

初等教育における理科教育 (第2報)

諸外国の教科書から見た第4学年までにおける教材

藤川千枝・藤井富美子

The Teaching of Science at Primary Schools (2)

Comparative Considerations of Textbooks from the First Year's
to the Fourth Year's in Four Advanced Countries

Chie FUJIKAWA and Fumiko FUJII

はじめに

昭和60年9月に発足した教育課程審議会で、小学校低学年における理科と社会科の合科が検討され、昭和61年7月、同審議会は、小学校第1学年と第2学年の理科と社会科を廃止し、道徳の内容などを加えた「生活科」を創設することを提唱している。新しい学習指導要領は昭和67年以降に実施されるが、この改定に伴い、従来の週授業時間数は理科2時間、社会科2時間の合計4時間であったものが、3時間に縮小されることになる。したがって、社会科と同様に、理科においても教育内容の精選が必要となってくる。

前報¹⁾では、現行の学習指導要領が取り上げている「ゆとり教育」の実施後の日本の理科教育の現状と欧米の理科教育について、教科書を中心に第1学年の教育内容の比較検討を行なうことによって、わが国の低学年理科を浮き彫りにしようとした。ひき続いて今回は更に学年をすすめ、アメリカ、イギリス及び西ドイツとわが国の4か国のすべての国民が共通に教育を受ける第4学年までの教科書を比較し、基礎教育としての理科のあり方を模索し、その内容を検討した。

教育の普及状況

次ページの図1に、4か国の教育制度を模式的に示す。この図は、初等・中等(一般)教育の入学年齢と修業期間及び義務教育修業期間を示したものである。本図はユネスコの「文化統計年鑑・1984」²⁾を参考にして作成した。なお、一部は他資料³⁾に基づき構成した。アメリカの場合は州によって異なり、6-3-3制と8-4制を採用しているところがある。また義務教育修業期間も州によって6-12年間と異なるが、9年間とする州が多い。イギリスの場合は、日本式に言えば中高一貫教育であるが、義務教育修了後の進学には試験を必要とする。西ドイツでは初等教育終了後、主に、就職もしくは職業学校への就学につながるハウプトシューレ(10-14歳)、専門学校もしくはギムナジウム上級入学資格が得られる実科学校(10-15歳)、大学入学資格が得られるギムナジウム(10-18歳)に分けられる。しかし、最初の2年間(10,11歳)は観察指導段階で、他の学校に移ることもできる。義務教育終了後全日制学校へ進学しない勤労青少年に対しては、週1-2日、3年間の昼間定時制職業教育が課せられている³⁾。

図2-1に、4か国の各教育段階における在学率^{2,3)}

を示す。算定方法は、在学者数を該当年齢人口で割ったものである。西ドイツの義務教育終了後中等教育在学率のデータが得られなかったが、義務教育終了後中等教育進学率(56.9%)³⁾と、一般教育と職業教育の在学者数²⁾及び中等(一般)教育の学年別在学者分布率²⁾から算出した値(30.2%)の間であると考えられる。高等教育の該当年齢は、日本は18~21歳(4年)、アメリカは18~24歳(7年)、イギリスは18~20歳(3年)、西ドイツは19~22歳(4年)と、アメリカのみ

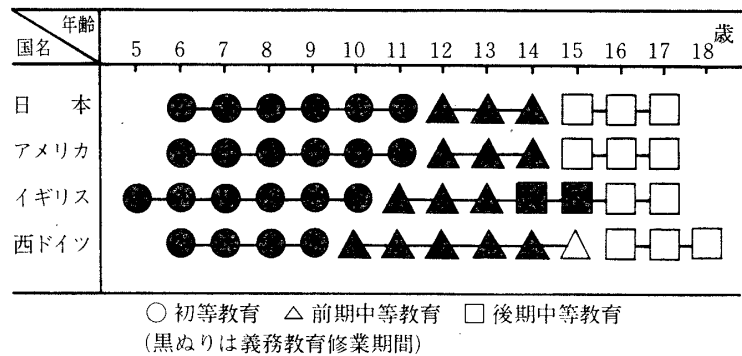


図1 4か国の教育制度

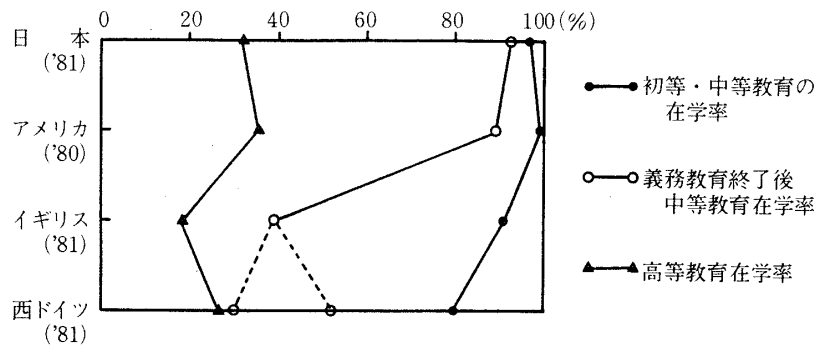


図2-1 各教育段階における在学率

大学院まで含めて計算してあるので、大学及び短期大学レベルのみの在学率は、もう少し高いはずである。この図から、日本とアメリカの中等教育は準義務教育化しているといえる。また、イギリスと西ドイツでは義務教育終了後中等教育の在学率が低い割に、高等教育在学率がそれほど低くないのは、義務教育終了後の中等教育が高等教育を目指すためのものであることと関連していると思われる。イギリスや西ドイツでは、義務教育終了時点において将来計画をたて中等教育を選択するため、日本とは進路の選び方の違いが出ているものと思われる。また、高等教育の大学卒業者に対する大学院修了者の割合を計算すると²⁾、日本では4.6%、アメリカでは43.0%、イギリスでは26.5%、西ドイツでは11.1%となり、特にアメリカで専門教育が発達しているといえよう。

図2-2に、各国における進路別生徒の割合を示す。教育制度がやや異なっているため、日本については高等学校学科別生徒数⁴⁾、イギリスについては公営中等学校種類別生徒数(私営中等学校の生徒数は公営中等学校の生徒数の8%に満たない)⁵⁾、西ドイツについては中等学校種類別生徒数(但し、前述のように学校により修業期間が異なるので、生徒の年齢層は異なる。なお、総合制学校の修業期間は10~15歳である)⁵⁾を示す。

図2-3は、4か国の高等教育専攻分野別卒業者数の割合を表わしたものである。文科系には人文科学・社会科学・芸術を、理科系には理学・工学・農学を含めた。各国とも、上段には大学及び短期大学レベルを、下段には大学院レベルを示した。日本の場合、大学及び短期大学レベルでは文科系が約5割を占めているが、大学院になると、理科系が5割以上を占め、理科系がより専門化していることが伺える。一方最先端科学を生み出すアメリカで、理科系の割合が少なく、文科系の専門教育を受ける者が多いのは意外であるが、国民性の違いから弁護士や裁判官等への進路が選ばれているためと考えられる。西ドイツの場合、医・歯・薬・保健分野

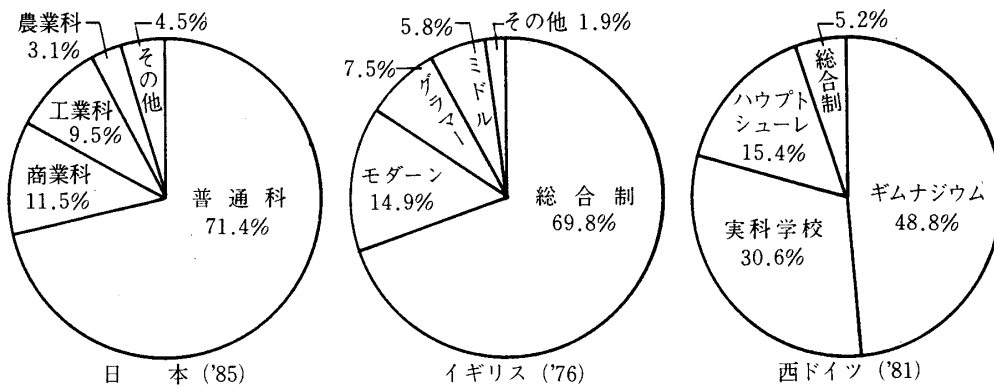


図2-2 進路別生徒数の割合

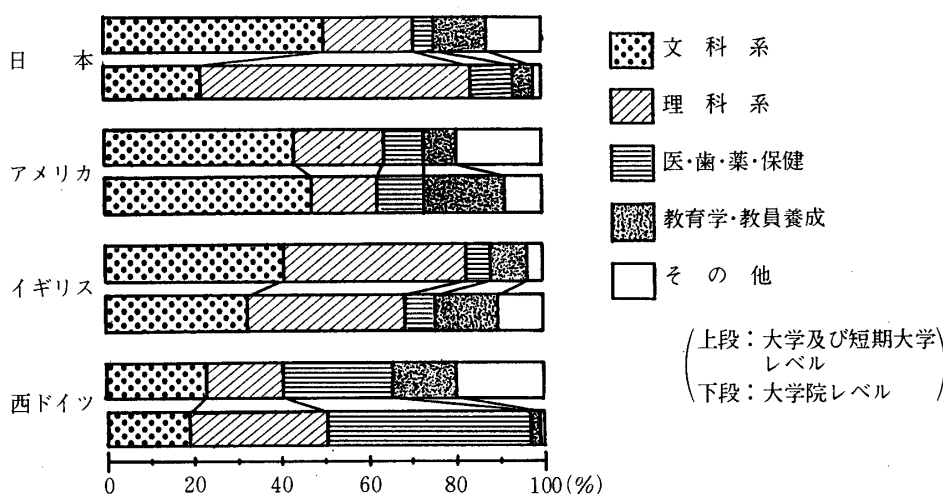


図2-3 高等教育専攻分野別卒業生数の割合

の卒業者が多いのは、その約8割は短期大学レベル卒業の看護婦のようである。

教科書から見た理科教育

1. 教科書の構成

教科書の構成そのものに目を向ける前に、学年別総授業時間数に占める理科授業時間数の割合を図3-1に示す。日本⁹⁾を除く3か国では国で統一されていないので、資料（アメリカ⁷⁾、イギリス⁸⁾、西ドイツ⁹⁾）により平均的なものを取り上げた。また西ドイツの場合は、第1～4学年は社会科との合科であるので、今回の調査に用いた教科書の内容から理科的分野を取り出して算出した。なお、第5、6学年に関してはハウプトシューレのものを採用した。この図から、低学年よりも高学年、すなわち第4学年までは理科に要する授業割合が増えていることがわかる。また、日本では理科授業に多くの時間が使われていることもわかる。

調査に用いた教科書は、前報¹⁾と同じものである。

日本——改訂たのしい理科，大日本図書株式会社（1983～1985）

アメリカ——CONCEPT IN SCIENCE, Harcourt Brace Jovanovich, Inc.（1980～）

イギリス——SCIENCEWISE, Thomas Nelson（1980～）

西ドイツ——Sachunterricht auf der Grundstufe, Hermann Schroedel-Verlag KG（1973～）

これらの教科書の、学年別教科書総ページ数、学年別単元数、学年別1単元当たりのページ数をまとめて図3-2に示す。西ドイツについては、理科的内容部分に限って示した。なお、教科書の大きさは、日本では第1、2学年はB5判、第3、4学年はA5判（但し、第4学年は上巻、下巻の2分冊である）、アメリカと西ドイツではB5変形判、イギリスではA4変形判のサイズである。

日本とアメリカの教科書はよく似た傾向を示し、学年が上がるごとに総ページ数が増え、単元数は減少している。したがって1単元当たりのページ数が増加するわけであるが、児童の成長に合わせ、継続して展開しても充分に児童の興味が持続するからである。また、図

からは読み取れないが、西ドイツでは1ページ当たりの文字量が増え、1ページの中に内容の濃いものが示されている。また、日本の教科書は、1年間に同じ教材が何度も出てくる。例えば、第1学年にはアサガオを扱う単元が5つ、第2学年にはヒマワリを扱う単元が4つ、第3学年では「きせつと生きもののようなす」という単元が[1]～[5]まであり、第4学年には「いもの育ちかた」という単元が[1]～[3]まである。これは、他の3か国とは大きく異なるところである。

図4に、4か国の各学年の教科書の教育内容分野別割合を示す。この図は、ひとつの単元が扱っている内容別に作成した。したがって、ひとつの単元の中に2つ以上の内容を扱っている場合は、最も多くのページ数を占めている内容で決めた。イギリスの「科学的物の見方・考え方」の内容を除くと、日本、アメリカ及び西ドイツでは「生物」の内容が多い。アメリカや西ドイツには、明らかに全部が「環境」に当たる単元があり、特にアメリカでは各学年で必ず取り上げられている。また全学年を通じて「地学」の内容をみると、日本（第4学年の一部を除く）、イギリス及び西ドイツが大気や地表の変化を主な内容としているのに対して、アメリカ（第4学年を除く）ではほとんど天体についての内容である。日本で天体を扱う場合には星や月の動きで取り上げ、地動説の概念が教科書に記載されるのは中学校からであるが、アメリカ

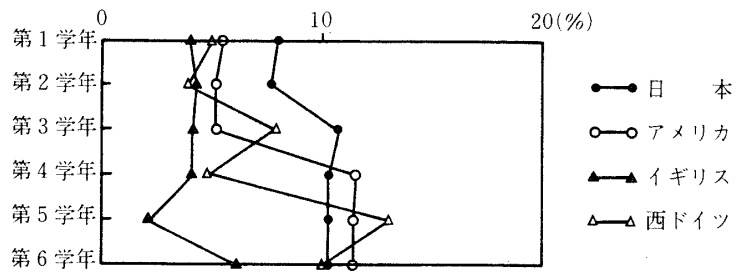
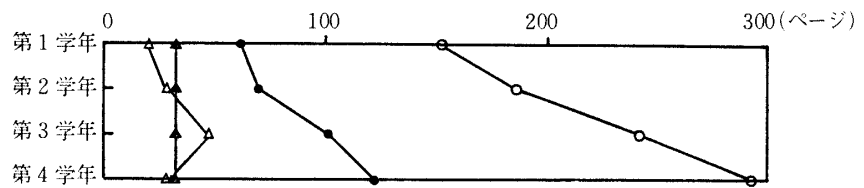
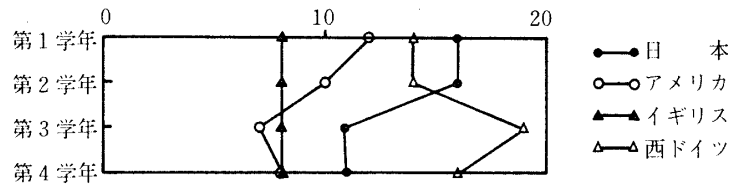


図3-1 学年別総授業時間数に占める理科授業時間数の割合



学年別教科書総ページ数



学年別単元数

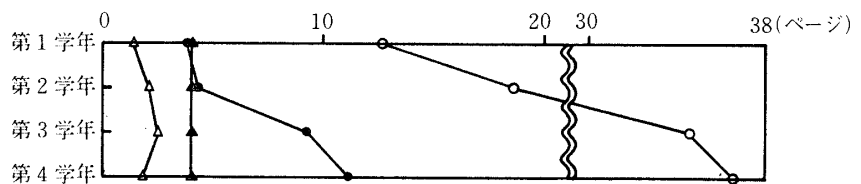


図3-2 学年別1単元当たりのページ数

では第2学年から地動説で取り扱っており、太陽系の惑星の特徴についても記述されている。アポロ計画やスペース・シャトルなど、宇宙開発の盛んな国の特徴といえよう。西ドイツの教科書では「理科工作」を別の内容として取り扱った。他の3か国では制作したものが「物理・化学」の内容として展開されているが、西ドイツでは工作に留まっていたためである。また、「道具」という内容では、さまざまな道具・器具の各部分の名称や機能を取り扱っている。

次ページの図5に、各学年にみられる実習材料を目的別に分け、それぞれに該当する教材の割合を示した。日本の教科書の特徴は「観察」「飼育・栽培」が多いことである。「飼育・栽培」が長期にわたって行なわれるため「観察」が多くなっている。アメリカの教科書では「比較実験」と「モデル学習」の多さに目をひかれる。「モデル学習」は主に天体の学習で多く見られた。イギリスの教科書で「その他」に入れたものは「科学的物の見方・考え方」の学習に関するもので、この学習が多いため「その他」の占める割合が目立つ。西ドイツの教科書でも「観察」が多いが、日本のようにひとつの教材を長期間観察させるのではなく、いろいろなものを観察させている点が違う。

日本の小学校で使用されている文部省検定済みの理科の教科書は、現在6社から出版されており、大日本図書株式会社は市場占有率31.7%（1983年）の最大手である¹⁰⁾。南北に延びる日本の地形を考え、広範囲にわたって採択されるための工夫からか、生物教材として取り上げる動・植物の種類数が多くなっている。例えば、第2学年の「水の中の生きものをさがそう」という單元には16種の生物が、同学年の「たねをとろう」という單元には、野山で見られるものとして13種もの植物が、さし絵や写真入りで掲載されている。児童に、これら全てを覚えなければならないという重圧を感じさせると考えられる。

アメリカの教科書は、日本の現行の学習指導要領の構成（生物とその環境、物質とエネルギー、地球と宇宙）とよく似ており、就学前教育から第6学年までの7年間に系統だった指導がなされるようになってきている¹¹⁾。第4学年の冒頭に、「研究する（research）ということは、実験室で新しい発見をすることだけでなく、図書館などで既に知られていることを調べることをも意味する」と述べ、研究（search）を、「児童が研究方法を学ぶ：Apparentice Investigation」と、「児童自らが研究方法を計画する：Search on Your Own」とに分けられている。後者には、

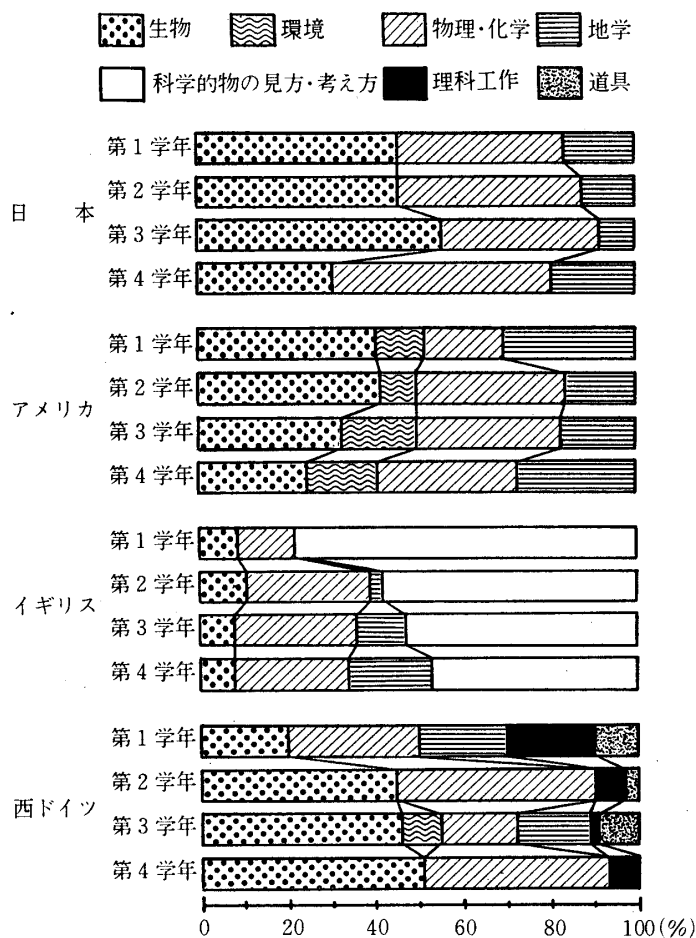


図4 教育内容分野別割合

街頭や図書館などでの調査活動も含んでいる。また、単元の終わりに、その単元の内容に関する科学読物が2冊ほど、簡単な内容と共に紹介されていたり、内容に関わる研究に従事している科学者が紹介されているのは、他の3か国の教科書にはみられない特徴である。

イギリスの教科書は、標題「SCIENCEWISE」に象徴されるように、科学的物の見方・考え方を培う内容が大半を占めている。第1学年で特に多く見られ、高学年になるにしたがい、その占める割合は減少している。第4学年の最後の単元「Are you getting sciencewise?」では、物をよく観察するという学習が、2枚の絵の間違い探しという形式で行なわれている。

西ドイツの教科書は、社会科、道徳及び保健との総合的教科書となっている。ほとんどの単元が見開きで一単元という構成となっている。写真や絵はページの上部にあり、それから課題に対する話題を引き出す構成となっている。課題はページの最下部に書いてあり、まず児童自らが考えるということを重視している。説明や図は、黒板に描いてあるそのままが写真となって載せられているものもある。この手法は他の3か国の教科書にはみられなく、児童が親しみを感じるような配慮といえよう。連邦制度により州ごとに独立しているため、教科書の内容は地域に密着した事項が取り扱われており、特に社会科では顕著であるが、生物教材にしても地域でよく見かけるものを取り上げて学習を進めることができ、教科書を十分に活用できる点においては、日本よりもすぐれている。

2. 教材の取り扱い方

4か国に共通の教育内容として、まず「昆虫」を例とし、その取り上げ方の違いをみることにする。日本の教科書では、第1学年でテントウムシの飼育をし、第2学年で水生昆虫（6種）や昆虫を捜したり、また、鳴く虫（6種）を飼育したりする。第3学年では四季を通じて昆虫（12種）の活動のようすを観察させ、第4学年でモンシロチョウを飼育させる。この飼育の過程で、昆虫の変態、体の構造を学ばせている。アメリカの教科書では、第2学年で昆虫を1日飼育させ、また、害虫や益虫のいることや昆虫の変態のようすを、科学読み物的に取り扱っている。第3学年で動物の分類を行ない、昆虫が節足動物に属することや、昆虫の体の構造を記述している。また、環境への適応を学習する際に、水生昆虫（6種）の適応のようすを述べている。イギリスの教科書では、第2学年で昆虫の体の構造を教えた後に、児童に想像上の

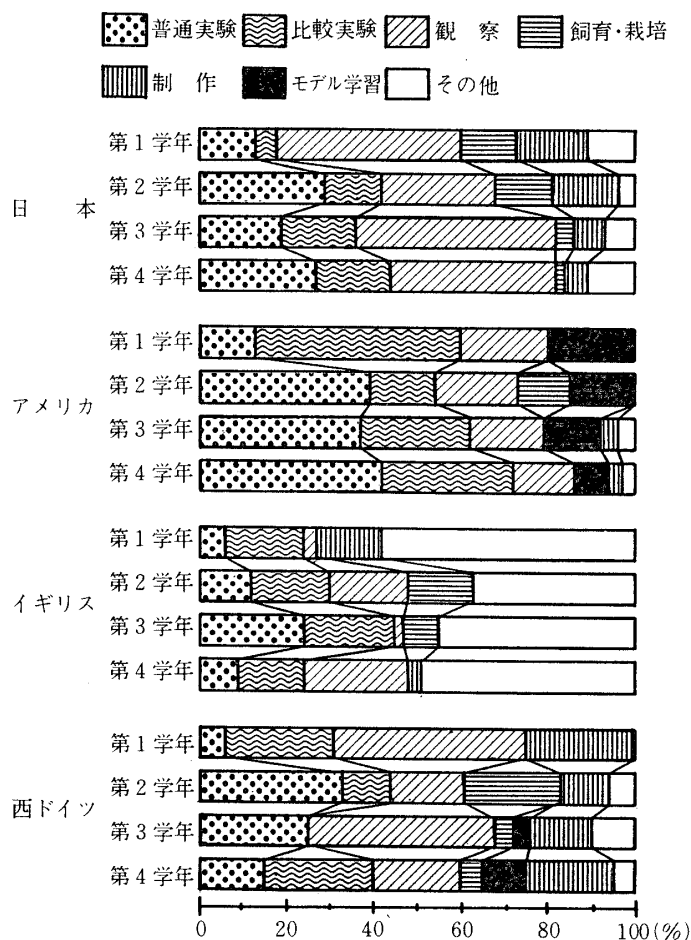


図5 実習材料の目的別割合

おもしろい虫，奇妙な虫，恐い虫，美しい虫の絵を描かせ，それらの絵が昆虫の体の構造のきまりを満たしているかどうかを問う，という展開になっている．西ドイツの教科書では，蝶がどのように変態するかを第4学年で教えている．

次に、「電気」を例にとってみると，日本の教科書では，第2学年で，まずソケットを使って豆電球にあかりをつけてから，電気を通すものと通さないものがあることを学ばせる．第4学年においては，回路記号を使って配線図を描かせ，豆電球や乾電池の直列つなぎや並列つなぎと豆電球の明るさや乾電池の消耗の関係を調べさせ，導線に電流が流れているかどうかを方位磁針で調べることができるということまで学ばせる．アメリカの教科書では，第2学年で懐中電灯を分解して内部構造を調べることにより，乾電池の電気が光と熱を作り出すという学習に始まり，第3学年で電磁石を作ったりするなど，第4学年までは，もっぱらエネルギー変換の話に終始している．イギリスの教科書では，第1学年において，1個の乾電池で2個の豆電球をつけたり2個の乾電池で1個の豆電球をつけたりして，「直列つなぎ」「並列つなぎ」という言葉は出てこないが，体験的につなぎ方と明るさの関係をつかませている．第3学年で電気を通すものと通さないものがあることを学ばせる際には，懐中電灯の2個の乾電池の間にアルミ箔や紙をはさんで豆電球の点灯を確認させている．この展開順序は日本と逆である．西ドイツの教科書では，第4学年で1個の豆電球を1個の乾電池で点灯させ，配線図を描かせている．この後，フィラメントが切れると豆電球が点灯しなくなることから豆電球の内部構造へと話が進み，更に導線の発熱を利用した発泡スチロールカッターの製作や，木や発泡スチロールは電気を通さないものであるという学習へと展開されている．

最後に「天気」についても比較してみる．日本の教科書では，第2学年に日なたと日かげの違いを，土や水の暖かさ比で感覚的に調べさせる．第3学年になると，四季を通じて，また，日なたや日かげの，土・水・空気の温度を温度計で測定し，天気，雲，風の向きや強さを観察し記録させる．但し，天気図記号は学ばせていない．アメリカの教科書では，第1学年から第4学年を通じて「水の循環」について学ばせている．イギリスの教科書では，第3学年で水について学びつつ，露や霧を作る．第4学年で雲を観察し，風力計を作り（日本の教科書で作らせるものは，吹き流しのたなびくようすで風の強弱を調べるが，イギリスの風力計は，ティッシュペーパー，鉛筆，厚紙，釘のうち，どれが風によって動くかで調べる），天気図記号も学ぶ．教科書に載っている天気図記号は風力を示すものだけで，他のものについては児童が創造し，自ら天気予報を記号化するという楽しい展開になっている．西ドイツの教科書では，第3学年でさまざまな天気の時の空のようすを観察させ，天気によっては衣服を整える必要があることや，交通が影響を受けたりすることもあることを学ぶ．また，テレビニュースの天気概況と天気予報のようすを載せ，百葉箱や天気図記号についても学び，天気を記録する．続いて，「水の循環」について学んだ後，かんばつによる水不足，節水への協力の呼びかけと話が展開している．

3. 日本の教科書にはみられない特色ある教材

日本の教科書にはみられなかった教材のいくつかを，他の3か国について示す．文末の括弧内の数字はその教材が取り上げられた学年を示す．

(1) アメリカ

- ①人間は，成長するために必要なエネルギーを食品から摂取するということを学習する際に，実際に食品のひとつであるマーガリンでローソクを作り，燃やして，エネルギーが出ることを確かめさせる (2)．

- ②ストローと糸巻きで背骨のモデルを作り、背骨の動くようすを観察させる (3)。
- ③環境教育の一環として、どうして水が汚れるかを考えさせるため、実際に水を入れたバットの中に廃物（コーヒーかす、バナナの皮、油、くつみがき、洗剤、卵の殻、牛乳、マーガリン、プラスチック）を入れて、水が蒸発する時に他のものも蒸発するかどうかを調べさせる (3)。
- ④自然界のつながりを学習した後、身近に住んでいる動・植物を例にして、食物連鎖の絵を描かせる (4)。

(2) イギリス

- ①粘土で作った人形をのせた模型自動車を本におつけて、人形がシートベルトをしている時としていない時とでは、どのような違いがあるか想像させて絵で表現させる (2)。
- ②ドミノを使って、コーベリング工法による橋を作らせる (3)。
- ③濃縮オレンジスカッシュを使って、同じ濃度にするには、水と濃縮ジュースをどのように混ぜ合わせればよいかを試行錯誤で調べさせる。濃度は味覚にたよる (3)。
- ④メレンゲというお菓子を作っていく過程を通じて、変化について考えさせる。できあがった後は食べてしまう (3)。

(3) 西ドイツ

- ①炭酸水の中の泡立ちを起こす成分を捜すために、水、砂糖、クエン酸、重曹、クエン酸と砂糖、重曹と砂糖、重曹とクエン酸等7種の試料を作り、対照実験を行なわせる (2)。
- ②足の作りを、足の底の骨のモデルを作って考え、これと靴のあるべき形とを結びつけて考えさせる (3)。
- ③炭酸水のびんを振り、中から浮き上がってくる泡を集めて、それが何であるかを調べさせる (3)。
- ④浄水場のしくみの学習の後で、実際に口紙で、油、洗剤、岩塩を口過し、口紙の効果を調べさせる (3)。
- ⑤どうして錆が発生するか、また、どのようにすれば錆を防ぐことができるかを調べるために、水につけた釘、塩水につけた釘、蒸留水につけた釘、紙やすりで磨いた釘、ワックスを塗った釘、ラッカーを塗った釘等6種の対照実験を行なわせる (4)。

む す び

日本、アメリカ、イギリス及び西ドイツの4か国について、小学校第1学年用から第4学年用の理科教科書の教育内容の比較検討を行なった。4か国ともに、国民が共通の教育を受ける期間が、この4年間だからである。まだ教科に対する好き嫌いがはっきりしておらず、頭も柔軟でさまざまな事物・現象に対して興味や関心が持てるこの時期の理科教育は、将来の科学的思考に役立つものでなければならない。図2-1で見た通り、わが国の中等教育は準義務教育化し、国民の大多数が12年間の教育（共通したカリキュラムで教育を受けるのは9年間）を受ける時代となっている。また、図2-3でみられるように、理科系高等教育では専門化が進んでいる。この現状を無視して、わが国の理科教育の将来のあるべき姿を語ることはできない。

この4年間の教科書を比較してわかったことは、日本の教育内容が他の先進諸国のものよりも細かい内容まで取り扱っていることである。1983年に実施されたIEA第2回国際理科教育調査の結果によると、参加25ヶ国中、日本の小学生の学力は世界一であり、中学生もトップクラスの成績であった。しかし、この結果の中で気掛かりなのは、中学生の場合、問題解決には

強いが、実験問題には弱いという実態が浮かび出たことである¹²⁾。これは、受験に備えた詰め込み教育に片寄り、実験学習がおろそかになっているためではないかと懸念される。おそらく外国でも一部で英才教育が行なわれているであろうが、国全体から見ると学力レベルに差のある児童がいるため平均値は低く出たのであろう。一方、わが国の小学校では、全国一律の充実したカリキュラムと行き届いた学習指導により、全体の学力レベルが高いため良い成績を納めたものと考えられる。また、教科書で見る限り、他の3か国では実験器具（ピーカー、アルコールランプ、スタンド、ロート等）をあまり使用しておらず、身近なもの（コップ、パイレックスなべ、ホットプレート等）で済ませている。その点、日本の小学校は理科実験器具が充実しているといえる。また実験を含む単元の取り扱い方をみると、日本の場合、教科書に沿って実験が進められるように細かく図説されており、むしろ児童の工夫や思考活動の場が少なく、結果だけ覚えるということになり、応用力を身につけるといえる点では考えさせられる。身近なものを利用し、児童の現実と掛け離れない程度の実験を通じて、科学的観察力・思考力を養うことが、生きた教育として長い目で見ると有効であり、理科の基礎教育には欠かせないものであるといえよう。

この調査により、他国でみられたように低学年理科を合科にするにあたっては、内容を精選し、科学的物の見方・考え方を育むようなカリキュラムが必要であることがわかった。たとえ低学年において理科の学力が一時停滞しても、基礎がしっかりしていさえすれば、準義務教育化された中等教育を通じて取り戻せるものである。また、理科系高等教育の専門化に対応するためには、前期もしくは後期中等教育からの、より一層の理科教育内容の細分化及び専門化が望まれる。また、「生活科」新設にあたって、今までややもすれば公害教育や身近な地域の環境保全に片寄りがちである環境教育を、生態系や自然界のつり合いという観点からも、低学年のうちから学ばせたいものである。

文 献

- 1) 藤川千枝, 藤井富美子: 名古屋女子大学紀要, 32, 87~97 (1985)
- 2) ユネスコ・アジア文化センター翻訳監修: ユネスコ文化統計年鑑・1984, 105~111, 116~167, 285, 380, 469~510, 原書房 (1985)
- 3) 文部大臣官房調査統計課: 教育指標の国際比較 昭和59年版, 60~67, 7~11, 5, 第一法規 (1984)
- 4) 文部大臣官房調査統計課: 文部統計要覧 昭和60年版, 54~55, 第一法規 (1985)
- 5) 文部省内海外教育事情研究会編: 国際比較教育情報総覧, 16~17, 31, 中央法規 (1980)
- 6) 文部省: 小学校指導書 理科編, 116, 大日本図書 (1978)
- 7) 平塚益徳監修: 増補改訂世界教育事典 資料編, 456, ぎょうせい (1980)
- 8) 柴沼晉編著: 諸外国の教育の現状と課題, 108~109, ぎょうせい (1976)
- 9) 教科書研究センター編: 教科書から見た教育課程の国際比較 1 総論編, 133~134, ぎょうせい (1984)
- 10) 教育産業白書 1985年版, 209, 矢野経済研究所 (1986)
- 11) Brandwein P. F. & others: *Concept in Science*. Curie Edition. Teacher's Edition, 10~16, Harcourt Brace Jovanovich (1980)
- 12) 朝日新聞 (日刊), 1985年11月14日 (木曜日)