

科学読み物〈物質の世界地図〉解説

城 雄二

1) はじめに

私が「宇宙の三大物質」ということを言い出し、おむすび型の図を仮説実験授業研究会に提案したのは、今から16、7年前の1978年である（その後、いど出版『化学の授業書』Ⅱ，城 雄二，1985年収録）。大学の講義では、その2、3年前から、やり始めていた。

最近はいろいろなことをやっているのだから、「城さんの専門は何ですか」と他人から聞かれても不思議ではないが、そのころは化学が専門だった。しかし、他の化学の専門家から見れば、そのころでも、私は鼻もちならないところがいくつかあったであろう。

それは、私が、物理化学を専門（学位を取った）としながら、環境（公害）問題をやっていたからだし、もう一つは、教育（仮説実験授業）に首を突っ込みつつあったからだ。私は化学をもっとみんなのものにすることによって、みんなのお役に立ちたい、と考えていた。

そんな私がそのころ「化学の体系を素人の立場から再構築したい」と考え始めていたのは、そんなにとっぴなことでもないだろう。しかし、専門家の人達には、一層うさんくさい道を歩いているように見えていたであろう。

どうして、そういうことを始めたのか。その理由は簡単で、なにも現状に対決したかったからでもないし、アウトサイダーになりたかったわけでもない。現在の化学の教育のために書かれている本では、化学の体系がどういう基本的な考え方で作られているのか、いや、それどころか、物質の世界（性質や変化）がいったいどういう原理で成り立っているのか、それが見えてこないし、私にはわからなかった。そして、きっと多くの人にとっても、その疑問は放置されたままで化学教育が行われており、その結果、化学が暗記物であるかのように誤解されている面が強い、と考えたからである。

その私の考えの基には、「化学のように多種多様な物質の性質や変化を扱うものであっても、自然界は非常に簡単な法則によって、牛耳られている」という仮説がある。

ところが、化学全体がそのように構築されて紹介されていないのは、

- (1)化学が余りに専門的に分化し過ぎて、体系が専門の分野から作られていること、
 - (2)化学で扱う物質の世界の現象（性質や変化）には、さまざまな要因が絡んでいるために、2、3の法則では化学全体を大づかみにとらえることができないと思われていたこと、
- の2つが原因ではないかと考えるがどうであろう。

2) 電気陰性度と物質の分類

化学の体系をつかむためには、物質をどう分類するかが大きな焦点になる。化学は物質の性質や変化を整理する学問だからである。

物質を性質で分類すると、無機物質・有機物質と分けるやり方がある。しかし、それ以外に、金属・非金属に分類するか、固体・液体・気体、あるいは化学結合と関連づけて、イオン性物質・分子性物質・金属性物質に分類する方法もある。

私の目的は、化学の世界を精密に組み立て、つかむことではない。大づかみにしたいだけである。化学の世界を大まかに、しかも、本質は踏まえて構築するにはどうしたらよいか。本質的な考え方を立てることが素人の化学としては大事である。

物質の世界のどの分類がもっとも簡単で、本質的なものであるのだろうか。それは、原子同士の結合のしかたをもとに物質を分類した、イオン性物質・分子性物質・金属性物質という分類ではなかろうか。なぜならば、物質の性質は、その物質をつくっている原子の性質によって決まっているからである。

原子の性質にもいろいろあるが、私は「すべての物質の性質や変化は、原子の電気陰性度によって、ほぼ決まっている」という仮説を立ててみた。「化学結合も原子の電気陰性度によって、その性質がほぼ決まる」という考えである。

原子は原子核と電子からなり、電子は原子核の回りを高速で回っていて、電子によってその軌道は決まっている、と考えられている。そのうちでも、一番外側を回っている電子（最外殻電子）が、他の原子との結合に関与する。その電子が、原子の中心から強く引っ張られているか、あるいは弱いかによって、その原子の最外殻電子が、その原子から他の原子に移動しやすいか、あるいは、その原子が他の原子の電子を引っ張り込もうとするかに別れる。

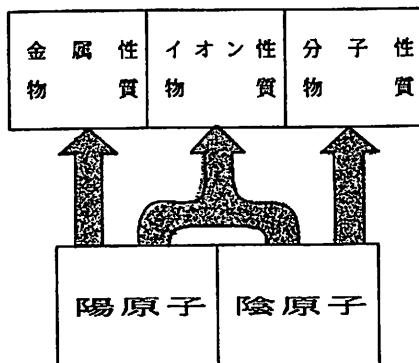
前者の原子を陽原子、後者の原子を陰原子と呼ぶ。それは、電子の移動が起きると、中性であった原子がそれぞれ、プラス（+）とマイナス（-）の電気を帯びた「原子」（イオン）に変わるからである。

電気陰性度とは、最外殻電子が原子の中心からどの程度強く引っ張られているか、その程度を相対的に表したもので、電気陰性度の大きい原子が「陰原子」、小さい原子が「陽原子」ということになる。

「すべての物質の性質や変化は、原子の電気陰性度によって、ほぼ決まっている」という仮説は、「最外殻電子が原子の中心から引っ張られている力の強弱によって、物質の性質や変化が大まかに説明できる」と言い換えることもできる。

この考えを押し進めると、「原子は陽原子と陰原子の2種類に分類でき、すべての物質はそれらの組み合わせでできているので、物質は3種類に分類される」ことになる。

このとき、原子（物質を構成する基礎単位）と物質（材質）の関係をみると、次のようになる。



- * このほかに、電子の出入りのない原子がある。それらを不活性原子と呼んでいる。それは6種類で、化学反応に関与せず、すべて気体で、性質も簡単なので、ここでは考える対象からはずして考えている。

では、化学結合はどうであろうか。これもまた、次の3種類しかないことになる。

- ①金属性結合（金属結合）・・・陽原子どうしが造る結合
- ②イオン性結合（イオン結合）・・・陽原子と陰原子が造る結合
- ③分子性結合（共有結合）・・・陰原子どうしが造る結合

この見方に立てば、世界には、陽原子と陰原子から造られる3種類の物質しかなく、しかも、その物質を造っている原子の化学結合も3種類であることが、原理的にすっきりと理解できると思うのだがどうであろう。

3) 電気陰性度をものさしに

私がこのことに気づいたのは、大学に勤め、化学教材を電気陰性度のものさしで単純化したいと考え出した1975年ぐらいからだ。その時、目の前が急に開けた気がした。

私は、これら3種の物質の名を高校の化学で学んだことがあるが、物質の分類と原子の分類の間に簡単な関係があるとは知らなくて、ただ3つの結合と、3種の物質の存在を知っただけであった。それが本質的なものかどうか、判断する術を知らなかった。

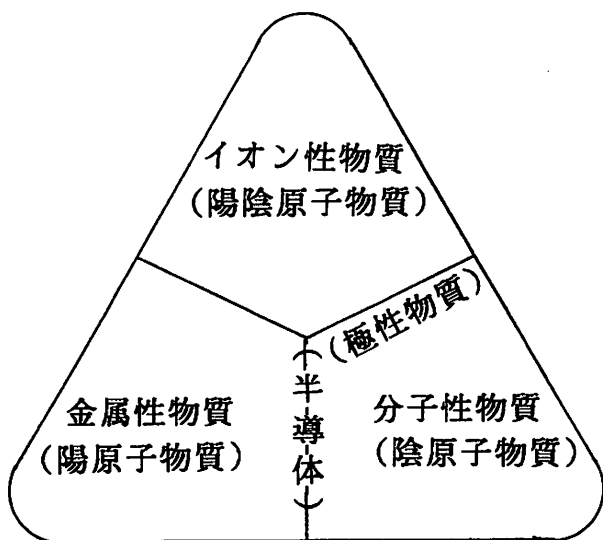
今から思えば、そのとき私は、化学への単純で素晴らしい入口を見つけるチャンスを、むざむざ見過ごしてしまったように

思われる。

「宇宙の三大物質」という構想は、「電気陰性度」というくものさし>によって化学を構築する試みであった。また、これにより、素人のための化学教育が新しく誕生するのではないかと、私は思った。

私は、「おむすび型の物質図」を1978年に発表している。陰陽2種の原子と3種の物質との関係を表した図はもちろんのこと、このおむすび型の図でさえ、他の本では私は見たことがない。

この図には、不活性物質が省かれている。それを除けば、宇宙にある物質のすべてがこれに含まれる。



しかし、このように、宇宙の物質をすべてこの図の中に表すことができるとして、何の役に立つのであろうか。

まず、何百万ともいわれる物質が非常に簡単に整理分類されることにより、世の中のものが無限ではないということがわかり、化学を学ぶ初心者にとっては見通しを持つことができる。また、私たちが知らずにいたり、日常生活でも気がつかずにいる物質を、どれかに簡単に分類できるようになる。従って、未知の物質でも、それが3種のうちのどの種類に入るかによって、その物質の性質を予知することができる。

このように、「電気陰性度」をものさしにして考えていけば、その物質の性質や反応の可能性を予知できる点で、今までの化学とは違った特徴を持つのではなかろうか。

電気陰性度のものさし（原理）で、不活性気体以外の物質をすべて考えるというのは、かなり大胆で、どこまでそれで物質界を概観できるのか、私自身にも見通しが確実にあるわけではなかった。

ところで、原子を陽原子と陰原子に分けるぐらいは、化学入門的な本であれば、イオンのところでやっている。しかし、電気陰性度だけで、化学の現象、すなわち、燃焼にはじまり、溶解、酸・塩基・塩、酸化還元・電気分解・電池反応、有機・生体反応を、そのいくつかでも、解き明かすなんてことをやっている本、そういうものを私は見たことがない。それをやろうというのだから、無鉄砲な話だ。

というと、学問的に無理なことを、ただがむしゃらにやっているように見えよう。そうかもしれない。でも、そんなにデタラメでもないかもしれないという予感を私は持っていた。それ

は私が物理化学が専門で、原子間のエネルギーを研究していたことによるものかもしれない。電気陰性度の考えを広げていくと、物質の世界の7、80%のことは予想できるし、説明できるだろうと思っていた。

また、その程度できれば、私の目指す素人の化学としては十分だと思っていた。

* * *

化学結合と電気陰性度の関係

“電気陰性度が物質の世界を牛耳っている基本的な性質である”と、私が考えた理由を少し説明してみたい。

電気陰性度とは「原子が化学結合をつくるときに、電子を原子の中心に引きつける能力」といってもよいであろう。

「物質」は、原子が寄り合って造られているのであるが、原子はただ寄り合っているだけではない。

2つの原子が互いに接近してきたとしよう。ある距離まで来ると、反発力と引力がつり合う。その結果、2つの原子はその距離でお互いに安定化し、その状態を保つ。そういった「安定な」状態を、原子どうしが「結合」したといい、また、その原子同士のつながりを「化学結合」という。

化学結合は、さまざまな原子どうしで行われ、種々の結合を作る。物質は、いわば、そのような結合の集積物である。従って、「物質」の性質は、それを造っている原子の結合によって決まるといってもいい。

例えば、物質をつくっている原子の結合がすべて、非常に頑丈で切れにくいものであれば、物質は固い性質のものになる。金属や岩石などの固い物質は、それを造っている原子間の結合が、すべて強固だからである。

一方、物質によっては、部分的には原子間の結合が強いが、他の部分は非常に弱い結合でできている、というものもあろう。例

例えば、酸素やアルコール、ポリエチレンなどの物質は、分子内の結合は、かなり強固であるが、分子間の結合は非常に弱い。そのような場合には、分子と分子が離れやすいために、物質全体としては、柔らかい性質になる。

物質は、そのほか、金属性、電気伝導性、水溶性、油溶性、可燃性、電気分解性、酸化還元性など、いろいろな性質をもっている。それらの化学的な性質も、それぞれの物質を造っている原子の結合と密接な関係があるとみられる。

ということは、化学結合の状態がわかれば、物質の化学的な性質はほぼ予想できるのではないかと考えられる。それでは、それぞれの原子間の化学結合の状態は、どうやって決まっているのだろうか。

化学結合の中で、結合力が強いものは3種類ある。金属結合、イオン結合、そして、共有結合である。どの原子が、どういう結合を造るかということは、相手の原子との関係で決まることがわかっている。例えば、Na原子とCl原子の間では、イオン結合を造るが、Na原子とNa原子の間では金属結合、Cl原子とCl原子では共有結合を造る。O原子とO原子では共有結合、O原子とMg原子ではイオン結合、O原子とH原子では共有結合といったように。

どうして、原子の組み合わせの違いによって、化学結合の種類が異なるのであろうか。

化学結合は、基本的には、接近した2原子間の間に働く引力と反発力(斥力)の合計で決まるものである。反発力は原子の中にある陽子間、あるいは、内殻電子間の電氣的な反発力で、すべての原子の間に働くものであり、原子による力の大小はあっても、その力の原因は基本的には原子の種類によって異なる。

ところが、引力は、3種類に別れる。すなわち、①陽原子どうしの間に働く引力 ②陰原子どうしの間に働く引力 ③陽原子と陰原子の間に働く引力の3つである。

①は、電子を放しやすい原子どうしなので、お互いに電子を放

出し合って、それを自由電子として活用することで生み出す引力である。自由電子が原子間を自由に動き回ること、すべての原子間に引力が生じる一種の共鳴現象であり、できる結合は、すべての原子を自由電子で結びつける金属結合である。

②は、電子を引きつける原子どうしによるもので、互いの持っている原子を共用することで、2原子間だけに引力が生じるものである。これによってできる結合は、共有結合と呼ばれる。

③は、電子を放しやすい原子と、引きつける力の強い原子どうしによるもので、陽原子が+の電気を帯び、陰原子が-の電気を帯びることで、静電的な引力が生じる。これによってできる結合はイオン結合と呼ばれる。

ところで、原子の<陰>・<陽>は相対的なもので、それぞれ、原子によって、陰性・陽性に、程度の差がある。その程度の違いによって、結合の強さや、結合の種類も、段階的に変化してくることがわかっている。

代表的な原子について、原子の陰・陽の程度の違いを、大きさの順に表すと、次のようになる。

[陽原子]

Na > Ca > Mg > Al > Fe > Cu > Si > H
大 ← 陽性 ← 小

[陰原子]

H < C < P < S < N < Cl < O < F
小 → 陰性 → 大

原子の性質は、「原子が結合する際、最外殻電子が原子の中心に引かれる力の強弱」によるものだから、その力を定義することで、陽原子・陰原子を、同じものさしの上に並べて比べることができる。その力のものさしが「電気陰性度」である。

*

*

*

電気陰性度について

電気陰性度は化学者がしばしば直感的に用いる概念である。

この電気陰性度は学問的にはどう定義されているか。それは物質がどういう状態であっても、その原子独自の電気的な性質に基づいて決定されるものである。ところが、物質を造っている原子どうしはさまざまな相互作用をしているために、実際には、電気陰性度を実験によって直接求めることは困難である。例え、求めたとしても、それはそれぞれの物質の状態（気体か、溶液か、反応系か、など）によって、異なる値となる。その定量的基礎付けをすることは難しい。

Pauling は、原子A-原子B結合エネルギーに対するイオンエネルギーの寄与は、A、Bの電気陰性度の差の2乗に比例するとして、「双極子能率」を原子間距離で割った値から求めている。

しかし、Mullikenは別の定義の仕方を提案している。電気陰性度の差が大きい2原子間で形成される結合ほど一般にイオン性が大きくなる。ここでは、Sanderson の値を参考にしている。それはPauling の値と中性付近の値が異なる。

*

*

*

いいかえると、電気陰性度のものさしだけでは、物質すべての性質や反応を説明できない。もっとほかの要素も加えて考える必要があるということを示している。たとえば、原子半径や原子価、イオンの電荷、遷移金属の特異な電子配置、さらに静的な電気的性質だけでなく、他の原子が接近してきた時の動的な電気的性質の変化（誘電効果）などである。

もちろん、これらの要素も電気陰性度に影響を与えてはいるが、それらの効果を完全には電気陰性度で表しきれない。

だがしかし、電気陰性度ほど、簡単で頼りになるくものさ

し> (原理) は他にない、と私は考える。それは、原子が原子核と電子でできており、物質の性質は、その電気的性質でほぼ決まるからである。それ以外の要因による影響(ずれ)も1~2割程度はあるであろう。したがって、電気陰性度だけで物質の世界を見ていくと、物質の世界を7~8割程度しか理解できないことになる。そんなあいまいな議論では、専門家には相手にされないであろう。だがしかし、物質界を大まかにつかみたい人にとっては、7~8割理解できるということは価値あることではなかろうか。

そのような考えに立てば、電気陰性度をものさしに用いることは、学問的に妥当であろうとして、話を進めていきたい。

5) 電気陰性度から電子求引度へ

私がこの数年の間に『季刊・かがく』(いど出版)で発表してきた、<原子の色わけ>(第4号)、<原子とイオン>(第7号)、<燃えるもの燃えないもの>(第8号)は、「電気陰性度」をものさしとする化学のお話と実験である。しかし、ここでは「電気陰性度」のかわりに「電子求引度」という値を用いている。

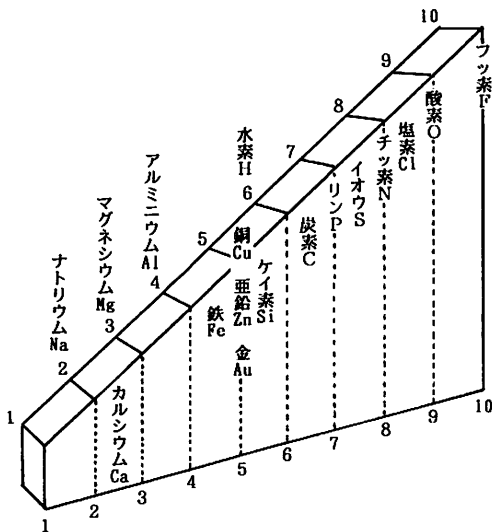
そのわけは、2つある。まず、電気陰性度という言葉はあいまいで、意味がわかりにくい。原子の最外殻の電子を原子核が引き寄せる能力を表すものならば、むしろ「電子求引度」とよぶ方がよいのではないかと考えた。もう一つは、電気陰性度では最大値がフッ素で「4」となっている。しかし、その値がなぜ「4」なのか素人にははっきりしない(これは双極子モーメントの値とうまく合うようにしたもの)。それならば、素人

には、最大値が、1とか、10のほうがなじみやすい。

そこで、「電気陰性度」にかわって「電子求引度」という新しい用語をつくり、値も、電気陰性度をほぼ 2.5倍したものを採用することにした。

すると、「ルビジウムは1、ナトリウムは2、・・・・・・、窒素は8、塩素は8.5、酸素は9、フッ素は10」と、ほぼ 0.5きざみで、1~10の間に、すべての原子を電子求引度の大きさの順に並べることができる。

よく知られたものについて、その順は次の図のようになる。



先程述べたように、電気陰性度の測定法によって、この順序が異なってくるが、ここでは原子の金属・非金属性や、電子の授受（酸化還元）反応をもとにその値を検討し、今のところ、Sanderson の値に基づいたもの（<原子とイオン>で示した

値)でいいのではないかと考えている。

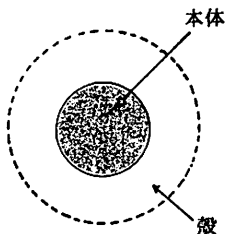
従って、この値も正確な値ではなく、遷移金属原子や電子求引度の値が4~7あたりの原子については、0.5~1程度のゆれがあるもの、として用いる必要がある。

ただ、すべての原子については、もっと総合的に見て値を微調整する必要があるかもしれないとも思っている。その時は、再提案したいと思っているが、基本的には<原子とイオン>で発表した値でいけると考える。

6) 本体と殻

「電子求引度」の概念を導入するに当たっては、原子を単純化し、「本体(ほんたい)」と「殻(から)」に分けて考えることにした。詳しいことは<原子とイオン>、あるいは、このお話し<物質の世界地図>の本文を読んでいただければわかるであろう。

簡単に言うと、化学変化に関係する[最外殻電子]を「殻」とし、それより内側のすべてを「本体」としたのである。したがって、「本体」は、最外殻の電子を除く[内殻の電子]と、原子核とを合わせたものである。



その「本体」と「殻」のモデルで考えると、原子の種類によって「本体」が「殻」を引っ張る力に大小があるから、電子求引度の値に大小がある。すなわち、電子求引度の値が小さい原子ほど「殻」(電子)が「本体」からはがれやすく、大きい原子ほどはがれにくいことになる。

原子は殻がはがれるか、それとも、完全に満たされた時は、原子は本体だけになる。本体は非常に安定で、それ以上は変化しない。したがって、殻がはがれたり、満たされたりした原子の状態は非常に安定である。

このことから、「殻の安定法則」が導かれる。詳しくは<原子とイオン>にあるが、「電子求引度の異なる原子どうしが接触すると、電子求引度の小さい原子は、大きい原子に殻を引きはがされ、本体だけになり、他方は殻が満たされ、やはり本体だけになるように、原子どうし変化する」という法則である。

原子を「本体」と「殻」にわけこの考え方により、化学変化が簡単に考えられる。

7) 座標の導入による地図作り

なぜ「電子求引度」を使うのかというと、それが、原子の変化（本体と殻とのかかわりの変化）を支配する最も基本的な量に当たるからである。

原子の電子求引度の大きさ、すなわち<量>が、物質の性質、<質>を決めている。

これが、私が構築しようとしている化学の体系の特徴であり、この化学のシリーズの柱である。

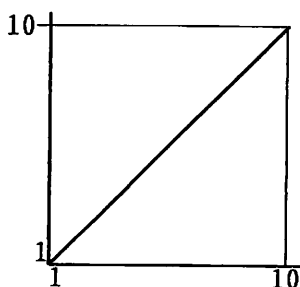
金属・非金属は電子求引度の大小で決まる。だから、原子を2種類、すなわち陽原子と陰原子に分類すればよい。<原子の色わけ>では、陽原子と陰原子の見方で、物質を金属・非金属に分類している。

しかし、化学反応を考えるには、2種の分類だけでは不十分である。化学反応では、原子の電子求引度の「相対値」が大事であることを<原子とイオン>では示した。

では、「宇宙の三大物質」を考えるときにはどうであろうか。おおまかに物質の世界を3つに分ける、おむすび図の段階では、原子を陽原子・陰原子に区別するだけで十分である。

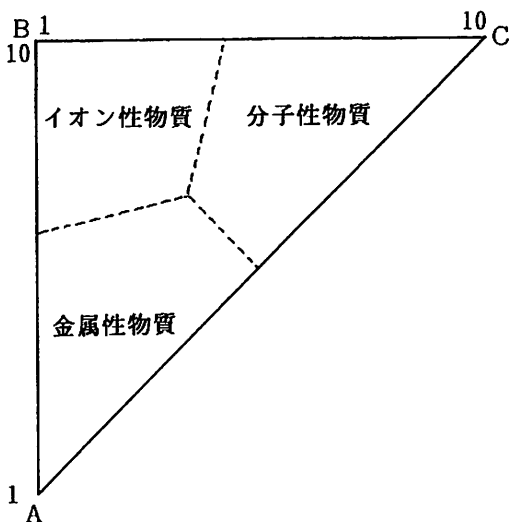
しかし、なぜ、おむすび型、すなわち三角形なのかについて、『かがく』編集委員会での長期にわたる議論の結果、電子求引度を座標とする、2次元の図が登場した。それが「2次元座標入りおむすび図」である。ここでは、電子求引度は、陽と陰だけでなく、相対的な値が目盛りになっている。

次の図がその「2次元座標入りおむすび図」の原形である。



この三角形を採用したのは、原子の配列順序を周期表と対応させるためである。この図は、ちょうど、地球の地図、すなわち世界地図の緯度・経度を「電子求引度」に直したようなものなので、座標入りおむすび図のことを、「物質の世界地図」と呼ぶことにした。なぜなら、この地図に、宇宙のすべての物質

(不活性原子のつくる物質を除く)を載せることができるからである。これによって、物質の世界をより定量的に記すことができるようになった。



この地図は2次元なので、すべての物質を2種の原子(団)の結びつきと仮定している。

2原子からなる化合物の場合は、2つの原子の電子求引度を縦横の座標軸でそれぞれ探し、その2つの座標の交点はその化合物の地図上の位置になる。

では、単体(水素、炭素など)の場合はどうか。単体は、同一原子が結びついたものと考え、同じ値の交点となるから、上図のA~Cを結んだ線上の位置にくる。

3原子以上の化合物では、2種の原子団(官能基)の結びつきとみなすことで、やはりこの地図上に記すことができる。そ

のためには、「原子団の電子求引度」を決める必要があるが、それについては、酸や塩基を例に後述する。

ただ、この「物質の世界地図」は、原子を電子求引度の順に並べるとできるもので、その順が変化すると、この地図も変わってくる。前述したとおり、電子求引度の値は、同じ原子でも、反応の条件、環境（水溶液、固体、気体）でずれが生ずるから、この地図で示される位置は厳密なものではなく、その位置「あたり」と見る必要がある。

すなわち、余り細かな位置関係の議論をする時は、同じ条件のもと、あらためて、電子求引度の値をその条件での実験値から検討しないとイケない。

大まかな議論であれば、この「物質の世界地図」で十分考えられよう。この地図から、どの程度のことがわかるかを見ていこうというのが、このお話である。

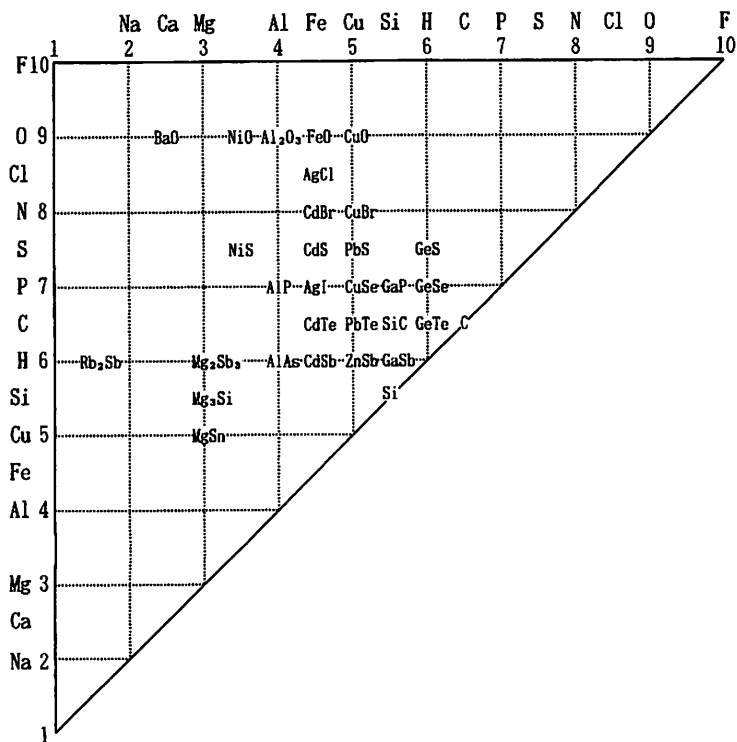
このお話<物質の世界地図>の構成や文章を考えるにあたっては、有森康平、入江洋一、佐伯俊典、山住章、本多泰治、清水浩司、田中一秀、田坂昭、山中亮一さんなど、『かがく』編集委員会の人達のお世話になった。とくに、城の原案を細かな部分について検討を繰り返してくださったのは、有森さんである。今回の仕事は、私の仕事というよりは、私が原案を作り、編集委員会の方たちが1年以上かけて綿密な検討をし、私がまとめた「合作」といったほうがいだろう。

今まで発表してきた<宇宙の三大物質>という題を<物質の世界地図>と変えて、ここに発表したい。みなさんのご意見、ご検討をいただければと思うものである。

8) 半導体の地図上の位置

イオン性物質、金属性物質、分子性物質の3つ以外で、よく出てくる物質に半導体性物質がある。その種類は多く、50種類を越え、まだこれからも発見されるかもしれない。半導体性物質の位置は、この地図上ではどうなるのであろうか。

現在知られている半導体性物質を、この「物質の世界地図」上にプロットしたのが、つぎの地図である。



この地図を見ると、半導体は地図の中央部、すなわち電子求引度が中ほどの原子が組み合わさってできており、その範囲は、三大物質のすべてにわたっていることがわかる。これを逆に見れば、まだ発見されていない半導体を予想することもできると言えるのではなかろうか。

半導体は、ほとんど地図の中央部にかたまっているが、その集団よりもはずれているものがいくつかある。それらをどう考えるかが、これからの課題であるが、もしかすると、その原子の電子求引度の値が違っているということも考えられる。

9) 酸・塩基・塩の地図上の位置

3原子以上の原子が結びついた物質の場合は、何種類かの化学結合ができています。従って、今までの考え方からすると、物質の性質や変化は、それらのいくつかの化学結合の性質の総和として表されると予想される。

たとえば、右図のような分子性物質では、化学結合は、	C
A - B、	
B - C、B - D、B - E、E - F	A - B - E - F
の5組ある。このそれぞれの結合	
に応じて地図上に5つの点が描けるので、これらの点を結び合わせたものがこの物質を表すことになる。	D

しかし、3原子以上からなる物質でも、「ある結合が、その物質の性質を決めるほど代表的なものである」とみなせる場合は、その化学結合だけに注目して、物質の世界地図上に表すことができ、非常に簡単になる。

化学の世界でよく登場する、酸・塩基・塩の場合でそれを考えてみよう。

まず、化合物で、水に溶かすと+や-のイオンになるものを一つのかたまり（原子団）とみなす。イオンは、それ以上は、通常分解しないから、イオンの中の結合は無視してもよい。

たとえば、 SO_4 、 NO_3 、 PO_4 、 CO_3 、 NH_3 、 OH 、 OCO （ COOH 、有機酸）、などである。

そうすると、酸や塩基、塩はすべて、 $[\text{AB}]$ 型の「2原子分子」とみなして、物質の世界地図に表すことができる。物質の性質を決めているのは、その原子団と他の原子、H原子や陽原子との結合だけであるとみなすのである。問題は原子団の電子求引度をどう決めるかということである。

ここでは、物質は、1種類のイオン結合だけでできていると考える。だから、原子団は一つの原子とみなす。

その原子団の電子求引度は次のように仮定して求めることにする。その化学構造の中心となっている原子の電子求引度に注目し、それに結びつく原子の影響を考慮して、その電子求引度から若干増減して求める。その影響は、イオンの相対的な性質の違いから類推して、次のように仮定した。

イオンの原子団の構造上の中心は、いちいち構造を調べなくても、化学式で表した時の、先頭に来る原子がそれである。そのように表す習慣になっている。たとえば、 SO_4 イオンならSが、 CO_3 イオンならCが中心原子である。

SO_4 イオンの電子求引度は、S原子の電子求引度から若干補正をする。 CO_3 イオンならC原子の電子求引度から増減して求める。

その中心原子に、酸素Oが結びついている原子団が圧倒的に多い。その場合の原子団の電子求引度は、中心原子の電子求引度の値から、それに結びついている酸素原子1個あたり、プラスの方向へ0.3ほど値が変化していると仮定する。

S原子の電子求引度は、7.5であるから、 SO_4 の原子団の電子求引度は、 $7.5 + 0.3 \times 4 = 8.7$ となる。

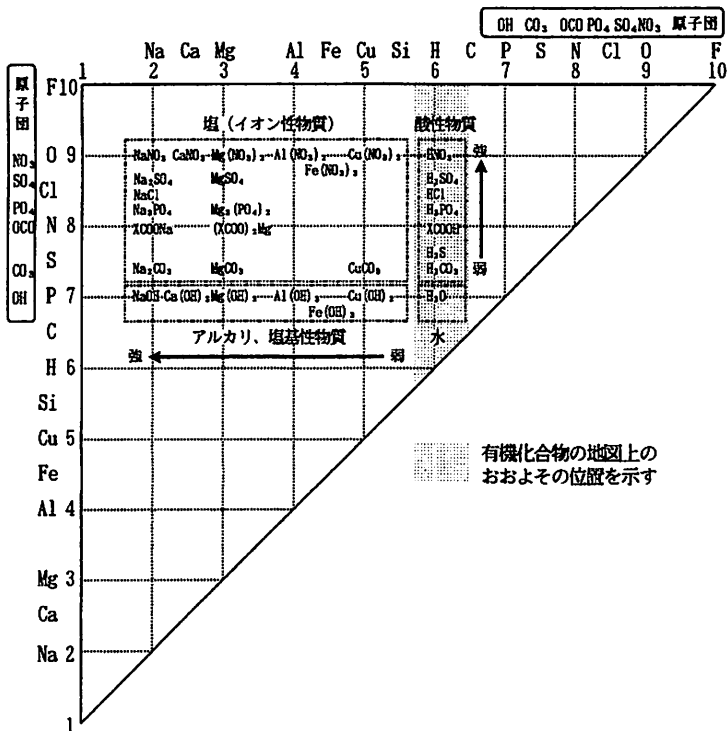
OHイオンや、OCOイオンのように、中心原子の酸素Oに、水素Hや炭素Cが結びついている場合には、酸素原子の電子求引度が大きく引き下げられる。経験的にその値を決めて、ここでは、OH、OCの電子求引度は、各々7と8にする。

このように仮定すると、各原子団の電子求引度は次のようになる。

OH,	CO_3 ,	OCO,	PO_4 ,	Cl,	SO_4 ,	NO_3
7.0	7.4	8.0	8.2	8.5	8.7	8.9

このように決めた電子求引度をもとにすると、酸、塩基、塩の【物質の世界地図】の位置は次のようになる。酸、塩基の性質の強弱の順序と、地図上の位置の順序はほぼ対応している。

また、塩の水溶性は、イオン性と比例し、一定の順序に並んでいる。



10) 有機物質の地図上の位置

有機物質の場合は、3個以上の原子で造られており、しかもどれか1つの化学結合が有機物質の特徴を代表して表しているという場合は少なく、すべての化学結合の総和として、表されていると考えられる。しかし、一般的にいて、それらの化学結合も、似かよっており、1~3種類の結合の種類に分類できることが多いので、化学結合からの物質の分類はそんなに困難ではない。そのことについての詳しい考察はまたの機会にゆず

るとする。

ところで、有機物質の地図上の位置について、一つ大きな疑問が、起きてくるに違いない。

有機物質は、ふつう分子性物質の代表のように考えられている。しかし、有機物質は、おもにC原子とH原子で造られているために、「物質の世界地図」上では、むしろ半導体に近い位置になる。地図上の位置から考えると、分子性物質の代表は、他のイオン性物質や金属性物質ともっとも離れている、 F_2 、 O_2 、 Cl_2 であるといえる。

これはどう考えたらよいのであろうか。

世界地図によると、 CH_4 や CH_3OH などの有機物質は、むしろ分子性物質の中でも、金属性物質やイオン性物質の境界に寄った位置になる。それは、有機物質が、電子求引度6前後の、CやHを中心に造られているからである。

この「地図」は「常識」と反する。この「地図」と「常識」と、どちらが有機物質の本質を捕らえているのか。

有機物質の特徴は、やはり「CとH」からくるのであり、有機物質は本質的に半導体的な性質をもっていて、この「地図」のほうが「常識」よりも本質的であると、私は考える。

その証拠としてはいくつかある。有機物質が π 結合を造りやすいことや金属的な電導性を持つものもあること、高分子化合物になりやすいということなどの特異性は、この「地図」から予想されるものではないだろうか。どうであろう。

有機物質は、 F_2 、 O_2 、 Cl_2 などの典型的な分子性物質と異なって、化学的に活性でなく、特殊な条件を用意しないと反応しない。そういう点でも、有機物質は分子性物質の典型で

はなく、水などと同じように、中間物質に近い性質を持つ。

詳しいことは、別の機会に論じたい。

11) 構成

<物質の世界地図>の全体の構成は次のようになっている。

第1部 【物質の宝島】探険

- 1) 不思議な地図の物語
- 2) 物質の宝島探険
- 3) 不思議な数字のなぞ
- 4) 全島の探険

第2部 宇宙の三大物質

- 1) 宝物の中身
- 2) 金属性物質と電子求引度
- 3) 金属性物質の性質
- 4) 分子性物質と電子求引度
- 5) 分子性物質の性質
- 6) イオン性物質の電子求引度とその性質
- 7) 不思議なめがね

12) これから

この<物質の世界地図>に続いて、次のようなものを作りたいと考えている。

▲物質の世界地図 第3部「三大物質の性質とその応用」

▲酸・塩基・塩・燃焼

▲酸化・還元・電気分解・電池

▲有機化合物入門

▲生命化学入門

(1995. 1. 10)