \dots, n$) の範囲にあるとき、 a_1 から a_n までの n 個の数値の中から最小値 (min) と最大値 (max) を求めることを目的として、次のようなアルゴリズムを考えた。しかし、このアルゴリズムには誤りがある。出力された min と max に関する記述の組合せとして正しいものはどれか。

- ・ min の値を 1000 とする。
- ・ max の値を 0 とする。
- ・ i の値を 1 とする。
- ・ $i \leq n$ ならば {} 内を繰り返す。
 - { ・ もし $a_i < min$ ならば min に a_i を代入する。
 - そうでない場合、もし $a_i > max$ ならば max に a_i を代入する。
 - ・ i を $i + 1$ にする。
 - }
- ・ min と max を出力する。

min	max
① 常に最小値になる。	常に最大値にならない。
② 常に最小値になる。	最大値にならない場合がある。
③ 最小値にならない場合がある。	常に最大値にならない。
④ 最小値にならない場合がある。	最大値にならない場合がある。
⑤ 最小値にならない場合がある。	常に最大値になる。

最大値と最小値を求める

左側のアルゴリズムでわかるように、最初に最小値 (min) には 1000 が、最大値 (max) には 0 が与えられています。初期値として最小値に大きな値、最大値に小さな値を入れておくのは最大値、最小値を求める場合の常とう手段です。

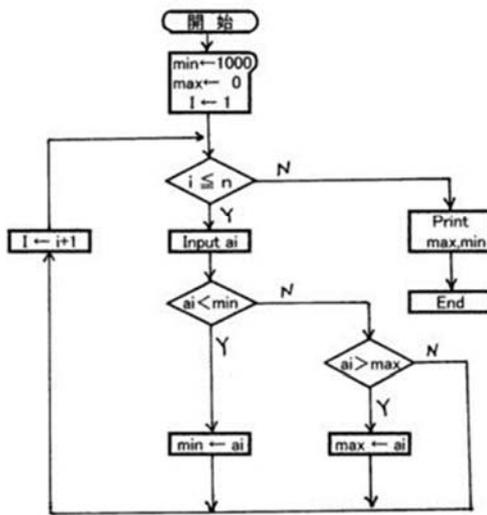
さて、問題で与えられたアルゴリズムはうまく働くでしょうか？ 極端な場合を想定してシミュレーションしてみれば、結果がわかります。

いま、最大値と最小値を知りたいデータセットは 1000 個の実数より構成されています。1000 個の整数ではありません。

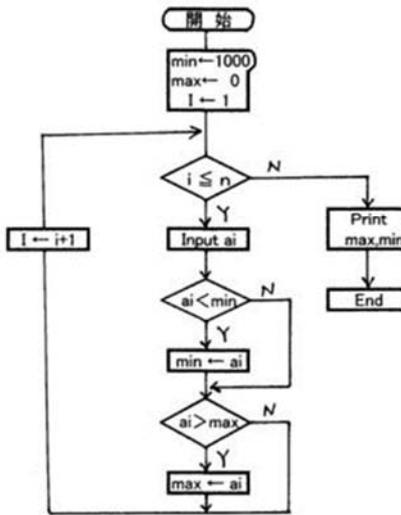
a_1 が999、 a_2 が998.9、 a_3 が999.8と規則的に999から0.1ずつ小さくなっていくデータセットを考えます。1000個目のデータは $999 - 0.1 \times 999 = 899.1$ となります。このデータセットを a_1 から a_{1000} まで順番にコンピュータに通すと、最小値は毎回更新されていきますが、最大値判定のループには入れませんので、計算終了時には最大値は初期値である0のままとなります。最小値は反映されるのですが、最大値については保証のないプログラム（アルゴリズム）ということになります。

これを改良しようとするれば、下図の右のようなアルゴリズムに書き直す必要があります。すべての a_i について、最大値も最小値も判定するループが付いています。

問題で与えられたアルゴリズム



改良を加えたアルゴリズム



H16-1-2-5 正答 ④

I-2-5 ファイルから整数データ（最後のデータは0又は負数とする）を読み込んで計算を行なう、以下のプログラムについて、間違った記述を次の中から選べ。

- ・ x の値を 0 とする
- ・ a に整数データを読み込む
- ・ a が正であれば以下のことを繰り返す
 - {
 - ・ x < a ならば x に a の値を代入する
 - ・ a に整数データを読み込む
 - }
- ・ x の値を出力して終了する

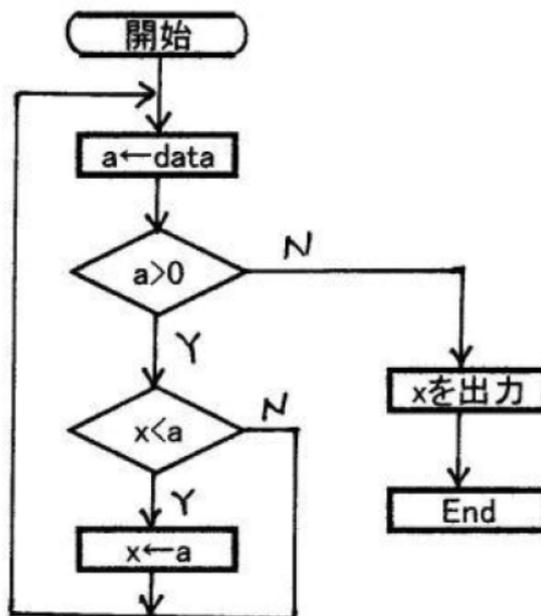
- ① 読み込まれた正整数の中から最大値を選んでその値を出力する。
- ② 0 又は負の整数が読み込まれると、計算結果を出力してプログラムは終了する。
- ③ 最大値を選ぶ対象の整数は何個あってもよい。
- ④ 最初に読み込まれる整数が負の場合、出力は行なわれない。
- ⑤ 0 又は負数の後に正整数があっても、読み込まれない。

最大値を求める

最初に負の数、たとえば $X = -1$ が来たときには、 $a > 0$ の判定でNとなり、出力ルーチンへと作業が移ります。ここで $X = -1$ の出力となります。従って、④は誤りであることがわかります。

このプログラムのルーチンを終了させるときには意図的にマイナスの数値をインプットします。そうすると、 $a > 0$ 条件でNに進みXを出力してEndとなります。

この流れを図にしてみましたので、④以外のデータの動きも確認してください。



第3群 解析

簡単な解説

ヤング率

ヤング率の解説をします。出題された一群の問題は、すべてこの解説の範囲で解くことができます。

長さ L 、断面積 S の棒の長さ方向に引っ張り力 F を加えると棒は伸びます。この伸びる長さを ΔL とすると、加える力が一定範囲内において次の式が成り立ちます。 σ は応力で、力を面積で割ったもの、すなわち、単位面積にかかる力です。

$$\sigma = F / S = E \times \Delta L / L = E \varepsilon \quad (\varepsilon \text{ はひずみで、} \varepsilon = \Delta L / L)$$

この比例定数 E をヤング率といいます。

力の単位は N （ニュートン、 $kg \cdot m / s^2$ ）、面積 S の単位は m^2 ですので、ヤング率 E の単位は $kg / (m \cdot s^2)$ となります。これは圧力の単位と同じです。

なお、棒を伸ばす話をしましたが、棒の両端に圧力をかけて棒を縮める場合も同様に計算できます。

この材料の伸長によって材料内に蓄えられるひずみのエネルギー U は、

$$U = \int (F) d\Delta L = \int (SE\Delta L / L) d\Delta L = SE\Delta L^2 / (2L)$$

となります。この式に、上で示した式を $\Delta L = FL / (SE)$ と変形して代入すると、

$$U = F^2 L / (2SE)$$

が得られます。

ポアソン比

ポアソン比について解説します。

長さ L 、幅 W 、高さ H の角棒の長さ方向に引っ張り力 F を加えます。ヤング率でみてきたと同様に長さ方向に ΔL の伸びが生じます。この時、角棒の幅方向および高さ方向では縮みが

生じます。この縮みの大きさをそれぞれ ΔW および ΔH としますと、

$$\Delta W/W = \Delta H/H = -\nu \times \Delta L/L$$

すなわち

$$\varepsilon_y \text{ および } \varepsilon_z = -\nu \times \sigma_x$$

の関係が成立します。この ν をポアソン比といいます。x軸方向の伸びに対してy軸方向、z軸方向は縮みですので符号はマイナスです。ポアソン比の単位は無次元です。

横方向のひずみを ε_y 、縦方向のひずみを ε_x としますと、

$\sigma = E \varepsilon$ ですから

$$\varepsilon_y = -\nu \varepsilon_x = -\nu \times \sigma_x / E$$

となります。

ひずみ ε_y とひずみ ε_x は、その方向が 90° 異なります。

各軸方向のつり合いは

$$E \varepsilon_x = \sigma_x - \nu \sigma_y - \nu \sigma_z$$

$$E \varepsilon_y = -\nu \sigma_x + \sigma_y - \nu \sigma_z$$

$$E \varepsilon_z = -\nu \sigma_x - \nu \sigma_y + \sigma_z$$

となります。

材料	ポアソン比
天然ゴム	0.49
高密度ポリエチレン	0.30
ポリスチレン	0.35
ポリカーボネート	0.39
ポリアセタール	0.32
エポキシ樹脂	0.37
タングステン	0.28
アルミニウム	0.345
モリブデン	0.31
ガラス	0.27
銅	0.343
鋳鉄	0.27
鋼	0.28 - 0.30
黄銅 (亜鉛30%)	0.35
鉛	0.44
金	0.44
スズ	0.36

ポアソン比 (Wikipedia)

ポアソン比は物質に固有な値です。

有限要素法

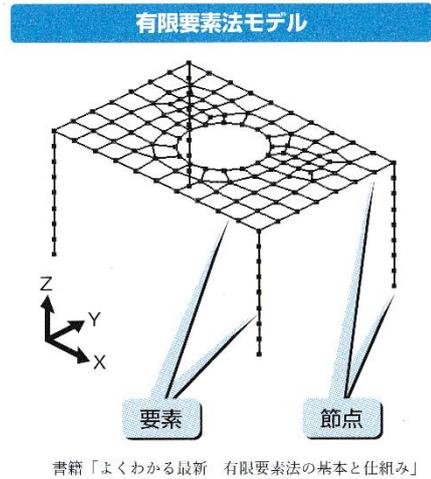
この第3群の大きな部分を有限要素法に関する事項が占めます。項番号にしては全19項の内約半分の第6項~14項がこれに当たります。

有限要素法とはどのようなものか、集中的に勉強してみる必要がありそうです。

有限要素法は、その内容が膨大ですので、ここで簡単に解説することは不可能に近いのですが、その入り口部分について触れておきたいと思います。なお、有限要素法の入門書を読んでもその内容は高度であり、受験勉強のために書籍を読み通すことは事実上不可能に近いと考えます。問題を解くたびに、必要な情報をWebで集める、というのが有限要素法に向き合う現実的な方法かと思えます。

有限要素法とは、まずは構造物を複数の有限個の要素に分割します。平面ですと、三角形や四角形の集まりなどに分割します。三次元の物体であれば、立方体（6面体要素）や三角錐（4面体要素）、あるいは三角柱などに分割します。このようにして分割された要素の集合体を解析する手法です。

要素に分割することにより、要素の外から加わった力が要素内でどのような応力を生じ、またその結果として要素に接している他の要素にどのような応力を及ぼすのかを、コンピュータで計算できるようになります。

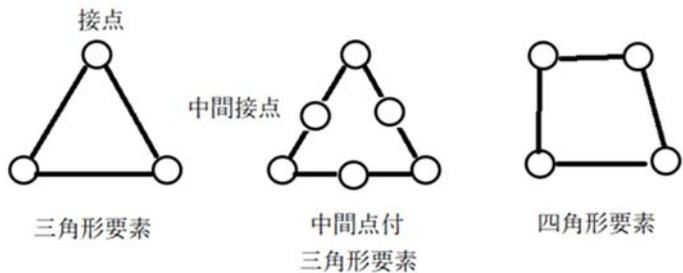


要素の例

ビーム	シェル		ソリッド		
—	△	□	立方体	三角錐	三角柱

Web 有限要素法（機械設計エンジニアの基礎知識）より

計算精度は要素のタイプによって異なってきます。三角形要素と四角形要素では、四角形要素のほうが計算精度がよくなります。さらに、接点間に中間接点を入れることにより、計算精度が向上します。この図では、計算精度は、三角形要素<中間点付三角形要素<四角形要素となります。立体を扱う場合には、計算精度は、4面体要素<中間点付4面体要素<6面体要素となります。



要素内では変位分布を仮定します。三角形要素の一次要素は座標の一次関数で表します。ひずみと応力は変位の一次微分で与えられますから、微分によりこれらは定数として与えられ、要素内では一定となります。二次要素であれば、変位は座標の二次関数で表わします。従って、ひずみと応力は要素内で線形分布となり、精度が改善されます。

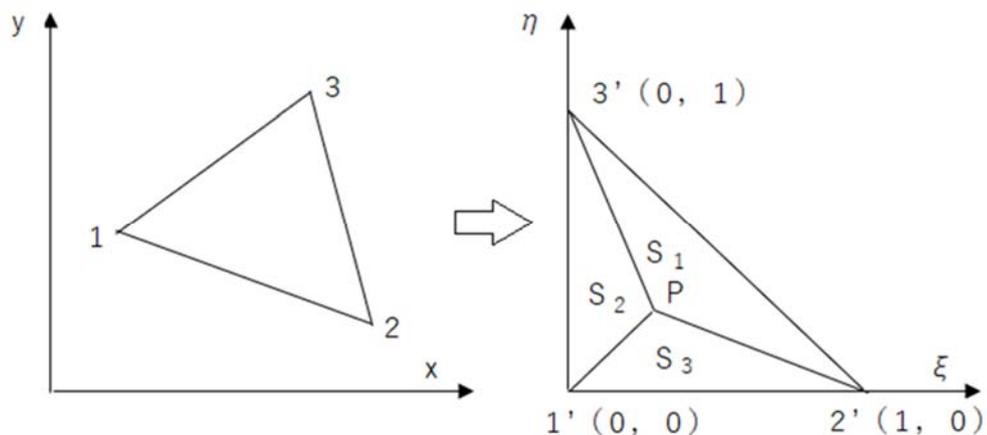
計算精度を上げるためには、物体の平面を、あるいは立体をできるだけ多くの要素で分割することが望まれます。また、用いる要素を高次元化することも望まれます。ただし、理想に走りすぎますと計算に時間を要することになってきます。計算精度の向上と計算に要する時間はトレードオフの関係にありますので、平面や三次元の物体において、変化（変位）の大きな部分の要素を細かくしたり、あるいは使用する要素の次元を上げたりする工夫がなされます。いわゆる応力集中する部分については使用する要素をより細かく、より精度を高くする必要が生じるということです。

有限要素法では、計算速度を上げるための工夫が随所でなされています。

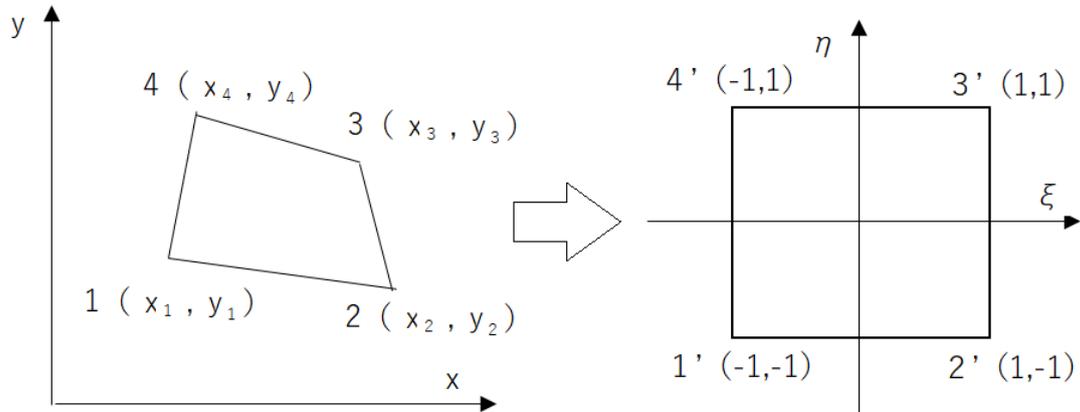
まずは、計算しやすいように、そして計算速度が速められるように、座標を規格化する方法です。これには、座標変換が用いられます。

座標変換

三角形要素では面積座標が用いられます。これは、三角形を規格化された頂点が $(0, 0)$ 、 $(1, 0)$ 、 $(0, 1)$ の直角を挟む一辺の長さが1の二等辺三角形へと変換するものです。変換後にこの三角形内にある点Pの位置は、面積座標 S_1 、 S_2 、 S_3 を用いることにより求められます。規格化されていますので面積 $S_1 + S_2 + S_3 = 0.5$ です。点Pがこの規格化された三角形内に存在すれば、規格化前の三角形においても点Pに相当する規格化前の三角形内の座標に点が存在していることになります。規格化された三角形内になければ規格化前の三角形においてもその三角形の中に点は存在しない、ということです。



もう一つは、四角形要素の規格化です。三角形と同じく、規格化を行います。この規格化により計算速度を速くすることができます。



なお、この規格化を行う際に用いられるのがヤコビアンです。ヤコビアンは次に与えられている2行2列の行列です。 x y 座標系から規格化された ξ η 座標系へ変換する場合には式のようにヤコビアンを掛け、逆に ξ η 座標系から x y 座標系に戻すときにはヤコビアンの逆行列を掛けます。立体を扱う場合には、ヤコビアンは3行3列の行列となります。

$$\frac{\partial u}{\partial \xi} = \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial \xi} + \frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial \xi}$$

$$\frac{\partial u}{\partial \eta} = \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial \eta} + \frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial \eta}$$

$$\begin{Bmatrix} \frac{\partial u}{\partial \xi} \\ \frac{\partial u}{\partial \eta} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial x}{\partial \xi} & \frac{\partial y}{\partial \xi} \\ \frac{\partial x}{\partial \eta} & \frac{\partial y}{\partial \eta} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} \\ \frac{\partial u}{\partial y} \end{Bmatrix} \quad J = \begin{Bmatrix} \frac{\partial x}{\partial \xi} & \frac{\partial y}{\partial \xi} \\ \frac{\partial x}{\partial \eta} & \frac{\partial y}{\partial \eta} \end{Bmatrix}$$

規格化された正四角形において次のように $N_1 \sim N_4$ を定義します。

$$\begin{aligned} N_1 &= 1/4 \times (1 - \xi)(1 - \eta) & N_2 &= 1/4 \times (1 + \xi)(1 - \eta) \\ N_3 &= 1/4 \times (1 + \xi)(1 + \eta) & N_4 &= 1/4 \times (1 - \xi)(1 + \eta) \end{aligned}$$

そうすると、 ξ η 座標系と x y 座標系の変換は次のように行われます。

$$\begin{aligned} x &= N_1 x_1 + N_2 x_2 + N_3 x_3 + N_4 x_4 \\ y &= N_1 y_1 + N_2 y_2 + N_3 y_3 + N_4 y_4 \end{aligned}$$

補間

有限要素内の変位量を近似する方法として補間という方法があります。ある点での値を求めたい場合に、その近傍の値より求めたい値を導出する方法です。

アイソパラメトリック要素

有限要素内の位置は次の式により補間でききます。(N₁~N₄は上述)

$$x(\xi, \eta) = \sum_{i=1}^4 N_i(\xi, \eta) x_i$$

2次式での補間

$$f(x) = ax^2 + bx + c$$

で近傍の点を近似し、求める座標の f(x) 値を求めるものです。

微分の高速計算

計算速度を上げる方法として、微分方程式を差分方程式に置き換える方法があります。微分の数式を足し算と引き算の形として計算の高速化を図ります。

$$\begin{aligned} f'(x) &= (f(x + \Delta x) - f(x)) / \Delta x \\ &= (f(x) - f(x - \Delta x)) / \Delta x \\ f''(x) &= (f'(x + \Delta x) - f'(x)) / \Delta x \\ &= (f(x + \Delta x) - f(x) - f(x) + f(x - \Delta x)) / \Delta x^2 \\ &= (f(x + \Delta x) - 2f(x) + f(x - \Delta x)) / \Delta x^2 \end{aligned}$$

積分の高速計算

シンプソンの公式という便利な公式があります。f(x) が3次式以下の数式において、x = a から b までの積分は、積分に頼らずとも次ページの加減を行うことにより求めることができます。

H28-1-3-1 では $f(x)$ は一次式ではあるのですが、まさにシンプソンの式そのものが出題されています。

I-3-1 一次関数 $f(x) = ax + b$ について定積分 $\int_{-1}^1 f(x) dx$ の計算式として、最も不適切なものはどれか。

⑤ $\frac{1}{3}f(-1) + \frac{4}{3}f(0) + \frac{1}{3}f(1)$ この⑤は適切です。

シンプソンの公式

$$\int_a^b f(x) dx \approx \frac{b-a}{6} \left[f(a) + 4f\left(\frac{a+b}{2}\right) + f(b) \right]$$

$f(x)$ が2次式の場合には次のようにしてこの式が導き出されます。

式の証明

$f(x) = ax^2 + bx + c$ として

$$\begin{aligned} \int_{-h}^h f(x) dx &= \left[\frac{1}{3}ax^3 + \frac{1}{2}bx^2 + cx \right] (x = -h \text{ to } h) \\ &= \frac{2}{3}ah^3 + 2ch \end{aligned}$$

上で示した式は $f''(x) = 2a$ と同値です。

$$f''(x) = (f(x + \Delta x) - 2f(x) + f(x - \Delta x)) / \Delta x^2 = 2a$$

また $f(0) = c$ ですので $(-h$ と h の中間点は 0 、これが y_i)、

$$= \frac{2}{3} \times \frac{1}{(2h^2)} \times (y_{i-1} - 2y_i + y_{i+1}) h^3 + 2y_i h$$

$$= h/3 \times (y_{i-1} + 4y_i + y_{i+1})$$

これで $f(x)$ が2次式の場合のシンプソンの式が証明されました。

$f(x)$ が3次式の場合も、実際に $x_1 \sim x_2$ で積分して得られた数式と、シンプソンの式より導かれた数式が一致しますので、証明することができます。

定積分近似式

2重積分

H28-1-3-2 (p 194) ではヤコビアンが含まれる2重積分が出題されています。

1. ヤング率

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case		2	1	1	1	1	1	2
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1		1	2		1 4	3	2 3	1

Case 1 H16-1-3-2, H19-1-3-3, H22-1-3-5
 H24-1-3-5, H26-1-3-6, H27-1-3-5
 H28-1-3-6, H29-1-3-5, H30-1-3-6

Case 3 H17-1-3-6, H18-1-3-5

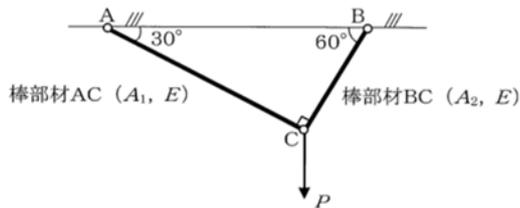
Case 4 H19-1-3-1

Case 2 H17-1-3-5, H21-1-3-3, H25-1-3-5
 R01-1-3-5

Case 1 ヤング率の公式を用いる基本問題

H29-1-3-5 正答 ③

I-3-5 両端にヒンジを有する2つの棒部材ACとBCがあり、点Cにおいて鉛直下向きの荷重Pを受けている。棒部材ACの長さはLである。棒部材ACとBCの断面積はそれぞれ A_1 と A_2 であり、縦弾性係数（ヤング係数）はともにEである。棒部材ACとBCに生じる部材軸方向の伸びをそれぞれ δ_1 と δ_2 とすると、その比（ δ_1/δ_2 ）として、最も適切なものはどれか。なお、棒部材の伸びは微小とみなしてよい。

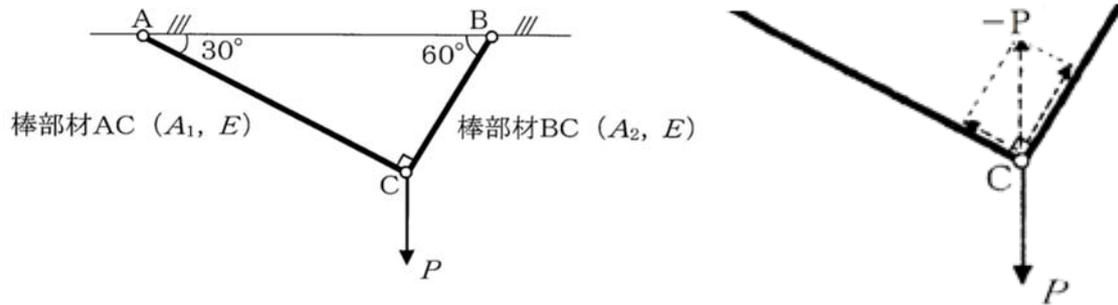


- ① $\frac{\delta_1}{\delta_2} = \frac{A_1}{A_2}$
- ② $\frac{\delta_1}{\delta_2} = \frac{\sqrt{3}A_1}{2A_2}$
- ③ $\frac{\delta_1}{\delta_2} = \frac{A_2}{A_1}$
- ④ $\frac{\delta_1}{\delta_2} = \frac{\sqrt{3}A_2}{2A_1}$
- ⑤ $\frac{\delta_1}{\delta_2} = \frac{\sqrt{3}A_2}{A_1}$

$\sigma = F / S = E \cdot \Delta L / L$ の式と、

$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2$ 、および $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} / \text{m}^2 = 1 \text{ kg} / (\text{m} \cdot \text{s}^2)$

がわかっているればすべて解ける問題です。



力 P は AC 方向および BC 方向の引っ張り力へとベクトル分解します。

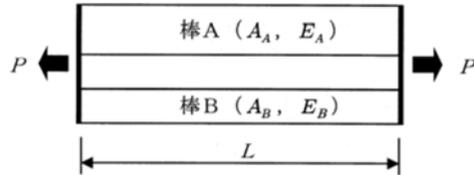
$$AC \text{ に関して、} (1/2 \cdot P) / A_1 = E \cdot \delta_1 / L$$

$$BC \text{ に関して、} (\sqrt{3}/2 \cdot P) / A_2 = E \cdot \delta_2 / (L/\sqrt{3})$$

この両式より E を消去すると、 $\delta_1 / \delta_2 = A_2 / A_1$ となります。

H28-1-3-6 正答 ④

I-3-6 下図に示すように、同じ長さ L の棒A (断面積 A_A , 縦弾性係数 (ヤング係数) E_A) と棒B (断面積 A_B , 縦弾性係数 (ヤング係数) E_B) の両端が剛板に接着され、そこに引張力 P が作用している。棒Aと棒Bには、同じ長さの伸びが生じる。このとき、棒Aと棒Bに生じている引張応力 σ_A と σ_B の比として、最も適切なものはどれか。



- ① $\frac{\sigma_A}{\sigma_B} = \frac{A_A E_A}{A_B E_B}$
- ② $\frac{\sigma_A}{\sigma_B} = \frac{A_B E_B}{A_A E_A}$
- ③ $\frac{\sigma_A}{\sigma_B} = \frac{A_B E_A}{A_A E_B}$
- ④ $\frac{\sigma_A}{\sigma_B} = \frac{E_A}{E_B}$
- ⑤ $\frac{\sigma_A}{\sigma_B} = \frac{E_B}{E_A}$

ヤング率の定義から考えると簡単に解ける問題です。

$\sigma = F / A = E \cdot \Delta L / L$ 但し、力 F が断面積 A にかかる。

棒Aおよび棒Bに添字 (aおよびb) をほどこし、両者で $\Delta L / L$ が等しいことを考慮すれば、解答が得られます。

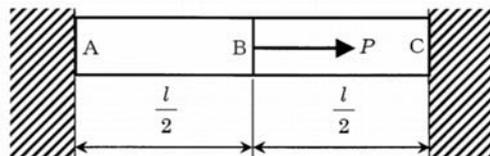
$$\sigma_a / E_a = \sigma_b / E_b$$

従って、

$$\sigma_a / \sigma_b = E_a / E_b$$

H27-1-3-5 正答 ③

I-3-5 下図に示すような両端を剛体壁に固定された断面積 S , 長さ l の棒がある。棒を二等分する点をB点とし、AB間、BC間の縦弾性係数 (ヤング率) を E_1, E_2 とするとき、荷重 P が棒の軸方向に負荷された場合の点Bの変位 δ として正しいものはどれか。



- ① $\frac{Pl}{2SE_1}$
- ② $\frac{Pl}{2SE_2}$
- ③ $\frac{Pl}{2S(E_1 + E_2)}$
- ④ $\frac{3Pl}{2S(2E_1 + E_2)}$
- ⑤ $\frac{Pl}{2S(E_1 - E_2)}$

長さ L 、断面積 S の棒に力 F が加わったときの棒の伸びを ΔL 、ヤング率を E とすると、

$$F/S = E \cdot \Delta L / L$$

の関係となります。

問題では長さ L の棒の midpoint に P の力が加わります。その時の midpoint の変位(左側は伸び、右側は縮み)が δ です。

$$AB \text{ 間の伸び} \quad P_1/S = E_1 \delta / (L/2)$$

$$BC \text{ 間の縮み} \quad P_2/S = E_2 \delta / (L/2)$$

両式を加え合わせると

$$(P_1 + P_2) / S = E_1 \delta / (L/2) + E_2 \delta / (L/2)$$

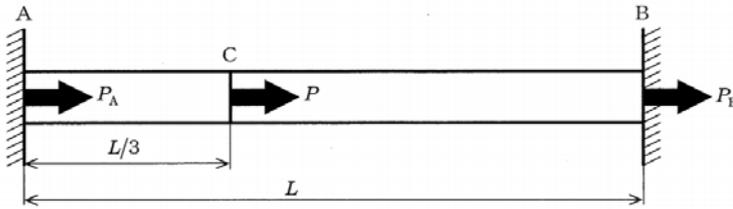
AC間全体では P の力が加わったので、 $P_1 + P_2 = P$ 。これを代入して式を変形すると

$$\delta = PL / (2S(E_1 + E_2))$$

H26-1-3-6 正答 ②

I-3-6 下図に示すように、両端で固定された一様な弾性体からなる、長さ L の棒がある。図に示すように、左端から長さ $L/3$ の位置 C に力 P が作用する。ただし、力は図中の矢印の向きを正とする。このとき、支持点 A と B で棒に作用する反力 P_A と P_B の組合せとして、正しいものはどれか。

- ① $P_A = -P, P_B = 0$
- ② $P_A = -\frac{2}{3}P, P_B = -\frac{1}{3}P$
- ③ $P_A = -\frac{1}{2}P, P_B = -\frac{1}{2}P$
- ④ $P_A = -\frac{1}{3}P, P_B = -\frac{2}{3}P$
- ⑤ $P_A = 0, P_B = -P$



C点がさらにB点の近くまで近づいたときを想定すると、AC間に大きな引っ張り力が働き、BC間の圧縮は抑えられることがわかります。

$$F/S = E \cdot \Delta L / L$$

AC間の伸び

$$P_A / S = E \cdot \Delta L_1 / (L / 3)$$

BC間の縮み

$$P_B / S = E \cdot \Delta L_2 / (2L / 3)$$

AB間の長さLは変わりませんから

$$\Delta L_1 = \Delta L_2$$

これより

$$P_A = 2P_B$$

また、 $P_A + P_B = P$ なので、

$$P_A = 2P / 3, \quad P_B = P / 3$$

反力としているので、これに反対向きの符号であるマイナスが付きます。

H16-1-3-2 正答 ②

I-3-2 断面積 0.1m^2 、長さ 1m の弾性体の柱の両端が固定壁に固定されている。この弾性体のヤング率を $2.0 \times 10^5\text{MPa}$ 、線膨張率を $1.0 \times 10^{-5}\text{K}^{-1}$ とする。柱の温度が 100K 上昇したとき、柱にはどれだけの応力が生じるか、次の中から選べ。ただし、温度上昇前の初期状態において柱の応力はゼロとする。

- ① $2.0 \times 10^2\text{MPa}$ の引張り応力。
- ② $2.0 \times 10^2\text{MPa}$ の圧縮応力。
- ③ $2.0 \times 10^1\text{MPa}$ の引張り応力。
- ④ $2.0 \times 10^1\text{MPa}$ の圧縮応力。
- ⑤ 応力は発生しない。

ヤング率の公式を变形し、そこに次の値を代入していきます。

$$\Delta L = 1 \text{ m} \times 1 \times 10^{-5} (\text{1/K}) \times 100 (\text{K}) = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$F = S E \cdot \Delta L / L$$

$$= 0.1 (\text{m}^2) \times 2.0 \times 10^5 \text{ M (kg / (m} \cdot \text{s}^2))$$

$$\times 1 \times 10^{-3} (\text{m}) / 1 (\text{m}) = 20 \text{ MN}$$

棒が熱膨張で伸びようとしたところを、その伸びが抑制されたので、受ける力は圧縮応力となります。

断面積に掛かる応力は、 $20 \text{ MN} / 0.1 \text{ m}^2 = 200 \text{ MN} / \text{m}^2 = 200 \text{ MP a}$ 。

Pa は圧力の単位パスカルです。

計算に無駄が生じています。求めるのは応力 F / S ですから、

$$F / S = E \cdot \Delta L / L$$

$$= 2.0 \times 10^5 \text{ M (kg / (m} \cdot \text{s}^2))$$

$$\times 1 \times 10^{-3} (\text{m}) / 1 (\text{m}) = 20 \text{ MN}$$

以下、同じ。

Case 2 ひずみのエネルギー

R01-1-3-5 正答 ④

I-3-5 下図に示すように、左端を固定された長さ l 、断面積 A の棒が右端に荷重 P を受けている。この棒のヤング率を E としたとき、棒全体に蓄えられるひずみエネルギーはどのように表示されるか。次のうち、最も適切なものはどれか。

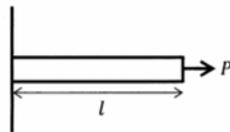


図 荷重を受けている棒

- ① Pl ② $\frac{Pl}{E}$ ③ $\frac{Pl^2}{A}$ ④ $\frac{P^2l}{2EA}$ ⑤ $\frac{P^2}{2EA^2}$

$$P / A = E \cdot \Delta L / L \text{ より } P = A E \cdot \Delta L / L \text{ および } \Delta L = P L / (A E)$$

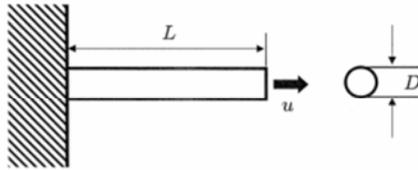
$$\text{ひずみエネルギー } U = \text{力} \times \text{距離} = \int P d \Delta L = A E (\Delta L)^2 / (2 L)$$

ここに、 $\Delta L = P L / (A E)$ を代入して

$$U = A E / (2 L) \cdot (P L / A E)^2 = P^2 L / (2 A E)$$

H21-1-3-3 正答 ⑤

I-3-3 下図に示すように、直径 D 、長さ L の丸棒の左端を完全に固定し、自由端面において右方向に一樣な強制変位 u を与えた。丸棒をヤング率 E の等方性線形弾性体として扱い、微小変形を仮定するとき、丸棒に蓄えられるひずみエネルギーとして最も適切なものを①～⑤の中から選べ。なお、円周率を π とし、丸棒の自重は無視する。



- ① $\frac{1}{2} \frac{Eu^2}{L}$ ② $\frac{\pi D^2 Eu^2}{L}$ ③ $\frac{1}{2} \frac{\pi D^2 Eu^2}{L}$
 ④ $\frac{1}{4} \frac{\pi D^2 Eu^2}{L}$ ⑤ $\frac{1}{8} \frac{\pi D^2 Eu^2}{L}$

$$F/S = E \cdot \Delta L / L$$

$$S = \pi (D/2)^2$$

従って

$$F = S E \cdot \Delta L / L = \pi (D/2)^2 E u / L \quad (u = \Delta L)$$

蓄えられるエネルギー

$$= \int F \, du = \pi D^2 E / (4L) \times \int u \, du$$

$$= \pi D^2 E / (4L) \times (u^2 / 2)$$

$$= \pi D^2 E u^2 / (8L)$$

Case 3 薄肉円筒容器にかかる応力

H18-1-3-5 正答 ①

I-3-5 半径 r 、板厚 t の薄肉円筒容器 (r が t に比べて非常に大きい) に内圧 p が作用している。この容器の両端にはふたがついて密閉されている。ふたから十分離れたところでの円周方向応力 σ_θ と円筒軸方向応力 σ_z を与える式として正しいものを次の中から選べ。

① $\sigma_\theta = \frac{pr}{t}$, $\sigma_z = \frac{pr}{2t}$

② $\sigma_\theta = \frac{pr}{2t}$, $\sigma_z = \frac{pr}{2t}$

$$\textcircled{3} \quad \sigma_{\theta} = \frac{pr}{t}, \quad \sigma_z = \frac{pr}{t}$$

$$\textcircled{4} \quad \sigma_{\theta} = \frac{pr}{2t}, \quad \sigma_z = \frac{pr}{t}$$

$$\textcircled{5} \quad \sigma_{\theta} = \frac{pr}{t}, \quad \sigma_z = 0$$

円周方向に受ける応力 σ_z の算出は、力のベクトルの合成のため、積分が必要になってきます。その計算方法は（参考）に示されています。

軸方向の応力 σ_z は、胴が z 方向に受ける力 F は蓋の面積に圧力がかかりますから（片方（下側）の蓋が、蓋ではなく頑丈な金属台であり、その上に胴が垂直に付着し、その上端に蓋がついていると考える）

$$F = \pi r^2 \times p$$

この力を受ける容器の断面積 S は

$$A = 2 \pi r \times t$$

従って応力 σ_z は

$$\sigma_z = F / A = pr / 2t$$

胴が円周方向に受ける応力 σ_{θ} は、下に示す（参考）より

$$\sigma_{\theta} = pr / t$$

（参考）

マリンエンジニアのための材料力学入門講座（その3）

このWebページの最初に σ_{θ} を導き出す手順が記されています。 $\sigma_{\theta} = pd / (2t)$ となっていますが、この d は内径ですので、 $d = 2r$ です。

H17-1-3-6 正答 ②

I-3-6 一定の高い圧力を持った気体を密閉する円筒容器の応力解析を線形弾性微小変形理論に基づいた有限要素法で行うに際して、材料の縦弾性係数（ヤング率）に実際の値よりも大きな値を代入してしまった。このときに得られた最大応力と最大径変化量の記述に関して、次の中から正しいものを選び。

- ① 応力は正しいが、径変化量は実際よりも大きい。
- ② 応力は正しいが、径変化量は実際よりも小さい。
- ③ 径変化量は正しいが、応力は実際よりも大きい。
- ④ 径変化量は正しいが、応力は実際よりも小さい。
- ⑤ 応力、径変化量とも正しくない。

p 1 6 0 に示した H18-1-3-5 の結果より、圧力容器の計方向の応力 σ_θ は、

$$\sigma_\theta = p r / t \quad (p \text{ は圧力、} r \text{ は内半径、} t \text{ は肉厚})$$

この式はヤング率に関係していないので、圧力容器が円周方向に受ける応力は変化しません。応力とは F/S なので、受ける力と面積が一定であれば変化しないわけです。従って、③～⑤は正解の候補から外れます。

ヤング率の基本公式は

$$\sigma = F / A = E \times (\Delta L / L)$$

ヤング率に大きな値を入れてしまった影響は、 ΔL が同じであれば応力 σ が大きくなるか、あるいは、応力 σ が同じであれば変位（径変化量） ΔL が小さくなります。従って、②が正解となります。

Case 4 変異を 1 / 2 以下とする強化法

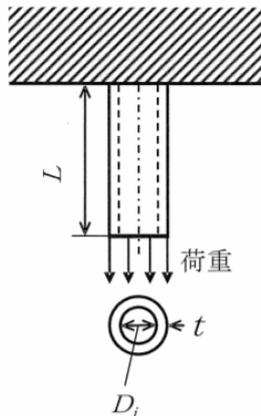
H19-1-3-1 正答 ④

I-3-1 下図のように上端が固定され、下端に下方向の荷重を受ける中空円筒がある。

この円筒の下端の変位が許容値よりも大きかったため、これを小さくする対策を考える。

下端の変位が最も小さくなるのは次のうち、どの場合か。なお、材料はフックの法則にしたがう弾性体であり、円筒の長さは直径に比較して十分大きいものとする。

- ① 円筒の長さ L を 2 倍にする。
- ② 縦弾性係数 E (ヤング係数) が 2 倍の材料を使用する。
- ③ 縦弾性係数 E が 2 分の 1 の材料を使用する。
- ④ 内径 D_i を変更せずに、肉厚 t を 2 倍にする。
- ⑤ 肉厚 t を変更せずに、内径 D_i を 2 倍にする。



$F/S = E \cdot \Delta L / L$ の変位 ΔL が一番小さくなるのはどれかとの出題です。

前提条件は F が一定。式を書き直すと

$$\Delta L = F L / (S E) \quad (\text{ただし、} F = \text{一定})$$

- ① L を 2 倍にすると変位も 2 倍となる。
- ② E を 2 倍にすると変位は $1/2$ 倍となる。
- ③ E を $1/2$ 倍にすると変位は 2 倍となる。
- ④ 肉厚を 2 倍とすると S が約 2 倍強となり変位は $1/2$ より小さくなる。
- ⑤ 内径を 2 倍とすると S が約 2 倍強となり変位は $1/2$ より小さくなる。

④と⑤のどちらのSが大きいかで答が決まります。

④の面積をS₄、⑤の面積をS₅とし、最初の面積S₀も計算します。

$$S_0 = \pi (D/2 + t)^2 - \pi (D/2)^2 = \pi (Dt + t^2)$$

$$S_4 = \pi (D/2 + 2t)^2 - \pi (D/2)^2 = \pi (2Dt + 4t^2)$$

$$S_5 = \pi (D + t)^2 - \pi D^2 = \pi (2Dt + t^2)$$

大小関係を比較します。

$$S_4 - S_5 = \pi (2Dt + 4t^2 - 2Dt - t^2) = 3\pi t^2 > 0$$

従って、④の変位が一番小さく、 $\Delta L = FL / (S_4 E)$ です。

最初の状態と比較すると、その伸びはS₀/S₄倍、

すなわち、 $1/2 \times (D + t) / (D + 2t)$ 倍と、1/2以下となりました。

2. 応力集中

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	1							
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
	1							

Case 1 H23-1-3-2, R01 再-1-3-6

Case 1 応力集中

R01 再-1-3-6 正答 ②

I-3-6 下図に示すように、遠方でy方向に応力 σ (>0) を受け、軸の長さaとbの楕円孔 ($a > b$) を有する無限平板がある。楕円孔の縁 (点A) での応力状態 ($\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$) として適切なものは、次のうちどれか。

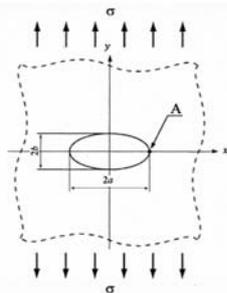


図 楕円孔を有する無限平板が応力を受けている状態

- ① $\sigma_x = 0, \sigma_y < 3\sigma, \tau_{xy} = 0$
- ② $\sigma_x = 0, \sigma_y > 3\sigma, \tau_{xy} = 0$
- ③ $\sigma_x = 0, \sigma_y > 3\sigma, \tau_{xy} > 0$
- ④ $\sigma_x > 0, \sigma_y < 3\sigma, \tau_{xy} = 0$
- ⑤ $\sigma_x > 0, \sigma_y > 3\sigma, \tau_{xy} = 0$

解答の糸口が見えなくても仕方がない問題です。

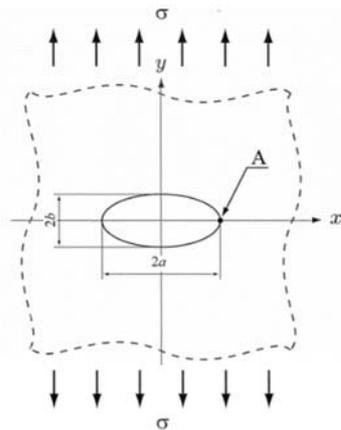
応力集中 (Wikipedia) に、最大応力は $x = a$ の位置で発生し、応力集中係数 K_t は

$$K_t = 1 + 2a/b$$

とあります。

$a > b$ なので、 $\sigma_x = 0, \tau_{xy} = 0, \sigma_y = K_t \sigma$ より $\sigma_y > 3\sigma$ となります。

詳細は「応力集中 (Wikipedia)」を参照のこと。



3. たわみと固有振動数

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case				2	2	1		2
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
	2		1					

Case 1 H21-1-3-2, H27-1-3-6

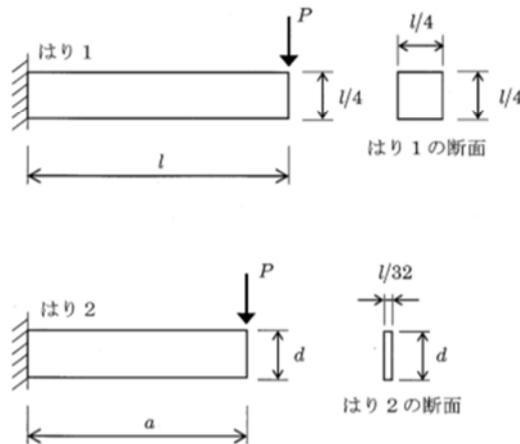
Case 2 H23-1-3-4, H25-1-3-2, H28-1-3-5, H29-1-3-6

Case 1 はりのたわみ

H27-1-3-6 正答 ④

I-3-6 下図に示すように、長さが l のはり 1 の左端を完全に固定し、自由端面において鉛直下方に荷重 P を負荷した。はり 1 の断面幅と断面高さはともに $l/4$ である。同様に、長さが a のはり 2 の左端を完全に固定し、自由端面において鉛直下方にはり 1 と同一の荷重 P を負荷した。はり 2 の断面幅は $l/32$ 、断面高さは d である。はり 1 とはり 2 の自由端面に生じる鉛直方向のたわみが等しいとき、 a と d が満たしている条件式として正しいものはどれか。ただし、はり 1 とはり 2 は、同じヤング率 E を持つ等方性線形弾性体であり、はりの断面は荷重を負荷した前後で平面を保ち、断面形状は変わらず、はりに生じるせん断変形、及び自重は無視する。

- ① $a \times d = 0.5$
- ② $a \times d = 2.5$
- ③ $a/d = 0.5$
- ④ $a/d = 2.0$
- ⑤ $a/d = 2.5$



これは難しい問題です。公式を知っていないと解けません。参考となる資料は、「断面 2 次モーメントによる「はり」のたわみ量計算、(MONOweb) 機械設計エンジニアの基礎知識)」です。

$$\text{公式より、たわみ } \delta = WL^3 / (3EI) = 4WL^3 / (Ebh^3)$$

δ ははりの先端部におけるたわみの大きさ、 W ははりの先端にかける力（この問題では P ）、 L ははりの長さ、 b ははりの幅、 h ははりの高さ、 E はヤング率、 I は断面二次モーメントで $I = bh^3 / 12$ です。

今の問題にこの公式を適用します。はり 1、はり 2 とともに W (この問題では P) と E が等しいので、 $\alpha = 4W/E$ と置いて、

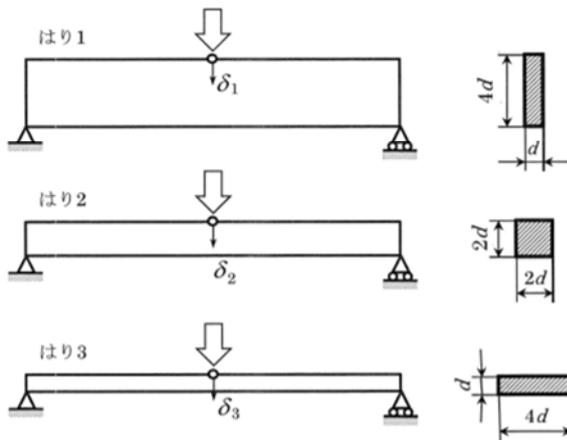
$$\text{はり 1} \quad \delta_1 = \alpha \times L^3 / ((L/4) (L/4)^3)$$

$$\text{はり 2} \quad \delta_2 = \alpha \times a^3 / ((L/3) (2d)^3)$$

今、 $\delta_1 = \delta_2$ なので、 $a/d = 2.0$ となります。

H21-1-3-2 正答 ①

I-3-2 下図に示すように、長さが同じで同一の断面積 $4d^2$ を有し、断面形状が異なる 3 つの単純支持ばりがある。はりの中央に同一の荷重を鉛直下方に負荷したとき、はり 1、はり 2、及びはり 3 の鉛直方向のたわみはそれぞれ δ_1 、 δ_2 、及び δ_3 であった。これらのたわみの大小関係について、正しいものを①～⑤の中から選べ。ただし、はり 1 は同一の等方性線形弾性体からなり、はりの断面は荷重を負荷した前後で平面を保ち、断面形状は荷重を負荷した前後で変わらず、また、はりに生ずるせん断変形、及びはりの自重は無視する。



- ① $\delta_1 < \delta_2 < \delta_3$ ② $\delta_1 < \delta_3 < \delta_2$ ③ $\delta_1 = \delta_3 < \delta_2$
 ④ $\delta_2 < \delta_1 = \delta_3$ ⑤ $\delta_3 < \delta_2 < \delta_1$

問題文が短いし、答は直感的にわかります。

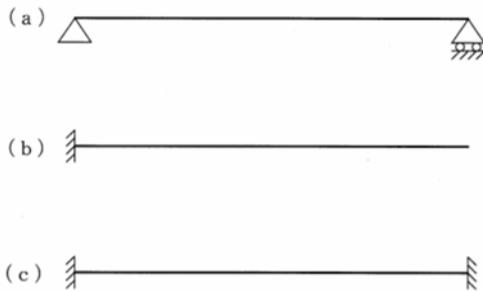
直感的に $\delta_1 < \delta_2 < \delta_3$ 。

前ページの問題 (H27-1-3-6) で示しているように、たわみの大きさは $b h^3$ (b ははりの幅、 h は張りの高さ) に反比例します。

Case 2 はりの固有振動数

H28-1-3-5 正答 ①

I-3-5 下図に示す支持条件の異なる3つのはり(a), (b), (c)を考える。3つのはりの材料及び断面の形状と寸法は全て同じである。これらのはり(a), (b), (c)の最も小さい固有振動数をそれぞれ f_a , f_b , f_c とすると、 f_a , f_b , f_c に関する大小関係として、正しいものはどれか。ただし、はりのせん断変形は無視できるものとする。



- ① $f_b < f_a < f_c$
- ② $f_a < f_c < f_b$
- ③ $f_a < f_b < f_c$
- ④ $f_b < f_c < f_a$
- ⑤ $f_c < f_a < f_b$

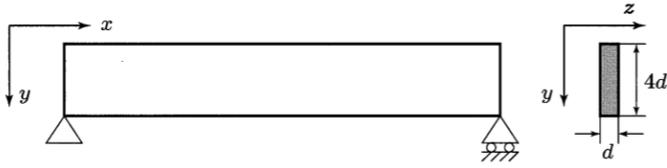
ピンと張られたはり(c)は固有振動数が大きく、逆に片方が固定されていないはり(b)は固有振動数が小さくなります。弦楽器のチューニングです。

H25-1-3-2 正答 ③

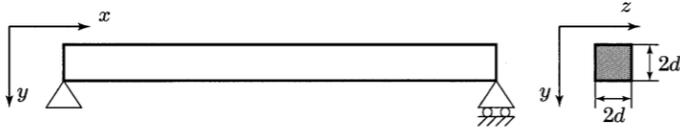
I-3-2 下図に示す、長さが同じで同一の断面積 $4d^2$ を有し、断面形状が異なる3つの単純支持のはり(a), (b), (c)の xy 平面内の曲げ振動について考える。これらのはりのうち、最も小さい1次固有振動数を有するものとして正しいものはどれか。ただし、はり(同一の等方性線形弾性体)からなり、はりの断面は平面を保ち、断面形状は変わらず、また、はりに生じるせん断変形は無視する。

- ① (a)のみ ② (b)のみ ③ (c)のみ
- ④ (a)と(b) ⑤ (b)と(c)

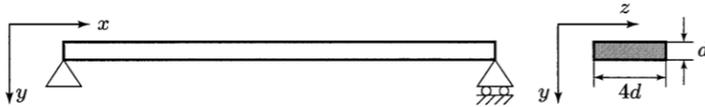
(a)



(b)



(c)



固いと速く揺れ、柔らかいとゆっくり揺れる。これは日常よく経験することです。固いということは同じ力で押してもたわみが小さいということですし、柔らかいということは反対にたわみが大きいということです。たわみが大きい(c)の固有振動数が最も小さくなります。

4. ポアソン比

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case		3						1
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
				2 3		1		

Case 1 H18-1-3-3, H25-1-3-1

Case 2 H20-1-3-1

Case 3 H20-1-3-3, R01-1-3-4

Case 1 応力とひずみ

H25-1-3-1 正答 ⑤

I-3-1 直交座標系における垂直応力の3成分を $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ としたとき、 x 方向の垂直ひずみ ε_x を与える式として正しいものはどれか。なお、材料は、ヤング率 E 、ポアソン比 ν の等方線形弾性体であるとする。

- ① $\varepsilon_x = \sigma_x E$
- ② $\varepsilon_x = \{\sigma_x + \nu(\sigma_y + \sigma_z)\} E$
- ③ $\varepsilon_x = \{\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)\} E$
- ④ $\varepsilon_x = \{\sigma_x + \nu(\sigma_y + \sigma_z)\} \frac{1}{E}$
- ⑤ $\varepsilon_x = \{\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)\} \frac{1}{E}$

簡単に導き出せる公式です。

3次元応力 ひずみ関係式 引張り成分

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= \{ \sigma_x - \nu (\sigma_y + \sigma_z) \} / E \\ \varepsilon_y &= \{ \sigma_y - \nu (\sigma_z + \sigma_x) \} / E \\ \varepsilon_z &= \{ \sigma_z - \nu (\sigma_x + \sigma_y) \} / E \end{aligned}$$

(参考)

この公式の導出方法はWeb「応力-歪の関係式 (技術屋.net)」にも記されています。

Case 2 ひずみと変位

H20-1-3-1 正答 ④

I-3-1 二次元問題におけるひずみと変位の関係を示す次式の□ア～□エに入るものの組合せとして、最も適切なものを①～⑤の中から選べ。ただし、 $\varepsilon_x, \varepsilon_y$ は、 x, y 方向の垂直ひずみ、 γ_{xy} はせん断ひずみ(ただし、工学ひずみ)、 u, v は、 x, y 方向変位である。

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \square \text{ア} \\ \square \text{イ} \\ \square \text{ウ} + \square \text{エ} \end{pmatrix}$$

	ア	イ	ウ	エ
①	$\frac{\partial v}{\partial x}$	$\frac{\partial u}{\partial y}$	$\frac{\partial v}{\partial x}$	$\frac{\partial u}{\partial y}$
②	$\frac{\partial u}{\partial x}$	$\frac{\partial v}{\partial y}$	$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}$	$\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$
③	$\frac{\partial v}{\partial x}$	$\frac{\partial u}{\partial y}$	$\frac{\partial u}{\partial x}$	$\frac{\partial v}{\partial y}$
④	$\frac{\partial u}{\partial x}$	$\frac{\partial v}{\partial y}$	$\frac{\partial v}{\partial x}$	$\frac{\partial u}{\partial y}$
⑤	$\frac{\partial u}{\partial x}$	$\frac{\partial v}{\partial y}$	$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$	$\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}$

問題に u 、 v は x 、 y 方向の変位であると記されています。従って (ア) は $\partial u / \partial x$ 、(イ) は $\partial v / \partial y$ です。 γ はせん断ひずみなので、方向と変異は 90 度ずれます。従って (ウ) + (エ) は $\partial v / \partial x + \partial u / \partial y$ となります。

Case 3 弾性体のポアソン比

R01-1-3-4 正答 ④

I-3-4 ヤング率 E 、ポアソン比 ν の等方性線形弾性体がある。直交座標系において、この弾性体に働く垂直応力の3成分を σ_{xx} 、 σ_{yy} 、 σ_{zz} とし、それによって生じる垂直ひずみの3成分を ϵ_{xx} 、 ϵ_{yy} 、 ϵ_{zz} とする。いかなる組合せの垂直応力が働いてもこの弾性体の体積が変化しないとすると、この弾性体のポアソン比 ν として、最も適切な値はどれか。

ただし、ひずみは微小であり、体積変化を表す体積ひずみ ϵ は、3成分の垂直ひずみの和 ($\epsilon_{xx} + \epsilon_{yy} + \epsilon_{zz}$) として与えられるものとする。また、例えば垂直応力 σ_{xx} によって生じる垂直ひずみは、 $\epsilon_{xx} = \sigma_{xx}/E$ 、 $\epsilon_{yy} = \epsilon_{zz} = -\nu\sigma_{xx}/E$ で与えられるものとする。

- ① 1/6 ② 1/4 ③ 1/3 ④ 1/2 ⑤ 1

今、縦と横の長さがともに W_0 で長さが L_0 の直方体を考えます。長さ方向に引っ張ったとき、長さ方向の伸びが ΔL 、縦と横方向の縮みがそれぞれ ΔW とします。この直方体の引張り力を加える前後での体積変化をゼロと置き、

$$\text{体積変化 } \Delta V = (W_0 - \Delta W)^2 \times (L_0 + \Delta L) - W_0^2 \times L_0 = 0$$

Δ が2回掛け算となる項 ($\Delta W \times \Delta L$) は小さいので、これを無視して変形すると

$$\Delta W/W_0 = 1/2 \times \Delta L/L_0$$

ポアソン比 ν の定義が $\Delta W/W_0 = \nu \times \Delta L/L_0$ なので、 $\nu = 1/2$ となります。

5. バネ

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case			1				3	
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
3		2						1

Case 1 H16-1-3-1, H30-1-3-5

Case 3 H24-1-3-2, H26-1-3-5

Case 2 H22-1-3-4

Case 1 バネとポテンシャルエネルギー

H30-1-3-5 正答 ③

I-3-5 下図に示すように、重力場中で質量 m の質点がバネにつり下げられている系を考える。ここで、バネの上端は固定されており、バネ定数は $k(>0)$ 、重力の加速度は g 、質点の変位は u とする。次の記述のうち最も不適切なものはどれか。

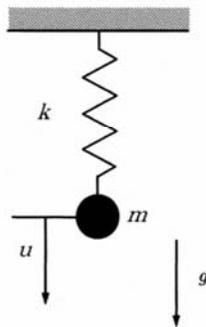


図 重力場中で質点がバネにつり下げられている系

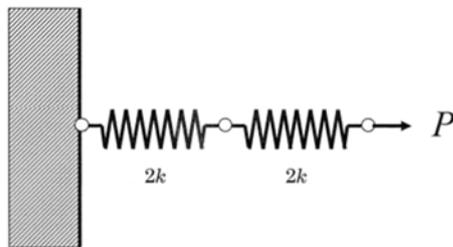
- ① 質点に作用する力の釣り合い方程式は、 $ku = mg$ と表すことができる。
- ② 全ポテンシャルエネルギー（＝内部ポテンシャルエネルギー＋外力のポテンシャルエネルギー） Π_p は、 $\Pi_p = \frac{1}{2}ku^2 - mgu$ と表すことができる。
- ③ 質点の釣り合い位置において、全ポテンシャルエネルギー Π_p は最大となる。
- ④ 質点に作用する力の釣り合い方程式は、全ポテンシャルエネルギー Π_p の停留条件、 $\frac{d\Pi_p}{du} = 0$ から求めることができる。
- ⑤ 全ポテンシャルエネルギー Π_p の極値問題として静力学問題を取り扱うことが、有限要素法の固体力学解析の基礎となっている。

- ③ 全ポテンシャルエネルギーは一定。位置のエネルギーと運動のエネルギーは移り変わっていきますが、その合計は一定です。

Case 2 バネの蓄えるエネルギー

H22-1-3-4 正答 ②

I-3-4 下図に示すようにバネ定数 $2k$ で同じ長さのバネを2つ直列につなぎ、左端を固定し、右端に右向きに荷重 P を与えた。釣り合い状態における全ポテンシャルエネルギー（2つのバネの弾性エネルギーと外力のポテンシャルエネルギーの総和）として、正しいものを①～⑤の中から選べ。



- ① $-\frac{2P^2}{k}$ ② $-\frac{P^2}{2k}$ ③ 0 ④ $\frac{2P^2}{k}$ ⑤ $-\frac{P^2}{k}$

バネの基本公式は、

$$F = -kx$$

バネ定数 $2k$ のバネを直列につないでいるから、合成バネ定数は、

$$1 / (1 / (2k) + 1 / (2k)) = k$$

従って、このバネの伸びと力の関係を表す式は、

$$F = -kx$$

エネルギーは力×距離。バネを釣合の状態から x 伸ばすときを考えます。

$$E = \int F dx = -k \int x dx = -k x^2 / 2$$

このバネの、重荷 P と釣り合う距離 x は、

$$P = -k x \quad \text{より} \quad x = -P / k$$

従って、

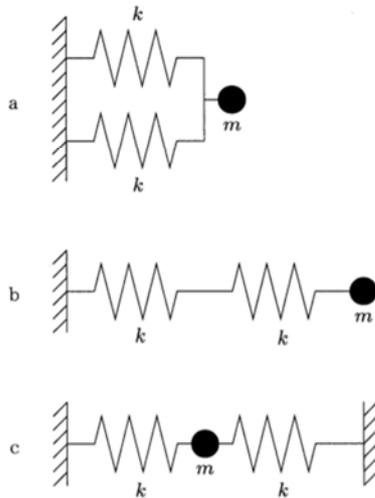
$$E = -k x^2 / 2 = -k (-p / k)^2 / 2 = -P^2 / (2k)$$

Case 3 バネの固有振動数

H26-1-3-5 正答 ②

I-3-5 下図に示すように、2つのばねと1つの質点からなるばね質点系 a, b, c がある。図中のばねのばね定数はすべて同じ k であり、また、図中の質点の質量はすべて同じ m である。最も小さい固有振動数を有するばね質点系として正しいものはどれか。

- ① aのみ ② bのみ ③ cのみ ④ aとb ⑤ bとc



バネが強いほど、そして重りが軽いほど、バネは速く振動します。これは日常の経験からわかることです。

図 a と図 c は違うように見えますが、振動に関しては同じです。

重りの位置が Δx 移動すると、バネが 1 本の場合と比較して 2 倍の力がかかります。一方、図 b ではバネが 2 本直列につながった結果、重りの位置が Δx 移動した場合、バネ 1 本あたりでは $0.5 \Delta x$ の移動となり、バネが 1 本の場合と比べてかかる力は 0.5 倍となります。固有振動数は $1 / (2\pi) \times \sqrt{(k/m)}$ で与えられ、

- a $1 / (2 \pi) \times \sqrt{(2 k / m)}$
- b $1 / (2 \pi) \times \sqrt{(k / (2 m))}$
- c $1 / (2 \pi) \times \sqrt{(2 k / m)}$

となります。

a と c のバネの位置は違っているように見えますが、振動数に関してはその作用が同じであることに思い至れば、簡単に解ける問題です。

6. 有限要素法 基本

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	2			4		1	2	
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
4	5				4	2 3	1	

Case 1 H17-1-3-2, H27-1-3-3

Case 4 H19-1-3-2, H24-1-3-1

Case 2 H18-1-3-1 H26-1-3-2

H29-1-3-3

R01 再-1-3-3

Case 5 H23-1-3-1

Case 3 H18-1-3-4

Case 1 誤差の発生原因

H27-1-3-3 正答 ①

I-3-3 数値解析の誤差に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 浮動小数点演算において近接する2数の引き算では、有効桁数が失われる桁落ち誤差を生じることがある。
- ② 非線形現象を線形方程式系で近似しても、線形方程式の数値計算法が数学的に厳密であれば、得られる結果には数値誤差はないとみなせる。
- ③ テイラー級数展開に基づき微分方程式を差分方程式に置き換えるときの近似誤差は、格子幅によらずにほぼ一定値となる。
- ④ 有限要素法の要素分割を細かくすると近似誤差は大きくなる。
- ⑤ 数値計算の誤差は対象となる物理現象の法則で定まるので、計算アルゴリズムを改良しても誤差は減少しない。

- ② 非線形現象を線形方程式で近似する場合、線形方程式の数値計算法が数学的に厳密でも、曲線を直線で近似する段階ですでに誤差が入り込んでいる。
- ③ テイラー級数展開に基づき微分方程式を差分方程式に置き換えるときの近似誤差は、格子幅が広いと、通常は誤差が大きくなる。
- ④ 有限要素法の要素分割を細かくすると近似誤差は小さくなる。
- ⑤ 数値計算の誤差は対象となる物理現象の法則で定まることもありますが、計算アルゴリズムにより計算精度を変えることができる。

(参考)

計算誤差の種類は第1群6項の(参考)に示しています。

Case 2 精度向上の方法

H18-1-3-1 正答 ①

I-3-1 次の記述のうち、数値解析の精度を向上する方法として誤っているものを選び。

- ① 反復計算の反復回数が多い場合に収束判定条件を緩和した。
- ② 解の空間変化が大きい領域に要素分割を細かく、変化の小さい領域に粗く配置した。
- ③ 丸め誤差を防ぐために計算機の浮動小数点演算を単精度から倍精度に変更した。
- ④ 有限要素法において連続な関数の近似精度を高めるために高次要素を用いた。
- ⑤ 非定常計算において時間積分の近似精度を高めるために時間刻みを小さくした。

常識的に判断できる問題です。

- ① 反復回数が多い場合、収束判定条件を緩和すると、結局は早い段階で収束と判定されることになる。
反復回数が多いという、この言葉自体が意味を持たなくなります。
- ② 近似する段階で誤差の要因を作っている。
- ③ 格子幅を広くすれば、当然、近似誤差は大きくなる。
- ④ 要素分割を細かくすると、近似誤差は小さくなる。逆に、計算必要時間が長くなる。
- ⑤ 計算の手順、あるいは、計算に用いる手法を変えることにより、誤差の減少が見込める。

R01 再-1-3-3 正答 ⑤

I-3-3 数値解析の精度を向上する方法として、最も不適切なものはどれか。

- ① 有限要素解析において、できるだけゆがんだ要素ができないように要素分割を行った。
- ② 有限要素解析において、高次要素を用いて要素分割を行った。
- ③ 有限要素解析において、解の変化が大きい領域の要素分割を細かくした。
- ④ 丸め誤差を小さくするために、計算機の浮動小数点演算を単精度から倍精度に変更した。
- ⑤ Newton法などの反復計算において、反復回数が多いので収束判定条件を緩和した。

常識を問う問題です。

- ① 曲率の小さな部分などは細かく要素分割する必要がある。
- ② 高次の分割を行うことで精度が向上します。
- ③ 要素分割を細かくすると精度が向上します。
- ④ 倍精度は単精度に対して扱える数値の有効桁数が多い。
- ⑤ 収束判定条件を緩和することは、誤差の大きさを許容することになる。

収束しきっていないのに、計算時間の関係で計算を切り上げる場合などがこれにあたります。

Case 3 三角点三節点要素

H18-1-3-4 正答 ②

I-3-4 有限要素法により二次元線形弾性問題を解くときに用いられる三角形3節点要素に関する次の記述のうち、誤っているものを選び。

- ① この要素の要素内変位は座標の一次式で変化する。
- ② この要素の要素内ひずみは座標の一次式で変化する。
- ③ この要素の応力は要素内で一定である。
- ④ 要素剛性行列は6行6列である。
- ⑤ 一般に、隣接要素間で応力値は不連続となっている。

- ① 要素内変異 は座標の一次式
- ② 要素内ひずみは座標の一次式

①か②のどちらかが誤りです。

問題文に二次元線形弾性問題と断ってありますので、x方向、y方向ともに変位は座標の一次関数で表されます。線形とは一次式のことです。

変異を微分するとひずみとなります。一次式の1次微分は定数となりますので、②は一次式であり得ないことがわかります。従って、②が誤りとなります。

有限要素法では節点の変位（並進変位と回転変位） $\{u\}$ を未知数とします。
要素内の変位分布（変位関数）を仮定します。

一次要素であれば変位は座標の一次関数で表します。ひずみと応力は、変位の一次微分で表され、要素内で一定となります。

二次要素であれば変異は座標の二次関数で表します。ひずみと応力は、変異の一次微分で表され、要素内で線形分布となり、精度が改善されます。

Case 4 要素分割

H24-1-3-1 正答 ①

I-3-1 材料が線形弾性体であることを仮定した構造物の応力分布を、有限要素法により解析するときの要素分割に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

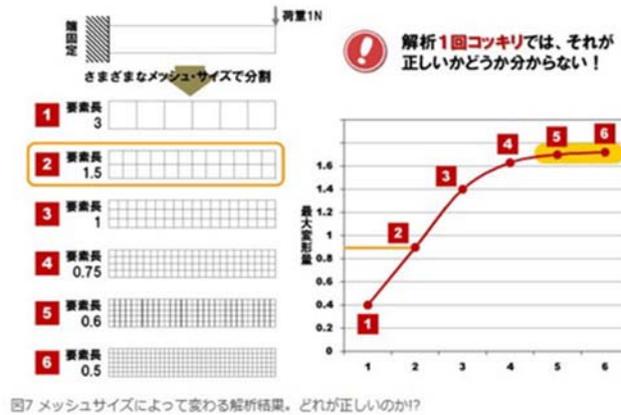
- ① 粗い要素分割で解析した場合には常に変形は小さくなり応力は高めになるので、応力評価に関しては安全側である。
- ② 要素分割の影響を見るため、できれば複数の要素分割によって解析を行い、結果を比較するのが望ましい。
- ③ ある荷重に対して有効性が確認された要素分割でも、他の荷重に対しては有効とは限らない。
- ④ 応力の変化が小さい部分に対しては、応力自体の大小にかかわらず要素分割の影響は小さい。
- ⑤ 応力の変化が大きい部分に対しては、要素分割を細かくするべきである。

① 粗い要素分割で解析した場合、得られた結果は精度が悪い。

（参考）

超重要！ メッシュサイズと8つの質問（設計者 CAE を始める前にシッカリ学ぶ有限要素法）より抜粋

それぞれの要素の細かさで解析を行ってその最大変位量をプロットしたのがグラフです。メッシュサイズによって解析結果が変わっています（図7）。



Case 5 アイソパラメトリック要素

H23-1-3-1 正答 ②

I-3-1 有限要素法による線形弾性平面歪み解析で用いられる、一般的なアイソパラメトリック4節点四辺形要素に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 応力値は、隣接要素との共通辺を横切るとき不連続となる。
- ② 応力値は、要素内で一定である。
- ③ 一般に、解析精度は、要素形状に依存する。
- ④ 変位は、要素形状によらず隣接要素との共通辺上で連続となる。
- ⑤ 一般に、解析精度は、要素分割の細かさに依存する。

② 応力値は、要素内で一定ではない。

有限要素法では節点の変位（並進変位と回転変位） $\{u\}$ を未知数とします。要素内の変位分布（変位関数）を仮定します。

一次要素であれば変位は座標の一次関数で表します。ひずみと応力は、変位の一次微分で表され、要素内で一定となります。

二次要素であれば変位は座標の二次関数で表します。ひずみと応力は、要素内で線形分布となり、精度が改善されます。

アイソパラメトリック要素は複雑な要素領域を規準領域に写像して要素内積分を規準領域で行う方法です。H28-1-3-3（次の第7項、p 185）で出題されています。

7. 有限要素法 面積座標および座標変換

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case		2			3			1
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
2		3	2				2	1

Case 1 H16-1-3-5, H25-1-3-3

Case 2 H17-1-3-4, H21-1-3-5, H24-1-3-3, R01-1-3-2

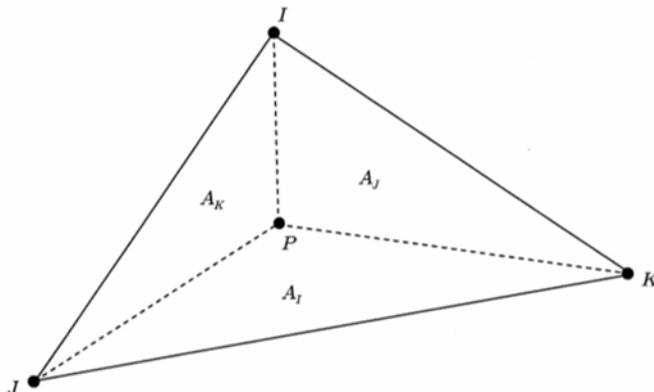
Case 3 H22-1-3-3, H28-1-3-3

Case 1 有限要素法 面積座標

H25-1-3-3 正答 ①

I-3-3 有限要素法において三角形要素の剛性マトリクスを求める際、しばしば面積座標が使用される。下図に示すように、任意の点 P の面積座標は $\left(\frac{A_I}{A}, \frac{A_J}{A}, \frac{A_K}{A}\right)$ で表される。ただし、 A は 3 点 (I, J, K) を頂点とする三角形の面積である。同様に A_I, A_J, A_K はそれぞれ $(P, J, K), (P, K, I), (P, I, J)$ を頂点とする三角形の面積である。点 P を三角形 A の重心とすると、点 P の面積座標として正しいものはどれか。

- ① $\left(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}\right)$ ② $\left(\frac{1}{\sqrt{3}}, \frac{1}{\sqrt{3}}, \frac{1}{\sqrt{3}}\right)$
 ③ $\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)$ ④ $\left(\frac{2}{\sqrt{3}}, \frac{2}{\sqrt{3}}, \frac{2}{\sqrt{3}}\right)$
 ⑤ $\left(\frac{2}{3}, \frac{2}{3}, \frac{2}{3}\right)$



点Pの面積座標が $[A_I/A, A_J/A, A_K/A]$ となっています。

点Pは三角形の重心なので、 $A_I = A_J = A_K$ かつ $A = A_I + A_J + A_K$

なので、 $A_I = A_J = A_K = A/3$

従って、点Pの面積座標は $[1/3, 1/3, 1/3]$

Case 2 ヤコビ行列

R01-1-3-1 正答 ⑤

I-3-1 3次元直交座標系 (x,y,z) におけるベクトル

$$\mathbf{V} = (V_x, V_y, V_z) = (\sin(x+y+z), \cos(x+y+z), z)$$

の $(x,y,z) = (2\pi, 0, 0)$ における発散 $\text{div } \mathbf{V} = \frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z}$ の値として、最も適切なものはどれか。

- ① -2 ② -1 ③ 0 ④ 1 ⑤ 2

I-3-2 座標 (x,y) と変数 r,s の間には、次の関係があるとする。

$$x = g(r,s)$$

$$y = h(r,s)$$

このとき、関数 $z = f(x,y)$ の x,y による偏微分と r,s による偏微分は、次式によって関連付けられる。

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial z}{\partial r} \\ \frac{\partial z}{\partial s} \end{bmatrix} = [J] \begin{bmatrix} \frac{\partial z}{\partial x} \\ \frac{\partial z}{\partial y} \end{bmatrix}$$

ここに $[J]$ はヤコビ行列と呼ばれる2行2列の行列である。 $[J]$ の行列式として、最も適切なものはどれか。

① $\frac{\partial x}{\partial r} \frac{\partial x}{\partial s} + \frac{\partial y}{\partial r} \frac{\partial y}{\partial s}$

② $\frac{\partial x}{\partial r} \frac{\partial x}{\partial s} - \frac{\partial y}{\partial r} \frac{\partial y}{\partial s}$

③ $\frac{\partial y}{\partial r} \frac{\partial y}{\partial s} - \frac{\partial x}{\partial r} \frac{\partial x}{\partial s}$

④ $\frac{\partial x}{\partial r} \frac{\partial y}{\partial s} + \frac{\partial y}{\partial r} \frac{\partial x}{\partial s}$

⑤ $\frac{\partial x}{\partial r} \frac{\partial y}{\partial s} - \frac{\partial y}{\partial r} \frac{\partial x}{\partial s}$

[J] を 2 行 2 列の行列と置いて、実際に計算してみると、答が得られます。

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial Z}{\partial r} \\ \frac{\partial Z}{\partial s} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial Z}{\partial x} \\ \frac{\partial Z}{\partial y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \times \frac{\partial Z}{\partial x} + b \times \frac{\partial Z}{\partial y} \\ c \times \frac{\partial Z}{\partial x} + d \times \frac{\partial Z}{\partial y} \end{pmatrix}$$

$$\frac{\partial Z}{\partial r} = a \times \frac{\partial Z}{\partial x} + b \times \frac{\partial Z}{\partial y} \quad a = \frac{\partial x}{\partial r} \quad b = \frac{\partial y}{\partial r}$$

$$\frac{\partial Z}{\partial s} = c \times \frac{\partial Z}{\partial x} + d \times \frac{\partial Z}{\partial y} \quad c = \frac{\partial x}{\partial s} \quad d = \frac{\partial y}{\partial s}$$

$$[J] = \begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix} = a d - b c = \frac{\partial x}{\partial r} \frac{\partial y}{\partial s} - \frac{\partial y}{\partial r} \frac{\partial x}{\partial s}$$

H24-1-3-3 正答 ①

I-3-3 座標 (x, y) と変数 ξ, η の間には、次の関係があるとする。

$$x = x(\xi, \eta)$$

$$y = y(\xi, \eta)$$

このとき、関数 $f(x, y)$ の x, y による偏微分と ξ, η による偏微分は次式によって関連付けられる。

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial f}{\partial \xi} \\ \frac{\partial f}{\partial \eta} \end{pmatrix} = [J] \begin{pmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{pmatrix}$$

ここに $[J]$ はヤコビ行列と呼ばれる 2 行 2 列の行列である。 $[J]$ の行列式として正しいものはどれか。

① $\frac{\partial x}{\partial \xi} \frac{\partial y}{\partial \eta} - \frac{\partial x}{\partial \eta} \frac{\partial y}{\partial \xi}$

② $\frac{\partial x}{\partial \xi} \frac{\partial y}{\partial \eta} + \frac{\partial x}{\partial \eta} \frac{\partial y}{\partial \xi}$

③ $\frac{\partial x}{\partial \xi} \frac{\partial x}{\partial \eta} - \frac{\partial y}{\partial \xi} \frac{\partial y}{\partial \eta}$

④ $\frac{\partial x}{\partial \xi} \frac{\partial x}{\partial \eta} + \frac{\partial y}{\partial \xi} \frac{\partial y}{\partial \eta}$

⑤ $\frac{\partial y}{\partial \xi} \frac{\partial y}{\partial \eta} - \frac{\partial x}{\partial \xi} \frac{\partial x}{\partial \eta}$

行列の掛け算ができること。 $\partial f / \partial \alpha = \partial f / \partial x \cdot \partial x / \partial \alpha$ の意味を解すること。
 $\partial f / \partial \alpha = \partial f / \partial y \cdot \partial x / \partial \alpha$ ではないです。

ギリシャ文字の ξ (クシー)、 η (エータ) はなじみが薄いので α 、 β に書き直しました。

この問題を解くポイントは、行列の掛け算ができることです。

$$\begin{pmatrix} \mathbf{a} & \mathbf{b} \\ \mathbf{c} & \mathbf{d} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{e} \\ \mathbf{f} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{a e} + \mathbf{b f} \\ \mathbf{c e} + \mathbf{d f} \end{pmatrix}$$

です。

$$\begin{pmatrix} \mathbf{a} & \mathbf{b} \\ \mathbf{c} & \mathbf{d} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}} \\ \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{y}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{a} \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}} + \mathbf{b} \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{y}} \\ \mathbf{c} \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}} + \mathbf{d} \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{y}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \alpha} \\ \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \beta} \end{pmatrix}$$

よって

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \alpha} &= \mathbf{a} \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}} + \mathbf{b} \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{y}} = \frac{\partial \mathbf{x}}{\partial \alpha} \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}} + \frac{\partial \mathbf{y}}{\partial \alpha} \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{y}} \\ \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \beta} &= \mathbf{c} \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}} + \mathbf{d} \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{y}} = \frac{\partial \mathbf{x}}{\partial \beta} \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}} + \frac{\partial \mathbf{y}}{\partial \beta} \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{y}} \end{aligned}$$

なお

$$\begin{pmatrix} \mathbf{a} & \mathbf{b} \\ \mathbf{c} & \mathbf{d} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{J}_{11} & \mathbf{J}_{12} \\ \mathbf{J}_{21} & \mathbf{J}_{22} \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{a} = \mathbf{J}_{11}, \quad \mathbf{b} = \mathbf{J}_{12}, \quad \mathbf{c} = \mathbf{J}_{21}, \quad \mathbf{d} = \mathbf{J}_{22}$$

よって、

$$\mathbf{J}_{11} = \frac{\partial \mathbf{x}}{\partial \alpha}, \quad \mathbf{J}_{12} = \frac{\partial \mathbf{y}}{\partial \alpha}, \quad \mathbf{J}_{21} = \frac{\partial \mathbf{x}}{\partial \beta}, \quad \mathbf{J}_{22} = \frac{\partial \mathbf{y}}{\partial \beta}$$

(参考)

$$\frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \alpha} = \cancel{\frac{\partial \mathbf{x}}{\partial \alpha} \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}}} + \cancel{\frac{\partial \mathbf{y}}{\partial \alpha} \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{y}}}$$

H17-1-3-4 正答 ①

I-3-4 N は ξ, η, ζ の関数とする。すなわち、 $N=N(\xi, \eta, \zeta)$ と表すことができる。また、 ξ, η, ζ と x, y, z の間には $x=x(\xi, \eta, \zeta)$ 、 $y=y(\xi, \eta, \zeta)$ 、 $z=z(\xi, \eta, \zeta)$ の関係があるとする。このとき、 N の ξ, η, ζ に関する偏微分と、 N の x, y, z に関する偏微分の間には次のような関係式が成り立つ。

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial N}{\partial \xi} \\ \frac{\partial N}{\partial \eta} \\ \frac{\partial N}{\partial \zeta} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} (1) \frac{\partial y}{\partial \xi} & (4) \\ \frac{\partial x}{\partial \eta} & (2) \frac{\partial z}{\partial \eta} \\ (5) \frac{\partial y}{\partial \zeta} & (3) \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial N}{\partial x} \\ \frac{\partial N}{\partial y} \\ \frac{\partial N}{\partial z} \end{pmatrix}$$

下記の中から間違っているものを選び。

- ① (1)は $\frac{\partial x}{\partial \eta}$ である。
 ② (2)は $\frac{\partial y}{\partial \eta}$ である。
 ③ (3)は $\frac{\partial z}{\partial \zeta}$ である。
 ④ (4)は $\frac{\partial z}{\partial \xi}$ である。
 ⑤ (5)は $\frac{\partial x}{\partial \zeta}$ である。

この問題を解くためのポイントは2点。まず、行列の掛け算ができるかです。次に偏微分。 $\frac{\partial N}{\partial \alpha} = \frac{\partial x}{\partial \alpha} \cdot \frac{\partial N}{\partial x}$ であって、 $\frac{\partial N}{\partial \alpha} = \frac{\partial y}{\partial \alpha} \cdot \frac{\partial N}{\partial x}$ や $\frac{\partial N}{\partial \alpha} = \frac{\partial z}{\partial \alpha} \cdot \frac{\partial N}{\partial x}$ ではありません。

$$\frac{\partial N}{\partial \alpha} = \frac{\partial x}{\partial \alpha} \cdot \frac{\partial N}{\partial x} \quad \frac{\partial N}{\partial \alpha} = \frac{\partial y}{\partial \alpha} \cdot \frac{\partial N}{\partial x} \quad \frac{\partial N}{\partial \alpha} = \frac{\partial z}{\partial \alpha} \cdot \frac{\partial N}{\partial x}$$

使用されているギリシャ文字が ξ と ζ が似ているために見難くて間違いやすく、また、普段あまり使うことがない文字ですので、 $\xi \rightarrow \alpha$ 、 $\eta \rightarrow \beta$ 、 $\zeta \rightarrow \gamma$ と書き直します。なお、 ξ はクスイー、クサイ、あるいはグザイ、 η はイータ、 ζ はゼータと読み、この分野では常用されている文字（記号）です。

N は α, β, γ の関数とします。すなわち、 $N=N(\alpha, \beta, \gamma)$ と表すことができます。また、 α, β, γ と x, y, z の間には、 $x=x(\alpha, \beta, \gamma)$ 、 $y=y(\alpha, \beta, \gamma)$ 、 $z=z(\alpha, \beta, \gamma)$ の関係があるとします。このとき、 N の α, β, γ に関する偏微分と、 N の x, y, z に関する偏微分の間には次の関係があります。

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial N}{\partial \alpha} \\ \frac{\partial N}{\partial \beta} \\ \frac{\partial N}{\partial \gamma} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (1) & \frac{\partial y}{\partial \alpha} & (4) \\ \frac{\partial x}{\partial \beta} & (2) & \frac{\partial z}{\partial \beta} \\ (5) & \frac{\partial y}{\partial \gamma} & (3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial N}{\partial x} \\ \frac{\partial N}{\partial y} \\ \frac{\partial N}{\partial z} \end{bmatrix}$$

下記から間違っているものを選び。

- ① (1) は $\partial x / \partial \beta$ である。
- ② (2) は $\partial y / \partial \beta$ である。
- ③ (3) は $\partial z / \partial \gamma$ である。
- ④ (4) は $\partial z / \partial \alpha$ である。
- ⑤ (5) は $\partial x / \partial \gamma$ である。

$$\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} aX+bY+cZ \\ dX+eY+fZ \\ gX+hY+iZ \end{bmatrix}$$

従って

$$\frac{\partial N}{\partial \alpha} = (1) \frac{\partial N}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial \alpha} \frac{\partial N}{\partial y} + (4) \frac{\partial N}{\partial z}$$

$$\frac{\partial N}{\partial \beta} = \frac{\partial x}{\partial \beta} \frac{\partial N}{\partial x} + (2) \frac{\partial N}{\partial y} + \frac{\partial z}{\partial \beta} \frac{\partial N}{\partial z}$$

$$\frac{\partial N}{\partial \gamma} = (5) \frac{\partial N}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial \gamma} \frac{\partial N}{\partial y} + (3) \frac{\partial N}{\partial z}$$

これより、

(1) は $\partial x / \partial \alpha$ 、(4) は $\partial z / \partial \alpha$

(2) は $\partial y / \partial \beta$

(5) は $\partial x / \partial \gamma$ 、(3) は $\partial z / \partial \gamma$

Case 3 四角形アイソパラメトリック要素

H28-1-3-3 正答 ②

1-3-3 ξ, η の関数 N_1, N_2, N_3, N_4 を次の式で定義する。

$$N_1 = \frac{1}{4}(1-\xi)(1-\eta), N_2 = \frac{1}{4}(1+\xi)(1-\eta), N_3 = \frac{1}{4}(1+\xi)(1+\eta), N_4 = \frac{1}{4}(1-\xi)(1+\eta)$$

N_1, N_2, N_3, N_4 を行ベクトルの和の形式で表すと次の式になる。

$$[N_1 \ N_2 \ N_3 \ N_4] = \mathbf{a}_0 + \xi \mathbf{a}_1 + \eta \mathbf{a}_2 + \xi \eta \mathbf{a}_3$$

ここに $\mathbf{a}_0, \mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \mathbf{a}_3$ は定数項からなる行ベクトルであり、行ベクトル \mathbf{a}_0 は

$$\mathbf{a}_0 = \frac{1}{4}[1 \ 1 \ 1 \ 1]$$

となる。行ベクトル $\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \mathbf{a}_3$ として正しいものの組合せはどれか。

- ① $\mathbf{a}_1 = \frac{1}{4}[-1 \ 1 \ 1 \ -1], \mathbf{a}_2 = \frac{1}{4}[-1 \ -1 \ 1 \ 1], \mathbf{a}_3 = \frac{1}{4}[1 \ 1 \ 1 \ 1]$
- ② $\mathbf{a}_1 = \frac{1}{4}[-1 \ 1 \ 1 \ -1], \mathbf{a}_2 = \frac{1}{4}[-1 \ -1 \ 1 \ 1], \mathbf{a}_3 = \frac{1}{4}[1 \ -1 \ 1 \ -1]$
- ③ $\mathbf{a}_1 = \frac{1}{4}[1 \ 1 \ 1 \ 1], \mathbf{a}_2 = \frac{1}{4}[1 \ 1 \ 1 \ 1], \mathbf{a}_3 = \frac{1}{4}[1 \ 1 \ 1 \ 1]$
- ④ $\mathbf{a}_1 = \frac{1}{4}[1 \ -1 \ 1 \ -1], \mathbf{a}_2 = \frac{1}{4}[-1 \ -1 \ 1 \ 1], \mathbf{a}_3 = \frac{1}{4}[-1 \ 1 \ 1 \ -1]$
- ⑤ $\mathbf{a}_1 = \frac{1}{4}[-1 \ -1 \ 1 \ 1], \mathbf{a}_2 = \frac{1}{4}[-1 \ 1 \ 1 \ -1], \mathbf{a}_3 = \frac{1}{4}[1 \ -1 \ 1 \ -1]$

四角形アイソパラメトリック要素に関する問題です。

この分野ではギリシャ文字の ξ と η を用いるのが約束事となっていますが、慣れない文字ですので、 ξ (クシー) $\rightarrow \alpha$ 、 η (エータ) $\rightarrow \beta$ と書き直します。

題意より、 α, β の関数 N_1, N_2, N_3, N_4 は、

$$N_1 = 1/4 (1 - \alpha) (1 - \beta)$$

$$N_2 = 1/4 (1 + \alpha) (1 - \beta)$$

$$N_3 = 1/4 (1 + \alpha) (1 + \beta)$$

$$N_4 = 1/4 (1 - \alpha) (1 + \beta)$$

$$[N_1, N_2, N_3, N_4] = \mathbf{a}_0 + \alpha \mathbf{a}_1 + \beta \mathbf{a}_2 + \alpha \beta \mathbf{a}_3$$

$\mathbf{a}_0, \mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \mathbf{a}_3$ は定数項からなる行ベクトル

$$\mathbf{a}_0 = 1/4 [1, 1, 1, 1]$$

1 / 4 を省略して表を作ります。

	定義より	a_0	αa_1	βa_2	$\alpha\beta a_3$
N_1	$1-\alpha-\beta+\alpha\beta$	1	-1	-1	1
N_2	$1+\alpha-\beta-\alpha\beta$	1	1	-1	-1
N_3	$1+\alpha+\beta+\alpha\beta$	1	1	1	1
N_4	$1-\alpha+\beta-\alpha\beta$	1	-1	1	-1

a_1 、 a_2 、 a_3 に強いて α 、 β 、 $\alpha\beta$ をつけている

従って、②が答となります。

確認計算をする。1 / 4 を省略すると、

$$\begin{aligned}
 & [N_1, N_2, N_3, N_4] \\
 &= [1 - \alpha - \beta + \alpha\beta, 1 + \alpha - \beta - \alpha\beta, 1 + \alpha + \beta + \alpha\beta, 1 - \alpha + \beta - \alpha\beta] \\
 &= a_0 + \alpha a_2 + \beta a_3 + \alpha\beta a_4 \\
 &= [1, 1, 1, 1] + \alpha [-1, 1, 1, -1] + \beta [-1, -1, 1, 1] \\
 &\quad + \alpha\beta [1, -1, 1, -1] \\
 &= [1, 1, 1, 1] + [-\alpha, \alpha, \alpha, -\alpha] + [-\beta, -\beta, \beta, \beta] \\
 &\quad + [\alpha\beta, -\alpha\beta, \alpha\beta, -\alpha\beta]
 \end{aligned}$$

さらにダメ押し確認します。

$$= [1 - \alpha - \beta + \alpha\beta, 1 + \alpha - \beta - \alpha\beta, 1 + \alpha + \beta + \alpha\beta, 1 - \alpha + \beta - \alpha\beta]$$

8. 有限要素法 要素内内挿

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case								
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
								1

Case 1 H16-1-3-6

Case 1 要素内の内挿値

H16-1-3-6 正答 ①

I-3-6 領域 $0 \leq x \leq l$ で微分方程式

$$\frac{d^2u}{dx^2} = 0 \quad (x=0 \text{ で } u = \bar{u}_0, \quad x=l \text{ で } u = \bar{u}_l)$$

が与えられている。これを有限要素法で解きたい。

有限要素法では領域を下図のように有限の要素数 N に分割する。

ここでは簡単のため等間隔で長さを 1 とする。

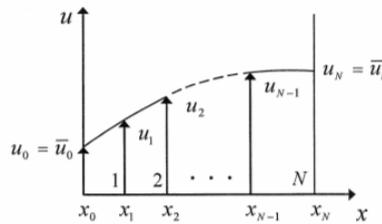
要素 e 内の有限要素解 u^e を要素 e の両端 $x = x_i, x = x_{i+1}$ の値 u_i, u_{i+1} で内挿して、

$$u^e(x) = L_i^e u_i + L_{i+1}^e u_{i+1} \quad (1)$$

で表現する。

L_i^e 及び L_{i+1}^e は次のいずれかで表されるか。

- ① $L_i^e = x_{i+1} - x, \quad L_{i+1}^e = x - x_i$
- ② $L_i^e = x - x_i, \quad L_{i+1}^e = x_{i+1} - x$
- ③ $L_i^e = x - x_{i+1}, \quad L_{i+1}^e = x_i - x$
- ④ $L_i^e = x - \frac{x_i + x_{i+1}}{2}, \quad L_{i+1}^e = \frac{x_i + x_{i+1}}{2}$
- ⑤ $L_i^e = x_i - x, \quad L_{i+1}^e = x - x_{i+1}$



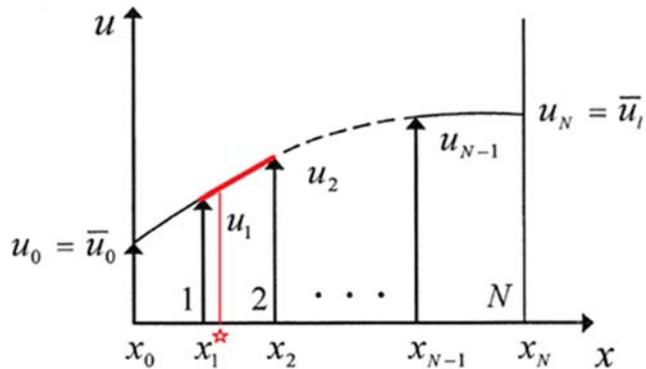
有限要素法では節点の変位（並進変位と回転変位） $\{u\}$ を未知数とします。

要素内の変位分布（変位関数）を仮定します。

この問題のように二要素であれば、変位は座標の二次関数で表します。ひずみと応力は、要素内で線形分布となり、精度が改善されます。

最初に $d^2u/dx^2 = 0$ と、 u の $x = 0$ と $x = L$ での値が与えられています、一回積分を施すと $du/dx = a$ (a は定数) となり、もう一回積分を施すと $u = ax + b$ となります。

この結果より、式 (1) は $x = x_1$ における u の値 u_1 と $x = x_2$ における u の値 u_2 を直線で結び、その直線を基に x のある値における u を求めようとするものであることがわかります。



ある x の値における u は次式で内挿できます。

$$u = (x_2 - x) / (x_2 - x_1) \times u_1 + (x - x_1) / (x_2 - x_1) \times u_2$$

今、問題文より $x_2 - x_1 = 1$ ですので

$$u = (x_2 - x) u_1 + (x - x_1) u_2$$

これを今の問題の一般式に書き直せば

$$u = (x_{i+1} - x) u_i + (x - x_i) u_{i+1}$$

となります。

9. 有限要素法 補間多項式

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case						1		
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16

Case 1 H27-1-3-1

Case 1 補間多項式

H27-1-3-1 正答 ②

I-3-1 $f(-1)=2, f(0)=2, f(2)=8$ が与えられたとき、2次の補間多項式で近似したとき、 $f(1)$ の値として正しいものはどれか。

- ① 3
- ② 4
- ③ 5
- ④ 6
- ⑤ 7

2次式の係数、 a, b, c を決めさえすればよいので簡単です。

2次の補間多項式と記されていますから、 $f(x) = ax^2 + bx + c$ 。

$f(-1) = 2, f(0) = 2, f(2) = 8$ を満足する式は

変数が a, b, c の3個で式が3つあるので、これを解くと a, b, c が求まり、

$$f(x) = x^2 + x + 2$$

従って、

$$f(1) = 4$$

10. 有限要素法 差分近似式

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case				1			1	
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1				1			1	

Case 1 H17-1-3-1, H20-1-3-2, H24-1-3-4, H26-1-3-3, H29-1-3-1

Case 1 差分近似式

H26-1-3-3 正答 ⑤

I-3-3 導関数 $\frac{df}{dx}$ の点 x_i における差分表現として、誤っているものはどれか。ただし、添え字 i は格子点を表すインデックス、 Δ は格子幅である。

- ① $\frac{3f_i - 4f_{i-1} + f_{i-2}}{2\Delta}$ ② $\frac{f_i - f_{i-1}}{\Delta}$ ③ $\frac{f_{i+1} - f_i}{\Delta}$
 ④ $\frac{f_{i+1} - f_{i-1}}{2\Delta}$ ⑤ $\frac{f_{i+1} - 2f_i + f_{i-1}}{\Delta}$

$f(x) = x$ とすると、 $df(x)/dx = 1$ となります。ここで、 $f(x) = x$ は一つの例として与えた関数です。

今 $i = 0$ とすると、

$$f(i+1) = 1, f(i) = 0, f(i-1) = -1, f(i-2) = -2$$

格子幅 Δ は 1

- ① $(3 \times 0 - 4 \times (-1) + (-2)) / 2 = 1$
 ② $(0 - (-1)) / 1 = 1$
 ③ $(1 - 0) / 1 = 1$
 ④ $(1 - (-1)) / 2 = 1$
 ⑤ $(1 - 2 \times 0 + (-1)) / 1 = 0$

従って、⑤が誤りです。

H20-1-3-2 正答 ③

I-3-2 導関数 $\frac{d^2u}{dx^2}$ の点 x_i における差分表現として、正しいものを次の中から選べ。ただし、添え字 i は格子点を表すインデックス、格子幅を h とする。

- ① $\frac{u_{i+1}-u_i}{h}$ ② $\frac{u_{i+1}+u_i}{h}$ ③ $\frac{u_{i+1}-2u_i+u_{i-1}}{h^2}$
 ④ $\frac{u_{i+1}-2u_i+u_{i-1}}{2h}$ ⑤ $\frac{u_{i+1}+2u_i+u_{i-1}}{h^2}$

f_i の一次微分は、

$$f_i' = (f_{i+1} - f_i) / \Delta, \quad f_{i-1}' = (f_i - f_{i-1}) / \Delta$$

f_i の二次微分は、

$$f_i'' = (f_i' - f_{i-1}') / \Delta = (f_{i+1} - 2f_i + f_{i-1}) / \Delta^2$$

従って、答は④となります。

1 1. 有限要素法 定積分近似式

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	2		1		1			
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
						1		

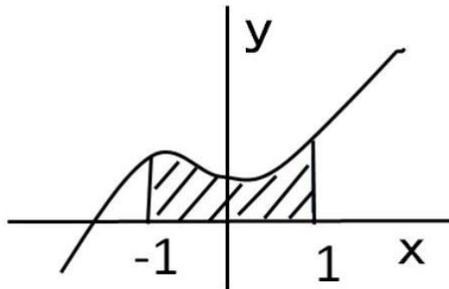
Case 1 H18-1-3-2, H28-1-3-1, H30-1-3-1

Case 2 R01 再-1-3-4

Case 1 定積分近似式

H28-1-3-1 正答 ③

適当な図を作成し、それぞれの意味を考えてみます。



$\int f(x) dx$ ($x = -1$ to 1) は $x = -1 \sim 1$ 区間における x 軸と曲線に挟まれた面積です。

式①②③⑤はなんとか近似面積を出そうと努力していますが、④の式の意味は不明です。

- ① 高さ $f(0) \times$ 幅 2
- ② 高さ $f(1) \times$ 幅 $1 +$ 高さ $f(-1) \times$ 幅 1
- ③ ($f(1)$ と $f(0)$ の平均) \times 幅 $1 +$ ($f(0)$ と $f(-1)$ の平均) \times 幅 1
- ⑤ ① $\times 1/2 +$ ③ $\times 2/3$

ポイントは式の係数を合計すると 2 となること (x が $-1 \sim 1$ の範囲、幅は 2)。例えば⑤は $1/2 + 4/3 + 1/3 = 2$ 、これに対して④は $1/4 + 1 + 1/4 = 1.5$ 。

Case 2 シンプソンの公式を使う面積計算

R01 再-1-3-4 正答 ⑤

I-3-4 シンプソンの $1/3$ 数値積分公式 (2 次のニュートン・コーツの閉公式) を用いて次の定積分を計算した結果として、最も近い値はどれか。

$$S = \int_{-1}^1 \frac{1}{x+3} dx$$

ただし、シンプソンの $1/3$ 数値積分公式における重み係数は、区間の両端で $1/3$ 、区間の中点で $4/3$ である。

- ① 0.653 ② 0.663 ③ 0.673 ④ 0.683 ⑤ 0.693

シンプソンの公式は次の通りです。この公式は有限要素法中においては積分の手段として用いられます。

シンプソンの公式

$f(x)$ が三次以下の関数のとき、

$$\int_a^b f(x) dx \approx \frac{b-a}{6} \left[f(a) + 4f\left(\frac{a+b}{2}\right) + f(b) \right]$$

今の題意に沿う形は次の通りであり、 y_0 および y_2 が区間の両端における値、 y_1 が区間の中点における値です。

$$\begin{aligned} S &= 1/3 \times (y_0 + 4y_1 + y_2) \\ &= 1/3 \times (1/2 + 4/3 + 1/4) = 0.694 \end{aligned}$$

となり、答は⑤となります。

別法として、苦し紛れに台形の面積を足し算していく方法もあります。

まず、各 x の値に対する $f(x)$ の値、高さを求めます。

$$\begin{aligned} x = -1 \text{ のとき } y &= 0.500, & x = -0.5 \text{ のとき } y &= 0.400, \\ x = 0 \text{ のとき } y &= 0.333, & x = 0.5 \text{ のとき } y &= 0.286, \\ x = 1 \text{ のとき } y &= 0.250 \end{aligned}$$

次いで、台形面積の足し合わせを行います。

$$\begin{aligned} S &= 0.5 \times (1/2 \times 0.500 + 0.400 + 0.333 + 0.286 \\ &\quad + 1/2 \times 0.250) = 0.697 \end{aligned}$$

となります。

この値は、グラフの形状を考えると少し大きめに出ている可能性があります。

この苦し紛れ法のもう一つの問題は、シンプソンの公式を使う方法と比べて少し余計に計算時間がかかるということです。

12. 有限要素法 二重積分

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case					1 2			
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16

Case 1 H28-1-3-2

Case 2 H28-1-3-4

Case 1 ヤコビアン

H28-1-3-2 正答 ③

I-3-2 2次元の領域 D における2重積分 I の変数を x, y から変数 u, v に変換する。領域 D が領域 D' に変換されるならば、次のようになる。

$$I = \iint_D f(x, y) dx dy = \iint_{D'} f(u, v) J du dv$$

ここで、 J はヤコビアンである。

$$\begin{cases} x = u+v \\ y = uv \end{cases} \text{ と変換したとき、ヤコビアン } J \text{ として正しいものはどれか。}$$

- ① 1
- ② $u+v$
- ③ $u-v$
- ④ $1+uv$
- ⑤ $1-uv$

この問題はヤコビアンの定義を知っているかどうかで、解けるかが決まります。ヤコビアンは次のように定義されています。det は行列 determinant の略です。

$$J(u, v) \equiv \frac{\partial(x, y)}{\partial(u, v)} \equiv \det \begin{bmatrix} \frac{\partial x}{\partial u} & \frac{\partial x}{\partial v} \\ \frac{\partial y}{\partial u} & \frac{\partial y}{\partial v} \end{bmatrix}$$

このヤコビアンを解くと答が得られます。

$x = u + v$ 、 $y = uv$ ですから、

$$\partial x / \partial u = 1、\partial x / \partial v = 1、\partial y / \partial u = v、\partial y / \partial v = u$$

従って、

$$J(u, v) = u - v$$

となります。

Case 2 二重積分

H28-1-3-4 正答 ⑤

1-3-4 $x-y$ 平面上において、直線 $x=0$, $y=0$, $x+y=a$ (ただし, $a>0$ とする) で囲まれる領域を S とするとき、2変数関数 $f(x,y)$ の S における重積分は以下のように表される。

$$\iint_S f(x,y) dx dy = \int_0^a \left\{ \int_0^{a-y} f(x,y) dx \right\} dy$$

$f(x,y)=x+y$ 及び $a=2$ であるとき、重積分 $\iint_S f(x,y) dx dy$ の値はどれか。

- ① $\frac{3}{8}$ ② $\frac{1}{2}$ ③ 1 ④ 2 ⑤ $\frac{8}{3}$

まず内側の積分を実施し、続いて外側の積分を実施します。

内側の積分

$$\begin{aligned} & \int (x+y) dx \\ &= [1/2 \times x^2 + xy] (x=0 \text{ to } (2-y)) \\ &= -y^2/2 + 2 \end{aligned}$$

外側の積分

$$\begin{aligned} & \int (-y^2/2 + 2) dy \\ &= [-y^3/6 + 2y] (y=0 \text{ to } 2) \\ &= 8/3 \end{aligned}$$

1 3. 有限要素法 トラスモデル

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case								
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
							1	

Case 1 H17-1-3-3

Case 1 一次元トラスモデル

H17-1-3-3 正答 ⑤

I-3-3 下図のような一次元トラスの有限要素モデルを考える。

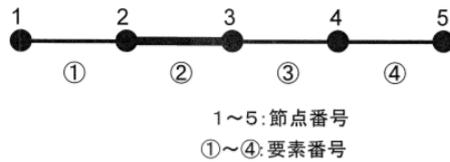
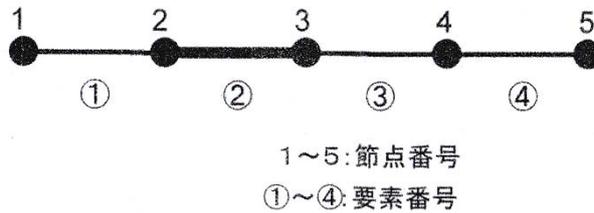


図1 一次元トラスモデル

この場合、全体剛性マトリクスは5行5列の正方マトリクスである。ここで、上図のように要素②のみ補強する。5行5列の全体剛性マトリクスの成分で変化するのは次のどれか。なお、 (i, j) は剛性マトリクスの*i*行*j*列の成分を表す。

- ① (2, 2) ② (3, 3) ③ (2, 2), (3, 3)
④ (2, 2), (3, 3), (2, 3) ⑤ (2, 2), (3, 3), (2, 3), (3, 2)

一次元構造トラスの有限要素法を用いる解析では、各節点1~4の間に重りとバネの関係があるとして記述します。1-①-2、2-②-3、3-③-4、4-④-5はそれぞれ独立に動こうとします。そうすると、要素②を補強したときに関連する項は2-②-3となります。対称性から考えると、①(2, 2)や②(3, 3)、④(2, 2)(3, 3)(2, 3)はあり得ません。答は③(2, 2)(3, 3)か⑤(2, 2)(3, 3)(2, 3)(3, 2)のどちらかです。



答の(2, 2)(3, 3)(2, 3)(3, 2)に至る道筋は次のWebに示されています。

(参考)

有限要素法は難しくない！？(CAE技術者のための情報サイト)

「CA技術」の「01. はじめに」「02. 要素剛性マトリクス」「03. 全体剛性マトリクス」を参照のこと。

1 4. 有限要素法 振動解析

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	1							
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
								1

Case 1 H16-1-3-4, R01 再-1-3-5

Case 1 振動解析

H16-1-3-4 正答 ②

I-3-4 固有値解析に関する次の記述のうち、最も正しいものを選び。

- ① 弾性変形する構造体の固有振動数は、構造体の材質のみによって定まる。
- ② 質点ばね系の共振周波数は、その運動方程式の固有値解析により求められる。
- ③ 平板の弾性変形については、常に固有振動モードが一つだけ存在する。
- ④ 管路の気柱振動の固有値は両端の境界条件に依存しない。
- ⑤ 固有値解析では一般に全ての固有値が求められなければ、固有振動モードは推定できない。

- ① 形状によっても固有振動数は変化する。
たとえば、H25-1-3-2（第3群3項）の問題で見えてきた通りです。
- ② バネの固有振動数はニュートンの運動方程式より導かれる。
- ③ 多くの振動モードが存在する。1次元の弦の例でも、倍モードや3倍モードなど多くのモードが存在する。
- ④ 両端の境界条件は制約条件でもあるので、管路の気柱振動は両端の境界条件に依存する。
- ⑤ 固有値解析により振動数を一つずつ求めることができる。

R01 再-1-3-5 正答 ④

I-3-5 固有振動数及び固有振動モードに関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 弾性変形する構造体の固有振動数は、構造体の材質のみによって定まる。
- ② 管路の気柱振動の固有振動数は両端の境界条件に依存しない。
- ③ 単振り子の固有振動数は、おもりの質量の平方根に反比例する。
- ④ 熱伝導の微分方程式は時間に関する2階微分を含まないので、固有振動数による自由振動は発生しない。
- ⑤ 平板の弾性変形については、常に固有振動モードが1つだけ存在する。

- ① 形状によって変わってくる。
- ② 管端が開いているか閉じているかで、気柱の振動数に変化が生じる。
- ③ 固有振動数 $\omega = \sqrt{g/L}$ であるので、重りの質量には関係ない。
- ④ 熱伝導は高温側より低温側への温度勾配により熱が伝わる。単位時間当たりの熱の移動量を式で書けば、 $Q = A U \Delta T$ で、 Q は単位時間あたりに移動する熱量、 A は伝熱面積、 U は熱伝導率、 ΔT は温度勾配で $(T_1 - T_2) / L$ 、ここに T_1 と T_2 は高温側と低温側の温度、 L は熱が伝わる距離です。この式に時間は出てきません。
- ⑤ 1次元の弦の振動でも、基本振動以外に2倍振動や3倍振動があるように、平板においても種々の振動パターンがある。

15. 偏微分

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case		1	1			1	1	1
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
	1	1	1	1				

Case 1 H20-1-3-5, H21-1-3-4, H22-1-3-2, H23-1-3-5, H25-1-3-6
 H26-1-3-1, H27-1-3-2, H30-1-3-2, R01-1-3-1

grad は勾配、div は発散、rot は回転です。

Case 1 ベクトルの偏微分

R01-1-3-1 正答 ⑤

I-3-1 3次元直交座標系 (x,y,z) におけるベクトル

$$\mathbf{V} = (V_x, V_y, V_z) = (\sin(x+y+z), \cos(x+y+z), z)$$

の $(x,y,z) = (2\pi, 0, 0)$ における発散 $\operatorname{div} \mathbf{V} = \frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z}$ の値として、最も適切なものはどれか。

- ① -2 ② -1 ③ 0 ④ 1 ⑤ 2

$\mathbf{V} = (V_x, V_y, V_z) = (a, b, c)$ において

ベクトル成分は、

$$V_x = a$$

$$V_y = b$$

$$V_z = c$$

従って

$$V_x = \sin(x+y+z)$$

$$V_y = \cos(x+y+z)$$

$$V_z = z$$

あとは素直に計算するのみです。

$$\begin{aligned} \operatorname{div} \mathbf{V} &= \frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z} \\ &= \frac{\partial \sin(x+y+z)}{\partial x} + \frac{\partial \cos(x+y+z)}{\partial y} + \frac{\partial z}{\partial z} \\ &= \cos(x+y+z) - \sin(x+y+z) + 1 \end{aligned}$$

与えられた条件より $(x, y, z) = (2\pi, 0, 0)$ であるから

$$\begin{aligned} &= \cos(2\pi) - \sin(2\pi) + 1 \\ &= 1 - 0 + 1 = 2 \end{aligned}$$

(参考)

$$d/dx (\sin(ax)) = a \times \cos(ax)$$

$$d/dx (\cos(ax)) = -a \times \sin(ax)$$

H26-1-3-1 正答 ②

I-3-1 x - y 平面における二次元流速ベクトルを $\mathbf{u}=(u, v)$ とするとき、その平面上のすべての点において、次の非圧縮性流れの連続の式

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$$

を満足する \mathbf{u} はどれか。

- ① $\mathbf{u}=(x, y)$ ② $\mathbf{u}=(x, -y)$ ③ $\mathbf{u}=(xy, xy)$ ④ $\mathbf{u}=(xy, -xy)$ ⑤ $\mathbf{u}=(x^2, -y^2)$

- ① $\mathbf{u}=(u, v)$ として与えられているから、たとえば①では $u=(x, y)$ 従って、 $u=x$ 、 $v=y$ である。

$$\partial u / \partial x + \partial v / \partial y = \partial x / \partial x + \partial y / \partial y = 1 + 1 = 2$$

同様に

- ② $1 - 1 = 0$
 ③ $y + x$
 ④ $y - x$
 ⑤ $2x - 2y$

H21-1-3-4 正答 ④

I-3-4 2次元直交座標系 (x, y) におけるベクトルを $\vec{V}=(V_x, V_y)=(y^2, x+y)$ とする。

このとき関数 $\text{rot } \vec{V} = \frac{\partial V_x}{\partial y} - \frac{\partial V_y}{\partial x}$ の、点 $(3, 2)$ における値を①～⑤の中から選べ。

- ① $(2y, 1)$ ② $(4, 1)$ ③ $(6, 1)$ ④ 3 ⑤ 5

$$V_x = y^2, V_y = x + y$$

$$\text{rot } \vec{V} = \partial V_x / \partial y - \partial V_y / \partial x = 2y - 1$$

$(x, y) = (3, 2)$ ですから

$$\text{rot } \vec{V} = 3$$

H20-1-3-5 正答 ④

I-3-5 3次元直交座標系 (x, y, z) におけるベクトル

$$\vec{V}=(V_x, V_y, V_z)=(x^3, xy+yz+zx, z)$$

の点 $(2, 1, 1)$ での発散 $\text{div } \vec{V} = \frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z}$ の値を次の中から選べ。

- ① $(3x^2, x+z, 1)$
- ② $(12, 3, 1)$
- ③ $(12, 2, 1)$
- ④ 16
- ⑤ 15

$$V_x = x^3, V_y = xy + yz + zx, V_z = z$$

$$\text{div } V = \partial V_x / \partial x + \partial V_y / \partial y + \partial V_z / \partial z$$

$$= 3x^2 + x + z + 1$$

$(x, y, z) = (2, 1, 1)$ ですから

$$\text{div } V = 16$$

16. ベクトル

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	3			2			1	
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16

Case 1 H26-1-3-4

Case 2 H29-1-3-2

Case 3 R01 再-1-3-2

Case 1 内積

H26-1-3-4 正答 ①

I-3-4 二次元ベクトル $\mathbf{a} = (a_x, a_y)$ と $\mathbf{b} = (b_x, b_y)$ の内積 $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b}$ を表す式として、正しいものはどれか。

- ① $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = a_x b_x + a_y b_y$
- ② $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = a_x b_y + a_y b_x$
- ③ $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = a_x b_y - a_y b_x$
- ④ $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = (a_x b_x, a_y b_y)$
- ⑤ $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = (a_x b_y, a_y b_x)$

内積の定義を知っているかを問う問題です。

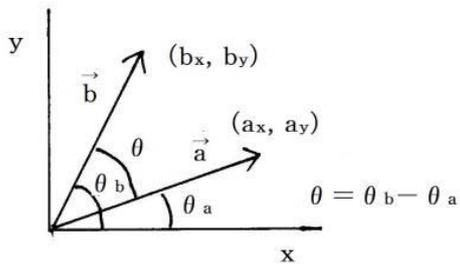
$$\mathbf{a} = (a_x, b_x), \mathbf{b} = (b_x, b_y)$$

$$\text{内積 } \mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = a_x b_x + a_y b_y$$

参考までに、別の表記として、

$$\text{内積 } \mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = |\mathbf{a}| |\mathbf{b}| \cos(\theta)$$

内積 $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = |\mathbf{a}| |\mathbf{b}| \cos(\theta)$ が 内積 $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = a_x b_x + a_y b_y$ であることの証明



$$\begin{aligned} |\mathbf{a}| |\mathbf{b}| \cos \theta &= |\mathbf{a}| |\mathbf{b}| \cos(\theta_b - \theta_a) \\ &= |\mathbf{a}| |\mathbf{b}| (\cos \theta_b \cos \theta_a + \sin \theta_b \sin \theta_a) \\ &= a_x b_x + a_y b_y \end{aligned}$$

Case 2 ベクトルの加減

H29-1-3-2 正答 ④

I-3-2 ベクトルAとベクトルBがある。AをBに平行なベクトルPとBに垂直なベクトルQに分解する。すなわち $\mathbf{A} = \mathbf{P} + \mathbf{Q}$ と分解する。 $\mathbf{A} = (6, 5, 4)$, $\mathbf{B} = (1, 2, -1)$ とするとき、Qとして、最も適切なものはどれか。

- ① (1, 1, 3) ② (2, 1, 4) ③ (3, 2, 7) ④ (4, 1, 6) ⑤ (5, -1, 3)

新しい傾向の出題ですが、ベクトルの性質を知っていれば簡単に解けます。

図より $\mathbf{P} = \alpha \mathbf{B}$ (α は係数) です。 $\mathbf{P} = (x, y, z)$ とすると、 $\mathbf{A} = \mathbf{P} + \mathbf{Q}$ なので、

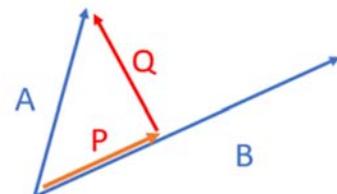
$$(6, 5, 4) = (x, y, z) + (\alpha, 2\alpha, -\alpha)$$

これより

$$x = 6 - \alpha, \quad y = 5 - 2\alpha, \quad z = 4 + \alpha$$

$\alpha = 2$ としたとき、 $x = 4$ 、 $y = 1$ 、 $z = 6$ 。

すなわち $\mathbf{P} = (4, 1, 6)$ が得られます。



Case 3 平面に垂直な線

R01 再-1-3-2 正答 ②

I-3-2 座標 (x, y, z) で表される3次元直交座標系に、点A(6, 5, 4)及び
平面 $S: x+2y-z=0$ がある。点Aを通り平面Sに垂直な直線と平面Sとの交点Bの座標
はどれか。

- ① (1, 1, 3) ② (4, 1, 6) ③ (3, 2, 7) ④ (2, 1, 4) ⑤ (5, 3, 5)

定理に従ってこの問題を解きます。

定理

平面上の点B(a, b, c)を通り、ベクトル $q = (q_1, q_2, q_3)$ に垂直な平面の方程式は

$$q_1(x-a) + q_2(y-b) + q_3(z-c) = 0$$

である。

※ この定理は、直角に交わるベクトルの内積が0であるところから導かれています。

解答候補の平面S上の点Bと、空間上の点Aよりベクトルqを求めます。

選 択 肢	①	②	③	④	⑤
空間上の点A座標	6 5 4	6 5 4	6 5 4	6 5 4	6 5 4
平面上の点B候補	1 1 3	4 1 6	3 2 7	2 1 4	5 3 5
ベクトル q	5 4 1	2 4 -2	3 3 -3	4 4 0	1 2 -1

問題文で与えられた平面Sの方程式は、 $x+2y-z=0$ ですから、ベクトルqは②の
(2, 4, -2)か⑤の(1, 2, -1)のどちらかが答の候補です。しかしながら、⑤の
平面上の点とされる(5, 3, 5)は実際には平面上にはないことから、⑤は候補から外れ
ます。従って、答は②ということになります。

検算すると、

$$\begin{aligned} & 2(x-4) + 4(y-1) - 2(z-6) \\ &= 2(x+2y-z) + (-8-4+12) \\ &= 2(x+2y-z) = 0 \end{aligned}$$

従って、②が答となります。

17. 慣性モーメント

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case		2				1		
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16

Case 1 H27-1-3-4

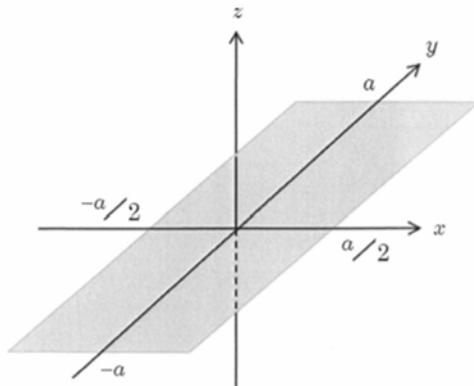
Case 2 R01-1-3-6

Case 1 慣性モーメント

H27-1-3-4 正答 ③

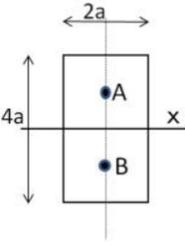
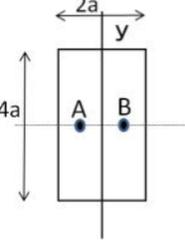
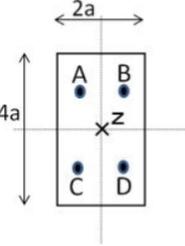
I-3-4 下図のように、均質かつ厚さが一様で薄い長方形の板が、 xy 平面内に x, y 軸がそれぞれ辺の中点を通るように置かれている。 x 方向の辺の長さを a 、 y 方向の辺の長さを $2a$ とし、 x, y, z 軸の回りの慣性モーメントをそれぞれ I_x, I_y, I_z とする。 I_x, I_y, I_z のうち最大のはどれか。

- ① I_x のみ
- ② I_y のみ
- ③ I_z のみ
- ④ I_x と I_y
- ⑤ I_x と I_z



それぞれの軸を中心に回転させた時のモーメントは、重心点が回転中心からどの程度離れているかで、その大きさの大小関係は直感的に判断できると思います。結局は距離ですから、ピタゴラスの定理、 $z^2 = x^2 + y^2$ に関係することになります。

慣性モーメントの大きさは、質量×距離²です。

x軸の周りに回転	y軸の周りに回転	z軸の周りに回転	
			<p>I_xは、質点Aと質点Bは共に $4 a^2$ に比例し、x軸からの距離は a である。今、比例定数を K とすると、 $I_x = 2 \times K \times 4 a^2 \times a^2 = 8 K a^4$</p> <p>同じく、$I_y$の質点Aと質点Bは共に $4 a^2$ に比例し、x軸からの距離は $a/2$ である。 $I_y = 2 \times K \times 4 a^2 \times (a/2)^2 = 2 K a^4$</p> <p>$I_z$の質点、A、B、C、Dはすべて $2 a^2$ であり、質点のz軸からの距離は $\sqrt{(a/2)^2 + a^2} = \sqrt{5} a/2$ である。従って、 $I_z = 4 \times K \times 2 a^2 \times (\sqrt{5} a/2)^2 = 10 K a^4$</p> <p>従って、$I_x > I_z > I_y$ であり、$I_z = I_x + I_y$ となっている。</p>

Case 2 振り子の慣性モーメント

R01-1-3-6 正答 ③

I-3-6 下図に示すように長さ l 、質量 M の一様な細長い棒の一端を支点とする剛体振り子がある。重力加速度を g 、振り子の角度を θ 、支点周りの剛体の慣性モーメントを I とする。剛体振り子が微小振動するときの運動方程式は

$$I \frac{d^2 \theta}{dt^2} = -Mg \frac{l}{2} \theta$$

となる。これより角振動数は

$$\omega = \sqrt{\frac{Mgl}{2I}}$$

となる。この剛体振り子の周期として、最も適切なものはどれか。

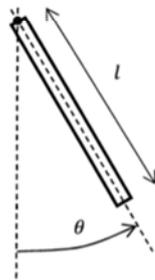


図 剛体振り子

- ① $2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ ② $2\pi \sqrt{\frac{3l}{2g}}$ ③ $2\pi \sqrt{\frac{2l}{3g}}$ ④ $2\pi \sqrt{\frac{2g}{3l}}$ ⑤ $2\pi \sqrt{\frac{3g}{2l}}$

まずはウォーミングアップです。 $\theta = a \times \sin(\omega t + c)$ として解くと、問題文に与えられている角振動数 ω が得られます。振り子の周期 T は、 $T = 2\pi / \omega = 2\pi \sqrt{2I / (Mg\ell)}$ です。

問題は、この系における慣性モーメント I の大きさです。慣性モーメント I はWeb情報より $M\ell^2 / 3$ となっています。この I を上式 T に代入すると周期 T として③が得られます。この問題は、慣性モーメントが導出できるか、あるいは知っているかを問う問題です。

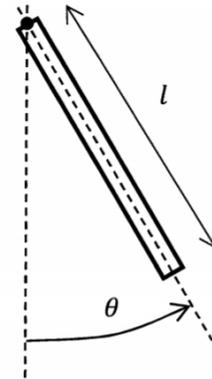


図 剛体振り子

(参考)

Web「剛体振り子の運動方程式を算出する (Tajima Robotics)」

18. 逆行列

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case			1					1
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
		1						

Case 1 H22-1-3-1, H25-1-3-4, H30-1-3-3

Case 1 逆行列

H30-1-3-3 正答 ②

I-3-3 行列 $A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ a & 1 & 0 \\ b & c & 1 \end{pmatrix}$ の逆行列として、最も適切なものはどれか。

- ① $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ a & 1 & 0 \\ ac-b & c & 1 \end{pmatrix}$ ② $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -a & 1 & 0 \\ ac-b & -c & 1 \end{pmatrix}$ ③ $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1-a & 1 & 0 \\ ac-b & 1-c & 1 \end{pmatrix}$
- ④ $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -a & 1 & 0 \\ ac+b & -c & 1 \end{pmatrix}$ ⑤ $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ a & 1 & 0 \\ ac+b & c & 1 \end{pmatrix}$

行列Aと逆行列A⁻¹の掛け算をすると、単位行列が得られます。下図は3行3列の行列の掛け算を示しています。

行列の掛け算

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11}b_{11} + a_{12}b_{21} + a_{13}b_{31} & a_{11}b_{12} + a_{12}b_{22} + a_{13}b_{32} & a_{11}b_{13} + a_{12}b_{23} + a_{13}b_{33} \\ a_{21}b_{11} + a_{22}b_{21} + a_{23}b_{31} & a_{21}b_{12} + a_{22}b_{22} + a_{23}b_{32} & a_{21}b_{13} + a_{22}b_{23} + a_{23}b_{33} \\ a_{31}b_{11} + a_{32}b_{21} + a_{33}b_{31} & a_{31}b_{12} + a_{32}b_{22} + a_{33}b_{32} & a_{31}b_{13} + a_{32}b_{23} + a_{33}b_{33} \end{pmatrix}$$

単位行列

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ \textcircled{0} & 1 & 0 \\ \boxed{0} & \triangle 0 & 1 \end{pmatrix}$$

まず、掛け算の結果、○で囲んだ部分がどうなるかを実際に計算してみました。この値が0でなければ解答候補から外れます。

- ① $a + a = 2a$ 、② $-a + a = 0$ 、③ $1 - a + a = 1$ 、
④ $-a + a = 0$ 、⑤ $a + a = 2a$

解答の候補として、②と④が残りました。

次いで、②と④について、□で囲んだ部分の値を計算しました。

- ② $ac - b - ac + b = 0$ 、④ $ac + b - ac + b = 2b$

従って、消去法で②が答として残ります。他の部分、例えば△などについての計算はしていません。

H25-1-3-4 正答 ⑤

I-3-4 行列 $A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$ の逆行列が存在する場合、その逆行列として正しいものはどれか。

- ① $\frac{1}{ad+bc} \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix}$ ② $\frac{1}{ad+bc} \begin{bmatrix} d & -c \\ -b & a \end{bmatrix}$
③ $\frac{1}{ad+bc} \begin{bmatrix} d & b \\ c & a \end{bmatrix}$ ④ $\frac{1}{ad-bc} \begin{bmatrix} d & b \\ c & a \end{bmatrix}$
⑤ $\frac{1}{ad-bc} \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix}$

行列Aの逆行列とは、 $AA^{-1}=E$ となる行列 A^{-1} をいいます。Eを単位行列といい、この問題では次の行列をいいます。

$$A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} e & f \\ g & h \end{bmatrix} \quad \text{とする。}$$

$$\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e & f \\ g & h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

これは、

$$\begin{bmatrix} ae + bg & af + bh \\ ce + dg & cf + dh \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

よって

$$ae + bg = 1, \quad af + bh = 0, \quad ce + dg = 0, \quad cf + dh = 0$$

これを解くと

$$\begin{aligned} e &= d / (ad - bc), & f &= -b / (ad - bc), \\ g &= -c / (ad - bc), & h &= a / (ad - bc) \end{aligned}$$

この結果を行列表示すると

$$A^{-1} = \frac{1}{ad - bc} \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix}$$

(答を引き出すヒント)

この問題、 $AA^{-1}=E$ の基本となるAを展開すると、 $A = ad - bc$ となります。同じくEを展開すると当然 $E = 1$ です。この結果から、 A^{-1} を展開すると $1 / (ad - bc)$ が存在するべきです。答の分数部分が $1 / (ad - bc)$ となっているのは④と⑤です。④で行列の掛け算をするとその結果にゼロが現れません。一方、⑤では対角部 (J_{12} と J_{21}) にゼロが現れますから、答は⑤となります。

19. 数式に関すること（計算に関する諸出題）

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	11 12 13	9 10		8				
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
	7		6	5	3 4		2	1

- | | | |
|------------------|-------------------|---------------------|
| Case 1 H16-1-3-3 | Case 6 H21-1-3-1 | Case 11 R01 再-1-1-1 |
| Case 2 H17-1-3-7 | Case 7 H23-1-3-3 | Case 12 R01 再-1-3-1 |
| Case 3 H19-1-3-4 | Case 8 H29-1-3-4 | Case 13 R01 再-1-4-3 |
| Case 4 H19-1-3-5 | Case 9 R01-1-1-6 | |
| Case 5 H20-1-3-4 | Case 10 R01-1-3-3 | |

Case 1 気体中での落下

H16-1-3-3 正答 ⑤

I-3-3 気体中の微小な球状粒子が自由落下するときの沈降速度は、粒子にかかる重力と粒子周囲の気流による抵抗力の釣り合いによって決まると考えられ、ストークス近似によれば抵抗力は $3\mu Du$ と与えられる。ここで、気体の粘性係数 μ 、粒子直径 D 、粒子速度 u である。なお、粒子材質の密度は気体密度よりも十分に大きく浮力の影響は無視できるものとする。このとき、同じ材質の粒子では直径が1/10になると沈降速度は []倍となる。

[]に当てはまる数値を次の中から選べ。

- ① 100 ② 10 ③ 1 ④ 1/10 ⑤ 1/100

粒子直径	受ける重力	粘性係数	粒子速度
D	体積に比例	μ	
1	1	1	1
1/10	1/1000	1	?
受ける重力 \propto 粒子直径 ³	.....		1/1000
抵抗力 $= 3 \times \mu \times D \times u$	.....		$1 \times 1/10 \times ?$

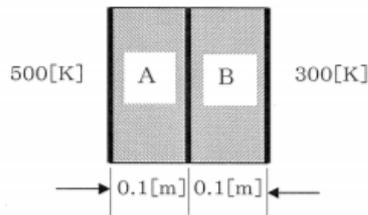
両者を等式で結ぶと、 $? = 1/100$ となります。

粒子直径が $1/10$ となると、その体積は $1/1000$ となり、重力から受ける力も $1/1000$ となります。一方、気体の粘性係数は一定。
従って、式をバランスさせるためには、 $? = 1/100$ としなければなりません。

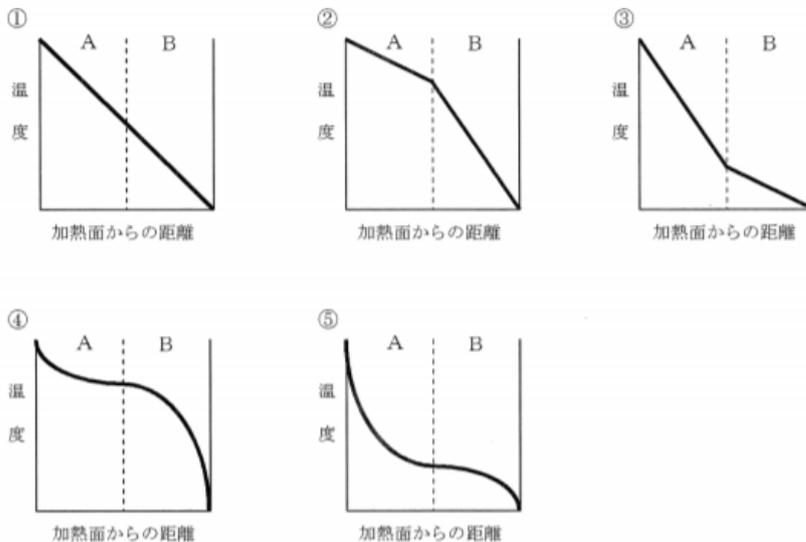
Case 2 熱伝導

H17-1-3-7 正答 ②

I-3-7 下図に示すように2種類の固体材料A, Bからなる壁の両面が加熱, 冷却されている。



このとき、壁内部の温度分布を表すグラフとして最も適切なものを選び。ただし、材料A, Bの内部材質は均一で熱伝導率はそれぞれ1.5[W/mK], 0.5[W/mK]で、厚みはいずれも0.1[m]とし、加熱・冷却面の温度はそれぞれ500[K], 300[K]とする。



これはそんなに難しい問題ではありません。理屈さえ理解すれば解けるようになります。

材料Aと材料Bの接点温度（固体材料Aと固体材料Bの接点）を T_m とすると、

$$Q = k_A A (T_A - T_m) / x_A = k_B A (T_m - T_B) / x_B$$

題意より、 $k_A = 1.5 \text{ W/mK}$ 、 $k_B = 0.5 \text{ W/mK}$ 、 $T_A = 500 \text{ K}$ 、 $T_B = 300 \text{ K}$ 、 $x_A = x_B = 0.1 \text{ m}$ です。従って、これらの数値を式に代入すると、
 $1.5 (500 - T_m) = 0.5 (T_m - 300)$
 となり、 $T_m = 450 \text{ K}$ となります。

Case 3 数式の変形と、大小関係

H19-1-3-4 正答 ④

I-3-4 次の数式中にある記号、【ア】～【ウ】に入れるべきものとして、適切な組合せを①～⑤の中から選べ。なお、 $a_1, a_2, \dots, a_n (n \geq 1)$ は任意の正の整数であるものとする。

$$\begin{aligned} & (1+a_1)(1+a_2)\cdots(1+a_n) \\ &= \text{【ア】} \left(\frac{1}{2} + \frac{a_1}{2}\right) \left(\frac{1}{2} + \frac{a_2}{2}\right) \cdots \left(\frac{1}{2} + \frac{a_n}{2}\right) \\ &= \text{【ア】} \left(1 + \frac{a_1-1}{2}\right) \left(1 + \frac{a_2-1}{2}\right) \cdots \left(1 + \frac{a_n-1}{2}\right) \\ & \text{【イ】} \text{【ア】} \left(1 + \frac{a_1-1}{2} + \frac{a_2-1}{2} + \cdots + \frac{a_n-1}{2}\right) \\ & \text{【イ】} \text{【ア】} \left(1 + \frac{a_1-1}{n+1} + \frac{a_2-1}{n+1} + \cdots + \frac{a_n-1}{n+1}\right) \\ &= \frac{\text{【ア】}}{\text{【ウ】}} (1+a_1+a_2+\cdots+a_n) \end{aligned}$$

	ア	イ	ウ
①	2^n	=	n
②	$2n$	≤	n
③	2^n	≥	n
④	2^n	≥	$n+1$
⑤	$2n$	≤	$n+1$

$$(1+a_1)(1+a_2)\cdots(1+a_n) \quad (1)$$

$$= \text{【ア】} \left(\frac{1}{2} + \frac{a_1}{2}\right) \left(\frac{1}{2} + \frac{a_2}{2}\right) \cdots \left(\frac{1}{2} + \frac{a_n}{2}\right) \quad (2)$$

$$= \text{【ア】} \left(1 + \frac{a_1-1}{2}\right) \left(1 + \frac{a_2-1}{2}\right) \cdots \left(1 + \frac{a_n-1}{2}\right) \quad (3)$$

$$\text{【イ】} \text{【ア】} \left(1 + \frac{a_1-1}{2} + \frac{a_2-1}{2} + \cdots + \frac{a_n-1}{2}\right) \quad (4)$$

$$\text{【イ】} \text{【ア】} \left(1 + \frac{a_1-1}{n+1} + \frac{a_2-1}{n+1} + \cdots + \frac{a_n-1}{n+1}\right) \quad (5)$$

$$= \frac{\text{【ア】}}{\text{【ウ】}} (1+a_1+a_2+\cdots+a_n) \quad (6)$$

難しそうな問題に見えますが、数式を忠実に追っていけば理解できます。
出題された数式に、上から順番に (1) ~ (6) と式番号を付けました。

(ア) () の数は $a_1 \sim a_n$ ですから n 個です。各括弧内を 2 で割っていますから、
答は 2^n となります。

(イ) 式 (3) で括弧内の式が変形されています。たとえば、最初のカッコ内では、
 $1/2 + a_1/2 \rightarrow 1 + (a_1 - 1)/2$
です。変形の前後において表現の仕方が変わっているだけです。
式 (4) では、() 内の式はすべての掛け算となります。

たとえば $n = 2$ の場合で、括弧内だけを考えると、

$$\begin{aligned} & (1 + (a_1 - 1)/2)(1 + (a_2 - 1)/2) \\ &= 1 + (a_1 - 1)/2 + (a_2 - 1)/2 + (a_1 - 1)/2 \times (a_2 - 1)/2 \\ &\geq 1 + (a_1 - 1)/2 + (a_2 - 1)/2 \end{aligned}$$

となります。 a_n は「正」の整数と定義されていますから $(a_n - 1)/2 \geq 0$ です。
従って、式 (3) から (4) への変形では「正」または「ゼロ」の値を持つ最後の項のが省略されていますので、答は「 \geq 」となります。

(ウ) 式 (5) から式 (6) では、そのまま $1/(n+1)$ が () 外に出てきたことは明白です。

Case 4 気体の定圧・定積熱容量比 γ を求める

H19-1-3-5 正答 ①

I-3-5 気体の定圧熱容量と定積熱容量の比は、通常 γ と表示される。空気の γ を求めるための次の実験の説明について、 ~ に入れる語句として最も適切な組合せを①~⑤の中から選べ。

次頁の図のようにガラス瓶にコルクの栓をし、これに断面積 A のガラス管を垂直上向きに立てた後、ガラス管にピストンの役目をする金属球を入れる。ただし、ガラス管と金属球との間には隙間が無く、摩擦も無視できるものと仮定する。

金属球が平衡位置から移動したときの を y (上方を正とする) とすると、金属球によって閉じ込められた空気の体積増加 ΔV は次式で表される。

$$\Delta V = yA$$

また、このときの内部圧力の変化を ΔP とすると、金属球に作用する力 (上方を正とする) F は

$$F = A\Delta P$$

で与えられる。ここで、空気が理想気体であり、金属球の平衡位置からのずれが十分小さいと仮定すると、金属球によって閉じ込められた空気の平衡状態での体積 \bar{V} と圧力 \bar{P} を用いて

$$\Delta P = -\frac{\gamma \bar{P} \Delta V}{\bar{V}}$$

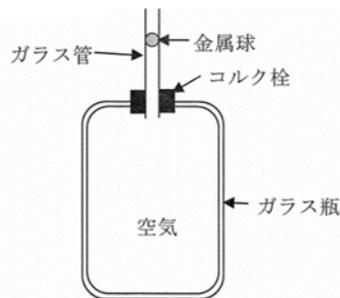
の関係が成立する。以上の式を用いると F は以下のように求まる。

$$F = -\frac{\gamma \bar{P} A^2}{\bar{V}} y$$

本式は、変位に比例する力で金属球が ことを意味する。したがって、金属球は し、その周期 τ は次式で与えられる。

$$\tau = \frac{2\pi\sqrt{m\bar{V}}}{\sqrt{\gamma\bar{P}A^2}}$$

ここで、 m は金属球の質量である。この式を用いれば、金属球の周期を測定することによって、空気の γ を求めることができる。



ア	イ	ウ
① 平衡位置からのずれ	引き戻される	単振動
② 位置エネルギーの増大	引き離される	放物運動
③ 平衡位置からのずれ	引き戻される	放物運動
④ 位置エネルギーの増大	引き戻される	放物運動
⑤ 平衡位置からのずれ	引き離される	単振動

言葉の意味を知れば解ける問題です。なお、この問題文は丸2ページにもわたり、今までに出題された問題の中で最長のものです。数式そのものはわからなくても (イ) さえわかればこの問題は正解できます。

(ア) 移動するものをと問われていますから、「平衡位置からのずれ」です。「位置のエネルギーの増大」は移動するとはいいません。 $\Delta V = y A$ で、 ΔV は体積変化、 A が断面積ですから y は距離となります。

(イ) y (上方を正とする) と定義されていますから、マイナス記号が付いていれば「引き戻される」です。 $F = -k y$ ($k = \gamma P A^2 / V$ で正) です。

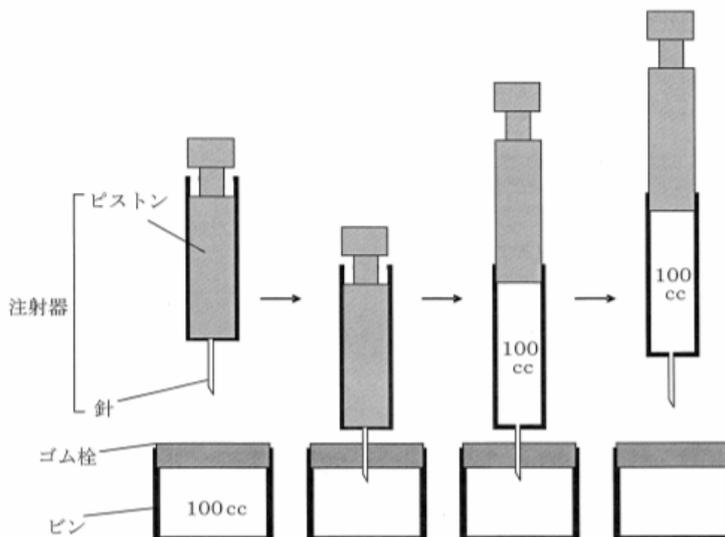
(ウ) 周期と書かれていますから「単振動」です。(イ) で示した $F = -k y$ はフックの式です。

Case 5 体積×圧力＝一定

H20-1-3-4 正答 ③

I-3-4 変形しない材料でできたピンの入口に、ゴム栓が取り付けられた密封容器があり、内部には大気と同じ圧力と温度で100ccの空気が入っているものとする。また、それとは別に、空気が入っていない状態にしてある針付きの注射器を用意し、その針の部分ゴム栓に差し込み、ピン内部の空気を注射器内に100cc引き込んだところで、針をゴム栓から引き抜いた。このとき、ピン内部の状態を表す①～⑤の記述のうち、正しいものを選び。なお、一連の動作中に空気のもれはないものとし、ピン・ゴム栓・注射器と大気の間は断熱であるとする。また、注射器の針の中の空気の体積は微量であり無視してよい。

- ① ピン内は真空になっている。
- ② ピン内には、注射器を差し込む前のほぼ10%の質量の空気が残っている。
- ③ ピン内には、注射器を差し込む前の半分の質量の空気が残っている。
- ④ ピン内部の圧力は大気圧力のままである。
- ⑤ ピン内部の温度は大気温度のままである。



中学校の理科レベルの問題となっています。

ビンの中にあった常圧（1気圧）、100ccの空気は、操作の後に200cc（ビンの体積100cc + 注射器の体積100cc）となりました。従って、操作後の圧力は0.5気圧であり、ビンの中には最初の量の半分の量（質量）の空気が残っています。

Case 6 理想気体の可逆断熱変化

H21-1-3-1 正答 ②

I-3-1 比熱を一定と仮定した理想気体が可逆断熱変化する場合について、一般的に成立する式として最も適切なものを①～⑤の中から選べ。なお、 P 、 V 、 T 、 κ はそれぞれ、圧力、体積、温度、比熱比とする。

- ① $PV^{\kappa-1} = \text{一定}$ ② $TV^{\kappa-1} = \text{一定}$ ③ $PV^{\kappa+1} = \text{一定}$
④ $PT^{\kappa} = \text{一定}$ ⑤ $TV^{\kappa} = \text{一定}$

この問題は、答を知っているかどうか問われています。

$$TV^{(\kappa-1)} = \text{一定}$$

κ は定圧比熱 C_p と定容比熱 C_v の比（ C_p/C_v ）で、 $C_p - C_v = R$ （ R は気体定数）の関係があります。教科書によっては、この κ を γ と表記しています。

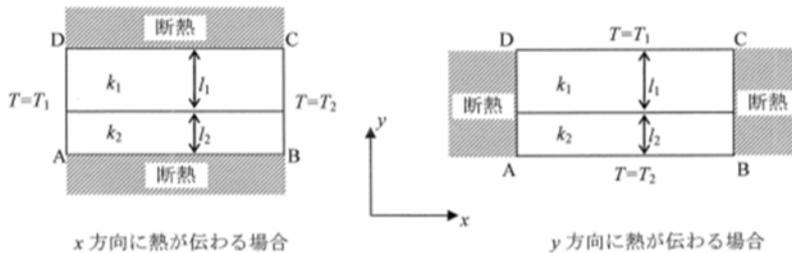
なお、この式を導き出そうとすると少し長い計算が必要となります。

Case 7 熱伝導式

H23-1-3-3 正答 ⑤

I-3-3 下図に示すような熱伝導率の異なる2種類の材料で構成される二次元矩形領域 ABCD の熱伝導問題を考える。各材料の熱伝導率をそれぞれ k_1 , k_2 , 厚さをそれぞれ l_1 , l_2 とする。温度 T が面 AD で T_1 , 面 BC で T_2 に維持されており x 方向に熱が伝わる場合の平均熱伝導率 k_x と, 温度 T が面 AB で T_2 , 面 DC で T_1 に維持されており y 方向に熱が伝わる場合の平均熱伝導率 k_y の組合せとして正しいものはどれか。ただし, $T_1 \neq T_2$ であり, 温度が与えられない面は断熱条件とする。また, 材料境界面で温度は連続とする。

- ① $k_x = \frac{k_1 l_2 + k_2 l_1}{l_1 + l_2}$ $k_y = \frac{k_1 l_1 + k_2 l_2}{l_1 + l_2}$
- ② $k_x = \frac{l_1 + l_2}{\frac{l_2}{k_1} + \frac{l_1}{k_2}}$ $k_y = \frac{k_1 l_2 + k_2 l_1}{l_1 + l_2}$
- ③ $k_x = \frac{k_1 l_1 + k_2 l_2}{l_1 + l_2}$ $k_y = \frac{l_1 + l_2}{\frac{l_2}{k_1} + \frac{l_1}{k_2}}$
- ④ $k_x = \frac{l_1 + l_2}{\frac{l_2}{k_1} + \frac{l_1}{k_2}}$ $k_y = \frac{k_1 l_1 + k_2 l_2}{l_1 + l_2}$
- ⑤ $k_x = \frac{k_1 l_1 + k_2 l_2}{l_1 + l_2}$ $k_y = \frac{l_1 + l_2}{\frac{l_1}{k_1} + \frac{l_2}{k_2}}$



これはそんなに難しい問題ではありません。理屈さえ理解すれば解けるようになります。

単位時間あたりに伝わる熱量 Q は

$$Q = k A (T_2 - T_1) / \ell$$

で表されます。ここに、 A は断面積、 k は熱伝導率、 $T_2 - T_1$ は温度差、 ℓ は熱が伝わる距離 (厚さ) です。 $(T_2 - T_1) / \ell$ は温度勾配を表しています。

x 方向に熱が伝わる場合は、 $\ell = \ell_1 + \ell_2$ ですので

$$Q = k_1 A (T_2 - T_1) \ell_1 / \ell + k_2 A (T_2 - T_1) \ell_2 / \ell$$

$$= (k_1 \ell_1 + k_2 \ell_2) / (\ell_1 + \ell_2) \times A (T_2 - T_1)$$

従って

$$k_x = (k_1 \ell_1 + k_2 \ell_2) / (\ell_1 + \ell_2)$$

この段階で、答は③か⑤のどちらかに答は絞り込まれます。

y 方向に熱が伝わる場合には、中間の温度を T_m とすると、 $\ell = \ell_1 + \ell_2$ と、断面積当たり
に流れる熱量は変化しないことより、

$$Q = k_1 A (T_m - T_1) / \ell_1 = k_2 A (T_2 - T_m) / \ell_2$$

$$= (T_2 - T_1) / (\ell_1 / (k_1 A) + \ell_2 / (k_2 A))$$

$$= (\ell_1 + \ell_2) / ((\ell_1 / k_1) + (\ell_2 / k_2)) A (T_2 - T_1) / (\ell_1 + \ell_2)$$

従って、

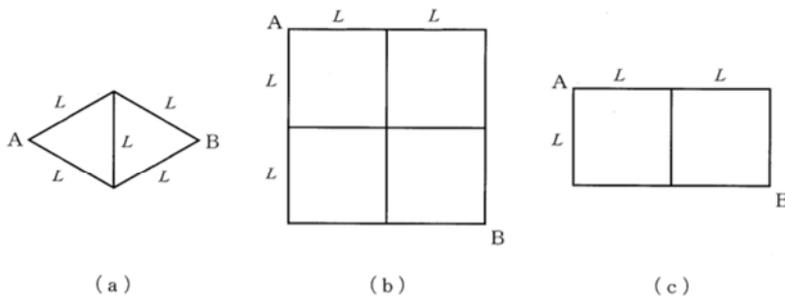
$$k_y = (\ell_1 + \ell_2) / ((\ell_1 / k_1) + (\ell_2 / k_2))$$

となります。

Case 8 合成抵抗を求める

H29-1-3-4 正答 ②

I-3-4 長さが L 、抵抗が r の導線を複数本接続して、下図に示すような 3 種類の回路
(a)、(b)、(c) を作製した。(a)、(b)、(c) の各回路における AB 間の合成抵抗
の大きさをそれぞれ R_a 、 R_b 、 R_c とするとき、 R_a 、 R_b 、 R_c の大小関係として、最も適切な
ものはどれか。ただし、導線の接合点で付加的な抵抗は存在しないものとする。



- ① $R_a < R_b < R_c$
- ② $R_a < R_c < R_b$
- ③ $R_c < R_a < R_b$
- ④ $R_c < R_b < R_a$
- ⑤ $R_b < R_a < R_c$

技術士一次試験・基礎科目において、電気関係の唯一の出題です。

普通に思いつく一般的解法においては、A点とB点を持って両方に引っ張れば一般的解法の(a)(b)の図が出来上がり、その合成抵抗はそれぞれ r および $1.5r$ と求まる。

(c)についてはこの方法は使えないので、図の○印を中心に点対称であることを利用すると、合成抵抗は $1.4r$ と求まり、答は $R_a < R_c < R_b$ となる。問題は、この方法で4分以内に答に至ることができるか、である。

i_1 、 i_2 、 i_3 とします。そうすると、次の式が成り立ちます。

$$i = i_1 + i_2$$

$$i_1 = i_2 + i_3$$

X-Y間の電圧降下より

$$r \times i_1 = 2r \times i_2 - r \times i_3$$

これを解くと、

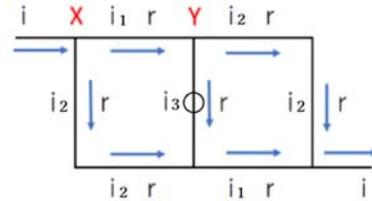
$$i_1 = 0.6i, \quad i_2 = 0.4i, \quad i_3 = 0.2i$$

となります。

電流の入り口から出口までの電圧降下は、入り口からYを経て出口までを計算すると

$$\text{電圧降下} = r \times i_1 + 2 \times r i_2 = 1.4ri \text{ となります。}$$

念のために、どの経路を辿って計算しても $1.4ri$ となります。



ヒラメキ解法は(b)の破線丸印で囲った部分が(a)と同形であることを利用します。

結果は一目瞭然で、これならば短時間で答に至ることができます。

	(a)	(b)	(c)
出題			
一般的解法	$R_a = r$ $\frac{r}{2} \parallel \frac{r}{2}$ $A \text{ --- } B$	$R_b = 1.5r$ $\frac{r}{2} \parallel \frac{r}{4} \parallel \frac{r}{4} \parallel \frac{r}{2}$ $A \text{ --- } B$	
ヒラメキ解法			

R a、R b、R c の大小関係が問われているのであって、それぞれの合成抵抗の大きさが問われているわけではないところが、この問題を解くためのポイントです。

Case 9 人名のついた数式

R s 正答 ③

I-1-6 次の (ア) ~ (ウ) の説明が対応する語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

(ア) ある一変数関数 $f(x)$ が $x=0$ の近傍において何回でも微分可能であり、適当な条件の下で以下の式

$$f(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{f^{(k)}(0)}{k!} x^k$$

が与えられる。

(イ) ネイピア数 (自然対数の底) を e 、円周率を π 、虚数単位 (-1 の平方根) を i とする。このとき

$$e^{i\pi} + 1 = 0$$

の関係が与えられる。

(ウ) 関数 $f(x)$ と $g(x)$ が、 c を端点とする开区間において微分可能で

$$\lim_{x \rightarrow c} f(x) = \lim_{x \rightarrow c} g(x) = 0 \quad \text{あるいは} \quad \lim_{x \rightarrow c} f(x) = \lim_{x \rightarrow c} g(x) = \infty \quad \text{のいずれかが満たされるとする。}$$

このとき、 $f(x)$ 、 $g(x)$ の 1 階微分を $f'(x)$ 、 $g'(x)$ とし、 $g'(x) \neq 0$ の場合に、

$$\lim_{x \rightarrow c} \frac{f'(x)}{g'(x)} = L \text{ が存在すれば、} \lim_{x \rightarrow c} \frac{f(x)}{g(x)} = L \text{ である。}$$

	ア	イ	ウ
①	ロピタルの定理	オイラーの等式	フーリエ級数
②	マクローリン展開	フーリエ級数	オイラーの等式
③	マクローリン展開	オイラーの等式	ロピタルの定理
④	フーリエ級数	ロピタルの定理	マクローリン展開
⑤	フーリエ級数	マクローリン展開	ロピタルの定理

マクローリン展開、オイラーの等式は有名です。この 2 つを知っていれば解答③が出てきます。

ロピタルの定理は耳慣れないですが、Wikipedia では次のようになっています。

ロピタルの定理とは、微分積分学において不定形の極限を微分を用いて求めるための定理である。本定理を適用することにより、不定形の式を非不定形の式に変換し、その極限値を容易に求めることができる可能性がある。

Wikipedia の説明でも意味するところがかみきれません。「高校数学の美しい物語」より

ロピタルの定理（大雑把バージョン）：

$$\lim_{x \rightarrow a} \frac{f(x)}{g(x)} \text{ が } \frac{0}{0} \text{ または } \frac{\infty}{\infty} \text{ の不定形で「ある条件」を満たせば,}$$

$$\lim_{x \rightarrow a} \frac{f(x)}{g(x)} = \lim_{x \rightarrow a} \frac{f'(x)}{g'(x)}$$

これは高校時代に問題を解くために非常手段として用いていた方法です。

(参考)

テイラーの定理

$$f(x) = f(a) + f'(a)(x-a) + \frac{f''(a)}{2!}(x-a)^2 + \cdots + \frac{f^{(n)}(a)}{n!}(x-a)^n + R_{n+1}(x)$$

マクローリンの定理（テイラーの定理で $a = 0$ ）

$$f(x) = f(0) + f'(0)x + \frac{f''(0)}{2!}x^2 + \cdots + \frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n + R_{n+1}(x)$$

Case 10 粘性液体中での等速運動

R01-1-3-3 正答 ①

I-3-3 物体が粘性のある流体中で低速で落下運動するとき、物体はその速度に比例する抵抗力を受けるとする。そのとき、物体の速度を v 、物体の質量を m 、重力加速度を g 、抵抗力の比例定数を k 、時間を t とすると、次の方程式が得られる。

$$m \frac{dv}{dt} = mg - kv$$

ただし m 、 g 、 k は正の定数である。物体の初速度がどんな値でも、十分時間が経つと一定の速度に近づく。この速度として最も適切なものはどれか。

- ① $\frac{mg}{k}$ ② $\frac{2mg}{k}$ ③ $\frac{\sqrt{mg}}{k}$ ④ $\sqrt{\frac{mg}{k}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{2mg}{k}}$

等速運動は、 $dv/dt = 0$ 、従って $mg = kv$ 、よって $v = mg/k$ 。

Case 11 数式の大小比較

R01 再-1-1-1 正答 ⑤

I-1-1 次の各文章における□の中の記号として、最も適切なものはどれか。

1) n 個の非負の実数 a_1, a_2, \dots, a_n に関して

$$\sqrt[n]{a_1 a_2 \cdots a_n} \quad \text{ア} \quad \frac{a_1 + a_2 + \cdots + a_n}{n}$$

の関係が成り立つ。

2) $0 < \theta \leq \pi/2$ において

$$\frac{\sin \theta}{\theta} \quad \text{イ} \quad \frac{2}{\pi}$$

の関係が成り立つ。

3) ある実数区間 R で微分可能な連続関数 $f(x)$ が定義され、 $f(x)$ の x での 2 階微分 $f''(x)$ につき、 $f''(x) > 0$ であるものとする。このとき実数区間 R に属する異なる 2 点 x_1, x_2 について

$$f\left(\frac{x_1 + x_2}{2}\right) \quad \text{ウ} \quad \frac{f(x_1) + f(x_2)}{2}$$

の関係が成り立つ。

- | | | | |
|---|--------|--------|--------|
| | エ | イ | ウ |
| ① | \leq | $=$ | $=$ |
| ② | \leq | \geq | $=$ |
| ③ | $=$ | \leq | $<$ |
| ④ | $<$ | $=$ | \geq |
| ⑤ | \leq | \geq | $<$ |

私なりの簡便法で解きます。

1) a_1 と a_2 のみからなる式を考えます。 $a_1 = 2$ 、 $a_2 = 2$ とすると左辺 = 2、右辺 = 2 で「ア」の符号は「=」、 $a_1 = 2$ 、 $a_2 = 8$ とすると左辺 = 4、右辺 = 5 で「ア」の符号は「<」

従って、「ア」は「 \leq 」となります。

参考までに、変数が a と b の 2 つの場合、式の誘導は次のようになります。

$$(a + b)^2 - 4ab = (a - b)^2$$

です。ここで、 $(a - b)^2 \geq 0$ ですから

$$(a + b)^2 - 4ab \geq 0$$

これを变形すると

$$\sqrt{ab} \leq (a + b) / 2$$

です。

2) $\theta = \pi/4$ とすると左辺 = $2\sqrt{2}/\pi$ で「イ」は「>」、 $\theta = \pi/2$ とすると左辺 = $2/\pi$ で「イ」は「=」。従って、「イ」は「 \geq 」となります。

参考までに、数学的な解法は、 $\lim_{\theta \rightarrow +0} \sin(\theta)/\theta = 1$ を用います。
 その後、0 から $\pi/2$ までの $\sin(\theta)$ と θ のグラフを描きます。 $\theta = 0$ の時に両者の傾きは1で等しくなりますが、それ以外の区間では $\sin(\theta) < \theta$ です。
 両者の開きが一番大きくなるのが、 $\theta = \pi/2$ の時で、
 その比率は、 $\sin(\pi/2) / (\pi/2) = 2/\pi$ です。
 すなわち、 θ が0 から $\pi/2$ において $\sin(\theta) / \theta \geq 2/\pi$ です。

3) $f(x) = x^2$ とします。 $f''(x) = 2 > 0$ となり、与えられた条件を満たしている $f(x)$ です。 $f(x)$ をグラフにすると下に凸な放物線です。
 $x_1 = 1$ 、 $x_2 = 3$ とすると
 右辺 = $(1^2 + 3^2) / 2 = 5$ 、左辺 = $((1 + 3) / 2)^2 = 4$
 従って、「ウ」は「<」です。

グラフが下に凸な放物線で、 $(x_1 + x_2) / 2$ が x_1 と x_2 の中点であることを考えると、当然の帰結です。

Case 12 導関数

R01 再-1-3-1 正答 ⑤

I-3-1 関数 $f(x)$ とその導関数 $f'(x)$ が、次の関係式を満たすとする。

$$f'(x) = 1 + \{f(x)\}^2$$

$f(0) = 1$ のとき、 $f(x)$ の $x = 0$ における2階微分係数 $f''(0)$ と3階微分係数 $f'''(0)$ の組合せとして適切なものはどれか。

- ① $f''(0) = 2$, $f'''(0) = 4$
- ② $f''(0) = 2$, $f'''(0) = 6$
- ③ $f''(0) = 2$, $f'''(0) = 8$
- ④ $f''(0) = 4$, $f'''(0) = 12$
- ⑤ $f''(0) = 4$, $f'''(0) = 16$

問題文より

$$y' = 1 + y^2 \qquad y = 1$$

この両辺を微分すると、

$$y'' = 2 y y'$$

さらに微分すると

$$y''' = 2 y' 2 + 2 y y''$$

少し見づらいなので、 $y = a$ 、 $y' = b$ 、 $y'' = c$ 、 $y''' = d$ とすると

$$b = 1 + a^2$$

$$c = 2 a b$$

$$d = 2 b^2 + 2 a c$$

まず求めたいのは y'' (すなわち c) の値です。

$$c = 2 a b = 2 a (1 + a^2)$$

$$a = 1 (y = 1) \text{ なので、} c = 4 \quad (y'' = 4)$$

次に求めたいのは y''' (すなわち d) の値です。

y''' (d) を a (すなわち y) で表される式に変形します。

$$d = 2 (1 + a^2)^2 + 2 a (2 a (1 + a^2))$$

$a = 1 (y = 1)$ なので、 $y''' = 8 + 8 = 16$ となります。

(参考)

$$(f(x) g(x))' = f'(x) g(x) + f(x) g'(x)$$

Case 13 ギブズの自由エネルギー式

R01 再-1-4-3 正答 ②

I-4-3 標準反応エントロピー ($\Delta_r S^\ominus$) と標準反応エンタルピー ($\Delta_r H^\ominus$) を組合せると、標準反応ギブズエネルギー ($\Delta_r G^\ominus$) は、

$$\Delta_r G^\ominus = \boxed{\text{ア}} - \boxed{\text{イ}}$$

で得ることができる。 $\boxed{\quad}$ に入る文字式の組合せとして、最も適切なものはどれか。ただし、 T は絶対温度である。

	<u>ア</u>	<u>イ</u>
①	$\Delta_r H^\ominus$	$\Delta_r S^\ominus$
②	$\Delta_r H^\ominus$	$T \times \Delta_r S^\ominus$
③	$\Delta_r H^\ominus$	$T^2 \times \Delta_r S^\ominus$
④	$T \times \Delta_r H^\ominus$	$\Delta_r S^\ominus$
⑤	$T^2 \times \Delta_r H^\ominus$	$\Delta_r S^\ominus$

熱力学の基本公式 $\Delta G = \Delta H - T \Delta S$
教科書の一番最初に出てくる公式です。

第4群 材料・化学・バイオ

この第4群を苦手とする受験者は多いようです。特に化学には多くの元素や原子、分子が登場し、それらが縦横無尽に手をつなぎあうので、どう勉強すればよいのかと入り口でアレルギー症状を起こしていることもあるようです。確かに、化学は経験の学問です。その証拠に、錬金術が発展し今日に至っているのですから。

しかしながら混とんとした化学の世界にも、長い年月の間に多くの知見が集まり、情報が整理され、万人に理解できる学問となっていると私は感じています。その整理された形になった知識がこの基礎科目では出題されています。化学に関しては、まずその基本として、「原子分子の構造と性質」から話をスタートします。出題された問題にあたり、どの問題がわかり、どの問題が理解できないかの識別をしていくところから始めてください。

バイオに関しては、比較的論理的な学問であるにとらえることができるのではないのでしょうか。生物学という学問は多くを記憶しなければいけませんでしたが、バイオは理詰めの学問に近づいています。生物学ではなくバイオであってくれてよかった、と思っています。その視点で、問題を見てください。

この群では、できる問題とできない問題を明確にし、繰り返し学習によりできない問題の数を減らしていくことになります。

1. 原子分子の構造と性質

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	1	1 1			1			
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
		1	1			1	1 1	1 1

Case 1 H16-1-4-3, H16-1-4-4, H17-1-4-1, H17-1-4-2,, H18-1-4-1, H21-1-4-1
H22-1-4-1, H28-1-4-2, R01-1-4-1, R01-1-4-2, R01再-1-4-1

Case 1 原子分子の構造と性質

原子番号、原子量、周期律

H28-1-4-2 正答 ④

I-4-2 原子に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。ただし、元素記号の左下に原子番号を、左上に質量数を記している。

- ① ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ と ${}^{40}_{18}\text{Ar}$ の中性子の数は等しい。
- ② ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ と ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ の中性子の数は等しい。
- ③ ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ と ${}^{40}_{18}\text{Ar}$ は互いに同位体である。
- ④ ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ と ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ の電子の数は等しい。
- ⑤ ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ と ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ は互いに同素体である。

元素記号の左横に2つの数字が並んでいます。下が原子番号、上が質量数です。

原子番号は陽子の数、質量数は陽子+中性子の数、そして原子が中性である（荷電していない）ならば電子の数=陽子の数です。

- ① $40 - 20 \neq 40 - 18$
- ② $35 - 17 \neq 37 - 17$
- ③ 全くの無関係
- ④ 電子の数=陽子の数=原子番号
従って、 $17 = 17$ は正しい。
- ⑤ これを同位体という。同素体とは、たとえば炭素でいうとグラファイト、ダイヤモンド、フラーレンの関係。

H18-1-4-1 正答 ④

I-4-1 周期表上の元素の一般的な性質に関する次の記述のうち、最も適切なものを選び。

- ① 原子番号が1つ増すと、原子量も同様に1つ増える。
- ② 最も左の列に属するアルカリ金属には、イオン化エネルギーが大きなものが多い。
- ③ 原子番号が近接している非金属元素同士は、その化学的性質が類似している。
- ④ 縦の列が同じ元素同士は価電子数が等しく、化学的性質が類似しているものが多い。
- ⑤ 常温において固体の元素は、原子番号が大きくなるほど、密度が増大する傾向にある。

- ① 「原子番号が1つ増すと、原子量も同様に1つ増える。」は誤り。

原子量は ^{12}C を基準に決められた質量の相対値であるので、実数である。整数になるとは限らない。

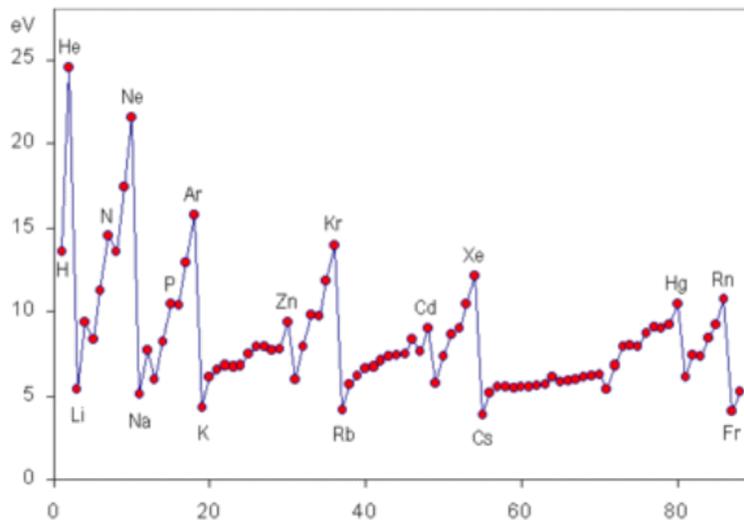
整数にならない理由としては、まず原子核を構成する陽子と中性子の質量に若干ではあるが質量差があることです。陽子の質量は $1.6726 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 、中性子の質量は $1.6749 \times 10^{-27} \text{ kg}$ です。

さらに同位体が存在するので、このルールは当てはまりません。炭素Cの原子量は12.0107であり、12.0000とはなっていません。この理由は炭素Cには ^{12}C が98.9%と ^{13}C が1.1%存在するためです。

- ② 「最も左の列に属するアルカリ金属には、イオン化エネルギーが大きなものが多い。」は誤り。

アルカリ金属のイオン化エネルギーは、他の元素に比べて小さい。

イオン化エネルギー



- ③ 「原子番号が近接している非金属元素同士は、その化学的性質が類似している。」は誤り。

そもそも原子番号が一つ増減すると、その元素の属する周期表上の属が横方向に移動します。周期律表上で所属している属が変わるということは、元素の性質が大きく変わるということです。 ${}^1\text{H}$ と ${}^2\text{He}$ 、 ${}^2\text{He}$ と ${}^3\text{Li}$ など、原子番号が近くても周期律表で右と左に分かれるケースもあります。

周期律表

	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8						1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	0		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
1	H 水素																			He ヘリウム			
2	Li リチウム	Be ベリリウム																B ボロン	C 炭素	N 窒素	O 酸素	F フッ素	Ne ネオン
3	Na ナトリウム	Mg マグネシウム																Al アルミニウム	Si ケイ素	P リン	S 硫黄	Cl 塩素	Ar アルゴン
4	K カリウム	Ca カルシウム	Sc スカンジウム	Ti チタン	V バナジウム	Cr クロム	Mn マンガン	Fe 鉄	Co コバルト	Ni ニッケル	Cu 銅	Zn 亜鉛	Ga ガリウム	Ge ゲルマニウム	As ヒ素	Se セレン	Br 臭素	Kr クリプトン	21	22	23		
5	Rb ルビジウム	Sr ストロンチウム	Y イットリウム	Zr ジルコニウム	Nb ニオブ	Mo モリブデン	Tc テクネチウム	Ru ルルチウム	Rh ロジウム	Pd パラジウム	Ag 銀	Cd カドミウム	In インジウム	Sn スズ	Sb アンチモン	Te テルル	I ヨウ素	Xe キセノン	24	25	26		
6	Cs セシウム	Ba バリウム	L ランタノイド	Hf ハフニウム	Ta タンタル	W タングステン	Re レニウム	Os オスマニウム	Ir イリジウム	Pt 白金	Au 金	Hg 水銀	Tl タリウム	Pb 鉛	Bi ヒ素	Po ポロニウム	At アスタチン	Rn ラドン	27	28	29		
7	Fr フランシウム	Ra ラジウム	A アクチノイド	Rf ラザフォード	Db ドブニウム	Sg シーボーギウム	Bh ボーリウム	Hs ハッシウム	Mt マイテナリウム	Ds ダームスタチウム	Rg レントゲニウム	Cn コペルニシウム	Nh ニホニウム	Fl フルロビウム	Mc モスコビウム	Lv リバモリウム	Ts テネシウム	Og オガネソン	30	31	32		
	アルカリ金属	アルカリ土類金属	希土類	チタン族	バナジウム族	クロム族	マンガン族	鉄族 (上3元素) 白金族 (中6元素)				銅族	亜鉛族	アルミニウム族	ガリウム族	ゲルマニウム族	アンチモン族	ヒ素族	ポロニウム族	ラドン族	不安定ガス		
	L ランタノイド	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71							
	A アクチノイド	Ac アクチニウム	Th トリウム	Pa プロトアクチニウム	U ウラン	Np ネプツニウム	Pu プルトニウム	Am アメリシウム	Cm キュロリウム	Bk バークリウム	Cf カリホルニウム	Es アインシュタイン	Fm フェルミウム	Md メンデレビウム	No ノーベリウム	Lr ローレンシウム							

④ 縦の列が同じ元素同士は価電子数が等しく、化学的性質が類似しているものが多い。たとえば、H21-1-4-1の17族ハロゲンの例(次ページ)がそれです。

⑤ 「常温において固体の元素は、原子番号が大きくなるほど、密度が増大する傾向にある。」は誤り。

証拠を探せば、元素(密度)で、 $_{11}\text{Na}$ (0.97)、 $_{12}\text{Mg}$ (1.74)、 $_{13}\text{Al}$ (2.70)、 $_{14}\text{Si}$ (2.33)、 $_{15}\text{P}$ (1.82~2.69、結晶形により変わります)、 $_{16}\text{S}$ (1.92~2.07、結晶形により変わる)がその一例です。Alに密度の極大があります。

参考までに、同族に関しては下に行くほど密度が大きくなっています。たとえば、周期律の13族を上から下に下っていけば、B (2.08)、Al (2.70)、Ga (5.91)、In (7.31)、Tl (11.85)ということで、周期律の下に行くほど密度が大きくなる傾向にあります。

水素の性質

H16-1-4-4 正答 ⑤

I-4-4 水素原子、水素分子、又は水素イオン(水溶液中ではヒドロニウムイオン) いずれかについて説明した次の文章のうち、下線部分が最も不適切なものはどれか。

- ① 水素分子は、常温常圧で無色無臭の気体である。
- ② 水素イオンは、常温常圧の水中で平衡によって生じる。
- ③ 水素原子は、水分子の構成要素であり、酸素原子1個に対して2個結合している。
- ④ 水素原子には、質量数1, 2, 及び3のものが存在し、いずれも陽子1個を含む。
- ⑤ 水溶液中の水素分子の濃度の指標として、pHが用いられる。

- ⑤ 「水溶液中の水素分子の濃度の指標として、pHが用いられる。」は誤り。
水素分子は H_2 です。安定な分子です。従って、「水素」は「水素イオン (H^+) 濃度」の誤りです。 $pH = -\log[H^+]$ 。
なお、数学的にはこの対数は10を底とする常用対数で、 $pH = -\log_{10}[H^+]$ と記されるべきところですが、化学の分野ではこの底を省略して記述される場合が多いです。

ハロゲンの性質

H21-1-4-1 正答 ①

I-4-1 ハロゲンに関する(ア)～(エ)の記述について、正しいものの組合せを①～⑤の中から選べ。

- (ア) ハロゲン原子の電気陰性度は大きいものからF, Cl, Br, Iの順である。
(イ) ハロゲン分子の酸化力は強いものから F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 の順である。
(ウ) ハロゲン化水素の水溶液の酸性は強いものからHF, HCl, HBr, HIの順である。
(エ) ハロゲン化水素の沸点は高いものから HF, HCl, HBr, HIの順である。

- ① ア, イ ② ア, ウ ③ イ, ウ ④ イ, エ ⑤ ウ, エ

(ウ) ハロゲン化水素の水溶液の酸性は強いものからHF、HCl、HBr、HIの順ではなく、その逆のHI、HBr、HCl、HFの順です。

(エ) ハロゲン化水素の沸点は高いものからHF、HCl、HBr、HIの順ではなく、HF、HI、HBr、HClの順です。
フッ素原子(F)は電気陰性度が大きく、 $F-H \cdots F$ の水素結合を形成するため、沸点が高くなります。

第17族元素 ハロゲン類

X	F	Cl	Br	I
電気陰性度	4.1	2.83	2.74	2.21
X ₂ の酸化力 還元電位(V)	2.89	1.40	1.10	-35.1
HXの酸性度 pKa	弱酸 3.14	強酸 -3.0; -5.9(±0.4)	強酸 -8.8(±0.8); ~-9	強酸 -10 (in water, estimate); -9.5(±1.0)
HXの沸点(°C)	19.5	-85.1	-67.1	-35.1

1. 酸化力: $X_2(aq) + 2e \rightarrow 2X^-(aq)$

相手から電子を取る力 相手は酸化される

2. HCl, HBr, HIのpKa値は英語版Wikipediaから得た

分子の構成元素

H16-1-4-3 正答 ①

I-4-3 次の物質のうち種類の元素のみでできているといえるものはどれか。

- ① フラーレン ② 酸化チタン ③ メタノール
④ 石灰岩 ⑤ 石英ガラス

設問の化合物の化学式を示します。

- ① フラーレン C_{60} 、 ② 酸化チタン (IV) SiO_2 (IVは Si^{4+})
③ メタノール CH_3OH 、 ④ 石灰岩 $CaCO_3$
⑤ 石英ガラス SiO_2

石灰岩

炭酸カルシウム ($CaCO_3$ 、方解石または霰石 (あられ石)) を50%以上含む堆積岩です。

大理石

石灰石を源岩とする変成岩 (結晶質石灰岩) の石材としての一般的な呼称です。大理石は古代より建築や彫刻に使われています。

炭素の同素体には

ダイヤモンド、グラファイト、フルラーレン、カーボンナノチューブなどがあります。

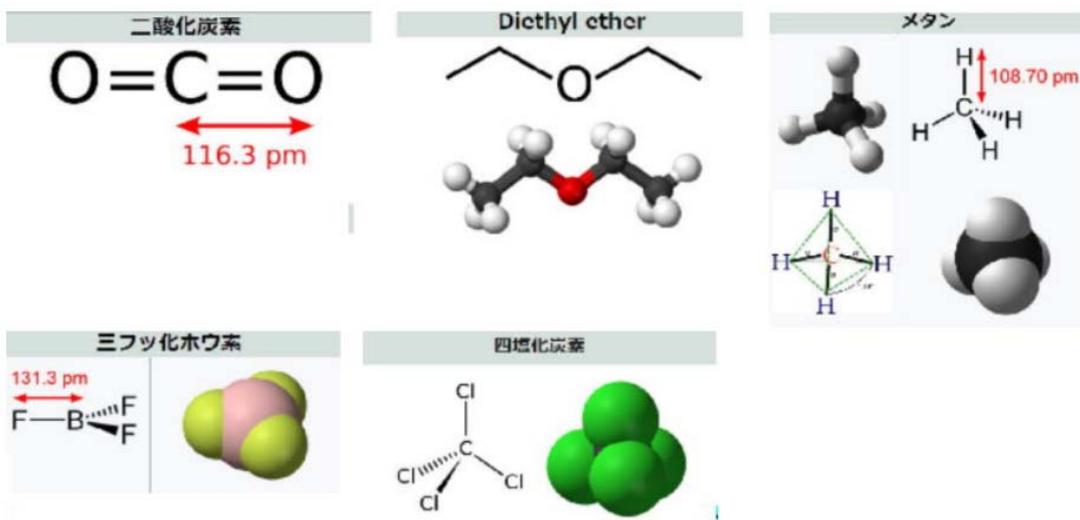
分子の形

R01 再-1-4-1 正答 ②

I-4-1 次の化合物のうち、極性であるものはどれか。

- ① 二酸化炭素
- ② ジエチルエーテル
- ③ メタン
- ④ 三フッ化ホウ素
- ⑤ 四塩化炭素

図は Wikipedia から集めました。異種の原子間、例えばC-O、C-H、B-F、C-Cl結合では、その結合に電子の偏りが生じ、極性が生まれる原因となります。ただし、二酸化炭素、メタン、三フッ化ホウ素、四塩化炭素では、図からもわかるように化合物の対称性がこの偏りを相殺し（極性ベクトルの重ね合わせがゼロとなり）、その結果として分子全体では無極性となります。ジエチルエーテルでは、このベクトルの重ね合わせでC-O結合の持つ極性を打ち消すことができないので、その結果、分子が極性を持つことになります。



H22-1-4-1 正答 ④

I-4-1 次の化合物のうち、一般的に極性であるものを選び。

- ① 二酸化炭素
- ② p-ジクロロベンゼン
- ③ メタン
- ④ 二酸化イオウ
- ⑤ エチレン

分子の形と分子の極性（双極子モーメント）を Wikipedia より抜き出しました。分子が対称

性を持っていればその分子に極性はありません。二酸化硫黄（ SO_2 ）は曲がった構造をしているので、分子が極性を持っています。

分子の持つ極性は双極子モーメントで表され、その単位はデバイ（Debye、 $10^{-18} \text{esu} \cdot \text{cm}$ ）です。大きさ $4.80 \times 10^{-10} \text{esu}$ （電子の持つ電荷）の二つの電荷が 0.1nm （ 1\AA ）の距離はなれているとき、 $4.80 \times 10^{-18} \text{esu} \cdot \text{cm}$ （4.80 デバイ）の双極子となります。

	二酸化炭素	p-ジクロロベンゼン	メタン	二酸化硫黄	エチレン
分子構造					
双極子モーメント (Debye)	0	-	0	1.63	-

価電子の数

H17-1-4-2 正答 ②

I-4-2 次の元素やイオンの中から、M電子殻内の電子数が最小の値（0を含む）

をとるものを選び。ただし、元素記号の左下の数値は、原子番号である。

- ① $_{11}\text{Na}$ ② $_{13}\text{Al}^{3+}$ ③ $_{15}\text{P}$ ④ $_{17}\text{Cl}$ ⑤ $_{19}\text{K}^+$

電子殻内に入る電子数は、K殻が2個、L殻が8個、M殻が18個です。原子番号が増えるにつれ、電子化K殻、L殻、M殻と電子が順番に埋まっていき、このK殻とL殻の合計で10個までの電子を収容することができます。示された元素記号の左下に振られているのが原子番号です。元素を構成する陽子の数を表しています。元素が中性であればこの陽子と同じ数の電子が存在します。M殻上に存在する電子の数は、

$$\text{M殻上の電子の数} = \text{原子番号} - 10 - \text{価電数}$$

で計算します。

${}_{11}\text{Na}$	$11 - 10 - 0 = 1$
${}_{13}\text{Al}^{3+}$	$13 - 10 - 3 = 0$
${}_{15}\text{P}$	$15 - 10 - 0 = 5$
${}_{17}\text{Cl}$	$17 - 10 - 0 = 7$
${}_{19}\text{K}^{+}$	$19 - 10 - 1 = 8$

となります。

化学結合の種類

H17-1-4-1 正答 ⑤

I-4-1 化学結合は、いくつかに分類できる。以下のように、「結合の名称-結合の形成に深く関わる事項-具体的な物質」を順に組み合わせるとき、誤りを含むものを選び。

- ① イオン結合 - 静電引力 - 塩化ナトリウム
- ② 共有結合 - 共有電子対 - 二酸化ケイ素
- ③ 金属結合 - 自由電子 - カルシウム
- ④ 水素結合 - 極性 - フッ化水素
- ⑤ 配位結合 - 非共有電子対 - グラファイト

イオン結合 - 静電引力 - 塩化ナトリウム

正電荷を持つ陽イオン（カチオン）と負電荷を持つ陰イオン（アニオン）の間の静電引力による化学結合です。この結合によってイオン結晶が形成されます。

共有結合 - 共有電子対 - 二酸化ケイ素

原子間での電子対の共有をともなう化学結合です。非常に強い結合です。ほとんどの有機化合物分子は共有結合によって形成されます。

金属結合 - 自由電子 - カルシウム

金属で見られる化学結合です。規則正しく配列した金属原子の陽イオンの間を電子が自由に動き回り、これらに働くクーロン力（静電気力、静電引力）で金属原子が結び付けられています。

水素結合 - 極性 - フッ化水素

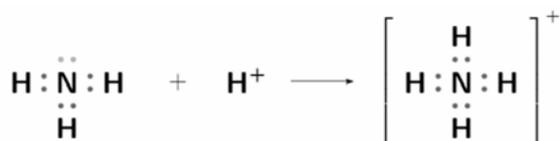
電気陰性度が大きな原子（陰性原子）に共有結合で結びついた水素原子が、近傍に位置する

窒素、酸素、硫黄、フッ素などの孤立電子対とつくる弱い結合です。フッ化水素では、 $F-H\cdots F-H\cdots F-H$ となり、 \cdots が水素結合です。この水素結合により、本来は気体であってもおかしくない小さな分子であるフッ化水素の沸点は $20^{\circ}C$ と高くなります。水の沸点が $100^{\circ}C$ と高いのも水素結合に起因しています。

⑤「配位結合 - 非共有電子対 - グラファイト」は誤り。

配位結合

結合を形成する二つの原子の一方からのみ結合電子が分子軌道に提供される化学結合です。図はアンモニウムイオン (NH_4^+) の形成される様子を示したものです。アンモニア分子 (NH_3) は電子を持っていましたが、水素イオン (H^+) は電子を持っていませんでした。

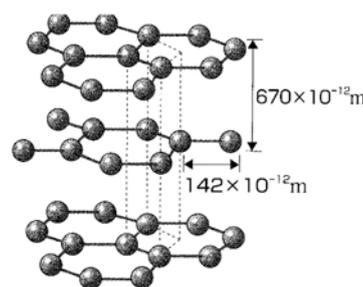


ファンデルワールス力

正味の電荷を持たない中性分子どうしの間にも弱く引き合う力があり、ポテンシャルが距離の -6 乗に比例し、力の強さが距離の -7 乗に比例します。この力をファンデルワールス力と呼びます。グラファイトのプレート間に働いている力はこのファンデルワールス力です。

グラファイトの構造

プレート（平面）が層状に重なっています。



化合物	塩化ナトリウム	二酸化ケイ素	カルシウム	フッ化水素	グラファイト
化学式	$NaCl$	SiO_2	Ca	HF	C
結合の種類	イオン結合	共有結合	金属結合	水素結合	共有結合と層間はVDW力
特徴	電気陰性度の大きく異なる元素からなる	電気陰性度の近い元素からなる	金属元素からなる	電気陰性度の大きな2つの元素の間に水素原子が	六面体網目構造が層状に重なる
構造	$Na^+ \cdots Cl^-$	$O=Si=O$	$Ca-Ca-Ca$	$F-H\cdots F-H$	上図を参照

VDW力：ファン・デア・ワールス力

2. 化学反応

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case				8	1	4	7	1
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
5 8	7	6	5	3 4	2	1		

Case 1 H18-1-4-2, H25-1-4-1, H28-1-4-1

Case 5 H21-1-4-2, H24-1-4-1

Case 2 H19-1-4-2

Case 6 H22-1-4-2

Case 3 H20-1-4-1

Case 7 H23-1-4-2, H26-1-4-1

Case 4 H20-1-4-2, H27-1-4-1

Case 8 H24-1-4-2, H29-1-4-1

Case 1 ルシャトリエの法則

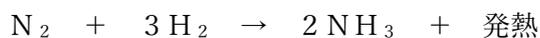
H28-1-4-1 正答 ④

I-4-1 以下のアンモニア合成反応の熱化学方程式に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。



ただし、(気) は気体を意味する。

- ① 反応温度・反応圧力を変化させてもアンモニア生成率に変化はない。
- ② 低温・低圧で反応させるほど、アンモニア生成率は向上する。
- ③ 高温・高圧で反応させるほど、アンモニア生成率は向上する。
- ④ 低温・高圧で反応させるほど、アンモニア生成率は向上する。
- ⑤ 高温・低圧で反応させるほど、アンモニア生成率は向上する。



アンモニアの合成反応です。この反応にルシャトリエの法則を当てはめると、

体積が減る反応は圧力を上げると反応は進みやすくなります。

発熱を伴う反応では、反応温度を低くすると反応は進みやすくなります。

Case 2 鉛蓄電池

H19-1-4-2 正答 ⑤

I-4-2 鉛蓄電池の反応に関する次の文章の「ア」～「オ」に入る語句の組合せとして、最も適切なものを①～⑤の中から選べ。

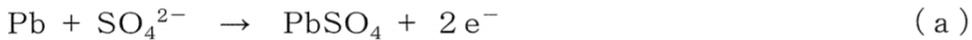
鉛蓄電池は希硫酸に鉛の電極と二酸化鉛の電極を浸した電池であり、起電力は約2Vである。放電にともない「ア」において(a)の反応が、「イ」において(b)の反応が生じる。



放電反応では、「ウ」が酸化され、「エ」が還元される。また、放電により硫酸が硫酸鉛になるとともに、希硫酸の密度は「オ」なる。

	ア	イ	ウ	エ	オ
①	負極	正極	鉛	酸化鉛	大きく
②	正極	負極	酸化鉛	鉛	大きく
③	負極	正極	酸化鉛	鉛	小さく
④	正極	負極	酸化鉛	硫酸鉛	大きく
⑤	負極	正極	鉛	酸化鉛	小さく

私たちの認識では、電流は電池のプラス極（正極）からマイナス極（負極）に流れます。これは、私たちがプラスの電荷をもった粒子が電池のプラス極より流れ出ていると考えているためです。ところが電流の元である電子はマイナスの電荷をもっていますので、この流れは逆となり、負極から電子が流れ出て正極に至ると考える必要があります。電子を出す極が負極、電子を受け取る極が正極となります。



負極の式(a)でPbの酸化数は反応により、 $0 \rightarrow +2$ ($\text{Pb} \rightarrow \text{Pb}^{2+}$) となっています。酸化数と名がついているぐらいですから、この数値が増加すれば酸化です。従って鉛は酸化されたこととなります。同様に、正極の式(b)では、Pbの酸化数は $+4 \rightarrow +2$ と減少します。従って、 PbO_2 は還元されたこととなります。

濃硫酸の比重は1.84。この硫酸成分が(a)式の反応では消費され、一方(b)式の反応では水が生じてきますので、この両反応の相乗効果も相まって希硫酸の密度は放電に伴い小さくなっていきます。

鉛蓄電池に充電を行って蓄電する場合には、反応(a)と反応(b)が逆方向に進みます。

Case 3 ガスを発生する反応**H20-1-4-1 正答 ②**

I-4-1 次の各試薬の組合せの反応で発生する気体のうち、常温・常圧で、水に溶けにくい気体を発生する組合せはどれか。適切なものを選び。ただし、試薬の右側の()内の記述は反応の条件である。

- | | |
|------------|---------------|
| ① 塩化アンモニウム | 水酸化カルシウム (加熱) |
| ② ギ酸 | 濃硫酸 (加熱) |
| ③ 硫化鉄 | 希硫酸 |
| ④ 銅 | 熱濃硫酸 |
| ⑤ 炭酸カルシウム | 濃塩酸 |

- ① $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3 \uparrow$
 加熱により NH_3 が溶液よりガスとして出てくる。
- ② $\text{HCOOH} + \text{濃硫酸}(\text{H}_2\text{SO}_4) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4\text{aq} + \text{CO} \uparrow$
 硫酸は脱水剤 加熱によりギ酸から H_2O が抜かれる反応が進行。
- ③ $\text{FeS} + \text{希硫酸}(\text{H}_2\text{SO}_4) \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S} \uparrow$
- ④ $\text{Cu} + \text{熱濃硫酸}(2\text{H}_2\text{SO}_4) \rightarrow \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$
- ⑤ $\text{CaCO}_3 + \text{濃塩酸}(2\text{HCl}) \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 \uparrow$

この中で水に溶解し難いガスは一酸化炭素(CO)です。

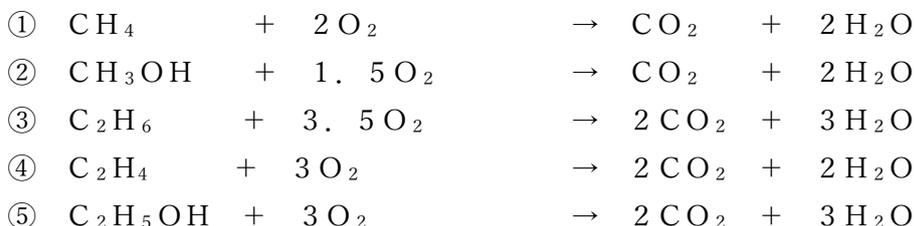
Case 4 有機化合物の燃焼熱**H27-1-4-1 正答 ④**

I-4-1 次の有機化合物のうち、同じ質量の化合物を完全燃焼させたとき、二酸化炭素の生成量が最大となるものはどれか。ただし、分子式右側の()内の数値は、その化合物の分子量である。

- ① メタン CH_4 (16)
- ② メタノール CH_3OH (32)
- ③ エタン C_2H_6 (30)
- ④ エチレン C_2H_4 (28)
- ⑤ エタノール $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (46)

それぞれの化合物を燃焼させた時の化学式を書きます。この問題では、使用する酸素や生成

する水に係数をつける必要はとくにはありませんが、ここでは正確を期するために正確な化学式を書いています。



④のエチレンが1モル28gからCO₂を2モル生成する。従って、同じ質量の化合物を燃焼させた時には、最も多くのCO₂を生成する。

エチレンの化学式はC₂H₄で炭素2個と水素4個よりなります。分子量は原子量を加えて、

$$2 \times \text{C} + 4 \times \text{H} = 2 \times 12 + 4 \times 1 = 28$$

この数値は分子量として問題文のカッコ内に与えられています。

解き方のポイント

与えられた化合物には炭素1個を持ったものと2個を持ったものがあります。炭素1個の化合物、あるいは、炭素2個の化合物の中では、それぞれ分子量の一番小さな化合物が単位重量当たりより多くの炭素を含むので、より多くのCO₂を発生させます。従って、①のメタンか④のエチレンのどちらかが答です。

①のメタンは炭素が1個ですから燃焼により発生してくるCO₂も1個、従ってメタン1gあたりCO₂は1/16モル発生します。同様に④のエチレン1gあたりからはCO₂は2/28モル、すなわち1/14モル発生します。従って、答は④のエチレンです。

結論としては、わざわざ化学式を書く必要はなく、次の表さえ作れば答に到達できます。

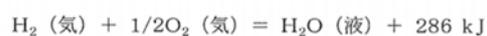
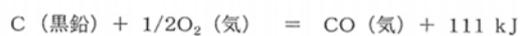
番号	化合物名	化学式	分子量	炭素の個数/分子量	重量当たりCO ₂ 発生量の多い順番
①	メタン	CH ₄	16	1/16 = 0.0625	3
②	メタノール	CH ₃ OH	32	1/32 = 0.0313	5
③	エタン	C ₂ H ₆	30	2/30 = 0.0667	2
④	エチレン	C ₂ H ₄	28	2/28 = 0.0714	1
⑤	エタノール	C ₂ H ₅ OH	46	2/46 = 0.0435	4

※ 分子量はC = 12、H = 1、O = 16として求めている。

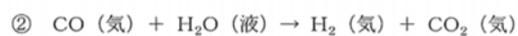
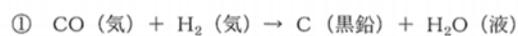
Case 5 反応熱

H24-1-4-1 正答 ①

I-4-1 25℃, 1気圧における一酸化炭素, 二酸化炭素, 水の生成熱は次の熱化学方程式で表される。

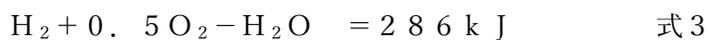


これらの熱化学方程式から25℃, 1気圧での①～⑤の反応における反応熱を求めたとき, 発熱反応であるものはどれか。



(一般的な方法)

化学反応式を書き直します。化学反応に関係する化合物を式の左側に、発熱量を式の右側に持ってきました。



そして①も書き直します。



②～⑤も同様に書き直して、マトリックスを作ります。

	C	H ₂	O ₂	CO	CO ₂	H ₂ O	熱量
式1	1		0.5	-1			111
式2	1		1		-1		394
式3		1	0.5			-1	286
式①	-1	1		1		-1	?①
式②		-1		1	-1	1	?②
式③			-0.5	-1	1		?③
式④	1			-2	1		?④
式⑤	1	-2			-1	2	?⑤

このマトリックスからわかることは、

$$\begin{aligned}
 ?① &= \text{式3} - \text{式1} && = 286 - 111 && = +175 \text{ kJ} \\
 ?② &= -\text{式1} + \text{式2} - \text{式3} && = -111 + 394 - 286 && = -3 \text{ kJ} \\
 ?③ &= \text{式1} - \text{式2} && = 111 - 394 && = -283 \text{ kJ} \\
 ?④ &= 2 \times \text{式1} - \text{式2} && = 2 \times 111 - 394 && = -172 \text{ kJ} \\
 ?⑤ &= \text{式2} - 2 \times \text{式3} && = 394 - 2 \times 286 && = -178 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

この問題を、高校で習ったように、化学式を足したり引いたりしては答にはなかなかたどり着けません。この問題を短時間で解く工夫が必要となります。

(簡単に答が得られる別解)

これは化学の問題ですが、見方によっては化学の問題ではありません。6つの化合物をA、B、C、D、E、Fとすれば数学らしい式となります。AはC(炭素)、BはO₂(酸素)、CはH₂(水素)、DはH₂O(水)、EはCO(一酸化炭素)、FはCO₂(二酸化炭素)を置き換えています。

与えられた前提となる3つの化学式は、

$$\begin{aligned}
 A + 0.5B - E &= 111 \\
 A + B - F &= 394 \\
 C + 0.5B - D &= 286
 \end{aligned}$$

式が3つに変数が6個。従って、A～Fの数値は確定することができません。変数には3つの自由度がありますので、A=0、B=0、D=0とします。そうすると、C=286、E=-111、F=-394となります。これを用いて、設問の①～⑤の反応式の生成熱量を計算します。

$$\begin{aligned}
 \textcircled{1} \quad E + C - A - D &= -111 + 286 - 0 - 0 && = +175 \\
 \textcircled{2} \quad E + D - C - F &= -111 + 0 - 286 - (-394) && = -3 \\
 \textcircled{3} \quad F - E - 0.5B &= -394 - (-111) - 0.5 \times 0 && = -283 \\
 \textcircled{4} \quad A + F - 2E &= 0 - 394 - 2 \times (-111) && = -172 \\
 \textcircled{5} \quad A + 2D - 2C - F &= 0 + 2 \times 0 - 2 \times 286 - (-394) && = -178
 \end{aligned}$$

発熱反応であるものは計算結果が正の値である①となります。

Case 6 ベンゼン環の反応

H22-1-4-2 正答 ①

I-4-2 次の(ア)～(オ)の記述について、正しい記述2つの組合せとして最も適切なものを①～⑤の中から選べ。

(ア) ベンゼンに紫外線を当てながら塩素を反応させると、ベンゼンに3分子の塩素が付加して、ヘキサクロロシクロヘキサンができる。

(イ) フェノールの酸性は、2,4,6-トリニトロフェノールよりも弱い。

(ウ) ベンゼン環は置換反応より付加反応が起こりやすい。

(エ) ジクロロベンゼンの構造異性体は5つある。

(オ) トルエンに濃硝酸と濃硫酸を加えてニトロ化すると、3種類のモノニトロ化合物が生成するが、90%以上はメタ位に結合したニトロトルエンが生成する。

- ① (ア), (イ) ② (ウ), (オ) ③ (イ), (ウ)
 ④ (ア), (エ) ⑤ (エ), (オ)

化学の知識を要求される問題、専門性が問われる問題です。有機化学の合成反応が出題されたのは、この一題のみです。

(ア) ベンゼンに紫外線を当てながら塩素を反応させると、ベンゼンに3分子の塩素が付加して、ヘキサクロロシクロヘキサン(ベンゼンヘキサクロリド、BHC)ができる。

(イ) フェノールの酸性は、2,4,6-トリニトロフェノールよりも弱い。

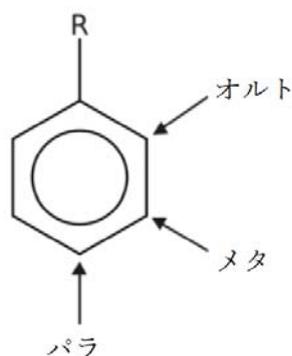
ニトロ基は強力な電子吸引器であり、ベンゼン環の電子密度を小さくすること、また、ニトロ基の電子共役によりフェノールの酸素原子上の電子密度が小さくなることにより、2,4,6-トリニトロフェノール(pKa 0.38、別名、ピクリン酸)の酸性は強くなります。フェノールはpKa 9.95。このpKaの値が小さいほど酸性が強くなります。

(ウ) ベンゼン環は付加反応より置換反応が起こりやすい。
ベンゼン環のニトロ化などは置換反応の典型です。

(エ) ジクロロベンゼンの構造異性体は3つある。

オルト、メタ、パラの3種類があります。ジクロロベンゼンはベンゼン環に塩素原子が2つ付いた構造で、一つは図のRの位置、そしてもう一つがオルト、メタ、パラのいずれかの位置に付きます。

参考までに、モノ (m o n o = 1)、ジ (d i = 2)、トリ (t r i = 3) です。



(オ) トルエン (図の $R = CH_3$) に濃硝酸と濃硫酸を加えてニトロ化すると、3種類のモノニトロ化合物が生成するが90%以上はオルト位またはパラ位に結合したニトロトルエンが生成する。

トルエンに付いている置換基であるメチル基はオルト、パラ配向性であるので、m-ニトロトルエンは生じてても少量です。オルト、パラ配向性とは反応によりニトロ基がオルトまたはパラの位置に入りやすいということです。

Case 7 HClの生成熱

H26-1-4-1 正答 ①

I-4-1 次の結合エネルギーを用いて得られる、1 molの塩化水素HClの生成熱^(注)に最も近い値はどれか。

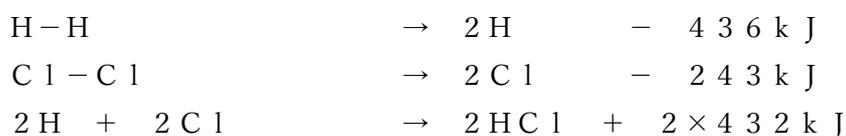
結合エネルギー H-H : 436 kJ/mol, Cl-Cl : 243 kJ/mol, H-Cl : 432 kJ/mol

注) 生成熱 : 化合物 1 molが、その成分元素の単体から生成するときの反応熱をいい、発熱反応の場合を負の値で表す。

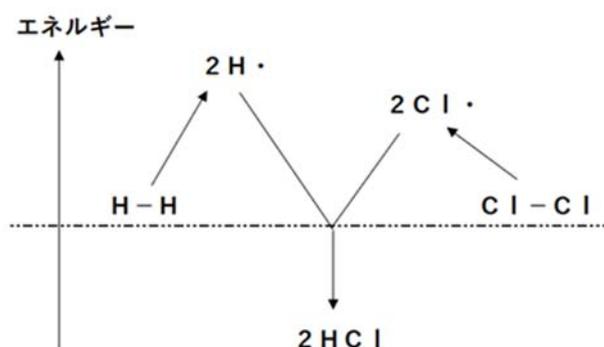
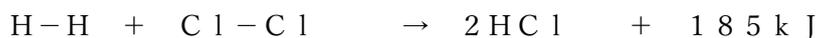
- ① -93 kJ/mol ② -216 kJ/mol ③ -340 kJ/mol
 ④ -432 kJ/mol ⑤ -679 kJ/mol

原子同士が結合するとき結合エネルギーに相当するエネルギーを熱として放出し、生じた分子は安定化すると考えています。逆に分子を原子に分解するには結合エネルギーに相当する解離エネルギーが必要となります。

加えられた解離エネルギーの分だけ、系の持っているエネルギーは大きくなります。そして、解離で生じた H と Cl が結合して HCl が生じるときに、解離エネルギーよりも大きな結合エネルギーを放出し、HCl は安定な分子となります。



合計すると



このイメージ図では、 H_2 と Cl_2 が反応して 2HCl になるとき、2個の HCl 分子の持っている結合エネルギーは、最初に H_2 と Cl_2 が持っていた結合エネルギーよりも小さくなっていることを示しています。その小さくなった分が発熱 183 kJ に相当します。

1 kcal は約 4.2 kJ です。

Case 8 両性金属

H24-1-4-2 正答 ③

I-4-2 ある金属イオン水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を添加すると沈殿物を生じ、さらに水酸化ナトリウム水溶液を添加すると溶解した。この金属イオン種は、次のうちどれか。

- ① Cu^{2+} イオン ② Ag^+ イオン ③ Al^{3+} イオン
④ Mg^{2+} イオン ⑤ Fe^{3+} イオン

Al^{3+} イオンはAlが両性金属なので、過剰量の水酸化ナトリウムに溶解します。両性金属は酸にもアルカリにも溶ける金属という意味で、下の表にあるAl、Zn、Sn、Pbの4種類の金属です。順番に、アルミニウム、亜鉛、スズ、鉛です。

過剰の「水酸化ナトリウム水溶液」を加えたときです。

過剰のNaOHaqで溶解する金属 → Al^{3+} , Zn^{2+} , Sn^{2+} , Pb^{2+} , (Cr^{3+})				
イオン	少量	過剰	少量での反応	過剰での反応
Al^{3+}	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$	$\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$	$\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{OH}^- \rightarrow [\text{Al}(\text{OH})_4]^-$
Zn^{2+}	$\text{Zn}(\text{OH})_2$	$[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$	$\text{Zn}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 \downarrow$	$\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$
Sn^{2+}	$\text{Sn}(\text{OH})_2$	$[\text{Sn}(\text{OH})_4]^{2-}$	$\text{Sn}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Sn}(\text{OH})_2 \downarrow$	$\text{Sn}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow [\text{Sn}(\text{OH})_4]^{2-}$
Pb^{2+}	$\text{Pb}(\text{OH})_2$	$[\text{Pb}(\text{OH})_4]^{2-}$	$\text{Pb}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Pb}(\text{OH})_2 \downarrow$	$\text{Pb}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow [\text{Pb}(\text{OH})_4]^{2-}$

出典：InorganicChemistry@Chembase

3. 計算問題

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case		3	5	4		2 3	1	
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16

Case 1 H26-1-4-2

Case 4 H29-1-4-2

Case 2 H27-1-4-2

Case 5 H30-1-4-1

Case 3 H27-1-4-3, R01-1-4-3

Case 1 砂糖水の濃度

H26-1-4-2 正答 ②

I-4-2 砂糖（分子量342とする。）の各種濃度の水溶液の調製方法として、最も不適切なものはどれか。なお、水の分子量は18とする。

- ① 1質量モル濃度の砂糖水を調製するためには、砂糖342 gをビーカーに入れ、そこに水1000 gを加えて溶かす。
- ② 1容量モル濃度の砂糖水1 Lを調製するためには、砂糖342 gをビーカーに入れ、そこに水1 Lを加えて溶かす。
- ③ 10質量パーセント濃度の砂糖水1 kgを調製するためには、砂糖100 gをビーカーに入れ、900 gの水を加えて溶かす。
- ④ 0.01モル分率の砂糖水を調製するためには、砂糖34.2 gをビーカーに入れ、178.2 gの水を加えて溶かす。
- ⑤ 1 ppmの砂糖水を調製するためには、砂糖1 mgを1 Lのメスフラスコに入れ、水を加えて溶かし、全量が1 Lとなるようにする。

これは濃度の定義を問う問題です。

1容量モル濃度（モル／リットル）ならば溶液1リットル中に含まれる溶質の物質量が1モルということです。

具体的には、砂糖（ $C_{12}H_{22}O_{11}$ 、分子量＝342）1モルは342 g、これに水を加えて溶かし1リットルの溶液にすると1容量モル濃度の溶液が調整できます。今の場合、砂糖が溶質、水が溶媒です。

②は、砂糖1モルに水1リットルを加えますから、溶液の濃度は1容量モル濃度以下となります。（砂糖1モル＋水1リットル＞1リットル）

Case 2 原子の酸化数

H27-1-4-2 正答 ③

I-4-2 次の物質について、下線を付けた原子の酸化数が最大のものはどれか。

- | | | |
|----------------------------|---|---|
| ① <u>H</u> NO ₃ | ② <u>Cr</u> ₂ O ₇ ²⁻ | ③ <u>Mn</u> O ₄ ⁻ |
| ④ <u>N</u> O ₂ | ⑤ H ₂ <u>S</u> O ₄ | |

原子の持つ酸化数を $H=+1$ 、 $O=-2$ として計算します。酸化数とは原子の周りの電子の過不足を表す指標です。例えば、水 (H_2O) であれば、 H が2個 ($2 \times (+1)$)、 O が1個 ($1 \times (-2)$) ですから、 H_2O 分子としては、 $2 \times (+1) + 1 \times (-2) = 0$ となり、電氣的に中和されている計算となります。酸化とは電子が持って行かれること、原子の周りのプラスのチャージが増えることをいいます。従って、酸化が進むほど酸化数の値は大きくなっていきます。

そこで問題に戻って、求めたい原子の酸化数を?として計算すると、次のようになります。

- | | | | |
|---|--|---|----------|
| ① | HNO ₃ | $1 \times (+1) + ? + 3 \times (-2) = 0$ | $? = +5$ |
| ② | Cr ₂ O ₇ ²⁻ | $2 \times ? + 7 \times (-2) = -2$ | $? = +6$ |
| ③ | MnO ₄ ⁻ | $? + 4 \times (-2) = -1$ | $? = +7$ |
| ④ | NO ₂ | $? + 2 \times (-2) = 0$ | $? = +4$ |
| ⑤ | H ₂ SO ₄ | $2 \times (+1) + ? + 4 \times (-2) = 0$ | $? = +6$ |

Case 3 合金中の原子比

H27-1-4-3 正答 ⑤

I-4-3 重量パーセントがアルミニウム96.0 wt%，銅4.00 wt%の合金組成を，原子パーセントで示した場合，アルミニウム (at%) 及び銅 (at%) の組合せとして最も適切なものはどれか。ただし，アルミニウム及び銅の原子量は，27.0及び63.5である。

	アルミニウム	銅
①	91.1	8.92
②	93.5	6.51
③	96.0	4.00
④	97.9	2.11
⑤	98.3	1.74

原子量とは、原子がアボガドロ数 6.02×10^{23} 個集まった時の質量 (g) と定義されます。この数の原子が集まればアルミニウムならば 27.0 g、銅ならば 63.5 g です。at% は atom% の略で、合金中に含まれる原子数の%を意味しています。従って

$$\begin{aligned} & \text{アルミニウム (at\%)} : \text{銅 (at\%)} \\ & = \text{アルミニウム (wt\%)} / \text{アルミニウムの原子量} : \text{銅 (wt\%)} / \text{銅の原子量} \\ & = 96.0 / 27.0 : 4.00 / 63.5 \end{aligned}$$

= 3.55555 : 0.06299

= 98.26 : 1.74

(参考)

ジュラルミンはアルミニウムに銅を3.5～4.5%、珪素0.5～0.2%、その他鉄、マンガン、マグネシウム、亜鉛、クロム、チタン、ジルコニウムからなります。

超ジュラルミン、超超ジュラルミンと呼ばれるものもあります。

Case 4 溶液のモル沸点上昇

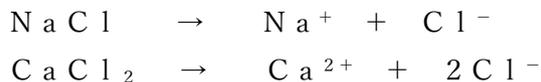
H29-1-4-2 正答 ⑤

I-4-2 0.10 [mol] のNaCl, $C_6H_{12}O_6$ (ブドウ糖), $CaCl_2$ をそれぞれ1.0 [kg] の純水に溶かし、3種類の0.10 [mol/kg] 水溶液を作製した。これらの水溶液の沸点に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 3種類の水溶液の沸点はいずれも100 [°C] よりも低い。
- ② 3種類の水溶液の沸点はいずれも100 [°C] よりも高く、同じ値である。
- ③ 0.10 [mol/kg] のNaCl水溶液の沸点が最も低い。
- ④ 0.10 [mol/kg] の $C_6H_{12}O_6$ (ブドウ糖) 水溶液の沸点が最も高い。
- ⑤ 0.10 [mol/kg] の $CaCl_2$ 水溶液の沸点が最も高い。

この問題は水溶液のモル沸点上昇に関する問題です。水の沸点は100°Cですが、ここに溶質が1 mol / リットルの濃度で溶解すると、沸点が0.52°C上昇し、100.52°Cがその沸点となります。この沸点上昇の大きさは溶解している溶質のモル濃度に比例します。

問題では、NaCl、ブドウ糖、 $CaCl_2$ のいずれもが0.10モル/kg水溶液に溶解しています。この記述からすると、この3者ともにモル沸点上昇の大きさは同じであると結論してしまいそうです。しかしながら、NaClと $CaCl_2$ は水溶液中において次のようにほぼ完全に電離してイオンとして存在しています。



NaClは0.10モル濃度で溶解しているが、実際にはモル沸点上昇には0.20モル濃度で効いてきます。同様に、 $CaCl_2$ は0.30モル濃度で効いてきます。一方、ブドウ糖は電離することはないので、そのまま0.10モル濃度です。この結果より、 $CaCl_2$ 溶液の沸点が一番高くなります。

(参考1)

沸点上昇

不揮発性の溶質を溶媒に溶解させると蒸気圧降下が起こり、溶液の沸点が上昇します。沸点上昇度は溶質の種類にかかわらず溶質の重量モル濃度に比例します。重量モル濃度とは、溶媒1キログラム 当たりに溶けている溶質の物質質量 (モル) で表す濃度で、単位は mol/kg です。

溶質 (溶解されるもの) が電離および会合していないという仮定の下で成立する式であり、溶質がイオンに電離する場合は電離により生じる全粒子数を考慮した濃度を用いなければなりません。このファントホッフの因子による補正が必要となります。

(参考2)

浸透圧

浸透圧の計算においてはファントホッフの法則があります。ここでも NaCl や CaCl_2 が水中で電離すると2倍、3倍に効果を発揮します。

$\Pi V = nRT$ という気体の状態方程式と同じ関係式が成り立つことをファントホッフが発見しました。この関係を浸透圧に関するファントホッフの法則といいます。

モル濃度は溶質粒子の総粒子量のことなので、電解質の場合は沸点上昇や凝固点降下と同様に電離式を書いて、総物質質量を出しておく必要があります。

例えば、塩化ナトリウム (NaCl) の場合は電離してイオン ($\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$) になり非電解質の2倍の粒子量 (粒子数) になるので、同じ物質質量 (モル濃度) 溶かした溶液では非電解質の場合の2倍の浸透圧を示すということです。

Case 5 物質モル数の比較

H30-1-4-1 解答 ⑤

I-4-1 次に示した物質の物質質量 [mol] の中で、最も小さいものはどれか。ただし、

() 中の数字は直前の物質の原子量、分子量又は式量である。

- ① 0°C , 1.013×10^5 [Pa] の標準状態で14 [L] の窒素 (28)
- ② 10%塩化ナトリウム水溶液200 [g] に含まれている塩化ナトリウム (58.5)
- ③ 3.0×10^{23} 個の水分子 (18)
- ④ 64 [g] の銅 (63.6) を空気中で加熱したときに消費される酸素 (32)
- ⑤ 4.0 [g] のメタン (16) を完全燃焼した際に生成する二酸化炭素 (44)

各設問の物質のモル数を計算します。

- ① 1モルの気体が標準状態で占める体積は22.4リットル。
従って、窒素14リットルは $14 / 22.4 = 0.63$ モル。
- ② 水溶液に含まれる塩化ナトリウムは20g。
従って、 $20 / 58.5 = 0.34$ モル。
- ③ 物質1モルの分子数は 6.02×10^{23} 個。
従って、水分子のモル数は $3.0 \times 10^{23} / 6.02 \times 10^{23} = 0.50$ モル。
- ④ 化学式は、 $\text{Cu} + 0.5\text{O}_2 \rightarrow \text{CuO}$ 。
従って、酸素のモル数は $64 / 63.6 \times 0.5 = 0.50$ モル。
- ⑤ 化学式は、 $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。
従って、二酸化炭素は $4.0 / 16 = 0.25$ モル。
(メタン CH_4 1モルから CO_2 1モルが生成する)

4. 中和とpH

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	1		1					1
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
	1				1			

Case 1 H19-1-4-1, H23-1-4-1, H25-1-4-2, H30-1-4-2, R01 再-1-4-2

Case 1 酸・塩基の強さ

R01 再-1-4-2 正答 ③

I-4-2 次の物質a～cを、酸としての強さ（酸性度）の強い順に左から並べたとして、最も適切なものはどれか。

a フェノール, b 酢酸, c 塩酸

- ① a - b - c
 ② b - a - c
 ③ c - b - a
 ④ b - c - a
 ⑤ c - a - b

答は次の H30-1-4-2 の①です。

H30-1-4-2 正答 ⑤

I-4-2 次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。ただし、いずれも常温・常圧下であるものとする。

- ① 酢酸は弱酸であり、炭酸の酸性度はそれより弱く、フェノールは炭酸より弱酸である。
- ② 水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、水酸化カルシウム、水酸化バリウムは水に溶けて強塩基性を示す。
- ③ 炭酸カルシウムに希塩酸を加えると、二酸化炭素を発生する。
- ④ 塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱すると、アンモニアを発生する。
- ⑤ 塩酸及び酢酸の0.1 [mol/L] 水溶液は同一のpHを示す。

① 酸の強さを示す値に酸解離定数 (pKa) がある。

pKa 値は酢酸 4.76、炭酸 6.11、フェノール 9.95 であり、酸が強いほどこの数値は小さくなります。

水中での pKa 値は、小さい方 (強酸) から順に並べると次の通りです。

強酸	←	塩酸	硫酸	酢酸	炭酸	フェノール	→	弱酸
		- 3.7	- 3	4.8	6.4	10.0		

② ナトリウム (Na)、カリウム (K) をアルカリ金属、カルシウム (Ca)、バリウム (Ba) をアルカリ土類金属といい、これらの水酸化物 NaOH、KOH、Ca(OH)₂、Ba(OH)₂ は水に溶けて強塩基性を示します。

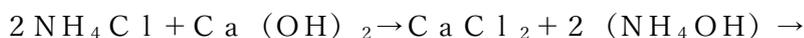
③ 化学式で書くと

$$\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + (\text{H}_2\text{CO}_3) \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$$
 です。反応で生成した H₂CO₃ は水溶液に溶けきれない CO₂ がガスとして発生してきます。

発生した CO₂ は水に溶解すると HCO₃⁻ ですが、弱酸であるためイオン化しにくく、さらに水中には塩酸の H⁺ があるために、そのほとんどが H₂CO₃ の形で存在します。H₂CO₃ の水への溶解度は低く、H₂CO₃ → H₂O + CO₂ と分解が進み、生じた CO₂ の一部を大気中に放出して、水中の CO₂ 濃度をその条件下での溶解度まで低減させます。

なお、化学式中の ↑ は、反応でガスが発生することを意味しています。

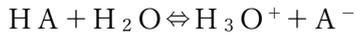
④ 化学式で書くと





です。NH₄OHは強塩基下でH₂OとNH₃に分解します。

- ⑤ 塩酸（正確には塩化水素、HCl）および酢酸の酸解離定数pK_aは、-3.7および4.76です。pK_aの定義は、酸をHAで表し、その水中での挙動は



$$K_a = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-] / [\text{HA}][\text{H}_2\text{O}]$$

$$pK_a = -\log(K_a) \quad \dots \quad K_a = 10^{-pK_a}$$

塩酸および酢酸のpK_aをK_aに直してみると、5.012および1.74×10⁻⁵で、水中のH₃O⁺（一般的にはH⁺と表示）の濃度は大きく違っていることがわかります。両者の同一濃度でのpHが同じであるはずはありません（塩酸は強酸、酢酸は弱酸）。

H25-1-4-2 正答 ②

I-4-2 次の(ア)～(オ)の濃度の各水溶液1L（リットル）がある。これらの中から2つの水溶液を選び混合溶液を作る。そのとき、混合水溶液が酸性になる組合せとして正しいものはどれか。

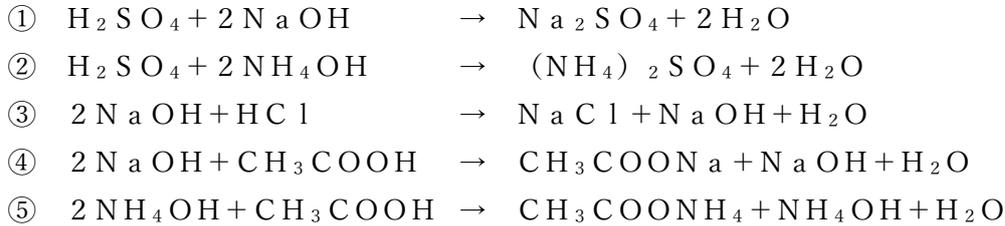
- (ア) 1.0 mol/L 硫酸 (H₂SO₄)
- (イ) 2.0 mol/L 水酸化ナトリウム (NaOH)
- (ウ) 1.0 mol/L 塩酸 (HCl)
- (エ) 2.0 mol/L アンモニア水 (NH₄OH)
- (オ) 1.0 mol/L 酢酸 (CH₃COOH)

- ① アとイ ② アとエ ③ イとウ ④ イとオ ⑤ エとオ

出題の酸塩基の整理表を作成します。価数は電離できる酸(H⁺)あるいは塩基(OH⁻)の数を表しています。強酸、強塩基はH⁺やOH⁻を解離しやすく、弱酸や弱塩基はそれらを解離しにくい特徴があります。濃度(モル/l)は問題文で与えられている溶液1リットルに含まれている酸・塩基のモル数を表しています。

	化学名	化学式	酸/塩基	価数	濃度(モル/L)
(ア)	硫酸	H ₂ SO ₄	強酸	2	1.0
(イ)	水酸化ナトリウム	NaOH	強塩基	1	2.0
(ウ)	塩酸	HCl	強酸	1	1.0
(エ)	アンモニア水	NH ₄ OH	弱塩基	1	2.0
(オ)	酢酸	CH ₃ COOH	弱酸	1	1.0

問題文に与えられた中和反応式を描きだすと次のようになります。



③、④、⑤では酸で中和しきれない塩基が溶液中に残っているので溶液は塩基性（アルカリ性）となっています。

①は強酸と強塩基の中和であり、生じた Na_2SO_4 は中性物質ですので、その溶液も中性です。

②は強酸と弱塩基の中和で、生じた $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ は酸性を示します。従って、溶液も酸性を示します。

5. 高分子化合物

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case								
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
						1		

Case 1 H18-1-4-4

Case 1 高分子化合物の性質

H18-1-4-4 正答 ⑤

I-4-4 高分子化合物の性質や、それらを用いた材料について述べた次の文章のうち、
 下線部が正しいものを①～⑤の中から選べ。

- ① 生ゴムは、ゴムノキの樹液からとれる乳液（ラテックス）に分散する高分子化合物を凝集させた柔らかい固体である。生ゴムを加硫すると安定で弾性の大きいゴムになるが、加硫する 硫黄の量を減らす と、より硬いゴムになる。

- ② 合成ゴムは、イソプレンやイソプレンに似た構造のジエンから、天然ゴムに似た性質の物質を 縮合重合 してつくられている。ブタジエンとアクリロニトリルの共重合体であるNBRは、他のゴムよりも耐油性に優れている。
- ③ セルロースなどの天然高分子を化学的に処理して溶液状態にしてから、再び繊維状にしたものを再生繊維という。再生繊維にはビスコースレーヨンなどがあり、分子式はセルロースと同じでも、分子量（重合度）は セルロースより大きい。
- ④ 6-ナイロン（ナイロン6）は、 ϵ -カプロラクタムの開環重合で得られる合成繊維である。縮合重合によって得られる6,6-ナイロン（ナイロン6,6）と反応は異なるが、いずれも熱可塑性の ポリエステル である。
- ⑤ フェノール樹脂には、フェノールとホルムアルデヒドを原料に、酸触媒の存在下で縮合重合させて得られるノボラックとよばれる熱可塑性樹脂を硬化剤とともに加熱して合成される 熱硬化性樹脂 があり、絶縁材や接着剤として用いられる。

高分子化合物そのものが出題された唯一の問題です。

- ① 生ゴムは、ゴムノキの樹液からとれる乳液（ラテックス）に分散する高分子化合物を凝集させた柔らかい固体です。生ゴムを加硫すると安定で弾性の大きいゴムになるが、加硫する硫黄の量を増やすと、より硬いゴムになる。
究極はエボナイトであり、生ゴムを長時間加硫して硬化させたものです。含硫率は、30～40%にも及びます。
- ② 合成ゴムは、イソプレンやイソプレンに似た構造のジエンから、天然ゴムに似た性質の物質を付加重合してつくられている。ブタジエンとアクリロニトリルの共重合体であるNBRは、他のゴムよりも耐油性に優れている。
- ③ セルロースなどの天然高分子を化学的に処理して溶液状態にしてから、再び繊維状にしたものを再生繊維という。再生繊維にはビスコースレーヨンなどがあり、分子式はセルロースと同じでも、分子量（重合度）はセルロースより小さい。
- ④ 6-ナイロン（ナイロン6）は、 ϵ -カプロラクタムの開環重合で得られる合成繊維である。縮合重合によって得られる6,6-ナイロン（ナイロン6,6）と反応は異なるが、いずれも熱可塑性のポリアミドである。

6. 金属の結晶構造

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case				1				
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16

Case 1 H29-1-4-3

Case 1 金属の結晶構造

H29-1-4-3 正答 ④

I-4-3 材料の結晶構造に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

結晶は、単位構造の並進操作によって空間全体を埋めつくした構造を持っている。室温・大気圧下において、単体物質の結晶構造は、FeやNaでは構造、AlやCuでは構造、TiやZnでは構造である。単位構造の中に属している原子の数は、構造では個、構造では4個、構造では2個である。

	ア	イ	ウ	エ
①	六方最密充填	面心立方	体心立方	3
②	面心立方	六方最密充填	体心立方	4
③	面心立方	体心立方	六方最密充填	2
④	体心立方	面心立方	六方最密充填	2
⑤	体心立方	六方最密充填	面心立方	4

この問題は知識が試される問題です。知っていれば簡単に答えられる問題です。

結晶は、単位構造の繰り返しにより空間全体を埋めつくした構造を持っています。室温・大気圧下において、単体物質の結晶構造は、FeやNaでは体心立方構造、AlやCuでは面心立方構造、TiやZnでは六方最密充填構造です。単位構造の中に属している原子の数は、体心立方構造では2個、面心立方構造では4個、六方最密充填構造では2個となっています。

7. 金属の性質

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case			1 5	4 7	3 7		4 6	5
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1 4	1	3	1	1 2				

Case 1 H20-1-4-3, H21-1-4-4, H23-1-4-4
H24-1-4-3, H30-1-4-4

Case 2 H20-1-4-4

Case 3 H22-1-4-3, H28-1-4-3

Case 4 H24-1-4-4, H26-1-4-4

Case 5 H25-1-4-4, H30-1-4-3

Case 6 H26-1-4-3

Case 7 H28-1-4-4, H29-1-1-4

Case 1 金属の変形や破壊

H30-1-4-4 正答 ②

I-4-4 金属の変形や破壊に関する次の(A)～(D)の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

- (A) 金属の塑性は、アが存在するために原子の移動が比較的容易で、また、移動後も結合が切れないことによるものである。
- (B) 結晶粒径がイなるほど、金属の降伏応力は大きくなる。
- (C) 多くの金属は室温下では変形が進むにつれて格子欠陥が増加し、ウする。
- (D) 疲労破壊とは、エによって引き起こされる破壊のことである。

	ア	イ	ウ	エ
①	自由電子	小さく	加工軟化	繰返し負荷
②	自由電子	小さく	加工硬化	繰返し負荷
③	自由電子	大きく	加工軟化	経年腐食
④	同位体	大きく	加工硬化	経年腐食
⑤	同位体	小さく	加工軟化	繰返し負荷

(A) 金属の塑性は、自由電子が存在するために原子の移動が比較的容易で、また、移動後も結合が切れないことによるものである。

塑性とは、力を加えて変形させたとき、永久変形を生じる物質の性質のことをいいます。

(B) 結晶粒径が小さくなるほど金属の降伏応力は大きくなる。

(C) 多くの金属は室温下では変形が進むにつれて格子欠陥が増加し、加工硬化する。

金属に応力を与えると塑性変形によって硬さが増す現象。冷間加工により変形が進む程、転位は増加・重層化して抵抗が大きくなり硬さを増していくことになる。これが加工硬化です。

(D) 疲労破壊とは、繰返し負荷によって引き起こされる破壊のことである。

材料疲労は、物体が力学的応力を継続的に、あるいは繰返し受けた場合にその物体の機械材料としての強度が低下する現象。金属で発生するものは金属疲労として一般に知られていますが、金属だけではなく樹脂やガラス、セラミックスでも起こります。

H24-1-4-3 正答 ②

I-4-3 材料の強度や破壊に関する次の(A)～(C)の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

- (A) 結晶粒径が小さくなるほど、金属の降伏応力はなる。
- (B) 原子間の結合の強さから予想されるアルミナの理論強度は数十GPaに及ぶが、実際の焼結体の強度はの存在のため、それよりもはるかに小さい。
- (C) 破壊力学の進歩のきっかけとなったリバティ船の沈没、ジェット旅客機コメット号の墜落は、それぞれ溶接部の、窓の角からのが原因とされている。

	ア	イ	ウ	エ
①	大きく	イオン結合	脆性破壊	絶縁破壊
②	大きく	欠陥	脆性破壊	疲労破壊
③	大きく	欠陥	延性破壊	絶縁破壊
④	小さく	イオン結合	延性破壊	絶縁破壊
⑤	小さく	欠陥	延性破壊	疲労破壊

正答を当てはめて、文章の内容を理解してください。

(参考)

Wikipedia よりの引用

リバティ船

第二次世界大戦の最中、アメリカ合衆国で大量に建造された規格型輸送船の総称である。戦時標準船（10,000 DWT）とも呼ばれる。

建造期間短縮のため、当時としては画期的な工法であるブロック工法と溶接結合が採用され、1941年から1945年までの短期間のうちに2,710隻が急速建造された。脆性

破壊についての知見不足による欠陥事故で200隻以上を喪失したが、そこから多くの技術的教訓が引き出された。

鋼板の低温脆性、溶接手法の不備、応力集中による破壊の進行が原因と解明された。以後の造船技術はこれを教訓として研究・改良が行われ、その後の溶接構造船体の普及に貢献した。第二次世界大戦後の船舶の船体接合手段では、溶接が完全に一般化している。

コメット連続墜落事故

1950年代中期、世界最初のジェット旅客機であるイギリスのデ・ハビランド社製「コメット」Mk. Iに連続して発生した、構造上の欠陥による航空事故（空中爆発）の総称である。

事故原因の調査過程で、最先端の航空機であったコメット機に内在した、当時の航空工学および金属工学の分野で未知の領域にあった重大な欠陥が解明された。

この事故を契機に、故障の拡大を食い止めるフェールセーフ思想が発展普及し、その後の航空機の安全性を著しく向上させ、かつ航空事故の科学的検証手法の雛形が構築された。航空分野に限らず、技術欠陥の防止や事故検証のあり方において、多くの貴重な教訓を残した重要な歴史的事件とされる。

H23-1-4-4 正答 ④

I-4-4 金属の変形や破壊に関する次の(A)～(D)の記述の、に入る語句の組合せとして、適切なものはどれか。

- (A) 金属の塑性は、アが存在するために原子の移動が比較的容易で、また、移動後も結合が切れないことによるものである。
- (B) 結晶粒径がイなるほど、金属の降伏応力は大きくなる。
- (C) 多くの金属は室温下では変形が進むにつれて格子欠陥が増加し、ウする。
- (D) 疲労破壊とは、エによって引き起こされる破壊のことである。

	ア	イ	ウ	エ
①	同位体	大きく	加工硬化	経年腐食
②	同位体	小さく	加工軟化	繰り返し負荷
③	自由電子	小さく	加工軟化	繰り返し負荷
④	自由電子	小さく	加工硬化	繰り返し負荷
⑤	自由電子	大きく	加工軟化	経年腐食

正答を当てはめて、文章の内容を理解してください。

H21-1-4-4 正答 ④

I-4-4 金属の変形に関する次の(A), (B)の記述の [ア] ~ [エ] に入る語句の組合せとして、適切なものを①~⑤の中から選べ。

- (A) 多くの金属は室温下では変形が進むにつれて [ア] が増加し, [イ] する。
[イ] した金属を加熱すると, 増加した [ア] が減少し, 加工する前の強度に近づく。
増加した [ア] の減少を目的とした熱処理を [ウ] という。
- (B) 一定の応力あるいは荷重のもとで, 時間とともに塑性変形が進行する現象を [エ] とよぶ。

	ア	イ	ウ	エ
①	格子欠陥	加工軟化	焼なまし	クリープ
②	格子欠陥	加工硬化	焼もどし	時効
③	完全結晶	加工軟化	焼もどし	クリープ
④	格子欠陥	加工硬化	焼なまし	クリープ
⑤	完全結晶	加工硬化	焼もどし	時効

正答を当てはめて、文章の内容を理解してください。

(参考)

Wikipedia よりの引用

格子欠陥

結晶において空間的な繰り返しパターンに従わない要素です。格子欠陥は大別すると「不純物」と「原子配列の乱れ」があり、後者だけを格子欠陥と呼ぶときがある。狭い意味では特に格子空孔を指すこともある。伝導電子や正孔も広い意味では格子欠陥に含まれる。

焼きなまし

加工硬化による内部のひずみを取り除き、組織を軟化させ、展延性を向上させる熱処理です。

クリープ

物体に持続応力が作用すると、時間の経過とともに歪みが増大する現象。主に高温環境下における材料の変形を説明するために用いられる。

Case 2 金属中の自由電子

H20-1-4-4 正答 ②

I-4-4 金属中の自由電子に関する次の記述のうち、最も不適切なものを選び。

- ① 金属中の原子の価電子の一部又はすべては、自由電子として本来一つの原子に所属するはずの電子がそれを離れて原子（陽イオン）間を動き回っている。
- ② 高温下では自由電子の運動が激しくなるので、金属の電気伝導率は高温になるほど高くなる。
- ③ 金属光沢は、金属表面付近の自由電子、金属イオン、価電子などと光との相互作用によって生じる。
- ④ 純粋な金属の熱伝導では、フォノンよりも自由電子による寄与が支配的なので、ほとんどのセラミックスよりも純粋な金属の方が高い熱伝導率を有する。
- ⑤ 金属の塑性は、自由電子が存在するために原子の移動が比較的容易で、また移動後も結合が切れないことによるものである。

- ② 自由電子のふるまいによって、金属の熱伝導率と電気伝導率は高くなり、しかも比例する（ヴィーデマン＝フランツ則）。金属は温度が下がると電気伝導性が上がり、逆に温度が上がると伝導性は減少する（次ページの下図参照）。

これは温度の上昇に伴って伝導電子がより散乱されるためです。

Case 3 金属の密度、電気抵抗率、融点

H28-1-4-3 正答 ③

I-4-3 鉄、銅、アルミニウムの密度、電気抵抗率、融点について、次の（ア）～（オ）の大小関係の組合せとして、最も適切なものはどれか。ただし、密度及び電気抵抗率は20 [°C] での値、融点は1気圧での値で比較するものとする。

- (ア) : 鉄 > 銅 > アルミニウム
(イ) : 銅 > 鉄 > アルミニウム
(ウ) : アルミニウム > 鉄 > 銅
(エ) : 銅 > アルミニウム > 鉄
(オ) : 鉄 > アルミニウム > 銅

	密度	電気抵抗率	融点
①	(ア)	(イ)	(エ)
②	(イ)	(エ)	(エ)
③	(イ)	(オ)	(ア)
④	(ウ)	(ウ)	(オ)
⑤	(ウ)	(オ)	(ア)

直感的にはアルミニウムは軽い（比重2.7）。

銅は電気を良く通す。これは電気抵抗が小さいということ。銅線に変えてアルミニウム線を用いたら、などという話もあります。銅よりは電気を通しにくいですが軽いということがその理由です。

融点はアルミニウムが低いことは知っての通り。銅文明が鉄文明よりも先に起こったのは、周知の通りです。

物性	鉄	銅	アルミニウム
密度	7.87	8.94	2.70
電気抵抗率 $n\Omega\cdot m$	96.1	16.8	28.2
融点 $^{\circ}C$	1538	1084	660
熱伝導率 $W/(m\cdot K)$	80.4	401	237

熱伝導率は参考まで。

電気を通しやすい金属は熱も通しやすい。

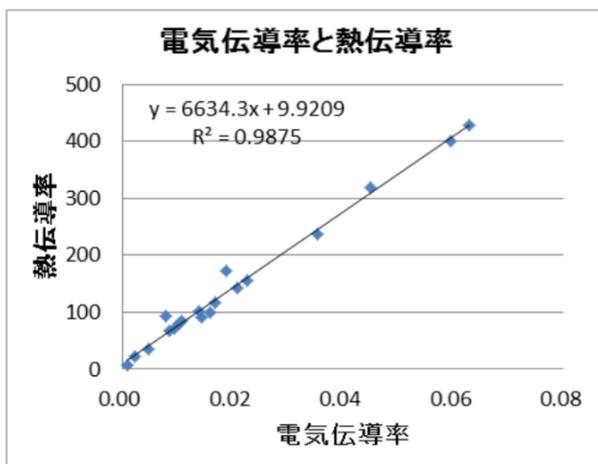
（参考）

電気の流れは、金属イオン格子の中を伝導電子が移動することで生じています。熱も同様に伝達されている。

下表は、電気と熱を通しやすい金属から順に並べています。電気抵抗率の単位は $n\Omega\cdot m$ で、電気伝導率の単位はその反対の $1/(n\Omega\cdot m)$ となります。電気伝導率と熱伝導率の関係をグラフ化すると、きれいな直線関係となります（ヴィーデマン・フランツの法則）。

電気抵抗率と熱伝導率

元素	電気抵抗率 $n\Omega\cdot m$	電気伝導率 $1/\text{電気抵抗率}$	熱伝導率 $W/(m\cdot K)$
銀	15.87	0.0630	429
銅	16.78	0.0596	401
金	22.14	0.0452	318
アルミニウム	28.2	0.0355	237
マグネシウム	43.9	0.0228	156
ナトリウム	47.7	0.0210	142
タンガステン	52.8	0.0189	173
亜鉛	59.0	0.0169	116
コバルト	62.4	0.0160	100
ニッケル	69.3	0.0144	90.9
カリウム	72	0.0139	102.5
リチウム	92.8	0.0108	84.8
鉄	96.1	0.0104	80.4
白金	105	0.0095	71.6
鉛	115	0.0087	66.8
クロム	125	0.0080	93.9
鉛	208	0.0048	35.3
チタン	420	0.0024	21.9
水銀	961	0.0010	8.3



Case 4 材料の熱伝導

H26-1-4-4 正答 ④

I-4-4 材料の熱伝導に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 高純度の金属においては、熱伝導は、格子振動（フォノン）よりも自由電子によってより効率的に行われる。
- ② 不純物で合金化された金属では、高純度の金属よりも熱伝導率は低下する。
- ③ ガラスや非晶質のセラミックスは、結晶質のセラミックスよりも低い熱伝導率を示す。
- ④ セラミックス材料の気孔率を増大させると、熱伝導率は増大する。
- ⑤ 高分子の熱伝導率は結晶化率に依存し、結晶化率が高く規則的な構造を持つ高分子は、同じ物質の非晶質のものより大きい熱伝導率を示す。

断熱材を想像してください。熱の伝わり方は、伝熱、対流、放射です。気孔率を増大させると有効伝熱面積が小さくなります。対流と放射は考えなくてよいでしょう。従って、④が誤りでした。

- ④ セラミックス材料の気孔率を増大させると、熱伝導率は減少する。

Case 5 金属の腐食

H30-1-4-3 正答 ③

I-4-3 金属材料の腐食に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 腐食とは、力学的作用によって表面が逐次減量する現象である。
- ② 腐食は、局所的に生じることはなく、全体で均一に生じる。
- ③ アルミニウムは表面に酸化皮膜を形成することで不働態化する。
- ④ 耐食性のよいステンレス鋼は、鉄にニッケルを5%以上含有させた合金鋼と定義される。
- ⑤ 腐食の速度は、材料の使用環境温度には依存しない。

- ① 腐食とは、化学・生物学的作用により外見や機能が損なわれた物体やその状態をいう。
- ② 腐食は、一般的に言われる、表面的に「さび」が発生することにとどまらず、腐食により厚さが減少したり、孔が開いたりすることも含む。
- ③ 人工的にアルミニウム表面に分厚い酸化アルミニウム被膜を作ることによって、アルミニウムの耐食性、耐摩耗性の向上、および、装飾その他の機能の付加が行なわれる。
- ④ ステンレス鋼とは、クロム、またはクロムとニッケルを含む、さびにくい合金鋼である。ISO規格では炭素含有量 1.2%（質量パーセント濃度）以下、クロム含有量

10. 5%以上の鋼と定義される。

- ⑤ 腐食の速度は、材料の使用環境温度に影響される。一般的に高温になるほど腐食速度が大きくなる。

H25-1-4-4 正答 ③

I-4-4 金属材料の腐食に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 金属材料の腐食には、空気や反応生成ガス、燃焼ガスなどのガス中で生じる乾食と、水などの液体中で生じる湿食がある。
- ② 金属の中には、イオン化傾向から判断されるよりはるかに化学的安定性の高いものがあるが、それらの金属が化学的に安定な理由は、酸化物が金属の表面に強固に結合して不動態皮膜を形成しやすいからである。
- ③ 一般に、ステンレス鋼は表面に強固な不動態皮膜を形成するので、炭素鋼よりも海水中の用途に適している。
- ④ 応力腐食割れとは、腐食作用と引張り応力の共同作用で、引張り強さ以下の応力で材料が割れてしまう現象である。
- ⑤ 水素脆化とは、原子状の水素が金属内に入り拡散して、格子欠陥など特異な場所に集まり、金属を脆くする現象である。

- ③ 一般に、ステンレス鋼は表面に強固な不動態膜を形成するが、炭素鋼よりも海水中の用途に適しているわけではない。海水中では短期間に極端に錆びる場合がある。

Case 6 金属の変形

H26-1-4-3 正答 ⑤

I-4-3 金属の変形に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして最も適切なものはどれか。

金属が比較的小さい引張応力を受ける場合、応力 (σ) とひずみ (ϵ) は次の式で表されるように比例関係にある。

$$\sigma = E\epsilon$$

これは ア の法則として知られており、比例定数 E を イ と呼ぶ。常温での イ は、マグネシウムで ウ GPa、タングステンで エ GPa である。温度が高くなると イ は、オ なる。

	ア	イ	ウ	エ	オ
①	フック	ヤング率	45	407	大きく
②	ヘンリー	ポアソン比	407	45	大きく
③	フック	ポアソン比	407	45	小さく
④	ヘンリー	ヤング率	407	45	小さく
⑤	フック	ヤング率	45	407	小さく

- ⑤ 力を加えても変形しにくいものはヤング率が大きく、逆に、変形しやすいものはヤング率が小さい。

ヤング率の単位は、力/面積ですから、圧力と同じ Pa (パスカル) です。

なお、解答欄に候補として与えられている用語を解説しておきます。

フックの法則

力学や物理学における構成則の一種で、ばねの伸びと弾性限度以下の荷重は正比例するという近似的な法則です。

ヤング率

長さ L (m) と断面積 A (m^2) を持つ弾性材料から出来た棒を線形なばねとみなした時、そのひずみ ε (単位なし) は引張応力 σ (N/m^2) に比例し、弾性係数と呼ばれる定数 E (N/m^2) ヤング率に反比例します。

よって

$$\sigma = E \varepsilon$$

または

$$F/A = E \times \Delta L/L$$

です。応力 σ は F/A 、すなわち力を面積で割ったものです。

ポアソン比

引張方向に垂直なひずみ ($\Delta w/w$) と引張方向のひずみ ($\Delta L/L$) の比のことで、

$$\Delta w/w = \nu \times \Delta L/L$$

の ν がポアソン比です。

ヘンリーの法則

溶解度が小さく、溶媒と反応しない気体を一定温度、一定体積の溶媒に溶解するとき、溶解する物質はその気体の分圧に比例するというものです。

Case 7 材料の力学特性試験

H29-1-1-4 正答 ⑤

I-1-4 材料の機械的特性に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

材料の機械的特性を調べるために引張試験を行う。特性を荷重との線図で示す。材料に加える荷重を増加させるとは一般的に増加する。荷重を取り除いたとき、完全に復元する性質をといい、き裂を生じたり分離はしないが、復元しない性質をという。さらに荷重を増加させると、荷重は最大値をとり、材料はやがて破断する。この荷重の最大値は材料の強さを表す重要な値である。これを応力で示しと呼ぶ。

- | | ア | イ | ウ | エ |
|---|-----|----|----|------|
| ① | ひずみ | 弾性 | 延性 | 疲労限 |
| ② | 伸び | 塑性 | 弾性 | 引張強さ |
| ③ | 伸び | 弾性 | 延性 | 疲労限 |
| ④ | ひずみ | 延性 | 塑性 | 破断強さ |
| ⑤ | 伸び | 弾性 | 塑性 | 引張強さ |

これは第1群で出題された問題です。下に示した H28-1-4-4 (第4群の問題) に類似していますが、この問題はこれよりも基礎的な問題です。

H28-1-4-4 正答 ②

I-4-4 材料の力学特性試験に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

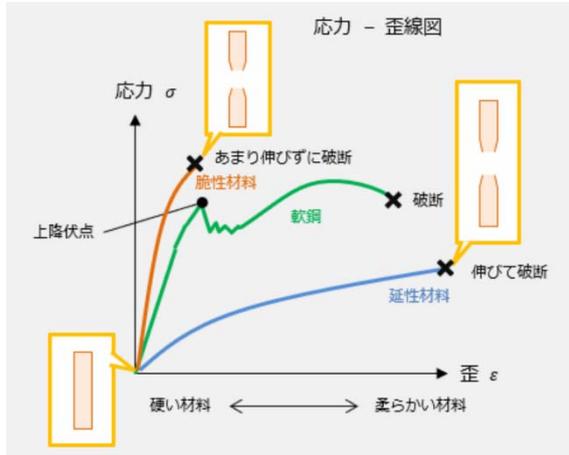
材料の弾塑性挙動を、一軸引張試験機を用いて測定したとき、試験機から一次的に計測できるものは荷重と変位である。荷重をの試験片平行部の断面積で除すことでが得られ、変位をの試験片平行部の長さで除すことでが得られる。-曲線において、試験開始の初期に現れる直線領域を変形領域と呼ぶ。

- | | ア | イ | ウ | エ |
|---|-----|------|-------|----|
| ① | 変形前 | 真応力 | 真ひずみ | 弾性 |
| ② | 変形前 | 公称応力 | 公称ひずみ | 弾性 |
| ③ | 変形後 | 真応力 | 真ひずみ | 弾性 |
| ④ | 変形後 | 公称応力 | 公称ひずみ | 塑性 |
| ⑤ | 変形後 | 真応力 | 公称ひずみ | 塑性 |

正答を当てはめて、文章の内容を理解してください。

(参考)

材料力学の基礎を学ぶ (機械設計エンジニアの基礎知識より)



脆性材料

ガラス、コンクリート、鋳鉄

延性材料

アルミニウム、プラスチック
ゴム、ステンレス鋼

8. 金属の製造

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case						1		
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
							1	

Case 1 H17-1-4-4, H27-1-4-4

Case 1 クラーク数と金属の製造

H27-1-4-4 正答 ①

I-4-4 資源と金属製造に関する次の記述の、に入る金属の組合せとして最も適切なものはどれか。

金属の地殻中の存在量は、アがイより多いが、年間世界生産量はイの方が
多い。ウは存在量が少なく採年数も短いため、資源節約の面からみればリサイクル
の重要性が高い。金属製造のための鉱石は、ほとんどが酸化鉱であるが、ウは硫化

鈦，**エ**は炭酸塩鈦も原料となる。反応性に富む卑金属は，炭素や水素を用いた普通の還元法では金属採取が困難であるため，**ア**，**エ**は熔融塩電解法が工業化されている。また，**オ**は，電解法で作製した**エ**を使って，塩化物から金属への還元が行われており，**ア**から**オ**の中でトン当たりの価格は**オ**が最も高い。

	ア	イ	ウ	エ	オ
①	Al	Fe	Zn	Mg	Ti
②	Al	Mg	Zn	Fe	Ti
③	Ti	Fe	Al	Mg	Zn
④	Ti	Fe	Al	Zn	Mg
⑤	Ti	Mg	Al	Fe	Zn

可採年数（鈦石生産量/確認埋蔵量）が銅の場合40年、ニッケルが39年、鉄鈦石が56年、ボーキサイト（アルミニウム）が100年であるのに比べ、亜鉛は18年と、他の非鉄金属に比較して圧倒的に可採年数が短い。（2019年時点）

反応性に富む卑金属は、炭素や水素を用いた普通の還元法では金属採取が困難であるため、アルミニウムやマグネシウムは熔融塩電解法が工業化されています。卑金属とは、貴金属ではない金属のことです。

（参考）

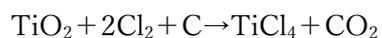
アルミニウムは、鈦石のボーキサイトを原料として生産されます。ボーキサイトを水酸化ナトリウムで処理し、アルミナ（酸化アルミニウム Al_2O_3 ）として取り出したあと、氷晶石（ヘキサフルオロアルミン酸ナトリウム、 Na_3AlF_6 ）とともに熔融し電気分解を行います。

マグネシウムには2つの製法があります。

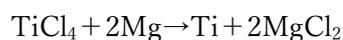
ひとつは熱還元法はドロマイト（ $CaMg(CO_3)_2$ ）を原料とし、酸化マグネシウム（ MgO ）に還元剤を添加して減圧下で高温に加熱し製錬する方法です。もうひとつの電解法は、主に海水などを原料に塩化マグネシウムを得て、これを電解して精製する方法です

チタンは、電解法で作成したマグネシウムを使って、塩化物から金属への還元が行われています。

チタン鈦石（原料）から四塩化チタンへ。



マグネシウムで還元してスポンジチタンを製造。



クラーク数

地球上の地表付近（海水面下10マイル、16kmまで）に存在する元素の割合を火成岩の化学分析結果に基づいて推定した結果を存在率(wt%)で表したものです。

1	酸素	49.5	11	塩素	0.19	21	クロム	0.02
2	ケイ素	25.8	12	マンガン	0.09	22	ストロンチウム	0.02
3	アルミニウム	7.56	13	リン	0.08	23	バナジウム	0.015
4	鉄	4.70	14	炭素	0.08	24	ニッケル	0.01
5	カルシウム	3.39	15	硫黄	0.06	25	銅	0.01
6	ナトリウム	2.63	16	窒素	0.03			
7	カリウム	2.40	17	フッ素	0.03			
8	マグネシウム	1.93	18	ルビジウム	0.03			
9	水素	0.83	19	バリウム	0.023			
10	チタン	0.46	20	ジルコニウム	0.02			

9. 電子セラミックス

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case								1
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
		1						

Case 1 H22-1-4-4, H25-1-4-3

Case 1 電子セラミックスの用途

H25-1-4-3 正答 ④

I-4-3 電子セラミックスに関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

- ・チタン酸バリウム系のセラミックスは高いアを持ち、コンデンサとして使用されている。
- ・温度制御に用いられるサーミスタは、温度によってセラミックスのイが変化する性質を利用している。

- ・外部からひずみを加えると電圧が発生するセラミックスを「ウ」セラミックスと呼び、着火装置や圧力センサとして使用されている。
- ・電圧によって「エ」が大幅に変わるセラミックスはバリスタとして利用され、異常電圧から回路を守るために有用である。

	ア	イ	ウ	エ
①	導電率	電気抵抗	圧電体	体積
②	導電率	熱膨張係数	放電体	電気抵抗
③	比誘電率	電気抵抗	放電体	体積
④	比誘電率	電気抵抗	圧電体	電気抵抗
⑤	比誘電率	熱膨張係数	圧電体	体積

- (ア) 比誘電率と聞けばコンデンサを連想すること。
 (イ) 熱膨張率が変化するのはバイメタル。
 (ウ) 圧電体セラミックは身近なところではガスコンロや100円ライターの放電着火に利用されている。

(参考)

バリスタは、2つの電極をもつ電子部品で、両端子間の電圧が低い場合には電気抵抗が高いが、ある程度以上に電圧が高くなると急激に電気抵抗が低くなる性質を持っています。他の電子部品を高電圧から保護するためのバイパスとして用いられます。

10. 材料と製品

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	1	1		1				
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
			1		2	1	2	1

Case 1 H16-1-4-1, H18-1-4-3, H21-1-4-3, H29-1-4-4

R01-1-4-4, R01再-1-4-4

Case 2 H17-1-4-3, H19-1-4-3

Case 1 元素、化合物と製品

H21-1-4-3 正答 ③

I-4-3 環境負荷の低減に役立つと期待されている下記の(ア)～(エ)の実用化されている技術に関係の深い物質の組合せとして、適切なものを①～⑤の中から選べ。

(ア) 太陽電池 (イ) 光触媒 (ウ) バイオマスプラスチック (エ) 燃料電池

	ア	イ	ウ	エ
①	リチウム	酸化チタン	ポリ乳酸	鉛
②	シリコン	酸化カルシウム	ポリ乳酸	鉛
③	シリコン	酸化チタン	ポリ乳酸	白金
④	リチウム	酸化カルシウム	ポリ酢酸ビニル	白金
⑤	シリコン	酸化チタン	ポリ酢酸ビニル	鉛

太陽電池 - シリコン、
バイオマスプラスチック - ポリ乳酸、

光触媒 - 酸化チタン
燃料電池 - 白金

解説は省略します。

H18-1-4-3 正答 ①

I-4-3 下記の製品、部品および材料とそれらに含まれる主な元素の組合せとして最も適切なものを①～⑤の中から選べ。

(永久磁石) (乾電池) (光ファイバー) (ジュラルミン)

①	Fe	Zn	Si	Cu
②	Zn	Si	Fe	Cu
③	Fe	Zn	Cu	Si
④	Zn	Cu	Fe	Si
⑤	Zn	Cu	Si	Fe

(参考)

Wikipedia より

永久磁石

永久磁石の原料として、3d遷移元素の鉄、コバルト、ニッケルが挙げられる。単体が室温で強磁性を示すのは、これら3つの元素のみです。

乾電池

多くの種類の乾電池がある。空気亜鉛電池は現在では主にボタン型電池として利用されている。

光ファイバー

光ファイバーはコアと呼ばれる芯とその外側のクラッド、それらを覆う被覆の3重構造となっている。コアとクラッドはともに光に対して透過率が非常に高い石英ガラスまたはプラスチックでできている。(石英はSiO₂です)

ジュラルミン

アルミニウムを主成分とし、そこに銅とマグネシウムを含む合金です。ジュラルミンは、アルミニウム以外に銅が約4%、マグネシウムが0.5%、マンガンが0.5%です。超ジュラルミンや超々ジュラルミンといわれるものもあります。

H16-1-4-1 正答 ④

I-4-1 下記のA群の材料とB群の元素において、最も関係の深い(含まれるもの、必要なもの、有害なもの等)組合せを次の中から選べ。

- A群 a. 自動車用鋼板 b. 電線用銅 c. 耐光性プラスチック
d. タイヤ用ゴム e. 発光ダイオード
- B群 イ. イオウ ロ. ヒ素 ハ. 亜鉛
ニ. ガリウム ホ. チタン

- | | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|
| ① | イ | ロ | ハ | ニ | ホ |
| ② | ニ | ホ | ロ | イ | ハ |
| ③ | イ | ホ | ニ | ハ | ロ |
| ④ | ハ | ロ | ホ | イ | ニ |
| ⑤ | ホ | ニ | ハ | ロ | イ |

亜鉛メッキ鋼板(自動車用鋼板)

鋼材や鋼板をめっき槽に漬けて、電気を介して亜鉛をめっきします。さらにプレス加工性や塗装性を向上させるため、表面をリン酸塩で処理します(パーカー処理やボンデ処理)。ボンデ鋼板は自動車車体などに用いられています。

電線用銅

銅線に使われる銅は純銅であるが、銅精錬が開始された紀元前4000年ごろの遺跡から発掘される銅器には、ヒ素を3~10%含んだものがあります。ヒ素を含んだ銅は純銅より

も硬化性と強度に優れていますが、電線に用いると伝導率が下がります。電気を通しにくくなるということです。

耐光性プラスチック

均一な粒子のほか良好な耐光性と分散性がありエマルジョン塗料、プラスチック、印刷インキ、トラフィックペイント等に用いられます。

タイヤ

天然ゴムなどに硫黄で架橋反応を起こさせます。硫黄は熱の働きで低分子のゴムを橋渡しし、弾性限界の高いゴムへと変えます。

発光ダイオード

青色は1990年代初め、赤崎勇、天野浩、中村修二らによって窒化ガリウムによる青色LEDの半導体が発明されました。

Case 2 元素、化合物の持つ機能

H19-1-4-3 正答 ②

I-4-3 物質や材料の性質に関する次の記述のうち、最も不適切なものを選び。

- ① シリカゲルや活性炭には微細な空隙が多数あって、単位質量に対する表面積がきわめて大きく、吸着剤として脱臭・脱色などに使われる。
- ② 天然ガスの主成分はベンゼンであり、冷却圧縮して液体にしたものを液化天然ガスLNGという。LNGは都市ガス用や化学工業の原材料などに使われる。
- ③ 銅は赤色光沢のある金属で、電気・熱の良導体である。乾燥した空気中では常温で変化しにくい、湿気のある空気中では酸化されて緑青を生じる。
- ④ 酸化チタンに紫外線が当たると、光化学反応を起こし、このとき生じる活性酸素はさまざまな有機物を分解し、抗菌や脱臭、汚れ防止などの効果をもたらす。
- ⑤ ステンレス鋼にはクロムが含まれており、表面にクロムの酸化皮膜ができ、これが不動態となるため優れた耐食性を示す。

② 天然ガスの主成分はメタンであり、冷却圧縮して液体にしたものを液化天然ガスLNGという。LNGは都市ガス用や発電用などに使われる。

H17-1-4-3 正答 ④

I-4-3 無機材料の機能に関する次の記述のうち、最も適切なものを選び。

- ① 無機材料の熱膨張率は結合様式によって異なる。原子の充填構造が密であるほど、熱の吸収による原子の格子振動を緩和しやすくなり、熱膨張率は小さくなる。
- ② 水酸アパタイトは骨や歯などの生体骨組織と類似しており、生体親和性に優れたインプラント材料である。水酸アパタイトは、酸性水溶液中で難溶性であることを利用して粉体が合成される。
- ③ 発光ダイオードでは、化合物半導体のpn接合の順方向に電圧をかけて、pn接合領域から電子をn型領域へ、正孔をp型領域へと移動させると発光する。
- ④ ニッケル-水素化合物二次電池の負極には、水素吸蔵合金が用いられている。充電時には、合金中へ水素が取り込まれ、逆に放電時には合金から放出される。
- ⑤ ダイヤモンドは、電気伝導性、熱伝導性は低く、硬度は高いという特徴を持っており、超硬材料として切削工具等に広く使われている。

- ① 無機材料の熱膨張率は結合様式によって異なる。原子の充填構造が密であるほど原子のずれが起きにくくなり、熱膨張率は小さくなる。
- ② 水酸アパタイトは骨や歯などの生体骨組織と類似しており、生体親和性に優れたインプラント材料である。水酸アパタイトは、アルカリ性水溶液中で難溶性であることを利用して粉体が合成される。
- ③ 発光ダイオードでは、化合物半導体のpn接合の順方向に電圧をかけて、pn接合領域から電子をp型領域へ、正孔をn型領域へと移動させると発光する。
- ⑤ ダイヤモンドは、電気伝導性は低い、熱伝導性は高く、硬度は高いという特徴を持っており、超硬材料として切削工具等に広く使われている。

1 1. 放射線と材料

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case								
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
	1							

Case 1 H23-1-4-3

Case 1 放射線と材料

福島第一原子力発電所の炉心溶融事故は平成23年3月に起こりました。その秋の試験でこの問題が出題されました。

H23-1-4-3 正答 ④

I-4-3 放射線と材料に関する次の(ア)～(エ)の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- (ア) ガンマ (γ) 線の遮蔽には加工性の良い鉛がよく用いられるが、遮蔽効果は同じ厚さの密度 2.35 g/cm^3 のコンクリート（普通コンクリートと同等の密度）の方が高い。
- (イ) 材料に放射線を照射すると、力学特性や電気特性が変化することがある。
- (ウ) アルファ (α) 線、ベータ (β) 線はそれぞれヘリウム原子核、電子の流れであり、アルファ線の方が材料に対する電離作用が強いが透過力は小さい。
- (エ) ベータ (β) 線、ガンマ (γ) 線はそれぞれ中性子、電子の流れであり、ベータ線は電離作用が特に強く、材料や生体への影響が大きい。

- ① ア, イ ② ア, ウ ③ ア, エ ④ イ, ウ ⑤ イ, エ

(ア) ガンマ (γ) 線の遮蔽には加工性の良い鉛がよく用いられ、遮蔽効果は同じ厚さの密度 2.35 g/cm^3 のコンクリートより高い。

(エ) ベータ線は電子の流れで、ガンマ線は電磁波であり、アルファ線は電離作用が特に強く、材料や生体への影響が大きい。

(参考)

アルファ線

高い運動エネルギーを持つヘリウム4の原子核です。陽子2個と中性子2個からなります。電離作用が強いため透過力は小さく、紙や数cmの空気層で止められます。しかし、その電離作用の強さのため、アルファ線を出す物質を体内に取り込んだ場合の内部被曝には十分注意しなければなりません。

ベータ線

放射線の一種で、その実体は電子または陽電子です。透過力は弱く、通常は数mmのアルミ板や1cm程度のプラスチック板で十分遮蔽できます。

ガンマ線

放射線の一種。その実体は波長がおおよそ 10 pm （ピコメートル）よりも短い電磁波です。アルファ粒子・ベータ粒子と比べると透過能力は高いですが、電離作用は弱く、放射線荷重係数が小さいのが特徴です。ガンマ線の電離作用にはDNAを傷つけることによる発がん作

用などがあります。

1 2. 遺伝形質

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case								
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
								1

Case 1 H16-1-4-5

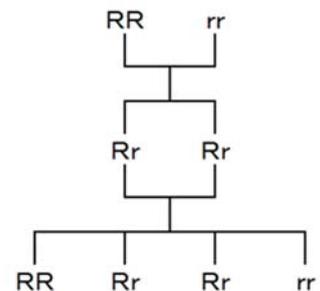
Case 1 遺伝形質

H16-1-4-5 正答 ③

I-4-5 メンデルはエンドウを栽培することで現代の遺伝研究のもととなる種々の法則を発見した。一例として、優性形質である丸形の種子の遺伝子型RRをもつ親と、劣性形質であるしわ形の種子の遺伝子型rrをもつ親を交配すると、雑種第一代の種子の遺伝子型はRrとなり優性形質の丸形を示すことを見いだした。この遺伝様式は優性の法則とよばれる。メンデルはさらに、Rrの遺伝子型をもつ雑種第一代、RrとRrの親同士を交配させて RR, Rr, rrの3つの遺伝子型をもつ雑種第二代を作ってその種子の形の観察から分離の法則を発見した。このような分離の法則から得られる種子の形の分離比について次の項目の中から最も適切なものを選び。

- ① 丸形：中間形：しわ形=1：2：1
- ② 丸形：中間形：しわ型=1：1：1
- ③ 丸形：しわ形=3：1
- ④ 丸形：しわ形=1：3
- ⑤ 丸形：しわ型=1：1

問題文に「R rは優性形質の丸型を示す」と書かれているので、雑種第二世代は、丸型：しわ型=3：1の比率です。Rが入ったものが3、Rが入らないものが1です。メンデルの遺伝の法則です。



1 3. DNA

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case		1			1	2		
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1							1	

Case 1 H17-1-4-5, H24-1-4-5, H28-1-4-6, R01-1-4-5

Case 2 H27-1-4-6

Case 1 DNAの変性

R01-1-4-5 正答 ④

I-4-5 DNAの変性に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

DNA二重らせんの2本の鎖は、相補的塩基対間のアによって形成されているが、熱や強アルカリで処理をすると、変性して一本鎖になる。しかし、それぞれの鎖の基本構造を形成しているイ間のウは壊れない。DNA分子の半分が変性する温度を融解温度といい、グアニンとエの含量が多いほど高くなる。熱変性したDNAをゆっくり冷却すると、再び二重らせん構造に戻る。

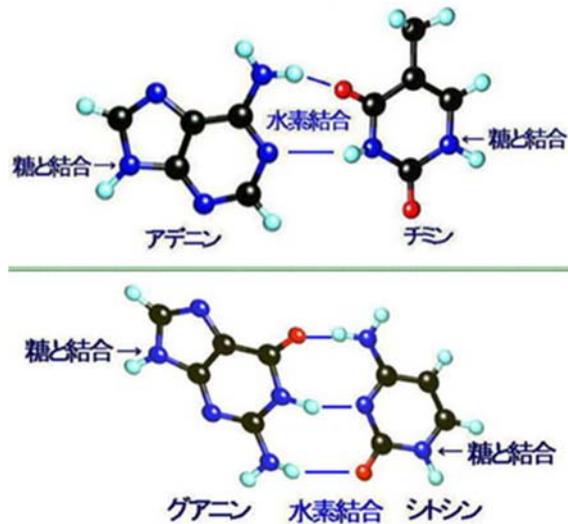
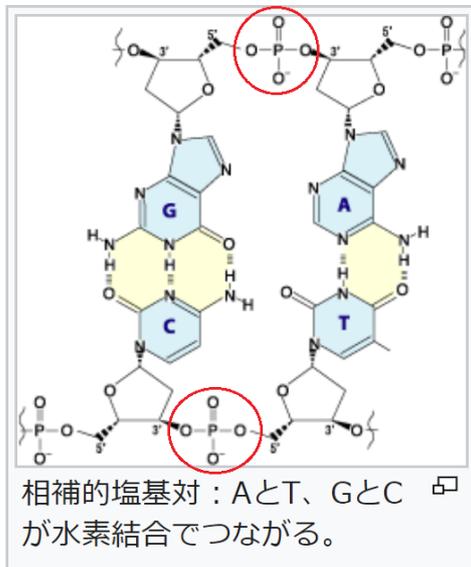
	ア	イ	ウ	エ
①	ジスルフィド結合	グルコース	水素結合	ウラシル
②	ジスルフィド結合	ヌクレオチド	ホスホジエステル結合	シトシン
③	水素結合	グルコース	ジスルフィド結合	ウラシル
④	水素結合	ヌクレオチド	ホスホジエステル結合	シトシン
⑤	ホスホジエステル結合	ヌクレオチド	ジスルフィド結合	シトシン

GとCは手が三本（強い結合）、AとTは手が二本（弱い結合）です。GとCは活字に丸みがあり面積も大きいので手が3本。AとTは活字が尖っていて面積も小さいので手が2本とイメージ的にとらえれば覚えやすいです。

下図の丸で囲った部分がホスホジエステル結合です。

2本のDNA鎖がG-C水素結合、あるいはA-T水素結合でつながり、DNAらせん構造を作り上げています。

DNA (Wikipedia) より



二重らせんを構成するアデニン (A) とチミン (T) は2本の水素結合で結合しますが、グアニン (G) とシトシン (C) は3本の水素結合で結合します。従って、ATに対してGCが多く含まれるほど、二重鎖間の結合は強く、熱変性しにくくなります。

水素結合は、電気陰性度が大きな原子 (陰性原子) に共有結合で結びついた水素原子が、近傍に位置した窒素、酸素、硫黄、フッ素、 π 電子系などの孤立電子対とつくる非共有結合性の引力的相互作用です。

典型的な水素結合 ($5 \sim 30 \text{ kJ/mol}$) は、ファンデルワールス力より10倍程度強いですが、共有結合やイオン結合よりはるかに弱い結合です。

H24-1-4-5 正答 ③

I-4-5 DNAの変性に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

核酸塩基間における ア によって形成されている二本鎖DNAは熱や強アルカリで処理すると、変性して一本鎖となる。DNAを徐々に加熱していくと変性の度合いに応じて イ の吸収量が増加する。DNA分子の半分が変性する温度を融解温度といい、グアニンと ウ の含量が多いほど高くなる。熱変性したDNAをゆっくり冷却すると再び二重らせん構造に戻るが、これを エ という。

	ア	イ	ウ	エ
① 水素結合	紫外線	ウラシル	メラニン	メルティング
② 共有結合	可視光線	シトシン	メラニン	メルティング
③ 水素結合	紫外線	シトシン	アニーリング	
④ 共有結合	紫外線	ウラシル	アニーリング	
⑤ 水素結合	可視光線	シトシン	メルティング	

正答を当てはめて文章の内容を確認してください。

H17-1-4-5 正答 ②

I-4-5 DNAの変性について述べている次の文章の括弧内に入る語句の組合せとして最も適切なものを選び。

二本鎖DNAを熱や強アルカリで処理すると、変性して一本鎖となる。DNAを徐々に加熱していくと変性の割合に応じて(1)の吸収量が増加する。DNA分子の(2)が変性する温度を融解温度といい、グアニンと(3)の含量が多いほど高くなる。熱変性したDNAをゆっくり冷却すると再び二重らせん構造に戻るが、これを(4)という。

	(1)	(2)	(3)	(4)
① 紫外線	半分	ウラシル	メルティング	
② 紫外線	半分	シトシン	アニーリング	
③ 紫外線	全部	シトシン	メルティング	
④ 可視光線	半分	ウラシル	アニーリング	
⑤ 可視光線	全部	シトシン	メルティング	

正答を当てはめて文章の内容を確認してください。

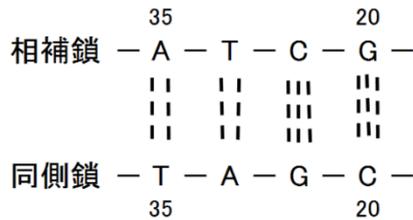
Case 2 二本鎖 DNA の塩基組成

H27-1-4-6 正答 ③

I-4-6 ある二本鎖DNAの一方のポリヌクレオチド鎖の塩基組成を調べたところ、シトシン(C)が20%、チミン(T)が35%であった。このとき、同じ側の鎖、又は相補鎖に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 同じ側の鎖では、グアニン（G）が20%である。
- ② 同じ側の鎖では、アデニン（A）が35%である。
- ③ 同じ側の鎖では、アデニン（A）とグアニン（G）の和が45%である。
- ④ 相補鎖では、アデニン（A）とグアニン（G）の和が45%である。
- ⑤ 相補鎖では、シトシン（C）とチミン（T）の和が55%である。

問題で与えられた条件を図にしてみました。数字の単位は塩基組成%、図中の点線は水素結合を表し、アデニン（A）とチミン（T）の間は二重の水素結合で結ばれ、シトシン（C）とグアニン（G）の間は3重の水素結合で結ばれていることを示しています。同鎖側のTが35%なら相補鎖のAも35%、同鎖側のCが20%なら相補鎖のGも20%です。この図から、同鎖側で、アデニン（A）とグアニン（G）の和が45%であることがわかります。



1 4. 遺伝子操作等

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	3			3		2		
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
			2		1			

Case 1 H19-1-4-5

Case 3 H29-1-4-6, R01 再-1-4-6

Case 2 H21-1-4-5, H27-1-4-5

Case 1 遺伝子操作

H19-1-4-5 正答 ①

I-4-5 遺伝子操作に関する次の文章の [ア] ~ [エ] に入る語句の組合せとして、適切なものを①~⑤の中から選べ。

運搬体となるDNA、すなわち [ア] に酵素などを用いて異種のDNAを試験管内で組み込み、これを宿主細胞内に導入することを組換えDNA実験といい、また、このようにして得られたDNAを組換え体DNAと呼ぶ。多くの組換え体の中から同一の遺伝情報をもつDNAを単離することを [イ] という。遺伝子組換えに用いられる酵素には、DNAを合成するためのDNAポリメラーゼ、RNAを鋳型としてDNAを合成する逆転写酵素、DNAを特定の塩基配列の部分で切断する種々の [ウ]、DNAの断片を連結するDNA [エ] などがある。

	ア	イ	ウ	エ
①	ベクター	クローニング	制限酵素	リガーゼ
②	ベクター	スクリーニング	分解酵素	リパーゼ
③	ベクター	クローニング	分解酵素	リガーゼ
④	プローブ	スクリーニング	制限酵素	リガーゼ
⑤	プローブ	クローニング	分解酵素	リパーゼ

正答を当てはめて、文章の内容を理解してください。

Case 2 クローン作製技術

H27-1-4-5 正答 ②

I-4-5 植物や動物のクローン作製技術に関する次の記述の、 [] に入る語句の組合せとして最も適切なものはどれか。

植物の場合、 [ア] であるオーキシン及びサイトカイニンを高濃度に含む培地で、根や葉の一部を培養すると [イ] と呼ばれる不定形の未分化な細胞塊が得られる。次に、 [ア] の組成を変えて [イ] を培養すると再分化し、元の植物と同じ遺伝情報を持つクローンが得られる。

一方、ほ乳類の場合、植物のように分化した細胞の培養を行うだけでは個体をつくることはできない。あらかじめ [ウ] を除去した [エ] に体細胞から取り出した [ウ] を移植して培養した後、母胎に入れることによってクローンを作製する。このようにしてつくられたクローンを体細胞クローンと呼ぶ。

	ア	イ	ウ	エ
①	植物ホルモン	プロトプラスト	核	未受精卵
②	植物ホルモン	カルス	核	未受精卵
③	植物ホルモン	カルス	胚	卵原細胞
④	アミノ酸	カルス	胚	未受精卵
⑤	アミノ酸	プロトプラスト	胚	卵原細胞

正答を当てはめて、文章の内容を理解してください。

Case 3 組換えDNA技術

H29-1-4-6 正答 ①

I-4-6 遺伝子組換え技術の開発はバイオテクノロジーを革命的に変化させ、ゲノムから目的の遺伝子を取り出して、直接DNA分子の構造を解析することを可能にした。遺伝子組換え技術に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① ポリメラーゼ連鎖反応（PCR）では、一連の反応を繰り返すたびに二本鎖DNAを熱によって変性させなければならないので、熱に安定なDNAポリメラーゼを利用する。
- ② 遺伝子組換え技術により、大腸菌によるインスリン合成に成功したのは1990年代後半である。
- ③ DNAの断片はゲル電気泳動によって陰極に向かって移動し、大きさにしたがって分離される。
- ④ 6塩基の配列を識別する制限酵素EcoRIでゲノムDNAを切断すると、生じるDNA断片は正確に4⁶塩基対の長さになる。
- ⑤ ヒトのゲノムライブラリーの全てのクローンは、肝臓のRNAから作製したcDNAライブラリーの中に見いだされる。

この問題は知識がなくては解答できません。

- ② 遺伝子組み換え技術により、大腸菌によるインスリン合成に成功したのは1979年である。

1979年には組換え医薬品第1号として、米国ジェネンテック社の研究者が世界で最初に大腸菌で生産させたヒト型インスリンが登場しました。

- ③ DNAの断片はゲル電気泳動によって陽極に向かって移動し、大きさに従って分離される。

緩衝液などに核酸(DNA/RNA)を溶解すると、リン酸残基によりマイナスに荷電します。この溶液(DNA試料)をアガロースゲルに添加し、緩衝液中で電気泳動を行なうと+側(陽極)に移動します。

- ④ 6塩基の配列を識別する制限酵素EcoRIでゲノムDNAを切断すると、生じるDNA断片は正確に4⁶塩基対の長さになる。

制限酵素はDNAの長い鎖のなかのどの部分をはさみで切るかの識別と切断をするためのものであって、切り取られたDNA断片の長さは同じとは限りません。

制限酵素	由来	認識部位	切断様式
EcoRI	大腸菌 (<i>Escherichia coli</i>)	5' GAATTC 3' CTTAAG	5' ---G AATC---3' 3' ---CTTAA G---5'

- ⑤ ヒトのゲノムライブラリーのすべてのクローンは、肝臓のRNAから制作したcDNAライブラリーの中に見出される。

「臓器や組織におけるDNAの偏在はない」との設問です。

受精すると、父親と母親から由来の遺伝子が交差して、新たな遺伝子が作り出されます。最初の1つのDNAがコピーを繰り返して一個体を作り上げるため、体のどの部分をとっても最初のDNAと全く同じDNAが存在していることとなります。ただし、そのDNAから器官(肝臓など)が作られるときにはそれに必要な遺伝子機能のみが活性化し、不要な部分は不活性化されます。(興味ある方はiPS細胞も参考にしてください)

ゲノムライブラリーはDNA全体から切り出された部分であり、cDNA(相補的DNA)ライブラリーは器官の発現に利用されたDNA部分に由来している、ということです。

15. 生物を構成する物質

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case		1	1 5	4	6		5	4
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
					3	2	1	

- Case 1 H17-1-4-6, H30-1-4-6, R01-1-4-6 Case 4 H25-1-4-5, H29-1-4-5
 Case 2 H18-1-4-5 Case 5 H26-1-4-6, H30-1-4-5
 Case 3 H19-1-4-4 Case 6 H28-1-4-5, R01再-1-4-5

Case 1 タンパク質

タンパク質に関する問題は過去3問出題されています。

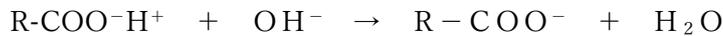
R01-1-4-6 正答 ③

I-4-6 タンパク質に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

タンパク質を構成するアミノ酸は種類あり、アミノ酸の性質は、の構造や物理化学的性質によって決まる。タンパク質に含まれるそれぞれのアミノ酸は、隣接するアミノ酸とをしている。タンパク質には、等電点と呼ばれる正味の電荷が0となるpHがあるが、タンパク質が等電点よりも高いpHの水溶液中に存在すると、タンパク質はに帯電する。

	ア	イ	ウ	エ
①	15	側鎖	ペプチド結合	正
②	15	アミノ基	エステル結合	負
③	20	側鎖	ペプチド結合	負
④	20	側鎖	エステル結合	正
⑤	20	アミノ基	ペプチド結合	正

高いpHとはアルカリ性ということです。タンパク質中のカルボン酸がアルカリ性下で水素イオンを奪われると、タンパク質は負に帯電します。



H30-1-4-6 正答 ③

I-4-6 タンパク質の性質に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① タンパク質は、20種類のαアミノ酸がペプチド結合という非共有結合によって結合した高分子である。
- ② タンパク質を構成するアミノ酸はほとんどがD体である。
- ③ タンパク質の一次構造は遺伝子によって決定される。
- ④ タンパク質の高次構造の維持には、アミノ酸の側鎖同士の静電的結合、水素結合、ジスルフィド結合などの非共有結合が重要である。
- ⑤ フェニルアラニン、ロイシン、バリン、トリプトファンなどの非極性アミノ酸の側鎖はタンパク質の表面に分布していることが多い。

- ① タンパク質は、20種類のαアミノ酸がペプチド結合という共有結合によって結合した高分子である。
- ④ タンパク質の高次構造の維持には、アミノ酸の側鎖同士の静電的結合、水素結合、ジスルフィド結合などの共有結合が重要である。

ジスルフィド結合は共有結合です。RSH + R'SH → RSSR' (酸化によりジスルフィド結合が生じる)。

- ⑤ フェニルアラニン、ロイシン、バリン、トリプトファンなどの非極性アミノ酸側鎖はタンパク質の内部に分布していることが多い。

H17-1-4-6 正答 ④

I-4-6 タンパク質の性質について述べている次の記述のうち、最も適切なものを選び。

- ① タンパク質を構成するアミノ酸はほとんどがD体である。
- ② タンパク質は、アミノ酸同士がエステル結合によってつながったものである。
- ③ α -ヘリックス (らせん) は特定のタンパク質に見られる二次構造である。
- ④ 疎水性相互作用は、タンパク質の立体構造の維持にとっても重要である。
- ⑤ 電荷を持たないアミノ酸の側鎖はタンパク質の表面に分布していることが多い。

- ① タンパク質を構成するアミノ酸はほとんどがL体である。
- ② タンパク質は、アミノ酸同士がペプチド結合によってつながったものである。
ペプチド結合 (酸アミド結合、 $-\text{NH}-\text{CO}-$)
- ③ α -ヘリックス (らせん) は多くのタンパク質に見られる二次構造である。

一次構造

タンパク質は酸アミド結合 ($-\text{CO}-\text{NH}-$) を形成することでできるアミノ酸のポリマーである。この配列の数や順序を指してタンパク質の一次構造とよびます。

二次構造

一次構造で並んだ側鎖が相互作用で結びつき、2種類の方法で結びついた箇所が生じます。1つは α ヘリックス (螺旋構造) と呼ばれ、ポリペプチドにらせん構造を形作ります。もう1つは β シートシート (シート状構造) と呼ばれます。これらは二次構造と呼ばれます。

酵素などとして活性を示すためには三次構造、四次構造が重要となってきます。

- ⑤ 電荷をもたないアミノ酸の側鎖はタンパク質の内部に分布していることが多い。
カルボン酸などの電荷をもつアミノ酸の側鎖 (水との親和性大) は、タンパク質が水環境にさらされるため、タンパク質の表面に分布していることが多くなります。

Case 2 ホルモン

H18-1-4-5 正答 ③

I-4-5 ホルモンに関する次の記述のうち、最も適切なものを選び。

- ① エストロゲンは精巣から分泌されるペプチドホルモンで、男性の第二次性徴の発現やタンパク質の合成促進などに関与する。
- ② カテコールアミンは副腎皮質から分泌されるステロイドホルモンで、血圧降下、グリコーゲン分解の抑制などに関与する。
- ③ インスリンは膵臓ランゲルハンス島β細胞から分泌されるペプチドホルモンで、筋肉や肝臓においてグリコーゲン合成酵素の活性化に関与する。
- ④ チロキシンは甲状腺から分泌されるステロイドホルモンでフッ素を含み、脂肪分解や糖新生の抑制などに関与する。
- ⑤ パラトルモンは脳下垂体中葉から分泌されるアミノ酸誘導体ホルモンで、腸からのナトリウム吸収の促進に関与する。

インスリンがどんなものかを知っていますので、この問題は解けます。エストロゲン、カテコールアミン、チロキシンの間違ってはいることはわかるのですが、どこがどのようにといわれると難しいです。

- ① エストロゲンは精巣から分泌されるステロイドホルモンで、男性の第二次性徴の発現やタンパク質の合成促進などに関与する。
- ② カテコールアミンはレボドパや多くの神経伝達物質等（ドーパミン、ノルアドレナリン、アドレナリン）及び関連薬物の基本骨格になっている。
- ④ チロキシンは甲状腺から分泌されるステロイドホルモンでヨウ素を含み、脂肪分解や糖新生の抑制などに関与する。
- ⑤ パラトルモンは副甲状腺から分泌されるアミノ酸誘導体ホルモンで、腸からのリン吸収の促進に関与する。

Case 3 植物の元素組成

H19-1-4-4 正答 ③

I-4-4 植物がその体をつくり、また体内の化学反応をバランスよく進めるためには、一般に少なくとも16種類の元素（炭素、酸素、水素、窒素、リン、カリウム、カルシウム、マグネシウム、イオウ、鉄、マンガン、ホウ素、亜鉛、モリブデン、銅、塩素）が必要とされている。質量でそれぞれ乾燥植物体のほぼ0.1%以上を占める9元素を多量元素と呼び、それ以下の7元素を微量元素という。これら元素について、植物と肥料に関する次の記述のうち、最も不適切なものを選べ。

- ① 16元素のうち炭素、酸素、水素は、光合成の原料になる二酸化炭素と水から取り込まれるので、補給の必要はない。
- ② 肥料とは、農作物の収量を増やしたり、成長に不足しがちな元素を植物に補給するために与える物質である。
- ③ 天然肥料を施すと、含まれている有機物の酸化反応によって二酸化炭素を生じるが、土壌を酸性化させることはない。
- ④ 化学肥料には、窒素、リン、カリウムのどれかを主成分とした無機化合物が多い。
- ⑤ 微量元素は、植物体内の酵素の成分として含まれるものや、酵素の活性化、光合成などに必須なものが多い。

- ③ 天然肥料を施すと、含まれている有機物の酸化反応によって二酸化炭素を生じ、土壌を酸性化させることもある。

Case 4 アミノ酸

H29-1-4-5 正答 ①

I-4-5 アミノ酸に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

一部の特殊なものを除き、天然のタンパク質を加水分解して得られるアミノ酸は種類である。アミノ酸の α -炭素原子には、アミノ基と,そしてアミノ酸の種類によって異なる側鎖（R基）が結合している。R基に脂肪族炭化水素鎖や芳香族炭化水素鎖を持つロイシンやフェニルアラニンは性アミノ酸である。グリシン以外のアミノ酸には光学異性体が存在するが、天然に主に存在するものはである。

- | | ア | イ | ウ | エ |
|---|----|--------|----|----|
| ① | 20 | カルボキシ基 | 疎水 | L体 |
| ② | 20 | ヒドロキシ基 | 疎水 | D体 |
| ③ | 30 | カルボキシ基 | 親水 | L体 |
| ④ | 30 | カルボキシ基 | 疎水 | D体 |
| ⑤ | 30 | ヒドロキシ基 | 親水 | L体 |

正答を当てはめて、文章の内容を理解してください。

Case 5 生物の元素組成

H30-1-4-5 正答 ⑤

I-4-5 生物の元素組成は地球表面に存在する非生物の元素組成とは著しく異なっている。すなわち、地殻に存在する約100種類の元素のうち、生物を構成するのはごくわずかな元素である。細胞の化学組成に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 水は細菌細胞の重量の約70%を占める。
- ② 細胞を構成する総原子数の99%を主要4元素（水素、酸素、窒素、炭素）が占める。
- ③ 生物を構成する元素の組成比はすべての生物でよく似ており、生物体中の総原子数の60%以上が水素原子である。
- ④ 細胞内の主な有機小分子は、糖、アミノ酸、脂肪酸、ヌクレオチドである。
- ⑤ 核酸は動物細胞を構成する有機化合物の中で最も重量比が大きい。

- ⑤ 核酸は動物細胞を構成する有機化合物の中での重量比は小さい。
人の細胞中にタンパク質（16%）と脂質（13%）が多く、核酸は微量です。

H26-1-4-6 正答 ①

I-4-6 生物の元素組成は地球表面に存在する非生物の元素組成とは著しく異なっている。生物や細胞の化学組成に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 細胞を構成する総原子数の99%を主要4元素（水素、酸素、リン、炭素）が占める。
- ② 元素の組成比はすべての生物と同様で、生物体中の総原子数の60%以上が水素原子である。
- ③ 水は細菌細胞の質量の約70%を占める。
- ④ 細胞内の主な有機小分子は、糖、アミノ酸、脂肪酸、ヌクレオチドである。
- ⑤ ヌクレオチドは核酸の構成単位である。

- ① 細胞を構成する総原子数の99%を主要4元素（水素、酸素、窒素、炭素）が占める。主要元素は水素60.3%、酸素25.5%、炭素10.5%、窒素2.4%、リン0.1%、イオウ0.1%。アミノ酸（タンパク質）や塩基（DNA）に含まれる窒素を忘れていますが（人間の体を作る元素）。水素+酸素+炭素+窒素で98.9%です。

Case 6 コドンとアミノ酸

H28-1-4-5 正答 ①

I-4-5 タンパク質を構成するアミノ酸は20種類あるが、アミノ酸1個に対してDNAを構成する塩基3つが1組となって1つのコドンを形成して対応し、コドンの並び方、すなわちDNA塩基の並び方がアミノ酸の並び方を規定することにより、遺伝子がタンパク質の構造と機能を決定する。しかしながら、DNAの塩基は4種類あることから、可能なコドンは $4 \times 4 \times 4 = 64$ 通りとなり、アミノ酸の数20をはるかに上回る。この一見して矛盾しているような現象の説明として、最も適切なものはどれか。

- ① $64 - 20 = 44$ のコドンのほとんどは20種類のアミノ酸に振分けられ、1種類のアミノ酸に対していくつものコドンが存在する。
- ② 基本となるアミノ酸は20種類であるが、生体内では種々の修飾体が存在するので、 $64 - 20 = 44$ のコドンがそれらの修飾体に使われる。
- ③ 64のコドンは、DNAからRNAが合成される過程において配列が変化し、1種類のアミノ酸に対して1種類のコドンに収束する。
- ④ 生物の進化に伴い、1種類のアミノ酸に対して1種類のコドンが対応するように、 $64 - 20 = 44$ のコドンはタンパク質合成の鋳型に使われる遺伝子には存在しなくなった。
- ⑤ コドン塩基配列の1つめの塩基は、タンパク質の合成の際にはほとんどの場合、遺伝情報としての意味をもたない。

- ② 基本となるアミノ酸は20種類であるが、それらは44のコドンの情報を受けて生成してくる。

コドンの数がアミノ酸を上回っていますが、違う種類のコドンから同じ種類のアミノ酸が生じる場合もあります。たとえばUUUでもUUCでもフェニルアラニンが、UUAでもUUGでもロイシンが生成してきます。

- ③ 64のコドンは、DNAからRNAが合成される過程において配列が変化することはない。
- ④ 64のコドンはすべてタンパク質合成の鋳型としての意味を持っている。
下の表に示すとおりです。

RNA-コドン表

		2つ目の塩基			
		U	C	A	G
1つ目の塩基	U	UUU→Phe、 UUC→Phe、 UUA→Leu、 UUG→Leu	UCU→Ser、 UCC→Ser、 UCA→Ser、 UCG→Ser	UAU→Tyr、 UAC→Tyr、 UAA Ochre→終止、 UAG Amber→終止	UGU→Cys、 UGC→Cys、 UGA Opal→終止、 UGG→Trp/W
	C	CUU→Leu、 CUC→Leu、 CUA→Leu、 CUG→Leu	CCU→Pro、 CCC→Pro、 CCA→Pro、 CCG→Pro	CAU→His、 CAC→His、 CAA→Gln、 CAG→Gln	CGU→Arg、 CGC→Arg、 CGA→Arg、 CGG→Arg
	A	AUU→Ile、 AUC→Ile、 AUA→Ile・開始、 AUG→Met・開始 ^[3]	ACU→Thr、 ACC→Thr、 ACA→Thr、 ACG→Thr	AAU→Asn、 AAC→Asn、 AAA→Lys、 AAG→Lys	AGU→Ser、 AGC→Ser、 AGA→Arg、 AGG→Arg
	G	GUU→Val、 GUC→Val、 GUA→Val、 GUG→Val・開始	GCU→Ala、 GCC→Ala、 GCA→Ala、 GCG→Ala	GAU→Asp、 GAC→Asp、 GAA→Glu、 GAG→Glu	GGU→Gly、 GGC→Gly、 GGA→Gly、 GGG→Gly

- ⑤ コドン塩基配列の1つめの塩基も、タンパク質合成の際には遺伝情報として重要な意味を持っている。

16. 生体膜

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case							1	
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
	1							

Case 1 H23-1-4-5, H26-1-4-5

Case 1 生体膜

H26-1-4-5 正答 ③

I-4-5 生体膜に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして最も適切なものはどれか。

生体膜の構成要素の1つは脂質である。長い炭化水素鎖を持つカルボン酸である脂肪酸は、脂質の主成分であり、体の形で脂質中に存在している。生体膜に用いられる炭素数12以上の飽和脂肪酸の場合、炭素鎖が長い方が、融点が。細菌の培養温度を20℃から30℃に上昇させると、細菌は環境に应答して、膜脂質を合成する成分としての割合が増える場合がある。同じ炭素数でも炭素鎖中に不飽和結合が存在する脂肪酸は、飽和結合のみの脂肪酸と比べて融点が。不飽和結合を有する脂質を含む生体膜は、飽和結合のみの脂質で構成された生体膜よりも流動性が。そこで、細菌の培養温度を上昇させた場合、生体膜の流動性を保つため、膜脂質の成分としてが増加する場合がある。

	ア	イ	ウ	エ	オ	カ
①	アミド	低い	長鎖脂肪酸	高い	減る	不飽和脂肪酸
②	アミド	高い	短鎖脂肪酸	低い	増す	飽和脂肪酸
③	エステル	高い	長鎖脂肪酸	低い	増す	飽和脂肪酸
④	エステル	低い	長鎖脂肪酸	高い	増す	不飽和脂肪酸
⑤	エステル	高い	短鎖脂肪酸	低い	減る	不飽和脂肪酸

ポイントは、脂肪酸の鎖が長い方が安定。飽和脂肪酸に不飽和脂肪酸が含まれた場合、その含有量が少ないほうが安定、です。

長鎖炭化水素の飽和鎖同士がファンデルワールス力により相互作用しやすいと考えると理解できます。純粋な化合物中に不純物が混じりこむと、融点が下がるのが一般的です。

最後の文章「細菌の培養温度を上昇させた場合、生体膜の流動性を保つため、膜脂質の成分として飽和脂肪酸が増加する場合がある。」は、「流動性を保つ」の解釈が難しいです。不飽和脂肪酸の量がそのままであると、温度の上昇により流動性が高くなり過ぎるので、飽和脂肪酸を増やして流動性の最適化を図ると理解するとよいでしょう。

17. 代謝

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case								2
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
		2						1

Case 1 H16-1-4-6

Case 2 H22-1-4-5, H25-1-4-6

Case 1 エネルギー代謝

H16-1-4-6 正答 ①

I-4-6 エネルギー代謝を記述している次の文章につき、() 内に入る最もふさわしい語句の組合せを①～⑤の中から選べ。

細胞内の呼吸は有機物の分解、すなわち異化の過程で行われる。異化には酸素を必要とする場合としない場合があり、したがって異化代謝は酸素を利用する好氣的代謝と酸素を利用しない嫌氣的代謝に大別される。好氣的代謝においては有機物は酸素を消費しながら水と(1)に分解され、その過程で生体のエネルギー源アデノシン5'-三リン酸(ATP)が合成される。嫌氣的代謝の代表例は(2)と大部分の(3)である。

微生物の働きによって糖分が分解され(4)や乳酸などに変化する現象を(3)という。(3)はいくつもの酵素によって進められる生体内反応である。(2)についてはグリコーゲンの成分である(5)がピルビン酸に分解する過程まで(3)と共通で酸素を必要としない。

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
①	二酸化炭素	解糖	発酵	アルコール	グルコース
②	二酸化炭素	発酵	解糖	アルコール	グルコース
③	アルコール	発酵	解糖	二酸化炭素	グルコース
④	グルコース	解糖	発酵	二酸化炭素	アルコール
⑤	グルコース	発酵	解糖	二酸化炭素	アルコール

(参考)

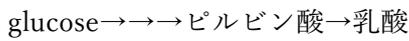
解糖系 (役立つ薬の情報 専門薬学) より

すべての哺乳類は糖(グルコース)を解糖系で代謝しピルビン酸か乳酸を生成する。もし、酸素が存在しないならば最終産物は乳酸のみである。酸素が存在するならばピルビン酸は代謝されアセチルCoAとなる。

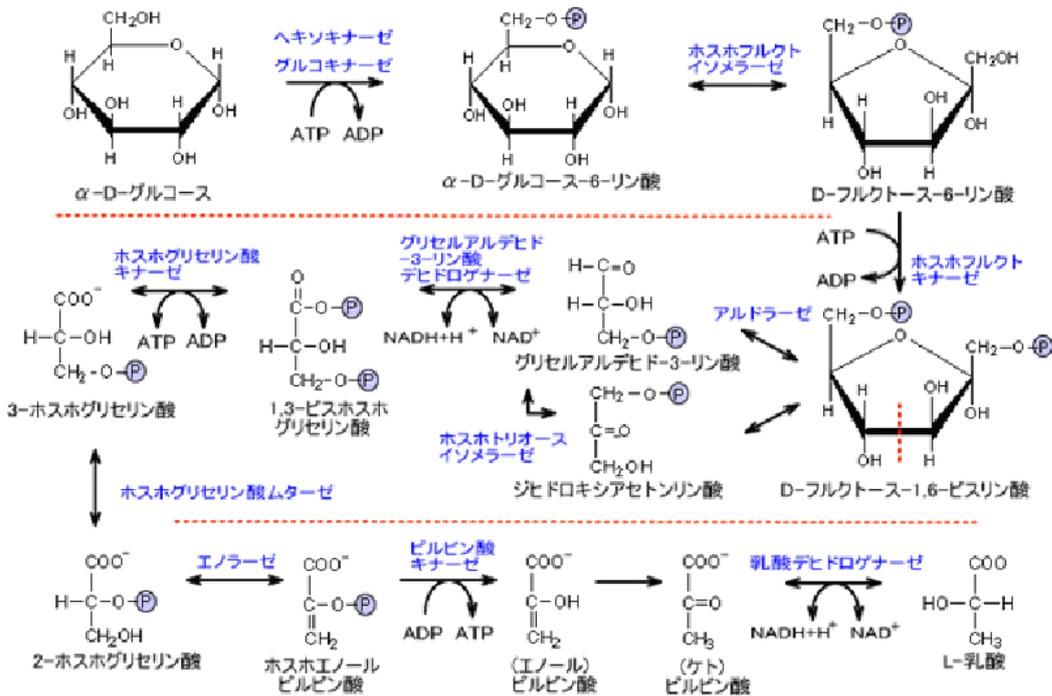
解糖系は酸素が存在しなくても反応は進むが、クエン酸回路の反応は進まない。これは電子伝達系の反応の最後にO₂が必要になるためであり、酸素がないと反応が完了しないためである。

解糖系の反応は細胞質基質で発生する。クエン酸経路はミトコンドリア内にあるため、解糖系で産出したピルビン酸を利用する場合、ピルビン酸をミトコンドリア内に輸送しなければならない。

解糖系の反応はグルコースから始まり、ピルビン酸を経由して乳酸を生成する。



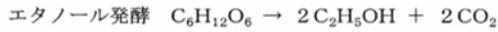
なお、グルコースの炭素数は6で乳酸の炭素数は3である。つまり、グルコース1個が解糖系に入り乳酸に変化すると乳酸は2個できる。



Case 2 アルコール発酵

H25-1-4-6 正答 ③

I-4-6 アルコール酵母菌のグルコース (C₆H₁₂O₆) を基質とした好気呼吸とエタノール発酵は次の化学反応式で表される。



いま、アルコール酵母菌に基質としてグルコースを与えたところ、酸素を3モル吸収し、二酸化炭素を7モル発生した。このとき、好気呼吸で消費されたグルコースとエタノール発酵で消費されたグルコースのモル比として、正しいものはどれか。

- ① 1:1 ② 1:2 ③ 1:4 ④ 1:6 ⑤ 1:7

与えられた反応式に係数を掛けます。

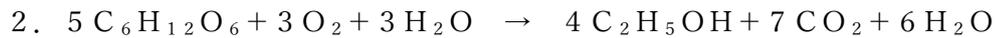
好気呼吸 × 0.5



エタノール発酵 × 2



合計



消費されたグルコースの量は、好気呼吸：エタノール発酵 = 1：4

18. 時の話題

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case								
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
				2				1

Case 1 H16-1-4-7

Case 2 H20-1-4-5

Case 1 ホメオタシス

H16-1-4-7 正答 ③

I-4-7 ヒトの体温や血圧などは常に一定に保たれている。このように体内の環境を一定に保とうとする恒常性の維持はホメオスタシスとよばれ、自律神経系と内分泌系（ホルモン）がこの調節に重要な役目を果たしている。次のうち最も不適切なものを選べ。

- ① 動物の内部環境を形作るものは血液、リンパ液などの体液である。
- ② 腎臓は老廃物の排出や体液の水分調節の器官として重要な役割を果たしている。
- ③ 心臓は血液を循環させているほか、グリコーゲンの合成と分解、解毒作用、尿素の合成など万能化学工場とよばれるほど、非常に多くの働きをしている。
- ④ 自律神経系と内分泌系を統合する中枢は脳とは独立して無意識のうちに働いている。
- ⑤ 内分泌系は体液循環を伝達経路としホルモンを化学伝達物質とする細胞間の情報伝達系である。

- ③ 肝臓は、グリコーゲンの合成と分解、解毒作用、尿素の合成など万能化学工場とよばれるほど非常に多くの働きをしています。

Case 2 ワームチューブ

H20-1-4-5 正答 ⑤

I-4-5 生物の共生に関する次の記述の、～に入る語句の組合せとして、適切なものを①～⑤の中から選べ。

ハオリムシは通称チューブワームと呼ばれ、火山ガスが噴出する海底の熱水噴出域や冷水、温水湧出域の周辺に群生している。ハオリムシの体内の栄養体と呼ばれる組織の中には硫黄酸化細菌（通称、硫黄細菌）が共生している。ハオリムシは、水中の酸素及び火山ガス中のをえらから取り込み、血液中に含まれるによってこれらを体内へ運ぶ。一方、ハオリムシの栄養体にいる硫黄酸化細菌は、運ばれてきたを酸化して得たエネルギーでを合成し、これをハオリムシが利用する。

- | | ア | イ | ウ |
|---|-------|----------|-----|
| ① | 硫化水素 | アルブミン | 栄養塩 |
| ② | メタン | フィブリノーゲン | 有機物 |
| ③ | アンモニア | ヘモグロビン | 栄養塩 |
| ④ | アンモニア | アルブミン | 栄養塩 |
| ⑤ | 硫化水素 | ヘモグロビン | 有機物 |

正答を当てはめて、文章の内容を理解してください。

第5群 環境・エネルギー・技術

用語集

エネルギーに関する事項

一次電池

マンガン乾電池のように一度で使い切りとなり、再び使用できない電池のことです。

二次電池

リチウムイオン電池やニッケル水素電池のように、充電して再び使用することのできる電池のことです。

電気二重層キャパシタ

急速な充放電が可能であり、充放電サイクル寿命が優れた蓄電デバイスです。電気二重層コンデンサとも呼ばれ、2012年より電気自動車への搭載も始まりました。

天然ガス燃料のコンバインドサイクル発電

天然ガス（メタンが主成分）の燃焼ガスのエネルギーを利用して、まずガスタービンを駆動し、その廃熱を用いて蒸気タービンを駆動することにより、総合的な発電効率を高める発電システムです。

燃料電池

多くの燃料電池は、水素と酸素を電気化学反応させることにより電気を作りだす。水素以外にも炭化水素やアルコールなどを燃料とする燃料電池も知られています。

揚水式水力発電

夜間などに発生する余剰電力を利用して低所の水を高所にくみ上げ、その蓄えた位置エネルギーを利用して、電力需要の逼迫する時間帯に発電する水力発電の方式です。

スマートグリッド

電力の流れを供給・需要の両側から制御し、最適化できる送電網です。再生可能エネルギーを既存の電力供給網に大量に導入するために不可欠なインフラの一つです。

スマートコミュニティ

再生可能エネルギーやコージェネレーションシステムといった分散型エネルギーを用いつつ、IoTや蓄電池制御等の技術を活用して地域におけるエネルギー需給を総合的に管理し、エネルギーの利活用を最適化する地域社会や共同体です。

スマートハウス

省エネ家電や太陽光発電、燃料電池、蓄電池などの設備機器を情報化配線等で接続し最適制御を行うことで、生活者のニーズに応じた様々なサービスを提供できる住居です。

スマートメーター

従来のアナログ式誘導型電力量計と異なり、電力をデジタルで計測し、メーター内に通信機能を持たせた次世代電力量計です。

スマート

賢い、頭が切れる、高知能、鋭い、活発、生意気、洒脱、粋などの意で、機械に対しては賢いの意で用いられています。

資源リサイクルに関する事項

循環型社会形成推進基本法

3Rの実施により廃棄物・リサイクル問題の解決を目指した法律です。

3R (Reduce、Reuse、Recycle) はこの順番が大切です。Reduce 原材料の使用を減らし、Reuse 再利用できるものは利用する、最後はRecycle 熟などとして有効利用するという考え方です。

容器包装リサイクル法

ガラスびん、PET ボトル、紙製容器包装、プラスチック製容器包装、アルミ缶、スチール缶、紙パック、段ボールついて、リサイクル(分別収集及び再商品化)のためのすべての費用を、商品を販売した事業者が負担することを義務付けています。

家電リサイクル法

エアコン、テレビ、電気冷蔵庫及び電気冷凍庫、電気洗濯機及び衣類乾燥機などの主な家電製品について、小売業者に消費者からの引取りおよび引取った廃家電の製造者等への引き渡しを義務付けています。対象製品を廃棄する人は、リサイクル料金等の費用を負担して、購入した販売店、あるいは買替えの際の販売店に引き取ってもらいます。

建設リサイクル法

特定の建設資材について、その分別解体等及び再資源化等を促進するための措置を講ずるとともに、解体工事業者について登録制度を実施すること等により、再生資源の十分な利用及び廃棄物の減量等を通じて、資源の有効な利用の確保及び廃棄物の適正な処理を図り、もって生活環境の保全及び国民経済の健全な発展に寄与することを目的とします。

バーゼル条約

ヨーロッパ先進国のごみがアフリカの途上国へ捨てられ、環境汚染を引き起こした事件を契機に採択された条約です。リサイクルが目的であっても輸出国と輸入国、双方の許可が必要となります。

環境に関する事項

環境基本法に基づく環境基準

大気の汚染、水質の汚濁、土壌の汚染及び騒音に係る環境上の条件について、それぞれ、人の健康を保護し、及び生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準をいいます。

二酸化硫黄

硫黄分を含む石炭や石油などの燃焼によって生じ、呼吸器疾患や酸性雨の原因となります。

二酸化窒素

物質の燃焼工程から発生する物質で、呼吸器疾患を引き起こす物質であるとともに光化学オキシダントの原因物質でもあります。

一酸化炭素

有機物の不完全燃焼によって発生し、ヘモグロビンと結合することで酸素運搬機能を阻害する等の健康影響の他、地球温暖化物質であるメタンの大気内での寿命を長くします。

光化学オキシダント

工場や自動車から排出される窒素酸化物や揮発性有機化合物などが太陽光により光化学反応を起こして生成される酸化性物質の総称です。強力な酸化作用を持ち健康被害を引き起こす大気汚染物質であり、光化学スモッグの原因となります。

PM_{2.5}

大気中に浮遊する微粒子のうち、粒子径が概ね2.5 μm以下のもの。呼吸器系など健康への悪影響が大きい。粒子サイズが小さいので、長く大気中を浮遊していられるために、発生源から離れた場所でも汚染の影響を受けます。

シックハウス症候群

住宅建材に含まれるVOC（Volatile Organic Compounds）によって発生する呼吸器への急性の影響をいいます。

硫酸ピッチ

石油精製の硫酸洗浄工程で発生する副産物で、強酸性で油分を有する泥状の廃棄物で、雨水等と接触して亜硫酸ガスを発生させ、周辺的生活環境保全上の支障を生じる可能性があります。

アスベスト

耐熱性、絶縁性、保温性に優れ、断熱材、絶縁材、ブレーキライニング材などに古くから用いられてきました。しかし、高濃度長期間暴露による肺線維症、肺癌の他、稀な腫瘍である悪性中皮腫の原因となり、社会問題化しています。

E-waste

電気電子廃棄物のことであり、再使用可能であるかほぼすべての構成成分がマテリアルリサイクル可能な廃棄物のことです。

産業廃棄物

事業活動に伴って生じた廃棄物のうち、燃えがら、汚泥、廃油、廃酸など20種類の廃棄物のことです。

バイオマス

再生可能な生物由来の有機性資源のうち化石資源を除いたもので、廃棄物については、建設発生木材や食品廃棄物、下水汚泥などが含まれます。

RDF

ごみ固形化燃料（Refuse derived fuel）のことであり、生ごみ・廃プラスチック、古紙などの可燃性のごみを粉碎・乾燥したのちに生石灰を混合して、圧縮・固化したものです。

環境容量

人、動植物、土壌、水、大気などすべての自然が、汚染物質によって変化あるいは損傷を受けることなく、自然の浄化力が十分に保たれる範囲をいいます。持続可能社会を実現するために、根底にある考え方です。

ライフサイクルアセスメント

製品が製造されてから廃棄されるまで、外部の環境にどのような影響を与えるかを評価する方法。製品やサービスに対する、環境影響評価の手法のことです。

環境監査

事業活動において環境保全のために、企業が独自に環境管理体制を点検することです。

環境報告書

機関や企業が環境に対して取り組んでいる事柄を広く一般に開示する報告書です。

環境会計

事業活動における環境保全のためのコストやそれによって得られた効果を金額や物量で表す仕組みをいいます。

グリーン購入

製品の原材料や事業活動に必要な資材を購入する際に、環境負荷ができるだけ小さいものを優先して購入することをいいます。

汚染者負担の原則

公害防止のために必要な対策をとったり、汚された環境を元に戻したりするための費用は、汚染物質を出している者が負担すべきという考え方です。

拡大生産者責任

生産者が製品の生産・使用段階だけでなく、廃棄・リサイクル段階まで責任を負うという考え方であり、OECDが提唱しました。

循環型社会形成推進基本法

この法律は、環境基本法の基本理念にのっとり、循環型社会の形成について、基本原則を定め、並びに国、地方公共団体、事業者及び国民の責務を明らかにするとともに、循環型社会形成推進基本計画の策定その他循環型社会の形成に関する施策の基本となる事項を定めることにより、循環型社会の形成に関する施策を総合的かつ計画的に推進し、もって現在及び将来の国民の健康で文化的な生活の確保に寄与することを目的としています。

容器包装リサイクル法

この法律は、容器包装廃棄物の排出の抑制並びにその分別収集及びこれにより得られた分別基準適合物の再商品化を促進するための措置を講ずること等により、一般廃棄物の減量及び再生資源の十分な利用等を通じて、廃棄物の適正な処理及び資源の有効な利用の確保を図り、もって生活環境の保全及び国民経済の健全な発展に寄与することを目的としています。

家電リサイクル法

本法の目的は特定家庭用機器の小売業者・製造業者等による特定家庭用機器廃棄物の収集・運搬・再商品化等に関し適正・円滑な実施のための措置を講ずることにより、廃棄物の減量・再生資源の十分な利用等を通じて廃棄物の適正な処理・資源の有効な利用の確保を図り生活環境の保全・国民経済の健全な発展に寄与することにあります。

建設リサイクル法

この法律は、特定の建設資材について、その分別解体等及び再資源化等を促進するための措置を講ずるとともに、解体工事業者について登録制度を実施すること等により、再生資源の十分な利用及び廃棄物の減量等を通じて、資源の有効な利用の確保及び廃棄物の適正な処理を図り、もって生活環境の保全及び国民経済の健全な発展に寄与することを目的としています。

バーゼル条約

この条約に特定する有害廃棄物およびその他の廃棄物の輸出には、輸入国の書面による同意を要する。締約国は、国内における廃棄物の発生を最小限に抑え、廃棄物の環境上適正な処分のため、可能な限り国内の処分施設が利用できるようにすることを確保します。

生物の多様化に関する事項

生物多様性条約

生物多様性を「種」「遺伝子」「生態系」の3つのレベルで捉え、その保全などを目指す国際条約です。

地球温暖化等に関する事項

電気事業者によるエネルギー等の利用に関する特別措置法

この法律（RPS法）は、風力発電や太陽光発電といった、いわゆる新エネルギーといわれるエネルギーの拡大を目指して、電気事業者が利用するエネルギーに対して一定量以上の新エネルギーの利用を義務付けるものとして2002年6月に公布されました。

この法律は、2012年7月1日に「再生可能エネルギー特別措置法」が施行されたことに伴い、廃止されました。

再生可能エネルギー特別措置法

電気のエネルギー源としての利用を促進し、国際競争力の強化及び我が国産業の振興、地域の活性化を目的としています。電力会社に対して、再生可能エネルギー発電事業者から政府が定めた調達価格及びその期間に電気の供給契約の申し込みがあった場合には応じるよう義務化されました。制度運用に伴い電気事業者が電力の買い取りに要した費用は、原則「賦課金」（サーチャージ）として国民が広く負担します。

カーボンフットプリント

食品や日用品等について、原料調達から製造・流通・販売・使用・廃棄の全過程を通じて排出される温室効果ガス量を二酸化炭素に換算し、「見える化」したものです。

気候変動枠組み条約

地球温暖化防止の国際的な取り決めを定めた初の条約です。「気候に危険な人為的影響を及ぼすことにならない水準で、温室効果ガスの大気中の濃度を安定化させる」ことを条約の目標に掲げています。先進国の責務は、（1）90年代末までに温室効果ガスの排出量を90年レベルに戻す、（2）各国はガスの排出と吸収の目録を作り、温暖化対策の国別計画を策定する、です。

モントリオール議定書

オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書は、オゾン層を破壊するおそれのある物質を指定し、これらの物質の製造、消費および貿易を規制することを目的とし、1987年にカナダで採択されました。

京都議定書

1997年に京都市で開かれた第3回気候変動枠組条約締約国会議採択された、気候変動枠組条約に関する議定書です。

地球温暖化の原因となる、温室効果ガスの一種である二酸化炭素（CO₂）、メタン（CH₄）、亜酸化窒素（N₂O）、ハイドロフルオロカーボン類（HFCs）、パーフルオロカーボン類（PFCs）、六フッ化硫黄（SF₆）について、先進国における削減率を1990年を基準として各国別に定め、共同で約束期間内に目標値を達成することが定められました。

また、京都メカニズム（排出権取引、共同実施）や、吸収源活動が盛り込まれています。京都議定書は2005年2月に発効しましたが、世界のCO₂排出量の中で国家として一位と二位を占める米国と中国については、米国が京都議定書から離脱しているのに対して、中国は開発途上国で、CO₂削減の義務を負っていませんでした。

地球温暖化防止に向けた「緩和策」と「適応策」

緩和策は地球温暖化の原因となる温室効果ガスの排出を削減して地球温暖化の進行を食い止め、大気中の温室効果ガス濃度を安定させる対策のことをいいます。省エネの取組みや、再生可能エネルギーなどの低炭素エネルギー、CCSの普及、植物によるCO₂の吸収源対策などが挙げられます。

これに対して、既に起こりつつある気候変動影響への防止・軽減のための備えと、新しい気候条件の利用を行うことを「適応策」といいます。影響の軽減をはじめ、リスクの回避・分散・需要と、機会の利用をふまえた対策のことで、渇水対策や農作物の新種の開発や、熱中症の早期警告インフラ整備などが例として挙げられます。

クリーン開発メカニズム

京都議定書の温室効果ガス削減約束を達成するに当たって導入された制度であり、先進国と途上国が共同で排出削減・植林事業を行い、その結果生じた削減量・吸収量を「認証された排出削減量」として先進国等が獲得できるものです。

二国間クレジット制度

世界の温室効果ガス（GHG）削減に貢献するため、日本政府が構築・実施している制度で、優れた低炭素技術、製品、システム、サービス、インフラ等の途上国への普及や対策実施を

促進し、これらの活動により実現したGHG排出削減・吸収に対する日本の貢献を定量的に評価し、我が国の削減目標の達成に活用する制度です。

JCMとCDMの比較

		クリーン開発メカニズム(京都議定書) (CDM : Clean Development Mechanism)	二国間クレジットメカニズム (JCM : Joint Crediting Mechanism)
メカニズム 全体の管理		全体で一括管理	二カ国で個別に管理
プロジェクトの 対象範囲		限定的	広い
排出削減量の 計算		複雑	簡易
プロジェクトの 妥当性 確認 (事前)	主体	少ない	多い
	方法	厳しく限定的	柔軟
プロジェクトの 検証 (事後)	主体	限定的	広い
	時期	硬直的	柔軟

(出典) 2015年の環境省の資料(※)を基に資源エネルギー庁が独自に作成。 ※環境省「二国間クレジット制度(Joint Crediting Mechanism(JCM))の最新動向」(PDF:872KB)

ミレニアム開発計画(国連開発計画)

2000年9月にニューヨークで開催された国連ミレニアム・サミットにて採択された国連ミレニアム宣言と、1990年代に開催された主要な国際会議やサミットで採択された国際開発目標を統合し、一つの共通の枠組みとしてまとめられたものです。

193の全国連加盟国と23の国際機関が、2015年までにこれらの目標を達成することに合意しています。この目標は2030年に向けた国連の新たな開発目標である持続可能な開発目標(SDGs)に継承されました。

ミレニアム開発目標

- 1 程度の貧困と飢餓の撲滅
- 2 普遍的な初等教育の達成
- 3 ジェンダー平等の推進と女性の地位向上
- 4 乳幼児死亡率の削減
- 5 妊産婦の健康の改善
- 6 HIV/エイズ、マラリア、その他の疾病のまん延防止
- 7 環境の持続可能性を確保
- 8 開発のためのグローバルなパートナーシップの推進

SDGs（持続可能な開発目標）

17のグローバル目標と169のターゲット（達成基準）から成る国連の持続可能な開発目標で、2030年に向けた具体的な行動指針です。

2015年までの達成を目指していたミレニアム開発目標（MDGs）が継承されています。



パリ協定

気候変動に関する国際的枠組みです。パリ協定の最大の特徴の1つとして挙げられるのが、各国が削減目標を作成・提出・維持する義務と、当該削減目標の目的を達成するための国内対策をとる義務を負っていることです。なお目標の達成自体は義務とはされてはいません。産業革命前からの世界の平均気温上昇を「2℃未満」に抑える。加えて平均気温上昇「1.5℃未満」を目指す、が大きな目標の一つです。

p 301で示した「緩和」と「適応」がパリ協定でのキーワードとなります。

$$\begin{aligned} \text{b} \quad & 8000 \text{ (kW)} \times 500 \text{ (km)} \div 200 \text{ (km/h)} \\ & \div 1000 \text{ (人)} \times 0.47 \text{ (kg-CO}_2\text{/kWh)} \\ & = 9.40 \text{ (kg-CO}_2\text{/人)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c} \quad & 0.5 \text{ (kW)} \times 4 \text{ (h/D)} \times 50 \text{ (D)} \div 4 \text{ (人)} \\ & \times 0.47 \text{ (kg-CO}_2\text{/kWh)} \\ & = 11.75 \text{ (kg-CO}_2\text{/人)} \end{aligned}$$

Case 2 経済性に基づいた設備挿入計画

H17-1-5-5 正答 ②

I-5-5 ある工場では生産能力増強のため新規に生産設備を導入することにした。候補としては2種類の生産設備A、Bがあり、両設備は同じ機能を有し、同じ耐用年数で、使用後の処分価格は共にゼロ円とする。また、設備Aの価格は500万円、設備Bの価格が600万円であり、製品1個当たりの変動加工費は設備Aでは600円/個、設備Bでは500円/個である。このとき、どちらの設備を導入すべきかを経済性の面から検討した。検討結果の意見として最も適切なものを選び、ただし、金利、税については考慮対象外とする。

- ① 製品の生産量にかかわらず、価格の安い設備Aを導入すべきである。
- ② 耐用年数内の製品生産量が1万個未満では設備Aを、1万個を超える場合は設備Bを導入すべきである。
- ③ 耐用年数内の製品生産量が5万個未満では設備Aを、5万個を超える場合は設備Bを導入すべきである。
- ④ 耐用年数内の製品生産量が6万個未満では設備Aを、6万個を超える場合は設備Bを導入すべきである。
- ⑤ 製品の生産量にかかわらず、変動加工費の安い設備Bを導入すべきである。

$$\text{全期間内費用} = \text{初期投資} + \text{総生産個数} \times \text{変動加工費}$$

設備Aと設備Bの全期間内費用を等式とします。

$$\begin{aligned} 500 \text{ 万円} + 600 \text{ 円/個} \times ? \text{ 個} &= 600 \text{ 万円} + 500 \text{ 円/個} \times ? \text{ 個} \\ ? &= 1 \text{ 万個となり、この個数を超えると設備Bが有利となります。} \end{aligned}$$

Case 3 ppm濃度の大小比較

H19-1-5-3 正答 ④

I-5-3 ppm (ピー・ピー・エム) とは, parts per millionの略で, 環境中の物質の濃度を表現する際によく用いられる単位であり, 質量比, 体積比のいずれにも適用される。次の(ア), (イ) で述べた2つの濃度 a, b の関係のうち, 適切なものを①～⑤の中から選べ。

(ア) 深さ1 m, 長さ20m, 幅10mのプールに満たされた純水に, 1 kgの食塩を均一に溶かしたときにできる食塩水の濃度を a (ppm) とする。ただし, 濃度は質量比とする。

(イ) 縦6 m, 横5 m, 高さ4 mの密閉された1気圧の部屋の中で, 1リットル, 1.2気圧のヘリウムが入った風船が破裂し, ヘリウムが部屋の空気と均一に混ざったときの部屋の空気中のヘリウム濃度を b (ppm) とする。ただし, 濃度は体積比とし, 空気中には風船の破裂前に5 ppmのヘリウムが含まれていたものとする。

- ① $a = 2b$ ② $a = b$ ③ $a < b < 2a$ ④ $2a < b < 5a$ ⑤ $10a < b$

$$\begin{aligned} \text{(ア)} \quad & 1 \text{ (kg)} / (1 \text{ (m)} \times 20 \text{ (m)} \times 10 \text{ (m)}) \\ & \times 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)} \times 106 \text{ (ppm)} \\ & = 5 \text{ (ppm)} \cdots \cdots a \text{ の値 (ppm)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(イ)} \quad & 1 \text{ (リットル/1気圧)} \times 1.2 \text{ (気圧)} / (6 \text{ (m)} \times 5 \text{ (m)}) \\ & \times 4 \text{ (m)} \times 1000 \text{ (リットル/m}^3\text{)} \times 106 \text{ (ppm)} + 5 \text{ (ppm)} \\ & = 15 \text{ (ppm)} \cdots \cdots b \text{ の値 (ppm)} \end{aligned}$$

従って、 $2a < b < 5a$ となります。

Case 4 メタンの気液体積比

H29-1-5-3 正答 ④

I-5-3 天然ガスは, 日本まで輸送する際に容積を少なくするため, 液化天然ガス (LNG, Liquefied Natural Gas) の形で運ばれている。0 [°C], 1気圧の天然ガスを液化すると体積は何分の1になるか, 次のうち最も近い値はどれか。なお, 天然ガスは全てメタン (CH₄) で構成される理想気体とし, LNGの密度は温度によらず425 [kg/m³] で一定とする。

- ① 1/1200 ② 1/1000 ③ 1/800 ④ 1/600 ⑤ 1/400

0°C、1気圧のガス1 kmol は 22.4 m^3 の体積です。

このガスを液化すると、CH₄の分子量が $12 + 4 \times 1 = 16$ ですので、

$16 \text{ (kg)} / 425 \text{ (kg/m}^3\text{)} = 0.0376 \text{ (m}^3\text{)}$ の体積となります。

従って、 CH_4 を液化するとその体積は、
 $0.0376 \text{ (m}^3\text{)} / 22.4 \text{ (m}^3\text{)} = 1 / 596$ 倍となります。

Case 5 産業廃棄物の流れ

H28-1-5-1 正答 ⑤

I-5-1 下図は、平成24年度における産業廃棄物の処理の流れを概算値で表したものである。排出量379百万トンの75%強にあたる290百万トンが中間処理されて減量化されたのち、再生利用もしくは最終処分され、残る25%弱は直接再生利用されるか直接最終処分されている。次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

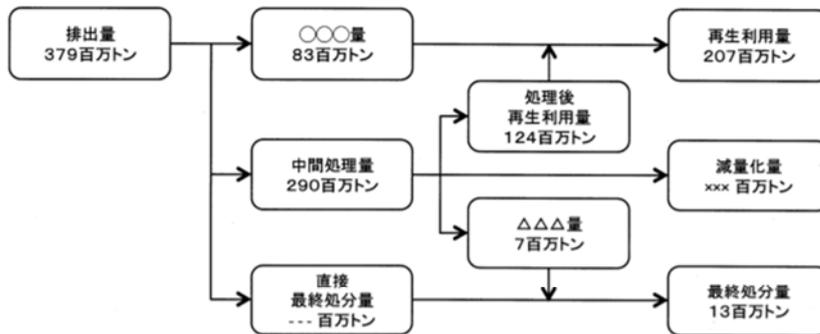


図 産業廃棄物の処理の流れ（平成24年度）

出展：図で見る環境白書（平成27年度版）を一部改変

- ① 直接再生利用された量は83百万トンで、再生利用量のおよそ40%である。
- ② 再生利用量は排出量のおよそ55%で、最終処分量のおよそ16倍である。
- ③ 中間処理後に再生利用された量は124百万トンで、直接再生利用された量のおよそ1.5倍である。
- ④ 中間処理により減量化された量は159百万トンで、排出量のおよそ42%である。
- ⑤ 直接最終処分された量は60百万トンで、排出量のおよそ16%である。

問題は産業廃棄物の流れとなっていますが、その収支を追いかけるだけの簡単な問題です。

- ① $83 / 207 = 40.1\%$
- ② $207 / 379 = 54.6\%$
 $207 / 13 = 15.9$ 倍
- ③ $124 / 83 = 1.49$ 倍
- ④ $159 / 379 = 42.0\%$
- ⑤ $379 - 83 - 290 = 6$ $6 / 379 = 1.6\%$

従って、⑤が誤りです。引き算の答が6であるところを10倍の60としてしまったところに間違いがあります。

Case 6 化石燃料からのCO₂発生量

R01-1-5-4 正答 ④

I-5-4 総合エネルギー統計によれば、2017年度の我が国における一次エネルギー国内供給は20,095PJであり、その内訳は、石炭5,044PJ、石油7,831PJ、天然ガス・都市ガス4,696PJ、原子力279PJ、水力710PJ、再生可能エネルギー（水力を除く）938PJ、未活用エネルギー596PJである。ただし、石油の非エネルギー利用分の約1,600PJを含む。2017年度の我が国のエネルギー起源二酸化炭素（CO₂）排出量に最も近い値はどれか。ただし、エネルギー起源二酸化炭素（CO₂）排出量は、燃料の燃焼で発生・排出されるCO₂であり、非エネルギー利用由来分を含めない。炭素排出係数は、石炭24t-C/TJ、石油19t-C/TJ、天然ガス・都市ガス14t-C/TJとする。t-Cは炭素換算トン（Cの原子量12）、t-CO₂はCO₂換算トン（CO₂の分子量44）である。P（ペタ）は10の15乗、T（テラ）は10の12乗、M（メガ）は10の6乗の接頭辞である。

- ① 100 Mt-CO₂
- ② 300 Mt-CO₂
- ③ 500 Mt-CO₂
- ④ 1,100 Mt-CO₂
- ⑤ 1,600 Mt-CO₂

計算式のみ記します。

$$(5044 \times 24 + 7831 \times 19 + 4696 \times 14) \times 44 / 12 \times 10^3 / 10^6 = 1230 \text{ Mt-CO}_2$$

各項は順に、石炭、石油、天然ガス・都市ガスです。問題文にはC = 12（原子量）、CO₂ = 44（分子量）が与えられています。

2. エネルギー需給

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case		6	4 8	7	6	5		4
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
3			2	1				

- | | | | |
|--------|----------------------|--------|----------------------|
| Case 1 | H20-1-5-1 | Case 5 | H27-1-5-4 |
| Case 2 | H21-1-5-1 | Case 6 | H28-1-5-4, R01-1-5-3 |
| Case 3 | H24-1-5-3 | Case 7 | H29-1-5-4 |
| Case 4 | H25-1-5-1, H30-1-5-3 | Case 8 | H30-1-5-4 |

Case 1 発電方式とその割合

H20-1-5-1 正答 ④

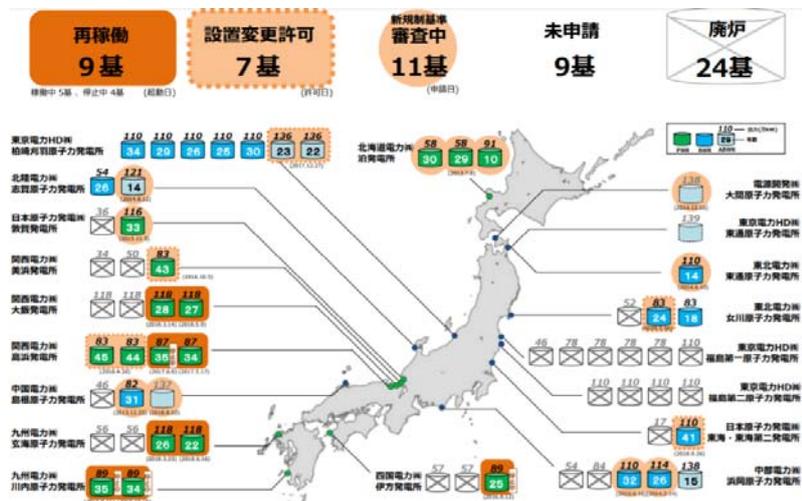
I-5-1 我が国で稼働している典型的な、(ア)原子力発電所、(イ)太陽光発電所、(ウ)風力発電所の発電容量(定格出力)当たりの年間発電電力量の比率、すなわち、設備利用率について、最も適切なものを選び、ただし原子力発電所のデータは、近年の原子力発電所の定期検査長期化の影響を除去するため、平成9年度から13年度の稼働実績に基づくものとする。

- | | | | |
|---|------|--------|--------|
| | ア | イ | ウ |
| ① | 0.80 | : 0.40 | : 0.60 |
| ② | 0.60 | : 0.20 | : 0.10 |
| ③ | 0.60 | : 0.50 | : 0.50 |
| ④ | 0.80 | : 0.12 | : 0.20 |
| ⑤ | 0.80 | : 0.01 | : 0.05 |

この問題は東日本大震災前の出題で、原子力発電：太陽光発電：風力発電の発電量比率を問う問題です。知識を試す問題ですが、出題からの年数が経過し、この形でズバリ出題されることはないでしょう。

(参考)

経済産業省やNEDOなどから、設備利用率の指標がしめされており、現在、太陽光発電で13%、風力発電は陸上で20%、洋上で30%とされています。原子力発電所の稼働状況は右の通りです(資源エネルギー庁のホームページより)。



Case 2 再生可能エネルギーによる発電比率

H21-1-5-1 正答 ④

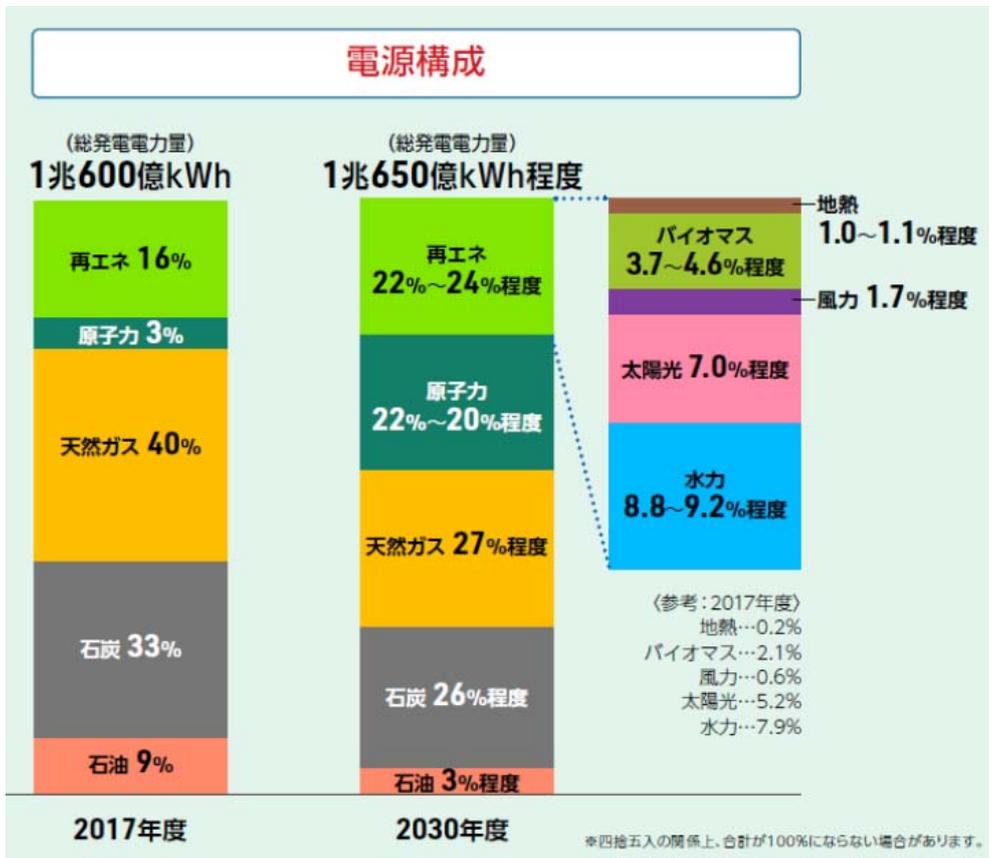
I-5-1 平成20年版電気事業便覧によれば、平成19年度における日本の総発電電力量（電気事業用）に占める再生可能エネルギー発電電力量の比率はどのくらいか。最も近いものを①～⑤の中から選べ。

- ① 50% ② 32% ③ 16% ④ 8% ⑤ 1%

平成20年版電気事業便覧によれば、平成19年度における日本の総発電電力量に占める再生可能発電電力量の比率は8%です。平成29年（2017年）時点では倍の16%の予定となっています。

（参考）

資源エネルギー庁のホームページからの引用です。2017年時点での電源構成、原子力：太陽光：風力が3：5.2：0.6であるものを、2030年には21；7.0；1.7にしたいとの計画です。太陽光発電は現時点でほとんど頭打ちです。これからは風力発電に力を入れていくといったところです。



Case 3 エネルギー情勢

H24-1-5-3 正答 ②

I-5-3 エネルギー情勢に関する次の記述の、に入る数値又は語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

日本の電源別発電電力量（一般電気事業用）のうち、原子力の占める割合は2010年度時点で%程度であった。しかし、福島第一原子力発電所の事故などの影響で、原子力に代わり天然ガスの利用が増えている。現代の天然ガス火力発電は、ガスタービン技術を取り入れたサイクルの実用化などにより発電効率が高い。天然ガスは、米国において、非在来型資源のひとつであるガスの生産が2005年以降顕著に拡大しており、日本への輸出期待も高まっている。

- | | ア | イ | ウ |
|---|----|--------|--------|
| ① | 30 | 再熱再生 | タイトサンド |
| ② | 30 | コンバインド | シェール |
| ③ | 30 | コンバインド | タイトサンド |
| ④ | 20 | 再熱再生 | シェール |
| ⑤ | 20 | コンバインド | シェール |

2010年時点での原子力発電の割合を知っているかどうかです。福島第一原子力発電所の事故以降は原子力に代わり天然ガスの利用が増えています。次いで石炭。石油は9%と低くなっています（2017年）。

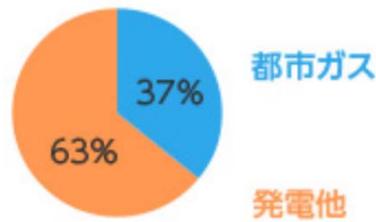
天然ガス（LNG, Liquid Natural Gas）は、米国において、非在来型資源のひとつであるシェールガスの生産が2005年以降顕著に拡大し、日本への輸入期待も高まっています。その一方で、米国のシェールガス産業は、2020年4月の原油安のあおりを受け、現在は多くの会社が倒産や減産の危機に直面しています。

日本ガス協会のホームページより

2008年度 LNG 輸入実績



2008 年度 LNG 輸入量内訳



Case 4 石油情勢

H30-1-5-3 正答 ③

I-5-3 石油情勢に関する次の記述の、に入る数値又は語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

日本で消費されている原油はそのほとんどを輸入に頼っているが、財務省貿易統計によれば輸入原油の中東地域への依存度（数量ベース）は2017年で約%と高く、その大半は同地域における地政学的リスクが大きい海峡を経由して運ばれている。また、同年における最大の輸入相手国はである。石油及び石油製品の輸入金額が、日本の総輸入金額に占める割合は、2017年には約%である。

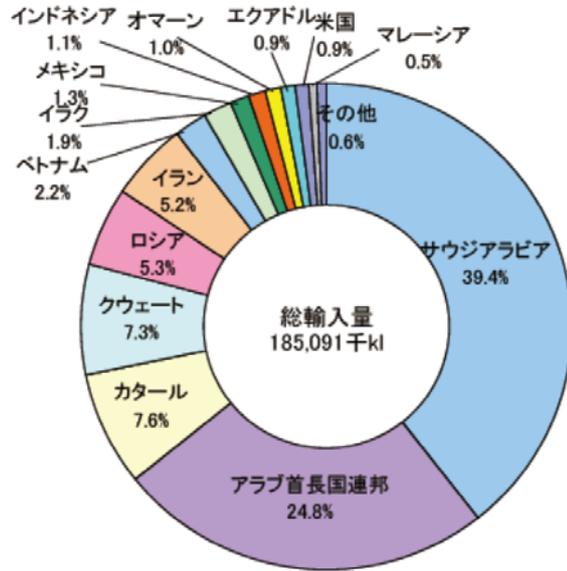
	ア	イ	ウ	エ
①	67	マラッカ	クウェート	12
②	67	ホルムズ	サウジアラビア	32
③	87	ホルムズ	サウジアラビア	12
④	87	マラッカ	クウェート	32
⑤	87	ホルムズ	クウェート	12

日本で消費されている原油はそのほとんどを輸入に頼っていますが、輸入原油の中東地域への依存度(数量ベース)は高く、その大半は同地域における地政学的リスクが大きいホルムズ海峡を経由して運ばれてきています。日本は現在、ホルムズ海峡近くに海上自衛隊の護衛艦を派遣しています。

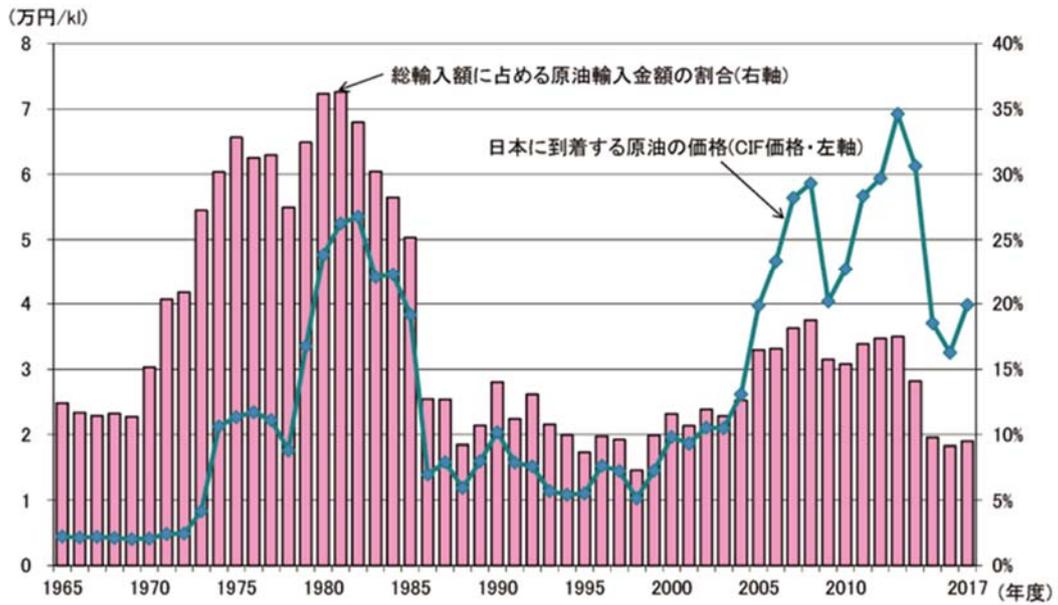
(参考)

図はエネルギー白書2019年より

【第213-1-3】原油の輸入先（2017年度）



【第213-1-8】原油の輸入価格と原油輸入額が輸入全体に占める割合



Case 5 国別エネルギー消費量

H27-1-5-4 正答 ⑤

I-5-4 IEAの資料による2011年の一次エネルギー消費量に関する次の記述の、
に入る国名の組合せとして最も適切なものはどれか。

各国の1人当たりエネルギー消費量を石油換算トンで表す。1石油換算トンは約42GJ
 (ギガジュール)に相当する。世界平均の消費量は1.9トンである。中国の消費量は世界
 平均に近く2.0トンである。アの消費量は世界平均の3倍を超えており、7トン以
 上である。イの消費量は世界平均の約2.5倍の5トンである。ウの消費
 量は世界平均の約2倍であり4トンである。

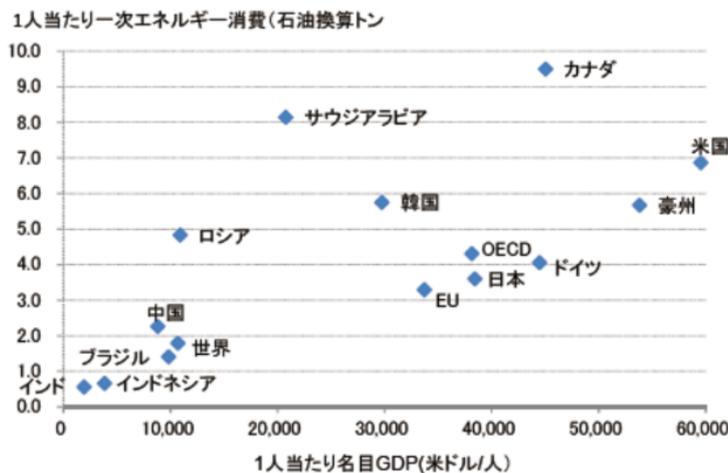
- | ア | イ | ウ |
|-------------|-----------|-----------|
| ① ドイツ及び日本 | アメリカ及びカナダ | 韓国及びロシア |
| ② 韓国及びロシア | ドイツ及び日本 | アメリカ及びカナダ |
| ③ 韓国及びロシア | アメリカ及びカナダ | ドイツ及び日本 |
| ④ アメリカ及びカナダ | ドイツ及び日本 | 韓国及びロシア |
| ⑤ アメリカ及びカナダ | 韓国及びロシア | ドイツ及び日本 |

本問題が出題された平成27年当時と、数値的には大きな変化はないようです。
 韓国の一人当たりのエネルギー消費量は日本より多くなっています。

(参考)

エネルギー白書2019年より

【第221-1-2】1人当たりの名目GDPと一次エネルギー消費（2017年）



Case 6 長期エネルギー需給見通し

R01-1-5-3 正答 ③

I-5-3 2015年7月に経済産業省が決定した「長期エネルギー需給見通し」に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

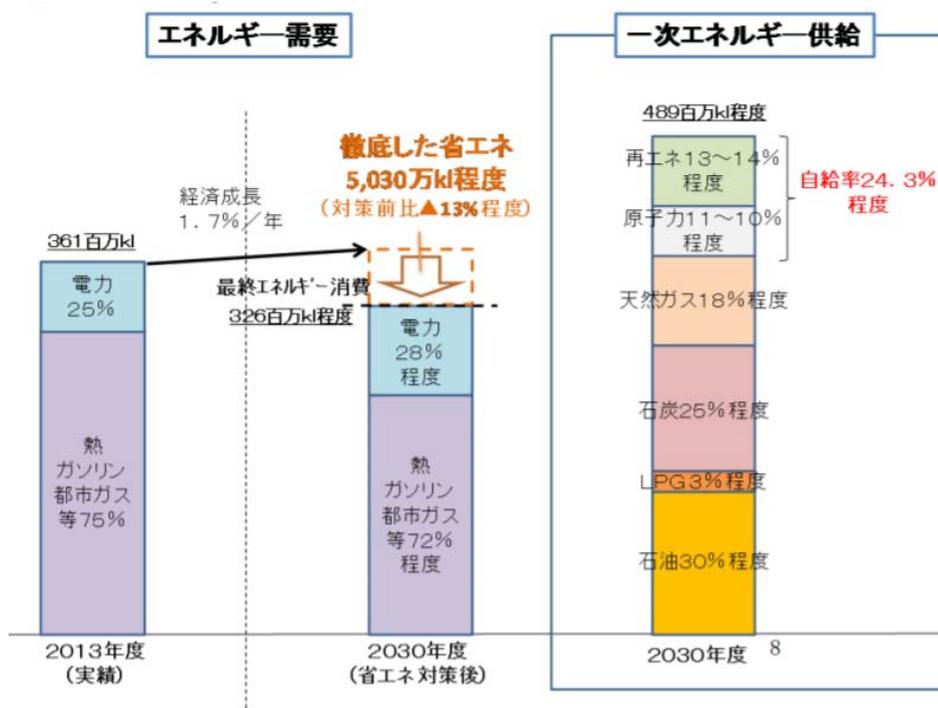
- ① 2030年度の電源構成に関して、総発電電力量に占める原子力発電の比率は20-22%程度である。
- ② 2030年度の電源構成に関して、総発電電力量に占める再生可能エネルギーの比率は22-24%程度である。
- ③ 2030年度の電源構成に関して、総発電電力量に占める石油火力発電の比率は25-27%程度である。
- ④ 徹底的な省エネルギーを進めることにより、大幅なエネルギー効率の改善を見込む。これにより、2013年度に比べて2030年度の最終エネルギー消費量の低下を見込む。
- ⑤ エネルギーの安定供給に関連して、2030年度のエネルギー自給率は、東日本大震災前を上回る水準（25%程度）を目指す。ただし、再生可能エネルギー及び原子力発電を、それぞれ国産エネルギー及び準国産エネルギーとして、エネルギー自給率に含める。

2030年度の電源構成に関して、総発電電力に占める石油火力発電の比率は3%程度です。次ページの下図の「⇐」部分

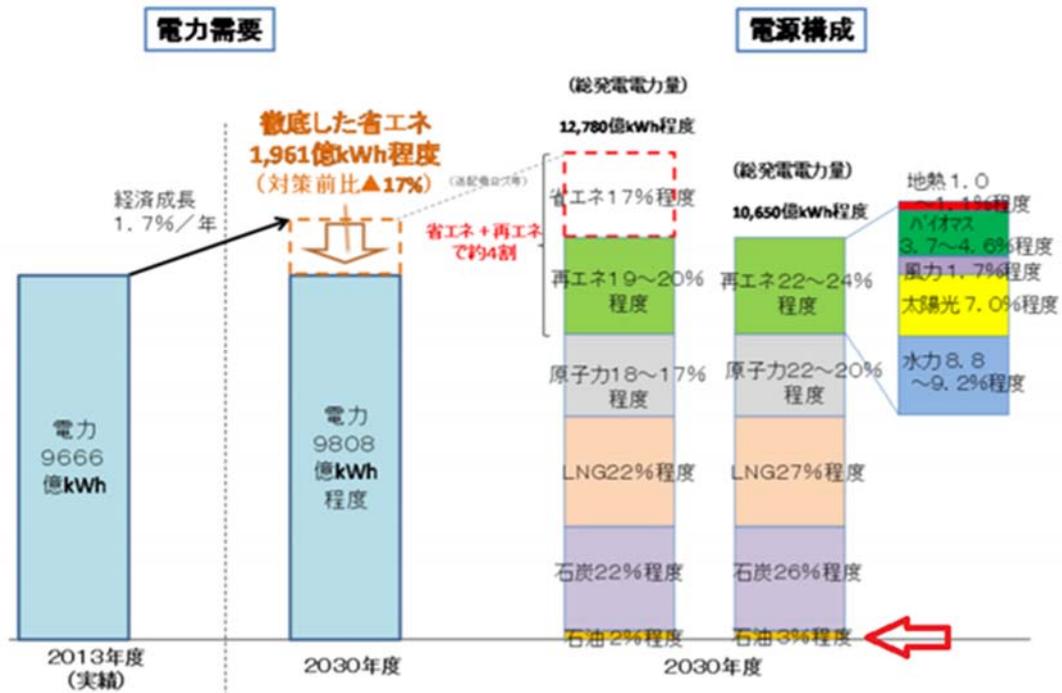
(参考)

エネルギー庁の「長期エネルギー需給見通し2017年」より、エネルギーの需給を表した図と、電力の需給を表した図です。

2030年度の一次エネルギー供給構造はエネルギー自給率は24.3%程度に改善し、エネルギー起源CO₂排出量は、2013年度総排出量比21.9%減となる予定です。



2030年度の電力の需給構造は、東日本大震災前に約3割を占めていた原発依存度は、20%～22%程度へと大きく低減し、水力・石炭火力・原子力等によるベースロード電源比率は56%程度となる予定です。



Case 7 家庭のエネルギー消費

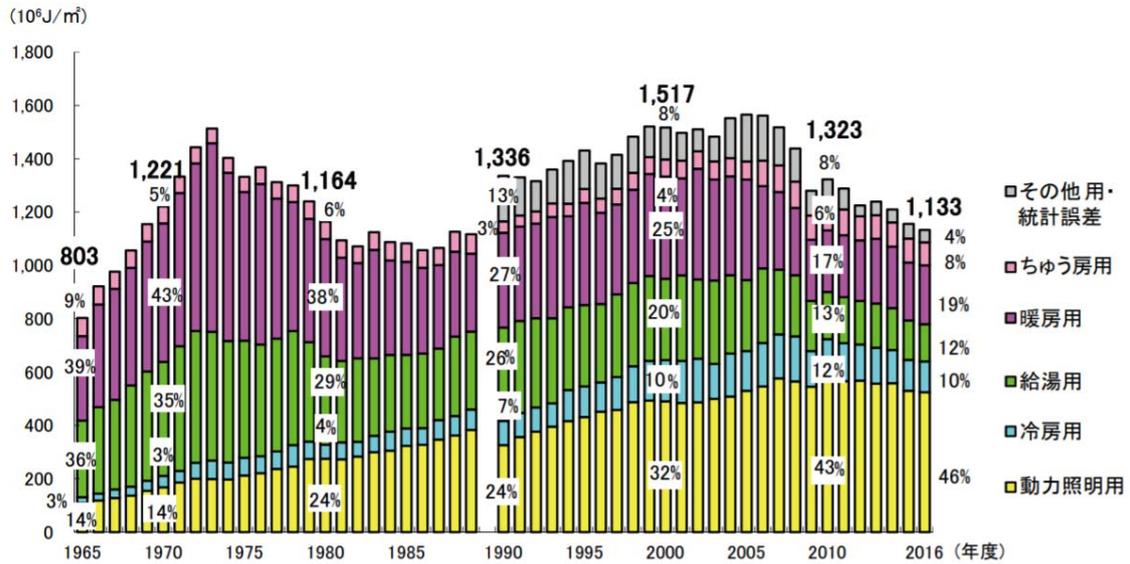
H29-1-5-4 正答 ②

I-5-4 我が国の近年の家庭のエネルギー消費に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 全国総和の年間エネルギー消費量を用途別に見ると、約3割が給湯用のエネルギーである。
- ② 全国総和の年間エネルギー消費量を用途別に見ると、冷房のエネルギー消費量は暖房のエネルギー消費量の約10倍である。
- ③ 全国総和の年間エネルギー消費量をエネルギー種別に見ると、約5割が電気である。
- ④ 電気冷蔵庫、テレビ、エアコンなどの電気製品は、エネルギーの使用の合理化等に関する法律(省エネ法)に基づく「トップランナー制度」の対象になっており、エネルギー消費効率の基準値が設定されている。
- ⑤ 全国総和の年間電力消費量のうち、約5%が待機時消費電力として失われている。

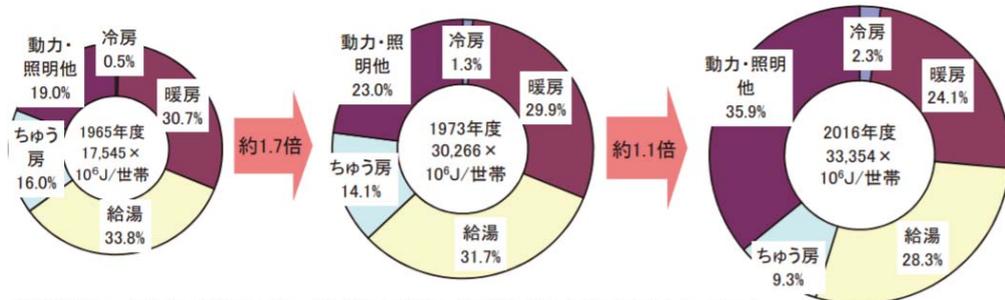
②が誤りです。産業部門と家庭部門の双方ともが冷房のエネルギーと暖房のエネルギーが逆転しています。(エネルギー白書2019年)

【第212-1-9】業務他部門用途別エネルギー消費原単位の推移



(注)「総合エネルギー統計」は、1990年度以降、数値の算出方法が変更されている。
 出典：日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」、
 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」を基に作成

【第212-2-6】世帯当たりのエネルギー消費原単位と用途別エネルギー消費の変化



(注)「総合エネルギー統計」では、1990年度以降、数値の算出方法が変更されている。
 出典：日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」、資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」、
 総務省「住民基本台帳」を基に作成

Case 8 効率的なエネルギー利用 頭にスマートがついた用語

H30-1-5-4 正答 ④

I-5-4 我が国を対象とする、これからのエネルギー利用に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 電力の利用効率を高めたり、需給バランスを取ったりして、電力を安定供給するための新しい電力送配電網のことをスマートグリッドという。スマートグリッドの構築は、再生可能エネルギーを大量導入するために不可欠なインフラの1つである。
- ② スマートコミュニティとは、ICT（情報通信技術）や蓄電池などの技術を活用したエネルギーマネジメントシステムを通じて、分散型エネルギーシステムにおけるエネルギー需給を総合的に管理・制御する社会システムのことである。
- ③ スマートハウスとは、省エネ家電や太陽光発電、燃料電池、蓄電池などのエネルギー機器を組合せて利用する家のことをいう。
- ④ スマートメーターは、家庭のエネルギー管理システムであり、家庭用蓄電池や次世代自動車といった「蓄電機器」と、太陽光発電、家庭用燃料電池などの「創エネルギー機器」の需給バランスを最適な状態に制御する。
- ⑤ スマートグリッド、スマートコミュニティ、スマートハウス、スマートメーターなどで用いられる「スマート」は「かしこい」の意である。

④ スマートメーター

従来のアナログ式誘導型電力量計と異なり、電力をデジタルで計測し、メーター内に通信機能を持たせた次世代電力量計です。

3. 発電と蓄電

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case					2			
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
					1			

Case 1 H19-1-5-1, H28-1-5-3

Case 1 発電と蓄電

H28-1-5-3 正答 ③

I-5-3 電気エネルギーの貯蔵や発電に関する次の記述のうち、下線部が最も不適切なものはどれか。

- ① 一次電池とは、マンガン乾電池のように一度で使いきりとなり、再び使用できない電池のことであり、二次電池とは、リチウムイオン電池やニッケル水素電池のように、充電して再び使用することのできる電池のことをいう。
- ② 電気二重層キャパシタは急速な充放電が可能であり、充放電サイクル寿命が優れた蓄電デバイスである。電気二重層キャパシタは一部の乗用車に搭載され始めている。
- ③ 天然ガス燃料のコンバインドサイクル発電では、天然ガスの燃焼ガスのエネルギーを利用してまず蒸気タービンを駆動し、その廃熱を用いてガスタービンを駆動することにより、総合的な発電効率を上げている。
- ④ 燃料電池は、「水の電気分解」と逆の原理で発電する。水の電気分解は、水に外部から十分な電圧をかけて水素と酸素に分解するが、多くの燃料電池は、水素と酸素を電気化学反応させて電気をつくる。
- ⑤ 揚水式水力発電は、余剰電力の発生する時間帯に低所の水を高所にくみ上げ、その位置エネルギーを利用して、電力需給のひっ迫する時間帯に発電するものであり、電気エネルギーを貯蔵するシステムといえる。

③ 天然ガス燃料のコンバインドサイクル発電

天然ガス燃焼ガスのエネルギーを利用してまずガスタービンを駆動し、その廃熱を用いて蒸気タービンを駆動することにより、総合的な発電効率を上げている。

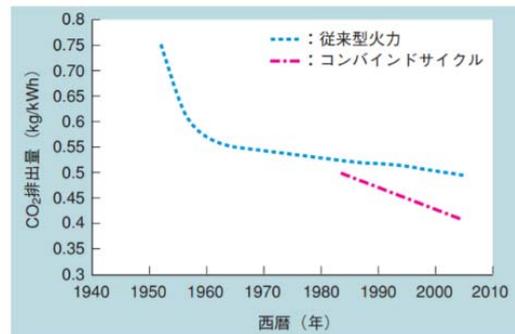


図3 CO₂ 排出量削減の推移
従来型火力/コンバインドサイクルとも全て天然ガス焚きに換算した場合のCO₂ 排出量を示す。
三菱重工技報 VOL.45 NO.1: 2008

天然ガスの主成分はメタン (CH₄) です。

4. エネルギー資源

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	1						2 3	
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1								1 2

Case 1 H16-1-5-1, H24-1-5-2, R01再-1-5-3

Case 2 H16-1-5-2, H26-1-5-4

Case 3 H26-1-5-3

Case 1 燃料の単位重量当たりの発熱量

R01 再-1-5-3 正答 ③

I-5-3 (A) 原油, (B) 輸入一般炭, (C) 輸入LNG (液化天然ガス), (D) 廃材 (絶乾) を単位質量当たりの標準発熱量が大きい順に並べたとして, 最も適切なものはどれか。ただし, 標準発熱量は資源エネルギー庁エネルギー源別標準発熱量表による。

- ① A > B > C > D
- ② B > A > D > C
- ③ C > A > B > D
- ④ C > B > D > A
- ⑤ D > C > B > A

石油、石炭、天然ガス、乾燥木材の発熱量は、石油をガソリン、石炭を無煙炭、天然ガスをメタンに読み変え、それぞれの1kg当たりの高発熱量を比較します。発熱量は順番に47.0、27.0、54.0、15.0kJ/gです。従って、単位重量当たりの発熱量は天然ガス>石油>石炭>乾燥木材となります。なお、高発熱量とは、燃焼ガスに含まれる水分が凝縮して液状の水となるときに放出される凝縮熱が加わった発熱量であり、水が水蒸気のままで存在する低発熱量よりも大きな値となります。

化学反応式よりその大小を判断することもできます。単位重量当たりの水素含有量が大きいほどその発熱量も大きくなります。化学式は燃料ごとの特徴をとらえて便宜的に示しています。

天然ガス>石油>石炭>乾燥木材 = $\text{CH}_4 > \text{C}_8\text{H}_{18} > \text{C} > \text{C}_6(\text{H}_2\text{O})_5$

Case 2 エネルギーに関する総合的な出題

H26-1-5-4 正答 ④

I-5-4 エネルギー資源に関する次の記述のうち, 最も不適切なものはどれか。

- ① エネルギー資源量として, 石炭の確認埋蔵量は石油の確認埋蔵量より大きい。
- ② 第一次石油危機当時と比べて石油の確認埋蔵量は増大している。
- ③ 海水中にはウランが1億トン以上溶けている。
- ④ 100km²の受光面積を持つ太陽電池の年間発電量は, 我が国の年間電力需要量より大きい。
- ⑤ 地球上の全植物の光合成により固定される太陽エネルギーを年間炭素純生産量でみると, 人類の年間エネルギー所要量より大きい。

④我が国の年間電力需要量を満たすには118km四方の面積が必要となる（平成26年当時の効率で）。

東京都の面積の6倍強の面積が必要となります。

④が間違っているというのはわかりにくいかもしれませんが、①～③と⑤が正しいことがわかれば自動的に④であることがわかるのですが。

Case 3 再生可能エネルギー固定価格買取制度

H26-1-5-3 正答 ⑤

I-5-3 我が国で2012年7月から始まった再生可能エネルギーの固定価格買取制度に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 買取対象の再生可能エネルギー源には、太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスの5種類が含まれる。
- ② 買取価格は、経済産業大臣により、毎年度、定められる。
- ③ 電気の利用者は、供給された電気の量に応じた賦課金を請求される。
- ④ 再生可能エネルギー導入量の地域差による事業者間の費用負担の不均衡を調整する仕組みがある。
- ⑤ 電気事業者は、再生可能エネルギーの買取のための接続を拒否することはできない。

平成26年の出題ですが、基本的には内容に変化はありません。太陽光発電においては、発電効率が向上してきたこともあり、その買取価格が年々低下してきています。

発電した電力の買取期間は10年です。「2019年問題」が浮上しています。余剰電力買取制度の開始から10年目となる2019年には、制度が開始された2009年の設置者が売電期間の満了を迎えるためです。

⑤電気事業者は、再生可能エネルギーの買取のための接続を拒否することはできる。

過剰な電力を買い取ることが難しい場合（再生可能エネルギーの買取義務を変更、小売電気事業者に上限を設定、2015年7月）や電気事業者が適切なサービスを利用者に提供できなくなるおそれがある場合（2014年の九州電力のケース）です。

5. 再生可能エネルギー

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	1							
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
				1				

Case 1 H20-1-5-2

Case 2 R01 再-1-5-4

Case 1 新エネルギー特別措置法

H20-1-5-2 正答 ⑤

I-5-2 我が国の再生可能エネルギー普及支援策として、正しいものを次の中から選べ。

- ① 太陽光発電はクリーンな電源であるため、法律によりその余剰電力の買取りが保証されている。
- ② すべての地熱発電は、「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」(通称RPS法)の対象電源である。
- ③ 家庭から出るごみは、廃棄物発電によりエネルギーを回収できるため、そのすべての発電電力量がRPS法により環境価値(新エネルギー等電気相当量)として認められている。
- ④ 廃プラスチックによる発電は、RPS法の対象電源である。
- ⑤ 事業用の大規模な風力発電施設の建設に際し、経費の一部が公的に補助される制度がある。

電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法(RPS)はすでに廃止されています。

- ① 太陽光発電はクリーンな電源であるが、法律によりその余剰電力の買取りが保証されているわけではない。

「経済産業大臣は、電気事業者が、正当な理由なく(購入)義務を履行しない場合には、期限を定めて、義務を履行すべき旨の勧告、又は命令を行うことができる。」とありますので、正当な理由がある場合にはこの限りではありません。

- ② 全ての地熱発電は、「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」(通称R P S法)の対象電源であるとは限らない。

「電気事業者には、毎年度、その販売電力量に応じて一定割合以上の新エネルギーから発電される電気(新エネルギー等電気)の利用を義務付け、新エネルギーの一層の普及促進を図る。」とありますので、すべてとは限りません。

- ③ 家庭から出るごみは、R P S法の対象とはなっていない。

新エネルギーの対象は風力、太陽光、地熱、小規模水力、バイオマス発電の5種類。一方、ごみのリサイクル利用を妨げ、廃棄物排出量の増加につながるとの意見が多かったため、廃プラスチックなどを燃料とする廃棄物発電が対象外となりました。

- ④ 廃プラスチックによる発電は、R P S法の対象とはなっていない。

Case 2 再生可能エネルギーの比率

R01再-1-5-4 正答 ③

I-5-4 政府の総合エネルギー統計(2017年度)において、我が国の一次エネルギー供給量に占める再生可能エネルギー(水力及び未活用エネルギーを含む)の比率として最も適切なものはどれか。ただし、未活用エネルギーには、廃棄物発電、廃タイヤ直接利用、廃プラスチック直接利用の「廃棄物エネルギー回収」、RDF(Refuse Derived Fuel)、廃棄物ガス、再生油、RPF(Refuse Paper & Plastic Fuel)の「廃棄物燃料製品」、廃熱利用熱供給、産業蒸気回収、産業電力回収の「廃棄エネルギー直接利用」が含まれる。

- ① 44% ② 22% ③ 11% ④ 2% ⑤ 0.5%

わが国の一次エネルギー供給量に占める再生可能エネルギーの比率は、2015年で水力と地熱・風力・太陽光・バイオマス等の合計で9.4%です。2017年度はこれよりも再生可能エネルギーの利用が進んできているとして、③11%が答です。

日本のエネルギー資源 (Wikipedia)

右図

2015年の日本のエネルギー源構成^[13]

450 Mtoe、自給率 7.0%



6. 資源リサイクル

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	1							
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
	3			4	2 3		1	

Case 1 H17-1-5-2, H24-1-5-1

Case 3 H19-1-1-4, H23-1-5-2

R01 再-1-5-2

Case 4 H20-1-5-3

Case 2 H19-1-5-2

Case 1 廃棄物処理・リサイクルに関する条約および法律

R01 再-1-5-2 正答 ①

I-5-2 廃棄物処理・リサイクルに関する我が国の法律及び国際条約に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 家電リサイクル法（特定家庭用機器再商品化法）では、エアコン、テレビ、洗濯機、冷蔵庫など一般家庭や事務所から排出された家電製品について、小売業者に消費者からの引取り及び引き取った廃家電の製造者等への引渡しを義務付けている。
- ② パーゼル条約（有害廃棄物の国境を越える移動及びその処分の規制に関するパーゼル条約）は、開発途上国から先進国へ有害廃棄物が輸出され、環境汚染を引き起こした事件を契機に採択されたものであるが、リサイクルが目的であれば、国境を越えて有害廃棄物を取引することは規制されていない。
- ③ 容器包装リサイクル法（容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律）では、PETボトル、スチール缶、アルミ缶の3品目のみについて、リサイクル（分別収集及び再商品化）のためのすべての費用を、商品を販売した事業者が負担することを義務付けている。
- ④ 建設リサイクル法（建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律）では、特定建設資材を用いた建築物等に係る解体工事又はその施工に特定建設資材を使用する新築工事等の建設工事のすべてに対して、その発注者に対し、分別解体等及び再資源化等を行うことを義務付けている。
- ⑤ 循環型社会形成推進基本法は、焼却するごみの量を減らすことを目的にしており、3Rの中でもリサイクルを最優先とする社会の構築を目指した法律である。

法文を深く読み込まないと、解答には至りません。

- ① 家電リサイクル法（特定家庭用機器再商品化法）では、エアコン、テレビ、電気冷蔵庫及び電気冷凍庫、電気洗濯機及び衣類乾燥機などの主な家電製品について、小売業者に消費者からの引取りおよび引取った廃家電の製造者等への引き渡しを義務付けています。

対象製品を廃棄する人は、リサイクル料金等の費用を負担して、購入した販売店あるいは、買替えの際の販売店に、引き取ってもらいます。

- ② バゼル条約(有害廃棄物の国境を越える移動及びその処分の規制に関するバーゼル条約)は、ヨーロッパ先進国のごみがアフリカの途上国に捨てられ、環境汚染を引き起こした事件を契機に採択されたものであり、リサイクルが目的であっても輸出国と輸入国、双方の許可が必要となります。

- ③ 容器包装リサイクル法(容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律)では、ガラスびん、PET ボトル、紙製容器包装、プラスチック製容器包装、アルミ缶、スチール缶、紙パック、段ボールについて、リサイクル(分別収集及び再商品化)のためのすべての費用を、商品を販売した事業者が負担することを義務付けています。

- ④ 建設リサイクル法(建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律)の条文を引用します。

業者は登録制。建設工事に「規模の基準」があります。

第一条 この法律は、特定の建設資材について、その分別解体等及び再資源化等を促進するための措置を講ずるとともに、解体工事業者について登録制度を実施すること等により、再生資源の十分な利用及び廃棄物の減量等を通じて、資源の有効な利用の確保及び廃棄物の適正な処理を図り、もって生活環境の保全及び国民経済の健全な発展に寄与することを目的とする。

第二条 法第九条第三項の建設工事の規模に関する基準は、次に掲げるとおりとする。

- ⑤ 循環型社会形成推進基本法は、3 Rの実施により廃棄物・リサイクル問題の解決を目指した法律である。

3 RはReduce、Reuse、Recycleの順です。原材料の使用を減らし、再利用できるものは利用する、そして最後は熟として有効利用(Recycle)するという考え方です。リサイクルは3番目です。

Reduce(リデュース)は、製品をつくる時に使う資源の量を少なくすることや廃棄物の発生を少なくすることなどです。

Reuse(リユース)は、使用済製品やその部品等を繰り返し使用することです。

Recycle (リサイクル) は、廃棄物等を原材料やエネルギー源として有効利用することです。

Case 2 わが国の資源やリサイクル

H19-1-5-2 正答 ②

I-5-2 わが国の資源やリサイクルに関する次の(ア)～(エ)の記述について、正誤の組合せとして最も適切なものを①～⑤の中から選べ。

(ア) 石油などの化石燃料の自給率は低いですが、金属鉱物資源は豊富であり、とくに銅鉱石の自給率は現在でも50%以上(銅の含分として計算)である。

(イ) PET (ポリエチレンテレフタレート) ボトルは焼却するとダイオキシンが大量に生成することが知られているため、分別回収、洗浄して再使用することが進められ、その割合は回収量の20%を超えている。

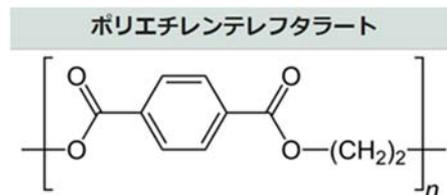
(ウ) 使用済みの飲料用アルミニウム缶は、80%以上が回収され、その過半がアルミニウム缶の原料として利用されている。また、回収した使用済みアルミニウム缶を融解して再生地金を得るほうが、鉱石を製錬して新地金を得るよりも、同量のアルミニウムあたりのエネルギー消費が少なくてすむ。

(エ) 自動車の排出ガス浄化のための触媒や燃料電池に用いられる白金は、その物性上リサイクルすることが困難であるが、金に比べて資源埋蔵量が格段に豊富で安価であり、環境保全対策技術のコスト低減のために大量に利用されている。

	ア	イ	ウ	エ
①	正	正	正	誤
②	誤	誤	正	誤
③	正	誤	誤	正
④	誤	正	正	正
⑤	誤	誤	誤	正

(ア) 石油などの化石燃料の自給率は低いですが、銅鉱石の自給率もゼロ%となっています。

(イ) 塩素を含むプラスチックを焼却する場合にはダイオキシンが発生する可能性があるが、PET (ポリエチレンテレフタレート) ボトルには塩素が含まれていませんので、焼却してもダイオキシンは発生しません。主に溶解して他の製品へと姿を変えるマテリアルリサイクルが施されます。



(ウ) 使用済みの飲料用アルミニウム缶は、約94%が回収(2018年)され、その内の約7割がアルミニウム缶の原料として利用されている。また、回収した使用済みアルミニウム缶を融解して再生地金を得るほうが、鉱石を製錬して新地金を得るよりも、同量のアルミニウムあたりのエネルギー消費が少なくすむ。アルミの地金を製造するのに多量の電力を必要とするので、アルミ缶は電気の缶詰と称されることもある。

(エ) 自動車の排出ガス浄化のための触媒や燃料電池に用いられる白金は、リサイクルの対象となっている。白金の資源量は金よりも若干多く、価格は相場にもよりますが、金の価格から大きくは離れていません。

自動車の排ガス浄化のために用いられる三元触媒には白金(Pt)、パラジウム(Pd)、ロジウム(Rh)が用いられています。車に装備されている触媒コンバーター1個当たりには、Pt、Pd、Rhが合計で1.5~2g程度含まれています。世界の車の生産台数が年間9000万台とすると、これら貴金属の使用量は合計で135~180トンとの計算となります。また、燃料電池にも白金が用いられています。これらの金属は回収の対象になっています。

Ptの埋蔵量は6万9000トン、金(Au)の埋蔵量は5万4000トンとされています。2017年のデータでは、世界の使用量(トン/年)と価格(ドル/トロイオンス(31.1g))は、使用量、価格の順に、Auが4000、約1200、Ptが250、約900、Pdが300、約900、Rhが33、約100となっています。

AuとPtの比較では、埋蔵量と価格ともに大きな差があるとはいいたいです。

Case 3 循環型社会

H23-1-5-2 正答 ②

I-5-2 平成22年版環境・循環型社会・生物多様性白書から抜粋した次の記述(問題作成のため一部改変)の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

廃棄物・リサイクル行政の目的が、これまでのの向上や公害問題の解決に加えて循環型社会の形成をも目指していることを踏まえ、今後、わが国全体として、3Rに重点を置いた最適なリサイクル・処理システムを構築していくこととされています。

平成13年5月の環境大臣より公表された廃棄物処理法に基づく基本方針の中では、まず、できる限り廃棄物の排出を抑制し、次に、廃棄物となったものについては不適正処

理の防止その他の環境への負荷の低減に配慮しつつ、**イ**、再生利用、熱回収の順にできる限り循環的な利用を行い、こうした排出抑制及び適正な循環の利用を徹底した上で、なお適正な循環の利用が行われないものについては、**ウ**を確保することを基本とすること等を定めています。これにより一般廃棄物及び産業廃棄物の最終処分量を平成22年度までに平成9年度のおおむね**エ**に削減することとしています。

	ア	イ	ウ	エ
① 生活環境		再資源化	適正な処理	半分
② 公衆衛生		再使用	適正な処分	半分
③ 生活環境		再資源化	適正な処分	1/3
④ 公衆衛生		再資源化	適正な処理	1/3
⑤ 生活環境		再使用	適正な埋め立て	1/3

約10年も前の出題です。その間に廃棄物行政も多少の変化はあるものと考えます。変わらないのは3R (Reduce、Reuse、Recycle) でしょうか。再使用 (Reuse)、再生利用 (Recycle) である熱回収の順がわかれば選択肢は2つに絞り込めます。

Case 4 廃棄物処理・再資源化

H20-1-5-3 正答 ③

I-5-3 近年の日本の廃棄物等の処理・再資源化の状況に関する次の記述のうち、最も不適切なものを選び。

- ① 容器包装などの廃プラスチックは、コークス炉化学原料や高炉還元剤としてもリサイクルされている。
- ② 発電設備を有する都市ごみの焼却施設の平均的な発電端効率は、低位発熱量ベースで10%を超える程度である。
- ③ 一般廃棄物の最終処分場（埋立処分場）の全国の平均残余年数（埋立残余容量を年間埋立容量で除した年数）は50年以上ある。
- ④ セメント製造施設では、セメント製造業全体の平均で1tのセメント製造当たり400kg程度の廃棄物や他産業の副産物を利用している。
- ⑤ 廃棄物を千数百度の高温下で熔融処理した際に生成した熔融スラグは、道路用材やコンクリート骨材などに利用されている。

- ② 発電設備を有する都市ごみの焼却施設の平均的な発電端効率は、低位発熱量ベースで10%を超える程度である。平成24年で12%程度である。
 （発電端熱効率は、発電機の発電電力量と燃料の発生熱量との比）

- ③ 一般廃棄物の最終処分場（埋立処分場）の全国の平均残余年数（埋立残余容量を年間埋立容量で除した年数）は平成28年であと20.5年です（環境白書、平成30年）

7. 廃棄物

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case						1		
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16

Case 1 H27-1-5-1

Case 1 廃棄物

H27-1-5-1 正答 ②

I-5-1 廃棄物に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① RDFとは、ごみ固化燃料のことであり、生ごみ・廃プラスチック、古紙などの可燃性のごみを粉砕・乾燥したのちに生石灰を混合して、圧縮・固化したものである。
- ② E-wasteとは、エコ廃棄物のことであり、再使用可能であるかほぼ全ての構成成分をマテリアルリサイクル可能な廃棄物のことである。
- ③ バイオマスとは、再生可能な生物由来の有機性資源のうち化石資源を除いたもので、廃棄物については、建設発生木材や食品廃棄物、下水汚泥などが含まれる。
- ④ 産業廃棄物とは、事業活動に伴って生じた廃棄物のうち、燃えがら、汚泥、廃油、廃酸など20種類の廃棄物のことである。
- ⑤ 硫酸ピッチとは、強酸性で油分を有する泥状の廃棄物で、雨水等と接触して亜硫酸ガスを発生させ、周辺的生活環境保全上の支障を生じる可能性がある。

- ① E-wasteとは、電気電子廃棄物のことであり、再使用可能であるかほぼ全ての構成成分をマテリアルリサイクル可能な廃棄物のことである。

E-wasteは、電気・電子製品の廃棄物で、鉛・カドミウム・水銀などの有害物質を含むものが多く、近年その急増が環境問題として取り上げられ、とくに発展途上国における悪化が問題視されています。日本の家電リサイクル法によって中古家電製品が途上国に輸出され、その結果としてE-waste問題に拍車をかけています。

8. 環境汚染

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case		2 3					2	
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
						1		

Case 1 H18-1-5-2

Case 2 H26-1-5-1, R01-1-5-1

Case 3 R01-1-5-2

Case 1 環境問題

H18-1-5-2 正答 ③

I-5-2 環境問題に関する次の記述の正誤について、最も適切な組合せを①～⑤の中から選べ。

- a) 欧州で森林が枯れるなどの被害が報告された酸性雨の主な原因は、廃棄物処理施設で塩化ビニルが焼却される際に発生する塩化水素である。
- b) 我が国の公共用水域の水質汚濁に係る環境基準のうち、有機汚濁の代表的な水質指標であるBOD又はCODについては、湖沼、内湾、内海などの閉鎖性水域における2000年現在の基準達成率は河川など他の水域における同年の基準達成率よりも低い。
- c) 住宅建材に含まれるアスベストによって発生する呼吸器への急性の影響を、シックハウス症候群と呼ぶ。
- d) 成田国際空港や大阪国際空港（通称「伊丹空港」）では、航空機騒音の防止のため、緊急時等を除き夜間に時間帯を設け、航空機の発着を禁止している。

- | | | | | |
|---|----|----|----|----|
| | a) | b) | c) | d) |
| ① | 正 | 正 | 正 | 誤 |
| ② | 正 | 正 | 誤 | 誤 |
| ③ | 誤 | 正 | 誤 | 正 |
| ④ | 誤 | 誤 | 正 | 正 |
| ⑤ | 正 | 誤 | 誤 | 誤 |

問題が出題されてから14年が経ちました。

- a) 欧州で森林が枯れるなどの被害が報告された酸性雨の主な原因は、石炭や石油の燃焼に由来するSO_xやNO_xです。

c) 住宅建材に含まれるVOC (Volatile Organic Compounds) によって発生する呼吸器への急性の影響を、シックハウス症候群と呼ぶ。

アスベストは、耐熱性、絶縁性、保温性に優れ、断熱材、絶縁材、ブレーキライニング材などに古くから用いられてきました。しかし、高濃度長期間暴露による肺線維症、肺癌の他、稀な腫瘍である悪性中皮腫の原因になるとされています。

Case 2 大気汚染

R01-1-5-1 正答 ③

I-5-1 大気汚染に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

我が国では、1960年代から1980年代にかけて工場から大量の等が排出され、工業地帯など工場が集中する地域を中心として著しい大気汚染が発生しました。その対策として、大気汚染防止法の制定(1968年)、大気環境基準の設定(1969年より順次)、大気汚染物質の排出規制、全国的な大気汚染モニタリングの実施等の結果、と一酸化炭素による汚染は大幅に改善されました。

1970年代後半からは大都市地域を中心とした都市・生活型の大気汚染が問題となりました。その発生源は、工場・事業場のほか年々増加していた自動車であり、特にディーゼル車から排出されるやの対策が重要な課題となり、より一層の対策の実施や国民の理解と協力が求められました。

現在においても、や炭化水素が反応を起こして発生するの環境基準達成率は低いレベルとなっており、対策が求められています。

	ア	イ	ウ	エ
①	硫黄酸化物	光化学オキシダント	浮遊粒子状物質	二酸化炭素
②	窒素酸化物	光化学オキシダント	二酸化炭素	浮遊粒子状物質
③	硫黄酸化物	窒素酸化物	浮遊粒子状物質	光化学オキシダント
④	窒素酸化物	硫黄酸化物	二酸化炭素	光化学オキシダント
⑤	硫黄酸化物	窒素酸化物	浮遊粒子状物質	二酸化炭素

特に解説の必要はないと思います。正答を文章にはめ込んで読み進めれば理解が深まります。

H26-1-5-1 正答 ①

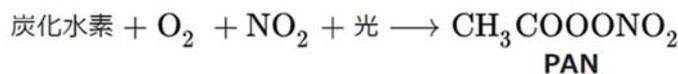
I-5-1 大気汚染物質に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① PM2.5とは、粒径10 μm以下の浮遊粒子状物質のうち、肺胞に最も付着しやすい粒径2.5 μm付近の大きさを有するものを指す。
- ② 二酸化硫黄は、硫黄分を含む石炭や石油などの燃焼によって生じ、呼吸器疾患や酸性雨の原因となる。
- ③ 二酸化窒素は、物質の燃焼工程から発生する物質で、呼吸器疾患を引き起こす物質であるとともに光化学オキシダントの原因物質でもある。
- ④ 光化学オキシダントは、工場や自動車から排出される窒素酸化物や揮発性有機化合物などが太陽光により光化学反応を起こして生成される酸化性物質の総称である。
- ⑤ 一酸化炭素は、有機物の不完全燃焼によって発生し、ヘモグロビンと結合することで酸素運搬機能を阻害する等の健康影響の他、メタンの大気寿命を長くする。

- ① PM2.5とは、大気中に浮遊する微粒子のうち、粒子径が概ね2.5 μm以下のもの。呼吸器系など健康への悪影響が大きい。粒子サイズが小さいので、長く大気中を浮遊していられるために、発生源から離れた場所でも汚染の影響を受けます。

(参考)

光化学オキシダントは、窒素酸化物と炭化水素とが光化学反応を起こし生じる、オゾンやパーオキシアシルナイトレート（PAN）などの酸化性物質（オキシダント）の総称です。強力な酸化作用を持ち健康被害を引き起こす大気汚染物質であり、光化学スモッグの原因となります。



光化学汚染の発生のしくみ



出典：環境省・文部科学省 ECO学習ライブラリーより

Case 3 パリ協定

R01-1-5-2 正答 ②

I-5-2 環境保全，環境管理に関する次の記述のうち，最も不適切なものはどれか。

- ① 我が国が提案し実施している二国間オフセット・クレジット制度とは，途上国への優れた低炭素技術等の普及や対策実施を通じ，実現した温室効果ガスの排出削減・吸収への我が国の貢献を定量的に評価し，我が国の削減目標の達成に活用する制度である。
- ② 地球温暖化防止に向けた対策は大きく緩和策と適応策に分けられるが，適応策は地球温暖化の原因となる温室効果ガスの排出を削減して地球温暖化の進行を食い止め，大気中の温室効果ガス濃度を安定させる対策のことをいう。
- ③ カーボンフットプリントとは，食品や日用品等について，原料調達から製造・流通・販売・使用・廃棄の全過程を通じて排出される温室効果ガス量を二酸化炭素に換算し，「見える化」したものである。
- ④ 製品に関するライフサイクルアセスメントとは，資源の採取から製造・使用・廃棄・輸送など全ての段階を通して環境影響を定量的，客観的に評価する手法をいう。
- ⑤ 環境基本法に基づく環境基準とは，大気汚染，水質汚濁，土壌汚染及び騒音に係る環境上の条件について，それぞれ，人の健康を保護し，及び生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準をいう。

パリ協定に関する出題です。

- ① 地球温暖化防止に向けた対策は大きく緩和策と適応策に分けられるが，緩和策は地球温暖化の進行を食い止め、大気中の温室効果ガス濃度を安定させる対策のことをいう。パリ協定の第4条は緩和・排出のための取組となっています。

9. 環境問題

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case								
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
								1

Case 1 H16-1-5-3

Case 1 環境問題

H16-1-5-3 正答 ④

I-5-3 世界の環境問題に関する次の記述のうち、最も適切なものを選び。

- ① 紙の原料である針葉樹を中心とした森林破壊の進行は著しく、そのため寒冷地に位置する先進国の主要な二酸化炭素排出源となっている。
- ② 生活排水に起因する水質汚濁は、とりわけ先進国の都市において深刻な環境問題である。
- ③ 持続可能な発展とは、先進国と発展途上国のニーズを共に満たすような発展のことである。
- ④ 人為起源の二酸化炭素は、排出される国や場所に関わらず、地球温暖化に対しては同程度の効果をもたらす。
- ⑤ 化石燃料の燃焼に伴って酸素が消費されるため、地球大気中の酸素濃度の低下が著しくなっている。

- ① 低緯度地方の広葉樹林を中心とした森林破壊の進行は著しい。一方、先進国の主要な二酸化炭素排出源は化石燃料の燃焼である。
- ② 生活排水に起因する水質汚濁は、とりわけ開発途上国の都市において深刻な環境問題である。
- ③ 持続可能な発展とは、将来の世代の欲求を満たしつつ、現在の世代の欲求も満足させるような開発のことである。
- ⑤ 化石燃料の燃焼に伴って、地球大気中の二酸化炭素濃度が著しく高くなってきている。

10. 環境保全活動

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case			3 7	6			2	4 5
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
		5	4	3		2		1

Case 1 H16-1-5-4

Case 4 H21-1-5-2, H25-1-5-4

Case 2 H18-1-5-3, H26-1-5-2

Case 5 H22-1-5-2, H25-1-5-3

H30-1-5-2

Case 6 H29-1-5-1

Case 3 H20-1-5-4

Case 7 H30-1-5-1

Case 1 環境への汚濁物質

H16-1-5-4 正答 ①

I-5-4 環境は、許容範囲であれば、人間活動の影響を受け入れることができる。ある環境の場を考えた場合、重大な影響を生じることなく汚濁物質などの人間の負荷を受け入れることのできる量を環境容量と呼ぶ。水環境の環境容量について、次の記述の中から最も適切なものを選び。

- ① 汚濁物質を分解する自浄能力を増大させることは環境容量の増加につながる。
 - ② 汚濁物質を分解する排水処理は水環境の環境容量を増大させる。
 - ③ ある水環境の場が与えられると、全汚濁物質に共通の環境容量を求めることができる。
 - ④ 環境容量はそこで適用される排水処理の技術水準によって決まる。
 - ⑤ 異なる主体の間での水環境の環境容量の取引を排出権取引と呼ぶ。
-
- ① 環境容量とは、ある地域の人、動植物、土壌、水、大気などすべての自然が、汚染物質によって変化あるいは損傷を受けることなく、また自然の生態系の平衡状態を保つよう自然の浄化力が十分に及ぶ状態が保たれる範囲のことをいう。
 - ② 汚濁物質を分解する排水処理は、汚した水だけをきれいにするわけですから、環境容量は増えません。
 - ③ ある水環境の場が与えられても、そこに存在する汚染物質ごとに環境容量は異なります。全汚濁物質に共通の環境容量という都合の良いものは存在しません。
 - ④ 環境容量はそこで適用される排水処理の技術水準によってのみ決まるわけではない。技術水準が高くても、処理可能な量以上の排水が流入すると、処理が間に合わなくなり環境容量を減少させることになる。
 - ⑤ 異なる主体の間での温室効果ガスの取引を排出権取引と呼ぶ。排出権取引とは、地球温暖化の原因とされる二酸化炭素などを排出する権利を売買する仕組みです。

Case 2 事業者が行う環境活動

H30-1-5-2 正答 ③

I-5-2 事業者が行う環境に関連する活動に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① グリーン購入とは、製品の原材料や事業活動に必要な資材を購入する際に、バイオマス（木材などの生物資源）から作られたものを優先的に購入することをいう。
- ② 環境報告書とは、大気汚染物質や水質汚濁物質を発生させる一定規模以上の装置の設置状況を、事業者が毎年地方自治体に届け出る報告書をいう。
- ③ 環境会計とは、事業活動における環境保全のためのコストやそれによって得られた効果を金額や物量で表す仕組みをいう。
- ④ 環境監査とは、事業活動において環境保全のために投資した経費が、税法上適切に処理されているかどうかについて、公認会計士が監査することをいう。
- ⑤ ライフサイクルアセスメントとは、企業の生産設備の周期的な更新の機会をとらえて、その設備の環境への影響の評価を行うことをいう。

- ① グリーン購入とは、製品やサービスを購入する前に必要性を熟考し、環境負荷ができるだけ小さいものを優先して購入することである。消費者の観点でグリーン購入といい、生産者の観点ではグリーン調達という。
- ② 環境報告書は、発行する機関や企業が環境に対して取り組んでいる事柄を広く一般に開示する報告書である。環境情報の提供の促進等による特定事業者等の環境に配慮した事業活動の促進に関する法律（事業者の環境配慮促進法）によって、独立行政法人や、国立大学法人、企業などにおいて発行が義務付けられている。
- ④ 事業活動において環境保全のために、企業が独自に環境管理体制を点検することを環境監査という。環境保護に資する目的の組織・管理・整備がいかによく機能しているかを組織的・実証的・定期的・客観的に評価するもの。
- ⑤ ライフサイクルアセスメントとは製品やサービスに対する、環境影響評価の手法のこと。

H26-1-5-2 正答 ⑤

I-5-2 事業者が行う環境に関連する活動に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① ライフサイクルアセスメントとは、企業の生産設備の周期的な更新の機会をとらえて、その設備の環境への影響の評価を行うことをいう。
- ② 環境報告書とは、大気汚染物質や水質汚濁物質を発生させる一定規模以上の装置の設置状況を、事業者が毎年地方自治体に届け出る報告書をいう。

- ③ グリーン購入とは、製品の原材料や事業活動に必要な資材を購入する際に、バイオマス（木材などの生物資源）から作られたものを優先的に購入することをいう。
 - ④ 環境監査とは、事業活動において環境保全のために投資した経費が、税法上適切に処理されているかどうかについて、公認会計士が監査することをいう。
 - ⑤ 環境会計とは、事業活動における環境保全のためのコストやそれによって得られた効果を金額や物量で表す仕組みをいう。
-
- ① ライフサイクルアセスメントとは、ある製品が製造されてから廃棄されるまで、外部の環境にどのような影響を与えるかを評価する方法。製品やサービスに対する、環境影響評価の手法のこと。
 - ② 環境報告書とは、機関や企業が環境に対して取り組んでいる事柄を広く一般に開示する報告書である。
 - ③ グリーン購入とは、製品の原材料や事業活動に必要な資材を購入する際に、環境負荷ができるだけ小さいものを優先して購入することをいう。
 - ④ 環境監査とは、事業活動において環境保全のために、企業が独自に環境管理体制を点検すること。

Case 3 環境管理に関する用語

H20-1-5-4 正答 ④

I-5-4 環境管理に関する次の(A)～(D)の用語の一般的な説明について、それぞれの正誤の組合せとして適切なものを①～⑤の中から選べ。

- (A) 環境監査とは、事業活動において環境保全のために投資した経費が、税法上適切に処理されているかどうかについて、公認会計士が監査することをいう。
- (B) 汚染者負担の原則は、公害防止のために必要な対策をとったり、汚された環境を元に戻したりするための費用は、汚染物質を出している者が負担すべきという考え方である。
- (C) 拡大生産者責任は、生産者が製品の生産・使用段階だけでなく、廃棄・リサイクル段階まで責任を負うという考え方であり、OECD（経済協力開発機構）が提唱した。
- (D) PDCAサイクルは、Plan（計画）、Do（実施）、Check（点検）、Action（是正）を意味し、品質向上のためのシステムの考え方となる。ISO9000sにおける環境マネジメントシステムの規格にも採用された。

	A	B	C	D
①	正	正	誤	誤
②	正	正	誤	正
③	誤	誤	正	正
④	誤	正	正	誤
⑤	誤	正	誤	誤

(A) 環境監査とは、事業活動において環境保全のために、企業が独自に環境管理体制を点検すること。

(D) PDCAサイクルは、P l a n（計画）、D o（実施）、C h e c k（点検）、A c t i o n（是正）を意味し、品質向上のためのシステムの考え方となる。ISO9000における品質マネジメントシステムの規格にも採用されました。

Case 4 環境保全対策技術

H25-1-5-4 正答 ②

I-5-4 環境保全のための対策技術に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 産業廃棄物の管理型処分場では、環境保全対策として遮水工や浸出水処理設備を設けることなどが義務付けられている。
- ② 下水処理の工程は一次処理から三次処理に分類できるが、活性汚泥法などによる生物処理は一般的に一次処理に分類される。
- ③ ヒートアイランド対策としての屋上緑化や壁面緑化は、建物表面温度の上昇を抑えることで気温上昇を抑制するとともに、居室内への熱の侵入を低減し、空調エネルギー消費を削減することができる。
- ④ 汚染土壌の対策技術としては、化学的作用や生物学的作用等を用いた様々な技術があるが、土壌汚染対策法に基づいて実施された対策では掘削除去の実績が多い。
- ⑤ ごみ焼却施設におけるダイオキシン類対策においては、炉内の温度管理や滞留時間確保等による完全燃焼、及びダイオキシン類の再合成を防ぐための排ガスの急冷などが有効である。

下水処理が一次～三次の三段階で行われていることを理解しておく必要があります。専門性を問う問題です。

一次処理では、ふん尿が混合した汚水中の固形物の除去を物理的に行います。

二次処理は、一次処理で取り除けなかった汚水中の有機物を微生物の働きによって除去します。

三次処理（高度処理、後処理）は、二次処理水中に残っている窒素、リン、難分解性物質を化学的、物理的あるいは生物学的方法で除去します。

- ② 下水処理の工程は一次処理から三次処理に分類できるが、活性汚泥法などによる生物処理は一般的に二次処理に分類される。

Case 5 環境保全、環境管理に関する用語

H25-1-5-3 正答 ④

I-5-3 環境保全、環境管理に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 環境基本法に基づく環境基準とは、大気汚染、水質汚濁、土壌汚染及び騒音に係る環境上の条件について、それぞれ、人の健康を保護し、及び生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準をいう。
- ② クリーン開発メカニズムとは、京都議定書の温室効果ガス削減約束を達成するに当たって導入された制度であり、先進国と途上国が共同で排出削減・植林事業を行い、その結果生じた削減量・吸収量を「認証された排出削減量」として先進国等が獲得できるものである。
- ③ カーボンフットプリントとは、食品や日用品等について、原料調達から製造・流通・販売・使用・廃棄の全過程を通じて排出される温室効果ガス量を二酸化炭素に換算し、「見える化」したものである。
- ④ 地球温暖化防止に向けた対策は大きく緩和策と適応策に分けられるが、適応策は地球温暖化の原因となる温室効果ガスの排出を削減して地球温暖化の進行を食い止め、大気中の温室効果ガス濃度を安定させる対策のことをいう。
- ⑤ 製品に関するライフサイクルアセスメントとは、資源の採取から製造、使用、廃棄、輸送など全ての段階を通して環境影響を定量的、客観的に評価する手法をいう。
- ④ 地球温暖化防止に向けた対策は大きく緩和策と適応策に分けられるが、緩和策は地球温暖化の原因となる温室効果ガスの排出を削減して地球温暖化の進行を食い止め、大気中の温室効果ガス濃度を安定させる対策のことをいう。

(参考)

緩和・適応とは（IPCC第5次評価報告書）

温室効果ガスの排出削減と吸収の対策を行うことが「緩和」です。省エネの取組みや、再生可能エネルギーなどの低炭素エネルギー、CCSの普及、植物によるCO₂の吸収源対策などが挙げられます。

これに対して、既に起こりつつある気候変動影響への防止・軽減のための備えと、新しい気候条件の利用を行うことを「適応」と言います。影響の軽減をはじめ、リスクの回避・分散・需要と、機会の利用をふまえた対策のことで、渇水対策や農作物の新種の開発や、熱中症の早期警告インフラ整備などが例として挙げられます。

生物多様性白書（2016年）



コラム

緩和策と適応策

緩和策とは、温室効果ガスの排出の抑制や、森林等の吸収作用を保全及び強化することで、地球温暖化の防止を図るための施策です。一方で、適応策とは、地球温暖化がもたらす現在及び将来の気候変動の影響に対処する施策です。

緩和策と適応策は、気候変動の影響のリスクを低減するための相互補完的な施策であり、言わば車の両輪として推進していくべき施策です。

気候変動と緩和策・適応策の関係



資料：環境省

Case 6 環境管理とその在り方

H29-1-5-1 正答 ①

I-5-1 環境管理に関する次のA～Dの記述について、それぞれの正誤の組合せとして、最も適切なものはどれか。

- (A) ある製品に関する資源の採取から製造、使用、廃棄、輸送など全ての段階を通して環境影響を定量的かつ客観的に評価する手法をライフサイクルアセスメントという。
- (B) 公害防止のために必要な対策をとったり、汚された環境を元に戻したりするための費用は、汚染物質を出している者が負担すべきという考え方を汚染者負担原則という。
- (C) 生産者が製品の生産・使用段階だけでなく、廃棄・リサイクル段階まで責任を負うという考え方を拡大生産者責任という。
- (D) 事業活動において環境保全のために投資した経費が、税法上適切に処理されているかどうかについて、公認会計士が監査することを環境監査という。

	A	B	C	D
①	正	正	正	誤
②	誤	誤	誤	正
③	誤	正	正	誤
④	正	正	誤	正
⑤	正	誤	誤	誤

事業活動において環境保全のために、企業が独自に環境管理体制を点検することを環境監査といいます。

Case 7 持続可能な開発目標 (SDGs)

H30-1-5-1 正答 ②

I-5-1 「持続可能な開発目標 (SDGs)」に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 「ミレニアム開発目標 (MDGs)」の課題を踏まえ、2015年9月に国連で採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」の中核となるものである。
- ② 今後、経済発展が進む途上国を対象として持続可能な開発に関する目標を定めたものであり、環境、経済、社会の三側面統合の概念が明確に打ち出されている。
- ③ 17のゴールと各ゴールに設定された169のターゲットから構成されており、「ミレニアム開発目標 (MDGs)」と比べると、水、持続可能な生産と消費、気候変動、海洋、生態系・森林など、環境問題に直接関係するゴールが増えている。
- ④ 目標達成のために、多種多様な関係主体が連携・協力する「マルチステークホルダー・パートナーシップ」を促進することが明記されている。
- ⑤ 日本では、内閣に「持続可能な開発目標 (SDGs) 推進本部」が設置され、2016年12月に「持続可能な開発目標 (SDGs) 実施指針」が決定されている。

- ① 持続可能な開発のための2030アジェンダは、2000年の国連ミレニアムサミットで策定されたミレニアム開発目標 (MDGs) が2015年で終了することをうけ、国際連合が向こう15年間の新たな持続可能な開発の指針を策定したもの。「持続可能な開発目標」(Sustainable Development Goals: SDGs)を中核とする。2015年9月25日の国連総会で採択された。
- ② SDGsでは途上国や先進国に関わらず、すべての国がパートナーシップを取り、開発問題にとどまらず経済面・社会面・環境面の3つの側面すべてに対応することが必要とされている。

- ③ 持続可能な開発目標の17のゴール(国連開発計画)と各ゴールに設定された169のターゲットから構成されており、「ミレニアム開発目標(MDGs)」と比べると、水、持続可能な生産と消費、気候変動、海洋、生態系・森林など、環境問題に直接関係するゴールが増えている。

1.1. 地球温暖化

年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	6			6		2		
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
	5	4	3			2	1	

Case 1 H17-1-5-3

Case 4 H22-1-5-1

Case 2 H18-1-5-1, H27-1-5-2

Case 5 H23-1-5-1

Case 3 H21-1-5-3

Case 6 H29-1-5-2, R01再-1-5-1

Case 1 温室効果と気候変動

H17-1-5-3 正答 ②

I-5-3 温室効果と気候変動に関する次の記述について、正しいものを選び。

- ① フロン類のうちCFCとHFCはオゾン層破壊物質としてモントリオール議定書で生産が規制されている。一方、HCFCはオゾン層を破壊しないが強力な温室効果ガスであるため、モントリオール議定書ではなく京都議定書で削減数値目標が定められている。
- ② IPCC(気候変動に関する政府間会合)第三次評価報告書によれば、人為的な温室効果ガス濃度の上昇による気候変動は、過去2万年間に生じた自然的な変化と比べても急速なものであり、低緯度付近に比べて極地に近づくほど気温上昇が激しくなる。
- ③ 気候変動枠組条約では、最終目標として「大気中の温室効果ガスの濃度を地球の気候に悪影響を与えないような濃度レベル」に抑えることを決めている。これを受けて、京都議定書では、2008年～2012年の5年間に付属書I国全体で、温室効果ガスを、基準年で排出していた量より、少なくとも10%削減することを定めた。

- ④ 地球の表面温度は太陽から降り注ぐエネルギーと、宇宙空間へ放射するエネルギーのバランスによって決まる。大気中にある温室効果ガスには、地球が宇宙空間へ放射するエネルギーを吸収し、一部を地表面に戻すことで地面を暖める作用がある。もし、大気中に温室効果ガスが全く存在しなければ、地球表面の平均気温は産業革命以前の平均気温に戻ると推定される。
- ⑤ 京都議定書は2005年2月に発効したが、世界のCO₂排出量の中で国家として一位と二位を占める米国と中国は、京都議定書から離脱している。

- ① フロン類のうちCFCとHFCはオゾン層破壊物質としてモントリオール議定書で生産が規制されている。一方、HCFCはオゾン層を破壊しないが強力な温室効果ガスであるため、京都議定書ではなくモントリオール議定書で削減数値目標が定められている。先進国はHCFCを2030年までに全廃。
- ③ 気候変動枠組条約では、最終目標として「大気中の温室効果ガスの濃度を地球の気候に悪影響を与えないような濃度レベル」に抑えることを決めている。これを受けて、京都議定書では、2008年～2012年の5年間に付属書I国全体で、温室効果ガスを、基準年で排出していた量より、少なくとも5%削減することを定めた。
- ④ 地球の表面温度は太陽から降り注ぐエネルギーと、宇宙空間へ放射するエネルギーのバランスによって決まる。大気中にある温室効果ガスには、地球が宇宙空間へ放射するエネルギーを吸収し、一部を地表面に戻すことで地面を暖める作用がある。もし、大気中に温室効果ガスが全く存在しなくなると、地球は低温世界へと変貌する。産業革命以前にも温室効果ガスは存在していました。
- ⑤ 京都議定書は2005年2月に発効したが、世界のCO₂排出量の中で国家として一位と二位を占める米国と中国については、米国が京都議定書から離脱しているのに対して、中国は開発途上国で、CO₂削減の義務を負っていなかった。

Case 2 地球温暖化対策の推進に関する法律

H27-1-5-2 正答 ①

I-5-2 「地球温暖化対策の推進に関する法律（温対法）」の目的及び内容に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 地球温暖化を防止することが人類共通の課題であることに鑑み、温室効果ガスの排出抑制を促進するための措置を講ずることなどを定めたものであり、森林などによる吸収作用の保全には言及していない。
- ② 温室効果ガスとして、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、ハイドロフルオロカーボンのうち政令で定められるもの、パーフルオロカーボンのうち政令で定められるもの、六ふっ化硫黄、三ふっ化窒素を対象としている。
- ③ 事業活動に伴う温室効果ガス排出量が相当程度多い特定排出者のうち、政令で定める規模以上の事業所を有する場合には、その事業所ごとに、温室効果ガス算定排出量に関し定められる事項を事業所管大臣に報告しなければならない。
- ④ 国民が行う温暖化防止のための行動を効果的に進めるため、都道府県知事は、地球温暖化防止活動推進員の委嘱や地域地球温暖化防止活動推進センターの指定を行うことができる。
- ⑤ 地球温暖化対策計画は、温室効果ガスの排出量などの事情を勘案して、少なくとも3年ごとにその目標及び施策について検討し、必要と認めるときは速やかに変更しなければならない。

- ① 地球温暖化を防止することが人類共通の課題であることに鑑み、温室効果ガスの排出抑制を促進するための措置を講ずることなどを定めたものであり、森林などによる吸収作用の保全にも言及している。

Case 3 京都議定書

H21-1-5-3 正答 ④

I-5-3 地球温暖化防止に関して国際的に合意された京都議定書に関する次の記述の

ア～オに入る語句の組合せとして、正しいものを①～⑤の中から選べ。

1997年に京都で開催された ア で採択された気候変動枠組条約の議定書であり、締結した先進国等（正確には附属書Ⅰ国）に対し、2008～12年の第一約束期間における温室効果ガスの排出量を イ 年比の数値目標に基づいて削減することを義務付けている。また、削減数値目標を達成するために京都メカニズムを導入し、その中で ウ と エ が共同で温室効果ガス削減プロジェクトを エ において実施し、そこで生じた削減分の一部を ウ がクレジットとして得て、自国の削減量に充当できる仕組みである オ を導入した。

	ア	イ	ウ	エ	オ
①	COP3	2008	途上国	先進国	共同実施 (JI)
②	COP7	1997	先進国	途上国	クリーン開発メカニズム (CDM)
③	COP7	1990	途上国	先進国	排出量取引
④	COP3	1990	先進国	途上国	クリーン開発メカニズム (CDM)
⑤	COP3	2008	先進国	途上国	排出量取引

問題文に正答を当てはめて、内容を理解してください。

Case 4 わが国の二酸化炭素排出量

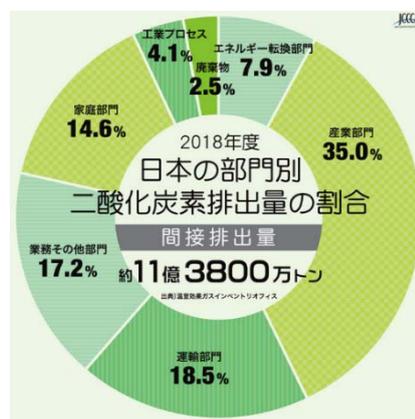
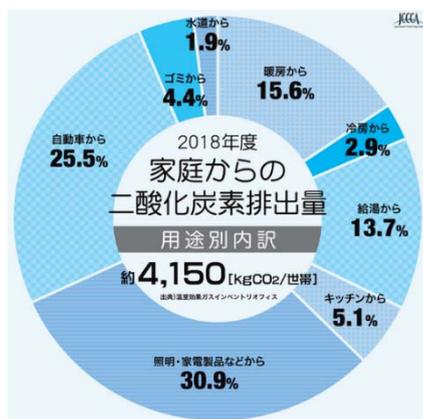
H22-1-5-1 正答 ④

I-5-1 我が国のエネルギー利用に伴う二酸化炭素 (CO₂) 排出量に関する次の記述のうち、最も適切なものを選び。

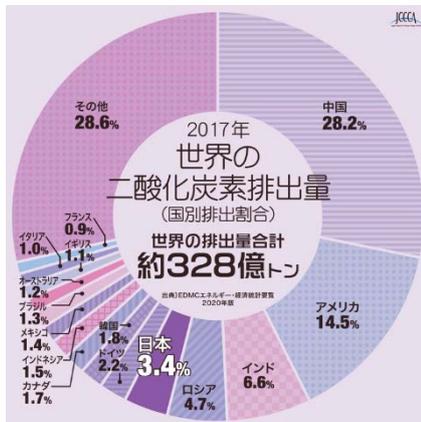
- ① 2007年の家庭における世帯当たりの年間CO₂排出量を冷房、暖房、給湯、照明・家電・その他の用途に分けたとき、冷房用途からの排出量が最大である。
- ② 2007年の家庭における世帯当たりの年間CO₂排出量を冷房、暖房、給湯、照明・家電・その他の用途に分けたとき、暖房用途からの排出量が最大である。
- ③ 2007年における我が国の一人当たりのCO₂排出量は、フランスのそれより少ない。
- ④ 2007年度におけるエネルギー起源のCO₂排出量は、家庭からのものが国内排出量の約2割を占める。
- ⑤ 2007年度におけるエネルギー起源のCO₂排出量は、家庭からのものが国内排出量の約4割を占める。

現時点での参考情報のみを記しておきます。

日本の部門別二酸化炭素排出量 (全国地球温暖化防止推進センター)



世界の二酸化炭素排出量（全国地球温暖化防止活動推進センター）



人口は、日本の1億2500万人に対し、フランスは6700万人です。
フランスは全エネルギーに占める原子力発電が約7割と高い割合となっています。

Case 5 環境白書から

H23-1-5-1 正答 ①

I-5-1 平成22年版環境・循環型社会・生物多様性白書における温室効果ガスに関する次の記述のうち、正しいものはどれか。ただし、温室効果ガス排出量は、二酸化炭素換算したものとする。

- ① わが国が2008年度に排出した温室効果ガスのうち、二酸化炭素の排出量は全体の9割以上を占めている。
- ② わが国の2008年度における二酸化炭素の排出量を部門別に比較すると、産業部門が最も多く、次いで家庭部門である。
- ③ 気候変動に関する国際連合枠組条約では、2050年までに温室効果ガスの大気中濃度を自然の生態系や人類に危険な悪影響を及ぼさない水準で、安定化させることを目的に掲げている。
- ④ 1997年の気候変動枠組条約締約国会議において、先進各国の温室効果ガス排出量について、法的拘束力のある数量化された削減約束を定めたパリ議定書が採択された。
- ⑤ 2009年の気候変動枠組条約締約国会議において、中国やインドなどの途上国に対しても、温室効果ガスの排出量の基準年から削減させる数値目標を定めた。

- ② わが国の2018年度における二酸化炭素の排出量を部門別に比較すると、産業部門が最も多く、次いで運輸部門である。(2008年の出題ですが、2018年のデータで読み替えています。)

- ③ 気候変動に関する国際連合枠組条約では、1990年代末までに温室効果ガスの排出量を1990年の水準に戻すことを目指していくことを目的に掲げている。
- ④ 1997年の気候変動枠組条約締約国会議において、先進各国の温室効果ガス排出量について、法的拘束力のある数量化された削減約束を定めた京都議定書が採択された。
- ⑤ 2009年の気候変動枠組条約締約国会議において、中国やインドなどの途上国に対しては、温室効果ガス排出量の数値目標は定められていない。

Case 6 パリ協定

R01 再-1-5-1 正答 ①

I-5-1 気候変動に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

気候変動の影響に対処するには、温室効果ガスの排出の抑制等を図る「ア」に取り組むことが当然必要ですが、既に現れている影響や中長期的に避けられない影響による被害を回避・軽減する「イ」もまた不可欠なものです。気候変動による影響は様々な分野・領域に及ぶため関係者が多く、さらに気候変動の影響が地域ごとに異なることから、イ策を講じるに当たっては、関係者間の連携、施策の分野横断的な視点及び地域特性に応じた取組が必要です。気候変動の影響によって気象災害リスクが増加するとの予測があり、こうした気象災害へ対処していくことも「イ」ですが、その手法には様々なものがあり、ウを活用した防災・減災（Eco-DRR）もそのひとつです。具体的には、遊水効果を持つ湿原の保全・再生や、多様で健全な森林の整備による森林の国土保全機能の維持などが挙げられます。これはイの取組であると同時に、エの保全にも資する取組でもあります。イ策を講じるに当たっては、複数の効果をもたらすよう施策を推進することが重要とされています。

（環境省「令和元年版 環境・循環型社会・生物多様性白書」より抜粋）

	ア	イ	ウ	エ
①	緩和	適応	生態系	生物多様性
②	削減	対応	生態系	地域資源
③	緩和	適応	地域人材	地域資源
④	緩和	対応	生態系	生物多様性
⑤	削減	対応	地域人材	地域資源

正答を当てはめて、文章の内容を理解してください。

H29-1-5-2 正答 ①

I-5-2 国連気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）で採択されたパリ協定についての次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 温室効果ガスの排出削減目標を5年ごとに提出・更新することを義務付けることで、気候変動に対する適応策を積極的に押し進めることとした。
- ② 産業革命前からの地球の平均気温上昇を2 [°C] より十分下方に抑えるとともに、1.5 [°C] に抑える努力を追求することとした。
- ③ 各国より提供された温室効果ガスの排出削減目標の実施・達成に関する情報について、専門家レビューを実施することとした。
- ④ 我が国が提案した二国間オフセット・クレジット制度（JCM）を含む市場メカニズムの活用が位置づけられた。
- ⑤ 途上国における森林減少及び森林劣化による温室効果ガス排出量を減少させる取組等について、実施及び支援するための行動をとることが奨励された。

パリ協定は今日的なニュースですので、これが試験に出題されても何ら不思議はありません。この内容がどこまで深く読み込んでいるかが正解への成否を決定します。

- ① 温室効果ガスの排出削減目標を5年ごとに提出・更新することを義務付けることで、気候変動に対する緩和策を積極的に押し進めることとした。

1 2. 生物の多様性

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case					1			
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
		1						

Case 1 H22-1-5-3, H28-1-5-2

Case 1 生物多様性

H28-1-5-2 正答 ⑤

I-5-2 生物多様性の保全に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 生物多様性に悪影響を及ぼすおそれのある遺伝子組換え生物等の移送、取り扱い、利用の手続き等について、国際的な枠組みに関する議定書が採択されている。
- ② 生物多様性条約は、1992年にリオデジャネイロで開催された国連環境開発会議において署名のため開放され、所定の要件を満たしたことから、翌年、発効した。
- ③ 生物多様性条約の目的は、生物の多様性の保全、その構成要素の持続可能な利用及び遺伝資源の利用から生ずる利益の公正かつ衡平な配分を実現することである。
- ④ 移入種（外来種）は在来の生物種や生態系に様々な影響を及ぼし、なかには在来種の絶滅を招くような重大な影響を与えるものもある。
- ⑤ 移入種問題は、生物多様性の保全上、最も重要な課題の1つとされているが、我が国では動物愛護の観点から、移入種の駆除の対策は禁止されている。

生物の多様性に関する問題です。日本国内に入ってきた種が、従来からある日本の生態系に深刻な影響を与えていて、その外来種を駆逐する様子もよくニュースになります。

- ⑤ 移入種問題は、生物多様性の保全上、最も重要な課題の1つとされているが、我が国では移入種の駆除の対策は禁止されていない。

琵琶湖の外来魚と溜池の外来亀、その他、ヌートリアやアライグマなど、計画的な駆除が実施されています。

(参考)

特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律

日本在来の生物を捕食したり、これらと競合したりして、生態系を損ねたり、人の生命・身体、農林水産業に被害を与えたりする、あるいはそうするおそれのある外来生物による被害を防止するために、それらを「特定外来生物」等として指定し、その飼養、栽培、保管、運搬、輸入等について規制を行うとともに、必要に応じて国や自治体が野外等の外来生物の防除を行うことを定める。

1 3. 知的財産

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case		2				2		
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
					2	2	1	

Case 1 H17-1-5-4

Case 2 H18-1-5-5, H19-1-5-5, H27-1-5-5, R01-1-5-6

Case 1 発想法

H17-1-5-4 正答 ③

I-5-4 アイデア創出法の一つにブレインストーミングと呼ばれる方法がある。ブレインストーミングでは、参加者が4つのルールを守りながら、会議形式でアイデアを出す。次に掲げた4つのルール中の（ ）に入る言葉の組合せとして、最も適切なものを選び。

ルールA：他の参加者から出たアイデアに対する批判（ア）

ルールB：自由奔放な発想（イ）

ルールC：（ウ）を求む

ルールD：他の参加者から出たアイデアの組合せ・改善（エ）

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
①	を歓迎	お断り	質より量	を歓迎
②	を歓迎	を歓迎	量より質	お断り
③	お断り	を歓迎	質より量	を歓迎
④	お断り	お断り	量より質	お断り
⑤	お断り	を歓迎	量より質	を歓迎

この問題はズバリ知的財産そのものということではありませんが、知的財産のもととなる発想に関する事項です。

オズボーンによって編み出されたのがブレインストーミングという手法です。ブレインストーミングは、集団でアイデアを出し合うことによって相互交錯の連鎖反応や発想の誘発を期待する技法です。そのアイデアを出すための基本原則がルールA～Dです。

ルールA：他の参加者から出たアイデアに対する批判お断り

ルールB：自由奔放な発想を歓迎

ルールC：質より量を求む

ルールD：他の参加者から出たアイデアの組合せ・改善を歓迎

Case 2 知的財産に関すること

知的財産基本法

第一章 総則

(目的)

第一条 この法律は、内外の社会経済情勢の変化に伴い、我が国産業の国際競争力の強化を図ることの必要性が増大している状況にかんがみ、新たな知的財産の創造及びその効果的な活用による付加価値の創出を基軸とする活力ある経済社会を実現するため、知的財産の創造、保護及び活用に関し、基本理念及びその実現を図るために基本となる事項を定め、国、地方公共団体、大学等及び事業者の責務を明らかにし、並びに知的財産の創造、保護及び活用に関する推進計画の作成について定めるとともに、知的財産戦略本部を設置することにより、知的財産の創造、保護及び活用に関する施策を集中的かつ計画的に推進することを目的とする。

(定義)

第二条 この法律で「知的財産」とは、発明、考案、植物の新品種、意匠、著作物その他の人間の創造的活動により生み出されるもの（発見又は解明がされた自然の法則又は現象であって、産業上の利用可能性があるものを含む。）、商標、商号その他事業活動に用いられる商品又は役務を表示するもの及び営業秘密その他の事業活動に有用な技術上又は営業上の情報をいう。

2 この法律で「知的財産権」とは、特許権、実用新案権、育成者権、意匠権、著作権、商標権その他の知的財産に関して法令により定められた権利又は法律上保護される利益に係る権利をいう。

(国の責務)

第五条 国は、前二条に規定する知的財産の創造、保護及び活用に関する基本理念（以下「基本理念」という。）にのっとり、知的財産の創造、保護及び活用に関する施策を策定し、及び実施する責務を有する。

育成者権

育成者権とは、植物の新たな品種に対して与えられる知的財産権（あるいは無体財産権）です。

R01-1-5-6 解答 ⑤

I-5-6 特許法と知的財産基本法に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 特許法において、発明とは、自然法則を利用した技術的思想の創作のうち高度のものをいう。
- ② 特許法は、発明の保護と利用を図ることで、発明を奨励し、産業の発達に寄与することを目的とする法律である。
- ③ 知的財産基本法において、知的財産には、商標、商号その他事業活動に用いられる商品又は役務を表示するものも含まれる。
- ④ 知的財産基本法は、知的財産の創造、保護及び活用に関し、基本理念及びその実現を図るために基本となる事項を定めたものである。
- ⑤ 知的財産基本法によれば、国は、知的財産の創造、保護及び活用に関する施策を策定し、実施する責務を有しない。

- ⑤ 知的財産基本法によれば、国は、知的財産の創造、保護及び活用に関する施策を策定し、及び実施する責務を有する。

H27-1-5-5 正答 ③

I-5-5 知的財産及び関連する法律について、次の記述のうち最も不適切なものはどれか。

- ① 特許法は発明の保護と利用を図ることで、発明を奨励し、産業の発達に寄与することを目的とする法律である。
- ② 特許法において発明とは、自然法則を利用した技術的思想の創作のうち高度のものをいう。
- ③ 知的財産基本法において、知的財産は発明や考案などの自然法則を利用して生み出されたものをいう。
- ④ 知的財産基本法は、知的財産の創造、保護及び活用に関し、基本理念及びその実現を図るために基本となる事項を定めたものである。
- ⑤ 知的財産基本法により、国は、知的財産の創造、保護及び活用に関する施策を策定し、実施する責務を有する。

- ③ 知的財産基本法において、知的財産は発明、考案、植物の新品種、意匠、著作物その他の人間の創造的活動により生み出されるもの、商標、商号その他事業活動に用いられる商品又は役務を表示するもの及び営業秘密その他の事業活動に有用な技術上又は営業上の情報をいう。

この設問は、主として特許の要件についての説明となっています。「知的財産」は特許権以外にも広い範囲をカバーしています。

H19-1-5-5 正答 ⑤

I-5-5 知的財産基本法（平成15年7月改正）に関する次の記述のうち、最も不適切なものを選べ。

- ① この法律は、知的財産の創造、保護及び活用に関し、基本理念及びその実現を図るために基本となる事項を定めたものである。
- ② この法律で、知的財産とは、発明、考案、植物の新品種、意匠、著作物その他の人間の創造的活動により生み出されるもの、商標、商号などの情報をいう。
- ③ この法律で知的財産権とは、特許権、実用新案権、育成者権、意匠権、著作権、商標権その他の知的財産に関して法令により定められた権利又は法律上保護される利益に係る権利をいう。
- ④ 国は、知的財産の創造、保護及び活用に関する基本理念にのっとり、知的財産の創造、保護及び活用に関する施策を策定し、及び実施する責務を有する。
- ⑤ 知的財産の創造、保護及び活用に関する施策の推進は、創造性のある研究及び開発の成果の共有化を図り、世界の産業の持続的発展に寄与するものとなることを旨として、行われなければならない。

- ⑤ 知的財産の創造、保護及び活用に関する施策の推進は、国は創造性のある研究及び開発の成果の共有化を図り、日本の産業の持続的発展に寄与するものとなることを旨として、行われなければならない。

我が国の産業の持続的発展に寄与すること。知的財産基本法は日本国が作った法律です。

知的財産基本法の国の責務 「第五条 国は、知的財産の創造、保護及び活用に関する施策を策定し、及び実施する責務を有する。」

H18-1-5-5 正答 ③

I-5-5 次の文章は「知的財産基本法」からの引用である。文章の□ア～□ウに入る用語の組合せのうち、最も適切なものを①～⑤の中から選べ。

この法律で「知的財産」とは、発明、考案、植物の新品種、意匠、著作物その他の人間の創造的活動により生み出されるもの（発見又は解明がされた□ア又は現象であって、産業上の利用可能性があるものを含む。）、商標、商号その他事業活動に用いられる商品又は役務を表示するもの及び営業秘密その他の事業活動に有用な□イ上又は営業上の情報をいう。

この法律で「知的財産権」とは、特許権、実用新案権、□ウ権、意匠権、著作権、商標権その他の知的財産に関して法令により定められた権利又は法律上保護される利益に係る権利をいう。

	エ	イ	立
①	事物	技術	作成者
②	事物	科学	保護者
③	自然の法則	技術	育成者
④	自然の法則	科学	作成者
⑤	事物	技術	育成者

正答を当てはめて、文章の内容を理解してください。

1 4. 技術者倫理

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case			1				1	
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16

Case 1 H26-1-5-5, H30-1-5-6

Case 1 プロフェッショナルの責任

H30-1-5-6 正答 ⑤

I-5-6 技術者を含むプロフェッション（専門職業）やプロフェッショナル（専門職業人）の倫理や責任に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① プロフェッショナルは自らの専門知識と業務にかかわる事柄について、一般人よりも高い基準を満たすよう期待されている。
 - ② 倫理規範はプロフェッションによって異なる場合がある。
 - ③ プロフェッショナルには、自らの能力を超える仕事を引き受けてはならないことが道徳的に義務付けられている。
 - ④ プロフェッショナルの行動規範は変化する。
 - ⑤ プロフェッショナルは、職務規定の中に規定がない事柄については責任を負わなくてよい。
- ⑤ 職務規定の中に規定がない事柄についても、プロフェッショナルである限りは、責任を負わなければなりません。

(参考)

技術士プロフェッション宣言（日本技術士会）があります。

15. 科学技術コミュニケーション

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	2				1			1
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
							1	

Case 1 H17-1-5-6, H25-1-5-5, H28-1-5-5

Case 2 R01 再-1-5-6

Case 1 は科学技術コミュニケーションに関する問題であり、ほぼ似通った設問となっています。Case 2 はリスクコミュニケーションに関する設問であり、今日的な出題です。

科学技術コミュニケーションとは、科学や技術にかかわる情報を、科学者と科学者でない人たちがやりとりすることで、科学技術にたいする理解増進にとどまらず、より幅広いコミュニケーション活動を視野に入れたものです。科学を市民に伝え、市民の科学リテラシーを高める手助けをすることを目的としています。

Case 1 科学技術コミュニケーション

H28-1-5-5 正答 ⑤

I-5-5 科学技術の進展と日常生活への浸透とともに、近年「科学技術コミュニケーション」と呼ばれる領域の重要性が指摘されている。科学技術コミュニケーションの領域や活動などに関する次の（ア）～（エ）の記述について、妥当なものの組合せとして、最も適切なものはどれか。

（ア）真理探究型の科学と応用的な技術領域とが、頻繁かつ実質的に情報を共有してイノベーションを生み出すことを科学技術コミュニケーションと呼ぶ。このような用語こそなかったものの、同様の活動は古代ギリシア時代から盛んに行われていた。

- (イ) マスメディアには、しばしば科学や技術に対する理解が不十分な記述が散見される。このような記述をなくすために、コンテンツの制作は科学技術者に任せるべきである。科学技術によるメディア・コミュニケーションが必要である。
- (ウ) 科学者や技術者たちが、科学技術コミュニケーション活動に携わることは、自らの活動に対して社会・国民が抱く様々な考え方を知り、研究者・技術者自身の社会への理解を深めるという意味でも極めて有意義である。
- (エ) 科学者や技術者たちが専門的な情報を発信するだけでは、社会にはなかなか受け入れられない。社会的ニーズや非専門家にとっての有効性などを理解し、科学技術と社会との双方向コミュニケーションを促進することが必要である。

- ① ア, イ ② ア, ウ ③ イ, ウ ④ イ, エ ⑤ ウ, エ

この問題が下の H17-1-5-6 と違っている部分は、この出題の (ウ) 部分です。

H17-1-5-6 出題文

- ③ 科学者や技術者たちは、学会発表や専門論文の執筆を通して、同じ領域の専門家に情報を伝達するが、そのようなコミュニケーションの方法は一般社会とのコミュニケーションにそのまま使えるものである。(出題文章をそのまま転記)
この記載は誤りです。一般の人向けに噛み砕いた表現が必要になります。

H28-1-5-5 本出題文

- (ウ) 科学者や技術者たちが、科学技術コミュニケーション活動に携わることは、自らの活動に対して社会・国民が抱く様々な考え方を知り、研究者・技術者自身の社会への理解を深めるという意味でも極めて有意義である。
この記載は正しいです。

H17-1-5-6 正答 ④

I-5-6 科学技術の進展と日常生活への浸透とともに、専門的な領域と一般社会との関係をさらに密接にしていくことが望まれている。このことに関して、近年「科学技術コミュニケーション」と呼ばれる領域の重要性が指摘されている。科学技術コミュニケーションの領域や活動内容などを表したものとして、次の記述のうち最も適切なものを選び。

- ① 基礎的な科学と応用的な技術領域とが、より頻繁かつ実質的に情報を共有することを科学技術コミュニケーションと称し、このような用語こそなかったものの、古代ギリシア時代から盛んに行われていたことである。

- ② マスメディアには、しばしば科学や技術に対する理解不十分な記述が散見される。このような記述をなくすために、マスメディアの製作にもっと科学技術を駆使すべきである。科学技術によるメディア・コミュニケーションが必要である。
- ③ 科学者や技術者たちは、学会発表や専門論文の執筆を通して、同じ領域の専門家に情報を伝達するが、そのような専門的なコミュニケーションの方法は一般社会とのコミュニケーションにそのまま使えるものである。
- ④ 科学者や技術者たちが専門的な情報を発信するだけでは、社会にはなかなか受け入れられない。社会的ニーズや非専門家にとっての有効性などを理解し、科学技術と社会との双方向コミュニケーションを促進することが必要である。
- ⑤ 人間のコミュニケーションは言語によるものだけではない。非言語コミュニケーションも含め、人間のコミュニケーションを円滑に促進するための科学技術を開発する領域が、科学技術コミュニケーションと呼ばれるものである。

- ① 基礎的な科学と応用的な技術領域とが、より頻繁かつ実質的に情報を共有することを科学技術コミュニケーションと称する。このような用語がなかった古代ギリシア時代には一部の知識人の間で科学技術の思想が占有されていた。
- ② マスメディアには、しばしば科学や技術に対する理解不十分な記述が散見される。このような記述をなくすために、マスメディアの製作（制作？）にもっと科学技術を駆使すべきである。科学技術によるメディア・コミュニケーションが必要である。」は誤り。コンテンツの制作を科学技術者に任せきりにすると、科学技術者と社会の間の科学理解にかい離が生じ、社会にとって有意義な技術開発が進まなくなる可能性があります。「科学技術によるメディア・コミュニケーション」は意味不明です。メディア・コミュニケーションとは「メディアを使ったコミュニケーション」のことです。
- ③ 科学者や技術者たちは、学会発表や専門論文の執筆を通して、同じ領域の専門家に情報を伝達するが、そのような専門的なコミュニケーションの方法は一般社会とのコミュニケーションでは、一般の人向けに噛み砕いた表現が必要になる。
- ⑤ 人間のコミュニケーションは言語によるものだけではない。非言語コミュニケーションも含め、人間のコミュニケーションを円滑に促進するための科学技術を開発する領域が、科学技術コミュニケーションと呼ばれるものである。」は誤り。科学技術コミュニケーションとは、科学や技術にかかわる情報を、科学者と科学者でない人たちがやりとりすることです。

Case 2 リスクコミュニケーション

R01 再-1-5-6 正答 ③

I-5-6 科学技術とリスクの関わりについての次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① リスク評価は、リスクの大きさを科学的に評価する作業であり、その結果とともに技術的可能性や費用対効果などを考慮してリスク管理が行われる。
- ② リスクコミュニケーションとは、リスクに関する、個人、機関、集団間での情報及び意見の相互交換である。
- ③ リスクコミュニケーションでは、科学的に評価されたリスクと人が認識するリスクの間に隔たりはないことを前提としている。
- ④ レギュラトリーサイエンスは、科学技術の成果を支える信頼性と波及効果を予測及び評価し、リスクに対して科学的な根拠を与えるものである。
- ⑤ レギュラトリーサイエンスは、リスク管理に関わる法や規制の社会的合意の形成を支援することを目的としており、科学技術と社会の調和を実現する上で重要である。

常識的に判断すると、答③に至ると思います。下に引用したリスクコミュニケーションからも、関係者間で情報を共有し、情報を正しく理解し、意思疎通を図っていく、そのためのコミュニケーションであることがわかります。このコミュニケーションを行わない場合には、個々それぞれがリスクに対して独自の捉え方をしている可能性があるということです。このことが、リスクに対処できない原因の一つとなっている可能性があります。

- ③ リスクコミュニケーションでは、科学的に評価されたリスクと人が認識するリスクの間に隔たりがあることを前提としている。

リスク評価

リスクアセスメントを構成する3つのプロセスのうちの一つです。3つのプロセスとは、リスクの特定（リスクの洗い出し）、リスクの分析（リスクの大きさの算定）、そしてこのリスクの評価です。過去に起こった事件・事故を思い浮かべると、リスクコミュニケーションの重要性が認識できます。

リスク評価の狙いは、その前工程にあたるリスク分析によって得られた発生可能性や影響度の大きさなどのデータを基に、どのリスクに、より優先的に対応すべきかの判断材料を提供することにあります。ちなみに、優先的に対応すべきかどうかを判断するために設ける基準をリスク基準と呼びます。

16. 人類と技術

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case		1		1				
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1								1 1

Case 1 H16-1-4-2, H16-1-5-5, H16-1-5-8, H24-1-5-5
H29-1-5-5, R01-1-5-5

Case 1 人類と技術

R01-1-5-5 正答 ②

1-5-5 科学と技術の関わりは多様であり、科学的な発見の刺激により技術的な応用がもたらされることもあれば、革新的な技術が科学的な発見を可能にすることもある。こうした関係についての次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 原子核分裂が発見されたのちに原子力発電の利用が始まった。
- ② ウイルスが発見されたのちに種痘が始まった。
- ③ 望遠鏡が発明されたのちに土星の環が確認された。
- ④ 量子力学が誕生したのちにトランジスターが発明された。
- ⑤ 電磁波の存在が確認されたのちにレーダーが開発された。

- ① 原子核分裂の発見（1938年） 原子力発電の開始（1951年）
- ② ウイルスの発見（19世紀～20世紀） 種痘（1796年）
ルイ・パスツールとエドワード・ジェンナーはウイルスの感染を防ぐ最初のワクチンを開発したが、彼らはウイルスの存在を知らなかった。
- ③ 望遠鏡の発明（1590年） 土星の環の確認（1610年）
- ④ 量子力学の誕生（1926年） トランジスタの発明（1947年）
- ⑤ 電磁波の存在確認（1888年） レーダーの開発（1904年）

1887年、ドイツの物理学者であるヘンリヒ・ヘルツが電磁波の人工的な発生と検出に関する実験を行いました。電磁波の存在はイギリスの物理学者であるジェームズ・クラーク・マクスウェルによって理論的に予言されていましたが、ヘルツの実験によってはじめて立証されました。

1904年、ドイツの発明家クリスティアン・ヒュルスマイヤーはドイツとオランダで電磁波の反射で船を検出して衝突を避ける実演を行いました。

H24-1-5-5 正答 ④

I-5-5 18世紀後半からイギリスで産業革命を引き起こす原動力となり、現代工業化社会の基盤を形成したのは、自動織機や蒸気機関などの新技術だった。これらの技術発展について、次の記述のうち最も不適切なものはどれか。

- ① 一見革命的に見える新技術も、多くは既存の技術をもとにして改良を積み重ねることで達成されたものである。
- ② 新技術の発展により、手工業的な作業場は機械で重装備された大工場に置き換えられていった。
- ③ 新技術のアイデアには、からくり人形や自動人形などの娯楽製品から転用されたものもある。
- ④ 新技術の開発は、ヨーロッパ各地の大学研究者が主導したものが多く、産学協同の格好の例と言える。
- ⑤ 新技術は生産効率を高めたが、反面で安い労働力を求める産業資本が成長し、長時間労働や児童労働などが社会問題化した。

産業革命は民間における新技術の開発により起こったものです。

- ④ 新技術の開発は、民間の技術者が主導したものが多い。
産業革命 (Wikipedia) によると、産業革命の原動力は、蒸気機関や紡績機などの機械、時計を分業によって制作できる高度な技術やシステムの応用である、とあります。

H16-1-4-2 正答 ①

I-4-2 次の記述のうち最も適切なものはどれか。

- ① 日本では大和朝廷以前から水銀鉱山が発掘され、水銀が利用されていたと考えられ、その後、奈良の大仏を建造する時にも水銀が使われた。
- ② 人類で最初に合成プラスチックを作った研究者はアメリカのベークランドであったが、彼はドイツの有機合成化学の成果を応用して、次々と新しいプラスチックを生み出し、その一つのポリエチレンは第二次世界大戦で多く使用された。
- ③ 地球が誕生した時からウラン235と238は同じ比率でウラン鉱石の中に閉じ込められていたので、自然界にあるウランが自然に核分裂したことはない。
- ④ 古代エジプトは古王国時代から周辺の地域に比較して格段に技術が発達していたが、特に優れた鉄器を作り出し、鉄製の武器を使用してヒッタイトなどの周辺諸国を征服した。

⑤ 「スズペスト」とは中世ヨーロッパで蔓延した疫病の名前で、スズが原因して疫病が蔓延し、数千万人の犠牲者をだしたことがある。

- ① 日本では大和朝廷以前から水銀鉱山が発掘され、水銀が利用されていたと考えられ、その後、奈良の大仏を建造する時にも水銀が使われた。
丹上という地名が多く残っている。丹生とは辰砂 (HgS) を産した地です。奈良の大仏建造時には、金をアマルガムとして大仏表面に塗布し、その後、水銀を加熱蒸発して取り除くことにより金鍍金を施した。なお、金が水銀に溶けていく様子を金が減するとして鍍金 (めっき) と名づけられたとあります。
- ② 人類で最初に合成プラスチックを作った研究者はアメリカのベークランドであった。彼はベークライトを生み出した。
- ③ 地球内部で発生する熱の大半は、天然放射性元素が崩壊する時の熱に由来する。地熱の45から85パーセントは地殻に含まれる元素の放射性崩壊から発生している。
- ④ ヒッタイト (紀元前1680年頃) はヒッタイト古王国を建国し、他の民族が青銅器しか作れなかった時代に、高度な製鉄技術によりメソポタミアを征服した。
- ⑤ スズペストとは、スズが低温において強度が低下し、徐々に破壊していく現象のことである。

H16-1-5-5 正答 ③

I-5-5 次の記述の中から最も適切なものを選び。

- ① ミュラーが殺虫剤としての優れた特徴を見だし、後のノーベル賞を受賞する業績になったDDT (1,1,1-トリクロロ-2,2-ビス(4-クロロフェニル)エタン) は、その後、環境を破壊する化合物として使用が厳しく制限されるようになった。DDTは人間に対して強い毒性を持ち、これまでに多くの死者を出している。
- ② 放射線で照射して殺菌する食物として日本ではジャガイモが実用化されているが、放射線を照射すると食品が放射能を持つようになるので、日本以外では食品を放射線殺菌することは認められていない。
- ③ 極地では海水に巨大な氷山が浮いている状態が見られるが、氷山の下に陸地などが無く、単に氷山が浮いている場合には地球温暖化によってその氷山が溶けても海面の高さには影響がない。
- ④ 食品添加物は安全が第一なので、地上に生息しているあらゆる生物に任意の量を投与しても毒性を示さない元素や化合物だけが、認可の対象になる。

⑤ 人間の生活に有用に使える状態にある鉱石や原油などは埋蔵資源、化石資源などと呼ばれる。元素は質量保存則が成立するので、人間が使用しても元素の質量は不変であるから、人間の生活に有用に使用できる資源は尽きることはない。

- ① ミュラーが殺虫剤としての優れた特徴を見だし、後のノーベル賞を受賞する業績になった DDT (1,1,1-トリクロロ-2,2-ビス (4-クロロフェニル) エタン) は、その後、環境を破壊する化合物として使用が厳しく制限されるようになった。DDT は食物連鎖を通じて生体濃縮されることがわかった。発がん性が疑われているが、急性毒性で人が亡くなったとの記述はない。

DDT (Wikipedia) によると、 f は、 113 mg/kg (rat) (人の体重が 60 kg とすると 6.8 g 相当) で、EU では毒物に指定されています。しかし、急性毒性で人が亡くなったとの記述はありません。DDT の分解物の DDE、DDA は非常に安定しており、分解しにくく環境中に長く留まり影響を与える可能性があり、また食物連鎖を通じて生体濃縮されることがわかりました。発がん性が疑われています。

- ② 放射線の照射でジャガイモ貯蔵中の発芽を抑制することが実用化されているが、放射線 (ガンマ線) を照射しても食品が放射能を持つことはない。

- ③ 極地では海水に巨大な氷山が浮いている状態が見られるが、氷山の下に陸地などが無く、単に氷山が浮いている場合には地球温暖化によってその氷山が溶けても海水面の高さには影響がない。

アルキメデスの原理です。「溶けても」は「融けても」です。

- ④ 食品添加物は安全性を評価して、その使用が認められている。

実験動物は rat 、 $mouse$ などが主です。設問の表現だと人間 (ヒト) を使ったの確認実験も含まれます。任意の量も間違いです。現在、実際に使用されている食品添加物であっても、多く与えると何らかの良くない作用を示すものが多くあります。

- ⑤ 人間の生活に有用に使える状態にある鉱石や原油などは埋蔵資源、化石資源などと呼ばれる。これらは人間の生活に有用に使用できるがその資源は有限である。

鉱石から取り出された金属は使用後に回収されればよいのですが、回収されない場合は再利用できない資源となります。また、石油のように燃えると水と二酸化炭素となり、元の形を保たないもあります。

H16-1-5-8 正答 ④

I-5-8 次の文章の（ア）（イ）（ウ）に入る用語の組合せのうち、最も適切なものを①～⑤の中から選べ。

人類の歴史を振り返ると、（ア）目的で開発された技術が、新たな技術革新を推進させることが、しばしばある。たとえば（イ）は、（ア）目的の自律分散型ネットワークの開発が発端だったし、カーナビなどに使われている（ウ）も（ア）用の衛星がその端緒である。最新技術は使い次第でどのような目的にも使えるものであり、その用途が重要なのである。

- | | （ア） | （イ） | （ウ） |
|---|-----|---------|--------|
| ① | 独裁 | インターネット | VICS* |
| ② | 独裁 | 携帯電話 | GPS** |
| ③ | 軍事 | 携帯電話 | ETC*** |
| ④ | 軍事 | インターネット | GPS** |
| ⑤ | 軍事 | インターネット | VICS* |

ただし、

* VICS = Vehicle Information and Communication System

** GPS = Global Positioning System

*** ETC = Electronic Toll Collection System

正答を当てはめて、文章の内容を理解してください。

17. 科学技術史

年度	R01 再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25
Case	1		1	2	1	2	1	1
H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
	2	2	1					

Case 1 H21-1-5-5, H25-1-5-6, H26-1-5-6, H28-1-5-6,
H30-1-5-5, R01 再-1-5-5

Case 2 H22-1-5-5, H23-1-5-5, H27-1-5-6, H29-1-5-6

過去に出題された人名とその発明・発見の年代を一覧としています。

学問は哲学、数学より起こり、その上にまず物理学が、少し遅れて化学や生物学が、その後

に核物理や量子力学が発展してきました。福井謙一は量子化学（量子力学）でノーベル賞を受賞しました。

その順番を表現するために、ささやかな努力ではあるのですが、年表の左側の学問領域を示す文字位置を少しずつずらせています。発明・発見の年代順を問う問題もありますので、学問の発展してきた順番が役立つこともあります。

物理	1608年	ガリレイ	天体望遠鏡で天体観測
物理	1656年	ホイヘンス	振り子時計を発明
物理	1705年	ハレー	周期彗星の発見
物理	1712年	ニューコメン	大気圧機関の発明
電気	1752年	フランクリン	雷の電氣的性質の解明
物理	1771年	アークライト	水力紡績機を発明
物理	1776年	ワット	ワット式蒸気機関発明
電気	1800年	ボルタ	異種金属電池の発明
電気	1822年	バベッジ	コンピュータ原型を試作
生物	1859年	ダーウィン、ウォーレス	進化の自然選択説提唱
電気	1864年	マックスウェル	電磁場の方程式
生物	1865年	メンデル	遺伝の法則
化学	1869年	メンデレーフ	元素の周期律の発表
電気	1876年	ベル	電話の発明
化学	1879年	イーストマン	写真用フィルム乾板を発明
電気	1880年	エジソン	発電機の発明
電気	1887年	ヘルツ	電磁波の存在を確認
原子	1895年	レントゲン	X線の発見
原子	1896年	ベクレル	ウランの放射線を発見
原子	1897年	ウィルソン	霧箱の発明
原子	1898年	キュリー夫妻	ラジウム及びポロニウムの発見
物理	1903年	ライト兄弟	人類初の動力飛行に成功
電子	1906年	フォレスト	三極真空管の発明
化学	1908年	ハーバー	アンモニア合成を確立
物理	1916年	アインシュタイン	一般相対性理論提唱
生物	1921年	フレミング	リゾチームの発見

生物	1928年	フレミング	ペニシリンの発見
化学	1935年	カローザス	ナイロンの発明
原子	1938年	ハーン	原子核分裂の発見
原子	1942年	フェルミ	原子核分裂の連鎖反応制御に成功
原子	1952年	福井謙一	フロンティア電子理論の提唱
電子	1956年	ブラッテン	トランジスタの発明

以下の問題文に出てくる「誤り」で特徴的な部分。

「アントワヌ・ベクレル 放射性元素ラジウムを発見」は誤り。
ラジウムの発見はキュリー夫妻。ベクレルはウランの放射線を発見しました。

「マクスウェル 電磁場の基礎方程式を4つの方程式にまとめ、電磁波を実験的に検出」
は誤り。電磁波の放射の存在を検出したのはヘルツです。

トマス・エジソンとニコラ・ステラとの関係。
直流・交流発電戦争を繰り広げたことを知っていれば、容易に解答にたどり着けます。

Case 1 年代の古い順に

R01 再-1-5-5 正答 ④

I-5-5 次の(ア)～(オ)の科学史及び技術史上の著名な業績を、年代の古い順に左から並べたとして、最も適切なものはどれか。

- (ア) ジェームズ・ワットによるワット式蒸気機関の発明
- (イ) チャールズ・ダーウィン、アルフレッド・ラッセル・ウォレスによる進化の自然選択説の発表
- (ウ) 福井謙一によるフロンティア軌道理論の発表
- (エ) 周期彗星(ハレー彗星)の発見
- (オ) アルベルト・アインシュタインによる一般相対性理論の発表

- ① アーイーエーウーオ
- ② エーアーイーウーオ
- ③ アーエーオーイーウ
- ④ エーアーイーオーウ
- ⑤ アーイーエーオーウ

物理（力学）→電気→生物→化学および原子・電子と技術は発展していきます。

年代順に並べました。

1705年	ハレー	周期彗星(ハレー彗星)の発見
1769年	ワット	ワットの蒸気機関の発明
1859年	ダーウィン、ウォーレス	進化の自然選択説の提唱
1916年	アインシュタイン	一般相対性理論の提唱
1952年	福井謙一	フロンティア電子理論提唱

H30-1-5-5 正答 ③

I-5-5 次の(ア)～(オ)の、社会に大きな影響を与えた科学技術の成果を、年代の古い順から並べたものとして、最も適切なものはどれか。

- (ア) フリッツ・ハーバーによるアンモニアの工業的合成の基礎の確立
- (イ) オットー・ハーンによる原子核分裂の発見
- (ウ) アレクサンダー・グラハム・ベルによる電話の発明
- (エ) ハイน์リッヒ・R・ヘルツによる電磁波の存在の実験的な確認
- (オ) ジェームズ・ワットによる蒸気機関の改良

- ① ウ - エ - オ - イ - ア
- ② ウ - オ - ア - エ - イ
- ③ オ - ウ - エ - ア - イ
- ④ オ - エ - ウ - イ - ア
- ⑤ ア - オ - ウ - エ - イ

物理（力学）→電気→生物→化学および原子・電子と技術は発展していきます。

(ア) ハーバー	1908年	アンモニアの工業適合性の基礎の確立
(イ) ハーン	1938年	原子核分裂の発見
(ウ) ベル	1876年	電話の発明
(エ) ヘルツ	1887年	電磁波の存在の実験的な確立
(オ) ワット	1776年	蒸気機関の改良

年代順に並べると

1776	1876	1887	1908	1938
ワット	ベル	ヘルツ	ハーバー	ハーン
蒸気機関	電話	電磁波	アンモニア	核分裂

H28-1-5-6 正答 ④

I-5-6 次の(ア)～(オ)の科学史・技術史上の著名な業績を、年代の古い順から並べたものとして、最も適切なものはどれか。

- (ア) メンデレーエフによる元素の周期律の発表
- (イ) マリー及びピエール・キュリーによるラジウム及びポロニウムの発見
- (ウ) フランクリンによる雷の電氣的性質の証明
- (エ) ブラッテン、バーディーン、ショックレーによるトランジスタの発明
- (オ) ド・フォレストによる三極真空管の発明

- ① アーイウエオ
- ② アーイウオーエ
- ③ ウーイアーオーエ
- ④ ウーアーイオーエ
- ⑤ ウーイアーエーオ

物理(力学)→電気→生物→化学および原子・電子と技術は発展していきます。

はじめて出てくる名前が多いです。

年代順に並べました。

1752年	フランクリン	雷の電氣的性質の解明
1869年	メンデレーフ	元素の周期律の発表
1898年	キュリー夫妻	ラジウム及びポロニウムの発見
1906年	フォレスト	三極真空管の発明
1956年	ブラッテン	トランジスタの発明

H26-1-5-6 正答 ④

I-5-6 次の(ア)～(オ)の技術史上の著名な業績を、年代の古い順に並べたものはどれか。

- (ア) トーマス・ニューコメンによる大気圧機関の発明
- (イ) ジェームズ・ワットによるワット式蒸気機関の発明
- (ウ) ガリレオ・ガリレイによる天体望遠鏡を用いた天体視測
- (エ) ウォーレス・カロザースによるナイロンの発明
- (オ) チャールズ・ウィルソンによる霧箱の発明

- ① イーアーウーオーエ
- ② イーウーアーオーエ
- ③ イーアーウーエーオ
- ④ ウーアーイーオーエ
- ⑤ ウーイーアーエーオ

業績を年代順に並べる

物理（力学）→電気→生物→化学および原子・電子と技術は発展していきます。

年代順に並べました。

1608年	ガリレオ・ガリレイ	天体望遠鏡を用いた天体観測
1712年	トーマス・ニューコメン	大気圧機関の発明
1769年	ジェームズ・ワット	ワット式蒸気機関の発明
1897年	チャールズ・ウィルソン	霧箱の発明
1935年	ウォーレス・カロザス	ナイロンの発明

Case 2 不適切なもの

H29-1-5-6 正答 ⑤

I-5-6 科学史・技術史上著名な業績に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① アレッサンドロ・ボルタは、異種の金属と湿った紙で電堆（電池）を作り定常電流を実現した。
- ② アレクサンダー・フレミングは、溶菌酵素のリゾチームと抗生物質のペニシリンを発見した。
- ③ ヴィルヘルム・レントゲンは、陰極線の実験を行う過程で未知の放射線を発見しX線と名付けた。
- ④ グレゴール・メンデルは、エンドウマメの種子の色などの性質に注目し植物の遺伝の法則性を発見した。
- ⑤ トマス・エジソンは、交流電圧を用いて荷電粒子を加速するサイクロトロンを発明した。

本年出題の5名は全員今回が初登場です。

トマス・エジソンがニコラ・ステラと直流・交流戦争を繰り広げたことを知っていれば、容易に解答にたどり着けます。

サイクロトロンは、1932年にアーネスト・ローレンスが考案しました。トマス・エジソンは1847年～1931年です。

H27-1-5-6 正答 ④

I-5-6 次のうち、科学史・技術史上著名な人物と業績の組合せとして最も不適切なもののはどれか。

	人物	業績
①	ガリレオ・ガリレイ	天体望遠鏡を製作し天体観測に利用
②	クリスティアーン・ホイヘンス	振り子時計を発明
③	リチャード・アークライト	水力紡績機を発明
④	アントワーヌ・ベクレル	放射性元素ラジウムを発見
⑤	ジョージ・イーストマン	写真用フィルム乾板を発明

④ ラジウムの発見はキュリー夫妻。ベクレルはウランの放射線を発見。

H22-1-5-5 正答 ②

I-5-5 次の技術史上著名な人物とその業績の組合せのうち、最も不適切なものを選び。

①	ライト兄弟	ガソリンエンジン付き飛行機で人類初の動力飛行に成功
②	マクスウェル	電磁場の基礎方程式を4つの方程式にまとめ、電磁波を実験的に検出
③	カローザス	合成繊維の研究を進め、ナイロンを発明
④	バベジ	コンピュータの原型の1つといわれる「階差機関」と「解析機関」を試作
⑤	フェルミ	シカゴ大学で原子炉を完成し、原子核分裂の連鎖反応の実現に成功

② マクスウェルは電磁場の基礎方程式を4つの方程式にまとめた。ヘルツが電磁波の放射の存在を検出した。

付表1 問題の正答番号

1. 設計・計画																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-1-1	5	5	3	5	4	5	5	3	4	2	3	3	5	4	3	2	2
1-1-2	3	2	1	5	4	4	4	5	5	4	4	5	3	2	5	なし	3
1-1-3	1	5	2	2	4	5	1	2	3	3	2	2	4	5	2	3	3
1-1-4	2	5	2	5	4	3	3	4	5	1	4	3	4	2	4	2	5
1-1-5	2	2	3	1	5	1	1	4	5	4	5	4	1	3	5	4	
1-1-6	5	3	4	2	1	5	3	3								2	

2. 情報・論理																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-2-1	5	1	4	1	4	5	1	4	4	4	1	5	4	5	4	3	4
1-2-2	4	1	3	4	2	5	2	5	2	2	2	3	2	3	5	5	3
1-2-3	2	3	3	5	1	3	4	1	4	2	3	5	4	4	1	2	3
1-2-4	5	3	5	3	4	1	4	4	3	1	5	4	4	1	3	1	5
1-2-5	1	5	1	4	4	2	5	2	2	2	4	2	1	3	4	4	4
1-2-6	4	2	2	2	5	4	3	3								4	

3. 解析																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-3-1	5	5	1	5	3	2	2	5	1	2	5	2	4	4	1	4	4
1-3-2	2	5	4	4	3	2	3	3	2	1	4	1	3	3	4	1	2
1-3-3	5	1	2	4	2	1	5	1	1	5	4	5	2	3	3	5	5
1-3-4	5	4	2	2	5	3	1	5	4	3	2	4	3	4	2	1	2
1-3-5	4	4	3	3	1	3	2	2	4	1	2	1	4	1	1	3	2
1-3-6	2	3	3	5	4	4	2	4								2	1
1-3-7																2	

4. 材料・化学・バイオ																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-4-1	2	4	5	4	4	4	1	2	1	2	4	1	2	2	4	5	4
1-4-2	3	5	5	5	4	3	2	2	3	1	1	4	4	5	1	2	1
1-4-3	2	4	3	4	3	5	5	4	2	4	2	3	2	2	1	4	1
1-4-4	4	3	2	1	2	1	4	3	4	4	4	4	2	3	5	1	5
1-4-5	3	4	5	1	1	2	3	1	3	3	3	3	5	1	3	2	3
1-4-6	3	3	3	1	3	3	1	3								4	1
1-4-7																	3

5. 環境・エネルギー・技術																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-5-1	1	3	2	1	5	2	1	5	3	1	4	4	4	1	5	2	3
1-5-2	1	2	3	1	5	1	5	2	4	2	5	2	5	2	3	5	5
1-5-3	3	3	3	4	3	5	5	4	2	2	4	4	3	4	2	2	4
1-5-4	3	4	4	2	1	5	4	2	2	3	2	2	4	4	1	3	1
1-5-5	4	2	3	2	5	3	3	2	4	4	2	1	4	5	3	2	3
1-5-6	3	5	5	5	4	4	4	1								4	5
1-5-7																	4
1-5-8																	4

平成17年度1-1-2は正答なしです。

付表2 問題の掲載位置 (群一項)

1. 設計・計画																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-1-1	3-19	1-5	1-1	1-14	1-1	1-1	1-7	1-10	1-1	1-1	1-15	1-3	1-7	1-1	1-1	1-1	1-15
1-1-2	1-5	1-15	1-17	1-19	1-13	1-14	1-15	1-19	1-19	1-14	1-4	1-7	1-10	1-15	1-5	1-11	1-8
1-1-3	1-1	1-8	1-7	1-16	1-19	1-19	1-13	1-5	1-9	1-17	1-1	1-11	1-11	1-21	1-20	1-8	1-1
1-1-4	1-17	1-19	1-15	4-7	1-17	1-10	1-1	1-17	1-7	1-15	1-21	1-2	1-15	5-6	1-6	1-6	1-6
1-1-5	1-15	1-14	1-15	1-8	1-15	1-11	1-3	1-14	1-15	1-19	1-9	1-15	1-15	1-15	1-7	1-16	
1-1-6	1-3	3-19	1-10	1-21	1-7	1-18	1-8	1-12								1-1	

2. 情報・論理																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-2-1	2-11	2-1	2-11	2-11	2-15	2-6	1-17	2-1	2-6	2-1	2-1	2-17	2-2	2-1	2-5	2-2	2-4
1-2-2	2-19	2-17	2-12	2-1	2-13	2-12	2-19	2-16	2-17	1-17	2-5	2-11	2-1	2-10	2-14	2-3	2-11
1-2-3	2-2	2-8	2-1	2-19	2-19	2-1	2-10	2-13	2-15	2-13	2-14	2-1	2-16	1-17	2-17	2-2	2-15
1-2-4	2-1	2-17	2-13	2-18	2-5	2-2	2-4	2-14	2-2	2-5	2-7	2-1	2-18	2-6	1-17	2-9	2-17
1-2-5	2-14	2-8	2-17	2-17	2-10	2-11	2-17	2-1	2-19	2-11	2-11	2-4	2-11	2-1	2-12	2-11	2-19
1-2-6	2-14	2-4	2-14	2-5	2-2	2-17	2-16	2-5								2-11	

3. 解析																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-3-1	3-19	3-15	3-11	3-10	3-11	3-9	3-15	3-4	3-6	3-6	3-18	3-19	3-4	3-1	3-6	3-10	3-5
1-3-2	3-16	3-7	3-15	3-16	3-12	3-15	3-6	3-3	3-5	3-2	3-15	3-3	3-10	3-6	3-11	3-6	3-1
1-3-3	3-6	3-19	3-18	3-6	3-7	3-6	3-10	3-7	3-7	3-19	3-7	3-1	3-4	3-1	3-4	3-13	3-19
1-3-4	3-11	3-4	2-19	3-19	3-12	3-17	3-16	3-18	3-10	3-3	3-5	3-15	3-19	3-19	3-6	3-7	3-14
1-3-5	3-14	3-1	3-5	3-1	3-3	3-1	3-5	3-1	3-1	3-15	3-1	3-7	3-15	3-19	3-1	3-1	3-7
1-3-6	3-2	3-17	3-1	3-3	3-1	3-3	3-1	3-15								3-1	3-8
1-3-8																3-19	

4. 材料・化学・バイオ																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-4-1	4-1	4-1	4-3	4-2	4-2	4-2	4-2	4-2	4-2	4-4	4-1	4-1	4-2	4-4	4-1	4-1	4-10
1-4-2	4-4	4-1	4-4	4-3	4-1	4-3	4-3	4-4	4-2	4-2	4-2	4-2	4-2	4-2	4-2	4-1	5-16
1-4-3	3-19	4-3	4-7	4-6	4-7	4-3	4-7	4-9	4-7	4-11	4-7	4-10	4-7	4-10	4-10	4-10	4-1
1-4-4	4-10	4-10	4-7	4-10	4-7	4-8	4-7	4-7	4-7	4-7	4-9	4-7	4-7	4-15	4-5	4-8	4-1
1-4-5	4-15	4-13	4-15	4-15	4-15	4-14	4-16	4-15	4-13	4-16	4-17	4-14	4-18	4-14	4-15	4-13	4-12
1-4-6	4-14	4-15	4-15	4-14	4-13	4-13	4-15	4-17								4-15	4-17
1-4-7																	4-18

5. 環境・エネルギー・技術																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-5-1	5-11	5-8	5-10	5-10	5-1	5-7	5-8	5-2	5-6	5-11	5-11	5-2	5-2	5-3	5-11	5-1	5-4
1-5-2	5-6	5-8	5-10	5-11	5-12	5-11	5-10	5-1	5-4	5-6	5-10	5-10	5-5	5-6	5-8	5-6	5-4
1-5-3	5-4	5-2	5-2	5-1	5-3	5-1	5-4	5-10	5-2	5-1	5-12	5-11	5-6	5-1	5-10	5-11	5-9
1-5-4	5-5	5-1	5-2	5-2	5-2	5-2	5-4	5-10	1-18	1-11	1-2	1-3	5-10	1-3	1-13	5-13	5-10
1-5-5	5-17	5-16	5-17	5-16	5-15	5-13	5-14	5-15	5-16	5-17	5-17	5-17	1-12	5-13	5-13	5-1	5-16
1-5-6	5-15	5-13	5-14	5-17	5-17	5-17	5-17	5-17								5-15	1-18
1-5-7																	1-2
1-5-8																	5-16

付表3 過去に複数回出題された問題一覧

1. 設計・計画																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-1-1							○	○	○					○			
1-1-2	○			○	○	○		○		○			○		○		
1-1-3		○			○		○										○
1-1-4						○	○		○								
1-1-5				○			○			○							
1-1-6	○		○				○										

2. 情報・論理																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-2-1					○							○	○				
1-2-2				○	○	○	○		○				○	○			
1-2-3	○			○	○	○		○	○	○		○	○		○		○
1-2-4	○	○	○		○	○	○	○	○	○							○
1-2-5	○			○	○		○	○				○		○	○		
1-2-6		○		○			○	○									

3. 解析																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-3-1			○		○			○	○		○						○
1-3-2		○					○		○	○				○	○	○	
1-3-3	○				○	○		○	○		○		○	○	○		
1-3-4		○	○					○		○							
1-3-5		○	○		○		○					○				○	○
1-3-6	○																
1-3-7																	

4. 材料・化学・バイオ																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-4-1		○		○	○	○	○	○	○	○		○		○			
1-4-2			○					○	○	○		○	○		○		
1-4-3		○			○	○		○			○				○		
1-4-4	○		○	○			○		○	○	○						
1-4-5	○			○	○	○	○	○		○	○	○					
1-4-6		○		○			○										
1-4-7																	

5. 環境・エネルギー・技術																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-5-1						○		○	○					○			○
1-5-2	○		○		○		○	○	○							○	○
1-5-3	○	○	○	○	○	○				○	○				○		
1-5-4					○		○							○			
1-5-5	○				○		○	○		○		○					
1-5-6			○			○	○	○									
1-5-7																	
1-5-8																	

付表3の作成の元となったデータ

第1群 設計・計画	
1. 信頼度 H16-1-1-3 と H26-1-1-4 H19-1-1-1 と H24-1-1-1	Case 1、Case 2 ともに、基本さえわかれば問題が違って解くことができます。両ケースで13問あります。
3. 設備・機械の保全 H19-1-5-4 と H26-1-1-5 と R01再-1-1-6	
5. 最適化手法 H18-1-1-2 と R01再-1-1-2	
7. デザイン各種 H20-1-1-2 と H24-1-1-4 と H26-1-1-1	
8. 設計図面 H26-1-1-6 と H29-1-1-5 と R01-1-1-3	
10. 製造物責任 H20-1-1-2 と H25-1-1-1 と H27-1-1-4 と H30-1-1-6	同じ問題が一定の頻度で出題され続けるのは、これが技術士にとって重要であるということです。
13. 抜取検査 H26-1-1-3 と H28-1-1-2	
14. 待ち行列 H23-1-1-2 と H27-1-1-2	5問出題されています。数字が少し変えてあるだけで、解き方は同じです。
15. オペレーションズ・リサーチ	過去に15問の出題があります。簡単な数式で答を得ることができます。問題解決にも役立つ手法です。
19. 材料の強度 H23-1-1-5 と H29-1-1-2 H25-1-1-2 と H28-1-1-3	今までに7問の出題がありますが、その内の4問が左です。

第2群 情報・論理	
1. 2進数、N進数 H19-1-2-5 と H27-1-2-3 H20-1-2-2 と H25-1-2-5 と H21-1-2-3 H29-1-2-2 と R01再-1-2-4	問題の数字だけが変わっています。解き方さえわかれば同じ方法で解けます。

2. 情報の容量 H20-1-2-1 と H24-1-2-4 H27-1-2-4 と R01 再-1-2-3	今までに7問の出題がありますが、その内の4問が左です。
4. 記憶素子 H21-1-2-5 と H26-1-2-4 と R01-1-2-6	
5. 実行時間 H23-1-2-4 と H28-1-2-4 H25-1-2-6 と H29-1-2-6	今までに6問の出題がありますが、その内の4問が左です。
6. 数値計算の誤差	今までに3問出題されています。基本的には同じ問題ですが、質問の仕方が少しずつ違っていきますので、誤差の内容を正確に理解しておく必要があります。
1 0. パリティ H19-1-2-2 と H28-1-2-5	今までに3問の出題がありますが、その内の2問が左です。
1 1. インターネット	1 1問出題され、同じ文章の質問はありませんが、常識の範囲で答えられる問題です。
1 2. 論理問題 H18-1-2-5 と H27-1-2-2	
1 3. 集合の論理式 H23-1-2-3 と H25-1-2-3 と H28-1-2-2 と H30-1-2-4	この問題も定期的に出題されています。解き方の基本がわかればすべて解けます。
1 4. 集合に含まれる数 H25-1-2-4 と R01 再-1-2-5	過去に6問出題されています。どの問題も図を描いてみれば解答できます。
1 5. 天気の確率 H16-1-2-3 と H24-1-2-3 と H28-1-2-1	
1 6. 重み付け H20-1-2-3 と H26-1-2-6	
1 7. 文字列の表記 H16-1-2-4 と H18-1-2-3 と H26-1-2-5 H21-1-2-1 と R01-1-2-4 H24-1-2-2 と H29-1-2-5	今までに10問の出題がありますが、その内の7問が左です。
1 9. アルゴリズム H26-1-2-2 と H28-1-2-3 H29-1-2-3 と H30-1-3-4	今までに7問出題され、その内の4題にはフローチャートが与えられています。この読み方がわかれば解答できます。

第3群 解析	
1. ヤング率 H17-1-3-5 と R01-1-3-5	今までに16題出題されています。ヤング率の公式およびひずみのエネルギーの求め方を知っていればすべて解けます。
2. 応力集中 H23-1-3-2 と R01再-1-3-6	難問に属する問題です。
3. たわみと固有振動数 H23-1-3-4 と H28-1-3-5	
4. ポアソン比 H18-1-3-3 と H25-1-3-1 H20-1-3-3 と R01-1-3-4	今までに5問の出題がありますが、その内の4問が左です。
5. バネ H16-1-3-1 と H30-1-3-5 H24-1-3-2 と H26-1-3-5	今までに5問の出題がありますが、その内の4問が左です。
6. 有限要素法 基本 H17-1-3-2 と H27-1-3-3 H19-1-3-2 と H24-1-3-1 と H29-1-3-3 H26-1-3-2 と R01再-1-3-3	今までに10問の出題がありますが、その内の7問が左です。
7. 有限要素法 面積座標および座標変換 H16-1-3-5 と H25-1-3-3 H22-1-3-3 と H28-1-3-3 H21-1-3-5 と H24-1-3-3 と R01-1-3-2	今までに9問の出題がありますが、その内の7問が左です。
10. 差分近似式	5問の出題があります。問題文には若干の違いはありますが、すべて同じ問題とみなしてもよいでしょう。
15. 偏微分	9題の出題があります。すべて簡単な微分で同じように解けます。
17. 定積分近似式 H18-1-3-2 と H28-1-3-1 と H30-1-3-1	今までに4問の出題がありますが、その内の3問が左です。
18. 逆行列 H22-1-3-1 と H25-1-3-4	今までに3問の出題がありますが、その内の2問が左です。

第4群 材料・化学・バイオ	
1. 原子分子の構造と性質 H21-1-4-1 と R01-1-4-1	いままでに11問が出題されていますが、同じ問題が1例しかありません。これは化学という学問が、多くの現象や原理の上に成り立っているためだと考えられます。
2. 化学反応 H18-1-4-2 と H25-1-4-1 と H28-1-4-1 H20-1-4-2 と H27-1-4-1 H21-1-4-2 と H24-1-4-1 H23-1-4-2 と H26-1-4-1 H24-1-4-2 と H29-1-4-1	今までに14問の出題がありますが、その内の11問が左です。
3. 計算問題 H27-1-4-3 と R01-1-4-3	
6. 中和と pH H19-1-4-1 と H25-1-4-2 H23-1-4-1 と H30-1-4-2	今までに5問の出題がありますが、その内の4問が左です。
7. 金属の性質 H22-1-4-3 と H28-1-4-3 H23-1-4-4 と H30-1-4-4 H24-1-4-4 と H26-1-4-4	
9. 電子セラミックス H22-1-4-4 と H25-1-4-3	
10. 材料と製品 H18-1-4-3 と H29-1-4-4 と R01再-1-4-4	
14. 遺伝子操作等 H21-1-4-5 と H27-1-4-5 H29-1-4-6 と R01再-1-4-6	今までに5問の出題がありますが、その内の4問が左です。
15. 生物を構成する物質 H25-1-4-5 と H29-1-4-5 H28-1-4-5 と R01再-1-4-5	
16. 生体膜 H23-1-4-5 と H26-1-4-5	今までに2問の出題がありますが、その内の2問が左です。
17. 代謝 H22-1-4-5 と H25-1-4-6	今までに3問の出題がありますが、その内の2問が左です。

第5群 環境・エネルギー・技術	
1. 計算問題 H17-1-5-1 と H25-1-5-2 と H27-1-5-3 H23-1-5-3 と H29-1-5-3	今までに9問の出題がありますが、その内の5問が左です。
2. エネルギー需給 H25-1-5-1 と H30-1-5-3 H28-1-5-4 と R01-1-5-3	H25-1-5-1 と H30-1-5-3 は問題文は同じですが、用いるデータの年度が違います。2012年および2017年データです。
5. 発電と蓄電 H19-1-5-1 と H28-1-5-3	今までに2問の出題がありますが、その内の2問が左です。
4. エネルギー資源 H16-1-5-1 と H24-1-5-2 と R01再-1-5-3 H16-1-5-2 と H26-1-5-4	今までに6問の出題がありますが、その内の5問が左です。
6. 資源リサイクル H17-1-5-2 と H01再と R01再-1-5-2	今までに7問の出題がありますが、その内の3問が左です。
10. 環境保全活動 H18-1-5-3 と H26-1-5-2 と H30-1-5-2	
12. 生物の多様性 H22-1-5-3 と H28-1-5-2	今までに2問の出題がありますが、その内の2問が左です。
14. 技術者倫理 H26-1-5-5 と H30-1-5-6	今までに2問の出題がありますが、その内の2問が左です。
15. 科学技術コミュニケーション H25-1-5-1 と H28-1-5-5	今までに3問の出題がありますが、その内の2問が左です。
17. 科学技術史 H21-1-5-5 と H26-1-5-6 H23-1-5-5 と H27-1-5-6 H25-1-5-6 と R01再-1-5-5	今までに10問の出題がありますが、その内の6問が左です。

付表4 難度の高い問題一覧 (参考)

1. 設計・計画																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-1-1		○															
1-1-2									○			○					
1-1-3		○											○			○	
1-1-4																	
1-1-5				○													
1-1-6		○		○			○										

2. 情報・論理																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-2-1						○											
1-2-2																	
1-2-3		○	○													○	
1-2-4											○			○			
1-2-5		○															
1-2-6	○															○	

3. 解析																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-3-1	○							○		○		○	○				
1-3-2					○					○						○	
1-3-3					○	○				○	○				○	○	
1-3-4			○	○		○											
1-3-5	○														○		
1-3-6	○					○											
1-3-7																	

4. 材料・化学・バイオ																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-4-1		○							○			○					
1-4-2				○			○				○						
1-4-3				○						○							
1-4-4															○		
1-4-5						○						○		○	○		
1-4-6	○			○													
1-4-7																	

5. 環境・エネルギー・技術																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-5-1									○		○					○	
1-5-2	○													○			○
1-5-3							○										
1-5-4				○			○	○									
1-5-5																	
1-5-6																	
1-5-7																	
1-5-8																	

付表5 穴埋め問題一覧

1. 設計・計画																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-1-1	▲						○	○					○				
1-1-2	○				○			○	○			○	○		○		
1-1-3					○	○	○	○							○		
1-1-4		○		○		○								○	○	○	
1-1-5			○				○								○		
1-1-6	○																

2. 情報・論理																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-2-1		▲															
1-2-2	▲												▲				
1-2-3			▲									▲					
1-2-4												▲		○			
1-2-5		▲						▲									
1-2-6																	

3. 解析																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-3-1													▲				
1-3-2																	
1-3-3																	▲
1-3-4																	
1-3-5														▲			
1-3-6																	
1-3-7																	

4. 材料・化学・バイオ																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-4-1																	
1-4-2														○	○		
1-4-3	○			○			○	○	○				○				
1-4-4			○		○	○				○	○	○				○	
1-4-5		○		○		○	○	○	○	○		○	○	○		○	
1-4-6		○			○												○
1-4-7																	

5. 環境・エネルギー・技術																	
年度	R01再	R01	H30	H29	H28	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1-5-1	○	○						○									
1-5-2										○							
1-5-3			○						○			○					
1-5-4						○			○	○				○			
1-5-5															○		
1-5-6																	
1-5-7																	
1-5-8																	

○：物事の説明に関する問題で、文章中のカッコ内に選択肢よりふさわしい語句を選ぶ問題

▲：計算や数式に関する問題で、文章中のカッコ内にふさわしい数字や記号を選ぶ問題

付表6 一次試験の受験者数と合格率

試験年度	申込者数	受験者数	受験率 ^A	合格者数	合格率 ^B
平成16年	55351	43968	79.4	22979	52.3
平成17年	44511	36556	82.1	10063	27.5
平成18年	40689	32183	79.1	9707	30.2
平成19年	34150	27628	80.9	14849	53.7
平成20年	29398	23651	80.5	8383	35.4
平成21年	29879	24027	80.4	9998	41.6
平成22年	27297	21656	79.3	8017	37.0
平成23年	22745	17844	78.5	3812	21.4
平成24年	22178	17188	77.5	10882	63.3
平成25年	19317	14952	77.4	5547	37.1
平成26年	21514	16091	74.8	9851	61.2
平成27年	21780	17170	78.8	8693	50.6
平成28年	22371	17561	78.5	8600	50.5
平成29年	22425	17739	79.1	8658	48.1
平成30年	21228	16676	78.6	6302	39.6
令和1年	22073	9337	42.3	4537	49.5
令和1年再	8096	3929	48.5	2287	58.1

A: 受験率 = 受験者数 / 申込者数 × 100%

B: 合格率 = 合格者数 / 受験者数 × 100%

日本技術士会のホームページデータより作成

令和2年度技術士一次試験

令和2年度 基礎科目問題の概要

問題番号	問題の内容	「基礎科目問題を極める」 関連ページ	キーワードなど	問題の難易 (目安)
第1群 設計・計画				
1-1	ユニバーサルデザイン	28-32	バリアフリーデザインも	易
1-2	材料の強度と応力	37-38、74-75	2つの正規分布の加減	難
1-3	応力による材料の変形	68-69	降伏、破断、座屈、圧壊	易
1-4	生産量の最適化	49-50	作図による解法	易
1-5	製図法におけるルール	33-34	第三角法	難?
1-6	システムの信頼度	7-9	繁出問題	易
第2群 情報・論理				
2-1	情報の圧縮方法		新傾向問題	難?
2-2	真理値表で論理計算	115-118	繁出問題	易
2-3	標的型攻撃への対策	106-111	ウイルス、改ざん	易?
2-4	2進数の補数表現	83-84	平成30年度に出題	難?
2-5	2進10進変換アルゴ	136-146	アルゴリズム図は繁出	易
2-6	メモリ検索の所要時間	94-95	キャッシュメモリ	易
第3群 解析				
3-1	ベクトルの発散値	198-201	繁出問題	易
3-2	関数上の点での傾き		$||\text{grad}||$	易??
3-3	数値解析の誤差	97-98、174-175	テイラー級数展開	易
3-4	有限要素法の面積座標	179-180	足し合わせると1	難?
3-5	ばねの固有振動数	173-174	重力加速度gを含まず	易
3-6	配管中の水の流速計算		ベルヌーイの定理	難
第4群 材料・化学・バイオ				
4-1	燃焼時のCO ₂ 発生量	237-238	化合物中の炭素割合	易
4-2	有機化学反応の種類		付加、脱離など 新問題	易?
4-3	金属の性質比較	259-260	Al軽い、Cu、Feは	易
4-4	アルミの結晶構造	254	昨年度問題の発展形	難
4-5	酵母のグルコース発酵	291-292	好気発酵と嫌気発酵	易
4-6	PCRの特徴と手順	280	コロナ下での今日的出題	難?
第5群 環境・エネルギー・技術				
5-1	プラスチックごみ問題		中国から、今日的出題	難
5-2	生物多様性の保全	348-349	外来種の駆除	易
5-3	日本のエネルギー消費	316-317	産業、業務、家庭、運輸	易?
5-4	日本のエネルギー情勢	294,311-312,319	コンバインドサイクル	易?
5-5	日本産業の技術発展史		新問題	難?
5-6	科学技術史	363-369	ジェンナーによる種痘法	易

問題難易の目安に?をつけているものは、技術的バックグラウンドに個人差があるとみたため

第1群 設計・計画に関するもの

I-1-1 ユニバーサルデザインに関する次の記述について、に入る語句の組合せとして最も適切なものはどれか。

北欧発の考え方である、障害者と健常者が一緒に生活できる社会を目指すア、及び、米国発のバリアフリーという考え方の広がりを受けて、ロナルド・メイス（通称ロン・メイス）により1980年代に提唱された考え方が、ユニバーサルデザインである。ユニバーサルデザインは、特別な設計やデザインの変更を行うことなく、可能な限りすべての人が利用できるよう製品やイを設計することを意味する。ユニバーサルデザインの7つの原則は、(1)誰でもが公平に利用できる、(2)柔軟性がある、(3)シンプルかつウな利用が可能、(4)必要な情報がすぐにわかる、(5)エしても危険が起こらない、(6)小さな力でも利用できる、(7)じゅうぶんな大きさや広さが確保されている、である。

	ア	イ	ウ	エ
①	カスタマイゼーション	環境	直感的	ミス
②	ノーマライゼーション	制度	直感的	長時間利用
③	ノーマライゼーション	環境	直感的	ミス
④	カスタマイゼーション	制度	論理的	長時間利用
⑤	ノーマライゼーション	環境	論理的	長時間利用

解答：③

ノーマライゼーションは1950年代に北欧諸国から始まった社会福祉をめぐる社会理念のひとつで、障害者も健常者と同様の生活ができるように支援すべきという考え方である。カスタマイズからは障害者が健常者とは異なる環境で生活できるようにする、とのニュアンスが伝わってくる。ページ28～29より、

ユニバーサルデザインは、ロナルド・メイスにより提唱されました。

特別な改造や特殊な設計をせずに、すべての人が可能な限り最大限まで利用できるように配慮された製品や環境設計をいいます。

- (1) 誰でも公平に利用できる（誰にとっても利用しやすくする）
- (2) 利用における柔軟性がある
- (3) 単純で直感的に利用することができる
- (4) 認知できる情報（必要な情報がすぐに理解できる）
- (5) 失敗に対する寛大さ（失敗しても危険性がない）
- (6) 少ない身体的な努力
- (7) 接近や利用のためのサイズと空間

I-1-2 ある材料に生ずる応力 S [MPa] とその材料の強度 R [MPa] を確率変数として、 $Z = R - S$ が 0 を下回る確率 $Pr(Z < 0)$ が一定値以下となるように設計する。応力 S は平均 μ_S 、標準偏差 σ_S の正規分布に、強度 R は平均 μ_R 、標準偏差 σ_R の正規分布に従い、互いに独立な確率変数とみなせるとする。 $\mu_S : \sigma_S : \mu_R : \sigma_R$ の比として (ア) から (エ) の 4 ケースを考えると、 $Pr(Z < 0)$ を小さい順に並べたものとして最も適切なものはどれか。

- | | | |
|-----|---------------------------------------|-----------|
| | $\mu_S : \sigma_S : \mu_R : \sigma_R$ | ① ウ→イ→エ→ア |
| (ア) | 10 : $2\sqrt{2}$: 14 : 1 | ② ア→ウ→イ→エ |
| (イ) | 10 : 1 : 13 : $2\sqrt{2}$ | ③ ア→イ→ウ→エ |
| (ウ) | 9 : 1 : 12 : $\sqrt{3}$ | ④ ウ→ア→イ→エ |
| (エ) | 11 : 1 : 12 : 1 | ⑤ ア→ウ→エ→イ |

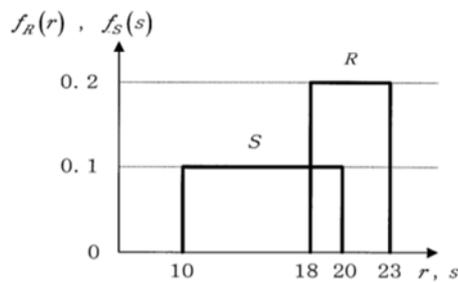
解答：④ 本年度。令和2年度の正答です。

ページ 74～75 に関連する問題 (H29-1-1-6) があります。
再録します。

H29-1-1-6 正答 ②

I-1-6 構造物の耐力 R と作用荷重 S は材料強度のばらつきや荷重の変動などにより、確率変数として表される。いま、 R と S の確率密度関数 $f_R(r)$ 、 $f_S(s)$ が次のように与えられたとき、構造物の破壊確率として、最も近い値はどれか。
ただし、破壊確率は、 $Pr[R < S]$ で与えられるものとする。

$$f_R(r) = \begin{cases} 0.2 & (18 \leq r \leq 23) \\ 0 & (\text{その他}) \end{cases}, \quad f_S(s) = \begin{cases} 0.1 & (10 \leq s \leq 20) \\ 0 & (\text{その他}) \end{cases}$$



- ① 0.02 ② 0.04 ③ 0.08 ④ 0.1 ⑤ 0.2

問題の図は横軸が地震などによる揺れの強さを示しています。

R は材料強度で、建物でいえばその強さを示します。強度 18 までの揺れには何ら問題はありませんが、それ以上の揺れになると徐々に持ちこたえられなくなり、強度 23 を超えるともはや残る建物はあります。この R のグラフは底辺が幅 5 (23 - 18)、高さ (発生確

率)が0.2で、面積1(確率的には必ず起こる)に規格化されています。

一方Sは作用荷重で、地震強度の分布と理解します。こちらも強度10から20まで、高さが0.1と、掛け合わせると1に規格化されています。

この図において建物が地震で壊れる強度範囲は18から20でその幅は2、この範囲で建物が地震で壊れる確率は、作用荷重がこの範囲にある確率0.1とこの範囲で建物が壊れる平均確率0.2(Sが18の時には建物は壊れないが、Sが20となると40%の確率で建物が壊れ、平均すると20%、すなわち0.2)を掛け合わせた0.02となります。40%の確率は(20-18)/(23-18)×100%で算出されます。このSとRを掛け合わせた確率0.02に強度幅2を掛け合わせた(横軸に沿って18から20まで積分した)値0.04が構造物の破壊確率となります。

数式で表すと破壊確率は、

$$= \int_{18}^{20} [(x - 18) \times 0.2] \times 0.1 dx$$

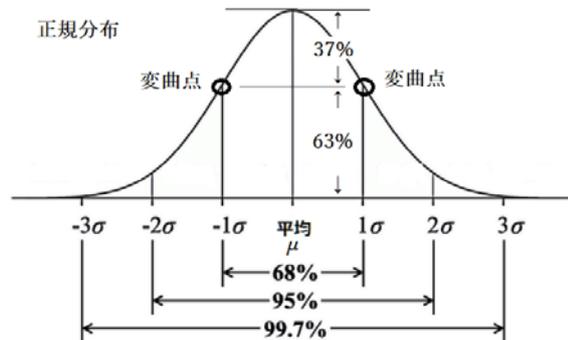
y = x - 18 と置くと、

$$= \int_0^2 0.02y dy = [0.01y^2]_0^2 = 0.04$$

令和2年度の本問題も基本的にはH29年度の問題と同じであると考えられますが、RおよびSが正規分布として与えられるところに違いがあります。厳密には正規分布を関数 $f_R(x)$ 、関数 $f_S(x)$ として、重なり積分 $\int f_R(x) f_S(x) dx$ (次ページ参照) を求めなければなりません、短い試験時間内ではそのようなことは不可能に近いと考えられます。

本問題を解くにあたって、まず知識の整理をします。

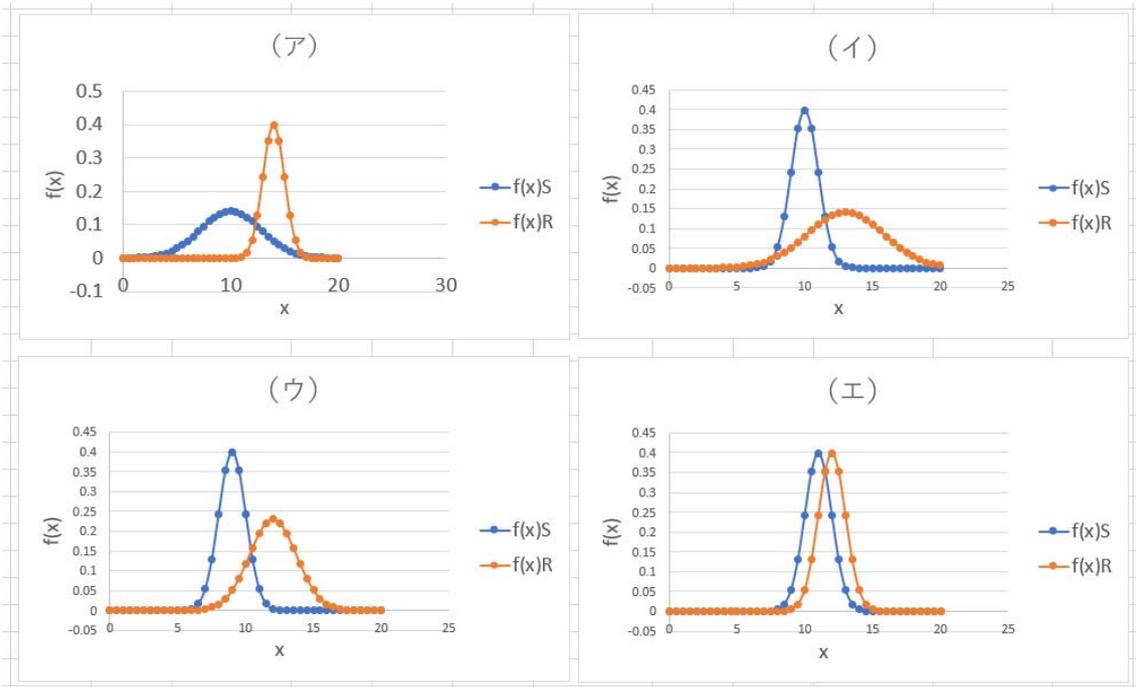
正規分布は、右図に示すような分布を示すグラフで、グラフ下の μ がその平均値(極大点の x 座標)、 σ が標準偏差で μ から変曲点までの距離を示します。



中央から変曲点までの距離が σ 、グラフの最大点高さに対して変曲点位置での高

さは約6割と覚えておいてください。

この予備知識を基に、与えられた情報 (μ 、 σ) より (ア) ~ (エ) の正規分布グラフを描きます。

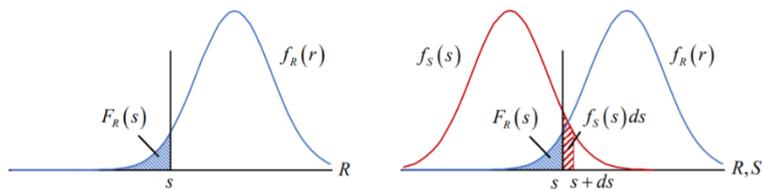


ここで、破壊確率に関する情報です。

信頼性工学 第12回：破壊確率と信頼性指標

千葉大学 大学院工学研究院 都市環境システムコー 岡野 創

① 破壊確率を荷重から求める



荷重が確定値 s の場合の破壊確率,

$$P_f = \int_{-\infty}^s f_R(r) dr = F_f(s) \tag{6.1}$$

荷重が $[s, s+ds]$ の間にある確率は,

$$f_S(s) ds$$

荷重の全区間について積分すると,

$$P_f = \int_0^{\infty} F_f(s) f_S(s) ds \tag{6.2}$$

この情報を理解して、上で示した(ア)～(エ)における材料の壊れやすさの確率の大きさを比較します。「Pr (X<0) を小さい順に」と聞かれていますので、壊れる確率の小さなものから順に並べることになります。

- (ア) と (エ) の比較 (ア) が壊れにくい、(エ) が一番壊れやすい
 (ア) と (ウ) の比較 (ウ) が壊れにくい
 (ア) と (イ) の比較 (ア) が壊れにくい

したがって、壊れる確率の小さなものから順に並べると、ウ→ア→イ→エとなり、答は④となります。

ただし、以上の解き方では4分以内に答を得ることは難しいでしょう。

素早く答を得るには、正規分布の引き算を利用します。その詳細は下の散歩道中に記しています。そのポイントは、

「荷重 S が $N(\mu_S, \sigma_S^2)$ 、強度 R が $N(\mu_R, \sigma_R^2)$ に従うとき、 $R - S$ は $N(\mu_R - \mu_S, \sigma_R^2 + \sigma_S^2)$ に従う」です。 $\mu_{R-S} = \mu_R - \mu_S$ 、 $\sigma_{R-S} = \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}$ です。

(散歩道)

ひとつ目の方法は Excel の持っている計算機能を利用する方法です。ただし、この方法は試験会場では使えません。

Excel では、標準化された正規分布の $x = -\infty \sim$ ある数値までの面積を求める関数として NORMDIST (ある値 x , μ , σ , true) があります。この関数を使えば $f_S(x) dx$ を容易に求めることができ、また正規分布関数 $f_R(x)$ については $x = -\infty \sim x$ に存在する面積 $F_R(x)$ を求めることができます。

したがって、ある x (幅は dx) において $F_R(x) f_S(x) dx$ が求まります。あとはこれを $x = -\infty \rightarrow +\infty$ まで積分すれば次ページに示した破壊確率 P_r が求まります。

もう一つの方法 (これが答えを素早く求める方法) です。

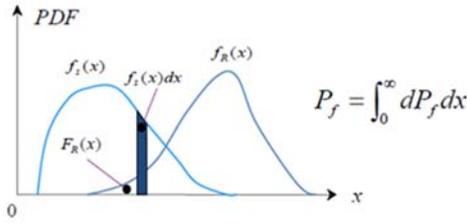
次ページの図中に破壊確率 $= 1 - \Phi(\mu_{R-S} / \sigma_{R-S})$ で表される Φ 関数が示されています。左下です。

この Φ 関数は破壊確率と逆の動きをするため、この Φ 関数、具体的には μ_{R-S} / σ_{R-S} を確認すれば、破壊確率の大きさが確認できることになります。

実際に計算した結果を次ページの表で示します。Excel による方法、 Φ 関数による方法のどちらの方法を用いても、求める答えが④であることがわかります。

<https://www.fml.t.u-tokyo.ac.jp/~sakai/kougi/HakaiKyoudogaku/No2.pdf>

東京大学大学院 工学研究科 機械工学 泉・波田研究室



$$P_f = \int_0^x F_R(x) f_S(x) dx = \int_0^x \left[\int_0^x f_R(\xi) d\xi \right] f_S(x) dx$$

$$P_f = \int_0^{\infty} F_R(x) f_S(x) dx \rightarrow \text{計算むずかしい!}$$

そこで覚えておくと便利な法則

荷重Sが $N(\mu_S, \sigma_S^2)$ 、強度Rが $N(\mu_R, \sigma_R^2)$ のに従うとき
R-Sは $N(\mu_R - \mu_S, \sigma_R^2 + \sigma_S^2)$ に従う!

$$\mu_{R-S} = \mu_R - \mu_S \quad \sigma_{R-S} = \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}$$

このとき、Pfを $\Phi(x)$ を用いて表現せよ

$F_{R-S}(x)$ の誘導

$$f_{R-S}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{R-S}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{x - \mu_{R-S}}{\sigma_{R-S}}\right)^2\right\}$$

$$F_{R-S}(x) = \int_{-\infty}^x f_{R-S}(\xi) d\xi$$

変数変換 $y = \frac{\xi - \mu_{R-S}}{\sigma_{R-S}}$

$$F_{R-S}(x) = \int_{-\infty}^{(x - \mu_{R-S})/\sigma_{R-S}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{y^2}{2}\right\} dy$$

$$P_f = F_{R-S}(0) = \Phi\left(-\frac{\mu_{R-S}}{\sigma_{R-S}}\right) = 1 - \Phi\left(\frac{\mu_{R-S}}{\sigma_{R-S}}\right)$$

安全係数と破損確率の関係

$$P_f = 1 - \Phi\left(\frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}}\right)$$

$$= 1 - \Phi\left(\frac{\mu_R / \mu_S - 1}{\sqrt{(\mu_R / \mu_S)^2 \cdot (\sigma_R / \mu_R)^2 + (\sigma_S / \mu_S)^2}}\right)$$

$$= 1 - \Phi\left(\frac{f_c - 1}{\sqrt{f_c^2 \cdot \eta_R^2 + \eta_S^2}}\right)$$

f_c : 中央安全係数、 η_R 、 η_S : 強度と荷重の変動係数

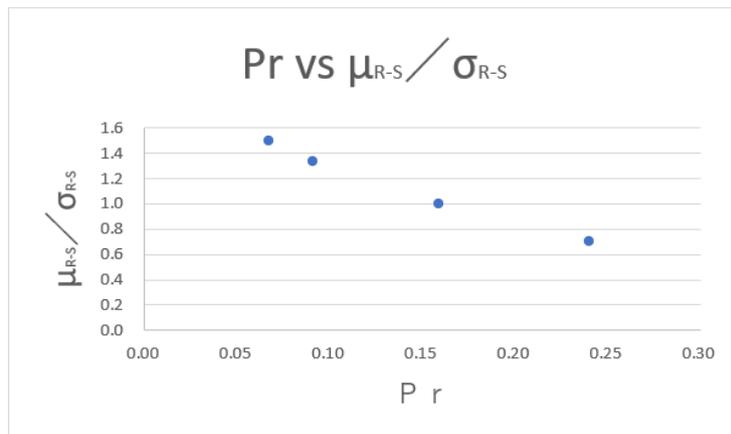
安全係数を破損確率と結び付けることが可能

変動係数 = $\frac{\text{標準偏差}}{\text{平均値}}$ ← ばらつき指標

早く答えにたどり着けるのは Φ 関数を用いる方法です。

正規分布の足し合わせに関する問題がページ37-38にありますので、そちらも確認ください。

	Pr	μ_{R-S}	σ_{R-S}	μ_{R-S} / σ_{R-S}	順番
(ア)	0.091	4	3	1.333	2
(イ)	0.159	3	3	1.000	3
(ウ)	0.067	3	2	1.500	1
(エ)	0.240	1	1.41	0.707	4



I-1-3 次の(ア)から(オ)の記述について、それぞれの正誤の組合せとして、最も適切なものはどれか。

- (ア) 荷重を増大させていくと、建物は多くの部材が降伏し、荷重が上がらなくなり大きく変形します。最後は建物が倒壊してしまいます。このときの荷重が弾性荷重です。
- (イ) 非常に大きな力で棒を引っ張ると、最後は引きちぎれてしまいます。これを破断と呼んでいます。破断は、引張応力度がその材料固有の固有振動数に達したために生じたものです。
- (ウ) 細長い棒の両端を押すと、押している途中で、急に力とは直交する方向に変形してしまうことがあります。この現象を座屈と呼んでいます。
- (エ) 太く短い棒の両端を押すと、破断強度までじわじわ縮んで、最後は圧壊します。
- (オ) 建物に加わる力を荷重、また荷重を支える要素を部材あるいは構造部材と呼びます。

	ア	イ	ウ	エ	オ
①	正	正	正	誤	誤
②	誤	正	正	正	誤
③	誤	誤	正	正	正
④	正	誤	誤	正	正
⑤	正	正	誤	誤	正

解答：③

(ア) 誤り

弾性とは、外力によって変形した物体が、その外力が取り除かれたときに元の形に戻ろうとする性質です。したがって、変形してしまっただけでは弾性とは言いませんので誤りです。

(イ) 誤り

固有振動数と破断は関係のない話です。ある特定の周波数で物体を揺らしたときに共鳴して大きく揺れる現象を共振と言います。そのときの振動数を固有振動数と言います。たとえば、地震の振動周期と建物の振動周期（固有振動）が一致したとき、その建物は大きく揺れ、破壊される可能性が大きくなります。

(ウ) 正しい

座屈に関してはページ68。「プラスチックの定規に手で引張力を与えて破壊することは難しいが、圧縮力を加えると容易に変形してしまう。これが座屈現象である」

(エ) 正しい

圧壊(あっかい)とは部材などが圧縮力で壊れることです。建築の構造では「圧縮破壊」のことを略して「圧壊」と言います。

(オ) 正しい

構造部材とは、建築物を安全に使用するために必要な部材のことです。

I-1-4 ある工場で原料A, Bを用いて, 製品1, 2を生産し販売している。下表に示すように製品1を1[kg]生産するために原料A, Bはそれぞれ3[kg], 1[kg]必要で, 製品2を1[kg]生産するためには原料A, Bをそれぞれ2[kg], 3[kg]必要とする。原料A, Bの使用量については, 1日当たりの上限があり, それぞれ24[kg], 15[kg]である。

- (1) 製品1, 2の1[kg]当たりの販売利益が, 各々2[百万円/kg], 3[百万円/kg]の時, 1日当たりの全体の利益 z [百万円]が最大となるように製品1並びに製品2の1日当たりの生産量 x_1 [kg], x_2 [kg]を決定する。なお, $x_1 \geq 0$, $x_2 \geq 0$ とする。

表 製品の製造における原料使用量, 使用条件, 及び販売利益

	製品1	製品2	使用上限
原料A[kg]	3	2	24
原料B[kg]	1	3	15
利益[百万円/kg]	2	3	

- (2) 次に, 製品1の販売利益が Δc [百万円/kg]だけ変化する, すなわち $(2 + \Delta c)$ [百万円/kg]となる場合を想定し, z を最大にする製品1, 2の生産量が, (1)で決定した製品1, 2の生産量と同一である Δc [百万円/kg]の範囲を求める。

1日当たりの生産量 x_1 [kg]及び x_2 [kg]の値と, Δc [百万円/kg]の範囲の組合せとして, 最も適切なものはどれか。

- ① $x_1 = 0$, $x_2 = 5$, $-1 \leq \Delta c \leq 5/2$
 ② $x_1 = 6$, $x_2 = 3$, $\Delta c \leq -1$, $5/2 \leq \Delta c$
 ③ $x_1 = 6$, $x_2 = 3$, $-1 \leq \Delta c \leq 1$
 ④ $x_1 = 0$, $x_2 = 5$, $\Delta c \leq -1$, $5/2 \leq \Delta c$
 ⑤ $x_1 = 6$, $x_2 = 3$, $-1 \leq \Delta c \leq 5/2$

解答：⑤

ページ49～50が本問題を解く参考となる。

(1)

製品1の数を x 個, 製品2の数を y 個とすると, 使用できる原料AとBの重さに上限があるので,

$$3x + 2y \leq 24 \quad \text{式①}$$

$$x + 3y \leq 15 \quad \text{式②}$$

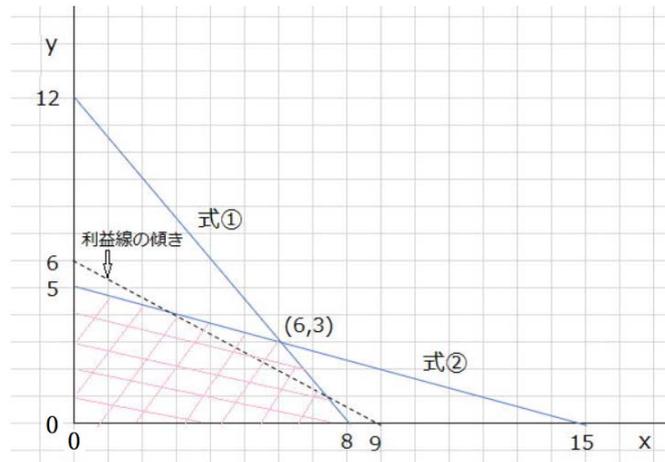
一方, 利益は

$$\text{利益 } z = 2x + 3y$$

であるから, この利益線の一例をグラフ中に書き込むと, 点線のようになる。

この利益線はこの傾きを保ったまま上下に平行に動くので, 利益が最大となる点は図中の

$(x, y) = (6, 3)$ の点である。即ち、利益 $= 2 \times 6 + 3 \times 3 = 21$ (百万円) が最大となる。



(2)

$(x, y) = (6, 3)$ の点を維持するための Δc を求める。

題意より、 Δc を加味した利益線の傾きは、

$$-(2 + \Delta c) / 3$$

この傾きが式①の傾きと同じになるときは、 $\Delta c = 2.5$ 、式②の傾きと同じになるときの傾きは、 $\Delta c = -1$ となる。傾きの大きさは式①の傾きと式②の傾きの間で連続的に変化すると考えるので、 $-1 < \Delta c < 2.5$ である。

すなわち、

$$\text{式① } y \leq (-2/3)x + 12$$

この式の傾きと上式と傾きを比較すると、

$$-(2 + \Delta c) / 3 = -3/2 \quad \text{より} \quad \Delta c = 2.5$$

$$\text{式② } y \leq (-1/3)x + 5$$

同じく、

$$-(2 + \Delta c) / 3 = -1/3 \quad \text{より} \quad \Delta c = -1$$

(1) で決定した製品 1、2 の生産量は変わらないとしているので、 $x_1 = 6$ 、 $x_2 = 3$ である。したがって、本問題の答えは⑤である。

I-1-5 製図法に関する次の(ア)から(オ)の記述について、それぞれの正誤の組合せとして、最も適切なものはどれか。

- (ア) 第三角法の場合は、平面図は正面図の上に、右側面図は正面図の右にというように、見る側と同じ側に描かれる。
- (イ) 第一角法の場合は、平面図は正面図の上に、左側面図は正面図の右にというように、見る側とは反対の側に描かれる。
- (ウ) 対象物内部の見えない形を図示する場合は、対象物のある箇所を切断したと仮定して、切断面の手前を取り除き、その切り口の形状を、外形線によって図示することとすれば、非常にわかりやすい図となる。このような図が想像図である。
- (エ) 第三角法と第一角法では、同じ図面でも、違った対象物を表している場合があるが、用いた投影法は明記する必要がない。
- (オ) 正面図とは、その対象物に対する情報量が最も多い、いわば図面の主体になるものであって、これを主投影図とする。したがって、ごく簡単なものでは、主投影図だけで十分に用が足りる。

	ア	イ	ウ	エ	オ
①	正	正	誤	誤	誤
②	誤	正	正	誤	誤
③	誤	誤	正	正	誤
④	誤	誤	誤	正	正
⑤	正	誤	誤	誤	正

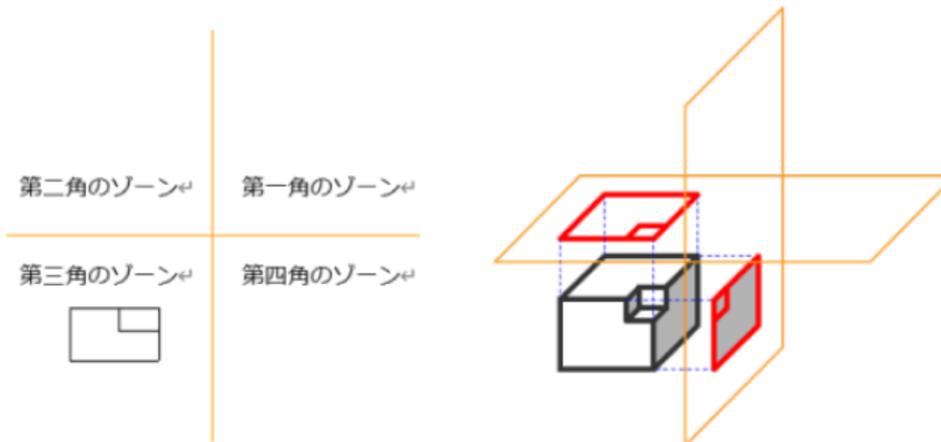
解答：⑤

まずは第三角法の子備知識から。

図面の投影法 (第三角法) 機械設計エンジニアの基礎知識 より

<https://d-engineer.com/seizu/touei.html>

第1角のゾーンに対象物をおいて、直交する平面に投影して図面を書く方法を、「第一角法」といい、第3角のゾーンに対象物をおいて図面を書く方法を「第三角法」と呼びます。



日本やアメリカでは第一角法よりも分かりやすい第三角法を使います。日本のJISの製図法においても第三角法を用いることと規定しています。

(ア) 正しい

上図を参照

(イ) 誤り

第一角のゾーンに対象物を置きます。そうすると、平面図は正面図の下に、左側面図は正面図の左に描かれます。

(ウ) 誤り

外形線は、対象物の見える部分の形状を表すのに用いる。

細い破線または太い破線を、対象物の見えない部分の形状を表すのに用いる。

「このような図が想像図である」は誤り。「このような線が想像線である」

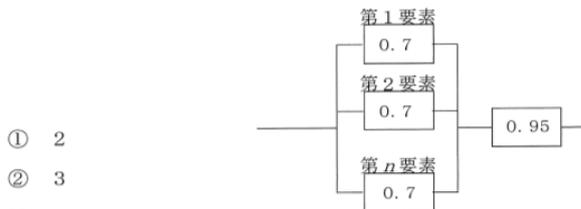
想像線は、実際にそこにはないものを参考として表記する、細い二点鎖線。

(エ) 誤り 投影法は明記する必要がある

図面は採用した投影法がわかるようにマークを記載するルールとなっています。

(オ) 正しい

I-1-6 下図に示されるように、信頼度が0.7である n 個の要素が並列に接続され、さらに信頼度0.95の1個の要素が直列に接続されたシステムを考える。それぞれの要素は互いに独立であり、 n は2以上の整数とする。システムの信頼度が0.94以上となるために必要な n の最小値について、最も適切なものはどれか。



① 2

② 3

③ 4

④ 5

⑤ n に依らずシステムの信頼度は0.94未満であり、最小値は存在しない。

図 システム構成図と各要素の信頼度

解答：③

ページ7～9参照

次の不等式を満足する n を求める。

$$(1 - (1 - 0.7)^n) \times 0.95 \geq 0.94$$

$n = 4$ 以上で、本不等式が成立するので、答えは③の $n = 4$ である。

第2群 情報・論理に関するもの

I-2-1 情報の圧縮に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 復号化によって元の情報を完全に復元でき、情報の欠落がない圧縮は可逆圧縮と呼ばれ、テキストデータ等の圧縮に使われることが多い。
- ② 復号化によって元の情報には完全には戻らず、情報の欠落を伴う圧縮は非可逆圧縮と呼ばれ、音声や映像等の圧縮に使われることが多い。
- ③ 静止画に対する代表的な圧縮方式としてJPEGがあり、動画に対する代表的な圧縮方式としてMPEGがある。
- ④ データ圧縮では、情報源に関する知識（記号の生起確率など）が必要であり、情報源の知識が無い場合にはデータ圧縮することはできない。
- ⑤ 可逆圧縮には限界があり、どのような方式であっても、その限界を超えて圧縮することはできない。

解答：④

①と② 共に正しい

①と②は対となっていますので、共に正しいか共に間違っているかです。不適切なものは1つのみですので、①と②は正しいこととなります。

③ 正しい

Wikipedia からの抜粋です。

JPEG（ジェイペグ、Joint Photographic Experts Group）は、コンピュータなどで扱われる静止画像のデジタルデータを圧縮する方式のひとつ。

一般的に非可逆圧縮の画像フォーマットとして知られている。

デジタルカメラの記録方式としてもよく利用されている。

Moving Picture Experts Group（ムービング・ピクチャー・エキスパートズ・グループ MPEG（エムペグ）は、ビデオとオーディオに対して符号を付与する基準の開発責任を負ったISO/IECのワーキンググループである。MPEGがつくった動画等の標準規格の名称としてMPEGが使われるようになった。

④ 誤り

どのようなデータでも圧縮することは可能でしょう。ただし圧縮したデータを必要に応じて元通りに復元できるかは圧縮方式によります（選択肢①、②）。

⑤ 正しい。

圧縮したファイルを、同じ圧縮ソフトで再度圧縮をかけても、その容量は小さくなりません。

I-2-2 下表に示す真理値表の演算結果と一致する、論理式 $f(x,y,z)$ として正しいものはどれか。ただし、変数 X,Y に対して、 $X+Y$ は論理和、 XY は論理積、 \bar{X} は論理否定を表す。

表 $f(x,y,z)$ の真理値表

x	y	z	$f(x,y,z)$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

- ① $f(x,y,z) = xy + z$
 ② $f(x,y,z) = \bar{xy} + \bar{yz}$
 ③ $f(x,y,z) = xy + \bar{yz}$
 ④ $f(x,y,z) = xy + \bar{xy}$
 ⑤ $f(x,y,z) = xy + \bar{xz}$

解答：③

この問題を解くための大前提は、

$y = 1$ で $z = 1$ ならば $yz = 1$ 、で $\bar{yz} = 0$ す。

- ①で与えられる式に x, y, z を代入していくと、4行目で $f(x,y,z) = 1$ となり、これは正解でないことがわかります。
- ②では1行目で $f(x,y,z) = 1$ となり、ここで検証は終わります。
- ③では最後の8行目まで、得られた $f(x,y,z)$ の値を満足しますので、これが答です。
- ④では1項目が xy で、2項目が \bar{xy} ですので、 $xy + \bar{xy}$ はすべての組み合わせで $1 + 0 = 1$ か $0 + 1 = 1$ とならなければなりません。
- ⑤では4行目で $f(x,y,z) = 1$ となり、ここで検証は終わります。

計算自体は簡単ですが、多くを計算しなければいけませんので、集中力が求められます。

I-2-3 標的型攻撃に対する有効な対策として、最も不適切なものはどれか。

- ① メール中のオンラインストレージのURLリンクを使用したファイルの受信は、正規のサービスかどうかを確認し、メールゲートウェイで検知する。
- ② 標的型攻撃への対策は、複数の対策を多層的に組合せて防御する。
- ③ あらかじめ組織内に連絡すべき窓口を設け、利用者が標的型攻撃メールを受信した際の連絡先として周知させる。
- ④ あらかじめシステムや実行ポリシーで、利用者の環境で実行可能なファイルを制限しておく。
- ⑤ 擬似的な標的型攻撃メールを利用者に送信し、その対応を調査する訓練を定期的実施する。

解答：①

標的型攻撃は、特定の組織内の情報を狙って行われるサイバー攻撃の一種であり、その組織の構成員宛てにコンピュータウイルスが添付された電子メールを送ることなどによって攻撃が開始されます。

①のオンラインストレージとは何か、から説明を始めます。

オンラインストレージとは、ファイルやデータなどを格納するストレージ（貯蔵場所）をインターネット上、例えばクラウド上やホームページ上で提供することです。このストレージに格納したファイルやデータの置き場所のアドレス（URL）をメールに記載して送付することで、メール受信者は目的のファイルやデータをストレージからダウンロードすることができます。ファイルやデータがメールの添付資料として送付できない容量である場合には、便利な方法と言えます。

メールゲートウェイとは、メール受信時にウイルスに汚染されたメールや SPAM メールを判定・除去するものです。したがって、オンラインストレージ上の信頼できるファイルやデータを直接こちらから取りに行くオンラインストレージ形式ではメールゲートウェイは必要ありませんので、①は不適切となります。

②～⑤の内容はしごくまっとうですので、消去法によっても①が不適切であるとの結論に至るでしょう。

I-2-4 補数表現に関する次の記述の、に入る補数の組合せとして、最も適切なものはどれか。

一般に、 k 桁の n 進数 X について、 X の n の補数は $n^k - X$ 、 X の $n-1$ の補数は $(n^k - 1) - X$ をそれぞれ n 進数で表現したものと定義する。よって、3桁の10進数で表現した $(956)_{10}$ の $(n=)$ 10の補数は、 10^3 から $(956)_{10}$ を引いた $(44)_{10}$ である。さらに $(956)_{10}$ の $(n-1=)$ 9の補数は、 $10^3 - 1$ から $(956)_{10}$ を引いた $(43)_{10}$ である。

同様に、6桁の2進数 $(100110)_2$ の2の補数は, 1の補数はである。

- | | ア | イ |
|---|--------------|--------------|
| ① | $(000110)_2$ | $(000101)_2$ |
| ② | $(011010)_2$ | $(011001)_2$ |
| ③ | $(000111)_2$ | $(000110)_2$ |
| ④ | $(011001)_2$ | $(011010)_2$ |
| ⑤ | $(011000)_2$ | $(011001)_2$ |

解答：②

ページ83～84に解法があります。その一部を転載します。

補数とは、ある数Nにこの補数を加えるとある基準となる単位の数（基数）となり、逆にこの基数からある数を引くとその残りが補数となる、そのような数のことをいいます。

$$\text{補数} = \text{基数} - \text{ある数N}$$

問題文では、k桁のn進数Xについて、

$$X \text{ の } n \text{ の補数は } n^k - X$$

$$X \text{ の } n-1 \text{ の補数は } (n^k - 1) - X$$

で、それぞれn進数で表現したものと定義しています。

この定義から、10進数では10の補数と9の補数が、2進数では2の補数と1の補数があることとなります。

本問では次のようになり、答えは②となります。

10進数		2進数	
10の補数	9の補数	2の補数	1の補数
$\begin{array}{r} 1000 \\ - 956 \\ \hline 44 \end{array}$	$\begin{array}{r} 999 \\ - 956 \\ \hline 43 \end{array}$	$\begin{array}{r} 1000000 \\ - 100110 \\ \hline 011010 \end{array}$	$\begin{array}{r} 11111 \\ - 100110 \\ \hline 011001 \end{array}$

I-2-5 次の□に入る数値の組合せとして、最も適切なものはどれか。

次の図は2進数 $(a_n a_{n-1} \dots a_2 a_1 a_0)_2$ を10進数 s に変換するアルゴリズムの流れ図である。

ただし、 n は0又は正の整数であり、 $a_i \in \{0,1\}$ ($i=0,1,\dots,n$)である。

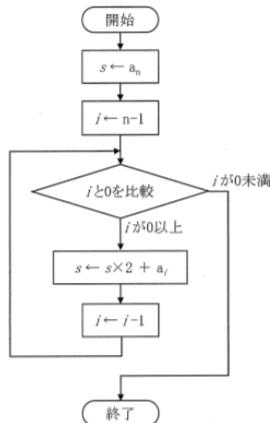


図 s を求めるアルゴリズムの流れ図

このアルゴリズムを用いて2進数 $(1101)_2$ を10進数に変換すると、 s には初め1が代入され、その後順に3、6と更新され、最後に s には13が代入されて終了する。このように s が更新される過程を、

$$1 \rightarrow 3 \rightarrow 6 \rightarrow 13$$

と表すことにする。同様に、2進数 $(11010101)_2$ を10進数に変換すると、 s は次のように更新される。

$$1 \rightarrow 3 \rightarrow 6 \rightarrow 13 \rightarrow \boxed{\text{ア}} \rightarrow \boxed{\text{イ}} \rightarrow \boxed{\text{ウ}} \rightarrow 213$$

	ア	イ	ウ
①	25	52	105
②	25	52	106
③	26	52	105
④	26	53	105
⑤	26	53	106

解答：⑤

変換すべき2進数は $(11010101)_2$ です。8桁数字で、 $a_7=1$ 、 $a_6=1$ 、 $a_5=0$ 、 $a_4=1$ 、 $a_3=0$ 、 $a_2=1$ 、 $a_1=0$ 、 $a_0=1$ です。

アルゴリズムは開始から始まり、 $s \leftarrow a_n$ は、まずは $s \leftarrow a_7$ で a_7 の持っている値をレジスト s に入れます。この \leftarrow の意味が分かればこのアルゴリズムを追いかけていけます。

詳細は、各自で追いかけていただくとして、

1	$s = a_7$	1	1
2	$s = 2s + a_6$	$2 \times 1 + 1$	3
3	$s = 2s + a_5$	$2 \times 3 + 0$	6
4	$s = 2s + a_4$	$2 \times 6 + 1$	13
5	$s = 2s + a_3$	$2 \times 13 + 0$	26
6	$s = 2s + a_2$	$2 \times 26 + 1$	53
7	$s = 2s + a_1$	$2 \times 53 + 0$	106
8	$s = 2s + a_0$	$2 \times 106 + 1$	213

したがって、答えは⑤となります。

アルゴリズムの問題は頻度高く出題されています。何通りかのアルゴリズムについて、実際に数値をあてはめながら自分で追いかけてみれば、自信が付くことと思います。

ページ136～146にアルゴリズム問題及びその解説があります。

I-2-6 次の□に入る数値の組合せとして、最も適切なものはどれか。

アクセス時間が50[ns]のキャッシュメモリとアクセス時間が450[ns]の主記憶からなる計算機システムがある。呼び出されたデータがキャッシュメモリに存在する確率をヒット率という。ヒット率が90%のとき、このシステムの実効アクセス時間として最も近い値は□アとなり、主記憶だけの場合に比べて平均□イ倍の速さで呼び出しができる。

- | | ア | イ |
|---|--------|---|
| ① | 45[ns] | 2 |
| ② | 60[ns] | 2 |
| ③ | 60[ns] | 5 |
| ④ | 90[ns] | 2 |
| ⑤ | 90[ns] | 5 |

解答：⑤

ページ94と同じ問題です。

$$50 \times 0.9 + 450 \times 0.1 = 90 \text{ ns}$$

(散歩道)

記憶装置へのアクセス時間（キャッシュの利用）

平成28年度に以下の問題が出題され、答は難なく得られますが、この問題を注意深く（疑い深く）見てみると疑問が湧いてきます。アクセス時間とはいったい何か？ということです。キャッシュのアクセス時間が1.00nsということは、キャッシュ全体をアクセスするのに1.00nsが必要であると解釈できます。

いま仮に、探したいデータが必ずキャッシュ上にあるとすると、1.00nsのアクセス時間で必ず求めるデータに行きつきます。幸運であればデータ列の1つ目に求めるデータがある可能性もあります。その場合には、必要なアクセス時間はほぼ0nsです。逆の場合にはアクセス時間1.00nsと最長のアクセス時間でデータに行き着く可能性もあります。平均するとデータに行き着くまでの時間は0.50nsとなるのでしょうか（平均アクセス時間）。しかしこれはキャッシュがデータでいっぱい満たされている場合の話で、データ数が少ない場合の期待アクセス時間はこれよりも短いものとなります。

この問題においては、キャッシュのアクセス途中でデータが見つかったとしても必ず
1.00 ns の時間はアクセスすると解釈できます。確実にデータが見いだせる最長の時間
ということです。主記憶についても同じです。

この問題のアクセス時間とは「実行アクセス時間 (Effective access time)」と呼ばれるもの
です。「実効」を必ず効力があると解釈すれば、キャッシュおよび主記憶のすべての領域を
アクセスすれば確実にデータが見つかるということです。上でも示しましたが、実際にデー
タが見いだせるまでにかかる必要時間 (平均アクセス時間) とは意味合いが違います。

検索時間短縮のためには、まずはキャッシュにデータがあるかどうかを確認し、そこに求め
るデータがない場合には主記憶の検索を行うことになります。

キャッシュと主記憶をそのアクセス時間 1.00 ns と 100 ns の比率で双方をランダ
ムにアクセスしたときには、H28-1-2-4 では検索に要する必要時間 (平均アクセス時間) は
 $0.5 \times 1.00 + 0.5 \times 100 = 50.5 \text{ ns}$

となり、答の 5.95 ns よりもはるかに長い時間を要することになります。キャッシュの
効果は絶大ですね。キャッシュを2つ用いた場合が H23-1-2-4 です。H28-1-2-4 の問題に
さらにアクセス時間が 10 ns、ヒット率 90% の 2次キャッシュを加えています。実行ア
クセス時間は 1.9 ns へと短縮されます。

記憶装置へのアクセス時間

H28-1-2-4 正答 ④

1-2-4 アクセス時間が 1.00 [ns] のキャッシュとアクセス時間が 100 [ns] の主
記憶からなる計算機システムがある。キャッシュのヒット率が 95% のとき、このシス
テムの実効アクセス時間として、最も近い値はどれか。ただし、キャッシュのヒット率
とは呼び出されたデータがキャッシュに入っている確率である。

- ① 0.05 [ns]
- ② 0.95 [ns]
- ③ 5.00 [ns]
- ④ 5.95 [ns]
- ⑤ 95.0 [ns]

コンピュータでは一度使ったデータは複数回利用される可能性があるのでキャッシュに登
録しておきます。キャッシュはアクセス時間が短いのでコンピュータの処理速度を向上さ
せることができます。だが、キャッシュは主記憶に比べてその容量が大きいという弱み
があります。あるデータを探す時に、コンピュータはまずキャッシュを見に行きます。そこ

にデータがない場合には主記憶を見に行くことになります。

アクセス時間の計算は

$$1.00 \times 0.95 + 100 \times 0.05 = 5.95 \text{ ns}$$

H23-1-2-4 正答 ①

I-2-4 アクセス時間が1 nsの一次キャッシュ、アクセス時間が10 nsの二次キャッシュ、アクセス時間が100 nsの主記憶からなる計算機システムがある。一次キャッシュのヒット率が95 %、二次キャッシュのヒット率が90 %のとき、このシステムの実効メモリアクセス時間はどれか。

- ① 1.9 ns ② 6.45 ns ③ 11.45 ns ④ 15.4 ns ⑤ 19.95 ns

メモリヒットの可能性が高いデータを保持している可能性が高く、しかもアクセス速度の速いキャッシュから先に検索されます。

$$\begin{aligned} & 1 \times 0.95 + 10 \times (1 - 0.95) \times 0.9 \\ & + 100 \times (1 - 0.95) \times (1 - 0.90) \\ & = 0.95 + 0.45 + 0.50 = 1.9 \text{ ns} \end{aligned}$$

第3群 解析に関するもの

I-3-1 3次元直交座標系 (x, y, z) におけるベクトル $V = (V_x, V_y, V_z) = (x, x^2y + yz^2, z^3)$ の

点 $(1, 3, 2)$ での発散 $\operatorname{div} V = \frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z}$ として、最も適切なものはどれか。

- ① $(-12, 0, 6)$ ② 18 ③ 24 ④ $(1, 15, 8)$ ⑤ $(1, 5, 12)$

解答：②

ページ198～201に同じです。

$V_x = x$ 、 $V_y = x^2y + yz^2$ 、 $V_z = z^3$ 。 $x = 1$ 、 $y = 3$ 、 $z = 2$ です。

$$\begin{aligned} \operatorname{div} V &= \partial V_x / \partial x + \partial V_y / \partial y + \partial V_z / \partial z \\ &= 1 + x^2 + z^2 + 3z^2 \\ &= 1 + 1 + 4 + 12 \\ &= 18 \end{aligned}$$

I-3-2 関数 $f(x, y) = x^2 + 2xy + 3y^2$ の $(1, 1)$ における最急勾配の大きさ $\|\operatorname{grad} f\|$ として、

最も適切なものはどれか。なお、勾配 $\operatorname{grad} f$ は $\operatorname{grad} f = \left(\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right)$ である。

- ① 6 ② $(4, 8)$ ③ 12 ④ $4\sqrt{5}$ ⑤ $\sqrt{2}$

解答：④

これも解き方は前問と同様です。

$f(x, y) = x^2 + 2xy + 3y^2$ 。 $x = 1$ 、 $y = 1$ 。

$$\begin{aligned} \partial f / \partial x &= 2x + 2y = 2 + 2 = 4 \\ \partial f / \partial y &= 2x + 6y = 2 + 6 = 8 \end{aligned}$$

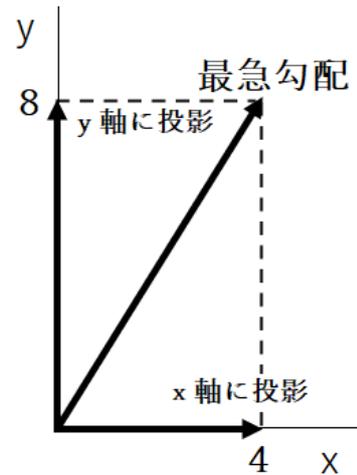
したがって、 $\operatorname{grad} f = (4, 8)$

求めるのは最急勾配 $\| \text{grad } f \|$ (大きさ) である。
その大きさは横4縦8の直角三角形の斜辺の長さとなる。

$$\sqrt{4^2 + 8^2} = 4\sqrt{5}$$

(参考)

Web 高校数学の美しい物語
勾配ベクトルの意味と例題



I-3-3 数値解析の誤差に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 有限要素法において、要素分割を細かくすると、一般に近似誤差は大きくなる。
- ② 数値計算の誤差は、対象となる物理現象の法則で定まるので、計算アルゴリズムを改良しても誤差は減少しない。
- ③ 浮動小数点演算において、近接する2数の引き算では、有効桁数が失われる桁落ち誤差を生じることがある。
- ④ テイラー級数展開に基づき、微分方程式を差分方程式に置き換えるときの近似誤差は、格子幅によらずほぼ一定値となる。
- ⑤ 非線形現象を線形方程式で近似しても、線形方程式の数値計算法が数学的に厳密であれば、得られる結果には数値誤差はないとみなせる。

解答：③

① 不適切

有限要素法において、要素分割を細かくすると、一般に近似誤差は小さくなる。

ページ174-175、177-178

② 不適切

計算アルゴリズムを改良すると誤差が減少することが多い。(また、計算時間を短縮できる場合も多い)

③ 適切

ページ97-98

以下に示した解説も参照のこと。

④ 不適切

近似誤差は格子幅が広がると大きくなる。

ページ174-175

⑤ 不適切

非線形現象を線形方程式で近似することは難しい。

線型方程式とは2次以上の項を含まない方程式。非線形方程式とは2次以上の項を含む方程式、および未知関数についての関数方程式・微分方程式・積分方程式。

③に関して

「桁落ち」とは、

絶対値がほぼ等しい数値同士の加算後や、同符号でほぼ等しい数値同士の減算の後、正規化で有効数字が減少すること。

例えば、 $1.234 - 1.233 = 0.001$ となり、有効数字が4桁から1桁へと減少する。

④に関して

微分の考え方からは格子幅をできる限り小さくしなければならない。格子幅が大きくなると誤差を生み出す原因となる。

Web 有限差分法の基礎 (1) 2011'0630-takuya'02.tex より

差分の精度

差分の精度はテイラー展開を用いて調べることができる。まず、前方差分の場合を考える。 u_{j+1} を $j\Delta x$ のまわりでテイラー展開すると、

$$\begin{aligned} u_{j+1} &= u((j+1)\Delta x) \\ &= u(j\Delta x) + \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_j \Delta x + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\right)_j (\Delta x)^2 + \dots \end{aligned}$$

$u_j = u(j\Delta x)$ であることに注意し、右辺第1項を移項して両辺を Δx で割ると、

$$\frac{u_{j+1} - u_j}{\Delta x} = \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_j + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\right)_j \Delta x + \dots$$

右辺第1項は真の値である。したがって、真の値と差分値 $\frac{u_{j+1} - u_j}{\Delta x}$ との誤差を ε とすると、

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{u_{j+1} - u_j}{\Delta x} - \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_j \\ &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\right)_j \Delta x + \frac{1}{3!} \left(\frac{\partial^3 u}{\partial x^3}\right)_j (\Delta x)^2 + \dots \end{aligned}$$

この ε のことを打ち切り誤差 (truncation error) という。

打ち切り誤差を因る尺度として、近似精度の次数 (order of accuracy) がある。近似精度の次数は ε に含まれる最低次の Δx の次数を指す。上記の例の場合、 ε に1次の Δx が含まれているので、その精度は1次であり、

$$\varepsilon = O(\Delta x)$$

と表す。後方差分も同様にして、

$$\varepsilon = O(\Delta x)$$

である。中央差分の場合も方法は同じである。 u_{j+1} と u_{j-1} をそれぞれ Δx のまわりでテイラー展開し、変形すると、

$$\frac{u_{j+1} - u_{j-1}}{2\Delta x} = \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_j + \frac{1}{3!} \left(\frac{\partial^3 u}{\partial x^3}\right)_j (\Delta x)^2 + \dots$$

となる。ゆえに、中央差分の精度は、

$$\varepsilon = O(\Delta x^2)$$

である。

I-3-4 有限要素法において三角形要素の剛性マトリクスを求める際、面積座標がしばしば用いられる。下図に示す $\triangle ABC$ の内部 (辺上も含む) の任意の点 P の面積座標は、

$$\left(\frac{S_A}{S}, \frac{S_B}{S}, \frac{S_C}{S}\right)$$

で表されるものとする。ここで、 S , S_A , S_B , S_C はそれぞれ、 $\triangle ABC$, $\triangle PBC$, $\triangle PCA$, $\triangle PAB$ の面積である。 $\triangle ABC$ の三辺の長さの比が、 $AB : BC : CA = 3 : 4 : 5$ であるとき、 $\triangle ABC$ の内心と外心の面積座標の組合せとして、最も適切なものはどれか。

内心の面積座標 外心の面積座標

- ① $\left(\frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\right)$ $\left(\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}\right)$
- ② $\left(\frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\right)$ $\left(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}\right)$
- ③ $\left(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}\right)$ $\left(\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}\right)$
- ④ $\left(\frac{1}{3}, \frac{5}{12}, \frac{1}{4}\right)$ $\left(\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}\right)$
- ⑤ $\left(\frac{1}{3}, \frac{5}{12}, \frac{1}{4}\right)$ $\left(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}\right)$

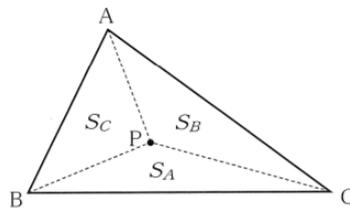


図 $\triangle ABC$ とその内部の点 P

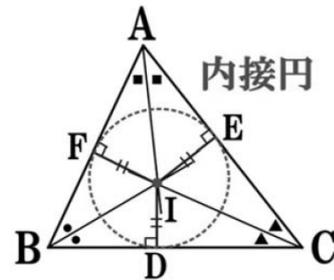
解答：④

ページ79～180 面積座標に関する問題は過去にも2回出題されました (H16-1-3-5、H25-1-3-3)

今回の問題は数学的知識を必要とする。

内心の定義は、三角形の3つの角の二等分線の交点です。内心を中心に円を描くと右図のように、その円はすべての辺に接することになる。

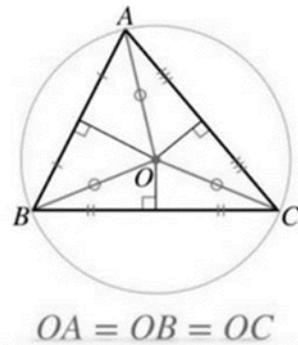
三角形、 S_A 、 S_B 、 S_C を考えたとき、その面積は底辺×高さ÷2ですから、各面積の大きさはその底辺の長さに比例することになる。



問題文で任意の点 P の面積座標は $(S_A/S, S_B/S, S_C/S)$ と与えられていますので、 $S_A = \text{辺}BC$ (4)、 $S_B = \text{辺}CA$ (5)、 $S_C = \text{辺}AB$ (3)、 $S = S_A + S_B + S_C$ の比例関係を利用すると、

$$\begin{aligned} & (S_A/S, S_B/S, S_C/S) \\ &= (4/12, 5/12, 3/12) \\ &= (1/3, 5/12, 1/4) \end{aligned}$$

となる。

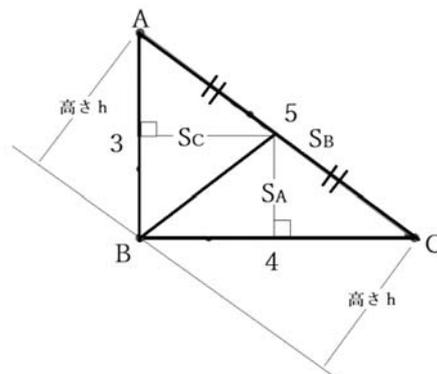


外心の定義は、三角形の3つの辺の垂直二等分線の交点です。図に書くと右のようになります。

問題文で与えられている辺の長さが3:4:5の三角形は直角三角形であり、その外心は一番長い辺であるCA上に来る。したがって、 S_B の面積はゼロとなり、 S_A の面積と S_C の面積は等しくなる。

$$\begin{aligned} & (S_A/S, S_B/S, S_C/S) = \\ & (1/2, 0, 1/2) \end{aligned}$$

となる。



以上の結果より、求める答えは④となります。

なお、①と②で示されている「内心の面積座標」の合計は1となっていないので誤りです。

$$\frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{3} = \frac{47}{60}$$

I-3-5 下図に示すように、1つの質点がばねで固定端に結合されているばね質点系A、B、Cがある。図中のばねのばね定数 k はすべて同じであり、質点の質量 m はすべて同じである。ばね質点系Aは質点が水平に単振動する系、Bは斜め45度に単振動する系、Cは垂直に単振動する系である。ばね質点系A、B、Cの固有振動数を f_A 、 f_B 、 f_C としたとき、これらの大小関係として、最も適切なものはどれか。ただし、質点に摩擦は作用しないものとし、ばねの質量については考慮しないものとする。

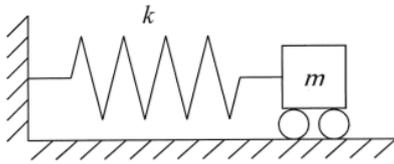


図1 ばね質点系A

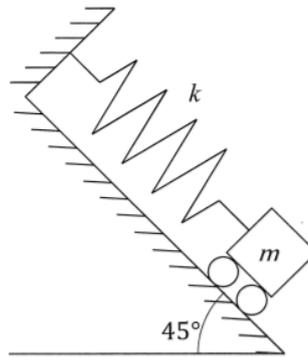


図2 ばね質点系B

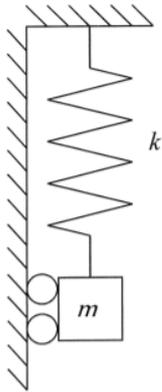


図3 ばね質点系C

- ① $f_A = f_B = f_C$
- ② $f_A > f_B > f_C$
- ③ $f_A < f_B < f_C$
- ④ $f_A = f_C > f_B$
- ⑤ $f_A = f_C < f_B$

解答：①

ばねの固有振動数は次式で与えられる。

$$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

この公式には重力の加速度 g は含まれていないので、図1、図2、図3のばねともに同じ振動数で振動する。

ただし、振動する中心位置は、ばねの固定点から近い順に図1 < 図2 < 図3である。

ページ173を参照

I-3-6 下図に示すように、円管の中の水が左から右へ流れている。点a、点bにおける圧力、流速及び管の断面積をそれぞれ p_a 、 v_a 、 A_a 及び p_b 、 v_b 、 A_b とする。流速 v_b を表す式として最も適切なものはどれか。ただし ρ は水の密度で、水は非圧縮の完全流体とし、粘性によるエネルギー損失はないものとする。

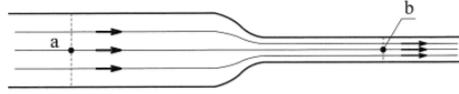


図 円管の中の水の流れ

$$\textcircled{1} \quad v_b = \frac{A_b}{A_a} \sqrt{\frac{p_b - p_a}{\rho}}$$

$$\textcircled{2} \quad v_b = \frac{A_a}{A_b} \sqrt{\frac{p_a - p_b}{\rho}}$$

$$\textcircled{3} \quad v_b = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{A_b}{A_a}}} \sqrt{\frac{2(p_b - p_a)}{\rho}}$$

$$\textcircled{4} \quad v_b = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{A_b}{A_a}}} \sqrt{\frac{2(p_a - p_b)}{\rho}}$$

$$\textcircled{5} \quad v_b = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_b}{A_a}\right)^2}} \sqrt{\frac{2(p_a - p_b)}{\rho}}$$

解答：⑤

ベルヌーイの定理を用いて流速 v_b を求める。

外力のない非粘性・非圧縮性の定常な流れに対して

$$0.5 v^2 + p / \rho = \text{一定}$$

これより

$$0.5 v_a^2 + p_a / \rho = 0.5 v_b^2 + p_b / \rho \quad \text{式1}$$

さらに、非圧縮性液体であるから

$$A_a v_a = A_b v_b \quad \text{即ち} \quad v_a = v_b \times (A_b / A_a) \quad \text{式2}$$

この式1と式2より⑤の式が求まる。

ベルヌーイの定理は、

$$\frac{1}{2} v^2 + \frac{p}{\rho} + gz = \text{constant}$$

v は速さ、 p は圧力、 ρ は密度、 g は重力加速度の大きさ、 z は鉛直方向の座標を表す。

第4群 材料・化学・バイオに関するもの

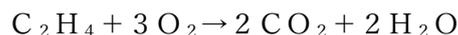
I-4-1 次の有機化合物のうち、同じ質量の化合物を完全燃焼させたとき、二酸化炭素の生成量が最大となるものはどれか。ただし、分子式右側の()内の数値は、その化合物の分子量である。

- ① メタン CH_4 (16) ④ メタノール CH_4O (32)
 ② エチレン C_2H_4 (28) ⑤ エタノール $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ (46)
 ③ エタン C_2H_6 (30)

解答：②

ページ237～238に同じ。

炭素数／分子量の値の一番大きなものを選ぶ。②のエチレンが最大となる。



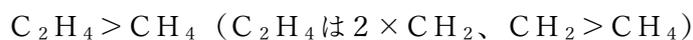
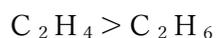
エチレン28gから二酸化炭素が88g (2×44 、2モル) 生じる。体積に直せば、 2×22.4 リットル = 44.8リットル (0°C 、1気圧) となる。

合理的な考え方

与えられた化合物には炭素1個を持ったものと2個を持ったものがある。炭素1個の化合物を燃焼させると、その1分子からは二酸化炭素が1分子発生し、同じく炭素2個を持った化合物からは二酸化炭素が2個発生する。化合物の単位重さ当たり(例えば1グラム当たり)から発生する二酸化炭素のモル数は、発生する二酸化炭素量(モル)／分子量(g)で計算することができる。この数値が一番大きくなるものが求める答です。

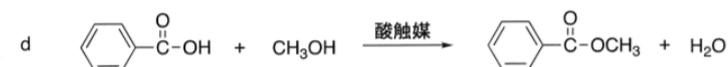
①～⑤のすべての化合物についてこの計算を実施してもよいのですが、要は炭素含有量の大きな化合物が単位重さ当たり多くの二酸化炭素を発生することに気が付けば、答を簡単に求めることができる。次の炭素含有量の大小比較と、下に示した燃焼の化学式と見比べることにより理解を深めてください。

炭素含有量の大小比較



- ① $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
 ② $\text{C}_2\text{H}_4 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
 ③ $\text{C}_2\text{H}_6 + 3.5\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
 ④ $\text{CH}_3\text{OH} + 1.5\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
 ⑤ $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

I-4-2 下記 a～d の反応は、代表的な有機化学反応である付加，脱離，置換，転位の 4 種類の反応のうちいずれかに分類される。置換反応 2 つの組合せとして最も適切なものはどれか。



- ① (a, b) ② (a, c) ③ (a, d) ④ (b, c) ⑤ (b, d)

正解：③

置換反応とは、化合物が持っている構造の一部が何か別のものに置き換わる反応を言う。

反応 a では、プロピルアルコールの OH が外れ、代わりに Br (臭素) がくっついている。

反応 d では、安息香酸の OH が外れ、代わりに OCH₃ がくっついている。

したがって、答は③である。

反応 b は脱離反応である。分子より水 (H₂O) が脱離して二重結合 (C=C) が生じている。

反応 c は付加反応である。反応 b とは逆に、二重結合に HBr (臭化水素) が付加する反応である。

I-4-3 鉄，銅，アルミニウムの密度，電気抵抗率，融点について，次の（ア）～（オ）の大小関係の組合せとして，最も適切なものはどれか。ただし，密度及び電気抵抗率は20[°C]での値，融点は1気圧での値で比較するものとする。

	密度	電気抵抗率	融点
（ア）：鉄 > 銅 > アルミニウム	① （ア）	（ウ）	（オ）
（イ）：鉄 > アルミニウム > 銅	② （ア）	（エ）	（オ）
（ウ）：銅 > 鉄 > アルミニウム	③ （イ）	（エ）	（ア）
（エ）：銅 > アルミニウム > 鉄	④ （ウ）	（イ）	（ア）
（オ）：アルミニウム > 鉄 > 銅	⑤ （ウ）	（イ）	（オ）

正解：④

ページ260より物性表を引用する。

答えは④となる。

物性	鉄	銅	アルミニウム
密度	7.87	8.94	2.70
電気抵抗率 $n\Omega \cdot m$	96.1	16.8	28.2
融点 $^{\circ}C$	1538	1084	660
熱伝導率 $W/(m \cdot K)$	80.4	401	237

熱伝導率は参考まで。

電気を通しやすい金属は熱も通しやすい。

アルミニウムが軽いこと（密度が小さいこと）を知っていれば、答としてまず③が排除される。

銅線がよく電気を通すことを知っていれば、（イ）または（オ）が答の候補となるので、④か⑤が答えである。

電気抵抗率と聞いているので、鉄やアルミニウムは銅よりも電気を通しにくい、と読むこと。

融点は、アルミニウムが最も低い。また青銅器時代が鉄器時代よりも先に来たことからわかるように、鉄の融点が最も高い。

I-4-4 アルミニウムの結晶構造に関する次の記述の、に入る数値や数式の組合せとして、最も適切なものはどれか。

アルミニウムの結晶は、室温・大気圧下において面心立方構造を持っている。その一つの単位胞は個の原子を含み、配位数がである。単位胞となる立方体の一辺の長さを a [cm]、アルミニウム原子の半径を R [cm] とすると、の関係が成り立つ。

- | | | | | | | | |
|---|---|----|---------------------------|---|---|----|---------------------------|
| | ア | イ | ウ | | ア | イ | ウ |
| ① | 2 | 12 | $a = \frac{4R}{\sqrt{3}}$ | ③ | 4 | 12 | $a = \frac{4R}{\sqrt{3}}$ |
| ② | 2 | 8 | $a = \frac{4R}{\sqrt{3}}$ | ④ | 4 | 8 | $a = 2\sqrt{2}R$ |
| | | | | ⑤ | 4 | 12 | $a = 2\sqrt{2}R$ |

解答：⑤

ページ254に関連問題(H29-1-4-3)がある。この問題は金属の結晶構造に関する初めての出題である。

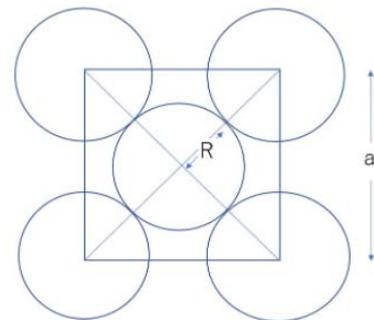
この問題の答えからわかることはアルミニウムの結晶は面心立方構造で単位構造の中に4個の原子が含まれているということである。

本年度の出題はH29年の出題より一歩進み、より難問となっている。

進研ゼミ 高校講座 面心立方格子 より

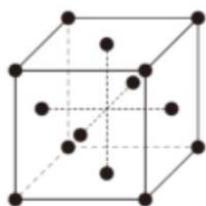
設問(ウ)に関しては、単位格子の対角線の長さで等式を立てると、

$$\sqrt{2}a = 4R \rightarrow a = 2\sqrt{2}R$$



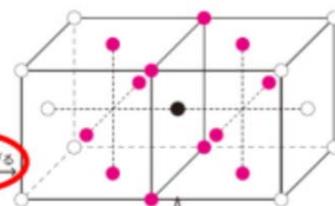
面心立方格子

金属原子を点で示す。



① 単位格子に含まれる
原子の数
 $\frac{1}{2}(\text{面}) \times 6 + \frac{1}{8}(\text{頂点}) \times 8$
 $= 3 + 1$
 $= 4$ (個)

2個つなげる



② 原子●の数が
配位数になる。
↓
配位数12

横に単位格子をつなげて、●に注目する。

I-4-5 アルコール酵母菌のグルコース ($C_6H_{12}O_6$) を基質とした好気呼吸とエタノール発酵は次の化学反応式で表される。



いま、アルコール酵母菌に基質としてグルコースを与えたところ、酸素を2モル吸収した。好気呼吸で消費されたグルコースとエタノール発酵で消費されたグルコースのモル比が1:6であった際の、二酸化炭素発生量として最も適切なものはどれか。

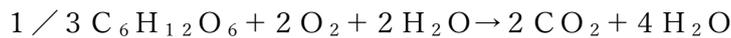
- ① 3モル ② 4モル ③ 6モル ④ 8モル ⑤ 12モル

解答：③

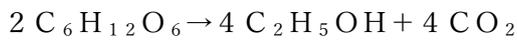
ページ292が理解できていれば容易に解ける。

題意に従って、化学式の係数を書き換える。

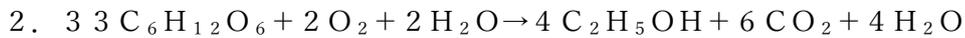
好気呼吸 (与えられた式×1/3)



エタノール発酵 (与えられた式×2)



両式を足し合わせると、



2モルの酸素を消費して6モルの二酸化炭素を発生していることがわかる。したがって、答えは③。

I-4-6 PCR (ポリメラーゼ連鎖反応) 法は、細胞や血液サンプルからDNAを高感度で増幅することができるため、遺伝子診断や微生物検査、動物や植物の系統調査等に用いられている。PCR法は通常、(1) DNAの熱変性、(2) プライマーのアニーリング、(3) 伸長反応の3段階からなっている。PCR法に関する記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① DNAの熱変性では、2本鎖DNAの共有結合を切断して1本鎖DNAに解離させるために加熱を行う。
 ② アニーリング温度を上げすぎると、1本鎖DNAに対するプライマーの非特異的なアニーリングが起こりやすくなる。
 ③ 伸長反応の時間は増幅したい配列の長さによって変える必要があり、増幅したい配列が長くなるにつれて伸長反応時間は短くする。
 ④ 耐熱性の高いDNAポリメラーゼが、PCR法に適している。
 ⑤ PCR法により増幅したDNAには、プライマーの塩基配列は含まれない。

PCR サイクル

1. 反応液を 94°C程度に加熱し、30 秒から 1 分間温度を保ち、2 本鎖 DNA を 1 本鎖に分かれさせる (ステップ 1)。
2. 60°C程度 (プライマーによって若干異なる) にまで急速冷却し、その 1 本鎖 DNA とプライマーをアニーリングさせる (ステップ 2)。
3. プライマーの分離がおきず DNA ポリメラーゼの活性に至適な温度帯まで、再び加熱する。実験目的により、その温度は 60–72°C程度に設定される。DNA が合成されるのに必要な時間、増幅する長さによるが通常 1~2 分、この温度を保つ (ステップ 3)。
4. ここまでが 1 つのサイクルで、以後、ステップ 1 からステップ 3 までの手順を繰り返していく事で特定の DNA 断片を増幅させる。
5. 使用する DNA ポリメラーゼが熱に弱い場合、変性ステップの高温下で DNA とともにポリメラーゼも変性してしまい、失活してしまう。現在では、サーマスクアティカスという好熱菌由来の熱安定性 DNA ポリメラーゼである Taq ポリメラーゼなどを用いることで、途中で酵素の追加をせずに反応を連続して進めることができる。

① 誤り

2 本鎖 DNA の水素結合を切断して

有結合ではなく水素結合。水素結合の解消は切断とは言わない。

② 誤り

温度をあげすぎると 1 本鎖 DNA に対してプライマーが結合しにくくなる。

③ 誤り

増幅したい DNA 配列が長くなるにつれて伸長反応時間は長くなる。

鋳型 DNA が 1kbp あたり 1 分設定というのがよく使われる。

④ 正しい

⑤ 誤り

プライマーの塩基配列は当然含まれる。

プライマーとは、増やしたい配列の両端に結合するようにつくられた合成 DNA で、DNA ポリメラーゼが対 DNA 鎖を作成するときの開始点となる。

第5群 環境・エネルギー・技術に関するもの

I-5-1 プラスチックごみ及びその資源循環に関する(ア)～(オ)の記述について、それぞれの正誤の組合せとして、最も適切なものはどれか。

- (ア) 近年、マイクロプラスチックによる海洋生態系への影響が懸念されており、世界的な課題となっているが、マイクロプラスチックとは一般に5mm以下の微細なプラスチック類のことを指している。
- (イ) 海洋プラスチックごみは世界中において発生しているが、特に先進国から発生しているものが多いと言われている。
- (ウ) 中国が廃プラスチック等の輸入禁止措置を行う直前の2017年において、日本国内で約900万トンの廃プラスチックが排出されそのうち約250万トンがリサイクルされているが、海外に輸出され海外でリサイクルされたものは250万トンの半数以下であった。
- (エ) 2019年6月に政府により策定された「プラスチック資源循環戦略」においては、基本的な対応の方向性を「3R+Renewable」として、プラスチック利用の削減、再使用、再生利用の他に、紙やバイオマスプラスチックなどの再生可能資源による代替を、その方向性に含めている。
- (オ) 陸域で発生したごみが河川等を通じて海域に流出されることから、陸域での不法投棄やポイ捨て撲滅の徹底や清掃活動の推進などもプラスチックごみによる海洋汚染防止において重要な対策となる。

	ア	イ	ウ	エ	オ	ア	イ	ウ	エ	オ
①	正	正	誤	正	誤	④	誤	誤	正	正
②	正	誤	誤	正	正	⑤	誤	正	誤	誤
③	正	正	正	誤	誤					

解答：②

(ア) 正しい

マイクロプラスチック (Wikipedia)

マイクロプラスチック (英: microplastics) は、(生物物理学的) 環境中に存在する微小なプラスチック粒子であり、特に海洋環境において極めて大きな問題になっている。一部の海洋研究者は1mmよりも小さい顕微鏡サイズの全てのプラスチック粒子と定義しているが、現場での採取に一般に使用されるニューストンネットのメッシュサイズが333 μ m (0.333mm)であることを認識していながら、5mmよりも小さい粒子と定義している研究者もいる。

日本の環境省はサイズが5mm以下の微細なプラスチックごみと定義している。

(イ) 誤り

プラスチックを取り巻く国内外の状況 環境省 (平成30年8月)

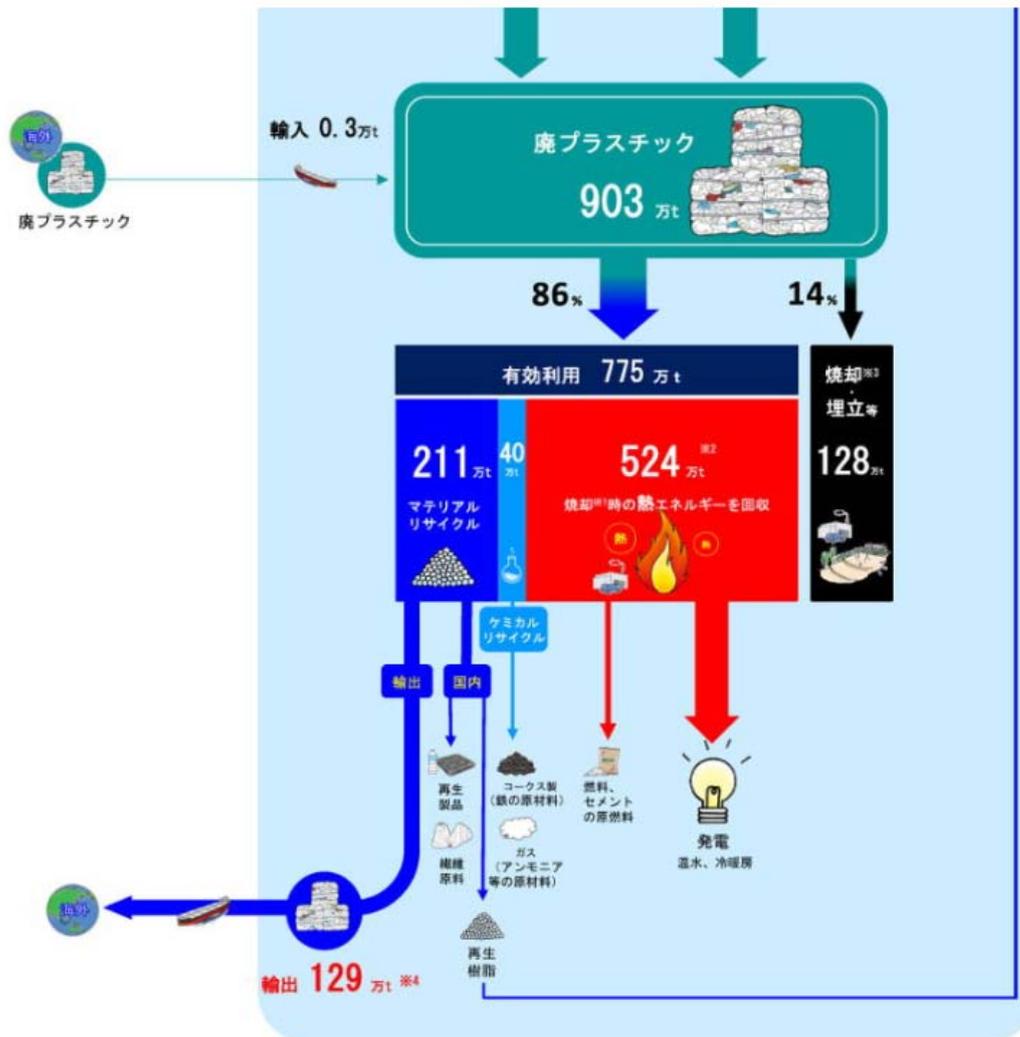
(ウ) 誤り

問題文のどこが間違いであるかを検証していく。

中国が廃プラスチック等の輸入禁止措置を行う直前の2017年 これは正しい。
中国 2017年7月 「輸入廃棄物管理目録」を改正 2018年1月より、生活由来の廃プラスチックや未分別の紙くずや繊維くずなどの資源ごみが、中国へ輸出できなくなった。

2017年に日本国内で約900万トンの廃プラスチックが排出され これも正しい (図参照)

プラスチックの天然資源採掘、生産、リサイクル、廃棄の流れ (2017年推計値)
資源・リサイクル促進センターのホームページより



約250万トンがリサイクルされている これも正しい(図参照)
マテリアルリサイクル211万トン+ケミカルリサイクル40万トン=251万トン
のリサイクル

海外に輸出され海外でリサイクルされたものは250万トンの半数以下であった
誤りがあるとするこの部分(図参照)

輸出129万トンはリサイクル251万トンの51.4% > 50%

これが誤りであるとの判断はなかなか難しいと思う。

解答の選択肢①～⑤において、(ア)が正しく、(イ)が誤りであるとするものは②のみ
ですから、(ウ)の正誤判定ができなくても正解に至ることはできそうだ。

このサイトには、生産から廃棄、そしてリサイクルまでの一連の流れが記されている。
その中より、今の問題に関連がある部分を抜き出した。

(エ) 正しい

「プラスチック資源循環戦略」の策定について(環境省、2019年5月31日)

(オ) 正しい

海洋プラスチック問題について(WWF、2018年10月26日)

問題になっている海洋プラスチックの8割以上は、陸上で発生し海に流入したもの。
特に多いのが、使い捨て用が中心の「容器包装用等」。この用途に使われるプラスチ
ックは、世界全体のプラスチック生産量の36%、世界で発生するプラスチックごみの47%
を占めていると考えられる。

I-5-2 生物多様性の保全に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 生物多様性の保全及び持続可能な利用に悪影響を及ぼすおそれのある遺伝子組換え生
物の移送、取扱い、利用の手続等について、国際的な枠組みに関する議定書が採択され
ている。
- ② 移入種(外来種)は在来の生物種や生態系に様々な影響を及ぼし、なかには在来種の
駆逐を招くような重大な影響を与えるものもある。
- ③ 移入種問題は、生物多様性の保全上、最も重要な課題の1つとされているが、我が国
では動物愛護の観点から、移入種の駆除の対策は禁止されている。
- ④ 生物多様性条約は、1992年にリオデジャネイロで開催された国連環境開発会議にお
いて署名のため開放され、所定の要件を満たしたことから、翌年、発効した。
- ⑤ 生物多様性条約の目的は、生物の多様性の保全、その構成要素の持続可能な利用及び
遺伝資源の利用から生ずる利益の公正かつ衡平な配分を実現することである。

解答：③

③ 誤り

ページ348～349（H28-1-5-2）に同じ

移入種問題は、生物多様性の保全上、最も重要な課題の1つとされているが、我が国では移入種の駆除対策は禁止されていない。琵琶湖の外来魚と溜池の外来亀、その他、ヌートリアやアライグマなど、計画的な駆除が実施されています。

(参考)

特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律

日本在来の生物を捕食したり、これらと競合したりして、生態系を損ねたり、人の生命・身体、農林水産業に被害を与えたりする、あるいはそうするおそれのある外来生物による被害を防止するために、それらを「特定外来生物」等として指定し、その飼養、栽培、保管、運搬、輸入等について規制を行うとともに、必要に応じて国や自治体が野外等の外来生物の防除を行うことを定める。

I-5-3 日本のエネルギー消費に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

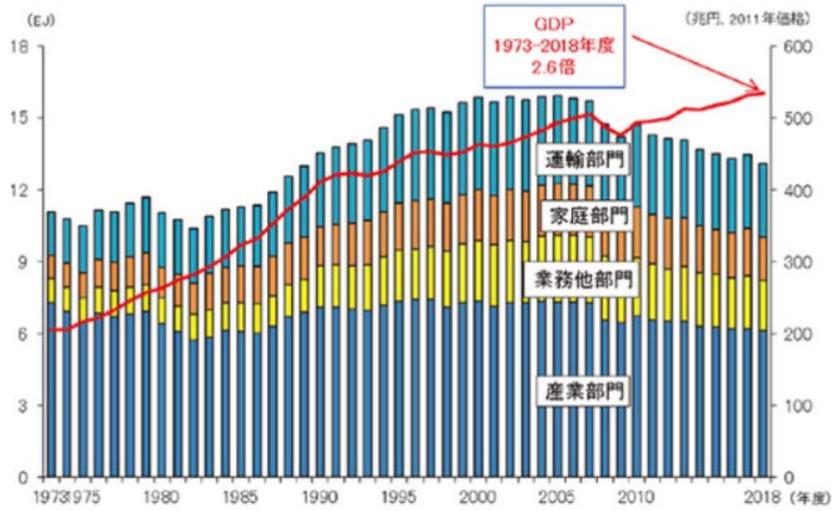
- ① 日本全体の最終エネルギー消費は2005年度をピークに減少傾向になり、2011年度からは東日本大震災以降の節電意識の高まりなどによってさらに減少が進んだ。
- ② 産業部門と業務他部門全体のエネルギー消費は、第一次石油ショック以降、経済成長する中でも製造業を中心に省エネルギー化が進んだことから同程度の水準で推移している。
- ③ 1単位の国内総生産（GDP）を産出するために必要な一次エネルギー消費量の推移を見ると、日本は世界平均を大きく下回る水準を維持している。
- ④ 家庭部門のエネルギー消費は、東日本大震災以降も、生活の利便性・快適性を追求する国民のライフスタイルの変化や世帯数の増加等を受け、継続的に増加している。
- ⑤ 運輸部門（旅客部門）のエネルギー消費は2002年度をピークに減少傾向に転じたが、これは自動車の燃費が改善したことに加え、軽自動車やハイブリッド自動車など低燃費な自動車のシェアが高まったことが大きく影響している。

解答：④

① 正しい

エネルギー白書2020 より

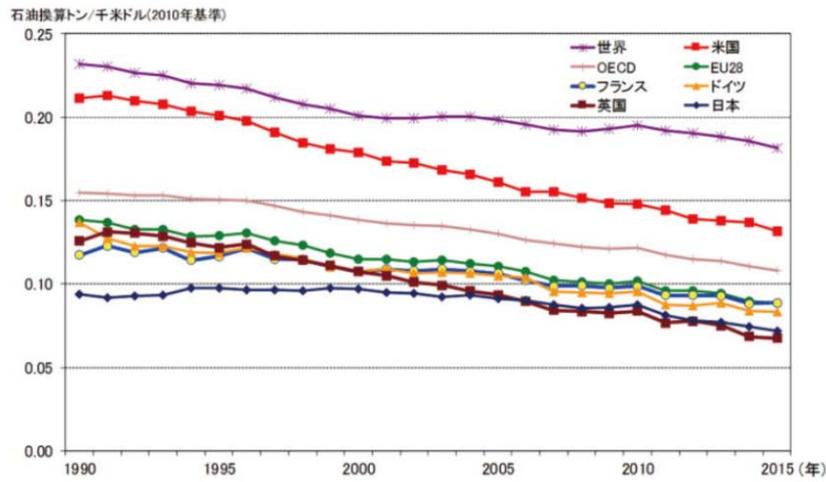
【第211-1-1】 最終エネルギー消費と実質GDPの推移



② 正しい
上図参照

③ 正しい
エネルギー白書2020 より

【第211-2-1】 実質GDP当たりのエネルギー消費の主要国・地域比較



④ 誤り
①で示した図を参照

⑤ 正しい
常識的に判断

I-5-4 エネルギー情勢に関する次の記述の、に入る数値又は語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

日本の電源別発電電力量（一般電気事業用）のうち、原子力の占める割合は2010年度時点で%程度であった。しかし、福島第一原子力発電所の事故などの影響で、原子力に代わり天然ガスの利用が増えた。現代の天然ガス火力発電は、ガスタービン技術を取り入れたサイクルの実用化などにより発電効率が高い。天然ガスは、米国において、非在来型資源のひとつであるガスの生産が2005年以降顕著に拡大しており、日本も既に米国からガス由来の液化天然ガス（LNG）の輸入を始めている。

- | | ア | イ | ウ |
|---|----|--------|--------|
| ① | 30 | コンバインド | シェール |
| ② | 20 | コンバインド | シェール |
| ③ | 20 | 再熱再生 | シェール |
| ④ | 30 | コンバインド | タイトサンド |
| ⑤ | 30 | 再熱再生 | タイトサンド |

解答：①

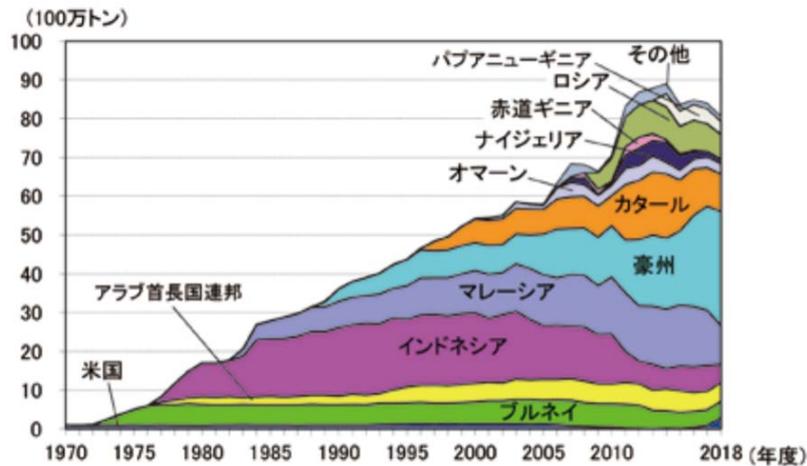
ページ311～312（H24-1-5-3）に同じ

前問I-5-4と同じくエネルギー白書に目を通しておく必要があります。

2010年時点での原子力発電の割合を知っているかどうかです。福島第一原子力発電所の事故以降は原子力に代わり天然ガスの利用が増えている。次いで石炭。石油は9%と低くなっている（2017年）。

エネルギー白書2020 より

【第213-1-12】LNGの供給国別輸入量の推移



出典：財務省「日本貿易統計」を基に作成

天然ガス（LNG, Liquid Natural Gas）は、米国において、非在来型資源のひとつであるシェールガスの生産が2005年以降顕著に拡大し、日本への輸入期待も高まっている。その一方で、米国のシェールガス産業は、2020年4月の原油安のあおりを受け、現在は多くの会社が倒産や減産の危機に直面している。

ページ294参照

天然ガス燃料のコンバインドサイクル発電

天然ガス（メタンが主成分）の燃焼ガスのエネルギーを利用して、まずガスタービンを駆動し、その廃熱を用いて蒸気タービンを駆動することにより、総合的な発電効率を高める発電システムです。

ページ319参照

天然ガス燃料のコンバインドサイクル発電

天然ガス燃焼ガスのエネルギーを利用してまずガスタービンを駆動し、その廃熱を用いて蒸気タービンを駆動することにより、総合的な発電効率を上げています。

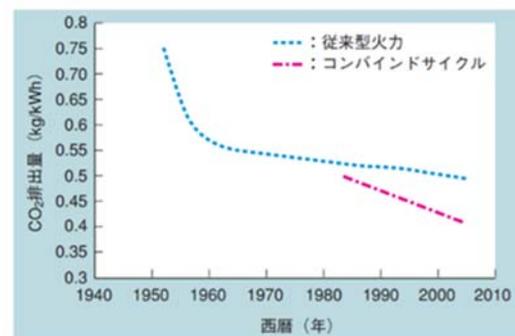


図3 CO₂ 排出量削減の推移
従来型火力/コンバインドサイクルとも全て天然ガス燃焼に換算した場合のCO₂ 排出量を示す。
三菱重工技報 VOL.45 NO.1: 2008

天然ガスの主成分はメタン（CH₄）です。

I-5-5 日本の工業化は明治維新を経て大きく進展していった。この明治維新から第二次世界大戦に至るまでの日本の産業技術の発展に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 江戸時代に成熟していた手工業的な産業が、明治維新によって開かれた新市場において、西洋技術を取り入れながら独自の発展を生み出していった。
- ② 西洋の先進国で標準化段階に達した技術一式が輸入され、低賃金の労働力によって価格競争力の高い製品が生産された。
- ③ 日本工学会に代表される技術系学協会は、欧米諸国とは異なり大学などの高学歴出身者たちによって組織された。
- ④ 工場での労働条件を改善しながら国際競争力を強化するために、テイラーの科学的管理法が注目され、その際に統計的品質管理の方法が導入された。
- ⑤ 工業化の進展にともない、技術官僚たちは行政における技術者の地位向上運動を展開した。

解答：④ ③も正解とする。設問が誤解を招く記述となっているため。

④ 誤り

統計的品質管理法が我が国に取り入れられたのは第二次世界大戦後です。

科学的管理法 (Wikipedia) より

テイラーの主張した科学的管理法の原理は、課業管理、作業の標準化、作業管理のために最適な組織形態の3つである。作業の標準化は時間研究と動作研究よりなる。

時間研究

生産工程における標準的作業時間を設定し、これに基づいて1日の課業を決定するための研究

動作研究

作業に使う工具や手順などの標準化のための研究 テイラーは、生産工程における作業を「要素動作」と呼ばれる細かい動作に分解し、その各動作にかかる時間をストップウォッチを用いて計測して標準的作業時間を算出する「時間研究」を考案した。優れた労働者を対象に時間研究を行って、課業管理を行った。

統計的品質管理の歴史 (日科技連)

1931年にアメリカのベル電話研究所のシューハート (W.A.Shewhart) は、統計学を基礎にした管理図を提唱しました。これが統計的品質管理の始まりといわれています。わが国では、1950年代初期まで、メイド・イン・ジャパンは安かろう・悪かろうという粗悪品の代名詞であり、製品の品質向上が多くの企業にとって課題でした。そこで日本科学技術連盟 (日科技連) は、1950年にアメリカよりデミング博士 (W.E.Deming) を招聘し、管理図や抜取検査などの統計的手法についてセミナーで講義いただきました。

I-5-6 次の (ア) ~ (オ) の科学史・技術史上の著名な業績を、古い順から並べたものとして、最も適切なものはどれか。

- (ア) マリー及びピエール・キュリーによるラジウム及びポロニウムの発見
 (イ) ジェンナーによる種痘法の開発
 (ウ) ブラッテン、バーディーン、ショックレーによるトランジスタの発明
 (エ) メンデレーエフによる元素の周期律の発表
 (オ) ド・フォレストによる三極真空管の発明
- ① イーエーアーオーウ ④ エーイーオーアウ
 ② イーエーオーウーア ⑤ エーオーイーアウ
 ③ イーオーエーアウ

解答：①

ページ367にほぼ同じ問題。

ジェンナーによる種痘法の開発（1798年）は初登場である。

新型コロナウイルス（COVID-19）の感染拡大が影響していると思われる。

キュリー夫妻、ショックレー等、メンデレーエフ、フォレストがわかっているならば正解できる。

参考までに、ページ364～365より まとめ

物理	1608年	ガリレイ	天体望遠鏡で天体観測
物理	1656年	ホイヘンス	振り子時計を発明
物理	1705年	ハレー	周期彗星の発見
物理	1712年	ニューコメン	大気圧機関の発明
電気	1752年	フランクリン	雷の電氣的性質の解明
物理	1771年	アークライト	水力紡績機を発明
物理	1776年	ワット	ワット式蒸気機関発明
生物	1798年	<u>ジェンナー</u>	種痘法の開発
電気	1800年	ボルタ	異種金属電池の発明
電気	1822年	バベッジ	コンピュータ原型を試作
生物	1859年	ダーウィン、ウォーレス	進化の自然選択説提唱
電気	1864年	マックスウェル	電磁場の方程式
生物	1865年	メンデル	遺伝の法則
化学	1869年	<u>メンデレーエフ</u>	元素の周期律の発表
電気	1876年	ベル	電話の発明
化学	1879年	イーストマン	写真用フィルム乾板を発明
電気	1880年	エジソン	発電機の発明
電気	1887年	ヘルツ	電磁波の存在を実験的に確認
原子	1895年	レントゲン	X線の発見
原子	1896年	ベクレル	ウランの放射線を発見
原子	1897年	ウィルソン	霧箱の発明
原子	1898年	<u>キュリー夫妻</u>	ラジウム及びポロニウムの発見
物理	1903年	ライト兄弟	人類初の動力飛行に成功
電子	1906年	<u>フォレスト</u>	三極真空管の発明

化学	1908年	ハーバー	アンモニア合成を確立
物理	1916年	アインシュタイン	一般相対性理論提唱
生物	1921年	フレミング	リゾチームの発見
生物	1928年	フレミング	ペニシリンの発見
化学	1935年	カローザス	ナイロンの発明
原子	1938年	ハーン	原子核分裂の発見
原子	1942年	フェルミ	原子核分裂の連鎖反応制御に成功
原子	1952年	福井謙一	フロンティア電子理論の提唱
電子	1956年	<u>ブラッテン</u>	トランジスタの発明

令和3年度技術士一次試験

令和3年度 基礎科目問題の概要

問題番号	問題の内容	「基礎科目問題を極める」 関連ページ	キーワードなど	問題の難易 (目安)
第1群 設計・計画				
1-1	ユニバーサルデザイン	28-32	基本的事項を問う	易
1-2	システムの信頼度計算	7-8	5つのシステムを比較	易
1-3	PDCAサイクル	64	P、D、C、Aは何の略か	易
1-4	平均故障間隔	18	MTBFの意味	易
1-5	座屈に関する理解	68-69	座屈に至る要素	普
1-6	製図法におけるルール		第三角法	難?
第2群 情報・論理				
2-1	情報セキュリティー	108	公開鍵、秘密鍵と認証局	易
2-2	論理式の計算	115	AND、OR、NOT	易
2-3	データ送信必要時間		バイトとビットの関係	易
2-4	うるう年の判定表	134-135	理解できたら簡単	易
2-5	逆ポーランド表記法	130-131	理解できたら簡単	易
2-6	計算量と漸近的記法	94-95	始めてみると!?	難?
第3群 解析				
3-1	ベクトルの回転値	198-201	繁出問題	易
3-2	積分値と同じ数式は	153	シンプソンの公式	普
3-3	有限要素法解析要素	149,176-178,187	3接点三角要素内ひずみ	普
3-4	熱膨張した棒の応力	156-159	ヤング率の基本問題	易
3-5	バネの得たエネルギー	171-174	高校物理の世界	易
3-6	四分円の重心を求める		積分の計算能力?	難
第4群 材料・化学・バイオ				
4-1	同位体の定義と性質	225-226	化合物中の炭素割合	易
4-2	酸化還元反応	245-246	基礎的問題	易
4-3	金属とひずみ、応力	262-263	温度変化とヤング率	易
4-4	鉄の精錬	267	クラーク数、高炉	普
4-5	アミノ酸の特徴	283,285,287-288	システイン、メチオニン	普
4-6	DNAの突然変異		コドン、フレームシフト	難?
第5群 環境・エネルギー・技術				
5-1	用語説明の正誤		フロンは温暖化ガス	難
5-2	環境保全対策技術	338-339	活性汚泥法	普
5-3	日本のエネルギー情勢	316-317	再生可能エネルギー	難?
5-4	一次エネルギー消費	294,311-312,319	国別に比較	普?
5-5	科学技術の年代史	364-366	機械→電気→化学→核	普
5-6	科学技術基本計画		重点項目の変遷	難

第1群 設計・計画に関するもの

I-1-1 次のうち、ユニバーサルデザインの特徴を備えた製品に関する記述として、最も不適切なものはどれか。

- ① 小売店の入り口のドアを、ショッピングカートやベビーカーを押していて手がふさがっている人でも通りやすいよう、自動ドアにした。
- ② 録音再生機器（オーディオプレーヤーなど）に、利用者がゆっくり聴きたい場合や速度を速めて聴きたい場合に対応できるように、再生速度が変えられる機能を付けた。
- ③ 駅構内の施設を案内する表示に、視覚的な複雑さを軽減し素早く効果的に情報が伝えられるよう、ピクトグラム（図記号）を付けた。
- ④ 冷蔵庫の扉の取っ手を、子どもがいたずらしないよう、扉の上の方に付けた。
- ⑤ 電子機器の取扱説明書を、個々の利用者の能力や好みに合うよう、大きな文字で印刷したり、点字や音声・映像で提供したりした。

解答：④

ページ29参照。

ユニバーサルデザインは、ロナルド・メイスにより提唱されました。特別な改造や特殊な設計をせずに、すべての人が利用可能な限り、最大限まで利用できるように配慮された製品や環境設計をいいます。

①～③、⑤はこの定義にかなっていますが、④は目的としているところが異なります。

I-1-2 下図に示した、互いに独立な3個の要素が接続されたシステムA～Eを考える。

3個の要素の信頼度はそれぞれ0.9, 0.8, 0.7である。各システムを信頼度が高い順に並べたものとして、最も適切なものはどれか。

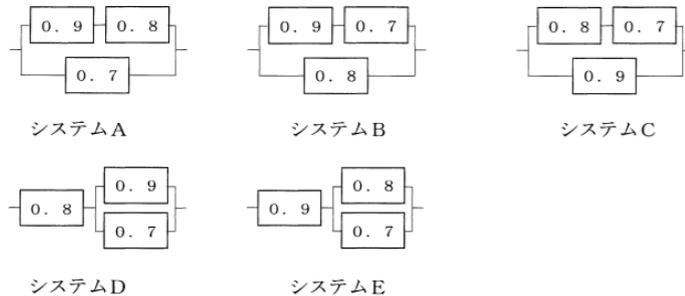


図 システム構成図と各要素の信頼度

- ① C > B > E > A > D ④ E > D > A > B > C
- ② C > B > A > E > D ⑤ E > D > C > B > A
- ③ C > E > B > D > A

解答：②

ページ7～8を参照。

システムA～Eの信頼度は次のように計算されます。

$$\text{システム A} \quad 1 - (1 - 0.9 \times 0.8) \times (1 - 0.7) = 0.916$$

$$\text{システム B} \quad 1 - (1 - 0.9 \times 0.7) \times (1 - 0.8) = 0.926$$

$$\text{システム C} \quad 1 - (1 - 0.8 \times 0.7) \times (1 - 0.9) = 0.956$$

$$\text{システム D} \quad 0.8 \times (1 - (1 - 0.9) \times (1 - 0.7)) = 0.776$$

$$\text{システム E} \quad 0.9 \times (1 - (1 - 0.8) \times (1 - 0.7)) = 0.846$$

従って答えは②となります。

なお、直観的に答えに至る道を探りましたが、まだその発見には当たっていません。

たとえば、システムA～Cについて、それぞれの信頼度を α 、 β 、 γ とすると、総合した信頼度は

$$1 - (1 - \alpha\beta)(1 - \gamma) = \alpha\beta + \gamma - \alpha\beta\gamma$$

となり、 $\alpha\beta + \gamma$ をシステムA～Cで比較すればよいこととなります。計算は簡単にはなるのですが、求まるのはC>B>Aです。

同じくシステムD、Eについても

$$\alpha(1 - (1 - \beta)(1 - \gamma)) = \alpha(\beta - \gamma) - \alpha\beta\gamma$$

となり、第一項の $\alpha(\beta - \gamma)$ を計算するとE>Dであることがわかります。

しかしながらこの情報からは選択肢④を消すことができるだけです。やはり地道な計算が必要なようです。

I-1-3 設計や計画のプロジェクトを管理する方法として知られる、PDCAサイクルに関する次の(ア)～(エ)の記述について、それぞれの正誤の組合せとして、最も適切なものはどれか。

(ア) Pは、Planの頭文字を取ったもので、プロジェクトの目標とそれを達成するためのプロセスを計画することである。

(イ) Dは、Doの頭文字を取ったもので、プロジェクトを実施することである。

(ウ) Cは、Changeの頭文字を取ったもので、プロジェクトで変更される事項を列挙することである。

(エ) Aは、Adjustの頭文字を取ったもので、プロジェクトを調整することである。

	ア	イ	ウ	エ		ア	イ	ウ	エ
①	正	誤	正	正	④	誤	正	誤	正
②	正	正	誤	誤	⑤	誤	誤	正	正
③	正	正	正	誤					

解答：②

ページ64を参照。H27-1-1-6で出題されました。ボーナス問題です。
PDCAサイクルはPlan-Do-Check-Actサイクルです。

I-1-4 ある装置において、平均故障間隔(MTBF: Mean Time Between Failures)がA時間、平均修復時間(MTTR: Mean Time To Repair)がB時間のとき、この装置の定常アベイラビリティ(稼働率)の式として、最も適切なものはどれか。

- ① $A / (A - B)$ ④ $B / (A + B)$
② $B / (A - B)$ ⑤ A / B
③ $A / (A + B)$

解答：③

ページ18参照。ボーナス問題です。

平均故障間隔という語がまぎらわしいですが、MTBFでは装置が正常に稼働しているということことです。

I-1-5 構造設計に関する次の(ア)～(エ)の記述について、それぞれの正誤の組合せとして、最も適切なものはどれか。ただし、応力とは単位面積当たりの力を示す。

- (ア) 両端がヒンジで圧縮力を受ける細長い棒部材について、オイラー座屈に対する安全性を向上させるためには部材長を長くすることが有効である。
(イ) 引張強度の異なる、2つの細長い棒部材を考える。幾何学的形状と縦弾性係数、境界条件が同一とすると、2つの棒部材の、オイラーの座屈荷重は等しい。
(ウ) 許容応力とは、応力で表した基準強度に安全率を掛けたものである。
(エ) 構造物は、設定された限界状態に対して設計される。考慮すべき限界状態は1つの構造物につき必ず1つである。

- | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ア | イ | ウ | エ | | ア | イ | ウ | エ |
| ① | 正 | 誤 | 正 | 正 | ④ | 誤 | 正 | 正 | 誤 |
| ② | 正 | 正 | 誤 | 正 | ⑤ | 誤 | 正 | 誤 | 誤 |
| ③ | 誤 | 誤 | 誤 | 正 | | | | | |

解答：⑤

ページ68～69を参照のこと。

オイラー座屈とは、細長い部材(柱)が圧縮力により横に飛び出し、急激な耐力低下を起こす現象です。プラスチック製のものさしを両端から押すと、急に「ぐにゃ」となると思います。あの現象が「座屈」です。

(ア) 部材長が長くなると座屈が起こりやすくなります。長さの違うプラスチック製定規を

イメージすればよいでしょう。オイラー座屈に対する安全性を向上させるためには部材長を短くすることが有効である。

(イ) オイラーの公式には引張強度は含まれていないので、この記述は正しい。

柱端の条件 (座屈形)	固定  固定	<p>オイラーの式 材料の比例限度σ_p以内で生ずる座屈に対する理論公式である。</p> $P_k = \pi^2 \left(\frac{EI}{L^2} \right) \quad \sigma_k = n\pi^2 \left(\frac{E}{\lambda^2} \right) = \pi^2 \left(\frac{E}{(L/k)^2} \right)$ <p>l: 柱の長さ、EI: 曲げ剛性 (縦弾性係数×断面二次モーメント), $k = \sqrt{I/A}$: 断面二次半径, n: 柱端の条件による定数で、代表的な場合の値を左表に示す, A: 柱の断面積, $\lambda = l/k$: 細長比, $L = l/\sqrt{n}$: 座屈長さ</p>
n	4	

HEISHIN のホームページより

(ウ) 許容応力とは、機械や構造物を安全に使用するのに許しうる限界の応力。許容応力は、応力で表した基準強度を安全率で割って求められる。

(エ) 考慮すべき限界状態は1つの構造物につき複数存在する (1つとは限らない)。

表 2-1 限界状態

①終局限界状態 (安全性)	想定される作用により生ずることが予測される破壊や大変形等に対して、構造物の安定性が損なわれず、その内外の人命に対する安全性等を確保しうる限界の状態	
	状 特 定 作 用 限 界	疲労限界状態 (変動作用が繰り返し作用することに伴う疲労損傷で発生)
		耐久限界状態 (環境作用の影響に伴う損傷で発生)
		耐火限界状態 (火災に伴う損傷で発生)
②使用限界状態 (使用性)	想定される作用により生ずることが予測される応答に対して、構造物の設置目的を達成するための機能が確保される限界の状態	
	状 特 定 作 用 限 界	疲労限界状態 (変動作用が繰り返し作用することに伴う疲労損傷で発生)
		耐久限界状態 (環境作用の影響に伴う損傷で発生)
		耐火限界状態 (火災に伴う損傷で発生)
③修復限界状態 (修復性)	想定される作用により生ずることが予測される損傷に対して、適用可能な技術でかつ妥当な経費および期間の範囲で修復を行えば、構造物の継続使用を可能とすることができる限界の状態	

「土木・建築にかかる設計の基本」 国土交通省

<https://www.mlit.go.jp/kisha/kisha02/13/131021/131021.pdf>

I-1-6 製図法に関する次の(ア)～(オ)の記述について、それぞれの正誤の組合せとして、最も適切なものはどれか。

- (ア) 対象物の投影法には、第一角法、第二角法、第三角法、第四角法、第五角法がある。
- (イ) 第三角法の場合は、平面図は正面図の上に、右側面図は正面図の右にというように、見る側と同じ側に描かれる。
- (ウ) 第一角法の場合は、平面図は正面図の上に、左側面図は正面図の右にというように、見る側とは反対の側に描かれる。
- (エ) 図面の描き方が、各会社や工場ごとに相違しては、いろいろ混乱が生じるため、日本では製図方式について国家規格を制定し、改訂を加えてきた。
- (オ) ISOは、イタリアの規格である。

- | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ア | イ | ウ | エ | オ | | ア | イ | ウ | エ | オ |
| ① | 誤 | 正 | 正 | 正 | 誤 | ④ | 誤 | 誤 | 正 | 誤 | 正 |
| ② | 正 | 誤 | 正 | 誤 | 正 | ⑤ | 正 | 誤 | 誤 | 正 | 誤 |
| ③ | 誤 | 正 | 誤 | 正 | 誤 | | | | | | |

解答：③

令和2年度 1-1-5 を参照のこと。

解答：⑤

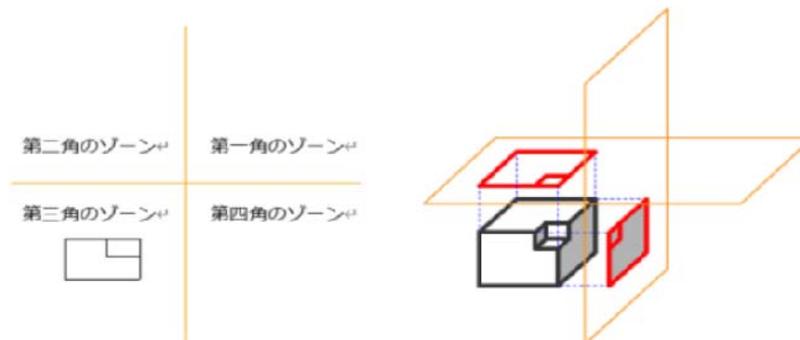
まずは第三角法の予備知識から。

図面の投影法（第三角法） 機械設計エンジニアの基礎知識 より

第三角法とは

3次元の対象物は1つの投影面だけで表現することはできません。
 対象物は3次元なので最低でも2つ以上の投影面に投影させなければ形状を把握できません。
 図のように2つの投影面を直交させて4つのゾーンを作ります。

第1角のゾーンに対象物をおいて、直交する平面に投影して図面を書く方法を、「**第一角法**」
 といい、**第3角のゾーン**に対象物をおいて図面を書く方法を「**第三角法**」と呼びます。



日本やアメリカでは第一角法よりも分かりやすい第三角法を使います。日本の JIS の製図法においても第三角法を用いることと規定しています。

- (ア) 第五角法は存在し得ない。上図を参照
- (ウ) 図の配置が、上下左右が三角法の逆になります。
- (オ) ISO とは、スイスのジュネーブに本部を置く非政府機関 International Organization for Standardization (国際標準化機構) の略称です。

第2群 情報・論理に関するもの

I-2-1 情報セキュリティと暗号技術に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 公開鍵暗号方式では、暗号化に公開鍵を使用し、復号に秘密鍵を使用する。
- ② 公開鍵基盤の仕組みでは、ユーザとその秘密鍵の結びつきを証明するため、第三者機関である認証局がそれらデータに対するデジタル署名を発行する。
- ③ スマートフォンがウイルスに感染したという報告はないため、スマートフォンにおけるウイルス対策は考えなくてもよい。
- ④ デジタル署名方式では、デジタル署名の生成には公開鍵を使用し、その検証には秘密鍵を使用する。
- ⑤ 現在、無線LANの利用においては、WEP (Wired Equivalent Privacy) 方式を利用することが推奨されている。

解答：①

ページ108参照。H27-1-2-5に同じ。

- ① 公開鍵暗号方式では、公開鍵とペアの秘密鍵も必要です。
- ② 公開鍵基盤は、公開鍵とその持ち主の対応関係を認証局という第三者機関を用いて保証するための技術である。認証局は自身の公開鍵を公開しており、この公開鍵とそれに対応する秘密鍵を用いることで、通信の安全をはかる。
- ③ スマートフォンもウイルスに感染します。
- ④ 公開鍵と秘密鍵が逆になっています。
デジタル署名を利用するには、まずは認証機関に登録して、公開鍵と秘密鍵を生成する必要があります。公開鍵は、電子証明書と共に相手方（受信者）と共有しておくもので、相手方が暗号化されたデータを復号する際に使用されます。秘密鍵は、送信者のみが保管しておくもので、送信しようとする電子データを暗号化する際に必要です。
- ⑤ 無線LANの利用において、WEP (Wired Equivalent Privacy) 方式は暗号化手法としては脆弱です。

I-2-2 次の論理式と等価な論理式はどれか。

$$\overline{A \cdot B} + A \cdot B$$

ただし、論理式中の+は論理和、 \cdot は論理積を表し、論理変数 X に対して \bar{X} は X の否定を表す。2変数の論理和の否定は各変数の否定の論理積に等しく、2変数の論理積の否定は各変数の否定の論理和に等しい。また、論理変数 X の否定の否定は論理変数 X に等しい。

- ① $(A+B) \cdot \overline{(A+B)}$ ④ $(A \cdot B) \cdot \overline{(A \cdot B)}$
 ② $(A+B) \cdot (\bar{A} + \bar{B})$ ⑤ $(A+B) + (\bar{A} + \bar{B})$
 ③ $(A \cdot B) \cdot (\bar{A} \cdot \bar{B})$

解答：②

ページ115参照。ボーナス問題です。

$$\overline{A \cdot B} + A \cdot B = \overline{A \cdot B} \cdot \overline{A \cdot B} + A \cdot B = (\bar{A} + \bar{B}) \cdot (A + B) = (A + B) \cdot (\bar{A} + \bar{B})$$

I-2-3 通信回線を用いてデータを伝送する際に必要となる時間を伝送時間と呼び、伝送時間を求めるには、次の計算式を用いる。

$$\text{伝送時間} = \frac{\text{データ量}}{\text{回線速度} \times \text{回線利用率}}$$

ここで、回線速度は通信回線が1秒間に送ることができるデータ量で、回線利用率は回線容量のうち実際のデータが伝送できる割合を表す。

データ量5Gバイトのデータを2分の1に圧縮し、回線速度が200Mbps、回線利用率が70%である通信回線を用いて伝送する場合の伝送時間に最も近い値はどれか。ただし、1Gバイト=10⁹バイトとし、bpsは回線速度の単位で、1Mbpsは1秒間に伝送できるデータ量が10⁶ビットであることを表す。

- ① 286秒 ② 143秒 ③ 100秒 ④ 18秒 ⑤ 13秒

解答：②

1バイトが8ビットであることさえ知っていれば、ボーナス問題です。

$$(5 \text{ Gバイト} \times 0.5 \times 8 \text{ ビット/バイト}) / (200 \text{ Mビット/秒} \times 0.7) = 143 \text{ 秒}$$

I-2-4 西暦年号は次の(ア)若しくは(イ)のいずれかの条件を満たすときにうるう年として判定し、いずれにも当てはまらない場合はうるう年でないと判定する。

(ア) 西暦年号が4で割り切れるが100で割り切れない。

(イ) 西暦年号が400で割り切れる。

うるう年か否かの判定を表現している決定表として、最も適切なものはどれか。

なお、決定表の条件部での“Y”は条件が真，“N”は条件が偽であることを表し，“—”は条件の真偽に関係ない又は論理的に起こりえないことを表す。動作部での“X”は条件が全て満たされたときその行で指定した動作の実行を表し，“—”は動作を実行しないことを表す。

① 条件部	西暦年号が4で割り切れる	N	Y	Y	Y
	西暦年号が100で割り切れる	—	N	Y	Y
	西暦年号が400で割り切れる	—	—	N	Y
動作部	うるう年と判定する	—	X	X	X
	うるう年でないと判定する	X	—	—	—

② 条件部	西暦年号が4で割り切れる	N	Y	Y	Y
	西暦年号が100で割り切れる	—	N	Y	Y
	西暦年号が400で割り切れる	—	—	N	Y
動作部	うるう年と判定する	—	X	—	X
	うるう年でないと判定する	X	—	X	—

③ 条件部	西暦年号が4で割り切れる	N	Y	Y	Y
	西暦年号が100で割り切れる	—	N	Y	Y
	西暦年号が400で割り切れる	—	—	N	Y
動作部	うるう年と判定する	—	—	X	X
	うるう年でないと判定する	X	X	—	—

④ 条件部	西暦年号が4で割り切れる	N	Y	Y	Y
	西暦年号が100で割り切れる	—	N	Y	Y
	西暦年号が400で割り切れる	—	—	N	Y
動作部	うるう年と判定する	—	X	—	—
	うるう年でないと判定する	X	—	X	X

⑤ 条件部	西暦年号が4で割り切れる	N	Y	Y	Y
	西暦年号が100で割り切れる	—	N	Y	Y
	西暦年号が400で割り切れる	—	—	N	Y
動作部	うるう年と判定する	—	—	—	X
	うるう年でないと判定する	X	X	X	—

解答：②

ページ134～135参照。H29-1-2-4と同じ問題です。

	a	b	c	d
② 条件部				
西暦年号が4で割り切れる	N	Y	Y	Y
西暦年号が100で割り切れる	—	N	Y	Y
西暦年号が400で割り切れる	—	—	N	Y
動作部				
うるう年と判定する	—	X	—	X
うるう年でないと判定する	X	—	X	—

- a列 (ア) より4で割り切れなければうるう年ではない。
- b列 (ア) より4で割り切れるが100で割り切れればうるう年と判定する。
- c列 (ア) と (イ) のいずれにも当てはまらない場合。4でも100でも割り切れるが、400で割り切れなければうるう年でないと判定する。
- d列 (イ) より400で割り切れるとうるう年と判定する。

I-2-5 演算式において、+、-、×、÷などの演算子を、演算の対象であるAやBなどの演算数の間に書く「A+B」のような記法を中置記法と呼ぶ。また、「AB+」のように演算数の後に演算子を書く記法を逆ポーランド表記法と呼ぶ。中置記法で書かれる式「(A+B) × (C-D)」を下図のような構文木で表し、これを深さ優先順で、「左部分木、右部分木、節」の順に走査すると得られる「AB+CD-×」は、この式の逆ポーランド表記法となっている。

中置記法で「(A+B ÷ C) × (D-F)」と書かれた式を逆ポーランド表記法で表したとき、最も適切なものはどれか。

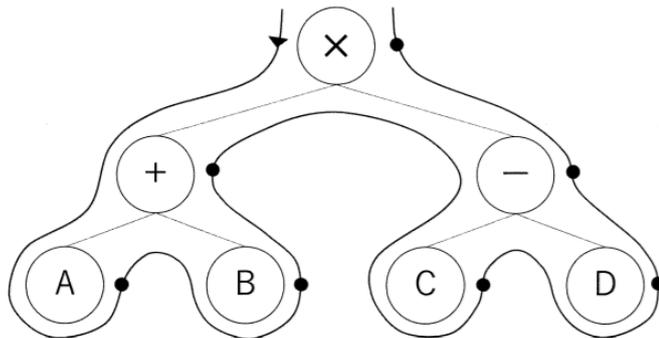


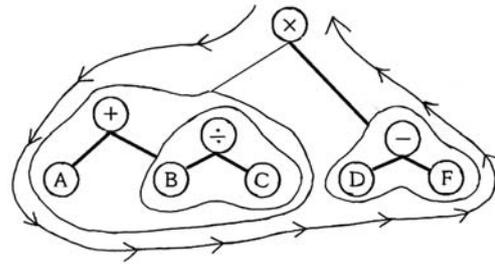
図 (A+B) × (C-D) を表す構文木。矢印の方向に走査し、ノードを上位に向かって走査するとき(●で示す)に記号を書き出す。

- ① ABC ÷ + DF - ×
- ② AB + C ÷ DF - ×
- ③ ABC ÷ + D × F -
- ④ × + A ÷ BC - DF
- ⑤ AB + C ÷ D × F -

解答：①

ページ130～131参照。H30-1-2-5に同じ。

スタックに入れたABCを逆順に取り出したCB
 の割り算を先にしますから $BC \div (B \div C)$
 次に足し算を $ABC \div + (\alpha = A + B \div C)$
 スタックには α と DF、



逆順に2つ取り出したFDの引き算は $DF - (\beta = D - F)$
 スタックには α の上に β 、これを逆順に取り出した $\beta \alpha$ を最後にかけ合わせます。

$$\alpha \times \beta = (A + B \div C) \times (D - F)$$

よって答えは①の $ABC \div + DF - \times$

I-2-6 アルゴリズムの計算量は漸近的記法（オーダー表記）により表される場合が多い。

漸近的記法に関する次の(ア)～(エ)の正誤の組合せとして、最も適切なものはどれか。
 ただし、正の整数全体からなる集合を定義域とし、非負実数全体からなる集合を値域とする関数 f, g に対して、 $f(n) = O(g(n))$ とは、すべての整数 $n \geq n_0$ に対して $f(n) \leq c \cdot g(n)$ であるような正の整数 c と n_0 が存在するときをいう。

(ア) $5n^3 + 1 = O(n^3)$	ア	イ	ウ	エ
(イ) $n \log_2 n = O(n^2)$	① 正	誤	誤	誤
(ウ) $n^3 3^n = O(4^n)$	② 正	正	誤	正
(エ) $2^{2^n} = O(10^{100n})$	③ 正	正	正	誤
	④ 正	誤	正	誤
	⑤ 誤	誤	誤	正

解答：③

予備知識として、 n が増えるに従い数値の大きくなりやすさ、すなわち発散速度は

$$\log n < n < n \log n < n^2 < n^3 < 2^n$$

(ア) $(5n^3 + 1) / n^3 = 5 + 1/n^3 < 6$ 定数 c が存在する。

(イ) $n \log_2 n / n^{1.5} = (2 / \log 2) \times \log n^{0.5} / n^{0.5}$

$n^{0.5}$ を α と置けば、

$$= (2 / \log 2) \times \log \alpha / \alpha$$

上で示した予備知識より、 $\log \alpha / \alpha$ の値は n の増加と共にどこかで小さくなっていく。確認してみると、 $n = 1$ のとき式の値は 0 、 $n = 4$ のとき 1 、 $n = 16$ のとき 1 、 $n = 64$ のとき $6/8$ 、 $n = 256$ のとき $8/16$ となり、 c の値は 1 に近い定数であることがわかる。

(ウ) $n^3 3^n / 4^n = n^3 (3/4)^n$

上で示した予備知識を参考にすると、 n^3 の値が大きくなる速度よりも、 $(3/4)^n$

の値が小さくなる速度の方が速く、その結果、この計算式の値はどこかで小さくなり続ける。

具体的には、下で Excel 計算を行った結果より、 $n = 10$ で c の値は 57 である。

(エ) \wedge をべき乗の記号として用いると、計算式は

$$2^{(2^n)} / 10^{(n^{100})}$$

$n = 1$ のとき、この式の値は 0.4。

$n = 2$ のときは 16 / 天文学的数値 = 限りなくゼロ

$n = 3$ 以降はさらに小さくなり続けるものと考えられる。

しかし、 n が大きくなって、仮に計算式の値が増加に転じたとすると、その後は n の増加に伴ってこの計算式の値は爆発的に大きくなっていくであろうから、求める定数 c は無限に向けて発散し、定数としての c は存在しないことになる。

このことを正しく認識するために、次の操作を実施していく。

$$2^{(2^n)} / 10^{(n^{100})}$$

↓ 分母分子共に対数をとる

$$(2^n \log 2) / (n^{100} \log 10) \doteq 2^n / n^{100}$$

↓ 分母分子共に対数をとる

$$(n \log 2) / (100 \log n) \doteq n / \log n$$

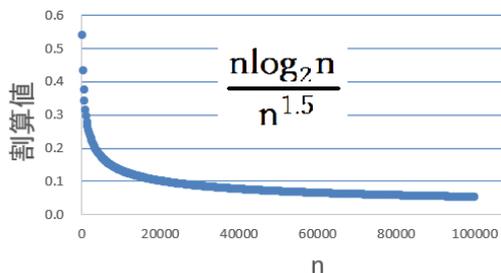
n が非常に大きくなると、 c の値が際限なく増加していくことを示している。

以上の結果をまとめると、(ア) ~ (ウ) では定数となる c の値が存在したことより「正」、(エ) は n がある値を超えると求める定数 c が増加を続け、その上限が存在しない (定数として確定しない) ので「誤」。従って答えは③である。

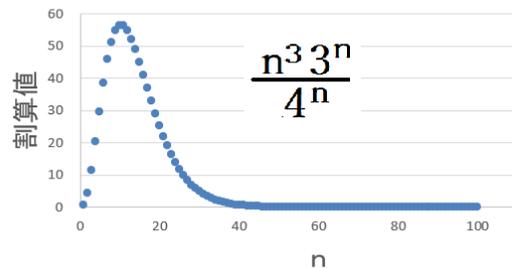
なお、確認のために (ア) ~ (エ) において c 値がどの程度になるかを、Excel で計算してみた。その結果、(ア) ~ (ウ) では c 値はある有限の値以下であることが確認できた。

(ア) は $n = 1$ 以上で c 値は 6、(イ) は $n = 1$ 以上で c 値は 2、(ウ) は $n = 10$ 以上で c 値は 57 です。

(イ) n と割算値



(ウ) n と割算値



ページ 92 ~ 93 の実行時間のオーダーも参照ください。 $\log n < n$ が示されています。

$$\int_a^b f(x) dx \approx \frac{b-a}{6} \left[f(a) + 4f\left(\frac{a+b}{2}\right) + f(b) \right]$$

$f(x)$ と $a = -1$ 、 $b = 1$ を代入すると
 $= 2/3 \times (b + 3d)$

一方、

$f(-\alpha) + f(\alpha) = 2b\alpha^2 + 2d$
 $\alpha = \sqrt{1/3}$ のとき、この式は
 $= 2/3 \times (b + 3d)$
 となるので、答は②である。

I-3-3 線形弾性体の2次元有限要素解析に利用される(ア)～(ウ)の要素のうち、要素内でひずみが一定であるものはどれか。

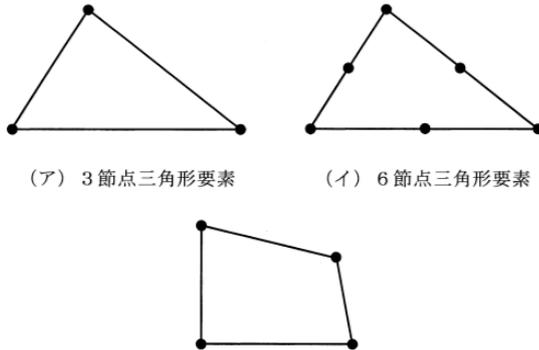


図 2次元解析に利用される有限要素

- ① (ア) ② (イ) ③ (ウ) ④ (ア)と(イ) ⑤ (ア)と(ウ)

解答：①

ページ149参照。176～178、187も参照のこと。

三角形要素の一次要素は座標の一次関数で表します。ひずみと応力は変位の一次微分で与えられますから、微分によりこれらは定数として与えられ、要素内では一定となります。二次要素であれば、変位は座標の二次関数で表わします。

I-3-4 下図に示すように断面積 0.1m^2 、長さ 2.0m の線形弾性体の棒の両端が固定壁に固定されている。この線形弾性体の縦弾性係数を $2.0 \times 10^3\text{MPa}$ 、線膨張率を $1.0 \times 10^{-4}\text{K}^{-1}$ とする。最初に棒の温度は一律に 10°C で棒の応力はゼロであった。その後、棒の温度が一律に 30°C となったときに棒に生じる応力として、最も適切なものはどれか。

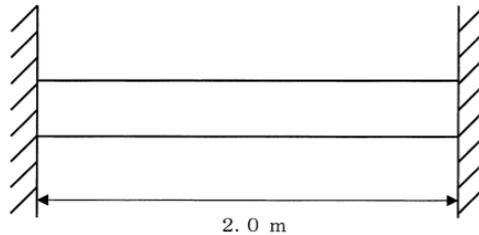


図 両端を固定された線形弾性体の棒

- ① 2.0MPa の引張応力 ④ 8.0MPa の引張応力
 ② 4.0MPa の引張応力 ⑤ 8.0MPa の圧縮応力
 ③ 4.0MPa の圧縮応力

解答：③

ページ156～159参照。ボーナス問題
 本問題はページ158のH16-1-3-2に同じ。

棒が伸びたのであるから圧縮応力が生じる。

生じる応力は

$$F/S = E \cdot \Delta L / L = 2.0 \times 10^3 \text{MPa} \times 2.0 \times 10^{-4} \times (30 - 10) / 2.0 \\ = 4.0 \text{MPa}$$

なお、縦弾性係数は通常ヤング率と呼ばれている。

I-3-5 上端が固定されてつり下げられたばね定数 k のばねがある。このばねの下端に質量 m の質点がつり下げられ、平衡位置（つり下げられた質点が静止しているときの位置、すなわち、つり合い位置）を中心に振幅 a で調和振動（単振動）している。質点が最も下の位置にきたとき、ばねに蓄えられているエネルギーとして、最も適切なものはどれか。ただし、重力加速度を g とする。

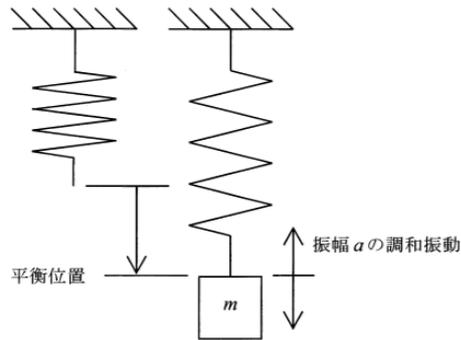
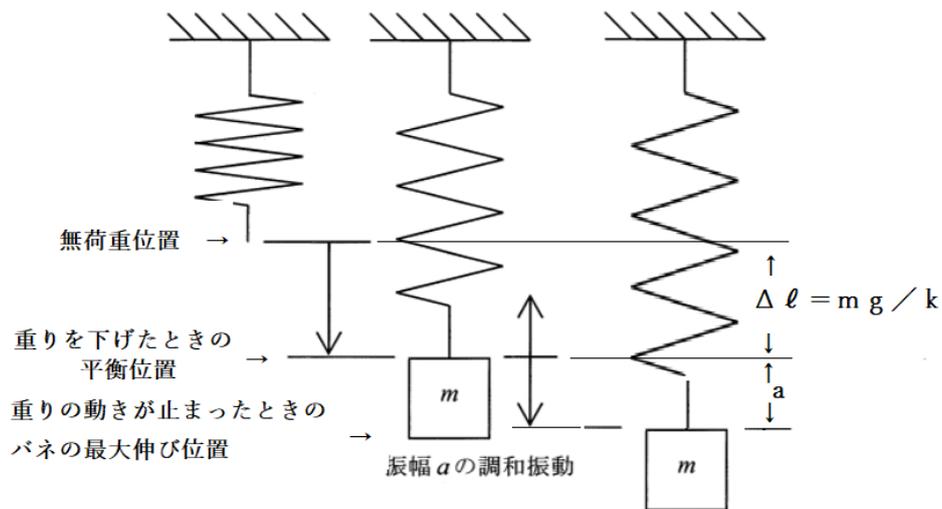


図 上端が固定されたばねがつり下げられている状態と
そのばねに質量 m の質点がつり下げられた状態

- ① 0 ② $\frac{1}{2}ka^2$ ③ $\frac{1}{2}ka^2 - mga$ ④ $\frac{1}{2}k\left(\frac{mg}{k} + a\right)^2$ ⑤ $\frac{1}{2}ka^2 + mga$

解答：④

ページ171～174参照。



荷重によるバネの伸びを $\Delta \ell$ とすると、 $k \Delta \ell = mg$ より、 $\Delta \ell = mg/k$ 。

この伸び $\Delta \ell$ に振幅による伸び a を加えるとバネは初期の状態よりも

$\Delta L = (mg/k + a)$ 伸びた。バネの持っているエネルギー E は

$E = 1/2 \times k \Delta L^2$ で与えられるので、答は④となる。

I-3-6 下図に示すように、厚さが一定で半径 a 、面密度 ρ の一様な四分円の板がある。
 重心の座標として、最も適切なものはどれか。

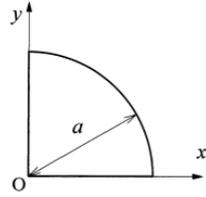


図 四分円の板

- ① $(\frac{\sqrt{3}a}{4}, \frac{\sqrt{3}a}{4})$ ② $(\frac{a}{2}, \frac{a}{2})$ ③ $(\frac{a}{\sqrt{2}}, \frac{a}{\sqrt{2}})$ ④ $(\frac{3a}{4\pi}, \frac{3a}{4\pi})$ ⑤ $(\frac{4a}{3\pi}, \frac{4a}{3\pi})$

解答：⑤

まずは手始めに、三角形の重心を求めてみます。

右の図は底辺と高さを共に 1 とする二等辺三角形で、重心を通る高さ h の線を引いています。色で塗った長方形は底辺長さが dx 、高さが $1-x$ の長方形です。

高さ h の線分を軸とするモーメントは次式で求められます。

$$\int_0^1 \int_0^{1-x} (y-h) dy dx = \frac{1}{6} - \frac{h}{2}$$

重心位置ではモーメントがゼロになりますから、得られた答をゼロと置くと、 $h = 1/3$ となります。すなわち、三角形の重心は下辺から三分の一の高さにあることがわかります。

この方法をいま目的としている円に適用します。方法は先ほどと全く同じです。

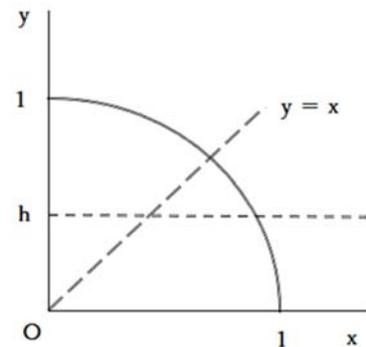
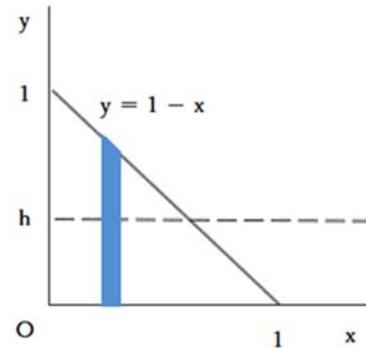
$$\int_0^1 \int_0^{\sqrt{1-x^2}} (y-h) dy dx = \frac{1}{3} - \frac{\pi h}{4}$$

同じく、得られた答をゼロと置くと、 $h = 4 / (3\pi)$ が求まります。

計算過程は省略しましたが、この計算では途中に

$$\int_0^1 \sqrt{1-x^2} dx$$

が出てきます。これは四分の一円の面積ですから、 $\pi/4$ です。



なお、参考までですが、自宅においては複雑な積分計算に自ら取り組まなくても、Maple Calculator という無償のソフトを用いれば、上式の答えが一発で得られます。紙に書いた手書きの数式を携帯のカメラで撮影するだけです。

右の図は、どうしても解法が見つからない場合の苦し紛れの一手を説明するためのものです。

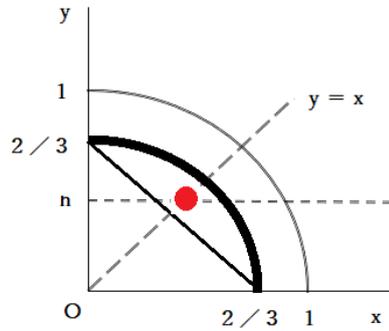
原点 O から扇状に広がる幅の狭い二等辺三角形を考えた場合、その重心の位置は右図の太い曲線上にあります。この太い曲線の重心が求める重心となります。

重心が存在する位置 (x 軸値、 y 軸値) は、図より $0.333 ((2/3)/2)$ から $0.471 (2/3/\sqrt{2})$ の範囲となります。この2点の中点は 0.402 です。

図の形より、この値よりは若干大きいことが期待されます。

解答欄①～⑤の数値を計算すると、① 0.433 、② 0.500 、③ 0.707 、④ 0.239 、⑤ 0.424 となり、②～④は解答候補から外れます。①であるか⑤であるかはわかりませんので、2択の世界となります。

円の重心を求めるのであるから、その値に当然「 π 」が含まれているのでは、との直感? が働けば正解に至ります。



第4群 材料・化学・バイオに関するもの

I-4-1 同位体に関する次の(ア)～(オ)の記述について、それぞれの正誤の組合せとして、最も適切なものはどれか。

- (ア) 質量数が異なるので、化学的性質も異なる。
 (イ) 陽子の数は等しいが、電子の数は異なる。
 (ウ) 原子核中に含まれる中性子の数が異なる。
 (エ) 放射線を出す同位体の中には、放射線を出して別の元素に変化するものがある。
 (オ) 放射線を出す同位体は、年代測定などに利用されている。

	ア	イ	ウ	エ	オ		ア	イ	ウ	エ	オ
①	正	正	誤	誤	誤	④	誤	正	誤	正	正
②	正	正	正	正	誤	⑤	誤	誤	正	誤	誤
③	誤	誤	正	正	正						

解答：③

ページ225～226を参照。ボーナス問題

(ア) 例えばウラン濃縮においては、ウラン235とウラン238の化学的性質は同じであるので、そのわずかな質量差を利用して物理的に濃縮される。

(イ) 同位体の陽子の数と電子の数は同じである。原子核中に含まれる中性子の数のみが異なる。

(エ) 例えば福島で問題になっているセシウム137は半減期が30年で、ベータ線とガンマ線を放出して安定なバリウム137へと変化します。

(オ) 例えば放射性元素である炭素14(半減期5730年)が年代測定に用いられていません。

I-4-2 次の化学反応のうち、酸化還元反応でないものはどれか。

- ① $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2$
 ② $\text{NaClO} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$
 ③ $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$
 ④ $2\text{NaCl} + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2$
 ⑤ $\text{NH}_3 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

解答：④

ページ245～246参照。ボーナス問題です。

酸化還元反応では、原子が持っている電子の数変化します。①では左辺のNaの電荷はゼロですが、反応が進んでNaOHになるとNaは+1に、OHは-1となり、Naが酸化されたことがわかります。0→+1と電荷が増えることを酸化といい、この数字のことを酸化数といいます。

④のNaで同じ確認をすると、反応前が+1、反応後が+1と酸化数の値は変わっていません。Caについても同じです。この反応は中和反応です。

I-4-3 金属の変形に関する次の記述について、に入る語句及び数値の組合せとして、最も適切なものはどれか。

金属が比較的小さい引張応力を受ける場合、応力(σ)とひずみ(ϵ)は次の式で表される比例関係にある。

$$\sigma = E \epsilon$$

これはの法則として知られており、比例定数Eをという。常温でのは、マグネシウムではGPa、タングステンではGPaである。温度が高くなるとは、なる。

※応力とは単位面積当たりの力を示す。

	ア	イ	ウ	エ	オ
①	フック	ヤング率	45	407	大きく
②	フック	ヤング率	45	407	小さく
③	フック	ポアソン比	407	45	小さく
④	ブラッグ	ポアソン比	407	45	大きく
⑤	ブラッグ	ヤング率	407	45	小さく

解答：②

p262～263参照。ボーナス問題です。
H26-1-4-3に同じ問題が出題されています。

ブラッグの法則は、X線の波長、結晶面の間隔、および結晶面とX線が成す角度の間の関係に関するものです。

柔らかい金属はヤング率が小さい。金属も温度が高くなると柔らかくなります。

鋼種	ヤング率(1000N/mm ²)			
	-195℃	25℃	250℃	500℃
炭素鋼 C≤0.3%	216	203	189	150
炭素鋼 C>0.3%	215	202	187	149

I-4-4 鉄の製錬に関する次の記述の、に入る語句及び数値の組合せとして、最も適切なものはどれか。

地殻中に存在する元素を存在比 (wt%) の大きい順に並べると、鉄は、酸素、ケイ素、アについて4番目となる。鉄の製錬は、鉄鉱石 (Fe₂O₃)、石灰石、コークスを主要な原料としてイで行われる。

イにおいて、鉄鉱石をコークスでウすることにより銑鉄 (Fe) を得ることができる。この方法で銑鉄を1000kg製造するのに必要な鉄鉱石は、最低エkgである。ただし、酸素及び鉄の原子量は16及び56とし、鉄鉱石及び銑鉄中に不純物を含まないものとして計算すること。

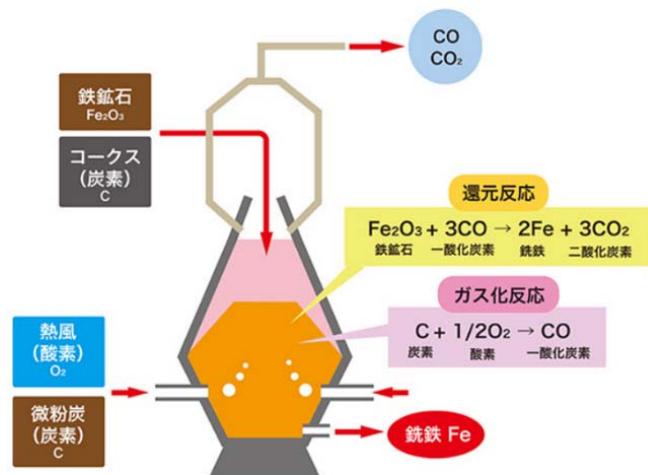
- | | ア | イ | ウ | エ |
|---|--------|----|----|------|
| ① | アルミニウム | 高炉 | 還元 | 1429 |
| ② | アルミニウム | 電炉 | 還元 | 2857 |
| ③ | アルミニウム | 高炉 | 酸化 | 2857 |
| ④ | 銅 | 電炉 | 酸化 | 2857 |
| ⑤ | 銅 | 高炉 | 還元 | 1429 |

解答：①

クランク数はページ267参照。

高炉法では鉄鉱石と石炭（コークス）を原料に高炉（溶鉱炉）で銑鉄をつくり、転炉で精錬し、成分を調整して鉄鋼を生産します。鉄スクラップを使用する電炉法では、電気によって原料の鉄スクラップを熱して溶かし、成分を調整しながら鉄鋼を生産します。

鉄鉱石中の鉄の酸化数は+3、これが銑鉄になると0（ゼロ）。酸化数の減少は還元反応です。



NEDOのホームページより

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 \quad 2 \times 56 + 3 \times 16 = 160$$

↓

$$2 \text{Fe} \quad 2 \times 56 = 112$$

$$160 / 112 \times 1000 = 1429 \text{ kg}$$

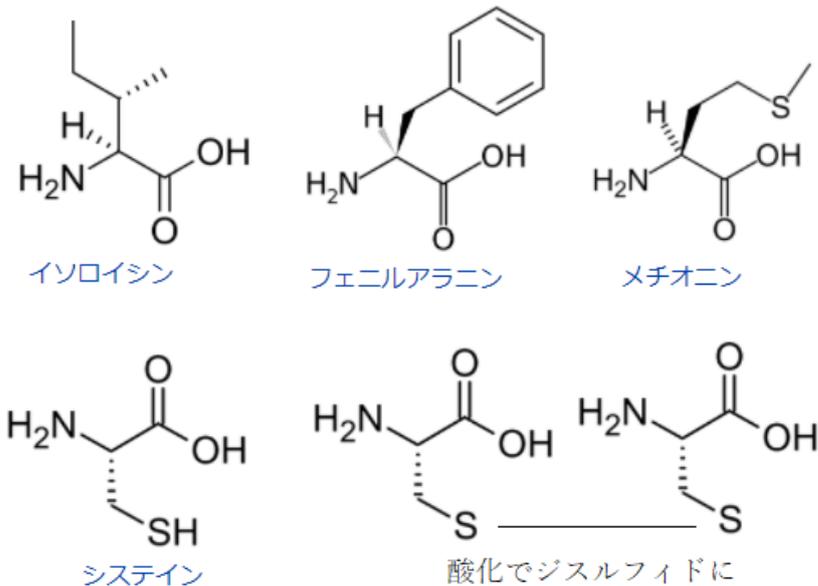
I-4-5 アミノ酸に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

一部の特殊なものを除き、天然のタンパク質を加水分解して得られるアミノ酸は20種類である。アミノ酸の α -炭素原子には、アミノ基と,そしてアミノ酸の種類によって異なる側鎖(R基)が結合している。R基に脂肪族炭化水素鎖や芳香族炭化水素鎖を持つイソロイシンやフェニルアラニンは性アミノ酸である。システインやメチオニンのR基にはが含まれており、そのためタンパク質中では2個のシステイン側鎖の間に共有結合ができることがある。

- | | ア | イ | ウ | | エ | イ | ウ |
|---|--------|----|-------|---|--------|----|-------|
| ① | カルボキシ基 | 疎水 | 硫黄(S) | ④ | カルボキシ基 | 親水 | 窒素(N) |
| ② | ヒドロキシ基 | 疎水 | 硫黄(S) | ⑤ | ヒドロキシ基 | 親水 | 窒素(N) |
| ③ | カルボキシ基 | 親水 | 硫黄(S) | | | | |

解答：①

ページ283、285、287～288参照。



I-4-6 DNAの構造的な変化によって生じる突然変異を遺伝子突然変異という。遺伝子突然変異では、1つの塩基の変化でも形質発現に影響を及ぼすことが多く、置換、挿入、欠失などの種類がある。遺伝子突然変異に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 1塩基の置換により遺伝子の途中のコドンが終止コドンに変わると、タンパク質の合成がそこで終了するため、正常なタンパク質の合成ができなくなる。この遺伝子突然変異を中立突然変異という。
- ② 遺伝子に1塩基の挿入が起こると、その後のコドンの読み枠がずれるフレームシフトが起こるので、アミノ酸配列が大きく変わる可能性が高い。
- ③ 鎌状赤血球貧血症は、1塩基の欠失により赤血球中のヘモグロビンの1つのアミノ酸がグルタミン酸からバリンに置換されたために生じた遺伝子突然変異である。
- ④ 高等動物において突然変異による形質が潜性（劣性）であった場合、突然変異による形質が発現するためには、2本の相同染色体上の特定遺伝子の片方に変異が起こればよい。
- ⑤ 遺伝子突然変異はX線や紫外線、あるいは化学物質などの外界からの影響では起こりにくい。

解答：②

①中立突然変異とは（知恵蔵より）

木村資生が唱えた分子進化の理論。たんぱく質や核酸に見られる突然変異の多くは、適応上特に有利でも不利でもなく、そうした中立突然変異が遺伝的浮動を通じて集団内に固定されることによって分子進化が起こるという説。

②コドンに関してはページ287～288参照。

DNAを構成する塩基3つが1組となってコドンを形成し、合成すべきアミノ酸を指定していく。DNAの鎖に従い3ずつ順番に塩基種が読みだされていくので、塩基がひとつ挿入されると、その後で読みだされるコドンに大きな変化が生じる。

③11番染色体にあるヘモグロビンβ鎖の6番目のアミノ酸に置換が生じることが原因である。そこには本来はグルタミン酸が入るのだが、バリンがその代わりに入って合成が行われる。1塩基の欠失ではなく置換である。

正常型				変異（鎌状赤血球貧血症）			
DNA	3'-GGA	<u>CTC</u>	CTC-5'	DNA	3'-GGA	<u>CAC</u>	CTC-5'
mRNA	CCU	<u>GAG</u>	GAG	mRNA	CCU	<u>GUG</u>	GAG
アミノ酸	Pro	<u>Glu</u>	Glu	アミノ酸	Pro	<u>Val</u>	Glu

④2本の相同染色体上の特定遺伝子の両方に変異が起こる必要がある。

⑤遺伝子の突然変異は外界からの影響で起こり得る。

タール癌（日本大百科全書）より

コールターを繰り返し塗布することによって発生させた皮膚癌をいう。1914年（大正3）山極（やまぎわ）勝三郎、市川厚一は、600日という長期間にわたってウサギの耳にコールターを毎日毎日反復塗布して、ついにウサギの耳に皮膚癌を発生させることに成功した。これは、人工的、実験的に癌を発生させた最初のものであり、日本の医学が世界に誇る業績の一つとして有名である。

第5群 環境・エネルギー・技術に関するもの

I-5-1 気候変動に対する様々な主体における取組に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① RE100は、企業が自らの事業の使用電力を100%再生可能エネルギーで賄うことを目指す国際的なイニシアティブであり、2020年時点で日本を含めて各国の企業が参加している。
- ② 温室効果ガスであるフロン類については、オゾン層保護の観点から特定フロンから代替フロンへの転換が進められてきており、地球温暖化対策としても十分な効果を発揮している。
- ③ 各国の中央銀行総裁及び財務大臣からなる金融安定理事会の作業部会である気候関連財務情報開示タスクフォース（TCFD）は、投資家等に適切な投資判断を促すため気候関連財務情報の開示を企業等へ促すことを目的としており、2020年時点において日本国内でも200以上の機関が賛同を表明している。
- ④ 2050年までに温室効果ガス又は二酸化炭素の排出量を実質ゼロにすることを旨とする地方自治体が増えており、これらの自治体を日本政府は「ゼロカーボンシティ」と位置付けている。
- ⑤ ZEH（ゼッチ）及びZEH-M（ゼッチ・マンション）とは、建物外皮の断熱性能等を大幅に向上させるとともに、高効率な設備システムの導入により、室内環境の質を維持しつつ大幅な省エネルギーを実現したうえで、再生可能エネルギーを導入することにより、一次エネルギー消費量の収支をゼロとすることを旨とした戸建住宅やマンション等の集合住宅のことであり、政府はこれらの新築・改修を支援している。

解答：②

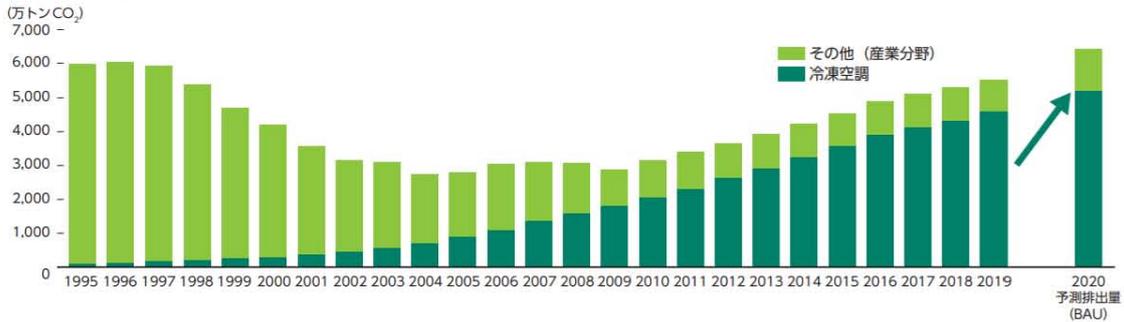
難問である。知っていなければ答えられない。

②代替フロン 環境白書 令和3年より

代替フロン等4ガスの中でも、HFCについては、冷凍空調機器の冷媒用途を中心に、CFC、HCFCからの転換が進行していることから、排出量が増加傾向にあります。また、冷凍空調機器の廃棄時のみではなく、使用中においても経年劣化等により冷媒フロン類が機器から漏れ出すため、今後は代替フロン等4ガスの排出量が、冷媒HFCを中心に増加すると見込まれています（図1-1-12、次ページ）。

HCFC、HFCともに二酸化炭素に比べて強い温室効果を示すことから、地球温暖化対策の面から削減が必要とされており、HFCは京都議定書の対象となっている。

図 1-1-12 代替フロン等4ガス（京都議定書対象）の排出量推移



資料：(実績) 温室効果ガス排出量インベントリ報告書、(推計値) 経済産業省推計

	CFC	HCFC	HFC	CO ₂
オゾン層破壊効果(係数)	1~0.5	0.5~0.005	0 (= オゾン層を破壊しない)	
モントリオール議定書 (=オゾン層保護法)	生産・輸入規制 ※96年全廃 ※2030年全廃		対象外	
温暖化効果(係数)	3800~8100 (R12=8100)	90~1800 (R22=1700)	140~11700 (R134=1300)	1
京都議定書	対象外		排出抑制(1990年比△6%) ※1※2	

※1 対象となる温室効果ガスCO₂換算係数の経歴に対する目標
 ※2 代替フロン等3ガス(HFC、PFC、SF₆)については、地球温暖化目標達成計画(平成20年3月全部改定)により、95年比△1.6%を目標

代替フロンへの転換の動きとモントリール議定書、京都議定書の関係
 出典：環境省「改正フロン回収・破壊法 詳細版パンフレット（平成21年7月）」
<http://www.env.go.jp/earth/ozone/cfc/law/kaisei/pamphs.html>

I-5-2 環境保全のための対策技術に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① ごみ焼却施設におけるダイオキシン類対策においては、炉内の温度管理や滞留時間確保等による完全燃焼、及びダイオキシン類の再合成を防ぐために排ガスを200℃以下に急冷するなどが有効である。
- ② 屋上緑化や壁面緑化は、建物表面温度の上昇を抑えることで気温上昇を抑制するとともに、居室内への熱の侵入を低減し、空調エネルギー消費を削減することができる。
- ③ 産業廃棄物の管理型処分場では、環境保全対策として遮水工や浸出水処理設備を設けることなどが義務付けられている。
- ④ 掘削せずに土壌の汚染物質を除去する「原位置浄化」技術には化学的作用や生物学的作用等を用いた様々な技術があるが、実際に土壌汚染対策法に基づいて実施された対策措置においては掘削除去の実績が多い状況である。
- ⑤ 下水処理の工程は一次処理から三次処理に分類できるが、活性汚泥法などによる生物処理は一般的に一次処理に分類される。

解答：⑤

ページ338～339参照。H25-1-5-4と同じ問題です。

③ 遮水工（しゃすいこう） Weblio辞書より

浸出水の埋立地外部への流出を防止するために、埋立地の底面、斜面や貯留構造物底部などに設ける難透水性の層または壁をいう。埋立地周辺の地下水の埋立地内への浸入を防止することもある。

④ 原位置浄化（げんいちじょうか） Wikipediaより

汚染された土壌や地下水を、その場（原位置）で浄化することである。手法としてバイオスティミュレーションやバイオオーグメンテーション、揚水曝気、エアスパーキング、土壌ガス吸引、フェントン法等があり開発が進められている。

⑤ 下水処理が一次～三次の三段階で行われていることを理解しておく必要があります。

一次処理では、ふん尿が混合した汚水中の固形物の除去を物理的に行います。

二次処理は、一次処理で取り除けなかった汚水中の有機物を微生物の働きによって除去します。

三次処理（高度処理、後処理）は、二次処理水中に残っている窒素、リン、難分解性物質を化学的、物理的あるいは生物学的方法で除去します。

従って、下水処理の工程は一次処理から三次処理に分類できるが、活性汚泥法などによる生物処理は一般的に二次処理に分類される、となります。

I-5-3 エネルギー情勢に関する次の記述の、に入る数値の組合せとして、最も適切なものはどれか。

日本の総発電電力量のうち、水力を除く再生可能エネルギーの占める割合は年々増加し、2018年度時点で約%である。特に、太陽光発電の導入量が近年着実に増加しているが、その理由の1つとして、そのシステム費用の低下が挙げられる。実際、国内に設置された事業用太陽光発電のシステム費用はすべての規模で毎年低下傾向にあり、10kW以上の平均値（単純平均）は、2012年の約42万円/kWから2020年には約万円/kWまで低下している。一方、太陽光発電や風力発電の出力は、天候等の気象環境に依存する。例えば、風力発電で利用する風のエネルギーは、風速の乗に比例する。

	ア	イ	ウ		ア	イ	ウ
①	9	25	3	④	9	25	2
②	14	25	3	⑤	14	15	2
③	14	15	3				

解答：①

再生可能エネルギーによる発電比率が約10%であることを知っていれば、答は①か④に絞られます。風力発電で利用する風のエネルギーは風速の3乗に比例する。これは、太陽光発電と(洋上)風力発電が日本の未来を支えるエネルギー源として必要不可欠であると考えられていることより、知っているべきとのスタンスです。

33/A
Saitama University
埼玉大学

風のエネルギー

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \qquad P = \frac{1}{2}Mv^2$$

E:エネルギー[J]
m:質量[kg]
v:速度[m/s]

P:エネルギー[J/s]
= [W]
M:単位時間あたり通過する質量[kg/s]
v:速度[m/s]

風速 v

面積 A

直径 $2R$ [m]

出力 P

ローターの回転面積を A [m²] として、空気密度を ρ [kg/m³] とする。ローターを単位時間あたりに通過する空気量は Av [m³/s] であり、その単位時間あたり通過する質量は $M = Av\rho = \pi R^2 v \rho$ [kg/s] である。運動エネルギーの式を使って

$$P = \frac{1}{2}Mv^2 = \frac{1}{2}(Av\rho)v^2 = \frac{1}{2}(\pi R^2 v \rho)v^2 = \frac{\pi\rho}{2}R^2v^3$$

<http://www.env.gse.saitama-u.ac.jp/hasegawa/lecture/windpower.pdf>

埼玉大学理工学部の長谷川靖洋先生の資料より

I-5-4 IEAの資料による2018年の一次エネルギー供給量に関する次の記述の、

に入る国名の組合せとして、最も適切なものはどれか。

各国の1人当たりの一次エネルギー供給量(以下、「1人当たり供給量」と略称)を石油換算トンで表す。1石油換算トンは約42GJ(ギガジュール)に相当する。世界平均の1人当たり供給量は1.9トンである。中国の1人当たり供給量は、世界平均をやや上回り、2.3トンである。の1人当たり供給量は、6トン以上である。の1人当たり供給量は、5トンから6トンの間にある。の1人当たり供給量は、3トンから4トンの間にある。

- | ア | イ | ウ |
|-------------|-----------|-----------|
| ① アメリカ及びカナダ | ドイツ及び日本 | 韓国及びロシア |
| ② アメリカ及びカナダ | 韓国及びロシア | ドイツ及び日本 |
| ③ ドイツ及び日本 | アメリカ及びカナダ | 韓国及びロシア |
| ④ 韓国及びロシア | ドイツ及び日本 | アメリカ及びカナダ |
| ⑤ 韓国及びロシア | アメリカ及びカナダ | ドイツ及び日本 |

解答：②

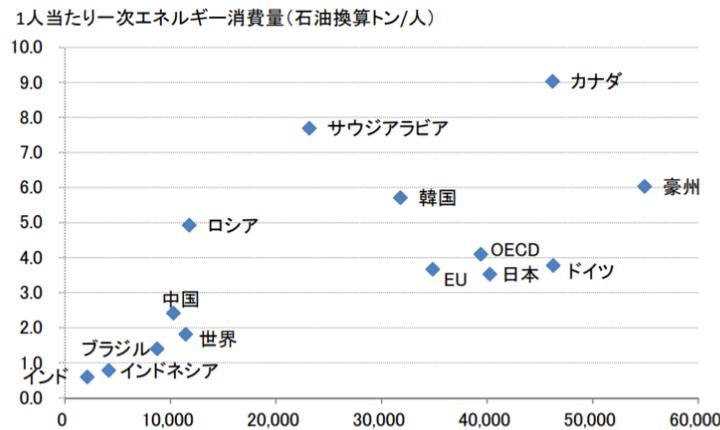
World Energy Outlook 2018

<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2018>

この報告書の中に目的とする記載が見いだせなかったため、エネルギー白書で代用する。
ただし、アメリカの記載はない。ページ314（H27-1-5-4）も参照のこと。

エネルギー白書 2020 より

【第221-1-2】1人当たりの名目GDPと一次エネルギー消費量(2019年)



出典：BP「Statistical Review of World Energy 2020」、世界銀行「World Bank Open data」を基に作成

I-5-5 次の(ア)～(オ)の、社会に大きな影響を与えた科学技術の成果を、年代の古い順から並べたものとして、最も適切なものはどれか。

- (ア) フリッツ・ハーバーによるアンモニアの工業的合成の基礎の確立
- (イ) オットー・ハーンによる原子核分裂の発見
- (ウ) アレクサンダー・グラハム・ベルによる電話の発明
- (エ) ハインリッヒ・ルドルフ・ヘルツによる電磁波の存在の実験的な確認
- (オ) ジェームズ・ワットによる蒸気機関の改良

- ① ア - オ - ウ - エ - イ
- ② ウ - エ - オ - イ - ア
- ③ ウ - オ - ア - エ - イ
- ④ オ - ウ - エ - ア - イ
- ⑤ オ - エ - ウ - イ - ア

解答：④

ページ364～366を参照。H30-1-5-5と同じ問題です。

1776	1876	1887	1908	1938
ワット	ベル	ヘルツ	ハーバー	ハーン
蒸気機関	電話	電磁波	アンモニア	核分裂

I-5-6 日本の科学技術基本計画は、1995年に制定された科学技術基本法（現、科学技術・イノベーション基本法）に基づいて一定期間ごとに策定され、日本の科学技術政策を方向づけてきた。次の（ア）～（オ）は、科学技術基本計画の第1期から第5期までのそれぞれの期の特徴的な施策を1つずつ選んで順不同で記したものである。これらを第1期から第5期までの年代の古い順から並べたものとして、最も適切なものはどれか。

- （ア）ヒトに関するクローン技術や遺伝子組換え食品等を例として、科学技術が及ぼす「倫理的・法的・社会的課題」への責任ある取組の推進が明示された。
- （イ）「社会のための、社会の中の科学技術」という観点に立つことの必要性が明示され、科学技術と社会との双方向のコミュニケーションを確立していくための条件整備などが図られた。
- （ウ）「ポストドクター等1万人支援計画」が推進された。
- （エ）世界に先駆けた「超スマート社会」の実現に向けた取組が「Society 5.0」として推進された。
- （オ）目指すべき国の姿として、東日本大震災からの復興と再生が掲げられた。

- ① イ - ア - ウ - エ - オ
- ② イ - ウ - ア - オ - エ
- ③ ウ - ア - イ - エ - オ
- ④ ウ - イ - ア - オ - エ
- ⑤ ウ - イ - エ - ア - オ

解答：④

本問は難問です。関連する情報をWebより拾い出しました。

特集・第6期科学技術基本計画へ向けた政策研究からの視座
 科学技術基本計画の変遷と次期への展望 小林信一等
 研究 技術 計画 Vol. 34, No. 3, 2019 より



図1. 科学技術基本計画の変遷

出典：赤池伸一（内閣府参事官／科学技術・学術政策研究所上席フェロー），林和弘（科学技術・学術政策研究所上席研究官），第1回 SPARC Japan セミナー 2018「データ活用ポリシーと研究者・ライブラリアンの役割」（2018年9月19日）講演資料 p. 3より抜粋 https://www.nii.ac.jp/sparc/event/2018/pdf/20180919_2.pdf (2019年10月17日閲覧)

2021年度より新たな科学技術基本計画の計画期間が開始される。

科学技術・イノベーション基本計画（案） 内閣府 令和3年3月24日

<https://www8.cao.go.jp/cstp/siryo/haihui053/siry01.pdf>

2. 「科学技術・イノベーション政策」としての第6期基本計画

第6期基本計画の方向性

第6期基本計画に求められることは、この5年間の国内外の情勢変化を踏まえ、米中対立の先鋭化など世界秩序の模索の動きや現実の危機となった気候変動問題をはじめとするグローバルな課題の克服への貢献、そして、半ば強制的に非日常をもたらしているコロナ禍に対応する国内の構造改革という両軸を、どのように実現し、国民一人ひとり、世界の市民に多様な幸せ（well-being）をもたらすのか、そのための政策的創案を世界に示していくことである。

そのためには、工業社会（Society 3.0）から情報社会（Society 4.0）への移行において、生活スタイルや産業構造まで含めた社会構造が変化し、従来の延長線ではなかったという経験を踏まえ、Society 5.0 への移行においては社会の変革を断行しなければならないという

強い意識を持って、第5期基本計画で掲げた Society5.0 を具体化していくことが必要である。その際、SDGs と軌を一にしながらも、そこに「信頼」や「分かち合い」を重んじる我が国独特の価値観を重ね、我が国の信頼性の高い科学研究や技術力、更には極めて質の高い社会データの存在と結びつけ、20世紀の負の遺産を超えた我が国の未来社会像として Society 5.0 を世界に示していかなければならない。

この未来社会像を具体化することによって、この価値観を共有できる国・地域・国際機関等（EU、G7、OECD等）との連携を強め、国際社会における我が国のプレゼンスを高めていくことを目指していく。

（1）我が国の科学技術基本計画に基づく科学技術政策の振り返り

① 第1期から第4期までの経緯

科学技術基本法に基づき、1996年に第1期科学技術基本計画が策定された。当時、我が国は、欧米追従型の科学技術政策から、世界のフロントランナーの一員として、自ら未開拓の科学技術分野に挑戦し、未来を切り拓いていくための政策転換や、人類の直面する課題への貢献が求められていた。こうした状況を背景に、政府研究開発投資の拡大、研究開発システム改革、研究開発の戦略的重点化等に重きを置いていた。

第2期、第3期の基本計画では、科学技術活動が大規模化・複雑化する中で、重要性の高い研究領域への重点投資等を行い、我が国の国際競争力を高めることを主たる目標に掲げた。科学技術の社会実装を前面に出した第4期では、研究開発の成果をイノベーションの力によって社会に還元し、社会変革と課題解決を核とする方向へ転換した。

② 第5期基本計画で提起した Society 5.0 のコンセプト

第5期基本計画の策定時において、世界ではICTが進展し、グローバルなITプラットフォームがビジネスモデルを大きく変化させていた。加えて、欧米、中国等の国々は、ものづくり分野にICTを最大限活用することで、第4次産業革命とも言うべき構造変化を産業に起こそうとしていた。

そのような中、我が国は、ICTを最大限に活用し、産業構造のみならず、国民にとって豊かで質の高い生活の実現の原動力にすべく、サイバー空間とフィジカル空間の融合という新たな手法に人間中心という価値観を基軸に据えることで、我が国や世界の直面する課題を解決し、人々に真の豊かさをもたらす未来社会を構築する新たなコンセプトを打ち出した。それが2016年に策定された第5期基本計画で提起した「Society 5.0」である。

このコンセプトは、ICTの浸透が人々の生活をあらゆる面でより良い方向に変化させる、デジタル・トランスフォーメーション15（以下「DX」という。）により導かれる未来像と一致するものであった。

(補足資料)

地球温暖化問題とカーボンニュートラル

IPCC (国連気候変動に関する政府間パネル、Intergovernmental Panel on Climate Change) が中心となり、地球温暖化問題に対処するための全世界的規模での活動が繰り返されてきています。日本も温暖化ガスである二酸化炭素の排出量を大幅に低減するように求められ、特に石炭火力発電はその中止をめぐる激しい議論の対象となっています。

菅内閣総理大臣は2020年10月26日の所信表明演説において、日本が2050年までにカーボンニュートラルを目指すことを宣言しました。また、菅内閣総理大臣は2021年4月の地球温暖化対策推進本部及び米国主催の気候サミットにおいて、「2050年目標と統合的で、野心的な目標として、2030年度に、温室効果ガスを2013年度から46%削減することを目指し、さらに、50%の高みに向けて、挑戦を続けていく」ことを表明しました。

COP26 世界リーダーズ・サミットで令和3年11月2日の岸田総理スピーチにおいて、「2050年カーボンニュートラル 日本は、これを、新たに策定した長期戦略の下、実現してまいります。2030年度に、温室効果ガスを、2013年度比で46パーセント削減することを目指し、さらに、50パーセントの高みに向け挑戦を続けていくことをお約束いたします」と表明しました。

エネルギー基本計画（素案）の概要 令和3年7月21日 資源エネルギー庁

https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/2021/046/046_004.pdf

エネルギー基本計画（素案）の全体像

- 新たなエネルギー基本計画（素案）では、**2050年カーボンニュートラル（2020年10月表明）、2030年の46%削減、更に50%の高みを目指して挑戦を続ける新たな削減目標（2021年4月表明）**の実現に向けた**エネルギー政策の道筋**を示すことが重要テーマ。
 - 世界的な脱炭素に向けた動きの中で、**国際的なルール形成を主導することや、これまで培ってきた脱炭素技術、新たな脱炭素に資するイノベーション**により国際的な競争力を高めることが重要。
- 同時に、日本のエネルギー需給構造が抱える課題の克服が、もう一つの重要なテーマ。**安全性の確保を大前提に、気候変動対策を進める中でも、安定供給の確保やエネルギーコストの低減（S+3E）**に向けた取組を進める。
- エネ基全体は、主として、**①東電福島第一の事故後10年の歩み、②2050年カーボンニュートラル実現に向けた課題と対応、③2050年を見据えた2030年に向けた政策対応**のパートから構成。

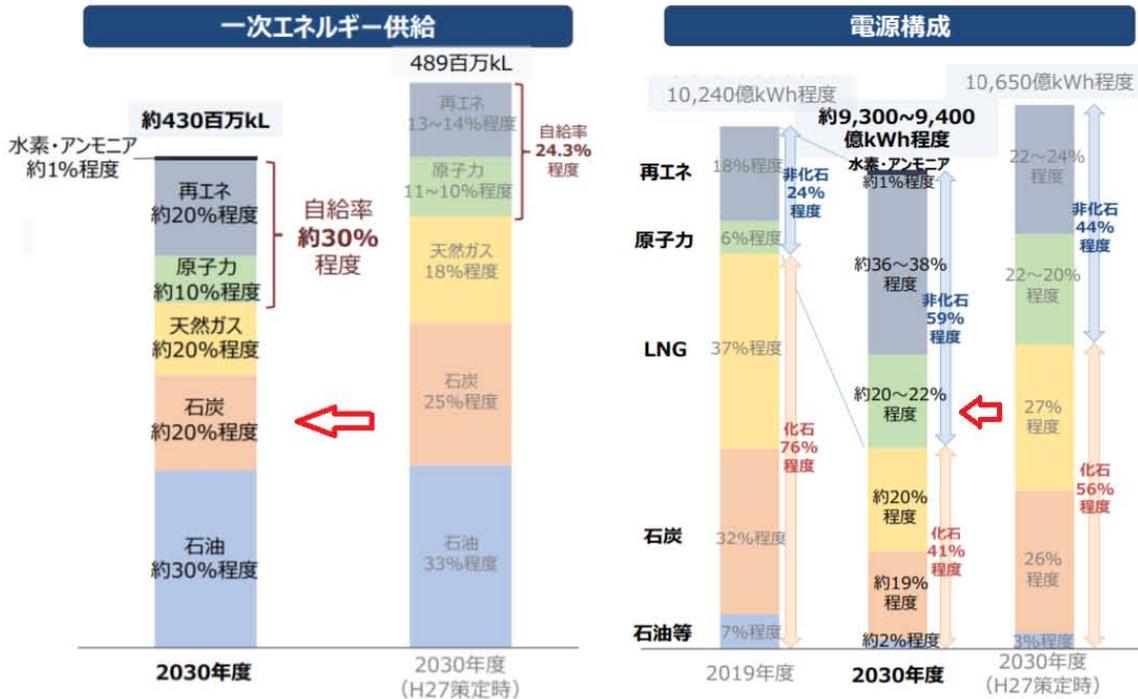
S+3E: Safety (安全性)、Energy Security (自給率)、Economic Efficiency (経済効率性)、

Enviroment (環境適合)

2050年カーボンニュートラル実現に向けた課題と対応のポイント

- 2050年に向けては、**温室効果ガスの8割を占めるエネルギー分野の取組が重要**。
- 電力部門は、再エネや原子力などの**実用段階にある脱炭素電源を活用**し着実に脱炭素化を進めるとともに、**水素・アンモニア発電やCCUS/カーボンリサイクルによる炭素貯蔵・再利用を前提とした火力発電などのイノベーションを追求**。
CCUS: Carbon dioxide Capture and Strage
- 非電力部門は、**脱炭素化された電力による電化を進める**。電化が困難な部門（高温の熱需要等）では、水素や合成メタン、合成燃料の活用などにより脱炭素化。特に**産業部門においては、水素還元製鉄や人工光合成などのイノベーションが不可欠**。
- 2050年カーボンニュートラルを目指す上でも、**安全の確保を大前提に、安定的で安価なエネルギーの供給確保は重要**。この前提に立ち、2050年カーボンニュートラルを実現するために、**再エネについては、主力電源として最優先の原則のもとで最大限の導入に取り組み、水素・CCUSについては、社会実装を進めるとともに、原子力については、国民からの信頼確保に努め、安全性の確保を大前提に、必要な規模を持続的に活用していく**。
- こうした取組など、安価で安定したエネルギー供給によって国際競争力の維持や国民負担の抑制を図りつつ2050年カーボンニュートラルを実現できるよう、**あらゆる選択肢を追求する**。

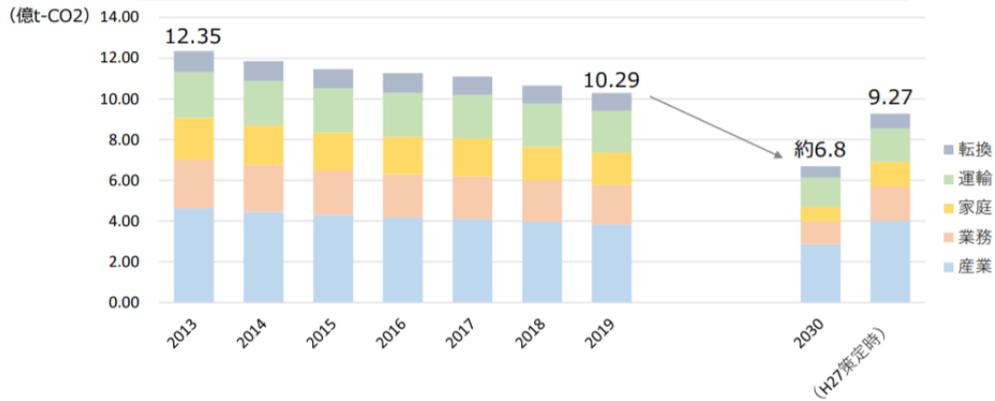
※数値は全て暫定値であり、今後変動し得る。



(参考) 部門別 エネルギー起源CO2排出量

※数値は全て暫定値であり、今後変動し得る。

[億t-CO2]	2013年度		2030年度	
産業	4.63	37%	約2.9程度	約40%程度
業務	2.38	19%	約1.2程度	約20%程度
家庭	2.08	17%	約0.7程度	約10%程度
運輸	2.24	18%	約1.4程度	約20%程度
転換	1.03	8%	約0.6程度	約10%程度
合計	12.35	100%	約6.8程度	100%

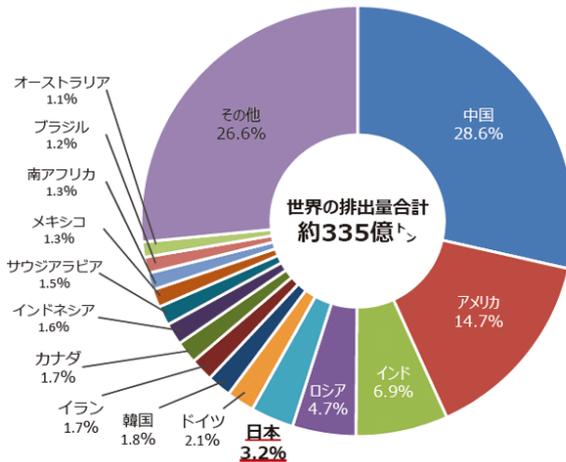


$6.8/12.35 = 55.1\%$ (約 45%削減)

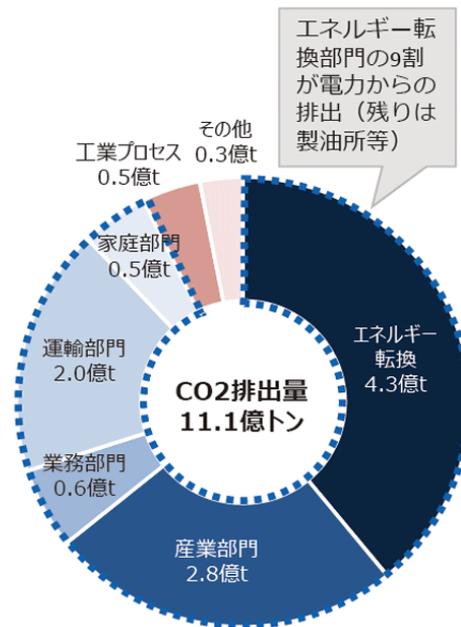
エネルギー白書2021 (令和3年6月4日に閣議決定) より抜粋

<https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2021/html/index.html>

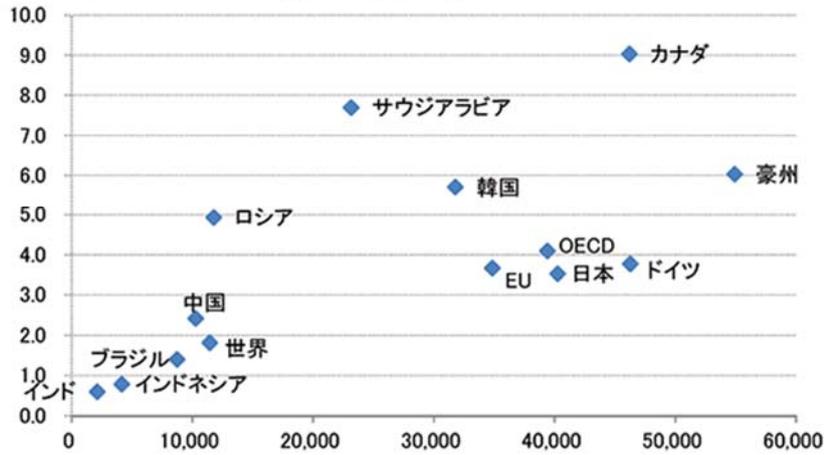
世界の温室効果ガス排出量 (2018年)



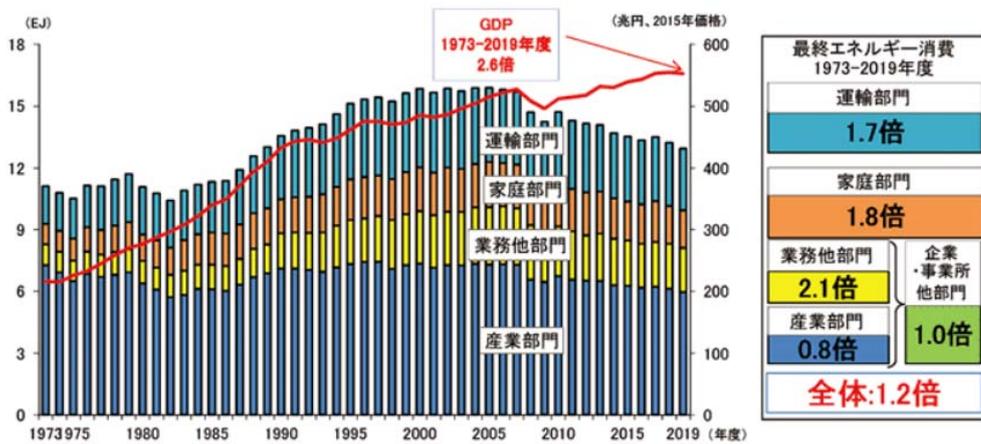
日本の部門別の CO2 排出量 (2019年度)



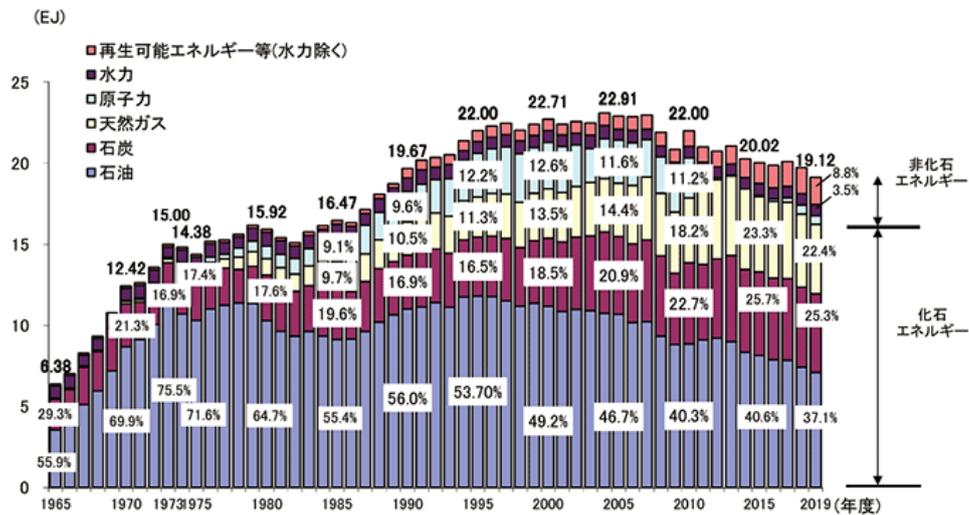
1人当たり一次エネルギー消費量(石油換算トン/人)



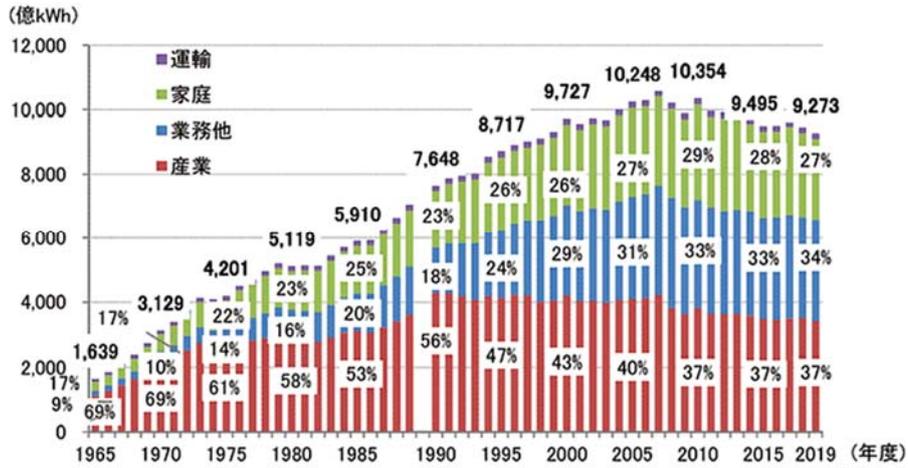
最終エネルギー消費と実質 GDP の推移



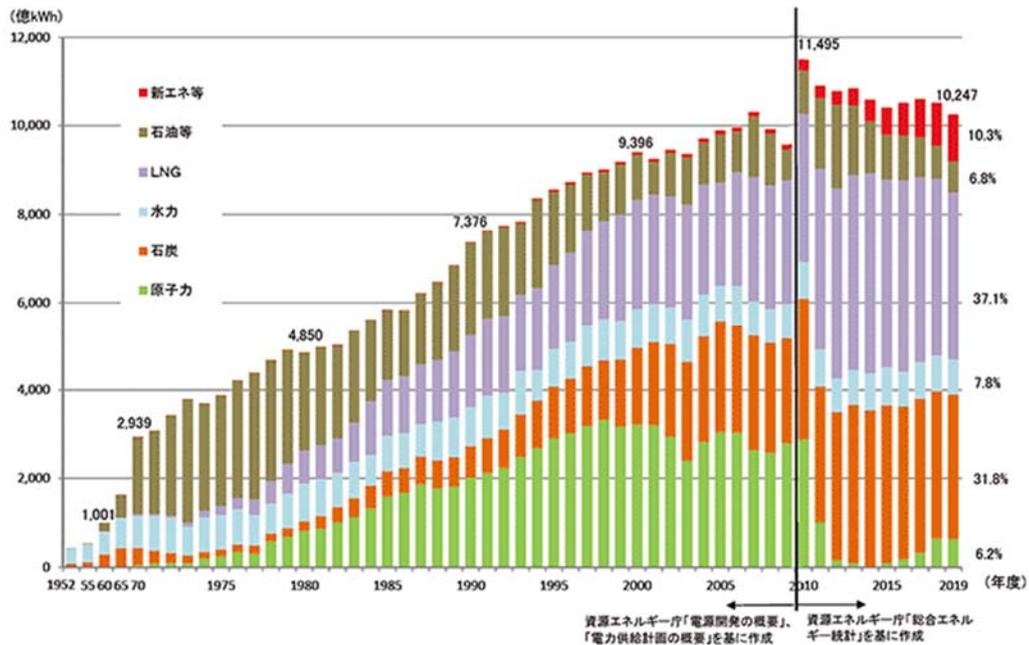
一次エネルギー国内供給の推移



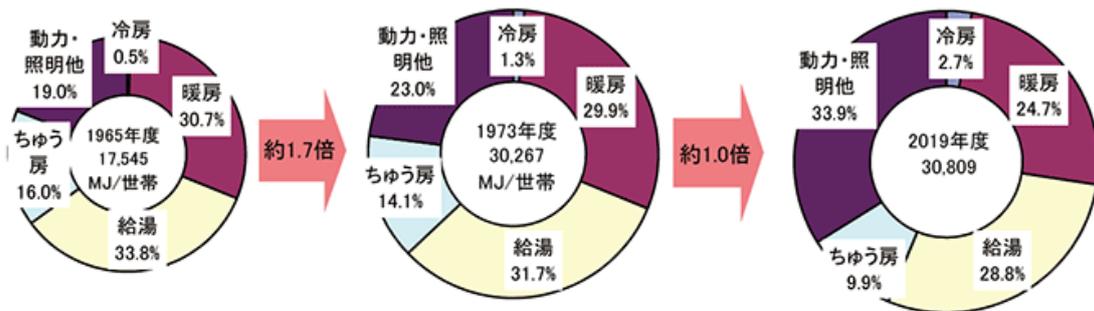
部門別電力最終消費の推移



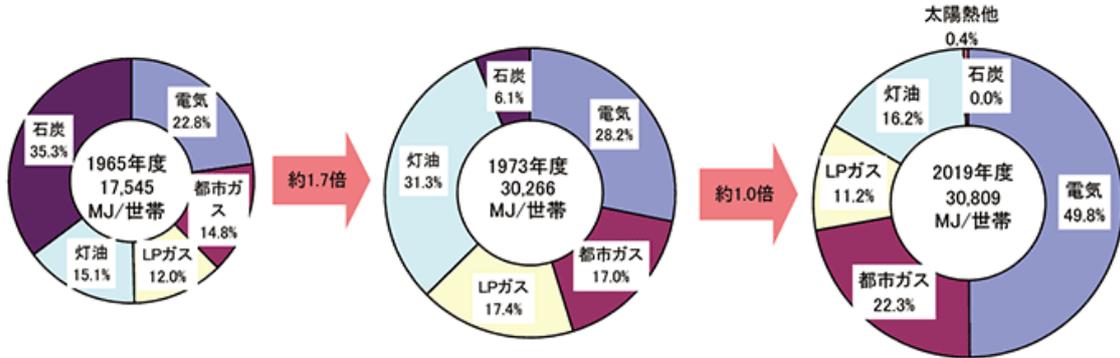
発電電力量の推移



世帯当たりのエネルギー消費原単位と用途別エネルギー消費の推移



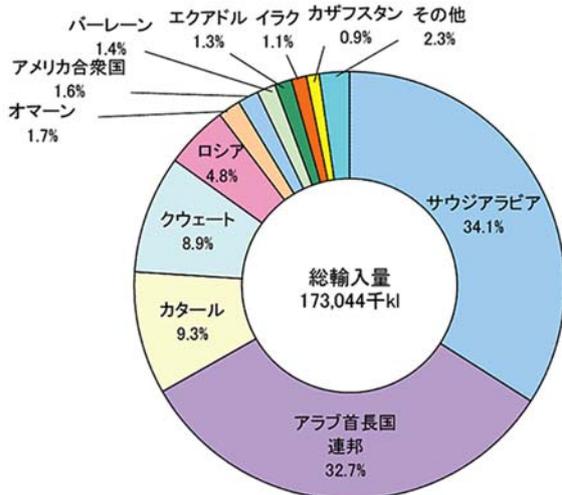
家庭部門におけるエネルギー源別消費の推移



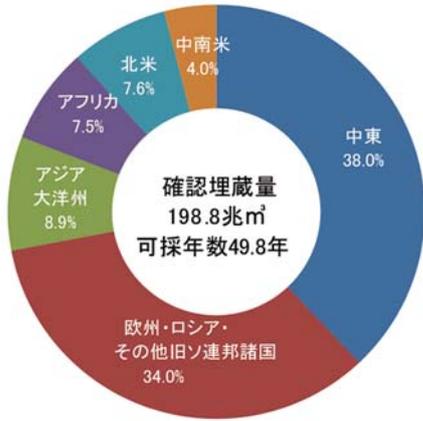
石油・天然ガスの安定的かつ低廉な確保に向けた取組

石油・天然ガスのほぼ全量を海外からの輸入に頼る日本にとって、石油・天然ガスの安定的かつ低廉な確保は重要な課題です。さらに、東日本大震災以降、天然ガスをはじめ、火力発電のエネルギー源としての化石燃料需要は高い水準で推移しており、その確保の重要性は高まっています。また、昨今、中東情勢が緊迫化している中で、日本は原油の約9割、天然ガスの約2割を中東地域から輸入していることを踏まえれば、チョークポイントであるホルムズ海峡を通らない輸入先の確保など、供給源の多角化を進めることや中東産油国をはじめとする資源供給国との良好な関係を深化させることが重要です。

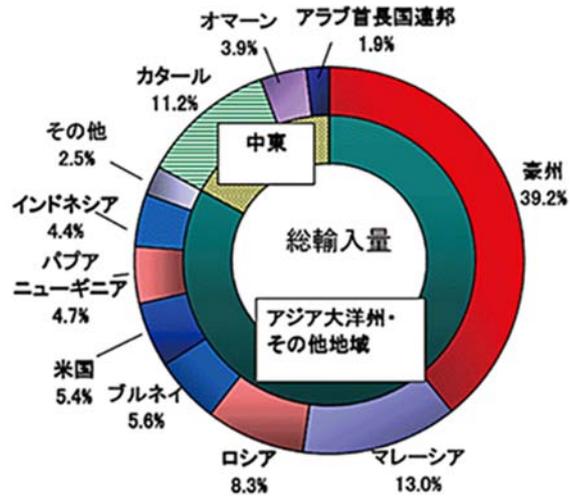
原油の輸入先 (2019年度)



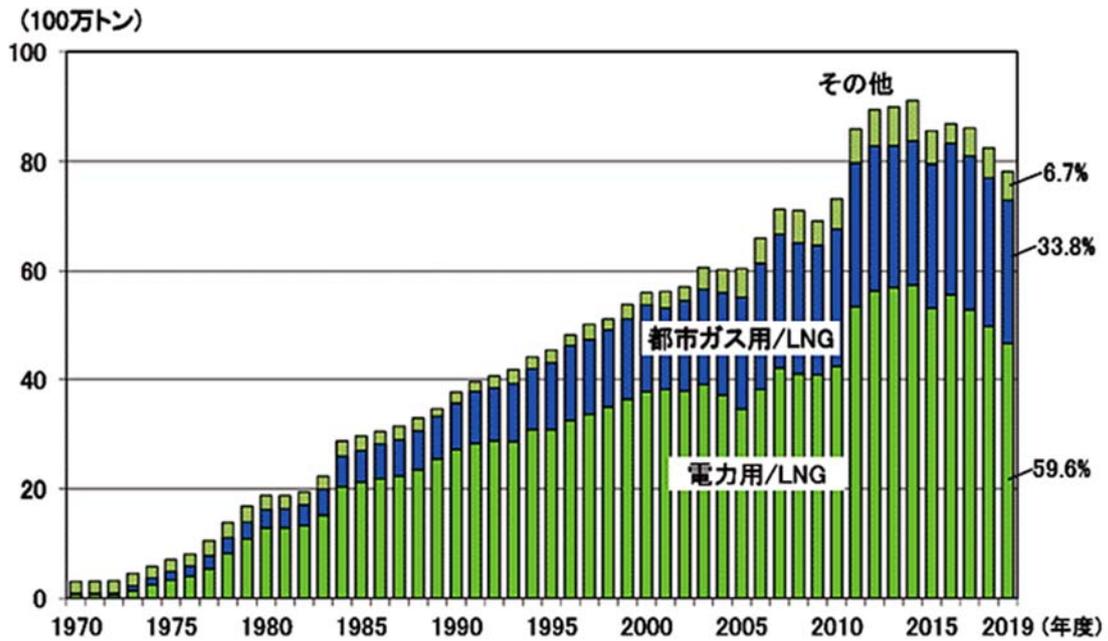
地域別天然ガス埋蔵量（2019 年末）



液化天然ガス（LNG）の輸入先（2019 年度）

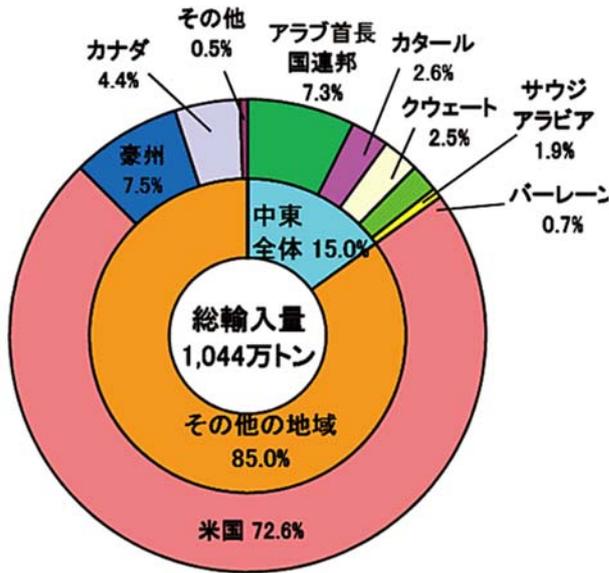


LNG の用途別消費量の推移



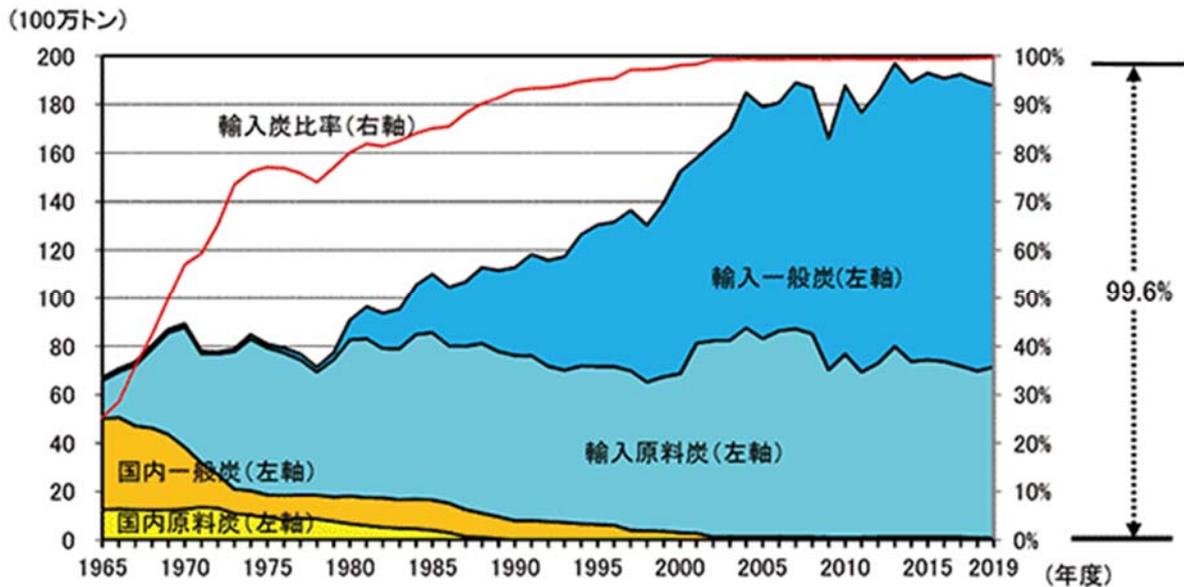
液化天然ガス（LNG：Liquefied Natural Gas）
主成分はメタン（CH₄） -162℃で液化する。

液化石油（LP）ガスの輸入先（2019 年度）



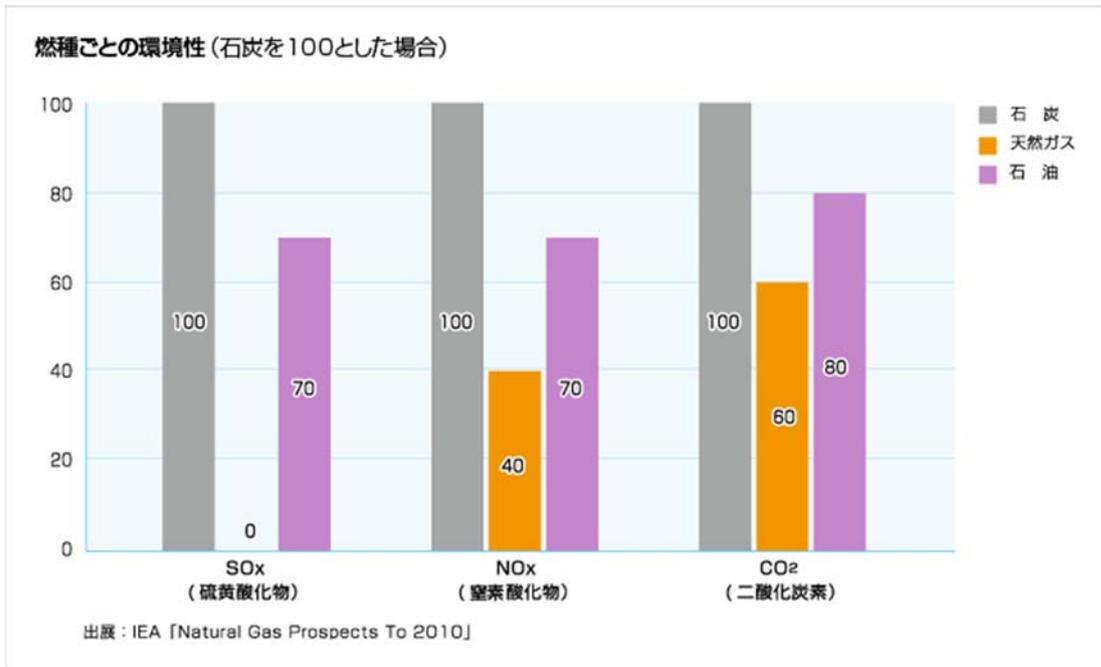
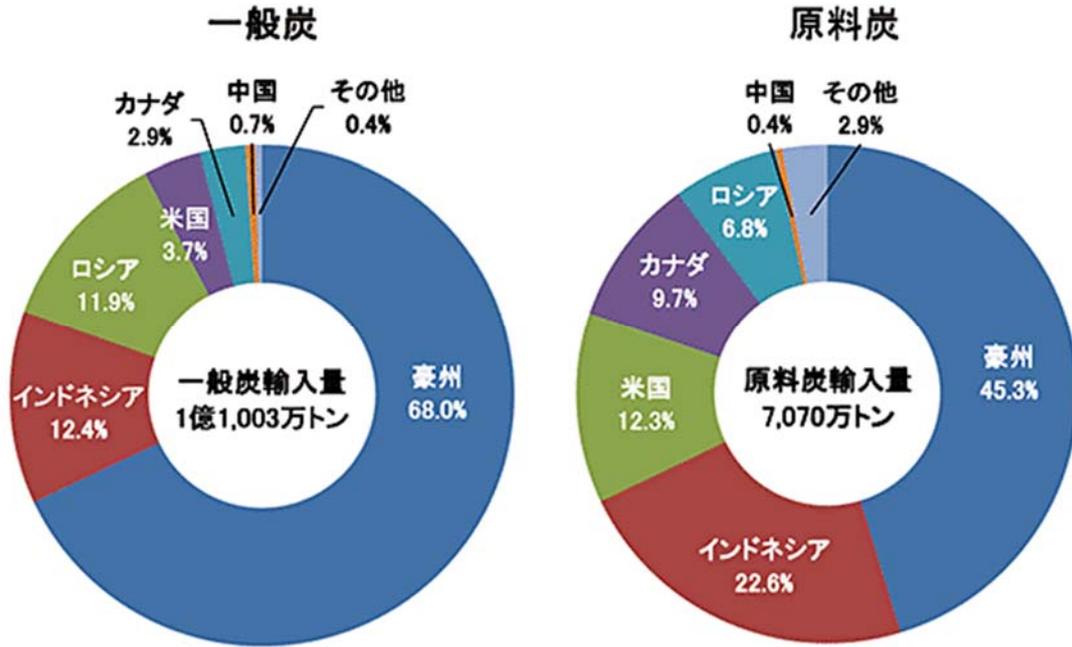
LP ガスはプロパン・ブタンなどを主成分とし、圧縮することにより常温で容易に液化できるガス燃料。沸点は、プロパン-42°C、n-ブタン-1°C、i-ブタン-12°C。

国内炭・輸入炭供給量の推移



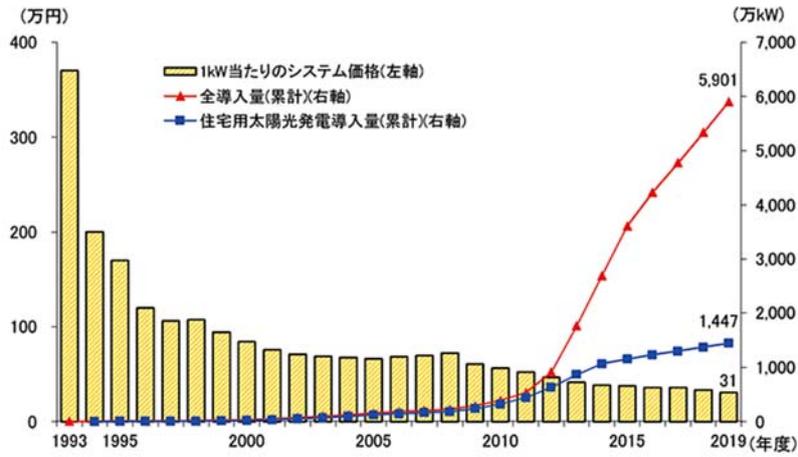
一般炭のほとんどが発電用として消費されています。
原料炭は主に製鉄用です。

石炭の輸入先（2019年度）

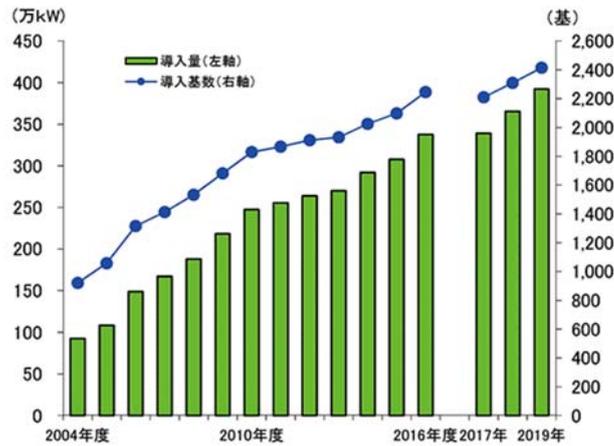


関西電力のホームページより

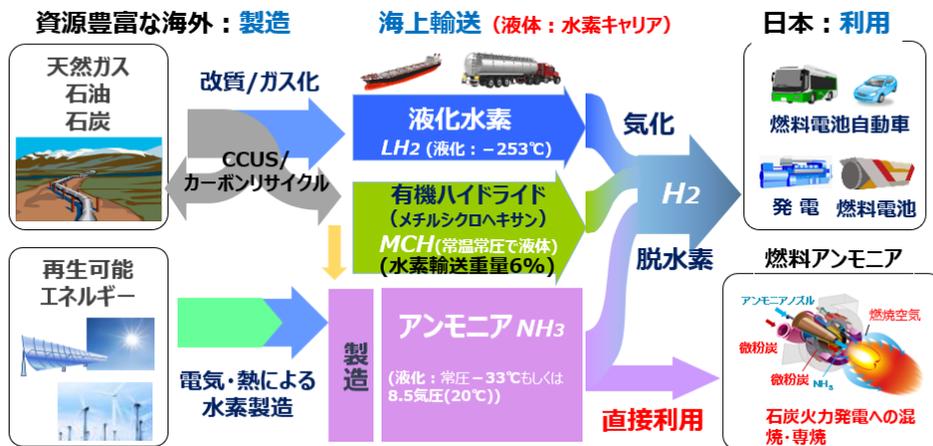
太陽光発電の国内導入量とシステム価格の推移



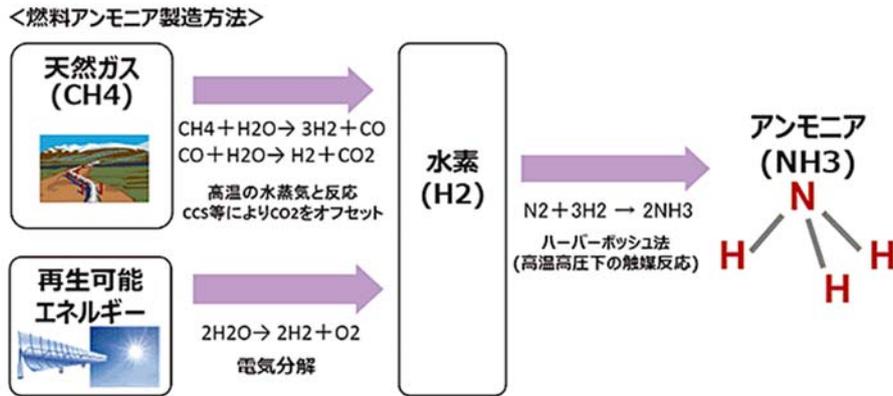
日本における風力発電導入の推移



次世代燃料のセキュリティ

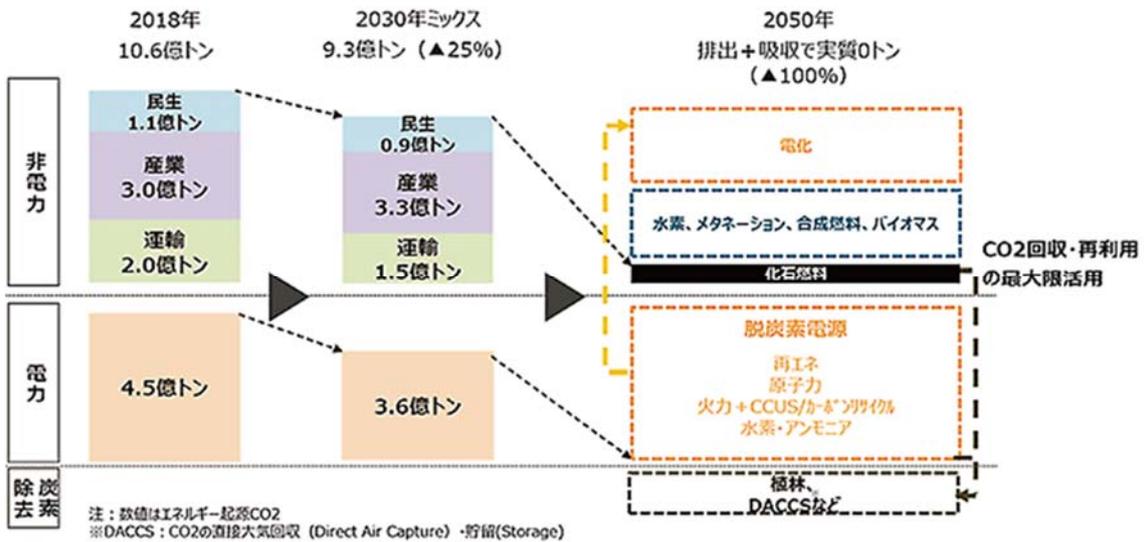


燃料アンモニア利用の概略



化石燃料を改質して水素を得る場合、CO₂を排出する場合はグレー水素、CO₂を回収する場合はブルー水素、再エネ由来の電力で水電解したCO₂フリーの水素をグリーン水素と呼ぶ。

2050年に向けて



日本はCOP26で、2030年度に、温室効果ガスを2013年度比で46パーセント削減すると表明した。2050年はカーボンニュートラルを達成予定。

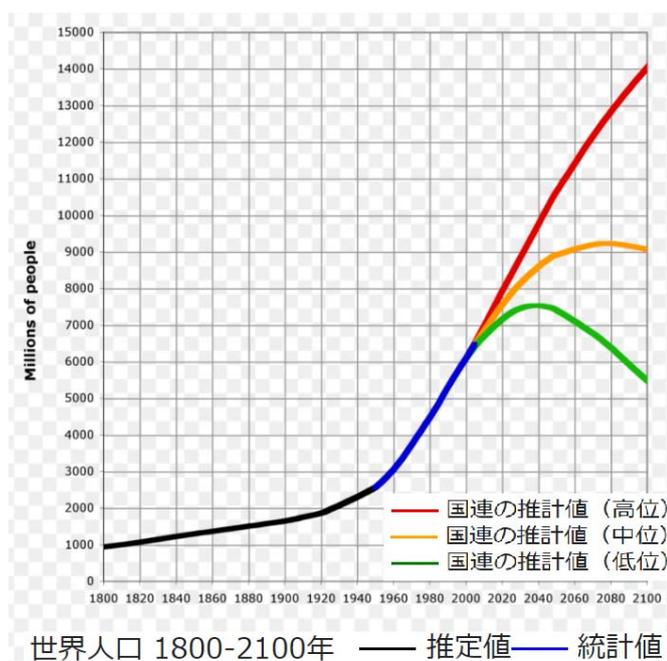
アンモニアの「ゼロエミッション」

アンモニアは燃焼しても CO₂ を排出しないゼロエミッション燃料です。近い将来に実現が期待される石炭火力発電での 20%混焼（エネルギーベースでの 20%）によっても、CO₂ 排出量は 20%削減となります。これは超々臨界圧発電（USC）への 20%混焼で、1,700°C級（石炭ガス化複合発電（IGCC）以上）の CO₂ 排出係数となることを意味します。

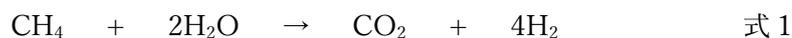
また、アンモニアの利用により我が国における CO₂ 排出が抑制されることに加えて、ライフサイクルで見た場合、その外国での炭化水素からのアンモニア製造において CO₂ が排出されることに留意し、その排出される CO₂ を適切に処理していくことも重要です。

ハーバー・ボッシュ法（解説）

ハーバーが窒素（N₂）と水素（H₂）からのアンモニア（NH₃）合成法を見出したのが 1909 年、そこにボッシュが加わり工業化に成功したのが約 100 年前の 1913 年である。この業績は「空気からパンを作る」と例えられ、マルサスの予言（マルサスの人口論）もこれにより見事に裏切られた。この地球に今や定員オーバーの 79 億人が住んでいる。



ハーバー・ボッシュ法（HB 法）では鉄系触媒を用いて、高温（450°C）高圧（200 気圧）の厳しい条件下に式 2 を行う。水素をメタンの改質反応（式 1）で得ると、NH₃ の 1 分子に対して 3/8 分子の CO₂ が生じ、これは生じた NH₃ とほぼ同重量である。全世界の NH₃ 生産量約 2 億トン（2019 年）と同重量の CO₂ が同時に発生していることになる。



NH₃を1トン製造するのに必要なエネルギーの一例は33.2GJ（ギガジュール）であり、その内訳は、H₂の製造に31.2GJ、N₂の製造に0.46GJ、HB法でのNH₃合成に1.48GJである。全人類の消費エネルギーの1%強、原子炉なら約250基分に相当、がこのNH₃合成に使用されている。

HB法の反応条件を温和にするための（低温でアンモニア合成ができる）触媒検討が精力的になされている。水素が再生エネルギーより得られるようになったときには、この触媒技術は特に重要となると考えられ、最近でも時々、開発された新触媒が新聞紙上を飾る。だが、現在でも、HB法の初期から用いられてきた長寿命の鉄系触媒が主流である。これは、鉄系触媒が安価で長寿命であること、アンモニア合成に必要なエネルギーのほとんどの部分を水素製造が占めることが関係している。

環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書 令和3年版より

<https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/r03/index.html>

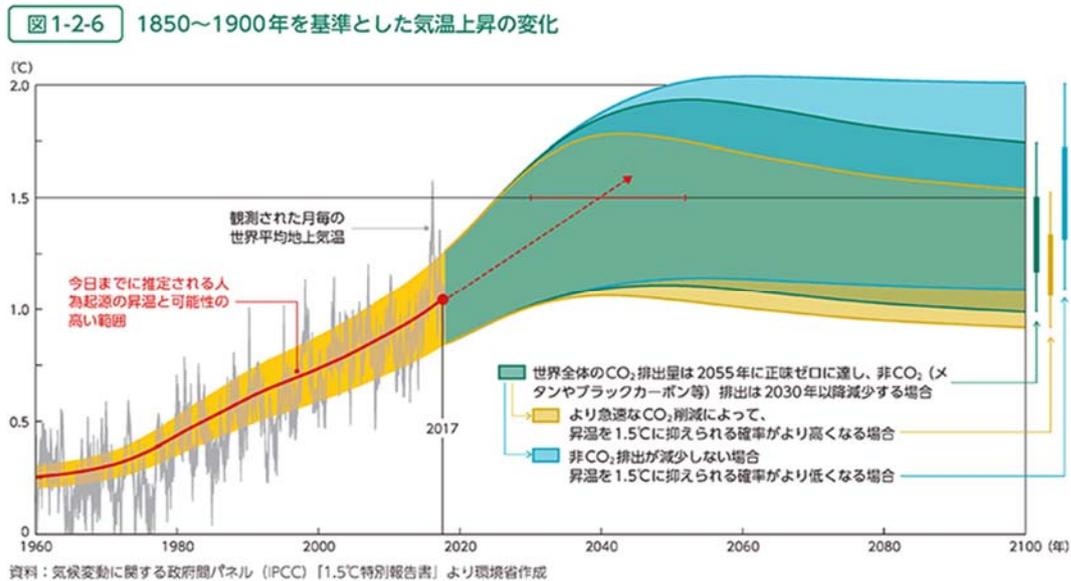
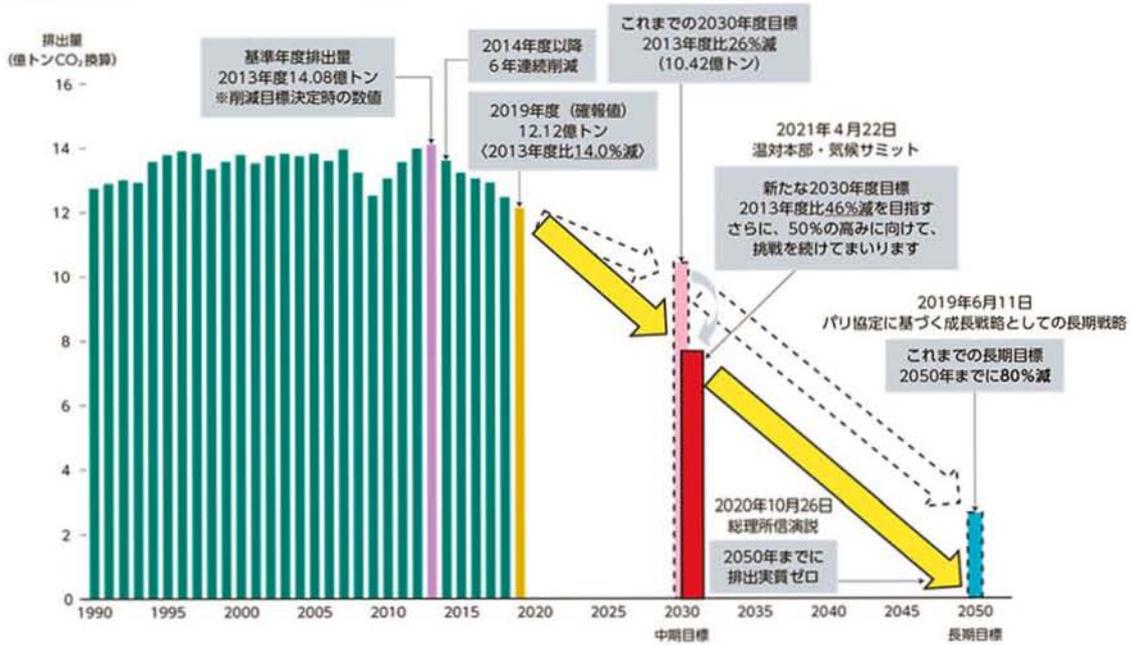
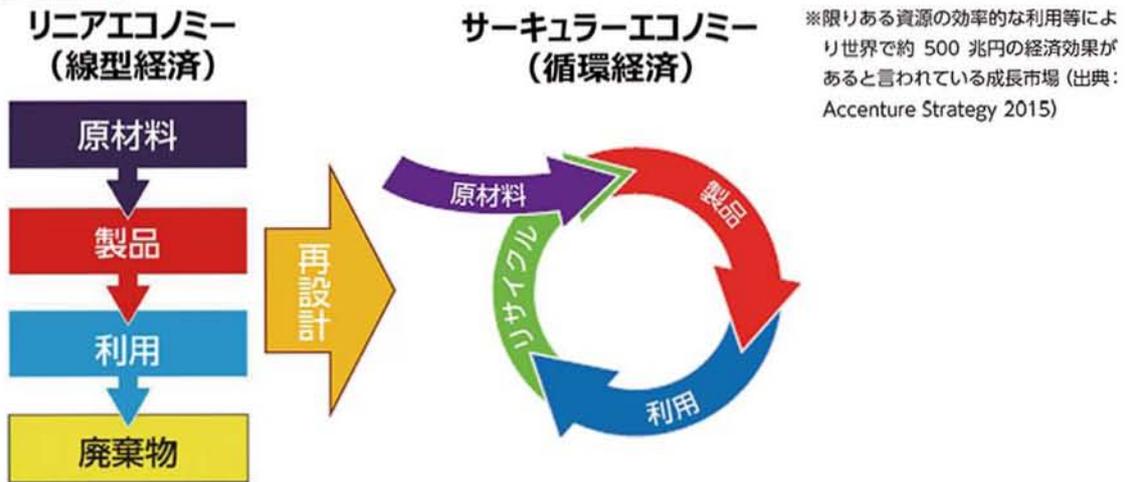


図 1-2-7 我が国の温室効果ガス削減の中期目標と長期目標の推移



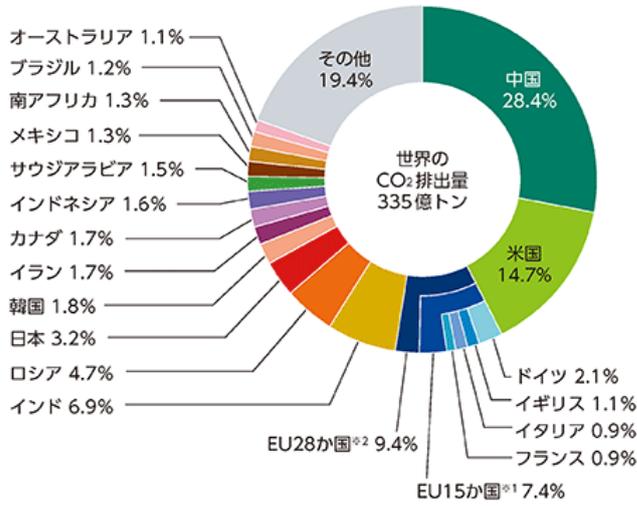
資料：「2019年度の温室効果ガス排出量（確報値）」及び「地球温暖化対策計画」より環境省作成

図 2-2-1 サーキュラーエコノミー



資料：オランダ「A Circular Economy in the Netherlands by 2050 -Government-wide Program for a Circular Economy」(2016)より環境省作成

図 1-1-10 世界のエネルギー起源CO₂の国別排出量 (2018年)



注 1 : EU15か国は、COP3 (京都会議) 開催時点での加盟国数である。
 2 : EU28か国には、イギリスが含まれる。
 資料 : 国際エネルギー機関(IEA) [CO₂ EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION] 2020 EDITIONを基に環境省作成

図 1-1-11 我が国が排出する温室効果ガスの内訳 (2019年単年度)

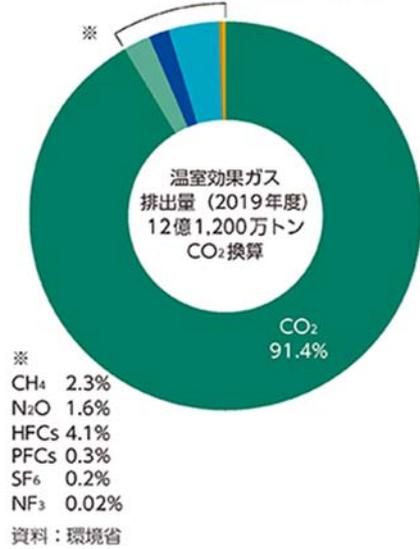
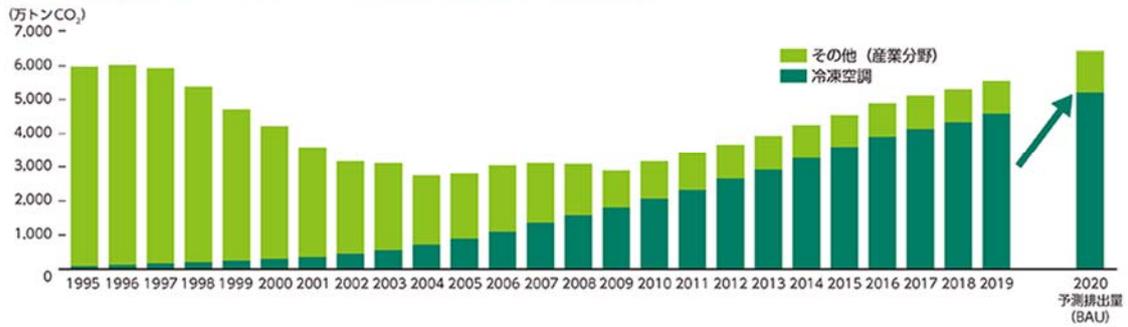
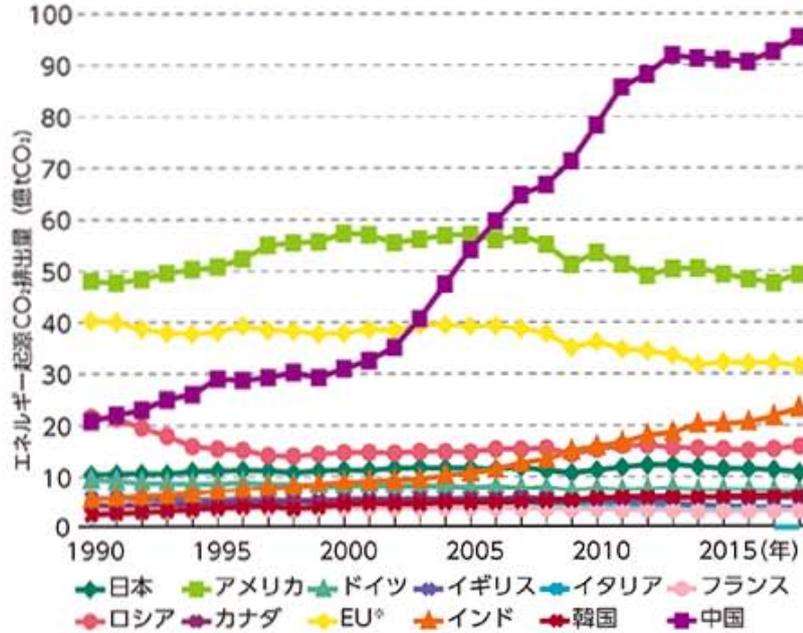


図 1-1-12 代替フロン等4ガス (京都議定書対象) の排出量推移



代替フロンは、水素原子を含むハイドロクロロフルオロカーボン (HCFC)、ハイドロフルオロカーボン (HFC)、パーフルオロカーボン (PFC) など。上図に HFC と PFC がある。

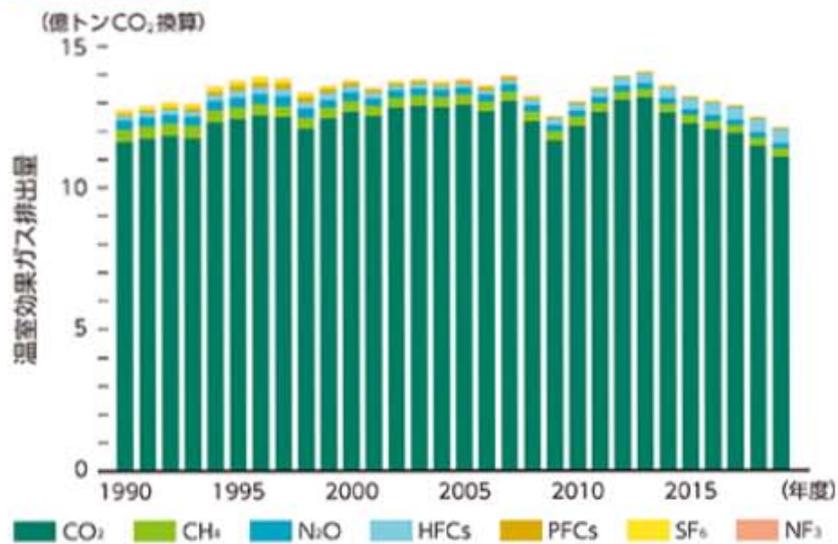
図1-1-11 主要国のエネルギー起源CO₂排出量の推移



注：EUにはイギリスが含まれる。

資料：国際エネルギー機関 (IEA) [CO₂ EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION] 2020 EDITIONを基に環境省作成

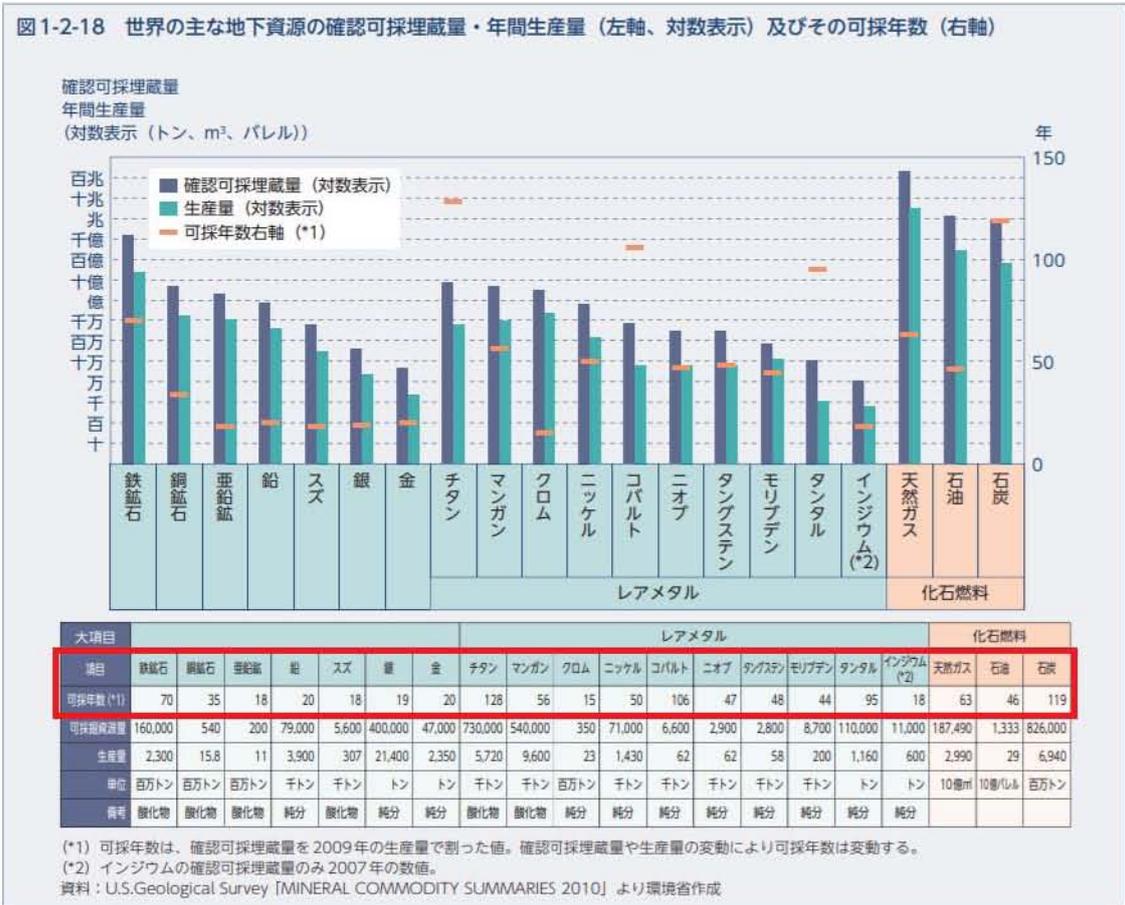
図1-1-5 我が国の温室効果ガス排出量



資料：環境省

平成 23 年版 環境・循環型社会・生物多様性白書より

少し古いデータですが、可採年数です。



微分・積分の基礎

微分の定義

$$f'(a) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(a+h) - f(a)}{h} \quad \text{または} \quad f'(a) = \lim_{x \rightarrow a} \frac{f(x) - f(a)}{x - a}$$

関数 $A(x) = f(x)g(x)$ の微分は

$$\frac{dA(x)}{dx} = \frac{d}{dx} (f(x)g(x)) = \frac{df(x)}{dx} \cdot g(x) + f(x) \cdot \frac{dg(x)}{dx}$$

すなわち

$$\{f(x)g(x)\}' = f'(x)g(x) + f(x)g'(x)$$

こうなる理由は

$$\begin{aligned} A'(x) &= \frac{f(x+h)g(x+h) - f(x)g(x)}{h} \\ &= \frac{f(x+h)g(x+h) - f(x)g(x+h)}{h} + \frac{f(x)g(x+h) - f(x)g(x)}{h} \\ &= \frac{f(x+h) - f(x)}{h} \times g(x+h) + f(x) \times \frac{g(x+h) - g(x)}{h} \end{aligned}$$

h が限りなくゼロに近づくと

$$= f'(x)g(x) + f(x)g'(x)$$

関数 $A(x) = f(x)g(x)h(x)$ ならば

$$A'(x) = f'(x)g(x)h(x) + f(x)g'(x)h(x) + f(x)g(x)h'(x)$$

なぜ x^2 を x で微分すると $2x$ となるのか？

$$\frac{(x+h)^2 - x^2}{h} = \frac{2hx + h^2}{h} \quad h \rightarrow 0 \text{ で} \quad = 2x$$

あるいは

$$(x^2)' = x' \times x + x \times x' = 1 \times x + x \times 1 = 2x$$

ロピタルの定理

関数 $f(x)$, $g(x)$ が $x=a$ を含む区間で微分可能で、

$\lim_{x \rightarrow a} f(x)=0$, $\lim_{x \rightarrow a} g(x)=0$, $g'(x) \neq 0$ のとき

$$\lim_{x \rightarrow a} \frac{f'(x)}{g'(x)} = l \text{ (有限確定値) ならば } \lim_{x \rightarrow a} \frac{f(x)}{g(x)} = l$$

計算例

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin 3x}{x} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{(3x)' \times \cos 3x}{1} = 3$$

何回微分してもよい

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^3}{e^x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{3x^2}{e^x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{6x}{e^x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{6}{e^x} = 0$$

合成関数の微分

$A(x)=f(g(x))$ であるとする、 $g(x)=u$ として

$$\frac{dA(u)}{dx} = \frac{df(u)}{du} \frac{du}{dx}$$

具体例を示すと

$y=\sin(2x+2)$ を x で微分すると

$$y'=\cos(2x+2) \times (2x+2)' = 2\cos(2x+2)$$

知っておいた方がよい微分

$$(e^x)' = e^x \quad (x^n)' = nx^{n-1} \quad (a^x)' = a^x \log a$$

$$(\sin x)' = \cos x \quad (\cos x)' = -\sin x \quad (\tan x)' = \frac{1}{\cos^2 x}$$

$$(\log x)' = \frac{1}{x} \quad \{\log |f(x)|\}' = \frac{f'(x)}{f(x)}$$

$$\left\{ \frac{1}{g(x)} \right\}' = -\frac{g'(x)}{\{g(x)\}^2} \quad (\log_a x)' = \frac{1}{x \log a}$$

$$\left\{ \frac{f(x)}{g(x)} \right\}' = \frac{f'(x)g(x) - f(x)g'(x)}{\{g(x)\}^2}$$

知っておいた方がよい積分

$$\begin{aligned} \int x^\alpha dx &= \frac{x^{\alpha+1}}{\alpha+1} + C \quad (\alpha \neq -1) & \int \frac{dx}{x} &= \log|x| + C \\ \int \sin x dx &= -\cos x + C & \int \cos x dx &= \sin x + C \\ \int \frac{dx}{\cos^2 x} &= \tan x + C & \int \frac{dx}{\sin^2 x} &= -\frac{1}{\tan x} + C \\ \int e^x dx &= e^x + C & \int a^x dx &= \frac{a^x}{\log a} + C \quad (a > 0, a \neq 1) \end{aligned}$$

置換積分

$$\begin{aligned} \int f(x) dx &= \int f(g(t))g'(t) dt \quad x = g(t) \\ \int f(ax+b) dx &= \frac{1}{a} F(ax+b) + C \quad (a \neq 0) \quad F'(x) = f(x) \\ \int \{g(x)\}^\alpha g'(x) dx &= \frac{\{g(x)\}^{\alpha+1}}{\alpha+1} + C \quad (\alpha \neq -1) \\ \int \frac{g'(x)}{g(x)} dx &= \log|g(x)| + C \end{aligned}$$

部分積分法

$$\begin{aligned} \int_a^b f(x)g'(x) dx &= \left[f(x)g(x) \right]_a^b - \int_a^b f'(x)g(x) dx \\ \int \log x dx &= x \log x - x + C \end{aligned}$$

(注意) 対数 \log は e を底とする自然対数です。

シンプソンの公式

$$\int_a^b f(x) dx \approx \frac{b-a}{6} \left[f(a) + 4f\left(\frac{a+b}{2}\right) + f(b) \right]$$

技術士一次試験 基礎科目問題を極める

初版 2020年 6月18日発行

増補版 2021年12月 9日発行

©著者 畑 啓之

技術士（化学部門）

〒675-0122

兵庫県加古川市別府町別府 835-1-1027

E-mail: hata@alchemist.jp