

理科の評価についての若干の考察

井 藤 芳 喜

Yoshiki Itoh : SOME CONSIDERATIONS OF
EVALUATION IN SCIENCE EDUCATION

I はじめに

教育は文化の伝達と創造にある。理科教育においては自然科学の歴史的成果を次の世代に伝達すると同時に、自然科学の新しい内容を創造しなければならない。この新しい内容を創造するために必要な研究方法や思考の基礎は、単に自然科学の分野での開拓のみならず、広く社会一般の諸研究に活用されて、確実な物質観や世界観を育成し、物事を科学的に処理する態度の育成に役立つねばならない。

このような立場から理科教育の内容を吟味し、従来行なわれている評価が適切であるか否かを再検討してみた。すなわち、従来の理科教育では、とかく自然科学に関係ある知識の評価に重点を置いて、科学的研究方法や科学的態度の育成をおろそかにして評価していなかったか。

一方、理科教育の評価が適切に行われることは教師の立場からは教育計画や指導方法のくふう上、また生徒の立場からは学習方法の改善、進歩の度合の自覚等、教育効果の向上に非常に大切である。さらに、大学入試等での評価は、残念なことに、高校のカリキュラム編成に大きな影響を与えている。

このように評価の役割が大きいにもかかわらず、理科は一般の教科と異なり、実験・観察等の実技を含んでいるので、評価すべき内容も方法も、単純な筆記試験のみでは不十分である。

本稿では理科教育の本質に立ちかえって、その重要な点を指摘すると同時に問題点の二三を示し、その解決の方法を述べることにした。

II 理科教育における評価の内容

§ 1 理科教育における科学的知識および科学的研究法的重要性

理科教育の目的は科学知識を学習し、科学的研究方法を習得し、科学的態度で物事を処理する能力を身につけることにある。

科学知識とは単に科学すなわち自然科学に関係ある知識をいうばかりでなく、論理性と実証性を伴う科学的知識を主体としたものでなくてはならない。従って、われわれが日常の理科教育で使用する諸実験用機械器具の名称とか、内容を伴わない科学用語、あるいは科学者の固有名詞とかを指すものではない。これは原理・法則そのものの内容とか、この原理・法則を導くに到った経緯とかの科学的知識の学習を主体とすべきである。

科学的研究方法は、理論・法則等を導くに必要な科学的思考法の習得と、これらを導くに必要な実験・観察の技術を身につけることである。

科学的方法の中には自然を直接観察して、この中より法則を導き出す帰納的方法と、ガリレイ以後の近代科学者の多くにみられるように論理的考察によって得られた理論を自然現象に適用してみる演繹的方法とがある。実際には上記二方法を組合せて、種々の原理・法則等を導き出していることが多い。^{*1,*2}

E. R. Downing は多くの科学者の業績を調査し、新しい法則の発見には共通な思考の段階があることを示している。^{*3} すなわち、

(1) 問題の設定

- (2) 問題の明確な把握
- (3) 問題を諸要素に分析
- (4) 諸要素に関係ある諸事実の収集
- (5) 仮説の設定
- (6) 観察, 実験または推論による仮説の検証
- (7) 事実に基づいた判断

評価にあたっては以上のすべての段階を評価できるようにしなければならない。

法則の中でも, 比較的簡単なものは自然を直接観察したデータから導くことができるが, 複雑なものは観測結果や既知の原理・法則から理論的に導かれた仮説を立て, これを実証して法則を導くことが多い。この過程の中にはいずれも観察や実験の技術を必要とする。18世紀以前の科学の進歩の多くは, 直接われわれに観察できるものから原理・法則を導き出している故, 比較的単純な観測で法則を導き出しているが, 19世紀以後は理論的面が先行して, 新しい事実や法則を発見していることが多い。従って, 将来の自然科学の研究では単なる観察のみでなく, 理論的面が強調され, しだいに高度な技術が要求される。^{*4} 科学的思考とともに, これら技術的面も評価の対象として考える必要がある。

§ 2 評価の内容

一般に評価にあたっては知識・能力・態度を評価の目標としている。理科の評価にあたって, これらの評価はどんな内容を示すかをやや具体的に述べる。

(2・1) 知識

知識の内容は先に述べたように単に科学に関係ある知識でなく, 科学的知識を評価すべきである。例えば従来しばしば理科の知識の問題として次のようなものが取り扱われている。

例 1. 次の図に示す器具の名まえを書け,

(図は省略)

答 ピペット, フラスコ, メスシリンダー, ビーカー

例 2. 次のA群に関係ある人物をB群から選び()内に番号で答えよ。

- | A 群 | B 群 |
|-------------|-------------|
| () 万有引力の法則 | 1. アインシュタイン |
| () 浮力の法則 | 2. ニュートン |
| () 木星の衛星 | 3. ガリレイ |
| () 相対性理論 | 4. アルキメデス |

このような問題は科学あるいは科学の研究に必要な知識の一部であっても, 科学的知識とはいえない。特に例2の問題は歴史上の科学に関係ある事項として, このような事実を知っていることは, ある意味で必要であるかも知れないが, 科学史的立場からは科学の研究方法として, 偉人たちがいかにして, かれらの法則を導きだしたか, その方法を研究する方がより有意義である。相対性理論とアインシュタインとの結びつきを知っていても科学的知識ではない。科学的知識としては, 相対性理論そのものを学ぶ必要がある。

この意味で, 単なる知識とその内容を含めた知識とを区別して一般には理解と称している。^{*5}

(2・2) 能力

能力とは科学的研究方法を身につけることである。この能力は, とかく理科の内容を理解する能力と考え勝ちであるが, これは学習の能力で全く別のものである。こゝでは自然科学の研究を遂行できる能力と考える。^{*6}

科学史によれば, ギリシャ時代の科学はかなりの進歩をみている。ローマ帝国はこの文化をそのまま受け継いでいる。しかしながらローマにおいてはそれ以上の科学の進展はみられなかった。^{*7} これはローマが科学の研究方法までは受け継がなかったからにほかならない。

文化を発展させるためには, 祖先から受け継いだ文化を伝承するだけでなく, 新しい文化を創造することのできる方法も伝達せねばならない。すなわち, 科学的思考力の育成が期待される。科学的思考法のある分野は実験・観察等の実践をとおして習得される。学校教育においては, 実験・観察を課してこれを重視しているのは, 科学的知識を自然をとおして学びとるためのみならず, 科学的研究方法を身につける目的

も含まれている。

評価に際しては、実践をとおして得られた思考法や技術も適切に実施して片寄った評価とならないよう注意せねばならない。

(2・3) 態 度

態度とは科学的態度で、科学的研究方法を習得したと同様の方法で物事を解決したり処理したりする態度であって、科学を学ぼうとする態度ではない。^{*8} 自然科学に関するものはもちろんであるが、自然科学に直接関係のない事象でも、自然科学の研究で得られると同じ方法で、論理的に考察し、実際場面に適用しようとする態度で、この中には公平、中正、厳格、寛容の態度等が含まれる。^{*9}

§ 3 評価の方法

(3・1) 客観テスト(筆記)の適用の限界

評価を公平に能率よく行うには客観テストが考えられる。科学的知識に関してはほとんど全分野を客観テストで評価することが可能であるが、能力や態度の評価を客観テストで行うことには限界がある。M. A. Burmester⁷ は科学的思考のうち、批判的思考(Critical thinking)は客観テストが可能であるとし、その能力を79個の諸要素に分類している。この大項目は次の8項目である。^{*10}

- (1) 問題を認識する能力
- (2) 問題を限定する能力
- (3) 問題解決に関係ある諸事実を認め、かつ収集する能力
- (4) 仮説を認識する能力
- (5) 仮説を検証するための実験を計画する能力
- (6) 実験を実施する能力
- (7) データーを理解する能力
- (8) 結論を新場面に適用する能力

これに基づいて、客観テスト問題を作成しようとしている。しかしながら、実験・観察等の実践をとおしてみられる諸能力や態度に関しては、単なる筆記テストのみでは不完全であり、他のできるだけ客観性をもたせた評価法を使用しなくてはいけない。

筆者等もかつて科学的思考力を客観的に評価

する問題を作成しようと試み、具体的問題のいくつかについてはその妥当性・信頼性を調査したことがある。その一部はかつて発表したのことで省略する。^{*11,*12}

(3・2) 筆記テスト以外の評価法

a レポートによる評価

観察や実験に際しては観察された事実や実験の結果等をレポートとして提出させ、これを分析して諸能力や態度を評価することができる。評価を行うべき観察や実験は、詳細な記述を行った実験書等に従って行う実験等でなくて、全く独力で実験・観察等を計画し、結論を導くものであることが望ましい。また、レポートには観察された事実だけでなく、実習中に得られた疑問点、実習後の感想等を記入させれば、客観テストでは困難とされている創造的思考力(Creative thinking)や科学的態度を見出すことができる。

レポートにより実験・観察に関する諸能力を評価する場合には他の要素が入らないように、実験・観察の直後に提出することが望ましい。評価以外の目的のレポートには夏期宿題等に見られるように、提出者自身の能力以外の参考書その他の引用が入っているので、諸能力の評価は困難となる。

b チェックリスト法

チェックリスト法は評価すべき項目のリストの作成法によってはかなりの信頼度をもっているが、教師が授業中に授業と並行して実施することは教師の負担が大きいのでかなり抵抗がある。その適切性は認めていても教室で実際に使用している教師は少ないようである。

c 面接法

面接法による評価はあらかじめ用意されたチェックリストに記入する場合と、適当な質問によって誘導されて得られた事柄によって総合的判断をくだす場合とが考えられる。評価にはかなりの時間を要するので信頼性は高くても少数の評価以外には採用できない。

筆者はかつて上皿天秤が小学校でどの程度使用できるかを調査したことがある。この検査に

はチェックリストを用意して面接法を採用した。この際に、天秤が現に使用できるか否かについては、チェックリストで不能の評価が出た者も、使用できる可能性の有無に関しては適当な質問の解答から判断して使用可能の評価を得ることができた。面接法によれば、このように表面に現われない潜在的能力を評価することが可能である。

d 問題場面による評価法

問題場面として科学的能力や態度を発揮できるような場面を与えるか 想定させる。これにより被験者の行動を観察するか、調査用紙に記入させて評価する。その具体例を示す。

例 3. 石灰石と塩酸を使って二酸化炭素を発生させ捕集していたところ、急に発生が悪くなった。悪くなった原因をどのようにして捜し出すか。

例 4. アルコールランプに火をつけようとしたところ、ランプが倒れてアルコールが床に流れ火がついた。このとき諸君ならばどうするか。

上の例は実際に起ったことではなく、ペーパーテストと実際の行動とは異なって測定され得る可能性はあるが、数年前、小学校教員養成課程の学生を対象に実施してみた結果では他の方法で評価した能力(態度の比較はしない)とかなりの相関(0.67)があるので評価は一応妥当とみることができる。

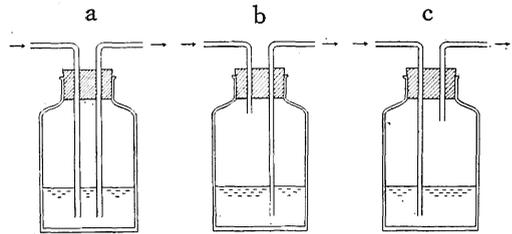
以上の外に観察や実験の行動をとおして行うテスト等が考えられるが、理科の評価を正しく行うには、理科の目標に合致するようあらゆる角度から評価する方法を考え、従来最も広く用いられてきた筆頭テストで評価できない分野も評価できるようにして、理科の評価を理科の目標のある側面だけ評価し、重要な分野を取り残さないように総合的に評価しなければならない。

(3・3) 評価内容の新奇性

能力を評価する問題はその結果(解答)が生徒にとって未知なものでなくてはならない。もしも結果のみを記入して解答する場合に生徒が

すでに知識としてこれを知っていれば、単なる知識のテストとして解答を求めていることになる。例をあげてこれを示す。

例 5. 石灰水を使って人の呼気に二酸化炭素が含まれていることを示すには次の器具のうちどれが適当か。



この問題は実際に器具を使用した者の中には記憶によって解答するものもあり、能力の問題とはならない。

例 6. 9時頃 天頂付近にみられる星は12時頃にはどこにみられるか。

1. 沈んでみえない
2. 真西の地平線付近
3. 南西の地平線付近
4. 北西の地平線
5. 北西の中天
6. 南東の中天

この問題も実際に経験した者は単なる記憶によって解答するが、経験者は極めて稀であるので科学的知識の上に立った能力のテストとみることができる。

能力に関するテスト問題は、特にその結果のみを解答させて、これにより評価することは非常に危険である。従って、論文体テストか、計算問題のような思考の過程も評価できるような形式が望まれるが、一般には採点が非能率的であるため採点基準を作って採点し、同時に客観性をもたせるようにする必要がある。テスト問題は終局の結果のみならず、その過程の一部も確認できるような形式にすることが望まれる。

§ 4 客観テストの弊害

客観テストの中でも真偽法、多肢選択法等のいわゆる○×式の試験問題は採点が非常に能率的でかつ出題も容易であるのでしばしば用いられる。最近のように生徒が試験を行う機会が多くなければ生徒の学習方法も試験に左右され、生徒は試験の解答さえ求めればこれで満足する

ようになる。このような立場から○×式の問題は生徒の思考を減退させている。例えば1気圧とは760mmHgであり水柱10mの圧力に等しいことを記憶し解答できても、そもそも気圧とは何であるかを理解していない生徒が多い。

最近の生徒は問題の解答を知ってこれを記憶することを急いで、それがどういう仕組みであり、どんな原理に基づいて求められるかを知ろうとしない。このような態度は教室の内外をとわず、あらゆる分野で見出され、教師を悩ませている。

○×式や選択式では、いずれか一つを無作為に選んでも正解が得られることがあるが、こゝに科学の厳密性を阻害する態度を養う結果となる。

その他の客観テストでも解答が簡単な熟語で得られるものは、記憶によってのみでも解答できることがあり、テスト内容の選定にも問題がある。

○×式、多肢選択式の問題はできる限りこれを記述式にする方が上記の弊害を少なくすると同時にテストの信頼性を高めることができる。また場合によっては、G. M. Dunning が行っているように誤答を減点する方法を採用するのも一つの試みである。^{*13}

III 観 察 力 の 評 価

§ 1 筆記テストによる観察力の評価

観察力の評価は筆記テストのみで行うことはほとんど不可能である。

観察力の評価の方法は観察しようとする事物、現象を一定時間観察させ、その間得られた観察結果を記録させる方法と、一定時間に観察を行った後に観察によって得られた知識をペーパーテストで評価する方法とが考えられる。後者の場合にはある程度の記憶力の介入は止むを得ない。

観察力のテストと称して次のような問題がある。

例 7. 日没のころ南の空に見える月はつぎのどれか。ア. 三日月 イ. 上弦の月 ウ. 満月 エ. 下弦の月

(解答として月の形を書いたものもある。)

この問題は前日の夕方、月を直接観察させた後評価するものとすれば、観察力のテストと考えられるかも知れないが、時日の経過するに従って記憶力のテストとなる。もし月の形が太陽、月、地球の位置関係で変わることをよく理解している者は全く記憶ではなくて科学的知識で解答することになる。このように観察力のテストは直接事象を観察しながら評価する方が適切であるといえる。

しかしながら、このようにして得られたレポートを分析することは非常に能率が悪いので、一般には観察力のテストを敬遠している。

§ 2 評価の内容

J. S. Mill によれば観察を能率よく行う方法として、次の5つの帰納的方法をあげている。^{*14}

1. 一致法
2. 差異法
3. 一致差異併用法
4. 共変法
5. 剰余法

評価すべき内容としても、ただ漠然と観察した結果を記入するだけでは何を観察するのか判然としない。類似点を見出すのか相異点を見出すのか変化を見とどけるのか、またどの部分について、どんな主旨で観察するのか目的をはっきり示す必要がある。

CHEMS 化学では、化学の授業の始めにろうそくの燃焼の状態を観察して、観察の方法を習得するようにしている。^{*15} この場合は変化を中心としてあらゆる現象を観察するようにしている。ある花の生態観察においては時には微視的に花の構造を観察し、またある時は巨視的に葉、茎等との関係をしらべたりする。観察の方法にも立場を変えれば様々な方法が考えられる。

多くの生物学の観察の授業では、生徒は観察によってみられる各部を丹念に写生している。教師はこの写生でもって観察力を評価することが多い。生態の観察とは写生ではない。必ずしも写生できなくても、存在を認めている場合も

あり、観察すべき対象が形態ばかりであるとも限らない。

観察の評価は観察の要点を明確にし、その点のみに限って評価するのが妥当である。

§ 3 観察力の進歩

観察力は特別な訓練を行わなくても成熟するに従って進歩するものである。学習指導要領によれば 第2図に示すように学年とともに進歩

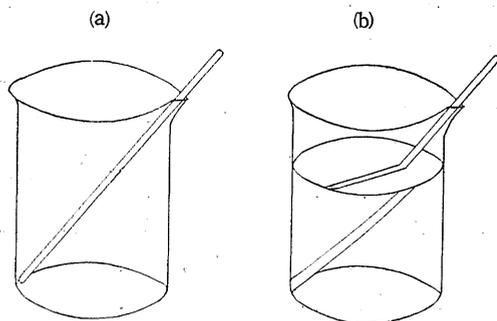
1	2	3	4	5	6	7	8	9

第2図 観察と記録の能力

している。^{*16} この進歩はいつまで続いているか。ここに ある調査を紹介する。

調査の対象は島根大学付属小学校4年35名、付属中学校2年43名、教育学部小学校教員養成課程の学生(3年)70名である。

調査の内容は第3図のごとくビーカーに箸を斜めに置き、水を約3分の2入れ、ビーカーの口が楕円に見えるような斜め上方よりこれを観察したとき、箸がどんな形に見えるかを描かせる。



第3図

調査の方法は次の三段階に分れる。

1. 想像 まず水を入れない箸と容器を示し、これに水を入れたときのように箸の形が見えるかを予想し、その形を記録紙に記入させる。(5~10分) 生徒の反応の状況により多少

時間を加減した。

2. 観察1 実際に水を入れ、箸の形の見えるままを、水の無いときと比較してその差を記録させる。(5~10分)

3. 観察2 お互に生徒同士を約5名位のグループごとに相談させ(5~10分) その結果を再び記録させる(3~5分)

結果の分析で観察の要点と思われるものは次のとおりである。

1. 水を入れる前と後とで水の外に出ている部分の箸の位置は変わらない。従ってビーカーの左下の部分に向かって一直線である。
2. 水に浸る部分は楕円形に見える水面の右寄りの中央である。
3. 水の表面の楕円形に見える部分で、水中に見える部分は上方に屈折している。
4. 3の部分は細く見える。
5. 3の部分の先端はさらに細くなり、上方に曲ってみえる。
6. ビーカーの周囲より見える部分は、水を入れないときの箸の位置よりも上方が下にさがり、傾きが大きくなっている。
7. 6の部分の太さが太くなっている。
8. 6の部分の下端はビーカーの左端になるに従って太くなっている。

上記の外に水面の界で表面張力による箸の複雑な形、ガラス面による反射、最下端の部分の複雑な形等を記した者があった。

調査の結果、正しく記録されていた者の人数と百分率は第1表のとおりである。

調査の結果からわかるように観察により記録される項目は中学から大学へと引続いて上昇している。項目1, 2を除けば想像による解答がほとんど未答であることは、この種の経験は始めてで記憶によって解答できないものであることを示している。

集団思考による効果は小学校ではみられないが中学、大学ではかなり効果を認め得る。

表には示されていないが、男女の差は認められない。

大学生の中には理科専攻の学生9名を含んでいるが、これらの学生と他の学生との差は認め

第 1 表

調査項目		1	2	3	4	5	6	7	8
小 学 生	想 像	人 (%) 3(9)	人 (%) 0(0)						
	観 察 1	14(40)	3(9)	11(31)	0(0)	0(0)	25(71)	7(20)	10(29)
	観 察 2	11(31)	1(0.3)	21(60)	1(0.3)	0(0)	25(71)	12(34)	7(20)
中 学 生	想 像	21(49)	17(40)	2(5)	0(0)	0(0)	9(21)	0(0)	0(0)
	観 察 1	34(78)	37(86)	39(91)	17(40)	15(35)	43(100)	9(21)	30(70)
	観 察 2	34(78)	39(91)	41(95)	28(65)	28(65)	41(95)	28(65)	37(86)
大 学 生	想 像	28(40)	49(56)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
	観 察 1	49(56)	55(79)	40(57)	34(49)	7(10)	51(73)	15(21)	22(31)
	観 察 2	49(56)	65(93)	60(86)	50(71)	41(59)	64(91)	54(77)	51(73)

ることができない。

この観察には特別な技術は必要ではない。この種の観察力は特別な訓練を行わなくても成熟につれて自然にある程度まで進歩する。しかし、僅かな観察の要点を示すことにより急激に観察力の進歩を認めることができる。すなわち、数名の上記の学生を抽出し、観察すべき要点(上記8点)を指示した後では全員確実にその形状を記録することができる。

高野恒雄氏によれば、観察力はかなり低学年であっても、適切な指導によって進歩できることを調査している。^{*17} この観察の要点の指導を早くから訓練する必要がある。

§ 4 観察技術の評価

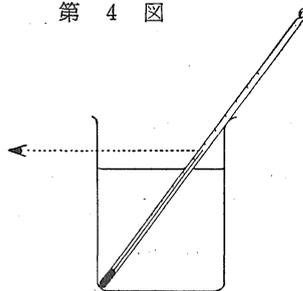
科学者も一般人も同じ感覚をもち同じ事象を眺めていても、把握の仕方に非常な差がある。これは一方が豊かな経験をもち、ある目的に沿って適格に観察できる能力を有しているに外ならぬ。この観察すべき目的に沿ってさらに能率よく詳細な観察をするために技術を要する。この技術は成熟度に応じて内容を選ぶ必要がある。

例えば、試験管中の非常に似た色の溶液の比較には、背景に白紙を置いて識別を容易にする。この操作が技術である。細部の観察には虫めがねや顕微鏡を使用するのも技術である。

これらの技術の評価には、その目的に即したある程度の客観テストの作成が可能である。しかしながら筆記テストと実際とが異なることがあるから注意を要する。温度計の目盛を読む際に目の高さにして目盛を読むことを正しく答えた生徒が水中に斜めに入れた温度計を第4図に示すように水平の位置から読んだり、ピーカーの底に球部をつけたまま水温を測ったりする。正しい技術の評価は筆記テストでなく、実際の作業をとおして行う必要がある。

もしも筆記テストでのみ評価する場合には何らかの方法でその理由を問うて評価の妥当性を高める必要がある。

第 4 図



IV 大学入試における理科評価の問題点

§ 1 入試科目の選択性

昭和38年以後高等学校の理科は4科目必修となっているが、大学入試においては4科目のうち1~2科目を選択して受験することになって

いる。多くの大学ではこの得点を他教科の得点と合計し、総得点でもって判定の資料としている。

試験問題の作成や採点に際しては科目間の均衡を保つための連絡はほとんど可能性はなく、仮に十分な連絡が行われたとしても、各大学で独自に作成する問題に関しては、入試の秘密性から、問題の平均値や分散をあらかじめ推定して、これをほぼ等しくしておくことは不可能である。従って、採点の結果、各科目の平均値や分散が異なるのは当然である。

大学によっては、採点時にある程度の調整を考えているようであるが、試験実施後にこのような補正を加えることは、他の危険性のある余地を与えることになる。従って、大部分の大学では得点の平均値や分散が科目間で異なっまま、その素点を絶対的の評価として取り扱っている。

理工科系等においては、入学後の専攻に合わせて受験科目を指定している場合がある。この科目で受験する者は同一の試験問題を課しているため不平等は生じない。しかし文科系の学生は選択性であるので不平等が生ずる。

理工科系入学者に関しては同様の不平等が社会科の選択性で生ずることになる。

この不平等はこれまでしばしば指摘されているが、理工科系選考者は社会科の評価を絶対的のもの信じ、また文科系選考者も理科の評価を絶対的のもの信じ、それぞれの専攻分野の得点にのみ注目していたので重要視されなかったようである。

教育学部小学校教員養成課程の入学者の選抜の場合にはこの差が大きく問題となる。従って総得点によって判断する場合にはかなりの融通性をもって当らねばならない。

§ 2 理科の4科目の平等性

そもそも理科の4科目は自然を対象とした学問である点では共通であるが、研究の対象の相異から自然発生的に分離したものであり研究方法も著しく異なっている。例えば、物理学は思考を中心とした法則の理解の面が多く、生物学

は観察を中心とした事象の把握の面が多い。従って、評価の内容も物理学では理論的展開が多く、生物学では事象の理解の面が多い。この故に物理学では解答にかなりの時間を要し、生物学では短時間で解答できる内容が多い。もちろん物理学といえども、事象の理解の面を評価する必要はあり、生物学も理論的面を評価する必要がある。

得点は出題者や採点者の意向によって異なるが、上述のように元来異なる要素もっているため得点の平均値の傾向が固定している。この上に各年度によって異なる要素が重なり、科目間の差は少くとも10点、多いときは30点以上にもなり得る。2科目選択の場合には50点以上の差になることもあり得る。

§ 3 1科目指定制

昭和41年度以後、文部省の指示により、大学の意向で複合教科の入試科目を指定してもよいよう指示が出た。この制度は昭和38年度から実施されている高校理科の4科目必修の制度の主旨と矛盾している。すなわち、理科4科目は3年間に必修になっているにもかかわらず、3年次においては受験科目のみに専念し、未修の科目を放棄する事態を生じている。これまでの選択性の場合には自分の得意科目で受験し易いように各科目の配列ができたがこれが不可能だからである。

われわれの学部では41年度入学生に生物を1科目指定としたが、この年度入学生を対象に調査した結果74名中の約1/3の53名が4科目を修了していないことが判明した。入試調査書には他科目で代用して4科目修了した事になっている。このように指定制度は高校のカリキュラムを破壊するものである。文部省もこの事態は予期していたようで、この指定科目の発表を始めは10月頃行うように指示し、高校のカリキュラムへの影響を少なくしようと考えていたようだが、実際には高校からの受験対策のための強い要望で、各大学は7月前後に受験科目を発表したようである。

この1科目指定制は戦前にも旧制高校、工専

大学等で行なわれた例はあるようだが、特殊な専門制のある大学・学部ならばともかく、一般の大学・学部で共通に課すことは有害である。

§ 4 科目間の得点を平等にする試み

筆者はかねてから、理科のみならず、社会科を含めた複合教科の得点が不均等であることに注目し、何等かの方法でこれを是正する方策を講ずることを主張してきた。この不平等の是正は採点に携わる者の等しく感ずるところであるが、これを簡単に補正することが技術的に困難であるため、このまま放置されている。しかし、現在の選択性の不平等からは、何等かの対策を講ずる必要がある。

(4・1) 出題の形式の統一

§ 2 で述べたように各科目の問題は評価の形式や内容が異なるので、得点の平均値や分散を一致させようと試みる前に、問題の形式を統一するとよい。例えば、記述式の問題、計算を要する問題、高度の思考を要する問題等の数を各科目共に共通とし、できれば反応の数も同じにすれば、共通した能力を平等に評価できる可能性がある。これを実現するためには各科目の出題者間に緊密な連絡を必要とする。

(4・2) 標準得点への換算

各科目の得点が標準分布をするものと仮定すれば、採点した得点を標準得点に換算して平等に取り扱うことができる。すなわち、平均値も分散も同じにして比較することになる。

この作業を行うには、各受験者の得点の和と平方和が必要である。和についてはこれまでも毎年必ず平均値を求めているため手数はかからないが、新しく平方和を求めるためにかなりの手数を必要とする。

判定資料は各教科の総点が見られるから他教科との比重を等しくするため、分散を他教科と等しくする必要がある。この基準に従って判定資料を作成し直せばよい。

これを実施するには、この資料作成にどの程度の作業量が必要であるかということである。

今春の入試に際して、この作業量を実際の作業をとおして求めたところ、電気計算機3台を用い、7名の係（実際の計算者は5名）が1日半を費す作業量であった。

入試は試験後発表までの期間をできる限り短くする必要があるので、この作業はもっと簡素化する必要がある。簡素化の方法として、(1)分散（標準偏差値）をあらかじめ定めておく。例えば過去数年間の平均値とする。(2)平方和を求める際に全受験生を用いないで、約100名程度の無作為抽出のサンプリングを行う。この方法で作業量は約 $\frac{1}{2}$ となる見込みである。

これらの方法も受験者の非常に少ない科目についてはなお問題点が残る。

将来試験事務処理に電子計算機（Computer）が使用されれば得点の換算はさらに簡単になるであろう。

V おわりに

理科においては実験・観察は必須のものである。中等学校では受験対策のため、実験観察を行わないところもあると聞く。これは実験・観察の技術やこの間に必要な思考力をテストする試験問題が出題されないからである。

理科は実験・観察等の実習を伴う学科であり、筆記テストでは評価が困難な分野を含んでいるから、音楽・体育・美術等と同じく実習により評価する部面を含んでいる。

評価の適切性は、入試に関するものだけではない。平素の学校教育における評価が妥当であれば、正常な理科教育が期待できる。

要 約

理科教育の使命は、単に科学知識を伝達するだけでなく、科学的研究方法を身につけ、新しい科学文化を創造することにある。また、この間に得られた方法は、広く自然科学以外の分野にも活用できる科学的態度の育成に役立つ。

この見地から、評価の目標である知識・能力・態度の内容を明確にした。この目標を適切に評価できる筆記テストの作成上の注意をいくつかのべ、筆記テストで評価できない面は実践を

とおして評価すべきであることを主張し、その方法の中の問題点を示した。

観察力の評価は単なる筆記テストでは不十分で、直接に事物の観察をとおして行う必要がある。この際には評価の目的に沿った観察の主眼を示す必要がある。観察技術の評価も実践をとおして行うことが好ましいが、筆記テストを行う場合に必要な注意点を述べた。

大学の入学試験は選択性のため、4科目が均等に評価されない点を指摘し、その原因と対策を考察した。

参 考 文 献

1. E. R. Downing "Teaching Scientific Method" *School Sci. and Math.* 1934. (p.400)
2. 石田美雄 「科学の方法と理科教育」島根大学論集(教育科学)第6号 1956. (p.1)
3. 井藤芳喜 「理科実験の使命」島根大学論集(教育科学)第14号 1965. (p.31)
4. S. Mason 科学の歴史 矢島祐利訳 下巻
5. 文部省 小学校学習指導要領理科編(試案) 1952. (p.16)
6. 文献5. (p.20)
7. 文献4. 上巻
8. 文献5. (p.21)
9. 文献3. (p.33)
10. M. A. Burmester "Behavior Involved in the Critical Aspects of Scientific Thinking" *Sci. Education* 1952. (p.259)
11. 中野栗夫, 井藤芳喜, 山田良一 科学的思考能力を評価する客観テスト問題の作成について 理科の教育 第55号 1957. 3月号 (p.46)
12. 中野栗夫 理科における科学的思考力の育成法 1958. (p.135-138)
13. G. M. Dunning ; "The Construction and Varidation of a Test to Measure Certain Aspects of Scientific Thinking in the Area of First Year College Physics" *Sci. Education.* 1949. (p.221-235)
14. 速水滉 論理学 1916. (p.283-309)
15. CHEMS Chemistry An Experimental Science, Laboratory Manual. (p.1)
16. 文部省 学習指導要領 理科編(試案) 1947. (p.6)
17. 高野恒雄 "ヨウ素と塩化アンモニウムの比較観察について" 茨城大学教育学部紀要 第7号 1958. (p.115)

Summary

The objective of science education is not only to disseminate information about science but to acquire ways of studying scientifically and to create new scientific culture. Also, the factors mentioned above help in developing scientific attitude which has been widely and actively put to practical use in other than natural science such as in the literary field. From this standpoint, the aim of evaluation such as the details of knowledge, ability and attitude were taken up and made clear.

I have mentioned some of the precautions to be taken when making up of written examinations in pertinently evaluating this aim. In some instances where it could not be applied to written examination, I have stressed that it should be evaluated through actual use (i.e., evaluation dy means of demonstration, observation and training) and indicated the main point on the way it should be carried out. In evaluating observation ability, it is insufficient to do so by written examination only but necessary to do it through direct observation of the object. At this time, it was stressed that the main point of observation in line with the object of evaluation and also evaluation of technical observation should be performed through actual practice. Precaution, when they are substituted by written examinations, have been mentioned. In the university and college entrance examinations in our country, science is an elective subject (out of the four courses; physics, chemistry, biology and earth science, only one or two courses are selected by the examinee) and equivalent evaluation of the four courses have not been made as yet. We have taken this up and have taken measures to meet with this situation.