

# 地学教育

第53巻 第6号(通巻 第269号)

2000年11月

---

目 次

原著論文

教育用アメダス CD-ROM 閲覧ソフトの開発と前線の学習  
.....渡辺嘉士・榊原保志・牛山高彦...(259~268)

足跡化石を基に動物を動かそう—恐竜の方法をゾウに応用して—  
馬場勝良・松川正樹・小荒井千人  
.....林 慶一・大久保 敦・伊藤 慎...(269~281)

高等学校地学における地下水を用いた環境教育  
—生徒の認識の実態と新教材の開発— .....大島 良・宮下 治...(283~293)

教育実践報告

「総合的な学習の時間」と関連する理科学習への取り組み  
—流路の短い河川を利用した4年生「流れる水の働き」  
の学習を例として— .....香西 武・松木公宏...(295~304)

資 料

うるう年の設け方についての一考察  
—グレゴリオ暦と「500年周期微修正暦」の比較— .....長谷川 敏...(305~310)

本の紹介 (282)

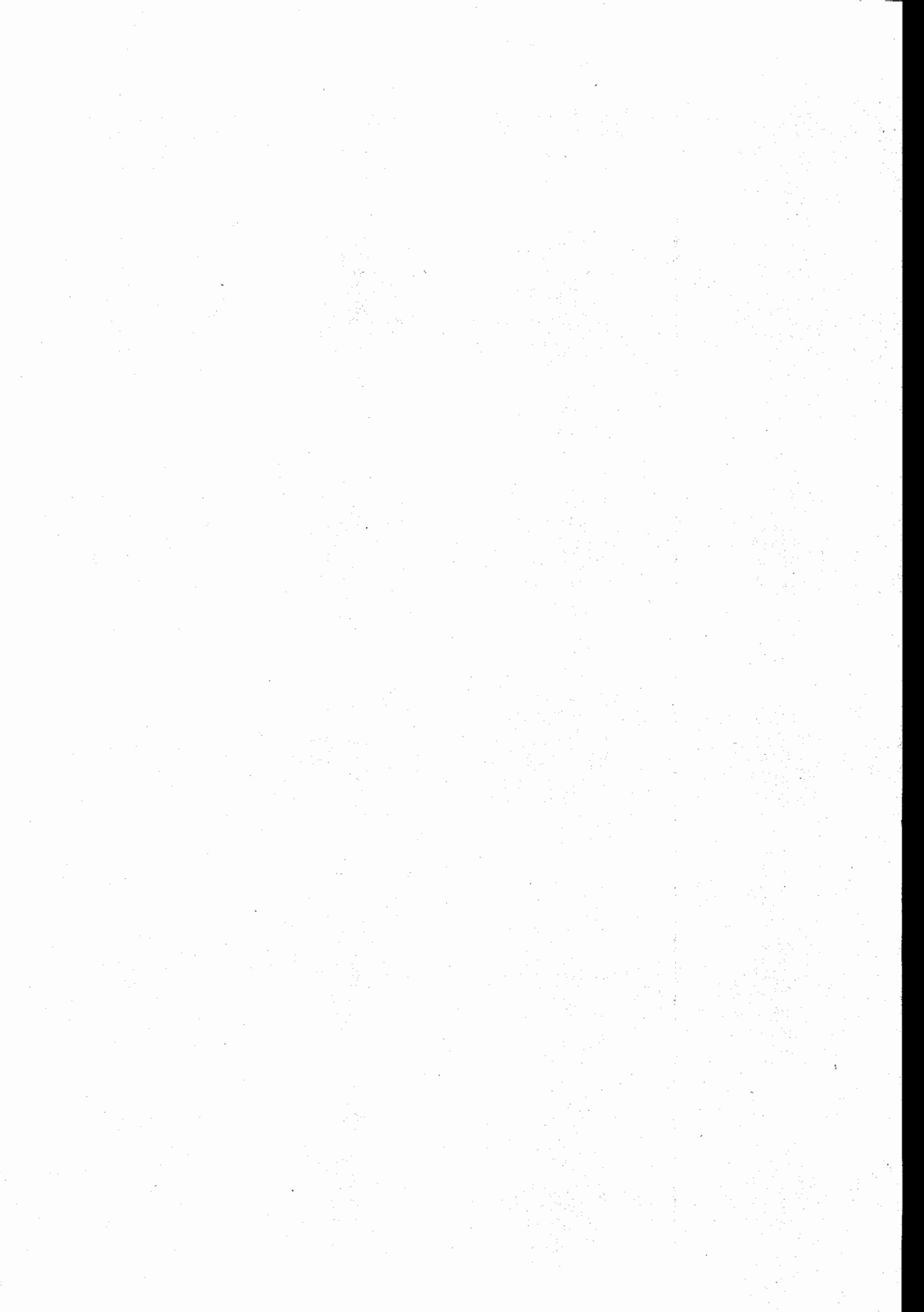
お知らせ (294)

新しい賞について (311~312)

---

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



原著論文

## 教育用アメダス CD-ROM 閲覧ソフトの開発と前線の学習

渡辺 嘉士\*・榊原 保志\*\*・牛山 高彦\*\*\*

### 1. はじめに

前線の通過に伴って気温、降水量、風向、風速、気圧といった気象要素は関連しながら変化していき、天気も変化する。このように前線の学習では複数のデータの関連性を考えながら天気の変化を総合的にとらえていくという作業を通し、生徒が総合的に自然事象をとらえることができる内容といえる。

しかし、従来の前線の学習では、主に教科書を使用した知識面の学習が中心であり、モデル実験を行うことはあっても、実際の観測データを使用して前線について考察する授業は行われていない。このようになる原因は、独自に観測計画を立てても授業にあわせて都合よく、気象現象は生じるものではないこと、既存の気象資料すなわち気象台の観測資料は手軽に入手しにくいことにあった。

近年、気象庁から気象観測データがデジタル媒体で提供されるようになり、小中高等学校へのコンピュータの配備、インターネット接続の導入など、デジタルデータが飛躍的に扱いやすい環境に変わりつつある。

榊原・渡辺(1997)はフロッピーディスク(FD)で提供された気象台の観測記録を閲覧・表示するソフトを開発し、授業への利用の可能性を示す先進的な研究を行った。これまでもコンピュータを利用した新聞等の気象資料を利用する学習(山本ほか, 1994)は行われていたが、FDの気象データを利用することで新聞等に記載されている気象台観測値をコンピュータに読み込ませるためのデータ入力・追加更新といった作業を省けることから、気軽に授業で気象データを利用することが可能になった。

その後、FDで提供されていた気象観測記録は大容量の記憶媒体であるCD-ROMで配布されるようになった。収録される観測項目がFDでは1項目であったのが、すべての項目になり、観測地点も全国の地点を網羅するようになった。

CD-ROMによる配布が始まったことで、これを閲

覧するソフトがいくつか発表されてきた。ところが、これまでのソフトはみな教育利用を第一義に考えて開発されたものでないため、学校の授業で生徒が利用するには問題点が多かった。

そこで、本研究ではCD-ROM版の気象観測記録(アメダス)を中学校・高等学校の授業で生徒が利用することに特化したソフトウェアを新たに開発し、それをを用いて気象観測データを前線学習に利用する授業展開を検討した。

本論では、まずCD-ROM版のアメダス観測年報についてと既存の閲覧ソフトの教育利用上における問題点について述べ、次に今回開発した閲覧ソフトの特徴や機能について示す。さらに、これを用いて前線が通過した日時を推定し、天気図や気象衛星ひまわりの雲画像を見て前線の通過を確認するというパソコンを利用した気象学習授業を提案する。

### 2. アメダス観測年報 CD-ROM

#### 2.1 CD-ROMの内容と種類

気象庁は、1974年11月1日から全国の地域気象観測所で自動気象測器による気象観測を行っている。これを「アメダス」と呼んでいる。アメダス観測所は全国にほぼ均等に配置され約1300地点ある。観測項目は、約800ヶ所が気温、降水量、風、日照の4要素、他の約500ヶ所が降水量のみである。観測は1時間毎に行われ、データはリアルタイムに気象庁に集められている。このデータは、1995年まではFDによって提供されていたが、1996年よりCD-ROMによる提供に変わった。提供元は気象業務支援センターで、価格は2,600円(税別)である。

現在、このCD-ROMは、バイナリ形式とテキスト形式という2種類の記録方式のものが用意されている。バイナリ形式のCD-ROMは、現時点で1976年から1999年の24年分のデータが提供されている。CD-ROM1枚の中には、全国のデータについて、1976年から1994年までの場合は3~4年分、1995

\* 明法中学・高等学校 \*\* 信州大学教育学部 \*\*\* 長野市立吉田小学校  
2000年3月7日受付 2000年10月21日受理

Station	Year	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720
11001	1	1	1997	701	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11001	1	2	1997	701	0	603	804	803	703	602	1008	904	1004	1103	401	302	1				
11001	1	3	1997	701	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11001	1	4	1997	701	107	105	116	128	129	137	159	165	174	185	187	176					
11001	1	1	1997	702	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11001	1	2	1997	702	1011	704	904	603	803	602	903	1602	1305	503	303	502					
11001	1	3	1997	702	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11001	1	4	1997	702	182	184	177	158	174	183	220	190	175	170	165	184					
11001	1	1	1997	703	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11001	1	2	1997	703	1106	1107	1108	1107	1011	1015	1014	1016	1017	1016	1014	1015	1				
11001	1	3	1997	703	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11001	1	4	1997	703	145	146	147	150	155	158	165	170	168	175	173	183					
11001	1	1	1997	704	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11001	1	2	1997	704	1111	1011	1012	1109	1110	1010	1013	1011	1009	1011	1012	1010	1				
11001	1	3	1997	704	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11001	1	4	1997	704	171	168	167	166	166	169	173	173	178	185	190	176					
11001	1	1	1997	705	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11001	1	2	1997	705	1208	1404	1104	1205	1307	1407	1407	1407	1307	1307	1307	1207	1				
11001	1	3	1997	705	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5				
11001	1	4	1997	705	151	139	143	143	133	132	131	130	129	147	150	151					
11001	1	1	1997	706	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11001	1	2	1997	706	1404	1403	1405	1306	1305	1305	1306	1305	1305	1305	1305	1305	1305	1305	1305	1305	1
11001	1	3	1997	706	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	10	5	10				
11001	1	4	1997	706	125	123	124	127	128	130	134	145	157	161	166	168					
11001	1	1	1997	707	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11001	1	2	1997	707	604	605	506	508	508	510	509	511	510	511	512	510					
11001	1	3	1997	707	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11001	1	4	1997	707	125	129	129	128	131	125	129	126	120	120	119	114					
11001	1	1	1997	708	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11001	1	2	1997	708	309	409	308	208	207	106	1606	1503	1305	1403	1304	1205					

図1 テキスト形式 CD-ROM のデータを市販の表計算ソフトに読み込んだ状態

年から1999年までの場合は1年分が収録されている。

一方、テキスト形式の CD-ROM は、現在、1984年から1999年までの15年間分のみ提供で、データが大きいため、すべて CD-ROM 1枚に全国のデータ1年分の収録である。

2.2 専用閲覧ソフトの必要性

アメダス観測年報 CD-ROM には、前述の通り、テキスト形式のものとバイナリ形式のもの2種類がある。バイナリ形式のものは、特殊な形式でデータが記録されているため、データを閲覧するには、専用の閲覧ソフトが必要となる。一方、テキスト形式のものは、ワープロや表計算ソフトで表示可能な形式でデータが記録されているため、一見閲覧ソフトなしでそのまま活用できるかに見える。しかし、実際には以下に示すような問題点があるため、そのまま活用するのは困難である。また、テキスト形式 CD-ROM を扱える閲覧ソフトはこれまでなかったため、結局バイナリ形式 CD-ROM を専用閲覧ソフトを用いて利用するのがもっともよい方法といえる。

2.3 テキスト形式 CD-ROM の問題点

テキスト形式 CD-ROM には、同じデータを全国全地点1年間のデータを一括して1つのファイルにしてあるものと、都府県・支庁ごとにファイルを細分化しているものとの2種類のファイルが入っており、以下の問題点がある。

①ファイルサイズが大きすぎる

全国全地点1年間一括データファイルは、データ容量が大きすぎるため、Microsoft Excel などの表計算ソフトでは、使用可能な最大行数を越えてしまい、データ全体を表示することができない。

②データの項目名がない

都府県・支庁細分データファイルの場合、表計算ソフトでデータを一覧表示すると、観測日時、観測点名、気温、降水量、日照などの項目名が表示されないため、どの数値が何のデータを表しているのか判読しにくい(図1)。

③風向・風速データが記号化されている

風向・風速データは、風向データと風速データを1つに合わせて3桁または4桁の数値記号として記録されており、これがそのまま表示されるため判読しにくい。

くい。

#### ④ 気温・日照時間データが整数化されている

気温および日照時間データは、本来、小数第1位までの小数データである。しかし、ファイル格納容量節約のためか、これを一律10倍し整数化して記録されており、これがそのまま表示されるので判読しにくい。

これらの問題点を専用閲覧ソフトを使わずに解決するには、市販のデータベースソフトなどを利用し、気温、降水量などの項目名をあらかじめ記述した表を作成し、リレーション機能により記号化、整数化された風向・風速、気温、日照時間データを復元して表示するようなソフト内プログラム(マクロ)を独自に作成することになる。

### 3. 既存の専用閲覧ソフト

#### 3.1 授業で使う閲覧ソフトに必要な機能

既存の専用閲覧ソフトには次のものがある。

- A. バイナリ形式アメダス観測年報 CD-ROM 添付のソフト
- B. インターネット上で公開されているフリーソフト
- C. 市販されている専用閲覧ソフト

中学校・高等学校の理科または地学の授業で、生徒がアメダス観測年報 CD-ROM を活用して気象の学習をする際に、使用する閲覧ソフトが備えているべき項目、機能をまとめると、次の項目があげられる。

- ① CD-ROM 内の膨大なデータから目的とする日時、地点のデータを短時間で発見できる機能
- ② 気温、降水量、風速、日照時間の数値データを、一覧表表示とともに、グラフ表示や地図上表示など、視覚的にデータを閲覧できる機能
- ③ 風向を、教科書等と合致させ、矢羽根または矢印で表示する機能
- ④ 2 地点の気温変化の比較や、前線通過時刻の比較など、複数地点のデータを比較する作業をよく行うので、複数地点のデータを1つのグラフに重ね合わせて表示できる機能。
- ⑤ パソコンや Windows に不慣れな生徒でも、ソフトの操作に戸惑うことなく本来の学習に集中できるよう、使い方のわかりやすいソフトであること。

#### 3.2 既存ソフトの問題点

以上のような観点から既存のソフトを検討すると、

どのソフトも条件を十分に満たすとは言い難い。以下に問題点を詳しく述べる。

前述 A のバイナリ形式 CD-ROM 添付の専用閲覧ソフトは、もともと簡易的なもので、1 地点のデータを一覧表形式で表示する機能のみであるため、実用的ではない。

前述 B, C のインターネット上で公開されているフリーソフトや、市販されている専用閲覧ソフトは、数値一覧表表示、グラフ表示など、必要な機能は備えており、多機能のものもある。しかし、前述⑤の複数地点のデータを1つのグラフに重ね合わせて比較する機能を備えているソフトは存在しないなど、多機能であっても肝心の使いたい機能は備えていないことがある。

また、教育用ソフトでは、少ない授業時間の中で効率よく学習を行わせるために、操作性の問題が重要である。既存のソフトは、多機能であるために、その中の使いたい機能に到達するのに苦労を要したり、操作方法が Microsoft Windows に準拠して一般的であっても、パソコンに不慣れな生徒や、パソコンには慣れていても Windows には慣れていない生徒が短時間で簡単に操作方法を理解できるような配慮はほとんどされていないので、操作方法の指導に時間を要してしまう。

このような例として、既存の専用閲覧ソフトの中でも最近発表され有用な機能を持った、気象業務支援センターが販売する「アメダスビューア」において、目的の年月のデータを読み込む操作について考えてみる。ここでは、1991年7月のデータを例とする。この手順は次の通りである。

- ① Microsoft Windows 共通のメニューバーの中から [ファイル] という項目を見つけ、その中から [時日別観測データ] というメニューを選択する。すると、Microsoft Windows 汎用のファイル選択ウィンドウが表示される。
- ② アメダス CD-ROM を入れたドライブを選択指定する。
- ③ アメダス CD-ROM のルートディレクトリが表示されるので、CD-ROM の説明書を読み、1991年のデータファイルが格納されているディレクトリ階層を調べて、Microsoft Windows の操作方法にしたがってそのディレクトリを発見し表示させる。ここでは、ルートディレクトリの下、[1991年] ディレクトリである。

④1ヶ月ごとに分けられたデータファイルの名称が一覧表示されるので、どれが目的の月のファイルであるかを調べて選択する。ここでは、[amd 1991.07]というファイルである。

以上の操作でデータが読み込まれ、画面に表示されるが、ここで問題なのは、目的のデータを表示させるために必要な情報は「年」と「月」であるのに、それを指定するために、対応するデータが格納されている「ディレクトリ」と「ファイル名」を指定しなければならない点である。

生徒は目的のデータが何年何月のものであるかを知っていただければよいのであって、そのデータがCD-ROM内のどのディレクトリ階層に格納されているか、何というファイル名がつけられているのか、さらに、Microsoft Windowsにおけるディレクトリ階層やファイル名指定の操作方法については、気象を学ぶという目的においては必ずしも知っている必要はない。したがって、上記操作の①、③、④は行わせる必要がないのである。特に③は、操作を途中で間違えやすく、Windowsに慣れていない場合は間違えると自力で元に戻れなくなることもよくあるため時間の無駄につながる。

このように、授業での利用を主目的に作成されていないソフトは、全生徒が別な授業でパソコンやWindowsの操作方法を十分に習得していない限り、個々の授業で基本的な使い方の説明に多くの時間を費やしたり、使い方のトラブルで教員が机間を右往左往し、本題に頭がまわらないといった問題につながるがよくある。また、このようなことから、少ない授業時数の中ではパソコン利用授業の実施を初めからあきらめてしまうケースも少なくない。やはりパソコンソフトも他の教材と同様に、授業利用に特化したものが用意されることが必要なのである。

#### 4. 自作ソフトの開発

##### 4.1 開発コンセプト

以上の理由から、アメダスデータを授業で有効活用するためには、必要な機能を備え、不要な機能が少なく、パソコンに不慣れた生徒でも短時間で操作方法を理解できるソフトが求められる。そこで、3.1で述べた機能を備え、操作性のよい閲覧ソフトを実現することを目的に自作ソフトの開発を行った。

開発にあたって配慮したことについて次に述べる。

Windows上で実行するソフトは、通常、汎用の操

作方法に準拠してウィンドウの最上段に操作メニューが並ぶ「メニューバー方式」を採用する。この方法は、多くの操作命令を分類してコンパクトにまとめておくには都合がよく、ほとんどのWindows用ソフトで共通の方式である。

しかし、この方式は、目的の操作命令がどこに分類されているのかがひと目でわからず、Windowsの操作に慣れていない生徒にとっては、かえってわかりにくいことがある。そこで、本ソフトではあえてWindowsの共通方式に準拠せず、操作命令のすべてを画面上にボタンとして配置して一目ですべてを見られる方式をとった。これによって目的の操作を画面上ですぐに見え、ボタンをマウスで押すだけで簡単に実行できる。

また、3.2で述べた、目的の年月のデータ読み込む際の操作では、生徒は「年」、「月」を指定するだけでよいようにし、ディレクトリ、ファイル名指定操作など、Windowsを熟知していないと困惑してしまうような操作を極力排除した。

##### 4.2 プログラムの機能

閲覧できるデータは、全国のアメダス観測地点で1時間毎に観測された生のデータ(特別値)と特別値を統計処理した日別値である。特別値に含まれる要素は、4要素観測点で気温、風(風向、風速)、日照時間、降水量、降水量観測点では降水量である。

日別値は、4要素観測点で、平均気温、最高気温、最低気温、平均風速、最大風速、最大風速風向、日照時間日合計、降水量日合計、1時間最大降水量で、降水量観測点では、降水量日合計、1時間最大降水量である。

これらのデータを利用する閲覧ソフトの機能を次に示す。

##### (1) 閲覧地点を地図上で選択する機能

全国に約1,300地点ある観測点から閲覧したい観測地点を短時間で見つけられるように、観測地点名を表示した地図を表示する。目的の地点は、全国地図や拡大地図上に表示された地名から選択できる。複数地点のデータを比較しながら閲覧できるように4地点まで同時に選択可能である。

##### (2) 数値表表示機能

特別値を1日24時間の一覧表形式で表示し、同日の日別値を値で表示する。

##### (3) グラフ表示機能

特別値を要素ごとに24時間のグラフとして表示す

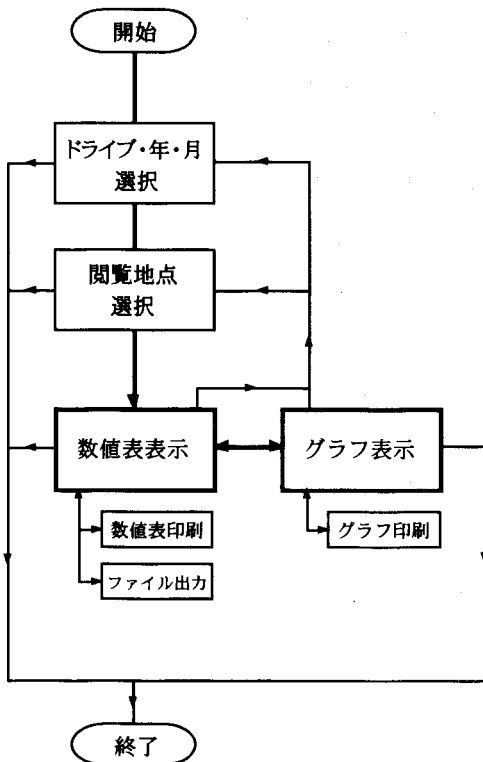


図2 自作プログラムのフローチャート

る。複数の閲覧地点のデータを1つのグラフ上に重ね合わせて表示できるようにし、複数地点のデータの比較作業を容易に行えるようにしてある。風向は矢印で表示する。

(4) 印刷機能

画面に表示した一覧表、グラフを印刷することができる。

(5) ファイル出力機能

画面に表示されている地点の1ヶ月間の時別値、日別値をテキストファイルとして出力できる。ファイルの先頭に観測地点名と気温、降水量などの要素名を、各行の先頭に観測日時を出力し、風向、風速データもそれぞれ独立したデータとし、風向は漢字で出力するようになっている。したがって、表計算ソフト等に読み込めば、そのまま一覧表形式となるので、データはすぐに活用できる。

(6) テキスト版 CD-ROM への対応

既存のアメダス観測年報 CD-ROM 閲覧ソフトはテキスト版 CD-ROM に対応していない。そこで、本プログラムでは、バイナリ版 CD-ROM と同様の操作で



図3 ドライブ・年・月選択画面

テキスト版 CD-ROM も利用できるようにした。

4.3 プログラムの流れと操作方法

開発に用いた言語は Microsoft Visual Basic 4.0 で、動作環境は以下の通りである。

パソコン: Microsoft Windows 95, Microsoft Windows 98, Microsoft Windows NT  
のいずれかが動作するもの

CD-ROM: 2 倍速以上のもの

メモリ: 32 MB 以上実装

カラー: 16 色以上

ディスプレイ: 800×600ドット以上表示可能なもの

開発プログラムの内部構造を示すフローチャートを図2に示し、以下にその説明を行う。

(1) インストール

実際の授業を行う前に、プログラムを生徒用パソコンに送り込む作業を行っておく。これは Windows の標準的な方法により行う。本プログラムは Amedas Ver 2. EXE という名称で自動的にハードディスクに送り込まれ、スタートメニューに登録される。

(2) 実行

閲覧したいアメダス観測年報 CD-ROM をパソコンの CD-ROM ドライブに挿入し、スタートメニューから実行する。

① ドライブ、年、月選択画面 (図3)

プログラムを実行すると、はじめにプログラムのタ

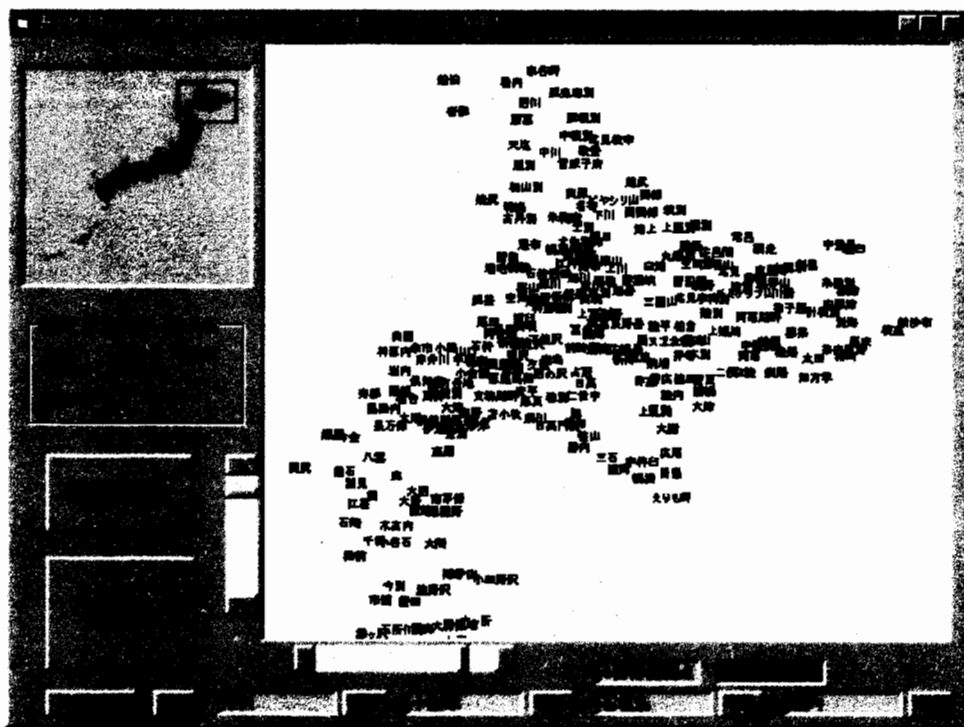


図4 観測地点選択画面

イトルと、アメダス観測年報 CD-ROM を入れたドライブ、年、月を指定する画面が表示される。ここで、CD-ROM を入れたドライブと、閲覧したい年、月を選択し、[Go!] ボタンを押す。

#### ②観測地点選択画面(図4)

指定した年月に観測が行われた全国のアメダス観測地点データが読み込まれ、観測地点名をその地点の緯度、経度に対応した位置に表示する地図式の観測地点選択画面が表示される。画面左上の小さな日本地図はインデックスマップで、マップ中の二重の長方形枠は観測地点選択地図の表示範囲を示している。外側の枠がはじめに表示される標準地図、内側の枠が画面左の[地図拡大] ボタンを押すことで表示される拡大地図の表示範囲を示している。この長方形枠をマウスの左ボタンを押しながら移動することで観測地点選択地図の表示範囲を変更できる。

観測地点選択地図内でマウスを移動すると、マウスが現在指している地点の緯度、経度がインデックスマップ下の緯度・経度・標高・地点名表示枠内に表示される。マウスが観測地点名を指すと、指した地点名の背景が白色反転表示に変わり、観測地点名、読み仮

名、観測地点の標高が緯度・経度・標高・地点名表示枠内に表示される。

閲覧したい観測地点の選択は、観測地点名をマウスで指したところで、マウスの左ボタンを押すことで行う。選択された観測地点は画面最下段の選択地点表示窓に表示される。このとき、選択した地点が4要素観測地点の場合は背景色が水色に、降水量観測地点の場合は背景色が緑色に色分けして表示される。

本プログラムでは4地点まで同時に閲覧できるので、希望の地点を続けて選択する。選択した地点を取り消すには、取り消したい地点が表示された選択地点表示窓右横の[取消] ボタンを押す。選択が終了したら画面左下の[Go!] ボタンを押すと、数値表示画面に切り替わる。

#### ③数値表示画面(図5)

②の観測地点選択画面で1地点以上観測地点を選択し、[Go!] ボタンを押すことで表示される。この画面は、選択地点の観測データを数値で閲覧する画面である。風向は漢字表示される。

画面左上に現在表示中の観測地点名、読み仮名、その地点の緯度、経度、標高、画面右上に年月日、日付



変更ボタン、その下に表示地点切り替えボタン、画面左に 24 時間分の時別値一覧表、画面中央に日別値、画面右に操作ボタンが配置されている。

数値表表示画面は、選択地点のうち 1 地点のデータを表示するので、他の選択地点を表示させるには、希望の観測地点名が書かれた表示地点切り替えボタンを押す。また、日付を変更するには日付変更ボタンを押す。データをグラフ化する場合、画面右の [グラフ表示] ボタンを押す、グラフ表示画面に切り替える。現在表示中のデータを印刷する場合には、[印刷] ボタンを押すと、表示中の画面がそのまま印刷できる。

選択地点のデータをテキストファイルに出力することも可能である。この場合、出力したい地点の表示地点切り替えボタンを押して画面に表示させ、この状態で [ファイル出力] ボタンを押す。ファイル保存先ディレクトリ、ファイル名指定画面が表示されるので、入力し、[Go] ボタンを押す。

④グラフ表示画面 (図 6)

③の数値表表示画面で [グラフ表示] ボタンを押すことで表示される。この画面は、横軸に時刻、縦軸に値の大きさをとった 24 時間の折れ線グラフとして

データを表示し、選択した 4 地点のうち、任意の 1~4 地点のグラフを重ね合わせて閲覧し、比較することができる画面である。

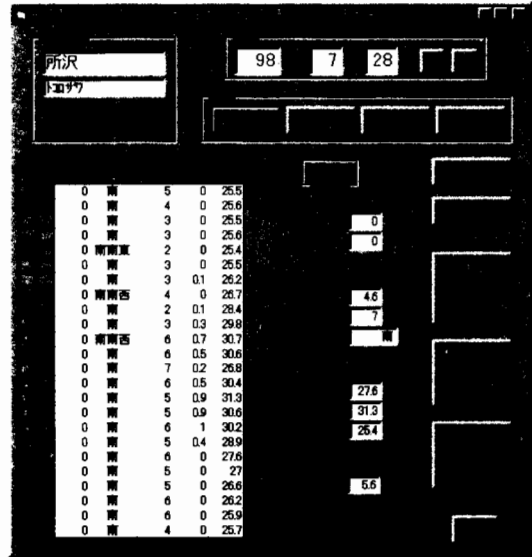


図 5 数値表表示画面

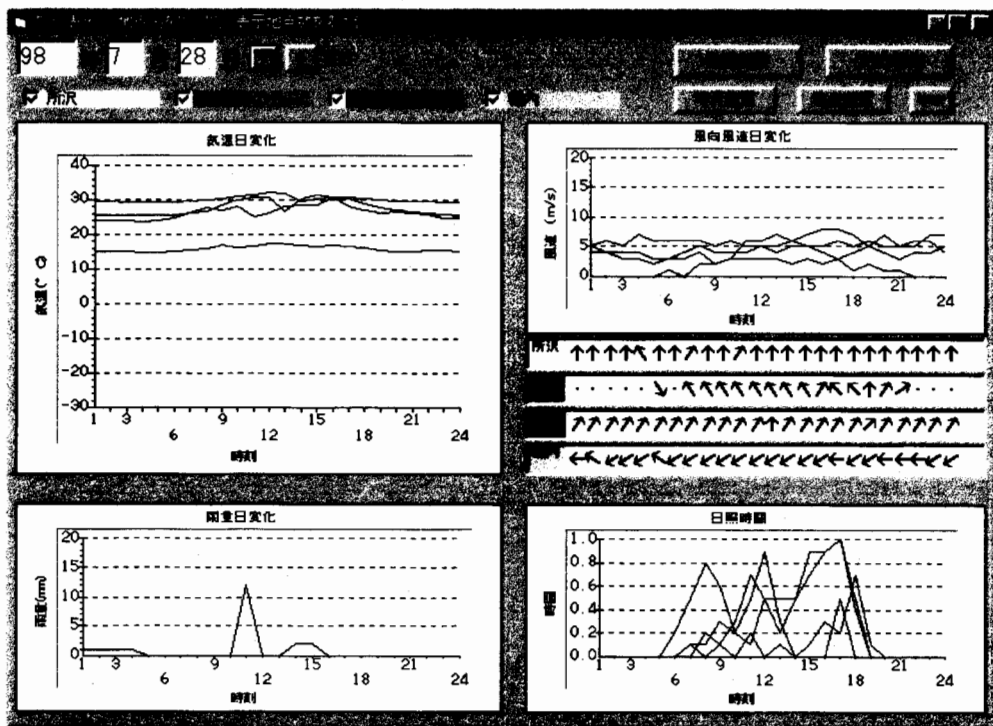


図 6 グラフ表示画面

画面左上に年月日と日付変更ボタン、その下に選択地点名が黄、緑、赤、水色の背景色に分けられて表示される。この色はグラフの色に対応している。グラフは気温、降水量、風速、風向、日照時間の各要素に分けて表示され、画面左上が気温グラフ、左下が降水量グラフ、右上が風速グラフ、そのすぐ下が風向、右下が日照時間グラフである。風向は上方を北、下方を南とした16方位の矢印によって表示され、風は矢印の根本方向から先端方向に向かって吹いていることを表している。画面右上には、グラフ印刷、画面切り替えなどの操作ボタンが配置されている。

グラフははじめ、選択したすべての地点のデータを重ね合わせた状態で表示される。画面上方の背景色を色分けして表示された選択地点名をマウスで押すことでその地点のグラフの表示-非表示を切り替えられるので、任意の地点のグラフを表示して比較を行う。

現在選択している観測地点以外の地点を新たに指定し、グラフを表示する場合には、画面右上の「地点変更」ボタンを押す。すると、②の観測地点選択画面が表示されるので、希望の地点を先ほどと同じ方法で選択する。このとき、すでに選択最大数の4地点を選択している場合や、不要な地点がある場合には、選択地点表示窓に表示されている地点のうち、不要な地点の「取消」ボタンを押し、選択を取り消してから新たに選択する。選択を終えたら「Go」ボタンを押す。その後も先ほどと同じ要領で数値表示画面が表示されたら「グラフ表示」ボタンを押す。グラフ表示画面に戻ると、取り消した地点のグラフは削除され、新たに選択した地点のグラフが表示される。表示したグラフを印刷する場合には、「グラフ印刷」ボタンを押すことで、現在表示されているグラフ表示画面がそのまま印刷される。

数値表示画面に切り替えるとき、異なる年月のデータを閲覧するときには、それぞれ「数値表示」ボタン、「年月変更」ボタンを押す。

## 5. 前線の学習授業

今回開発した閲覧ソフトを用いてアメダス観測年報CD-ROMを利用し、インターネットから画像を入手する作業と結びつけて、パソコンを利用する前線の学習授業を試みた。

この授業は、信州大学教育学部附属長野中学校において、第2分野気象領域に設定した班学習の一部である。「天気はどのように変わるか」という小単元の中

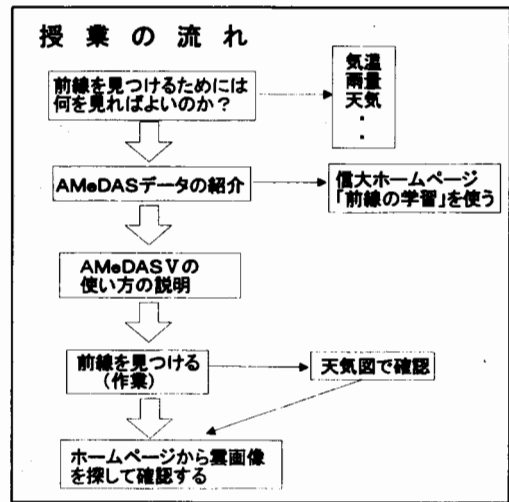


図7 授業の流れ

で、アメダスの生データから前線の通過を調べるとい学習として1999年3月8日に2年生の1クラス(38名)で実施した。

前時までに雲の学習、前線の構造に関する学習は終了し、発展学習として生徒自身が前線を発見できることを目標とした。

素材研究としてあらかじめ前線が通過していることがはっきりわかる日を天気図上で確認し、前線が通過した日が多い月を調べた。その結果、1995年4月に前線の通過が多いことがわかり、授業を行う前に、アメダス観測年報CD-ROMから1995年4月の観測記録ファイルを選び、生徒用パソコン9台のハードディスクに保存した。

前線の学習では、気温や風向の時系列変化といった地上で生活する人々のローカルな視点と、衛星画像や天気図といったグローバルな視点で、天気の変化を捕らえるべきであるので、このことを踏まえた授業展開を考えた(図7)。

まず、これまでの学習を簡単に復習し、前線の位置を決定するためには何を見ればよいのか質問した。

「前線の通過を見つけるためにはどんなデータを見ればよいのだろうか?」という発問に対し、生徒からは、気温の変化と雨量の変化を見ればよいという意見がすぐに出た。その後、風向、天気(日照時間)の変化を見るという意見が出され、最後に雲の種類を見ればよいという意見も出された。そこで、「実際の観測データから長野市に前線が通過した日時を見つけてみよう」



図8 授業の様子

という学習問題を提示した。

まず、信州大学のホームページを開いて、アメダスの降水量の分布から前線の位置を見つけられる事例を紹介した。また、雲の種類等データがアメダスにはないこと、気温と雨量を見ればだいたいわかるという説明を行った。用いたホームページサイトは次の通りである。

<http://cert.shinshu-u.ac.jp/>

[facul/sci/sakaki/sakaki/Rika/ZENSEN/data.htm](http://facul/sci/sakaki/sakaki/Rika/ZENSEN/data.htm)

つぎに、今回開発した閲覧ソフトを立ち上げ、「データの選択方法」「日時選択の方法」を説明し、観測地点に長野を選ぶように指示して、すぐに実習に入った。机間巡視時には、適時質問に答えたり、グラフ化すると見やすいなどの説明を加えた。

観測地点の選択作業、グラフ化など、ソフトの使い方についてトラブルはなく、操作方法への配慮の効果が見られた。早い班では5分ぐらいで前線通過をすぐに見つけられた班もあった。見つけられた班に対しては、見つけた日の気象衛星ひまわりの雲画像で検討させた。あらかじめインターネット・ブラウザのお気に入り登録しておいた「高知大学のホームページ」の書庫に調べに行くように指示した。このホームページには過去の衛星画像が収録されていて、詳細な説明をしなくてもほとんどの班が雲画像を探し出せた。用いたホームページサイトは次の通りである。

<http://weather.is.kochiu.ac.jp/sat/gms.fareast/>

衛星画像で検討し終わった班には、あらかじめ用意した1995年4月の1ヶ月新聞天気図を見せることで、前線の通過を確認させた。

この授業では最後までパソコンの操作に迷う生徒も

なく、すべてのグループが前線の通過を見つけることができた。

授業直後に行われたアンケートでは、以前より気象現象に興味を持ったと回答した生徒が75%おり、自由記述で書いてもらった感想の中にも、パソコンで調べたことがおもしろかった、調査する時間がもっと欲しかったなどあり、本学習は無理なく中学生でも授業が可能であることがわかった。

## 6. おわりに

以上述べたように今回開発したアメダス閲覧ソフトは中学生・高校生が気象を学習する上で学習意欲を高め、これまでにない学習の展開を可能にさせる教材といえる。

この学習は、パソコンを利用して、アメダスの生データを生徒自身がインターネットで入手した気象衛星ひまわりの雲画像、新聞天気図と1時間の授業の中で組み合わせた発展的授業である。一見盛りだくさんの内容で1時間の授業の中で生徒が消化できるかという不安があったが、生徒たちは無理なく学習を行っていたようである。

アメダスデータは観測地点網が水平的に密にあることも特徴である。今後はこの特徴を生かした学習をどのように行うのかを検討したい。時系列的に水平面気温分布を並べることで、前線移動の方向や速度、前線の形の変化、水平面の風向・風力分布図から海陸風前線の移動の規則性等を調べるといった、これまでできなかった多様な学習展開が可能になるからである。それには、面的表示機能を付加したアメダス閲覧ソフトを今後開発しなければならない。

なお、本プログラムは、授業で生徒が使用することを第一義に作成したものであるので、より多くの学校で少ない予算措置で利用できるようにと考え、自由に複製できるフリーソフトとした。プログラムの入手、問い合わせは下記ホームページサイトまでお願いしたい。

<http://member.nifty.ne.jp/yoshiji/>

## 文 献

- 榊原保志・渡辺嘉士(1997): FD版デジタル気象データ表示ソフトの開発～SDPデータ。地学教育, 50, 155-165.
- 山本正明・山口和久(1994): コンピュータを利用した課題学習—中学校数学の統計での試み—。科学教育研究, 18(1), 35-44.

渡辺嘉士・榊原保志・牛山高彦：教育用アメダスCD-ROM閲覧ソフトの開発と前線の学習 地学教育 53  
巻6号, 259-268, 2000

〔キーワード〕 アメダス, アメダス観測年報CD-ROM, パソコンソフト, インターネット, ホームページ,  
前線, 気象教育, 中学校

〔要旨〕 CD-ROMで提供されたアメダス観測年報には, バイナリ版とテキスト版がある. この両者の  
CD-ROMを学習に利用するための教育利用を考慮したソフトを開発した. このソフトには, (1) 閲覧地点  
を地図上で選択する機能, (2) 数値表表示機能, (3) グラフ表示機能, (4) 印刷機能, (5) ファイル出力機能  
等を用意した. このソフトを用いて, 公立中学校において試行授業を第2分野気象領域において行った.  
授業は, 生徒自らが気象台で観測された生データからいつ前線が通過したかを判断し, 衛星画像や天気図  
などでそれを確認するといった内容である. その結果, ほとんどの生徒は簡単な説明で十分にソフトを利用  
でき, 前線の通過を特定できた.

Yoshiji WATANABE, Yasushi SAKAKIBARA and Takahiko USHIYAMA: Development of Soft-  
ware to View CD-ROM AMEDAS Data and Learning Front with Using It. *Educat. Earth Sci.*, 53  
(6), 259-268, 2000

## 足跡化石を基に動物を動かそう

—恐竜の方法をゾウに応用して—

馬場勝良\*1・松川正樹\*2・小荒井千人\*1

林慶一\*3・大久保敦\*4・伊藤慎\*5

### 1. はじめに

恐竜の足跡化石からは、恐竜が歩いたり走ったりした時の速度を見積もることができる。その方法は、Alexander (1976) によって提案されている。そしてこの方法を基に、松川ほか(1997)によって恐竜の足跡化石から歩行速度を見積もる「恐竜とかっこ」と題する教材が開発されている。この教材は実験者が自ら歩いたり走ったりして、足跡と歩行速度の関係をさぐるためのデータを取り、そのデータをもとにして恐竜の歩行速度を求めるもので、「動」的な地学実験として位置づけられた。その後小荒井・松川(1999)はこの方法を改良し、さらに完成度を高めた。これらの実験では、足跡の長さやストライドの測定値が必要となる。しかし日本には恐竜の連続歩行した足跡がほとんど産出しないので、これらの論文ではすでに報告されている外国産恐竜の歩行跡の図が用いられていた。

研究者が恐竜の足跡化石から恐竜の歩行や走行の速度を見積もるには、まず野外で連続する足跡化石を見い出さなければならない。連続する歩行跡は、その形状や間隔から自明な場合もあるが、堆積物などがつまっていて最初は不明瞭な場合も多い。このような場合は、保存度が似ていることやほかの種類足跡が共存していることなどが発見のきっかけとなることが多い。このように注意深い観察が必要となるため、経験ある研究者でも見誤ることが少なくない。そしてこれらの一連の作業を通して、その足跡を印した動物が速く歩いたのか、カーブしたのかなどを推察し演繹的に結論を導くことができる。

小荒井・松川(1999)では、恐竜足跡のレプリカを用いて直接測定することで実験を発展的なものに行うことが試みられた。これならば国内の博物館の資料を使用して実験することが可能である。しかし何といっ

ても、野外で実物の足跡化石をできるだけ多く発見したり、そのレプリカを入手することが必要である。

日本には陸成層の鮮新-更新統の地層が広く分布し、ゾウやシカなどの大型動物の足跡が数多く見つまっている(たとえば、大山田村服部川足跡化石調査団, 1995; 野洲川足跡化石調査団, 1995)。これらは博物館などにレプリカとして保存されていることが多いので、学習者自身で足跡を測定することができ、足跡を印した動物の歩行や走行の速度を見積もることが可能である。過去の動物の歩行や走行の速度を見積もる点では恐竜の足跡の場合と本質的に同じである。

筆者らは東京都日野市多摩川河床に分布する更新統上総層群の小山田層から、長鼻類や偶蹄類の足跡化石を発見した。この足跡化石を用いれば、更新世に存在した大型四肢動物の大きさや歩行について実験することが可能となる。

本論文では、まず、素材研究として東京都日野市多摩川河床の上総層群小山田層から産出した長鼻類足跡化石について述べる。そして、それを基に足跡化石を用いた教材開発の可能性を示す。

### 2. 地質の概略

調査地域は東京都日野市の多摩川河床である(図1)。多摩川中流域の河床は現世堆積物の砂礫で覆われているが、中央線鉄橋付近より上流では、基盤の上総層群が露出しているところが多い。

上総層群は多摩川南方の多摩丘陵地域に広く露出しており、多摩丘陵西部地域では堆積サイクルに基づいて下位より、寺田層、大矢部層、平山層、小山田層、連光寺層、稲城層、および出店層の7累層に区別されている(高野, 1994)。

足跡化石を産した場所は日野市北部、中央線鉄橋の上流およそ400mの多摩川左岸である(図2)。通常

\*1 慶應義塾幼稚舎 \*2 東京学芸大学教育学部理科教育学科 \*3 東京学芸大学附属高等学校 \*4 東京学芸大学附属高等学校大泉校舎 \*5 千葉大学理学部地球科学科 2000年6月10日受付 2000年10月21日受理

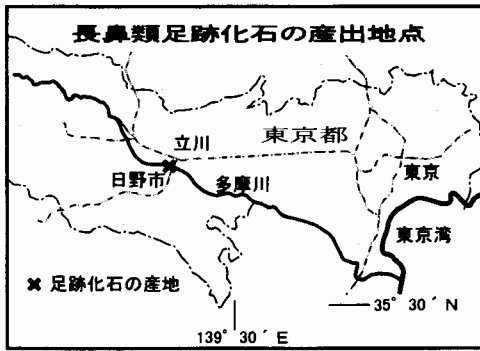


図1 東京都日野市栄町, 多摩川河床に分布する上総層群小山田層から産した足跡化石の位置図

の水位では陸上に現れているが, 増水した時には水面下に没する。この層準は, 高野 (1994) の小山田層中部にあたり, 馬場ほか (1986), 松川ほか (1991) が平山層上部と呼んでいた層準である (図3)。

(1) 小山田層

多摩川中流地域の小山田層は中央線鉄橋の上流 900 m から中央線鉄橋直下まで, 主に多摩川左岸に露出している。さらに鉄橋下より下流 100 m 付近まで分布すると推定されるが, この部分は河床礫に覆われて露出しない。小山田層は走向 N20°W で東へ 2° ほど傾斜する。層厚はおおよそ 20 m と見積もられ, 下部礫層, 中部泥層, および上部砂層に区分できる。しかし上部砂層は上述のように河床礫で広く覆われているため, 最下部の 2 m ほどしか露出していない。小山田層は上位の連光寺層に整合で覆われると解釈されている (た

例えば, 高野, 1994) が, 寿円 (1966) では不整合関係と解釈されている。

[下部礫層]

中央線鉄橋の上流およそ 900 m の多摩川左岸には小山田層基底の礫層が 1 m ほどの厚さで露出する。礫層は塊状で, 直径およそ 5~10 cm 大の円礫~垂円礫で構成され, マトリックスには砂や泥質砂が多く含まれる。化石は植物片のみで, 海生の化石は見つからない。この礫層は土石流堆積物を伴う河川堆積物と考えられる。

[中部泥層]

礫層の上には下位より順に層理が不明瞭で植物片や植物根痕などを含む砂質泥層が 7 m, 厚さ 40 cm の白色火山灰層, さらにその上位には生物擾乱の著しい砂層と泥炭質泥層や火山灰質泥層からなる砂泥互層が 2.5 m の厚さで重なる。この砂泥互層下部の泥炭質泥層にはブナなど植物葉片化石を多く含むところがあり, 火山灰質泥層からは直径 5 mm ほどの草の根と思われる化石が多産する。砂泥互層上部には直径 40 cm ほどの立木の化石も見られるが, その根の位置は白色火山灰層付近と推定できる。

互層部の上位には厚さ 50 cm の軽石層, その上位には塊状の泥層がおおよそ 4 m の厚さで重なる。この泥層にはヒメシラトリ (*Macoma incongrua*) などの内湾生貝化石がほぼ合弁の状態で産し, アナジャコと見られる生痕化石も多く認められる。軽石層は基底が顕著な侵食面で特徴づけられ, 水磨された軽石を伴って, 下位の泥層からもたらされた泥岩礫や流木片が含まれ

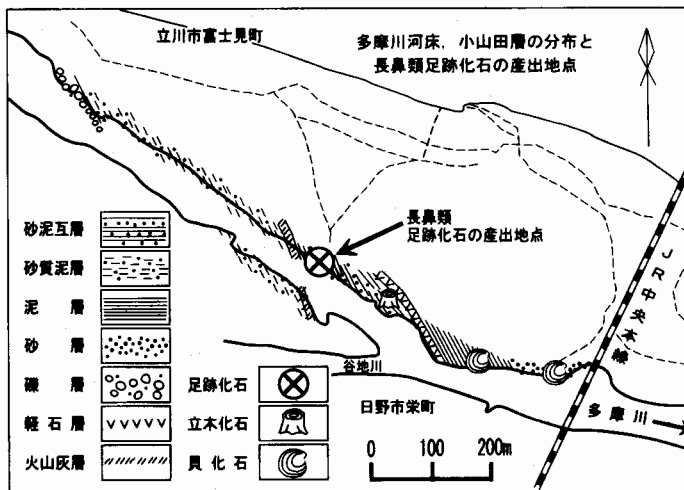


図2 東京都日野市栄町, 多摩川河床の足跡化石産出地点

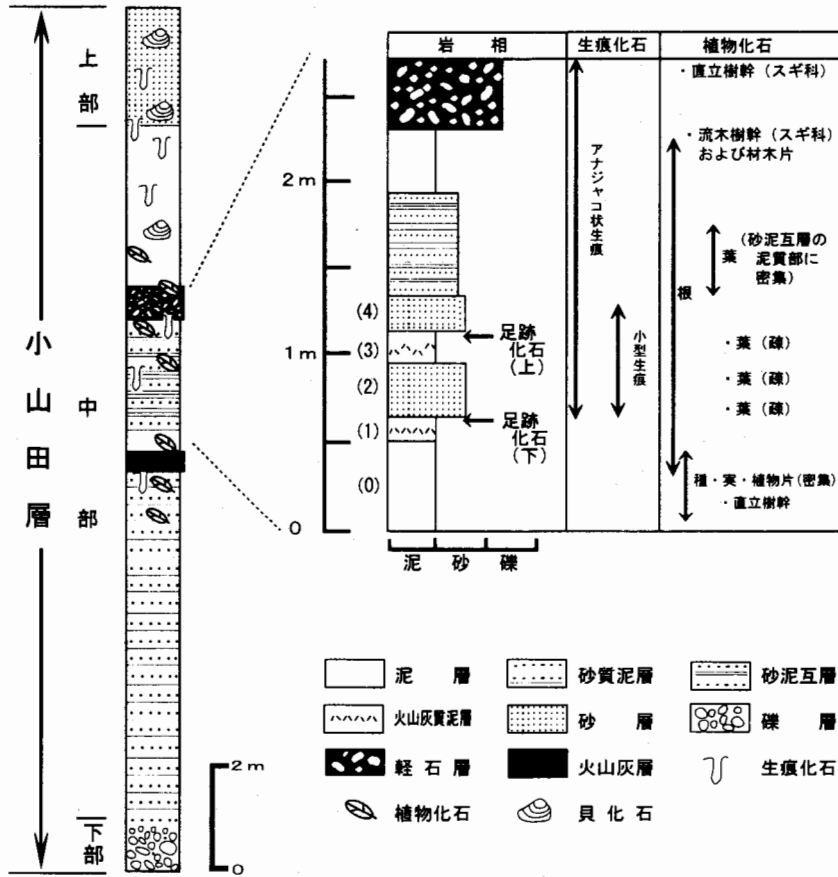


図3 東京都日野市栄町, 多摩川河床に分布する上総層群小山田層の地質柱状図と足跡化石の産出層準

る。

これらの岩相や産出化石の特徴に基づくと、中部泥層のうち、軽石層より下位のものは河口付近の氾濫源や潮汐泥底で形成された堆積物と考えられ、上部に向かって海水の影響が強くなってきているものと考えられる。軽石層から上位の泥層は海生貝化石を特徴とする内湾で形成された堆積物であり、軽石層の基底の侵食面は海進期に特徴的に形成される海成侵食面と解釈される。

[上部砂層]

中部泥層の上位には青灰色中粒砂層が1mとその上に黄褐色泥質砂層が1mほど重なる。中粒砂層には *Ophiomorpha* などの生痕化石が多数認められ、泥質砂層にはオオノガイ (*Mya arenaria oonogai*) などの二枚貝化石が合弁で産するほか、キサゴ (*Suchium costatum*) も多く産出する。岩相や産出化石の特徴から、上部砂層は、中部泥層上部よりも外洋的な環境で、ス

トーム時に砂層の供給を受ける沖合環境を示している。

(2) 古環境の変化

小山田層の礫、泥、砂への変化は、その産出化石から見ても1つの堆積サイクルと解釈できる。下部礫層と中部泥層下部までは陸成層で、軽石層あたりから海の影響が強く現れ、ヒメシラトリやアナジャコの産出する内湾的環境からキサゴなどの棲む浅海へと変化している。今回見つかった足跡化石は、図3に示されるように中部泥層の中部から産出し、陸から海へ環境が移り変わる河口付近の氾濫源で形成されたものと解釈される。

3. 東京都日野市多摩川河床の長鼻類の足跡化石

小山田層中部の砂泥互層から、Halfpenny and Biesiot (1986), Murie (1974), 加藤ほか (1989), 子安 (1993) などに基づいて、長鼻類および偶蹄類と判定さ

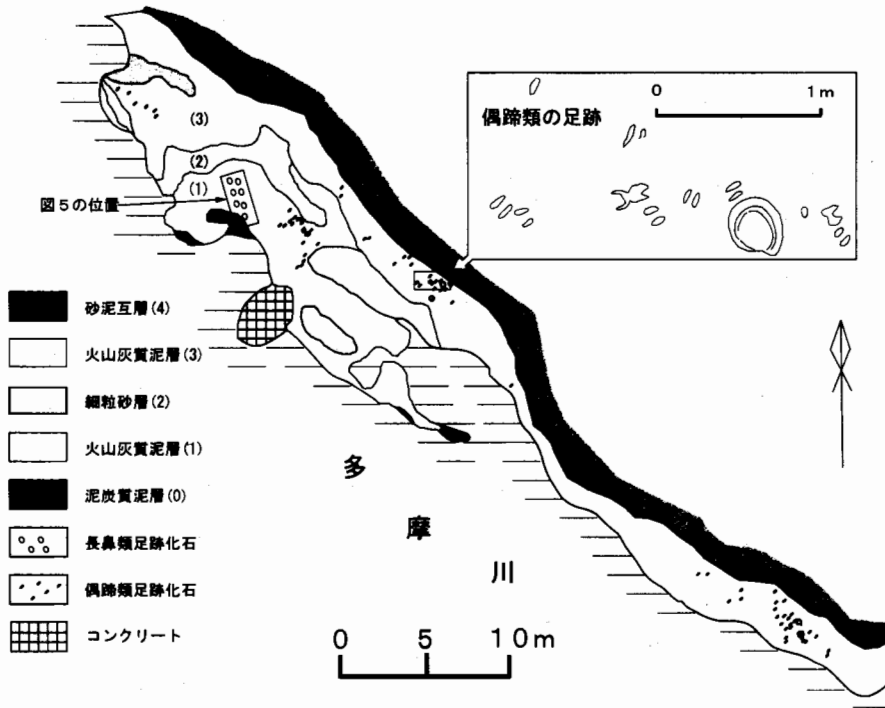


図4 東京都日野市栄町，多摩川河床に分布する上総層群小山田層から産出した長鼻類および偶蹄類足跡石の分布図

表1 東京都日野市栄町，多摩川河床の上総層群小山田層から産した長鼻類足跡化石歩行跡 A の測定値

	後足 (Pes)			前足 (Manus)		
	長さ (cm)	幅 (cm)	深さ (cm)	長さ (cm)	幅 (cm)	深さ (cm)
LP1	ca 20	20	5.5	RM1	20	11.5
RP2	18	14	7.5	LM1	ca 20	1.8
LP2	18	18	7.2	RM2	18	4.3
平均値	18.7	17.3	6.7	LM2	ca 22	4.1
母標準偏差	0.94	2.49	0.88	平均値	20.0	5.4
変異係数	5.05	14.39	13.08	母標準偏差	1.41	3.64
測定数	3	3	3	変異係数	7.07	67.14
95%区間	16.9-20.5	12.4-22.2	5.0-8.4	測定数	4	4
				95%区間	17.2-22.8	0-12.5

後足 (Pes)			前足 (Manus)		
ステップ (cm)	ストライド (cm)	速度 (m/s)	ステップ (cm)	ストライド (cm)	速度 (m/s)
LP1-RP2	74	2.02	RM1-LM1	ca 60	1.92
RP2-LP2	71		LM1-RM2	94	2.21
平均値	72.5		RM2-LM2	69	2.06
	LP1-RP2-LP2	169	平均値	159.5	
	歩角 (°)		測定数	2	
			母標準偏差	14.38	
			変異係数	19.35	
			測定数	3.00	
			95%区間	46.1-102.5	
			平均値	170	



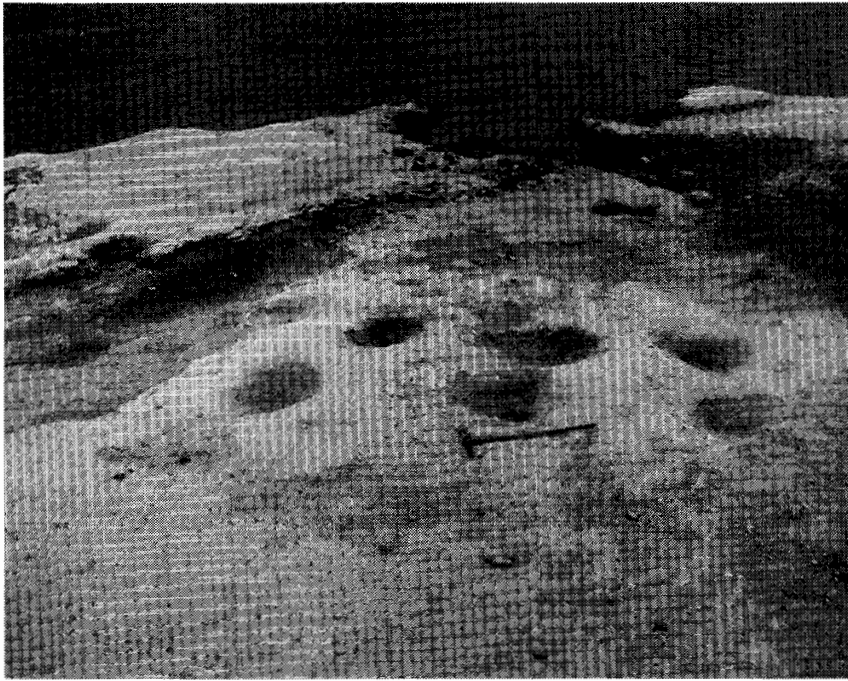


図 5 東京都日野市栄町，多摩川河床に分布する上総層群小山田層から産した長鼻類足跡化石

表 2 東京都日野市栄町多摩川河床の上総層群小山田層から産した長鼻類足跡化石歩行跡 B の測定値

	後足 (Pes)			前足 (Manus)		
	長さ (cm)	幅 (cm)	深さ (cm)	長さ (cm)	幅 (cm)	深さ (cm)
LP1	24	20	12.5	LM1	23	19.0
RP1	23	23	3.0	RM1	20	3.5
LP2	20	20	7.5	LM2	ca 20	7.0
RP2	20	22	11.5	RM2	ca 20	9.7
平均値	22.3	21.0	7.7	平均値	20.8	9.8
母標準偏差	1.70	1.41	3.88	母標準偏差	1.30	5.75
変異係数	7.61	6.73	50.61	変異係数	6.26	58.66
測定数	3	3	3	測定数	4	4
95%区間	19.0-25.6	18.2-23.8	0.1-15.3	95%区間	18.3-23.3	0-21.1

後足 (Pes)			前足 (Manus)		
ステップ (cm)	ストライド (cm)	速度 (m/s)	ステップ (cm)	ストライド (cm)	速度 (m/s)
LP1-RP1	72.5	1.60	LM1-RM2	65	1.27
RP1-LP2	ca 140	1.39	LM1-LM2	127	1.55
LP2-RP2	78	1.5	RM1-LM2	64	1.41
	測定数 145		LM2-RM2	78	133.5
平均値	79.8		平均値	69.0	2
母標準偏差	7.25		母標準偏差	6.38	
変異係数	9.09		変異係数	9.24	
測定数	3		測定数	3	
95%区間	65.6-94		95%区間	65.6-94	

れる足跡化石を発見した。砂泥互層下部には上下2枚の火山灰質泥層を挟み、これらの部分に足跡化石が多産する。下の火山灰質泥層(1)からは長鼻類の平行する2列の連続歩行跡が産し、このほか、偶蹄類の足跡

化石も産出する。また、上の火山灰質泥層(3)からは広い範囲で偶蹄類の足跡化石が多産する(図3, 4参照)。ここでは火山灰質泥層(1)から産した長鼻類足跡化石について述べる。

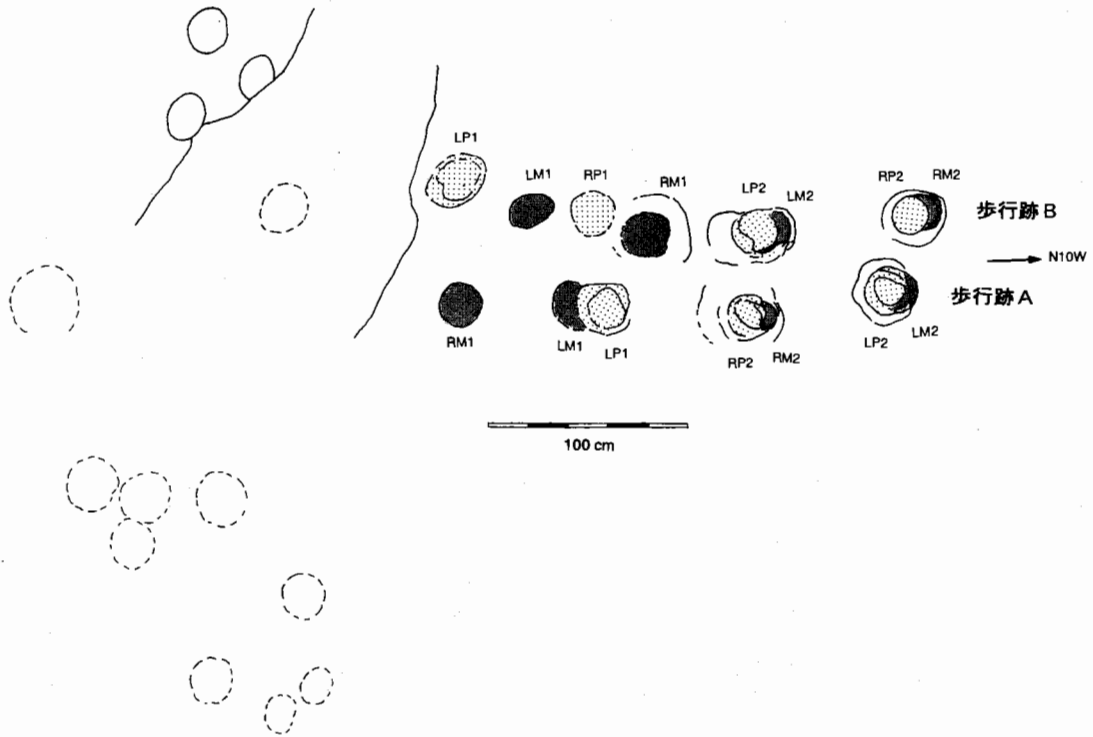


図 6 東京都日野市栄町，多摩川河床に分布する上総層群小山田層から産した長鼻類足跡化石の概略図

長鼻類 (proboscids) は、ゾウ類、マンモス類やステゴドン類を含み、長い鼻を持つことで特徴づけられる。長鼻類の足跡は前足のものが円形で、後足のものは長円形である。東京都多摩動物公園のタマオと命名されたアフリカゾウのそれらは、1998年5月の計測で前足の足跡が長さ50 cm、後足の足跡が長さ60 cmである。歩行跡の幅は狭い。歩行跡は、一般的に前足がつく位置を後足が追う。これは、慎重な歩みの時に顕著である。しかし、採餌や安心した際の歩行時には、前足がつく位置と後足がつく位置はランダムである。

#### (1) 足跡の特徴

大型の足跡からなる四本足歩行動物の歩行跡である(図5, 6)。前足 (Manus) はほぼ円形で、その先端は半円形の凸凹を呈する指の跡が見られる。長さが18-23 cmで、幅が18-20 cmである。後足 (Pes) は前方が後方に比べてやや大きい長円形で、その先端はかすかに半円形の凸凹を呈する指先の跡が見られる。長さが18-20 cmで、幅が14-22 cmである。これらの前足と後足の足跡の形態は、現生のアジアゾウやアフリカゾウでは前足が円形を、後足が長円形をなす特徴と類

似する。

歩行跡は幅が非常に狭く、歩行跡 A では36 cm、歩行跡 B では46 cmである。これは、2つの歩行跡が僅かに左にカーブしていることによると思われる。歩角は、歩行跡 A では前足の足跡 (Manus) は $161^\circ$ と $177^\circ$ で、後足の足跡 (Pes) が $171^\circ$ と $172^\circ$ で、歩行跡 B の前足の足跡 (Manus) は $163^\circ$ と $177^\circ$ で、後足の足跡 (Pes) が $169^\circ$ で、効果的な歩行を示す。歩行跡 A では、前足の足跡 (Manus) のステップが60-94 cmで、ストライドが153 cmと166 cmで、後足 (Pes) のステップが71 cmと74 cmで、ストライドが140 cmと150 cmである。また、歩行跡 B では、前足の足跡 (Manus) のステップが64-78 cmで、ストライドが127 cmと140 cmで、後足 (Pes) のステップが72.5-87 cmで、ストライドが140-150 cmである(表1, 2)。

歩行跡 A では、RM2とLM2がRP2とLP2に踏まれて足跡の底が階段状(図7)を呈する。歩行跡 B でもLM2とRM2がそれぞれLP2とRP2に踏まれた特徴が認められる。この前足の足跡が後足のそれに



図7 前足の足跡が後足の足跡に踏まれていることを示す。これにより歩行の方向が決められる。歩行跡 A の RM2 と RP2

踏まれている特徴から、歩行方向を決めることができる。歩行跡 A と歩行跡 B は両方とも、 $S10^{\circ} E$  から  $N10^{\circ} W$  への方向を呈する。

## (2) 比較

この足跡は、滋賀県甲西町の野州川の古琵琶湖層群から産出した長鼻類の足跡（野州川足跡化石調査団、1995）に類似する。しかし、足跡の大きさは、日野市多摩川河床の足跡が長さ 20 cm 程で、古琵琶湖層群の足跡では長さが 30 cm で、日野市多摩川河床の足跡の方が小さい。また、歩行幅は、日野市多摩川河床の足跡が 23-29 cm で、古琵琶湖層群の足跡では 40-50 cm である。さらに、後足のストライドは、日野市多摩川河床の歩行跡では 140-150 cm である。古琵琶湖層群の足跡ではストライドにほぼ相当する復歩長として 200-240 cm が記載されており、日野市多摩川河床の歩行跡のほうが短い。しかし、後足の歩角は日野市多摩川河床の歩行跡では  $169^{\circ}$ - $172^{\circ}$  で、古琵琶湖層群の足跡では  $130^{\circ}$ - $140^{\circ}$  で、日野市多摩川河床の歩行跡のほうが大きく、日野市多摩川河床の足跡を印した動物の方が効果的な歩行である。

また、長野県野尻湖底産の後期更新世の行跡 1 と命名されたナウマンゾウとされる足跡（野尻湖発掘調査団足跡古環境班、1992）と比較すると、行跡 1 の後足の足跡の長さは 30-40 cm で、幅は 22-29 cm で、サ

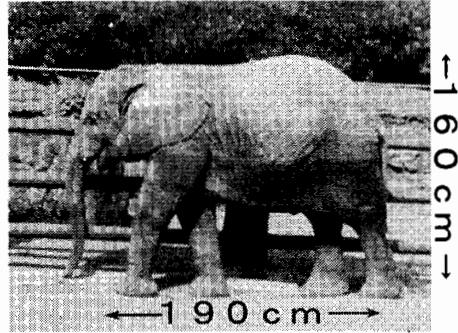


図8 東京都多摩動物公園のアフリカゾウ（仔ゾウのパオ、2歳）。頭尾長 190 cm、腰高長 160 cm、歩幅 140 cm、体重 800 kg

イズは日野市多摩川河床の足跡に比べて大きい。また、後足のステップにほぼ相当する歩幅が 115-135 cm ほど、ストライドにほぼ相当する復歩長が 216-240 cm 程で、日野市多摩川河床のそれらより長い。

## (3) 足跡を印した動物の大きさ

一組の左右の前足の足跡の長さの midpoint と一組の左右の後足の足跡の長さの midpoint を結ぶとその足跡を印した動物の胴体の長さが求められる。歩行跡 B を印した動物では LP1 と RP1 を結ぶ midpoint と LM2 と RM2 を結ぶ midpoint の距離は 161 cm である。歩行跡 A を印した動物では一組の左右の前足が LM2 と RM2 を印した時の、一組の左右の後足は左 (LP1) 足跡が現在観察できるだけである。右足跡は観察できない。もし、右足跡が歩行跡 A の一連の足跡が印されている地層面の端の直ぐ外側に印されていたとすれば、その端と LP1 の距離の midpoint が歩行跡 A を印した動物の胴体の後ろの位置になる。胴体の長さは 175 cm 以上が見積もられる。

東京都多摩動物公園のアフリカゾウのパオと命名された仔ゾウ（図 8）の、2000 年 5 月の計測では、一組の左右の前足の足跡の長さの midpoint と一組の左右の後足の足跡の長さの midpoint を結ぶ長さは、140 cm である。パオは、頭尾長が 190 cm、腰高が 160 cm である。

日野市多摩川河床の足跡を印した長鼻類では歩行跡 A と歩行跡 B では後足の足跡の長さは平均はそれぞれ 18.7 cm と 20 cm で、パオの後足の足跡の長さの 35 cm と比べて小さい。しかし、一組の左右の前足の足跡の長さの midpoint と一組の左右の後足の足跡の長さの midpoint を結ぶ長さは、歩行跡 A と歩行跡 B を印した動物ではそれぞれ 175 cm と 161 cm で、パオに比べて多少長い。日野市多摩川河床の足跡では、足跡の大き

さに比べて、胴体は多少長く見積られる。ケニアのアンボセリ国立公園とツァボ国立公園で印された現生のアフリカゾウの足跡では、後足の足跡の幅と長さの間に一次関数が成立することが示された (Western and Moss, 1983)。この関数に基づけば、歩行跡 A では後足の足跡の平均の長さが 18.7 cm なので、20.7 cm が算出される。また、歩行跡 B では後足の足跡の平均の長さが 20.0 cm なので、21.8 cm が算出される。歩行跡 A と歩行跡 B の後足の足跡の幅の実測値は、それぞれ 17.3 cm と 20.3 cm で、この関数により見積られる大きさより小さい。これは、足跡が印された後に水気を含んだ堆積物が流動し、実際の足跡の形から多少変形し、足跡が小さいサイズで保存されたことを示す。

#### (4) 歩行の速度

歩行の速度は、胴体の下に脚が存在し歩行する動物では、種類が異なっても相対歩幅と無次元速度から見積ることができる (Alexander, 1976)。Alexander (1976) では腰の高さを見積もる尺度として、恐竜では足跡の長さの 4 倍とした。しかし、ケニアのツァボ国立公園で示された現生のアフリカゾウの足跡のサイズと肩の高さ (= 腰高) は、ほぼ 5 倍であることが示された (Western and Moss, 1983)。また、東京都多摩動物公園の 6 頭のアフリカゾウでも 5 倍程が見積もられる。とくに、前述のパオと命名された仔ゾウの 2000 年 5 月の計測結果では、後足の足跡の長さが 35 cm、腰高は 160 cm なので、その 4.6 倍ほどが腰高である。したがって、腰高を足跡の 5 倍として見積もると、日野市多摩川河床の歩行跡 A を印した動物の腰高は 93.5 cm で、歩行跡 B を印した動物の腰高は 111.5 cm である。これに基づき、歩行速度を見積もると、歩行跡 A を印した動物では 1.79–2.02 m/s (6.44–7.3 km/h) が、歩行跡 B を印した動物では 1.39–1.60 m/s (5.0–5.8 km/h) が算出される。

#### (5) 足跡を印した動物の年齢

現生のアフリカゾウの足跡のサイズと年齢との関係が、ケニアのアンボセリ国立公園の 143 頭を基に示された (Western and Moss, 1983)。143 頭は、足跡の長さが 38.6 cm 以下の 15 歳以下のものからなる。足跡の長さから年齢の相関関係を求めると、成長曲線が描かれ、足跡の長さが 45 cm で漸近するフォン・バーターランフィ成長曲線に近似され、この成長曲線の一般式が示された。この一般式に基づく、足跡の長さが 20 cm では 0.3 歳が、26 cm では 3.4 歳が求められ

る。

東京都多摩動物公園のアフリカゾウのパオは、1998 年 4 月 25 日に誕生し、2000 年 4 月で、2 歳である。2000 年 5 月 12 日に、前足と後足の足跡の長さ 25 cm と 35 cm がそれぞれが計測された。これは、アンボセリ国立公園の 143 頭を基に示された足跡の長さから導き出された年齢の見積もりでは、前足の足跡の長さ 25 cm に基づけば 2.1 から 3 歳に相当し、後足の足跡の長さ 35 cm に基づけば 9.1–12 歳に相当する。前足の足跡に基づいた見積もりの方が現実に近い値を示す。しかし、一般的に、野生のゾウは、飼育された動物園のゾウに比べて小型である。

日野市多摩川河床の足跡を印した長鼻類は、足跡が印されている地層が更新世であることや日本の同時代から産出する長鼻類の骨格化石 (徳永, 1934, 亀井ほか, 1988) から、アケボノゾウの仲間であり、現生のアジアゾウ程度の大きさと考えられる。アジアゾウは、アフリカゾウに比べて小型である。たとえば、パオのサイズ (頭尾長が 190 cm、腰高が 160 cm) は、アジアゾウでは 5–6 歳の個体のサイズに相当する。パオの足跡の長さ (前足: 25 cm; 後足: 35 cm) と胴体の長さ (140 cm) から推定すると、日野市多摩川河床の歩行跡 A (前足: 20 cm; 後足: 18.7 cm; 胴体の長さ: 174 cm) と歩行跡 B (前足: 20.8 cm; 後足: 22.3 cm; 胴体の長さ: 161 cm) を印した長鼻類の身体の大きさは、パオのそれにほぼ一致すると見積もられる。足跡の長さはパオの方が多少長く、胴体の長さはパオの方が短い。パオのサイズはアジアゾウでは、5–6 歳の個体のサイズに相当するので、日野市多摩川河床の足跡を印した歩行跡 A と歩行跡 B の年齢は、ともに 5–6 歳の個体であると推定できる。

現生のアジアゾウやアフリカゾウは、群れで生活する。アンボセリ国立公園では、17 の群れからなる 143 頭のアフリカゾウの足跡について、年齢ごとの個体数の割合が調べられ、3 歳以下と 3 歳から 15 歳までの 2 つのグループが認められた (Western and Moss, 1983)。日野市多摩川河床の足跡を印した長鼻類は、足跡化石の大きさから推定すると 5–6 歳なので、ゾウの群れでの生活様式からすると、この足跡を印した長鼻類は仲間と群れていたものと考えられる。2 つの左にカーブする平行する歩行跡は群での行動を示す。しかし、2 つの歩行跡の間が 50 cm 程度のこと、歩行速度が異なることから足跡を印した 2 匹の長鼻類は、多少の時間差をもって歩いたものと解釈できる。歩行

跡 A のほうが多少速いので、群より速く歩いたのか、群から遅れないように速く歩いたことが考えられる。ゾウの群れは、一般的に、その中心は年齢の高いメスからなる「女系家族」である。オスは、成長して年齢が高くなると群れの中心から離れる。アンボセリ国立公園で示された足跡に基づく群れの年齢構成では、足跡の大きい 10 歳以上の 9 頭の個体は全てメスで、オスは 8 歳以下の個体だけである (Western and Moss, 1983)。日野市多摩川河床の歩行跡 A と歩行跡 B の足跡を印した長鼻類は 5、6 歳と推定できるので、雌雄の区別なく群れを構成する 2 頭であったと考えられる。

#### 4. 教材としての素材の評価

日野市多摩川河床産の足跡化石を基にして、教材化の可能性を考察する。

##### (1) 二足動物か四足動物か

足跡を残した動物が二足動物か四足動物かを判定する教材を考えてみよう。たとえばヒトは左右の足を交

互に出し、これを繰り返して歩いたり走ったりする。多少の個人差はあっても、右左右または左右左の足跡がつくる歩角は  $180^\circ$  に近く、効果的な歩みをする (図 9)。鳥や二本足歩行の恐竜も同様である。二本足歩行の動物の足跡の一般的な特徴は、左右の足跡の交互の繰り返し、歩角が大きい、歩行跡の幅が狭い、左右の足跡の形が同じことが挙げられる。一方ゾウのような四本足歩行の動物は、前足が後足に踏まれて欠落していたり、歩角が小さく、歩行跡の幅が広い。また前後の足跡の形が異なることがある (図 9)。児童・生徒にこれらのことを気づかせるために、次のような比較データを収集するための実験をさせるのが有効であろう。

乾いたアスファルト路面に水をしみこませた大きなマットを敷き、そこに二足歩行の代表としてヒトを歩かせる。その時に足跡がつくので、左右の足の運びを観察させる (図 10)。また、家で飼っているイヌやネコを四足動物の代表として歩かせて、4 本の足跡をつけ、それらの足の運びを観察する。水ではアスファ

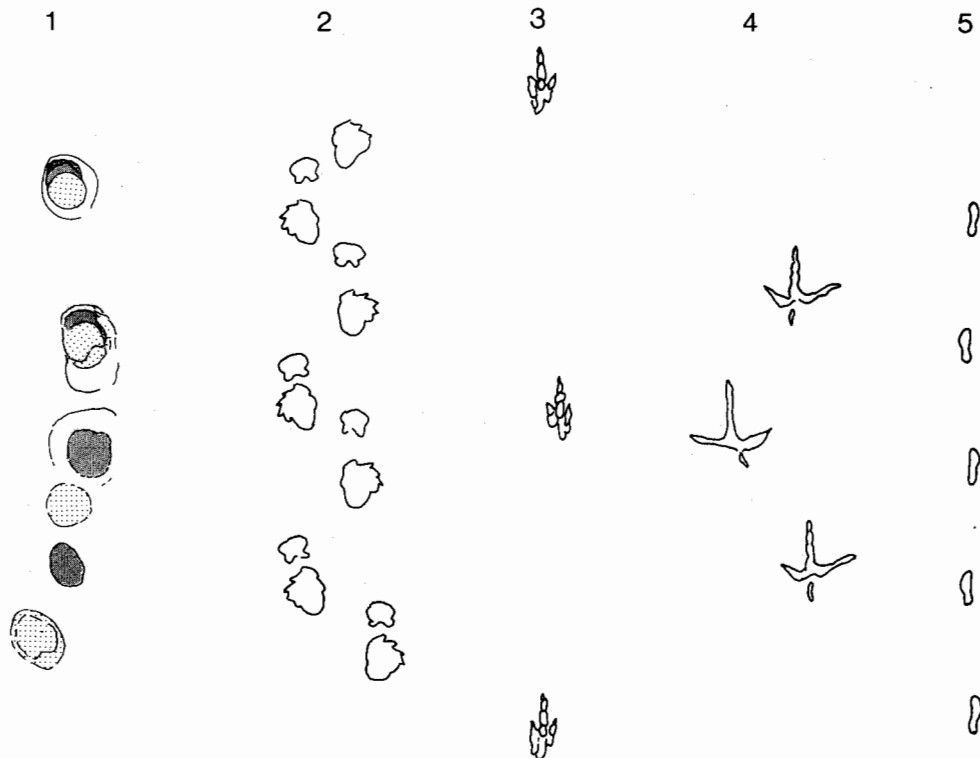


図 9 いろいろな動物の歩行跡

1. 東京都日野市栄町多摩川河床に分布する上総層群小山田層から産した長鼻類の足跡、
2. 四足歩行の恐竜、
3. 二足歩行の恐竜、
4. 鳥類、
5. ヒト。

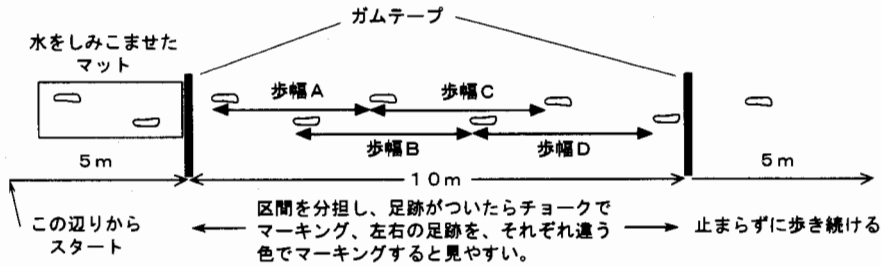


図 10 ヒトの歩行跡計測の方法

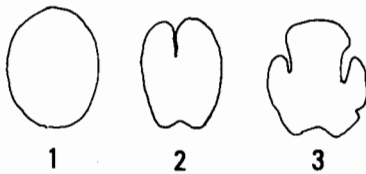


図 11 いろいろな動物の足型

1. ゾウ, 2. ラクダ, 3. サイ.

ト路面についた足跡が消えやすいので、墨汁をしみこませたタオル上を踏んで白い紙の上に足跡をつける工夫が必要かも知れない。この場合、イヌやネコなどの動物は警戒してなかなか歩かないのが普通であるが、このデータは不可欠である。

こうして得られた歩行跡から、①左右の足の運び様子、②歩行跡の幅、③歩角の角度（これは、前後左右の足跡が決定できた後に可能）などを観察・計測する。そして、これらのデータと日野市多摩川河床の歩行跡の化石について得られたデータを比較して、ヒトのような二足歩行動物の歩行跡に類似しているのか、イヌやネコなどのような四足動物が歩いた跡なのかを判定する。

## (2) 動物の種類

足跡を印した動物の種類を推定する教材を考えてみる。足跡からそれを印した動物の種類を絞り込むには、その大きさ、足跡の形、歩行跡の特徴を観察する必要がある。

この教材では、まず、大きさからアプローチさせる。日野市多摩川河床産の足跡化石の長さが 20 cm（足跡化石ではアンダープリントとして産出することが多々あるが、その場合、足跡を印した動物の足裏の長さは 10~20% 減として見積もる）ほどなので、このサイズに達する動物として、現生の四足動物ではどのような動物がいるかを考えさせる。ゾウ、ラクダ、サイな

どの大型の動物が候補に挙げられることになる。

そこで次に、足跡の形から考えさせる。ラクダは 2本の足指を、サイは 3本の足指を持つので、5本の足指を持つゾウとは足跡の形態が異なる（図 11）。ただし、足跡化石がアンダープリントとして産出した場合、足跡の輪郭は不明瞭になり、足指の詳細までは観察できないのが一般的である。日本では、これまで発見された大型の円形の足跡はゾウが印したものとされている。また、ゾウの骨格化石や歯の化石が全国各地から発見されているので、鮮新-更新世の日本には多くのゾウが生息していたと考えられている。このような情報を収集させることができれば、大型の円形の足跡はゾウが印したとする解釈をより一層確実にすることができる。

## (3) 動物の大きさ

足跡を印した動物の大きさを推定する教材を考えてみる。足跡から四肢動物の大きさを見積もる目安の一つとして、一組の左右の前足の足跡の長さの midpoint と一組の左右の後足の足跡の長さの midpoint を結ぶとその足跡を印した動物の胴体の長さが求められる方法が挙げられる（図 12）。これは、現生の四肢動物のみならず、四本足の恐竜のサイズを見積もる際にも利用できる。

(1)と同じく、乾いたアスファルト路面に水をしみこませた大きなマットを敷き、家で飼っているイヌやネコを歩かせて、4本の足跡をつけさせる。この方法で、左右の前後の足跡から、胴体の大きさが求められることを確かめさせる。

日野市多摩川河床の歩行跡の化石について、前後の左右の足跡を決めた後、大きさを見積もる。

東京都多摩動物公園のパオと命名されているアフリカゾウの胴体の長さ（図 8）と比較させる。日野市多摩川河床の足跡化石を印した動物のサイズを見積もることができる。

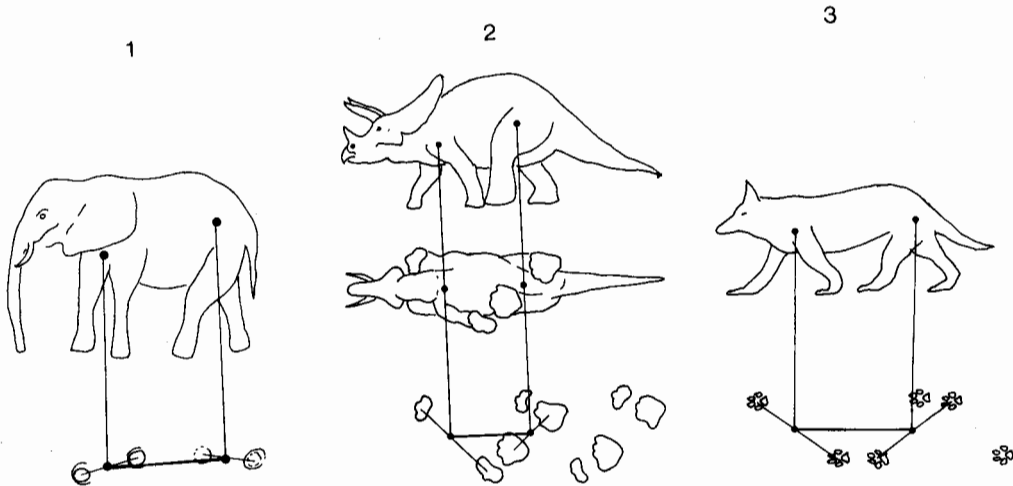


図12 歩行跡からその動物の大きさを推定する方法  
1. ゾウ, 2. 恐竜, 3. イヌ.

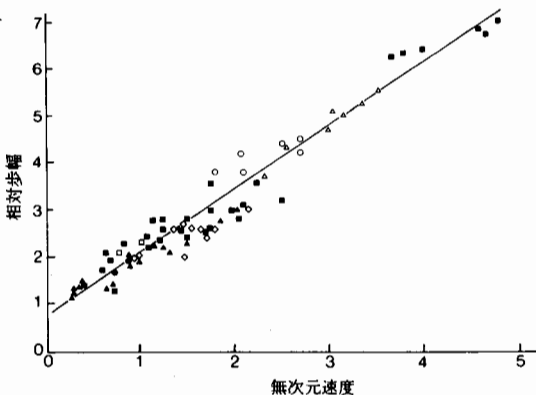


図13 人間 (○), ダチョウ (●) (二足歩行の動物), イヌ (■), ゾウ (□), サイ (◇), ヒツジ (△), ラクダ (▲) (四足歩行の動物) の相対歩幅と無次元速度の関係を示すグラフ (Alexander, 1989) を改変

ゾウの足跡の長さの5倍は、肩の高さ (=腰高) である。ケニアのツァボ国立公園で示された現生のアフリカゾウの足跡のサイズと肩の高さ (=腰高) のグラフを示すか、東京都多摩動物公園の6頭のアフリカゾウを観察して足跡の長さの5倍程になることを確かめさせる。ゾウの足跡の長さは、前後で異なる。しかし、現生のゾウを速くで観察し、見積もる分にはその相違には気がつかない。

日野市多摩川河床の足跡化石について、足跡の長さを測定し、平均値を算出させる。そして、その値を5倍して、肩の高さ (=腰高) を求める。東京都多摩動

物公園のパオと命名されているアフリカゾウの腰高 (図8) と比較させる。

(4) 動物の歩行速度

足跡を印した動物の歩行速度を求める教材として、松川ほか (1997) と小荒井・松川 (1999) では、恐竜の足跡化石の長さとストライドからその足跡を印した恐竜の歩行や走行の速度を見積もる教材が開発されている。この教材は、恐竜の足跡を素材にしたものであったが、ほかの動物の足跡でも方法論は全く同じである。そこで日野市多摩川河床の足跡化石を印した動物の歩行速度の求め方を、以下に松川ほか (1997) に基づき、簡略化した方法で示す。

- a) 足裏の長さ、ストライド: 足跡化石から実測
- b) 足裏の長さから腰高を求める: 腰骨までの高さ = 足裏の長さ × 5
- c) 相対歩幅を求める: 相対歩幅 = ストライド / 腰骨までの高さ
- d) 相対歩幅と無次元速度の関係を示すグラフ (図13) を用いて、c) の式から得られた相対歩幅の値に相当する無次元速度を読みとる。
- e) 無次元速度 = 歩く速度 / (腰骨までの高さ × 重力加速度)<sup>0.5</sup> の式に b), d), 重力加速度の値を入れる。歩く速度のみが未知数なので歩く速度が算出される。これが求めたい速度である。

## 5. 教材化の意義

### (1) 地域の自然教材

高橋・岡村(1996)によると、日本における足跡化石の特徴は、①その産地は全国に広がること(東北地方から近畿地方まで)、②その産出年代が鮮新-更新世に集中すること(50あまりの産地の内40以上)、③鮮新-更新世の足跡化石のほとんどはゾウおよびシカであること、などを挙げている。これらのことから、我が国の多くの地域ではゾウの足跡化石の産地が身近に存在することが分かる。さらにその地質学的時代は鮮新-更新世であるから、一部地域を除き山深い不便な場所ではなく、平野から丘陵部にかけての比較的アクセスしやすい場所に所在することになる。

また、この多摩川の産地の例に見られるように、河床という開けた環境に露頭が存在する場所も多い。したがって、ゾウの足跡化石は地域の自然教材として、我が国の多くの教育現場で活用できるものと考えられる。我が国でも近年、恐竜の足跡化石の発見が相次いでいるが、身近であるという点ではゾウの足跡化石の方が勝っている。

### (2) 動機付け

恐竜人気に象徴されるように、大型の古生物の多くは学習の動機付けとしての効果が大きいと考えられる。そのような意味で、新生代の大型陸上ほ乳類の代表であるゾウも、その印象の度合いから判断すると、学習の動機付けとしての効果が大きいと期待できる。さらに児童・生徒の居住する地域(あるいはその近く)に産出するという点であれば、その効果はさらに高まるであろう。

### (3) 科学研究成果の教育への還元

恐竜やゾウなどの大型の古脊椎動物はその印象度が強い反面、近年まで教材化される機会はほとんどなかった。その原因はいろいろあるものと思われるが、その一つに基礎科学の研究と教科教育の研究をつなぐ人材が極端に不足している結果と考えられる。古生物を対象とする学問分野は自然史科学と呼ばれるが、近年この分野の研究成果はめざましいものがある。しかしながら、たとえば現行の高等学校地学の教科書では、その成果が速やかに反映されている箇所は古生物学分野に限っても、一部を除き少ない。その結果、恐竜の記載的な知識が豊富な児童・生徒(多くは独学)はいても、科学的な興味を学校教育の現場で伸張させることは困難であった。幸いにもゾウは現生種が存在

しており、しかも動物園などで容易に観察することができる。従来観察やスケッチだけで終わっていた古生物教材が、科学的な手法を用いることによって演繹的に扱うことが可能となる。

## 6. まとめ

化石教材のうち、恐竜の足跡からその足跡をつけた動物の速度を見積もる実験教材は、いわゆる「動的な実験」として位置づけられている。しかし、恐竜の歩行跡の化石の産出がまれな日本では、比較的多く産出しているゾウやシカの歩行跡を用いて、実験できる可能性がある。筆者らは東京都日野市の多摩川河床に広がる更新世の地層から、大型四肢動物の歩行跡を発見した。これを教材化するために、まず素材の足跡化石を研究し、それに基づき教材化の可能性を検討した。

その結果、筆者らが発見した足跡はゾウの足跡で、ほぼ南から北へ向かった2列の歩行跡である。足跡化石を印した動物の大きさ、年齢や歩いた速度を見積もるために、ケニアの現生のアフリカゾウや東京多摩動物園のアフリカゾウやアジアゾウと比較した。2つの歩行跡を印した動物は、胴体の長さがそれぞれ175cmと161cmで、群れを構成していた5~6歳ほどの2匹の個体であると推定される。

この素材研究に基づいて、足跡を残した動物の足の数については、ヒト、イヌやネコの足の運びの様子、歩行跡の幅、歩角の大きさなどを実験的に調べて、それらと比較することで推定が可能である。また、足跡化石のサイズから、現生の大型四肢動物との比較が可能である。さらに、「恐竜とかけっこ」の教材化の手法を用いると足跡から歩行速度の導きが可能でもある。

この足跡化石は、東京から報告されたまれなゾウの足跡で、連続歩行のものとしては極めて学術的価値が高く、その地学教育への利用価値も高いものと評価できる。

**謝辞** 本論文に関して東京都多摩動物公園北園飼育係ゾウ班の関井照治、片柳雅之、飛田英一朗、乙津和歌、および寺田光宏の各氏には同園のアフリカゾウとアジアゾウについての計測にご協力いただいた。また、成長に関するデータを見せていただき、現生のゾウのサイズ、行動や生活様式についてお教えいただき、足跡化石について議論をしていただいた。厚くお礼申し上げる。

本研究の費用の一部は、とうきゅう環境浄化財団助



成金(代表:馬場勝良,2000-2001)と文部省科学研究費地域連携研究 課題番号 1179102(代表:松川正樹,1999-2001)を使用した。また、足跡のレプリカ作成に関して援助をいただいた慶応義塾に、深く感謝する。

## 引用文献

- Alexander, R. M. (1976): Estimates of speeds of dinosaurs. *Nature*, **261**, 129-130.
- Alexander, R. M. (1989): *Dynamics of Dinosaurs and Other Extinct Giants*. Columbia University Press, New York, 167 p.
- 馬場勝良・松川正樹・林 明・藤井英一・宮下 治・相場博明(1986): 地域を生かした地質教材の一試案—立川市南方の多摩川河床を例として。地学教育, **39**, 193-201.
- Halfpenny, J. C. and Biesiot, E. A. (1986): *A Field Guide to Mammal Tracking in Western America*. Johnson Publishing Company, Colorado, 161 p.
- 寿円晋吾(1966): 多摩川流域における武蔵野台地南部の地質(1)。地学雑, **75**, 185-199.
- 亀井節夫・河村善也・樽野博幸(1988): 日本の第四系の哺乳動物化石による分帯。地質学論集, **30**, 181-204.
- 加藤由子・ヒサクニヒコ・中川志郎(1989): どうぶつのあしがたずかん。47 p. 岩崎書店(東京)。
- 小荒井千人・松川正樹(1999): 「恐竜とかけっこ」の授業実践と改良。地学教育, **52**, 23-30.
- 子安和弘(1993): フィールドガイド足跡図鑑。日経サイエンス社, 178 p.
- 松川正樹・馬場勝良・藤井英一・宮下 治・相場博明・坪内秀樹(1991): 多摩川中流域に分布する上総層群の古環境解析とそれに基づく地質野外実習教材の開発。多摩川環境調査助成集, **13**, 270 p.
- 松川正樹・小荒井千人・榎原雄太郎(1997): 「恐竜とかけっこ」の教材開発。地学教育, **50**, 217-227.
- Murie, O. J. (1974): *A Field Guide to Animal Tracks*. Houghton Mifflin Company, Boston, 375 p.
- 野尻湖発掘調査団足跡古環境班(1992): 上部更新統の野尻湖層で発掘されたナウマンゾウの足跡化石。地球科学, **46**, 385-404.
- 大山田村服部川足跡化石調査団(1995): 三重県阿山郡大山田村服部川足跡化石調査報告。大阪市立大学理学部地球学教室, 23 p.
- 高橋啓一・岡村喜明(1996): 鮮新-更新世における足跡化石の意義。日本古生物学会1996年年会予稿集, 129.
- 高野繁昭(1994): 多摩丘陵の下部更新統上総層群の層序。地質雑, **100**, 675-691.
- 徳永重康(1934): 横浜市及び神奈川県柿生村発見の象化石に就いて。地質学雑誌, **46**, 363-371.
- 野洲川足跡化石調査団(1995): 野洲川(甲西町)の古琵琶湖層群足跡化石。琵琶湖博物館開設準備室研究報告, **3**, 1-134.
- Western, D. and Moss, C. (1983): Age estimation and population age structure of elephants from footprints dimensions. *Journal of Wildlife Management*, **47**, 1192-1197.

馬場勝良・松川正樹・小荒井千人・林 慶一・大久保 敦・伊藤 慎: 足跡化石を基に動物を動かそう—恐竜の方法をゾウに応用して— 地学教育 **53** 巻 6 号, 269-281, 2000

〔キーワード〕 長鼻類, 足跡化石, 東京都日野市, 小山田層, 「動」的地学実験

〔要旨〕 「動」的地学実験として位置づけられる実験は、学習者自身のデータの収集とその解析が不可欠である。

日本では比較的産出の多い大型四肢動物の足跡化石は、連続歩行が印されている場合があり、過去の動物の歩行速度、大きさ、年齢等を見積もるには適している。東京都日野市多摩川河床の更新統の上総層群小山田層から産出した足跡化石について記載し、それを基に足跡化石を用いた教材開発の可能性を述べた。

Katsuyoshi BABA, Masaki MATSUKAWA, Kazuto, KOARAI, Keiichi HAYASHI, Atsushi OKUBO and Makoto ITO: Let's Reanimate Ancient Animals Based on Elephant Tracks for Possible Teaching Development. *Educat. Earth Sci.*, **53**(6), 269-281, 2000

~~~~~  
本の紹介  
~~~~~

化石研究会編 化石の研究法—採集から最新の解析法まで—  
B5判 388頁 2000年8月1日初版 8,500円＋税、共立出版

この度、化石研究会(略称「化石研」)編による「化石の研究法」が大幅に書き改められ、装いも新たに出版された。旧版が刊行されたのは1971年であるから、実に30年ぶりのことである。

旧版が共立出版より刊行されたのは1971年のことで、同書のまえがきにも述あるとおり、「Abelson(米、1954)の化石アミノ酸検出を機に、にわか近代化を叫び出した我が国古生物学界」の状況と、「すでに戦前から古典的な古生物学に飽きたらず、近代的な生物学によりどころを求めた研究を試みてきた」化石研究会(1958年設立)の先駆者たちの「実践の経験をふまえて、近代的な古生物の研究手段を、同好の士や後輩に紹介」する目的でまとめられたものであった。

執筆者も、編集委員を含め、当時第一線で世界的レベルの成果を上げておられた方がたに、新しい研究に向かって歩みはじめた若手の方がたが加わった42人をそろえ、構成も、まず、古典的な研究方法を総括(第1章)したうえで、電子顕微鏡を中心にした光学的(引用ママ、なお、『形態学的』という表現の方が適当だという編集委員側からの指摘もある)手段(第2章)、生化学およびX線の手法による研究方法(第3章)が、最後(第4章)に、実験導入した研究法が紹介され、古生物学が目指すべき方向が明確に示されていた。当時すでに化石の研究から離れ教職にあった筆者にとっても、同書がその後の教材作りやクラブ指導のうえで手放せない指導書となった。

今回の新版が出されるまでの30年間に、旧版が目指した「古生物学の近代化」は国内においても着々と実を結び、研究のレベルアップはもとより、それを支える研究者の数でも裾野の広がりが見られるようになってきた。その様子は、本書の執筆者が編集委員も含めて85人に倍増していることからもうかがいしれる。

研究面でも、この30年間に、堆積学におけるシーケンスに根ざした手法や、生物圏から岩石圏への生物遺骸の移行過程を考察するタフォノミーなど「新しい観点での野外における化石の産状の観察法や、さまざま

な化石の分析法が急速に進歩し」(新版「まえがき」より、以下「」内同)、「化石の形成機構、化石の微細構造、硬組織の系統進化、古生態」、さらには「コンピューターを用いたシミュレーションや系統分類、古生化学から分子生命科学へなど、近代的な機器の開発とそれらの導入によって、新しい古生物学の分野が開拓され、日本における古生物学の中に定着」するまでに至った。このような国の内外における学界の進展を踏まえた「新しい解説書として」の役割を担うべく本書が刊行されたわけである。

四部構成からなる本書では、まず、「野外調査と室内処理(第I部・基礎編)」で「野外調査からはじまり、室内でのクリーニング・同定にいたる過程の手法」が丁寧に述べられ、その記述を通じ化石の研究にとって欠かせない「現生生物への精通とその研究手法の習熟」および「野外調査の実践をとおして身につけるべき地質学の知識」の大切さが強調されている。

この第I部を受ける形で、「第II部・各論……分類ごとの研究法では、微化石から大型化石まで分類群ごとに、研究手法を中心」にした解説に多くのページが割かれ、つづく「第III部……機器分析法では、化石や硬組織の形態研究に利用できる各種の顕微鏡、無機物・有機物の組成分析や構造解析のための機器について」、最後の「第IV部……新しい研究法」では、「分子古生物学、コンピューターによる形態進化や系統の解析・機能の復元、実験古生物学に必要な生物の飼育法について概説」が、それぞれなされている。

本書も旧版同様、「化石の研究や教育に携わる学生や研究者」、さらには「化石愛好者にとって格好な研究手法の手引書として執筆された」ものであるが、学校現場の教師も多数執筆に加わっており、それだけに、学校における化石の教材化や実習指導、クラブ指導等のヒントが満載された格好の指導書といえるであろう。

新しい視点で撮られたカラー口絵をはじめ図表の教材の価値も高いし、見るからに地質学と生物学に根ざした古生物学をイメージさせるオレンジ色の表紙カバーも本書のさらなる斬新さを強調している。多少校正ミスが目につく部分もあり残念だが、内容的にはそれを十分帳消しにして余りある良書といえる。

(都立千歳高校嘱託教員 府川宗雄)

原著論文

## 高等学校地学における地下水を用いた環境教育

### —生徒の認識の実態と新教材の開発—

大島 良\*・宮下 治\*\*

#### 1. はじめに

水は空気や土と同様に地球の自然環境を支えている重要な1つの要素である。水を保全することは地球環境を保全することにつながるの、「水」を取り上げた環境教育の事例は多い。また、水は小学校・中学校・高等学校の様々な教科で取り上げられており、その重要性や科学的な特性についての学習が行われている。しかし、河川水や湖沼水よりもはるかに量の多い地下水を扱った事例は少ない。

対象物をより広くとらえることにより、その保全方法は広がる。よって、地下水の学習は、水や自然環境を総合的に理解するのに有効であると考えられる。

さて、地下水に関する先行研究を調べた結果、地下水の水質や地下水面の変動を教材化したものとして前田・濁川(1981)、相原・川口(1984)、長沼(1995)があるが、いずれも地下水の流れの速さを環境保全と関連させて捉えてはいない。

また、小学校・中学校の「理科」、「社会科」の教科書と、高等学校(普通科)の「地理」、「地学」、「生物」の教科書の分析を行った結果、小学校・中学校・高等学校(普通科)の教科書(19社)では地下水の記述が少なく断片的であることが分かった。

以上から、高等学校(普通科)地学において地下水の内容を発展させ既習事項を統合し、自然環境の認識を高めるとともに、自然環境を保全する態度を育むことが重要だと考えられる。そこで、本小著では生徒が水と水の保全についてどのような認識をもっているのか、その実態を把握し、地下水を用いて環境教育を効果的に実践することのできる4種類の教材を開発したので報告する。

なお、本報告は、筆者の一人大島が平成11年度東京都教員研究生として東京都立教育研究所数学理科研究室で研究したもの(大島;2000)をもとに新たに検

討し加筆したものである。

#### 2. 基礎研究

##### 2.1 水と水の保全に関する生徒の認識の実態

水と水の保全に関する生徒の認識の実態を把握し、効果的な教材を開発するために、下記の要領に従い生徒の認識調査を実施した。

- (1) 実施年月日 1999年6月25日(金)
- (2) 対象 東京都立高等学校全日制普通科1年生 100人
- (3) 方法 質問紙法
- (4) 内容 水と水の保全に関する内容
- (5) 実態調査の問題と結果

実態調査の集計結果について、以下に示す。

**質問1** あなたは普段、どのような水を飲んでいますか。また、10年後、どんな水を飲んでいると思いますか。

**質問2** あなたは毎日の生活の中で、水を無駄に使わない努力や、水を汚さない努力をしていますか。

**質問3** 地球温暖化、砂漠化、酸性雨、水質汚濁などの環境問題が深刻化しています。10年後、地球上の水の水質はどのようになっていると思いますか。

**質問4** 下図の湖の水はとても良質です。この水質を保全するために、どのような人間の活動が必要だと考えますか。思いつくことを下に記入して下さい。

- (6) 実態調査のまとめ

図1、図2に実態調査の結果を示す。調査結果から次のことが明らかになった。

- ① 水道水をあまりきれいだとは考えておらず、浄水器を使用したりミネラルウォーターを買ったりして、より安心な水やおいしい水を求めている

\* 東京都立田無高等学校 \*\* 東京都立教育研究所高等学校教育研究室  
2000年4月10日受付 2000年10月21日受理

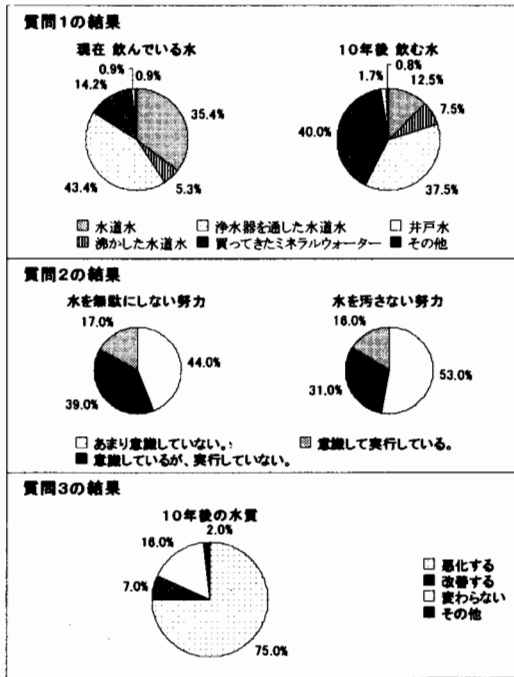


図1 実態調査の結果(質問1~3)

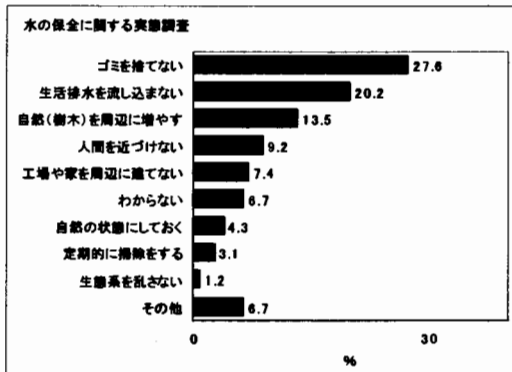


図2 実態調査の結果(質問4)

る生徒(家庭)が多いこと。

- ② 水の保全を意識していなかったり(53.0%),意識はあっても水の保全のために具体的な行動をしていない生徒が多いこと(31.0%).
- ③ 水の保全方法として生徒が意識していることは、「水そのものの保全」や「水を取りまく地上

部分の保全」に集中していること。

- ④ 75.0%の生徒が今後さらに水質が悪化することを予測していること。その理由として最も多いのは「現状が改善されないから」であった。
- ⑤ 40.0%の生徒が将来は水を買うようになると考えていること。

実態調査の結果から、次の問題点が考えられる。

- ◇ 将来、水質の悪化を予測している生徒が75.0%もいながら、普段の生活で水を大切にしたり、汚さないという行動をとったりしている生徒が16~17%と極端に少ないこと。
- ◇ 水の保全方法として生徒が意識していることは、「水そのものの保全」や「水を取りまく地上部分の保全」が圧倒的に多く、地下を意識した保全方法を回答した生徒が極端に少ないこと。さらに、保全の内容は地域社会の協力が必要な方策が目立つこと。

以上の生徒の調査結果により、地下水を素材に、地下水が自然環境に与える雄大さと、水を中心とした環境保全の態度を育むことの必要性が強く認識できる。

## 2.2 現地調査

教材を開発する上で、筆者の一人(大島)が勤務する学校付近の地下水についての現地調査を行った。

### (1) 調査時期

1999年6月下旬

### (2) 調査地域と調査項目

東京都田無市内にある26地点の震災用井戸から地下水を採集し、水温、pH、電気伝導率、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ の5項目について調べた。

### (3) 方法

現地の井戸においては、温度計の目盛りが平衡になるまでポンプから流水し温度を測定した(渡辺ほか; 1992)。その後pH、電気伝導率の測定を行い、水質検査用に500mlをペットボトルに採水した。水質検査( $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ )はバックテストを用い、その日のうちに検査を行った。また、井戸の蓋を開けることができ、水面が確認できる場合は、自作の水位計で水面までの深さを測定した。しかし、地下水面の低下により多くの井戸がポンプで地下水を汲み上げており、井戸の蓋を開けて水面が見えるものは今回の調査では1カ所だけであった。井戸の形態が変化していることが分かった。

### (4) 現地調査の結果

現地でも多くの井戸を観察した結果、井戸はコンク

リートで頑丈に蓋がされており、長い管を地中を通しポンプを使って地下水を汲み上げている打ち込み井戸(水みち研究会; 1998)のものが多くことが分かった。また、教材として地下水を快く提供していただける家庭が多いことも分かった。

水温とpHについては、まだ十分なデータがそろっていないので、はっきりとしたことは分からない。今後も調査・分析を継続していく予定である。

### 3. 教材開発

以上のような基礎研究の結果に基づき、環境保全の態度を育む学習指導では、地下水の基本的な内容である「分布」、「流動」、「水質」についての理解を容易にするような教材開発を行う必要があると考えた。

#### 3.1 教材開発の視点

##### (1) 「水質」について

河川水や湖沼水の水質検査の手法としてバックテストがある。バックテストの結果は付属の比色用標準色との比色によって数値を読み取る。しかし、比色用標準色の値が大きい数値で区切られている場合、正確な値は読み取りにくい。そこで、正確な数値が測定できる方法を開発する。

##### (2) 「流動」について

地下水が他の陸水(氷河を形成する水を除く)と大きく異なる点は、流速が極端に遅いことである(樫根; 1992)。しかし、その事実は意外と知られていない。高等学校地学の教科書にはこの特徴が記載されているものもある(第一学習社; 1998)が、具体的な数値が記されているものは少ない。これは、地下水の流れが複雑であり、地質や地下水面の高さ等の条件により大きく変わるためだと考えられる。そこで、地下水の流れの速さを体感できる教材を開発する。

##### (3) 「分布」について

地下水は地下に存在するために実態が分かりにくい。地下水の分布を表すものに地下水面図がある。これは地下水面の高さ(標高)の等しいところを線で結んだもので、地形図の等高線や天気図の等圧線と同様、2次元で示されたものである。ある程度の経験を積みばこの図から必要な情報が得られるが、それには時間が必要である。そこで、地下水の分布が立体的に把握しやすい教材を開発する。

#### 3.2 開発した教材とその活用

##### (1) バックテストの正確な比色法

表1はある授業で生徒達が行った水質検査の結果

をまとめたものである。pH, COD,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ の4つの水質は全てバックテストを行い、比色法により数値を求めたものである。ここで、1班, 4班, 6班, 8班は同じ地下水を検査しているにもかかわらず、 $\text{NO}_2^-$ を除く3つの項目には異なる数値を出している。

表1から分かるように、生徒は同じ地下水を水質検査しているにもかかわらず数値にはかなりの違いが見られる。これは、比色用標準色の段階表示と比色経験の不足に原因の一部があると考えられる。そこで、この問題を解決するために、色の成分数値を用いる比色法を開発した。

##### ① 色の表現方法

色の表現の方法にはXxy, HVCなどいくつかあるが(川上; 1987)、ここでは「花子フォトタッチ」にあるカラーパレットに表示されるR(赤), G(緑), B(青)の数値とH(色相), S(彩度), V(明度)の数値を用いて表現する。表2は白, 黒, 赤, 黄, 茶の各成分の数値を表したものである。

##### ② 準備

デジタルカメラ, 写真加工ソフト「花子フォトタッチ」, 電卓

##### ③ 方法

(ア) デジタルカメラで比色用標準色と比色するバックテストを撮影する。

(イ) 「花子フォトタッチ」で画像を読み込む。

(ウ) 「花子フォトタッチ」で画像の比色用標準色の部分とバックテスト部分の範囲指定を行う。

(エ) 「花子フォトタッチ」画面上の「表示」→「効果パレット」→「レベル補正(色み)」→「自動補正」で、色の成分R, G, Bの数値を読み取る。

(オ) 各成分の中央値を計算する。

(カ) 「花子フォトタッチ」画面上の「ツール」→「カラーパレット編集」→「色の変更」でカラーパレットの色変更のダイアログボックスを表示する。

(キ) (オ)で求めた数値を入力し、H(色相), S(彩度), V(明度)の値を求める。

(ク) V(明度)の値をデジタルカメラ画像の中心部付近の値にそろえ、R, G, Bの補正值を読み取る。

(ケ) 補正值からバックテストの値を算出する。

表1 水質検査の結果と測定値の違い

	1班	2班	3班	4班	5班	6班	7班	8班	地下水 A の測定値の違い		
	地下水 A	地下水 B	地下水 C	地下水 A	地下水 D	地下水 A	S川	地下水 A	最大	最小	差
pH	8.5	6.5	8.5	7.5	6.0	7.25	8.0	7.3	8.5	7.25	1.25
COD	0	2.5	0	0	5	10	10	3	10	0	10
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	1	0.02	0.02	0.02	0
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1	0.1	0.2	0.1	0.1

表2 RGBとHSVの数値例

	R (赤)	G (緑)	B (青)	H (色相)	S (彩度)	V (明度)
白	255	255	255	255	0	255
黒	0	0	0	0	0	0
赤	255	0	0	0	255	255
黄	255	255	0	60	255	255
茶	128	0	0	0	255	128

## ④ 具体例と補正について

図3はPO<sub>4</sub><sup>3-</sup>のバックテストの結果と比色用標準色をデジタルカメラで撮影したものである。③で説明した方法でこの画像中のa~jのR, G, BとH, S, Vの数値を読み取りまとめたものが表3である。

ここで, h, i, j は比色用標準色の台紙の部分であり, 白色である。しかし, 表3の数値は3つとも異なる。これは, 撮影時の照明の加減が原因だと考えられるので, 各部分の明度を同値に調整する操作をコンピュータのカラーパレット上で行う。この操作が方法③の(ク)である。色相, 彩度, 明度はお互いに独立した要素であり, 色相と彩度の数値を変えると, 色そのものが変化してしまう。しかし, 明度の数値を変えてもカラーパレット上で色は変化しない。このように, 明度とは色をどの程度の明るさで見ているかを示す要素と考えることができる。比色の場合, 同じ条件で色を見なければならず, この操作は欠かせないものである。

表3のh', i', j'の数値は明度を調整した後のR, G, Bの数値であり, ほぼ同値であることから, 同色であることが分かる。数値に見られる若干の差は周囲の色の影響が原因だと考えられる。

図3のグラフは補正した比色用標準色部分の色成分の各数値を表したものである。このグラフから明らかのように, R, G, BのうちR(赤)が他の成分G(緑), B(青)より大きく変化していることが分かる。

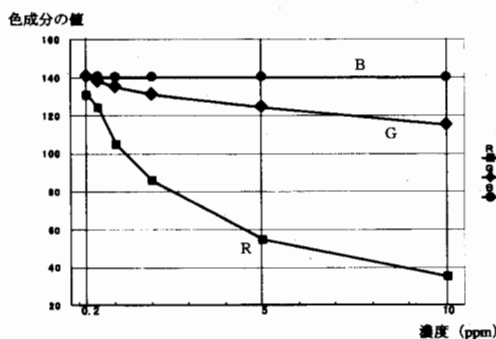
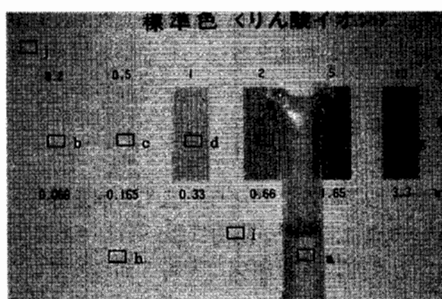


図3 バックテストの結果と比色用標準色の色成分の値の変化

つまり, Rが他の成分よりも比色しやすいことを意味している。

## ⑤ Rから求めたバックテストの結果

表3より, バックテストの結果は次の数値である。

表3 各部分の色成分の値(上段)と各部分の色成分の補正値(下段)

	R	G	B	H	S	V
a 反応部分	109	128	121	157	37	128
b 0.2 ppm	122	130	130	180	15	130
c 0.5 ppm	124	138	140	188	29	140
d 1 ppm	106	136	141	189	63	141
e 2 ppm	86	131	140	190	98	140
f 5 ppm	52	118	132	191	154	132
g 10 ppm	29	96	115	194	190	115
h 用紙1	133	138	137	168	9	138
i 用紙2	136	144	141	157	14	144
j 用紙3	114	118	122	210	16	122

	R	G	B	H	S	V
a' 反応部分	119	140	132	157	37	140
b' 0.2 ppm	131	140	140	180	15	140
c' 0.5 ppm	124	138	140	188	29	140
d' 1 ppm	105	135	140	189	63	140
e' 2 ppm	86	131	140	190	98	140
f' 5 ppm	55	124	140	191	154	140
g' 10 ppm	35	115	140	194	190	140
h' 用紙1	135	140	139	168	9	140
i' 用紙2	132	140	137	157	14	140
j' 用紙3	131	135	140	214	16	140

R=119

上記の数値は0.5 ppmと1 ppmの間にある。そこで、表3にあるRの数値をもとに比例計算を行うと次の結果が得られる。

Rから求めた値

$$\text{反応結果} = \frac{0.5}{19} \times 5 + 0.5 = 0.63$$

以上から比色用標準色の0.5 ppmの色に最も近いことが分かる。比色をより正確に行うために開発した方法であるが、色を数値で表しているの、この方法を利用すれば、一人一人の生徒にも比色の違いがあまり生じなくなる可能性がある。

(2) ダルシーの実験装置

① ダルシーの法則

1856年、フランスのヘンリー・ダルシーは砂を詰

めた円筒に水を流し、浸透流の研究を行い次の法則を発見したことが述べられている(藤縄; 1990)。

ダルシーの法則

$$Q = \text{比例定数} \times \frac{A h}{l} \tag{1}$$

Q, A, h, lは図4中に示した量であり、tは時間である。

上の式中の比例定数を透水係数と呼んでおり、記号kで表す。この数値は、円筒内にある砂や泥がどの程度水を流しやすいかを表すものであり、円筒内に詰めた試料の構成粒子の大きさ、配列、水の密度や粘性係数に左右される値である(山本; 1968)。

この透水係数は速度の単位をもつが、浸透流の速さを表すものではない。円筒内の浸透流の見かけの速さvは次式で表される。

Q : 水量  
 l : 円筒の長さ  
 A : 円筒の断面積  
 h : 水位の差

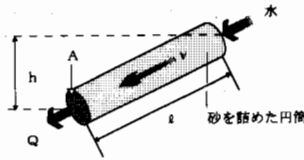


図4 ダルシーの実験

(藤縄克之, 1990, 「汚染される地下水」を参考に描いた.)

$$v \text{ (見かけの速さ)} = \frac{Q}{At} \quad (2)$$

「見かけの速さ」と表現している理由は、浸透流が流れ出る断面積を A としているためである。実際には浸透流が流れ出る部分の面積は A よりもかなり小さな値になるので、浸透流の実流速は見かけの速さより大きな値になる。この浸透流の実流速を求めることは困難なため、浸透流の速さの目安として透水係数が用いられる場合が多い。

② 実験装置の開発

図5(左)は1996年に筆者の一人である大島が開発したダルシーの実験装置(K型)である。透明なアクリルパイプと半透明なホースを用い、水の流れが観察しやすいように作成した(東京都教育開発委員会理科部会; 1996)。図5(左)の中央部にあるカートリッジに砂または泥を詰め、両側にガーゼのフィルターを付けてある。この実験装置のカートリッジは生徒実験前に作る必要があり長期保存ができない点が問題であった。また、実験中に注水側と排水側の水位を一定に保つ必要があるが、細いアルミパイプからは水の表面張力の影響で水が一定に排水されず、この操作が困

難であった。そこで、以上の問題点を改善し、図5(右)のように長めのアクリルパイプを垂直に固定した直立型実験装置を開発した。K型の実験装置は注水側と排水側の水位を一定に保つものであるが、直立型の実験装置は水位が  $h_1$  から  $h_2$  に変化する点が大きな違いである。そのためダルシーの法則が(1)式の形では使えず、新たな式を考える必要があった。これについては(3)の項目で述べる。

③ 直立型実験装置の作成方法

(ア) 準備

アクリルパイプ、ガーゼ、輪ゴム、発泡スチロール製の球(2つ)

(イ) 本体の作成

- a. 内径2~3cm程度の透明アクリルパイプを長さ50cmに切る(業者に頼み注文の寸法通りに切ってもらった)。
- b. アクリルパイプの片側に二重にしたガーゼをかぶせ、輪ゴムで固定する。

実験装置の本体は以上で完成である。

(ウ) 浮きの作成と役割

アクリルパイプに入る程度の発泡スチロール製の2つの球をようじでつなげ浮きとする。浮きは、実験時にアクリルパイプ内に水を入れる前にあらかじめ入れておく。この操作によりアクリルパイプに水を入れる際、詰めた試料(砂や泥)の上面の乱れを少なくすることができる。浮きは無くても実験は可能であるが、注水時に試料の上面が乱れた場合には長い棒などで平らに整える必要がある。なお、実験時に浮きは取り除く。

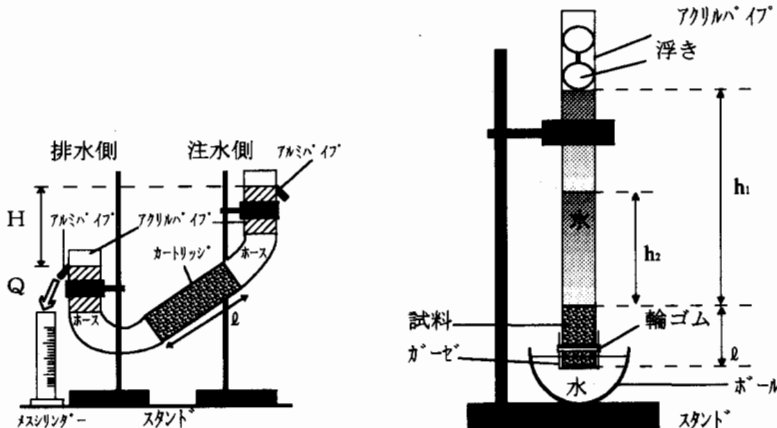


図5 K型実験装置(左)と直立型実験装置(右)



④ 実験の準備

アクリルパイプ、ビーカー (300 ml)、スポイト、ストップウォッチ、メジャー、スタンド、ガーゼ、輪ゴム、ボール、記録用紙、ビニールテープ、はさみ、雑巾

⑤ 実験方法

- (ア) アクリルパイプの片方にガーゼをかぶせ輪ゴムで止める。
- (イ) もう一方の端から乾燥した試料 (砂) を入れる。
- (ウ) 試料をこぼさないようにアクリルパイプを垂直にスタンドに固定し、浮きを入れる。
- (エ) アクリルパイプに目印のビニールテープ A を貼る。→ $h_1$
- (オ) ビニールテープ A の下にビニールテープ B を貼る。→ $h_2$
- (カ) ビニールテープ A より上まで、アクリルパイプ内に水を静かに入れ、浮きを取り出す。
- (キ) 水面が下がり、ビニールテープ A の位置にきたらストップウォッチをスタートさせる。
- (ク) 水面がビニールテープ B の位置にきたらストップウォッチを止める。
- (ケ) 砂の場合は計 3 回の測定をする。
- (コ) 試料をロームと入れ換え、同様の測定を行う。

※水位の低下に時間がかかるようであれば、10分または 20 分後の水面の高さを  $h_2$  として測定する。

(3) 透水係数を導く式について

ダルシーの実験において、水位が変わらなければ (1) 式から比例定数である透水係数 ( $k$ ) を導くことができる。しかし、直立型実験装置では水位が  $h_1$  から  $h_2$  に変化する。そこで、水位が変わる場合の透水係数

を導く式を次のように考えた。

① 透水係数を求める式について

垂直に立てたアクリルパイプ内の水位は時間とともに低下する。この水位の変化はアクリルパイプに詰められた試料 (砂や泥) の透水係数によって決まり、水面の動く速さは (1) 式と (2) 式から  $Q$  を消去して次の式で表される。

$$v = \frac{k}{l} h \tag{3}$$

( $h$  は試料上面からの水面の高さ)

ここで、 $t$  も  $v$  の関数であり、時間とともに  $v$  は図 6 のように変化する。しかし、短い時間内ではその変化は直線的な変化と見なすことができると考えた。このグラフで、速さが  $v_1$  から  $v_2$  に変化するまでに水面が動く距離 ( $r$ ) は斜線部分の台形の面積であり、 $t_2 - t_1 = t$  とすると次の式で表される。

$$r = \frac{1}{2} (v_1 + v_2) t \tag{4}$$

ここで、

$$r = h_1 - h_2 \tag{5}$$

である。

また、(3) 式から  $v_1$  と  $v_2$  が次式で表される。ここで、 $h_1$  ははじめの水面の高さ、 $h_2$  は時間  $t$  秒後における水面の高さである。

$$v_1 = \frac{k}{l} h_1 \tag{6}$$

$$v_2 = \frac{k}{l} h_2 \tag{7}$$

(4) 式に (5)、(6)、(7) 式を代入。

$$h_1 - h_2 = \frac{1}{2} \left( \frac{k}{l} h_1 + \frac{k}{l} h_2 \right) t$$

上式を  $k$  についてまとめる。

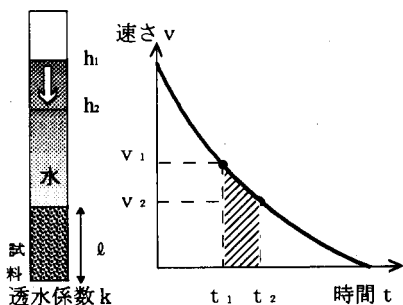


図 6 水面の変化

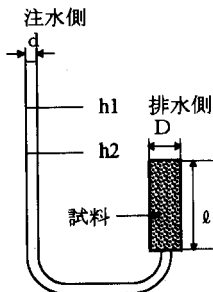


図 7 変水頭法 (山本莊毅, 1985, 「地下水学用語辞典」を参考に描いた。)

$$k = \frac{2l(h_1 - h_2)}{t(h_1 + h_2)} \quad (8)$$

(8)式が今回新たに考案した透水係数を求める式である。さて、従来の水位が変化する場合の実験装置を図7に示す。注水側から流した水は試料を通り、排水側から流れ出る。この実験では次式から透水係数を計算する(山本; 1985)。

$$k = 2.30 \frac{d^2}{D^2} \frac{l}{t} \log\left(\frac{h_1}{h_2}\right) \quad (9)$$

ここで、 $h_1$  ははじめの水面の高さ、 $h_2$  はある時間における水面の高さ、 $l$  は試料の厚さ、 $t$  は水を流した時間、 $D$  は試料を詰めた筒の径、 $d$  は注水側の管の径である。

今回開発した実験装置は、水の流れを一直線にし、管の径をそろえたものである。(9)式で  $D=d$  とすると次式が得られる。

$$k = 2.30 \frac{l}{t} \log\left(\frac{h_1}{h_2}\right) \quad (10)$$

さて、(10)式は今回開発した(8)式とはかなり形が異なる。そこで、(8)式の有効性を次に述べる。

② 開発した式の有効範囲について

(8)式と(10)式では  $l$  と  $t$  が共通しているのも、それ以外の部分を比較する。すなわち、次の(11)式と(12)式を比較検討する。

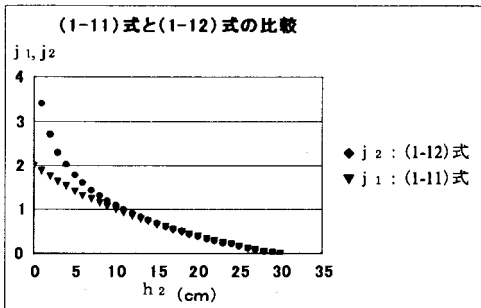


図8 (11)式と(12)式の比較

$$j_1 = \frac{2(h_1 - h_2)}{(h_1 + h_2)} \quad (11)$$

$$j_2 = 2.30 \log\left(\frac{h_1}{h_2}\right) \quad (12)$$

図8は(11)式と(12)式をグラフに表したものである。このグラフでは、 $h_1=30$  cmとしている。このグラフから明らかなように、 $h_2$ の値が $h_1$ に近づくほど両者の値はほぼ同じになる。そこで、(12)式と(11)式の差を取り、誤差について考える。

$$j_2 - j_1 < 0.005 \quad (13)$$

(13)式において、誤差の値を0.005としているのは、生徒が計測するその他の量を考慮して、有効数字2桁で考えているためである。

そこで、 $h_1$ の値が40 cm, 35 cm, 30 cm, 25 cm, 20 cmのとき、(13)式の条件を満たす $h_2$ の値(最小値)と $j_1$ の値(最大値)を求めると表4のようになる。

表4の最も小さな値0.38を用い、(11)式の有効な範囲を求める。(11)式で左辺の値を0.38以下とする。

$$0.38 \geq \frac{2(h_1 - h_2)}{(h_1 + h_2)} \quad (14)$$

(14)式を解くと次式が求められる。

$$0.68 \leq \frac{h_2}{h_1} \quad (15)$$

$h_2$ は $h_1$ より小さな値である。よって、(15)式は次のようになる。

$$0.68 \leq \frac{h_2}{h_1} < 1 \quad (16)$$

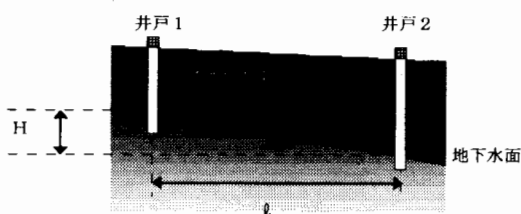
(16)が示す範囲で(8)式は(9)式とほぼ同じ結果が得られる。また、(8)式は対数を用いていないので、計算も簡単である。

③ 透水係数の活用例

水が高いところから低いところへ流れるように、地下水(自由地下水)も地下水面の高いところから低いところへと流れる。このときの速さは地下を構成する物質により異なるが、大きい粒子の地層ほど流れは速

表4 (13)式を満たす $h_2$ 値と $j_1$ の値

$h_1$ の値	(13)式を満たす $h_2$ の値(最小値)	$j_1$ の値(最大値)
40 cm	26.7 cm	0.39
35 cm	23.3 cm	0.41
30 cm	20.0 cm	0.40
25 cm	16.7 cm	0.38
20 cm	13.3 cm	0.42



l : 2地点間の距離  
H : 2地点の地下水面の差

図9 地下水の流れ

く、小さな粒子の地層ほど流れは遅い。この流れの速さは、(3)式に実験で求めた透水係数と地下水面の差を代入することで予測できる。

例えば、図9において、井戸1と井戸2の間を流れる地下水の速さは次のように推定できる。

$$v = k \frac{H}{l}$$

(4) コンピュータ画像「地下水面図」

地図上で地下水面の高さの等しいところを線で結んで地下水の分布を表したものが地下水面図である。しかし、この図を読むためにはある程度の経験が必要であり、地下水を初めて学ぶ生徒が地下水面図を理解するのは難しい。また、2次元の表現であるため、地下水面図から立体的な地下水の分布を把握することも困難である。

そこで、コンピュータを用いた表計算ソフトに地下水面の標高を入力し、地下水の分布を色と断面図で理解するコンピュータ画像を開発した。地下水面のデータは、主に東京都土木技術研究所(1989)を利用したが、この他に自分で測水した結果や企業から頂いたボーリングデータも入力した。入力した項目は以下に示す6項目である。なお、用いた表計算ソフトは「Lotus 1-2-3 97」である。

- ボーリング地点
- 孔内水位 (地下水面の標高)
- 調査年月
- レキ層上面の標高
- 地盤高 (地表面の標高)
- 難透水層上面の標高

作成方法

- ① 2.5万分の1の地形図に1辺500mのグリッドを描き、各グリッドごとに上記の6項目を入力し、孔内水位の標高、レキ層上面の標高、難透水層上面の標高のそれぞれの平均値を計算する。この値を表計算ソフトの1つのセルに入力し、セル幅を調整し正方形にする。今回、入力したボーリング地点の数はおよそ4,000地点であり、データ数は約2万である。なお、この時点ではデータの無い地域や項目は空欄のままである。
- ② 4,000地点のデータでは情報のない地域が目立つ。そこで、空白域は周辺のデータから数値を計

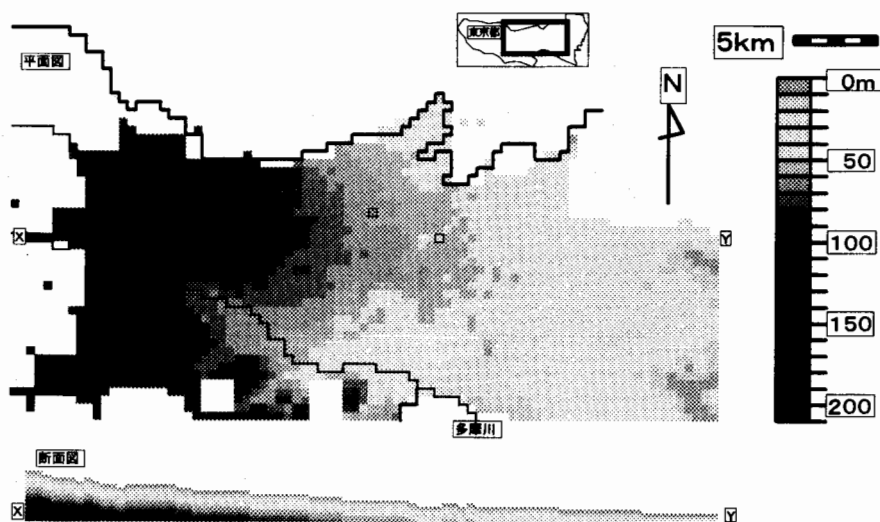


図10 地下水面図

東京都土木技術研究所(1989)を参考に約4,000地点のデータから作成した東京都中央部の地下水面図

算するマクロを作成し、処理を行った。また、空白域が広い場合には周囲の数値から、いくつかのグリッドについて比例計算で推定した値を入力し、作成したマクロを実行した。

- ③ 地下水面の標高ごとに色分けを行うマクロを作成し、色分けを行った。
- ④ 断面図を作成するマクロを作成した。

断面図を描くマクロを作成し、見たい部分の断面図が手軽に得られるよう工夫をした。図10は以上の手順で作成したものである。

#### 4. おわりに

地下水は河川水や湖沼水よりもはるかに多いが、地下に存在するために、その実態がつかみにくい。

そこで今回、筆者らは水についての生徒の認識の実態調査及び東京都田無市を中心とした地下水の現地調査を行い、その結果を踏まえ、身近な地域にある地下水を素材に環境保全の態度を育むのに有効的な4種類の教材を開発した。

- (1) 水質検査の際に行うバックテストをより正確に比色する方法を開発した。
- (2) アクリルパイプを利用して、地下水の流れを体感できる教材を開発・改良した。
- (3) 試料の透水性を示す値(透水係数)を簡単に求める式とその有効範囲を明らかにした。
- (4) 地下水の分布を理解することを支援するコンピュータ画像を開発した。

また、これらの教材を用いた授業実践と教材の有効性については別に報告させていただく。

**謝辞** 本研究を進めるにあたり、東京都立教育研究所長真野宮雄先生、同教科教育部長増田吉史先生、同教科教育部数学理科研究室統括指導主事申馬民子先生をはじめ、同研究室指導主事の先生方にはご指導・

ご助言を頂いた。東京都立田無高等学校長廣見正剛先生をはじめとする全教職員の方々には研究について貴重なご助言を頂いた。これらの方々には深く感謝する。

また、本研究の一部には平成8年度科学研究費補助金(奨励研究(B), 課題番号08916012)を使用した。

#### 文 献

- 相原延光・川口 正(1984): 地下水と地層のつくりの関係について。神奈川県立教育センター研究集録, 第3集, 57-62。
- 第一学習社(1998): 地学I B 文部省検定済教科書。第一学習社, 108 p.
- 藤縄克之(1990): 汚染される地下水地学ワンポイント2。共立出版株式会社, 126 p.
- 榎根 勇(1992): 地下水の世界。NHKブックス[651]。日本放送出版協会, 221 p.
- 川上元郎(1987): 新版色の常識 JIS使い方シリーズ。日本規格協会, 184 p.
- 前田 穂・濁川富雄(1981): 児童・生徒に自然環境を考えさせるための水質調査—多摩川の中流域を中心として—。168 p.
- 水みち研究会(1998): 井戸と水みち。北斗出版, 202 p.
- 長沼幸男(1995): 世田谷区祖師ヶ谷大蔵駅周辺における水温・導電率・pHおよびR pHからみた自由面地下水の流動方向について—環境科学の基礎研究の一環として(その2。学校教育へのアプローチ)。埼玉県南教育センター研究紀要, 8, 42-45。
- 大島 良(2000): 環境保全の態度を育む指導法の工夫—高等学校における地下水を用いた総合的な学習—。東京都教員研究生報告書, 46 p.
- 東京都土木技術研究所(1989): 東京都総合地盤図(II)山の手・北多摩地区C。東京都情報連絡室公開部都民情報課, 428 p.
- 東京都教育開発委員会理科部会(1996): 高等学校教育開発指導資料集理科。東京都教育庁指導部, 24 p.
- 山本荘毅(1968): 陸水。共立出版株式会社, 347 p.
- 山本荘毅(1985): 地下水学用語辞典。古今書院, 141 p.
- 渡辺正子・西井土敏夫・森田一夫・板寺一洋(1992): 地下水汚染の機構解明に関する研究(その2)。東京都環境科学研究所年報, 179-185。

大島 良・宮下 治：高等学校地学における地下水を用いた環境教育—生徒の認識の実態と新教材の開発—  
 地学教育 53 巻 6 号, 283-293, 2000

〔キーワード〕 高等学校, 地学, 地下水, 環境教育, 環境保全, 生徒の認識

〔要旨〕 陸水のおよそ 30% は地下水であり, 氷河を形成する水に次いで多い。しかし, 存在する場所が地下であるために, 実体に分かりにくく誤った理解や印象をもつ場合がある。さらに, 地下水を扱った教材が少ないという実態がある。環境を保全するためには自然を総合的に理解する必要があると考え, 高等学校においての実態調査をもとに, 地下水の分布・流動・水質について新たな教材を開発した。

Makoto OHSHIMA and Osamu MIYASHITA : The Enviromental Education in High-School Earth Science with Ground Water —The Degree of Students' Understanding and Development of New Teaching Materials—. *Educat. Earth Sci.*, 53(6), 283-293, 2000

~~~~~  
 お 知 ら せ  
 ~~~~~

## 教科「理科」関連学会協議会第5回シンポジウム教科 「理科」を改めて問う

新学習指導要領が実施段階に進みつつあり、学力問題が多くの人々の関心事となっているが、それは我々が抱える問題の氷山の一角に過ぎない。国民教養としての科学教育を考えたとき、我々は今何をなすべきなのか、何ができるのか、科学教育の基礎基本とは何かが問われているのではないだろうか。ここで、敢えて「教科「理科」を改めて問う」作業を提起したい。

今回は日本生物教育学会に年次大会との同時開催をお願いした。教科「理科」を構成する諸学会間の相互理解と意思の疎通を図ることは、本協議会のかねてからの課題であった。今回の同時開催がその端緒となることを期待したい。

日 時： 2001年1月28日（日）午後13時30分より17時

会 場： 奈良教育大学 日本生物教育学会と同時開催

### プログラム

- 13:30 開会  
 挨拶 教科「理科」関連学会協議会 議長  
 日本生物教育学会
- 13:40～14:10 尾野光夫（四天王寺高校 化学）  
 「高校化学の基本とは何か—指導要領の変遷を踏まえて—」
- 14:10～14:40 北浦隆生（大阪府立美木多高校 生物）  
 「国民的基礎教養としての高校生物—今そこにある知的危機について—」
- 14:40～14:50 休憩
- 14:50～15:20 高橋憲明（大阪学院大学 物理）  
 「基礎教育として必要な理科とは」
- 15:20～15:50 下谷昌久（(社)大阪工業会産業政策委員会委員長）  
 （仮題）「モノづくりのためのヒトづくり」
- 16:00～17:00 討論
- 17:00 閉会

参加費 無料

教育実践報告

## 「総合的な学習の時間」 と関連する理科学習への取り組み

—流路の短い河川を利用した4年生「流れる水の働き」の学習を例として—

香西 武\*・松木公宏\*\*

### 1. はじめに

平成10年7月29日教育課程審議会が幼稚園、小学校、中学校、高等学校、盲学校、聾学校及び養護学校の教育課程の基準の改善について答申した。その中で、教育課程基準の改善の基本的な考え方（教育課程審議会、1998）として、次の4点があげられている。

- ①豊かな人間性や社会性、国際社会に生きる日本人としての自覚を育成すること
- ②自ら学び、自ら考える力を育成すること
- ③ゆとりのある教育活動を展開する中で、基礎・基本の確実な定着を図り、個性を生かす教育を充実すること
- ④各学校が創意工夫を生かし特色ある教育、特色ある学校づくりを進めること

これらのねらいの中で、自ら学び、自ら考える力を育成するためには、「各教科及び『総合的な学習の時間』で体験的な学習、問題解決的な学習の充実や知的好奇心や探究心、論理的な思考力や表現力の育成」が重視されている。また、特色ある教育、学校づくりでは、今回の改訂で初めて導入された「総合的な学習の時間」（以下「総合」と略す）がその大きな役割を果たすものとして強調されている。しかしながら、特色ある教育、学校づくりにおいては教科面からアプローチした特色づくりも推進していかなければいけない。

理科の目標の改善点としては、見通しを持った意図的な働きかけ、多面的に考察する問題解決能力の育成、日常生活との関連の重視の3点があげられる。

教育現場においては、平成元年学習指導要領で直接経験を一層重視した学習が強調され、野外学習への取り組みがなされてきている。野外学習の意義について田羅(1998)は、①子どもを型にはめない、独自性のある教育ができる、②子どもを取り巻く広範囲のものや

現象に興味関心を持たせることができる、③子どもの主体的な活動ができる、④子どもの自由度を保障できる、⑤子どもの時間・空間認識が広がる、などの点をあげている。これらの野外学習における教育的効果は、前述の新教育課程のねらいとも一致し、「総合」でのねらいともオーバーラップするものである。従って、野外学習を取り入れた理科学習では、「総合」との関連の中で学習活動を組織することが可能である。

平成10年新学習指導要領が公示された教育現場では、現在「総合」への取り組みがなされてきている中で、教科との関連についても言及されつつある段階であるが、その具体例を通じた研究はまだ少ない（例えば、谷村、1998、大平1999など）。

そこで、筆者らは4年生の流れる水の働きの学習を中心とした学習活動を構成し、「総合」と密接に関連する単元構成の研究を進めてきた。その結果、流れる水の働きの学習においては、短流路の河川では下流域の形成が十分でないために、観察事項に制限があるにもかかわらず、身近な河川での学習は、日常生活とのかかわりや多面的に考察する能力の育成、「総合」への発展などの面で教科と「総合」が有機的につながった学習が展開できることや探究課題の設定において4年生の特徴が明らかとなったのでここに報告する。

### 2. 「総合」と理科との関連

「総合」についてはねらいと時間が設定されているだけで、学習内容については例示として示されているだけである。従って、ねらいに合致する学習については、たとえ理科的であってもその学習のカリキュラムに組み込むことができる。そのねらいは、「自ら課題を見付け、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、よりよく問題を解決する資質や能力を育てること」と、「学び方やものの考え方を身に付け、問題解決や探究活動

\* 鳴門教育大学学校教育学部 \*\* 高知県土佐山田町立楠目小学校  
2000年3月10日受付 2000年10月21日受理

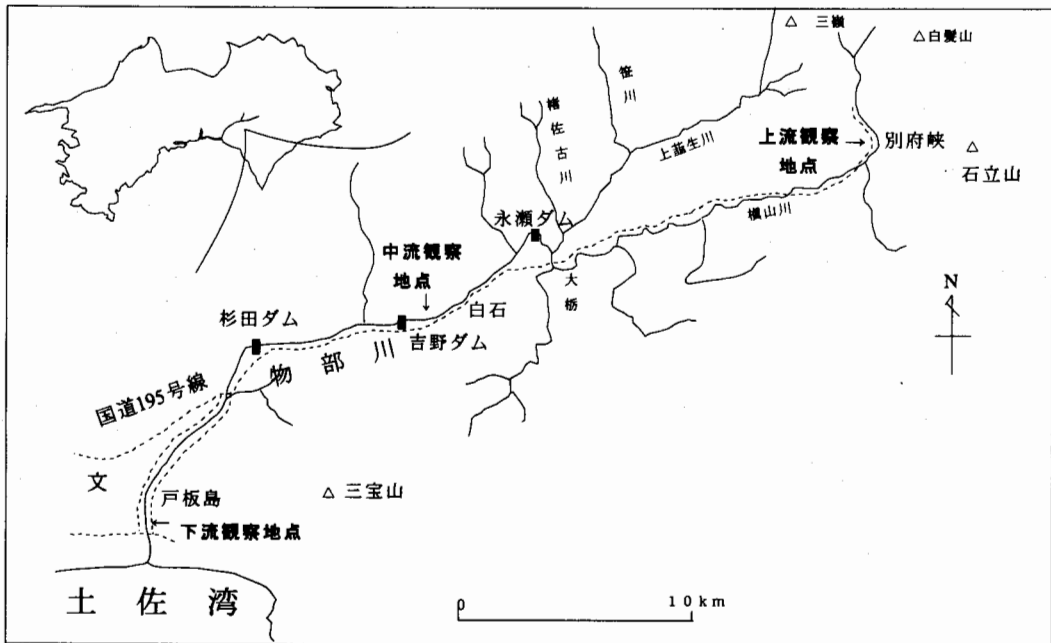


図1 流域図及び観察地点

に主体的創造的に取り組みむ態度を育て、自己の生き方を考えることができるようにすること」があげられている(文部省, 1998)。また、配慮事項として、体験を重視し、観察・実験、発表や討論、見学や調査、問題解決的な学習を積極的に取り入れることを述べている。これらの事項は、従来の理科学習において積極的に取り入れられてきた部分でもある。教科と「総合」との相互関係について児島(1999)は、生活総合的学習、課題総合的学習、教科総合的学習、総合教科による総合的学習の4つのパターンを示している。その中で、本研究と対比できるのは、教科総合的学習である。教科総合的学習とは、教科で扱われている単元を出発点としてその相互の関連を図りつつ、「総合」へと発展させる学習である。本研究では、この視点に立った学習展開を試みる。

### 3. 「流水の働き」に関する学習指導要領

平成元年の学習指導要領第4学年Cの目標では、「地面を流れる水や川の様子を観察し、流れる水が土地を変化させる働きを調べることができるようにする」(文部省, 1989)と述べられている。この文章から判断すると、流れる水の働きの学習は、侵食、運搬、堆積作用という物理的側面の学習が中心であるととら

えられる。現実にはこの単元の多くは、時間的制約や適切な観察地が見つからないため、流水実験装置による侵食・運搬・堆積作用を観察することが学習の中心となっている傾向があった。しかしながら、学習指導要領の学年の目標では「川の様子や自然界の水の変化を水の量などと関連付けながら調べ、見いだした問題を興味・関心を持って追究する活動を通して、流水の働きや自然界の水の変化についての見方や考え方を養う」となっている。自然界の水の変化とは、自然界における水の循環を意味していると考えられ、指導要領の学年の目標からは流水の働きを単に土地を変化させるものとしてのみとらえているようには読み取れない。確かに流れる水の働きにおいてはそれらの作用の学習も重要である。しかし、自然を愛する心情を育てるという理科の大きな使命からいうと、物理的な学習のみならず環境教育的な学習も必要である。

また、平成10年新学習指導要領(文部省, 1998)では、学習する学年が5学年となり、生活との関連がより鮮明に打ち出され、自分の考えを持つことが強調された。さらに、「総合」が導入され、知の総合化が大きな課題とされている。このような中で、流れる水の働きの単元についても、生活との関連、「総合」との関連の中での単元構成が必要であると思われる。



## 4. 教材開発

### (1) 単元及び教材化の視点について

本単元の構成としては、教科書会社各社ともまず校庭などの身近な場所での流れる水の様子を観察したり、流水実験をした後、野外に出て川の観察や流水の働きを学習するという構成がなされている。これは平成元年の学習指導要領改訂の重要なポイントである「手の届くものから届きにくいものへ」(文部省, 1991) という学習内容の構造化に基づいた単元構成であると考えられる。校内での学習については学校運営上の支障は少ないが、校外での野外学習となると運営上の課題が生じてくる。特に川の上流から下流までを観察しながらの野外学習を進めようとしても、川の流路の長さから1日での学習が成立しない場合が多い。それ故、観察しやすい河原での流れ、川岸、河原などの様子を観察させたり、川での実験を行うことによって流れる水の働きを理解させようとする学習展開がとられることが多い。また、通信システムを利用したの研究例などもある(相場ほか, 1999)。

本研究では、日常生活との関連を第一に考慮した結果、校区を流れる河川を利用し、学習を進めることとした。そのことにより学校と川との関係、自分たちの住んでいる土地のつくりとの関係だけでなく、自分たちの生活との関係に発展させることもできると考えた。結果的に、流路の短い河川が本単元の学習地となったが、そのことにより上流から下流までの観察が可能になり、その観察によって流れる水の働きを体感的に学習できる可能性のある教材として設定することができた。

流路の短い河川は河床勾配が大きい下流の形成が十分でない欠点がある反面、1日の日程で野外学習を計画できる好都合な教材でもある。

また、本単元で設定した物部川は本地域にとってはかかわりの深い場所である。先人たちはこの物部川をうまく開発し、生活用水・産業用水・農業用水を確保するための堰として山田堰をつくり、物部川から水を取り入れるための用水路を建設し、耕作可能地を広げるなどして生活を高めてきた。特に校区を含む下流域町村は、用水路だけでなく、この川の伏流水を水道用水として利用するなど生活と密着しているのである。それに、4年生の社会科では、江戸時代からの郷土の開発者として「物部川の開発」を学習する。

このように、地域に残されている自然の代表的なも

のであり、生活と密接にかかわる物部川を学習材とすることは単に流水の動きを学習するだけではなく、その動きと自分たちの生活とのかかわりを考えることができるであろう。

以上のような観点から物部川をとらえ、流れる水の動きを単なる物理現象の学習に終わらせないような配慮をしつつ学習を展開したいと考えた。

### (2) ねらいについて

本単元は雨水の流れや川の水の流れと地面、河原、川岸の様子を関係付けて調べ、「流れる水には、流れの速さや水量の違いによって地面や土地を変化させる働きがあること」、「流れの速さや水量は降水量や融雪量などによって変化していること」ととらえられるようにすることをねらいとしている。

大まかな学習内容としては、雨水の流れを観察することによって侵食、運搬、堆積作用を学習した後、流水実験による川のモデル化、川の観察、川での実験などがある。これらの学習の中で川岸の侵食や堆積の様子を観察し、その原因を流れる水の動きとの関連で考えることによって流れる水の動きを学習する。また、降水量や融雪量により川の流れが変化し地面が変化させられていくこともあわせて学習する。

流れる水の動きを学習するのであるから、物理的な学習目標のみであれば運動場などで侵食、運搬、堆積の作用が行われている所をさがし、学習すればよいということになる。ところが、時間・空間概念を重視する地学的な学習目標が加味されるならば、自然環境の大きな構成要素である河川での学習が必要になる。指導書の解説から判断しても、後者のニュアンスが強く、この学習が地球と宇宙の領域に位置づけられていることからしても後者の学習の重要性が支持される。

### (3) 学習河川「物部川」と児童のかかわり

物部川は児童にとって、自分の居住地域に隣接する河川であり、非常に身近なものである。毎年春の遠足では河川近くにある公園の美化活動を行ってきている。一昔前なら子どもたちにとって格好の遊び場だったはずの場所である。ところが児童の遊びの変化、安全性、川の汚染等のため川遊びが敬遠されるようになり、現在、川で遊ぶことはほとんどなくなってきており、川そのものにかかわることが非常に少なくなっている。また、物部川によって自分たちの住んでいる土地がつくられたこと、飲み水を物部川の伏流水に頼っていること、校区自体が物部川とそれから発する用水路によって歴史的に発展してきたことなどは気づいて

いないであろう。

教科学習の中で物部川に関連するものは、3年の理科で「石」、4年の社会科で「ゴミ、飲み水、下水」、4年の理科で「流れる水の働き」が主なものであろう。しかし、この学習だけで物部川に深くかかわっていくことはなかなか難しい。

児童にとって物部川は身近に存在する川であるので、児童は物部川を知り、物部川を調べる中で、いろいろな人や生き物と出会い、様々な発見をしていくであろう。

#### (4) 学習地に関して

##### ① 物部川の概要

物部川は、高知県の東部を代表する河川で、香美郡物部村の三嶺（標高 1,893 m）を源とする上韭生川と白髪山（標高 1,770 m）にその源を発する楨山川が物部村大栃で合流し、土佐湾に注ぐ一級河川である。合流地点より上流はV字谷を形成し侵食の著しい渓谷である。物部村以南では河岸段丘が発達し段丘礫の好観察地もあり、河口付近では、その河川によって運ばれた土砂によって扇状地平野を形成している。幹線流路総延長約 70 km で一気に標高差 1,900 m 余りを下る著しい急流河川で、河口付近でも 340 分の 1 の河床勾配を持つ河川である。

また、急流河川であるため、永瀬ダムより上流では河岸段丘の発達があるもののそれをさらに深く削り込み、侵食作用は著しく、巨岩とともに所々に淵を形成するような河川の様相を呈し、ダムより下流河口付近まで流れのある瀬を持った河川となっている。

流域は、全国有数の多雨地帯南四国のはほぼ中央に位置し、年間降水量は約 3,000 mm にも達する。そのため、流域面積は 508 km<sup>2</sup> と狭いにもかかわらず、3つのダムが建造され水力発電が行われている。

地質的には、上韭生川、笹川、楮佐古川の上流の一部が御荷鉾緑色岩帯に属し、その他の地域は秩父累帯及び四万十帯に属する。従って、河川に供給される岩石の種類はあまり多くなく、大部分が秩父累帯及び四万十帯から供給される砂岩、チャートなどの堆積岩類である。

##### ② 観察地点について

先述のように下流域が未発達で河川であるので上流、中流、下流に区分するのは困難であるが、学習の便宜上永瀬ダム以北を上流、永瀬ダム～杉田ダム間を中流、杉田ダム以南を下流と呼ぶことにする。その位置を図 1 に示す。

表 1 物部川の礫

		上流	中流	下流
礫	砂岩	64	52	72
	泥岩	10	15	—
	石灰岩	8	1	—
	チャート	7	16	23
	礫岩	6	2	—
	緑色岩	5	3	2
	御荷鉾緑色岩類	—	10	2
種	その他	—	1	1
	計	100	100	100
	円礫	97	84	85
	円磨度			
	垂角礫・垂円礫	3	16	14
	円礫	0	0	1
	計	100	100	100
粒	巨礫	50	49	49
	大礫	21	16	13
	中・小礫	29	35	38
径	計	100	100	100

数値は%

観察地点としては、上流は物部村別府の別府峡にあるもみじ茶屋下の河原、中流は香北町白石下の河原、下流は土佐山田町戸板島の橋の下を設定した。礫のサンプリングはそれぞれの観察地点で河原の様子を代表していると思われる場所で行った。礫の抽出は 1 m<sup>2</sup> の塩ビ板を 10 cm 方眼で区切ったものを使用し、方眼の交点の下にある礫を抽出する、点方式で行った。2 グループに分かれてサンプリングを行ったため、総サンプルは 100～200 個程度である。礫の粒度階区分及び円磨度のクラス分けは、Pettijhon (1975) に従った。

##### a. 上流地点について

観察地の川幅は約 7 m で、川岸だけでなく川の中にも短径が 5 m を越す巨礫が多く見られる。また、中・小礫も見られるが、堆積している河原は狭い。観察される礫の情報は表 1 に示す。

礫種では、砂岩が大部分を占め、円磨度は非常に悪く、ほとんどが角礫または垂角礫である。礫のサイズは巨礫が 50% を占める。

##### b. 中流地点について

観察地は永瀬ダムの影響で水量は少ないが、S字にカーブしている場所であり、カーブの外側に崖ができ、内側に河原が形成されている場所である。礫については、表 1 に示す。

ここでも礫種は砂岩が半数を占め、御荷鉾緑色岩類が 10%、である。円磨度は上流と同様に角礫・垂角礫が多いが、若干その比率が低下し、円磨度があがる。礫のサイズは巨礫が 49% と約半数を占め、上流とさほど変化はない。しかし、上流の観察地点では巨礫で粒径が 50 cm を越えるものが 22% あったのに対し



図2 上流での学習の様子：流れの速さを測定する



図3 下流での学習の様子：水温を測る

て、中流では1%程度と非常に少なくなっている。従って、上流と中流の礫サイズの変化について児童の視覚にうったえることは可能であろう。

#### c. 下流地点について

杉田ダム以南の下流域では、2つの堰が建設されており、農業用水・飲料水などのため水量が常時加減されており、水量が減少している。また、護岸工事などによって岸の補強もすすみ、その分河床も以前より変化しなくなっている。河川敷はヨシなどの草丈の高い多年草が覆っている所や、畑やグラウンドとして活用されている所もある。

下流も河床勾配が大きいため、流れに大きい蛇行は見られず、流速も比較的速い。また河原の礫は覆瓦状構造を示し当時の流れの方向が観察される。

礫種は、砂岩が72%と全礫の約4分の3を占め、御荷鉾緑色岩類2%となっている。砂岩については下流地点でもその割合が多くなっているのは、下流域まで河床付近に砂岩が分布しているため、そこから供給されたものが礫として加わった結果、下流でもその割合が多くなるのである。御荷鉾緑色岩類は本地域ではその分布域が限られているため、下流でその割合が少なくなる。従って、流れる水の働きと岩石の円磨度に関する学習を行うには、御荷鉾緑色岩が適しているといえる。円磨度は85%が角礫ないし亜角礫で中流地点とあまり変化がない。亜円礫が14%で上流よりは円磨度が高くなるが、中流地点とは同じ傾向である。礫のサイズに関しては巨礫は上流地点からほとんど変わらないが、中・小礫は下流方向で徐々に多くなる。

#### (5) 指導計画

「総合」への発展をねらって、授業全体の位置づけを、①「総合」での学習（導入）、②理科での学習、③「総合」での学習（発展）の3ユニットで構成した。理科での学習では、理科学習指導要領のねらいを達成するだけでなく、自らの課題を持ち、それを探究しようとする意欲を育てることに配慮しながら、学習活動を行った。

##### ① 「総合」での学習（導入）

「物部川で遊ぼう」…4時間

ねらい：物部川での活動を通して、物部川の存在を体感し、物部川に興味を持つ。

##### ② 理科での学習 「流れる水の働き」…11時間

###### 第1次

- ・運動場からでてきた石の観察からと物部川との関係を考える…2時間

- ・観察地点と観察内容…1時間

###### 第2次. 物部川の観察…6時間

- ・上流や下流で川の様子や流れの様子の観察河原の様子、川全体の流れの様子、流れの速さの測定、河原の石の様子などを調べる

- ・川の蛇行、侵食、堆積の様子の観察上流と同じ観察内容で川を調査する

###### 第3次. 物部川をつくってみよう…2時間

- ・運動場に川のモデルをつくり、上流・下流の特徴の成因を考える

##### ③ 「総合」での学習（発展）…26時間

「物部川をもっと知ろう」…16時間

各自が設定した課題をもとに、調査・実験・観

察を行う

「物部川を守ろう」…10時間

調べたことを多くの人に分かってもらうための活動を行う

## 5. 授業の結果と考察

### ① 気づいたことから

#### a. 上流で

上流で気づいたことについて、児童の記述を岩石の様子、流水の速さ、流水の強さ、川岸や川の様子に分類し表2に示した。岩石の様子については、石の大きさ、手触り、円磨度などについて児童の記述がみられる。岩石に関しての児童の先行経験は、ほとんどが物部川の下流に位置する校区内での活動である。従って、礫径が数メートルもあるような岩石に出会う機会が少ないために、この学習での最初の驚きは、石の大きさに関するものである。学習の準備段階では、御荷鉾緑色岩類に注目させて上流から下流までの円磨度や岩石の大きさの変化をとらえさせようとしたが、児童の意識の中に分析的な意識はなく、上流の岩石の様子については視覚にうったえられるものや感覚にうったえられるものが中心となった。それ故、御荷鉾緑色岩類への意識付けは、教師の方から意図して持ち込む結果となった。その結果の反映か、御荷鉾緑色岩類から気づいたことについては全く記述がなかった。

児童の記述の中で、驚きを持って記述されているのは流れの強さに関することである。学習指導要領では、流れる水の速さや水の量が学習の中心になってい

るが、児童のノートを見ると、流れを速さより強さと関連付けたものが多い。これは、体験的な学習が体感を通した学習になるので、より体感的な気づきが児童の意識に残ることを示している。流れの速さと強さは同一の事象から観察されるものであるが、児童にとっては、視覚より触覚にうったえられるものの方がより強く印象に残っているようである。また、河原の様子や石の様子について、手触りや感触をあげた児童もいる。それに水温に関連する記述もあり、これも感覚的な気づきに含まれよう。このように、野外学習では体感を通した学習がその展開の中心となるため、児童の気づきも体感に支配される傾向が強い。従って、児童の思考の幅を広げるためには、指導者の方から分析的な学習を意識して導入しなければならないであろう。

#### b. 下流で

児童の記述を上流と同様に区分したが、下流では環境に対する意識が強く表出しているのがその特徴である(表3)。下流では、石にぬめりがあるものが多いこと、水温が高いこと、水が濁っていることなど上流との違いが意識され、記述されている。これらのことについては、指導者側が特に意識して指導したわけではない。しかし、このような意識を持った児童が多数いるということは、上流での体験が児童の新たな原体験となって下流での観察が意識化されたことに起因するであろう。岩石の様子については、円磨度、大きさ、形状等に目を向けた記述がなされている。これも、上流での学習が基盤となって、上流と下流の比較がなされていることが分かる。上流で意識化された流水の強

表2 上流で気づいたこと

(環境)
・ すごく寒かった
(岩石の様子)
・ とても大きな石があった
・ 丸い石やとがったものやごつごつしている石がある。だから手触りがちがう
・ 丸、三角、四角など様々な石があった
・ 大きな石は3mくらい、小さい石は1cmくらいだった
・ 形がごつごつしている
(流水の速さ)
・ 流れが速くて糸が切れてスチロールが流れてしまった
・ 5mの糸が張るのに5~7秒だった
(流水の強さ)
・ 水の強さは転びそうなくらい強かった
・ 流れはかなり強い
・ 浅いところでも深いところでも同じように流れが強かった
・ 手がいたいほど流れが強かった
・ ビニル袋が流されそうになった
(川岸や川の様子)
・ 川底はつるつるしていて平たい石がある
・ 石がたくさんあって川もとてもきれいだった
・ 河原は石や砂で歩くと足が痛かった
・ 川底に大きい石や小さい石がたくさんあった

表3 下流で気づいたこと

<p>(環境)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・石がぬるぬるしていてすべりやすい</li> <li>・浅くて水がとても汚かった</li> <li>・滑る石が多くなっている(上流は滑らない)</li> <li>・水がにごって温かい</li> <li>・上流に比べて川が汚れていて浅い</li> </ul> <p>(岩石の様子)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・小さい石や中ぐらいの石がほとんどで、大きい石はなかった</li> <li>・ほとんど丸い石だった</li> <li>・上流とちがって平らな石がいっぱいある</li> <li>・岩みみたいな大きい石がない</li> </ul> <p>(流水の速さ)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・とってもゆっくりした流れで、スチロールが流れなかった</li> <li>・上流に比べて流れが遅い</li> <li>・流れがおそく、糸が張るのに5秒かかった</li> <li>・上流では大きい石が主だったが、下流では砂が多くなっている</li> <li>・流れは遅い</li> </ul> <p>(流水の強さ)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・流れは全然強くない</li> </ul> <p>(川岸や川の様子)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・上流は深いところがあったが、下流はほとんど浅い</li> <li>・川底は砂みみたいな石が多い</li> </ul>
---

表4 不思議に思ったこと

<p>(環境)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・上流では石が温かい、下流では冷たいこと</li> <li>・上流では水が冷たいこと</li> <li>・上流は水がとても冷たいが下流は温かいこと</li> <li>・上流や中流は水がきれいだったが下流だけはきたなかったこと</li> <li>・上流の石はつるつるしていなかったのに下流の石はつるつるしていたこと</li> <li>・下流ではこげが多いこと</li> </ul> <p>(岩石の様子)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・小さな石は丸いのがほとんどなのに、大きい石は丸いのが少ないこと</li> </ul> <p>(流水の速さ)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・上流では流れが速いこと</li> </ul> <p>(流水の強さ)</p> <p>(川岸、川の様子)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・上流では水中から出ている石がある、だが下流ではすべての石が水中にあること</li> <li>・下流は上流と比べて川の幅が広いこと</li> <li>・上流では深いところがあること</li> </ul> <p>(その他)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・川の水はどこから流れてくるか</li> <li>・上流の石はどうやってくるか</li> <li>・下流に石がどうしてたまるか</li> </ul>
--

さに関しては、下流での学習活動の中で、手ごたえを感じなかったためか、記述している児童はいなかった。上流での流れの強さが驚きを持って体験したのに比べて、下流での流れの弱さは印象として残りにくかったということであろう。

以上のように、上流と下流を同じ日に体験することができる学習では、児童は上流での学習を原体験とし、下流での学習をする中で上流との比較をしているようである。川の汚れ、温度などにも敏感で、川の様子を観察することで、流れる水の働きを単に物理現象の働きとだけとらえるのではなく、4年生では社会との関係でとらえる目を有していることがうかがえる。

## ② 不思議に思ったことから

不思議に思ったことについて表4に示す。これらを

みると、児童自身が環境に対して興味関心を持っていることが分かる。上流と下流を観察する中で、下流の観察では体験を通した上流との比較を試みながら観察・実験を行い、その結果環境に対する疑問を多く持つようになっていく。冷たさ、暖かさという上流での体感がもともなった疑問、これは上流での体感が消えないうちに下流での体験を実施することができたことに起因するだろう。また、それぞれの観察地点で川の中を移動する際に気づいた下流と上流の石のぬめり具合から、川の汚れに関して持った疑問もある。これも体験を通した活動によって生じたものである。

岩石の様子、流水の強さ、速さについての疑問は少ない。これは、上流から下流へ移動しながら観察・実験を実施したため、その理由については児童自身で解

表5 調べてみたいこと

**(地学的課題)**

- ・物部川の形や地形
- ・流れる水の早さと温度の関係
- ・物部川のどこが一番深いのか
- ・物部川に化石はあるのか
- ・物部川の水の速さ
- ・上流と中流と下流の温度の違い
- ・川の水の速さ
- ・石の色・形

**(生物的課題)**

- ・川のきれいさや水温の違いによる、すんでいる魚の違い
- ・水の中にはどんな生物がいるのか
- ・石の上に生えているこけの様子と種類
- ・物部川の水の生物がどこが一番多いか
- ・川にはどんな生物がいるか
- ・どこにどんな魚がいるのか
- ・物部川にはどんな種類の魚がいるのか
- ・物部川にはどんな種類の魚がいるのか
- ・物部川にはどんな魚の種類がいてその魚は上流中流下流のどこにすんでいるのか
- ・物部川にいる魚の種類と形
- ・いろんな魚の浮袋の形を見てみたい
- ・物部川にはどんな魚がいるのか
- ・物部川に食べられる魚はどんな種類がいるのか
- ・水の中の生物
- ・物部川の目に見える水の生物
- ・物部川の魚の体のつくり
- ・物部川の近くにはどんな生物がいるのか
- ・物部川の魚の種類や生物
- ・川の中の虫や微生物(川のきれいさによる虫の違い)
- ・昔の魚と今の魚の種類の違い
- ・物部川の魚の種類やそのほかの生物
- ・物部川の魚の種類と体の中
- ・物部川の魚の種類やそのほかの生物

**(環境的課題)**

- ・川の水はどうしてしょっぱくないのか
- ・物部川の水はどうしてきれいか
- ・海の水はどうしてしょっぱいのか
- ・川の中の小さな生き物で水のきれいさを調べる
- ・川の水はどうしてしょっぱくないのか
- ・物部川のゴミについて
- ・物部川の水はきれいか
- ・物部川は海とつながっているけど、どこからどこが塩水なのか

**(社会的課題)**

- ・山田堰はいつどうやって作られたか
- ・300年も前にどうやって物部川の用水路はできたのか
- ・物部川の近くでどんな野菜が作られているか

決できた要素が強いからだと考えられる。事実、児童のノートに、「石が上流から下流に流れる途中で互いにぶつかって小さく丸くなって下流にたまったのだろう」「坂がだんだん低くなって、下流の流れが遅くなったのだろう」ということを記述している児童もあった。つまり、流れる水の働きに関する学習内容については、野外観察の中で、その原因を児童自身で考えることができるようである。しかし、前述のようにダムで仕切られた河川であるために、下流で流量が少なくなることから、本来の河川とは異なった状況が観察され、児童自身で下流についての問題解決ができない場面も生じているようである。

また、上流の石や水がどのようにして存在するようになったかについての疑問も持っている。水が流れ続

けば、上流の水は存在しなくなるし、石が流され続けば、上流の石はなくなってしまふ。このような時間軸、空間軸を有する4年生であるならば、当然の疑問である。これらの疑問は、6年生の自然環境の学習、土地のつくりの学習へつながるものである。

## ③「総合」への発展から

児童自身が考えた学習課題を表5に示す。

これらの課題を地学的課題、生物的課題、環境的課題、社会的課題に区分した。42名中地学的課題を設定した児童は8名、生物的課題23名、環境的課題8名、社会的課題3名であった。本単元での学習は、地学分野であったにもかかわらず、児童の課題の多くは、生物に関する課題になっていることが分かる。生物的課題は、動物、とりわけ魚に限られているきらいがある



図4 総合学習での発表の様子：サンプルを示しながら参加者に説明する



図5 総合学習でのアピール活動：街に出て、自分たちの考えを訴える

が、生物であるが故に疑問にも多様性があり、また4年生という活動的な年齢の特徴を考えると多くの児童が興味を持ち、課題として設定していることは理解できる。生物領域に比べて地学領域の課題が少ないのは、この学習が地学領域で身近な現象ではあるが、どちらかという物理的現象が中心の学習で、この年齢の児童としては興味を持ちにくいために、課題として設定した児童が少なくなっていると考えられる。環境の問題については、野外学習では高い意識を示したにもかかわらず、課題として設定したものは比較的少ない。これは、4年生という学年を考えた場合、自然環境についてまだまだ直感的・感覚的なとらえ方が中心であるため、探究する課題となるとまだ取り扱える段階に至っていないのかもしれない。社会科的課題については、社会科での学習の進行状況で地域の課題がまだ意識化されていないために、設定されている課題としては少なくなっているであろう。

以上のことから判断すると、4年生で児童自ら探究する課題は、体感を通して追求できる課題が好まれ、総合のねらいである「自ら課題を見付けること」は自らの活動欲求と結びついた課題であることが多いといえる。そのことは、配慮事項として、あげられている「体験の重視、観察・実験、調査」への積極的な取り組みについては達成可能であることを示している。

## 6. おわりに

流路の長短にかかわらず岩石の円磨度と流水の働きとの関係をうまく観察させるには河川の上流にのみ分布する岩石の観察を行えばよいことはいくつかの報告が

なされている（例えば長・秦，1990）。さらにその岩石の特徴から、他の岩石との区別が容易であれば児童もその岩石を簡単に探し出し、岩石の大きさの変化や円磨度の変化を流れる水の働きとの関連を考える適切な教材となり得る。本研究の河川では物部川の上流に分布する御荷鉾緑色岩類の観察を行うことにより、円磨度や岩石の大きさの変化が観察ができることが分かった。また、御荷鉾緑色岩類はその名の通り緑色を呈しており児童自身で容易に見付けることができる。

観察ノートの記述から、上流での原体験が下流での体験の比較の際に生かされていることが分かった。これは、上流での学習の記憶が消えず、また、上流での体験の体感が保持された中で下流での学習が展開できたことが大きな要因であったと考えられる。このことは1日の日程で観察学習ができる流路の短い河川ならではの学習成果といえよう。

生活との関連、「総合」との関連の中で単元構成をして実践を行うことによって、児童は流れる水の働きという地学事象を学習する中で、児童自ら「新しい課題を見付け探究する」ことができることが分かった。また、児童の探究課題は地学事象から生物的事象への発展、環境的側面への発展などがみられ、自ら課題を設定し、それを探究しようとする児童の姿から判断すると、理科学習から「総合」への連続的な学習が可能であることがこの取り組みを通して明らかになった。

## 引用文献

教育課程審議会(1998): 幼稚園、小学校、中学校、高等学校、盲学校、聾学校及び養護学校の教育課程の基準の改

- 善について (答申)
- 田羅征伸 (1998): フィールド学習の意義. 理科の教育, 47(7), 4-7.
- 文部省 (1998): 小学校指導要領. ぎょうせい, 108 p.
- 文部省 (1989): 小学校指導書理科編. 教育出版, 116 p.
- 文部省 (1991): 指導計画の作成と学習指導. 大日本図書, 141 p.
- 長 和博・秦 明德 (1990): 花崗岩帯を流れる川の教材化の問題点. 日本理科教育学会島根大会要項, 55 p.
- 大平和哉 (1999): 郷土を対象にした学習の構想と実践. 理科の教育, 48(10), 28-30.
- 児島邦宏 (1999): 総合的学習. ぎょうせい, 207 p.
- 谷村載美 (1998): 子どもの興味・関心を重視した「総合的な学習」の目標と評価. 理科の教育, 47(3), 8-11.
- 相場博明・鈴木秀樹・鈴木二正・板場 修・高橋尚子 (1999): 野外と教室をつなぐ遠隔授業の実践—流れる水の働きを例として—. 地学教育, 52(1), 1-10.
- Pettijhon, F. J. (1975): *Sedimentary rocks*, 3rd ed., Harper & Row, New York, 628 p.

香西 武・松木公宏: 「総合的な学習の時間」と関連する理科学習への取り組み—流路の短い河川を利用した4年生「流れる水の働き」の学習を例として— 地学教育 53巻6号, 295-304, 2000

〔キーワード〕 野外学習, 総合的学習, 授業実践, 流れる水の働き

〔要旨〕 流路の短い河川を利用した野外学習の教材開発を行ったので, 紹介する. 短流路の河川では, 流水の働きを学習するには不利な面があるが, 1日の日程で学習が進められることによる利点もある. その利点に着目して, これから導入される「総合的な学習の時間」と関連した学習展開を具体例として示した. その結果, 理科での野外学習が児童の課題探究の導入となり, 「総合的な学習の時間」への展開が可能であることを示した.

Takeshi KOZAI and Kimihiro MATSUGI: How Science Learning Could Leads to "Period for Integrated Study" —A Case of Forth Grade Learning to "Function of Running Water" through the Study of a Short River—. *Educat. Earth Sci.*, 53(6), 295-304, 2000



資料

## うるう年の設け方についての一考察 —グレゴリオ暦と「500年周期微修正暦」の比較—

長谷川 敏\*

### 1. はじめに

今年は西暦2000年ということで、うるう年となった。その理由は、西暦年数が4で割り切れるから、という単純なものではなく、現行の暦(グレゴリオ暦)において、1年間の平均の長さを1太陽年の長さにより近づけるための微修正として設けられたもので、400年に1度という珍しいうるう年であった。このことについては、今年の2月29日に郵便局のATMや気象庁のアメダスに関するコンピュータに誤作動が生じた理由として、当時の新聞やテレビなどで報じられていたこともあってご承知の方々も多いであろう。

本文は、この400年に1度のうるう年の設け方に関連して太陽暦を考察したものである。これは現行の高校地学IAの「季節と暦」に関する研究課題として、あるいは広く地学の天文分野の自由研究の1例として適したものであると思う。したがって、本文はある定まった結果とか成果を出すというものではなく、太陽年や太陽暦についての理解を深めるのを目的としたものであることを最初にお断わりしておく。この主旨は、平成15年度からの新しい高校地学に対しても適していると思う。本文を参考として地学へのさらなる学習・研究への一助となれば幸いである。

### 2. グレゴリオ暦のうるう年の設け方について

現在、日本などほとんどの国々で使用されているグレゴリオ暦のうるう年の設け方については、ご承知の方々が多いであろう。しかし、この暦法は本文に直接関係するので、はじめにこのことについて簡単に記しておく。

季節の変化の周期は、地球が太陽のまわりを1公転する1恒星年ではなく、見掛け上の太陽が星座の中を巡って、春分点から再び春分点に戻ってくる1太陽年の方である。ところが1太陽年の長さは平均365.24219日(現在の値)と小数の端数がついてい

る。この端数を4倍すると約1日【 $0.24219 \text{日} \times 4 = 0.96876 \text{日}$ 】となるので、4年に1回の割合で1日増やして1年間を366日としたのがうるう年である。このように4年ごとにうるう年を設ける方法で端数を処理し、暦日と季節が合うように修正した暦法がユリウス暦である。したがって4太陽年では端数は0.96876日なのにこの暦では1日としたので、両者の差は、暦の方が4年間で0.03124【 $= 1 - 0.96876$ 】日、1年当たりでは0.00781【 $= 0.03124/4$ 】日多い。また、この暦での1年間の平均日数は365.25000【 $= (365 \times 3 + 366)/4$ 】日で、1太陽年より0.00781【 $= 365.25000 - 365.24219$ 】日ほど長いと考えてもよい。

さらに、この差0.00781日が累積していくと、128年経って1日分【 $1/0.00781 \approx 128$ 】多くなってしまふ。そこで128年ごとに、1日減らすためにうるう年を1回減らして平年にする、という微修正を行えばよい。しかし128という数は切りがよくないので、グレゴリオ暦ではこれを3倍して $128 \times 3 \approx 400$ とし、400年間に3回ほどうるう年を減らして平年に戻すという微修正法が用いられている。そしてこの実施方法は「西暦年数が100で割り切れる年のうち、その商が4で割り切れない年を平年に、割り切れる年をうるう年にする」というのである。つまり、ユリウス暦の方法にこの微修正が加味されたのがグレゴリオ暦である。たとえば1900、2100、2200の各年はもともと4で割り切れるのだがうるう年ではなく平年に戻され、400でも割り切れる2000年はうるう年のままである。ことしはこの微修正のためにうるう年となったのであり、400年に1度のうるう年というわけである。したがってグレゴリオ暦は400年間で平年が303回、うるう年が97回となるので、1年間の平均日数は365.2425【 $= (365 \times 303 + 366 \times 97)/400$ 】日となり、1太陽年よりもまだ0.0003【 $= 365.2425 - 365.2422$ 】日だけ長く、これは1万年経って3

\* 元 東横学園中学・高等学校 2000年6月20日受付 2000年9月23日受理

表1 二つの暦と太陽年との差の経過年による値

経過年数	A 元暦 (日)	B 試案暦 (日)	C 太陽年 (日)	A-C (日)	B-C (日)	経過年数	A 元暦 (日)	B 試案暦 (日)	C 太陽年 (日)	A-C (日)	B-C (日)
0	0	0	0.00	0.00	0.00	298	108842	108842	108842.17	-0.17	-0.17
1	365	365	365.24	-0.24	-0.24	299	109207	109207	109207.41	-0.41	-0.41
2	730	730	730.48	-0.48	-0.48	300	109572	109572	109572.66	-0.66	-0.66
3	1095	1095	1095.73	-0.73	-0.73	301	109937	109937	109937.90	-0.90	-0.90
4	1461	1461	1460.97	+0.03	+0.03	302	110302	110302	110303.14	-1.14	-1.14
5	1826	1826	1826.21	-0.21	-0.21	303	110667	110667	110668.38	-1.38	-1.38
6	2191	2191	2191.45	-0.45	-0.45	304	111033	111033	111033.63	-0.63	-0.63
7	2556	2556	2556.70	-0.70	-0.70	305	111398	111398	111398.87	-0.87	-0.87
8	2922	2922	2921.94	+0.06	+0.06	306	111763	111763	111764.11	-1.11	-1.11
9	3287	3287	3287.18	-0.18	-0.18	307	112128	112128	112128.35	-1.35	-1.35
10	3652	3652	3652.42	-0.42	-0.42	308	112494	112494	112494.59	-0.59	-0.59
11	4017	4017	4017.66	-0.66	-0.66	.....	.....	.....	.....	.....	.....
12	4383	4383	4382.91	+0.09	+0.09	382	143175	143175	143174.94	+0.06	+0.06
.....	.....	.....	.....	.....	.....	383	143540	143540	143540.18	-0.18	-0.18
88	32142	32142	32141.31	+0.69	+0.69	394	143905	143905	143905.42	-0.42	-0.42
89	32507	32507	32506.55	+0.45	+0.45	395	144270	144270	144270.67	-0.67	-0.67
90	32872	32872	32871.80	+0.20	+0.20	396	144636	144636	144635.91	+0.09	+0.09
91	33237	33237	33237.04	-0.04	-0.04	397	145001	145001	145001.15	-0.15	-0.15
92	33603	33603	33602.28	+0.72	+0.72	398	145366	145366	145366.39	-0.39	-0.39
93	33968	33968	33967.52	+0.48	+0.48	399	145731	145731	145731.63	-0.63	-0.63
94	34333	34333	34332.77	+0.23	+0.23	400	146097	146097	146096.88	+0.12	-0.88
95	34698	34698	34698.01	-0.01	-0.01	401	146462	146462	146462.12	-0.12	-1.12
96	35064	35064	35063.25	+0.75	+0.75	402	146827	146827	146827.36	-0.36	-1.36
97	35429	35429	35428.49	+0.51	+0.51	403	147192	147192	147192.60	-0.60	-1.60
98	35794	35794	35793.73	+0.27	+0.27	404	147557	147557	147557.84	+0.16	-0.84
99	36159	36159	36158.98	+0.02	+0.02	405	147923	147922	147923.09	-0.09	-1.09
100	36524	36524	36524.22	-0.22	-0.22	406	148288	148287	148288.33	-0.33	-1.33
101	36889	36889	36889.46	-0.46	-0.46	407	148653	148652	148653.57	-0.57	-1.57
102	37254	37254	37254.70	-0.70	-0.70	408	149019	149018	149018.81	+0.19	-0.81
103	37619	37619	37619.95	-0.95	-0.95	.....	.....	.....	.....	.....	.....
104	37985	37985	37985.19	-0.19	-0.19	492	179700	179699	179699.16	+0.84	-0.16
105	38350	38350	38350.43	-0.43	-0.43	493	180065	180064	180064.40	+0.60	-0.40
106	38715	38715	38715.67	-0.67	-0.67	494	180430	180429	180429.64	+0.36	-0.64
107	39080	39080	39080.91	-0.91	-0.91	495	180795	180794	180794.88	+0.12	-0.88
108	39446	39446	39446.15	-0.15	-0.15	496	181161	181160	181160.13	+0.87	-0.13
109	39811	39811	39811.40	-0.40	-0.40	497	181526	181525	181525.37	+0.63	-0.37
110	40176	40176	40176.64	-0.64	-0.64	498	181891	181890	181890.61	+0.39	-0.61
111	40541	40541	40541.88	-0.88	-0.88	499	182256	182255	182255.85	+0.15	-0.85
112	40907	40907	40907.13	-0.13	-0.13	500	182621	182621	182621.10	-0.10	-0.10
.....	.....	.....	.....	.....	.....	501	182986	182986	182986.34	-0.34	-0.34
192	70127	70127	70126.50	+0.50	+0.50	502	183351	183351	183351.58	-0.58	-0.58
193	70492	70492	70491.74	+0.26	+0.26	503	183716	183716	183716.82	-0.82	-0.82
194	70857	70857	70856.98	+0.02	+0.02	504	184082	184082	184082.06	-0.06	-0.06
195	71222	71222	71222.23	-0.23	-0.23	505	184447	184447	184447.31	-0.31	-0.31
196	71588	71588	71587.47	+0.53	+0.53	506	184812	184812	184812.55	-0.55	-0.55
197	71953	71953	71952.71	+0.29	+0.29	507	185177	185177	185177.79	-0.79	-0.79
198	72318	72318	72317.95	+0.05	+0.05	508	185543	185543	185543.03	-0.03	-0.03
199	72683	72683	72683.20	-0.20	-0.20	.....	.....	.....	.....	.....	.....
200	73048	73048	73048.44	-0.44	-0.44	592	216224	216224	216223.38	+0.62	+0.62
201	73413	73413	73413.68	-0.68	-0.68	593	216589	216589	216588.62	+0.38	+0.38
202	73778	73778	73778.92	-0.92	-0.92	594	216954	216954	216953.86	+0.14	+0.14
203	74143	74143	74144.16	-1.16	-1.16	595	217319	217319	217319.10	-0.10	-0.10
204	74509	74509	74509.41	-0.41	-0.41	596	217685	217685	217684.35	+0.65	+0.65
205	74874	74874	74874.65	-0.65	-0.65	597	218050	218050	218049.59	+0.41	+0.41
206	75239	75239	75239.89	-0.89	-0.89	598	218415	218415	218414.83	+0.17	+0.17
207	75604	75604	75605.13	-1.13	-1.13	599	218780	218780	218780.07	-0.07	-0.07
208	75970	75970	75970.38	-0.38	-0.38	600	219145	219145	219145.31	-0.31	-0.31
.....	.....	.....	.....	.....	.....	601	219510	219510	219510.56	-0.56	-0.56
292	106651	106651	106650.72	+0.28	+0.28	602	219875	219875	219875.80	-0.80	-0.80
293	107016	107016	107015.96	+0.04	+0.04	603	220240	220240	220241.04	-1.04	-1.04
294	107381	107381	107381.20	-0.20	-0.20	604	220606	220606	220606.28	-0.28	-0.28
295	107746	107746	107746.45	-0.45	-0.45	605	220971	220971	220971.52	-0.52	-0.52
296	108112	108112	108111.69	+0.31	+0.31	606	221336	221336	221336.77	-0.77	-0.77
297	108477	108477	108476.93	+0.07	+0.07	607	221701	221701	221702.01	-1.01	-1.01

※経過年数 400~499 年は二つの暦の間で累積日数が異なり、グレゴリオ暦の方が試案暦より 1 日多い。  
 ※608 年以降は略

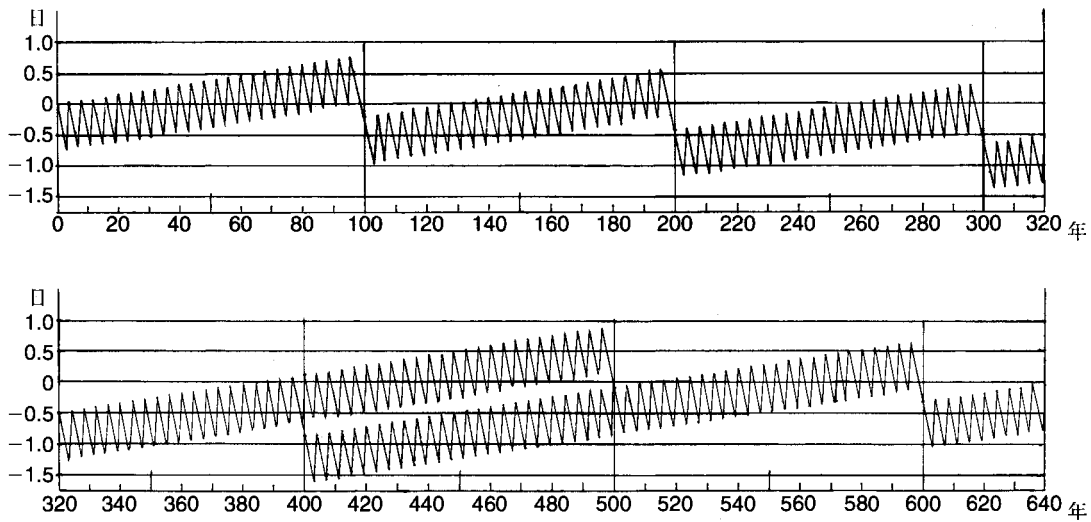


図1 二つの暦と太陽年との差の経年変化

表1をグラフにしたもの。

グラフは400~499年で上下に二分され、上がグレゴリオ暦の差、下が試案暦の差となる。

641年以降は略。

【 $=0.0003 \times 10,000$ 】日間のずれが生じることになる。

以上についての要点は暦の本など（たとえば、渡邊敏夫，1980）に出ているし、既にご承知の方々が多いとは思いますが、このことは前述のように本文の重要な点なので、あえて記した次第である。

### 3. 「500年周期微修正暦」を試案

ユリウス暦の方法にこのような微修正を加えたのがグレゴリオ暦であるが、筆者は次のような微修正法を考えてみた。すなわち「400年間に3回うるう年を平年に戻す」という方法の代わりに、「500年間に4回うるう年を平年に戻す」という方法を用いる。この暦法だと500年間にうるう年は121【 $=500/4-4$ 】回、平年は379【 $=500 \times 3/4 + 4$ 】回となるので、1年間の平均日数は365.2420【 $=(365 \times 379 + 366 \times 121)/500$ 】日となる。これと1太陽年との差をとってみると、 $-0.0002$ 【 $=365.2420 - 365.2422$ 】日で、これは1万年経って2日ほど逆に短くなることになる。暦と1太陽年との差はグレゴリオ暦では1万年間で3日であったから、この試案の暦の方がグレゴリオ暦よりもわずかだが差の値（絶対値）が小さいので、この点では優れているといえよう。

そこでこの案を進めてみよう。まず4で割り切れる年をうるう年としてから、次に「500年間に4回うる

う年を平年に戻す」という方法を考えてみる。それには125【 $=500/4$ 】年ごとにうるう年を平年に戻せば、均等に125年の間隔で太陽年とのずれは微修正されるが、125という数は4で割り切れないので、もともと平年の年である。そこで不均等な微修正法になるが、分かりやすい方法としてグレゴリオ暦の方法を借用し、「西暦年数が100で割り切れる年のうち、その商が5で割り切れない年を平年に戻し、割り切れる年をうるう年のままとする」という試案暦を考える（この暦を正式には500年周期微修正暦と呼ぶことにする）。この方法だと、たとえば、1901~2400年の500年間では、100で割り切れる年のうち、さらに5で割り切れる2000年だけをうるう年のままに残すが、他の2100, 2200, 2300, 2400の各年の四つは平年に戻すのである。

### 4. グレゴリオ暦と「500年周期微修正暦」の、太陽年に対する差の変化

以上をまとめてみると、これら二つの暦はそれぞれ太陽年との差（ずれ）が、うるう年を4年ごとに設けることによってほぼ修正される（ユリウス暦）が、さらにグレゴリオ暦では400年周期で、また試案の500年周期微修正暦では500年周期でそれぞれ微修正されて、この差は十分に小さくなった。しかしそれでも、この差はどちらの微修正でも完全に0とはならず、1

表2 二つの暦と太陽年との差の極小・極大値及びその経年変化

差の極小値(日)					差の極大値(日)				
経過 年数	グレゴリオ暦		試案暦		経過 年数	グレゴリオ暦		試案暦	
	値(g)	間差	値(h)	間差		値(G)	間差	値(H)	間差
3	-0.73	-0.22	-0.73	-0.22	96	+0.75	-0.22	+0.75	-0.22
103	-0.95	-0.22	-0.95	-0.22	196	+0.53	-0.22	+0.53	-0.22
203	-1.17	-0.22	-1.17	-0.22	296	+0.31	-0.22	+0.31	-0.22
303	-1.39	-0.22	-1.39	-0.22	396	{+0.09}	-0.22	+0.09	-0.22
403	{-0.61}	+0.78	-1.61	-0.22	496	+0.87	+0.78	{-0.13}	-0.22
503	-0.83	-0.22	{-0.83}	-0.22	596	+0.65	-0.22	+0.65	+0.78
603	-1.05	-0.22	-1.05	-0.22	696	+0.43	-0.22	+0.43	-0.22
703	-1.27	-0.22	-1.27	-0.22	796	{+0.21}	-0.22	+0.21	-0.22
803	{-0.49}	+0.78	-1.49	-0.22	896	+0.99	+0.78	-0.01	-0.22
903	-0.71	-0.22	-1.71	-0.22	996	+0.77	-0.22	{-0.23}	-0.22
1003	-0.93	-0.22	{-0.93}	+0.78	1096	+0.55	-0.22	+0.55	+0.78
1103	-1.15	-0.22	-1.15	-0.22	1196	{+0.33}	-0.22	+0.33	-0.22
1203	{-0.37}	+0.78	-1.37	-0.22	1296	+1.11	+0.78	+0.11	-0.22
1303	-0.59	-0.22	-1.59	-0.22	1396	+0.89	-0.22	-0.11	-0.22
1403	-0.81	-0.22	-1.81	-0.22	1496	+0.67	-0.22	{-0.33}	-0.22
1503	-1.03	-0.22	{-1.03}	+0.78	1596	{+0.45}	-0.22	+0.45	+0.78
1603	{-0.25}	+0.78	-1.25	-0.22	1696	+1.23	+0.78	+0.23	-0.22
1703	-0.47	-0.22	-1.47	-0.22	1796	+1.01	-0.22	+0.01	-0.22
1803	-0.69	-0.22	-1.69	-0.22	1896	+0.79	-0.22	-0.21	-0.22
1903	-0.91	-0.22	-1.91	-0.22	1996	{+0.57}	-0.22	{-0.43}	-0.22
2003	{-0.13}	+0.78	{-1.13}	+0.78	2096	+1.35	+0.78	+0.35	+0.78
2103	-0.35	-0.22	-1.35	-0.22	2196	+1.13	-0.22	+0.13	-0.22
2203	-0.57	-0.22	-1.57	-0.22	2296	+0.91	-0.22	-0.09	-0.22
2303	-0.79	-0.22	-1.79	-0.22	2396	{+0.69}	-0.22	-0.31	-0.22
2403	{-0.01}	+0.78	-2.01	-0.22	2496	+1.47	+0.78	{-0.53}	-0.22
2503	-0.23	-0.22	{-1.23}	+0.78	2596	+1.25	-0.22	+0.25	+0.78

{ } 内は極値にはならないが、参考として求めた値

万年間にグレゴリオ暦では約3日長く、試案の暦では約2日短いという僅差が残る。

では、以上に述べた差(ずれ)は、うるう年の設置や削除によってどのように変化し、それらは年数が経つとどのように累積されていくのであろうか。それぞれの暦と太陽年との差(日数)を経過年数でみてみよう。なお、ここで1太陽年の長さには一律に365.24219日を用いた(実際は100年につき0.00000614日ずつ短くなっていく)。

表1はこれらの関係を約600年まで示したもので、図1はそれをグラフで表したものである。表の第1列はそれぞれの暦を使い始めてからの経過年数である。第2, 第3列(A, B列)はこの年数をそれぞれの暦によって数えた経過日数で、もちろん1年間は平年では365日間、うるう年では366日間としてある。第4列(C列)は太陽年についての経過日数を小数第2位まで記したもので、毎年365.24219日ずつ一様に累積していくとした。また第5と第6列(A-CとB-C

列)はそれぞれの暦と太陽年との日差であって、図の縦軸はこれが日盛ってある。なお、図の横軸は経過年数である。図で明らかなように、この二つの暦と太陽年との差は、うるう年を設けた4年周期でノコギリの歯状に上下の振動を繰り返しながらゆるやかに上方へずれていく。そしてこの差は、一般に100年経つごとに下方へ向けて修正されるが、さらにこの値もそれぞれ4回と5回ずつ累積されていくと約1日分の不足になるので、グレゴリオ暦では400年ごとに、試案暦では500年ごとにそれぞれうるう年を抜かないことによって、この1日分が修正されている様子が分かる。

ところで、上記の各100年間ごとにおける太陽年とのずれの極小値と極大値を図で見ると、極小値となる年数は、グレゴリオ暦では、3, 103, 203, 303, 503, 603, ...で、403, ...を除き、試案暦では3, 103, 203, 303, 403, 603, ...で、503, ...を除いた共に03のつく年数であり、また極大値はグレゴリオ暦では

96, 196, 296, 496, 596, …で, 396, …を除き, 試案暦では 96, 196, 296, 396, 596, …で, 496, …を除いた共に 96 のつく年数である. これらの極小値・極大値と経過年数 (2596 年まで) の関係を示したのが表 2 である.

表 2 に示した  $g, h, G, H$  は, これら二つの暦の各極小値と極大値で, 次の式を立てて算出したものである.

グレゴリオ暦の極小値  $g$  (日) を求める式は

$$g = -0.73 - 0.22(n-3)/100 + [(n-3)/400] \dots\dots\dots ①$$

グレゴリオ暦の極大値  $G$  (日) を求める式は

$$G = 0.75 - 0.22(n-96)/100 + [(n-96)/400] \dots\dots\dots ②$$

500 年周期微修正暦の極小値  $h$  (日) を求める式は

$$h = -0.73 - 0.22(n-3)/100 + [(n-3)/500] \dots\dots\dots ③$$

500 年周期微修正暦の極大値  $H$  (日) を求める式は

$$H = 0.75 - 0.22(n-96)/100 + [(n-96)/500] \dots\dots\dots ④$$

これらの式において,  $n$  は極小値の場合には 3, 103, 203, …, 極大値の場合には 96, 196, 296, …と 100 年間隔 (200 年間隔の場合もある) の経過年数である. なお, 右辺の第 1 項はそれぞれ最初の極小か極大の値, すなわち極小の場合は  $n=3$ , 極大の場合は  $n=96$  の値である. 第 2 項は 100 年間の暦と太陽年との差である  $-0.22$  【 $=36524-36524.22$ 】日に, 最初の極小値か極大値の年からの 100 年ごとの回数に乗じたものである. 第 3 項は 400 年または 500 年ごとに平年に戻さずにうるう年のままとなる回数で, [ ] は整数部分のみを用いることを表している. たとえば①式において,  $n=1103$  の場合を求めてみると

$$g = -0.73 - 0.22(1103-3)/100 + [(1103-3)/400] = -0.73 - 2.42 + 2 = -1.15 \text{ (日)}$$

となる.

## 5. 100 年ごとの極小値と極大値の変化

太陽暦の 1 年間の平均日数と 1 太陽年 (平均) の日数との差を, より小さくするための一方法として, グレゴリオ暦の 400 年単位の微修正法の代わりに 500 年単位の微修正法を考えてみたが, 最後にこの二つの暦法の関係について少しく触れてみたい.

まず, 図を見ると, 二つの暦のグラフは経過年数

399 年までは一つに重なっているが, 400~499 年の 100 年間で二つに別れ, その後ふたたび一つになっている. さらにグラフを延長していくと (図では 640 年以後は割愛してあるが), グラフは 800~999 年 (900 年は除く), 1200~1499 年 (1300, 1400 年は除く), 1600~1999 年 (1700, 1800, 1900 年は除く), …の各々の間でも二つに別れる. このことは表 2 を見ると推定できる. これが二つの微修正暦の間の違いである.

次に, 1 年間の平均日数は, グレゴリオ暦では 365.2425 日で現在の 1 太陽年 (365.2422 日) より 0.0003 日長く, 試案暦では 365.2420 日で 0.0002 短いため, 試案暦の方がわずかだが 1 太陽年との差の絶対値が小さい分だけ優れていることは前述した. これを表 2 で見てみると, 極小でも極大の場合でも太陽年との差の値は 100 年の間隔で, グレゴリオ暦では 400 年ごとに  $-0.22$  日を 3 回と 0.78 日を 1 回ずつ繰り返している. これを 1 年間の平均にしてみると

$$(-0.22 \times 3 + 0.78 \times 1) / 400 = (-0.22 \times 4 + 1) / 400 = 0.0003 \text{ (日)}$$

となる.

同様に, 試案暦では 500 年ごとに  $-0.22$  日を 4 回と 0.78 日が 1 回繰り返されているので, 1 年間のこれらの平均日数は

$$(-0.22 \times 4 + 0.78 \times 1) / 500 = (-0.22 \times 5 + 1) / 500 = -0.0002 \text{ (日)}$$

となる. これらが前述の値である.

これを, 前述の①~④の式を用いて約 1 万年後の値で調べてみよう. すなわち, 極小の場合は  $n=10,003$  とすると, ①式より  $g=2.27$ , ②式より  $h=-2.73$  となり, また極大の場合は  $n=10,096$  とすると, ③式より  $G=3.75$ , ④式より  $H=-1.25$  が求められる. これらの極小値と極大値の平均をとると, グレゴリオ暦については  $(2.27+3.75)/2=3.01$  (日) となり, 試案暦については,  $-(2.73+1.25)/2=-1.99$  (日) となる. これらは第 4 章の初めに述べた各々の暦における 1 万年間の僅差に相当する.

なお, 上記の①~④式についてグレゴリオ暦と試案暦を比べてみると, 極小値の式も極大値の式も右辺第 3 項だけが異なっていて, 分母の値が前者では 400, 後者では 500 となっているので, 求める太陽年との差は後者の方が小さいことが分かる.

次に, グレゴリオ暦と試案暦の間の差をそれぞれ極小値及び極大値について求めてみる. つまり①~③及

び②-④は共に右辺第3項同士の差となって

$$[(n-3)/400]-[(n-3)/500] \text{ 及び}$$

$$[(n-96)/400]-[(n-96)/500]$$

となる。これらの [ ] を外して計算してみると、それぞれ 0.0005 (n-3) 日及び 0.0005 (n-96) 日となる。これらは ( ) 内が年数を表しているので、1年当たりの両者の値は係数の値となり、共に 0.0005 日である。この値は前述したそれぞれの暦法の 1 太陽年との差 0.0003 日と -0.0002 日との差である 0.0005 [ = 0.0003 - (-0.0002) ] 日にほかならない。

## 6. おわりに

最初にも述べたように、本文はある結論を求めているのではない。現行のグレゴリオ暦に対して、別の暦を試案し、これが太陽年とどの程度の差が生じ、かつ、この差が年数の経過によってどのように累積されていくのかを、グレゴリオ暦の場合と比較してみたものである。

太陽暦を考えるに当たって、暦と太陽年との日数の

差を完全に 0 にすることはできない。しかし、できるだけその差を小さくし、かつ、分かりやすく実用的な暦を作るには、どのようにうるう年を設けて 1 太陽年 365.24219 日の端数の処理をすればよいか、ここに述べたもののほかにもいろいろと考えられる。たとえば、吉田正太郎 (1980) は「西暦年数が 4 で割り切れる年はうるう年とする。ただし、128 でも割り切れる年は平年とする。このようにすると 1 年の平均日数は 365.2421875 日となる」という案を提唱しておられる。なお、この案の微修正部分 (ただし書きの部分) の基となるものは、本文の第 2 章に記述してある。

以上、本文が、ひとりでも多くの方々にうるう年というものに関心を持たれ、さらに、その設け方について試案される一助ともなれば幸甚である。

## 引用文献

吉田正太郎 (1980): 星とはなんだろう, 誠文堂新光社, 174 p. 59-60.

渡邊敏夫 (1980): 暦のすべて, 雄山閣, 227 p. 58.

長谷川 敏: うるう年の設け方についての一考察—グレゴリオ暦と「500年周期微修正暦」の比較— 地学教育 53 巻 6 号, 305-310, 2000

〔キーワード〕 500年周期微修正暦 (試案暦), グレゴリオ暦, うるう年, 太陽年との差, ユリウス暦

〔要旨〕 ユリウス暦は 4 年ごとにうるう年を設けたただけなので、太陽年とのずれは無視できない。そこで「400 年間に 3 回うるう年を平年に戻す」という微修正を加味したのが現行のグレゴリオ暦だが、まだ 1 万年に 3 日長くずれる。そこで「500 年間に 4 回うるう年を平年に戻す」という 500 年周期微修正暦を試案してみると、1 万年に 2 日短くずれるだけになる。またこの暦とグレゴリオ暦について、それぞれ太陽年とのずれ (差) が経過年数によって、どのように累積していくのかも調べてみた。

Satoshi HASEGAWA: A New Way about Setting Methods of a Leap-Year—Comparison between Gregorian Calendar and a Slight Correctional Calendar in 500 Years Cycle—. *Educat. Earth Sci.*, 53(6), 305-310, 2000

## 新しい賞について

新しい賞について検討してまいりましたが、以下のようにになりましたのでお知らせいたします。

### 〈学術奨励賞に関する細則〉

1. 本会は渡部景隆名誉会員の寄付金を基金として、地学教育およびその関連分野において優秀な研究業績をあげた者を表彰するため、この細則を設ける。
2. 本規則による表彰を日本地学教育学会学術奨励賞と呼び、次の3つの賞を設ける。
  - 1) 日本地学教育学会 学会賞：地学教育の発展に貢献し、著しい研究業績をあげた者。
  - 2) 日本地学教育学会 優秀論文賞：地学教育に関する優秀な論文の著者。
  - 3) 日本地学教育学会 教育実践優秀賞：地学教育に関するすぐれた教育実践を行った者。
3. 本会は受賞者を選考するために、学術奨励賞審査委員会を設ける。
4. 審査委員会は7名の委員で構成され、委員は常務委員会の審議にもとづき、会長が正会員の中から委嘱する。任期は1年とする。
5. 審査委員長は委員の互選により決定し、審査委員会の召集、その他必要な事項を掌務する。
6. 審査委員会は委員定数の過半数の出席をもって成立する。
7. 審査委員会は審査委員会内規にしたがって学会賞、優秀論文賞、および教育実践優秀賞の候補者を選考し、選考理由を付してその結果を常務委員会に報告する。
8. 常務委員会は審査委員会の報告にもとづき、審議の上、受賞者を決定する。
9. 表彰は賞状およびメダルとし、夏の全国大会において贈呈する。
10. 本細則の変更は常務委員会の議決による。

(平成12年5月15日 改訂 同日施行)

※ メダルは、直径5 cm、厚さ5 mm、真鍮に金メッキのもので、メダルの表面には経緯線の入った世界地図をデザインしたもの、裏面に受賞年、受賞の種類と受賞者名が刻まれます。

※ 以前の学術奨励賞受賞者で、希望があれば、実費でメダルを作成いたします。係の馬場勝良（慶應義塾幼稚舎）までお申し出ください。

## 平成12年度の学術奨励賞選考について

平成12年度の学術奨励賞は以下の通りに決まりました。

### 学会賞

選考基準、選考方法についての議論が不十分であり、候補者をしぼれなかった。次年度に向けて、具体的な選考手順を検討する必要がある。

### 優秀論文賞

本年度は該当者なし。

### 教育実践優秀賞

榊原保志・竹内 淳論文に決定。

榊原保志・竹内 淳：吹き流しを用いた風の成因を追求する教材の開発。地学教育，第52巻，第6号（263号），pp. 223-229，1999年11月。



榊原保志会員  
信州大学教育学部助教授



竹内 淳会員  
長野市立篠ノ井西中学校教諭

#### 〈審査結果〉

本論文に示された一連の研究および教育実践は以下に述べるように、直接体験を中心にして探究的に学習を組み立てることが困難な気象単元において、実用的で簡便な実験を導入した教材開発とその授業実践の裏付けによって一つの活路を切り開いた。

1. 吹き流しや線香の煙というどこにでも手に入る道具を用いること、たなびき方から簡単に風速を求めるための換算表を作成したことなどにみられる、簡便な方法を用いて、だれでも容易に風の大小を知る方法を開発した。
2. これまであまり行われていない風の気象観測実習の教材化を行ったこと、および簡便な実験を可能にするための工夫として風速換算表を考案したこと。
3. 実際に中学校での実践を基に実用性の高い授業プログラムを開発したこと。
4. 風の起こる原因を探究的に学習できること、さらにネットワークを活用して地域の学校が連携して同時観測するなどの発展性にも期待が寄せられること、以上述べた理由により、本論文は教育実践優秀賞にふさわしいものである。



## 会費納入のお願い

会費納入用の振込用紙を同封いたしました。学会は会費で運営されていますから、会費の納入をお願いいたします。

払込票と払込票兼領収証を本号に綴じ込みました。それにご記入の上、会費をお支払い下さい。 (会計)

## 編集委員会より

定例編集委員会は、10月21日(土)午後に開かれました。編集状況は、原著論文3件、教育実践報告1件が受理されました。現在印刷社の内部の事情で発行が大変遅れてご心配をおかけしております。軌道に乗せるべく努力しておりますので、ご理解下さい。原稿の方は、しばらく順調に印刷できるものが控えています。

## 投稿規定について

本誌への投稿規定「編集についての細則」を53巻3号に掲載しましたが、これが最新のものですので、これからの投稿に際してはこの新しい53巻3号の投稿規定をご覧くださいようお願いいたします。

### 地 学 教 育 第 5 3 巻 第 6 号

平成12年11月20日印刷

平成12年11月25日発行

編 集 兼 日 本 地 学 教 育 学 会  
発 行 者 代 表 下 野 洋

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  
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. 53, NO. 6

NOVEMBER, 2000

---

## CONTENTS

### Original Articles

- Development of Software to View CD-ROM AMeDAS Data and Learning Front  
with Using It.....Yoshiji WATANABE, Yasushi SAKAKIBARA  
and Takahiko USHIYAMA...259~268
- Let's Reanimate Ancient Animals Based on Elephant Tracks for Possible Teaching  
Development.....Katsuyoshi BABA, Masaki MATSUKAWA, Kazuto KOARAI,  
Keiichi HAYASHI, Atsushi OKUBO and Makoto ITO...269~281
- The Environmental Education in High-School Earth Science with Ground Water  
—The Degree of Students' Understanding and Development of New Teaching  
Materials— .....Makoto OHSHIMA and Osamu MIYASHITA...283~293

### Report

- How Science Learning Could Leads to "Period for Integrated Study"  
—A Case of Fourth Grade Learning to "Function of Running Water" through the  
Study of a Short River—.....Takeshi KOZAI and Kimihiro MATSUGI...295~304

### Survey Report

- A New Way about Setting Methods of a Leap-Year  
—Comparison between Gregorian Calendar and a Slight Correctional Calendar in  
500 Years Cycle— .....Satoshi HASEGAWA...305~310

Book Review (282)

Announcements (294)

New Prize (311~312)

---

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