



Title	化学教育における実験の重要性
Author(s)	森下, 浩史
Citation	長崎大学教育学部自然科学研究報告. vol.27, p.81-87; 1976
Issue Date	1976-02-29
URL	http://hdl.handle.net/10069/32834
Right	

This document is downloaded at: 2019-06-25T10:00:59Z

化学教育における実験の重要性

森 下 浩 史

(昭和50年10月31日受理)

Importance of Experiment in Chemical Education

Hirofumi MORISHITA

Faculty of Education, Nagasaki University,
Nagasaki 852

(Received October 31, 1975)

Abstract

This reports how important an experimental is in modern chemical education, showing some examples.

1. 諸 言

自然科学は、一般的に経験事実にもとづき事象の構造や法則性を探究する理論的・体系的な認識活動と考えられる。その研究方法には、大きく別けると、事実にもとづき事実の集積により理論体系を確立する帰納的方法と、そうして体系化された理論より、事象を妥当に考察する演繹的方法との二方法がある¹⁾。

自然科学教育においても、自然科学の探究方法および態度を学習にとり入れるべきことが必然的に要求される。

最近化学教育の現代化が叫ばれるのも、このところにあるように思う。従来ややもすると、化学を体系化された「もの」の科学として、知識を得させる教育²⁾がなされてきたが、実験・観察の基礎の上に、探究の方法・態度・思考を通じて、その理論体系を組み立てていく教育がなされる必要がある。

実際の化学の学習展開では、生徒の主体的な実験・観察を出発点とした問題把握にはじまり、その問題を生徒自身のものとして受けとめさせ、消化し、そこから基本的な概念が一人一人の生徒のものとして還元され、認識していく過程が、大切にされなければならないだろう。そして、そこでの教師は、生徒一人一人のその行為を助長する役割りをもつのである³⁾。

対象者となる生徒の興味を呼び起し、一連の探究の過程をとおして、化学の概念を形成させるために、実験が重要な役割りを果たすことは衆目の認めるところであろう。一例として、酸化・還元概念の拡大についての実験を試みたので、あわせて報告する。

2. 自然科学教育の現代化

1957年のスプートニク1号の成功はアメリカの社会に大きな打撃を与えた。これに対して、自然科学教育が真剣にこたえようとしたことに、現代化運動の端を發したといわれている。

化学分野では高等学校教育改革の大きなプロジェクトとして、CBA (Chemical Bond Approach) および CHEMS (Chemical Education Material Study) ができ、全世界に影響を及ぼすことになった。我が国においても、学習指導要領の改訂や理科教育現代化講座 (文部省) の発行をみるに至っている。

今日の自然科学教育現代化では、科学知識量の爆発的增加を限られた時間内にどう認識させるかという、情報・伝達・認識の問題解決の方法を切実に迫られてきた結果、これまでの小刻みの現代化とは違った規模と意義をもっている⁴⁾。すなわち、教育内容への現代科学の成果の導入による現代化と精選は、自然科学教育においては常に重要な課題の一つである。教育内容の現代化によって新しい教育内容を導入し、またそのため、教科の構造から系統性を十分考慮しつつ精選を行なっていく態度は、これからも常になされるべきである。しかしながら、少ない時間に多くのものを消化しなければならない条件が今も起こっているし、これからも起こり得ることを考えれば、それは伝達と認識の方法を変えねばならないことにつながってくる³⁾のは当然で、教師が最初に通則を説明し、それから生徒達にそれを証明するように要求する「確認と証明の方法」で特徴づけられる形式偏重の教育を克服し、構造化されたそれぞれの教育内容を生徒一人一人に、意味ある問題として受けとめさせ、その解決法をそれぞれにみいださせていく認識過程を大切にする教育を志向しなければならないと考える。そのなかで教師は生徒をその問題の中にひきずりこみ、いかに熱中させることができるかが、この現代化教育の根本的問題であろう。

3. 探究の学習

我が国において新しい自然科学教育の目標として、自然の事物・現象の中に問題をみいだし、それを探究する過程をとおして、科学の方法・態度・思考力を習得させるということが強調されていることは、周知のことであるし、ESS (Elementary Science Study) 等の多くのプロジェクトでも、生徒に対して科学的な探究方法を体得させることを第一義としている。

科学的に問題を解決する過程を段階的に追ってみると、問題の把握→情報の収集・整理→仮説の設定→実験等による仮説の検証→結論 (基本的概念等) となる⁵⁾。しかし、この段階は探究の論理であって、実際に行なわれている探究の過程と必ずしも一致しない。したがって、この過程を大切にする学習では、生徒自身の問題として真正面から取り組ませ、その一人一人が全力を尽して解決をみいだしていく経験を通じて、結論を導きだすに至る論理的な一連の認識過程を尊重する態度を、育ていかなねばならないといえよう。そうすることによって、得られた知識が単なる知識として終るのでなく、生徒の価値観にもとづいた能動的な知識追求の欲求と相まって、それがさらに情報となり、より高い次元の知識として発展していくのである。

探究そのものが、本来、自主的・自律的なものであることから、自由奔放に生徒一人一人が積極的に行なうすべての学習を、学校教育における探究学習と理想的には認めるべきであろうが、実際には、一定の枠がはめ込まれることが予想される。それについては、諸々の理由が考えられるが、我が国における社会的要請、教育制度のあり方ともかかわっていることである。

またここにおいて、教師の役割りも非常に重要で、いわば、投げ手であった教師から受け手であった生徒が主体的に学習する場では、一見楽のようにみえて、実は、なかなか容易ではないと思われる。そのような学習の場で、生徒達をより熱中させるためには、教師の助長者としての指導性なり計画性が必要であると考えられる。問題把握をより容易にさせるための教師の示唆や、適当な情報等によって、学習を効果的に行なわせることができることは、当然考えられることであるが、教師の指導が行き過ぎた学習では、一片の興味も生徒は示さなくなると同時に、探究の学習の失敗につながることは明らかである。

4. 実験の役割り

化学の基本的概念の形成については、たとえば、酸化・還元概念^{6, 7)}に代表されるように、歴史的に操作的概念から次第に対象の本質を示す一般化された概念へと発展してきたが、同様に、生徒達の教育においてもそのような道筋をとることが効果的であろうと思われる。操作的概念は、確かに厳密さには欠けるが、^{8, 9)}確実に実質を伴ったものなので、実証性にも富むことから、生徒一人一人が素直に自分のものとして、それを形成するのは容易であろう。その概念を出発点として、段階的に一般化概念へと認識を進展させることも、化学の学習では重要な一面である。

そして、操作的概念の形成および一般化概念の形成や、法則・原理までに至る過程での実験の実施は、欠くことのできない重要な手段であると言える。実験は生徒にその発達段階に応じて、実物に対する正しい認識のしかた、態度および技能を身につかせようとするにある¹⁰⁾。従来からも「化学教育における実験の重要性」については指摘されていたが、そのほとんどは、教育内容の説明のために、単に、確認や検証に用いられていたにすぎず^{5, 11, 12)}、真の意味での重要性にはほど遠いものであった。

探究の過程を大切に学習では、実験についても生徒が主体的に行なうことから、仮説に従って、実験計画・方法から、結果の考察までの一連の探究活動は、実験そのものと一体化するようになり、より一層の認識の深化が期待できる。いわば、実験の拡大とでも言えよう。

探究実験をとおして学習を展開することにより、一般化概念への段階的構築と、認識の深化がなされると考えられるが、それと同時に、生徒自身の行動力が推進されるようになり、新たな問題に対する具体的な解決への自信ともつながる。この行動力の推進こそが、ひいては化学教育現代化の本質とでも言えるのではあるまいか。

筆者の所属する研究室では、 -30°C 以上では分解する四塩化硫黄 (SCl_4)¹³⁾ や、大気中の酸素と爆発的に反応し、また室温ですみやかに分解するメタンテルロール ($\text{CH}_3\text{T}_6\text{H}$)¹⁴⁾ 等の合成および構造研究が、卒業研究の一端として行なわれてきた。取り扱いにくい物質であるので、実験上の困難・苦辛も多かったが、思案するよりまず手を下せば*)、おのずと道は開けるものである。数多くの失敗もあったが、それにもとづく教訓もあり¹⁵⁾、その教訓により実

*) 実験計画・準備をせずして、やみくもに実験にかかれということではない。

計画・準備(危険防止の上からも是非必要である)を十分に整えた後でのことである。

験を成功させた例もしばしばあった。これ等の教訓は実験することにより得たもので、本を読むことあるいは考えることによって、絶対に得られないものであった。また実験することにより、日頃、頭の中で持っていた漠然とした化学知識が具体像となって固まり、学生をして化学の学習に対する大きな自信を得さしめたことは間違いのないところである。

さらに、冒頭に述べた帰納的方法による理論体系の確立、またこの確立された理論体系による事象の演繹的考察、すなわち、「自然科学は実験事実に基づく」という事実を身をもって休得したのも事実であろう。「自然科学において「法則があるから事実がある」のではないのである。

5. 実験例，酸化還元概念の拡張

イ) 実験

水酸化ナトリウム2規定水溶液中に銅線（直径1mm）と白金黒付き白金板（20×10mm）を10mmの位置に対置させ、両極の間に2.5級マイクロアンメーターと、それに並列に5オームの抵抗を入れた装置を用いた。（図1）

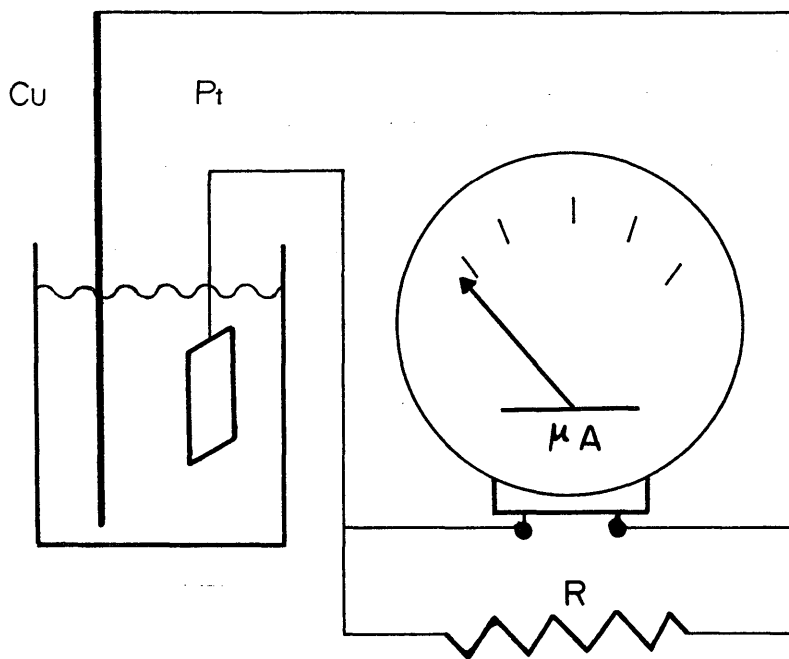


図1. 実験装置

μA : マイクロアンメーター

Cu : 銅線

Pt : 白金板

R : 並列抵抗

i) 白金板を過酸化水素3%水溶液に浸した場合と、ii) 浸さなかった場合の、マイクロアンメーターの読みと、銅線浸漬部の色変化を10分間観察した。

ロ) 結果

銅線の色変化 (10分後)

i) の場合 …… 帯青黒色 ii) の場合 …… 暗青色
 マイクロアンメーターの読みを図2に示した。

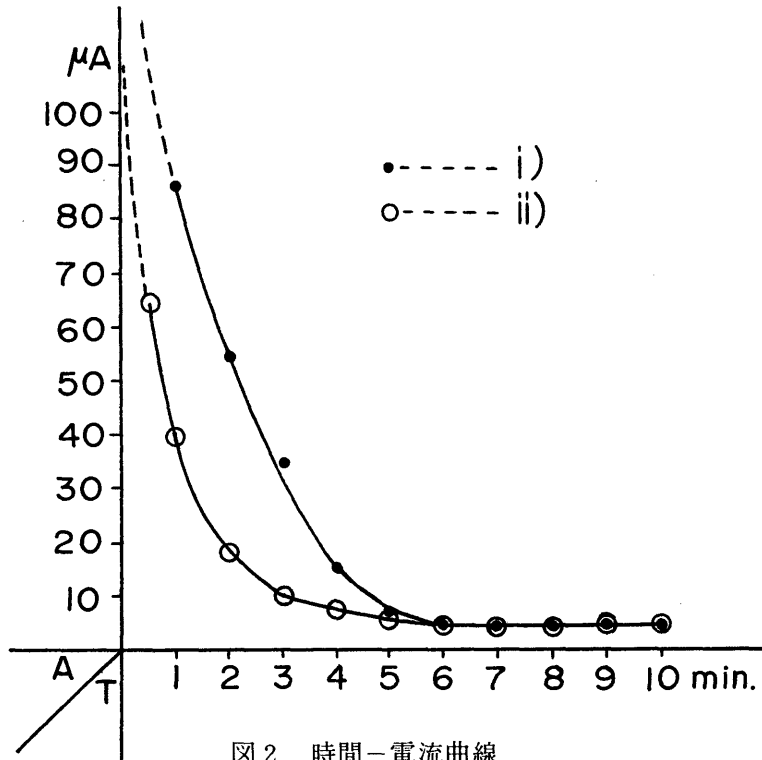
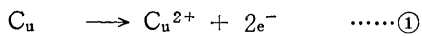


図2. 時間-電流曲線

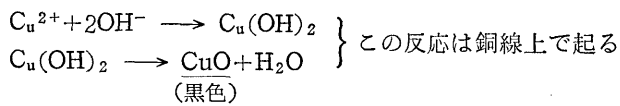
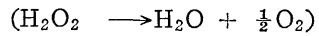
i) の場合が ii) の場合と比較して、流れた電流も大きく、銅線の色も著るしく変化した。

ハ) 考察

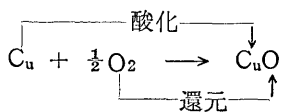
銅極では



白金極では



まとめると



①式は銅の酸化過程を、②式は酸素の還元過程を示す。また②式では、酸素の量により電流の大きさが関係することを示している。反応に寄与した酸素が多いと電流の大きさも大きく、また銅線の色の変化も大きく、銅の酸化はよりすみやかに行なわれる。

二) 解説

酸化還元反応の概念は中学校段階では、マグネシウムや銅との反応、あるいは、酸化第二銅と水素との反応によって、酸素との結合、あるいは、結合している酸素の放出として扱われるのが普通であり^{16, 17)}、また用語的にも自然であるから、生徒も素直に認識することができる。しかし、化学反応の大きな類型概念を表わすものとして、理解するようになるために、原子価ないしは酸化数の増減とか、電子の授受と結びつけるような扱いかたが、高校段階では行なわれており、やや高度な抽象的思考が必要とされる。また、数多い酸化剤や還元剤を列記し反応を分類するしかたや、イオン化列を暗記して金属や電池に関する変化や反応を憶えさせるやりかたからでは、生徒の認識はなかなか得られていない。そのために、もっと直観的・感覚的な学習ができるよう素材を導入し、組織的・系統的に行なう必要がある¹⁸⁾。

その段階間の認識過程の飛躍を埋めるために、酸素が関与して酸化物ができ、しかもその際、電流（電子の流れ）が感知でき、なるべく簡単に、短時間でできる実験を模索してみたものである。

本実験については、九州地区化学教育研究協議会（1970年）において口頭発表した。

6. むすび

探究の過程を重視する現代化学教育における実験の重要性について、大学教育においては卒業実験を例にして述べた。中学校より高校にすすむにつれて、抽象的概念の増加はやむを得ないところであるが、その認識過程の飛躍を埋めるための、簡単な実験についても述べた。この抽象的概念の具体化がモデル化^{19, 20, 21)}であるが、別の表現をすればモデル化とは「視認できない事象を視認できる事象に移行すること」であるので、第5項の実験例は、広義の抽象的酸化還元概念、つまり、電子の授受を酸素の授受に関連づけたモデル化とも言うことができる。

もちろん探究的学習のためには、教科書のありかた・位置づけや、仮説の設定等の役割も無視できないところであるが、今回は触れなかった。

本研究にあたり始終御教示いただきました本学部今井壯一元教授、浜田圭之助教授に厚く感謝致します。

参 考 文 献

- 1) ポアンカレ (吉田訳), 科学と方法, 岩波, (1970)
- 2) 吉本, 理科教育序説, 培風館, (1967) P. 189
- 3) 吉羽, 科学の実験, 21 (2), 615 (1970)
- 4) ブルーナー, (佐藤他訳), 教育の過程, 岩波, (1969)
- 5) 新しい理科教育, 文部省, (1974)
- 6) V. Werf, "Acids, Bases and The Chemistry of The Covalent Bond", Reinhold, (1961)
- 7) ポーリング, (関他訳), 一般化学, 岩波, (1970)
- 8) 科学の実験 (IPSの実験), 共立, (1970) P. 10
- 9) 高野, 理科の教育, 18 (10), 9, (1969)
- 10) 大野他, 理科教育の研究, 東洋館, (1969)
- 11) 井手, 化学教育, 16 (2), 174, (1967)
- 12) 住谷, 化学教育, 14 (1), 31, (1965)
- 13) 森下・太田・浜田, 長崎大学教育学部自然科学研究報告, 25, 61 (1974)
- 14) 浜田・森下, 投稿予定
- 15) 並木, 日本物理学会誌, 30 (6), 403 (1975)
- 16) 中学校学習指導要領, 文部省 (1969)
- 17) 中学校指導書, 理科編, 文部省 (1970)
- 18) 山倉, 九州地区化学教育研究協議会, 発表 (1969)
- 19) 浜田, 長崎大学教育学部自然科学研究報告, 25, 27 (1974)
- 20) 小金井他, 日本理科教育学会, 研究紀要, 10 (1969) P. 35
- 21) 山内, 現代科学の方法, 日本放送出版, (1971) P. 228