

地学教育

第52巻 第2号(通巻 第259号)

1999年3月

目 次

総 説

地学教育における総合学習としての環境教育の変遷……………青野宏美…(37~51)

原著論文

パーソナルコンピュータによる津波の数値シミュレーション

—奥尻島周辺海域……………岡本義雄…(53~62)

地学野外学習の実施上の課題とその改善に向けて

—東京都公立学校の実態調査から……………宮下 治…(63~71)

学会記事 (52)

日本地学教育学会

平成 11 年度日本地学教育学会総会開催案内

日本地学教育学会会長 榊 原 雄太郎

下記により、平成 11 年度の日本地学教育学会総会を開催いたします。ご出席くださいますようご案内いたします。

なお、やむを得ずご欠席の方は、別添委任状に、ご署名・ご捺印いただき、平成 11 年 4 月 9 日 (必着)までに、学会事務局にご返送ください。

1. 日 時 平成 11 年 4 月 17 日 (土) 午後 2 時より
2. 場 所 国立教育研究所 本館 4 階大会議室
(目黒駅より東急バス大岡山小学校前行き「目黒消防署前」下車徒歩 5 分)
3. 議 事
 - 1) 報告事項
 - ①平成 10 年度事業報告
 - ②平成 10 年度決算報告
 - ③平成 11 年度役員選挙結果
 - 2) 審議事項
 - ①平成 11 年度事業計画 (案) 審議
 - ②平成 11 年度予算 (案) 審議

地学教育フォーラム：「総合的な学習の時間」の考え方

今回のフォーラムは、新学習指導要領の理科 (地学領域) と総合学習の捉え方についての討論を主としたものです。講演される先生方には、それぞれの「総合的な学習の時間」の捉え方とカリキュラム編成の考え方をお話ししていただく予定です。多くの会員の参加をお願いいたします。

1. 日 時 総会終了後 午後 3 時より
2. 場 所 総会会場
3. 講 演
 - 1) 総合的な学習について
 - 2) 小学校学習指導要領について
 - 3) 中・高等学校学習指導要領について

工藤文三 (国立教育研究所)
小林道正 (東京学芸大学附属小学校)
下野 洋 (国立教育研究所)

総説

地学教育における総合学習としての環境教育の変遷

青野 宏美*

はじめに

「宇宙船地球号」の限られた地球空間の中で、「地球市民」が「自然環境との共生」と「持続可能な発展」を目指して世界全体が変化しつつある。宮本(1991)は、日本環境教育学会の特別講演において、政治経済学者から見た環境問題の基本的な考え方を述べた。それによると、『80年代になると重化学工業中心の産業構造からハイテク型・情報型・サービス型の産業構造に変わり』、『急性激発的な公害問題』から『慢性的な微量複合長期汚染に基づく公害問題』へと環境問題全体のあり方が変わってきたとしている。現在は環境が保全されるように新しい成長・発展を考える時期であって、『持続的発展』は、今までの『調和論』を180度転換した考え方であるとも述べている。

1992年には、国連環境開発会議(地球サミット)が開催され、これに関連して2つの環境教育国際会議(「環境教育探求の旅」国際会議・環境と開発に関する教育およびコミュニケーションのための世界大会)が、『持続的発展/開発(SD)』の概念を柱として行われた。井上(1993)は、この2つの国際会議について詳細に紹介し、さらにSDと環境教育について論じた。この中で、今後の課題として、①環境教育において地球規模の問題理解が不可欠であること、②SD問題の社会的側面を重視した問題解決を挙げ、『環境教育の全体像を大きく捉えた上で、自らの取り組みを地球市民社会全体の中で見失うことなく適切に位置づけ』る必要性を強調した。また、日本ではこの地球サミットでの内容を踏まえたかたちで、1993年に「環境基本法」が公布・施行された。『環境基本法は、①環境の恵沢の享受と継承等、②環境への負荷の少ない持続的発展が可能な社会の構築等、③国際的協調による地球環境保全の積極的推進という三つの基本理念』から成り、当時の村山内閣のもとで「環境基本計画」が閣議決定された(富井, 1996)。

1997年の11月に「教育課程の基準の改善の基本方向」(中間まとめ)が文部省に提出された(教育課程審

議会, 1997)。その中間まとめでは、『ゆとり』を持って『生きる力』を育むことを重視し、平成15年度からの完全週5日制を前提とした『授業時間数の削減』、知識の詰め込みからの脱却を目指した『教育内容の厳選と基礎・基本の重視』、自ら学ぶ力と生きる力を養うために国際理解・外国語会話・情報・環境・福祉などの『総合的な学習の時間』を導入することが重点項目として盛り込まれた。また、①豊かな人間性や社会性、国際社会に生きる日本人としての自覚の育成、②自ら学び自ら考える力の育成、③ゆとりのある教育活動を展開する中で、基礎・基本の確実な定着と個性を生かす教育の充実、④各学校が創意工夫を生かし、特色ある教育を展開することの4点が、『教育課程の基準改善のねらい』として挙げられている。このねらいには、従来の偏差値教育に見られる知識編重主義を廃し、『学び方を学び、ものの考え方を身につける』ことが重視されている。まさに、児童・生徒のみならず、教師も総合的に学ぶ時代が到来したといえよう(読売新聞, 1998)。自然体験や観察・実験を通して総合的なものの見方を育てるために、地学教育に対する期待は増し、教育課程審議会の答申にある『各学校が創意工夫を生かし、特色ある教育』は、すでに環境学習としてさまざまな学校が実践的な授業を行い、成果を上げている。

本論では、地学教育における環境教育の変遷を理科教育・地学教育・環境・環境教育・生物教育・科学教育・環境情報・教科教育などの学会誌を中心に検索し、地球環境問題が、高等学校の環境教育(文部省, 1991; 1995)として各教科・科目の教科書や資料集の中で、どのように扱われているのかという現状を調べた。さらに学校教育の中で現在問題となっている課題とこれからの総合学習としての環境教育に対する今後のあるべき地学教育への展望を探った。

1. これまでの地学教育を中心とした環境教育

自然科学は、客観性を重んじ科学的真理を追究していく学問であるが、学校教育においてその内容が『分

* 東京成徳大学高等学校 1998年9月4日受付 1999年2月27日受理

析的思考の無限の可能性を信じると、物質万能、自然を征服できるという方向を指す必然性を持つ』危険性があるとして渡部(1975)は「地球自身が一種の宇宙船である」という1970年のニューヨークタイムズの社説を引用し、自然環境問題と学校教育について論じた。そこでは、①環境問題は人類が初めて遭遇した難題であること、②環境問題の目標は『豊かな人間環境の到達』であること、③学校教育では、自然の探究が基礎になって、社会人になったときに遭遇する事柄に対して自分で判断し得る素地を培うこと、④人間環境の保全を自分の問題として把え、ささやかでも必然的に生産される汚染源を処理することなどを提唱し、そのためには「人間科学」の健全な前進が必要であるとした。この「環境」という言葉は、古くから用いられているが、従来は主として植物や動物を取り巻く「環境」、すなわち生態学的な意味として用いられてきた。沼田(1978)によれば、『1968年ごろから世界的に注目されるようになった環境問題は、まさしく「人間の環境」に視点が当てられた』とした上で、『環境教育の目標を人間のより良きより長き生存のための人間生態系の最適化を目指すもの』と考えた。そのためには、『自然誌教育や自然保護教育』、あるいは『環境保全教育』が必要であるとして、『広い意味の「人間生態系の教育」を行うための『インテグレートッド・カリキュラム』を考究すべきであると主張した。

1970年代の日本では、環境教育とは公害対策教育・環境問題を扱う教育方法が主流であったのに比べ、欧米、特にアメリカでは1970年に環境教育法が制定され、学校教育のあり方を問う教育改革を狙った運動が進展した。恩藤(1979)は、1970年代に行われた国際環境教育会議とアメリカにおける自然観察を中核とした環境教育運動の流れの中から、特に地学教育と関連の深い思潮を紹介し、地学こそ新しい環境教育を実践できる領域(小学校理科のC領域・中学校理科の第2分野・高校理科Iの地学領域・高校地学)であると、当時の日本は『因果律を示す抽象概念を早く習得さすべきだとする考え方が、環境教育的な考え方よりもはるかに優性』であると主張した。確かに、地学領域と環境教育の領域とは重複する項目も多いのも事実であるが、総合化された環境教育を地学領域のみでカバーするには無理があり、さらに幅広い科目領域の統合が必要と考えられる。

稲森(東京学芸大学)を研究代表者とする科学研究費総合研究(A)班は、『学校における環境教育は、総合

的に統一的に扱われるのが理想である』として、環境教育の体系化をはかるために、計700クラス分の小・中・高校における児童・生徒の自然観に関するアンケート調査を行った(稲森ほか、1980)。その調査結果は、稲森・平山(1981)によってまとめられ、『生長に応じてどのような環境・現象に眼が向けられていくのか、あまり関心がないのは何かなどは、カリキュラム作製にあたって役に立つ』と考え、クラス別・学年別に統計処理され、アンケート各項目間の関係は、デンドログラム図によって表示された。

戦後の日本では、経済成長が進むにつれ、水俣病などの公害が頻繁に起こり始め、「環境と人間との関連」についての議論が盛んになってきた。鈴木(1982)は、1973~1982年を『環境汚染と資源枯渇に直面する社会』として捉えた。また、1970年代に開催された環境教育に関する国際会議(国連人間環境会議、1972; 環境教育ワークショップ、1975; 環境教育地域専門家会議、1976-77; 環境教育政府間会議、1977)(表1)では「自然との共存」がクローズアップされるようになってきた。芦葉(1981)は、1981年に札幌市で行われた科学教育シンポジウムにおいて、環境教育の基本となる共通の考え方のミニマムを示した。すなわち、①生物圏における生物的、物理的、社会的、経済的資本を維持し、できるならこれを増大させること、②空間および時間を組み入れた環境全体としての計画、管理および開発に対して、総合的、科学的アプローチを行うこと、③自然の力を通し、これと一体となって、人間が自然と共に生きる満足感を見出すこと、④子孫に対して責任ある立場を取るための政策を発展させることの4点である。さらに、環境教育と今までの教育との4つの相違点として、①結論の知識を教えるものではないこと、②総合して全体像を把握することの重要性、③討議の場の有効性、④野外教育の必要性を訴えた。同シンポジウムで、佐々(1981)は、地質学の立場から、人間が自然に対して行ってきた役割は、『地球の自然の破壊の歴史である』と同時に、『生活を豊かにする文化・社会文明の華を開く努力の積み重ね』であり、『自然をこよなく愛する心を培う』ための教育としての環境教育の重要性を論じた。また、中山(1981)は、1970年代の上述の国際環境教育会議に出席して、その内容を総括し、野外教育あるいは自然保護教育を重視するアメリカと公害教育に比重を置いた日本における環境教育の原点の違いを明確にした。そして、今後の日本における環境教育の確立と推進のために、①

表1. 本論文中で扱った環境教育に関する主な論文の年代一覧と環境に関連するイベント.
(同じ年代の文献は、アルファベット順)

環境関連の主なイベント	名前	年	掲載誌	題名
環境教育法制定(米), 1970	羽賀	1972	地学教育	欧米における環境保全とESEP本部で開発中のESについて
国連人間環境会議(ストックホルム), 1972	渡部		地学教育	地球科学的思考
環境教育ワークショップ(ハルビン), 1975	渡島	1974	地学教育	環境汚染の一般論
環境教育地域専門家会議, 1976-77	渡部	1975	地学教育	自然環境問題と教育
環境教育政府間会議(ベリス), 1977	沼田	1978	科学教育研究	環境教育について考える
ワシントン条約, 3月-5月条約加入(日), 1980	藤森	1979	地学教育	環境教育の新しい思潮と地学教育
	福森他	1980	地学教育	地学的内容に重点をおいた環境教育の体系化に関する研究
	戸重	1981	科学教育研究	環境教育の現状と問題点, 環境教育の基本となる考え方
	福森・平山		地学教育	児童・生徒の自然観についての調査
	中山		科学教育研究	環境教育の現状と問題点, 困難な流れを通して
	佐々		科学教育研究	環境教育の現状と問題点, 地学と環境教育
「Holt宣言」採択, 1982	沼田	1982	環境情報科学	環境教育のあり方と今後の方向
	小川		環境情報科学	日本における環境教育の流れと問題点
	鈴木		科学教育研究	就学校の小・中学校における理科教育の進捗とその育量
「NACIS」編定書籍編纂, 1985	平田・藤旗	1986	教科教育学会誌	小学校における環境教育に関する調査研究
環境庁「環境教育懇談会」設置, 1986	牧野・高橋		生物教育	高等学校における環境教育の実践
	成田		生物教育	小学校における環境教育の実践
「モントリオール」編定書籍採択, 1987	河原	1987	地学教育	自然保護・環境保全に関する法律
ワシントン条約編定書籍採択, 1988	萩原他		科学教育研究	教師教育としての環境教育における大学の果たす役割
ワシントン条約・モントリオール編定書籍加入(日), 1988	富川他	1989	生物教育	東南アジアの森林破壊を素材とした地球的視野に立った環境教育教材の開発
「ハグ宣言」採択, 1989	鈴木・原田		科学教育学会	環境教育からみた高校「総合教育」とSTS教育
	阿部	1990	理科の教育	アメリカにおける環境教育カリキュラム
「日本環境教育学会」設立, 1990	浜田		理科の教育	環境教育と科学
	鈴木		理科の教育	理科における環境教育のあり方
環境教育指導資料(中学校・高等学校編) 文部省, 1991	藤岡・柴山	1991	環境教育	「地学教育」の中での環境教育
	熊野		科学教育研究	STSAプローチと環境教育
	丸山		環境教育	自然の循環論に基づく「環境科学」教育の体系化について
	富本		環境教育	持続可能な発展と環境教育
	大洲		理科教育学会研究紀要	STS理科カリキュラムに関する基礎的研究I
	榊原		地学教育	NO ₂ の調査による環境教育の試み
	下野		地学教育	野外活動における児童の自然環境のとらえ方
	Stolarski et al		Geophys.	Total ozone trends deduced from Nimbus 7 TOMS data
	杉本・樹藤		生物教育	水生動物の観察による水環境保全へのアプローチ
国連環境開発会議(地球サミット), 1992	阿部	1992	地学教育	高等学校(地学)における環境教育
「環境教育探究の旅」国際会議 (ワシントン), 1992	丸山		環境教育	授業書「環境科学」による「環境科学」の基本概念の形成
環境と開発に関する教育及びコミュニケーションのための世界大会(ワシントン), 1992	正木		地学教育	学際性を重視した環境教育の試み
	鈴木・戸北		科学教育研究	中学生と教師の環境に関する認識の実態
「環境基本法」施行(日), 1993	井上	1993	環境教育	地球市民意識と環境教育の社会性
	小林・山田		環境教育	環境教育の基礎としての原体験
	松原		環境教育	環境教育へのSTS的視点の導入
	大島・藤島		理科教育学会研究紀要	小・中・高校生の自然環境および環境問題への認識に関する基礎調査
	水野	1994	地学教育	星雲衝突の環境問題
	長尾・木谷		理科教育学会研究紀要	環境教育の教材としての「森林」についての一考察
	小川		人間と環境	環境教育への公的な取り組みの動き
	大島		環境教育	環境問題の学習教材化に関する基礎的研究
	鈴木		環境教育	中学校・高等学校における環境教育の実践例に関する研究
環境教育指導資料(事例編) 文部省, 1995	熊野他	1995	理科教育学会研究紀要	自作の比色計とコンピュータを用いた大気汚染調査の教材化
	萩原		地学教育	高等学校地学における顕性雨とそれに関連した現象についての学習の試み
	萩原		地学教育	高等学校地学における自然放射能に関する実践授業
	大島		理科教育学会研究紀要	理科の環境教育における「日常生活様式」の学習についての一考察
	佐々木		太陽紫外線防御研究	太陽紫外線(UVA, UVB)の地上計測技術の進歩
	下野		地学教育	環境教育についての一つの提案
	青野	1996	地学教育	八千代市の都市化前線における自然放射能測定
	青野		東京成徳大学研究紀要	東京成徳大学周辺の自然環境
	榊原		地学教育	環境教育をふまえた気象教材に関する基礎的研究: 顕性雨を例として
教育課程の基準の改善の基本方向について(中間まとめ)教育課程審議会, 1997	富井		人間と環境	環境基本法の理念と現実
第7回世界湖沼会議(霞ヶ浦), 1997	和田		環境教育	高等教育における環境教育の現状
国連気候変動枠組条約第3回締約国会議(地球温暖化防止京都議定書), 1997	山田・須藤		環境教育	大学生の環境問題に対する意識と環境にやさしい行動
ECO-ASIA NGOフォーラム	青野	1997	理科の教育	目に見えない素材(電磁波)の測定とその意義
アジア・太平洋環境会議	林野		地学教育	科学的パラダイムに基づく総合理科の理念とその展開例
環境教育シンポジウム, 1998	松川		地学教育	自然科(高等学校の総合理科の新しい教育課程)の試み
	太田		理科	クロス・カリキュラムによる環境学習
	加藤他	1998	地学教育	オゾン層の破壊に関する教材の開発

環境教育の哲学の確立, ②環境教育の哲学と必要性の啓蒙, ③学校教育の中における環境教育の総合的な体系化, ④カリキュラムおよび教材の開発, ⑤担当教員のトレーニングと再教育の必要性を提案した. ③の環境教育の総合化および④のカリキュラム開発は, 学校教育・社会教育・生涯教育などのさまざまな教育分野での試みがなされてはいるものの十分であるとはいえ

ず, ⑤の担当教員のトレーニングもこれからの課題として残されている.

90年代には, さらに環境教育の議論が盛んになり, 1990年には日本環境教育学会が設立された. 藤岡・柴山(1991)は, 『環境教育を進めるにあたっては人間と自然界とのバランスという総合的な視野の育成が必要』であると考え, 高校生を対象とした『地学教育の

中での環境教育』について論じた。その中で『地学分野の中で環境教育を行うことが新カリキュラムで最も理想であるし、効果的であると考え』、実践例として『都市気候・都市災害の教材化、自然災害の教材化、教室における野外教材の開発、野外巡検のルートの開発』などの大阪での地域性を生かした環境をテーマとする教材開発を行った。

熊野(1991)は、アメリカにおける環境教育の歴史的背景を詳しく調べた結果、アメリカでは環境教育運動が盛んになる一方、理科・数学教育の軽視と国際比較における学力の低下を報告している。また、環境教育と似たような題材も扱うが、質的にはかなり異なる『STSアプローチ』の背景として、アメリカの理科教育の現状分析とその目的を示し、環境教育との比較を行い、『環境教育のピークは、1980年から1985年の間』にある一方、1989年以降は『全米レベルでの「STSアプローチ」を主軸とした理科教育』になっていくとした。このSTS教育運動は、イギリスに端を発し、1980年代以降欧米を中心に広がった。鈴木・原田(1989)は『STSとは、Science/Technology/Societyの略であり、これら3つの関連性を理解させ、科学や技術の利用のありかたについて意志決定する能力・態度などを身につけさせることをめざした教育』であると説明し、『環境教育は科学文明再検討教育』であると考えた。さらに、『既設の教科・科目で分担する』べき候補として、当時新設された「総合理科」を挙げ、『エネルギー資源との関係で、動力技術の歴史の変遷を例にした教材を作成する』ことを提案した。大洲(1991)は、『強固に保持されている伝統的科学観が、STS教育運動のわが国への波及を阻んでいる』とし、『現代的科学観を基盤とした理科教育の枠組みの可能性を再検討』すべきであるとした。松原(1993)は、『環境教育を環境問題解決についての教育であると捉え、環境問題は、科学技術を介した人間と自然との間の問題である』として『環境教育における経験学習を補完するものとして、STS』的視点の導入を提唱した。

小林・山田(1993)は、環境教育の基盤に『原体験(五官(感)をともなった自然とのふれあい)』を位置づけ、その重要性和日本の風土にあった環境教育のアプローチの必要性を述べた。その内容として原体験を『日本の風土に根づいている自然物を素材』とした『火、石、土、水、木、草、動物の7類』に分けてその具体例を示し、特に『幼少期に原体験を豊富にもたせ、

その後、自然教育や環境保全教育を系統的に行う』べきだとした。

正木(1992)は、自然地理学習の立場から学際的なアプローチによる環境教育を実践する目的で、文部省による「研究開発学校」である東京学芸大学付属高等学校大泉校舎の高校3年生を対象として、『気候を主とした自然環境の認識と、人間とのかかわりを重視した自然観の育成を主題』とした『環境科学C』を新たに開設して授業を行った。また、下野(1995)は『学校での環境教育は、多くの教科、道徳、特別活動を通して環境教育的な視点から多面的に扱い、対象となった事象を総合的に学習できるようにすることが大切である』として単一教科に限らない横断的・総合的な環境教育の試みがなされた。

小学校・中学校・高等学校・大学校ではどのような環境教育が行われてきたのか？

学習段階に応じた各学校別に、環境教育の変遷を概観するために、図書館で「環境」または「環境教育」というキーワードで文献の検索を行うと、数多くの論文がヒットして、その数は年を追う毎に膨大な数になる。それらの文献の中から、これまでの地学教育を中心とした環境教育の資料として、表1に示した学会誌を中心として、特に地学教育・環境教育に対して重要と思われるものを選定した。表1以外のもや国会図書館が所蔵していないものは、一般の人が調べることができないので、原則として割愛した。新カリキュラムにおける総合教育ではどのような授業を行えばよいのかを各学校が必死になって模索すると同時に、すでに実践的な環境教育に対する授業を行っている学校もある。各学習段階に応じた環境教育の実践例や教育研究例を小学校から順に、中学校、高等学校、大学校別に記載し、その成果を追ってみた。

小川(1982)は、日本における1980年代までの公害教育、自然保護教育、自然学習、地域学習や環境教育の流れを概観して問題提起を行った。また、『環境教育推進のための留意点』として、①科学的態度の育成、②モノの倫理(ものの流れと量に対する意識)、③環境倫理の補強、④環境保全や自然保護運動などの運動に学ぶことを挙げ、広い視野を持った『教育実践者(リーダー)』の養成と『環境教育の系統化』の試案を提示した。

平田・降旗(1986)は、1984年に都市部としての東京都と地方部としての長野市・松本市を除く長野県の

小学校教師に対して、環境教育に関する意識調査を行った。その結果によれば、『理科の既存の内容に対して、環境教育的なものをもっと含めるべき』であり、『地球的環境の視野から、人間と環境とのかかわり方を考え』、『自然環境にかかわる内容を重視』し、『指導は、低学年段階からが望ましく・・・既存の教育課程の枠組みの中で』、『全ての教師によって行われるべきである』とした。

成田(1986)は、船橋市内の小学校において、環境教育の目標として育てたい子ども像を設定した。子ども像実現の基本は、①自然離れの傾向の強い子ども達に自然に触れる機会を多くすること、②環境問題の現状を自らの目で確かめさせること、③実践活動の中から体を通して気づき、感じ、学ぶことにあるとして、学年の発達段階に即した環境教育の指導内容を開発した。実践の結果、児童の態度や行動に変化が現れた要因として、①身近な生活や自然環境の中からの素材の発見と体験活動を重視したカリキュラムの開発、②地域環境の保護保全を目的とした県や市の行事への学校の積極的な参加、③教師の自然観察会等による身近な自然探究の努力を挙げた。

下野(1991)は、『自然環境を科学的に探求する能力と態度を育成し、人間と自然環境との調和及び人間と自然との共生を図る』ことが大切であるとして、岐阜県の小学生を調査対象とした土壌の観察による『身近な自然環境に目を向けさせる工夫』を行い、児童の自然環境のとらえ方には野外活動が重要であることを示した。

大嘉・藤島(1993)は、鳥取県内と大都市圏における小・中・高校生に対し、環境認識に関して質問紙法によるアンケートの基礎調査を行った結果、『児童・生徒の環境に対する認識は、単なるマスコミからの知識であり、生活体験や自然保護・環境保全の実践活動を通して体得したものではないと推察し・・・環境倫理の問題にまで踏み込んだ検討』をすべきだと主張した。大嘉(1994)は、『今日の地球環境の抱える諸問題として何がどのように問題視されているのかの理論的学習を進めることが、まずは地球環境学習における指導展開の前提』であるとして、『生徒の日常生活の中や彼らの身近な環境に学習素材を見いだし指導する』ために、『4つの「問いかけ」パターンによる学習事例』を提示した。さらに、重要視すべき指導の視点として、①グローバルな環境諸問題への興味・関心を一層高めること、②環境諸問題を自分たちの日常の身近な生活

問題として捉えること、③環境諸問題を複合的な現象としてより深く理解させ、生徒自らの問題として自覚させ考えさせること、④実践的な活動へ積極的に参加する能動的な態度、⑤環境諸問題を客観的に評価し積極的に解決していく能力が肝要と考えた。それらのまとめとして大嘉(1995)は、『環境と関わる人間の日常生活のあり方に関する学習は、これからの環境教育における重要な指導課題』であり、今日の地球環境問題は、『環境に関わる現代文明病である』と考えた。また、『日常生活様式を環境諸問題との関わりを考慮して大きく10項目に分類』し、それらを現行理科の教科の中での位置づけを行い、『各学習内容の中で、環境に関わる日常生活の学習を重点的に取り扱うべきである』とした。各教育段階レベルに応じた学習内容の取り扱い方や身近な日常生活から環境問題を考えさせる学習法に対しては評価できる。しかし、本論文では環境教育に関する学習内容は、各教科からはずして総合学習としてまとめて扱うべきであるとの立場に立ち以下の議論を行う。

鈴木・戸北(1992)は、『物質循環を考慮した上で、環境の認識の実態を把握するとともに、環境教育に関する興味の傾向を明らかに』し、『指導する側の教師と指導を受ける側の生徒の認識の違いを把握する』ことを目的として、福島県郡山市の中学校理科における環境に関する認識の実態調査を行った。その結果、①教師は、現実の環境問題に興味を示す一方、生徒は現実的ではない未来に関することに興味を示すこと、②生徒の環境に関する興味は、マスメディアなどの情報の影響が大きいこと、③教師も生徒も環境汚染の現状を直接調査することに興味を示さない、などの傾向が明らかにされた。

鈴木(1994)は、実践者が学校での環境教育を展開するときに参照できる資料を作る目的で、中・高等学校における環境教育の実践例の特徴を分析した。この報告では、実践内容を『学習内容、学習の目標、学習をとりまく環境という枠組みで分析』した結果、『生徒が葛藤する過程と公共的な価値を模索する過程を意識的に設けること』を提案した。すなわち、相対的な価値から生じる葛藤の経験を行うことにより、『意志決定』を目指した学習ができるとし、『実践者自身が開かれたネットワークに参加して・・・環境倫理の枠組みをつくっていく』重要性についても述べている。

牧野・高橋(1986)は、理科Iの学習内容を対象として環境教育を位置づけて指導計画を立て、埼玉県内

の高校で授業展開を行った。この報告では、『この分野に環境教育の学習内容を重ね、生徒の興味、関心を高めることで、「人間と自然」の学習目標が効果的に達成できる』と考え、『指導要領にかかわるテーマのうち「自然環境の保全」を主軸に教材の再編成を行い、独自のストーリー性を持たせ』、さらにその指導法の改善を行った。

和田(1996)は、1993～1995年の2年間に得られたアンケート調査を基にその内容を分析し、『高等教育機関における環境教育の実態を外観』した。その報告の中で、①環境教育科目の増加、②専門教育よりも一般教育における環境教育の増加率が大きいこと、③副専攻教育としての環境教育の実施、④社会・人文・総合系科目の増加、⑤講義中心の教育、⑥環境教育科目の必修率が低いことなどを特徴としてまとめた。

山田・須藤(1996)は、東北大学の1年生と工学部人間環境系の2年生に対して、『理科系の学部所属する大学生に必要な環境教育を推進するための研究課題を明らかにする』目的で、大学生の環境問題に対する意識とその行動の現状を選択肢による質問紙法でアンケート調査を行った。その結果報告によると、『行動を通しての環境教育の効果』を図るためには、『市民グループや環境NGOの活動を授業に組み入れ』た『参加型環境教育』が必要であるとした。

渡部(1972)は、『近年、自然科学の基礎研究の進歩に伴う科学技術の発達による文明が環境汚染や破壊と呼ばれる大きなひずみとなって現れたことに気づき・・・この問題の基本的な部分は大学の教養課程でも取り上げてよい』と考え『地球科学的思考がその基本になる』として『地球科学(的思考)』カリキュラムの最後に『地球科学的自然観・環境科学の必要性』項目を取り入れ、通年4単位の講義を行った。

荻原ほか(1987)は、アメリカの大学を例として、『教師教育をその改革の方向へ向かって組み変えていく必要』を強調し、以下の3つの提案を行った。①環境教育に関する選択科目を多く設け、環境教育は大学院レベルまたは現職教育レベルで行い、学際性を持った大胆なカリキュラムを導入する。②学内に環境教育カリキュラムを統一的に管理・運営する機関を置く。③各地の「少年自然の家」などの施設を充実し、環境教育の教授経験をつもうとする学生をインターンとして受け入れ(環境教育インターン)、環境教育の実際を体験させ、大学の単位として認める。

上記の荻原らの提言は、現状の大学の教育環境に合っ

た現実的に実行可能な案として評価できる。

浜田(1990)は、『環境問題を扱う環境教育、その基盤にある環境科学』の重要な特徴として、①環境に関する科学は「あいまいさ」を扱い、②現在進行中の科学であり科学的結論は必ずしも得られていないことの2点を挙げ、鳥取・島根県境の「中海」観測と「島根原発」を例に挙げて『科学の偉大さとその限界』について警鐘を鳴らし『環境問題としての反核教育の必要性』を訴えた。

丸山(1991)によれば、『環境科学とは、人間を抜き去った自然を対象化するのではなく・・・自然における人間の自己認識に関する科学』であり、『環境科学教育の内容は、・・・自然を人間との関係において科学的に認識できるように再構成』しなければならないと述べている。また、『環境科学の体型化は、自然の階層性を媒介として、環境に関する個別科学を総合化すること』により可能になると考えて、『環境科学』の3つの領域として、①自然における人間の位置、②自然の社会化の過程、③地球規模の自然変動の成因、を設定し自然階層の各『系列間の相互作用という新しい視点を導入』して、高校における授業書「環境科学」の具体案を作成した。丸山(1992)は、『環境教育の基礎は、「環境科学」に基づく教育すなわち「環境科学」教育といえる』と考え、上記で作成した授業書を用いて実際に北海道の3つの高校で授業を行い、その授業過程と生徒の感想文によって自らの授業書を評価した。この授業書は、質問や問題を中心にQ&A形式で作成されており、学校の授業では、多様な意見に基づく議論や討論が行われた。自らの授業書を作成してそれを実践するという新たな試みに積極的にチャレンジしている姿勢は尊いものがあるが、授業書の内容の第I部の『自然の構造』・『物質の起源』・『生物の誕生』・『人類の出現』は、理科教育の基礎科目としての取り扱いが望ましいと考える。

II. 地学に関連の深い環境問題の教育研究

地学教育に関連の深い大気汚染・酸性雨・森林破壊・オゾン層の破壊・環境放射能・環境保全などの代表的環境問題に関する教育研究の変遷を辿ってみよう。

①大気汚染：戦後の科学技術の発達に伴い、そのエネルギー源としての燃料使用量の増加と自動車交通量の増加を背景として、日本での大気汚染は深刻化してきた。この大気汚染物質としては、二酸化硫黄

(SO₂)・二酸化窒素(NO₂)・一酸化炭素(CO)・光化学オキシダント・非メタン炭化水素・浮遊粒子状物質・降下煤塵等がある(環境庁, 1992)。榊原(1991)は、東京都中央区を調査地域とする中学生の部活動を通して、1989~90年にNO₂測定調査を実施し、天候と交通量との関係について考察を行った。その結果、『身近なところで環境問題を体験することのできるNO₂の調査はまさに環境教育において格好の実習課題』であるとした。水野(1994)は、都市部での「光害」を取り上げて、『星空喪失』の原因は、『大気汚染物質の増加よりは、人工光の増加の方が大きく、より効いているため』であり、学校教育におけるスターウォッチング体験が自然環境について学ぶ好材料であるとした。また、紺野ほか(1995)は、『現行の学習指導要領に見られる「理解する理科」から「調べる理科」への転換』の必要性があるとして、『子どもたち自身が自分たちの地域の大气汚染を、自作比色計とコンピュータを用いた科学的手法で調査する教具システムを開発』し、小学校での環境教育におけるコンピュータ活用による情報処理の有効性を証明した。

②酸性雨：化石燃料の大量消費に伴い、大気中に排出された硫酸化物や窒素酸化物が、大気中で硫酸や硝酸等のミストとなり、酸性度の高い降雨が1950年代にすでにヨーロッパで問題となっていた。日本でも、1960年代から関東地方の杉枯れ現象等の被害が見られ、酸性雨の森林への影響も無視できなくなった(本間, 1992)。荻原(1995a)は、長野県の須坂高校地学部気象班の調査データを活用して、『雨水の酸性度、酸性つらら、市街地を中心としたNO₂濃度』を内容とする『酸性雨に関する調査結果を活用した教材開発』を行った。榊原(1996)は、この酸性雨を取り上げて、1992年に東京都世田谷区内で観測を行い、中学校3年生を対象とした酸性雨測定の学習プログラムを開発した。このプログラムは、①生徒自身による身近な場所での観測、②常時観測点の観測結果やインターネットで提供される酸性雨調査のホームページの観測結果の利用、③地球環境問題に発展させるためのVTRの利用などから構成されている。

③森林破壊：森林は、大気汚染や酸性雨による被害を受けるだけでなく、木材の大量使用や無計画な開発に伴う過放牧・過耕作や略奪的焼畑耕作によっても打撃を受ける。特に近年問題となっているのは、開発途上国における熱帯雨林の破壊である。その結果さらに耕作地の裸地化・砂漠化が進み、野生生物種や遺伝

資源の減少が心配されている(環境庁, 1993)。宮川ほか(1989)は、①総合的な扱い、②モジュール形式、③価値明確化、④功罪表、を教材の特徴とする『東南アジアの森林破壊を素材とした地球の視野に立った環境教育教材の開発』を行った。長尾・木谷(1994)は、世界および日本の森林荒廃と保護の歴史について述べ、『環境教育の教材としての〔森林〕について』考察し、小・中・高等学校の各学習段階における森林教材についての具体案を示した。

④オゾン層の破壊：1982年、南極昭和基地でオゾンホールが発見され、NASAの人工衛星による全球オゾン観測によると、1979年から10年間に全球オゾン量は減少の傾向にあると報告されている(Stolarski *et al.*, 1991)。紫外線は、315 nm以上をUV-A、280~315 nmをUV-B、280 nm以下のものをUV-Cと分類されている。オゾン層の減少による地表への到達量は、UV-Aでは変化せず、現在のオゾン量の10%が減少すると、UV-B量は3倍に増大し、DNA損傷効果は10倍になると予想され(佐々木, 1995)、ヒトの皮膚ガン・白内障誘発・免疫系への影響・陸上植物への影響等が心配されている。生物を含めた非常に局地的環境での生態系の変動を調査するには、ごく限られた地域におけるUV量の変動も無視できず、基本的な環境変動量を把握するために、青野ほか(1996)は、太陽紫外線量の日周及び年周変化の測定を実施した。また、加藤ほか(1998)は、『環境教育で用いられるような複雑な構造をもつマルチメディア教材のネットワーク上での共同利用が可能なデータベースシステムの構築』を目指し、具体例としてオゾン層破壊に関する『教材のオブジェクト指向モデル化』を行い、新たな学習情報データベースを構築した。この教材のデータベース化による一元管理によって、『教材の登録、管理、検索、再利用が効率よく行える』ようになれば、将来有効活用の道が期待され、目の離せない有望な分野となっている。

⑤環境放射能：原子力エネルギーの利用割合が年々増加する中で、1986年4月チェルノブイリ(旧ソ連ウクライナ共和国)の原子力発電所の爆発事故により、大量の放射能が大気中に放出され、その影響はヨーロッパのみならず全世界に及んだ。このような特殊な事故だけではなく、環境中にはさまざまな放射性物質が存在し、人類を含む生物は、宇宙線や大地からの自然放射線を常に浴びている(本間, 1992)。荻原(1995b)は、長野県須坂高等学校の選択地学の受講者

を対象として、簡易放射線測定器「はかるくん」を用いた岩種や地質の違いに対するガンマ線調査を行い、『高等学校地学における自然放射能』に関する授業の実践を試みた。青野(1996)は、千葉県八千代市の自然放射線量を測定し、コンクリートジャングル化による『都市化前線での都市化の指標』を示し、目に見えない素材としての電磁波測定(青野, 1997)が、環境教育

の教材として適していることを明らかにした。

⑥環境保全：こうした環境問題に対しては、持続可能な開発を行い、省エネルギーや資源のリサイクルを通して環境を保護することが必要である。日本では、高度成長期の自然破壊を反省し、自然環境保全を総合的に進めるために、1972年に「自然環境保全法」が制定された(環境庁, 1992)。アメリカでは1970年から

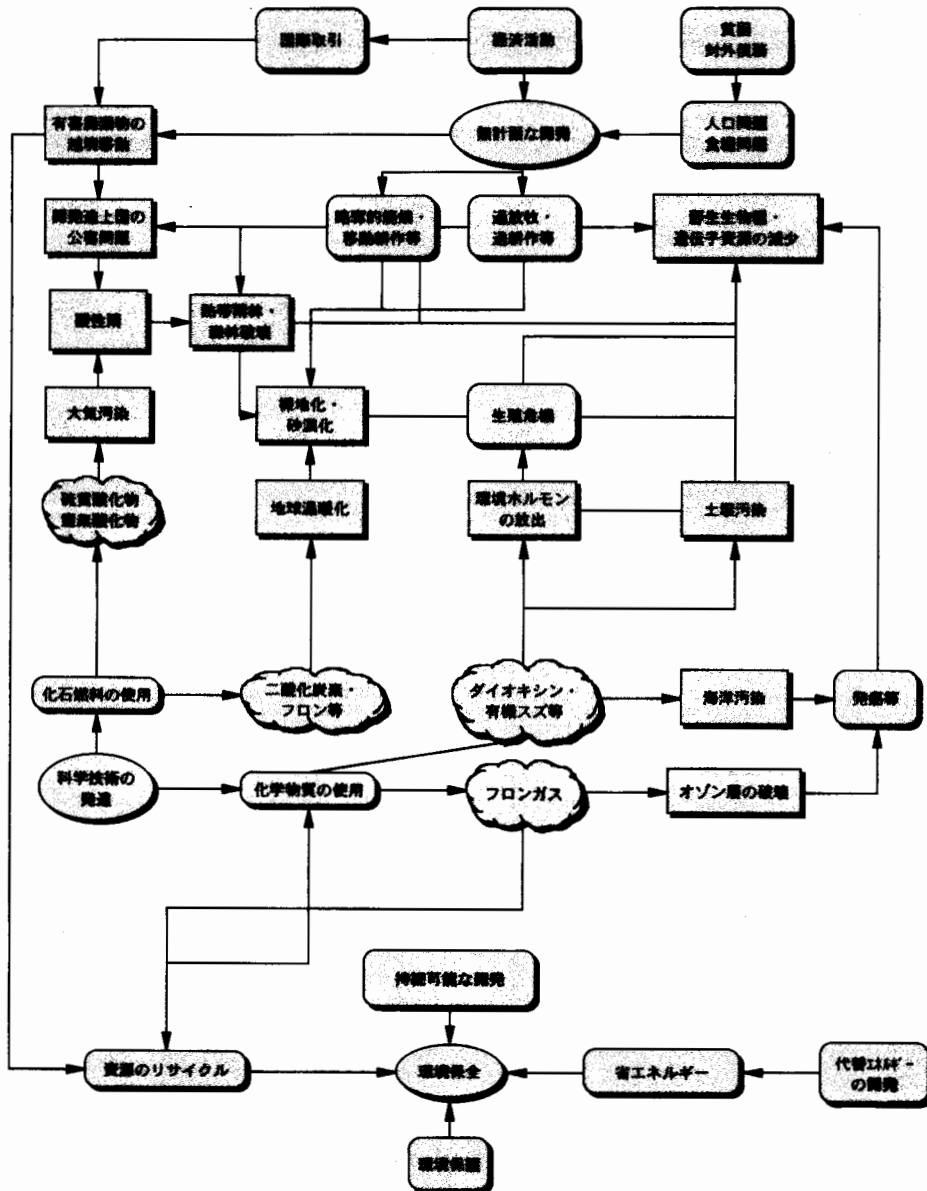


図1. 地球環境問題の相互関連図

開発・科学技術・環境保全の3極を中心に環境問題との関連性を示した。環境庁(1992, 1993)の資料を基に環境保全・環境ホルモン・生殖危機等の項目を加筆した。

Environmental Studies Project (ES) の研究が本格的に始まった。羽賀(1972)は、欧米における環境保全とこのESについて報告し、『ESは理科嫌いな子ども達に学習意欲を起こさせる教材の開発をねらい』として、『課題カードを開発』し、『これまでの教師中心の学習から、教師は課題を与え、生徒自身が活動』して、課題を解決していくのがねらいであるとした。阿部(1990)は、アメリカの『理科に直接かかわる自然(保護)教育、保全教育などに焦点を当てた環境教育カリキュラムを対象』として、①OBIS (Outdoor Biological Instructional Strategies), ②PLT (Project Learning Tree), ③プロジェクト WILD, ④プロジェクト CLASS (Conservation Learning Activities for Science and Social Studies) について報告した。これらの環境教育カリキュラムは、いずれも『手軽に使用できることをめざすモジュール方式を採用』しており、この『モジュール方式を用いた環境教育教材』を日本でも開発すべきであると。日本では、滝島(1974)が『中学校理科第2分野の立場で、自然環境保護とその育成ということをも、水資源をとって指導』した。河原(1987)は、『自然保護・環境保全・文化財保護に関する主な法律について、その精神を確認することは、今後ますます大切になる』として、広島県の場合を例に挙げて「自然公園法」、「文化財保護法」およびそれらに関連する広島県の条例を紹介した。地方自治体が市民に環境保全の実体験の場を提供している例として、杉本・樹藤(1991)による徳島県の鮎食川・勝浦川における水生動物親子観察会による水環境保全へのアプローチや三重県の主催する県内市町村環境教育担当職員研修会(小川, 1994)などが挙げられる。

III. 環境科学への期待

酸性雨・地球温暖化・オゾン層破壊等の代表的な地球環境問題は、それぞれが独立した事象ではなく、図1に示したように複雑にその原因と結果が絡み合い、一つの大きな問題群を形成している。この図は、科学技術が「無計画な開発」と「環境保全」の両者に対して大きな影響を及ぼす両刃の剣であることを念頭に置いて、環境庁による資料(環境庁, 1993)を描き直したものである。

環境科学は、図2に見られるように自然科学の分野がカバーする領域をはるかに越え、社会科学・生命科学・科学技術などの多岐にわたる学際的分野から成る複合科学である(Anderson *et al.*, 1993)。環境問題を

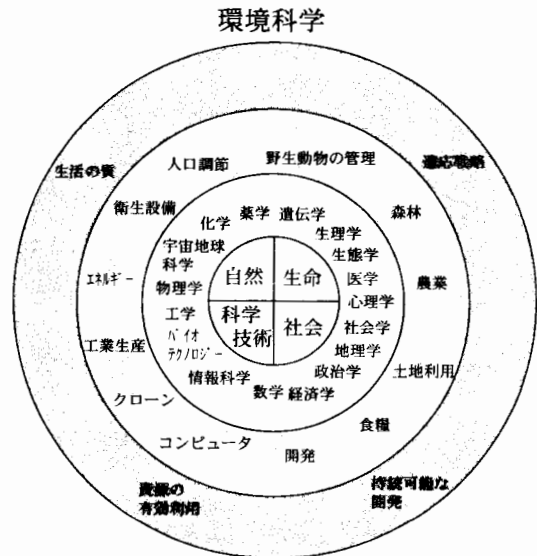


図2. 環境科学の概念

環境科学は、いろいろな専門科学が融合した学際的分野である。Environmental Science (Anderson *et al.*, 1993) を基に自然科学・生命科学・社会科学に加えて科学技術の分野を加筆した。

扱う上での根源となるべき学問は、この環境科学である。地球環境問題を考え、議論する上では、このように様々な領域にまたがる専門分野の科学が融合することにより初めて、環境問題を理解し解決の糸口を見つけることができる。

現在、高等学校において取り扱われている環境科学に関連する項目を調べ、いくつかの教科・科目毎にまとめたものが表2である。この表では、図2の自然・科学技術・生命・社会の大項目に関連の深い項目として、高等学校の教科書中で小項目として扱われている単元を●印とし、単語のみ、または別枠として扱われている項目を○印として分類した。理科・地歴科・公民科が、環境科学関連の項目を取り扱っている主要な教科といえるが、保健体育科(高石ほか, 1996)や家庭科(水谷ほか, 1994)にも環境に関する記述が教科書や資料集の中に見られる。文部省の高等学校学習指導要領(1989)によれば、総合理科の中で、『自然環境を総合的にとらえ、人間の活動が物質循環に及ぼす影響、環境汚染や破壊とその防止策、環境保全の必要性に触れること』としている。また、「環境保全」については化学IAと地学IAで扱われ、生物IAでは、環境保全を含めた「食物連鎖や物質循環」が扱われている。

表3. 自然科の教育課程（松川ほか，1997）における環境科学に関連した項目
網掛の項目は，表2で扱われている項目，またはそれに関連した内容を示す。

大項目	中項目	小項目	内 容				
生 命	7 生物体の組織	(7) 組織	生物を構成する物質	細胞の構造と機能	細胞の組織		
		(4) 代謝	異化（呼吸）	同化（光合成）	生物体内の化学反応と酵素		
		(7) 生殖と発生	生殖と生活環	発生とその仕組み	減数分裂と生殖細胞の形成		
			(4) 遺伝と変異	変異	遺伝子と染色体	遺伝の法則	
		(7) 生命の配列	生命の配列	生物の配列	生物の分類・系統		
			元化石	生物の配列	生物の配列と系統	環境と生物の進化	
		E 生物の進化	7 地球と化石	生物の進化	生物の進化とその過程		
				化石の形成	化石の形成	生物進化における動物群とエネルギーの役割	
		地球	7 地球の構造	(7) 地球と化石	古地球の環境	地球を構成する岩石や地層	岩石や化石による対比
				(4) 地球の進化	地球の誕生	地球時代の区分	プレートテクトニクス
(7) 地球内部の構造	地球の誕生			地球内部の層構造			
(4) 地球の構成物質	火山			岩石	岩石の形成	地球を構成する物質	
宇宙	7 地球の運動	大気と水	日本と熱帯	熱帯と大気の相互作用			
		7 地球の運動	地球の形と大きさ	大気の大気と運動	太陽放射のエネルギーの運送		
物質とエネルギー	I 太陽と星の物理	(4) 地球の力率	地球の自転・公転	地球の形状	力の運動		
		(7) 太陽の形状と密度	太陽放射の強度	太陽放射のエネルギーの運送	力の運動		
		(4) 質量の放射	質量の明るさ	スペクトル型	質量の分類		
		(7) 質量の進化	星雲の明るさ	星雲による進化や寿命の違い			
		(4) 宇宙の進化	宇宙の膨張	宇宙の誕生と年齢			
		7 物質	(7) 物質の構成	分子	原子	物質	
			(4) 原子の構成	元素の周期律	同位体	イオン	
		I エネルギー	(7) 力学的エネルギー	仕事	位置エネルギーと運動エネルギー	原子構造のモデル	
			(4) 熱とエネルギー	熱と温度	熱と温度	熱と仕事	
		7 熱と光	(4) 熱の性質	熱伝導と熱伝達	熱の伝わり方	熱の干渉・回折	
(4) 放射と光線	放射と光線		放射と光線	光の偏み方			
E 電流と電子	7 電流と電子	電流と電子	電流と電子	電流			
		電流と電子	電流と電子	電流			
地球・人間・生物の未来	7 自然の環境とその変化	化学反応	酸化と還元	酸化と還元	エネルギーの運送と保存		
		自然の環境とその変化	多様な生物・岩石・物質の多様性と共通性	生物界の多様性			
		資源とその利用	資源とエネルギー	資源とエネルギー			
		未来への展望	未来への展望	未来への展望			

保健体育科では「環境と健康問題」、家庭科では「衣食住の環境」に焦点を絞った解説をしている。地理 A (矢田ほか, 1996)・現代地理 B (山本ほか, 1998)・現代社会 (小牧ほか, 1998)・倫理社会 (荒井ほか, 1996) では、自然環境のみならず、「人間と環境との関わり」を中心に議論が展開され、環境に対する道義的・人道的問題にも触れられている。

表 2 で重要な点は、この表の右側上部に丸印 (●, ○) が重複して出現していることである。例えば裸地化と砂漠化・酸性雨・地球温暖化・オゾン層破壊・熱帯林破壊・大気汚染・海洋汚染などの項目である。これらは、マスメディアでもよく話題にされている地球環境問題としては特に有名な内容でもあり、どの教科・科目にも採り上げられている共通した内容となっている。学校教育における環境教育 (文部省, 1991) では、『同じ事象が教材として重複して取り上げられる場合が生じる。しかしそれは単なる重複ではなく・・・対象になった事象を総合的に把握できるように心掛けることが望まれる』とある。しかし、これらの重複した項目は、学校内の各教科・科目で緊密に連絡を取り合いながら調整して授業を行わない限り、生徒の側からすれば、何度も同じ話を聞かされることになり、かなりの時間を重複して費やすことになる。校内での教師間の連携や十分な協議が必要である。沼田 (1982) は、環境教育を論ずるときの重要な視点を①自然誌教育、②自然保護教育、③環境保全教育または環境問題教育、④環境科学教育の 4 点に分け、そのかなめとして『環境観ないし環境の哲学と、・・・生態倫理ないしは生物倫理』が重要であり、『自然誌、自然保護、環境保全、環境問題、環境科学、環境観と環境倫理、・・・世界自然保全戦略のような観点』から環境教育を行うべきだとした。鈴木 (1990) は、『環境教育は文明教育』であり、『理科における環境教育のあり方』として、『ら旋階段式の学習』が適切であると、さらに『雑草園』あるいは野草園を学校内に確保することを提案した。阿形 (1992) は、『地学教育で環境教育を行っていく上で地学教育と環境教育のかかわりを明確にし、『地学を存続させる対策と合わせて、地学教育で環境教育を進めていけるような対策』として、大阪府における高等学校地学教育の実態調査を行った。その結果、地学教育の改善策として、①地学担当教師の質の改善、②短大などを含む大学入試に関する改善、③教材開発を含む高等学校学習指導要領の扱い方の改善、の 3 点を挙げ、『実際に地学において環

境教育教材を開発し、実践すること』の必要性を述べた。

松川ほか (1997) は、平成 15 年度からの理科総合科目として、『自然科』の教育課程を提唱し (表 3)、また林 (1997) は、科学的パラダイムに基づく理科総合化の具体案 (指導例) を提唱した。表 3 の中で、環境科学に関連した項目が多数含まれているのがわかる。すでに述べたように、環境科学という学問は、学際的分野であるから、いろいろな教科・科目の中でそれに関連した項目が出てくることは当然であるが、これらの項目の中で、物理・化学・生物・地学のそれぞれの科目に固有の自然科学に関連し、かつ他との重複がない部分だけを基礎・基本として残すことによって、理科の各項目内容を削減し、スリム化することが可能となる。さらに、表 2 に見られるような各教科・科目にまたがって重複した項目は、統合化によって新たに総合学習としての“環境教育”として組み込むことが合理的である。暫定的ではあるが、現状の教育システムの中でのもう一つの打開策としては、正木 (1992) や太田 (1997) の報告にあるような『クロスカリキュラム』による総合的な課題授業の展開例が挙げられる。以上、各先達の意見を参考にして、総合学習としての地学教育における環境教育についてまとめると、

- * 環境教育は、総合的な自然観や生命観・倫理観を導入することが基本である。
- * 市民生活における基本としての環境を教え、積極的に自ら学ぶ態度を身につけさせる。
- * 実際の体験行動により直接環境に働きかけ、身近な生活や自然環境の中で学ぶ積極的な姿勢が重要である。
- * 理科の基礎・基本となる内容は、物理・化学・生物・地学の各科目に残し、重複する項目は環境科学を基本とした環境教育を総合学習として行う。

終わりに

平成 15 年度からの新課程では、教科「情報」が新たに設立され、コンピュータリテラシーを含む情報処理の教育が必修科目として始まろうとしている。将来的には、この教科「情報」と同様に、小学校での生活科が中学・高校に繋がる科目として、文部省の学習指導要領にあるその他の科目としてではなく、新たに教科「環境 (科学)」(仮称) を設立し、独立した必修 (選択) 科目として履修させ、環境科学教育に対する専門的な訓練を受けた専任教員を養成し、21 世紀への環境問

題を解決するための教育を早期に実現することが期待される。そのために有効と思われる改善策を以下にまとめた。

- *既存の博物館・動物園・植物園・プラネタリウムなどの施設の積極的な活用、環境教育学習センター（仮称）を全国各地に設置し、体験的な野外学習の拠点とする。
- *インターネットを利用した環境情報の収集やデータの互換を積極的・恒常的に各学校や施設で行い、日本独自の環境教育HPのネットワークを構築する。
- *環境と関連の深い職業に携わっている人々に直接活動内容を紹介してもらい、参加型の環境教育を目指す。
- *モジュール化した日本版のOEIS (Outdoor Environmental Instructional Strategies) の開発を行い、インターネットのHPに登録する。
- *地球環境問題について調べたことごとについて生徒がプレゼンテーションを行い、ディベートを行える場を設ける。

現在では、すでに教育課程審議会による最終まとめが提出され、21世紀へ向けての新学習指導要領の作成が急ピッチで行われようとしている。欧米からの直輸入版の文化を翻訳しただけの模倣文化からの脱出を図り、世界に誇れる日本独自の環境教育を实践し、人間的な『ゆとり』と『科学的独創性』を育むためにも、総合的な学習を通しての環境科学教育のカリキュラムおよび十分かつ具体的なモジュール授業案作りが早急に望まれる。

謝 辞

本調査研究に当たり、東京学芸大学の松川正樹助教授、岐阜教育大学の榎原雄太郎教授、慶応義塾幼稚舎の馬場勝良教頭、相場博明教諭、板場 修教諭、東京学芸大学付属高等学校の林 慶一教諭、田中義洋教諭、東京学芸大学付属高等学校大泉校舎の大久保 敦教諭、東京都立教育研究所の宮下 治指導主事、東京都立晴海総合高等学校の藤井英一教諭、東京都立日野高等学校の清水政義教諭、芝浦工業大学中学高等学校の坪内秀樹教諭、神奈川県立川崎高等学校の齊藤 茂教諭、千葉県立千葉女子高等学校の米澤正弘教諭、千葉県立佐倉高等学校の山本和彦教諭には、ご討論および貴重なご意見をいただき、深謝いたします。尚、本研究は平成10年度全国地学教育研究大会（盛岡）に

て内容の一部を発表し、平成10年度科学研究費交付補助金（No. 10916009）の一部を使用しましたことをここに記します。

参 考 文 献

- 阿部 治 (1990): アメリカにおける環境教育カリキュラム, 特にモジュール教材について, 理科の教育, 39(457), 16-19.
- 阿形昌宏 (1992): 高等学校〔地学〕における環境教育, 地学教育, 45(5), 193-202.
- Anderson, H. Stanley, E. Ronald Beiswenger, and P. Walton Purdon (1993): Environmental Science (4th ed.), Macmillan Publishing Company, 488 p.
- 青野宏美 (1996): 八千代市の都市化前線における自然放射線量測定, 地学教育, 49(6), 217-221.
- 青野宏美・金子一郎・西澤利栄 (1996): 東京成徳大学周辺の自然環境, 東京成徳大学研究紀要, 3, 241-248.
- 青野宏美 (1997): 目に見えない素材〈電磁波〉の測定とその意義, 理科の教育, 46(544), 781-783.
- 荒井良夫・大藪敏宏・小寺 聡・高元厚憲・山田真茂留 (1996): 新課程倫理用語集, 山川出版社, 33-36.
- 芦葉浪久 (1981): 環境教育の現状と問題点, 環境教育の基本となる考え方, 科学教育研究, 5(3), 84-85.
- 藤岡達也・柴山元彦 (1991): 「地学教育」の中での環境教育, 高校地学における取り組みから, 環境教育, 1(2), 39-47.
- 羽賀貞四郎 (1972): 欧米における環境保全とESEP本部で開発中のESについて, 地学教育, 25(5), 134-137.
- 浜田真人 (1990): 環境教育と科学, 理科の教育, 39(457), 12-15.
- 林 慶一 (1997): 科学的パラダイムに基づく融合理科の理念とその展開例, 地学教育, 50(5), 175-187.
- 平田昭雄・降旗勝信 (1986): 小学校における環境教育に関する調査研究, その実状とありかた, 日本教科教育学会誌, 11(1), 33-41.
- 本間 慎 (1992): データガイド地球環境, 青木書店, 269 p.
- 稲森 潤・山下修二・平山勝美・関利一郎・徳永正之・高瀬一男・石井 醇 (1980): 地学的内容に重点をおいた環境教育の体系化に関する研究(その1), 地学教育, 33(4), 151-160.
- 稲森 潤・平山勝美 (1981): 児童・生徒の自然観についての調査, 集計結果の報告(1) Bタイプ, 地学教育, 34(1), 25-40.
- 井上有一 (1993): 地球市民意識と環境教育の社会性, 二つの国際会議(IJEE/ELO-ED)から, 環境教育, 2(2), 48-53.
- 加藤浩文・伊藤佐智子・細川泰史・下井文彦・佐々木敦司・大西慶太・古賀真澄・渡部重十 (1998): オゾン層の破壊に関する教材の開発, 地学教育, 51(4), 149-157.
- 環境庁長官官房総務課 (1992): 最新環境キーワード, (財)経済調査会, 202 p.

- 環境庁地球環境部 (1993): 改訂地球環境キーワード辞典, 中央法規, 175 p.
- 河原富夫 (1987): 自然保護・環境保全に関する法律, 地学教育, 40(2), 37-43.
- 小林辰至・山田卓三 (1993): 環境教育の基盤としての原体験, 環境教育, 2(2), 28-33.
- 小牧 治・平田清明・星野安三郎・宮崎和夫・葦名次夫・石川久博・井口 靖・岡田信昭・川村英明・熊田 巨・杉原 安・谷田憲治・三澤信吾 (1998): 高等学校新現代社会 改訂版, 現代社会の課題を探る 95 の視点, 清水書院, 44-65.
- 紺野 昇・大塚淳子・杉本良一 (1995): 自作の比色計とコンピュータを用いた大気汚染調査の教材化, 小学校における定量的環境調査の導入, 日本理科教育学会研究紀要, 36(2), 11-20.
- 熊野善介 (1991): STS アプローチと環境教育, アメリカ合衆国の最近の理科教育の動向その 1, 科学教育研究, 15(2), 68-74.
- 教育課程審議会 (1997): 教育課程の基準の改善の基本方向について (中間まとめ), 55 p.
- 牧野彰吾・高橋 守 (1986): 高等学校における環境教育の実践, 「人間と自然」の展開を通して, 生物教育, 27(1), 14-18.
- 丸山 博 (1991): 自然の階層論に基づく「環境科学」教育の体系化について, 環境教育, 1(1), 4-10.
- 丸山 博 (1992): 授業書「環境科学」による「環境科学」の基本概念の形成, 環境教育, 2(1), 24-33.
- 正木智幸 (1992): 学際性を重視した環境教育の試み, 地学教育, 45(1), 1-15.
- 松原克志 (1993): 環境教育への STS 的視点の導入, 環境教育, 2(2), 14-27.
- 松川正樹・田中義洋・斎藤 茂・根岸 潔・林 慶一・米澤正弘・山本和彦・藤井英一・坪内秀樹・宮下 治・相場博明・馬場勝良・青野宏美・榊原雄太郎 (1997): 自然科 (高等学校の総合理科の新しい教育課程) の試み, 地学教育, 50(2), 45-53.
- 宮川真木・阿部 治・中山和彦 (1989): 東南アジアの森林破壊を素材とした地球的視野に立った環境教育教材の開発, 生物教育, 29(1・2), 34-39.
- 宮本憲一 (1991): 持続可能な発展と環境教育, 環境教育, 1(2), 2-13.
- 水野孝雄 (1994): 星空喪失の環境問題, 地学教育, 47(4), 139-148.
- 水谷千鶴子・寺島絃子・辻 洋子・西本和代・立山ちづ子・渡辺和子・古沢広祐・蔵本佳子・久保田裕子・桑畑美沙子・中島明子・妹尾理子 (1994): Current 家庭科資料, 暮らし/環境/共に生きる, 一橋出版, 110-119.
- 文部省 (1989): 高等学校学習指導要領, 62-87.
- 文部省 (1991): 環境教育指導資料 (中学校・高等学校編), 121 p.
- 文部省 (1995): 環境教育指導資料 (事例編), 146 p.
- 長尾忠泰・木谷要治 (1994): 環境教育の教材としての「森林」についての一考察, 日本理科教育学会研究紀要, 35(2), 1-9.
- 中山和彦 (1981): 環境教育の現状と問題点, 国際的な流れを通して, 科学教育研究, 5(3), 91-96.
- 成田老弘 (1986): 小学校における環境教育の実践, 生物教育, 27(1), 3-8.
- 沼田 真 (1978): 環境教育について考える, 科学教育研究, 2(3), 85-87.
- 沼田 真 (1982): 環境教育のあり方と今後の方向, 環境情報科学, 11(4), 2-5.
- 小川 潔 (1982): 日本における環境教育の流れと問題点, 環境情報科学, 11(4), 6-10.
- 小川 潔 (1994): 環境教育への公的な取り組みの動き, 人間と環境, 20(3), 194-195.
- 萩原 彰 (1995a): 高等学校地学における酸性雨とそれに関連した現象についての学習の試み, 地学教育, 48(4), 139-146.
- 萩原 彰 (1995b): 高等学校地学における自然放射能に関する実践授業, 地学教育, 48(6), 231-236.
- 萩原 彰・阿部 治・中山和彦 (1987): 教師教育としての環境教育における大学の果たす役割, アメリカの例をとおして, 科学教育研究, 11(3), 114-119.
- 恩藤知典 (1979): 環境教育の新しい思潮と地学教育, 地学教育, 32(4), 127-135.
- 大嘉徳男 (1994): 環境諸問題の学習教材化に関する基礎的研究, 日常生活の中に問題意識を見いだす学習の事例研究, 環境教育, 4(1), 52-60.
- 大嘉徳男 (1995): 理科の環境教育における「日常生活様式」の学習についての一考察, 日本理科教育学会研究紀要, 36(2), 1-9.
- 大嘉徳男・藤島弘純 (1993): 小・中・高校生の自然環境および環境問題への認識に関する基礎調査, 日本理科教育学会研究紀要, 34(2), 35-43.
- 大洲隆一郎 (1991): STS 理科カリキュラムに関する基礎的研究 I, STS 教育運動についての科学論的考察, 日本理科教育学会研究紀要, 31(3), 37-47.
- 太田正行 (1997): クロス・カリキュラムによる環境学習, エネルギー環境教育ジャーナル, 8(2), 2-4.
- 榊原保志 (1991): NO₂ の調査による環境教育の試み, 地学教育, 44(3), 101-106.
- 榊原保志 (1996): 環境教育をふまえた気象教材に関する基礎的研究—酸性雨を例として, 地学教育, 50(1), 9-17.
- 佐々木政子 (1995): 太陽紫外線 (UVA, UVB) の地上計測技術の進歩, 太陽紫外線防御研究委員会学術報告, 5(1), 75-84.
- 佐々保雄 (1981): 環境教育の現状と問題点, 地学と環境教育, 科学教育研究, 5(3), 85-87.
- 下野 洋 (1991): 野外活動における児童の自然環境のとりえ方, 地学教育, 44(2), 45-52.
- 下野 洋 (1995): 環境教育についての一つの提案, 地学教育, 48(3), 113-124.
- Stolarski, R. S., P. Bloomfield, R. D. McPeters and J. R. Herman (1991): Total ozone trends deduced from Nimbus 7 TOMS data, *Geophys. Res. Lett.*, 18, 1015-1018.

- 杉本秀司・榊藤敏子 (1991): 水生動物の観察による水環境保全へのアプローチ (第51回大会要旨), 生物教育, 31(1), 74-75.
- 鈴木和孝 (1982): 戦後の小・中学校における理科教育の変遷とその背景, 科学教育研究, 6(1), 15-19.
- 鈴木久米男・戸北凱惟 (1992): 中学生と教師の環境に関する認識の実態, 科学教育研究, 16(4), 190-199.
- 鈴木真理子 (1994): 中学校・高等学校における環境教育の実践例に関する研究, 環境教育, 4(1), 45-51.
- 鈴木善次 (1990): 理科における環境教育のあり方, 理科の教育, 39(457), 8-11.
- 鈴木善次・原田智代 (1989): 環境教育からみた高校「総合教育」とSTS教育, 日本科学教育学会年会論文集, 13, 245-248.
- 高石昌弘・稲村 博・鈴木庄亮・和唐正勝・星 旦二・小沢治夫・近藤真庸・宇土正彦・松田岩男・加賀谷熙彦・金子公宥・佐伯聰夫・杉原 隆・高橋健夫・落合優 (1996): 現代高等保健体育, 大修館書店, 43-56.
- 滝島幸市 (1974): 環境汚染の一指導法, 水資源の利用とその保護, 地学教育, 27(3), 81-87.
- 富井利安 (1996): 環境基本法の理念と現実, 人間と環境, 22(2), 91.
- 和田 武 (1996): 高等教育における環境教育の現状, 大学環境教育研究会会員アンケート調査結果より (その1), 環境教育, 6(1), 27-36.
- 渡部景隆 (1972): 地球科学的思考, 大学教養課程の総合講義・自然環境保全教育の資料, 地学教育, 25(4), 91-102.
- 渡部景隆 (1975): 自然環境問題と教育, 地学教育, 28(1), 3-6.
- 矢田俊文・金田章裕・小野有吾・加納啓良・松橋公治・澤田 清・岩渕 孝・阿部治平・相澤善雄・谷川尚哉 (1996): 環境と人間, 地理 A, 東京書籍, 170-221.
- 山田一裕・須藤隆一 (1996): 大学生の環境問題に対する意識と環境にやさしい行動, 環境教育, 6(1), 49-56.
- 山本 茂・山下脩二・山川充夫・相原正義・畦地稔生・大野 新・岸本 博・小島 晃・小山昌矩・柴田健・杉浦和議・松村智明・松村吉郎・吉本健一 (1998): 現代地理 B 改訂版, 清水書院, 44-111.
- 読売新聞社説 (1998): 先生も「総合的に学ぶ時代」, 読売新聞 8月23日版, 3.

青野宏美: 地学教育における総合学習としての環境教育の変遷 地学教育 52巻2号, 37-51, 1999

〔キーワード〕 環境科学, 総合学習, 地学教育, 環境教育, 地球環境問題, 中間まとめ

〔要旨〕 教育課程審議会による中間まとめが発表され, 授業時間数の削減, 教育内容の厳選と基礎・基本の重視, 総合的な学習時間の導入が示された。環境問題を論じる上での基本となる環境科学は, 社会科学・生命科学・科学技術等の多岐にわたる学際的科学である。本論では, 地学教育における環境教育の変遷と地球環境問題が, 高等学校の教科書や資料集の中で扱われている現状を調べ, 今後の総合学習としての環境教育の課題と展望を述べた。

Hiroimi AONO: Transition of Environmental Education observed in the Earth Education with reference to General Studies. *Educat. Earth Sci.*, 52(2), 37-51, 1999

~~~~~  
学 会 記 事  
~~~~~

第5回常務委員会議事録

日時及び場所：平成11年2月1日（月）午後6時～，日本教育研究連合会会議室（4階）

出席者：15名（以下50音順）青野宏美，買手屋仁，榊原雄太郎，清水政義，下野洋，高橋修，高橋典嗣，坪田幸政，根岸潔，濱田浩美，林慶一，松森靖夫，水野孝雄，宮下治，山崎良雄

議 題

1. 平成11年度および平成12年度以降の大会について

平成11年度の広島大会の準備状況について着々と進んでいることが紹介され，大会の広告担当には，広島の磯崎哲夫会員と行事委員長高橋修会員が当たることが了承された。

2. 役員改選について

評議員立候補者は以下の8名であることが高橋修選挙管理委員長から報告がありました。

照井一明（北海道），粟野俊昭（関東），名越利幸（関東），江藤哲人（中部），遠西昭寿（関東）
田結庄良昭（近畿），岡本弥彦（中国四国），田中基義（九州沖縄）の諸会員

また，事務局から監事に中村悦朗会員を推薦することが提案され，了承された。

3. 会費徴収方法の検討について

会費の振り込み方法について議論があり，従来の振り込み方法とともに，銀行口座からの自動引き落としを導入することを了承した。

4. 学会紹介パンフレットについて

会員委員会が主体となって，学会紹介パンフレット作成にあたることが再確認され，下野洋，高橋修，山崎良雄がその任に当たることとなった。

5. 常置委員会などについて

各学会で負担していた教科「理科」シンポジウム講演集を従来どおり地学教育学会でも負担することが了承された。また，各種委員会の確認を求める意見があり，不明確であった教育課程検討委員会委員は，上原和幸，下野洋，高橋典嗣，坪田幸政，林慶一，藤岡達也，松川正樹，水野孝雄の各氏であり，委員長は高橋典嗣氏であることが確認された。また，会員委員会は，選挙管理委

員の猪郷久治，高橋修，宮下治，山崎良雄の各委員に加え，下野洋氏にも加わっていただくことが了承された。

6. 入会者・退会者について

特に動きはなかった。

7. その他

(1) 日本理科教育協会の総会には榊原雄太郎会長が出席する予定であることが報告された。

(2) 日本学術会議事務局開催の説明会には高橋修氏が出席予定であることが報告された。

報 告

1. 各種常置委員会から

学校科目「地学」関連学会連絡協議会には高橋典嗣会員が当学会を代表して出席し，議長に選出されたことが高橋典嗣氏より報告された。また，大学入試センター検討委員会はタイムスケジュールどおり試験問題の検討を進めていることが清水政義委員長より報告された。

2. 賛助会員について

国際文献印刷社から賛助会員となりたい旨の申し出があったことが報告され，認める方向で対応することとなった。

3. 寄贈交換図書などについて

別紙のとおり寄贈図書があったことが報告された。

4. その他

地学教育に広告を載せることについて意見交換があった。また，平成11年度の行事予定について意見交換をした。次回常任委員会は，4月12日（月）を予定，総会は4月17日（土）を予定

寄贈図書 99-01

地質ニュース，98，10，地質調査所 98/12/15

福井大学教育学部紀要，51-2 98/12/18

地学雑誌，98，vol. 107，no. 6. 東京地学協会 98/12/20

朝鮮学術通報，vol. 29，vol. 30，(1993，

1994). 在日本朝鮮人科学技術協会 98/12/28

愛媛の地学研究，3巻，1号. 愛媛地学

調査研究会 99/ 1/ 6

地質ニュース，98，11，地質調査所 99/ 1/20

原著論文

パーソナルコンピュータによる津波の数値シミュレーション

—奥尻島周辺海域—

岡本 義雄*

1. はじめに

1993年7月に起きた北海道南西沖地震は震源域に程近い奥尻島および、隣接する北海道西岸を襲い、未曾有の津波被害をもたらした。この地震の震源及び余震域の概略位置と周囲の地形、本稿の津波計算の範囲等を図1に示す。一般に津波の被害は震源域の地殻変動、伝播経路の海底地形、最終的に津波が押し寄せる海岸の微地形などに大きく作用される。また、地震の規模と津波の規模の関係には不明な点も多く、津波の予報技術は今に至るも、まだ、満足すべきものではない[例えば都司(1987)]。しかし、昨今は高速計算機の発達で、水深データなどを大容量の計算機のメモリーに記憶させ、基礎方程式を差分法で計算することで、研究、防災目的に津波の伝播に関する、多くの数値計算が実行されてきている[古くはAida(1969)や

阿部(1971)、最近では本稿の津波に関して、加藤ほか(1994)など]。

一方、高校などの地学の授業では津波の伝播を再現するために簡単な水槽実験[例えば、数研出版(1993)]が用いられることはあっても、上記のような数値シミュレーションが教材とされることは少なかった。それは、

i) 専門家のシミュレーションは、学校現場では余りポピュラーではない、大型計算機やWS(ワークステーション)上で実行されることが多かったこと。

ii) 計算の手順の詳細が余り公表されていないため、計算実行には津波の計算式やプログラミングの専門的知識が要求されること。

iii) 計算に用いる水深データなどが学校現場では入手しにくいこと。

などが主な原因ではないかと考えている。

そこで筆者は、これら専門家の研究から学び、手近なパーソナルコンピュータ(以下PCと略す)でも計算可能な教材用津波シミュレーションの作成に取り組んできた。プロトタイプ(試作モデル)は1995年夏の地学教育全国大会で発表した[岡本(1995)]。本稿では上記津波の詳細な再現のため、計算論理に若干の改良を加えた上、より細かい水深データを採用した計算結果を紹介する。さらに海底地形の変化が津波の発現におよぼす効果を、解りやすく示す計算も実行したのでその結果も合わせて報告する。

2. プロトタイプの要点

本論に入る前に、繰り返しになるが、試作モデル[岡本(1995)]のあらましを再掲しておく。

2.1 計算論理

計算には線形長波近似の津波の基本式を差分法で式[阿部(1971)]をMS-DOS版N88BASICのプログラムコードに書き直したものをを用いた。奥尻島周辺を75×75の格子に切り分け、各格子点での水の流速と水位を、差分式に従い計算し、その結果をもとに時間

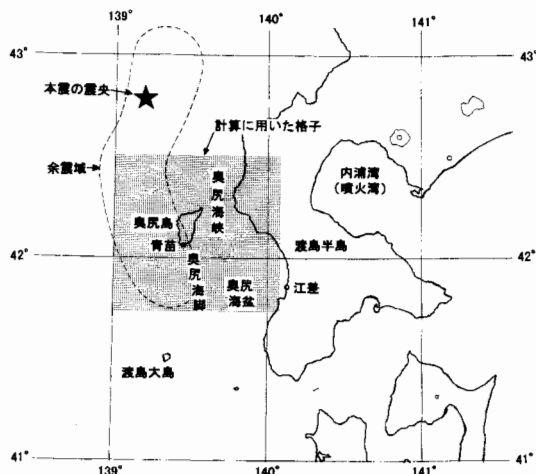


図1 1993年北海道南西沖地震震源域の概略。本稿の津波計算の格子の範囲も示す。被害を与えた津波の波源域は後述するように、震央よりずれ、余震域の南半分に相当する[震央位置及び余震域は「気象庁震源データ CD-ROM (1996), (財)気象業務支援センター扱い」による]。

* 大阪府教育センター 1998年10月20日受付 1998年12月20日受理

を1ステップ更新して計算を繰り返す(詳細は3章に詳述)。

2.2 水深データ

計算の境界条件となる水深格子データは筆者が高校勤務時に生徒の協力を得て自作した。格子データの作成法は岡本(1998)に準じている。まず奥尻島周辺の等深線が描かれた地形図に75×75の格子に区切る格子線(実尺約3.4km間隔)を鉛筆で引く。次に格子点の水深値を肉眼で読み取りPCに入力していくという方法である。この水深データによる海底地形を図2aに示す。

2.3 初期海面(津波の波源)

試作では、計算の簡単化のため地震発生時に震源域の海面にガウス関数状の海面隆起を仮定した。

2.4 計算結果

上記、試作モデルによる計算結果を図2b~dに示す。この図から、

- i) 奥尻島西海岸で海底が浅くなると津波の高さが高くなり、波長が短くなる。
- ii) 奥尻島の南北で水深に差があり、深い北側では

津波の速度が速く、北海道西岸への津波の到達は早い。南側では水深が浅く、津波の速度が遅いため、北海道西岸への到達が遅れる。

iii) 北海道西岸に津波が到達するとき、海岸と平行になって押し寄せる。

など、津波の幾つかの重要な特徴が再現されている。この試作では

- 水深の格子が粗い(格子間隔約3.4km)。
 - 震源域の位置はその後の研究の指摘する震源域より、かなり西側にシフトしている。
 - 初期海面の形も上記のとおり、簡略化してある。
- などの欠点はあるが、教材としては一定の価値を持つと考えた。

しかし、残念ながら、岬地形に原因すると考えられる奥尻島南端での津波波高の増幅などの細部は計算格子が粗すぎるため未再現のまま残った。また、計算格子の端での計算式(「透過境界条件」と呼ぶ、後述)をうまく定義できていなかったため、画面右端の格子境界より大きなゴーストの反射波が発生してしまうなど、津波シミュレーションとして改良の余地は大き

a. 自作データによる海底地形

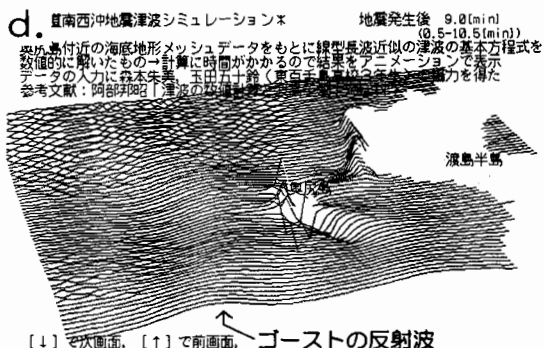
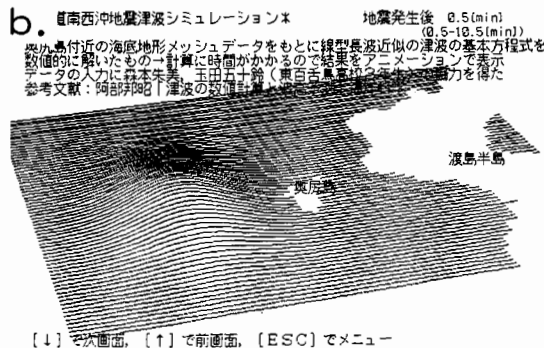
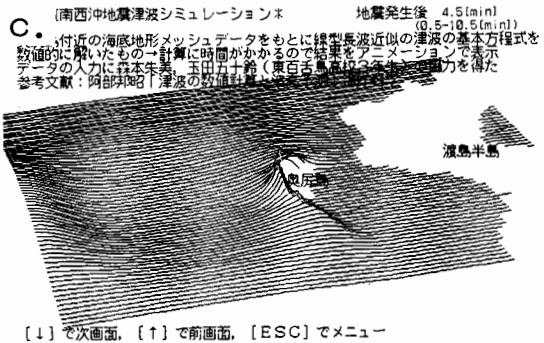
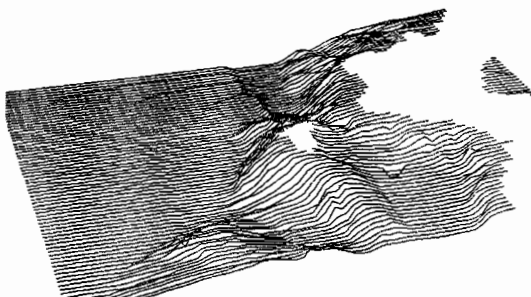


図2 以前のプロトタイプによる海底地形と計算結果。海底地形は自作した格子データ(75×75)を使用。ゴーストの反射波については後述。

かった。

3. シミュレーションの改良

そこで、本稿ではさらに精密な津波伝播の再現のため、計算格子および論理の一部などを改良した。改良点は次のとおり。

i) 計算格子を約 1 km 間隔の格子 (メッシュ) に細かくした。そのため水深データは自作をあきらめ、インターネット上のサーバーに研究者向けに公開されているものを用いた (後述)。

ii) 計算格子の境界でゴーストとして生じる反射波を除去するための「透過境界条件」を格子の周囲に設定した。

iii) 初期海面の設定に地殻変動モデルを考慮した。その他の計算はプロトタイプとほぼ同様である。以下、シミュレーションの方法を詳述する。

3.1 基本方程式

津波の基本方程式のうち、地面との摩擦や粘性、コリオリ力の影響、水の溢流の効果など細部をすべて捨象したもっとも簡単な線形長波近似の以下の式 [阿部 (1971) 及び Abe and Noguera (1992)] を用いることにする。

運動方程式:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x}, \quad \frac{\partial v}{\partial t} = -g \frac{\partial \eta}{\partial y}$$

連続の式:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} (hu) - \frac{\partial}{\partial y} (hv)$$

ここで、 u, v はそれぞれ水の流速の x, y 成分 [m/s]

h は水深値 [m],

η は静水面からの水位 [m]

t は時間 [s]

g は重力加速度 [m/s²]

を表わす。

この式は津波の波長 (λ) が水深 (h) よりずっと長い条件 ($\lambda \gg h$, 長波の条件) で成り立つ近似であり、摩擦等の影響が無視できない 100 m 未満の浅い内湾などをのぞくと、津波に関してはこの近似が十分有効であると言われている [例えば都司 (1987)]. この計算で生じる津波は教科書などによく記されているように、水深のみに依存した速度 \sqrt{gh} で伝播し、波長による波の速度の分散は生じない。

3.2 差分式

上記のような微分方程式を計算機で解くには、これ

を空間、時間について差分化することが一般に行われる。その差分式は再び、阿部 (1971) 及び Abe and Noguera (1992) によれば下記のとおりとなる (この式は 2 章のプロトタイプに用いたものと格子の数え方などが若干異なる他は、本質的に同じものである)。

運動方程式:

$$u(i, j, k) = u(i, j, k-1) - g \frac{\Delta t}{\Delta s} \{ \eta(i, j, k) - \eta(i-1, j, k) \}$$

$$v(i, j, k) = v(i, j, k-1) - g \frac{\Delta t}{\Delta s} \{ \eta(i, j, k) - \eta(i, j-1, k) \}$$

連続の式:

$$\eta(i, j, k) = \eta(i, j, k-1)$$

$$- \frac{\Delta t}{\Delta s} \{ hu(i+1, j)u(i+1, j, k-1) - hu(i, j)u(i, j, k-1) + hv(i, j+1)v(i, j+1, k-1) - hv(i, j)v(i, j, k-1) \}$$

ここで、 i, j は格子番地、 $k, k-1$ は時間ステップ、 $\Delta t, \Delta s$ はそれぞれ時間と空間の差分量を示す。

このとき、空間格子の位置関係を図示すると図 3 のようになる。変数を半格子ずらして用いることからスタッガードグリッド [例えば、Aki and Richards (1980)] と呼ばれる。この空間格子の η と u, v を全格子領域で交互に計算していくことにする。そして全空間格子 (i, j) について上記の計算が終われば、時間を 1 ステップ進めて、また繰り返す。このような計算法は、

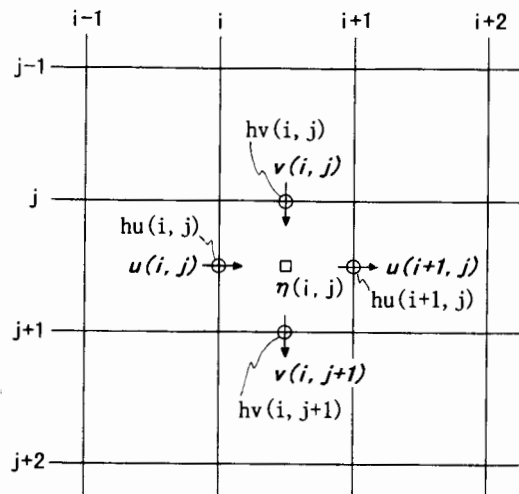


図 3 計算に用いた差分のための空間格子と各変数の配置 (η と u, v は半格子ずれる位置→スタッガードグリッドと呼ぶ手法)。

交互に変数を計算することからリーブフロッグ法 [例えば, 小林ほか (1989)] と呼ばれる。図 3 からわかるように, ある点の未来の状態は取り囲む周囲 4 点の現在の状態と, その点自体の現在の状態から四則計算のみで計算できる形になっている。ただし, 計算には安定条件が存在し, 条件内 ($\Delta s/\Delta t > \sqrt{2gh_{\max}}$, h_{\max} は計算領域での最大水深) で計算を行わないと, 計算値の発散を生じてしまう。実用的には, Δt を十分小さくすることで目的は達せられが, その分計算時間は多くかかる。本稿の計算では原則として $\Delta s=1$ km, $\Delta t=1$ 秒を用いた。なお, 陸地と接する格子では海岸に直角方向の水の流速を 0 とおいている。これはその境界で波が完全反射する条件である。

この差分式を N88BASIC でコーディングしたものの一部を図 4 に示す。ここでは BASIC の 3 次元配列変数の容量制限から, 配列変数は 2 次元にとどめ, 上記式の $k, k-1$ 等の時間を示すパラメータは変数名に f (future, 未来を示す) と p (present, 現在を示す) を付することで代用した。

3.3 水深データ

日本付近の陸上の標高値格子データはすでに国土地理院が作成した「国土数値情報」が「数値地図」とい

う呼び名で CD-ROM として市販されているが, 海域の水深格子データに関しては, 専門家用の高価なものが一部で市販されているのみで一般に入手が難しい。そんな中で, 専門家向けに研究用に限ってということで暫定的に公開されているものがインターネットアドレス <http://www.aist.go.jp/GSJ/dMG/free/japan/Intro.html> に置いてある [駒澤ほか (1995)]。これを今回は用いることにする。

このデータ (ファイル名 jpn.1960.2680.grd) は約 1 km の格子で日本列島周辺海域を網羅した水深の記録である。ところが残念ながら, 水深数値データは研究者用の特殊な netCDF というバイナリー形式に圧縮されており, 汎用のエディタでは処理できない。しかも全体で 20 MByte を超える膨大なファイルである。このデータの解析や処理にはハワイ大学で開発された GMT [Generic Mapping Tools, Wessel and Smith (1995)] という数値地図解析処理ソフトが用いられる。これは UNIX 用のフリーウェアソフトであり, 大変有用であるが, インストールなど取り扱いが少し複雑で学校現場ではほとんど知られていない。この GMT を PC 上の UNIX 互換の OS である Linux 上にインストールして当該海域の水深データの切り出

```

1570 '—time.iteration
1580 *TIME.ITE
1590 CLS 2
1600 FOR J=0 TO JMAX
1610   FOR I=0 TO IMAX
1620     WF(I,J)=WP(I,J)-DP*(HU(I+1,J)*UP(I+1,J)-HU(I,J)*UP(I,J)+HV(I,J+1)*VP(I,J+1)-HV(I,J)*VP(I,J))
                                                    'sea surface displacement
1630   NEXT I
1640 NEXT J
1650 FOR J=1 TO JMAX
1660   FOR I=1 TO IMAX
1670     UF(I,J)=UP(I,J)-G*DP*(WF(I,J)-WF(I-1,J))      'velocity of x comp.
1680     VF(I,J)=VP(I,J)-G*DP*(WF(I,J)-WF(I,J-1))      ' // y
1690     IF HU(I,J)=0 THEN UF(I,J)=0                    'coast line along N-S
1700     IF HV(I,J)=0 THEN VF(I,J)=0                    ' // E-W
1710     IF D.FLG=0 THEN 1780                            'display flag
1720     Z=WF(I,J)*DZ*M
1730     XX=I*M+J*2-10 : ZZ=J*MY+Z*MY+50                'display co-ordinate
1740     IF I=1 THEN 1770
1750     IF H(I,J)=0 THEN CL=0 ELSE CL=4                 'line color
1760     LINE (XP,YP)-(XX,ZZ),CL
1770     XP=XX: YP=ZZ
1780   NEXT I
1790 NEXT J
1800 '—"transparent" boundary condition

```

(以下略)

図 4 計算に用いたプログラムの一部。前ステップの u, v (変数名 UP, VP に変更, 以下同様) を用いて, η (WF) を計算し, それを用いて, u, v の値を更新 (UF, VF) している。つまり, η と u, v を交互に計算していることになる (リーブフロッグという手法)。

しを行ったのち、BASICで処理できるシーケンシャルファイル形式の水深データに変換した。これら水深データの処理の詳細に関しては長くなるので次稿で詳述することにして、本稿では割愛する。

本稿の計算では、PC上のBASICでの配列変数記憶領域の制限(約64 kbyte)を考慮して、上記水深デー

タより奥尻島を中心とする、約85 km四方の86×86の格子データ(格子間隔約1 km)を取り出して用いている。この水深データによる海底地形を図5aに示す。2章で少し触れた奥尻島周辺の海底地形の特徴が見て取れる。

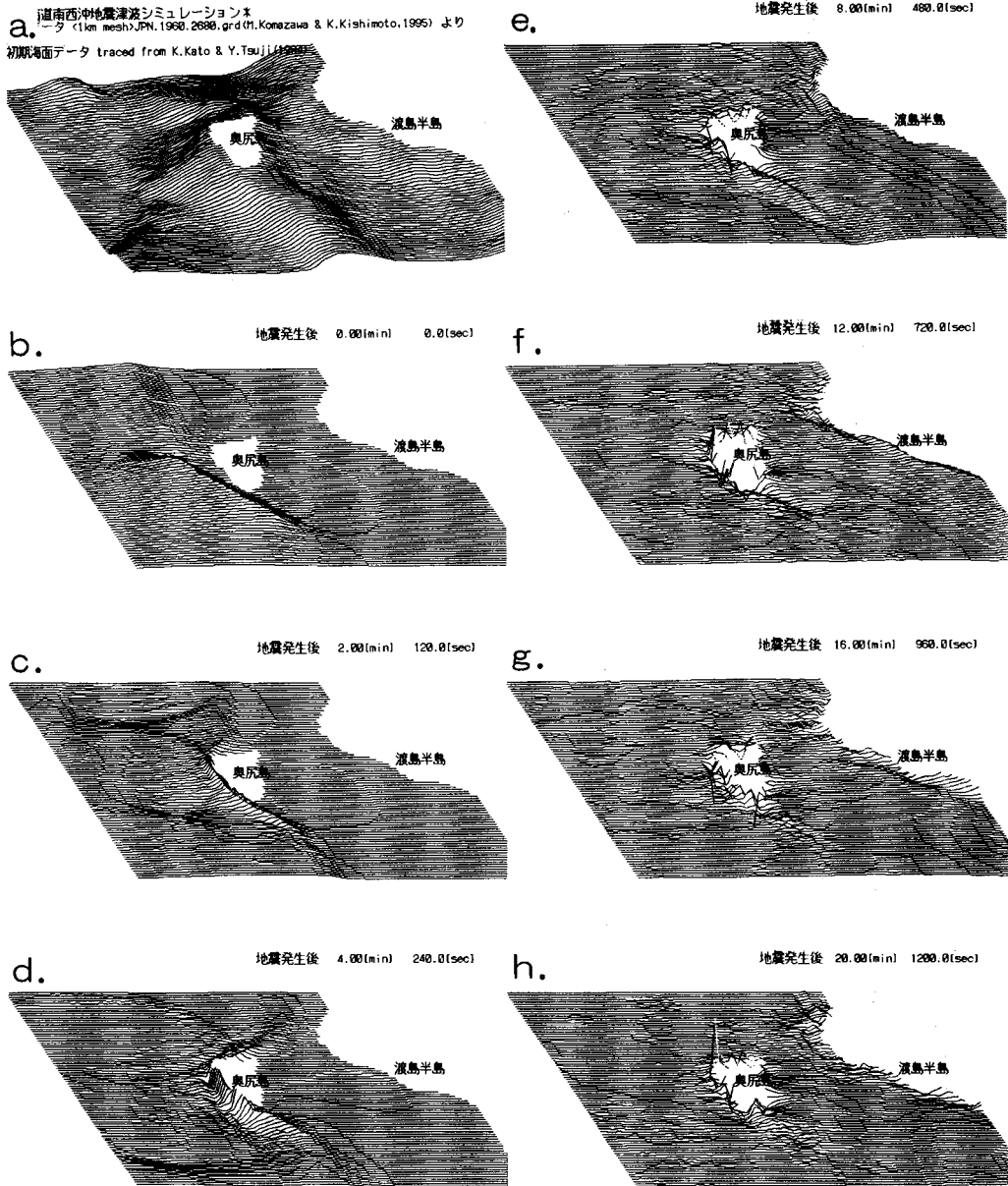


図5 1 km メッシュ水深データと改良した計算論理による1993年北海道南西沖地震津波伝播シミュレーション。aはこの水深データによる海底地形。また、b～gは計算結果の津波伝播(原図はカラーでアニメーション表示)を示すスナップショット(0から4分までは2分間隔、それ以降は4分間隔)。

3.4 透過境界条件

計算メモリーは有限なので、計算格子の外側のデータは計算に用いることができない。その結果、計算格子の端は何もせず放っておくと、波の反射を煮き起こし、本来存在しないゴーストの反射波を生じてしまう(2章の図2dに顕著)。これは、津波のみならず、地震波など“波”を扱う有限格子の差分による伝播計算ではよく生じる大変困った現象である。そのため、ゴーストの波を生じさせないために、計算格子の端に与える条件(「透過境界条件」と呼ばれる)について様々な研究がなされてきている。

ここでは、Aida (1969) に記載された方法を少し変形して用いることにする[阿部(1998), 私信]。それは計算格子の端での流速を下記の方法に置くという方法である。

$$u \text{ or } v = \pm \sqrt{gh} \eta / h$$

ここで u or v は計算格子の端面で直角方向の速度成分が選ばれることを示す。また土については格子の外側の方向を示す符号が選択される(例えば格子 $i=0$ の端面では $u = -\sqrt{gh} \eta / h$ が用いられる)。この条件を計算格子端で用いることで、計算が若干、複雑になるが、ゴーストの反射波は気にならない程度に軽減された。

3.5 初期海面

津波の原因になる初期の海面の形は、断層モデルより推定した地殻変動より、計算される[都司(1987)]。ここでは、加藤ほか(1994)が設定した水位の等高線モデルをトレースして格子データ化したものを用いた。これは、奥尻島の南西と北西に2個所の断層を推定し、それぞれに約6mと約4mの逆断層の変位量を与えて、初期海面変動を仮定している。これを $t=0$ の各格子点の水位(η)と置いて、計算を開始する。なお、図1でも明らかなようにこの波源域は本震震源から南にかなり離れている。

3.6 計算時間

計算は前述したようにMS-DOS版N88BASICでコーディングし、BASICコンパイラにかけたあと、ノートPC(MMX Pentium 150 MHz)等で行った。地震発生後正味30分間強(2000ステップ)の津波伝播について、計算に要する時間は約1時間といったところで、現在のPCの高度な計算処理能力を垣間見ることができる。

4. 計算結果

図5b~hにこの計算の結果を水位を誇張して示す。2章のプロトタイプと概ね同じ様子であるが細かくみると、再現性に関して幾つか改善点が見受けられる。その主なものを記す。(かっこ内は計算上の地震発生後の時間経過を示す)

- ①格子が細くなった分、短い周期の波まで表現できるため、奥尻島西岸での波の増幅がより顕著に再現されている。(4~6分)
- ②海が相対的に深い北岸を進む波が、比較的浅い南岸を進む波よりも早く北海道西岸に到達する。ただし、これは北側の断層変動からの影響も大きい。(6~8分)
- ③奥尻島南部の青苗地区の岬を迂回しながら回る大きな波高の波が再現され、特に南東岸のあたりで大きく上下する波が再現されているようにも見える。(6分と13分の2回)
- ④奥尻島北岸を回った波が北側から奥尻海盆に入り込んでくる様子が解り、さらにその波は遅れて北上する南周りの波と合流して、島の東岸中央部で波高が高くなるのが再現される。(16分)
- ⑤奥尻海脚で足踏みしていた波が、かなり遅れて、北海道西岸に到着する。(18分)

などである。

なお、これらの計算は10秒毎の計算結果を各格子データの数値とは別に、画像としてもハードディスクに取り込んでいて、後でアニメーション画像として動画再現することができる。また、各沿岸での海面変位を時系列データに直したのも用意した(図は省略する)。

5. 仮想実験

次に、奥尻島周辺の実地地形が津波に及ぼす影響を詳しく調べるため、水深データを加工して、仮想の海底地形を作り、同じ初期海面の条件で津波の伝播や波高の増幅の様子がどのように異なるかを調べてみた。

5.1 “プールの底モデル”

浅海部での津波の波高増幅がよく問題にされるので、思いきって浅海部を無くし、深海底から一気に直立する海岸地形を作った。具体的には、水深データの陸上部以外をこの辺りの標準の水深である-3000mに統一した。奥尻島が円柱のように屹立した海底地形である。この地形の様子と初期海面を同じ条件にし

て、計算した結果を図6に示す。

この計算では、波は陸地以外すべて同じ速度で伝播し(水深が同じため)、陸地からの反射波による以外は波の増幅が生じず、従っていわゆる“津波”は生じていない。いかに浅海部で津波が増幅されるかを如実に示す結果である。

5.2 “奥尻海山モデル”

奥尻島が島ではなく、海山であったら津波はどうなるかという計算である。具体的には、奥尻島周辺の-500 mより浅い地形部分をすべて削って、海面下-500 mの深度に沈める条件とした。この地形と計算結果を図7に示す(初期海面など条件は前計算と同じ)。

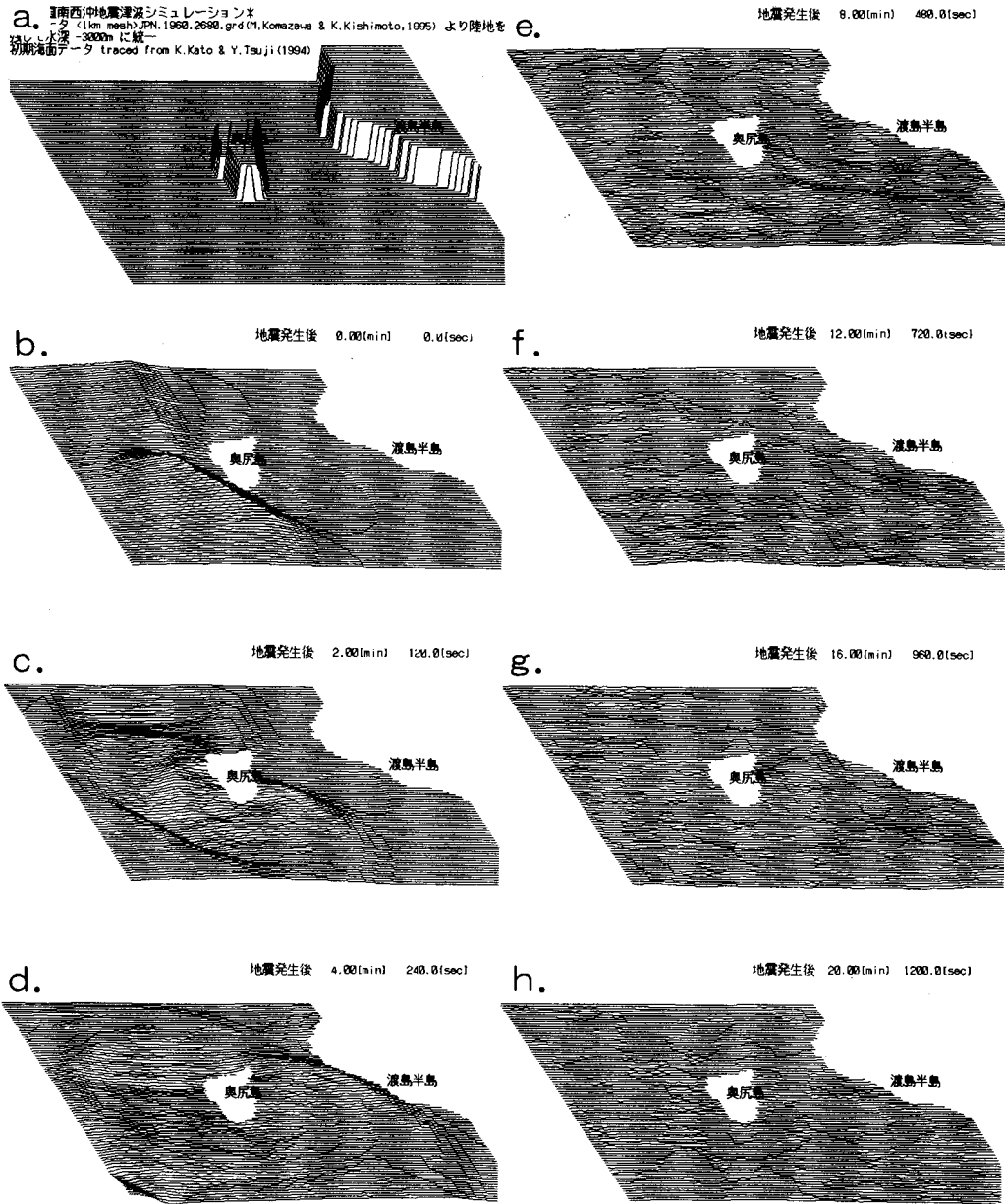


図6 仮想実験(“プールの底”モデル)の海底地形と津波伝播。大きな“津波”は生じていない(諸元は図5と同じ)。

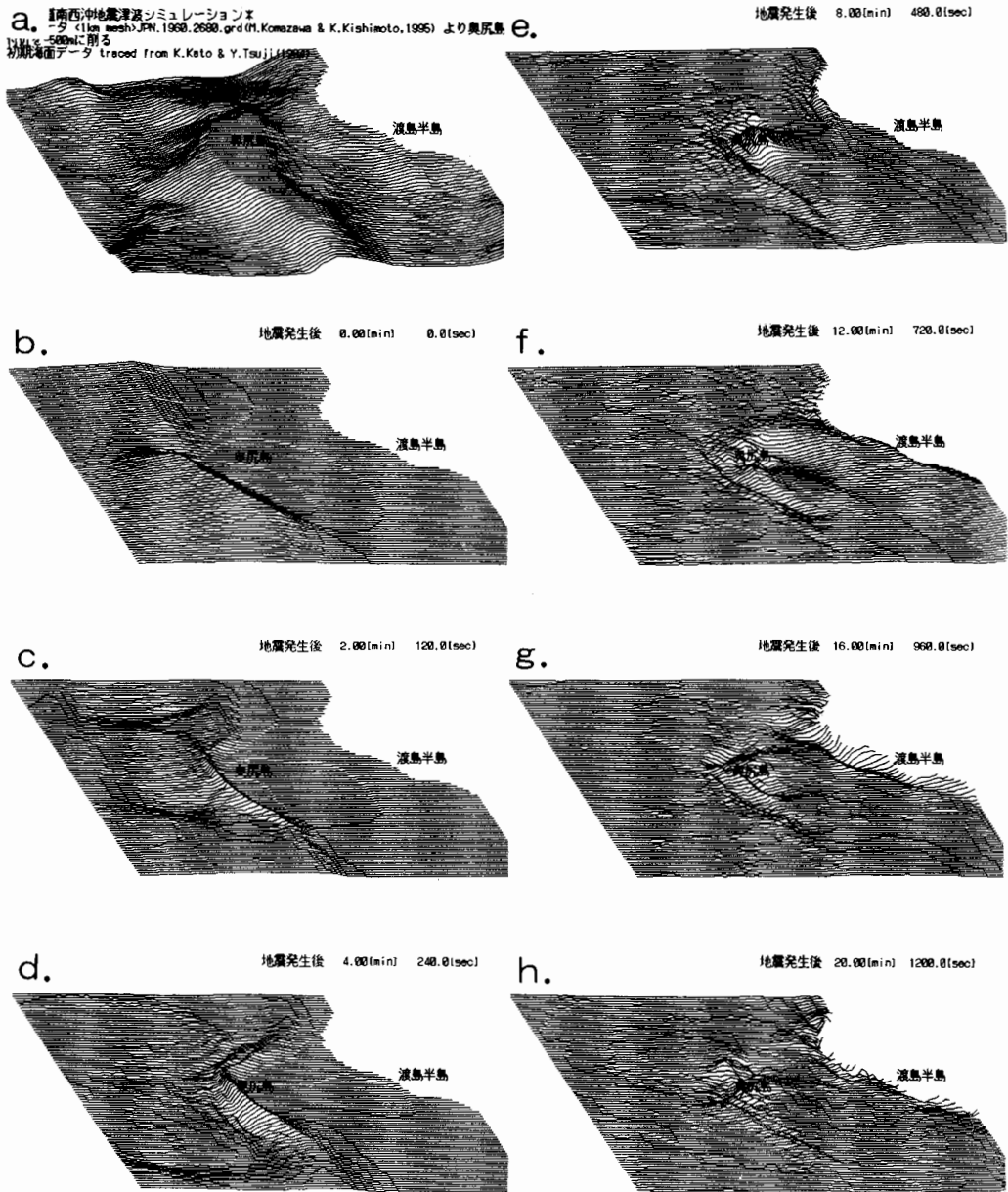


図7 仮想実験（“海山モデル”）の海底地形と津波伝播。浅海部で波が遅延し、増幅されるのがわかる（諸元は図5に同じ）。

今度は海山の浅海部による津波の波高の増幅と波長の短くなる様子がよく観察される。しかし、津波は島がないため、そのまま北海道西岸へ水深に応じた速度で伝播しようとする。そのため、浅海部が一種の凸レンズに似た働きをして、津波を屈折させ、海山の後方（東側）に大きな波高の高い“こぶ”を作り、その影響で、北海道西岸の海山の影にあたる部分で波高が高く

なる様子が観察できる。

6. 議 論

6.1 数値計算の再現性

まず、本稿の計算の信頼性であるが、津波の再現性に関しては、本津波について専門的な立場からさらに細かい格子を用いて計算を行った結果 [加藤ほか

(1994)]と比較しても、概ね一致する結果がでており、教材として用いる際の信頼性には問題がないと考えられる。

特に、青苗地区に隣接する“初松前”地区の住民の証言にある、地震後7分と13分の被害[加藤ほか(1994)]についても、計算結果の波の高まりがほぼ一致するようにも見える(4章の③で記述)。ただ、この一致は偶然であるかもしれない、もっと細かい格子による再現実験が必要である。

6.2 仮想地形による数値実験

次に、浅海部の地形が津波伝播に与える効果を調べるため行った、幾つかの仮想実験の結果について考える。

i) 島を円柱状にして、浅海部をなくした実験は浅海部の津波に与える影響の大きさを改めて実感させた。また、この実験では水深が一定なため、波紋の形は最後まで崩れず、陸地に達する波が海岸と平行にならない特徴も再現されている。これは学校などのプールに生じる波の性質とよく似ており、関連を教室で考えさせたい。

ii) 次に、島を水中に沈めた実験では、浅海部による津波の集中が再現された。津波も光と同様に屈折を示す性質を持つことをよく再現する実験であると思う。実際に日本海沿岸に発生する津波では、島の背後で津波の波高が増したのが観測され、津波に対する島のレンズ効果[阿部(1996a, 1996b)]とも呼ばれる。また、この実験のように島がない浅海部でも波の屈折集中が起こり、背後に波高の高い場所が生じたという報告もある[例えば、日本海中央部の大和堆について都司ほか(1994)など]。これらの現象については、もっと簡単な地形を境界条件としたモデル実験でさらに詳しい点が確かめられるはずであり、今後の研究課題としたい(以下でも議論)。

6.3 被害集中の原因

さらに海岸地形による津波被害の集中についてであるが、三陸海岸が津波の被害を受けることが多かった頃は、津波の重要な性質として、リアス式海岸の三角型の湾奥に被害が集中すると言うことが強調された。ところが、本稿で扱った北海道南西沖地震の後では岬状の地形の部分(青苗地区を含む)に被害が集中したとも言われた。教科書でも波の一般的性質と津波の特性に分けて上記2通りの記述を併記しているようである[例えば数研出版(1993)]。この一見矛盾するように見える記述は、津波の波高増幅には津波と湾のサ

イズの比が関係し、

i) 陸地により反射した波が湾奥で大きく合成される場合と、

ii) 島や岬の周囲の浅海部による増幅効果の方が大きく影響する場合の2通りのメカニズムが考えられることによる[阿部(1998), 私信]。この点に関しては本稿の実験では後者の現象をある程度再現するが、必ずしも十分とはいえない。6.2とも関連するが、簡単な海底地形と初期海面を用いた各種の「モデル実験」を行い、津波の被害集中を起こす水深や海岸地形の条件について、さらに調べる必要があり、この点を次稿以降の研究課題としたい。

6.4 計算に関する補遺

本稿の計算では、最も簡単な線形長波近似の津波の基本式を用いているため、津波の海底との摩擦や、浅い海底での遡上効果などが含まれておらず、100 m以浅での津波の挙動が正確に再現されているとは言えない。本稿の計算式を瀬戸内海や大阪湾など、浅い海域での計算に応用する際は注意が必要である。

6.5 教材としての効用

今回の計算は学校現場ではありふれたPC上でBASICという初学者には解りやすいが計算速度にやや難のあるプログラミング言語を用いている、しかしPCの計算速度自体が飛躍的に向上しているため、その速度のハンディキャップは気にならず、むしろBASICのコードを理解できる生徒にとってこの計算は身近に感じることができると思う。教材としての数値シミュレーションの効用についてはすでに岡本(1998)で詳述したので繰り返さないが、生徒に仮想実験の津波伝播を予想させてみたり、仮想地形を水深ファイルとして作らせて、それを基に計算を行うのも効果的であろう。波の伝播という眼でみれば物理の教材としても有効かも知れない。単なるアプリケーションの利用に留まらない新たな計算機の活用教材にふさわしいと考えている。なお、現行のプログラムではメモリー領域等の制約が大きく、もっと広い範囲、例えば日本海全域を考えた津波の計算などが現状では難しい。今後、これらの点の改良も目指したい。

7. おわりに

本稿を書いている時に、ニューギニア島でまた、数千人の人々が津波の犠牲となった。そのメカニズムが住民にも詳しく知られていないことも被害を大きくしている原因の1つと思われる。今更ながら巨大な自然

現象の実像を教室で理解させることの重要性を痛感させられた。自然の大きなスケールの現象を、半導体と電子で構成されたわずか数 10 cm 四方の PC 内の“箱庭”に精密に再現していく過程も、複雑な自然を理解する上での 1 つのブレイクスルーになればと願っている。

現在、筆者の PC ではフリーの OS である Linux 上の C 言語に移植した上記プログラムを用いて、より広域の格子に展開した日本海全域の津波伝播や仮想東海地震を想定した津波伝播の計算を始めている。この結果や本稿では省略した水深データ作成処理の詳細などは次稿で報告するつもりである。

謝 辞

本稿のプロトタイプの水深データ作成は大阪府立東百舌鳥高等学校 3 年生(当時)、森本朱美、玉田五十鈴両君の協力によるところが大きい。

日本歯科大学新潟短期大学阿部邦昭教授には、草稿を読んでいただき、津波の計算式に関して透過境界条件の設定等多くの誤りや、全体を通じた改善点を指摘していただきました。また、地質調査所研究調査官岸本清行氏からは、水深データの入手にあたり有益な助言を得ました。東京大学海洋研究所客員研究員荒井賢一氏には文献入手等に協力を得ました。匿名査読者 2 名の方々のコメントも本稿の改善に有益でした。これらの方々に感謝申し上げます。なお、本研究には文部省科学研究費補助金基盤研究(C) No. 09680207 の一部を使用しました。

文 献

阿部邦昭 (1971): 津波の数値計算と波高の予測. 海洋科学, 3, 258-264.

- 阿部邦昭 (1996a): 津波に対する島のレンズ効果 その 1. 1993 年北海道南西沖地震津波. 地震 2, 49, 1-9.
- 阿部邦昭 (1996b): 津波に対する島のレンズ効果 その 2. 1983 年日本海中部地震津波. 地震 2, 49, 11-17.
- Abe, K. and Noguera, B. E. (1992): A Fault Model of the Sanriku Earthquake on March 21, 1960 Derived from Tsunami Waveforms. *Bull. Nippon Dental Univ., General Education*, No. 21, 25-38.
- Aida, I. (1969): Numerical Experiment for the Tsunami Propagation—the 1964 Niigata Tsunami and the 1968 Tokachi-oki Tsunami. *Bull. Earthquake Res. Inst.*, 47, 673-700.
- Aki, K. and Richards, P. G. (1980): “Quantitative Seismology, Theory and Method,” W. H. Freeman, p. 777.
- 加藤健二・都司嘉宣 (1994): 1993 年北海道南西沖地震の断層要素の推定とその津波の特性. 地震研究所彙報, 69, 39-66.
- 気象庁 (1996): 気象庁震源データ CD-ROM
- 小林紘士・和田 明・角湯正剛 (1989): 流体数値実験. 朝倉書店, p. 51.
- 駒澤正夫・岸本清行 (1995): 日本列島周辺域の地形データ (1 km メッシュ). 地震学会ニュースレター, 7(4), 3-4.
- 岡本義雄 (1995): 地学教材としての数値シミュレーション 1—火砕流と津波—, 平成 7 年度地学教育学会第 49 回鳥取大会要項, 36-37.
- 岡本義雄 (1998): 地学教材としての火砕流シミュレーション, 地学教育, 51, 97-105.
- 数研出版 (1993): 高等学校地学 IB, 218-220.
- 都司嘉宣 (1987): 地震に伴う現象, 地震の事典, 274-295.
- 都司嘉宣・加藤健二・荒井賢一・上田和枝 (1994): 北海道南西沖地震津波の西日本海岸での浸水高, 月刊海洋号外 No. 7, 192-200.
- Wessel, P. and W. H. F. Smith (1995): New Version of the Generic Mapping Tools Released. *EOS Trans. AGU*, 76, p. 329.

岡本義雄: パーソナルコンピュータによる津波の数値シミュレーション—奥尻島周辺海域— 地学教育 52 巻 2 号, 53-62, 1999

〔キーワード〕 津波, 数値シミュレーション, 奥尻島, 海底地形, パーソナルコンピュータ

〔要旨〕 パーソナルコンピュータを用いた津波の伝播を示す数値シミュレーションを開発した。水深データはインターネット上から収集し, 計算過程も詳述した。計算結果は教材用として十分な精度であり, 津波の浅海部における増幅効果がよく解る仮想数値実験も併せて行い, 教室で津波の性質を生徒に理解させるための格好の教材となった。

Yoshio OKAMOTO: Numerical Simulation of Tsunami Propagation Using Personal Computer —Around the Okushiri Island Region—. *Educat. Earth Sci.*, 52(2), 53-62, 1999

原著論文

地学野外学習の実施上の課題とその改善に向けて

—東京都公立学校の実態調査から—

宮 下 治*

はじめに

理科の学習における体験学習の重要性については、小学校、中学校の指導書理科編(1978, 1989)において述べられている通りである(表1)。また、教育課程審議会(1998)においても、平成10年7月29日に出した「答申」の中で、次のように体験的な学習の重要性について取り上げている。

(1) 教育課程の基準の改善に当たっての基本的考え方において: これからの学校教育においては、(中略)実生活との関連を図った体験的な学習や問題解決的な学習にじっくりとゆとりをもって取り組むことが重要である。

(2) 理科の改善の基本方針において: 自然体験や日常生活との関連を図った学習及び自然環境と人間とのかかわりなどの学習を一層重視する。

(3) 中学校理科における改善の具体的事項におい

て: 生徒の興味・関心に基づき問題解決能力を育成するため、野外観察を一層重視するとともに生徒自ら観察や実験の方法を工夫したりして課題解決のために探究する活動を行うこととする。

さて、地学の学習においても野外体験学習の重要性については、これまでも多くの方々により提唱されてきている通りである(馬場ほか: 1986, 林ほか: 1988, 宮下: 1990, 宮下・坪内: 1993, 松川ほか: 1991; 1994, 池田: 1998, 下野: 1998)。

本稿では、地学野外学習にかかわる以下の点について言及することを目的とする。

(1) 地学の学習における野外での体験学習が小学校、中学校、高等学校においてどの程度実施されているのか、東京都の公立学校を対象にした過去11年間の実態調査の結果から明らかにする。

(2) 実施していない実態があるとするならば、教師がどのような理由で実施できないと考えているのかを

表1 指導書等にもみる野外体験学習の取り扱いについての記述。

昭和52年 指導書 理科編 (旧教育課程)	平成元年 指導書 理科編 (現行教育課程)	平成10年 教育課程審議会答申 (新教育課程)
<p>〔理科の改善の基本方針〕 自然を探究する能力及び態度の育成や自然科学の基礎的・基本的な概念の形成が無理なく行われるようにするため、特に児童生徒の心身の発達を考慮して内容を基礎的・基本的な事項に精選する。</p>	<p>〔理科の改善の基本方針〕 自然に親しむことや観察、実験などを一層重視して、問題解決能力を培い、自然に対する科学的な見方や考え方及び関心や態度を育成する指導が充実するよう、内容の改善を図る。</p>	<p>〔理科の改善の基本方針〕 自然体験や日常生活との関連を図った学習及び自然環境と人間のかかわりなどの学習を一層重視するとともに、児童生徒がゆとりをもって観察、実験に取り組み、問題解決能力や多面的・総合的な見方を培うことを重視して内容の改善を図る。</p>
<p>〔小学校 総説: 改善の具体的事項〕 自然の事物・現象についての直接経験を児童の心身の発達に応じて意図的・計画的に積み重ね、自然を調べる能力及び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固め、自然を愛する豊かな心情を培う。</p>	<p>〔小学校 総説: 改善の具体的事項〕 日常生活に関係の深い自然の事物・現象や人体の成長や働きなどの内容を取り上げ、観察、実験、製作などの活動や体験が一層充実するようにする。</p>	<p>〔小学校 理科: 改善の具体的事項〕 身近な自然について児童が自ら問題を見だし、見通しをもった観察、実験を通して、問題解決の能力を育てるとともに、学習内容を日常生活と一層関連付けて実感を伴った理解を固め、自然を愛する心情と科学的な見方や考え方を養うことを重視する。</p>
<p>〔中学校 総説: 改善の具体的事項〕 自然を探究する能力及び態度の育成や理科に関する基礎的・基本的な概念の形成を目指して構成するが、その構成に当たっては、特に自然の事物・現象に直接触れる学習が従来以上に行われるように配慮する。</p>	<p>〔中学校 総説: 改善の具体的事項〕 第3学年における選択教科としての「理科」においては、生徒の特性等に応じ、課題研究的な学習、野外観察・実験など発展的、応用的な学習活動等が多様に展開できるようにする。</p>	<p>〔中学校 理科: 改善の具体的事項〕 生徒の興味・関心に基づき問題解決能力を育成するため、野外観察を一層重視するとともに生徒自ら観察や実験の方法を工夫したりして課題解決のために探究する活動を行うこととする。</p>

* 東京都立教育研究所数学科研究室 1998年11月21日受付 1999年2月27日受理

表2 地学野外学習に対する教師の実態調査の基礎資料（調査対象は、東京都の公立小学校、中学校、高等学校）。

調査年度	調査者	対象の校種	対象学校数	回収の校数	回収率
昭和62年	足立久男、藤井英一	高等学校	150	105	70.0%
平成元年	都研地学研究室	高等学校	425	112	26.4%
平成2年	都研地学研究室	小学校、中学校	2,087	1,267	60.7%
平成9年	三井知之、平原謙造	小学校、中学校	115	115	100%
平成10年	東京の教育21委員会	高等学校	109	44	40.4%

分析し、地学野外学習実施上の課題を明らかにする。

(3) 課題を踏まえ地学野外学習を推進することができる改善策を探る。

1. 地学野外学習の実施状況

足立(1988)、藤井(1988)、東京都立教育研究所地学研究室(1990,1991)、三井(1998)、平原(1998)、「東京の教育21」研究開発委員会高等学校理科部会(以下、東京の教育21委員会)(1999)は、地学に関わる内容の野外学習を、学校の授業の中でどの程度実施しているのかを、東京都の公立小・中・高等学校を対象に実態調査を行っている(表2)。ところが、それぞれの調査結果は、それぞれの研究の基礎資料としてのみ行われていた。本稿では互いの調査結果を比較検討し、時間を経ても言える共通の課題を見出し、地学野外学習の推進の方策について検討する。

なお、調査年度、調査対象の校種と学校数、回収校数、及び回収率は表2に示すとおりである。

調査については、東京都立教育研究所地学研究室(1990,1991)が東京都の公立小・中・高等学校の全校を対象に行ったのに対して、足立(1988)、藤井(1988)、東京の教育21委員会(1999)の調査は東京都全域の公立高等学校を抽出して行ったものであり、三井(1998)、平原(1998)の調査は東京都の東部、中央部、西部の3区市(港区、武蔵野市、あきる野市)の全小・中学校を対象に行ったものである。これらの調査は、地域性を十分に考慮して実施したものであるため、全体的な傾向を把握するには十分な資料であると考える。

(1) 小学校の場合

小学校については、平成2年(1990)に東京都立教育研究所地学研究室が実態調査を行い、平成9年(1997)に当時、同研究室教員研究生であった三井知

小学校

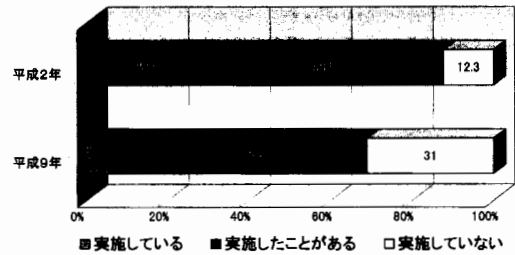


図1 東京都公立小学校における地学野外学習の実施率(単位:%)。

中学校

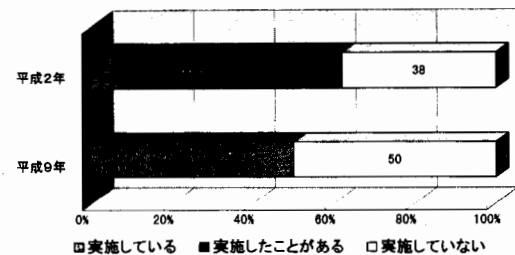


図2 東京都公立中学校における地学野外学習の実施率(単位:%)。

之、平原謙造が実態調査を行っている。

「地学野外学習を実施したことがあるか。」の質問に対し、図1に示すように、実施している(実施したことがある)と答えた学校が、平成2年には87.7%であったのが、平成9年には69.0%と減少をしている。一方、実施していないと答えた学校が平成2年は12.3%であったが、平成9年には31.0%と7年間で2.5倍以上に増加していることがわかる。

また、三井(1998)、平原(1998)によると、「今後、地学野外学習を実施する予定があるか。」の質問に対して、56.0%の小学校が今後とも実施する予定がないと回答をしている。

(2) 中学校の場合

中学校については、平成2年(1990)に東京都立教育研究所地学研究室が実態調査を行い、平成9年(1997)に三井、平原が実態調査を行っている。

「地学野外学習を実施したことがあるか。」の質問に対し、図2に示すように、実施している(実施したことがある)と答えた学校が、平成2年は62.0%であったのが、平成9年には50.0%と減少をしている。一方、実施していないと答えた学校が平成2年は

高等学校

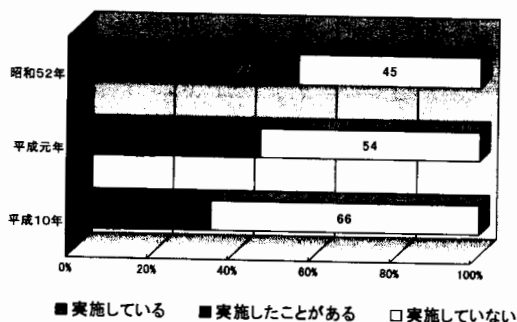


図3 東京都立高等学校における地学野外学習の実施率 (単位: %).

38.0%であったが、平成9年には50.0%と7年間で1.3倍以上に増加していることがわかる。

また、三井(1998)、平原(1998)によると、「今後、地学野外学習を実施する予定があるか。」の質問に対して、73.0%の中学校が今後とも実施する予定がないと回答をしている。

(3) 高等学校の場合

高等学校については、昭和62年(1987)に当時、東京都立教育研究所地学研究室教員研究生であった足立久男、藤井英一が実態調査を行い、平成元年(1989)に同研究室が実態調査を行い、平成10年(1998)に東京の教育21委員会が実態調査を行っている。

「地学野外学習を実施したことがあるか。」の質問に対し、図3に示すように、実施している(実施したことがある)と答えた学校が、昭和62年は55.0%であったのが、平成元年には46.0%に、また、平成10年には34.0%と減少をしている。一方、実施していないと答えた学校が昭和62年は45.0%であったが、平成元年には54.0%、平成10年には66.0%と11年間で1.5倍程度に増加していることがわかる。

以上のことから、東京都の公立小学校、中学校、高等学校ともに、ここ約10年の間に大きく地学野外学習が実施されなくなってきていることがわかる。

2. 地学野外学習に対する教師の意識

(1) 野外学習の教育的な効果

東京都立教育研究所地学研究室(1991)における東京都の教師を対象にした調査によると、「地学野外学習が必要と感じている」と回答している教師が、小学校では99.5%、中学校では95.7%と高率であることがわかる。また、その理由として、①自然の事象に直

表3 地学野外学習を実施したことがない主な理由(複数回答可, 単位: %). [網かけは前回比よりも5%以上の増加を示す]

主な理由	平(平?)	平(平?)	平(平?)	平(平?)	高(高?)
(1) 野外学習の素材・適地がないから	59.0	65.0	56.5	57.0	73.3
(2) 野外学習の授業時数が確保しにくいから	55.0	59.0	53.5	57.0	66.7
(3) 師の教務が忙しく余裕がないから	51.0	48.0	56.0	50.0	28.9
(4) 交通事情などで子どもの安全が心配だから	23.5	10.0	17.3	36.0	15.6
(5) 断れないと子どもの掌握が困難だから	6.7	6.0	26.1	25.0	31.1
(6) 教員間の連携が校内外体制がないから	2.9	9.0	3.5	21.0	4.4
(7) 野外学習の指導の手順がわからないから	3.6	4.0	4.8	4.0	4.4
(8) その他	6.2	5.0	6.8	11.0	20.0

接される体験学習であるから、②自然に対する見方、観察の方法が学べるから、③自然を大切に、自然を愛する心が培われるから、④児童・生徒が生き生きと主体的に学ぶから、などをあげている。

教師の思いとして、野外における体験学習の重要性を十分に認識していることがわかる。しかし、その一方で、重要とわかっていてもできない(できにくい)状況があるものと考え、次に、野外学習の実施上の課題について教師の意識をまとめてみる。

(2) 野外学習の実施上の課題

足立(1988)、藤井(1988)、東京都立教育研究所地学研究室(1990)、三井(1998)、平原(1998)は、地学野外学習を実施したことがない学校(図1、図2、図3)の教師を対象に、「地学野外学習を実施したことがない主な理由は何か。(複数回答)」の質問調査を実施している(表3)。

小学校と中学校については、平成2年と平成9年に調査を実施し、高等学校については、昭和62年に調査を実施している。これらの調査結果から校種や調査年による大きな差はほとんど見られない。小学校、中学校、高等学校ともに、「地学野外学習の素材・適地がないから」が理由の第1位であり、6割程度の教師があげている。次に多い理由は校種によって多少のばらつきはあるが、「地学野外学習を行う授業時数が確保しにくいから」及び「日常の教育活動が忙しく余裕がないから」で、ともに、5割程度の教師があげている。

また、他の理由として「交通事情などで子どもの安全が心配だから」、「野外へ連れていくと子どもの掌握が困難だから」、「他の教員の協力を得るなどの校内体

制がないから」,「地学野外学習の指導の手順がわからないから」があげられている。

これらの調査結果のうち,小学校と中学校の平成2年と平成9年の調査結果を比較すると,

○小学校において,平成2年の調査に比較し,平成9年の調査では,「素材や適地がないから」が6%,「校内体制がないから」が6.1%と増加をしている。

○中学校において,平成2年の調査に比較し,平成9年の調査では,「子どもの安全が心配だから」が17.5%,及び「校内体制がないから」が18.7%と増加をしている。

以上の東京都の公立小学校,中学校,高等学校における理科の授業を担当する教師の認識の結果をもとに,地学野外学習実施上の課題を次のようにまとめることができる。

- ① 野外学習を行う場所がない。
- ② 野外学習を行う教材がない。
- ③ 野外学習を行うだけの十分な授業時数が確保しにくいこと。
- ④ 野外学習を準備し,行う教師の時間的・精神的なゆとりがないこと。
- ⑤ 学習地までの子どもの安全が心配なこと。
- ⑥ 野外に連れ出すと子どもを掌握するのが大変なこと。
- ⑦ 学校内の協力指導体制が取りにくいこと。
- ⑧ 野外学習の指導の手順がわからないこと。

これらの野外学習実施上の課題は,それぞれの学校によって該当するものと,しないものがあるかと思うが,各学校の抱える課題を一つでも解消することによって,子どもの育成に欠かすことのできない,自然を実体験させる野外学習の実施に近づけていけるものとする。

3. 地学野外学習を推進する上での改善策

地学野外学習を実施する上で,いくつかの課題が各学校にあるものとするが,授業内容や授業体制,そして学校行事を工夫させることにより,課題を少しでも払拭し,地学野外学習を実施しやすくするものと思う。以下,事例を通し地学野外学習を推進する上での改善策を考える。

(1) 事例1「学校周辺の地形を用いた地学野外学習」

対象:小学校 第6学年

単元:「土地のつくりとでき方」

目標:学校周辺の坂道などの地形の観察を直接行い,昔の河川を地形図上で復元させることにより,土地のつくりとでき方について学習できるようにする。

内容:東京の都市部には洪積台地が広がり,谷底低地も多くみられる(図4)。学校の屋上から学校周辺の地形のようすを眺めた上で,周辺の坂のようすを直接観察するようにする(図5)。その際,子どもの手作り水準器などを用い,地形の断面図などを野外で作成していくことも学習への関心と意欲を高めるものである。

野外学習の後に,教室において地形図上で台地と低地の境を色分けするようにする。こうすることにより昔の河川のようすが浮かび上がってくる。もともと平らだった土地が河川のはたらきで削られ,現在の地形ができたことを考えることができる。

学習の指導体制:

① TT(ティーム・ティーチング)教員の活用。

現在(平成10年度)東京都には,TTの教員として,小学校448人,中学校670人(理科116人)がいる。このように,TTの教員との複数指導体制が取りやすくなっている。

② 地域の人々の活用。

東京都三鷹市では,授業などで地域の方の協力を得ようとする場合には,市の教育委員会に申し出ることにより,講師への報奨費が出るなどの措置がとられている。また,長野県東部町では,地域に住む人々の得意とする分野ごとに整理し,学校などで必要なときに要請できるように,町役場が中心となって登録をしている。このような登録は近年,各自治体においても増えてきている。

これらの方法により,複数の指導者の体制を築き,地学野外学習を実施することは可能である。

学習指導計画:〈全7時間〉

第1時 学校の屋上から周辺の地形のようすをながめてみよう。

第2・3時 学校周辺の坂道を調べ,地形断面図を作ろう。(野外学習)〈TTの活用〉

第4時 地形図に坂道の位置を記入し,気付いたこ

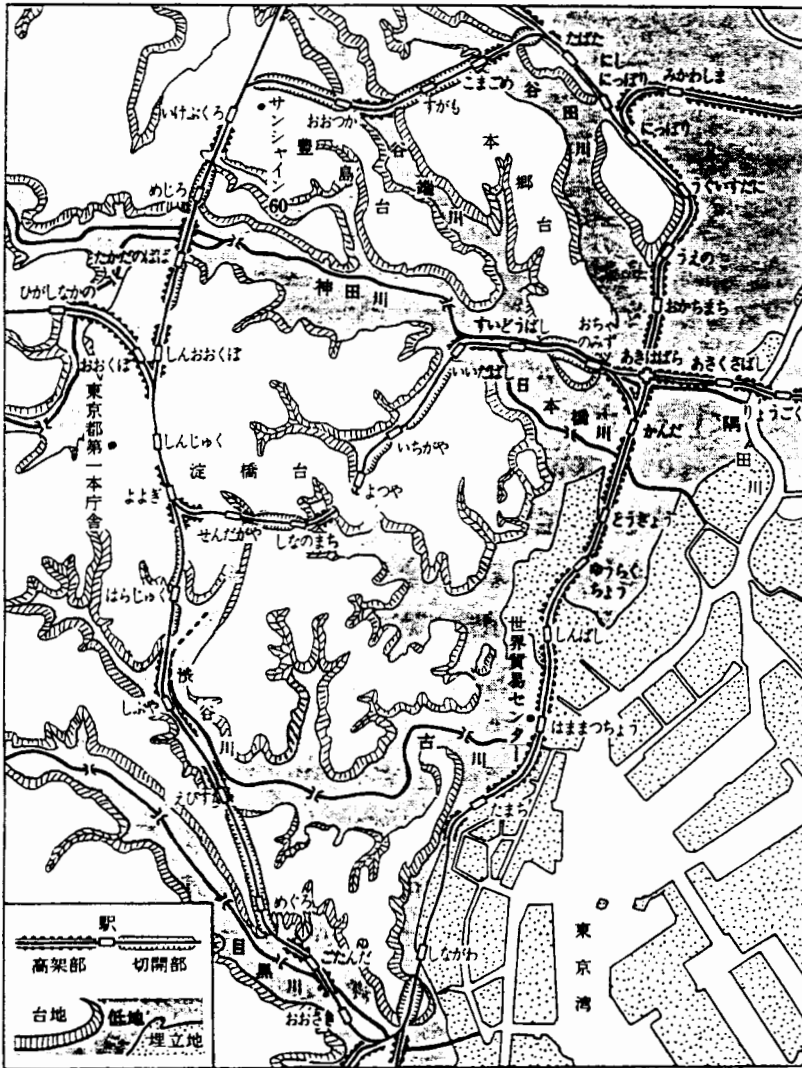


図4 東京の都市部における台地と低地のようす (東京都地学のガイド編集委員会: 1997より引用).

とを話し合おう。

第5時 地域の人から昔の地域のようすについて話を聞こう。 〈地域の人々の活用〉

第6時 地形図をもとに台地と低地を色分けしよう。

第7時 昔の河川のようすに気付き、土地が河川で削られてできることを理解しよう。

本事例による課題への効果:

- ① 野外学習を行う場所がないという課題に対して、学校周辺でも野外学習ができる。
- ② 野外学習を行う教材がないという課題に対して、学校周辺にある身近な地形を教材化できる。

- ③ 野外学習を行うだけの十分な授業時数が確保しにくいという課題に対して、わざわざ遠方に出掛ける野外学習ではないので、授業時数を増やすこともなく授業展開が可能であり、授業時数も確保できる。
- ④ 野外学習を準備し、行う教師の時間的・精神的なゆとりがないという課題に対して、学校周辺の地形図を準備さえすれば、授業は十分に展開できる。
- ⑤ 学習地までの子どもの安全が心配であり、野外に連れ出すと子どもを掌握するのが大変だという課題に対して、TTの教師や地域の人材による体



図5 東京都目黒区に見られる坂のようす（東京都立教育研究所前の坂道）。

制を組むことにより、複数の指導者による安全の確保と子どもの掌握ができる。

- ⑥ 野外学習の指導の手順がわからないという課題に対して、地域に住む地域の地学事象に精通されている方に授業を応援していただくことにより、教材化と学習展開のヒントを得ることが可能である。

(2) 事例2「他教科と合科で実施する地学野外学習」

理科の学習単元と他教科の学習単元を合わせて学習指導をしていこうとする合科単元学習の試みが、現在、いくつかの学校で成されている。

例えば、広島県東広島市立志和中学校では、地域の川をテーマに、生物の野外学習と技術・家庭科、保健体育科、社会科の学習単元とを合わせて環境教育の実践に取り組んでいる（平賀：1998）。

このような取り組みを参考に、地学野外学習を含めた合科的な学習を実施することが可能である。以下に示す事例は、地形・地質の学習や文学、産業の学習を合科的に取り扱い、地学野外学習を授業の中に位置づけていく試みである。

対象：中学校 第3学年

単元：理科「大地の変化」、国語「自然と文学」、社会「産業と地域」

目標：他教科の学習内容と地学の学習内容とを合科的に取り扱い、校外学習として学校行事に位置づけ、地形・地質の野外調査や、文学や産業に関する現地調査を通して、地域の自然と文化を総合的に学習できるようにする。

内容：神奈川県三浦市の城ヶ島周辺は、漁業や農業が盛んな地域であるとともに、小学校・中学校の遠足の場所や地学野外学習の場所としても、古くから活用されている地域である。

また、この地は、北原白秋のゆかりの地でもあり、碑が建てられている（図6）。海岸に沿った岩場からは、清水が流れ出ており、「水っ垂れの泉」と呼ばれている。白秋はこの清水を「水っ垂れの岩のはざまを垂る水のせうせうとして真昼なりけり」ともうたっている。

国語の文学史などの学習とからめることにより、どういう状況の中で白秋がうたったのかを、直接その場所で観察し、白秋の思いを把握することができる。また、地域の漁業や農業の関係の方からの話を聞くことなどにより、地域の産業と自然について学習を深めていくことができる。さらに、理科の学習として、地形・地質の野外学習を実施し、新第三紀層の地層や断層・しゅう曲、そして海岸段丘などの地形の特徴について学習することができる（図7）。

学習の指導体制：

学年全体の学校行事とし、学年全体での指導体制により実施する。

学習指導計画：〈全8時間〉

（理科、国語科、社会科の合科的な学習）

第1・2時 城ヶ島の自然や産業、そしてその地につながる文学について事前に調べよう。

（課題別の情報収集）

第3時 それぞれの課題に応じた現地での調査方法を考えよう。

第4～6時 それぞれの課題ごとに野外調査をしよう。

（野外学習）

- ・地形・地質の調査
- ・文学の調査
- ・漁業の調査
- ・農業の調査
- 等

第7時 それぞれの調査結果を整理しよう。

第8時 調査結果を発表し、城ヶ島の自然と文化を総合的に把握しよう。

本事例による課題への効果：

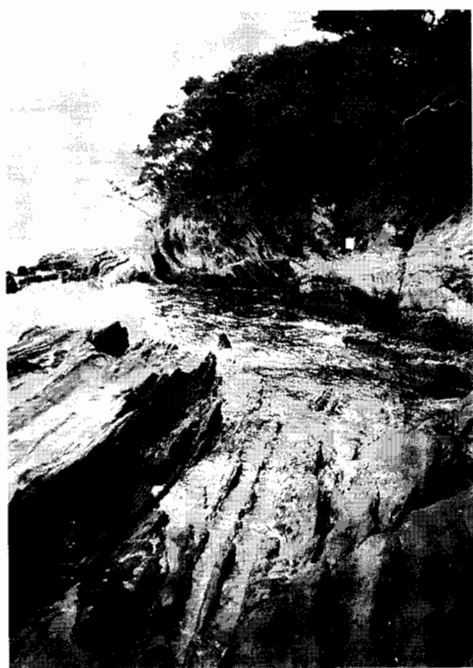


(1)



(2)

図 6(1), (2) 北原白秋の詩碑（神奈川県三浦市城ヶ島）.



(1)



(2)

図 7(1), (2) 城ヶ島の新第三系三浦層群のようす（城ヶ島東部の水垂付近）.

- ① 野外学習を行う教材がないという課題に対して、他の教科の学習内容と合わせて総合的な観点からの教材化ができる。
- ② 野外学習を行うだけの十分な授業時数が確保しにくいという課題に対して、従来、遠足などに充てていた時間をこの校外学習に振り替えることにより授業時数も確保できる。
- ③ 野外学習を準備し、行う教師の時間的・精神的なゆとりがないという課題に対して、学校行事として位置づけるとともに、他教科との合同企画という観点からも、一人の教師にかかる負担を少なくすることができる。
- ④ 学習地までの子どもの安全が心配であり、野外に連れ出すと子どもを掌握するのが大変だという課題に対して、学年全体での指導体制を組むことにより、複数の指導者による安全の確保と子どもの掌握ができる。
- ⑤ 学校内の協力指導体制が取りにくいという課題に対して、野外学習を学校行事に位置づけることによりその解消が期待できる。
- ⑥ 野外学習の指導の手順がわからないという課題に対して、学年や教科などが互に関わり合うこととなり、指導の手順についても学校ごとの特色ある方法により実施することができる。

おわりに

地学の学習において、野外での直接体験による観察は欠かすことができないものであると考える。しかし、特に、東京都の公立小学校、中学校、高等学校においては、地学野外学習の実施率が大きく低下してきている。

これは、教師の意識が大きく影響し、地学野外学習が実施されないできていることがわかった。そこで、本稿では2つの事例を提示し、地学野外学習実施上の課題を改善することができる方策を示した。

新教育課程が示され、授業時間の削減と学習内容の厳選が行われようとしている。しかし、体験を伴う野外学習の必要性は強調され、「総合的な学習の時間」の中において地学教育にも大きく関わる環境教育が位置づけられてきている。

理科としての時間のみにとどまることなく、他教科とも連携を図ったり、地域の方々の協力を得たりするなど学校の教育課程の中に、地学野外学習をしっかりと位置づけるなどの工夫を、一人一人の理科の教師が

努力し、地学教育を推進していくことが必要なことであり、子どもたちの成長にとって重要なことであると確信する。

謝辞

本研究をまとめるにあたり、東京都立教育研究所教科教育部 星野昌治部長、同 数学理科研究室 嶋治行統括指導主事には、さまざまな有益なご意見をいただいた。記して感謝の意を表する。

引用文献

- 足立久男 (1988): 五日市盆地の地形・地質の教材化. 昭和62年度東京都教員研究生報告書, 40 p.
- 馬場勝良・松川正樹・林 明・藤井英一・宮下 治・相場博明 (1986): 地域を生かした地質教材の一試案—立川市南方の多摩川河床を例として—. 地学教育, 39(5), 193-201.
- 藤井英一 (1988): 地域の自然を生かした地質教材開発の視点—生徒が主体的に取り組む野外学習—. 昭和62年度東京都教員研究生報告書, 81 p.
- 林 明・藤井英一・相場博明・宮下 治・馬場勝良・松川正樹 (1988): 地質野外学習における生徒の行動と理解. 地学教育, 41(6), 227-236.
- 平賀正幸 (1998): 横断的な科単元学習と総合的な選択履修幅の拡大. 実践 総合的な学習の時間 (中学校編), 図書文化, 70-75.
- 平原謙造 (1998): 五日市盆地の地形・地質の特徴を生かした指導の工夫—中学校理科「地層と過去の様子」を通して—. 平成9年度東京都教員研究生報告書, 46 p.
- 池田幸夫 (1998): 理科教育におけるフィールド学習の意義. 理科の教育, 47(7), 8-11.
- 教育課程審議会 (1998): 幼稚園, 小学校, 中学校, 高等学校, 盲学校, 聾学校及び養護学校の教育課程の基準の改善について (答申). 112 p.
- 下野 洋 (1998): いま, 地学教育に求められるもの—体験学習・野外学習の必要性—. 地学教育, 51(5), 201-212.
- 松川正樹・馬場勝良・藤井英一・宮下 治・相場博明・坪内秀樹 (1991): 多摩川中流域に分布する上総層群の古環境解析とそれに基づく地質野外実習教材の開発. 多摩川環境調査助成集, 第13巻, 270 p.
- 松川正樹・馬場勝良・林 慶一・田中義洋 (1994): 地質の野外実習教材の開発の視点. 地学教育, 47(3), 99-109.
- 三井知之 (1998): 土地のつくりについての見方や考え方を養う指導の工夫—小学校理科都心部における地層の学習指導を通して—. 平成9年度東京都教員研究生報告書, 82 p.
- 宮下 治 (1990): 泥層中微化石による地層の対比の教材化—埼玉県飯能市の入間川流域を例として—. 地学教育, 43(3), 73-87.

- 宮下 治・坪内秀樹 (1993): 河床に広がる地層を認識させる学習指導の工夫—東京都昭島市の多摩川河床を例として—. *地学教育*, 46(5), 167-177.
- 文部省 (1978): 小学校指導書理科編. 135 p.
- 文部省 (1978): 中学校指導書理科編. 184 p.
- 文部省 (1989): 小学校指導書理科編. 116 p.
- 文部省 (1989): 中学校指導書理科編. 173 p.
- 東京都立教育研究所地学研究室 (1990): 東京及び近郊の野外実習地の調査とその教材化 (1). 東京都立教育研究所科学研究部地学研究室報告書, 121 p.
- 東京都立教育研究所地学研究室 (1991): 東京及び近郊の野外実習地の調査とその教材化 (2)—学校の周りの身近な自然の教材化—. 東京都立教育研究所科学研究部地学研究室報告書, 126 p.
- 東京都地学のガイド編集委員会 (1997): 新版 東京都地学のガイド. コロナ社, 279 p.
- 「東京の教育21」研究開発委員会高等学校理科部会 (1999): 「東京の教育21」研究開発委員会指導資料集 (高等学校理科部会). 東京都教育庁指導部, 18 p.

宮下 治: 地学野外学習の実施上の課題とその改善に向けて—東京都公立学校の実態調査から— *地学教育* 52巻2号, 63-71, 1999

〔キーワード〕 地学野外学習, 小学校, 中学校, 高等学校, 実施率の低下, 課題と改善策

〔要旨〕 地学の学習において, 野外での直接体験による学習は欠かすことができないものである。本稿では, 東京都の公立小学校, 中学校, 高等学校において, 地学野外学習の実施率が大きく低下してきている実態があること, そして地学野外学習実施上の課題が何かを, 教師の意識調査の結果をもとに整理をした。さらに, 地学野外学習を推進できる事例を示し, 実施上の課題への改善策について検討をした。

Osamu MIYASHITA: A Study on Learning through Field Work in Earth Science. *Educat. Earth Sci.*, 52(2), 63-71, 1999

編集委員会より

定例編集委員会は、1月23日(土)と2月27日(土)に開かれました。編集状況は総説1, 原著論文1が受理されました。現在の状況ですと、完成度の高い原稿であるならば、それほど長い期間お待ち頂かなくとも印刷になるかと思えます。引き続き、学会員の皆様からの多くのご投稿を期待しております。

本年度(1998年度)投稿論文の査読を編集委員以外の方をお願いいたしました。記して御礼申し上げます(敬称略)。

青野宏美・片岡祥二・加藤圭司・小林 学・榑原雄太郎・下野 洋・高橋 修・田中義洋・菱田清和・藤岡達也・丸山健人・水野孝雄・森 厚・山崎謙介・横尾武夫・編集委員会: 松川正樹(委員長)・林 慶一(副委員長)・相場博明・大久保 敦・小野正裕・坪内秀樹・根岸 潔・南島正重・宮下 治

日本地学教育学会 52巻 第2号

平成11年3月25日印刷

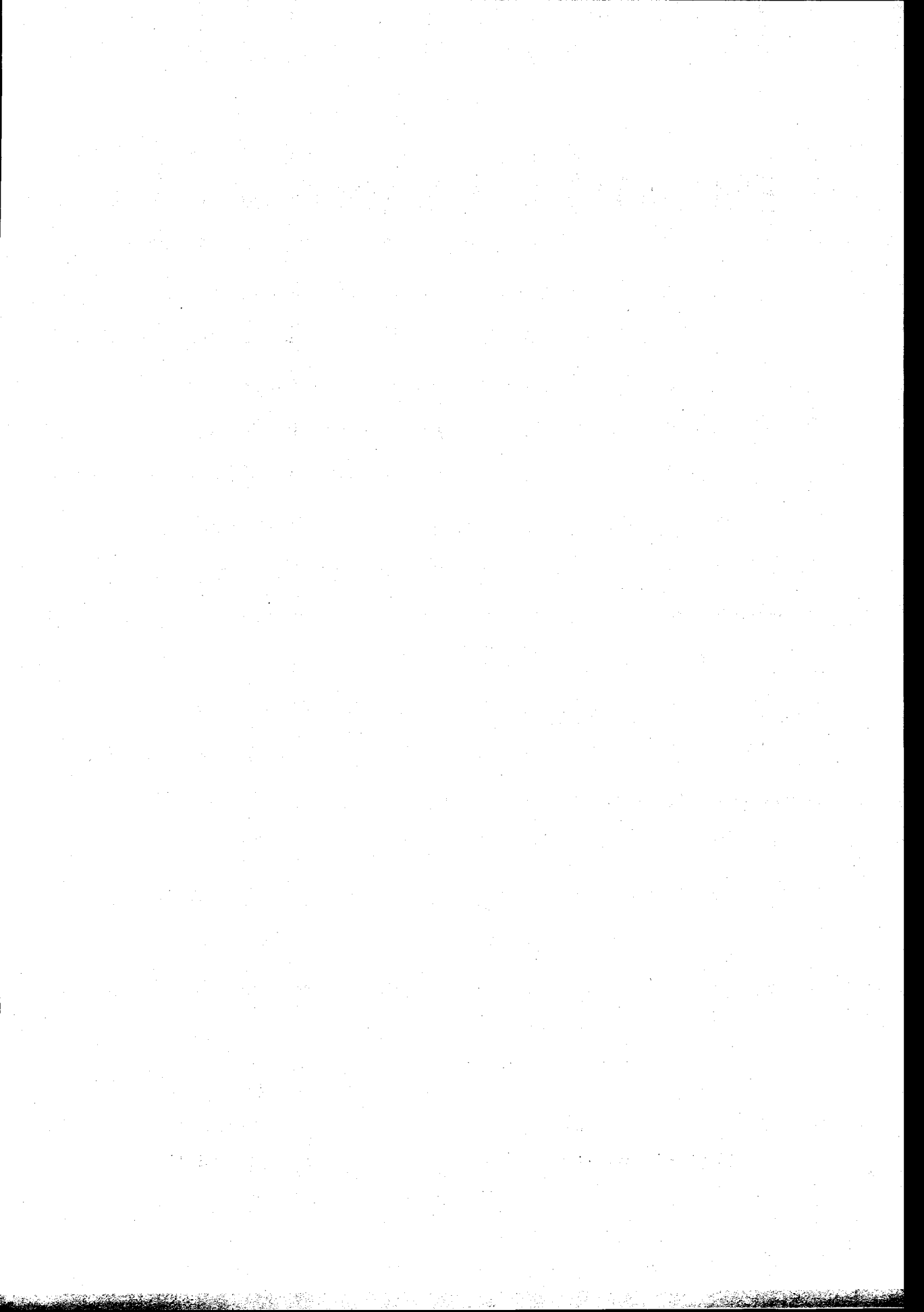
平成11年3月31日発行

編 集 兼 日 本 地 学 教 育 学 会
発 行 者 代 表 榑 原 雄 太 郎

千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33
千葉大学教育学部地学教室内
電話 043-290-2603(山崎)

印 刷 所 株 式 会 社 国 際 文 献 印 刷 社

169-0075 東京都新宿区高田馬場3-8-8
電話 03-3362-9741~4



EDUCATION OF EARTH SCIENCE

VOL. 52, NO. 2

MARCH, 1999

CONTENTS

Review

Transition of Environmental Education observed in the Earth Education with
reference to General StudiesHiromi AONO...37~51

Original Articles

A Study on Learning through Field Work in Earth Science
.....Osamu MIYASHITA...53~62

Numerical Simulation of Tsunami Propagation Using Personal Computer
—Around the Okushiri Island Region—Yoshio OKAMOTO...63~71

Proceeding of the Society (52)

All communications relating this Journal should be addressed to the
JAPAN SOCIETY OF EARTH SCIENCE EDUCATION

c/o Faculty of Education, Chiba University; Chiba-shi, 263-8522, Japan