

# 中学校・高等学校における理科実験指導の基礎研究

中根一芳・戸荊 進・加藤十八・加藤貞夫・三橋一夫

本紀要第1集から第6集までにおいて、同じ主題で第1報から第24報までの抄録を掲載したが、本年はこれにひきつづき、研究成果を第25～28報にまとめて報告する。

第25報は日本理科教育学会東海支部第9回大会において戸荊が、第26・27報は同学会第11回全国大会において戸荊と中根が発表したものであり、第28報は同じく戸荊と中根が最近まとめあげた未発表の成果である。

## 第25報 高校進学適性検査における実験による問題提示

### I はじめに

われわれは実験・観察をしっかりとふまえた理科教育を反映させるような進学適性検査を行いたいと考え、数年来いろいろの試みを行って来たが、昨年度は実験による問題提示を濃硫酸と濃塩酸を対象として行い、相当の効果を認めることができた。

本年度はさらに酸素・塩素・炭酸ガスを対象として再び実験による問題提示を試みてみた。

内容は「3種の気体について行う5つの実験からA・B・Cはそれぞれ何であるかを判定させる」もので、実験は次の通り。(1)気体の色をくらべる。(2)水でぬらした赤いリトマス試験紙を入れる。(3)水でぬらした青いリトマス試験紙を入れる。(4)石灰水を入れてふってみる。(5)火のついたろうそくを入れる。

以上の実験を行うに当っては条件の統一に特に留意し、説明はすべてテープの録音放送により、実験者は予め打合せて細部まで定められた方法に従って実験を行った。

### II 結果とその分析

まず233名の受験者(約1000名の志願者中より無作為抽出により採択)についての解答状況は第1表の通りである。

正答率は男子の方がやや優れているようであるが、10%以内の危険率で有意差があるといえるほどではない。またこの問題の正解者(2/3正解者を含む)・誤答者(1/3正解者を含む)の進学適性検査総点平均は第2表の通りであり、正解者の平均点は誤答者のそれより男・女・全体それぞれについて何れも明らかに(危険率1%以内で)優れていることが判る。

第1表 (実数)

		男	女	合計
正 解		52	23	75
2/3正解	O <sub>2</sub> とCO <sub>2</sub>	66	42	108
	O <sub>2</sub> とCl <sub>2</sub>	0	1	1
	Cl <sub>2</sub> とCO <sub>2</sub>	4	5	9
1/3正解	O <sub>2</sub> のみ	0	4	4
	Cl <sub>2</sub> のみ	0	1	1
	CO <sub>2</sub> のみ	15	8	23
誤 答		6	6	12
計		143	90	233

第2表 (100点満点)

	男	女	合計
正解者の平均点 (含2/3正解)	66.0	58.2	65.5
誤答者の平均点 (含1/3正解)	***	***	***
	46.0	47.4	46.7

次にO<sub>2</sub>・Cl<sub>2</sub>・CO<sub>2</sub>それぞれについて正答率を集計したのが第3表であるが、CO<sub>2</sub>についてのみ男子がやや優れている(危険率5%以内)という結果が得られたが、他の2つには男女間の有意の差は認められなかった。またO<sub>2</sub>・Cl<sub>2</sub>・CO<sub>2</sub>相互間の正答率の相互間の差は第1図の通り何れも明白で(危険率1%以内)、予想通りCO<sub>2</sub>は極めて高く、Cl<sub>2</sub>は極めて低くなっている。

第3表 (実数)

		男	女	合計
O <sub>2</sub>	正	118	69	187
	誤	25	21	46
Cl <sub>2</sub>	正	59	30	89
	誤	84	60	144
CO <sub>2</sub>	正	137	80	217
	誤	6	10	16

さらにいろいろの角度から誤答分析を試みてみたが、まづ物質と化学式との対応については第4表のような結果が得られた。問題の答は物質名と化学式の両方を併記させこれの何れか一方が合っておれば正解としたのであるが、誤答については特に両者間の不一致が目立ったのでまとめてみた。これについてもかなりはっきりと男子の方が優れている(危険率5%以内)ことが認められた。

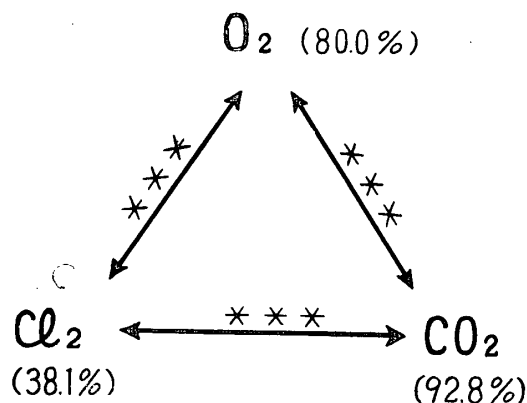
第4表

		男	女	合計
物質名と化学式との対応	正	44	21	65
	不完全(一方のみの記載)	14	15	29
	誤	36	42	78
誤答総数		94	78	172

次に具体的な誤答分析であるがこれは種類が極めて多いので一応気体のもの(第5表)とその他(第6表)に分けて総数の多い順に配列してみた。

第5表

誤答として現われた気体	O <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	計
水素	20	24	0	44
アンモニア	2	30	3	35
亜硫酸ガス	0	20	0	20
ちっ素	2	8	0	10
酸素	—	6	2	8
炭酸ガス	2	4	—	6
一酸化炭素	1	3	1	5
塩化水素ガス	1	4	0	5
塩素	2	—	1	3
その他(1名のみのもの)〔気体名〕	1〔空気〕	2〔アセチレン〕	0	3
	31	101	7	139



第5表からは気体についての観察した現象とは無関係に、単に提示されたものが気体であるということに刺戟として誘発された反射的な名称という感じが強く、気体の性質については、空気に対する比重ということすら意識されていないことが察せられるのは、いろいろな問題を含んでいることを考えさせられる。

第6表 (実数)

誤答として現われた気体外の物質	O <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	計
硫酸	1	6	0	7
硝酸	0	6	0	6
塩酸	0	4	1	5
か性ソーダ	1	2	0	3
炭素	0	3	0	3
硫黄	0	3	0	3
その他(1名のみのもの)〔物質名〕	0	3〔石灰水・炭酸ソーダ・炭酸カルシウム〕	3〔食塩水・塩酸・さらしこ〕	6
	2	74	4	33

第6表に到っては、まさに論外の沙汰であり、流石にO<sub>2</sub>やCO<sub>2</sub>については例外的ながら、塩素については見のがすには余りにも大きな数値となっている。塩素は食塩水の電解に関連して扱われている筈であるが、実験をしてもそれが塩素であることの確認もしないで塩素が発生しているというような取り扱いを受けているのではないだろうか。いっそ全く実験をしていないための結果であれば幸いであるが、もし食塩水の電解の実験を曲りなりにもしている結果とすればこのようなものが実験であると考えられていること自体、甚だ重大な事態といわなくてはならない。残念ながらこれら27名の殆どが入学していないので確認するすべもないわけであるけれども。

なお第5・6表を男女別に集計してそれぞれについて誤答総数中の気体以外のものの比率をまとめたの

が、第7表である。これについては個体数が余りにも少ないので断定的な結論を下すことは危険でもありまたできない相談でもあるが、塩素についての男女差は、やはり考えさせられるものがある。

第7表

		O <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
気体外の誤答数 誤答総数 (除無記入)	男	$\frac{1}{19}$	$\frac{9}{72}$	$\frac{1}{3}$
	女	$\frac{1}{14}$	$\frac{18}{56}$	$\frac{3}{8}$
	計	$\frac{2}{33}$	$\frac{27}{128}$	$\frac{4}{11}$

### Ⅲ ま と め

実験による問題提示は、本年度で2回目の試みであるが何分にも新しい試みである上に、進適という特殊な場面での制約もあり、研究対象の数も多くはなく、不十分な点が少くないが、もしこれと同じねらいを単なるペーパーテストで行ったとしたら、恐らく相当に違った結果が現われたであろうとの確信は昨年より一段と強められて来ている。

それにつけても、義務教育の段階から、より質の良い理科実験指導の行なわれるよう祈らないではおられない。  
(戸蒔)

## 第26報 映画による理科実験指導 (その1)

—効果的な理科実験映画の製作—

### 1. はじめに

理科教育における実験観察の重要性は、いうまでもないことであるが、現在各種教科書に取り上げられている実験の種類は相当数に上り、特に指導要領の改訂によりこの傾向は従来よりもさらに増加しており、一方同一の実験を行う場合使用される器具もまた多種多様になっている。

従って各校がこれらをこなすに十分な施設・設備・態勢を有するか否かについては相当の問題があり、加うるに中学校においては他教科の教師による兼任などの問題もあり、実験指導については様々の問題を含んでいる。具体的に主なものをあげてみると：—

- 設備・備品費などの不足から実験をすることができない。
- 同じ理由から、不徹底は承知の上で、実験をしないよりまだから、不完全な実験で我慢している。
- 準備に要する時間の捻出が困難のため実験を不本意ながら省略する。
- 内容が多いため、実験をしてはカリキュラムの進度がおくれるので不本意ながら省略する。
- 結果に十分な確信がもてず、またそれを確かめてみるだけの余裕もないので省略する。
- 生物の実験などで、長時間装置を置いて継続観察しなくてはならぬ場合、そのこと自体、またはその置き場に困難を感じる(空間的に、または生徒の非協力により)ため省略。
- 理科の専攻でない教師の場合には、自信がなかったり、実験の必要性自体の認識の不足により省略

することも起りうる。

### 2. 映画の製作

そこでわれわれは、これらの問題点をカバーする一つの方策として(勿論万全の策ではないが)「映画による理科実験指導」を考えてみた。その要点は：—

- 所謂科学映画ではない。
- 教科書に出てくる実験そのもののヴィヴィッドな表現をねらっている。
- 従ってまとめて講堂映画的な見せ方をしてその間に全体として何かをつかませることをねらっているというようなものではなく、映画に取り上げた総ての要点をつかませることをねらっている。
- また映画を見てさえおれば教師の説明や講義の必要はなく、自然結論に引きずって行かれるといったような単なる知識理解のみをねらった狭いものではなく、思考の出発点である実験ばかりを、一つの課題解決に向って適当にアレンジしたものである。従ってアニメーションは敢て排除した。
- 従って各巻とも連続映写すれば、せいせい10分以内といった程度にまとめてある。これを授業中に、その展開に応じて、いくつかに区切って映写・観察させ、まとめをするという使用方法をとる。この際デライトスクリーンまたは最近売り出されている背面投写式のスクリーンなどを使用すれば明室のままでも取り扱うことができ非常に効果的である。
- また細かい問題になるが、通常の実験では十分にはできにくい着眼点の明示などは、クローズアップ

パやカメラアングルの変化によって、かなりその効果をあげることが期待される。

◦ また通常の実験では現象の進行速度の関係で相当の間をとらなくてはならぬような場合も字幕の併用によって要領よくまとめ上げることができる。

このようなねらいをもって製作した映画は前述の設備・時間の不足、他教科の教師による兼任などの場合のみに限らず、実は繰り返しが容易であるために、次のような利点や応用の仕方も出てくるわけである。

◦ 元来実験は一回行なっただけでは多くの場合、最も注目しなくてはならない点が、十分徹底しないうちに進行してしまうので、その効果は十分には挙げられないことは、いろいろな研究によって既に明らかにされている。このような場合、実際に実験を繰り返して行うということは多くは時間に制約されて殆ど行なわれていないのであるが、1回は映画で代行させることにより、この欠点を殆ど完全にカバーすることができる。もっともこれを実験の前に行うか、後に行うかは、原則的には決められるものではなく、個々の場合について判断すべきであるが。

◦ 上記の意味において、実験は行なわず、映画のみによる場合も必ず2回は映写する方法をとるべきである。特に実際に実験を行う場合よりもはるかにスピーディに事が運ぶので、その必要性は一層大きいわけである。

以上のようなねらいでわれわれは昨年度より文部省の科学研究費の交付を受けて、先づ研究の第1段階として中学校の実験のうち上記の意味における映画に作成して価値があると考えられるものを3年計画で作り上げる仕事を現在すすめている。フィルムは、その主な普及対象となる地域の特殊性を考え8%のサイレント版とし、原則としてカラーを使用している。

仕事の進め方は原則的には白黒フィルムで撮影、検討を加えて再撮影したものを更に検討してカラーフィルムに仕上げるといった方法をとっている。次に映画の内容の概略の様子を把握して頂くために「燃焼」と、「炭酸同化」の2つについて、それぞれの字幕を順を追ってまとめたものをあげておく。

## 燃 焼 の 実 験

炭素の割合の大きい物質ほど煤が多く炎が明るい

- アルコールランプの燃焼
- 石油ランプの燃焼
- ベンゼンランプの燃焼
- ろうそくの燃焼

酸素が多くなると炎は一そう明るくなる

- 酸素を発生させて…… (MnO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

- アルコールの炎に酸素を入れる
- 石油の炎に酸素を入れる
- ベンゼンの炎に酸素を入れる
- ろうそくの炎に酸素を入れる

炎の中に強熱された固体があると明るくなる

- ベンゼン灯の炎の中に釘の先を入れる
- ベンゼン灯の炎の中にチョークの先を入れる
- ベンゼン灯の炎の中にマグネシウムの小片を入れる

物質は燃焼すると重くなる(その1)

- るつぽにマグネシウムを入れてその目方をはかる
- るつぽのマグネシウムを燃焼させる
- 冷えてからその目方を燃える前とくらべてみる

物質は燃焼すると重くなる(その2)

- 金あみの筒にか性ソーダを入れて……
- それにガラス管をかぶせ、下にろうそくをつける
- これを2つ作って天秤の両方につり下げてつり合うようにする
- 一方のろうそくに点火する
- 2分後には……
- 5分後には……
- 10分後には……

燃焼の実験おわり

## 炭 酸 同 化 作 用

実験1. 光がないと炭酸同化作用は行われぬ

(オシロイバナ)

〔2本の枝に対し、それぞれ透明  
と黒塗りのガラスをかぶせる〕

- このまま数時間おく
- アルコールに1晩つけて葉緑素をぬく
- ヨード反応ででん粉をしらべる
- どちらの葉にでん粉ができていたか
- 炭酸ガス+水 $\xrightarrow{\text{光}}$ でん粉+酸素
- 炭酸ガス+水 $\rightarrow \times$

実験2. 炭酸ガスがないと炭酸同化作用は行われぬ  
(オシロイバナ)

〔2本の枝に対し、それぞれ透明  
ガラス鐘をかぶせるが、一方は  
か性ソーダによりCO<sub>2</sub>を除く〕

- このまま数時間おく
- アルコールに1晩つけて葉緑素をぬく
- ヨード反応ででん粉をしらべる
- どちらの葉にでん粉ができていたか
- 炭酸ガス+水 $\xrightarrow{\text{光}}$ でん粉+酸素
- 水 $\xrightarrow{\text{光}}$  $\rightarrow \times$

実験3. 炭酸同化作用で発生する気体は何か

(クロモ)

〔ビーカーの中に入れたクロモか  
ら、ろうとと試験管により発生  
する気体を集める〕

- このまま数時間おく
- この気体は何か?

- 炭酸ガス+水 $\xrightarrow{\text{光}}$ でん粉+?
- 炭酸ガス+水 $\xrightarrow{\text{光}}$ でん粉+酸素

炭酸同化作用の実験おわり

### 3. 映画の使用について

以上のようにして作成した映画であるから、観察の焦点は通常の実験の場合よりも比較的把握し易いように工夫してあるつもりであるが、われわれの技術の未熟さから十分な効果をあげ得ないでいる面も少ない。

しかし、それはそれとして、この種の方法については根本的に生徒自体の受け取り方にもいろいろ問題があるわけであるから、1つには先づこの映画をこのままで効果的に使用するためにはどのような点に特に留意すべきかという要点をチェックするために、2つには更に改善すべき点はどこにあるかを発見するために、燃焼および炭酸同化については既に学習を終っている中2・中3の生徒達に見せて、彼等の観察し得た事柄を調査してみた。

方法は、先づ表題のみを知らせて1回通り観せて直ちに質問紙を配布、記入させて回収、次の区切りを観せ、また調査するという方式によった。

その結果を調査項目ごとに集計整理したものは次の通りである。表中半解とあるのは正解の外に余分な結論または条件を追加しているもの、または正解の条件の一部不足するものを意味し、数字はすべて%を意味し、質問事項の前の×、△、・印はそれぞれその事項の正解率が、10%未満、10~50%未満、50~70%未満であることを示す。

〔炭素の含まれている割合の大きい物質ほど煤が多く炎が明るい〕

質問事項	正答	半解	誤答	無答
燃焼物の順	100	—	—	—
×実験の結論	9	—	76	15

案外実験のねらいを徹底させることのむづかしいことを最初から痛感させられた。誤答の殆どが「炭素の割合の多い程よくもえる」またはただ漠然と「燃料の種類によってもえ方が違う」という2つである点は指導により充分カバーし得ることが判る。また全体の約10%ではあるが「O<sub>2</sub>の多いほどよくもえる」とか「物はもえると重くなる」とか、この実験とは全く無関係な彼等の断片的記憶が条件反射的に飛び出していることは、指導上根本的に考えなくてはならぬものを感じさせられる。

〔酸素が多くなると炎は一そう明るく煤は少くなる〕

質問事項	正解	半解	誤答	無答
△何から何を発生?	28	52	20	—
マッチの余燼は?	98	—	2	—
×それで何がわかった?	7	85	4	4
×実験の結論	4	76	11	9

「何から何を」についてはO<sub>2</sub>に触れていない者が誤答の20%、MnO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>に触れていないものがそれぞれ30%、57%になっている。「マッチの余燼の再点火によって判ったこと」については「発生した気体はO<sub>2</sub>である」とした者は僅か7%、残りの殆どは「O<sub>2</sub>があるとよくもえる」としている無関係の条件反射。「実験の結論」については「炎の明るくなる」ことには殆どが気付いても、「煤の少くなる」ことにも気付いた者は僅か4%。

〔炎の中に強熱された固体があると明るくなる〕

質問事項	正解	半解	誤答	無答
Mgは炎の中で?	100	—	—	—
Mgの灰は炎の中で?	100	—	—	—
・炎の中で最も暗いのは?	67	—	33	—
暗い時でも入れない時より?	76	—	22	2

これはねらいが単純なので流石に出来はよい。然し「炎の中で最も暗いのは」明らかに釘なのにチョークと答えている者が26%、更にMgというのが7%もあるのは驚かされる。

〔物質は燃焼すると重くなる(その1)〕

質問事項	正解	半解	誤答	無答
△Mgは何になった?	48	26	11	15
燃焼前後の目方の比較	91	—	2	7
・何でわかった?	55	35	—	10

「Mgは何に」を「灰になった」として澄しているのが26%。「何でわかったか?」に対し「物はもえる」と重くなる」の条件反射組が35%。

〔物質は燃焼すると重くなる(その2)〕

質問事項	正解	半解	誤答	無答
×NaOHを入れる目的	7	—	52	41
もえた方は上ったか下ったか	82	—	11	7
×なぜそうなったか	7	—	71 (内正よ り60)	22 (内正よ り15)
・NaOHがなかったらどちらが下る?	65	—	28	7

「NaOHを入れる目的」は「これを燃す」のだとしているのが44%，その上無記入は41%もいることは注意しなくてはならない。その必然的結果が「なぜそうなったか」にも現れている。またこの中に「ものはもえると重くなる」という条件反射組が35%もいることも注目しなくてはならない。さらに「NaOHがなかったらどちらが？」の「もえた方」が26%もあることもまた条件反射と考えられる。

〔光がないと炭酸同化作用は行なわれない〕

質問事項	正解	半解	誤答	無答
黒いおおいの理由	93	—	7	—
光を当てなかった時間	72	—	26	2
アルコールにひたす理由	85	—	8	7
△アルコールにひたす時間	41	—	57	2
実験の結論	80	16	4	—

実験のねらいが短的に判るせいか特に大きな問題点はない。然し「アルコールにひたす時間」に10分から1日までの巾が出てくるのには驚ろかされる。

〔炭酸ガスがないと炭酸同化作用は行なわれない〕

質問事項	正解	半解	誤答	無答
(NaOH) を聞く	76	—	22	2
• NaOHを置く理由	65	—	24	11
おおいが透明か？	96	—	5	—
おおいをかむせた時間	85	—	15	—
アルコールにひたす理由	87	—	8	5
アルコールにひたす時間	91	—	9	—
実験の結論	87	—	8	5

「(NaOH)を」聞いたところ、誤答は「炭酸カルシウム」「炭酸ソーダ」「石灰」「カルシウム」に限られた。これは生徒が全く見ていないのではないこと

一つの証拠になるように思われる。「NaOHを置く理由」の中の「でんぷんを作るかどうかしらべるため」は条件反射臭い。また前問から警戒したとみえて「アルコールにひたす時間」の正答率が41%から一躍91%にはね上っていることは、一寸した注意で十分効果をあげることが予想される。

〔炭酸同化作用で発生する気体は何か〕

質問事項	正解	半解	誤答	無答
• 使用した植物	65	15	15	5
• 前実験で使用した植物	65	—	30	5
△植物をかえた理由	33	—	68	9
最初試験管に水は？	75	—	23	2
線香はどうなった？	95	—	5	—
試験管の中の気体は？	95	—	5 (去と全)	—
実験の結果	70	15	15	—

「使用した植物」の半解はすべて「モ」、誤答はさらに漠然とした「水草」。「前実験で使用した植物」の誤答の過半数は「アサガオ」で、これも典型的な条件反射の例。「植物をかえた理由」はなかなかむつかしいらしい。また「実験結果」の半解はすべて「CO<sub>2</sub>を吸いO<sub>2</sub>を出す」であり、誤の大半は「O<sub>2</sub>が必要」は、やはり条件反射的である。

以上を総合すると、映画の方を修正しなくてはならぬという決定的なデータは皆無といってよく、すべて各表について挙げたような点を、その各部分の指導に当って適切に注意を喚起するようにしさえすれば相当の効果を期待しうるように思う。特に生徒が実験や、実験の映画を観ていながら結論的には、それを見ていないも同然のような頭の中にある彼等の断片的記憶を反射的に想起させる条件としてしか、それらが役立てられないようなケースが如何に多いことか。理科の教師として常に警戒を怠ってはならないと思う。

(戸刈・中根)

## 第27報 映画による実験指導(その2)

— 理科実験映画を用いた学習指導 — 〔大都市〕

前報で述べたようなねらいで試作した「燃焼の実験」と「炭酸同化作用の実験」の映画を大都市の1例の意味で本校の1年・2年の生徒について、36年9月に、実際に利用して学習指導を行い、その効果を検討した。

### A. 「燃焼の実験」

#### 方 法

中学校1年・単元「熱の科学」の学習中に、A組(45名)を実験群(映画を利用する指導)とし、B組(44

名)を対照群(映画を利用せずに、口述だけの指導)とした。指導法は、実験群に導入・映画による学習・まとめとし、対照群は導入・まとめは実験群と同じようにし、映画による学習の部分だけを、教師の口述により、系統的に説明し、かつ映画にあらわれる実験内容にもふれて指導した。つまり所要時間は全く同じであるから、実験群の方では映画を見ている1時間中の約20分間を対照群の方は余分に授業を受けていることになる。

評価は授業の日から10日目と20日目と2回、同一問題でテストを行なった。これは記憶の定着度をあわせて調査するねらいである。

**結 果**

まずテストの問題(表現は実際よりも簡略した)と、両群の正答者数を第1回、第2回テストとならべて次の第1表にまとめた。

表中の不等号は10%の危険率水準で有意差のあるものだけについて優劣関係を示している。

第1表 「燃焼の実験」に対するテスト成績の両群比較

	第1回テスト		第2回テスト	
	実験群	対照群	実験群	対照群
	45人	44人	45人	44人
◎ (知識に関する問題)				
1. 煙の色はそれぞれどうか	45	36	45	35
2. 炎の明るさはどうか	26	30	25	39
3. 煤の量はどうか	33	43	33	42
4. 燃焼により目方はどう変るか (マグネシウム)	32	32	33	25
5. 燃焼により目方は一般にどう変るか	43	43	45	42
6. 炎中にマグネシウムの灰を入れると炎の明るさはどうなるか	38	16	36	23
7. 炎中に酸素を入れると炎の明るさはどうなるか	41	39	40	39
8. 炎中に酸素を入れると煤の量はどうか	39	25	40	31
9. 炎中に固体を入れると炎の明るさはどうか	33	34	35	36
10. 炎中に釘とチョークを入れるとどちらが明るくなるか	40	28	42	21
11. ろうそくの燃焼によつて目方はどう変化するか	38	24	39	21
12. この変化の理由はどうか	27	21	28	28
13. この場合、か性ソーダが吸収するものは何か	17	18	23	21
◎ (原理の一般化についての問題)				
14. 炎はどのようなものが明るいのか	19	18	15	15
15. 煤はどのようなものが多いか	25	35	28	35
16. 金属のさびる前後の目方はどうか	43	42	44	41

第1回と第2回とのテスト成績の比較は、実験群の方が、映画によつて現象を実際に視覚を通して、理解しているから、印象が強く対照群より長期間記憶しているのではないかとことをねらったのであるが、結果としては10日間の経過だけについては、そのような傾向は有意の差が認められるほどには現われなかった。

ただ逆に問題2の炎の明るさについての理解は対照群において第2回テストが第1回テストより正解者が増している(危険率10%で有意)。

この事実の解釈にあたっては、問題3の煤の量の比較・問題15の煤の量の一般的な理解が、第1、第2回テストとも対照群が実験群より正解者が多いことと関係づけて考察すべきであろうと思う。すなわち問題2・3・15はいずれも燃焼物質の炭素含有率と関係して理解される一連の原理と関係があり、対照群の方はその基礎的な原理から一連の具体的な現象を理解していったと考えられる。

これに反して、問題1・6・8・10・11などの事項についてはすべて実験群の方が、対照群に比して優れた正解者数を示している。

これらの事項はいずれも映画の画面ではとくに鮮やかに表現でき、結果も印象的であった。

かかる印象的に強く視覚を通して理解できるものについては、たとえ断片的ではあっても、映画利用の指導は口述による指導よりもすぐれた学習効果が期待できるものである。

**B. 「炭酸同化作用の実験」**

**方 法**

中学2年「植物のはたらき」の単元の学習中に、A組を実験群、B組を対照群として実施した。なお中学1年に対しても、特別授業として炭酸同化作用の内容だけを指導し、この方はB組を実験群、A組を対照群とした。統計処理には便宜上、1・2年を合計して、実験群91人、対照群92人としてあつかった。

両群の指導は、前述「燃焼の実験」の場合に準じ、いずれも1時間ずつ実施した。

評価は授業後10日を経過した時テストを行う。

**結 果**

a. 知識について

テストの問題をまず掲げる。

次の3つの問に対し、下から正しいものを選び。(選択肢は略す)

問1. 炭酸同化作用に必要な材料となる物質は何か。  
(正答 炭酸ガス・水)

問2. 炭酸同化作用によって生成される物質は何か。  
(正答 でん粉・酸素)

問3. 炭酸同化の場合、反応には加わらないが、作用をすすめるために是非必要なものは何か。  
(正答 光・葉緑素)

以上の3つの問に対する解答分析を第2表に示す。

第2表 問1～問3に対する解答分析表  
(ゴチは正解)

解答の種類	実験群		対照群			
	91人			92人		
	問1 材料?	問2 生成物?	問3 条件?	問1 材料?	問2 生成物?	問3 条件?
炭酸ガス	64	3	11	77	3	7
水	55	1	10	75	2	7
でん粉	2	76	2	0	85	0
酸素	12	40	4	12	57	1
光	19	1	67	5	0	86
葉緑素	24	5	46	12	6	63
アルコール か性ソーダ ヨードチンキ 水素など	4	1	2	8	0	3

正解者数は3問とも、対照群の方が5%の危険率水準で優れている。

b. 実験方法の理解について

映画に編成してあった3つの実験(対照群については教師よりいわゆる黒板実験説明をうけている)について、その方法を具体的に論文体形式で解答させた。

この問題に対する正解数を第3表にまとめた。

第3表 実験方法の再現についての比較

実験	群別	
	実験群	対照群
	91人	92人
1. 光がないと同化は行われない	66	24
	(7 > 48)	*
2. 炭酸ガスがないと同化は行われない	61	41
3. 同化で発生する気体は酸素である	81	63

実験方法の再現能力については、映画利用の指導の方が実験手つづきの具体的な要領までのべて、正確に記述しているが、対照群の生徒は不正確で、抽象的な記述しかしていない。

表中の不等号は1%危険率水準で有意な優劣差をもっている。ただ\*印の( )中の数値は映画ではあつかわなかった方法で、小学校の学習経験中にある、ア

サガオの葉に、黒い紙をはって光をさえぎる実験のべている者の数で、口述による指導組(対照群)ではその解答をしているものが多いのは容易に理解できる。

c. 実験計画能力の転移について

映画でとりあつかった同化についての実験には、実験に対して対照をつくり、実験目的の条件だけを設定し、他の条件をなるべく同一にする方法をとくに強調し指導にも注意をはらった(対照群もそのように指導した)

それでその実験方法がよく理解されていれば、同じような方法でできる新しい実験を計画する場合に転移がきくと考えたので、これを調べようと思って次の問題を挙げた。

「いまここにシロネズミが10匹ある。これをうまくつかって、ビタミンAの不足がシロネズミにどのような影響を及ぼすかということ調べたい。どのような実験を計画したらよいか。」これに対する解答を実験・対照と対比して条件を正しく設定しているかを観点にして第4表のように4つの型に分けて分析した。

第4表 実験計画能力の転移の比較

解答類型	群別	
	実験群	対照群
	91人	92人
対照群もつくり、条件設定も正しい	53	62
対照群はつくるが、条件設定に誤り	10	9
対照群はつくらずに条件は設定する	11	11
全く誤った方法及び無答	17	10

類似の新しい実験を計画する能力は両群によって優劣はみとめられない。

c. 総括

1. 中学校の教材としての実験を映画に編集し、これを利用して指導をおこなった場合と、口述だけによる指導をおこなった場合との学習効果を比較した。
2. 画面に印象的に現われる現象や、実験の具体的な方法などについての記憶は、映画利用の指導の場合がすぐれている。
- ただし、実験方法の具体的な記憶は能力として、新しい実験を計画する際に転移することはない。
3. 原理の基礎的な理解および知識については口述による指導の方が優れている。

(中根・戸蒔)



## 第28報 映画による実験指導(その3)

—理科実験映画を用いた学習指導— [中小都市]

前報と同じ「燃焼の実験」と「炭酸同化作用の実験」の映画を、中小都市の1例の意味で愛知県O市のY中学に依頼して、2年の生徒について36年12月に実際に利用して同校の教官に学習指導を行なって貰い、その効果を検討した。

### A. 「燃焼の実験」

#### 方 法

実験対象の学年が研究協力校の都合により第2学年の生徒である関係上、「燃焼」の単元については一応昨年度において学習済みである関係から前報とは方法を多少変更して行った。

即ち、まず所要時間約30分の「燃焼のテスト」(第27報の研究に用いたのと全く同じ)を、実験前に行い田中A式知能検査の平均値および分散では有意差の認められない実験群(49名)と対照群(51名)の現状をチェックしておいてから実験に入った。

実験群は導入・映画による学習・まとめの方法をとり、対照群は導入とまとめは実験群と同様にし、映画による学習の部分だけを、教師の口述により系統的に説明し、その際映画に現われる実験内容にも所謂黒板実験の形態でふれている。つまり所要時間は全く同一であるから、実験群の方で映画を見ている1時間中の約20分間を対照群の方は余分に授業を受けていることになる。

このような指導の結果をチェックする目的で、実験前に行ったのと全く同じテストを実験の数日後に行った。

#### 結 果

まずテストの問題(表現は要点の略記)と両群の正答者数を実験群と対照群別に次の表にまとめた。表中の不等号は危険率10%以下で有意差のあるものだけについて優劣関係を示したものであり、\*\*\*印および\*\*印はそれぞれの優位は危険率1%以内および5%以内で映画による指導の効果が認められたもの、また\*\*\*印は逆に危険率1%以下で口述による指導の効果の優位が認められたものである。

	実験群 (49人)		対照群 (51人)	
	Bテスト	Aテスト	Bテスト	Aテスト
◎〔知識に関する問題〕				
1. 煙の色はそれぞれどうか	45	47	49	50
2. 炎の明るさはどうか	19<	45	17<	45
3. 煤の量はどうか	20<	46	22<	47
4. 燃焼により目方はどう変わるか(マグネシウム)	16<	27	26<	41
5. 燃焼により目方は一般にどう変わるか	1<	36***	6<	25
6. 炎の中にマグネシウム の灰を入れると炎の明るさはどうなるか	27<	47	23<	42
7. 炎の中に酸素を入れる と明るさはどうなるか	35<	45***	37	34
8. 炎の中に酸素を入れる と煤の量はどうなるか	19	24	22	21
9. 炎中に固体を入れると 炎の明るさはどうなるか	23<	47	25<	47
10. 炎中に釘とチョークを 入れるとどちらの方が 明るくなるか	21<	46	24<	49
11. ろうそくの燃焼生成物 の目方は燃焼したろう そくの目方とくらべて どうか	12<	43**	17<	39
12. この変化の理由	18<	35	16<	33
13. この場合か性ソーダが 吸収するものは何か	19<	35	26<	41
◎〔原理の一般化につ いての問題〕				
14. 炎はどのようなものが 明るいのか	15	20***	15<	37
15. 煤はどのようなものが 多いのか	19<	29***	18<	42
16. 金属のさびる前後の目 方はどうか	24<	40**	32	39

Before test と After test との有意差のないものは実験群・対照群ともに殆どないことはむしろ当然であり、またそうなくては指導効果がないことになるわけで由々しい問題であるわけである。然し問題1の煙の色については最初から殆どの生徒が正解であるから問題ないとしても、問題8の炎の中に酸素を導入した場合煤が少なくなることが両群共に指導効果が上っていないことは注目すべきであると思う。

次に実験群と対照群の差であるが、過半数の問題について有意差が認められないが、学習指導の展開過程

における教師のエネルギーが映画を使用する場合には非常に節減しうることを考慮に入れれば、これは単に差がないから同じであるとの結論を下すことは早計であることが考えられよう。まして問題 5. 7. 11. 16. などに於ては明らかに映画による実験指導の優位性が立証されているのであるからなおさらである。

しかし問題 14. 15. においては逆に対照群の優位性が明白に示されていることは、この場合、使用した映画の限界ないしは欠陥を示すものであり、今後さらに修正を加えてゆかなくてはならないと考えている。

**B. 「炭酸同化作用の実験」**

**方 法**

「植物のはたらき」の単元末学習の生徒を指導対象としたかったので、とくに中学1年生を選んだ。指導方法は前項Aの「燃焼の実験」の場合に準じ、映画を利用して指導した組（実験群）と、講義だけの指導をした組（対照群）に対し、それぞれ1時間ずつ授業をした。両群の田中A式知能テストによる偏差値の平均および分散には有意な差は認められない。生徒数はそれぞれ49人、50人である。

評価は指導前のテスト（B.T.）と、指導後数日を経過してからのテスト（A.T.）を行い、両テストの成績の比較の上で、指導法の効果を確かめることにした。なおB.T.とA.T.とは全く同じ問題であり、大体前の第27報に述べた問題と同型式にしたが、一部追加したり、改変したので、ここに再掲する。

- 問1, 問2, 問3 はそれぞれ前張(P.56)の問1, 問2, 問3と全く同じ。
- 問4. 次の薬品の性質に関係があることがらを下から、それぞれ1つずつ選びなさい。 アルコール・ヨードチンキ・酸性ソーダ  
でん粉が検出できる・でん粉を溶かす・葉緑素を溶かす・炭酸ガスを吸収する・酸素を吸収する
- 問5. 「光がないと炭酸同化作用が行なわれない」ことをたしとめる実験方法を書きなさい。
- 問6. 「炭酸ガスがないと炭酸同化作用が行なわれない」ことをたしかめる実験方法を書きなさい。
- 問7. 「炭酸同化作用が行なわれるとでん粉以外に酸素が同時に発生する」ことをたしかめる実験方法を書きなさい。
- 問8. 「光がないことが、エンドウの発芽に影響を及ぼすだろうか」といことを明らかにする実験方法を書きなさい。

**結 果**

問1, 問2, 問3 について、実験, 対照両群が、B.T. および A.T. において示した解答数を比較して、第1表にあらわした。

第1表 問1～問3の解答分析 (ゴチは正答数)

群 問題 解答	実 験 群						対 照 群					
	問 1		問 2		問 3		問 1		問 2		問 3	
	B.T.	A.T.	B.T.	A.T.	B.T.	A.T.	B.T.	A.T.	B.T.	A.T.	B.T.	A.T.
炭 酸 ガ ス	20	29	11	5	6	6	25	32	13	4	5	4
水	25	24	0	0	12	7	24	26	0	0	14	12
で ん 粉	3	0	22	46	1	2	0	0	22	38	6	3
酸 素	20	8	16	30	7	1	17	7	21	34	5	4
光	22	24	0	0	26	32	27	22	1	2	20	28
葉 緑 素	9	9	12	3	11	16	5	13	16	4	13	23
そ の 他	10	11	16	4	23	27	13	11	18	19	18	12

各問の正答数をそれぞれB.T.とA.T.とについて比較してみると、実験, 対照両群とも、その数が増加しているが、これは指導の一般的な効果であって、至極当然のことであろう。一方映画利用の指導が、その対照指導法に較べての効果を検するには、学習成就数（A.T.の正答数－B.T.の正答数）が対照群より実験群に多いことを立証しなければならないのであるが、これについては全く消極的な数値しかでていない。（問2に対する解答「でん粉」の場合のみやや例外）

このことから問1～問3で要求されるような極く基本的な知識については映画による指導が特別によい効果をもたらすことを期待することはできないといわなければならない。

問4では実験に直接関係のある薬品の性質ないしは、実験に際しての使用目的などを質問したものである。しかしこれについても、下表のように実験群, 対照群の学習効果の間に優劣の一般的傾向をみとめられなかった。

第2表

問4の解答分析

(ゴチは正答数)

群 問題 解答	実 験 群						対 照 群					
	アルコール		ヨード チンキ		か性ソーダ		アルコール		ヨード チンキ		か性ソーダ	
	B.T.	A.T.	B.T.	A.T.	B.T.	A.T.	B.T.	A.T.	B.T.	A.T.	B.T.	A.T.
葉緑素を溶かす	16	37	8	4	14	2	11	29	4	5	6	1
でん粉を検出できる	1	4	34	38	7	2	2	4	33	38	16	8
炭酸ガスを吸収する	4	2	0	2	11	33	11	4	3	0	8	27
その他	27	6	7	5	17	12	25	13	10	7	20	14

問5～問7までは、炭酸同化作用に関する3つの実験(映画実験として編集したもので、対照群ではこれをいわゆる黑板実験として説明した)のそれぞれの意味や具体的な方法が正しく理解され、記憶されているかを検べるために出題した。

問8は、この1時間の指導により、生徒の新しい課題を解決していく能力や態度がどれほど習得されたかを検べるためのものである。それらの結果をまとめて第3表に示した。

各問を論文体で答えさせたので、整理の都合上、下記のような類型に分けた。もちろん各問についてA(問7のみについてはE)を指導目標として期待した。

- A. 対照を設け、条件を正確に規定しているもの
- B. 対照は設けているが、条件の規定に不正確さ、あるいは誤りがあるもの
- C. 対照を設けず、ただ単一群の材料に対し条件を規定しているもの
- D. でたらめな解答および無答
- E. 水草を使い、気体を集め、酸素の検出までしているもの
- F. 水草を使い、気体を集めるが、酸素の検出をしないもの
- G. 一般の植物を使い、ただばく然と方法を述べているもの

第3表

問5～問8の解答分析

(ゴチは正答数)

群 問題 解答	解答類型 テスト	実 験 群			対 照 群		
		B.T.	A.T.	学 習 成 就 数	B.T.	A.T.	学 習 成 就 数
問5 (条件: 光)	A	13	49	36	19	40	21
	B	0	0	—	4	3	—
	C	19	0	—	15	2	—
	D	17	0	—	12	5	—
問6 (条件: 炭酸ガス)	A	1	39	38	4	28	24
	B	0	4	—	3	8	—
	C	15	0	—	9	2	—
	D	33	6	—	34	12	—
問7 (酸素の検出)	E	3	36	33	1	19	18
	F	0	10	—	0	11	—
	G	9	0	—	5	0	—
	D	37	3	—	44	20	—
問8 (光と発芽)	A	9	25	16	12	17	5
	B	1	8	—	1	7	—
	C	25	4	—	17	7	—
	D	14	12	—	20	19	—

問5から問7までの3つの問題については学習成就数を比較してみた場合、実験群の方が対照群より、いずれもはるかにすぐれた数値を示している。

問8についても結果は実験群の方がよい。前報ではこの問8に対応する問題については消極的な結果がでたのであるが、今回は思考の材料として与えた課題が教材に使った炭酸同化作用の実験の思考過程と極く似かよった場面であったので、比較的容易に再生産思考の過程をふむことができたのではないかと考える。

以上を総括すると、知識理解の面では両群の学習効果の差はないが、学習した実験の意味・方法の再生については映画利用の指導の方がすぐれている。また学習実験と極く類似した要素をもつ新しい課題を解決する能力・態度も映画利用の指導によってある程度習得させることができた。

最後に本研究についてはY中学校権田武教諭に全面的な協力を頂いたことを記して感謝の意を表します。(戸荻・中根)