

高度情報化社会における科学・技術・社会(STS) 教育開発に関する実践研究

Practical Research on Developing STS Instruction for
the Knowledge-Intensive Society

(研究課題番号 06680174)

平成7年度 文部省科学研究費補助金 一般研究(C)

研究成果報告書

平成8年3月

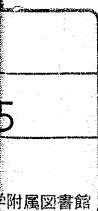
静岡大学附属図書館



030850293 9

研究代表者

熊 野 善 介
(静岡大学教育学部)



高度情報化社会における科学・技術・社会(S T S)
教育開発に関する実践研究

**Practical Research on Developing STS Instruction for
the Knowledge-Intensive Society**

(研究課題番号 06680174)

平成7年度 文部省科学研究費補助金 一般研究(C)
研究成果報告書

平成8年3月

研究代表者 熊 野 善 介
(静岡大学教育学部)

は し が き

本研究代表者は1989年より2年間、フルブライトプログラムから全額支給の奨学金を得て、アイオワ大学大学院理科教育学の博士課程に籍を置き、アメリカの現代の理科教育学の理論と実践を学んだ。この研究成果の一部は、1990年1月の全米科学技術社会学会の全国大会で発表され、この論文は1991年のBulletin of Science, Technology & Societyに掲載された。この論文の主旨は構成主義に基づくSTS（科学・技術・社会）アプローチは、日本の理科教育にとって、21世紀の日本のために、その導入が極めて重要であるということである。さらに、この論文の主旨を受けて、1991年から1992年まで2件の日本国内での実践研究が行なわれ、その結果を中心に学位論文が纏められた。この研究の一部はすでに科学教育学会の1993年の英文号に掲載された。これらの一連の研究で明らかなのは、STSアプローチというものが、日本でこそ必要であり、構成主義に基づいた理科教育を実践することにより、より多くの児童・生徒が理科好きになり、科学の本質を学び、特に創造性を深め、科学の方法に基づいて科学・技術の理解が深まるということである。

本研究では、第一に日本の小学校・中学校の理科教育に適用できるSTSアプローチはどのようなものが望ましいかを追求するために目標論の見直しをし、さらに、そこから出で来る評価論の見直しを行なった。

第二に、すでに実践されている諸外国のSTSに関連する科学教育を、理念と実践課程そして評価論を詳しく分析した（文献を集め検討するだけでなく諸外国の研究者と直接的・間接的なコンタクトを取り、文献にはなかなか出で来ない実践的あるいは具体的内容を入手する努力をした。）。特にアメリカ、イギリス、オーストラリア、カナダに焦点を絞る。

第三に、アメリカやイギリスでは、ほぼ常識になりつつある『科学の本質』『認知科学』からの科学の授業の再構成を、どのように日本の理科教育に取り入れるかという理念的検討（理科教育の目的目標論・科学的リタラシーの検討も含まれる）のために日本人の科学観に関する研究を行なった。

第四に、第一・第二を踏まえた日本に適用可能なSTSアプローチを、幾つかの地域で試験的な実践研究を行い、できるだけ多くの観点からのアセスメントを行なった。また、現場の教師の持っている評価観やSTSアプローチを主題として編集されたSciencePlusの1単元を訳し、日本の文脈で実践授業を試みた過程と結果について考察がなされた。以上の研究から日本型STSアプローチモデルがしだいに明確になってきたといえよう。

平成8年3月

研究代表者 熊野 善介
(静岡大学教育学部)

1.研究課題

高度情報化社会における科学・技術・社会(STS)教育開発に関する実践研究

Practical Research on Developing STS Instruction for the Knowledge-Intensive Society

2.課題種別・番号

一般研究(C) 06680174

3.研究組織

熊野 善介 (研究代表者) 静岡大学教育学部・助教授

久田 隆基 (研究分担者) 静岡大学教育学部・教授

長洲南海男 (研究分担者) 筑波大学教育学系・教授

小松 久郎 (研究協力者) 静岡県立引佐高等学校・教諭

筒井 昌博 (研究協力者) 焼津市立大富中学校・教諭

小林 俊行 (研究協力者) 由比町立由比中学校・教諭

吉田 直子 (研究協力者) 筑波大学大学院修士課程教育研究科院生

小野 禎文 (研究協力者) 静岡大学教育学部・理科教育研究室学生

久保輝利子 (研究協力者) 静岡大学教育学部・理科教育研究室学生

山本 由香 (研究協力者) 静岡大学教育学部・理科教育研究室学生

中村 東吾 (研究協力者) 静岡大学教育学部・理科教育研究室学生

4.研究経費

平成6年度 900 千円

平成7年度 1000 千円

計 1900 千円

5.研究発表

(1) 学会誌等

①熊野善介、アメリカ合衆国の地学教育の現状および問題点と日本との比較, 静岡地学, 第70号, pp.1-10, 平成6年.

②Y. Kumano and A. Iwasaki, Implementation of STS Approach Based on Constructivist Standing Points of View - Module 'Global Warming', 静岡大学教育学部研究報告教科教育篇 第26号, 137-156、1994.

③熊野善介、全米科学教育基準(National Science Education Standards)とオハイオ州の新しい州の科学教育基準について、「アメリカの初等, 中等教育の教科・生徒指導実践に関する多面的, 総合的解明の基礎研究」平成6年度文部省科学研究費補助金一般研究(B) 研究成果中間報告書(課題番号 06451151, 研究代表者 桑原 隆), pp.21-29, 平

- ④熊野善介、米国の科学教育改革とその経過、教育の樹林、初等教育資料634号, pp.68-71, 平成7年.
- ⑤Y. Kumano and N. Nagasu, Japanese STS Initiatives, Science Education International, ICASE, Vol.5, No.4, pp.19-21, 1995.
- ⑥熊野善介、高度情報化社会における科学・技術・社会（STS）教育開発に関する実践研究, 日本科学教育学会研究会研究報告, Vol.1, No.1, pp.47-52, 1995.

(2) 口頭発表

- ①Yoshisuke Kumano, Implementation of STS Instruction in Meikei High School, Tsukuba, Japan -Module 'Global Warming'- A Paper Presented at the "A New Trend in Science Education is Emerging: Science/Technology/Society in Japan", p124 in the Summery Book for NSTA's National Convention, at Garden C, Inn at the Park, Anaheim, CA, USA, 8:00-9:00 am, Thursday, March 31, 1994.
- ②熊野善介、構成主義者の立場に基づいたSTSアプローチの実践—モジュール「地球の温暖化」一、日本科学教育学会第18回年会、A127、7月27日、1994.
- ③熊野善介、構成主義的立場に基づいたSTSアプローチの日本モデルの構築（その1）、日本理科教育学会第44回全国大会、G1-09、8月1日、1994.
- ④熊野善介、全米科学教育基準の内容とアメリカの科学教育への影響について、日本理科教育学会第41回東海支部大会講演要旨集、C13:15、1994.
- ⑤熊野善介、ビデオ分析法を用いた実践授業の評価と考察—日本における構成主義的立場に基づいたSTSアプローチの検証一、日本理科教育学会第41回東海支部大会講演要旨集、C16:05、1994.
- ⑥Yoshisuke Kumano, Effectiveness of the STS Approach in Science Education; Results from Shizuoka, Japan, XVIII Pacific Science Congress, Session 17, June 10th, Beijing, China, p.660, 1995.
- ⑦熊野善介&静岡STS研究会, 児童・生徒・学生の科学的世界観について—STS教育のための基礎研究一、日本科学教育学会第19回年回論文集, pp.253-254, 1995.
- ⑧熊野善介、アメリカ・カナダ・オーストラリアのいくつかの州における科学教育基準について、日本理科教育学会第45回全国大会要項, p.49, 1995.
- ⑨小野禎文&熊野善介、現職教師における科学観について—静岡県・三重県・熊本県におけるアンケートの分析から一、日本理科教育学会42回東海支部大会, D14:15, 1995.
- ⑩山本由香&熊野善介、ポートフォリオに関する一考察—理科教育における新しいアセスメント法一、日本理科教育学会42回東海支部大会, G12:15, 1995.
- ⑪久保輝利子&熊野善介、構成主義に基づいたSTSモジュールのアセスメント, 日本理科教育学会42回東海支部大会, G13:45, 1995.

(3) 出版物

- ①Nagasu Namio & Yoshisuke Kumano, STS Initiatives in Japan: Poised for a Forward Leap, Chapter 23, in Science/Technology/Society: Research Implications for Science Education Edited by Robert E. Yager, State University of New York Press, 261-269, 1996.

目 次

はしがき	1
1. 研究成果	
第一章 理科教育の目標論の再考と理科学習評価の新しい方法	5
1.1 理科教育の目標論の見直し	6
1.2 理科学習評価の新しい方法	9
第二章 諸外国における STS に関係する科学教育の研究	14
2.1 全米科学教育基準 (National Science Education Standards) の概要と最終報告書の比較とアセスメント基準について	15
2.2 オーストラリア	32
2.3 カナダ	34
2.4 イギリス	37
中等化学教育の新しい方向性を示すモデルとしての英国の中等学校用化学教科書『the Material World』の基本方針と指導法に関する特色	37
第三章 日本人の科学観に係る研究	47
高校生・大学生・一般人の科学観に関する研究	48
第四章 STS アプローチの日本における実践的研究	86
4.1 アイオワチャタクワ教師教育プログラムと静岡 STS での教師教育	87
4.2 現場理科教師を対象とする評価に関するアンケートの分析	98
4.3 高校有機化学分野における STS 教育の実践	106
4.4 これからの選択理科の授業のありかたについての実践的研究 —STS アプローチによるモジュール「薬とからだ」の授業実践—	119
4.5 構成主義的観点からみた STS アプローチの実践的研究 —中学校選択理科を事例として—	127
4.6 SciencePlus を使用した実践研究 —『角砂糖レースをしよう』を試行して—	141
4.7 SciencePlus 水溶液の授業を実践して	158
4.8 水質改善策の行動化判断チャートの開発とその活用	159

第一章 理科教育の目標論の再考と理科学習評価の新しい方法

1.1 理科教育の目標論の見直し

熊野 善介
静岡大学教育学部

(1)はじめに

先進諸国の今後の科学教育は、いかにして科学・技術分野で質が高く、創造力に富んだ科学的判断力のある市民を育成していくかが重要となる。すでにアメリカではNSFの莫大な援助の基に、巨大理数科教育プロジェクトが進んでおり、それらのどれをみても構成主義的学習とSTS教育が主題であり、どの研究チームがもっとも有効な結果を得られるかを競争しているとも見られる。この科学教育の再構成は多くの国で積極的に進められており、アメリカ・イギリス・オーストラリア・カナダなどでは国家レベルや州レベルで具体的な動きが見られる。ただし、それぞれの国において重点の置き方が異なっているので、異なった評価がなされている。ユネスコが進めている2000+も各国からSTSに関わった研究者が招待されている。我が国でも理科教育の危機的状況に際して理科教育における組織的実践研究が急務である。

(2)問題提起

基礎科学研究者・理科教育学者を中心に科学・技術立国日本が、根底から崩れようとしているのではないかという諸論が多く出されるようになった。逆に述べるならば、これまでの我が国の驚くべき科学・技術の発展を支えてきた理科教育の枠組みを再考しなければならない時が来たのである。

日本は誰もが認めるように資源が乏しい国である。しかし、世界の中でも希にみる教育レベルの高い国である。もし、これからも少なくとも現在の文化レベルを維持するためには、理科教育はどのような寄与が可能であろうか。

(3)理科教育の目標論の見直し

研究者によって、目的や目標という文言の定義が少々異なっている。例えば、高野(1969)は、これまでの世界における理科教育が、実質陶冶と形式陶冶のどちらを重視するかで変化してきたと述べ、いくつかの事例を示しながら、両者をどのように結合させるかが、今後の課題であるとした。さらに、高度情報化社会・高度科学技術社会に対応した理科教育の必要性が述べられた。さらに吉本(1978)は、理科教育の目的の6つの側面として具体的内容を示したのである。これとYager(1991)の理科教育が取り扱う6つの領域を対応させたものが表1-1である。

この表1-1からわかるとおり、吉本にしてもYagerにしても、理科教育の枠組みを考える際、極めて類似したものを示していることである。すなわち、これまで示されてきた理科教育の枠組みよりも、より広い観点で捉えられているのである。このことは本研究をすすめるにあり基本的立場となる。すなわち、理科教育に係る領域は少なくとも6つ以上あり、理科教育学研究も常にこれらが反映される必要が生じてきたといえるのである。

表1-1 理科教育の目的の側面と領域

吉本(1978)	Yager(1991、1993)
1.個人生活、家庭生活に役立つ実用的価値の実現	③応用領域
2.現代社会における職業に必要な専門的知識・能力の基礎を与える。	①概念領域・②科学の方法領域
3.現代の民主的社会における自由と責任を持つ市民として、適正な判断、行動の基礎となる知識・見解を与える。	①概念領域・②科学の方法領域 ⑤科学的世界観領域(科学観)
4.革新的に変化・進展する科学・技術や、それらに関連して生じる社会的諸事情に対して、これらを科学的にとらえ、理解し、判断しうる、柔軟な科学的能力・態度を保有させる。	②科学の方法領域 ④科学的態度領域 ⑤科学的世界観領域(科学観)
5.錯綜する思想・知識・情報などから、確固とした正しい学問・知識・思想を、受容形成していく能力・態度を育てる。	④科学的態度領域 ②科学の方法領域
6.科学的自然観を基礎とし世界観を確立し、現代の人間の文化の一つとしての科学を味わい、味わえる、人間としての教養を育てる。	⑤科学的世界観領域(科学観)

(Yager,1991は6番目の領域として科学的創造領域を提示している。)

吉本による理科教育の目的の側面にはYagerの科学の創造領域は文言としては明確に述べられていないが、創造領域は吉本の4と6の中に内在するとも解釈できるのである。実はアメリカでは、Yagerの理科教育の目的論の論文が1982年に出されてから、論争・議論が起こり系統学習論を主張する科学教育学者等から、かなりの批判を受けた。しかし、アメリカ科学振興協会(AAAS)から、「すべてのアメリカ人に科学を」(Rutherford & Ahlgren, 1989)が出される頃までに、Yager的目的論の方が新科学哲学からの理科教育への影響と認知科学の発達からの応援により優勢になったとみることができるのである。さらにYager(1991 & 1993)はこれらの目標を達成する教育がSTS(科学・技術・社会)であるとしたのである。一方、堀(1994)は吉本の理科教育の目的を理想的で望ましいものであると示しながら、現実として実現できないのではないかと述べ、科学的概念の形成を重視した理科の目標の必要性を主張した。また、大高(1994)は理科教育の目的と科学観との対応の類型化を行い、6種類の類型化を試みた。この中でSTSは5番目の類型化の中で登場し、6番目の類型化においてはSTS教育の立場が複数ありえることを論証している。さらに、理科教育の目的の分析には、その時代や社会における教育観をとらえながら、多様な科学観の併存的影響を考慮すべきだとした。

(4)理科教育の21世紀への課題

以上のことから、21世紀に活躍できる日本人の人材育成のため、理科教育が持つ使命とは何であろうか。簡潔に述べるならば、国際人としてリーダーシップが取れ、科学・技術そのものと、それらと社会との関係を十分理解し、国際人として意志決定のできる人材育成であるといえよう。そのために、日本の文化的・社会的文脈に合致した、理科教育の再編成が急務であり、構成主義を導入したSTSがその中核をなした場合、単にカリキュラムを変えるだけではなく、児童・生徒の学習のあり方や教師の指導のありかた、ひいては学校そのものの問い直し、あらゆる分野での改善を迫ることになる。このとき、文部省・教育委員会・大学・学校・地域社会が、密接な協力体制のもとになされる必要がある。

〈参考文献〉

- 堀哲夫(1992). 第2章構成主義学習論, 理科の学習論下, 理科教育学講座5, 東洋館出版社, 105-221.
- 堀哲夫(1994). 第5章理科をなせ学び教えるか, 理科教育学とは何か, 東洋館出版社.
- Kumano Y(1991). Why does Japan need STS...; A Comparative Study of Secondary Science Education Between Japan and the U.S. Focussing on STS Approach, Bull. Sci.Tec.Soc., Vol.11, 322-330.
- 熊野善介(1995), 全米科学教育基準(National Science Education Standards)とオハイオ州の新しい州の科学教育基準について, 平成6年度文部省科学研究費補助金による一般研究(B)課題番号 06451151, 研究代表者桑原隆, 21-29.
- Ministry of Education and Training.The Common Curriculum (Grades1-9) (1993). Working Document. Ministry of Education. Ontario, Canada. 1-96.
- Nagasu. N(1993). What is STS Approach: Historical and Practical Background,日本理科教育学会紀要 Vol.34, No.1, 79-89.
- 小川正賢(1992). 第1章第3節現代の科学観とそれに基づく探求学習批判,東洋館出版社, 33-58.
- 大高泉(1991), 理科教育の目的の分析視点に関する一考察 -科学観との関連を中心にして-, 日本理科教育学会研究紀要, Vol.32, No.2, 35-45.
- Rutherford F.J. & Ahlgren(1989) A, Science for All Americans Oxford University Press.
- 高野恒雄(1969). 第3章理科の教育の目標,理科教育の理論と実践,東洋館出版社.
- Yager,R.E.,et al. (1991 & 1993) The Iowa Assessment Handbook, Iowa City, IA: The University of Iowa, Science Education Center.
- 吉本市(1978). 第1章理科教育の目的と目標,現代理科教育体系2,東洋館出版社.

1.2 理科学習評価の新しい方法

熊野 善介
静岡大学教育学部

(1) はじめに

まず明らかにしておきたいのは、「評価」はそれが行われる背後に存在する、学習論・授業論・カリキュラム論さらには教育哲学によって、定義されるということである。従って評価の方法もまたしかりである。つまり、これまでの我が国の理科教育を振り返ったとき、系統的学習論と、経験主義学習論との対立があり、それらはそれぞれの「評価の方法」が存在したのである。それでは今後の理科教育においてはどのように捉えていったらよいのだろう。まず、「評価」と言葉に拘ってみよう。

「評価」とは何であるかと問われたとき、評価は「evaluation」の訳か「assessment」の訳かということが問題になる。池田(1995)はテストより広い概念として「assessment」を取り上げ、これを「査定(アセスメント)」と訳すべきであると述べた。池田が述べる背景として、諸外国とくにアメリカでは教育改革が進行中であり、その改革の柱のひとつに、「アセスメント基準(Assessment Standards)」の影響があることが推察できる。

Bloom(1971)はこれまで教科教育の評価においては最も幅の広い研究をし、評価には診断的・形成的・総括的なものがあることを明確に示し、体系的な評価論を展開した。この本の中で、Bloomはほとんど「evaluation」が使用され、「assessment」は総括的評価の説明のところで、「evaluation」より広い意味で使用されている(p.61)。しかし、認知科学が発達した今日、行動主義理的学習論のもとに作成された評価論は諸外国ではむしろ受け入れられなくなりつつある。

我が国はBloom(1971)の影響が強く、多くの研究者や実践家によって今日でもBloomの学習論が広く受け入れられており、ことに診断的評価(Diagnostic Evaluation)や形成的評価(Formative Evaluation)の影響が今回の「新しい学力観」に見られるのではないかと捉えられる。

さらに、認知科学の発達からくる教育哲学が、具体的学習理論を示しながら、理科教育学の分野では1980年代に急激に進歩した。これは構成主義(Constructivism)と呼ばれる。アメリカの歴史上初めて作成されている「全米科学教育基準」で「アセスメント」をどう捉えているかと構成主義的立場に立ったときの評価の方法について述べることにする。なお、「全米科学教育基準」の最終版が1995年12月に作成され、この内容や要約版(1994年2月)との比較については、第2章で詳しく扱っている。

(2) 全米科学教育基準(要約)にみられる評価

◆アセスメント基準(訳:熊野、1995)

学習、学校、郡、州、連邦のレベルで、内容基準に合致している公平で正確な生徒用試験、アセスメント、もしくは教育計画の評価について、その本質的な特徴を明らかにする。それらは、テストそのものではなく、生徒の学習や学校の教育計画を判定するための画一的な方略を示しているわけでもない。

「アセスメント基準」の具体的内容

- ◆科学に焦点を絞ったアセスメント活動は生徒の学習にとって最も重要である。それらは、探究する能力、教科内容の理解力、問題解決のための知識を使う能力、そして、科学的考えについて意思の疎通をはかる能力について行われる。
- ◆アセスメント過程のすべての局面は、アセスメントの目的に合致していなければならない。そして、アセスメントされる科学の一部と言える理解力・論理力・意思の疎通をはかる能力を引き出すような方法でアセスメントが提示されなければならない。
- ◆アセスメントに基づいて児童・生徒の科学学習について信頼性のある推論がなされる。この推論は一般化され、正しく、公の信頼を得ているものである。
- ◆アセスメントの実践は、全ての人々にとって公平になされる。

このことは、全ての児童・生徒の要求を取り入れたり、特定のグループだけに有利な言語を使わないようにしたり、いろいろな人種の人々を満遍なく含み、またいろいろな発達段階の男女を取り入れ、いろいろな下位グループからのできばえを観察することによって実現する。
- ◆アセスメントの過程には、アセスメントの企画・開発、アセスメント活動の専門家がかかわる。
- ◆アセスメントの過程では、学ぶ状況のアセスメントおよび生徒の達成度に対して、等しく注意が向けられる。

学ぶ条件には、教師の力量、公平な扱い、教師への援助、そして、教授と学習のための資料が含まれる。
- ◆アセスメント過程の企画は、結果として出された情報を、どのように利用しようとするかによって決定される。例えば、教授と学習の助言のため、教師たちと生徒たちの間の自己洞察の促進のため、そして、個人・グループあるいは組織としての意思の決定のためなどである。

上記の内容は、1994年の2月にNRC（全米研究協議会）によって出された科学教育基準の内容のうちのアセスメントの部分を訳したものである。紙面の都合で科学教育基準の概要をすべて示すことはできないが、構成主義的学習論とSTS（科学・技術・社会：21世紀を目指した新しい科学技術教育：第1章参照）の影響のもとに作成されたものである。（長洲南海男、1994；熊野、1995）この科学教育基準を達成するため、現在アメリカでは多くの州で、いろいろなアセスメントの方法が提案され実行されている。これらの中で、特にアセスメント基準の具現化のために努力しているカリフォルニア州の新しい評価（アセスメント）の方法について次に示す（Comfort、1995）。これらの多くは、まだ日本では紹介されていないものが多く、また、紹介されていたとしても部分的に解説されているものである。それは、構成主義やSTSという大きな枠組みの理解なしに、評価論のみを取り入れようとする姿勢からくる問題であると見なされる。いずれにしてもこれらのアセスメント方法は「新しい学力観」の評価方法として大いに活用できる可能性がみえてきた。

（3）本物（Authentic）のアセスメント

カリフォルニア州はテキサス州とともに、アメリカの科学教育に多大な影響を与えてきた。その第一の理由が、教科書のほとんどがこの2つの州で作成されているからである。今回の科学教育基準においても、アイオワ州などとともに国家プロジェクトの州として早くから選ばれ、州の教育局と各州立大学が中心になって科学教育改革に着手してきた。この一連の教育改革の中で「本物のアセスメント」の追求を行ってきた。その結果、カリフォルニア学習査定システム（CLAS）が生み出された。このシステムには新しい6つの査定方法が

含まれており、それらはパフォーマンスアセスメント・高度な選択肢問題・オープンエンドな問題・弁明ができる選択肢問題・ポートフォリオである。ここでは、パフォーマンスアセスメント・高度な選択肢問題・ポートフォリオについて事例を示しながら説明する。

①パフォーマンスアセスメント

科学の概念が理解されているかどうかを、用意された実験教材を使用した探究活動とおしたアセスメント法である。すなわち、生徒は手作りの実験教材を渡されて、簡単な実験・観察を行い、データを取り出し記録し解釈するように指示される。パフォーマンスタスクでは、問題を解くために、これまで学習した情報と新しく得た情報に対して、科学的能力をフルに活用することが要求されるのである。アセスメントはあらかじめ作成された、採点基準表(これは、ループリックと呼ばれることが多い)に準じてなされるのである。このパフォーマンスアセスメントはカリフォルニア州の標準テストに採用され実際に行われている。以下に1992年に行われたパフォーマンスアセスメント(CDE,1992)の概略を示す。

探究1:土の分析

状況文:科学者たちが、ある湖の周りにある土壌の検査を行う。この検査の目的は、第一に土壌から湖に流れ込む地下水の流れの速さをもとめること、第二に土壌から地下水に溶け出て湖に達する化学物質を突き止めることである。

資料:湖の周りの3つの地域から採集された土壌が用意されている。

課題1:3つの土壌資料を良く観察し、下記の空欄にそれぞれの土壌をスケッチし、観察内容を記載せよ。(自由記述)

課題2:あなたの観察に基づいて、どの土壌資料が最も速く地下水を通すことができるか仮説を作りなさい。(自由記述)

課題3:あなたの仮説を確かめるためにどのような実験をしますか。以下の空欄に表しなさい。以下に示すどの実験機器・材料を使用しても宜しい。(土壌資料・安全メガネ・水・じょうご・ろ紙・時計とストップウォッチ・3つの小さなカップ・目盛り付きのシリンダー)

課題4:実験をしなさい。水の透過する速度を測定しなさい。データ用紙に結果を記載しなさい。

②高度な選択肢問題

生物学・地球科学・物理科学の複合した領域に関する問題について短い文章で示し、単純な科学概念の繰り返しを問うのではなく、科学が取り扱うより大きな考えについて問うものである。このような問題では児童・生徒は、これまで得た科学概念を駆使して、より深く考えることを要求される。次に事例を示す。

事例:小学5年の科学プロジェクトのため、次郎と太郎は庭に大豆の種子を蒔くのを手伝った。

課題1:次郎と太郎は大豆の種子を庭に蒔く前に、実験室で芽を出させることにした。下記に示す図は、根が垂直な方向に伸び始めた幾つかの大豆の種子を表している。さて、根が成長する方向は、次の何に反応したと考えられるか。

a.光 b.熱 c.酸素 d.重力



③ポートフォリオ

ポートフォリオアセスメントは学者によっても、実践家にとっても少しずつその定義がより改善されてきている。そして、今日でも、ポートフォリオアセスメントはこうであらねばならないというステレオタイプが作られ、多くの教師がまねをするだけでは「本物のアセスメント」とはいえない。是非、ポートフォリオアセスメントを詳しく解説しているものを参照していただきたい。(たとえば、Smith & Ylvisaker, 1993やMartin & Miller, 1995)

初期のポートフォリオは評価やアセスメントとしての位置付けではなく、児童・生徒がある学期や学年でどのような作品を作ってきたかを振り返り、自分の考えとしてまとめるため、あるいは父母会などの面談の資料として集められた個々人の作品集のようなものをさしていた。ところが、構成主義的学習観により「評価 (evaluation)」から「アセスメント (assessment)」に移行するにつれ、これまでの評価をより広い意味のアセスメントに拡大していく必要があった。これは児童・生徒が理科をどのように理解したのかを教師側から断片的に強制的に捉えるのではないということである。理科を学習する中で児童・生徒がどのように「科学的思考」・「科学的方法」・「科学的世界観」・「科学的態度」・「科学的創造力」・「科学的応用力」を身につけて再構築していったかを一人一人が再認識し、理解をより深めるためにアセスメントがあるのである。したがって、ポートフォリオアセスメントは、実践者によって多少の違いはみられるが、幾つかの共有される要素がある。

- (1) ポートフォリオアセスメントがどのようなものか、どのようになされていくのか理解されていること。(公平かつ積極的な参加)
- (2) 学期や学年という長期に渡って行われる。
- (3) 理科に関する個々人の多面的な情報の収集(スケッチ・作文・レポート・豆テストなど)
- (4) 作品について、教師はその都度よりよい作品にするための適切な助言を与える。
- (5) 児童・生徒は自分の作品等に責任と誇りを持つように指導されること。
- (6) 教師によるアセスメントを受けるために、児童・生徒はいままでの作品等を振り返り、個々人が選ぶことができ、また、ある一定の期限の中で改良・改善できる。
- (7) 児童・生徒がどうしてそれらの作品等を選んだか。また、どのような出来具合か等の生徒によるアセスメントを大切にする。
- (8) 提出された、ポートフォリオがどのようなアセスメント基準(ルーブリック)で判定されるかが準備されていること。

カリフォルニアのGSEポートフォリオアセスメントでは、3種類の科学的学習が要求された。第一は科学の自由研究、これは、長期の休みにやるのではなく、授業時間外にどこでもいつでもできる身近な科学的問題を見つけて行う。理科教師は自由研究の計画・実行において適切な指導を行う必要がある。第二に科学概念をいろいろな表現法を用いて表す。これは、絵や詩で科学概念を表現したり、芸術や音楽で表しても良いのである。この活動は創造力が要求されるとともに、科学概念をよりの確に理解しようとする活動になる。第一の自由研究よりも多くの作品が産み出される。第三は科学概念をどのように捉えたかをそのつど書き留めていく活動である。これは、一つの授業の中で数回書き留めることもあるであろうし、学習内容によって頻度は変わるのである。児童・生徒は科学概念をどのように捉えていくかについて、定期的に読み直し、自分がどのように科学概念を再構築してきたかについて、まとめることが要求されるのである。

〈参考文献〉

- 池田央(1995).「テスト法の限界と新しい可能性」中等教育資料、653号、10-15.
- Bloom B. S. (1971). Hastings J. T. & Madaus G.F. 「Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning」 McGraw-Hill Inc.
- California Department of Education(1992).「1992 Performance-Based Assessment Grade 10 Science」 California Assessment Program.
- Comfort K.B(1994). 「Authentic Assessment: A Systemic Approach in California」 Science and Children vol.32、no.2、 42-66.
- 熊野善介(1995).「全米科学教育基準(National Science Education Standards)とオハイオ州の新しい州の科学教育基準について」 平成6年度文部省科学研究費補助金による一般研究(B) 課題番号 06451151. 研究代表者桑原隆 21-29.
- 長洲南海男(1994).「アメリカの科学教育改革におけるSTS教育運動」 —アメリカの初等、中等教育の教科・教科外実践に関する多面的、総合的解明のための基礎的研究—、平成5年度筑波大学学内プロジェクト研究報告書、107-116.
- National Research Council (1994). 「National Science Education Standards”Headline” Summary」 February 17.
- Smith A.M. & Ylvisaker M.(1993) 「TEACHERS' VOICES Portfolios in the Classroom」 National Writing Project Corporation、1-172.
- Martin M(1995). Miller G. & Delgado J., 「Portfolio Performance」 The Science Teacher、 vol.62、 no.1、 51-54.

第二章 諸外国における STS に関する科学教育の研究

2.1 全米科学教育基準 (National Science Education Standards)の概要と最終報告書の比較とアセスメント基準について

熊野 善介
静岡大学教育学部

1. 序

全米科学教育基準の概要については熊野(1995)が報告したとおりであるが、この最終報告書が1995年の12月出版された。そこで、本稿では、概要と最終報告書の類似点・相違点の概略と特にアセスメント基準に焦点化した。

2. 全米科学教育基準が生まれるまで。

前回の熊野(1995)の報告書の中では述べられなかったり、不明確であったりした点についてまとめる。以下の内容は、全米科学教育基準の最終報告書と先日(1月17日～2月3日)まで滞在していたカリフォルニア州立大学のハーバート・ブランコースト(Dr. Herbert Brunkhorst)教授から得た情報も含めてまとめられたものである。

科学教育改革運動については既に長洲(1994a・1994b)が詳しくまとめているので参照していただきたい。科学教育基準の作成については、1989年の全米州知事連合会(National Governors Association)が全米教育目標の作成に賛成が得られたことに始まる。ジョージ・ブッシュ大統領は直ちに全米教育目標研究班(National Education Goals Panel)を召集した。この全米教育基準作成への支持はウィリアム・クリントン大統領にも引き継がれた。

1991年の春、NSTA(全米科学教育連合学会)の会長がNRC(National Research Council; 全米研究協議会)の議長であるフランク・プレス博士(Dr. Frank Press)に対してNRCが全米科学教育基準を開発するまとめ役をするよう懇願した。多くの基礎科学の学会や科学教育関係の学会、連邦教育局長、NSF(全米科学財団)の事務局長、全米教育目標研究班の代表者のすべてが同じ意見であった。間もなく、全米科学教育基準を開発のための予算が連表教育局ならびにNSFから出され研究開発が始まった。この予算のもとにNRCはNCSESA(National Committee on Science Education Standards and Assessment:全米科学教育基準ならびにアセスメント委員会)を組織した。議長はジェームズ・エバート博士(Dr. James Ebert)と1993年からはリチャード・クラウスナー博士(Dr. Richard Klausner)であった。さらに、議長直属の諮問委員会が召集された。諮問委員会には、NSTA, AAAS (American Association for the Advancement of Science, アメリカ科学振興協会), ACS(American Chemical Society:アメリカ化学会), NSRC(National Science Resources Center:全米科学支援センター), AAPT(American Association of Physics Teachers:全米物理教師学会), CSSS(Council of State Science Supervisors: 州科学教育指導主事協議会), ESEC(Earth Science Education Coalition:地学教育連合会), NABT(National Association of Biology Teachers:全米生物教師学会)が参加し協力した。

NCSESAは1992年の5月に最初の会議を開き、内容・教授・アセスメントの3つの実行委員会に分かれた。1992年の夏に集中的な仕事が行われた。1993年の秋までに第一段階レベルの基準が開発された。この18ヵ月間、多くの教師、科学者、科学教育学者、そして科学教育に興味のある方々からの懇願を受け付けた。科学教育の改善のための問題と科学教育基準の内容について、より多くの議論をするため、150回以上の公共の場での発表が行なわ

れてきた。1993年の年末までに全米科学教育基準の概要の作成が終了し、1994年の5月に批判と検討のため、公共に提出された。この後すぐに諮問委員会に2つの組織が参加した。NCTM(National Council of Teachers of Mathematics:全米数学教師協議会)と NSP(New Standards Project:新基準プロジェクト)である。さらに、NRC はまだ全米科学教育基準の作成に係っていない人々による、5つの焦点化グループを設置した。多くの討論・改訂を重ねて、1994年の12月に全米科学教育基準の複製が4万部作成され、1万8千人の個人と250のグループに送られ、さらなる検討・改訂が行なわれ、最終的に1995年12月に出版がなされた。ハーバート・ブランコースト先生によれば、この全米科学教育基準の最終報告書作成のために10億円ほどのプロジェクト費用がかかったとされる。

3. 全米科学教育基準 (National Science Education Standards)の概要と最終報告書の比較

全米科学教育基準の概要と最終報告書とを比較するとどのような点が変更されているであろうか、今回はすべてにおいて示すことは紙面が限られているので、大きな骨格について述べる。

まず各基準の骨格に入る前に示さなくてはならないのが、大きな基準の順序が変化したことである。このことは構成主義学習理論とSTSを受け入れることによる教育に対する捉え方が、また一步前進したと見なせないであろうか。すなわち、科学教授基準と科学教師の専門性向上基準により先生方の意識改革を行ない、この延長上に科学教育アセスメント基準をおき、これらが適切に行なわれるならば、児童生徒が体得できる科学教育の質が深まるという考え方が主流になりえたのではないかと予想できる。

・概要	・最終報告書
◆内容基準	◆科学教授基準
◆教授基準	◆科学教師の専門性向上の基準
◆教師の専門性向上の基準	◆科学教育アセスメント基準
◆アセスメント基準	◆科学の内容基準
◆教育計画基準	◆科学教育計画基準
◆体系基準	◆科学教育体系基準

3.1 内容基準

全米科学教育基準の概要の順番で各基準の骨格にどのような変化がみられるかを確認していくものとする。ここで、分かりやすくするため、概要が残ったものはアンダーラインを付加し(項目全体が残った場合は頭に◆の印をつけた)、追加されたものを太字で示し(文章ごと新しくなったものは◎の印をつけた)、削除されたものは頭に◇の印をつけた。

科学教育の内容基準 (1-1)

	探究としての科学基準	物理科学基準	生命科学基準
K	◇疑問に答えるために、情報を求める。	◆物体と素材の特性。	◆生物の特徴。
I	◇単純な調査を計画し、実行する。	◆物体の位置と運動。	◆生物の一生。

4	◇簡単な器具を用い、データを集める経験をする。 ◇筋の通った説明を組み立てるためにデータを使う。 ◇調査と解釈についてコミュニケーションをはかる。 ◎科学的探究を行なうのに必要な能力。 ◎科学的探究について理解する。	◆エネルギーのかたち： <u>熱</u> 、 <u>光</u> 、 <u>電気</u> 、 <u>磁気</u> 。	◆ <u>生物と環境</u> 。
5 8	◇自然科学の調査のための疑問の明確化。 ◇自然科学の調査を企画し、実行する。 ◇データを集め、分析し、解釈するための適切な器具と技術を用いる。 ◇証拠に基づいた解釈や複数のモデルを組み立てる。 ◇証拠と解釈の関係について、批判的かつ論理的に思考する。 ◇別の解釈や方法を認め、それらについて分析する。 ◇科学の方法や解釈についてコミュニケーションをはかる。 ◎科学的探究を行なうのに必要な能力。 ◎科学的探究について理解する。	◆ <u>物質の特性と物性の変化</u> 。 ◇物体の粒子モデル。 ◆ <u>運動と力</u> 運動の変化。 ◆ <u>エネルギーの移動と変換</u> 。	◇細胞と多細胞生物。 ◎ <u>生命システムの構造と機能</u> 。 ◆ <u>遺伝、生殖、発育</u> 。 ◎ <u>調節と行動</u> 。 ◆ <u>生物の多様性と適応</u> 。 ◆ <u>個体数と生態系と生物</u> 。

科学教育の内容基準（１－２）

	探究としての科学基準	物理科学基準	生命科学基準
9 1 2	◇科学的な調査に導く疑問と概念を明らかに期する。 ◇自然科学の調査の全行程とコミュニケーションを企画し、実行する。 ◇調査を改善するため技術を使用する。 ◇論理と証拠を用いながら、科学的解釈と複数のモデルを組み立てたり修正する。 ◇別の解釈やモデルを認め、それらについて分析する。 ◇科学的な議論を通して意思の疎通をすると共に、正当性を主張する。 ◇歴史上のあるいは現在の科学の探究について分析できる。 ◎科学的探究を行なうのに必要な能力 ◎科学的探究について理解する	◎ <u>原子の構造</u> ◆ <u>物質の構造と性質</u> 。 ◆ <u>化学反応</u> 的相互作用。 ◆ <u>力と運動と力</u> 。 ◆ <u>エネルギーの保存と伝達</u> 。	◇構造と機能の多様性。 ◆生命単位としての細胞と多細胞生物の形成。 ◆細胞を基礎とした <u>遺伝</u> の原理。 ◆ <u>生物学的生命の進化</u> 。 ◆生命体における <u>物質とエネルギーと組織</u> 。 ◆ <u>個体数と生物の相互依存</u> 。 ◎ <u>有機体の行動</u>

科学教育の内容基準（２－１）

	地球および宇宙 科学基準	科学と技術（科学技術）基準	科学と社会的挑戦 個人及社会的観点からの科学
K	◆ <u>地球を構成する物質の特徴</u> 。	◇問題を述べる。 ◇一つの解決策を企画し、実行する。	◎ <u>個人の健康</u> ◆ <u>人口の特性と変化ニーズ</u> 。

4	<p>◆<u>大気中の物質</u>.</p> <p>◎<u>地球と空の変化</u></p>	<p>◇問題や企画、解決についてコミュニケーションを行う.</p> <p>◇解決（結果）について評価する.</p> <p>◎天然物と人工物を見分ける能力</p> <p>◎科学技術的デザインの能力</p> <p>◎科学と技術の理解</p>	<p>◆<u>資源のタイプ</u>.</p> <p>◆<u>環境の変化</u>.</p> <p>◇個人的な行動.</p> <p>◎<u>地域の挑戦としての科学と技術</u></p>
5 8	<p>◆<u>地球システムの構造における相互作用と環境</u>.</p> <p>◆<u>地球の歴史</u>.</p> <p>◆<u>太陽系の中の地球</u>.</p>	<p>◇技術の企画過程.</p> <p>◇科学と技術の関係.</p> <p>◇科学の探究と技術の企画の類似点と相違点.</p> <p>◎科学技術的デザインの能力</p> <p>◎科学と技術の理解</p>	<p>◎<u>個人の健康</u></p> <p>◆<u>社会における人口、資源、環境</u>.</p> <p>◆<u>天災</u>.</p> <p>◆<u>リスクと利益</u>.</p> <p>◆<u>社会における技術と社会</u>.</p> <p>◇個人的な意思決定.</p>

科学教育の内容基準（2-2）

	<u>地球および宇宙科学基準</u>	<u>科学と技術（科学技術）基準</u>	科学と社会的挑戦 個人及社会的観点からの科学
9 12	<p>◆<u>地球システムにおける物質とエネルギー</u>.</p> <p>◆<u>地球システムの地球化学的過程と循環</u>.</p> <p>◆<u>地球システムの進化と起源</u>.</p> <p>◆<u>宇宙の中の地球起源と進化</u>.</p>	<p>◇技術の本質.</p> <p>◇技術の企画過程.</p> <p>◇科学と技術の相互作用.</p> <p>◇科学と技術の類似点と相違点.</p> <p>◎科学技術的デザインの能力</p> <p>◎科学と技術の理解</p>	<p>◆<u>個人及び地域の健康</u>.</p> <p>◆<u>人口増加</u>.</p> <p>◆<u>天然資源</u>.</p> <p>◆<u>環境の質の低下</u>.</p> <p>◆<u>天災と人災</u>.</p> <p>◇地球規模の変化.</p> <p>◆<u>地方レベル、国家レベル、地球レベルでの科学、技術と公共政策</u>.</p>

科学教育の内容基準（3）

	<u>科学の歴史と本質基準</u>	<u>科学の概念と方法の統合</u>
K～4	<p>◇科学の探究.</p> <p>◆<u>人類の努力としての科学</u>.</p>	<p>◆<u>システム、順序性と組織</u> ◇<u>尺度</u></p> <p>◆<u>証拠、モデルと説明</u> ◇<u>応用（適応）</u></p> <p>◆<u>変化、恒常性と測定</u> ◇<u>相互作用</u></p> <p>◎<u>進化と釣り合い</u></p> <p>◆<u>形態と機能</u></p>
5～8	<p>◇科学の探究. ◆<u>人類の努力としての科学</u>.</p> <p>◎<u>科学の本質</u></p> <p>◇科学と社会. ◎<u>科学の歴史</u></p>	同上
9～12	<p>◇科学の探究.</p> <p>◇科学的解釈. ◎<u>人類の努力としての科学</u>.</p> <p>◆<u>科学知識の本質</u>.</p>	同上

科学教育の内容基準において、概要と最終報告を比べてみると、明らかに変更の多いところと少ないところがみられる。探究としての科学基準と科学と技術基準はすべての内容を2つないし3つの項目で表現し直したと言えよう。物理科学基準と地球および宇宙科学基準の変化はそれほどなかったと言える。生命科学基準は5～8学年と9～12学年との内容の入れ替えが見られたり、新しい項目が入れられたりした。また、概説では科学と社会的挑戦という項目名が個人及び社会的観点からの科学に変更され、新しい内容が付加されたり統合されたり、削除されたりした。また、科学の歴史と本質基準では、科学の探究という内容が削除され、新しく付加されたものもみられるが、基本路線の変更はみられない。科学の概念と方法の統合では尺度、適応、相互作用は削除され、新しく進化と釣り合いが入った。ここに至るまで、かなりの議論があったことであろう。

3.2 科学教授基準

科学教授基準の内容は大きな変化はみられないが、あらゆる基準の中で最初に解説がなされており(第3章)その重要性が認められる。今回の科学教育改革の中心となるの科学教師の意識変革とそれに基づいた授業づくりであることである。そして、このためにアイゼンハワー法(Education for Economic Security Act, PL98-377;経済保証教育法が継続及び修正されて1989年から執行されている; Eisenhower Mathematics and Science Education Act; PL100-297)などの法律で教師教育が行なわれてきた。今後もこの方針がこの科学教育基準で支持されることになる。以下に最終報告書で述べられた科学教育基準の骨格となる文を示す。また、要約の文を枠の中に示した。これから分かるように要約されより短い文で示されたといえる。

科学教授基準A: 探究活動を基本とした科学プログラムの計画をすること。

科学教授基準B: 児童・生徒の学習のための状況作りや支援のための具体的行動を行なうこと。

科学教授基準C: 教授活動と児童・生徒の学習に対してアセスメントが行なわれること。

科学教授基準D: 児童・生徒にとって科学の学習が行なわれるために、学習環境を開発すること。

科学教授基準E: 科学学習者の意思の疎通をはかること。

科学教授基準F: 学校科学プログラムの計画と開発を行なうこと。

◆内容基準に添って教師は目標を設定し、科学の学習の経験を計画・企画する。このために、どのようにして科学が教えられ学ばれるのかについての理解、更に個々の生徒の経験・知識、特定の興味についての理解が必要である。

◆教師は生徒と触れ合うこと・議論を統合すること・相違点を認識すること・全ての生徒の学習経験に関わること・生徒に責任ある個人であると同時に協力的な学習者になるように挑戦すること、そして、科学的思考・科学的好奇心・科学的創造力の模範となる習慣を提供することにより学習へと導き、学習の場を設定する。

◆生徒の進歩をモニターし記録するため、また教授訓練や生徒の指導のため、教師は絶えず学習を評価し、教授を分析し続ける。

◆教師は学習共同体を構築する。この学習共同体では、一人ひとりの生徒が、一貫して精神、態度、価値に関わる科学的習慣に取り組む。これらは、考えや経験を重んじ、解決における生徒の発言や学習に対する責任を重んじることにより、また、経験・学習を協力して行うアプローチや、科学的な議論のルールに対する共通理解

を持つことを通して行われる。

- ◆教師は、科学の学習のために時間・空間・教材を生徒にたゆまず提供する。すなわち、調査時間の延長の確保・探究がより深められるための補助・自由度の高い研究の保障・手作りの調査の奨励・安全性の確保・適切な印刷物や教材の提供・学校外資源の使用の勧め・生徒の企画する調査の機会の確保を行なうことである。

科学教授基準における強調点（最終報告書 p52 より）

強調しない点	強調する点
●すべての児童生徒を同じく扱うこと。教室全体に対応する。	●個々の児童生徒の興味、能力、経験、要求を理解し対応する。
●追従しなければならないカリキュラム	●選択したり柔軟に改訂可能なカリキュラム
●児童生徒の獲得した情報に焦点化	●児童生徒の理解と科学的知識・思考・探究の過程の使用に焦点化
●講義、教科書、演示を通して科学的知識を提供する。	●児童生徒が具体的に発展した科学探究を行な得るよう導くこと。
●獲得した知識について質問し、口頭で答えさせること。	●科学的議論やディベートを児童生徒間で行なえる機会を提供すること。
●単元や章の最後で、事実に関する情報のテストを行なう。	●児童生徒の理解について継続してアセスメントを行なう。
●教師の責任と威厳を擁護する。	●児童生徒とともに、学習することへの責任を共有する。
●競争を支持する。	●協力しあい、責任を分かち合い、尊敬しあう学級コミュニティを支持する。
●教師一人で行なう。	●科学プログラムの質の向上のため、他の教師とともに働く。

3.3 科学教師の専門性向上の基準

要約の5番目が削除された。この理由は、5番目の内容はどちらかというと科学教育体系基準の方に含まれるからであろう。基本的立場は構成主義に基づいた教育哲学であるといえる。次に科学教師の専門性向上の基準の最終報告書の骨子を示す、そして、要約の骨子をその後に枠をつけて示す。

科学教師の専門性向上の基準A：探究活動を通じた科学の内容の学習。

科学教師の専門性向上の基準B：科学についての知識と学習論、教授論、児童生徒についての知識の統合。

科学教師の専門性向上の基準C：生涯学習に対する理解と能力の向上。

科学教師の専門性向上の基準D：専門的資質向上プログラムには科学教育基準が徹底されており、すべての基準が融合されている必要がある。

- ◆教師は、探究における見方や方法を通して、科学の内容を学ぶ。
- ◆教師は、科学、教授学、そして子供達とその学習に関する自分の知識を統合することができ、この知識を科学の教授に適応することができる。
- ◆教師は長期の学習に関わり没頭することにより、また自分の知識や技量を評価し分析しそして自分の知識や技量に反映させることによって、自己の技能や能力を作り上げる。

- ◆教師は全米科学教育基準の概念や観点と同じ路線で、かつ首尾一貫した学習プログラムを経験する。それは、個々の教師によって企画される場合もあるし、例えば大学や学区の教育委員会などの機関において企画される場合もある。
- ◆連邦・州・地方および専門家による学会の政策は、この全米基準によって描かれた科学教師の資質向上の観点を支持するために調整されるものである。

科学教師の専門性向上の基準における強調点（最終報告書 p72 より）

強調しない点	強調する点
●講義による知識や技能の伝達。	●教授と学習に対する探究。
●講義と音読による科学の学習。	●調査や探究活動を伴った学習。
●科学と教授論との分離。	●科学と教授論の統合。
●理論と実践の分離。	●学校という状況での理論と実践の統合。
●個別の学習。	●お互い助けあい協力しあう学習。
●ちぎれちぎれの単発の授業。	●長い期間に渡り一貫した計画。
●大学でのコースとワークショップ。	●専門職の質の向上のための様々な活動。
●外部（学校外）の専門家の意見の重視。	●学校内外の専門家の意見を取り入れる。
●教育者としての指導主事。	●支援者、助言者、計画者としての指導主事。
●技能者としての教師。	●知的で思慮深い実践家としての教師。
●教授論を消費する者としての教師。	●教授論を新たに生みだしていく者としての教師。
●追従する者としての教師。	●リーダーとしての教師。
●教室内での一個人としての教師。	●協力し合う専門家集団の一員としての教師。
●変化の的としての教師。	●変化を促進し、かつ変化の源である教師。

3.4 科学教育計画基準

要約と内容的に大きな骨格の改訂はみられない。この科学教育計画基準で示されていることは、科学プログラムがその場限りの単発的なものではなく、学校全体のプログラムの中にスムーズに組み込まれ、学校全体としてまた地域からの支援をうけながら科学教育基準が具現化されることが望まれているのであるといえる。次に科学教育計画基準の最終報告書の骨子を示す、そして、要約の骨子をその後に枠をつけて示す。

科学教育計画基準A：すべての学年レベルを通して、他の科学教育基準と科学プログラムが一貫していること。

科学教育計画基準B：いろいろなカリキュラムの中に内容基準のすべてが含まれていること。このとき、カリキュラムは、発達段階からみて適切であり、興味深いものであり、児童生徒の日常生活に関連しているものであり、探究活動を中心に組み立てられたものであり、他の教科と関係づけられたものであること。

科学教育計画基準C：数学教育と科学教育の連携。

科学教育計画基準D：すべての児童生徒への適切かつ十分な教材、教具等の提供。

科学教育計画基準E：すべての児童生徒が等しく科学教育基準を達成できる機会の提供。

科学教育計画基準F：教師を支持し、支援し、激励する地域社会の開発。

- ◆学校科学教育プログラムにおける内容・教授・評価は、明確に理解されうる学習目標とねらいを達成するため、複数の教育レベルを通して整然とかつ明瞭に表現される。
- ◆科学プログラムに選ばれた内容は、発達段階の特性に応じており、探究学習による知識の獲得を強調することであり、いろいろなカリキュラム形態の中に内容基準が盛り込まれていることであり、なおかつ、全ての基準の内容が盛り込まれていることである。
- ◆科学学習プログラムは、科学学習で使用されている数学の理解が深まるため、数学プログラムと連動すべきである。
- ◆生徒と教師は、適切で十分な時間・空間・教材・教具・人的援助を手に行うことができる。
- ◆科学教育は、学習者集団の中で科学を学ぶ機会を与えてくれるものである。この学習者集団は科学的態度や科学的精神、そして科学を学ぶ社会的意義を価値づけるものである。科学教育はグループで活動する能力を育成し、かつ学習する責任が生徒にあるということに導くものである。
- ◆K-12 学年の全ての生徒は、等しく全米科学基準を達成する機会が与えられるのである。すなわち、等しく設備・教材・教具を用いることであり、優れた教授を等しく受けることであり、いろいろな人種の人々とともに学習することである。

科学教育計画基準における強調点（最終報告書 P224 より）

強調しない点	強調する点
●異なった学年レベルの科学プログラムを1つ1つ独立して作成する。	●科学教育プログラムを K-12 の学年を通して、関連、連携させて作成する。
●カリキュラムや授業方法と関連しない評価方法を使用。	●授業方法（教授法）、アセスメント、カリキュラムの相互提携。
●本代としての現状維持資金の割り当て。	●基準にのっとった手作りの探究活動に必要な教材、教具等のための資金の割り当て。
●教科書と講義にたよるカリキュラム。	●野外調査や探究を重んじた実験のような、いろいろな内容を含み、同時に基準で支持されるカリキュラム。
●日常生活と直接係らない広い領域の事実の寄せ集めカリキュラム。	●児童生徒の日常生活に関連した自然現象や、科学と関連した社会的諸問題が含まれるカリキュラム。
●他の教科から遊離した教科としての科学。	●数学や社会のような教科などと科学を結ぶこと。
●科学が好きなグループに科学を学ぶ機会を与える。	●すべての児童生徒に、科学を学ぶ機会、そして、科学に挑戦することを提供する。
●科学教師の採用は限られた教師選考委員による。	●科学教師の採用に、成功した科学教師を選考メンバーに参加させること。
●教師は孤立状態になっている。	●教師に生涯教育の機会と関係する人々との相互交流の機会を提供し、教師を専門家として待遇する。
●競争原理を支持する。	●学校全体の質の向上のために、チームとして教師間の友好を深める。
●追従者としての教師。	●意思決定者としての教師。

3.5 科学教育体系基準

要約ではその内容が必ずしも明確ではなかったが、この基準はすべての科学教育の実行に際して判断する基準が述べられている。基本的には、教育をシステムの捉え、科学教育に携わるすべての学校、公共機関、団体が同じ教育方針（科学教育基準）で教育活動を行なうならば、素晴らしい成果が得られるだけでなく、幾多の無駄を省くことができるという立場である（P 237 参照）。体系基準のC・F・Gは新しく付加された。

次に科学教育体系基準の最終報告書の骨子を示す。そして、要約の骨子をその後に枠をつけて示す。

科学教育体系基準A：教授・資質の向上・アセスメント・内容そして計画の各基準とともに、科学教育に影響を及ぼす政策と調和をはかる。

科学教育体系基準B：政府機関や公共施設そして各種の団体の内外において、科学教育政策が整合していること。

科学教育体系基準C：長期に渡る科学教育政策の継続。

科学教育体系基準D：科学教育政策を支援する各種の物的・人的資源の提供（資源：科学の学習時間の確保、優秀な教師からの援助、良く練られたカリキュラムの入手、教材・教具の提供など）。

科学教育体系基準E：平等性が科学教育政策に具体化されていること。

科学教育体系基準F：意図せぬ（予期せぬ）科学教育政策の影響の可能性がある。（より良い科学教育を目指しても、結果として児童生徒に悪い影響を及ぼすことがありうる。このようなことがおこりうるので、常にレビューが必要である。）

科学教育体系基準G：基準で示されている新しい科学教育の観点を達成するための個々人の責任（科学教育に携わる集団を構成する個々人が、いろいろな系を繋げていることから、個々人の責任は重大であるとする考え。）

◆体系基準は、内容基準・教授基準・評価基準そして教育計画基準に基づいて評価方針の足並みを整えるものである。（A）

◆体系基準は教授基準とともに教員養成と教員認可政策の調和をはかるものである。（B）

◆体系内のいろいろなレベルどうしのやり取りは、内容基準・教授基準そして評価基準と一貫して足並みを整えるものである。（B）

◆資料の配置は、教授基準と教育計画基準に一貫して行われる。そして、公平の原理と基準に合致したものである（E）。

3.6 科学教育におけるアセスメント

今までは評価といえば、単に子供たちの通知表を作ったり、子供たちの位置付けを確認したり（教師が決めた枠組みの中で）するためのものであった。ここでいうアセスメントというのは、子供たちが自分がどう変わってきたのか自分で自分を見られるように教師が援助してあげることであり、自分の能力を生かせるように使われる本物のアセスメント(Authentic Assessment)のことである。つまりここでは、「評価」という考え方から「アセスメント(本物のアセスメント)」へということを強調している。次にアセスメント過程で必要とされる要素（最終報告書 p.77）が示されている。ここでは最終報告書の科学教育におけるアセスメントの内容を要約し、より詳しく最終報告書の内容を明確にすることにする（最終報告書 p.77）。

アセスメントをどう使うか	なぜアセスメントデータを集めるのか	アセスメントデータの種類	アセスメントデータを利用する人々
<ul style="list-style-type: none"> ・授業を計画する上で使われる ・学習を支援するために使われる ・成績をつけるために使われる ・比較をするために使われる ・単位や免許のために使われる ・より進んだ子供を特定するために使われる ・教育論を作り上げるために使われる ・どのようなポリシーで科学教育をやっているかを見るために使われる ・どのくらいの効果があったかモニターするために使われる ・どこにどのようなリソースがあるかを見るために使われる ・出来上がったカリキュラムやプログラムや教師教育がどうであるかを見るために使われる 	<ul style="list-style-type: none"> ・質がどのくらいあがったかを見るため ・生徒がどのように上達し態度がどう変わっていったかを見るため ・教師の質を問うため ・プログラムの特性を知るため ・どのように教材や教師を分配したらよいかを知るため ・理科教育をどのようにしていくかを知るため 	<ul style="list-style-type: none"> ・紙と鉛筆のテスト ・パフォーマンステスト ・インタビュー ・ポートフォリオ ・日常のパフォーマンス ・教室内での先生、生徒、プログラムの観察 ・授業の報告書の分析 ・教材についての専門家によるレビュー 	<ul style="list-style-type: none"> ・教師 ・子供たち ・教育委員会の人々 ・父兄 ・一般の人々 ・政策を決定する人々 ・大学 ・企業 ・政府



これらのデータをもとに決定と行動を起こす

基本的にアセスメント（今までは評価と呼ばれていたもの）の重要性が示された。つまり新しい科学教育を推進する上で理論だけが先行するのではなく、具体的な授業そのものをどのようにアセスメントしていったらよいか明確にならない限り、教育を良くすることは難しいからである。そのためにこのアセスメント基準が作られたと言っても過言ではない。実は、アセスメントと学習はまさにコインの裏と表である。表が学習であれば、裏はアセスメントである。すべての学習活動の中に、アセスメントが関わってくるということを認識することは学習に対する考え方の変化の一つであると言えることができる。つまり、アセスメントをきちんとやることによって、学習そのものが深まるということになる。したがって、このアセスメントの理論では、一つのアセスメント方法だけからデータを得るのではなく、複数の方法で複数の軸からデータを集めるにはどうしたらよいのかということが述べられている。またそのデータの捉え方も問題になってくる。したがってアセスメントとは科学という教科の中で、科学というものをどうやって手に入れていくか、自然界を科学的にどう理解していくか、科学の本質と科学の有益性、有用性をどう理解していくか等について行なっていくということである。例えば、パフォーマンステストやポートフォリオが良い例である。(pp.75-78)

〈アセスメント基準A〉

アセスメントを行うにあたり、それをどのような目的でやるかということが文章でしっかりと示されている必要

がある。

(1) アセスメントには次に述べる6つのことが示される必要がある。

①アセスメントを行う目的が書かれていなければならない。

②集めるデータがどのようなものからなっており、またどのような質のものを集める必要があるのか書かれていなければならない。

③データをとるにあたって、どのくらいの数の子供たちから集めるか、またどのくらいの数の学校から集めるかが明確に述べられていなければならない。

④データを集める方法について述べられていなければならない。

⑤データを解釈する方法について述べられていなければならない。

⑥どのような過程(プロセス)で誰が結論を出すかが述べられていなければならない。この場合の結論というのは、アセスメントの結果をどのようにして判断し、どのようにして解釈するかというその解釈をする人のことである。

(2) このようなアセスメントが何でどのような目的で行われるのかについて明確に述べられる必要がある。

アセスメント活動はかなりの労力を要するものであり、教師や子ども達に対して、人的にも時間的にも知的にも大変な時間を要する。そのため目的がはっきりしないと、人々は協力してくれないと思われる。

(3) アセスメントの決定とデータの関係が明確である必要がある。

ここでいう決定(decision)という言葉の意味は次の通りである。アセスメントテストというのは、教育学的な変数間におけるある種の関係があるという仮説に基づいている。例えば、ある学校では、その学校のマネジメントシステムをこのまま続けるかということを判断するために、子供たちがどのように成績が良くなったかというデータを集めることにしたとしよう。この場合、子供たちの成績の伸びとマネジメントシステムの間にある種の相関関係が成り立つという仮説に基づいて行われるのである。もし管理システムが教師に、実際に科学プログラムを自由に選ばせるというようなものであったとしたら、教師は科学教育を発達させるような、おもしろい理科授業をやろうと、一生懸命に取り組むであろう。その結果、子ども達はより楽しく理科の授業を行い成績も上がり、この管理システムはとてもいいという結果になるわけである。

(4) アセスメントの方法について、一貫性のある明確な説明がなされている必要がある。

もしアセスメントというものが一貫していなかったら、具体的なデータを結果として判断する時に何の役に立たない。例えば前の例で考えると、教育委員会が組織作りしている教師の自由度が高いということと、子供たちの成績の関係というものが、本当に1対1の対応でない場合データの意味がなくなってしまう。また、もしアセスメントのデータとして得られるのが子供たちの成績しかない場合、先生方をどう管理するかということをも明確にするもう一つの方向性も作っておく必要がある。(pp.78-79)

〈アセスメント基準B〉

アセスメントは、科学学習が達成されるということそのものや、科学学習が行われることに関して行なわれる必要がある。つまり、どこで科学というものが本当に学ばれているかということをアセスメントしていかななくてはならないということである。ここで注意すべき点は以下の3つである。(pp79-83)

(1) 子ども達の日常の中で、生きた科学的知識がどのようにして獲得されどのように変化していくかについてアセスメントを行うこと。

(2) 学ぶ機会(学ぶ権利)がどのような状況になっているかということを正確にとらえるためのデータを集めること。

(3) 住んでいる場所やその教育委員会によって、学ぶ機会に不公平がないかを調べるためのデータを集めること。
次に(1)について一つの授業例を示す。

ある学校の第7学年のクラスで、M先生が「虫とクモ」というタイトルで授業を行った。これは「運動と力」というところの授業のいきさつであり、第5学年から第8学年の内容基準に適應するものである。この授業でのアセスメント活動としては、自分たちが今まで学んだことを基にして、先生から出された問題に対して書くことによって表現する。アセスメントの目的としては、それらを先生が今後の授業をより良くするために役立てるという目的がある。得られるデータは、子供たちが書いた文章や図そのものや先生がそれらを見た結果である。

ある子どもが「机の上に置いてある本は動いていないよ。」と言った。すると、別の子どもがそれについて次のように言った。「もちろん本は動いていないよ。でも、本は机の上にあるよね。その机は床の上にある。床はこの学校の一部であって、さらに学校は地球の上にある。地球はどうかというと北極と南極を中心にしてぐるぐる回っているし、太陽のまわりも回っている。地球だけじゃなくて、太陽系の星は銀河系の中を動いている。」その子どもはそれだけ言うと、満足げに腰を下ろした。その話を聞いていた子ども達は、黙ってしまった。

M先生は「困ったな。」と思ったが、少し考えるところがあった。「皆さん、これから私が言うことについてちょっと考えてみましょう。一匹のクモと一匹の虫が川を流れていくユリの葉っぱの上に乗っています。クモはそのゆりの葉っぱの上をゆっくりと歩いています。虫は葉っぱの真ん中に座ってクモが歩くのを見えています。」M先生はひと呼吸おいて言った。「それではこの時、虫は自分自身の動きをどのように表現するでしょう。また、空からこの川の流れを見ていた鳥は、クモと虫の動きをどう表現するでしょう。」子ども達は思い思いの考えを口にした。そして自分の考えを、絵と文章でノートに表現した。

その時、この授業を参観していた校長先生が、M先生に耳打ちでそっと質問した。「なぜあなたは指導案通りに授業を進めないのですか。」するとM先生はこう言った。「地球が動いていると発言した子どもは今までにも2回ほど同じ様なことを発言したことがあるんです。だから、他の子ども達にとってもある程度文脈の出来上がりつつある話なんです。この子は別にクラスを混乱させようとしているわけではありません。むしろ、この話は道理にかなっていますからね。」つまりM先生は、この子の考えをここで取り入れて授業を進めることによって、クラスの子ども達の概念構造が発達するだろうと考えたのだ。このことによって子ども達は、虫やクモや鳥の位置に立って物事を考える機会を得た。そして、それは言うまでもなく地球が動いていると発言した子どもの言ったことを、もっと身近なもので考えることになるのだ。

このM先生のような授業の事実は次のようなことを示している。

アセスメントしなければならない領域の中には3つある。1つは科学的に理由づける能力を養っているかどうか。2つめは科学を使う能力があるかどうか。3つめは科学について効果的に意思の疎通ができるかどうかである。このことはどういうことかということ、死んでいる役にも立たない知識をいくら暗記しても意味がないということである。ということは、子ども達の毎日の生活の中に生きている知識づくりをしていかなければならない。そしてそういったものがどのように作られていくかに関してアセスメントが行なわれなければならない。(pp.80-81)

〈アセスメント基準C〉

アセスメントを行うために、子ども達それぞれの解釈のレベルに適合したデータを集めていかなければならない。具体的にどのようなことに注意してアセスメントを行うかについては、次の通りである。(pp.83-85)

(1) アセスメントの目的に応じたデータを集める。

子ども達がどのように科学的な探求を行っていったらよいかを自問自答するような力を調べたい場合は、今までの評価法では無理である。そこである一定の具体的な活動を伴うアセスメントを行なわれなければならない。すなわち、アセスメントの方法そのものが今までとは変わってくる。

(2) 本物のアセスメントを行うこと。

本物の評価とは何か。教室の中でのアセスメントにはいろいろなものがある。例えば、子ども達の活動、インタビュー、ある課題を出しそれを実際に行わせる、ポートフォリオ、探求プロジェクト、レポート、選択問題、穴埋め問題、記述式問題などである。そして、それらは総合的に関連していなければならない。子ども達の科学的思考をそれらすべてから見るのである。ここで注意すべき点は、一つのアセスメントから出てきた方法と、他のデータから得られたものと関連させて、アセスメントを行わなければならない。そのような考えをとるならば、教師としての役割は、子ども達の文脈にあった学習環境を設定してあげることである。それには発達段階を考慮しなければならない。したがってアセスメントは、子ども達の文脈に即した内容やプロセスが含まれていなければならない。言い換えれば、子ども達の知らない言葉を使ったり、難しい科学用語を押し付けたりせず、あくまで子ども達の言葉を大切にしながらアセスメントが行われることが必要である。このようなことを実行するためには、教師の質が問われることになる。ここでいう教師に必要な質とは、子どもが自らの力で学び続けていくという姿をアセスメントできるような力である。

- (3) 個々の子ども達がどのように上達したかを推し量るために複数のパフォーマンスアセスメントを行うこと。
- (4) 子ども達は等しくアセスメントの機会が与えられること。
- (5) 子ども達の文脈にあったアセスメントが行なわれること。

〈アセスメント基準D〉

アセスメントは公平でなければならない。(pp.85-86)

- (1) アセスメントは、ある言葉を話す人達にだけ有利になったりしないように気を配らなければならない。
- (2) アセスメントのデータ処理は科学的に認められている統計学をもってしなければならない。この時、ある特定のグループだけが利益を被らないようにしなければならない。
- (3) アセスメントは、体の不自由な人、学習が困難な人、英語を自由に操れない人等に対して不公平がないようにしなければならない。
- (4) アセスメントは、異なった関心・経験を持っている人々、すなわち性の違い、民族の違いによって不公平にならないようにアセスメントされなければならない。

〈アセスメント基準E〉

子ども達の達成度と学習の機会についてのアセスメントから正しい解釈をしなければならない。またそのために、子ども達それぞれの解釈のレベルに適合したデータを集める必要がある。(pp.86-87)

理科教育のアセスメントの事例

自然界を科学的に理解するためには、物理科学、生物学、地球科学と同様にして、自然科学全体に関わる考えについての概念、原理、法則、理論を理解することが要求される。(理解という言葉の中には、そのような知識を利用して概念を再構築するという事も含まれる。)

教師が、子ども達が何を知り、どのように理由づけるかをしっかりと把握することは、子ども達とのコミュニケーションなしにはありえない。子ども達がどんな理解をしているか推論するには、理科の授業における子ども達の活動や作品の分析を基にする。ここで言う子ども達の活動とは、発表会や授業中の討論や実験をどのように行っているかなどを指す。また子ども達の作品とは、試験や、ジャーナルノート、実験レポート、ダイアグラム(図)、データ集、物理的・数学的モデル、自然物のコレクションなどをさす。コミュニケーションは、パフォーマンスアセスメントと作品を中心としたアセスメントにとっては、欠くことのできないものである。

理解というものはいろいろなレベルが存在するし、分野によっても深まり方が違うのである。例えば、医者は「呼吸」というものを理解する時に、化学者、生物学者、物理学者とは異なった見方をする。しかし、これら4者の

見方はそれぞれとてもレベルの高いものである。それぞれの科学者達は似たような科学的原理の多くを導入しながらも、独自の専門分野に基づいて説明をする。おそらく物理学者はエネルギーについて強調するであろう。しかし生物学者はそれについてはほとんど触れないであろう。一方医者は、人間の呼吸について強調するであろう。細胞生物学者は、細胞の中で起こっている呼吸のメカニズムに焦点を当てるであろう。一般の市民にとって呼吸とは、科学者が考えるものよりは極めて簡単な理解をするであろう。すなわち、日常生活の経験や今まで学んだ科学を基に、科学者とは違った観点で呼吸を説明しようとするのである。

このように理解するということには、観点の違いや深まり具合の違いが関係する。このことが、子どもの自然界に関する科学的理解についての証拠になっているのである。子どもの理解をアセスメントすることに関して教師がやらなくてはいけないことは、子ども達の自然界に対する理解がどのような段階になっているかを判定する基準を作ることである。(pp.87-89)

次にそのアセスメントの例を示す。

〈生徒に対する課題〉

ここに湿った土に入っているきれいなガラス瓶があります。その中には緑色の植物が生えていて、しっかりと蓋が閉められています。ガラス瓶は太陽の光のあたる窓際に置かれています。この場所の温度は華氏 60° ~80° です。

それでは、あなたはこの条件のもとで植物がどのくらい生きていますか。予想を立てその理由も述べなさい。もしあなたがその予想に自信がないならその旨を書きなさい。また、よりよい予想をするためにどのような情報が欲しいかも述べなさい。(p92)

このような問題は答えが多数考えられるので、さまざまなアセスメントが可能である。よってアセスメントのためのルーブリック(判定基準表)を作成する必要がある。次にこの課題に対する生徒の答えを示す。

生徒E

もし、瓶の中に植物の病気のもとになるような虫や微生物が一匹もいなかったとしたら、この植物は割と長く生き延びると思う。私は小学校の頃この実験をしたことがあります。その時私の植物は死にました。私の植物は黒カビに覆われてしまいました。しかし、私の友人の植物は大きくなり一年以上生き延びました。植物は太陽からエネルギーを得ることによって生きています。光が葉にあたって光合成が行なわれます。二酸化炭素と水が、炭水化物と酸素を形成します。この反応は、太陽からのエネルギーを科学的なエネルギーへ変換するものです。植物はこの反応を行うことが可能です。なぜなら葉緑素を持っているからです。植物は成長と移動のような生命活動のために、炭水化物を必要とします。植物は炭水化物と酸素を使うことによって、成長や移動のような生命活動のためのエネルギーを生み出すことができます。この過程では二酸化炭素も発生します。

ある一定の時間が過ぎると植物は成長を止めるでしょう。例えば、土の中にあるすべてのミネラルを使い切ってしまった時です。というのは、植物は成長のために土からミネラルを取っているからです。植物のいろいろな部分が死ぬと、植物は腐敗しミネラルが土の中へと戻ります。だからこそ私は、植物が土の中に入っているミネラルによって生きていて考えるのです。

気体である酸素、二酸化炭素、そして水蒸気は何度も何度も使われ続けます。しかし私にとって確かでないことは、もし気体が全部使われてしまったらどうなるかということです。例えば、もし二酸化炭素がなくなったら植物は生き続けられるのでしょうか。

私は、植物は密閉された瓶の中で長い間生き続けると確信します。しかし、どのくらいの間生きるか、また何が死因になるかについてはわかりません。(pp.95-96)

生徒S

僕は、華氏 60° ~80° で閉ざされたマヨネーズの瓶の中に小さな植物を入れておくことは、全く殺人的だと思います。僕は、この植物は1週間(せいぜい3日)よりも長くは生き延びるとは思いません。この考えには多くの理由があります。華氏 80° の太陽光線のもとに瓶を置き続けたら、土に中にある湿気がほとんど瞬時に蒸発してしまうでしょう。このことは、土を乾燥させ、一方で瓶の空気が湿っぽくなっていくことを意味します。閉ざされた入れ物の中での話をしているのですから、水は再び土へと戻されることはありません。(凝結できない。)このことは、植物に対して栄養分が届かないことを示します。また、根に対する圧力もなくなってしまいます。

このことの他に、葉っぱで起こっている光合成は少なくとも水が供給されている短い間は行なわれるでしょう。その過程において、空気中の二酸化炭素が使われ酸素が作り出されるでしょう。二酸化炭素が全くなり水もなくなったら、結果として植物は炭水化物を作り出すことができなくなります。炭水化物はエネルギーのために必要なのです。

結果として、閉ざされた瓶の中では二酸化炭素と水がなくなり植物は蓄えてきた栄養を使い切ってしまうことになります。すなわち今まで行なわれてきた反応 ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \text{ and } \text{O}_2$)が行われなくなるのです。

またこの瓶は、不完全な蒸気化を通した水の蒸発が原因となりその植物が死ぬのが加速されるのである。というのも、このことが植物の毛根圧を低下させ、個々の葉へ栄養物をおくることができなくなるからである。

どのみちこの植物は長くは持たない。(最大3日間、その後しおれる。)(p96)

この2人の生徒の比較を行ってみる。生徒Eの方が生徒Sよりも高い得点を獲得したのだが、このことについて考えられる理由がいくつかある。。例えば、生徒Sの説明文の中には水の蒸発・凝縮サイクルについて、また閉ざされた系における平衡について間違った認識が含まれている。生徒Eについては自分が何が分かっているかが分かっていないかが示されている。光合成と呼吸については何も述べられていないが、これは生徒Eが呼吸については分かっていると解釈できる。また、生徒Eの予想はとてもよく構造化され理由も一貫している。そしてその予想は変わりうるものであると述べられている。その理由は、十分な情報がないためであることも述べられている。すなわち、光合成と呼吸がどのような状況のもとでなされるのかについての量的な情報が不十分であるからである。一方この生徒Eは植物の成長とミネラルの関係においてもある種の予想を表明している。また、文章の中で示されていた疑問は、もう一つの予想を試みていたという証拠にもなる。

それに対して生徒Sの予想は、水の供給以外のことは何も考えず、不確かなままで述べられ、理由づけがなされている。しかも理由づけは散漫であり、実証的な証拠もない。つまり、間違った情報を使いながらうまく理由づけをしようとしている。

以上のような子ども達の答えをアセスメントするために、ルーブリックを作成することを考えていただきたい。ルーブリックを作成するためには、きわめて質の高い経験と技術が必要である。教師は内容基準、教授基準にのっとり、子ども達を見る目を養っておかなければならない。(pp.91-98)

〈生徒達の探求能力をアセスメントするには?〉

内容基準には、科学的探求についての理解と、探求能力を発達させることというものが示されている。探求とは何かが理解できることと、探求活動をすることは、物理科学、生命科学、地球科学の理論や法則、原理、概念をどのくらい理解しているかによる。(pp98-100)

(1) 質の高い、研究可能な問題を生徒から出させること

質の高い科学的な問題は、研究ノートに記録される。例えば高校2年では、自分達が探求活動したい研究主題についてこの研究ノートに書き、それが意義あることなのかをクラスで討論することは、探求能力を高めるためには良いことであろう。あるいは、友人の研究主題に対して意見をするのも良いであろう。生徒はこのような意見をもとに自分の研究主題を変えていくのである。

(2) 研究計画を立てる

主題が決まったら次は計画である。研究計画を作成する段階になったら、グループで活動をさせるのも良いであろう。いずれにせよ生徒達はどのような科学的方法を使って探求するのかを計画する。この時、必要な時間や材料についても考える。グループ活動ならばグループ内でよく話し合い、最終的には他のグループに対して発表を行う。この発表の後他のグループから意見をもらい、それをもとにして手直しを行う。

(3) 研究の実行

(4) 研究報告書の作成

(5) 各生徒のアセスメント

研究ノートの内容、生徒の活動、グループとしての活動、共同研究者との関わり方などについてアセスメントが行なわれる。

〈科学教育におけるアセスメントのまとめ〉

今回の全米科学教育基準において、強調されるべき点とあまり強調すべきではない点をまとめると下の表のようになる。(p.100)

強調していない点	強調している点
●簡単に測定できることに関するアセスメント	●最も価値のあることについてのアセスメント
●一つ一つの知識に関するアセスメント	●よく構造化された知識に関するアセスメント
●科学的知識に関するアセスメント	●科学的な理解や科学的な理由づけに関するアセスメント
●生徒が知らないことを学ぶことに関するアセスメント	●生徒が知っていることを学ぶことに関するアセスメント
●上達したことだけに関するアセスメント	●上達したことや学ぶ機会についてのアセスメント
●教師による学期末のアセスメント	●生徒が自分自身や友人に対して絶間なく行うアセスメント
●学習評価の専門家だけによる学校外アセスメントの発展	●教師が学校外アセスメントの開発に関わる

参考：要約のアセスメント基準の骨子

- ◆科学に焦点を絞った評価活動は生徒の学習にとって最も重要である。それらは、探究する能力、教科内容の理解力、問題解決のための知識を使う能力、そして、科学的考えについての意思の疎通をはかる能力について行われる。
- ◆評価過程のすべての局面は、評価の目的に合致していなければならない。そして、評価される科学の一部と言える理解力・論理性・意思の疎通をはかる能力を引き出すような方法で提示されなければならない。
- ◆評価に基づいて児童・生徒の科学学習について信頼性のある推論がなされる。この推論は一般化され、正しく、公の信頼を得ているものである。
- ◆評価の実践は、全ての人々にとって公平になされる。このことは、全ての児童・生徒の要求を取り入れたり、特定のグループだけに有利な言語を使わないようにしたり、いろいろな人種の人々を満遍なく含み、またいろいろな発達段階の男女を取り入れ、いろいろな下位グループからのできばえを観察することによって実現す

る。

- ◆評価の過程には、評価の企画・開発、評価活動の解釈、評価の結論作りにおいて理科教師と関係の専門家がかかわる。
- ◆評価の過程では、学ぶ状況の評価および生徒の達成度に対して、等しく注意を向けられる。学ぶ条件には、教師の力量、公平な扱い、教師への援助、そして、教授と学習のための資料が含まれるであろう。
- ◆評価過程の企画は、結果として出された情報を、どのように利用しようとするかによって決定される。例えば、教授と学習の助言のため、教師たちと生徒たちの間の自己洞察の促進のため、個人・グループあるいは組織として意思の決定のためなどである。

4. まとめ

以上全米科学教育基準の骨組みについて、1994年の2月に出された要約と1995年の12月に作成完了した最終報告書をもとに全米科学教育基準をみてきた。ハーバート・ブランコースト先生によると、今回の全米科学教育基準のもっとも重要な点は、歴史上始まって以来のアメリカ合衆国全州に向けての科学教育基準（法的な拘束力はないが）であるだけでなく、むしろこの全米科学教育基準の作成過程と最終的合意にあるということである。すなわち、自然科学者、応用科学者、科学教育学者、科学教育実践者、科学教育行政者、科学技術関連企業など、科学教育に係るほとんどの人々の議論と討論の結果として作成されたことにあるのだ。このことは、学識経験者が内容論において、自分の専門分野の内容を国家の科学教育基準の内容として入れるべく努力したというようなものではなく、かなり高度な意思決定プロセスが具体的に行なわれたと予想できる。さらに、ハーバート・ブランコースト先生は次のように述べた。すなわち、問題はこのような全米科学教育基準を作成したアメリカ合衆国が全米科学教育基準で述べられていることを具体的にどこまで現実のものとしていくかである。今、巨大な実験がはじまったのである。

参考文献

- 熊野善介(1995) 全米科学教育基準(National Science Education Standards)とオハイオ州の新しい州の科学教育基準について、「アメリカの初等、中等教育の教科・生徒指導実践に関する多面的、総合的解明の基礎研究」平成6年度文部省科学研究費補助金一般研究(B)研究成果中間報告書(課題番号06451151,研究代表者 桑原 隆), pp.21-29, 平成7年.
- 長洲南海男(1994a) 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), 171-190.
- 長洲南海男(1994b) アメリカの科学教育改革におけるSTS教育運動. アメリカの初等、中等教育の教科・教科外実践に関する他面的、総合的解明のための基礎的研究. 平成5年度筑波大学学内プロジェクト研究報告書, 107-116.
- Nagasu Namio & Yoshisuke Kumano(1996), STS Initiatives in Japan: Poised for a Forward Leap, Chapter 23, in Science/Technology/Society: Research Implications for Science Education Edited by Robert E. Yager, State University of New York Press, 261-269.
- National Research Council(1994) National Science Education Standards “Headline” Summary, February 17.
- National Research Council(1996) National Science Education Standards, National Academy Press, Washington, DC. pp 1-262

2. 2 オーストラリア

熊野 善介
静岡大学教育学部

1. オーストラリアの科学教育基準

オーストラリアのすべての州の教育局に手紙を書き、科学教育基準と STS に関わる教材やカリキュラムを求めたところ、次の6つの州から返答があった。(Western Australia/Northern Territory/South Australia/Queensland/New South Wales/ Victoria)

オーストラリアでもアメリカのように、全豪レベルでの教育基準づくりが進められ、1989年に「オーストラリアの学校のために合意され一般化された全豪目標(Common and Agreed National Goals for Schooling in Australia)」が作成された。この後8つのすべての教科(芸術・国語・体育・第2外国語・数学・理科・社会と環境の学習・技術)のそれぞれについて、オーストラリア教育局(Australian Education Council)が中心となり、各教科のカリキュラム開発の枠組となる、声明文(Statements)とより具体的内容を述べているプロフィール(Profiles)が1994年に揃った。

理科の声明文では、「科学とは何か」「理科教育の目的」「理科における効果的学習経験のための原理」「カリキュラム開発者のための鍵となる理科カリキュラム原理」「理科学習の文脈」について述べられており、STSや構成主義的学習論がいたるところに展開されている。以下にやや具体的に示す。

オーストラリアの学校のために合意され一般化された全豪目標科学に関する文は次の通りである。

- * skills of analysis and problem-solving(分析技能と問題解決技能)
- * skills of information-processing and computing (情報教育)
- * an understanding of the role of science and technology in society, together with scientific and technological skills (STS)
- * an understanding of and concern for balanced development of the global environment (環境教育)

オーストラリアの学校のための理科の声明文の中から重要な点を取り出すと以下のようになる。

まず、科学の本質が述べてある。

.....There in turn can be tested objectively against evidence and through the development of testable hypotheses, careful observation and logical reasoning. Openness to new ideas, intellectual honesty and scepticism in evaluating arguments are thus fundamentally important to scientific understanding.(理論負荷性をみとめながらも、新科学哲学というよりは、ポパー派的な科学哲学に近いと見られる。科学社会学的観点はほとんど見られない。)

"科学教育の目的"については、

- * 個人的レベルにおいて: 日常の生活の中に内在する科学的な問題のため、また、いろいろな自然現象に対する疑問に答えるために科学教育がある。: STS
- * 社会の一員として: STS
- * 大学等への準備: 科学的知識・科学の方法・科学的態度の真価を認め、未来に向けて常に

変化し続ける科学技術をうまく操っていくこと。

科学カリキュラムが目指す科学的能力は：

*科学的態度

*科学の方法

*科学の応用と科学の利用による推論

*科学的内容に関わるコミュニケーション（異なった科学的理解能力の人々との）

*科学的内容に関わるコミュニケーション（科学者との）

*自然界と技術的世界についての理解を修正しまた作り上げる能力と、幅広い文脈に渡って科学的知識や理解を評価し応用する能力。

*科学的知識が常に進化する性質と人間の努力とその歴史、そして、その他の人間の営みとの関係と社会へ貢献してきたという科学の本質を理解しその真価を認める能力

*社会における科学の役割の真価を認める能力

*科学の生成物による人々や環境への影響にかかわる倫理的考察を包含した意志の決定能力

"理科における効果的学習経験のための原理"

"カリキュラム開発者のための鍵となる理科カリキュラム原理"

"理科学習の文脈"

以上について述べられており、STSや構成主義的学習論がいたるところに展開されている。大まかな内容領域(Strands)として、科学的に活動すること、地球とその彼方、エネルギーと変化、生命と生活、天然物と生成物があげられている。さらに、プロファイルでは、8つのレベルで内容領域が示されている。

科学における有効な学習経験のための原理（構成主義的学習理論）

*子どもたちの考えを取り入れること。

*子どもたちは自分たち自身の理解を、個々人が組み立てている（構成している）ことを認識せよ。

*勉強をもっとしたくなるような学習環境を提供せよ。

*具体的種々の活動をとおした学習を心がけよ。

*子どもたちにとって役に立ち適切な科学的活動に取り組ませよ。

*他の教科内容も踏まえて学習を深めよ：より現実的な環境問題、つまり科学の人間の文脈に関わる諸問題について学習して初めて、科学の真価が理解できるのである。（STS）

*科学的言語を適切に使用せよ。

カリキュラム開発者のための本質的な科学カリキュラム原理

*科学の基礎

*科学におけるアセスメント

*すべての人々のための科学

*女子への科学教育の振興

*多様な価値観を受けいること。すなわち科学的世界観はある一つの見方に過ぎない。

*人間活動（文化）の一つとして科学。

*ある科学を選び、より深い扱いを。広く浅くではなく、狭く深く。

*科学と職業。

それぞれの子どもの文脈に応じた科学を

*物理科学への女性の参加

- *アボリジニーとトーリス・ストレイト島の子どもたちにも科学が学べるようにする事。
- *英語を十分理解できない子どもたちへの科学授業のあり方。
- *地理的に隔離された子どもへの科学教育教材の配布。
- *小学校における生物科学と物理科学の配分を等しくすること。
- *より一般的な科学を理解できない高校2、3年生へも提供する。
- *人類の文脈に関わった科学教育を。

Strands(内容領域)

Strand 1 - Working scientifically (科学的に生きる) :

- * Using science * Acting responsibly * Investing

Strand 2 - Earth and beyond (地球とその彼方)

- * Earth, sky and people * The changing Earth * Our place in space

Strand 3 - Energy and change (エネルギーと変化)

- * Energy and us * Transferring energy * Energy sources and receivers

Strand 4 - Life and living (生命と生活)

- * Living together * Biodiversity, change and continuity

Strand 5 - Natural and processed materials

(天然物と人工物)

- * Materials and their uses * Structure and properties * Reactions and change

2.3 カナダの科学教育 (オンタリオ州の場合)

カナダのすべての州の教育局に手紙を書き、科学教育基準とSTSに関わる教材やカリキュラムを求めたところ、返答のあったのはオンタリオ州とアルバータ州であった。これらからいえることは、カナダでは全国レベルの科学教育基準はまだできていないということである。ここでは紙面の都合でオンタリオ州についてのみ記す。

1. 第一学年から第9学年までの教育の原則

"The Common Curriculum (Grades 1 - 9)" (1993)によれば、第1学年から第9学年までの教育に関する原理が述べられている (pp4-9)。これらは、(1)学習の原理、(2)教授の原理、(3)カリキュラムの原理、(4)アセスメントと評価の原理である。学習のところでは、学校教育の価値中立性を明確に否定し、児童・生徒が具体的に自分に関わった内容について、能動的に働きかけるとき、学習が成立するのだという考えが示され、構成主義的学習論が積極的に受け入れられている。また、カリキュラムのところでは、STSが主張していることが原理として示されている。(たとえば、地域社会の文脈に沿った問題解決学習であるとか、地域の人的資源との交流、さらには文化的な多様性の受容など)評価においても、より個々人の児童・生徒に応じたより複眼的なものを示している。

4つの中心となるプログラム内容(Four Core Program Areas)が示された。それらは、「国語」「芸術」「私と社会」「数学・科学と技術」である (p13)。「数学・科学と技術」では、数学を含めた、STSの教育の必要性和重要性について述べられている。さらに、それらの具体的内容が示されている(78-97)。具体的内容は全部で22あり、そのうち日本の内容に類似しているのが6つ、環境教育に関わるものが4つ、STSに関わるものが11個あった。オンタリオ州の高校の教科の一つとして、「社会の中の科学」が1987年にはすでに登場し、第11、第12学年用の理科の授業として、今日まで開設されている。以下に具体的な重要な文を抜粋

した。

2. 学習の原理(構成主義的学習観とSTS)

- (1) Learning involves values as well as knowledge and skills. (学習は知識や技能だけではなく価値も取り扱う。)
- (2) Learning involves active inquiry into interrelated topics and issues. (児童・生徒が具体的に自分と関わった内容について、能動的に働きかけるとき、学習が成立するのだという考えが示されている。)
- (3) Learning involves effort and self-discipline. (学習には努力と自己訓練が含まれる。)
- (4) Learning is cumulative and builds on existing knowledge, skills, and values. (既存の知識、技能、価値に基づいて組み立てられ、蓄積されていくのが学習である。)
- (5) Individuals differ from one another in their styles and rates of learning. (個人はひとり一人異なっており、学習のやり方や速度も異なっている。)

3. 教授の原理: (構成主義的要素がいたるところに反映されている。)

- (1) いろいろな子供たちのために、いろいろな教授法が必要とされる。
- (2) 活発な探究やある考えと考えが十分関連づけられて教授されるべきである。
- (3) より質の高い教育を実現するため、あらゆる人々の協力関係を得ること。

4. カリキュラムの原理: (構成主義的要素がいたるところに反映されている。)

- (1) 生徒の学校に関わる経験のすべてが学習にとって重要な寄与をもたらす。
- (2) 未来にそなえる融合プログラム (探究指向学習・問題解決学習・核となる学習領域)
- (3) 変化する人々の要求や社会の状況に対応したそして適切なカリキュラム
- (4) カリキュラムは我々の社会を構成する広範な人々を反映したものであるべきであり、また片寄ってもならない。
- (5) 個人それぞれの体力、要求、背景が、適切な学習活動を通して認識される必要がある。

5. アセスメントと評価の原理: (構成主義的要素がいたるところに反映されている。)

- (1) 生徒の学習のアセスメントはオンタリオカリキュラム効果的な教室にとっての欠くことのできない要素である。
- (2) 幅の広いいろいろなアセスメントを行う必要あり。
- (3) 生徒の達制度を評価し報告するのは教師の役目であり、それぞれの生徒に特別必要なことを熟考し、本人や親と面談しなければならない。
- (4) 学校プログラムの評価は学校の向上に影響を及ぼすべきであり、また、学校の運営委員会や地方の教育基準に基づいて行われるべきである。

5. Science in Society(part 15) 社会の中の科学

さらに、オンタリオ州では、11学年または12学年生用の社会の中の科学というコースが1987年からスタートしている。このコースを受講するためには、9、10学年で上級レベルの2つの分野の科学の知識を有し、12学年レベルの科学の既習が前提条件である。内容としては以下のようになっている。

- (1) 科学の本質について。。。。。。。20時間
- (2) 技術の本質について。。。。。。。20時間

(3) 環境の中の人間。。。。。。。。 20 時間

(4) 科学における今日の未解決な問題。 30 時間

さらに、同時進行で地域の題材に基づいた課題研究を 20 時間で仕上げなければならない。

〈参考文献〉

Australian education Council, A statement & profile on science for Australian schools(1994). AEC, Australia. 1-44 &1-121.

Ministry of Education and Training.The Common Curriculum (Grades1-9) (1993). Working Document. Ministry of Education. Ontario, Canada. 1-96.

2. 4 イギリス

中等化学教育の新しい方向性を示すモデルとしての英国の中等 学校用化学教科書

「the Material World」の基本方針と指導法に関する特色

久 田 隆 基
静岡大学教育学部

1. はじめに

1988年に発表された学習指導要領の理念に基づく中学校の理科教育が完全実施されて3年目である。一方、英国では、1989年に全国理科カリキュラム(Science in the National Curriculum¹⁾) が制定され、そして1991年に修正²がなされ、さらに検討が続けられているという。また、アメリカ合衆国でも1994年に全米科学教育基準(National Science Education Standards)³が発表され、論議を巻き起こし、最終案に向けて今手直しが行われているという。このように各国とも、新しい時代に対応できるよう努力が積み重ねられてきている。こと日本においては、現行の文部省学習指導要領の改訂にあたって、中学校理科の改善の基本方針⁴として、

1. 観察、実験などを一層重視して、自然を科学的に調べる能力や態度を育成する、
2. 観察、実験など自然を調べる活動を通して、科学的な見方や考え方及び自然の事物・現象に対する関心や態度を育てることを重視する、
3. 日常生活とのかかわりを重視する。自然事象が日常生活とどうかかわり、どう応用されているかの視点を重視するとともに、内容の構成においても、身近な現象や日常生活とのかかわりの深い内容を取り入れる、

の3つのことが強調されている。これらは文言としては、当を得たものであるが、それらを育成するための学習内容や学習方法についての具体的な中身は見えてこない。また、基本方針に準拠する理科教科書を参照して見ても、実際に教科書に書かれている内容とこれらの3つとのかかわりや具体的な指導法についてはあまり明らかではないように思われる。ところが、本稿で取り上げる英国の中等学校レベルの化学教科書である「The Material World」⁵では、上の3つのことや全国理科カリキュラムでのガイドラインとのかかわりが実によく見える。若者の科学技術離れが叫ばれる日本の昨今にあっての理科教育の方向性およびいわゆる「新しい学力観」にかかわる『関心・意欲・態度』を啓発するような学習内容・学習材・指導内容などの開発について、その教科書は多くのヒントをは与えてくれていると思う。そこで、本稿では新しい方向性を示す理科教科書の一つのモデルとして、その教科書の特色について述べるとともに、今後の理科教育のカリキュラム(今回は化学分野だけ)・指導内容・指導法などの方向性やあり方について考えてみたい。

II. 調査対象と内容

1. 調査の対象とした理科教科書

本稿では理科の全分野のうち、化学分野を調査の対象とした。英国の教科書として14～16才用の化学教科書である J.Holman の著による「The Material World」(NELSON 社刊・1991 年)を取り上げる。この教科書は16才までの生徒を対象としたものであるため、同年令時の生徒の学習対象ということから、日本の教科書として中学校理科教科書と高校理科(特)の教科書とを合せた形で比較の対象とする。前者については、現行の教科書(6-10)とそれ以前の版のもの⁶を調べた。また、後者については、大日本図書の1992年度用2種類⁷、東京書籍の1992年度用3種類⁸と1990年用1種類⁹、合計6種類の教科書を調べた。

2. 調査の内容

本稿では、日英の教科書間でどんな化学概念が取り上げられているかの比較ではなく、教科書の中での具体的な学習活動の種類、学習指導法に関する記述事項、実際のプレゼンテーションの仕方などに的を絞り取り、特色を見てみることにする。

III. 「The Material World」の内容の特色

1. 「The Material World」(以下、TMWと略す)の基本方針

a. 整合科学コース用教科書

TMWは物理分野の「The Physical World」¹⁰と生物分野の「The Living World」¹¹とともに、化学、物理と生物とを合わせた、14～16才の生徒用の整合科学(co-ordinated science)コースのうちの化学分野の教科書として書かれている。三分野制を取っていることからわかるように、地球科学に関連する内容は各分冊で取り扱われ、TMWでも多くの事項が扱われている。

b. 全国理科カリキュラム(以下、NCと略す)に準拠する化学教科書

この整合科学コースでは、どの分野の教科書ともNCのキー・ステージ4に対応する達成目標をすべてカバーする内容が含まれていて、GCSE試験(General Certificate for Secondary Education, 16才の中学校レベルの学校終了時に受験する試験)に合格できる内容であることが強調されている。コース全体を通して、いわゆる科学の内容や身の回りの科学についての内容に加え、特にNCで定める「科学の探究(Exploration of Science)」スキルを身につけさせたり、「科学の本質(the Nature of Science)」を理解させたりすることをねらっている。TMWでもそれを達成するため全編を通して実践的な活動プログラムが用意されている¹²。

目を転じて日本においても、中学校指導書理科編からこれらの2つの目標を読み取れなくもないが、実際のところ玉虫色の書き方であり、目標として具体的にかつ明確には示されていない。特に「科学の本質」については、あまり触れられていない。また、どの中学校理科教科書や高校理科(特)教科書を参照してみても、これらのことがあまり触れられておらず、理解できるように書かれていない。これらは理科教育のねらいの中でも中心をなすべきことであり、明確な形で教科書に反映されることが必要であると考えられる。日本の教科書は今までに既に知られている「結果」がまとめて書き連ねられ、また、実験や観察に関する記述はたいへん多いものの操作法が中心の書き方となっている。その意味で「結果」を記憶するのに都

合がよいものだという印象は避けられまい。これは教科書の役割や編集方針が違うとかそれらを記述するだけのスペースが確保されていないと言ってしまうとそれまでだが、教科書のあり方そのものに帰着する問題である。

c. TMWの全体的テーマ

TMWでは化学の理解とわれわれの生活における化学の重要性の2つがテーマとなっている。「化学」が技術や日常生活と関連づける形で取り上げられていて、幅広くかつ化学的にもかなり高度な内容であるが、これはNCのガイドラインに沿ったものと考えてよい。また、それに付随して応用面や経済的コストのような題材も扱われているし、今日の自然環境汚染、オゾン層の破壊なども大胆に扱われている。このように同年令の生徒を対象としながら、取り扱い内容は日本のものとは大きく違ったものとなっている。

d. TMWの内容構成と体裁

内容構成として、教科書は全部で10のセクション、A4変形版の大きさと、240ページからなっている。各セクションの標題およびその中のサブセクションのテーマは本稿末尾の資料に示す通りである。これらのテーマからどんな内容が取り扱われているかがおおよそ理解できよう。

各サブセクションの中身はおおよそ『本文』・『活動』・『問題』の3つの部分で構成され、ところどころで『事例研究』や『発展演習』が挿入されている。

体裁にかかわる工夫としては、カラーの図、絵や写真が随所に入れられ、それぞれの部分が色分けされて記述されていて、子どもたちにとって興味をそそっている。本の価格は8.50ポンドで、安くはないが、量と質という点から見れば、割安感があると思う。

教科書の全体的な構成としては、多種多様な活動・質問・問題・課題・資料などを提示し、生徒の興味や関心を引きつけようとしていることが伺われる。多様な学習形態を想定して、生徒の能動的な学習活動を手助けできるような体裁の教科書が好ましいのは言うまでもないが、TMWはこれに近いものに仕上がっているように思う。

2. TMWの各記述部分の特色

a. 『本文』について

先ず冒頭で、コックさん、お医者さん、農家の人、技術者や多くの人が「化学」を使っていると述べ、われわれの身の回りのことやものと「化学」との関係性を述べ、そして「化学とは何か」を説明し、それらの説明を通して化学学習の意義を説いている。このように、導入部分で、「化学」を学習者にとって身近なものにしようとする意図、つまり学習する意味がきちんと書かれている。ほかにもこのような導入を行っているものが英国¹³や米国¹⁴教科書でいくつか見られる。もちろん、そうでないものもある¹⁵。ただしこの教科書では、教科書全体を通して理解させようとしていると思われる。また、TMWでは全編にわたって実際に「化学」や「科学」ということばを繰り返し使い、さらには「化学者」や「科学者」ということばも科学史上のエピソードとしての使用（日本の教科書ではほとんどがこの使い方である。例：「化学者プリーストリーは……」）ではなく、『化学者（科学者）は〇〇する』¹⁶のような記述をとって、化学者（科学者）がどんなことをやっているかを何度も説明している。日本の教科書では中学校理科も高校理科（特）も「理科」であって、「化学」ではないので、「化学」ということばが教科書の冒頭で出てくることはある意味では不自然であるかもしれないが、「化学」を「科学」や「理科」に置き換えてみても、上に示したような説明を教科書の

中でしている教科書はほとんどない。教科書全体を通して実際に、「化学」、「科学」、「化学者」や「科学者」などのことばが、「化学変化」や「化学反応」のような熟語の形ではなく、それぞれ単独でどれくらい頻繁に使われているかを調べてみた。その結果を表1に示す。表1にはTMWでの使用も載せた。表1からもわかるように、学習内容そのものである「化学変化」や「化学式」は多く出てくるのに、こうしたことばはほとんど使われていないのである。これでは、生徒は「化学とは何か」、「科学とは何か」、「自分と科学（理科）との関係」などを尋ねられた場合、教師が援助しない限り、答えに窮するのではなからうか。ただし、日本の教科書の場合、1993年版の中学校教科書1分野の上下を合せた全体で化学的事項が扱われているページ数は128～132ページで、しかも本の大きさもB5版であり、全体の記述量そのものはTMWの半分以下である。したがって、執筆者は書きたくても書けないのが本当のところだろう。いずれにせよこのページ数の大幅な違いが大きなファクターであるが、それはそれとして、生徒の意欲・関心を高めるという立場からは、TMWのような行き方が好ましい。これから学習しようとしていることあるいは現に学習していることを身近にさせ、子どもと教材の距離を近づけることが期待でき、ひいては「科学の本質」の理解に迫れると思うからである。

『本文』では事象の解説や用語の定義なども多いが、本稿ではこれらについては触れない。

b. 『活動』について

『活動』のコラムで取り上げられているテーマは実験・観察を行って探究活動を求めるものから机上で問題や課題に取り組ませるものまで、実に多彩である。

探究活動を行わせる場面では、その説明の手順として先ず活動内容について説明し、子どもたち自身に実際に活動計画を立てて実験・観察等をするをを求めるような記述の仕方をしている。しかも多くの場面でその計画を実施する前に必ず教師に許可を得ること要求したり、教師と討論したりすることを必ず求めている。下に具体例を次に示す。

『活動』の具体例<p.187>¹⁷⁾

テーマ：石炭から何が得られるか？

石炭を空気を遮断して熱すると、燃えないでいくつかのものに分解する。

- ①そのとき何が生成するかを調べる実験―分離と集める方法―を計画しなさい。
- ②実施しようとしていることを書き、安全性についての注意も書いておくこと。
- ③先生が君の計画を見て、承認するまでは実験を行ってはいけない。

このように、実験の操作法とか結果や答えなどは書かれていない。つまるところ、生徒自身の能動的な行動を促している。

また、特記に値することとして、上の(火)のプロセスを設定して、個別指導したり、危険防止をするねらいを含めていることと各活動場面で安全に対する注意（安全メガネの着用）が繰り返さなされていることである。

c. 『問題』について

通常の知識・理解をためす問題もあるが、家庭で行なう宿題、「自分のことばで書きなさい

い」、「業者の人に聞いてみなさい」のような課題、ロール・プレイを要求する課題や活動など多種多様なことを設定している。次に、代表的な具体例をタイプ別に挙げてみる。

タイプ①	誰か（両親・親戚の人・近所の人など） に尋ねてごらん。<p.141> 『「酸」をみんなはどう考えているのだろう？ 「酸」を誰でも聞いたことはあるが、科学者と同じ考えであるとは限らない。かれらがどう 考えているか聞いてごらん。』 問：酸って何？ 問：酸にはどんなものがあるか？ など
タイプ②	誰か（両親・親戚の人・近所の人など）に説明してごらん。<p.171> 『自分がある知識（概念）をどれくらい理解しているかを調べるのによい方法はだれかにそ れを説明してみることである。』と前置し、 問：科学をあまり知らない人をつかまえて、単純なモデルを使って、ポリマーとは何である か説明してごらん。
タイプ③	自分のことばで書いてごらん。<p.25> 問：化合物と混合物の違いを書いてごらん。
タイプ④	勧告書の提出を求める。<p.99> 問：環境庁長官から、石灰岩からなる地域の景観をどうすれば保全できるのかについて報告 書を提出するよう求められている。どんな勧告をしますか。
タイプ⑤	経済的コストについての質問<p.98> 問：石灰岩から酸化カルシウムと水酸化カルシウムを製造する際における経済的コストを計 算しなさい。
タイプ⑥	ロール・プレイを意図した質問<p.171> 問：君が大きなポテトチップス製造業の包装部門の責任者であつたとしよう。 a)包装材料としての望ましい性質を書きなさい。 b)天然のポリマー材料は君が書いた性質を持ち合せているかな？ c)合成ポリマー材料は君が書いた性質を持ち合せているかな？ d)君なら包装にどんな材料を使う？ e)実際にポテトチップの包装にどんなものが使われているのかな？業者の人に 実際に聞いて みよう。
タイプ⑦	発想の転換 問：空気が酸素 78%、窒素 21%からなっていると仮定すると、その世界は今とどんな違い が出てくるのだろうか。<p.27>

これらの例のように、実にいろいろなタイプの問題や課題が取り上げられ、さまざまな学習アプローチを可能にしている、単なる知識の再生を求めるようなものは少ない。ここに挙げたものは真に知識を活かすことが求められる問題であり、私たちがこれから積極的に採用していくべきタイプの問題であると思う。また上の例から、種々の活動・演習・問題の解答などを通して、言語表現力の育成をねらっていることも読み取れる。これはコミュニケーション

ヨン・スキルがNCの中で一般的目標として最初に掲げられていることにも符合している¹⁸。

d. 『事例研究』と『発展演習』について

このコーナーでは、英国で過去に起こった諸問題や社会での出来事などを取り上げ、写真や表やグラフによる量的なデータを示し、化学と社会との関連性を生徒が考察を加えて行けるように配慮している。これはこの科学コースの基本方針を考えれば当然のトピックであるとも言える。近年の世界的なSTS教育の進展の流れとも対応するが、今後の社会のためのカリキュラムとして、科学（化学）と社会との関連性を学校教育で取り上げていくことが必要であると考えれば、ここで取り上げられていることは参考にすべきことが多いと思う。具体例をいくつか示してみよう。

① 化学と社会・技術とのかかわり

英国で過去に起こった諸問題や社会での出来事などを取り上げ、写真や量的なデータを示し、化学と社会との関連性を子どもたちに考察を加えさせる。

例1. テームズ川を清掃する。<p.48>

② 架空討論

例1. ブラウンとアインシュタインとの仮想討論をしなさい。

『ブラウンが発見し、アインシュタインが説明する。』

両者はブラウン運動がなぜ起こるかについて互いに違った理論を持っていた。

それぞれの理論を検証するための実験の工夫をしなさい。<p.61>

例2. ラボアジェと会話できると仮定して、かれに「石灰は元素ではない」と説明するための手紙文を書きなさい。また、それに対するかれの返事はどんなものとなるかを書きなさい。<p.17>

③ 読み物教材

例1. 酸性化したフリート湖(Loch Fleet)の湖水を中性化して湖に鱒の棲息を蘇らせる物語 <p.147>

例2. アンモニア合成で有名なハーバーの物語窒素肥料の開発・アンモニア合成・硝酸・肥料・火薬・第一次大戦などについての歴史の流れを説明しておき、通常の化学に関する質問に加え、次の質問をしている。

問：毒ガスに関してかれはどんな研究をした？

問：なぜかれの奥さんは自殺した？

問：ナチスが権力をにぎった時、かれに何が起こった？<p.105>

これらの例のように、単に伝統的な狭い意味での「化学」や「化学の世界」だけでなく、生徒が興味を持てそうな題材を積極的に取り入れ、しかも社会とのかかわりについても考えさせようとしていて、幅の広い学習効果を期待していると言えよう。

e. その他の特色

言語的な側面から教科書を眺めてみても、おもしろい。外国語をうまく持ち出し、興味や関心を引出そうとしているように思われる。英語を外国語（フランス語、スペイン語、ギリシャ語や中国語）と対比させ、式・記号などに対し推測ゲームを取り入れている。下に具体例を示す。

例1. ギリシャ語と英語<p.209>

ΕΛΕΚΤΡΟΝ → electro- → amber

ΑΥΞΙΣ → -lysis → splitting

例2. フランス語：ラボアジェの論文のコピーを提示し翻訳させる。<p.16>

Calorique、Oxygene など

例3. 化学式は国際言語だ。式は化学のことばの一部であると解説し、スペイン語で、

$C + O_2 \rightarrow CO_2$ を提示し、そして、『君はスペイン語の教科書からでも意味をつかむことができるだろう。化学者は化学反応を示すのに世界中でこのような式を使っている。』と結んでいる。

<p.68>

例4. 中国語を英語に翻訳しなさい。<p.63>

中国語表記（銀 Ag、硫酸 H_2SO_4 、気化銅 CuO）

これらの例のように、外国語をうまく利用し、化学記号が国際言語であることを強調している。このような説明は子どもにとって覚えにくい化学記号や化学反応式などの記号の使用の意義や必要性を理解させるのに役立つに違いない。日本の理科教科書ではこうしたアプローチは元素名や元素記号の由来についてギリシャ語が時々出てくるぐらいだが、こうした違いは日本との言語文化の違いからくるのであろう。

上に挙げた例からだけでも、TMWは生徒の探究活動を支えるような構成をとっており、またその内容のなかに化学と人間、生活や社会との関係が生き生きと描かれていて、さらには生徒自らの関心や意欲を鼓舞し、能動的な行動を支えようとする姿勢が貫かれていることが読み取れると思う。つまり、TMWは、生徒が使うことを念頭に置いた解説書・説明書・ワークブック・参考書・資料・読みものなどを兼ねた教科書であると言えよう。

IV. おわりに

TMWに書かれている内容は日本の教科書のそれとはまったく違うと言い切ってもよいが、これはそもそも学習指導要領とNCとの考え方の違いに起因する。両者間では先ず教育課程が違っている。カリキュラム構造が違っている。総合型と分科型カリキュラムの違いもある。教育目標も冒頭で述べたように同じ部分もあるが、目指す方向もかなり違う。履修年令も同じでない。費やされる授業時間数も違うだろう。こうした違いは教科書の中身に直接反映するので、中身が大きく異なるのは当然であり、両者間の違いは何ら不思議ではない。しかし、取り扱われる題材や教材（学習材）としての内容は別として、記述内容の構成の仕方や実際のプレゼンテーションの仕方でも両者では大きく異なっている。これは一言でいえば教科書観の違いであろう。具体的には、教科書を通して生徒に伝えたいこと・教科書の役割・使用方法などについての考え方が違っている。また、記述ページ数の多少などによっても変わらざるを得ない。しかし、真に大切なことは教科書を従来の教え伝えるものという伝統的な発想ではなく、生徒の側に立った記述内容や書き方は何かという発想に転換して考え直してみることである。そうしてはじめて、若者の科学技術離れや理科嫌いを少なくする一つの手立が可能になると信じている。その意味でも、また学習指導改善という面からも教科書のあり方を考え直してみingことを提案したい。TMWはこうした諸問題を考える材料を豊富に提供し

謝辞

最後に、本稿で取り上げた「The Material World」は、著者が平成3年度文部省在外研究員として滞在した英国・レスター大学 (University of Leicester) の Clive Sutton 教授によって教示を受けたものである。在外研究員として派遣を認めていただいた文部省および静岡大学、滞在を受け入れていただいた同大学と Sutton 教授に深く謝意を表する。

セクション F 同族元素

- | | |
|-----|-------------|
| F 1 | 周期率表のガイド旅 |
| F 2 | メンデレーフと周期率表 |
| F 3 | ナトリウムとその同族体 |
| F 4 | 塩素とその同族体 |

セクション G 酸とイオン

- G 1 酸をみわたす
G 2 酸を中和する
G 3 酸が中和するとき何が起こる？
G 4 溶液から出てくる固体

セクション B 空気と水

- B 1 空気の中に何がある？
B 2 酸素、酸化物と酸化
B 3 腐食とさび
B 4 水道から水を得る
B 5 水、溶液と洗濯
B 6 水はどれくらいきれい？

セクション H 石油からの化学製品

- | | |
|-----|-------------|
| H 1 | 石油を有用なものにする |
| H 2 | 分子のクラッキング |
| H 3 | ポリマー |
| H 4 | モノマーからポリマーへ |

セクション C ものは何からできているか？

- C 1 粒子とその動き
- C 2 気体と圧力
- C 3 原子,分子とイオン
- C 4 化学式
- C 5 原子の重さを測る
- C 6 物質の構造
- C 7 巨大分子構造

セクション I エネルギーと化学

- I 1 エネルギーと化学反応
- I 2 燃料を燃やす
- I 3 化石燃料
- I 4 大気汚染
- I 5 エネルギー変化と化学結合
- I 6 化学反応を制御する
- I 7 反応速度を測る

セクション D 原材料

- D 1 原材料からものをつくる
- D 2 有用鉱物と岩石
- D 3 石灰岩
- D 4 アンモニアと肥料
- D 5 食塩からできる化学薬品

セクション I 電気と化学

- J 1 電気分解を利用する
J 2 電気分解を説明する
J 3 原子の内部で

- 1) DES(1989), "Science in the National Curriculum", HMSO, U. K.
- 2) National Curriculum Council(1991), "National Curriculum council SCIENCE in the National Curriculum," U. K.
- 3) National Research council(1994), National Science Education Standards,"Head-line," Summary, U. S. A.
- 4) 文部省(1988),「中学校指導書理科編」,学校図書, pp.2-3.
- 5) J. Holman(1991), "The Material World," Nelson, Surrey, U. K.
- 6) 霜田光一他(1993),「中学校理科」,1分野上・下,学校図書.
- 7) 栗田一良他(1993),「新版 中学 理科」,1分野上・下,教育出版.
- 8) 大木道則他(1993),「理科」,1分野上・下,啓林館.
- 9) 戸田盛和他(1993),「中学校理科」,1分野上・下,大日本図書.
- 10) 上田誠也他(1993),「新しい科学」,1分野上・下,東京書籍.
- 15) 近角聰信他(1990),「新編 新しい科学」,1分野上・下,東京書籍.

- 1 DES(1989), "Science in the National Curriculum", HMSO, U. K.
- 2 National Curriculum Council(1991), "National Curriculum council SCIENCE in the National Curriculum," U. K.
- 3 National Research council(1994), National Science Education Standards,"Head-line," Summary, U. S. A.
- 4 文部省(1988),「中学校指導書理科編」,学校図書, pp.2-3.
- 5 J. Holman(1991), "The Material World," Nelson, Surrey, U. K.
- 6 霜田光一他(1990),「中学校理科」,1分野上・下,学校図書.
和達清夫他(1992),「改訂 中学理科」,第1分野上・下,教育出版.
大木道則他(1992),「新改訂 理科」,1分野上・下,啓林館.
戸田盛和他(1990),「新訂中学校 理科」,1分野上・下,大日本図書.
- 7 戸田盛和他(1992),「高等学校理科(特) 改定版」,生物・化学編,大日本図書.
戸田盛和他(1992),「高校新理科(特)」,大日本図書.
- 8 近角聡信他(1992),「改訂 理科(特)」,生命・化学編,東京書籍.
近角聡信他(1992),「新訂 理科(特)」,総合編,東京書籍.

-
- 近角聡信他(1992),「理科特」,化学・力学編,東京書籍.
- 9 近角聡信他(1990),「高校理科特」,東京書籍.
- 10 K. Dobson(1991),"The Physical World," Nelson,Surrey, U. K.
- 11 M. Roberts(1991), "The Living World," Nelson,Surrey, U. K.
- 12 1989年版では到達目標が17からなっており,「科学の探究」は到達目標1であり,「科学の本質」は到達目標17となっていた。1991年の改訂により到達目標が大幅に削減され,「科学の本質」は到達目標からは消えたが,カリキュラム全体を通して達成させようとしている。
- 13 G. Hill(1990), "Chemistry Counts,"Hodder and Stoughton, London, U.K.
A. Hunt, et. al.(1990),"Chemistry," in Nuffield Co-ordinated Sciences, Longman, Essex, U.K.
C. Johnson(1989), "Chemistry for GCSE," Heinemann, Oxford, U. K.
M. Coles, et. al.(1988),"Active Science 1," Collins Educational, London, U.K.
- 14 E. S. Morrison, et. al.(1993), "Science Plus Technology and Society," Holt, Reinhart and Wilson,Florida, U.S.A.
D. Hurd, et. al.(1992), "General Science," Prentice Hall, New Jersey, U.S.A.
- 15 G. Hill, et. al.(1989), "Chemistry the Salters' Approach," Heinemann, Oxford, U.K.
- 16 例えば、教科書の2ページに次の記述がある。
『化学者として教育された人たちは、病院の検査室で、醸造所で、石油精製所で、食品研究所で、プラスチックから菓子まで、ものを作る工場で働いています。』
- 17 <p.xxx>はTMWの中での掲載ページを示す。以下同様。
- 18 op. cit. 2).

第三章 日本人の科学観に係る研究

高校生・大学生・一般人の科学観に関する研究

小野禎文・熊野善介
静岡大学教育学部

1.はじめに

科学教育の指導法や、評価法を考える中で重要な点の一つが、それがどのような科学観に基づいて行われているかということである。教育過程を通して、学習者は科学的な知識や科学手法を身に付けるとともに、「科学とは何か」について知り、科学は社会にとってどのような価値を持ち、自分が科学に何を求めていくのか主張できるようにならなければならない。

しかし、これまでの科学教育では最近の科学史、科学哲学の成果を十分生かしているとは言えず、科学の本質論が背景として現われていないという問題がある。このために、一社会人として考え、意思決定を行うとき、「科学とは何か」ということがわからないままに科学を利用し、その結果だけを求めて科学が必要であるか否かを論じることが多い。今日、科学の社会的マイナス側面がクローズアップされ、科学に対して不信感や恐怖感・懐疑感を多くの人が漠然と感じている。このときもし、「科学とは何か」ということについて深く考察ができなければ、科学を社会へ価値付けするときに、正当な評価が出来なくなる。したがって、科学教育の中で科学の本質を踏まえた科学観を育成することは、非常に重要であるといえる。こうした科学教育の変容の要請を踏まえ、まず日本人の科学観が、現在どのようなものであるか正確に把握することを本研究の目的とする。

こうした研究はアメリカ合衆国や、カナダ、オーストラリア、ドイツ、イギリスなどで科学教育プログラムの基礎研究として進められている。例えば、アメリカ合衆国のアイオワ大学を中心に行われた World View Domain (世界観評価項目) や、カナダのサスカティワン大学の Views on Science Technology - Society (VOSTS)がある。しかし、日本においては基礎的な研究がまだ始まったばかりであり、今後ともその成果が要求されている。実際に新しい科学教育の形を求めて STS 教育¹が広まってきている。しかし、その特徴とも言える哲学的背景が実践研究の中ではなかなか現われにくく、STS 教育が、環境問題等の社会と科学の問題を、トピックとして扱うにすぎないかのように誤解されることもある。²こうした誤解は基礎研究が十分になされないことには解決できないであろう。本研究はまた、科学哲学の分野を専門的な研究から実際に社会と結び付いた一般人の教養として捉えなおし、高度情報化社会における望ましい社会像・人間像を構成していく重要な方針の一つとして位置付けしていく意味からも、科学教育界における基礎研究の一貫としても、大切である。

2.研究方法

まず、これまでの科学教育に見られる伝統的な科学観と新しい科学観との比較を行い、新科学哲学の成果を踏まえて、学習者が科学観を形成するに当たってその根本的な哲学的背景となるべき「科学とは何か」について考察した。続いて、アイオワチャタクワプログラム³の World View Domain⁴を使用して高校生 369 人を対象にプレテストを行った⁵。その分析結果から World View Domain を日本語の文章形態に合わせて改定を行い、科学観の評価項目を作成した。それを利用して小学生・中学生・高校生・大学生・教職職員・一般社会人約 2000 人を対象に評価項目をアンケートとして実施し、その分析結果を基に一般的に捉えられている科学観を新しい科学観の観点から評価、考察した。

3.現代の科学論の概略

これまでの伝統的な科学観は科学の本質を帰納主義的な観点から捉えている。すなわち、科学的知識は事象を、先入観を一切持たずに厳密な形で見たり聞いたり触れたりすることによって捉えられたもので、普遍的に再現性のある事実であるとされている。そして科学理論とはそうした知識から帰納的に導き出され、さらに厳密な審査によって客観的に証明されたものである。こうして観察言明によって法則や理論が帰納的に導き出される。つまり、事実の集積が増えるにつれて、また、より精密な観察をすることによって、科学は継続的・累積的に進歩し続ける。このようにして生み出された科学は人間の価値観（良い・悪いなど）の影響を受けておらず、普遍的な法則として取り扱われる。もっとも科学万能主義などは早くから批判されてきている。しかし、その批判の理由としては主にデータの誤差による理論の不確かさや、野心的な科学者によるデータの改良などの科学に対する背徳行為の可能性を挙げるにとどまり、帰納主義的な科学観や科学の歴史を累積的進歩と捉える科学観が変容するには至らなかった。したがって、これらの批判は社会や教育の中で評価されるとき、科学のさらなる課題として捉えられるか、もしくはマイナスイメージにつながっていくことが多かった。

これに対し、現代の科学哲学はこの帰納主義を克服し、新しく「科学とは何か」を追求することを目的とした。新科学哲学は科学史の詳細な事例研究を基にして「科学とは何か」について論じている。⁶この新しい科学観の背景となる新科学哲学の成果を簡単に述べる。すなわち、科学的な観察言明は理論依存性を持つということ。理論はある構造を持ち、その基本的な考えは通常の科学の発展の時には否定されず、根源的な仮定として（意識的にも無意識的にも）不可侵のものとなっていること。理論の構造体の基礎をなす部分が他の構造体と、とって変わることがあるということ。理論の構造体の基礎が変われば、事象の見方が変わって行くこと。科学は進歩するということ。しかし累積的に進歩するのではなく、構造体の変化による事象の説明の適応性が拡大するといったことで進歩が言えること。どのような理論の構造体も真理として断定する手段を持たないこと。科学は理論に基づいて事象の予測は出来るが、事象の確証は出来ないこと。科学は人間の生み出した人間臭いものであるということ。科学は社会と密接な関係を持っており、相互に影響を与えるものであることである。もちろん、科学哲学の見解がすべて新科学哲学に基づくものとは限らないし、新科学哲学も未だ様々な見解にわかれている。しかし、新しい科学教育の改革の流れは新科学哲学の観点をかなり受け入れてきており、今後も重要視されて行くであろうと言える。

4.World View Domain の分析と科学観評価項目の作成

調査項目についてはアイオワチャタクトプログラムの6領域（概念領域・方法領域・応用領域・創造領域・態度領域・世界観領域）⁷のうち、世界観領域（World View Domain）を利用した。世界観領域は科学とはどのようなものであるかを評価し、科学－技術－社会の相互の関係を価値付けするものである。Yager (1991) は『THE IOWA ASSESSMENT HANDBOOK』の中で世界観領域について以下のように述べている。

「科学はただ異なる学問分野の特性を示すような通用する見方を学ぶだけでなく、科学という学問そのものの本質について生き生きと描くものでなければならない。科学者自身、しばしば自分達が何をどのように行なうのか、どのようにして科学法則が変化し、または変化してきたかについて知らないことがある。しかしながら、幼稚園から大学

に至るまですべての生徒の一般教育の中に科学を置く主な理由として多くの人が、すべての人類の主要な知的追求手段として科学の本質を表わすところにあると感じている。この領域に関連する事柄は次のとおりである

1. 科学的知識が創造されていく過程
2. 科学研究の本質
3. 科学研究の基本的概念の意味
4. 科学的概念の歴史
5. 科学者の仕事や組織のやり方
6. 科学・経済・政治・歴史・心理学・哲学の相互関係」 (p2~3)

これらの内容からは、科学教育を知識の集合体の系統的な教育や、実験のテクニックを教えることとしてだけ捉えるのではなく、科学そのものの本質は何かということを追求し、科学の価値付けを行なおうとしていることが読み取られる。これは STS 教育の一つの特徴と言えることである。新しい科学観に基づいた評価項目を作成するに当たり、この世界観評価項目を雛型とした理由は以下の通りである。

- 1) 世界観評価項目は科学の価値付けを「科学とは何か」を問うことによって行なっており、World View Domain は『世界観』と訳すよりむしろ『科学観』と言ったほうが意味的には近いように思われる。この科学観は本研究で扱う「新しい科学観」の立場と一致していた。
- 2) 科学観の評価は日本ではほとんど研究が進められておらず、それに対し世界観評価項目はアメリカ・カナダ・オーストラリアでの実績のある 7 種類の評価項目を参考に作成されており、信頼性・妥当性があるものとみなされる。

World View Domain を翻訳し、修正をするに当たってまず行わなければならないのは本研究で扱われる科学観の調査項目と World View Domain の立場についての比較・検証である。このため World View Domain 1991 年版の翻訳を以下に示し、その問題項目について検証する。

(科学・技術・社会) 世界観領域評価項目

次の 1 から 25 のそれぞれの質問に対して、あなたの考えに最も近い考えを①から③の中から一つ選び、マークシートに記入しなさい。

1. 科学的知識について最も的確に述べているものは何か。次の①から③から一つ選べ。
 - ①科学的知識とはうまく組み立てられた事実の集まりのことである。
 - ②今日の科学的知識は過去から引き継がれた考えやデータによるものである。
 - ③今日の科学的知識は、今の科学者によって生み出されたものである。
2. テレビの設計は以下のどの領域の問題か。
 - ①科学の領域の問題である。なぜなら、その過程で実験が必要になるから。
 - ②技術の領域の問題である。なぜなら、使用しやすい装置を工夫することだから。
 - ③技術の領域の問題である。なぜなら、電気に関連した仕事を含んでいるから。
3. 科学者たちがある新種の植物の成長に役立つ新しい物を発見したがっているとする。この時、これらの科学者が決してやら

ないことについて述べた生徒のうち、誰が最も正しいか。

- ①科学者はすでに知れ渡っているものである場合、これを使用しようとはしない。（ウエイン）
 - ②ある新しい植物の成長に関して数式は使用しないであろう。（サリー）
 - ③科学者たちは、他の種類の植物の成長に関与するものは考えない。（ジム）
4. ベティはカリウム（K）が植物の成長にとって重要であるかどうかを発見するための実験を考案している。彼女の生物の先生は、あるグループにカリウムをまったく与えないが窒素と磷を土壌に入れて植物を成長させてみたらどうかと示唆した。さて、ベティの先生が示すであろう、もう一つのグループはどんな土壌か。
- ①カリウムだけ。
 - ②窒素と磷とカリウム。
 - ③窒素とカリウム、しかし磷は含ませない。
5. ある科学法則は、当然その法則で説明できうるべき事実のいくつかについて、説明ができない。このようなとき科学者は、
- ①予期しない事実をこの法則で説明がつくように変えるであろう。
 - ②より多くの事実を説明できるように、この法則を変えるであろう。
 - ③この法則を棄却（あきらめる）して、速やかに新しい法則をつくるべきである。
6. 新しい理論が出されたとき、科学者がよい理論だと判断できる理由は、
- ①科学者が正しいと考えるから。
 - ②科学者が観察していることに適合し、科学者の他の考えにも合致するから。
 - ③多くの観察結果と一致しているから。
7. 科学者がある新しい理論が良い理論だと結論づける時、次の文の中から最も適切な考えを選べ。
- ①科学の考えや自然現象の説明が成長したといえることができる。
 - ②科学的知識の探究は終わりに近づいたといえることができる。
 - ③科学は新しい実証的な証拠を発見したといえることができる。
8. 科学についてある本は次のように述べている。『科学者にとって実験を行うことは、自然に質問をすることである。』このことは、科学において実験はどんなことのために行われるのか。
- ①自然が法則に従っていることを証明するため。
 - ②科学的な問題が解きあかされるまで、いろいろな解法を試みることによる学習のため。
 - ③科学者の思考から生み出された推論が正しいかどうかをみるため。
9. 科学者がある量を何度も注意深く測定するときはいつでも、どのようなことを推定しているか。
- ①測定値の中の2つだけが、まったく同じ値をとるであろう。
 - ②一つのみを除いたすべての測定値が、全く同じ値をとるであろう。
 - ③ほとんどの測定値は似た値をとるが、全く同じ値にはならないであろう。
10. 科学の理論とは何か。
- ①科学の理論は科学者について説明するものである。
 - ②科学の理論は実験について説明するものである。
 - ③科学の理論はある事実がどうしてそうなるかについて説明するものである。
11. ある科学の理論は処分されなければならない。なぜなら――
- ①最近の科学発見により、その科学理論が間違いであると証明できたから。
 - ②人類の繁栄にとって、その科学理論が危険であるから。
 - ③その科学理論がまったく役に立たないと分かったから。
12. 科学者が成功するためには、以下のどれを積極的にやらなければならないか。
- ①研究に専念すること。

- ②他の人々を信頼すること。
- ③自分の研究結果が正しいと信じること。
13. すべての科学に共通して言えることは、『科学的手法』を用いて行っていることである。次の文の中で、『科学的手法』の意味を最も良く表しているのはどれか。
- ①科学的手法とは特別の機器や数学的等式を使用することである。
- ②科学的手法とは理論に従って研究をすることである。
- ③科学的手法とは、証拠を審査したり評価したりする方法のことである。
14. ビルはいつもよい成績を修め、しかも冗談の上手な生徒である。フランクもいつもよい成績を修めているが、ユーモアのセンスに欠けている。どちらの生徒が科学者にむいているか。
- ①ビル。
- ②フランク。
- ③フランクとビル
15. 熟練した科学者が自分の専門領域で研究を行い、研究成果の説明をするとき、この説明は、——
- ①正しくなければならない。
- ②間違っていることもあり得るが、たいてい正しいであろう。
- ③正しいこともあるが、たいてい間違っているであろう。
16. 次に掲げる研究課題のうち、科学研究として適切でないものはどれか。
- ①ピカソとルノアールではどちらが優れた画家であるか。
- ②喫煙は肺ガンの原因となるか。
- ③他の人が何を考えているかを把握することはできないだろうか。
17. 次に掲げるもののうち、あらゆる科学者にとって義務であるものは、——
- ①科学者の発見を市民がいかに利用できるかを伝達すること。
- ②他の人々が同じ実験を再現できるように、分かりやすく具体的に発見の報告をすること。
- ③科学の実験は、往々にしてとても費用がかさむので、できるだけ節約すること。
18. 3人の男が同時に市民図書館を訪れた。
- 第1の男は探偵小説だけを一冊選んだ。
- 第2の男は探偵小説と人気小説を一冊づつ選んだ。
- 第3の男は探偵小説と人気小説と伝記を選んだ。
- 3人の男は科学者・新聞記者・そして警察官である。どの男がどの職業に就いているかを決めるとき、次のどの文のうちどれが適切か。
- ①第1の男が警察官である。しかし、他の2人の男は判断するのは難しい。
- ②第3の男は3つの職業のどれにもなりえる。
- ③第1の男は警察官であり、第2の男が科学者で、第3の男が新聞記者である。
19. 科学者の主な貢献とは以下のどんなことによって生み出されるか。
- ①優れた創造力。
- ②偶然的な発見。
- ③精力的な研究。
20. 次に示す問題のうち、どれが最も純粋な科学の問題例か。
- ①南太平洋上の島々間における結婚と求婚のパターンに関する研究。
- ②新しい橋のためのデザインの開発。
- ③雲の形を描きだす等式を書くこと。

21. 今日の多くの科学的研究はどのような研究形態の結果か。
- ①複数の科学者の共同研究による。
 - ②個々人の科学者の研究による。
 - ③科学者間で研究を競い合って行ったことによる。
22. たいいていの偉大な科学的発見はどのようなことによって生み出されたか、次の中から最も適当なものを選べ。
- ①注意深く計画された実験によって。
 - ②科学者が考えられるあらゆることを試みることによって。
 - ③偶然の幸運によって。
23. 次の文章のうち、科学的法則についてもっとも正しく述べているものはどれか。
- ①自然に従うものであり、何人も犯（おか）すことが出来ないものである。
 - ②ものごとがどのように働くかについて示すものである。
 - ③ものごとがどのように関係しているかを示すある原理について、現在得られるもっとも適切な文章である。
24. 次の文章のうち、科学者が社会に貢献するもっとも重要な方法についてとてもよく表現しているのはどれか。
- ①科学者は熟達したサービスや助言をしてくれる。
 - ②科学者は自然についての知識や社会そのものについての知識を社会に提供する。
 - ③科学者は市民が奮起してやるべきことを知らせ、説明してくれる。
25. 科学は何から始まるか。
- ①実験。
 - ②事実の集積（集めること。）
 - ③ある科学的問題。

まず共通点について述べていく。1つ目は、新科学哲学の成果を背景にしていることである。すなわち、どちらも帰納主義的な科学観から脱却して科学的な観察言明は理論依存性を持つということを認めている。また科学が自然理解の唯一絶対の手段とする考えを否定している。つまり、科学的法則が誤りうるものであり、現在の科学理論はより多くの事象を精密に幅広く説明しようというだけで、唯一の正解ではないことも認めている。このことは、World View Domain 1991年版の問題1・5・7・11・13・15・21・23・25から読み取られる。特に13番の「科学的手法は理論にしたがって研究することである」という解答や、25番の「科学は何から始まるか」という問に対して、「事実の集積」ではなく、「ある科学的問題」を挙げていることなどからは、理論先行の科学が行われているという立場が読み取られる。2つ目は、科学は人間の生み出した人間臭いものであるということ。科学は社会と密接な関係を持っており、相互に影響を与えるものであるという観点から科学の社会への位置付けをはっきりと捉えようとしていることである。これも World View Domain 1991年版を見ると、問題17・24で科学者の社会的義務や社会に対する貢献を取り上げていることから読み取られる。3つ目は科学の方法についてである。前述の科学の本質の理解に基づいて考えると、科学はある考え（仮説・理論と言うと形式ばってしまうため、もうすこし主観的、概念的要素も含めて）に基づいて科学的問題の提起をするところから始まり、仮説を立て、実験を考え・行い、その結果を分析・考察し、様々な関連する理論との関係を考慮して理論を組み立てていく。さらにその理論の幅広い検証を行いながら、理論の精度や適応範囲を深めて行く。それらを基に、ある考えが出てきて科学的問題が提起される。この繰り返しである。科学的で

あるかどうかは論理的・体系的に形作られた理論に基づいた研究がなされているかどうかである。このような観点は World View Domain ではあまり直接的には扱っていないが、問題 3・4・5・9・13・16・20・22・25 からはそうした科学の方法に対する姿勢が窺える。

次に World View Domain 1991 年版では扱われなかったものを取り上げる。一番大きいのは、World View Domain では自然観の育成という観点の問題が見られないことである。実際、アイオワチャタクワプログラムのあるべき理科教育の目標の内容には自然観のことは一際触れていない。⁸この違いを理科教育の目的・目標の日米比較から検証する。1995 年 12 月に全米で初めて理科教育のスタンダードが出されたが、⁹その「Goals for School Science」(P13)を見ると

- ・ 自然界を理解し、豊富で興味深い知識経験が出来る生徒の育成
- ・ 適切な科学の方法や原理の利用によって、意思決定が出来る生徒の育成
- ・ 科学的な話題や技術的なことに関する知的な公式論文が作成でき、知的な議論が行える生徒の育成
- ・ (将来の) 彼等の職業において科学的な知識・理解・能力を使い経済生産の増大に貢献できる生徒の育成

となっている。これに対し、日本のものを見るとまず学校教育法第 18 条では教育の目標として、

- ・ 日常生活に必要な衣・食・住・産業について、基礎的な理解と技能を養うこと
- ・ 日常生活における自然現象を科学的に観察し、処理する能力を養うこと

となり、さらに小学校学習指導要領・平成元年では理科の目標として

- ・ 自然に親しみ、観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を図り、科学的な見方や考え方を養う。

となる。また、中学校指導書理科編・平成元年では中学校理科の目標である「自然に対する関心を高め、観察、実験などを行い、科学的に調べる能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を養う。」を受けて次のように述べている。

「理科は、自然界における事物・現象を学習の対象とする教科である。そして、学習が進めば進むほど、生徒は自然の美しさ、偉大さ、精妙さといったことを感じるようになる。また、自然についていろいろなことがわかるにつれて、その先にあるわからないことも判明するものである。」 (p11)

と述べている。これらを比較して見るとアメリカの科学教育基準は科学的な能力を養い、そのことによって社会に有用な市民となることを重視しているのに対し、日本の指導要領は科学的な能力を養い、そのことによって個々の自然観を育てることを重視している。こうした点が評価にも現われているのであろう。

もうひとつは、科学と技術の取り扱い方である。World View Domain 1991 年版(資料 1)の問題 2 ではテレビの設計をテーマに科学と技術の違いについて述べているが、科学と技術

の境界線は難しく、一概には評価できないものである。もっとも科学と技術が密接な関係を持っていることは、World View Domainの科学観の中でも認めていることと思われ、その点では見解は一致している。本研究の調査では科学と技術の違いについて特に望ましい解答を用意せず、傾向を探るのみとした。また、科学者の社会的責任についてもWorld View Domainには質問項目がなかったので、新たに付け加えることにした。

またWorld View Domainはアセスメントのひとつとして行われるものであり、正答を用意してあるが、本調査では唯一の正解はないという見解から正解を望ましい解答として扱い、その上で望ましい解答の選択の割合などを評価することにする。本調査で扱うアンケートは評価という観点からも見て行くが、同時に科学観という新しい考えを持ち込んだときにどのような反応を示すかインタビューによって調べ、科学観調査項目が科学観を認識し、考えさせる媒介となりえるかということも検証する。こうした点もWorld View Domainとの違いといえよう。

科学観調査項目はWorld View Domainの翻訳版を基にして日本語の文章の修正、問題数の削減を行い、静岡STS研究会（10人）・静岡大学教育学部大学院生（23人）・熊野研究室ゼミ（13人）・静岡大学附属静岡中学校（37人）を対象にテストを行いながら、5度の改訂を行った。その最終版を以下に示す。なお「*」は望ましい解答を示す。

科学観調査項目

Translated and Modified into Japanese Culture from Iowa Chatauqua Assessment

静岡大学理科教育研究室・小野禎文

1995年8月23日

性別 男・女 年齢 代

まず性別と年齢（10代、20代等）を記入してください。1から15のそれぞれの質問に対して、あなたの考えに最も近い考えを（1）から（3）の中から一つ選び、番号に○を記入して下さい。もし問題文の意味や選択肢の内容が理解できない場合は（4）のわからないを選択し、分からない箇所に下線を引いて下さい。この問題には正解はありません。質問項目はかなり極論に近い形で作られていますので、自分の考えにぴったり当てはまらないこともあります。その場合でもあなたの考えに最も近いと思われる解答番号を一つだけ記入し、一つの質問項目に2つ以上の解答番号は記入しないで下さい。

- 1 あなたは理系（数学や理科が得意もしくは専攻している）ですか文系（語学や社会が得意もしくは専攻している）ですか
 - （1）理系である
 - （2）文系である
 - （3）どちらとも言えない
 - （4）わからない
- 2 科学的法則はどのような性質をもつと考えられるか
 - （1）自然に従うものであり、だれも侵す事のできないものである
 - （2）実験で確かめた事実を基に人間が解明した自然の真理である
 - *（3）自然界の物事の関係について現在得られる最も適当な解釈である
 - （4）わからない
- 3 科学において実験はどんな事のために行われるのか
 - （1）自然が法則に従っている事を証明するため

- (2) 自然現象の精密なデータを取る事によって、決まった法則を見つけ出すため
- * (3) 科学者が考えた推論が正しいかどうかを確かめるため
- (4) わからない
- 4 科学者が仕事をする上で義務として行わなくてはならないのは何か。
- (1) 自分の発見がいかに生活に役立つか説明する事である
- * (2) 他の人々が同じ実験を再現できるように、分かりやすく具体的に発見の報告をする事である
- (3) 科学の実験は往々にして費用がかかるので、出来るだけ節約する事である
- (4) わからない
- 5 科学者が人類にとって脅威となりうる理論（例えば核エネルギー、毒性物質の開発、遺伝子操作等）を考え出したとき、どうすべきか
- (1) 理論は発表すべきだし、それがたとえ社会に悪影響を及ぼしたとしても科学者には責任はない
- (2) その危険性がなくなるまで理論は封印して、責任をもって危険性に対処する方法を考えるべきである
- (3) 必ずしも悪影響だけとは限らないので、理論は発表し、そのうえでそれがどのように使われるべきか責任をもって見守るべきである
- (4) わからない
- 6 科学者達がある新しい科学の理論を認めた時、科学や科学の求めるものがどのようなになったといえるのか
- * (1) 科学や自然現象についての理解が深まったといえる
- (2) 科学的知識の探求は終わりに近づいたといえる
- (3) 科学は新しく真実を発見したといえる
- (4) わからない
- 7 新しい科学の理論が出されたとき、科学者達はその理論を認める理由はなにか
- (1) 今までにない画期的な理論だから
- * (2) 他の科学者達が確認した結果にもあてはまり、また彼らの他の考えにも合うから
- (3) その理論を出した科学者（もしくはそのグループ）の実験結果と一致しているから
- (4) わからない
- 8 科学者にとって最も大切な事は何か
- * (1) 探究心を持って物事にに関わりつづけること
- (2) 偶然何かを発見できるような強運
- (3) 高い学力
- (4) わからない
- 9 次の文のなかで科学の意味を最もよく表わしているものはなにか
- (1) 特別の機器や数学的等式を使用する事である
- * (2) 理論や推論をもとに研究をする事である
- (3) 実験結果をまとめてある法則を考え出す事である
- (4) わからない
- 10 科学の実験において同じ実験を何度も注意深く行って測定するときはいつでも、どのような結果を予想するか。
- (1) 測定値の中のいくつかは、全く同じ値をとり、それが正しい値である
- (2) ほとんどすべてが全く同じ値となるだろう
- * (3) ほとんどの測定値は似た値をとるが、全く同じ値にはならないであろう
- (4) わからない
- 11 ある科学の理論は破棄されなければならない。なぜなら……

- * (1) 別の新しい科学理論により、その科学理論を否定する結果が証明できたから
 - (2) その科学理論が、人類の繁栄にとって危険であるから
 - (3) その科学理論が生活の役に立たないから
 - (4) わからない
- 1 2 科学と科学技術はどのような関係にあるといえるか
- (1) 科学によって科学技術は発展し、技術によって科学は支えられるのだから、共通点は多く違いはほとんどない
 - (2) 科学は理論が中心であり、科学技術はそれを利用して役立つものを作ることだから、両者は密接な関係があるものの異なるものである
 - (3) 科学技術の開発は常に科学的方法がとられ、また科学の実験などは科学技術によって成り立つ。つまり、両者は同時に行われるものであり、同じものと考えてよい
 - (4) わからない
- 1 3 科学は何から始まるか
- (1) 実験
 - (2) 事実の集積
 - * (3) ある科学的問題
 - (4) わからない
- 1 4 ある科学的法則によって当然説明できるはずの事実が説明できないとき、科学者はどうすべきか
- (1) その事実を修正して法則に当てはめようとするであろう
 - * (2) より多くの事実を説明できるように、その法則を変えるであろう
 - (3) この法則をあきらめて、速やかに新しい法則を作るであろう
 - (4) わからない
- 1 5 次の文章のうち、科学者が社会に貢献する最も重要な事についてよく表現しているのはどれか。
- (1) 市民の生活に関して彼らがすべき事を指示する事である
 - * (2) 自然や社会についてより深い知識を社会に提供する事である
 - (3) 将来の社会人となる学生により講義をする事である
 - (4) わからない

内容を見れば分かるとおり、1 5 の質問項目それぞれに3つの観点からの意見と (4) わからないの4つの選択肢を用意した。その問題構成を以下に示す。

1. 科学の本質論 …科学がどのようなものに立脚しているかと科学理論・科学法則そのものが持つ意味や価値について

	項目番号
科学法則の性質	2
科学の進歩の意味	6
科学とは何をする事か	9
科学は何から始まるか	1 3

2. 科学の方法論 … 科学が生み出され、理論として認められていく過程について

	項目番号
科学の実験の意味	3
科学理論が認められる理由	7
測定データの特徴	10
科学の反証例に対する科学者の態度	14

3. 科学の社会論 … 科学者の社会的価値付けについて

	項目番号
科学者の義務	4
科学者に必要な要素	8
科学理論の破棄される理由	11
科学者の社会への貢献	15

4. 科学の社会論Ⅱ … 科学者・科学理論・科学技術の関係

	項目番号
科学理論に対する科学者の倫理観	5
科学と科学技術の違い	12

1、5、12問目を除く12問にはそれぞれWorld View Domainの観点に基づいて望ましい解答を用意し、5、12問目に対しては特に望ましい解答を用意せず、その傾向を探るものである。なお第1問目は理系・文系をたずねる項目である。望ましい解答というのは、ただ一つしかない正解とは異なり、あくまでも指標としての解答である。しかしこれは、伝統的な科学観から新しい科学観への移行を考えたときに必要とされる要素として選ばれたものであり、したがって、この望ましい解答を基に分析することは、新しい科学観の社会や教育への浸透状況を見る上で重要であると言える。

科学の社会論Ⅱでは望ましい解答を用意しなかったが、これは新しい科学観に基づいて考えた場合に分かれる意見の代表的なものを述べているためで、伝統的な科学観と新しい科学観の対比はできないからである。

5. 科学観調査項目の実施方法

1) 調査時期

1995年9月から1995年12月まで

2) 調査対象

調査対象は高校生・大学生・一般人を主に行い、特に一般人の中でも教職職員を別に抽出して調査した。これは、生徒の科学観が形成される中で学校の教師の役割が大きいと思われたからであり、教師とその他の一般人との間に科学観の違いがあるかどうかを調査するためである。またそれ以外に小学6年生・中学2、3年生にも同じ調査項目を行ってもらい、参考群として扱うことにする。高校生以上を対象とした理由は、問題の文章や語意を考えて中

学生以下では文脈が理解し難いのではないかと考えたからである。

実際の調査は、小・中・高校生については現職の先生にお願いしてその学校のクラス単位で行っていただいた。対象とした学校は、小学校から順に藤枝高洲南小学校（計 117 人）・焼津大富中学校・静岡大学附属浜松中学校（計 313 人）・掛川東高校・小山高校・富士東高校・静岡高校・下田北高校（計 822 人）である。大学生は、静岡大学・筑波大学・豊田女子短期大学の理科教育・情報教育の講義の際に行われたものと、静岡大学・信州大学・東京大学・浜松医科大学・常葉短期大学から無作為に抽出したものがある（計 446 人）。現職の教師は三重県の高校教師・三島市の県教育研修所に集まった静岡県の小学校教師・焼津大富小学校教師・熊本県を中心とする西日本の教師・静岡県浜名郡に集まった静岡県西部の教師・静岡県磐田市に集まった静岡県西部の小、中学校の教師・静岡県西遠女子学園（中、高校）の教師（計 253 人）である。一般社会人は佐賀県・静岡県・東京都・神奈川県・山梨県から無作為に抽出した（計 144 人）。これらの総計は 2095 人である。表 5-1～表 5-6 にその理系文系・性別・学年・年齢別にその人数を表にした。

表 5-1 小学校

学校名・学年	男子	女子	理系	文系	どちらでもない	総計
高洲南小学校 6 年	54 人	63 人	46 人	40 人	22 人	117 人
総計	54 人	63 人	46 人	40 人	22 人	117 人

表 5-2 中学校

学校名・学年	男子	女子	理系	文系	どちらでもない	総計
大富中学校 2 年	61 人	50 人	23 人	21 人	48 人	111 人
2 年小計	61 人	50 人	23 人	21 人	48 人	111 人
大富中学校 3 年	28 人	28 人	15 人	12 人	27 人	56 人
大富中学校 理科選択 3 年	10 人	15 人	9 人	5 人	6 人	25 人
付属浜松 中学校 3 年	69 人	52 人	41 人	21 人	47 人	121 人
3 年小計	107 人	95 人	65 人	38 人	80 人	202 人
総計	168 人	145 人	88 人	59 人	128 人	313 人

表 5-3 高校

学校名・学年	男子	女子	理系	文系	どちらでもない	総計
掛川東高校 1 年	—	132 人	40 人	30 人	61 人	132 人
小山高校 1 年	39 人	57 人	35 人	45 人	—	80 人
静岡高校 1 年	49 人	33 人	45 人	28 人	8 人	82 人
1 年小計	88 人	222 人	120 人	103 人	69 人	294 人
掛川東高校 2 年	—	127 人	14 人	58 人	45 人	127 人
小山高校 2 年	13 人	28 人	—	41 人	—	41 人

文系特選クラス						
下田北高校 2年	37人	41人	25人	59人	5人	84人
2年小計	50人	196人	39人	158人	50人	252人
掛川東高校 3年	—	132人	21人	63人	49人	132人
富士東高校 3年	51人	26人	71人	2人	4人	77人
静岡高校 3年	40人	2人	45人	—	2人	47人
下田北高校 3年	—	4人	3人	17人	—	20人
3年小計	91人	164人	140人	82人	55人	276人
総計	229人	582人	299人	343人	174人	822人

表 5-4 大学

学校名・学部	男性	女性	理系	文系	どちらでもない	総計
静岡大学工学部	45人	3人	48人	—	—	48人
静岡大学 理学部・農学部	32人	22人	54人	—	1人	55人
静岡大学教育学部 理科学科	20人	39人	46人	1人	12人	59人
静岡大学教育学部文化 系学科	7人	42人	3人	37人	12人	52人
静岡大学人文学部	22人	24人	1人	47人	—	48人
静岡大学生総計	126人	130人	142人	85人	25人	262人
信州大学 東京大学 浜松医科大学 常葉学園大学	13人	5人	14人	2人	1人	18人
筑波大学理科教育	19人	27人	45人	—	1人	46人
国立大学生小計	158人	162人	201人	87人	27人	326人
1年生	10人	12人	8人	13人	1人	22人
2年生	56人	51人	79人	25人	8人	112人
3年生	29人	21人	39人	11人	1人	51人
4年生	47人	63人	58人	36人	16人	110人
大学院生	25人	6人	27人	3人	1人	31人
学年別小計	167人	153人	201人	88人	27人	326人
豊田短期大学 人間関係学科 1年	—	55人	4人	31人	17人	55人
豊田短期大学 日本文化学科	—	65人	3人	58人	4人	65人
大学生総計	158人	282人	208人	176人	48人	446人

表 5-5 教職職員

調査対象	男性	女性	理系	文系	どちらでもない	総計
三重高校教師	—	—	—	—	—	35 人
三島小学教師	—	—	22 人	9 人	—	31 人
大富小学教師	18 人	16 人	14 人	16 人	9 人	39 人
熊本教師	37 人	—	37 人	—	—	37 人
浜名郡教師	3 人	—	9 人	3 人	—	15 人
磐田郡竜洋町教師	27 人	10 人	23 人	5 人	9 人	37 人
西遠女子学園教師	13 人	11 人	17 人	23 人	8 人	58 人
地域別小計	98 人	37 人	122 人	66 人	26 人	253 人
20 代教師	19 人	12 人	17 人	9 人	5 人	31 人
30 代教師	30 人	11 人	24 人	12 人	5 人	41 人
40 代教師	28 人	9 人	18 人	13 人	6 人	37 人
50 代教師	11 人	5 人	8 人	5 人	3 人	16 人
年代別小計	88 人	37 人	67 人	39 人	19 人	125 人
小学教師	26 人	17 人	67 人	32 人	19 人	118 人
中学教師	35 人	4 人	35 人	4 人	1 人	40 人
高校教師	16 人	4 人	14 人	9 人	—	58 人
学校種別小計	77 人	25 人	116 人	45 人	20 人	216 人
総計	98 人	37 人	123 人	67 人	28 人	253 人

表 5-6 一般社会人

地域	男性	女性	理系	文系	どちらでもない	総計
佐賀県	37 人	22 人	22 人	23 人	14 人	59 人
その他	45 人	40 人	29 人	30 人	23 人	85 人
地域別小計	82 人	62 人	51 人	53 人	37 人	144 人
20 代	43 人	39 人	30 人	36 人	16 人	82 人
30 代&40 代	23 人	16 人	14 人	10 人	13 人	39 人
50 代以上	15 人	6 人	7 人	5 人	8 人	21 人
年代別小計	81 人	61 人	51 人	51 人	37 人	142 人
総計	82 人	62 人	51 人	53 人	37 人	144 人

注 人数の足し算が合わないのは記入もれ、記入ミスなどがあるためである

4) 実施方法について

調査項目は基本的にはマークカード方式で解答していただいた。また調査対象別に生徒対象・大学生対象・教職職員対象・社会人対象の4つの説明文を用意し、マークのやり方を説明してある。また、マークカードの記入欄には性別・学年または年齢が分かるように記入していただき、特に大学生対象の調査項目ではその専攻分野も記入していただき、このことにより、その違いが分析できるようになっている。

5) インタビューについて

調査はマークカードの他に、簡単なインタビューも行った。対象は主に大学生と社会人である。基本的にはインタビューを行うことを相手に知らせずに、マークが終わった時点で感想を直接聞き、口答による自由解答形式によって調査し、評価するという簡単なものである。対象人数は22人であり、質問項目は以下のとおりである。

1. 全体的にどんな感じだったか
2. 各質問に対し、気にかかる設問はあるか
3. 選択肢の中で(4) わからないを選んだとき、その理由は何か
4. 2つ以上の選択肢がどれも正しいと感じたとき、どれを選んだか。またそれを選んだ基準は何か

ただし、質問形式は相手に合わせて言葉を選んでいるため、話し方はそれぞれ異なる。このような方法を取った理由は、相手と心理的に同調させて、自由で遠慮のない意見を聞くためである。このためこのインタビューの結果は、再現性をもたないが、アンケート自体の評価や科学観をどう感じたかについて、捉えることができ、個々のデータを分析する際の参考として扱う。また、結果の分析の最後に一括して記述し、全体的な考察の参考として扱う。

6) 調査結果の分析方法について

まず、集められたデータを、小学校・中学校・高校・大学生・教職職員・一般社会人について、その学校別・地域別・専攻別・学年別・年齢別に分ける。分け方は表5-1～表5-6の分類のとおりである。各分類別に行った分析を以下に示す。

1. 各項目の番号別に選択者の割合を百分率で出す。
2. 望ましい解答に1点、そうでない解答には0点を与える。
3. 個々のデータにつき総得点・科学の本質論に関する得点・科学の方法論に関する得点・科学の社会論に関する得点を出す。
4. 全体の平均と標準偏差を出す。
5. 各分類間で、望ましい解答の選択者の割合について相関を出し、さらにそれをグラフに表わし、望ましい解答の選択者の割合を視覚化する。
6. 各分類間で、総得点のT-TEST・F-TESTを行う。
7. 科学の本質論・科学の方法論・科学の社会論の得点について、それぞれT-TESTを行う。

操作1は選択にある片寄りがあるとの仮説により行われるものである。操作2は望ましい解答を選択した割合を調べるための前操作である。操作3・7は科学の本質論・科学の方法論・科学の社会論によってそれぞれの出来が違うという仮説の基に行った。操作4・5・6は各分類別に望ましい正答の選択の仕方が同質の集団とみなせるかどうかを検定するために行った。操作8は、それぞれの問題項目が、独立した問題であるかどうかを調べるためと、選択する項目に何らかの相関があるかどうかを検定するために行った。

T-TEST・F-TESTについては、各標本が無限母集団からのものと考え、得点は正規分布するものと仮定する。その上で「それぞれの間には差はない」という帰無仮説を立てて、5%の有意水準においてその帰無仮説が棄却されるか否かを検定し、有意さの有無を求めた。T-TESTは両側検定の異分散T検定を行い、平均の差の検定を行うものである。F-TESTは2つの母集団の分散を比較するものである。たとえばT-TESTで平均値が等しくてもF-TESTで、帰無仮説が棄却されればその2つの集団は同質のものとは言えないことになり、その逆もまた然りである。もし各分類同士が、同質の集団ではないとされた場合、それらをまとめて総計を出す場合、考慮しなければならない対象となる。また7の科学の本質論・科学の方法論・科学の社会論についてのT-TESTは、それぞれの平均値が異なるかどうかを調べ、どの領域の問題が来て、どの領域の問題が来ないかを検定によって調べるものである。

相関はピアソンの相関係数を用いた。その解釈は以下の表のとおりである。またそれぞれの基準値に対して異なる字体で表わしてあるのでそれらあわせて表示しておく。（表5-7）

表5-7

値	解釈
0.00～±0.50	ほとんど相関がない
±0.50～±0.60	低い相関が見られる
<u>±0.60～±0.80</u>	<u>相関がある</u>
<u>±0.80～±1.00</u>	<u>高い相関が見られる</u>

（注）符号がマイナスの場合は、負の相関を示す

相関の基準については『Elementary Statistical Methods in Psychology and Education』を参考にした。これによると「ある二つの集団の相関が±0.5以上になることはランダムなデータでは珍しく、±0.6以上であれば何らかの原因を考える必要がある。また相関の基準はあくまでも相対的なものであることを考慮しなければならなく、分析にはその点にも注意を払わなければならない。」（p445～p446 要約）

分析はマイクロソフト社のEXCELバージョン5.0（1994）を用いておこなった。これによる結果は帰無仮説を棄却するときの危険率を直接表わしたものとして算出される。したがって、その値が0.05以下であった場合、帰無仮説は棄却され、異質の集団であるとみなすことにする。この数値以下の場合には太字で表記することにする。

分析結果の評価についてであるが、サンプル数が50以上のデータについては、ある程度のまとまりのある集団とみなし、有効データとみなす。50未満のものについては、各データのばらつきが大きく影響するため、参考データとして扱うものとする。これは、社会人（平均6.94・標準偏差2.09）教職職員（平均7.97・標準偏差1.81）についてそれぞれランダムに10人・20人・30人・40人・50人・60人・70人・140人を選びだし、抽出した集団140人との各問題項目別の正答率の相関・総得点のT-TEST・F-TESTを行った結果により、決めたものである。それぞれの検定の結果が、安定する数値を見て行くと総数50人以上から、母集団とほぼ似たような結果が得られていた。また各問題項目別の正答率の相関については総数20人以上で140人の集団との相関が非常に高くなっていた。このため、あくまでも経験則であるが、総数50人以上でT-TEST・F-TESTの評価を行い、総数20人以上で各問題項目別の正答

率の相関を評価を行うことにする。なお『Elementary Statistical Methods in Psychology and Education』によると T-TEST については標本数 50 以上で有効データとみなすことが出来るとある。(p228) この有効データとみなす人数については、本来はさらに大規模な調査をした上で、考察を進めるべきであるが、今回は時間の都合上できなかったため、本研究の暫定的な基準として扱うものとする。

6 結果

結果については紙数の関係上表 5-1～表 5-6 に挙げたような細かい分類間の分析の詳細は省略し、全体的な傾向について記述しながら、要点のみ取り上げることとする。¹⁰ 全体的な傾向を分析するにあたって、まずその分類を決めておく。小・中学生においては 1・2 校のみのデータであり、また文章の理解力にも問題があると思われるので参考群として扱い、学年別に分ける。今回の分析では高校生を学年別・大学生を国立大学と短期大学に分けたが、その理由について説明する。まず高校生であるが、表 6-1～表 6-3 を見ると各学校別・学年別の相関はほとんど高く科学観の傾向が似通っていることが言えた。また分散の検定である F-TEST でも有意差は見られなかった。しかし、平均点では特に学校別において差が見られ、学年別でも掛川東高校では有意差が見られた。この差が出た原因としては、文章理解能力や科学用語の語彙量・科学の実験や科学理論というものに対して具体的イメージがあるかといったことが挙げられる。これは、評価項目の感想として「科学と化学の区別がつかない」「科学者ではないからわからない」といったものがあげられていたことから窺える。学校間で差が出たのはこのような原因が学力差として現われたのではないと思われる。この点に関してはさらに調査範囲を広げて確かめる必要があると思われる。今回の調査では高校生については学年別よりもむしろ学校間において差が見られたが、今回の調査目的が、ある特定の学力が集中している学校だけを評価するわけではないので、学年ごとに分類した。

表 6-1 各学校別・各学年別相関

CORREL	掛川 1 年	掛川 2 年	掛川 3 年	小山 1 年	小山 2 年	富士 3 年	静岡 1 年	静岡 3 年	下田 2 年	下田 3 年
掛川 1 年		<u>0.92</u>	<u>0.82</u>	<u>0.96</u>	<u>0.90</u>	<u>0.86</u>	<u>0.87</u>	0.58	<u>0.93</u>	<u>0.86</u>
掛川 2 年	<u>0.92</u>		<u>0.82</u>	<u>0.93</u>	<u>0.91</u>	<u>0.89</u>	<u>0.90</u>	0.52	<u>0.93</u>	<u>0.87</u>
掛川 3 年	<u>0.82</u>	<u>0.82</u>		<u>0.89</u>	<u>0.73</u>	0.67	0.68	0.27	<u>0.81</u>	<u>0.80</u>
小山 1 年	<u>0.96</u>	<u>0.93</u>	<u>0.89</u>		<u>0.89</u>	<u>0.83</u>	<u>0.87</u>	0.52	<u>0.95</u>	<u>0.85</u>
小山 2 年	<u>0.90</u>	<u>0.91</u>	<u>0.73</u>	<u>0.89</u>		<u>0.87</u>	<u>0.88</u>	0.54	<u>0.94</u>	<u>0.80</u>
富士 3 年	<u>0.86</u>	<u>0.89</u>	0.67	<u>0.83</u>	<u>0.87</u>		<u>0.95</u>	0.79	<u>0.90</u>	<u>0.75</u>
静岡 1 年	<u>0.87</u>	<u>0.90</u>	0.68	<u>0.87</u>	<u>0.88</u>	<u>0.95</u>		<u>0.80</u>	<u>0.88</u>	<u>0.80</u>
静岡 3 年	0.58	0.52	0.27	0.52	0.54	<u>0.79</u>	<u>0.80</u>		0.58	0.42
下田 2 年	<u>0.93</u>	<u>0.93</u>	<u>0.81</u>	<u>0.95</u>	<u>0.94</u>	<u>0.90</u>	<u>0.88</u>	0.58		<u>0.80</u>
下田 3 年	<u>0.86</u>	<u>0.87</u>	<u>0.80</u>	<u>0.85</u>	<u>0.80</u>	<u>0.75</u>	<u>0.80</u>	0.42	<u>0.80</u>	

表6-2 各学校別・各学年別平均及び標準偏差

	掛川1年	掛川2年	掛川3年	小山1年	小山2年	富士3年	静岡1年	静岡3年	下田2年	下田3年
AV	5.90	6.25	7.11	6.68	6.22	7.42	7.48	7.06	6.69	6.70
SD	2.03	2.01	1.75	1.93	1.88	1.92	2.14	2.24	2.07	2.05

表6-3 各学校別・各学年別相関T-TEST・F-TEST

TTEST	掛川1年	掛川2年	掛川3年	小山1年	小山2年	富士3年	静岡1年	静岡3年	下田2年	下田3年
掛川1年		0.16	0.00	0.01	0.36	0.00	0.00	0.00	0.01	0.12
掛川2年	0.16		0.00	0.13	0.92	0.00	0.00	0.03	0.13	0.37
掛川3年	0.00	0.00		0.10	0.01	0.25	0.19	0.91	0.13	0.41
小山1年	0.01	0.13	0.10		0.21	0.02	0.01	0.32	0.97	0.96
小山2年	0.36	0.92	0.01	0.21		0.00	0.00	0.06	0.21	0.38
富士3年	0.00	0.00	0.25	0.02	0.00		0.85	0.37	0.02	0.17
静岡1年	0.00	0.00	0.19	0.01	0.00	0.85		0.31	0.02	0.14
静岡3年	0.00	0.03	0.91	0.32	0.06	0.37	0.31		0.35	0.52
下田2年	0.01	0.13	0.13	0.97	0.21	0.02	0.02	0.35		0.98
下田3年	0.12	0.37	0.41	0.96	0.38	0.17	0.14	0.52	0.98	
FTEST	掛川1年	掛川2年	掛川3年	小山1年	小山2年	富士3年	静岡1年	静岡3年	下田2年	下田3年
掛川1年		0.92	0.09	0.62	0.58	0.61	0.57	0.39	0.85	0.88
掛川2年	0.92		0.11	0.69	0.63	0.67	0.52	0.35	0.78	0.84
掛川3年	0.09	0.11		0.32	0.54	0.34	0.04	0.03	0.09	0.29
小山1年	0.62	0.69	0.32		0.87	0.98	0.34	0.24	0.54	0.67
小山2年	0.58	0.63	0.54	0.87		0.89	0.36	0.26	0.51	0.61
富士3年	0.61	0.67	0.34	0.98	0.89		0.34	0.23	0.53	0.66
静岡1年	0.57	0.52	0.04	0.34	0.36	0.34		0.72	0.74	0.87
静岡3年	0.39	0.35	0.03	0.24	0.26	0.23	0.72		0.52	0.70
下田2年	0.85	0.78	0.09	0.54	0.51	0.53	0.74	0.52		0.96
下田3年	0.88	0.84	0.29	0.67	0.61	0.66	0.87	0.70	0.96	

次に大学生について考察する。表 6-4 によると相関はほぼ高い値が出ているが、短期大学とその他の比較はやや低く、特に静岡大学理学部とは相関が見られなかった。また平均も他と比べて明らかに低く、すべてにおいて有意差が見られた。国立大学のデータはほとんど静岡大学で占められているが、他の大学（筑波大学・東京大学・九州大学等でほとんどが理系）とは有意差が見られなかった。この点については科学の用語に対する具体的なイメージがどれだけ持っていることが原因と見られる。国立大学における理系と文系の平均の差もその傾向は同じであると思われるが、文系の学生も大学受験の際に理科の受験勉強をしており（豊田短期大学では理科は試験科目にない）、科学についてのイメージが短期大学に比べてできていると考えられる。豊田短期大学については、実際にアンケートを直接学生に実施して

いただいた坂場先生（学校法人桜花学園豊田短期大学助教授）に電話でインタビューしたところ、文章理解力には問題はなかったと思われるが、高校時代から科学に対してあまり積極的でなかったであろう学生が多く、そのために文章のなかの語彙（科学の方法など）が具体的にイメージできなかったのではないかということであった。また国立大学においてはその相関が高いことからわかるとおり、理系と文系の科学観の違いはほとんどなく（グラフ 6-3 もあわせて参照）、おなじような傾向を示すことが言える。こうした結果から国立大学はひとつにまとめ、短期大学は他と差が見られたので別に取り扱う。

表 6-4 各学校別・専攻別相関

correl	静大工学	静大理学	静大教理	静大教文	静大人文	他大全体	豊田全体
静大工学		0.79	0.91	0.91	0.93	0.82	0.67
静大理学	0.79		0.83	0.85	0.85	0.94	0.47
静大教理	0.91	0.83		0.89	0.92	0.87	0.69
静大教文	0.91	0.85	0.89		0.96	0.88	0.65
静大人文	0.93	0.85	0.92	0.96		0.88	0.70
他大全体	0.82	0.94	0.87	0.88	0.88		0.66
豊田全体	0.67	0.47	0.69	0.65	0.70	0.66	

表6-5 各専攻別・学年別平均・標準偏差

	静大工学	静大理学	静大教理	静大教文	静大人文	他大学	豊田1年	豊田2年
AV	8.27	7.80	7.69	7.08	7.23	7.95	5.05	5.89
SD	1.91	1.99	1.80	1.93	2.02	1.92	2.46	1.88

表6-6 各専攻別・学年別 T-TEST・F-TEST

TTEST	静大工学	静大理学	静大教理	静大教文	静大人文	他大学	豊田1年	豊田2年
静大工学		0.24	0.12	0.00	0.01	0.40	0.00	0.00
静大理学	0.24		0.77	0.06	0.15	0.67	0.00	0.00
静大教理	0.12	0.77		0.09	0.22	0.44	0.00	0.00
静大教文	0.00	0.06	0.09		0.70	0.02	0.00	0.00
静大人文	0.01	0.15	0.22	0.70		0.06	0.00	0.00
他大学	0.40	0.67	0.44	0.02	0.06		0.00	0.00
豊田1年	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.05
豊田2年	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	
FTEST	静大工学	静大理学	静大教理	静大教文	静大人文	他大学	豊田1年	豊田2年
静大工学		0.78	0.67	0.90	0.71	0.98	0.09	0.88
静大理学	0.78		0.45	0.81	0.91	0.78	0.13	0.64
静大教理	0.67	0.45		0.62	0.40	0.62	0.02	0.76
静大教文	0.96	0.81	0.62		0.73	0.97	0.68	0.83

静大人文	0.71	0.91	0.40	0.73		0.70	0.17	0.57
他大学	0.98	0.78	0.62	0.97	0.70		0.06	0.85
豊田1年	0.88	0.13	0.02	0.08	0.17	0.06		0.04
豊田2年	0.88	0.64	0.76	0.83	0.57	0.85	0.04	

教職職員・一般社会人については地域差や学校種による差、公務員と会社員の差等はみられなかったもので、それぞれひとまとめにして扱う。したがって、分類は小学6年生・中学2年生・中学3年生・高校1年生・高校2年生・高校3年生・短期大学・国立大学・教職職員・一般社会人となる。

さて、これらの分類にしたがって、まずそれぞれの望ましい解答の正答率・相関・平均・標準偏差・T-TESTの結果を表6-7～表6-10に示す。

表6-7 望ましい解答の正答率

問題番号	2	6	9	13	3	7	10	14	4	8	11	15
小学6年	33%	39%	42%	52%	28%	45%	57%	68%	49%	75%	30%	69%
中学2年	10%	36%	54%	53%	30%	29%	40%	74%	48%	68%	44%	62%
中学3年	26%	48%	57%	43%	25%	40%	67%	72%	53%	86%	66%	74%
高校1年	34%	41%	65%	46%	30%	41%	71%	70%	43%	87%	59%	69%
高校2年	24%	39%	67%	48%	26%	46%	63%	76%	36%	85%	58%	73%
高校3年	40%	47%	58%	46%	39%	51%	75%	75%	48%	86%	69%	81%
短期大学	18%	28%	53%	43%	24%	30%	48%	67%	48%	83%	48%	62%
国立大学	55%	62%	66%	44%	38%	56%	82%	71%	46%	89%	83%	78%
教職職員	53%	61%	60%	48%	38%	59%	81%	65%	59%	95%	81%	92%
一般社会	37%	56%	58%	27%	30%	45%	72%	74%	40%	90%	72%	90%

表6-8 各分類間の相関

correl	小学6年	中学2年	中学3年	高校1年	高校2年	高校3年	短期大学	国立大学	教職職員	一般社会
小学6年		0.78	0.77	0.78	0.79	0.77	0.82	0.52	0.66	0.64
中学2年	0.78		0.82	0.78	0.85	0.73	0.92	0.46	0.63	0.52
中学3年	0.77	0.82		0.95	0.93	0.95	0.93	0.85	0.92	0.89
高校1年	0.78	0.78	0.95		0.97	0.96	0.92	0.87	0.89	0.85
高校2年	0.79	0.85	0.93	0.97		0.94	0.92	0.80	0.86	0.78
高校3年	0.77	0.73	0.95	0.96	0.94		0.87	0.91	0.95	0.92
短期大学	0.82	0.92	0.93	0.92	0.92	0.87		0.68	0.78	0.73
国立大学	0.52	0.46	0.85	0.87	0.80	0.91	0.68		0.94	0.93
教員全体	0.66	0.63	0.92	0.89	0.86	0.95	0.78	0.94		0.94
一般社会	0.64	0.52	0.89	0.85	0.78	0.92	0.73	0.93	0.94	

表 6-9 平均と標準偏差

	小学6年	中学2年	中学3年	高校1年	高校2年	高校3年	短期大学	国立大学	教職職員	一般社会
AV	5.89	5.48	6.58	6.40	6.37	7.14	5.51	7.68	7.93	6.92
SD	1.94	2.26	1.97	2.20	2.06	1.92	2.20	1.95	1.85	2.09

表 6-10 各分類間の T-TEST

TTEST	小学6年	中学2年	中学3年	高校1年	高校2年	高校3年	短期大学	国立大学	教職職員	一般社会
小学6年		0.14	0.00	0.02	0.03	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00
中学2年	0.14		0.00	0.00	0.00	0.00	0.92	0.00	0.00	0.00
中学3年	0.00	0.00		0.35	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14
高校1年	0.02	0.00	0.35		0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
高校2年	0.03	0.00	0.27	0.86		0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
高校3年	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.28
短期大学	0.16	0.92	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
国立大学	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.11	0.00
教職職員	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11		0.00
一般社会	0.00	0.00	0.14	0.02	0.01	0.28	0.00	0.00	0.00	

表 6-8 を見ると国立大学と中学2年生を除くすべての組み合わせにおいて相関が得られ、小学6年生・中学2年生・短期大学を除くすべての組み合わせで、高い相関が得られた。(0.80～)つまり、科学観の傾向がほぼ一致していると言えるだろう。さらに詳しく見ると、小学6年生～短期大学までの相関が見られることから、科学観の傾向として小学6年生・中学2年生・短期大学の集団(グループ1)と中学3年生から高校3年生まで(グループ2)、及び国立大学生・教職職員・一般社会人(グループ3)の3つの集団に分けることが出来る。もともと、短期大学と高校生との科学観の比較も高い相関が得られており、短期大学は1番目の集団と2番目の集団の中間点に位置しているといえる。これは短期大学の学生が小学6年や中学2年と違って、文章が理解出来なかったわけではなく、科学的用語が実感として湧いていなかったためと思われる。続いて表 6-9～表 6-10 を見ると、同質の集団は小学6年と中学2年及び短期大学・中学3年～高校2年まで・高校3年生と一般社会人及び中学3年生・国立大学生と教職職員と4つに分類された。中学3年生だけが2つの集団に属しているが、これについては一概に判断できないため、さらなる追求が必要である。この結果を基に各問題項目別の科学観の傾向について分析していくが、その前に各分類別の選択率を表 6-11 に示す。

表 6-11

小学 6 年															
問題番号		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
全体	1	19%	15%	24%	5%	39%	18%	75%	9%	15%	30%	24%	15%	10%	9%
	2	27%	44%	49%	37%	5%	45%	9%	42%	15%	51%	44%	32%	68%	69%
	3	33%	28%	16%	52%	42%	20%	14%	37%	57%	9%	16%	52%	17%	12%
	4	21%	13%	11%	6%	14%	17%	3%	13%	12%	10%	16%	1%	4%	10%
	全	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117
	解	33%	28%	49%		39%	45%	75%	42%	57%	30%		52%	68%	69%
中学 2 年															
問題番号		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
全体	1	19%	20%	32%	8%	36%	23%	68%	8%	23%	44%	22%	21%	7%	5%
	2	53%	41%	48%	38%	9%	29%	6%	54%	14%	28%	35%	20%	74%	62%
	3	10%	30%	4%	34%	36%	21%	18%	17%	40%	3%	18%	53%	8%	14%
	4	18%	10%	16%	20%	19%	28%	7%	21%	23%	25%	25%	6%	11%	18%
	全	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111
	解	10%	30%	48%		36%	29%	68%	54%	40%	44%		53%	74%	62%
中学 3 年															
問題番号		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
全体	1	23%	18%	37%	10%	48%	21%	86%	6%	14%	66%	13%	20%	8%	11%
	2	45%	54%	53%	33%	5%	40%	7%	57%	13%	20%	46%	33%	72%	74%
	3	26%	25%	2%	50%	40%	29%	3%	31%	67%	7%	24%	43%	14%	10%
	4	6%	3%	7%	7%	7%	9%	4%	5%	6%	6%	17%	4%	5%	5%
	全	202	202	202	202	202	202	202	202	202	202	202	202	202	202
	解	26%	25%	53%		48%	40%	86%	57%	67%	66%		43%	72%	74%
高校 1 年															
問題番号		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
全体	1	16%	23%	44%	4%	41%	15%	87%	2%	13%	59%	17%	21%	5%	11%
	2	44%	40%	43%	37%	1%	41%	3%	65%	10%	28%	44%	26%	70%	69%
	3	34%	30%	3%	55%	48%	34%	5%	24%	71%	4%	25%	46%	16%	13%
	4	6%	7%	10%	3%	11%	11%	5%	10%	6%	9%	15%	6%	9%	7%
	全	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294
	解	34%	30%	43%		41%	41%	87%	65%	71%	59%		46%	70%	69%

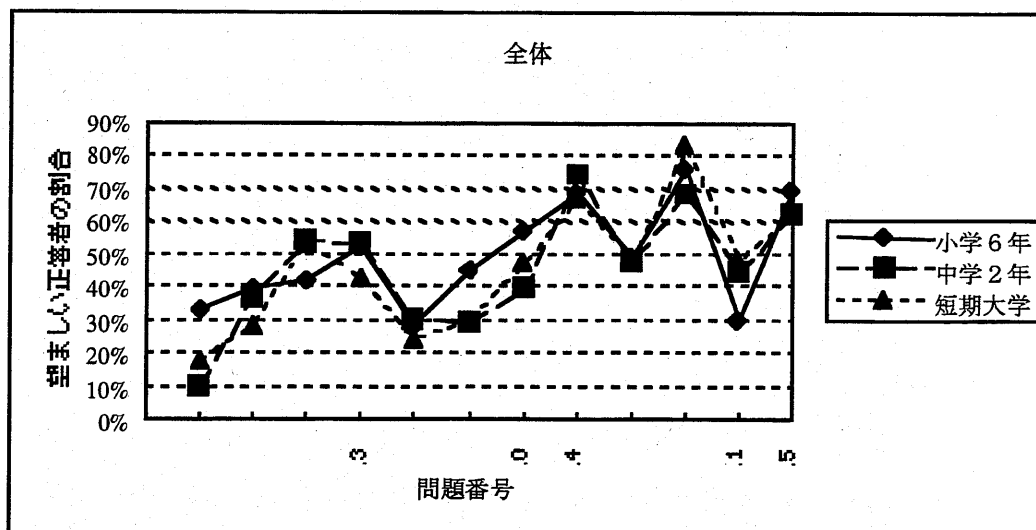
高校 2 年															
問題番号		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
全体	1	11%	23%	47%	4%	39%	19%	85%	2%	14%	58%	22%	20%	4%	9%
	2	42%	42%	36%	35%	2%	46%	6%	67%	15%	28%	44%	25%	76%	73%
	3	24%	26%	3%	56%	46%	19%	8%	21%	63%	4%	15%	48%	12%	9%
	4	23%	9%	14%	5%	13%	15%	1%	10%	9%	11%	19%	7%	8%	10%
	全	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252
	解	24%	26%	36%		39%	46%	85%	67%	63%	58%		48%	76%	73%
高校 3 年															
問題番号		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
全体	1	12%	15%	43%	8%	47%	17%	86%	3%	12%	69%	16%	9%	4%	10%
	2	42%	45%	48%	36%	2%	51%	9%	58%	11%	23%	61%	38%	75%	81%
	3	40%	39%	2%	54%	49%	25%	3%	32%	75%	3%	17%	46%	16%	6%
	4	5%	1%	7%	3%	2%	6%	2%	6%	2%	6%	7%	7%	5%	4%
	全	277	277	277	277	277	277	277	277	277	277	277	277	277	277
	解	40%	39%	48%		47%	51%	86%	58%	75%	69%		46%	75%	81%
短期大学															
問題番号		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
全体	1	11%	23%	25%	3%	28%	20%	83%	5%	16%	48%	11%	18%	5%	12%
	2	45%	41%	48%	34%	3%	30%	3%	53%	14%	27%	39%	31%	67%	62%
	3	18%	24%	6%	43%	48%	26%	5%	20%	48%	5%	13%	43%	8%	9%
	4	27%	12%	21%	20%	21%	24%	9%	22%	23%	20%	37%	9%	21%	18%
	全	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
	解	18%	24%	48%		28%	30%	83%	53%	48%	48%		43%	67%	62%
国立大学															
問題番号		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
全体	1	10%	8%	31%	6%	62%	10%	89%	2%	8%	83%	15%	7%	3%	11%
	2	30%	49%	46%	21%	2%	56%	6%	66%	7%	8%	61%	39%	71%	78%
	3	55%	38%	2%	69%	29%	23%	2%	23%	82%	2%	17%	44%	15%	4%
	4	4%	5%	22%	5%	8%	11%	3%	10%	3%	8%	7%	11%	11%	7%
	全	326	326	326	326	326	326	326	326	326	326	326	326	326	326
	解	55%	38%	46%		62%	56%	89%	66%	82%	83%		44%	71%	78%

教職職員															
問題番号		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
全体	1	11%	11%	32%	2%	61%	9%	95%	0%	8%	81%	11%	7%	5%	6%
	2	32%	49%	59%	25%	2%	59%	2%	60%	8%	11%	49%	43%	65%	92%
	3	53%	38%	0%	72%	35%	26%	2%	36%	81%	2%	30%	48%	24%	2%
	4	3%	1%	9%	1%	2%	6%	2%	3%	3%	6%	9%	2%	6%	1%
	全	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253
	解	53%	38%	59%		61%	59%	95%	60%	81%	81%		48%	65%	92%
一般社会															
問題番号		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
全体	1	13%	9%	42%	6%	56%	15%	90%	1%	11%	72%	11%	15%	4%	3%
	2	43%	53%	40%	25%	1%	45%	3%	58%	13%	16%	58%	48%	74%	90%
	3	37%	30%	2%	62%	33%	20%	3%	30%	72%	3%	16%	27%	12%	3%
	4	7%	8%	16%	7%	10%	20%	3%	10%	4%	9%	15%	10%	10%	3%
	全	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144
	解	37%	30%	40%		56%	45%	90%	58%	72%	72%		27%	74%	90%

さらに前述の相関の高いグループをまとめた3つの分類別に望ましい解答の正答率のグラフを作成する。(グラフ6-1～グラフ6-3) グラフは縦軸が望ましい解答の正答率、横軸が問題番号で、問題番号は科学の本質論(2・6・9・13)番・科学の方法論(3・7・10・14)・科学の社会論(4・8・11・15)に分けてある。

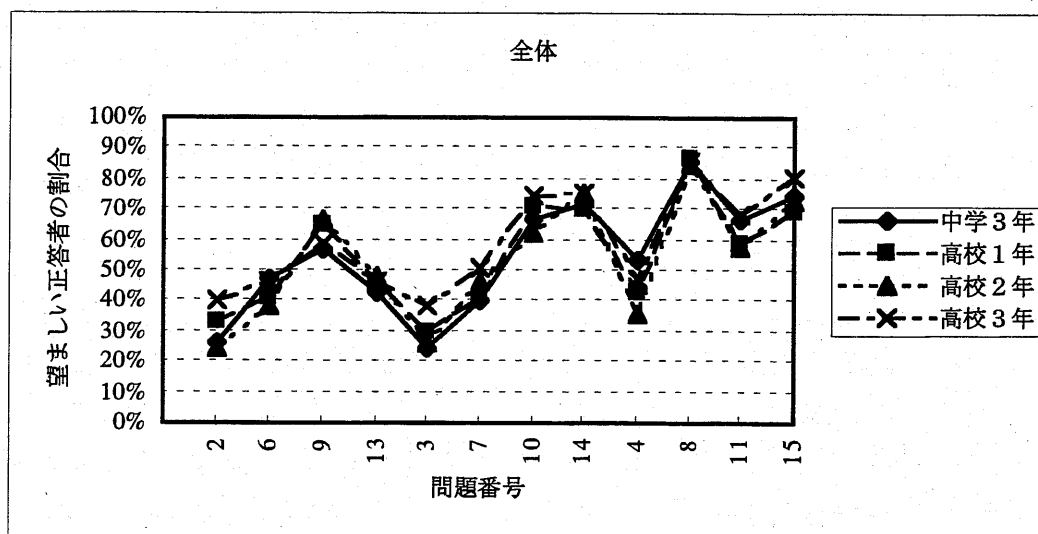
グラフ6-1 グループ1 (小学6年・中学2年・短期大学)

	2	6	9	13	3	7	10	14	4	8	11	15
小学6年	33%	39%	42%	52%	28%	45%	57%	68%	49%	75%	30%	69%
中学2年	10%	36%	54%	53%	30%	29%	40%	74%	48%	68%	44%	62%
短期大学	18%	28%	53%	43%	24%	30%	48%	67%	48%	83%	48%	62%



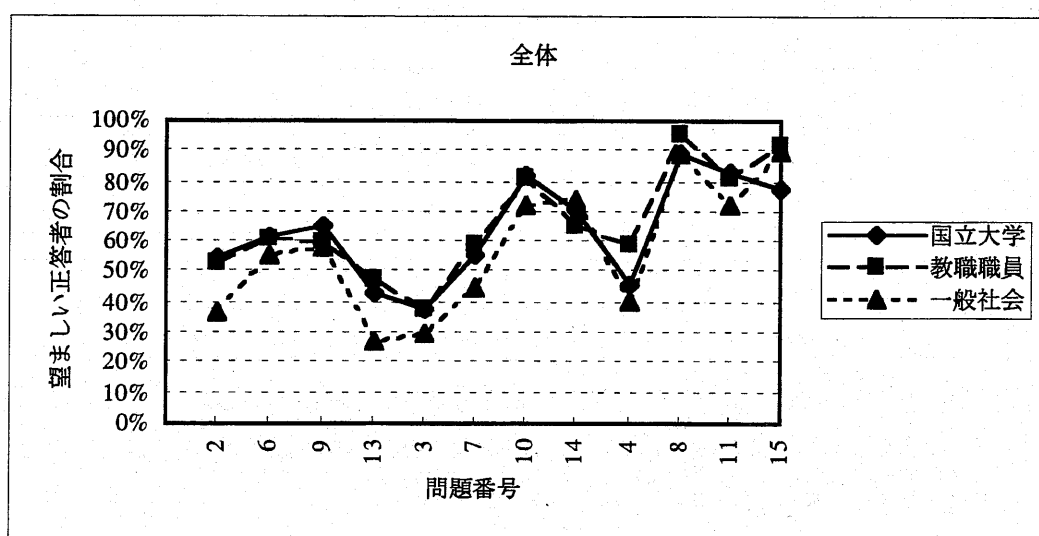
グラフ 6-2 グループ 2 (中学 3 年から高校 3 年)

	2	6	9	13	3	7	10	14	4	8	11	15
中学 3 年	26%	48%	57%	43%	25%	40%	67%	72%	53%	86%	66%	74%
高校 1 年	34%	41%	65%	46%	30%	41%	71%	70%	43%	87%	59%	69%
高校 2 年	24%	39%	67%	48%	26%	46%	63%	76%	36%	85%	58%	73%
高校 3 年	40%	47%	58%	46%	39%	51%	75%	75%	48%	86%	69%	81%



グラフ 6-3 グループ 3 (国立大学・教職職員・一般社会人)

	2	6	9	13	3	7	10	14	4	8	11	15
国立大学	55%	62%	66%	44%	38%	56%	82%	71%	46%	89%	83%	78%
教職職員	53%	61%	60%	48%	38%	59%	81%	65%	59%	95%	81%	92%
一般社会	37%	56%	58%	27%	30%	45%	72%	74%	40%	90%	72%	90%



これらのグラフからも科学観の傾向が非常に似通っていることが分かる。科学観の傾向の男女別の比較は高校生以上を対象に相関及び T-TEST によって示した。(表 6-12・表 6-13)

表 6-12 男女別相関

correl	高 1 女子		correl	高 2 女子		correl	高 3 女子
高 1 男子	<u>0.95</u>		高 2 男子	<u>0.90</u>		高 3 男子	<u>0.62</u>
correl	大学女子		correl	教員女性		correl	社会女性
大学男子	<u>0.94</u>		教員男性	<u>0.92</u>		社会男性	<u>0.93</u>

表 6-13 男女別平均・標準偏差・T-TEST

	高 1 男子	高 1 女子		高 2 男子	高 2 女子		高 3 男子	高 3 女子
AV	6.26	6.51		6.38	6.64		7.22	7.30
SD	2.53	2.22		2.07	2.06		2.08	1.77
	TTEST	高 1 女子		TTEST	高 2 女子		TTEST	高 3 女子
	高 1 男子	0.46		高 2 男子	0.46		高 3 男子	0.76
	大学男性	大学女性		男性教師	女性教師		社会男性	社会女性
AV	7.68	7.69		7.98	7.95		6.84	7.08
SD	2.00	1.82		1.73	1.73		2.14	2.05
	TTEST	大学女性		TTEST	女性教師		TTEST	社会女性
	大学男性	0.96		男性教師	0.92		社会男性	0.49

表 6-12 を見るとすべての分類において相関が見られ、高校 3 年生を除くとすべてに非常に高い値 (0.90 以上) が得られている。また表 6-13 からは男女の平均点はほぼ同質であることが言える。こうした結果から科学観の傾向としては男女の区別なく同様であることが言える。

同様に文系・理系別の差も相関と T-TEST から比較して見る。(表 6-14・表 6-15)

表 6-14 文系・理系別相関

correl	高 1 文系		correl	高 2 文系		correl	高 3 文系
高 1 理系	<u>0.92</u>		高 2 理系	<u>0.95</u>		高 3 理系	<u>0.73</u>
correl	大学文系		correl	教員文系		correl	社会文系
大学理系	<u>0.95</u>		教員理系	<u>0.92</u>		社会理系	<u>0.94</u>

表 6-15 文系・理系別平均・標準偏差・T-TEST

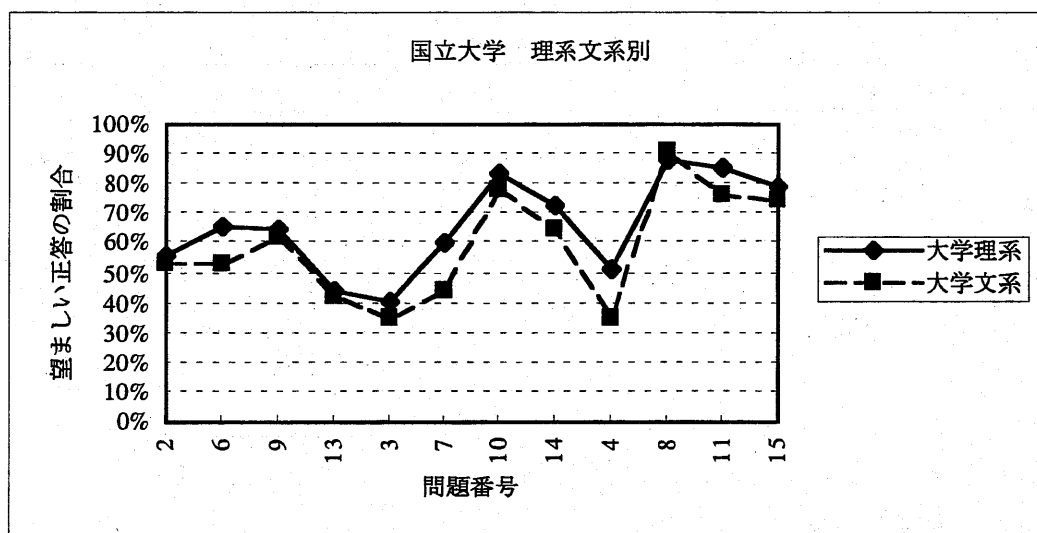
	高 1 理系	高 1 文系		高 2 理系	高 2 文系		高 3 理系	高 3 文系
AV	6.34	6.51		7.27	6.44		7.33	7.04
SD	2.37	2.10		2.19	1.91		1.98	1.90
	TTEST	高 1 文系		TTEST	高 2 文系		TTEST	高 3 文系

	高1 理系	0.56		高2 理系	0.03		高3 理系	0.28
	大学理系	大学文系		理系教師	文系教師		社会理系	社会文系
AV	7.85	7.15		8.32	7.51		6.82	7.19
SD	1.89	2.06		1.73	1.78		2.06	2.05
	TTEST	大学文系		TTEST	文系教師		TTEST	社会文系
	大学理系	0.01		理系教師	0.00		社会理系	0.37

表 6-14 を見ると文系・理系の区別なく科学観の傾向が似通っていることがわかる。しかし、T-TEST の結果では高校2年生・国立大学・教職職員の中でその平均値に有意差が見られた。この点をさらに詳しく分析するために文系・理系別の望ましい解答の正当率をグラフ化した。紙数の都合上すべての分類について挙げられないので、国立大学の結果のみ示す。(グラフ 6-4)

グラフ 6-4

	2	6	9	13	3	7	10	14	4	8	11	15
大学理系	56%	66%	64%	44%	41%	60%	83%	73%	51%	89%	85%	79%
大学文系	53%	53%	63%	42%	35%	44%	78%	65%	35%	91%	76%	75%



グラフ 6-4 を見るとほとんどの問題項目において理系が文系をやや上回っているものの、大きな開きはなく、科学観の傾向が理系と文系ではほとんど違いがないと言える。他の分類においても同じ様な結果が得られ、平均点の差は科学観の傾向の違いを直接表わしているとは言えない。しかし、理系のほうが科学を身近に感じているであろうと思われ、科学の具体的なイメージがあるほうが、科学観について望ましい解答を選ぶ率が高くなることが言える。しかし、「科学とは何か」と言った問題に対し、文系・理系のどちらもが曖昧な概念しか持っていないことが言え、科学教育が必ずしも科学観の形成に役立っているとは言えないことが判明した。

こうした点を踏まえて、各問題項目別に分析を進めることにする。まず小学6年生・中学

2年生・短期大学の集団をグループ1、中学3年生から高校3年生までをグループ2、国立大学生・教職職員・一般社会人をグループ3とする。問題項目は科学の本質論・科学の方法論・科学の社会論の順に分析するため、2・6・9・13（科学の本質論）3・7・10・14（科学の方法論）4・8・11・15（科学の社会論）の順に分析し、続いて望ましい解答を用意していない5・12の分析をする。

2 科学的法則はどのような性質をもつと考えられるか

- (1) 自然に従うものであり、だれも侵す事のできないものである
- (2) 実験で確かめた事実を基に人間が解明した自然の真理である
- * (3) 自然界の物事の関係について現在得られる最も適当な解釈である
- (4) わからない

グループ1及び高校2年生に(4)の選択率が多かった。(18~27%)また小学6年~高校1年までは(1)の選択率が高く(15~23%)科学は誰も侵すことの出来ないものだという考えがあることが窺える。国立大学生・教職職員が(3)を多く選択しているのに対し、(50%以上)他は主に(2)を多く選択している。(40%以上)科学が必ずしも真理ではないという考えは、一部では認められているものの、どちらかという科学を真理と捉えることを否定し難いというのが、一般的な考えであると思われる。

6 科学者達がある新しい科学の理論を認めた時、科学や科学の求めるものがどのようになったといえるのか

- * (1) 科学や自然現象についての理解が深まったといえる
- (2) 科学的知識の探求は終わりに近づいたといえる
- (3) 科学は新しく真実を発見したといえる
- (4) わからない

短期大学を除くグループ1と2が(1)と(3)を半々ぐらいに選択している。グループ3は(1)の選択率が上がるが、それでも(3)の選択率は30%以上あり、科学を真実と捉える科学観があることは否定できない。(2)を選択する人は少なく、科学的知識の探究に終わりが無いと考えているようである。

9 次の文のなかで科学の意味を最もよく表わしているものはなにか

- (1) 特別の機器や数学的等式を使用する事である
- * (2) 理論や推論をもとに研究をする事である
- (3) 実験結果をまとめてある法則を考え出す事である
- (4) わからない

総じて半数以上が(2)を選択しており、特にグループ2と3では55%以上が(2)を選択している。この様な問題形式だと理論先行の科学を選んでいる。これまでの結果と矛盾することであるが、この辺がそれぞれの考えがきちんと確立されていない証拠であろう。

13 科学は何から始まるか

- (1) 実験
- (2) 事実の集積
- * (3) ある科学的問題
- (4) わからない

(3)の選択率は一般社会人の10%を除いてほぼ40%~50%である。国立大学・教職職員・高校3年生は(1)の選択率が低い、他は(1)と(2)を20~30%くらいずつ選択している。またグループ3は(2)の選択率が40%~50%程度と高く、ここでは事実の集積を最初にもってくるという帰納主義的な考え方が支配的であることを窺わせられる。

3 科学において実験はどんな事のために行われるのか

- (1) 自然が法則に従っている事を証明するため
- (2) 自然現象の精密なデータを取る事によって、決まった法則を見つけ出すため
- * (3) 科学者が考えた推論が正しいかどうかを確かめるため
- (4) わからない

全体的に(2)の選択率が高い。ある意味では決まった法則があるという考えや、帰納主義的な見方があることが窺える。グループ1と2では(1)の選択率が高く、グループ2ではそれがほとんどなくなっている。しかし(3)の選択率はそれ程変わらず、(2)と(3)に分散している。科学に対する極端な信仰はなくなっているが、理論先行の科学の方法が広まっているとは考えられない。

7 新しい科学の理論が出されたとき、科学者達はその理論を認める理由は何にか

- (1) 今までにない画期的な理論だから
- * (2) 他の科学者達が確認した結果にもあてはまり、また彼らの他の考えにも合うから
- (3) その理論を出した科学者(もしくはそのグループ)の実験結果と一致しているから
- (4) わからない

全般的に(2)の選択率が他の選択率より多いものの、それが50%を超えている集団は高校3年生・国立大学・教職職員だけである。それ以外の解答は選択肢それぞれに分散しており、意見の一致が見られていないことが分かる。またインタビューでは理想と現実は異なるという意見があり、見方によって意見が変わることがいえる。

10 科学の実験において同じ実験を何度も注意深く行って測定するときはいつでも、どのような結果を予想するか。

- (1) 測定値の中のいくつか、全く同じ値をとり、それが正しい値である
- (2) ほとんどすべてが全く同じ値となるだろう
- * (3) ほとんどの測定値は似た値をとるが、全く同じ値にはならないであろう
- (4) わからない

国立大学・教職職員は80%以上が(3)を選択している。またグループ1は(4)の選択

率がやや高く、正答率がグループ2より低くなっている。

14 ある科学的法則によって当然説明できるはずの事実が説明できないとき、科学者はどうすべきか

- (1) その事実を修正して法則に当てはめようとするであろう
- * (2) より多くの事実を説明できるように、その法則を変えるであろう
- (3) この法則をあきらめて、速やかに新しい法則を作るであろう
- (4) わからない

どの集団も正答率が65%から76%と高い数値を示している。しかし、中学2年・短期大学以外は10%以上が(3)を選んでおり、極端な反証主義も見え隠れすることが分かる。

4 科学者が仕事をする上で義務として行わなくてはならないのは何か。

- (1) 自分の発見がいかに生活に役立つか説明する事である
- * (2) 他の人々が同じ実験を再現できるように、分かりやすく具体的に発見の報告をする事である
- (3) 科学の実験は往々にして費用がかかるので、出来るだけ節約する事である
- (4) わからない

小学6年生の16%が(3)を選択していること以外はほぼ(1)と(2)を選択している。(1)と(2)を選択する割合は半々かやや(2)が多い程度である。

8 科学者にとって最も大切な事は何か

- * (1) 探究心を持って物事にに関わりつづけること
- (2) 偶然何かを発見できるような強運
- (3) 高い学力
- (4) わからない

グループ2と3及び短期大学は圧倒的に(1)を選んでいる率が高い。小学6年生と中学2年生は(3)を選択する割合が多く(14%・18%)高い学力が必要であるとしている。

11 ある科学の理論は破棄されなければならない。なぜなら……

- * (1) 別の新しい科学理論により、その科学理論を否定する結果が証明できたから
- (2) その科学理論が、人類の繁栄にとって危険であるから
- (3) その科学理論が生活の役に立たないから
- (4) わからない

グループ1は(1)の選択率が50%以下である。中学2年生と短期大学は(4)の選択率が高く、小学6年生は(2)の選択率が高い。グループ2は(1)の選択率が58%から69%なのに対し、グループ3は72%~83%と高い選択率である。(3)の選択率は低く、(1)以外は主に(2)を選択しており、人類の繁栄のために科学があり、科学理論の善し悪しがそれを基準に考えられてよいとする意見がグループ2・3には多い(20%以上)ことが窺える。

1 5 次の文章のうち、科学者が社会に貢献する最も重要な事についてよく表現しているのはどれか。

- (1) 市民の生活に関して彼らがすべき事を指示する事である
- * (2) 自然や社会についてより深い知識を社会に提供する事である
- (3) 将来の社会人となる学生により講義をする事である
- (4) わからない

教職職員と一般社会人の(2)の選択率が90%を超えている。つまり、大部分の大人にとって科学の社会的価値付けは出来ているといえよう。他の集団も多くは(2)を選択しており、(62%~81%)全体的に高得点が得られている。

5 科学者が人類にとって脅威となりうる理論(例えば核エネルギー、毒性物質の開発、遺伝子操作等)を考え出したとき、どうすべきか

- (1) 理論は発表すべきだし、それがたとえ社会に悪影響を及ぼしたとしても科学者には責任はない
- (2) その危険性がなくなるまで理論は封印して、責任をもって危険性に対処する方法を考えるべきである
- (3) 必ずしも悪影響だけとは限らないので、理論は発表し、そのうえでそれがどのように使われるべきか責任をもって見守るべきである
- (4) わからない

(1)を選択する人は少ない。(10%以下)グループ2と小学6年は50%以上(3)を選び、30~40%が(2)を選んでいる。グループ3は60%以上が(3)を選んでいる。科学者に倫理観や社会的責任を求める様になっていることが窺える。もっともこの調査ではどのような責任が科学者にとって必要なのかまでは問うていないので、今後その観点からの調査が必要になると思われる。ここでも7番同様理想と現実は異なるという意見があり、その当たりを詳しく調査する必要があると感じた。

1 2 科学と科学技術はどのような関係にあるといえるか

- (1) 科学によって科学技術は発展し、技術によって科学は支えられるのだから、共通点は多く違いはほとんどない
- (2) 科学は理論が中心であり、科学技術はそれを利用して役立つものを作ることだから、両者は密接な関係があるものの異なるものである
- (3) 科学技術の開発は常に科学的方法がとられ、また科学の実験などは科学技術によって成り立つ。つまり、両者は同時に行われるものであり、同じものと考えてよい
- (4) わからない

多くが(2)を選んでいるものの、(4)の選択率が非常に高く、選択肢の内容が納得いかない人が多かったことを窺わせられた。科学と科学技術の関係についてはもう少し議論の余地があるように思われる。

次に科学の本質論・科学の方法論・科学の社会論の得点の平均・標準偏差・T-TEST・F-TEST

の結果を各分類別に示す。(表 6-15)

表 6-15

小学 6 年					中学 2 年					中学 3 年				
全体	本質	方法	社会		全体	本質	方法	社会		全体	本質	方法	社会	
AV	5.89	1.67	1.99	2.23	AV	5.48	1.53	1.72	2.23	AV	6.53	1.72	2.02	2.79
SD	1.94	1.00	1.00	1.01	SD	2.26	1.04	1.00	1.17	SD	2.02	1.02	0.98	1.01
t-test	本質	方法	社会		t-test	本質	方法	社会		t-test	本質	方法	社会	
本質		0.01	0.00		本質		0.17	0.00		本質		0.00	0.00	
方法	0.01		0.07		方法	0.17		0.00		方法	0.00		0.00	
社会	0.00	0.07			社会	0.00	0.00			社会	0.00	0.00		
高校 1 年					高校 2 年					高校 3 年				
全体	本質	方法	社会		全体	本質	方法	社会		全体	本質	方法	社会	
AV	6.40	1.78	2.07	2.47	AV	6.37	1.77	2.10	2.50	AV	7.14	1.92	2.4	2.83
SD	2.20	1.05	1.01	1.09	SD	2.06	1.00	1.02	0.93	SD	1.92	1.04	0.98	0.99
t-test	本質	方法	社会		t-test	本質	方法	社会		t-test	本質	方法	社会	
本質		0.00	0.00		本質		0.00	0.00		本質		0.00	0.00	
方法	0.00		0.00		方法	0.00		0.00		方法	0.00		0.00	
社会	0.00	0.00			社会	0.00	0.00			社会	0.00	0.00		
短期大学					国立大学									
AV	5.51	1.42	1.68	2.41	AV	7.68	2.26	2.46	2.96					
SD	2.20	1.03	1.00	1.21	SD	1.95	1.01	0.97	0.94					
t-test	本質	方法	社会		t-test	本質	方法	社会						
本質		0.04	0.00		本質		0.01	0.00						
方法	0.04		0.00		方法	0.01		0.00						
社会	0.00	0.00			社会	0.00	0.00							
教職職員					一般社会人									
全体	本質	方法	社会		全体	本質	方法	社会						
AV	7.93	2.23	2.43	3.27	AV	6.92	1.78	2.22	2.92					
SD	1.85	0.99	1.02	0.78	SD	2.09	1.09	0.95	0.90					

- ・ すべて正解のように見える
- ・ すべて間違いのように見える

続いて各問について

- ・ 3番 …… (2) と (3) のどちらもありうる。学生実験やプライベートな実験のなかでは (2) であり、それが世の中に公開されるようなものになるとき、(3) のような実験が行われる。
・ ひとつを選び切れない (どちらもあっているようで、どちらもまちがっているようだ) ・ 考える気が起こらない
- ・ 4番 …… 科学者に義務はない・科学者は自分の好きなことをやっていけばよい (研究は自由だ!!) ・ 何となく正解になりそうなものを選んだ
- ・ 5番 …… 理想と現実は異なると思う (7番も同じ)
- ・ 11番 …… 科学の理論が破棄されることってあるの?
- ・ 13番 …… (3) を選ぶのが適当だと思うが、ある科学的問題という言い方は抽象的すぎる

全体的な感想からは科学が一体どのようなものか考えたこともないといったことや、科学的な用語がわからない・私は科学者でないと言った感想が多く、科学観というものに関するイメージが、ほとんどないことがわかる。これは文系の人に限らず理系の人にも言えることで、「科学を学んではいるけれど、科学とは何かについてははっきりとはわからない。」と言う人も少なからずいた。

また、アンケートとは関係なく「教育者 (おそらく学校教育を指していると思われる) がなんとかして (科学の暴走した) 社会をどうにかしてほしい」といった意見も一般社会人からみられ、科学に対する不信観があることと、その解決は科学者や科学教育者の仕事である (自分とは関係ない) と考えている人が多いことがわかった。この不信観はある意味では科学は真理である・科学法則は逆らえない唯一絶対なものであるといった考えを完全に否定しきれないところからくるような感じがした。実際に科学の本質については理解度・関心度が薄く、科学の社会的価値付けがしっかりとした本質理解の基盤の上で成り立っているわけではないことはアンケートの結果でもわかっている。つまり、科学は拒否しきれない身近なものであるが、しかし科学に対しては期待と不安の両方の目で見えており、こうであつたら良いであろうという漠然とした考えはあってもこうするべきだという具体的な主張や議論は出来ないということが言える。同時にこれは科学教育において科学観の育成が、ひとつの大きな課題として必要となっていることを示す。

社会は科学に対して「安心できる科学」を要求し、そのために科学に倫理観を求めてきている。科学教育は科学者を育成する過程で科学の本質や社会的価値を議論し考える機会を与え、同時に (科学者や科学技術者ではなく) 科学を利用する立場の一般社会人が科学の発達した社会で、みのりある生活を送れるように、科学がどのようなものであるか認識し、科学の社会的価値付けや科学の利用について、自分の意見を主張できる社会人を、育成して行かなければならないと言えよう。

各問についての意見や感想については、3つの選択肢では様々な考え方を十分カバーしきれないことがはっきりした。また理系や文系の違いとして、理系はどれも間違っているようで(4) わからないを選択しているのに対し、文系はどれもあっているようで(4) わからないを選択しているという回答が多く、同じ選択をしていても異なる考えをもっている可能性が非常に高いことを窺わせられた。こうした点でこのアンケートは、選択肢の数や問題項目の数が少ないために深いレベルでの科学観の理解度を測ることは出来ていないといえる。もちろんだからといってこのアンケートの結果が科学観の傾向を把握していないとは言えず、むしろこれまであまり行われてこなかった科学観・科学概念の実態調査が大まかにでもできたことは今後の研究の基礎として意義のあるものだと言える。

7. 結論

結論はまず箇条書でアンケートの評価をし、続けて高校生・大学生・教職職員・一般社会人のアンケートについて評価し、さらにインタビューの結果を踏まえて全体的な傾向を捉え、こうした点から科学教育における科学観の扱い方を提言する。

アンケートの評価

- ・ 各問題項目は独立しており、客観性・信頼性・妥当性がたもたれている。
- ・ 項目の文章は、高校生以上には十分理解出来るものであった。
- ・ ただし、科学的な語句(科学の方法・実験など)についての理解度(具体的なイメージがあるか)については個人差や学校差があったものと思われる。
- ・ 科学とは何かという質問をされるのは初めてという人が多く、今回のアンケートが科学観について考える媒体となりえた。

高校生の科学観

- ・ 科学観の傾向はほぼ似通っている。
- ・ 望ましい解答の得点の平均は学年差よりもむしろ学校差が見られる。
- ・ 学年差はほとんど見られず、教育過程において科学観の変容はほとんど見られない。
- ・ 帰納主義的科学観が見られるが、むしろそれほどはっきりとした考えを持っていないといえる。
- ・ 科学の社会的価値付けはしていても科学の本質についての理解は曖昧である。

大学生の科学観

- ・ 科学観の傾向はほぼ似通っている。
- ・ 望ましい解答の得点の平均は理系と文系では若干の差が見られる。
- ・ 学年差はほとんど見られず、教育過程において科学観の変容はほとんど見られない。
- ・ 科学観の傾向に男女差や理系文系の差は見られない。
- ・ 国立大学と短期大学に望ましい解答の平均に違いが見られ、それは科学的なものに対する親近感の違いからくる具体的なイメージの捉え方によると思われる。
- ・ 帰納主義的科学観が見られるが、むしろそれほどはっきりとした考えを持っていないといえる。
- ・ 科学の社会的価値付けはしていても科学の本質についての理解は曖昧である。

教職職員の科学観

- ・ 科学観の傾向はほぼ似通っている。
- ・ 帰納主義的科学観が見られるが、むしろそれほどはっきりとした考えを持っていないといえる。
- ・ 科学の社会的価値付けはしていても科学の本質についての理解は曖昧である。

一般社会人の科学観

- ・ 科学観の傾向はほぼ似通っている。
- ・ 科学観の地域差はほとんど見られない。
- ・ 帰納主義的科学観が見られるが、むしろそれほどはっきりとした考えを持っていないといえる。
- ・ 科学の社会的価値付けはしていても科学の本質についての理解は曖昧である。

全体的な科学観の傾向

- ・ 高校生以上の科学観の傾向は非常に似通っている。
- ・ 科学観の傾向については男女差、理系や文系の差、年齢差、地域差はほとんど見られず、ほぼ同じであるといえる。
- ・ 科学とは何かについて論理的に考えたことのある人が非常に少ない。
- ・ 科学の本質は一般に理解されていない、もしくは理解しようとしてされていないものである。
- ・ 社会は科学の社会的側面（科学の利用・科学者の倫理観・科学の社会的責任）を求めている。

以上の結果を踏まえて

- ・ 科学教育における科学の本質についての議論は、近年の科学哲学の成果をほとんど生かしておらず、科学を必要とする社会にとって望ましい市民の育成がなされているとはいえない。
- ・ このため、科学の本質に関する議論を進める場、教育の場をつくることや、その中で科学と社会の相互に与える影響・関係を考え、意思決定する能力を身に付けることの出来る市民を育成するような教育を行うことが必要である。

本研究では、科学の本質についての理解や考え方が、教育過程を経るにしたがって変容・深化しておらず、実際の科学教育の中で、「科学とは何か」についてを考えるきっかけを与えられていないことが言えた。実際、いままでの科学教育プログラムの中ではいままでの科学をいかにうまく教授するかに終始していた。戦後の日本の教育を見ても生活単元学習や系統学習・探究学習のどれもが、これまでの科学が累積的に着実に正しい方向へ向かっているという観念から、その最先端の科学を利用できる知識・能力を持つ人間の育成を目指していた。したがって、教育過程で科学史が取り扱われるときも、偉大な科学者の発見を順番に並べたてていくだけのものであった。しかし、新しい科学哲学に基づくと、科学は決して累積的なものでなく、また教育過程で取り扱われる科学の歴史の捉え方のように、順序良く並べられるような性質のものでもない。もちろん知識の不要を唱えて、これまでの科学研究の成

果をいきなり否定していくわけではない。本当の意味で科学の本質を捉えるためには、科学を学ぶ生徒が自分たちの力で科学概念の変容を体験する必要があるというのが、本論文での主張である。教師は科学概念を正しい概念として教え込むのではなく、現在考えられているもっとも良い説明を示唆出来るようにならなければならない。そのためには教師は科学史・科学哲学の成果に触れ、それを通して科学概念を自らが再構築して行かなければならないだろう。

科学教育の方法論はその目的を「いかにわかりやすく」から「いかにそれぞれの概念を引き出し、そこにきっかけを与えて新たな概念形成の手助けをするか」に変わって行くべきであると考え。

NOTE

- ¹ 長洲 (1991) は「STS(科学-技術-社会)教育の基本理念と中等生物教育での開発事例」の冒頭で、NSTA (National Science Teachers Association) が1990年にポジションステイトメントの中で定義したSTS教育の定義を取り上げ、日本に紹介している。
- ² 長洲 (1993)は「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と評価」の冒頭にSTS教育の特徴が失われたSTS風の教育も行われていることを指摘している。
- ³ アイオワチャタクワプログラムについては熊野 (1992) が「STSを中心としたアイオワチャタクワプログラムの全貌と科学教師教育としての位置付け」の中で詳しく分析している。
- ⁴ 熊野 (1993) が「THE EFFECTS OF STS INSTRUCTION IN JAPAN COMPARED TO RESULTS REPORTED IN THE US」の中で取り上げ、日本語に翻訳している。
- ⁵ プレテストの結果と分析については熊野・小野他(1995)の「児童・生徒・学生の科学的世界観について-STS教育のための基礎研究-」及び小野 (1996) の「高校生・大学生・一般人の科学観に関する研究」にその詳細がある。
- ⁶ 例えばチャルマーズ (1982) の「New Edition What is this called Science」やMichael R. Matthews (1994) の「SCIENCE TEACHING-The Role of History and Philosophy of Science-」, 村上陽一郎 (1986) の「近代科学を超えて」を参照
- ⁷ 「THE IOWA ASSESSMENT HANDBOOK」は1987に世界観を除く5領域の評価として作られたが、1991年に新たに世界観領域が加わり、さらに1993年に改訂が加えられている。
- ⁸ 小野(1996)の「高校生・大学生・一般人の科学観に関する研究」の中で、アイオワチャタクワプログラムの目標に見られる自然観の取り扱いについて分析している。
- ⁹ 「NATIONAL SCIENCE EDUCATION STANDARDS」は1995年12月に出たばかりで翻訳が待たれるが、その画期的な内容はすでに熊野 (1995) の「全米科学教育基準 (National Science Education Standards) とオハイオ州の新しい州の科学教育基準について」の中でその草案が紹介されている。
- ¹⁰ 詳しくは小野(1996)の「高校生・大学生・一般人の科学観に関する研究」の p61-161 を参照

参考文献

- 大川信明・瀬谷正敏・肥田野直. (1961). 心理教育統計学. 培風館
- 小野禎文・熊野善介. (1995). 現職教師における科学観について—静岡県・三重県・熊本県におけるアンケートの分析から—. 日本理科教育学会研究発表要旨集
- 小野禎文. (1996). 高校生・大学生・一般人の科学観に関する研究. 静岡大学教育学部平成7年度卒業論文
- 熊野善介. (1992). STSを中心としたアイオワチャタクトワプログラムの全貌と科学教師教育としての位置付け
- Y.Kumano. (1993). THE EFFECTS OF STS INSTRUCTION IN JAPAN COMPARED TO RESULTS REPORTED IN THE US. Unpublished Dissertation, The Univ. of Iowa
- 熊野善介・小野禎文・牧田伸明・村松啓至・山本仁・村上泰造・筒井昌博・脇谷邦弘・小松久郎・石塚光洋・袴田光宏. (1995). 児童・生徒・学生の科学的世界観について—STS教育のための基礎研究—. 日本科学教育学会年会論文集, 253-254.
- 高野恒雄. (1969). 理科教育の理論と実践. 東洋館出版社
- 丹沢哲朗・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と評価. 筑波大学教育学系論集第18巻第1号
- A.F.チャルマーズ. (1982). New Edition What is this thing called Science, (高田紀代志・佐野正博訳. (1985). 科学論の展開. 恒星社厚生閣)
- トーマス・クーン. (1970). 科学革命の構造, (中山茂訳. (1971). みすず書房)
- 長洲南海男. (1993). 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. 筑波大学教育学系論集第18巻第1号
- 長洲南海男. (1991). STS(科学—技術—社会)教育の基本理念と中等生物教育での開発事例. 長洲グループ報告書
- Paul J. Blommers ・ Robert A. Fosyth, (1977), Elementary Statistical Methods in Psychology and Education
- Michael R. Matthews. (1994), SCIENCE TEACHING-The Role of History and Philosophy of Science, ROUTLEDGE
- 村上陽一郎. (1986). 近代科学を超えて. 講談社学術文庫
- 村上陽一郎. (1994). 科学者とは何か. 新調選書
- 吉本市. (1978). 理科教育の目的. 現代理科教育体系2第1章. 東洋館出版社
- Robert E. Yager. (1991). THE IOWA ASSESSMENT HANDBOOK
- Robert E. Yager. (1993). THE IOWA ASSESSMENT HANDBOOK
- 理科教育学講座5—理科の学習論(下)—. (1992). 日本理科教育学会編. 東洋館出版社
- NATIONAL SCIENCE EDUCATION STANDARDS. (1995). The National Science Education Standards Development Team ・ The National Research Council Staff. National Academy Press, 13
- 学校教育法第18条. (1967改正). 学校教育法. (1947). 法律第26条
- 小学校学習指導要領・平成元年. (1988). 文部省, 58
- 中学校指導書理科編・平成元年. (1988). 文部省, 11

第四章 STS アプローチの日本における実践的研究

4.1 アイオワチャタクワプログラムと静岡 STS での教師教育

熊野 善介
静岡大学教育学部

1. なぜ日本の理科教育で STS アプローチが必要か — STS アプローチの日本への導入 —

1977年から1978年にかけて、全米教育の促進に関する評価(NAEP:The National Assessment of Educational Progress)が行われた。NAEPの理科の主要メンバーであった Norris Harms は、次世代の理科教育のあるべき方向性を探る目的で、NSFの援助を受けて1978年からプロジェクトを始めた。このプロジェクトは「プロジェクト総合」(Project Synthesis)と名付けられた。メンバーは5つの分科会、生物・物理的科学・探究・初等理科・科学/技術/社会(STS)に分けられた。このSTSの分科会が、今日の「STSアプローチ」が盛んに研究されるようになった源である。報告書によると「STSアプローチ」が必要な背景として、次のようにまとめられた。①理科教育の軽視と理科教育への投資不足、②教科書中心の理科教育、③基礎的知識の獲得だけが強調される理科教育、④大学の科学の延長・模倣としての理科教育、⑤STSに関わる教材の不足。そして、最終的に「プロジェクト総合」は次に示す4つの理科教育の目的を提示した。それらは、①個々人のニーズ、②社会問題、③進学準備、④職業教育と動機づけである。これらの4つの目的はまさに今後の複雑な科学・技術社会にとって的を得たものである。

STSアプローチを支持する、おおくの要因がある。まず第一に科学哲学(構成主義)から、現在の理科教育に対する批判がますます盛んになっている。1980年代以降、科学の本質に関わる内容がより深められた。科学の方法は分野や研究者によって異なるものであり、科学における真実は唯一絶対なものではないと主張された。また、科学の法則はほとんどデータから生み出されたのではなく、理論から導かれたものであるとした。また、常に正解を求める教育がなされている。第二に科学社会学から理科教育への批判があること。科学の発達は、科学者集団やそれを取り囲む社会から影響を受けながら発達してきたのであり、それぞれの社会の偏見・因習によって選択されてきたとする考え方である。第三に学習心理学から理科教育への提案が盛んであること。すなわち、今日の理科教育は生徒が学習前にもっている自然認識を充分検討しないまま、教師が何を求めようとしているかを予想させ正解を端的に答えさせる訓練をしていると主張している。児童生徒の自然認識の仕方は科学者のそれとはまったく異なるものであり、科学概念の理解のために予め児童生徒に必要な枠組みを与えることが必要である。第四に全米の理科教師の理科教育の目的に対する認識が大きく変化していることが明らかになった。第五に児童生徒の理科や理科教師に対する態度の大きな変化がみられた。つまり、児童生徒は社会問題に関わる理科を学習したがっていると同時に、理科教師に対する信頼度が低下している。「STSアプローチ」は現在の理科教育問題解決の過程であり、教育目的、カリキュラム開発、教授法、評価、そして教師の役割などをすべて内包するものである。

アメリカの教育改革がこれまで、必ずしも明確な成果が挙げられていない現在、草の根的に発展しつつある「STSアプローチ」がそれぞれの地方の教育状況に応じて、頂点から底辺

だけではなく底辺から頂点へもなされるならば、驚くべき成果が期待できるのではないだろうか。そういう意味でアイオワ大学理科教育センターが中心になって行われている「STSアプローチ:Chautauqua」は、Yager教授の「STSアプローチ」の理論に基づく実践活動として注目されるものである。

以上、述べられた事柄は、日本にもまったく当てはまるものであり、日本の理科教育を根本的に再検討する必要性の理論的根拠となる。即ち、構成主義という哲学を背景とした、教師教育論であり、実践教育論である『STS アプローチ』は、日本でこそ成長・発展できる内容を内在していると判断できる。

2. S T S を中心としたアイオワチャタクワプログラムと科学教師教育としての位置付け—

(1) はじめに

アイオワチャタクワプログラムは全米科学教育連合学会 (N S T A) と全米科学財団 (N S F) や民間財団等の援助を受けた全米的なプロジェクトの一つとして1983年に始まった、科学教師教育プログラムである。このプログラムの主たる目的は主にアイオワ州内の科学教師の資質・能力を高めることをねらいとしている。すなわち、全米科学教育連合学会(NSTA, 1990)によって定義された科学/技術/社会 (S T S) のパラダイムの枠の中で、教師自身が新しい教材を創り出す能力を身につけ、それらを評価できるようになることが重要な目標である。1991年までのアイオワ大学科学教育センターにおける分析によると、STSアプローチで行ったクラスとそうではないクラスの比較から、科学的概念の習得においては有意な差は見られなかったが、他の4つの領域、すなわち科学の方法領域、創造領域、態度領域、応用領域において大きな向上が見られた。これらの結果は、アイオワチャタクワプログラムが究めて効果的で有意義な教師教育プログラムであることを物語っているのである。この教師教育プログラムの成功が後の NSTA が研究の母体となった SS&C(Scope Sequence & Coordination of Secondary School Science; 中等科学教育における焦点化、順序性、そして相互関連) 6つの研究組織の一つとして全米から選ばれた(1990年9月～現在)。

(2) 基礎的内容

ア. 正式名称: アイオワチャタクワプログラム、学校科学の教授・学習において効果的な変化を与えるモデル

イ. 地域: プロジェクトは幼稚園から高等学校までの30人から70人の教師を雇用しているアイオワ州内の15の教育委員会の内、毎年5つの地域で実施されている。プロジェクトはアイオワ大学理科教育センター (アイオワ市) によって統括されている。

ウ. プロジェクト代表者: ロバート・イエガー教授

エ. 開発者: ロバート・イエガー教授

*共同開発者: ジョージ・オーブライアン (83-84)

ボニー・ブランコースト (84-85)

ポール・トード (85-87)

スーザン・ブランク (87-91)

*開発者・共同開発者の所属機関：アイオワ大学理科教育センター (IOWA CITY, IOWA, 52242, U.S.A.)

オ. 開発経過: 開発期間(1983-1985) 実施期間 (1983- 現在) 評価・分析法: 毎年改良がなされているが、現在の形になったのは1988年からである。

カ. 他地域への貢献・援助: アリゾナ州、カンザス州、ミネソタ州、ミゾーリ州、ネブラスカ州、ウィスコンシン州 (アリゾナ州以外はNSFの資金援助によるSTSネットワークプロジェクトの一貫として援助を行った。)

キ. プロジェクト資金源 (1ドル=135円): 総額10億3千7百80万円

(a) 連邦政府: NSF NSTAチャタクワ: 1983-1985, 810万円

NSF NSTA優秀なワークショップ援助: 1985-1988, 1億3473万円

NSF STSネットワーク: 2025万円

(b) 州政府 : ESEA (Title 2: 理数科教育の向上): 1989年, 879万円

アイゼンハワー法 (理数科教育の向上): 1990-1991年, 1813万円

(c) 地域 : アイオワ大学からこのプロジェクトへの参加費とカリキュラムの開発と

して300ドルの奨学金が授与される。1991年度まで伸べ1万8千人の教師が参加してきたので、総額は7億2千9百万円となる。

(d) その他 : アイオワ財団からの直接的な援助: 1984-1991年, 8100万円

アイオワ財団からの特別援助: 1984-1991年, 3780万円

(3) アイオワチャタクワプログラムの目標

アイオワチャタクワプログラムは理科の教師と理科教育の内容の向上を目指す教師教育モデルである。基礎的目標を明確に達成してきたモデルであり、西暦2000年の明日のアメリカ合衆国を支える教育モデルなのである。具体的目標は次に述べるとおりである。

ア. 科学を教えることに対して、より自信が持てるようになること。

イ. 理科の授業をより基礎科学の本質に適合したものにするよう教師のあり方を変えること。

ウ. 理科教育5つの領域で生徒が向上できるように援助できる理科教師のリーダーを養成すること。

*理科教育の5つの領域とは(YAGER, 1987)、1991より科学的世界観領域が付加された。

(a) 概念領域 (基礎的内容の理解)

(b) 方法の領域 (科学を研究するとき利用する技術を学ぶ)

(c) 応用領域 (科学の概念や方法を新しい状況で使用する)

(d) 創造領域 (個人から生み出される解釈を有効なものにするため、発問・説明・テスト解答を質的にも量的にも向上させる)

(e) 態度領域 (科学利用・科学の研究・理科の教師・科学の仕事に対して、より肯定的態度を養う)

(4) チャタクワプログラムの流れ

ア. 前年度の250名の先生の中から、最も成功を修めた教師15人と、過去にリーダーになり活躍している教師から選ばれる15人の合計30人を対象に2週間のリーダー研修会を行う。

イ. STSアプローチを理解し、STSモジュールを作り、それぞれの学校で試みようとしている理科教師を5つの新しい地域から30人ずつ選び、2週間のサマースタッフ・ワークショップを行う。

ウ. サマースタッフ・ワークショップに参加した30名の教師を含めた30人から50人の教師対象の秋の2.5日短期研修。この短期研修では、1ヵ月用のSTSモジュールの作成とその評価計画を作成することが主たる目的である。(この短期研修も5つの地域で、それぞれ行う。)

エ. アイオワ大学理科教育センターのチャタックワプログラムのスタッフ・まとめ役の教師・同僚の教師との連続的な情報交換。この情報交換にはニュースレター・毎月の電話連絡・学校/教室訪問なども含まれる。

オ. 秋の短期研修と同一教師である30～50人を対象とした2.5日春の短期研修。各教師が経験したSTSと評価プログラムの結果について報告と議論を行う。

まとめ役の教師も、1年間のコースの中で1つか2つの実践研究プロジェクトに取り組む。アイオワチャタックワモデルを支持する内容を含む多くのデータは、まとめ役の教師との協力によって生み出されたものが多い。

アイオワチャタックワプログラムは、実際に教師が理科の授業に挑戦し、評価し、教師同士が協力しあい、実験的に授業をやってみるのである。一年のまとめの研修である春の短期研修では、参加した一人一人の教師の努力が貴重なものとなり、情報や経験を追加するのである。他の教師教育プログラムと異なり、8年間に渡って膨大な情報が積み上げられ、アイオワチャタックワプログラムの成功を物語っている。このプログラムは参加した教師たちの理科教育と科学の本質に対する考え方を変えるものである。さらに、まとめ役の教師によって教えられた生徒たちには、明確な変化がもたらされた(YAGER & MCCORMACK, 1989)。

(5) アイオワチャタックワプログラムでのあるべき理科教育の内容

アイオワチャタックワプログラムでは教師は以下に述べる、18の項目にあるように、構成主義者(CONSTRUCTIVIST)の立場を取り、生徒の現時点の知識体系・保持している言語体系・行動や思考に影響している経験に関する情報を出来る限り収集し、授業・演習・実験に役立てなければならないとする。また、授業では、教師が一方向的に進めず、生徒の興味・関心に応じて深めて行くのである。そして、演習・実験は教師から与えるのではなく、あくまで児童生徒が、どのようなことをしたいために何がしたいのかを明確にさせ、できれば実験器具・実験手順もすべて児童生徒に考えさせ、自ら準備するようになることがポイントである。教師は、上述のような学習状況が生まれるため、多方面に渡って多くの情報・機材を収集し、児童生徒に提供することが重要である。このとき、教師自身も科学・技術・社会の相互関係とそれぞれの内容に興味を持ち、自ら学習する態度と実行が重要である。以下、アイオワチャタックワプログラムでのあるべき理科教育の18の内容を示す。

ア. 人類の応用力とさまざまな未来が強調される。

イ. 科学概念を学習せざるを得ない状況を生み出す社会的問題や議題を扱う。

ウ. 1つ1つの問題に固有の科学的方法を探究する。

エ. 社会的内容を扱いながら、科学的知識を使って問題解決を試みる。

オ. 学習の基本的な一部として、科学技術の仕事に関心を持たせる。

カ. 問題や課題の価値的・倫理的・モラル的側面を考慮する。

- キ. カリキュラムの内容は問題が中心であり、融通が利き、科学的に意義深いもの、また同時に社会的にも有効なものを選ぶ。
- ク. 人類が中心である。
- ケ. 複数の情報の利用、特に地域の特性に適した情報を利用することが望ましい。
- コ. 学習の焦点として、地域の自然環境や児童生徒に関係することを活用する。
- サ. 情報は、文化的社会的技術的環境の中で、個人としての生徒がどうするかという設定で組み立てる。
- シ. 科学と社会、同様に分離している科学系の仕事を、有機的にうまく結びつけながら、科学の本質についてより正確にとらえる。
- ス. 生徒主導型の学習形態をとる。
- セ. 児童生徒の個々の違いを認識しながら、個別化・個性化をはかる。
- ソ. 問題や課題の解決のため協同して行い、実験的活動をする。
- タ. 児童や生徒たちは、授業の重要な要素であると見なされる。（一緒に活動するパートナーと見なされる。）
- チ. 方法論は最新の発達心理学の研究結果に基づいて行なわれ、この中には、認知論的・情意的・実験的・発達心理的研究が含まれる。
- ツ. 児童生徒は自分自身の経験だけから学習できるという仮定に基づき、教師は生徒の経験の場を設定し、援助する役割を担う。

(6) アイオワチャタクワプログラムの評価

1989年から1991年の間に多くのプログラムに参加し、特に夏のサマーワークショップに参加できたことは、アイオワチャタクワプログラムの理解のために重要であった。教師の中には、STSのモジュールがうまく作れなかったり、評価のデータ取りに時間がかかり過ぎたりして、諦めてしまうものも数名でたが、その一方で、教師自身が科学・技術を学ぶことに喜びを覚えると同時に、児童・生徒も科学の時間が楽しく、やり甲斐のあるものになった事例が数多くあった。そういう意味で、このアイオワチャタクワプログラムの目指しているものは、長い年月をかけて教師どうしが科学・技術を学びつつ、科学教育のために利用可能な教授法を採用し、CLMのモジュールを独自に創り出し自ら実践し、定期的評価を繰り返すことによって科学教育を向上させようとしている。すなわち、このチャタクワプログラムのような総合的な教師教育プログラムの必要性は、アメリカ合衆国の児童・生徒の科学的能力の低下を押さえ、全世界でトップレベルに取り戻そうとすることにあり、まさに、実践的に効率の高いプログラムが望まれている。

理科教師のレベルは一般的に高いとされている我が国では、これまで、アイオワチャタクワプログラムのような大規模な教師教育は行われておらず、その結果は未知数である。しかしながら、もし、理科教師の質を上げるためのプログラムが組織され実践されたならば、かなり有意義な結果を得ることができると予想できる。

3. 静岡 STS での教師教育

1. はじめに

これまで研究してきた構成主義に基づく STS アプローチが、日本でどのように実践していくことが可能であるかについて複数の現場の教師の協力を得て実践研究が試みられた。ここでは、研修日程内容と結果の報告を行なう。構成主義に基づく STS アプローチの実践は適切な教師教育が行なわれてから実践をしないとうまく機能しないことは、予想されてきたことであり、構成主義に基づいた STS は教師教育が重要であることが諸外国の結果から明らかである。本研究の目標は日本の環境で実現可能な STS アプローチのモデルを理論と実践の両面において構築していくことである。本研究はまだ初期段階であるので、アイオワチャタックワプログラムを参考にしながら、教師教育を計 4 回実践し、何人かの先生方に実践研究を実施していただいた。

2. 第 1 回研修日程と参加者および考察

一般研究 C 「高度情報化社会における科学・技術・社会 (STS) 教育開発に関する実践研究」 (研究代表者 静岡大学教育学部 熊野善介) の研究協力のための理科教育学習会日程

8 月 15 日

10:00 はじめに・自己紹介・理科教育における問題点を出し合う

(コンセプトマップを作ってみよう。KJ 法で問題点をまとめてみよう。)

11:00 理科教育における目的・目標論についてと質疑・応答・討議

11:30 理科教育学研究とは (研究の方法論) と質疑・応答・討議

12:30 昼食

13:30 アメリカにおける理科教育改革についてと質疑・応答・討議

14:30 構成主義 (constructivism) とは何かと質疑・応答・討議

15:30 新科学哲学 (the new philosophy of science) ・科学史・科学社会学とはと質疑・応答・討議

16:30 STS とは何かと質疑・応答・討議

17:00 解散

8 月 16 日

10:00 (続) STS とは何か。 (STS と環境教育についても含む) と質疑・応答・討議

11:00 構成主義に基づいた STS の授業づくりとはと質疑・応答・討議

11:30 評価法について (アイオワモデルの紹介・正当な評価論とは・ポートフォリオとは) と質疑・応答・討議

12:30 昼食

13:30 モジュールの作り方 (具体的例をあげて説明: モジュール筑波山・モジュール地球の温暖化) と質疑・応答・討議

14:30 構成主義 (constructivism) を再検討と質疑・応答・討議

15:30 モジュール作りに挑戦と質疑・応答・討議

16:30 コーヒーブレイクと自由討議

17:00 終了

18:00 会食会 (予定: 会費制です)

大学から2名、高等学校から4名、中学校から3名、小学校から1名、保育園から1名の参加があった。また、大学院から2名、理科教育研究室から3名参加した。16名の参加を得て和やかな雰囲気の中で、かなりのハードスケジュールをこなしてくれた。この第一回の研究会で理科教育に係る問題点をいろいろ出していただいた。これらをまとめると次のようなグループにまとめられた。

- ①理科離れや理科嫌いに関すること。
- ②子どもの態度問題（自主性の減少、意欲がない生徒、意見の交流ができないなど）
- ③子どもの経験不足の問題（経験が片寄っている、実体験の不足、自然の中から問題を見付け出せない。読書嫌が多い）
- ④子どもの学習観の問題（試験に使えば良いという価値が植え付けられている。問題解決の過程より結果を重視する生徒。公式の暗記に陥っている。答えを求めたがる。）
- ⑤学校における理科をとりまく物理的問題。（設備が老朽化、時間の不足、科学関係の書物の不足、消耗品も十分購入できない現実。一クラスの人数がまだまだ多すぎる）
- ⑥教師の問題（実験中心の授業に踏み込めない現実、教師間の協力体制が不十分、教師の能力差が大きすぎる、教師主導の授業になりやすい。学歴社会から抜けられない。）
- ⑦評価の問題（観点別評価の内容が独り歩きしている。科学的思考を評価できる場面がなかなか生まれない。評価基準が不明確である。）
- ⑧指導要領の改善に向けて

以上のような問題点が指摘されたが、構成主義に基づいたSTSアプローチを試みることで問題点の多くは改善される可能性があることが熊野から示され、具体的モジュール作成の働きがなされた。また、STSアプローチの基本となる、科学観（科学的世界観と呼んだ）が日本ではどのようになっているかを明確にする必要性についての説明と調査の依頼を行なった。

3. 第2回研修日程と参加者および考察

第2回研修会は12月10日行なわれた。参加者は、大学から3名、高等学校から5名、中学校から3名、小学校から1名、保育園から1名、大学院から1名、学部生が3名、合計17名参加した。

文部省科学研究費補助金による一般研究C「高度情報化社会における科学・技術・社会（STS）教育開発に関する実践研究」（研究代表者 静岡大学教育学部 熊野善介）に関する第二回理科教育 研究会について

前略

毎日御忙しいことと存じます。先日は「隆起の会」でお会いいたしました。もし宜しかったら、第二回の理科教育研究会にご参加下さい。次回の研究会は以下のようになりましたので、是非ご参加下さい。

記

日時： 12月10日（土曜日） 10：00から17：00まで

場所： 静岡大学教育学部理科教育学教室（教育学部入り口の内線電話で呼び出して下さい）
（K504号室、内線4568）

研修内容・日程：

12月10日(土曜日)

10:00 データの結果の発表・議論(これまでのデータとの比較)

11:00 久田教授からの講話

12:30 昼食

13:30 構成主義(constructivism)に基づいたSTSアプローチとは何かと質疑・応答・討議

14:30 モジュール作り

16:30 構想発表会

17:00 解散

p.s: モジュール作成について、今回は重点をおいて行いますが、事前の質問等がありましたら、いつでもお受けいたします。とくに、木・金は比較的空いておりますので、どうぞ申し合わせ下さい。

第2回目の研修会の主たる目的は、第一回科学観の調査の集計結果の報告と、静岡大学教育学部教授の久田隆基(本研究の研究分担者)のSTSに関連する研究の講演を伺い、討論を行なうこと、そして午後はモジュール作成に挑戦していただいた。終始なごやかな雰囲気の中で進めることができたが、モジュールを作成するという義務も指導もないので、また、主催者側も決して強制するものでもないし、そんなに簡単にやってみようという先生が出るとも予想はしなかった。このところは、日本的な文化の影響するところであり、アメリカのように教師教育を大学院が行なっているところとは根本的に異なる点である。そういう意味では教育委員会との連動なしには日本では成功することは、究めて困難であるともいえるのである。逆にこのような大学主催の研修会に、手弁当で参加するような意欲のある先生がたがわが国に多く存在することは、大きな励みである。この第二回の研修会の後、静岡県立引佐高等学校の小松先生が口火を切って、『モジュール「お茶」』を作成し実施した。この実践研究のまとめが4.2に載っているので参照していただきたい。

4. 第3回研修日程と参加者および考察

第3回の研修会の参加者は大学側2名、高等学校から3名、中学から3名、小学校から1名、保育園から1名、そして理科教育学教室から大学生が4人、以上合計16名が参加した。先生方は大体において、すべての研修会に参加しようと努力なされたが、第二や第四土曜日にも多くの行事等があり、なかなか日程のコンセンサスをとるのが大変であった。

一般研究C「高度情報化社会における科学・技術・社会(STS)教育開発に関する実践研究」(研究代表者 静岡大学教育学部 熊野善介)の研究協力のための第3回理科教育学習会日程

5月27日

10:00 データの結果の発表・議論

12:30 昼食

13:30 構成主義(constructivism)に基づいたSTSアプローチとは何かと質疑・応答・討議
とモジュール作り

16:30 構想発表会

17:00 解散

第3回の研修会での主な内容は、県立引佐高等学校での実践の報告会が主たる内容で、この小松先生の実践を叩き台にして各学校での実践に向けて、モジュール作成に望んだ。しだ

いに、研究代表者が実践研究を試みるためのポイントがみえるようになってきた。中学校からのある先生は中学3年の選択の授業で十分実現可能であることを主張し始めた。この先生が、昨年の11月下旬から、『モジュール「葉とからだ」』を実践いただいた、焼津市立大富中学校の筒井先生である。筒井先生の実践研究は4.3と4.4にまとめられているので、そちらを参照頂きたい。

5. 第4回研修日程と参加者および考察

第4回の研修会の参加者は大学側4名、高等学校から5名、中学から1名、小学校から1名、保育園から1名、そして理科教育学教室から大学生が4人、以上合計16名が参加した。今回の日程を合わせるのに大変苦勞した。メンバーそれぞれの分野で活躍している方々がほとんどなので調整が難航した。特に第4回は研究分担者の一人である長洲南海男教授がわざわざ筑波大学がら来られるということで、多くの参加できなかった教諭から参加できないことが残念であるとの連絡を多く頂いた。

一般研究C「高度情報化社会における科学・技術・社会（STS）教育開発に関する実践研究」
（研究代表者 静岡大学教育学部 熊野善介）の研究協力のための第4回理科教育学習会日程

静岡STSの第四回学習会並びに夕食会は、9月9日に下記のとおり筑波大学教授の長洲南海男先生をお迎えいたしまして、先生の講演会とモジュール案の発表会を行うことと致します。

記

- 10:00～ : 熊野（静岡大学教育学部）による最近の研究の報告
小野（静岡大学教育学部）による科学の本質に関する最近の報告
- 11:00～ : 小松先生によるその後の成果報告
- 11:30～ : 各先生がたによるSTSモジュールの計画
- 12:30～ : 昼食
- 13:15～ : 長洲南海男教授による公演と討議
テーマ1：STS教育とは何か。
テーマ2：筑波の実践研究。
長洲先生を囲んで（談話）
- 15:00～ : モジュール案作成（簡単で結構です。）
- 16:00～ : 発表会（A4用紙一枚にまとめます。長洲先生のお話を頂いてからまた新たなアイデアが出るものと確信します。17:00終了予定）

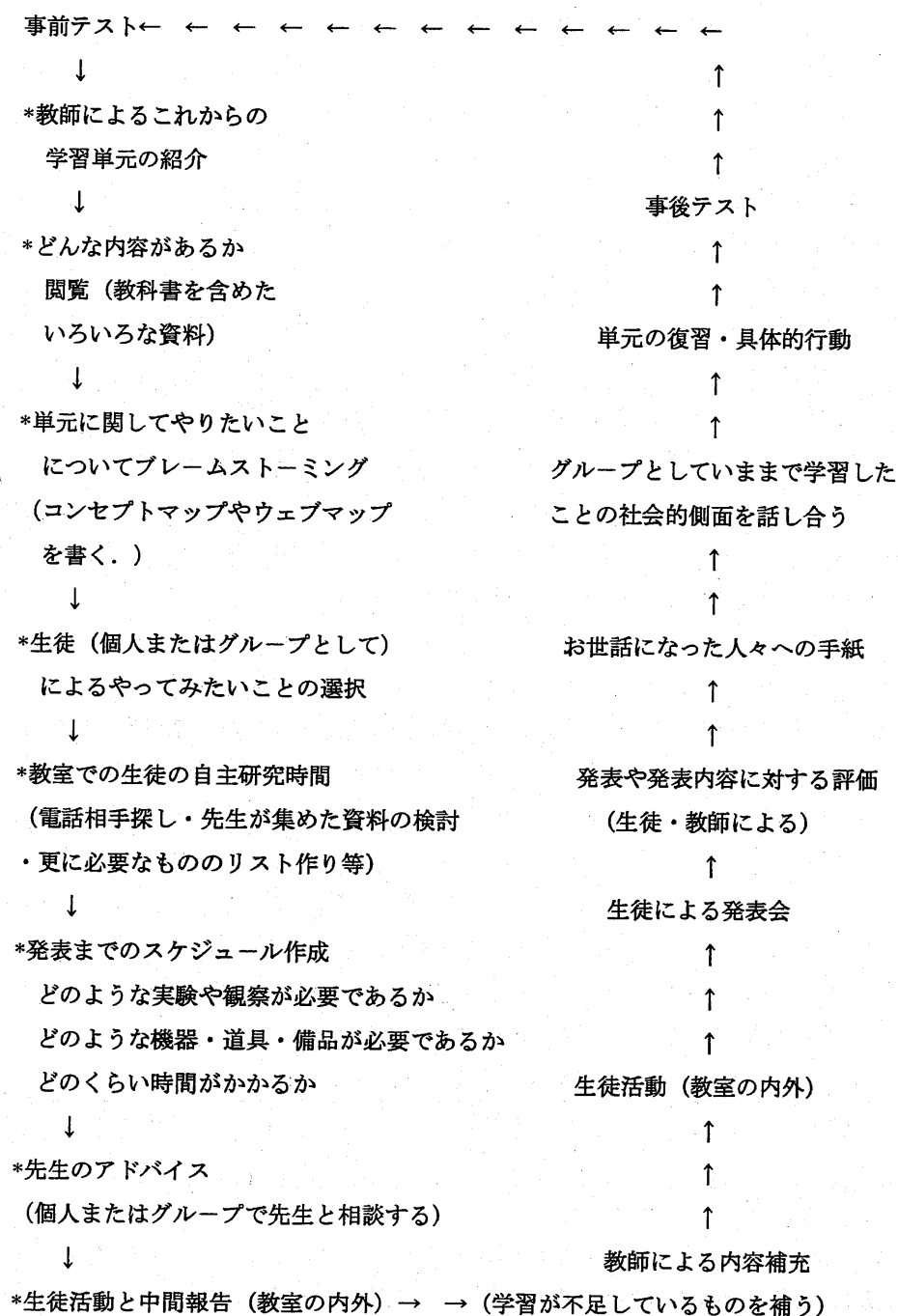
この研修会では、代表者の最近の研究発表やら、科学観に係る新しい研究成果の報告もすることながら、筑波大学の長洲教官を中心に進んでいる、STS研究会の報告とそれらを支える長洲教授の斬新なSTSの理論的な研究報告が参加している先生がたへのSTS理解を深めた。このことがきっかけになって、自らモジュールを作成して見たいという教師が増加したことは事実である。

このように複数のお互いの別々の地域の研究チームと交流を行なうことは、色々な面で重要であることが分かった。この第4回のにも参加した由比町立由比中学校の小林先生が、後にScience Plus(STSの教科書として多くの州で利用されている)の実践を試みた。この内容については、4.5と4.6にまとめてあるので参照して頂きたい。

これらの研修会の中で提示された、モジュールの基本的流れ図と構成主義的STSになって

いるかのチェックリストを以下に示す。

義的立場に基づいたSTSの授業サイクル



STSにはこれだというステレオタイプは無い。これはあくまで1例であり、各学校で、学習方法や学習の流れは変化させられるべきである。ここに示されているような学習サイクルは、より小さなものもあり、より大きなものも有り得る。大切なのは、この取組みの背景にある教育哲学（構成主義）であり、STSの目指す目的である。STSでは、コピーすることは最も避けられるべきことである。※構成主義に基づいたSTS：生徒中心・教師も学習者であり、支援者である・地域社会とともに学ぶ・複眼的で統合的なアセスメント。

TEACHERS STS PROFILE(教師のSTSチェックリスト)

静岡STS研究会

教師がどれ程構成主義に基づいたSTSの授業になっているか。

教師	教材の明確化								生徒
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
いいえ	適切なものか								はい
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
教師	質問する								生徒
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
教師	資料・材料の確認								生徒
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
教師	資料・材料の入手								生徒
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
教師	実験・観察等の活動								生徒
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
いいえ	複眼的な評価								はい
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
いいえ	新しい状況への応用								はい
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
いいえ	具体的行動を実行する								はい
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
いいえ	証明：科学概念や科学の原理								はい
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
いいえ	カリキュラム化・学校への発展								はい
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

(Translated and modified from The Iowa Assessment Handbook of 1991, p29)

参考資料

- Kumano,Y.(1991). Why does Japan need STS... A Comparative Study of Secondary Science Education Between Japan and the US. Focusing on an STS Approach. Bulletin of Science, Technology & Society. 11(6), 322-330.
- National Science Teachers Association(1990); Science/Technology/Society: A New Effort for Providing Appropriate Science for All(The NSTA Position Statement). Bulletin of Science, Technology & Society. 10(5 & 6), 249-250.
- Yager,R.E.(1987). Assess All Five Domains of Science. The Science Teacher. 54(7). p33-37.
- Yager,R.E. & McCormack,A.J.(1989). Assessing Teaching/Learning Successes in Multiple Domains of Science and Science Education. Science Education. 73(1), p45-58.

4.2 現場理科教師を対象とする評価に関するアンケートの分析

山本 由香・熊野 善介
静岡大学教育学部

1. 調査の目的

日本の文脈にあった「構成儒義に基づいたSTS アプローチ」実践にあたり、現場の教師がどのような科学観を保有しているかについては、第3章で既に論じた。ここでは、現場の教師の保有する評価観について考察を行なう。新指導要領が施行され、数年が経過した。現場ではどのようなことが起こっているのかについてはいろいろな報告がされている。「新しい学力観」が現場の教師達にどのように受け入れられ、どんな問題が生じているのかを明らかにしたいと考え、アンケートを実施した。

本調査の目的は、次のとおりである。

- ① 現場教師達が評価というものをどう捉えているのか。またそれは、教師歴によって特色があるものなのか。
- ② 教師達は評価を行う際、何をどのくらい活用しているのか。
- ③ 新指導要領に移行して、何を工夫しているのか。今までとの違いは何か。
- ④ 新指導要領に移行して、新たに生じた問題点は何か。

以上のことを調査で明らかにし、今後どのような評価方法が必要とされるのかを検討したい。

2. 調査の方法

①調査対象

静岡県内の小・中・高等学校（私立を含む）に勤務する教師46人

②調査依頼

研修会に出席した教師からアンケートに協力していただいた。

③調査項目

調査項目のおおまかな構成は次の通りである。

- ・「評価」をどう捉えているか
- ・何をもとに「評価」を行っているか
- ・新指導要領に移行して工夫している点
- ・新指導要領に移行して評価を行う上での問題点

3. アンケート結果

(1) 基礎データ

アンケート回答者の性別・教職歴・大学での専攻・一週間の理科の受け持ち時数等の「基礎データ」については次の通りである。

① 性別

	男性教諭	女性教諭	不 明	合 計
人数 (人)	33	12	1	46
割合 (%)	72	26	2	100

② 教職経験年数（1996年3月31日現在）

	5年以下	6～15年	16～25年	26～35年	36年以上	不 明	合 計
人数 (人)	11	18	8	9	0	0	46
割合 (%)	24	39	17	20	0	0	100

③ 大学での専攻

	教育文系	教育理系	その他文系	その他理系	不 明	合 計
人数 (人)	0	32	3	11	0	46
割合 (%)	0	70	7	24	0	100

④ 一週間の理科の受け持ち時数

	5時間以下	6～10時間	11～15時間	16時間以上	合 計
人数 (人)	18	8	7	13	46
割合 (%)	39	17	15	28	100

(2) 質問項目1について

評価とはどんなものだと思いますか。最もよくあてはまるものを第3番めまで選び番号を下に記入して下さい。

- (1) 生徒が現在の自分の力を知るためのもの
- (2) 生徒が現在の自分の順位を知るためのもの
- (3) 生徒が自分がこれからどのように学習したらよいかを知るためのもの
- (4) 教師が生徒の現状を把握し、より良い授業づくりをしていくためのもの
- (5) 教師が生徒一人一人を理解するためのもの
- (6) 教師が生徒の順位を決めるためのもの
- (7) 保護者が、教師が自分(保護者)の子供をどう見ているかを知るためのもの
- (8) 保護者が自分の子供の力を知るためのもの
- (9) 保護者が自分の子供の順位を知るためのもの
- (10) 通知表を書くという教師の仕事のためのもの
- (11) 指導要録を書くという教師の仕事のためのもの

表1：各項目を選んだ人数とパーセンテージ ※()内は%である。

問題番号	1 番	2 番	3 番
(1)	13 (30)	6 (14)	8 (18)
(2)	0 (0)	1 (2)	1 (2)
(3)	11 (25)	16 (36)	2 (5)
(4)	13 (27)	14 (32)	6 (14)
(5)	7 (16)	6 (14)	13 (27)
(6)	1 (2)	0 (0)	1 (2)
(7)	0 (0)	0 (0)	2 (5)
(8)	0 (0)	0 (0)	9 (20)
(9)	0 (0)	1 (2)	0 (0)
(10)	0 (0)	0 (0)	1 (2)
(11)	0 (0)	0 (0)	2 (5)

前ページの結果を見ると、(1)、(3)、(4)を選んだ人が多い。つまり、評価とは生徒のものであり、また教師が授業を改善していくための資料であるという考え方が強いことがわかる。

次に教職歴別の傾向を見てみると表-2のようになる。方法としては、教職歴1～5年、6～10年、11～15年というように5年ごとに区切り、何番を選ぶ傾向が強いかを点数化し、それぞれの相関を調べた。(1に近いほど相関が強い。)下の結果を見てみると、21～25と31～35の相関以外は、ほとんどが約0.8以上の値をとっている。つまり、どれも統計学的に類似した集団であると考えられる。また、26～30と31～35に対する相関が低い、どちらの集団も解答者数がひじょうに少ないためはっきりとした理由は述べられない。

このことから考えると、昭和33年や昭和43年の指導要領を使った経験のある教師も、今回の指導要領しか経験のない教師も、評価に関しては、おおむね類似した考え方をしていることになる。いづれにしても、データ数が少ないので結論は不安定である。

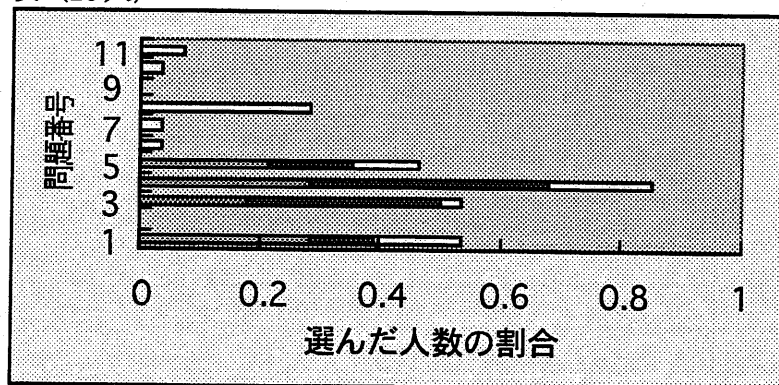
表2：教職歴別の傾向

相関	1～5	6～10	11～15	16～20	21～25	26～30	31～35
1～5		0.89	0.89	0.85	0.46	0.89	0.81
6～10			0.68	0.85	0.54	0.90	0.85
11～15				0.84	0.53	0.89	0.43
16～20					0.72	0.91	0.58
21～25						0.58	0.25
26～30							0.62
31～35							
人数	11	8	10	6	2	7	2

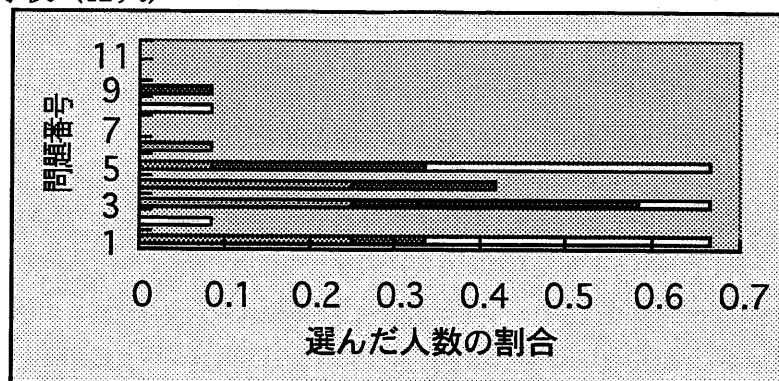
また、(8)は1番目、2番目には選んだ教師は全くいないのに、3番目には20%もの教師が選んでいるというのは注目すべき結果である。つまり、20%の教師は、1番目、2番目を選ぶ時には生徒や自分達教師のことが頭に浮かぶが、3番目となると保護者の存在が頭をよぎると考えられる。このことから、教師は出来るだけ生徒を客観的に評価し、ありのままを保護者に伝えようとしているという考え方も存在していると言える。

さらに校種別に教師の考え方の傾向を見てみる。次に示す2つのグラフは、小学校、中学校の教師がそれぞれ何番を選んだかをパーセントで表したものである。(左から1番目に選んだ人数の割合、2番目に選んだ人数の割合というように、色分けされている。)グラフ1が小学校、グラフ2が中学校についてである。

グラフ1：小学校 (28人)



グラフ2：中学校（12人）



小学校教師、中学校教師とも似たような傾向を示している。特徴的なのは、小学校教師の方が(8)の「保護者が自分の子どもの力を知るためのもの」を選んだ割合が高い。これは、小学校教師の方が担任として保護者と接する機会が多いためではないかと思われる。一方中学校の教師の方が(1)(3)(5)を選ぶ割合が多いということは、新しい学力観への認識が深まっていることに通じると言えるかもしれない。

(3) 質問項目2について

現在評価を行う上で、次のものをどのくらい活用していますか。あてはまるところに○をつけて下さい。下にある項目以外で評価に用いているものがあれば、その他へ記入してください。

1＝大いに活用している 2＝活用している 3＝ときどき活用している 4＝あまり活用していない
5＝全く活用していない

(1) 単元の終わりに

- | | | | | | |
|------------------------------|---|---|---|---|---|
| 1. 生徒の発言を記録したもの | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2. 行動観察の記録(言葉には出てこない行動・態度など) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3. ノート | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4. レポート | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5. ペーパーテストの結果 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6. その他 () | | | | | |

(2) 1・2学期のおわりに(通知表を書くために)

- | | | | | | |
|------------------------------|---|---|---|---|---|
| 1. 生徒の発言を記録したもの | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2. 行動観察の記録(言葉には出てこない行動・態度など) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3. ノート | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4. レポート | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5. ペーパーテストの結果 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6. その他 () | | | | | |

(3) 学年のおわりに(通年の評価のために)

- | | | | | | |
|------------------------------|---|---|---|---|---|
| 1. 生徒の発言を記録したもの | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2. 行動観察の記録(言葉には出てこない行動・態度など) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3. ノート | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4. レポート | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

5. ペーパーテストの結果	1	2	3	4	5
6. その他 ()					
7. 通年の評価は出さない					
(4) 指導要録記入のために					
1. 生徒の発言を記録したもの	1	2	3	4	5
2. 行動観察の記録(言葉には出てこない行動・態度など)	1	2	3	4	5
3. ノート	1	2	3	4	5
4. レポート	1	2	3	4	5
5. ペーパーテストの結果	1	2	3	4	5
6. その他 ()					

それぞれの解答の平均を出したものが表3である。1に近いほど、活用度が大きいということになる。

表3: それぞれの解答の平均

	平 均				
	1.発言	2.行動	3.ノート	4.レポート	5.ペーパーテスト
問題番号 (1)	3. 0	2. 7	2. 4	2. 5	1. 7
(2)	3. 0	2. 3	2. 3	2. 3	1. 7
(3)	3. 1	2. 3	2. 5	2. 4	1. 7
(4)	2. 8	2. 3	2. 4	2. 4	1. 8

(1)～(4)までどれも、1.生徒の発言を記録したもの、2.行動観察の記録(言葉には出てこない行動・態度など)、3.ノート、4.レポート、5.ペーパーテストの結果である。表から、(1)～(5)のどの場合においても、5.ペーパーテストの結果の活用度が飛び抜けて高いことがわかる。このことから、新しい学力観に移行しつつある現在でも、まだペーパーテストにとってかわる評価方法はまだ開発されていないと考えられる。

次にそれぞれの解答のばらつきを調べたものが、表4である。数字の値が小さいほどばらつきが少ないことをあらわしている。この表4からは、選択肢5 ペーパーテストの結果のばらつきが少ないことがわかる。つまり、どの教師もペーパーテストをかなり活用していると考えられる。また、選択肢2 の行動観察の記録もばらつきがあまりないことから、多くの教師がときどき使用していることがわかる。

また選択肢6 のその他の解答には、①単元の終わりと②1・2学期の終わりに(通知表を書くために)、③学習のふりかえりの感想・教材に対する思い・試行実験後の感想を使用するというものがあつた。(1名)

表4: それぞれの解答のばらつき

	分 散				
	1.発言	2.行動	3.ノート	4.レポート	5.ペーパーテスト
問題番号 (1)	1. 5 3	1. 0 9	1. 6 8	2. 4 2	0. 7 7
(2)	1. 8 1	1. 0 3	1. 9 6	2. 2 4	0. 8 3
(3)	2. 3 7	1. 4 2	2. 5 6	2. 2 0	1. 0 6
(4)	2. 3 9	1. 4 6	2. 3 1	2. 4 4	1. 3 2

(4) 質問項目3について

現行の新指導要領(新しい学力観)に移行して評価の上で工夫している点はなんですか。あてはまるものすべてに○をつけて下さい。

- (1) 生徒の発言に今まで以上に耳を傾けるようにしている。
- (2) 生徒の行動を観察することに力をいれている。
- (3) ノートの評価に重点をおくようにしている。
- (4) レポートの評価に重点をおくようにしている。
- (5) ペーパーテストの評価に重点をおくようにしている。
- (6) 新しい評価法を試みている。

具体的な方法 ()

(7) その他 ()

(1)～(7)までの、○をつけた教師の人数とその割合をパーセントで示したものが表－5である。

表5：○をつけた教師の人数とその割合

問題番号	人 数	%
(1)	27	59
(2)	43	93
(3)	19	41
(4)	17	37
(5)	4	9
(6)	4	9
(7)	1	2

表から、ほとんどの教師が今までよりも生徒の行動に敏感になっていることがわかる。しかし、前質問項目では行動観察の記録の活用度は平均が約2.3であり、あまり活用はされていない。つまり、生徒の行動をうまく評価に取り入れる方法がなく、試行錯誤の最中であると考えられる。

また、ペーパーテストの評価に重点をおいていると答えた教師はほとんどいないにもかかわらず、前質問項目では活用度が最も高かった。このことから、教師達は生徒の行動や発言に注目しはじめているが、それを評価する良い方法が見つからず、結局ペーパーテストにたよっていることがわかる。

(6)の解答のまとめとして、次のような内容が出された。

- ・ 自己評価、他者評価 (お互いに見つけ)
- ・ 自己評価をさせ、その生徒の言葉をチェックしている。
- ・ 自己評価で学習をふりかえらせる。次時への課題を持たせる。
- ・ 個別、グループ別
- ・ 単元ごと、時間ごとの評価基準を使用
- ・ 評価基準表の作成

(7)の記述式解答としては次のようなものがみられた。

- ・ 子どもに自己評価をさせる。(自分の到達目標を前もってつくっておく)

以上分析の結果、自己評価を取り入れている教師が多い。やはり、ペーパーテストに表れてこない生徒の内面を評価しようとしていることがうかがえる。

(5) 質問項目 4 について

現行の新指導要領(新しい学力観)に移行し、評価を行う上での問題点はなんですか。あてはまるものすべてに○をつけて下さい。

- (1) すべての児童・生徒に目が行き届かない。
- (2) 新しい評価法を試すほどの余裕がない。
- (3) 児童・生徒を多面的に評価したいがその方法が難しい。
- (4) 関心・意欲・態度を評価することが難しい。
- (5) 科学的思考を評価するのが難しい。
- (6) その他 ()

(1)～(6)までの、○をつけた教師の人数と割合をパーセントで示したものが、表 6 である。

表 6 : ○をつけた教師の人数と割合

問題番号	人 数	%
(1)	31	67
(2)	15	33
(3)	22	48
(4)	26	57
(5)	14	30
(6)	1	2

(1)の解答率が高いことより、教師の仕事の余裕のなさを感じられる。また、前質問項目までで分かったように、(4)関心・意欲・態度を評価することが難しいと解答した教師も多かった。(6)のその他には、教師個人によって基準が異なる点が問題だという解答があった。

全体的にどの項目も解答率が高いことから、評価についてかなりの問題意識をもっていることがわかる。

(6) 質問項目 5 について

新しく試してみた評価法や、これから試してみたい評価法があれば書いて下さい。(方法を簡単に、またその評価法の具体的な名前がわかればそれも書いて下さい。)

この質問項目の解答は以下の通りである。

- ・相互評価 (だれがどんなことをこの時間、もしくは単元になんぼったか)
- ・特にありませんが、考えている最中です
- ・生徒に大単元の始めと終わりに長い文章記述をさせて、生徒の自己変容を自分自身で確認させている
- ・子どもが授業内容をどのように意味付けているのかを、授業(単元)を振り返って物語化させる方法をとっている
- ・生徒に授業を評価してもらうアンケートを行っている

- ・はっきりいって悩んでいます
- ・実験を子どもたちの手で生み出してすすめていきまとめて発表する方法

自分自身を評価させる(自己評価)という解答がここにも見られる。自己評価については通知表にも利用されるなど、ここ数年注目されているようである。また、4番めにある授業を振り返って物語化させるという方法は、アメリカで広がりつつある評価法の一つであり、今後日本でも普及するのではないかと思われる。

この質問は、他の記述式の質問に比べて、解答者の数が多かった。このことから、多くの教師が新しい評価法を必要としていることがわかる。

4. これから必要とされる評価法

このアンケート調査を行い、現在の評価を行う上での問題点がいくつか見えてきた。質問項目2からは、現在はほとんどの場面でペーパーテストをもとに評価を行っていることがわかった。質問3からは、今までより生徒の発言に注意したり生徒の行動観察に力を入れていることがわかった。また質問項目4からは、教師は生徒の関心・意欲・態度を評価するのが難しいと考えていることがわかった。このことから考えると、教師達は生徒の内面(関心・意欲・態度・)を評価できる新しい評価法を求めていると考えることができる。そして今後はそのような評価法がペーパーテストに取って代わることが求められるであろう。

このような評価法を考えるにあたり、第二章でまとめた「全米科学教育基準」よりヒントを得ることができよう。まず、評価の考え方をアセスメントへと移行する必要があるであろう。すなわち、アセスメントというのは、子供たちが自分がどう変わってきたのか自分で自分を見られるように教師が援助してあげることであり、自分の能力を生かせるように使われる本物の“評価”(authentic assessment)のことである。このことについては、すでに、アセスメント基準で述べたとおりである。

しかし、このようなヒントを日本ですぐに応用することは必ずしも容易ではない。なぜなら現在の日本の教育における問題点は「適切な評価法がない」ということだけではないからである。教育を取り巻く環境におけるさまざまな問題と関連している。アセスメント基準を取り入れるとなると、教師一人に対する児童・生徒の人数や、教師の労働条件、指導要録の内容などが問題となってくる。

したがってこれからは、新しい学力観に立つ学力を養う方法やその評価法と共に、これらを実現するための環境作りについても議論されるべきであろう。また、文部省が提示している「新しい学力観」はもちろんのこと、本研究で明らかにされたアメリカの新しいアセスメント法が定着するには、充実した教師教育が必要十分条件であるといえる。

P106~P118 に掲載されている、

「4.3 高校有機化学分野における S T S 教育の実践

—モジュール『お茶』—

Implementation of STS Instruction in High School Organic
Chemistry –Module “Tea”-

は、学会ポリシーにより未掲載

4.4 これからの選択理科の授業のありかたについての実践的研究 —STSアプローチによるモジュール「薬とからだ」の授業実践—

筒井 昌博
焼津市立大富中学校

1.はじめに

選択理科においては、個性や創造性を伸ばし、主体的な学習態度を育成することをねらいとしているので、自由研究的なものが適しているが、生徒に明確な課題が見いだせないことが多い。そこで、教師が用意した課題を解決する学習や、実験書から自分におもしろそうな実験をさがしてやるというようなスタイルもでてきている。焼津・大井川地区の選択理科の内容について確認をとると、各学校で模索状態なのがよくわかる。これといった授業方法が見当たらないまま、選択理科の授業が行われているというのが実状だ。新しい学力観・評価観にたった授業改革の目玉として、小学校の生活科、中学校の選択教科があるわけだが、その趣旨は、実状では十分生かされていない。今回実践したSTSアプローチによる選択理科は、大きなテーマを教師で与えて、あとは、グループで独自のテーマを作ることから、自由研究と課題解決学習の間に位置するものであるが、その授業目的や内容を考えると、その趣旨に十分応えられるものとして期待できるかもしれない。

2.研究目的

これからの選択理科の授業のありかたを実践的研究を通して明らかにする。具体的にはSTSモジュール「薬とからだ」の開発をし、その開発したモジュールを用いた授業実践を通して、その教育的な効果と問題点を明らかにし、STSアプローチの日本・静岡モデル構築のための資料を得ることである。

3.研究方法

新しい学力観・評価観にたった選択理科の授業がすでに始まって数年たっているが、この授業をどう行っていくかについては、各中学校とも模索状態が続いている。そこで、私は、アメリカで開発された構成主義的立場に基づいたSTSアプローチ（第4章の1を参照）をもとに、大富中学校の生徒の特性や能力の実態・生徒をとりまく地域社会や文化の実態を考慮して、STSモジュール「薬とからだ」の開発をし、その授業を実践し、その授業の有効性と問題点を考察した。

(1) 対象

平成7年度大富中学校生徒3年生、選択理科履修25人（男子10人、女子15人）

(2) 実施時期

選択理科の時間（週1時間、月曜日の第5時）10/23～12/18、合計9時間

(3) 授業のねらい

STS問題に関わることで、科学、技術、社会へ目を向け自らの意志決定能力を育てる。

◆自分の住む環境に興味を示し、積極的な学習態度を養うことができる。

◆科学的手法を用いて、問題を解決できる。◆自分のからだに、より関心をもち、薬品に対する意識を高めることができる。

(4) モジュールの授業実践計画

- 10/23 プレテスト、今後の授業説明
10/30 「科学とは」の話し合い
Webマップの作成練習
11/6 「薬とからだ」の話題提供とグループごとの課題決定
11/27 研究計画書完成・研究活動
12/4 研究活動
12/11 研究活動・発表会準備
12/18 発表会(2時間)、ポストテスト、ただし、12/18は3時間をあてた。

(5) 評価方法

- (a) 教師は、授業中、生徒の研究への取り組みを共感的に理解しながら、支援した。
(b) 毎時間の授業感想をとり、生徒の姿の変容を文章からとらえた。
(c) 発表会で、生徒どうしの間で相互評価をした。
(d) 態度領域についてプレ・ポストテストを実施し、その結果分析を行った。

4. 研究経過

授業実践の概要について述べる。

10/30 授業の前半は静岡大学から熊野善介氏に来ていただいて、科学の本質についての簡単な授業を行った。魚の耳石を生徒に見せて「これは何か」と問い、それを調べる方法を生徒に聞いた。生徒は「貝みたいなので、塩酸をかければ二酸化炭素が発生するかもしれない」などと考えた。そのあと、金目鯛の耳石を実際に生徒に見せた。そして、「科学とはそんなにむずかしくない」「自分たちの身のまわりにも科学がたくさんある」というような話をされた。後半は、私が、Webマップ(あるキーワードから関連のある単語を次々に連想し、それらの単語を関係のあるものどうしを、線で結んで図にしたもの)を々にの作り方を説明し、好きな人どうしでグループを作り、「地震」というテーマでWebマップを作った。

11/6 生徒に、自分が話題にしたい薬(カゼ薬や頭痛薬や胃腸薬が多かった)をもってきてもらって、それをもとにした話(この薬はきくとかこの薬は腹がいたくなったりしていた)を前回の班でもらったあと、「薬とからだ」というテーマでWebマップを作った。それを見ながら、各班でやりたいことをA4版の紙に箇条書きして、各班やりたいことを明確にしていっていった。各班ごとのテーマは以下の通りになった。第一班 薬の効き方のちがい(漢方薬と市販の薬)

第二班 薬の成分分析

第三班 わたしたちと薬(うさぎの実験)

第四班 薬と動物(はつかねずみの実験)

第五班 胃腸でとける薬をとかす

第六班 薬の溶け方

第七班 副作用について

具体的な課題決定までの経過とその解決過程と研究結果・考察は資料として本論文後部二付加したので参照して頂きたい

5. 研究成果

(1) 評価について

(a) 教師のかかわり方については資料5～11を参照。生徒と教師がともに悩みながらもテーマを見つけだし、解決にむけて努力していった姿がわかると思う。

(b) 生徒の授業感想を以下の6つの「カテゴリー」に分類して、生徒の変容を調べた。それらは、態度関係、概念関係、方法関係、創造関係、応用関係、世界観関係である。このことから、個々の生徒によっては、変容が確認できた。(4.5の研究を参照のこと)

(c) 発表会における評価用紙とその結果については次の4.5の研究を参照のこと。相互評価によると、4班が一番評価が高く6班が一番低いことがわかる。

(d) 態度領域における調査項目とそれに対する調査結果についても次の4.5の研究を参照のこと。この結果からわかることは、まず第一に、生徒との人間関係のできている場合のほうが結果がよいということがわかる。これはあたりまえのことのようだが、今回のSTSアプローチによる授業については、とくに顕著である。人間関係ができているということは、生徒の活動を共感的に理解することもでき、それに深くかかわれるということである。第二に、女子の方が男子より結果がよいということである。これは、不馴れの生徒(選択理科の授業で初めて担当した生徒で、まったく人間関係がない。この授業が初対面である。)が、男子10人中7人、女子15人中5人というように、不慣れな男子の生徒が多かったことが一番の原因ではないか。また、女子は、成分分析と工場見学・動物飼育と動物実験というように活動的な内容のテーマを選んだ。一方、男子は、溶解度の実験・PL法の調査と女子に比べると活動的な内容ではなく、実験時間も短い(もしくはない)ので、対象とかかわる時間が少ないものを選んだ。この男女の活動のちがいが二番目の原因ではないか。第三に、授業観と構成主義の項目の結果が向上している。これは、STSアプローチの授業内容そのものからきていると思う。第四に、情意や教師と生徒の項目の結果が伸びなかった。情意については、不馴れの男子の結果だけが悪くて全体の結果を落としたが、ポストテストが3時間続き(そのうち2時間は授業時間外)の最後の授業で、生徒のやる気が低下していたことが原因のひとつに考えられる。教師と生徒については、既述した人間関係ができている生徒に対してのかかわりが足りなかったのが原因であろう。馴れの生徒に限れば、この項目は結果が向上している。

最後に、STSアプローチによる選択理科の授業を行ううえでの課題を9点指摘しておく。

6. 課題

(1) 授業目的をはっきりさせる

STS教育の目的は、現代社会に適応できる一般市民の育成であるが、選択理科の中でのSTS教育と考えると、上記以外にも目的が考えられそうである。日本の場合、どのような授業目的を設定するのがよいのだろうか。それによって授業方法も影響されてくるだろう。

(2) 授業時間はどのくらいがよいか

選択理科の授業を考えた場合、半期で15時間、通年で30時間を想定すると、半期で1つのテーマが精一杯である。今回は、全9時間という少ない授業時間で行ったが、昼休みなどは、毎日のように使った。できれば、通年でSTSを行いたいところであるが、選択理科の授業が半期が多いこと考えると、その中で消化するのは少々たいへんではないか。また、もう一つの問題として、選択理科は1週間に1回なので授業が切れてしまいがちである。1

週間に3回くらいあると意識が持続されるので、必修授業の中での実践も考えたほうがよいかもしれない。

(3) 教師の労力がたいへんである

今回は7班がすべてちがったテーマのもとで研究を行った。生徒の課題意識を大切にするので、まず、課題設定までが苦勞する。「課題は何でもよい」というわけにはいかない。追究可能なことや、テーマに深く結びついていなければならない。中学生は、単に楽しいこと、おもしろいことに気がひかれがちである。この差を埋めるのは教師しかない。

次に、追究方法を考えるのに苦勞する。たとえば、ねずみが薬をのまない。どうすれば飲むようになるか。試行錯誤で、数日間水をやらないことでなんとか解決した。学習指導要領もなければ、指導書もない。実験の手本はないのだ。生徒自身で考えなければならない。当然、生徒は悩む。教師の支援が必要になる。一緒に考える。ということで、教師は常に新しいことへの挑戦を迫られる。次に、生徒の班7つに対応しなければならないことに苦勞する。課題設定も個々であり、課題追究も個々である。一人の教師では対応に限界がある。STSアプローチこそTTで行うべきである。また、学校の外へ引率していく機会がでてくるので苦勞する。今回でいえば、東京薬局2回、漢方の店1回、中外製薬1回、ツムラ1回。すべて授業時間外である。もし、授業時間に引率すると、残りの生徒を誰が見るのか。ただ行くだけではない。事前のアポイントメントも必要だし、下見も必要である。放課後の勤務時間のすきを見て、もしくは、勤務時間外で引率しなくてはいけない。生徒の負担もでてくる。研究をやる気をもって取り組んでいるとしても、時間的に無理がかかれば、いやになるかもしれない。さらに、連絡で苦勞する。今回は1・2・3・5・6・7・8組の7クラスに生徒がいたため、全部のクラスに連絡に行くことがしばしばあった。また、重要なことが徹底されなかったこともあった。うまい連絡方法を考える必要がありそうだ。

(4) 教材を何にするのか

今回は「薬とからだ」であった。これは、身近なテーマであるが、その追究の仕方がむずかしい。薬品は多くのむずかしい化合物の集合体だからである。このように、テーマを何にするかは、大きな問題である。テーマによっては、まったく興味を示さない生徒もでてこよう。地域に密接に関係していて、しかも、追究可能な問題を内在していて、生徒の興味を引くものとなると、そう多くはないと考える。モジュールづくりとその実践結果を出していくことが、地道な研究の第一歩であろう。可能性の高いモジュールとしては、「高草山のなりたち」「地震とその防災」「栃山川の自然保護」「焼津市の気象観測」「電気の利用」などが思いつく。

(5) 人間関係

今回の研究で明らかになったように、生徒との人間関係が十分にできていないところでは、十分な支援ができない。この授業方法では、課題設定から発表まで、生徒の考え方を大切にしていけるので、人間関係ができていないとうまくいかないことがある。その生徒のものの見方や考え方を知らないところで、支援はできないからである。選択理科では、まったくはじめての学年の生徒を教える可能性もある。それも週1時間である。ここに、選択理科の授業でSTSアプローチを使うことの大きな課題が発見できる。これを解決するためには、持ち上がりの学年教師で選択理科を担当するか、自分の担当クラスの中で、選択理科の生徒をつくるかである。

(6) 実験技術が伴わない

生徒は、自分たちで、実験方法を考えることに慣れていない。したがって、まったく新しい実験に対しての技術は未熟である。一斉授業の同じ実験をしているときであるならば、基本技術は同じものだが、今回のような場合は班ごとにちがう。科学的に考えて実験を進める生徒ばかりではない。中学3年生になっても、比較の実験すら考えられない。実験結果を記録できない。このことは、必修教科の理科での実験の取り扱いかたに問題があるのだろうが、実験技術が伴わない生徒に対して、科学的なデータを出させることは困難であると感じた。必修理科の実験でも、実験方法を生徒に考えさせたい。

(7) 財政難

本校の場合、選択理科は、基本的には予算がつかない。必要なものは生徒が持ってきたり、注文品の場合は生徒がお金を出すことになっている。今回は大学との共同研究であったので、財政的には余裕があったが、いつもはそうはいかない。消化酵素は5000円のものもあったし、漢方薬は高価であった。財政補助がないと、この授業方法でやっていくには無理があるかもしれない。

(8) 普及のためのマニュアルづくり

STSアプローチにはマニュアルは馴染まないが、日本にこの授業方法を普及させるためには、教師向けの手引書が絶対に必要である。モジュールについては、実践例と注意点が紹介されていなければならない。学習指導要領にもとづいて教科書があり、その指導のための分厚い指導書があるように、STSアプローチにおいても、分厚い指導書が必要である。そして、一般の理科教師はSTSアプローチの存在すら知らない！大学や教育委員会（行政サイド）がその内容普及に力を入れなければいけないと思うし、それとは別に、我々のような実践家が、大学の先生と協力をして、手引書になるような本を出版していく必要がある。

(9) 日本にあった評価法の見直し

授業方法に対する評価であるプレ・ポストテストの内容は、アメリカで開発されたものを日本語訳したものである。内容的には、かなりむずかしい文章である。大学の先生や学生が平易な文章に直す苦勞をされているが、現場の実践家をまじえて、もっと根本的に見直す必要はないか。STSアプローチによる授業を行った先生方を集めて、日本の生徒にあった評価方法を考えるときが来ている。アメリカの模倣では、はじめはいいかもしれないが、日本に定着することはないだろう。

今回実施した、授業感想を毎時間、克明に書かせるのも一つの方法かもしれない。ただし、そのときには、書く視点を決めてやったほうがよい。また、このかたちの授業では移動が多くなるので、ノートや資料を入れて運べるポケットファイルのようなものを生徒に持たせてやると便利であるし、生徒の記録をすべてその中に入れておけば、それでその生徒の評価が可能となる。今回はそれを利用した。

資料

第一班：薬の効き方のちがい（漢方薬と市販の薬） 女子4名

Webマップにより始めに、以下の4つのやりたいことをあげた。

- ① 漢方薬を作り、モルモットに食べさせて、反応がでるか調べたい。
- ② 薬で液体のものを固体にする。
- ③ ワクチンの薬の成分を取り出す。
- ④ キンカンの成分を調べて、まったく同じものをつくりたい。

このなかで、実験の目的や追究可能かどうかを考えさせたりして、結局漢方薬に関係したことをやりたいということになった。そこで、まず、漢方薬について調べなくてはならないことをアドバイスして、漢方薬のお店に行くことを勧めた。

そして、放課後の空いた時間を使って、焼津市内の漢方薬の店に行った。そこで、聞いたことは、漢方薬とは何か、どうやって作るのか、ということを実際の漢方薬を見せてもらいながら説明を受けた。その中で、「漢方薬は自然のものから作るので、体に害はないけれども、市販の薬（化学薬品）に比べて効き目がおそい」ということに関心をもち、本当にそうか調べることでテーマを設定した。

実験では、ねずみを使った。ねずみに下剤を飲ませて、漢方薬と市販の薬を飲ませるねずみに分けて、実験を行った。その結果、漢方薬の店で聞いたこととは逆の結果がでた。この班は、下剤をねずみが飲んでくれなくて苦労した。考えて、2日間、水をまったく与えずに、実験を行ったら飲んでくれた。実験につかうねずみは理科室で、飼っていた。

第二班：薬品の成分分析（女子3名）

- ① Webマップにより、はじめに以下の4つのことをあげた。
- ② 薬にふくまれている成分をわけて、それぞれの性質を調べたい。
- ③ その成分分析をもとに、薬をつくりたい。
- ④ 動物を使って、薬の効果を調べてみたい。
- ⑤カプセルは、体のどこを伝わって、どのように吸収されていくのか調べたい。

「生徒がどこまでできるか」ということで相談にのった結果、薬の成分を調べて、できればそれを作りたいというテーマに決まった。そこで、まずはじめに、家庭にある薬の成分を調べることから始まった。バッファリンやセイロ丸やカゼ薬やマキロンなどの成分表示を書き出した。次に、成分にわけることであるが、大学の熊野先生に相談して、ペーパークロマトグラフィーの紫外線装置を貸してもらって、成分の種類を調べた。その結果、マキロン5種、バスクリン5種、バブ5種、かぜ薬4種の成分が含まれていることがわかった。また、それぞれを水に溶かして、そのPHも調べた。しかし、成分物質を実験的に調べることはむずかしかった。

次に、薬を実際作るとはむずかしかったので、薬がどのようにできるかを調べた。山之内製薬より、薬のできるまでというパンフレットをもらって学習したあと、中外製薬でいろいろな医薬品ができるところ、ツムラでバスクリンができるところを工場見学した。これによって、実際の製薬の過程を知ることができた。

第三班：わたしたちと薬（うさぎの実験）（女子4名）

Webマップにより、はじめに以下の3つのことをあげた。

- ① うさぎに薬を飲ませて、耳の血管の血の流れを見る。
- ② 消化酵素と同じ成分のものに薬をとかして、どこでもっともとけるかをみる。
- ③ 水をのむのと水なしの場合では薬のききめがちかうのかを調べる。
- ③は実験方法がわからないので、まず①をやって、時間があまったら②をやることにした。

（結局、②までは時間の関係でやれなかったが）実験内容は3つ考えた。(1)アルコールを飲ませて、その後胃薬を飲ませる。(2)ユンケルを飲ませる。(3)鎮静剤を飲ませる。どの場合も脈拍を計り、耳の血管のようすや目のようすをビデオやカメラにとって観察した。この班

は、うさぎの体重を測定して、人間の体重との比較から、薬の与える量を決めていた。また、耳の血管のようすをよく調べるために、顕微鏡スコープを使って、テレビ画面に出していた。

実験は他の班よりも早くスムーズに進んだが、うさぎが薬を飲まなくて困ったが、水をしばらく与えなかったら飲んだ。うさぎは理科室で飼っていたが、その管理がたんへんで、毎日何回もエサをやったり、フンの始末をしたり散歩をさせたりしていた。実験が終了したあと、うさぎは大学に預かってもらったが、飼いたいと希望する生徒もいた。それだけ、実験以外にも手をかけたといえる。結果的には、人間と同じような結果が出たといえる。アルコールやユンケルを飲めば、脈拍は上がるし、鎮静剤を飲めば、やや下がることがわかった。また、胃薬もきくことがわかった。

第四班：薬と動物（はつかねずみの実験）（女子4名）

Webマップにより、はじめに以下の4つのことをあげた。

- ① モルモット実験で、人間以外に薬がきくかを調べる。
- ② カプセルがどのように溶けるかを調べる。
- ③ どうやって自分の悪いところだけに効くのか調べる。
- ④ からだを直すのにいろいろな薬があるのはなぜか。

この中で、この班が、最もやりたかったのは①である。すぐ実験方法は決まった。動物としては、はつかねずみを選んだ。薬は車などの酔い止めの薬、キャベツ（胃腸薬）の効きめを調べることになった。車によった状態として、いすのにせて回す方法が、アルコール酔いの状態をつくるために、実際にエタノールを飲ませる方法がとられた。

この班は、ねずみを学級で飼った。飼育面の苦労はかなりあったと思う。実験の途中で、ねずみが薬を飲んでくれなくて1時間困ったことがあった。そのとき、思いついたのが、実験数日前は水をやらないで飼育するということである。これによって、薬を飲むようになった。結果的には、酔い止めは変化が見られなかったが、キャベツは効きめがあることがわかった。ねずみがアルコールで酔うと机の上からよろよろして転落してしまうことが発見できた。その様子をビデオで撮ってあったので、発表会のときにそれを見せたら、みんなが、ねずみの変化に驚いていた。

第五班：胃腸でとける薬を溶かす（男子3名）

Webマップにより、はじめに以下の3つのことをあげた。

- ① 飲む薬は、体のどこで溶けるのか。
- ② 血液型によって薬の効く人と効かない人があるのか。
- ③ その病気に合っていない薬を飲ませると、どのような変化があるのか。

研究目的がはっきりしているものということで、③のテーマに絞られたが、具体的ではないので、①に関係した「薬のとけかた」に関係する質問を考えて、まず、焼津市内の東京薬局へ聞きに行くことを考えた。質問内容は以下の8つである。

- ① 食間、食前、食後に飲む薬があるのはどうしてか。
- ② 人によって薬が効く人と効かない人がいるのはなぜか。
- ③ 副作用の具体例を知りたい。
- ④ 薬を間違って飲むと死ぬことがあるのか。
- ⑤ 人によって薬の飲む量に差があるのか。

⑥ 一つの病気に対して多くの薬を飲むのはなぜか。

⑦ 薬を飲むのに8時間おくのはなぜか。

⑧ カプセルの役割は何か。

その一つ一つについて説明していただいたが、その中で8の質問の説明のときに、カプセルがからだの中で溶けることや、胃は酸性、小腸は弱アルカリ性であることを知り、胃で溶ける薬や腸で溶ける薬を酸性、中性、アルカリ性の水溶液に入れ、その溶け方を比べることを思いついた。その結果、胃で溶ける薬は酸性で、腸で溶ける薬は弱アルカリ～中性でよく溶けることがわかった。

第六班：薬の溶け方（男子4名）

Webマップにより、はじめに以下の3つのことをあげた。

① カプセルを飲んだ後、それが消化酵素でどのように溶けるか。

② そのあとどのように分解されていくか。

③ なぜ病気によって薬が分かれているのか。

ここは、①～②をテーマとして選び、すぐ実験方法の検討に入った。胃ではたらく薬（カプセル、錠剤、顆粒）を水、ペプシン、アミラーゼ、塩酸の中に入れて溶け方のちがいを調べた。消化酵素は要冷蔵、冷凍のものなので、生徒に冷蔵庫で管理させた。塩酸は3%で実験したが、濃塩酸から、自分たちで計算させて作らせた。結果的には、塩酸、消化酵素、水という順で溶けたが、水はほとんど溶けなかった。胃ではたらく薬は、胃酸の酸性の中で溶けるのであって、消化酵素のはたらきで溶けるのではないことがわかった。また、カプセル、錠剤、顆粒による溶け方のちがいは、あまりよくわからなかった。

第七班：副作用について（男子3名）

Webマップにより、はじめに以下の4つのことをあげた。

① なぜ副作用が起こるか。（何の成分で起こるか）

② 副作用が生じる薬の作り方。

③ 薬を飲んでから効くまでの時間はどのくらいか。

④ どんなところに、どんなふうに効くのか。

この班は、副作用に関心があったので、そのテーマに絞った。まず、学校の先生にアンケートをとり、副作用の薬、内容を聞いた。それをもとに、東京薬局の薬剤師の方に、先生方のアンケート結果をFAXで送った。副作用についてすぐ調べてくれてFAXを送ってきてくれた。それをもって、副作用の説明を聞きにいった。そこで、以下の3点が話題になり、新たなテーマとして浮かんできた。

- ・PL法（製造物責任法のこと、副作用については、医師が事前に説明する責任があるということ）

- ・副作用をどうしたら少なくできるか

- ・副作用で問題になった事件

この中で、時間が限られているので、PL法にのみテーマをしぼって調べることになった。その資料が手元にないので、いろいろ探した。その結果、全国消費者団体連合会で「消費者のためのPL法ガイドブック」を作っていることを知り、さっそく速達で送ってもらった。その資料により、PL法がわかった。しかし、副作用については、薬剤師の方に聞いた内容以上のことはわからなかった。

4.5 構成主義的観点からみた STS アプローチの実践的研究 —中学校選択理科を事例として—

久保輝利子・熊野善介
静岡大学教育学部

1.はじめに

日本の理科教育において STS 教育の有効性が理論的に論じられ始め、さらにいくつかの実践も進められてきているが、まだその数は少なく、実証的なデータの数是不十分であるといえる。しかも、実践を行うにあたり、理論的な議論が不十分なために、STS 教育の特性を生かしきれないまま終わってしまう事例研究も多い。日本における STS 教育の確立のためには、欧米型の STS 教育をそのまま取り入れるだけではなく、日本の文化や社会、教育の要請などを考慮した日本独自の STS の開発を進める必要がある。

本研究は『構成主義的観点からみた STS アプローチ』を日本の文化構造、教育実態を考慮した上で確立して行くための事例研究の一つとして、現職の教師とのアクションリサーチ¹を行ったものである。本研究を通して、理論先行型の STS アプローチを実践したときの利点や問題点・改良点を見い出すことは、今後 STS 教育の実践的研究を進める上での第一歩として意義のあるものと言える。また、これまでの現職教師と研究者とのつながりだけではなく、STS 教育の実践者となった現職教師同士のつながりによって、十分な意見交換が行われ、さらにその輪を広めていくことこそ STS 教育発展の近道であると考えられ、現職の教師が STS 教育を実践していくという過程そのものも、本研究での重要な視点である。

2.研究目的

中学3年生を対象に STS アプローチの実践的研究を行い、STS が、生徒の科学に対する態度・科学的手法の理解・科学観の形成にどのような影響を与えているかを評価する。その評価を通して、日本における STS 教育の実践の可能性を探る事を目的とする。

3.研究方法

1) 実施期間

1995 年 10 月 23 日～12 月 18 日までのうち、選択理科 7 時間と昼休みを利用

2) 対象学校及び学年・人数

焼津市立大富中学校（静岡県）3 年生選択理科（25 人）

本研究は、選択理科の授業時間と昼休みを用いて行われた。この理由として、正規の理科授業では、指導要領で定められた単元でさえも時間数が足りないという状況で、それ以外を行うだけの十分な時間がなかったこと。次に、選択理科の授業内容は、その時間を任された教師が、自由に決めることができたこと。そして、昼休みを使用したのは、選択授業というものはとかく様々な行事（学力試験、短縮日課、日課変更等）でつぶれることが多く、必然的にそうせざる得なかったからである

3) 使用したモジュール

まず STS のモジュールを作成する。STS のモジュールは構成主義的な教育観に基づき、表

¹ 熊野善介 : “理科教育の「理論」と「実践」” 初等理科教育 VOL.29 No.11 pp.8 (1995)

1で示すような観点での考慮がなされてなければならない。

表1 STS モジュールの評価基準

内容	教材が生徒にとって明確であるか
内容	教材が生徒にとって適切か ※1
内容	学習後の概念変容を振り返ることのできる場や時間があるか
内容	科学、技術に関する社会的イシューズ※2に合っているか
方法	生徒が学習の内容を選択できるか
方法	生徒が資料や材料を入手しているか ※3
方法	生徒による実験や観察活動などが主となっているか
評価	複眼的なアセスメントがなされているか ※4
応用	学習後の応用が可能であるか

- ※1 ・教材のなかに「自分の問題として考えなければならないような状況」が組み込まれることでその問題を「他人事」として眺める態度を少しでもなくするようなものとなっている。
- ・教材内容を履修生自身のことあるいは、彼等自身の身のまわりに生起する様なものを取り上げ、履修生にとって何らかの意味で関連性がある。
- ・この教材の学習後に、必ずそこで扱った問題が自分自身にとって「意味のある」問題であったと自覚することが出来る内容である。
- ※2 ・丹沢 et al.(1993)イシューズを論題としている。
- ※3 ・教師は学習者の補佐的役割を担うのであるが、日本においてこれがかえって教師の負担を重くしかねない。しかしできる限り周りの地域や公的機関の援助が得られるようにしたい。
- ※4 ・教師は支援者であるとともに学習者でもあるので、評価も教師と生徒により行われることが必要である。

こうした点を考慮して「薬とからだ」をテーマにSTSモジュールの作成を行った。教材を「薬」に設定したのは、大富中の周りには多くの製薬会社（工場）があり、生徒の研究活動における地域の利用がしやすいのではと考えたからである。また、「薬」それ自体に全く関心がないという生徒はいないであろうと判断し、薬を自分の体との関わりから、様々な研究課題が出てくるはずであると考えた結果である。以下にモジュールについての詳細を述べる。

モジュール 「薬とからだ」

<ねらい>

STS 問題に係わることで、一市民として科学、技術、社会へ目を向け、自らの意思決定能力を育てる。

<目標>

- ・自分の住む環境に興味を示し、積極的な学習態度を養うことができる。
- ・科学的手法を用いて、問題を解決できる。
- ・自分のからだにより関心を持ち、薬品に対する意識を高めることができる。

<授業の流れ>

- | | |
|-----------|-------------------------|
| 10/23 (月) | プレテスト |
| 10/30 (月) | 講義と説明 |
| 11/ 6 (月) | 問題の明確化 (Web マップ作り) |
| (昼休み) | 研究課題の決定 (研究計画書配布) |
| | 研究方法の話し合い |
| | 研究計画書の完成 |
| 11/27 (月) | 研究活動 |
| (昼休み) | 研究方法の話し合い |
| 12/ 4 (月) | 研究活動 |
| (昼休み) | 研究方法の話し合い |
| 12/11 (月) | 研究活動 |
| 12/18 (月) | 発表会 (昼休みより開始) 評価 ポストテスト |

<具体的な授業の流れ>

日付	内容
10/23	・アイオワチャタクトプログラムの開発した評価法の中から、「 <u>世界観領域</u> 」「 <u>科学の方法領域</u> 」「 <u>態度領域</u> 」についてプレテストを行う。
10/30	・熊野による「科学の本質」の講義 魚の耳石を用いて、科学とは一体なんだろうか、科学とはそんなに難しいものなのか、自分達の身の回りに科学がたくさんあるといった内容で、生徒が科学についてのディスカッションをする方向で授業をすすめる。 ・筒井先生によるモジュール「薬とからだ」とWeb マップの説明 モジュール「薬とからだ」について、この目的、内容、授業の流れ (時間配分を含む)、アセスメント方法 (教師と生徒によるものでその観点と、また自分の考えの変化が重要であることも述べる) について説明する。またWeb マップはその特徴や使用方法について実際に作成してみることで理解する。
11/ 6	・Web マップによる問題の明確化 (座席のまとまり毎でWeb マップ作成) ・グループ作り (生徒にどのようなグループにするのか選択させる) ※好きな人同士での3～4人のグループを作る。(代表者も決める) ・グループ毎の研究課題を選択 (昼休み) ・研究課題決定
<研究課題>	1班 薬の効き方の違い (漢方薬と市販の薬) 2班 薬の成分分析・薬の作られ方 3班 わたしたちと薬 (ウサギの実験) 4班 薬と動物 (マウスの実験) 5班 胃腸で溶ける薬を溶かす 6班 薬の溶け方 7班 副作用について

- ・グループで問題解決方法の話し合い
- ・研究計画書の作成

研究方法、必要器具など不備な点を指摘しつつ、またアドバイスを与えながら即行 動に移せる段階に到達させる。

11/27 ・グループ毎の研究活動

12/ 4 〃

12/11 〃

12/18 ・発表会

昼休みより開始（1 班およそ 15 分で質疑応答、評価カードの記入時間を含む）

- ・教師の講評。（各班の活動の様子に共感を示し、これからの活動に向けた意欲を高める。また生徒の研究活動以外での補足。）
- ・ポストテストを最後に行う。

以下は使用した評価カード

選択理科	平成 7 年 12 月 18 日					班
評価カード						
以下の項目において評価してください。 ただし、1-全くできていない 2-あまりできていない 3-どちらともいえない 4-だいたいできている 5-よくできている						
・研究活動に取り組む姿勢 はどうでしたか	1	2	3	4	5	
・研究方法はどうですか	1	2	3	4	5	
・発表者の声の大きさはどうか	1	2	3	4	5	
・発表資料（レポートなど） は全体的にどうですか	1	2	3	4	5	
・全体の聞く態度はどうですか	1	2	3	4	5	
・あなたは発表内容をどれほど理解しましたか	1	2	3	4	5	
小計						
合計						
☆この研究から特にわかったこと						
・						
・						
☆わからなかったこと						
・						
・						

4) 結果の評価・分析方法

評価についてはアイオワ大学におけるアイオワチャタクトプログラムの STS に関わる 6 つの領域による評価項目（概念領域・方法領域・応用領域・創造領域・態度領域・世界観領域）から態度領域・方法領域・世界観領域を利用した。そのうち態度領域・方法領域については熊野（1993）による翻訳版を利用し、世界観領域については小野（1996）による翻訳修正版を利用した。評価項目の実施についてはモジュールの最初にプレテストを行い、モジュールの最後に同じ問題をポストテストとして行った。このプレ-ポストテストの比較により、STS

モジュールの実施による生徒の変化を捉える。以下に行った分析の詳細を述べる。

I. 態度領域

態度領域として取り扱った『態度・志向・理解評価シート』は18項目より作成されている。これを内容から表2のように5つに分類した。

表2 態度領域の内容

	問題番号
1. 情意項目	(1) (5) (9)
2. 教師と生徒項目	(4) (6) (10) (11)
3. 授業観項目	(2) (3) (12)
4. 構成主義項目	(7) (8)
5. 科学者項目	(13) (14) (15) (16) (17) (18)

以上のように項目別に5領域で分けたものをプラス傾向、マイナス傾向、変化なしの3つに区別し、その人数を割合で示す。全ての問題項目は5点満点で点数化してあるため、 $\{(\text{ポストテスト}) - (\text{プレテスト})\}$ の計算結果からプラス、マイナスとして求めた。従って項目別平均は5点が満点である。次に全体と男女別にプレ・ポストテストの平均の比較をT-TESTで行い、さらに教師と生徒が以前に授業で面識があったかどうかによって「馴れ」と「不馴れ」の2つの集団に分けてプラス傾向・マイナス傾向を示す割合を調べ、教師と生徒との信頼関係がSTSアプローチに与える影響を調べる。

II. 科学の方法領域

科学の方法領域は39問の問題数で作成されており、各問題毎でプレテスト、ポストテストの正解者数を全体と男女別で集計し、平均の比較を行った。この問題内容に関して様々な点で改良が必要であることを指摘しておく。その理由としては、もともとこの問題は、アメリカで作成されたものであり、単に日本語に翻訳しただけのものを、そのまま用いているため、当然日本の文脈にあわない部分がある。また問題の傾向として、生物に関する問題が多く地学は少ない、というように分野に片寄りがあり、問題数也多すぎるように思われる。よって、問題内容が課題として残されている。

III. 科学観領域

問題数は全15問から構成されている。そのうち問題番号(1)は理系・文系を問う項目であり、(5)と(12)にはあえて望ましい解答を用意せず、傾向のみを調査している。さらにこの項目は大きく3つの内容に分けられる。(2)(6)(9)(13)が科学の本質を問う問題、(3)(7)(10)(14)が科学の方法を問う問題、(4)(8)(11)(15)が科学の社会論を問う問題である(小野、1996) この問題項目についても全体と男女別のそれぞれについて、プレ・ポストテストの平均の比較を行った。

T-TESTについては、各標本が無限母集団からのものと考え、得点は正規分布するものと仮定する。その上で「それぞれの間には差はない」という帰無仮説を立てて、5%の有意水準においてその帰無仮説が棄却されるか否かを検定し、有意差の有無を求めた。T-TESTは両側検定の異分散T検定を行い、平均の差の検定を行うものである。

分析はマイクロソフト社のEXCELバージョン5.0(1994)を用いておこなった。これによ

る結果は帰無仮説を棄却するときの危険率を直接表わしたものとして算出される。したがって、その値が 0.05 以下であった場合、帰無仮説は棄却され、異質の集団であるとみなすことにする。この数値以下の場合には太字で表記することにする。

結果についての考察を行うときには授業後の感想を考慮し、生徒の視点から捉えた STS アプローチの評価を踏まえた上で、全体的に本研究のモジュールについて考察する。

4. 結果と分析

1) 態度領域について

この項目の分析の最後のページにプラス・マイナス傾向の分析結果と、全体及び男女別のプレ・ポストテストの平均、馴れ・不馴れ別に見たプラス・マイナス傾向の割合を示す。

まずプラス傾向とマイナス傾向を示した人数を見ると、全体的にいえることは、圧倒的に女子のほうがプラス傾向を示していることである。情意項目の(5)、教師と生徒項目の(11)、科学者項目の(18)を除いた 18 項目中 15 項目で女子が男子を上回っている。逆にマイナス傾向は、10 項目で男子が女子を上回る結果となり、特に情意項目では男子のマイナス傾向がよく表れている。さらに注目すべき点は教師と生徒項目の(10)「理科の授業は、自分の質問に十分答えてくれる。」の項目である。女子が 40% のプラス傾向を見せる中で、男子のプラス傾向は 0% で、反対にマイナス傾向が女子が 40% に対し男子は 60% となっている。平均に関しては、全体では半分の項目がやや上昇しているが、男子の平均をみると 5 項目は上昇したが 11 項目で低下した。女子は 10 項目が上昇し 4 項目の低下であった。

これら結果は生徒の研究課題に大きく起因しているものと思われる。男子のグループ（5～7 班）の研究課題は薬の溶け方や副作用の問題を取り上げており、5 班と 6 班はいずれも溶け具合を観察する化学実験で 7 班は文献等の調査で実験は行っていない。それに対し女子のグループは、ネズミやウサギを使った動物実験や、実際に製薬工場を訪問するなどで、明らかに男子よりは活動的な研究内容であった。授業感想からも男子の感想には自分たちの実験での発見に感動したような記述はなく、「なぜ副作用が起こるか、胃にはどういうものが効くかとかいう実験は普通できないからいろいろな実験をやって疑問に思うことを解決したい」とあったのに結局文献調査や、薬局の人へのインタビューで終わってしまい「副作用の実験は難しすぎてできなくてくやしかった」とか、単に「もっとしっかりやりたい」といったありきたりな感想しか出てこなかった。女子の感想では成分分析を行ったグループの生徒の中には「ほかの班みたいに動物を使ったりしてみたいな」とか「地味な実験でつまらなかった」という感想があったが動物実験を行ったグループの生徒の感想には「今回のような実験は初めてだったのでとてもやってよかった。」「変化がはっきり表れたので面白かったし、うれしかった。」といった感想がみられ男子と女子では研究活動に取り組む姿勢が随分異なっていたことがわかる。従って、女子の授業態度に「(7)理科の授業は学校の外からも情報を集める必要あり」や、「(8)科学者が生み出した情報を使う」といった知識を自ら構成して行く立場が男子よりも高い割合で表れ、これまでの受け身の授業態度であれば決してみられない結果が出たといえる。またこの項目に対して男子の割合は(7)では 50%、(8)では 70% の生徒に変化がみられなかった。さらに「(3)理科の授業で学んだことは、毎日の生活に使える。」という項目では 60% の男子は変化がみられず、プラス傾向も女子が 33% であったのに対し男子は 10% に止まった。

次に馴れ不馴れを基準とした分類分けによる結果について分析する。馴れとは教師と生徒

がお互いに良く知っているということで、不馴れはその教師の授業を始めて受ける生徒のことを指す。

まず男子の結果は、構成主義領域以外は全ての領域でマイナスに転じた生徒が多かった。中でも不馴れな生徒のマイナスが目立ち、特に情意領域と教師と生徒領域では71%の生徒がマイナスを示した。次に女子について、馴れている生徒は全てにおいてプラスに転じた。不馴れな生徒では授業観領域において60%がプラスの結果となったが、教師と生徒領域で60%の生徒がマイナス傾向を示したほか、他の領域では顕著な結果は得られなかった。最後に、プレ-ポストテストの平均点は授業観領域と構成主義領域でやや上がったが、情意領域と教師と生徒領域では逆にやや下がった。科学者領域については変化がなかった。

これらの結果より、教師と生徒との信頼関係はSTSアプローチの授業を大きく左右するものであり、重要なポイントであることが明らかとなった。またそれは特に男子に顕著な影響がみられる。そして研究課題の選択はその後の活動全てがこれにかかっているために、教材の設定や支援者である教師の力量はSTS教育ではやはり問われる要素となる。さらに全体及び男女別においてプレ-ポストテストの結果のT-TESTを行った。結果を表3に示す。

表3：態度領域の全体及び男女別におけるプレ-ポストテストの結果とT-TEST

	平均			標準偏差			
pre	全体	3.33		全体	0.31		
	男子	3.46		男子	0.38		
	女子	3.22		女子	0.33		
post	平均			標準偏差		T-TEST	
	全体	3.26		全体	0.29	全体	0.27
	男子	3.19		男子	0.29	男子	0.01
	女子	3.29		女子	0.31	女子	0.26

この表を見ると全体的に見た場合、プレ-ポストテスト間で有意差は見られず、また、男子においては平均点が下がっていることが言える。本研究の協力者である筒井先生にとって、今回のSTSアプローチの授業は初めての試みであった。故に先生の良さや力量が全て発揮できず、STS教育について、暗中模索状態での実践であったことは、十分考慮にいれる必要がある。また本研究自体の時間設定に随分な無理があった。時間が短く、また時限と時限の間隔が大きかったので、生徒の情意面が切れてしまったと考えられる。研究を開始する以前で、明らかな問題点が数ある中で、この態度領域の結果は否めないであろう。しかし、生徒の授業感想の中に、「自分の調べてみたいこと知りたいことをこれなら知ることができると思う。嫌々やるよりも追究心を持って勉強していくことこそ理科なんだろうなと思う。」とか「理科研究と聞いて何をやるのかさっぱり分からなかったけど理科が嫌いな私でもこんな楽しくできるんだ。」といった内容からも分かるように、STSアプローチを1回行っただけで、理科の授業というもののあるべき姿を生徒なりに考え直すきっかけとなりえたのではないかな。また、「薬についてあまり気にしなかったが、不思議に思うと不思議。」や「何となく使っている薬は実はいろんな人々の実験と苦労の上に成り立っているんだなと思った。」などSTS教育が目指す科学と技術と社会の相互関係を、理解する方向にやや生徒を向かわせることができた。このように身近な事物に対する自分の無関心さを再確認し、STSアプローチの

授業を繰り返す行うことはこれからの生活に対する見方に多大な影響力を持つことは明らかである。

2) 方法領域について

まず全体的にいえることは男女共にポストテストの結果の方が悪く、その平均点に有意差が認められた。正解者が増加したのは男子でわずか8問であり、女子においても12問にとどまった。そのうち男女で共通して増加したのは4問[問題番号(12)(15)(17)(19)]あったが、これら問題に共通した特徴はみられない。逆に減少した問題は男女共に23問であった。特に減少が著しい問題はどれも多少の思考が必要であるものであった。問題(8)に関しては女子はプレテストで100%の正当率であったのにもかかわらずポストテストでは67%に低下した。実際に、全体及び男女別においてプレ-ポストテストの結果のT-TESTの結果を表4に示す。

表4：方法領域の全体及び男女別におけるプレ-ポストテストの結果とT-TESTの結果

	平均正答率		標準偏差				
pre	全体	61%	全体	0.176			
	男子	49%	男子	0.178			
	女子	69%	女子	0.204			
post	平均		標準偏差			T-TEST	
	全体	53%	全体	0.163		全体	0.00
	男子	38%	男子	0.151		男子	0.00
	女子	63%	女子	0.192		女子	0.02

このようにポストテストが低下した原因はこのポストテストを行った時間に問題があったと思われる。態度領域での分析の際にも述べたが、時間設定に無理があり、このポストテストは授業時間を延長して無理やり行わざる得なかった。よって生徒達の気持ちの面で、テストを行うにはかなり悪状況であった。ただし、仮に適切な時間設定の下でポストテストが行われたとしても、たった1度の授業で、生徒の概念に変化が出るとは考えづらいので、今回のような顕著な低下は見られないにしろ、あまり変化はないのではないかと考えている。従って、実際には「科学の方法」のポストテスト自体を分析するには、本研究においては早すぎるという感があり、このSTS教育が繰り返行われた生徒にこそ分析が行われるべきである。

以上の理由から、ポストテストの結果はあまり重視せず、プレテストにおける結果から生徒の概念を分析する。まず、問題番号(7)(34)(35)(36)は問題文の正確な理解力に欠けていたために正当率が悪かったと考えられる。『2以上…』は注意深く考えれば正解が求められるが、『操作的に…』という言葉は中学生にとっては馴染みがなくわかりづらかったのではないかと。また(38)は解釈の仕方によって、解答が2つになる。問題文は次のようになっている。

『8つの種が発芽した。それらを2つずつの4つのグループに分けた。あるグループは赤い光の下に置かれ、他のグループは黄色の光、青光、そして、白色光の下に置かれた。2週間後、どの光が、もっとも植物を成長させたかを知るため測定された。この実験を向上させるためには、どうしたら良いか。適するものを一つ選べ。』である。

この問題は対照実験を採り上げているが、『この実験を向上させるためには…』という問いは、この実験結果の記述がないけれど、仮に生徒が赤と青の光の結果が等しいという結果

を意識して選択肢D) (紫色の光の下での実験を追加する) を選んだのであればそれもやはり正答としてみなせると思う。しかしこのように考えた生徒が果たしてどれほどいたかは疑問が残るが、やはり向上という言葉だけでは答えづらい。

次に、問題番号(17)(18)は実験結果などをレポートにまとめる際の手法を問う問題で、正当率が男女共に悪かった。これらの結果は、いかにこれまで、生徒が受け身で実験(授業)をしていたかを物語っているのではないか。そもそも教科書などに掲載された実験を、そのまま行う授業であれば、グラフや縮尺等はたいてい既に決められた書式(例)が指定されていたり、あるいは教師が縦軸と横軸に何をとり、さらにそのスケールまで生徒に押し付ける場合が多く、またグラフを作成する機会自体がほとんどないという現状が原因であると思われる。また、問題番号(25)(26)(27)は実験の目的を明確に把握し、見通しを持って実験ができるかどうかの項目で、全体的に正当率が悪い。逆に正当率の高い問題は、(8)(9)(10)(11)のように数学的な思考で解ける様な問いや、(22)や(30)のように比較する視点がはっきりしているような問いになっており、科学的思考力は特に必要としないものであった。

以上の結果から考えられることは、まず実験そのものの経験不足が挙げられる。実験自体も本研究の様に、個々が違った目的で、違った実験を行うのではなく、みんな揃って同じことをしてきたことがこのような結果として表れたのだと思われる。事実、それぞれのグループで研究課題が出されても、いざ研究に入ろうとしたときに、自分たちはどのようなことをしたらいいのか、またどのようなことができるのかを考えることができず、研究方法の決定は本研究において教師が最も苦勞した場面であった。構成主義的立場から、教師は生徒に実験方法の押し付けは決してしてはならないし、常に生徒が出した考えに対しての、支援者に徹することが教師の役目である。そうすることが生徒の文脈で問題解決を行うことになり、概念の再構築がなされるというのが本研究での仮説である。本研究のような授業形態は生徒にとっても教師にとっても初めての試みであり、生徒達が自分達の研究を作ろうとしたときに戸惑いが多かったのはある意味では当然の事である。したがって、科学の方法の理解と言うものはこうした経験を積み重ねることによって、馴れが生じた後に見られてくるものであり、長期的に実践を続けた上で評価できるものであろう。

3) 科学観について

男子において、態度領域、科学の方法領域と同様に、この科学観においてもポストテストの結果は良くない。やはりこの結果もポストテストを行った時間が大きく影響を及ぼしたように考えられるが、ここで特に注目したいのが、問題番号(3)の結果である。この問題は「科学において実験はどんなことのために行われるのか」という問いであるが、プレテストで「自然現象の精密なデータを取ることによって、決まった法則を見つけ出すため」と誤答した生徒の全てが、ポストテストでは「科学者が考えた推論が正しいかどうかを確かめるため」と答えている。このことは、本研究での実験が、まず(生徒にとっては予想というレベルでの)仮説をたて、その上で実験に入ることがこのような結果を生んだのだと考えられる。

次にプレテストにおいて正当者の数が60%を越えた項目は(6)(8)(11)(14)(15)であるがそのうち3問が科学の社会論を問う問題である。このことは科学の社会に対する在り方や価値付けにおいて、正しい認識がほぼなされているといえるかもしれない。逆にその割合がプレ、ポストテスト共に40%以下であった項目は科学の本質を問う問題で2問[(2)(13)]と、科学の方法を問う問題が1問[(4)]であった。

女子の結果は、12問中8問においてポストテストの結果がプレテストを上回った。問題番号(2)～(8)まではあまり大きな変化はない。(10)の問いではプレテストに比べて40%の上昇となったが、ここでポストテストで望ましい解答をした生徒の内訳を見ると、ウサギのアルコールによる心拍数の変化を調べた3班の生徒と、ネズミの薬の効き目を調べた4班の生徒全てが含まれていた。この2つのグループは実際に何度か測定を行う実験であり、実験についての授業感想も多く出されている。例えば、3班の生徒で「ドリンク剤を飲ませたら少しは変化すると思ったのに変わらなかったのだからおかしいな——と思った。でもこの実験が失敗したとしたらもう1回実験したい。」とか、4班の生徒の感想では「頑張って500回も回転椅子を回したのに目に見えた変化が見られず残念だった。やっぱり個人個人で観察するだけでは客観的なデータが得られず本当に正確なものを知るのには難しいと思う。」というように、グループ毎で生徒が中心となって計画した実験であったからこそ、このような感想が出てきたと思われるし、生徒自身が自分たちの実験に責任を持つことで、実験に対する見方に影響を及ぼしたのであろう。

次に、科学の本質を問う問題で、特に(2)ではプレ・ポストテストともに7%の正解者数で大変低い。これは男子にも同様にいえる。また、(6)(9)(13)においてもプレテストでは決して高い正解者数とは言えない。ただしこの項目全てにわたって、ポストテストで悪くなったものがなく、さらに女子15人中10人の結果は、ポストテストの方がよかった。次に、全体及び男女別においてプレ・ポストテストの結果のT-TESTの結果を表5に示す。

表5:科学観の全体及び男女別におけるプレ・ポストテストの結果とT-TESTの結果

	平均		標準偏差				
pre	全体	48%	全体	0.13			
	男子	50%	男子	0.12			
	女子	44%	女子	0.17			
post	平均		標準偏差			T-TEST	
	全体	46%	全体	0.11	全体	0.60	
	男子	39%	男子	0.14	男子	0.05	
	女子	51%	女子	0.16	女子	0.15	

この科学観に関して考察を行う場合、統計学的にプレテストとポストテストにおける有意差は、データの数が少ないために認められる部分が少ない。実際にT-TESTでの危険率の結果は、全体が0.60%であり有意な差は見られず、女子がポストテストがプレテストを上回ったもののT-TESTの結果は0.15%であり、有意差は認められなかった。さらに男子のポストテストの結果が、プレテストより悪いということにおいて有意差が認められた。ただし、1度きりのSTSアプローチということを考慮すると、女子における変化は、統計学的な有意差が認められるほどではないにしても、驚くべき結果である。なぜなら、科学観に変化を及ぼすほどのインパクトを、STSアプローチは与えたといえるからである。しかし、何度も述べてきているように、ポストテストを行った時間が条件的に悪かった点や、また本研究において、ポストテストを行うにはまだ早すぎるのではないかと、という危惧があるので、はっきりとしたことは言えない。特に生徒の科学観は、これまで長い歳月をかけて構築されたものである。生徒が教育を受け始めてから、少なくとも10年近くかけて築いた概念を、再び構築し直すためには、当然同様に長い年月が必要である。従って、本研究で費やしたほんの数時間

の授業で、科学観の変容について論じることが、本来ならば意味がないことかもしれない。ただ、プレテストの結果から、この25名の生徒に限って言えることは、『科学』というものを改めて考え直す機会がなく、またその必要性も彼等の今生活している場において、感じる事が少ないのではないか。その様な状況で科学観を問われたとき、彼等は自分の考えを述べたり、意思表示ができないように感じた。このことは問題番号(12)の結果から想像が付く。この問いはあえて望ましい回答を用意しておらず、どのような意見を持っているか、その傾向を調べるためのものである。この回答において、32%もの生徒が分からないと答えており、現実には自分の生活と、科学の結び付きを意識させる授業が少ない、言い換えれば、子どもの文脈で捉えることのできる授業作りが、これまであまりなされてこなかった証拠ではないだろうか。

5. 結論

モジュール「薬とからだ」を終えて、モジュールアセスメント基準にしたがって自己評価すると以下ようになる。

1…全くそうではない 2…ほとんどそうではない 3…どちらとも言えない 4…ほぼそうである 5…全くそうである

		1	2	3	4	5
(1)	内容	教材が生徒にとって明確であるか				○
(2)	内容	教材が生徒にとって適切か	○			
(3)	内容	学習後の概念変容を振り返ることのできる場や時間があるか		○		
(4)	内容	科学、技術に関する社会的イシューズに合っているか			○	
(5)	方法	生徒が学習の内容を選択できるか				○
(6)	方法	生徒が資料や材料を入手しているか	○			
(7)	方法	生徒による実験や観察活動などが主となっているか				○
(8)	評価	複眼的なアセスメントがなされているか			○	
(9)	応用	学習後の応用が可能であるか		○		

《評価判断理由》

- (1) 「薬」はどここの家庭にも必ずあり、知らない生徒はいない。
- (2) 「薬」という製品そのものの知識はあるが、実際にそれに含まれる成分のほとんどを知らない。よって実験を行うにしても、生徒はどのようなことができるのか想像できず、研究課題から研究方法を考えられなかった。また、教師にとっても支援に戸惑ってしまった。
- (3) 各グループの発表の場が、この時間として設定された。だが、単に自分達の発表をすることのみにとらわれて、こちらの意図した目的はあまり達成されなかったように思う。
- (4) 副作用の問題や新薬の開発等、中学生にとって、内容的には難しかったかもしれない。
- (5) 構成主義的観点から、この点は大変考慮している。
- (6) 教材が生徒にとって適切でなかったことと、研究活動としての時間が生徒に十分に与えられなかったこともあり、教師側で用意することにならざる得なかった。

- (7) (5)と同様に、この点も十分配慮した。
- (8) 評価カードを用いたことで、教師による一方的評価を避けたが、この結果が再び生徒に返すことができなかったのも、次の研究に向けた生徒自身の活動に活かされない。
- (9) 全ての生徒が他のグループでの発表内容を共有し、それを理解できていれば、応用可能となるはずである。ただし教材の適正において、多少問題が感じられるため、実際には生徒次第である。

日本型 STS アプローチを開発するにあたり、各地で現在さまざまな試行が繰り返されている中で、本研究もその一環として、次の STS アプローチの実践に繋げねば意味がない。そのためには、どのような点が成功し、またどのような点で問題が出たのかを明らかにする必要がある。よって、細かな点で本研究の成果や、これによって好転したと考えられるところを、態度領域、科学の方法領域、科学観領域から述べ、さらに明らかとなった問題点に繋げる。

まず態度領域の結果には、生徒の理科の授業に対する見方に明らかな変化がでていた。それを裏付けするように、生徒の授業感想には STS アプローチの必要性が読み取れるような記述がいくつかあり、科学を確実に意識させるまでには、当然のことながら、1 度きりの STS アプローチでは難しかった。しかし、科学（理科の授業）は他人（教師）からの押し付けではなく、自分自身の問題意識から追究・探究が始まるものであることを、漠然と感じ始めたようである。従って、「学校の外からも情報を集める必要がある」という考えが男女ともに増加した。このことは、受け身で授業に参加するのではなく、自分の概念は自分で構築していくものだ、ということに生徒自身が気が付き始めたと解釈すれば、STS アプローチは生徒が構成主義的な発想へと転換する、1 つのきっかけになったといえるのではないか。それから、本研究を行うにあたり、比較的男子の多くが、教師との信頼関係がもともとできていないことがわかった。よって、本研究では教師と生徒の関係を、データ分析の際に「馴れ」「不馴れ」として区別する手法を採ったのであるが、その分析を行ったことは大変意味があった。なぜならこの結果から明らかに、教師と信頼関係ができていない「不馴れ」な生徒ほど、積極的な活動が抑制される傾向が読み取れたのである。STS アプローチを行う上での第一の条件として、というよりも第一前提として、教師と生徒がお互いに理解し合っている、という人間関係が成立していなければ、決して STS アプローチの成果はありえないことがここで証明された。

次に科学の方法領域のプレテストの結果から、生徒の実験経験の不足を感じ、またこれまでの理科授業における実験そのものの内容に対して、問題点を指摘しうる。これは、生徒の実態を明らかにできたことでも大変役に立ち、この結果を踏まえた次のモジュールを作成する上で、十分活かされねばならない。

さらに、生徒の科学観の結果は、予想どおり科学の本質を捉えきれないという結果であった。生徒のおそらく全員が「科学」を正面から見つめなおし、深く考える経験が少ないので、生徒にとっては突然の質問で戸惑い、回答にも時間がかかった。科学の本質を捉えるようになるには、実際には大変難しいことであると思う。本当の意味で科学の本質を捉えるというのは、もしかしたら一生無理なことかもしれない。しかしこれは、人として、いつの時代も、またこれからの時代では特に、真剣に考えねばならない問題であることはまちがいない。だからこそ本質を捉えようとする過程で、STS アプローチが不可欠であることを感じた。なぜなら STS アプローチの目的は、科学技術を常に意識させることであり、その次の段階として

一人一人がそれぞれの意思決定を行うことができるような人間形成が最大の目標なのである。人間のこれまでの生活や、将来を考えたとき、決して科学の存在は無視できない。そこで、STS アプローチでは何かを深く考えさせる状況を生徒自身が見つけ出し（本研究では時間の都合上与えざる得なかったが）、その状況下で生徒は自分はどのような意思決定をすべきか判断する。どんなことでも、またどんな人でも、直接自分の問題として係わってくる問題や状況にぶつかれば、それを放っておくことなどできない。その様な状況設定、すなわち教材決定が、STS アプローチの最も重要なポイントであり、またそれを行おうとする教師にとって最も難しい点であろう。このことに関して、先のモジュール基準の作成の際に、STS アプローチには決まった型はなく、それを行う教師によって、様々な形をとりうると述べた。しかし、STS 教育がこれからより浸透させていくためには、初めのうちは、ある程度の枠組みを持たせた指導書なるものが必要との意見もある。従って、将来的にはさまざまなモジュール例を載せた教科書が作成される可能性があるかもしれない。以上が、3 領域から見た STS アプローチの成果である。以下に本研究での問題点や、改良点を挙げる。

本研究は、選択理科の授業時間と昼休みを用いて行われた。この理由として、正規の理科授業では、指導要領で定められた単元でさえも時間数が足りないという状況で、それ以外を行うだけの十分な時間が無かったことと、選択理科の授業内容は、その時間を任された教師が、自由に決めることができたことがあげられる。そして、昼休みを使用したのは、選択授業というものはとにかく様々な行事（学力試験、短縮日課、日課変更等）でつぶれることが多く、必然的にそうせざる得なかったからである。しかし、できるだけこのようにして時間を作ったけれども、教材設定にも問題があったと思われるが、生徒が個々の研究をまとめあげ、発表にまでこぎ着ける状態にするには、時間がまだ十分でなかったことが本研究での問題点の一つである。従って、ポストテストを研究発表会のその日に、そのまま時間を延長して行ってしまったのも、このような理由であったのだが、結果的にやはりよいデータが得られなかったため、大変残念である。さらに選択授業は週1回きりで、生徒の情意面が途切れやすく、絶えず生徒同士がお互いの活動を共有できるような工夫が必要である。

次に、結局はこの教材設定が、生徒には難しすぎたようであることは、すでに何度も述べた。本来ならば、今生徒がどのようなことを問題意識として持っているのか、また地域のことをどれくらい理解し、興味を示しているのかといった事前調査が必要であった。だがこれもやはり時間の制約によってできなかった。従って、これはSTSアプローチに限らず言えることであるが、生徒の概念を教師はよく知っておかねばならない。以上が、授業を始める以前での問題点であり、改良を必要とする事柄である。では、実際に授業内容を振り返ってみたい。

まず、研究課題を決定する過程が、STS アプローチにおいて大変重要であることを痛感した。研究課題が出てくる以前にそれぞれの問題意識が存在し、この問題意識の明確化が十分行われた上で、次のステップとしての研究課題決定がスムーズに行われるはずである。本研究ではこの方法としてWebマップを使用したか、**「葉」**を生徒の文脈で捉えるまでにはたどり着かないまま、時間の制約から先を急がざる得なかった。よって、問題意識がはっきりしないまま研究課題を設定させられ、生徒の中にはやらせにしかすぎない状況を作ってしまったのではないかと。このことは男子生徒のポストテストの結果の悪さから良くわかる。特に態度領域での結果は、彼等の決定した研究課題にこそ、問題があったと思われる。女子の方が創造力が上回っていたとは、単純に判断できないけれども、女子の活動が**「動」**とするな

らば、男子の活動は「静」であったことはまちがいない。構成主義的立場から、また生徒の主体的活動ということを考えると、教師は決して生徒を誘導しない方が適切である。こうした立場に教師は徹し、支援者にまわった結果、男子生徒が出した研究課題は、普段の授業で行われる化学実験とあまり変わらないようであった。それに対して女子のグループは、普段の授業ではできないようなことをしてみたいという意欲から、動物実験を提案するなど大変活動的であった。これらのことを考えると、STS アプローチが成功する鍵は、生徒の状況に応じて柔軟に対応できる、自由で十分な時間が不可欠である。

最後に、総合的に見たSTSアプローチの大きなメリットであり成果として、科学と技術と社会の関係を意識させることはできたといえる。「葉」を教材として採り上げたことは、上の(2)で述べたように、研究材料としては多少の問題が残ったが、生徒のよく知っている材料であっても、その製造や販売など改めて考えさせると知らないことばかりで、広い視野で物事を見るきっかけになりえた。ただし、これはここで終わらせず、続けて行われなければならない。常に自分達との係わり、技術社会との係わり、そして科学の在り方を考えさせる授業を行うことで、子ども達がどのようにして自分なりの概念を構成していくのかを、長期にわたって研究・分析することが、今の日本の理科教育に急務である。

次に、STS アプローチについて暗中模索の状態で、それでもとにかく思いきって実践してみた教師にとって、もちろん多くの苦労があったけれど、大変重要な経験となったはずである。STS アプローチの場合は特に、考えているだけでは分からない部分が多く、理論を掲げる時代は終わりに近づき、今は実践のときである。従って、現場の事情を知り、実際にSTSアプローチを経験した教師は、これからSTSアプローチの授業を実践しようとする、他の教師にとっての支えであり、貴重な存在となる。これまでの研究動向(Nagasu & Kumano,1995)でもわかるように、日本でもようやく各地でSTSアプローチが展開されるようになったが、できるだけ多くの実践が体系化され、日本型STSアプローチが開発されることを期待する。

参考文献

- 小野禎文(1996)“高校生・大学生・一般人の持つ科学観に関する研究” 静岡大学理科教育研究室 平成8年度卒業論文 3章第1節.
- Kumano,Y(1993)“The Effects of STS Instruction in Japan Compared to Results Reported in the US”, unpublished dissertation, University of Iowa pp.1-256.
- 丹沢哲朗・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と評価” 筑波大学教育学系論集、Vol.18, No.1, pp.191-211
- Namio Nagasu & Yoshisuke Kumano(1995)“STS INITIATIVES IN JAPAN : POISED FOR A FORWARD LEAP ” SCIENCE/TECHNOLOGY/SOCIETY As Reform In Science Education ROBERT E. YAGER, Editor Chapter23, pp.261-270.

4.6

SciencePlusを使用した実践研究 『角砂糖レースをしよう』を試行して

中村 東吾・熊野 善介
静岡大学教育学部

1. はじめに

今日、日本は世界の中では総合的に見て先進国であり、その生活は科学・技術に依存している。学校教育においては、科学・技術は理科や技術科として教授されているが、その学校教育が抱える問題の一つに、子どもの理科離れがある。理科離れの原因としては、この問題が学歴社会・大学受験・創造性軽視あるいは知識偏重の社会的風潮・社会の変化・青少年の意識・教育制度・カリキュラム内容・教育予算といった様々な事項が組み合わさった複雑な問題である事が挙げられる。例えば、日本では受験戦争があるために、テストで良い点がとれない子どもは「理科はできない」「理科はわからない」「理科は嫌いだ」と認識し、その結果、理科離れが起こるのである。最近、このことは見直され具体的対策も始められているが、実際に学校レベルではそれほど効果があがっていないようである。

さて、この理科離れという問題は教育界だけではなく、現代社会においても大変深刻な問題である。というのも上述したように、今日の日本は科学・技術に頼るところが大きく、科学の知識が無いのは常識が無いのと同じだからである。例えば、原子物理のことを学んでいないと、原子力発電所の必要性や抱えている問題を理解することはできないのである。諸外国においても、科学・技術の問題は認識されており、多様な対策が進められている。

本研究においては、科学教育政策が進行中のアメリカ合衆国に注目し、現在アメリカ合衆国の新しい科学教育の一つとみなされているSTS教育を行うにあたって使われているScience Plus(Charles Mcfadden and Robert E Yager, 1993) という教科書について分析を試みる。そして、この教科書を実際に日本の教室で使うことによって、子どもの理科嫌いを解決する一つの方法を呈示したい。そして、授業における教科書の果たす役割、さらには理科という教科の現代社会におけるありかたを考察していきたい。

2. Science Plus とは

アメリカでは、1982年に全米科学教育の組織であるNSTA(National Science Teachers Association: 全米科学教育連合学会)が「科学教育の危機」に対する打開策としてSTS教育を取り入れることを明らかにした(NSTA, 1990)。その後現在にいたるまで研究と実践が行われ、効果を上げている。そのような折、STS教育を州レベルで実践実行しているYager教授を中心とするアイオワ大学のプロジェクトチームはミドルスクールの科学教科書としてScience Plusを1993年に出版した。これはカナダにおけるSTS教育理念を掲げる科学教育カリキュラム開発プロジェクトであるASCP(Atlantic Science Curriculum Project)がオリジナルに開発した教科書を基に、アメリカにおけるSTS教育を取り入れてアメリカ版として出版された教科書である(相馬朋子, 1993)。Science Plusの目的を以下に示す。

- ①科学・技術・社会の間の関係を理解する。
- ②科学の概念・過程・考えの重要性を理解する。
- ③問題を解くことと科学的な概念を応用することができる。

- ④環境保護に対して責任を持つ。
- ⑤科学的な話題に興味を持つ。
- ⑥ソーシャルスキルを持つ。
- ⑦コミュニケーションスキルを持つ。

これらはまさにSTS教育が目標とする「科学的リテラシーを持つ人」に他ならないといえよう。この研究においては「溶液」という分野を教材としたが、以下にScience Plusの単元「溶液」の具体的な特徴を挙げる。

- ①推理小説のような教材やゲームなどの教材を取り扱うことによって、子どもの科学的な興味や関心をひく。
- ②教科書が1つの単元において、系統的なまとまりがあるので、子どもの中で1つの概念を構築しやすい。
- ③環境汚染などについてクラスでディスカッション、あるいはディベートをすることを勧めることによって子どもの理解を深め、問題解決能力や知識を無理なくつけることができる。

これらは、まさに今日の日本の理科教育界が目標としていることである。

3. 研究目的及び研究方法

(1) 研究目的

この研究では理科離れの現状を把握するとともに、STS教育の一つのモデルであるSciencePlusを用いた授業が、理科離れを克服する方法になり得るかどうかを検証することを目的とする。

(2) 研究方法

この研究ではまず理科離れの現状をプレテストとして調査した。これは1996年1月29日に静岡県由比町立由比中学校の1年1組の生徒を対象に行った。そしてSciencePlusの生徒用のテキストと教師用の指導書を日本語に訳して教材を作った。そして、SciencePlusを基にして授業案を作り、実際に授業を行った。授業は同中学校の理科教諭の小林俊行先生に1996年1月30日に同校理科室で同校1年1組の生徒を対象として授業を行った。小林俊行先生は静岡STS研究会に4回参加し、構成主義に基づくSTS教育に関しては熟知していた。なおこの試行授業は静岡大学教育学部理科教育研究（熊野研究室）が、科学教育研究費補助金の援助で行った。そして生徒にポストテストとしてその授業の感想及び教材の評価、及び比較実験の計画を立てることを行い、それら进行评估してSciencePlusを使った授業は理科離れを解決するものになり得るかどうかを考察した。なおポストテストは1996年2月2日に行った。

(3) プレテストについて

由比中学校の試行授業を行う前に、プレテストを行ったが、その主な目的は理科離れの現状を情意的な面から調査することである。このプレテストでは、まず理科は好きであるかどうか、好きであるならどんなところが好きであるか、また嫌いであるならどんなところが嫌いであるのかを尋ねた。次に理科のどの分野が好きであるのか、どんな分野が嫌いであるのかを尋ね、子どもたちが理科のどの分野に興味や関心を持っているのかを聞いた。そして最後に生徒が理科を生活にどのくらい密接なこととして捉えているかを質問し、理科を学ぶ意義を子どもたちが認識しているかどうかを尋ねた。

(4) 試行授業について

試行授業を行うにあたって、Science Plusの中から単元3のSolutionを選択し、Solutionの130ページから151ページまでの子ども用のテキストと教師用の指導書の日本語訳をし、日本語の子ども用のテキスト及び教師用の指導書を作成した。そしてそれをもとに学習指導案を作成した。なお由比中学校はこのテキストの130ページから136ページをもとに授業指導案を作成し、授業を行った。

(5) ポストテストについて

由比中学校では試行授業を行った後に、ポストテストを行った。そして、生徒たちに Science Plus を使った授業の評価をどのくらい楽しめたか、積極的に参加できたか、そして変数をどのくらい理解しているのかを尋ねることによって Science Plus は授業の教材として使えるものであるかどうかを考察した。

4. 結果と考察

(1) プレテストに関する考察

プレテストは、1から13までの13個の質問で構成した。なおプレテストを行ったのは由比中学校1年1組の生徒26名である。

1. 理科は好きですか。	好き	嫌い
--------------	----	----

この質問では読んでのとおり、理科が好きかどうかをきいている。理科離れは、理科が好きかどうかという情意的なことによるものが大きいために、そのことについて把握しておく必要があると思い、この質問を設置した。

結果は以下のとおりである。

好き	嫌い
20人 (77%)	6人 (23%)

この結果を見れば、理科という教科は、生徒の中ではどちらかといえば好かれている教科であるということがいえよう。

2. (1で好きを選んだ人) 理科のどんなところが好きですか。

この質問では理科の好きな点を生徒に挙げてもらった。これは現在の日本の理科教育のどこが好かれているのかを挙げてもらおうと思い、この質問を設置した。結果は以下のとおりである。

実験をすること	9人	(45%)
実験をする等によっていろいろなことがわかる	5人	(25%)
実験が好き	4人	(20%)
その他	2人	(10%)

結果を見ると、そのほとんどが実験に関することであった。しかし、45%がそうであ

る「実験をすること」には、今一つその答えに具体性に欠ける。つまり実験活動そのものが楽しいのか、自分の考えを実験によって調べていくことが好きなのか、またそれとは別のことなのかがよくわからなかった。質問の仕方をもう少し工夫したほうがよかったかもしれないということもいえる。

3. (1で嫌いを選んだ人) 理科のどんなところが嫌いですか。

これは現在の日本の理科教育の欠点を挙げてもらうために質問を設定した。結果は以下のとおりである。

実験方法を考えることが大変である	4人	(66%)
難しい	1人	(17%)
なんとなく	1人	(17%)

「実験方法を考えることが大変である」という意見を考察すると、自分で何かを考えて、それを実践していくということが苦手であるということが考えられる。このことは現在の日本の子どもが物事に対して受け身の態度になりがちであり、自分ですすんで何かを考えることが苦手であるという特徴を示しているようにも思える。また「難しい」という意見に関しては、授業内容や実験内容が子どもにとって難しすぎる、あるいは教師が子どもの認識の発達ということにまで気がつかず、教師中心の授業をやりがちになってしまうということが考えられる。また、教授方法を工夫することも必要なことであると思われる。

4. 理科のどのような分野が好きですか。

これは、理科のどの分野が好かれているかということを聞くための質問である。結果は以下の通りである。

水・水溶液	7人	(27%)	1分野全般	4人	(15%)
工業	4人	(15%)	光	3人	(11%)
生物	4人	(15%)	宇宙	2人	(8%)
なし	3人	(11%)			

結果を考察すると、物質の状態変化の分野をはじめとして、実に様々な分野において生徒は興味を引かれているということがいえる。

5. それはなぜですか。

この質問は4の続きである。4で水・水溶液を挙げた生徒は「やっついておもしろかった」「水溶液の実験が楽しかった」という意見を挙げていた。工業を挙げた生徒はそのほとんどが「工業が好きだから」と答えている。生物を挙げた生徒は「解剖が楽しい」「生物に興味がある」といった答えを挙げていた。1分野全般を挙げた生徒は「科学の実験が好きだから」

という答えをしている生徒がほとんどである。光が好きであると答えている生徒は「神秘的だから」をその理由として挙げていた。また宇宙を挙げた生徒は「星が好き」ということを挙げていた。いずれにしても実に様々なことをその理由に挙げていることがわかる。つまり、子ども一人ひとりそれぞれがそれぞれ異なった理由で、ある分野に魅力を感じているということがこの解答から言える。

6. 理科のどの分野が嫌いですか。

この質問では中学生にとってどの分野が苦手とみなされているのかということを尋ねるための質問である。

結果は以下の通りである。

植物	13人	(50%)	昆虫	1人	(4%)
水溶液	3人	(12%)	なし	8人	(32%)
物質と性質	1人	(4%)			

結果を見ると、植物が圧倒的に嫌われていることがわかる。

7. それはなぜですか。

6の続きである。分野別に答え方を見ていくと、植物を嫌いと挙げている生徒は「覚えなければならないことが多いから」「つまらない」という答えをしていた。中学校で学ぶ植物の単元は、小学校で学ぶ植物の内容に比べて学ぶことが多くなっているし、覚えなければならない語も圧倒的に増えているのは明らかであるが、これだけ多くの生徒が植物を挙げているということは、その教授方法を変えていく必要があると思われる。ちなみに、水溶液を挙げている生徒は「難しい」と答えていた。

8. 理科を学ぶ必要があると思いますか。

はい いいえ

理科離れが起こる原因の一つとして、子どもが理科を学ぶことの意義を知ることができないということが挙げられる。

この質問の結果は以下の通りである。

はい	いいえ
20人(77%)	6人(23%)

この結果を見ると、4分の3以上の生徒が理科を学ぶ必要があると考えていることがわかる。

9. なぜそう思いますか。

これは8の続きの質問である。まず、8ではいと答えた生徒の答えを挙げる。

何か役に立つと思うから	8人 (40%)	生き物を飼うのに必要だから	1人 (5%)
将来必要だと思うから	6人 (30%)	なんとなく	1人 (5%)
新しくいろいろなことがわかるから	2人 (10%)	無回答	1人 (5%)
生活の役に立つから	1人 (5%)		

この結果を見ると、「生き物を飼うのに役立つ」「生活に役立つ」という意見に比べて「何か役に立つ」「将来必要だ」などあいまいな意見が多いことに気がつく。つまり「何か役に立つ」の「何か」とは何であるのか、「将来必要だ」の「将来」とはいつのことであるのか、はっきりとしたことを生徒たちは解答していない。一方、いいえと答えた生徒は

科学者にはならないから	2人 (33%)	将来役に立たないと思うから	1人 (17%)
生活には役に立たないと思うから	2人 (33%)	使ったことがないから	1人 (17%)

と答えている。ここで注目しなければならないことは「科学者にはならないから」という答えを書いた生徒である。つまり、この2人の生徒は理科とは科学者にとってのみ必要であると考えている。また8でいいえと答えている6人の生徒の中で4人が1で嫌いを選んでいることを考えると、「科学者にはならないから」あるいは「役に立たない」と答えている生徒は、理科を学ぶ意義を見失っており、理科離れを起こしかけているということがいえる。というのは学ぶ意義を見失っている生徒はおそらく「理科をやられている」ということを認識するために、少しづついたりなどわずかなきっかけで理科を嫌い、避けるようになるからである。

10. 理科はあなたに密接な教科であるといえますか。

はい いいえ

この質問に対して答えは以下の通りであった。

はい・・・12人 (46%) いいえ・・・14人 (54%)

ほぼ半数の生徒が、理科は自分に密接な教科であると考えていることがわかる。

11. どんな時にそう思いますか。

この質問は10の続きの質問である。まず10ではいを答えた生徒は以下のような解答をしている。

実験をやっている時	2人 (16%)	てこの原理を使うとき	1人 (8%)
いろいろ役に立つから	2人 (16%)	魚を釣っているとき	1人 (8%)
いろいろ学べるから	1人 (8%)	植物など身近なもののことがわかる	1人 (8%)
星のことを学べるから	1人 (8%)	無解答	3人 (24%)

「実験をやっている時に生活に密接していると感じる」という記述は明確な論理展開ではないために、彼らの言いたいことが理解ができない。また「いろいろ役に立つ」「いろいろ学べる」という解答には「星のことを学べる」「てこの原理を使うとき」などと比べて今一つその答えに具体性が欠けている。つまり、「はい」と答えた生徒の多くは、「これこれこういうことに役に立つ」という明確な解答ではなく、「何となく役に立つ」と、かなりあいまいな解答しているといえる。それに対して、10でいいえを解答している生徒たちは11で以下のように答えている。

いつもそう思う	4人 (29%)	暮らしには必要ない	3人 (21%)
実験をやっているとき	3人 (21%)	無解答	4人 (29%)

これらを解答した14人の生徒は、学校の理科の授業内容は自分の身の回りのことにはとても縁遠いことであると感じている。まさにこのことは、学校の理科が授業の中だけで一人歩きをしているという、現在の理科教育の最も大きな問題の一つであるということを示しているのではないかと考えられる。そしてこの問題を解決するための一つの解決方法として、STS教育が挙げている教育目標及び教授方法が有効であると考えるのである。

12. (教科書には載っていない) 科学的問題で、授業で学びたいことがありますか。

はい いいえ

現代社会では科学技術の存在や進歩が占める割合は大きい。しかし、科学・技術は人間や社会にとって良い面ばかりがあるわけではない。最近ではフランスの核実験や高齢化社会などが問題となっているが、これらは原子物理学や医学の発展が作り出した科学的問題である。しかし、学校の理科の授業においてはそれらの問題はまだ取り上げられていない。この質問では、これらの科学的問題を授業で学びたいかどうかを質問した。

はい・・・2人 (8%) いいえ・・・24人 (92%)

結果を見ると、いいえと答える生徒がほとんどである。

13. (12であると答えた人) それは何ですか。

これは12の続きの質問である。12では自分の回りや新聞で取り上げられる問題に興味のある科学的問題について聞くつもりであったので、筆者は13では様々な答えが出ると予想していたが、12の質問ではいと答えた人が2人であったので、出てきた答えは「飛行機

のエンジンのこと」「なぜ波は立つのか」「地球の下のマグマのこと」「宇宙の全て」だけであった。これは12での質問の仕方が生徒にとって適切ではなかったということが考えられる。反省すべき点である。

以上13問にわたってそれぞれの質問について結果を考察してきたが、以下ではこれらの質問を総合的に見ることによって由比中学校1年1組における理科離れの現状を考察する。なお番号はプレテストの質問番号である。

まずこのクラスの生徒たちは、理由はともかく「理科が好き」と答えている生徒が77%もいることから「理科が嫌い」という生徒は少ないということが言える。しかし少数派ではあるが「理科が嫌い」という生徒の意見を聞けば「実験方法を考えることが大変である」「難しい」という意見があがっている。「実験方法を考えることが大変である」では生徒にとって実験内容、実験方法あるいは実験目的が複雑すぎて理解していないことが伺える。そのために生徒は実験をやらされているという意識を持ち、実験は嫌いと感じているのである。そのためには、教師は授業で実験を取り扱う時、その実験内容、実験方法あるいは実験目的が生徒に理解されているかどうかを確認する必要がある。また実験方法、実験内容あるいは実験目的を教師が生徒たちに働きかけて、生徒たちから引き出すということも大切であると考ええる。「難しい」という意見に対しては、教師は生徒の発達段階に応じた教材や生徒の身近な教材を精選することが必要である。

教材に関していえばこのクラスでは「植物」が圧倒的に嫌われている。理由としては「覚えなければならないことが多いから」「つまらない」が挙げられている。「覚えなければならないことが多い」という意見は、今日教育界で大きな問題の一つである知識の詰め込みを意味しているのではないだろうか。知識の詰め込みに対処する方法としては、教師が授業の流れをしっかりと作ってその中で無理のないように大切な事柄を生徒たちに教えていくということ、また問題を生徒に認識させ、その上でプロセスを生徒たち自身に作らせることが挙げられる。そのためには教師が現在の教科書は法則・原理をそのまま書いているものが多いということを認識し、教科書中心の授業の脱却を測ることが必要なことであると考えられる。そして教師が自分なりに教材感を持ち、生徒の授業に対する様子を観察しながら指導案を考えて授業を行うという姿勢が必要である。また「つまらない」に関しては教師が生徒たちに学ぶ意義を認識させ、興味・関心を持たせることが必要になる。そのためには上述した通り、教師が今日の教科書を使う授業から脱却し、生徒たちの身の回りにある問題、あるいは生徒たちが日頃から疑問に思っている問題を教材として取り上げ、授業で深めていくことがその解決になろう。とにかく中学校の「植物」に関しては、教材の改善や教授の方法を教師が認識していく必要があろう。

上述した教材の改善や教授の方法を教師が意識して授業をやらないと、生徒たちは理科を学ぶ意義や理科の楽しさを知ることができない。プレテストの8・9では多くの生徒たちは学ぶ必要はあると答えているが、具体的にその理由を答えていない。例えば多くの生徒たちは「何か役に立つと思うから」「将来必要だと思うから」と答えている。では生徒たちの答えている「何か」あるいは「将来」とはいつのことかと考えれば、これは受験のことであろうと予想される。ちなみに8・9で「はい」と答えている生徒たちで10・11では生活には密接であると答えている生徒はあまりいない。しかし10で「はい」と答えている生徒でも11でその理由を明確に挙げている生徒は少ない。つまりこのことは生徒たちはプレテストでは役に立つと答えているが、実際にそのことについて考えたことのある生徒はあまりいないの

ではないかと予想される。また「いいえ」と答えた生徒は「いつもそう思う」「実験をやっている時」「暮らしには必要ない」と答えている。「いつもそう思う」と答えている生徒はその答えが具体的でないために解釈しにくい、このような考えを持つ生徒は自分自身でもその解決の仕方を考えていくことが困難である、つまりいつ理科離れを起こしてもおかしくないということがいえる。したがって教師はこのような考えを持つ生徒たちを早急に調査して、どんなことが彼らをそう思わせているかを認識し、対応策を考えるべきであると考えている。

「実験をやっている時」と答えた生徒に対しては上述したとおり、生徒たちに実験内容、実験方法及び実験目的を認識させること、あるいはそれらを生徒たちがそのプロセスを生徒たちからひきだすようにすることが挙げられる。「暮らしには必要ない」という意見に対しては上述したように教師が教科書はあくまで1つのモデルにすぎないということを自覚して、教材研究をし、教材の精選をして授業に臨むことが必要であると考えている。

ところで理科の授業で教授する内容について科学教育とは科学が社会とも深く結び付いていることを考えれば、それらのしくみを教授するのだけではなく、科学が抱えている社会問題をも教授していく必要があると考える。いいかえれば理科の授業では科学の法則だけではなく、科学史、科学的思想、科学の利点、科学の問題点などを包み隠さずに子どもたちに教授していく必要があると考える。だから教材を精選する時に教科書の内容だけではなく、原子力などを始めとするエネルギー問題、あるいは尊厳死や安楽死などを始めとする医療問題など現在の科学的な問題、あるいは現在ではまだ未知の内容を取り上げるということも必要になってくるであろうと考える。そのためには教師自身がそのことに対しての問題意識を持つように教員養成機関での教師教育が大切である。

話を元に戻すと由比中学校の1年1組の生徒たちは、1996年1月29日において理科離れを起こしている可能性は大きいと考えられる。少なくとも11で「いつもそう思う」と答えた4人の生徒たちは理科離れを起こしていると考えられるべきである。それ以外の多くの生徒も理科を学ぶ意義をあまり認識していないという8・9・10・11の結果を考慮すると、クラスの中で理科離れを起こしそうな可能性を持つ生徒はかなりの人数いるということがプレテストからわかったことである。

(2) ポストテストに関する考察

ポストテストは、第3章の第4節で述べた試行授業を行った後に由比中学校の1年1組の生徒に対して行った。ポストテストは10問で構成されているが、このポストテストでは角砂糖レースが生徒の興味や関心を引けたかどうか、そして比較実験に関してどのくらい理解できたかを調査し、SciencePlusが授業の教材として使えるものであるかどうかを考察する。なお、このポストテストは1996年2月2日に由比中学校1年1組の13名の生徒に対して行った。

1. 今日の授業は、楽しかったですか。

はい いいえ

理科の授業が楽しくないというのは理科離れを起こす原因の一つである。よって理科離れを解決するには、理科の授業自身が生徒にとって楽しくある必要がある。ゆえに、授業が楽

しめるかどうかは大きな問題であると考える。結果は13人の生徒すべてがはいと答えた。

2. (1の続き) どんな時にそう思いましたか。

この質問の結果は以下の通りである。

実験の結果が出た時	6人(46%)	実験の予想が外れた時	1人(8%)
実験をやっている時	4人(31%)	予想をしている時	1人(8%)
結果がどうなるかを考えている時	1人(8%)		

結果を見ると、生徒は様々な時に楽しみを感じているということが言える。「実験の結果が出た時」とは、角砂糖レースでどの変数が最も速く溶かすのかという実験の結果が出た時のことであると考えられる。また「実験の予想が外れた時」という答えはとても興味深い。ちなみにこの生徒は、角砂糖レースで最も速く溶かす変数は砕くことであると予想していた。このように予想とは異なった結果による驚きというの、理科の楽しみの一つである。いずれにしても生徒たちは、角砂糖レースの実験の前後に楽しんでいることがわかる。

3. 変数は理解できましたか。

はい いいえ どちらでもない

この質問では生徒が変数を認識しているかどうかを生徒自身にきいている。結果は以下の通りであった。

はい	いいえ	どちらでもない
8人(62%)	0人(0%)	5人(38%)

比較実験は小学校の理科の実験(例えば、光を当てたアサガオと当てないアサガオとではどちらの方がよく育つか)でも取り上げられているので、変数の概念は生徒たちもある程度知っているようである。

4. グループ活動「角砂糖レース」には、積極的に参加できましたか。

はい いいえ

この質問は、どのくらい「角砂糖レース」が生徒の興味や関心をどのくらい引けたかを調査するための質問である。結果は以下の通り。

はい	いいえ	どちらでもない
11人(85%)	1人(8%)	1人(8%)

「角砂糖レース」は、比較実験をグループ対抗のゲームという形で教える教材である。そのために生徒は、通常の学習活動よりもより積極的に学習することができる。これはクラスの85%の生徒が、積極的に参加できたと答えていることが示している。

5. 今日の授業で、わからなかったことはありますか。

はい いいえ

「角砂糖レース」の授業では、主な目標は以下のとおりであった。

- ・比較実験をするために必要なこととして、調査する変数以外を一致させることを理解すること
- ・「角砂糖レース」を基に、他の物質についての比較実験を計画し、実行すること

結果は以下の通りである。

はい いいえ
1人(8%) 12人(92%)

6. それはなんですか。

質問5ではいと答えた生徒は1人だけであったが、その生徒は「ものによって溶けるスピードは違うのかどうか」を挙げていた。ちなみに「角砂糖レース」の試行授業では、他の物質についても温度を上げるのが一番効果的であるかどうかを調べることが最終的な目的であるために、物質によって溶けるスピードが異なるということには触れていない。このような疑問が出た時に、教師はいかに対応していくことができるかということが、STS教育では大切なのである。このような子どもが持つ問題意識は、できるだけ授業で取り上げていくことが大切であると考ええる。

7. 今日の授業について「このようなことをもっと調べてみたい」ということがありますか。

はい いいえ

結果は以下の通りである。

はい いいえ
1人(8%) 12人(92%)

8. (7ではいを選択した人) どのようなことについて調べてみたいと思いましたか。

質問7ではいと答えた生徒は1人であったが、その生徒は「こなごなにして、かき混ぜて温度を上げた時に、どのくらいで溶けるのかをやってみたい」と答えている。つまり、彼は物質を速く溶かすであろうすべての変数を変えて溶かしたら、どのくらいの時間が必要かということを知りたいと考えている。このように、ある授業を行った時に子どもに科学的課題

を持たせることも、理科の教育について大切なことのひとつである。なぜならばその子どもは理科の授業以外の時（例えば家に帰った時でも）その問題を解こうと必死になってヒントを得ようとするからである。つまり、理科の授業を離れても、科学的な思考を持ち続けることができるからである。それを考えれば、この「角砂糖レース」では、今一つその様な科学的課題を持たせられなかったといわざるをえない。

9. 今日の授業の感想をできるだけたくさん書いてください。

以下に生徒たちの書いた感想を挙げる。

Y・I：温度を上げたり、かき混ぜたりすると、物質は速く溶けることがわかった。

T・S：いくら砂糖を細かく砕いても、水温が低ければ溶ける時間は遅い。角砂糖を砕かなくても、水の温度が高ければ速い時間で溶ける。つまり温度を上げることが物質を溶かすのに最も必要な変数であることがわかった。

H・H：どうすれば速く溶けるのかがわかった。温度を上げることが一番速く溶けることがわかった。

T・M：今日は大学の先生が来ていて少し緊張したが、積極的に実験に取り組めた。これからも積極的に取り組んでいきたい。今日の授業はとても楽しかった。

N・M：温度が高ければ高いほど速く溶けるということがわかった。また角砂糖は小さくすればするほど速く溶けることもわかった。

T・M：今日はいつもより緊張してしまったけれど、角砂糖レースはとても面白くてよかった。物質は温度によって溶けるスピードが違うということがすごいと思った。

H・M：大学の先生たちが来たからか、とても積極的にできたと思う。とても楽しかった。

A・I：一回めは一番だったけれど、二回めは他の人と違うやり方に挑戦してみたらはずれていて残念だった。今日やったことはわかったし、楽しかった。

Y・K：今日はビデオを撮ると聞いていたので緊張したが、実際はあまり緊張しなかった。

M・K：今日は欠席者が多かったけれど、グループで協力して実験や話をすることができた。「角砂糖レース」では、最初何も考えないで実験したけれど、後では性質を利用して速く角砂糖を溶かすのに成功した。また、次の入れ歯の薬の実験でも協力して一人一人すばやく動いたので、三つの物質すべてについて終えることができた。楽しかった。

R・K：少人数で実験するのは大変だったが、積極的にとりくめたのでよかった。

Y・S：いつもよりも実験がうまくいって積極的に取り組むことができたし、たのしく授業ができた。

M・M：温度を高くしてそのまま放っておくことは、かき混ぜたりするよりも速く溶かすことができるということがわかった。いつもよりすばやく取り組むことができた。

以上の感想を見ると、生徒は「授業に積極的に取り組むことができた」「楽しかった」と答えていることがわかる。このことは「角砂糖レース」が生徒の関心や興味をひく教材であり、生徒たちにとって難しすぎることはない教材であるということを示している。次に追うよう問題として、10番目の質問をした。この質問は SciencePlus の問題である。

10. 好美は、いろいろな温度で、ある物質が溶けるのにどのくらい時間がかかるのかを調べようとしています。
- (1) 好美は、どのような実験を行ったらよいでしょうか。実験方法を考え、できるだけ詳しく、具体的に書いてください。
- (2) あなたの考えた実験で、好美は、どの変数を一定にしなければなりませんか。
- (3) また、好美が実験を終えたときに、好美は何がわかるのでしょうか。

質問 10 の 3 つの質問は生徒に比較実験の創造と、変数の理解度を質問している。まず(1)では比較実験を計画できるかどうかという創造性を質問している。この質問の評価は以下に示す 6 つの項目ををいくつか含んでいるか、その合計点数で評価を試みた

1. 水の量を決める。
2. 溶質の量を決める。
3. 溶質を砕いてから溶かすのか、砕かない状態で溶かすのかを決める。
4. 温度計でそれぞれのビーカーに入っている水の温度を計る。
5. かき混ぜながら溶かすのか、かき混ぜずに溶かすのかを決める。
6. ストップウォッチで溶質を溶かす時間を測定し、比較する。

結果は以下の通りであった。(1 は正解したことを意味している。)

	1	2	3	4	5	6	合計点
1							0
6							0
8							0
12							0
13	1			1		1	3
14							0
15	1	1		1		1	4
32						1	1
34	1					1	2
35	1	1	1		1	1	5
36				1			1
37						1	1
40				1		1	2
正解率	31%	16%	8%	31%	8%	54%	
合計点	4	2	1	4	1	7	19

これを見るとかなり結果が悪いということが言える。ちなみに 1 人あたりの平均得点は 6 点満点中 1.5 点である。特に 3 と 5 の得点はとても低い。「角砂糖レース」では、角砂糖を乳鉢ですりつぶすかどうか、かき混ぜるかどうかを考えていたのに、そのことは忘れてしまっているのであろうか。彼らに実際に実験をやってみろと言った時に、実験ができるのかどうかとても不安である。

次に、質問 10 の(2)についての解答として考えられる変数は以下の 4 つである。

1. 水の量
2. 溶質の量
3. 溶質を粉々につぶすかつぶさないか
4. 溶質を水に溶かす時に、かき混ぜるかかき混ぜないか

結果は以下の通りであった。（1は正解したことを意味している。）

	1	2	3	4	合計点
1			1	1	2
6					0
8		1			1
12					0
13	1	1			2
14					0
15	1	1			2
32	1	1		1	3
34	1		1	1	3
35	1	1			2
36	1	1			2
37	1	1			2
40	1	1			2
正解率	62%	62%	15%	23%	
合計点	8	8	2	3	21

結果を見ると1と2の正解率は良いが、3と4の正解率はあまり好ましい数であるということではできない。「変数」というので、水の量や溶質のような数字でなければならないと認識しているのかもしれない。とすると、変数に関して性格な理解はしていないということが言える。ちなみに、1人あたりの正解得点は1.6点であった。

質問10の(3)についてであるが、これは「角砂糖レース」の結果から予想することである。「角砂糖レース」では、水の温度が高ければ高いほど角砂糖は速く溶けた。結果は以下の通りである。

水の温度が高ければ高いほど溶質は速く溶ける	7人（54%）
水がどの温度の時に溶質が一番速く溶けるか	5人（38%）
無解答	1人（8%）

(3)は比較的予想がしやすかったのか、ほとんどすべての生徒が正解している。溶媒の温度を上げれば上げるほど、溶質は速く溶ける概念は、生徒に受け入れられたようである。

これまでの結果や考察をもとに、SciencePlusは教材として使えるかどうかについての考察を以下に述べる。なお番号はポストテストの質問番号である。

まず生徒たちの興味や関心をどのくらいひいたかということは1・2・4・9に見出すことができる。1では13人の生徒全てが今日の授業は「楽しかった」と答えている。生徒の多くは2で「実験の結果が出た時」「実験をやっている時」と答えている。また4ではほとんどすべての生徒が「角砂糖レース」には積極的に参加できたと答えている。また9では「積極的に実験に取り組めた」「楽しかった」という意見が多かった。「角砂糖レース」という教材は、日本の授業では見られないゲームという形態で授業を行っているが、そういうところが生徒たちにはうけたようである。そして1・2・4・9の結果から判断すれば、「角砂糖レース」という教材を扱った授業は生徒たちの興味や関心をかなり引いているということが言える。

では生徒たちの理解度はどのくらいであったのかということとは3・5・6・10に見出すことができる。3によれば生徒たちは「はい」あるいは「どちらでもない」と答えている。ま

た5・6によればこの授業の目的である比較実験と変数についてはほとんどの生徒は「理解できた」と答えている。では実際にそうであるのかを10で見えていくことにする。10の(1)では比較実験を計画することを質問しているが、この質問に完全に答えている生徒はいなかった。このことは生徒たちが比較実験については理解したが、それを計画する能力にまでは至っていないという、いわゆるギャップを示している。また(2)の変数についても変数をすべてあげた生徒は1人もいなかった。このことも変数という概念を理解はできたが、それを実際の実験においてはまだ挙げるまでには至っていないということを示している。現在おそらく生徒たちは比較実験あるいは変数という概念について全て理解しているつもりになっているであろう。しかし10の結果を見るとはこのことを全く示していない。つまり生徒たちはわかったつもりになっている状態であることがいえる。ゆえにここで教師にとって大切なことは、実験のたびに比較実験と変数を口酸っぱく生徒たちに意識させ、確認していくことである。そうすることによって生徒たちは常日頃から、比較実験あるいは変数という概念を頭の片隅に置き、意識することができるのではないかと考える。

7・8では「角砂糖レース」がどのくらい彼らに科学的課題を持たせたのかを質問しているが、特に疑問が挙がらなかったことから彼らにとってはそんなに科学的課題を与える教材ではなかったことがいえる。しかしそれだけで放っておくと、比較実験あるいは変数は彼らの頭の中の忘却のかなたに葬られることが考えられるので、先程述べたことであるが、教師は常日頃から生徒たちに比較実験あるいは変数について意識させることが必要になる。

ここで SciencePlus が授業の教材として使えるかどうかを判断するのがポストテストの本来の目的なのであるが、これは少なくとも1単元を行った後に判断すべきであると筆者は考える。つまり、試行授業を行ったのはたったの2時間であるので、判断するのにはあまりにも無理があると考えるのである。よってここでは「角砂糖レース」という教材が授業の教材となり得るのかどうかを考察していくことにする。試行授業での「角砂糖レース」は生徒たちにとって興味のひかれるものであるということがいえる。これは「角砂糖レース」がゲームという形態をとっているからに他ならない。よって興味・関心という観点では「角砂糖レース」は十分に理科の教材として使えるものであると判断する。また比較実験・変数の理解度、あるいは生徒たちに科学的課題を持たせるという観点では今一つの教材であるといわざるをえない。したがってここで大切なことは教師がこれらをふまえたうえで、比較実験あるいは変数の実験を生徒たちに認識し続けることが大切なことになってくると考えられるのである。

5. 結論

SciencePlus を用いた授業はある単元の数時間の授業実践だけからの結論ではあるが、子どもの興味や関心を引いたり、あるいは子どもに楽しいと感じさせるという点では大変優れているといえることができる。そして、理科離れが起こる原因の一つに子どもが興味や関心を持ってないでいること、あるいは楽しめないことを考えればこれはかなり有効な手だてであるといえる。また由比中学校の生徒はプレテストで「理科は難しい」「実験が大変だ」という意見を挙げていたが、SciencePlus を使用した場合、生徒にとって授業の内容や実験内容、実験目的を理解するのは大変ではないということも証明された。これらの点では SciencePlus は理科離れを解決するであろうことが予想される。ただしここで注意しなければならないことは、興味・関心だけで終わってしまわないようにすることである。そのために

は教師が自分なりに教材感を持ち、教材の各単元における位置付けをし、子どもにその位置付けを認識してもらい、いかに授業を発展させて子どものものとして再構築がなされていくかという観点が必要である。また学習指導案にあわせた教材を作るという作業も必要になる。

また理科離れを解決するということを考えればこれらのことだけではなく、子どもが授業で何を学んでいるのかを認識しているかどうか常に調査することにより、子どもが理科を学ぶ意義を認識しているかどうかを知っておく必要がある。そのためには身近なものを教材に選ぶことやいろいろな場面における子どもたちに授業の流れを作らせることなども必要になる。これらのことを認識したうえで、理科離れを解決していくには教師という職業の授業時間数、職務の多さが問題となろう。現在の教師事情をみるとこれらのことを見直す余裕のある教師はほとんどいないのが現状である。また受験制度を初めとする知識重視の社会の思想の変化も問題になろう。そして、そのために最も大切なことは、教師の育成機関である大学における教師教育によって学生自身がそのことを認識することにほかならないのである。

資料 1

由比中学校	プレテスト
1年 組 番	氏名 ()

- 理科は好きですか。 好き 嫌い
- (1で好きを選んだ人) 理科のどんなところが好きですか。
- (1で嫌いを選んだ人) 理科のどんなところが嫌いですか。
- 理科のどの分野が好きですか。
- それはなぜですか。
- 理科のどの分野が嫌いですか。
- それはなぜですか。
- 理科を学ぶ必要があると思いますか。 はい いいえ
- なぜそう思いますか。
- 理科はあなたの生活に密接な教科であるといえますか。 はい いいえ
- どんな時にそう思いますか。
- (教科書には載っていない) 科学的問題で、授業で学びたいことがありますか。 ある ない
- (12であると答えた人) それは何ですか。

資料 2

由比中学校	ポストテスト
1年 組 番	氏名 ()

今日の授業についていくつか質問します。できるだけ詳しく、具体的に書いてください。

- 今日の授業は楽しかったですか。 はい いいえ
- (1の続き) どんな時にそう思いましたか。
- 変数は理解できましたか。 はい いいえ どちらともいえない
- グループ活動「角砂糖レース」には積極的に参加できましたか。 はい いいえ どちらともいえない
- 今日の授業でわからなかったことはありますか。 はい いいえ
- (5ではいを選択した人) どんな事がわからなかったのですか。

7. 今日の授業について「このようなことについてもっと調べてみたい」ということがありますか。
- はい いいえ
8. (7ではいいを選択した人) どのようなことについて調べてみたいと思いましたか。
9. 今日の授業の感想をできるだけたくさん書いてください。
10. 好美はある物質が溶けるのにかかる時間を様々な温度について調べようとしています。
- (1) 好美はどのような実験をやるべきでしょうか。実験の方法を考え、できるだけ詳しく具体的に述べなさい。
- (2) あなたの考えた実験で、好美はどの変数を一定にするべきですか？
- (3) また、好美が実験を終えたときに好美がわかったことは何であると思いますか。

資料 3：試行授業学習指導案

1. 本時の目標 溶けやすくなる要因を見出し、検証することができる。
2. 教材 Science Plus 「角砂糖レースをしよう」
3. 学級 由比中学校 1年1組
4. 学習過程

学習過程	教師の活動	予想される子どもの活動	留意点
*導入	*角砂糖を水の中に入れて観察させながら		
	*どうしたら速く溶けるのだろう。	*かき混ぜる、温度を上げる、すりつぶす、よく振る	
*角砂糖レース	*角砂糖をできるだけはやく溶かそう。	*溶けるまでの時間を測る。	*角砂糖を速く溶かすための作戦をグループで考えさせる。
*変数の紹介	*ではこの中で何が1番影響を及ぼすのかな。	*温度、振ること、砕くこと	
*比核実験・変数について	*その時に気をつけなければならないことって何だろう。	*変数を同じにする。	*具体的な事例を挙げる。
*比核実験			
*結果発表	*どのような結果が現れたかな。	*温度を上げたときに1番速く溶ける。	
*身の回りにあるもの	*他の物質でも同じかどうか実験してみよう。	*他の物質でも温度の影響を1番よくうける。	*物質を配布する。
*応用問題	*一民君にどのようなアドバイスを与えますか。	*食塩の量を同じにする、かき混ぜる回数を同じにする、かき混ぜかたを同じにする、同じ水を使う、温度を同じにする、食塩の粒子の大きさを同じにする。	
	*この中で変数は何ですか。	*食塩の量、かき混ぜる回数、かき混ぜ方、温度、粒子の大きさ。	

参考文献

- National Science Teachers Association(1990). Science /Technology/Society: A New Effort for Providing Appropriate Science for All (NSTA Position Statement). Bulletin of Science, Technology & Society, Vol.10, No.5 & 6, 249-250.
- 相馬朋子 (1993) :カナダ版“Science Plus”におけるSTS教育の研究—アメリカ版との比較に基づいて—:筑波大学大学院: p. 6-15
- Charles Mcfadden and Robert E Yager (1993) : Science Plus: Holt, Rinehart and Winston, Inc. and University of New Brunswick

4.7 水溶液の授業を実践してみて

小林 俊行

由比町立由比中学校

生徒達は、学校で学んだことを、自分の身の回りの事象に適用しているのだろうか？常日頃から、理科を学習する意義について考えさせられていた。理科は、自然を対象にする学問である。学習の過程で、技能や思考力、判断力を習得し、最後は自分の身の回りのことに応用することを望む。

今までは、内面化、態度化は、長い年月がかかって形成されるものであるから、すぐに目に見えなくてもよいと自分自身を納得させてきた。微視的な取扱が多く、イメージ化やモデル化を多用する1分野では、特に現実と切り離されて捉えられがちであった。しかし、今回サイエンスプラスで見た水溶液の授業構想は違っていた。目の前の具体的な物を題材にして扱っており、それだけでも痛烈なショックを受けた。さらに、自分自身で授業実践をしてみて、生徒の授業後のつぶやきを聞いて、再度ショックを受けた。サイエンスプラスのよさを改めて実感させられた。私が、日本の教科書で実践したとき、生徒は授業後に次のように感想を述べていた。「物質が水に溶けるって、単純なようですがすごい不思議だった。この水の中で小さな粒に分かれて、すごい速さで動き回っているなんて、なんか変な気分です。生きていないのに、動いているんですね。」正直言って、この生徒がしっかりと粒子概念で水溶液を捉えていることに満足していたのです。次に、この生徒が、サイエンスプラスで授業をした後では、どんなつぶやきを言ったのでしょうか。「先生、水溶液にするには、温度の影響が一番大きいんだよね。だったら、アイスコーヒーを作るには、熱〜いお湯をほんの少し入れて、コーヒーの粉末を入れればいいんだよね。後は氷と冷水で冷やすだけ。水に粉末を入れてかき混ぜるより、よっぽど早くできるはずだよ。」まさに、自分の身近な現象そのものに、しっかりと適用しているではありませんか。あれほど、自分の身の回りのことに応用できるようにさせたいと願っていたのに。サイエンスプラスの授業では、いとも簡単に生徒は応用しています。この授業実践を通して、これだという手応えを感じました。学ぶ必然性を感じるからこそ、意欲的にもなり、追及も真剣になる。純粋科学そのものは、もちろん大切ではある。しかし、義務教育の生徒達だからこそ、もっと身近に、もっと意義を感じて、もっと楽しみながら科学を学習することの方が大切ではないだろうか。最近問題視されている理科離れの解消にも、一助となるであろう。

また機会があれば、サイエンスプラスで授業を実践してみたいと願っている。もっと継続的に実施し、より具体的に多方面にわたって、生徒の変容を捉えてみたい。サイエンスプラスの有効性は、きっと生徒の姿が物語ってくれるであろう。

4.8 水質改善策の行動化判断チャートの開発とその活用

ーSTSモジュール「霞ヶ浦の水環境と鯉の養殖」に基づいてー

吉田直子（筑波大学大学院教育研究科）、長洲南海男（筑波大学教育学系）

はじめに

現在、我が国の理科教育の問題点として、授業が教師主導型で、知識注入型になりがちであり、生徒が受け身の学習者になっていること、理科の授業内容が科学と技術と社会の関連を軽視しており、生徒の現実の生活から遊離していることなどがあげられている⁽¹⁾。今後の理科教育では、現実社会における様々なイシューズ（Issues）に対応できるよう、科学的、技術的リテラシーを有する人間の育成を目指すSTSが重要であると位置づけられている⁽²⁾。本研究の第一の目的は、この考え方の具体策として、STSモジュール「霞ヶ浦の水環境と鯉の養殖」を霞ヶ浦に隣接する中学校において実践することにある。そして第二の目的は、この実践において、霞ヶ浦の鯉の養殖に対する水質改善策を地域社会におけるイシューズとして見なし、このイシューズに対する意思決定に基づく行動化の具体策として、**水質改善策の行動化判断チャート**を開発し、その活用を行うことである。

1 STSモジュール「霞ヶ浦の水環境と鯉の養殖」の教育目標

モジュールの教育目標は、本モジュールの学習によって生徒が達成すべき到達点を表すものである。今回、教育目標を設定する際に参考にしたものは、アメリカのアイオワ大学で開発されたアイオワ評価ハンドブック（Iowa Assessment Handbook）⁽³⁾である。このアイオワ評価ハンドブックは、STSアプローチに基づく初等学校から中等学校段階までの現職教育である、アイオワ チャタクワ プログラムにおいて開発されたアイオワ評価パッケージ⁽⁴⁾⁽⁵⁾に基づいて作成されたものである。このアイオワ評価ハンドブックは、年々改良を重ねた結果、現在では科学プログラムの教育目標を次の6つの領域に同定している。

- A. The Concept Domain（概念領域）
- B. The Process Domain（プロセス領域）
- C. The Applications Domain（応用領域）

- D. The Attitude Domain (態度領域)
- E. The World View Domain (科学観領域)
- F. The Creativity Domain (創造性領域)」⁽⁶⁾

この目標領域は、STSアプローチの実践的研究に基づいて設定されているため、わが国においてSTSモジュールを作成するうえで、おおいに参考になると判断した。

科学的、技術的リテラシーを有する人間を目指す⁽⁷⁾、STSにおいては、科学概念を現実の生活に関連させること、また知識を実際に生かすためのスキルや態度を育成することが求められる。そこで、本モジュールにおいては、アイオワ評価ハンドブックの6領域を参考にし、モジュールの教育目標を概念、プロセススキル、応用スキル、態度の4領域に設定した。

これらの教育目標を、科学的、技術的な概念の獲得を第一段階とした教育目標の階層構造図(図1)に示す。このような教育目標の階層構造を作ることにより、教育目標の位置づけを明らかにすることができる。

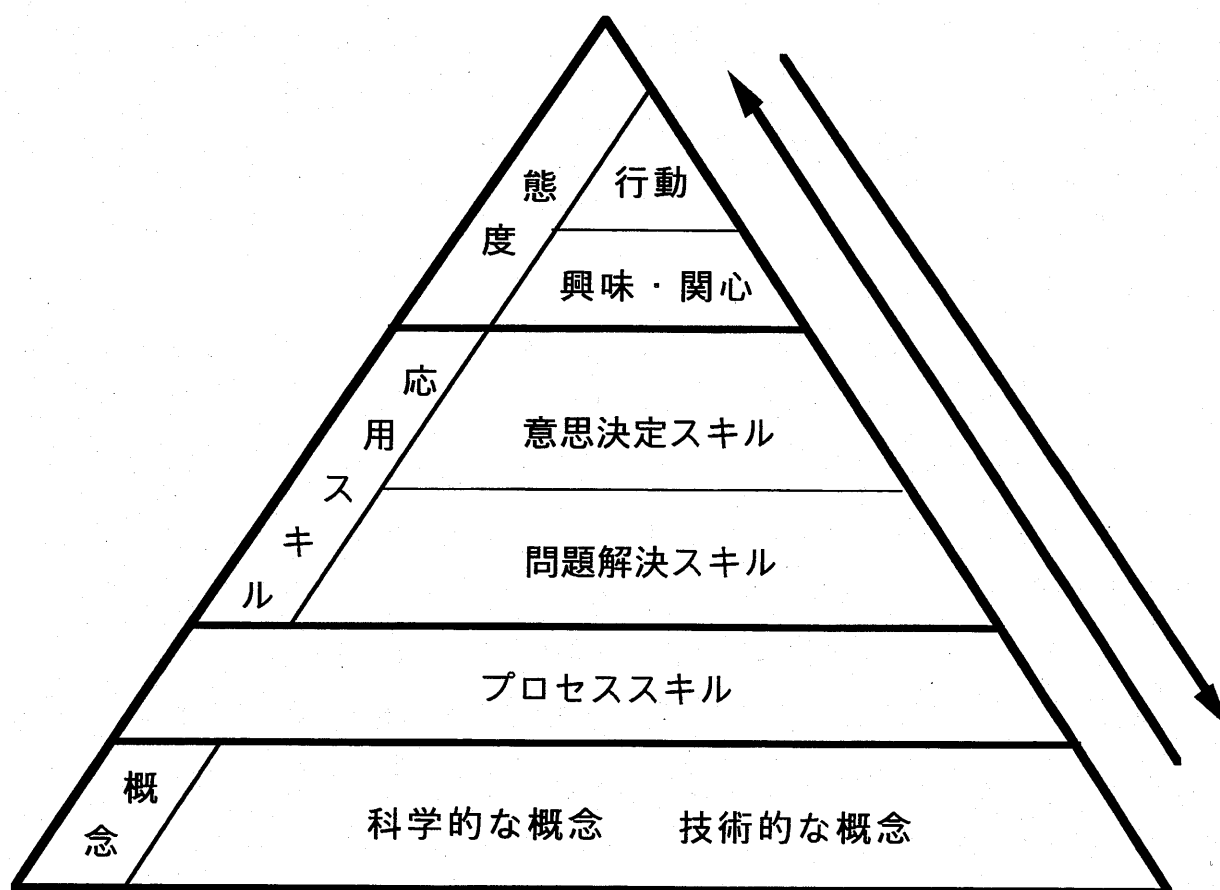


図1 教育目標の階層構造図

STSアプローチにおいて、社会的イシューズを議論するうえで、基礎的な科学的、技術的概念は必要である。しかし、概念を獲得することが最終的教育目標となるわけではなく、あくまで概念の獲得は、社会的イシューズを議論するうえでの土台として、ここでは位置づけをした。そして、次なる段階は、プロセススキル、科学の探究スキルである。科学的な結果をいかに的確に導くかということである。次にこれらの概念やプロセススキルを現実の生活に生かすための応用スキルを位置づけた。応用スキルのうち問題解決スキルを第一段階として、意思決定スキルを第二段階として位置づけた。最終的な達成教育目標として、態度領域の意思決定に基づく行動を位置づけ、その前段階として、科学や技術、社会の相互関連について興味や関心がもてるということを位置づけた。

また、これらの教育目標の階層構造は、一方向的なものではなく、行動化の結果、また新たな問題が生じた場合には、プロセススキル、あるいは応用スキルにフィードバックされ、再び問題解決、意思決定、行動化というように繰り返されるべきものである。いわばオープンエンドの形態をとっている。

2 STSモジュール「霞ヶ浦の水環境と鯉の養殖」の構成及び内容

先に述べたような教育目標を達成するために、モジュールの枠組みに基づき、モジュールを図2のように構成した。開発するモジュールは、A. 基礎的モジュール「霞ヶ浦の水環境と鯉の養殖」、B. サブモジュール「霞ヶ浦の水質汚染」、C. サブモジュール「霞ヶ浦における鯉の養殖業」、D. 発展的モジュール「霞ヶ浦の水質改善の取り組み」から構成されている。各モジュールにおいて重点的に取り扱う内容、普通に取り扱う内容、補足的に取り扱う内容に分けて記述してある。

また、各モジュールの相互関連は図3のように示すことができる。

A. 基礎的モジュール「霞ヶ浦の水環境と鯉の養殖」は、今回開発する全モジュールの入門的な部分であり、霞ヶ浦本来のエコシステムと鯉の養殖による特殊なエコシステムの相互関係を水質汚染という社会的イシューズの観点から捉える。

B. サブモジュール「霞ヶ浦の水質汚染」は、霞ヶ浦の水質汚染の現状やその原因を探究する。主に、プロセススキルの科学の探究スキルに関わる部分である。

C. サブモジュール「霞ヶ浦における鯉の養殖業」は、網いけすにより孤立した特殊な状況のエコシステムとして鯉の養殖を捉え、その背景にある鯉の養殖技術や養殖業者

<モジュールの枠組み>

<モジュール>

霞ヶ浦の水環境

霞ヶ浦のエコシステム

- ・霞ヶ浦の生物
- ・補食－被食の関係、生態ピラミッド
- ・N、Pの循環
- ・エコシステムのバランス、アンバランス

霞ヶ浦の水質汚染問題

- ・霞ヶ浦の地理と自然環境
- ・霞ヶ浦の社会的環境
- ・霞ヶ浦の水質

霞ヶ浦の水質改善の取り組み

「富栄養化防止条例」

- ・生活系排水対策
- ・工場・事業場排水対策
- ・農業排水対策
- ・畜産排水対策
- ・湖内等浄化対策
- ・魚類養殖対策

県内水面水産試験場における研究

- 自主減面
- 魚種の転換
- 給餌の適正
- エサの改善

鯉の養殖

- ・鯉の養殖の歴史
- ・鯉の養殖技術
- ・養殖文化

A. 基礎的モジュール
「霞ヶ浦の水環境と
鯉の養殖」

B. サブモジュール
「霞ヶ浦の水質汚染」

C. サブモジュール
「霞ヶ浦における
鯉の養殖業」

D. 発展的モジュール
「霞ヶ浦の水質改善
の取り組み」

—— 重点的に取り扱う ——— 普通に取り扱う - - - - 補足的に取り扱う

図2 モジュールの枠組みとモジュールの構成

にとっての鯉の養殖の意味について取り上げる。

D. 発展的モジュール「霞ヶ浦の水質改善の取り組み」では、霞ヶ浦の水環境について、鯉の養殖だけでなく、生活排水や農業排水、畜産業等、霞ヶ浦の水環境に関わる全ての要因を加味し、総合的に霞ヶ浦の水質改善の取り組みを取り上げる。

また、今回実践授業を実施した中学校では、平成5年度から環境教育の一貫として「霞ヶ浦周辺の水環境の保全」に関する学習に取り組んでいる。例えば、霞ヶ浦の水質調査、また、インタビューや文献調査による霞ヶ浦の水質の現在と昔の比較などを行っている。本モジュールは、この「霞ヶ浦周辺の水環境の保全」とも十分に相互関連できるものとして、図3のように既存開発モジュールとして位置づけることができる。

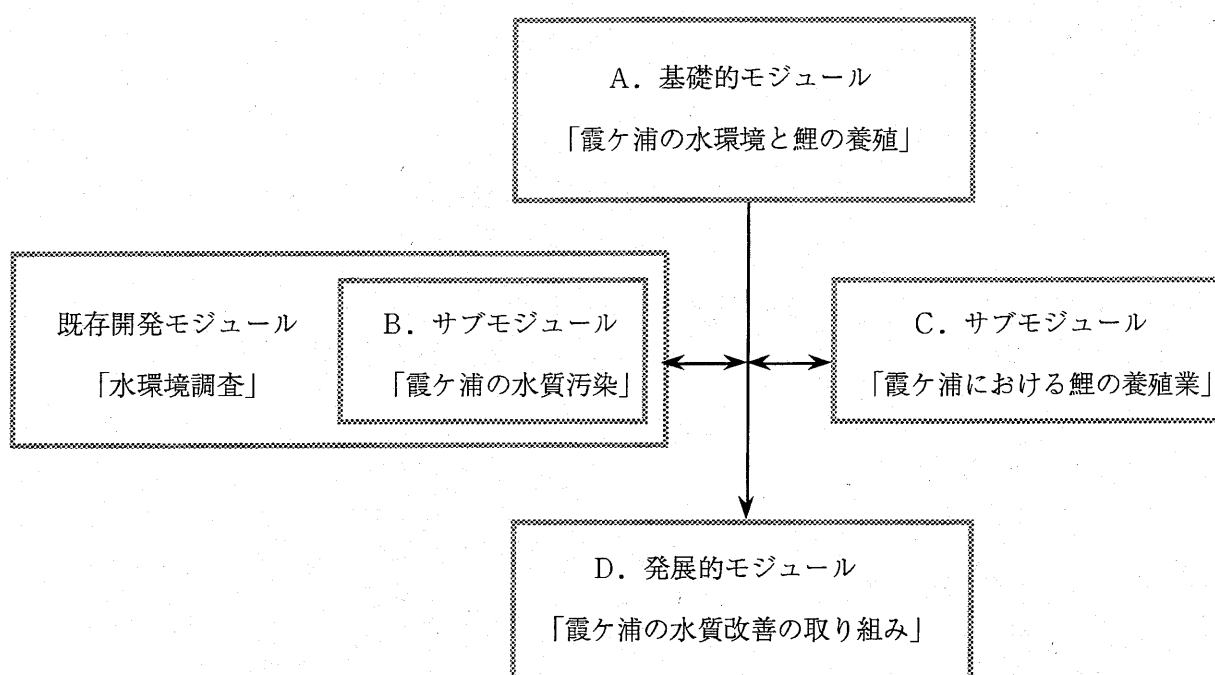


図3 モジュールの構成

3 STSモジュール「霞ヶ浦の水環境と鯉の養殖」の実践

実践の目的は、開発モジュールを実践し、その結果の分析から本モジュールの妥当性を検討していくことである。さらに、実践における問題点を明らかにすることにより、実践化に向け改善を図り、より信頼性のあるモジュールを開発することを目的とする。

実践場所；県内の公立中学校

対象学年；第3学年1～4組 計4クラス（男子75名、女子63名、合計138名）

期間 ;平成7年10月17日(火)～10月21日(土)

実践内容;開発モジュールよりA. 基礎的モジュール「霞ヶ浦の水環境と鯉の養殖」

各クラス3時間 計12時間

第1時 霞ヶ浦における鯉の養殖

第2時 鯉の養殖業者の立場からみた霞ヶ浦の水質改善策

第3時 鯉の養殖における水質改善策についての意思決定

準備・資料 読み物「コイの養殖物語」、OHP、スライド、ワークシート、
調査用資料、水質改善策の行動化判断チャート

実践授業の授業展開を表1に示す。授業展開は、学習内容、活動単位、及び生徒の活動の3項目に分け記述した。

表1 実践授業の授業展開

	学習内容	活動単位	生徒の活動
第1時	①水質改善の取り組みと「鯉の養殖」の相互関連 ・霞ヶ浦における鯉の養殖の特徴 ・行政による富栄養化防止のための鯉の養殖に対する規制 ・自主減面 ・魚種の転換 ・給餌の適正 ・エサの改善	クラス全体 グループ	○「霞ヶ浦の水環境と鯉の養殖」に関する物語を読む。 ○鯉の養殖業者である物語の主人公の立場になり、問題を同定する。 ○鯉の養殖業者として、考慮すべきことを確認する。 ・行政による鯉の養殖の対策 ・家族の生活、もうけ ・霞ヶ浦の水環境
第2時	①霞ヶ浦の水質汚染という社会的イシューズに対し、鯉の養殖業者として、どう取り組むべきか、養殖業者の立場になって、意思決定する。	グループ	○問題解決のための活動 ・問題解決に必要な情報の収集 ・情報の処理 ・情報の解釈および考察
第3時	①発表会 ②これまでの学習から、「鯉の養殖業者」として、水質改善策を実行できるかどうか、意思決定する。	クラス全体 各個人	○養殖業者として、霞ヶ浦の水質改善に対する取り組みのより良い対策を考える。 ○他者の発表から、多様な価値観があることを認め、また尊重する。 ○水質改善策の行動化判断チャートの作成

4 水質改善策の行動化判断チャートの開発

表1中の水質改善策の行動化判断チャートは、今回実践したA. 基礎的モジュール「霞ヶ浦の水環境と鯉の養殖」において取り上げている4つの具体的水質改善策について、生徒たちが鯉の養殖業者の立場から、実行する際に考えられる良い点、問題点を考慮したうえで、その改善策を実行するかどうか判断的思考（Critical Thinking）を行い、意思決定するための具体的指導方法として今回開発したものである。

教育目標の階層構造（図1）で示したように、霞ヶ浦の水環境に関する社会的イシューズについて意思決定し、それに基づき行動することは、本モジュールにおいて最も重要な部分である。

今回実践した、A. 基礎的モジュール「霞ヶ浦の水環境と鯉の養殖」では、行動化までとはいえないが、霞ヶ浦の水質改善策について鯉の養殖業者の立場になって、意思決定できるということが最上位の教育目標となっている。

これまで具体的な意思決定指導に関しては、当校生徒を対象とした「見通しの輪（Futures Wheel）」と「意思決定マトリックス（Decision Matrix）」の有効的な結果が既に報告されている⁽⁸⁾⁽⁹⁾。これらは、イシューズに対する代替案をいくつか生起し、それぞれの代替案を検討、評価した結果から、ある代替案を選択することに重点が置かれている⁽¹⁰⁾。

今回実践したA. 基礎的モジュール「霞ヶ浦の水環境と鯉の養殖」では、代替案の選択を目指すのではなく、既にあげられている4つの具体的対策について、実際に行動化する際の意思決定が目的となっている。つまり、具体的対策を実行する際に考えられる良い点、問題点を考慮したうえで、その具体的対策を実行するかどうか判断的思考（Critical Thinking）を行い、意思決定することである。その意思決定の具体的指導方法として、この水質改善策の行動化判断チャートを開発した。これは、「見通しの輪」や「意思決定マトリックス」に対して、意思決定から行動化の過程における具体的指導方法として図4のように位置づけることができる。

この水質改善策の行動化判断チャートは、4つの具体的水質改善策の「自主減面」「魚種の転換」「給餌の適正」「エサの改善」について、養殖業者として実行できると判断した場合には5、実行できないと判断した場合には1、というように点数を付け、チャートを完成させる。また、どうしてそのように意思決定したのか、その理由を

記述してもらい、そこから生徒たちがどれだけこのイシューズに対して多面的な視点で捉えているか見ることができる。

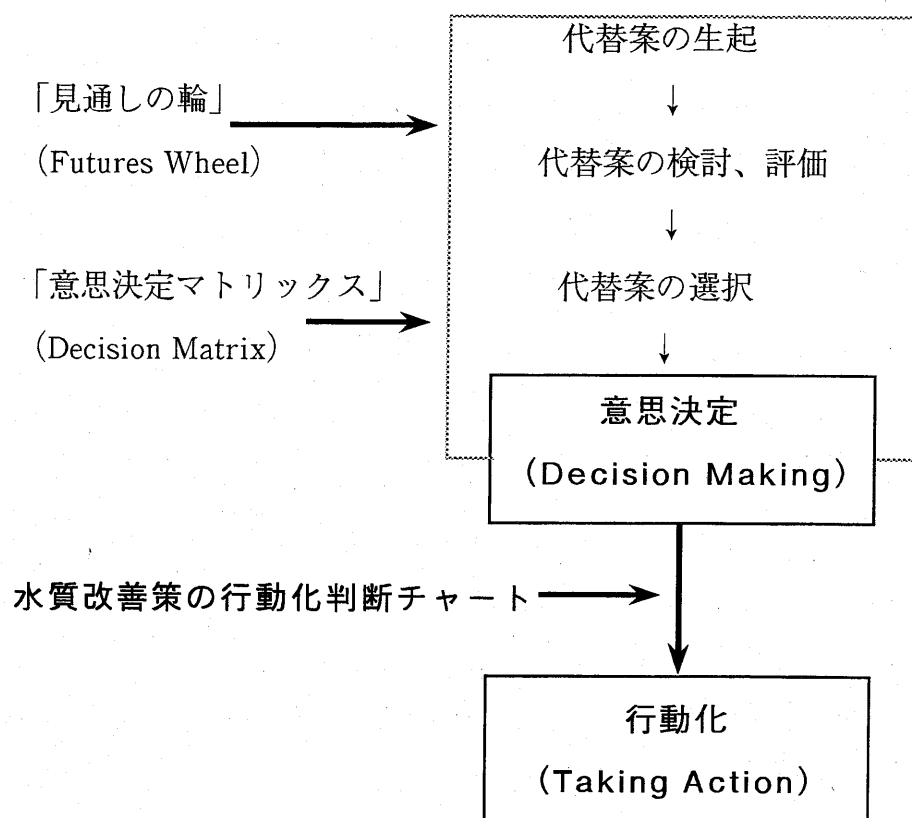


図4 意思決定から行動化の過程

実際に改善策を実行できるかできないか判断するときには、霞ヶ浦のエコシステムや、養殖業者としてのもうけ、家族の生活を守ることなど、現実問題として考慮しなければならないことがある。これらを総合的に判断したうえで、実行できるかできないかを意思決定するのであるから、人それぞれの価値観によりその判断の結果は変わってくるものである。決して、最も点数の高い「5. 確実に実行できる」と意思決定することが、最も好ましいということではないのである。それよりも、どのような視点で実行できるかできないかを判断したのか、またどれだけこのイシューズを多面的な視点から捉え、総合的に判断したのか、その過程が重要なのである。

この水質改善策の行動化判断チャートの特徴は、一度にいくつかの改善策について検討できること、自分の意思決定した結果がチャートとして示されるので、他者との比較が容易にできることである。また、このようなチャートは、生徒たちになじみ深い、

高校野球の戦力分析に使用されているので、簡単な説明をするだけで、このチャートの記入方法を理解させることができる。

5 水質改善策の行動化判断チャートの結果

ここでは、**水質改善策の行動化判断チャート**を用いることによって、生徒たちが養殖業者の立場に立って、「自主減面」「魚種の転換」「給餌の適正」「エサの改善」の4つの水質改善策についてどのように捉え、意思決定したかを明らかにする。生徒たちは4つのそれぞれの改善策について、5段階評価により実行できるかどうか意思決定をした。5段階評価とは、「5. 確実に実行できる」「4. 実行してもいい」「3. どちらともいえない」「2. 実行できそうにない」「1. 絶対に実行できない」である。表2にそれぞれの回答数及び平均を示した。またこれを基に、今回の授業を受けた生徒たちの傾向を見るため**水質改善策の行動化判断チャート**を作成した(図5)。これを見ると、「自主減面」は平均値が2.8と他の3つの改善策より低く、「2. 実行できそうにない」という意見が多かったことが分かる。これに比べると「魚種の転換」「給餌の適正」「エサの改善」は、平均値が3.5~3.7と高く、比較的「4. 実行してもいい」が多く、「5. 確実に実行できる」という意見も13~26名と比較的多いことが分かる。

また、生徒たちにこのように意思決定した理由について記述してもらった回答例を各改善策ごとにまとめ、表3に示した。この事例を各改善策ごとに分析することによって、図5に示した**水質改善策の行動化判断チャート**の平均値が示すその理由がより明確になってくる。

「自主減面」については、“漁獲量が減るので難しい”(表3中では、太文字で示してある。以下同様)“もうけを考えると少し無理がある”“収入が減る”など、家族の生活を守らなくてはならない立場を考え「2. 実行できそうにない」と意思決定した生徒や(表2で38名)、また“もうけが少なくなるのは嫌だし、霞ヶ浦の汚染の原因にもなっているし、どうすればいいのか分からない”というように、家族の生活を守らなければならないことと、霞ヶ浦の水質を改善しなければならないことの双方を考え「3. どちらともいえない」を選ぶ生徒が多かったことが分かる(表2で57名)。

「魚種の転換」については、“鯉よりまずいなら買う人が少なくなると思う”“魚種を全て変えるのは大変、でもアオコやプランクトンを食べる魚は必要”というように、

表2 水質改善策の行動化判断チャートの結果

自主減面					魚種の転換					給餌の適正					エサの改善								
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5						
人数	9	38	57	20	2	人数	4	9	49	51	13	人数	0	10	40	50	26	人数	4	9	38	57	18
平均	2.8				平均	3.5				平均	3.7				平均	3.6							

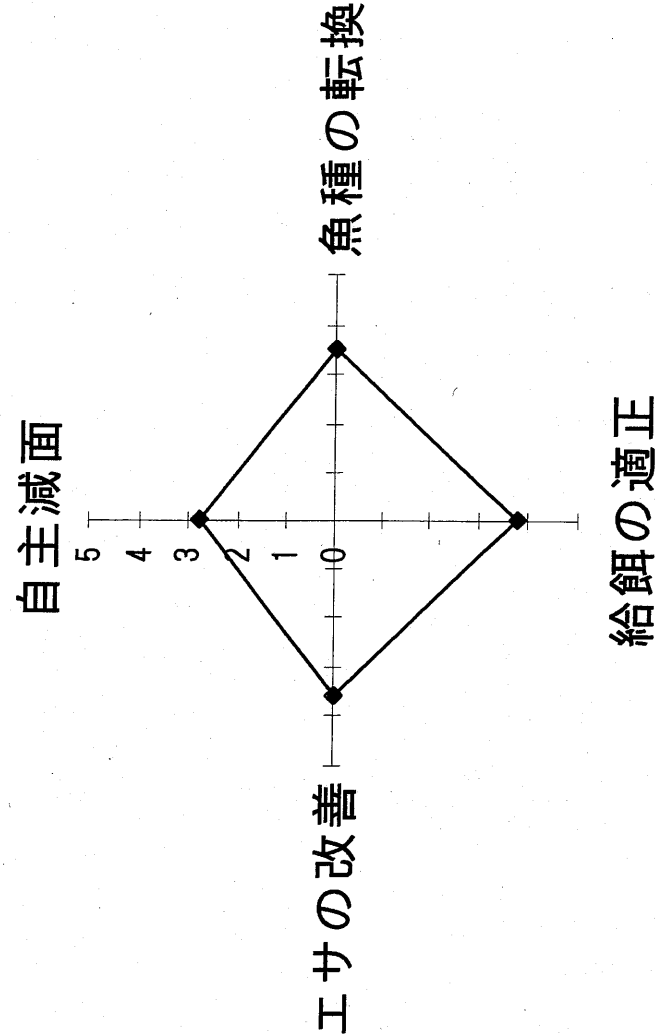


図5 水質改善策の行動化判断チャート結果の平均値

霞ヶ浦の水質改善に一役買ってくれるハクレンなどを評価する反面、養殖業者としてもうけが少なくなることを懸念し「3. どちらともいえない」とするか（表2で49名）、“アオコを食べる魚にすれば、水がきれいになる” “大きなスポンサーさえいれば、ハクレンを中国へ大量輸出できる” “多少のお金はかかるが一番よい解決策だと思う” というように、問題点はあるがそれは今後解決していけるという期待とともに、霞ヶ浦の水質改善のためには最もいい解決案だとして「4. 実行してもいい」を選ぶ生徒が多かった（表2で51名）。

「給餌の適正」については、“高カロリーの餌を使えばいい” “餌の改善と一緒にやっていけばそんなに自分にかかる負担も少なくうまくいきそう” というように、「給餌の適正」だけでなく「エサの改善」と共に取り組んでこそ効果があるとして「3. どちらともいえない」を選ぶ生徒と（表2で40名）、“自動給餌機を使えば、餌のやり過ぎを防ぐことができる” というこで「4. 実行してもいい」を選んだ生徒が多かった（表2で50名）。また、“環境がよくなるばかりか、餌代も減るのでよい” “まず最初でできそう” というこで「5. 確実に実行できる」を選ぶ生徒も26名（表2参照）と少なくなかった。

「エサの改善」については、“いい餌にするにはお金がかかるが、霞ヶ浦をきれいにするためにはやるしかない” “環境が良くなるか、餌代が高くなるかのどちらか” というこで「3. どちらともいえない」を選ぶ生徒と（表2で38名）、餌の改善のために餌代が高くなることについて“餌代は少し高くてもみんなが使えば安くなる” “霞ヶ浦の水質汚染の原因を考えると、少しくらいのお金は仕様がな” “低タンパク質・高カロリーの餌を使えば魚にも湖にもいい” というこで「4. 実行してもいい」を選ぶ生徒が多かった（表2で57名）。また、「エサの改善」に関する研究報告書を読んだ生徒たちからは“餌はすでに改良されているので問題はない” というこで「5. 確実に実行できる」を選んだのは18名（表2参照）と少なからずいた。

このような事例から、生徒たちはそれぞれの改善策を実行する際の良い点、問題点を考慮したうえで、その改善策を実行するかどうか判断し、意思決定をしていることが分かる。その際生徒たちは、改善策が本当に霞ヶ浦の水質を良くするものなのか、授業を通して得た情報をもとに判断していることはもとより、その改善策を実施する際に関わってくる問題、例えば費用がかかる、時間がかかる、あるいは養殖業としてのもうけが減るというような現実的な問題も考慮して判断していることが特徴である。

表3 水質改善策の行動化判断チャートの理由

1…絶対に実行できない 2…実行できそうにない 3…どちらともいえない 4…実行してもいい 5…確実に実行できる

自主減面

	その理由
1	漁獲量が減るので難しい
2	資金が集まらない 浄水場を作るにはお金がかかりすぎる 良い考えだが現実性がない もうけを考えると少し無理があると思う 漁獲量が減るので難しい 収入が減る 減らしたら仕様がなくなる 助成金が多すぎるともらえそうにない 家族の生活もあるし簡単に減面することはできない
3	助成金はあてにならない 自分が自分で決めるため何とも言えない もうけが少なくなるのは嫌だし、霞ヶ浦の汚染の原因にもなっているしどうすればいいのかわからないから いけすの数を減らすのはなかなかできない もうけも家族も霞ヶ浦も大切だから やめれば家族の生活が苦しくなってしまうし、やめないと霞ヶ浦もきれいにならない 網の数を減らすことでもうけがどのくらい減って、その減った分をどうするかということをもっと調べていくことが必要 やっても意味がない
4	いろいろな方法がある 減らすことに対しては、お金もかからない 多くは無理だけど、古くなったのとか壊れそうなものをなくすのはできる
5	

魚種の転換

	その理由
1	個人では絶対無理だと思う
2	魚が売れなきゃ意味がない ハクレンはまずいから 新しく取り入れた魚のことを新しく勉強しなければならない
3	輸出や食べ方に問題があると思う 魚種を全て変換するのは大変。でも、アオコやプランクトンを食べる魚は必要 鯉よりまずいなら、買う人が少なくなると思う 魚の適正を良く調べてからやらないと失敗する可能性が高い 今後の科学と技術の発達による
4	多少の金がかかるが、一番良い解決策だと思う 大きなスポンサーさえいればハクレンを中国へ大量輸出できるし鯉だけでなく他の魚も育ててみようと思う キャットフィッシュ・テラピアは輸出できる アオコを食べる魚にすれば水がきれいになる アオコなどが減り霞ヶ浦の汚染防止になるが、魚があまり売れない 売れる、おいしい、水がきれいになる。霞ヶ浦にとっても、自分達にとっても良い
5	日本では売れないハクレンを高級魚として中国に輸出すれば金もうかり霞ヶ浦もきれいになる。 霞ヶ浦もきれいになるし、もうけもある

表3 水質改善策の行動化判断チャートの理由

1…絶対に実行できない 2…実行できそうにない 3…どちらともいえない 4…実行してもいい 5…確実に実行できる

給餌の適正

	その理由
1	
2	自動給餌機を導入するにはかなり無理があり、かといって自分で量るのも面倒だから機械にお金がかかる
3	自動給餌機が一番いいと思う。ここはお金がかかってもしょうがない 高カロリーの餌を与えればいい 餌の改善と一緒にやっていけばそんなに自分にかかる負担も少なくうまくいきそう 餌代があまりかからない
4	自動給餌機を使えば、餌のやり過ぎを防ぐことができる 自動給餌機は高いが、一度買ってしまえばたまに見に来ただけでいいので、家族とコミュニケーションもとれるのでいい 自動給餌機は村のお金を援助してもらい購入すれば大丈夫 食べ残しがないように量ったほうがいい
5	自動給餌機があるので給餌率を越えないようにすることができる 少量で高カロリーの餌を見つければなんとかなると思う まず最初にできそう 環境が良くなるばかりか餌代も減るのでよい

エサの改善

	その理由
1	利益の面を考えるとかなり無理がある 餌代の方が高くなるから
2	低タンパク質・高カロリーの餌を使用することは、新しい餌を買うということで金がかかる 震ヶ浦のことばかり考えて生活ができなくなったらいやだから
3	いい餌にするにはお金がかかるが、震ヶ浦をきれいにするためにはやるしかない 環境が良くなるか、餌代が高くなるかのどちらか 生活を考えるとお金がかかる
4	かなり実用的で早速取り掛かれる 改善にはたくさん時間、お金がかかる 餌代は少し高くても、みんなで使えば安くなる 県などが助成すれば大丈夫 低タンパク質・高カロリーの餌を使えば魚にも湖にもいい 問題はないと思う。が、鯉や人に有害な餌になってしまったら怖いと思う 震ヶ浦の水質汚染のもとを考えると少くらの金は仕様がないうと思う 汚染防止になるが、餌代がかかる 組合などで検討する
5	餌はすでに改良されているので問題ない 高カロリーの餌を使えばいい 科学の進歩によって改善できると思う

6 事後アンケートの結果

この事後アンケートは、生徒たちが**水質改善策の行動化判断チャート**を用いて行った意思決定に基づき、鯉の養殖業者として総合的に判断し、どのような行動をとるべきであると考えているか具体的に記述してもらったものである。ただし、この事後アンケートは実践授業の3日後、平成7年10月23日（月）の中間テストを利用して行ったもので、時間に余裕のある人のみが回答すればよいという形をとっているため、全回答数は96名と若干少ない。

この事後アンケートにおいて生徒たちがあげている具体的行動を、実践授業で取り上げた「自主減面」「魚種の転換」「給餌の適正」「エサの改善」の4つの水質改善策を含め、10項目に分類した。表4に、それぞれの回答人数と、全体に対する割合を（パーセント）で示した。具体的行動の「その他の具体的対策」「養殖以外の具体的対策」「消極的行動」「その他」については、欄外に回答例を記述してある。

また、生徒たちが養殖業者の立場に立って、今後霞ヶ浦の水質改善に対し、どのような行動をとるべきであると考えているのか、その具体的行動とその理由について、生徒たちの回答例をいくつか掲載した（表5）。

今回の授業で取り上げた4つの水質改善策について見てみると、“餌の調節ならば、魚種の転換みたいに養殖業者の人達が一から始めなくていいから”（表5中では、太文字で示してある。以下同様）“餌のやり過ぎで、その残った餌で霞ヶ浦の水を汚しているのならば、残さない程度に餌をやっていけば、餌代も節約できるし、霞ヶ浦も汚れなくてすむから”などの理由で、まず「給餌の適正」に取り組むという意見が多く、表4にも示したように回答数は36名（全体の38%）で最も多かった。「給餌の適正」については、**水質改善策の行動化判断チャート**においても実行できそうだという意見が多く、平均値が最も高かった（表2参照）。まさにこの結果を反映した値が現れているといえる。

また、4つの水質改善策についてさらに検討するために、具体的行動として同じ漁業をしている人達と話し合ったり、調査したりするという意見も多く（表4で15名）、深刻な問題なだけに慎重に事を進めようとする意図が感じられる。

どちらにしても、この霞ヶ浦の水質改善に対する捉え方は生徒一人ひとり異なっているが、養殖業者の立場に立った、つまり現状を把握したうえで、結論を出すことがで

表4 事後アンケートの結果

		3年1組			3年2組			3年3組			3年4組			合計		
		男	女	計	男	女	計	男	女	計	男	女	計	男	女	計
自主減面	(人数)	0	0	0	2	1	3	1	1	2	1	2	3	4	4	8
	(%)	0	0	0	3	3	3	2	3	2	2	6	3	7	11	8
魚種の転換	(人数)	1	1	2	5	2	7	4	2	6	7	4	11	17	9	26
	(%)	2	3	2	8	6	7	7	6	6	11	7	11	28	26	27
給餌の適正	(人数)	7	4	11	6	4	10	4	2	6	6	3	9	23	13	36
	(%)	11	11	11	10	11	10	7	6	6	10	9	9	38	37	38
エサの改善	(人数)	4	4	8	5	2	7	4	3	7	2	1	3	15	10	25
	(%)	7	11	8	8	6	7	7	9	7	3	3	3	25	29	26
話し合い、調査をする。	(人数)	0	2	2	1	2	3	3	0	3	2	5	7	6	9	15
	(%)	0	6	2	2	6	3	5	0	3	3	14	7	10	26	16
県の指導に従う。	(人数)	1	1	2	3	1	4	4	1	5	3	1	4	11	4	15
	(%)	2	3	2	5	3	4	7	3	5	5	3	4	18	11	16
その他の具体的対策※1	(人数)	2	0	2	0	0	0	0	0	0	2	1	3	4	1	5
	(%)	3	0	2	0	0	0	0	0	0	3	3	3	7	3	5
養殖以外の具体的対策※2	(人数)	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	2	1	3
	(%)	2	0	1	0	0	0	2	0	1	0	3	1	3	3	3
消極的行動※3	(人数)	2	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	3
	(%)	3	0	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	3
その他※4	(人数)	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
	(%)	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	2

※1. その他の具体的対策…「漁業組合で浄化施設を作るようにする」、「食べ残した餌を再利用する」、「魚を多く売る努力をする」
「ブラックバスを減らす」、「水温を保てるような工夫をする」

※2. 養殖以外の具体的対策…「アオコを除去する」、「汚い水を流さないようにする」、「洗剤の使い過ぎ、油の処理、生ゴミの処理
に注意する」

※3. 消極的行動…「やらない」、「とくにない」、「すぐには取り組めない」

※4. その他…「これからの行動計画を立てる」、「養殖業について知識、理解を広げていきたい」

表5 事後アンケートの結果

養殖業者のあなたは、県の指導に対してどう行動しますか。

	具体的行動（明日からとる行動）	その理由
3年1組8番	まずはこれからの行動計画を立てる。 例えば、まずは餌の機械を買う。まだ設置しないで魚種の転換をしながら網いけすの数、自主減面したところで、機械を設置する。	最初はきちんと計画を立てることが大切だと思う。 。何の手順もなしにしているとエコシステムや家計などにもひびいてくると思うから。僕の考えの順じゃなくても計画の際に考えておくことが大切と思う。
3年1組11番	餌を適量にする（今よりも減らす）	餌の調節ならば、魚種の転換みたいに養殖業者の人達が一から始めなくていいから まずは汚れを減らすようにするよりも、汚れの進むのを食い止める方が効果もあると思う あと、県は餌の調節の機械を業者にたくさん買ってあげる方がいい。
3年1組12番	できるだけ魚種を変えていったり、餌の改良をする。	今までの餌がいらない、植物プランクトンを食べる魚に変えれば、水をこれ以上汚さないようにできるし、アオコを食べるならきれいにしていくこともできるから。 餌を改良すれば、今まで養殖していた魚の残した餌の分の汚れがでないから
3年2組4番	給餌の適正、エサの改善は認めるが、こっちも生活がかかっているの、強硬に、魚種の転換、いけすを減らすのは反対する。	霞ヶ浦は汚したくないけど、生活のために仕方がないが、最低限のことはしようと思う。ただ、魚種の転換となると、今までと同じか今まで以上に売れるのならいいけれど、やっぱり育て方が違うし今になっては遅いと思う。
3年2組12番	エサの改善や自動給餌機の購入。 鯉の養殖をやめ、値段が高く買い取ってくれて、なおかつ餌のいらない魚（レンギョなど）に変える。	家族と最低限の生活だけでもできるように、中国で高級魚とされているレンギョなどの養殖を始める。そのお金で餌を改善したり、自動給餌機を買い、鯉の養殖と両立する。
3年2組17番	プランクトンを食べるハクレンなどの魚を養殖する。魚を転換する。	霞ヶ浦のために少しでも多くのプランクトンを食べてもらい、そして水をきれいにするため。
3年2組28番	養殖業のなかまと話し合ったり、資料を集める。	情報を多く取り入れて、これからの行動にミスがないようにするために。
3年2組30番	その指導を実施するためにいろいろな調査をする。（例えば、どういう餌をやればいいのか。どういう魚種がいいのか。など）	何も分からないで、その指導を実施しても失敗をしてしまうと思う。自分がやるべきことについて十分に調査をしてから、実行したほうがいいと思うから。
3年3組6番	高カロリーで少ない餌にする。	餌の食べ残しが少ないので、水があまり汚れないし、お金がかからない。
3年4組9番	エサの改善	自主減面はできないし（利益が減るから）、すぐには魚種も変えられないし（時間や費用がかかる）、餌ならなんとか改善できる気がする。
3年4組16番	餌のやり過ぎに注意する。	餌のやり過ぎで、その残った餌で霞ヶ浦の水を汚しているのならば、残らない程度に餌をやっていけば、餌代も節約できるし、霞ヶ浦も汚れなくですむから。

きているといえる。生徒たちは**水質改善策の行動化判断チャート**を用いた各水質改善策についての意思決定に基づき、総合的な観点から今後の具体的行動について考えているということが伺える。

おわりに

今回の実践授業では、鯉の養殖と霞ヶ浦の水質改善の取り組みの相互関連を取り上げ、霞ヶ浦の水質汚染問題を現実の問題として生徒たちに捉えさせることを目指した。

生徒たちが鯉の養殖業者の立場で、霞ヶ浦の水質改善策に対してどのように捉えるべきかの判断的思考（Critical Thinking）をすることは、イシューズに対する意思決定から行動化につなげる際の重要なスキルである。その具体的指導方法として、今回**水質改善策の行動化判断チャート**を開発し、これを用いた指導の実践を行った。その結果生徒たちは、鯉の養殖と霞ヶ浦の水質改善に関する様々な要因を考慮し、総合的な観点から判断的思考を行い、意思決定できることが示された。今回は鯉の養殖というこの地域独特の事例での実践であったが、これは、他の教材においても同じような効果が期待できるものであり、生徒たち自身が取るべき行動について、意思決定をするような際の有効な指導方法であるといえる。

このように今回の実践授業において、意思決定から行動化の過程における具体的指導方法としての**水質改善策の行動化判断チャート**の有効性を明らかにすることができた。本研究のこれからの課題としては、今回、鯉の養殖業者の立場に立って、霞ヶ浦の水質改善策について行った、意思決定から行動化の過程における具体的指導を基に、今後は、生徒たちが霞ヶ浦の水質汚染問題を自分たちの問題として捉え、霞ヶ浦の水質改善に向けた意思決定に基づく具体的行動ができるよう目指すことにある。

引用文献

- (1)長洲南海男 (1994) . 科学教育のニューパラダイムとしての S T S 教育(I)歴史的
背景－N S T A の 1982 年と 1990 年の S T S 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.
- (2) National Science Teachers Association (1990). Science/Technology/Society/; A
New Effort for Providing Appropriate Science for All. Position Paper. Washing-
ton,D.C. National Science Teachers Association.
- (3) P.Tamir, R.E.Yager, L.Kellerman and S.M.Blunck(1991). The Iowa Assessment
Handbook. Iowa City, Iowa; The University of Iowa, Science Education Cen-
ter.pp.1-81.
- (4) R.E.Yager(1989). Development schemes and the evaluation of student perform-
ance in science/technology/society education. (A proposal prepared for the
graduate college, University of Iowa). Iowa City, Iowa; The University of Iowa,
Science Education Center.
- (5) R.E.Yager, S.M.Blunck and M.Ajam,(1990). The Iowa assessment package for
evaluation in five domains of science education. Iowa City, Iowa; The University
of Iowa, Science Education Center.
- (6) P.Tamir, R.E.Yager, L.Kellerman and S.M.Blunck(1991). op. cit. (3).
- (7) National Science Teachers Association (1990). op. cit. (2).
- (8)今村哲史、川島則夫、長洲南海男 (1994) . 中学校理科の意思決定支援ツールに焦
点化した意思決定指導プログラムの開発－S T S アプローチによる「霞ヶ浦周辺の
水環境保全」を題材として－. 日本理科教育学会関東支部大会発表資料.
- (9)今村哲史、川島則夫、長洲南海男 (1995) . 中学校レベルの環境イシューズに関す
る意思決定指導プログラムの開発 (3) －「意思決定マトリックス」を用いた事例
研究－. 日本理科教育学会東北支部大会発表資料.
- (10)長洲南海男、川島則男 (1996) . S T S イシューズに対する意思決定の指導－中学
校理科における霞ヶ浦の水環境汚染を事例に－. 理科の教育 4 月号. 47.

謝辞

本研究への文部省科学研究費補助金による援助に対し厚く感謝するとともに、研究全般に渡って、常に暖かいご指導とご協力を頂いた、研究分担者である静岡大学教育学部教授、久田隆基先生、そして筑波大学教育学系教授、長洲南海男先生に心から感謝の意を表します。また、研究遂行に当たり、ご協力を賜った次の研究協力者の各位に深く感謝の意を表します。

研究協力者：	小松 久郎	静岡県立引佐高等学校・教諭
(敬称略)	筒井 昌博	焼津市立大富中学校・教諭
	小林 俊行	由比町立由比中学校・教諭
	吉田 直子	筑波大学大学院修士課程教育研究科院生
	小野 禎文	静岡大学教育学部・卒論研究学生
	久保輝利子	静岡大学教育学部・卒論研究学生
	山本 由香	静岡大学教育学部・卒論研究学生
	中村 東吾	静岡大学教育学部・卒論研究学生

また、本研究を進めるに当たり、御協力下さった多くの研究協力者の方々に厚くお礼を申し上げます。

平成8年3月

研究代表者

熊野 善介
静岡大学教育学部