

中学校・高等学校における理科 実験指導の基礎研究

理科教育研究委員会

加藤 十 八・戸 莉 進・中 根 一 芳

三 橋 一 夫・渡 辺 貞 夫

まえがき

理科教育においては、生徒の科学的な思考力や創造力を養い、みずから進んで問題を解決しようとする習慣や態度を身につけさせることにとくに重点がおかれなくてはならないと考える。

われわれは目下表記のごとき主題のもとに、実験指導にあたって上述の目的を達成するためにいかなる方法がとられるべきか、その基礎要因はなにかなどを日常の指導のうちから計画的・分析的に種々の資料をまとめていきたいと思っている。これは、発達心理学の面からも、教科課程の面からも、また直接の個人に対する指導法・評価などの面からも、多角的に検討を加えていかなければならない仕事であって、大きな問題であるだけに、逐年研究を進め大系を立て、いくつもりである。なおこの研究に対して、昭和29・30両年度にわたり、文部省科学研究助成補助金を交附されたことについては当局に深く感謝の意を表す。研究結果は第一報・第二報を日本理科教育学会大会(29年鎌倉)、第三報・第四報を同学会東海支部大会(30年岐阜)第五報・第六報を同学会全国大会(30年岡崎)において、その一部を発表し、それぞれ講演集録として印刷にもされているからこゝにおいてはその要旨のみを掲載するにとどめたのであらかじめおことわりしておく。(中根)

第一報 理科実験器具作成能力の 学年差の考察

理科実験を進める場合に、生徒が自分で実験器具をくふうし、作成していくことは、科学的知識

の応用、実験態度の養成に大切である。この能力が学年によりいかに差異をもっているかを調べるために、夏休みの宿題として「さおばかりをつくり物のかわき方について」の研究を気象の単元を学習した中学一年100名着物の単元を終えた中学二年58名と、力学をすませた高校一年68名について、全く同じ作業を課した。条件を同一にするために要領をプリントし、説明もそれぞれ同一教師によって行った。さおばかりの目盛をうつために基準になる分銅は学校に備えてある同一のものを使用させた。さおばかりの作成能力のみを研究対象として、作品について評価し、考察を進めたのであるが、まずできるだけ評価に客観性をもたせるために、五人の理科教師がそれぞれ同一作品について独立に、次のような評価項目につき同一基準の4点法によって採点しその平均点をもって作品評価点とした。

- さおばかりの材料は適当であるか。
- つりひも、皿などの固定はよいか。
- 目盛のとり方、つけ方は正確であるか。
- 作品として全体から受ける感じはどうか。
- 大、中、小三種のコルク栓、ガラス栓など既知量の測定誤差による評量の正確さ。

以上による評価点は紙面の都合上省略するが結果の考察のみを列挙すれば下のようである。

- 1, a. b. …… e. までの各評価項目間の相関関係はほとんどみられない、しかがってこのような作品を評価するにあたってただ表面的なできばえ上記d項のような観点から表面的な成績だけのみようとすることは適正でないことがいえる。c項とe項に相関がないことが一見矛盾しているよ

うだがこれはe項における評量を各自生徒に行わせたので、生徒の評量のときの目盛のよみ方の誤差が加わって来た結果だと判断される。やはりこれは教師が検査すべきであった。

2, 各学年間の成績も有意義な差異がみとめられなかった。これについては実験後反省したことであるが、全作品を学年別に並べず一緒に混ぜて、採点の時それぞれ高学年・低学年の作品であることの先入観をのぞいて行なわなかったことに方法上の欠陥があったかもしれない。しかし概観して、このような実験器具作成能力が理科の学習経験をつんでいる高学年にそれほどとくにすぐれたものを持っているとはいきれない。実験指導上の注目すべき問題と考える。(渡辺)

第二報 実験技術の予備指導の効果

生徒がある一つの実験を行うに当って、教師が導入に際して、補助的に前に生徒が経験した実験を具体的に話題にとりあげて予備指導を加えた場合と、そうでない場合とで、新しい実験の中に、生徒が前回の実験技術を転移させる程度にいかなる差があるかを調べる目的で次の研究をした。

方法としては、中学一・二年全生徒に対し、第一報で述べた実験を行わせ、作品やレポートなどを検閲し、評価して生徒に返却した後、9月になって中学二年生には温度による気体の膨脹、同一年生には試験管を用いた比重計の自作をさせた。いずれの場合も試験管に目盛りをいれる仕事があるので、その技術にどの程度前回のさおばかり作成の技術が転移されているかを、次の二群の生徒について実験を進めた。つまり実験群としては、一・二年ともAクラス(計78名)を用い、実験にはいる前に、前回自作した各自の作品を具体的な例として、計量器としての必須な条件、とくに目盛の正確なうち方についてくわしく説明し、対照群(一・二年ともBクラス計79名)には実験群のような前実験と今回実験との技術的な関係についてはとくに指示せず、各自の能力をなまのまま発揮させるようにした。

その結果としては、目盛のうち方の手ぎわのよさ、つまり読みやすくうまくうってあるかという点については10点満点(採点方法は第一報の場合

とほおなじ)で実験群が8.07に対し、対照群7.93で二群間に有意差はみとめられなかった。なお生徒の作品について、実際に教師が精密な評量検定をおこなって目盛の正確さについて相対誤差の平均をとってしらべてみると、実験群と対照群とがそれぞれ1.35%、1.34%となり、この場合においても二群間における有意差がみとめられなかった。以上の結果から考察すると、教師の具体的な予備指導は生徒に対して、前実験により習得した能力・技術を次の実験に転移させることにとくに効果がなかったといえる。

これから考えれば、あい続く前後の実験において前実験により習得された技術は生徒各自の発達によって転移させているともいえるし、一方今回の研究に用いた前後2回の生徒実験に用いられる技術があまりにも同質的すぎて、転移とは考えられずたゞ単なるくり返ししの作業であったと考えなければならないかもしれない。この点についてはさらに研究を進めたい。(中根)

第三報 入学考査の成績にあらわれた理科実験指導の影響(その一)

本年度の中学・高校の入学考査の問題を作成する際、できるだけ実験を通じて得られる知識あるいは能力を検査することにこころがけた。入学考査後、この考査の成績が果して受験前それぞれの小学校・中学校において果して実験をよく行ってきたものがそうでないものよりすぐれているかどうかを調査検討してみたのが以下の研究である。たゞこの研究が十数倍の率で入学した全般的にすぐ成績のすぐれているものについての調査であることは最初にことわっておく。

調査方法としては、本校入学者すなわち高校生100名、中学生100名に対し、入学前に在籍していた学校の理科学習方法、授業時間数、理科指導施設・特別受験準備授業の有無・程度および、入学考査に出題された実験と同一ないし類似の実験を生徒個人として、あるいはグループ実験、教師実験として行ったことがあるかないかなど詳細な調査を施し、これらの諸要因と、考査の成績との関係を分析してみた。ここでは高校の入学考査成績と、実験経験の有無との関係について得られた知

見についてのみ略述することとする。

石灰水に青のリトマス試験紙を入れた場合にはどうなるかと問うた問題について、変色しないと正解したものは54%で、一方この場合中学校においてリトマス試験紙を使って実験したことがあるものが64%あった。使ったものと使わなかったものとの正解表は下の如くである。

	正 解	誤 解	計
使 っ た も の	40	24	64
使 わ な か っ た も の	12	18	30
計	52	42	94

この表によると $\chi^2 = 6.3$ で2%の危険率で使用経験者が正解を得る傾向があるといえる。その他にコウボ培養経験者とコウボ培養の際発生するガスの正解者、水草による炭酸同化の観察経験者と、その際発生するガスの正解者、電流計・電圧計・電池などを使用したことのあるものとそれについての問題に対する正解者などそれぞれについては、経験者が、正解を得る可能性が大きいという結果はでてこなかった。これらを要約するにリトマス試験紙のように問題が直接にその経験から判断できるもの以外は実験を経験したことによって得られるべき技術を入学考査によって識別することには困難を感じた。(中根)

第四報 入学考査の成績にあらわれ た理科実験指導の影響 (二)

第3報で報告された結果をみると、われわれが生活的、実験的な入学試験問題を意図して出題したが、その結果が予想と異なり、中学時代に行った実験の効果があまり入試の結果に影響がないことがわかった。こゝで考えられることは、問題の適否、または理解だけである程度理科の能力・態度が身につけてしまうものかなど、いろいろ原因はあるものと思われる。このことについて、特に電気の問題をとらえて分析し、考察を加えてみる。

(I) 電気器具の使用と電気回路の理解との関係
(P.9の図参照)

(1)電流計・電圧計・蓄電池、抵抗器を使用したも

のは、問題(1)はよくできている傾向にあるとい
うことがいえる (χ^2 検定)

(2)上の器具を使用したことのあるものが問題(2);
(3)などやゝ応用的で、実際によく考えなければ
ならないような回路については全体としてよく
できているということとはなかった。(χ^2 定検)

上のことから、実験をして来たものは簡単な
ことは理解がよいが、それから発展して問題を解
決するまでに至っていないものと考えられる。あ
るいは問題(2), (3)が生徒の発達段階の能力以上で
あるかも知れない。

(II) オームの法則を実際に器具を用いて実験し
たものが、問題(1), (2), (3)の成績がよいという関
係は認められなかった。(χ^2 検定)

(II)のことから、重要な公式については、理解
のトレーニングによって実験から得る能力をかな
りカバーしているのではないかと思われる。

(III) (I)―(2)のことをもっとよく吟味するた
めに、ラジオの組立に経験を持っているもの(全部
男子)、その他の男子、女子にわけて考えてみた。
(平均値の差の検定)

(1)問題(1), (2), (3)の平均点は、ラジオ経験者、男
子、女子の順に成績がよかった。

(2)電気以外の問題全部についての成績の平均点は
男子と女子の間には有意の差がみとめられた
が、(男子がよい)、男子とラジオ経験者につい
ては有意の差がみとめられない。

以上のことから考えられることは、ラジオなど
の組立経験のあるもの(科学的な能力を日常生活
に生かしている経験のあるものとする)は応用
能力や、実際的な問題もよく解決できる能力のあ
ることがわかる。

しかしただ基礎実験だけではあまり問題解決の
能力は養われていないのではないか。(加藤)

第五報 中等学校における長さ・質 量・時間の絶対感覚と相対感覚に関 する一考察

長さ・質量・時間についての正確な感覚を持つ
ことは実験能力の一つとしても大切なことである
し理科と日常生活とを結びつける一つの手段とも
なりうると考えて、それらの実態を知るために本

校中学一年及び高校一年の生徒各 100名につき調査をした。

上述の対象に次のよきな課題を与えて、正しい値からの誤差を求め資料とした。

○長さ——答案用紙の一端を目測により 30mm幅に折らせる。又おなじようにして用紙の縦横の長さを答えさせる。

○質量——10円硬貨及び教科書を手に持たせてその重さを答えさせる。

○時間——5秒及び2分間を指示してその時間を答えさせる。

以上の資料を作成後考察をすすめてみると大体下のようなになる。

まず絶対感覚については、

a. 三感覚相互間の難易について。

一応の目安として正しい値の±25%以内に入ったものの数から判断すると長さ・時間・質量という順に困難さが大きくなっているようである。

b. 中・高における学年差との関係について

平均値が正確さをあらわし標準偏差がバラツキをしめすものと考えて、おのおのにつき差の検定を行ったが各感覚について有意差は認められなかった。

c. 男女差について

30mmの長さの感覚については明らかに女子がすぐれているとの結果を得たが、時間については5秒・2分共に男子がすぐれている傾向が見られ、男女間の差は認められたが、一方的にいずれがすぐれているというような単純なものではなくそれぞれに特徴が存するものようである。

d. 各絶対感覚相互間及び知能偏差値・学業成績との間の関連性について Good-poor 分析により χ^2 検定で調べたがいずれの間にも、中・高共に相関的な関係を認めることはできなかった。
相対感覚について

e. 長さ・質量・時間の三感覚につき前述の通りそれぞれ大小二つの値を同時に調査したので、その大小関係にどれだけ考慮が払われているか知るために、各答の比率を求め正しい比と比較し、d項と同様に検定を行い関連を調べたとこ

ろ、長さの相対感覚と知能偏差値との間にのみ 1%の危険率で関連が見られた。このことより比較的容易な相対感覚については知能が何らかの関連性をもってくるのではないかと考えることができよう。
(三橋)

第六報 中等学校における目盛観測能力に関する一考察

目盛を読む場合には線にひかれる傾向があるという種々の研究が心理学の方面からはすでになされているが、われわれはこれを理科実験指導の基礎材料として使用するために中学一年および高校一年の生徒各 100名について調査した。

方法としては、上述の対象について夏休みの宿題として規格を統一した振子を用い、その減衰振動を40周期について目盛の $\frac{1}{10}$ の精度で読み取らせることを3回行わせた。目盛を読む作業は物差などでは時間的条件その他にいちじるしい個人差を生ずることが予想されたので、この方法にした。なおスケールは一律に印刷したものを使用させおもりも5円硬貨10枚を用いて統一し振子は 10° より振り始めさせた。

一人について40周期を3回で合計240の読みが出ているから、これの小数点下第1位の数字を度数分布表に整理した。これはもし真の値を正しく読み取った生徒については240の $\frac{1}{10}$ の24の度数の所に平等に分布するはずであると考え、度数を級幅5ずつに区切り21~25の級間を0とし上下に順に±1, ±2, ……の格付けをした。従って読み度数0の場合は-5に格付けすることになる。この格付けした数値の代数和を各コラムごとに取ってヒストグラムを作ると、平均しての読みの傾向はいちじるしく目盛の線にひかれることが明らかに確かめられた。さらに.5のコラムにも次に高い山が見られ、またさらにいわば二次的の傾向として.2と.8のところにも小さい山の現われたことは線にひかれる傾向のきわめて根強いことを示している。

次に高中別、男女別などの差を考えるために先のグレードの絶対値の総和を個人別に集計し、それを度数分布表に整理しF検定で分散には危険率1%で有意差のないことを確かめ、t検定により

平均の差の検定を行った。

結果は中学1年の男女間で2.5%の危険率で男子の方がすぐれ、中学1年と高校1年の女子同志の間では5%の危険率で高校1年の方がすぐれていることがわかったが、他の組合せについては有意差は認められなかった。

さらに同じくグレードの絶対値の総和が5以下のものを good group, 40以上のものを poor group として高中別に標本を抽出し、それらについ

て χ^2 検定で長さ・質量・時間の絶対感覚と相対感覚、及び知能偏差値、第1学期の学業成績などとの関連を検定したところ、いずれとも全く無関係との結論を得た。これは我々が理科の評価をする場合に知識理解や問題解決法の観点のみではカバーし切れぬ能力や態度のあることを明らかに示すものであって、ともすれば軽視されがちな創造的態度や応用の習慣の観点の重要性を再認識したいものであると思う。(戸荊)