



# フォーラム

## 中学校理科教科書（第一分野）の構造 ——粒子性概念形成の観点から——

宮 城 陽

### 1 はじめに

われわれは従来から中学生の基礎的知識について調査して、「水は化合物でもあり混合物でもある」と思っている生徒がかなり多いことを明らかにした<sup>1, 2)</sup>。さらに調査を進めると、「水はH<sub>2</sub>およびO<sub>2</sub>が混ざりあったもの」あるいは「水はH<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, およびH<sub>2</sub>Oが混ざりあったもの」と考えている中学生が多いことが分かった<sup>5)</sup>。アンモニアについても事情は同じであった<sup>5)</sup>。また「アンモニア水はH<sub>2</sub>OとNH<sub>3</sub>の混ざり合ったもの」および「炭酸水はH<sub>2</sub>OとCO<sub>2</sub>の混ざり合ったもの」が必ずしもよく理解されていないことも明らかにした<sup>3)</sup>。それは、「原子・分子・化学式」についての基礎的知識を持っている生徒集団での結果である。

このような現象が生じる要因として、教科書に「巨視的事項と微視的事項の関連性が記されていない」ことを指摘した<sup>5)</sup>。ここに教科書の具体的な問題点を示し、その改善方法について検討したい。

### 2 水溶液の構成

「水溶液の構成」は、現行教科書の第一学年の初期に、「物質のとけるようす」<sup>\*1, 2)</sup>などという項目中で取上げられている。どの教科書にも、水の底に沈んでいた有色の固体溶質が溶けて、初め底の方の水だけが示した濃い色が、徐々に全体に広がると共に、色が薄くなる過程が、数枚の写真を付けて記されている。すなわち、視覚的に認識できる現象としての溶解が取上げられている。原子・分子は未学習であるので、当然のことながら「2種類の粒子が混ざり合っている」という水溶液についての微視的立場からの説明はされていない。

原子・分子は第二学年で学習する項目であるが、その学習の後でも、微視的立場から水溶液の構成について学習する場面は設けられていない。結局「アンモニア水はアンモニアの分子と水の分子の混ざり合ったもの」などは、教科書には記されていないのである。したがって上記事項を理解していない生徒がいることは至極当然なことである。

しかし、「微視的立場からの水溶液の構成」が、どの教科書でも全く記されていないのではない。教科書は全部で5種類あるが、2005年度において、その中の2種類の教科書には、「水分子と溶質分子が混ざり合ったモデル図」が描かれている。しかし、それは「水溶液の構成」の場面ではなく、「原子・分子」の場面<sup>\*3)</sup>の中である。すなわち、「溶解にともなう変化」と「化学反応にともなう変化」とを対比して、前者では「分子は変化せず混ざり合っているだけである」ことを示すために、「混ざり合ったモデル図」が掲げられている。しかし、この場面では生徒（および教師）の注意力は「化学変化」に置かれており、「水溶液の構成」を強く意識しないのは当然である。

その学習効果を上げるために、原子・分子を学習した後で「微視的に見た水溶液の構成」についての学習項目を設けるべきである。現状ではそうならないために、「H<sub>2</sub>OやNH<sub>3</sub>などの化学式」を知っているにもかかわらず、「アンモニア分子と水分子が混ざり合ったモデル図」が思い描けないというアンバランスが生じるものと思われる。

### 3 分子性物質の構成

教科書で化学式を記して取上げられている分子性物質は、「水・水素・酸素・窒素・アンモニア・二酸化炭素」である<sup>\*4)</sup>。

上記化合物の内、水以外は第一学年でまず巨視的観点から取り上げられている<sup>\*5)</sup>。すなわち、それらの性質（可燃性や水溶性など）と製法（窒素の製法は記されていない）が記されている。しかし、「それらの物質が小さな粒の集まり」というような説明は記されていない。この段階では化学式は未学習であり、それは示されていない。

どの教科書でも第二学年における「化学変化と原子・分子」という単元の中で、上に挙げた物質の分子モデルおよび化学式が示されている。全教科書（5種類）の内の1冊では、「分子が集まってできている物質の化学式」という見出し項目が設けられていて、「それぞれ10個ほどの水素分子モデルおよび水分子モデルの集まりを示すモデル図」が描かれている。別の1冊では「…この小さな分子がたくさん集まって、目に見える物質ができています」と、別の1冊では「…固体や液体の物質は、分子がぎっしり集まって

\*1 教科書により項目の名称は異なる。

\*2 「身のまわりの物質」などという単元の中の「水溶液の性質」などという大項目の中の項目。

\*3 「化学変化と原子・分子」という単元で取上げられている。

\*4 分子性物質としては、これら以外に砂糖およびエタノールが取上げられているが、それらの分子モデルおよび化学式は示されていない。

\*5 「身のまわりの物質」などという単元の中の「気体の性質」などという項目で取上げられている。

いるから見える。気体は、分子一つ一つばらばらに分かれているので目に見えない」と記されている。しかし、これら2冊では、本文の中でこのように簡単に触れているだけで、見出し文や結語として、たとえば、「物質としての水素は水素分子の集まりである」などが強調されているのではない。残りの2冊では、「分子性物質は分子の集まりである」という説明は全く触れられていない。要するに1冊を除いて、現行教科書に「分子性物質は1種類の分子の集まりである」ことは、明記されていない\*6。

そのため、多くの生徒は「水分子1個は $\text{H}_2\text{O}$ で表される」ことは理解するが、「水はどのような分子の集まりか」を理解しないまま、授業は「反応を化学式で表す」という場面に進む。すると、その段階で「水を表す式は $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ である」と記憶するのではないかと想像される。上式が水を表す式だと仮定すれば、「水は $\text{H}_2$ 、 $\text{O}_2$ 、および $\text{H}_2\text{O}$ が混ざりあったもの」は確かに正しいことになる。

すなわち、分子について説明した後で、教科書に「水素は水素分子の集まりである」、「水は水分子の集まりである」、…などという「微視的観点からの分子性物質の構成」を教科書に記すべきである。これは前項に記した「水溶液は溶質分子と水分子が混ざり合ったものである」を記すのと機を一にするものである。

#### 4 教科書構造上の問題

しかし、問題は「そのような文言が教科書のどこかに記されていればよい」ということではない。むしろ教科書の構造に問題点がある。従来から化学の教科書では、まず物質の巨視的事項、次いで微視的事項を学習することになっている。しかし、今日では、これだけでは不十分であり、両者を学習した後、巨視的事項と微視的事項の関係を学習することが必要である。

以前には巨視的事項の学習には、微視的事項学習への予備的導入という役目が含まれていた。少なくとも10年ほど前までの教科書では、第一学年での「物質のとけるようす」などの学習場面で、「…の固体を水に入れると、…固

\*6 2002年改訂前の教科書でも同様の傾向であった。

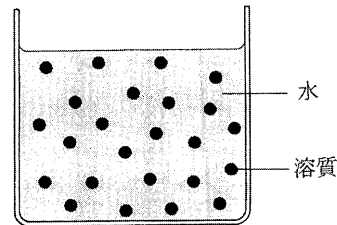


図1 水溶液のモデル図。

体はどんどん細かくなって、ついには目に見えない細かい粒になり…」などと記されて、図1のようなモデル図が示されていた。すなわち、巨視的事項の類推から微視的事項への導入が行われていた。しかし現在では、そのような説明およびモデル図は記されていない。先行学習は不要という検定方針によるものである。

そうであれば、「まず巨視的事項つぎに微視的事項という順序性」をとる理由は最早ないことになる。むしろ逆の順序の方が学習上好ましいことになる。すなわち、巨視的事項を学習するときに微視的事項を用いて巨視的事項を説明できるので、生徒の理解が容易になると期待される。たとえば「アンモニア水はアンモニア分子と水分子の混ざり合ったものである」を堂々と記載することができる。また、「物質による密度のちがひ」の説明や「気化という現象」の説明も微視的観点から行えば、理解が容易になるとと思われる。

われわれの調査によれば、原子・分子に対する理解度は非常に高いことが分かっている<sup>4)</sup>したがって、その学習を前倒ししても、学習に支障は生じないと思われる。

以上、教科書の構造上の問題として記してきたが、教科書は指導要領に則る検定をうけて作られている。したがって、教科書の編集者および著者の努力だけで解決できる問題ではなく、畢竟は指導要領を改訂しなければならない問題であることは言うまでもない。

#### 参考文献

- 1) 宮城 陽, 伊佐公男, 化学と教育, 39, 218 (1991).
- 2) 宮城 陽, 金岡睦美, 米田 茂, 浜坂昌明, 化学と教育, 49, 809 (2001).
- 3) 宮城 陽, 金岡睦美, 米田 茂, 浜坂昌明, 化学と教育, 51, 132 (2003).
- 4) 宮城 陽, 金岡睦美, 米田 茂, 浜坂昌明, 化学と教育, 51, 202 (2003).
- 5) 宮城 陽, 米田 茂, 浜坂昌明, 木戸 実, 化学と教育, 53, 167 (2005).

