

化学という学問は経験の積み重ねがすべてか？

数学や物理学は論理の世界に花咲く学問であり、実に美しい規則の上に成り立っている。それに対し、化学という学問は非常に多くの事柄が関連性もなく詰め込まれ、たとえ部分が理解できたとしても全体像をつかみ取ることが難しいと感じられるようだ。高校の授業では、数学や物理学はその根底に流れる論理をつかみ取りさえすれば比較的簡単に答えにたどり着くことができる。生物学も最近は論理武装が進み、かつてのように暗記の学問ではなくなってきた。それに対して、化学はいまもって暗記の学問だと思われる。

イギリスの科学啓蒙化クラウザーは、科学を「一般性の科学」と「個別性の科学」とに分類し、前者の例が物理学で、後者の例が化学であるとした。一般性の科学とは、その根底に存在する規則のほとんどがすでに発見され、それらの規則はすでに一般化しているという意味である。確かに、高校の物理の教科書に現れる規則は、最近のクォークやレプトンの発見以外は、ここ数十年変化していないのではないだろうか。それに対して、「個別性の科学」である化学は、まだまだ新しい反応や事象が見つかる可能性があり、実際に見つかり続けている。年と共に教科書が書き換えられていくという学問である。

クラウザーの分類を見ても、化学という学問は新発見が続くので必然的に多くの分野を含むことになる。社会の要請に応じて新しい分野ができることもあるし、既存の分野であってもそこに新しい知見が加えられていくこともある。

図は化学に含まれる分野例を示している。

### 学問の一覧 (Wikipedia)

実に多くの分野に分かれており、その一つ一つについて個別に学習し、理解し、応用していくことが求められる。

私の専門は有機化学の中の有機合成化学であり、その中にも実に多くの反応や方法が含まれる。目的とする有機合成を成し遂げていくためには、化学の中の他の分野も合わせて自分のものとする必要があった。

#### 化学 [編集]

- **物理化学**
    - 分子動力学
    - 電気化学
    - 生物物理化学
    - 熱化学
    - 放射化学
  - **有機化学**
    - 有機合成化学
    - 有機金属化学
    - ケミカルバイオロジー
    - コンビナトリアルケミストリー
    - 生物有機化学
    - 天然物化学
  - **無機化学**
    - 生物無機化学
    - 錯体化学
  - **分析化学**
    - 機器分析化学
  - **高分子化学**
    - 超分子化学
  - **生化学**
  - **合成化学**
  - **理論化学**
    - 量子化学
    - 計算化学
  - ケモインフォマティクス
  - 医薬品化学
  - 宇宙化学
  - 化学工学
  - 石油化学
  - 界面化学
  - 核化学
  - 環境化学
- 固体化学
  - 光化学
  - 神経化学
  - 大気化学
  - 地球化学
  - 生物地球化学
  - 農芸化学
  - 溶液化学
  - 立体化学

次頁の図は化学の発展の歴史を示している。紀元前のタレス、デモクリトス、アリストテレスの時代は、哲学的な思考が重んじられた時代でもあり、化学というよりは自然界の物質とその変化をどのようにとらえるべきか、思索に暮れた時代であったというべきであろう。

そして、その後に錬金術の時代が到来し、この期間が実に 15 世紀もの長きにわたり続く。錬金術とは読んで字のごとく価値のない金属（鉛など）から価値のある金属である金（きん）を作り出そうとする試みであり、実に欲との二人連れであった。

いま化学と言われている学問が萌芽したのは、錬金術の時代が明けた 1661 年ボイルの元素再定義の頃からである。長年にわたって積み上げられてきた錬金術の知見やノウハウがやっと開花し始めたとみるべきだろう。化学とは難しい学問かもしれない。どの方向に進むべきかを知るのに 15 世紀もの期間を要した。すこし無責任な発言にはなるが、「金」を作ることをあきらめたおかげで、やっと進むべき方向が見えてきたという可能性もある。

いずれにしても、方向性を持って歩み始めた化学は、それからはその範囲を広げ、内容を深めながら進歩し続けて行くことになる。最近のノーベル化学賞の受賞内容を見てもそのバリエーションの広さに驚かされる。化学とは今まだ成長し続けている学問である。しかも、錬金術の 15 世紀の期間も加え、多くの人の汗と努力により積み上げられてきた学問である。

化学の歴史（Wikipedia）では、1661 年に錬金術（alchemy）の接頭語 al（英語では the に相当）がなくなり化学者（Chymist）となっている。錬金術師 alchemist から化学者 chemist への変化であり、同時に alchemy から chemistry（化学）への変化である。化学の歴史はこの 1661 年に始まったと考えてもよいのではないだろうか。1661 年といえば、次頁の図にもあるように錬金術の時代が暮れて、ボイルが元素の再定義をした年である。

#### 化学の歴史（Wikipedia）

化学の歴史は長く曲折に富んでいる。火の発見を契機にまず金属の精錬と合金製造が可能な冶金術がはじまり、次いで錬金術で物質の本質を追求することを試みた。アラビアにおいても錬金術を研究したジャービル・イブン=ハイヤーンは多くの業績を残したが、やがて複数のアラビア人学者は錬金術（alchemy）を批判するようになっていった。近代化学は化学と錬金術を弁別したときはじめた。たとえばロバート・ボイルが著書『懐疑的化学者』（The Sceptical Chymist、1661 年）などである。そしてアントワーヌ・ラヴォアジエが質量保存の法則（1774 年発見）を打ち立て化学現象において細心な測定と定量的観察を要求したのを境に、化学は一人前の科学になった。錬金術と化学がいずれも物質の性質とその変化を研究するものではあっても、科学的方法を適用するのは化学者である。化学の歴史はウィラード・ギブズの業績などを通じて熱力学の歴史と絡み合っている。

## 38 化学研究の歴史

年代	人名	国名、生年没年	業績
B.C.600頃	タレス	ギリシア、B.C.625頃～B.C.547頃	「万物の根源は水である」と主張。
B.C.400頃	デモクリトス	ギリシア、B.C.400頃～B.C.370頃	古代原子説(世界は原子と空虚からなる)を完成。
B.C.4世紀	アリストテレス	ギリシア、B.C.384～B.C.322	四元素説(水、土、空気、火を基本要素)を研究。
<b>錬金術の時代</b>			
	卑金属(貴金属[金、銀、白金]以外の金属)から貴金属をつくり出すことや、不老薬・万能薬をつくり出すことをめざした。神秘的、魔術的な傾向が強かったが、技術の進歩と、多くの実験結果を残し、その後の化学に寄与した面もある。		
1661	ボイル	イギリス、1627～1691	元素を再定義し、多数の元素発見の可能性を示す。
1662	ボイル		ボイルの法則(気体の圧力と体積の関係)の発見。
1670	ベックマン	ドイツ、1635～1680	フログストン説(酸素を元素とする説)を主張。
	シュタルム	ドイツ、1668～1734	
1742	セルシウス	スウェーデン、1701～1744	温度目盛(セルシウス度)の提案。
1766	キャベンディッシュ	イギリス、1731～1810	水素の発見。
1772	ラザフォード	イギリス、1749～1819	窒素の発見。
1772	シュエレ	スウェーデン、1742～1786	酸素の発見。
1774	ラバアジエ	フランス、1745～1794	質量保存の法則の発見。
1777	ラバアジエ		燃焼の説明。
1787	シャルル	フランス、1746～1823	シャルルの法則の発見。
1789	ラバアジエ		元素表を発表。
1791	ガルヴァニ	イタリア、1737～1798	動物電気説(電気化学、電気生理学に発展)の発表。
1799	プルースト	フランス、1754～1826	定比例の法則の発見。
1800	ボルタ	イタリア、1745～1827	ボルタ電池を発明。
1800	カーライル	イギリス、1768～1840	水の電気分解。
	ニコルソン	イギリス、1753～1815	
1801	ドルトン	イギリス、1766～1844	分圧の法則の発見。
1803	ドルトン		倍数比例の法則の発見、原子説。
1803	ヘンリー	イギリス、1774～1836	ヘンリーの法則(気体の溶解)の発見。
1807	デイヴィー	イギリス、1778～1829	ナトリウム、カリウムの単体を電気分解でとり出す。
1808	ゲーリュサック	フランス、1778～1850	気体反応の法則の発見。
1811	アボガドロ	イタリア、1776～1856	分子説の提唱。
1813	ベルセリウス	スウェーデン、1779～1848	アルファベットを使った元素記号を考案。
1824	ウェーラー	ドイツ、1800～1882	異性体の発見。
	リービヒ	ドイツ、1803～1873	
1825	ファラデー	イギリス、1791～1867	ベンゼンの発見。
1827	ウェーラー		アルミニウムの単体をとり出す。
1828	ウェーラー		尿素の合成(有機物が合成できることを示した)。
1833	ファラデー		ファラデーの法則(電気分解の量的関係)の発見。
1836	ダニエル	イギリス、1780～1845	ダニエル電池の発明。
1840	ヘス	ロシア、1802～1850	ヘスの法則(反応熱は経路によらない)の発見。
1848	ケルビン	イギリス、1824～1907	絶対温度目盛りの提案。
1860	カニッツァーロ	イタリア、1826～1910	アボガドロの分子説を紹介し、分子概念の確立へ。
1863	ソルベー	ベルギー、1838～1922	アンモニアソーダ法(ソルベー法)の発明。
1864	グルベルグ	ルウェー、1836～1902	化学平衡の法則(質量作用の法則)の発見。
	ワーゲ	ルウェー、1833～1900	



アリストテレス



ボイル



ラバアジエ



シャルル



ガルヴァニの実験



プルースト



ドルトン



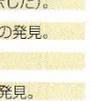
アボガドロ



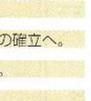
ファラデー



ウェーラー



ダニエル



ヘス



ケルビン



カニッツァーロ



ソルベー

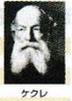


グルベルグ



ワーゲ

年代	人名	国名、生年没年	業績
1865	ケクレ	ドイツ、1817～1896	ベンゼンの構造式の解明。
1869	メンデレーエフ	ロシア、1834～1907	元素の周期律の発見。
1887	ラウール	フランス、1830～1901	ラウールの法則(蒸気圧降下の法則)の発見。
1884	ルシャトリエ	フランス、1802～1896	平衡移動の原理(ルシャトリエの原理)の発見。
1884	アレニウス	スウェーデン、1859～1927	電離説、酸・塩基の定義。
1886	モアッサン	フランス、1852～1907	フッ素の発見。
1886	ホール	アメリカ、1863～1914	ホール・エルー法(アルミニウムの製法)の発明。
	エルー	フランス、1863～1914	
1887	ファント・ホッフ	ドイツ、1802～1911	希薄溶液の浸透圧に関する法則の発見。
1894	レイリー	イギリス、1812～1919	アルゴンの発見。
	ラムゼー	イギリス、1852～1916	
1897	トムソン	イギリス、1856～1940	電子の存在を確認。
1902	オストワルト	ドイツ、1853～1932	オストワルト法(硝酸の製法)の発明。
1903	長岡半太郎	日本、1865～1950	土星型原子モデルを提唱。
1911	ラザフォード	カナダ、1871～1937	原子核の存在を主張。
1913	ソディ	イギリス、1877～1956	同位体の概念を提唱。
1913	ボーア	デンマーク、1879～1962	ボーアモデルを発表。
1913	ハーバー	ドイツ、1868～1934	ハーバー・ボッシュ法(アンモニアの製法)の発明。
	ボッシュ	ドイツ、1874～1940	
1919	アストン	イギリス、1877～1945	質量分析器の開発。
1920	シュタウディンガー	ドイツ、1881～1965	高分子の概念を提唱。
1923	ブレンステッド	デンマーク、1879～1947	酸・塩基の定義。
	ローリー	イギリス、1874～1936	
1931	カロザース	アメリカ、1897～1957	合成ゴム(クロロブレンゴム)を発明。
1932	チャドウィック	イギリス、1891～1974	中性子の発見。
1934	湯川秀樹	日本、1907～1981	中間子論を開拓。
1935	カロザース		合成繊維(ナイロン66)を発明。
1946	リビー	アメリカ、1909～1980	炭素による年代測定法の開発。
1952	福井謙一	日本、1918～1980	フロンティア軌道理論の提唱。
1953	ワトソン	アメリカ、1928～	DNAが二重らせん構造であることを発見。
	クリック	イギリス、1915～2004	
1962	下村 脩	日本、1929～	緑色蛍光タンパク質(GFP)の発見。
1966	野依良治	日本、1926～	異性体を作り分ける不斉触媒の開発。
1977	白川英樹	日本、1936～	導電性ポリマーの発見。
	ヒーガー	アメリカ、1936～	
	マクダイアミッド	アメリカ、1927～2007	
1977	根岸英一	日本、1935～	根岸反応の開発。
1979	鈴木 章	日本、1930～	鈴木・宮浦反応の開発。
1985	カーン	アメリカ、1933～	フラーレン C <sub>60</sub> の発見。
	クロト	イギリス、1939～	
	スモーリー	アメリカ、1942～2005	
1987	田中耕一	日本、1949～	質量分析のための脱離イオン化法の開発。
1991	飯島澄男	日本、1938～	カーボンナノチューブの発見。



ケクレ



ファント・ホッフ



ラザフォード



ボーア



ハーバー



ボッシュ



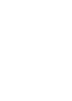
アストン



シュタウディンガー



ブレンステッド



ローリー



カロザース



チャドウィック



湯川秀樹



リビー



福井謙一



ワトソン



クリック



下村 脩



野依良治



白川英樹



ヒーガー



マクダイアミッド



根岸英一



鈴木 章



カーン



クロト



スモーリー



田中耕一



飯島澄男

いよいよタイトルの「化学という学問は経験の積み重ねがすべてか？」である。

簡単な答えではあるが、理屈を踏まえての理解の積み重ねが重要となる。表面的にはつかみどころがないように見えてもその根底には理屈が通っている。その理屈を理解し、自由に使いこなせるようになることだ。化学には多くの局面があるが、この問題を解決するには、あるいは、新化合物を合成するにはこの理屈・論理を巧みに用いるべきだ。経験を積むと自ずとその結論に導かれる可能性が高くなる。この意味では化学は積み重ねが重要である。

うまく事が運ぶか多くの失敗を繰り返すかは、化学に携わる人の感の良し悪しにかかっている。成功確率を上げるためには、感をよくするための努力は必須である。感が良くなるための条件は、考えながらいかに多く化学の場数を踏んだかは言うまでもない。ただし、化学の難しいのは、感のいい人であっても、導いた結論に従って実際に実験してみても、結果は必ずしも思ったようになるとは限らないということである。ここが物理学と大きく違うところである。化学という学問は経験の積み重ねが重要である。

化学の歴史は15世紀もの長きにわたる一見無意味にも思える錬金術の期間ののちに、1661年以降に光明が見え、そこからこの学問は爆発的に発展することとなった。この化学の2千年強にわたる長い期間を一人の人間が体感し理解し、さらのその上に新たな知見を積み上げていく。化学を志す人にはそのような決意が必要となる。

この決意をもって、化学に長年携わってきた感の良い人ならば、正解に至る確率はかなり大きくなる。後は運鈍根でひたすら勝負である。この粘り腰は誠に日本人向きで、最近よく言われている生産性向上に関して、日本の化学工業の一人当たりの生産性は米国を抜いているとのことである。