

# 理科

## 中・高の関連を重視した理科教材の一考察

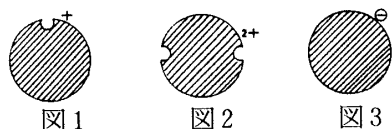
安井 弘 美

### 1. 始めに

現在の我が国の高校進学率は95%前後に達し、今や高校教育は大衆化し、高校は準義務教育化しつつある。一方、今世紀に入り、自然科学における知識の集積は莫大な量にのぼり、科学技術の発展も非常に目ざましいものがある。もはや我々は自然科学の知識や技術の合理的な活用なしでは、日常生活に不自由さを味わうまでになってきている。我々を取り巻く自然を総合的に正しく認識し、有効に活用するためには、小・中・高と一貫性のある理科教育を推進しなければならない時期にきていると言っても過言ではない。高校教育の大衆化と、偏りのない自然観の定着を目ざして、文部省は、学習指導要領の改訂を行ない、昭和57年度実施にふみ切って以来はや4年が経過し、今年で5年目に入っている。この様な時期に、理科の一教材として今回はイオン概念を取り上げ、この概念が中学から高校へ如何にして、正しく形成されているか。その実態を生徒にアンケート調査し、中学で用いられているイオンモデルの適否を論ずることは意義のあることであろう。以下に、イオンのモデルにおける私案も含めながら、イオン概念について考察することにする。

### 2. イオンモデルの中学理科での取扱いと検討

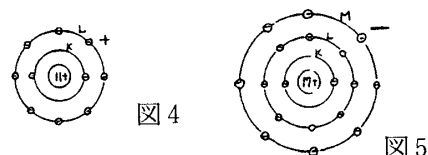
中学校ではイオン概念を如何にしてモデル化しているか。その表現方法は教科書会社により異なるが、「電子の授受」に重点を置いた会社と、「イオン記号」に重点を置いた会社の二通りがあるようである。高校へのイオン概念の接続の観点から、特に前者の記述方法をとっている会社（例えば大日本図書、学校図書、教育出版など）の場合は興味深い。何故ならば、電子の授受関係を視覚により直観的に表現しているからである。具体的な一例を、「大日本図書」であれば、陽イオンの例として、1価ならば図1、2価ならば図2（銅イオンとして）、陰イオンの例として、1価ならば図3（塩化物イオンとして）の如くである。



以下の論述のため図1や図2の様な円の一部欠けた陽イオンのモデルを「穴あきモデル」、図3の様な円の一部に負電荷の粒子が付着した陰イオンのモデルを「コブ付きモデル」とそれぞれ仮称する。高校2年の化学選択者69名（以下化学選択者と略称する）にとつたアンケート調査でも、97%の者が穴あきモデルの「穴あき」は電子の放出を理解し、96%の者がコブ付きモデルの「コブ付き」は電子の付着を理解している。この事から、イオンのこのモデル表現は、電子の授受関係を端的に簡素化され表現されているという点では最適であろう。しかし、イオン自体のエネルギー的な安定性から見ると、これらのモデル表現は必ずしも適切とは断言できない。それは、原子のモデルを完全な円で表現した場合、67%もの生徒が円の形をした原子の方が、「穴あき」をした視覚的に一見不安定な穴あきモデルよりもエネルギー的に安定であると誤答しているからである。また、53%もの生徒が原子の方がコブ付きモデルよりも安定であると誤答しているからである。これらの誤答が、穴あきモデルやコブ付きモデルの視覚的直感的不安定さに帰因しているのは自明である。穴あきモデルやコブ付きモデルは、高校で学習する電子の授受概念に連結するという点からみれば直感的に適切なモデルとして評価できるが、高校で学習する原子構造の中でのボーアモデルに直接連結しない点においてこれらのモデルは不適切である。もっとも元来、モデル自体のもつ象徴性と具象性の相反する二面性からすれば、すべての条件を満足するわけではないから当然かも知れない。

### 2. イオンモデルの高校理科での取扱いと検討

高等学校では、理科Iおよび選択化学においてイオン概念を原子構造との関連でボーアモデルで学習するのが常である。1価の陽イオンの例としてナトリウムイオン ( $\text{Na}^+$ ) を図4に、1価の陰イオンの例として塩化物イオン ( $\text{Cl}^-$ ) を図5に示した。

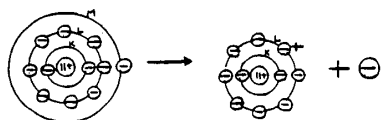


これらボーアモデルでは最外殻の電子が8個の、いわゆる閉殻構造となっている為、イオンの形が視覚的に円形となり、イオン自体のエネルギー的安定性をモデルとしては適切に表現している。しかし、電子の授受関係を穴あきコブ付きモデルほど明確に示していないのが欠点である。化学選択者のうちほとんどの者(97%)が穴あきコブ付きモデルにおける電子の授受には原子の最外殻の電子が関与していることを理解していた。これはイオン概念としてボーアモデルを学習した後に行なったアンケート調査だったため正当率が高かったと思われる。

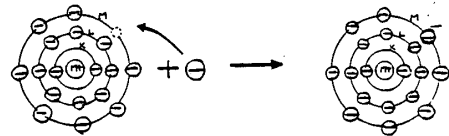
### 3. 中学から高校への接続を考慮に入れたイオンモデルの再検討と一試案

イオン概念が電子の授受の結果形成されるものであることがしっかりと理解されておれば、始めから原子のモデルを完全な円形ではなく、他の形であった場合でもそのイオンモデルが正しく表現されるはずである。この意図のもとに原子のモデルをコブ付きの円形(●)とした場合、その1価の陽イオンのモデルはどのような形が適切であるかという選択枝的設問に対し、(●)<sup>+</sup>と答えた者8%、(●)と答えた者72%、(●)と答えた者20%であった。約3割もの人が正答できなかったのはイオン概念が正しく把握されていないことを裏付ける。同様に、原子のモデルを穴あき構造(●)と仮定した場合、その1価の陰イオンのモデルが(●)になることを正答できた者は7割しかいなかった。以上のことから穴あきモデルやコブ付きモデル以外の表現方法でイオンをモデル化した場合、イオン概念の思考過程が電子の授受であることを正確に理解している者は約7割しかいなかったのは残念である。

ところで中学で学習する穴あきコブ付きモデルが、高校におけるボーアモデルへと概念がスムーズに連続していくのであろうか。ナトリウム原子がナトリウムイオンになる変化の様子を(1)ナトリウム原子を円形としてモデルで表現した場合、(2)電子の記号e<sup>-</sup>を用いて化学記号で表現した場合、(3)ボーアモデルで表現した場合のそれぞれ3種の表現方法を用いて記述式で化学選択者にアンケート調査してみた。その結合、上記(1)の問に対し、(●)→(●)<sup>+</sup>+⊖と正しく答えたものはわずか35%で、電子⊖を書き落したり、+電気を書き落したりしたものが多数いた。上記(2)の問に対しても、Na→Na<sup>+</sup>+e<sup>-</sup>と正しく答えたものは67%、上記(3)の問に対しても



と正しく答えたものは58%であった。特に(1)(2)(3)の三問共に正しく答えたものはわずか17%であった。同様に塩素原子が塩化物イオンになる変化の様子を、ナトリウム原子の場合と同じようにして3種の表現方法で記述式で設問してみたが、(●)⊖→(●)と正しく答えた者は51%でナトリウム原子の場合より多かった。Cl+e<sup>-</sup>→Cl<sup>-</sup>と正しく答えた者は81%、



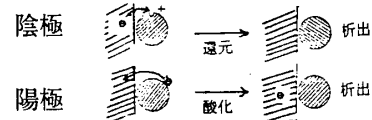
と正しく答えた者は54%、三問共に正しく答えた者は23%であった。

以上の事からイオン概念を電子の授受から見た場合ボーアモデルと穴あきコブ付きモデルとは必ずしも相関をもって理解されていないと思われる。穴あきコブ付きモデルでの記述に対する正当率に対する低さには以外な面があった。

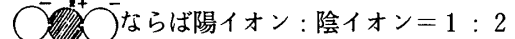
ところで穴あきコブ付きモデルの長所や短所を羅列するならば次のようになろう。

長所：①電子の授受関係が直感的に理解できる。

②電気分解において、両極でのイオンの移動と、そこでの電子の授受を把握しやすい。



③陽イオンと陰イオンとからなる物質について、そのイオンの組成の比が理解しやすい。但し、この場合は一つの穴に対し一つのコブが対応し、いわばカギとカギ穴との結合関係にあるものとする。例えば物質のモデルが



短所：①視覚的に不安定に見えるので、イオン自身がエネルギー的に安定であることが理解されにくい。

②形が円からずれているため、ボーアモデルの概念にスムーズに考えが接続してゆきにくい。

③イオンからできている物質の水に対する電離がうまく説明できない。

以上みてきたアンケート結果および穴あきコブ付きモデルの長所・短所から、電子の授受関係をできるだけ視覚にうたえて理解しやすく、しかもボーアモデルに無理なく接続してゆくようなイオンのモデル化を私なりに考えてみた。それは例えば次のようなモデルで、イオンの安定性と電子の授受関係の両方を満たすため「東京書籍」のイオンモデルをヒントにして考えだしてみた。図6は陽イオンの例としてナトリウムイ



図6(陽イオンの例) 図7(陰イオンの例)

ンを表わしたイオンモデルの一試案である。

これらのモデルを中学で用いるならば、図6は高校段階で図4のボーアモデルに、また図7は図5にそれぞれイオン概念が系統的に発展し、連続してゆくので

はないかと思う。但し、図6や図7は穴あきコブ付きモデルに比べるとモデル構造が複雑すぎて、イオン概念が直感的に把握しにくいという懸念があるが、穴あきコブ付きモデルを補助的に用いて最初に説明しておけば図6や図7のモデルは理解に苦しむことはまずないであろうと思われる。図6や図7のモデルが実際のどの程度イオン概念として適切に理解され得るか否かは、今後の研究課題であり、アンケートで生徒に聞いてみる必要がある。