

広島仮説サークル版授業書

原子の色わけ

広島仮説サークル・いどの会

1990年7月初版

2000年7月改版

<原子の色わけ>目次

第1部	原子の種類と周期表	1
	[質問1] 地球の原子の種類は？	1
	原子と科学者	2
	[質問2] ものを作っている原子の種類は？	2
	単体の話	3
	原子の名前と記号	4
	[作業1]	7
	原子は似た性質のものがある	7
	[作業2]	7
第2部	陽原子と陰原子	11
1.	金属と非金属と自由電子	11
	[問題1] カルシウムなどの単体は豆電球がつくか？	11
	金属テスターと単体の分類	12
	金属性と電子求引度	13
	[問題2] 1円玉と金属テスター	15
	[問題3] 単体と金属テスター①	16
	[問題4] 単体と金属テスター②	16
	金属と非金属の境	17
2.	陽原子と陰原子の分類	19
	[問題5] 単体の性質の予想	20
	自然の中の原子	22
	[問題6] 体を作っている原子	23
	[問題7] 宇宙を作っている原子	24
	[研究問題1] 原子の周期表の立体模型作り	27
	[研究問題2] 周期表の覚え方	28
	[研究問題3] 原子かるた遊び	29

＜原子の色わけ＞解説

◆化学のバカの一つ覚え

自然科学とは、「モノ」について、その性質や変化、つながりを本質的に考え、それから得られた法則や概念を応用していくことで築き上げられたものだろう。その本質的な理解のためには「モノ」だけを見ていたのでは始まらない。その物質を作っているもと、すなわち物質よりも下の階層、「物質」、「分子」、「原子」から見るということが大事になる。

「原子」の階層から「モノ」を見ることは物理学では大事である。「モノ」を「原子」の世界から見るようになって、力学は急速に発達した。それが16、7世紀以後である。

しかし、「化学」的な性質を理解するには、それだけでは十分ではない。化学では、原子どうしの出会いが原子そのものを破壊することがある。といっても、原子の着ている「着物」(電子)が少しハゲたり、増えたり、あるいは少し相手の原子のほうになびいたりするぐらいで、原子の本体には変化がないのである。しかし、その原子の「着物」(電子)の変化は「化学」の世界では本質的な変化とつながっている。

したがって、化学を本質的に学ぶには、物質を「原子が見える目」で見ながら、<さらに下の階層から見る目>でも半分見ていく必要がある。原子(アトム)は物質の最小単位という意味の言葉だが、実際には、「原子」はさらに小さな粒「電子と原子核」からできている。<さらに下の階層から見る目>とは「電子と原子核が見える目」ということである。

「原子が見える目」で見ながら、「電子と原子核が見える目」で見ると、随分難解なことになりそうだと心配に思われる人もいるかもしれない。確かに、それは電子と原子核の性質のすべてに目を付けて理解していこうというのなら、専門的な内容になってしまい、化学の入門教育にふさわしい内容にはならないだろう。

しかし、物質の性質や変化、すなわち「化学」に関係しているのは、「電子と原子核」の階層でも、「原子の一番外側を回っている電子」だけで、それ以外の「内側の電子や原子核」は全く変化も、関与もしない。しかも、<一番外側を回っている電子が原子の中心にどれだけ強く引っぱられているか、あるいは弱くしか引き付けられていないか>ということ(電子求引度)だけで化学の基本的なことは理解できる。

いいかえると、<一番外側を回っている電子が原子核にどれだけ強く引っぱられているか>ということに目をつけさえすれば、力学の世界から、化学の世界へ飛躍できるのである。そんな簡単なことなら、だれでもが楽しみながら本質的な化学の世界へ入門出来るのではなかろうか。そのような考えに立って、

わたしは化学の入門のための授業書を考えている。

<電子が原子核にとりだけ強く引っぱられているか>ということから原子を見ると、原子は大きく2種類に分かれる。すなわち、原子の一番外側を回っている電子が、原子核に弱く引っぱられている原子と、強く引っぱられている原子の2種類である。この2種類に分けて原子を見る見方が化学の基本であり、物質の性質や変化を根本から理解するうえで、一番大事なことだと思っているのである。

実は、このことは一流の化学者にとっては当たり前のことなのである。化学者たちは2種類の原子のことを「陽原子」「陰原子」と呼んでいる。その考えを有効に使って20世紀初め化学は急速に発達した。現在の化学者にはその考えを直接使う人は少なくなった。といっても、現代の化学の基礎も、その原子の「陽性」と「陰性」に基づいていることに変わりはない。

しかし、このことは化学教育上それほど注目されてこなかったように思う。少なくとも、この分類をもとにした見方だけで、すべての物質の性質と変化を見通していこうという主張を、わたしは化学教育の世界で知らない。それは余りに当たり前なことで見落とされてきたのだろうか。

◆8割主義の法則

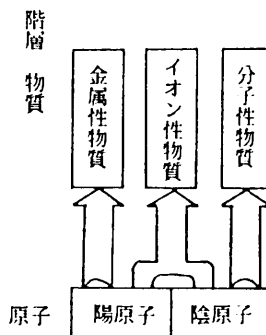
原子を陽原子と陰原子に分けて物質を見ると、物質は「金属性物質」「イオン性物質」「分子性物質」の3種類に分類できる。

原子の反応性の強弱、例えば、酸塩基の性質や原子の違いによる強弱も、また、燃焼や溶解の性質も、大まかには、原子の陽性陰性の度合いで推し測ることができる。

この考えは、一見強引そうに見える。し

かし、[物質は原子でできており、その原子は更に十の原子核と一の電子でできていて、しかも、原子核は通常自然界の変化や化学反応では変化しない]ことがわかれば、電子の出やすさ出にくさ、すなわち原子の陽性陰性で物質が縛られているというのがあたり前の見方になるのではなからうか。

では、それがホントであれば、なぜそんな化学の本がないのであろうか。それはよくわからない。しかし、いくつかの理由が考えられる。一つは、物理と化学の違いといたらよいであろうか。化学が取り扱う物質は雑多で、それらすべての物質に通用する「バカの一つ覚え」(法則)を見つけ、応用していくことは不可能である。水に砂糖が溶けるとか、鉄が酸素中で燃えるといった簡単な変化でさえ、さまざまな法則が絡み合っているからである。例えば「燃焼」という物質の変化について考えて見よう。<マグネシウムのような金属は電子を出しやすい原子(陽原子)でできており、陽イオンになりやすい>、ま



たく酸素や塩素は電子を強く引き付けている原子（陰原子）からできていて、陽原子の電子を奪って陰イオンになりやすい>ということが初めに分かっているとす。

では、酸素や塩素といった「陰原子」が金属の「陽原子」に接するとどうなるだろうか。陰原子は陽原子から電子を奪って、陰イオンと陽イオンが同時にできるだろう。－の電気を持った粒と＋の電気を持った粒は引き合い、そのとき引力ぶんのあまったエネルギーを放出する。その結果、2種類のイオンはイオン結合によりイオン性結晶を作る。そのとき出るエネルギーが光や熱、音になる。そのような陰原子と陽原子との出会いによるエネルギー放出反応を「燃焼」といっている。その結果できる「イオン性物質」が「灰」なのである。

「金属は酸素中で燃えるが、塩素中でも燃える」ということが、陽原子と陰原子で考えれば、すっきりと考えられる。また、その結果できる「塩化ナトリウム」や「塩化銅」も金属のナトリウムや銅が燃えた「灰」ということが分かる。逆に、その「灰」から金属のナトリウムや銅を取り出すのは、燃えたとき出たエネルギーを「灰」に注ぎ込んで、陽原子から陰原子を奪ってやればよいということになる。

さらに、次のようなことも、原子の陽性、陰性の度合いを考えに入れていけば理解できるようになる。例えば、マグネシウムは空気中で大変よく燃えるが、鉄はスチールウールのように細かくしないと燃えない。それは、マグネシウム原子が鉄原子よりも原子の陽性度が大きいからである。また、ナトリウムが非常に激しく燃えるのは、ナトリウム原子の陽性度がマグネシウムよりも大きいことから納得できよう。

ところが、その「バカの一つ覚え」でやっていくと、実際にはそれでは説明できないことに会う。例えば、アルミニウムは金属で、陽原子からできているのに、アルミホイルは酸素中でも燃えないとか、黄銅鉱は金属光沢などの金属の性質を持っているのに燃えない。

このように、化学の取り扱う世界では一つの法則を知っていれば、それだけで全部の現象がうまく説明できるということは先ずない。実は、それはその法則が成り立っていないのではなく、そのほかの法則がからんで、一つの法則だけでは説明できないだけである。

ただ、化学入門者にとっては、出来るだけすっきりした、一つの法則だけで考えられる現象のほうが望ましい。2つ以上の法則がからむようなことは避けたい。だがしかし、そんなに単純に一つの法則だけですべての現象が説明できる事象はこの世にない。

じつは、こんなことが「科学教育の化学」の本がない原因だと私は考えている。「良心的な化学者」がしろろと向けに本を書けば書くほど、そのなかに「バカの一つ覚え」のない、知識の寄せ集めや、事実の解説的な本になる。とすると、一般の人には「物質界（化学の世界）の法則」は化学教育のなかでは

学べないということになってしまう。

だがしかし、どんな物質、どんな現象も一つだけで100%網羅する法則なんてないとなれば、物質界の8割ぐらいを網ですくえるような、そんないい加減な「法則」がもしかして役立つということはないのであろうか。素人の私たちが、身の回りの物事を、原理的に見れたり、考えたりするとき、2割の例外、いえ、たとえ4割の例外があっても、その法則で見れば、自然の素晴らしさを深いところで感じられるということがあるかもしれない。そして、そのとき自分自身の素晴らしさも味わえるかもしれない。

そのような「バカの一つ覚え」からみる化学を提案するには、かなりの「すほらさ」と「大胆さ」、そして「鋭い感覚」が必要と思う。

私には、その3つのうちの第一だけは自信があるが、あとは随分欠けている。しかし、だれかが始めなければ、石は積めない。広島仮説サークルの人の助けを随分借りながら、化学の科学教育の〈授業書〉の船出を今からしてみようと思う。

わたしの描く〈化学の授業書〉は、それを学べば、化学が暗記でなく、推理的なものであることを味わえ、実験的な楽しさだけでなく、「バカの一つ覚え」の素晴らしさ、すなわち科学の楽しさが子どもの中に育つようなものである。

授業書体系の中で、まずはじめに〈原子の色わけ〉がくる。原子の電子求引度に注目し、原子を陽原子と陰原子に分類する。それはなぜか。物質の性質や変化を牛耳っているものは、原子の「下の階層」と関係する、陽性と陰性だと考えるからである。それが原子の周期表と呼ばれる「原子の世界の地図」とどう関係にあるかを、電気伝導性をテコに探ることができるように狙ったからである。この授業書で、原子の世界の様子がだまかに心の中にイメージできれば、そしてそれが楽しくできれば、これからの化学の世界への道は明るくなるだろう。

原子の分類がすむと、あとは物質の分類になり、物質の世界を陽原子陰原子で見通していくことになる。それはさまざまな物質の変化を追うことで一層深まっていくことであろう。物質の変化としては、「燃焼」や「水溶液」、「酸塩基」、「イオン反応」、「酸化還元反応」などがある。それらの体系については、また別の機会に大風呂敷を広げてみたい。

◆〈原子の色わけ〉の解説

人の世界が男と女に基本的に分類され、それが本質的であるように、原子の世界も陽と陰の原子がいて、それが本質的であるという前提でこの授業書は作られている。そして、その前提による化学の体系の、もっとも基礎を学ぶ目的で作ったのが〈原子の色わけ〉である。

したがって、「陽原子・陰原子」という呼び名よりも、「男原子・女原子」と

いう呼び名のほうがわかりやすく、親しみやすいのではないかという思いもわたし自身は持っている。しかし、今回のシリーズではより一般的に容認されやすい呼び名、「陽原子・陰原子」を採用した。「男原子・女原子」のほうがいいと思う方はそれを採用してもらいたい。

この授業書の第1部では、周期表を最初に取り上げている。これは現在の中学校の教育課程には本格的に取り上げられていないものであるが、原子の世界を大まかにつかむためには、①原子の数に限界があること、②原子の性質は似た者どうしに分類されること、③基本的な性質は限られた数しかないことを知ることが大事である。「無限」にあると興味を持つという人もいるかも知れないが、大部分の入門者には物質の世界が「有限」であるということで、安心して学べるのではないだろうか。

地球を学ぼうとするとき、地球儀で大まかな全体像をつかむと安心できるように、原子の世界も、周期表が「原子の世界の地図」に当たり、それから原子の世界の大まかな広がりがかめるのではなかろうか。また、周期表から考えると、原子の陽性陰性がうまく整理され、考えていく指針になる。そういう意味では、「周期表」は「原子の世界の探検」をしていくための地図といえる。すなわち、化学を推理的に進めていくためには、かけがえのない地図といえよう。実際、周期表が発見されて以降、化学の分野では本質的な議論ができるようになった。

第2部では、周期表の原子を乾電池と豆電球（金属テスター）を使って、陽原子と陰原子に分けていく。これは金属の単体を作る原子は陽原子、非金属の単体を作る原子は陰原子ということから分類しているものである。

この違いは、原子が電子を引き付ける力の違いから来る。そこで、この違いを「電子求引度」と呼ぶことにした。この言葉は、この授業書で作った言葉で、一般的ではない。これと同じような意味で使われているのは「電気陰性度」（研究者によって若干値が違う、ここでは原子圧縮比からの値を用いた）という言葉である。その値を約2.5倍すると、ここで使っている「電子求引度」の値になる。

なぜ、このような言葉を作ったかを説明しておこう。陽原子と陰原子の分類で、原子を2種類に分類できても、陽原子どうしの陽性の度合いはわからない。しかし、これから化学を推理的に進めていくにはその度合いが必要不可欠である。化学者はそれを電気陰性度として使っている。しかし、この値は最大が4で、化学の入門者にはその意味が分かりにくい。出来れば、最大が1か10にしたい。また、電気陰性度は酸素原子のように電子を取り込んで $-$ （陰）イオンになる陰原子にはぴったりの言葉でも、電子を出して $+$ （陽）イオンになる陽原子にはなんのこともわからない言葉である。

そこで、「陽原子・陰原子」の違いをそのまま表す言葉として、いろいろさがした挙句、決めたのが「原子核が電子を引き付けようとする力の度合い」と

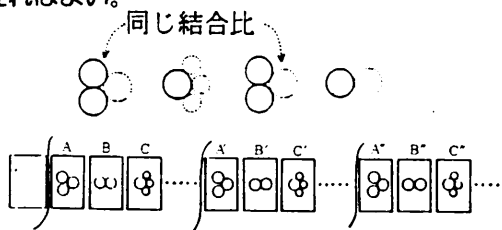
いう意味で「電子求引度」である。有森康平さんが授業にかけた結果では、中学生には十分受け入れられる言葉のようである。

◆授業書をすすめるにあたって

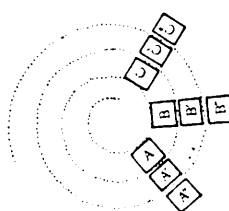
第1部

7ページの【作業1】ではすべての生徒に20種類の原子を覚えさせる必要はない。いくつかを興味をもって覚えればよい。

8ページの【作業2】は黒板に右のような絵を描いて、同じ結合比とはこういうことと説明をする。同じ結合比のものがあれば、同じ色を塗る。



黒板に右下の図も描いて、同じような性質を持った原子が繰り返し表われたら、同じ性質の原子がたてに並ぶように、うまくらせんをつくろうと、説明を付け加える。(らせんでなくて、表にしてもよいが、周期性をはっきり示すため、ここではらせんにした。初期の周期表にはらせんのものが多い)



第2部

できるだけ「単体」をたくさん用意する。また、「単体」という言葉になじむために、意識的に「単体」という言葉を問題の中の説明でくりかえし使ってほしい。

16ページの【問題3】で、ナトリウムをもし水に入れるのなら、5ミリ角以上のものは危険。ヨウ素（濃い紫）、臭素（赤褐色）、塩素（薄黄色）はどれも色があり、刺激臭を持ち、有害であることを説明する。

半導体の色わけは、青と赤の半々に色わけをするといい。

21ページの【問題5】は、出来るだけ単体を揃えてほしい。乾電池の陰極は新しい電池をばらして使う。シンタンやアラザンの表面は銀。タングステンは電球のガラスを割って使う。

(城 雄二)

発行者：「いと出版」 〒733-0842 広島市西区井口4丁目46-2
 TEL 082-278-0334
 郵便振替 01370-1-4428