

# 化学現覚教材の研究 ( I )

池尾和子(理科教育教室)・岩橋恭子(大阪・東小橋小)

要 信 治(兵庫・明石商業高)

## A Study of Visual Aids in Chemical Education

KAZUKO IKEO (*Department of Science Education*)

KYOKO IWAHASHI (*Osaka, Higashiobase Elementary School*)

SHINJI KANAME (*Hyogo, Akashi Commercial Senior High School*)

### Abstract

In science education, especially in chemical education, we have many subjects which can't be recognized with our five senses.

Electricity is, for example, one of the most difficult subjects for us to realize. Before invention of a dry cell, manual electric generator had been used as a search light.

The manual equipments are better than commercial ones, because we can let them understand the necessity of invention better by using those.

#### Key words:

Visual aid

Manual generator

## I 研究の目的

小学校はじめ中学校及び高等学校の学習指導要領が最近夫々改正された。<sup>1)~3)</sup> 今回高等学校に於ては「理科 I、II」が新設された。その目標は「観察・実験などを通じて自然を探究する能力と態度を育てるとともに、自然の事物、現象についての基本的な科学概念の理解を深め、科学的な自然観を育てる」と述べられている。この目標は小学校・中学校理科の目標と関連を図りながら高校理科のねらいを要約したものである。更に特色のある表現は「理科 II」の目標で「自然界にみられる事物・現象や科学の歴史的事例などについて課題を設け、それらの探究を通して科学の方法を習得させ、問題解決の能力を養う」とある。理科の学習指導要領に「科学の歴史的事例」即ち科学史が科学に対する認識や理科教育に果す役割の重大性を考え、この課題が設けられた。

自然科学に於て自然を認識する手段として人間の五感が用いられた。しかし目に見えないもの、音、味及び臭いのないものや、触れることのできないものに対しては、人間はある媒体

を通してそのものを判断する習慣を身につけてきた。あるものとは例えば、無色透明の溶液何種類かを検べるためには目でみても区別できない。リトマス試験紙を使ったとするとこの試験紙が青や赤に変化することにより、その透明な液が酸性かアルカリ性であることがわかる。リトマス試験紙(媒体)の示す結果をindexとしてもとの溶液を判断することができる。ある媒体を今後indexと呼ぶこととする。1895年にレントゲン(Rontgen)によってX線が発見され、ものの内部構造が直接みることができるようになった。見えないものを見るために、従来間接的な方法で研究を進めてきたが、X線のように直接それをつかって内部をみることができるようindexが出現したことになる。科学の発達と共にindexの数は増加した。いかにいえば科学の歴史は自然認識の方法にindexを開発し、視聴覚的方法手段を用い現在に到ったと考えられる。そこで、視聴覚的方法を用いることは科学の探究の過程を知る上にも、理科教育全般に欠くことのできないものである。

小学校、中学校及び高等学校の理科教科書の中で取扱われているindexを表1にまとめた。小学校より中学校、中学校より高等学校へとindexの増加がみられた。モデルも表1の中でindexの1つと考えるが、紙面の都合で次回にゆずる。

今回は、手動器具による実験を通して、視聴覚教材の重要性を確認することを目的として実験を行った。

## II 研究方法

現在小学生が日常生活にどれ位の計測器具を利用しているかを調査したのでその結果を表2にまとめた。数多くの計器が利用されており、物事を数量化して扱う態度、更に物事を一旦メーターに還元し、indexを仲介として考える習慣が、家庭においてもすでに始められていることがよくわかった。

諸外国では小・中学校で、これらindexの中から、温度計や乾電池を手作りで製作させその過程を学ぶことより探究の過程を自然に身につけさせているが、日本では学校の時間割の中にこれらは組込まれていない。

表 1 教科書にみられる indexの一覧表

index	小学校	中学校	高等学校
	理科	第一分野	化学
指示薬(pH)			
リトマス	○	○	○
B. T. B.		○	○
メチルオレンジ		○	○
フェノールフタレイン		○	○
pHメーター			○
メチルレッド他pH指示薬			○
検出薬			
ベネディクト	○		
ヨウ化カリウムデンプン紙			○
ニンヒドリン			○
フェーリング		○	○
シリカゲル		○	○
定性分析試薬			○
シュバイツァー試薬			○
温度計			
アルコール温度計	○	○	○
水銀温度計		○	○
ベックマン温度計			○
ボンベ熱量計			○
計時			
メトロノーム		○	
タイマー		○	
ストップウォッチ		○	○
時計			○
天秤			
上皿天秤	○	○	○
パネ秤り	○		○
自動上皿天秤		○	○
化学天秤			○
物尺			
物 尺	○	○	○
グラフ用紙		○	○
体積			
メスシリンダー	○	○	○
ビュレット		○	○
スポイト		○	○
メスフラスコ		○	○
注射器	○	○	○
駒込ビベット		○	○
ビベット その他			○
電流			
蓄電池		○	○
電池ホルダー及びスイッチ	○	○	○
コイル	○	○	○
磁石		○	○
電流計		○	○
電圧計	5 A	○	○
整流器	15 V	○	○
抵抗器		○	○
検流器		○	○
二極管		○	○
オシロスコープ		○	○
モーター		○	○
電源(直流・交流)	○直	○	○
ネオン管		○	○
クルックス管		○	○
太陽電池			○
ボルタ電池			○
ダニエル電池			○
乾電池	○		○
その他			
ユージオメーター		○	○
薄層クロマトグラフィー		○	○
ペーパークロマトグラフィー		○	○
分光器		○	○
※モデル			

※ モデルは次回にゆずる。

表 2 家庭にある計測器の調査結果  
大阪市日小学校6年生

品名	(%)	品名	(%)
時計	84.1	きより計	22.7
ものさし	84.1	方位磁石	22.7
分度器	70.0	はかり	20.5
温度計	65.9	ストップウォッチ	20.5
メジャー	65.9	湿度計(晴雨計を含む)	13.6
体温計	63.6	グラムはかり	0.09
計量カップ	59.1	バネはかり	0.07
三角じょうぎ	54.5	てんびん	0.05
巻尺	52.2	血圧計	0.05
砂時計	38.6	握力計	0.02
計量スプーン	36.4	電動はかり	0.02
体重計	36.4	身長計	0.02
おれ尺	29.5	水温計	0.02
ます	27.3		

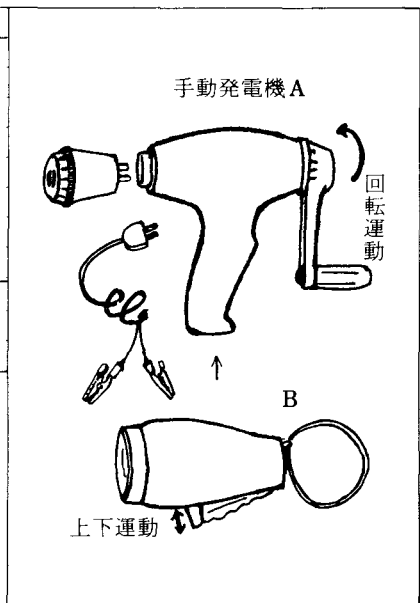
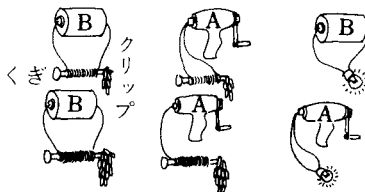
ヨーロッパにおいては乾電池の発明される以前に図1に示すBの様な手動発電機を懐中電灯として使用していた。(同じ機種が発電機が日本では東芝より発売されているとのことで発注したが入手できなかった。)図1の中のAの発電機は、入手できたので、小学生に乾電池のできる実験をAの手まわし発電機を用いて実験させた。同時に乾電池でも実験させたあと、アンケートをとった結果を表3に示す。

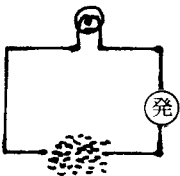
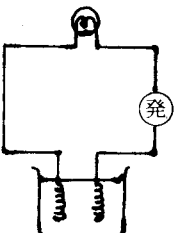
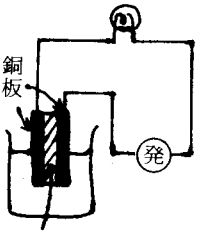
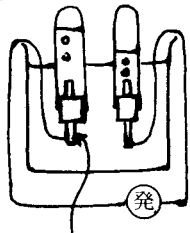
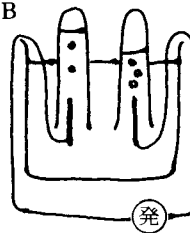
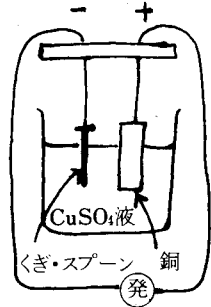
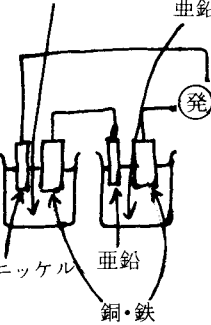
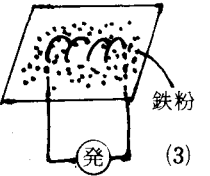
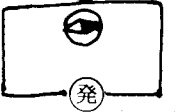
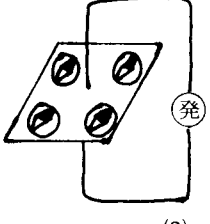
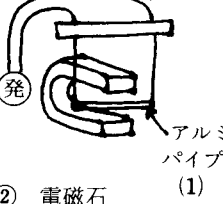
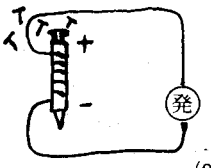
高等学校、大学に於て、小学校と同じ実験をし、またその他に、手まわし発電機により食塩水及び水の電気分解、電池の充電等の実験を各自行わせた。上記の実験を実施したあと、本学理科教材研究受講生に次の様な宿題を課した。手まわし発電機のできる小・中学校理科・理科第一分野の中から実験項目を六つ選び、その実験結果をレポートとして提出させた。レポートの結果を表4に示す。

表 3 問. もう一度同じ実験をする時、手動発電機と乾電池とどちらを使いますか。

答	その理由	人員
A 手動発電機 34人	自由に発電量を変えられるから	11
	自分の力で発電させられるから	9
	手で回すのが楽しいから	9
	自分のまわす力でクリップのもちあげる数がちがうから	4
	自分の力で明るさを変えられるから	2
	あまり使わない器具だから使うのが楽しい	2
	やりやすい	2
	おそく回すと暗くなり、はやくすると明るくなる	1
	B 池乾電池 4人	何個もつなぎあわせられるから
持っているだけでいいから	2	
無答	1	

下記の実験をした後、上のようなアンケート結果をえた。



1. 電 導 性	2. 電 気 分 解	3. 電 気 メ ッ キ	4. 磁 界															
<p>① 固体</p>  <p>ex. 砂糖 さび くぎなど (16)</p> <p>② 水溶液</p>  <p>(11)</p>  <p>銅板 木片 (5)</p> <p>備考 電球のかわりに 電流計を用いる</p>	<p>A</p>  <p>炭素棒</p> <p>B</p>  <p>分解するもの ①NaOH 水溶液 ②NaOH 水溶液 +フェノールフタレイン ③食塩水 ④希硫酸</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td> <td>①</td> <td>②</td> <td>③</td> <td>④</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>2</td> <td style="text-align: center;">/</td> <td style="text-align: center;">/</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>5</td> <td style="text-align: center;">/</td> </tr> </table>		①	②	③	④	A	2	/	/	3	B	2	3	5	/	<p>①</p>  <p>CuSO<sub>4</sub>液 くぎ・スプーン 銅 (5)</p> <p>②</p> <p>硫酸アンモニウム ニッケル液 硫酸 亜鉛</p>  <p>ニッケル 亜鉛 銅・鉄 (4)</p>	<p>① 磁界</p>  <p>鉄粉 (3)</p>  <p>方位 磁石 (13)</p>  <p>(2)</p>  <p>アルミ パイプ (1)</p> <p>② 電磁石</p>  <p>(8)</p>
	①	②	③	④														
A	2	/	/	3														
B	2	3	5	/														
手 動 発 電 機 を 用 い て の 実 験																		
( ) は 人 数																		

5. 熱	6. イオン移動	7. 電池	9. 音の伝わり方
<p>① 熱の発生</p> <p>(1)</p>	<p>① 食塩水につけたろ紙 フェノールフタレイン</p> <p>アルミはく</p> <p>NaOH 溶液につけた木綿糸</p> <p>(4)</p>	<p>① ボルタ電池</p> <p>Cu 板 Zn 板 希硫酸</p> <p>発</p> <p>モーターがまわるか</p> <p>(5)</p>	<p>真空ポンプにつなぐトランジスタベル</p> <p>(1)</p>
<p>② 発熱量の違い</p> <p>(7)</p>	<p>②</p> <p>銅板</p> <p>ガラス板</p> <p>CuSO<sub>4</sub>飽和水溶液</p> <p>HCl につけたろ紙</p> <p>(1)</p>	<p>②蓄電池</p> <p>鉛</p> <p>希硫酸</p> <p>(1)</p>	<p>10. 直流・交流の見わけ方</p>
<p>(4)</p>	<p>②</p> <p>銅板</p> <p>CuSO<sub>4</sub>飽和水溶液</p> <p>(1)</p>	<p>8. 明るさ</p>	<p>テスター・リード</p> <p>発</p> <p>ヨウ化カリウム水溶液にひたし、次にデンプン液にひたしたろ紙</p> <p>(2)</p>
<p>(4)</p>	<p>②</p> <p>(10)</p>	<p>①直列と並列</p> <p>発</p> <p>発</p> <p>(5)</p> <p>②モーターの回転と明るさ</p> <p>発</p> <p>(10)</p>	<p>11. モーターの構造</p>
<p>③ ヒューズ</p> <p>切り込みを入れたアルミはく</p> <p>発</p> <p>(1)</p>			<p>(4)</p>

### III. 研究結果

小学生の実験とアンケートの結果は表3に示す様に手でまわすことにより電気が流せる楽しさや、手のまわす回数を変えると釘にくっつくゼムクリップの数を変えられる等、乾電池より手まわし発電機に興味を示している。体を使い、眼と手と耳を使う体験より子供にとって発電機に対する興味はとうてい乾電池では及ばないことがわかった。手でまわす仕事が電流という仕事にかわることも子供の注意を引いた。同じ豆球のあかるさが手の回転数により明るくなったり暗くなることも体験できた。

大学生の実験レポートの結果は表4に示す様に、実験項目は11に分けられた。この11実験項目はいずれも乾電池でも行えるが、この手まわし発電機のみ可能な実験について、もう一步独想性のあるものが見られればと惜まれる。いずれにしる小学生をはじめ高校生、大学生に至るまで乾電池より手まわし発電機による実験に対して興味を示した。

手まわし発電機による実験の長所短所を下の表にまとめた。

- |    |   |
|----|---|
| 長所 | 1) いつでも、どこでも使用できる。<br>2) 半永久的に使用できる。<br>3) 電池ホルダーが不用である。<br>4) 6 V～12Vの起電力が得られる。<br>5) 電気の仕事量が大きくなれば、腕に伝わる力も大きくなりエネルギーそのものが体で直接感じられる。<br>6) 乾電池での実験はほとんどできる。<br>7) 二個の発電機の使用により、発電機とモーターの相互関係を演示できる。                |
| 短所 | 1) 廻転させた時のみ電流が得られる。<br>2) 乾電池1個の電圧1.5Vに比べ、6 V～12 Vの電圧が得られるが、一定した電圧と電流を得ることはむずかしい。<br>3) 懐中電灯として使用するとき回転のため光源がふらつく。<br>※回転運動を上下運動に変換すると光源のふらつきは少なくなる(図1のB参照)<br>4) 必ず両手を使って発電しなければならないので実験は1人以上の助手が必要となる<br>……………等以上 |

表4の6項目めに「イオンの移動」の実験がある。手まわしの発電機では6～12Vのためイオンの移動速度が遅くイオンの移動は、みにくかった。そこで簡易高圧電源装置<sup>5)</sup>を学生に作らせた。

現在の学生は回路図はかけてもその図の通り回路の組立てられる者は少ない。ここでの簡易電源装置は、100 V～300 Vの電圧で、0.6～2 mAの電流が得られたので、すべてのイオン移動(泳動)の実験は30秒～3分以内で完了した。児童・生徒・学生の演示実験は、注意力の限界を考え3分以内が有効だと考えられている点でも成功であった。

### IV. 研究の議論・結論・今後の課題

上記のように児童・生徒・学生は乾電池よりも手まわし発電機による実験に、より興味をもった。イオン移動実験も極の間の距離を短縮することにより手まわし発電機でも観察すること

ができた。約半世紀昔と同じ器具を使用して、当時の電気に対する考え方を想像させ、併せて今日までの進歩の過程を考え直す機会を生徒・学生に与えることができた。

大学生には、より効果のあるイオン泳動をみせるため簡単な高圧直流電源装置と、イオン泳動装置を自作させた。これらの器具を使って電流のモデル実験、電力線の通路確認等、種々の実験も行った。

一方この自作器具を小学校・高校の現場にもちこみ、手まわし発電機と共に演示実験を行った。児童生徒に対し、電気・イオン泳動教材に対しての補助教材としてこれらが有効であったと認められた。（アンケートによる結果は紙面の都合で割愛する）

自作器具の重要性はノーベル賞受賞者のそれにより納得させられる。ノーベル賞を受賞した科学者は、手作りの器具機械により各自の創造した理論を実験により確かめ偉大な成果をあげた人が多い。決して高価なものなど使わず、すべて自作したもので実験している。その例にサイクロトロンを発明し、ノーベル賞を受賞したローレンス博士の手作りのサイクロトロンは、今もカリフォルニアのバークレーキャンパス内のローレンス記念堂に飾られているが、せいぜい直径約30cmの手作りのガラス実験器具であった。そして、これが今日のバークレーの大研究施設の端緒となったことは誰もが認めるところである。自然科学の発達段階において、一人の偉大な科学者のアイディアが想像もつかなかった結果を生むことを銘記したい。

手作りの器具で実験を行うことは生徒学生にとっても必要なことである。物理教室松村佳子助教授と共にアボガドロ数を電気分解により測定するための器具・電流計、マイクロバランス、電解装置、乾電池ホルダー、トーションバランス、すべり抵抗器を学生に作らせた。学生は手作りの器具を使って実験を実行した経験はなく「すばらしい体験だった。小学生の頃からこんな教材があればと思う」とのべている。

すべての器具の手作りはできないが、身近な材料で、かなりの精度が得られる器具の製作については今後も引き続き研究をつづけていくつもりである。

理科教材研究、理科教育法の授業において物理と共同で授業のための教材開発をはじめている。今回の実験の一部及び授業等は8mmフィルムに収録したが、今後ビデオテープに再編集し教材研究、教育法の資料として使用する予定である。

## 参 考 文 献

- 1) 文部省 指示 第155号 (昭和52年7月23日)
- 2) " " 第156号 ( " 52年7月23日)
- 3) " " 第163号 ( " 53年8月30日)
- 4) 大隅紀和 手まわし発電ことばはじめ  
教材教具の製作マニュアル6巻 教材研究所発刊 (1978)
- 5) 中田哲史・横田 穰 新しい理科の指示例とその補助教材  
物理と教育 6巻 (1979)
- 6) 松村佳子 理科教材「電気について」45頁 教育工学センター研究報告第3号  
奈良教育大学教育光学センター (1980)