

A Corroborative Study of Secondary School Science Instruction in Design-Performance-Evaluation Process (3)

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/24924

中学校理科における授業の設計・実施・評価 に関する実践研究(第3報)^{*}

——理科授業における実験観察および視聴覚教具の効用——

〈中1(第2分野)「生物のからだと細胞」〉

山崎 豊**・平岡 弘***

理科学習においては、実験観察による直接経験が重視されることは言うまでもない。また直接経験によって習得させることが困難な教材にあっても、できるだけスライドやVTRなどの視聴覚教具等を利用して間接経験を与え、学習効果の向上を図ることが望ましい。

しかし現実には、限られた授業時間と、生徒数に比して過少な実験器具・視聴覚教具の設備のため、そのような学習形態の授業はそうたびたび実行できるものではない。普通の学級においては、主として教科書と黒板を利用した教師の説明によって授業が進められるのが実状である。しかも進学競争が激化している中学・高校においては、このような授業の方が競争にかえて有利だとの考えも無いではない。

ここでわれわれは、単に観念的に理科では実験観察や視聴覚的提示が重要だと思いつくのではなく、この種の学習活動が実際の理科授業にあって、生徒にどのような効果をもたらすのかを、明確なデータで示す必要があると感じた。

そのため、本報においては、「実験観察ならびに視聴覚的提示を強化した授業」および「教師の説明を強化した授業」が、平常に行われている授業と比較して、生徒の認知面ならびに情意面について、実際にどのような効果をもたらすかを、教育工学的手法によって検討することに

した。

I 研究の方法

対象教材

研究にあたり、授業中に視聴覚資料を提示する場面が多くあり、学習内容が生徒にとり比較的平易で、かつ興味関心をそそるような題材を検討した結果、中学1年理科第2分野「生物のからだと細胞」の単元を取り上げた。

対象学級および授業指導者

金沢市立泉中学校1学年(全17学級)のうちから2学級を抽出し、つぎのA・B2種の学習コースを設定し対比を行った。またこのほか、他の学級から別に2クラスを抽出し、この学級(C)の結果を参考にした。

- (A) 実験強化学級(実験学級A)：普通の授業よりも、実験観察と視聴覚的提示を強化し、できるだけこの種の学習活動を取り入れた授業を企図した。
- (B) 説明強化学級(実験学級B)：実験観察等は普通の授業と同程度になるように、ただし教師の説明をできるだけ懇切に行うように意図して授業を実施した。
- (C) 普通の学級(対照学級C)：A・B以外の一般学級から2クラスを抽出し、日頃実施している通りの授業を行った。

* 第2報：「教育工学研究」第2号 P. 75

** 金沢大学教育学部

*** 金沢市立泉中学校

表1 「生物のからだと細胞」の学習の流れと各学級の実験・視聴覚教具の活用状況

時 限	授 業 の 流 れ	学 習 内 容	実 験 学 級 (A)	実 験 学 級 (B) 対 照 学 級 (C)
1	<p>プリテスト</p> <p>生物と細胞のつくり</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○生物と無生物 ○植物と動物の細胞の共通点 	<ul style="list-style-type: none"> ○実験観察 (細胞の観察) ○VTR (植物の細胞) 	○実験観察 (細胞の観察)
2	<p>チェック1</p> <p>細胞の分裂と成長</p>	○細胞の分裂と生物の成長	<ul style="list-style-type: none"> ○実験観察 (玉ねぎの末端細胞) ○VTR (細胞分裂) 	
3	<p>チェック2</p> <p>細胞と組織</p>	○生物のからだをつくっている部分の細胞の違い	<ul style="list-style-type: none"> ○実験観察 (ツバキの葉断面) ○VTR (各種の細胞) 	
4	<p>受精と細胞</p> <p>チェック4</p>	○受精と細胞のふえかた	○VTR (カエルの発生)	
5	<p>単細胞生物</p> <p>チェック5</p>	○1個の細胞からできている生物	<ul style="list-style-type: none"> ○実験観察 (ゾウリムシ) ○映画 (ゾウリムシ) 	○実験観察(Bのみ) (ゾウリムシ)
6	<p>遺伝と細胞</p> <p>チェック6</p> <p>ポストテスト</p>	○生物は同じ種類の子をつくる	○VTR (親から子へ)	

(注) このほか教科書、OHPを毎時使用する。

この2学級はA・B担当とは別の教師によって授業がなされた。

（授業実施の要領は表1にも示した。）

これらの各学級間において、生徒の学力ならびに知能偏差値平均の差はほとんどなく（偏差値52～54）、指導者については、ほぼ同程度の経験年数の教師仲間、単元内容や学習目標について共通理解の上にたち、それぞれの学習形態による学習効果の測定に協力した。

留意点

授業研究は教育工学的プロセス（設計→実施→評価）によって行った。

授業設計においては、教材構造や目標の明確化を図り、生徒の既有知識や技能面の実態調査、認知面のテストのほか、各時限ごとに生徒の目標到達度や学習態度を把握するための通過テストおよび意識調査を計画した。

評価にあたっては、特につぎの4点に留意した。

(1) 生徒の情意面の評価に重点をおいた。

授業研究では認知面の評価が主になされ、情意面の評価が軽視されがちであるが、本報では学習の原動力ともなり学習の支えにもなる生徒の情意面を重視した。

(2) 単元レベルとしての授業評価につとめた。

多くの授業研究では、主に1時限の授業に終了し、それについて授業評価がなされているが、生徒の変容を正しくとらえた授業評価を行うためには、もっと長時間にわたる単元レベルでの授業を続行し、各時限ごとの授業評価を通して、単元全体の授業評価を図らねばならないとの視点に立って実施を試みた。

(3) 成績群別、男女別、他学級との対比、による授業評価を行った。

前回は成績群別による授業評価を行ったが、今回はさらに性別による学習の差異を追跡し、またそれらの客観性を求めるために他学級との対比による考察を行い、学習の個別化を図る足がかりとした。

(4) 統計処理により評価の科学的客観性を重視

した。

授業の評価は主に評価テストによる方法をとって、平均値の大小のみによって授業効果の判定がなされているのが普通である。授業を正しく評価するためには、データを科学的に処理し信頼性のある検定を用いることによって、授業改善の資料にした。

II 授業設計について

1 教材の構造化

「生物のからだと細胞」について、その教材の科学体系に占める位置や、生徒の学習能力を考慮して構造化を図った。また文部省理科指導書等を参考に中学校第2分野教材および小学校教材との関連を考察検討した結果、教材構造図を作成した。また単元中の学習内容のつながりについても表を作成した。（これらの図および表は省略する。）

2 目標分析

学習の目標を明確にするために「生物のからだと細胞」にふくまれる要素を内容面と行動面から分析によってとりだし、その要素の組み合わせによって単元目標を表わしたのが表2である。

3 指導案の作成

授業をはじめめる前に、レディネス調査によって生徒の実態をとらえ、さらに生徒の思考過程や学習活動を予測し、教材配列などの工夫を加味して指導案表3を作成した。指導案中の授業の流れについては、一目でとらえやすいようにチャートにて図示した。また授業目標、行動目標は表2の目標分析表をもとに設定した。（これらのものは紙面の都合で割愛した。）

4 「生物のからだと細胞」の学習の流れと評価法の設定

生徒の認知面についての評価は、過程の評価を重視する立場から、各学級とも毎時間の終りに同一問題の通過テストを行った。このほか、単元開始時（プリテスト）、単元終了時（ポスト

表2 目標分析表 1年2分野 単元「生物のからだと細胞」—6時間

単元目標		単元内容	生物のからだは細胞からできている。	生物は細胞の分裂によってふえ成長する。	生物のからだはいろいろな細胞からできている。	受精によって生物のからだはつくられる。	1個の細胞でできている生物もいる。	生物は同じ種類の子をつくる。
知識理解	用語		・細胞壁 ・細胞膜 ・細胞質 ・液胞 ・酢酸カーミン溶液	・細胞分裂 ・染色体	・柵状組織 ・海綿状組織	・受精 ・卵割 ・発生	・単細胞生物 ・多細胞生物 ・収縮胞	・生殖細胞 ・遺伝 ・遺伝子
	事実の把握		・生物はすべて細胞からできている ・動物植物の細胞は共通な特徴がある	・生物は細胞分裂によって成長している	・生物のからだは部分によってできている ・それぞれが細胞からつくられている	・細胞の分裂は受精によって出発する ・分裂して細胞はふえながら変化し、生物のからだはつくられる	・1個の細胞でできている生物もいる ・単細胞生物の細胞より複雑である	・親から同じ種類の子が生まれる ・遺伝子は細胞の核の染色体の上にある ・遺伝子のはたらきは生殖細胞を通してうけつがれていく
	観察		・無生物と生物の試料を用いて観察し比較することができる	・生物の成長のさかんな部分についてだし、細胞分裂の観察ができる	・ツバキの葉などの組織の観察ができる	・カエルなどの発生を観察しとらえることができる	・ゾウリムシなどの単細胞生物の観察ができる	・身近な生物について観察ができ、述べることができる
	データの解釈と処理		・生物と無生物のちがいを指摘でき、動物植物の細胞の共通点を見つけることができる	・変化した核の各細胞を細胞の順に並びかえることができる	・各部分の細胞の形やようすのちがいが指摘でき、はたらきを説明できる	・分裂のちがいを指摘し、発生過程の順に説明できる	・単細胞生物のからだのしくみに指し、はたらきについて説明できる	・親から同じ種類の子が通して生殖細胞を通過して説明できる
科学的方法	一般化		・細胞の一般的構造と大きさが説明できる	・まわりの生物の成長についても、細胞分裂によることを使って説明できる	・他の生物のからだの組織についても細胞のはたらきを説明できる	・他の生物の発生についても基本的な細胞の変化の説明ができる	・他の単細胞生物についても単細胞生物の特徴が説明できる	・他の生物についても同じ種類の子が生まれるわけを生産細胞を通して説明できる
	実験観察		・タマネギの表皮などのプレパラートを準備し、顕鏡で観察し、顕微鏡によって観察し、スケッチで記録する	・固定染色し、顕鏡で観察できる	・ニフトコを準備し、葉の切片を準備することができる	・分裂中のカエルの卵をルーペで観察できる	・ゾウリムシを動きにくくする工夫によって顕鏡で観察できる	
技能操作	安全		・顕微鏡を正しく安全に保管できる ・染色液を顕微鏡につけないように注意できる	・カバーガラスを破損せず押すことができる	・カミソリを使って葉の切片を安全に操作できる			
	個人・社会		・先づ自分の考えをもつようにつとめられる	・事実を説明するモデルをつくり、さらに疑問をもち修正発展することにつとめられる				
情意	個人			・事実を説明するモデルをつくり、さらに疑問をもち修正発展することにつとめられる				
	社会		・自分の考えをグループや一斉の場で発表でき、自分の考えの質を高めることにつとめられる	・グループの役割をはたし、みんなと協力して学習することに関心をもてる				

表3 理科学習指導案（実験学級A用）

- 1 学習題目 生物のからだと細胞（全6時限中の第1時限）
- 2 授業目標 生物と無生物の基本的なちがいは、細胞でできている点であることを観察を通してとらえさせ、さらに動物と植物の細胞のつくりのうえで、共通点を説明できる。
- 3 準備するもの
 - 試料：ポリスチレン、タマネギ、ほおの粘膜
 - 実験器具（10グループ4人編成）
 - 顕微鏡、スライドガラス、カバーガラス、酢酸カーミン溶液
 - スポイト、ピンセット、マッチの軸
 - 記録用紙
 - TP用紙、水性ペン、04P、動植物の細胞試料

4 指導過程

学習過程	学習の流れ	資料器具	生徒の行動	指導上の留意点	時間
問題把握	生物が無生物はつくりの上のちがいに ついて (全体)		・本時の学習課題について話しあう。 ・生物と無生物はつくりの上でちがうところを予想してみる。 ・予想について全体で話しあう。	・課題意識についてチェックする。 ・自分の予想をノートさせる。 ・予想たてることができたか。	2' 3'
	予想について話しあう (全体)	・ポリスチレン ・タマネギの表皮 ・ほおの粘膜			5'
実験計画	予想をたしかめるための観察準備手順の確認(グループ)	・観察方法を図示した図 OHP ・用意したプレパラート	・観察の準備をする。	・実験に必要なものを確認させる。 ・グループの役割を確認させる。 ・観察ができる準備ができたか。	5'
	観察準備されたか no		・グループごとに染色してプレパラートをつくり観察する。		
実験	観察と結果の記録 (グループ)	・TP用紙 ・サインペン	・各自、観察した結果について記録する。 ・各グループごとに観察した結果について話しあいTPにスケッチする。	・細胞の1つかこれについてスケッチさせる。 ・観察ができて正しくスケッチされたか。	15'
	観察ができて記録されたか no				
結果処理	観察結果をもとに話しあう。(全体)	・動物・植物細胞の図 ・OHP	・各グループのスケッチしたTPをもとに話しあう。	・スケッチ図をもとに共通点を指摘させる。	5'
	細胞についてのVTRを視聴する	・VTR	・「植物の細胞」についてのVTRを視聴し話しあう。	・VTRの視聴から細胞のつくりについてまとめさせる。	10'
まとめ	学習をまとめる	・無生物と生物のちがいは ・植物と動物の細胞のモデル図	・学習したことをまとめる。 ・生物は細胞からできている。 ・動物と植物の細胞の共通点	・学習についてまとめる。	5'
次習課題	次習課題について話しあう			・次時の課題を与える。	
	通過テスト意識調査			・通過テスト意識調査を実施する。	

テスト), 4週間後(定着テスト)にそれぞれテストを行うことにした。生徒の情意面の評価は, 各学級とも毎時限終了後に同一内容のアンケート形式によって質問し, 回答させるようにした。

III 授業実施

「生物のからだと細胞」の授業を実施する前に生徒の顕微鏡操作と顕微鏡観察の経験や関心についての実態をすこしでもとらえるためのレイネス調査を行い, その結果(表4)をもとに単元構成ならびに指導案(表3)を作成し, この指導案により授業実施した。

1 レイネステストの結果とその考察

(表4)レイネス(1): 質問①②「顕微鏡の基本操作」については半数以上の生徒が自信をもって正しく操作ができるものと考えられる。

質問③「倍率設定操作」は, ほとんどの生徒ができるとみなしてよい。質問④「高倍率」の結果は, 小学校の学習では高倍率(600倍以上)は必要でなく, その操作についてほとんど知らないことを示している。

レイネス(2): 質問①の細胞について「みたことがある」という者が多いのは, 小学校の理科の時間での学習によるものと思われる。それに反して, 質問②が比較的少なく, みたことのあるもののほとんどはクラブ活動等で経験したもので, このような自主的な観察では印象が深く定着度も高いと考えられる。質問③では多くの生徒が顕微鏡観察を好み, 高い関心をもっていることがうかがわれる。質問④からは, 日頃生徒が顕微鏡を通して微生物や植物の組織などを観察したいと思っていることがわかる。

表4 レイネス(1)―顕微鏡操作について(選択記述による)

質問① 日光のもとで顕微鏡をのぞいてはいけない理由について				
選択肢	まぶしくてみにくい	レンズがいたむから	目をいためるから	その他 (理由をかく)
自信				
有	5	1	51	0
無	8	6	29	0
質問② 顕微鏡の鏡筒を1番下から上にあげて観察する理由について				
選択肢	ピントがあわしや すいから	目に近づいてきて みやすいから	下にさげていくとぶ つかりレンズがいたむ	その他 (理由をかく)
自信				
有	5	2	47	0
無	0	17	1	0
質問③ 接眼レンズ10倍のものと対物レンズ20倍のものを使ったときの顕微鏡でみえる倍率は何倍か				
選択肢	100倍	200倍	30倍	その他
自信				
有	4	78	0	0
無	0	17	1	0
質問④ 600倍ぐらいの高い倍率で顕微鏡観察するとき, はじめに100倍ぐらいの低い倍率から観察していく理由				
選択肢	顕微鏡がきれいに 明るく見えるか調べるため	倍率が正しくなっ ているかを調べるため	ピントをあわしや すくするため	その他 (理由をかく)
自信				
有	0	0	7	0
無	5	21	67	0
レイネス(2)―顕微鏡観察の経験と関心(記述) (%)				
質問①	顕微鏡を使って細胞をみたことがあるか		質問②	
	みたことがある 81	みたことがない 19	顕微鏡を使っていろいろなものについて調べてみたいと思うか	
			非常に思う 27	普通 58
			思わない 15	
質問②	どんなものについてみたことがあるか		質問④	
	カビ(10) タマネギ(10) ソウリムシ(4) 植物の茎(6) ツユクサ(16) 気孔(4) プランクトン(4)		どんなものについて調べてみたいか	
			植物(葉, 茎, 根, 孢子, 花粉)(15) カビ(9) プランクトン(15) 病原菌(7) コン虫(9) 結晶(12)	

調査人数 81名(2クラス) ()の数字は%で主なものについて

表5 実験学級A(視聴覚情報提示の強化した授業)の最も興味・関心のあった授業内容(自由記述)

時限	学習内容	人数	興味・関心の理由(まとめた主なものについて)
1限	・生物と無生物のちがいが ・細胞のつくり	9	・自分自身でタマネギの表皮, ほおの粘膜, ポリスチレンを顕微鏡でみて比べるのが楽しかった。 ・今までに何とも思わなかった生物と無生物のちがいがわかり, おもしろかった。
2限	・細胞の分裂と成長	8	・細胞が分裂するときの変化がおもしろかった。 ・細胞のふえかたをはじめてみてとてもためになり, 細胞に関心をもてた。 ・細胞分裂してふえていくモデルと同じものを顕微鏡でみることができた。
3限	・生物のからだと細胞	3	・ツバキの葉の細胞がきちんと並んでいるのが観察でき, それらの細胞がそれぞれ仕事をしているのを知った。
4限	・受精と細胞	8	・カエルの卵が変化し成長していくのがおもしろかった。 ・固定した写真などみるより, テレビでみた方が成長の流れがわかり印象に残った。 ・卵の細胞が分かれていくようすがおもしろかった。
5限	・単細胞生物	9	・1個の細胞の生物でも精いっぱい生きていることがわかった。 ・実さいに生きていて動いている生物を顕微鏡で観察するのがおもしろい。 ・教科書だけではやっぱりほんとうのゾウリムシはわからないし, 実感がこもらない。本物をみれば何かと感動して忘れられない。
6限	・遺伝と細胞	13	・遺伝子というものによって親にた子が生まれているのが不思議だった。 ・父母に似ているのは, 遺伝によることを知って非常に驚いた。 ・私がいづも疑問に思っていたことで, 細胞に関係あることがわかり関心をもった。 ・どうして親に似るのかは, 前から疑問に思っていたが, これを勉強してとてもおもしろく感じた。

2 実験学級Aの授業実践

「生物のからだと細胞」の授業を6時間に計画し, 各時限とも実験観察及びVTRを積極的にとり入れた授業を実施した。

この授業では顕微鏡観察による学習に時間が多くとられるため, 生徒にある程度の操作技能が要求される。レイネス調査により生徒の実態をふまえ, 顕微鏡操作や観察によるスケッチの書き方などに留意して授業を実践した。各時限における学習目標到達度は, 各時限の終了直後に実施した通過テストで確認して授業の進行をはかった。

「生物のからだと細胞」の単元終了後, 「生徒に興味関心のあった授業内容についてのアンケート調査結果から, 生徒の多くは顕微鏡操作になれ, 直接自分で観察できた喜びを味わい探究的に学習にとりこんでいたことがうかがわれた。

3 実験学級Bの授業実践

実験学級Bの授業は, 実験学級Aと教材内容や授業時間は同じであるが, 実験観察や視聴覚教具利用はあまり行わず(表1), 主に教科書を

中心の授業として実施した。ただ学習効果が実験学級Aに劣らぬように, 生徒の理解を促すよう教師は説明に留意し, できるだけ生徒の体験の中から話題をとりあげ, ユーモアを交じえた説明の工夫につとめた。

各時限の学習目標の到達度については, 実験学級Aと同じく各時限終了後の通過テストにより確認し, 授業の進行をはかった。生徒の中には, 「先生の話しが滑稽で楽しい」という声も少なからず聞かれ, 授業全体としては明るいふんい気の中で学習が進められた。通過テストと併せて行った毎時の学習意識調査の結果(表12)からも, 「生物のからだと細胞」の授業は, 全般的に生徒は興味関心をもって学習にとりくんだことがうかがえる。

4 対照学級Cの授業実践

2クラスによる対照学級Cの授業は, 他の2人の理科教師によって実施された。教材内容と授業時間は, 実験級AおよびBと同じく, 実験観察や視聴覚教具の利用については, 実験学級Bと同じく, 主に教科書中心の平素の授業と同じようにとりくみ, 両教師のもつ指導上の個性

を生かし、学習効果をめざした授業がなされた。

両クラスの各時限における生徒の学習目標到達度については、実験A、Bと同じく各時限の終了後に通過テストにより確認した。また通過テストと併せて行った意識調査の結果については、後述の評価の欄で述べることにする。

IV 授業評価

1 認知面の評価と考察

従来の本時中心主義の立場を排し、単元レベルでの授業評価を重視する立場にたつて、「生物のからだと細胞」を全6時間の授業でとりくみ、その各授業時毎に実施した一連の評価結果を以下にまとめた。

授業における生徒の認知面の評価は、プリテスト、通過テスト、ポストテストにより把握し、生徒の情意面の評価は、生徒の意識調査から把握につとめた。各評価の内容と結果の考察については、紙面の都合上、その主なものについて

記述する。

(1) プリテスト、ポストテスト、定着テストの評価結果

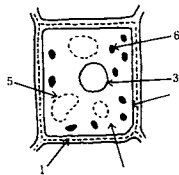
プリテストは「生物のからだと細胞」についてどの程度理解しているかを知るために授業前に行い、ポストテストは学習してどの程度理解したか、学習の伸び率をみるために同じ内容で授業終了後に行った。定着テストはさらに四週間後に実施した。「生物のからだと細胞」の学習目標をもとに作成した問題内容は図1に、テストの結果については図2および表6に、それぞれ示してある。

結果の考察については、対象級Cの結果は担当教師を異にするため実験学級A、Bとは直接比較できないので参考程度にし、同一教師の実践した実験学級A、Bの結果を中心に検討し、男女別、成績群別の面からも考察をも加えてみた。

プリテストの結果については、実験学級、対

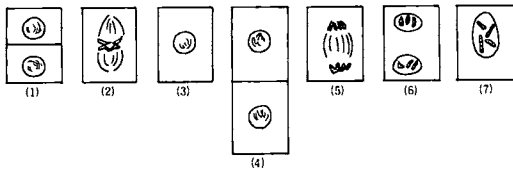
図1 プリテスト・ポストテスト・定着テストの問題内容

問1 次の図は植物の細胞モデル図である。

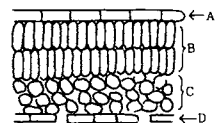


1. 細胞のつくりの1、2、6の番号についてその名まえをいえ。
2. 動物の細胞にもあるものはどれか、番号でこたえよ。

問2 下の図は細胞が分裂して成長していくモデル図で、順序が正しくない。正しい順序に並びかえ、その番号で答えよ。

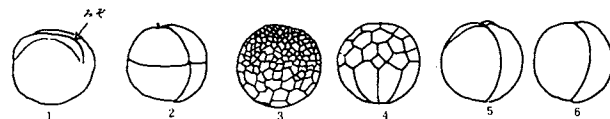


問3 下の図は植物の葉の断面のモデル図である。



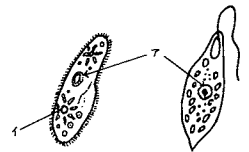
1. 葉緑体を多く含む部分はA-Dのうちどの部分か。
2. その部分では植物が生活していくために、他の部分とちがってどんなはたらきがおこなわれているか。

問4 下の図はカエルの卵からオタマジャクシになる途中のモデル図で、順序が正しくない。正しい順序に並びかえ番号で答えよ。

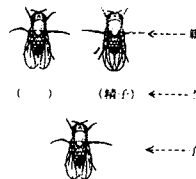


問5 2つの図はどちらも単細胞生物である。

1. どちらの生物にもあるもの名まえをいえ。
2. (A)は生活していく上でどんな役目をしているのか。
3. Bの生物の名まえをいえ。



問6 赤い目(純粋い種)の両親のショウジョウバエから、赤い目のショウジョウバエの子が生れたことを示した図である。



1. 生殖細胞の()の名まえをいえ。
2. 雌はA、Bのどれか。理由をいってこたえよ。
3. 白い目のショウジョウバエの子が生れなかったのはどうしてか。

表6 認知面のテスト結果（正答率）

対照		級		実験級 A	実験級 B	実験級 C 対照級 C
		テスト				
学	級 全体	P ₁		13	15	18
		P ₂		75	76	53
		P ₃		83	75	
性 別	男	P ₁		17	21	19
		P ₂		75	80	56
		P ₃		80	78	
	女	P ₁		11	8	17
		P ₂		75	71	50
		P ₃		85	71	
成 績 群	上位	P ₁		31	21	31
		P ₂		91	95	70
		P ₃		96	89	
	中位	P ₁		10	12	15
		P ₂		76	80	53
		P ₃		88	78	
	下位	P ₁		4	7	12
		P ₂		58	53	33
		P ₃		58	58	

(P₁-プリテスト, P₂-ポストテスト, P₃-定着テスト)
対照級 C は時間の都合で実施できなかった

照学級ともほぼ同じく、またポストテストでは実験学級 A, Bとも約80%の正答率を示している。さらに1ヶ月後の定着テストでは、実験学級 Bは変りなく、実験学級 Aではいくらか上昇がみられる。

成績群別にみた場合、上・中・下位群とも A, B クラスの間にあまり差がみられない。また男女についても、同じようである。

一般に定着テストは事後指導をしても一般に下る傾向があるといわれていることから、この授業は実験学級 A, Bにとり比較的印象づけられた学習であったことが考えられる。

〈通過テストについて〉

通過テストについては、「生物のからだと細胞」の各時限の学習目標をもとに比較的短かいテスト問題を作成した。通過テストは毎時の授業終了直後、実験級 A, Bに実施し生徒の学習目標の到達度を把握することにより次の授業の改善をはかった。その結果、各時限とも70%以上の正答率で、予定の目標に達していることが確認された。(通過テストの問題は省略した。)

〈定期テストについて〉

50日後の2学期末に実施した定期テストは、

図2 プリテスト、ポストテスト、定着テストの結果

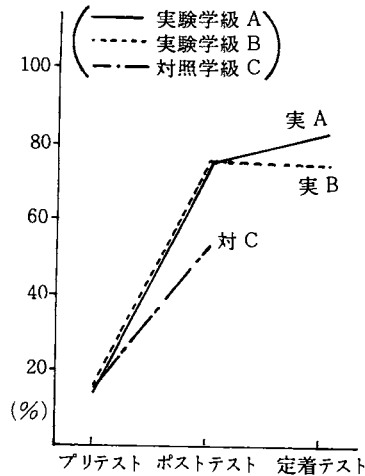


表7 定期テストの結果（正答率）

対照		級	実験級 A	実験級 B	実験級 C
級 全体			92	78	76
性 別	男		92	82	78
	女		91	74	75
成 績 群	上位		99	98	95
	中位		96	80	81
	下位		82	72	50

他の教師の出題によるもので、「生物のからだと細胞」の授業に関係ある部分の問題内容を図3に示した。その結果(表7)では、実験学級 Aは他の2学級と比較して全般的にやや高く、特に下位群や女子における傾向が著しい。

以上生徒の認知面を把握するために実施した各テストの結果について概括して述べたが、データについて、もっと客観性のある考察をするため、つぎのように有意差検定を行った。

(2) 有意差検定による結果の考察

同一教師によって指導された①実験観察中心の実験学級 Aを②説明中心の実験学級 Bについて、実施した各テスト結果をもとに有意差検定を行った。

検定結果によると事前事後のテスト結果で

表8 プリテスト, ポストテスト, 定着テスト結果の有意差検定

対照	級 テスト 変数	実 験 学 級 A					実 験 学 級 B					T 検 定	有 意 差 結 果
		人数 (N)	総計 (T)	(素点) ² (X ²)	平均 (\bar{X})	偏差平 方和(S)	人数 (N)	統計 (T)	(素点) ² (X ²)	平均 (\bar{X})	偏差平 方和(S)		
級 全 体	P ₁	39	88	480	2.26	281.4	40	95	455	2.38	229.4	0.21	無
	P ₂	39	472	6,148	12.10	435.6	40	489	6,489	12.23	511.0	0.16	無
	P ₃	39	517	7,235	13.25	381.4	40	478	6,024	11.95	311.9	1.93	有 (10%)
	P ₂ -P ₁	39	384	4,168	9.85	387.1	40	394	4,376	9.85	495.1	0.00	無
	P ₃ -P ₂	39	45	189	1.15	137.1	40	-11	137	-0.28	134.0	3.38	有 (0.5%)
上 位 群	P ₁	10	50	346	5.00	96.0	10	33	163	3.3	54.1	1.32	無
	P ₂	10	145	2,115	14.5	12.5	10	151	2,295	15.1	14.9	-1.09	無
	P ₃	10	154	2,382	15.4	10.4	10	142	2,036	14.2	19.6	2.11	有 (5%)
	P ₂ -P ₁	10	95	1,005	9.5	102.5	10	118	1,468	11.8	75.6	-1.63	無
	P ₃ -P ₂	10	9	9	0.9	0.9	10	-9	25	-0.9	16.9	4.00	有 (0.5%)
中 位 群	P ₁	10	16	38	1.6	12.4	8	15	45	1.88	22.5	-0.40	無
	P ₂	10	121	1,549	12.1	84.9	8	102	1,320	12.75	279.6	-0.29	無
	P ₃	10	140	1,984	14.0	24.0	8	99	1,237	12.38	256.9	0.81	無
	P ₂ -P ₁	10	105	1,173	10.5	70.5	8	97	977	12.13	36.1	-1.34	無
	P ₃ -P ₂	10	19	85	1.9	48.9	8	-3	37	-0.38	36.1	2.07	有 (5%)
下 位 群	P ₁	9	7	17	0.78	11.6	9	8	16	0.89	8.9	-0.21	無
	P ₂	9	88	960	9.78	99.6	9	76	770	8.44	128.2	0.76	無
	P ₃	9	93	1,057	10.33	98.0	9	83	825	9.22	59.6	0.76	無
	P ₂ -P ₁	9	81	799	9.00	70.0	9	68	642	7.56	128.2	0.87	無
	P ₃ -P ₂	9	5	35	0.56	32.2	9	7	39	0.78	33.6	-0.23	無
男	P ₁	18	50	330	2.78	191.1	21	69	353	3.29	126.3	-0.55	無
	P ₂	18	224	3,070	12.44	282.4	21	270	3,670	12.86	198.6	0.37	無
	P ₃	18	231	3,245	12.83	280.5	21	263	3,445	12.52	151.2	0.29	無
	P ₂ -P ₁	18	174	1,954	9.67	272.0	21	201	2,063	9.57	739.1	0.06	無
	P ₃ -P ₂	18	7	33	0.39	30.3	21	-7	53	0.33	50.7	0.13	無
女	P ₁	21	38	150	1.81	81.2	19	26	102	1.37	66.4	0.71	無
	P ₂	21	248	3,078	11.81	149.2	19	219	2,819	11.53	294.7	0.26	無
	P ₃	21	286	3,990	13.62	95.0	19	215	2,579	11.32	146.1	2.91	有 (0.5%)
	P ₂ -P ₁	21	210	2,214	10.0	114.0	19	193	2,313	10.16	352.5	-0.14	無
	P ₃ -P ₂	21	44	218	2.10	125.8	19	-4	84	-0.21	83.2	3.12	有 (0.5%)
定期テスト		40	257	1,695	6.40	43.8	44	243	1,423	5.50	81.0	3.35	有 (0.5%)

(備考) P₁…プリテスト, P₂…ポストテスト, P₃…定着テスト, P₂-P₁, P₃-P₂…学習の伸び率

$$T \text{ 検定法 } t = \frac{\bar{X}_A - \bar{X}_B}{\sqrt{\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_B}} \sqrt{\frac{S_A + S_B}{N_A + N_B - 2}}}$$

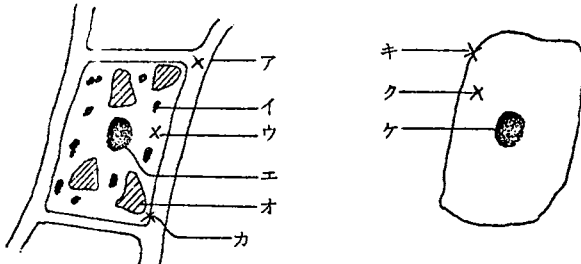
\bar{X}_A, \bar{X}_B は各実験群の平均
 N_A, N_B は各実験群の人数
 S_A, S_B は偏差平方和
 $S_A = (\sum x_{A,i}^2) - \frac{T_A^2}{N_A}$
 $S_B = (\sum x_{B,i}^2) - \frac{T_B^2}{N_B}$

t-分布表

自由度 \ %	10	5	2.5	1	0.5
60	1.6707	2.0003	2.2991	2.6603	2.9146

図3 定期テスト理科問題（1年）

1 下の図は植物と動物の細胞を示したものである。次の問いに答えなさい。



(1) 上の図のア～ケの名称を下からえらび番号で答えなさい。

(同じものを2度使ってもよい)

①核 ②細胞質 ③液胞 ④葉緑体 ⑤細胞膜 ⑥細胞壁

(2) 上の①～⑥の中で動物細胞にないものは何か。番号で答えなさい。

(3) 酢酸カーミンでよくそまるのは①～⑥のどれか。番号で答えなさい。

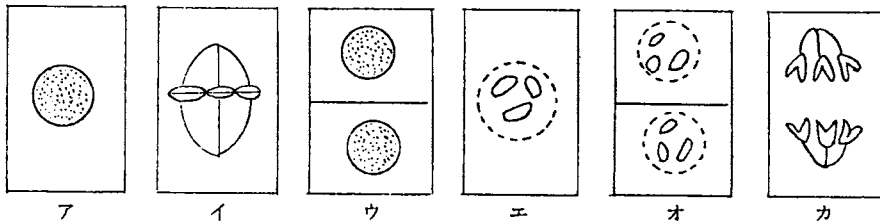
2 次の問いに答えなさい。

(1) 親と子がよく似ているのは親のもつ特徴が子に伝えられるからである。

この親の特徴を子に伝えるものを何というか。

(2) 親の特徴を子に伝えるものは細胞のどの部分に含まれているか。

3 下の図は細胞分裂のようすを示したものである。分裂の順序にしたがって記号で正しくならべかえなさい。



は、A・B両学級の学級全体、男女別、成績群別にはほとんど差がなく、1ヶ月後の定着テストと50日後の定期テストの結果では、学級、上位群、女子に若干差があることが、検定によって確認された。

以上、「生物のからだと細胞」の授業で実施した、事前、事中、事後の各テストや定期テストの結果から、実験学級A、Bとも対照学級Cに比べて得点が全般に高いことがみられる。このことから、授業における教師の指導強化意識が生徒の認知面に対し、著しい影響を及ぼすものと思われる。

また、同一教師の指導による実験学級A、B

の比較において、事後テスト結果では、教師の説明を強化した実験学級Bは、実験観察や視聴覚を強化した実験学級Aに匹敵するが、定着テストの結果では、差があることが認められた。すなわち、学習の定着性の点で実験学級Aの方が高いことが考えられる。

2 情意面の評価と考察

通過テストと並行して、各時限終了後に授業における生徒の学習意欲や学習態度等の情意面について、下記の表9に示した6つの質問をアンケート形式で調査した。

この調査結果中から、質問③、④、⑥につい

表9 意識調査の質問内容

- 質問① 今日の授業で、はじめに何を勉強するのかわかりましたか。
 ①よくわかった。②だいたいわかった。
 ③ほとんどわからなかった。④ぜんぜんわからなかった。
- 質問② この話は、この授業の前から知っていましたか。
 ①よく知っていた。②だいたい知っていた。
 ③ほとんど知らなかった。④ぜんぜん知らなかった。
- 質問③ この授業で、この話はよくわかりましたか。
 ①よくわかった。②だいたいわかった。
 ③ほとんどわからなかった。④ぜんぜんわからなかった。
- 質問④ この話はどのようにわかりましたか。
 ①実験や観察で ②テレビや映画で
 ③教科書や黒板で ④先生の説明で
 ⑤その他（友だちの話で、自分だけで考えて、どう考えてもわからない）
- 質問⑤ この話を、みんなといっしょに考えていこうと思いましたか。
 ①みんなで、この問題を考えてみようと思った。
 ②みんなで考えるとともに、ひとりで考えようと思った。
 ③みんなで考えるよりも、ひとりで考えようと思った。
 ④ぜんぜん思わなかった。
- 質問⑥ この話を、知ったあと何かを感じましたか。
 ①すばらしい、驚き、感激を感じた。
 ②問題がとけてわかり、すっきりした。
 ③疑問が残り、もどかしく思った。
 ④あたりまえだと感じた。
 ⑤ぜんぜん感じなかった。

てとりあげ考察する。

(1) 学習内容理解一質問③

質問③「この授業でこの話はよくわかりましたか」の解答は4つの選択肢からなり、生徒がどの程度学習内容を理解したかを把握しようとした。その結果（図4表10）、「よくわかった」は実験学級A、Bとも50%以上であるのに対し、対照学級Cは「だいたいわかった」が50%以上を示している

成績群別については、上位群では各学級とも、「よくわかる」は高い値を示している。中、下位群については実験学級A、Bとも、対照学級Cに比べ一般に高く差が大きい。男女についても同じことがいえるようである。

実験学級A、Bとも理解度が高かったのは、積極的に実験観察やVTRなどをとり入れたことや、教師が説明強化につとめたことによるものと考えられる。

(2) メディアによる学習理解一質問④

質問④「この話はどのようにわかりましたか」の回答は、5つの選択肢からなり、どんなメディア等によって学習の理解ができたかを把握しようとした。

その結果は図5、表11に示した。実験学級Aでは、他の学級に比べて実験観察やVTRによる理解の比重が高く、実験学級Bでは、他の学級より教師説明による理解の比重が高い。実験学級Aの下位群は、上位、中位群と比べて、実験観察やVTRによる理解の比重が一層高くなっている。

このことはまた、女子についてもいえる。すなわち実験観察やVTRなどの視聴覚教具による学習は、女子や下位群生徒にとって観迎されているものと考えられる。

(3) 授業をうけての印象一質問⑥

質問⑥「この話を知ったあと何かを感じましたか」は、4つの回答選択肢からなり、生徒はどの程度に関心をもって学習していたかについて、把握しようとした。

まず、図6の実験学級A・B、対照学級Cの

表10 意識調査結果一質問③

質問内容	対照	級		実験級 A	実験級 B	対照級 C
		性	成績群			
① よくわかった	級	全体		56	49	29
		性	男	67	68	68
		女	46	28	21	
	成績群	上位	71	63	60	
		中位	63	46	28	
		下位	40	39	10	
② だいたいわかった	級	全体		42	47	57
		性	男	30	31	50
		女	52	65	62	
	成績群	上位	29	34	37	
		中位	37	52	59	
		下位	57	56	66	
③ ほとんどわからない	級	全体		2	4	13
		性	男	2	1	10
		女	2	6	17	
	成績群	上位	0	3	3	
		中位	0	2	13	
		下位	33	33	22	
④ ぜんぜんわからない	級	全体		0	0	2
		性	男	1	0	2
		女	0	1	0	
	成績群	上位	0	0	0	
		中位	0	0	0	
		下位	0	2	2	

図4 意識調査一質問③（学習理解）

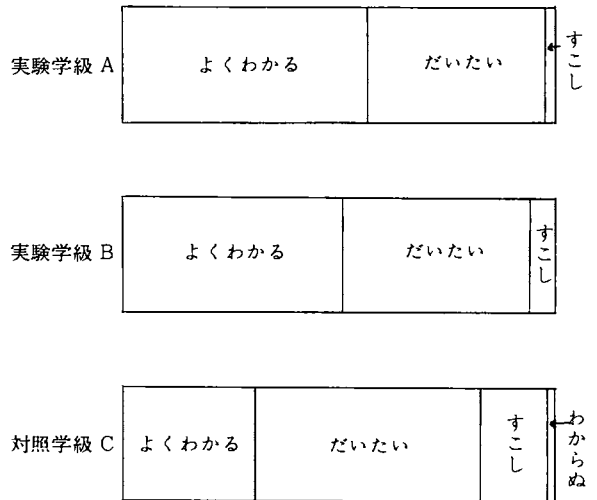


表11 意識調査結果一質問

質問内容	対照	級		実験級 A	実験級 B	対照級 C
		性	成績群			
① 実験観察	級	全体		16	6	5
		性	男	9	8	3
		女	22	66	6	
	成績群	上位	7	5	2	
		中位	12	5	6	
		下位	33	5	5	
② VTR映画	級	全体		12	0	0
		性	男	12	0	0
		女	15	0	0	
	成績群	上位	17	0	0	
		中位	6	0	0	
		下位	10	0	0	
③ 数科書黒板	級	全体		20	28	44
		性	男	27	36	50
		女	14	22	39	
	成績群	上位	23	52	58	
		中位	10	16	36	
		下位	19	22	43	
④ 数師の説明	級	全体		46	65	45
		性	男	42	55	37
		女	49	70	52	
	成績群	上位	43	43	32	
		中位	67	79	54	
		下位	28	71	48	
⑤ その他友知った自分無	級	全体		6	1	6
		性	男	13	1	10
		女	0	2	3	
	成績群	上位	10	0	8	
		中位	5	0	4	
		下位	10	2	4	

図5 意識調査結果一質問④（メディアの活用）

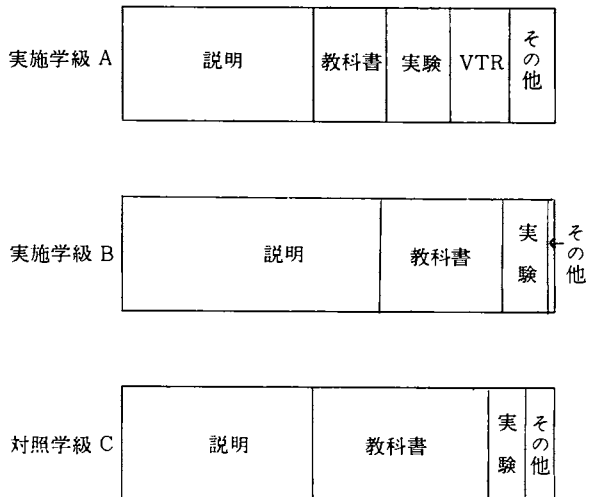
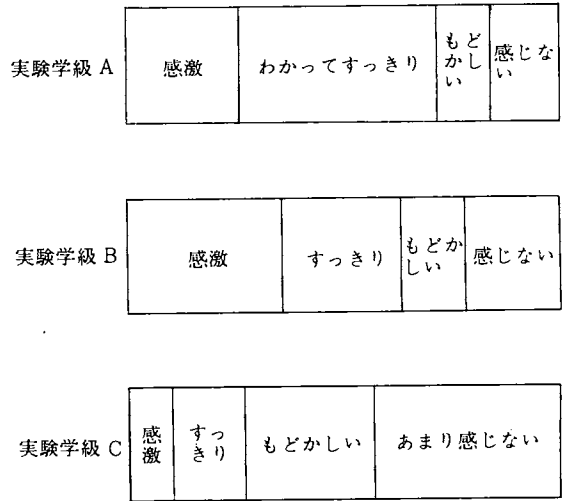


表12 意識調査結果一質問⑥

質問内容	級		実験級 A	実験級 B	対照級 C	
	対照					
① 感激した	級	全体	25	37	10	
		性	男	18	26	11
			女	30	47	10
	成績群	上位	5	53	15	
		中位	43	29	9	
		下位	17	37	8	
② 問題がとけてすっきりした	級	全体	48	27	16	
		性	男	41	27	15
			女	54	26	17
	成績群	上位	48	11	10	
		中位	42	40	23	
		下位	38	34	17	
③ 疑問が残りのどどかしい	級	全体	12	14	28	
		性	男	13	12	27
			女	11	16	28
	成績群	上位	24	10	34	
		中位	0	14	31	
		下位	9	12	18	
④ あたりまえに感じない	級	全体	15	22	46	
		性	男	28	35	47
			女	5	11	45
	成績群	上位	23	26	41	
		中位	15	17	37	
		下位	36	17	57	

図6 意識調査一質問⑥(感激度)



比較では、実験学級Aは「すばらしい、驚き」は25%であるが、「問題がとけてすっきり」は50%で高い。対照学級Cでは、「疑問が残りのどどかしい」や「あたりまえ、感じない」が高くなっている。実験学級Bでは、「すばらしい、驚き」は、40%近くでかなり高い。表13の男女については、実験学級A、Bとも男子より女子の方が「すばらしい」「問題がとけてすっきり」の順に高くなっていることは注目に値する。

成績群については、特に実験学級Bの上位群、実験学級Aの中位群、実験学級Aの中位群下位群に「すばらしい、感激した」と答えたものが多い。

以上のことから、実験観察やVTRなどのメディアは実物に触れ、変化の過程がとらえられることから、一般に理解しやすく、そのため、満足感や感激度が高くなることが考えられ、特に女子や中位群、下位群にそのことがいえる。

なお教師の説明を強化した実験学級Bでは、他の学級に比べ、感激度や満足度が高かったの

は、実験観察やVTRに匹敵する学習効果をあげるべく、教師がつとめたことによるものと考えられる。

以上情意面に関する意識調査の結果を考察し、問題点についてとりあげてみよう。質問③の学習理解では、実験学級A、Bとも対照学級Cに比べ、理解できたと答えた生徒数が多かった。このことは認知面でのテスト結果と一致しており、教師が両学級でのそれぞれの授業方法で学習強化につとめたことによるものと思われる。

質問④のメディアによる学習理解では、実験学級Aでは実験観察やVTR、実験学級Bでは、教師の説明が多かったことから、両学級で採用された提示手段が、生徒の理解にもつながっていることがわかる。たゞここで考えなければならないことは、実験観察やVTRの提示だけでは、生徒の理解が十分になされず、教師の適切な説明をつけ加えることが必要だと言うことである。

また「教科書でわかった」と答えた生徒が意外に多かったことから、教師の説明や、実験観察、VTRに力を入れても、生徒の理解面に関しては、記号や文字による提示が依然として重要であり、教科書の系統だった記述によって、内容全体を見とおすことが、中学校の理科では必要であると考えられる。

質問⑥の授業をうけての印象については、「あたりまえと思う」と答えた生徒がかなり多いことである。現在の生徒は、知識情報の多い中で生活しているために、新しい事象について学習しても、無感覚で受け入れる癖がついていることによるのではないかと考えられる。

つぎに実験観察やVTRによる実験学級Aは対照学級C（平素の授業）より強い印象をうけた者の数が多いのはうなづけるが、教師の説明を強化した実験学級Bではさらに多かったことについては、おそらく実験学級Bでは、教師が説明中心の授業によって、実験学級Aでの実験観察やVTRの授業に匹敵する学習効果をねらい努力したことによるものと思う。

しかし、これをもって、実験観察より教師による説明の授業がより効果的だということにはならない。実験観察によってうけた印象は、生徒の意識としてのこることは少なくとも、潜在的に心の中にやきつけられ、その結果、認知面での実験学級Aの定着度が他の学級と比べ高かったことが考えられる。

V ま と め

本報告は、中学校理科の授業において、「平素の授業よりも、説明を強化した場合」、「平素の授業よりも、視聴覚情報を提示強化した場合」、生徒の認知面並びに情意面に、どのような効果をもたらすかについて、中学校理科第2分野「生物のからだと細胞」の単元をとりあげ、教育工学的手法によって求めようとした授業実践例である。

その概略について、設計、実施、評価の順に述べる。

授業設計

教材分析、目標分析、生徒の実態調査をふまえ、指導案を作成した。また授業における生徒の認知面、情意面について把握するための認知テストや意識調査を計画した。

授業実施

「生物のからだと細胞」の単元を、同一教師により、実験学級A（視聴覚情報を提示強化）と実験学級B（説明を強化した授業）の授業が実施された。実験学級Aでは、積極的に実験観察やVTRをとり入れた授業で、生徒は実物に触れ、興味関心をもって、主体的な学習が進められた。実験学級Bでは、教師は実験学級Aに劣らぬ学習効果をめざし、ユーモアをまじえたわかりやすい説明につとめた。そのため、生徒は楽しいふんいきで学習にとりこんでいた。他教師による対照学級Cも、学習目標の共通理解にたつて、意欲的に授業がなされた。

授業評価

実験学級A、B、対照学級C（2クラス）の各授業における生徒の認知面、情意面の評価は、認知テスト意識調査により求められた。データについて、成績群別、男女別の面からも分析し、有意差検定によるなど、比較検討がなされた。

その結果「生物のからだと細胞」の授業では、実験学級A、Bとも、授業における各提示手段が、生徒の理解につながっていることがわかった。さらに、視聴覚提示を強化した授業では、説明を強化した授業と比べ、定着度が若干高いことが認められた。また、生徒の理解面に関しては、学習内容の系統に沿った教科書の利用も、有効であることがわかった。

最後に、本研究の冒頭に提起した問題「実験や視聴覚的提示が、果して理科授業に有効であるか」の問いに答える必要がある。

たしかに、授業終了後の認知テストの結果では、実験学級Aの成績は実験学級Bの成績とほとんど差がない。言いかえると、実験観察を強化するかわりに、教師がわかり易く説明を行ってもカバーできるといえる。しかし、実験等に

よる知識は永続性があり、そのため定着テスト、あるいは定期テストの結果では実験学級Aの方が高い値を示した。アンケート法による生徒の意識調査でも、実験学級AとBはさほど差がでなかったが、実験によって「すっきりとわかった」と答えた生徒が多く、「百聞は一見にしかず」のことわざが立証された。

たしかに、実験観察等は、今回の調査結果の示すところでは、学習を理解する上に有益であると言える。

ただ、実験学級Bで、「教師の熱のある説明に感激した」と回答した生徒が多いことから、実験と共に——あるいはそれにもまして——教師の意欲が大切であるとの感を抱いた。

(付記)

本稿を終えるにあたり、データの信頼度について、一言述べておく必要がある。

この研究では「実験等をできるだけ取り入れるようにした授業(実験学級A)」と「実験等は普通程度で、そのかわり教師の説明を充実させた授業(実験学級B)」との対比を意図した。生徒の質は両学級ほぼ同等、教師も同一人であるので、条件統一は一応なされている。そこで、テストの有意差検定の結果は、信頼度の目安になり得る。

しかし、これはあくまでも、学級AとBとの間の差であって、「実験等の強化」と「説明の強化」の差ではない。実験強化と説明強化との方法の良否について対比を行うには、実験等強化学級および説明強化学級をそれぞれ相当数設定し、その各集団の平均値を比較する必要がある。またそれぞれの授業の特色を明らかにするため、指導のプログラムをもっと精緻なもので表示する必要がある。

今回は、そこまで詳細かつ大規模に実施することはできなかった。しかし得られたデータは、実験等強化と説明強化の両学習形式の特徴の一部がうかがえるものであり、理科学習の実施について、何らかの示唆となれば幸いである。

(謝 辞)

本報の研究を進めるにあたり、研究の機会を与えられた石川県教育委員会、金沢市教育委員会のご好意に感謝します。また終始激励下さった金沢市泉中学校堂口一男校長、ご協力下さった泉中学校理科教諭ご一同、ご助言を頂いた、金沢市教委端義二指導主事、県教育センター天田清人、研究指導主事、金沢科学教育研究会各位に謝意を表します。さらに報文を査読され、生物教材についてご教示下さった金沢大学教育学部瀬嵐哲夫教授にお礼申し上げます。

文 献

- (1) 水越敏行・金沢市理科教育研究グループ：「理科発見学習における設計・実施・評価の実証研究」(第1報—第3報)、金沢大学教育学部紀要22号, P. 41 (1973); 24号, P (1975)。
- (2) 水越敏行・金沢市理科教育研究グループ：「授業研究の方法論」現代教育学, No.40, p.144 (1974—5)。
- (3) 坂元昂：「教育学の原理と方法」明治図書(1974)。
- (4) 山崎豊・水越敏行(編)：「小・中・高をつなぐ理科教育の構造・過程・評価」, 泰明書房 (1973)。
- (5) 中獄治磨「最適学習方式」三見書房 (1973)。

参 考 資 料

(生徒の作文)

理科ぎらいについて (授業前)

金沢市立泉中学校 1年松本三恵子

私は、もともとから理科はきらいじゃなかった。4年生のころの水や空気の膨張などの実験は多かったし、結果を絵やマンガにモデル化したり、グラフにする時などは、本当に楽しかった。しかし今は好きとはいえない。それは5年生の時からだろう。私は先生がきらいとか、テスト成績が悪いから理科がきらいというのではない。私は5年生の時の先生は、すごく好きだった。6年生の時も同じことがいえる。成績が良かったこともある。でも理科は好きではない。その第1のわけとして私は科学の中で行われていることがどうしても、私の目にはあたりまえのこととしか写らない。つまり「なぜこうなるのかなあ、不思議だなあ」と思うことができないのである。だから特別興味をもたない。そして授業にも熱がはいらなくなる。また不思議だなあと思ってもそれがどうしてかとさぐろうとひしひしになる熱意はない。第2のわけは先生がある題目の基本となる問題をだされる。たとえば「何々がこうなるのはどうしてか」のように、その答えがAとBしかないような時には、だいたい予想はうまくたえられる。しかし何とおりの考え方があのような時

は、自分のたてた予想のはっきりした根拠がなく自信がもてない。それで予想がはずれることがたびたびある。そうなる何んとなくいやになってくる。第3は第2によく似ているが、そうやってたてた予想の次に方法を考える時のことである。方法は予想に増して数々の考え方があることが多い。私は方法を考えられなかったことはあまりない。しかし私の考えた方法よりすばらしい方法がたくさんある。それに私の方は実に変な方法で普通の人の考えている方法とはちがう。なんというか、中には現実に考えられないようなことを利用した方法を考えることもある。そしてみんながすばらしい考えを言うと、みんなが考えられることを私が考えられないと思うとなさげなくなって理科を好ましく思わなくなってしまう。つまり私はあまりにも科学的知識にとぼしく科学的考え方ができないということだ。中学になって第1分野と第2分野に分かれた。どっちもどっちであるが第1分野は第1分野で第2分野は第2分野で好きなところはある。第1分野の方が実験が多いからいい。しかし大きらいな計算やじゃまくさい誤差のことなどでできて実験も初めの方少なかった。第2分野の中では地球や星や月の関係などがおもしろそうだし、良いのだけれども、花や動物などあまり興味をひかなく、かつ、暗記が必要なものがあるし、大きらいな地層と石のこともある。第2分野はまわりにある自然を身近に考えすぎたせいで疑問がもてなくなったのではないだろうか。

「生物のからだと細胞」を学習して（授業後）

細胞の6限の授業、それを終えて、その内容は、だいたい身につけたと思っている。私がそれだけの自信を持つのはめずらしいことだ。そして前にも述べたけれど、この6限の授業で印象深くなかったものはない。というのも、1限1限の学習を1つ1つしていねいに実験したり、VTRや映画を見て学んだからだと思う。では実験することがなぜよかったか？実験は、その字のごとく実際にすることだ。実際にすることほど私たちの心に残るものはない。それというのも、私たちの日頃の授業が平穩でいつも同じ調子だからだと思う。そこへ何か変化をあたえると、それがどうしても心に残る。たとえば、長い一本の糸があって、それをどこまでも1直線に伸ばしていったとする。そうしたら、その糸を目で追う人は、いいかげんにあきてしまう。そこへ糸の1部だけ直線を曲線にしたなら、目で追う人は、あとでその曲線となったところを思い出さざらう。また、私の幼いまだ、はっきり物心のつかない頃の思い出にしても、特に恐ろしい事や、特にうれしかった事、特に悲しかった事が印象深く、毎日の平穩無事はいちいち覚えていない。授業も同じだと思う。あまり実験をしたことのない者にとって珍しい器具や道具は変化をもたらす。いや、よく経験があっても新しい道具、器具は興味をそそらせられるだろう。器具、道具にこだわったが、それよりも私としては、

実験の時の言葉の1つ1つだ。実験をするには、どうしても、友達や先生と話しをする。特に友達との会話は実験に印象をあたえた。「なんだこんな顕微鏡のビントもあわせられないのか。」「隣の班、はやビントあったって。」「上の方がよく染色体見えるね。」「このゾウリムシよく動くね。せっかく脱脂綿おいたのに。」その1つ1つの友達の言った言葉、私自身言った言葉が、頭の中に入っている。その友達の人がらや新しい才能を見出すことだってできた。教科書を読み、先生の話聞き、ノートをとるだけの授業では、そんな友達との交流は少い。そして最後になったが、5限目のゾウリムシを教科書の写真を見るだけで終らせたなら、私はどう思うだろう。「この写真の1/150のものがいるわけか。」で終わらすだろう。科学の授業で動きはしない絵や写真で生物を見るほど、ばからしいことはないと思う。"小さな小さなゾウリムシが脱脂綿の間をいっしょうけんめい走りまわっている、そのことがあの時間1番心に残ったことだ。耳から聞いたことが、心にとどくことはむずかしいし、珍しいことでも手でふれ、体で感じることは、心にとどくやすい。心にまできたものは、そうやすやすと忘れ、しないのはだれでも同じであるはずだ。

（文章は原文のまま）