

「原子・分子」の概念形成育成について

— 歴史的経緯との関係 —

長 沼 健, 橋 本 美 彦

(愛知教育大学化学教室, 尾西市立三条小学校)

Concept formation for Atom and Molecular

Takeshi NAGANUMA and Yoshihiko HASHIMOTO

(Department of Chemistry, Aichi University of Education ; Sanjyo Elementary School, Bisai)

要 約

「原子・分子」については現代化学の最も基礎の概念にあたる。これらは今後の高度な内容を理解するのに不可欠である。しかし、現行では中学でのこの内容は難教材の一つに挙げられている。本研究では、原子・分子の粒子モデルの問題点を検討し、さらに化学史上も必ずしもスムーズに論理が成り立っていないことから、物体・物質・分子・原子などの混合によるイメージ阻害があると方向づけた。一方、化学史上、この論理が必要となった段階で、支持されていた事実からも、生徒への原子・分子論の現代科学への有効性を語ることによって受け入れが可能になると提案した。

Keywords: 原子と分子, 粒子モデル, 必要性の提示

1 はじめに

現代科学が進歩するにしたがって、小学校および中学校で学ぶ内容はそのことを念頭におくため必然的に高度化するようになる。しかし、受け止める子どもたちの環境は、科学技術が進歩した分作業能力や想像的能力を育成する条件から離れていってしまった。化学の基礎である「原子・分子」は中学校で難解な教材とされている。その主な原因は目に見えない微粒子のため、イメージの形成が難しいと思われる。

本研究では「原子・分子」概念の形成状況とその阻害要因を、現職教員の実践資料と化学史上の調査から検討する事とした。

2 調査方法

実践記録の調査は共同研究者の実践と教育研究愛知県集会（以下県教研と略す）の1994-1997年度発表資料を基にした。化学史については巻末に示した資料、中でも化学史学会の「化学史研究」はとくに参照した。

3 調査結果

3-1 生徒の実態

県教研の資料より、中学2年生（4月）の理科に対する思いは図-1であり、中学3年の「原子・分子」学習時のアンケート結果が図2である。両者は同一学習者ではないが、他の調査と比較しても、明らかに中2の段階では理科全体に対して、内容の理解もま

ずであり、実験はかなりが好きだと良好な回答を得て答えている。これに対し「原子・分子」学習時には実験の好きは変わらないものの、内容の理解やこの単元への興味は大きく下降する。このことは、「原子・分子」の内容理解に生徒がかなり困難さを要していることが分かる。したがって本教材が難教材の一つとしてよく挙げられる。

3-2 教科書の記述

中学校の教科書の内容は、各出版社さほど変わらないが、図-3に示すように出発点として、「原子」を提示する場合と物質の粒子概念から「分子」をもってくる2つのパターンが見られる。この場合、前者は化学史上の流れに沿っているようにも見える。D社が現実の物質から「分子」を取り上げ、その構成成分として原子を扱っている。生徒の現実的な認識としては後者に分があると思われる。

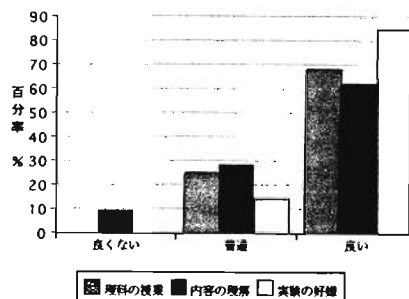


図-1 中学2年生（4月）の理科への好嫌度

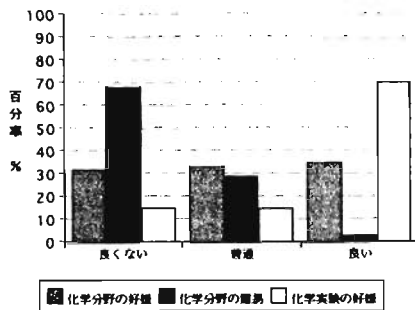


図-2 中学3年(原子・分子学習時)の好嫌度

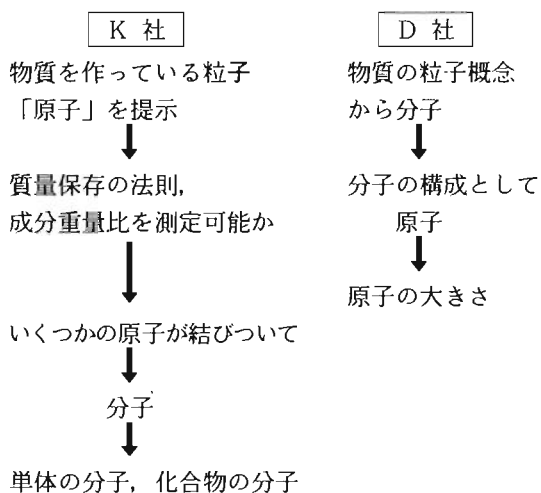


表1 教科書の「原子・分子」の扱い方

3-3 粒子モデルの利用

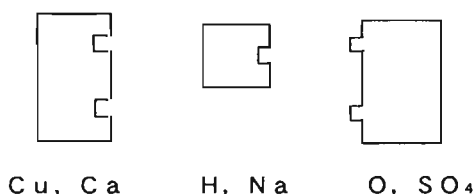
中学校化学分野とくに燃焼, 化学変化, イオンにおいては, 教科書でも粒子モデルが記載されイメージ化として大いに利用されている。近年の県教研では小学校もにおいても粒子モデルでの実践がいくつか報告されている。ここでは代表的な中学校での粒子モデルの実践について検討してみた。

1) ある原子団(基)を区別する

銅(○), 酸素(△), 硫酸基(□)とすれば,
 銅 → 酸化銅 → 硫酸銅 → 銅
 ○ ○ ○△ ○△ ○□ ○□ ○○

原子ごとに区別をつけたいが, 硫酸基のようなものは複雑で表現しにくい。この表示では同じ価数の場合はうまく説明できるが, 異なる価数が混在すると簡単に説明がつかない。

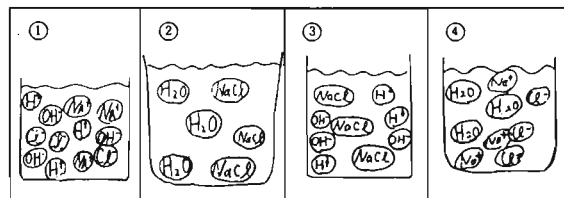
2) 原子価ブロックモデル



イオン結合的な物はうまく説明できるが, 水素分子や酸素分子など共有結合的なものは説明できない。

3) 溶液中のイオンのモデル図

水酸化ナトリウムと塩酸による中和のモデル図について生徒が示した図を下図に示す。



溶液中では, 化学式はどう示したら良いのか



と書くべきであれば, ④が正解になる。しかし, 反応でできたNaClやH₂Oがイオンになっているのか, 結合しているのかは平衡定数(解離定数)が不明な場合には判断できない。したがって, ①-③についても排除する理由がなくなる。酸性でH⁺が存在することを知れば, ①と③は消えるかもしれない。

このように考えると最後の段階で教師の説明のしにくさと生徒の困惑が予想される。

3-4 質量保存の概念

粒子概念を最初に導入可能な箇所は, 小学校も中学校もものの溶け方や溶解の単元である。広瀬¹⁾によれば, ビーカーに水を入れ, その中へ木片, 石, 玉子(ちょうど水中に浮かんだもの), 食塩の4つを入れて質量の変化を尋ねると, 図3のように物が浮かんでいる場合(木)と物が沈んでいる場合(石)では, 全体が軽くなったり重くなったりなど視覚的感覚が動いている。食塩についても溶けて最初の状態とあまり変化がみられないことから変わらないと考えている子が多い。

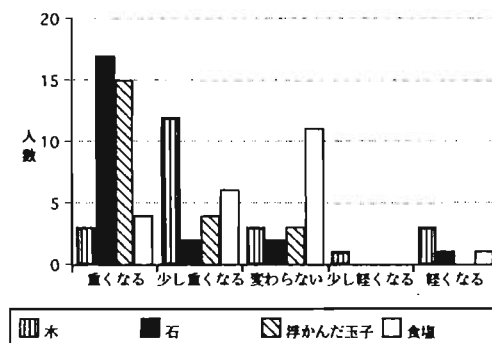


図-3 水に物を入れた時の質量変化の回答

一方、中学校での化学反応による質量保存の法則は、図-4など密閉容器中での反応がほとんどであるが、これらは視覚的変化に乏しく、生徒に保存概念を伝えるかは疑問である。

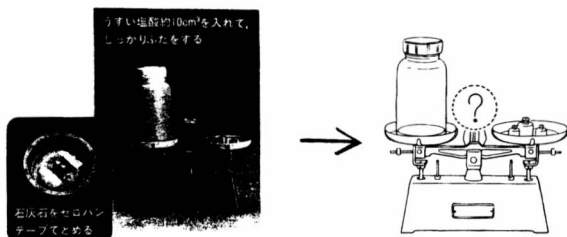


図-4 化学反応による質量保存の法則

三井²⁾は質量保存概念を最初に唱えたといわれるロモノソフの考えを紹介し「どこかに何かが付け加われば、どこからか同じものが取り去られる」とし、石灰岩と塩酸でガスを発生させ、そのガスを貯めて化学反応が起こっていることを認めた上で、水酸化ナトリウムに吸収させ質量の増加を確認している。我々も図-4のふたをとって質量減を示した後、通常のガス発生器で塩化バリウムに吸収させて試みている。

3-5 化学反応式

著者の一人橋本³⁾が中学生における化学反応式の理解について報告している。その中で、モデル化が有効か?という視点で検討した時の化学式、分子モデル、化学反応式の解答パターンを表2に示した。

表2 解答パターン

タイプ	A	B	C	D	E
化学式で表記	○	○	○	×	×
モデル図で表記	○	○	×	○	×
モデル図で化学反応	○	一部解答			×
化学式で化学反応	○	一部解答			×
(%)	24	23	27	3	23

この中で、化学式を表すことはできても、粒子モデル化ができない生徒がかなりいることが確かめられた。モデルを利用すればできると思いがちであるが、それも容易ではないことを示している。一般に化学式は知名度の高い物質、例えば水は H_2O などは、そのまま覚えたものである。

3-6 粒子概念育成の障害要因

1) 各粒子の混同

みかんを盛ったものをみてもみかんと表現し、その構成要素であるみかん1個のみかんである。米粒を盛っ

たものも米である。

砂糖の最小粒子は砂糖分子であり、食塩は食塩分子(正確には分子といえないが)、酸素は酸素分子が基礎になっている。

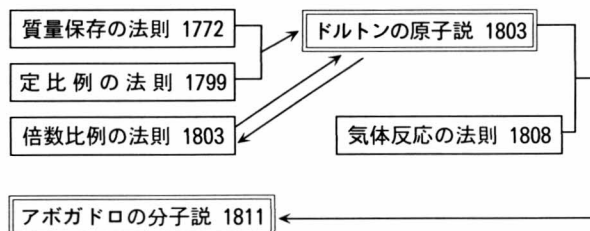
前者は物体としての認識であり、後者群は純物質としての認識である。これらは化学の世界では区別されるものの通常の生活では区別されない。化学反応が純物質での取り扱いであるという認識がないと、物体・物質・分子・原子・イオンなどのあるサイズを示す物について生徒の間に区別する必要がなく混同されていくだろう。

2) 次節で歴史的にも検討するが、原子論や分子論の持つ意義が希薄ではないか。今ある現象(教師の知っている)を説明するためにこの考えを使うのだという受動的な科学観に陥っているのではないか。この粒子論は、これから先の科学的知識を理解するためひいては現在未知の例えば生命科学を切り開いてきた理論であることを語りかける必要があると確信している。我々は夢に向かうことで知識を増やしあこがれをもつものである。その点で、研究者は小学生・中学生にこそ自分たちの成果をわかりやすく公表すべきである。仲間内の評価だけを気にして、教育現場の怠慢というなかれ。必ず還元すべきであり、その方法も勉強すべきである。

4 化学史の利用

近年、化学史の立場からは、その時代を背景としているので、論理的には進められてきたのではないとする論調が多いが、化学教育の立場からは、現在の理論を導く過程として利用していることが多い。

大野⁴⁾は原子論や分子説の出現について下記のように高等学校教科書に記載されているように論理だったものと考えることに対し、化学史上の事実と異なることを報告している。



歴史的には、ドルトンの原子説が最初といわれているが、物質の究極としての「原子」は古代ギリシャでも考えられていた。したがって、中学生が物質の最小粒子が存在するという考えは容認できるものといえる。ゲーリュサックの気体反応の法則が原子説だけでは説明ができず、アボガドロが分子説で説明したとされることについても大野は1811年の論文からはドルト

ンの原子説の延長上にあるものではなく、別の考えで出されたとしている。したがって、50年間理解されなかったのは、その説が必要ではなかったからだと推測している。このことは、原子・分子論の初期段階では明確な区別がなく、中学生の思考と類似していると考えてもよい。50年後にカニッツアロが分子説を復活させたことも、利用して復活させる必要性があったから後押ししてきたのかもしれない。

今、この単元に必要なことは必ずしも史実通りに行うのではなく、その科学的精神における利用は有効であろう。その中でも原子・分子論が有効で必要不可欠さを持っている点の重要性を知らせる必要がある。その中には共有結合など電子論に関係するものもあり、すべてを網羅することはできないので基礎的な内容にとどめておくことが肝心である。

学問体系では、原子構造から電子配置、結合論から物質(分子)が形成されるが、化学の初期段階では、私は物質認識としての「分子」をとりあげ、その構成成分である原子やイオンへとつなげていく「分解方向教育」ではどうであろうか。これらの授業形態については引き続き検討していきたい。

5 まとめ

- 1) 物体, 物質, 化合物, 混合物などの概念と化学的に基礎となる分子, 原子との間の混同が見られる。
- 2) 最小粒子という認識は可能であるが, その組み合わせとなると高度な内容になる。このままの教授法では粒子モデルでそのまま分子を認識させる方法しかない。
- 3) 歴史的には原子の矛盾を分子説で補ったという論理では通じにくい。しかし, 教育への利用を考えれば歴史通り積み上げる必要はない。
- 4) 物質から入って「分子」をとらえ, その構成成分として「原子」をとらえることを推奨する。
- 5) 原子論, 分子論に終始せず, この論理の有効性を示して, 次代への夢をふくらませる必要がある。例えば, 生命科学の現代は, まさに「原子・分子」で解明してゆく世界である。

(本研究は1997年度の文部省科学研究費09680261によるものである)

参考文献

- 1) 広瀬美穂: 愛知県教研資料(1997)
- 2) 三井澄雄「化学教育入門」(1987) 新生出版
- 3) 石井俊行, 橋本美彦: 日本理科教育学会研究紀要, 36, 7-16 (1995)
- 4) 大野誠: 化学史研究, 31号, 95-107 (1985)

その他, 愛知県教研資料については以下の先生方のものを利用させていただいた。

名古屋汐路中学校小林由幸氏, 同滝の水中学校安井良介氏, 一宮萩原中学校柴田健次氏
ここに謝意を表します。