

## 化学入門教育における形式陶冶

### —構造を持ちシステムをなす知識の獲得—

中川 邦明

概要：真の意味での知識とは、いわゆる「バラバラの知識」、「計量され切り売りされる知識」とは異なり、その要素間が網目のように繋がった構造体である。その獲得のためには、要素間の繋がりと構造を自身の思考によってとらえ、自身の頭の中にその構造を再構築する必要がある。このようにして獲得された真の意味での知識だけが、新たな課題の解決に対して役立つ。教員養成課程においては、学生がそのような真の知識獲得のプロセスを実際に体験し、その経験を通して学ぶことが不可欠である。そのための題材として、化学の入門段階を具体例としてとり挙げ、その意義を明らかにした。

キーワード：化学教育，教員養成，体系的知識，学力の3要素，形式陶冶

## Introductory Chemistry Courses

as Seen from

## Formal Discipline Theory

### 1. はじめに

昨年度の常葉初等教育研究誌において筆者は、初等教育課程の教科に関する科目の一つである理科 I について、教員養成課程としての枠組みの中で、授業担当者としての意図をどのように実現しようかと試みてきたかを述べた<sup>1)</sup>。本稿では少し視点を変えて、理科 I および理科専攻の化学関係の科目を通して、学生の学びについて述べたい。

### 2. 「知識」について

筆者が本学に着任し、教育実習の研究授業立会、あるいは現場との繋がり深い同僚の先生方とのかかわりを通して、初等中等教育の現場に対して最初に抱いた違和感の一つに、「知識」という言葉の捉え方があった。平成元年の学習指導要領の実施に際し、「新しい学力観」と「関心・意欲・態度」を中心に据えた観点別評価が文部省(当時)から指導され<sup>2)</sup>、それと軌を一にして、「知識の量を競うよ

うな教育」というような表現<sup>3)</sup>で、量として捉えた「知識」を批判する見方が広がっていった。さらに1998年の教育課程審議会答申<sup>4)</sup>では、「単なる知識の量ととらえる学力観を転換」と、答申レベルでも明言されるようになった。このような流れに対し筆者は、批判すべきは「バラバラの知識」であって真の「知識」ではないという視点から異論を述べた<sup>5)</sup>。

昔から「知識の切り売り」という表現はしばしば聞かれ、筆者もこの表現には違和感がなかった。元来、「知識」とは総体としてシステムを成しているものであるという認識と、その切り売りの無意味さに対する批判が「知識の切り売り」という表現には込められていると感じるからである。一方で「知識」を「量」として捉える視点には、「知識」が総体的なシステムであるという認識が欠如している。「知識の量」という表現をする人たちは、切り売りされたものを「量」ではかり、それを「知識」そのものだと誤解し、さらにそれをそのまま受け売りしてきたのだと感じられた。

2007年に改正された学校教育法の第30条第2項に基づいて、近年は「学力の3要素」という視点<sup>6)</sup>が強調されてきた。確かに「思考力・判断力・表現力等」により課題解決するために活用される「基礎的・基本的な知識・技能」を冒頭に据えた点は評価したい。しかしながら「知識」が総体としてシステムを成しているということに対する認識は、まだ依然として不十分であると言わざるを得ない。その根拠を化学の入門教育を具体例として以下に述べていきたい。

演繹的に体系が作られる数学および一部の物理学の分野とは異なり、化学は、一見何の規則性もないように見える膨大な種類の物質とその反応を、実験事実をもとに帰納し体系化してきた。その体系化の過程は、初学者にも手の届くところにあり、一見バラバラで多様に見える事実の集積を系統立て、体系化した知識として整理していくという、ものの考え方の基本的な方法の一つの具体例を提供し、化学を学ぶことを通して、より一般的な学問の方法を学ぶという形式陶冶の効果が期待できる。

### 3. 「丸暗記」に抗して

昨年度の報告<sup>1)</sup>でも述べた通り、学校で学んだことが実際の場面で使えないのは、それらが体系立った「知識」とならず、バラバラに詰め込まれているため、必要に応じて適切に取り出せないことが最大の原因であると筆者は考えている。

中学校理科の教員をしている卒業生から、炭酸ナトリウムと炭酸水素ナトリウムの化学式を生徒は「ナツコ」さん、「ナホコ」さん、と語呂合わせで記憶すると聞いて驚いたことがある。初等教育課程に入学する学生の多くも、そのようにして高校の化学を通り抜けてきたであろうことは想像に難くない。理科Ⅰでは、このような電解質の化学式を、語呂合わせや丸暗記ではなく陽イオンと陰イオンの組合せで（ちょうど部首の組合せで漢字を憶えるように）整理して理解できることを学ぶ。その際、丸暗記では到底太刀打ちできないほど多くの化合物の化学式を授業時間外学習として web 自習システム<sup>7)</sup>で与え、丸暗記の無意味さを悟らせようとしている。しかしながら著者の意図に気づく学生は残念ながらさほど多く

はない。

そのような、体系立てた理解を放棄し、すべてを丸暗記で間に合わせようという学生諸君の根深い問題点は、同じように丸暗記で学生時代をやり過ごしてきた人たちが「できるだけ憶えることを少なくしてやろう」という変な親心を発揮して扱う対象を削減してきたことに根ざしていると考えられる。4個の化学式を記憶するのに、2個の陽イオンと2個の陰イオンを組み合わせ理解しても、どちらも $2 \times 2 = 4$ の情報を記憶する手間は変わらず、それならば組み合わせるといふ余分な手間が不要なだけ結果を丸暗記してしまった方が早い。しかし、10個の陽イオンと10個の陰イオンを組み合わせ100個の化学式を書く、となると話は自ずと異なってくる。「知識の量」という言葉を使いたがる人たちは、100個の化学式を書く人を見て、それらを全て丸暗記して書いていると思うのだろう。ちょうど千を越える漢字を使いこなす日本人を見た米国人がかつて思ったように。

陽イオンと陰イオンを組み合わせるためにはまず、それらイオンの化学式（イオン式）が正しく書けなくてはならない。しかしながらここでも学生諸君お得意の「丸暗記」が幅をきかせてしまう。入門段階で出てくる典型元素のイオンの符号と価数は、すべて周期表の族で定まり、記憶は不要であるのに。周期表は単なる記憶の対象として記憶しながら、それを役立てるといふ視点が欠如している。周期表上での陽性元素、陰性元素の位置を理解しないために、 $\text{Na}^-$  などとしてしまう、ナトリウムは1族ということは知りながら  $\text{Na}^{2+}$  などとする学生が少なくない。このように「知識」の記憶にも、より基本的なレベルの「知識」を活用して思考する必要があるということに留意することが重要である。

既に述べたように、少数だったら丸暗記してしまった方が早い。となると、わざわざ手間をかけて体系的に理解しようとする者はいなくなり、体系的に理解する経験を経ないまま教育課程を終わる。教員養成課程では、こうした丸暗記の傾向の拡大再生産、その負の連鎖を断ち切るために、学生の丸暗記主義への対抗策が必須となる。その一つの試みとして、途中の過程を含めた出題がある。ナトリウムイオンの化学式を直接問えば丸暗記した者も上記の理解のステップを踏まえた者も同じ結果で差は出ないが、例えば

ナトリウムは周期表上では{右, 左}端に位置する \_\_\_\_\_ 族に属しているので、{陽, 陰}性元素で、 \_\_\_\_\_ 価の{陽, 陰}イオンとなり、そのイオンの化学式は \_\_\_\_\_ である。

のような形式の問題にすることによって、ただの丸暗記ではない体系的な理解の優位性を認識するきっかけを与えることができると思う。

このような、結果だけでなく理解のプロセスを問う形の問題は、「技能」の領域である計算問題にもある。中和滴定の問題を公式に当てはめて機械的に解答している者が多いのではないかという予想の下に、次のように、理解のプロセスの段階に応じた小問に分割して出題したことがある。

希硫酸の濃度を調べるため、水酸化ナトリウム水溶液を用い、次の**実験**を行った。下の**問 1**～**問 4**に答えよ。

**実験** ホールピペットで希硫酸 20.0 mL をはかりとり、コニカルビーカーに入れ、少量のフェノールフタレインを加えた。ビュレットに入れた 0.200 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を、コニカルビーカーに少しずつ滴下し、滴下するごとによく振り混ぜた。コニカルビーカー内の溶液全体が変色したところで滴下をやめ、ビュレットの目盛りを読むと滴下量は 20.0 mL だった。

**問 1** 硫酸 1.0 mol を中和して硫酸ナトリウムとするために必要な水酸化ナトリウムの物質量はいくらか。

**問 2** 0.200 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 20.0 mL 中に含まれる水酸化ナトリウムの物質量はいくらか。

**問 3** 実験結果から、この希硫酸 20.0 mL 中に含まれる硫酸の物質量はいくらか。

**問 4** 実験結果から、この希硫酸のモル濃度はいくらか。

各問の正答率はそれぞれ、**問 1** 65%、**問 2** 71%、**問 3** 46%、**問 4** 50% という結果であった。**問 1**～**問 3**の結果を元に**問 4**に答えるという本来の論理の流れに沿って解答していれば、**問 4**の正答率が最も低くなるはずであるのに、実際はそうになっていない、即ち**問 4**を公式に当てはめて機械的に解答している者が多いと推察できる。

以上の2つの具体例を通して私が主張したいのは、真の意味での「知識・技能」はバラバラのものでなく、相互間に繋がりがあリ構造をつくっているもので、その獲得・修得の段階でそのつながりあるいは構造を理解するために何らかの「思考力・判断力・表現力等」を必要としているということである。「学力の3要素」の中で、「思考力・判断力・表現力等」が「知識・技能」を活用する、というように、「知識・技能」を何か明確な一個の客体物のように扱っているのが問題なのである。真の意味での「知識・技能」は、「思考力・判断力・表現力等」と分離することはできない。「知識・技能」を獲得してから「思考力・判断力・表現力等」が活動するのではなく、「知識・技能」の獲得段階において既に「思考力・判断力・表現力等」が活動しているのである。両者を分離して考える人達の説く「知識・技能」では、丸暗記や意味も分らずに公式に当てはめて計算するといった域を脱することはできず、問題解決のために活用することなどできよう筈もない。

#### 4. 興味・関心

ナトリウムイオンの化学式を周期表と関連づけて理解する上述のプロセスの前

提として実は、ナトリウムの元素名、元素記号は「約束」として記憶しておく必要がある。ちょうど日本語を学ぶ最初に平仮名を憶えなくてはいけないのと同じである。またその周期表上での位置づけあるいは族は、周期表の成り立ちを踏まえた上で記憶しておく必要がある。これらはまさに丸暗記の独り舞台のように思われるかも知れないが、そうではないと筆者は考える。ここではかつて新しい学力観で筆頭に置かれた「関心・意欲・態度」あるいは興味が原動力となる。そのような視点から、身のまわりの具体的な事物と関係づけた元素の説明と併せて元素名、元素記号を習得する web 自習システム<sup>8)</sup>も作成、利用してきた。授業時間外学習で使用させているために教員側からの働きかけもなく、興味関心を喚起して記憶に役立てるところまでは達していないのではないかと感じている。

興味の最初の発現が「名前を知りたい」であることは、万葉集巻頭歌に言及するまでもなからう。その必然的な結果として「知識」の素材としてバラバラの材料が集められ、集められるや否や繋ぎ合わされて真の意味の「知識」となっていく。これは例えば電車に興味を持った子どもを観察すれば容易に理解されるであろう。「関心・意欲・態度」の評価に悩むことはなかった。それらは直ちに「知識・技能」へと現れるのである。新しい学力観に立った教育が浸透しなかったのは、興味関心の最初の発現である知識を軽視し評価しなかったから、興味関心を育むことができなかつたためと考えている。

## 5. 結語

以上に述べたように、真の意味での知識は「バラバラの知識」の寄せ集めではなく、それらが相互につながった構造体である。その知識の総体を自分のものにするためには、単なる丸暗記ではない、思考力や理解力が必要とされ、これが学びの本質である。また、そのような学びの原動力は興味関心であるが、それもまた知識として発現する。次世代を育てる教員の養成にはこのような学びのプロセスの体験が必須である。化学の基礎を正しい筋道で学んでいくことは、このような学習プロセスを経験するための形式陶冶としても有効なものである。

## 参考文献

- 1) 中川邦明, 常葉初等教育研究 **2017**, *2*, 43–54.
- 2) 例えば, 大津悦男, 立正大学文学部論叢, **1994**, *99*, 63–74, **1994**, *100*, 363–379. (<http://hdl.handle.net/11266/4115>, <http://hdl.handle.net/11266/4153>)
- 3) 文部省 編, 「我が国の文教施策 (平成 8 年度)」大蔵省印刷局, **1996**, p.184. ([http://www.mext.go.jp/b\\_menu/hakusho/html/hpad199601/](http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpad199601/))
- 4) 教育課程審議会「幼稚園, 小学校, 中学校, 高等学校, 盲学校, 聾学校及び養護学校の教育課程の基準の改善について (平成 10 年 7 月 29 日答申)」, **1998**. ([http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/old\\_chukyo/old\\_katei1998\\_index/toushin/1310294.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/old_chukyo/old_katei1998_index/toushin/1310294.htm))
- 5) 中川邦明, 常葉学園大学研究紀要 教育学部, **1999**, *19*, 97–112.

- 6) 中央教育審議会「幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について（平成20年1月17日答申）」，**2008**，p.10.  
([http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/news/20080117.pdf](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/news/20080117.pdf))
- 7) 中川邦明，常葉学園大学研究紀要 教育学部，**2011**，*31*，103－115.
- 8) 中川邦明，常葉大学教育学部紀要，**2015**，*35*，291－311.