

地学教育

第50巻 第5号(通巻 第250号)

1997年9月

目 次

原著論文

- FD版デジタル気象データ表示ソフトウェアの開発～SDPデータ
.....榎原保志・渡辺嘉士...(155～165)
- 子どもの自由試行を通じた課題解決に関する考察
—小学校C区分を例として—
.....宮下 治・相場博明...(167～174)
- 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
.....林 慶一...(175～187)

資 料

- 岩石穿孔性二枚貝の示相化石教材としての意義
.....天野和孝・品田やよい...(189～195)

本の紹介・CD-ROMの紹介(166, 188・196) 学会記事(197～198, 200～202)
お知らせ(199)

日本地学教育学会

原著論文

FD版デジタル気象データ表示ソフトウェアの開発～SDPデータ

榎原保志*・渡辺嘉士**

1. はじめに

情報化社会の中で最も整備されたデータベースといえば、気象情報であろう。この気象情報は天気予報はもちろん防災や農業にも欠かせないものとなっている。

一口に気象情報といっても、その受け取り方は人によってさまざまである。例えば、毎日の天気予報を指す場合もあるし、長期間の平均状態である気候を意味することもある(関根ほか, 1987)。また、気象台やアメダスなどによって観測された生データを指す場合もある。

学校教育での利用を考えると、気象情報がどのような形で加工されるかを知る意味で、一度は生データから授業を展開すべきであろう。

授業でこの生データを利用するには気象台・測候所などに出向き、データを閲覧する方法が考えられる。しかし、教育現場では資料収集のためであっても簡単に外出できない。これまでの生データの授業活用となると、手軽に入手できる新聞の天気情報欄が利用されていた(山本ほか, 1994)。ただし、天気情報欄は、全国で26地点と得られる地点数に限りがあり、最高気温・最低気温・天気の一つの気象要素に限定される(朝日新聞の場合。ただし、他の新聞でも大きな違いはない)。また、新聞から切り抜く作業は毎日となると容易ではない。

平成5年度から生データを含む気象情報がフロッピーディスク(FD)の形で一般に販売されるようになった。これを学校の図書館や教育センターに整備すれば、容易に授業で生データを利用できる。FDの形で配布されることは、データのグラフ化や統計処理等といった作業がコンピュータ処理できること、すなわち従来より多量のデータからより客観的な結論を導く学習が可能になることを意味する。

幸いほとんどの学校現場にはパソコンが導入され、情報化および情報教育を進めるための環境基盤は整ってきた。ただし、このFD版気象データには、データ

を読み出し表示するソフトウェアは残念ながら添付されていない。

現在行われている磁気媒体複写サービスの内容は、①アメダスデータ、②SDPデータ、③日本気候表(30年平年値)、④累年気候表(年平均値)、⑤気象庁87型電磁式強震計波形データ、⑥生物季節観測、⑦アメダス準平年値などがある。本論ではこれらのデータをまとめてデジタル気象データと呼ぶ。

①～③はフロッピーディスク(FD)と磁気テープ(MT)の両方、④⑥⑦はFD、⑤はMTの媒体で日本気象協会から提供される。また、①～③はCD-ROMによるデータ提供が平成8年から気象業務センターで始まった。

MTデータを読み込むのに必要な磁気テープドライブは一般に学校現場にないので、教育利用を考えると、FDおよびCD-ROMが中心になるであろう。

本研究をデジタル気象データの教育利用の第一歩と考え、観測項目が整っている②SDPデータをパソコン上で利用するソフトウェアの開発を行った。ここに、そのソフトウェアの内容とこれを利用する学習事例を紹介する。

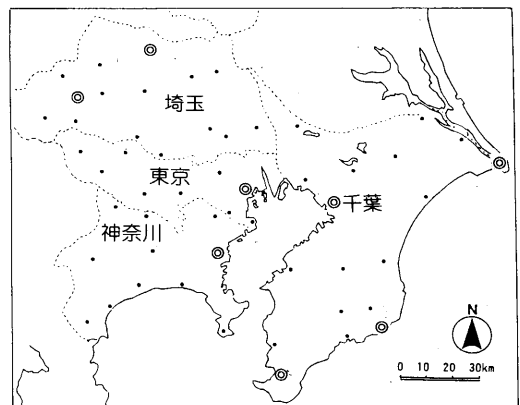


図1 首都圏における気象観測点
•はアメダス観測点、◎は気象官署を示す。

インデックス部 24バイト+2バイト

| | | | | | | | | |
|------|-------|------|------|-----|-----|----|----|-------|
| 地点番号 | 管区コード | 観測回数 | 観測種別 | 地点名 | 西暦年 | 月 | 日 | 当月日数 |
| 3 | 4 | 5 | 6 | 14 | 18 | 20 | 22 | 24バイト |

日別値 124バイト

| | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------|-------------------|--------|-----------------|--------|----------------|--------|-------------------------------|--------|----------------|--------|
| 平均現在気圧 0.1mb | R K | 平均海面気圧 0.1mb | R K | 最低海面気圧 0.1mb | R K | 平均気温 0.1℃ | R K | 最高気温 0.1℃ | R K | 最低気温 0.1℃ | R K |
| 6 | | 12 | | 17 | | 22 | | 27 | | 32 | |
| 平均蒸気圧 0.1mb | R K | 平均相対湿度 1% | R K | 最小相対湿度 1% | R K | 平均風速 0.1m/s | R K | 最大風速 0.1m/s | R K | 最大風速風向 16方位 | R K |
| 37 | | 40 | | 44 | | 48 | | 53 | | 56 | |
| 最大瞬間風速 0.1m/s | R K | 最大瞬間風速 風向 16方位 | R K | 平均曇量 0.1 | R K | 日照時間 0.1h | R K | 全日日射量 0.1MJ/m ² | R K | 蒸発量 0.1mm | R K |
| 61 | | 64 | | 68 | | 72 | | 76 | | 80 | |
| 日降水量 0.1mm | R K | 以下省略 | | | | | | | | | |
| 86 | | 124バイト | | | | | | | | | |

時別値 1990年まで

1時間分のデータ 43バイト

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--------|---------------|--------|------------|--------|--------------|--------|------------|--------|------------|--------|--------------|--------|-----------|--------|
| 現地気圧 0.1mb | R K | 海面気圧 0.1mb | R K | 気温 0.1℃ | R K | 蒸気圧 0.1mb | R K | 相対湿度 1% | R K | 風向 16方位 | R K | 風速 0.1m/s | R K | 曇量 0.1 | R K |
| 6 | | 12 | | 17 | | 21 | | 25 | | 28 | | 32 | | 35 | |
| 現在天気 数符号 | R K | 露点温度 0.1℃ | R K | | | | | | | | | | | | |
| 38 | | 43バイト | | | | | | | | | | | | | |

1991年以降

1時間分のデータ 56バイト

| | | | | | | | |
|------------|------------|--------|--------------------------------|--------|--------------|--------|--|
| 1990年までと同様 | 日照時間 1h | R K | 全日日射量 0.01MJ/m ² | R K | 降水量 0.1mm | R K | |
| 43 | | 47 | | 51 | | 56バイト | |

図2 SDP データファイル格納仕様

2. SDP データ

気象庁では管区気象台を中心とする気象官署と無人気象ロボットにより気象観測を行っている。気象ロボットにより得られるデータをアメダスデータと呼ぶのに対し、気象官署で観測されたデータはSDPデータ(SDPのSDは、Surface Dailyの略、Pは気象庁統計室での処理記号である)と呼ぶ。このSDPデータは日平均値、最大値、最小値のような統計処理データを含むこと、またアメダスデータより多くの観測項目を得られるという利点がある。ただし、SDPデータはア

メダス観測地点と比べ、観測点密度が粗い(図1)。

今回検討を行ったデジタル気象データはFD版SDPデータである。SDPデータは、先に述べたように観測年次によってFD版(1989年~1994年)とCD-ROM版(1995年)の二つの媒体で提供されているが、FD版とCD-ROM版はファイルの書き込み仕様が変わっている。本報告ではCD-ROMを使える環境が現時点では教育現場に十分に普及していないこと、そして1年間分しかデータの蓄積がないことの原因から、FD版SDPデータの利用を検討した。

SDPデータファイルはテキスト形式のファイルで、

1990年まで

1日分で502バイト

| | | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 24 | 148 | 150バイト | | |
| 1行目 | インデックス | 日別値 | CR・LF | | |
| 2行目 | 時別値03時 | 時別値06時 | 時別値09時 | 時別値12時 | CR・LF |
| 3行目 | 時別値15時 | 時別値18時 | 時別値21時 | 時別値24時 | CR・LF |
| | 43 | 86 | 129 | 172 | 176バイト |

1991年以降

1日分で2106バイト

| | | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 24 | 148 | 150バイト | | |
| 1行目 | インデックス | 日別値 | CR・LF | | |
| 2行目 | 時別値01時 | 時別値02時 | 時別値03時 | 時別値04時 | CR・LF |
| 3行目 | 時別値05時 | 時別値06時 | 時別値07時 | 時別値08時 | CR・LF |
| 4行目 | 時別値09時 | 時別値10時 | 時別値11時 | 時別値12時 | CR・LF |
| 5行目 | 時別値13時 | 時別値14時 | 時別値15時 | 時別値16時 | CR・LF |
| 6行目 | 時別値17時 | 時別値18時 | 時別値19時 | 時別値20時 | CR・LF |
| 7行目 | 時別値21時 | 時別値22時 | 時別値23時 | 時別値24時 | CR・LF |
| | 56 | 112 | 168 | 324 | 326バイト |

図3 SDP データファイル仕様詳細

1.2MB にフォーマットされた 2HD のフロッピーディスクに保存されている。SDP データファイル格納仕様は、データファイルの先頭から何バイト目までが何のデータで、次の何バイトが何のデータで…というように、データの配列順序と一つのデータのバイト数が決められている。そして、データとデータの区切りを入れずに順番に書き並べられてられている(図2)。

データ格納の仕様は SDP データファイル購入時に添付される書類に記載されている。1990 年以前のファイルは 1 日分のデータが 3 行で構成され、1991 年以降のファイルは 1 日分のデータが 7 行で構成されている。これが 1 年分つらなって一つのファイルとなる。

1 日分のデータ構成は、1990 年以前のものは 1 行目に観測地点、観測年月日などが記録されたインデックスおよび日別値で、1 行のデータ量が 150 バイトである。2 行目、3 行目は時別値で、1 行のデータ量が 176 バイトとなっている。

一方、1991 年以降のファイルは、1 行目は 1990 年以前のものと同様で、2 行目から始まる時別値は 6 行で構成されており、1 行のデータ量は 326 バイトである。

各行の末端には CR (キャリッジリターン)・LF

(ラインフィード)と呼ばれる改行コードが付けられている。詳細は図3に示す。図中、RK はリマークといい、正常値、推定値、欠測など、観測データの状態を表す記号である。また、日別値、時別値において各データ項目名の下段は単位を示している。少数データは整数化し、方位データは数値記号化して格納される。

ちなみに、1 ファイルには 1 月 1 日から 12 月 31 日の 1 年間の 1 地点における観測値が収録され、1990 年以前のファイルは 3,000 円、1991 年以後は 4,000 円で日本気象協会産業気象情報室(03-3212-2071)より購入できる。

3. SDP データファイルの問題点

SDP データファイルは、テキスト形式のファイルなので、ワープロ、テキストビューア、表計算などのテキスト形式のファイルを表示できる市販ソフトを用いれば、中身を見ることはできる(図4)。しかし、このままの状態では、次のような三つの問題があるため、直接利用することは困難である。

- ① 一つのファイルに 1 年分という膨大な量のデータが格納されているため、ソフトによってはすべてのデータを読み込むことができない。

```

662387卜ㄆㄆ 1991 1 131100618101058 6 668 908 538 588 608 488 288 64
8158 1038158 758 6 158 55 758 308 108 6 6 2 2182828 8 8 48
101128101568 618 488 518148 168 2 2 -338 2 2 2101118101558 628 49
8 528158 188 2 2 -308 2 2 2101108101548 648 508 528158 148108218 -
278 2 2 8101038101478 628 508 538158 128 2 2 -278 2 2 8
101018101458 598 488 528158 228 2 2 -328 2 2 8101008101448 578 48
8 528168 198108218 -338 2 2 8100988101428 588 478 518158 268 2 2 -
358 2 8 2100998101438 598 488 528 18 98 2 2 -328 2 58 2
101028101468 628 518 538168 258108618 -268 2 198 8100968101408 628 51
8 538168 128 2 2 -268 2 228 8100828101268 698 548 548158 218 2 2 -
188 2 428 8100688101128 718 538 528168 128108618 -208 2 298 8
100558100998 648 648 678 28 148 2 2 78 2 178 8100468100908 608 67
8 728168 358 2 2 138 2 128 108100418100858 578 728 798168 348108618
238 2 58 158100368100808 538 738 828158 398 2 2 248 2 28 258
100338100778 578 748 808158 508 2 2 268 2 8 208100288100728 678 7
38 748168 378108618 248 2 8 58100208100648 728 718 708158 458 2 2
218 2 2 8100138100568 808 678 628158 528 2 2 128 2 2 2
100028100458 898 648 568158 518 9 58 78 2 2 210008100438 878 61
8 548158 388 2 2 -18 2 2 2100088100518 878 548 488148 358 2 2 -1
68 2 2 2100028100468 598 658 708148 68 9 58 88 2 2 2
662387卜ㄆㄆ 1991 1 231100068100498 6 798 998 408 818 768 658 198 41
8 38 658 38 708 18 188 55 8 8 8 6 6 2 2182828 8 8 8
99998100438 528 688 768118 258 2 2 148 2 2 2100038100478 588 65
8 718138 298 2 2 98 2 2 2 99998100438 468 698 818138 148 8108
178 2 2 2 99958100398 498 698 798148 88 2 2 168 2 2 2
100008100448 418 698 848 88 98 2 2 178 2 2 2100058100498 498 71
8 818158 88 9 28 208 2 2 2100038100478 488 718 838 88 188 2 2
218 2 8 2100048100488 708 808 808 68 108 2 2 388 18 98 2
100088100518 888 838 738 8 18108 58 438 2 258 2100088100518 918 7
78 678168 158 2 2 338 2 238 2100048100478 888 818 728158 218 2 2
408 2 138 8 99898100328 918 878 758168 228108218 498 2 368 8
99918100348 908 808 698158 218 2 2 378 2 298 2 99878100308 938 77
8 66

```

図4 市販ソフトによるSDPデータ表示

② 各観測データの観測項目名が書き込まれておらず、ただの数字の羅列で、どの数値が何のデータを表しているのかわからない。

③ データとデータの区切りがなく、データ同士が密着しているため、どこからどこまでが一つのデータであるかわからない。

①に関して、MS-DOS上のプログラムは基本的にメモリが640KBに制限されているため、多機能な市販ソフトでは限界がある。

②に関して、単に表示された数値では、気象データとして活用するのはむずかしい。実際にこのデータをパソコン画面に表示し、または印刷してデータ仕様書片手に解析し、必要なデータを取り出すという作業を何度となく行った。データの1行は最大224桁であり、目的のデータがそのうちの何桁目にあるかをまず仕様書によって計算し数えていく。これを画面上で行う場合、1行すべてを表示できないため、画面を横にスクロールさせる。しかし、スクロールによって表示が横に移動する際、今どこまで数えたのかを見失って

しまう。また、紙に印刷して行う場合、224桁のうち用紙に入りきらない部分が途中で改行され、1行のデータが何行にも分かれてしまい、たいへん見づらい。

③の問題点は、表計算などの市販ソフトに読み込ませる場合に生じる。表計算ソフトは、通常テキストファイルを自動的に解析して読み込む機能を備えているが、この場合、データとデータの区切りを検出するために、カンマやスペースなど一定の記号や文字を利用する。ところが、SDPデータファイルでは、データとデータの区切りにそのような記号や文字がない。

そこでインデックス以外のデータの後ろに付随しているリマークを、読み込みの際の区切り記号として使えるかを検討した。リマークは観測データの信頼性や状態を示す1文字の記号であり、データの状態によって0~9の値をとり一定していない。さらに、リマークが数字であるため、観測データ自体とリマークを区別できない。したがって、この方法によってSDPデータを正しく解析し、読み込むことは断念した。

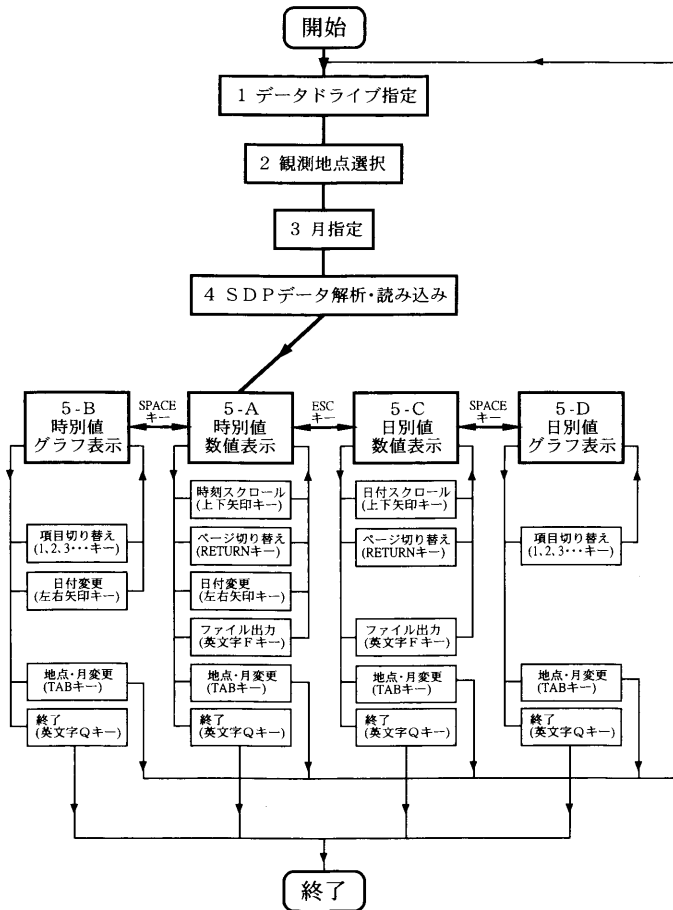


図5 SDP表示ソフトウェア流れ図

最近、これとは異なる方法でデータを解析する機能をもったソフトウェアもある。前述したように、SDP データファイルは、データの配列順序と一つのデータのバイト数が決められた形式のテキストデータである。このようなデータ構造を解析し、読み込むことのできる市販ソフトは、例えばマイクロソフト社の Microsoft Excel や Microsoft Access などいくつかある。読み込ませる方法は、これらのソフトウェアの場合、テキストデータウィザードという機能である。データファイルを指定するとそのデータが数行画面に表示されるので、それを見てデータの区切り位置を1行分すべて指定する。

この機能を用いると、データファイルのすべての行が同じ書式のデータであれば、比較的簡単な操作で問題なく読み込むことができる。しかし、SDP データは

1日分のデータのうち、最初の1行と2行目以降と書式が異なっている。このようなデータの場合、テキストデータウィザードの機能だけでは読み込むことができず、マクロと呼ばれるソフトウェア内プログラムを組む必要がでてくるので、簡単とはいえない。また、このような機能を有したソフトウェアを購入しなければならない。

以上のような理由で、実用的レベルでSDP データを簡単に利用するためには、表示プログラムを開発せざるを得ないと考えた。

4. データ表示プログラム

4.1 動作環境

今回開発したプログラムは、NEC PC-9801 シリーズとその互換機において、メモリ 640 KB 以上、

MS-DOS Ver. 2.0以上の環境で動作する。プログラム開発に用いた言語は、Microsoft Quick Basic Ver. 4.5 (マイクロソフト(株)製)である。最近は、Microsoft Windows (マイクロソフト(株)製)環境で動作するパソコンの流通が主流となってきているが、学校においてはまだ十分普及しているとはいいいにくいので、今回はMS-DOSの環境を利用した。ただし、NEC PC-9801シリーズとその互換機においては、Microsoft Windowsの環境が組み込まれているものも実行可能である。

4.2 表示可能データ

今回表示できるようにした気象要素は、格納されているデータすべてではなく、特に授業で利用されると思われるものである。日別値として平均現地気圧・平均海面気圧・平均気温・最高気温・最低気温・平均相対湿度・平均風速・最大風速・最大風速風向・平均雲量・日照時間・全天日射量・蒸発量・日降水量の14項目を、特別値として現地気圧・海面気圧・気温・蒸気圧・相対湿度・風向・風速・雲量・露点温度・日照時間・全天日射量・降水量の12項目を選んだ。ただし、風向に関するデータはグラフ表示できない。

4.3 プログラムの流れおよび操作方法

今回のプログラムの内容および操作方法を図5をもとに説明する。なお、文中の[1][2]…という番号は図5の番号と対応している。

[1] 実行を開始すると、SDPデータディスクの入っているドライブ名を要求するので、「A:」、「B:」のように入力する。

[2] 指定されたドライブからSDPデータファイルを検索し、発見されたファイルすべての西暦年と観測点名を表示する。そこで、閲覧したいデータにカーソルを移動し、リターンキーを押す。

[3] 閲覧したいデータの月の入力を求めるので、1~12の数値で指定する。これで閲覧データ選択が終了する。

[4] 指定した年、地点に対応したファイルをオープンし、指定月1カ月分のデータを読み込んで変数に格納する。SDPファイルは1年分のデータが1月1日から順にシーケンシャルファイルと呼ばれる形式で格納されている。そのため、ファイルの中ほどにある必要なデータを抜き出す場合、目的のデータの先頭位置がファイルの先頭から何バイト目にあたるかを計算し、ファイル内の読み込み開始位置を示すポイントをデータの先頭位置へ移動しておく必要がある。そのた

め、以下のようにファイル内を解析し、指定したデータの読み込みをパソコンが自動的に行うようにした。

① 指定年が1990年以前であるか1991年以降であるかを調べ、1日分のデータのバイト数を確認する。1990年以前は502バイト、1991年以降は2106バイトである(図2)。この値を a とする。

② 指定月の1日が1月1日から通算何日目にあたるかを確認する。このとき、指定年月がうるう年の3月以降である場合は1日加算する。この値を b とする。

③ ①②で求めた値から指定月データの先頭がファイルの先頭から何バイト目にあたるかを計算する($a \times b$)。

④ ファイル内の読み込み開始位置を示すポイントを指定月データの先頭位置に移動する。

⑤ 1日分のデータをひと固まりとして読み込み、全体を一つの文字変数に格納する。

⑥ データの先頭から順番にデータ仕様に従い決められた文字数(バイト数)ずつデータを切り出し、あらかじめ用意しておいた変数にそれぞれ格納していく。その際、テキストファイルでは数値データも文字データとして格納されているため、気温、湿度などの数値データはすべて数値化という作業を行う。

最小位数が0.1の要素はすべて小数点は省略して整数の形で格納されているので、元に戻す作業を行う。例えば、気温データが「156」であれば「15.6」とする。風向は北北東を1、北を16とした時計回りの16方位、そして風向不定の場合は99として数値化されて格納されているので、数値を方位に置き換えながら再格納していく。これを1カ月の日数分繰り返すことでデータの解析と変数への格納が終了する。

[5] 読み込んだデータを画面に表示する。画面は以下のように4種類あり、日別値、特別値それぞれに数値表示、グラフ表示画面がある。画面とページの切り替えはキーを押すことで簡単に行える。その操作キーは各画面の最下部に示す。

以下、この4種類の画面について説明する。

[5-A] [4]でデータの読み込みが終了すると、この特別値数値表示画面に移行する。図6は、観測時刻と観測項目名とを縦横に対応させた表として、1日分の特別値を表示する画面である。一覧表形式となっているので、観測データの数値を容易に閲覧できる。

画面は2ページで構成されており、第1ページには現地気圧・海面気圧・気温・湿度・風向・風速・雲

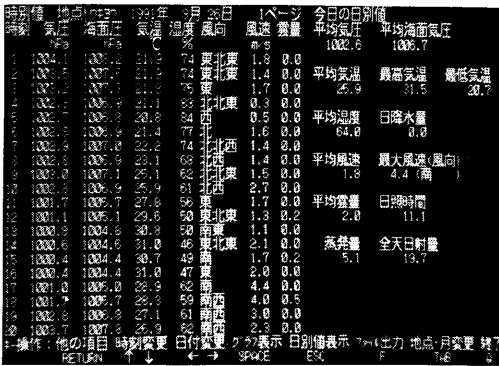


図6 特別値数値表示画面
東京・大手町の1991年8月26日の1時から20時の気温の観測値

表1 特別値・日別値数値表示画面のキー操作一覧

| | |
|-------------------|----------------|
| 21時(日)以降のデータを見る場合 | 上下の矢印キー |
| ページを切り替える場合 | RETURNキー |
| 日付を変更する場合 | 左右の矢印キー(特別値のみ) |
| グラフ表示画面に切り替える場合 | spaceキー |
| データをファイルに出力する場合 | Fキー |
| 日別値・特別値表示を切り替える場合 | ESCキー |
| 観測地点、年、月を変更する場合 | TABキー |
| プログラムを終了する場合 | Qキー |

量, 第2ページには蒸気圧・露点温度・日照時間・日射・降水量を表示する。画面構成は, 1時間ごとの観測データを画面左3分の2に表示し, 画面右3分の1にはこの日の日別値を同時に表示する。

画面最上行は観測地点名, 観測年月日, ページ番号を表示し, 2行目は観測項目名, 3行目は各データの単位である。4行目から23行目までの20行に20時間分の観測データを表示する。最下2行には操作キーの説明がある。21時以降の観測データを見る場合は, 上下の矢印キーを押すと表示がスクロールする。別の日のデータを見たい場合には, 左右の矢印キーを押すと, 次々と日付が変わる。第2ページに移行する場合はリターンキーを押す。この画面におけるキー操作は表1に示すとおりである。

[5-B] 特別値数値表示画面において, スペースキーを押すと瞬時に特別値グラフ表示画面に切り替わる。このページは特定の気象要素の日変化をグラフ表示する画面で, 8ページで構成される。第1ページから気温・相対湿度・現地気圧・海面気圧・風速・蒸気圧・雲量・露点温度となる。画面構成は最上行に観測地点名, 観測年月日, 画面中央にグラフ, 最下2行に操作キーの説明を表示する。グラフは横軸に時刻, 縦軸に値の大きさをとり, 1日24時間の変化を一つのグラ

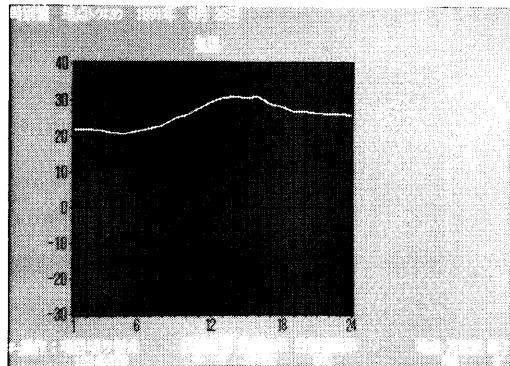


図7 特別値グラフ表示画面
東京・大手町における1991年8月26日の気温の日変化

フに表す。図7は東京・大手町における1991年8月26日の気温の日変化を示す。図から分かるように, 5時に最低気温を示し, その後徐々に気温が上昇し, 13時から16時にかけてピークに達する。やがて, 気温はゆっくり下がり始める。

このグラフ表示機能は, 本ソフトウェアの特徴である。特別値数値表示画面は観測データ個々の値を確認するのに対し, グラフ表示画面は時間ごとの観測値の変化の様子が視覚的に見られるので, 数値表示では読みとりにくい日ごとの変化の様子を比較するのに都合がよい。

また, 左右の矢印キーを押すだけで日付が変わるので, キーを繰り返し押し続けると対応したグラフがコマ送りのように次々と描き変わり, 毎日の観測値の変化の違いや日ごとの特徴を読みとれる。

この機能を利用すると, 授業などで必要とするデータを検索できる。例えば, 寒冷前線が通過した日の気温の変化グラフを必要とする場合, 画面のグラフを見ながら矢印キーを押していき, ある時刻で気温が急激に低下する変化がはっきり現れている日のグラフを見つける。図8は1991年8月1日の気温の日変化を示す。図から分かるように15~16時の間に急激に低下している。この画面でのキー操作を表2に示す。

[5-C] 特別値表示画面からESCキーを押すと, 図9の日別値数値表示画面に移行する。観測日と観測項目名とを縦横に対応させた表として, 一か月分の日別値を表示する画面である。一覧表形式となっているので観測データの数値を容易に閲覧できる。画面は2ページで構成されており, 1ページ目は現地気圧・海

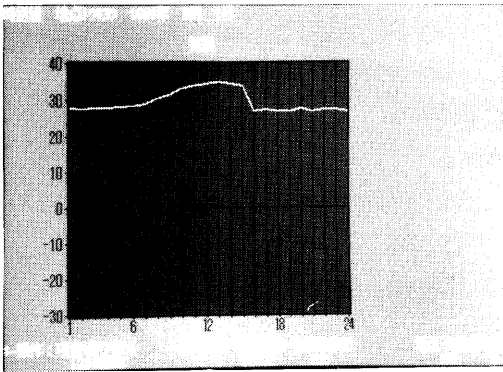


図8 東京・大手町における1991年8月1日の前線通過時の気温変化
15時と16時の間に寒冷前線が通過している。

表2 時別値・日別値グラフ表示画面のキー操作一覧

| | |
|---------------------|------------------------------------------|
| グラフを他の項目のものに切り替える場合 | ・文字キーの最上限キー(1,2,3,4,5,6,7,8,9,0,-,/,#キー) |
| 日付を変更する場合 | ・左右の矢印キー(時別値のみ) |
| 数値表示画面に切り替える場合 | ・SPACEキー |
| 観測地点、年、月を変更する場合 | ・TABキー |
| 時別値・日別値表示を切り替える場合 | ・ESCキー |
| プログラムを終了する場合 | ・Qキー |

面気圧・平均気温・最高気温・最低気温・平均湿度・平均風速・最大風速(風向), 2ページ目は平均雲量・日照時間・全天日射量・蒸発量・日降水量を表示する。画面構成およびキー操作方法は時別値数値表示画面と基本的に同様であり、画面4行目から23行目までに20日分の観測データを表示し、21日以降のデータを見る場合は上下の矢印キーを押して表示をスクロールさせる。この画面でのキー操作を表1に示す。

[5-D] 日別値数値表示画面において、スペースキーを押すと、瞬時に図10の日別値グラフ表示画面に切り替わる。これは、1カ月の観測値の変化の様子を示すグラフである。画面は13ページで構成され、第1ページから平均気温、最高気温、最低気温、平均現地気圧、平均海面気圧、平均湿度、平均風速、最大風速、平均雲量、日照時間、全天日射量、蒸発量、日降水量である。画面構成は時別値グラフ表示画面と基本的に同様である。グラフは、横軸に日付、縦軸に値の大きさをとり、1カ月間のデータの変化を一つのグラフに表示する。この画面でのキー操作を表2に示す。

| 日付 | 気圧 | 海面気圧 | 最高気温 | 最低気温 | 湿度 | 平均風速 | 最大風速(風向) |
|------|--------|--------|------|------|------|------|----------|
| mmHg | hPa | °C | °C | % | m/s | m/s | (方向) |
| 1 | 1007.5 | 1007.6 | 26.6 | 22.2 | 64 | 2.1 | 6.0(西北西) |
| 2 | 1007.5 | 1007.5 | 26.3 | 24.6 | 27.0 | 2.3 | 5.0(西南西) |
| 3 | 999.7 | 1002.7 | 29.7 | 22.9 | 27.8 | 2.7 | 5.8(南) |
| 4 | 999.3 | 1003.4 | 25.2 | 23.2 | 21.5 | 4.2 | 8.6(北東) |
| 5 | 1004.9 | 1009.0 | 21.9 | 24.1 | 20.4 | 4.6 | 6.6(北東) |
| 6 | 1005.1 | 1003.3 | 21.9 | 22.8 | 19.9 | 3.2 | 4.9(北東) |
| 7 | 999.9 | 1002.2 | 23.1 | 25.1 | 20.5 | 3.1 | 5.2(北) |
| 8 | 967.4 | 1001.4 | 25.8 | 30.4 | 22.7 | 7.3 | 5.7(北東) |
| 9 | 1002.1 | 1002.2 | 25.4 | 30.1 | 22.0 | 7.1 | 3.1(西南東) |
| 10 | 1004.4 | 1002.5 | 23.6 | 25.0 | 21.7 | 7.4 | 2.5(東) |
| 11 | 1002.2 | 1002.9 | 24.8 | 29.1 | 22.1 | 7.6 | 2.2(北東) |
| 12 | 1002.6 | 1002.9 | 25.1 | 30.6 | 22.3 | 7.9 | 1.8(南東) |
| 13 | 1005.5 | 1009.6 | 24.0 | 25.4 | 22.4 | 8.4 | 3.2(北東) |
| 14 | 1007.9 | 1012.1 | 23.6 | 27.3 | 21.2 | 7.3 | 3.3(北東) |
| 15 | 1009.7 | 1012.9 | 24.2 | 28.5 | 21.3 | 7.0 | 3.3(北東) |
| 16 | 1009.1 | 1013.2 | 23.4 | 28.0 | 20.2 | 6.9 | 3.6(北東) |
| 17 | 1002.9 | 1013.0 | 23.7 | 28.1 | 19.9 | 6.8 | 4.0(北東) |
| 18 | 1009.4 | 1012.5 | 25.1 | 28.8 | 22.0 | 7.0 | 3.9(北東) |
| 19 | 1002.2 | 1010.8 | 26.5 | 30.1 | 23.3 | 8.0 | 4.1(南東) |
| 20 | 1002.5 | 1006.6 | 26.2 | 27.5 | 24.3 | 8.7 | 4.2(南東) |

図9 日別値数値表示画面
東京・大手町における1991年8月のデータ

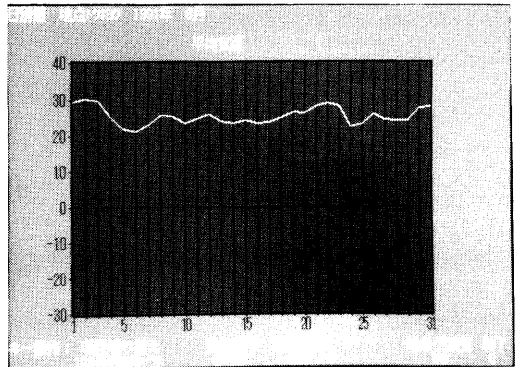


図10 日別値グラフ画面
東京・大手町における1991年8月の日最高気温の推移

4.4 市販の表計算ソフトウェアへのデータ切り出し機能

今回のプログラムには、前述のようにデータの表示と基本的なグラフ表示機能をもたせたが、統計処理などの機能は付けていない。したがって、閲覧したSDPデータを用いて、さらに統計処理などの作業を行いたい場合は、新たに別なプログラムが必要となる。これらのプログラムはすべて自分で作成するよりも、前述したLotus 1-2-3やMicrosoft Excelなどの市販の表計算ソフトウェアを利用する方が効率的と判断した。SDPデータを直接表計算ソフトウェアに読み込ませることは前述のとおり簡単にはできないので、今回のプログラムで、読み込んだデータを他のソフトウェアでも読み込むことのできる形式のファイルとして、改めてフロッピーディスクに出力し、それを他のソフトウェアに読み込んで利用する。この機能によって、ほ

日別値

| 観測項目名 | 地点名 | 年 | 月 | 日 | 平均現地気圧 | 平均海面気圧 | …… | 日降水量 | CR・LF |
|---------|-----|---|---|----|---------|---------|----|---------|-------|
| データ1行目 | 地点名 | 年 | 月 | 1 | 1日のデータ | 1日のデータ | …… | 1日のデータ | CR・LF |
| データ2行目 | 地点名 | 年 | 月 | 2 | 2日のデータ | 2日のデータ | …… | 2日のデータ | CR・LF |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| データ30行目 | 地点名 | 年 | 月 | 30 | 30日のデータ | 30日のデータ | …… | 30日のデータ | CR・LF |
| データ31行目 | 地点名 | 年 | 月 | 31 | 31日のデータ | 31日のデータ | …… | 31日のデータ | CR・LF |

時別値

| 観測項目名 | 地点名 | 年 | 月 | 日 | 時刻 | 平均現地気圧 | 平均海面気圧 | …… | 日降水量 | CR・LF |
|---------|-----|---|---|----|----|---------|---------|----|---------|-------|
| データ1行目 | 地点名 | 年 | 月 | 1 | 1 | 1時のデータ | 1時のデータ | …… | 1時のデータ | CR・LF |
| データ2行目 | 地点名 | 年 | 月 | 1 | 2 | 2時のデータ | 2時のデータ | …… | 2時のデータ | CR・LF |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| データ24行目 | 地点名 | 年 | 月 | 1 | 24 | 24時のデータ | 24時のデータ | …… | 24時のデータ | CR・LF |
| データ25行目 | 地点名 | 年 | 月 | 2 | 1 | 1時のデータ | 1時のデータ | …… | 1時のデータ | CR・LF |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| データ最終行 | 地点名 | 年 | 月 | 31 | 23 | 23時のデータ | 23時のデータ | …… | 23時のデータ | CR・LF |
| データ最終行 | 地点名 | 年 | 月 | 31 | 24 | 24時のデータ | 24時のデータ | …… | 24時のデータ | CR・LF |

図 11 出力データファイル仕様

とんどの表計算ソフトウェアで SDP データを利用することができる。

出力ファイル形式はテキストファイルとし、日別値、時別値の順に出力する(図 11)。日別値は 1 日のデータを 1 行とし、時別値は 1 時間のデータを 1 行とする。データとデータとの間は、表計算ソフトウェアが自動的に読み込むことができるように、区切り記号としてカンマを挿入し、文字データはダブルクォーテーションでくる。また、数値の羅列とならないよう最上行に観測項目名を出力する。図 12 は Lotus 1-2-3 に読み込んだ状態(時別値)である。図から分かるように、すぐに統計処理などの加工がしやすいように、横軸は観測項目名、縦軸は観測年月日・時刻とした。

5. 課題学習の例

気象現象は産業・交通・経済などと密接な関わりがあり、生徒にとっても天気予報番組などで身近な存在である。このような気象情報は、知りたい目的によりデータの加工の仕方がさまざまであるが、解析には

図 12 出力ファイルを Lotus 1-2-3 に読み込んだ状態(時別値)

(1) 平年値と特定年の比較、(2) 二つ以上の地点間の比較がよく用いられる。

この二つの方法による課題例を紹介する。

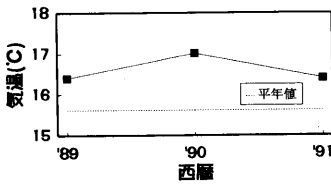


図13 1989年から1991年における東京（大手町）の年平均気温

[例1] 指定した年の天候の特徴

ある地点の気象状態を表すのに、天気、天候、気候などという言葉がある。中でも気候は、ある程度長期間における天気の総合された平均状態である。これは年々余り変化しないが、天気や天候は年によってかなり変化する（高橋ほか，1980）。

特定の天候がどのようなものであったかを検討するためには、平均的な天候の状態を知らなければならない。その値を平年値と呼び、1981年から1990年に用いた平年値は1951年から1980年の30年間の平均値である。これは10年ごとに更新され、現在では1961年から1990年の30年間の平均値が用いられる。この平均値は理科年表に記載されているので、容易に調べられる。

図13はデジタル気象データを用いて計算した気温の年平均値である。平年値と比べ、どの年も1°C程度高いことが分かる。月平均気温の平年値からの偏差で比べると、1990年は1月を除き、相対的に高い傾向を示すのに対し、1989年は夏が低温であり、1991年は8月が特に低くその後も11月までは高くない（図14）。このように、気温が平年値より高いといっても月により、その大きさは異なる。学習の発展の仕方として、このようになる原因を追求する。たとえば、降水量の月平均値を平年値と比べることが一つの方法である。

[例2] 自分が住んでいる地区と他の場所の比較

真夏日（最高気温が30°C以上になる日）、熱帯夜（最低気温が25°C以上の日）、真冬日（最高気温が0°C未満の日）、冬日（最低気温が0°C以下の日）などの気象用語を選び、月別に延べ日数を算出し、自分の住んでいる場所と他の地点と比較を行う。他の地点としては、生徒が移動教室や修学旅行などで共通に行く地点などを選び、気候の特徴を比較する。

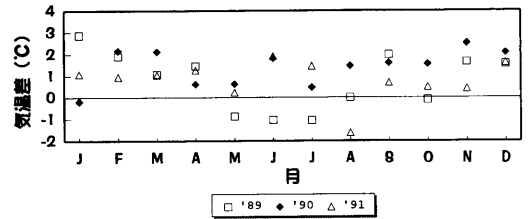


図14 東京（大手町）における月平均気温の平年値からの偏差

6. 指導展開例

次に中学校の選択理科や高等学校地学における課題学習に利用できるであろう指導展開の流れを示す。(1) 教師の方でSDPデータ解析ソフトの使い方、SDPデータそのものを説明する。さらに、解析例の紹介を行う。(2) 気温、降水量、風速、最大風速の風向、天気、蒸発量、露点、日照時間、日射量、平均雲量などの気象要素が、データとしてFDに収録されていることを紹介する。(3) 課題例を提示し、希望課題毎に班編成を行う。(4) 班別に課題に取り組む。(5) 発表会を開く。

ただし、この学習展開はコンピュータや表計算ソフトの使用になれていることが前提とした。現状ではこの指導に時間を割かなければならない学校もあるかと思うが、いずれ情報教育の充実そして社会や家庭環境の変化によりその指導の必要性がなくなるであろう。

また、コンピュータが計算した結果を鵜呑みにするのではなく、一部は手作業で行う作業も配慮する必要がある。

7. おわりに

これまで気象情報を教材に利用した例は、山本・山口(1994)がある。彼らは新聞に載っている「各地の気温と天気」の1年間分のデータを資料とし、はじめに手計算や電卓を用いて、その後コンピュータを利用して統計処理を行う課題学習を指導した。その結果、生徒は自分が調べてみたい課題として多様なことを考え、それを調べる学習を通して、以前気づかなかった驚きを見いだせたと報告している。彼らが行った方法では、データのデジタル化の作業すなわちデータ入力に手間がかかることが教師の負担であった。

今回の方法では、すでに提供されているデータベースを利用することで、データの作成・更新といっためんどうな作業を省くことができた。すなわち、本ソフ

ソフトウェアの特徴は日本気象協会のデータ提供サービスを通して入手できるデータを利用できることである。

今後情報化社会の進展に伴い、デジタルデータの提供サービスはますます充実すると思われるので、このような教材開発は、地学教育における一つの方向といえよう。

今回検討しなかったCD-ROMは、1年間の日本全国にあるアメダスデータをすべて1枚のCD-ROMに収録できる大容量の記憶媒体である。しかもCD-ROM版デジタル気象データは、データ量からして従来よりかなり安価で提供される。教育現場に整備

されるパソコンはCD-ROMを利用できる機種に切り替わることが予想されるので、CD-ROM版デジタル気象データの利用を今後検討すべきであろう。

文 献

関根勇八・酒井俊二(1987): 気象情報の利用, 東京堂出版, 186.

高橋浩一郎・宮沢清治(1990): 理科年表読本気象と気候, 丸善, 178.

山本正明・山口和久(1994): コンピュータを利用した課題学習—中学校数学の統計の授業での試み—, 科学教育研究, 18(1), 35-44.

榊原保志・渡辺嘉士: FD版デジタル気象データの表示ソフトウェアの開発～SDPデータ 地学教育 50巻, 5号, 1-11, 1997

〔キーワード〕 課題学習, コンピュータ, 気象教育, 情報教育

〔要約〕 気象情報は情報化社会の中でもっとも整備されたデータベースの一つである。気象データのデジタル化に伴いFD版のデータ提供が始まった。これにより、気象情報の学校への整備は容易になることが考えられ、併せてコンピュータ処理も可能になることから、デジタル気象データは新しい教材として期待できる。

そこで、このデジタル気象データを課題学習に利用する基礎研究として、データ表示ソフトウェアの開発を試みた。また、今回開発したソフトウェアの紹介とデジタル気象データを課題学習での利用の可能性を論じた。

Yasushi SAKAKIBARA and Yoshishi WATANABE: Development of a Computer Software to View Digital Meteorological Data—SDP Data. *Educat. Earth Sci.*, 50(5), 1-11, 1997

本の紹介

鳥海光弘ほか6名共著 岩波講座地球惑星科学 10
地球内部ダイナミクス A5 268頁 1997年5月
初版 本体3700円+税

本書の構成は次のようになっている。

はじめに

1. リソスフェアダイナミクス

(1) リソスフェアの運動 (2) リソスフェアの相互作用とダイナミクス (3) プレート運動のグローバルダイナミクス

2. マントルダイナミクス I—描像

(1) 地震波による解析方法 (2) 地球の構造と特徴 (3) 地球の3次元構造

3. マントルダイナミクス II—力学

(1) マントル対流の基礎理論 (2) マントル対流と現在の地球 (3) マントル対流と地球の熱史

4. マントルダイナミクス III—物質

(1) マントルダイナミクスと地球内部の化学進化 (2) 上部マントル物質の産状 (3) 始源的なマントル物質の組成を求めて (4) テクトスフェアの起源 (5) さらにマントル深部の組成 (6) 沈み込む海洋プレートの行方 (7) マントルプルームとホットスポット玄武岩マグマの生成 (8) 地球物質大循環: 未解決の問題

6. コアダイナミクス

(1) コア表面近傍の流体運動 (2) ダイナモ作用 (3) 磁場データを用いた流体運動の推定 (4) 内核の影響 (5) 核—マントル境界(CMB)の役割 (6) 地球回転速度変化の影響

以上のようにまとめた企画を「はじめに」で「本巻では、地球の種々のダイナミクスについて、とくにプレート運動、プルーム運動、コアの対流運動などの地球内部の巨大な運動を固体天体内部の力学的な過程としてとらえ、そのシステム科学的な物質循環、エネルギー循環過程との結合のメカニズムについて紹介する。(後略)」と述べている。本書の全体像が理解できるように各大項目ごとの「まとめ」の標題文を次に書いてみたい。

1のまとめの標題文

- ・現在のプレート運動モデル
- ・過去のプレート運動モデル
- ・プレート運動の実測とプレート運動の問題点
- ・中央海嶺のダイナミクス
- ・ホットスポットと巨大火成岩岩石区
- ・サブダクション帯のダイナミクス
- ・プレート運動のグローバルダイナミクス

2のまとめの標題文

- ・地球内部構造は地震学的手法によって調べられている
- ・地球の1次元構造にはいくつかの不連続面がある
- ・地球の3次元構造については研究が進展中である
- ・3次元構造の研究は現時点では氷山の一角を見たにすぎない
- 3のまとめの標題文
- ・マントル対流はさまざまな地学現象の原動力あるいは原因となっている
- ・マントル対流はさまざまな特徴を有する
- ・マントル対流は現在のテクトニクスと深い関わりあいがある
- ・マントル対流は地球内部の熱を運び出している
- 4のまとめの標題文
- ・始源的な上部マントル化学組成が存在する
- ・テクトスフェアは初期地球の激しい火成作用の痕跡である
- ・未分化な下部マントル?
- ・沈み込み海洋プレートの行方
- ・マントルプルームは古い海洋底地殻の断片を多量に含む
- 5のまとめの標題文
- ・マントル内には複数の地球化学的端成分が存在する
- ・枯渇した中央海嶺マグマ起源成分
- ・U/Pb比の成分
- ・ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比の成分
- 6のまとめの標題文
- ・地球磁場は $0.2^\circ\sim 0.3^\circ$ /年程度の速度で西方に移動している
- ・MHDの大規模な数値シミュレーションが行われている
- ・地球磁場データとMHDダイナモから外核中の流体運動がみえてきた
- ・内核はマントルに対して回転している
- ・地球磁場極性逆転のメカニズムには2つの説がある

以上の内容は、私には未知の事象が多かったので、どの項目も興味深く読むことができた。本書の約70%がマントルの事象の説明である。「まとめ」の標題文を読んだだけでは簡単な内容にみえるが、本文では写真・図・表・数式などを用いて論証している。地学の先生がたには非常に参考になる本であると、私は思う。なお、岩波書店発行の月刊誌「科学'97年7月号特集: プルームテクトニクスが開く新しい地球観」を合せ読むと、さらに参考になるであろう。

(貫井 茂)

子どもの自由試行を通じた課題解決に関する考察

—小学校C区分を例として—

宮下 治*・相場博明**

1. まえがき

日本の子どもは、外国の子どもと比較をすると、一般的に知識や理解面は大いに優れているが、その一方で、学習に対する意欲や主体性は、大きく不足していると言われている。このことは、知識・理解面の育成を学校教育の中で優先してきた結果なのであろうと考えられる。

こうしたことを背景に、現行の学習指導要領では「新しい学力観」を唱え、授業改善をねらってきている。

子ども自らが学習の問題を見だし、自ら学び、そして自ら考え、主体的に物事を判断していくことは、子どもがこれから生きていく上での大きな力となるものである。これまでにも、子ども自身が問題意識をもって課題を解決していくといった理科の学習の必要性については、多くの人によって説かれてきている。そのため、問題意識をもって課題を解決していく理科学習の重要性については、授業担当者も何度となく耳にしてきているはずである。にも関わらず現状を見ると、子ども自身が問題意識を把握し、課題を解決していくといった理科の授業は実践されているようでいて、なかなか実践されてきていないのが、学校現場の状況ではないだろうか。

小学校低学年で行われている生活科では、第1・2学年の目標の(2)に「自分と身近な動物や植物などの自然とのかかわりに関心を持ち、自然を大切にしたり、自分たちの遊びや生活を工夫したりすることができるようにする。」(文部省, 1989)とあるように、何かを教師から教えてもらうというよりも、児童が自分自身で具体的な活動を通して道を切り開き、児童のもつ願いを満たすという方向で学習活動が展開されることを期待している。

ところが、第3学年になってはじめて理科学習を行う児童にとっては、自分自身の先行経験から生まれる

疑問によって学習をはじめていくというよりも、教師による課題提示による学習を進めていくことの方がどうしても多くなってきてはいないだろうか。

生活科と理科との関連をあまり考えない理由として、指導する教師の側に以下のような認識があるからではないかと考える。

- (1) 生活科での直接経験は、そのまま理科の学習につながるものとは思っていない。
- (2) 第3学年や第4学年の児童には、発達段階からみて課題解決学習はまだ無理なのではないか。
- (3) 児童の自由な発想による課題解決学習を行うことの意義は理解していても、それでは、十分な学習効果が望めないのではないか。
- (4) 教える内容は多いのに、そのような方法では、時間がかかりすぎて、授業時間内にとうてい展開することは無理なのではないか。

などと考えることにより、児童が「自ら学び、自ら考える」学習がなかなかできないのではないかと考える。

堀(1994)は、子どもが自分自身で学習課題を明確にし、学習目標を決め、学習内容を熟考したり一般化する、別の考え方を受け入れるなどができるようになるための能力の育成として「認知的方略」を紹介し、主体的な学習の仕方を説いている。しかし、この考え方は子ども自身があらかじめどのような知識や考え方を持っているのかを知っていて、それがどう変容していくかに気づかせていくというものであり、知識・理解面の育成を説いていると考えられる。

筆者らは、自由試行(Hawkins, 1962)の考えを参考として、児童自らが、生活科の授業の中で得た自然との直接経験を通じ、自然の対象へ興味と関心、そして疑問の中から、理科の学習においても、主体的に問題を発見し、主体的にそれを解決していき、生きて働く力としての「創造性」、「自然を調べる態度」、そして「知識・理解」をはぐくむことのできる学習の流れに

* 東京都立教育研究所地学研究室, ** 慶應義塾幼稚舎

について考えた。また、C区分を例として、学習指導計画を作成し、実践を通してその有効性を調べてみたので、ここに紹介をする。

2. 自由試行の学習について

本論を進めるに当たり、「自由試行」の考えとは何か、栗田(1983)をもとに、簡単にここで紹介しておくこととする。

(1) 自由試行の考えとは

自由試行の考えは、コロラド大学理科教育の教授である David Hawkins が1962年に創案し、実践して発表したものである。

彼はこの論文において自由試行を次のように定義している。「子どもたちには、指示もなく自由に勉強のできる時間が、普通の2倍も3倍も多くいる。そこで、子どもに材料や実験器具である“もの”を十分に与え、指示もせず質問もしないで、自由に組み立てたり、調べたり、吟味したり、実験したりさせる。これを私は、Messing About (自由試行)と呼ぶ。」

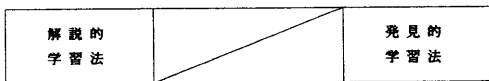
この考えに基づいた実践的研究は、日本においても栗田他(1976)など多くの人によって成されてきている。それらの結果を踏まえて、栗田(1983)は自由試行を、観点や目的をあらかじめ指示しないで、実験器具や材料などの具体物を用いて児童・生徒に自由に行わせる観察や実験である、と定義をしている。

(2) 課題解決型学習の有効な手段

学習の指導方法には、大きく二つに分けて考えることができる。図1に示すとおり、一つは解説型の学習方法である。これは教師が課題を提示し、その解答も教師が示す方法である。

一方、もう一つは課題解決型の学習方法である。これは児童・生徒が問題を見つけ解決をしていく学習の方法である。そして、これら二つの学習方法の間にあるのが、導かれた課題解決の学習方法といえる。

自由試行は二つ目の課題解決型の学習方法の有効な手段であり、理科学習を子どもにとって楽しいものとするとともに、指導方法改善の大きな有効手段という



導かれた発見学習

図1 学習指導法の2大別 (栗田; 1983)

ことができるであろう。まさに今、教育界に問われている「知識を教え込む教育」から「自ら学び、自ら考える教育」へと転換をしていくための有効な手法ともいえるのである。

(3) 自由試行を成功させるための実施上の留意点

栗田(1983)により、自由試行を授業において成功させるための条件を表1にまとめる。

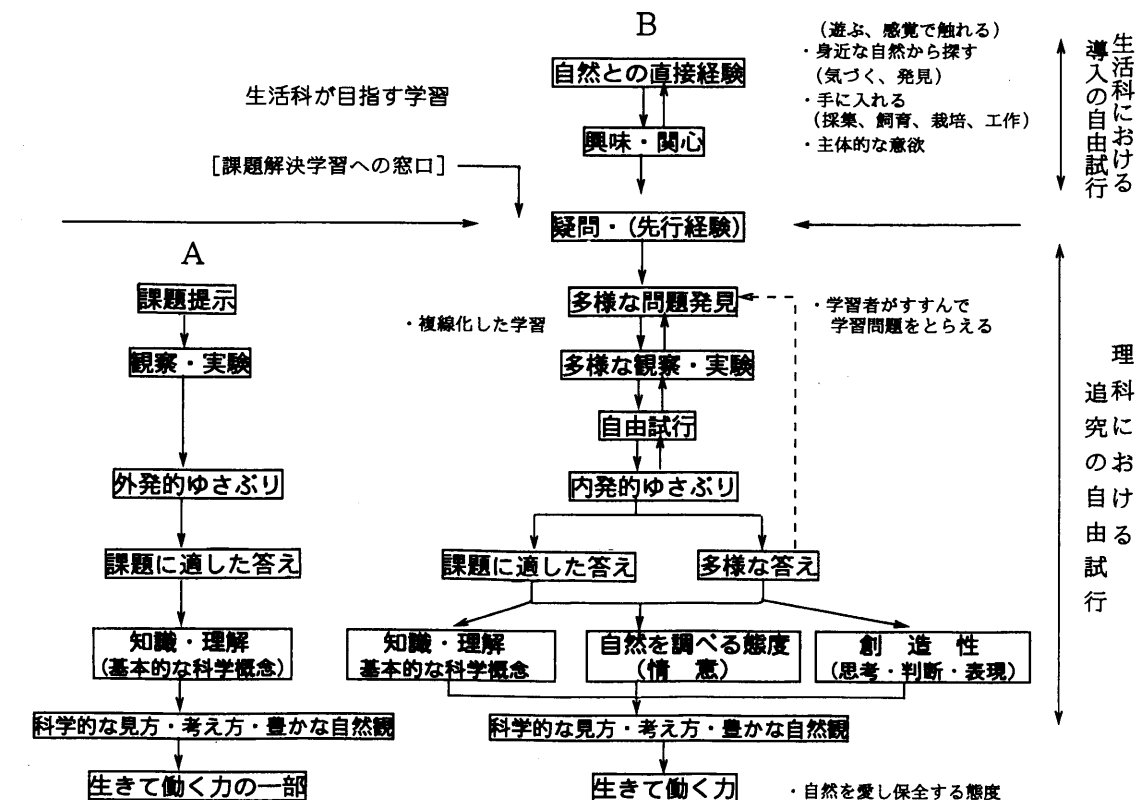
これらの条件を踏まえた栗田(1983)の自由試行の授業は、小学校のみならず、中学校や高等学校においても展開できる手法であり、一見、物理教材だけに通用すると思われがちな手法であるが、化学、生物、地学とどの学習分野にも通用するものでもある。

3. 小学校生活科と理科の現状と課題

小学校低学年では、現在、生活科が実施されている。自立の基礎を学ぶ生活科の学習過程では、本来、多くの直接経験の場が考えられる。自然の中の昆虫を採集したり、飼育したり、植物を栽培したり、そして身近

表1 授業において自由試行を成功させるための条件 (栗田; 1983を参考に作成)

| | 留意事項 | 説明 |
|---|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| ① | 物を十分に与える。 | 子どもがいじくりまわす具体物を十分に与える。 |
| ② | 自由な雰囲気をつくる。 | 子どもたちに何をしても言ってもよいという安心感を与える。 |
| ③ | 対象物と十分に扱われる時間を与える。 | 自由試行に長い時間をさけばさくほど、その後のその教材を用いた学習が容易になる。 |
| ④ | 教師の指導も必要である。 | 教師は机間指導をして一人一人の活動状況をよく観察し、記録したり、子どもの良き相談相手になってあげることは大切である。 |
| ⑤ | 机の配置などを工夫し、子ども同士の学び合いを助長する。 | 隣の子の様子が分かるように何人分かの机を並べるなども一つの工夫である。子どもは教師から学ぶだけではなく互いに学び合うものである。 |
| ⑥ | 騒がしさを気にしない。 | 「やった、やった」と教室が騒がしくなるもの。しかし一人一人の子どもは静かに脳目も降らずに実験したり、考え込んだりしているのである。 |
| ⑦ | 授業のまとめを考えさせる。 | その時間に何をしたのか、どんなことを見つけたのか、面白かったことは何かなど、その時間の活動過程を反省させ次の時間に何を成すべきかを考えさせることが大切である |



<教師側から課題を提示し、課題に適した答えに向かって進める授業> <子どもの発想が生きる自由試行型の授業>

図2 小学校理科の課題解決学習の流れ

な素材を用いても（遊び道具など）をつくったりするという、自然に親しむ行為が多く行われるものと考えられる。

平成4年度から新教科として実施されてきている生活科は、従来の理科とは目標が異なるが、生活科の目標の一つには、身近な自然とのかかわりに関心をもつことが大きく取り上げられており、3学年以降の理科の学習にとってもたいへん重要な意味をもつこととなる。

理科との整合性をはかる上にも低学年までの段階で、十分身近な自然との直接経験をさせていこうと、各学校においても、自然を学習に生かす工夫を行い、さまざまな体験学習の機会を取り入れていこうと努力をしている。しかし、学校の中だけでは児童に思い切った体験活動をさせることは、なかなか困難な状況であり、学校から遠方を学習地として求めざるをえな

くなってきている。このことは、教師の意図とは別に、どうしても、生活科の授業での身近な自然への直接経験をさせる機会は減ってきてしまっているといわざるをえないだろう。

児童の直接経験の多い、少ないにより、図2に示す「課題解決学習への窓口」の開き具合も大きく開いたり、狭くなったり、そして場合によっては、この窓口が閉じてしまったりしてしまう。そして、この窓口の開き具合によって、その後の理科の学習を行う際に、自然の対象に対して自らの問題発見に結びついたり、結びつかなかったりと連動をしていくものと考えている。

4. 小学校理科の課題解決学習の流れ

(1) 教師側から課題を提示し、課題に適した答えに向かって進める授業の流れ

授業の流れを、図2のAに示す。

教師がさまざまな導入を用いながらも、児童自身の問題意識とは別に、教師側から児童に対して先に課題を提示し授業を展開していく流れである。そのため、自然の対象(教材)に対して、児童が興味や関心をもって取り組んでいきにくいという問題点がある。

与えられた課題解決に向け、あらかじめ準備された観察・実験を行い、結果や考察を発表する。そして、その発表があらかじめ用意された答えに近づくように、教師や児童たちによって評価を受け、修正をしていく。筆者らはこうしたことを「外発的ゆさぶり」と呼ぶことにする。

この「外発的ゆさぶり」によって、課題に適した答と児童の思考も導かれ、課題演習の繰り返しにより、自然界の知識・理解を定着させていくという学習の流れであり、筆者らも含め、小・中・高校と従来、多くの教師によって行われてきた授業の流れである。

こうした授業によって得た観察・実験の手法、そして自然界に対する知識や理解は、確かにその一部は、児童の大きな力となり、将来生きていく人生の中で活用できる場所も多くあることは相違ない。

理科の学習において知識・理解はたいへん重要である。しかし、ここでいう知識・理解は、子どもたちが自然の対象に自ら働きかけ、考え、判断して獲得していくというものである。子どもは自分で問題の意味をとらえることもなく、教え込まされ、覚えさせられるという、与えられた知識・理解では、決して真の意味での知識・理解にはなりえない。つまり、誰しもが経験しているとおり、こうした授業で得た知識・理解は、試験が終わると、その大部分は忘れてしまうというものではなかったろうか。これでは、何のための授業であり、子どもにとっての理科の学習なのか分からないようになってしまう。

生活科の学習の中で、自然の対象への直接経験が少なく、自らの疑問があまり起こらない児童、および学級においては、図2の「課題解決学習への窓口」が限りなく閉ざされることになるので、この学習の流れで理科の授業を進めざるを得ない状況になるものと考えられる。

(2) 子どもの発想が生きる自由試行型の授業の流れ 授業の流れを、図2のBに示す。

小さな子どもが、車のことや電車のこと、そして、昆虫や恐竜のことなどをよく知っていたり、それらにまつわるさまざまなことについて深く調べたりするなど、大人以上に物事に対して熱中している姿を見かけることがある。

子どもは、仮に授業以外のことであったとしても、興味をもったことには、多くの知識をもっているだけではなく、興味をもったものをどうすれば獲得できるのか、その知識までも体系化してつかんでしまうのではないだろうか。

こうした子ども自身が興味をもって取り組んでいる活動には、次のような子ども自身の課題解決の姿があるように感じられる。

- ① 子どもは、自分で興味ある追究すべき問題意識をもつ。
- ② 自分で設定した問題に対してさまざまな解決の方法を工夫する。
- ③ 工夫した方法で問題を解決していこうと活動をする。
- ④ 子どもが自分の考えた方法で解決できなかったとき、自分の考えた解決の方法を再び振り返り、再度やり直す。

すなわち、考える—実行する—思いが達成されないときには再び解決の方法を考える—再度実行する、という試行錯誤を、十分な時間の中で主体的に行っているのである。

ここに示す、自由試行型の授業の流れは、まさに、上述した、主体的な子どもの課題解決の学習活動である。そして、児童のつぶやきや発想が生きる授業である。教師により与えられる十分な時間、もの、そして行動できる場により、子どもは興味や疑問に思った自然の対象に対して、意欲的に働きかけ、考え、判断し、思いを達成していこうとするのである。

① 生活科における導入の自由試行

小学校低学年において行う、生活科が目指す学習は自立の基礎を学ぶことにあると言える。その中の自分と身近な動物や植物などの自然との関わりの中で、児童は自然の対象に自ら働きかけ、考え、判断をしていく。そして、試行錯誤を繰り返しながら、自分の思いを何とかしてかなえていこうと努力をすること(自由試行)によって、自らの自然の対象に主体的な疑問が湧いてくることになる。

- ② 理科における追究の自由試行
ア 創造性をはぐくむ

生活科において、十分な自然の対象への疑問が湧いていると、その疑問をいただいている先行経験をもとに、第3学年の理科の授業をはじめていくことも十分に可能となる。図2に示した「課題解決学習への窓口」が大きく開いている状況となる。

仮に、生活科の授業の中で、一つの自然の対象に学級のすべての児童が働きかけたとしても、その中から生まれてくる主体的な疑問は、まさに十人十色である。この多様な疑問を活用するとともに、理科の学習に入っても、教師主導で授業を進めるのではなく、学習の状況や環境を設定してあげ、児童の自由試行によって授業を展開していくことができれば、学習者は自然の対象（学習単元）に対して、すすんで問題意識をもつこととなる。教師側による課題の提示と比較すれば、学習への興味や関心も大きく異なってくる。

このような子どもが率先して学習に取り組みは始める状況に対して、角屋(1994)は、「先に子どもの自然に対するイメージありき、思いありき」と言っている。

児童一人一人に多様な問題の把握があれば次に、それぞれの考えに従って、何とかその問題を解決したいとの思いからさまざまな観察や実験を行いながら、そして、試行錯誤を繰り返しながら、そして、自分の考えを発表したり、友達の発表を聞いたりしながら、自分の取り組みを見直し、解決に向けていっそう力を傾けることになる。こうしたことを筆者らは、「内発的ゆさぶり」と呼ぶことにする。

この「内発的ゆさぶり」により、自分の納得する答えに達するとともに、学級全体での討論の中から、課題に適した答えも見いだしていくことになる。

こうした自由試行の考え方による授業を行うことは、教師主導で教え込む授業に比べても、児童の対象とのかかわり方の状況を十分に予測し、その学習の発展を予想して、教師は時間や場所、そして教材などさまざまな環境整備に努めなければならず、その準備にはたいへん多くの時間を費やすことにはなるが、主体的な児童の課題解決学習を進めるには有効な学習方法であると考えられる。

自由試行の考えを取り入れた授業を展開していくことにより、児童はおのずと、物事を創造的に考え、判断し、そして自分の思いを他の人に対して表現していくことのできる力が少しずつ身に付いていくことになる。これは児童が生涯生きて働くための「創造性」といってもよいものではなからうか。

イ 自然を調べる態度をはぐくむ

何度も何度も失敗をしながらも、繰り返し、自然の対象に関わっていきながら、児童は自然の偉大さ、神秘さを知り、自然とは大切に関わり、自然を守っていかなければならないという豊かな心（情意面）が育っていくものとも考える。この豊かな心こそが「自然を調べる態度」につながっていくものとも考える。

ウ 知識・理解をはぐくむ

自由試行の授業は、児童一人一人の多様な問題把握にはじまり、多様な気づきに発展をしていくが、これだけでは理科の学習の流れとしては不十分である。ややもするとオープン・エンドとなってしまう、理科で学ばなければならない基本的な科学概念をしっかりとはぐくまないで終わってしまうことも考えられる。

図2のBの流れは、児童の多様な解決の方法による自由試行、そして「内発的ゆさぶり」の後に、二つに学習が枝分かれをしていくことが示されている。一方では、児童の多様な答えを求めていくとともに、片方では、教師による意図的・計画的な基本的な科学概念（例えば、時間、空間、速度、エネルギー、質量など）の育成も重要なことと考える。児童の「内発的ゆさぶり」によって得られた課題に適した答えは、生涯生きて働くための「知識・理解」となるのである。

筆者らは、理科の学習の流れには、「創造性の育成」、「自然を調べる態度の育成」と「知識・理解の育成」があってこそ、科学的な見方・考え方が育ち、豊かな自然観を身に付けさせることができる。その結果、自然を愛し、保全し、そして生命を尊重する態度も身に付き、子どもたちが生涯にわたり、生きて働く力にもなっていくものと考えている。

以下に、筆者の一人、相場により実践をしてきている小学校理科C区分での取り組みを一例として紹介することにする。

5. 小学校における自由試行型の学習事例

(1) 授業計画

対象 小学校第3学年

単元名 「川原の石」

学習目標

- 自分たちで採集した川原の石について、自ら問題を発見して、多様な実験・観察を繰り返し、自由試行を行う。
- 川原の石にはいろいろな種類があることに気づく。
- 石のかたさを比べるためには擦って傷がつく

表2 授業実践の流れ

| 学習の流れ | 児童の活動 |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 自然との直接経験 | 荒川での石拾い 5種類をさがす 親しむ、探す、手に入れる 興味・関心・疑問の喚起 |
| 課題発見 | 疑問に思うこと、調べたいこと どの色の石が一番多いのかな？ どんなもようの石が多いのかな？ どの石が一番かたいのかな？→子供の発想 |
| 多様な観察・実験 | こすりあう ぶつけあう ものでたいてみる 音で感じた 太さで調べた 動であてた 机にあててみた わって調べた 顔でたいて一番いたかった 地面にぶつけた 音が一番高かったのが一番かたい 床に落とした 友達のと割り合った 重さで調べた 大きさ |
| 自由試行 | 話し合いグループで 結果 どの石が一番かたいか 白い石(石灰岩)..... 6人 赤い石(チャート)..... 19人 緑の石(結晶片岩)..... 1人 しましまの石(砂岩)..... 2人 ごましおの石(センリョク岩)・14人 |
| 内発的ゆさぶり | 話し合い全体で 本当に一番はどれか 他の方法でもやってみよう どの調べ方がいいのか。自分は正しいのか。 |
| 課題に適した答え | 多様な答え こすりあう チャートでもわれる→風化 きずがついた方はやわらかい センリョク岩の方がやはり強い 粉がつけば、粉をつけた方が →形による強度の違い やわらかい |
| | 石に対する興味・関心 もっと調べようという意欲 |

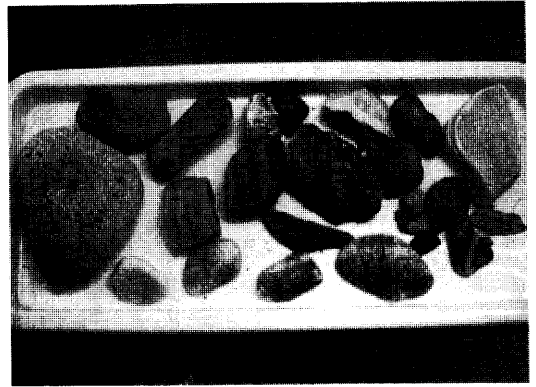


図4 5種類の石

ア 自然との直接経験

本校では、生活科の授業のときに石遊びを十分に体験をさせ、さらに3学年の遠足の時に、埼玉県秩父郡長瀬町における荒川の川原で石拾いをさせている(図3)。この時、あらかじめこの川原にある5種類の石(赤い石、白い石、ごましおの石、しましまの石、緑の石)(図4)を児童らに見せ、興味と関心をもたせるようにした。児童らは、まるで宝探しをしているかのように石探しに熱中し、自然と楽しみながら遊ぶようにしていた。児童は、探した石を、一人ずつビニール袋に入れて、学校に持ち帰ることにした。

石拾いは、まさしく自然との直接経験である。宝さがしのように、楽しみながら自然から探し出し、それを自らの手に入れる経験(採集)をしたわけである。この時点で児童の興味・関心・疑問はすでに大いに高まってきていると考えられる。

イ 問題発見

採集してきた石を、3年生になってからの理科の授業において、それぞれが机の上に並べて、展示会を行った。そして、不思議に思ったことや、調べてみたいことを自由に考えさせた。与えられた課題ではなく、児童自らが主体的に問題を発見し、互いに問題を述べ合う姿が見られた。

児童に見られた疑問には、色や形に関する疑問が多く、溶ける石はないのか、火花のでる石はないのか、石の表面に見られる白色や黒色の粒に対して、これはいったい何なのかという疑問など、多くの問題が児童自身から提示された。

この時、教師として大切なのは、それら経験の中から出てきた一つひとつの疑問を大切にすることであ



図3 川原での石拾い

か、粉がつくかといった方法を内発的ゆさぶりによって導くことができる。

- ・石について興味・関心を高め自ら調べていこうとする意欲を育てる。

(2) 学習計画と実際の授業の流れ

表2に示したような学習パターンを示した。

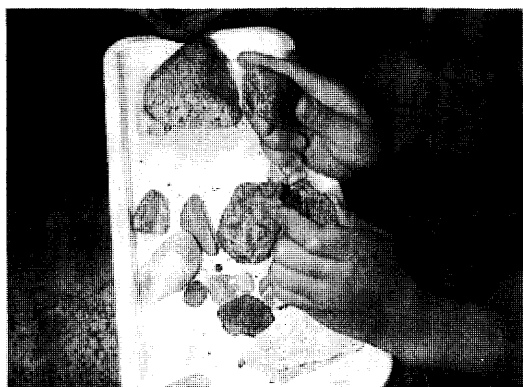


図5 かたさを調べる児童

る。こちらの主旨に沿わない問題は無視するのではなく、時間のゆるす限り取り上げるようにした。

例えば、溶ける石はないのかという問題では、白い石(石灰岩)に、トイレ用洗剤(うすい塩酸)をかけて溶かす演示をしたり、火花の出る石はないのかという問題では赤い石(チャート)をヤスリに当てて火花を見せたりもしながら、児童の興味と関心をさらに高めていった。

ウ 多様な観察・実験

さまざまな疑問が学級の中からでてきたが、学級全体の話し合いの中から「石のかたさ」について、調べていこうということになった。

石のかたさ比べについて、児童は実にさまざまな調べ方をした。実験方法はもちろん自分たちで考えるわけである。たたいたり、ぶつけたりする子が多く、音を聞いたり重さを実感したり、まさに児童は感覚を使ってさまざまに工夫しながら行っていた(図5)。

エ 自由試行

十分に時間を与えて実験・観察をさせたあと、それぞれが調べた結果を述べさせた。当然、答えはいろいろに分かれたが、最も多いのが赤い石(チャート)であり、次にごましおの石(センリョク岩)である。

結果がなぜ違うのか、お互いどんな調べ方をしたのか、班ごと、全体と話し合いをさせた。もちろん教師はここでは何も助言はせずに、自由に発言させた。そんな中で、児童は自分のやり方が本当に良かったのかどうか、ある児童はもう一度実験を繰り返したり、また今度は友人の考えた方法でやってみたりと、個人の中でフィードバックがさかんに行われることになった。

オ 内発的ゆさぶり

児童は、フィードバックしながら、内発的ゆさぶりを受ける。そして、最も理にかなった意見に大方は、収束するようになる。ここでは、擦りあう方法が最も良いということに収束してきた。傷がついた方がやわらかいということと、粉がついた方が柔らかいということである。しかし、粉がついたことと傷がついたことの区別がすぐにはつきにくい。粉の色に着目することや、黒板にチョークで字が書ける理由などを例として、ここでは教師の方で助言を与えることにした。

カ 多様な答え

実験の結果、最もかたいのは赤い石(チャート)ではないことを、強く主張する児童も何人か見られた。それは、たしかに擦ると傷はつかなくてかたいのだが、お互いにお互いにぶつけたらチャートが割れたからというのである。もちろんそれは、事実として正しいのである。実際、割れたチャートはかなり風化を受けており、割れやすいものであった。また、他のチャートは形が薄くなっており、そこに大きなセンリョク岩をぶつけたから割れたらしい。鉄でも、極めて薄い鉄板なら、手で千切れることと一緒である。3年生に風化や形による強度の違いを教えるのはまだむずかしい。しかし、彼らの主張は大切である。それが、新たな問題発見につながっていく。自然は複雑であり、奥の深い魅力的なものであることが、多様な答えを得たことから培われたはずである。

6. ま と め

これまでの理科の授業の流れを図2に整理し、紹介をするとともに、これに加えて自由試行型の授業の流れを紹介した。これは、従来の授業の流れに不足がちな、自由試行を取り入れた授業の流れであり、そこには、内発的ゆさぶりがある。児童はつねに自己の中でフィードバックを行い、より主体的に学習を進めることになる。その結果、課題に適した答えになる場合と多様な答えが導かれることもある。しかし、このような過程を経ることは、「創造性の育成」、「自然を調べる態度」、そして「知識・理解の育成」のどれもが揃うことになる。こうした学習の流れは、真の自然観をはぐくむことに有効であると考えられる。

筆者らはその実践例として、小学校理科C区分の「川原の石」の学習を紹介した。

子どもの主体的な活動には、一人一人の子どもが自然の対象に対して意欲的に働きかけ、自分の先行経験

(もっている能力)をもとに、考え、判断し、表現し、行動する、真の学力を発揮する姿をみることができ

る。
したがって、教師は自然の対象とかかわる活動に関して、子どもが主体的に問題意識をもって課題を解決していく環境を保障することにより、自ら意欲的に考え、判断し、自信をもって表現したり、行動したりできる資質や能力を子どもに育成できるものと考え

謝 辞

なお、本小論をまとめるにあたり、東京都立教育研究所科学研究部 尾形昌幸指導主事、東京学芸大学 榊原雄太郎名誉教授、慶應義塾幼稚舎 馬場勝良教諭、東京学芸大学理科教育学教室 松川正樹助教授、

ならびに東京学芸大学附属高等学校 林 慶一教諭には粗稿を読んでいただき、有意義なご助言をいただいた。記して感謝の意を表する。

引用文献

- Hawkins, D. (1962): Messing About in Science. *Science and Children*, 2(5), 39-44.
堀 哲夫 (1994): 理科教育とは何か. 東洋館出版社, 200 p.
角屋重樹・露木和男・森田和良 (1994): 問題解決の授業と新しい学力観. 初等理科教育, 28, 25-29.
栗田・尾科・加藤 (1976): ワークシートによる理科の完全習得学習. 明治図書.
栗田一良 (1983): 理科学習における自由試行の意義と問題点. 理科の教育, 32, 9-13.
文部省 (1989): 小学校学習指導要領. 122 p.

宮下 治・相場博明: 子どもの自由試行を通じた課題解決に関する考察—小学校C区分を例として— 地学教育 50巻, 5号, 13-20, 1997

〔キーワード〕 小学校理科C区分, 課題解決学習, 自由試行, 内発的ゆさぶり, 外発的ゆさぶり

〔要約〕 従来の理科の授業の流れを整理するとともに、これに加えて自由試行型の授業の流れを紹介した。

これは、従来の授業に不足しがちな、自由試行を取り入れた授業の流れであり、そこには内発的ゆさぶりがある。児童は常に自己の中でフィードバックを行い、より主体的に学習を進めることになる。その結果、課題に適した答えになる場合と多様な答えが導かれる場合とがある。このような学習の過程を経ることにより、創造性の育成、自然を調べる態度、そして知識・理解の育成のいずれもが可能になるものと考え

える。
こうした学習の有効性を、小学校理科C区分の「川原の石」の学習の実践により確認をした。

Osamu MIYASITA and Hiroaki AIBA: Messing About and Problem Solving in Elementary Geology Study. *Educat. Earth Sci.*, 50(5), 13-20, 1997

原著論文

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

林 慶 一*

はじめに

いわゆる“理科離れ”などの科学教育が現在抱えている諸問題の中でも、他の多くの問題の原因ともなっている最も根本的な問題と考えられるものがある。それは、科学教育の内容の母体となる自然科学が、現在では加速度的に高度化・細分化されつつあるということである。1955年生まれの本稿の世代では、高校までの理科の内容を学習することで、当時の自然科学の新発見や科学技術の発明の内容をおおよそ理解できたように思われる。そして、日々報道される発見や発明は、日常生活の物質的な面でそれほど時間をおかずに大きな変化をもたらしていただけてだけでなく、専門家以外の普通の人々の精神にまで大きな変革をもたらすものが少なくなかった。当時の生徒たち私は、そのような日常生活の変化の原動力であり、自然を解き明かす原動力でもある科学を学習できるのが理科であり、そこに理科の面白さと必要性を感じていた。ところが、現在の自然科学・科学技術の発見や発明は、それ自体があまりにも高度になったため、また細分化されてしまった分野の中での出来事であるために、高校までの理科の学習ではその面白さを感じることも、その有用性を理解することもかなりむずかしくなってきた。自然科学の新発見は高度な予備知識をもつ科学者などの一部の人々にとってしか面白さはわかりにくくなってきたし、科学技術の発明はブラックボックス化した技術の中味を理解している技術者など一部の人々にとってしかその意義を理解できなくなってきたといってもよい。教育分野からこの現象を捉えると、小学校から高校までの限られた科学教育の時間枠の中で、ゼロから出発して現在の自然科学・科学技術を理解できるレベルにまで到達させることが、従来は何とか可能であったが、現在では急速にむずかしくなってきたということである。しかも、この傾向は自然科学と科学技術の高度化・細分化に伴い、将来に向かってますます強まっていくことは疑いない。したがって、この問題についての何らかの解決策を見いだ

すことなしには、科学教育の将来はないといっても過言ではない。本稿では、この解決策として、ますます高度化・細分化する自然科学を、高い質を保ちながら、同時に総合的に理解させるための科学教育の方法として、“科学的パラダイムに基づく科学教育の内容の総合化の理念”とその“展開例”を提示することにする。各方面からのご批判・ご意見をいただければ幸いである。

1. 科学的パラダイムに基づく総合化の理念

(1) 次の教育過程の改訂に向けて

学習指導要領の次の改訂では、高校の必修科目として総合的な科目が置かれるのではないかとされている。もしこれが現実となった場合のことを考えて、この総合的な科目がどのような性格のものになるのかについてすべてのケースを想定して、その中で地学の果たす役割を明確にしておく必要がある。もっとも、すべてのケースとは言っても、もしかつての「理科I」的な“内部独立型”の科目、すなわち大項目として物理・化学・生物・地学が独立して置かれている科目の復活ということになるのであれば、各分野とも内容を選び直したり、分野間の関連を考慮するという課題があるものの、すでに経験があるのでそれほど心配する必要はない。日本化学会から佐野(1996)が提案した私・試案の「理科総合」(必修4単位)は4~5章(物理・化学・生物・地学+科学)を設け、3章を選択という点ではかつての「理科I」とは若干異なるが、このようなケースを想定されたものだと思う。これに対して、前もって十分に考えておく必要があると思われるのは、総合化のもう一つのタイプである“融合型”の科目として新科目が位置付けられた場合である。

“融合型”は、“内部独立型”のように物理学だとか生物学だとかいう自然科学の体系にとらわれることなく一つのテーマを先に決めて、その事物や現象を物理学的、化学的、生物学的、地学的に扱うことで総合化を目指すものである(図1)。この方法は、一つの事象に対して多様な見方や考え方を学ばせることができる

* 東京学芸大学教育学部附属高等学校 1997年6月14日受付 1997年7月12日受理

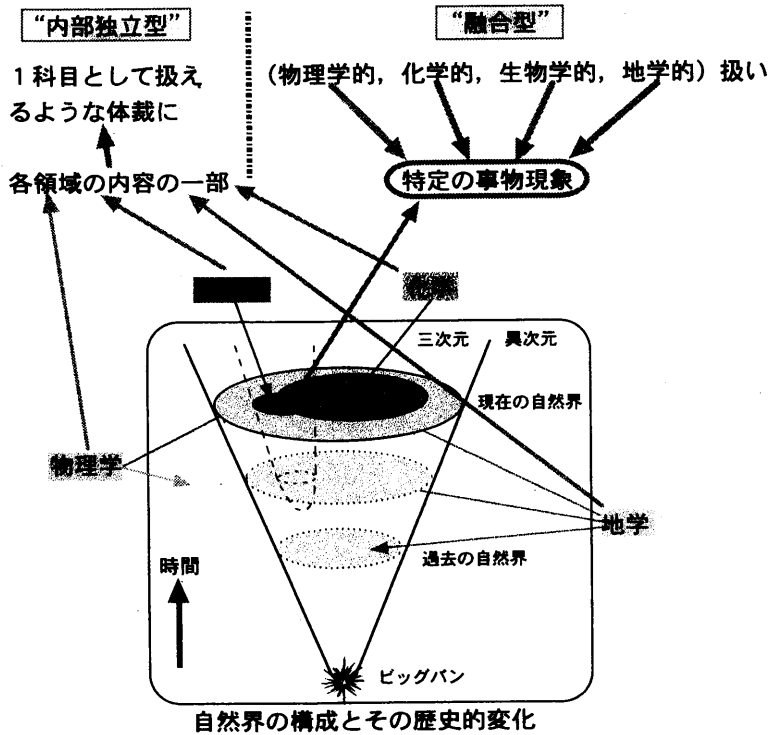


図1 物理学・化学・生物学・地学の研究対象領域と総合化の二つの方法 (林, 1996 を改変)

枠内の逆円錐は、自然科学の各分野が自然界のどのような領域を研究対象としているかを表したものである。現在の自然界は三次元の空間に広がっているが、これはビッグバン以来の宇宙の長い歴史の中でさまざまな変化を経てつくられてきたものであることを考慮すると、時間軸を加えて四次元で考えなければならない。しかし、四次元の図は描けないので、縦軸上向きに時間軸をとる代わりに、ある時点での自然界全体を二次元の円盤で表してある。したがって、下の円盤ほどより古い時代の、そしてより小さかった過去の自然界を表していることになる (松川・林, 1994)。

このような自然界の構成とその歴史的变化のうち、物理学は現在の自然界のあらゆる事象を扱い、化学はそのうち物質に関する事象を、生物学は生物に関する事象を扱う。また、地学は現在の自然界の事象を物理学や化学とは異なる総合的な観点から扱うとともに、過去の自然界を直接の研究対象とするという特徴をもっている。

総合化の二つの方法のうち、“内部独立型”は、これらの物理・化学・生物・地学の各領域から内容の一部を選んで1科目の体裁にはするが、実質的には内部で独立した構成になっているものである。これに対して、“融合型”は、物理・化学・生物・地学の重複領域から特定の事象・テーマを選んでそれらを物理・化学・生物・地学の各側面から扱おうとするものである。

という長所がある。しかし、このような扱いのできる事象は物理学・化学・生物学・地学の研究対象範囲どうしが重複する狭い領域のものに限定されるので、自然界の全体像やその歴史的变化を総合的に見ることはできないという短所も指摘されている (林, 1996)。学習者にとって、扱われないものは存在しないも同然であるから、彼らの自然観は著しく狭められることになる。また、このような科目を必修とした場合、物理・化学・生物・地学を別にきちんと学習することは

よりいっそう困難となるので、学習者は物理・化学・生物・地学の基礎学力を十分にもてなくなる。融合理科を实践した欧米では、これらの基礎学力が乏しくなったため、学校で扱ったテーマはともかく、それ以外の事象については、総合的に考えるどころか、科学的に考える能力自体が低下するという傾向が見られた (東ほか編, 1991)。融合理科の考え方が古くからあるにもかかわらず、それが理科教育の主流には結局なりえなかったのはこのような問題があったからである。

したがって、融合に関しては、学力の低下をどのように回避するかが未解決の大きな課題となっている。

(2) 我国における融合の歴史

「融合」は、異なるものどうしを一つにするという言葉の意味から言っても、もとになる物理・化学・生物・地学が分化していることを前提としているので、今日的な意味での「融合」の歴史としては、この物理・化学・生物・地学の分化が明確となった戦後の理科教育を振り返ることにする。

「融合」が初めて本格的に採用されたのは、昭和45年に告示された学習指導要領（文部省、1970）中の「基礎理科」であろう。基礎理科の「目標」の(2)には「…自然のしくみやはたらきを分析的ならびに総合的に考察する能力と態度を養う。」となっており、「内容」において物理学・化学・生物学・地学の全部または一部の融合が具体的に示された。例えば、「内容」の「(2) エネルギー」という大項目では、地学の「太陽光とエネルギー」、物理学の「運動エネルギー」と「位置エネルギー」、化学の「化学変化とエネルギー」の項目のほか、総合的な「エネルギーの変換と利用」の項目がおかれ、地学・物理・化学の広い範囲からの融合が図られた。また、「内容」の「(5) 万有引力と太陽系」という大項目は、物理の「落下運動」、「運動の法則」、「等速円運動」、「万有引力」と、地学の「惑星の運動」、「太陽系」からなり、ここでは物理と地学の融合が図られた。「内容」の「(7) 生命と物質」という大項目では、生物の内容を主体としながらも、「生物体内の化学反応」という項目で生物と化学の融合が図られた。また、「内容」の「(8) 進化」という大項目は、地学の「地球の進化」と生物の「生物の進化」の項目からなり、地学と生物の融合が図られた。融合はここに記した個々の大項目の内部にとどまらず、「内容の取り扱い」の(3)のイでは、「…、光と物質との相互作用も扱うこと」と書かれており、「内容」の「(1) 光」と「(3) 物質の構成」という大項目どうしを結ぶことになっている。

「基礎理科」のこのような内容構成は今日の学問的観点からも優れたものであり、先見性に富むものであったといえる。それにもかかわらず、「基礎理科」は実際には履修率が極めて低く、特に進学を前提とした普通科では見向きもされなかったとすら言える。その最大の原因は、1970年代にあってはまだ、独立した物理・化学・生物・地学の学習で日々起こる科学的発見や技術革新の内容を理解できるところまで教育できたため、それらの独立科目の価値がより高く評価され

たからではなかろうか。もちろん大学入試の科目としてほとんど採用されなかったことも大きな影響を与えたことは疑いないが、それは大学側が融合理科よりも独立した物理・化学・生物・地学の教育を価値あるものだと判断したからであり、その背景には現在の自然科学や科学技術を理解するには独立した物理・化学・生物・地学が基礎になるという同様な考え方が支配的であったからであろう。また、当時の教育課程審議会において、高校進学率の上昇に伴って理科の履修困難な生徒に対する対策が論じられ、その後に「基礎理科」が打ち出されたことも影響したことは疑いない。こうして「基礎理科」は独立した物理・化学・生物・地学の理解が困難であると思われたり、理科の単位数を多く取りにくいところでの科目となってしまった。私自身も教員になってすぐに定時制の非常勤講師を併任して教えたのが、「基礎理科」との最初で最後のつきあいであった。

(3) 「基礎理科」を教訓とした次の融合理科

しかし、自然科学と科学技術が高度化・細分化したことによって、高い能力をもった生徒に対しても、基礎からの積み上げ式の従来の物理・化学・生物・地学でこれらを理解させることがむずかしくなったのが現在であり、「基礎理科」の理念はここで再評価されるべきではないだろうか。図2(a)は、基礎からの積み上げによって先端的な内容に到達する方式のモデルであるが、このそれぞれの積み木の大きさも段数も高校までの理科教育ではもはや不可能なほどに大きく多くなっているというのが現在の状況である。こうなると積み上げ方式は断念して、現在の科学全体を総合的に見直したときに現在の科学理論を構成している基本ともいえる内容に絞って、たとえそれらが相当むずかしくても何らかの工夫をして教えるしかないのではないか(図2(b))。その際、内容のむずかしさの程度によって、また学習者のレベルによって、厳密な展開をする場合から、アナロジーを使って理解させる場合を経て、単なる物語になってしまってもよいという場合までいろいろなレベルが考えられる。「基礎理科」はこのような考え方を先取りしたものであったように思われる。しかし、それが結果的にはあまり採用されなかったわけで、新たな融合科目を考えるに当たってはその不振の経緯を詳しく調べて反省する必要がある。具体的な反省点としては、次の三つほどが挙げられるように思う。

① 融合の一般的な方針が必ずしも明確ではな

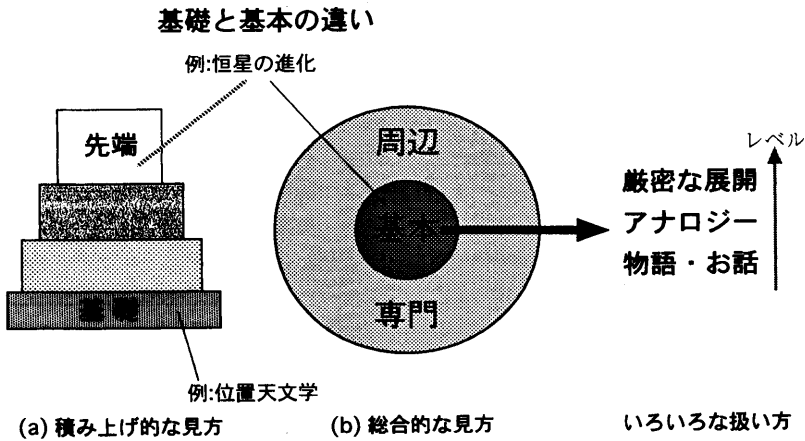


図2 基礎から基本へ

積み上げの見方(a)に立って科学を考えると、科学教育は基礎から始めなくてはならない、ここでいう基礎とは、何か次のことを学ぶために不可欠なものを指し、たとえそれら自体に学ぶ意義を見い出せなかったり面白くなくても、我慢してとにかく学習しなければならないということになる。

一方、総合的な見方(b)に立って科学を考えると、専門家養成ではない普通教育における科学教育では、現在の科学を支えている基本がわかればよいのであって、細かい周辺的なことや専門家だけに必要なことは不要となる。

かった。

上記の(2)で紹介したような「基礎理科」で採用された融合例は、それ自体は現在から見ても優れたものであった。しかし、その融合がどのような一般的な方針のもとに考案されたものであるかは明確ではなかった。また、融合は考え方によってこれら以外にも相当に幅広く多様なものが考えられるはずであるが、学習指導要領においてそれらのうちのいくつかだけに固定してしまったために、結果的に他に優れた融合の方法があっても実施することが困難になった。もちろん、融合には、極端な場合、一人の教師の思い込みやこじつけで行われる危険性もあるので、それを防止するという意味で、初めての融合の試みに際して、よい融合例をそのまま学習指導要領の内容項目に採用したことは仕方なかった面もある。しかし、今後の融合を考えると、やはり融合はこれに限るというものではないし、科学の進歩に伴って修正する必要に迫られたり、全く新しいものが登場することもある。したがって、次の学習指導要領において融合科目をつくるとすれば、融合例を解説書などにおいて積極的にいろいろ示すのは良いことであるが、学習指導要領自体では、特定の融合例を採用することは避けて、融合の方法として明確な一般的な指針やその根拠となる理論のみを示すべきであろう。

② 学問性の高さを十分主張していなかった。

探究の過程を重視する当時の理科教育現代化の目標に適合するようにつくられた科目であるということ、教育面での有用性は十分強調されていたが、学問的な有用性としてはわずかに物性論や分子生物学などの学際的領域の研究能力の育成に役立つという程度にとどまっていた。つまり、融合自体に科学的・客観的な根拠や意義があることが十分説明されていなかった。このことが、教育学部よりは理学部卒業生が多く、学問性と領域固有性を大切に多くの高校教師の支持を得られなかった原因の一つであるように思われる。したがって、新しい融合理科は、独立した物理・化学・生物・地学に劣らない学問性の高さを維持し、それを堂々と主張できるものでなければならない。

③ 応用性があまり示されていなかった。

融合理科は物理・化学・生物・地学の一部の内容を取り出してそれらどうしを融合させるものであって、融合理科によって物理・化学・生物・地学の内容を独立の物理・化学・生物・地学の科目なみに網羅的に学習できるものではない。したがって、教科書や授業で取り上げられた融合例については生徒は専門家なみに詳しくなることも期待できるが、それら以外の融合については融合の部品となる物理・化学・生物・地学の内容の多くを持ち合わせていないので、融合して総合

的に見ることができるようになることなどはほとんど期待できない。それどころか物理・化学・生物・地学の基本的な見方で見ることでもできなくなる可能性のほうがずっと高い。つまり、融合理科にはもともと応用する力も基本的な力も危うくなるという欠点がある。したがって、新しい融合理科は、物理・化学・生物・地学の基本をできるだけ広く網羅して学力を維持するとともに、融合の結果を教えるだけでなく融合のプロセスや意義をも解説する必要がある。

これら①～③の反省を生かすとすれば、現在の自然科学を支えている自然に対する支配的な見方(=科学的パラダイム)を、理科教育においても前面に出して融合するという方法が最も良いのではないかと考えられる。“パラダイム”というのは、もともとは、プラトンが「アイデアの説明のための範例」ということで使った用語であるが、後に「一時代の支配的なものの見方」を指すものとなった。特に「科学上の問題を取り扱う前提となるべき、時代に共通の体系的な想定」という意味で使われることが多いようである。天動説や地動説などがその具体的な例である。同じ天体の動きを目にしても、天動説の見方をするか地動説の見方をするかでは全く異なる宇宙観が想像される。この例からも科学的パラダイムの重要性はわかるであろう。パラダイムという語のこの意味での用法は、ドイツの有機化学者で「科学革命の構造」という有名な本を著したR.クーンに始まる(クーン, 1971)。

科学的パラダイムは、遠西(1996)が指摘したように、理科教育が科学を目指すのであれば尊重せざるをえないものである。したがって、従来の教育課程においても、表面にあからさまに出ることはなくても自ずから重視されてきたものである。そこで、融合を行う場合にも、物理・化学・生物・地学の何らかの内容を融合して一緒に考えることが、それらを個々に扱うことでは獲得できない新しく大きな自然に対する見方すなわち科学的パラダイムの獲得に至るように、内容を選択・構成することが考えられる。この方法を明確に打ち出せば、上記の①の融合の一般的な方針を、その根拠となる理論とともに示したことになる。また、②の学問性に関しても独立した物理・化学・生物・地学ではむずかしい領域を超えた科学的な見方を教えることができるということ、高い学問的独自性を主張できる。さらに、③の応用性に関しても、科学的パラダイムは広い範囲に適用できるような体系的なものなので、学習した事象以外についても広くアナロジーとし

て応用できるものであると考えられる。

しかし、ここで大きな問題がある。パラダイムは、歴史を超えた普遍の真理ではなく、時代によって変化したり、新しい研究によってしばしば廃棄・創造されてきたという歴史をもっているという点である。こうなると、①総合化に用いるパラダイムは当然最新のパラダイムであるべきであるし、最新のパラダイムに基づく自然観を育成することが総合化の目標になるべきだと考えられる。しかし、同時に②その最新のパラダイムが完成されたものでもなく、将来変更されることもありうることを、そしてそのようなパラダイムの変化に自ら気づき、吸収し、それまでの知識を再構成していく力を育成することがもう一つの目標になるべきだと考える。ただ、学校教育終了後に起こるパラダイムの変化に各人が独力で対応するのはかなりむずかしい。そこでは、やはり生涯学習の環境整備と社会教育における科学教育の大幅な強化が必要であろう。したがって、地学教育関係者は、生徒数の減少していく学校教育にこだわりすぎずに、現在施設的にも人員的にも拡大しつつある社会教育の分野にも積極的に進出していくべきであろう。しかし、その前に学校では是非ともパラダイムの転換の歴史を振り返る学習をして、パラダイムの更新に乗り遅れると自分の今持っている知識が無用になることも、また、かえって有害になることすらあることを十分感得しておかせる必要がある。

議論がやや抽象的になりすぎたので、進化を例とした科学的パラダイムの展開例を示す。この中では、上の①の目標を達成できるように最新の進化の見方を、②の目標を達成できるように進化の見方の歴史的な転換を盛り込んでいる。

なお、この例はあくまで、現場での展開例の一つであり、前述したように、学習指導要領に入れるべきものではないと考える。学習指導要領は内容を簡潔に示すだけにとどめてくれないと、現場の教師が自分の能力や生徒の実態に合わせて展開することができなくなってしまふからである。

2. 科学的パラダイムに基づく総合化の展開例

ここでは授業での展開が誌上でもわかるように、実際に授業で使う図を用いて、実際にどのように話すかを示すことにする。なお、以下では併用する図などを()で、展開の仕方に関する補足説明を《 》で挿入してある。

生物の進化を研究するにはさまざまなアプローチの方法がありますが、やはり基本になるのは、化石です。(図3の中央の地質柱状図を示しながら)さまざまな時代の地層の中から見つかる化石を古いものから新しいものへと並べることで、地質時代を通して生物がどのように進化していったかが初めて明らかになるからです。

(図3の右図の化石から復元されたウマの絵とその系統樹を用いて)ウマ科の動物に関しては新生代の第三紀の始新世の地層から、最古の化石が見つかっています。このエオヒップス(正式にはヒラコテリウムという)と呼ばれているグループは、大きさは中型の犬くらいで、足には4本の指があり、一緒に出てくる植物化石から森林で生活していたと推定されています。森林では繁みの間を動き回するには体は小さい方が適していますし、小回りが効く動きをするためには指がある足の方が便利です。ところが、化石の記録をたどっていくと、足の指に関しての大きな変化が認められます。中指だけが大きく頑丈になっていく一方で、その他の指は小さくなりついに消滅していくのです。これは、生活の場所が森林から草原へと変わった(ウマの復元図の周囲の植物の絵の変化に注目させる)ことが原因であろうと考えられています。草原では隠れる場所がありませんから、肉食獣から逃れるためにはより速く走って逃げるしか方法はありません。そのためには足が長くなる方がいいですし、足だけとはいきませんから体も大きくなります。こうして重くなった体重を支え、また、速く走るために強く地面をけるためにも、数が多くても1本1本が細い指では、骨折しやすく力も入りませんから、中指だけを太く頑丈にしていったのでしょう。化石の実物があれば他にもいろいろなことがわかります(筆者はウマの足の骨と臼歯の化石を提示・回覧したが、別にこれらに限らなくてもよい。ただ、いずれも2,000円ほどで手に入るの、どの学校でも購入して生

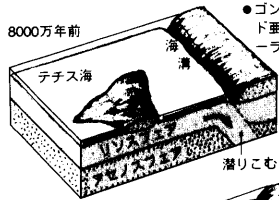
徒に見せられる)。ここに持ってきましたのは今から200万年ほど前の地層から出てきた足の骨と臼歯の化石です。例えば足の骨の関節の部分を見てみると、我々人類の腕の関節が半球状に丸くなっていて折れ曲がるだけでなくかなり回転もできるようになっていっているのに対して、ウマの足の関節はこの方向から見ると丸くなっていますが、直交する方向からみると平らになっていて、しかもそこには平行な峰が3本走っていて、これにつながる骨がこの方向にしか動かないようにできています。つまりコンパスのような動きしかできないというわけです。これは重い体重を支えるだけでなく速く走るために後ろへ強くけるのには、ぐらぐら回転してしまうような関節では都合が悪かったからに違いありません。また、歯の化石を見ると咬合面のエナメル質が迷路のように入り組んだ形をしているのがわかります。エナメル質は歯をつくる最も硬い部分ですが、我々人類の歯では表面部分にしかありませんが、大量の草を食べる必要が出てきたウマは歯がすりへるのを防ぐために硬いエナメル質を内部にも折り畳むように張り巡らせてその量を増やしていったようです。また、これとは別に、かむ力を強くするために頭骨も大型化していきます。

このようなウマの進化の事実が脊椎動物の中でも例外的ともいえるほど詳しくわかっていて、進化を学習するには格好の素材として広く紹介されています。しかし、このような古生物の体の変化の解釈をめぐるのは、人類の考え方は決してずっと一貫したのではなく、他のいろいろなことがわかってくることで大きく変わってきました。最初、19世紀半ばにウマの化石の全貌が明らかになったところで、体の大型化にしる、中指の発達と他の指の退化にしる、臼歯表面の複雑化にしる、多くの変化が一方向への変化を続けるように見えました。このような一方向への変化はウマに限らず多くの他の古生物にも存在するように思われたので、生物にはその内部に特定の方向へ向

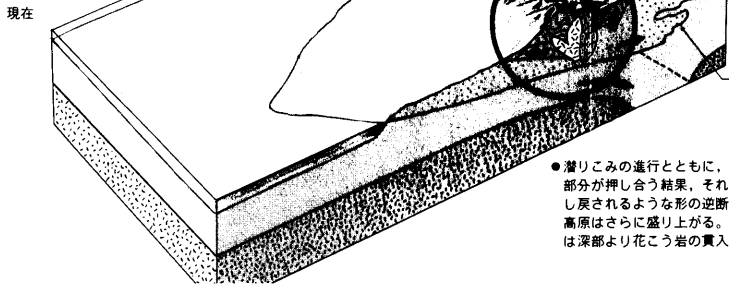
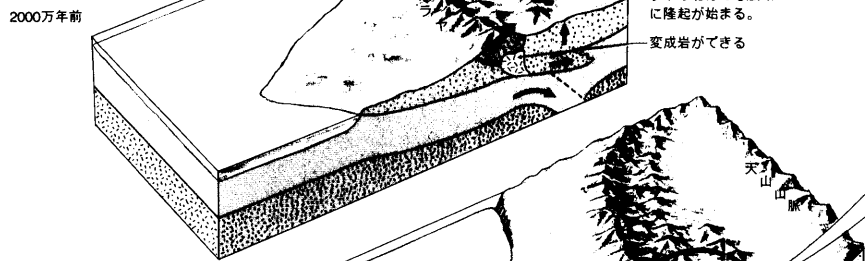
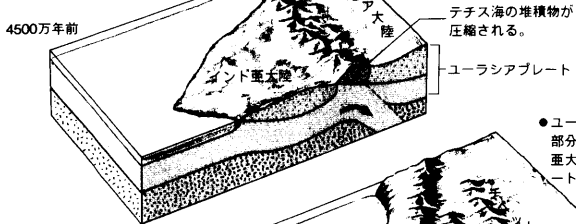
図3 「進化」の科学的パラダイムに基づく展開例

進化の直接の証拠が見つかる地層を柱状図の形で中央に描いてある。その右にはそれぞれの時代の地層から見つかる前足と臼歯と頭骨のスケッチと、それらに基づく復元図が地理的・時代的な関係を考慮した系統樹の中に描かれている(右の図は、浜島書店「図表地学」による)。左では、このような進化を引き起こした環境の変化を分析している。そのうちのいくつかは右図の解釈に不可欠のものであり、進化を一つのパラダイムとして捉えらるべき重要な構成要素となっている。

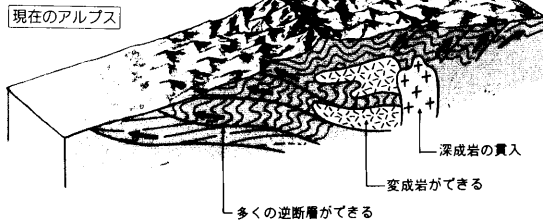
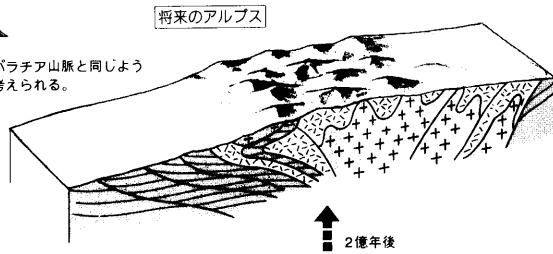
造山運動の歴史



インド亜大陸の衝突



●現在のアパラチア山脈と同じようになると考えられる。



この部分についてはアルプスのほうがより詳しくわかっている。アルプスもヒマラヤと同時代に似たような過程を経てきた山脈である。

北方へ押されたユーラシアプレートはさらに北方でもしわ寄せが生じる。

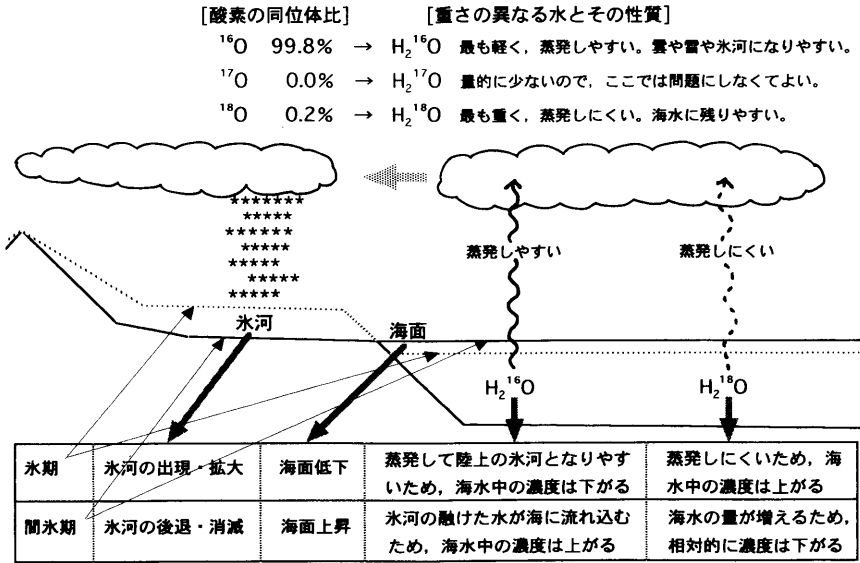


図5 酸素同位体比から推定される海面変動（林，1997 による）

海面変動の歴史は深海底に堆積した浮遊性有孔虫などの殻の酸素同位体比から推定できる。その原理を解説した図で、海水中の同位体比が陸の氷河の発達を反映したものであることがわかる。氷河の発達は海水の量が減少することになり、海面が低下するのである。

かって進化をする能力があるのだと考えられました。そして、その結果として起こる進化のことを、ドイツの動物学者の T. Eimer という人が 1885 年に「定向進化」と名付けていました (Eimer, 1880~1901)。しかし、ウマの化石が出てくる地層の性質や一緒に出てくる植物化石などがわかってくると、ウマの定向的な進化は、そのような神秘的な力を考えなくても、森林から草原へという環境の一定方向への変化の下での自然淘汰、つまり草原での生活により適したものが生き残り世代を重ねるうちに大きく変化していったと考えれば説明できることがわかってきました。1953 年にアメリカの G. G. Simpson という古生物学者によってこの説が発表されてからは、「定向進化」説に代わって、C. Darwin らによって 1858 年にすでに唱えられていた「自然選択」説がウマの進化の考え方でも主流になりました。現在の進化に関する考え方は、基本的にはこの「自然選択」説の延長上にあります。したがって、ここで進化の原

因として登場した環境の変化についてこれ以上考えないということにすれば、進化のイメージとしてはここまで (図3の右半分を指す) のことをわかってもらえれば十分です。しかし、進化は現在の科学ではもっと総合的に捉えるべきものだというように考え方が変わってきています。そこでは進化はもっとダイナミックな地球の活動と関係していることが明らかになってきました。若い皆さんには進化の最新のイメージとしてそこまで知っておいてもらいたいと思います。どうしてかという、例えば、お腹に袋をもった有袋類がなぜオセアニアで多様な進化を遂げたのかというようなことは進化の大きな謎でしたが、そこでは、大陸移動を抜きにした「自然選択」だけでは何もわからないからです。

総合科学的に進化を捉えると、物理・化学・生物・地学のさまざまな内容を組み合わせる必要があります。ウマの化石が時代的に連続して産出するのが北米大陸だけである (図3右図で確認させ

図4 造山運動のパラダイム（東京書籍「ニュークオリティ地学IB」の筆者による図）

造山運動はプレートの運動、地殻変動、変成作用、火成作用などを含む一つのパラダイムとみなせる。この図は、このことを言葉であまり説明しなくてもイメージできるように描いたものである。「進化」と同様に、融合の核となるパラダイムとして高校レベルで十分展開できる。

る)ことから、ウマの進化の舞台となったのは北米大陸であることがわかりますが、それでは、そこでなぜウマは森林から草原での生活に適応していったのかということ調べていくと、それは森林が縮小し草原が拡大したためであるということが植物化石の変化からわかり、実際は否応無くウマは森林から草原に追い出されたといえそうです。しかし、その様な植生の変化はどのようにして起こったのかということにまでさかのぼって疑問をもち始めると、話はかなり大きく広がります。この時代の地層を見ると(図3の中央の地質柱状図を指す)、大量の三角州の堆積物が見られるようになり、北米大陸西部でその土砂を供給した大規模な山脈が出現したことがわかります(図3左の「プレートの沈み込み」の図を用いる)。コルディレラ山脈いわゆるロッキー山脈です。プレートテクトニクスの最近の研究によれば、このロッキー山脈の隆起の原因は、北米大陸西岸に沈み込み帯が形成されたためと考えられるようになってきました(都城ほか, 1992など)。

《このあたりの事情をより詳しく扱えば、地学の中でも全く別の「プレートテクトクス」のパラダイムへと発展させることができる(図3左図参照)。具体的には次のように展開する。》

具体的には、世界の海底地形(すべての教科書に掲載されているので本稿では省略)を見るとわかります。中生代の中頃まで地球上のすべての大陸は一つにくっついていて超大陸を形成していましたが、中生代の終わりに分裂し始め、特に東西に大きく裂けたところには大西洋が生まれました。大西洋の真ん中にある大西洋中央海嶺では、地下から物質が湧き出してきて現在も新しい海洋底がつくられ続けてきています。しかしこのような大西洋の拡大は、地球の表面積が一定である以上、どこかにしわ寄せが来ます。それが太平洋の縮小という形で起こりました。太平洋の周辺部分の多くでプレートは割れて大陸の下へ向かって沈み込むようになりました。太平洋の海底をつくり続けているこの東太平洋海嶺は、かつては太平洋の中央にありましたが、この沈み込みが続いていくうちに東から進んできた北米大陸の下に沈み込むように

なっていました。このため北米大陸には大きなストレスが加わり、ついに山脈ができるようになったわけです。

《ここで、山脈の形成に関してより詳しく扱うことにすれば、図4のような高校地学の造山運動のパラダイムと関連づけて展開することもできる。この具体的な説明は省略するが、このようにウマの進化を考えるとから出発して、地学の中でも別の分野とされてきたプレートテクトニクスや造山運動という内容に発展させることができる。しかし、これらは、進化というパラダイムを理解するのに必ずしも不可欠な内容とはいえない。図3では、このような不可欠ではないけれども関連づけて展開することができるという内容を四角の枠で囲んで示してある。これに対してそのパラダイムを理解するのに不可欠であろうと思われる内容は角の丸い枠で囲んで区別してある。また、それらの内容が従来の物理・化学・生物・地学のいずれに属していたものかを枠の濃淡で区別して示してある。さらに、それらが小・中・高のどのレベルで従来扱われてきたかは、縦の列で見るとわかるようになっていく。》

《この進化のパラダイムの展開において、不可欠な内容としての二つ目は、この山脈の出現によって気候が変化して草原が拡大したということである。そこで、さらに次のように展開する。》

それまでは太平洋からの湿った偏西風が大陸の奥にまで達して広い範囲で雨を降らせていましたが、山脈ができたことでこの図(図3左の「フェーン現象」の図を用いる)にありますように偏西風は山越えをしなければならなくなり、その際に風上側に大量の雨を降らせて水分を失い、乾いた風となって内陸部を吹くようになりました。このために森林が減少し、草原が拡大していったのです。

《ここでは雲や雨に関連して、中学校の第二分野に属してはいるものの実質的には物理的な内容である「飽和」に関する現象などを扱うこともできるし、大気の上昇に伴って起こる断熱変化を詳しく扱って、高校物理に属している「仕事」や「内部エネルギー」や「熱」を扱うこともできる。また、乾いた風が吹くようになって草原が広がったことに関連させて、植物と環境との関わりを扱った小・中・高の生物分野の内容を

表 「自然科学」の教育課程の項目と内容（松川ほか，1997を改変）

総合化理科で扱うべき項目と内容を示したもので，いくつかのパラダイムを展開するなかで，これらのできるだけ多くが含まれるように配慮することが必要．本稿で示した「進化」のパラダイムの展開例で扱った内容は，網かけで示してある．

| 大項目 | 中項目 | 小項目 | 内 容 | | | | |
|-------------|--------------|------------------|---------------------|----------------------|------------------|-------------|---------|
| 生命 | ア 生物体の機能 | (ア) 細胞 | 生物を構成する物質 | 細胞の構造と機能 | 細胞の増殖 | | |
| | | (イ) 代謝 | 異化（呼吸） | 同化（光合成） | 生物体内の化学反応と酵素 | | |
| | イ 生命の連続性 | (ア) 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 | | |
| | | (イ) 遺伝と変異 | 変異 | 遺伝子と染色体 | 遺伝の法則 | | |
| | ウ 生物の進化 | (ア) 生命の起源 | 生命の起源 | 生物の分類・系統 | | | |
| | | (イ) 生物界の変遷 | 示準化石 | 生物の大進化及び大量絶滅 | | | |
| | エ 生物の集団 | (ア) 生物の集団とその変遷 | 種分化とその変遷 | 動物の集団とその変遷 | 適応と生物の進化 | | |
| | | (イ) 生態系と物質循環 | 生態系の概念 | 生態系における物質循環とエネルギーの流れ | | | |
| 地球 | ア 自然の営み | (ア) 地表の変化 | 河川のはたらき | 水河のはたらき | 風のはたらき | 火山活動 | 地震活動 |
| | | (イ) 地帯とその変動 | 河川が作る地形 | 水河や風が作る地形 | 海神変動と地動 | 火山地形 | 断層地形 |
| | イ 地球表面部 | (ア) 地球と化石 | 古環境の推論 | 地球を構成する岩石や地層 | 岩石や化石による変遷 | 古環境の推論 | |
| | | (イ) 地球の誕生 | 地球の誕生 | 地質時代の区分 | プレートテクトニクス | | |
| | ウ 地球の内部 | (ア) 地球内部の構造 | 地層 | 地球内部の層構造 | | | |
| | | (イ) 地球の構成物質 | 火山 | 岩石 | 造岩鉱物 | 地球を構成する物質 | |
| | エ 大気と水 | (ア) 大気の種類 | 気圧と気圧 | 大気の種類と運動 | 雲の種類 | 日本の気象 | 大気の種類 |
| | | (イ) 水のはたらき | 海水と淡水 | 海水の層構造と循環 | 海水と大気の相互作用 | | |
| 宇宙 | ア 地球の運動 | (ア) 地球の概観 | 地球の形と大きさ | 地表の起伏 | 大気圏の区分 | | |
| | | (イ) 地球の力学 | 地球の自転・公転 | 惑星の視運動 | ケプラーの法則 | 力と運動 | 運動量 |
| | イ 太陽と恒星の物理 | (ア) 太陽の形状と活動 | 太陽表面の観察 | 太陽放射のエネルギーの測定 | 太陽のエネルギー源 | | |
| | | (イ) 恒星の放射 | 恒星の明るさ | スペクトル型 | H _R 図 | 恒星の分類 | |
| | ウ 宇宙の進化 | (ア) 恒星の進化 | 星間ガスと星の誕生 | 質量による進化や寿命の違い | | | |
| | | (イ) 宇宙の進化 | 宇宙の膨張 | 宇宙の誕生と年齢 | | | |
| 物質とエネルギー | ア 物質 | (ア) 物質の構成 | 分子 | 原子 | イオンと原子構造モデル | 物質量 | |
| | | (イ) 原子の構造 | 元素の周期律 | 同位体と放射線 | 原子力 | | |
| | イ エネルギー | (ア) 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 | 力学的エネルギーの保存 | エネルギーの変換と保存 | |
| | | (イ) 熱とエネルギー | 熱と温度 | ボイル・シャルルの法則 | 熱と仕事 | | |
| | ウ 音と光 | (ア) 波の性質 | 横波と縦波 | 波の伝わり方 | 波の干渉・屈折 | | |
| | | (イ) 音波と光波 | 音の伝わり方 | 共鳴・共振 | 光の進み方 | スペクトル | ドップラー効果 |
| | エ 電流と磁界 | (ア) 電流 | 電流回路 | 交流回路 | | | |
| | | (イ) 磁界 | 磁力 | 地磁気 | 古地磁気 | | |
| オ 化学反応 | (ア) 化学平衡 | 酸化と還元 | 酸と塩基 | | | | |
| 地球・人類・生物の未来 | ア 自然の構成とその変化 | (ア) 多様性と気候変動 | 身近な生物・岩石・物質の多様性と共通性 | 生物群の多様性 | | | |
| | | (イ) 変化・平衡・相互作用 | 生態系における相互作用 | 地球の熱収支 | | | |
| | イ 資源とその利用 | (ア) 天然物 | 化石燃料 | 鉱物資源 | | | |
| | | (イ) 合成物 | 高分子化合物 | 環境への影響と化合物 | | | |
| | ウ 未来への展望 | (ア) 自然環境とその保全 | 自然環境の成り立ち | 環境汚染や破壊とその防止策 | リサイクルと物質循環 | 環境保全の必要性 | |
| | | (イ) 科学技術の進歩と人間生活 | 最近の科学技術の成果 | 科学技術が人間生活に及ぼす影響 | 科学技術の在り方 | | |

展開することもできる。》

《ところで、このフェーン現象の理解の基礎として不可欠なものが、水の三態変化(図3左の「水の三態変化」の図を用いる)である。水が蒸発したり、凝結したり、凍ったりする現象は、ここでのパラダイムに直接結び付くものではないが、その現象を知らないのでは話にならない。ここでは中学校第一分野の化学領域の「物質の状態変化」に発展させることもできる。》

《また、北米大陸を舞台にして次々と登場した新しい種類のウマが、しばしば旧大陸にも侵入してその分布を広げていることが図3の右図に示されている。これは北米大陸と旧大陸が陸続きとなったためであるが、その原因の主たるものとして海面変動がある。そこで図5を用いて化学の同位体の概念なども導入しつつ、発展的な展開をすることもできる。》

《そして最後に、過去にパラダイム自体が変更、廃棄・創造されてきたことを復習して、現在のパラダイムはそれはそれとして大切であるが、すべてのパラダイムは将来変更されたり廃棄されうるもので、自分の知識を価値あるものとして保つためには、そのような変化が起こったときには生涯学習の中で吸収し、個々の知識を再構成する必要性を理解させる。》

おわりに

上の具体的な展開例を作っていく過程で、科学的パラダイムに基づく融合において扱われる内容が、どのような制約や特徴をもっていて、どのようにして選ばれたかがある程度明らかになったので、それらについての説明を最後に付記しておく。

① まず、一つのパラダイムの構成に不可欠な要素といえる内容は、それほど多くはない。また、物理・化学・生物・地学のすべてにわたることもほとんどない。したがって、多くの科学的パラダイムは物理・化学・生物・地学の一部どうしの融合で展開が可能である。もし、物理・化学・生物・地学すべての内容を融合した構成にして展開したいのであれば、不可欠な要素以外に物理・化学・生物・地学から関連する内容をいくつか連結させることになる。

この際どのようなものを選ぶかは、

② 物理・化学・生物・地学のそれぞれの分野でそれぞれの立場から基礎的・基本的な内容として挙げられた小・中・高校別の候補の内容のおおまかなリストから、現場の教師が生徒の実態に合わせて最も無理なく関連づけられる内容を選ぶのがよいと考えられる。

このリストの例としては、松川ほか(1997)の表がある。なお、本稿で示した進化のパラダイムの展開例で用いられた内容については、この表の中で網かけをして示してある。もし、このようなリストがないと、行き当たりばったりで他の分野の内容が選ばれるという危険性があり、物理・化学・生物・地学のそれぞれの分野からの重要度や学習者のレベルからみて不適切なものがそのパラダイムの中に組み込まれるという危険性もある。

科学教育は大きな困難に直面しているが、質を下げることによって分かる授業を維持することはやさしい。しかし、それでは教育のための教育となってしまう。教育はやはり分かるだけではなく、その成果が現在を生きる個人にとっても役に立ち、未来の社会に向かっての遺産となるものでなければ意味はないのではないか。将来を担う子供たちが将来生かせる科学的な知識や能力は、少なくとも現在の自然科学の概要を理解できるレベルのものでなければならない。現在の自然科学の内容も理解できないようなレベルの科学的な知識や能力で、どうして将来の自然科学に関することを理解できようか。ここに提案した内容はこのような考え方に基づいたものであるため、レベルが高すぎるという批判があるかもしれない。しかし、科学教育が科学という文化を伝達・継承・発展させようという目標を持つ限りは、ここに示した内容からそれほど後退することはむずかしいと考えている。

謝 辞

本研究を進める過程において、東京学芸大学 松川正樹助教授、石井 醇教授、岐阜教育大学 榊原雄太郎教授、東京都立教育研究所 宮下 治指導主事、慶応幼稚舎 馬場勝良教諭、相場博明教諭、板場 修氏、東京都立晴海総合高等学校 藤井英一教諭、芝浦工業大学中学高等学校 坪内秀樹教諭、東京学芸大学附属高等学校 田中義洋教諭、千葉県立千葉女子高等学校 米澤正弘教諭、千葉県立佐倉高等学校 山本和彦教諭、神奈川県立川崎高等学校 斎藤 茂教諭、東京成徳大学高等学校 青野宏美博士、東京学芸大学附属高等学校大泉校舎 大久保 敦教諭には、さまざまな有益なご意見をいただいたこと明記して、心からの謝意を表す。なお、「進化」以外の科学的パラダイムに基づく展開例についても、これらうちの多くの方々と共同で研究を進めており、近々それぞれの方から公表される予定である。

引用文献

- 東 洋, 大橋秀雄, 戸田盛和 [編集] (1991): 「理科教育事典 [教育理論編]」, 大日本図書.
- Darwin, C. (1859): "On the Origin of Species by Meaning of Natural Selection." 2 vols. London.
- Eimer, G. H. T. (1880-1901): "Die Entstehung der Arten." 3 vols. Leipzig.
- 林 慶一 (1996): 高校での必修は独立の物化生地か, 総合化か? 地学教育, 49, 200-202.
- 林 慶一 (1997): 中学校教材「リアス式海岸」の成因の扱いにみられる自然科学からの遅れ. 地学教育, 50, 77-85.
- クーン, R (1971): 「科学革命の構造 (中山 茂訳)」, みすず書房.
- 松川正樹・林 慶一 (1994): 地学とはどのような科学か?—地学教育の目標を考えるために—. 地学教育, 47, 3-9.
- 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 (高等学校の総合化理科の新しい教育課程) の試み. 地学教育, 50, 45-53.
- 都城秋穂, 米倉伸之, 鈴木秀夫, 棚井敏雅, 富田幸光, 坂口 豊 (1992): 「アメリカ大陸の誕生」, 赤沢 威ほか [編], アメリカ大陸の自然史, 1, 岩波書店.
- 文部省 (1970): 「高等学校学習指導要領」, 大蔵省印刷局.
- 佐野博敏 (1996): 高校での必修は独立の物化生地か, 総合化か?—高校「理科」と「化学」試案. 教科「理科」関連学会協議会シンポジウム「次期教育課程に向けて—教科『理科』関連学会間の相互理解のために—」報告書, 59-60.
- Simpson, G. G. (1953): "The Major Features of Evolution." Columbia University Press, New York.
- 遠西昭寿 (1996): 理科カリキュラムはいかにして構成されるべきか, In 日学選書 3, 21 世紀を展望する新教育課程編成への提案—理科教育, 技術教育, 数学教育, 情報教育. 日本学術協力財団, 237 p. 104-117.

林 慶一: 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 巻, 5 号, 21-33, 1997
〔キーワード〕 カリキュラム, 総合化, 融合, パラダイム, 進化

〔要約〕 高等学校の理科において, 融合科目を必修として置くことになった場合に, どのような理念に基づいて融合すべきかということと, その実際的な展開例を示した. 自然科学の急速な高度化・細分化が生じている現在, 我国における最初の本格的な融合科目であった「基礎理科」が再評価される時期が来ている. 「基礎理科」の優れたところを受け継ぎつつ不十分であったところを補うには, 新たに“科学的パラダイム”に基づいて融合する方法が適していることを主張した. それを具体化したものとして, 北米大陸におけるウマの進化とそれを起こした地球のダイナミックな変動を融合的に取り上げて, 「進化」のパラダイムの展開例を示した.

Keiichi HAYASHI: Philosophy and Development of Unified Science Curriculum Based on Scientific Paradigm. *Educat. Earth Sci.*, 50(5), 21-33, 1997

本の紹介

住 明正ほか5名共著 岩波講座地球惑星科学 7 数
 値地球科学 A5 228頁 1997年7月初版 3600円
 +税

本書の構成は次のようになっている。

はじめに

1. 数値地球科学とは

- (1) 地球科学の特徴 (2) 数値シミュレーション
 (3) 自然を知るために

2. 磁気圏形成のシミュレーション

- (1) 磁気圏構造の概観 (2) 磁気圏の形成 (3) 衝
 撃波 (4) 磁力線再結合 (5) ケルビン—ヘルムホ
 ルツ不安定性 (6) 磁気圏の巨視的形成モデル
 (7) 電磁流体・プラズマを支配する物理法則と数
 値計算スキーム

3. 大気の数値シミュレーション

- (1) 大気の数値シミュレーションモデルの構造 I (2)
 大気の数値シミュレーションモデルの構成 II (3) 数
 値予報の現状と課題 (4) 予報変数の離散化と数
 値積分

4. 海洋大循環のシミュレーション——数値海洋学

- (1) 風成・熱塩海洋大循環論の原理 (2) 数値モデ
 ルによる現実的な海洋大循環の研究 (3) 大規模
 海洋大気相互作用

5. マントル進化のシミュレーション

- (1) マントル対流と火成活動 (2) 定式化 (3) 上
 部マントル進化の数値モデル (4) 地球への応用

6. 多体問題のシミュレーション

- (1) 多体問題とは (2) 遠距離力の計算法 (3) 重
 力多体シミュレーション (4) 渦系力学のシミュ
 レーション (5) 分子動力学シミュレーション

構成は以上であるが、「1のまとめ」の標題文の「数
 値地球科学とはいかなる学問か」の説明文に、

「数値地球科学には次の特徴がある。

- (1) 自然現象全体を、少数の法則あるいは仮定から
 再現することができる。
 (2) 自然現象の変動について定量的な把握を可能
 にする。
 (3) 予測を通じてわれわれの知識の有効性を確認
 できる。

自然現象の認識には、帰納的な方法と演繹的な方法
 とが存在する。数値地球科学は演繹的な方法と見るこ
 とができるが、その成果を得るためにも帰納法的な考
 え方との共存が不可欠である。数値モデルを用いて研
 究するためには、観測データを見て自然を探る態度が
 不可欠である。」と述べられている。以上の記述は「は
 じめに」に著者の一人が「この本が、読者を数値的な

世界の多様さに引き込む一助となれば、著者として望
 外の喜びである」と述べていることの特例の一つと
 理解できる。本書は、こうした意図で書かれたもので
 ある。

以下に、本書の全体像が理解できるように、各大項
 目の「まとめ」を書いておく。1の「まとめ」は前述し
 た。

2のまとめの標題文

- ・電磁流体・プラズマ現象の理解のために、計算機シ
 ミュレーションが有効に生かされている。

3のまとめの標題文

- ・大気は非線形で複雑なシステムである。そして、そ
 のシミュレーションは、大気の時空間発展をありのま
 まに解く唯一の方法である。

- ・大気の数値シミュレーションモデルは、力学過程とパラ
 メータ化すべき物理過程で構成される。力学部分は
 数値モデルで表現可能なスケールの流体運動で、物
 理過程は放射、降水、重力波抵抗などがある。

- ・気象も地球のサブシステムである。海洋、大気微量
 成分などの他のサブシステムとの相互作用を考慮す
 る必要がある。

- ・数値予報は初期値問題である。高度な4次元データ
 同化システムにより観測データを最大限利用し、初
 期条件の精度を上げる必要がある。

4のまとめの標題文

- ・海洋数値モデルは海洋循環の解析数学モデルの解法
 として出発した。

- ・現実的な海洋循環モデルが計算機の高速度とともに
 発展した。

- ・海洋循環モデルが気候モデルや地球環境モデルの一
 部となった。

5のまとめの標題文

- ・太古のマントルの熱・化学的狀態は、現在のマント
 ルの狀態とは別の枝に属しており、本質的に異なっ
 たものである可能性が高い。

6のまとめの標題文

- ・大規模な重力多問題のシミュレーションによってさ
 まざま複雑な問題が解かれるようになった。

- ・渦系シミュレーションの利用が広がる。

- ・分子動力学シミュレーションは大きな系への適用が
 一般的になる。

本書は題名が示すように数式が多いが、シミュレ
 ションの根拠になる数式がどんなものか理解できる。
 地学の授業には必要ないが、教師として知っていれば
 自信をもった授業ができるであろう。専門教養として
 参考になる本であると思う。(貫井 茂)

資料

岩石穿孔性二枚貝の示相化石教材としての意義

天野和孝*・品田やよい**

1. はじめに

最近, 高等学校における地学履修者が減少し(矢島, 1993; 浦野, 1997), 中学校段階における地学教育の重要性が増してきている。中学校理科では「大地の変化と地球」において, 地層の堆積環境を示す示相化石として, サング, シジミが代表的な化石として挙げられ(文部省, 1989a), 現行教科書では, このほかにケイソウ, カキ, アサリ, タニシ, ホタテガイ, シュロ, ブナ, ソテツ, マンモスなどが取り上げられている。しかし, 上記の体化石については, 分類学的な問題や死後の運搬などの問題点がある。例えば, シジミは淡水を示す示相化石として扱われているが, ヤマトシジミ (*Corbicula japonica* Prime) は汽水域に生息している(黒田, 1938)。また, カキは浅海の示相化石として扱われているが, 厚い殻を持つため, 死後に海底土石流などにより運搬され深海域に堆積する場合がある(例えば天野ほか, 1990)。

一方, 動物の巣穴や這い跡など生物の活動した痕跡である生痕化石は死後の運搬を考慮する必要がないため堆積環境を復元する際に重要である。しかし, その生痕化石をつくった生物が不明であることが多く, 示相化石としては, わずかにカニの巣穴が教科書に挙げられているにすぎない。

岩石穿孔性二枚貝の化石(体化石)はその巣穴の化石(生痕化石)とともに産出することが多く, 生痕化石の中では, それをつくった生物の正体が分かっている数少ない化石の一つである。しかも, 不整合の証拠として, 大地の変動を考える上でも有効である。これまで, 貝化石教材の具体的提言は, 井熊ほか(1965)や田村(1977)などによりなされているが, 岩石穿孔性二枚貝は取り上げられていない。そこで, 本論文では, 現生および化石岩石穿孔性二枚貝について紹介し, その示相化石教材としての意義を述べる。

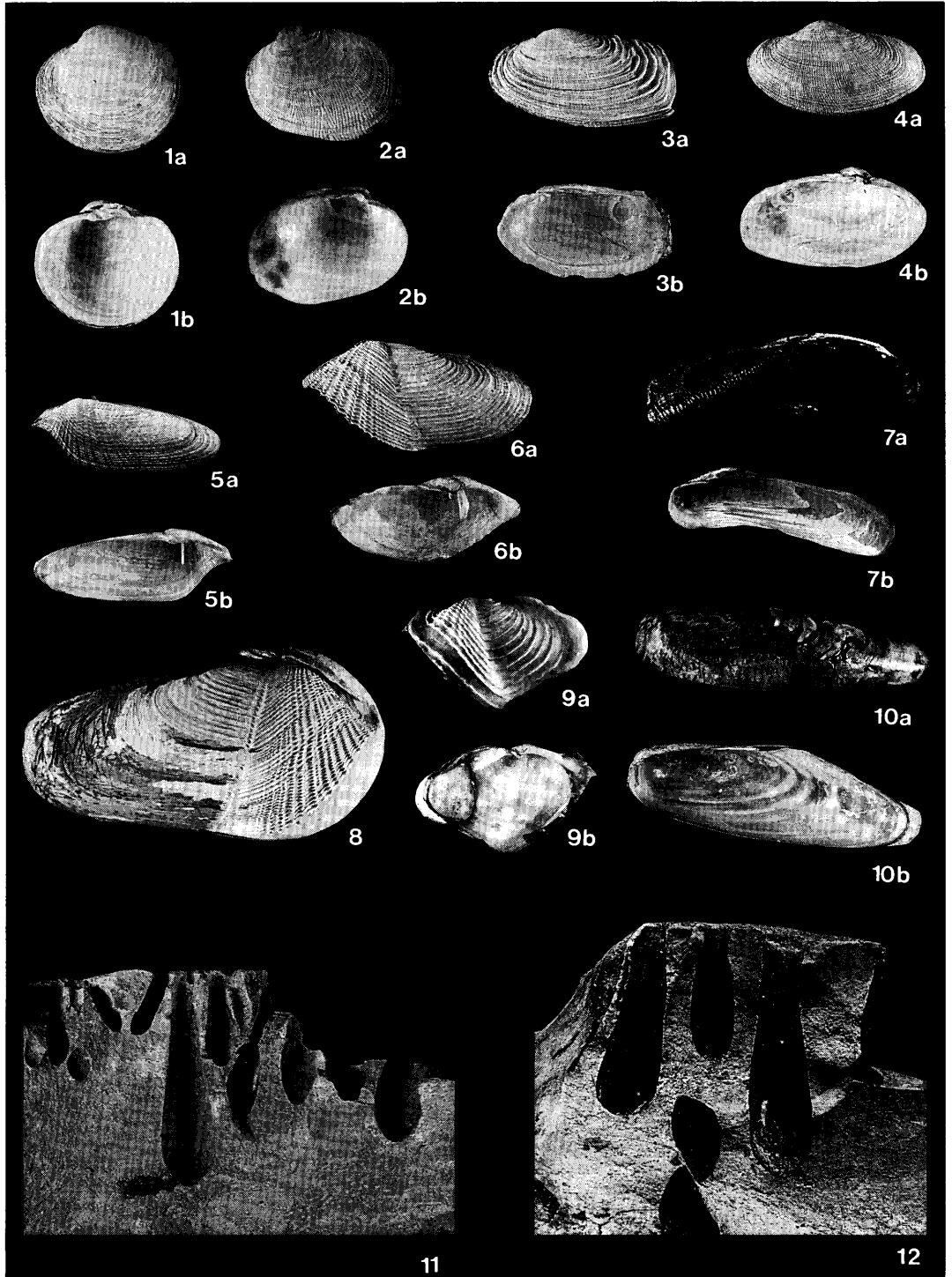
2. 岩石穿孔性二枚貝の生態と分布

岩礁性の海岸や岩礁性海岸付近の砂浜で岩石穿孔性二枚貝のあけた巣穴をしばしば目にするがある(図版 1-11; 図版 2-1)。これまで, 岩石穿孔性二枚貝には泥岩や安山岩に機械的に穿孔するグループと酸を出して石灰岩などを溶かして穿孔するグループが知られてきた(Amemiya and Ohsima, 1933; 両宮・大島, 1933; 山本, 1961; 増田・松島, 1969)。

岩石中に機械的に穿孔するグループの貝は殻表面に粗い彫刻をもち, 殻の開閉, 前後運動や回転によって, 周囲の岩石を削り, 巣穴を拡大すると考えられている(山本, 1961; 伊藤, 1994)。また, 巣穴の中で成長するため, 一生を穴の中で過ごす。このため, 化石となった場合, 巣穴化石とともに体化石も見い出される。比較的頻繁に観察される種としては以下のような種がある。すなわち, チヂミマユイガイ (*Adula falcatoides* Habe; 図版 1-7), ヤエウメノハナガイ (*Phlyctiderma japonicum* (Pilsbry); 図版 1-1), マツカゼガイ (*Irus mitis* (Deshayes); 図版 1-3), イワホリガイ (*Petricola divergens* (Gmelin); 図版 1-2), シオツガイ (*Petricolirus aequistriatus* (Sowerby); 図版 1-4), ニオガイ (*Barnea manilensis* (Philippi); 図版 1-5), ニオガイモドキ (*Zirfaea subconstricta* (Yokoyama); 図版 1-6), カモメガイ (*Penitella gabbii* (Tryon); 図版 1-8), ヨコヤマスズガイ (*Nettastomella japonica* (Yokoyama); 図版 1-9) である。ヨコヤマスズガイを除き, 潮間帯から水深 20 m までの浅海域に生息することが知られている(波部, 1977)。

これらの貝の穿孔対象となる岩石としては軟質泥岩や安山岩が知られてきた(Amemiya and Ohsima, 1933; 増田・松島, 1969)。今回日本海側各地の現生種について検討したところ, ロシア連邦サハリン州ノボセロヴォ海岸では打ち上げられた硬質頁岩中にチヂミマユイガイ, カモメガイの巣穴を認めた。また, 島根県益田市の水深 4~6 m では玄武岩に穿孔している

図版 1



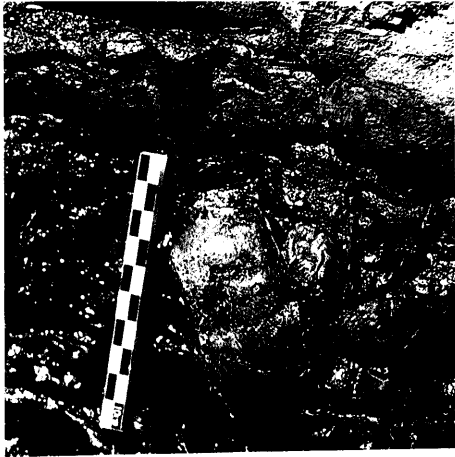
図版 2



1



2



3



4



5



6

イワホリガイ, オキナマツカゼガイ (*Irus ishibashianus* Kuroda and Habe), モモガイ (*Parapholas quadrizonata* (Splengler)) が採集された。なお, モモガイはマガキの殻に穿孔することも知られている (大森・福田, 1976)。

一方, 石灰岩などに酸を出して穿孔する貝にはシギノハシガイ属 (*Lithophaga*) が知られている。波部 (1977) によれば, 他のシギノハシガイ属と異なり, イシマテガイ (*Lithophaga curta* (Lischke); 図 1-10) は軟質砂岩中に穿孔するとされている。しかし, 著者の一人, 品田の観察では, 日本海側の各地で石灰質泥岩に穿孔するイシマテガイが認められている。シギノハシガイ属も機械的に穿孔するグループ同様, 潮間帯から水深 20 m までの浅海域に知られている (波部, 1977)。

また, 地理的分布については, 日本海では津軽半島付近, 太平洋側では常磐沖付近, すなわち年平均表面海水温が 15°C 付近で種構成が変わる。例えば, イシマテガイなどは男鹿半島, 常磐以南に限られ, ニオガイ, マツカゼガイ, シオツガイは津軽半島, 銚子以南に限られ, チヂミマユイガイ, ハナシキヌマトイガイ (*Hiatella arctica* (Linnaeus)) などは北海道以北に限られている (波部, 1977; 根本・秋元, 1990; 品田・天野, 1995)。

岩石穿孔性二枚貝の科の多くは中生代ジュラ紀以降に出現したことが知られている (Vermeij, 1987)。Vermeij (1977) は中生代後半に真骨魚類や甲殻類など有殻類を破壊し, 捕食する動物が多く出現したため, 軟体動物は対捕食者戦略として, その形態や生態を変えざるをえなかったとし, これを“中生代の海洋変革”と呼んだ。“中生代の海洋変革”は現生の貝類の生態に大きな影響を与えているが, 岩石への穿孔もその 1 手段と考えられている。つまり, 硬い岩石に穿孔するという現在の岩石穿孔性二枚貝の生活様式は, 捕食者が

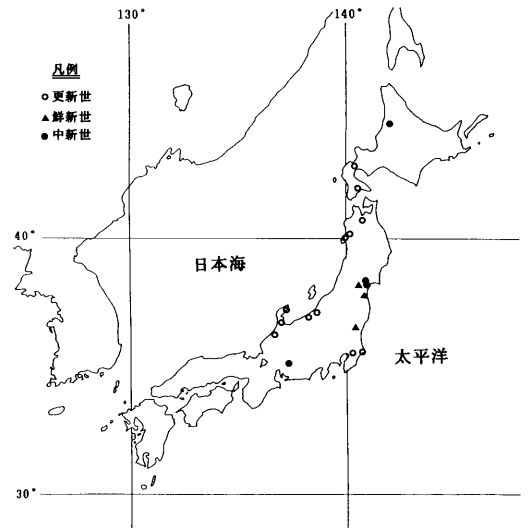


図 1 穿孔性二枚貝化石の時空分布 (Uozumi and Fujie, 1956; Kanno and Matsuno, 1960; 糸魚川, 1963; Itoigawa, 1963; 紮野・松浦, 1964; Masuda, 1968, 1971; Masuda and Noda, 1969; Huzioka *et al.*, 1970; 増田, 1971, 1972, 1977; 大森昌衛・福田芳生, 1976; Kikuchi *et al.*, 1991; 天野ほか, 1992, 野田, 1994; 増田孝一郎・佐々木隆, 1994; 品田・天野, 1995 による)。

多い潮間帯から水深 20 m という餌の豊富な環境で, 捕食されないようにするための有効手段であるといえる。日本海での観察でも, 穿孔性二枚貝の巣穴の入口は海藻などに覆われ, 発見しにくい, その一部を破壊すると, キュウセンやイシダイなどの真骨魚類の活発な捕食活動が観察された (図版 2-2)。

3. 岩石穿孔性二枚貝化石の地質学的意義

岩石穿孔性二枚貝の化石については, 東北日本を中心に中新統から更新統まで広く分布している (図 1)。

図版 1 1. ヤエウメノハナガイ, $\times 1.5$, 新潟県能生町沖。2. イワホリガイ, $\times 1.5$, 新潟県能生町沖。3. マツカゼガイ, $\times 1.5$, 新潟県柏崎市椎谷。4. シオツガイ, $\times 1$, 新潟県能生町沖。5. ニオガイ, $\times 1$, 新潟県柏崎市笠島。6. ニオガイモドキ, a, $\times 1.5$, b, $\times 1$, 新潟県能生町沖。7. チヂミマユイガイ, $\times 1.2$, 北海道稚内市声間海岸。8. カモメガイ, $\times 1$, 新潟県柏崎市椎谷。9. ヨコヤマズガイ, $\times 2$, 新潟県能生町沖。10. イシマテガイ, $\times 1$, 島根県益田市沖。11. ニオガイの巣穴 (現生), $\times 0.8$, 静岡県御前崎。12. ニオガイの巣穴化石, $\times 1$, 新潟県上越市国府, 更新統中門前層。

図版 2 1. 岩石穿孔性二枚貝の巣穴を含む礫, 新潟県上越市谷浜海岸。2. 魚類による岩石穿孔性二枚貝の捕食活動 (中央下部はキュウセン, 右上部はイシダイ), 新潟県能生町沖。3. 岩石穿孔性二枚貝化石の産状 (三毛別層の泥岩中に穿孔するプラチオドン (*Platyodon*) とカモメガイ類), 北海道羽幌。4. 築別層の基底礫岩中に見られる岩石穿孔性二枚貝の巣穴化石を含む礫, 北海道羽幌。5. 現生岩石穿孔性二枚貝 (カモメガイ) の産状, 新潟県能生町沖。6. 更新統中門前層基底の不整合面 (下位は中新統能生谷層, ニオガイの巣穴化石が見られる), 新潟県上越市国府。

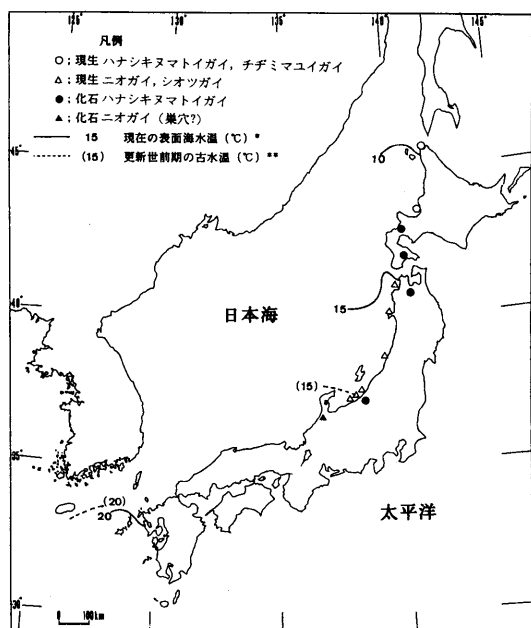


図2 日本海側での現生および更新世前期の岩石穿孔性二枚貝種の分布 (品田・天野, 1995 に基づく).

しかし、ここでは論文として記載されたものだけに基づく分布であるので、実際にはより多くの産地で発見されていると考えられる。

増田 (1971) により強調されているように、岩石穿孔性二枚貝化石の巣穴の存在は、巣穴のある基盤とそれを覆う地層との間に、少なくとも下位層が固結する時間を要することから、時間間隙があり、不整合関係にあることを意味している。例えば、北海道苫前地域では“中新統築別層”として一括されていた地層中に岩石穿孔性二枚貝化石の巣穴が見られる (図版 2-3, 4) ことから Kanno and Matsuno (1960) は、巣穴を含む面を不整合面と解釈し、上位の地層を築別層、下位層を新たに三毛別層とした。この解釈は珪藻化石、渦鞭毛藻化石、放射年代からも支持されている。すなわち、栗田ほか (1992) によれば、三毛別層上部の年代は中新世前期とされ、中期中新世初期に堆積した築別層との間に 400~500 万年程度の時間間隙があることが明らかにされている。

また、岩石穿孔性二枚貝の化石は潮間帯から水深 20 m までに生息することから、古水深を示す良い示相化石となる。例えば、粕野・松浦 (1964)、田中 (1970) は石川県金沢市周辺に分布する下部更新統大

桑層基底部に巣穴化石やポットホールを発見し、海進の様子を詳細に検討した。天野ほか (1992) は新潟県高田平野西縁部の標高 100 m 地点で更新世のニオガイの巣穴化石 (図版 1-12, 図版 2-6) を報告した際に、1964 年の新潟地震で隆起した粟島の海岸で 1 m の高さに岩石穿孔性二枚貝の巣穴が見られることを指摘し、これと比較することにより地震と隆起を実感させる良い教材となりうる可能性を指摘した。

さらに、岩石穿孔性二枚貝は年平均表面海水温が 15°C 付近で種構成が変わる。このことを利用して、品田・天野 (1995) は日本海側の更新世前期の年平均表面海水温を推定し、現在津軽半島付近にある 15°C の等温線が新潟県中部付近まで南下していたことを明らかにした (図 2)。また、この位置は他の浅海性貝化石群から天野 (1993) により推定されている位置と一致することも指摘している。このことは種の組み合わせにより岩石穿孔性二枚貝化石が古水温指標となることも示している。

4. 岩石穿孔性二枚貝の示相化石教材としての意義

岩石穿孔性二枚貝は化石としては東北日本を中心とした限られた産地にしか見いだされないが、岩礁性海岸や岩礁性海岸に隣接した砂浜を歩けば、図版 2-1 のように巣穴を含む礫が容易に見られる。その表面には円形の穴が多く開いている。また、この礫を割ると、図版 2-5 のような貝が発見でき、円形の穴を開けた正体は貝であったことが分かるため、意外性から生徒の興味をひきつけると思われる。前述したように、岩石穿孔性二枚貝化石は巣穴の化石とともに産出することが多く、その場で化石となったこと (現地性) を示す。また、ほとんどの種が潮間帯付近~水深 20 m 付近に生息するため、種を決定しなくとも、古水深を推定できる。さらに、種を決めることにより、その組み合わせから水温が推定できるので、示相化石教材としては最適である。しかも、不整合の証拠として、大地の変動を考える上でも有効である。

また、岩石への穿孔という特殊な生態をもたらした“中生代の海洋変革”は仮説の域を超え、古生物学にパラダイムの変革をもたらした重要な研究テーマとなっている (速水, 1990)。この“中生代の海洋変革”の要因は海洋底地殻生産量の増加に伴う気候の温暖化に求められている (Vermeij, 1995)。すなわち、中生代後期のプレート生産の増大に伴う海底火山活動の活発化に

より二酸化炭素が増加した。このため、気候の温暖化にともなって海洋の一次生産力が増加し、エネルギー代謝レベルの高い生物(捕食者)の出現が可能になった。前述したように軟体動物は対捕食者戦略として、その形態や生態を変えざるをえなかった。このうち、二枚貝の生態的戦略として、海底の底質下への潜入(内生)が挙げられており、岩石への穿孔も本質的には同じ戦略であるといえる。このように、岩石穿孔性二枚貝の生態とその出現理由を解説することはプレート・テクトニクスとも関連し、高等学校の地学IBの「(3)地球の歴史、イ地殻と生物の変遷」において「(イ)生物界の変遷」と「(ウ)大陸と海洋底の動き」(文部省, 1989b)を結び付ける格好の教材ともなる。

5. おわりに

現生の岩石穿孔性二枚貝は容易に手にいれることができること、他の貝類に比べ産状や種類を検討する必要がないこと、環境指標として優れていることなどから、化石の産状などを映像などで補足することにより優れた示相化石教材となりうる。最近、矢沢(1997)は解剖時における嫌悪観が少ない点などを理由に二枚貝が生物教材として有効であるとしている。太平洋側では干潮時において岩石穿孔性二枚貝の生貝を入手することが可能であり、生物教材として扱えるメリットももっているといえる。

引用文献

- 天野和孝(1993): 北方系貝化石集団による古水温推定の試み—更新世前期の大桑・万願寺動物群を例として—。化石, 55, 34-48.
- 天野和孝・菅野三郎・永井 浩・佐々部典子・伴 浩光(1990): 上越市西部の川詰層産軟体動物群—新潟県上越地域西部の軟体動物化石の研究(その5)—。上越教育大学研究紀要, 9, 67-75.
- 天野和孝・大山賢一・石野繁男(1992): 高田平野北西縁部の中門前層(更新統)基底部にみられる穿孔性二枚貝の巣穴化石。新潟県地学教育研究会誌, 26, 51-54.
- 雨宮育作・大島泰雄(1933): 岩石穿孔二枚貝に就いて。植物及動物, 1, 35-49.
- Amemiya, I. and Ohsima, Y. (1933): Note on the habitat of rock-boring molluscs on the coast of central Japan. *Proc. Imp. Acad.*, 9, 120-123.
- 波部忠重(1977): 日本産軟体動物分類学 二枚貝綱/掘足綱。北隆館, 372 p.
- 速水 格(1990): “中生代の海洋変革”と二枚貝類の進化。化石, 49, 23-31.
- Huzioka, K., Takayasu, T. and Matoba, Y. (1970): The Kamayati Formation (Pleistocene), Oga Peninsula, North-east Japan. *Jour. Min. Coll. Akita Univ., Ser. A*, 4, 35-50.
- 井熊正夫・池田 功・大畠治孝・松原新一・山口和也(1965): 貝類化石を用いて、進化を合理的に理解させる指導法の研究(試案)。地学教育, No. 58, 7-17.
- 伊藤泰弘(1994): 穿孔性二枚貝カモメガイの形態変異と岩石の硬さとの関係。日本ベントス学会誌, 47, 23-36.
- 糸魚川淳二(1963): 中新世穿孔性貝類およびその生痕の化石。地球科学, No. 67, 1-12.
- Itoigawa, J. (1963): Miocene rock and wood-boring bivalves and their burrows from the Mizunami Group, central Japan. *Jour. Earth Sci. Nagoya Univ.*, 11, 101-123.
- Kanno, S. and Matsuno, K. (1960): Molluscan fauna from the “Chikubetsu Formation”, Hokkaido, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 66, 35-44.
- 粕野義夫・松浦信臣(1964): 金沢市周辺の大桑層(鮮新統)基底に見られる不整合と穿孔貝生痕。地質雑, 70, 565-571.
- Kikuchi, Y., Nikaido, A. and Sugaya, M. (1991): Hard substratum boring shells from the Pliocene Kume Formation in Ibaraki Prefecture, northern Kanto, Japan. *Ann. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba*, 17, 48-51.
- 栗田裕司・一ノ関鉄郎・平松 力(1992): 北海道羽幌地域の三毛別層と羽幌層の地質年代。地質雑, 98, 259-266.
- 黒田徳米(1938): 日本産貝類の研究。貝雑, 8, 21-36.
- Masuda, K. (1968): Sandpipes penetrating igneous rocks in the environs of Sendai, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N.S.*, 72, 351-362.
- Masuda, K. (1971): Boring shell burrows in hard rocks. *Saito Ho-on Kai Mus., Res. Bull.*, 40, 15-22.
- 増田孝一郎(1971): 火山岩類に穿孔する二枚貝について。地学研究, 22, 371-375.
- 増田孝一郎(1972): 硬質岩中の巣穴化石とその地質学的意義。岩井淳一教授記念論文集, 691-696.
- 増田孝一郎(1977): 硬質岩中のカモメガイ属の巣穴化石。藤岡一男教授退官記念論文集, 355-363.
- 増田孝一郎・松島義章(1969): 神奈川県真鶴岬産の火山岩に穿孔する二枚貝について。貝雑, 28, 101-108.
- Masuda, K. and Noda, H. (1969): Pliocene boring shells and their burrows from the environs of Sendai, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N.S.*, 75, 130-135.
- 増田孝一郎・佐々木隆(1994): 宮城県岩沼市産の穿孔貝巣穴化石。化石, 56, 21-25.
- Matsuura, N. (1977): Molluscan fossils from the late Pleistocene marine terrace deposits of Hokuriku Region, Japan Sea side of Central Japan. *Sci. Rep. Kanazawa Univ.*, 22, 117-162.
- 文部省(1989a): 第2章, 第2節, [第2分野] 2(6)大地の

- 変化と地球. 中学校指導書 理科編, 学校図書, 97-106.
- 文部省(1989b): 第2章, 第9節, (3)地球の歴史, 高等学校学習指導要領解説理科編 理科編, 学校図書, 160-163.
- 根本修行・秋元義正(1990): 福島県常磐沖の現生貝類. 平地学同好会会報, 18, 3-21.
- 野田浩司(1994): 浅海性生痕化石(28). 日本産生痕化石研究への序説, 洛思社, 153.
- 大森昌衛・福田芳生(1976): マガキの殻体に穿孔しているモモガイの古生態について—千葉市谷当町の上岩橋層上部に発達しているカキ礁の研究(第1報)—. 地球科学, 30, 9-14.
- 品田やよい・天野和孝(1995): 更新世前期の大桑・万願寺動物群中の岩石穿孔性二枚貝化石群集. 化石, 58, 10-19.
- 品田 実(1977): 化石の指導についての提言—アンモナイトを中生代の標準化石とすることはやめるべきである—. 地学教育, 30, 49-52.
- 田中謙一(1970): 金沢周辺の大桑砂岩層. 地質雑, 76, 115-130.
- Uozumi, S. and Fujie, T. (1956): The sandpipe, created by the Pelecypoda: *Platyodon nipponica* n. sp. and *Pholadidea (Penitella) kamakurensis* (Yokoyama). *Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. 6*, 9, 351-369.
- 浦野 弘(1997): 高等学校理科(地学)の内容の精選(3). 理科の教育, 46, 410-415.
- Vermeij, G. J. (1977): The mesozoic marine revolution: Evidence from snails, predators, and grazers. *Paleobiology*, 3, 245-258.
- Vermeij, G. J. (1987): *Evolution and escalation: An ecological history of life*. Princeton Univ. Press, 527 p.
- Vermeij, G. J. (1995): Economics, volcanoes, and Phanerozoic revolutions. *Paleobiology*, 21, 125-152.
- 渡辺 晟・栗山知土・潟西層団体研究グループ(1980): 山本町森岳北方に分布する潟西層の基盤表面にみられる穿孔性二枚貝の巣穴化石. 秋田地学, 31, 1-7.
- 矢島道子(1993): どこか, 頭の隅にでも入れておいてください. 化石, 55, 52.
- 山本愛三(1961): 穿孔貝の穿孔法について. ちりぼたん, 1, 209-214.
- 矢沢洋一(1997): 二枚貝を教材に用いた授業展開. 理科の教育, 46, 309-311.

天野和孝・品田やよい: 岩石穿孔性二枚貝の示相化石教材としての意義 地学教育, 50巻, 5号, 35-41, 1997

〔キーワード〕 中学校理科, 示相化石, 教材, 岩石穿孔性二枚貝

〔要約〕 岩石穿孔性二枚貝化石は多くの場合, 巣穴化石を伴い現地性を示す。また, ほとんどの種が潮間帯付近～水深 20 m 付近に生息するため, 古水深を容易に推定できる。さらに, 種の組み合わせから水温が推定できる。しかも, 不整合の証拠として, 大地の変動を考える上でも有効である。現生の岩石穿孔性二枚貝を入手することは比較的容易であり, 示相化石教材としては最適であるといえる。

Kazutaka AMANO and Yayoi SHINADA: Significance of Rock-boring Bivalve as a Teaching Material of Facies Fossils. *Educat. Earth Sci.*, 50(5), 35-41, 1997

CD-ROM の紹介

楠原 保志監修 内田洋行/NHK エデュケーショナル
日本の天気 for Windows 1996年7月 値段
18,000円

気象分野の授業はよく難しいと言われる。中学校・高等学校段階において気象分野で学ぶべきことは、文部省中学校学習指導要領では理科第2分野の「日本の天気」において「天気図を作成し、気圧配置と風向、風力及び天気との関係を見いだすこと」「天気図や気象衛星などから、日本の天気の特徴を気団と関連づけておらえるとともに、天気の予測ができることを見いだすこと。」と目標づけられている。高等学校学習指導要領においては地学の1Bの「大気の性質と運動」において「大気中の水及び風の吹き方を中心に扱い、日本の気象にも触れること。」とある。

気象は現象のスケールが様々で、ミクロとマクロの視点を持つ必要があり、実感をするのが難しい上、変化を伴うものなので教科書の図版に頼った情報注入型の授業には限界がある。また、教育指導要領に要求されているような事例を指導していく上で適当な教材がなかったのもまた事実である。

「日本の天気 for Windows」は、前述の要求に対し非常に効率よく授業を進められる工夫がなされた教材である。一般的なOSであるWindows 3.1/95上で動作するので、多くの学校で実践が可能だろう。内容は、「雲動画」、「天気図・雲写真」、「天気用語解説」、「気象通報」で構成されている。これらは独立したものでなくコンピュータソフトウェアらしくシームレスに関連づけられており、解説が必要に応じて表示できるようになっているなど、マルチメディアで気象を理解させようという制作者の意気込みを感じる。

1. 雲動画

1年間のひまわり画像によるアニメーションが日本付近のものと全球画像のものとふたつ収録されている。両者とも気象システムを理解するのに大いに役立つ。ただ、全球画像は1日周期でふたつため長時間見ていると酔ってしまう。

2. 天気図・雲写真

日本の季節による気象パターンを天気図、ひまわり画像、気団の勢力などの図で理解できる。これらは重ね合わせて表示することもでき、それらの関連の理解も容易にする。気象データも同時に見ることができるものもいくつか用意されており、天気図から気象要素を考察させ、その解答として気象データを表示するといったような使い方もできる。

これらのデータは非常に良質であるが画面上に表示させるだけの利用しかできず、図版類と併せて探求活動に利用できるよう、例えば表計算ソフトで解析できるような形にできないのが非常に残念である。

3. 天気用語解説

気象用語が解りやすい動きを伴った図版や良質な写真とともに解説されていて、授業での解説や探求活動として生徒が直接使用するほか、教師が授業の予習をするのにも適しているだろう。解説の中の用語はハイパーテキスト的にリンクが設定されており、解らない用語は即座に調べることができる。

4. 気象通報

中学校学習指導要領では天気図の作成が謳われているが、紹介者の生徒に聞く限り中学校で天気図を描いた経験のあるものは少ないようである。内容の多い中学校理科の中で説明、作業ともに多くの時間を必要とする天気図作成が敬遠されているのが現状であろう。本CD-ROMでは天気図作成支援機能があり、気象通報のデータを書き込む位置、気象要素の記入の様子や漁業気象の座標などを表示してくれる。例えばコンピュータの画面を大型スクリーンに演示できるような装置があれば(少人数ならディスプレイを囲んで)、生徒は自信の無いときには表示を見て正しい記入法を確認しながら進めることができる。紹介者の実践では殆どの者は直接気象要素を図上に記入することができ、また事前の説明もそれほど詳しくする必要もなかった。飛躍的な時間節約の効果があつた。本CD-ROMは、等圧線の引き方もガイドしてくれるのだが、紹介者はあえて演示せず生徒に考えさせた。

以上述べてきたとおり、本CD-ROMは気象に関する授業をより解りやすく、また実感できるものに行うことができる非常に優れた教材である。価格は18,000円と性能を考えると非常に安価と言える。よい教材だからこそ生徒一人一人に使わせて探求活動をさせたいのだが、その場合ライセンスを生徒人数分買う必要がある。スクールセットの設定があり、41本で516,600円となっているが、現実的に学校で購入できる金額ではない。ビジネスソフトウェアと異なり1年中使うものではないのだから教室での大量使用にはもっと劇的な割引をして欲しい。そうすることにより本CD-ROMを使用した教材が開発され易くなり、気象分野により良質な教育が普及するだろう。

(松本直記)

電源 3 施設を巡る福島地学巡検報告

行事委員会

行事委員会主催、電源 3 施設を巡る福島地学巡検は東京電力(株)の協力を得て、1997(平成 9)年 6 月 14 日(第 2 土曜日)15 日(日曜日)の両日にわたり実施した。巡検地は、福島県猪苗代町の猪苗代第 1 水力発電所、広野町の広野火力発電所、富岡町の東京電力福島第 2 原子力発電所・エネルギー館の 4 カ所であった。参加者は 11 名と少数であったが、質疑応答等の時間が多く確保され、有意義な巡検となった。

各巡検地の様子は次の通りである。

1. 猪苗代第一水力発電所

大正 3 年に完成した同発電所は、水力発電の全体像を把握するには適当な規模であった。猪苗代の自然の中で地形を生かした施設では、導水管を流れる水の音を聞き、発電用水車の軸が回る様子などが直接見学できた。近年その設備を更新し、無人の施設であるにもかかわらず、永井鶴男氏(猪苗代電力所次長)が説明と、質疑応答にあたった。

2. 広野火力発電所

平成 5 年に現在の全施設が完成した最新鋭の火力発電所であった。本田幸次氏(広野火力発電所保修部長)より同発電所の設置の経過と現状の解説の後、構内見学となった。水力発電とは異なり、モニターを通して燃えている様子や巨大なタービンのまわることが直接感じられた。

3. 福島第 2 原子力発電所・エネルギー館

同発電所見学に先立ち、エネルギー館を訪問した。ここでは、原子力発電所の解説を受けたほか、放射線計測装置「はかるくん」を利用したウラン鉱石の観察等を行った。発電所を俯瞰する公園からの見学のあと、発電所内部では落合巧行氏(福島第 2 原子力発電所広報部課長)が原子炉や中央制御室の見学時に解説や質疑応答をおこなった。

なお、今回(財)放射線計測協会のご厚意により、放射線計測装置「はかるくん」を参加者人数分をお借りし、各施設での計測をおこなうことができた。自然放射線の理解する観点から、本巡検がさらに意義深いものとなったと思われる。

最後に、東京電力株式会社、社団法人放射線計測協会の多大なるご協力に重ねて感謝するものである。

公募結果

既掲載の公募の採用結果のお知らせがありましたので、ご報告いたします。

鹿兒島大学教育学部地学教室

講師

松井智彰氏(筑波大学地球科学系)

第6回地学教育セミナー報告

行事委員会

6月22日(日)、学習院百周年記念会館を会場に、日本地質学会・地学団体研究会・日本地学教育学会3学会共催による「第6回地学教育セミナー『東京湾の環境』」が開催された。参加者は50名余りあったが、地質的・歴史的・社会的と多面的な内容の各講演に、地域を生かした地学教育を考える上で貴重なものとなった。

シンポジウムは、まず今回の幹事学会である日本地質学会秋山会長の挨拶から始まった。各講演者と講演演題は次の通りである。

「東京湾の成り立ち」菊池隆男氏(東京都立大)

「江戸湾から東京湾へ—近世の—開発を中心に」

橋本直子氏(葛飾区郷土と天文の博物館)

「東京湾の開発とその歴史—戦後の開発を中心に—」

清水恵助氏(東京都港湾局)

「水質・生物から見た東京湾内」

三嶋義人氏(東京都環境保全局)

「臨海部開発と東京」

千代崎一夫氏(ハウジングケースワーカー)

菊池氏の講演では、東京湾の成立過程を古関東海盆から古東京湾、東京湾の形成について、きわめて簡潔に整理していただいた。橋本氏の講演は、歴史・地理的な視点からの東京湾についてであった。その中で今も大きな問題である「ゴミ問題」と大きく関わっている観点を提供していただいた。清水氏の講演では、東京湾の開発について総合的な視点をもって捉える上で役立つものであった。三嶋氏の講演は、東京湾の生態について、特に水質との関わりについては具体的に大きな示唆に富むものであった。最後の千代崎氏は、その動向が注目されている臨海副都心の在り方に大きな一石を投じる講演となった。

今回、本セミナーで作成した冊子「東京湾の環境—過去・現在・未来—」を頒価500円で配布します。ご希望の方は、〒154 東京都世田谷区下馬4-1-5 東京学芸大学附属高校内 田中義洋宛 まで必要部数を記入の上、連絡してください。

なお、89年に「地学教育の明日をめざして」として始まった3学会共催の地学教育セミナー・シンポジウム(以下、本セミナー)は、今回で通算9回を数えた。そこでのテーマは、地学の各分野の先端的研究から理科離れ、さらに環境教育まで広がっている。本セミナーは地学教育の中の小さな歩みであるが、厳しさを増しつつある地学教育を巡る内外の情勢にも十分に即応してきたものと自負している。

しかしながら、本セミナーへの参加者の固定化傾向が見られることも事実である。今後はテーマ設定や広報活動にも、さらに力を入れ、さらに充実したものとしていきたい。

引き続き本セミナーでは、地学教育に携わる者が取り組むべき内容を中心に開催していきたい。会員諸氏の参加を期待するものである。

本セミナーへのご意見・ご要望は、

日本地学教育学会行事委員長 間々田和彦

〒112 東京都文京区目白台3-27-6

筑波大学附属盲学校内

TEL. 03-3943-5421, FAX. 03-3943-5410

E-MAIL BXS00633@niftyserve.or.jp

❀❀ (財)東レ科学振興会からのお知らせ ❀❀

☆ 平成9年度(第29回)『東レ理科教育賞』の募集について

1. 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。
2. 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。
3. 褒賞：理科教育賞一賞状、銀メダルおよび賞金70万円、10件前後。ほかに、佳作および奨励作(賞状および賞金各20万円)を選定。
4. 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メールにて下記にご請求下さい。〕
5. 応募締切日：平成9年9月30日(必着)

☆『理科ビデオテープ』の貸出しについて

理科教育賞受賞作のうち映像化することによって普及の効果が上がるとされる作品をビデオ化して、テープを無料で貸出しております。

現在、次の10本があります。貸出料は無料(返送料のみご負担いただきます)。

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 | 22分 |
| 中学理科第二分野 | 葉のでんぶんの検出 ～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

お問合せ・お申込み先

財団法人 東レ科学振興会

〒279 千葉県浦安市美浜 1-8-1

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

E-mail: JDP00117@niftyserve.or.jp

公開シンポジウムの開催について

日産科学振興財団は、昭和 49 年 (1974) 4 月に設立され、以来主に資源、環境、エネルギーに関する学術研究の助成を行ってきました。

財団では、設立 20 周年に当たる平成 6 年、社会環境の変化を考慮し、それまでの助成プログラム改定して、特に「人間—環境系」に関わる問題の解明を重視したプログラムを導入しております。

また、学術研究助成に加えて、研究の成果を社会に還元するための研究成果発表会、および環境問題の理解や自然科学の学術研究に関する啓蒙を目的とした公開シンポジウムを開催してきました。

このような状況の下で、財団では「人間—環境系」の問題を解明する活動の一環として、人間生活に深刻な影響を与える環境問題の一つである「自然災害」を取り上げ、平成 7 年よりシリーズの公開シンポジウムを計画いたしました。

今ちょうど、世間では、鹿児島県の土石流被害や北海道のトンネル崩壊など、暴風や雨による災害が多く注目を集めています。しかし、古来から自然災害は脅威として人から恐れられてきましたが、自然変化は不可避であり、常態であるとさえいえます。したがって、今後も生ずるであろう、そのような自然変化に対し、防災といった狭い観点からだけでなく、生命圏の環境がどのように災害を受け変化していくかを、広い観点から考察しておくことは重要と考えます。

今回の公開シンポジウムでは、このような観点から統一テーマとして「自然災害と環境影響」を選び、以下に示す課題に関する数回のシンポジウムを計画しています。

- 1995 秋 地震・津波と環境影響
- 1996 秋 火山噴火と環境影響
- 1997 秋 風水害・土石流と環境影響
- 1999 春 自然環境と環境影響（総括）（財団創立 25 周年記念）

本年はシリーズの第 3 回として、「風水害・土石流と環境影響」をテーマとし、11 月 14 日（金）に開催致します。

日産科学振興財団公開シンポジウム「自然災害と環境影響」第3回

「風水害・土石流と環境影響」

—風水害・土石流は、我々の住む環境をどう変えてきたのか—

基調講演

「気象災害史から見た天気予報の進歩」

元気象庁天気相談所長 宮澤 清治

「風水害・土石流災害の脅威」

芝浦工業大学教授 高橋 裕

パネル討論

宮澤 清治

高橋 裕

春山 成子（早稲田大学教育学部助教授）

「海外の例にみる気候災害と社会の変貌」

廣井 脩（東京大学社会情報研究所教授）

「自然災害時における人間の心理と行動」

松本 淳（東京大学大学院理学系研究科助教授）

「地球をめぐる大気大循環のメカニズムと気象災害」

総合司会 伊藤 和明（NHK 解説委員，文教大学教授）



日時 1997年11月14日（金） 14:00～17:00

会場 銀座ヤマハホール（開場 13:30）

⇒お申込は、住所、氏名、年齢、職業、電話番号を記入の上、FAX、葉書、または E-mail で下記へ
（先着 450 名，入場無料）

（財）日産科学振興財団

〒104 東京都中央区銀座 6-17-2

Tel (03) 3543-5597 FAX (03) 3543-5598

E-mail at02-nsj@t3.rim.or.jp

⇒ お申込み締め切り 11月7日（金）

主催 日産科学振興財団

後援 朝日新聞社

編集委員会より

定例編集委員会は、7月12日(土)午後に開かれました。編集状況は原著論文4、資料1が受理されました。9月26日現在で昨年末の時点での投稿原稿数をうわまりました。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 50巻 第5号

平成9年9月25日印刷

平成9年9月30日発行

編集兼 日本地学教育学会
発行 者 代 表 石 井 醇

184 東京都小金井市貫井北町4-1-1

東京学芸大学地学教室内

電話 0423-29-7534 庶務(水野)

0423-29-7536 会計(高橋)

0423-29-7544 編集(松川)

振替口座 00160-3-86783

印刷所 株式会社 国際文献印刷社

169 東京都新宿区高田馬場3-8-8

電話 03-3362-9741~4

地学教育 原稿送付状

19 年 月 日 送付

| | | |
|----------------------------|----------------------------------------|------------------------|
| 氏 名 論 文 題 名 | 漢 字 | (所属) |
| | ローマ字 | |
| | 和 文 | |
| | 英 文 | |
| 連 絡 先 (初校等送付) | (〒) | ☎ - - FAX e-mail |
| 原 稿 種 類 | 原著論文 総説 教育実践報告 資料 解説 書評 紹介 ニュース その他 | ○で囲む |
| 原 稿 枚 数 | 本文 枚: 写真図版 枚: 図版 枚: 表 枚 | |
| 別 刷 | 不要・必要____部 表紙なし タイトル部分窓抜表紙 タイトル他印刷表紙付 | ○で囲む |

※連名で書ききれないときは裏面に書いて下さい。

| | | |
|-------------------|-------------------|----|
| 月 日 受付 | 月 日 編集割付 | 担当 |
| 月 日 受領 葉書 発送 | 月 日 図・写真・表製版依頼 | |
| 月 日 査読依頼 氏 | 月 日 原稿印刷所に | |
| 月 日 査読済 | 月 日 初校 著者校依頼 | |
| 月 日 著者に査読結果(掲載)通知 | 月 日 再校 編集委校正 | |
| 巻 号 に掲載決定 | 月 日 再校 印刷所に返送 | |
| 月 日 再 | 月 日 三校または念校 | |
| 月 日 再 | 月 日 三校または念校印刷所に返送 | |
| 月 日 再 | 月 日 完成 | |

日本地学教育学会 編集委員会

EDUCATION OF EARTH SCIENCE

VOL. 50, NO. 5

September, 1997

CONTENTS

Original Articles

- Development of a Computer Software to View Digital Meteorological Data—SDP
DataYasushi SAKAKIBARA and Yoshishi WATANABE...155~165
- Messing About and Problem Solving in Elementary Geology Study
.....Osamu MIYASITA and Hiroaki AIBA...167~174
- Philosophy and Development of Unified Science Curriculum Based on Scientific
ParadigmKeiichi HAYASHI...175~187

Survey Report

- Significance of Rock-boring Bivalve as a Teaching Material of Facies Fossils
.....Kazutaka AMANO and Yayoi SHINADA...189~195

Book Reviews·CD-ROM Review (166, 188·196)

Proceedings of the Society (197~198, 200~202)

Announcements (199)

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

c/o Tokyo Gakugei University; Koganei-shi, Tokyo 184, Japan