

高校理科教育の質的改善の試み

－理科嫌いの生徒のための授業プログラム－

池田 幸夫 (山口大学教育学部)

Some Qualitative Improvements of the Science Education
in the Secondary Highschool
- Two Science Teaching Programs for the Students
who dislike to Learn Science -

YUKIO IKEDA

1993. 11. 19 受理

キーワード：理科嫌い，自然災害，自然環境，理科教育，ケプラーの法則

1. はじめに

最近，高校生の理科離れ現象が，理科教育に関する研究会の席上でしばしば話題に上るようになった。1994年度からスタートする新教育課程では，理科のすべての科目が選択制になったこと，さらに卒業のために必要な修得単位数が4単位まで削減されたことが，この傾向をさらに強めるのではないかという懸念が，理科教育関係者の間に広まっている。この危機意識は物理と地学分野で特に強い。日本物理学会では学会誌に小特集を組んで，高校生の物理離れの進行と，そのことが引き起こすであろう理科教育上の諸問題を論じて，この問題に対する関係者の意識の向上を促している(1)(2)(3)(4)(5)。

松村は，昭和30年度，40年度，50年度および60年度に中学校および高等学校を卒業した男女を対象にアンケート調査を実施して，在学中に「理科をつまらない」と思っていた生徒の割合の年代別変化を明らかにした(6)。彼女の論文のグラフから数値を読み取ると，昭和30年度に高校を卒業した高校生においては，「理科をつまらない」と思っていた人は約13%であるのに対して，40年度になると約25%にほぼ倍増し，50年度，60年度とさらに少しずつ増加している。昭和40年度から「理科嫌い」が急激に増加する傾向は中学校でも見られ，中等教育における生徒の理科嫌い現象は，理科教育にとって確かに深刻な問題である。

昭和30年代の後半から40年代にかけての時代は，理科教育現代化運動が盛んになり，系統学習を中心にしたレベルの高い学習が行われていたことや，高校進学率の急激な増加

がこれに深く関与していると推定される。しかし、原因はそれだけではなく、理科教育の本質に関わる重要な原因が存在することが考えられる。松村は理科嫌いの原因の1つとして、学校で学習する内容が彼らの日常的な生活体験とかけ離れているために、理科を学習する目的意識が薄いことを挙げている。そして、「生徒が生活や身の回りの自然現象と関係の深い理科学習をすれば、卒業後も社会で役に立つ力となり、理科嫌いは減少する」という仮説を立て、その立証を試みている(7)。

生徒が理科を嫌いになる原因はきわめて多様である。その中でも「理解できないこと」と、「学習の意義や目的が分からないこと」が、最も大きな原因であろう。この傾向は物理で最も強く、小学校教員養成課程の大学生に対して調べた西岡の研究によれば、「原理、公式が難しい」や「理解できない」など、理解困難を物理嫌いの理由として挙げた学生は77.8%に上っている(8)。物理に限らず、学習内容が理解できるか否かということは、生徒が理科を好きになるか否かを定める大きな要因であることは明らかである。

そこで、生徒の理科嫌いや理科離れをくい止めるためには、まず分かりやすく、学習目的が明確な授業をすることが必要である。そのための具体的方法として、実験観察を重視した授業への改善、生活実感のある教材の利用、知識偏重から思考力重視の理科教育への移行など、様々な提案がこれまでになされてきた。しかしながら、理科教育全体として見たとき、事態が改善される方向に向かっているという感触は全くない。最近、生徒自身が保持している固有の素朴概念に着目して、教師がこれを正しく理解することから授業を考え直してみるべきだ、という構成主義的学習論が注目されている(この文献としては(9)(10)などがある)。構成主義学習論の研究の成果によって、これまでの理科教育が大きく改善されることが期待される。また、新教育課程では、IBシリーズの科目の中に探求活動を組み込んだり、日常生活に関係の深い教材を中心に構成したIAシリーズの科目の新設などの改善が盛り込まれている。これらの改善の目的は、理科に興味をもちにくい生徒でも科学に興味と関心を持てるように、魅力ある理科教育を展開することである(11)。

私はこれまで、前任校(広島大学附属福山中・高等学校)で理科Iと選択地学を中心に授業を担当してきた。その中で、理科、特に地学への生徒の興味と関心を高め、地学履修者の増加を目標にして、教材開発や授業の改善を試みてきた。その中で、特に有効な取り組みは、「自然災害と自然環境を中心にした理科I地学分野の授業プログラム」と、「新科学哲学的な視点に立って構成したケプラーの法則の授業プログラム」である。その成果については、前者については文献(12)(13)、後者については(14)(15)で報告している。これら2つの研究は、目標や展開の仕方は異なっているが、いずれも理科嫌いや理科離れの問題を考察する上で興味ある手がかりを明らかにしている。この小論では、これまでの授業実践の成果を踏まえて、高校生の理科嫌いや理科離れ現象を解消するための課題と方策について議論を展開する。

2. 自然災害と自然環境を中心にした授業プログラム

自然災害や自然環境に関する問題は社会的関心がきわめて高く、私たちはマスコミを通してこれらに関する多くの情報を得ている。この1, 2年を例にとっても、雲仙普賢岳の火砕流、台風19号、奥尻島の地震と津波、鹿児島県の集中豪雨、夏の長雨と異常低温などはいずれも新聞のトップニュースを飾る大きな出来事であった。また、地球の温暖化、

オゾン層の破壊，酸性雨などは，ほとんど全ての高校生が知っている科学用語である。しかしながら，用語を知っていることと，科学的に正しく理解していることとは別の問題である。恩藤が指摘しているように(16)，マスコミは多くの場合，必要以上にセンセーショナルな報道をすることが多く，しばしば一般市民に対して誤解を与え，彼らの冷静で正しい科学的理解を妨げることがある。これが情報化社会の宿命だとすれば，高度情報化社会においては，理科教育の目的として，次のようなことが挙げられるであろう。すなわち，高度情報化社会を支える一般市民は，これらの情報を科学的に正しく理解する力量を身につけておかなければならない。与えられた情報を受け取るだけでなく，それを科学的に正しく理解できる能力の育成，これこそ現代の高校理科教育における重要な目標であろう。

しかしながら，高等学校における自然災害や自然環境に関する教育は，必ずしも十分なものではない。何故ならば，これらの現象の大部分は地学で扱うべき対象であるのに，高校における地学の履修率は，現在10%を割り込む状況にあり，自然災害や自然環境について学校で学習した経験を持つ高校生は，実際的にはきわめて少ないと考えられるからである。新教育課程に移行すれば，この傾向はさらに加速されるであろう。

私は以前から，この傾向に強い危機感を感じ，環境教育を推進するためには高校地学教育をもっと重要視すべきであることを主張してきた。そのためには，何よりも地学の内容を大幅に組み替えて，地学の必要性と教育的意義を生徒や社会に対して積極的にアピールできる授業を行うことが必要である。図1に示された授業プログラムは，理科I地学分野の内容と選択地学の内容を大幅に組み替えることによって，学ぶ側の生徒にとって魅力ある地学教育を目的に開発したものである。これは，数年間の実験的試行と修正を経て，授業時間数32時間として最終的にできあがった授業プログラムである(17)。

このプログラムには，次のような特徴がある。

①自然災害と自然環境を中心テーマにして，年間を通して授業にストーリー性をもたせ

章	主な内容
地震活動と地球内部構造	(1)地震計の原理 (2)地震波の種類 (3)震源と震央 (4)地震の分布 (5)震度とマグニチュード (6)地震によるビルの崩壊 (7)津波 (8)地震予知の方法とその現状
	(9)波の一般的性質 (10)走時曲線(その1) (11)走時曲線(その2) (12)地球内部の構造
気象と災害	(1)大気圏の構造 (2)対流圏 (3)成層圏
	(4)転向力 (5)大気の大循環 (6)日本の梅雨 (7)台風 (8)堤防決壊に対する応急対処法

(授業時間数は32)

図1. 授業プログラムの概要

る。

- ②視聴覚教材（特にビデオ教材）を多用する。
- ③実験観察は、生徒の理解を助けるのに特に必要なものを選んで行う。実験は主として定性的なものを行い、定量的な細かい考察には入らない。
- ④大学進学（特に大学入試センター試験）に対応できるような内容で構成する。例えば、走時曲線や転向力などの難解な概念でも、必要なものは詳しく扱う。
- ⑤日常生活に関連性のある教材を多く導入する。例えば、地震を扱う場合には、プレートテクトニクスに深入りするよりも、ビルの揺れ方や災害に重点を置く。

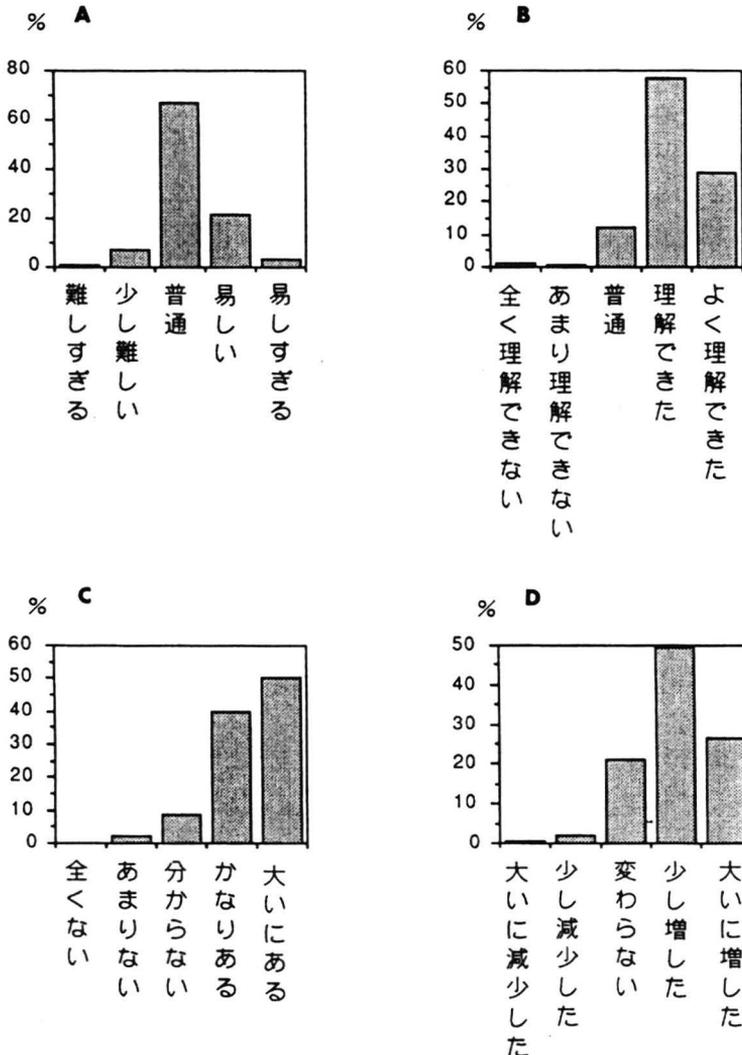


図2. 生徒による授業の評価.

A: 難易度, B: 理解度, C: 有用性, D: 興味・関心の変化

私は前任校（広島大学附属福山高等学校）で、1年生全クラスを対象にこのプログラムによる授業を実施し、1992年度の最後の授業時間に、これに対する生徒の意見をアンケート

ト調査によって調べた。アンケートは、各項目とも5段階のランクに分けて、該当するランクの数値を選ばせる方式をとった。被験者数は、4クラス174名（男子101名、女子73名）である。当校は1学年5クラスであるが、1クラスについては授業の進行の遅れのため調査を実施できなかった。調査結果の詳細な検討については、別報(18)を参照していただくことにして、ここでは要点を概観するに止める。

このプログラムに対する生徒の意識は図2に示されている。図2Aは、高校1年生のレベルとして学習内容が難しいかどうかを調べた結果である。図から明らかなように、70%近い生徒が「普通」と答えているので、適度なレベルの学習内容であったと判断してよいであろう。前にも述べたように、このプログラムの学習内容としては、地震波の走時曲線の解析や転向力の問題など、かなり難しい科学概念も含まれているにもかかわらず、生徒の拒否反応が少なかったことは、一連の授業の流れの中でこれらの概念の必要性や彼らの生活経験との関連性が、十分に理解されたためと考えられる。

学習内容の理解の程度に関する調査結果は、図2Bに示されている。ただし、ここでは客観テストによる評価ではなく、生徒自身が授業を聞いて感じた印象を中心に答えてもらったものである。図に示されているように、大多数の生徒が「理解できた」または「よく理解できた」と答えていることから、生徒の理解に関する目標は十分に達成されたと考えられる。

次に、学習内容の有益性に対する生徒の意見は、図2Cに示されている。それによると、大多数の生徒は、学習内容が何らかの形で自分の生活に役に立つと感じていることが分かった。理科の学習内容が日常の生活実感から大きくかけ離れていることが、生徒が理科を敬遠する1つの要因であることが指摘されている(19)が、今回のデータは生活実感に即した教材を利用することの有効性を改めて確認するものである。

また、地学に対する興味・関心の変化を、図2Dに示す。その結果によると、大多数の生徒が地学に興味と関心をもつようになったと解答している。このプログラムの目標の1つは、まず地学に対する生徒の興味と関心を高めることによって、地学履修者数を増やすことにあった。図2Dに示された結果は、多くの生徒が地学への興味や関心が増したと応えており、このプログラム目標は十分達成されたと考えられることができるであろう。

高校1年生で理科Iを学習した後、2年生から選択理科が始まる。広島大学附属福山高校の選択理科は、物理、化学、生物、および地学から2科目を自由に選択できるようになっている。各科目とも2単位で、生徒は2年次に理科を2科目、合計4単位を履修することになる。当校の選択システムは、

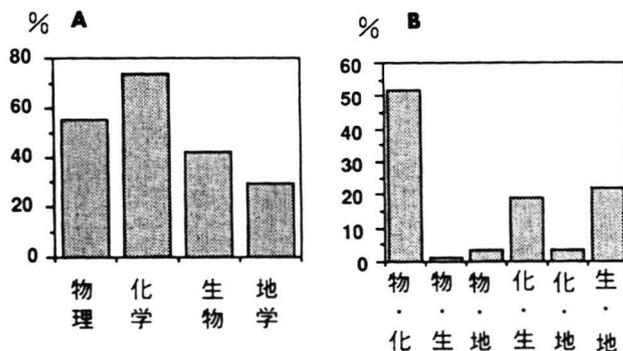


図3. 選択理科における科目別選択率

A: 科目別選択率,

B: 2科目の組み合わせ.

理系と文系による科目選択の区別が全くないので、生徒は自分の進路と興味・関心に従って、4科目の中から2科目を自由に選択することができる。

図3は、このプログラムによる授業を受けた生徒の科目別選択率を示す。最も多くの生徒が履修するのは化学で、約74%、地学は約30%で4科目中最低である。この履修率はあまり高いとは言えないかもしれないが、全国平均と比べれば、かなり高率である。次に、2科目の組み合わせでみると、物理・化学が約52%と圧倒的に多い。これは、当校では伝統的に理系の大学・学部への進学希望者が多いためである。

生徒が選択科目を選ぶときには、興味・関心以外に大学受験に必要なか否かということが大きく関わってくる。したがって、図3に示された結果は、地学に対する生徒の本当の興味・関心を反映したものではないであろう。そこで、大学受験を考慮する必要がないとすれば何を履修したいかを調べてみた。図4は、その結果である。それによると、履修したい科目として地学を挙げた生徒は64%にのぼり、4科目中最高である(図4A)。これは、このプログラムによる授業の成果1つとして評価できるであろう。

以上の結果から、次のことが指摘できるであろう。すなわち、日常生活に関連の深い教材(地学ならば、自然災害や自然環境など)を利用すれば、科学に対する興味・関心を高めることができ、生徒の理科嫌いや理科は慣れを解消する有効な方法の1つになるであろう。これは地学に限ったことではなく、学校で学習する知識が日常の生活経験と何らかの関わりをもつことが、学習意欲の向上に不可欠であることを示している。

次に2科目の組み合わせでみると、生物・地学が圧倒的に多くなる(図4B)。これは、数理的要素の強い物理や化学をできることなら避けたいという生徒のやや消極的な意識を反映したものではないかと考えられる。今1つ重要なことは、物理・地学の組み合わせを希望している生徒がかなり多いということである。しかし現実には、物理・地学を選ぶ生徒はきわめて少ない(図3B)。これは、現在の大学入試のシステムでは、理科系の学部の多くが物理と化学を科目指定していること、また大学入試センター試験では物理と地学が同一時間帯にセットにされていることのために、物理と地学を履修しにくい事情があるからである。将来改正される新しい大学入試センター試験では、この点について改善がなされる予定であるが、いずれにしても、高校理科教育のシステム全体を大きく改善しないかぎり、理科系の生徒が地学を履修することの困難は解消されないであろう。ただ、理科系の生徒が履修するかどうかという問題は、私自身にとってはあまり重要なことのように思われない。

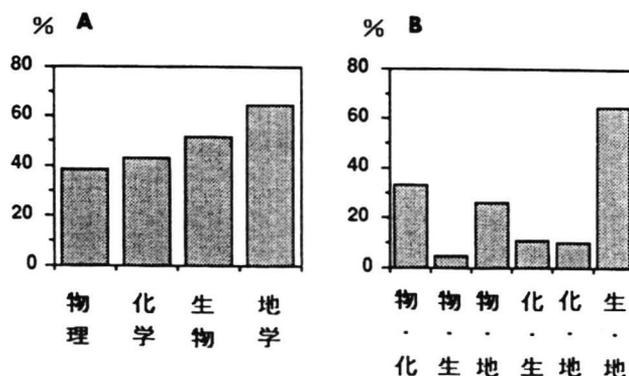


図4. 大学受験を考慮する必要がないと仮定したときの、選択希望科目
A: 科目別選択希望
B: 2科目の組み合わせ

新教育課程では、生徒の多様な興味・関心、つまり生徒のニーズに対応できるように、多様な科目を新設したところに特徴がある。しかしながら、実際には各学校のスタッフや施設などの制約条件があるために、化学を全員必修とし、理科系は物理、文化系は生物を指定する普通科高校が多く、新教育課程の理念の1つである生徒の立場に立った自由で幅広い選択制度という理想は、ほとんど実現できないのが実状である。したがって、新教育課程に移行すると、物理を履修する生徒の数は今よりさらに減少し、地学はほぼ消滅するのではないかという危機的状況に陥ることが予想されている。

物理・化学・生物・地学という4分野制をとる現行の教育課程が存続することを前提として考えれば、地学教育の衰退が環境教育にもたらす影響は重大である。前にも述べたように、環境問題において最も重要な問題は、地球の温暖化現象、成層圏オゾン層の破壊、酸性雨などがあり、それらに密接に関係する問題として資源エネルギー問題がある。これらは、高校生が環境に関して最も高い関心をもっている問題である(20)。これらの問題を正しく理解するために必要な基礎的知識は、いずれも地学に含まれている。したがって、もし高校における地学教育が今以上に衰退していくとすれば、21世紀の前半を支える大多数の若者は、社会的に最も重大な課題である環境問題について、科学的に正しい知識を与えられないまま卒業することになるであろう。現在の理科教育関係者が理科教育を語る際には、物理関係者は物理のことを、化学関係者は化学のことだけを問題にすることが多く、理科教育全体から大局的に問題を論ずることはあまりなかったように思う。つまり、理科教育界の内部にあるセクト主義のために、理科教育を通して私たちは、どのような科学的素養をもつ人間を育成するのか、という最も基本的な問題意識が不足しているように思われる。地学教育関係者においても事情は同じで、地学という狭いセクト的立場から脱皮した議論の展開はあまりなかった。「地学」という科目がこれからの高校生にとって必要な科目であるか否かという問題は、理科教育全体を視野に入れて再検討すべき時期にきていると思われる。この問題は、次回の教育課程の検討の際に、ぜひとも議論しなければならない重要課題となるであろう。

3. 新科学哲学に基づいた授業プログラム

生徒が理科を嫌いになる理由の1つに、数学的取扱いがある。数式による理論や法則の表現は、論理展開を簡潔で明瞭に示すのに有効な手段であるから、高校の理科、特に物理に数式が多く出てくるのは自明のことである。多くの生徒がこの数式を嫌がっているとすれば、これは理科教育にとって大きな問題である。

生徒が数式を嫌うのは、計算することの煩わしさよりも、数式で表現されている論理や科学的な意味が理解できないことよると思われる。したがって、数式を見るだけで嫌になるという生徒も少なくない。それでは、どのようにすれば数式で表現された理論や法則に対する生徒の拒否反応を取り去ることができるであろうか。

Richard DUSCHELは、アメリカの科学教育の問題点として、従来のカリキュラムが科学的知識を絶対的なもの、あるいは完成されたものとして教えているために、科学の権威主義的な見方を強く反映していることを挙げている(21)。日本の理科教育もほぼ同じ状況にあって、科学の権威主義になじめない多くの生徒達を生み出してきたように思われる。DUSCHELは、将来科学技術にほとんど関わりを持つことのない大多数の生徒にとっては、

科学的知識や技術そのものを学習するよりも、それらが生み出されてきた社会的、思想的、および哲学的背景を学習することの必要性を主張している。この主張は、私のこれまでの考え方とほぼ同じであり(22)、STS教育の主張とも重なるところがある(23)。

以上の議論から、次のような仮説を導くことができる

〔仮説〕 理科教育の中に表れる数式のもつ意義を、哲学的、思想的、あるいは歴史的な背景から明らかにすれば、理科嫌いの生徒の科学への興味と関心を高めることができる。

この仮説を検証するために、私はケプラーの法則について4時間の授業を行った。ケプラーの法則は数学的な表現や操作を含んだ、典型的な科学法則の一つであり、上記の仮説を検証する教材として最適である。授業の展開についての詳細な議論は拙著(24)(25)を参照して頂くことにして、ここではそのアウトラインを述べるに止める。

ケプラーの法則は、高校では物理と地学で扱われる重要な法則である。山本義隆は、ケプラーの法則こそ前近代的物理学から近代的物理学への分水嶺を画する歴史的な法則であることを示して、これに科学史的にきわめて重要な地位を与えている(26)。高校地学の教科書では、この法則は次のように表現されている(27)。

第一法則：惑星は太陽を一つの焦点とするだ円軌道を公転する。

第二法則：(面積速度一定の法則) 惑星は、太陽と惑星を結ぶ線分が、単位時間に一定面積を描くように運動する。

第三法則：(調和の法則) 惑星と太陽との平均距離の3乗と、惑星の公転周期の2乗との比は、どの惑星についても一定である。

従来の伝統的な指導法によれば、ケプラーが法則を導くときの思考過程は、典型的な帰納的思考であるとみなされてきた(28)(29)。したがって、授業ではケプラーがたどった過程を踏まえることによって、科学的思考力を育成できると考えられてきた。それでは、数学的扱いを多く含んでいるケプラーの法則を、新科学哲学という新しい視点から教材化した授業が、理科嫌いの生徒にどのような効果をもたらしたのか、という問題を検討しよう。

(1) 授業プログラムの概要

この研究ではケプラーの法則を学習するために、4時間の授業プログラムを開発した。プログラムの概要は、図5に示されている。1時間目から3時間目までの主な学習内容は、次の通りである。これらは従来から行われている方法とほぼ同じである。

- ①天動説と地動説との論争
- ②火星の観測データを与えて火星の公転軌道を作図する実習
- ③その公転軌道図を用いてケプラーの第一法則と第二法則を導く作業
- ④太陽系の惑星の公転周期と公転軌道の平均距離のデータから第三法則を導く作業
- ⑤若干の応用問題による演習

特徴は4時間目の授業にある。ケプラーは第三法則を「調和の法則」と呼んで、この法則こそ宇宙の幾何学的特徴を記述する最善にして最良の法則であると大いに満足したと言われている。なぜ彼が第三法則を「調和の法則」とみなしたのかという理由の中に、ケプラーの思考過程を解明する鍵がある。4時間目の授業ではここに焦点を当てる。

小川によれば、ケプラーの考え方は、ある幾何学的調和にはある数的調和が対応するというピタゴラスの思想と、神が創造した宇宙には何らかの幾何学的調和があるという信念に大きな影響を受けていた(30)。このような態度は、現代の科学者の態度と大きく異なっている。このことが現代科学の視点からケプラーを見ると、ケプラーの思考を正しく理解できない一因になっている。

小川は、ケプラーの研究ノートに残されているラムダ型数列図を取り上げて、ケプラーの思考様式について興味深い報告をしている(31)。ラムダ型数列図とは、図6に示されているような正三角形状に並んだ数の並びである。円を正三角形という調和のとれた形に積み上げたとき、1段目、2段目、3段目、・・・、と続く円の総数は、

$$N = \frac{1}{2} n (n + 1)$$

という数列で与えられる。この数列で表される数(1, 3, 6, 10, ...)をピタゴラスの三角数という。ピタゴラスは、その他に

授業	題 目	主な学習内容
1	天動説と地動説	アリストテレスの天動説 火星の順行と逆行 プトレマイオスの周転円 コペルニクスの地動説
2	火星軌道の作図	作図の実習 近日点距離と遠日点距離 離心率 大接近と小接近
3	ケプラーの3法則	第一法則 第二法則 第三法則
4	ケプラーの思考過程	ピタゴラスの三角数 ケプラーのラムダ型数列図 宇宙の調和音(テープ) ホーテの法則

図5. 授業プログラムの概要

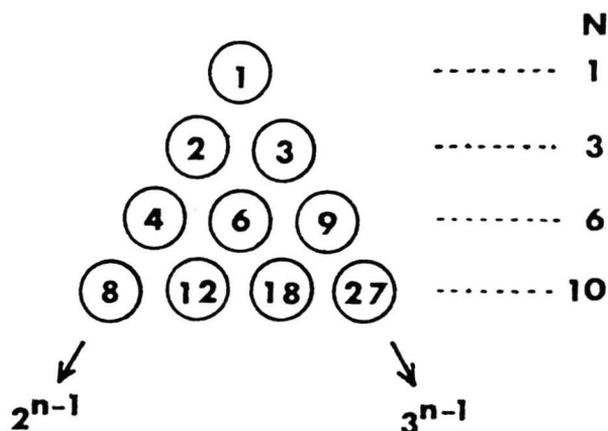


図6. ラムダ型数列図

「グノーモン」や「四角数」を取り上げて、調和のとれた図形にはある一定の数列が対応することを示し、すべての基礎に数があるという考え方を提唱した。彼の思想は、「点は位置をもつ1で、1は位置のない数である」という見方に美しい調和を認めたのである(32)。ケプラーは正三角形に積み上げられた円に、図6に示されたような数を入れると、隣合う2つの数の比はすべて2:3になることに注目した。このとき正三角形の一辺には 2^{n-1} 、他の一辺には 3^{n-1} の数が入ってくる。

第三法則を宇宙の調和を示した神聖な法則であるとケプラーが考えたのは、第三法則が示す公転周期の2乗と平均距離の3乗という指数の比が、ラムダ型数列図の2:3の比と一致したからである(33)。このように、ケプラーの思考過程は現代の科学の思考様式とは大きく異なっているのである。授業においてこのことを教えることは、ケプラーの法則という1つの法則が、ケプラーという一人の人間から離れて存在するのではなく、彼がもっている個性や社会的、思想的、あるいは歴史的背景に大きく影響されたことを示すことになる。これは、自然科学を客観的で没価値的な絶対的知識体系として教えるのではなく、芸術や文学と同じように一人の個性ある人間の「作品」として教えることになる。自然科学を文学や芸術と同じように「作品」として教えようという主張は、私が1985年の論文ですでに論じたことである(34)。

ケプラーが彼の3法則を発見した思考過程は、以上のように現代の私たちから見ると非科学的な思考が重要な役割を演じているのである。これまでの伝統的な理科教育では、科学のこのような側面に注目することはあまりなかった。数少ない例外の1つは、人間性を基調にした物理学のコースとして開発されたアメリカの「プロジェクト物理」である。このコースでは、宇宙の調和を追求するケプラーの思想がかなり詳しく教材化されている(35)。ケプラーが、このような思考の延長として惑星が奏でる宇宙の調和音を楽譜にして残していることは、有名である。この授業プログラムでは、ケプラーの思考過程を学習した最後の段階で、彼が作った惑星の音楽を鑑賞して授業を終了した。これは、音楽に堪能な生徒の協力を得て、ケプラーの楽譜をシンセサイザーで音に合成したものである。

(2) 結果と考察

では、この授業プログラムの実際の効果を検討し、前に設定した仮説を検証することにしよう。この授業による生徒の科学に対するイメージを、SD法を用いて調べた。SD法は、互いに反対の意味をもつ形容詞の対の間を何段階かのランクに分けて、生徒に各自のイメージに最も適合するランクを選ばせることによって、生徒集団のイメージを数量的に表現する方法である。この方法は理科教育の研究でしばしば用いられている。例えば、中山は、「科学」に対する高校生のイメージを規定する因子の分析にこの方法を用いている(36)。

本研究においては、中山の研究成果を参考して、12の調査項目を選んだ。その内、上位の6項目は、科学に対する興味・関心・理解に関するもの、下位の項目は、科学の性質に関するものである(図7)。

実験授業は、広島大学附属福山高等学校2年生、地学選択者に対して1993年2月から3月にかけて実施した。当校の地学選択者は2クラス、男子36名、女子44名、合計80名である。4回の授業全部に出席して回答した有効回答数は男子31名、女子39名、合

計70名であった。

今回授業を行った広島大学附属福山高校の地学選択者は、理科は嫌いだが地学は好きだという生徒が多い集団である。これは当校の選択システムが理系と文系に関係なく、自由に科目選択ができるようになっていて、そのシステムがほぼ理想的に機能しているためであろう。しかし、全体的には理科嫌いの生徒が大多数を占める集団である(37)。

この研究では、「科学理論」や「科学法則」に対して生徒が抱いているイメージが、授業の前後でどのように変化するか調べた。授業前は一般的に科学理論や法則に対して生徒がもっているイメージ、授業後はケプラーの法則に対するイメージを答えたことになっ

ているとみなして良いであろう。イメージの変化は、図7の矢印で示されている。図から、次のような結論を導くことができよう。

- ①理解・興味・関心は、明らかによい方向に大きく変化している。
- ②この授業によって、強い感動を覚えている。
- ③科学に対するイメージは、客観的で物質的なイメージから、主観的で人間的なイメージに変化した(38)。しかし、理論や法則を偉大に思うイメージはほとんど変わらない。

以上の結果から、科学を相対化して、芸術や文学などと同じようにある科学者の作品として教える授業は、理科嫌いの生徒に大きなインパクトを与え、科学に対する彼らの興味と関心を高めるために有効であることが分かった。すなわち、前に設定した仮説は支持されたと理解できよう。

次に、男女別に分けて12項目のイメージパターンの変化を調べてみよう。図8は授業前のイメージパターンである。図から明らかなように、理解・興味・関心に関する項目((1)~(6))では男女間の違いが大きい、科学の性質に関する項目((7)~(12))については男女間の相違がほとんどない。理科教育では従来から、理解・興味・関心に関する男女間の違いが大きいことが指摘されているが、図8はそれをはっきりと示している。

図9は授業後のイメージパターンである。図8と9を比較して、次のような重要な結果が得られる。

- ①理解・興味・関心に関して、授業前にあった男女間の大きな相違は、授業後ケプラーの法則に対して明らかに減少している。
- ②科学の性質に関するイメージについては、授業の前後とも男女間の相違はほとんどな

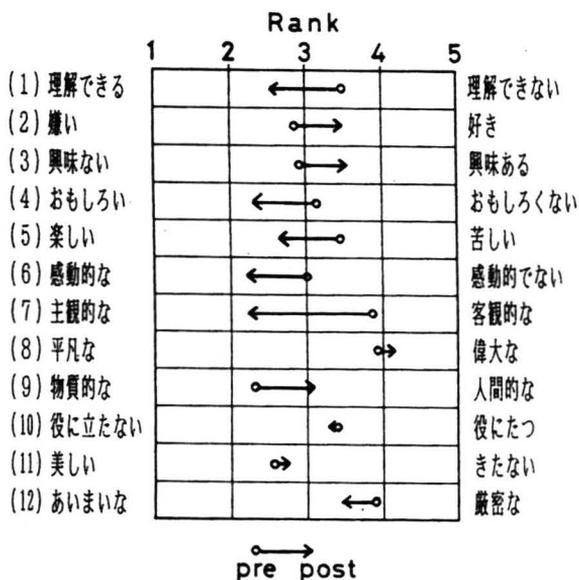


図7. 授業の前後における生徒のイメージの変化

い。

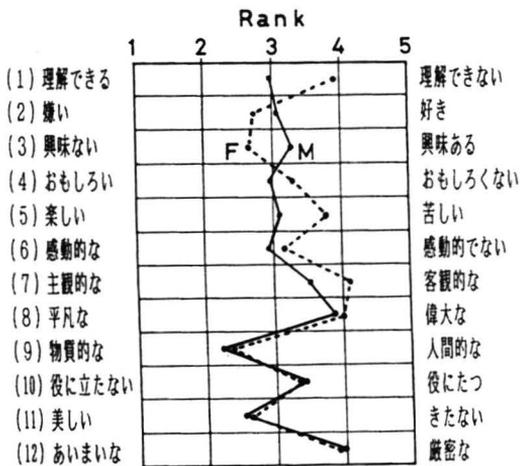


図 8. 授業前におけるイメージパターン。
M: 男子, F: 女子



図 9. 授業後におけるイメージパターン。

この内、①の結果は理科教育上きわめて重要である。それは、理科教育では数学的扱いの多い分野で、理解や興味・関心において男女間に大きな差があることが指摘されてきたが、新科学哲学的視点から構成した授業によって、この差が解消できる可能性が示されたからである。ただし、今回の調査は広島大学附属福山高校だけで行われたものであり、結果を直ちに全ての高校生に一般化することはできない。したがって、同様の調査を他の高校についても行い、この結論の一般性を早急に検証しなければならないであろう。これは、今後の研究課題である。

4. まとめ

性質の異なる2つの授業プログラムの実践を通して、高校生の理科嫌い・理科離れ現象を解消するための方法を提案した。1つは、学習内容が生徒の生活実感に合致し、役に立つものであることを示す授業である。他の1つは、科学の絶対性や没価値性を重視した科学権威主義的な授業から脱して、科学を相対化して、芸術や文学と同じように理論や法則を鑑賞するような教え方をするプログラムである。

2つの方法は、いずれも科学に対する生徒の興味・関心高め、理解を深めるために有効な方法であることが明らかになった。特に、科学を相対化した授業は、理科教育における男女間の相違を解消する可能性を示すものとして、理科教育上きわめて重要な意義をもつことが明らかになった。

《謝辞》この研究を行うにあたり、山口大学教育学部の橘高嘉弘教授には、文献の紹介など、多くの有益なご助言を賜りました。厚くお礼申し上げます。ケプラーが書いた楽譜か

ら惑星の調和音をシンセサイザーで合成したのは、当時、広島大学附属福山高等学校2年生であった岡辺健君と石岡裕司君である。このテープは、授業の効果を高めるために大いに役に立ったことを明記して、両君に心から感謝の意を表します。

《文献および注》

- (1)小沼通二；「物理教育の重要性」，日本物理学会誌、47巻，1号（巻頭言），1992・
- (2)高野文彦；「高校の物理教育と大学入試」，日本物理学会誌，46巻、5号，396-400，1991.
- (3)滝川洋二，金城啓一；「高校物理教育の現状－大学入試の影響」，日本物理学会誌、46巻，5号，400-402，1991.
- (4)平田邦男；「高等学校学習指導要領（物理）の変遷」，日本物理学会誌、46巻，6号，487-489，1991.
- (5)佐々木恵伊；「物理も教養なのでは」，日本物理学会誌，46巻，6号。489-491，1991.
- (6)松村佳子；「学校における理科学習と成人後の生活意識との関わり」，日本理科教育学会研究紀要，32巻，1号，59-65，1991.
- (7)前掲書(6).
- (8)西岡正泰；「日常生活に結びつく理科学習の意義」，理科の教育、34巻，1985.
- (9)OSBORNE, R. and FREYBERG, P. ；「子供達はいかに科学理論を構成するか－理科の学習論－，森本信也・堀哲夫共訳，東洋館出版社，1988.
- (10)森本信也；「子どもの論理と科学の論理を結ぶ理科学習の条件」，東洋館出版社、1993.
- (11)高橋景一・山極隆・江田稔；「改訂 高等学校学習指導要領の展開－理科編－」，明治図書，1990.
- (12)池田幸夫；「自然災害と自然環境を中心にした地学教育の試み－理科Ⅰ地学分野－」，地学教育，46巻，6号，67-74，1993.
- (13)池田幸夫；「高等学校地学教育の質的改善についての提案」，理科の教育、42巻，9号、35-37，1993.
- (14)池田幸夫；「新科学哲学に基づいた理科教育教材の実践的研究－ケプラーの法則－」日本科学教育学会第17回年会論文集，1993.
- (15)池田幸夫；「新科学哲学に基づいた科学教育プログラムの実践的研究」，科学教育投稿中.
- (16)恩藤知典；「環境教育の基礎としての地学」，理科の教育，42巻，9号，8-11，1993.
- (17)前掲書(12).
- (18)池田幸夫；「高等学校における自然災害と自然環境をテーマにした授業プログラムの評価」，準備中.
- (19)前掲書(6).
- (20)山王憲雄；「高等学校における環境教育のあり方－化学ⅠAでの環境化学教育－」化学と教育、41巻，12号，1993.
- (21)DUSCHEL, R. ；"Abandoning the Scientific Legacy of Science Education, Science Education, vol.72, no.1, 51-62, 1988.

- (22)池田幸夫；「現代理科教育の問題点」，吉田博直先生退官記念論文集，217-221，1985.
- (23)小川正賢；「序説S T S教育－市民のための化学技術教育とは」，東洋館出版社，1993.
- (24)前掲書(14).
- (25)前掲書(15).
- (26)山本義隆；「重力と力学的世界－古典としての古典力学－」，現代数学社，1981.
- (27)小島丈児編著；「高等学校地学」，第一学習社，1988.
- (28)武谷三男；「弁証法の諸問題」，草書房，1970.
- (29)竹内均；「物理学の歴史」，出光書店，1973.
- (30)小川劭；「理性で聴く惑星の音楽，渡辺正雄編著「ケプラーと世界の調和」，共立出版，1991.
- (31)前掲書(30).
- (32)小杉肇；「数学選書－数学史（幾何と空間）」，槇書店、1973.
- (33)前掲書(30).
- (34)前掲書(22).
- (35)Rutherford, F. J. ,Holton, G. and Watson, F. G. ; "Project Physics, Holt, Rinehart and Winston, 1975。
- (36)中山迅；「高校1年生の「科学」に対するイメージの分析」，広島大学附属福山中・高等学校研究紀要，26巻，61-68.
- (37)前掲書(15).
- (38)「物質的な」の反対語としては「人間的な」は適切ではないことに後で気がついたが，調査はこの語を用いたので，ここではそのまま採用した。