

西ドイツにおける初等理科教育

——低学年における改革の動向——

川 原 寄 人*

はじめに

世界各国の初等学校低学年における自然の事物・現象に関する教授をみると、理科、自然研究あるいは自然科などを教科として独立させている国、これらの科目を独立させず他の科目と一緒にした合科的な形態をとっている国などいろいろある。わが国やアメリカは理科を設置しているが、西ドイツや中共などは理科を独立させていない。フランスは観察練習と称し、イギリスやソ連は自然研究的色彩の強い学習形態をとっている。

初等学校低学年における児童は、その自然認識や思考形式、あるいは思考活動において、直観的、感性的段階から、客観的、論理的段階への移行期にあつて、子どもの精神発達上極めて特殊な時期にあたる。しかるに、低学年理科の取り扱いに関して種々な見解が生ずるのは、むしろ当然と言えるかもしれない。

1971年6月、義務教育の就学年令を早め、現行の幼稚園段階の一部を小学校に繰り入れる構想を盛り込んだ学校教育制度改革案が公表されたが、それに伴って、低学年における理科の取り扱いを抜本的に検討する必要が高まってきた。

こうした情勢のなかで、1972年6月、日教組の教育制度検討委員会第三次報告が提出された。小学校前期では、『教科としての社会科と理科は置かないことを原則とする。……この階梯での自然や社会の観察は、一つには国語科の教材に即して、第二には総合学習と技術の教材を通して、第三には自治的諸活動の内容として、系統的ではないが、自由で活発に展開されることが望ましい』と提言されている。これは国語科を中心とした社会科や理科の合科教授を志向したものである。

そもそも、合科教授思想は20世紀初頭のドイツにおいて提唱され、発展されてきたものであつて、ドイツの基礎学校では、合科的形態をとった郷土科が中心教科として重視されてきた。

しかし、最近、郷土科における理科教育のあり方に対する批判が急速に高まり、すでに三邦では新しい教授計画が提出され、その実験的試行の段階に入っている。三邦に共通する改革の構想は、従来の合科形態を廃止し、新しく理科を教科として独立させている。

* 島根大学教育学部理科教育研究室

このように、時を同じくして、合科教授思想を生み、約50年間も発展させてきた西ドイツが合科から分科を志向し、これまで分科形態をとってきたわが国が（たとえ、全体の傾向でないにしても）分科から合科を志向するとは、まことに興味深いことである。

西ドイツでは、なぜ合科を廃止するのか、その論拠は何か、新しい理科教育の構想は一体どんなものか等を明らかにすることは、わが国の理科教育を考えるに際して、決して無意味ではないと考える。

これまで、筆者はこの課題に対して、数年来、学会発表および論文において明らかにしてきた。本稿では、これまでの論文と新資料を基礎として、西ドイツの基礎学校における理科教育改革運動の動向、主としてバイエルン邦の教授計画に焦点をおき、改革の論拠、改革の基本方針、物理学・化学教授計画および生物学教授計画の特徴を明らかにし、考察を加えた。

I 従来の理科教育

西ドイツでは、児童は満6歳になると国民学校に入学する。国民学校はすべての児童に共通な基礎学校（下級4年）と、上級段階（4～5年）とからなっている。

基礎学校には自然の事物・現象に関する独立した教科はなく、合科的形態をとった郷土科において、その教授が行われている。事実に関する教授、つまり理科と社会科を一緒にした教授が、特に *Sachunterricht* と呼ばれている。

合科的形態をとった教授、つまり合科教授 (*Gesamtunterricht*) は、ドイツでは古い歴史をもっている。1902年、B. Otto がベルリン郊外に創立した「家庭教師学校」という校名をもつ学校で試みた一種の新教育法に、その源があるといわれている。合科教授を行おうとする本格的な試みは、1913年、ライプツヒ教員教授法部の共同研究による「1, 2学年の合科教授」の発表であった。これは単なる主張ではなく、実際に実験のための学級が組織され、新教育の試行が開始された。この試みは一種の郷土的直観教授を中心とする合科教授であった。

合科教授運動は1920年に入ってドイツ各地で活発に展開されるに至ったが、はじめて成功した例として有名なものは、R. Seyferts の「労作学 (*Arbeitskunde*)」である。労作学は住居、照明、食物、衣服等といったテーマからなり、これらの学習を通して、生物学、化学、物理学、地理学、歴史学等の学習をねらったものであった。彼は最初から理科、社会といった教科的で、しかもその組織的な配列を徹定的に否定した。彼の意図は、子どもを実際の生活の場に導き、彼らに生きた知識を与えること、教科の仕切りを取り除くことによって、各教科に関連した内容を統一的に学習させること等であった。

合科教授思想は、子どもの認識が漠然とした総合より、しだいに分化し、さらに分化したものを再総合するという発達段階を踏むという心理学的見地から、さらに当時台頭し始めていた国家主義的民族主義的教育政策家からも支持された。基礎学校は子どもの生活とドイツ民族文化をつなぐ教育的かけ橋とされ、そこでは、子どもの郷土生活を通してドイツ民族文化を子ども

も一人一人の生活の場で体験させることが必要であり、郷土的生活と心情こそ家庭と学校、子どもと未来のドイツ国民をつなぐ共通の基盤と考えられたのである。

かくて、1921年の法令によってドイツの国民学校では、分科を定めず合科的形態をとった郷土科によることが定められるに至った。そして F. Seiz, W. Arbert, G. Klemm, W. Eckart, F. J. Niemann, W. Stein 等、合科教授の擁護者が続々と現われ、基礎学校における郷土科は確固不動の地位を得た。第二次世界大戦後も、西ドイツでは教育制度の大改革は行われず、戦前の伝統を継承した。そして今日まで、約50年という長きにわたって、郷土科は基礎学校の中心教科として、また分科教授に対する前段階として、つまり種々の教科への移行の基礎として強調されてきた。

理科教育の側面からみて、郷土科の特徴を挙げれば、①直観の原則、②自己活動の原則、③郷土結合の原則である。これらは相互に関連をもつもので、子ども自身が自己活動的に彼の生活界における自然の事物・現象を、彼自身の感覚器官に訴え、観察し、思考し、実験し、そしてそれらの現象間に存在する法則性を、彼自ら発見せねばならない、という思想である。この思想は、古くは Comenius, Rousseau, Pestalozzi, Diesterweg, Kerschensteiner 等によって提唱発展されてきたもので、西ドイツ理科教育の注目すべき特徴である。(①, ②, ③)

II 改革の動向

最近、西ドイツ教育界で基礎学校の改革要求が急速に強まり、1969年、フランクフルト・アム・マインで開催された全邦基礎学校会議では、その主な議題として基礎学校、とりわけ理科教育の改革問題が上程され、活発に審議されるに至った。

改革の必要性およびその論拠を、1)時代の要請、2)心理学的研究の成果、3)合科教授および郷土科に対する批判の3点から整理すれば、次のとおりである。

1. 時代の要請

最近の科学技術の急激な発達に伴って、人間をとりまく環境および人間生活が大きく変動し続けている。新しい知識が次から次へと獲得され、確実だと思われていた知識も余儀なく改変されていく。10年1昔ということばは、もはや通用しない。それほどに社会は急激に変化しているけれども、西ドイツの基礎学校では旧態依然の内容に固執している。このような認識のもとに、「国民の陶冶の高さは、経済的・文化的発達および国民の生活水準と密接な関係があるという事実にもとづき、基礎学校における内容を現代にふさわしいものに改める必要がある」(⑥, ⑧)と主張する。

さらに、現代社会では、単なる知識をたくさん詰め込んだ博学者よりも、自然科学の概念および知識はいかなる過程を通して獲得されるかを理解し、またその方法を修得した人間の育成の方が重視されるようになった。F. Kopp によれば、西ドイツの基礎学校教育界でも、「技術

化された世界や科学性によって特徴づけられた思考・学習形態による陶冶要求が、郷土的に基礎づけられ、また具体化された見解や考え方はるかに上まわっている」(⑦, 397) と言う。

こうした現代社会の必然的要求の高まりの中で、西ドイツ初等理科教育界でも、『論理的かつ組織的な思考の育成』が最大の関心事となり、現代科学の基礎概念、簡単な因果的思考および自然科学の初歩的方法の伝達が強調されるようになった。

2. 心理学的研究の成果

初等教育とりわけ低学年にあっては、児童の学習の可能性が重要な問題である。アメリカの一連の理科教育改革運動の基調を成したものは、Bruner 等の研究成果、いわゆるわが国でも有名な『どの教科でも、知的性格をそのままもって、発達のどの段階のどの子どもにも、効果的に教えることができる』という教育仮説であった。

西ドイツでもこの種の研究は早くから着手されており、Wagenschein, Hilligen, R. Witte, K. Spreckelsen, H. Tütgen, H. Remplein, ベルリン教育学者研究グループ等がその成果を報告している。彼らによれば、「基礎学校の児童でも、実験によって得られる経験的知識の獲得とともに、ある程度の抽象的理論的理解、事実や法則の探究、また言語による思考も可能である。また、従来、子どもはただ全体の漠然とした観察のみが可能で、部分の詳細な観察は不可能であり、しかも、彼らは移り気で全く短期間の注意力しかもっていない、と考えられてきた。しかし、適切な教材と指導の方法によって、彼らは十分持続的に学習し得るし、6歳になれば全体的な理解の仕方やそういった思考方法からの脱皮が進み、内容の部分的観察や分析的思考が可能となり、9歳になれば因果的思考や一般的法則の初歩的な基礎づけも可能となる。」(⑥, 21・⑨, 169~170)

3. 合科教授および郷土科に対する批判

現代社会からの要請を自覚し、最近の心理学および理科教育の実践的研究の成果に力を得た理科教育者達、たとえば、R. Mücke, M. Mayer, F. Kopp, A. Arndt 等は従来の合科教授形態をとった郷土科における Sachunterricht に対して批判し、改革の必要性を訴えた。それは次のようである。

① 合科教授を基礎づけ、あるいは正当だと認めるようないかなる現代的論拠もない。理論面および学校の実践面においても、合科教授という概念の明確な定義は見当たらない。唯一の一致した特徴は、合科教授が「非教科教授」として理解されている、ということのみである。

合科教授においては、認識され、培われるべき論理的思考、動機づけ、因果関係あるいは因果の関係といったものが求められていない。それ故、その発達に寄与していない。強いて言えば、わずかに寄与しているのみである。合科教授によっては、高い認識作用を要求したり、促進したりすることができないという事実は、それ自身の陶冶理論の根拠のなさを暴露している、と言える。(⑥, 13, 15)

② 郷土科においては、郷土愛が本質的な目的として掲げられてきたが、伝統的郷土の概念は、国家主義的色彩が強い。(⑦, 397)

③ 郷土科では、各授業時間のテーマ、また同様なテーマが長期（週目標）にわたって一括して設定され、全体的な陶冶の統一が考えられてきた。たとえば、『読み方』というテーマのもとで、国語、音楽、交通指導、理科等の学習が行われてきた。しかし、個々の教授單元、あるいはその基礎となる学習・教授領域は、種々の教科と関係があり、しかも、それらはほとんど異なった構造をもっており、種々の学習過程は内容的にみて事実上何ら関係がない。故に、合科教授には「思惟の根拠をもち、しかも異論の余地ない首尾一貫性、に欠けており、合理的学習とは言えない。」(⑥, 14)

④ 郷土科で取り扱われる各テーマのうち、地理的テーマ (erdkundlich) が70%以上、歴史的テーマ (geschichtlich) が約10%、博物的テーマ (naturkundlich) が7%、社会学的テーマ (sozialkundlich) が約3%、自然科学的技術学的テーマ (naturwissenschaftlich-technisch) が5%弱となっている。しかも、全体的には25%しか配当されていない4つの非地理的領域を分析してみても、取り扱われる大部分のテーマは、いわゆる地理的関連のある教材であり、独立した教科テーマ (eigenständige Fachthemen) とは思われない。真の独立した自然科学的技術学的学習内容は、全体で約1%にすぎない。しかも、自然科学的技術学的陶冶材にふさわしい教科に固有な教授は全然ない。(⑥, 20)

以上のように、合科的形態をとった郷土科においては、西ドイツの重要な教育課題となった『論理的かつ科学的に陶冶された人間』、つまり、科学的方法につき訓練された人間の育成を期待することは、疑問視されるようになった。こうした認識のもとで、次のような Sachunterricht の改革の必要性とその視点を明らかにした。

「基礎学校の改革を新しく起草するとともに、伝統的な郷土科を根本的に新しい形態および新しい尺度にもとづいた Sachunterricht に交替させることを要求し、原則的には教科的教授・学習方法を取り、同様に取り扱われる陶冶材の選択基準を根本的に変え、新しい陶冶目標および教授目標の設定を宣言せねばならない。しかも、取り扱われる陶冶内容の選択においては、すべての事象領域を考慮し、——地理的内容も含めて、しかし、初歩的・代表的あるいは模範的な内容に統一せねばならない——、一方では、社会的・個人的必要性、他方では心理学的視点に立って、その際、認識作用特に思考の発達状態や興味（動機づけ）の各年令に応じた配慮がなされる必要がある。」(⑥, 25~26)

III 改革の基本方針

バイエルン邦では、月刊紙『教育学の世界』のメンバーによって構成された専門委員会が、数年来、基礎学校や郷土科の改革に従事してきた。1970年8月、同委員会は基礎学校の Sachunterricht の教授計画草案を提出し、現在各行政区域の2実験校で試行されている。同様な教授計画がノルドライン・ヴェストファーレン邦とベルリンで提出されている。(表1)

これら三邦のプランはそれぞれ異なっているけれども、次のような共通の傾向をもってい

る。

- ① 合科形態を廃止し、理科を教科として独立させ、基礎学校の1学年から課す。
- ② 後の学校での教科教授に対する予備教授としての性格をもたせる。
- ③ 基礎的概念による学習内容の構造化を図る。原則として子どもの生活界から、つまり具体的で直観的な出来事や容易に観察できる自然科学的現象を選択する。
- ④ 子どもの自己活動による探究を鼓舞し、自然科学の方法やプロセスを重視する。

表1 西ドイツ三邦の教授計画モデル (⑧, 142~143)
Bayern

Grundschule 1-4 (fachliche Ber.)	Soz. und Wirtschafts- kunde	Sachunterricht			Physik Chemie
		Gesch.	Erdkunde	Biologie	
Orientierungsstufe 5-6	—	—	Erdkd.	Biologie	Physik Chemie
Hauptschule 7-9	Wirtsch. Lehre Soz. Lehre Arbeitslehre	Gesch.	Erdkd.	Biologie	Physik Chemie

Berlin

Grundschule 1-4 (vorfachlicher Unterricht)	technisch-naturw- biologische			erdkdl. geschichtl. sozialkundl. Unterrichtsgegenstände		
5, 6	Naturkd. u. technische Elementarlehre			Erdkd.	Geschichte und Sozialkunde	
Hauptschule 7-9(10)	Physik	Chemie	Biologie	Erdkd.	Gesch.	Sozialkunde.- Weltkunde

Nordrhein-Westfalen

Grundschule 1-4 Sachunterricht :	Soziale Studien	Erdkunde	Physik, Chemie, Wetterkd.	Technik	Biologie
Hauptschule 5-9	Geschichte. Politik	Erdkunde	Physik, Chemie	Technisches Werken	Biologie

IV 物理学・化学教授計画

1. 目 標

これまで西ドイツ初等理科教育の特色を成していたものに、『生活教育』という名で呼ばれてきた思想がある。これは、子どもの直観および自己活動を重視する。したがって教材を郷土的な子どもの身近な世界に求めるという思想であった。

今回の改革においても、この思想が『現実生活の有用性を(lebenspraktische Tüchtigkeit)』、あるいは『生活から生活のために (Aus den Leben-für das Leben)』という表現で示されている。

「自然科学的・技術学的教授の主目標は、基礎学校にあっても、子どもたちに「現実生活の有用性」を教えてやること、すなわち、彼らが直接関係し、利用する自然や技術の簡単で基礎的な事実やその関係を伝達してやることである。そこに、具体的で直観的な事象や構造に関する

る知識・技術的器具や生産物、また日常生活において大きな影響を及ぼし、基礎学校の児童に直面し、容易に観察できる自然科学的現象に関する知識が含まれる。それと関連して、現在の実生活に欠かすことができない技能や予防手段も、多くの技術機器（たとえば電気機器）や教材（たとえば酢酸、しみぬき、ベンジン）と関連をもたせて伝達されるべきである。」（⑥，74）

また、物質の性質・状態や変化に関する基礎的概念や簡単な理論的思考モデルの学習、さらに自然科学的方法やプロセスの修得も重要な目標となっている。

しかし、それらの学習は、「科学のための科学」と誤解すべきでない。高度な動機づけを形成し、また継続する学校や学外生活における広い自然科学的陶冶の前提を成すという目標と関連させて、それは、特に直接目にする環境を理解するために役立てられるべきである」（⑥，75）という。そして、基礎学校の児童が学習する自然科学的モデルの作成、合法則性、原理等は、現代の技術的・自然科学的環境を洞察する際に、「偉大な経験的推論の結果（große erfahrungserschließende Wirkung）」、また「広汎な価値ある解釈（weitreichende Erklärungswert）」を示すものであるという認識を通して達成される必要がある、という。

J. J. シュワプが、『科学は流動的探究の産物だ』と言い、「探究を通じて得られた知識は、単に事実の知識ではなく、解釈された事実の知識である」（⑤，17）と述べているように、科学を科学として理解させようとする。この認識は子ども自身が学習のなかで探究を体験することによって可能となる。したがって、そこから直観的、自己活動的、探究的および発見的という教授の原則が生れる。

「子どもは、主に基礎学校で採用される探究的教授法によって、この初歩的であるが、解く鍵を与える概念や基礎的な自然科学的現象を自主的に思考し、学習していくことによって、科学的方法やプロセスを理解する必要がある。この方法によって、彼らは身の廻りにある学習したこと以外の自然科学的技術的問題や現象を正しく理解できるし、また自主的に解釈することが可能となる。」（⑥，76）

子ども自身の自己活動性の鼓舞、探究および科学的方法の強調は、ドイツでは決して目新しいことではない。古くから多くの人々によって主張され、実現のために努力されてきたものである。たとえば、19世紀初期、ペスタロッチ主義者の A. W. Diesterweg は、「科学は学習者に与えられるべきではなくて、生徒自身によって発見され、自己活動的に獲得されるべきものである」と、また「教師は出来あがった科学の建物を見せることをしないで、生徒を礎石の加工に導き、彼とともに建物を建て、かくて彼に建て方を教える。」（⑨，142）と強調していることから、容易に理解し得るであろう。

「探究」の具体的目標として掲げられているものを下記に示す。

- ① 正確な観察
- ② 専門用語を使用して、観察したこと、結果および認識したことを表現する。
- ③ 要因に関する整理・分類

- ④ 数の使用
- ⑤ 計器の使用と測定（長さ、面積、体積、重さ、温度等）
- ⑥ 時間および空間関係の利用
- ⑦ スケッチ、描写、ダイアグラム等による表現
- ⑧ 一定条件下の予想
- ⑨ 結論（推論）
- ⑩ 仮説の作成
- ⑪ 機能的依存性の認識
- ⑫ 実験によって得られたデータの解釈
- ⑬ 問題解決や仮説等の検証手段としての実験

さらに、自然科学的陶冶目標に加えて、社会的および人格形成も目標として示されている。「この教授の中心となっていて、ぜひ必要な正確な観察、解釈、根拠づけ、体系化、実験等によって、客観性や事実性、また同様に周囲や日常生活の事象に関して、全体的に合理的で、事実即ち批判的態度が形成され、強められる。」と、また「実験そのもの、特に生徒同志の集団的探究のなかで、チームワークの意義と態度が必然的に育成される。現代の自然科学的 Sachunterricht は、全く意識的に「民主的生活様式訓練の場 (Trainingsplatz für demokratische Lebensformen) にすることができる。」(⑥, 76~77)

2. 教材選択と配列の原則

教材選択とその配列の原則は、陶冶目標と密接な関係がある。それは目標の達成という視点から、演繹的に導き出されるものだからである。従って、前述の学習・陶冶目標から次のことが明らかである。

つまり、教材とその配列は、一方では、科学化に努力されているが、伝統的な内容と同一でなく、とりわけ専門科学、つまり物理学・化学の体系と同一ではない。教材の選択は、非常に多くの自然科学的・技術学的陶冶材のなかから、基礎学校のおよび教科教授学的観点 (grundschul- und fachdidaktische Gesichtspunkt) に基づくことを要求する。

教科教授学という特別な原則は、まず第一に教材が次の視点から選択されることを要求する。「各々の陶冶内容の困難度が、子どもの年齢やこれまでの学習過程による認識作用の発達状態に即しているか？ つまり、その教材が基礎学校の生徒の能力に対して、ふさわしい方法を要求し得るか？」(⑥, 78~79)

この判断基準は、生徒の興味・関心を喚起するものでなければならない、という要求も含まれている。従って、子どもに興味・関心をもたせて自主的に探究させるためには、当然、生徒の生活界や経験界から教材を選択すること、学習する内容が現実生活の中で十分意義があり、しかもできるだけ生活に応用されるものを選択する必要がある。

方法的観点からは、内容のもつ構造が、生徒の実験や観察に適する必要がある。この条件を満たす内容を学習していくことによって、子どもの身体的精神的自己活動性が最もよく鼓舞さ

れる。故に、「基礎学校の自然科学的技術学的 Sachunterricht の方法は、第一原理として、自己活動性および直観性の原則で整頓されねばならない。この原則に立って、抽象化や理論化が求められるべきである。」(⑥, 80)

上記基準に基づき、具体的な学習内容が提案されている。A. Arndt によれば、暖かさと寒さ、空気と燃焼、金属・礎石の引力、音、光、水、種々の技術器具等のテーマに整理され、学習されるべき知識、概念が示されている。その一例を次に示す。

暖 か さ と 寒 さ

- a) 温度の感覚的把握：冷い—生ぬるい—暖かい—熱い
- b) 温度計によって温度を測定する；得られる事実として：氷の融解点あるいは水の凝固点 0°C 、水の沸点 100°C 、室温 20°C 、体温 37°C 、冬の厳寒 -20°C
- c) 温度計の原理と製作：加熱による水やアルコールの膨張、冷却による収縮、反応管あるいは小びん、コルク、ガラス管および燃料用アルコール（あるいは水）を材料として、簡単な温度計の製作、他の液体の加熱や冷却による膨張・収縮（ジゼル油、燃料油、テレピン油、オリーブ油等）
- d) スチーム暖房；学校の暖房センターの視察、暖房装置の図式化、専門用語による表現：ボイラー、蒸気管、放熱器、膨張器；対流による熱の伝導：暖かい水は冷い水よりも軽い。暖かい水は冷い水の中では上昇する。冷い水は下降する；加熱による水の膨張：スチーム暖房における膨張器の必要性
- e) 加熱による固体の膨張、冷却による収縮：コンクリート道路にはさめたタール、鉄橋のローラー軸受け、たるみをもたせた高圧線、鉄道レールの間隙；針金・球の冷却・加熱実験
- f) 伝導による熱の移動（はんだごて；なぜ先端が銅で、柄が木でできているか）；熱の伝導体・非伝導体、その利用：はんだごて、電気アイロン、銅製のシチュー鍋、合成樹脂や木質の柄のついた深鍋やフライパン等 (⑥, 83~84)

また、バイエルン邦の物理学・化学教授計画では、5つの学習課題とそれに対応する能力・技能および各学年の学習内容が提案されている。第2表がそれである。

V 生物学教授計画

1. 目 標

R. Mücke は生物学の性格を明らかにし、基礎学校における生物学教授の目標を提案している。彼は、「生物学は有機体とその生命現象についての科学である。生活過程は呼吸、採食、成長、増殖および運動である。」(⑨, 179) と定義し、内容の特徴として有機体とその器官、生活過程、生活過程の担い手、有機体・器官の構成、生命現象の合法性則性、有機体の生活条件と現象形態および維持手段を掲げている。

表2 物理学・化学教授計画 (19, 634~636)

学習課題	獲得すべき主要な能力・技能	1年	2年	3年	4年	
1. 物質の性質・状態・変化(モデルとして粒子概念図)	物質の探究: 重要な機能としての性質 物質の変化 物質の混合 既知から未知な物質へ	観察: 視覚・手ざわり・におい・味 記録 特徴の整理 変化とその経過の観察・把握 変化の確認のための初歩的探究	窓ガラス ゴムボール 木製舟 ナイフ・ハサミ 融解と凝固: 氷・雪・水	紙の種類 油: サラダ油・燃料油 呼吸: 空気(ボール・タイヤ・空気ポンプ) 燃焼 融解と凝固: 鉛・亜鉛	空気はいろいろな「粒子」からなる。粒子は漂う いろいろな系(燃焼も) 沸騰・気化・蒸発: 浄水(ろ過・沈澱): 水蒸気と霧: 粒子概念による説明 地表混合物: 砂糖水・レモン水・食塩水 建物の観察: セメント・モルタル	いろいろな金属・岩石 固体・液体・気体: 粒子概念による説明 浄水(ろ過・沈澱): よごれた空気(混合物の除去) 発酵: ブドウ酒 比較: 混合物-化合物
2. 力・働き・変化	光 熱 磁気 電気 音 重力	仮説の設定・検証・否定・修正 条件統制による探究の計画・実行 観察の結果	多くの光源: 部屋・道路の照明 温度: 戸外・料理・洗たく	光: 日なたと日かげ 燃料-暖: 部屋の温度 磁石: 引力・斥力・極 豆電球: 接続; 回路の開閉 音: 高音・低音	鏡の像: 左右・前後の入れかわり, 温度 保温・熱伝導・気化熱 磁石: 羅針儀 家庭電気: 電導とケーブル 反響: 騒音の防止 水の流れ(重力・傾斜)	町かどの鏡(像); 光学器械: ルーベ 摩擦熱; 熱-運動(水蒸気) 地球と月の引力 電流による仕事: 熱・光作用 発電: 水力の利用・タービンの回転
3. 測定と計算	長さ 時間と速さ 温度 重さ 力	数字による記述 量の比較	定木・ものさし: m・dm・cm 時計: 時・分 温度計: 0°C・目盛・氷点 容器: hl・l	m・km ストップウォッチ: 秒 いろいろな温度計: 速度計(1/10°Cの読みとり) てんびん: kg・200ポンド・dz	測定器具の使用; mg・mlの読み 回転速度の測定: ストップウォッチ; 徒歩・走者・自転車の速度 ぜんまいばかり: キロポンド・ポンド	
4. 身のまわりにある物理学的・技術的機器	おもちゃ・工具の研究	描写や探究によって得たデータの解釈	スプーン・フォーク・ナイフの使い方 比較: スコップ・シヤベル 黒闇での着衣 水の浸透する物質・浸透しない物質: レインコート・雨がさ・包装紙 ローラースケート(車輪: 円形の軸・タイヤ) すべり台(たわめた木・滑走)	ハンマー: 振る力・強い力 目的になかったブラシ ストーブやランタンの働き 物をはさむ道具の使用: パンチ・ピンセット 液体容器: ヤカン・ポット	水道 スチーム暖房 保温: 二重窓・開閉の取手・電気アイロン 湿気の保持: 家 舟・容器は水に浮く	電流の供給; いろいろな電気器具: 電気アイロン・電球・ミキサー 電流の危険・電気器具の安全性 浄水装置 自転車: 歯数比・弁・空気の抵抗力・ブレーキ
5. 作図と工作		予測の検査; 設計最初の方針・計画の正しさと目的性の検査	風車: 風見・風信機 小舟(紙・皮製)	紙・糸の織工 ランタンの製作 橋の組立(力学的経験)	糸つむぎ・ハンドルで糸を巻く ぜんまいばかり, てんびん 水車・歯車の製作(運動の簡単な転用)	

しかし、生物学の体系をそのまま基礎学校に持ち込むことは、不可能である。基礎学校における生物学教授と専門科学生物学との本質的な相違をどこにおくかと言う問に対して、彼は、「基礎学校の教授は体系的に組織化できず、学習内容を限定せねばならない。しかし、事の真相からみれば、特別な生物学の基礎学校版は存在しない。」(19, 179)と答えている。そして

基礎学校における生物学教授の主目標として、次の5つを提案している。「①生物学的基礎概念の伝達、②生物学的関連および法則性の発見、③生物学的思考方法、心構えおよび学習態度の学習、④教科に固有な器具の取り扱い方の学習、⑤生物と人間とのかかわり合いの学習と生物尊敬の念の啓培」(⑨, 179)

他方、バイエルン邦の教授計画では、基礎学校における学習課題と、各学年の学習内容が提案されている(表3)。4つの学習課題のうち、1, 2は主として生物学的内容、3, 4は生物と人間とのかかわりを問題にしている。言い換えれば、前者は形態学および生態学的基础概念、つまり生物の形態の多様性と様式の統一性、また構造と機能の相補性の認識が、後者は自然保護および畏敬の念の啓培が求められている。

新しい生物学教授に対して、次のような取り扱い方あるいは姿勢が示されている。

- ① 子どもは、基礎学校の生物学において、彼らの周囲の典型的な動植物について学習する。その際、形態学的・生物学的および生態学的基础知識を得、簡単な生物学的関連を学習する。偏見が取り除かれ、自然に対して責任ある態度や環境保護のための理解が培われる。この段階では、保健は生物学教授の本質的な課題である。
- ② 計画的な観察、考察および探究、また簡単な実験を通して、思いがけない生物現象が認識される。その際、参考書を利用することを学習し、専門的なスケッチおよび描写の仕方でも学習する。
- ③ 子どもは、一般に生物に対して自発的な興味を示すが、自然物を擬人化したり、軽はずみに類推したりする。それ故、教師は一步一步客観的な自然理解へと導いてやる必要がある。このことが正しい子どもらしさに導き、単純化を代表的な事物に制限し、そして早い時期に子どもが不十分な表現を精密に検査できるように導く。授業では子どもにふさわしい言葉が用いられ、しかもそれは厳密で正確なものでなければならない。
- ④ 実際の経験を教授の中心に置く。第二の経験(たとえばフィルム、絵、録音、説話)は事実の観察の解明や補充に、時々観察の心構えのために役立つ。
- ⑤ 子どもは学校に原体験を持ってくる。計画的な個人観察および集団観察を通して、また自然素材を教室に持ち込むことによって、それをより完全なものへと導く。明白で、しかも興味を起こさせる動機があり、課題を成し遂げる手段が準備されるならば、まさにその時、観察課題が効果的に解決される。大都市では、特に子どもに自然との触れ合いを可能にし、促進してやる必要がある。
- ⑥ 1学年と2学年では、特に経験を通して多様なものを整理し、対象を正確に把握し、そして実験を通して容易に理解できる関係を認識するように導く。3学年と4学年では、事物に対する興味が増すにつれて、実験や観察が多く導入される。それらによって、多くの隠れた関係を理解できるように導く。得られた認識の慎重な一般化が開始される(たとえば、進化、物質代謝、刺激感覚)
- ⑦ 専門的な機器(たとえば、ルーペ、注射針、はさみ、メス、顕微鏡、演示教具)は、増

表3 生物学教授計画 (19, 629~632)

必須学習課題		1 年	2 年	3 年	4 年
学習課題の実現に対する前提 縦横観察を可能にするために、教室の内外での動植物の育成、調査や実験	前 提	鉢植植物の育成 子鳥にえきを与える (えき箱、シジュウカラの金輪)	植物の育成 成長促進のための園芸法 水生動物、水生植物の育成	クラスの庭園に種をまく、苗を植える 水槽の魚の観察 昆虫の幼虫をかう箱の製作	3年と同様、昆虫の幼虫の飼育(昼クジャクチョウ、ヒオドシチョウ、モンシロチョウの卵) おたまじゃくしの飼育(水槽に適当な数で)
1.生物の多様な形態の知識を得ること (収集、整理、分類の練習、描写の練習) 植物や動物の形態は多様なだけではない;それらは整理されうる。同じような機能をもつさまざまな植物は、形態的に同じような構造をもっている。	第一学習課題	高木や低木の葉、果実の種子、形態や色(秋の)による葉の整理、色による花の整理 描写したり、形態を表現したりする課題;果実の種類や品種、冬の鳥、春の植物、草原の花、2~3のよく知られた種子植物の根・茎・葉・花	種子の収集:ケシやくりの種子の形態 野菜と果実 校庭の花・高木・低木の見分ける練習 春の鳥:鳥の鳴声 植物の構造(根・茎・葉) 根の機能:水・養分の吸収 茎の機能:受光・樹液の通路	秋に咲く花 ジャガイモ、カブラ、穀物・穀果、石果、堅果の区別 冬の動物と植物(高木・低木・野生動物の足跡) 形態と機能との関係(樹木、木の葉、動物) 草原の動物(昆虫) 花の形、花の位置による整理 分類(仲間わけ):キク科・くちびる花科	低木とその種子 キノコ類 アリの巣 身近な所に住んでいるは虫類、両生類、魚類 形態と機能との関係、水生植物の形態学的特色(すいれん、の茎・水生キンポウゲの裂目のある葉)
2.生活過程について知識を得る 生物相互の関係の把握 (観察、調査、実験、描写)	第二学習課題	成長 たねまき 親子植物 成熟;果実・くり・ハンバミの成熟 木の果実・種子の収集 渡り鳥の帰巣	リンゴ・ジャガイモ・ハンバミの種子等の皮の役目 越冬準備:リス・ヤマガラシの開花 早春のくりの芽 種子の伝播(タンポポ) 種子の発芽の研究-ゼラシウムのかき木 花の訪問客:ミツバチ・チョウ 雌雄動物の区別・その名称 鳥の巣:人間の保護	種子の発芽の観察:穀物・豆類 はふく茎(イチゴ) タマネギと無性芽・チューリップ、トウモロコシ 花の機構:開花・閉花 つる植物:キズタ(受光) 器官のはたらき:バタハはどのようにして飛ぶのか? さくらんぼを例として;動物の越冬(ハリネズミ・渡り鳥) ひなの誕生:巣・卵・ふ化 動物としての猫	動植物の成長過程:花→種子(さくらんぼ)、卵→成体(チョウ・カエル) 色々な種子の伝播:運搬手段:風・動物(人間) 滑走したり、プロペラで飛ぶ種子のしくみ 早咲;どうして早く咲くか? さくらんぼを例として;チョウの花粉、花のおとり・花と昆虫の相互依存 水中植物の開花、多量な花粉・柱頭 環境順応の例;地下生活:ミミズ・モグラ、空中生活:ツバメ、樹上生活:リス、乾燥地植物:まんねん草・ハイデ草
3.生物と人間との関係についての知識を得る。理解学習する;利用・世話・自然美の保護 基本的詞彙: 人間は自然とかわり合っている。人間は成長する。成長を高めることに努力する。人間は自然条件を軽視してはならない。人間は動物の生活ともかわり合っている。人間は有益な動物を飼っている。人間は動物を保護し、駆除する。その際、人間は責任をとる。危険について学習する。	第三学習課題	植物栽培には、温度・水・空気・光・肥料が必要である 葉・花・成長する姿の美しさ・部屋にある構造の花は? 動物の観察:ゴールドハムスター・テングネズミ・ウサギ等 食物・運動・鳴声の観察 肥料は有害にもなる 洗わない青い果実 死んだ動物発見時の態度	肥料についての簡単な実験;成長の度合 動物園(一年と同様)・動物園;外国に轉息する動物 肥料の研究:堆肥・化学肥料 伝染の危険:創傷性破傷風・狂犬病 中毒の危険:カビの毒・肥料・かん腸剤	温室の温度:四季を通じて植物栽培・光・水分の与え方の研究・装置の工夫 肥料の研究:堆肥・化学肥料 園芸家の仕事:庭づくり、山林監守;計画的植樹 木造の学校・包み紙、森;樹木の種子の成長 樹木・林木の利用 野生動物の飼育、薬用植物、ハチミツはどこから、ひな鶏の飼育;人工ふ化 医薬のみすぎの危険	成長に際す自然の・人為的作用:灌漑・排水・殺虫剤・除草剤・くわ・耕うん機 周囲の緑地・自然保護区 犬:人間は犬の本性を利用する 狩猟家と狼:動物の保護 狩猟制限 養魚:ふ化卵→魚
4.初歩的な保健と人間についての学習	第四学習課題	健康と病気 健康管理(朝・夜・食事・前・トイレの後)・食事のマナー 歯の学習:きれいに歯をみがく 正しい姿勢:机・書く姿勢 勢・合理的なテレビの見方	目の働き:目の色・瞳孔 毛・まぶた・まつ毛・まゆ毛 目の保健 骨:意義・骨折 風邪・伝染の予防:季節毎の着衣 身体を鍛錬、医師の検診、切り傷、やけど・鼻血、虫さされの処置、なんぞのあてがい方	耳の働き:簡単な聴覚練習 手の働き、学校歯科医による毎年の検診:歯ならび 歯のはえかわり、合理的なメニュー(肉・野菜・果実・生鮮食品)、 子どもの病氣:はしか・おたふく風邪・風疹・百日せき 入浴	人間の体格、親子の相似 身体内部の学習(最も重要な器官) 怪我するとどうなる:血液・血管、応急処置 家庭による伝染病の媒介

大する問題を解明するために導入され、時々の課題を解決するためには欠かせないものとして生徒に与える必要がある。子どもは次のことを経験すべきである。つまり、自分の推測や仮説を適切な方法によって、いかに検証するか、あるいは否定されるか、すなわち修正せねばならないことがわかるかを。(19, 628)

2. 方 法

物理学・化学教授計画と同様，ここでも教授法上の特徴は，子どもの自己活動による科学的探究の重視にある。個々特殊な事例より，各々に共通する一般法則をという帰納的方法に加えて，上記基本姿勢の⑦で示されているように，観察—仮説—検証（実験）という演繹的方法も重視されている。

科学的探究にもとづく授業のプロセスとして提案されているモデルを示せば，次のとおりである。

第一段階：学習の用意（問題設定）

第二段階：部分的目標を得ること（問題の下調べ）

- (1) 口頭で表現——問題解決への調査
- (2) 解決の計画；観察，試験，方法
- (3) 次のことによって調査，詳細な考察，立証すること。a) 目的観察，考察，調査探究，
b) 事実を総合すること，c) 部分的総括

第三段階：結果を見出すこと，認識すること，評価すること

- (1) 得られた事実の評価；明確にすること，自由な討論
- (2) 生活上の重要な現象の認識，洞察
- (3) 関係の認識（いつ——それから）
- (4) 最初の問題と洞察したものとの関係
- (5) 価値ある解釈——被造物の畏敬——自然保護の念——驚嘆

第四段階：確定的な解明（問題の拡大），結果の確定，応用

- (1) 確定的拡大；同様なもの，類似したもの，他種との比較……
- (2) 確証の可能性；図表による総括的公式化
- (3) 応用の可能性；補足的な生命現象を捜し出すための観察課題（⑭，180～181）

生物学教授計画を最も効果的にするには，子どもと一緒に校庭，農場，公園，湖沼，河岸，魚屋等で実地観察を行い，ピンセット，ハサミ，ルーペ，顕微鏡等の器具を使用し，生徒自ら記述，記録，スケッチ，比較，分類，名称づけ等を試み，思考・考察するように指導してやること，特に強調されている。

お わ り に

以上の考察から次の諸点が明らかとなろう。

〔1〕従来の合科形態を廃止し，理科を教科として独立させ，基礎学校の1学年から課す。

〔2〕後続する学校での教科教授に対する予備教授としての性格をもたせる。

〔3〕科学の基礎概念による学習内容の構造化を図る。物理学・化学教授では，物質の性質・状態や変化に関する基礎概念，生物学教授では形態学的・生態学のおよび生物学的基礎概念，

つまり生物の形態の多様性と様式の統一性、構造と機能の相補性が主要な学習領域である。

〔4〕基礎概念の学習は、科学のための科学としてではなく、子どもが直接目にする環境を理解し得るようにしてやるためである。原則は『生活から生活のために』である。

〔5〕子どもの自己活動による探究を鼓舞し、科学的態度、科学的能力、科学的精神などの啓培に努め、科学的方法を体得させる。

〔6〕教材は、原則として、子どもの生活界から、つまり具体的で直観的な事実・事象を選挙する。

〔7〕自然への愛情を養い、自然保護の念を培う。

今回は、主として、時代の要請および最近の心理学的研究成果を背景に理科教授計画が提出された訳であるが、まだ多くの問題があるように思える。

子どもの学習の可能性については、まだ明確な断定が下せるに至っていない。一般的に、子どもに高い知的レベルを要求すれば、不消化のまま飲み込ませることとなり、かえって子どもの自由な自己活動性を阻害するのではないか、という懸念もある。そういった報告も提出されている。また、初等学校低学年段階の理科においては、専門的分科科学からの要請に端を発したような理科教授ではなく、自然の中でのびのびと遊ばせながら、その遊びを通して学習させるべきだという思想も根強く残っている。わが国の日教組の教育改革への提言の中で主張されている考え方は、これに近いものと思う。

アメリカにおいて理科教育改革運動いわゆる現代化が展開され始めてからすでに10数年を経た今日、その評価の段階に入っている。しかし、はたして効果的であるか、ないか、その評価はまちまちである。重要な問題点の1つとして教師の問題がある。いくら教育理念、教授計画が立派なように見えても、現場にたずさわる教師が理念を理解し、実現に向って意欲的に取り組む姿勢がなければ、十分な効果を期待することができない。西ドイツの場合も同様なことが言えよう。従来、合科形態の中で理科を取り扱ってきた教師が、今回の改革に対していかに取り組むかが、重大な問題である。

西ドイツ人の国民性をうまく言い表した言葉は“Langsam, aber Sicher. (ゆっくりと、しかも正確に)”である、と持田栄一氏が指摘しているが、この国の学制改革を見れば、全くそのとおりである。実践と試行をつみ上げ、その間に何回も討論し、大方の意見が出つくしたところで学制改革へふみきる。今回の教授計画も、バイエルン邦では各行政区の2実験校で試行されている。試行の結果、評価が試みられるであろう。ドイツ人らしい問題の取り組み方である。

また、すでに明らかにしたとおり、19世紀以来の重要な課題であった理科教育の生活化、直観性・自己活動性および郷土結合の原則は決して忘れ去られた訳ではなく、今回の改革においても、その基調をなす原則となっていることを知ることができる。

文 献

- ① 木村仁泰；西ドイツにおける低学年理科，初等理科教育，2，11，(1968)，18～21
- ② 梅根 悟；初等理科教授の革新，(1948)。
- ③ 持田栄一；福祉国家の教育像——現代西ドイツの教育——，(1967)。
- ④ 日教組；日本の教育をどう改めるべきか<続篇>—教育制度検討委員会第三次報告，教育評論，293，(1973)。
- ⑤ シュワブ著／佐藤訳；探究としての学習，(1970)。
- ⑥ H. A. Arndt；Naturlehre in der Grundschule, Band 1 : Theorie, (1970)。
- ⑦ F. Kopp；Probleme des Sachunterricht in der Grundschule, Pädagogische Welt, (1970), 394-404.
- ⑧ F. Kopp；Der Sachunterricht in der Grund-und Hauptschule vor neuer Planung, Pädagogische Welt, (1971), 140-150.
- ⑨ R. Mücke；Biologie als Planungsprojekt im Grundschulunterricht, Pädagogische Welt, (1971), 169-179.
- ⑩ R. Mücke；Unterrichtsplanung als Unterrichtshilfe für die Grundschule, (1971)。
- ⑪ R. Mücke；Der Grundschulunterricht, (1970)。
- ⑫ A. W. Diesterweg；Wegweiser zur Bildung für deutsche Lehrer und andere didaktische Schriften, Ausgewählt und eingeleitet von F. Hofmann, (1962)。
- ⑬ Pädagogische Welt Fachkommission；Lehrplan für die Grundschule in Bayern, Entwurf August 1970, Pädagogische Welt, (1970), 620-636.
- ⑭ W. Barsig und H. Bergmüller；Modelle des Stundenaufbaues für den Biologieunterricht in der Grund-und Hauptschule, Pädagogische Welt, (1971), 180-183.