

理科授業における安全実験操作プログラムの作成

金沢大学教育学部
教育工学センター

理科教育研究グループ実験開発班 ※

I 研究のねらい

ブルーナーが発見的教授法の重要性を提唱して以来、教育現場においては、発見学習に類する学習方式が次第に採用されるようになり、またこれに関する実践研究が盛になりつつある¹⁾

これらの学習方式にあっては、子どもが自ら問題をとらえ、学習の見通しを立て、必要な情報を収集するのであるが、この学習方式を成立させるためには、いくつかの前提条件がある。その1つとして、「子どもが基本的実験操作を正しく行うことができる」ことが挙げられよう。

従来の理科実験では、子どもは教師の管理下で、画一的に操作を進めていった。しかし発見学習では、多人数の子どもが思いおもいの実験を計画することがあり、そのような場合、1人の教師で監督するのが困難となる。もし、子どもが、実験の基本操作を身につけていないならば、このような状況下では、往々にして不測の事故を招くこともあり得よう。

では、安全に、しかも発見学習を推進するには、どうすればよいか。

これまで、事故例をあげて、読者に注意を呼びかけた成書は、いくつか出版されているものの、どのような手立てをすれば、そうした事故が無くなるか、と言った具体的な内容のもの

はあまり見当たらない²⁾

この現状に対応して、筆者らは、小中学校の理科実験操作の二三について、安全実験のための学習プログラムの作成を思い立った。

今回、筆者らが作成しようとするプログラムは、スモールステップの原則に立ち、操作をいくつかの手順に分け、各手順毎に、教師の指導内容と子どもの動作を、視聴覚教材（スライド等）によって具体的に示したものである。筆者らは、発見学習の授業に先立って、このプログラムを用いて、子ども達に操作技術を確実に叩き込むことが、安全な実験と発見学習の展開に効果があると信じている。（以下これについて検討を加えた。）

II 研究の方法

今年度は、前章にも述べた通り、小中学校の化学実験の中で、基本的操作にスポットをあて、そのプログラム化を試みた。化学実験操作を列挙すると次のようなものがある。

- ・試験管の扱い方
- ・試薬の注ぎ方
- ・ガラス器具の洗い方
- ・気体発生装置の組み立てと操作
- ・アルコールランプの操作
- ・ブンゼンバーナーの操作

※ 藤井 昭久（幹事） 金沢市立小坂小学校
米田昭二郎 " 芳斉町小学校
堀田 修 " 小立野 "
彦野東洋男 " 諸江町 "
前川 儀男 " 馬場 "
山崎 豊 金沢大学教育学部

宮本 拓哉 金沢市立野田中学校
平岡 弘 " 泉 "
杉尾 照雄 " 長田 "
谷内 敏夫 " 額 "
端 義二 金沢市教育委員会

以上は金沢科学研究グループのメンバーでもある。

これらのうちで、操作に順序性がはっきりしており、操作のためのプログラム作成が容易なものとして、最後の2つがあげられよう。

われわれは、この2つの操作の指導プログラム作成をまず研究の対象とすることにした。

アルコールランプの操作については、グループ員のうちで小学校籍のものが、またペンゼンバーナーの操作は中学校籍のものが担当することにした。

研究の手順は

- ① 最終目標の設定
- ② 下位目標(行動目標)の設定
- ③ システムフローチャートの作成
- ④ 学習プログラム(操作プログラム)の作成
- ⑤ (4)を用いたトライアウト
- ⑥ (4)を用いたトライアウトの修正
- ⑦ 修正プログラムによる、ソフトウェアの作成(スライドと、その画面に応じた音声による説明用テープの作成、TP作成、VTRによる録画等)
- ⑧ 各種メディアによるトライアウト
- ⑨ 学年別、メディア別の有効性の検討
- ⑩ それらの結果を総合し、CAIに組み込んだ場合の有効なメディアの決定
- ⑪ プログラムの修正と実用化

といったステップが設定できる。

この計画に従って、研究を進めた。

III 研究の内容

1 アルコールランプの扱い方

(1) 最終目標の設定

アルコールランプの操作は簡単であり、正しく扱ってさえおれば事故は起こりえない。ところが、アルコールランプによる事故の例を時々耳にすることがある。おそらく、正しい扱い方が子どもの身に付いていなかったためだと思われる。そこで、筆者らは、次の3つの最終目標をかかげ、これらを達成することが、アルコールランプによる事故を未然に防ぐことになると考えた。

・マッチを正しくすることができる。

・順序に従って点火することができる。

・正しい順序で消火し、後始末ができる。

(2) 要素行動設定とシステム・フロチャート

最終目標設定に至るまでの手続きは、次の通りである。まずアルコールランプを扱う動作を研究者の1人が何回か実演し、これをVTRに録画する。これを観察し、各瞬間の動作を言葉になおして、カードに記入する。(この際、内容はできるだけ細かく区分する。)これらのカードを回収し、KJ法の手段を使いながら、分類整理し、要素行動を設定する。要素行動をつらねて、資料1のようなシステムフローチャートを作成する。

(3) 学習プログラムの作成と事前調査

システム・フローチャートをもとにして、児童の理解しやすい言葉や順序に変えて、ほぼ資料2の形式のような学習プログラムを作成した。

まず、現在の子どもがどれだけ正確に操作できるか知るためと、さらにグループ分けの参考資料とするために、評価観点別にチェックできるような表を作成し、事前調査を行った。「アルコールランプを使って湯をわかしなさい」という指示のみ与え、個別にチェックした。その結果は資料4、5に示してある。このことから、子どもの実態として次のようなことがわかった。

a 3年生は、まだアルコールランプの指導を受けていないので、当然のことながらほとんどが正しく操作できなかった。しかし、指導後の効果が明確に表われるので、今後の結果に注目すべきである。

b 評価観点別に見ると、火をつける前の点検や、もえがら入れに水を入れることや、マッチの操作のところが特に悪かった。

c マッチの持ち方が正しくないために、する時にマッチの棒を折ったりしてなかなかつかず1分以上かかるものがいた。

(4) 学習プログラムの修正

事前調査を実施してみると、問題点がいくつあることに気づいた。

その1つは、火をつける前の点検の箇所である。子ども達が棚から器具を持って来る時、わざと棚に不良品だけを置いたり、アルコールの量を少なくしたりして点検の評価がしやすいようにしたところ、子どもは仕方なくそのまま使用してしまった。整備されたアルコールランプも置いておけば、子どもは必ずそれを選択するものである。あまりにも調査が意図的にかえってよくなかった。また、「点検」の大部分の仕事は、教師があらかじめ確認しておかねばならない事柄である。このような理由から、学習プログラムの「点検」の大部分をカットし、修正を加えた。これが資料2の学習プログラムである。

(5) 学習プログラム(修正済み)による、ソフトウェアの作成

アルコールランプの操作を指導するのに、教師の演示、OHP、スライド、VTRを使い、どの方法が指導上最も有効であるかを調べた。

① スライドの作成

小学校の児童をモデルにして、マッチやアルコールランプを操作している場面を多数撮映し、その中から、プログラムに合わせて20枚選択した。(これらのスライドを資料2に示した)

② TPの作成

あまり枚数が多いとかえって印象が薄れると考え、必要最小限の図をシート10枚に記入し、まとめた。

③ VTRによる録画

金大教育工学センターのカメラを使用し、児童をモデルにして録画した。

④ 音声の録音とダビング

①②③で作成した映像にアフターレコーディングし、さらにそれらを小学校4校(小立野、馬場、諸江、小坂)で試行できるようにダビングした。この際のアナウンスを資料2に示した。

(6) 各種メディアによる児童の操作の観察 各種のメディア(OHP・スライド・VTR

・教師演示)によって、児童に正しいアルコールランプの扱い方を指導した後、児童にアルコールランプを操作させた。

対象は小学校3～6学年の児童である。学級を学業成績および事前調査の結果を参考にして、できるだけ等質になるように4つのグループに分け、各グループにそれぞれ、上記4種のメディアの1つを用いて指導し、その後、児童に操作をさせ、教師は資料3に示すようなチェックリストを用いて、これを観察評価した。18のチェックポイントをどの程度正しくこなしたかを記録したものが、資料4の表である。

(7) 結果の分析

事前調査と事後調査の結果を集計し、それらに対比しながら検討した。(資料5)

- ① メディアごとの有効性は、どのメディアにも見られたが、特に演示グループの有効性はどの学年においても顕著であった。
- ② 評価観点別に見ると、いずれのメディアをとっても、マッチの発火操作についての効果が弱かった。
- ③ 学年別では、当然のことながら三学年における指導の効果($P_2 - P_1$)が大きかった。
- ④ 所要時間は事後の方が多くかかったが、これは指導を受けて1つ1つの動作を確実に行ったからである。
- ⑤ 指導しても、事前調査の結果より悪くなったものが数名見られた。自閉症の児童は特別としても、その他の子は指導を受けて強度に緊張したことが原因の1つであると思われる。

(注) 資料4, 5において、

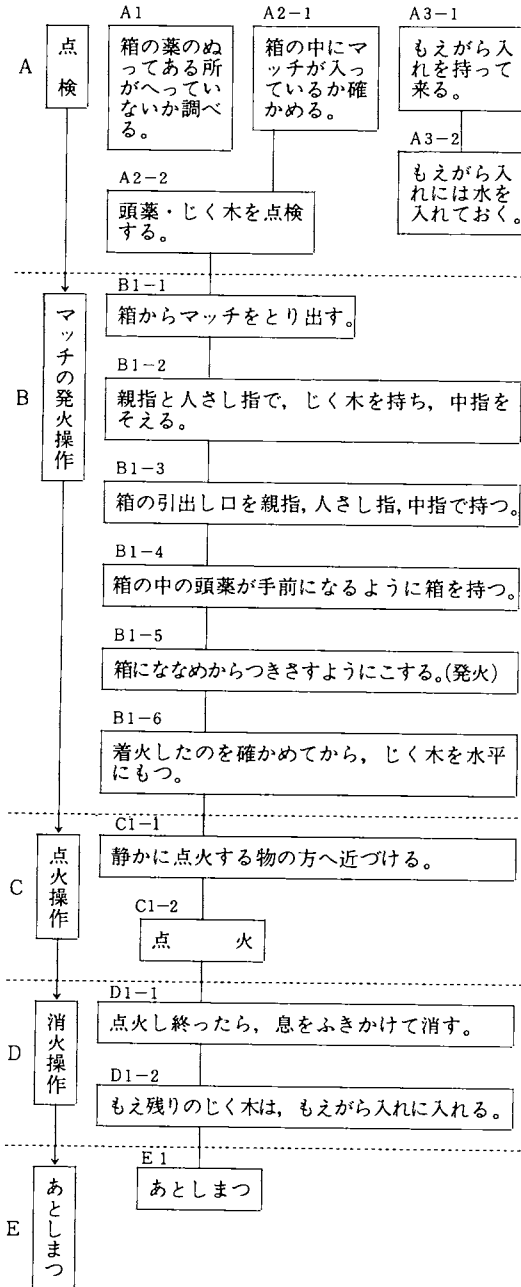
P_1 : 事前(指導前)における操作状況

P_2 : 事後(指導後)における操作状況

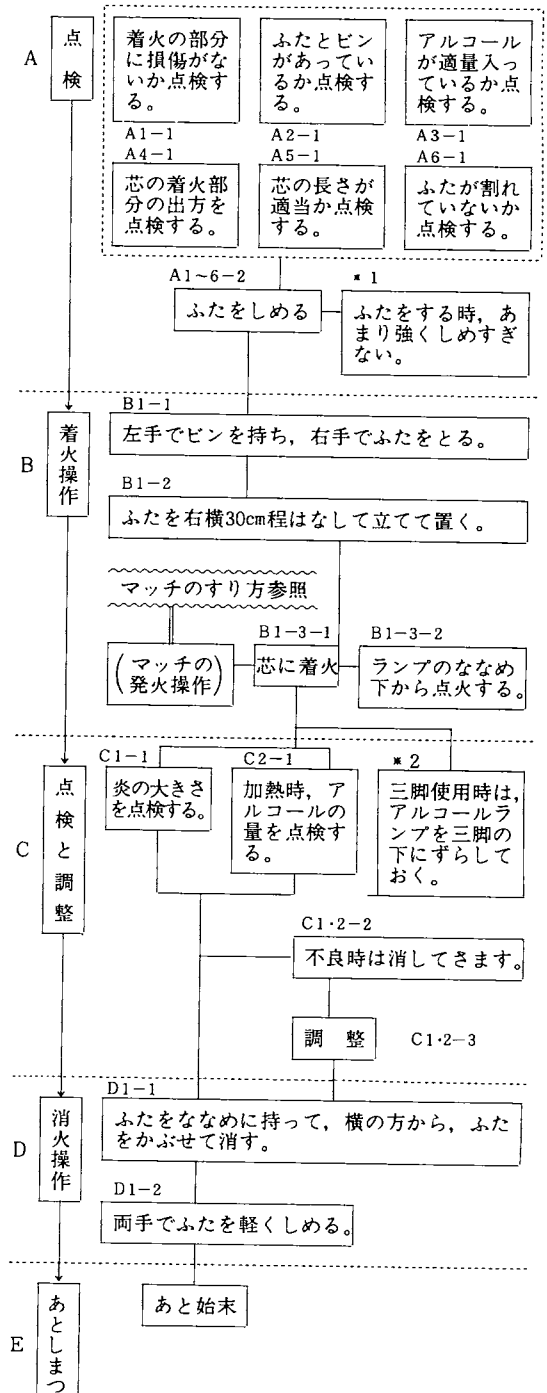
いずれも、チェックポイントをパスした場合に○を与え、その数または%を数字で示した。

(資料1) アルコールランプの扱い方 (フローチャート)

◆マッチのすり方 (手順)◆



◆アルコールランプの使い方◆



(資料2) 学習プログラム

アルコールランプの正しい使い方 (スライドとナレーション)



① アルコールランプの正しい使い方を勉強しましょう。



② はじめに、もえがら入れとマッチをもってきます。



③ アルコールランプを正面におきます。



④ 箱の中にマッチが入っているか確かめましょう。



⑤ もえがら入れには、水を入れておきましょう。



⑥ アルコールランプは、左手でビンを持ち、右手でふたとります。



⑦ ふたを右横30cmほどはなして立てておきましょう。



⑧ 箱からマッチをとり出します。



⑨ 親指と人さし指でじく木を持ち、中指をそえます。



⑩ マッチ箱の引き出し口を、親指・人さし指・中指でもちます。



⑪ 箱の中のマッチの薬が手前になるように箱をもちましょう。



⑫ 箱にななめからつきさすようにこすりませます。



⑬ 火がついたのを確かめてから、じく木を水平に持ちます。



⑭ アルコールランプのななめ下から、火を近づけてつけましょう。



⑮ 点火し終わったら、息をふきかけてマッチの火を消します。



⑯ もえ残りのじく木は、もえがら入れに入れましょう。



⑰ 火を消すときは、ふたをななめに持って、横の方からふたをすばやくかぶせて消しましょう。



⑱ 左手でビンを持ち、右手でふたを時計の方向に軽くしめます。



⑳ 火消しつばに、もえがらをすてましょう。



㉑ 使った物を、もとの場所にきちんと返します。これで終了です。

(資料3) 操作のチェックポイント

アルコールランプ (マッチ) の使い方 事 (前・後) 調査表

修正後	評価観点	チェック児童氏名					
	〔1〕 火をつける前	(1) ビンの火をつける所が、われていないか調べる。					
		(2) アルコールが、ちょうどよい量に入っているか調べる。					
		(3) しんの火をつける所が、ちょうどよい長さになっているか調べる。					
		(4) しんの長さがビンの底までであるか調べる。					
		(5) ふたがわれていないか調べる。					
		(6) ふたとビンがあっているか調べる。					
		(7) ふたを軽く回してしめる。					
		(8) アルコールランプの持ち運びは、下に手をあてて両手でする。					
		(9) マッチ箱の薬のぬってある所がへっていないか調べる。					
1		(10) 箱の中にマッチが入っているか確かめる。					
2		(11) もえがら入れを持って来る。					
3		(12) もえがら入れには、水を入れておく。					
4	〔2〕 火をつける時	(1) 左手でビンを持ち、右手でふたとる。					
5		(2) ふたを右横30cmほどはなして立てて置く。					
6		(3) 箱からマッチをとり出す。					
7		(4) 親指と人さし指でじく木を持ち、中指をそえる。					
8		(5) マッチ箱の引出し口を、親指・人さし指・中指でもつ。					
9		(6) 箱の中の頭薬が手前になるように箱を持つ。					
10		(7) 箱にななめからつきさすようにこする。					
11		(8) 発火したのを確かめてから、ぐじ木を水平に持つ。					
12		(9) アルコールランプのななめ下から火を近づけてつける。					
13		(10) 点火し終わったら息をふきかけてマッチの火を消す。					
14		(11) もえ残りのじく木は、もえがら入れに入れる。					
15	〔3〕 火を消す時	(1) ふたをななめに持って、横の方からすばやくかぶせて消す。					
16		(2) 左手でビンを持ち、右手でふたを時計の方向に軽くしめる。					
17	〔4〕 あとしまつ	(1) 火消しつばにもえがらを捨てる。					
18		(2) 使った物をもとの場所にきちんと返す。					

(資料4) 操作観察の結果

アルコールランプの使い方〔評価観点別の集計表(4年)〕

(数字は○印の%)

評価 観点 番号	方法 調査			演 示			O H P			スライド			V T R		
	P ₁	P ₂	P ₂ -P ₁	P ₁	P ₂	P ₂ -P ₁	P ₁	P ₂	P ₂ -P ₁	P ₁	P ₂	P ₂ -P ₁	P ₁	P ₂	P ₂ -P ₁
1	75	100	+25	56	100	+44	33	100	+67	50	100	+50			
2	100	100	0	100	100	0	100	100	0	100	100	0			
3	25	100	+75	22	78	+56	33	100	+67	38	100	+62			
4	100	100	0	100	100	0	100	100	0	100	100	0			
5	88	100	+12	67	100	+33	67	100	+33	88	88	0			
6	100	100	0	100	100	0	100	100	0	100	100	0			
7	38	75	+37	56	67	+11	56	67	+11	25	75	+50			
8	38	63	+25	44	44	0	44	89	+45	13	63	+50			
9	0	88	+88	0	56	+56	0	56	+56	0	63	+63			
10	38	63	+25	44	67	+23	56	67	+11	25	50	+25			
11	88	100	+12	78	100	+22	78	100	+22	75	88	+13			
12	75	100	+25	67	100	+33	67	100	+33	75	100	+25			
13	100	100	0	100	100	0	100	100	0	100	100	0			
14	100	100	0	100	100	0	100	100	0	100	100	0			
15	88	100	+12	89	89	0	78	100	+22	88	100	+12			
16	63	100	+37	67	33	-34	56	89	+33	63	75	+12			
17	75	100	+25	78	100	+22	89	100	+11	75	88	+13			
18	100	100	0	100	100	0	100	100	0	100	88	-12			

(資料5) 操作観察の結果の比較

アルコールランプの使い方〔学年別・方法別集計表〕

(数字は○印の数)

学年	方法 調査			演 示			O H P			スライド			V T R		
	P ₁	P ₂	P ₂ -P ₁	P ₁	P ₂	P ₂ -P ₁	P ₁	P ₂	P ₂ -P ₁	P ₁	P ₂	P ₂ -P ₁	P ₁	P ₂	P ₂ -P ₁
3	合計	28	134	+106	24	114	+90	32	135	+103					
	平均	2.80	13.40	+10.60	2.67	12.67	+10.00	2.91	12.27	+9.36					
4	合計	103	136	+33	114	139	+25	113	150	+37	98	126	+28		
	平均	12.88	17.00	+4.17	12.67	15.44	+2.77	12.56	16.67	+4.11	12.25	15.75	+3.50		
5	合計	102	145	+43				113	134	+21					
	平均	11.33	16.11	+4.78				10.27	12.18	+1.91					
6	合計	101	162	+61	116	171	+55	101	158	+57					
	平均	10.10	16.20	+6.10	10.55	15.55	+5.00	10.10	15.80	+5.70					

2 ガスバーナーの扱い方

(1) 行動目標の設定

ガスバーナーが正しく安全に使用できることを目的に、次のような行動目標を設定し、調査研究をすることにした。

- ① 元栓やバーナーの空気孔、ガス孔が閉じているかどうかを点検する習慣が身につけており、確かめることができる。
- ② バーナーの空気調節ねじやガス調節ねじが動きやすいか否かを、点検する習慣が身につけており、確かめることができる。
- ③ マッチの発火操作が正しくできる。
- ④ マッチの炎をバーナーの口に近づけ、ガス調節ねじをまわしてガスを出し、点火することができる。
- ⑤ ガス調節ねじをまわして、ほのおの大きさを調節することができる。
- ⑥ ガス量の調節後、空気調節ねじをまわして、赤い炎から青白色の炎に調節することができる。
- ⑦ 空気孔、ガス孔の順にねじをしめ、ガスバーナーの炎を消すことができる。
- ⑧ ガスのもと栓を忘れずに閉め、ホースや燃えがら入れを始末することができる。

(2) フローチャートの作成

ガスバーナーが正しく、安全に使えることをめざして、その手順についてプログラムを組んでみた。手順は、点検→着火操作→炎の調整→消火→あと始末の5段階に分け、それぞれの段階における操作方法、およびその操作における留意点を示した。

マッチの発火操作については、小学校で十分操作ができなければならないのだが、実際には、中学生になってもできない生徒がかなりあると認められる。そこで、マッチのすり方については小学校のプログラムに従って指導することにした。

なお、都市ガス用とプロパン用のバーナーでは、かなり扱いの違うところもあるので、別々にプログラムを組んだ。このプログラムを資料

6に示す。

(3) ソフトウェアづくり

バーナーの操作を指導するのに、教師の演示8ミリ映画、スライドを使い、どの方法が指導上有効であるかを調べることにした。プロパン用のガスバーナーについては、演示、8ミリ、スライドの3グループに1学級の生徒をそれぞれ分け、都市ガス用については、演示、スライドの2グループに分けて調査した。

指導順序は、点検、着火操作、炎の調整、消火、あと始末の順で、8ミリ、スライドにおいては、生徒をモデルとして撮影した。これは顔なじみの者が画面に現われれば、関心も高くなるであろうと考えたからである。

次に都市ガス用のバーナーの操作に関し、スライドを使って指導する際に、説明した言葉を下に記載する。

扱い方の指示

- ① ガスの元栓がしまっているかどうかを点検します。
- ② バーナーのガス調節ねじ、空気調節ねじがしまっているかどうかを点検します。ガスは下のねじ、空気は上のねじです。
- ③ ガスの元栓を開きます。
- ④ マッチをすります。すり方に注意して見て下さい。人さし指と親指で軸木を持ち、中指をそえます。次に、箱にななめから突きさすようにこすり発火させます。
- ⑤ バーナーの斜め下からマッチの火を近づけます。左手でバーナーの下のガス調節ねじを少しゆるめ、バーナーの口から火を離さないようにして点火します。
- ⑥ マッチのすりかすは、火を吹き消し、すりかす入れに捨てます。机の上に置かないように注意しましょう。
- ⑦ ガス調節ねじをさらにゆるめ、ガスの量を調節します。
- ⑧ 次に、上の空気調節ねじをゆるめ、空気のを量を調節します。ほのおの長さは7～8cmが適当でしょう。

- ⑨ 赤いほのおが見えないように、全体が青いほのおになるように空気の量を調節しましょう。青いほのおがはげしく揺れるのは空気の入れ過ぎです。
- ⑩ ほのおの調節ができれば静かに三脚の下へバーナーを持って行きます。
- ⑪ 湯がわきました。火を消しましょう。上の空気調節ねじからしめましょう。
- ⑫ 次に、下のガス調節ねじをしめます。
- ⑬ 着火するときは、ガス、空気の順、すなわち下から上へとねじを操作します。
消火するときは、空気、ガスの順、すなわち上から下へとねじを操作します。着火のときと反対になります。なお、ねじはしめ過ぎないように注意しましょう。
- ⑭ ガスの元栓をしめます。
- ⑮ ガスホースは写真のように始末して下さい。

(4) 事前調査および事後調査の実施

ガスバーナーの使い方について、指導前の「事前」と指導直後の「事後」との2回にわたりパフォーマンス・テストを実施した。

① 調査対象

1年生1学級(39人)、2年生1学級(42人)についてテストを実施した。

1年生は中学校へ来てから4度ほどバーナーの扱いを経験している。2年生は入学以来10度以上の経験がある。しかし、実験はグループで実施するため、個人差が相当あるように思われる。

なお、1年生はプロパンガスを、2年生は都市ガスを使用した。

② 指 示

「事前」と「事後」共に、次のような同じ指示を与えた。

- ガスバーナーを正しく使い、湯をわかさない。
- 火を消してあと始末をしなさい。
- 結構です。(できませんでしたね、あとで勉強しましょう。操作完了が不可能な生徒のみ)

③ 評価の観点とチェック表の作成

「事前」「事後」共に行動目標から考え、点検、着火、炎の調整、消火、あと始末について、重点的に視点をしぼり資料7のようなチェック表を作成した。

④ 成績一覧表の作成

チェック表の結果をもとに、次のような3段階の操作に重点をさらに絞り、結果を整理した。

資料8

- ……マッチをすった後、ガス孔を開き点火するかどうか。(A-③) 一点火
- ……ガス孔、空気孔を適当に開き、ほのおの大きさ、強さが調節できるか(B-③) 一調節
- ……空気孔を閉じた後、ガス孔をしめ消火する操作ができるかどうか(C-③) 一消火

なお、この成績一覧表は、「事前」「事後」共に同じものを用い、対比し考察することにした。

⑤ テストの結果

バーナー操作について、「事前」「事後」におけるパフォーマンス・テストの結果は次節のとおりであった。

(5) パフォーマンス・テストの分析

① 事前テスト

a マッチのすり方ができない生徒がかなりあった。特に、女子に多い。軸木の上を持ち手前に引くため、マッチが折れ、すれなかったり、力が加わらず着火しない者が多く目だった。

b プロパン用バーナーでは、ガスを放出したままマッチをする生徒が多かった。(2%)バーナーの構造上、そのような扱いをする者が多く出るらしい。

都市ガス用では、ガス調節ねじと空気調節ねじを間違え、空気孔を先に開いて点火できない生徒があった。(3/4)

c プロパンバーナーでは、ガス量を調節せず、いきなり空気孔の調節に取りかかった生徒がかなり多かった。(2/30)

都市ガスでは、空気、ガスの順に操作したり、同時に操作したりする生徒があった。(7/42)

また、プロパンバーナーでは空気調節の不適當な生徒がかなりあった(1/30)。都市ガス用でも、同様な結果であった(16/42)。

d. プロパン用では、消火するとき、ガスを止めてから空気孔を閉じる生徒がほとんどであった(25/38)。

都市ガス用でも同様で、空気孔とガス孔を同時に閉じる生徒(13/38)、ガス孔を閉じてから空気孔を閉じる生徒(3/38)、最初にガス元栓を閉じ、次にガス孔、空気孔を閉じる生徒(7/38)など、完全に操作ができたものは(1/38)であった。

e. 操作する前に、元栓が閉じているか、ねじや栓がしまっているか、まわりやすいか、など点検してみる生徒は、いずれの場合でもほとんどいなかった。

f. 火に対する恐怖感は全体的に見られ、特に女子に多く見られた。

以上のように、かなり経験は積んでいるのに、正しい操作ができない生徒が多くいた。

② 事後テスト

a. 指導にあたって

事前テストの実態をふまえ、次のことに留意し、指導を与えテストを実施した。

- ・点検操作
- ・マッチのすり方
- ・火の近かずけ方
- ・マッチに着火後、ガスを放出させること
(順序を間違えないこと)
- ・ほのおの調節のしかた(ほのおの大きさと空気量について)
- ・消火の操作順序
- ・あと始末(特に、ガスホースの始末)

b. 調査方法

- ・プロパンバーナーでは、指導方法により演示、スライド、8ミリフィルムの3グループに分け、それぞれ指導を与えた後にテストを実施した。
- ・都市ガスでは、演示、スライドの2つのグ

ープに分け指導した。

c. 結果の考察

いずれの方法をとっても、マッチの発火操作は充分ではなかったが、これら3つのなかで、8ミリフィルムによる方法は比較的効果があった(3/16が不適當)。スライドでは、プロパンが3/11、都市ガスでは2/11が不適當。演示では、プロパンが5/11、都市ガスが5/21、不適當であって、演示、スライドの両者間に大きな差は認められなかった。

プロパンでは、スライドグループのほうが点火のとき、マッチのほのおがバーナーの口先から離れる傾向が見られた。

プロパンのスライドグループのなかで、ほのおの大きさを調節せず、いきなり空気量の調節をする傾向が目だった。

空気量の調節はどの方法をとっても、プロパン、都市ガス共に、大部分の生徒が上手にできるようになった。

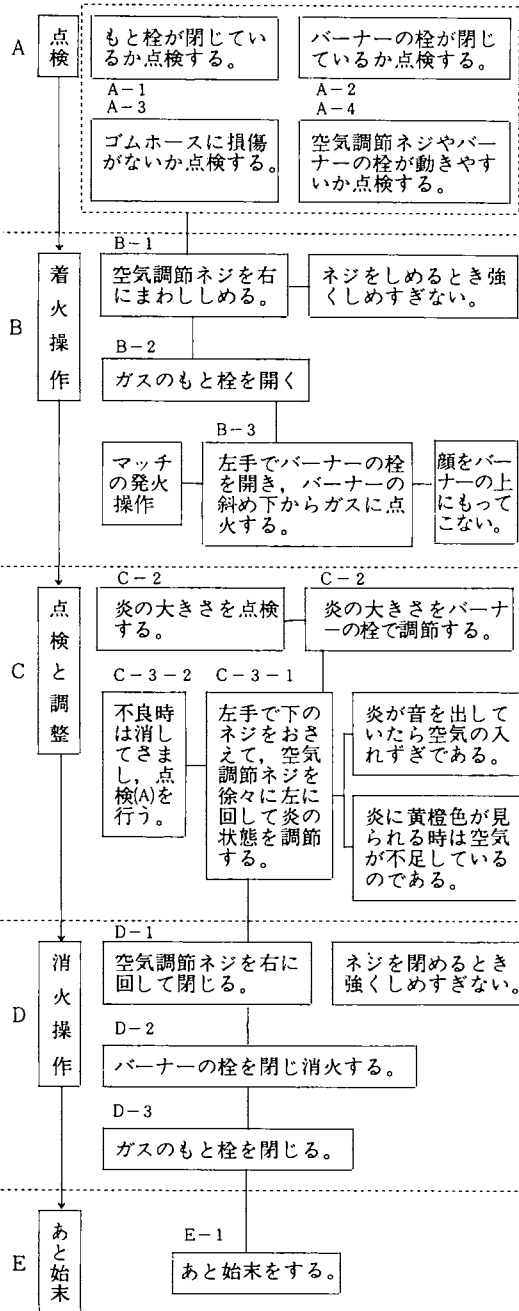
消火操作に関しては、どの方法をとっても大きな差は認められなかった。

スライド、演示のグループで最後まで操作のできない生徒が1~2名、プロパン、都市ガス共に出了。しかし、8ミリフィルムのグループでは全員が操作を完了することができた。

スライド、8ミリグループは、初めの点検操作、消火後のホースの始末に気を使っている者が演示グループより目だった。

(資料6) ガスバーナーの扱い方
(フローチャート)

◆ガスバーナーの使い方◆



(資料7) 操作のチェック表
(ガスバーナーの扱い方)

評価観点	チェック	備考(行動面の意外性)
1. ガス孔, 空気孔の点検		
2. マッチのすりかた		
3. 火の近づけかた		
4. ガス孔の調節		
5. 空気孔の調節		
6. 空気孔を閉じる		
7. ガス孔を閉じる		
8. 元栓をしめる		
所要時間	分	秒

(資料8) 成績一覧表

評価観点	番号	生徒氏名	合計	
			点	割合
A	1	ガス孔を開き、ガスを放出させたま		
	2	マッチの近づけ方が不適当		
	3	マッチをすり、ガス孔を開く。		
B	1	ガス孔を開いてそのまま、空気調節をしない。		
	2	ガス孔は調節するが、空気調節をしない。		
	3	ガス孔, 空気孔の調節が適当にできる。		
	4	ガス孔は調節するが、空気調節が不適当		
C	1	最初に元栓を閉める。		
	2	ガス孔を閉じてから空気孔をしめる。		
	3	空気孔を閉じた後、ガス孔をしめる。		

3 研究結果のまとめと考察

前節1, 2で述べた2つのパフォーマンス・テストの結果をまとめると、次の通りである。

- ① OHP, スライド, 8ミリ, VTRでは短時間に全員に対し同じ指導ができる長所がある。ところが、演示では、見る角度や人数の関係で個人差がでるように思われる。しかし、スライドやOHPでは動きがないため、初めて操作しようとする児童生徒にとっては理解しにくい点があり、同様に、8ミリやVTRでも立体感がないため理解しにくいのではないかと。映像による指導は、経験を重ねた児童生徒には有効な指導方法であっても、初めての児童生徒にとってはなじめないものではなからなからうか。このことが、小学校において演示の方法の有効性を特に表わすことになったと考えられる。
- ② どのメディアによっても、マッチの操作を完全にすることができなかったことは、視聴覚機器による指導が万能ではなく、自分自身の体で体得することの重要性を示唆してくれたように思われる。
- ③ 指導をくり返しても、マッチやアルコールランプやバーナーの操作ができない子どもが数名見られた。性格的な要素が相当影響しているように思われる。
- ④ これらの操作は基本的なものであるが、くり返し指導を要するものではなからうか。このことは、今後どのように技術が変容するか、どの程度操作方法が定着するかは、把持テストを行ない調査しなければよくわからないが、くり返しが必要となれば、これらのプログラムが最大限に生かされるべきでなからうか。

IV 今後の問題点

21世紀の教育を予測した多くの報告がある。教育が大きな転換をするという考えがある一方、現状と大した変化はないであろうとする意見もある。理科という教科がそのまま継続するとは明言できぬまでも、自然科学を学問として学習

せねばならないという事は、変わらないであろう。

そうだとすると、教科の再編成、学年制の見直し、教授組織のシステム化、教授方法の近代化などは、急速な発展をとげるであろうが、その中のユニットとしての教材群は決して消滅するものではないであろう。

今年度試みた実験操作技術のプログラムは将来も立派に使用できるし、洗練されたソフトウェアは、21世紀に普及するであろうCAIにセットされ、子供達の学習の第1線に利用されるであろう。はい廻わる探究学習を追って、結果を見ない研究の中にさまよいこむの愚を犯すよりも、より生産的であるとも言えそうである。

この研究を通して、

刺激→反応→強化

の有効なサイクル

情報提示→反応→受容→強化

の効果的なシステムをいかにして組むかなど問題点が多い。

とくに、プログラムの基礎がいかにしっかりしたものであっても、刺激(情報提示)がクリアでなかったら、以降の効果は期待できない。たまたま今年度の研究に際し、金沢大学教育学部センターの録画システム(VTR・カメラ・マイクなど)を使い、VTRによる収録を試みたが、残念ながら、鮮明な映像を得ることができなかった。プロの放送局などでは、そうした機器が整備され、数台のカメラを使い、多人数の調整マンが映像作成にあたっているが、教育現場では、とうていそのようなことは期待しうべくもない。大学のしかも教育学部センターにおいてすら、このような現状であるわけだから、単位小・中学校においては、言わずもがなであろう。

細かに調べると、機器がメーカー毎に異なる方式であり、それらの間の互換性に欠ける。VTR(A社)とVTR(B社)の間でダビングができにくいだけでなく、同じ会社のVTR相互間ですら、良い画質が得られなかった。また、

アフレコも同様であった。停止画像を得ようとすると、そのたびにノイズが走り不鮮明な映像を子供に与えねばならなかった。

このようなソフトづくりのトラブルがかなりの程度にプログラムの効果に影響し、有効さの判定を左右することになる。

また、“演示”が子どもに有効であるという判定も、理科の特性というだけでなく、その映像としてのクリアさ（そのものずばり）が影響していると見ることができる。

今年度の二つのプログラムとそのソフト群は完成されたものではない。来年度はさらに検討と修正を加えより完全なものとしていきたい。その際、操作全体が終了したあとに評価（チェック）する方法に共に、それを数区分して、さらに小さなステップにしたものなどを作り比較検討を加えていきたい。

この研究を進めるにあたり、金沢大学理学部阪上正信教授から、貴重な資料を閲覧する便宜を与えられ、また懇切な教示を賜った。ここに厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) ブルーナー：「教育の過程（佐藤三郎訳）」岩波書店（1963）
- 2) 文部省：「理科実験における事故の防止」明治図書（1954）