

地学教育

第52巻 第4号(通巻 第261号)

1999年7月

目 次

総 説

地球科学と教育を取り巻く現状分析

—博物館の新しい地球科学教育を目指して 1— ……………小出良幸…(127~147)

資 料

デジタル・ハンディ・ロガー「エコログ」の活用 ……………神崎洋一…(149~155)

報 告

21世紀の地学教育を考えるプレ大阪フォーラム報告 ……………藤岡達也…(157)

本の紹介 (148, 156)

学会記事 (158~163)

お知らせ (164~167)

日本地学教育学会

263-8522 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

平成 11 年度全国地学教育研究大会
日本地学教育学会第 53 回全国大会

広島大会開催案内

標記大会を次の要領で開催します。多数ご参加下さいますようご案内申し上げます。

広島大会実行委員長（広島大学学校教育学部教授）鈴木 盛久
日本地学教育学会会長（聖徳学園岐阜教育大学教授）楠原 雄太郎

大会テーマ：自然の理解と共生をめざす地学教育

主催：日本地学教育学会

後援：文部省 広島県教育委員会 広島市教育委員会
東広島市教育委員会 全国連合小学校長会 全
日本中学校長会 全国高等学校長協会 日本私
立中学校高等学校連合会 広島県小学校理科教
育研究会 広島県中学校理科教育研究会 広島
県高等学校教育研究会理科部 広島県私立中学
高等学校教科研究会地学部会 財団法人日本教
育研究連合 日本理科教育協会 日本理科教育
学会 広島大学理学部地球惑星システム学科
広島大学総合科学部天体物理学研究

期日：平成 11 年(1999 年) 8 月 25 日(水)～28 日(土)

会場：広島大学学校教育学部（東広島市鏡山 1 丁目
1-1）

日程：

8 月 25 日(水)

9:00 受付

9:30 フォーラム I—地学教育における
マルチメディア活用—

提案者 手代木英明（東京都新宿区立余丁
町小）

平賀博之（広島附属福山中・高）

山崎良雄（千葉大学教育学部）

企画・進行 林 武広（広島大学学校教育学
部）

11:00 記念講演 I—花崗岩の風化と防災につ
いて—

講師：北川隆司（広島大理学部助教授）

12:20 昼食

13:10 挨拶、学会奨励賞授与式

13:30 分科会 中学校 (8) 高校・大学・一般
(8)

16:30 展示発表(9)

17:30 終了

17:30 懇親会受付

18:00 懇親会 広大生協レストラン（会費：
5,000 円，当日参加も可）

20:00 懇親会終了

8 月 26 日(木)

9:00 受付

9:30 フォーラム II—博物館教育と地学
教育—

提案者 矢島道子（東京成徳学園）

森田利仁（千葉県立中央博物館）

山崎博史（広島大学学校教育学部）

企画・進行 磯崎哲夫（広島大教育学部）

11:00 分科会 小学校(4) 中学校(4) 高校・
大学・一般(4)

12:20 昼食

13:10 記念講演 II—これからの教育課程（仮
題）—

講師：三輪洋次（文部省教科調査官）

14:30 講演終了

14:30 大会宣言・次年度開催地代表挨拶

15:00 分科会 小学校(5) 中学校(5) 高
校・大学・一般 A(6) 高校・大学・
一般 B(5) 分科会毎に終了

8 月 27 日(金)～28 日(土) 野外見学旅行 集合、解
散はコースごとに設定

A コース：広島県三次・庄原地域の第三紀備北層
群と帝釈峽（8 月 27～28 日，1 泊 2
日）費用 20,000 円

【主な見学内容】 帝釈川（石灰岩と玄武岩），雄
橋，白雲洞，ヤベイナ石灰岩，石灰岩地形，東城
川（石灰岩と砂岩），石灰岩鉱山（東城），第三
紀備北層群と基盤との不整合，備北層群は松原層
の岩相と化石，船佐-山内衝上断層，備北層群中の
大規模スランプ，三次ワインナリー

B コース：中国工試の瀬戸内海モデルと倉橋島の
広島花崗岩（8 月 27 日，日帰り）費用

5,000円

【主な見学内容】瀬戸内海モデル、花崗岩の風化地形、倉橋島の石材採掘・加工場（議員石など）、斜面崩壊ほか

Cコース：広島市内の地学教育関連施設（8月27日、日帰り）費用5,000円

【主な見学内容】広島市こども文化科学館（プラネタリウム含む）、江波山気象館（旧広島気象台）、平和公園・原爆ドーム・資料館、比治山公園ほか

Dコース：岩国-大竹地域の堆積岩類と鉱山（8月27～28日、1泊2日）費用20,000円

【主な見学内容】錦帯橋・岩国城周辺の地質、錦川の河原での各種岩石標本採集（堆積岩、変成岩、火成岩）、喜和田鉱山（タングステン鉱山）、活断層（岩国断層）ほか

大会参加要領

大会参加費：3,000円（大会要録代含む）当日受付の場合は3,500円

懇親会：8月25日（水）18:00～20:00
5,000円 広島生協レストランにてふるってご参加下さい。当日参加も可ですが、できるだけ予約お願いします。

出張依頼状の申込先：

〒263-0022 千葉市稲毛区弥生町1-33 千葉大学教育学部地学教室

日本地学教育学会事務局（043-290-2603）

大会事務局 送付および連絡先：

郵送：739-8524 東広島市鏡山1-1-1 広島大学学校教育学部地学研究室 林 武広 宛

FAX：0824-22-7085（教育学部 磯崎哲夫 宛）

E-mail: thayasi@sed.hiroshima-u.ac.jp

（林）、または isozaki@ipc.hiroshima-u.ac.jp（磯崎）

TEL: 0824-24-7126（林）、0824-24-6812（磯崎）

参加費等送金先（郵便振替のみ、郵便局備え付けの振り替え用紙をご使用下さい。なお、送金内訳および連絡先を必ずご記入下さい）

加入者名：日本地学教育学会 53回全国大会実行委員会

口座番号：01300-5-60422

広島大会のホームページを開設しております。大会プログラムおよび大会に関する最新情報を逐次更新しておりますので、こちらも是非ごらん下さい。

(URL) <http://www.ipc.hiroshima-u.ac.jp/~chiken/taikai/taikai.html>

分科会プログラム

第1日目: 8月25日(水)

中学校分科会(13:30~16:20)

- ①13:30 中1・(中3)の星の学習を実習を通して実践する
.....山田幹生(サイエンスボランティア[日本工学会])
- ②13:50 1地点の気象観測記録による規則性の検討榊原保志(信州大教育)
- ③14:10 CD-ROM版アメダス閲覧プログラムの開発2
.....渡辺嘉士(埼玉・明法中・高)・榊原保志(信州大教育)
- ④14:30 雲の学習に関するホームページの開発中澤美三(長野・三陽中)・榊原保志(信州大教育)
- <14:50~15:00 休憩>
- ⑤15:00 雲形模型を用いた前線の学習今井栄浩(長野・川中島中)・榊原保志(信州大教育)
- ⑥15:20 吹き流しの製作と校内の風の観測榊原保志(信州大)・竹内 淳(長野・篠井西中)
- ⑦15:40 インターネットホームページを利用した前線の学習
.....牛山高彦(長野・吉田小)・榊原保志(信州大教育)
- ⑧16:00 地震現象のモデル化と空間概念の形成について
.....石野繁男(上越市教育センター)・渡辺 孝(上越教育大)・西川 純(上越教育大)

高校・大学・一般分科会(13:30~16:20)

- ①13:30 イギリスの博物館における教育活動について—ナショナルカリキュラムへの対応を中心に—
.....横手尚美(広島大大学院)・磯崎哲夫(広島大教育)
- ②13:50 博物館における新しい地学教育の試み小出良幸(神奈川県立生命の星・地球博物館)
- ③14:10 触覚による岩石識別の可能性—博物館での新しい地学普及法開発のケーススタディー
.....平田大二(神奈川県立生命の星・地球博物館)・小出良幸(神奈川県立生命の星・地球博物館)
- ④14:30 「グローバル・サイエンス・リテラシー」に基づいた総合的な理科教育
.....五島政一(国立教育研究所)・下野 洋(国立教育研究所)
Victor Mayer(オハイオ州立大)・熊野善介(静岡大教育)
- <14:50~15:00 休憩>
- ⑤15:00 城の石垣の観察を通しての理科総合Bの試み
.....池本博司(広島・基町高)・鈴木盛久(広島大学校教育)
- ⑥15:20 自然史科学を基礎とした森林学習—森林の歴史科学的アプローチを通して—
.....大久保敦(東京学芸大附属高大泉校舎)
- ⑦15:40 岩石の観察遠西昭寿(愛教大教育)・小林まや(愛知・北部中)
- ⑧16:00 日韓の地学教育教材の比較杵島正洋(神奈川・慶應義塾高)

展示(16:30~17:30)

- ①千葉県の大穴化石伊東宗孝(千葉大教育)・山崎良雄(千葉大教育)
- ②ネットワークを利用した教育用データ採集システム
.....森 厚(東京学芸大)・川上真哉(東京学芸大)・丸山健人(東京学芸大)
伊東正貴(東京学芸大)
- ③「地学教育実践集」編纂の軌跡高橋典嗣(明星大)・山崎良雄(千葉大教育)

坪田幸政(神奈川・慶應義塾高)・馬場勝良(神奈川・慶應義塾幼)

- ④伊豆御蔵島の水文環境 第2報濱田浩美(千葉大教育)
- ⑤日本地学教育学会パソコン委員会パソコンセッション(ランド撮図(サット)中国・四国編デモ/50mメッシュ(国土地理院)描画デモ/日本地学教育学会学会HPデモ/地学教育ネット(メーリングリスト)紹介/インターネット上の地学教育関係の教育資源/理科年表CD-ROMの活用についてデモ)
.....内記昭彦(東京・成瀬高)・榊原保志(信州大教育)
青野宏美(千葉・東京成徳大学高)・渡辺嘉士(明法学園中・高)
- ⑥磁気プローブを用いた地磁気の学習有田正志(広島大附属中・高)
- ⑦堆積実験装置の製作と実験例富永良三(広島・美鈴が丘高)・小野喜睦(広島・美鈴が丘高)
- ⑧簡易型偏光装置の製作岡崎敬之(広島大大学院)・永田雄一(広島大大学院)
杉田泰一(広島大大学院)・鹿江宏明(広島大附属東雲中)
- ⑨造岩鉱物検索のためのCDの製作下久吉博宣(広島・如水館中)・永田雄一(広島大大学院)
小倉泰史(鳥取・後藤ヶ中)・谷口剛章(広島大大学院)

第2日目: 8月26日(水)

小学校分科会/午前(11:00~12:20)

- ①11:00 教室に星空を!小型-大型実視角星写真を利用する学習法
.....山田幹生(サイエンスボランティア[日本工学会])
- ②11:20 地球の夜の光分布を使った総合的学習磯部瑠三(国立天文台)
- ③11:40 「児童生徒の天文調査の報告」一星の動きと宇宙の認識荒井 豊(埼玉県立南教育センター)
- ④12:00 「教室と野外とをつなぐ遠隔授業」一川の上流,中流,下流と教室とのマルチポイント実践
.....相場博明(慶應義塾幼)・馬場勝良(慶應義塾幼)・鈴木秀樹(慶應義塾幼)
鈴木二正(慶應義塾幼)・清水研助(慶應義塾幼)・板場 修(慶應義塾幼)
高橋尚子(NTT-X)・西田享邦(NTTサイバーソリューション研究所)

小学校分科会/午後(15:00~16:40)

- ①15:00 地質野外実習地としての狭山丘陵(トトロの森)馬場勝良(慶應義塾幼)
- ②15:20 小学校理科C区分における「土」に関する学習の検討福岡 勲(東京・成増ヶ丘小)
- ③15:40 生活科における石や砂を活用した活動の工夫吉原健太郎(広島大附属三原小)
- ④16:00 生活科・総合的学習における石や砂・泥を活用する試み
.....藤川義範(広島・大州小)・林 武広(広島大学校教育)
- ⑤16:20 生物顕微鏡を利用した簡易偏光観察装置の開発と授業での活用例
.....土井 徹(広島・府中北小)・鹿江宏明(広島大附属東雲中)

中学校分科会/午前(11:00~12:20)

- ①11:00 イギリスの地学教育におけるフィールドスタディーについて實森満樹(広島大大学院)
- ②11:20 個の概念から概念ネットワークへー野外学習の構成と展開
.....高橋 修(東京学芸大教育)・濱中正男(東京学芸大教育)・山崎良雄(千葉大教育)
- ③11:40 小・中・高に適した地質野外実習の内容
.....林 慶一(東京学芸大附属高)・田中康善(お茶の水女子大附属小)
林 四郎(東京・江戸川小)・岡田 仁(東京学芸大附属中)・田中義洋(東京学芸大附属高)
- ④12:00 地域の地質を調べる活動を取り入れた学習前田卓巳(広島・千年中)・林 武広(広島大学校教育)

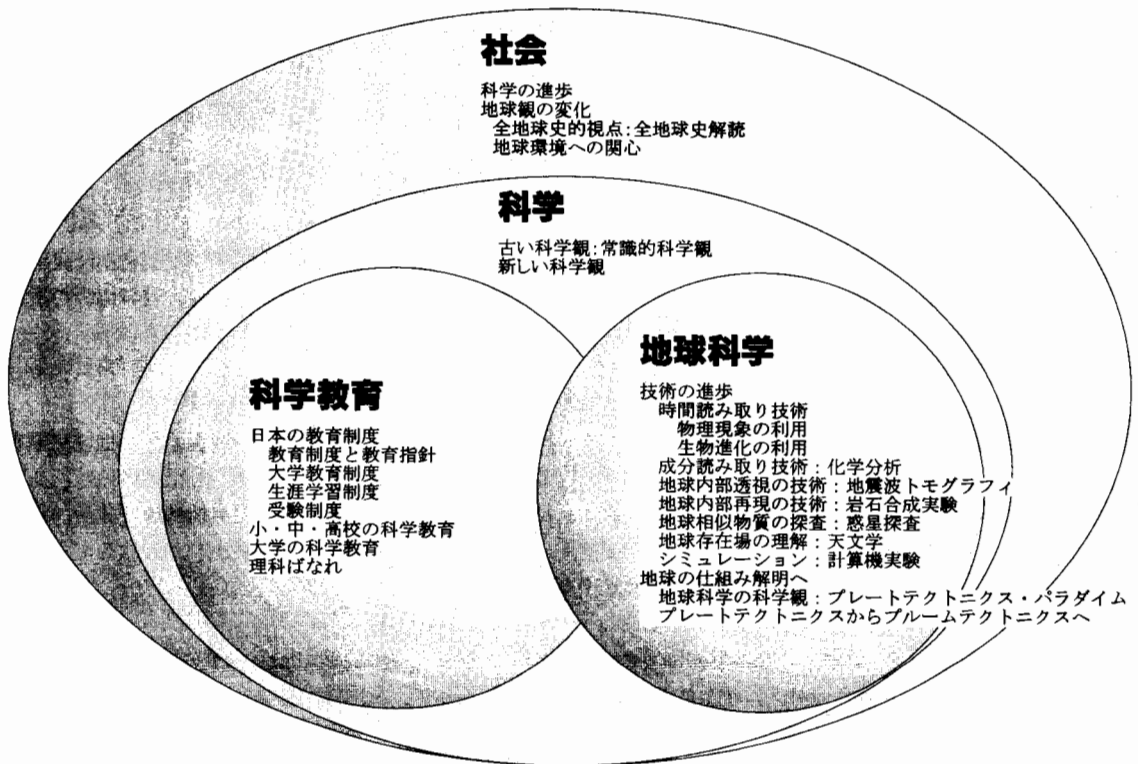


図1 地球科学教育を取り巻く現状と問題点
 本稿で現状分析した分野と内容。

は続いている。エレクトロニクスの集大成として、コンピュータがある。コンピュータは、日本では一人一台の時代となった。コンピュータによって、今まで手作業でしていた定型業務が迅速簡便化されてきた。コンピュータは人間の能力の一部を有能に肩代わりしている。

コンピュータだけではなくにも生まれることはなく、便利な箱の域を越えなかった。しかし、インターネットの出現によって、コンピュータに新しい局面が形成された。それは、インターネットによる膨大な情報空間の形成である。情報空間の入り口がコンピュータなのである。コンピュータなしではインターネットは成り立たない。家庭においては、既存の電話網を利用しながら、電話以上の価値を持つようになった。

インターネットは、大衆に受け入れられ、各種の規模での情報発信、受信がおこなわれている。立花(1997)はインターネットのデジタル空間を頭脳と見立て、「グローバル・ブレイン」と呼んだ。トフラーの

いう大衆を巻きこんだ新しい情報体系が出現しつつある。新しい社会体系はまだ出現していないが、旧ソ連などの社会主義国家の崩壊と東西ドイツの合併など、新しい時代の到来が予感させられる。

さらに重要な点は、シンガポールで実践されつつあるように、国家による高度な情報化した都市を出現させることによって、短時間で経済成長を成し遂げることが可能となった。情報という視点で見ると、地球に僻地はなくなった。インターネットにつながったコンピュータがある限り、地球上のどこにいても、最新の情報に接することが可能だし、リアルタイムで情報発信ができるようになったのである。

2. 地球観の変化

(1) 全地球史的視点:全地球史解説

最近、地球科学に関連する分野では、総合的に研究がおこなわれてきた。代表的なものでは、1960年代の上部マントル計画、1970年代の地球ダイナミクス計画、1980年代のリソスフェア探査開発計画(DELDP: Development and Evolution of the Lithosphere

Program), 1990年代では, MULTIER (Multisphere Interaction, Evolution and Rhythm) 計画(熊澤, 1998), そして全地球史解読計画が実施されてきた。

全地球史解読計画の主要な部分は, 地質時代の海底堆積物から, 過去40億年間の歴史を読み取ろうとするものである。約40億年前からの海洋地殻岩石とその上の遠洋性堆積物, 海溝付近の陸源堆積物が保存されている。このような一連の岩石, 堆積物を付加体という。保存するためのメカニズムが, プレートテクトニクスである。約40億年前の付加帯があるということは, プレートテクトニクスが40億年前までさかのぼれるということである。

海洋地殻は, 地球表面の7割を代表する岩石群である。深海底におけるマントルまでのボーリングコアに相当する資料が, オフィオライトとして2次元的に地表に存在する。また海洋性堆積物は水圏, 気圏, 生命圏, そして岩石圏の総合的なインタラクションの積分値のようなものである。陸源堆積物は陸の平均的物質と見せる。

付加体の構成物の重要性に気付いたのは, 日本人研究者であった。すなわち付加体が地球史記録メディアであるという視点を持っていたのは, 日本人研究者だけであった。

全地球史解読計画は, このような視点と現状の技術力と新しい技術開発に裏づけされた, 復元能力によって, 地球史を解読し, 全地球史の再現を試みるものであった。また, 地球史記録メディアである付加体には, 宇宙との相互作用の影響も記録されていることがわかってきた。宇宙塵や潮汐作用, 日周期, 季節変化, 年周期あるいはもっと長周期のリズムの記録が読み取られるようになってきた。

1998年3月で全地球史解読計画は終了したが, 新しい視点導入と新規技術の開発において地球科学の分野のみならず多分野に重要な貢献をした。

(2) 地球環境への関心

環境問題には, 地球規模の取り組みが必要である。それは, 生じるであろう影響が全地球規模になっていくこと, 原因が一国家に留まらない場合も多いこと, 原因が多数あるいは複雑化していることなどによる。たとえば, ある国で人口の増大があるとすると, これによって, エネルギーや食料の消費が増大する。自国の必要量を越えると, それを補給するために, 他国の原料や食料が使われる。そのため, 原料や食料供給国では, 自然破壊を伴った原料採取や単一作物のみの栽

培, 農薬の大量投与による生態系の破壊があり, ひいては地球規模の環境破壊が起こる。

このような複雑な原因を抱えた地球環境問題は, 理想的には個人や企業が真剣に地球の環境を憂い, その対策に努め, 地方自治体や国家などの行政や国連がそのレベルに応じて対策したときに初めて本質的な解決がなされるであろう。しかし, これは理想であって, 現実には各レベルでの地道な取り組みから始める必要がある。

世界レベルの活動として, 最初に環境問題を警告したのは, 1972年のローマ・クラブの「成長の限界」においてであった。さらに1975年には同じくローマ・クラブが, 「転機に立つ人間社会」において, 人類の危機が1972年に予想した方向に確実に進んでいることを示した。1972年6月, スウェーデンのストックホルムで開催された国連人間環境会議の席上, 「人間環境宣言」が採択された。この会議によって, 地球環境に関する国際的な取り組みの指針が与えられた。それをうけてアメリカ合衆国(1980, 1981)から「西暦2000年の地球」という膨大な特別調査報告書が発表された。その後も, 1982年に国際連合環境計画管理理事会特別会合の「ナイロビ宣言」, 1992年に環境と開発に関する国連会議の「環境と開発に関するリオ宣言」などによって地球環境に対する宣言が繰り返され, 環境問題は世界規模であることがアピールされてきた。

日本は, 環境問題に直面し, 対処してきた経験を持つ国の一つである。1960年代の単純な利潤追求による無秩序な工業化によって, 環境問題が人間への被害という形で現れ, 社会問題となった。当時, 環境問題は「公害」という言い方がされた。個人対企業の問題として行政が介入したため, 地域的問題として捉えられてきた。公害問題への行政の介入によって, 環境汚染に対する基準が強化され, 公害に対する技術が発達した。

このような社会情勢を受け, 1978年, 日本学術審議会は「環境科学研究の推進について」という建議を文部省に提出した。これに基づいて, 文部省の科学研究費補助金の細目として「環境科学特別研究」が設置され, 続いて重点領域研究が始められた。その成果は「地球環境変動の科学—かけがえのない地球を守るために—」(第5回「大学と科学」公開シンポジウム組織委員会編, 1991)と「地球環境変動の科学II—かけがえのない地球を守るために—」(第8回「大学と科

学」公開シンポジウム組織委員会編, 1994) という形でまとめられている。

文部省は「環境教育指導資料(小学校篇)」(1992)や「環境教育指導資料(中学校・高等学校篇)」(1991)などによって、各教科における環境教育の指導案が提示されている。また、このような指導案に基づいて各教育現場で環境学習への取り組みがなされている(小出ほか, 1994)。

その他の省庁でも、環境問題や環境教育に関しての報告書などを提示している。環境庁では「環境白書」(1994)を作成し、現状分析から環境への負担の少ない社会経済活動に向けての提案をしている。ここでは、緻密な現状分析と、地方公共団体による対策例示がなされている。また、一般向けにわかりやすくした「マンガで見る環境白書」(環境庁企画調整局計画調査室, 1994)も出版されている。

地方自治体でもそれぞれの取り組みがなされている。たとえば神奈川県では、かなり具体的な内容をもつ「かながわ環境白書」(1994)が出版されている。この白書では環境の概況と、化学物質の安全性、大気汚染、自動車公害、騒音・振動、悪臭、水質汚染、地盤地下、土壌汚染、廃棄物などによる具体的な問題と、実際の神奈川県における対策が詳細に報告されている。

環境問題は、一種のブームとなりマスコミにも定期的に取り上げられ、多数の出版物が出された。このようなブームによって一般の市民にも地球環境の深刻さが伝わりつつある。

著者らは、地球環境というテーマを設定して1994年4月より5回にわたってアンケート調査を実施した。アンケート調査の集計や結果の詳細は、「神奈川県地球環境学習実態調査報告書—新しい地球環境学習プログラム開発をめざして—」(地球環境学習プログラム開発グループ, 1995)で報告し、小出ほか(1994)や平田ほか(1996)でその概略を報告した。

アンケート調査の分析によると、生徒や学生は自然への強い興味を持っている。人文科学や社会科学より、自然科学に対する興味が強いといえる。そして、大人も自然に関する興味を持っている。地球環境問題は学校教育で、何らかの取り組みがなされており、多く階層の人達にも多くのニーズがある。このようなアンケート調査の結果から、市民のニーズを満たすような学習プログラムを開発し、提供していく必要があることが明らかになった。

III. 科 学

地球科学は科学の一部である。ここでは、進歩する科学を、科学観や科学哲学の変遷としてたどっていく。1950年までの古い科学論と、それ以降の現在も続いている新しい科学観に区分できる(図2)。科学観の変遷を把握することによって、科学の動向と現状を見ることができよう。

1. 古い科学観：常識的科学観

私たちは、基本的には常識的な判断に基づいて日常生活をしている。そのため、常識的な判断による科学がなされる。常識的科学観の基盤を築いたのは、デカルト(Ren Descartes)とベーコン(Francis Bacon)であり、カント(Immanuel Kant)によって集約される。

デカルト(1937)は、方法序説の中で合理主義に基づく機械的な自然観を示した。理性により一つの原理から個々の事実を証明するという演繹法と呼ばれる手法を確立した。そして、キリスト教の宗教的時代にあつて、精神世界と物質世界を分離した。デカルトから始まる合理主義は、パスカル(Blaise Pascal)、スピノザ(Baruch de Spinoza)、ライプニッツ(Gottfried Wilhelm Leibniz)へと進んでいった(佐藤・片山, 1995)。

ベーコンは、先入観や偏見を持たずに、自然をよく観察する経験主義を唱えた。いろいろな事実から一つの原理を導く帰納法という手法を確立した。ベーコンから始まる経験主義は、ホッブス(Thomas Hobbes)、ロック(John Locke)、バークリー(George Berkeley)、ヒューム(David Hume)へと受け継がれていった(佐藤・片山, 1995)。

経験主義の流れの中に、ニュートン(Isaac Newton)もいた。ニュートンは「われ仮説を作らず」と語り、ベーコン的な精神を表明した(藤村ほか, 1988)。ニュートンは、自然科学の真理を発見したが、それは当時の真理観をくつがえすものであった。

ニュートンの科学に強い影響を受けたカントは、ニュートンの自然科学をモデルとして自然科学の成立・根拠と自然科が扱える範囲とを定め、自然科学では扱えない形而上学の領域を確保しようとしたのである(佐藤・片山, 1995)。そして、従来の経験主義と合理主義と批判しつつ、発展させ統一した。カントから始まるドイツ観念論は、フィヒテ(Johann Gottlieb Fichte)、シェリング(Friedrich Wilhelm Joseph von Schelling)そしてヘーゲル(Georg Wilhelm Frie-

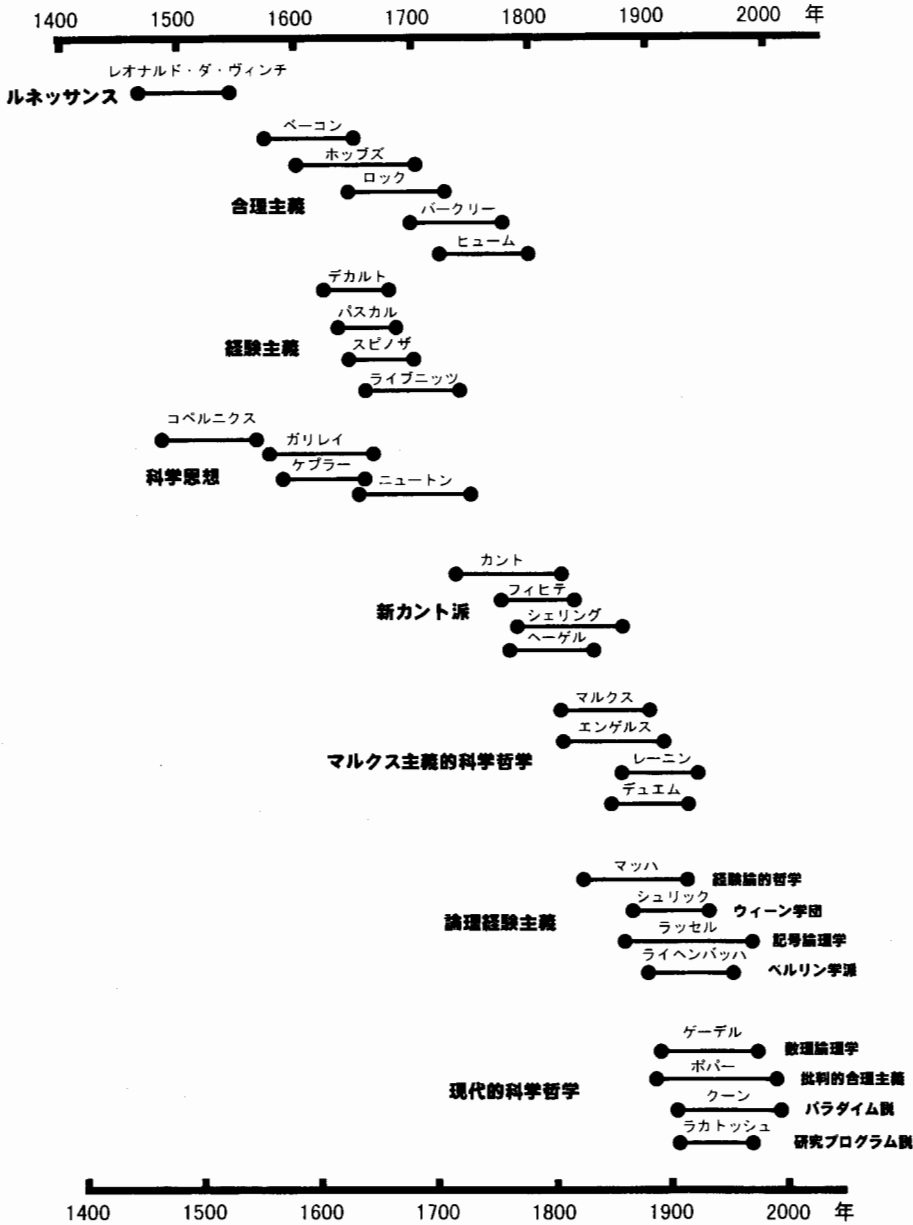


図2 科学哲学の潮流

本稿で取り上げた科学に関する見解を展開した科学者や哲学者の生存期間とその科学哲学上の分類を示した。

drich Hegel) によって集大成された (佐藤・片山, 1995)。

近代は、レオナルド・ダ・ビンチ (Leonardo da Vinci) に代表されるルネッサンスとコペルニクス (Nicolaus Copernicus) に地動説から始まる科学思想で幕をあける (佐藤・片山, 1995)。16~17 世紀に、デカルト、ガリレオ (Galileo Galilei)、ケプラー

(Johannes Kepler)、ニュートンなどによって創られた近代自然科学は人類に大きな影響を与えた。20 世紀までの近世は西洋的な科学思想が全盛であった。西洋的科学思想は哲学と密接に結びついて、常識的な科学観に哲学的裏づけがなされてきた。

原因を追求すれば、法則や理論が発見できるという要素還元主義と法則や理論によってこの世は成り立っ

ているという機械論的世界観が主流となった。常識的
科学観は、要素還元主義を基本的な方法論とした機械
的世界観であった(日本総合研究所編, 1998)。そし
て、1950年までに、常識的科学観に基づく科学哲学
が構築された。

常識的科学観に基づく科学哲学には、3つの学派が
ある。

第1の学派は、19世紀末から1930年にドイツで
発展した新カント派である。カント哲学で自然科学の
正当性を基礎づけようとしたのである。しかし、カ
ント哲学によって自然科学を基礎づけることができると
いう考え自体が誤りで、今ではほとんど忘れられてい
る(都城, 1998)。

第2の学派は、19世紀に旧ソ連ではやったマルク
ス(Karl Marx)を祖とするマルクス主義的科学哲学で
ある。この学派は、自然界のもっとも根本的法則が自
然弁証法で、自然科学の方法論も弁証法であると考え
た。エンゲルス(Friedrich Engels)(1962)の「自然
の弁証法」とレーニン(Vladimir Ilich Lenin)(1909)の
「唯物論と経験批判論」を典拠としていた。そして、旧
ソ連の御用哲学となり、反対派を迫害するにいたっ
た。エンゲルスの「自然弁証法」は未完であったし、
レーニンの書も政治的目的を持って書かれたもので、
どちらも哲学上の考えとすることはできない(都城,
1998)。

第3の学派は、論理実証主義あるいは論理経験主義
と呼ばれるものである。マッハ(Ernst Mach)の経験
論的哲学をもとにしている。マッハの哲学は、感覚的
経験に基づくものだけが科学であるという経験論であ
る。マッハの哲学をもとにして、バートランド・ラッ
セル(Bertrand Russell)の記号論理学が結びついて
経験論的哲学となった。そして、シュリック(M. Sch-
lick)から始まるウィーン学団や、ライヘンバッハ
(Hans Reichenbach)から始まるベルリン学派となっ
ていった(都城, 1998)。

以上のような流れのさなかにありながら、デュエム
(Pierre Duhem)は1914年の「物理理論の目的と構
造」の中で冷静な洞察をおこなった。その中で、観察
の理論依存性と理論の全体性、観察による理論否定の
困難なことという3点の常識的科学観の誤りを指摘
していた。理論の全体性とは、理論の一部の仮説だけ
を取り出してそれを証明したり、否定することはでき
ないという意味である。理論とは全体を受け入れるか
放棄されるかであるとされる。

「先入観なしに自然を観察し、必要に応じて実験し、
信頼性のあるデータを集めると帰納的に法則が発見で
きる」という古いタイプの常識的科学観、つまり経験
主義的科学観によって、科学全体が総括されてきた
(日本総合研究所編, 1998)。また、原因を突き詰めれ
ば、法則や理論が発見できるという要素還元主義とい
う立場から研究がなされてきた。20世紀になると量
子力学や宇宙論、生命科学などの発展により、要素還
元主義的手法や機械的世界観の限界が表面化してき
た。1950年以降、現代風科学哲学が始まる。クーン
(Thomas Samuel Kuhn)のパラダイム説が有名にな
った。パラダイムとはクーンが用いた用語で、原義
は科学者共同体全体が受け入れている根本的な考え方
のことである。しかし、パラダイムは、現在では広く
用いられて、広義には世界の見方やものの考え方の基
本的枠組みというような内容で使われている。

2. 新しい科学観

ここでは、科学観に重要な変化をもたらしたゲー
デル(Kurt Godel)の完全性定理と不完全性定理、ポ
パー(Karl R. Popper)の批判的合理主義、クーンのパ
ラダイム説、ラカトッシュ(Imre Lakatos)の研究プ
ログラム説を中心に、新しい科学観をまとめる。

ゲーデルの完全性定理と不完全性定理は、半世紀
たった今でも、その重要性はおとろえない。ゲーデル
の論証は、数学的な記述によってなされているが、そ
の内容は科学全般あるいは人間社会にまで影響を及ぼ
すものである。

ゲーデルの完全性定理は、命題論理の公理系が完全
で決定可能な体系であること、そして述語論理の公理
系は完全だが、決定可能でないことを意味する(廣
瀬・横田, 1985)。ここで、命題論理とは命題間の関
係のみを扱い、述語論理とは命題の内部構造を対象に
するものである。述語論理は、対象によって第一階か
ら高階なものまである。論理学のほとんどと数学のか
なりの部分は、第一階述語論理で記述される。

論理学は、ギリシャ時代からある学問である。そ
中で演繹論理を集大成したものが記号論理学である。
ラッセルの記号論理学は、人間の思考を形式化、体系
化したものである。ゲーデルの完全性定理は、記号論
理学が完全であることを証明してみせたのである。記
号論理学は人間の論理能力に上限をつけたものともみ
なせる。

不完全性定理とは、自然数を用いる数学の公理系
は、不完全であることを示した。自然数を含まない公

理系はほとんどない。従って数学の体系が不完全であることを示す定理である(廣瀬・横田, 1985)。一般化すれば、体系をいくら論理的に整えても、この体系を否定も証明もできないことが多いことを意味する。自己の無矛盾性をその体系内で証明することができないのである。

新しい科学観では、意識的かあるいは無意識にかはわからないが、ゲーデルの不完全性定理が組み込まれている。

デュエムの常識的科学観をより進めたのは、ポパーであった。ポパーは批判的合理主義によって科学哲学を方向転換させた(川村, 1990)。ポパーは、科学哲学における帰納法への批判を通じて方法論的反証主義を提唱し、弁証法を批判して問題解決の新しい図式(トライ・エンド・エラー)を示した(小川原, 1997)。

常識的科学の方法は、6段階に分けられる。第1に観察ないし実験がおこなわれる。第2に帰納法によって、観察したことを説明する一般的理論を考察する。第3に一般的理論に基づく仮説を提起する。第4にさらなる実験によって、この仮説を検証する。第5にもとの理論が証明されたり、反証されたりする。第6にその理論が間違いだと証明されるまでは、真実である(あるいは偽である)と推定される。

このような科学的方法是帰納的手法であるが、ポパーはこのプロセスを逆転させ、演繹的手法を提唱した。まず、問題を選び、その解決策つまり何が起きているかを説明する理論を提起する。次にその理論から演繹できる検証可能な命題を考え出す。そして、演繹的に得られた結論を証明するだけでなく、反証するための試験・実験をおこなう。こうした反証は、もとの理論と結合され、よりよい理論を生み出す。ポパーの理論の特徴は、理論を提唱した科学者自身が、反証を試みる点である。

クーン(1962)の「科学革命の構造」では、科学の発展過程を論じた。科学は、累積的に発展・進歩し続けるのではなく、模範的な考え方が別のものにとって代わり、断続的に転換すると考えた。このような科学革命をおこなうような規範的な理論をクーンはパラダイムとよんだ。パラダイムは、その後、思想の枠組みという意味で一般に拡大解釈され、大流行した(野家, 1998)。

パラダイムができる前の初期段階では、さまざまな見解が存在していたのが、科学者共同体全体が一つの基本的な理論で一致してくる。これがパラダイムの形

成時期である。

パラダイムが確立されると、意味のある事実が決定され、事実と理論の調和がはかられ、理論の整備がおこなわれる。このような時期をクーンは、通常科学の時期と呼んでいる。パラダイムを用いて学生たちに教育がおこなわれ、学生たちはそのパラダイムを受け入れながら研究者となっていく。

研究が進んでいくと、パラダイムでは説明できない現象が増加してくる。このような時期を異常科学(非通常科学)の時と呼び、パラダイムの危機となる。

そして、最後に説明できない事実の増加によって、さまざまな見解が生まれ、やがて次のパラダイムに変わる。パラダイムの変換期を科学革命と呼ぶ。最近ではパラダイム・シフトと呼ばれることもある。

クーンのパラダイム説では、対立する二つのパラダイムを論理的に優劣が付かないとした(共約不可能)。科学革命が起こっても、科学が進歩したかどうかはわからないことになる。

クーンのこのような相対主義をきらって、ラカトシュ(1978)は、理論の優劣には客観的に論理的な根拠があることを「研究プログラム説」として示した。

ラカトシュの研究プログラムとは、一つの系列で論理的に結びついた理論(または仮説)のことである。研究プログラムの中核は、「否定的発見法」と呼ばれる理論が進歩しても変化しない。その中核を取り巻いて、補助的な仮説や仮定、初期条件からなる防護帯がある。理論を改善するためには、「肯定的発見法」と呼ばれる研究の進め方で、防護帯の中の仮定を変えていくことになる。古い研究プログラムを救うためにアド・ホック的仮説が使われることがある。アド・ホック的仮説とは、古い理論を救うためだけの仮説で、ここからは何も生まれてこない。

ラカトシュの研究プログラムでは、二つの対立する理論は共約不可能であっても優劣を客観的に決めて、科学的進歩を合理的に説明できると考えた。新しい研究プログラムの優位性を示すには、古い研究プログラムの事実をすべて説明でき、古いプログラムが予言できない証明可能な予測をおこなえる前進的なものであれば良い。

新しい科学観は、より現実にあったものとなった。しかし、その科学観は、主として物理の法則・理論の歴史から組み立てられている。物理中心の科学理論が地球科学へ適用できるのかどうかは疑問である。都城(1998)は、地質学への科学理論を導入したが、地質学

固有の理論体系が必要であることを示した(後述)。今後は、分野別の科学哲学体系で研究が進むであろう。

自然は、要素還元主義的手法だけでは、すべては解明することができないことが明らかになった。現在では、自然とは複雑で混沌とした面があることが「科学的」にわかってきた。カオスやフラクタルとよばれる複雑系の学問分野が急速に発展したり、従来の学問分野を超えた広領域や超領域の科学に取り組まれているのも、上述の科学の現状の反映であろう。広い領域の科学を総合化するための技術として、システム工学が生まれた。システム工学は、宇宙開発によってもたらされた管理技法の一環として生まれた。システム工学には、科学技術のあらゆる分野の力を結集する必要があり、今では、都市交通網、大気汚染、水質汚濁対策、犯罪防止、教育システムの開発など、多くの分野に適用されている。

IV. 科学教育

科学教育は、科学の発展を反映する。一方、国の政策的な影響も強く受ける。特に日本の初等・中等教育では全国一律の教育制度が厳重に守られており、個性のある教育がしにくいのが現状である。しかし、大学では、科学教育は自由度が大きい。

1. 日本の教育制度

日本の教育制度の現状を、教育制度と教育指針、大学教育制度、生涯学習制度、受験制度という観点で見えていく。

(1) 教育制度と教育指針

日本の戦後教育は、1947(昭和22)年の、教育基本法と学校教育法の制定から始まる。

日本国憲法の前文および第一条は、民主主義教育の目的、方針を明示する教育宣言としての性格をもち、教育憲法ともいべきものである。教育基本法は、日本国憲法の精神にのっとり、わが国の教育の基本的なあり方を定めたものである。教育の目的(第一条)に「教育は、人格の完成をめざし、平和な国家及び社会の形成者として、真理と正義を愛し、個人の価値を尊び、勤労と責任を重んじ、自主的精神にみちた心身ともに健康な国民の育成を期しておこなわれなければならない」と定め、以下、教育の方針、教育の機会均等、義務教育、男女共学、学校教育、社会教育、政治教育、宗教教育、教育行政について定めている。

学校教育法は、第一条で「この法律で、学校とは小学校、中学校、高等学校、大学、高等専門学校、盲学

校、聾学校、養護学校及び幼稚園とする」とし、第二章以下に、順次、各種類の学校の基本的事項を定めている。学校教育法は、戦後教育改革によって始まった六・三・三・四制単線型学校体系の根幹を定めた法律である。

1949(昭和24)に、教育職員免許法(教免法)と指導要録制定が制定された。

教育職員免許法では、幼稚園、小・中・高校の教師になるためには、それぞれの学校の種別・教科にかかわる教員免許状を取得していなければならない。1988(昭和60)年に教育職員免許法が大改定され、1989(平成元)年4月から施行された。

指導要録は、児童生徒の氏名、保護者を記す学籍と、学校生活における学習、特別活動、行動、性格、健康等に関する公的な記録簿で、高等教育機関を除く最終修了学校で保管される。児童生徒の学校生活をよりさまざまな角度から広く客観的に分析し、指導の基礎資料としている。通知表・内申書などはこれを基にして作られることになっている。

1958(昭和33)年に、教師の依拠すべき国家基準として学習指導要領が制定される。学習指導要領とは、学習目標設定、教材組織化、学習指導方式の選択・決定、指導結果評価のための手引きとして、文部省が学校と教師に提供する、わが国の小・中・高校の教育課程をいう。

戦後の一番大きな教育改革は、臨時教育審議会(臨教審と略される)の答申に基づいておこなわれた。

1984(昭和59)年8月、教育改革のために、首相直属の審議会、臨教審を発足させて、教育改革審議にあたらせた。1985(昭和60)年6月に、臨教審により「個性重視の原則」を基本的な考え方の中心にすえた臨教審第一次答申が出された。1986(昭和61)年4月には、「生涯学習体系への移行」を主軸とする教育再編成の基本方向を提示した臨教審第二次答申がだされた。1987(昭和62)年4月には臨教審第二次答申を膨らませた第三次答申がだされた。そして、同年8月に臨教審最終答申が提出された。

臨教審の最終答申における21世紀のための教育目標は、「ひろい心、すこやかな体、ゆたかな創造力」、「自由・自律と公共の精神」、「世界の中の日本人」の育成で、愛国心と国際的感覚とを兼ね備えた人格形成が大事であるとされた。そして、改革原則として、「個性重視の原則」「生涯学習体系への移行」、「変化への対応」が示され、具体的施策として生涯学習体制の基盤

としての教育文化施設のインテリジェント化、共通テスト・寄付講座・ユニバーシティ・カウンスル・教育内容改善・教科書制度改革・教員の資質向上・後期中等教育構造の柔軟化などが、提示されている。

1988(昭和63)年に、臨教審の答申の実現を督励するため、臨時教育改革推進会議(ポスト臨教審)が設置され、また答申の具体化のために、教育課程審議会、大学審議会、中教審(中央教育審議会)、生涯学習審議会などが活動をはじめた。

学習指導要領と指導要録は、臨教審の答申に基づきながらたびたび改訂されてきた。

1970年代の初めごろより、教育評価の方法として、教師の判断で学力に応じた評点をつける絶対評価がおこなわれるようになった。学習の到達基準をはっきりさせたうえで、絶対評価をおこなう到達度評価がおこなわれ始めている。

1989(平成元)年には、幼稚園・小学校・中学校・高校の学習指導要領が改訂され、新学力観が導入され、1990年以降、新学力観が順次実施された。

新学力観は、「子どもが自ら考え主体的に判断し、表現したり行動できる資質や能力の育成を重視」する、個性と多様性重視の学力観である。教師の学習指導の考え方は指導から支援へと転換され、学力の評価も「知識・理解」から「関心・意欲・態度」に重点が移されている。通知表の改革のなかで観点別評価が導入され、客観的な学力の測定よりも教師の主観をまじえた「関心・意欲・態度」の評価が重要視されるようになった。導入の背景には偏差値・輪切り体制による過酷な受験競争の緩和のねらいがあるとされる。

1989(平成元)年の学習指導要領の改定は、臨教審答申に沿っており、国際的感覚と日本人としての自覚をもつ国民形成のためには、基礎学力充実、教育個性化、自主・自発的態度育成が必要であるとしている。道徳教育のいっそうの強化、情報化の進展に対応できる資質の養成、国際感覚を深めるための外国語教育の充実、日本人としての自覚を高めるために「日の丸」の旗を国旗とし「君が代」を国歌とする指導の徹底、小学校低学年(1,2年)の社会科・理科を廃合して「生活科」を新設、中学校での教科選択の幅を広げ習熟度別指導を推進する、高校社会科を解体し地歴科と公民科とを新設する、という内容である。

学習指導要領改定にともない、1991(平成3)年3月に指導要録が改訂され、中学校(1991年)と小学校(1992年)で指導要録が適用された。1994(平成6)

年に高校で新指導要領が実施されるのにもない、高校指導要録が改定された。

この指導要録改訂の特徴は、「観点別学習状況」の評価(絶対評価)への転換が図られた(小学校低学年では相対評価廃止、中・高学年では3段階に緩和、中学校では、選択教科は3段階の絶対評価に変更)ところにある。しかし中学校の必修教科では5段階評価を据え置くなど、不徹底な部分を残している。

1995(平成7)年4月に、第十五期中央教育審議会が「二一世紀を展望した教育のあり方について」の諮問に基づき再開された。諮問内容は、「学校・家庭・地域社会の役割と連携のありかた」、「一人一人の能力・適性に応じた教育と学校間の接続の改善」、「国際化、情報化、科学技術の発展等社会の変化に対応する教育のありかた」の3点であった。

1996(平成8)年6月に第十五期中央教育審議のまとめが発表され、同年7月に第十五期中央教育審議会の第一次答申がだされた。

第一次答申では21世紀の初頭に完全週5日制を実現することを明記し、教育の基本方向として個性重視の考え方に立って「生きるちから」を育むこと、いじめ・登校拒否問題への柔軟な対応をおこなうこと、さらには学校・家庭・地域社会の連携を進め、家庭や地域社会の教育を充実することを提言している。開かれた学校づくりを促進するために、学校の学習内容を厳選、「総合的な学習」やボランティア活動、野外体験学習や自然観察などを導入し、国際理解教育として英会話や外国の文化に触れる機会を取り入れること、情報リテラシーの育成や、情報通信ネットワークの活用、科学的なものの考え方の育成、入学者選抜の改善、環境教育の充実などが課題とされている。

(2) 大学教育制度

大学自体の制度改革がおこなわれている。1991(平成3)年、大学審議会は、近い将来に予想される学生数減少、生涯学習社会の到来、国際化の進行に備えて、大学学部学生定員の抑制、大学院学生とともに、各大学がそれぞれに個性を明らかにしつつ生き残っていくような工夫が必要であるとした。そのために、個々の大学が、研究・教育水準の維持向上をはかるシステム(大学自己評価システム)を整備したうえで、大学の研究教育組織、教育課程の編成等については、各大学の自主的判断により、自由におこなえるような大学改革の促進について提言した。

この提言に基づき、文部省は1991(平成3)年6

月、大学設置基準、短期大学設置基準、大学院設置基準等を大幅に改定した。大学設置基準の改定で、各大学は大学自己評価システムの作成、教育方法、施設・設備の改善が求められるとともに、社会人の修学が容易になるような昼夜開講制、科目履修制度、国内外の他の大学との単位互換制度などの設置も認められるようになった。

この改定による最も大きな変化は、教育課程編成の自由化であった。従来、大学の科目は、教養科目と通称される一般教育、外国語、保健体育と専門教育の4科目に区分され、それぞれの科目において一定単位数の必修が大学卒業の要件であった。この科目区分と教養科目の設置については、個々の大学、学部、学科の自由な判断にまかせられ、専攻・専門に応じた授業科目を配列した教育課程を編成すればよいように改められた。教養部等の一般教育課程を置いてきた大学では、教養部を廃止し新学部への転換が計られるようになった。

大学制度改革の動きの中で、教育理念・目標等、教育・研究活動、教員組織、施設設備等の項目についての自己点検・評価を、場合によっては外部の専門家を交えて、また学生の評価を加えておこない、大学の活動を活性化させることがねらいとされている。これと関連して、詳細な講義内容の計画を示すシラバスの作成、課題図書の設定、学生の個別指導のために時間を設定して教育方法の改善に力を注ぐ大学・教員も増加している。大学の大衆化に対応した変革であるが、大学・大学生の社会的位置の変化が象徴されていると見ることができる。

大学院（研究科という）には、修士課程だけの大学院と博士課程の大学院とがある。大学院は、4年制大学が学部を基礎にしてその上に個別に設置するのが原則になっている。しかし、大学院設置基準の改定により、社会人入学枠の設定、大学院大学の設置など、大学院改革も活発になってきている。

個別の大学だけで自前の大学院を設置することが難しい場合、いくつかの国立大学の同一の専門学部が連合して特定の大学を拠点とする連合大学院をつくっている場合もある。1989（平成元）年には、複数の国立大学共同利用研究施設の異なった専門領域が連携して、関連する領域の総合的な研究教育をおこなう大学院（総合研究大学院大学）、複数の専門領域の研究者が集まって先端科学技術の研究教育をおこなう大学院（北陸および奈良の先端科学技術大学院大学）も生ま

れた。この大学院は学部を持たない大学なので、大学院大学、もしくは独立大学院と名づけられている。

従来の大学院博士課程をもつ大学でも、この流れに対応してきた。従来研究教育組織の基礎をなしていた講座を学部から大学院に移し、大学院の拡充をはかろうとするものである。従来とは反対に学部が大学院に付属するような形になるが、大学院大学とは違って学部をもつ大学であるから、大学院重点大学とも通称される。

大学開放は、正規の大学の課程を市民に開放する事業であり、19世紀以来、英米を中心に発達してきた。現在では、マス・メディアの発達に応じて、各種のメディアの組み合わせによる教育形態（マルチメディア教育、multi-media education）が発展している。

たとえば、1969年にイギリスでは、すべての市民を対象にして、テレビ、ラジオ、地方の各種の社会教育施設、通信教育の組み合わせによって、大学卒業資格を得させようとするオープン・ユニバーシティ（open university）が、旧来の大学とは別個の大学として開学している。その後アメリカ・ドイツなどでも同様の公開大学が発展してきている。

日本では一部の私立大学による通信教育や、公開講座の名で公開講演会がおこなわれてきているにすぎなかった。しかし、最近では、開かれた大学のかげ声のもと、社会人入学制度を設け、特別講義を開く大学も数多く現れてきており、一部の国立大学には大学開放センター（名称は、大学教育開放センター・生涯学習教育研究センター・大学開放実践センター等多様）が設けられ、専任スタッフをもって事業が実施されている。

放送大学は1983（昭和58）年4月に発足し、1985（昭和60）年に開校された。放送大学は、教養学部のみで生活科学（生活と福祉専攻、発達と教育専攻）、産業・社会（社会と経済専攻、産業と技術専攻）、人文・自然（人間の探究専攻、自然の理解専攻）の3コースがある。全科履修生は4年以上在学し、124単位を取得すると「学士（教養）」の学位が得られる。選科履修生・科目履修生等として、卒業を目的とせず、自分の学習したい科目を約300の科目から選択し、講義をうける受講者という制度もある。ビデオ学習センターや今後の衛星放送による全国展開によって生涯学習機関としての充実がめざされている。

1993（平成5）年には、大学審議会は、大学教員問題に関して、一つの大学の教員に自校出身者ばかりで

なく他校出身者、社会人、外国人、女性を登用すべきことと、夜間制、昼夜開講制大学院の拡充を提言している。今後も、大学改革はさらにいっそう進むであろう。

(3) 生涯学習制度

生涯教育あるいは生涯学習とは、乳幼児から老年にいたるまでの教育のあり方のことである。実社会と遊離しがちな学校教育を社会に結び付け、社会と学校教育の両者のもつ教育的機能を、人間の発達の過程に応じた、教育の組織化と統合を進めようとする教育観をいう。

生涯学習に関する法律としては、1949(昭和24)年に社会教育法が制定されている。社会教育法は、国民の自主的な社会教育活動のための環境醸成にある。

生涯学習の考え方は古くからあったが、1965(昭和40)年にユネスコにおいて、技術の発達や情報化の進展など変動する現代社会に対応する教育観として再評価された。日本では1970年代初めから、国家的関心のもとに世界に先駆けてこの教育論を受け入れた。

1981(昭和56)年に、中教審は国民が生涯を通じ学習し続ける社会(学習社会)の実現をめざす「生涯教育について」を答申した。1987年の臨教審答申で、21世紀にむけての生涯学習体系への移行を基本にすえた教育改革論を展開し、生涯教育論は公教育政策の基本理念になった。この臨教審答申では、生涯学習、情報活動の拠点として、教育文化施設を高度の情報通信機能と快適な学習・生活空間を備えたものに整備し、これを最大限に活用する方策を「施設のインテリジェント化」とよび、施設を「インテリジェント・スクール」と呼んだ。1988(昭和63)年以降、文部省は、この施設をモデル的に整備してきた。

臨教審答申に基づき、1988(昭和63)年に文部省は、これまでの社会教育局を廃止して生涯学習局を筆頭局として設置し、生涯学習政策の推進をおこなっている。

中教審は、1990(平成2)年、文相にあてて「生涯学習の基盤整備について」という答申をした。それを受けて、同年1月に生涯学習振興法(正式名称「生涯学習振興のための施策の推進体制等の整備に関する法律」)が制定された。生涯学習振興法は、臨教審答申をうけた中教審の答申「生涯学習の基盤整備について」を法律化したものである。

「学校教育、社会教育及び文化の振興に関し、生涯学習に資するための施策に関する重要事項」等を調査審

議する生涯学習審議会が文部省に置かれた。そして、1992年(平成4)年7月に、生涯学習審議会の答申「今後の社会の動向に対応した生涯学習の振興方策について」が提出された。答申では、社会人対象のリカレント教育の推進、ボランティア活動の支援・推進、青少年学校外活動の充実、環境問題や国際理解など現代的課題に関する学習機会の充実、という四つの課題をあげた。

生涯学習審議会の答申での「リフレッシュ教育」あるいはリカレント教育(recurrent education)とは、職業人を対象とし、職業上の知識・技術を内容とし、大学院・大学等で実施される教育を指す。これはOECD(経済協力開発機構)が提唱した生涯教育構想の一つである。一度社会に出た者の学校への再入学を保証し、学校教育と社会教育を循環的にシステム化することを課題とする。

1996(平成8)年4月には、生涯学習審議会は「地域における生涯学習機会の充実方策について」の答申をおこなった。

いま生涯教育は新しい段階にある。中央行政のこのような動きに応じて、各地の自治体もそれぞれの地域圏ごとに生涯教育あるいは生涯学習推進計画を策定し、行政レベルにおける生涯学習推進計画ブームというべき姿が生まれている。行政レベルだけでなく、市民や企業も含めて、高齢者や身体障害者にも安心して使ってもらえるようなバリアフリーの商品やシステムや誰もが使いやすい仕様を追求するユニバーサル・デザインの思想、高齢者やマイノリティにも優しい社会づくりの優しさスタンダード、優しさスタンダードを持ったものに統合するノーマライゼーションなどとして、社会的な取り組みがなされている。

(4) 受験制度

1979(昭和54)年に、国公立大学入試に際し共通一次試験が導入された。その後、国公立大学受験は一校しかできなかったが、二校受験が可能のように、1987(昭和62)年から国立大学複数受験制が実施された。1987年は全国立大学をA・B群に分け、A・B両群の試験日をずらし、受験生がA・B両群の一大学ずつを複数受験できるようにした(連続方式)。

結果はB群の東京大学など一部の大学を除き、各大学とも合格者の入学辞退者が相次ぎ、大量の定員割れを生じて大学・受験者ともども混乱した。そのため1989(平成元)年以降は、定員を前期・後期に分割して二度選抜試験をおこなう(分離分割方式)ところが

あらわれた。国立大学は1997(平成9)年から、公立大学は1999(平成11)年から分離分割方式に統一された。

1990(平成2)年1月に、臨教審答申は、共通一次試験に代えて私立大学の参加を求めた共通テストの実施の提言を受けて、大学入試センター試験が実施された。大学入試センター試験は激化した大学入試を緩和しようとする文部省の意図を受けたものであるが、受験産業が介入によって、大学間の格差づけを助長し、受験生の国立大学はなれを生み出した。

1993(平成5)年以降、臨教審や第一四期中教審の答申で高校入試の「多様化」が提言されたのを受けて、高校教育改革推進会議の報告がまとめられ、高校入試改革が進展している。

改革の基本的な方向は、学科・コース・類型ごとに多様な入学試験をおこなうことができるようにし、学力試験と調査書などの「学習の記録」の比重も、学校単位あるいは学科ごとに選択決定できるようにしたことである。

2. 小・中・高校の科学教育

一般論として、熱心な教師、意欲のある児童・生徒、適切な学習プログラム、そして良い学習環境があれば、教育効果は上がるはずである。しかし、現実はこのように単純にかたづけられるものでない。教育の効果は測れるものではないし、測定できたとしても、最終的な評価は、教育を受けた者があるいはその周囲が評価するものであるから、一義的には判断できない。また、教育効果の評価は、10年、20年以上後に出るものかもしれない。教育効果の評価など、現状ではできないのであろう。

評価に基づいて教育をおこなうことができないため、小・中・高校の教師は、文部省や地方自治体の教育委員会などの指導に基づいて、教育をおこなっている。あるいは、少数だが独自の教育理念や信念に基づいて、教育がおこなわれることもある。

大学で十分な教員養成のための訓練を受け、大学で認定されたものが教員となる。教員の免許状を持ったものだけが、教育現場で教育をおこなうことができる。大学で十分に訓練を受けた教員が社会に供給されている。したがって、学校教員は、教育のプロフェッショナルから組織されているはずである。ただし、熱心な教師かどうかはわからない。熱心さは相対的な評価になるからである。

マスコミでは、児童・生徒の落ちこぼれや、不登校、

校内暴力、自殺、傷害事件、殺人事件などが報道され、児童・生徒の振る舞いが、社会問題となっている。現実には、このような問題をおこしている児童・生徒が、どのような比率を占めているのだろうか。昔から「不良」と呼ばれる児童・生徒はいたろうし、事件として取り上げる児童・生徒もいたはずである。今も昔も、少数の児童・生徒がこのような問題を起こしたのであって、多くは「普通」の児童・生徒であろう。

動物や植物などの自然や岩石・鉱物・化石などに興味を持ち、熱心に自発的に学ぶ児童・生徒は、今も昔もいたはずである。手元に過去のデータがないため比較はできないが、今も多くの小学生の興味は、自然に向いていることは確認できる(小出ほか、1995)。小出らは、年齢を経るにしたがって、児童・生徒の自然に対する興味や熱意が、減少していくを明らかにした。博物館の行事でも、小学生の参加者は多いが、中・高校生の参加者が少ないのは、その反映かもしれない。

このような現状の原因のひとつに、児童・生徒の多忙さが挙げられる。小学生のころは自然に興味を持っていたが、大きくなると自然に親しむことに割く時間が少なくなってくる児童・生徒が増えているのではないだろうか。教育現場では、受験を目標にしている場合もあるようである。自然に接することより、受験対策が優先されているようにみえることも多い。

「良い教師」とは、「良い上級学校」に生徒を入学させてくれる人であり、「意欲のある児童・生徒」とは、「良い上級学校」に入学できた生徒と考える人も多い。このような児童・生徒が、本当に「良い教師」や「意欲のある児童・生徒」であろうか。受験とは、一つの技能であり、教師や児童・生徒の総合的な評価に採用できるものではない。受験指導に秀でたものや受験技術に秀でたものだけが「良い」とは限らない。受験中心の教育が教育のすべてではない。受験制度によって、教育が歪められている可能性がある(小出ほか、1999a)。

新しい「総合的な学習」が実施されれば、今より自然に接する体験学習や野外学習が取り込まれるようになるはずである。そうすれば、下野(1998)が述べたような地球科学教育で求められているものが補われるはずである。

3. 大学の科学教育

大学や国公立の研究所やそれに類する機関(以下、大学と呼ぶ)での科学教育はどうなっているの

うか。

大学には、受験によって、大学ごとに知識もしくは受験技能のレベルが揃った学生が集まる。大学教育では、そのレベルに応じた教育がなされるはずである。しかし、大学によっては、単位重視の学生に妥協した教育や、就職のために有利な資格を取るための教育をしているところもある。大学の教師は、教育のための資格はもたないが、専門教育ができる。常勤教師が少なく、非常勤教師にその教育の多くを分担させている大学も見受けられる。

大学の教師には、研究活動を重視するあまり教育をなおざりにする人もいる。その背景には、大学には研究至上主義や業績重視の風潮があるのかもしれない。研究業績が上がらないことを、教育活動による研究時間の不足によるものとする教師もいる。

たとえどれだけ劣悪な環境であっても、良い成績をとる学生は出てくるし、良い研究成果は生まれる。日本の科学技術の高さをもて、日本の研究者は、世界でも優秀な部類に属する。今の大学の科学教育システムは、「良い」といえるのかもしれない。しかし、欧米の優秀な研究者を多数輩出する大学と比べると、明らかに見劣りがする。

言うまでもなく、大学における科学教育は、重要である。それは、次世代の研究者育成や科学を教える教員養成が、社会の発展にとって不可欠であり、科学知識の継承・普及のためにも必要だからである。一つの分野の成果が、他の分野への発展のきっかけや原因になりうる。そして、そのような科学の重要性が認められるから、国家つまり税金から出される科学研究費の調達が可能となるのである。

4. 理科ばなれ

「理科ばなれ」が何度も話題に上っている。このような危機感は、一部の人たちだけのものなのか。あるいはマスコミの空騒ぎなのだろうか。「理科ばなれ」という現象は、実態のあるものなのか。その原因は何なのか。危機を叫ぶだけでは問題の解決にならない。実態を把握して、その原因を明らかにし、どうすれば「理科ばなれ」がなくなるかという対策を考える必要がある。

もし本当に問題があるとしたら、国や地方自治体、なによりも小・中学校や高校の教師たちによって、このような「理科ばなれ」に関して、さまざまな角度から調査され、すでに各種の対策がとられているはずである。

「理科ばなれ」が起こっているとすれば、博物館でも無視するわけにはいかない。前述のアンケート調査を通じて、多くの人、特に子どもたちは、自然に興味を持っていることがわかってきた。ただし、子どもの自然に対する興味の集中に比べて、大人は興味の対象が自然だけでなく、民族、文化、芸術など多岐にわたっている（小出ほか、1995）。大人の興味の多様化は、一般的なものだと考えられる。子供の「理科ばなれ」は認められず、将来子供が大人になったとき起こってくる問題だと考えられる。

博物館の野外観察会や講演には、毎回定員をオーバーするほど、さまざまな年代やさまざまな知的レベルの人が応募してくる。このような状況を見ると、決して自然への興味が衰えているとは思えない。多くの人たちは、自然に接するチャンスを求めているのである（小出、1998）。

「理科ばなれ」の原因の一つは、学校教育からの理科関係の授業の減少だと考えられている。このような状態が進むと、日本の基礎科学や技術をささえる人材が少なくなり、技術立国日本の将来に暗い影を落とすのではないかと憂えられているのである。

自然を理解するという事は、大切である。子供たちは自然に興味を持っているのである。「理科ばなれ」から生じるかもしれない一番の危機は、子どもたちが自然と親しみ、自然に興味を持ち、自然を理解する力が衰えていくことである。少し極論だが、このような自然を理解しない世代が日本や世界を動かすようになると、自然や地球環境なんて見向きもしない社会が出現するかもしれない。

教育者がそれぞれの理想を持って教育に取り組んでいる。また、文部省も指針となる教育理念を提示している。このような理想や理念が、児童・生徒あるいは親の希望と一致していないのではないだろうか。受験や就職などの社会情勢が反映されているのである。小・中・高校での科学教育の現状分析として、自然に接したり興味を持ったための教育は、必ずしも充分おこなわれていないという結論が得られる。また、大学における科学教育の重要性はだれもが認識しているのだが、研究至上主義や業績主義によって、科学教育が充実しているとはいえないのが現状であろう。

V. 地球科学

地球科学という呼び方は非常に漠然としたもので、多数の専門分野を含んでいる。そして、個々の専門分

野で知識あるいは情報の増加が進んでいる。技術の進歩と地球の仕組みの解明に焦点を当てて、地球科学の進歩の現状を概観する。

1. 技術の進歩

地球科学の進歩には科学技術の進歩が重要な役割を果たした。その技術として、物理的現象と生物進化を利用した時間読み取り技術、化学分析による成分読み取り技術、地震観測とコンピューター解析による地球内部透視の技術、高温高压発生装置による地球内部再現の技術、惑星探査機による地球相似物質の探査、各種電磁波に対応した望遠鏡地球存在場の理解、コンピューターによる各種のシミュレーション技術などが挙げられる。

(1) 時間読み取り技術：年代決定

i. 物理現象の利用 地球科学の中には、過去の事象や、時間変化（発展、分化、進化）を扱う地質学、古生物学、惑星進化学、進化生物学などの分野がある。このような分野では、時間が重要な情報となり、時間を正確に測定する必要がある。

現在進行している時間は、機械的時計によって正確に測ることができる。過去の時間は、直接測ることは不可能で、正確に測定することも非常に困難である。現在でも、多大な労力や機器が必要になる。過去の時間は、時間変化した現象、物質、元素を手がかりとして読み取ることになる。

時間変化した現象とは、事件の前後に変化がおり、物質にその変化が記録されたものである。地質学で言えば地層の堆積や、マグマの噴出や貫入、火山灰の噴出や堆積、断層の形成、変成作用、古地磁気などが挙げられる。地層は、海底に流れ込んで土砂が溜まったもので、下のものが古く上のものが新しいという「地層累重の原理」が適用される。また、削られた地層は古く、削った地層は新しい。不整合などがこの例である。マグマの噴出も下のものが古く、上のものが新しいものとなる。貫入したマグマは、貫入された地層や岩石より新しい。火山灰も下位のものが古く、上位が新しい。断層に切られた地層は断層より前に形成されており、断層を覆う地層は断層より新しい。変成作用は既存の岩石に与える作用である。このような時間変化をした現象は、現象の前後関係を読み取ることが可能である。このような前後関係の読み取りを積み重ねていくことによって、広域的にあるいは全地球的に、地質学的な各現象の前後、新旧を読み取ることが可能である。

古地磁気は、岩石に記録された地球磁場の逆転の歴史を利用する古地磁気層序学に発展している。比較的新しい時代ではかなり精度よく編年される。古地磁気学の果たしたもう一つの重要な役割は、プレートテクトニクスへの貢献である。海嶺軸からの古地磁気の編模様が対称であることによってプレートの生成や移動が明らかになり、残留磁気の伏角から大陸の移動の歴史が明らかになった。

しかし、各現象の時間間隔が、長いのか短いのかは不明である。地層の厚さや火山体の大きさ、断層の及ぶ範囲や変成作用の広さなどによって、時間の相対的な長さを推定することは可能である。

相対時間では、地理的にはなれた岩石や地層の時代比較はできない。どうしても絶対時間による比較が必要となる。絶対時間とは、ある基準となる時点から、どれだけ時間がたったかということである。地球科学では、現在を基準として、現在から何年前という表現をする。現在も、時間は経過するために、基準としては不適切であるが、絶対時間の測定の性質上、こういう表現をせざるを得ない。しかし、古い地質時代の物質を扱う限り、数百年は測定の誤差の範囲となる。

放射性元素は、ラザフォード (E. Rutherford) の1902年からの一連の研究によって、その原理が解明された。1905年にボルトウッド (B. B. Boltwood) が絶対年代決定法の実用化をした。1926年にはアメリカ科学アカデミー内の地球の年齢に関する委員会、放射性元素による絶対年代決定法が、唯一の信頼できる地質学的時間尺度であることが認められた。絶対年代測定は、相対年代とは全く違った原理によって測定される。放射性元素は原子が普通に存在しうる物理化学的状態では、一定の確率で崩壊し、絶対的時間の経過が刻まれていく。

このような放射性元素を利用した、絶対年代の測定が精度よくおこなわれるようになってきたのは、1960年頃以降である。

絶対時間の測定が実用化できるようになった初期の頃のデータは、岩石試料のレベルであった。近年では非常に微小な、あるいは微量な濃度や鉱物の年代測定をおこなえるようになってきた。物質の種類によっては、高分解能を持つ二次イオン質量分析計 (Secondary Ion Mass Spectrometer: SIMS) を使えば、20 μm 径の微小領域の形成時代を決定することが可能になってきた。

絶対年代測定も万能ではなく、いくつかの条件を満

たす必要がある。それは、分析したい物質や領域が一つの現象で一度にできたものであること、放射性元素の半減期（崩壊のスピード）がその物質の経てきた時期に適切であること、放射性元素の濃度が分析技術に合っていること、などが挙げられる。特に、微小なものや微量なものの分析には、測定精度や環境からの汚染には注意が必要である。

絶対年代測定の精度が上がるに従って、分析の手順は煩雑なテクニックを要するようになってきた。しかし、手間をかけるだけの価値のあるデータが得られている。

ii. 生物進化の利用 生物の生存痕跡を時間記録として利用する方法がある。化石を利用した時間の読み取りである。化石を時計として利用するには、化石となる物質を持つ生物がいなければならない。そのような物質は、殻や骨、あるいは生活の痕跡（糞や這った跡、棲家など）である。化石となる物質が地層の中に保存され、研究者の目に触れて始めて、時計として利用できる。時計として利用するには、化石の個体数が多く、分布が広く、生存期間の短い生物種がよい。時計として有効な化石は示準化石と呼ばれる。示準化石は、微小な生物の化石（微化石）の発見によって飛躍的に増加してきた。微化石には、放射虫、コノドント、ナンノプランクトン、紡錘虫、花粉、有孔虫、珪藻、介形虫（アストラコダ）などがある。微化石によって詳細な年代区分がなされている。絶対年代は時代が古くなるに従って、その精度が悪くなる。微化石年代は、化石の多産する地層においては精度が落ちることはない。微化石による分帯のほうが、絶対年代より分解能が良いこともある。

(2) 成分読み取り技術：化学分析

地球は各種の物質から構成されている。物質は地層や岩石として存在する。地層も堆積岩という岩石から構成されている。地層や岩石の基本要素は鉱物である。約4000種の鉱物が記載されているが、地球あるいは地層、岩石を構成する鉱物は、20~30種が主要なものである。言い換えれば、20~30種の造岩鉱物が地球の主要部分をつくっているといえる。

岩石の種類は無限と聞いていいほど、多様である。火山岩や堆積岩のように限られた種類の岩石からできているものから、深成岩や変成岩のように連続的に岩相が変化する岩石まで、多様である。20~30種の造岩鉱物であるが、その組み合わせによって非常に多様な物質がつくられていることになる。岩石は、地球の

複雑な履歴によって、多様な種類を持つようになった。岩石の多様性を一義的にあらわす手法の一つとして化学組成を用いることがある。

岩石の化学組成とは、岩石を構成する元素組成を濃度もしくは数密度（ある基準となる元素のモル濃度を決め、目的元素の相対比をアボガドロ数で個数に変換したもの）を用いたりする。一般に岩石を構成する元素はSi, Ti, Al, Mg, Mn, Fe, Ca, Na, K, P, H, O, Cなど十数種で、99.9重量パーセント近くを占める。主要成分の表記法として、 SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , MnO , FeO , Fe_2O_3 , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , H_2O , CO_2 という酸化物の形式で表わす。それは、地表付近の岩石中には、元素が酸化物の形で存在することから慣習的に利用されている。

主要元素以外の成分は、微量元素と呼ばれ、ppmやppbレベルのイオン濃度として表わす。天然の物質には、主要成分以外に微量成分が必ず含まれている。原理的には、天然物質にはほとんどすべての元素が含まれている可能性がある。ただ、分析して検出することができるかどうかは、分析能力にかかわっている。

主要成分や微量成分は、岩石の履歴を反映している。火成岩を例にとると、マグマができる時、起源物質（マントル物質の場合が多い）の溶融作用によって起源物質の性質を反映しながら、起源物質とは違ったマグマ組成になる。マグマが固まる時、結晶分化によってマグマは組成変化をしながら固結する。つまり、起源物質とは違った化学組成のマグマができ、最初のマグマ（初生マグマあるいは本源マグマとよばれる）とは違った化学組成の岩石ができることになる。化学組成を手がかりにして、岩石のできた履歴を推定することが可能である。このような情報を読み取ることができると、岩石の化学組成が求められるようになってきた。当初は、化学反応を利用した陽イオンの濃度を検出してきた。そのため一個試料の主要な化学成分の分析値を得るために、1週間近い時間を要した。今では、分析装置の発達によって、数分から数十分程度の時間によって、主要成分の濃度が求められるようになった。微量成分についても、各種の分析装置が、元素の種類や濃度に応じて利用できるようになってきた。機器分析によって多様な岩石や鉱物について、多成分の分析値が報告されるようになってきた。今では一人の研究者がかかわることのできる分野の岩石の分析値でも、処理能力を超えるほど供給量がある。量が質を生むあるいは帰納的手法を使える時代に

なってきた。情報は広く流通しているので、問題はいかに情報を收拾選択して、必要な量だけを処理するかという時代になってきた。

(3) 地球内部透視の技術：地震波トモグラフィ

人類は地表で生活しているため、地表付近の情報が多し。直接、地球深部を調べるには、地球深部物質を手に入れなければならない。穴を掘ったり(約1 km)、ボーリング(約10 km)をしても、そんなに深くまで達しない。マグマが上昇する際に取りこんできた捕獲岩を調べることによって、約150 kmまでの情報を得ることができる。しかし、捕獲岩は、希望する時代や地域、深さで得られるとは限らない。地球まかせ、マグマまかせとなる。

火成岩は、マントルや地殻深部から由来するマグマからできている。従って、火成岩を調べれば間接的ではあるが、地球深部を推定することができる。変成岩も地球深部で形成されたものが、地球の営力によって地表に持ち上げられたものである。変成岩の研究から地球深部の物理化学条件を間接的に推定できる。

任意の地球深部物質を得ることができないため、上述のような方法では、地球の全体像をつかむことが難しい。しかし、間接的ではあるが、限られた情報だけを用いて内部を覗くことができる。

地球内部の情報は、表層からの振動あるいは波動が内部に伝わり、再び地表に現れた波から読み取ることが可能である。地震波は、地球の岩石破壊によって発生した振動波が、地球の内部を伝わってくるものである。今では、地球内部を3次元的に見ることも可能になった(地表波トモグラフィ)。地震波から知ることができる重要な情報は、物質の密度である。地震波速度の違いは密度の違いと読み替えることができる。もし、同じ成分の物質からマントルができていれば、地震波速度の違いは、マントルの温度構造の違いとみなすことができる。地震波トモグラフィから、マントルの現状を読み取り、地表のプレートテクトニクスと結びつけることによって、マントルの時間変化を推定することが可能である。このような情報によって、ブルームテクトニクスというモデルが考え出された。

(4) 地球内部再現の技術：岩石合成実験

地震波によって得られる地球内部の情報は密度である。地球の密度構造を、地球を構成する物質の状態方程式から推定する方法がある。物質の与えられた温度、圧力条件での密度を予想するものである。状態方程式から理論的に推定する方法と実験的に求める方法

の2通りがある。

どうしても深部物質を得たいときは、物質を人工的に合成して得る方法がある。原理は簡単である。ある予想される深部物質を、目的とする地球深部の温度・圧力条件にして、物質の状態変化を見ることである。すると、単なる試薬の合成物が、地球深部物質に変わる。どのような鉱物が形成され、その鉱物がどのような性質を持っているのか調べることが可能である。

岩石合成の技術は進歩を遂げ、今では各種の方法で、高温高压を発生することが可能である。多くの試料が得られるピストン・シリンダーでは4 GPaまで、6×4型マルチアンビル型では30 GPaまで、ダイヤモンド・アンビルでは400 GPaまで発生させることができる。このような装置は静的高压発生装置で圧力を制御しながら実験できる。衝撃波高压発生装置では、数百GPaまで達成できる。高压になるほど合成できる試料は小さくなる。それぞれの装置には特徴や欠点があるが、目的に応じて使い分けられている。いずれも個人で扱うには大きく、高価な装置ではあるが、得難い情報をもたらしている。

(5) 地球相似物質の探査：惑星探査

惑星の物理状態や化学組成より惑星の特徴を明らかにすることから、惑星科学は始まる。各惑星を比較し、内部構造を知ることは、惑星科学の重要な目的の一つである。そして、惑星科学の成果は、地球科学に反映される。つまり、惑星を地球相似物質と見ることによって、地球の履歴や未来を推定するための比較データとすることができる。

人類は昔から、惑星を見ていた。かつては肉眼であったが、光学望遠鏡からやがては各種の電磁波を調べる望遠鏡へと発展し、今では大気の影響を受けない宇宙空間に望遠鏡を打ち上げて観測するにいたった。

望遠鏡などの遠隔からの惑星観測だけでなく、もっと近づいて調べることもおこなわれるようになってきた。1969年、人類は初めて他の天体に降り立った。その天体は、地球の衛星・月であった。その後、数度にわたって月の有人探査がおこなわれたが、現在では有人の惑星探査はおこなわれていない。唯一例外は、地球である。旧ソ連の宇宙ステーション Mir やアメリカ合衆国の Space Shuttle で、地球を探査している。

地球以外の惑星や衛星、彗星、太陽などを詳しく調べるために、探査機が多数打ち上げられている。探査機のあるものは、月や金星、火星に着陸して、表面物質の化学組成や、生命の有無を調べた。このような探

査機によって、太陽系に関する情報が爆発的に増えてきた。

以下に惑星探査の手法と目的をまとめる。

探査には物理的探査と化学的探査がある。物理的探査にも化学的探査にも、直接と間接の2通りの探査がある。

物理的間接探査は天文学的探査である。

天文学的探査によって、惑星の物理量である軌道要素、天体の固有運動、そして固有の物理量が直接得られる。

軌道要素は、時間の経過によらず不変の値である。しかし、他の天体や大気などの外力によって軌道要素が乱されることがある。このような外力のうち周期性または規則性のあるものを摂動という。摂動力を考慮すると軌道要素は時間とともに変化していくことになる。固有運動とは、天体の固有の値で、各天体の個性が現れる。赤道傾斜角、自転周期、慣性率、 J_2, J_4, \dots (天体の重力と形、内部状態によって決まる物理量)などのことである。固有の物理量とは、半径、質量、表面磁場、太陽輻射、表面温度、重力などのことで、固有運動同様、天体の個性を表わす物理量である。

惑星表面の物理的直接的探査は、地球物理学の探査である。惑星の表面での精密な地球物理学的探査によって、地震学的データや熱流量、重力異常、大陸移動速度が得られる。地震学的データには、実体波(縦波、横波)、表面波(レイリー波、ラブ波)、自由振動(伸び縮み振動、ねじれ振動)などがあり、天体内部の構造を知るためには重要な情報となる。

化学的探査では、間接的な測定によって大気組成、地表組成などがわかり、直接測定で大気化学組成、土壌化学組成、海洋化学組成、岩石・鉱物化学組成、物質の形成年代がわかる。直接的な探査による化学的データは、非常に重要である。化学的データは天体の歴史を知る上で不可欠なものである。同位体測定によって得られる形成年代や宇宙線照射年代、地球落下年代などから、その物質の履歴を解くカギが得られる。物理データは現在の姿を克明に記録するのに対して、化学データはその物質にいたるすべての履歴の結果を見ることになる。

惑星探査はまた充分とはいえない。火星に生命がいるかどうか決着をみていないし、惑星固有の物理量も精度よく求まっていないものも多い。惑星探査は、国家レベルの取り組みが不可欠である。十分な予算と人材をつぎ込まないと惑星探査は成立しない。一時低迷

していた惑星探査が、昔ほどではないが、復活しつつある。今後の発展に期待したい。

(6) 地球存在場の理解: 天文学

太陽系外の天体を調べることによって、太陽系の宇宙における位置づけを知ることができる。太陽あるいは太陽系が、他の天体と比べて固有の特徴がたくさん見つかったりすると、特異な太陽系の一員である地球をもとに構築された科学は普遍性のないものとなる可能性がある。地球科学や生物学がその最たるものとなるであろう。しかし、もし太陽系が宇宙において、ごく普通の天体であれば、地球科学は、うまく利用すれば宇宙すべての天体の科学へと発展する可能性が秘められていることになる。このような判断を天文学はさせてくれるはずである。

現状での太陽系あるいは地球存在場の様子を以下にまとめる。

宇宙には各種の物質が雑多に存在するのではなく、構造を持ち、階層を形成している。

宇宙の階層のなかで最小の単位は、原子やいくつかの原子が集まった分子である。原子が集まり、物質のもとである鉱物(無機物)や有機物、非晶質物質を作る。鉱物が集まり岩石となる。岩石の集合体が小天体(彗星、衛星、惑星)になる。重力で結ばれた小天体と大きい天体(恒星)が、恒星-惑星系を作る。恒星が集まり星団をつくる。銀河は、 $10_{10} \sim 10_{12}$ 個の恒星と星間物質からなる。銀河が集まり銀河群、銀河団そして超銀河団となる。銀河団のない部分をボイドという。

宇宙の全元素中でHの占める質量をX、HeをY、その他の重い元素をZで表わす。Yの値は分散が大きい。宇宙のどこをとっても、どの時代をとっても、Yは0.22~0.34の一様な値である。我々の銀河星間ガスのYは0.29である。我々の太陽プロミネンスのYは0.38である。我々の銀河や太陽のYの値は、宇宙の普遍的なものに近い。我々の太陽は、多くの星よりやや高いZ量を持っているが、特異といえるほどではない。

隕石の同位体組成から、原始太陽系星雲ガスの平均的な情報が得られ、星雲ガスの均質性が確かめることができる(小出, 1995a)。隕石の同位体組成には均質性を示すものと、不均質性を示すものの両方がある。隕石からは、O, Mg, Si, Ca, Ti, Cr, Baなどの同位体異常が、CAIのような高温凝縮物から発見されている(小出, 1995b)。同位体異常の原因としては、消滅核種と

太陽系外成分 (presolar grain) の混入が考えられている。

他の惑星系の存在は、確認されている。惑星系の存在は、我々の太陽系だけのものではなく、宇宙では特異ではないようである。我々の太陽は、主系列星に属し、その質量も平均的で、スペクトル型ではG2型に、スペクトル級でV型に分類される。つまり、我々の太陽は、ごく一般的な星であるといえる。

我々の銀河は、バジル(中心部)とディスク(円盤部)からなる渦巻銀河で、丸い形をした渦巻が中程度の開き具合のSb型の銀河である。銀河には、他に楕円、レンズ状そして不規則銀河があるが、渦巻銀河は一般的なものである。

銀河団以上の階層でも特異性と呼べるものは見つかっていない。

以上のことから、我々の太陽系は、どの階層で見ても普遍的であり、特異性はみられない。つまり、地球の存在場は宇宙のごく普通のところであるということになる。

(7) シミュレーション: 計算機実験

シミュレーションは、人工的に実験できそうもない物理・化学状態あるいは長い時間が必要なこと、非常に短時間で起こることなどをコンピューターを使って再現実験することである。そのためには計算するための物理状態を記述するための方程式と初期条件が必要となる。

方程式と初期条件から計算された結果は、本来一義的で独立の手法である。初期条件が不明や正確でないときは、計算結果を現実と比較することによって、その正当性を評価できる。ただし、その初期条件が可能性の範囲をすべてにわたってチェックされていること、方程式が正しいことが前提となる。多くの場合、方程式は近似や理想状態などの仮定を含むことが多く、どうしても、現実に方程式や初期条件を合わせてしまうことが多い。本来独立の手法であるはずのシミュレーションが、現象を説明するためのひとつの可能性になってしまうくらいがある。

最近ではコンピューターの性能向上によって、かつては省略していた条件やステップなどを、より現実に近い状態でシミュレートできるようになってきた。シミュレーションによって、太陽系の形成過程や惑星あるいは地球形成過程、微惑星衝突による月の形成過程、マントル対流のメカニズム解明、プレート運動の再現、大気の変遷過程などに利用されており、成果が

上がっている。

2. 地球の仕組み解明へ

プレートテクトニクスというパラダイムの成立によって、地球科学の科学観が変化してきた。そして近年、プレートテクトニクスに次いで出てきたブルームテクトニクスという理論は、プレートテクトニクスのようにパラダイムになるのかどうか興味深いところである。

(1) 地球科学の科学観: プレートテクトニクス・パラダイム

前述の科学理論は、物理学を中心に組み立てられたものである。そのため、地球科学でこのような科学理論が適用可能かどうかは不明である。

物理学によって確立された科学理論を地球科学全般に適用できないと考える研究者もいる。都城(1998)は地質学的法則が物理法則とは階層(次元)の違うものであるとした。

今、地球科学の重要なパラダイムとしてプレートテクトニクスがある。プレートテクトニクスより前には、テクトニクスとして四つの別々の基本的観念があった。地球の冷却・収縮説、アイソスタシー説、大陸移動説、地角斜造山説である(都城, 1998)。研究者は、この四つを適当に組み合わせることによって問題を処理していた。そのため、プレートテクトニクス以前はテクトニクスの分野にパラダイムは存在しなかった。

プレートテクトニクスが唱えられたとき、地角斜造山説を支持する人から多数の反論が出された。ラカトシュの研究プログラム説の立場に立てば、研究プログラムには優劣を客観的につけることができる。

プレートテクトニクスというパラダイムは「前進的」である。それは磁気異常の縞模様や海洋地殻の形式年代が予測され、検証されたことによる。一方、地角斜造山運動はアド・ホック仮説の集合で、何も予言しない「退行的」なものであった。ラカトシュの研究プログラム説によれば、「前進的」なプログラムのほうが優れていることになる。

プレートテクトニクスは、付加体研究に重要な役割を果たし、日本列島については島弧形式史、大陸成長史について全く新しい見地を拓いた。

都城(1998)は、地質学は地球固有の法則で、物理法則を内部に含み地球に関するモデルや初期条件の複合したもので「地質学的法則」と位置づけた。そして、地質学的法則は物理法則と階層(次元)の違ったもの

とした。都城は地質学上の知識の構造的分類として、演繹的に結びついた階層構造をもつもの（演繹的階層構造をもつ理論）と階層間の結びつきが演繹的でない理論（複合構造理論）に分けた。演繹的階層構造をもつ理論は、さらに二つの階層からなる法則と、三つの階層からなる理論に区分された。複合構造理論は、傾向的法則と観察データからなる簡単な構造をしているものから、演繹的結びつきの無い多くの構成部分からできているものまであり、パラダイムになる理論と（第一種）とパラダイムにならない理論（第二種）に分けられるとした。

地質学における演繹的階層構造をもつ理論は全体性をもつパラダイムにはなるが、研究プログラムにならない。パラダイム転換の 때가、科学革命になる。地質学の例としては熱力学や狭義のプレートテクトニクスがこれにあたる。

地質学における第一種の複合構造理論は、個々の構成部分に本質的な対立がない場合である。対立がないため一つの複合構造理論ができ、パラダイムになりうるが、研究プログラムとはならない。例として変成岩成因論や化学的

物質観の理論がこれにあたる。

第二種の複合構造理論は、個々の構成部分に対立する説があり、さまざまな理論が並存するためパラダイムにならない。構成部分が独立しており中核や防護帯の区別が無いため研究プログラムにならない。例として火成岩成因論や地角斜造山説があげられる。

(2) プレートテクトニクスからブルームテクトニクスへ

プレートテクトニクスは、ドラスティックな科学革命がなくパラダイムとなった。現在、プレートテクトニクスを包有するような理論として、ブルームテクトニクスがある。ブルームテクトニクスは科学理論上どのような位置づけになり、どのような展開になるのだろうか。

ブルームテクトニクスは、Fukao *et al.* (1994) の観測に基づき Maruyama (1994) や Kumazawa and Maruyama (1994) がモデルを提示し、Kumazawa *et al.* (1994) はプレートテクトニクスで説明できなかった現象を説明した。

プレートテクトニクスはプレート運動の原動力が解明できなかった。地震波トモグラフィの発達によって地球内部の温度構造が三次元的に詳しく解析された (Fukao *et al.*, 1994)。その結果、沈み込んだプレート

の集積域が、P波速度の正の異常域と一致し、P波速度の負の異常域はホットスポット集中域と一致していることがわかった。正の異常域では冷たいブルームの下降流（コールドブルーム）が、負の異常域では熱いブルームの上昇流に対応していると考えられた (Fukao *et al.*, 1994)。重力崩壊によってコールドブルームがコア-マントル境界に落下し、その反作用としてホットブルームが上昇流として生じる。このようなマントルの対流をプレートテクトニクスの原動力として位置づけ、1~4億年の周期性を持つとした (Maruyama, 1994)。

Kumazawa and Maruyama (1994) は、熱対流の地球における熱史を地球型惑星の冷却過程ととらえ、ブルームテクトニクスとプレートテクトニクスの活動時期を一般化した。熱史におけるコア内の変化の結果として生じるはずの現象を、太古代と原生代の境界に起きた地質学的現象と結びつけた。その現象は、自転速度の変化を堆積岩から読み取れば、検証可能であることを示した (Kumazawa *et al.*, 1994)。

現在多くの研究者がブルームテクトニクスを受け入れている。ブルームテクトニクスは一見パラダイムのようなものであるが、プレートテクトニクスから科学革命を経て発達したものでない。プレートテクトニクスを内部に取り込んだ理論である。プレートテクトニクスが演繹的構造であったのに対し、ブルームテクトニクスは第一種の複合構造理論に分類される。今後、ブルームテクトニクスを古い理論として科学革命が起こり、新しいパラダイムへの転換が起こるかもしれない。

地球科学は、技術の進歩が重要な要因として作用してきた。技術の進歩によって地球科学の各分野が進歩し、地球の仕組み解明へという方向に向かって、大きな流れが形成された。地球の仕組みの解明は、プレートテクトニクスとブルームテクトニクスの出現である。プレートテクトニクスはパラダイムと呼べるほどの理論となった。その後続くブルームテクトニクスは、プレートテクトニクスより発展したものであるが、定義の上ではパラダイムと呼べるものではない。しかし、地球科学の研究者の多くはブルームテクトニクスに基づいて研究を続けているので、広義のパラダイムと呼べるかもしれない。地球科学でも他の科学分野と同様に、常に変化しており、科学革命（パラダイム・シフト）が起こり新しいパラダイムが出現する可能性がある。このような地球科学の変化が、技術の進歩からもたらされたことを頭に入れておくべきであ

る。技術の最新情報を収集して、新たな活用法がないかを常に考えている必要がある。

VI. さいごに

本稿では、地球科学と教育を取り巻く現状を総括し、分析をおこなった。

社会情勢の現状分析から、社会の変化によってもの見方も変わることが明らかになった。そのため、社会の変化に対応した新しいもの見方を常に把握しておく必要がある。科学の現状分析から、科学の世界でも科学革命が繰り返し起こり、現在正しいとされている考え方(常識)も、将来も正しいという保証はないことが明らかになった。そのため、従来の常識にとらわれることなく、新しい視点での科学の取り組みが必要である。科学教育の現状分析から、小・中・高校の教育が理念どおり効果を挙げておらず、大学においては科学教育が必ずしも充実しているとはいえないことが明らかになった。そのため、現在おとずれている生涯学習社会で、学校以外での科学教育も必要となるであろう。地球科学の現状分析から、地球科学は、物理や化学とは違った側面を持つが、新しい技術の進歩から新しい理論や法則が生まれて、科学革命に相当するような大きな変化が起こることが明らかになった。したがって、最新の技術情報を常に収集し、新しい道具や活用法を考えておくことが必要である。

以上の分析・総括から、地球科学と教育を取り巻く現状は、楽観を許さず、常に新しいもの、より良いものを目指していかなければならないことが明らかになった。そして、博物館のような生涯学習施設の重要性は今後ますます高まると考えられる。

引用文献

- アメリカ合衆国(1980): 逸見謙三・立花一雄訳(1980): 西暦2000年の地球1人口・資源・食料編。家の光協会, 435 p.
- アメリカ合衆国(1981): 逸見謙三・立花一雄訳(1981): 西暦2000年の地球2環境編。家の光協会, 526 p.
- 地球環境学習プログラム開発グループ(1995): 地球環境学習の実態調査—神奈川県における環境学習の実態—。神奈川県立生命の星・地球博物館編, 82 p.
- 第5回「大学と科学」公開シンポジウム組織委員会編(1991): 地球環境変動の科学—かけがえのない地球を守るために—。グバプロ, 214 p.
- 第8回「大学と科学」公開シンポジウム組織委員会編(1994): 地球環境変動の科学II—かけがえのない地球を守るために—。グバプロ, 202 p.
- Descartes, R. (1637): 谷川多佳子訳(1997): 方法序論。岩波文庫 青613-1, 岩波書店, 137 p.
- Duhem, P. (1914): 小林道夫ほか訳(1991): 物理理論の目的と構造。勁草書房, 531 p.
- Engels, F. (1962): 菅原仰訳(1970): 自然の弁証法。国民文庫11a, 大月書店, 439 p.
- 藤村 淳・脇岡義人・江上生子・兵藤友博(1988): 科学その歩み。東京教学社, 254 p.
- Fukao, Y., S. Maruyama, M. Obayashi and H. Inoue (1994): Geologic Implication of the Whole Mantle. P-wave tomography. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **100**, 4-23.
- 平田大二・小出良幸・山下浩之・新井田秀一・佐藤武宏(1996): 地球環境学習ニーズに応える新しい博物館—神奈川県立環境学習実態報告書(1995)から—。神奈川地学, **75**, 38-44.
- 廣瀬健・横田一正(1985): ゲーデルの世界—完全性定理と不完全性定理—海鳴社, 210 p.
- 神奈川県(1994): かながわ環境白書'93. 510 p.
- 環境庁編(1994): 環境白書(総説). 428 p.
- 環境庁企画調整局計画調査室(1994): マンガで見る環境白書. 50 p.
- 環境と開発に関する国連会議(1992): 環境と開発に関するリオ宣言.
- 川村仁也(1990): ポパー。人と思想85. 清水書院, 218 p.
- 小出良幸(1995a): 地球前史—地球形成場の素描—。月刊地球, **17**, 203-209.
- 小出良幸(1995b): 総説: 隕石—地球の材料物質としての隕石—。神奈川県立博物館研究報告自然科学, **24**, 9-38.
- 小出良幸(1998): 地球科学の新しい普及活動を目指して。神奈川県博物館協会会報, **69**, 43-52.
- 小出良幸・平田大二・山下浩之(1994): ニュー・メディアとニュー・メソッド。神奈川地学, **74**, 14-16.
- 小出良幸・平田大二・新井田秀一・山下浩之(1995): 環境学習への新たな試み—博物館でのモデル・ケース—。神奈川県立生命の星・地球博物館編, 神奈川県立環境学習実態調査報告書—新しい地球環境学習プログラム開発をめざして—。78-82.
- 小出良幸・平田大二・山下浩之・新井田秀一・佐藤武宏・田口公則(1998): 新しい地球科学の普及をめざして—だれでも使える博物館—。地学雑誌, **107**, 844-855.
- 小出良幸・平田大二・山下浩之・新井田秀一・佐藤武宏・田口公則(1999): 地球科学の新しい教育法試案—博物館における地球科学教育の刷新へのケーススタディ—。神奈川県立博物館研究報告(自然科学), **28**, 29-55.
- 国際連合環境計画管理理事会特別会合(1982): ナイロビ宣言.
- 国連人間環境会議(1972): 人間環境宣言.
- Kuhn, T. S. (1962): 中山茂訳(1971): 科学革命の構造。み

- すず書房, 277 p.
- 熊澤峰夫 (1998): 全地球史解説計画とは何か. *科学*, **68**, 755-762.
- Kumazawa, M. and S. Maruyama (1994): Whole Earth Tectonics. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **100**, 81-102.
- Kumazawa, M., S. Yoshida, T. Ito & H. Yoshioka (1994): Archaean-Proterozoic boundary Interpreted as a Catastrophic collapse of the Stable Density Stratification in the Core. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **100**, 50-59.
- Lenin, V. I. (1909): 森 広一訳 (1999): 唯物論と経験批判論 (上・下). 新日本出版社, 上 270+下 278 p.
- Maruyama, S. (1994): Plume Tectonics. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **100**, 24-49.
- 都城秋穂 (1998): 科学革命とは何か. 岩波書店, 東京, 331 p.
- 文部省 (1991): 環境教育指導資料 (中学校・高等学校篇), 121 p.
- 文部省 (1992): 環境教育指導資料 (小学校篇), 119 p.
- 日本学術審議会 (1978): 環境科学研究の推進について.
- 日本総合研究所編 (1998): 生命論パラダイムの時代. 第三文明社レグルス文庫, **228**, 286 p.
- 野家啓一 (1998): クーン. 現在思想の冒険者たち 24. 講談社, 326 p.
- 小川原誠 (1997): ポパー. 現在思想の冒険者たち 14. 講談社, 392 p.
- Lakatos, I. (1978): 村上陽一郎ほか訳 (1986): 方法の擁護. 新曜社, 482 p.
- ローマ・クラブ (1972): 成長の限界.
- ローマ・クラブ (1975): 転機に立つ人間社会.
- 佐藤正英・片山洋之助 (1995): 新制チャート式シリーズ新倫理. 数研出版, 320 p.
- 下野 洋 (1998): いま, 地学教育に求められているもの—体験学習・野外学習の必要性—. *地学教育*, **51**, 201-212.
- 立花 隆 (1997): インターネットはグローバル・ブレイク. 講談社, 365 p.
- Toffer, A. (1980): 徳岡孝夫監訳 (1982): 第三の波. 中公文庫 23. 中央公論社, 588 p.

小出良幸: 地球科学と教育を取り巻く現状分析—博物館の新しい地球科学教育を目指して 1— *地学教育* 52 巻 4 号, 127-147, 1999

〔キーワード〕 地球科学, 地球科学教育, 博物館, 現状分析, 新しい教育

〔要旨〕 地球科学と教育を取り巻く現状を分析した. 現状分析は, 社会, 科学, 日本の科学教育, 地球科学の進歩についておこなった. 現状分析の結果, 地球科学と教育を取り巻く現状は, 楽観を許さず, 常に新しいもの, より良いものを目指していかなければならないことが明らかになった. そして, 博物館のような生涯学習施設の重要性は今後ますます高まると考えられる.

Yoshiyuki KOIDE: Analyses of the Present Circumstances Surrounding Earth Science and Literacy—Aim to New Education Method of Earth Science in Museum 1—. *Educ. Earth Sci.*, **52**(4), 127-147, 1999

~~~~~  
本の紹介  
~~~~~

安成哲三ほか6名共著 岩波講座地球環境学 3 大気環境の変化 A5 326頁 1999年3月初版 3,700円+税

本書では大変多くのことが述べられている。私たち生きものにとってなくてはならない空気そのものである大気が、46億年の地球史の中でどのような過程をへて現在の大気となり、生物と人間にとっての大気環境となったかが述べられている。その上で現在の大気組成、大気物質が地球表層の他の部分、つまり水圏、地圏、生物圏とどのような相互作用をして、大気圏、大気環境としてかたちづくられているかを理解し、そして、これらの理解の上に、これまでと現在の人間活動が大気いかに大きな改変を加えつつあるか、そしてそれがどのような結果を将来の人類にもたらす可能性があるかを議論している。特に問題となるのは地球規模の大気汚染と地球温暖化で代表される地球の気候への大きな影響である。これらの問題を解決するにはどうすべきか、あるいは人類の営為がどうあるべきかという問題にまで考えざるをえない問題が、この「大気環境の変化」の問題には実に多く含まれていることに、本書の読者は気づくであろう。

大気環境の変化は、地学の地球の歴史の項で少しでも教材として扱いたいものである。そして、生徒に環境問題をより深く理解させたい。それには本書が大変参考になる一冊であると思う。本書の目次を次に書いておく。

はじめに

1. 地球システムの進化と大気環境の変化
 - 1.1 酸素を多量に含んだ大気の形成
 - 1.2 酸素の蓄積と地球大気環境
 - 1.3 窒素の循環と地球大気環境
 - 1.4 顕生代における酸素・炭素循環の変動
 - 1.5 新生代における寒冷化と氷河期の出現
 - 1.6 大気環境変化における生物圏の役割
2. 人間活動による大気改変の歴史
 - 2.1 人間が利用してきた大気の性質
 - 2.2 人間活動による大気改変の可能性
 - 2.3 人間活動と大気エアロゾル粒子の生成・消滅
3. 温室効果気体の増加と地球温暖化
 - 3.1 大気の温室効果
 - 3.2 温室効果気体の増加とその原因
 - 3.3 温室効果気体の地球温暖化への影響
4. 大気汚染物質と大気質の変化
 - 4.1 環境問題としての大気環境の変化
 - 4.2 酸性雨の全体像
 - 4.3 地球規模でみた酸性雨
 - 4.4 アジア地域の酸性雨
 - 4.5 成層圏のオゾン化学と植物
 - 4.6 オゾン濃度の変動
 - 4.7 オゾン層破壊と環境への影響
5. 気候変化の予測の可能性
 - 5.1 気候予測とはどのような問題か
 - 5.2 気候予測の現状と将来
 - 5.3 人間社会的環境と気候予測
6. 地球温暖化と経済
 - 6.1 経済研究と新しい課題
 - 6.2 地球温暖化の経済研究の動向
 - 6.3 持続可能な発展論と地球温暖化問題
 - 6.4 京都議定書達成のコスト
 - 6.5 地球温暖化の経済学の前線が示唆するもの
7. 地球温暖化問題の科学と政治
 - 7.1 地球環境問題・自然科学と国際政治の融合
 - 7.2 地球と人間活動をコントロールできるか
 - 7.3 地球科学の描く未来像
8. 現象解明と問題解決のはざまに——新しい科学を模索する試み
 - 8.1 新しい科学を希求する動き
 - 8.2 地球温暖化問題に対する科学技術の対応
 - 8.3 社会と共存する科学を求めて——研究経営学の確立に向けて

索引

前にも述べたが本書の中には、地学の授業で教材化できるところもある。例えば地球温暖化にしても、「お話」として終らせることなく、その解決法も示唆してあると考える。また、教材化ばかりでなく、地学の先生がたの専門教養となると思われる事項の説明も多い。本書はいろいろな意味で参考になることが多いと考える。地学の先生がたの良い参考書にもなるであろう。一度は目を通すことに値する本であると思う。

(貫井 茂)

資料

デジタル・ハンディ・ロガー「エコログ」の活用

神崎 洋一

はじめに

「エコログ」とは、温度・湿度・気圧・光・音の5つのセンサーを内蔵したハンディサイズのデータロガーで、(株)中村理工工業から販売されている。従来のもと同様コンピューターと接続して測定できるほかに、データをメモリーに蓄積しオフラインで使用でき、野外で移動や長期間の測定が可能な計測機器である。

従来のデータロガーはパソコンとオンラインでの使用に限定され、パソコン教室を抜け出すことが難し

かった。オフラインでしかもハンディな「エコログ」は野外で使用できるため、気象及び環境調査等への利用が可能となった。そこで、学校等の気象観測や授業での利用について、有効性を調べてみた。

研究内容

1. 「エコログ」の利用の可能性の検討

(1) エコログの精度と性能

中村理工工業株式会社の仕様(1998)によると、表1のようにになっている。使用センサーの種類は、追加した。

手持ちの自記温度計、自記気圧計と10台のエコログ(No.1~No.10)の比較実験(図1, 図2)及び三浦(1998<http://member.nifty.ne.jp/tenki/weather/ecolog.html>)によっても、気温、気圧ともに器差補正を行えば、実用範囲であると考えられる。

表1 エコログ本体仕様

内蔵センサー	使用センサー	測定範囲	分解能	誤差
温度	サーミスタ	-10~40℃	0.33℃	1℃以内
湿度	抵抗変化型湿度センサー*	0~100%	0.7%	60%以下で±5%
気圧	不明	796~1095hPa	1.2hPa	±15%以内
光	太陽電池	0~5000Lux	20Lux	
音	コンデンサーマイク	0~100% (70~130dB)	1dB	

気温3日間

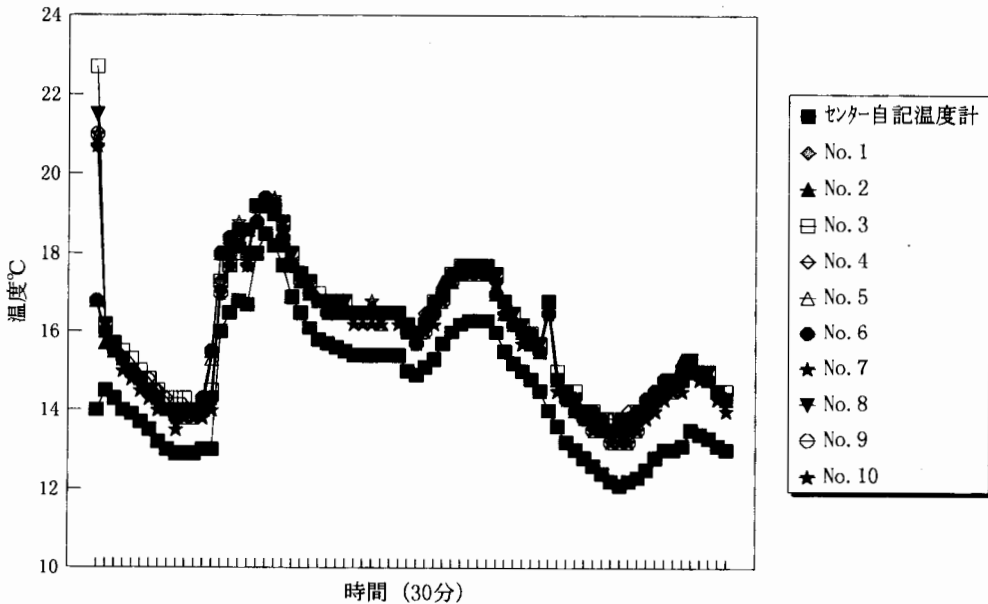


図1 自記温度計とエコログの比較

* 神奈川県立教育センター教育指導部第二研修室地学 1999年4月10日受付 1999年6月12日受理

気圧3日間

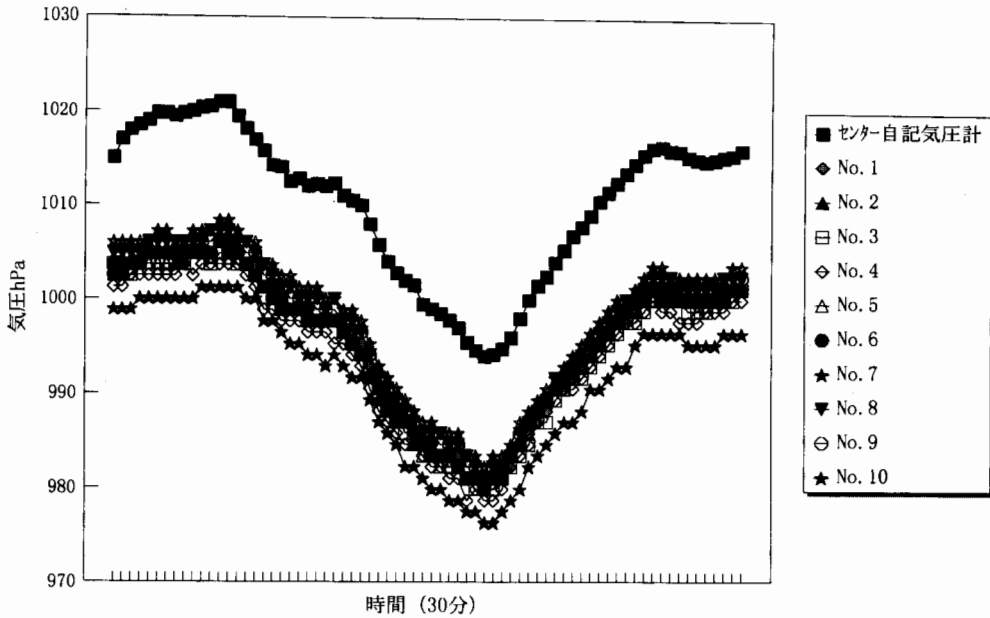


図2 自記気圧計とエコログの比較

特に学校での単独利用を考えると、気象の変化をとらえ、学習するための気象測器としては、十分である。同時に何台もの機器を使用する場合は、他の測器同様、器差補正を行うことで比較するデータとしても利用価値は高い。湿度については、1年間使用している間に、10台中2台に故障が起きた。また湿度の信頼性については三浦(1998)以後のデータはないが、(株)中村理科工業では1999年に取り込みソフトの改善によって対応しており、今後標準測器と比較してみたい。

その他、付属のソフト「エコラボ」によって、グラフ作成、分析、表計算ソフトに使用できるデータ変換機能もあり、データ処理が簡単にできる。詳しくは、中村理科工業株式会社エコログ取扱説明書(1998)参照。また、1999.6のバージョンアップによって、日本語処理も可能になった。

(2) エコログの利用法と考察

①長期間の気象観測とデジタルデータ化

表2のように外部センサーを含めて、同時に7つのセンサーが使用できる。しかし、長期間使用する場合は、5つのセンサーで最大30日間、2つのセンサーに限れば60日間の測定ができる。気温・湿度・気圧・照度の気象要素を関連づけた考察が可能で、風向・風

表2 最長測定時間

測定間隔	センサー数						
	1	2	3	4	5	6	7
0.1秒	10分	1分間	1分間	1分間	1分間	1分間	1分間
1秒	1時間	1時間	30分間	30分間	10分間	10分間	10分間
2秒	1時間	1時間	1時間	1時間	30分間	30分間	30分間
10秒	10時間	10時間	1時間	1時間	1時間	1時間	1時間
1分	3日間	24時間	24時間	24時間	24時間	10時間	10時間
2分	3日間	3日間	3日間	24時間	24時間	24時間	24時間
10分	30日間	3日間	3日間	3日間	3日間	3日間	3日間
30分	60日間	60日間	30日間	30日間	30日間	3日間	3日間

速や天気図と組み合わせれば、より深い考察が可能になる。前線の通過や低気圧の接近など、その時になってあわてることなく記録できる。また、光によって、昼夜の違い、晴れ・曇り等の天候の違いが読みとれる。例として、図3に1999.2.17~2.20にかけて、小春日和から寒冷前線の通過によって、寒さが厳しくなり、みぞれまたは雪が舞った日の前後に記録を取ったグラフを示す。(グラフは重なりを防ぐためにスケールを変更し、音のデータを削除してある。)

本機器は、防滴・防水仕様にはなっていないこと、直射日光に当たる場所では気温・湿度測定が正確にできないことから、観測の際には百葉箱が欲しい。しかし、百葉箱のない学校でも、牛乳パックで簡易百葉箱を作り、北側の窓のひさしの下に吊り下げるなどして、簡易測定することが可能である。

最大の長所は、長期の観測につきものの、わずらわしさ、忘れによる欠測が防げ、データ処理と加工が簡

3日間の変化

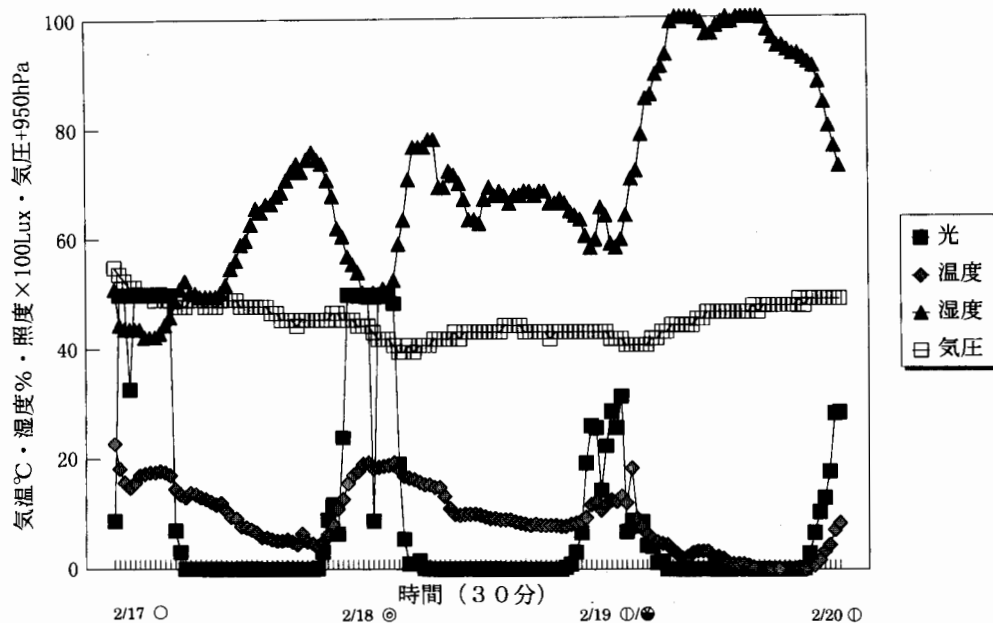


図3 1999. 2. 17~20のエコログによる記録

単なため、校務の合間に観測ができることである。その上、自分の地域の生のデータを自分（教師または生徒）でタイムリーにとることができ、その基礎データを使って実感をともなったデータの読みとりの授業、考察ができる。注意する点は、電池が切れると、観測データを回収することができなくなるので、データを回収するごとにできるだけ新品の電池に交換する方が安全である。その際、時刻は本体に電池を入れた後、パソコンと接続後にセットされるため、パソコンの内部時計を合わせておく必要がある。また、メモリーにデータが蓄積されるだけで、表示がないため、誤操作に気が付きにくい。確実なデータ回収には、バックアップとしてもう1台は用意したい。

②校内の微気象

複数台用意することによって、日なたや日陰の違い（図4）、草地やグラウンドの違い等が調べられる。いくつかの観測地点を選び、定点観測の後回収し、データ処理まで一人で行える。この場合は器差補正が必要である。

少ない台数でも、移動観測をする事によって、同様な観測ができるが、その場合は時間補正も必要になる。

気象観測の実習として、ぜひとも児童生徒たちと調

査を行いたい。アスマン通風乾湿計等に比べ、軽く持ち運びも楽で、操作が簡単なため個人差が入りにくいので、小学生でも調査が可能である。

調査の際には、調査員にエコログの観測の方法（図5）として、手で直接持たずに風通しのよいネットまたは牛乳パックの簡易百葉箱に入れ、体から離して、1分静止等を練習しておく必要がある。

校内や室内での観測を行った後は、学区や地域までに調査範囲を広げることによって、局地気象観測も可能である。広範囲、長期間になればなるほど、エコログのメリットがでてくるだろう。

③高度と気圧の関係

平面的な気象要素の違いだけでなく、垂直方向での変化をとらえることもできる。学校の建物は通常4階建てのため、1hPa程度の気圧の違いしかあらわれないが、校外学習で訪れたビルのエレベータや遊園地の乗り物での測定や、遠足等で行く山であれば気圧の変化もとらえることができる（図6）。ただし、2000m以上の山では、気圧の測定範囲を超えてしまう。

校外学習で体力増進や集団行動訓練だけを目的とせず、このような学習内容を取り込んでおくことによって、事前事後の授業で、予想・実験ができる興味深い学習に取り組める。

日なたと日陰の違い

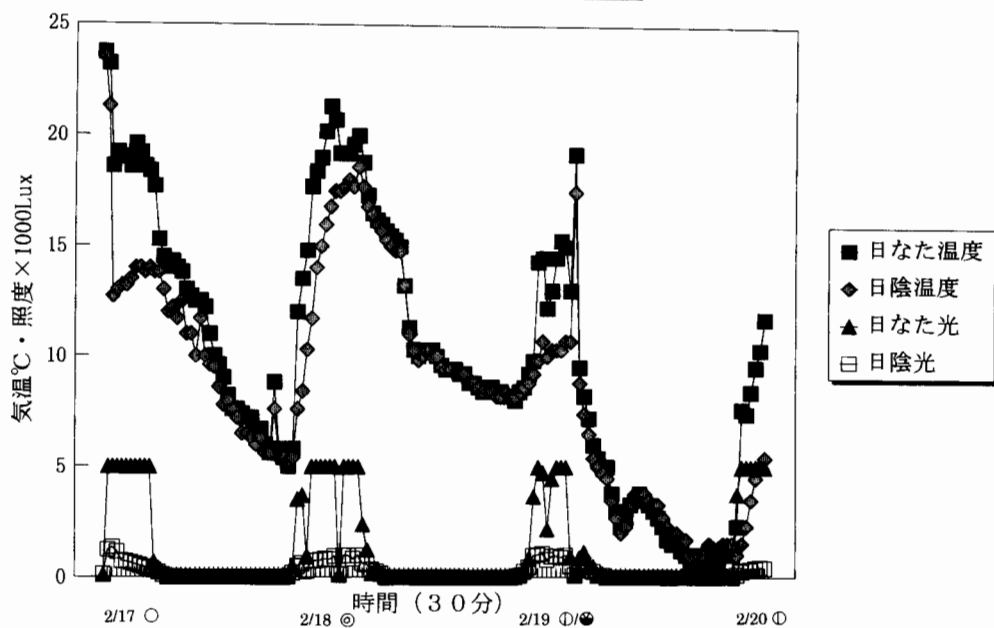


図4 日なたと日陰の違い

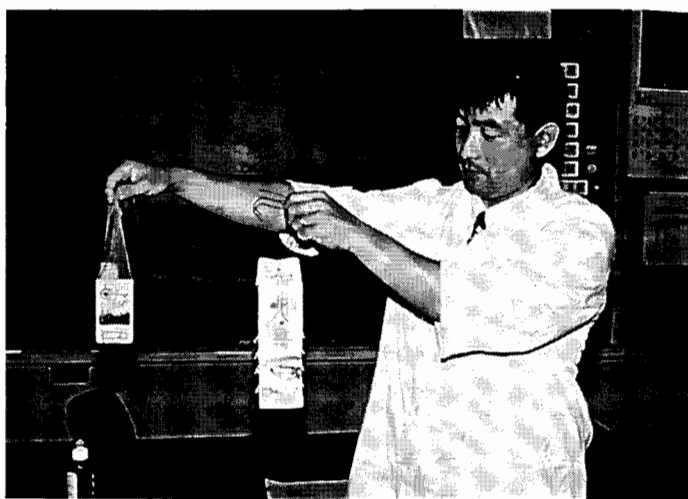


図5 エコログ観測方法

④教室内でできる実験

気象の実験は限られており、教室内で見せられる機会が少ない。従来のセンサー等でもできたことだが、オンラインで使用すれば、ビニール袋の中にエコログを入れ、押したり離したりするだけで気圧の変化をとらえて、パソコンの画面に表示してくれる(図7)。外部センサーが取り付けられることによって、雲をつ

る実験を行うときに気圧や気温の変化をグラフ化したり、教室内の場所による気温の違いを測定し、空気の動きを考察することもできる。

また、理科実験をパソコン教室で行うことには制約や抵抗があったが、センサーがパソコンと切り離されることによって、実験は理科室、データ処理はパソコン教室でできるようになった。もちろん、移動式パソ

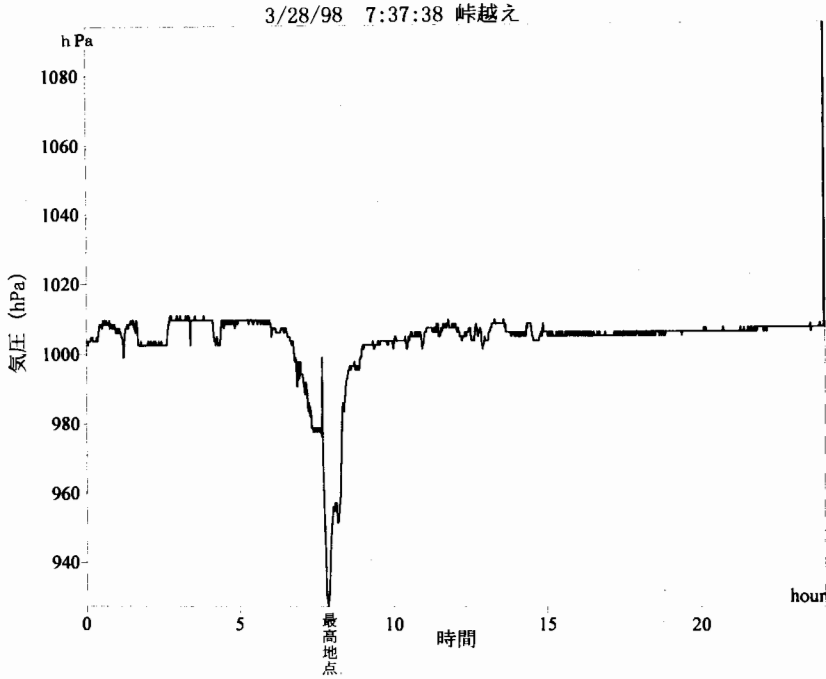


図6 バスで関越自動車道の峠越え

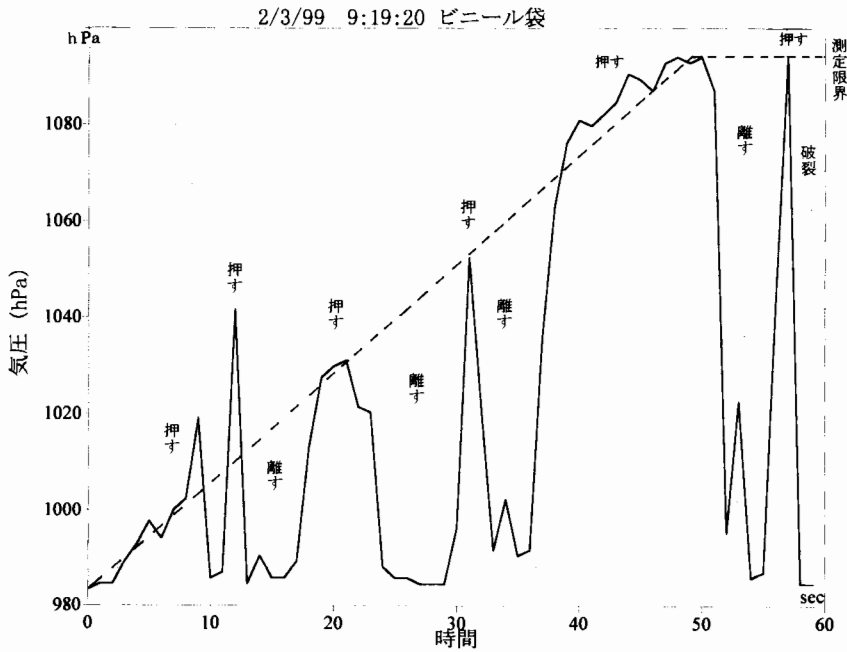


図7 ビニール袋が破裂するまでの気圧変化

コンが何台もあれば、データ処理も同時のできるの
で、野外での連続使用も可能になる。

課外活動や自由研究で暖房・冷房器具の効果を調べ

たり、容器による保温・保湿効果を調べたりする際にも利用できる。

⑤身の回りの環境調査

気象要素も含め、環境学習の際の測定機器として利用可能である。音センサーを使い、地域の音環境や交通量調査との関係を調べたり、光センサーで建物・木陰等の場所による明るさの違いを調べたりできる。

児童生徒に貸しだし、自宅や周辺の環境調査を課題にすることも可能である。

⑥パソコン通信によるデータの相互交流

エコログで観測したデータは、デジタル化されファイルに保存されるので、手間と予算をかけることなく、他の学校・地域の人たちと共有できることになる。同じテーマで観測を実施するならば、地理的・時間的な隔たりを感じることなく、全国の人たちとやりとりが可能である。

学校のHPで発信したり、連携校どうしでメールの交換、ネット上での呼びかけなども効果的である。

2. 「エコログ」を使った研修例 1998. 10. 21

実施場所：教育センター建物内

対象者：高等学校実習助手16名(パソコン8台使用)

【実習】エコログを使って微気象を調べる

(1) 1分間(1秒間隔)パソコン教室の同じ場所でデータをとり、器差補正を行う。

- ①エコログのデータを読み込む。>グラフ印刷
- ②データをcsv形式で保存する。
- ③ロータス123(表計算)ソフトでデータを読み込む。
- ④表計算ソフトで気温、湿度、気圧の平均を求める。
- ⑤あらかじめわかっている標準機器との補正値を求める。+または-。

(2) 10分間(10秒間隔)計測で、屋外または屋内のいろいろな場所に行き、同時刻に定点計測開始。計測後パソコン教室に戻り、パソコンにデータをとりこみ、器差補正し、グラフを作成

- ①エコログの計測条件をパソコン教室でセットをし、エコログを測定場所に持って行き計測をする。その際、スイッチオンの時間を決める。
- ②エコログの測定場所の環境を観察しておく。同時刻にスイッチを入れる。その際は直接手で持たずに体から離し、測定する。
- ③10分間経過し、スイッチが切れたら、パソコン教室に戻る。
- ④(1)と同様な操作を行い、測定場所の環境と気象要素との考察を行う。

【研修生の感想】

・エコログを使って、光・温度・湿度・気圧・サウン

ドの比較を測ったのは、初めてだったので楽しくできた。また、コンピュータの扱いになれていないので大変だった。

- ・曇天のためか、あまり差が出なかったが、気温や高度で気圧が変わりおもしろかった。
- ・コンピュータによりスピーディに処理することができたので、よかった。
- ・初めての経験で、あんなに簡単にデータがとれるのは驚きでした。
- ・コンピュータなどできないと思っていたので、データがプリントアウトされたときはうれしかった。

【指導後の感想】

パソコンに不慣れな方が多かったので、時間がかかったが、計測はどの方々も行うことができた。グラフ作成にとどめておけば、付属のソフトによりパソコンの使用は最小限に限定される。今回の研修のように、器差補正を行うためには、表計算ソフトの操作が必要になるが、指導者が計算部分の手順を組み立てておけば、大量な数値データの処理もパソコン操作の初心者でも可能であることがわかった。このことから児童生徒の利用への移行も容易であることがいえる。

おわりに

総合的な学習の時間が設定され、環境教育、情報教育を行おうと考えている学校では、利用価値は高い。しかし、継続的な気象観測をしていたり、百葉箱が設置してある学校がほとんどないのが実状ではないだろうか。現状において、忙しい学校の先生方に気象観測を強いることはとても不可能に近いことは理解できる。このエコログという機器が利用されることによって、気象観測をやりたくてもできなかった方々の助けになり、学校に百葉箱が再建されることになったり、授業の中に児童生徒による気象観測の実習をもっと取り込むことができればうれしい限りである。

最後になるが、エコログを貸与していただいた(株)中村理工工業の田中正夫氏、エコログの精度のデータを提供してくださった気象庁の三浦郁夫氏に感謝します。

引用及び参考文献

- 神奈川県立教育センター(1998) 県立高等学校実習助手講座テキスト及び参加者のアンケート
中村理工工業株式会社(1998) エコログ取扱説明書

神崎洋一: デジタル・ハンディ・ロガー「エコログ」の活用 地学教育 52 巻 4 号, 149-155, 1999

〔キーワード〕 野外学習, 総合的な学習, 気象観測, 環境教育, 情報教育

〔要旨〕 温度・湿度・気圧・光・音の5つのセンサーを内蔵したデータロガー「エコログ」の教材化及び研修での活用例の経過報告である。長期の気象観測機器としての補助的な利用, 教科および総合的な学習の時間の中での児童生徒による気象観測や環境測定 of 機器としての利用の有効性を調べた。

Youichi KANZAKI: An Application of Environmental Recorder "EcoLog". *Educat. Earth Sci.*, 54(4), 149-155, 1999

~~~~~

本の紹介

~~~~~

地学団体研究会大阪支部〔編著〕 神戸・大阪・奈良・和歌山の自然と人類大地のおいたち 築地書館
1,600円＋税

本書は、先に出された「関西自然史ハイキング」の姉妹書であり、主に大阪周辺の高등학교で地学を担当する教員によって、執筆・編集されたものである。専門的な内容を取り扱っているにもかかわらず、文体は平易に記されており、地学的な知識の少ない読者にとっても理解されるように努められている。特に各章ごとに該当する時代や場所を示した年表や地図が加えられていたり、本文にも豊富な写真や図のおかげで大阪近辺の地理や地史を詳しくない人にとってもありがたい。内容構成は以下のようになっている。

第1章 太古の海底

—海底にたまった地層が山をつくる—

第2章 大陸地殻が形成されたころ

—大陸地殻をつくる花こう岩は中生代にできた—

第3章 アンモナイトの海

—地層と化石からよみがえる中生代の風景—

第4章 火山があったころ

—1500万年前近畿の各地は激しい火山活動のなかに—

第5章 ゾウがいたころ

—ゾウの足跡化石からたどる数十万年前の原野と海—

第6章 六甲・生駒はいつ海になった

—地層と地下構造から大地の変動をさぐる—

第7章 海から平野へ

—遺跡の地層から平野の形成と人の営みをさぐる—

第8章 阪神・淡路大震災は語る

—地震は弱い地質の土地をねらう—

内容的には、地元新聞に連載されたものが元になっているだけに、執筆者によって章ごとに文調が異なっているのはやむをえない。裏表紙に本書の特色として次の5点が記されている。

1. 悠久の大地の歴史がこの1冊で
—地学フィールド調査の最前線の成果を、エピソードをまじえた楽しいストーリーで語る。
2. 新しい考古学の試み
—文化財などの発掘調査で見られる地層から、過去の自然環境とヒトの生活を復元する。
3. 地震防災に役立つ
—阪神・淡路大震災が活断層だけでなく、表層部の地質と地形や社会との関わりにもある例を示す。
4. 何ととっても「関西」が、日本列島や、地球的な広がりや歴史の視点で解説されている！

5. つまり、ちっともむずかしくないが、いろいろとむずかしいことがわかる!!

この5点に編集努力が向けられていることは容易にわかる。読者に伝わったかどうかは読者の方々に任せするが、簡単に読後感を記す。

まず、第1点、これは特に第1章から第6章に感じられる。執筆者のフィールド経験と研究への真摯な姿勢が伝わってくる。バランスから見ても少しページ数があればという気持ちにさせられる。

大阪近辺の地質を解説した類書は決して少なくはないが、第2点と第3点に本書の大きな特色が強調されている。即ち、第7章と第8章の自然と人間との関係を考えている点である。

発掘現場において古環境を復元することは決して容易ではない。寒川氏の「地震考古学」によって地質学の人にも知られるようになったが、いわゆる日本では「環境考古学」「考古地理学」と呼ばれる分野は欧米に比べ、遅れている。縄文・弥生時代の古環境の復元は、考古学・地質学・自然地理学・人文地理学・歴史学・植物学など学際的な視点が不可欠である。個々の専門家が自分たちの角度で取り組むことにも当然に意味はある。しかし、今後はトレンチやグリッドの断面観察においても異なった専門家が他の研究手法や観点についても積極的に理解する姿勢が必要であろう。この本がきっかけになればと願う。

1995年兵庫県南部地震では、近代都市といえども、人間の生活は大自然の中ではないかに脆いものであるか多くの人が痛感した。それにもかかわらず、多忙な現代社会の中で兵庫県南部地震は忘れ去られつつある。その点で本書が1章を成しているのは意義深い。何より、執筆・編集のメンバーが「地質ボランティア」として、被害に遭われた多くの方から得られた貴重な経験が元になっているので、説得力がある。

環境問題が注目されるようになって久しく、自然と人間との関係が見直され、学校教育の中でも環境教育が定着しつつある。地球環境を学び、考えるにあたっては、地球や大地についての理科の基礎知識、とりわけ地学の学習が不可欠であることは改めて言うまでもない。しかし、実際には、高等学校での履修率の低さなど学校教育で十分に取扱われているとは言いがたい。そう言った点で多くの方々から本書を手取ることを期待している。

(藤岡達也)

報告

21世紀の地学教育を考えるプレ大阪フォーラム報告

近年、我が国においては地球環境問題、資源・エネルギー問題、自然災害に対する防災など大きな課題が山積みである。これらは21世紀には、さらに大きな問題となることが必至である。ところが、一方、現在の地球科学に関連した研究・教育とりまく状況は非常に厳しい。そこで、2000年夏に「21世紀の地学教育を考える大阪フォーラム」の企画が提案され、ここでは、問題提起と問題解決に向けた提案がまとめられる。本フォーラムでは、内在している「地学教育」に関する問題点を一堂に会して、論議を尽くすことが期待されている。

このフォーラムへの呼びかけに対して24学会が賛同し、後援することとなった。本フォーラムに先立って、平成11(1999)年1月23日(土)大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎講堂で「21世紀の地学教育を考えるプレ大阪フォーラム」が開催された。当日の内容をプログラムに沿って以下に簡単に記す。

まず、大阪フォーラム準備委員会代表の中川康一氏(大阪市立大学)より「21世紀の地学教育を考える大阪フォーラム実現に向けて」の基調報告があった。なぜ、フォーラムが必要であるかとこれまでの経緯についての説明がされた。特に中川氏は問題の本質には、「地球科学」の社会への機能性への「問いかけ」があることを真摯に受け止める必要性があり、そのためには地球科学の多くの成果を広くアピールすることが不可欠であることを論じた。また、いわゆる「地学教育問題」は、受験制度、カリキュラム、社会評価など問題点の広がりも認められるが、このフォーラムでは全てを話し合いたい、即ち、この企画を通じて、多くの方々の英知を結集させて、21世紀の「地学教育」についての基本理念を明確にし、あるべき方向性を打ち出すことを願っていることを述べた。

次に丸山茂徳氏(東京工業大学)より「地球科学最前線—生命と地球の歴史—」、山極隆氏(富山大学)より「新教育課程における理科」の演題で記念講演があった。

そして地学教育の新しい動きとして磯崎哲夫氏(広島大学)から「世界の理科カリキュラムと地学的内容の位置づけ」、川西寿美子氏(大阪明浄学院高等学校、当日は大阪府立大東高等学校芝川明義氏が代読)から「大阪私立高校での地学教育」、池中隆氏(京都府立嵯

峨野高等学校)から「京都府立嵯峨野高校こすもす科—新しい自然科学教育—」の3本の報告がされた。

その後、山極氏をのぞく全発表者を壇上にして総合討論が行われた。フロアからも活発な意見が出され熱心な討議が行われた。

最後に再び、中川氏から「フォーラム実現に向けて」の締めくくりがあり、予定時間をはるかに越えてプレフォーラムが終了した。なお、具体的な講演内容や論議の詳細については、近日に報告書が刊行される予定であるのでそちらを参照されたい。

大会参加者は約140名で盛会であったと言える。当日も様々な新たな課題が出され、本番の「フォーラム」への期待がいっそう高まったことを付記しておく。

現在までの「プレ大阪フォーラム」及び「大阪フォーラム」の後援団体は以下の通りである。

水文・水資源学会、地球電磁気・地球惑星圏学会、地学団体研究会、地盤工学会、天文教育普及研究会、日本応用地質学会、日本火山学会、日本岩石鉱物鉱床学会、日本気象学会、日本鉱物学会、日本古生物学会、日本情報地質学会、日本測地学会、日本第四紀学会、日本地下水学会、日本地学教育学会、日本地形学連合、日本地質学会、日本天文学会、日本理科教育学会、日本リモートセンシング学会、日本惑星科学会、物理探査学会、大阪府高等学校地学教育研究会、京都地学教育研究会、奈良県地学教育研究会、大阪市教育委員会、大阪府教育委員会、奈良県教育委員会(いずれも50音順)

(「21世紀の地学教育を考える大阪フォーラム」準備委員会事務局:大阪市立大学大学院理学研究科地球学実行委員長中川康一氏)

当日の講演要旨・資料(表裏表紙を含めて16ページほどのものですが)の残部はいくらかありますので、下記へ連絡いただければ送付します。また、日本地学教育学会会員の皆様で本フォーラムについて不明点やご意見等がありましたら、ご連絡をお願いします。

〒558-0011 大阪市住吉区荻田4-13-23

大阪府教育センター科学教育部 藤岡達也

(大阪フォーラム実行委員)

Tel. 06-6692-1882 Fax. 06-6692-1898

E-mail: r2fujiok@edu-c.pref.osaka.jp

学 会 記 事

第1回 常務委員会議事録

日時場所：平成11年5月17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, 猪郷久治, 加藤圭司, 榊原雄太郎, 渋谷 紘, 下野洋, 高橋 修, 坪田幸政, 馬場勝良, 林慶一, 濱田浩美, 松森靖夫, 水野孝雄, 宮下 治, 山崎良雄

議 題

1. 平成11年度広島大会について
高橋 修行事委員長より, 平成11年度広島大会の準備状況について報告があり了承された。
2. 評議員会について
平成11年度評議員会の議題について論議し, 以下のようにすることに決定した。
(1) 広島大会について (2) 大会宣言について
(3) 各地の情報交換 (4) 次期(平成12年度)開催地の紹介 (5) 学術奨励賞受賞者について
(6) その他
3. 学術奨励賞について
学術奨励賞選考委員7名を選出し, 252号(51巻1号)から257号(51巻6号)中の論文を対象として選考作業に入ることが了承された。
4. 大会宣言について
大会宣言の原案作成を下野 洋副会長に依頼し, 指導要領改訂や広島大会のテーマである「自然の理解と共生を目指す地学教育」等を念頭におきながら, 林慶一, 松森靖夫両会員の協力で宣言文の草案を練ることが了承された。
5. 平成12年度以降の大会について
高橋 修行事委員長より平成12年度予定の鹿児島大会や平成13年度予定の千葉大会の準備状況について報告があり了承された。
6. 入会者・退会者について
事務局から別紙の入・退会者が報告され, 承認された。
7. その他
(1) 教育研究連合会から表彰候補者及び教育実践校の推薦について連絡があり, 会長・副会長に対応方を一任することとした。

(2) 会員から総会時に質問された三点について常務委員長より説明があり, 検討した。

報 告

1. 各種常置委員会から
 - ・編集委員会は52巻3号を5月末に発行予定であることが林 慶一副委員長より報告され, 併せて論文原稿の依頼があった。
 - ・行事委員会は学会紹介パンフレットの配布方法を検討していることが高橋 修委員長より報告され, 効果的な配布等について意見交換された。
 - ・教科「理科」関連学会協議会が4月20日に開催され, 次回は7月6日であることが報告された。
 - ・教育課程検討委員会は6月5日に開催予定であることが報告された。
 - ・教育実践集編集委員会は6月26日に開催予定であることが報告された。
2. 寄贈交換図書：別紙の寄贈交換図書があったことが報告された。
3. その他：次回常務委員会は, 平成11年7月5日(月)午後6時より, 日本教育研究連合会会議室(4階)で開催予定。

新入会員(平成11年4月～平成11年5月)

田邊康夫 たなべやすお 1970生

勤務先 〒164-0014 東京都中野区南台1-15-1
東京大学教育学部附属中・高等学校

寄贈図書(99/5/16現在)

愛知教育大学研究報告, 48, 自然科学, 愛知教育大学
熊本地学会誌, 120, 熊本地学会
地学研究, 47, 日本地学研究会
高知大学学術研究報告, 47, 自然科学, 高知大学
目白学園女子短期大学研究紀要, 35, 目白学園女子短期大学
神戸大学発達科学部研究紀要, 6, no. 2, 神戸大学発達科学部
新潟大学理学部研究報告, 地質科学, 14, 新潟大学理学部
熊本大学理学部紀要, (地球科学), 16, no. 1, 熊本大学理学部
安田女子大学大学院文学研究紀要, 第4集, 4, 安田女

子大学大学院文学研究科
火山観測指針（観測編），気象庁
日本全国書誌，1999-13，no. 2222，国立国会図書館
理科の教育，99，vol. 48，通巻 562，日本理科教育学会

地学雑誌，99，vol. 108，no. 2，東京地学協会
長崎県地学会誌，60，長崎県地学会
日本理科教育学会研究紀要，39，3，日本理科教育学会

「地学教育実践集第2集」実践例公募のお知らせ

教育実践集編集委員会では、理科を専攻しなかった小学校の先生、地学を専攻しなかった中学校理科の先生に役立つ「地学教育実践集第2集」を編集することになりました。つきましては、対象読者に参考となる指導計画、また授業を受けた児童・生徒が理科好きになるような地学関係の教育実践例を公募いたします。お寄せいただいた指導記録、プリント等実践の好例を実践集に加えさせていただきたいと考えていますので、公募のご協力をお願いいたします。

実践集公募要項

1. 公募内容

地学に関する指導実践記録。実践を発展させると、環境、コンピューター、総合的な学習につながる実践例を歓迎します。（地質、鉱物、化石、気象、天文、環境等の地学に関するテーマ）

2. 公募方法

実践内容がわかる原稿等のコピーを送付してくださ

い。原稿や論文にまともでない場合でも、授業実践の様子がわかるようなものであれば、指導案、実践記録、配布したプリント等何でも構いません。原稿にまとめる場合の形式は、既に発行されている「地学教育実践集」を参照してください。

3. 公募締め切り

1999年9月30日

4. 執筆依頼

公募いただいた中から重複している実践等について選考させていただきます。採用させていただいた実践例をお寄せいただいた方に、執筆依頼状と執筆要項を送付いたします。

5. 実践例の送付先

〒191-8506

東京都日野市程久保 2-1-1 明星大学地学教室内
地学教育学会・実践集編集委員会

（委員長：高橋典嗣 宛）

「しし座流星群全国高校生同時観測会」の実施報告

実行委員会

1. はじめに

本誌(51巻5号)での案内にあったように、標記の観測会が1998年11月17日の夜から18日の未明にかけて全国的に実施された。この観測会を実施するに至った契機や趣旨については前記の案内に載っているため改めて述べないが、天文教育普及研究会、日本天文学会、日本惑星科学会の共催により、本学会の後援を含めて14団体の後援のお陰で、十分な成果を得て終了できたことをここに報告する。

2. 実施状況および結果

1998年6月に実行委員会が発足し、参加呼びかけのために情報通信ネットワーク(インターネット)を活用し、直接的に教育・普及団体に働きかけ、何回かのプレスリリースを効果的に行った。その結果、観測に参加した高校生の数は276グループ(南太平洋パラオ共和国の高校も含む)、2576名(顧問やOB・OGを含めると3000名以上)に達した。公認欠席を得た高校も数十校あったが、そうでない場合でも正式行事と認められての参加であった。過熱したマスコミ報道の影響を差し引いても驚くべき数の参加である。野外観察の重要性を感じつつも実施しづらい状況にある現場に対して、正式行事として行える状況づくりをし、後押ししてきた結果の参加数であろう。

流星群は母彗星がチリをまき散らして形成した帯を地球が通過する際に生じるが、各地の観測グループはいわば流星のセンサーである。センサーは多い方がチリの空間分布に関する詳細な情報が得られる。今回は4県を除く全国各地にセンサーが敷きつめられた形であった。

当日は日本海側や九州、沖縄などでは天候に恵まれなかったが、関東地方を中心に晴れ間が広がり、200余のグループが観測可能となった。報道によると、流星群の過熱した見物人に交通事故等があったようであるが、本参加グループには事故やトラブルもなく無事に終了できた。

観測結果によると今回は暗い夜空のところでも1

時間に100個を大幅に越えることはなく、流星雨とはならなかった。しかし予想された明け方近くのピークを検出できた(電波観測等によると17日の日中にもっと大きなピークがあったようである)。詳細な結果は解析中である。

3. 教育的効果

現在、高校生グループの指導者に対する事後のアンケートを回収中で、その集約ができたら改めて然るべき場で結果を発表するつもりである。回答の一部と観測結果報告の際の感想とから、現段階でいえるような教育的効果について簡単に述べる。

1) 自然に触れる機会をつくる

- よく知られた現象(流れ星)でありながら、めったに見られない(流星雨)ということで、天文や理科に関心のない生徒も寒い夜中に眠さをこらえて観察(観測)しようということになったようである。
- 流星数は予想より少なかったが、幸いなことに明るい流星が比較的多かったので、人工光の明るいところでも感動を味わうことができ、苦勞が報われたようである。

2) 自然(現象)について考える

- すばらしいという感動から、不思議だという疑問を抱き、なぜだろうと考えるきっかけとなる。
- さらにチリの帯を横切る地球の運動をイメージしたり、星々を見て宇宙の広がりや想いを駆せたりするきっかけとなる。

3) 自然環境について考える

- 人工的な星空ではなく、寒空のなかで、雲が出現したり、風が吹き、木々が揺れるような自然の環境での観察に意義がある。
- 人工光や大気汚染が星々を見えづらくしている状況を考えるきっかけとなる。

4) 容易な観測であるが価値のある教材

- 眼視による流星数の観測は、特殊な技術や望遠鏡など特別な機器を必要としなく、誰でもが容易に行えるものである。
- 得られたデータの解析も難しくなく、その解釈も高

校生に十分可能である。

- 成果をまとめ、文化祭等で発表することにより、表現力育成に寄与する。

今回の成果を高校生が日本天文学会と日本惑星科学会でも発表することになっている。

- データの取得・解析、結果の解釈、成果のまとめ・発表等により科学的な方法・思考を学べる。

5) 天文・科学部の活性化

(以下のことは部活動だけにかぎらないが)

- 部員だけでなく、多くの生徒への呼びかけ活動を行うことにより、部活動に活気が出る。
- 高校生でも学術的な活動に参加できたことで自信をつける。
- 天文や理科に興味をもつ生徒が増え、部員が増加傾向にある。
- 文化部系の活動に学内および保護者の理解が深まっている。

6) 学校・地域での理解と協力

- 学校内で他教科の教員が天文など理科への興味を示し、理解が深まっている。
- 地域の人や社会教育施設との連携により観測会を開催したところがある。学校と地域社会との協力は週5日制に向けた教育課程改訂での目標でもある。

4. あとがき

今回の観測会の実行に当たってはインターネットの活用が重要な役割をした。実行することを決意し、委員会を発足させるまでにインターネット上での意見交換による盛り上がりがあれば発足さえも危うかったかもしれない。また、インターネットによる種々の団体への宣伝も効果的に行われ、全国からの資料請求もインターネットを通してのものが多かった。委員会としても電話や手紙だけでは対応しきれなかったであろう。しかし、教育現場ではまだまだインターネットを利用できる場所は少なく、今回の活用も個人としてのものが大部分であった。次の教育課程（学習指導要領）ではインターネットの活用をうたっているが、早急な普及が望まれる。

今回の観測会での反省点として次のようなことがある。全国ネットでの観測とはいってもインターネットによる事前・事後の高校生同士の意見・情報交換には限りがあった。事前・事後に地域ミーティング等を開いてグループ同士の交流がもっとできるとよいであろう。また、今回は初めてということもあって、企画・運営等は実行委員会が主体で行ったが、高校生にこの面でも参加してもらってよいであろう。

1999年11月18日のしし座流星群も期待できそうである。今回の経験を行かして、同様の企画を検討中である。
(文責 水野孝雄・東京学芸大学)

「しし座流星群高校生国際観測会」案内

今年も、星とともに輝く高校生に、期待してください。

■観測会趣旨

青少年の間で、「理科離れ」があるという指摘が繰り返されている中で、天文分野への児童、生徒の興味、関心は非常に高く、全国的に科学館やプラネタリウム、そして公開型天文台の数も飛躍的に増加しています。しかし、一方で年齢層が上がるにつれてその利用者が減少する傾向があり、特に高校生の姿が社会教育施設で見られるのが少ないという声を聞きます。また、高校の自然科学系クラブ活動の沈滞化も指摘されています。そのような中で、天文分野においては今までの天文教育・普及の枠組みを越えた新しいアプローチがいろいろあり、多くの成果が期待されています。以下に述べますように、私たちの実践は、多くの高校生が参加する活動を積極的に企画・支援するという特徴を持っています。

流星の観測は、学校天文部の観測テーマの中に必ず上げられるもののひとつです。昨年実施しました「しし座流星群全国高校生同時観測会」では、準備期間が短かったにもかかわらず、最終的には参加登録グループは276という数に達しました。天候の関係で、すべてのグループが観測を実施できなかったことは残念でしたが、248グループから観測報告が寄せられ、観測者数は約3000名にも及びました。その結果、世界的にも例のない観測ネットワークで、しし座流星群をとらえることに成功しました。学校や地域の協力のもとに自然に触れ、自然について考える機会が得られただけでなく、学問的に意義のある観測を全国の高校生の手で成し遂げることもできました。私たちの研究成果は、国内外の学会で発表されるに至りました。

しし座流星群の母彗星であるテンペル・タットル彗星が昨年(1998年)2月に回帰したばかりで、同流星群の活発な活動が今年も期待されています。現在までの軌道計算によれば、大出現が期待されている時間帯で、最も観測条件の良い場所は、ヨーロッパと言われています。しかし、昨年度の出現例を見ると、予想された極大の前後で突発的な流星雨が起る可能性もあり、日本をはじめとする東アジア地域の観測は、引き続き重要です。また、肉眼でも観察可能であることから、教育・普及の題材としても注目に値します。まさ

に「活きた教材」として、生徒に感動を呼び起こすものとなるでしょう。

したがって、今年には下記のような国際観測会の実施を企画しています。私たちは、昨年度に築き上げた日本の高校生観測ネットワークを世界に広げて、地球規模の高校生観測ネットワークを作りたいと考えています。この観測会を、継続的な高校生の天体観測イベントとして成長させるため、今年度から、地区別の事務局を設置し、将来にむけての準備もはじめます。このイベントを通して、学校と科学館、プラネタリウム、公開型天文台の関係がより強化され、さらに、研究者が生徒に直接語りかけるといった機会となることを期待しています。

■共催

天文教育普及研究会、日本天文学会、日本惑星科学会

■後援(交渉中)

文部省国立天文台、天文学振興財団、文部省宇宙科学研究所(依頼中)、日本理科教育学会(依頼中)、日本地学教育学会、日本理科教育協会(依頼中)、東亜天文学会(依頼中)、日本流星研究会、東京近郊地区流星観測者会(依頼中)、日本プラネタリウム協会、日本プラネタリウム研究会(依頼中)、全日本プラネタリウム連絡協議会(依頼中)、全国天体観測施設の会(依頼中)、全国科学博物館協議会(依頼中)、日本HOU協会(依頼中)

■実施日 1999年11月17日(水)夕~18日(木)朝

■参加登録

原則として、高校、高専のクラブ、もしくは指導者(科学館、プラネタリウム、公開天文台の職員および地域天文同好会など)のいる高校生のグループを対象とします。資料請求は、実行委員会のホームページ(<http://www.leonids.net/>)、および各地区事務局(郵送、FAX)で受け付けも行いません。事務局からは、

「参加登録用紙」, 「参加依頼書 (学校公欠のための文書)」, 「簡易観測マニュアル (星図 2 枚付き)」, 「観測報告用紙」, 「観測会案内 (この文書)」が郵送されます。登録は、「参加登録用紙」に必要事項を記入し、各地区事務局 (郵送, FAX) へお願いします。

登録期間は、9月1日(水)~10月31日(日)です。

■観測方法

観測場所は、個々の参加団体が選定した任意の場所で結構です。全国の高校生が一箇所に集まるわけではありません。標準的な観測方法は、多くの高校生が「しし座流星群」に眼を向けられるように、特別な機材を必要としない眼視計数観測とします。もちろん、より高度な観測を実施しても構いません。詳細は「簡易観測マニュアル」を参照して下さい。

■観測報告と結果公表

観測報告は、実行委員会で用意する e-mail アドレス (leo99data@leonids.net) を推奨しますが、各地区事務局宛の FAX, 郵送でも受け付けます。報告の締め切りは、1999年11月末日です。この観測会に参加した団体は、全体の観測結果を自由に引用できます。今後の活動に役立ててください。また、ホームページ

上 (<http://www.leonids.net/>) で観測結果を公開し、国内外の研究者の補助的データとしても活用できるようにします。日本の高校生の観測が世界に向けて公開され、活用されることと思います。実行委員会としても、観測結果の集約、統計、観測会全体の総括を、共催、後援団体の機関誌上等で発表する予定です。

■推進組織

今年度の実行委員会は、事務局は以下の通りです。予算は、天文教育普及研究会共催事業費、および団体、個人の寄付金でまかなわれています。実行委員会は、この観測会の計画、実施、観測の集約、および問い合わせなど、すべてに対応します。共催、後援団体への直接の問い合わせはご遠慮ください。上にあげた5種類の書類・資料が送付されて以降の最新情報は実行委員会ホームページで提供します。各観測グループの指導者の方には、迅速に情報が伝わるように、メーリングリストへの参加をお勧めします。詳しくは、資料請求時にお知らせします。

実行委員会宛てメールアドレス

e-mail: leo99@leonids.net

観測会公式ホームページ

URL: <http://www.leonids.net/>

~~~~~  
お 知 ら せ  
~~~~~

平成 10 年度（第 30 回）東レ理科教育賞応募要領

1. **理科教育賞の対象** 理科教育賞は、理科教育を人間形成の一環として位置づけた上で、中学校・高等学校レベルでの理科教育*における新しい発想と工夫考案にもとづいた教育事例を対象としております。論説や提案だけではなく、実績のあるものを期待しています。例えば次のような事項が考えられます。
 - (1) 生徒の科学に対する興味を深めるなど、よりよい理科教育のための指導展開。
 - (2) 効果的な実験法、器材の活用法、自発的学習をうながす工夫など。
 - (3) 実験・観察、演示などの教材・教具（簡単な装置、得やすい材料、視聴覚教材など）の開発とその実践例。
 (注) *理科教育には、学校のクラブ活動や、博物館などの自然科学教育も含まれます。
2. **褒 賞** 理科教育賞：本賞（賞状、銀メダルおよび賞金 70 万円）、佳作・奨励作（賞状および賞金各 20 万円）を合せて 10 数件選定します。
受賞作の普及・活用を図るため「受賞作品集」を刊行し、全国の中学校・高等学校および関係教育機関などに贈呈します。
3. **応 募 資 格** 中学校・高等学校の理科教育を担当する方、または研究・指導する方。
例えば、中学校・高等学校・高等専門学校・大学などの教員、指導主事、教育研究所・教育センター・博物館などの所員。
4. **応 募 手 続** (1) 所定の応募用紙（申請書）に所定事項を記入し、当会あてに **1 部郵送してください**。応募用紙は、葉書、ファックスまたは Eメールで当会にご請求ください、下記ホームページからダウンロードできます。
(2) 共同の業績である場合は代表者を定めてください。賞は代表者に贈呈されます。
(3) **応募締切日 平成 11 年 9 月 30 日（木）必着**
5. **審 査** 下記委員からなる審査委員会によって、第一次および第二次審査を行い受賞作を選考します。 審査委員 霜田光一（委員長） 太田次郎 小林俊一 川村 清 中村保夫
中井 武 相原惇一
(注) 1. 第一次審査は、主として書類選考により行い、その結果は平成 11 年 12 月下旬に通知します。
2. 第二次審査は、平成 12 年 1 月中旬頃に第一次審査で選ばれた方に審査会場にお出でを願い、教材・教具なども使用して実際にご説明をうけて行います。これに必要な旅費は当会内規により支払います。ただし、第一次審査で選ばれた方でも、内容によっては、第二次審査の際にお出で願う必要のない場合があります。
3. 第二次審査の結果は平成 12 年 2 月下旬までにお知らせします。
4. 選にもれた応募には、今後のご参考にしていただくため、審査委員会の意見をお送りします。
5. 選（本賞、佳作、奨励作）にもれたものを改良した場合には、再応募することができます。
6. **理科教育費の贈呈式** 平成 12 年 3 月中旬に本賞受賞者を招待し、東京で贈呈式を行います。
7. **受賞作の公表** (1) 受賞が決定しますとただちに、佳作・奨励作も併せて受賞作の要旨を報道関係へ発表し、内容は公知となります。したがって応募作について特許あるいは実用新案の権利を取得しようとする方は受賞決定時期の平成 12 年 2 月以前にご出願ください。
(2) 教育の場での普及を図るため、フロッピーディスク、ビデオテープ等を伴う受賞作については、それらの貸与をお願いすることがあります。
8. **応募用紙の請求先および提出先**
財団法人 東レ科学振興会 ☎279-8555 千葉県浦安市美浜一丁目 8 番 1 号（東レビル）
Tel: (047) 350-6104 Fax: (047) 350-6082
E-mail: JDP00117@nifty.ne.jp
URL: <http://www.toray.co.jp/kagaku.html>

財団法人 東レ科学振興会からのお知らせ

平成 11 年度 (第 31 回) 『東レ理科教育賞』

理科教育賞の対象: 中学校・高等学校レベルでの理科教育における新しい発想と工夫考案にもとづいた教育事例。

応募資格: 中学校・高等学校の理科教育を担当する方、または研究・指導する方。

褒賞: 理科教育賞-本賞(賞状、銀メダルおよび賞金 70 万円)、佳作・奨励作(賞状および賞金各 20 万円)を合わせて 10 数件選定。

応募手続: 所定の応募用紙(申請書)に所定事項を記入し、当会宛て 1 部郵送。
(応募要領参照(7 月上旬に昨年度の受賞作品集とともに学校長経由理科担当教諭宛て送付)
応募用紙は葉書、FAX または E-Mail にて下記にご請求下さい。)

応募締切日: 平成 11 年 9 月 30 日(木) 必着

東レビデオライブラリーのお知らせ

映像化することによって普及の効果が上がると思われる作品をビデオ化しました。無料で貸出しております!!
ビデオテープ(規格: VHS・カラー) (テープの複写は可能です)

分野	題名	時間
中学理科第一分野	簡易ラジオメーターによる光エネルギーの実験	14 分
中学理科第一分野	大電流電線による電磁気の実験	20 分
中学理科第一分野	※ボタンを使った理科の実験	20 分
中学理科第二分野	葉のでんぷんの検出～たたき染め法～	18 分
中学理科第二分野	雲の発生のしくみ～断熱膨張の体験的学習～	22 分
高等学校物理	自然放射線の実験～トロン崩壊を調べる～	22 分
高等学校物理	古テレビのブラウン管で探る電子のはたらき	21 分
高等学校化学	ミクロの世界の探訪～顕微鏡で見る物質の世界～	18 分
高等学校化学	気体にさわろう～手で触れて探る気体の性質～	26 分
高等学校生物	コンピュータを用いた筋収縮の実験	15 分

※ 第 30 回科学技術映画祭において『科学技術庁長官賞』を受賞

東レホームページ上でも情報公開中

上記お知らせの他、東レ科学振興会からの情報をインターネットホームページ上でも公開しております。

URL: <http://www.toray.co.jp/kagaku.html>

お問合せ・お申込み先

財団法人 東レ科学振興会 ☎279-8555 千葉県浦安市美浜 1-8-1 (東レビル)

TEL: 047-350-6104 FAX: 047-350-6082

E-mail: JDP00117@nifty.ne.jp

編集委員会より

定例編集委員会は、6月12日(土)に開かれました。編集状況は総論3、資料1が受理されました。実践報告、独自の指導案や資料(これらは査読制度がありません)など主に現場の先生方のご活躍を発表し、会員同士の情報交換に利用できるコーナーもございます。一昨年度は、夏休み明けに投稿原稿が増加しました。夏休み明けに投稿原稿数が増えることを期待しております。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。

日本地学教育学会 52巻 第4号

平成11年7月25日印刷

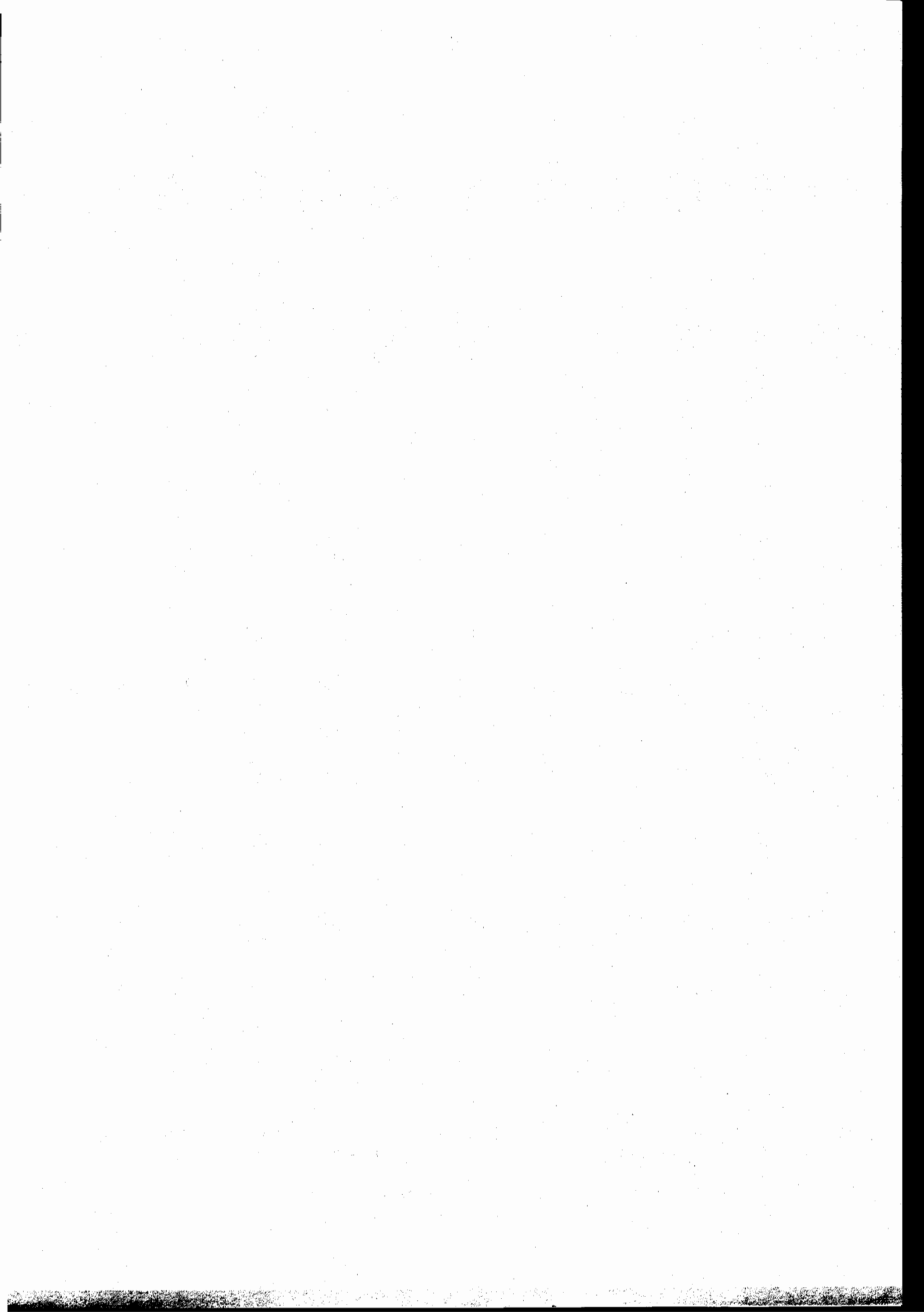
平成11年7月31日発行

編集兼 日本地学教育学会
発行者 代表 榊原 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. 4

JULY, 1999

CONTENTS

Review

- Analyses of the Present Circumstances Surrounding Earth Science and
Literacy—Aim to New Education Method of Earth Science in Museum I—
.....Yoshiyuki KOIDE...127~147

Survey Report

- An Application of Environmental Recorder "EcoLog"
.....Youichi KANZAKI...149~155

Note

- Report of the pre-Osaka Forum for Earth Science Education on the 21st Century
.....Tatuya FUJIOKA...157

Book Reviews (149, 156)

Proceeding of the Society (158~163)

Announcements (164~167)

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