

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4集までにおいて、同じ主題で第1報から第19報までの抄録を掲載したが、本集ではそれにひきつづき、研究成果を第20報から第22報にまとめて報告する。報告中第20報、第21報は日本理科教

育学会東海支部第7回大会においてそれぞれ加藤(貞)と中根が、また第22報は日本理科教育学会第9回大会において戸荊が発表したものである。

第20報 実物提示の進学適性検査問題の検討

I ま え が き

高校の進学適性検査問題における理科実験の問題のあり方について、先に検討した結果¹⁾は次のようであった。すなわち実験を通じて得られる知識や能力を従来のペーパーテストで調べることは、大へん困難なことであって、ただ比較的簡単なリトマス試験紙の色の変化の問題のようなものについてのみ、実験経験の効果が認められたに過ぎなかった。それで今回は直接実物を見せることによって、どの程度この課題を解決できるかを再検討してみたいと考えた。

II 実物提示の方法

昭和34年2月22日、本校入学者選抜進学適性検査問題²⁾に、次に述べる実物提示の問題を加えてみた。用いた実物は三種類であって、硫酸銅・イオウ・エナメル線である。前者二つの薬品は粒度をできるだけ等しくして、ポリエチレンの透明な二つの袋の中に、それぞれ少量ずつ入れた。後者のエナメル線は約6cmに切ってビニールテープで上端だけとめ、これらを長さ19.5cm、幅8cmの台紙にはり、A・B・Cの記号をつけてこれを封筒に入れた。この封筒を全受験者に配布し、提示時間は5分間で、放送により指示した。

第1表

昭和34年度名大附属高等学校進学適性問題(抜粋)

〔第一部〕〈略〉

〔第二部〕

(四) 別に渡した封筒の中の薬品A、Bについて、次の間に答えなさい。

(1) この薬品A、Bの名はそれぞれ何と言いますか。下から正しいものを一つずつ選んで、その

記号を書き入れなさい。

イ. カセイソーダ ロ. リュウ酸銅
ハ. ジュウソウ ニ. ミョウバン
ホ. 岩塩 ヘ. イオウ

(2) この薬品A、Bはそれぞれ何に使われますか。下から正しいものを一つずつ選んで、その記号を書き入れなさい。

イ. 水の電気分解に使う
ロ. 生ゴムに加えて弾性ゴムをつくるのに使う
ハ. 飲料水のにごりをなくするのに使う
ニ. 銅メッキに使う
ホ. 炭酸ガスをつくるのに使う
ヘ. セッケンをつくるのに使う

(五) 問(四)と同じ封筒の中の線Cについて、下の間に答えなさい。

(1) この線は何線ですか。下から正しいものを一つ選んで、その記号を書き入れなさい。

イ. ヒューズ ロ. ニクロム線
ハ. エナメル線 ニ. ビニール線

(2) この線は何に使われていますか。最も適したものを下から一つ選んで、その記号を書き入れなさい。

イ. 安全器に使う ロ. 真空管の配線に使う
ハ. コイルを巻くのに使う ニ. 電熱器に使う

〔第三部〕〈概要〉

(六) 虫めがねでアリの観察しているところ、虫めがねのレンズに見えたところの図を与えておく。

(1) アリの向きはどのように見えるか。

(2) その場合、アリの頭の部分をレンズの中央にしてよく見るときの方向へずらすか。

- カエルの卵、ミドリムシ・ジャガイモのでん粉など四つの拡大写生図を与えて
- (3) 虫めがね(10倍)で見たもの一つをあげる。
- (六) 回路、交直流メーターいろいろを与えて、オームの法則(記入)から計算して、正しいメーター二つを選ぶ。
- (七) 太陽、地球、月および地球上の点Aとその点における方向Bを与えて(図)
- (1) 矢印Bの方向
 - (2) A点は何時頃か
 - (3) A点で月が見えはじめる時刻

Ⅲ 標本の抽出

- A. 受検者は名古屋市内の中学校出身者で、総数1,065名(内訳男子650名、女子415名)
- B. 第一次選抜。無差別抽せんにより498名。(内訳男子310名、女子188名)を選抜。
- C. 第二次選抜。第一次選抜の498名に本校附属中学校出身者(以後「附中」という)の受検者(男子54名、女子52名)を加えた604名(内訳男子364名、女子240名)に対して前記の検査問題を実施した。
- D. 本研究の標本抽出は第二次選抜者の受付番号順の等間隔抽出によって、次に掲げる数を選んだ。
- E. 名古屋市内一般中学校(以後「一般中」という)よりは男女各100名を、附中よりは男女各50名を抽出した。
- F. 附中よりの受検者は昭和31年2月、名古屋市内小学校出身者より約2,400名の応募者より無差別抽せんにより約100名を選抜した生徒である。なお入学当時の学力比較は市内一般中学とほぼ同一³⁾とみなすことができた。

Ⅳ 検査問題影響の調査方法

- A. 対象 本校中学校1年(89名)2年(97名)、同高校1年(110名:本年度受検者)
- B. 方法 次に掲げる質問を自由に作文形式に書かせて、その実数を集計した。
- C. 質問
1. (中・高共通)「あなたはことしの本校の高校進学適性検査問題のうち実物を見て答える問題を聞いたり、見たとき、どんなことを感じましたか。ありのままになるべくくわしく書いて下さい」
 2. (高1のみ)「中学時代の理科の勉強についてもし中学生に忠告するとすれば、どんなことをの

ぞみますか。なるべく具体的に書いて下さい。」

V 研究の結果

第2表 理科問題の正答率

問題	校別	一般中			附中		
		男 100名	女 100名	計 %	男 50名	女 50名	計 %
第 一 部	(四) A 硫酸銅	60	34	47	42 (84)	43 (86)	85
	B イオウ	68	44	56	38 (76)	27 (54)	65
第 二 部	(五) C エナメル線	87	53	70	39 (78)	24 (48)	63
	(六) (1) (2)	69	77	73	31 (62)	35 (70)	66
第 三 部	(3)	81	65	73	50 (100)	45 (90)	95
	(七) (1) (2)	42	16	49	23 (46)	13 (26)	36
第 四 部	(七) (1) (2)	42	32	37	18 (36)	18 (36)	36
	(3)	65	39	52	32 (64)	13 (26)	45

() 内の数は%

第3表 男 女 差

問題	校別	一般中	附中	一般中	附中
(四) A 硫酸銅	B イオウ	**	—	**	—
	C エナメル線	**	**		
(五) (1) (2)	(3)	—	—	—	—
	(六) (1) (2)	**	*		
(七) (1) (2)	(3)	*	**	—	—

*..... 5%以下の危険率で } 棄却
**..... 1% " }

第4表 実物問題の感想(実数)

学 年	類 型	賛 成 的	批 判 的	反 省 的	そ の 他
高 1 (110)		85	11	14	19
中 3 (98)		39	22	34	20
中 2 (97)		17	27	49	17
中 1 (89)		17	42	27	16
計 (394)		158	102	124	72

第5表 中学生への忠告(高1生 110名)

場 面	実 数
実験を進んで行なう	75
予習、復習をする	37
授業中よくきいている	32
理科クラブに入ってよく実験をする	5
参考書で勉強する	2

V 研究の結果

A. ペーパーテストとの比較について

1. 実物の名称を知っている者は、その用途も正答が多い。これは実物の全問題について同一結果であった。(x²の無相関検定で1%以下の危険率で棄却)
2. 実物問題の誤答分析⁴⁾した結果、硫酸銅、イオウについては、名称は誤答であっても、用途との結びつきは正しい関係が多い。(とくに硫酸銅はイオウにくらべて多い。x²検定 2×2分割表により1%以下の危険率で棄却)
3. 硫酸銅とイオウの問題の正答と間に相関がある。(x²検定1%以下の危険率で棄却)しかし、エナメル線の問題には認められない。
4. 実物の問題と従来の形式の問題との正答における相関はあまりないが、男女共イオウの問題とメーターの問題とは相関が認められ、男子はさらに硫酸銅の問題とも相関があった。

B. 男女差⁵⁾について

(二項推計紙による)

1. 一般中は実物問題のすべて男女差があった。
2. 実物問題ではエナメル線の問題に、また従来の問題ではメーター^(a)と天文^(b)の(3)のみ一般中、附中共に認められる。
3. 実物問題と従来の問題とを総合して、一般中と附中とを比較すると、従来の問題では両者の差が認められないのに、実物問題については一般中に男女差が認められる。(帰無仮設の検定1%以下の危険率で棄却)

C. 実物問題の影響について

1. 実物問題を見た感想⁶⁾では、上級学年に行くほど賛成的と反省的感想が多い。例えば「よい問題だと思う。ふだんの授業態度が一番よく証明されるから」又「実物を全然しらなくて、そのものの性質用途をおぼえる—そんなばかげたことはいけな。その意味ですばらしい問題だ。」
2. 中学生への忠告⁷⁾も圧倒的に実験重視の影響がみられる。すなわち、「実験を進んで自分で行なう」

「授業中よくきいている」など。

VI 考 察

A. 実験指導の当否の判定に有効なこと

実物を見て知っている者はその用途も答えられる。これはその誤答分析によってさらに裏付けされる。さらに実物問題(エナメル線を除く)の正答の間に相関があることも、実験経験から得られた効果ではないかと思う。また男女差の比較において、従来の問題で一般中と附中との差があらわれないのに実物問題において差が一方にあるが、これなども実験指導の当否の判定にいくらか実物問題が有効であったと考えられる。

B. 男女差があること

先に発表した測定能力に男女差があったが、やはり実物の問題にも男女差が認められた。とくにエナメル線の問題、メーター、天文の(3)の問題など共通にあらわれているところを見ると、何か女子の好まない方面も感ぜられる。しかし、一般中と附中とくらべたとき前述したように実物問題だけ一般中に男女差の認められたことは問題がある。

C. 実物問題の影響が大きいこと

予想外に大きかった。めずらしい試みであったので驚いたこともたしかだと思う。

VII あとがき

はじめに意図していたように、実物問題の提示によるテストは、従来のペーパーテストでは得られない評価ができることがわかった。

けれども実物提示の方法は問題の範囲が限定されることと、労力費用の点から困難点も少なくない。といっても、理科学習が則物的・実験的に行なわれねばならない限り、今後も大いに研究されなければならない方向であることは確かであろうと思う。(加藤⁸⁾)

[注]

1) 中根一芳他：入学考査の成績にあらわれた理科実験指導の影響

日本理科教育学会東海支部第3回大会発表(於岐阜大) 1955

2) 第1表

3) 渡辺貞夫：中学校新入生の測定能力に関する二三の考察 日本理科教育学会東海支部第4回大会発表(於三重大) 1956

4) 第6表

5) 第3表

6) 第4表

7) 第5表

第 6 表

誤 答 分 析 (一 般 中)							
	類 型	答	男 (100)	女 (100)	小 計	計 (200)	
A 硫 酸 銅	1. 正 答	ロニ	60	34		94	
	2. 名だけ正答	ロイ ロロ ロハ ロホ ロヘ	2 1 1 1 5	4 3 3 3	6 1 4 4 8	23	
	3. 名は誤答であるが用途との結びつきはよい	イイ イヘ ハニ ハホ ホヘ	3 9 13	8 7 19	12 16 32	59	
	4. 用途のみ正答	イニ ハニ ホニ ヘニ	1	2 2 1	3 2 1	6	
	5. 誤 答		4	14		18	
B イ オ ウ	1. 正 答	ヘロ	68	44		112	
	2. 名のみ正答	ヘイ ヘハ ヘニ ヘホ ヘヘ	3 10	2 1 2 16 2	2 1 5 26 2	36	
	3. 名は誤答であるが、用途との結びつきはよい	イイ イヘ ロニ ロホ ハニ ハホ ホヘ	2 2 1 1	3 6 2 7 2	2 5 6 2 8 5	26	
	4. 用途のみ正答	イロ ロロ ハロ ホロ	1 3	1 2 2	1 1 3 2 2	9	
	5. 誤 答		9	8		17	
C エ ナ メ ル 線	1. 正 答	ハハ	87	54		141	
	2. 名だけ正答	ハイ ハロ ハニ	1	2 3 1	2 4 1	7	
	3. 名は誤答であるが、用途との結びつきはよい	イイ ロニ ニロ	1 2	4 6 1	5 8 1	14	
	4. 用途のみ正答	イハ ロハ ニハ	8 1	25	33 1	34	
	5. 誤 答		0	4		4	

第21報 理科実験の基礎操作の指導

とくに顕微鏡の操作能力についての調査

I 目 的

高等学校1年生の顕微鏡操作の能力を調査し、顕微鏡についての操作能力と原理および構造の理解との間の相関関係を追求した。これにより、顕微鏡実習のより効果的な指導方法を見だし、かつ操作能力をペーパーテストで判定することの可能性を検討しようとしたものである。

II 方 法

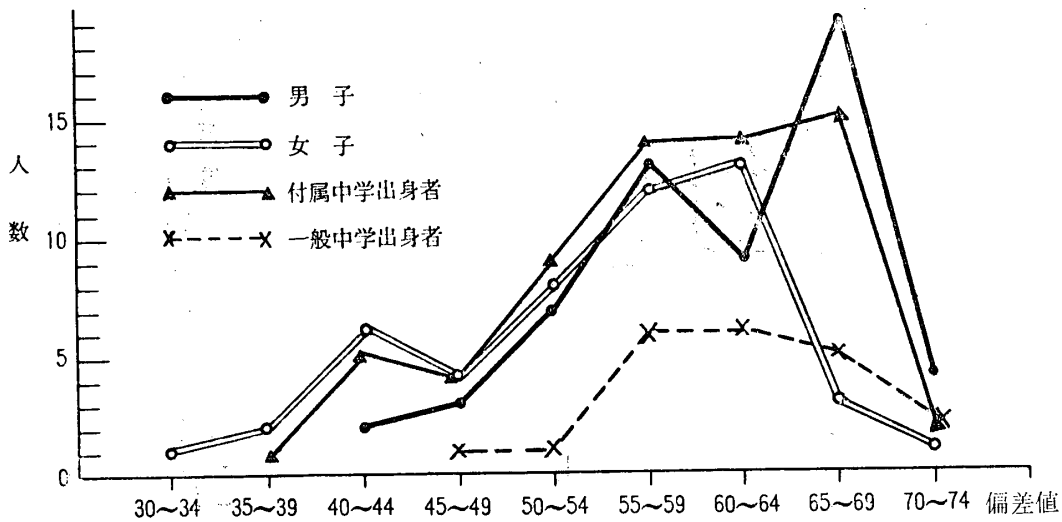
昭和34年5月に本高等学校1年生107名を研究の対

象とした。これらの生徒を性別に分けると、男57名、女50名であり、また、出身学校別では本付属中学校卒業生徒86名に対し名古屋市内一般の中学卒業生徒21名の構成である。

研究対象生徒の理科の学力を入学直後に教研式全国標準診断的学力テスト・理科・中学三年用を行った結果により、性別、出身学校別にして比較してみると、男子生徒は女子生徒に比して成績がよく(危険率1%)市内一般中学卒業生は本付属中学卒業生に比してよい成績をとっている(危険率5%)。

(表1参照)

表 1 理科標準テストの男女別、出身学校別成績比較
(教研式 全国標準診断的学力テスト 中学三年用)



	人 数	M	S. D	平均値の有意差
男 子	57	60.51	7.45	** t=3.82
女 子	50	54.50	8.85	
付中出身者	64 注	57.06	8.69	* t=2.29
一般中学出身者	21	61.91	6.15	

注：一般中学出身者の男女比(2:3)にあわせるため付中生の女子を無選択に22人はずした。

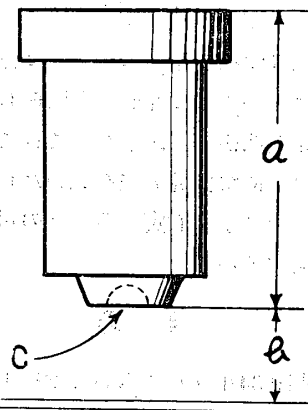
検鏡操作能力の検査としては、ジャガイモのでん粉を一時プレパラートにしておき、これを生徒各自が3分間のうちに、光量・ピントなどを調節して最上の状態で検鏡できるように操作しおわらせた。このように同様な検査を、各生徒に2度ずつおこなわせて、2度とも確実に操作したものを検鏡能力をもつ者と判定した。

一方、この検査と並行して別室で、顕微鏡についての構造、操作法、原理などについてのペーパーテストをおこなった。テストは下記のように、顕微鏡実習の経験によって得られる直接的な簡単な知識の群と、構造・原理などよく教科書に記述されているような知識の群とに二分し、それぞれ10問ずつ作成し、20分の時間を与えて解答させた。

顕微鏡の構造および原理についての知識の調査

A. 経験による知識

1. 学校の顕微鏡についている対物レンズの倍率を書け。(3つ) ……[4倍, 10倍, 40倍]
2. 倍率の大きい対物レンズほどレンズの筒の長さ(右図のa)は[長い, 短い]
3. 倍率の大きい対物レンズほど, レンズとプレパラートとの間隔(右図のb)を [ひろく, せまく] してみせる。
4. 倍率の大きい対物レンズほど, 先端についているレンズ(右図のc)の直径は [大きい, 小さい]
5. 学校の顕微鏡についている接眼レンズの倍率を書け。[5倍, 10倍, 15倍]
6. 倍率の大きい接眼レンズほど, レンズの筒の長さは [長い, 短い]
7. 倍率の大きい対物レンズを使つて見たときほど, 視野は一般に [明るく, 暗く] なる。
8. しばりの孔を小さくすると, 視野は一般に [明るく, 暗く] なる。
9. しばりの孔を小さくすると, 像の輪郭は一般に [ぼける, はっきりする]
10. 視野の左端に見えた像を視野の中央へもってくるためには, プレパラートを [右, 左] へと動かせばよい。



B. 原理についての知識

1. 対物レンズは一つの [とつ, おう] レンズとみなすことができる。
2. 接眼レンズは一つの [とつ, おう] レンズとみなすことができる。
3. 倍率の大きい対物レンズほど, その焦点距離は [長い, 短い]
4. 倍率の大きい接眼レンズほど, その焦点距離は [長い, 短い]
5. 対物レンズは [虫めがね, げん燈機] と同じ原理のはたらきをしている。
6. 接眼レンズは [虫めがね, げん燈機] と同じ原理のはたらきをしている。
7. 顕微鏡でみると, プレパラートが対物レンズの焦点 [よりやや内側, のところ, よりやや外側] にくるように調節する。
8. 対物レンズによってできた像は, 接眼レンズの焦点 [よりやや内側, のところ, よりやや外側に] できる ようになっている。
9. 顕微鏡の倍率で100倍というのは, 像の [面積, 長さ] が実物の100倍になっているということである。
10. 顕微鏡で見るとき, 像を眼から何cmはなれたところに結ばせてみるのが正しいか。……[25cm]

Ⅲ 結果および考察

A. 検鏡能力をもつ者の人数の性別・出身学校別の比較

検鏡能力をもつ者は全体107名中に64名あったが, これを性別, 出身学校別にわけてみると下表(表2)

表2

検鏡能力をもつ者の数の性別・出身中学校別比較

性別	男	女	計
検鏡能力をもつ者	42 ^注 (33.5)	22	64
無能力者	15	28	43
計	57	50	107

$x^2=8.56$

のとおりである。

無相関検定によると, 危険率1%で男子の方が女子よりも検鏡能力をもつ者が多いといえる。また出身学校別では, 本付属中学出身者が, 市内一般中学出身者に比してはるかに検鏡有能者が多いことがわかる。(危険率0.5%)

同じように顕微鏡実習をおこなっていても女子生徒が男子生徒にくらべて, このようにその能力に劣勢を

出身学校別	付中出身	一般中身	計
検鏡能力をもつ者	59 ^注 (50.5)	5	64
無能力者	27	16	43
計	86	21	107

$x^2=12.27$

注: () 内数値は無相関と仮定した場合のその欄の理論値

しめすことは理科教育の基本問題にもふれる重大な事実とかがえざるをえない。また木付属中学出身生徒が市内一般中学出身生徒とくらべてはるかに多くの有能能力者を数えることから、顕微鏡操作の経験の多少が直接の原因になっていることは否定できない。

つぎに理科の全般的な学力と顕微鏡操作能力との間に相関があるかを調べるために、付属出身者86名のみについて（検鏡実習経験の同一条件のもので比較するため市内一般中学出身生徒をはぶいた）検鏡有能能力者と無能力者とに分けて、理科標準テストの成績の比較をおこなったが、この場合、両群の間には有意な成績の差はみとめられないことがわかった。

（表3参照）

表 3 検鏡能力をもつ者と無能力者との間の理科標準テスト成績比較

		人数	M	S.D	平均値の有意差
男子	検鏡能力をもつ者	37	57.46	7.76	なし
	検鏡無能力者	6	58.00	7.07	
女子	検鏡能力をもつ者	22	56.73	8.11	なし
	検鏡無能力者	21	52.00	9.13	

$t = 0.12 < t_{\alpha} = 1.96$

B. 顕微鏡についての知識と操作能力との関係

まずペーパーテストによる顕微鏡についての知識の調査結果を表4にまとめてみた。

表 4 調査各問題毎の正答率（調査人数107人）

調査	問題番号	正答率	信頼度95%における母正答率の区間	10	20	30	40	50	60	70	80	90 %
A (経験による知識)	1	59 %	50 ~ 68						●			
	2	45	35 ~ 55				●					
	3	84	77 ~ 91								●	
	4	75	67 ~ 83							●		
	5	72	63 ~ 81							●		
	6	75	67 ~ 83							●		
	7	75	67 ~ 83							●		
	8	77	69 ~ 85							●		
	9	81	73 ~ 89								●	
	10	74	66 ~ 82							●		
B (原理についての知識)	1	79	71 ~ 87								●	
	2	51	41 ~ 61					●				
	3	80	72 ~ 88								●	
	4	48	38 ~ 58				●					
	5	48	38 ~ 58				●					
	6	51	41 ~ 61					●				
	7	41	32 ~ 50				●					
	8	45	35 ~ 55					●				
	9	43	33 ~ 53					●				
	10	24	16 ~ 32			●						

つぎにこの調査の各問題毎の正答者と、検鏡能力をもつ者との間の相関関係の有無を一覧表にしたものが表5である。

表 5 検鏡能力をもつ者と調査各問題毎の正答者との相関 (調査人数107人 うち検鏡成功者64人)

調 査	問 題 番 号	正 答 者 数	正 能 力 者 中 の 検 鏡 者 数	無 た 理 論 的 相 関 と 仮 定 し の 相 合 数	分 割 値 に よ る χ^2	無 却 相 関 検 定 の 棄
A (経験による知識)	1	63	39	37.6	0.11	—
	2	48	35	28.7	4.76	**
	3	90	60	53.8	9.32	***
	4	80	50	47.8	0.56	—
	5	77	47	46.0	0.04	—
	6	80	53	47.8	4.45	**
	7	80	48	47.8	0.03	—
	8	82	54	49.0	4.29	**
	9	87	51	52.0	0.07	—
	10	79	53	47.2	5.65	**
B (原理についての知識)	1	85	52	50.8	0.10	—
	2	55	39	32.9	4.88	**
	3	86	56	51.5	4.06	**
	4	51	30	30.5	0.00	—
	5	51	34	30.5	1.39	—
	6	55	37	32.9	2.02	—
	7	44	28	26.3	0.22	—
	8	48	32	28.7	1.22	—
	9	46	32	27.5	2.51	—
	10	26	15	17.3	0.00	—

表5によると、調査問題のうちA群（経験による知識）の2, 3, 6, 8, 10番と、B群（原理についての知識）の2, 3番の事項については、知識と、実地の操作能力との間に相当に強度の相関関係があるといえる（危険率1%ないし0.5%）。またA群の問題の方がB群の問題に比して全般的に相関関係の強いものが多いことがわかるが、これは実習中の実際経験から得られる直接の知識と操作能力との間の相関の予想をうらづけるものと考えられる。

IV 要 約

1. 木付属高等学校1年生全員107名について検鏡能力の調査と、ペーパーテストによる顕微鏡についての知識の調査とをおこなった。
2. 検鏡を正しくおこなう能力をもったものは64名でこのものは、性別で男子に多く、出身中学校別で検鏡実習経験の多い付中出身者に多かった。
3. 顕微鏡についての直接経験によって得られる知識の方が顕微鏡の構造・原理そのものの知識より、検鏡能力との相関関係は大きい。
4. 顕微鏡操作能力と理科の一般知識との間にはなんらの相関はみとめられなかった。（中根）

第22報 理科実験指導の立場からみたスポットテスト

はじめに

理科における実験は、その対象とする現象ないしは反応が一つであっても、それを行う方法・形式は多種多様であるが、これらのうち、どれが最も効果的であるかについては、従来余り深く検討が加えられていないように思う。

このような立場から、高校の化学の実験指導に検討を加えるために、一昨年は実物幻灯利用の効果について研究し、昨年は実物幻灯・スポットテスト・試験管実験の効果の比較を試みたが、その結果スポットテストも相当効果的な方法の一つであることが判り、今後の研究発展のための基礎的データの必要を感じ、昨年の秋から本年にかけて、スポットテストの効果の検討をいろいろな角度から試みた。

研究経過

昨年の研究の中で同一反応に対する実験法の興味の差をスポットテストと試験管法について、生徒実験で行った組と講義実験で行った組について調べた結果が第1表であるが、生徒実験群では実験1, 3において第1表

実験番号	実験項目	生徒実験群		講義実験群	
		S. Test	試験管	S. Test	試験管
1	$KI + Br_2$	34	15***	28	23
2	$FeCl_3 + K_4[Fe(CN)_6]$	27	22	27	24
3	$FeCl_3 + KCN$	35	14***	33	18**
4	$CuSO_4 + NH_3aq$	28	21	26	25

注 表中***は危険率1%以下の有意差を、**, *は夫々5%以下、10%以下の有意差を示す。以下同様。

講義実験群においても実験3において夫々1%以下、5%以下の危険率でスポットテストの方が優位であることが判り、少くとも生徒実験の場合に、スポットテストの方が試験管法より有利な場合のあることは明白となった。その理由としては、生徒に対して行った調査で主なものをあげると

1. 変化が鮮やかなものが印象的。
 2. 手怪に行えてしかも結果がはっきり判る。
 3. 反応の各段階がはっきり固定されて観察できる。
 4. 色や反応の様子の比較が楽にできる。
 5. 試験管より大きくひろがるので見やすい。
- などがあげられる。

そこで、更に実験項目を増してどのような反応に対してスポットテストがより有効であるかを、生徒実験をさせて調べてみたのが第2表である。これから見る

第2表

実験番号	実 験 項 目	S. Test	試験管
1	AgNO ₃ +H ₂ S	26	24
2	Ca(NO ₃) ₂ +H ₂ S	33	17**
3	Sb(NO ₃) ₃ +H ₂ S	32	18**
4	HgCl ₂ +H ₂ S	34	16***
5	Pb(OOC·CH ₃) ₂ +H ₂ S	37	13***
6	Pb(OOC·CH ₃) ₂ +K ₂ CrO ₄	35	15***
7	AgNO ₃ +K ₂ CrO ₄	27	23

と必らずしも美しい色の反応とは限らず、実験4のように決して美しいとは言えない反応でも試料の濃(中心部)淡(周辺部)により反応の異なる場合にも、試験管法では判りにくいだけに案外生徒は興味を感じることが気づかれる。これと同時に調査した「スポットテストにより興味をひかれた理由」のうちの主なものはこの方法自体の適用の望ましい場合を指摘するものであろう。

1. 手怪で結果がはっきり判る。
2. 同じ結果ならば簡単な方法の方がよい。
3. 反応が速い。
4. 反応の細部まではっきり観察できる。
5. 結果をノートにはって保存できる。

次に本年度になってから、第1表の生徒実験群と講義実験群中、化学を選択している生徒についてFeCl₃にK₄[Fe(CN)₆]とKSCNの混合試薬を加えてできるペーパークロマトグラムを供覧実験し、周辺部の赤色環(Fe[Fe(SCN)₆]による)と中心部の濃紺円(Fe₃[Fe(CN)₆]₄による)が夫々何かを書かせて印象の定着率に差があるかどうかを見たのが第3表であるが、両群間に10%以内の危険率での有意差は認めら

第3表

群	結 果		中 外		中 外		計
	○	○	○	×	×	×	
生徒実験群	7		18	×	12	×	37
講義実験群	5		14	×	16	×	35
計	12		32		28		72

れなかった($\chi^2=1.34$)が、生徒実験群の方がやや優位にあることは一応注目してもよいと思う。

次にこのスポットテストが定性分析の確認反応にどの程度効果があるかをチェックするために、高校2年に対し色彩は美しくなく、大まかな目には一様に黒っぽく見えるAg⁺, Cu⁺⁺, Hg⁺⁺, Pb⁺⁺の硫化物と明らかにそれらと区別できる鮮やかなCd⁺⁺の硫化物を取り上げ、1枚の濾紙に五つのスポットを円形に配列し元素記号を明記したものを各グループに2分間だけ見させて記憶させ、その記憶に基づき、以上の5種のイオン試料の2種づつを1枚の濾紙に落したもの計10枚(20スポット)を各グループごとにH₂Sで験色させそのイオン名を書かせた(相互に相談することは厳禁して)ものの結果が第4表である。またそれと比較するために、同じイオンの反応を同一の要領で試験管で行ったものの結果が第5表である。

更に上記の場合、試験管法を行った数日後にスポットテストを行っているので、多少は前の経験が土台になっているとも考えられるので、その点を確かめる為と、年齢による効果の違いを調べるために、知能指数・学業成績その他において等質に編成された中学3年のA, B両組に対し、Aにはスポットテストを、Bには試験管実験を高2の場合と全く同様の方法で試みさせ、その結果を集計したのが第6表および第7表である。また第8表は第4~7表の各正答率間の有意差検定の結果である。

第4表 スポットテスト(高2)

正 誤	正				
	Ag	Cu	Hg	Cd	Pb
Ag	171	3	30	0	1
Cu	7	190	2	2	13
Hg	29	3	170	0	2
Cd	0	0	5	206	0
Pb	1	12	1	0	192
計	208	208	208	208	208

注 表中ゴチック数字は正答数。以下これに準ずる。

第5表 試験管法(高2)

誤	正				
	Ag	Cu	Hg	Cd	Pb
Ag	168	6	13	0	6
Cu	18	160	19	0	17
Hg	15	23	141	0	13
Cd	0	0	3	208	0
Pb	7	19	32	0	172
計	208	208	208	208	208

第6表 スポットテスト(中3A)

誤	正				
	Ag	Cu	Hg	Cd	Pb
Ag	133	12	25	3	7
Cu	13	141	16	2	29
Hg	35	14	139	0	9
Cd	4	2	5	187	4
Pb	11	27	11	4	147
計	196	196	196	196	196

第7表 試験管法(中3B)

誤	正				
	Ag	Cu	Hg	Cd	Pb
Ag	121	7	11	0	13
Cu	25	109	21	1	18
Hg	17	45	89	1	69
Cd	0	0	0	182	1
Pb	21	23	63	0	83
計	184	184	184	184	184

第8表

	Ag		Cu		Hg		Cd		Pb	
	S	試	S	試	S	試	S	試	S	試
高2	171	168	190	160	170	141	206	208	192	172
	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208
高3との差	***	***	***	***	***	***	**		***	***
中3	133	121	141	109	139	89	187	182	147	83
	196	184	196	184	196	184	196	184	196	184

先づ正答率の検定から、これらの数値が出鱈目かもしれないと思われるのは第7表の Hg と Pb のみで、後は殆ど1%以内の危険率で信頼できるものである。次にスポットテストと試験管法を比較してみると、第

4~7表を見ると、高2、中3共に Cu, Hg, Pb 辺りにおいてスポットテストの方がやや優位かと考えられる。また Ag, Cdについては差が認められないが、誤答がスポットテストでは Hg に集中するのに対し、試験管法では Cu, Hgに同程度に分布することは注目に値する。然し Cu の誤答分布は却って試験管法の方が Ag で少くなるのは粒度の差がはっきり判るためと思われる。さらに高2ではスポットテストの場合 Hg の誤答は Ag に、Pb の誤答は Cu に集中するのに対し、中3では Pb に於てやや高2に近い傾向が見られるが、Hg に就ては全くそのような傾向が認められないことは、中3としてのスポットテスト有効の限界がこの辺りにあることが考えられる。

第8表について見ると、Cu, Hg, Pbに於ては中高共にスポットテストの優位が認められるが、Ag, Cdにおいては試験管法との差は認められない。また中高の能力差は、試験管法による Cd を除き総てに高2の方が優位にあることが確認された。

更にこれらの実験の対象となった生徒達のスポットテストに対する反応を確認するために、以上5反応をふくむ第9表にあげた諸反応のうち特に印象に残ったものを調査した結果が第9表であり、またスポットテスト全般としての感じを5枚択一法で調査したものが第10表、第11表は興味を感じたり、為になったと感じた理由であり、更に第12表はスポットテストをもっと自分でやってみたいかとの質問に対する回答である。

第9表

反 応	高2		中3		反 応	高2		中3	
	2	3	2	3		2	3	2	3
Ag ⁺ +S ⁻	3	0	Fe ⁺⁺⁺ + [Fe(CN) ₆] ⁴⁻	4	12				
Cu ⁺⁺ +S ⁻	0	0	Co ⁺⁺ +SCN ⁻	4	2				
Hg ⁺⁺ +S ⁻	10	0	Pb ⁺⁺ +CrO ₄ ⁻	0	0				
Cd ⁺⁺ +S ⁻	17	17	Ag ⁺ +CrO ₄ ⁻	10	5				
Pb ⁺⁺ +S ⁻	3	0	Cu ⁺⁺ +NH ₃ aq	0	3				
Fe ⁺⁺⁺ +SCN ⁻	5	7	美しい色のもの	9	7				

第10表

項 目	高2	中3
興味深かった	34	25
興味深いという程ではなかったが為にはなった	11	16
つまらなくはなかったが別に為にはなつたと言つ程でもない	6	7
つまらなかつた	1	1
その他	0	0
計	52	49

第11表

理 由	高 2	中 3
色彩にあふれた実験は目を楽しませてくれる。	20	27
一様に染ったり濃淡が生じたりで、化学反応に対する探究心をそそられる。	10	0
鮮やかな色彩の変化によって、化学反応の本質に対する探究心を喚起される。	8	0
色と周期律の関係など思い合わせて非常に興味をそそられる。	5	0
簡単で、微量で、しかも鋭敏。	3	1
反応の各段階がよくわかる。	5	0
薬品名がよくわかる。	0	3

第12表

項 目	高 2	中 3
もっとやってみたい	45	41
特にしたいとは思わない	6	8
濾紙などを使った実験で何だか安っぽい感じ	1	0
計	52	49

ま と め

以上を総合すると、スポットテストは、中3にも高2にも共に相当印象深く感じており、試験管法より明らかに効果的であると考えられる場合が少くない。特に高校生では単に色彩の美しい反応のみでなく Ag_2S と HgS のような黒っぽいものでも微妙な差のある点に

まで興味を感じるものが相当あり、それが更に化学反応の本質への探究欲と直結していることは大いに注目する必要がある。また第10表、第12表に明らかなように中3、高2共に8割余が積極的な興味を示していることも見のがしてはならない。

勿論濾紙によるスポットテストはその性格上白色沈澱の場合には不向きであるし、また以上の様に試験管法に勝る多くの点をもっているとはいうものの、総ての試験をスポットテストでなどという考えは、マンネリズムをさける意味からも毛頭もっていない。

今後は更に一昨年来の種々のデータを基にして、はじめ述べたような方向に研究を進め、高校化学実験の全項目について最も有効な実験法を発見し、それらを実験技術、教材体系の両面から検討して、一つの指導体系にまとめ上げたいと考えている。

(戸 刈)