

寄	贈
丹	平成
沢	年
哲	月
郎	日

DB
1052
1994
HG

平成6年度博士論文

アメリカのBSCSカリキュラムの変遷過程の研究

—STSカリキュラムにおける科学的リテラシー概念を基礎にして—

1994年12月

丹沢 哲郎

目 次

序章	研究の目的と方法	
第1節	問題の所在と先行研究の概観	2
1.	STS教育の定義	2
2.	問題の所在	4
第2節	研究の目的と方法	9
第3節	論文の構成	12
第1章	1970年代末までのBSCSカリキュラムの開発理念	
第1節	1960年代のBSCSカリキュラムの開発理念	16
1.	1960年代のカリキュラム改革運動	16
2.	1960年代のBSCSカリキュラムの開発理念	20
第2節	1970年代のBSCSカリキュラムの開発理念	27
1.	1960年代末から1970年代初頭の科学教育を取り巻く環境の変化	27
2.	1970年代のアメリカ科学教育	30
3.	1970年代のBSCSカリキュラムの開発理念	33
第3節	1970年代末までのアメリカ科学教育を取り巻く状況と BSCSカリキュラム	39
第2章	1980年代以降のBSCSカリキュラムの開発理念	
第1節	科学教育の危機の出現	45
1.	1970年代の科学教育の危機の本質	45
2.	危機克服の方向性	46
第2節	組織としての政策的特色	50
1.	資金援助組織の変化	50
2.	教師教育プログラムの開発と地域との協力	53
3.	K-12学年までの連続したカリキュラムの開発と、他教科との 統合カリキュラムの開発	56
4.	カリキュラム・ガイドラインとフレームワークの開発	57
5.	1960年代に開発された青版と緑版の継続的な改訂	59
第3節	カリキュラムの特色	60
1.	STS テーマの重視	60
2.	概念による学習内容の統合と「少ない概念をより深く」	62

3. 探究と問題解決および意思決定のスキルの育成	66
4. 構成主義学習理論に基づく教授モデルの採用	68
5. コーオペレイティブ学習方略の採用	71
6. 知的ツールとしてのコンピュータの使用と、 学習領域としての技術の強調	73
第4節 1980年代以降のアメリカ科学教育改革の方向性とBSCSの カリキュラム開発理念	76
1. BSCSにおけるカリキュラム開発の方針	76
2. 1980年代以降のアメリカ科学教育改革の方向性	86
3. 1980年代アメリカ科学教育の動向と、BSCSの科学教育改革の 試みとの関連	91
第3章 科学的リテラシー概念を基礎とした、BSCSのカリキュラム 開発理念の発展プロセスの検討	
第1節 近年のアメリカ科学教育における科学的リテラシー論の展開	100
1. アメリカにおける科学的リテラシーの捉え方の変遷	100
2. 科学的リテラシーをめぐるその他の問題	106
第2節 BSCSにおける科学的リテラシー論	111
1. BSCSにおける1980年代以降の科学的リテラシー論	111
2. BSCSとアメリカ科学教育における科学的リテラシーの関連	119
第3節 科学的リテラシー概念を基礎とした、BSCSのカリキュラム 開発理念の発展プロセス	122
1. BSCSにおける科学的リテラシーの捉え方の全体像と、カリキュラム 開発理念との関連	122
2. 各時代におけるBSCSのカリキュラム開発の理念と科学的リテラ シーの関連	125
3. 1980年代以降のBSCSカリキュラムの特色と科学的リテラシーとの関連： 科学的リテラシーの具体的内容を明らかにする上で STS カリキュラムを用いる意義	130
第4章 BSCSのSTSカリキュラムにおける科学的リテラシーの具体的内容と、 その育成のための方策	
第1節 科学的リテラシーの具体的内容とその育成 の方策を明らかにするための、分析項目の確定	140

1. 分析項目①：カリキュラムで扱われている知識内容とその構成	140
2. 分析項目②：カリキュラムの目標	143
3. 分析項目③：カリキュラム扱われている社会的問題のレベルと、 その学習の順序	145
第2節「科学と社会」アプローチの採用：	
”Basic Genetics: A Human Approach”の特色	149
1. ”Basic Genetics: A Human Approach”の開発の背景とその全体的特徴	149
2. カリキュラムで扱われている知識内容とその構成：分析項目①	152
3. カリキュラムの目標：分析項目②	156
4. 問題のレベルと順序性：分析項目③	166
第3節「科学と社会」アプローチと「科学から社会へ」アプローチの併用：	
”Advances in Genetic Technology”の特色	168
1. ”Advances in Genetic Technology”の開発の背景とその全体的特徴	168
2. カリキュラムで扱われている知識内容とその構成：分析項目①	169
3. 「ケーススタディー：細菌」モジュールにおける学習活動	171
4. カリキュラムの目標：分析項目②	177
5. 問題のレベルと学習の順序性：分析項目③	181
第4節「科学の社会的側面からのアプローチ」および「技術中心のアプローチ」 の採用：”Science, Technology, and Society”の特色	183
1. ”Science, Technology, and Society”の開発の背景とその全体的特徴	183
2. カリキュラムで扱われている知識内容とその構成：分析項目①	184
3. カリキュラムの目標：分析項目②	188
4. 問題のレベルと学習の順序性：分析項目③	193
第5節 BSCSのSTSカリキュラムにおける科学的リテラシーの 具体的内容と、その育成の方策の特色	195
1. BSCSのSTSカリキュラムの特徴の全体像	195
2. BSCSのSTSカリキュラムにおける科学的リテラシー論の特色	204
3. BSCS教科書青版における科学的リテラシー	213
4. 科学的リテラシー育成のための他のアプローチとの比較，検討	218
終章 研究の成果と今後の課題	
第1節 研究のまとめ	228
第2節 本研究の成果によって可能となる，今後の日本におけるBSCS関連の 研究，およびSTS教育研究の内容と方法	235

引用文献	-----	239
謝辞	-----	254

図・表目次

図序－１．研究のデザイン	11
図２－１．技術の意味	74
図３－１．科学的リテラシーの概念的フレームワーク	106
図３－２．科学的リテラシーと関連する用語の関係	113
図３－３．科学的リテラシー育成のための科学カリキュラムにおける 科学と技術の扱いの関連性	117
図３－４．近年のBSCSにおけるカリキュラムの特色と政策的特色の、 科学的リテラシーとの関係	
図４－１．「伴性遺伝」モジュールで用いられているディシジョンツリー	159
図４－２．「ケーススタディー：細菌」モジュールの学習の流れ	173
図４－３．倫理的な分析のプロセス	178
図４－４．費用－便益分析の流れ	190
表１－１．「エネルギーと社会」モジュールの目標	37
表１－２．アメリカ社会のニーズと、それに対するアメリカ 科学教育一般の対応とBSCSの対応	41
表２－１．BSCSの開発したカリキュラム一覧（1983-1993）	51
表２－２．BSCSのカリキュラム開発以外の活動（1983-1993）	52
表２－３．BSCSで現在進行中のプロジェクト	52
表２－４．「生命と生活」カリキュラムのフレームワーク	64
表２－５．「科学と技術」カリキュラムのフレームワーク	65
表２－６．コーオペレイティブ学習とグループ学習の相違点	72
表２－７．国家機関または学会から公表された報告書類で行われている提言	88
表３－１．NSTAの1990年Position Statement（基本的立場－抜粋）	104
表３－２．科学的、技術的リテラシーのフレームワーク	115
表３－３．生物学的リテラシーの４つのレベルの特徴	118
表４－１．カリキュラムの知識内容とその構成の違いに基づいた 分類項目の対応関係	141
表４－２．STSカリキュラムの分析項目①： カリキュラムで扱われている知識内容とその構成	142
表４－３．STSカリキュラムの目標の違いに基づいた分類項目の対応関係	144
表４－４．STSカリキュラムの分析項目②：カリキュラムの目標	144
表４－５．STSカリキュラムの分析項目一覧	147

表4-6. 「基礎的遺伝学」第2版の目標	153
表4-7. Ice-バクテリアをスプレーした後の個体数の変動	173
表4-8. 「科学, 技術, 社会」の目標	184
表4-9. 「科学, 技術, 社会」における学習活動とその流れ	185
表4-10. BSCSのSTSカリキュラム分析結果	196
表4-11. BSCSのSTSカリキュラムにおける科学的リテラシーの具体的内容とその育成の方策	212
表4-12. BSCSの青版(4,5,6版)で扱われている遺伝学に関する個人的, 社会的問題	215
表4-13. NSTAの1990年Position Statement (基本的立場-抜粋)	219
表4-14. BSCSと, YagerおよびNSTAにおける科学的リテラシー育成のアプローチの相違点	225

序章 研究の目的と方法

第1節 問題の所在と先行研究の概観

第2節 研究の目的と方法

第3節 論文の構成

第1節 問題の所在と先行研究の概観

1. STS教育の定義

本論文における基本的なねらいは、そのタイトルに示されている通り、STS カリキュラムにおける科学的リテラシー概念を基礎に、アメリカ合衆国（以下アメリカと略す）のBSCSカリキュラムの変遷過程を再検討することにある。そこでまずここでは、近年アメリカにおいて、主要な科学教育改革運動として定着しつつあるSTS 教育について定義をしておく。

STS (Science, Technology, and Society) 教育が主張されるようになった背景には、以下のような共通の認識が存在する。それは急速な科学、技術の発展とそれがもたらす利益と深刻な社会的、倫理的問題の出現、これらの問題の解決（公共政策の決定）への市民の関わりが増大、そして社会による科学、技術研究のあり方の規定の問題など、「1つの社会的営為としての科学と技術が、市民の生活や社会に対して重大な影響力を持ってきた」（Bybee, 1986a, p.83）という認識である。したがってSTS 教育の目標は「現在の問題と課題の解決に向けて重要な決定を行うことができ、その決定の結果個人として行動を起こすことができる、教養ある市民を育成すること」（NSTA, 1990a, p.1）であると表現することができる。これは現代における科学的リテラシーの捉え方に相当し、したがってSTS 教育の目標は、科学的リテラシー育成にあると言ってよい。この目標は多数のSTS 教育研究者によって認識されており（たとえばHurd, 1986; Aikenhead, 1986; Bybee, 1987; Hickman, et.al., 1987）、上述したNSTA (National Science Teachers Association, 全米科学教育連合学会) の定めたSTS 教育の目標は、これら研究者間の共通見解を集約したものであると言える。

またこの目標は、市民性の教育 (citizenship education, Bybee, 1982; Hickman, 1982) や、すべての生徒のための科学 (science for all students, Yager, 1988)、さらには一般教育 (general education) の目標の中での科学教育¹⁾の位置 (Yager, 1981a; Bybee, 1987) に関する議論として、各引用中の論文の中で論じられている。これらの議論はSTS 教育の目標についての議論同様、科学教育の新しい目標の再構築を論じたものであり、いずれも「科学と社会の中間領域」 (interface of science and society, Yager, 1983a, p.262; 1984a, p.36; 1985, p.143) として科学教育の目標を捉え、単なる科学知識の記憶

ではなく、科学に関連した社会的問題の理解と解決のためにそれを用いる能力を強調しているところに特徴がある。

鶴岡（1993）は、理科教育で論じられるSTS教育には「理科におけるSTSの教育」と「STSを通しての理科教育」という2つの力点が存在することを指摘している。彼によると、前者は理科において学問研究領域としてのSTS（研究）を教授すること、すなわち理科の教授内容にSTSを含むことを指している。また後者は、理科の教授・学習の過程でSTSが重要な役割を果たすが、それが理科教育に到る道として位置づけられていることを指しているが、本研究では、このいずれもが、科学に関連した社会的問題の本質の理解と、問題の解決のためにそれを用いる能力育成を強調している点で、共にSTS教育の視野に収めている。

このようにSTS教育の目標については、一定の共通見解が得られているものの、複数の論文（たとえば Carlson, 1986; Cheek, 1992; Ramsey, 1993）は、これまでに提案されているSTS教育の学習内容、授業構成のアプローチ、そして教授方略がきわめて多様であることを指摘している。しかしそこにはかなりの部分共通した内容と教授方略が確かに存在する。そこで現在のアメリカSTS教育の指導者的立場にあるPenick（1986）、Yager（1988）、そしてCheek（1992）らの研究、およびNSTA（1990a, 1990b）によるSTS教育の定義、さらにはERIC Clearing House（1990）のまとめたSTS教育の特徴をもとにその共通項を抽出すると、それは以下の5点に要約できる。

1. 科学、技術、社会の本質についての理解
2. 科学、技術、社会間の相互関連についての理解
3. 科学と技術に関する社会的、政治的、経済的、倫理的、道徳的問題や課題の同定
4. これらの問題や課題の解決スキルと意思決定スキルの育成
5. 科学と価値の関連性の重視

1) 日本では明治以来歴史的に、学校で学ぶ科学を理科という用語で呼んできた。つまり自然科学の内容や方法に、何らかのフィルターをかけて構成された教科が理科であった。一方アメリカでは、自然科学の内容、方法、研究、職業など、科学のあり方をストレートに学校に取り入れようという傾向が、日本に比べて強く見られる。そこで単に学校科学も自然科学も、原語がScienceであるという理由からだけでなく、このような理由にもより、日本での理科にあたるアメリカの教科を、本論文では科学と称する。

ここではこのような共通項を備えた教育を、STS 教育と定義する。ただしここで言う STS 教育は、あくまでもアメリカにおけるという前提つきであり、イギリスなど西欧諸国における STS 教育の事例をすべて網羅しているわけではない。それは BSCS がアメリカにおける STS 教育の枠組みの中でそのカリキュラムを開発しており、BSCS における STS カリキュラムを捉える上で、この定義で十分に対応できるからである。本研究の目的は BSCS における STS 教育の特色を描き出すことにあるわけではないので、STS 教育の全体像を示しておく必要性はそれほどない。問題は BSCS の STS カリキュラムの中に位置づけられている科学的リテラシーにあるため、本論文を読み進む上での共通見解として、以上の定義をここでは採用する。

なおこの定義を見るとわかるように、STS 教育は理科に限定されたものではなく、他教科、特に社会科や保健体育においても実践が可能である。しかし本研究では、特にことわれない限り理科の文脈の中で STS 教育を論じている。

2. 問題の所在

1) BSCS 研究の意義と先行研究の概観

BSCS (Biological Sciences Curriculum Study) は、1958年に設立されて以来、科学教育研究の成果をカリキュラムの形に具体化し続けてきた組織であり、アメリカ科学教育研究の世界を常にリードしてきた。日本の理科教育現代化運動の時代には、その活動とカリキュラムが盛んに紹介され、日本の理科教育、特に生物教育に大きな影響を与えてきた。そして1970年代には、いち早く科学の社会的文脈を重視したカリキュラム²⁾、すなわち STS 教育の原型と位置づけられるカリキュラムを開発し、さらに1980年代以降は、多数の STS カリキュラムの開発を手掛け、現在ではアメリカの著名なカリキュラム開発組織として、高く評価されている³⁾。1990年現在で BSCS が受けているカリキュラム開発の資金援助額は「1000万ドル以上にのぼる」(BSCS, 1990, p.1) ことから、BSCS に対する評価の高

2) BSCS では、カリキュラムとプログラムという用語はほとんど同義に使用されており、両者を明確に区別することは難しい。本論文では、開発された一連のテキスト(教師用と生徒用を含む)と教材・教具を総称してカリキュラムと呼ぶ。

さが推察される。

このようにカリキュラム開発の長い歴史を持ち、かつ科学カリキュラムに対して高い、しかも長期に渡る安定した評価を受け続けてきたBSCSは、今後のアメリカ科学教育の動向を見極める上で、きわめて多くの示唆を我々に与えてくれる。

しかもBSCSは、1960年代の各種のカリキュラムプロジェクトが解散していく中で唯一発展を遂げてきた組織であり、本論文中でも論じるように、その設立以来35年以上もの間、常にアメリカ科学教育（研究）の動向を迅速に反映し、かつBSCS独自の方針を盛り込んだカリキュラムをいち早く開発してきた。したがってそこにはこれだけの長期間にわたって組織が存続し続けてきた理由があるに違いない。その理由の1つには、優秀なスタッフと資金の獲得のような、BSCSの政策的側面に由来する理由が考えられ（その一部については、本論文中第3章で論じている）、もう1つには、BSCSカリキュラムが、科学教育研究のニーズ、そして国家的、社会的ニーズに答えていたという、カリキュラムの目標、内容、教授方法の意義に由来する理由が考えられる。しかしながら後者に関しては、1つのカリキュラム開発組織としてのBSCSが、1960年代のカリキュラム開発の方針を完全に捨て去り、時代のニーズに合った新しい方針を設定し直すことによって、カリキュラム開発を進めてきたとは考えにくい。なぜなら、もしそうだと仮定すると、BSCSは過去のカリキュラムの存在を否定することになるからであり、したがってそこには、何らかの形で、カリキュラム開発の方針を発展的に解消してきたプロセスが存在すると考えられる。

以上のように、アメリカ科学教育（研究）の動向を探る上でのBSCS研究の意義、1960年代の科学カリキュラム改革運動の全体像を解明する上でのBSCS研究の意義、さらには、これは本論文の今後の課題として位置づけられる意義であるが、近年日本でも主張されているようになった科学的リテラシー育成を目指した理科教育構築に対する貢献という意味でのBSCSカリキュラムの意義などが存在するものの、BSCS研究は、日本の理科教育現代化運動の時代と異なり、近年日本においてはほとんど見られない。もしこれらの意義の存在を前提とするのであれば、日本におけるBSCS研究が必要であると言うことができ、本論文の意義はまさにこの点に存在すると言える。

3) ペンシルベニア州立大学にある著名なSTS 教育ナショナルセンターであるS-STS(Science through Science Technology and Society)プロジェクトは、STS プログラムの代表的事例としてBSCSの”Basic Genetics: A Human Approach”を取り上げ、紹介している。

日本におけるBSCS関連の研究は、筆者の知る限りでは、1984年までのBSCSのカリキュラム開発活動を分析した長洲（1985）の研究と、1987年以降の3つのBSCSカリキュラムの特色を、近年のアメリカSTS教育を特徴づけている構成主義学習理論とコーオペレイティブ学習方略との関連で論じた長洲（1994）の研究のみである。さらに探究のプロセス、及びそれを通じて獲得される科学の知識体系の強調によって特徴づけられる1960年代の科学カリキュラムと、科学と技術に関連した社会的問題の解決能力と意思決定能力の育成を目指した1980年代以降の科学カリキュラムとの間には、目標、学習内容などについて大きな隔たりが存在し、この点を指摘した論文には枚挙に暇がないものの（たとえばHurd,1970a,b; Zoller and Watson,1974; Fensham,1986など）、BSCSカリキュラムの変遷過程を研究する上でその手がかりを与えてくれる、両者の時代の間に関連性を論じた研究は、探究の捉え方を軸に分析を行った小川（1992）の研究以外、手に入った論文に限っていうと見られないのが現状である。

2) BSCSのSTSカリキュラムを研究対象とすることの意義と先行研究の概観

本研究で、BSCSのSTSカリキュラムを分析対象として用いることの意義には3点がある。

本研究の目的であるBSCSカリキュラムの変遷過程を明らかにするとき、まず現在のBSCSが開発を進めているカリキュラムの特色を明らかにする必要がある。BSCSが1980年代に開発してきたほとんどのカリキュラムはSTSカリキュラムである⁴⁾。したがってその研究を行うことは、1980年代以降のBSCSカリキュラムの開発理念を明らかにすることと同意であると考えられる。この点が、BSCSのSTSカリキュラムを分析の対象とすることの意義の第一である。

本研究では、1980年代以降BSCSによって提唱されてきた科学的リテラシー概念を明らかにし、それを手がかりにして、科学教育がその基礎をおく自然科学の内容と、アメリカ公教育全体の目的という2つの側面を、BSCSがカリキュラムの目標の柱として視野におさめ続けてきたことを明らかにする（この両者の関係が時代と共に変化してくるプロセスを、

4) 1980年代にBSCSが開発した各種のカリキュラムのうち、STSカリキュラムとして明確に定義できないものは、伝統的なカリキュラムであるBSCS青版と緑版だけである。しかしながら本論文の第2章で詳しく論じるように、近年これらのカリキュラムも、STS教育の影響を色濃く受けている。

論文中では論じている)。ここにBSCSにおける科学的リテラシーの現在の捉え方を明らかにする必要性が生じるわけであるが、BSCSのSTSカリキュラムは、それを目標として明確に掲げているため、分析に適した題材と考えられる。この点が第二の意義を構成している。

第三の意義は、日本における今後の理科教育への貢献という点である。社会的、教育的要請が存在するにもかかわらず、日本の理科教育においては、科学と社会の関連の理解や、科学的、社会的問題の解決の能力育成といった目標は、いまだその位置を確立していない。したがって日本の理科教育の目標をどう捉えるか、科学的リテラシーを目標として設定するのであれば、その意味する内容と指導の方策はどうあるべきか、さらには科学的リテラシー育成のための授業実践の成果と課題は何かなど、解明すべき問題は山積している。このような日本の理科教育、または理科教育研究の現状に対して、BSCSのSTSカリキュラムという具体的なカリキュラムの研究は、有益な示唆を与えることができる。なぜなら、現在理科教育が直面している問題に、正面から取り組んでいる研究領域の1つがSTS教育であり、またそれは、理科教育の目的・目標、学習内容、授業構成のアプローチ、教授方略など、理科教育全体のあり方の再考を迫った、根本的な科学教育改革を目指しているからである。そして前述したように、BSCSのカリキュラム開発は、アメリカにおいて歴史的に高い評価を与えられており、そのSTSカリキュラムの特色を解明することは、日本に科学的リテラシー育成を目標とした理科教育を構築するときに、多くの有益な情報を提供することになると考えられるからである。

以上のように、STSカリキュラムを研究対象として選択することの意義が存在するにもかかわらず、具体的なSTSカリキュラムや教授・学習活動を、多くの側面から分析した研究は、日本においても諸外国においても、文献検索や代表的な雑誌を調べた中では見あたらない。ましてやBSCSにおける科学的リテラシーの捉え方の特色を解明するために、STSカリキュラムを分析対象とした研究は無い。

確かにある特定の側面からSTSカリキュラムの分析を行っている研究は、アメリカにおいてはいくつも見られる。たとえば教授目標を、知識、スキル、価値、そして行動の側面から分析した研究(たとえば Ramsey, 1993)、教授内容を科学の社会的側面(哲学的、社会学的、歴史的など)から分析した研究(たとえば Rosenthal, 1989)などがその事例であるが、それらはいずれもある1つの側面から見た学習内容の分析、もしくは目標の分析にとどまっている。また比較的多様な観点から分析を行っている研究として、Cheek (1992)の研究をあげることができるが、これはカリキュラムそのものを分析したものではなく、

ある学会やカリキュラム開発組織から出されたSTS 教育に対する見解やガイドラインを中心に分析した研究である。したがってこれは多面的であるが、特定のカリキュラムやそれを用いて行われる教授・学習活動を分析対象とした研究となっておらず、抽象的、理念的な研究となっている。

一方日本におけるSTS の教育実践に関する研究は、諸外国のSTS カリキュラムの学習内容や教授方略の紹介（たとえば渡辺と池田,1992;1993など）、もしくは科学と技術がもたらす社会的影響のみをトピックとして取り上げ、科学、技術、社会間の相互関連の理解のレベルまで目指していない実践（たとえば田羅,1992; 富樫,1992）にとどまっている。先に述べたSTS 教育の定義がすべてではないにしろ、少なくともSTS 教育の目標は、より広範で豊かなものであり、そのようなSTS カリキュラムの分析は、現在においてはより広範な研究の目標達成に貢献できるものでなければならないと考える。

第2節 研究の目的と方法

以上のような問題意識と先行研究の概観のもとに、本研究では目的として以下の2点を設定した。

- 1.現在のBSCSのカリキュラム開発理念に到る変遷のプロセスを、これまでのカリキュラム開発の中に流れる方針と、BSCSにおける科学的リテラシー概念の検討結果から抽出される、カリキュラムの目標構成の柱を中心に解明する。
- 2.BSCSが現在捉えている科学的リテラシー概念とその育成のための指導方策を、カリキュラムレベルで具体的に解明する。

以上の目的の達成により、BSCSカリキュラムの変遷のプロセスを、一連の発展的プロセスとして描き出すことが可能となり、またBSCSのカリキュラム開発の今後の方向性を示唆することが可能となることが期待される。さらに日本における科学的リテラシー育成を目指した科学教育実践に対して、BSCSカリキュラムの特色が1つの有益な示唆を与えることが期待される。

以上の目的を達成するために、本研究では以下の研究方法を用いた。

[研究目的1.について]

- 1)これまでに開発されたBSCSカリキュラムの目標、学習内容、教授方略の特色を、BSCS関連の各種文献と実際のカリキュラムをもとに、当時の科学教育を取りまく社会的環境に関連づけて分析し、そこに流れるカリキュラム開発の方針を明らかにする。
- 2)現在のBSCSが捉える科学的リテラシー概念を、BSCS関連の各種文献をもとに、また現在のアメリカ科学教育における科学的リテラシー論と比較、対照することによって描き出す。
- 3)上記1)と2)で明らかにした、BSCSのカリキュラム開発の基本方針と科学的リテラシーの捉え方をもとに、そこからBSCSカリキュラムの目標を構成する基本的な柱を抽出し、それを用いて、現在までのBSCSカリキュラムの変遷過程を再解釈する。

[目的2.について]

- 1) 目的1.の達成によって明らかになる，BSCSの科学的リテラシーを構成する枠組みを基本に，これに先行研究の結果と，BSCSのスタッフへのインタビュー結果から得られた観点を加え，整理，統合することによって，科学的リテラシー育成を目標としたSTS カリキュラムの分析項目を確定する。
- 2) 上記1)で作成された分析項目をもとに，1980年以降出版が開始されたBSCSの各種STS カリキュラムを分析することによって，BSCSの捉える科学的リテラシーの内容と，その育成のための指導方策を，カリキュラムレベルで明らかにする。
- 3) 上記2)で得られるBSCSの捉える科学的リテラシーの内容とその育成の方策の特色を，アメリカの代表的なSTS 教育研究者であるRobert E.Yagerのアプローチ，ならびにアメリカSTS 教育の代表的な推進団体であるNSTAのアプローチと比較することによって，より鮮明な形で描き出す。

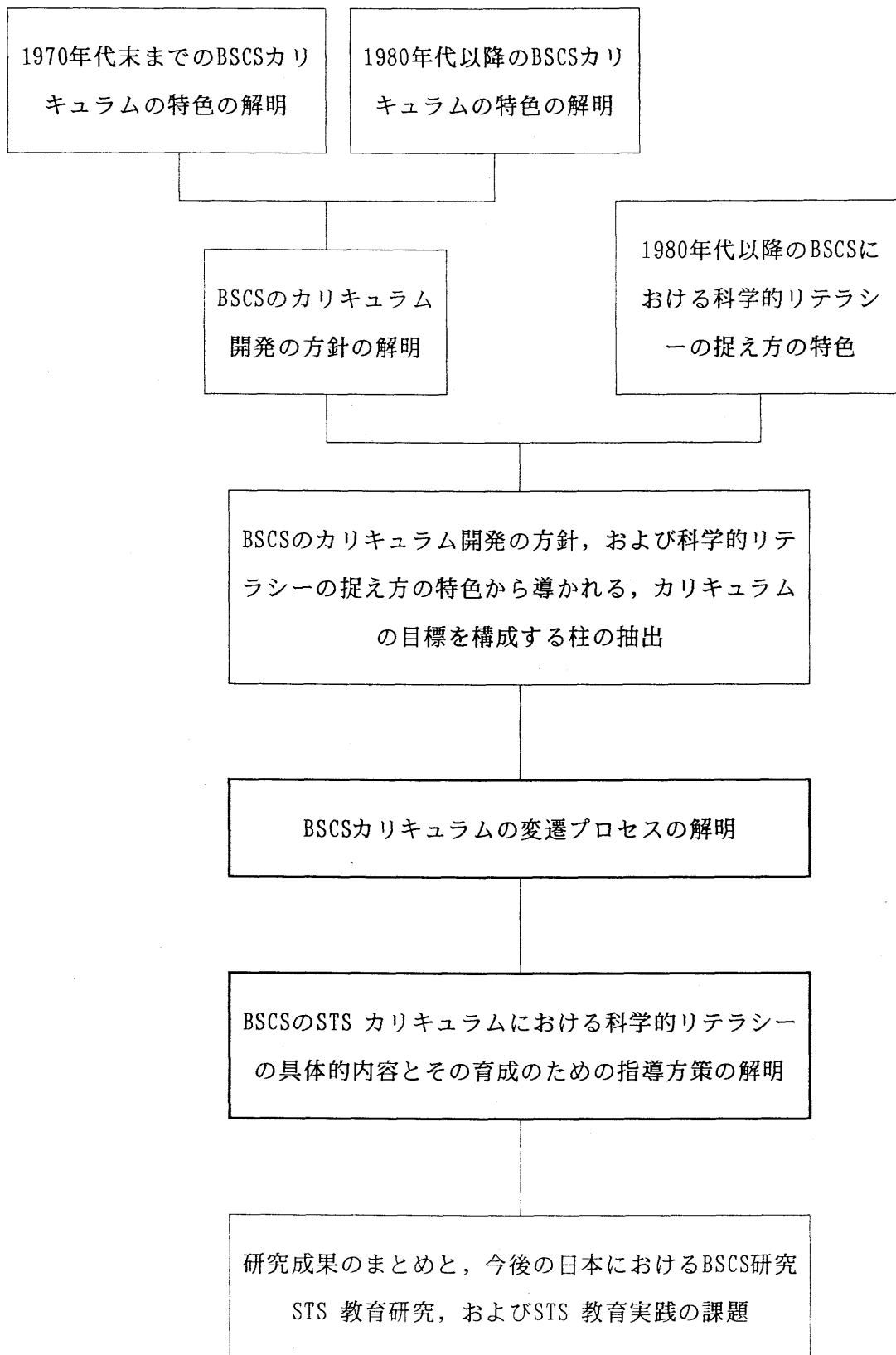


図 序-1. 研究のデザイン

第3節 論文の構成

前ページの図 序-1は、本研究の全体的なデザインを示している。なお太線で囲った部分は、本研究の2つの目的を示している。そこで以下においては、この図を参照しながら、各章で論じる内容について述べる。

まず第1章では、1960年代と70年代のBSCSカリキュラムの特色を、各種の文献と具体的なカリキュラムをもとに明らかにする。特にここでは、BSCSが時代を通じてあらゆる生徒を対象としたカリキュラムの開発を継続してきた点、および科学的探究が学習内容としても、科学の知識体系の学習のための文脈としても、一貫して採用されてきた点を指摘する。またこの時代のBSCSカリキュラムに見られる特色を、当時の自然科学の置かれた社会的状況や科学教育研究の状況といった、アメリカ科学教育を取り巻く状況と関連づけて論じる。

第2章では、第1章で明らかにした70年代末までのBSCSカリキュラムの特色が、80年代以降現在までどのように発展してきたかを示す。ここでは、組織としての政策的側面とカリキュラムの側面とに分けて、現在のBSCSのカリキュラム開発活動の全体的な特色を抽出する。また、80年代以降各種の国家機関および全米レベルのプロジェクトから発表された報告書と、各種の科学教育研究論文に見られるアメリカ科学教育の動向と比較することによって、この時代のBSCSカリキュラムの独自性と先見性の高さを示す。そして最後に、第1章、2章の結論を総合し、そこに見られるBSCSのカリキュラム開発の方針を解明する。

次に、図 序-1に示した通り、第3章では、1980年代以降のBSCSが捉える科学的リテラシーの特色を、現在のアメリカにおける科学的リテラシー論と比較、検討する中で明らかにする。そしてそこで提示される科学的リテラシーの捉え方と、第2章で得られるこれまでのBSCSのカリキュラム開発の基本方針との関連を論じる中で、BSCSの設立以来現在までのカリキュラムの目標を規定してきた2つの側面、すなわち科学的探究を通して獲得される科学の知識体系と、科学の社会的側面との間の関係を検討する。この2つの間の関係を軸に、第2章で明らかにしたBSCSカリキュラムの変遷過程を再解釈し、それを一連のプロセスとして捉えられることを示す。最後に、これまでのBSCSカリキュラムの変遷過程の到達点が、科学的リテラシーという用語を用いて表現されていることを論じ、それがSTSカリキュラムに具体化されていることを指摘する。以上ここまでが、本研究の目的1.に対応する。

一方科学的リテラシー育成を目標として明確に掲げた1980年代以降のBSCSのSTSカリキ

キュラムの特色を解明することによって、本研究の目的2.に対応する、科学的リテラシーの意味する具体的内容とその育成のための指導方策を提示する。これは第4章で論じている。

アメリカのSTS 教育に対するアプローチはきわめて多様であり、その中でBSCSのSTS カリキュラムをもとに科学的リテラシーの捉え方の特色を解明するためには、まずその分析の項目を設定しなければならない。そこで第4章では、第3章で明らかになる、BSCSにおける科学的リテラシーを構成する枠組み（知識・理解、スキル、価値と態度）を用い、それにSTS カリキュラム分析に関する先行研究の結果と、BSCSのスタッフに対するインタビュー結果を加え、それらを整理、総合することによって、STS カリキュラム分析項目を確定する。その項目に従って、BSCSの代表的なSTS カリキュラム3つを分析することによって、BSCSが育成を意図している科学的リテラシーの具体的な内容と、その育成のための方策を提示することができる。そして、以上のようなBSCSの科学的リテラシーの捉え方が、STS カリキュラムのみならず、BSCSの設立当初から改訂が続いている教科書である青版（第6版）にも反映していることを示し、また現在開発が進行しているK-12学年までを一貫した総合的カリキュラムに見られる特色を参照しながら、BSCSのカリキュラム開発が今後進む方向性を示唆する。また他のSTS 教育のアプローチを採用しているアメリカの他の研究者と学会を事例に取り上げ、BSCSの科学的リテラシーの特色のより一層の鮮明化を試みる。

終章においては以上の研究の成果をまとめ、これと、日本の理科教師に対するアンケート調査の結果およびSTS 試行授業の評価結果をもとに、今後いかなるBSCS関連の研究、STS 教育研究、ならびにSTS 教育実践が可能となるかを論じる。そして最後に、本研究の今後の課題を示す。

第1章 1970年代末までのBSCSカリキュラムの 開発理念

- 第1節 1960年代のBSCSカリキュラムの開発理念
- 第2節 1970年代のBSCSカリキュラムの開発理念
- 第3節 1970年代末までのアメリカ科学教育を取り巻く
状況とBSCSカリキュラム

1958年に設立されたBSCSは、科学的探究のプロセスとそれを通して獲得される科学の知識体系を重視したカリキュラム、すなわち青版 (Blue version) , 黄版 (Yellow version) , 緑版 (Green version) , さらには学業遅進児用カリキュラム (Patterns and Processes) , そして上級版 (Interaction of Experiments and Ideas) を、1960年代に矢継ぎ早に世に送り出した。

ところが1970年代に入りBSCSは、「科学と社会」というテーマをカリキュラム開発の新しい統合テーマとして追加し、これに基づいたいくつかのモジュール形式のカリキュラムを開発した。BSCSにおけるこの時代のカリキュラム開発の理念は、後に1980年代のSTS カリキュラムへと発展していくという意味で、その萌芽期として位置づけることができる。

したがって第1章では、1980年代以前のBSCSにおけるカリキュラム開発の歴史を、60年代と70年代とに分け、それぞれの時代におけるカリキュラム開発の理念の特色を明らかにする(第1節, 2節)。具体的にはカリキュラムの中で育成が目指されていた資質もしくは人間像、そしてカリキュラムの対象となる生徒に焦点化して、分析を行う。さらに第3節においては、1970年代末までのアメリカ科学教育を取り巻く状況の変化と、BSCSカリキュラムの開発理念との関連を吟味することを通じて、BSCSが社会的、経済的、政治的ニーズに迅速に対応しつつ、常にカリキュラム開発の基本的理念を堅持し続けてきた過程を論じる。

第1節 1960年代のBSCSカリキュラムの開発理念

本節においては、1960年代のBSCSカリキュラムの開発理念について検討する前に、まず当時のアメリカ科学教育全体の状況、特に科学カリキュラム改革運動のプロセスと成果についてまとめ、それと対比する形でBSCSカリキュラムの開発理念の特色を描き出す。

1. 1960年代のカリキュラム改革運動

1) 1960年代のカリキュラム改革運動の特徴

「1956年から1967年までの間、科学教育に対するNSFからの資金援助額が1億ドル以上であった」（Shymansky, et al. 1983, p. 390）と言われる科学カリキュラム改革運動は、ソ連による世界初の有人宇宙船スプートニク I 号の打ち上げ成功に象徴されるように、アメリカの科学、技術の立ち後れの認識、さらには科学、技術の発展と学校科学の間の著しいギャップの認識をもとに、1950年代中期から70年代中期まで行われた運動であった。この間アメリカ政府は、ソ連の明確な技術的優位に対抗するため、「1958年に国家防衛教育法（National De-fense Education Act）を成立させ」（Raizen, 1991, p. 11）、PSSC, CBA, BSCS等の各種改革プロジェクトに対する支援を積極的に行った。また1965年には、「初等中等教育法（Elementary and Secondary Education Act）を通じて、学校に基礎をおいた改革プログラムに対する援助も並行して行われた」（Waks and Barchi, 1992, p. 89）。

このようにこの時代の科学カリキュラム改革運動は、初等、中等学校科学教育への連邦政府の積極的な関与によって特徴づけることができる。したがってそこでの目標は、国家の発展に必要とされる優秀な科学者と技術者の養成に置かれ、そのため学校科学の学習内容は、当時の科学の知識体系を反映した学問中心（discipline-centered）の科学となり、ブルーナによる発見のプロセスに基づく教授方略が強調された。さらに科学知識獲得の方法としての科学的探究は、知識そのもの以上に重視され、その理解とスキル獲得、科学的態度が目標として設定された。したがって教授の対象は主に、将来科学と技術に関連した職業を希望する生徒に置かれていた。この時代に開発されたカリキュラムに共通する特徴を、Kyle Jr. (1984) は以下の4点にまとめている。

1. 科学者、教育研究者、心理学者、教師を含むチームによって開発が行われたこと。その結果科学のプロセスと科学的探究の本質両方を具体化したカリキュラムが開発され

たこと。

2.教授方略は、子どもと大人がどのように学ぶかという最新の理論に基づいて示されたこと。

3.科学の現在の概念に焦点をあてながら、行うことによる学習 (learning by doing) を強調し、より高い認知的スキルと科学の感得を強調したこと。

4.カリキュラムは科学の構造にしたがって組織されたこと。(p.5)

同様の指摘は、この時代の科学教育を吟味した多数の科学教育研究者たちによっても行われており(たとえば, Zoller and Watson,1974; Anderson,1983; Koballa,Jr.,1984; Fensham,1986; Klopfer and Champagne,1990など), 事実としてここでは押さえておいてよいであろう。

2) 1960年代のカリキュラム改革運動に対する評価

では以上のような特徴を持つ、1960年代のカリキュラム改革運動に対しては、歴史的にいかなる評価がなされているのであろうか。これに対してはさまざまな評価がなされているが、まず代表的な否定的評価のいくつかについてまとめてみよう。

1つは、この時代のカリキュラムの内容に関する批判である。つまり「科学知識とは、1シリーズの証明された仮説、もしくはシュワブが呼んだところの『結論のレトリック』であるという印象」(Fleming,1986,p.204)を生徒に与えてしまったことである(シュワブは、結論のレトリックを「主張しようとしていることがらの理由または証拠を示すことなく、...人びとに対して、暫定的なことを確かなもの、疑わしいことを疑う余地のないものとして説得するように談話を組み立てること」(シュワブ,1970,p.27)であるとしている)。その結果、「多くの事実、概念、そしてアルゴリズムの機械的な想起が促され、...高い抽象レベルの概念と...科学の定量的な側面の強調が行われた」(Fensham,1986,p.21)。そして「生徒は得られた結果の利用の仕方について意思決定することは決して求められなかったし、そのような知識の社会的インパクトについて、考えたり予測することは求められなかった」(Fleming,1986,p.205)点も指摘されている。このいわば「社会における科学のあり方についての理解」を犠牲にした「科学そのものについての理解」を指摘した後者の評価は、おそらく最も多くの科学教育研究者たちによって指摘されて点である。

たとえばこの時代のカリキュラム開発には「市民による科学と技術の利用、もしくは理

解を強調したプログラムの排除」(Bybee,1986b,p.5; Trowbridge and Bybee,1990,p.418)と「個々の学問の科学的内容の強調と技術的応用の軽視」(Klopfer and Champagne,1990,p.138)が見られ、したがって「すべての生徒に適切な科学カリキュラムはほとんど強調されず、技術的、社会的目標はほとんど削られてしまった」(Bybee,1986a,p.80)などといった指摘がなされることとなった(この他にもHurd,1981; Anderson,1983; Aldridge and Johnston,1984; Kyle Jr.,1984なども同様の批判を展開している)。したがって、これらのカリキュラムで学習した人々は「科学が現代生活とは無縁で、専門の科学者にとってしか意味を持たないという印象を抱くことになる」(Hurd,1970a,p.15)。

以上の批判は、進歩主義教育の学習内容の平易さと反科学主義に対抗しようとした、カリキュラム開発担当者(専門の科学者)とNSFが、「学校を子供中心か、学問中心かどちらかでなければならぬという二分法」(Silberman,1971,pp.179-180; Raizen,1991,p.22)で見たことの過ちを指摘した批判であると解釈できる。

次に否定的な評価の第二は、カリキュラムの学習内容についてではなく、指導の方策に関するものである。すなわち、Dede and Hardin(1973)およびFensham(1986)が指摘するように、当時の改革カリキュラムは、専門の科学者主導で開発されたため、その学問領域の論理構造に従って構成され、どのようにしたら科学知識を最もよく学習し、教えることができるかについてはほとんど考慮されることがなかったという点である。したがって、「教授方略についての当時得られていた知見の利用には、ほとんど注意が払われなかった」(Yager,1984c,p.51)。さらに、これはカリキュラムの学習内容にも密接に関連しているが、Hurd(1970b)は、改革カリキュラムにおいて最も重視された探究のプロセスは、科学の問題に対しては効果的であるが、生徒が日常経験する複雑でコントロールがしにくく、価値負荷的な現実の問題の解決には、これを単純に適用することができない点を指摘している。この議論は、否定的評価の第一で指摘した、科学の社会的側面を科学の学習内容として取り入れるべきであるとする見解を前提とした議論である。

以上2点の批判は、いずれも科学者、技術者養成という国家的ニーズに応えたカリキュラムに対する批判であり、アメリカ公教育の歴史的目標、すなわち市民性(citizenship)の育成という目標重視の立場からなされた批判であるといえる。したがって逆説的にならば、「エリート科学に結び付けて述べた社会のニーズに応えるという点においては、これらのカリキュラムはまさに成功したといえる」(Fensham,1986,p.21)のかもしれない。

否定的な第三の評価は、カリキュラムそのものに対する評価ではなく、完成したカリキュラムの普及の問題に関する指摘である。この点についてJames とHorn (1986) は、カリキュラムの実践をモニターし、管理する試みがなかったこと、そして実践に影響を与えるために必要な人や資料を提供できず、実践の方法論に問題があったことを指摘している。さらにAnderson (1981) は、教育改革の鍵を握る教師が、教育目標と授業実践について、改革を推進しようとした人々と異なる見解を持っていた点も指摘している。その結果「いわゆる教育改革運動は、教室の入り口で勢いが失せてしまった」(Silberman,1971,p.159)と表現されるに至った。

以上のような評価に加え、標準学力テストの得点低下や教員養成を行うカレッジでの教育内容の問題、カリキュラムの出版、さらに科学教育改革にかかる予算などについても、多くの批判はあるが、しかし一方で肯定的な評価も見られる。

たとえば科学教育改革運動に対するアプローチについて、「(60年代の科学カリキュラムが)国家的に資金援助されたとき、何ができるかを示し、また少なくとも何が国家的な問題であるのかを示すことができた」(Mayer,1986,p.503)という指摘、そしてこの時代のカリキュラムを用いた授業を受けた生徒が学力達成、態度、プロセススキル、分析的スキルなど広範囲にわたる評価項目において、通常の授業を受けた生徒と同じかそれ以上の達成を示しているというShymanskyら(1983)による研究結果などである。後者に関してNational Science Board (1983a) は、「学力テストにおける得点低下の原因は新しいカリキュラムにあったのではなく、生徒の家庭環境や学校環境に影響を与えている社会変化と、社会意識の変化にその起源を持っていたのかもしれない」(NSB,1983a,p.2)と述べている。

さらにBSCSのディレクターであったKennedy (1980) も、「教育はその努力の成果の不完全さによって判断されるより、... それ自身のために設定した目標の価値によって判断されるべきである。(中略)それが完全には実現しなくても、新しい、そしておそらくよりよい目標が将来出現することをそれは事実上保証するのである」(Kennedy,1980,p.7)と述べ、1960年代の科学カリキュラム改革運動が提起した新しい理念を、その後の科学教育の発展のための礎と捉え、長期的な視野の中で60年代のカリキュラム改革運動の理念を肯定的に評価している。

しかしながらこれら肯定的な評価は、改革へのアプローチに対する評価、運動としてのカリキュラム改革の評価、設定された目標を長期的視野から見た評価であり、否定的な評

価に見られるように、この時代に見落とされた科学教育の目標とそれを達成するための内容的側面について言及したものではない。またTanner (1979) が指摘しているように、1960年代のカリキュラムプロジェクトが与えたインパクト、たとえば新しいカリキュラムを学習した生徒数、他の科学教科書への影響、生徒の学力への影響などを測定する研究は多数あるものの、「それらの多くはNSF 自身やカリキュラムプロジェクト自身によって行われ、肯定的な評価を与える方向に向けられていた」(Tanner,1979, p.5)。したがってこれらの研究は、客観性が十分に保証されておらず、一般的に満足のものではなかった。そこで、明らかに学問の構造を反映した、科学的能力の高い生徒を対象にした1960年代のカリキュラムは、「非科学系進学を希望する生徒、および大学進学を希望しない生徒の個人的、社会的ニーズに答えていない」(Zoller and Watson,1974,p.105) 点で、不適切であると見なされることになったと結論することができる。仮に1960年代のカリキュラムが、一般的な市民に対して何らかの貢献をしたとしても、それは「科学研究を継続的に支持するために必要な科学の理解を彼らに提供した」(Anderson,1983, p.172) という点にすぎず、彼らの市民としてのニーズに答えたものでは決してなかった。

しかしながら、1960年代後半に開始されたいくつかの高等学校科学カリキュラムプロジェクトの中には、広範な生徒の個人的、社会的ニーズに答えようとしたものがいくつか見られた。たとえばHPP (Harvard Project Physics) はその代表的な事例であるが、Dede and Hardin (1973) が指摘するように、そこでは科学者と教育研究者の共同によって、生徒と社会のニーズを、学問としての科学と結びつけるカリキュラムが開発されたという。そして「使用した生徒の数で判断するならば、この教材は60年代のものほど大きなインパクトを持つことはなかった」(Klopfer and Champagne,1990,p.151) が、明らかに1960年代科学カリキュラムに対する批判に答えようとした試みであり、この流れは1970年代へと受け継がれていくこととなる。

2. 1960年代のBSCSカリキュラムの開発理念

1) 1960年代のBSCSカリキュラムの一般的特徴

1958年に設立されたBSCSは、当時の生物教科書に対して以下のような問題点を指摘している。

- ・科学が変更のできない固定された真実から成り立っているという印象を与えていること。つまり科学知識というものが、観察されたことの単純な報告以上のものであり、
 . . . 仮説的に進行する知識体系であることを示していないこと。
- ・データは計画された観察や実験によって得られるのであり、この計画は提起された問題から生じ、その問題は我々の持っている知識を要約する概念から生じることを示していないこと。
- ・科学者も他の人々と同じように誤りを犯す可能性があり、探究活動の多くは誤りの修正と関連していることを示していないこと。
- ・科学を単に権威的な事実およびドグマとして教えることが、科学と科学者に対するアメリカ人の態度に極端に悪い影響を及ぼしてきたこと。つまり生徒が高等学校を卒業した後しばらくしてから、自分が学習した内容が古くなってもはや使えないことを発見するとき、科学そのものへの疑いが生じるということである。その結果科学への信頼は失われ、危険な相対主義もしくはシニシズムに陥ってしまうこと。

(BSCS, 1970, p.130)

このような問題点に対してBSCSは、新しい生物カリキュラムの開発によって応えようとした。そのいきさつについてBSCSのディレクターであったMayer (1986) は、当時を振り返り以下のように述べている。

「BSCSは中等学校を改革しようとか、新しい教師の集団を養成しようとかいった、大それた計画は持っていなかった。まず第1に、計画はすべて普通の中等学校のシステムに適合すべきであり、第2に、それらは当時の教師が使えるものであるべきであることを、活動の最初から理解していた。(中略)しかも変化は、新しい教材が教師や生徒の手中に置かれて初めて生じるものであるということが、初期から認識されていた。教科書は過去においても、また現在もなお中等学校における教授の主要な手段である」(Mayer, 1986, p.486)

このようにしてBSCSは、青版 (Blue Version) , 緑版 (Green Version) , 黄版 (Yellow Version) ⁵⁾ という3つの生物教科書の開発を中心に活動を開始することになった。その開発の方針は、前述した教科書の問題点(科学を固定的な知識の体系と見なしていること、科学が保持する概念によって規定された、問題ないしは問いによって派生する観察と実験の軽視、特別な人間ではなく一人の普通の人間としての科学者の捉え方の欠如)を改善する方向で行われ、当時の生物学の学問構造を反映する形で科学知識が提示された。

しかしその内容は手段としての科学のプロセス，すなわち科学的探究のプロセスを通じて提示された．つまり可能な限りBSCS教材は，現在の結論を強調するよりも，どのように科学がその結論に到ったかを示すように設計され，その中で科学の結論のいくつかが示されたのである．言い換えるなら，BSCSは，単に科学知識を語るのではなく，それを実際に機能している中で提示しようとした．したがって「調べることと探究が，暗記を犠牲に強調された」（Mayer, 1986, p.486）と言われるように，BSCSは知る手段としての科学が，事実の集合としての科学よりも重要であるという認識を持っていた．このような認識のもとに，BSCSは，生物学の内容と構造を規定する9つの統合テーマ（unifying themes）を設定した．それは以下の9つである．

1. 時間軸上の生物の変化：進化
2. 生物のタイプの多様性とパターンの統一性（一様性）
3. 生命の遺伝的連続性
4. 生物と環境の相補性
5. 行動の生物学的ルーツ
6. 構造と機能の相補性
7. 調節とホメオスタシス：変化に直面しての生命の維持
8. 探究としての科学
9. 生物学的概念の歴史（BSCS, 1970, pp.14-25）

このうち，最初の5つ（1番から5番）は教科書の内容を規定するものであり，それに対して最後の2つ（8番と9番）は教科書の論理構造とデータの文脈，そして科学における推論の行われ方を規定している．そして残りの2つ（6番と7番）は，構造と内容両方を規定している項目である．

5) BSCSが最初に開発した教科書がこの3つの版である．これらは高等学校第1学年の生徒を対象に開発されたもので，それぞれ学習内容を組織するために異なるアプローチが取られた．それは生態学（緑版），生化学（青版），そして細胞と器官レベル（黄版）からの3つのアプローチである．これらは，探究のプロセスとして科学を捉え，またそのプロセスを通じて知識体系を提示している点で共通しており，また内容的に進化と人間の生殖を強調している点で共通している．これらの特徴はそれ以前の生物教科書には見られなかった特徴であり，日本の理科教育現代化運動に，大きな影響を与えた．

2) 1960年代の他の科学カリキュラムと比較したBSCSカリキュラムの特色

以上のようにこの時代のBSCSカリキュラムを、探究（態度とスキル）とその中での概念（最新の科学知識の体系）の強調によって特徴づけると、1960年代に開発された他の科学カリキュラムとの相違点は浮き上がってこない。ここで吟味したい内容は、BSCSカリキュラムが対象としていた生徒と、そこで育成が目指されていた人間像、すなわちBSCSカリキュラムの目標である。

まずBSCSが「第10学年のあらゆる生徒の教育」（Mayer,1966,p.vii）を目指し、「多くの生徒にとって科学の学習は、高等学校が最後であるという事実」（BSCS,1970,p.7）を認識していた点は、しばしば見落とされている。つまりBSCSカリキュラムは、将来科学者、技術者になることを希望している生徒というよりも、非科学系に進学を希望する生徒、および大学進学を希望していない生徒を対象として、その視野に治めていたとすることができ。この点についてBSCSは以下のように述べている（アンダーラインは筆者）。

「（BSCSの）改革に対する反響は、各版がカレッジ進学を希望する特定のグループの生徒のために設計されているという結論にしばしばつながっている。しかしそれはBSCSの意図に反することであった。その意図とは『第10学年のあらゆる生徒のための、生物科学一般教育コース』を準備することであった。（中略）（当時のBSCSカリキュラム開発者）は、国家防衛、科学研究、産業界などのニーズ、ならびに民主主義的な義務への参加を実現するために、適切な教育を受けた市民を社会に供給しようと試みた」（Ellis,1986,pp.106-107）

さらにGlass and Grobman (1963) が指摘するように、BSCSは、カリキュラム開発にあたっては非常に多くの学校で試行を重ね、そこでのフィードバックをもとに改訂を重ね、たとえば黄版の開発には、1000名以上の教師と15万人以上の生徒が試行に関与したという。この事実も、BSCSカリキュラムが第10学年のあらゆる生徒を対象にしていたことを裏づけている。

ここで、同じ時期に開発された物理カリキュラムであるPSSC (Physical Science Study Committee) が、「第12学年の物理を履修していた少数の生徒 (small minority) を対象にしていた」（Raizen,1991,p.16）ことを考慮するとき、BSCSの独自性が明らかになる。当時の高等学校においては（現在もその状況は変わらないが）、物理、化学、生物、地学の中では生物の履修者数が最も多く、しかも履修学年が高等学校1年であったという事実が、他のプロジェクトと異なるBSCSのアプローチを生み出した1つの要因であったかもし

れない。

さてBSCSは、以上のような第10学年のあらゆる生徒を対象にしたカリキュラムの開発を行ったが、そこでの学習内容の選択の方針に関して以下のような認識を示している（アンダーラインは筆者）。

「（BSCSが新しく取り入れた）生物の進化，個人間ならびに民族間の相違の本質，ヒトの性と生殖，人口増加とそのコントロールの問題といった，おそらく論争となる生物学の内容についての深い理解は，将来のあらゆる親と市民から奪うことのできない生得権である」（Glass and Grobman,1963,xviii）

「我々は，公教育の目的のために最良で最も重要な生物教材を選択しようと試み，アメリカの公教育の目標である態度とスキルの育成に最も貢献するような形態で教材を開発しようと試みた」（BSCS,1970,p.8）

「（9つの統合テーマの決定にあたっては）第一に我々は，現代生物学の内容と構造を吟味した。（中略）第二に我々は，生徒のニーズと問題を考慮した。生物についていかなる知識が，そして生物学に適したいかなる態度とスキルが，生徒の個人的生活と，人間および市民としての彼らの責任の遂行に対して最も貢献するだろうかを我々は自問した」（同，pp.13-14）

つまりここでBSCSは，科学教育の目標が，現代民主主義社会の中で各自がその責任を遂行できる市民を育成することにあるという認識を示しているのである。これはBSCSが，科学教育の目標を，一般教育ないしは広く公教育の文脈の中で捉えていることを示している。したがってEllis（1986）が，BSCSのこの時代を「生活のための科学（Science for Living）という目標に基礎をおいたカリキュラム開発の時代」（Ellis,1986, p.105）として特徴づけたのは，この文脈から理解できる。

したがって，前述したように，1960年代のBSCSカリキュラムが強調した探究のスキルは，「高等学校卒業生が，民主主義社会の中に一定の自分の位置を占めるために価値あるものである」（BSCS,1985, p.1）とされ，「科学に基礎をおいた文明の中で生活をするためには，特に重要なことは，科学とは現実にいかなるものであるのかを理解することである」（Glass and Grobman,1963,p.xvii）との認識が表明されることとなる。

つまり1960年代のアメリカカリキュラム改革運動の特徴は，第1節で述べたように，優秀な科学者と技術者の養成を目的とした，探究と最新の科学知識体系の強調にあると，一般的に言われているが，ことBSCSに関する限りこれは単純には当てはまらないことになる。

確かに上に引用した、現在のBSCS理事会のメンバーの一人であるEllis の文章中にあるように、最終的に「国家防衛，科学研究，産業界などのニーズ」に応えるという目標はBSCSの視野の中にあり，その点ではこの指摘は正しい．しかしそれは「公教育の目標」「生徒の個人の生活と，市民としての彼らの責任の遂行」そして「第10学年のあらゆる生徒の教育」の結果として達成される目標であり，それが直接的で，唯一の目標であったとは判断できない．この点は，1960年代の他の科学カリキュラムプロジェクトのねらいとは大きく異なる点として指摘しておいてよい．BSCSがその後，生物学への興味の特に高い優秀な生徒のための「上級版」(Second Course: Interaction of Experiments and Ideas,1965)や，学習遅進児用の「パターンとプロセス」(Patterns and Process,1966)を出版したという事実は，大学進学を希望する生徒だけでなく，多様な能力の生徒，すなわちすべての生徒を，BSCSが視野におさめていたことを裏づけている．このように多様な生徒を対象としたカリキュラムの開発を行ったプロジェクトは，この時代には他に例がない．

このようにBSCSは，すべての生徒が将来一人の市民として生活をするときに必要になると想定される，科学のプロセスと科学知識を提示したカリキュラムを開発した．しかしながら，科学知識はあくまでも科学的探究という文脈の中で提示されていた，もしくは現実の科学者の行っている研究という文脈の中で提示されていたため，結果として「学力の高い生徒のためのすぐれた教材」(Ellis,1986,p.107)となってしまった．つまりBSCSは，生活のための科学という目標を設定しつつも，強調したのはそのために必要な科学のスキルであり，科学的探究であり，さらに科学知識であった．おそらくここに，他のカリキュラムプロジェクトと同様，BSCSも優秀な科学者と技術者養成のためのカリキュラム開発を行ったと批判される原因があると思われるし，また以下のような指摘がなされる原因があったと思われる．

「目標の中で生物学の個人的，社会的意味について触れられているのだけれど，．．

それはきわめて皮相的であった．人間は無視されてはいないのだけれど，それは生物社会的(biosocial)な文脈の中で扱われていない．それぞれの教科書の最終章では，今日人間が直面している主要な生物社会的課題を扱っているが，可能な解決方法を扱っていない」．(Hurd,1981,p.20)

Shymansky (1984) は，60年代の改革運動時代に開発されたカリキュラムの有効性を調べた302報の研究結果をもとに，メタ分析(meta-analysis)という手法を用いてBSCSカリキュラムの有効性を検討し，それが当時の他のカリキュラムに比べて優れていた(成功し

た)ことを結論している。しかしそこで用いられていた指標は学業達成 (achievement) , 態度, プロセススキル, そして分析的スキルの4つであり, これらはまさに当時のBSCSカリキュラムの目標に対応している。つまりBSCSカリキュラムが, 目標との関連において有効であったことが示されたわけであり, 決して科学と社会の間の相互関連の理解や, 社会的問題解決のスキル, 意思決定のスキルといった, 社会的文脈における科学授業で重視される指標について有効性が示されたわけではなかった点に注意をしなければならない。なぜなら当時設定された目標がよりよく達成されていたとしても, 第2節で述べるように, 70年代はこの目標そのものが問われた時代であったからである。

その後1960年代末から1970年代にかけてのBSCSカリキュラムの中では, これまでに述べてきた批判に応える形で, 「人間に関連した生物学課題」(Ellis,1986,p.107)や「人間の遺伝学, 生命の起源, 放射能の生物学的影響といった, 遺伝学と進化に関連した論争課題」(Levin and Lindbeck,1979,p.202) が, 徐々に強調されるようになっていく。

第2節 1970年代のBSCSカリキュラムの開発理念

本節では、第1節で述べた1960年代のBSCSカリキュラムの特色を受けて、1970年代に入ってBSCSが、いかなる特徴を持ったカリキュラムを開発してきたかについて考察する。そのために、まず1970年代のアメリカ科学教育を取り巻く状況の変化を整理し、その中でアメリカ科学教育がいかなるカリキュラム開発の方針を確立したか、またこの点について、BSCSはいかなる方針を確立したかを解明する。

1. 1960年代末から1970年代初頭の科学教育を取り巻く環境の変化

1) 社会における科学のあり方の変化

かつて科学は、技術や社会とは独立した、価値と独立した (value-free) 1つの知識体系であると捉えられていた (1960年代のカリキュラム改革はこの考え方を反映していた)。しかしながら、1970年代には科学を技術や社会と切り離して考えることができない状況が出現してきた。

Ost (1986) が指摘するまでもなく、たとえば科学と技術の関係についてみると、確かに科学と技術の価値構造は異なっており、「科学は自然界の観察に対する説明を提供し、技術は環境への人間の適応上の問題の解決法を提供し」(NCISE, 1989, p.11)、また「科学の社会的役割は、... その現実的応用に関係なく知識を拡張することであり、... 技術の社会的役割は『現実に利用可能な、今あるテクニック、プロセス、そしてストックを増やし改善すること』である」(Fleming, 1987, p.164) と表現することができる。しかしながら現実の生活および科学研究においては、科学と技術を区別することはますます困難になってきており、1970年代中期に確立された遺伝子工学の手法は、その典型的な事例である。この手法はかつては遺伝学の領域の中で発展してきた科学研究のテーマであったが、現在は科学研究の1つの重要な手段(技術)として用いられ、もはや科学とも技術とも区別しがたくなっている。そして科学における発見は技術の発展をもたらし、技術は科学における観察と実験の可能性を広げる新しい装置を提供するというように、社会における両者の間の「共生的、相補的關係」(Hurd, 1986, p.97) が、この時代以降顕著になってきた。

また科学と技術の研究活動は、研究資金や研究のガイドラインといった形で社会によって規定され、また逆に科学と技術の発展は、良かれ悪しかれ社会変化を規定する1つの大

きな要因となった。さらに科学、技術研究の重点は、研究者個人の関心に基づいた研究から、企業や政府に取り込まれた巨大プロジェクトへと移りつつあった。このような科学、技術、そして社会間の相互関連が、複雑かつ密接になってきたのがこの時代の特色である。

以上のように、科学と技術、科学と社会、そして技術と社会の関係は、70年代以降非常に密接になってきた。そしてそれに、科学と技術に関連した多数の新しい社会的問題が出現してきたことも加わり、その解決法（政策決定）に対する市民参加の必要性が高まってきた。このような状況の中、従来の学問中心の科学、没価値的な科学への疑問が提起されることとなった。

2) 科学と技術に関連した新しい社会的問題の出現

1)で述べたように、社会における科学のあり方が変化する中、科学と技術に関連した数多くの社会的問題が1970年代に出現し、社会ないしは市民による科学の捉え方は大きく変化していった。

世界初の月面着陸成功に象徴されるように（これは1960年代初頭にケネディー大統領によって掲げられた目標であり、Bybee(1985)が指摘するように科学研究と技術開発の時代の終了を意味した）、1970年代に入りアメリカの科学、技術は一定の成果をおさめ、また多くの科学者と技術者を輩出するに到った。その結果60年代のカリキュラム改革運動の目標は達成されたと、多くの市民が感じる事となった。

この急速に発展した1960年代から70年代の科学と技術の成果は、人々の日常生活のさまざまな局面に影響を及ぼす事となった。その影響は、一方で個人や社会の生活を豊かにするという点で、歓迎されるべきものであったが、他方ではしばしば否定的な影響を個人や社会にもたらした。たとえば科学と技術に関連した当時の社会的問題の事例として、Bybeeら（1980）は人口問題、食糧問題、エネルギー資源の問題、そして汚染の問題をあげ、Yager（1981b）はベトナム戦争、環境破壊、原子力、都市問題、天然資源の枯渇、そして世界的政治紛争をあげている。アメリカの社会には、すべての市民が個人として、そして社会に貢献し変革するメンバーとして、その持てる力を最大限発揮すべきであるという参加型民主主義の考え方が根底にある。その役目を担う主体として学校教育は捉えられており、そこでこれら社会的問題の出現は、Trowbridge and Bybee（1990）や、Cheek（1992）が言うように、教育に対して意思決定および政策決定過程への市民の参加の能力育成という問題を提起した。

またこの科学と技術の否定的な側面が社会的に顕在化してきたことによって、さらに科学の知識量の急速な増大による科学的営為の社会からの隔離とによって、科学と技術に対する市民の認識は否定的なものとなっていった。この点は複数の研究者（たとえばHurd, 1971a,1972; Bybee, et.al.,1980など）によって指摘されており、特にベトナム戦争は、対抗文化（counterculture）の傾向を助長し、科学と技術が軍需産業の確立に貢献したという認識を広げた点で、まさにこの典型的な事例と考えられる。また、科学、技術が万能であるという神話に対する疑問を市民に認識させたという点で、カーソン女史による「生と死の妙薬」（Silent Spring）や、ローマクラブによる「成長の限界（The Limits to Growth）」など、地球環境の悪化に警告を発した当時の出版物の果たした役割も大きかったことを、Bybee（1991）とCheek（1992）は論じている。

以上のように科学、技術の発展という目標の達成により、「科学教育に対する社会の関心は急速に低くなり」（Kyle, Jr.,1984,p.6）、また科学、技術の発展がもたらした否定的な影響と、市民による政策決定過程への参加意識の高まりにより、「科学教育の目標の再考」（Bybee, et.al.,1980,p.378）ならびに「科学教育の急速な変化」（Yager,1981b, p.2）を唱える声が高まってきた。すなわちBybee（1977）が指摘するように、1960年代に、アメリカの科学と技術の発展を求める声が科学カリキュラム改革運動につながったのと同様、この時代にも、カリキュラムおよび教授のあり方と社会のニーズ（社会的圧力）との間に、明確な関連性を見いだすことができる。

3)教育上のプライオリティーの変化

1950年代に、国家によって強烈に意識された科学的マンパワーの不足という事態は、その後の科学カリキュラム改革運動の成果により、急速に改善されていった。つまり科学者と技術者養成という点で、運動の当初の目標は達成されたといつてよい。この見解については、Kyle Jr.（1984）とTrowbridge and Bybee（1990）を初めとする多くの研究者の間で意見の一致を見ており、それどころか科学者と技術者の過剰という現象さえ見られるようになった。その結果、1960年代初期の市民権運動の興隆という社会的圧力もそれに加わり、「人々の関心は、科学における卓越性からマイノリティーに対する教育サービスの提供へと変化していった」（Raizen,1991,p.21）。

さらに1970年代の初等、中等学校在籍児童・生徒数の減少と、ヴェトナム戦争による科学と技術に対する否定的イメージの拡大、そしてアメリカ経済の停滞等の要因により、

「新しいカリキュラムの代わりに基礎に焦点をあてた学校へ，コストが高く管理が困難なキットや実験教材の代わりに，教科書に過度に依存する教師へ」（Raizen,1991,p.22）と，科学教育を取り巻く環境は大きく変化した。

これら以外にも，教育の適切さ（relevance）を求める声の高まり，現代社会を病的状況と見る傾向の高まり，そして高校および大学への進学率の増大に伴う科学カリキュラムの対応の遅れ等を，Hurd（1972）はその論文の中で，科学教育を取り巻く多くの環境の変化として指摘している．これらはアメリカの科学教育に対する新しい圧力として機能することとなった。

2. 1970年代のアメリカ科学教育

上述した科学教育を取り巻く環境の変化のうち，3)の「教育上のプライオリティーの変化」に対して敏感に反応したアメリカの教育運動が，「基礎に帰れ」（Back to Basics）運動であった．そこでは主に3R's（読み，書き，計算）に焦点があてられ，科学における「基礎」の意味は，以前（1960年代以前）の時期への回帰，すなわち相互に関連のない「事実の過大な強調と，生物としての人間の除外」（Hurd,1979, p.182）によって特徴づけられる。

しかしながら，この「基礎に帰れ」というスローガンを，社会変化に対する科学教育の対応の欠如，および公共の福祉に対する科学教育の関与の欠如から派生してきているものと捉え，科学教育の意義を批判的に再評価し，それに対応した科学教育の目標を再構築する機会と捉えようとする主張が，Hurd（1979,1981）を始めとする多くの科学教育研究者から提起されてきた．つまりこの主張は，急速に技術時代に移行しつつある社会において，必要な知的スキルを身につけた子供たちを育成できないでいる科学教育の状況を批判的に捉え，前述した科学教育を取り巻く環境の変化のうちの1)と2)に，科学教育が積極的に応えようとした試みであると言える。

ではその方向性はいかなる科学教育を目指していたのか．これに対する答えは，1970年代の科学教育を取り巻く環境の変化から推測し得るものであるが，それは社会的文脈の中での科学の学習，一般教育の一部としての科学教育の位置づけ，1960年代の探究とは異なる社会的問題の解決と意思決定プロセスの重視，保持しているだけの知識（knowledge-in

-being) から機能できる知識 (knowledge-in-action) へ、そして価値教育としての科学などと表現されている。これらの表現は、1960年代から70年代のアメリカ科学教育に多大な影響を与えたHurdの一連の著作 (1970a,b; 1971a,b; 1972; 1975) に見られるものである。彼は、これらの表現を具体化したカリキュラムで育成さるべき人間像を、「科学について啓発された市民」 (scientifically enlightened citizenry, Hurd,1970a, p.13) と呼んでいる。そのような市民とは具体的には、急速に変化しつつある、科学と技術に基礎をおいた社会の中で、各種の社会的問題の解決と意思決定の行動に参加することを通じて、社会の発展的な変革に効果的に関与できる市民を指している。これは学問としての科学の領域に学習内容を限定した1960年代の科学教育とは著しいコントラストをなしており、科学教育を学問としての科学からのみ捉える立場から、広く公教育の目的の中で捉えようとする立場への移行がここには見られる。したがってその目標を実現するためのカリキュラムは、各種の社会的問題や課題をトピックとして取り入れた、社会的文脈の中での科学の学習を進めるカリキュラム、そして社会科学や行動科学との関連を重視した学際的なカリキュラムとなる。

このようなカリキュラムは、第2節の1で指摘したように、広範な生徒の個人的、社会的ニーズに一定程度応えようとした、いわゆる改革の第二世代のカリキュラム (たとえばHPP) として、実はすでに1960年代後半に存在した。したがって、これらのカリキュラムは広く普及することはなかったが、その理念は確実に1970年代に受け継がれ、発展したと解釈することができる。その論拠としてAnderson (1981) は、各学校のレベルにおいて、科学を現代社会に関連づけて設計した多くの新しいカリキュラムが、70年代に存在していたことを指摘している。この発展の背景には、社会的文脈の中での科学の学習を求める教育界のニーズの存在が推測されるが、このニーズの存在は、1971年にアメリカ最大の科学教育関連学会であるNSTA (National Science Teachers Association, 全米科学教育連合学会) が、1970年代のアメリカ科学教育の方向性に関する基本声明を発表し、その中で科学教育の目標として、科学の社会的側面の理解を公に表明したという事実によって裏づけられる。

以上のように1970年代には、60年代のカリキュラム改革運動に対する評価の結果として、科学教育を一般教育の目標の中で捉え直そうという主張が打ち出されてきた。すなわちより多様な生徒を対象とした、科学の社会的応用、ないしは科学の社会的側面を強調したカリキュラムを求める声が高まることとなった。しかしながらここで主張されたようなカリ

キュラムは、1970年代ではまだ限られた数の生徒によって学習されただけであり、しかもそれらのカリキュラムは、しばしば低い学習能力の生徒のために提供されていた。つまり1970年代に主張された科学教育の理念の実現は、80年代に急速に発展したSTS 教育の登場まで待たねばならなかった。

3. 1970年代のBSCSカリキュラムの開発理念

1) 新しい統合テーマ「科学と社会」の確立

1969年、BSCSは「生物科学と社会に関するBSCS委員会」(BSCS Committee on Biological Science and Society)を組織し、科学と社会の相互関連を重視した教育に関するペーパーバックシリーズを出版する活動を始めた(Ellis, 1986)。そして1970年には、BSCSの理事会(Board of Director)において、BSCSの3つの版それぞれを統合する共通の9つのテーマに、10番目のテーマである「科学と社会の間の相互関連」を追加した。ここに初めてBSCSは、科学と社会の相互関連をカリキュラム構成の統合テーマの1つとして正式に確立し、それを重点的に扱ったいくつかのモジュール教材の開発を試みることとなった。したがってBSCSのこの時代は「科学と社会のための教育という概念への焦点化」(Ellis, 1986, p.105)の時代と名づけられている。

第2節の2で指摘したように、アメリカにおいては、十分な広がりを持たなかったものの、1960年代後半から科学の社会的側面の学習に対する意識の高まりが見られた。BSCSが、この問題意識をいち早くカリキュラムの問題として捉え、それに対応するカリキュラム開発に取り組んだことは、科学教育の方向性に対するBSCSの先見性の高さ、そして問題の解決のための行動(カリキュラム開発)の迅速性の高さを物語っている。

しかしながらここで確認をしておかなければならないのは、BSCSがそれまでのカリキュラム開発の方針を、「探究および科学の知識体系」から、「科学と社会」へと方向転換したわけではなかったということである。それまでの統合テーマに「科学と社会の間の相互関連」を「追加」したという事実からもわかるように、BSCSは「科学と社会」という目標を取り込んで、目標の再構築を行ったのである。この点に関してEllis(1986)は、この時期を「科学と社会の教育のために、理念、目標、そして開発プロセスを精錬(refinement)した時期」(Ellis, 1986, p.110)と位置づけている。したがって探究および科学の知識体系は、学習の方法としても内容としても、依然として重要な位置を占め続けている。

たとえば1978年にBSCSは、「Biology Teacher's Handbook, 3rd.ed.」の中で、探究としての科学を教えることの意義について以下のように述べている。

1. データの解釈から知識がどのようにして生まれてくるかを示すこと。
2. 我々の知識が成長するにつれて変化する概念や前提条件に基づいて、データの解釈やデータの追求方法でさえも進行すること。

3.原理や概念の変化に伴い知識も変化すること。

4.知識は変化するが、それは正当な理由のために変化すること。(BSCS,1978,p.306)

この表現は、1970年に出版された2nd.ed.における探究に関する記述とまったく同一であり、BSCSの探究の捉え方が変わっていないことを示している。つまりBSCSにおいては、依然として「探究としての科学の教授の本質は、科学の結論が導かれ検証される方法のフレームワークの中で、科学の結論のいくつかを示すこと」(BSCS,1970,p.23)にあったと結論してよいであろう。

したがって、あらゆる生徒のための科学、もしくは市民性の育成といったカリキュラム開発の理念の1つが、科学の社会的分脈の重視という形で、科学的探究という理念に統合されることとなったのが、1970年代であると結論できる。このようにして設定された目標のもとに、たとえば社会における論争課題の授業での使用、価値の教授、そして科学に関連した社会的問題の解決過程における意思決定などが、この時代以降のカリキュラムにおいて重要な鍵を握ることとなった。そこで以下においては、この時代の具体的なカリキュラムについて吟味する中で、BSCSカリキュラムの特色を提示する。

2) 1970年代のBSCSカリキュラムの特色

この時代のBSCSカリキュラムの特色は、青版、緑版、黄版の3つの版の改訂版よりも、以下に示すカリキュラム(モジュール)に顕著に表れている。

- ・ Investigating Your Environment (1975)
- ・ Human Sciences Program (1975)
- ・ Elementary School Sciences Program (1976)
- ・ Energy and Society: Investigations in Decision Making (1977)

これらのカリキュラムはいくつかの共通する特徴を有しているのであるが、その特徴が顕著に見られるのは、社会におけるエネルギー利用を学習テーマとした4番目のカリキュラム”Energy and Society: Investigations in Decision Making”(以下「エネルギーと社会」と略す)であるため、これを具体的な事例として用いながら、70年代のBSCSカリキュラムの特徴を検討する。

「エネルギーと社会」の性格について、その序文では以下のように述べている。

「『学習の仕方を学習する』(learn how to learn)ためには、自分自身による学習の方向性の決定、問いの設定、問題解決、そして意思決定のための能力育成が必要

である。また『思考の仕方を学習する』(learn how to think) ためには、正確な情報を獲得する能力と、入手可能なあらゆるデータの分析を通じて、最も適切な結論に到達する能力が求められる。本モジュールは、教育のこれらの目的を達成できるように設計されている。その活動は、積極的な探究を刺激し、論理的な意思決定に際して価値があるとされている問題解決スキルを発達させられるよう選択されている。(中略) このモジュールは、エネルギーについての正確な情報を提供し、エネルギーに関連した課題についての疑問と関心について、考えさせようと試みている。提示された問題に対する解決方法は、科学にすべてその基礎をおいているのではなく、それはいくつかの教科にまたがり、価値に非常に依存している。(中略) もし生徒が思考の仕方と、学習の仕方について学習するのであれば、彼らが卒業後長い時間が経っても、これらのスキルの応用を継続することが期待できる」

(Teacher's Edition, p. iv)

ここには、エネルギーという科学に基礎をおいた社会的問題をテーマに、その解決のプロセスを通じて「学習の仕方」と「思考の仕方」について学習すること、すなわち認知的スキルの学習が目的であることが述べられている。しかもエネルギー問題の解決方法には複数の教科が関与し、それは価値依存的である点も指摘されている。つまり本書は、科学知識そのものを学習することよりも、科学に基礎をおいた、学際的で、価値依存的な問題の解決のための認知的スキル育成に最大の目的が置かれているのであり、科学知識はそのようなスキル育成のための活動の中で獲得されることが期待されている。ここには、高等学校卒業後直面するであろう社会的問題の解決に、効果的に対処できる生徒を育成しようという意図が明確に読み取れる。すなわち1960年代同様70年代のカリキュラムも、教授の対象としてあらゆる生徒を想定していたのである。そして知識獲得の文脈として、依然として探究のプロセスを用い、かつまた社会的問題や課題といった社会的な問題を解決するプロセスをより一層重視した点に、70年代のカリキュラムの特徴がある。このような目的を持ったカリキュラムは、60年代のBSCSには決して見られなかったものである。

また本書で行われる生徒の学習活動については、以下のように述べている。

「本コースの中では、生徒はエネルギーについての基礎的情報を討論し、エネルギーに関する意思決定についていくつかの可能な影響を調べ、自分たちが研究するエネルギー関連問題を選択する。また生徒のそれぞれの研究の文脈の中で、エネルギーに関する意思決定に影響を与えている7つの要因カテゴリーが検討される。すなわ

ちそれは、政治、経済、技術、態度、健康と安全、環境へのインパクト、そして物理法則の7つである。さらに経験的なデータについての検討と、個人やコミュニティの価値の吟味を通じて、生徒は自分たちのコミュニティのためのエネルギー『提言』に到達しようと試みる」(Teacher's Edition, p.1)

ここには序文よりもさらに具体的なBSCSのカリキュラム開発の意図が述べられている。まずエネルギー問題についての基礎的情報を獲得した上で、生徒自らが研究対象とするエネルギー問題を選択すること。そしてその問題の解決過程において、意思決定に影響を与える多様な観点から問題の分析を行うこと。最後に分析結果とコミュニティの価値の吟味をもとに、問題解決のための提言の作成を行うことである。このような生徒（もしくはグループ）の自立的な活動を採用した背景には、「学習のための刺激と責任が外部からのものであるより、むしろ内から生じるとき、生徒はよりよい学習を行い」（同,p.3）、「協同（cooperation）は学習の質と量、両方を促進する」（同,p.3）という認識がある。以上のような生徒の活動においては、現実の社会生活の中で実際に行うことが想定される意思決定場面において、より合理的な決定が行えるよう、そのためのスキルを育成することが意図されていると判断できる。

以上の議論から「エネルギーと社会」は、あらゆる生徒のための市民性の育成を目標としていることが結論できる。その実現のために、本カリキュラムは具体的には以下の4点をその特徴として持っている。

- 1.知識そのものの学習よりも、それを獲得するプロセスとスキル、特に高次の認知的スキル育成の重視（学習方法と思考方法の学習）。
- 2.複数の教科に渡った（multidisciplinary）アプローチ、ないしは学際的な（interdisciplinary）アプローチの採用。
- 3.研究テーマの選択とその実践、他の生徒との協同、研究結果をもとにした提言の作成等、生徒の自立的活動の中に見られる、学習に対する責任の生徒への付与。
- 4.問題解決のプロセスを通じた、多様な観点と価値に基づく意思決定の強調。

しかしながらここで行われる活動や、育成が目指されているスキルは、1960年代のBSCSカリキュラムの特徴であった探究活動を基礎に展開されており、「知識の仮説的な本質を理解するためにも探究は理想的な手段である」（Teacher's Edition,p.3）とされている。

ここで指摘した特徴は、次ページに示した本書の目標（表1-1）の中に、具体的に見ることができる。たとえば上述した「エネルギーと社会」の特徴1.で指摘した認知的スキ

表1-1. 「エネルギーと社会」モジュールの目標

- ・エネルギー問題の学際的性質を反映し、伝えること。
- ・不適切な情報から適切な情報を区別し、情報の解釈におけるバイアスを認識しデータの妥当性を判断するために必要なスキルを育成する。
- ・問題解決モデルとスキルに対する理解を深め、その使用を促す。
- ・エネルギー問題の複雑さと、二者択一的な解決方法の間で行われるトレードオフについての理解を促す。
- ・データを集め、解釈し、評価するスキルの発達を援助する。
- ・環境的にも社会的にも、生物が相互依存関係を持つことについて認識させながら、意思決定場面における自立性と意思決定の能力育成を促す
- ・学習活動において、生徒の背景、関心、才能、経験、そして能力の多様性を認識し、促し、利用する。
- ・活動の認知的、情意的両面から、知的成長を促す。

(Energy and Society, Teacher's Edition, pp.3-4)

ルに関して言うなら、それは「不適切な情報から適切な情報を区別し、情報の解釈におけるバイアスを認識し、データの妥当性を判断するために必要なスキル」と「データを集め、解釈し、評価するスキル」を指している。また特徴2.に対応するのは「エネルギー問題の学際的性質を反映し、伝えること」であり、特徴3.の生徒による研究活動に関しては、「生徒の背景、関心、経験、そして能力の多様性を認識し、それを促し、利用する」ことが述べられている。さらに特徴4.で指摘した意思決定に際しては、「二者択一的な解決方法の間で行われるトレードオフについて」理解し、「環境的文脈と社会的文脈両方における、生物の相互依存関係を認識する」ことの重要性が述べられている。そしてこれらの活動全体を通じて、生徒の「認知的、情意的両面における知的成長を促す」ことが目標として掲げられている。

これら4つの特徴、すなわち広く社会の中におかれた科学の現実の状況から派生する、現実生活の問題に対する自立的な調査研究活動、問題の解決に向けた学際的なアプローチ、問題の多様な観点からの解決と意思決定活動、そしてこれらの活動を通じた知識獲得のた

めのスキル育成の中で、どれに強調点を置いているかに若干の違いはあるものの（たとえば「エネルギーと社会」は意思決定に強調点がおかれたモジュールである），これらはすべて、この時代のBSCSカリキュラムに共通している。

第3節 1970年代末までのアメリカ科学教育を取り巻く状況とBSCSカリキュラム

本節では、第1節、2節の結論を受け、1960年代から1970年代までの間、BSCSが当時の社会的ニーズにいかに応え、アメリカ科学教育全般の対応と比較する中で、その対応の特色をまとめる。このことによって、当時のBSCSのカリキュラム開発の独自性、先見性、社会的ニーズに対する対応の迅速さを描き出すことが可能となる。

1) 社会のニーズに対する反応の迅速さ

以上第1節、2節で概観してきたように、BSCSは1960、70年代を通じて、アメリカ社会のニーズに対して、科学教育全般と共通したいくつかの対応を試みてきたが、同時にそれとは異なる対応もそこには見られた。これらの関係を示したものが表1-2であるが、言うまでもなく共通した対応とは、1960年代においては優秀な科学者、技術者養成という社会のニーズに応えるべく強調された「科学的探究とそれを通じて獲得される科学の知識体系」であり、1970年代においては「社会的文脈の中での科学の学習」であった。しかもBSCSは、国家防衛教育法や初等、中等教育法といった、国家レベルのニーズにいち早く反応し、その資金を用いて数多くのカリキュラム開発を手がけた。アメリカの深刻な遺伝病の状況（頻度の高さと症状の重さばかりでなく、国家としての経済的負担も含む）を改善すべく制定された、国家遺伝病法案（National Genetics Diseases Act, 1976年成立）による資金援助を受けて、人間の遺伝学カリキュラム（第4章で詳述）の開発をいち早く手がけたのも、その典型的な事例である。また1970年代に顕著になった科学と社会の関連性を求める声に対する対応も、1970年にすでにそれをカリキュラム構成の統合テーマの1つとして確立し、そのテーマを中心においたカリキュラム（モジュール）を、全米レベルで実践可能な形に仕上げるなど、社会のニーズに対して極めて迅速に対応している。これはBSCSの研究能力の高さ、そこから結論される社会のニーズに対する敏感さを示しているが、このことが現在までBSCSが発展し続けている要因であるのかもしれない。

2) カリキュラム開発の方針の一貫性

ではBSCSがアメリカ科学教育全般の対応とは異なっていた点は何であろうか。表1-2を見るとわかるように、それには2つある。

1つは1960年代の他のカリキュラムプロジェクトが、主に大学において科学や技術を学

びたいと考えている生徒を対象にしたカリキュラムを開発したのに対して、BSCSは、高等学校で最初に学ぶ（そしておそらくかなりの数の生徒にとっては最後に科学を学ぶ）学年である、第10学年のあらゆる生徒を対象にしたカリキュラムを目指した。結果的にこれらのカリキュラムは内容が高度で、学習遅進児用のカリキュラムの開発や、将来科学者、技術者を希望する生徒のためのカリキュラムの開発など、多様な能力を持った生徒を対象としたカリキュラムの開発を手がけることとなったが、逆に言うなら、このような多様なカリキュラムを開発したことは、BSCSがあらゆる生徒をカリキュラム開発の視野におさめていたことを裏づけている。そして1970年代には、環境問題やエネルギー問題といった社会的問題をテーマとした、明らかにあらゆる生徒を対象とした学際的カリキュラムを開発した。

科学教育全般の対応とは異なる第2の点は、他のカリキュラムプロジェクトの多くが70年代までに終了していく中で、BSCSは科学知識の理解の文脈として科学的探究を用いたカリキュラムの開発を一貫して続けてきたことである。表1-2に示したように、確かに1970年代のBSCSは、科学と技術に関連した社会的問題をトピックとして用い、それらの解決と意思決定能力の育成を図るカリキュラムを開発した。しかしながら第2節で述べたように、70年代に開発されたカリキュラムにおいても、科学的探究は問題解決や意思決定の基礎として位置づけられ、学習の文脈を構成する1つの重要な柱として用いられていた。このことは、60年代に出版された青版、緑版、黄版の3つの教科書がその後も改訂を受け、そこで捉えられている科学的探究の意味がまったく変化していないことに、典型的に表れている。

以上のように、BSCSは各時代における社会的ニーズ（60年代の科学者、技術者養成、70年代の科学の社会的側面の学習）に、カリキュラム開発の形で迅速に対応してきた。しかしながら、BSCSは現代民主主義社会における意思決定過程に効果的に参加できる市民を育成するという目標を一貫して掲げ、あらゆる生徒を対象にしたカリキュラム開発を試みてきた。そして科学を学習する文脈として、また育成さるべき能力そのものとして、科学的探究も70年代までのカリキュラムの中で重要な位置を占めていた。すなわち、科学と技術が大きな影響力を持つ社会において、あらゆる市民がその持てる能力を最大限に発揮するためには、科学的探究の能力とその本質の理解、ならびにその文脈の中で学習される科学知識がきわめて重要であるという認識が、BSCSには存在したと考えられる。

表1-2. アメリカ社会のニーズと、それに対するアメリカ科学教育一般の対応とBSCSの対応の関係

アメリカ社会のニーズ	アメリカ科学教育一般の対応	BSCSの対応
<p>1. 1950年代後半から1960年代： ソビエトに対する科学的、技術的立ち後れの認識と、優秀な科学者、技術者養成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 国家防衛教育法 (1958) ・ 初等、中等教育法 (1965) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ NSFの資金援助による科学的探究と科学の知識体系の理解を重視したカリキュラムの開発 (PSSC, CBAなど) ・ その目標は、優秀な科学者、技術者養成を明確に意識 ・ その対象は、主に将来科学者技術者になることを希望している一部の生徒 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 他のカリキュラムプロジェクト同様、科学的探究と科学の知識体系の理解を重視したカリキュラム ・ その目標は、優秀な科学者、技術者養成というよりも、科学、技術がますます大きな影響を及ぼす社会において、一人の市民としてその方向性決定に効果的に関与できる市民の育成にあった。 ・ したがってその対象は、第10学年のあらゆる生徒 ・ 学習遅進児、ハンディキャップを持つ生徒、将来科学者、技術者を希望する生徒用のカリキュラムの開発
<p>2. 1970年代： 科学、技術に基礎をおいた深刻な社会的問題の出現と、社会における科学のあり方の変化によってもたらされた、「社会的文脈の中での科学の学習」という認識の高まり</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1960年代後半の一部のカリキュラムプロジェクト (HPP, Project Physicsなど) による対応と、1970年代の学校レベルでの科学カリキュラム改革の開始 ・ 社会的文脈の中での科学の学習の重要性を唱えた、NSTAによる科学教育に関する基本声明の発表 ・ 科学教育研究の世界からの「社会的文脈の中での科学の学習」を求める声の高まり 	<ul style="list-style-type: none"> ・ カリキュラム構成の統合テーマの1つとして、「科学と社会の間の相互関連」を正式に決定 (1970) ・ 社会における科学的、技術的問題をトピックとして用いたカリキュラム、それらの解決と意思決定能力を育成するカリキュラム、すなわちあらゆる生徒を対象とした市民性育成のためのカリキュラム開発

第2章 1980年代以降のBSCSカリキュラムの 開発理念

第1節 科学教育の危機の出現

第2節 組織としての政策的特色

第3節 カリキュラムの特色

第4節 1980年代以降のアメリカ科学教育改革の方向性と
BSCSのカリキュラム開発理念

本章で論じるBSCSの時代区分は、1979年以降より現在までの「STS テーマがカリキュラム開発の基礎となった時代」(Ellis,1986,p.105)である。この時代区分を設定したのは、BSCSの初代委員長であるBentley Glass が、理事会の他のメンバーに対して、カリキュラム開発のテーマとして「科学と技術の社会的インパクト」を加えるべきことを主張したのが、1979年であったからであり、これ以降BSCSは多数のSTS モジュールの開発を手掛けることとなったからである。またこの時代は、1970年代末にアメリカ科学教育の世界で深刻に受けとめられた、科学教育の危機克服のため試みが開始された時代、すなわち科学教育の目標の再構築へ向けた具体的な活動が開始された時期にもあたる。

そこで本章では、まず第1節において1970年代末に盛んに主張された科学教育の危機の本質はどこにあったのか、またその危機克服のために、アメリカ科学教育はいかなる解決策を提案してきたのかを明らかにする。そして次に、BSCSはこの危機に直面して、第1章で吟味した1960年代、70年代のカリキュラム開発の理念を受け、それを1979年以降どのように継続、ないしは発展させてきたのかを解明する(第2節、第3節)。最後に第4節において、BSCSの1980年代の特色を、この時代アメリカの国家機関や学会等から公表された報告書の提言と対比することによって、80年代以降のBSCSのカリキュラム開発の理念の発展プロセスを明らかにする。

なおSTS 教育に関連した内容については第4章で詳しく論じるので、本章ではその詳細については扱っていない。むしろここでは、BSCSの各種STS モジュール開発に到った背景の解明に焦点をあてている。

研究対象とした期間は1979年より現在までであるが、実際には1983年以降をその対象とした。なぜならBSCSは1979年より1982年まで、新しいカリキュラムを開発中ではあったものの、その出版や報告書類等の発表を行っていないからである。研究に用いた資料は、具体的にはBSCSから年2回発行されているニュースレターと、実際にBSCSが開発したカリキュラム、およびBSCSから出版された報告書類とBSCSのスタッフが中心となって作成された各種報告書類である。

BSCSの近年の活動は、カリキュラム開発にとどまらず、カリキュラム・ガイドラインや科学教育に対する提言をまとめた報告書などの出版、教師教育プログラムの開発、科学教育のナショナル・センターの設立など、多岐にわたっている。そこで本章では、1980年代のBSCSのカリキュラム開発理念の特色を整理して提示する目的から、分析は以下の2点に分けて行った。

1. 科学教育改革に向けたBSCSの組織としての対応の方策，すなわちBSCSの組織上の政策の特徴．これは上述したカリキュラム・ガイドラインや各種報告書の出版，教師教育プログラムの開発など，カリキュラム開発に付随する活動，もしくはカリキュラム開発を支援する活動を指している（第2節）．
2. BSCSカリキュラムの目標，内容，教授方略等の特徴．ここで言うBSCSカリキュラムとは，STS カリキュラムに限定せず，この時代に開発されたすべてのBSCSカリキュラムを指している（第3節）．

第1節．科学教育の危機の出現

本節では、科学教育予算のカット、生徒の科学の学力の低下等に象徴される科学教育の危機の本質がどこにあったのか、またその危機克服に向けて、アメリカ科学教育はいかなる新しい方向性を見いだそうとしたのかを明らかにする。

1. 1970年代の科学教育の危機の本質

第1章2節で指摘したように、1970年代には科学を取り巻く社会的状況の変化の中、科学そのもののあり方に疑問が抱かれ、同時に科学教育に対しても多くの疑問が投げかけられることとなった。

Kyle (1984) が指摘するように、この疑問を反映した科学教育の危機の認識は、1976年のNSFからの科学教育予算大幅カット、および1976-77 学校年度に行われたNAEP (National Assessment of Educational Progress, 教育の進歩に関する評価調査計画) 理科調査結果に基づく生徒の科学の学力低下の認識に始まる。特に前者は、1950年代後半に始まったカリキュラム改革運動の終了という認識、市民の科学、技術に対する否定的な見解、科学教育への市民の関心の低下などに起因して生じたものである。長洲 (1984; 1985; 1987; 1991) は一連の論文の中で、さらにこれらの危機の要因に加え、優秀な科学教師の慢性的不足と科学教師の資質や能力の不十分さを指摘し、これらが全体として科学教育の危機の認識につながったことを論じている。これ以後1980年代にかけて、アメリカ科学教育の危機の実態がさまざまな側面から明らかにされることとなる。

この時代に指摘された科学教育の危機の実態を、各種の文献 (Harms, 1981; Yager, 1982, 1983b; Yager, et al. 1982; Yager, Aldridge and Penick, 1983; Yager and Penick, 1984; Aldridge and Johnston, 1984; Bybee, 1985) をもとに整理すると以下のようなになる。ただし科学教育の危機を内部の次元と外部の次元に分けた分類方法は、Bybee (1985) によるものである。

[科学教育内部の危機の次元]

1. 現実的問題：

予算カット、大学における科学教育スタッフの削減、科学の履修者数の減少、科学、技術関連の大学院進学者数の減少、科学教育の教官数の減少、大学院の財政状況の悪

化，質の高い科学と数学の教師の不足

2.カリキュラムの問題：

科学教育の質の低下，現代社会に対して適切な教育システムと内容の欠如，教科書中心の授業，生徒の興味と創造的意見の軽視，科学授業への嫌悪感，時代遅れになった教材，新しい教授の試みの欠如，不適切な補助教材と設備・器具，卒業に必要な科学の履修科目の減少と削減，教師教育プログラム改善の要求。

3.政策の問題：

アカウンタビリティ，基礎に帰れ運動 (back to basic movement) ，機会均等の主張，職業準備。

4.目的に関連した問題：

科学教育の目標の混乱と不確かさ，科学で用いられる専門用語の過度の強調と理解の軽視，科学教育と科学および社会との関連に関する内容の欠如，科学的，技術的リテラシーと科学教育の新しい方向性を求める声の増大，大学前および大学の科学と数学のカリキュラムと生徒のニーズとの間の不一致。

では「科学教育内部の危機」に対応する「外部の危機」とは何であろうか。これは主に，アメリカの経済状況の悪化と良質な労働力の不足を認識した，実業界および連邦政府が主張しているものである。すなわち産業界は，一般に高等学校の卒業生の多くが，労働の世界に入るための準備を施されていないという認識を持っていた。たとえばアメリカIBM社の社長であったOpel (1982) は，アメリカ経済の国際的競争力の低下を強く訴えながら，その原因がアメリカの科学，技術分野における人材育成の立ち遅れ，特に中等学校における立ち遅れにあると指摘している。つまり優秀な労働力の確保という観点からなされた科学教育の危機という主張が，外部の危機の実態であった。

2. 危機克服の方向性

以上科学教育の危機の実態を2つの観点から明らかにしたが，ではその本質もしくは根源はどこにあるのであろうか。この点についてHurd (1986) は以下のように述べている。

「学校科学の教授の悪化という認識をもたらした状況は，構造的というより理念的な起源を持つものである。一世紀以上もの間，めざましいペースで発展し続けている

科学、技術と社会間の関連を、教育および科学の両方の世界が真剣に考えてこなかったことにより、それは生じたものである」(Hurd,1986,p.96)

またBybee (1985)は、社会が変わり、科学と技術は発展したにもかかわらず、科学、技術教育が変わらなかったこと、そして科学教育が将来の市民としての生徒のニーズと関心に注意を払わなかったことに、危機の本質を見いだしている。さらにYager (1984c)は、問題に満ちた将来について意思決定することのできる、教養ある市民を育成する努力を、科学教育が怠ってきたことに危機出現の根本的原因を見いだしている。つまりこれらの議論に共通していることは、前述した危機のさまざまな実態は、危機の産物であって原因ではないという認識である。そこにはより根源的な危機が存在するのであり、それは1960年代のカリキュラム改革運動が、科学と技術を取りまく社会的文脈を、あまりにも軽視していたことに由来するという認識である。現実の問題としても、「第9学年の生徒のうち、そのわずか約4%の生徒だけが、将来大学で科学に関連した学士号を取得する」(Tarp, 1978, p.39)状況であり、この点からしても教養ある市民育成という現実のニーズに見合う方法で、あらゆる生徒に科学を教えることは緊急の課題であったのである。

このように見てくるとき、科学教育の危機克服の方向性はおのずと見えてくる。すなわちそれは、科学と技術に関する特定の才能ある生徒の大学準備のための科学教育ではなく、すべての生徒の個人的、社会的ニーズに応えた科学教育の構築であり、社会における科学と技術の現実の姿を伝える科学教育の構築である。言い換えるなら、これはすべての生徒に科学的リテラシーを育成するという、科学教育の目標再構築の試みである。第1章2節で指摘したように、このような主張は科学教育研究のレベルでも、学校レベルでも1970年代にその原型を見ることができ、科学教育の危機の認識の高まりを受け、それが顕著になったのが1980年代である。その結果以下のようなカリキュラムが科学教育に求められることを、Kyle (1984)は指摘している(以下要約)。

- ・プロセススキルと内容のバランスの取れたカリキュラム
- ・問題を同定し解決する機会を生徒に与えたカリキュラム
- ・高次の知的プロセスを強化するカリキュラム
- ・応用のために単に情報を保持する以上のことを求めるカリキュラム
- ・社会的課題を取り入れたカリキュラム
- ・k-12学年までの適切な連続性を維持したカリキュラム

またBybee (1979)もこれにきわめて近い指摘をしており、その要点を示すと以下のよう

になる。

- ・問題中心のカリキュラム
- ・全体論的見解 (holistic perspective) に基づくカリキュラム
- ・学際的カリキュラム
- ・未来, 社会, 相互作用的なシステムといった方向性を持ったカリキュラム
- ・人間性を強調したカリキュラム

これら指摘された点は, 科学教育研究者によってのみ主張されているのではなく, 第一線の科学者によっても主張された。たとえば全米科学アカデミーの会長であった Press (1982) は以下のように述べている。

「(現在の社会の) 危機は, 科学者や技術者になりたいという才能ある生徒に対する訓練の欠如ではなくて, 技術時代に関与するための教育を欠いたアメリカ人世代の出現である。つまり彼らの職業は何であれ, アメリカ人の科学的リテラシーの確立の欠如が問題なのである。(中略) これまであまりにも多くの教科書が, 考えることよりも記憶し, 事実を思い起こし, 情報を再現する能力を強調しすぎてきた。また科学の授業があまりに抽象的になりすぎ, 現実との結び付きを理解していない生徒に対して, 要約だけを教えてきたのかもしれない」(Press, 1982, p.1055)

そこで, たとえば科学教育改革にいち早く取り組んできたカリフォルニア州の例に見られるように, 単なる科学の必修単位数の増加に対しては, 危機の克服に対するなんら本質的な解決策とはならない点で, 厳しい批判が科学教育の世界においてなされてきた。すなわちこのような解決策は, 「科学の学習に対する興味や関わりを増大させることにはならず」(Thier, 1985, p.157), 「問題は生徒が何をそこで学ぶかであり, 科学が不適格な教師によって教えられる限り取得単位数の増加は無意味である」(Aldridge and Johnston, 1984, p.35) という。つまり教育の危機は, いくつかの相互に関連しあった, 相互作用しあう諸要素を含んでいるのであり, この相互作用を無視した, 単一の問題に対する「単一の解決法は, 状況をよくするどころか危機の厳しさを悪化させる」(同, 1984, p.32) という認識がそこには読み取れる。同様の主張はBybee (1986b) によってもなされており, 彼はさらに, 「何を」「どのように」教えるかという形でのみ改革に携わっていると, 科学教育はますます目的を失った, 方向性のないものとなる点を論じている (Bybee, 1985)。そこで科学教育の目標の再構築に基づいた, 徹底的で, 急進的な改革が, 70年代末以降求められることとなる。

以上のように、1960年代のカリキュラム改革運動の理念に対する反省、科学と技術に関連した新しい社会問題の出現、社会における科学の位置の変化、さらにはこれらの状況変化に適切に対応できなかったことに起因する科学教育の危機の出現等によって、1970年代のアメリカ科学教育は大きな転換点を迎えることとなった。その方向性は、すべての生徒に科学的リテラシーを身につけさせるという科学教育の目標⁶⁾、そして社会的な文脈の中での科学の教育という理念に基づいた科学教育の目標の再構築に向かうものであった。これらの目標の重要性は、すでに1960年代中期ころから認識されていたことを、膨大な論文の分析結果に基づいて、Ogden and Jackson(1978)が実証しているが、それが顕在化してきたのは1970年代末まで待たねばならなかった。

しかしながら、こういった主張は科学教育研究の世界において活発に議論されていたことであり、その理念を具体化した教育実践は「まだ限られた数の聴衆（生徒）に到達しただけであった」（Anderson,1981,p.41）。そこで続く1980年代は、前述した科学教育の危機克服のため、70年代になされた主張の実践レベルでの具体化の時代として特徴づけることができる。

6) アメリカにおいては科学的リテラシーという用語は、1960年代にその意味するところが盛んに論じられたが、科学教育の目標の再構築との関連において、80年代以降に再び活発に議論されることとなった（第3章参照）。

第2節 組織としての政策的特色

表2-1は、BSCSが1983年から1992年の間に新しく開発したカリキュラム、もしくは改訂したカリキュラムの一覧を示しており、表2-2はカリキュラム開発以外のBSCSの活動の一覧を示している。さらに表2-3は、BSCSで現在開発が進んでいるカリキュラム、もしくは進行中のプロジェクトの一覧である。これらの表から、近年いかにBSCSが多くのカリキュラム開発を手掛けているか、また多様な活動を展開しているかが理解される。以下第2節、3節においては、これらの表を参照しながら、現在のBSCSの活動の組織上の政策的特色とカリキュラムの特色について検討し、第1節で述べた科学教育の危機をBSCSがどのように克服しようとしているのかを明らかにする。

1. 資金援助組織の変化

第1章で述べたように、アメリカでは1970年代に入り科学教育への関心が急速に衰え、70年代中期までには、それまでの科学カリキュラム開発と教師教育の目指す方向がまちがっていたという認識が市民の間に広がっていった。その結果1976年には、あらゆる教師教育プログラムに対するNSFからの資金援助は完全に停止され、1950年代後半に始まるカリキュラム改革運動時代以降最低の援助額を記録した。その後援助額は若干回復したものの、レーガン政権による教育予算削減の影響を受け、1982年には初等・中等学校科学教育に対するNSFからの資金援助額は、1976年をさらに下回る総額数千万ドルにまで低下した。この状況を反映してBSCSに対するNSFからの援助件数も、80年代前半にはただ2件しか見られなくなった(表2-1)。80年代後半以降、教育大統領をもって自任することとなったブッシュ大統領の教育政策転換を受け、さらには"AMERICA 2000" (Department of Education, 1991) という報告書の中で、アメリカの国家的教育目標の1つとして、西暦2000年までに科学と数学の学力で世界一となることが掲げられたことを受け、NSFからの資金援助額は急激に増加し、91年現在で約2億1千万ドル(初等・中等教育関連予算)に達している(Federal Coordinating Council for Science, Engineering, and Technology, 1991, 以下 FCCSEと略す)。しかもその額は今なお増加しつつあり、92年の予算請求額は、前年度比19%の増額となっている(同, 1991)。このような状況の変化を受け、BSCSに対する援助件数も近年回復し、1980年代後半以後現在まで7件、現在進行中のプロジェクトまで

表2-1. BSCSの開発したカリキュラム一覧 (1983-1992)

年	カリキュラム・教材名	対象	援助組織	備考
1983	「BSCS Inquiry Slide Program」コンピュータ版 「Basic Genetics: A Human Approach」 「Genes and Surroundings」 「Healthier Babies: The Genetic Era」 「Human Science Program」 「You, Me and Others」	高校 高校 中学 成人 中学 初等学校	Apple Foundation NSF, Cystic Fibrosis Foundation 保健, 人的サービス省 NSF March of Dimes Birth Defect Foundation	全米遺伝病法案の資金による 9モジュールよりなる
1984	「Innovations: The Social Consequences of Science and Technology」 「Biological Science: A Molecular Approach」 (青版) 第5版 「Investigating the Human Environment: LAND USE」	高校 高校 高校	NSF 保健・教育・福祉省の教育局(現在の教育省)	※1
1986	「Biological Science: Patterns and Processes」第3版 「BSCS Single Topic Inquiry Films」ビデオ版 「Immunology and Human Health」	高校 高校 高校	NSF, American Association of immunologist	1978年絶版. 1984年改訂再開 Foundation for Blood Research と共同開発
1987	「Biological Science: An Ecological Approach」 (緑版) 第6版	高校		
1988	「Advances in Genetic Technology」 「BSCS Laboratory Blocks」の改訂と追加 ※3	高校 高校	NSF他4社 ※2	
1989	「青版」第6版 「ENLIST Micros」※4	高校 教師	NSF	※6
1991	「Basic Genetics: A Human Approach」第2版 「Science for Life and Living: Integrating Science, Technology, and Health」 「Evolution: Inquiries into Biology and Earth Science」 「緑版」第7版	高校 初等学校 高校 高校	NSF, Cystic Fibrosis Foundation NSF他4社, 1学区 ※5 NSF	
1992	「Mapping and Sequencing the Human Genome: Science, Ethics, and Public Policy」	高校	エネルギー省	American Medical Association と共同開発

※1 「Science, Technology, and Society」 「Television」 「Biomedical Technology」 「Computer and Privacy」 「Human Reproduction」の5つのモジュールより成る。
 ※2 Monsanto Agricultural Products Company, E.I. du Pont de Nemours & Company, Ward's Natural Science Establishment, Inc., CIBA-GEIGY Corporationの4社。

※3 「Genetic Technology」 「Microbes」 「Plant Growth and Development」の3つと, 「Separation Technology」 「Micro Computer-Based Laboratories」の2つ。
 ※4 「Encourage Literacy of Science Teachers in the Use of Microcomputers in the Classroom」の略。
 ※5 IBM, Gates and Piton Foundation, Adolph Coors Foundation, Kendall/Hunt社の4社と, Colorado Springs #11学区。

※6 このプログラムは, 1983年に始まった「Making Healthy Decisions」というk-8対象の科学, 保健, 技術教育のプログラムが母胎となっている。1987年に6-8対象の部分が出版の予定であったが, その現在の状況については不明である。BSCSの1990年版カタログを見て, これが掲載されていないことから考えておそらく「Science for Life and Living」に発展的に吸収されたものと考えられる。

表2-2. BSCSのカリキュラム開発以外の活動 (1983-1992)

1985	アメリカ動物学会のプロジェクト「Science as a Way of Knowing」の8つのスポンサーの1つとなる。→「SAAWOK」シリーズ。7つのモノグラフを完成して1990年終了。
1986	Kendall/Hunt社の援助による、現職教育を目的としたフィールドコンサルタントネットワークの形成と夏期講習会の開催 D.C. Heath社とともに「Out of the Blue」というニューズレターの発行と夏期講習会の開催
1988	The NETWORK Inc.社と共同で、「National Center for Improving Science Education」を設立。初等、前期中等学校の科学教育の現状分析、科学の教師教育、科学のカリキュラム開発への提言をまとめた全8冊の報告書を発表。1991年終了
1989	今後のアメリカ科学教育への提言をまとめた報告書「Curriculum Development for the Year 2000」出版。 アメリカ教育省の設立した10のTERC (Technical Education Research Centers) のうちの1つをBSCSが設立。このプロジェクトは「Star School Project」とよばれ、生徒が自分で研究をするとき、マイコンを用いてさまざまな情報にアクセスすることができるようにするものである。「Science for Life and Living」開発のため、IBM社の資金援助による調査研究報告書「New Design for Elementary School Science and Health」を出版。これは、初等学校科学および保健教育のあり方を提言したものである。
1992	Social Science Education Consortiumと共同で、科学と技術の歴史および本質についての教育のためのカリキュラムフレームワークを示した報告書「Teaching about the History and Nature of Science and Technology: A Curriculum Framework」を開発。k-12学年の科学と社会科の授業対象。NSFの資金援助による。 高等学校生物および大学の一般教育生物のカリキュラムフレームワークを提言した報告書「Developing Biological Literacy」を出版。

表2-3. BSCSで現在進行中のプロジェクト

プロジェクト名	対象	援助組織	備考
「ENLIST Micros」を用いた教師教育モデルの開発 およびセンターの設立	教師	NSF	1989年開始, 1992年完成予定
「Middle School Science and Technology」プログラム	ミッドレベル 教師	NSF	1989年開始, 1993年出版予定
「Instructional Improvement Project for Secondary Life Science and Biology Teachers」プロジェクト	教師	Colorado Commission on Higher Education コロラドカレッジと共同開発	1991年開始, 1992年報告書出版 予定 1992年より5年間
「Colorado Science Teachers Enhancement Project」	教師	NSF	1992年より3年間
「History and Nature of Science and Technology Leadership Training Program」	教師	NSF Social Science Education Consortiumと共同開発 Gate Foundation	1992年より1年間
「Science for Life and Living」実践のための教師教育 プログラム	高校	エネルギー省	1992年より22ヶ月, 1994年秋に 配布予定
「The Human Genome Project: Information Management, Access, and Regulation」	高校	NSF	1992年9月より1996年3月
「Biological Science: A Human Approach」	高校	NSF	1992年より2年半
「Teacher Development Modules for Elementary School Science」	教師		

含めると18件となっている(表2-1, 2-3)。このように現在BSCSは、NSFからの資金援助件数を(したがって援助額も)確実に増やしつつある。

一方近年BSCSは、NSF以外の連邦機関(厚生省、エネルギー省、教育省)からの資金援助も受けており、このような資金援助の形態は、第1章で取り上げた70年代のモジュール「エネルギーと社会」(保健・教育・福祉省の教育局の援助)や”Investigating Your Environment”(保健・教育・福祉省の教育局と国立教育研究所の援助)への援助にたどることができる。さらにBSCSは、公的資金以外に企業や民間の財団からの資金獲得にも積極的に取り組んでいることが、表より理解される。たとえば表2-1の中には、6社4財団があり、表2-2と2-3まで加えるとその数は8社5財団にまで増える。そもそもアメリカの多数の企業は「企業責任の1つとして公教育に長い間関心を持ち続け、関与してきており」(National Science Board Commission, 1983b, p.83, 以下NSBCと略す)、民間の財団は「常に教育の新しいイニシアティブの先頭に立ってきた」(同, p.86)。そしてMattheis(1992)によると、1991年現在、全米で600以上の企業が教育の分野での協力体制を確立しているという。現在のBSCSの資金援助団体の構成は、教育に対する企業と財団のこのような関心の高まりの反映であると考えることができる。またBSCSはさらに”American Association of Immunologist”や”Social Science Education Consortium”といった、科学教育関連諸学会からの資金も獲得している。

1990年現在で、BSCSが受けている資金援助額の総額は1000万ドル以上にのぼっており、(BSCS, March. 1990, 以後括弧内の年月はNewsletterの発行年月とする)、BSCSの活動の活発さがこの金額の大きさから推測される。かつての公的資金(特にNSF)中心の活動から、多様な組織からの資金援助による活動へと、BSCSは現在その財政基盤を拡張している。

2. 教師教育プログラムの開発と地域との協力

BSCSは1986年に、BSCSのカリキュラムを出版している2つの出版会社と共同で、出版したカリキュラム普及のための教師教育を開始しているが(表2-2, 夏期講習会は現在も毎年行われている)、本格的な教師教育プログラムの開発とその実践は、1990年前後から見られるようになる。しかもそのプロジェクトの数は、カリキュラム開発プロジェクトの数をはるかに上まわり現在7件が進行中である(表2-3)。その背景には、1991年現在

で、アメリカの初等・中等学校の科学教師教育（現職教育と教員養成共に含む）関連の予算が、科学教育関連の予算全体の半分以上を占め、圧倒的に多いこと、しかも第2位のカリキュラム開発関連予算の約3倍もあるという状況の存在が、FCCSET（1991）による統計資料から読み取れる。このように豊富な教師教育用予算を背景に、BSCSは近年急速に教師教育プログラム開発のプロジェクトを展開しつつある。

そもそもBSCSはカリキュラムを通して科学教育の改革を遂行することを目的とした非営利団体であり、したがってそれらを授業で使用する教師の能力向上と、開発したカリキュラムの普及は、その存在意義にかかわってくる。長洲（1987）の報告によると、1977年の段階でのBSCSの青版、緑版、黄版の使用率は30%以上あったというが、1986年から1987年に行われたWeiss（1987）による調査結果によると、黄版が絶版となったこともあり、使用率の高いテキストの一覧の中にこれらのテキストは見られなくなっている。また表2-1の”Basic Genetics: A Human Approach”（以下「基礎的遺伝学」と略す）という比較的知名度の高いモジュールの販売冊数も、87年から4年間で8610冊と、決して普及率が高いとは言い難い数値となっていることを、BSCSのスタッフの一人であるMonson（1991）が報告している。またBSCSは「教師教育のための活動は、BSCSプログラムの使用の成功によって決定的である。（中略）科学教育の成功は、教育システムのあらゆる要素が相互に支援的であるとき、達成されるとBSCSは信じている」（BSCS, March. 1993, p. 4）と述べ、教育改革における教師教育の重要性に対する認識を表明している。このような状況を考慮するとき、なぜBSCSがここ数年教師教育プログラムの開発に重点を置いているかが理解できる。特定のカリキュラムの普及を目指した教師教育活動は、1960年代にもBSCSのカリキュラム開発の一環として行われていたが、近年に至ってそれが独立したプロジェクトとして確立してきたとみなすことができる。

では近年のBSCSの教師教育プロジェクトは、どのように実践されているのであろうか。表2-3に見られる7件の教師教育プログラムのうち”Instructional Improvement Project”と”Colorado Science Teachers Enhancement Project (CO-STEP)”，および”Science for Life and Living”（以下「生命と生活」と略す）実践のためのプロジェクトの3つは、BSCSの置かれているコロラド州およびその中の特定の学区を対象に実践がなされている。これまでにも、開発中のカリキュラムの試行評価は学校レベルで行われていたが、カリキュラムの普及および実践を目的とした教師教育活動、およびその開発自身には、州や地域は関与してこなかった。これまで行われてきた（そして現在も並行して行われている）教

師教育活動は、夏期講習会やリーダーシップ講習会、そして関連学会におけるプレゼンテーション等、全米レベルの形態のものが主であった。したがって特定の地域に基礎をおいた1990年代の教師教育の実践も、教師教育活動の重視と共にBSCSの活動の1つの新しい傾向であると言える。

また地域に根ざした教師教育という新しいアプローチと共に、その実践の形態にもこれまでにない特徴が見られる。たとえば前述したプログラムのうち、CO-STEP にその典型を見ることができる。BSCS (March.1993)によると、CO-STEP では、教師は3年間このプログラムに参加することが求められ、そこで教育を受けた教師は、リーダーシップ講習会にも参加が要求され、各自の学校や学区の教師の中のリーダーとして活躍することが期待されている。これまでのBSCSの教師教育プログラムでは、前半の活動、すなわち科学教師としての必要な知識と技能を習得することのみが目的とされていたが、このプログラムでは、それをさらに同僚である他の科学教師に指導することをも目的としているのである。いわばこれは、地域に根ざした草の根的なアプローチ、もしくは指数関数的に能力ある教師の数を増やしていくアプローチである。このアプローチは、アイオワ州でSTS 教育の普及を目的として行われている教師教育プログラム「チャタクワ・プログラム」のアプローチにきわめて類似している。Yager を中心に行われているこのプログラムは、「NSF の資金援助によってつくられたNSTA『チャタクワセンター』の1つとして」(Yager,1987) 確立されたアイオワ大学で始められ、そこでは修了者の中から選ばれたLead Teacherと呼ばれる教師が、学校や学区におけるSTS 教育実践の普及をはかり、さらにチャタクワ・プログラムの中での各種の活動において、重要な指導的役割を果たしている。1985年から6年間の参加者数はすでに1000名を越えており(Yager,1990a)、しかもアイオワ州内の各地でSTS 教育実践が行われつつあるという事実は、このアプローチの1つの有効性を証明している。

以上のように、BSCSの活動に新しい傾向が見られた理由には、上述したBSCS側の独自の状況があったわけであるが、それに加え、1987年にNSF が、カリキュラムの開発担当者(担当組織)と、それを印刷し配布する出版社、さらに地域の学区の三者間のパートナーシップを確立したプロジェクトに対して優先的な資金援助を行う”Triad Project”(以下「NSF の三者間プロジェクト」と呼ぶ)を開始したことがあげられる。1989年の段階でこの適用を受けたプロジェクトは7つあることをShamos (1989) が報告しているが、BSCSはその最初の適用を受けた3つのプロジェクトの1つである「生命と生活」の開発プロジェクトを開始した。このプロジェクトにおいては、カリキュラム開発の段階とその普及の

段階で「NSF の三者間プロジェクト」の主旨が反映され、活発な地域との共同と教師教育活動が展開され、さらにカリキュラム開発に対して出版社から 290万ドルの資金援助を獲得している。第1章3節で指摘したように、ここにもアメリカの国家的ニーズに対するBSCSの対応の迅速さを見て取ることができる。

BSCSの現在のディレクターであるMcInerney (1987) は、BSCSが現在解決しなければならない課題の1つとして、地域との協力に基づく現職教育の確立を掲げている。この点について彼は「1960年代、70年代のように、国家資金による現職教育を目的とした組織は、再びつくられそうにない。そこで地域の学区や出版社と共同で、新しい教材と新しい教授方略を導入しなければならない」(McInerney, 1987, p.27) と述べている。これはまさに「NSF の三者間プロジェクト」理念の表明に他ならず、このようにアメリカの国家的ニーズに対応した形で、BSCSは現在教師教育プログラムの開発と地域との共同という2つの要素を結合したカリキュラム開発とその普及、実践を図っている。

3. K-12学年（幼稚園から高等学校3年生）までの連続したカリキュラムの開発と、他教科との統合カリキュラムの開発

BSCSは本来高等学校の生物を対象にしたカリキュラムの開発を目的に設立された組織であったが、「その見解を1985年に拡張」(BSCS, March.1992, p.1) し、「K-12学年までの革新的なプログラムを開発する」(BSCS, March.1993, p.1) 方針を確立した。具体的には表2-1の「生命と生活」(K-6学年対象)と”Middle School Science and Technology”(7-9学年対象。以下「科学と技術」と略す)、そして表2-3の”Biological Science: A Human Approach”(10-12学年対象)が、K-12学年までの連続した流れを構成するカリキュラムである。この対象学年の拡張の背景には、前述した「NSF の三者間プロジェクト」の影響があるものと推察される。すなわちこのプロジェクトが資金援助を行うカリキュラムは、初等学校ならびにミドルスクールのカリキュラムであり(Raizen, 1991)、連邦政府の初等学校科学、ミドルスクール科学の重視という政策に、BSCSは迅速に対応したのであろう。

これら3つのカリキュラムは、あらゆる生徒に科学的リテラシーを育成するという共通の目的を持ち、その目的のもとに、科学教育の改革を主張した報告書や文献に見られる多

くの提言を、カリキュラムの形に具体化したものである。またこれらは科学のみならず、多様な学問領域を統合した学際的なアプローチを採用し、特に技術についての学習を強調したアプローチを採用したカリキュラムでもある。1970年代にもBSCSは、初等学校、前期中等学校を対象にしたカリキュラムを開発しているが（Elementary School Science Program, 1976; Human Science Program, 1975など）、それらはK-12学年まで全体として一貫した流れを構成したカリキュラムではなく、それぞれ独立したカリキュラムであった。また表2-1にも初等学校対象のカリキュラムが2つ、前期中等学校対象のカリキュラムが1つ見られるが、これらは確かに高等学校対象の「基礎的遺伝学」と共に初等学校から中等学校までを通した1つのまとまりを持つカリキュラムであったものの、遺伝学という特定の学習領域に限定された、モジュールの形態をとったカリキュラムであった。この点において、現在開発中のk-12学年すべてを覆うカリキュラムは、まさに連続した流れを持つ、しかも学習内容として科学はもちろん、技術や社会との関わりをも扱った包括的な生物学カリキュラムであると言える。

一方BSCSは、学校段階の拡張のみならず、教科・科目の拡張も同時に試みている。表2-1から2-3までを見ると、特に科学と技術（「生命と生活」「科学と技術」）、生物と他の科学の諸科目（"Evolution: Inquiries into Biology and Earth Science"）、生物と保健（「生命と生活」）、そして生物と社会科（"Teaching about the History and Nature of Science and Technology"、これはカリキュラムではなくその指針を示したガイドラインである）との境界領域の内容が扱われている。Bybee (1991a) が指摘しているように、これら学際的な内容への拡張は、近年BSCSが、科学と技術、社会間の相互関連をカリキュラム開発の重要な1つの柱としているからである。すなわちこれら学際的なカリキュラムで扱う、科学と技術に関連した社会的問題や課題、およびその解決には、政治、経済、倫理など多くの側面が関与しており、これが教科・科目の拡張に必然的につながるからである。

4. カリキュラム・ガイドラインとフレームワークの開発

BSCS (1993) は近年のアメリカ教育改革に対して、以下のような認識を示している。

「(教育改革レポートの中でなされた) 提言は、きわめて多様であり、時には相対立

する内容を含んでいる。必修科目の増加，1日の授業時間や1年間の学校日数の増加といった提言は，最も実施しやすいために最初に実行に移された。しかし教育改革の最も困難な側面はいまだ残されている。すなわちカリキュラムの改善，教授の改善，そして評価の質と適切さの改善である」（BSCS,1993,p.1）

これと同様の見解を，長い間BSCSの活動に関与し続けているHurd（1991）も示しており，「もし私が，真剣な研究を最も求められている科学教育の1つの領域を選ばなければならぬとしたら，それはカリキュラムである」（Hurd,1991,p.730）と述べている。カリキュラム開発の長い歴史を持つBSCSは，このように今また新たにカリキュラム開発の必要性を再認識している。しかしそのためには，多くの報告書でなされてきた一般的提言と，カリキュラムの詳細な点とを橋渡しする中間的なステップであるガイドラインもしくはフレームワークを設定する必要がある。そこで発表されたのが表2-2に見られるBSCSとThe NETWORK社との共同で作成された8冊の報告書であり，また”New Design for Elementary School Science and Health”，および”Developing Biological Literacy”である。これらはすべて，前述したK-12学年対象のBSCSの3つのカリキュラムの基本的な枠組みを規定している。

これらのガイドライン作成の過程においては，アメリカ科学教育の現状，生徒の実態，科学教育研究の成果等がさまざまな角度から吟味され，カリキュラムの目標，教授内容，教授方略，評価等について具体的な提言がなされている。つまりこれは近年の科学教育の現状と研究の成果を総括した上で，1980年代以降のカリキュラム開発の枠組みを決定しようというアプローチである。このような報告書は，他にもAAAS（American Association for the Advancement of Science,1990）やNSTA（1992）といった全米レベルの学会でも作成されており，科学教育改革のための1つのステップとして，また全米の1つの動向として注目されている。さらには数学教育の学会ではあるが，NCTM（National Council of Teachers of Mathematics,1989）から同様の報告書が公表され，すでに数学の国家スタンダードとして確固たる評価を与えられている。

BSCSを始めとするこれらの組織は，いずれも全米レベルの組織であり，学校や学区といった地域の組織ではない。教育改革にとって草の根的な支持は不可欠であり，それは認識されつつあるといえる。しかしながら，カリキュラム研究には，対象とする学問領域についても，教育学についても，そして教育実践についても幅広い見解が必要とされるため，人的資源も物質的な資源も乏しい地域の学区などでは，カリキュラム・ガイドラインの作

成はきわめて困難な作業であることが、多くのBSCSスタッフ（たとえばMayer,1978; Kennedy and Valletta,1986; Grobman,1989など）によって論じられている。ここに全米レベルの組織が、カリキュラム・ガイドラインやフレームワークを作成することの意義が、またBSCSのようなカリキュラム研究組織の存在意義がある。

5. 1960年代に開発された青版と緑版の継続的な改訂

近年分子生物学の進歩によりさまざまな社会的、倫理的問題（たとえば遺伝子工学、生命倫理等）が引き起こされており、また地球的規模での環境問題（たとえばオゾン層の破壊、地球の温暖化等）がクローズアップされ、これらの問題に対する市民の関心は急速に高まっている。このような科学を取り巻く新しい問題を取り入れつつ、またコーオペレイティブ学習（Cooperative Learning）方略やコンセプトマッピングを用いた指導法なども取り入れつつ青版、緑版は改訂が繰り返され、現在それぞれ第6版、第7版を数えるに到っている（表2-1）。特に青版は第6版（1989）の改訂においてほぼ全面的な書きかえがなされた。そこでは第4章で詳述する1980年代のSTS モジュールの内容や指導法が導入され、特に遺伝子工学のもたらす社会的、倫理的問題についての学習が大きく取り入れられるようになった。

第3節 カリキュラムの特色

第3節では、BSCSのカリキュラム開発活動の特色を解明するためのもう1つの側面、すなわち1980年代以降のBSCSカリキュラムの具体的な目標、学習内容および指導方略について、表2-1から2-3を参照しながら検討する。

1. STSテーマの重視

BSCSは1970年代、科学と社会の関連を扱ったカリキュラム、特に当時の社会状況を反映して環境問題を扱ったいくつかのモジュールを発表している。しかしこれらの中では科学と技術、社会間の相互関連が目標として明確に意識されておらず、科学に関連した社会的問題の解決と意思決定活動を通じて、学習の仕方 (how to learn) と思考の仕方 (how to think) について学習することが、そこでの主たる目的であった (第1章、第2節)。しかも技術 (STSのうちのT) はまだその中に明確に位置づけられておらず、技術の本質、科学と技術の関連、技術と社会の関連は扱われていなかった。つまり1970年代のBSCSカリキュラムは、序章で規定したSTSカリキュラムの基準を満たしたものではなかった。ところが現代生物学の変化を受けて、BSCSは「1970年代に開発されたプログラムに始まって」 (March, 1993, p.3), 多数のSTSカリキュラムを開発することとなった。STSカリキュラムの開発につながった現代生物学の変化の特徴を、設立以来現在までBSCSの活動に携わってきたHurd (1993) は5点指摘しているが、それを要約すると以下のようなになる。

- ・生物学が多数の研究領域に、指数関数的に細分化されつつあること。
- ・生物学が、他の科学の分野ばかりでなく、社会科学や行動科学、そして哲学との間に学際的領域を形成しつつあること。
- ・生物学の研究方法の変化：帰納的な実験や統制された観察から、生物システムの相互関連、問題設定の複数化、そして総合といった、全体論的なアプローチへと拡張されつつあること。
- ・研究スタイルがチームによる研究、国際的な共同研究、異なる専門を持つ研究者によるチーム編成へと変化していること。また研究におけるコンピュータの役割の増大。
- ・科学が我々の文化の中心部分となり、社会的、経済的発展の主要な原動力となりにつれて、それがより社会化され、社会志向となってきたこと。その結果、科学研究が

倫理的，道徳的，政治的要因によってコントロールされるようになってきたこと。

(pp.2-3)

このような現代生物学の特徴を反映しながら，STS カリキュラムでは科学，技術，社会間の相互関連を提示している．その方法として，BSCS (1985) は以下の2つの側面からアプローチしている．

- ・個人の生活における科学と技術，市民の関心事における科学と技術
- ・文化的観点から見た科学と技術 (BSCS, 1985, p.2)

ここで言う文化的観点には，科学史，科学哲学，政治学，経済学，科学および技術の社会学などが含まれる．つまり第1の観点は，個人の生活や市民の関心という文脈の中での科学と技術の学習 (learning of science in the context of ~) であり，第2の観点は，科学についての歴史，哲学，社会学等の学習 (learning ~ about science) であると解釈することができる．

前者は鶴岡 (1993) が指摘する「STS を通しての理科教育」に相当し，第4章で分析するカリキュラム "Basic Genetics: A Human Approach" (以下「基礎的遺伝学」と略す) と "Advances in Genetic Technology" (以下「遺伝子工学」と略す) で用いられているアプローチである．これらのカリキュラムでは，個人としての，そして市民としての関心事 (特に遺伝病と遺伝子工学の引き起こす社会的問題) を文脈として用いながら，現代遺伝学の知識内容と科学の方法について学習するように構成されている．

また後者のアプローチは同じく鶴岡の言う「理科におけるSTS教育」に相当し，"Science, Technology, Society" (以下「科学，技術，社会」と略す) カリキュラムで用いられているアプローチである．そして具体的な教授方略としては，社会的，倫理的，公共政策上の問題への焦点化，学際的なアプローチ，学習内容としての技術などの導入が図られ，そこでは特定の科学知識の理解というよりも，あくまでも科学の歴史的，認識論的，社会学側面の理解に焦点が当てられている．

では具体的に，BSCSのSTSカリキュラムでは，いかなるSTSテーマが重視されているのか．この点についてBybee (1991b) は，BSCSの中心的なSTSテーマは倫理学と公共政策に関するものであると述べているが，ここで言う倫理学は，生物学に照らして解釈するなら生命倫理および環境倫理の問題である．BSCSはこれまでも，生命倫理の問題と科学政策を各種のカリキュラムの中で再三扱っており，特に表2-1にある最新のカリキュラムである "Mapping and Sequencing the Human Genome: Science, Ethics, and Public Policy"

では、タイトルの示す通りこの2つのテーマを中心に扱っている。さらに彼は、今後BSCSが環境倫理を扱った新しい高等学校用カリキュラムを開発する計画があることを、Waksらのインタビュー（Waks and Barchi,1992）に答える中で示唆している。

なおBSCSのSTSカリキュラムに反映している科学観、前述した文化的観点の種類などについては、第4章において詳述する。

2. 概念による学習内容の統合と「少ない概念をより深く」

BSCSのK-12学年を通じた総合的カリキュラムでは、主要な複数の概念を用いて、生物の学習内容のみならず他の教科・科目の内容との統合を図っている。これは前述したカリキュラム・フレームワーク、ないしはガイドラインの中で、カリキュラムの内容とその配列を規定する基準として用いられているものである。BSCSが概念による学習内容の統合を行う背景には、「少ない概念をより深く、より長期間にわたって、より多様な文脈の中で」提示するという教授アプローチ（"less is more" approach, 「少ない概念をより深く」と表現される）の存在がある。生徒が自分で重要な概念の意味を構築し、自分の言葉で定義できるようにするためには、概念を長期間にわたって、多様な文脈の中で繰り返し学習し、それに対してより深い関わりができる機会を保証することが重要である。そこで扱う概念の数を少なくし、より広い文脈の中でより深く学習できるようにするというのが、「少ない概念をより深く」というアプローチなのである。

このアプローチの有効性を支持する現在の知見としては、以下のものがあげられている。

1. 概念変容についての知見

- ・学習に入る前の段階で、生徒は彼ら固有の信念を持っていること。
- ・その信念は通常の授業では容易に変わらないこと。

2. 科学の専門家と生徒が用いる問題解決の方法と思考の仕方の相違点に関する知見。

3. 協同的な学習の有効性に関する知見（NCISE, 1989, pp.4-5）

つまり一般的に、科学者とは異なる思考方法を用いる生徒が学習前に保有している固有な概念は変容しにくいだが、協同的な学習環境の中で互いに相互作用しあうことによって、概念変容を起こすことが可能になるという知見である。したがって概念変容が可能となるよう、重要な少ない概念を、長期間にわたって、異なる文脈の中で繰り返し扱うことが必

要となるし、生徒間および教師と生徒の間での積極的な相互作用を通じて、概念とのより深い関わりを経験させることが重要となる。この点についてBSCSは、以下のような認識を示している。

「生徒が自分たちの身の回りの世界について新しい解釈ができるようにしてやるためには、より少ない概念を、より長期間、多様な文脈の中で、より深く学ばねばならないと我々は信じている。このことは科学の内容に対して．．．広いアプローチよりも深いアプローチを結論する」(BSCS, Sep.1990, p.2)

「科学授業の内容は、些末な情報と用語の想起および確認にあまり焦点を当てるべきではなく、科学と技術の概念スキーマおよび統合原理の展開に、より集中すべきであると我々は考える。このようにして形成された理解の基礎は、．．．内容と情報をさらに加えるためのフレームワークを生徒に与えるであろう」

(BSCS, March.1993, pp.1-2)

以上のことより、BSCSにおいては、科学知識の基本的枠組みを提供する主要な概念の設定によって、扱う概念の数と科学知識の圧縮が図られていることが理解される。しかも「より長期間にわたって、より多様な文脈の中で、より深く」概念を学ぶという考え方は、後述する構成主義学習理論に基づいてその有効性が論じられている。

しかしながら「少ない概念をより深く」というアプローチは、カリキュラム設計者に難解な問いを提供することとなる。つまりそれは、「長期間にわたって、多様な文脈の中で、深く」追求する価値の高い概念は何かという問いである。この問いに対してBSCSは2つの選択基準を示している。

1. 選択された概念は、科学の諸学問の構造の基礎となる。
2. 選択された概念は、複数の学問を全体として1つに統合している。

(Bybee and Landes, 1990, p.93)

この選択基準にしたがって選ばれた概念と、それがカリキュラムをどのように構成しているかを、表2-1にある「生命と生活」カリキュラムを事例に示したものが表2-4である。「生命と生活」は知る手段としての「科学」(Science as a way of knowing)と、行う手段としての「技術」(Technology as a way of doing)、そして行動の手段としての「保健」(Health as a way of behaving)という3つの統一テーマ(unifying theme)から構成されるカリキュラムである。これら3つの統一テーマは、さらに6つの統合概念とスキルによって統合されている。表2-4中の「順序」「変化」「パターン」「システ

表2-4. 「生命と生活」カリキュラムのフレームワーク

K	自分自身と身の回りの世界の意識化			
		科学	技術	健康
1	順序と組織化			
	順序と組織化への導入	対象と性質	物質と構造	安全性と保護
2	変化と測定			
	変化と測定への導入	比較と証拠	道具と機械	健康とその管理
3	パターンと予測			
	パターンと予測への導入	記録とデータ	構成とテスト	栄養と歯の手入れ
4	システムと分析			
	システムと分析への導入	相互作用と変数	問題と解決法	自分自身と薬物
5	エネルギーと調査			
	エネルギーと調査研究への導入	エネルギー連鎖と食物連鎖	設計と効率	体の健康と安全対策
6	バランスと決定			
	バランスと決定への導入への導入	生態系と資源	限定要因とトレードオフ	コミュニケーションと論争

(Science for Life and Living, Teacher's edition, p.T18)

表2-5. 「科学と技術」カリキュラムのフレームワーク

		単元Ⅰ	単元Ⅱ	単元Ⅲ	単元Ⅳ
1	統合テーマ	変化のパターン			
	カリキュラムの強調点	科学と技術の個人的次元	科学的説明の本質	技術による問題解決	社会における科学と技術
2	統合テーマ	限界と多様性			
	カリキュラムの強調点	科学と技術の個人的次元	技術による問題解決	科学的説明の本質	社会における科学と技術
3	統合テーマ	システム (平衡) (進化) (エネルギー) (相互依存)			
	カリキュラムの強調点	科学と技術の個人的次元	科学的説明の本質	技術による問題解決	社会における科学と技術

(BSCS, Sneak Preview: Science and Technology, p.6 より改図)

ム」「エネルギー」「バランス」の6つが統合概念にあたり、「組織化」「測定」「予測」「分析」「調査研究」「決定」の6つがスキルにあたる。そしてこの統合概念とスキルに関連して各学年ごと、各統一テーマごと、具体的な学習テーマが設定されている。

この表を縦方向（学年の進行方向）に見ていくと、たとえば科学という統一テーマのもとに6つの概念とスキルを学習するために、生徒は各学年に設定された学習テーマ（対象と性質、比較と証拠、記録とデータなど）を学習することになる。また横方向（各学年ごと）に見ていくと、たとえば第6学年では、設定された学習テーマ（生態系と資源、限定要因とトレードオフ、コミュニケーションと論争）の学習を通じて、「エネルギー」概念と「調査研究」スキルを、科学、技術、保健の3つの異なる領域（異なる文脈）の中で学習することになる。

同様に表2-1中にあるミドルスクール対象のカリキュラム「科学と技術」では、表2-5に見られるように「変化のパターン」「限界と多様性」「システム（平衡、進化、エネルギー、相互依存）」の3つの統一テーマ（unifying theme）が、各学年の4つの単元を統合している。ここで言う4つの単元とは「科学と技術の個人的次元」「科学的説明の本質」「技術による問題解決」「社会における科学と技術」を指している。

以上のようにBSCSは、1985年以降統合概念をカリキュラム・フレームワークとして設定し、それをカリキュラムのスコープとシーケンス決定に採用してきた。このカリキュラム構成のアプローチは、高等学校カリキュラムにおいても採用が予定されており、BSCSのK-12学年までを通じた総合的カリキュラムに共通したアプローチとなっている。以上の概念による学習内容の統合と「少ない概念をより深く」というアプローチは、第4節で検討する全米レベルの学会で進行しているプロジェクト、たとえばAmerican Association for the Advancement of Scienceによる「プロジェクト2061」や、NSTAで進行中の”Scope, Sequence and Coordination of Secondary School Science”プロジェクトでも採用されており、アメリカ科学教育研究の動向に対するBSCSの応答の迅速さをここに見て取ることができる。

3. 探究と問題解決および意思決定のスキルの育成

科学教育において長い間続いてきている1つの目標は、生徒の問題解決スキルを育成することであった。この点について異論をはさむ人は少ないと思われるが、しかし問題解決という用語には、それをを用いる人によりきわめて多様な定義を与えられている。そもそも問題解決と言うときの「問題」とは何かについてさえ、さまざまな解釈が存在する。ある人は単純な足し算でさえ問題と呼び、またある人は解決方法がまったく知られていないものを問題と呼んでいる。この「問題」の定義についてGabel (1989) は、これらを両極端とする連続体として「問題」を定義することが妥当であることを議論している。したがって、「問題」は少なくとも解決者にはその解決方法が知られていないものでなければならない。そこで問題解決とは、Pizziniら (1989) およびCollette and Chiappetta (1989) の定義を援用し、以前に学習した情報、概念、スキルを、問題の解決のため、すなわちそれまで知らなかった事実を発見したり学習するために、応用する手段であるところでは定義しておく。

このように問題解決を見るとき新たな疑問が生じてくる。つまり問題解決と探究とはどのように異なるのかという疑問である。確かに我々は「科学的方法、科学的思考、探究のスキル、そして科学プロセスについて語るとき、しばしば問題解決について語っている」(Helgeson, 1989, p.13) という現状がある。本論文では探究を、Welch (1981) の考え方

に基づき、人間が情報と理解を探し求める手段でありプロセス、または思考の1つの手段でありプロセスであると定義するが、問題解決との関連で探究との違いを指摘するなら以下のように言えるであろう。両者は共に問いの明確化から始まるプロセスであり、最終的なゴールとして、前者は問いに対する一定の解答を得て終了する。ところが探究は「知識と理解の探索のプロセス」(Collette and Chiappetta,1989,p.76)であるから、そこには発見という行為が含まれ、知識の総合や解答の批判的な検討など高次の認知的思考を通じて、新しい概念スキーマを獲得し(つまり新しい理解へと到達し)、科学的な態度を育成することが目標となる。ここではこのように両者の違いを捉えておく。

そこでBSCSにおける探究と問題解決の捉え方であるが、近年のBSCSの文献においては、教育学用語としての探究と問題解決は、しばしば異なる視点で区別して用いられている。すなわち、BSCSでは自然界における事象説明のために用いられる方法を探究と呼び、環境(自然環境も社会環境も共に含む)への人間の適応上の問題を解決するための方法を問題解決と呼んでいる(用語のこの使用法は、BSCSとThe NETWORK社とによる報告書-NCISE,1989,1990-の中で一貫して採用されている)。つまり両者のプロセスには本質的に違いはないのであるが、個人の意識の中に明確化された問いが自然界に起因する疑問であるのか、それとも人間の環境への適応上の問題に起因するものであるのかによって両者は区別されている。また前述したように、探究の結果は一定の妥当性を持った新しい理解を結論し、その新しい理解の上に再び新たな疑問が生じてくるものである。しかし問題解決の結果は一応の解答を提出して終了するものの、予期しなかった副次的な影響を結論することがしばしばあり、また解決方法の効率といった科学にはない要因によって、解決方法の再検討が迫られることがある。ここから新たな問題が生じるのであるが、このように両者は新たな疑問もしくは問題の発生する源によっても区別される。この区別は、いわば疑問や問題の起因する対象によって生じるものであると言える。しかしながらBSCSのこの使い分けは特殊であり、またBSCS自身常にこの区別を行っているわけではないので、ここでは探究と問題解決の区別は前述した捉え方に従うこととする。

一方意思決定の定義についての議論は、探究と問題解決の区別の議論と異なり、一定の統一見解が与えられている。たとえばBybee(1986a)は「意思決定は個人的、社会的文脈における問題解決の考えの論理的帰結である。(中略)意思決定はそれぞれの選択した道の望ましさについて価値判断することを含むものである」(Bybee,1986a,p.92)と述べ、Hickmanら(1987)も同様に、「課題を定義し、代替案を明確にし、多かれ少なかれある

選択によって生じそうな影響について仮説を正当化するために、市民による意思決定は科学知識を必要とする。しかし市民による意思決定は科学知識を越えて進む。つまり影響についての相対的な望ましさについて判断がなされなければならない」(Hickman, et al., 1987, p.21)と述べている。つまりHurd (1975)の言うように、探究ないしは問題解決の結果得られた説明といくつかの解決法を、社会的な文脈の中で検討し(すなわち個人や社会の価値に基づいて検討し)、その応用の方法と行動の選択を行うことが意思決定なのである。

第1章第2節ですでに、具体的なカリキュラムを事例に示したように、BSCSの1970年代以降に開発されたカリキュラムにおいては、意思決定とその前提である問題解決は重要な目標であり、教授方略となっていた。それは70年代のBSCSのカリキュラム開発の方針が、科学と社会の相互関連の理解の育成にあったからであるが、80年代以降STS教育を明確に志向するようになって、ますますこれらの目標が重視されるようになってきた。しかも探究は、個人的、社会的問題の解決と意思決定との比較の中で、科学を特徴づける行為として、各種のカリキュラムの中でその重要性がますます明確に提示されている。したがって、BSCS設立以来の重要な科学教育の理念である探究は現在も中心的な位置を占め、それは技術と社会の問題(特に倫理的な問題)の解決と意思決定に必要な能力にまで拡張されると結論することができる。そして意思決定能力育成の方略としては、「倫理的な分析」や「目標、権利、義務に分けた問題分析」、「費用便益処理」などが採用されているが、その詳細については第4章で述べる。

4. 構成主義学習理論に基づく教授モデルの採用

これまで科学の教授および生徒の学習に関するさまざまな理論が展開されてきた。ところが近年認知科学者と科学教育研究者は、生徒のミスコンセプションについての研究や、ある現象に対する生徒と専門家の解釈の差異に関する研究、個人の持つナイーブ理論と規範的理論に関する比較研究などを通じて、いくつかの学習上の事実を明らかにしてきた。Arons (1989) はこれを以下の4点に整理している。

1. 一度の学習経験で、ある概念や推論の筋道をマスターできる人は、子供であろうと大人であろうとごく少ない。

2. 言語による繰り返された教え込みでは、推論能力を高め、概念を形成することがほとんどできない。
3. もしある生徒が、以前に学習した概念や推論の筋道をマスターしていないと、それを再び学習するときには、同じ割合で、同じ障害を持って、さらに同じプリコンセプションやミスコンセプションを持って学習が行われる。
4. 科学者の学習経験と知的発達を、すべての生徒に対しても同様であるとして適用する傾向に関連した誤りがある。

こうした生徒の学習上の事実と、現代科学論の成果（認識の機能は適応的なものであり、また経験上の世界の組織化に役立つものであって、存在論上の現実の発見に役立つものではないという原理）に基礎を置き、構成主義学習理論が注目を集めるようになってきた。そこでは生徒は、一人一人に固有な概念構造を保持し、彼ら自身と彼らの環境との間の連続的な相互作用を通じて、彼らの中心的概念や知的構造を再構成するとされている（BSCS and IBM, 1989）。つまり知識は伝達によって受動的に形成されるのではなく、認識主体と環境との間の積極的な相互作用によって、連続的に修正、再構成されるとする。さらに Cheek (1992) は、生徒が保有する日常的な概念構造は、認識主体の経験上の世界と矛盾を生じていないため、つまり生徒がすでに持っている概念構造は、彼の身の回りの世界の事象を一定の方法で説明できるために、なかなか変容しにくいものであることを指摘している。

同じく彼によれば、このように学習を、個人と環境との間で生じている連続的な構成プロセスと見ている点で、ピアジェの考え方は構成主義と呼んでよいものであるかもしれない。しかしながらピアジェの発達理論では「生徒の認知的機能の一般的レベル（認知的発達のレベル）が、生徒の学習できる内容の複雑さを規定」していると見るが、新しい認知的見解（構成主義的見解）では「生徒の知識構造により多くの注意を向け、科学に固有な知識が、生徒の科学情報と概念の獲得に与える影響に注意を向けている」（Champagne and Klopfer, 1984, p.175,176）という違いがある。別の表現をするなら、ピアジェ主義者の言うスキーマとは手続き的な知識構造であり、構成主義者のそれは宣言的な知識構造であると Champagne and Klopfer (1984) は述べている。さらに両者には、前述した現代科学論（科学哲学）の成果による裏付けの有無という違いもある。

BSCSも1990年代以降のカリキュラムにおいて、このような構成主義学習理論に基づき、「5Eモデル」という教授モデルを開発している。これは以下の5段階のステップからな

る教授モデルである。

授業に引き込む (Engage) : 生徒の興味, 関心, 疑問の想起

探索する (Explore) : 生徒自身による問題解決のプロセス

説明する (Explain) : 生徒自身の言葉による概念や定義の説明

仕上げる (Elaborate) : 概念やスキルを新しい状況の中に応用し, 場合によってはその説明を変更する

評価する (Evaluate) : 生徒の獲得した知識, 概念, スキルを評価し, 問題解決に向けた行動や考え方を評価する (BSCS, 1992, p.14, 要約)

この「5Eモデル」は, BSCS (March, 1993) によると1970年にピアジェの理論をもとに開発されたSCIS (Science Curriculum Improvement Study) カリキュラムで用いられていた, 学習サイクル (Learning Cycle) の応用によって作られたものであるという。学習サイクルを用いた授業は3つの相の何回かの繰り返しからなる。すなわちそれは探索 (Exploration), 創出 (Invention), 発見 (Discovery) である。この各相において行われる教授活動をRubbaとDecarlo (1989) は以下のように説明している。

「探索」: 具体的な経験を通じた教材への関与。これらのハンズオン相互作用⁷⁾は, 学習者が現在持っている世界の見方に基礎を置いては答えられない問いによって, 生徒の認知構造に挑戦するよう計画される。

「創出」: 生徒が経験した事象説明のための概念の導入。これは探索の活動の中で生じた知的な不均衡を扱うように計画される。しかしその不均衡はしばしば継続する。

「発見」: 導入された概念を広範な新しい事例に応用することによる, 不適切な認知構造への挑戦と新しい認知構造の発見。

これらの概念化のプロセスを何回か繰り返すことによって, 理解に到達するというのがこのモデルである。このように見てくると, 学習サイクルのそれぞれの相が, 5Eモデルの2段階目から4段階目に対応していることがわかる。つまり5Eモデルは, 学習サイクルの前後に, 生徒を学習に引き入れるための段階 (Engage) と教授の成果を評価するための段階 (Evaluate) が加えられて作成されたものである。

7) ハンズオン学習活動とは, 生徒が自分の身の回りのものと, 身体的に直接相互作用し合う活動を総称して言う。したがって従来の理科授業における実験や工作, 図画などの活動がこれに含まれる。

これまでも知識の再構成を強調した教授モデルはいくつか発表されている（たとえば Osborn and Wittrock, 1983による生成的教授モデル）。しかしそれらは出発点に若干の相違はあるものの、全体的な流れはまったく同一である。BSCSの5Eモデルも、生徒の先行知識と新しく学習する内容との関連性を重視している点で、これまでに発表されているいくつかの教授モデルと本質的な違いはない。したがってハンズオン経験、少ない概念をより深く学習すること、生徒自身による探究活動等が、生徒の先行知識と新しい学習内容との相互作用を深める点で、教授上特に重視されている。さらに5Eモデルは、生徒を能動的な学習者と見なしている点、生徒の概念的理解の展開とその明確化に焦点をあてている点、さらに再構成した概念のフレームワークを応用する機会を持つ点でも、これまでの教授モデルと共通している。

5. コーオペレイティブ学習方略の採用

コーオペレイティブ学習 (cooperative learning) はしばしばグループ学習と混同される。しかしグループ学習は単なる1つの学習形態を指すだけであって、個人学習に対比される学習形態である。一方コーオペレイティブ学習は、グループによる学習の形態を取るものの、そこで行われる学習の方法と、学習の質、教師の役割等において、グループ学習とは決定的に異なる。その相違点を、コーオペレイティブ学習研究のパイオニアでもあり現在の指導的立場にあるJohnsonとJohnson (1991) は、表2-6の形にまとめている。

このような特徴を持ったコーオペレイティブ学習の意義は、さまざまな観点から論じられている。これらをまとめると以下ようになる。

- ・社会的なスキルの育成に直接貢献する (Johnson and Johnson, 1986)。ここで言う社会的スキルとは、他の人の意見や立場を受容するとか、意見に対する批判はしても個人に対する攻撃はしない等、グループとしての機能を維持発展させるために必要なスキルのことである。
- ・論争課題を扱うために適している (Johnson and Johnson, 1986)。意思決定や問題解決を含む学習経験の中では、いかなる生徒でも1つの状況を同じように見ることはない。そこでは自由に反対意見を述べ、何らかの合理的な決定に到達しなければならない。コーオペレイティブ学習はこのような活動に最適であるとされている。

表2-6. コーオペレイティブ学習とグループ学習の相違点

コーオペレイティブ学習	グループ学習
肯定的な相互依存	相互依存はない
個人に与えられた アカウンタビリティー	個人にアカウンタビリティー は与えられない
多様なメンバー構成	同質なメンバー構成
リーダーシップの分担	指名されたただ1人のリーダー
お互いのために責任がある	自分自身のためにのみ責任がある
タスクと管理が強調される	タスクのみが強調される
社会的スキルが直接教授される	社会的スキルは前提とされているか 無視される
教師は観察し介在する	教師はグループを無視する
グループ全体での意思決定活動	グループ全体での意思決定活動はない

(Johnson and Johnson, Learning Together and Alone, 1991, p.59)

- ・以上の2つの意義を受けて、民主主義社会における市民性の育成に貢献する (Adams and Hamm, 1990) .
- ・グループ内の生徒の多様な視点や能力の利用によって、さまざまな思考のプロセスやスキルを育成できる (Adams and Hamm, 1990; NCISE, 1989) .
- ・構成主義学習論にもとづく教授の具体的な手法となる (Tobin, 1989) . 学習を構成的なプロセスと見るとき、それは明らかに個人的な試みであると言えるが、同時に知識の獲得は社会的なプロセスでもある。

これ以外にも、協同的な能力を求められる労働の世界からの要求への対応、教師の授業上の負担の軽減、達成度の向上、高い動機づけ効果、学習に対する肯定的な態度の育成、能力別クラス編成 (tracking) の解消など、さまざまな意義が論じられている。

BSCSは、科学授業においてコーオペレイティブ学習方略を用いる理由を「科学と技術がそれ自身協同的な営みであるから」 (BSCS, Sep. 1989, p.1) ときわめて明快に説明してい

る。BSCSのカリキュラム開発の1つの重要な指針は、開発時の時代状況における科学の特徴と本質をできるだけ忠実に反映するというものであり（もちろんこれに教育学的な検討が加わるわけであるが）、この点から考えると上記の主張は納得のいくものである。

BSCSのコラボレーティブ学習のモデルは、基本的にJohnson and Johnson のモデルに基づいており、その特徴は以下の7点にある。

1. 肯定的な意味での相互依存：

生徒は単に自分自身の学習達成（performance）だけではなく、メンバーすべての学習達成に関与しなければならない。

2. 社会的スキル：

グループ内の各係の責任を分担し、効果的にコミュニケーションし、信頼関係を構築し、論争に対処する。

3. 個人がもつ責任（accountability）：

それぞれのメンバーが、全体で行うことに対して責任をもつ。

4. 多様なメンバー構成：能力、性、人種など。

5. グループ内の各係の責任分担

6. 他の生徒との協力

7. 学習援助者としての教師の役割（BSCS, Sep. 1989, p. 2）

ここにあげた7つの特徴は、JohnsonとJohnsonによる表2-6のコラボレーティブ学習の特徴に他ならず、このことからBSCSはこれまでの長い研究の歴史を持つ彼らのモデルを、ほぼ全面的に採用していることがわかる。

6. 知的ツールとしてのコンピュータの使用と、学習領域としての技術の強調

現代の社会生活はコンピュータ抜きで語ることは不可能な状況にある。BSCSではこのような現状に対処すべく、コンピュータを教育手段として用いるだけでなく、コンピュータについての学習をも目的としたカリキュラムを開発している。たとえば前者の例としては、表2-2に見られるアメリカ教育省のStar School Project があげられる。そこでは生徒がマイコンを用いてさまざまな情報にアクセスすることができるセンターの1つをBSCSが設立している。さらに表2-1中の「青版、第6版」および「緑版、第7版」では、コン

コンピュータシミュレーションや、コンピュータを測定やデータ処理のツールとして用いた実験などが採用されている。また後者に対応する例としては、表2-3の”ENLIST Micros”があげられる。BSCS (Sep.1991)によると、これはコンピュータ操作についての教師教育用のプログラムであり、現在このプログラムを用いた教師教育モデルの開発にBSCSは取り組んでおり、そのための教師教育センターをすでに全米17ヶ所に設置している。

またコンピュータを含む技術そのものを、学習内容として重視している点も、近年のBSCSカリキュラムの特徴である。これはBSCSが1980年代以降、活発にSTSカリキュラムを開発していることの当然の帰結である。ここで学習される技術に関連した内容とは、具体的には効率、設計、トレードオフといった、技術に固有な概念のことを指しているのであり、いわゆる「技能教育」とか「職業教育」といったテクニックの学習とは異なる意味の

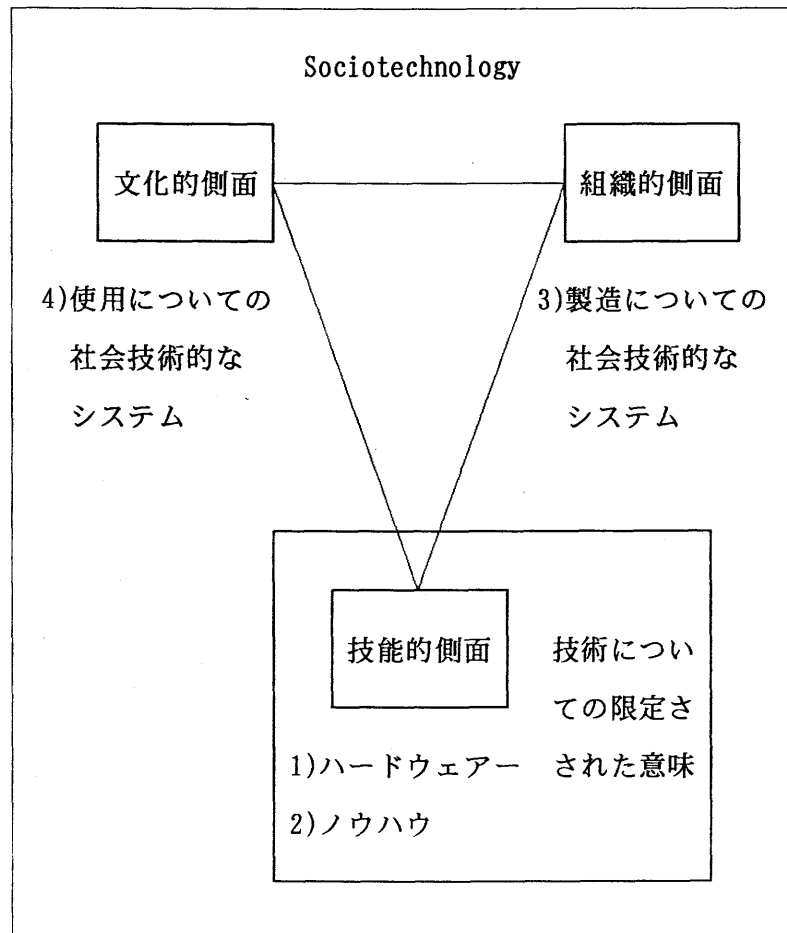


図2-1. 技術の意味

(Reg Fleming, 1989, p.394)

教育を指している。表2-1の「生命と生活」および「科学と技術」では、現実の社会的問題を解決するために、技術のプロセスとツールを人間がどのように利用しているかを理解させる目的で、技術が強調されている。

図2-1に、Fleming (1989) が、現代における技術についての意味を整理し、この全体を包含する概念として社会技術 (sociotechnology) という用語を用いている例を示すが、この図は、BSCSの捉える技術の概念を的確に示しているため、ここに取り上げた。つまりBSCSの捉えている技術教育は、まさに彼の言う社会技術に関する教育に他ならないのである。従来の技術教育が扱っていた、ハードウェアとノウハウだけでなく、図中の3)と4)にある「製造についての社会技術的なシステム」と「技術の使用に関する社会技術的なシステム」を強調している点に、近年のBSCSカリキュラムの特徴がある。前述した効率、設計、トレードオフといった技術に固有な概念とは、まさしくこれらに含まれるものである。

第4節 1980年代以降のアメリカ科学教育改革の方向性とBSCSのカリキュラム開発理念

本節では、まず第1章、第2章で検討してきたBSCSのカリキュラム、もしくはカリキュラム開発の特色を総合し、そこに時代を通じて流れている方針、もしくは理念が見られないかを吟味する。そして次に科学教育に関連する国家機関または学会等から、1980年以降に公表された各種の報告書または書籍の中で、アメリカの科学教育改革のためにいかなる提言が行われてきたかを明らかにする。それを前者の方針、理念と比較、検討する中で、BSCSのカリキュラム開発活動の安定性、先進性、迅速性等を明らかにする。

1. BSCSにおけるカリキュラム開発の方針

ここでは、BSCSにおけるカリキュラム開発が、現在までいかなる方針のもとに行われてきたかを、これまでに明らかにしてきたカリキュラム、もしくはカリキュラム開発の特色の中から、項目立てて述べる。そのうち最初の項目は、生物教育が規定される学問としての生物学に関するものであり、続く3項目は教育の文脈の中で規定されるものであり、最後はカリキュラム開発の政策に関するものである。

1) 各時代における生物学の現状の反映

19世紀末にアメリカ中等学校に確立された生物学で用いられていたカリキュラムは、その時代の生物学知識に近い内容から構成されていたものの、それは「ほとんど記述的であり、つながりのない事実と初歩的な一般化の集まりによって、全体が成り立っていた」(BSCS, 1970, p.5)。また食料の生物学的重要性やアルコールと麻薬の影響といった、科学の個人的、社会的関連性を重視したその後のカリキュラムは、科学の構造とは大きな隔たりを持っていた。BSCSはこのような生物教育の状況に対して、「生物の教材を改善し、現代化(modernize)するという課題を緊急を要するもの」(Glass and Grobman, 1963, p.xvii)として捉え、新しいカリキュラム開発の方針として、以下の2点をその柱として設定した。

「その第一は、科学知識の驚くべき増大から生じた生物学における新しい見方について、可能な限り考察を加えることであった。(中略)第二に、中等学校における生物や他の科学授業の主要な誤りが、科学の研究プロセスや科学的アイディアの歴史

の強調の代わりに、権威的な内容（事実）、概念、そして原理を強調している点があると、確信していたことである．．．．科学に基礎をおいた文明の中で生活をするために特に重要なことは、科学とは現実に何であるのかを理解することである。それは現代におけるマジックではなくて、検証可能な情報を発見する多様な方法であり、自然の様式について我々が知っていることを適切に説明する概念と原理を作り上げる多様な方法である」（同、p.xvii,xviii）

すなわち創設当初のBSCSは、科学を関連のない事実の単なる集まりとしてでなく、自然界について学ぶ方法として捉え、ここから「知る手段としての科学」（Science as a Way of Knowing）という言葉が、BSCSの科学の捉え方として登場することになる。また引用文中にもある通り、当時の生物カリキュラムではほとんど扱われていなかった遺伝と進化など、当時の生物学の発展を反映した内容となっていた。このように1950年代から60年代にかけてのカリキュラム改革運動時代のBSCSカリキュラムは、いわゆる探究としての科学観を明確に打ち出したカリキュラムであった。そして基本的な科学概念、もしくは構造化された科学の知識体系は、科学的探究という文脈の中で学習された。

一方1970年代に入ると、第1章2節で論じたように、科学と技術の共生的、相補的關係が密接になり、また公害問題に代表される、科学の発展がもたらした多くの社会的問題が顕著に見られるようになった。このような社会的背景のもと、BSCSは科学と社会の関連を扱った各種のモジュールを開発した。また80年代になると、科学、技術、社会間の相互関係をテーマとして追求した、STSカリキュラムの開発を手がけ、そこではより地球的レベルで影響を及ぼしつつある科学と技術の社会におけるあり方の変化が扱われることとなった。また科学研究そのものが、研究者が一人で行う従来の研究形態から、プロジェクトを形成して行う協同的形態へと変化しつつある点を反映し、学習にもコーオペレイティブ学習が採用されることとなった。しかしながらこの間、探究としての科学という本質が変わったわけではなく、BSCSカリキュラムにおいても、科学的探究は科学の知識体系を学習するための重要な方法（手段）として、一貫して機能し続けている。さらにこの時代のカリキュラム、たとえばSTSカリキュラムにおいても、科学の知識体系の学習は決して軽視されておらず、社会的な文脈の中で、そして科学的探究のプロセスを通じて、それらが生徒に学習されるよう設計されている。たとえば本章第3節で述べた「基礎的遺伝学」というSTSカリキュラムの中では、遺伝学の基本的知識と概念を、遺伝病という個人的、社会的文脈の中で、そして科学的探究活動の中で、学習するよう計画されている（詳細は第4章

2 節参照)。

一方現在のBSCSカリキュラムに関しては、本章第3節の「1.STS テーマの重視」(p.59)で引用したように、Hurd (1993) が現代生物学の変化の特徴を5点にまとめ(研究領域の細分化、学際的研究の重要性の高まり、全体論的アプローチへの発展、共同研究の必要性の高まり、生物学の社会化の5点)、BSCSカリキュラムがこれら現代生物学の変化を反映したものとなるべきことを主張している。しかし科学知識に関して言うと、当然のことではあるが、最新のものであれば、それがカリキュラムに無条件に取り入れられるべきであると、ここで主張されているわけではない。この点についてMcInerneyは、カリキュラムの内容選択の原理として以下の点を指摘している。

「『問題となっている(最新の)情報が、生物学の基本的な不朽の原理をいかにうまく描き出しているか』この基準により、最新の知識をただ導入すればよいという考えは除外される。最新の知識は、主要な統一概念という広い文脈の中で議論されないと意味はないし、また個人的、社会的有用性を持つ特定の問題に応用されないと意味はない」(McInerney, 1987, p.25)

ここには、本章第3節で指摘した1980年代以降のBSCSカリキュラムの特色のうち「1.STS テーマの重視」、「2.概念による学習内容の統合」、ならびに「3.探究と問題解決および意思決定のスキル育成」と、カリキュラムにおける学習内容選択の基準との関連が指摘されている。つまり、次に述べる学習の文脈の中での科学知識の位置づけを考慮した選択の基準が、ここでは指摘されていると言える。

以上のようにBSCSは、科学の知識体系や基本概念、ならびに科学的探究を学習内容として取り入れつつ、また科学的探究や、科学と技術、社会間の相互関連を学習の文脈として採用しつつ、その時代時代の社会における科学のあり方を反映したカリキュラム開発を行ってきた。

2) 科学知識(概念)理解のための文脈の重視

1)で述べたことから明らかなように、1970年代以降のBSCSカリキュラムにおいては、個人的、社会的文脈の中での科学の学習(80年代以降は技術についての学習も含む)は、1つの主要な強調点を形成していた。そこでは「科学概念、プロセス、態度、そしてスキル育成のための文脈として、個人のニーズや社会的問題を含めるべきである」(BSCS and IBM, 1989, p.23)ことが主張されている。これを典型的に具体化したカリキュラムがSTS

カリキュラムである。

一方近年開発が進んでいる、K-12学年を通じた3つの総合的カリキュラムにおいては、第3節で指摘したように、主要な統一概念のもとにカリキュラムが編成されている。これも見方を変えれば、科学の主要概念という文脈の中での科学の学習であると解釈することができる。この点について現在のBSCSのディレクターである McInerney (1987) は、「最新の科学知識は、主要な統一概念という広い文脈の中で議論されないと意味はないし、また個人的、社会的有用性を持つ特定の問題に応用されないと意味はない」(McInerney, 1987, p.25) と述べており、上記2点の解釈の正しさを裏づけている。

このように考えてくるとき、1)で述べた科学的探究という科学を学習する手段も、実は学習の1つの文脈であるといえることができる。BSCS自身もこの点について「生徒に知識を単に語るだけでは効果的ではない。必要とされていることは、科学を実際に機能している中で示すことである」(BSCS, 1970, p.131) と述べている。1950年代以前のアメリカ生物カリキュラムが、学習内容の相互関連を考慮していない、断片的な知識の配列からなっているという批判のもとに、科学的探究を通じて科学の知識体系を学習する、50年代と60年代のカリキュラムが開発されたわけであるから、この結論は妥当なものであると考えて良いように思われる。

以上のように、BSCSは科学的探究、科学の個人的、社会的側面、そして主要な統一概念という一定の文脈の中で、常に科学の知識体系、スキル、態度の育成を図ってきたと結論することができる。しかもこれらの文脈は、新しい文脈が古い文脈を否定しながら形作られてきたわけではなく、それ以前の文脈を包含する形で新しい文脈が登場している点にその特色がある。つまり近年のBSCSカリキュラムにおいては、個人や社会に関する問題の解決と意思決定の活動の中で、科学的探究を行うことによって、科学的概念の学習とスキル、態度の育成が図られ、そこで学習された概念は全体として科学の主要概念を構成する、という形態を取っているのである。

3) 教育の対象としてのあらゆる生徒

第1章3節で指摘したように、BSCSは1960年代から70年代を通じて、常にあらゆる生徒を教育の対象として捉えていた。この点は、BSCSの創始者たちによって論じられている以下の記述によっても支持される。(アンダーラインは著者による)

「BSCSの主要な強調点は、第10学年で学習する生物に置かれていた。というのは、こ

の学年が、生徒が通常独立した科学の学問を学習する最初の教育経験を持つ学年であるからである。(中略)しかしながら(BSCS教材を)いかにうまく構築しようとも、1セットの教材が、第10学年のあらゆる生徒の教育にとって十分であることはあり得ないことが明らかになってきた」(Mayer,1966,p.vii)

「あらゆる生徒が生物を学習することができることを示すような方法で、教授-学習教材を準備するいくつかの試みがなされてきた、緑版、黄版、青版は、そのような試みの1つである」(Liebherr,1966,p.x)

この方針は80年代以降も変わらず、科学授業に対する興味の低い生徒や科学の成績の低い生徒も視野におさめた教育(BSCS,1992,p.2; Sep.1993,p.2), またはより直接的には、あらゆる市民に科学的リテラシーを育成するための教育(BSCS,May.1990) などといった表現がなされている。

McInerney(1986,1987)が再三述べているように、このようにBSCSがあらゆる生徒を教育対象としてきた背景には、科学教育を一般教育(general education)の一部として捉える考え方が存在する。つまり科学教育の目標は、科学という対象とする学問内容自身からももちろん引き出し得るが、科学授業を一般教育の目標達成のための1つの教科と捉えても、その目標を設定することが可能であり、科学も教育全体の一部を構成している教科である限りにおいて、教育全体の枠組みをはずして議論することはできない。

ではBSCSの言う一般教育の目標とは何であろうか。それは「現代民主主義社会の中で、影響力を持つ市民としての生徒を育成すること」(McInerney,1987,p.27)であり、また「科学と技術に関連した社会的問題について、責任ある意思決定を行うことができる市民を育成すること」(BSCS and IBM,1989,p.29)であり、さらに生物教育の文脈で言うなら「生徒の将来の生活の質を保証するために必要な生物学の理解」(McInerney,1986,p.396)である。これらの目標達成によって期待される人間像を、BSCSは以下のように表現している。

「BSCSプログラムは、機会的暗記を、思慮深い探究と意思決定の強調で置き換えている。生徒は考える方法を学び(learning how to think),そしてより重要なのは、自分たちが考えることができることを学ぶ。そして生徒は、科学を、現在手に入る情報と理論の体系としてはもちろん、継続的で適切な学習のプロセスとして見るよう促される。このようにして生徒は、科学の仮定的(tentative)な本質と、彼らの生活に対する継続的な重要性および生活へのインパクトを感得するようになる」

ここには、本節の「2)科学知識理解のための文脈の重視」の中で述べた、科学の学習における探究の重要性に対する認識が、今も明確に示されており、また1970年代に開発された、科学と社会の関連を扱った学際的カリキュラム（モジュール）の重要な目標の1つであった、「考える方法を学ぶ」とことと「考えることができることを学ぶ」という目標（第1章2節）が示されている。さらにこれらに加え、意思決定の能力の育成をも通じて、科学の本質と、科学と社会との関連を理解した生徒が、望ましい人間像として掲げられている。この文章には、「あらゆる生徒のための科学」という共通の理念のもとにBSCSが開発してきた、各種カリキュラムの時代的流れを端的に読みとることができる。またこの流れは、以前の目標の否定の上に構築された流れではなく、以前の目標を包含しながら再構築されてきた発展的な流れであることも、この文章から読みとることができる。

そして現在、BSCSにおいては、これらの目標を達成するための生物カリキュラムは、具体的には以下のようなものでなければならないとされている。

「あらゆる生徒のための科学」という文脈から結論される生物カリキュラムの内容は：

- ・生徒の先行理解、現在の学習達成度、そして将来の潜在的能力を認識した上で導入される。
- ・生徒にとって、個人的、社会的に、明確にそして現在意味があり、倫理的な意思決定を重視する。
- ・生徒の理解とスキルを拡張し、それを入念に育成する。
- ・生物学のプロセス、スキル、そして価値を描き出すために、多様な方法で教える。
- ・あらゆる生徒によって、一定レベルまで達成可能な挑戦として存在し、そして高いレベルの生物学リテラシーを育成し、オープンエンドな学習を促すような方法で示された挑戦として存在する。
- ・個人的、社会的、倫理的な意思決定の文脈の中で評価される。 (BSCS, 1993, p.14)

ここで指摘されている生物カリキュラムの特色は、本章第3節で明らかにした1980年代以降のBSCSカリキュラムの特色として具体化されており、さらにこれらは、次章で論じるBSCSの科学的リテラシーの捉え方の基本を構成している。

4) カリキュラムの目標の枠組み：

科学的探究を核として獲得される「知識・理解、スキル、価値と態度」

BSCSは、その設立以来、科学知識ないしは科学の基本概念の理解のみならず、スキルと態度の育成にも注意を注いできた。それはたとえば以下の記述に明らかである。

「(カリキュラムの内容と構造を規定する9つの統合テーマの選定に当たって)我々は第一に、現代生物学の内容と構造を吟味した。(中略)第二に我々は、生徒のニーズと問題を考慮した。生物についてのいかなる知識が、そして生物学に適切でないかなる態度とスキルが、生徒の個人的生活と、人間および市民としての彼らの責任遂行に対して最も貢献するであろうかを、我々は自問した。このようにして我々のテーマを決定する第二の要因は、我々の国家と市民のニーズとなったのである」

(BSCS,1970,pp.13-14)

「BSCSのねらいは、最近の科学雑誌から教科書の形態に、教材を単に書き換えることではなく、若者の教育に最適な教材を選択し、知識ばかりでなく、態度とスキルの育成に貢献できるような教材を開発することであった」(BSCS,1970,p.7)

同様の記述は他の文献(たとえばMayer,1978,p.9)にも見られ、BSCSが1960年代から70年代を通じて、知識・理解と同時に、スキルと態度の育成を目標として掲げてきたことが理解される。

ではこの時代に目標とされた、知識・理解、スキル、そして態度とは、具体的に何を指すのであろうか。知識・理解は言うまでもなく、科学的探究を通して獲得される科学の知識体系であり、また科学的探究の本質の理解(たとえば科学知識がいかにして得られるのか、またいかにして修正されていくのか等)であった。またスキルとは、科学的探究の過程で用いられるプロセススキルを直接的には指していた。さらに態度とは、説明の修正を厭わない態度や批判的態度、データを信頼する態度、あいまいさの受容など、科学的探究の本質の理解によって結論される、科学に対する態度であった。すなわちこの時代に目標とされた知識・理解、スキル、態度とは、いずれも科学的探究を核として獲得されるものであり、2)で述べた結論である、学習の文脈としての科学的探究の位置づけが、ここでも確認される。

一方1980年代以降のBSCSカリキュラムにおいても、上述した3つは、カリキュラムの目標を構成する枠組みとして、明確に位置づけられている。たとえば表2-2にある、初等学校とミドルスクールの科学カリキュラムのフレームワークを示した報告書でも、科学教育の目標をこれら3つの柱に従って記述しているし、また現代社会における問題の解決に有効に関与できる市民に必要な学習の要素として、「生物学の知識、スキル、そして価値」

(BSCS,1993,p.14)を指摘している。ここで言う価値とは、これまでに述べてきた態度と同義に用いられている。

では1980年代以降に主張されている、知識・理解、スキル、そして態度は、60年代、70年代のそれとどのように異なるのであろうか。その答えの鍵は、社会的問題の解決の能力育成と、科学、技術、社会間の相互関連の理解という、1980年代以降のBSCSカリキュラムの目標にある。本章第3節でも指摘したように、科学的探究は社会的問題の解決や意思決定のための基礎として重視されており、また科学知識獲得や科学の本質の理解にとっても、重要な活動として位置づけられている。しかしながら同時に、「生物学の個人的、社会的／倫理的側面」と「技術の本質」(BSCS,1993,p.55)についての知識や、「意思決定のスキル」と「パソコンやさまざまな情報を調べるシステムの使用のためのスキル」(Bybee, 1985,p.105)、さらには「技術がもたらす社会的影響についての考慮」(BSCS,1993,p.55)など、1980年代以降のBSCSカリキュラムの目標によって厳密に規定される、知識・理解、スキル、そして態度がここには含まれている。

以上のように、80年代以降は新しい内容が加えられつつも、科学的探究を核として獲得される知識・理解、スキル、そして態度を軸に、BSCSカリキュラムの目標は一貫して構成されてきているのである。

5) 科学教育研究の動向の敏速な反映

近年開発された、もしくは開発中の、K-12学年を通じた総合的カリキュラムでは、1980年代以後発表された多くの報告書や書籍で主張されている提言を、積極的に取り入れている。この点は本節の2で詳しく論じるが、たとえば1991年に出版された初等学校対象のカリキュラム「生命と生活」では、「構成主義学習理論、科学に対するテーマ中心のアプローチ、コーオペレイティブ学習方略、集団構成として数の少ない (underrepresentative) グループの生徒の学習を促す方略、問題解決の1つの手段としての技術、オーセンティックな評価方略、そしてカリキュラムの実践とスタッフ育成の重視」(BSCS,Sep.1993,p.2)など、科学教育改革を提唱した文献でなされている多くの提言を取り入れている。さらにカリキュラムの学習内容と指導方略だけではなく、「学校における教授と学習改善のため、公共部門と私的部門の間の強い連携をつくりあげる必要性」や「科学教育の改善を促進するための、社会政策と公共政策を形づくる必要性」(BSCS,Mar.1990, p.1)など、科学教育改革のための政策的側面にも注意を向けている。このような試みを推進する背景として、

「1990年代は60年代と異なり、科学と技術の改革、哲学と心理学の発展、そして社会からの（教育に対する）新しい期待など、科学教育に対して60年代と異なる要求をしてきた」（Bybee and Landes, 1990, p.92）からであるという認識を示している。ここには科学教育を取り巻く研究成果のみならず、科学教育が基礎をおく科学と技術の発展や社会的変化に、BSCSが積極的に対処しようとしている姿勢が読み取れる。

一方1960年代には、シュワブやブルーナーといった研究者たちによって提唱された、科学的探究を通しての基本的科学概念と科学の知識体系の理解という科学教育のアプローチをいち早く取り入れ、カリキュラムに実現している。特に1965年に出版された「BSCS上級版」（Biological Science: Interaction of Experiments and Ideas）では、科学を探究として生徒に示すということについて、シュワブから多くの示唆を受けたことが述べられている（Abraham, 1965, acknowledgement）。さらに社会的文脈の中での科学の学習という目標が1970年代に台頭する中、1975年から77年にかけて、これらの目標を取り入れた学際的カリキュラム（モジュール）を、商業ベースにのせている（第1章2節3）。学校ないしは研究者個人のレベルでのこういったカリキュラムは、この時代にいくつか見られるものの、カリキュラム開発組織としてのBSCSの対応は非常に迅速なものであった。特に1970年代は、NSFを初めとする多くの国家機関からの資金援助額が減少し続けた時期であり（本章1節1）、この時期にBSCSが、上述したようないくつかの学際的カリキュラムを開発したという事実は、評価されてよいであろう。

以上のようにBSCSは、その時代の科学教育研究の動向を敏速に捉え、カリキュラムの形で迅速に実現していった。その背景には、BSCSが利益を求める商業出版者と異なり、各種の資金援助をもとに革新的な（innovative）カリキュラム開発を行うことを目的とした、利益をあげることを目的としない（non-profit）組織であるという事情が考えられる。つまりBSCSは、多額の利益をあげることよりも、アメリカ科学教育の変革を目的としているため、より迅速な対応が可能になっていると考えられる。

しかしながら組織の性格だけから対応の迅速性を解釈するのは不十分である。すなわちそこには、各時代の科学教育研究の動向を的確に読みとる能力が必要不可欠である。この点でBSCSは、どの時代においてもアメリカ科学教育界の指導者の立場にある、著名な研究者（たとえばArnold Grobman, Bentley Glass, Paul D. Hurd, William V. Mayer, Rodger W. Bybeeなど）を、理事会やカリキュラム開発委員会の委員、専属のスタッフなどの形で揃え、BSCSとしての研究能力の高さを維持している。またこれは近年特に顕著になってき

た傾向であるが、BSCSは、カリキュラム開発の新しい方針を打ち出す節目節目に、そのガイドラインを作るための会合やシンポジウムを開催し、その時代の科学教育研究の動向を検討している。本章の第2節で指摘した、The NETWORK 社との共同で作成された8冊の報告書や、IBMの資金援助を得て作成された”New Design for Elementary School Science and Health”，さらには”Curriculum Development for the Year 2000”など（以上表2-2参照）は、その成果である。

一方BSCSは、単に科学教育研究の動向を迅速に取り入れるだけでなく、BSCS独自の試みもカリキュラムに見られる。たとえば1994年に出版されたミドルスクール対象のカリキュラムでは、個々の生徒の多様性に応えるべく、各生徒の学習スタイル（学習課題に対する出版物中心のアプローチ、実験中心のアプローチ、論理的思考によるアプローチなど）を重視したアプローチを採用している。カリキュラムとしてのこのような試みは、文献から判断する限り、ほとんど見られない。この事例からも、BSCSの研究能力の高さが推測される。

6) 国家的ニーズに対する迅速な対応

BSCSは、連邦政府によって認識されていたニーズ、すなわち各種の法案や、連邦機関によって進められたプロジェクトに対して、各時代ごと迅速に対応している。以下に、各種の法案やプロジェクトと、それによって利用可能となった資金の援助を受けて開発されたBSCSカリキュラムのいくつかを示す。

国家防衛教育法（1958），ならびに初等中等教育法（1965）：

青版・緑版・黄版を代表とする1960年代に出版されたカリキュラム

国家遺伝病法案（1976）：

前期中等学校対象の遺伝学カリキュラム”Genes and Surroundings”

NSFによる「三者間プロジェクト」（1987）：

初等学校対象のカリキュラム「生命と生活」

第2節で指摘したように、これら以外にも、厚生省やエネルギー省などの国家機関、さらにはいくつかの財団の援助を受けて、多くのカリキュラムが開発されている（表2-1, 3）。このような国家レベルのニーズに対する対応の迅速さは、本節の5)で述べた通り、BSCSの研究能力の高さによるところが大きいと思われるが、もう1点、BSCSの組織運営上の方略も貢献しているように思われる。Bybee（1991b）が述べているように、BSCSの現

在のディレクターであるMcInerney は、1991年に1年間NSF に出向し、各種の援助プロジェクトの決定過程に関与した。これは科学教育に対する国家レベルのニーズの動向を把握し、国家機関の職員との人脈を形成する上で、大いに役にたっているに違いなく、BSCSの対応の迅速さに貢献していると考えられる。

以上第1章、2章のこれまでの議論を総合し、分析する中で、BSCSのカリキュラム開発理念を明らかにしてきた。以下においては、これらのうち5)で扱ったアメリカ科学教育研究のどのような動向を、BSCSが具体的に取り入れてきたかを具体的に検討する。

2. 1980年代以降のアメリカ科学教育改革の方向性

第2章1節で述べたように、1980年代に入り、アメリカの科学教育は厳しい危機の認識を深め、それ以降多数の科学教育改革を提言した報告書が発表された。ここで取り上げた報告書類は、以下の6つのプロジェクトや国家機関、委員会から公表されたものである。

1. アメリカ教育省 (Department of Education) とNSF (DE & NSFと略す) :
 - ・ Science and Engineering Education for the 1980s and Beyond. (1980)
2. NSTAのプロジェクト・シンセシス (NSTA: Project Synthesisと略す) :
 - ・ What Research Says to the Science Teacher, vol.3. (1981)
3. NSFの政策決定機能を担っているNational Science Boardに設置された委員会である、Commission on Precollege Education in Mathematics, Science and Technology (NSF-NSBCと略す) :
 - ・ Today's Problems, Tomorrow's Crises. (1982)
 - ・ A Revised and Intensified Science and Technology Curriculum Grades k-12 Urgently Needed for Our Future.(1983)
 - ・ Educating Americans for the 21st Century. (1983)
4. ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education (ERIC Clearinghouseと略す) :
 - ・ Robert W. Howe, et al., Persistent Problems in Precollege Mathematics, Science, and Environmental Education: Issues, Trends, and Recommendations.

5. American Association for the Advancement of Scienceのプロジェクト2061

(AAAS: Project 2061と略す) :

・ Science for All Americans. (1990)

6. NSTAのScope, Sequence and Coordination of Secondary School Scienceプロジェクト (NSTA: SS&Cと略す) :

・ The Content Core: A Guide for Curriculum Designers. (1992)

これらを取り上げた理由は、1つにはそれらが国家的に信頼の高い、したがってその影響力の大きい機関や学会等によって発表されていること、そして第2には、研究論文における引用頻度が高いこと、さらにこれらが、1980年から現在までを時期的にまんべんなく覆っていることの3つである。

さてそこで、これらの報告書類で行われている提言の中身であるが、これを一覧表の形に整理したものが表2-7である。これらの報告書類は、アメリカ科学教育の現状に対して以下のような共通認識を示し、その改善のために何をなすべきかが提言されている。すなわちその認識とは、高等学校科学授業の履修率の低下、標準学力テストの得点の低下、科学授業における教科書への過度な依存、能力のある科学教師の不足、そして授業における科学知識の記憶の過度な強調である（これらの問題のうちどれが強調されているかは、報告書によって異なる）。これらの問題点は、1980年前期の科学教育の危機の時代以降多くの文献で指摘されており（たとえばSpector, 1986; Hamm and Adams, 1989; Grobman, 1989など）、このことからアメリカ科学教育の危機的状況は依然解決されていないことが推察される。そうであるからこそ、本論文で取り上げる報告書類のリストのうち、90年代の2つプロジェクトに見られるように、今なお共通の問題に対する改善の試みが継続されているのであろう。以下においてはこの表を参照しながら、まず各報告書類の全体的特徴を概観する。

1) 「DE & NSF」について

この報告書は、当時の教育省長官Shirley M. Hufstedler と、報告書作成のディレクターであったNSFのDonald N. Langenbergから、カーター大統領に対して提出されたものであり、1980年代の科学教育における変化の必要性を、公的に最初に示したレポートの1つである。表2-7を見ると分かる通り、この報告書には、科学教育の教授内容や方法についての提言よりも、教育の制度や組織についての提言が多い。この点は他の報告書類と異

表2-7. 国家機関または学会から公表された報告書類で行われている提言

特徴 \ 報告書類	DE & NSF	NSTA: Project Synthesis	NSF - NSBC	ERIC Clearinghouse	AAAS: Project 2061	NSTA: SS&C
科学的リテラシーの育成 (Science for All)	●	●	●	●	●	●
広範な組織からの資金援助	●		●			
教師教育プログラムの開発			●	●	●	●
K-12までの一貫したカリキュラム の開発	●	●	●		●	●
カリキュラム・ガイドライン, フレームワークの開発			●	●	●	●
STSテーマへの焦点化	●	●	●	●	●	●
概念によるカリキュラムの統合と 「少ない概念をより深く」			●	●	●	●
探究と問題解決活動の実践		●	●	●	●	●
意思決定活動の実践		●	●	●		
認知科学の成果の反映			●	●	●	●
グループ学習と協同学習方略の採用		●			●	●
技術についての学習	●	●	●	●	●	
科学教育改革に向けた全システムと あらゆる関係者の関与	●		●		●	●
学校外での活動と人的資源の利用		●	●		●	

なる特徴である。

さらに本書はアメリカの科学的、技術的、経済的競争力の低下に対する明確な危機意識を表明している点で、他の報告書類と異なる。しかしその危機克服のためには、単に優秀な科学者、技術者の養成のみでは不十分であり、科学と技術を支持する、科学的リテラシーを身につけた一般市民の存在が必要であることが、強く認識されている。したがってアメリカの科学教育はこのような将来の市民の育成に関与すべきであることを主張しており、この点は1950、60年代のカリキュラム改革の時代の主張と明らかに異なっている。

2) 「NSTA: Project Synthesis」について

本書の目的は、1970年代末のアメリカ「大学前科学教育の現状を吟味し、科学教育の将来の活動に関する基礎的な提言を行うこと」(Kahl and Harms, 1981, p.5)にあり、その提言は科学教育の目標、カリキュラムの内容、教授方略、評価等広範囲にわたっている。特に科学教育の目標として、これまで強調されてきた知識の獲得に加え、個人のニーズ、社会的課題、そして職業教育の4つの領域を提案し、その拡張を図った点に特徴が見られる。また科学における教育内容として初めて公式にSTSを加えた点にも、その後のアメリカ科学教育の展開上大きな意義がある。したがって「STS テーマへの焦点化」「意思決定活動の実践」「技術についての学習」「学校外での活動と人的資源の利用」といった、科学と技術、社会間の相互関連理解のための提言が数多くなされている。

3) 「NSF-NSBC」について

NSBCは、アメリカの数学、科学教育を改善するための国家的アジェンダを提案するために組織された、18ヶ月間の委員会であった。その成果は途中公表されたものも含めて3つの報告書から成る。本書で提案されている科学教育改革の方向性は、現代社会に生きるあらゆる市民が、数学、技術、科学についてのリテラシーを身につけられるようにするというもので、そのために必要とされる可能な限り多面的な改革の手だてが提案されている。表2-7を見ると分かるように、科学教育の財政的側面、制度的側面、教授内容、教授方略等、他の報告書に比べ圧倒的に多くの提言が行われている。

4) 「Persistent Problems」について

本書はアメリカ教育省にある教育資料情報センター (Educational Resources Informa-

tion Center, ERIC) によって行われた、科学教育の現状分析とそれに基づく提言から成り立っている。その分析と提言は科学の履修状況、学力 (achievement), カリキュラム, 教授教材, 教員の質と供給, そして教授について行われている。その中では生徒の科学的リテラシー育成という用語は使用されていないが、「カレッジ進学者のうち科学と数学を専攻しない生徒, およびカレッジに進学しない生徒に対してインパクトを持つ」(Howe, 1987, pp.xii-xiii) 教授教材の開発に高いプライオリティーが与えられるべきことが述べられ, あらゆる生徒のための科学教育という考え方が表明されている。提言は「DF & NSF」とは対照的に, 科学教育改善のための制度的側面よりも, 教授教材, 教授目標, 教授内容, 教授方略等, 教授の側面が特に強調されている。

5) 「AAAS: Project 2061」について

Project 2061の目標は、「科学的リテラシーという目標の達成に, 全米レベルで貢献する」(AAAS,1992, p.5) ことであり, このプロジェクトの成果の一部を公表した”Science for All Americans”は, 中等学校終了までに生徒に育成さるべき科学的リテラシーを定めた報告書である。

本プロジェクトは科学教育改革のために, Phase IからIIIまで非常に長い期間を費やしている。たとえば科学, 技術, 数学教育の目標および教授内容を決定したPhase Iは1985年に始まり, 1989年に終了した(その成果が”Science for All Americans”である)。そしてPhase Iの目標を具体化するPhase IIが現在進行中であり, 全米6地域がモデル地域として指定され, その実践の成果であるカリキュラムモデルが近年中に出版される予定である。最後のPhase IIIは以上の成果を全米に拡大する努力の期間であり, 2061年までには全体として数十年の期間が必要であるとされている。また本プロジェクトでは, 改革に係るあらゆる教育組織と人々, そしてあらゆる教育システム(たとえば校長, 教育研究者, 教育行政, 専門学会, さらに連邦政府等)の関与を求めている点に特徴がある。

さらに本書のもう1つの特徴は, 自然科学のみならずそれに関連する社会科学, 行動科学, 数学, 技術, 工学, そしてこれらの相互関連を含むように科学教育を定義している点にある。

6) 「NSTA: SS&C」について

NSTAのこのプロジェクトも, Project 2061同様これからの科学カリキュラムの組織原理

と教授内容、教授方略をまず最初に定め（その成果が”Content Core”という書物である）、それらを特定の地域の特色を活かしながら実践し、データを集め、最終的にそれらの成果を全米に広げるというアプローチを採用している。しかし本プロジェクトは、まず対象としている学校段階が中等学校に絞られている点において、Project 2061とは異なる。そして科学を構成する諸科目間の相互調整のあり方に主眼がおかれ、他の諸学問との調整のあり方には特別の注意が払われていない点も、Project 2061との相違点である⁸⁾。つまり「科学は1つの科目として見なされるべきであり、この科目の中に特定の領域が認識される」（Maton,1993,p.242）と見なして、カリキュラムを構成しようとしている。このような主張がなされた背景には、「レイヤーケーキ」カリキュラムと呼ばれるように、ある学年は生物、その翌年は物理というように、科学の単一の科目を特定の学年で履修するカリキュラム形態をアメリカが取っている点があげられる。これでは生徒が科目間の関連を理解することがむずかしく、現実に教師も先行する科学の学習経験を参照するよう特に生徒に働きかけをしていないという。本書では、この状況が科学の諸科目の履修率の低下に拍車をかけているという認識を示しており、その解決策として、注8)で述べたような科学の諸科目間の調整のためのさまざまなアプローチを提言している。

3. 1980年代アメリカ科学教育の動向と、BSCSの科学教育改革の試みとの関連

表2-7に示した各種報告書類でなされている提言は、本章の第2節、3節で指摘した

8) NSTAのSS&Cプロジェクトは、科学の諸科目、すなわち物理、化学、生物、地球科学の内容を統合する方法を探るのが1つの目的である。”Content Core”の中ではその事例をいくつかあげている。

1. 「進化」「エネルギー」といったテーマもしくは概念による科目の統合。
2. 「宇宙探検」「食糧の生産、分配、消費」といった現象による科目の統合。
3. 各科目に基礎をおいた事例として、毎週各科目をすべて1時間から2時間履修する形態と、1年間を4つに区切り各期間ごとに各1つの科目を履修する形態をあげている。そしてもう1つの事例として、アイオワ大学で実践が行われているSTS コースによる統合が、「自動車旅行」「環境汚染」といったテーマをもとに示されている。

ように、すべて1980年代以降のBSCSの活動およびカリキュラムの特徴と一致していると言える。そこで以下においては、これら両者の対応関係を、科学教育の目標、科学授業で用いられる指導方策、そしてカリキュラム開発を支える政策的側面の3点に分けて、具体的に論じることとする。

1) 科学教育の目標

表2-7で取り上げた6つの報告書類の概略の中で指摘したように、これらはいずれも今後の科学教育の目標として、生徒に科学的リテラシーを身につけさせることをうたっている。科学的リテラシーの近年の捉え方については次の第3章で詳しく論じるが、Hurd (1986) が指摘するように、科学的リテラシーが主張される背景には、1つには「学校科学が一般教育の重要な部分を占め、人文諸科学との関連を持つべき」(Hurd, 1986, pp.96-97) とする考え方と、もう1つには「科学教育を経済発展、生産性、そして労働の世界における生活の向上に向けるべき」(p.97) とする2つの認識が存在する。つまり前者は、アメリカの教育全体の目的である市民性の教育に、科学教育が貢献すべきであるとする立場であり、後者は、国の経済発展、国際的競争力の強化、優秀な労働力の確保等、経済界と産業界および国家のニーズに科学教育が貢献すべきとする立場である。

前者の立場に関しては、科学と技術に関連した多くの社会的問題が出現しつつある現代民主主義社会の中で、これらの問題の解決に向けての決定に効果的に、かつ責任を持って関与できる市民を育成し、社会的問題の科学的、技術的側面を理解できる市民を育成することが、すべての報告書において目標として位置づけられている。しかしながら、「NSF-NSBC」と「AAAS: Project 2061」、ならびに「NSTA: SS&C」については、その具体的提言に対して、辛辣な批判が何人かの研究者たちから投げかけられている。たとえばProject 2061に対してRamseyとFenshamは以下のように批判している。

「責任ある市民としての行動を最も期待させる知識、態度、スキルを（本報告書は）含んでいない。（中略）このことは、Project 2061の著者たちが、科学の範囲を従来の科学知識の単なる拡張として捉えていることを示している。その拡張された知識の本体とは、技術、数学、社会、そして科学史についての情報を、現在の科学教育の内容を『薄めたもの』に加えたものである。もしこれが正しいのであれば、手段（すなわち静的な知識）が、その目標（すなわち社会的責任性の育成）に適していないということになる」（Ramsey, 1993, p.245）

「Project 2061のメカニズムとプロセスは、1960年代に誤りを犯したプロセスの使用を、さらに試みようとしているにすぎないように思われる。（中略）科学から疎外された人々の声は、そこには見られない」（Fensham,1986,p.23）

またSS&Cに対しても、Ramseyは同様な批判を行っている。

「（本プロジェクトの主任研究者である）Aldridgeは、より多くの生徒が科学を理解できるような方法で、科学を教えるべきことを提案しているが、．．．この努力が、現在ある学問中心の内容の再包装であることを、（本書は）明確に示している」

（Ramsey,1993,p.246）

さらに「NSF-NSBC」に対しても、あらゆる生徒を対象とした科学を主張しながらも、その実態はエリート教育の改善のための提言であるとして、Fensham（1986）は厳しい批判を展開している。

このようにこれら3つの報告書は、科学的リテラシーを科学教育の目標として掲げているにも関わらず、科学的リテラシーの認知的側面を強調した報告書であり、「科学と技術の発展によって毎日変化しつつある世界に生きるアメリカ市民が、そこでの生活に必要な理解を得られるようにする」（AAAS,1991）ことが目標とされている。したがってここでは、問題解決や意思決定行動を求めた目標は強調されていない。しかしながら、科学的リテラシーの捉え方およびその実現のための方策は異なるものの、そこには科学の捉え方の拡張、あらゆる生徒を対象にした科学教育の捉え方が見られる点は共通している。

一方経済界、産業界、そして国家のニーズに応えようとする後者の立場の背景には、「より科学的なマンパワーが必要な世界の状況、そして急速に変化しつつある世界の状況」（O'Hearn,1976,p.105）に対する認識がある。ここで取り上げた6つの報告書のうち「NSF-NSBC」は、前者の主張と同時にこの立場も表明している唯一の報告書である。この点について「NSF-NSBC」は以下のように述べている。

「我々の工業生産物の質、貿易における競争力、研究開発におけるリーダーシップ、そして生活の水準は、すでに強烈な挑戦を受けている。我々の子どもたちは技術的世界における落伍者となりかねない。我々はこのようなことを起こしてはならないし、アメリカ人は工業的に遅れをとってはならない。そして我々は21世紀の世界のために、1960年代の教育を子どもたちに与えるべきではない」

（NSBC & NSF,1983,pp.v-vi）

ここで述べられていることのうち重要な点は、1960年代の科学カリキュラム改革運動の

ときのように、工業的な遅れに対処するために優秀な科学者と技術者を養成することでそれに応えるのではなく、21世紀の市民となるあらゆる生徒の科学的リテラシーを育成することによって応えることが主張されている点である。これはアメリカの科学的、技術的、経済的危機に教育が貢献する方法として、60年代とは決定的に異なるアプローチを提言していると言える。

一方BSCSの捉える科学的リテラシーは、本節の1-3)で述べたように、一般教育の重要な構成要素として科学教育を捉える前者の立場を取っている（その詳細は第3章で述べる）。そこでは「生物学に関わる課題に関連して、個人的、倫理的意思決定を行い」「現実世界の問題を解決するために知識を応用する」（BSCS,1993,p.viii）ことが生物学的リテラシーの定義として述べられ、科学的リテラシーの認知的側面だけでなく、それらの機能的側面ないしは行動的側面までが求められている。この点でBSCSは、「NSF-NSBC」「AAAS: Project 2061」「NSTA: SS&C」における科学的リテラシーの捉え方よりも、広範な捉え方を示していると言える。

いずれの立場を取るにせよ、現在のアメリカ人が置かれたさまざまな社会的状況に対処するために、科学教育が個人的、社会的テーマを含むよう学問の境界を越えて広がることを、すなわち科学的リテラシーの育成を目標とすることをこれらの報告書類は共通して提言している。そしてBSCSの科学教育の目標は、基本的にはこれらに一致しており、またここでは科学的リテラシーのより行動的側面が強調されている点で、これらと異なる立場をも有している。

2) 科学的リテラシー育成のための指導方略

以上のようにこれらの報告書類は、いずれも科学的リテラシー育成を目標として各種の提言を行っているのであるから、そこでなされている教授内容、その配列、そして教授方略についての提言は、その実現のための方策であると捉えることができる。たとえば

「STS テーマへの焦点化」「概念によるカリキュラムの統合と『少ない概念をより深く』」「探究と問題解決活動の実践」「認知科学の成果の反映」の4つは、1983年以降（「NSF-NSBC」以降）に発表された報告書類においてすべて提言されている。そして「技術についての学習」は「NSTA: SS&C」を除くすべての報告書類において提言されている。これは「NSTA: SS&C」が、前述したように科学の諸科目に限って、その学習内容、配列、そしてそれらの間の調整を報告しているため、技術についての記述が見られないものと判断され

る。また「意思決定活動の実践」は、「AAAS: Project 2061」と「NSTA: SS&C」を除くすべての報告書類で提言されている。これは各報告書が、科学的リテラシー育成のための教授の認知的側面を強調した報告書であることを反映した結果であると考えることができる。さらに近年構成主義学習理論と関連づけてその重要性が主張されるようになってきている。「グループ学習とコーオペレイティブ学習方略の採用」は、科学教育におけるその重要性の認識の高まりを反映して、近年の報告書すべてにおいて提言がなされている。

また表中の最後の項目である「学校外での活動と人的資源の利用」という提言は、他のいくつかの提言、たとえば「STS テーマへの焦点化」（すなわち科学と技術の社会的利用によって引き起こされる経済的、政治的、倫理的問題の学習）や、「意思決定活動の実践」と深い関連がある。つまり社会的問題の解決と意思決定を授業で扱う上で、学校外の資料（印刷物、組織、人的資源等）は不可欠であり、それを積極的に利用しようというのが、この提言の趣旨である。第4章で詳しく述べるように、BSCSはこの指導方略をSTS カリキュラムの中で積極的に活用している。

以上のように、科学的リテラシー育成の手段として、報告書により異なった提言がなされているが、本章第2節、3節で見てきたように、BSCSではこれらの方策をすべてカリキュラムの形で実現している。特にSTS テーマへの焦点化、意思決定活動の実践、そして技術についての学習は、1980年代初期のカリキュラムにすでに取り入れられている。この事実は、BSCSにおけるカリキュラム開発の先見性と、新しい教授理論取り込みの迅速さを裏づけている。

3) 科学教育改革のための政策的側面

表2-7のうち、これに直接該当する項目は「科学教育改革に向けた全システムとあらゆる関係者の関与」である。これについてBSCSは以下のような見解を表明している。

「科学教育の成功は、教育システムのあらゆる要素が相互に支援的であるとき達成されるとBSCSは認識している。科学教育の成功には、高い質のカリキュラムと影響力を持った知性ある教師、および教室、学校、家庭、そしてコミュニティーにおける支援的な学習環境が必要である」 (March.1993, p.4)

この見解は、たとえば「AAAS: Project 2061」における以下の指摘と軌を一にしている。

「学校の管理者と教育政策担当者は、教師を支援する必要がある。教師は、教材についての専門家、子どもの発達についての専門家、学習についての専門家、そして現

代技術の教育的潜在能力について知る専門家である学者たちを必要としている。さらに彼らは、コミュニティーの指導者、企業のリーダー、そして親たちからの援助と支援を必要としている。なぜなら教育改革は互いに分かち合われた責任であるからである」(AAAS,1990, p.199)

同様の提言は4つの報告書類に共通して見られるが、このことは1980年代以降の科学教育の危機的状況に対して、国のあらゆるレベルがその克服にあたらねばならないという認識の高まりの反映であると考えられる。

さらに科学教育改革のためには、改革の骨子を方向づける「カリキュラム・ガイドラインとフレームワーク」の開発が必要であるという認識が示されており、したがって1983年以降に発表された報告書のほとんどがこれについて言及している。「AAAS: Project 2061」と「NSTA: SS&C」はまさにこのカリキュラム・ガイドラインもしくはカリキュラム・フレームワーク自身に他ならない。また教育場面の改革を実際に担う教師の現職教育の必要性も、多くの報告書で指摘されている。

つまり近年発表された報告書類においては、科学的リテラシー育成を目標としたカリキュラムの開発と共に、それを実践に移すための組織的、政策的方策が、教授内容、配列、方略と共に等しく提言されているのである。本章第2節で指摘したように、BSCSは科学的リテラシー育成のための指導方略と同様、これらの提言をすでに実践に移しており、ここにもBSCSの活動の先見性と改革に対する対応の迅速さを見て取ることができる。

以上のようにBSCSは、1980年代以降に発表された報告書類でなされている各種の提言のすべてを実行に移しており、これらの報告書がほとんど言及していない「学校外での活動と人的資源の利用」や、改革に必要な資金を広範な組織から獲得することも実行に移している。このようにアメリカ科学教育の抱えている問題をいち速く見抜き、それに迅速に対応し、科学教育研究の成果を即座にカリキュラムに取り入れる能力は、アメリカの他のカリキュラム開発組織や会社には見られぬほどに高い。しかも改革の方向性は、後に全米の科学教育の1つの動向として、それが顕在化してくる状況から理解されるように、非常に確なものである。

これまでに見てきた各種の報告書でなされている提言のうち、今緊急に必要とされているのが「教育プロセスにおける最も重要な変数の1つである教授」(Kuerbis,1986,p.35)におかれていることは、表2-7から明らかである。BSCS自身も現在残されている教育改

革の最も困難な側面が「カリキュラム，教授，そして評価の質と適切さの改善である」（BSCS, 1993, p.1）ことを認識している．そこで実現が目指されている目標は，一言で表現するなら科学的リテラシーの育成であり，それを達成するための具体的な答の1つが，今のBSCSカリキュラムである．現在BSCSのカリキュラム開発は，青版，緑版といった1960年代に開発された生物教科書の改訂，STSカリキュラムの開発，そして科学的リテラシー育成のためのあらゆる方策を取り込んだK-12学年までのカリキュラムの開発，という3つの柱を中心に行われており，多様な教育のニーズに柔軟に対応しようとしているように思える．

BSCSのディレクターであるJoseph McInerney (1987) は，これらのカリキュラムを「民主主義の中で影響力を行使できる市民としての生徒を育てるという広い目標を反映した」カリキュラム，また「知的な面でも現実場面でも，科学と技術に非常に依存した，急速に変化しつつある社会の構成要素を理解できる生徒を育成する」カリキュラム (McInerney, 1987, p.27) と表現している．これらの表現はBSCSの捉える科学的リテラシーの表明に他ならず，上述した現在の3つのカリキュラム開発の柱を貫く中心的理念である．そこで第3章においては，BSCSが捉える科学的リテラシーとはいかなるものであり，それはアメリカ科学教育における他の捉え方と比較し，いかなる特色を持つものであるかを検討する．

第3章 科学的リテラシー概念を基礎とした，BSCSの カリキュラム開発理念の発展プロセスの検討

第1節 近年のアメリカ科学教育における
科学的リテラシー論の展開

第2節 BSCSにおける科学的リテラシー論

第3節 科学的リテラシー概念を基礎とした，BSCSの
カリキュラム開発理念の発展プロセス

これまでの第1章，2章においては，1960年代，70年代，そして80年代以降のBSCSカリキュラム，ならびにその開発活動の特色を検討してきた。その結果これらの各時代を通じて見られるいくつかの特色が指摘され，また80年代以降顕著になってきたいくつかの傾向が明らかになった。さらに80年代以降のこれらの特色と，アメリカ科学教育全体の動向，特に科学教育の目標としての科学的リテラシーとの関連を明らかにしてきた。

そこで本章では，まず第1節，2節において，近年のアメリカ科学教育の目標として再び脚光を浴びてきた科学的リテラシー，そしてBSCSの80年代以降のカリキュラムを特色づける用語としての科学的リテラシーに焦点をあて，両者の特色と相違点を明らかにする。そして第3節においては，第2節までに明らかになったBSCSにおける科学的リテラシーの捉え方を基礎にして，第2章4節で行ったBSCSのカリキュラム開発の流れを再検討する。

以上の作業によって，BSCSカリキュラムの変遷過程を，理念の変更によるプロセスではなく，カリキュラム開発理念の一連の発展的プロセスとして描き出すことが可能となる。そして第4節においては，BSCSが1980年代以降推進してきているSTSカリキュラムにおける科学的リテラシーの位置を明らかにし，これらのカリキュラムの中に科学的リテラシーの具体的な内容が表現されていることを論じる。

第1節．近年のアメリカ科学教育における科学的リテラシー論の展開

科学的リテラシーとは、鶴岡（1981）の言う「一般教育の一部としての理科教育によって育成されるべき市民的資質」（p.32）であり、定義そのものについては一般に異論はない（Pella,1976）．ところが、多くの研究者（たとえばMiller,1983; Champagne and Lovitts,1989; Jenkins,1990など）が指摘しているように、問題はこの資質という言葉の指す内容、すなわちどのような資質を身につけた人が、現代社会において科学的リテラシーを身につけた人と言えるのかが、科学の置かれた時代状況や国、文化、個人の価値観によって大きく異なっている点にある．さらにJenkins（1990）が言うように、科学的リテラシーについて同じ捉え方をしているとしても、その育成が経済発展のためであるのか、また個人の生活と福祉の充実を目指したものであるのかなど、異なる理由に基づいて議論されている例がしばしば見られる．

そこで本節では、科学的リテラシーの捉え方を検討する対象として、アメリカ一国に限定し、まずこれまでになされてきた議論の流れを整理し、現在のアメリカにおけるその特色を明らかにする．

1．アメリカにおける科学的リテラシーの捉え方の変遷

1) 1960年代までの捉え方

科学的リテラシーという概念は、それ自身長い歴史を持ちつつ、1980年代以降のアメリカ科学教育において、現代科学教育の目標を表現するキャッチフレーズとして再び脚光を浴びつつある．

そもそも科学的リテラシーという用語は、科学教育の主要な目標として、1950年代後半ないしは60年代初頭に強調されるようになったものである．当初の定義は、「リテラシーというフレーズを文字通りに捉え、科学雑誌や科学の文献を読み、理解できる能力に関連づけられて」（Rubba and Anderson,1978, p.449）定義されていた．すなわちそれは、科学教育の目標に照らして表現するなら「概念形成、理解、そして洞察力といったねらいに関連づけられていた」（Maarschalk,1988,p.135）と言える．しかしながら、科学者と一般市民との間の意思疎通の不十分さと社会的諸問題の出現、ならびに技術の両刃性等が社会において顕在化する中、「科学を広い視野に据えて総合的に理解し、しかもその理解を

基礎にして当の問題の解決に主体的に取り組んで行く市民」(鶴岡,1979,p162)の育成を、科学的リテラシー論者は強く求めるようになった。この立場からすると、1950年代に始まるカリキュラム改革運動は、将来の科学者、技術者の養成を目的としていた点で、その期待に沿うものではなかった。つまりこの時代の新カリキュラムの目標に対するアンチテーゼとして、科学的リテラシーは登場することとなった。

この時代の科学的リテラシーの定義については、それに関連する膨大な量の文献の分類を行ったPellaら(Pella,et al.,1966a: 1966b)の研究によって明らかにされている。それによると、1964年の時点で、その意味内容はすでに以下の6点に拡張されていたという。

科学的リテラシーを身につけた人とは、以下のことについて理解している人として特徴づけられることが結論された。

- (1)科学と社会の相互関連
- (2)科学者の研究をコントロールする倫理
- (3)科学の本質
- (4)科学における基本的概念
- (5)科学と技術の間の相違点
- (6)科学と人文の相互関連 (Pella,et al.,1966a, p.44)

ここで注目しておかなければならない第一の事項は、前述した「広い視野に据えて」捉えた科学というフレーズのうち、「広い視野」にあたる部分が具体的に表現されている点である。すなわち、カリキュラム改革運動時代に主張された、科学の本質や科学の基本概念の理解と共に、社会、倫理、技術、人文といった文脈の中で捉えた科学の理解が、この時代における科学的リテラシーの内容である。特にこれらのうち、科学の本質と、科学と社会の相互関連、および科学者の研究をコントロールする倫理の3つは、この時代の科学的リテラシー論に顕著に見られたという(Pella et al.,1966b,p.206)。

さらにPellaらの研究で注目すべきことは、この時代の科学的リテラシー論では理解、すなわち認知的側面が強調され、科学と技術に基礎をおいた社会的問題の解決に向けての態度、スキル、行動など、情意的、応用的側面の扱いが弱い点である。つまり社会的問題の解決の能力育成へと、科学教育の目的は拡張されたものの、その基本的な資質として科学の本質や概念の理解が重視されていた点が、この時代の科学的リテラシー論の特色であると結論できる。

2) 1970年代の捉え方

上述した科学的リテラシーに対する60年代の捉え方は、カリキュラム改革運動の第2期とされる、1964年以降に開始されたプロジェクト（たとえばHPPなど）の中に反映された。しかしながらこれらのプロジェクトによって開発されたカリキュラムは、アメリカ科学教育においては影響力の小さいものであり、科学的リテラシーが科学教育の目標としてその地位を確立するのは、1970年代に入ってからであった。

NSTAは1971年7月、70年代の科学教育の目標に関する基本的立場（Position Statement）を、理事会において正式に承認した。そこでは科学的リテラシーが科学教育の目標として明確に位置づけられ、一般教育の目標達成のために科学教育が貢献すべきであるという信念の表明が行われた。そこでは科学的リテラシーを身につけた人として11項目が定義されており、科学概念の理解、科学の本質の理解、そして探究を通じた自発的に学ぶ能力の育成などと共に、その中には以下の3つの項目が含まれている。

- ・他の人々および環境と相互作用するとき、日常的な意思決定場面の中で、科学概念とプロセススキル、そして価値を使用する。
- ・人間の福祉を向上させるときの、科学と技術の有用性はもちろん、その限界をも認識している。
- ・科学と技術、そして社会的、経済的発展といった社会の他の側面との間の相互関連を理解している。（NSTA,1971,pp.47-48）

これらの項目は、前述したPellaらによる定義のうち、(1)と(5)に対応するものであり、また「科学的証拠と個人の意見を区別する」など、Pellaらの定義の(2)「科学者の研究をコントロールする倫理」に該当する項目も含まれている。したがって、NSTAの捉える科学的リテラシーは、Pellaらの定義の(6)「科学と人文の相互関連」を除くすべてを含んでいると結論できる。つまり拡張された科学的リテラシーの定義は、ここに初めて学会による承認を受けたことになる。この科学的リテラシーの定義の拡張についてAgin(1974)は、「生徒は社会的真空の中でなく、ある社会状況の中で、科学的営為の生産物とプロセスに気づくようにならねばならない」(Agin,1974, p.414)と述べ、また科学的リテラシーを身につけた人は「相互依存的で相互に関連した概念、方法、応用、そして社会的影響を持った活動として、科学を見る人」(同, p.414)であると述べている。しかしPellaらの定義同様、それは認知的側面を強調していた点は否めない。

その後、高等学校科学の履修者数の減少、高等学校卒業要件ならびに大学入学資格要件

からの科学の削減等が見られるにつれ、また科学に対する否定的な見解が広がるにつれ、さらに科学的なマンパワーを必要とするように世界の状況が急速に変化するにつれて、科学的リテラシーが、科学教育の目標としてますます要求されるようになったことを、O'Hearn (1976) は述べている。しかしながらこの時代になされた科学的リテラシーに関するいくつかの議論（たとえばAgin,1974; Smith,1974; O'Hearn,1976; Pella,1976など）は、基本的に60年代の捉え方を継承したものであった。

3) 近年のアメリカにおける科学的リテラシーの捉え方の特色

第2章4節で指摘したように、1980年代の科学教育のあり方を提言したNSTAの1982年基本声明 (Position Statement, NSTA, 1982) , 連邦政府レベルで同様の提言を行ったNSFによる一連の報告書 (NSF&NSBC, 1982; 1983a; 1983b) , 教育省とNSFによる提言 (Department of Education & NSF, 1980) , 新しいところではNSTAの1990年基本声明 (NSTA, 1990) など、科学的リテラシーを今後のアメリカ科学教育の目標として捉えている全米レベルの報告書類には、枚挙にいとまがない。

これは近年のアメリカ科学教育が、「科学の内容を科学のプロセスに関連づける能力の育成」 (Maarschalk, 1989, p.135) を目指した1960年代科学教育、すなわち将来科学、技術分野の職業を希望している一部の優秀な生徒のみを対象にした科学教育から、あらゆる生徒 (マイノリティー、女子生徒を含む) のための科学教育 (Science for All) へと移行しつつあることの現れである。

近年のアメリカ科学教育においては、1970年代までの議論を継承した形での、科学的リテラシーの捉え方が依然として見られるものの (たとえば第2章4節で述べたAAASのProject 2061; Koballa, Jr., 1984; Brunkhorst, 1986 など) , 知識・理解といった認知的側面から、さらに情意的、行動的側面まで拡張した捉え方もいくつか見られ、これが1980年代の科学的リテラシーの特色となっている。たとえば第2章4節で扱った「NSF-NSBC」 (1983) では、科学的リテラシーの4つの構成要素として行為/応用、その影響と評価の能力を指摘し、またRamsey (1993) は、行動的要素としての社会的責任性 (social responsibility) を、科学的リテラシーの鍵となる要素として指摘している。さらにSimpsonとAndersonは、科学的リテラシーを身につけた人の定義として7点あげているが、その中には以下の項目が見られる。

- ・ 問題解決、意思決定、. . . の状況の中で、科学のプロセスを使用する

- ・科学と自由社会の基礎をなす態度と価値を保持している
- ・生涯にわたる学習，そしてより豊かで満足のいく生活につながるような，科学に対する興味，関心を保持している (Simpson and Anderson, 1981, p.6)

ここには行動的側面として，意思決定場面が具体的に想定されており，また価値や関心といった情意的側面も含まれている。

以上のような，1980年代以降のアメリカ科学教育における科学的リテラシー論の動向は，1990年にNSTAから発表された基本的立場に集約されている(表3-1)。これを見ると分かる通り，これまでに引用してきた科学的リテラシーのすべての要素がここに含まれ，しかも科学の本質，科学を基礎づけている研究上の倫理など，詳細な点がここに記述されて

表3-1. NSTAの1990年Position Statement (基本的立場-抜粋)

<p>科学的・技術的リテラシーを身につけた人とは，</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 日常の問題を解決し，仕事や余暇を含む日常生活において責任ある意志決定を行うとき，倫理的価値観について情報に裏付けられた熟考をすることはもちろん，科学と技術の概念を使用する 2. 二者択一的な選択について考えられる結果を比較考量した後，個人として，そして市民として責任ある行動に参加する 3. 証拠に基礎をおいた合理的な議論を用いて，決定と行動を守る 4. 科学と技術が与える刺激と解釈のために，科学と技術に関わる 5. 自然界と人間のつくりだした世界について好奇心を示し，理解をする 6. 観察可能な世界を調べるとき，懐疑主義，注意深い手法，論理的推理，そして創造性を用いる 7. 科学的な研究と技術的な問題解決を評価する 8. 科学的，技術的情報の出所を位置づけ，収集し，分析し，評価する．そしてこれらの出所を，問題解決，意志決定，行動に利用する 9. 科学的，技術的証拠と個人の意見を区別し，信用できる情報と信用できない情報を区別する 10. 新しい証拠と，科学的／技術的知識の仮定性に，心を開いている 11. 科学と技術が人間の努力によるものであることを認識する 12. 科学的，技術的発達による利益と負担を比較考量する 13. 人間の福祉向上のためにもつ，科学と技術の力と限界を認識する 14. 科学，技術，社会の間の相互作用を分析する 15. 科学と技術を，他の人間の努力，たとえば歴史，数学，芸術，文学などと結合する 16. 個人的そして地球的な課題に関連するとき，科学と技術の政策的，経済的，道徳的，倫理的諸側面について考慮する 17. 妥当性が検証されるであろう自然現象について解釈を行う

いる。したがって、近年のアメリカ科学教育における科学的リテラシーの捉え方は、表3-1によって代表させることができる。

ところで、このような主張を行っている典型的な研究者たちが、STS教育の主張者たちである。彼らの主張する目標は、将来の一人の市民としての生徒たちが、高度な科学、技術に基礎をおいた民主主義社会に、有効にかつ責任をもって参加できるようにすることにある。これがSTS論者の主張する科学教育の目標であり、それを表現する用語として科学的リテラシーが用いられてきた。したがって彼らの捉える科学的リテラシーでは、行動的側面が強調される傾向があり、また知識やスキルについても、あくまでも行動のための機能的で使える知識、スキルが要求されることとなる。

以上のように、科学的リテラシーの捉え方は、科学そのものについての理解から科学に「ついて」の理解へ、また単に理解し、スキルを身につけることから、情意的、行動的側面の重視へと、その内容は拡張されてきた。これらの点を明確に示しているのが、近年の科学的リテラシー論の動向を総括的に概観した、ChampagneとLovitts(1989)の研究論文であり、彼らは現在なされている科学的リテラシーの議論の概念的フレームワークを、次ページの図3-1の形にまとめている。この図は、これまでになされてきた科学的リテラシーの議論が、それを育成するための教授上の方法と、それによって習得される学習の成果(知識、スキル、気質)、そしてそれを身につけた人の行動、の3つについて行われてきたことを示している。そしてこれら3点についての議論の背景には、国や民族、文化などの違いによる価値観(イデオロギー)が、色濃く影響していることを示している。この図で注目すべきは、科学的リテラシーの内容が、その国の社会的、文化的背景(イデオロギー)という大きな枠組みによって規定されていること、そして学習の成果として、知識とスキルだけでなく、気質⁹⁾(disposition)を含めているということ、さらに科学的リテラシーを身につけた人が、結果としてどのような行動をとるようになるかという観点を加えていることであり、したがってこれは、上述した近年のアメリカ科学的リテラシー論を捉える有効な枠組みであるということができる。

9) disposition という用語は、科学に対する価値評価と態度、興味・関心などを指しているが、この用語に対する適切な日本語訳はないため、ここでは「気質」という訳語を充てた。

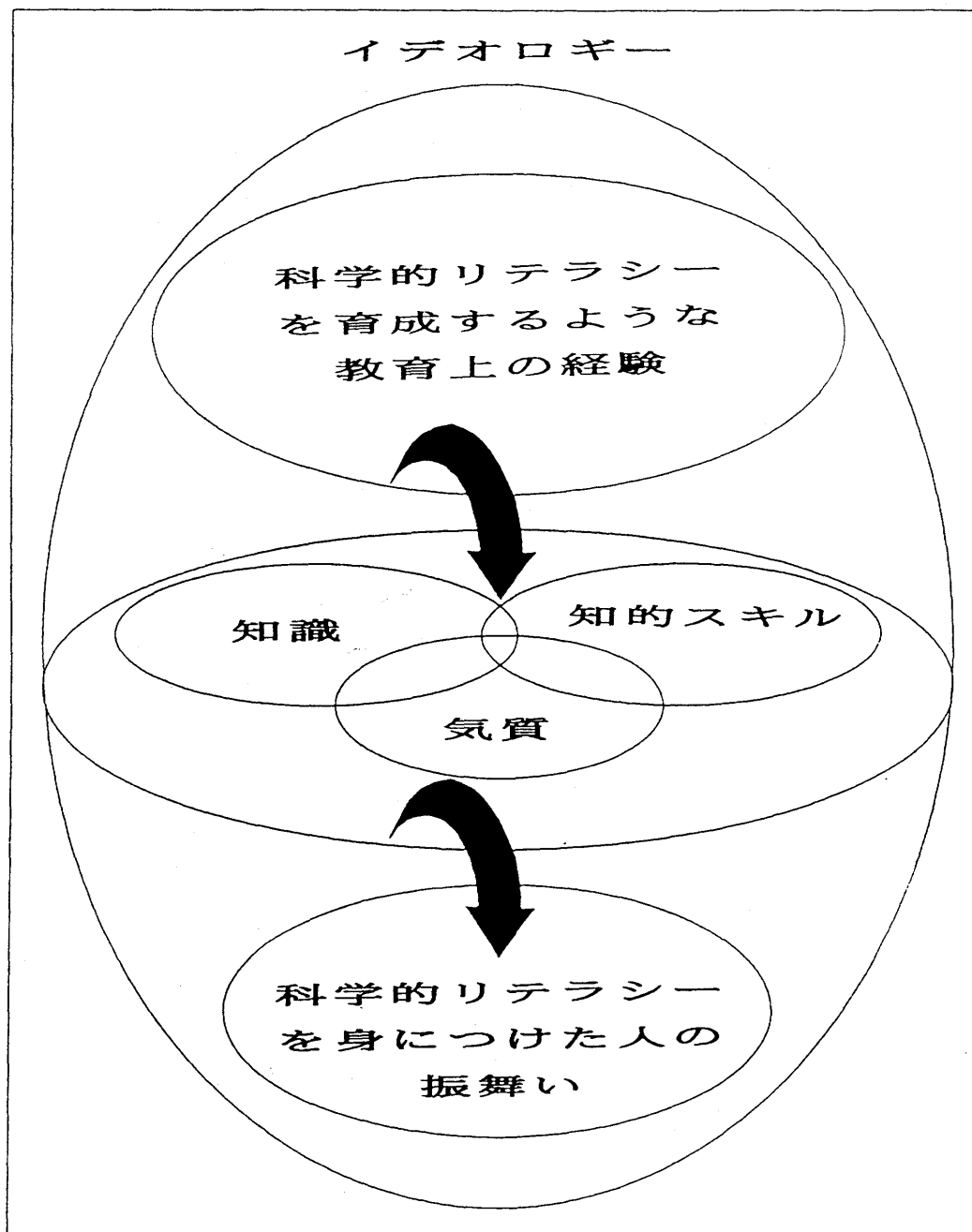


図3-1. 科学リテラシーの概念的フレームワーク
 (Champagne and Lovitts, 1989, p.2)

2. 科学リテラシーをめぐるその他の問題

さてこれまで議論してきた科学リテラシー論は、ChampagneとLovittsの作成した図3-1を用いて言うなら、科学リテラシー育成を目標とした教育の成果と、それによって

期待される行動に関するものであった。しかしながら科学的リテラシー育成のための教育上の経験，ならびにそれを規定する社会的，文化的背景については論じていない。そこで以下においては，これら2点について，重要と思われる事項について若干の考察を行う。

1) 科学的リテラシーを規定する社会的，文化的背景

アメリカ科学教育における科学的リテラシーは，基本的にアメリカ民主主義社会の維持，発展を目的として論じられている。つまりそこでは，アメリカ民主主義社会の発展を目的とした一般教育 (general education) という大きな枠組みを構成する1つの領域として科学教育を捉え，一般教育の目標である市民性 (Citizenship) の育成に科学教育が積極的に関与すべきことが前提とされている。この一般教育という文脈の中で表現される科学教育の目標が，科学的リテラシーである。以下に引用する記述は，科学的リテラシーを主張する論拠として，この点を端的に述べている。

「科学教育が生徒の個人的な発達に貢献するだけでなく，市民の義務，権利を身につけた一人の人間として，すなわち一人の市民としての自己実現に貢献すべきことを確認することは重要である。公教育のねらいは，教養ある (informed) 市民による，民主主義プロセスへの合理的な関与を促すことである」 (Bybee, 1986a, p.83)

「民主主義社会においては，科学と技術の社会的利用に関連した課題についての決定に参加する権利と義務を，市民は有している。それは有権者としてであり，消費者，労働者，そして公務員としてである。個人とその社会の発展は，彼らの選択の質に結びついている。アメリカ民主主義の活力は，科学と技術の発展と，世界へのその影響について市民が有効に思考できるかどうかにかかっている」

(Hickman, et al., 1987, p.5)

ここでは，現代の民主主義社会における意思決定プロセスに，一人の市民として効果的に関与できる能力を持った人を，市民性を身につけた人と捉えており，国家の発展が，これらの市民によって左右されるという認識が示されている。こういった主張は多くの論文に見られ，アメリカにおける科学的リテラシー主張の1つの柱を形成している。本節の1で述べた近年の科学的リテラシーの捉え方は，主にこの柱をもとにして展開されていると言ってよい。

一方科学的リテラシーの必要性を，国家の経済発展と関連づけて論じている文献もいくつか見られる。国家の経済的発展という文脈から論じられるため，この観点からの科学的

リテラシーの主張は、国家レベルの機関から公表された文書に多く見られる。たとえば第2章4節の2で扱った、「NSF-NSBC」（1983）は、この点を明確に主張した報告書である。また国家レベルの文書以外にもいくつかの文献が見られ、たとえばWalbergはこの点について以下のように述べている。

「長い目で見ると、アメリカにおける科学に対する支持とその利益は、科学の専門家ではない人々の科学的リテラシーと態度に依存している。（中略）科学的、技術的リテラシー、そして他のリテラシーは、一般的に知られている以上に西欧諸国の産業化に対して重要であり続けてきた。そしてリテラシーは、現代化を求めている低所得諸国にとってと同じように、ポスト産業社会もしくは情報社会の発展に対して決定的であり続けるであろう」（Walberg,1983,pp.2-3）

同様の主張はOgens（1991）によってもなされており、またChampagneとKlopfer（1982）は、科学教育の目標としての科学的リテラシーの意義を論じる上での1つの柱として、この経済的意義を指摘している。さらにこれらの主張は、産業を支える優秀な労働者を求める産業界の指導者たちからもなされている。教育も、国家の全体的な制度的枠組みの中に位置づけられている以上、国家の経済的発展に貢献すべきことが論じられても不思議はない。しかしながら、1960年代のカリキュラム改革運動の時代のように、国家の科学的、技術的発展を、優秀な科学者、技術者の確保に求めたのと異なり、一人一人の労働者の質の向上に求めている点が、国家や産業界からなされている現代の主張の特色である。

以上のように科学的リテラシーを規定する社会的、文化的背景としては、現代民主主義社会における市民性の育成、ないしは一般教育の文脈の中で捉えた科学教育の目標の達成という目的と、国家の経済的発展を実現するための質の高い労働力の確保という2点をここで指摘した。

2) 科学的リテラシー育成のための教育上の経験

科学教育の目標として科学的リテラシーを主張する立場として、前述したどちらの立場を取るにせよ、いずれも教育の対象としてあらゆる生徒を想定していることには違いがない。そもそも科学的リテラシーという主張は、将来科学者や、技術者を希望する一部の生徒を対象とした1960年代の新カリキュラムに対する、アンチテーゼとして登場したのであるから、これは当然のことであると言ってよい。すなわち科学的リテラシーの育成が、将来科学者、技術者を希望する生徒も含めたあらゆる生徒を対象にしているという点は、ま

ず第1におさえおかなければならない事項である。「毎日厳しい労働に携わっている多くの市民はもちろん、政治や経済の大部分のリーダーは、科学や技術を専攻していない人々の中から多くは現れる」のであるから、「これらの人々の有能さは、教育の主要な目標でなければならない」(Agin,1974,p.403)のである。

次に科学的リテラシー育成のための指導方略として、頻繁に提案されるのが、「生徒の現実世界」(Hurd,1970,p.14)への焦点化である。1)で述べたように、現代民主主義社会における意思決定プロセスに有効に関与できる生徒を育成するためには、そのプロセスに実際に携わる中で、教育的な働きかけを行う必要がある。そのために生徒の身の回りの現実世界を、学習の文脈として用いようというのが、この考え方である。O'Hearn(1976)は、人口増加、エネルギー需要、そして大気汚染といった社会問題の将来予測の活動を、科学的リテラシー育成のための科学授業の柱として用いることを提唱しているが、これらの活動は、生徒の現実世界への焦点化の典型的な事例である(彼はこの教材を「未来志向の教授教材」と呼んでいる)。

さて科学的リテラシー育成のための教授に関する、最後に触れておかなければならない事項は、科学的リテラシー獲得に到る道のりについてである。Smithに代表されるように、科学的リテラシーをそこに到る努力のプロセスとして捉える立場が、近年いくつかの文献に見られる。具体的には、彼は科学的リテラシーを目標達成に向けての挑戦(challenge)と捉えるべきことを主張している。彼は「達成されるべき能力、もしくは目標として科学的リテラシーを定義することは、過度な単純化であるように思われる」(Smith,1974,p.34)と述べ、その目標達成に到る連続的な挑戦のプロセスとして科学的リテラシーを捉えている。またSimpsonとAndersonも同様に、「各生徒が科学に関連した経験の中で、より科学的リテラシーを身につける方向に進歩していくこと」の重要性を説き、「各生徒が科学的リテラシーの連続体の上を進歩していける機会を持ち、科学を教える人々が、その進歩を援助することに最前を尽くすこと」(Simpson and Anderson,1981,p.13)の重要性を訴えている。

この点は、本論文でしばしば取り上げているAAASの、プロジェクト2061の方略にも見られる。つまりこのプロジェクトでは、中等学校終了までに生徒が身につけるべき科学的リテラシーが設定されているものの、そこに到る道筋として第2学年、5学年、8学年における達成目標もまた、"BENCHMARKS FOR SCIENCE LITERACY"(AAAS,1993)という書物の中で定められている。すなわち初等、中等学校全体を視野におさめて、科学的リテラシーを

いかにして育成するかが、プロジェクトの目標になっているのである。本来高等学校のみで、目標とされている科学的リテラシーを身につけることが可能なわけではなく、またすべての生徒が同じレベルのリテラシーを身につけることも不可能であり、したがってそこでのプロセスに目を向けることは、きわめて妥当な方略であると言える。この点を強く認識し始めた点が、科学的リテラシーの捉え方の近年の特徴である。

以上アメリカにおける科学的リテラシー論の、近年の発展プロセスを概観してきたが、それは以下の5点にまとめられる。

1. 科学に関連した文献が読めるように、科学知識と科学の本質について理解していること、という初期の定義から、科学を取りまく社会的、文化的文脈の理解、すなわち科学に「ついて」の理解へと、その意味内容が拡張されてきたこと。
2. 科学的リテラシー主張の背景として、一般教育の枠組みの中での科学教育の目標の達成と、国家の経済的発展という目的の2点が存在すること。
3. 科学的リテラシーの育成は、あらゆる生徒を対象に、生徒の現実世界という文脈の中で行われるべきであるという主張が強化されてきていること。
4. 科学的リテラシーを身につけた人に期待される行為として、科学と技術に基礎を置いた社会的問題に積極的に関与するという、行動の次元が強調されてきていること。
5. 科学的リテラシー育成のための教授（カリキュラム作成）を考慮するとき、初等、中等教育全体を視野に入れた、科学的リテラシー育成のプロセスが重視されてきていること。

第2節 BSCSにおける科学的リテラシー論

第1節においては、アメリカ科学教育における科学的リテラシーの捉え方の変遷と、近年のその特色について検討した。本節では、まず1980年代以降、BSCSカリキュラムの目標として設定された科学的リテラシーの捉え方を明らかにし、それがいかなる特色を持つかを、アメリカ科学教育における科学的リテラシー論と対比する中で提示する。そして最後に、第2章で解明してきた1980年代以降のBSCSカリキュラムの特色が、科学的リテラシーとどのように関連しているのかを検討する。

1. BSCSにおける1980年代以降の科学的リテラシー論

BSCSが、その科学カリキュラムの目標として科学的リテラシーという用語を明確に用いるようになったのは、きわめて最近である。しかしながら、BSCSの活動方針にその設立以来大きな影響を与えてきたHurdが、1970年にscientific enlightenment（科学的に啓蒙された人）という用語で科学的リテラシーと同一の内容を表現し、それを用いて科学教育の目標を記述して以降、またBSCSがカリキュラムの統合テーマの1つとして「科学と社会の間の相互関連」を追加して以降、実質的に科学的リテラシーは、BSCSカリキュラムの目標として設定され続けてきた。

たとえば1970年には、科学教育の目標を、科学的リテラシーの前提である「アメリカ公教育の目標」の枠組みの中で捉えるべきことを主張しているし、1978年には、自分自身で行動を決定し、意思決定の責任を担うことのできる「教養ある市民 (informed citizenry)」(BSCS, 1978b, p. 25; 1978c, p. 33) という表現を用いている。さらに1978年には、"Biology Teachers' Handbook (3rd. ed)" という書物の中で、生物教育が取り組まなければならない課題として、以下に示す10点が指摘されている。

1. 生物学を社会的文脈および人間の文脈の中で教えること。
2. 生物教育の主要な目標として価値と倫理学を確立し、人間の問題に対しては科学的な解決方法のみならず美的な解決方法もあることを認識すること。
3. 学問の論理に従うというよりもむしろ、生活の質のために意味を持つ生物社会的な出来事と問題に従って生物コースを組織すること。

4. 生物の題材を、そのタスク、行為、応用された価値によって選択すること。これらは現実の目標に役立ち得るものである。
5. 内容的にも構造的にも複数の学問に渡るカリキュラムによって、全体論的および統合的見解から生物を教えること。
6. 実験研究の実質的な部分には、個人およびコミュニティの問題、課題、もしくは政策が含まれるようにすること。
7. 意思決定、価値判断のプロセス、知識の妥当化、問題解決、そして生態学的な思考といった、さらなる認知的スキルを促すこと。
8. 生物の授業を将来に向かって方向づけること。そこでは人間の出来事についての将来の方向のために、生徒がさまざまな代替案を考察する機会が与えられる。
9. 多様な生徒のニーズに見合うように、個別化、個性化された授業を用いること。
10. 生物の教師は生物学の理論、概念、そして研究の解釈者であることを認識し、科学者と普通の市民の間の仲介者として行動すること。

(Paul D. Hurd, A Glimpse into the Future.

in BSCS, BIOLOGY TEACHERS' HANDBOOK 3rd ed., 1978, p.567)

ここでは、個人的、社会的文脈の中での科学の取扱いが強調されている(項目1,2,3)。すなわち現代民主主義国家における意思決定プロセスに効果的に関与できる生徒を育成しようという意図が見て取れる(項目5,6,7,8)。これはアメリカ公教育の目的であり、したがって、BSCSは教育の対象としてあらゆる生徒を想定していたといえることができる。これらの特徴は、1節で述べたような科学的リテラシーの内容に他ならず、したがってBSCSは、科学的リテラシーという用語を直接的には用いていないが、やはりこの時代にそれを目標として掲げていたといえる。

では具体的に、現在のBSCSにおける、科学教育の目標としての科学的リテラシーという用語の意味とは何であろうか。この問いに答える前に、科学的リテラシーに関連して多くの用語が用いられるため、その関係をまずここで整理しておく。次ページの図3-2は、これらの関係を、筆者の考え方に基つき整理して示したものであり、これについて以下に若干の説明を行う。

まず科学的リテラシーは、「一般教育の目的によって規定される科学教育の目標」と同義であり、BSCSもこの考え方を支持し「科学的リテラシーという言葉は、科学教育におけ

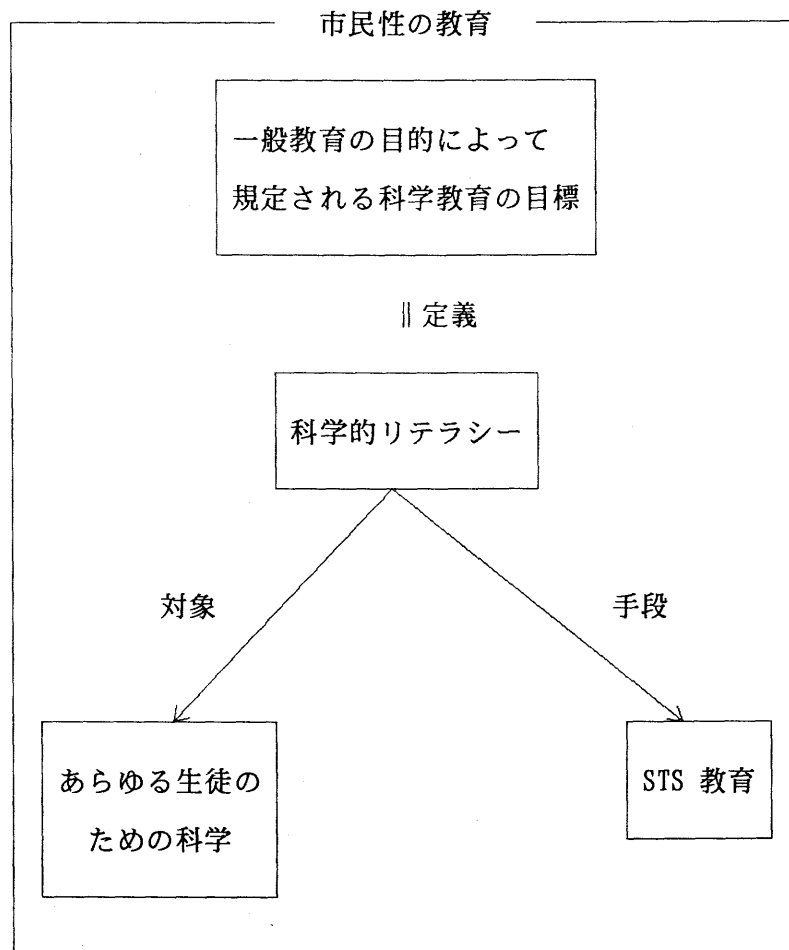


図3-2. 科学的リテラシーと関連する用語の関係

る広範で総括的な変化の必要性を指摘しているのだけれど、それは今次の科学教育改革を過去に試みられてきた改革と区別する指標となっている、一般教育の強調をもまた表現している」(BSCS, 1993, p.1)と述べている。さらに「一般教育コースにおいては、生徒が将来の科学者としてではなく、将来の市民として身につけるべき知識、価値、そしてスキルの上に、その主要な焦点がある」(同, p.124)と述べている。これらの文章は、科学的リテラシーが「あらゆる生徒のための科学 (science for all)」を通じて育成されることを示している。また「科学的リテラシーについての見解は、市民性という、より大きな教育の目的に焦点を当てたものであり」(BSCS and IBM, 1989, p.28)、「市民性の教育」(citizenship education) という目標は、科学的リテラシーを包括するより大きな目標と捉えられている。

そして最後に科学的リテラシーと「STS 教育」の関連であるが、これについてBSCSは以

下のように述べている。「科学と技術の領域のリテラシーには、科学と技術の間の関連性の理解、社会的課題の中で科学と技術を認識すること、科学と技術における1つの重要な社会的プロセスとして共同して活動を行うこと、科学の歴史と未来、そしてその社会への影響に気づくことが含まれる」(BSCS,1993,p.28)。ここで述べられている4つの要素はSTS教育の目標と同意であり、したがってSTS教育は科学的リテラシー育成のための1つの手段として位置づけることができる。これは逆に言うと、STS教育は科学的リテラシー育成を目標としているということになる。

以上のように市民性の教育、あらゆる生徒のための科学、あるいはSTS教育は、科学的リテラシーの異なる側面を表現したものであり、したがって、BSCSの文献においては、1970年代以降さまざまな表現が用いられているものの、現在のBSCSカリキュラムの目標は、市民性の育成を目指した科学的リテラシーの育成にあると、総括的に表現して構わないであろう。そこでBSCSが科学的リテラシーをどのように捉えているか、その特色を以下に5点指摘する。

まず第1点は、BSCSの捉える科学的リテラシーが、知識・理解、スキル、そして価値と態度の3つの基本的柱から成り立っているということである。この点についてBSCSは、生物学の文脈の中で科学的リテラシーを以下のように定義している。

生物学的リテラシーを身につけた生徒は以下のことができる。

- 1.生物学の統合原理と主要な概念、生物圏(biospher)への人間のインパクト、科学的探究のプロセス、そして生物学概念の歴史的発達について理解する。
- 2.科学研究、生物の多様性と文化的多様性、生物学とバイオテクノロジーの社会へのインパクト、そして個人に対する生物学の重要性について、適切な個人の価値を発達させる。
- 3.創造的に思考し、自然について疑問を提起する。
- 4.論理的、批判的に思考し、情報を評価する。
- 5.適切に技術を用いる。
- 6.生物学に関わる課題に関連して、個人的、倫理的意思決定を行う。
- 7.現実世界の問題を解決するために知識を応用する。(BSCS,1993,p.viii)

これらは、上述した3つの柱に対応づけるなら、項目1.が知識・理解に、2.が価値と態度

表3-2. 科学的, 技術的リテラシーのフレームワーク

目 標	知識の獲得	学習スキルの育成	価値とアイディアの育成
テーマ	科学と技術の諸概念	科学的・技術的探究の過程	科学, 技術, 社会間の相互作用
強調される領域	個人的問題	情報収集	地域の課題
	市民としての関心	問題解決	公共政策
	文化的展望	意思決定	グローバルな問題

(Bybee, R.W., 1986a, p.85)

に, そして3.~5.が操作的なスキルと認知的なスキルに対応している. しかもこれらの知識や価値, スキルを用いて, 現実世界の問題の解決と意思決定を行うことが含まれている(項目6,7).

次に, BSCSにおける科学的リテラシー論の特色の第2点は, 前述した引用からわかるように, 1960年代, 70年代のBSCSカリキュラムの目標として位置づけられていた, 科学的探究のプロセスと科学概念の歴史的発達についての理解が, 科学的リテラシーの中に明確に位置づけられているということである. これは第2章3節で指摘した, 1980年代のBSCSカリキュラムの特色と, 明らかな対応を示している.

また, BSCSの現在の科学的リテラシーには, 技術についての理解が含まれているということ, さらには科学的リテラシーのレベルが, 認知的次元にとどまらず, 価値を伴った現実世界の問題の解決と意思決定という行動の次元にまで, 拡張されているということである. これはBSCSにおける科学的リテラシー論の, それぞれ第3と第4の特色を形成している. このそれぞれの特色について, 表3-2を用いて説明する.

BSCSの現在のAssociate Directorであり, BSCSの理念的支柱となっているBybee (1986a)は, 科学的, 技術的リテラシーという用語を用い, ここで論じている科学的リテラシーを表3-2のように定義している(彼のこのアイディアは, BSCSの他の出版物でも用いられているので, BSCSの見解と捉えてよい). この表にはどのような学習活動ないしは学習領域を通じて, どのような学習内容を学習し, それが教授上どのような目標に対応しているかが示されている. したがってこの表は単に科学的リテラシーの定義を行っているだけで

はなく、それを身につけるための生徒の学習活動、学習内容をも示しており、BSCSカリキュラムのフレームワークとなっている。

この表の読み方は、たとえば中央の「学習スキルの育成」を例にとるなら、「情報収集」「問題解決」「意思決定」といった活動（ないしは学習の題材）を通じて、「科学的、技術的探究の過程」を理解し、「学習スキル」を発達させるというふうを読む。

そこでこの表を検討してわかることは、まずBSCSが、科学的リテラシーを「知識の獲得」「学習スキルの育成」「価値とアイデアの育成」の3つの柱で捉えていること、また科学的リテラシー育成のための学習テーマの1つとして、科学的探究の過程の理解を設定していることである。これは前述したBSCSの科学的リテラシーの特色の、第1と第2の点を裏づけている。

次に、「地域の課題」や「公共政策」上の問題、そして「グローバルな問題」を題材としながら、収集した情報に基づいた問題解決と意思決定を行うという行動の次元が明示されていることが、この表より読み取れる。これがBSCSにおける科学的リテラシーの第4の特色に相当するものであるが、ただこれらの活動は、学習活動ないしは学習の題材であって、学習の文脈を提示するものとして位置づけられている。つまり学習の目標は、これらの活動を通じて獲得されるものとして別に定められているのであり、たとえば表3-2の右側の縦の列を見ると、「地域の課題」や「公共政策」を題材としながら、「科学、技術、社会間の相互作用」の理解と、そこで育成される価値とアイデアが、目標として定められているのである。この点は第4章で詳細に論じるが、BSCSにおける科学的リテラシーの大きな特色の1つを形成している。

最後に技術についての理解という第3の特色と、表3-2との関連であるが、表中では、科学的リテラシーを身につけるための学習テーマとして、科学と同時に必ず技術の領域を設定している。これは、BSCS（1985）によると、社会における科学の重要性のみならず技術の重要性が、ここ数十年の間にますます高まってきており、また科学と技術の関連性がますます緊密になりつつあるという認識に基づいているという。つまりこの認識は、科学を技術や社会から隔離されたものとして扱うことが困難となっているという認識である。第2章4節で明らかにしたように、BSCSがその時代時代の生物学のあり方を、可能な限り学校教育に反映させることを、カリキュラム開発の1つの方針としてきた以上、技術を科学教育に取り込もうとするのは理解できることである。

ではBSCSにおける科学的リテラシーの捉え方の中で、科学と技術の関係はどのようにな

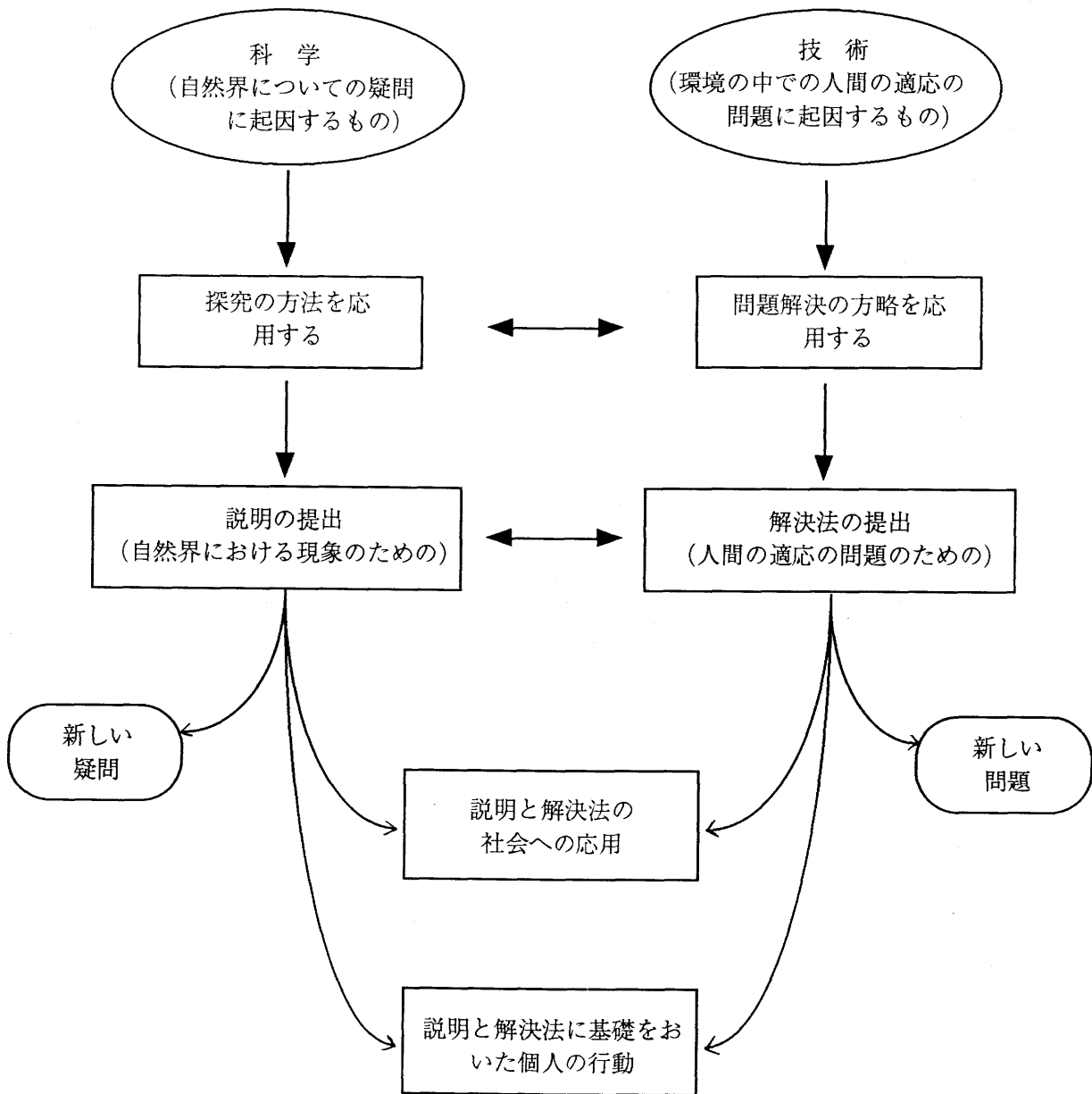


図3-3. 科学的リテラシー育成のための科学カリキュラムにおける
科学と技術の扱いの関連性 (NCISE, 1989, p.12)

っているのでしょうか。この点を端的に表現しているのが、科学と技術の関連性を示した図3-3である。これはBSCSとThe NETWORK Inc.とが共同で設立した、「科学教育改善のためのナショナルセンター」(National Center for Improving Science Education, NCISEと略す)によって作成されたものであり、近年のBSCSのカリキュラム開発の理念が、ここから出版された一連の報告書に表現されている。この図によると、科学は探究の方法

表3-3. 生物学的リテラシーの4つのレベルの特徴

<p>名称上の (nominal) 生物学リテラシー</p> <p>本質的に生物学的であるとして用語と概念を同定する, ミスコンセプションを持っている, 生物学概念について素朴な説明を行う.</p>
<p>機能的な (functional) 生物学リテラシー</p> <p>生物学用語を用いる, 用語を正しく定義する, しかし答を記憶する.</p>
<p>構造的な (structural) 生物学リテラシー</p> <p>生物学の概念スキーマを理解する, 方法的な知識とスキルを理解する, 生物学概念を自分自身の言葉で説明することができる.</p>
<p>多次元的な (multidimensional) 生物学リテラシー</p> <p>他の学問の中での生物学の位置を理解する, 生物学の歴史と本質について知る, 生物学と社会との間の相互作用を理解する.</p>

(BSCS,1993, p.18)

の応用によって自然界の事象を説明することを目的とし, 技術は問題解決の方略の応用によって, 人間の適応上の問題を解決することを目的としているという. そしてその過程において両者は相互作用しあい, それぞれの行為の結果生じた新しい疑問は, 科学と技術の次の行為を決定する. さらに科学と技術によって提出された説明と解決法は, 社会に応用され, 個人の行動を規定する. このように技術は科学と同列に扱われ, 科学的リテラシー育成を目的としたBSCSカリキュラムにおいては, 技術はきわめて重要な位置を占めることとなる. しかしながら, その中ではある特定の技術の使用方法を学習するのではなく, あくまでも技術に「ついて」の学習, すなわち社会における技術の本質についての学習が, そこでは目指されている. この点については, 具体的なカリキュラムを題材に, 第4章において詳しく論じる.

さて, BSCSにおける科学的リテラシーの捉え方の最後の特色は, それを高等学校終了時の, 固定的で最終的なゴールとして捉えるのではなく, 「生物学的リテラシーを身につけることを, 一生にわたる連続的な努力である」(BSCS, 1993, p.viii)と捉えている点にあり, 表3-3に示す, 生物学的リテラシーの4つのレベルを提示している. BSCSでは生徒が中等学校終了までに, このうち「構造的な生物学的リテラシー」ないしは「多次元的な生物学的リテラシー」のレベルに到達するのを援助すべきであるとしており, それに到る道筋を示し, しかもその努力は中等学校に限定されない, 生涯にわたるプロセスである

としている。

以上をまとめると、BSCSにおける近年の科学的リテラシーの特色は、以下ようになる。

1. 科学的リテラシーは、知識・理解、認知的・操作的スキル、そして価値と態度の3つの基本的柱によって構成されていること。これはBSCS設立以来のカリキュラムの目標を構成する、基本的柱であり続けてきた。
2. 1960年代のBSCSカリキュラムの重要な目標である、探究のプロセスと科学概念の歴史的発達についての理解は、科学的リテラシーの捉え方の中で依然として重要な位置を占めていること。
3. BSCSにおける科学的リテラシーの中では、技術に「ついて」の学習内容が夙要な位置を占めていること。
4. 科学的リテラシーは、単に理解のレベル（認知的・操作的）だけから捉えられているのではなく、価値観のような情意的レベル、さらにJA問題解決、意思決定、公共政策の決定の活動への参加を通じた行動のレベルまで含めて捉えられていること。
5. 科学的リテラシーを身につけるためのプロセスを示し、それを一生にわたる連続的な努力のプロセスと捉えていること。

2. BSCSとアメリカ科学教育における科学的リテラシーの関連

上述したBSCSにおける科学的リテラシーの特色を、本節の1で示した近年のアメリカにおける科学的リテラシーの特色と比較するとき、そこに多くの一致点を見いだすことができる。それは以下の点である。

1. 科学的リテラシーの強調点の1つとして、科学知識・概念の理解を共通に含むものの、后社会における科学の現状、すなわち科学に「ついて」の理解へと、その内容が拡張されていること。
2. 科学教育を、一般教育の目標達成のための1つの領域と捉え、あらゆる生徒を対象として想定していること。
3. 教授方略および学習内容として、生徒の現実世界の問題へと焦点化が行われていること。
4. 科学と技術に基礎をおいた社会的問題の解決と意思決定活動を通じて、科学的リテラ

シーの行動の次元が強調されていること。

5. 科学的リテラシーを身につけることを、1つのプロセスと捉え、そこに到る道筋が提示されていること。

このように両者の間には、5つの共通点が見られるものの、その詳細な部分においては、いくつかの相違点、ないしは強調の度合いの違いが見られる。これは、BSCSがカリキュラム開発組織であるため、開発されたカリキュラムを通じて、科学的リテラシーの捉え方を把握することができるからである。その相違点とは以下の項目である。

1. 科学に「ついて」の理解へと、科学的リテラシーの内容は拡張されているものの、依然として科学知識・概念と、科学的探究についての理解は、BSCSにおいては重要な位置を占め続けていること。たとえば科学的リテラシーの育成を目標として掲げたSTS教育においては、科学、技術、社会間の相互関連の理解に比べ、これが相対的に低い位置に置かれる傾向がある。しかしながらBSCSにおけるSTSカリキュラムにおいては、個人や社会に関する問題は、科学の内容とプロセスを理解するための「文脈」として位置づけられ、あくまでも主要な目標は、科学の内容とプロセスの理解にある。この点についてBSCSは以下のように述べている。

「BSCSにおいては、科学と技術の内容とプロセスを学習するための文脈として、個人的、社会的目標の重要性を認識している、科学教育運動であると、STSを捉えている」 (BSCS, 1985, p.2)

この点は、第2章4節の1で指摘した、BSCSにおけるカリキュラム開発の方針の1つ、「科学知識（概念）理解のための文脈の重視」を裏づけている。

2. したがって、近年の科学的リテラシー論に特徴的な行動の次元は、BSCSにおいては相対的に強調の度合いが低いこと（この1.と2.の項目については第4章において詳しく論じる）。
3. BSCSにおいても、科学的リテラシー育成のプロセスを重視しているが、高等学校卒業時までには身につけるべきそれを固定的に捉えず、そこに一定の幅を持たせていること。つまり高等学校卒業時に、生徒が必ずしもBSCSの言う「多次元的」なりテラシーのレベルに到達しなくてもよく、「構造的」なレベルのリテラシーでも構わないとされている。むしろBSCSにおいて重要とされているのは、科学的リテラシーを身につけるための努力を、生徒が一生にわたって続けていくことであり、そのための能力を育成することである。この点は、第1章2節で扱った、BSCSの1977年出版のカリキュラム

「エネルギーと社会」の目標、つまり卒業後の長期間にわたる学習の努力に必要なスキルとしての「学習の仕方」と「思考の仕方」というスキルの育成を想起させるものである。

4. BSCSの科学的リテラシーにおいては、技術の位置が明確であること。図3-3に示した通り、BSCSの科学的リテラシーでは、科学と技術が同列に扱われ、両者の関係ならびにそれらと個人ないしは社会との関係が明確に規定されている。これは1980年代以降、BSCSがSTSカリキュラムの開発を積極的に推進する中で確立されてきたものであり、科学と技術の本質が表現されている。

以上のように、BSCSとアメリカ科学教育における科学的リテラシーは、基本的にその捉え方の枠組みが同一であると結論することができる。特に近年の科学的リテラシー論の新しい動向を敏感に反映していることが理解される。これはBSCSが、科学教育研究の動向に敏感に反応し続けてきた（第2章4節）ことの表れである。しかしながら一方で、BSCSはその独自の科学的リテラシー論も展開している。BSCSがこれまで35年以上にわたって存続し、しかもアメリカ科学教育に多大な影響を与えてきたのは、このように科学教育研究の最新の成果（ここでは科学的リテラシーの新しい捉え方）を積極的に取り入れつつ、BSCS独自のアイデアをカリキュラムの形にいち早く具体化してきたからであろう。

第3節. 科学的リテラシー概念を基礎とした, BSCSのカリキュラム開発理念の発展プロセス

本節では, 第2節で明らかにした, 近年のBSCSにおける科学的リテラシーの捉え方もしくは特色が, 第1章と2章(特に第2章4節の1)で明らかにしたBSCSカリキュラムの開発理念と, どのような関連を持つのかを明らかにする. この分析は, BSCSがその設立以来一貫して, 科学的リテラシーを科学教育の目標として掲げてきたことを証明するのを目的として行うのではなく, 現在BSCSが捉えている科学的リテラシーを手がかりとして, その内容のうち何が, 開発理念として一貫して存在し続けてきたか, また新たに加えられてきたか, さらにそれはいつの時代に, いかなる理由で加えられてきたのかなどを検討することによって, BSCSのカリキュラム開発活動を, 一連のプロセスとして描き出すことにある.

そのために, 以下においてはまず, 本章第2節で指摘したアメリカ科学教育における科学的リテラシーの捉え方とBSCSの捉え方の共通点と相違点を総合することによって, BSCSの科学的リテラシー論の全体像を提示する. そしてそれを第2章4節の1で指摘した, これまでのBSCSカリキュラムの開発理念と比較, 対照することによって, BSCSにおけるカリキュラム開発の一連のプロセスを示す. また現在のBSCSのカリキュラム開発理念と科学的リテラシーとの関連を検討することを通じて, 科学的リテラシーの意味する具体的内容とその育成のための指導方策を明らかにするために, STSカリキュラムの分析が有効であることを論じる.

以上の一連の分析によって, BSCSがあるカリキュラム開発の理念を転換しながら活動を続けてきたといった, 非連続的な捉え方に反証し, そこに一連のプロセスを読みとることが可能となる.

1. BSCSにおける科学的リテラシーの捉え方の全体像と, カリキュラム開発理念との関連

本章第1節ならびに第2節において, 現在のアメリカ科学教育において捉えられている科学的リテラシーの特色と, それと対比する中から得られたBSCS独自の捉え方を提示した. ここでは, これらを総合することによって, まずBSCSの科学的リテラシー論の全体像を示す.

BSCS独自の捉え方として指摘したものの中に, 「科学的リテラシーが, 知識・理解, ス

キル、価値と態度の3つの柱を軸に定義されている」が含まれることを、第2節において指摘した。したがって、BSCSにおける科学的リテラシー論の全体像を提示するために、ここではこれら3つを基本的な分類の柱に用いることとした。そこでこの柱に従って、BSCSもその基礎をおいているアメリカ科学教育における科学的リテラシーの捉え方の特色（p.109）と、BSCSにおける7つの定義（p.113）、BSCSの捉え方の5つの特色（p.118）、ならびに科学的リテラシー育成を目標とした科学授業で期待される生徒の成果（BSCS,1993, p.55）を整理、総合すると以下ようになる。

A. 知識・理解

- 1.生物学の統合原理と主要な概念、そしてその歴史的発展についての理解
- 2.科学的探究のプロセスの理解（科学の本質についての理解）
- 3.科学の個人的、社会的側面の理解、すなわち科学研究の現状、個人や社会に対して科学が与えるインパクトの理解
- 4.科学と技術を区別した上での技術の本質についての理解

B. スキル

- 1.科学的探究のスキル
- 2.現実世界の問題の解決と意思決定のスキル
- 3.創造的、論理的、批判的に思考し、情報を伝達・評価し、疑問を提起するスキル
- 4.コンピュータを初めとする技術を適切に用いるスキル

C. 価値と態度

- 1.好奇心、新しい考え方に対する心の解放性、懐疑主義、論理と経験的アプローチの尊重などの、科学的態度
- 2.個人と倫理に関する問題について意思決定を行うことを通じて、自分の価値を検討し、それを行動に結び付けようとする態度
- 3.学習した知識を、問題の解決行為に応用する態度
- 4.科学研究、生物の多様性と文化的多様性、生物学が個人と社会に与えるインパクトに対する個人の価値

D. 科学的リテラシー全体に関わる事項

- 1.一般教育の枠組みの中で科学教育を捉え、あらゆる生徒を対象として想定している。
- 2.科学的リテラシーを身につけることを一生涯にわたる連続的なプロセスと捉え、そ

ここに到る道筋を提示している。

3.科学的リテラシーを記述する枠組みとしての「知識・理解、スキル、価値と態度」

ここでは、科学的リテラシーを論じる上での前提条件や、その教授上の留意点等を、4つ目の柱として加え、全体を整理した。これを現在のBSCSにおける科学的リテラシーの捉え方として、ここでは定めることとする。

この一覧を見ると、BSCSにおける科学的リテラシーの捉え方は、「A.知識・理解」「B.スキル」「C.価値と態度」それぞれの領域において、大きく2つの要素から成り立っていることが理解される。すなわちそれは、1つには科学的探究活動を通して獲得される知識・理解、スキル、そして価値と態度であり、もう1つには科学の社会的側面の理解、社会的問題の解決と意思決定に関わるスキルと価値・態度である。前者は1960年代のBSCSカリキュラムに特徴的な学習内容であり、後者は70年代以降に顕在化してきた学習内容である。これを前述した科学的リテラシーの一覧の各項目と対応させると、(A.-1.と2.)、(B.-1.)、そして(C.-1.)が前者に対応し、A.からC.のそれぞれの領域における残りの項目が後者に対応している。

このように見てくるとき、BSCSが現在科学教育の目標として定めている科学的リテラシーは、STS教育に象徴されるような科学の社会的側面、すなわち科学に「ついて」の学習内容のみを指しているのではなく、1960年代に主張された科学的探究を軸とした学習内容も、その視野に明確におさめているということが出来る。つまり、BSCSにおける科学的リテラシーを吟味する限り、1960年代のカリキュラム開発理念は、現在も依然として重要な位置を占めており、それを基礎としながら、科学の社会的側面の理解や、問題解決と意思決定の能力育成といった目標へと発展させられていることが結論される。「新しいBSCSプログラムは、探究のプロセスの中に、科学と技術の個人的、社会的意味あいから生じる意思決定を含めている」(McInerney,1987,p.27)という記述は、この文脈の中で理解されるものである。

ではこのような科学的リテラシーの捉え方は、BSCSのカリキュラム開発の理念(方針)といかなる関連を持つのであろうか。この点を吟味するために、まず第2章4節の1において検討したBSCSのカリキュラム開発の理念を、ここで再度提示する(項目のみ示す)。そしてBSCSにおける科学的リテラシーの捉え方とこれらの関連を、以下において検討する。

1.各時代における生物学の現状の反映

2. 科学知識（概念）理解のための文脈の重視
3. 教育の対象としてのあらゆる生徒
4. カリキュラムの目標の枠組み：科学的探究を基礎とした「知識・理解，スキル，価値と態度」
5. 科学教育研究の動向の敏速な反映
6. 国家的ニーズに対する迅速な対応

ここにあげた6項目のうちまず最初の2項目は、BSCSの科学的リテラシーが、科学的探究と科学の社会的側面という2つの要素からなることを説明する。すなわち、これら2つの要素は、1つには生徒に理解させたい現代生物学の現状を表現しており、また1つには、科学知識理解のための文脈として用いられているということである。そして3番目の項目は、図3-2に示した通り、科学的リテラシーの育成をする対象となる生徒を指しており、まさに科学的リテラシーの前提条件に他ならない。さらに4番目の項目は、第2節で論じたように、BSCSの科学的リテラシーの主要な構成要素となっている。ただBSCSが捉える科学的リテラシーは、もう1つの要素、すなわち科学の社会的側面に関する「知識・理解，スキル，価値と態度」にまで、現在拡張されている。一方5番目と6番目の項目に含まれる科学研究の動向や国家的ニーズは、第2章4節で指摘したように、BSCSにおける科学的リテラシー育成のためのカリキュラム開発に生かされ、目標、学習内容および指導方策として実現を見ている

このように、BSCSの科学的リテラシーの捉え方は、BSCSのカリキュラム開発の理念となんら矛盾するものではなく、むしろこれらの理念の発展の現在における到達点が、科学的リテラシーという用語を用いて表現されていると言ってよい。つまりBSCSの科学的リテラシーの捉え方の中には、BSCSのカリキュラム開発の歴史が凝縮されており、ここにBSCSのカリキュラム開発の発展的なプロセスを読みとることが可能となる。以下においては、1970年代までと80年代以降に、BSCSのカリキュラム開発の時代を区分し、この点をより詳細に検討する。

2. 各時代におけるBSCSのカリキュラム開発の理念と科学的リテラシーの関連

1) 設立から1970年代末までのカリキュラム開発の理念と科学的リテラシー

1960年代のBSCSカリキュラムは、科学的探究とそれを通じて獲得される科学の知識体系の重視として特徴づけられるが、それはあくまでもすべての生徒が、将来一人の市民として生活をするために必要とされるスキルであり、知識であると考えられたからであった。一方1970年代のカリキュラムでは、社会的文脈の中での科学の学習が強調され、そのため社会的に重要な論争問題の調査研究や、問題解決および意思決定活動が重視され、それらを通じた知識獲得のスキル、すなわち高次の認知的スキルと科学に対する態度の育成が、目標とされることとなった。そこでは、科学知識を学習することの文脈と動機を、科学に関連した社会的問題の解決と意思決定活動が提供していた。つまり70年代のBSCSカリキュラムは、60年代のそれと比べ、より直接的に、一人の市民としての生徒が将来直面する問題の解決に有効に関与できる能力を育成しようと試みている。

以上の結論から理解されるのは、どちらの年代のカリキュラムも、教育の対象としてあらゆる生徒を想定していたということである。第1章1節で指摘したように、BSCSカリキュラムは、1960年代においてさえ、将来科学や技術に関連した職業を希望している一部の優秀な生徒だけではなく、将来の市民としてのあらゆる生徒を対象としていた。またどちらの年代のカリキュラムも、科学知識を学習するとき、それを取りまく文脈を重視している点でも共通している。つまり1960年代のカリキュラムは、科学的探究もしくは科学者の行っている研究のプロセスという文脈の中で、1970年代は社会における科学という文脈、もしくは社会的問題の解決と意思決定という文脈の中で、科学知識を学習することがねらわれていたのである。したがって、1980年代以降BSCSにおいて明確に語られるようになった科学的リテラシーの大前提である、あらゆる生徒を対象にした科学教育という考え方を、BSCSは設立当初から認識していたと言える。

このようにあらゆる生徒を対象にした科学教育、そして学習の文脈の重視という2点は、BSCSの60年代ならびに70年代のカリキュラムを一貫した特色である。しかしながら、1960年代と70年代のBSCSカリキュラムが、共に将来の生活に必要な科学に関連した資質をあらゆる生徒に育成しようとしていたとしても、社会的文脈の中での科学の扱い（すなわち科学に「ついて」の扱い）という、本章で述べた現在の科学的リテラシーの考え方にとって決定的に重要な点を60年代のカリキュラムは欠いていたという点で、両者の間にはやはり隔たりが存在すると考えられる。これが60年代と70年代のBSCSカリキュラムを非連続的に捉える原因になっていると考えられるが、この隔たりの存在をどのように考えたらよいであろうか。

本節の1で指摘したように、BSCSにおける科学的リテラシーの捉え方には、知識・理解、スキル、価値と態度のそれぞれの領域において、科学的探究の理解を通して獲得されるものと、科学の社会的側面の理解を通して獲得されるものの、2つの要素が見られた。この2つの要素を対立するものと見るとき、1960年代と70年代のBSCSカリキュラムの間に隔たりがあると結論されることになる。しかしながら、これまでたびたび指摘してきたように、BSCSの各時代におけるカリキュラム開発には、明らかに一連のプロセスを見て取ることができる。一見すると矛盾に感じられるこの事実をどのように解釈したらよいかがこの問いの本質である。

BSCS以外のPSSCやCBA、そしてCHEM Studyといった60年代のプロジェクトでは、明らかに科学的探究を通して獲得される科学の知識体系の理解が重視された。しかしながらBSCSでは、これら科学的探究や科学の知識体系は、「科学に基礎をおいた文明の中で生活をするために、特に重要であり」(Glass and Grobman, 1963, p. xvii)、また「民主主義社会の中に、一定の自分の位置を占めるために価値あるものである」(BSCS, 1985, p. 1)とされていた。

一方第1章2節で論じたように、BSCSの1970年代の学際的カリキュラムには、たとえば社会におけるエネルギー利用についての学習といった、社会的目標が明確に設定されていた。したがってそこでは学際的なアプローチの採用や、多様な価値に基づく意思決定活動の強調、高次な認知的スキルの育成などが重視されていた。

以上の事実を踏まえて、BSCSの1960年代と70年代のカリキュラムを比較、検討するならば、それは以下のように解釈することができる。すなわち、科学的探究と科学の知識体系の理解は、学問としての科学に由来し、将来の市民としての生徒に必要な資質の育成は、教育全体の目標に由来すると考えるのが自然ではあるが、60年代のBSCSカリキュラムでは、民主主義社会に生きる一人の市民としての生徒の生活にとって必要な資質の中身が、科学的探究を通して獲得される科学の知識体系であったと捉えられていたという解釈である。つまり学習内容としての科学の内容とプロセスは、実際に学問としての科学から採用していたが、それをカリキュラムとして組織するときには、広く公教育の目標に照らして吟味、選択を行ったと考えられるのである。1960年代に強調された科学のプロセス(探究)とそれを通じて獲得される科学の知識体系を、科学的リテラシーの1つの捉え方と考えたMaarschalk(1989)の指摘は、批判なしで受け入れることはできないものの、以上の議論から理解されるものではある。

ところが70年代に入ると、民主主義社会に生きる生徒の生活にとって必要な資質を直接育成するために、科学に「ついて」の理解、ならびに科学と技術に基礎をおいた社会的問題の解決と意思決定の能力を育成することを目標とすることの必要性が認識され始める。この認識が、70年代に開発された学際的カリキュラム（モジュール）に実現したと考えられる。しかし一方で、60年代に開発された青版、緑版といった学問中心とされる教科書は、基本的に大きな変更を受けず、70年代も存続し続けたことから考えると、科学の内容とプロセスを一人の市民として必要とされる資質の中身と捉えていた60年代の理念は、70年代にもなお存在していたと考えられる。したがって70年代は、この市民として必要とされる資質が、科学の内容とプロセスはもちろん、社会における科学についての理解や、社会的問題の解決と意思決定の能力へと拡張され、それを直接ねらったカリキュラムが出現した時代と考えることができる。

以上のように1960年代と70年代のBSCSにおけるカリキュラム開発の流れを解釈するとき、前述した問い、すなわち60年代から70年代を一貫するカリキュラムの特色がいくつか見られたが、「60年代には社会的文脈の中での科学の扱いが見られなかったという隔たりをいかに解釈するか」、または「科学的探究を通して獲得される知識・理解、スキル、価値と態度と、科学の社会的側面の学習から得られるそれを、相対立するものと見てよいのか」という問いに、ここで1つの答を与えることができる。つまりこれらの問いに対しては、BSCSは60年代、民主主義社会に生きる市民に必要な資質を、科学的探究を通して獲得される科学の知識体系の理解と捉えていたからである、というのがその答である。すなわち市民生活に必要な資質育成を、60年代も70年代も、BSCSは共通に科学教育の目的として認識していたが、その意味する中身が、70年代に入って、科学の内容とプロセスの理解はもちろん、科学の社会的側面の理解も含むように拡張されてきたのである。そこで70年代には、この2点の理解をそれぞれ目標としたカリキュラムが並存することとなったと考えられる。80年代以降BSCSによって語られるようになった科学的リテラシーは、その内容として両者を統合して捉えているため、70年代は60年代と80年代の過渡期と解釈することができるであろう。

第1章2節で述べた、BSCSの70年代のカリキュラムの特色（科学に基礎をおいた現実の社会問題の自立的な調査研究活動、多様な観点からの問題の解決と意思決定活動、そしてこれらの活動を通じた知識獲得のためのスキル育成）は、80年代の科学的リテラシー育成の方策に、より近いものである。したがって、近年のBSCSにおける科学的リテラシーの考

え方の原型は、1970年代のカリキュラムに見られるとすることができる。この点は、70年代カリキュラムの特色と80年代以降に主張される科学的リテラシーの間に類似点が多いものの、たとえば70年代の学際的カリキュラムでは、80年代以降学習内容として強調されることになる技術の扱いがほとんどないことから支持される。BSCS自身も「70年代に開発されたBSCSカリキュラムに始まって、開発チームは社会的問題、倫理的問題、公共政策上の関心事の学習をカリキュラムに取り入れるニーズを認識し続けてきた」（BSCS, Mar. 1993）と述べ、80年代以降のカリキュラムのルーツが70年代にあることを認めている。

以上のようにBSCSは、科学的リテラシーの重要な前提である、将来の市民として必要な資質育成という共通の目標を抱きながら、60年代から70年代にかけて、資質の意味する具体的内容を拡張していった。60年代の他のカリキュラム改革プロジェクトが消滅していく中で、BSCSのみが存続し得たのは、このように将来の市民として必要な資質育成というこの目標が、BSCSカリキュラムには常に存在していたからではないだろうか。

2)BSCSにおける1980年代以降のカリキュラム開発理念と科学的リテラシー

第2章3節で指摘したBSCSにおける現在のカリキュラムの特色、もしくは本章第2節で結論としてまとめた科学的リテラシーの捉え方は、70年代のカリキュラムにさらに技術という次元を加え、全体を再構成したものであった。さらに科学的リテラシーを身につけるためのプロセスの提示と行動の次元の強調は、現在の科学的リテラシーに特徴的なものであった。しかしながら同時に、科学知識・概念の理解と、科学的探究のプロセスの理解は、BSCSにおける現在の科学的リテラシーにおいて重要な位置を占めていた。BSCSにおけるこの科学の内容とプロセスの重視は、その強調の度合いの違いによって、近年のアメリカ科学教育における科学的リテラシーの捉え方と、一線を画するものでさえあった。つまり80年代のBSCSは、70年代に比べ、科学的リテラシー育成を目標としたカリキュラムの中に、これらを明確に、しかも非常に強調した形で含めているのである（この点についての具体的な議論は、第4章において行っている）。

一方設立当初から、度重なる改訂を受けて出版が続けられている、青版と緑版の教科書は、1980年代に入って大きな修正を受けることとなった。つまりそれまでの学問としての科学の構造と本質を忠実に反映してきたこれらの教科書は、その中に科学の社会的側面、さらに言うなら科学、技術、社会間の相互関連を、大幅に取り入れることとなった（この点についても第4章で詳しく論じる）。

このように、科学、技術、社会間の理解や、問題解決と意思決定のスキル育成を目指したカリキュラムにおける、科学の内容とプロセスの強調、そして科学の内容とプロセスを強調した青版、緑版教科書における、科学の社会的側面の重視という、両方向からの動きが、1980年代以降のBSCSカリキュラムを特徴づけている。では今後両者のカリキュラムは、BSCSの科学的リテラシーの捉え方を反映する方向に進んでいくのであろうか。そこで示唆を与えてくれるのが、現在開発が進んでいる、K-12学年までを一貫した総合的な科学カリキュラムシリーズである。現在の段階ではその高等学校版が完成していないため、正確な点は述べられないが、これらのカリキュラムは、技術や健康といった、個人的、社会的文脈、もしくは人間の文脈の中で、科学の内容とプロセスがすべて扱われているという。これはおそらく、科学の内容とプロセスと、科学の社会的側面との、カリキュラム上の統合の事例であると思われる。したがって、今後BSCSのカリキュラム開発は、この方向に発展していくことが予測される。

しかしながらそこで扱われる科学の内容とプロセスは、60年代のカリキュラムのそれとは当然異なるであろう。たとえば60年代のカリキュラムが目標としていた科学の知識体系は、今後は科学の個人的、社会的側面というフィルターを通じて吟味され直してくるであろうし（つまり技術や社会との関連の中で提示される科学知識が強調されてくるであろうし）、またすでに現在開発中のBSCSカリキュラムに見られるように、個々の科学知識よりも、それらを包括する概念の理解に焦点が移ってくると考えられる。さらにこれまでBSCSは、常に各時代の社会における科学のあり方と、科学の本質を可能な限り忠実に反映したカリキュラム開発を行ってきたのであるから、科学と技術、社会の関連にしても、今後の科学と技術の発展の方向によって、その扱いは大きく変化してくる可能性がある。いずれにせよ今後のBSCSは、60年代と異なり、科学的リテラシーという枠組みの中で捉えた科学教育を明確に志向したカリキュラムを開発していくであろうことは確かである。

BSCSのカリキュラム開発の流れを、以上のように解釈するとき、1970年代は、60年代と80年代以降のカリキュラム開発の間の、過渡的な時期であることが理解される。確かに80年代以降のカリキュラム（特にSTSカリキュラム）の原型を70年代に見て取ることができるため、60年代と70年代以降の間に隔たりを感じることもなるが、これまでに述べたように実際の状況はそのように単純なものではなく、科学教育の目標としての科学の内容とプロセスの理解と、科学の社会的側面の理解の並存（70年代）もしくは統合（80年代以降）、そして将来の市民としての生徒の生活に必要な資質育成という目標設定の一貫性など、

BSCSの捉える科学的リテラシーとの関連で、そこには時代を通じたいくつかの共通項を示すことができる。本研究の目的の1つである「BSCSのカリキュラム開発の流れを一連のプロセスとして描き出すこと」に対して、第2章4節で指摘したBSCSのカリキュラム開発の方針と共に、ここでの結論はその答の1つを示している。

3. 1980年代以降のBSCSカリキュラムの特色と科学的リテラシーとの関連

：科学的リテラシーの具体的内容を明らかにする上でSTSカリキュラムを用いる意義

以上、現在のBSCSにおける科学的リテラシー概念を手がかりに、これまでのBSCSのカリキュラム開発理念の変遷過程を検討してきた。そこで最後に、現在のBSCSカリキュラムの特色（第2章2節，3節）と科学的リテラシーの関連をここで明らかにし、科学的リテラシーの意味する具体的内容とその指導の方策を明らかにするために、第4章においてSTSカリキュラムを用いることの正当性を論じる。

1) BSCSのカリキュラム開発の政策的特色、およびカリキュラムの特色と、科学的リテラシー育成との関連

図3-2に示したように、科学的リテラシーは一般教育の目的によって規定される科学教育の目標である。すなわちそれは、「市民性 (citizenship) の育成という教育の大きな目的に焦点をあてた」(BSCS and IBM, 1989, p.28) のものであり、その対象としてあらゆる生徒を視野に入れている。そしてここで言う「あらゆる生徒のための科学」は、「生徒が社会における有能な市民となるために必要な生物学知識，スキル，そして価値」(BSCS, 1993, p.14) を提示していなければならない。本節の1でまとめたBSCSにおける科学的リテラシーの以下の捉え方は、それが指し示す内容を項目立てて提示したものであった。

A. 知識・理解領域

1. 生物学の統合原理と主要な概念，そしてその歴史的発展についての理解
2. 科学的探究のプロセスの理解（科学の本質についての理解）
3. 科学の個人的，社会的側面の理解，すなわち科学研究の現状，個人や社会に対して科学が与えるインパクトの理解
4. 科学と技術を区別した上での技術の本質についての理解

B. スキル領域

1. 科学的探究のスキル
2. 現実世界の問題の解決と意思決定のスキル
3. 創造的，論理的，批判的に思考し，情報を伝達・評価し，疑問を提起するスキル
4. コンピュータを初めとする技術を適切に用いるスキル

C. 価値と態度領域

1. 好奇心，新しい考え方に対する心の解放性，懐疑主義，論理と経験的アプローチの尊重などの，科学的態度
2. 個人と倫理に関する問題について意思決定を行うことを通じて，自分の価値を検討し，それを行動に結び付けようとする態度
3. 学習した知識を，問題の解決行為に応用する態度
4. 科学研究，生物の多様性と文化的多様性，そして生物学が個人と社会に与えるインパクトに対する個人の価値

D. 科学的リテラシー全体に関わる事項

1. 一般教育の枠組みの中で科学教育を捉え，あらゆる生徒を対象として想定している
2. 科学的リテラシーを身につけることを，一生涯にわたる継続的なプロセスとして捉え，発達的な観点を加味している
3. 科学的リテラシーを記述する枠組みとして「知識・理解，スキル，価値と態度」を用いている

さて一方，BSCSは現在，科学教育の目標として科学的リテラシーを明確に掲げているのであるから，第2章2節，3節で論じた，現在のBSCSの組織としての政策的特色とカリキュラムの特色は，科学的リテラシーと厳密な対応関係を持っているはずである．これらの特色を，ここで再度項目立てて述べると，それは以下のようなになる．

[カリキュラム開発の政策的特色]

- ・資金援助組織の拡張
- ・教師教育プログラムの開発と地域との協力
- ・カリキュラムが対象とする学校段階の拡張と他教科との統合カリキュラムの開発
- ・カリキュラム・ガイドラインとフレームワークの開発
- ・従来のBSCS教科書の改訂

[カリキュラムの学習内容と教授方略の特色]

- ・STS テーマの重視

- ・ 主要な概念による学習内容の統合と、Less is Moreアプローチ
- ・ 科学的探究のスキル育成と、社会的問題の解決と意思決定スキルの育成
- ・ 構成主義学習理論に基づく教授モデル「5Eモデル」の採用
- ・ コーオペレイティブ学習方略の採用
- ・ 学習領域としての技術の学習

そこでこれらの特色と科学的リテラシーとの関連であるが、結論から先にいうと、それは次ページに示す図3-4のようになる。以下においてはこのように図を作成した根拠を述べる。

まずBSCSカリキュラムの特色として指摘した上の6点のうち、STS テーマへの焦点化と、探究、問題解決、意思決定のスキル育成、ならびに学習領域としての技術の強調は、本章第2節で指摘したように、BSCSの捉える科学的リテラシーの内容そのものに他ならなかった。図では、STS テーマが必然的に技術についての学習内容を含むため、両者を分離してそれぞれ示すことはしなかった。そして残りの3つの特色、すなわち「少ない概念をより深く」学習するアプローチ、構成主義学習理論に基づく教授モデルの採用、コーオペレイティブ学習方略の採用の3つは、科学的リテラシー育成のための科学授業の教授方略を構成している。しかもBSCSでは、「少ない概念をより深く」学習するアプローチを支持する知見として、構成主義学習理論が基礎をおいている概念変容についての研究成果と、コーオペレイティブ学習の利点に関する研究成果を指摘しており（NCISE,1989, pp.4-5）、これら三者間には密接な関連が存在する。つまり学習内容として科学知識よりも概念を強調するのは、構成主義学習理論がその基礎をおく、概念変容に関する近年の研究成果が背後にあるのであり、概念変容には対象との深い関わりが必要であり、それを保障する手だてが、学習する概念を少なくすることであり、コーオペレイティブ学習方略なのである。

また一方、図3-4に示すように、前述したBSCSの組織としての政策的特色は、科学的リテラシー育成を目標としたカリキュラム開発の、政策的基礎を形づくっている。これがアンダーラインの下に政策的特色をまとめた意図である。科学的リテラシー育成を目標としたカリキュラム開発の基礎を、これら諸特徴が形づくっている根拠を、1点についてだけ簡単に述べると、たとえば学校段階の拡張と他教科との統合についていうと、BSCSにおける科学的リテラシーの特色の1つである、一生涯にわたる継続的なプロセスとしての捉え方と発達的なプロセスの重視によって、学校段階の拡張は説明できるし、また科学的リテラシーが社会における科学と技術のあり方の理解を重要な学習内容として含んでいるこ

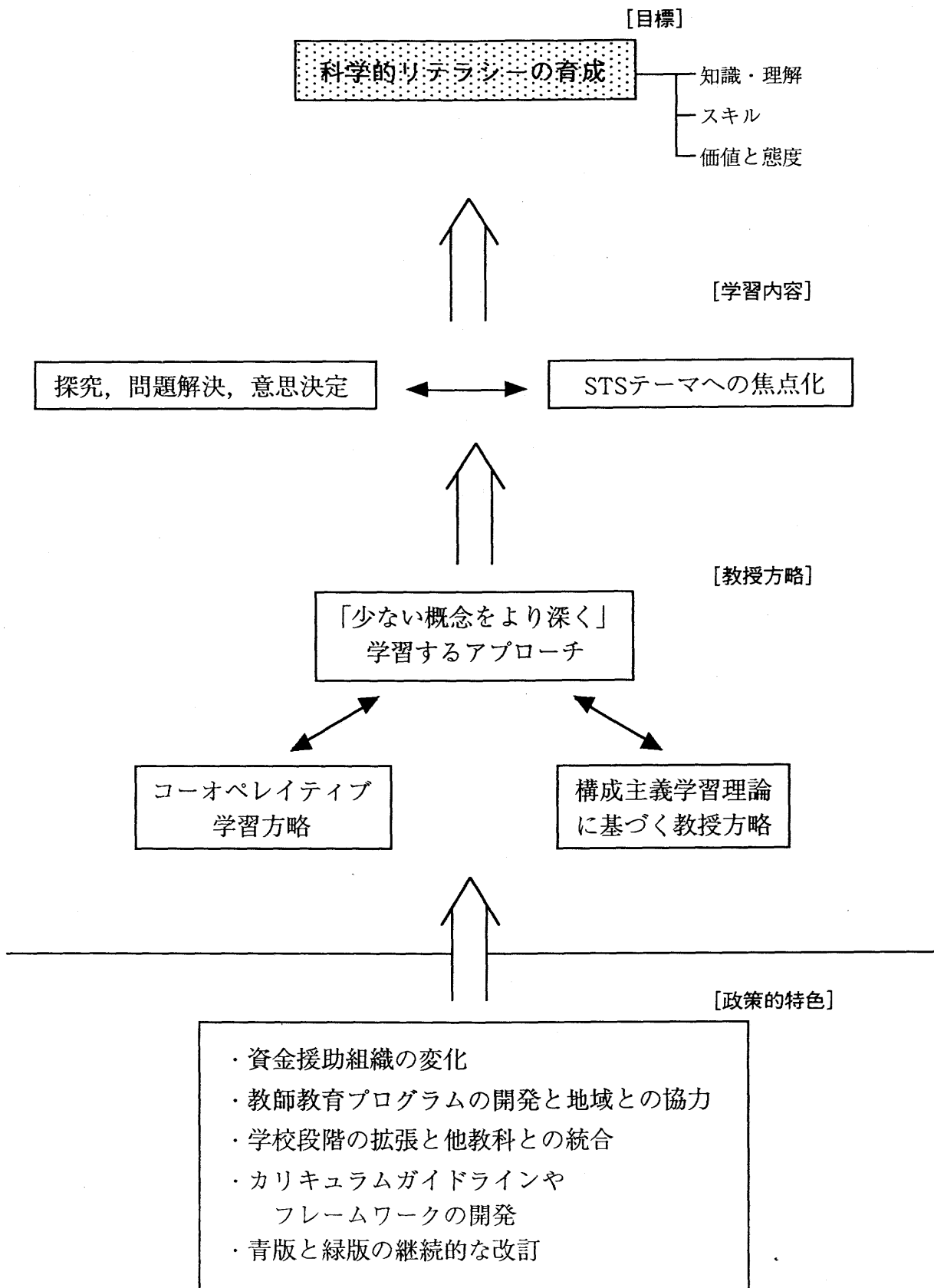


図3-4. 近年のBSCSにおけるカリキュラムの特色と政策的特色の、科学的リテラシーとの関連

とから、学習内容は必然的に学際的な性格を帯びることとなる。

以上のように、知識・理解、スキル、そして価値と態度という3つの柱によって構成される、BSCSの科学的リテラシーは、1980年代のBSCSカリキュラムの特色に示した学習内容と教授方略によって育成され、カリキュラム開発の政策的特色は、科学的リテラシーの育成を目標としたカリキュラム開発を、政策的に支える基礎を提供していると結論することができる。

2) 科学的リテラシーの意味する具体的内容と、その育成の方策を明らかにする時に、STSカリキュラムを用いることの正当性

さて、1)で指摘したように、STS テーマへの焦点化と、探究、問題解決、そして意思決定のスキル育成は、BSCSにおいて、今次の科学教育改革の1つの答であると位置づけられている (Bybee, 1986b) STSカリキュラムの学習内容であり、カリキュラム構成のアプローチに他ならなかった。つまりこのことは、BSCSにおける科学的リテラシーの具体的内容とその育成の方策を明らかにするためには、STSカリキュラムが適していることを意味する。現在のBSCSにおけるカリキュラム開発は、K-12学年を一貫した総合的なカリキュラムの開発へと向かっており、科学的リテラシーの内容を吟味するには、おそらくこれらのカリキュラムが最も適しているであろう。しかしながら、そのシリーズ全体の開発が終了していない現在の状況の中では、80年代に開発されたカリキュラムが、分析対象として最善のものと考えられる。

本論文のこれまでの議論の中では、科学的リテラシーを身につけた人が、科学の社会的側面を理解すべきであると指摘はしても、それがいかなる側面であるのか、また科学の本質を理解すべきであるとしても、その本質とは何であるのか等、具体的な点については言及できない。そこで第4章においては、STSカリキュラムの分析を通じて、科学的リテラシーを身につけた人が、いかなる知識・理解、スキル、そして価値と態度を獲得し、そのためにいかなる指導の方策が用いられているのかを明らかにする。これは本論文の第2の目的に対応している。

第4章 BSCSのSTSカリキュラムにおける科学的リテラシーの具体的内容と、その育成のための方策

- 第1節 科学的科学的リテラシーの具体的内容とその育成の方策を明らかにするための、分析項目の確定
- 第2節 「科学と社会」アプローチの採用：
"Basic Genetics: A Human Approach" の特色
- 第3節 「科学と社会」アプローチと「科学から社会へ」アプローチの併用：
"Advances in Genetic Technology" の特色
- 第4節 「科学の社会的側面からのアプローチ」および「技術中心のアプローチ」の採用：
"Science, Technology, and Society" の特色
- 第5節 BSCSのSTSカリキュラムにおける科学的リテラシーの具体的内容と、その育成の方策の特色

本論文では、これまでBSCSカリキュラムの変遷プロセスを、以下の方法を用いて解明してきた。

- (1) BSCSからの出版物、BSCSカリキュラムについて扱った文献、および実際のBSCSカリキュラムを用いて、1960年代、70年代、そして80年代以降のカリキュラムの開発方針を明らかにした（第1章、2章）。
- (2) 近年のBSCSにおける科学的リテラシーの捉え方の特色を明らかにし（第3章1節、2節）、それをBSCSカリキュラムの目標を構成する「知識・理解、スキル、価値と態度」の3つの柱をもとに分類、整理し、BSCSカリキュラムの開発方針との関連を明らかにした（同3節）。
- (3) (2)での検討結果を、科学教育を規定する2つの問い「科学とは何か」「教育とは何か」を軸に再構成し、図3-5に示すカリキュラム開発の一連のプロセスを、モデルとして示した（同3節）。
- (4) そして最後に、1980年代以降のBSCSカリキュラムの特色と科学的リテラシーとの関連を吟味することを通じて、科学的リテラシーの具体的な内容を検討するためには、STSカリキュラムが現在最も適していることを論じた。

以上の分析作業は、本論文の研究目的の1)に対応して行われたものである。

ところで、これまでに行ってきた以上の議論では、過去の一連のカリキュラム開発の流れを経て、現在のBSCSカリキュラムが科学的リテラシーの育成を目標として設定するに到った状況を指摘してきた。そしてその指し示す内容が、対象としてあらゆる生徒を想定しており、また科学の内容とプロセス、すなわち科学の本質の理解や、科学の社会的側面の理解、さらには意思決定スキルなどの獲得にあったことを指摘してきた。しかしながら、学習内容としての科学の本質とは何のこと指すのか、また科学の社会的側面とはいかなる側面のことを指すのか、さらには意思決定スキル育成をいかにして行っているのかなどは、具体的に明らかにされてこなかった。これらの目標達成は、科学的リテラシー育成を目指した具体的なカリキュラムの分析がなければ、不可能である。

一方BSCSにおいては、第3章3節の3で論じたように、1980年代以降に開発されたSTSカリキュラムは、探究、問題解決、そして意思決定のスキル育成や、STSテーマへの焦点化、学習内容としての技術の強調など、科学的リテラシーの内容を目標として明確に掲げている。これらのSTSカリキュラムは、BSCSにおける科学教育改革の1つの答えであると位置づけられており、80年代に開発されたカリキュラムのかなりの割合を占めている。ま

た青版、緑版といった教科書の改訂や、K-12学年を貫く総合的カリキュラムに多大な影響を与えている。したがって、BSCSにおける科学的リテラシーの指し示す具体的内容を解明するためには、STS カリキュラムが現在最も適していると言えよう。

そこで第4章では、これらのカリキュラムを題材として取り上げ、そこで科学的リテラシーの意味内容がどのように捉えられ（すなわち科学的リテラシーを身につけた生徒とは、何を理解しており、何ができ、そしていかなる価値と態度を身につけた生徒を言うか）、また科学的リテラシー育成のために、指導上いかなる方策が採用されているかを、具体的に解明することを目的とする。これは第3章までに行ってきたBSCSのカリキュラム開発のプロセスの解明に対して、その到達点としての、育成が期待される具体的な人間像の解明であると表現できる。

この一連の分析には、まず解明のための視点、すなわち分析項目が必要になる。そこで第1節においては、科学的リテラシーの意味する内容と、その育成の方策を明らかにするための分析項目を、第3章で明らかにしたBSCSの捉える科学的リテラシーの枠組みと、STS カリキュラムの分析に関する先行研究の結果、およびBSCSのスタッフへのインタビュー結果をもとに作成する。ここで言う科学的リテラシーの枠組みとは、第3章3節の1においてその整理に用いた、科学的リテラシーを構成する3つの柱、すなわち「知識・理解」「スキル」そして「価値と態度」の3つを指している。これを用いた理由は、BSCSにおける科学的リテラシーが、この3つの柱に従って記述されているという事実に加え、BSCSカリキュラムの目標が、歴史的に常にこの3つの柱に沿って定められていること（第2章4節の1）による。このことによって、BSCSの科学的リテラシーの特色を、過去のカリキュラムの特色との関連において論じることが可能となる。

そして第2節から第4節までは、この分析項目に関して、BSCSの3つの代表的なSTS カリキュラムのそれぞれを検討する。そして最後の第5節においては、以上の分析結果をもとに、本章の目的に対する答え、すなわちBSCSにおける科学的リテラシーの意味するカリキュラム上の内容と、その育成のための方策を提示する。この提示も、基本的に、前述した科学的リテラシーを構成する3つの柱に従って行い、必要があれば他の柱を用いる。またBSCSの科学的リテラシーが、STS カリキュラムのみならず、1960年代以降改訂が行われ、出版が続いている青版にどのように影響を与えているかを論じ、BSCSにおけるカリキュラムの目標としての科学的リテラシーの重要性を指摘する。そして最後に、本章で明らかになる、BSCSにおける科学的リテラシー育成のための指導方策を、同じ科学的リテラシー育

成を目標としたSTS 教育を推進しており，またその中心的役割を担っているNSTAおよび Yager のアプローチと比較することによって，BSCSの独自性を指摘する．

第1節 科学的リテラシーの具体的内容とその育成の方策を明らかにするための、分析項目の確定

これまでに、研究者や教師およびカリキュラム開発組織によるSTS教育の捉え方と展開の違いを論じた文献はきわめて少ない。ましてやそれを科学的リテラシーと関連づけて論じた文献は皆無に近い状況である。つまりカリキュラム開発のレベルで言うと、STS教育に対する各開発者たちの捉え方の違いによって多様なSTSカリキュラムが開発されているが、それらを総合的な視点から捉え、その特色を描き出した研究はほとんど見られない。そこで本節では、第3章2節で指摘したBSCSの科学的リテラシーの特色の1つである、「知識・理解、スキル、価値と態度」という枠組みを用いながら、それに上述した数少ない研究の成果と、BSCSのカリキュラム研究の中から得られた視点を加えることによって、STSカリキュラムの分析項目を確定する。

1. 分析項目①：カリキュラムで扱われている知識内容とその構成

STSカリキュラムが、どのような知識内容を含み、どのように構成されているかについては、いくつかの文献で論じられている。これは、BSCSの捉える科学的リテラシーを構成する枠組みで言うと、知識・理解に相当し、その内容とカリキュラム構成を問うものである。そこでこれらの文献で用いられている分類の対応関係を示したものが、次ページの表4-1である。まずRosenthal(1989)は、これを「社会的問題からのアプローチ」(social issues approach)と「科学の社会的側面からのアプローチ」(social aspects of science approach)に分けた。前者は現実社会で生起している、科学に関連した具体的な社会的問題を中心にSTSカリキュラムを構成する方法であり、後者は科学の哲学的、社会学的、歴史的側面をカリキュラムの中心に据え、それを学習するときの題材の1つとして社会的問題やエピソードを利用するアプローチである。したがって後者はより科学史、科学哲学、科学社会学の授業に近いアプローチであるといえる。彼女はこれをさらに6つのアプローチに細分化している。

表4-1からわかるように、これと非常に類似した分類を行っているのがZiman(1980)である。彼はRosenthalのような階層をつくらず並列的に分類しているが、ここで言う「科学を社会と関連づけたアプローチ」というのは、通常科学の知識内容を、社会との

表4-1. カリキュラムの知識内容とその構成の違いに基づいた分類項目の対応関係

Rosenthal(1989)	Ziman(1980)	Ramsey(1993)
1. 社会的問題からのアプローチ 2. 科学の社会的側面からのアプローチ ・美的, 人文的アプローチ ・哲学的, 認識論的アプローチ ・社会学的アプローチ ・歴史的アプローチ ・政治的アプローチ ・経済的アプローチ	・社会の抱える諸問題からのアプローチ ・学際的アプローチ ・哲学的アプローチ ・社会学的アプローチ ・歴史的アプローチ ・職業的アプローチ ・科学を社会と関連づけるアプローチ	・科学に関連した社会的問題 ・技術 ・科学と技術の歴史と哲学 ・社会的文脈の中で提示された従来の内容

関わりへと拡張したアプローチを指し、いわゆる科学の応用と言われてきたアプローチである。また「職業的アプローチ」というのは、理科系大学生が将来就く職業の社会的側面を扱うもので、科学の社会的意義、科学者の組織に対する忠誠と個人の関心の間の選択、科学研究の道徳的問題等が含まれる。

一方Ramsey (1993) は、STS カリキュラムの中に4つのアプローチを区別している。この分類の他にはない特徴は、STS 教育の重要な構成要素である技術に着目している点と、科学知識を社会的文脈の中で提示するアプローチを加味している点にある。しかし他の2点（「科学に関連した社会的課題」「科学と技術の歴史と哲学」）は、RosenthalとZimanの分類項目に対応している。

そこでこれらカリキュラムで扱われている知識内容とその構成の違いをもとに作成した、第1のSTS カリキュラムの分析項目が表4-2である。作成の基準は3人の分類を包括するものであること、そして中等学校科学のSTS カリキュラムの分析に使用できること、の2点である。この基準に従って、科学の社会的側面を最も詳しく扱っているRosenthalの分類を基本にし、これにRamseyの「技術」と「社会的文脈の中で提示された従来の内容」を加え、さらにZimanの「科学を社会と関連づけるアプローチ」を加えた。しかしZimanの「学際的アプローチ」は、STS カリキュラムが本質的に学際的であるので、特にここでは項目として設定せず、また「職業的アプローチ」は大学生を対象にしたSTS 教育の特徴としてあげられたものである点で除外した。このようにして包括的、かつ中等学校カリキ

表4-2. STSカリキュラムの分析項目①：
カリキュラムで扱われている知識内容とその構成

1. 社会的問題からのアプローチ（社会から科学へ）
2. 社会的文脈の中での科学の提示（科学と社会）
3. 科学を社会と関連づけるアプローチ（科学から社会へ）
4. 科学の社会的側面からのアプローチ
 - a. 美的，人文的アプローチ
 - b. 哲学的，認識論的アプローチ
 - c. 社会学的アプローチ
 - d. 歴史的アプローチ
 - e. 政治的アプローチ
 - f. 経済的アプローチ
5. 技術中心のアプローチ

ユラムの分析に適した分析項目①を作成した。

ただしこれらの項目は、科学知識のカリキュラム上の位置づけという観点から見ることもできる。たとえば表4-2の「1.社会的問題からのアプローチ」では、社会的問題の解決および意思決定スキルの育成に主眼がおかれ、科学知識はそのプロセスの中で獲得されていくとされている。つまりカリキュラム上の科学知識の占める重要性は相対的に低いのがこのアプローチの特色である。したがって学習活動全体を導くのは問題解決と意思決定活動であり、カリキュラム構成としては、社会的問題の解決から科学知識の獲得へと向かうアプローチ（以下「社会から科学へ」のアプローチと称す）であると言える。したがって、生徒が学習する科学知識は、問題解決や意思決定の活動によって左右されやすい、非常に流動的な傾向を持つ。これに対して「3.科学を社会と関連づけるアプローチ」というのは、まず社会的問題の解決に必要な基礎的な科学知識の学習を行った後、それらの知識の応用として社会的問題の学習を行うというものである。つまり方向性として1.の「社会から科学へ」というアプローチとまったく逆であり、カリキュラム上では科学知識の獲得に最も重点がおかれる。これは「科学から社会へ」のアプローチと表現することができる。

一方「2.社会的文脈の中での科学の提示」というアプローチは、ちょうどこれら2つの中間に位置している。つまり学習内容としての科学知識とスキルは、カリキュラム中にあるかじめ明確に定められており、それを個人的、社会的な文脈の中で学習するものである。たとえばメンデルの遺伝学を、遺伝病の子どもをもった家族の物語の中で学習したり、原

子力発電所建設問題を扱う中で原子の構造とエネルギーについて学習するといったアプローチがこれに相当する。個人的、社会的問題が用いられているという点では「社会から科学へ」のアプローチに似ているが、学習される科学知識とスキルがあらかじめ明確に決定されており、しかもどこの学習活動でそれらを学習するのも決定されている点で、両者は区別される。さらに「社会から科学へ」のアプローチでは、取り上げる個人的、社会的問題を通常生徒自身が決定するが、社会的文脈の中で学習するアプローチでは、学習する科学知識とスキルが事前に決められているために、取り上げる個人的、社会的問題もまたあらかじめ設定されていることが多い。これも両者を区別する1つの基準である。つまりこのアプローチは、社会的問題と科学知識の扱いの柔軟性から見ると、1.と3.のちょうど中間的な特徴を持っていると言えるため、科学知識と社会的問題の学習とが、同時進行的に進む「科学と社会」アプローチとここでは名づけた。

一方「4.科学の社会的側面からのアプローチ」と「5.技術中心のアプローチ」では、科学知識そのものにはほとんど焦点があてられていない。このように表4-2の分析項目①は、科学知識のカリキュラム上の位置づけの違いとして解釈できるものである。本論文では、表現の簡潔さと理解のしやすさから、この解釈に基づいた表現方法（「社会から科学へ」「科学から社会へ」「科学と社会」）を採用する。

2. 分析項目②：カリキュラムの目標

STSの授業経験によって期待される成果もしくは学習目標による分析という視点は、知識内容とその構成と並んで、もう1つの重要な視点を構成している。なぜならカリキュラムの目標は、それらを規定するからである。まず前述したRamseyら(1990)は、社会的問題からのアプローチで設定される目標として、次の4つのレベルを指摘している。それは「基本レベル」(科学に関連した社会的問題を理解し調べるために必要な知識の獲得)、
「課題意識化のレベル」(科学に関連した社会的問題の概念的理解の育成)、
「調査研究と評価のレベル」(問題について調べ、解決法を評価するために必要な知識とスキル)、
「市民的責任性のレベル」(科学に関連した問題の解決に向けて、責任ある意思決定と肯定的な行為を行うために必要なスキルの育成と応用)の4点である。これは環境教育の目標分析に基づいて、RubbaとWiesenmayer(1988)が指摘した、STS教育の4つのレベル

表4-3. STSカリキュラムの目標の違いに基づいた分類項目の対応関係

Ramsey(1990)	Ramsey(1993)	Cheek(1993)
<ul style="list-style-type: none"> ・基本レベル ・課題意識化のレベル ・調査研究と評価のレベル ・市民的責任性のレベル 		<ul style="list-style-type: none"> ・知識領域 ・スキル領域 ・倫理と価値領域 ・行動領域

表4-4. STSカリキュラムの分析項目②：カリキュラムの目標

<p>1. 知識領域</p> <p>a. 定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・科学と技術の定義 ・科学と技術の相互依存性 <p>b. 科学、技術と外部社会との関連</p> <ul style="list-style-type: none"> ・科学と技術への社会の影響 ・社会への科学と技術の影響 <p>c. 科学界、技術界の特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・科学者の特徴 ・科学知識の社会的構築 ・技術の社会的構築 <p>d. 科学の本質</p> <ul style="list-style-type: none"> ・科学知識の不確かさと限界 ・科学知識の仮説性 ・探究としての科学 ・科学の前提条件 	<p>2. スキル領域</p> <ul style="list-style-type: none"> a. コミュニケーションスキル b. 科学的問題解決スキル c. 認知的プロセススキル d. 意思決定スキル e. グループプロセススキル f. 論争の処理と交渉のスキル g. 現実場面での技術の使用
<p>3. 倫理と価値領域</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 民主主義的プロセスの価値 b. 価値の重要性の理解 c. 個人の価値の形成 d. ある問題に関連する価値の同定 	<p>4. 行動領域</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 研究の実施 b. 地域や広く社会の中である問題について行動する

(基礎レベル、意識化のレベル、調査研究レベル、行動のためのスキル育成のレベル)に完全に対応するものである。

さらにRamsey(1993)は別の論文で、「認知的領域」「情意的領域」「行動的領域」と

いう分類の仕方をしている。これらの文献における分類の意図は、STS 教育が最終的に生徒の行動変容をもたらすものでなければならないという点にあり、「市民的責任性」と「行動的領域」という表現の違いはあるが、両者は共にこの行動変容を目指している点で本質的な違いはない。

一方Cheek (1992) は、これまでに発表されているSTS カリキュラムのフレームワークやガイドラインの中から29の分類項目を抽出し、これを4つの領域に分類した。それは「知識領域」「スキル領域」「倫理と価値領域」「行動領域」の4つであり、表4-3に示すように、この分類方法も明らかに他の2つと対応関係を持っている。

以上4つの文献で行われている分類は、明らかにBSCSの捉える科学的リテラシーの枠組みと対応関係を持っている(Ramseyの言う「市民的責任性のレベル」「行動的領域」と、Cheekの言う「行動領域」は、BSCSでは「価値と態度」に含まれている)。しかもそのうちCheekの分類は、具体的に29項目の下位カテゴリーを有しており、分類の方法としては最も利用価値が高い。そこで目標の違いに基づいたSTS カリキュラムの分析項目には、Cheekの分類方法を基本的に採用した。ただし「知識領域」に関しては、Aikenheadら(1989)がこれまでの科学哲学ないしは認識論と、科学社会学の成果をもとに、STSに関する概念スキーマを作成しており(「定義」「科学、技術と外部社会との関連」「科学界、技術界の特徴」「科学の本質」から成る)、これがCheekの下位カテゴリーのすべてを含む包括的な体系となっているため、「知識領域」の下位カテゴリーとして用いることとした。以上の結果作成された分析項目②を、表4-4に示す。

3. 分析項目③：カリキュラムで扱われている社会的問題のレベルと、その学習の順序

この点について述べた文献はこれまで目にしたことがない。したがって以下の分析項目は、筆者がこれまでに分析してきたカリキュラム、およびBSCSのBybee (1991) へのインタビューで得られた示唆をもとに作成されたものである。

STS 教育においては、科学、技術、社会間の相互関連を含む、個人もしくは社会の問題や課題が扱われる。その具体的な内容はカリキュラムによってきわめて多様であるが、それは大きく2種類に大別される。1つは国ないしは地球レベルの問題、もう1つは地域や生徒の身の回りの問題である。しかもこれら両者を用いている場合があるが、カリキュラ

ムを検討すると、最初は地域の問題をもとに活動が展開され、後に国や地球レベルの問題へと発展する例と、その逆に国や地球レベルの問題から地域へと目を向けていく例が見られる。そこでここでは、STS カリキュラムで扱われている問題の種類が「国や地球レベル」の問題か、それとも「地域レベル」か、また「国や地球レベルから地域レベルへ」と学習が進んでいくのか、それとも「地域レベルから国や地球レベルへ」かを、分析項目として用いた。

以上の分析項目をまとめて1つの表にしたものが表4-5である。基本的にこの表の該当箇所をチェックすることによって、STS カリキュラム間の相違点が理解できる。しかしある2つのカリキュラムが共通の項目に該当したとしても、その具体的な記述がまったく異なることは有り得る。たとえば分析項目②の「1.b.科学、技術と外部社会の関連」のうち「社会への科学と技術の影響」を、ある2つのSTS カリキュラムが扱っていたとしても、社会への否定的影響を強調しているのか、それとも肯定的影響を強調しているのかではまったくその扱いは異なることになる。したがって各項目とも該当項目のチェックだけでは不十分であり、分析においては具体的な記述をも加えることとする。次の第2節から4節までは、表4-5を用いて具体的なカリキュラムの検討を行うが、その結果は186 ページと187 ページにまとめて示してあるので、以下この表を参照しながら議論を進める。

表4-5. STSカリキュラムの分析項目一覧表

分析項目 \ カリキュラム名	カリキュラム a.	カリキュラム b.
<p>分析項目①：カリキュラムで扱われている知識内容とその構成</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 社会から科学へ 2. 科学と社会 3. 科学から社会へ 4. 科学の社会的側面からのアプローチ <ol style="list-style-type: none"> a. 美的, 人文的アプローチ b. 哲学的・認識論的アプローチ c. 社会学的アプローチ d. 歴史的アプローチ e. 政治的アプローチ f. 経済的アプローチ 5. 技術中心のアプローチ 		
<p>分析項目②：カリキュラムの目標</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 知識領域 <ol style="list-style-type: none"> a. 定義 <ul style="list-style-type: none"> ・ 科学と技術の定義 ・ 科学と技術の相互依存性 b. 科学, 技術と外部社会との関連 <ul style="list-style-type: none"> ・ 科学と技術への社会の影響 ・ 社会への科学と技術の影響 c. 科学, 技術コミュニティの特徴 <ul style="list-style-type: none"> ・ 科学者の特徴 ・ 科学知識の社会的構築 ・ 技術の社会的構築 d. 科学の本質 <ul style="list-style-type: none"> ・ 科学知識の不確かさと限界 ・ 科学知識の仮説性 ・ 探究としての科学 ・ 科学の成り立つ前提条件 		

<p>2.スキル領域</p> <ul style="list-style-type: none"> a. コミュニケーションスキル b. 科学的問題解決スキル c. 認知的プロセススキル d. 意思決定スキル e. グループプロセススキル f. 論争の処理と交渉のスキル g. 現実場面での技術の使用 <p>3.倫理と価値領域</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 民主主義的プロセスの価値 b. 価値の重要性の理解 c. 個人の価値の形成 d. ある問題に関連する価値の同定 <p>4.行動領域</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 研究の実施 b. 地域や広く社会の中である問題について行動する 		
<p>分析項目③：問題のレベルと学習の順序性</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. 国・地球レベルの問題 2. 地域レベルの問題 3. 国・地球レベルから地域レベルへ 4. 地域レベルから国・地球レベルへ 		

第2節 「科学と社会」アプローチの採用：“Basic Genetics: A Human Approach”の特色

1. “Basic Genetics: A Human Approach”の開発の背景とその全体的特徴

Mayer (1986) によると、現代遺伝学の内容がアメリカの高等学校生物教育にはじめて導入されたのは、1960年代の科学カリキュラム改革運動の時代であり、はじめてそれを中心テーマの1つとして取り上げたのはBSCSであった。その後従来の生物教科書にも、現代遺伝学の内容が取り入れられるようになったが、「人間の遺伝学教育¹⁰⁾を促進しようという動きは、1970年代中期に発展してきた」(Mertens,1983,p.629)。本節で分析する“Basic Genetics: A Human Approach”(以下「基礎的遺伝学」と略す)は、この人間の遺伝学教育を扱ったSTSカリキュラムである(これを指摘しているのは以下の文献である。Science through Science Technology and Society Project,1985; BSCS,1985)。

1979年に開発が始まった「基礎的遺伝学」はモジュール形式を取っており、その初版は1983年に出版された。1970年代末に、BSCSが人間の遺伝学カリキュラムの開発を手掛けるようになった背景については、多数の研究者がさまざまな観点から指摘しているが、それらを整理すると以下のようなになる。

- ・医療分野からの要請—人間の遺伝病が多数同定され、また慢性疾患に対する遺伝子の関わりが明らかになるにつれて、それにまつわる深刻な社会的、倫理的、経済的問題が出現し、そのため遺伝カウンセリング、遺伝的スクリーニング、そして出生前診断の役割が増大してきたこと(McInerney, et al.,1978; Childs,1983)。さらに遺伝病と、遺伝的関連をもつ慢性疾患を、安定した状態を維持するためのメカニズム(つまり遺伝的に決定された能力)と、それに対抗する力(環境の圧力)との間の不適應の結果であると見なす考え方が広がり、たとえ遺伝的にある病気にかかりやすい人であ

10) ここで言う「人間の遺伝学」は、生物学の研究領域である「人類遺伝学」とは異なる内容を含んでいる。後者は人間の遺伝形質や遺伝病の仕組みといった、人間における遺伝学的側面を扱った学問領域であるのに対して、前者はこれらの内容に加えて、遺伝病と遺伝学の応用に伴う社会的、倫理的、経済的、政治的側面も扱う。つまりここでは、「人間の遺伝学」に関する社会科学、行動科学、医療の分野まで包含した学際的な学習内容を指している。この教授を行うのが、人間の遺伝学教育である。

っても、ライフスタイルを含む環境の改善によって、それを予防ないしは軽減できるという考え方が普及してきたこと (Childs,1978; Hickman,F.M.,et.al.,1978) . そのためアメリカでは1976年に国家遺伝病法案 (National Genetic Diseases Act) が成立し、遺伝病に関する研究と教育が積極的に進められることとなった (BSCS,1978) . さらに人間の遺伝病のための国立情報センター (National Clearinghouse for Human Genetic Diseases) が厚生省に設置され、人間の遺伝学に関する情報の利用が促進されることとなった (Greendale,et.al.,1982) .

- ・科学教育の目標観の変化-第1章で述べたように、1つの学問としての自然科学を教えるという科学教育の観点から、科学とそれを取りまく社会的文脈との関わりを重視した科学教育の重視という観点へと、1970年代の科学教育の目標が変化してきたこと (Epstein,1980; McInerney,1989) . 人間の遺伝学教育で言うなら、出生前診断、遺伝的スクリーニング、体外受精、遺伝子工学などの技術によって引き起こされる社会的、倫理的問題に、合理的にかつ責任をもって対処できる市民を育成するのが、その目標である (Epstein,1980) .
- ・アメリカ社会の多様性を正当化する基礎としての人間の遺伝学教育-社会的、文化的、民族的多様性の生物学的根拠を人間の遺伝的多様性に求めようという考え方. たとえばここでは、遺伝的にハンディをもった人々は、人間の遺伝的多様性の範囲の中の1つのグループに過ぎず、彼らは遺伝的に連続した頻度分布のはずれの方にいる人々に過ぎないと捉えられている. したがって遺伝病の患者が個人や家族、社会にもたらす経済的、心理的負担のために彼らを排除するのではなく、積極的に社会に受容していくべきことがここでは主張されている (Childs and Hickman,1983) .

ところがこのような科学的、教育学的、文化的状況の変化と要請が存在したにもかかわらず、当時の遺伝学教育の状況はこれらの変化と要請に応えたものではなかった. たとえば1977年に、National Foundation - March of DimesとNational Institute of Healthの資金援助で、Hickmanらによって行われた調査研究 (Hickman,et al.,1978) 「人間の遺伝学に関するBSCS教育要求測定プロジェクト」の結果は、以下の点を明らかにしている.

- ・高校生や大学生は、遺伝子と環境の相互作用、遺伝カウンセリング、遺伝的スクリーニング、そして遺伝病など、人間の遺伝学学習の上で鍵となる知識や、さらには基礎的な遺伝学の知識さえほとんど持っていない.
- ・遺伝学の応用によって起こる個人的、社会的問題や課題について、非常にあいまいな

態度しか示さない。

- ・教える側の教師も、人間の遺伝学の授業にはほとんど時間を費やしていない。

これらの結果は他の研究者たちによる調査結果 (Wilson, et al., 1975; Scriver, et al. 1978) とほぼ一致していた。このような遺伝学教育の実態と、前述した科学的、教育学的、文化的変化と要請との間の隔たりを埋めるべく、人間の遺伝学カリキュラムの開発がアメリカ各地で始まり (たとえばコロラド大学の "Genetics: A Human Approach" (Capra, J.L., 1981)) , また教師教育プログラムの開発も始まった (たとえば血液研究財団の開発した教師教育プログラム (Haddow, P.K., 1982)) 。 BSCSの同様の試みの成果の1つが、本節で取り上げる「基礎的遺伝学」である。

その後「基礎的遺伝学」は、出版以後6年間にわたる実践からのフィードバックをもとに大幅な改訂作業が行われ、1991年に第2版が出版された。その特徴は、第2版に新たに追加されたモジュールに最も典型的に見ることができる。その特徴を項目別に示すと以下の通りである。

① 病気と遺伝子の関連についての最新の知見の導入

初版で扱われていた、鎌型赤血球貧血症とハンチントン病という遺伝病に加え、慢性疾患、ガン、精神病といった病気を取り入れられた。これらは、いずれもこれまで遺伝的要因との関連が明らかでなかったが、近年それが明らかになってきた病気ばかりである。

BSCSは、これらの病気を取り入れることによって、病気を遺伝的要因と環境との相互作用の結果と見る観点と、人間の連続的な遺伝的多様性を認める観点を導入しようと試みており、これは前述した科学的、文化的要請に応える試みと捉えることができる。

② 遺伝子工学技術の重視

第2版では、遺伝子工学に関するテクニックに該当する学習項目が10項目に及んでおり、そのうち7項目が第2版に新たに加えられたものである。これは1980年代以降の遺伝子工学技術の進歩の反映であり、またこの技術が我々の生活とますます密接な関係を持ちつつあることの反映であると考えられる。また第2版においては、初版ではまったく扱われていなかった免疫学、進化といった他の研究領域への遺伝子工学技術の貢献も強調されている。

③ 公共政策決定プロセスの重視

科学、技術の応用によって引き起こされるさまざまな倫理的問題に関連した公共政策決定プロセスの扱いは、初版ではまったく見られなかった。第2版では公共政策決定の過程に、一人の市民として積極的に参加できる生徒を育成することが目標とされている。

このように第2版は、科学、技術、社会間の相互関連の理解、意思決定スキルの育成、科学に関連した社会的、倫理的、政治的課題の扱いなどを、初版よりも一層強調していると結論できる。本章の目的は、1980年代以降のBSCSのSTSカリキュラムを題材に、科学的リテラシーの捉え方を、カリキュラムレベルで具体的に解明することにあるため、本節ではそのような特色をより鮮明に打ち出した「基礎的遺伝学」の第2版を分析対象とした。

2. カリキュラムで扱われている知識内容とその構成：分析項目①

分析項目①に関して結論から先に言うと、「基礎的遺伝学」は社会的文脈の中で科学知識を提示するアプローチ、すなわち「2.科学と社会」アプローチを採用している。以下においては、その根拠を、「基礎的遺伝学」で設定されているカリキュラムの目標と具体的な学習活動の流れの中で論証する。

1) 「基礎的遺伝学」の目標の検討

次ページに示す表4-6は、教師用指導書に掲げられている「基礎的遺伝学」の目標である。そこには全部で25の目標が設定されているが、これらを内容別に整理すると以下のようなようになる。

遺伝学の基礎的知識に関するもの：1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 17, 19

遺伝学の基礎的知識を踏まえた応用的内容に関するもの：

遺伝子と環境 - 3, 4	遺伝病 - 10, 11, 18
遺伝子工学技術の応用 - 14, 15, 21, 23	遺伝カウンセリング - 16
遺伝学と価値, 倫理 - 20, 22, 24, 25	

ここには遺伝学に関連した社会的、倫理的問題の理解、そしてその解決と意思決定のスキルの育成が述べられている(項目20, 22, 24, 25)。しかしながら表中には、あらかじめ遺伝学の基礎知識の理解に関する目標が11項目も設定されているため、社会的、倫理的問題

表4-6. 「基礎的遺伝学」第2版の目標

教授の結果として生徒は以下のことができる。

1. 遺伝学の用語が使える（遺伝子型，対立遺伝子，不分離，多因子的など）。
2. ある1つの形質が遺伝する確率を予測できる。
3. 遺伝子型と環境の間の相互作用の影響について説明できる。
4. 遺伝子と環境の間の相対的な影響を決定するために，双子と養子の研究を利用することについて述べることができる。
5. メンデル遺伝と非メンデル遺伝のパターンを区別できる。
6. 伴性遺伝，染色体異常，多因子・多遺伝子による遺伝病について，述べることができる。
7. 突然変異が遺伝子，染色体，環境，遺伝的多様性にどのように関係しているか説明できる。
8. ある集団における遺伝子と遺伝子型の頻度を計算できる。
9. 家系図を解釈できる。
10. 鎌型赤血球貧血症，テイ・サックス，ハンチントン病といった，遺伝病に関する遺伝パターンを説明できる。
11. ダウン症のような染色体異常による病気が，どのようにして生じるのか説明できる。
12. 2つの独立したできごとが，同時に生じる確率を計算できる。
13. 遺伝子の遺伝が，減数分裂中の染色体行動とどのように関連するかを示す図が書ける。
14. 現在可能な出生前診断のテクニックについて述べることができる。
15. キャリアー検査とマス・スクリーニングの違いを区別でき，スクリーニングに伴ういくつかの危険性と利点を同定することができる。
16. 遺伝カウンセリングの目的を同定し，診断，実験室検査，家族の歴史がカウンセリング過程で演じる役割について述べることができる。
17. 遺伝子が細胞の通常の機能をどのように調節しているのかを説明できる。
18. 遺伝病の人の家族がどのように数々の問題に対処しているのか，理解を示すことができる。
19. 核型を解釈できる。
20. 将来の新しい遺伝技術の適切および不適切な利用について推測することができる。
21. 遺伝子マッピングや組換えDNA，RFLPs といった，現在の遺伝子研究で使われているテクニックについて述べることができる。
22. 道徳と倫理についての議論に含まれる目標，権利，義務を同定し，ある目標，権利，義務が争点となる状況を指摘できる。
23. 進化と免疫の問題を研究するための，現在の研究テクニックの利用について述べるができる。
24. 新しい知識と技術の持つ力の結果として生じる，倫理的，道徳的，法律的問題のいくつかをあげることができる。
25. 個人的観点ばかりでなく社会的観点からも，そして長期的，短期的観点からも，意思決定の状況を分析できる。

(Basic Genetics : A Human Approach, 2nd.ed., Teacher's Guide , p.6)

題の分析と解決，および意思決定のスキル育成という目標と同時に，明確に遺伝学の基礎知識が目標の中に位置づけられていると言える．そしてこの表の中には，「4.科学の社会的側面からのアプローチ」および「5.技術中心のアプローチ」は見られない．したがって表4-6の目標から結論されるのは，「基礎的遺伝学」が「1.社会から科学へ」「2.科学と社会」「3.科学から社会へ」のいずれかのアプローチを採用していることが推察される．

2) 「基礎的遺伝学」の具体的な学習活動の検討

そこで次に「基礎的遺伝学」が上述した3つのうちどのアプローチを取っているのかを，その学習活動の展開をもとに検討する．

本書は全体で52個のモジュールから構成されている．それぞれのモジュールは基礎的な遺伝学の内容中心のもの，遺伝学の発展によってもたらされた倫理的問題中心のもの，遺伝子工学テクニック中心のもの等，焦点が異なっている．したがってどのモジュールをどのような順序で活用するかは授業を実践しようとする教師の判断（たとえば授業に費やすことのできる時間，生徒の関心，目標等）に委ねられている．しかし本書では，どのような授業展開をする場合でも最初のモジュール「繊維性嚢胞腫と共に生きる家族」は，必ず授業の導入として使用するよう指示されている（Teacher's Guide, p.6）．つまりこのモジュールには，本書の学習活動全体に関わる基本的な目標が反映されているのである（同，p.13）．そこで以下においては「繊維性嚢胞腫と共に生きる家族」に「基礎的遺伝学」の特徴が顕著に表れていると捉え，その学習活動の中でどのようなアプローチが用いられているかを検討する．

「繊維性嚢胞腫と共に生きる家族」は，常染色体劣性の遺伝病である繊維性嚢胞腫の子どもを持った家族へのインタビュー記事の形態を取っている．このモジュールの目標は，1つには人間の観点からの遺伝学の学習の促進であり，アメリカで最も普通に見られる遺伝病（繊維性嚢胞腫）を用いて，基礎的な遺伝学の概念を提示することである．2つめは遺伝病に関連して患者や家族がどのような経験をするかを提示することである．具体的には，遺伝病の患者とその家族は，さまざまな身体的，心理的，社会的問題に対処しなければならない．しかし遺伝病は単なる人間の遺伝的多様性の1つの表現にすぎない．そこでそのような彼らの経験に理解を示し，彼らを受容し，自分の行動を反省する態度を育成することが，このモジュールの2つめの目標である．したがってここでは，繊維性嚢胞腫の子どもとその家族に対する身体的，心理的，経済的インパクトと，病気の原因，兆候，そ

して可能な治療法がインタビュー記事の形で記述されている。ところがこれらのインタビューの内容を理解するためには、一定の遺伝学の知識が必要とされるため、これらを理解するために必要な遺伝学の知識が、レポーターの記事および囲み記事の形で解説されている。たとえば以下に示すような学習活動の流れの中で、遺伝学の知識が学習されていく。

メアリーとボブ夫妻の間に生まれたジョンと

リサは繊維性嚢胞腫であった

—— 両親の遺伝子型の同定

↓

ジョンは症状がはげしくすでに亡くなって

しまったが、リサの症状は比較的軽い

—— 遺伝子と環境の相互作用

↓

姉のサラは病気ではないが、サラが繊維性

嚢胞腫の遺伝子を持つ可能性は2/3である

—— メンデルの法則

この記述はリサがレポーターに対して説明する形で進んでいくが、兄弟の間でなぜこのような違いが生じるかを理解するためには、遺伝学の基礎知識が必要となる。つまりまず病気ではない両親から繊維性嚢胞腫の子どもが生まれたという事実から、両親がその遺伝子を持つことが確認される。そして同じ遺伝病であっても、その発現の程度には個人によって差があることから、遺伝子と環境の間の相互作用の存在が確認され、症状の軽減が環境の改善によってある程度可能であることが述べられる。そしてサラが繊維性嚢胞腫の遺伝子を持つ可能性が2/3であることの理由が、メンデルの優性の法則および分離の法則に基づいて明らかにされる。

以上のように「繊維性嚢胞腫と共に生きる家族」では、患者およびその家族の身体的、心理的、社会的問題を生徒が学習する中で、遺伝学の知識を「必要とする状況」、すなわち学習の文脈が設定されている。つまり「基礎的遺伝学」では、科学知識を学習した後その応用として社会的課題を扱っている（「科学から社会へ」のアプローチ）わけではないし、また生徒が自ら選択した身の回りの問題の解決活動を中心に学習が構築されている（「社会から科学へ」のアプローチ）わけでもない。したがって具体的な学習活動から見ると、カリキュラムの知識内容とその構成について「基礎的遺伝学」では、社会的文脈の中で科学を提示する「科学と社会」アプローチを採用していると結論することができる。

3. カリキュラムの目標：分析項目②

1) 知識領域について

まず「a.定義」についてであるが、科学と技術の定義を扱ったモジュールは「基礎的遺伝学」にはない。また「c.科学、技術コミュニティの特徴」についても、「基礎的遺伝学」ではまったく触れていない。

次に「b.科学、技術と外部社会との関連」であるが、これは本書の中心テーマとなっている。すなわち形質の遺伝パターンの研究、遺伝子の発現のしくみ、タンパク質合成のしくみといった科学の成果と、組換えDNA技術、遺伝子の塩基配列の分析手法等の技術の成果が、人間の遺伝病の診断や治療薬の製造に貢献している点は、題材を変えながら繰り返し述べられている。しかしながら科学と技術は、人間に利益をもたらすと同時に、新たな問題も出現させている点も強調されている。たとえば「RFLPs とは何か」というモジュールでは、鎌型赤血球貧血症のスクリーニングを受けた結果、その遺伝子をヘテロで持つことが判明した夫婦が、病気になる可能性のある子どもをつくるべきかどうか論じられている。

このような事例が本書では多数扱われている点から判断して、科学と技術が社会に対して貢献しつつ、同時に新たな問題も生起させつつある点、すなわち社会に対する科学と技術の二面性が、「基礎的遺伝学」では強調されていると言える。

では逆に社会が科学と技術に対して影響を与えている点は、本書ではどのように扱われているであろうか。この点については「遺伝学実験室」というモジュールが言及している。その内容は、人間の全遺伝子配列を明らかにしようという「ヒト・ゲノム・プロジェクト」に関心を持ったトムという高校生が、生物担当の教師の紹介で遺伝学の研究室を訪ね、科学研究の実際について質問し、実際に研究の一部を体験した話として記述されている。ここでは科学者による研究資金獲得のための申請から決定までのプロセス、その決定過程における議会および圧力団体の影響力、研究のプロセス、プロジェクト内の研究者の役割分担、研究資金の由来元などが明らかにされ、科学と技術研究の方向性がいかに公共政策によって左右されているかが述べられている。

以上のように「基礎的遺伝学」では、「b.科学と外部社会との関連」の扱いは中心テーマの1つとなっている。その内容は科学と技術が社会に対して正、負両方の影響を与えていること、また公共政策に基づく資金のコントロールという形で、社会が科学と技術の発

展の方向性をコントロールしていることの2点であると結論される。

最後の「d.科学の本質」に関しては、たとえば「遺伝子工学のツール」というモジュールにおいて、組換えDNA テクニックの理解と、同時に仮説の設定と結果の解釈、検証、実験方法の計画等、探究のプロセスの理解が重要な目標として設定されている（この活動の詳細については、次の「2)スキル領域」の分析参照）。このような活動は本書の全体にわたって見ることができ、特に各モジュールごとに設定された「発展」活動に顕著に見られる。しかしながら「d.科学の本質」に関する他の項目は、学習活動にまったく見られないことから、唯一「科学的探究のプロセス」の理解のみが目標として明確に設定されていると結論できる。

2) スキル領域について

「d.意思決定スキル」

「基礎的遺伝学」では、目標としてのスキル育成に関して以下のように述べている。

「このカリキュラムは、科学における問題解決の機会と、倫理的選択の問題の解決の機会を提供している。ここに含まれる教授活動では、相対立する価値の立場を理解するときの情報の利用を強調している」（Teacher's Guide,p.1）

「『基礎的遺伝学』は遺伝学の知識と原理の探索を越えて、遺伝学の新しい知識と技術が持つ社会的、倫理的、そして個人的意味を吟味することまで行っている。それゆえこのプログラムでは個人、家族、そして社会のレベルでの意思決定のテーマを扱っている」（同,p.7）

このように、本書では、引用文中にあるような社会的、倫理的問題の解決と意思決定のスキル育成は不可欠な目標となっている。そこで以下においては、まずこれらのスキル育成のためにいかなる教授方略が用いられているのか、またその特徴は何かを明らかにする。

社会的、倫理的問題の分析と、解決のための意思決定の方策として、本書では基本的に2つの手法を用いている。1つはディシジョンツリー（decision tree）であり、もう1つ、より頻繁に使用されているのが、問題に関与している人々の目標、権利、義務に分けた分析である。

①ディシジョンツリー

ディシジョンツリーとは、ある問題について意思決定をするときに、考えられる選択肢について、その結果もしくは影響を可能な限り提出し、決定の基礎にしようという手法で

あり、意思決定の手法としては最もよく用いられているものの1つである（Baron, 1988, 彼は決定分析と呼んでいる）。「基礎的遺伝学」では「伴性遺伝」というモジュールでこの手法が用いられている。ここでは2名ないしは3名のチームによって、次ページに示す図4-1のワークシート作成活動が行われている（彼らに実際に渡されるシートの四角の中は空白となっている）。

ここで行われるディシジョンツリーを用いた活動のポイントは、以下のようにまとめることができる。

- ・ある問題の解決に当たって、できるだけ各選択肢について多くの結果と影響を予測すること。
- ・さまざまな価値と信念に支配された現実生活場面での決定の複雑さを理解すること。
- ・個人が置かれたさまざまな倫理的、道徳的、経済的状況によって、なされる決定が異なることを理解すること。

ディシジョンツリーは確かに決定のための1つの手段にすぎないが、これら3点を生徒に理解させるという目的に関して言うなら、この手法は有効な手段であると考えられるし、生徒が現実生活で何らかの決定を行う上でも、有益な情報を提供する手段となるであろう。

②目標、権利、義務に分けた分析

遺伝学の知識と技術の応用によって生じる、倫理的問題の解決と意思決定活動について、「基礎的遺伝学」ではその問題に関係する人々の目標、権利、義務に分けた分析を多用している。この分析方法は、「倫理的問いについての考察と遺伝学におけるケーススタディー」と「ハンチントン病の遺伝的マーカー」、そして「網膜芽腫」という3つのモジュールの中で具体的な事例をもとに学習され、その手法を他の事例に応用する活動が行われている。では具体的にそれを用いてどのように学習活動が展開されているのか、以下で検討する。

ハンチントン病は別名舞踏病とも呼ばれ、筋肉のコントロールができなくなり、やがて死に到る病気である。これは常染色体上の優性遺伝子によって引き起こされる病気であるが、他の遺伝病と異なり、その病気の発現は一般に35才以降である。病気が発現したときにはすでに家族がいることが多く、この事実が数々の深刻な問題を生じさせてきた。そこで生殖年齢に達する前にその遺伝子を持つかどうかを診断する検査方法の開発が望まれていたが、近年その遺伝子の存在と密接な関連を持つ他の遺伝子（マーカー）が発見され、診断が可能になった。しかし遺伝学の発展によってもたらされたこの新しい技術は、以前

状況：X染色体上にある遺伝子によって引き起こされる，出生前に診断することが不可能な精神遅滞の息子を持った夫婦．母親がその遺伝子のキャリアーである．

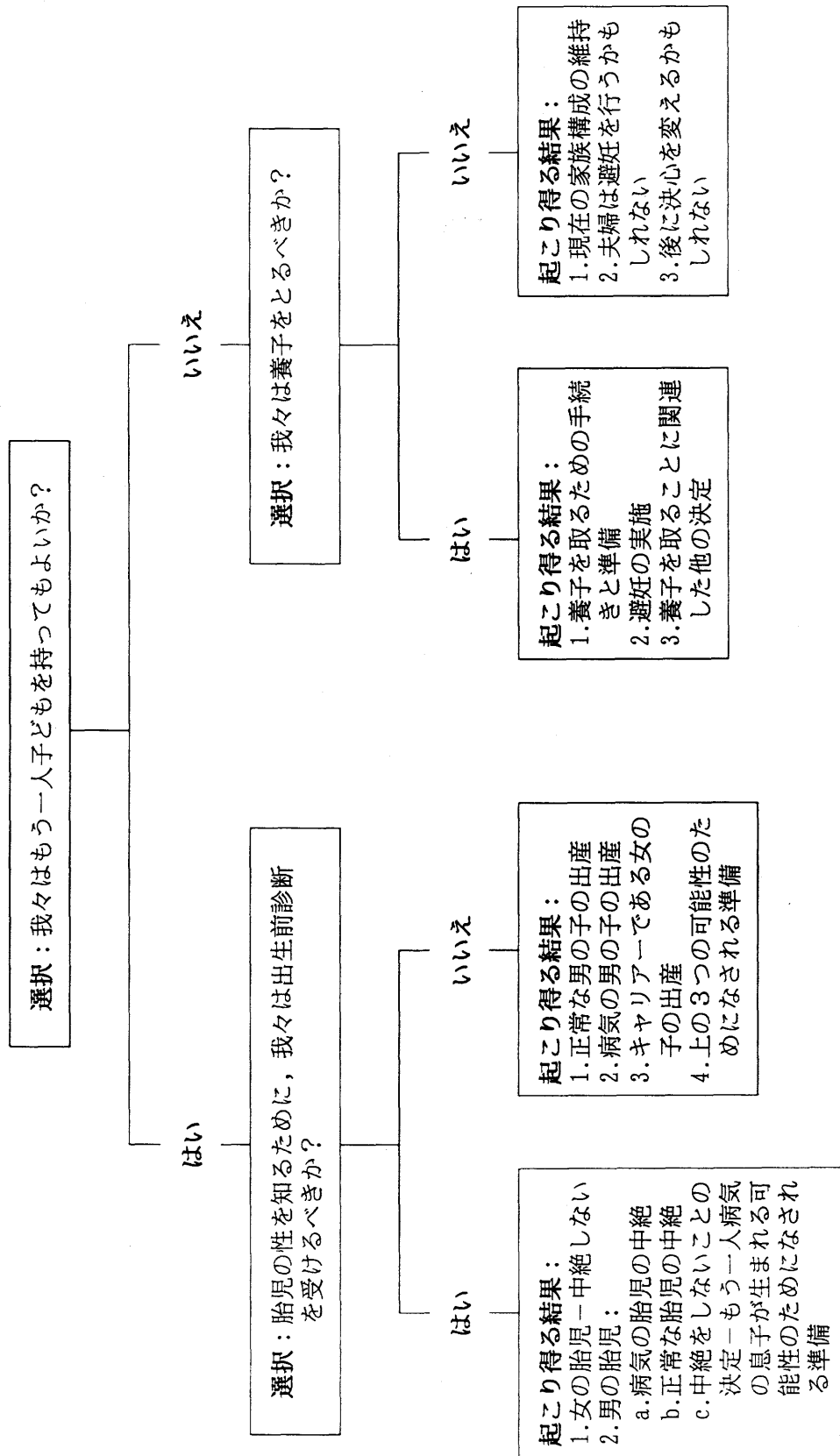


図4-1. 「伴性遺伝」モジュールで用いられているディシジョンツリー (Teacher's Guide, p.42)

の問題（病気の発現前に子どもを持ってしまうという問題）の解決には貢献したが、この遺伝子を有する人が子供を持つことの是非といった、新しい問題をも引き起こしている。この問題の解決と意思決定について学習するのが、本モジュールの目的である。

ここではまず、ハンチントン病の遺伝子を持つと診断されたある女性と、その診断に携わった医者が取べき行動について、それぞれの立場の人の目標、権利、義務に分けた分析を行うことによって、医者が真実を伝えることの是非について、議論が行われる。そして医者が真実を伝えるという義務と、患者の生命を守るという目標（真実を知らされた患者が精神的にその事実には耐えられない可能性、場合によっては自殺を企てる可能性がある）との間で葛藤が生じること、また患者が真実を知る権利と、医者が生命を守るという目標との間でも葛藤が生じること、さらにはこれらの議論は、科学研究が単独で扱える領域の議論ではないことが生徒に理解される。続いて生徒たちは、以下の問いについて議論を進める。

医者が真実を伝えることに反対する議論も、支持する議論も、共に全体としては問題の完全な解決に到らないと仮定すると、誰がその決定をするのか。両親、他の家族、医者、心理学者、精神医、政府、遺伝子を持つことをすでに知らされた人などのうち、誰であるのか。また何才になったらその事実を知らせるべきであるのか。

これについてはさまざまな見解が提出されるであろうが、最終的にその決定はさまざまな状況の判断によってなされるのであり、正しいとか誤った答というのは存在しないことを、これらの活動は明らかにする。そして最後に「発展」活動において、ハンチントン病の遺伝子を持つことを知らされた母親が、子どもをつくるべきかどうかという問題が、同様の手法を用いて分析される。その際考慮すべき点として、ハンチントン病は35才以降でないと発現しないため、患者はそれまでに社会に対して一定の貢献ができるし、家族も持つことができるという点が指摘されている。つまり患者と家族と医者という三者の立場に、社会という立場が加わることとなる（たとえば社会の発展という目標、患者であろうとなかろうと市民の生活を保証する社会の義務など）。

以上「基礎的遺伝学」で用いられている、問題解決と意思決定スキル育成の手段として、2つの手法の具体的展開を見てきた。これらの方略に共通するねらいは、ある倫理的問題の解決方法を検討するとき、偏見に捕らわれない、できるだけ多面的に見た選択肢を提出することである。つまりこれは、個人の好みや意見にのみ拘束された決定を行うのではなく、多面的で多様な情報に裏づけられた決定（informed decision）を行える生徒を育成

しようという目標の表現である。これこそ現代民主主義社会における意思決定プロセスに必要とされる態度であり、したがって、本書の目的である民主主義社会に効果的に参加できる市民の育成という理念とこの方略は、明確な整合性を持っていると言える。倫理的、社会的問題に対する意思決定は、最終的には個人の価値、信念、状況の判断に基づくものであるが、その過程においては自分と異なる多様な見解も受容し、時には自分の見解を修正し、一定の情報に裏づけられた合理的な決定を行うことが、社会において求められている。その点でこれらの方略は有効な方略であると言えることができる。

一方両者の相違点であるが、ディジョンツリーはある問いに対して、賛成もしくは反対という選択の両面について、起こり得る結果を可能な限り予測する。しかしその際にはただ単に各自が「可能な限り」結果を提出するだけであり、提出のための基準もしくは観点は与えられていない。しかしながら目標、権利、義務に分けた分析では、問題に関与している人々の目標、権利、義務という、意思決定のための問題の分析の基準もしくは観点が示されている。これは子どもたちにとって非常に解決が困難で、多くの要因が関与している問題を分析するときに、1つの基準を提示する。つまり2つの手法の相違点は、最終的な決定を下す前の問題状況の分析、もしくは選択の影響の予測において、一定の観点を与えているかどうかの違いであると言えることができる。したがって決定が困難な、複雑な問題に対しては後者の方略の方が、より効果的であるように思われる。

本書は以上のような指導方略を用いつつ、「d.意思決定スキル」育成を、主要な目標として掲げている。以下においてはそれ以外の項目について、扱いを検討する。

「2.スキル領域 b.科学的問題解決のスキル」

科学的問題解決のスキルについては、たとえば「遺伝子工学のツール」というモジュールの中に、以下のような特徴的な活動が見られる。それは科学的問題解決の各作業の段階で、生徒自身によって作業の目的の明確化、必要な材料の選択と作業方法の決定、作業による目的の検証という3つのステップが必ず踏まれていることである。つまり各作業の方法は前もって与えられておらず、生徒自身によって模擬的な実験の計画と実施、検証が遂行されるよう、活動が計画されている。本書は、教材として人間の遺伝形質、特に遺伝病を用い、また遺伝子工学技術を用いているため実験は行われておらず、活動はモデルを用いた模擬実験となっているが、上述の活動は、科学的問題解決の活動に相当するものであると判断される。

「c.認知的プロセススキル」

一方各モジュールを検討してみると、「基礎的遺伝学」では科学的問題の解決に必要な認知的プロセススキルの育成にも相当な注意が払われていることがわかる。これを目標としたモジュールは本書の全体に及んでおり、教師用指導書では、調査研究を中心とした6週間から7週間にわたる、20のモジュールから構成される授業設計の例を提示している (Teacher's Guide, p.5)。特に認知的プロセススキルの育成を主要な目標としたモジュールとしては、「劣性形質と遺伝子プール」モジュールがあげられる。

この中で生徒は、ハーディーワインベルクの法則の意味を理解し、法則とモデルの意義を理解する。そしてまた仮説の検証の中で、データの収集、分類、予測、数の使用、推論、データの解釈、モデルの使用といった、認知的プロセススキルを学習する。

「a. コミュニケーションスキル」「e. グループプロセススキル」「f. 論争の処理と交渉のスキル」

「基礎的遺伝学」で最も多用されている教授方略は討論である。そこでは科学的問題や社会的、倫理的問題の解決と意思決定活動の中で討論が展開され、生徒の持つ情報と考え方が自由に交換できるよう注意が払われている。具体的には、討論の過程での教師の注意点として、以下の2点が指摘されている。

以下の方略は、探究と分析に導く雰囲気をつくりだすであろう。

- ・他の考え方と多様な見解を提出するよう促すことによって、生徒の参加と探究を刺激すること。
- ・あらゆる生徒からの応答を、誠意を持ってしかも個人の偏見なく受け取ることによって、生徒間の差異に注意を向けること。(Teacher's Guide, p.7)

さらに「基礎的遺伝学」では、小グループ単位の活動が推奨されているが、このようなグループ活動と注意深く計画された討論によって、生徒は自分の意見を表明し、多様な見解の存在を認め、すべての生徒が討論に参加し、より合理的、客観的な判断をできるようにしている。しかしながらそこで獲得されるかもしれないコミュニケーションスキル、グループプロセススキル、ならびに論争の処理と交渉のスキルは、学習の成果もしくは目標として明確に位置づけられているわけではない。したがって「基礎的遺伝学」では、コミュニケーションスキル、グループプロセススキル、そして論争の処理と交渉のスキルは、目標としては設定されていないが、討論ないしはグループ活動に必然的に要求されるスキルであると捉えることができる。

「g. 現実場面での技術の使用」のスキル

第2章2節で、近年のBSCSカリキュラムの特徴として「知的ツールとしてのコンピュータの使用」を指摘したが、「基礎的遺伝学」ではツールとしてのコンピュータの使用はもちろん、他の技術の使用もまったく行われていない。また本書では、技術が個人および社会に対してもたらす影響を扱っているものの、技術に固有な概念は扱われていない。したがって「基礎的遺伝学」では技術の使用のスキル育成は目標とされていないとすることができる。

以上のことより、分析項目②の「2.スキル領域」に関しては、科学的問題と社会的、倫理的問題の解決と意思決定のスキル育成、ならびにそれに必要とされる認知的プロセススキルの育成が、主要な目標であることが結論される。さらにコミュニケーションスキル、グループプロセススキル、論争の処理と交渉のスキルといった社会的スキル育成は、目標として設定されているというよりは、生徒間の相互作用を必要とする学習活動において、当然前提とされている目標であると結論することができる。

3) 倫理と価値領域について

これまで再三述べてきたように、「基礎的遺伝学」の主要な目標は、遺伝学知識の理解と共に、遺伝学の知識と技術の持つ社会的、倫理的、個人的意味を理解し、その社会への応用によって引き起こされる社会的、倫理的問題を解決し、意思決定する能力を育成することにある。科学と技術は、確かにある社会的、倫理的問題の解決方法をいくつか提示することができる。しかしその選択肢の中からどの解決方法を選ぶか、またどのような基準をもとにして選択するかを方向づけているのは、倫理を含む人間の価値である。したがって社会的、倫理的問題の解決と意思決定の能力を育成するためには、価値の問題を避けて通れない。本書ではこの人間の価値の問題をどのように取り扱い、価値に関連して生徒にどのような資質を育成したいのか。この問いがここでの主題である。

価値に関連した学習活動のねらいについて、教師用指導書では以下のように解説している。(アンダーラインは筆者による)

「このカリキュラムは、個人個人の価値の観点から人間の遺伝学について 1討論し、2解釈し、3評価する機会を生徒に提供している。4知識を評価するために価値を強調することは、大部分の生徒および多くの教師にとって新しい経験であるかもしれない。(中略)あらゆる生徒は民主主義社会における市民として機能するよう、将来期待されるであろう。そして彼らの学校経験は、バランス、客観性、そして公正さ

を持って論争課題を扱う方法を学ぶ機会を提供するものでなければならない。 ³自分自身の価値の立場を理解し、 ⁴他の人の意見を尊重するために、教師と生徒は共同して活動することができるし、活動しなければならない。さらに授業はまた、 ⁵自分自身の価値と他の人の価値に疑問を抱く方法を学習するための、適切な実践の場でもある」 (Teacher's Guide, p.8)

さらに表4-6の「基礎的遺伝学」の目標においても、価値に関連して以下のような目標が設定されている。

15. キャリアー検査とマス・スクリーニングの違いを区別でき、スクリーニングに伴ういくつかの危険性と利点を同定することができる。
20. 将来の新しい遺伝技術の適切および不適切な利用について推測することができる。
22. 道徳と倫理についての議論に含まれる目標、権利、義務を同定し、ある目標、権利、義務が争点となる状況を指摘できる。
24. 新しい知識と技術の持つ力の結果として生じる、倫理的、道徳的、法律的問題のいくつかをあげることができる。
25. 個人的観点ばかりでなく社会的観点からも、そして長期的、短期的観点からも、意思決定の状況を分析できる。

これら学習活動のねらいと本書の目標から理解されることは、「基礎的遺伝学」がまず第1に、人間の遺伝学の学習の前提として、科学と技術の学習においては価値の問題を避けて通れないという認識を示していることである。この認識を示しているのが学習活動のねらいのうちアンダーラインを引いた文章2。(以下アンダーライン2.と略す)と、目標24である。

第2は、遺伝学に関連した倫理的、道徳的問題の議論と価値の関連性を同定することが、目標とされていることである。問題に関与する人の異なる価値に基づいて、問題の解決や意思決定を行う場合、議論の背景にある価値を同定する中で、問題を分析し、解釈し、評価する活動が必要になってくる。この立場を示した文章が、アンダーライン1.であり、目標の22と25である。

そして最後は、本書が自分の持つ価値を明確に捉え、他の人の異なる価値の存在を受容することの重要性を示していることである。しかもそれらを不変の価値と捉えずに、常に自分の価値と他の人の価値に対して問いを発し続けることによって、その変容を目指していくことの重要性も指摘されている。この考えに該当する文章がアンダーライン3.,4.,5

である。

以上の結果から明らかなように、「3.倫理と価値領域」について「基礎的遺伝学」は、「a.民主主義的プロセスの価値」、「c.価値の重要性の理解」、「d.個人の価値の形成」そして「e.ある課題に関連する価値の同定」の4つを学習の成果として明示していると結論できる。

4) 行動領域について

「基礎的遺伝学」には、掲載されている物語や記事の読み、そしてそれに関連した表やグラフなどのデータの解釈に基づいた、討論中心の活動に加え、生徒自身による独立した課題研究とか、地域社会の問題の解決を取り上げた活動が、各モジュールの「発展」と呼ぶ学習活動の中に示されている（教師用指導書に掲載されている）。

まずそこで目を引くのが、学校外の社会組織の職員を学校に招待し、学習内容に関する地域社会の問題点とその解決の方策について話を聞くという活動である。たとえば「出生前診断」モジュールの「発展」活動では、州の厚生省や大学病院によって通常運営、実施されている、遺伝サービスプログラムに関与している関係者を学校に招待し、出生前診断の現状と問題点を聞く活動が行われている。

また「神経腺維腫に関する進歩」というモジュールでは、神経腺維腫の患者の家族たちが作ったある財団について述べられているが、その「発展」活動では、地域におけるこのような財団のリストを作成するプロジェクトの実施が提案されている。このプロジェクトを開始するために、州の厚生省や大学の医療センターを訪問し、そこで行われている遺伝サービスプログラムを調査する活動が示唆されている。

以上のように、数としては多くはないが「基礎的遺伝学」では、生徒の学校外部の社会組織との接触を図っている。しかもその目的は生徒の自主的なプロジェクト研究の実施にあり、そこでは学習した遺伝学の知識と問題解決および意思決定のスキルを、生徒の身の回りの現実の世界に適用する機会が提供されている。しかしながら研究の結果得られたデータとその解釈をもとに、地域の問題の解決のため、たとえば州知事や市長に提言を送ったり、住民の世論調査を行ったり、さらには新聞に投書をしたりといった、解決のためのより積極的な行動は示されていない。つまり問題解決のために、現実社会の民主主義的プロセスに実際に関与する活動までは提言されていない。したがって「4.行動領域」については、「基礎的遺伝学」は調査研究の実施は取り入れているものの、地域や社会の中であ

る課題について行動することまで要求していないと結論できる。

4. 問題のレベルと順序性：分析項目③

「基礎的遺伝学」で扱っている問題は、これまでの分析で用いてきた事例から明らかのように、人間の遺伝病の診断とスクリーニングに伴う倫理的問題、遺伝病を持った胎児（もしくは持つ可能性のある胎児）の出産に関わる倫理的、経済的問題、組換えDNA技術のもたらす倫理的問題が中心である。これらは、人間の遺伝子研究の成果と、これらの知見によって発展してきた遺伝学関連の技術が密接に関連しているという点で、まさにSTSテーマを含んだ問題であると言える。しかもこれらの問題に共通している点は、いずれも人間の倫理的問題を主要な焦点としていることである。

これら倫理的問題は、ある特定の地域や州に固有であるというよりも（ある人種に高い頻度で見られる遺伝病が多いため、若干の固有性は存在するが）、全米で広く共通に議論となっている問題である。したがって、「基礎的遺伝学」で扱っている社会的問題は、明らかに国レベルの問題であり、程度の差こそあれ今や先進諸国共通の問題でもある。

本書ではこれらの問題を扱うとき、それを抽象的な議論とせず、名前を持った具体的な人物とその家族の問題として表現し、またある生徒が遺伝学に関する技術を学習していく過程の中でそれらを取り上げているため、地域や個人の問題であると判断しがちである。しかしながら、繰り返しになるがこのような家族は特定の地域にのみ居住しているわけではなく、広くアメリカ全土にいるのであるし、またその問題は広くアメリカ全体で問題となっているので、「基礎的遺伝学」では国ないしは地球レベルでの問題を扱っていると判断すべきである。

また前述したように、本書は選択とされている「発展」活動の中でだけであるが、生徒の住む州や地域の行政組織、大学との関わりを重視した活動を提案している。そこで行われる活動は、それまでに学習した国レベルの問題を地域の文脈の中で検討するものであり、したがって本書で扱う問題の方向性は、国レベルから地域レベルへと向かっていると言える。

以上のことより分析項目③に関しては、「基礎的遺伝学」が「1.国ないしは地球レベルの問題」を中心に扱い、その後地域の問題へと向かう「3.国ないしは地球レベルから地域

レベルへ」というアプローチを採用していると結論できる。

以上3つの分析項目から、科学的リテラシー育成を目指した「基礎的遺伝学」の特色を分析してきたが、その結果を要約すると以下の6点にまとめることができる。

1. 遺伝病の診断，治療，予防，あるいは遺伝病患者の家族が抱える身体的，心理的，社会的問題といった，人間の文脈の中で科学知識が提示されていること。
- 2-a. カリキュラムの目標としての知識領域に関しては，科学と技術が社会とどのように関連しているか（科学と技術が社会に対して与える正，負両面の影響と，社会による科学と技術の発展の方向性のコントロール）についての理解と，探究としての科学の理解が強調されていること。
- 2-b. スキル領域に関しては，科学的問題と社会的，倫理的問題の解決と意思決定スキルの育成，ならびにそれに必要な認知的プロセススキルの育成が，主な目標とされていること。特に倫理的問題の解決と意思決定のスキル育成では，ディシジョンツリー，もしくは目標，権利，義務に分けた分析という2つの手法を用いてなされていること。いずれの場合も個人の好みや意見などによる根拠のない決定を否定し，多面的な情報に裏づけられた決定の重要性を指摘している。その結果偏見に捕らわれない，課題解決のための多面的な選択肢の提出が期待されている。両者の相違点は，問題状況の分析と選択の影響の考慮において，ある特定の観点を与えているかどうかの違いである。
- 2-c. 倫理と価値領域に関しては，民主主義的プロセスの価値の育成，価値の重要性の理解，個人の価値の形成，そしてある課題に関連する価値の同定の4つすべてが目標とされていること。
- 2-d. 行動領域に関しては，モジュール中の「発展」での活動において，生徒の身の回りの世界との接触が図られているが，地域や社会における現実の問題の解決の行動まで要求していないこと。
3. カリキュラムで扱われている問題の種類は，国ないしは地球レベルの問題が中心であり，特に強調されてはいないが，そこから地域レベルの問題に取り組んでいること。

第3節 「科学と社会」アプローチと「科学から社会へ」アプローチの併用：

”Advances in Genetic Technology”の特色

1. ”Advances in Genetic Technology”の開発の背景とその全体的特徴

”Advances in Genetic Technology”（1989年出版，以下「遺伝子工学」と略す）は，第2節で分析した「基礎的遺伝学」と共に，遺伝学を学習内容としたBSCSの主要なSTS カリキュラムの1つである．内容的には「基礎的遺伝学」で扱った内容のうち，特に遺伝子工学に関連した内容に焦点を当てており，それがもたらす問題と将来の可能性を重点的に扱っている．これらの内容の学習を通じて，本書では以下の目標を達成することが目指されている．

1. 遺伝子工学の生物学的基礎を生徒に教え，遺伝学と進化の基礎的問題を研究するためのバイオテクノロジーの利用法について教える．
2. 遺伝子工学によってもたらされる個人的，社会的問題について理解させ，これらの問題の分析のための1つの効果的なツールとして倫理学のプロセスを導入する．
3. 問題を解決し批判的に思考するため，科学的方法を利用させ，生徒にこれらのスキルを身につけさせる．（Teacher’s Edition, p.iv）

すなわちここでは目標の大きな柱として，

- ① 遺伝子工学とその進化研究に対する貢献についての知識・理解
- ② 個人と社会の問題の分析および解決のための倫理学のプロセスの使用
- ③ 科学の方法を用いる能力の育成

が設定されている．

本書は全体で9つのモジュールから構成され，その学習には6週間が標準時間として設定されている（ただし日本と異なり，月曜から金曜まで5日間毎日授業を行うことを前提としている）．本書の特色は，1つには科学の方法もしくは科学的探究を，全9モジュール中7モジュールで扱っていることであり，もう1つには，遺伝子工学のもたらす社会的問題を扱ったモジュールが5つあり，それをページ数で見ると全85ページ中40ページに達していることである．つまり本書は，扱っている遺伝学の知識内容が遺伝子工学に限定されている分，科学的探究と，個人や社会の問題の分析と意思決定に対して，一層の焦点化がなされているとすることができる．

本書がこのようなカリキュラムを開発した背景には、遺伝子工学についての理解が、市民の生活に関連した公共政策の決定において不可欠であるという現状に対して、高等学校生物カリキュラムがそれに応えていないという認識、特に遺伝子工学の発展と基礎的生物学の発展との関係、および遺伝子工学がもたらしている倫理的、法律的、そして公共政策上の問題の分析がほとんどなされていないという認識がある (Teacher's Edition, p.vi-vii) .

2. カリキュラムで扱われている知識内容とその構成：分析項目①

「遺伝子工学」カリキュラムで扱われている知識内容とその構成について、教師用指導書では以下の点を指摘している。

「(本書で扱っている) 内容は、すべての生徒の生活に関連があると思われるという理由で選択された。事実と想起が可能な情報の獲得は役に立つのだけれど、このカリキュラムの主要な目標ではない。むしろこのプログラムは、生徒が異なった種類の疑問や問題を通じて、考える方法について学習し、またそのような疑問に対する複数の、そして時には相対立する答の存在を理解し、考察するのを援助する方法を追求している」 (Teacher's Edition, p.vii)

このように「遺伝子工学」の主要な目標が、科学的な問題や倫理的、経済的問題を分析し、解決するためのスキル育成にあることを、ここでは表明している。しかしながら、

「このプログラムは、健全な倫理と効果的な政策の確立には、信頼できる科学情報が不可欠であるという前提に立っている」 (同, p.iv)

とも述べ、決して科学知識と事実の学習を軽視しているわけではないことも述べている。ただそれはあくまでも、個人の生活および社会と密接に関連した、健全な倫理と公共政策の確立のために必要とされる知識、すなわち現実生活で 사용할 ことができる機能的な知識であって、単なる記憶のための知識ではない点に注意する必要がある。このような知識の特徴として、教師用指導書ではさらに以下の点を指摘している。

「我々の知識は完全ではない。(中略) 現在のデータに基礎をおいたあらゆる知識は仮のもの (tentative) であり、さらに研究が進むことによって変化し得るものであることを、印象づけることを忘れてはならない」 (同, p.iv)

これは科学知識を含むあらゆる知識の本質を、探究のプロセスに関連づけた捉え方であり、BSCSの伝統的な科学観の反映である。

以上の点を要約すると、「遺伝子工学」では、科学的な問題や科学と技術に関連した倫理的、経済的問題を分析し、解決し、意思決定するためのスキル育成に最大の目標がおかれていること、そして科学知識はそのために必要な機能的な知識と位置づけられていること、さらに科学知識は将来変更される可能性を秘めた仮説的な性質を持つとする、探究としての科学の捉え方がなされていること、の3点にまとめることができる。したがって「基礎的遺伝学」同様、本書も「4.科学の社会的側面からのアプローチ」と「5.技術中心のアプローチ」を採用していないことは明らかである。

では本書は残り3つのどのアプローチを採用しているのだろうか。本書は、学習内容の構成の仕方において、「基礎的遺伝学」と若干異なっている。すなわち本書を構成する9つのモジュールのうち、「自然界の遺伝子工学」「大腸菌の形質転換」「環境の遺伝子発現への影響」の3つは、基本的に分子遺伝学と遺伝子工学についての知識・理解と、科学の方法の習得に焦点があてられており、そこにはこれらの知識を学習するための、個人的、社会的文脈は設定されていない。つまりこれらは科学と技術の学習のためのモジュールであり、そこには社会もしくは人間との関連はまったく示されていないのである。

一方「RFLPs とは何か」「ケーススタディー：細菌」「ケーススタディー：遺伝子治療」といったモジュールは、遺伝子工学の進歩によってもたらされた倫理的、経済的、政治的問題と、科学、技術、社会間の相互関連を中心に扱ったモジュールであるが、これらのモジュールでは、それらの問題を分析し、意思決定するために必要な知識として、DNAの構造と機能、タンパク質合成、遺伝子の性質と機能、遺伝子の組換えといった、分子遺伝学と遺伝子工学の知識もまた、そこで同時に学習される。さらにグラフ化、データの解釈、推論、コントロール実験の設定等の認知的なプロセススキルの習得、すなわち科学の方法の習得もまた目標とされている。

すなわちこれらのモジュールでは、現実の社会における倫理的、経済的、政治的問題の学習という文脈の中で、分子遺伝学や遺伝子工学の知識と科学の方法が学習されているのである。この手法は「2.科学と社会」というアプローチに相当し、「基礎的遺伝学」で用いられていたものとまったく同じアプローチである。

さらに「遺伝子工学」の中で、これまで検討したモジュールと異なるアプローチを採用しているのが「倫理学と遺伝子工学」モジュールである。このモジュールでは分子遺伝学

と遺伝子工学の知識，および科学の方法はまったく扱われていない．ここでは遺伝子工学の社会への応用によってもたらされる倫理的問題の分析の手法（「遺伝子工学」ではこれを倫理的的分析と呼んでいる）が導入されるだけであり，後のモジュールで用いられる手法をここで学習する．

以上のように「遺伝子工学」では，モジュールによって目標の違いが見られるが，これを1つのカリキュラムとして見るなら，

分子遺伝学と遺伝子工学についての知識と科学の方法の学習



倫理的課題の分析の観点の学習



倫理的，経済的，政治的，そして公共政策上の課題の分析

という学習の流れを見て取れる．この点について教師用指導書でも「ある特定の授業の中で一度生徒が科学的情報を理解したら，その授業に固有な倫理的関心や課題を認識するよう挑戦を受ける」と述べている．とすると本書は，分析項目①の「3.科学から社会へ」のアプローチを用いていると結論することができる．しかしながら，前述したようにいくつかのモジュール（「RFLPs とは何か」「ケーススタディー：細菌」「ケーススタディー：遺伝子」の3つ）は，個人的，社会的文脈の中で科学知識と科学の方法を学習する構成になっていることから，本書が「2.科学と社会」アプローチを採用しているとも判断できる．したがって「基礎的遺伝学」のように，「科学と社会」アプローチのみを用いているとは結論できないが，全体として，「科学から社会へ」のアプローチと「科学と社会」アプローチを併用していると結論するのが妥当であろう．いずれにせよ「社会的課題からのアプローチ」は採用されていない．

3. 「ケーススタディー：細菌」モジュールにおける学習活動

続いて，カリキュラムの目標による分析以降に進む前に，分析の題材として，ここではまず「ケーススタディー：細菌」モジュールの目標と学習活動を概観する．このモジュールを選択したのは，社会的文脈を離れて分子遺伝学と遺伝子工学の知識内容および科学の方法を学習するモジュールが，STS カリキュラムの分析対象としては不適切であるからで

あり、また本モジュールに、本書の特徴が最も典型的に表現されているからである。

1) 「ケーススタディー：細菌」モジュールで扱うテーマ

6月に実をつけるカリフォルニアのイチゴは、早春に成長をするためしばしば遅霜の被害を受けていた。その原因は、 0°C ～ -1°C の気温で、あるバクテリアの膜上のタンパク質が氷形成の「種」として働くからであることがわかった。そこでこのタンパク質を持たないバクテリアを遺伝的につくりだし、氷形成に対するその有効性を調べるため、自然環境中での実験を計画し、1987年環境保護機関から実験の認可を受けた。

このような遺伝的に変更を受けた「Ice⁻バクテリア」（これに対して氷形成の種として働くタンパク質を持つ、自然環境中に存在するバクテリアをIce⁺バクテリアと呼ぶ）を用いて、野外で実験することの可否について、生物学的、社会的、経済的、倫理的、政治的観点から検討することが、本モジュールのテーマである。この事例はカリフォルニアで現実に起こった出来事である。

2) 「ケーススタディー：細菌」モジュールの目標

本モジュールには以下の6点が目標として設定されている。

- ・野外に放されたIce⁻バクテリアの個体数の変動に関する実験研究を概観する。
- ・グラフデータを解釈する。
- ・遺伝的に変更を受けたバクテリアを野外に放すことについての世論調査を行う。
- ・遺伝子工学の実験テクニックによって引き起こされる倫理的課題を研究するために、倫理学的分析の手法を用いる。
- ・遺伝子工学のもたらしうる経済的影響を研究する。
- ・遺伝子工学の進歩から生じる政治的課題を探索するために、仮説的な状況を用いる。

3) 「ケーススタディー：細菌」モジュールの授業展開の特色

次ページに示す図4-2は、本モジュールにおける学習活動の流れを整理して示したものである。これをもとに本モジュールの学習活動の特徴を検討する。

①認知的スキル育成のための学習活動

前半3つの活動に特徴的なのは、ここでは科学的なデータをもとにグラフの読みと作成を行い、それをもとに結果を解釈する活動が中心となっている点である。たとえばIce⁻バ

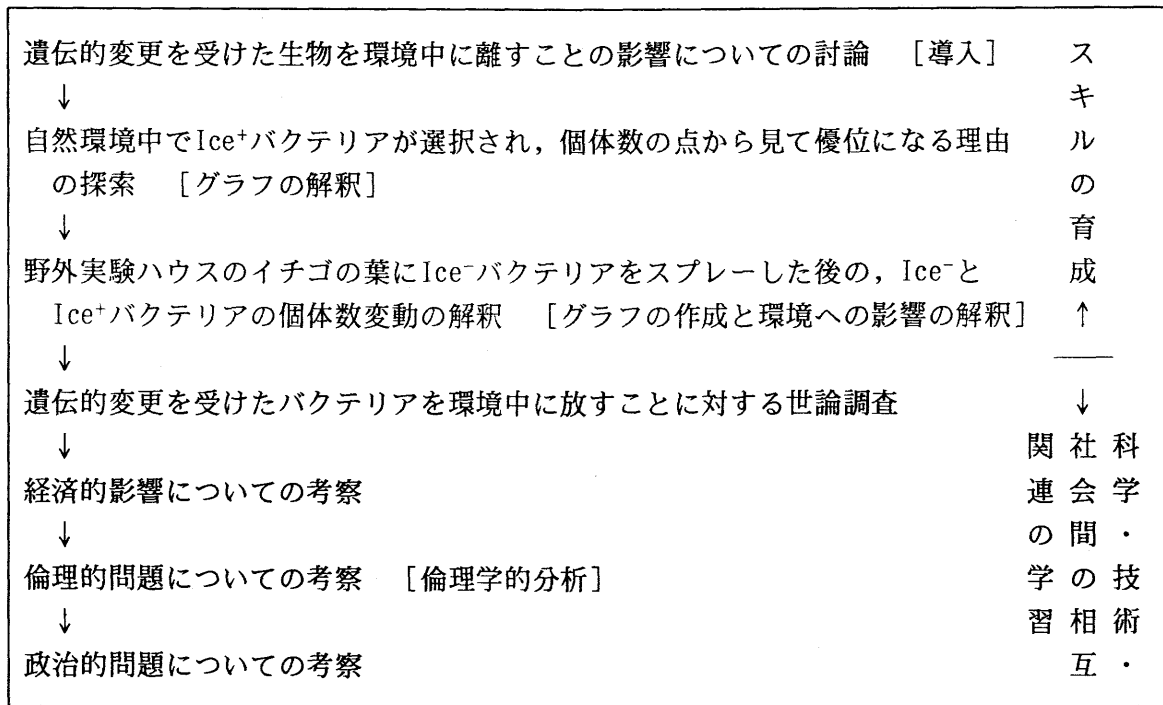


図4-2. 「ケーススタディー：細菌」モジュールの学習の流れ

表4-7. Ice⁻細菌をスプレーした後の個体数の変動

日数	Ice ⁻ 細菌の 個体数/cm ²	Ice ⁺ 細菌の 個体数/cm ²
0	560	80
1	690	60
2	620	65
3	590	60
	(中略)	(中略)
14	90	150
15	70	160
16	30	200
17	10	250
18	10	260
	(中略)	(中略)
28	10	250

(Student Text, pp.50-51より一部抜粋)

クテリアを野外温室中で栽培されているイチゴの葉にスプレーし、その後のIce⁻バクテリアとIce⁺バクテリアの個体数を調べたデータが与えられる(表4-7)。これをもとにまずそれぞれのグラフの作成が行われ、このグラフを用いて、遺伝的変更を受けたバクテリアが自然界のバクテリア集団に取って変わるかどうかを論じたレポートを書く。そして次に以下の問いに答える。

- ・スプレーしたあとのIce⁻バクテリア集団に何が起こったか。
- ・Ice⁻バクテリアは15日間霜害を予防できたが、その理由は何か。
- ・17日目以降、Ice⁻バクテリアの集団は小さい値を維持しているが、その重要性は何か。
- ・この実験によって、研究者や一般市民のどのような不安が解消されたことになるのか。
- ・Ice⁻バクテリアのIce⁺バクテリアへの明らかな影響は何か。
- ・Ice⁺バクテリア集団の規模から見て、15日目以降何が起こると予想できるか。

そしてさらに温室内の、バクテリアの散布を行っていない隣接場所のデータも示し、スプレー後若干のIce⁻バクテリア個体数の増加が見られるが、すぐに通常の個体数に戻ることが示されている。風向きなどの条件によってデータに少しの相違はあるが、基本的にスプレーしていない地域への影響はほとんどないことが確認される。

このように、自然環境中での実験に問題がないことを裏づけるデータをもとにして、データの解釈、グラフ化、推論といった認知的プロセススキルの育成がここで図られている。このように遺伝子工学がもたらす倫理的、経済的、政治的課題を分析することを目的としたモジュールの中に、認知的プロセススキルの習得を目指した活動を組み入れている点に、本モジュールの特徴がある。

②科学、技術と社会の間の関連についての学習活動

続いて図4-2の後半の学習活動についてであるが、ここでは認知的スキルの育成も図られながら、主に科学、技術と社会の間の関連の学習が展開される。まず遺伝的に変更を受けたバクテリアを環境中に放すことが許されるべきかどうかについて、生徒自身が世論調査を行い、その結果に遺伝学と農学の研究者の意見と、さらには前半の学習活動で示されたさまざまなデータを加味し、自分の立場を述べたレポートを作成する。続いてその課題の経済的、倫理的、政治的側面を分析し、最終的に自分の見解を明確にする。

そこでまず経済的側面からの分析は、Ice⁻バクテリアによる処理と氷点下の外気による処理によって、イチゴの収穫量にどのような差が現れたかについての研究結果を用いて行われる。実験区を9区画設定し、3つがIce⁻バクテリア処理の、3つがIce⁺処理の、そし

て残り3つが未処理の区画である。処理一週間後から二週間後にかけて、1日6時間-2℃に気温を設定した。その結果霜害の割合と収穫量にどのような差が出たかが、表の形で示され、これをグラフ化し、結果についての考察を行う。その際コントロール実験の意義が強調される。さらにIce⁻バクテリアのスプレーに1haあたり\$1,000の費用がかかるとして、農家の利益にどのような影響がでるかなどの経済的な側面の検討が行われる。つまりここでは、認知的プロセススキルの学習を包含しつつ、科学と技術の成果の社会的利用の際、本来科学、技術とは無関係な経済といった要因が介入してくることを学習する。

続いて前述した「遺伝子工学」の3つの目標の1つであった、倫理的な分析が行われる。ここではまず以下のような問いを題材に学習が始められる。

- ・最終的な結果が良いか悪いかを確認することなしに、バクテリアを遺伝的に変更し、自然界に放すことを、科学者は認められるべきか。
- ・遺伝的に変更されたバクテリアの研究に携わる研究者に、社会は制限を設けるべきか。
- ・ある生物の進化の運命を、科学者がコントロールすることは認められるべきか。
- ・遺伝学者がバクテリアの遺伝子を変更するとき、「神を演じている」ことになるのか。

これらの問いに対する答を生徒各自が作成し、それをもとに倫理的な分析のプロセスに入る。この手法のプロセスを示したものが図4-3である。

この一連のプロセスのうち、図中の「意味」までの段階では、生物の遺伝子の操作、遺伝的変更を受けた生物の野外への解放、遺伝子工学研究に対する社会からの規制等、遺伝子工学に関連した諸側面を、さまざまな道徳的価値に関連づける作業が行われる。そのような価値には、たとえば市民の健康とその維持、環境に対してもたらしうる重要な影響、農家の人々の利益、科学研究の自由などがある。これらの関連づけの作業においては、個人の価値や答に対する批判は行われず、あくまでも価値と事実の区別と、論理的、客観的な分析を行うだけである。これは論理的で合理的な議論を行う前の重要なステージであると位置づけられている。

そして「議論」と「批判」の段階において、各自は遺伝子工学に関連した課題に対する道徳的価値の影響を弁明し、お互いの立場を批判しあう。このステージにおいて生徒は、各自の道徳的観点からの議論と批判という、倫理的な分析の知的スキルをはじめて経験することになる。その活動を通じて、生徒は議論が要求する注意深さと正確さを認識し、議論が他の人の洞察力や見解から利益を得るプロセスであることを認識する。

もし議論と批判の結果、なすべきこととなすべきでないことが1つに決まらないとき、

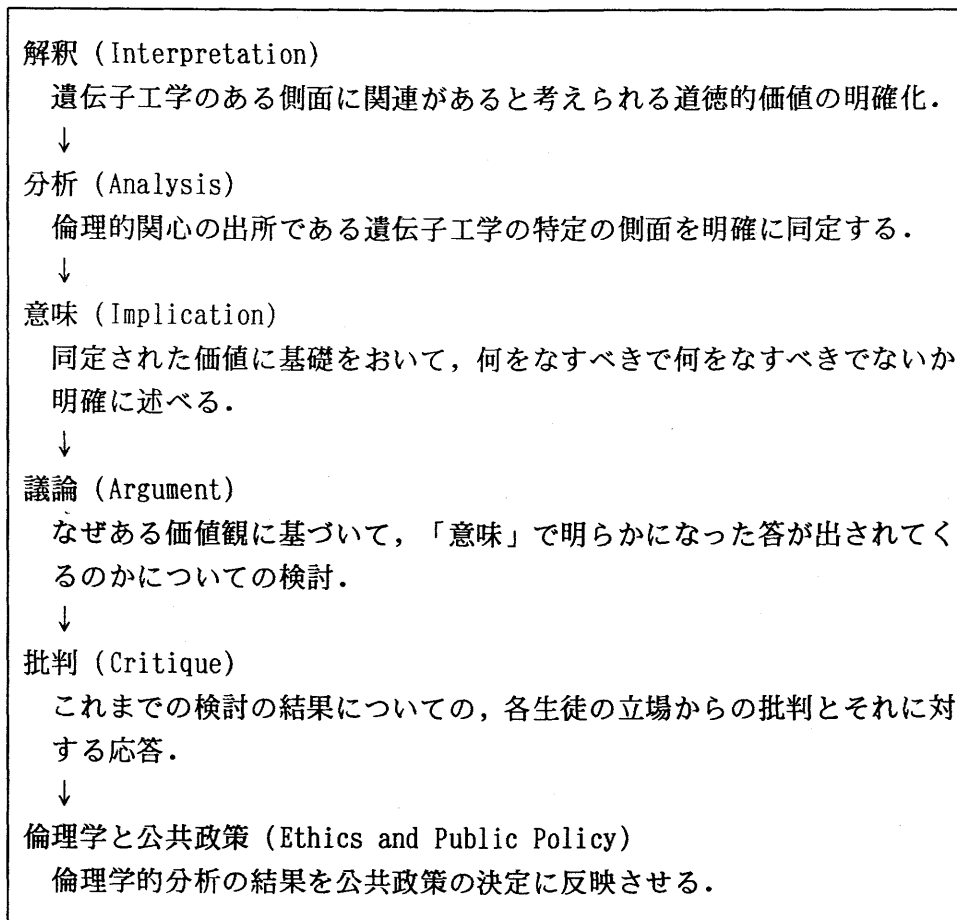


図4-3. 倫理学的分析のプロセス

次の問題は「決定を誰が行うのか」に移る。これは必然的に公共政策の決定の問題につながり、学習は倫理的側面から次の政治的側面からの分析へと移行する。ここではアメリカ議会の上院の科学技術委員長に市民から宛てられた手紙と、フランスの科学・技術省から、ある科学者に宛てられた手紙を事例に学習が進められている。

第1の手紙では、人間の健康への新しい生物の影響の測定、解放後の生物の動きの追跡、バクテリアの行動のコントロール等が「絶対に」「確かに」行われ「なければならない」ことが主張されている。しかしこれは現実的には不可能なことであり、そこから科学研究（科学知識）の不完全さと限界、知識変更の可能性が指摘される。そして市民が意思決定者に意見を述べ、政策に一定の影響を与えることの重要性が学習される。

また第2の手紙は、フランスの研究所長がフランスのワイン製造技術の発展、および遺伝子工学技術の発展のため、Ice-バクテリアの実験をフランスで行ってもらおうよう研究者を招へいする内容となっている。この手紙をもとに、遺伝子工学実験の国際的な輸出に関

してアメリカの政策はどうあるべきか、また遺伝子工学実験の制限がアメリカの研究者に対して何をもたらすか（たとえば研究者の国外への流出）議論を行う。

このように政治的側面からの分析では、市民がどのように政策の決定に影響を及ぼしうるか、また国の科学、技術政策がどのように科学研究に影響を及ぼしうるかが、具体的に提示されている。

以上「遺伝子工学」の代表的なモジュールである「ケーススタディー：細菌」の学習活動を概観してきたが、その特徴は以下のようにまとめることができる。

- ①現実におこり得る、科学と技術に関連した社会的、倫理的問題の導入。
- ②科学、技術、社会間の相互関連の理解のうち、特に「科学、技術」と「社会」との関連の理解の強調。
- ③科学と技術の発展によってもたらされる経済的、倫理的、政治的問題の解決と意思決定活動の中への、認知的プロセススキル育成のための活動の統合。
- ④論争問題の解決と意思決定のための有力な手法としての、倫理学的分析という手法の採用。

これらの特徴に加え、他のモジュールの特徴を適宜参照しながら、以下残りの分析項目について検討を行う。

4. カリキュラムの目標：分析項目②

1) 知識領域について

本書でも「基礎的遺伝学」同様、科学と技術の定義についてまったく言及していない。しかし科学と技術の相互依存性については、若干の記述が見られる。たとえば遺伝子工学技術が発展してきた歴史的経緯は、ワトソンとクリックによるDNA 構造モデルの提出以降の遺伝学研究の発展の中に位置づけられ、科学の進歩が新しい技術の確立をもたらした点が述べられている。また新しい技術の確立が、科学研究の発展に貢献している点は、本書の3番目のモジュール「進化理論」の中で、1つの章をあてて論じられている。したがって「遺伝子工学」では、「a.定義」に関しては科学と技術の相互依存性のみを扱っていると結論される。

次に、「ケーススタディー：細菌」モジュールの事例で指摘したように、「b.科学，技術と外部社会の関連」は本書の中心テーマの1つとなっている。すなわち遺伝学の発展によってもたらされた遺伝子工学技術が，社会に対して経済的にいかに貢献し，また逆に数々の倫理的問題を引き起こしているか，そして社会が政治的な次元でいかに科学，技術研究の方向性を規定しているかを理解することが，本書の重要な目標となっている。

続いて「d.科学の本質」についてであるが，「ケーススタディー：細菌」では，政治的側面からの分析の中で，第1の手紙を用いて科学研究と科学知識の不確かさ（uncertainty）と限界，知識の将来の変更可能性について言及している。したがって，本モジュールを概観した中では述べなかったが，最後の「エピローグ」における学習活動では，Ice-バクテリアを環境中に放すことの安全性が実験によって確認されているにも関わらず，研究員が重装備でそれを畑に散布していることの意味を考える活動が行われている。この活動は科学知識の不確かさを科学者自身が認識していることを暗示している。

また本書で行われている探究活動は，研究のテーマの決定と問題や疑問の同定までも生徒が行う完全な形の探究ではなく，「教師によって統制され，方向づけされた探究アプローチ」（Teacher's Edition, p.vii）を採用している。そのような限定つきではあるが，ほとんどのモジュールにおいて「探究としての科学」は学習の重要な概念として位置づけられている。また「遺伝子工学」の3つの目標の1つに，問題解決のために科学の方法を用いることが示されている。したがって，科学知識の不確かさと限界，そして科学的探究としての科学は，「d.科学の本質」の理解という目標の，具体的意味内容であると結論することができる。

なお「c.科学，技術，コミュニティの特徴」については，「ケーススタディー：細菌」を始めとして，本書ではまったく扱われていない。

2) スキル領域について

これまで述べてきたように，「遺伝子工学」では科学を，科学の方法を用いた探究のプロセスとして捉えている。これは本領域の分析で言うところの「b.科学的問題解決のスキル」に相当し，それは以下のように規定されている。

- ・問題の所在をつかみ疑問を持つこと
- ・統制された実験を計画すること（対照実験の必要性）
- ・データの収集と記録（表とグラフの使用）

・推論をし、妥当な結論を導き出すこと (Student's Text, p.73)

この一連のプロセスを遂行するためには、仮説の設定、観察、測定、表とグラフの作成と解釈、推論、条件の制御、実験の計画といった、認知的プロセススキルの育成が必須である。「ケーススタディー：細菌」では、これらのうちデータの解釈、グラフの作成、推論といったスキルの使用が学習の大きな柱となっていた。探究活動を行っているこれ以外のモジュールにおいても、それぞれ焦点化したスキルの違いはあるが、さまざまなスキルの育成が図られている。つまり本書では「c.認知的プロセススキル」の育成が、探究のプロセス遂行のため、目標として明確に位置づけられていると言える。

一方前述したように、科学、技術がもたらす倫理的、経済的、政治的問題の解決と「d.意思決定スキル」の使用は、本書の重要な学習活動であり、その育成は3つの目標の1つを構成していた。そこでは具体的に倫理的的分析という手法が採用されていた。この方略の特徴は、「基礎的遺伝学」で採用されていたディシジョンツリーや目標、権利、義務に分けた分析と同様、生徒の多様な意見と価値の提出にある。しかし倫理的的分析は、提出された価値の明確化、価値と望ましい行為もしくは結論との関連づけ、そしてこれらの作業の結果に基づいた批判といった、個人の価値への焦点化と理性的で合理的な分析に特徴がある。さらに分析の結果は、公共政策の決定プロセスにまで発展している。

しかしながら倫理的的分析の手法は、問題に関係している人の目標、権利、義務に分けた分析のように、望ましい行動を提出する際の思考の枠組みや価値をあらかじめ示していない。つまり多様な価値や望ましいと考える行動が生徒から提出されることを前提とした上で、それをどのように合理的に分析し、結論を出すかに焦点をあてた手法が、倫理的的分析であると言える。

次に「a.コミュニケーション」、「e.グループプロセス」、そして「f.論争の処理と交渉」のスキルについてであるが、「基礎的遺伝学」同様「遺伝子工学」でも、これは目標として明示されているわけではない。しかしながら本書の基本的な教授方略は討論であり、さらに学習活動は小グループで行われることが多い。そこでは「情報とアイディアの自由な交換が行われ、相互の意見を無視することのないよう注意深く計画された討論が行われ」、「教師の主要な仕事は、生徒と生徒の間の相互作用を刺激すること」(Teacher's Edition, p.vii) に注意が向けられている。さらに「倫理学が教える明確で、矛盾のない、そして首尾一貫したコミュニケーションスキルを学習すると、遺伝子工学の進歩についての道徳的な次元に対する思慮深い応答が可能となる」(同, p.T60) とも述べ、コミュニ

ケーションとグループプロセス，そして論争の処理と交渉のスキルの習得は，学習の成果として一定程度要求されていると言える。

最後に「g.現実場面での技術の使用」は，「基礎的遺伝学」同様，「遺伝子工学」でも目標として設定されておらず，その学習活動も見られない。

3) 倫理と価値領域について

「ケーススタディー：細菌」の事例から明らかなように，本書では倫理と価値の領域に関する目標は，重要な目標の1つを構成している。遺伝子工学技術の医療への応用によって生じる問題は，個人と社会の倫理と価値に関連している。したがって本モジュールにおける倫理的な分析においては，科学と技術の社会的応用に関連して，「d.ある問題に関連する価値の同定」が目標とされ，どのような価値に基づき，いかなる結論が導かれるかを吟味することによって「b.価値の重要性の理解」が図られている。そして分析の過程においては，自由に意見を交換し，互いの意見を尊重し，決して他の人の意見を無視することのないよう注意が払われる。その結果多数の対立する価値や選択肢が提出されることになり，必ずしも最終的に論争の解決に到らないことがある点が，生徒に理解される。すなわち「倫理的な論争は合理性だけでは最終的に解決できないことが，しばしば起こる」

(Teacher's Edition, p.T64) ののである。このような学習活動を通じて「c.個人の価値の形成」が目指され，また他者の価値や意見を尊重し，それらの同時的な存在を認めるといふ，「a.民主主義的なプロセスの価値」を生徒は理解することになる。

4) 行動領域について

「遺伝子工学」では，「ケーススタディー：細菌」の事例に見られたように世論調査を生徒が実際に行う活動が取り入れられており，そのデータも用いながら倫理的問題の分析と解決を行う活動が設定されている。したがって行動領域の「a.研究の実施」という点では本書は該当する。しかしながら世論調査以外の学校外での活動はまったく取り入れられておらず，本書を利用している学校のおかれた地域が直面している問題の解決に向けた行動は，目標としては掲げられていない。したがって「b.地域や広く社会の中である問題について行動する」という目標まで，本書は要求していないと判断される。

5. 問題のレベルと学習の順序性：分析項目③

「遺伝子工学」で取り上げている問題は、これまでに示したように、組換えDNA 技術を用いた人間の成長ホルモンの製造、遺伝子組換えを行った細菌の環境中への解放、鎌型赤血球貧血症、そして繊維性嚢胞腫のキャリアーの遺伝的スクリーニングと胎児の診断といった事例の、倫理的、経済的、政治的問題である。これらの問題は特定の地域や社会に固有なものではなく、潜在的に全米で議論となり得る、もしくはすでに議論となっているものである。特に「ケーススタディー：細菌」モジュールで扱われているIce⁻細菌の自然環境中での実験は、日本のマスコミでも取り上げられ、先進諸国の間に大きな関心を引き起こした事例である。このように本書で取り上げている問題は、明らかに国レベルの問題であり、先進諸国共通の問題である。また分析項目②の「4.行動領域」で検討したように、本書では国ないしは地球レベルの問題について学習したことを、地域レベルの問題に応用する活動は行われていない。

以上の結果は、要約すると以下の6点にまとめることができる。

- 1.カリキュラム全体としては、科学を社会と関連づけるアプローチ、すなわち「科学から社会」アプローチを採用しつつ、遺伝子工学のもたらす倫理的、経済的、政治的問題を扱ったモジュールでは、社会的文脈の中で科学を提示するアプローチ、すなわち「科学と社会」アプローチを用いていること。
- 2-a.カリキュラムの目標としての知識領域に関しては、「科学、技術」と「社会」の間の相互規定的な関係が強調され、さらには科学知識の不確かさと限界、および探究としての科学が重視されていること。
- 2-b.スキル領域に関しては、科学的探究のスキルとそれに必要とされる認知的プロセススキル、倫理的、経済的、政治的課題の分析と解釈、ならびに意思決定のスキル育成が目標とされていること。意思決定スキル育成のためには、倫理学的分析の手法を取り入れていること。他と異なりその手法は、提出された価値の明確化、価値と望ましい行為との関連づけ、そしてこれらの作業の結果に基づいた批判といった、価値への焦点化、および合理的で理性的な分析に特徴があること。またグループ活動に必要なコミュニケーションスキル、論争処理のスキルなどは、カリキュラム中に明示されていないが、学習活動の分析からその目標の存在が示唆されること。

- 2-c.倫理と価値領域の理解は、カリキュラムの中心的目標であること。そこでは価値の重要性の理解、個人の価値の形成、ある課題に関連する価値の同定が明確に目標として掲げられ、民主主義的プロセスの価値をも目標としていること。
- 2-d.研究の実施という行動領域の目標はいくつかのモジュールに見られるが、地域や広く社会の中である課題について行動するという目標は、見られないこと。
- 3.問題の種類は、組換えDNA 技術を用いた人間の成長ホルモンの製造、遺伝子組換えを行った細菌の環境中への解放、そして鎌型赤血球貧血症と繊維性嚢胞腫のキャリアーの遺伝的スクリーニングと胎児の診断といった、国ないしは地球レベルの問題を用いていること。しかし2-d.で指摘したように、地域の問題について行動することは目標とされていないため、それを地域レベルの問題に発展させる活動は見られないこと。

第4節 「科学の社会的側面からのアプローチ」および「技術中心のアプローチ」の採用：“Science, Technology, and Society”の特色

1. “Science, Technology, and Society”の開発の背景とその全体的特徴

“Science, Technology, and Society”（1984年出版，以下「科学，技術，社会」と略す）は，“Innovations: The Social Consequences of Science and Technology Program”シリーズ（以下「改革シリーズ」と略す）の1つとして開発されたカリキュラムであり，その形態はこれまでに分析の対象としてきた2つの遺伝学カリキュラム同様，モジュール形式を取っている．「改革シリーズ」は「科学，技術，社会」以外に「テレビ」「医療技術」「コンピュータとプライバシー」「人間の生殖」の5つから構成されている．これらのタイトルから理解されるように，「『改革シリーズ』の開発は，技術に関連した社会的課題を強調した，はじめてのBSCSプロジェクトであった」（Ellis, 1986, pp.114-115）．そして「科学，技術，社会」は，「改革シリーズ」に共通する一般的なテーマ，すなわち科学，技術，社会間の相互関連というテーマを導入する目的を持ったカリキュラムである．

「科学，技術，社会」カリキュラムは5つのモジュールから構成されており，その目標は表4-8に示してある．これを概観してわかることは，本論文の序章で定めた5つのSTS教育の定義が，すべて目標の1から4に含まれ，また学習内容に反映されているということである．特にこれまでに分析してきた2つの遺伝学カリキュラムと異なり，技術に固有な概念が，本書では重視されている．また科学，技術，社会間の相互関連についても，2つの遺伝学カリキュラムでは「科学，技術」と「社会」間の相互規定的な関係と，科学と技術の相互依存的関係のみが扱われているだけであったが，本書ではこれら以外にも，考えられるいくつかの相互関連の理解が目標に明確に掲げられ，そしてこのテーマに1つのモジュール（「科学，技術，社会：序論」）すべてを当てている．したがって「科学，技術，社会」カリキュラムは，学問としてのSTSに，より焦点化した，科学教育の枠を越えたカリキュラムであると言える．科学教育の枠内で構築された2つの遺伝学カリキュラムとは，この点が大きく異なる．

ところで「科学，技術，社会」の各モジュールにおける学習内容と学習活動の流れ，そして理解が目指されている科学，技術，社会間の相互関連を，生徒用テキストおよび教師用指導書をもとに一覧表にまとめたものが，次ページに示す表4-9である．この表と各

表4-8. 「科学, 技術, 社会」の目標

このモジュールを使用する中で, 生徒は以下のことを行う機会を持つ:

1. 科学, 技術, そして社会の本質と, それらの間で起こり得るいくつかの相互関連について考える.
2. 科学と技術についての最近のいくつかの関心に気づき, そのタイプを区別する
3. 意思決定モデルを利用する.
4. 個人的および社会的意思決定における価値の役割を理解する.
5. 1つの社会革新として発展しつつある技術評価の領域について知る.
6. 技術とそのコントロールおよび利用の間で起こり得るいくつかの関連について考える.
7. 技術のコントロールと, 社会的, 経済的活動の他の側面のコントロールおよび組織化とは切り離すことができないこと, そしてこれらの問題に対しては多様な代替的アプローチが存在することを理解する.

(Teacher's Guide, p.6)

モジュールにおける具体的な学習の内容と展開をもとに, 以下において各分析項目ごとに検討を行う.

2. カリキュラムで扱われている知識内容とその構成: 分析項目①

本書では従来の科学授業で学習する科学知識はまったく扱っていない。ここでは科学, 技術, 社会間の相互関連が扱われているだけであり, その理解のために特定の倫理的, 経済的, 政治的問題が取り上げられている。したがって「1.社会から科学へ」と「2.科学と社会」および「3.科学から社会へ」の3つのアプローチは, 本書にはまったく該当しない。

表4-9の「科学, 技術, 社会: 序論」モジュールの学習内容に示されているように, 本書では科学, 技術, 社会の本質とそれらの間のさまざまな相互関連が提示されている。その要点を整理して示すと, 以下のようにまとめられる。

[科学の本質]

- ・ 科学知識の仮説的性質, 将来の修正の可能性.
- ・ 自然界の法則の時間的, 空間的普遍性 (科学の前提条件) .

表4-9. 「科学, 技術, 社会」における学習活動とその流れ

モジュール名	学 習 内 容	科学-技術-社会 間の相互関連	学習活動の流れ
科学, 技術, 社会: 序論	科学, 技術, 社会間の相互 関連の理解 1. 科学の本質 2. 技術の本質 3. 社会の本質 4. 科学と技術の関連 5. 社会と技術の関連 6. 科学と社会の関連	科学-技術-社会	各テーマに関連した内容についての文章と本からの抜粋を読み, 最後に提示されている問いに答える
科学と技術に ついての関心	技術の課題に関連した関心: 1. 技術による物理的影響 2. 技術による倫理的影響: 生物医療の倫理学 3. 技術による経済的影響 科学の課題に関連した関心: 1. 人間が被験者となる研究 2. 科学研究資金分配の偏り 3. 基本的知識体系への影響 4. 研究そのものが引き起こす アクシデント 5. 人種的, 性的, 階級的偏見を 刺激するような科学の利用 6. 他の知る方法への影響	科学-技術-社会	科学と技術についての関心の分類を示している論文を読みワークシートを完成する. そこでは以下の項目について記述する. ・各カテゴリーの意味 ・各カテゴリーの事例 ・各カテゴリーの事例のコントロールに関連した課題の同定
意思決定	費用-便益分析の手法を用いて, 生徒自身が関心のある問題について意思決定を行う. そしてその意思決定モデルの諸要素について理解し, 個人の価値を同定し, その出所を同定する	科学-技術-社会	費用-便益分析の手法の学習 費用-便益分析を用いた意思決定の実践: 決定すべき問題の状況 ↓ 費用と便益の分析 ↓ 多様な行動の選択肢の提出 ↓ 意思決定者の価値の同定 ↓ 行動の決定と評価 最後に示された問いについて討論を行う.

技術評価	技術評価の定義 技術評価の現状 技術評価の方法 技術評価の将来	技術-社会	<p>技術評価とは何かについて述べた文章，技術評価プロセスについて述べた文章，そしてアメリカ議会に設置されている技術評価局から実際に出された報告書を読む。</p> <p>この学習をもとに，デプレジンという架空の薬の社会への影響を評価する活動をシミュレーションする（ロールプレイングを用いる）</p>
自律的な技術	自律的な技術という用語の定義とその妥当性 技術とそのコントロール	技術-社会	<p>自律的な技術という考え方の定義に関する文章を読む。</p> <p>↓</p> <p>技術とそのコントロールという課題についての3つの言明に対して，同意するかしないかを明らかにする。</p> <p>↓</p> <p>各自の立場に基づいて討論</p> <p>↓</p> <p>人間の創り出した創造物としてのフランケンシュタインのコントロールについて述べた文章を読み，問いについて討論する。</p>

- ・科学によって得られた知識の持つ予言的性質によって、技術のコントロールが可能となり、これが科学と技術を結合している。

[技術の本質]

- ・技術の定義：人間の可能性を広げるために物を作り出し、変え、方法に関わるシステムを作り出すための文化的活動。
- ・現代技術の特徴：複雑さ、旧式化する時間の速さ、合理性、システム内での機能、中央からのコントロール、地球的規模での影響力、共通経験の提供など。[社会の本質]
- ・高いレベルの分業化とそれらの相互依存性（システムの構築）。
- ・物理的、情緒的、文化的疎外。
- ・公共政策についての不一致。
- ・意思決定プロセスを経て作られる公共政策。

[科学と技術の関連]

- ・科学知識への技術の依存。
- ・技術による科学の発展のコントロール。

[社会と技術の関連]

- ・社会変化の原動力としての技術。
- ・社会の価値、制度、そして政治構造による技術発展の方向性のコントロール。
- ・社会による技術のコントロールに関する矛盾の出現。
- ・技術のもたらす倫理的、経済的、社会的問題の出現。

[科学と社会の関連]

- ・研究資金の分配を通じた政府による科学研究のコントロール。
- ・科学政策の決定過程への市民の参加。
- ・科学者に与えられる社会的尊敬。
- ・科学のもたらす社会的、倫理的問題。

このうち[科学の本質]と[科学と社会の関連]で扱われている項目を見ると、そこには美的・人文的観点は見られず、また各モジュールの内容の取り扱いには歴史的観点も含まれていない。そこに明確に見られるのは科学の認識論的、社会学的、政治的、経済的観点である。また表4-9の「技術評価」と「自律的な技術」という2つのモジュールは、技術と社会との関連を扱ったモジュールであり、特に社会による技術のコントロールをテーマとして取り上げている。つまりこの2つのモジュールには科学の扱いはまったくなく、

焦点は技術におかれている。

以上のことより分析項目①に関して本書は、「4.科学の社会的側面からのアプローチ」と「5.技術中心のアプローチ」の2つに焦点をあてながら、そこでは「b.哲学的・認識論的」「c.社会学的」「e.政治的」「f.経済的」アプローチを採用していると結論することができる。

3. カリキュラムの目標：分析項目②

「1.知識領域」について

前述した科学、技術、社会の本質およびそれら三者間の相互関連についての「まとめ」は、分析項目②のうち「1.知識領域」の分析に使用することができる。

まず「a.定義」については、本書では科学を自然界に対する絶え間ない探究のプロセスと捉え、それを通じて、それまでの観察結果の解釈や科学知識が変更され、または新しい説明のシステムに取り込まれていくことに科学の本質を見いだしている。また技術は物を作り出し、変え、方法に関わるシステムを作り出すための文化的活動と定義している。これは第2章2節で引用したFleming (1989) の社会技術(図2-1)の概念に相当するもので、従来のハードウェアとノウハウという限定された定義ではなく、それに技術の使用と製造のためのシステムを加えた、より広範な定義を採用している。しかも「人間の可能性を広げるため」という社会的目的をそれに加え、人間が自然環境や社会環境によりよく適応するために行われる活動であると定義している。また科学と技術の相互依存性は、前述した「まとめ」の中の〔科学と技術の関連〕に述べられている。

次に「b.科学、技術と外部社会との関連」は、同じく「まとめ」の〔社会と技術の関連〕および〔科学と社会の関連〕に見られる。そこでは科学と技術が社会の発展に対して正負両方向の影響を与え、社会は研究資金の分配を通じて科学と技術をコントロールしている点が述べられている。また現在では、技術開発の方向性を研究資金の分配を通じてだけでなく、社会もしくは市民が積極的にコントロールしていくことが必要である点が指摘され、両者の間には研究の自由と社会によるコントロール、企業の利益追求と社会によるコントロールといった多数の矛盾点が生じていることが述べられている(この点は表4-8の「科学、技術、社会」の目標の中にも明確に述べられている)。これに対して「c.科学界、

技術界の特徴」については、前述した「まとめ」にも、また各モジュールの学習活動にもまったく見られない。

最後に「d.科学の本質」についてであるが、探究としての科学と科学知識の仮説性、そして科学が成立する前提条件である自然界の法則の時間的、空間的普遍性（斉一説）が、「まとめ」に示されている。

以上のように「1.知識領域」に関しては、「a.定義」「b.科学、技術と外部社会との関連」、および「d.科学の本質」が扱われている。

「2.スキル領域」について

本書では意思決定のスキル育成は重要な目標の1つである。このことは表4-8の中に、意思決定に関連した3つの目標（3.,4.,5.）が設定されていることから理解される。

「意思決定」モジュールでは、意思決定のモデルとして図4-4に示す費用-便益分析のモデルを使用している。ここではまず、生徒がどのような問題について決定を下すのか問題状況が設定される。それはたとえば車の購入、家の断熱工事、ゴミ埋立地の建設等の状況である。そしてその問題状況について費用（危険）と便益が同定される。ここで言う費用とは、ある決定に必要な資金、環境汚染、失業など否定的な影響であり、便益とはその決定によって得られる利益、利点のことである。これらの諸要素について、影響の程度と影響が現れる可能性がここで同定される。次にこれらの分析結果をもとに、考えられる限りの行動の選択肢が提出される。たとえば車の購入に関して言えば、購入するかしないかという2つの選択肢以外にも、どのくらいの排気量の車を購入するか、いくら程度の車を購入するか、ガソリン車かディーゼル車か等、多くの行動の選択肢が提出される。これら各選択肢について、さらに具体的に費用と便益について同定が繰り返される。

そしてこれ以降の活動では、自分の価値に基づいた意思決定が行われる。ここではまず問題状況に関連した自分の価値を同定し、その重要性に優先順位をつける。そして各自は自分の価値に基づいて、すでに提出されている複数の選択肢の中から行動の選択を行う。現実の意思決定場面においては選択した行動の結果の評価が行われ、結果が自分の予想に合っていたか、他の選択肢は再考に値するか、行動をもう一度繰り返すべきか等を検討する必要がある。しかし本書では行うべき行動の選択で活動は終了しており、その実践と評価は行われない。

本章においてこれまで検討してきたいくつかの意思決定モデルは、意思決定の一連のプ

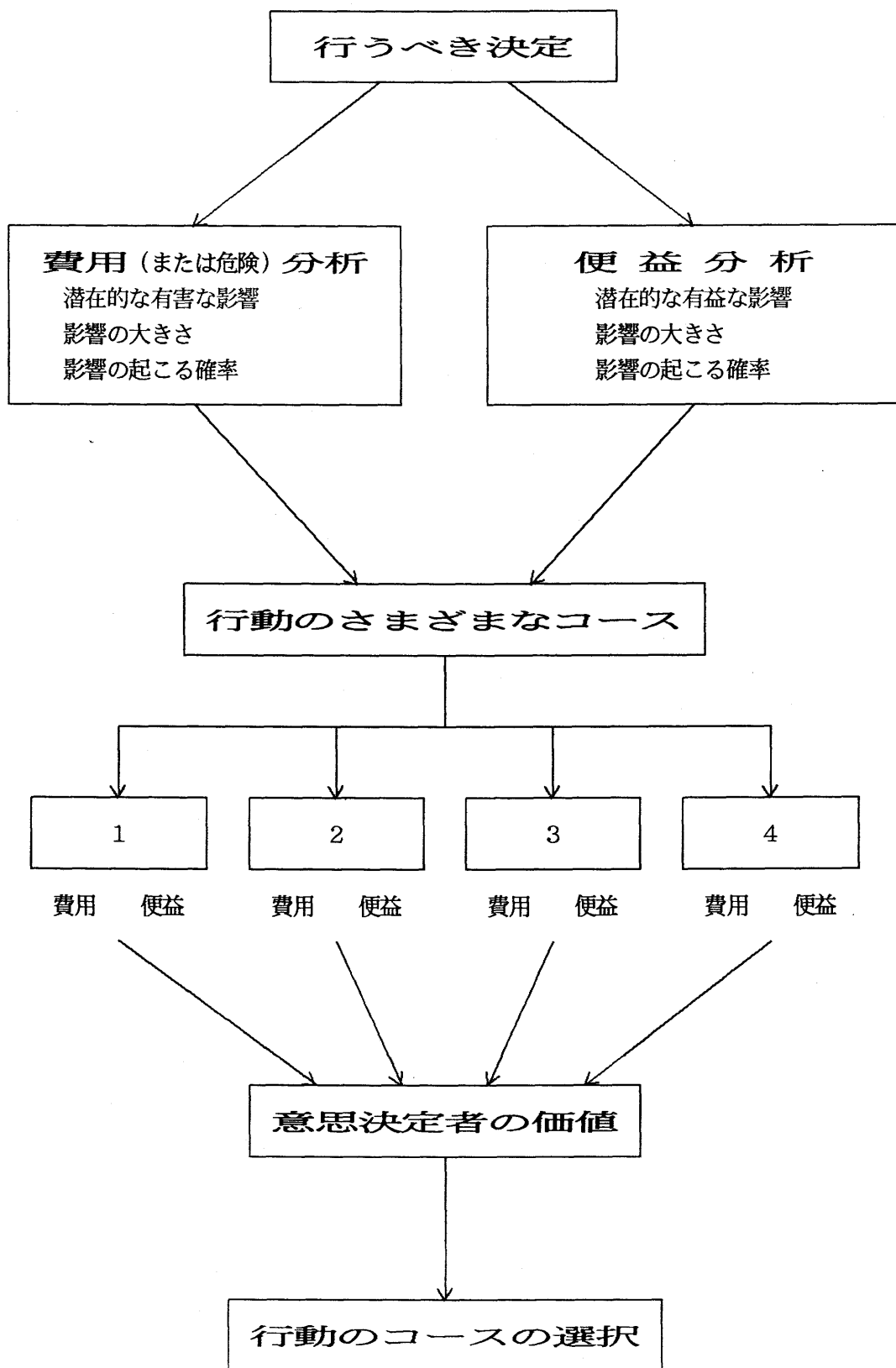


図4-4. 費用-便益分析の流れ (Student's Text, p.30)

プロセスのうち特定の側面を強調したものであった。たとえば「基礎的遺伝学」で用いられていたディシジョンツリーは、選択によって起こり得る結果を吟味することを強調した手法であったし、目標、権利、義務に分けた分析は、意思決定に関与する人の置かれた状況の違いを強調した手法であった。また「遺伝子工学」で採用されていた倫理的な分析は、個人の価値の同定を強調した手法であった。ところが費用－便益分析の指導においては、問題状況の設定、費用と便益の同定、考えられる選択肢の提出、個人の価値の同定、行動の選択という一連の意思決定プロセスがすべて網羅されており、これまでに検討したモデルの中では最も包括的な手法であると言える。したがってHickman (1986) が指摘しているように、一般的に費用－便益分析は他の手法よりも長い時間を必要とし、学校外の情報により強く依存することとなる。

このように本書では、「d.意思決定スキル」の育成を目指した活動が、生徒の主要な学習活動を構成しているが、「2.スキル領域」の他の分析項目（コミュニケーションスキル、認知的プロセススキル、グループプロセススキル、論争の処理と交渉のスキル、そして現実場面での技術の使用）は、学習の成果としても、具体的な学習活動としてもまったく取り上げられていない。確かに実際には「意思決定」モジュールの中で、生徒によって取り上げられた問題を分析するときに、たとえばデータをもとにしたグラフの作成や表の解釈等、認知的プロセススキルが用いられるであろうし、結果を互いにコミュニケーションすることが必要であろう。また結論が異なるときは論争点が生じ、その処理も必要になってくるであろう。しかしながら「科学、技術、社会」においては、社会的問題解決と意思決定のスキル育成にあくまでも主眼が置かれているのである。

「3.倫理と価値領域」について

表4－8の「科学、技術、社会」の目標の中には、「4.個人的および社会的意思決定における価値の役割を理解する」という目標がある。これに対応して、本書で価値に関連した目標を設定しているのは「意思決定」モジュールであり、4つ設定されている中の1つに以下の目標がある。

- ・各個人の価値を同定し、それらの出所について考える (Teacher's Guide, p.15)

この目標は意思決定のモデルとして取り上げられている費用－便益分析の1つのステップである。そこでは問題の解決のために提案された複数の解決策の中から1つを選択するとき、自分がいかなる価値に基づいて選択を行うのか、また複数ある価値の優先順位はど

うか、そして個人の価値はどこに由来しているのか等を検討して、結論を出すことが求められている。つまり費用－便益分析においては「意思決定プロセスにおける決定的なフィルターとしての価値に特に注意が払われている」(Teacher's Guide, p.15) ののである。しかしながらこのような価値は容易に同定されないし、明確に優先順位をつけることはできない。ましてその価値が家族、マスコミ等、何から形成されてきたのかを同定することはきわめて困難である。しかしこのような複雑な自分の価値に気づくことは、「積極的に注意深い市民になるための1つの重要なステップ」(同, p.15) であるとされている。

この事例から判断されることは、倫理と価値領域に関して本書が、費用－便益分析のプロセスを通じて、「c.価値の重要性の理解」と「e.ある課題に関連する価値の同定」という2点を達成しようとしているということである。「d.個人の価値の形成」については、対応する目標も学習活動も見られない。また「b.民主主義的なプロセスの価値」も特に目標として設定されていないが、本書の学習形態が討論を基本としており、そこでは自分と異なる他の人の意見の尊重や、偏見に捕らわれない意見の提出等に注意が向けられている(Teacher's Guide, p.9) ことから、明示されてはいないがそれは視野に入っているものと考えられる。

「4.行動領域」について

本書では生徒の自主的な課題研究が「意思決定」モジュールに1つ設定されている。表4－9の学習活動にある通り、ここでは生徒が関心をもっている特定の問題を題材に、実際の費用－便益分析が行われる。その問題は車を購入すべきか、家の断熱工事をすべきかといった個人の問題でも構わないし、原子力エネルギーの使用は禁止されるべきかといった社会の問題でも構わない。それらいずれかの決定すべき問題を題材に、生徒が自分で情報を集め、望ましい行動の選択を行うのが、ここでの研究活動の中身である。しかしその活動を学校外に拡張し、行動することまでここでは求められていない。

また「技術評価」モジュールにも、アルコール依存症の架空の治療薬「デプラジン」販売の社会的影響を評価する活動が含まれている。しかし「意思決定」モジュールの活動との大きな違いは、生徒が自主的に情報を集め、解釈し、結論を出すといった課題研究がここでは行われず、「コンサルタントカード」とか「研究結果カード」という形で、異なる立場の人の多様な見解と結論(つまり収集すべきデータ)があらかじめ提供されている点である。したがって生徒の活動は、限られた技術評価局の予算の範囲内で、誰の、どのよ

うな見解ないしは結論を採用し、評価局としての結論をどのように出すかという点に集中する。つまり「技術評価」モジュールにおける活動は、「意思決定」モジュールの活動の後半部分、すなわち提出されたさまざまな証拠、情報、見解、結論をもとに最終的な意思決定をする部分が中心となっている。

このように見るとき「4.行動領域」については、「a.研究の実施」は明らかに学習の成果として位置づけられているが、その活動を学校外に拡張し「地域や広く社会の中である課題について行動する」ことまでは、目標とされていないと結論することができる。

4. 問題のレベルと学習の順序性：分析項目③

分析項目①で指摘したように、「科学、技術、社会」の目標は科学と技術の置かれたさまざまな社会的状況を現実の姿として提示し、科学、技術、社会間の相互関連を理解することと、そこから生じる各種の問題を合理的に分析し、解決し、意思決定する手だてを提供することにある。そこではどのような種類の問題が扱われているかとか、どのようなレベルの問題が扱われているかは本質的な問いではなく、上記の目標を実現する問題であるなら何でも構わないと考えられる。しかし本書で取り上げている問題の種類は、実際には特定の地域に限定されない国ないしは地球レベルの問題である（たとえば放射能のコントロール、食糧生産とバイオテクノロジー、技術評価等）ことは確かである。そこで分析項目③に関しては、本書が国ないしは地球レベルの問題を取り上げていることは事実であるが、問題のレベルとその順序性を問うことに本質的な意味はないと言える。

以上の分析結果は、要約すると以下の6点にまとめることができる。

1. 「基礎的遺伝学」や「遺伝子工学」には見られなかった、科学の社会的側面からのアプローチと技術中心のアプローチが用いられていること。そこでは哲学的・認識論的、社会学的、政治的、経済的側面が扱われている。
- 2-a. カリキュラムの目標としての知識領域に関しては、科学、技術と外部社会との相互規定的な関連に最も重点がおかれていること。そして科学と技術の定義および認識論も1つの章をあてて論じていること。そこでは科学を自然界の事象に対する探究のプロセスとして定義し、技術をFlemingの言う「社会技術」として定義している。また

- 認識論については、探究としての科学と科学の仮説的性質、そして科学が成立する前提条件である自然界の法則の時間的、空間的普遍性（斉一説）を取り上げていること。
- 2-b. スキル領域に関する学習成果としては、これまでに分析してきた意思決定モデルの中で、最も包括的な費用－便益分析モデルの使用を通じて、意思決定のスキルを育成することが唯一取り上げられていること。これは本書の最も重要な目標の1つであり、このことによって生徒が「積極的で、注意深い市民」となることが期待されている。他のスキルは目標として掲げられていない。
- 2-c. 倫理と価値領域に関しては、費用－便益分析の経験を通じた「価値の重要性の理解」と「ある問題に関連する価値の同定」に焦点が当てられていること。
- 2-d. 生徒が関心を持っている問題についての、費用－便益分析モデルを用いた意思決定と、アルコール依存症の架空の治療薬であるデプレジンの社会的影響のシミュレーションという2つの研究が取り入れられていること。しかし学校外の地域や社会の課題を解決する活動は、本書には見られない。
3. 本書はカリキュラムの知識内容とその構成について「科学の社会的側面からのアプローチ」を用いているため、問題の種類や規模、さらにはそれらの学習の順序は特に問題とならないこと。しかしカリキュラムの中では、実際にはほとんど国ないしは地球レベルの問題が取り上げられていること。

第5節 BSCSのSTS カリキュラムにおける科学的リテラシーの具体的内容と、その育成の方策の特色

本節では、これまでに分析してきた3つのSTS カリキュラムの特徴から、その共通点と相違点を抽出し、その結果をBSCSにおける科学的リテラシーの意味内容とその育成の方策という観点から考察する。そして次に、その結果が、現在もなお改訂が続けられている青版にどのような影響を与えているかを論じ、BSCSカリキュラムにおける科学的リテラシーの重要性を指摘する。さらに以上の結果を、アメリカ科学教育の中心組織であるNSTA、もしくはSTS 教育研究の第一人者であるRobert, E. YagerのSTS アプローチと比較することによって、BSCSのSTS カリキュラムにおける科学的リテラシー論の具体的な特色を解明する。

1. BSCSのSTSカリキュラムの特徴の全体像

表4-10は、これまでに分析してきたBSCSの3つのSTS カリキュラムの分析結果を、一覧表にまとめて示したものである。以下においては、まずこの表から3つのカリキュラムの共通点と相違点を示す。

1) 3つのSTSカリキュラムに共通する特徴

共通点の第1は、これら3つのカリキュラムが、いずれも分析項目②の「1.知識領域、b.科学、技術と外部社会との関連」の理解を、学習の成果として最も重視していることである。これらの関連とは、具体的には、まず科学と技術が社会の発展に対して貢献している点であり、同時に個人や社会に対して倫理的、経済的、政治的問題をも生じさせている点である。つまり科学と技術が社会に対してもたらす肯定的および否定的影響を、これらのいずれのカリキュラムも中心的テーマとして扱っているということである。もう1つは、社会が科学と技術の研究の方向をコントロールしている点である。このコントロールは、直接的には国家機関による研究資金の分配を通じて行われるが、「遺伝子工学」と「科学、技術、社会」ではさらに、専門家ばかりでなく広範な市民の参加による科学と技術のコントロールにも言及している。これはテクノクラートによる(technocratic)意思決定プロセスに対する、民主主義的な意思決定プロセスの強調と捉えることができる。しかしながら科学、技術研究の自由と、社会によるそのコントロールという矛盾点が新たに出現して

表4-10. BSCSのSTSカリキュラム分析結果

分析項目 \ カリキュラム名	基礎的遺伝学	遺伝子工学	科学・技術・社会
<p>分析項目①：カリキュラムで扱われている知識内容とその構成</p> <p>1. 社会から科学へ</p> <p>2. 科学と社会</p> <p>3. 科学から社会へ</p> <p>4. 科学の社会的側面からのアプローチ</p> <p> a. 美的, 人文的アプローチ</p> <p> b. 哲学的・認識論的アプローチ</p> <p> c. 社会学的アプローチ</p> <p> d. 歴史的アプローチ</p> <p> e. 政治的アプローチ</p> <p> f. 経済的アプローチ</p> <p>5. 技術中心のアプローチ</p>	<p>●</p>	<p>●</p> <p>●</p>	<p>●</p> <p>●</p> <p>●</p> <p>●</p> <p>●</p> <p>●</p> <p>●</p>
<p>分析項目②：カリキュラムの目標</p> <p>1. 知識領域</p> <p> a. 定義</p> <p> ・ 科学と技術の定義</p> <p> ・ 科学と技術の相互依存性</p> <p> b. 科学, 技術と外部社会との関連</p> <p> ・ 科学と技術への社会の影響</p> <p> ・ 社会への科学と技術の影響</p> <p> c. 科学, 技術コミュニティーの特徴</p> <p> ・ 科学者の特徴</p> <p> ・ 科学知識の社会的構築</p> <p> ・ 技術の社会的構築</p> <p> d. 科学の本質</p> <p> ・ 科学知識の不確かさと限界</p> <p> ・ 科学知識の仮説性</p> <p> ・ 探究としての科学</p> <p> ・ 科学の前提条件</p>	<p>●</p> <p>●</p> <p>●</p> <p>●</p>	<p>●</p> <p>●</p> <p>●</p> <p>●</p> <p>●</p> <p>●</p> <p>●</p>	<p>●</p> <p>●</p> <p>●</p> <p>●</p> <p>●</p> <p>●</p> <p>●</p>

2.スキル領域			
a.コミュニケーションスキル	●	●	○
b.科学的問題解決スキル	●	●	
c.認知的プロセススキル	●	●	
d.意思決定スキル	●	●	●
e.グループプロセススキル	●	●	○
f.論争の処理と交渉のスキル	●	●	○
g.現実場面での技術の使用			
3.倫理と価値領域			
a.民主主義のプロセスの価値	●	●	○
b.価値の重要性の理解	●	●	●
c.個人の価値の形成	●	●	
d.ある問題に関連する価値の同定	●	●	●
4.行動領域			
a.研究の実施	●	●	●
b.地域や広く社会の中である問題について行動する			○
分析項目③：問題のレベルと学習の順序性			
1.国・地球レベルの問題	●	●	○
2.地域レベルの問題			
3.国・地球レベルから地域レベルへ	○		
4.地域レベルから国・地球レベルへ			

●：カリキュラム中で詳しく解説されているか、それをもとに生徒の活動が設定されている内容

○：カリキュラム中に提示されているが詳しい解説や活動がなく、特に重視されているとは考えられない内容

おり、「科学，技術，社会」カリキュラムの「技術評価」モジュールと「自律的な技術」モジュールにおいては，科学，技術研究の方向を決定するプロセスと，その決定の範囲の問題が，学習のテーマとして取り上げられている。

このようにBSCSのSTS カリキュラムでは，その是非はともかく「科学，技術」と「社会」との間の相互規定的な関係を，現実の出来事を題材に共通に描き出している。特に「科学，技術，社会」カリキュラムでは，社会による科学と技術のコントロールの実態とその論争点を強調しており，科学が社会と隔離された存在でいられなくなっている実態，すなわち研究者の興味・関心のみによって方向づけられた，没価値的なものとしての科学の捉え方に対する明確なアンチテーゼが，ここには描き出されている。このように科学，技術と外部社会との関連は，BSCSのSTS カリキュラムの大きな焦点の1つとなっている。しかしながら科学，技術コミュニティの特徴については，どのカリキュラムでもまったく言及していない。

つまり，現代科学を取り巻くさまざまな問題が，学習テーマとして取り上げられており，BSCSのカリキュラム開発の方針として第2章4節で指摘した「各時代における生物学の現状の反映」が，科学的リテラシー育成を目標としたSTS カリキュラムにも見られると言える。しかしながら近年の科学社会学が明らかにしてきた，科学知識の進歩における科学コミュニティの役割など，コミュニティ内部の社会学については，まったく扱われていない。

次に共通点の第2は，同じ分析項目②の「1.知識領域，d.認識論」において，科学を探究のプロセスとして捉えている点である。Trowbridge and Bybee (1990) が指摘する科学的探究のプロセス，すなわち問題の提起，仮説の設定，研究の計画，仮説の検証，得られた結果の総合，そして科学に必要とされるある種の態度などは，言うまでもなく科学についてのBSCSの伝統的な捉え方であった。この捉え方はSTS カリキュラムの中で否定されたわけではなく，その中に重要な位置を占めている。しかもBSCSのSTS カリキュラムで扱われている1つの重要な学問分野である倫理学も「合理的探究の1つの形態」であり「合理的探究のルールに従う」（「遺伝子工学」Teacher's Edition, p.T62）とされ，科学的探究の活動の中で学習された科学の方法，プロセススキル，批判的思考などを，倫理的問題の解決と意思決定へと積極的に応用することが期待されている。このように，BSCSにおける科学的リテラシーの捉え方の1つの特色であった科学的探究は，BSCSの伝統的な探究観を継承しながら，それを倫理学などの，個人的，社会的問題の解決と意思決定を求める場

へと拡張する中でも捉えている。

さらにWelch (1981) が「科学的探究の本質というテーマは、知識の妥当性に関連している。科学知識の構造は仮のものであり、．．．因果律と普遍性、自然の理解可能性といった、自然界についての前提条件によって影響を受けている」(p.55)と述べているように、科学的探究は科学知識の不確かさと限界、科学知識の仮説性、科学のある前提条件の存在という認識を基礎に行われる活動である。このような科学および科学知識の本質は、カリキュラムによって扱いに若干の違いはあるものの、BSCSのSTS カリキュラムにおいて共通に取り上げられている。しかし現代科学論が扱っている観察の理論負荷性や批判的科学といった、認識論的、科学社会学的内容については論じられていない。

共通点の第3は、同じ分析項目②の「2.スキル領域、d.意思決定スキル」の育成を、目標としてすべてのSTS カリキュラムが最も重視していることである。共通点の第1で指摘したように、BSCSのSTS カリキュラムは知識領域の目標として、科学、技術と社会との間の相互規定的な関係の理解を掲げていた。したがってそのような関係から派生する社会的、経済的、政治的、倫理的問題の解決方法について検討する中で、価値の重要性を理解し、科学、技術、社会間の相互関連を理解することを目標としていた。つまり意思決定は、いわばこれらの相互関連理解の手段であり、また同時に意思決定のスキルの育成そのものも、その理解に基づいて達成さるべき目標となっている。

STS 教育では、科学と技術が決定的な影響力を持っている現代民主主義社会の中で、効果的かつ責任ある意思決定のできる将来の市民を育成することが目標とされている。したがって、効果的かつ責任ある意思決定を実際に行うためには、自分の単なる好みや根拠のない意見を捨てて、多様な価値と観点から問題状況と選択の影響を検討しなければならない。そしてその結果をもとに、他の人の見解も尊重しながら、論理的かつ合理的な議論を行わなければならない。各個人の価値が関わる問題であるだけに、根拠のない意見の衝突では、感情的で不毛な議論しか結論されず、したがってそこには合理的な議論を行うための何らかの思考の枠組みが必要となる。その枠組みが、本節で分析したBSCSカリキュラムで用いられている、各種の意思決定モデルなのである。

これらのモデルに対しては、どれが最もよいモデルであるかという単純な判断は下すことができず、モデルによって長所と短所を持っている。たとえば目標、権利、義務に分けた分析は、問題に関与する人の立場による見解の相違を描き出している点に特徴があり、またディシジョンツリーは、ある選択をした場合の影響を重視している点に特徴がある。

さらに倫理的な分析は、提出された行動の選択肢について、それが由来する個人の価値を徹底的に吟味しており、合理的な議論が可能と判断された価値とそれに基づく選択肢のみが、その後の批判と議論に託されることとなる。したがって教師が用いる問題の種類と、意思決定プロセスの中で強調したい点によって、どのモデルを用いたらよいかは異なってくるであろう。

その点で、最後に分析した「科学、技術、社会」で用いられていた費用－便益分析は、意思決定のプロセス全体をカバーした最も包括的なモデルであり、意思決定の学習において広く用いることが可能なモデルであると言える。ただこれらのモデルに共通する特徴は、いずれも多様な観点から問題状況もしくは決定の影響を調べ、決定に関係する価値を同定し、他の人の多様な価値を尊重している点にある。したがってこれらのモデルを用いた意思決定活動の結果は、必ずしも生徒全員の同意を結論せず、カリキュラムの中でもそれは要求されていない。社会的問題の解決に対して、科学と技術が「貢献」することは可能であるが、1つの「答」を与えることはできない点を理解する上で、むしろこの不一致は重要であるとさえされている。ある食品添加物の安全性に関する議論において、賛否どちらの立場の人も、等しく科学データをもとにその立場を主張している例に典型的に見られるように、この答の不一致は、社会的問題の解決に対して科学が持つ限界と科学研究の本質を示しており、ここにも「各時代における生物学の現状の反映」を読みとることができる。

意思決定モデルにおける価値の同定、価値の重要性の理解という上述した特徴は、必然的に「3.倫理と価値領域」という目標の重視につながる。この領域の中で扱われている項目のうち、STSカリキュラムに共通する特徴、すなわち第4の共通点は、「b.価値の重要性の理解」と「d.ある問題に関連する価値の同定」の2つである。この点については、前述した意思決定モデルの特徴の中ですでに論じているのでここでは省略する。

さて5番目の共通点は、分析項目②の「4.行動領域、a.研究の実施」である。BSCSのSTSカリキュラムにおいては、科学的問題であれ社会的問題であれ、生徒自身によるある問題（ただしほとんどの問題はカリキュラムの中で与えられており、生徒が自分たちで同定した問題ではない）の解決の活動、ないしは解決法に対する意思決定の活動が必ず含まれている。つまり問題の解決もしくは意思決定の状況を、読み物や講義によって一方的に教え込むのではなく、生徒自身がその活動に実際に参加し、その経験の中から問題解決と意思決定のプロセスなりスキルを理解することが目指されているのである。

ところが同じ行動領域でも、地域や社会における身近な問題について行動する活動は、

これらのカリキュラムには含まれていない。前述したように生徒自身による意思決定活動は確かに行われており、そこで取り上げている問題はアメリカ社会のどこかで実際に生じている問題であり、将来いつか生徒の誰かが直面する可能性のある問題であるのだが、しかしそれは、大多数の生徒の学習時の現実生活にとってはあくまでも架空の問題である。したがってそれらの問題について意思決定活動を行うということは、生徒にとっては間接体験もしくはシミュレーションであるということになる。おそらくBSCSのSTSカリキュラムでは、生徒がこのような体験によって学習した意思決定のプロセスやスキルを、将来の生活の中で応用できるようになることが、前提とされているのであろう。STS教育の1つの領域と捉えることのできる環境教育の多くの実践や、後述するYagerらによるSTS教育実践では、生徒の身の回りに見られる問題の解決を行う、直接的、体験的学習が強調されているが、BSCSではこのような体験はほとんど重視されていない。この点はBSCSにおける科学的リテラシー育成の指導方策の特色の1つを形成している。

共通点の最後は、科学と技術に由来する社会的問題の事例としてカリキュラムで取り上げられている問題が、分析項目③の「1.国・地球レベルの問題」である点である。これは、地域の問題について行動する活動をカリキュラムの中で採用しておらず、生徒にとっては架空の問題を題材に、意思決定活動をシミュレーションしているという、前述した結論の前提である。生徒一人一人が、自分の身の回りの諸問題の解決に関与しては、生徒に共通の経験を提供することができず、また共通の目標を達成させることができない。そこですべての生徒が共通のテーマのもとに意思決定活動を経験し、共通の目標を達成するためには、必然的に国ないしは地球レベルの問題が必要となる。

ただし「基礎的遺伝学」では、学校外の施設、たとえば大学や州の保健省を訪問し地域の問題について調べたり、学校の関係者以外の人、たとえば研究者や州の行政担当者を教室に招き、ある問題についての地域の状況を講演してもらい、討論を行うといった活動が、発展活動として示されている。つまり「基礎的遺伝学」では国ないしは地球レベルの問題を題材に学習したことを、地域レベルの問題へと適用する活動は、学習の発展として一部行われている。ここには「国・地球レベルの問題から地域の問題へ」という方向性を読み取ることができる。

以上のように、BSCSにおいては、生徒が共通に用いるテキストに示された、国ないし地球レベルの共通の問題の解決活動を通じて、共通の科学知識の理解や意思決定スキルの獲得に到達することを目指しているのであり、この点に限って言うのであれば、BSCSはどち

らかというと従来の科学授業のアプローチと大きな相違点を持たない、より保守的なアプローチを採用していると表現することができる。しかしこれは、後述するようにYagerらのラジカルなアプローチとの比較においてのことであり、学習内容、学習活動そのものについては、もちろん従来の科学授業とは非常に異なっていると言える。

2) 3つのカリキュラムの間で異なる特徴

次にBSCSの3つのSTSカリキュラム間の相違点について検討する。表4-10を見るとわかるように、「基礎的遺伝学」と「遺伝子工学」の間には1つの相違点が見られる。それは、分析項目①の「カリキュラムで扱われている知識内容とその構成」に関して、「基礎的遺伝学」が「2.科学と社会」アプローチを採用しているのに対して、「遺伝子工学」は同時に「3.科学から社会へ」のアプローチをも、一部のモジュールの中で採用している点である。つまりそこには、科学の社会的側面から切り放された、科学知識やスキルの育成を純粹に目標とした活動が、独立したモジュールとして含まれている点である。

テキストの中で指摘されているように、確かにこれら社会的側面から切り放された科学知識やスキルは、「すべての生徒の生活に関連があると思われるという理由で選択された」（「遺伝子工学」Teacher's Edition, p.vii）のであるかもしれないが、それらの知識やスキルを学習する個人的、社会的文脈はまったく設定されていない。この学習内容選択の基準とその提示の仕方は、青版におけるそれと同一のものである。つまり学習した科学知識が将来の生活に役立つであろうことを前提とした、社会生活に対する科学知識の間接的な影響力の認識は、BSCSの初期の青版や緑版教科書における認識と同じであり、したがってこれらのモジュールが、一般教育の目的から導き出される科学教育の目標に、直接アプローチしているとは言えない。しかしながら他のモジュールにおいては、すべての特徴についてほとんど一致が見られ、これら2つのカリキュラムは、全体として同じ目標、内容、教授方略を用いていると判断できる。

ところがこれら2つのカリキュラムと「科学、技術、社会」との間には、いくつかの大きな相違点が見られる。その最も大きな相違点は、同じく分析項目①の「カリキュラムで扱われている知識内容とその構成」である。「基礎的遺伝学」も「遺伝子工学」も、共に科学知識の獲得と科学のプロセスの理解、科学における価値の重要性の理解を焦点として持っており、それを人間という文脈、遺伝病という文脈、もしくは遺伝学と遺伝子工学技術のもたらす倫理的問題という文脈の中で提示している。BSCS自身もこの点について、

「STS は、科学と技術の内容およびプロセスを学習するための文脈として、個人や社会の目標の重要性を認識している科学教育運動である」（BSCS, 1985, p.2）との認識を示している。それが表4-10に示す「2.科学と社会」というアプローチであった。しかし「科学、技術、社会」は、科学知識の理解は目標として掲げておらず、科学の哲学的・認識論的、社会学的側面の理解を強調したカリキュラムである。つまりこれは、科学哲学、科学社会学などを研究内容とする、学問領域としてのSTS にきわめて近いアプローチであると言える。したがってそこで扱われる社会的問題は、科学知識の理解のための文脈として用いられるのではなく、科学の社会的側面そのものの理解のための事例となっている。つまり科学哲学と科学社会学の内容の理解にあくまでも中心が置かれたカリキュラムが「科学、技術、社会」なのである。また本書は、全体として（特に後半のモジュールにおいて）技術が社会に与える影響と、技術の社会的コントロールを中心テーマとしている。このような技術を中心にしたアプローチは、BSCSの他のカリキュラムにはまったく見られないものである。

これらの相違点は、他の相違点を解釈するときの基礎となる。まず分析項目②の「1.知識領域, a.定義」を目標として扱っているのは「科学、技術、社会」のみである点である。これは本書が他のSTS カリキュラムと異なり、技術を大きな1つの焦点としていること、したがって技術に関連した社会的問題を扱うとき、科学と技術の定義およびその区別が必要となってくることによるものと考えられる。またこのような科学と技術の定義を踏まえた上で、本書は両者の相互依存性についても明確に言及している。

続いて分析項目②の「1.知識領域, d.科学の本質」についてであるが、「科学、技術、社会」では、他の2つのカリキュラムに比較してこれについて詳細に論じている。これも本書が、科学、技術、社会の本質について学習することを、大きな目的としているためであって、科学知識の仮説性、探究としての科学、科学の前提条件の3つが扱われている。ただし次に述べるように、具体的な科学的探究活動は、このカリキュラムの中では行われず、記述的、説明的な扱いとなっている。

最後に相違点の4つめは、「2.スキル領域, b.科学的問題解決スキル」と「c.認知的プロセススキル」の育成が、「科学、技術、社会」ではまったく目標として設定されていないことである。前述したように、本書は技術が社会に与える影響と、技術の社会的コントロールを中心テーマとしているため、科学知識はまったく含んでおらず、また科学的探究活動も設定していない。したがって科学的問題解決のスキル育成は不可能であり、またそ

のために必要とされる認知的プロセススキルの育成も図られることはない。

2. BSCSのSTSカリキュラムにおける科学的リテラシー論の特色

ここでは第3章までに明らかにしたBSCSの科学的リテラシーの捉え方の特色を、以上共通点6点と相違点4点をもとに具体的に描き出す。

1) STSカリキュラムに反映された科学観

まず最初に、ここではSTSカリキュラムにおける科学的リテラシーの具体的な内容を明らかにするにあたり、そこに反映されている科学の捉え方、すなわち科学観を解明する。これはBSCSの捉える科学的リテラシーの枠組み、すなわち知識・理解、スキル、そして価値と態度のすべてを規定するものであり、いわば科学教育の背景、もしくは基本を形づくっている。

これについて検討するとき、理科教育の目的と科学観との対応の類型化を試みた大高(1991)の研究は、その枠組みを提供している点で有益である。その類型とは以下の6つである。

- ①実用的知識の伝達と実利的功利的科学観
- ②専門科学的能力の育成と探究としての科学観
- ③科学の鑑賞と文化としての科学観
- ④狭義の科学論的理解と自然の1つの観方としての科学観
- ⑤社会的能力の育成と社会的存在としての科学観
- ⑥科学批判的能力の育成とイデオロギー的正当化機能をも有する産業化された営みとしての科学観

大高も指摘しているように、これらの科学観がカリキュラムの中に必ずしも明確に記述されているわけではなく、暗黙の内に前提とされている科学観もある。したがって以下においては、本章で明らかにしたBSCSのSTSカリキュラムの諸特徴を、この6つの観点にしたがって統合し、再度解釈し直すことによって、科学的リテラシーの捉え方全般に影響を与えている、BSCSの科学観を提示する。

BSCSのSTSカリキュラムでは、科学知識とプロセスの学習の文脈として、また意思決定スキル育成の題材として、科学と技術のもたらす倫理的、社会的問題を扱っているが、し

かしそのような問題が生じているからといって、決して科学と技術の発展を否定する見解を提示しているわけではない。むしろそのような問題に我々がどのように対処すべきか、またそのような問題が生じないように、科学と技術をどのように市民が、そして社会がコントロールしてゆけばよいかをテーマとして学習する機会を提供している。その典型的な学習活動が、すべてのカリキュラムで強調されている意思決定モデルを用いた研究活動である。この見解は「科学、技術、社会」に見られる以下の記述に明らかである。

「あなたがこのモジュールの中で扱われている複雑な問題を学習するとき、科学と技術が人間の福祉を向上させるのに積極的な役割を果たせる社会の創造に向けて、どのような役割を演じることができるか考えなさい」(Student's Text,序文)

つまり科学と技術の存在を否定的に捉えず、むしろ科学と技術の持つ潜在的な力に信頼を寄せ、それを人間の福祉向上のためにどのように我々が用いていくのかに大きな関心を寄せていることが、この文章から読み取れる。またBSCSは1970年当時からすでに、市民が科学に対する信頼を失い、危険な相対主義もしくはシニシズムに陥っていることに強い憂慮を表明している(BSCS, 1970)。

このことから判断して、大高による科学観の6つの類型のうち、現代科学をより批判的に捉える⑥の科学観は、明らかにBSCSのSTSカリキュラムには反映していないと結論できる。たとえば「アカデミズム科学」に対する「産業化科学」の現状、政策の決定やイデオロギーとしての機能を持つ科学の捉え方などについては、これらのカリキュラムではまったく言及していない。

大洲(1991)は現代的科学観の特徴として、「科学と体制の共犯関係」「科学の進歩は体制維持に奉仕」「科学技術の地域性、イデオロギー性」など5点を指摘し、これらに基づきSTS研究が、さらに先進諸国でSTS教育が発展してきた点を述べている。しかしながらBSCSのSTSカリキュラムは、大洲が指摘するような科学のイデオロギー性を強調した科学の捉え方、批判的捉え方を、明らかに取り上げていない。このことから、すべてのSTSカリキュラムが一様に同じ科学観を反映していると論じることが、きわめて危険で大きな誤りであることが確認される。

一方BSCSのSTSカリキュラムが、大高の類型③と④の科学観も反映していないことは、その特徴から明らかである。なぜなら分析項目②の「3.倫理と価値領域」において、科学の文化的、美的鑑賞という価値をまったく扱っておらず(したがって分析項目の一覧表には加えていない)、また同じく分析項目②の「1.知識領域, d.科学の本質」において、理

論や法則の認識論的発展の道筋，および観察の理論負荷性などにまったく言及していないからである．しかし前述したように，BSCSのSTS カリキュラムが科学と技術の持つ潜在的な能力に信頼を寄せていることから判断して，①の実利的功利的科学観は暗黙のうちに認められていると判断できる．また，BSCSのSTS カリキュラムにおいては，科学的探究の理解とそのスキル育成は，科学の本質を理解する上で重要な目標を構成しており，また科学・技術と社会との間の相互規定的な関係の理解は，目標として最も重視されていたことから，探究としての科学観②と社会的存在としての科学観⑤は，明らかにBSCSのSTS カリキュラムの重要な柱を構成していると言える．つまり科学観の①②⑤の反映に，BSCSのSTS カリキュラムの特徴があることが，以上より結論される．

2) STS カリキュラムの特徴より見た，BSCSにおける科学的リテラシーの具体的内容

さて次に検討するのは，第3章3節で論じたBSCSの捉える科学的リテラシーと，BSCSのSTS カリキュラムの諸特徴との関連である．BSCSの捉える科学的リテラシーが，「科学と技術の諸概念に基礎をおいた知識の獲得」「科学的・技術的探究の過程に基礎をおいたスキルの育成」そして「科学，技術，社会間の相互作用に基礎をおいた価値と態度の育成」の3つから成ることはすでに指摘した．これを3つのSTS カリキュラムの特徴に対比した場合，以下のようにまとめることができる．

「基礎的遺伝学」と「遺伝子工学」カリキュラム

知識・理解：遺伝学と遺伝子工学の基礎的学習内容と，探究の過程としての科学の捉え方，そして科学，技術と外部社会との関連（社会に対する科学と技術の正負両面の影響，科学と技術に対する社会によるコントロール）．

スキル：科学的問題解決のスキルと認知的プロセススキル，意思決定スキル，そしてコミュニケーションや交渉といった，民主主義社会に必要とされる社会的スキル．

価値と態度：ある社会的問題に関連して価値を同定し，価値の重要性を理解し，自分の価値を形成ないしは明確にする作業を通じて，民主主義的プロセスの価値を理解する．

「科学，技術，社会」カリキュラム

知識・理解：科学と技術の定義と，両者の相互依存性，科学の本質としての科学知識の仮説性と科学の前提条件，すなわち科学の認識論的，社会学的側面．ただし特定の科学知識や概念は，まったく扱われていない．

スキル：意思決定のスキルのみが焦点が当てられている。

価値と態度：意思決定プロセスにおける価値の同定と価値の重要性の理解が目指されている。

以上のような2種類のカリキュラムにおける、科学的リテラシーの具体的内容を、各領域ごとに比較した場合、本節の1の2)で指摘した相違点、たとえば「知識・理解」については、後者は特定の科学知識や概念をまったく扱っていない点、また「スキル」については、後者は科学的問題解決（探究）のスキルや認知的プロセススキル育成は重視しておらず、意思決定スキルの育成のみに焦点をあてている点などが見られる。ところが「科学、技術、社会」もその1つのカリキュラムを構成している「改革シリーズ」の他のカリキュラム（たとえば”Human Reproduction”, ”Biomedical Technology”など）には、「科学と技術の諸概念に基礎をおいた知識の獲得」が目標として位置づけられており、また科学的探究に関する多様なスキル育成が図られている。つまり「改革シリーズ」を全体として捉えた場合、科学的リテラシーの枠組みに対応する学習内容は、「基礎的遺伝学」や「遺伝子工学」と同一であると言える。「科学、技術、社会」は「改革シリーズ」の導入的カリキュラムであり、また科学の認識論や科学社会学を中心に扱ったカリキュラムであるため、構成要素のうち特に最後の「科学、技術、社会間の相互関連」の理解育成に主眼が置かれているものと考えられる。

このように見てくるとき、科学的リテラシー育成を目的としたBSCSのSTS教育に対するアプローチ、特に「基礎的遺伝学」や「遺伝子工学」で用いられているアプローチは、学問領域としてのSTSについての教育とは明らかに異なる。また「科学、技術、社会」は後者に近いアプローチを採用したカリキュラムであるが、以下の点において異なっている。すなわち実際の問題の解決に関与する中で、意思決定のスキルを育成することを大きな目的としていること、社会的問題の解決における多様な価値の存在とその重要性を認識することを目的としていること、さらに観察の理論負荷性や批判的科学の内容など、現代科学論の成果はまったく扱っていないことなどである。つまりBSCSにおけるSTS教育は、あくまでも科学教育の枠内での教育であって、科学が学習の素材であり、科学知識やプロセスを学習の目的としない哲学的、社会学的アプローチとは、明らかに一線を画している。

さて、ここで提示された科学的リテラシーの具体的内容を、第3章3節の1（p.122）でまとめた、BSCS関連の各種文献から得られた科学的リテラシーの捉え方と比較するとき、そこにいくつかの相違点を見いだすことができる。たとえば知識・理解領域に関しては、

生物学の統合原理と主要な概念，そしてその歴史的発展についての理解への焦点化は，これらSTSカリキュラムにはまったく見られないし，科学と技術を区別した上での技術の本質についての理解への焦点化は，「科学，技術，社会」カリキュラム以外には見られない。また価値と態度領域に関しては，学習した知識とスキルを身の回りの問題の解決へと応用する態度の育成も，これらのカリキュラムでは直接的にはねらわれていない。さらには，BSCSの科学的リテラシー論の特色の1つであった，発達の観点を取り入れた指導も同様の状況である。

このように1980年代に開発されたSTSカリキュラムには，BSCSの捉える科学的リテラシーの内容のすべてが具体化しているわけではない。これらの内容は，1990年代以降に開発された，もしくは開発中のカリキュラム，たとえばK-12学年を一貫した総合的カリキュラムで扱われており，また生物学の統合原理と主要な概念の歴史的発展は，以下の書籍の中で，カリキュラムフレームワークとして示されている。

BSCS and SSEC(1992) Teaching about the History and Nature of Science and Technology.

今後BSCSの捉える科学的リテラシーの内容を，より多岐にわたって，総括的に解明するためには，これらのカリキュラムの開発を待つ必要があろう。1980年代のSTSカリキュラムの分析を通じて，科学的リテラシーの具体的内容を明らかにすることは，このような限界を持つものの，その意味する内容のほとんどは，STSカリキュラムで目標として設定されていることから，本論文ではBSCSにおける科学的リテラシーのカリキュラムレベルでの内容を，具体的に提示できたと考える。

3) STSカリキュラムの特徴より見た，BSCSにおける科学的リテラシー育成の方策

ここでは，1)で検討した内容を持つ科学的リテラシー育成のため，いかなる方策が採用されているかを，BSCSのSTSカリキュラムの諸特徴をもとに明らかにする。

まず科学的リテラシーの構成要素の1つである「知識の獲得」に関してであるが，BSCSではこれらの知識や概念，さらには科学，技術と社会との関連は，生徒の用いるテキストの中に明確に記述されている（前述したように「科学，技術，社会」にはこれは見られないが，「改革シリーズ」全体としては記述が行われている）。しかもその知識は，科学的探究や社会的，倫理的問題の解決といった何らかの文脈の中で提示され，決して知識そのものを文脈から切り離して教え込むという形をとっていない点に，BSCSの特徴が見られる。

この探究と社会的問題の解決という文脈は、「スキルの育成」と「価値と態度の育成」のためにも用いられている。そして採用されている問題は、生徒が自分で決定した問題ではなく、テキストにあらかじめ用意された問題であり、またそれは生徒の身の回りに見られる地域の問題ではなく、国ないしは地球レベルで見られる問題である点に、BSCSカリキュラムのもう1つの特徴がある。

BSCSカリキュラムにおける以上のような特徴は、それを用いた授業を受けた生徒に、一定程度共通した学習成果を期待できるという利点がある。また学習内容は、何らかの個人的、社会的文脈の中で提示されているため、学習内容の個人的、社会的意味、もしくは学習することの意義を理解することができ、結果として生徒の学習の動機を高めることができると考えられる。一方科学的リテラシーの育成を目標として掲げた同じSTS教育でも、後述するYagerらが採用しているアプローチは、これと異なっている。彼らの採用しているアプローチは、まず生徒の身の回りにある身近な問題の解決で始まり、そのプロセスの中で問題の解決に必要な科学知識やプロセス、スキルが学習されるのであり、生徒に学習させる知識やプロセス、スキルがあらかじめ設定されていないからである。つまり授業によって期待される成果は流動的であり、いかなる問題を生徒が選択するか、その解決に生徒がどのように取り組むかによって、学習の成果は大きく異なってくるのである。

BSCSとYagerらのアプローチのこの違いは、STSにおける最後のS、すなわち社会の位置づけの違いとして理解できる。この点についてYagerは以下のように述べている。

「STSの中でSが誤った位置に置かれている。それは社会－技術－科学と考えるのがよいであろう。STS『運動』は、より多くの人々が現実の科学に近づけるよう促すという考え方をその基礎として持っているし、現実の科学への入り口は、社会的問題を通じてであり、次に技術を通じてであるということその基礎として持っている。

(中略) 60年代の科学プログラムから理解されるように、科学の基本概念は『本来あらゆる人々に対して興味深い』ものではないのである」(Yager, 1988, p.185)

続けて彼は言う。

「STSは新しい教科書、新しい授業の概略、そして新しいプログラムを意味するのではない。(中略) 1つの焦点としてのSTSは処方的なものではない。それは新しい哲学でも万能薬でもない。STSは共通の教科書の概略よりも、より多くの生徒のために、より適切な経験を提供しうるものである」(同, p.188)

さらに彼は、「STSに関する最も深刻な関心は、それが『カリキュラム』改革として登場

するときである」(Yager, 1991, p.9)とも述べ、科学教育の根本的改革のためには、新しい教授アプローチを採用することの重要性を指摘している。

このような彼の主張に対して、科学の知識体系とプロセスの存在を前提としてまず認め、それをどのように教え、また生徒がどのように学習するかを研究するのが科学教育であると捉えるGoodらは、一連の論文(Kromhout and Good, 1983; Good et al., 1985a; 1985b)の中で、Yagerらのアプローチに正面から反論を行っている。彼らの主張は従来の科学授業の枠を越えたものではなく、科学の社会的側面は、学習の応用として位置づけられている。この議論には、新しい見解が加わることなく、近年においてもAldridge (1991)によって展開されている。

このような議論の中にBSCSのアプローチを位置づけると、それはどうなるであろうか。まずBSCSでは、生徒に学習させる科学知識やスキルを、前もって明確に定めている点で、Goodらの主張と一致している。しかしながらそれらを生徒の個人的、社会的文脈の中で、常に同時に提示している点では異なっている。一方Yagerらのアプローチでは、前述したように、生徒の身の回りで見られる社会的問題の解決活動から入り、生徒が学習する内容をあらかじめ固定的に決めていないため、それは学習活動によって左右される、非常に流動的なものであった。したがってBSCSのアプローチは、両者どちらのアプローチとも異なっており、いわば両者の中間的なアプローチであると表現することができる。

このようにBSCSが主に採用しているSTS教育のアプローチ(「科学と社会」アプローチ)は、Yagerらが採用している社会的問題からのアプローチに比べ、より保守的なアプローチであるといえることができる。このことは、科学的探究のプロセスを通して遺伝子工学の基礎知識を学習するモジュール、すなわち科学の社会的文脈から切り放された活動を中心に行うモジュールが、「遺伝子工学」カリキュラムの中の複数のモジュールの見られることから支持される。

さてBSCSにおける科学的リテラシー育成の方策の特徴には、上述の点以外にもさらに2点を指摘することができる。1つはBSCSのSTSカリキュラムには、前述した国ないしは地球レベルの問題の解決のために、地域の人的・物的資源を利用する方策を用いている点である。そのために学校外の公的機関や組織を訪問し、学校外の関係者を学校に招いて討論を行い、また広く世論調査を実施するといった、学校外の人的資源の積極的利用が図られている。このようにBSCSにおいては、ナショナルなレベルの問題をローカルなレベルへと還元するアプローチを採用している。

またもう1点は、このような問題の解決に向けた意思決定活動において、それを導く多様な意思決定モデルが採用されている点にある。本章ではそのうち4つのモデルを示したが、生徒はモデルの採用によって、意思決定プロセスの1つのパターンを学習することができるし、意思決定における個人の価値の重要性を認識することができる。

なお本節でこれまで議論してきた内容を、次ページにまとめて表4-11として示す。この表は、本節での議論に従って、科学的リテラシーの指し示す具体的内容と、その育成の方策の2つに、まず大きく分け、BSCSカリキュラムの特色ならびに科学的リテラシーの捉え方を構成する3つの柱、「知識・理解」「スキル」「価値と態度」について、それぞれを説明した。しかしこの柱だけでは表現しきれない内容、たとえば科学カリキュラムの基礎を提供する科学の捉え方や、カリキュラム全体としてのアプローチは、新しい分類の柱としてそれに加えた。また表中に※印をつけたものは、同じ科学的リテラシー育成を目標として掲げる、YagerならびにNSTAのSTSアプローチとの相違点を示している（その一部については前述した通りであるが、その詳細については本節の4で述べる）。このようにして作成された表4-11は、本論文の研究目的2)に対する答えに対応している。

4) 現在のBSCSにおけるカリキュラム開発理念の再検討：科学的リテラシーの具体的内容とその育成の方策を基礎に

第3章3節の2において、科学教育を規定する2つの側面、すなわち一般教育の目的と、科学の内容とプロセスとの関連を軸に、BSCSのカリキュラム開発の変遷過程を提示した。そこでは科学の内容とプロセスを、可能な限り個人的、社会的文脈の中で提示し、一般教育の目的である市民性の育成を図るために、問題解決と意思決定の能力育成を目標としたカリキュラムが開発されつつあることを示した。

このような目標を掲げた代表的なカリキュラムが、「基礎的遺伝学」カリキュラムや「遺伝子工学」カリキュラムであり、また現在開発が進行中のK-12学年を一貫した総合的カリキュラムであった。しかしながら、これまで見てきたように、1980年代以降のBSCSカリキュラムには、「科学、技術、社会」モジュールのように、科学の社会的側面の理解と意思決定のスキル育成を中心に扱ったカリキュラム、また青版や緑版のように、科学の内容とプロセス（科学的探究を通して獲得される科学の知識体系）の理解を中心に扱ったカリキュラムなど、片方に焦点をあてたカリキュラムも同時に存在している。また「遺伝子工学」カリキュラムの中にも、個人的、社会的側面から切り放された、科学と技術の内容

表4-11. BSCSのSTSカリキュラムにおける科学的リテラシーの具体的内容とその育成の方策

科学的リテラシー概念の内容	科学の捉え方	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実用的知識の伝達と実利的功利的科学観 ・ 専門科学的能力の育成と探究としての科学観 ・ 社会的能力の育成と社会的存在としての科学観
	知識・理解領域	<ul style="list-style-type: none"> ・ 科学と技術に関わる知識とプロセススキル ・ 探究としての科学の捉え方 ・ 科学, 技術, 社会間の相互関連のうち, 特に科学・技術と外部社会との関連
	スキル領域	<ul style="list-style-type: none"> ・ 科学的問題の解決(科学的探究)のスキルと認知的プロセス・スキル ・ 社会的問題の解決プロセスにおける意思決定スキル ・ 社会的スキル
	価値と態度領域	<ul style="list-style-type: none"> ・ 社会的問題の解決に関わる価値の同定と価値の重要性の理解 ・ 自身の価値の形成 ・ 民主主義的プロセスの価値の理解
科学的リテラシー育成のための指導方策	知識・理解領域	<ul style="list-style-type: none"> ・ 生徒が用いる共通のテキストの存在※ ・ テキスト中に明確に提示※ ・ 科学的探究や社会的, 倫理的問題の解決といった, ある文脈の中での提示
	スキル領域	<ul style="list-style-type: none"> ・ 科学的探究と社会的問題の解決, ならびに意思決定活動の実践 ・ 解決する問題のテキスト中での提示※ ・ 解決する問題は国家的, 地球的レベルのもの中心. 後にそれを地域の身近な問題に応用する活動※ (Nationalな問題→Localな問題へ) ・ 目的に応じた多様な意思決定モデルの利用※
	価値と態度領域	<ul style="list-style-type: none"> ・ 価値の同定とその重要性に対する認識を深めるような, 意思決定モデルの採用※
	カリキュラム全体としてのアプローチ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 科学のプロセスおよび社会的問題の解決という分脈の中で, 知識, スキル, 価値を教授する「科学と社会」アプローチ※ (従来の科学知識中心の授業と, 課題中心の授業との間の中間的アプローチ) ・ コーオペレイティブ学習方略, "Less is More"アプローチ, 構成主義的アプローチなど

※印は, YagerならびにNSTAのアプローチとの相違点を示す。

を扱ったモジュールも複数見られた。確かにこれらのカリキュラムは、片方の問いをまったく無視しているわけではなく、たとえば「科学、技術、社会」モジュールは、同じシリーズを構成する他のモジュールの中で、科学知識や探究のスキルを扱っているし、また青版は、1989年に出版された第6版において、科学の社会的側面に関する内容や、意思決定活動を扱っている。したがって両者の問いの接近がそこには見られるのであるが、しかし中心的な問いはやはり1つであり、この点においてこれらのカリキュラムは、STS カリキュラムや総合的カリキュラムとは一線を画している。

以上のように1980年代以降のBSCSは、STS カリキュラムから総合的カリキュラムへとつながるカリキュラムの開発と、科学の社会的側面か、科学の内容とプロセスのどちらかに焦点をあてたカリキュラムの開発を並行して行い、多様な教育ニーズに対して対応していると言することができる。しかしながらK-12学年を対象とした総合的カリキュラムは、開発期間、開発スタッフの数、開発資金、さらにはカリキュラムの基礎となる教育研究のレビューなど、どれをとってもここ20年来見られなかった規模のカリキュラムであり、現在のBSCSにおけるカリキュラム開発の理念が端的に反映されたカリキュラムであると考えられる。したがって、個人的、社会的文脈の中で科学の内容とプロセスを提示していくアプローチが、今後のBSCSカリキュラムの中心的柱を構成していくものと推察される。

3. BSCS教科書青版における科学的リテラシー

ここでは、1980年代以降に開発されたSTS カリキュラム以外のカリキュラムにおいて、科学的リテラシーの反映が、いつ、どの程度見られるのかを明らかにするため、BSCSの設立当初から改訂が継続して行われてきた教科書、青版 (Blue version) の第6版 (1990) を取り上げる。分析の対象とする領域は、その反映が見られる領域の1つとしてBybee (1991b) が示唆している遺伝学領域とし、以下にその概略を述べる。

1) 科学と技術に関連した個人的、社会的問題の取扱いの有無

青版の第4, 5, 6版の間で、記述内容を比較すると、4版と5版の間ではほとんど変更点は見られないが、6版でそれが大きく変化していることがわかる。たとえば章構成を取ってみても、6版において全面的な再構成が行われ、第13章に「新しい遺伝学」が加え

られ、最新の遺伝学の内容が扱われるようになっている。

このように大きな変更がなされた第6版であるが、本章でこれまで述べてきたように、科学的リテラシーにとって必須の学習内容である、問題解決や意思決定を行う対象としての個人的、社会的問題は、第6版でどのように扱われているであろうか。そこで遺伝学に関連した個人的、社会的問題としてここで着目したのは、本章第2節と3節で扱った遺伝学STSカリキュラムの分析の結果から、「遺伝学と人間の遺伝形質」「遺伝子工学」「遺伝病とその診断・治療・問題点」の3つである。

これらのうち、「遺伝学と人間の遺伝形質」（たとえばABO式血液型、人間の性決定、人間の遺伝的多様性と民族、人種など）は、第6版に限らず、4版、5版といった1980年代以降に出版された版においても、共通に扱われていた内容である。つまり青版といった科学的探究と科学の知識体系の理解を重視した教科書においても、人間という個人の文脈は用いられていたことがわかる。しかしながら、表4-12に示すように、他の2項目について（たとえば遺伝子工学の技術、組み換えDNA技術の応用、各種の人間の遺伝病、遺伝病の治療法とその問題点等）の扱いは、第6版で初めて顕著に見られるようになった。これらの問題は、STS遺伝学カリキュラムで扱われているものとまったく同一のものであり、第6版が学習の題材として遺伝学の個人的、社会的問題を重視していることが理解される。この点について生徒用教科書の前書きの中で、BSCSは以下のように述べている。

「生物界は、複雑で微妙にチューニングされたオーケストラに似ており、最も小さな学期でさえも、バランスと調和を生み出すために、他の楽器と相互作用しているのである。（中略）あなたが分子生物学をこのような観点の中で見つつ、あなたの生活や地球上のすべての生物の生活に影響を与えるであろう将来直面する多くの問題について、知的な、そして情報に裏づけられた決定を行えるよう、我々はこの本の中で望んでいる」（Student's Text, pp.iii-iv）

さらに青版で学習する分子遺伝学の知識と、社会的問題の関連について以下のような見解を示している。

「（生物研究の範囲と応用についてますます困難な選択を迫っている）多くの問題は、すべての人々に影響を与えている。人口のコントロール、飢餓、種の多様性、健康、医療、公共政策などの重要な課題は、分子生物学についての一定の把握なしで理解できないか、あるいは適切に方向づけられない」（同、p.iii）

このように、分子生物学とそれに関する技術がもたらす、個人的、社会的問題を理解し、

ではこれらの問題を題材に言及されている、科学、技術、社会間の相互関連とは、具体的に何を指しているであろうか。第6版では、それまで科学的探究の本質で記述のほとんどが占められていた第1章「生命の科学」を大きく変更し、前半部分のすべてを科学、技術、社会間の相互関連についての記述に改めている。その要点を示すと以下ようになる。

①科学と技術を区別した上での、それらの間の相互依存的な関係

たとえば、ワトソンとクリックのDNA 二重らせん構造モデルの提唱に始まる、近年の分子遺伝学の発展を基礎に確立された組みかえDNA 技術が、遺伝子の調節や発生の仕組みの解明に貢献してきたことが、ここでは述べられている (Student's Text, p.310)。つまり科学の発展によって開発されてきた新しい技術が、逆に科学自身の発展をもたらしている状況が説明されている。

②科学と技術が社会に対してもつ潜在的能力とその限界、ならびに社会による科学と技術のコントロールの実態

組みかえDNA 技術は、遺伝病の診断と治療、農業の生産性向上、薬品の製造など、さまざまな側面で社会の発展に寄与しているが、同時に深刻な倫理的、公共政策的、そして安全性に関する諸問題をも引き起こしていることが述べられている。それらの問題の解決のために、政府が、そして市民がどのように関与することができるのかが示されている (pp.311-312)。

第1章に記述されたこのような相互関連の様式は、第13章「新しい遺伝学」の中で、具体的な事例を豊富に用いて再び説明されている。第6版は、技術とは何かというその本質については触れられていないが、このようにSTS カリキュラムで扱われていた科学、技術、社会間の相互関連の理解 (すなわちBSCSの科学的リテラシー論に含まれる三者間の関連の理解) を、学習内容として明確に掲げている。

3) BSCSの科学的リテラシー論のその他の特色について

以上のことより、BSCSの青版第6版には、近年のBSCSが捉える科学的リテラシーの考え方が、一定程度反映されていると結論することができる。しかしながら、本章で分析を行った遺伝学カリキュラムにおいて、科学的リテラシー育成のための重要な指導方策として指摘した、個人的、社会的問題の解決、および意思決定のスキル育成のための指導方策は、青版にはまったく示されていない (したがって意思決定モデルもここでは具体的に提示されていない)。さらに社会的問題の解決に関わる価値の同定や、自身の価値の形成といっ

た学習活動も設定されていない。これが「一定程度反映している」と述べた根拠であるが、しかし以下に述べるように、教科書の性質上、これは無理のないことであるのかもしれない。

本章で取り上げた3つのSTSカリキュラムは、すべてモジュール形式を取っており、科学の特定の学習領域に焦点をあてているため、比較的豊かな時間設定の中での生徒の学習が前提とされている。そしてカリキュラムの中では、生徒が具体的に言う学習活動まで、その注意点と共に詳細に記述されており、教師は自分の授業環境に応じて、これらを取捨選択することができる。しかしながら青版は、いわゆる日本で言う理科教科書に近いものであり、学習内容は記述されているものの、その指導方法まで具体的に言及していない。つまり指導法は教師に任されているのである。

ところが上述した問題解決と意思決定スキルとか、価値の同定や価値の形成といった、科学的リテラシーの内容は、どちらかと言えば指導法に大きく依存している内容である。したがってこれら教授上の内容を含んでいない青版は、必然的にこれらを目標として掲げることが困難になってくる。むしろ青版は、これらの内容を教える題材を提供している教科書であると考えるのがよいのかもしれない。そこで以上の議論より、青版第6版が、従来通り科学的探究を通じた科学知識の理解を目指したカリキュラムであり、科学的リテラシーの育成を目標としていないと判断するのは誤りであり、むしろ第6版になって、その内容を積極的に反映する傾向にあると考えるのが正しいであろう（第5版以前には、ここで述べた特色はほとんど見られない）。

以上のように、BSCSはSTSカリキュラムに代表される、科学的リテラシー育成を直接目指したカリキュラムと同時に、設立当初から改訂が続いている青版のような教科書にも、科学的リテラシーの考え方を積極的に導入しようとしている。つまり科学的探究を通して獲得される科学の知識体系の理解を目指した青版は、科学の社会的側面の理解と、問題解決と意思決定のスキル育成という、一般教育の目的の枠組みから導かれる目標を、積極的に取り込もうとしているように思われる。現在開発が進行中の、K-12学年までを一貫した総合的カリキュラムでは、教科書の形態の面からも、学習内容の面からも、科学の社会的文脈の中での科学の内容とプロセスの理解が目標とされ、今後のBSCSカリキュラムの中心的存在として確立していくであろうことが推察される。

4. 科学的リテラシー育成のための他のアプローチとの比較, 検討

序章で述べたように, STS カリキュラムの形態はきわめて多様であり, これまでに分析してきたBSCSカリキュラムもその1つの形態である. ここではアメリカにおける代表的なSTS 教育研究者であるアイオワ大学のRobert E. Yager, ないしはアメリカの科学教育関連学会の中では最も規模が大きく権威ある, NSTAのSTS 教育に対するアプローチを取り上げる. なぜなら彼らの提唱するSTS 教育も, BSCS同様科学的リテラシーを目標として掲げたものであるからである. これらをBSCSのアプローチと比較, 検討することによって, BSCSの科学的リテラシーの捉え方の特色がより一層鮮明になる.

Yager は1982-83学校年度までNSTAの会長を務め, NSTAが組織としてSTS 教育に取り組む基礎を築いた人物である. 彼は1983-84学校年度以来現在まで, 約10年間に渡って, 第4学年から9学年までの科学教師を対象にした教師教育プログラム(アイオワ・チャタクワ・プログラム)を実践し, それを通じてSTS 教育を科学授業に導入する試みを続けている(Yager, 1990b). 1992年から93年まで, 彼はNASTS (National Association for Science, Technology and Society, 全米STS学会)の会長を努めており, 名実共にアメリカSTS 教育研究の第一人者である. 一方NSTAはアメリカにおいてSTS 教育を最も積極的に推進している組織であり, これまでにSTS 教育に関する「基本的立場」や, STS 教育を特集した年報など, いくつかのSTS 教育関連文献を出版している. これらの文献の執筆及び編集は, Yager が中心になって行っており, 両者のアプローチは基本的に同一のものであると考えてよい.

このようにYager およびNSTAの取り組みは, アメリカSTS 教育の大きな推進力となってきた. したがってそこで実践されてきた, もしくは提案されてきたSTS 教育に対するアプローチは, アメリカの1つの代表的な事例と見なすことができ, しかも長期間に渡る研究と実践の歴史に裏づけられた信頼性は, 非常に高いものである.

1990年にNSTAによって発表された, 科学教育に関する「基本的立場」の一部を表4-13に示した. ここにはSTS 教育の目標が科学的リテラシー育成にあることが明確に述べられており, その指し示す内容が, BSCSと基本的に相違ないことが理解される. しかしながら, それらの内容をどのように教えるかという方策に関しては, いくつかの相違点が見られる. そこで以下においては, この「基本的立場」とYager の主張を参照しながら, BSCSの科学的リテラシー育成のアプローチとの相違点を検討する. 結論から言うと, それに該当する

表4-13. NSTAの1990年Position Statement (基本的立場-抜粋)

NSTAは、STS を人間の経験という文脈の中での科学の教授および学習と捉える。このことはすべての学習者に適切な科学教育を与えるという考え方になる。新たな研究はSTS の文脈の中で科学を学習することが、より一層精緻化された概念の習得や探究のスキルが使える生徒を育成していることを明確に例示している。すべての生徒は、日々の生活や責任ある個人の意思決定において、科学の諸概念や諸過程の使用、科学的態度、創造的な諸技能の観点で向上している。

STS にユニークな諸概念とか諸過程はない。その代わりにSTS は、これら諸概念や諸過程について考えるための場面や論拠を与える。STS は、これら諸概念や諸スキルが、社会で観察されうる形で経験され、決定されることを意味する。STS はこれらの諸概念とか諸過程でもって始まるのではなく、生徒の視点に立って、科学と技術とが構成要素である現実の世界の問題に焦点化することを意味する。よいプログラムとは、生徒の活動が教室を越えて彼らの地域にまで広がる機会を組み込んだものである。このような諸活動は、生徒の年齢に適切で、学習者中心であるべきである。STS は、生徒たちが将来の市民としての変革する力を有し、そのように行動する責任を有することができるような基礎を与えるのに役立つべきである。

STS : プログラムをどのように認識するか

STS の基本的なねらいは、現在の諸問題について重大な決定をし、これらの決定の結果として個人的な諸行動をとる能力のある、教養ある市民を育成することである。STS は生徒が現在および将来の市民としての役割を果たせるよう準備する最良の方法として解決をめざした現代の課題や試みに焦点化することを意味している。このことは、個人やグループで取り組もうと計画する際や、調べようとしている諸課題の解決に向けて計画された行動をおこす際に、生徒と共に地方や地域、国家もしくは国際的な諸問題を同定することを意味している。その強調点は、生徒の現実の世界の中で責任ある意思決定をすることにある。STS は、すべての人に科学的、技術的リテラシーを達成するための方向を与えるものである。このような強調は、科学と技術が構成要素である生徒の現実の世界の中で、責任ある意思決定をすることである。(中略)

STS プログラムは、以下のような多くの特徴を持ったものとして特徴づけられる。

1. 地域に関する興味やインパクトを持った問題の同定
2. 問題解決に使うことのできる地域の情報を入手するための地域の資源(人や物)の使用
3. 現実生活の問題を解くために応用できる情報を捜すときの、生徒の積極的な関与
4. 授業時間、教室、学校をこえて進む学習の拡張
5. 個々の生徒に対する科学と技術のインパクトへの焦点化
6. 科学の概念とは、生徒がテストで好成绩をあげるために存在する諸概念以上のものであるという観点
7. 生徒が自分自身の問題解決において使えるプロセス・スキルの強調
8. 職業意識の強調、特に科学と技術に関連した職業について
9. 生徒が自分で同定した課題を解決しようとするとき、市民としての役割を体験する機会
10. 科学と技術が未来にインパクトを与えそうな手法の同定
11. 個々の課題が同定されているときの、学習過程における何らかの自立性

項目は、前述した表4-11に※印で示してある。

1) 生徒による地域の問題の同定と、解決の活動

NSTAは「基本的立場」の中で、「STS にユニークな諸概念とか諸過程はない。（中略）STS はこれらの諸概念とか諸過程でもって始まるのではなく、生徒の視点に立って、科学と技術とが構成要素である現実の世界の問題に焦点化することを意味する」と述べている。また「個人やグループで取り組もうと計画する際や、調べようとしている諸問題の解決に向けて計画的な行動をおこす際に、生徒たちと共に地方や地域、国家もしくは国際的な諸問題を同定すること」の重要性を指摘し、その強調点が「生徒の現実の世界の中で責任ある意思決定をすること」にあると述べている。これらの文章から判断される、彼らの言うSTS教育の第1の特色は、生徒の身の回りにある現実の個人的、社会的問題の同定から授業が始まり、その問題の解決と意思決定を行うことを中心に授業が展開される点である。

このように生徒の身近な問題を取り上げることの意義について、Yager は以下のように述べている。すなわち身近な問題を取り上げるのは、「個人の生活における特定の事物、事象、状況などと学習者の間で、現実的もしくは直接的な関係があるときだけ本当の学習が生じる」（Yager, 1988, p.185）からであり、「知識は現実の経験から生じるように思われ、学習のための『学習』や試験をパスするための『学習』からは生じない」（Yager, 1988, pp.185）からであると彼は言う。その結果、学習の文脈として生徒の身の回りにある個人的、社会的問題に焦点化がされ、その問題の解決と意思決定が重視されることになる。したがって「現実世界の問題に関与するとき、生徒の活動は学校の実験室や特定の装置に限定されなくなり」（Penick and Yager, 1986, p.5），広く地域社会へと向かうこととなる。アイオワ大学で、Yager と共に同じSTS教育の理念のもとに研究を行っているPenick（1986）も、この点について同様の見解を表明している。ところがBSCSでは、解決や意思決定の対象としての社会的問題は、国家ないしは地球レベルのものであり、生徒の身の回りの問題の解決へと直接アプローチしていない。仮にそれが想定されているとしても、Bybee（1991b）が指摘するように、それは国家レベルの問題についての学習後の経験として位置づけられている。

2) 科学知識とスキルの学習の順序性

Yager ならびにNSTAのSTS 教育の第2の特色は、生徒の問題解決と意思決定の活動の中で獲得された知識とスキルこそ、現実社会の中で機能できるとしている点にあり、学習する知識とスキルはその活動に依存していることである。Yager (1988) が明確に述べているように、彼の言うSTS 授業とは、社会、特に社会的問題と技術で始まり、科学の概念や理論がこれらの文脈の中で獲得される授業である。いわば科学は、社会的、技術的文脈の中で学習されてはじめて意味を持つことがここで主張されている。

これに対してBSCSは、Yager ら同様社会的文脈の中で学習する科学知識を重視しているものの、科学と技術に関する内容をあらかじめ明確に設定し、それをあらかじめ与えられた社会的文脈の中に織り込んでいる。つまりBSCSカリキュラムでは、科学知識とスキルが、技術的、社会的文脈と同時進行的に学習されることになる。したがってこれら三者の間には明確な学習の順序性は存在しない。

3) 学習される科学知識やスキルの流動性

前述したように、Yager ならびにNSTAのSTS 教育のアプローチでは、生徒自らが選択した、彼らの生活の中に見られる地域の問題の解決と意思決定活動の中で、科学知識とスキルが学習される。つまり「基本的立場」の中に「個々の生徒に対する科学と技術のインパクト」「生徒が自分自身の問題解決において使えるプロセス・スキル」「生徒が自分で同定した問題を解決」する等の表現が見られるように、生徒の行う活動は個々異なり、生徒自身がその活動内容の決定に関与することを求めている。したがって、Yager (1990b) の想定するSTS 授業では、解決を要する個人的、社会的問題や学習すべき科学知識、方法、そしてスキル等は、あらかじめ厳密に決められているわけではなく、生徒と共にそれらを決定していくとされている。いわば授業の計画そのものにさえも生徒を関与させようというのが彼のアプローチである。このようなYagerのアプローチについて、Ogensは「Yagerらは...多くの人々が望んでいる科学的、技術的リテラシーを身につけた市民育成を援助するために、教科書や探究の方法はあまり重要ではないと感じている。(中略)生徒はハンズ・オン活動を楽しんでいるのだけれど、必ずしも概念と知識を発達させていないし、科学を学習することについて肯定的な態度を発達させてもいない」(Ogens,1991,p.201)と述べ、否定的な見解を示している。

このように彼のアプローチでは、学習内容は非常に流動的なものとなり、また生徒の選択した問題の種類と、その解決と意思決定の活動の方法に、それが大きく依存する状況が

生まれる。一方BSCSのSTS カリキュラムでは、解決を求められる社会的問題はあらかじめテキスト中に示されており、またその解決に向けての意思決定においては、いくつかのモデルの使用が求められていた。そしてそれらの活動の中に、学習すべき科学知識とスキル、および価値と態度が明確に提示されていた。したがってBSCSのSTS カリキュラムを使用する限り、生徒による学習内容には大きな振れはない。この点はYager らのアプローチと決定的に異なる点である。この相違点が、本章で分析に使用した項目①「カリキュラムの知識内容とその構成」の違いへとつながる。すなわちBSCSのアプローチは、科学知識やスキルを社会的文脈の中で同時進行的に提示する「科学と社会」アプローチであり、Yager ならびにNSTAのアプローチは、社会的問題の解決活動が学習の中心をなす「社会から科学」へのアプローチとなる。

4) 草の根的なアプローチ：教師教育プログラムを用いたSTS教育の普及

この点について「基本的立場」は言及しておらず、Yager らの実践するSTS 教育の普及活動の中にこの特色が見られる。

彼はあらゆる生徒が共通に使用するSTS カリキュラムを開発するのではなく、アイオワ州の科学教師と共に、各学校の状況に応じたSTS モジュールの開発によって、STS 教育の普及を図っている。また「何を教えるかよりも、どのように教えるかがより重要である」(Yager,1992)とも述べ、STS 教育にとって重要な点は、生徒が共通に用いるカリキュラムの開発よりも、教師がどのように教えるか、生徒が何を体験するかにあることを主張している。そこで彼は自分の理念を具体化したSTS カリキュラムの開発よりも、チャタクワ・プログラムと呼ばれる教師教育実践、つまり彼の主張するSTS アプローチを取り入れた教師の教え方の力量向上のための努力に力を注いでいる。教師一人一人はそこでの経験をもとに、自分の学校が置かれた地域の実状に応じたSTS 授業を構築することになる。そこで、STS 教育普及のための彼のこのような方策は、共通のカリキュラムを用いた科学教育の上からの改革ではなく、草の根的な改革を目指したものであると表現することができる。

一方BSCSは、歴史的に科学教育改革を具体的なカリキュラムの開発によって行ってきた組織であり、この点において、両者の科学教育改革に対するアプローチは決定的に異なっている。しかしながら、第2章で近年のBSCSのカリキュラム開発活動の特色として指摘したように、現在教師教育プログラムの実践を、特定の州や学区をベースに展開し始めている点で、Yager に近いアプローチを採用しつつあるということができる。

表4-14. BSCSと、YagerおよびNSTAにおける科学的リテラシー育成のアプローチの相違点

	BSCS	Yager & NSTA
カリキュラムで扱われている知識内容とその構成（科学知識と社会的問題との関連）	「科学と社会」アプローチ（社会的分脈の中での科学の提示）	「社会から科学へ」のアプローチ（社会的問題からのアプローチ）
科学知識の内容とその提示方法	社会的分脈の中に織り込まれており、科学に関する学習内容は、共通に学習すべきものとしてあらかじめ決定されている	生徒の選択する問題とその解決方法により、科学に関する学習内容は異なる
課題の種類	国・地球レベル	地域レベル
地域の問題解決と意思決定活動	基本的でない	中心的な活動
問題の同定と解決方法の決定	テキスト中に示されている	生徒が決定
カリキュラムの形態	共通のプログラム（モジュール）	教師教育プログラムを受けた教師により作成された、教師ごとに異なるモジュール

以上のようにYager とNSTA，ならびにBSCSの間では，STS 教育における科学的リテラシー育成の方策に，4つの大きな相違点が見られた．これを整理して示したものが表4-14である．では実際に，Yager のアプローチを取り入れたSTS 授業は，どのように展開されているのであろうか．

ここで取り上げる授業は，Yager の紹介によって1991年10月に実際に学校を訪問し，観察してきた，アイオワ州アイオワシティーにあるCity High Schoolの地球科学の授業である．そこで行われていた授業の概略を以下に述べる．

この学校の履修ガイド（City High School,1991）によると，観察を行った授業は，学力の比較的低い生徒が多数を占める地球科学の授業で，幅広い科学的内容を扱った，生徒中心の授業である．特に大気汚染，水質汚染，天然資源の保全など，年間を通じて環境問題を多く扱っている．観察した授業の共通テーマは，身体を拭くのに使用するペーパータ

オルについての学習から、天然資源の保全を考えることであった。

学習の展開は、コンセプトマップを用いて行われており、ペーパータオルという中心テーマの周りに、「便利さ」「性質」「コスト」「埋め立て廃棄」という4つのサブテーマを教師があらかじめ設定し、それぞれのサブテーマについて、それを分担したグループが、研究成果をマップに書き加えていくという方法がとられていた。そして一連の授業の最後に、研究の成果をクラス全員の前で発表し、グループごとに得られた成果をクラス全体で分かち合い、その成果について討論を行うという。

各グループごとに用いられていた研究方法はきわめて多様であり、その一例は以下に示す通りである。

・「コスト」についての研究グループ：

いくつかのスーパーマーケットを訪問し、販売しているペーパータオルの種類、値段、流通経路などについてインタビューを行い、その過程をビデオに録画、編集し、グループごとの発表に使用する。

・「性質」についての研究グループ：

水を含んだペーパータオルが、何グラムの重さのおもりにまで耐えるかを実験によって調べる。またペーパータオル、綿のタオル、そしてスポンジそれぞれの吸水力を調べ、タオルとしての性能を比較する研究を行う。

このような活動を、あるグループは教室で、あるグループは実験室で、またあるグループは視聴覚室でというように、異なる場所で行っていた。その間教師は、各グループの活動を見てまわり、生徒から質問等があれば、それに対して助言を与えていた。

この授業から特色として導き出される結論は、「ペーパータオル」という身近な素材を題材にした問題で授業が構成されていること、そこでは問題解決の方略は生徒によって決定されていること、したがってそのプロセスで学習される科学知識とスキルは、グループによって異なること（最後にそれらは全体で共有することがねらわれてはいるが）、授業は教室に限定されず、さまざまな教室や、さらには学校外へと広がっていること、などである。STS 授業の観察からYager のアプローチの特色を抽出する試みは、彼のもとで研究を行っていたAjeyalemi (1993) によっても行われており、彼も同様の結論を得ている。

「STS 授業は、しばしば1つの授業形態をとらず、同定された1つの問題について必ず多くの授業を含む。STS モジュールはしばしば、生徒と教師両方が協同して活動することによってつくられるか、もしくは生徒の個人的な経験に基礎をおいて生徒

だけから出された示唆に基づいてつくられる。そのようなモジュールは生徒，地域社会，もしくは一般的には社会が直面する現実生活の課題について考慮することによって発展する。（中略）したがって主要な計画は授業の中で行われるのであって，従来の授業に見られるように前もって計画されているのではない」

(Ajeyalemi, 1993, pp. 49-50)

これらの結論は，前述したYager らのSTS アプローチを，授業レベルで完全に具体化したものであるとすることができる。

以上本章においては，BSCSの具体的なSTS カリキュラムを取り上げ，BSCSがその目標として掲げている科学的リテラシーの具体的内容とその育成の方策を解明してきた。その特色は，アメリカにおける代表的なSTS 教育アプローチとは異なっており，BSCSの独自性がそこに発見された。そしてBSCSの科学的リテラシーの捉え方とその育成の方策は，現在開発中もしくは開発が終了している，他のさまざまなカリキュラムにも反映していた。その典型的な事例が，前述したBSCSの教科書青版であった。

BSCSは現在，本章で明らかにした科学的リテラシーの育成を掲げたK-12学年までの総合的なカリキュラムを開発中であり，そこにはコーオペレイティブ学習や構成主義学習論に基づいた教授モデルなど，科学教育研究の最新の知見が積極的に導入されている。これらのカリキュラムは，科学の内容とプロセスを科学の社会的文脈と完全に統合している点で，現在のBSCSの捉える科学的リテラシーを，目標として1つのカリキュラムに明確に取り入れたカリキュラムであると言える。そしてBSCSのSTS カリキュラムは，主に遺伝学という領域中心ではあったが，新しい科学的リテラシーの捉え方をカリキュラムの形にはじめて実現したカリキュラムであり，その後のカリキュラム開発の基礎を提供したカリキュラムであったと結論することができる。

終章 研究の成果と今後の課題

第1節 研究のまとめ

第2節 本研究の成果によって可能となる今後の
研究内容と、本研究の課題

終章においては、まず第1章から4章までの結論を、本研究の目的または研究の問いと対応させながらまとめる。次にその成果によって、今後いかなるBSCS関連の研究とSTS教育研究が可能になるのかを論じ、本研究の今後の課題を示す。

第1節 研究のまとめ

ここでは、序章で述べた本研究の問い（目的）を再度提示し、それに答える形で研究の結論をまとめる。

1. 現在のBSCSのカリキュラム開発理念に到る発展プロセスを、科学的リテラシー概念を基礎にして読みとることができるか

科学的探究のプロセスを通して科学の知識体系を学習することを目的とした1960年代のカリキュラム、科学と社会の関連（社会的文脈の中での科学）を学習内容とした1970年代のカリキュラム、そしてSTSを学習テーマとした1980年代以降のカリキュラムという、3つの時代区分の間に、現在のBSCSの捉える科学的リテラシー概念を手がかりにして、カリキュラム開発理念の発展プロセスを読みとることができないかというのが、本研究の第1の問いであった。すなわちこれらの時代間、特に60年代と70年代のカリキュラムの間には、目標についても学習内容についても大きな隔たりが存在するように思われるが、それはカリキュラム開発の方針の転換によるものなのか、それとも過去の方針を包含しながら、それを基礎に新しい目標を再構築してきたことによるものなのかが、ここでの問いの中身であった。

この点を明らかにするために、第1章と2章において、設立以来のBSCSカリキュラムの開発の方針を吟味し直し、そこに一貫して流れる方針をまず明らかにした。そして第3章においては、現在のBSCSが捉える科学的リテラシーの特色を抽出し、これを第1章、2章で明らかにしたBSCSのカリキュラム開発の方針と対比させる中で、BSCSカリキュラムの変遷過程を、一連の流れとして提示した。そして現在のBSCSカリキュラムの特色と、カリキュラム開発を支える政策的特色が、科学的リテラシーの育成という目標の具体化であり、またその実現のための方策であることを論じた。以上の結果より、BSCSカリキュラムの変遷過程は、過去の方針を基礎にしながら新しい目標を再構築してきたプロセスとして結論できた。以下においては、各章における個々の結論を整理し、まとめる。

まず第1章においては、1960年代から1970年代末までのBSCSのカリキュラム開発活動の特色を、当時のアメリカ科学教育を取り巻く状況の中で検討した。ここではBSCSが、その設立当初より、教育の対象としてあらゆる生徒を想定していたこと、そして科学が強い影

響力をもつ社会において、持てる能力を最大限発揮できる市民の育成の重要性を、すでに認識していたことを論じた。BSCSの1960年代の科学カリキュラムは、当時の他のプロジェクトによって開発されたカリキュラム同様、確かに国家防衛、科学研究、産業界などのニーズに応えることを目標としていたが、それはあくまでも公教育の目標達成のための教育の成果（結果）、もしくは市民としての責任遂行の能力育成を目標とした教育の成果（結果）として位置づけられていた。つまり60年代のカリキュラム改革運動の理念である科学的探究を通じた科学の知識体系の理解は、すべての生徒が将来一人の市民として生活をするときに必要な資質であるとBSCSでは位置づけられていたのである。そして70年代には、この資質の内容を拡張し、科学の発展に関連した社会的問題の解決と意思決定の能力育成を直接目標として掲げた、そしてあらゆる生徒を明確に対象として想定した学際的なカリキュラムの開発を手がけた。これらのカリキュラムは、80年代以降の科学的リテラシー育成を目標としたカリキュラムへとつながる、重要な条件を形成した。

また本章では、BSCSが、科学の内容とプロセスを学習する文脈として、60年代から70年代まで一貫して科学的探究を重視してきたことを論じた。つまり70年代においても、科学の本質、ないしは科学的探究についての理解は、目標としても学習内容としても依然として重要な位置を占めていた。

以上のように、1960年代のBSCSカリキュラムの特色は、当時の他のプロジェクトによって開発されたカリキュラムには見られなかったものであり、また70年代のBSCSカリキュラムには、アメリカ科学教育研究のニーズや国家的、社会的ニーズにいち早く対応し、それをカリキュラムの形に実現するという、BSCSのカリキュラム開発の姿勢を読みとることができた。さらにBSCSが、科学教育の対象として、一部の科学的能力の高い生徒のみでなく、あらゆる生徒を想定していた点、科学の発展が決定的に強い影響力を持つ現代社会における市民性の育成を理念として保持し続けていた点、そして科学的探究を学習の文脈としても、学習内容そのものとしても重視し続けていた点は、BSCSカリキュラムの変遷過程を一連の発展プロセスとして捉える上での証左と位置づけることができた。

そして次の第2章においては、1980年代のBSCSのカリキュラム開発政策の特色と、カリキュラムそのものの特色を抽出し、これらの特色と、1980年代以降のアメリカ科学教育の動向との関連を論じた。具体的には、この時代に公表された、国家機関または全米規模の学会による各種報告書でなされている提言との比較、対象を通じて、この点を論じた。

その結果、1980年代BSCSの、カリキュラム開発政策の特色とカリキュラムの目標、学習

内容、そして教授方略の特色は、カリキュラム開発の政策的特色5点と、カリキュラムの目標、学習内容、教授方略の特色6点の、計11点にまとめられることを示した。

そしてこれらの特色は、以下の6つの基本方針をその基礎におくことを指摘した。

- 1) 各時代における生物学の現状の反映
- 2) 科学知識理解のための文脈の重視
- 3) 教育の対象としてのあらゆる生徒
- 4) カリキュラムの目標の枠組み：科学的探究を基礎とした「知識・理解、スキル、価値と態度」
- 5) 科学教育研究の動向の迅速な反映
- 6) 国家的ニーズに対する迅速な対応

これらは60年代、70年代のカリキュラム開発に共通する方針であり、ここにもBSCSのカリキュラム開発理念の発展的なプロセスを読みとることができた。

最後に第3章においては、第1章と2章で明らかにしたBSCSカリキュラムの一連の変遷過程を、近年のBSCSにおける科学的リテラシーの捉え方を基礎に再解釈した。

まず第1節と2節においては、この再解釈を行うための基礎的な作業として、近年のアメリカ科学教育における科学的リテラシー論の捉え方と、BSCSの科学的リテラシー論の捉え方を明らかにした。これら両者の比較によって、BSCSの捉え方を示すことができた。それを第3節において、前述したBSCSのカリキュラム開発の6つの基本方針の4)の枠組み、すなわち「知識・理解領域」「スキル領域」「価値と態度領域」に従って整理、分類した。

第3節ではさらに、第2章までに明らかにしたBSCSのカリキュラム開発の基本方針と、科学的リテラシーのこれらの捉え方との関連を論じ、基本方針の現在における1つの到達点、科学的リテラシーという用語を用いて表現されていることを指摘した。また各時代のBSCSのカリキュラム開発の理念と科学的リテラシーの関連を論じることによって、BSCSカリキュラムの変遷過程の解釈を行った。具体的には、民主主義社会における市民性の育成という一般教育の目標と、科学教育が依って立っている基盤である自然科学の内容とプロセスの理解という目標が、BSCSの設立以降、互いにどのように関連づけられ、また位置づけられてきたかを検討した。

その結果、60年代のBSCSカリキュラムでは、科学の知識体系と科学的探究の理解が、現代社会における一人の市民として必要な資質であると捉えられていたことを指摘した。ところが70年代に入ると、その資質の中身が、社会における科学についての理解、そして社

会的問題の解決と意思決定のスキル育成へと拡張され、BSCSはそれを直接目標として掲げた学際的カリキュラムの開発を手がけ始めることを指摘した。しかしながら青版や緑版といった60年代の教科書は、大きな変更を受けることなく70年代にも存続し続けたことから、60年代の科学教育の捉え方も、依然として機能し続けていたことを指摘した。そして80年代に入ると、科学の社会的側面という文脈の中で、科学と技術の内容とプロセスが扱われるようになり、その成果がSTS カリキュラムとして結実したことを指摘した。

以上のように、将来の市民として必要とされる資質（科学の社会的側面の理解と、社会的问题の解決と意思決定のスキルを身につけること）と、科学の内容とプロセスの関係を軸に分析を行うと、60年代以降80年代までのBSCSカリキュラムの変遷過程を、一連のプロセスと考えることができる。第2章までに得られたBSCSのカリキュラム開発の方針の一貫性と共に、ここで得られた結論は、本研究の目的1)に対する答を提示している。

第3節では最後に、第2章2節、3節で指摘した80年代以降のBSCSのカリキュラム開発の政策的特色とカリキュラムの特色が、科学的リテラシーという目標達成のための学習内容、教授方略、そして政策的基盤であることを論じ、BSCSにおいては、STS カリキュラムが科学的リテラシー育成のための中心カリキュラムであることを指摘した。そして80年代のBSCSカリキュラムの特色のうち、「探究、問題解決、意思決定」と「STS テーマへの焦点化」の2つが、科学的リテラシーの内容に他ならないことを指摘した。しかもBSCSのSTS カリキュラムは、これら2つの学習内容を基本に、科学的リテラシー育成を目標として明確に掲げていることから、本論文の研究目的2)である、科学的リテラシーの具体的な内容とその育成の方策を、カリキュラムレベルで明らかにするためには、現在においてはSTS カリキュラムが最適であることを論じた。

2. 科学的リテラシーの意味する具体的内容と、その育成のための指導方策は何か

1)の目的達成によって、科学的リテラシーを基礎にした、BSCSカリキュラムの一連の変遷過程が明らかになった。これはいわば、BSCSのカリキュラム開発を、歴史的に過去から現在へと跡づける試みであるといえることができるが、残された課題は、現在のBSCSの捉える科学的リテラシーの具体的な中身の解明である。そこで次に、第4章において、科学的リテラシーの意味する具体的内容とその育成の方策を、BSCSのSTS カリキュラムをもとに

解明した。

まずBSCSのSTS カリキュラムを分析するための項目の確定を、BSCSの科学的リテラシーを規定する枠組みであった「知識・理解、スキル、価値と態度」の3つによって構成し、それにSTS カリキュラムの分析に関する先行研究の結果、ならびにBSCSのスタッフへのインタビュー結果をもとに作成した（第1節）。その結果決定された分析項目は、カリキュラムで扱われている知識内容とその構成、カリキュラムの目標（知識、スキル、価値領域から成る）、そして扱われている社会的問題のレベルと学習の順序性の3点から構成された。これを用いて行った分析の結果（第2節から4節）、3つのSTS カリキュラムに共通する以下に示す特色が明らかになった。

1. 分析視点①において、科学と技術の知識内容とプロセスを社会的分脈の中で同時に提示する「科学と社会」アプローチを基本としていること。他にもいくつかのアプローチが試みられているが、少なくとも、生徒の身の回りの問題解決活動を中心にしたアプローチである「社会から科学へ」のアプローチは用いられていない。
2. 分析視点②の「1.知識領域、b.科学、技術と外部社会との関連」の理解の重視。特に科学と技術が社会に対してもたらす肯定的影響と否定的影響、ならびに社会（研究資金の分配と市民の意思決定過程への参加）による科学と技術の方向性のコントロールの理解。
3. 分析視点②の「1.知識領域、d.認識論」における、探究のプロセスとしての科学の捉え方の理解。
4. 分析視点②の「2.スキル領域、d.意思決定スキル」の育成。具体的には、ディシジョンツリー、目標・権利・義務に分けた分析、倫理学的分析、そして費用－便益分析といった、それぞれ固有のねらいと特徴を持つ、多様な意思決定モデルが採用されていた。
5. 分析視点②の「倫理と価値領域」における、「b.価値の重要性の理解」と「d.ある問題に関連する価値の同定」の重視。
6. 分析視点②の「行動領域、a.研究の実施」における、生徒自身による自主的な探究活動と、問題解決、意思決定活動の実践（ただしその問題はカリキュラム中に提示されているものである）。
7. 分析視点③の「1.国・地球レベルの問題」の採用。生徒が共通の経験をし、共通の目標を達成できるよう、生徒一人一人の身の回りの問題でなく、共通の問題の解決と意

思決定活動が採用されている。

以上の特色を、BSCSの3つのSTSカリキュラムは共通に備えていたが、BSCSの捉える科学的リテラシーの具体的内容とその育成の方策を具体的に示すため、それを科学的リテラシー構成の3つの柱に従って整理し直した結果、以下ようになった（第5節）。

①科学的リテラシーの内容

[知識・理解領域]

- ・科学の捉え方として、「実用的知識の伝達と実利的、功利的科学観」「専門科学的能力の育成と探究としての科学観」「社会的能力の育成と社会的存在としての科学観」の3つに焦点が当てられている。
- ・科学と技術に関わる特定の知識の提示
- ・探究としての科学の理解
- ・科学・技術と外部社会との関連の理解

[スキル領域]

- ・科学的探究のスキルと、認知的プロセススキル
- ・社会的問題の解決と意思決定のスキル
- ・社会的スキル

[価値と態度領域]

- ・社会的問題の解決に関連した価値の同定、価値の重要性の理解、そして自身の価値の形成
- ・民主主義的プロセスの価値

②科学的リテラシー育成の方策

[知識・理解領域]

- ・生徒が共通に使用するテキストの存在と、そこで学習すべき特定の科学知識の明示※
- ・科学的探究、社会的問題の解決と意思決定という、ある分脈の中での科学知識の提示

[スキル領域]

- ・科学的探究と社会的問題解決、および意思決定活動の実践
- ・解決すべき問題のテキスト中での提示※
- ・国家および地球レベルの問題の採用と、地域の身近な問題への後の応用※
- ・多様な意思決定モデルの使用※

[価値と態度領域]

・価値の同定とその重要性の理解に役立つ意思決定モデルの使用※

③カリキュラム全体としての構成のアプローチ

・科学のプロセスおよび社会的問題の解決という分脈の中で、知識、スキル、価値を学習する「科学と社会」アプローチの採用※

そして第5節ではさらに、STS カリキュラム以外のカリキュラム、たとえばBSCSの伝統的な教科書である青版に、科学的リテラシーの捉え方がどのように反映しているかを検討した。その結果、個人的、社会的問題の導入、ならびに科学、技術、社会間の相互関連の扱いという点で、青版にも科学的リテラシーの一定の反映が見られることを指摘した。つまりBSCSカリキュラムの目標としての科学的リテラシーは、STS カリキュラムのみにとどまらず、BSCSの設立以来改訂が継続している青版の教科書にも取り入れられ、BSCSのカリキュラム開発が全体として科学的リテラシー育成の方向に向かっていることを指摘した。

最後に、BSCSの科学的リテラシー育成の方策の特色をより明確に示すため、STS 教育研究および実践の代表的研究者であるYager、ならびにSTS 教育を積極的に推進してきた学会であるNSTAのアプローチとの比較を行った。その結果明らかになった相違点が、上にまとめたBSCSの科学的リテラシーの特色のうち、※印をつけた項目である。これらの相違点にこそ、BSCSのSTS カリキュラムの特色がある。

第2節 本研究の成果によって可能となる今後の研究内容と、本研究の課題

本節では、まず本研究の成果によって可能となる今後の研究の内容を、それに関する現在の日本の研究の状況を対照しながら論じる。そしてそこで指摘された今後可能になる研究内容に基づいて、本研究に残された課題を次に指摘する。

1) 本研究の成果によって可能となる、今後の研究内容

本研究は、BSCSカリキュラムの変遷過程を、科学的リテラシー概念を手がかりに解明し、理念の転換ではなく、過去の理念を包含しながら目標を再構成するプロセスとして描き出した。また科学的リテラシーの育成を目標とするSTSカリキュラムの分析によって、その具体的内容と育成の方策を、カリキュラムレベルで明らかにした。この成果は、現在日本ではほとんど手がつけられていないBSCS関連の研究や、STS教育の発展につながる歴史的経緯に関する研究を進展させるとき、研究の1つの視点を提供できると考えられる。

たとえば長洲（1994）は、1987年以降に開発されたBSCSの3つのカリキュラム、特に青版の教科書の中で、構成主義を基盤とした認知研究に基づきいかなるアプローチを反映させているか、またコーオペレイティブ学習がいかに位置づけられているかを分析している。その結果「かつてのカリキュラム内容の構造化の考えは否定せず、それにSTS教育の内容、指導方法や評価の考え方を包含させている」（長洲、1994、p.89）ことを結論している。これは本研究とは異なるアプローチを用いたBSCSカリキュラムの変遷過程解明の試みであり、今後このような研究が発展し、BSCSのカリキュラム開発のプロセスが総合的に解明されることが期待される。さらに長洲は、アメリカにおけるSTS教育の全貌解明の試みを、現在のところ主に1970年代後半から現在に焦点をあてて、一連の論文（1993a, 1993b, 1994）の中で試みており、今後探究学習からSTSへと転換してきたアメリカ科学教育の動向解明へと発展することが期待される。本研究の成果は、その際有益な示唆を提供することができるであろう。

一方本研究は、BSCSの科学的リテラシーの捉え方を基礎に、STSカリキュラムの分析項目を設定し、それを用いてBSCSのSTSカリキュラムの特色、ひいては科学的リテラシーの特色を解明することができた。これまで日本においては、STS関連の研究に関しては、序章で引用した論文以外にも、STS教育についての概説や実践を紹介したもの（たとえば小川、1993a）、または諸外国のSTSカリキュラムの翻訳（たとえば小川ら訳、1993b）な

どが見られる。しかし複数のSTS カリキュラムを、同一の基準で分析、比較し、その特色を描き出す研究は未だ行われていない。

そこで本研究で作成した分析項目を用いることによって、まず諸外国のSTS カリキュラムを研究するための共通の基盤を提供することができ、カリキュラム間での特色を共通の枠組みの中で議論することが可能になると考える。さらにSTS カリキュラムの開発、もしくはSTS 授業の設計に対しても、その枠組みを提供することができることが考えられる。つまり各自のSTS 教育実践の強調点や特色を、これらの項目を用いて提示することが可能になるであろう。

では、日本におけるSTS 教育研究は、学校もしくは授業の側面から見て本当に可能であろうか。そこで日本に科学的リテラシー育成を目指した理科教育を構築することの可能性を検討するため、STS 教育を題材に、日本の理科教師に対するアンケート調査と、授業実践と評価を行った。

まず前者についてであるが、アメリカにおいてはこのような調査はすでにBybee らを中心に数多く行われており、そこで彼らによる一連の研究 (Bybee,1984; Bybee and Bonnstetter,1986; Bybee and Mau,1986) をベースに、日本の理科教師に対して、STS 教育、特にSTS の学習内容 (STS トピック) を日本に導入することの是非と、その問題点をアンケート調査した。その結果、彼ら日本の教師は現在の日本の理科教育のあり方に疑問を抱いており、地球的規模で発生している社会的問題を日本の理科教育に積極的に取り込んでいくべき事を指摘している。そして科学的リテラシー育成を目指したSTS 教育に対して、そのほとんどの教師が肯定的な意見を保持していることが明らかになった。しかしながら日本で使用できるSTS カリキュラムの開発、STS 授業でしばしば使用される討論、意思決定活動等の指導の問題など、いくつかの解決しなければならない問題点も指摘された。

一方STS 授業の実践と生徒の評価についてであるが、評価については、授業の実践後、生徒の科学、技術、社会間の相互関連の理解の現状と変容を調べた。その評価項目はアイオワ大学で開発された評価パッケージ (Iowa Assessment Package, Tamir, et al., 1991) と、カナダのサスカチオン大学で開発された "VOSTS Form CDN.mc.5" (Aikenhead, Ryan, and Fleming, 1989) に一部修正を加え、作成した。STS 試行授業は、筑波大学附属駒場高等学校の生物選択者 (2年生) を対象に行い、学校外の企業や大学との関わりを重視した授業 (科学と社会の関連の理解を主な目的とした授業) とした。その結果、生徒には科学と技術の持つ力に一定の制約を設けるべきとの意見が増加し、またその一方で社会におけ

る科学、技術の役割について肯定的な見解を持つ生徒の増加が見られた。さらに科学研究の方向性の決定に、市民もまた積極的に関与すべきであるという見解の増加も見られた。これらの変容は、どちらかと言えば望ましい方向の変容であり、STS 授業によって、生徒のこのような変容を起こすことが可能であることを示すことができた。

限られたサンプルによるパイロットテストではあったが、以上の結果より、今後の日本におけるSTS 教育研究を、実践レベルで行うことが可能であることが示唆され、またSTS 授業を日本に導入することも可能であることが示唆された。したがって、今後いかなるSTS 教育の内容と指導形態が、日本の理科教育において有効であるのか、また実践上の障害をどのようにして取り除くことができるのか、さらにはSTS 教育の普及上の方策はいかにあるべきか等を、研究課題として指摘することができる。

2) 本研究の今後の課題

本研究の成果と、それによって可能になる研究内容を踏まえ、本研究の今後の課題を以下の7点にまとめる。

- 1) これまでの研究においては、BSCSカリキュラムの変遷過程を、科学教育の目標、育成が期待されている人間像、教授方略などの側面から明らかにしてきたが、今後はBSCSが今なお発展を続けている理由を、資金の獲得、スタッフの確保と構成、カリキュラム開発の手法など、組織としての政策的側面から明らかにすること。
- 2) BSCSカリキュラムの変遷過程を、本研究で採用した以外の視点、たとえばBSCSが自然、科学、教育をどのように捉えてきたのか、また社会の変化や科学教育研究の成果にどのように応えてきたのか等、より多様で総括的な視点から分析すること。
- 3) 本研究で明らかになったBSCSカリキュラムの変遷過程の中に、現在開発が進んでいるカリキュラムを位置づけ、今後のBSCSカリキュラムの進む方向性について検討し、それをもとにアメリカ科学教育の進む方向性について検討すること。
- 4) 多様なSTS カリキュラムに対応できるよう、その分析項目の拡張と精緻化を行うこと。
- 5) 科学的リテラシー育成を目指したBSCSカリキュラム、特にSTS カリキュラムにおいて用いられている、意思決定方略、構成主義学習論に基づく指導、コーオペレイティブ学習方略などについて、理念的、実証的研究を行うこと。
- 6) BSCSのカリキュラム分析から得られた知見をもとに、日本における科学的リテラシー育成を目指した理科授業の設計、実践、評価を行うこと。

引用文献

1. 英語文献
2. 分析に使用したBSCSカリキュラム
3. 日本語文献
4. 関連論文

1. 英語文献

- Abraham, N. (1965) Acknowledgement. in BIOLOGICAL SCIENCE: INTERACTION OF EXPERIMENTS AND IDEAS, 1st ed. (BSCS) Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Adams, D.M. and Hamm, M.E. (1990) COOPERATIVE LEARNING: CRITICAL THINKING AND COLLABORATION ACROSS THE CURRICULUM. Charles C. Thomas Publisher, Springfield, Illinois
- Agin, M.L. (1974) Education for Scientific Literacy: A Conceptual Frame of Reference and some Applications. Science Education 58(3), pp.403-415
- Aikenhead, G.S. (1986) Science Curricula and Preparation for Social Responsibility. in NSTA 1985 YEARBOOK: SCIENCE TECHNOLOGY SOCIETY (Bybee ed.) NSTA, Washington, D.C., pp.129-143
- Aikenhead, G.S., Ryan, A.G., and Fleming, R.W. (1989) VIEWS ON SCIENCE-TECHNOLOGY-SOCIETY, Form CDN.mc.5, University of Saskatchewan, Ottawa, Canada
- Ajeyalemi, D.A. (1993) Teachers Strategies Used by Exemplary STS Teachers. in WHAT RESEARCH SAYS TO THE SCIENCE TEACHER, Vol.7 (Yager, ed.), NSTA, Washington, D.C., pp.49-52
- Aldridge, B.G. (1991) 'Basic Science' or STS: Which is Better for Science Learning -Improving Science Education Using 'Basic Science' with Applications. NSTA Reports May 1991, p.8,32
- Aldridge, B.G. and Johnston, K.L. (1984) Trend and Issues in Science Education. in NSTA 1984 YEARBOOK: REDESIGNING SCIENCE AND TECHNOLOGY EDUCATION (Bybee, et.al.ed.) NSTA, Washington, D.C., pp.31-44
- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1990) SCIENCE FOR ALL AMERICANS (Rutherford, and Ahlgren, ed.) Author, Washington, D.C.
- AAAS (1991) PROJECT 2061: EDUCATION FOR A CHANGING FUTURE. Author, Washington, D.C.
- AAAS (1992) UPDATE, PROJECT 2061, EDUCATION FOR A CHANGING FUTURE. Author, Washington, D.C.
- AAAS (1993) BENCHMARKS FOR SCIENCE LETERACY. Oxford University Press, New York
- Anderson, R.D. (1981) Physical Science Education. in WHAT RESEARCH SAYS TO THE SCIENCE TEACHER, Vol.3 (Harms and Yager ed.) NSTA, Washington, D.C., pp.33-52
- Anderson, R.D. (1983) Are Yesterday's Goals Adequate for Tomorrow? Science Education 67(2) pp.171-176
- Arons, A.B. (1989) What Science Should We Teach? in CURRICULUM DEVELOPMENT FOR THE YEAR 2000 BSCS, Colorado Springs, Colorado, pp.13-20
- Glass, B. and Grobman, A.B. (1963) Foreword. in BIOLOGICAL SCIENCE: AN INQUIRY INTO LIFE (BSCS), Harcourt, Brace & World, Inc., New York

- Biological Sciences Curriculum Study(BSCS)(1965) BIOLOGICAL SCIENCE: INTERACTION OF EXPERIMENTS AND IDEAS. Prentice-Hall, Inc., N.J.
- BSCS(1970) BIOLOGY TEACHERS' HANDBOOK, 2nd.ed.(Klinckmann,ed.) Author, Boulder, Colorado
- BSCS(1975) BIOLOGICAL SCIENCE: INVITATIONS TO DISCOVERY, Teacher's Handbook. Holt, Rinehart and Winston, New York
- BSCS(1978a) A Prepared Statement for the Public Health Service Genetics Coordinating Committee. BSCS Journal 1(1), pp.31-32
- BSCS(1978b) Guidelines for Educational Priorities and Curricular Innovations in the Areas of Human and Medical Genetics. BSCS Journal 1(1), pp.21-24
- BSCS(1978c) Issues and Controversy in Teaching Science. BSCS Journal 1(1), pp.33-37
- BSCS(1985) BSCS SCIENCE, TECHNOLOGY & SOCIETY MODULES. Kendall/Hunt, Dubuque, Iowa
- BSCS(1990) BSCS Newsletter, May 1990, p.1
- BSCS(1992) SNEAK PREVIEW: SCIENCE & TECHNOLOGY: INVESTIGATING HUMAN DIMENSIONS. Kendall/Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa
- BSCS(1993) DEVELOPING BIOLOGICAL LITERACY. Author, Colorado Springs, Colorado
- BSCS BSCS Newsletter: NATURAL SELECTION. Oct. 1983~Mar. 1993
- BSCS and IBM(1989) NEW DESIGNS FOR ELEMENTARY SCHOOL SCIENCE AND HEALTH. Kendall/Hunt Publishing Co. Dubuque, Iowa
- Brunkhorst, H.K.(1986) Ethics, Values, and Science Teaching. in NSTA 1985 YEARBOOK: SCIENCE TECHNOLOGY SOCIETY (Bybee ed.) NSTA, Washington, D.C., pp.213-220
- Bybee, R.W.(1977) Toward a Third Century of Science Education. The American Biology Teacher 39(6), pp.338-341, 357-361
- Bybee, R.W.(1979) Science Education for an Ecological Society. The American Biology Teacher 41(3), pp.154-163
- Bybee, R.W.(1982) Citizenship and Science Education. The American Biology Teacher 44(6), pp.337-345, 368
- Bybee, R.W.(1984) Global Problems and Science Education Policy. in NSTA 1984 YEARBOOK: REDESIGNING SCIENCE AND TECHNOLOGY EDUCATION (Bybee, Carlson and McCormack, ed.) NSTA, Washington, D.C., pp.60-75
- Bybee, R.W.(1985) The Restoration of Confidence in Science and Technology Education. School Science and Mathematics 85(2), pp.95-108

- Bybee, R.W. (1986a) The Sisyphean Question in Science Education: What Should the Scientifically and Technologically Literate Person Know, Value, and Do - As a Citizen? in NSTA 1985 YEARBOOK: SCIENCE TECHNOLOGY SOCIETY (Bybee ed.) NSTA, Washington, D.C., pp.79-93
- Bybee, R.W. (1986b) Science-Technology-Society: An Essential Theme for Science Education. in 1985 AETS YEARBOOK: SCIENCE, TECHNOLOGY, AND SOCIETY: RESOURCES FOR SCIENCE EDUCATORS (James ed.) Association for the Education of Teachers in Science, Columbus, Ohio, pp. 3-15
- Bybee, R.W. (1987) Science Education and the Science-Technology-Society (STS) Theme. Science Education 71(5), pp.667-683
- Bybee, R.W. (1991a) Planet Earth in Crisis: How Should Science Educators Respond? The American Biology Teacher 53(3), pp.146-153
- Bybee, R.W. (1991b) Personal Communication
- Bybee, R.W., Harms, N.C., Ward, B., and Yager, R.E. (1980) Science, Society, and Science Education. Science Education 64(3), pp.377-395
- Bybee, R.W. and Bonnstetter, R.J. (1986) STS: What Do the Teachers Think? in NSTA 1985 YEARBOOK: SCIENCE TECHNOLOGY SOCIETY (Bybee, ed.) NSTA, Washington, D.C., pp.117-127
- Bybee, R.W. and Mau, T. (1986) Science and Technology Related Global Problems: An International Survey of Science Educators. Journal of Research in Science Teaching 23(7), pp.599-618
- Bybee, R.W. and Landes, N.M. (1990) Science for Life and Living. The American Biology Teacher 52(2), pp.92-98
- Capra, J.L. (1981) GENETICS: A HUMAN APPROACH. University of Colorado, Denver, Colorado
- Carlson, J. (1986) Method of Teaching STS Topics. in NSTA 1985 YEARBOOK: SCIENCE TECHNOLOGY SOCIETY (Bybee ed.) NSTA, Washington, D.C., pp.200-203
- Champagne, A.B. and Klopfer, L.E. (1982) Action in a Time of Crisis. Science Education 66(4), pp.503-514
- Champagne, A.B. and Klopfer, L.E. (1984) Research in Science Education: The Cognitive Psychology Perspective. in RESEARCH WITHIN REACH: SCIENCE EDUCATION. (Holdzkom and Lutz ed.) NSTA, Washington, D.C., pp.171-189
- Champagne, A.B. and Lovitts, B.E. (1989) Scientific Literacy: A Concept in Search of Definition. in SCIENTIFIC LITERACY (Champagne, et.al.ed.), AAAS, Washington, D.C., pp.1-14
- Cheek, D.W. (1992) THINKING CONSTRUCTIVELY ABOUT SCIENCE, TECHNOLOGY, AND SOCIETY EDUCATION. State University of New York Press, New York

- Childs,B.(1978) A New View of Health: Genetics and Environment. BSCS Journal 1(1), pp.42-46
- Childs,B. and Hickman,F.M.(1983) Human Genetics: One Approach to Scientific Literacy. Daedalus 112(2), pp.189-209
- Collette,A.T. and Chiappetta,E.L.(1989) SCIENCE INSTRUCTION IN THE MIDDLE AND SECONDARY SCHOOLS (2nd.ed.) Merrill Publishing Co., Columbus, Ohio
- Dede,C and Hardin,J.(1973) Reforms, Revisions, Reexaminations: Secondary Science Education Since World War II. Science Education 57(4), pp.485-491
- Department of Education(1991) AMERICA 2000: AN EDUCATION STRATEGY. Author, Washington,D.C.
- Department of Education and National Science Foundation(1980) SCIENCE AND ENGINEERING EDUCATION FOR THE 1980S AND BEYOND. Authors, Washington,D.C.
- Ellis,J.D.(1986) Building S/T/S Curriculum: The BSCS Experience and Perspective. in 1985 AETS YEARBOOK: SCIENCE, TECHNOLOGY, AND SOCIETY: RESOURCES FOR SCIENCE EDUCATORS (James ed.) Association for the Education of Teachers in Science, Columbus, Ohio, pp.105-121
- Epstein,C.J.(1980) Thought on Human Genetics Education. BSCS Journal 3(1), pp.1-6
- ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education(1990) Selected Procedures for Improving the Science Curriculum. ERIC/SMEAC Science Education Digest 2, pp.1-2
- Federal Coordinating Council for Science, Engineering, and Technology(FCCSET) Committee on Education and Human Resources(1991) BY THE YEAR 2000: FIRST IN THE WORLD. Author, Washington,D.C.
- Fensham,P.J.(1986) Science for All. Educational Leadership 44(4), pp.18-23
- Fleming,R.W.(1986) How Students Respond to Social Issues in Science Class. in NSTA 1985 YEARBOOK: SCIENCE TECHNOLOGYSOCIETY (Bybee ed.) NSTA, Washington,D.C., pp.204-212
- Fleming,R.W.(1987) High-School Graduates' Beliefs about S-T-S. II.The Interaction among STS. Science Education 71(2), pp.163-186
- Fleming,R.(1989) Literacy for a Technological Age. Science Education. 73(4), pp.391-404
- Gabel,D.(1989) Introduction. in WHAT RESEARCH SAYS TO THE SCIENCE TEACHER, Vol.5: PROBLEM SOLVING (Gabel,ed.) NSTA, Washington,D.C., pp.1-3
- Glass,B. and Grobman,A.B.(1963) Foreword. in BIOLOGICAL SCIENCE: AN INQUIRY INTO LIFE(BSCS) Harcourt,Brace & World,Inc.
- Good,R.,Herron,J.D.,Lawson,A.E. and Renner,J.W.(1985a) The Domain of Science Education. Science Education 69(2), pp.139-141

- Good, R., Renner, J.W., Lawson, A.E. and Herron, J.D. (1985b) Two Views on Science Education. Journal of College Science Teaching 14(3), p.155
- Greendale, K., et al. (1982) Human Genetics: Educational Resources for the Classroom. The American Biology Teacher 44(2), pp.128-130
- Grobman, A.B. (1989) A Prescription for Our Schools. in CURRICULUM DEVELOPMENT FOR THE YEAR 2000. BSCS, Colorado Springs, Colorado, pp.49-59
- Haddow, P.K. (1982) Human Genetics Education in the High School: A Pilot Program. The American Biology Teacher 44(2), pp.94-97
- Hamm, M. and Adams, D. (1989) An Analysis of Global Problem Issues in Sixth- and Seventh-Grade Texts. Journal of Research in Science Teaching 26(5), pp.445-452
- Harms, N. (1981) Project Synthesis: Summary and Implications for Teachers. in WHAT RESEARCH SAYS TO THE SCIENCE TEACHER, Vol.3 (Harms and Yager, ed.) NSTA, Washington, D.C., pp.113-127
- Harms, N.C. and Yager, R.E. (1981) WHAT RESEARCH SAYS TO THE SCIENCE TEACHER, Vol.3, NSTA, Washington, D.C.
- Helgeson, S.L. (1989) Problem Solving in Middle Level Science. in WHAT RESEARCH SAYS TO THE SCIENCE TEACHER, Vol.5: PROBLEM SOLVING (Gabel, ed.) NSTA, Washington, D.C., pp.13-34
- Hickman, F.M. (1982) Education for Citizenship: Issues of Science and Society. The American Biology Teacher 44(6), pp.358-367
- Hickman, F.M. (1986) Charting a Course through Risk and Controversy: Strategies for Science Teachers. in NSTA 1985 YEARBOOK: SCIENCE TECHNOLOGY SOCIETY (Bybee, ed.) NSTA, Washington, D.C., pp.175-199
- Hickman, F.M., Kennedy, M.H. and McInerney, J.D. (1978) Human Genetics Education: Results of BSCS Needs Assessment Surveys. The American Biology Teacher 40(5), pp.285-303
- Hickman, F.M., Patrick, J.J. and Bybee, R.W. (1987) SCIENCE/TECHNOLOGY/SOCIETY: A FRAMEWORK FOR CURRICULUM REFORM IN SECONDARY SCHOOL SCIENCE AND SOCIAL STUDIES, Social Science Education Consortium (SSEC), Boulder, Colorado
- Howe, R.W., et al. (1987) PERSISTENT PROBLEMS IN PRECOLLEGE MATHEMATICS, SCIENCE, AND ENVIRONMENTAL EDUCATION: ISSUES, TRENDS AND RECOMMENDATIONS. ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education, Columbus, Ohio
- Hurd, P.D. (1970a) Scientific Enlightenment for an Age of Science. The Science Teacher 37(1), pp.13-15

- Hurd,P.D.(1970b) Inquiry Objectives for the Teaching of Biology in the 1970s. The American Biology Teacher 32(9), pp.553-554
- Hurd,P.D.(1971a) Biology as a Study of Man and Society. The American Biology Teacher 33(7), pp.397-400
- Hurd,P.D.(1971b) Research in Science Education: Planning for the Future. Journal of Research in Science Teaching 8(3), pp.243-249
- Hurd,P.D.(1972) Emerging Perspectives in Science Teaching for the 1970's. School Science and Mathematics 72(3), pp.765-772
- Hurd,P.D.(1975) Science, Technology, and Society: New Goals for Interdisciplinary Science. The Science Teacher 42(2), pp.27-30
- Hurd,P.D.(1978) A Glimpse into the Future. in BIOLOGY TEACHERS' HANDBOOK (Mayer,ed.), pp.565-568, John Wiley and Sons Inc., New York
- Hurd,P.D.(1979) Back-to-Basic: A Critical Juncture in Biology Education. American Biology Teacher 41(3), pp181-182
- Hurd,P.D.(1981) Biology Education. in WHAT RESEARCH SAYS TO THE SCIENCE TEACHER, Vol.3, (Harms and Yager, ed.) NSTA, Washington,D.C., pp.12-32
- Hurd,P.D.(1986) A Rationale for a Science, Technology, and Society Theme in Science Education. in NSTA 1985 YEARBOOK: SCIENCE TECHNOLOGY SOCIETY (Bybee ed.) NSTA, Washington, D.C., pp.94-101
- Hurd,P.D.(1991) Issues in Linking Research to Science Teaching. Science Education 75(6), pp.723-732
- Hurd,P.D.(1993) Biology in Transition. in DEVELOPING BIOLOGICAL LITERACY. BSCS, Colorado Springs, Colorado, pp.2-4
- James,R.K. and Horn,M.T.(1986) Agenda for Action: S/T/S Implementation. in 1985 AETS YEARBOOK: SCIENCE, TECHNOLOGY, AND SOCIETY: RESOURCES FOR SCIENCE EDUCATORS (James ed.) Association for the Education of Teachers in Science, Columbus, Ohio, pp.129-143
- Jenkins,E.(1990) Scientific Literacy and School Science Education. School Science Review 71(256), pp.43-50
- Johnson,R.T. and Johnson,D.W.(1986) Using Structured Controversy in Science Classrooms. in NSTA 1985 YEARBOOK: SCIENCE TECHNOLOGY SOCIETY.(Bybee ed.) NSTA, Washington,D.C., pp.228-234
- Johnson,D.W. and Johnson,R.T.(1991) LEARNING TOGETHER AND ALONE. 3rd.ed., Allyn and Bacon, Needham Heights, Massachusetts

- Kahl, S. and Harms, N.C. (1981) Project Synthesis: Purpose, Organization and Procedures. in WHAT RESEARCH SAYS TO THE SCIENCE TEACHER, Vol.3 (Harms and Yager, ed.) NSTA, Washington, D.C., pp.5-11
- Kennedy, M.H. (1978) Contemporary Biology Issues. in BSCS Biology Teachers' Handbook, 3rd. ed. (Mayer, ed.) John Wiley and Sons, New York, pp.491-501
- Kennedy, M.H. (1980) Biology Education in the 1980s. prepared for presentation for the 8th. Biennial Conference of the Asian Association of Biology Education, pp.1-21
- Kennedy, M.H. and Valletta, V. (1986) Building Alliance for Science Education. in NSTA 1985 YEARBOOK: SCIENCE TECHNOLOGY SOCIETY. (Bybee ed.) NSTA, Washington, D.C., pp.249-262
- Klinckmann, E. (1978) Values: A Brief Overview. in BSCS Biology Teachers' Handbook, 3rd. ed. (Mayer, ed.) John Wiley and Sons, New York, pp.502-515
- Klopfer, L.E. and Champagne, A.B. (1990) Ghosts of Crisis Past. Science Education 74(2), pp. 133-154
- Koballa Jr., T.R. (1984) Goals of Science Education. in RESEARCH WITHIN REACH: SCIENCE EDUCATION. (Holzkorn and Lutz ed.) NSTA, Washington D.C., pp.25-39
- Kromhout, R. and Good, R. (1983) Beware of Societal Issues as Organizers for Science Education. School Science and Mathematics 83(8), pp.647-650
- Kuerbis, P.J. (1986) Rationale for Revision of Science Teacher Education. in 1985 AETS YEARBOOK: SCIENCE, TECHNOLOGY AND SOCIETY: RESOURCES FOR SCIENCE EDUCATORS (James, ed.) AETS, Columbus, Ohio, pp.35-45
- Kyle, W.C. Jr. (1984) Curriculum Development Projects of the 1960s. in RESEARCH WITHIN REACH: SCIENCE EDUCATION (Holzkorn and Lutz ed.) NSTA, Washington, D.C., pp.3-24
- Levin, F.S. and Lindbeck, J.S. (1979) An Analysis of Selected Biology Textbooks for the Treatment of Controversial Issues and Biosocial Problems. Journal of Research in Science Teaching 16(3), pp.199-203
- Liebherr, H.G. (1966) Introduction. in BIOLOGICAL SCIENCE: PATTERNS AND PROCESSES, Teacher's Handbook (BSCS). Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York, pp.xi-xxv
- Maarschalk, J. (1988) Scientific Literacy and Informal Science Teaching. Journal of Research in Science Teaching 25(2), pp.135-146
- Maton, A. (1993) Great Strides with STS in Britain. in WHAT RESEARCH SAYS TO THE SCIENCE TEACHER, Vol.7: THE SCIENCE, TECHNOLOGY, SOCIETY MOVEMENT (Yager, ed.) Washington, D.C., pp.135-137

- Mayer,W.V.(1966) Foreword. in BIOLOGICAL SCIENCE: PATTERNS AND PROCESSES,Teacher's Hand-
book(BSCS), Holt,Rinehart and Winston,Inc., New York, p.vii
- Mayer,W.V.(1978) The BSCS and Its Influence on Biological Education. in BSCS Biology
Teachers' Handbook, 3rd.ed.(Mayer,ed.) John Wiley and Sons, New York, pp.3-27
- Mayer,W.V.(1986) Biology Education in the United States during the Twentieth Century. The
Quarterly Review of Biology 61(4), pp.481-507
- McInerney,J.D.(1986) Scientific Progress and Public Policy: Challenges to Traditional
Values. in NSTA 1985 YEARBOOK: SCIENCE TECHNOLOGY SOCIETY (Bybee ed.) NSTA, Washington,
D.C., pp.22-34
- McInerney,J.D.(1987) Curriculum Development at the Biological Sciences Curriculum Study.
Educational Leadership 44(4), pp.24-28
- McInerney,J.D.(1989) Genetics & the Quality of Life. The American Biology Teacher 51(5),
pp.264-268
- McInerney,J.D., Hickman,F.M. and Kennedy,M.H.(1978) Human Genetics: A Context for Health
Education. Health Education July/August, pp.33-35
- Mertens,T.R.(1983) New Direction in Science Teaching: Human Genetics Education. Phi Delta
Kappan 64(9), pp.628-631
- Miller,J.D.(1983) Scientific Literacy: A Conceptual and Empirical Review. Daedalus 112(2),
pp.29-48
- Mitchener,C.P. and Anderson,R.D.(1989) Teachers' Perspective: Developing and Implementing
an STS Curriculum. Journal of Research in Science Teaching 26(4), pp.351-369
- Monson,C.M.(1991) Personal Communication
- National Center for Improving Science Education(NCISE)(1989) GETTING STARTED IN SCIENCE: A
BLUEPRINT FOR ELEMENTARY SCHOOL SCIENCE EDUCATION. The NETWORK Inc., Andover,
Massachusetts
- NCISE(1990) SCIENCE AND TECHNOLOGY EDUCATION FOR THE MIDDLE YEARS: FRAMEWORKS FOR CURRICU-
LUM AND INSTRUCTION. The NETWORK Inc., Andover, Massachusetts
- National Council of Teachers of Mathematics(1989) CURRICULUM AND EVALUATION STANDARD FOR
SCHOOL MATHEMATICS. Author, Reston, Virginia
- National Science Board Commission on Precollege Education in Mathematics, Science and
Technology(NSBC)(1982) TODAY'S PROBLEMS, TOMMOROW'S CRISES. Author, Washington,D.C.
- NSBC(1983a) A REVISED AND INTENSIFIED SCIENCE AND TECHNOLOGY CURRICULUM GRADES K-12 UR-
GENTLY NEEDED FOR OUR FUTURE. Author, Washington,D.C.

- NSBC(1983b) EDUCATING AMERICANS FOR THE 21ST CENTURY. NSF, Washington,D.C.
- National Science Teachers Association(NSTA)(1971) NSTA Position Statement on School Science Education for the 70s. The Science Teacher 38(8), pp.46-51
- NSTA(1982) NSTA Position Statement on Science-Technology-Society: Science Education for the 1980s. Author, Washington,D.C.
- NSTA(1990a) Science/Technology/Society: A New Effort for Providing Appropriate Science for All. Author, Washington,D.C.
- NSTA(1990b) CRITERIA FOR EXCELLENCE (Revised Edition) Author, Washington,D.C.
- NSTA(1992) SCOPE, SEQUENCE, AND COORDINATION OF SECONDARY SCHOOL SCIENCE, VOLUME I, THE CONTENT CORE: A GUIDE FOR CURRICULUM DESIGNERS. Author, Washington,D.C.
- Ogden,W.R. and Jackson,J.L.(1978) Secondary School Biology Teaching, 1918-1972: Objectives as Stated in Periodical Literature. Science Education 62(3), pp.291-302
- Ogens,E.M.(1991) A Review of Science Education: Past Failures, Future Hopes. The American Biology Teacher 53(4), pp.199-203
- O'Hearn,G.T.(1976) Science Literacy and Alternative Futures. Science Education 60(1), pp. 103-114
- Opel,J.R.(1982) Education, Science, and National Economic Competitiveness. Science 217(17) pp.1116-1117
- Osborn,R.J. and Wittrock,M.G.(1983) Learning Science: A Generative Process. Science Education 67(4), pp.489-508
- Ost,D.H.(1986) Social Implications of Science and Technology. in NSTA 1985 YEARBOOK: SCIENCE TECHNOLOGY SOCIETY (Bybee ed.) NSTA, Washington,D.C., pp.35-45
- Pella,M.O.(1976) The Place or Function of Science for a Literate Citizenry. Science Education 60(1), pp.97-101
- Pella,M.O., O'Hearn,G.T. and Gale,C.W.(1966a) Scientific Literacy - Its Referents. The Science Teacher 33(5), p.44
- Pella,M.O., O'Hearn,G.T. and Gale,C.W.(1966b) Referents to Scientific Literacy. Journal of Research in Science Teaching 4, pp.199-208
- Penick,J.E.(1986) A Brief Look at Some Outstanding Science, Technology, and Society Programs. in NSTA 1985 YEARBOOK: SCIENCE TECHNOLOGY SOCIETY (Bybee ed.) NSTA, Washington, D.C., pp.158-161

- Penick, J.E. and Yager, R.E. (1986) Trend in Science Education: Some Observations of Exemplary Programs in the United States. European Journal of Science Education 8(1), pp.1-8
- Piel, E.J. (1981) Interaction of Science, Technology, and Society in Secondary Schools. in WHAT RESEARCH SAYS TO THE SCIENCE TEACHER, Vol.3 (Harms and Yager ed.) NSTA, Washington, D.C., pp.94-106
- Pizzini, E.L., et.al. (1989) A Rationale for and the Development of a Problem Solving Model of Instruction in Science Education. Science Education 73(5), pp.523-534
- Press, F. (1982) The Fate of School Science. Science 216(4550)
- Raizen, S.A. (1991) The Reform of Science Education in the U.S.A. Deja Vu or De Novo? Studies in Science Education 19, pp.1-41
- Ramsey, J.M., Hungerford, H.R., and Volk, T.L. (1990) Analyzing the Issues of STS. The Science Teacher 57(3), pp.61-63
- Ramsey, J. (1993) The Science Education Reform Movement: Implications for Social Responsibility. Science Education 77(2), pp.235-258
- Rosenthal, D.B. (1986) Biology Education in a Social and Moral Context. in NSTA 1985 YEAR-BOOK: SCIENCE TECHNOLOGY SOCIETY (Bybee ed.) NSTA, Washington, D.C., pp.102-116
- Rosenthal, D.B. (1989) Two Approaches to Science-Technology-Society (S-T-S) Education. Science Education 73(5), pp.581-589
- Rubba, P.A. and Anderson, H.O. (1978) Development of an Instrument to Assess Secondary School Students' Understanding. Science Education 62(4), pp.449-458
- Rubba, P.A. and Wiesenmayer, R.L. (1988) Goals and Competencies for Precollege STS Education: Recommendations Based upon Recent Literature in Environmental Education. Journal of Environmental Education 14(4), pp.38-44
- Rubba, P.A. and Decarlo, C.L. (1989) An STS Learning Cycle for Middle School Students. STS Reporter 1(2), p.2,4
- Science through Science Technology and Society Project (1985) Reviewing Current STS Teaching Materials. SSTS Reporter, Winter/Spring, pp.7-8
- Scriver, C.R., Scriver, D.E., Clow, C.L. and Schoh, M. (1978) The Education of Citizens: Human Genetics. The American Biology Teacher 40(5), pp.280-284
- Shamos, M.H. (1989) Views of Scientific Literacy in Elementary School Science Programs: Past, Present, and Future. in SCIENTIFIC LITERACY (Champagne et al. ed.) , pp.109-127
- Shymansky, J.A. (1984) BSCS Programs: Just How Effective Were They? The American Biology Teacher 46(1), pp.54-57

- Shymansky, J.A., Kyle, W.C. Jr. and Alport, J.M. (1983) The Effects of New Science Curricula on Student Performance. Journal of Research in Science Teaching 20(5), pp.387-404
- Silberman, C.E. (1971) CRISIS IN THE CLASSROOM. Vintage Books, New York
- Simpson, R.D. and Anderson, N.D. (1981) SCIENCE, STUDENTS, AND SCHOOLS: A GUIDE FOR THE MIDDLE AND SECONDARY SCHOOL TEACHER. John Wiley & Sons Inc.
- Smith, N.F. (1974) The Challenge of Scientific Literacy. The Science Teacher 41(6), pp.34-35
- Spector, B.S. (1986) Inservice Science Teacher Preparation in S/T/S: Perspective and Program. in 1985 AETS YEARBOOK: SCIENCE, TECHNOLOGY AND SOCIETY: RESOURCES FOR SCIENCE EDUCATORS (James, ed.) AETS, Columbus, Ohio, pp.65-91
- Tamir, P., et al. (1991) THE IOWA ASSESSMENT HANDBOOK. Science Education Center, The University of Iowa, Iowa City, Iowa
- Tanner, G.G. (1979) Impact of NSF Science Curriculum Projects. School Science and Mathematics 79(1), pp.3-6
- Tarp, J.R. (1978) Toward Scientific Literacy for All Our Students. The Science Teacher 45(9) pp.38-39
- Thier, H.D. (1985) Societal Issues and Concerns: A New Emphasis for Science Education. Science Education 69(2), pp.155-162
- Tobin, K.G. (1989) Learning in Science Classrooms. in CURRICULUM DEVELOPMENT FOR THE YEAR 2000. BSCS, Colorado Springs, Colorado, pp.25-38
- Trowbridge, L.W. and Bybee, R.W. (1990) BECOMING A SECONDARY SCHOOL SCIENCE TEACHER (4th.ed.) Macmillan Publishing Co., New York
- Waks, L.J. and Barchi, B.A. (1992) STS in U.S. School Science: Perceptions of Selected Leaders and Their Implications for STS Education. Science Education 76(1), pp.79-90
- Walberg, H.J. (1983) Scientific Literacy and Economic Productivity in International Perspective. Daedalus 112(2), pp.1-28
- Weiss, I.R. (1987) REPORT OF THE 1985-1986 NATIONAL SURVEY OF SCIENCE AND MATHEMATICS EDUCATION. Research Triangle Institute, North Carolina
- Welch, W.W. (1981) Inquiry in School Science. in WHAT RESEARCH SAYS TO THE SCIENCE TEACHER, Vol.3 (Harms and Yager ed.) NSTA, Washington, D.C.
- Wilson, S.M., Mertens, T.R. and Hendrix, J.R. (1975) Human Genetic Engineering: A Survey of Student Value Stances. The American Biology Teacher 37(9), pp.522-527
- Yager, R.E. (1981a) Science and Technology in General Education. in 1984 NSTA YEARBOOK: REDESIGNING SCIENCE AND TECHNOLOGY EDUCATION. NSTA, Washington, D.C., pp.45-59

- Yager, R.E. (1981b) Prologue. in WHAT RESEARCH SAYS TO THE SCIENCE TEACHER, Vol.3, (Harms and Yager ed.) NSTA, Washington, D.C., pp.1-4
- Yager, R.E. (1982) An Analysis of the Current Crises in the Discipline of Science Education. Journal of Research in Science Teaching 19(5), pp.375-377
- Yager, R.E. (1983a) Defining Science Education as a Discipline. Journal of Research in Science Teaching 20(3), pp.261-262
- Yager, R.E. (1983b) The Importance of Terminology in Teaching k-12 Science. Journal of Research in Science Teaching 20(6), pp.577-588
- Yager, R.E. (1983c) In Defense of Societal Issues as Organizers for School Science. School Science and Mathematics 83(8), pp.651-653
- Yager, R.E. (1984a) Defining the Discipline of Science Education. Science Education 68(1), pp.35-37
- Yager, R.E. (1984b) The Major Crisis in Science Education. School Science and Mathematics 84(3), pp.189-198
- Yager, R.E. (1984c) Science and Technology in General Education. in NSTA 1984 YEARBOOK: REDESIGNING SCIENCE AND TECHNOLOGY EDUCATION (Bybee, et.al.ed.) NSTA, Washington, D.C., pp.45-59
- Yager, R.E. (1985) In Defense of Defining Science Education as the Science/Society Interface. Science Education 69(2) 143-144
- Yager, R.E. (1987) Assess All Five Domains of Science. The Science Teacher 54(7), pp.33-37
- Yager, R.E. (1988) A New Focus for School Science: S/T/S. School Science and Mathematics 88(3), pp.181-190
- Yager, R.E. (1990a) Instructional Outcomes Change with STS. Iowa Science Teachers Journal, Spring 1990, pp.2-20
- Yager, R.E. (1990b) STS: Thinking over the Years. The Science Teacher 57(3), pp.52-55
- Yager, R.E. (1991) 'Basic Science' or STS: Which is Better for Science Learning - The Case for STS as Reform. NSTA Reports, May 1991, p.9,32,33
- Yager, R.E. (1992) Personal Communication.
- Yager, R.E., Bybee, R.W., Gallagher, J.J. and Renner, J.W. (1982) An Analysis of the Current Crises in the Discipline of Science Education. Journal of Research in Science Teaching 19(5), pp.377-395

- Yager, R.E., Aldridge, B.G. and Penick, J. (1983) Science Education in the United States. in NSTA 1983 YEARBOOK: SCIENCE TEACHING: A PROFESSION SPEAKS (Brown and Butts, ed.) NSTA, Washington, D.C., pp.3-18
- Yager, R.E. and Penick, J.E. (1984) What Students Say about Science Teaching and Science Teachers. Science Education 68(2), pp.143-152
- Ziman, J. (1980) TEACHING AND LEARNING ABOUT SCIENCE AND SOCIETY. Cambridge University Press New York
- Zoller, U. and Watson, F.G. (1974) Technology Education for Nonscience Students in the Secondary School. Science Education 58(1), pp.105-116

2. 分析に用いたカリキュラム

- BSCS(1977) ENERGY AND SOCIETY: INVESTIGATIONS IN DECISION MAKING. Habbard, Northbrook, Illinois
- BSCS(1984) SCIENCE, TECHNOLOGY, AND SOCIETY. Kendall/Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa
- BSCS(1984) SCIENCE, TECHNOLOGY, AND SOCIETY, Teacher's Guide. Kendall/Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa
- BSCS(1989) ADVANCES IN GENETIC TECHNOLOGY. D.C.Heath and Co., Lexington, Massachusetts
- BSCS(1989) ADVANCES IN GENETIC TECHNOLOGY, TEACHER'S EDITION. D.C. Heath and Co., Lexington, Massachusetts
- BSCS(1990) BIOLOGICAL SCIENCE: A MOLECULAR APPROACH. D.C.Heath and Co., Lexington, Massachusetts
- BSCS(1990) BIOLOGICAL SCIENCE: A MOLECULAR APPROACH, Teacher's Annotated Edition. D.C.Heath and Co., Lexington, Massachusetts
- BSCS(1991) BASIC GENETICS: A HUMAN APPROACH. Kendall/Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa
- BSCS(1991) BASIC GENETICS: A HUMAN APPROACH, TEACHER'S GUIDE. Kendall/Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa
- BSCS(1992) SCIENCE FOR LIFE AND LIVING. Kendall/Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa

3. 日本語文献

- シュワブ(佐藤三郎訳)(1970) 探究としての学習(原題: The Teaching of Science as Enquiry). 明治図書
- 大洲隆一郎(1991) STS理科カリキュラムに関する基礎的研究1 -STS教育運動についての科学論的考察-. 日本理科教育学会研究紀要 31(3), pp.37-47
- 大高泉(1991) 理科教育の目的と分析視点に関する考察-科学観との関連を中心に-. 日本理科教育学会研究紀要 32(2), pp.35-45
- 小川正賢(1992) 探究学習論. 理科教育学講座第5巻第1章(日本理科教育学会編), pp.1-104, 東洋館出版社
- 小川正賢(1993a) 序説STS教育. 東洋館出版社
- 小川正賢 監修・訳(1993b) 科学・技術・社会(STS)を考える. 東洋館出版社
- 田羅征伸(1992) モジュール「水質汚濁と微生物」. 科研費総合研究(A)最終報告書「科学-技術-社会の相互関連(STS)を重視した中等生物教育及び教師教育用モジュールの開発」(研究代表者, 国立教育研究所 梅埜國夫), pp.111-124
- 鶴岡義彦(1979) 'Scientific Literacy'について-米国科学教育の動向に関する一考察-. 筑波大学教育学研究集録 第2集, pp.159-168
- 鶴岡義彦(1981) 現代における科学的教養と理科教育. 現代理科教育の課題と展望(吉本市編著) 東洋館出版, pp.32-44
- 鶴岡義彦(1993) 理科教育現代史におけるSTS. 理科の教育 42巻(通巻496号), pp.12-16
- 富樫裕(1992) 河川の水質の汚濁と保全. 前掲書, pp.125-140
- 長洲南海男(1984) アメリカの生物教育の現状と課題1-全米調査報告書より見た生物教育の状態. 生物教育 25(1,2), pp.29-34
- 長洲南海男(1985) アメリカの生物教育の現状と課題3-BSCSのカリキュラム開発研究とその生物教育からの考察-. 生物教育 26(2), pp.114-124
- 長洲南海男(1987) アメリカの理数科教育. 日米教育協力研究-日本側理数科班報告書, 日米教育協力研究日本側研究グループ理数科班
- 長洲南海男(1991) アメリカの科学教育の新しい潮流. 週間教育PRO 平成3年5月7,14日号, pp.24-28
- 長洲南海男(1993a) 科学教育のニューパラダイムとしてのSTS教育(I) 歴史的背景-NSTAの1982年と1990年のSTS教育に関する基本声明の比較より探る(1)-. 筑波大学教育学系論集 17(2), pp.73-90
- 長洲南海男(1993b) 科学教育のニューパラダイムとしてのSTS教育(I) 歴史的背景-NSTAの1982年と1990年のSTS教育に関する基本声明の比較より探る(2)-. 筑波大学教育学系論集 18(1), pp.171-190

長洲南海男(1994) 科学教育のニューパラダイムとしてのSTS教育 (I) 歴史的背景-NSTAの1982年と1990年のSTS教育に関する基本声明の比較より探る(3)-. 筑波大学教育学系論集 18(2), pp.73-100

渡辺重義, 池田秀雄(1992) イギリスにおけるSTS教育の内容-SATISプロジェクト生物領域を中心に. 前掲書, pp.26-37

4. 関連文献

丹沢哲郎(1991) BSCSにおける人間の遺伝学教育の展開とSTSアプローチ. 筑波大学教育学研究集録 第15集, pp.133-143

Tetsuro Tanzawa(1992) Japanese Science Teachers' Perception of Science and Technology Related Global Problems and the STS Approach. Journal of Science Education in Japan 16(3) pp.115-125

丹沢哲郎, 中谷卓司(1993) BSCSの青版の変遷とSTS教育の関連性. 生物教育 32(4), pp.230-240

丹沢哲郎(1993) BSCSの最新の遺伝学プログラムにおける問題解決と意思決定スキルの育成-アメリカのSTS教育の指導方略-. 科学教育研究 17(2), pp.57-67

丹沢哲郎, 貝沼喜兵, 長洲南海男(1993) 高校生物のSTS授業による科学-技術-社会に関する捉え方の変容の調査. 筑波大学教育学系論集 18(1), pp.191-216

丹沢哲郎(投稿中) アメリカBSCSの近年の動向と科学的リテラシー概念によるカリキュラム開発理念の再検討. 日本理科教育学会研究紀要

丹沢哲郎(1992) 科学教育のニューパラダイム-アメリカのSTS教育の観察より-. 科研費総合(A) 「科学-技術-社会の相互関連を重視した中等生物教育及び教師教育用モジュールの開発」(研究代表者 梅埜國夫) 最終報告書, pp.15-19

謝辞

本研究に当たっては、指導教官である長洲南海男助教授には、研究の方向性と方法、内容のあり方について、終始ご指導を頂いた。本論文の完成は長洲助教授の指導がなくしてはあり得なかった。ここに最大なる感謝の意を表する。

数学教育学研究室の能田伸彦教授には、本論文の主査をお引き受け下さり、常に建設的な批判、指導をいただいた。また理科教育学研究室の大高泉助教授には、本研究の論理一貫性、矛盾点について、貴重な意見をいただいた。さらに本論文の審査にあたっては、上記の先生方以外に、佐々木俊介教授、山口満教授、桑原隆教授より、多忙な中、長期間にわたってご指導をいただき、常に論文修正の方向を示していただいた。以上の先生方には、心より感謝の意を表する。

本研究の、特に基本的な枠組みの決定に関しては、理数合同ゼミの存在が大きかった。理科教育学研究室、および数学教育学研究室の教官および院生諸氏には、感謝の念が絶えない。

本研究で用いたBSCS関連の諸資料およびカリキュラムは、長洲助教授ならびにBSCSの統括マネージャーであるCathrin Monson女史から入手することができた。また本研究の方向性に対して、Iowa大学のRobert Yager教授ならびにBSCSのRodger Bybee教授から重要な意見を頂いた。ここに感謝の意を表する。

最後に、高等学校の教員を退職し、研究の道を目指した筆者を、経済的にも、身体的にも、さらに精神的にも支えてくれた妻の珠実と、研究のため不在がちな家庭でも、常に明るく振る舞い、心の拠り所となってくれた長女夢理には、改めてここで礼を言いたい。