

アメリカの生物教育の改造

— 科学教育と教授過程研究そのII —

小川 博 久

序章 B S C S の活動

本稿はアメリカの科学教育改造の研究そのIIとして、物理教育の改造 (P S C S) に続き、高校における生物教育の改造の本質とねらいを教育方法学の立場から明らかにしようとするものである。この論文では新しい生物教育の動き (Biological Science Curriculum Study) と、それ以前の生物教育との比較に論点をおく。高校生物教育の改造は一九五九年の B S C S の活動に始まったといつて良い。勿論、以前にも、B S C S と同じ立場に立つプログラムが発表されたが、本格的な活動は B S C S を嚆矢とする。簡単に B S C S の沿革にふれてみよう。一九五五年に American Institute of Biological Science (略称、A I B S) の設立とともに、生物教育と生物学の交流に関する小委員会が設置され、生物教育の新課程を作る必要性が痛感された。一九五八年

学者と教師からなるカリキュラム研究会が発足し、全米科学財団から一四万ドルの援助を受けた。翌年、コロラド大学に本部を置き、^{Cooperative} ^{Workshop} ^{Class} を委員長に運営委員会が設置され、次の年から研究者と教師が協力して教科書、その他の教材の作成に取組んだ。一九六〇年、六一年、六二年、六三年、六四年度に作成した草稿を多くの実験校(延べ約一三万人)でテストし、結果をフィードバックして一九六三年に教科書その他が市販された。B S C S の活動はこの他、教師の研修、論文集の発行、映画製作、国際交流等の広範囲にわたっている。従来多くのカリキュラム委員会勧告が机上の理論に終わったのに較べてみると、B S C S の実践的活動は画期的である。また、B S C S の成立は一九五六年に始まる物理教育の改造 (P S S C)、化学教育の改造 (C B A、C H E M) 等、一連の科学教育改造の一環であり、B S C S はなかでも規模の大きさ、活動の多面性において最大である。

第一部 BSCS以前の生物教育

第一章 生物教育の目標

第一節 生物教育の目標としての実用性

生物教育の目標の性格は教科「生物科」の成立と密接な関係にある。高校で教科「生物科」が生れたのは一九一〇年前後のことである(5)。それ以前は生物という教科はなく、動物学、植物学、生理学等分科コースに分れ、大学受験生を対象にしていた。ところが二十世紀に入ると高校就学人口が増加し、これにともない高校で学業を終る生徒が増加し、大学教育の模倣であった分科コースが批判されるに至った。分科コースは大多数の生徒には難かし過ぎるうえに実際にも役立たないというのが批判の要点である。そこでもっと身近かな日常生活に役立つ知識を身につけさせようとして、大多数の生徒を対象とする生物科が設けられたのである。教科内容は従来の分科コースから、実用的項目を選び、容易に理解できるよう工夫された。一九一〇年前後に出版された教科書は *Applied Biology, Citizen Biology, Practical Biology* 等の表題がついている。それ故、生物が教科としてまとまったのは生物学が科学として体系化されたからではなく、実用性という目標によって目的論的に統合されたからである。生物教育のこの

実用的観点は、その後一九一九年、中等学校教育改造委員会科学教育小委員会の提案(6)などによって展開され、生物教育の初期(一九三〇年頃)に著しく現われるが、その後も一貫した流れをなしている。一九四〇年、全米中等学校校長が主催する消費者教育協会のために、全米科学教師協会が用意した報告書「消費者教育における科学の位置(7)」をみると、「中等教育の目標は知的消費者を形成することであり」、「科学教育の目標は商品やサービスについての情報を与え、これを最も有効に使えるように批判的思考力を発展させることである。」と述べている。

生物教科の目標に実用性が採用された理由は大きくわけて、二つあると思われる。一つは中等教育綱である。J. J. Schaubによれば、アメリカの教育には二つの大きな流れがあるという。その一つは生活手段獲得のための大衆教育、もう一つはエリート養成教育である。後者では推理すること (reasoning) が重視されたという(8)。確かに一九九〇年代までの高校はエリート養成教育機関であり、科学教育は知的能力 (mental faculty) を訓練する mental discipline だと考えられていた。しかし、前述のような高校の大衆化とともに、実用性が重視されるようになった。フランスの物理学者ランジュバンも一九世紀末のプログラムは専ら実利的なものであったと述べている(9)。この事実、国民大衆を対象とする教育には推論とか、知的訓練とかよりも実用知に主眼

を置くべきだという考え方が当時一般的であったことを示している。二十世紀に入ると、大衆にも知的思考力を養わせる必要が認められて来た。科学教育は特にこの点を強調したが、実用性を重んじる立場は少しも変更されなかった。すなわち、消費者教育の例のように、科学的思考力の養成は実用性と結びついて現われるのである。科学教育における実用性の重視の理由のうち一つは功利主義的科学観と関係する。

第二節 実用性と功利主義的科学観

功利主義的科学観では、「科学は我々をめぐる世界の構造と働きについての知識体系である。それ故、科学において必要なものは社会的効用よりも世界の神秘を解明せんとする知的冒険である(9)」とは考えない。科学は社会的効用という脈絡において、科学の成果とその技術的应用のみが扱えられる。一九三〇年以後の科学教育においては、教科内容選択基準の中に科学の原理をあげているが、この原理も学問的に重要な原理でなく、社会的に有用な原理が選ばれるべきだとされている。

科学の社会的効用を重視する場合、科学は技術学と混同され、科学の知識を探究する過程よりも科学の成果や、その応用過程に重点が移る。このため知識は固定化され、絶対化される。なぜなら、そうしないと応用ということは考えられないからである。こうした科学観を生みだした背景についてランジュバンは次のよう

にいう。「科学が現象を予見する働きを持つことから科学の応用性が発達して来た。そして、この予言可能性の実際上の著しい成功が科学の価値と科学の為す貢献を不当に功利主義的側面にだけ制限する結果を生みだし、実際の応用に對する顧慮が研究と教育をあまりにしばしば支配するようになった(10)」と。功利主義的科学観はまた、大衆の科学や科学者への無理解とも関係している。大衆ばかりでなく、高度な人文的教養の持主でも、科学の発見過程や、研究活動の実体を知るには科学はあまりに専門的で難解である。従って、科学に対して大衆の持つイメージは科学の探究過程でなく、結果であり、その社会的効用なのだ。一方、科学者自身も自分の専門外のことに関心を示さず、科学の探究過程の社会的意義、その他の文化活動との関係を検討することが少なかった(11)。

大衆と科学者とのこうした意志疎通の欠除を前にして、大衆に科学を理解させようという科学の大衆化運動が起り、科学と常識との結合を唱えた。一九二四年の全米科学促進協会の(A.A.A.S)報告書はこう述べている。「我々は各分野の知識を連結し、特定の科学研究の結果に基づきつつ、はるかにそれを超える『事実一般の価値と意味について練えられ、ゆきとどいた感情を持つべきである(12)』と。要するに、科学研究法が全ての日常生活的問題の追求にも必要であることを啓蒙しようとしたのである。しかし、こ

れも科学の具体的探究過程を大衆に理解させ得ず、データの集め方、分類法、解釈法等、規格化された方法の公式を、日常生活に応用する技術として教えるにすぎなかったので功利主義的科学観を破るものではなかった。

第三節 適応のための科学教育

実用性と並ぶ生物教育のもう一つの目標は生活（または、環境、社会）への適応という概念であった。生物教育は一九一八年の教育改造委員会勧告以来、高校全教育活動の一環として、全体の教育目標に貢献すべく教育目標を設定した⁽¹³⁾。当時、高校の教育目標として一般に承認されていたのはアメリカ的民主主義社会に適應できる人間の形成であった。科学教育の一つである生物もこの目標に規制され、社会に適應するのに必要な科学的、合理的態度能力、スキル等、の育成を目標とした。就中、生徒の日常生活における諸問題の解決能力を養うため、科学の方法の習得と適用を重視した。例えば、一九四二年、NEA全米科学教師協会報告書「より良き生活のための科学教育」は教育目標をより良き生活の達成におき、この目標に貢献し得る科学教育の目標は(一)科学の方法を個人的、社会的諸問題に適用できること、(二)科学への信頼を育てること、(三)科学を日常生活で活用できること、(四)生徒の要求に合った内容を選ぶことであるという⁽¹⁴⁾。適応の考え方は適應するにふさわしい行動様式の養成を求める。即ち、日常生活の諸問

題を解決し、自己をよりよく社会に適應させていくには合理的、科学的態度、能力、スキルを身につけねばならない。それには科学の方法の理解と問題場面への適用能力を学ばねばならないと考えるのである。

生物教育に適應の思想が現われたのは一九三〇年代であった。

一九世紀から二十世紀にかけて自然科学は革命的発展を遂げ、これに伴う技術的發展は科学技術の社会的重要性を高めた。自然科学のこの發展は社会科学にも大きく影響した。ちょうどこの頃、行動主義がワトソン等によって心理学の分野で唱えられ、次第に社会学、政治学の分野に広がった。「行動主義は、アメリカ思想の主流であるプラグマティズムから生れた機能的行動理論が個人主義と結びついて、個人の社会環境に対する適応という行動機能を、中心のテーマとしたのである⁽¹⁵⁾」さらに行動主義は、自然科学の方法論を自己の方法としながら、精神分析学などを摂取しつつ、諸科学の共同研究によってパースナリテイセオリーの分野を開拓した。教育の分野でも、就学人口の増加にともなう教育条件の複雑化から、生徒の社会的、経済的背景により生ずる種々の要求、興味、態度、発達段階からみた成熟度、教育において達成すべきパースナリテイの構成などへの関心がいちぢるしく高まった⁽¹⁶⁾。この結果、教育の目標設定にもこうした教育学の考察がはらわれたのである。科学教育の目標も同じ脈絡の中で設定さ

れた分)。特に生物学は行動主義との結びつきが強く、教科内容に心理学、生理学が大きく取入れられ、「適応」が中心のテーマとなったりして、教科内容の選択にもこうした影響が及んだのである。

第二章 生物教育の内容と方法

第一節 生物教育のカリキュラム

教科「生物科」の成立以来、数多くの提案がなされた。そしてそれ等は各自種々のニュアンスを持っている。しかし、前述の目標との関連においてみると、いくつかの共通点をそこから引き出すことができる。まず内容選択の基準についての共通点をあげると、(一)生徒の要求や興味に合致すること、(二)生徒の成熟度に合った内容であること、(三)生徒の日常生活や身近かな経験と結びついた内容であること、(四)科学の一般原理を中心とした内容であること、但し、この原理は社会的福祉に役立つか、社会的効用を持っている原理であること、(五)科学の方法が適用できる内容であること、(六)社会的、個人的実用価値のある内容であることなどがあげられる。

次に内容編成については、原則として、(一)生徒の経験を中心に問題、ないしプロジェクトに組織する。一九四〇年代には、統合コア、広領域カリキュラムの名において生活上の問題に沿って、

組織された。(二)生徒の成熟度に合わせて編成する。(三)科学の一般原理に基いて編成することなどである。

カリキュラム構成に関する上述の諸基準から考察される基本的立場は、学習者の側の諸条件を特に重視した経験単元の構成であることだ。したがって教科内容をなす生物学の知識の体系的一貫性はカリキュラム編成上考慮されていないといっている。一九三八年の進歩主義協会の勧告では、学問の論理よりも人間経験のまとまりに基くべきである。¹⁸⁾としていた。カリキュラム編成上科学の原理が重視されているが、この原理も生物学の論理に従って選んだというより、その原理の社会的効用度に基づくものであり雑多な知識を記憶するより学習のエコノミーに適しているからに他ならない。こうしたカリキュラム構成の基調となる思想は前述したように、一つは行動主義心理学であり、もう一つは反主知主義的教材観である。「一九三〇年代から最近まで教育理論のコトバはまず第一に、バースナリテイ理論、精神衛生、個人差に関する心理学のプランチの影響下にあった¹⁹⁾」という。そして、この傾向は一九二〇年代までの教育が言語主義的記憶中心の教授であったことへの批判として生れたという点では意味があった。しかし、「学習の要求、興味の個人差、地域差を重視する傾向は各教科教授の体系的研究を不可能²⁰⁾」にした。そしてカリキュラム構成に関する前述の諸基準は教科の質的相違を考慮せず、全教科に

適用された。そして、ついには教科のラインがぼつされ、四〇年代にはコアカリキュラムの全盛を迎えるのである。

カリキュラム構成に大きな影響を持つもう一つの考え方―反主知主義的教材観は二〇年代以後一般的になった。これは科学の知識それ自体に価値を見ない。知識は社会的、個人的有効性を持つ限り、また個人の環境への適応を可能にする限り価値があるとす。こうした科学に対する功利主義的観念からして、科学の知識は何等かの意味で科学以外の目的に役立つときのみ価値がある。したがって科学の知識が科学の探究過程において持つ役割とか、知識の体系的―貫性は不当に無視される。これは一種の反主知主義である。「この反主知主義 (anti-Intellectualism) は思考を実践よりも、また知識を行動よりも下位におくものである。アメリカ人は知識それ自体に価値を認めなかったので、素朴な活動主義、実用主義との結びつきが強くなり、抽象理論や思想への疑いを育てて来た。」²¹⁾ この心情は長くアメリカ人の心を浸し続けやがてアメリカ人の生活や気質のきわめて明白な特徴の一つとなり、教育哲学や教育思想の一般的傾向にも影響し、教育計画の性格をも規定したのである。

第二節 生物教育の教授過程

生物教育の目標が生物学の知識を理解するよりも、生物学を通じて学習者の態度、能力スキルの養成を意図していたことは既に

述べた。このため、教授過程は知識を正しく把握することよりも自然科学の方法を会得し、これを日常生活の諸問題の解決に適用することを重視した。生徒の学習過程に關してみると、三〇年代に入って、学習心理学が注目され、生徒を学習にモチベートする方法、個人差に應ずる指導、成熟度に合った学習の進め方にその見解が導入されたが、具体的教材を対象として展開される認識のプロセスについてはほとんど示唆を与えなかった。学習過程ではいわゆる問題解決法が流行したが、その実際は次のような段階を持つ科学の方法のことであり、両者は同義とされた。(一)不明瞭な場面。(二)問題の発生。(三)仮説の設定。(四)観察。(五)実験により研究方法を探る。(六)データの蒐集。(七)一定の意味ある言明とする。(八)正当だと思われる主張に達する。(九)既存の体系と連結する。こうした公式化された方法を授業および、実験の問題場面に適用することが教授過程の主要な筋道をなしていた。

科学的態度、能力を身につける手段である科学の方法は、始めは生物学、物理学、化学といった学問領域内で用いられていたが、科学の方法の公式的普遍性のゆえに、また科学的態度はどの問題領域にも必要であることから、あらゆる問題領域にも適用可能であり、すべきであると考えられるに至った。一九四二年の全米科学教授委員会報告は科学の方法と態度は個々人のあらゆる要求を実現するために必要である。だから、科学の方法はコースや

教授の区別なしに学ばれる⁽²³⁾」べきであると述べている。こうして科学の方法の公式的、普遍的適用は、結果的に個々の具体的知識内容との有機的結びつきを失い、科学の方法自体類型化、規範化されるようになったので、学習者は科学の方法を抽象的公式として記憶することはできても、実際に活用できなくなっていた。結果として、科学の方法の理解はお題目 (Tip Service) に過ぎなくなった。科学の方法理解とその適用は実験で特に重視したが、科学の知識が軽視されたので、実験授業も単に技術や、技能の習熟が中心となってしまった。このような方法主義は一面で知識に対する反主知主義的態度に支えられ、「他面、自然科学の知識と社会科学知識の連続性を根拠に、自然科学の方法と社会科学の方法とを同一視する」⁽²⁴⁾行動主義方法論の反映である。そしてこの方法主義は科学の方法が普遍的に適用されれば、心的能力や態度が形成されるはずだという信念を形成していったのである。

第二部 新しい生物教育

第一章 新しい生物教育の目標

第一節 科学の発展と科学教育への要請

科学教育はこの半世紀の間、根本的变化を示さなかった。しかし、科学は一九世紀～二十世紀にかけての物理学の革命をかわき

りに著しい変化を遂げた。これにともない現代科学の成果は現代社会の種々の領域に活用され、科学の方法も諸分野の問題解決の有力な武器と見做されるようになった。科学者達も実験室を出て科学の社会的役割と意義を問題にした。また科学者以外の有識者も科学活動に無関心ではいられなくなった。こうした科学への認識は現代人にとって科学は思考形成の重要なモメントだという見解を導き出した。科学教育における「科学の方法」の強調はこうした科学に対する認識の変化に負っている。しかし、科学教育に決定的変化を迫ったものは第二次大戦による原爆の開発と、戦後の米ソの政治優位をかけた科学競争であった。これは科学教育への国家的関心を著しく高めた。ここに科学を通じて個人の適応能力を高め、自己実現をはかるといふ個人主義的目的観に代って、優秀な人材を養成する、またそのために低辺の拡大を計るといふ意味で、科学に強い市民を育成するというきわめて具体的課題が科学教育につきつけられた。このことはBSCSの教育目標の提示形式と以前のそれとを較べれば明らかだ。後者の場合、教育の一般目標、科学教育の一般目標、上述の目標ならびに他教科との関連の上に各教科目標を述べるといふ順序をとる。一方、前者では、直ちに科学の現代社会における役割を説き、教科目標を具体的に提示する(教科間の関連はあまり顧慮せず)新しい科学教育は科学の知識を材料にして広く一般的能力や態度を養成しよう

というのではなく、具体的な科学自体の活動を理解することをめざす。それには現代の發展段階にある科学の本質把握が前提をなすのである。

第二節 現代生物学の特色について

現代生物学の發展について、ベントリイ・グラスは「今世紀の前半において物理学が人間の生活改造に及ぼした変化のいづれよりも記念すべき発見を、今世紀の後半において生物学が遂行しつつある⁽²⁴⁾」と述べている。そして、この変化には二つの局面がある。その一つは知識量の増大である。例えば一九〇〇年を基準にして今日の知識量をみると、一六倍の激増である。第二は生物学の構造的变化である。これまで一定のジャンルを形成していた枠が次々に取払われ、研究領域に方法的共通性が生れた。例えば物理学の方法と化学の方法とは可成り異っていたが、「科学の変化によって次第に物理的物質観と、化学的物質観とが物質の原子的レベルにおいて、全く異った観察を出発点としながら同地点に達した。⁽²⁵⁾」科学の發展が一方で科学研究の分野に著しい分化、専門化を招来しながら、他面で方法的共通地盤を拡大していったのは、物理学的方法の普及のおかげである。生物学においても、近年物理学や、化学の方法が導入され、生化学、生物物理学といった新分野を開拓した。こうした新しい理論の導入により生物学の理論的体系化が進んでいる。最近、「DNAなどの発見

によって、生命過程の最も根本的側面の認識が深まり、より包括的な説明仮説の枠を作りあげることになった。⁽²⁶⁾」いいかえれば現代生物学は演繹的に構成された理論的枠組(物理学や化学から借用する場合も多い)によって構造化された。しかも、この理論仮説は研究の發展と共に更新されるので、生物科学の探究過程は可変的になる。以前の生物学は、動物学にしる、植物学にしる形態学や分類学のように現象↓観察↓理論化という固定化した帰納のプロセスをたどっていた。現代の生物学においてある生物現象に物理学のモデルが、あるいは化学のモデルが導入されれば、探究過程は新しいアプローチを展開することになる。以上のような現代生物学の發展をふまえて、従来の生物教育が検討され、科学それ自体の理解を求める新しい生物教育の具体目標と内容が決定されて来るのである。

第三節 現代生物学と生物教育の目標

(一) 現代における生物教育の実用性

科学の發展とともに科学知識はたえず更新される。昨日の先端的知識も明日は排棄されるかも知れない。また技術もこれにともない増々複雑化、高度化しよう。こうした状況の中で、高校における一年間の授業の知識が実用性を持つ範囲は非常に限られている。現代の産業社会で実用化される知識を得るにはさらに高度の学習と訓練が必要である。したがって科学を実用化しようとする

目標自体否定できないにしても、当面実用性を目標に掲げること
は多くの欠陥を招く。実用性を強調する場合、個々の知識の応
用に重点が置かれるので、科学の体系的まともり、知識の更新
性、操作性が軽視され、知識の固定化を招く。ここに科学教育
が科学の発展に立ちおくれた原因がある。それ故現代における生
物教授の実用性は個々の知識の習得にはない。生物学とは何か、
科学の方法とは何か等の包括的観点から生物学の全体構造を把握
する方が科学の発展に対処する姿勢を生徒の中に形成でき、ひい
ては、長期的にみて科学の実用化につながるかと考えるべきであ
らう。

(二) 生物教育の目標としての『適応』の再検討

いかなる条件においても、その条件を基本的にはとする限り、
これによりよく適応することは望ましいことである。それ故、従
来の生物教育が適応を教科の目標として採用したこと自体に問題
はない。ただ「適応」という概念はすぐれて生物学的、心理学的
である。現代のように科学技術の発展が、人間の外に幾重にも
成層化された社会的、経済的スキームを構築している時代にあっ
ては、人間の行動はそうした生物学的、心理学的考慮のみで律す
ることはできない。何等の意味で対象世界のスキームにアプロ
チせねばならない。そうした点から「適応」という目標は批判さ

れるのである。環境に適応する人間の形成の具体的プロセスは公
式的な「科学の方法」なるものを一つのパターンとして習得させ
科学的態度、能力に転化させようとするもので、俗にいえば態度
主義であり、そこでは科学の知識―対象世界との関連が断ち切ら
れている。こうした立場で化学の教科書を書いたジェームスコナ
ントは自己批判してこう述べている。「科学は職人的経験主義に
基く実験と、数学的思考と結びついてきた。しかるにいわゆる
『科学の方法』の定義はしばしば良く整理された経験主義的探究
の大きっぱな説明にすぎず、そこでもう一つの要素、新しい概念
の使用を無視している。(28)」

新しい生物教育は同じ立場から生物学における「科学の方法
(The method of science, a method of science)でなくことに注
意」を否定する。探究としての科学は科学の内容から離れた『科
学の方法』なるものについて語ることはない。科学の探究は普
遍的な方法でも、ロジックでもない。(29)「いわゆる『科学の方法』
は内容と方法とを切離し、この両者を結論の修辭法 (Vherbetic
of conclusion) のオーソドキシイとして扱うことである。(30)」真
の科学的探究は特定の教科内容との関係において生れるものであ
り、そこから科学的探究と芸術的探究の相違が生れる。

かくて新しい生物教育が理解させようとする生物学は特定の内
容との関連において生れる概念と一定的方法的操作とが結合して

形成される多様な探究過程である。それ故、従来の様に知識に偏重するのではなく、知識を軽視することもない。科学の知識は体系化された形式において、探究ならびに学習の筋道を暗示し、新しい仮説を提起し、探究を具体化する道(実験)を用意する。

生物学の基本原理や法則が重視されるのはこのためである。一方、科学の探究過程は知識成立の過程を示すものだから、知識を正しく理解するにはこの原発見過程は見逃がせない。簡単にいえば、内容と方法との等質性(homogeneity)において生物学を把握しなければならぬ。生物学における「適応」の概念は公式的な方法を万能視した方法偏重、内容軽視の故に批判され、新たに組なおさなければならない。

第四節 生物教育の新しい動向

新しい生物教育の動向はBSCSの運動において頂点に達するが、それ以前にもいくつかの先駆的研究がある。一九四五年、ハーバード大学一般教育委員会報告「自由世界における一般教育(51)」は科学とテクノロジーとの深い関係を指摘しながらも、その区別を明確にし、「科学の目的は、なすことではなく、知ることにあり、知られるにもせよ、知るために為すのであって、便宜性や、技術的効用のためではない。」第二に科学は事実や実験による経験だけでなく、文化的哲学的背景を持つ。第三に文学的

言明、社会的言明、力学的言明はその性質が異なるので科学の方法はすべての言明に適用できないの三点をあげている。

この報告書は功利主義的科学観を排し、科学を技術的応用学と峻別し、科学の方法の普遍的適用を否定し、そこに厳格な区別を設けたことにおいて、この時代の他の提案と著しい対照をなしている。この提案の中で、科学教育の目的は為すことなく知ることだという見解はその後の科学教育の転換点を示唆している。

この路線を継承し、生物教育に具体的提案をしたのは、一九五四年、全米研究評議会(Natural Research Council)と全米科学アカデミー農業、生物部門が組織した教育政策委員会主催の生物教育に関する会議であった。この会議のテーマは「生物学の強調点の変化に生物教育は対応しているか」であった。結論としては専門家養成と大衆の啓蒙の二点から、次の三つが目標となった。(一)開かれた分野である生物学と人間生活における生物学の意義を理解させる。(二)人間の探究的知性の主な道具である科学への信頼を育てる。(三)我々の周囲の生物界への理解と興味を育てる。一九五七年、教育政策委員会の教材、出版物に関する小委員会は上述の目標を達成する教材のあり方を検討し、これからの教科書は従来の教科書の欠点(一)保守的、権威的で学問の発展を取入れない。(二)科学を固定化、完結化したものとみる。(三)科学の方法はおしやべりだけで生きた過程を教えない。)を排し、(一)科学を過程とし

て、生きた、開かれた体系とみることに。(1)科学を教条的に扱えず、事実と理論の区別を明確にすること。(2)生物科学は自然の一面面の理解であると共に、一つの学問体系であること等を示さねばならないという。さらに生物教授では実験が科学理解の本道であることは当然だが、この実験では学生が発見を求める科学者のように探究過程に参加すべきだという(32)。以上の見解はBSCSの見解と一致している。BSCSはそれをさらに論理的、実践的に展開してくれただけである。

第二章 BSCS の生物教育(33)

第一節 BSCS の教育目標

BSCSの目標は一口にいえば、探究としての生物科学を理解することだが、この基本目標には二側面がある。(1)生物学という科学の理解(1)知的探究活動としての生物学、(2)生物学の史的展開と現代における文化的、社会的意義―(註)知識でなく、学である点に注意。(3)科学の方法)。生物学が解明した生物界の理解の二点である(34)。この基本方針に基づき、BSCSは次の具体目標を立てる。(1)自然の枠組の中で、自分の位置を理解する。生物体の共通性の理解。(2)人間自身の機能と構造の理解。(3)生物の多様性と全創造物の相互関係の理解。(4)進化、発達、遺伝に関する生物学上の根本問題の理解。(5)医学、公衆衛生、農業、資源保

護等の問題に関する生物学の基礎知識の理解。(6)生物学上の概念の発展と科学技術、社会等の発展との関連の理解、(7)科学的探究法の理解。

BSCSの目標の特色の第一は目標の具体性である。従来目標にみられ勝ちな欠陥は目標の抽象的提示と、その具体的手続である教授過程との関連が不明確であったことだ。これに対しBSCSは、カリキュラム構成や教授過程との有機的連関によって達成可能と思われるレベルまで目標を具体化している。つまり、教科の目標を態度、能力、スキルの養成まで拡張せず、理解目標に限っている。理解目標は達成の可否を最も測定しやすいからである。これに対し、態度、能力を無視する知識偏重だという批判があれば、十分に反論の余地がある。基本目標において生物学の学的性格が強調されていたが、これは生物学を知的な探究活動として押え、学問の全体的な構造―とらえ方を重視しているからであり、学問の全体的枠組を具体的に理解することによって始めて態度、能力は養われると考えるからである。個々の具体的知識は決しておろそかにはされないが、第一義の目標ではない。

第二節 BSCS のカリキュラム構成

BSCSは探究としての生物科学を理解させるといふ基本目標に基づき、生物学の探究に不可欠な基礎原理をカリキュラム構成の基本原則として採用している。次に述べる基礎原理はカリキュラム

を貫くテーマとなる。(35)」

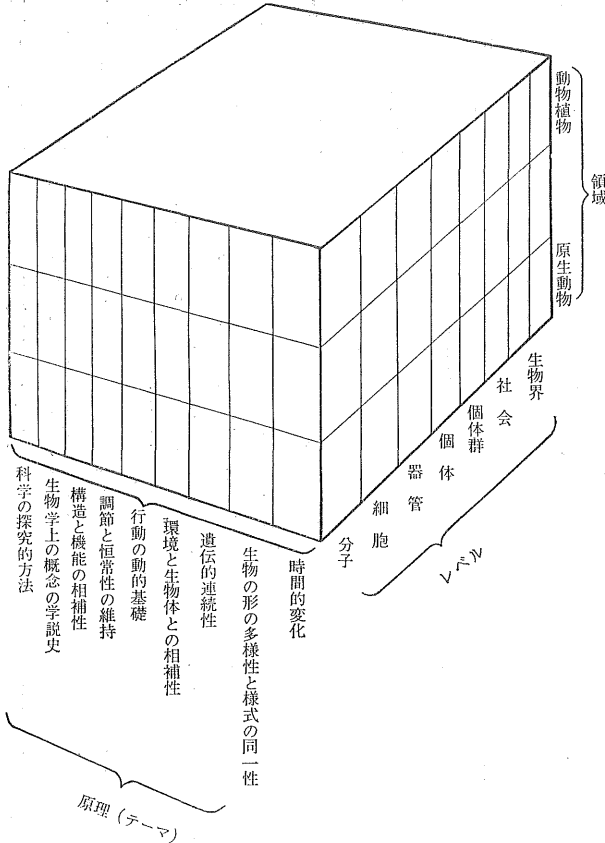
(一) 時間的変化

(二) 生物の形態の多機性と様式の同一性

(三) 遺伝的連続性

(註) (一)は(二)の発展とみられる原理

(四) 環境と生物体との相補性



(四) 行動の生物学的基礎 (四)の発展的原理)

(四) 調節と恒常性の維持

(四) 構造と機能の相補性

(四) 生物学上の概念の学説史

(四) 科学的探究の方法

(一) (二)は生物学の基礎原理。(四)は生物学の方法に関するもの

(三)は(一)と関連し、(四)は(四)の発展であり、(六)

(七)は科学の論理と関係する。これ等のテーマ

はカリキュラム全体を貫く理論的枠組であり

生物界の領域を構成する三界(動物、植物、

原生動物)、そして、生物界の組織を構成す

る七つのレベル(分子、細胞器官と組織、個

体、個体群、社会、生物界註IIこれ等は探究

のレベルでもある)との組合わせによって、

図表のような立体に構造化される(36)。BS

CSの全教科内容はこの立方のいずれかに位

置づけられる。各ブロックの単元は何等かの

意味でテーマとかかわりを持ち、かつ、探究

のレベルと関係している。教科内容の構造化

につづいて、次にこれをどう系列化するかが

問題だ。BSCSは現代生物学の主要な探究

に依じて、(一)生物学、細胞学中心のアプローチ。(二)社会のレベル中心の自然史→生態学アプローチ。(三)細胞中心の遺伝学、発達のアプローチ。この三つに基いてカキュラムシークエンスを構成し青、赤、緑版の教科書にまとめた³⁷⁾。なかんづく、ユニークだといわれる青版を例にあげよう。全体に生理学、生化学、細胞学の概念と実験法が駆使され、これを直線的アプローチに構成する。まず物質の属性と組織という点から生物の基礎を教え(分子→細胞)、次にエネルギーの捕かくと使用においてみられる生物の活動にふれ、(細胞→多細胞)、器管のレベルに移り、個体→個体群に進む。そして、遺伝→再生→発達→進化→生物の多様性を得て、社会的に組織された共同体の市民たる人間自身の生物学の問題を扱う。

以上のカリキュラム構成を従来の生物教科書と較べながら考えてみよう。従来の教科書では、一例をあげると、(一)植物、動物の分類学。(二)遺伝。(三)生態学。(四)食物の使用と摂取。(五)生物の構造と組織(内保護³⁸⁾)。という項目で構成されている。第一に気づく点の後者の場合、各項目間の相互関係は必ずしも明確でないし、構造的に位置されていない。そして、各項目に盛られる知識は「補乳類にはかくかくの種類がある。」とか「胃の働きはしじかかである。」といった断定的表現を用いて結論のみを示すことが多く、この知識がどういう過程で生れたかを問わない。この場合、知識

体系は固定化された不変の真理体系と見なされている。こうした知識をシニョップは「結論的修辭法³⁹⁾」の知識と呼んでいる。

このように知識を扱うことは結局、知識をドグマとし、知識の探究性を失わしめることになる。例えば、科学の概念は探究過程における役割によって区別が設けられている。データを関連させるために工夫された人工的概念、測定可能な事実に基づきながらそれ自体を物理的に規定できない概念、実在するか否か観察できないので理論的に構成された仮説、実際に観察された事実から構成された概念等の区別は探究過程とのかかわりの中で始めて明らかになる。ところが探究過程が無視されると、これ等を混同してしまう。ここから生きて働く知識は得られない。一般意味論では「何々は……である」というように断定する態度を identification といひ⁴⁰⁾、この態度は科学的態度を形成する妨げになるとしている。この「結論的修辭法」はまさにそうした欠陥を持っている。一方、BSCSは知識を探究的なものと考え、では探究的とはどういうことか。

科学の概念体系は科学的探究過程の結果であるから、この過程と切離すことはできない。これまでしばしば自然科学の知識は自然現象の単なる反映、あるいは所与の写しであるかのように考えられて来た。しかし、かりにもし外界の反映だったとしても、自然と自然科学の知識とは実体とコピーといった関係にあるので

はない。たとえば、生物学の扱うデータは単なる所与ではなく、一定の理論的枠組によって扱えられ、具体的探究過程を通じて得られる「選択された事実」である。換言すれば生物学の知識体系は理論と事実の相互作用によって形成される。それ故、知識内容は何等かの方法的基準を含んでおり、その方法を具体化する探究過程と連続している⁽⁴⁾。このことは外的所与ならびに、それに対応する知覚内容に近い具体的概念、例えば、チューリップをとってみても同じことである。チューリップという概念を知ること、またそれに対応する知覚刺激に反応し得るということはチューリップというコトバ（記号）をつかって、チューリップに相当する知覚内容とそうでない知覚内容とを区別し得ということである。このチューリップという概念は一定の知覚内容を区別し、選択する方法的基準を示している。だから、チューリップなどよりもはるかに抽象性の高い概念においては、はるかに広範囲の知覚命題を包括し、関連づける方法的基準性を持っているはずである。特に科学の概念はそうした性格のものである。

従って先にあげたBSCSの生物界の領域区分、組織水準、基本原理等はそうした意味で、生物現象を示す事実であるとともに探究過程を規定する方法的基準である。なканずく、生物学の基本原理は個々の生物学的事実をこえて、生命現象全体を貫くカテゴリーであり、最も抽象性の高い理論的、方法的枠組である。こ

の生物学の基本原理をカリキュラム構成の主柱としたことは知識内容 (what) と方法 (how) を統一的に扱えんとすることに他ならない。例えば、メンデルの遺伝の法則を学ぶ場合、生物界の領域と組織水準の二つの枠組から、エンドウ(植物界)の種(器管)という事例が選択され、これを扱えるカテゴリーとして遺伝の連続性が考えられる。そして、分離、独立の法則はこのカテゴリーの発展としての二項定理という数学的モデルにより学習される。また甲状腺ホルモンの働きは、動物界からカエル、組織器管のレベルから甲状腺が取出される。甲状腺の働きはまず全体と部分という論理的枠組を前提にする。(註、部分は全体のまとまりに役立つよう位置づけられかつ機能する。) つぎに全体と部分という枠組の発展として構造と機能の相補性という枠組が引きだされ、調節と恒常性の維持というより明確な枠組が提出され、甲状腺の働きが明らかになる。ここで基本原理はただ単に知識内容であるだけでなく、それをいかに把えるか (how) という視点を示している。認識対象 (what) と全く別な視点から認識方法が提起されるのではなく、認識対象の在り方 (概念を媒介にして我々と係わっているということ) は、同時に認識方法をも制約するのである。勿論、この what-how の一義的な関連性は自然科学の概念に個有的ものだと思われる。BSCSはこの関連性を科学の探究過程と知識の連続性というコトバで表わしていると思われ

る。

BSCSのこうした知識の扱え方はカリキュラム編成上に大きな特色をもたらしている。ここでは概念はドグマとして提示されるのではなく、概念の持つ方法的基準性に基き区別される。そして、これを相互に組合わすのである。生物の概念体系を構成する三つの観点(領域、水準、原理)によりカリキュラムを構成することは、こうした概念相互の関係と役割を明らかにし、事実と理論との混同を避け、事実と法則との関係を有機的に結合する。全体的にみれば、生物学によって明らかにされた生物界の総体の把握が可能になり、生物科学の理論的、思想的まとまりをも明らかにする。従来、科学の体系というともすれば、*closed*な事実の体系という傾向が強かったが、概念の方法的基準性に着目することによって、一つの柔軟な思想体系という性格が明らかになった。そして、そこに学習過程とのつながりが生れてくると思われる。すなわち、科学の知識は仮説体系として、実験や学習場面に操作的に使用するものとなるからである。

但し、BSCSの概念の枠組構成は厳密な意味からいって、認識論的、意味論的な検討を得た抽象のハシゴではない。それは生物学の探究において結果的に生れた枠組である。それ故、これがそのまま、学習をすすめていく場合の方法的な枠組になるかどうかは問題がある。しかし、後述のように、科学の探究過程と学

習過程が基本的に同じであるとすれば、探究過程において有効に働いた概念の方法的基準性が学習場面にも有効に働くと考えてよい理由は十分にあるであろう。そして、特に「現代科学は生物学をも含めて理論的段階に達しており、事実的概念的枠組の導きのもとに理解されている」⁽⁴⁾といわれる如く、枠組概念のはたす役割は大きく、こうした概念の枠組をもつと有効に学習場面で使っていく必要があると思われる。

生物学の知識が探究的であることのもう一つのメルクマールは科学の知識体系が開かれた系であり、可変性を持つものだということである。このことは知識と探究過程との連続性という前述の性格から必然的に引きだされてくる。科学の体系のこうした開放性を示すためにBSCSは、そこに疑問の要素を投入すべきだと考える。もしも答えられない事実にならなければ、「I don't know」⁽⁴⁾をはっきり表明する態度を持たねばならないという。BSCSはシュワップが探究への話法と名づけた手法で、この態度を教科書の中に具体化している。

第三節 BSCSの教授過程

(一) 学習過程の原則

BSCSの学習過程の原則は探究過程と学習過程とが基本的に同じものだということである。もしかりに、科学的探究過程と学習過程とが同じでないとしても、科学の知識の方法的側面が及ぼ

す制約は探究過程であると学習過程であると問わず同じである。科学の知識が探究過程でないし、学習過程にかかわる場合、それは仮説としての役割を有する。そして、この仮説の方向づけにおいて、探究過程がすすむ。別の云い方をすれば、仮説は必然的に実験による検証過程を伴う。この仮説設定から実験による検証までを一連の探究過程とみるならば、この過程は学習過程を効果的に進める意味においても、必要条件となる。探究過程と学習過程の間に以上のような共通項があるとすれば、科学の探究過程は積極的に科学の学習過程のモデルとして導入すべきである。なぜなら科学の知識の正しい把握はその知識の形成過程の基本的特徴を忠実に踏襲することにより達成されると考えられるからである。BSCSのこの立場は心理学的にも支持をうける傾向にある。あの学者は「この概念と過程とを統一的に把握するとき、科学の活動と学習過程との間には驚くべき共通性がある。(43)」と述べている。また滝沢氏も物理学者の思考と子供の思考との間に多くの共通点をみている(46)。そして、教科の目標が生物学の正しい理解ということ、かつその過程が発見的、創造的に進められるならば、科学者の探究過程との間に質的差はないとする意見が一般的である(46)。また逆に学習過程で「シンボルを解釈する(知識を形成する)」には個人の主体的参加が不可欠である(47)とするならば、生徒の学習過程の理想のモデルを科学の探究過程に見出すは

ずである。なぜなら、そこには発見的、創造的ファクターがあふれているからである。次に教授過程の具体的展開をみよう。

(⇒) 教室における教授過程

BSCSは科学の探究過程を学習過程のモデルとし、これに基いて教授過程を考えている。そして、その際必要な条件は二つある。(BSCSの教師用手引書の著者シュワップによる。)一つは教材(主に教科書)が結論的修辭法をさげ探究的であること(前節参照)。第二は教授過程自体探究的であること(これをenquiry to enquiryという)。前者だけならば、ただ探究を物語る(narrative to enquiry)のみで、探究学習は保証されない。というのは教科書の著作が科学的探究を解説し、学生に理解できよう難点を解きほぐしてしまうからである。

そこで第二の要件が必要になる。ここで科学の探究過程がモデルとなるのであるが、その際、二つの過程の相違点を念頭におくべきである。なかでも両過程の決定的差は教師の存在の有無であろう。教授過程の場合、教師の指導が不可欠である以上、学習過程に於ける探究の意味もおのずから制約を受けるはずである。では探究的教授過程とはいかなるものか、それはどんな条件で成立するのか。簡単に云うならば、それは教師の指導のもとに、出来るかぎり科学者の探究的態度や活動にならって、主体的、発見的に知識を理解する過程であるということである。

ではこうした教授過程を成立させる必要条件は何か。(一)教師は解説者、説明者であるとともに、自分自身が探究的精神を持ち、探究的に活動すること。(二)実験の設計その他、具体的な操作手順は科学者のやり方を忠実に守ること。(三)教授過程に生徒自身が主体的に、発見的に参加し、学習すること。そして、この条件を充たす具体的方法としてBSCSは探究への招待 (Invitation to enquiry⁽⁸⁾) をとり上げた。これは科学者がやる思考実験 (Gedanken Experiment) をモデルにしている。これは科学の探究法を理解内容とし、これを教師の指導する討論過程で学習させる。生徒はこれに主体的に参加することを要求される。具体的にいうと生徒に簡単な探究事例 (サンプル) が示される。これは教材内容 (subject) と主題 (topics) からなる。例えば、種の発芽のサンプルでは、主題は「誤った証拠の解釈の仕方」である。この事例のシークエンスは教師用便覧によると、「単一の資料の解釈」という簡単な主題に始まり、四四主題からなる。各主題は性質上、五つの部分に別れる。第一部、一般知の性格、資料の観念(一)四単元) 第二部、資料の求め方実験での仮説の役割(五)一六単元) 第三部、因果律の観念(一六)三二単元) 第四部、全体と部分(三二)三七単元) 第五部、部分の決定因としての全体(三八)四四単元) 授業は事例順に進められるが、この事例は探究の概略が理解できる範囲で欠除部分を設けてあり、このブランクは実験

計画、実験の構成要素の制御法、データから得られる結論、与えられたデータの解釈に必要な仮説等である。教師の指導で学生は積極的に討論に加わり、このブランクをうめる。こうして探究に貢献することから学習する。この場合、ブランクを充足するといっても、完全に充足するというわけではない。むしろブランクに関する諸々の仮説、問題点を指摘し、結論を急がず、次の事例でこの問題をさらに発展的に考察する。この方法は結論や正解の提示にねらいがあるのでなく、より発展した知識をたえず追っかけていくという科学的探究過程の未完結性、限界と信頼性を理解するのが目的である。

例えば、探究への招待は教材内容が「細胞と核の役割」テーマは「データの解釈」。始め教師が事例に基き、細胞片は核がないと死ぬという命題は必ずしもあれか、これかの結果から生れたものでないことを説明する。そして、少くとも三日間は核なしで生きている細胞があり、核があってもは死ぬという事実を示し、上述の命題への疑問を喚起する。そこで討論を通じ、データは選ばれた事実であり、一つの実験から完全に疑問の余地がなくなつて、ある結論に至るといふものではない。それはつねに連続的解釈をせまられるものであることを理解させる。例えば有核で死んだ細胞の解釈をどうするか。生徒は教師から二つのヒントをうける。(一)有核片を取出す過程(註、遠心分離にかける)

に問題はないか。(二)百匹のひよこを育てる場合と生存率を比較してみよ。そして、実験過程で細胞核に致命傷を与える可能性があることを発見させ、データが実質的に制御できない多くの要因のために完全ではないこと、すなわち画一性に対し、変異性 (variation) を強調し、次の探究でこの変異性の原因である実験の誤りというテーマを扱うのである。

学生はこの探究への招待から二つの方法で探究的科學を学習する。(一)この事例は一般 (低次の一般、単一の資料の解釈) ↓ 特殊 (複雑なデータの解釈) ↓ 一般 (因果律) というラセン的循環を経て、經驗的思惟による単純な探究例 (帰納的) から、嚴密な理論的枠組 (部分の決定因としての全体) によつて演繹される仮説の探究例に到るまで、順序正しく並べられてある。学生はまずこの事例から探究を範例的に学ぶ。(二)この探究例がその都度提起する疑問 (プランクから提起される) を討論に参加することを通じて考察する。ここでも学習が行なわれる。

この探究学習で注目すべきことは、因果律とか、構造と機能の相補性といった科學の基本概念が単に知識としてでなく、科學的探究法の一環として、実験の設計というような方法上の手続と結びつけて学習されるということである。いいかえれば、科學の知識を記憶するのではなく、討論過程の中で具体的に仮説として、つかう、という点に留意していることである。科學の知識を操作的に

探究的に学習するため、思考実験というアイデアを教室にもち込んだところにこの探究の招待の特色がある。

(三) 実験による教授過程

科學の探究過程を学習過程のモデルとしようとする考え方が最もはつきりあらわれるのは実験である。なぜなら実験室は科學者の仕事場であり、科學者の探究活動が実際に営まれる場だからである。そして、学習者もこのような場で科學者と同じ經驗を共有することが科學探究を理解する最良の方法だと BSCS は考えるのである。BSCS が従来、伝統的に強調されてきた教室実験の例証的機能に代つて、これまで無視されて来たもう一つの機能 (49) — 探究的機能を強調したのはこうした理由からである。この探究的機能は学習者自身が科學者と同じ態度で科學的探究に参加するにょつて達成される。そのためには、従来の教室実験のような時間制限を大幅に緩和する必要がある。理由は科學的探究に時間的制約はないからである。そして、特に植物研究のばあい (例、成長) 短期の研究は不可能である。第二に科學の先端的、未解決課題に挑ませること。第三に学習に深まりを持たせること。

以上の条件を満足するプランが実験ブロックである。これは六週間つづけて一つの限定された (問題例、動物の発達と成長) を追求する実験作業である。この間、学生はテーマに関係のある問

題の文献研究、討論、古典研究の追試等にのみ専心して、問題追究に必要な技術、スキル、情報を身につけ、最後に現代の先端的問題を研究する。この学習では生徒を班に別け、さらにそれを数チームに分けて一つの実験の各パートを担当させる。この実験過程は科学の探究過程をモデルにするが、その際、科学的探究過程を構成するモメントを学習過程は含んでいなければならない。第一に仮説設定→検証に至る実験過程に伴う具体的操作の本質部分を出来るだけ忠実に踏襲する。第二に実験過程に生徒が主体的に参加し、生徒が一人前の科学者のように活動すること。その結果として、発見的態度を養うこと。この二つの条件のうち、第一の方は比較的容易に達成されるが、第二は必ずしも容易でない。というのは実験ブロックの場合、学習はかなりつつ込んだものになるので、教師の指導性が不可欠になるからである。しかし教師の指導が必要であるからといって、発見的学習が不可能になるわけではない。この実験ブロックはかなり高度の専門的知識が要求されるので、教師のアドバイスや指導の必要性が要求されてはいるが、前述の二つの条件を適切に組み合わせることによって、発見的、創造的学習が可能となると思われる。

生徒が探究的（発見的）に学習しているかどうかを我々は直接つかむことはできないので、何等の具体的行動（overt behavior）を手がかりにする必要がある。この点から従来、手作業が一つの

手がかりになって来た。その意味から実験ブロックが実際の探究過程を模して実験の具体的手続を学ぶことは、主体的、発見的に学習する一条件である。しかし、これだけではむしろ covert behavior のレベルで探究的学習が起ったかどうかわからない。問題はこの具体的操作手続と仮説設定とを連結することである。

既有的の知識に基づき仮説を立てる。この仮説を検証するプロセスの中で、この仮説との結びつきにおいて必要な限りの作業手続を学ぶ。テクニクはテクニク、知識は知識として別々に学ぶのではない。既成の知識から仮説を設定する過程と、それを検証する具体的操作とを緊密に結合する。そこに始めて overt behavior のレベルの主体的学習が covert behavior の学習まで深まる。つまり、既有知識から有効な予想（仮説）を立てさせること（理論的学習）が探究学習を成功させる前半であるとすれば、その仮説を具体的操作で検証する作業はその後半である。ここにおいて生物科学の探究学習をすすめる教師のねらいは次の三点にしばられて来る。(一)いかに知識を探究的に構成するか（仮説的構成）。(二)そのように構成された知識からいかに正しく（論理的）仮説を提起させるか。(三)仮説をいかに厳密に検証させるか（実験の具体的操作を厳格に遂行すること）の三点である。従って、教師の指導的役割は非常に重要になって来る。教師の資質が探究的で教材に対する深い理解を持てば持つほど右の三点を巧み

に実行できようになる。結果的に生徒の探究学習は保証される。総合的にみてBSCSの教授過程は思考実験をモデルにした探究への招待、探究過程をモデルにした実験ブロックなどの新しいアイデアを取入れている。そして、それによって主体的、発見的に科学の本質を理解させようとしている。「シンボルを形成するには学習者の主体的参加が必要である」とすれば、BCCSのプランはそうした主体的生物学学習の一例であろう。

終章 結 語

BSCSは教授に於けるいろいろな問題を照らしだしている。私の今後の研究課題を、ここにあげておく。

(→)カリキュラム構成に際して教科と背後の学問との関係をどうつかむか。

(⇒)学問の構造とは何か。その場合、学問の基本原理はどんな役割をはたすか。

(≡)知識とは何か。概念とは何か。学習においてどんな働きをなすか。

(↔)学習過程と探究過程とはどう関係するか。

註

(1) 拙稿、科学教育の改造と教授過程(東京教育大学教育学部、大学院研究集第4集、1965参照)

- (2) P. H. Hurd, Biological Education in American Secondary School, 1890—1960 p.115.
- (3) 拙稿、アメリカ科学教育活動の現状、日本学術会議 教育基盤小委員会報告書 p.13.
- (4) P. H. Hurd, op. cit p.28.
- (5) op. cit p.35.
- (6) N. E. A. The Place of Science in Educational Consumer, 1945. p.32
- (7) J. J. Schwab. The Teaching of Science p.6.
- (8) ランシマン 竹内良知他訳、科学教育論(世界教育学選集) p.133
- (9) S. D. Beck. The Simplicity of Science, p.12.
- (10) ランシマン、前掲書 p.136.
- (11) cf. P. H. Hurd, op. cit. p.51.
- (12) op. cit p.46.
- (13) cf op. cit. p.34—35.
- (14) N. E. A., Science Teaching for Better Living. cf. P. H. Hurd, p.77.
- (15) 南博、行動科学と行動学、思想、1964、8月号、p.2.
- (16) B. S. C. S., Teacher's Hand Book. 1962. p.6.
- (17) L. G. Cornbach, The Nature of Learning P. P. C. Rosenbloom (ed), The Modern Viewpoints in the Curriculum. p.22
- (18) P. H. Hurd, op. cit. p.22.
- (19) L. G. Cornbach op. cit. p.78.
- (20) op. cit. p.22—23.
- (21) S. M. Mucumurrin, The Curriculum and The Purposes

of Education. R. W. Heath (ed.), *New Curricula*. p.267.

(82) Croxon Redirecting Science Teaching in the Light of Personal-Social needs (P. H. Hurd, op. sit. p.79.

(83) 科学の指導 科学の指導 科学の指導 p.4.

(84) B. Glass, *Revolution in Biology*. School Life. 1962. oct. p.8-9.

(85) J. Conant, *Modern Science and Modern Man*. p.73.

(86) J. A. More, *the Statement of the objectives of B.S.C.S.*

(87) J. Conant, op. sit. p.46.

(88) J. J. Schwab, *The Teaching of Science* p.102.

(89) op. sit. p.102.

(90) B. Glass, *Recent Biology*. R. W. Heath (ed.), op. sit. p.108.

(91) Harvard committee, *General Education in Free Society*. 1945 (P. D. Hurd, op. sit. p.87.

(92) cf op. sit. p.132.

(93) B. S. C. S. 20 Years of Progress Report (B. S. C. S. Text (blue version, green version version, yellow version). 1962. 教育者 Handbook 1962 (part I. II.) B. S. C. S. News Letter 1-23. B. S. C. S. Laboratory Guide 1962 年参照マニュアルの活用とその発展の展望とその展望である。

(94) A. B. Grobman, *the Threshold of a Revolution in Biological Education*. the Journal of the Medical Education. 1961. oct. p.1257.

(95) B. Glass, *Synopsys of Committee Meeting* B. S. C. S. News Letter 1 p.3.

(96) 森川久雄 'B. S. C. S. の指導理念' 科学 1964. 2月 p.51.

(97) B. S. C. S., *News Letter* 3 p.1-2. No.2.

(98) P. H. Hurd, op. sit. p.190.

(99) J. J. Schwab, op. sit. p.45-49.

(100) T. M. Weiss, *The I S of Identity Test*. Science Education. VOL. 43. No.2. March. 1959. p.181.

(101) B. S. C. S., *Teacher's Handbook*. part II. p.465.

(102) op. sit. p.569-570.

(103) J. J. Schwab, *The Teaching of Science* p.88.

(104) G. Watson, *The Challenges to the Improvement of Scientific Education*, the Bulletin of Science Education Research, p.7-8.

(105) 滝沢武久 '子供の心理と物理学習の考え方' 自然 1964 年 1月. p.88.

(106) R. D. Mille, *the Creativity Boom*. the Teacher's College Record, 1863. Dec. p.200.

(107) M. V. C. Jefferys, *Personality Values in the Modern World*. p.142.

(108) B. S. C. S., *Teacher's Handbook* part I p.55. or J. J. Schwab, *The Teaching of science*.

(109) B. S. C. S. *Teacher's Handbook*. part II p.567.