

II 教材・教具の発達

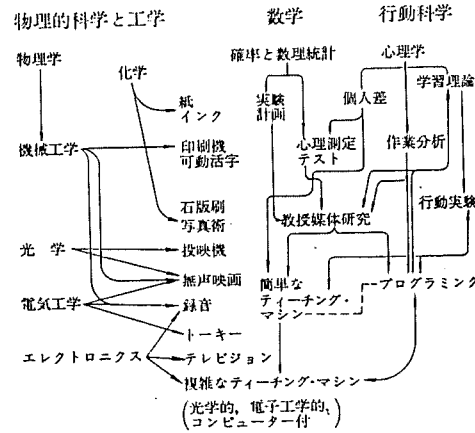
一 科学技術の発展と教材・教具

伝統的な教授方法は、教師が授ける知識を生徒に記憶させることであったが、実物、標本、絵画、模型などの教具の導入により、生徒は直観的な印象を明確にし、具体的な経験に基づいて正確な観念を得させることができようになり、生徒の感覚や経験の範囲を拡大し、教授過程の改善と能率化に大きく役立った。かくして、それまで読み書きに限られていた教育が、地理、歴史、理科などの教科に拡大していくことができた。このようにして教授の物質的技術的手段であった教具が、学習内容としての教材ともなるようになった。

教材・教具の開発と使用は、一方において、教授法、心理学を含み広く行動科学の発達によって促進され、また逆に教授法の改革を促す。他方において、数学、自然科学、技術の発達によって促進される。教授方法に関連するこれら諸科学の関連を図示したものが、第1図である。しかし諸科学や技術の成果が、教授方法に反映するまでには、長い時間が必要であった。

民衆の教育が広まり、いっせいで教授が普及すると、提示装置として黒板が必要になる。黒板は上級の学校においては古くから、おそらく中世から使われていたが、庶民の学校で使われるようになったのは、一九世紀以後のことである。アメリカにおける最初の記録でも、一八〇九年ころである。可動活字による印刷術は、すでに一四五〇年

第1図 教授技術に関連して物理的科学与行動科学との関係を示す図表 (E. R. Hilgard(ed.), *Theories of Learning and Instruction*, The University of Chicago Press. 1964. より.)



に、グーテンベルクによって発明されたが、一八世紀には、まだホーン・ブック(角本)が用いられていた。一八世紀末のベル・ランカスター法のある一例においても、二〇〇人の生徒に対して一冊の教科書が使われ、また、紙に文字を書いたのは少数の上級生だけで、下級中級の生徒は砂板や石板に文字を書いていた。

民衆教育の普及による教授法の改善は新しい教授手段の出現を促したが、科学技術の成果を学校に取り入れることは、きわめて遅々としたものであった。アメリカにおいて学校教育に映画が導入されたのは、エジソンの発明から二五年後の一九二五年に実用的テレビが発明されてから二七年たってからである。これは教育内容の改正や教授法の改善に対して学校が保守的であるというだけでなく、学校がおかれています。最近のことであるが、これも学校教育のためよりもむしろ、軍事訓練や産業訓練の目的が先行して

二 教具の歴史の一断面

(1) 近代科学の創成期を中心として

実物、標本、模型、絵画、図表、機械器具などの教具は、コメニウス、ベスタロッチ、フレーベルらの教育史上の先覚者たちによって唱えられた直観教授の理念に基づいて、一九世紀始めから徐々に学校教育に導入されたものであることを、教育史書は述べている。特にコメニウスは、絵入りの「世界図絵」の編者で、直観教授の提唱者として、第一にその名があげられるが、彼の時代は近代科学の創成期であり、民衆の学校に科学教育を導入し科学をしいだいに大衆のものとしていかなければならない時代であった。彼はその開拓者であった。

マニユファクチュア期におけるすぐれた技術的考察の多くは、職人たちの手でなしとげられたものであった。しかしこの時期における技術上の諸問題は科学に豊富な素材を提供し、技術は科学上の問題の解決を要求した。早くから発達した鉱山業は、排水用ポンプの必要から真空や大気圧に関する物理学上の研究を導き、その原理を必要とした。木材にかわって金属材料が用いられるようになると、金属材料の強度の研究を促進した。冶金技術は化学的知識を必要とし、また秤量や測定の方法が必要となり、数学や物理学との結びつきが必要になった。このように先進的な技術の発展のもとで、マニユファクチュア期の科学は技術的実践と結びつき、自然の研究を、観察と実験にうったえる方向に導いた。フランシス・ベーコンは「ノーヴム・オルガヌム」(一六二〇年)によって、実験と観察に基づく帰納的方法の重要性を指摘した。

ベーコンはまた「ニュー・アトランティス」(一六二七年)において理想社会を描き、その中に「サロモン学院」という科学アカデミーが描かれている。この学院には、さまざまな装置や器具が備えられ、自然を模倣しそれをまねて作った装置、天文現象をつくってみせる装置、実験を行なう装置、実物の見本、その他各種の研究所を備え、「事物の諸原因と秘かな運動に関する知識」を与え、「人間帝国の領域を拡大して、可能なあらゆることを成就する」ことをこの学院の目的としている。これは、科学教育の典型を示し、また技術的学校の典型を示したものである。

同じころイタリアの哲学者カンパネラは、「太陽の都」(一六三三年)において、私所有権をもたない平等な人間の理想社会を描いた。ここには、科学と技術の教育のために、十分な施設を備えて、幼年期から教育し、社会のすべての成員に科学的知識と技術的能力を備えさせようというものである。この太陽の都は、七つの恒星にちなんだ名をもった大きな七つの環状地帯に分かれ、一の丸の外壁には、あらゆる数学的な図表が描かれ、二の丸の内側にはあらゆる鉱石、金属の標本が図示され、小さな実物見本も塗りこめてあり、その外側には、海洋、河川、湖、沼などとともに、酒、油類、飲料についての説明図が示されている。三の丸、四の丸、五の丸の壁にも、それぞれ、植物や動物、大地の産物が完全な姿で描かれ、六の丸の内側の壁には、あらゆる種類の機械仕事、その仕事に必要なすべての道具が描かれている。このようにして、太陽の都の先生たちは、これらの絵を説明し、生徒たちは、一〇才以前に、なんの苦もなく、楽しみながら、あらゆる学問とその歴史を学んでしまふ。ここに、直観教授、実物による教授と、それによる自然科学教育のみことな典型が描かれている。

イギリスの経済学者であり、自然研究者でもあったウィリアム・ペティが、「サミュエル・ハートリップ氏に対するW・Pの進言、学問の、ある特殊の諸部門の進歩のために」(一六四八年)を書いている。ペティは「不可

視の学院」とよばれる自然研究者のサークルのメンバーであり、ハートリップはこのサークルの指導的人物であった。このサークルのおもだった数人が一六四八年ころオクスフォードに集まり、オクスフォード大学の改組に伴い、教授の職に迎えられ、オクスフォード哲学協会を結成した。ここにのちのロイヤル・ソサイエティの原型が整えられていた。

W・ペティはこのハートリップへの進言の中で、当時改革の必要が痛感されている問題、すなわち年少教育と青年教育、内容的には、いっさいの発見と発明を促進するための、数学、力学、医学、技術、自然史に関する教育と研究の促進を提案している。年少教育においては、感覚の重視、実験、観察、推理、記憶の諸能力の養成を強調している。また同じサークルのミルトンが、同じくハートリップのすすめによって「教育について」（一六四四年）を書き、この改革案の中でも、実験を重視した自然科学教育の提案が含まれている。

コメニウスは一六四一年、ハートリップを介してイギリス議会に招かれイギリスに渡る。コメニウス招へいの目的はイギリスの当面していた政治問題に関連したものであったが、彼はイギリスで「汎知大学」を設計し創設しようとした。当時の困難な条件のため、これを実現することはできなかったが、彼の与えた影響は、ロイヤル・ソサイエティを実現させるのに役だった。

コメニウスが「語学入門」や「大教授学」を書いたのは、もちろんイギリスに渡る一〇年も前のことであるが、ベーコンの影響を強く受けていることは確かだ、ベーコンの思想を教育に適用したものである、ともいうべきものであろう。彼は、科学の研究方法、すなわち実験と観察に基づく帰納的方法を、そのまま生徒の学習方法にしようとするものであった。彼は、直視教授の提唱者で、「感覚は認識の最初にして最も確実な道具である」とし、

したがって「一切の事物は可能な限り、感覚によって把握すべきである」というのが、その科学方法論の原理であり、「一切を可能な限り感覚に訴えよ」が科学教授法の原則であった。

イギリスにおいて一七世紀後半には、科学に対する関心は、主として前述のロイヤル・ソサイエティを中心とする科学者に限られていたが、一七世紀末から一八世紀にかけてに教養ある階級、中流階級に普及するようになり、各種の科学の公開講座がもたれるようになった。マニユファクチュア期の科学と技術の発展とともに、公開講座にも実験やデモンストレーションが取り入れられ、応用科学や技術のコースも開設されるようになる。技術の発展とともに、実験と応用を中心とした科学の公開講座は、イギリスの地方都市に広がり、北部中部に急速に成長しつつあった産業都市、商業都市、港に普及し、下層階級や庶民の間に普及していった。一八世紀のなかばは産業革命前夜には技術的要求を反映し、科学に対する関心はロイヤル・ソサイエティ中心ではなくなり、製造業者の支持のもとに、技芸工業商業奨励協会が設けられ、他方労働者階級的要求を反映して、労働者のための科学協会が設けられた。この協会は一七四六年ころから、自然科学の実験を行ない、そのための器具機械のコレクションをつくった。このようにして、実験的科学は、労働者階級や民衆の間に急速に広まっていった。

(2) フレーベルの恩物について

ドイツのフレーベルは、一八三七年に教育用玩具として恩物を創案作成した。「恩物」は *Gabe* (与えられたもの、賜物) の訳である。これは、球形、円柱、板、立方体等の諸要素からなる使用順序の定められた系列玩具である。

フレーベルは林務官として、山や野や森の自然に接し、この職業のために幾何学や測量術を学んだ。のちにイ

エナ大学に学び、自分の志した職業に役だつと思われた講義を聴講し、数学、鉱物学、博物学、物理、化学、財政学、林業、建築学、測量術などを学んだ。しかしエナ大学でのこれらの講義はフレーベルを満足させることはできず、「現象の内的関連が単純な基礎から導き出され且説明されるのを見ようと思った。」（「フレーベル」の日記からの引用、以下の引用も同じ）。「諸現象の内的関連を明らかにしてくれた」点で、化学は心をひきつけられたし、また動植物学も同様であった。「動物はあらゆる方面に向つて網の目のような親族関係にあるという思想にひきつけられた。エナにおける滞在はフレーベルに「多くのものを与えた。（中略）私は（中略）多様における統一、力及び生命の親族関係、物質における生命、さては諸力と生命法則とを認めたのである。」

フレーベルは、その後三一才のときベルリン大学に転じ、ワイス教授のもとで鉱物学を学んだ。ワイスは理想結晶にあらわれる結晶面が、各結晶軸と交わる点の、結晶中心からの距離の比は、軸率 a, b, c の簡単な整数倍の比になるので、この結晶面を、 pa, qb, rc 、という記号であらわすことを創案した。現在ではほとんど使われていないが、結晶のワイス記号法として、知られている。

「人間はただに自然の形と姿との多様性を認識するだけではなくて、自然の統一、自然の内的活動性、ないし自然の影響をもまた理解せざるを得ないようにできている。そしてそれゆえに彼自身がまた彼の発達と陶冶との過程において自然の過程にしたがうのである。だから彼は彼の遊戯においてさえ、自然の創造過程を模倣する。最初の自然形成物すなわち自然の固形態——結晶体——は内部の力によって規定された外的相互集成物らしい。幼き者は自然を最初の活動で理解しようとして、彼の最初の遊戯では喜んで自然の最初の活動を模倣する。幼き者は喜んで建造しないだろうか、また自然の最初の結晶体は建造的ではないだろうか。」

自然現象の内的関連を追求したフレーベルは、鉱物学の研究によって、結晶体を、最初の自然形成物として、内部の力によって規定された外的相互集成物と見、幼児にこの自然の創造過程を遊戯において模倣再現させる教具として、恩物を考案した。

しかし人間の発達と陶冶の過程においては、ただ自然の過程に従うだけではない。また自然の創造過程は「自然の固形態——結晶体——」の形成だけに代表されることはできない。自然の創造過程は、物理学的・力学的・化学的その他の諸過程が複合されているし、自然の征服と第二の自然の創造と人間の発達過程では、単に自然の過程に従うだけでなく、自然の法則に従うことによって自然を征服する過程、労働の過程、技術の過程が重要である。

「人間は対象物の世界に住むが、さてその対象物の性質ないしその本性に従い、かつそれら相互の間の、また人間との間の関係にしたがつて、この対象物を認識しなければなるまい。対象物は形をもち——形に関する学科——、大きさを有ち——大きさに関する学科——、多様である——数学——。」とフレーベルは述べている。恩物は、形、大きさ、色の区別ある諸要素から成り立ち、自然の中から導かれたという特徴をもっているが、形態、空間、図形、量、という数学的要素も捨象され、極度に抽象化された、形と色をもった単なる積み木になってしまっている。

自然と技術から生みだされたと思われる恩物が抽象化されていった原因の一つはフレーベル自身にあり、もう一つはフレーベルの信奉者たちにある。フレーベルは、一八〇五年にすべての友だちに別れを告げ、「心の平和と魂の快活と精進の精神とをもって今までの地位を放棄」した。「私達が自然に接することが親しければ親しいほど、

第2図 コンストラクターによる組立作業

2-1 モスクワのババエフ製菓工場
の幼稚園における船づくり



2-2 ジュダノフ記念ビオニール
宮殿における作業



自然はすべてを一層類化して私達にもどしてくるといふ言葉の真実があることを知った」。フレイベルは「神性は単に最大のものであるだけでなくて、実にま

た最小のものであって、それが完全な充実性と力とをもって、最も小さなものうちにも現われるということが、未だかつてなかったほどはつきり解った。そして今や私には土壤と結晶体とは人間ないし人類の発展とその歴史との鏡だった」と述べている。

恩物は創案者自身により、また後世の採用者たちにより、神より与えられたものとして極度に抽象化してしまつたが、神からではなく、自然から与えられたものとし、人間が自然の中からひきだし、第二の自然を創造していく諸要素として科学教育・技術教育に利用すれば、現代の技術の基礎的諸要素を理解させ、分析と総合という現代の科学技術の方法をつかませるうえできわめて有効な手段となるであろう。ソビエトの学校の技術教育で使われている組立教材コンストラクター(第2図)はこの系列に属するものと思われるし、これがまた生産工場で使われている集合機械やUSP(万能組立部品)の基礎となっている。