

# 地学教育

第51巻 第4号(通巻 第255号)

1998年7月

## 目 次

### 原著論文

マグマの分化に関する教材の開発と授業への展開 ……荻原 彰・手塚恒人…(139~147)

オゾン層の破壊に関する教材の開発

—オブジェクト指向モデルによるアプローチ—

……………加藤浩文・伊藤佐智子・細川泰史・下井文彦・佐々木敦司  
大西慶太・古賀真澄・渡部重十…(149~157)

課題研究における身近な大気汚染調査の進め方 ……榊原保志・野崎久美子…(159~167)

### 資 料

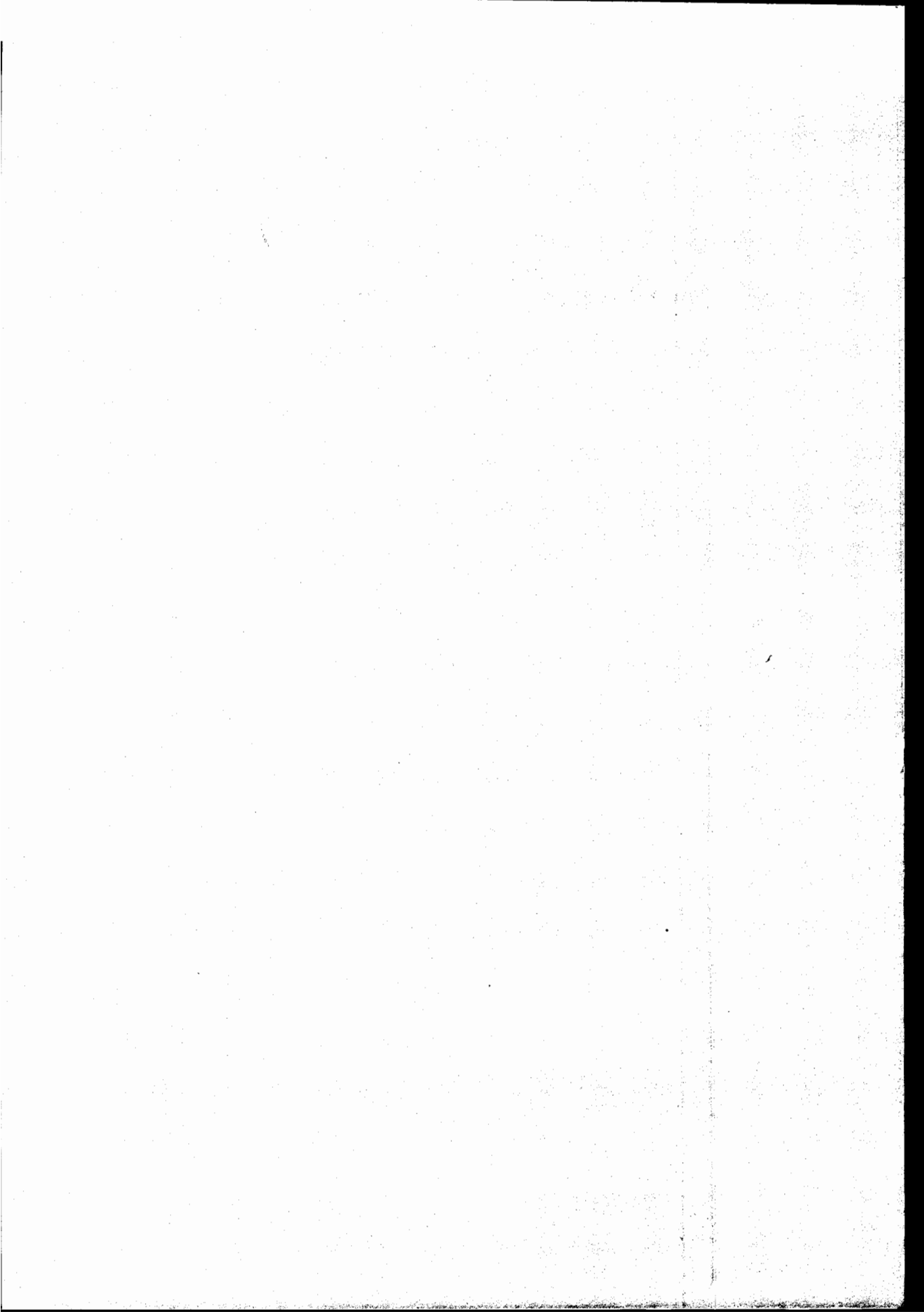
ツーソンミネラルショー(Tucson Shows)に参加して ……………相場博明…(169~175)

本の紹介 (148, 158) 学会記事 (168)

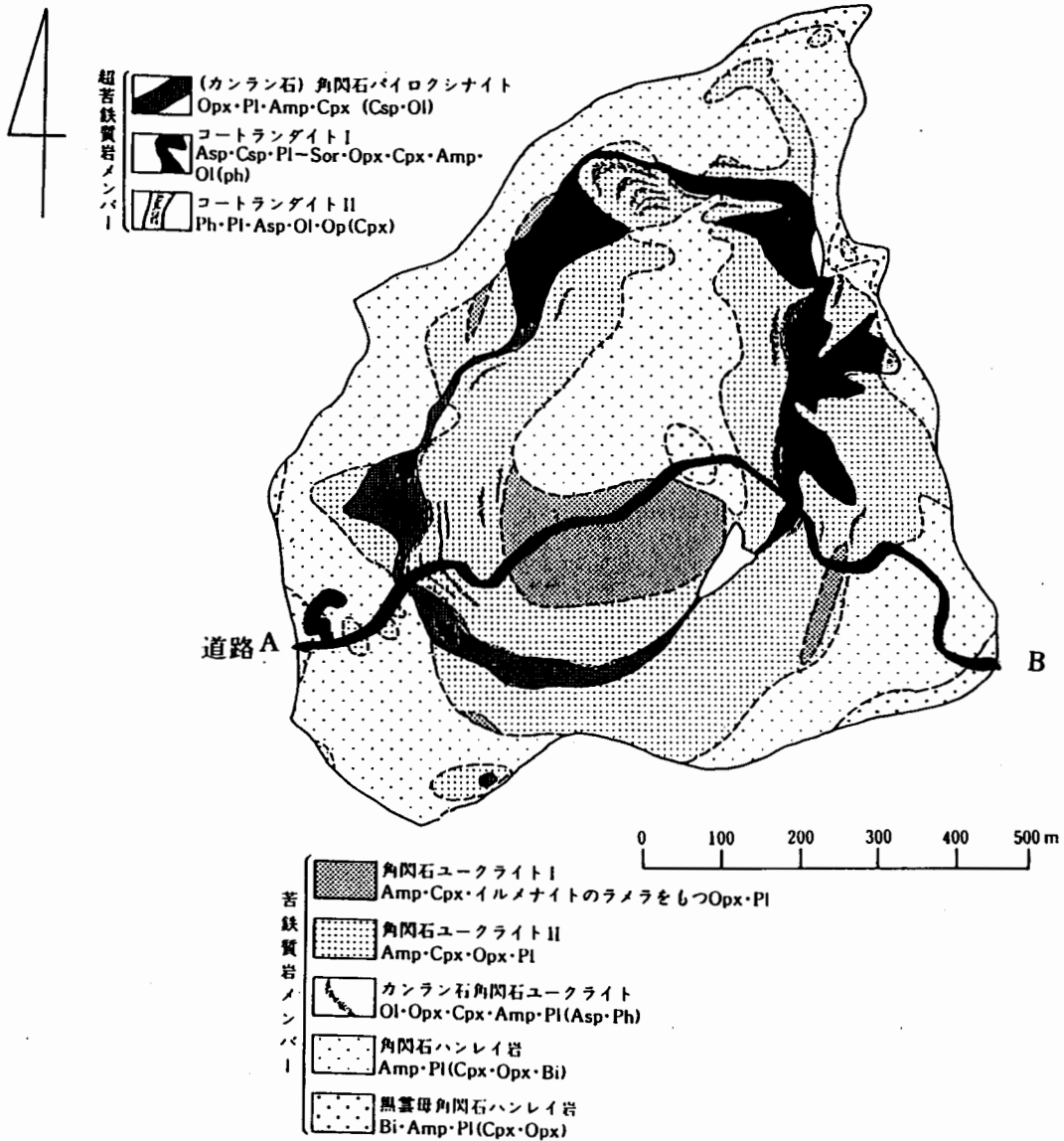
---

日本地学教育学会

184-0015 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







Opx: 斜方輝石 Pl: 斜長石 Amp: 角閃石 Cpx: 単斜輝石 Ssp: クロミアンスピネル Ol: カンラン石  
Asp: プレオネースト Sor: ソーシュライト Ph: フロゴバイト Bi: 黒雲母

図2 卯月山の地質図 (手塚, 1994 より, 原図を一部変更)

く、周辺に向かって高くなり、コートラングタイトの部分で最大値に達する。超塩基性岩の外側では大きなギャップがあるところがあり、再び  $Mg/(Mg+Fe)$  が小さくなり、外側に向かって再び増加する。東側 (図の下側) ではそれを何回か繰り返す傾向を示す。

斜方輝石中の En (エンスタタイト成分) も同じような傾向を示す。なおコアとリムの間では  $Mg/(Mg+$

Fe) の値にはほとんど差はない。また手塚は斜長石、カンラン石についても分析しているが、両鉱物とも授業で取り扱わなかった。グラフには斜長石の値も記してある。

マグマの結晶作用が進行していくと、単斜輝石中の  $Mg/(Mg+Fe)$ 、また斜方輝石のエンスタタイト成分、すなわち  $Mg/(Mg+Fe)$  の割合は減少していく。以上

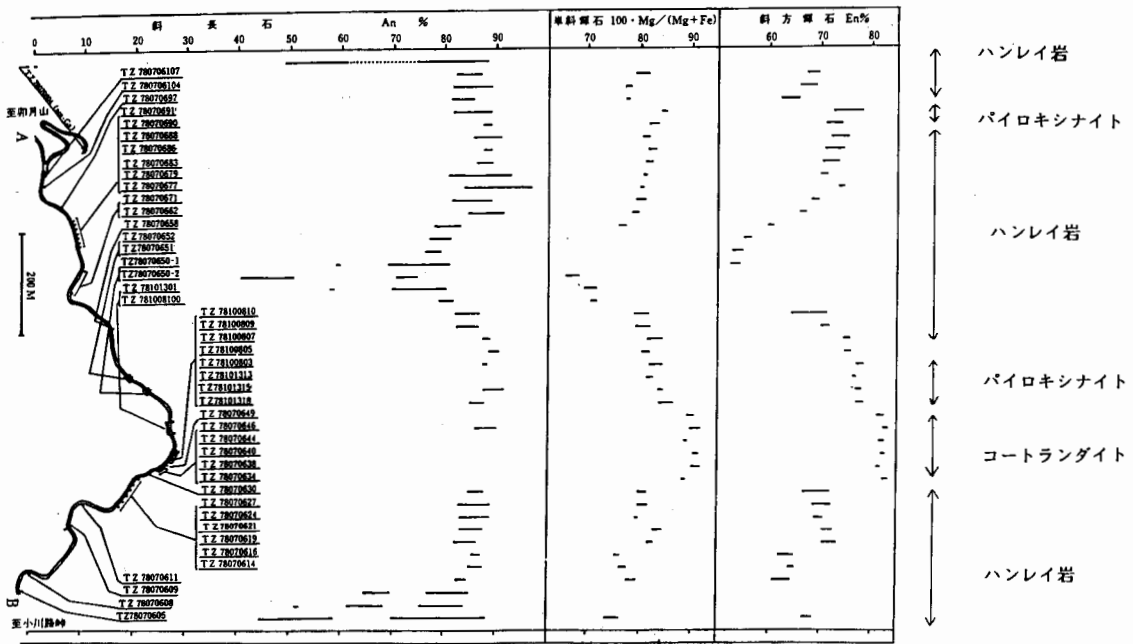


図3 鉱物の化学組成の変化 (手塚, 1994 より, 原図の一部を省略)

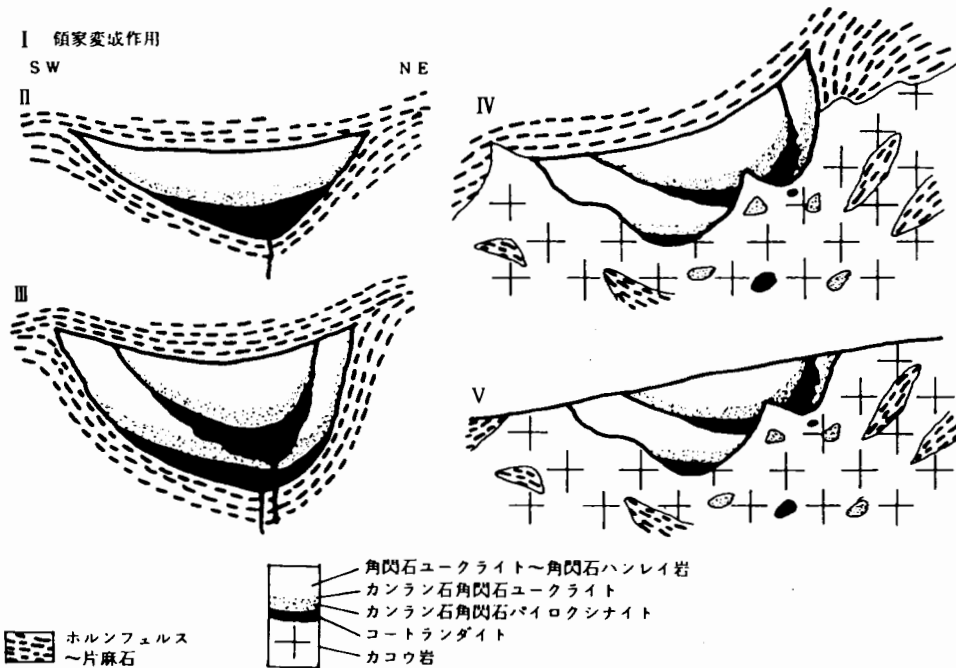


図4 卯月山の地史 (手塚, 1994 より)

のことからリング状超塩基性岩の部分でまずマグマからの晶出が始まり, その内側に向かってより晩期の晶出が行われていったものと考えられる. また外側の塩

基性岩体では同様に外側が初期の晶出で, 内側へいくに従って晩期の晶出になっていく. このような二重構造はスケルガードのような層状構造では説明しにく

く、2回の貫入を考えた方が説明しやすい。これらのことや各種の化学分析から手塚は卯月山の地史について次のように考えている(図4)。

1. 領家変成作用中かその末期に領家変成岩またはその原岩中に苦鉄質マグマが貫入し、沈積作用によって層状構造をつくる。

2. 苦鉄質マグマが完全に固結しないうちに、さらに外側から包み込むように第2回目の苦鉄質マグマの貫入が起こり、やはり層状構造をつくる。

3. 花崗岩質マグマの貫入が起こり、苦鉄質複合岩体、ホルンフェルス、片麻岩は傾いたり、下部が溶かされる。

4. 現在の地表面まで侵食が進む。

### III. 教材の構成

本教材の試行を平成7年の11月初旬に行った。対象生徒は長野県須坂高等学校の2年生の地学IB選択者3講座114人である。授業時間は4時間である。玄武岩質マグマから流紋岩質マグマへとマグマ組成が変化し、その過程で多種類の火成岩が生まれてくるという結晶分化作用の概略は既に学習してある。本教材ではそれをさらに充実・深化することを意図している。

学習活動は次のような流れで進む。なお学習はすべて3~4人の班単位で行った。

#### 1. 岩石の偏光顕微鏡観察

卯月山ハンレイ岩体のパイロキシナイト、コートラングライト、ハンレイ岩の各岩石についてプレパラートの顕微鏡画像をテレビで提示した。ついで各岩石のプレパラートを簡易偏光顕微鏡を使用して観察させた。各岩石の顕微鏡的特徴は次のようなものである。なお以下、両輝石と記述するのは斜方輝石、単斜輝石のことを指す。

##### ・パイロキシナイト

両輝石、カクセン石、斜長石が主として見られる。両輝石が非常に多い。両輝石は0.3~1mmの大きさ、自形を示す。両輝石はわずかにカクセン石に置換されていることがある。斜長石は数mm前後で自形、両輝石を多数含む。クロミアンスピネルがごくまれに見られる(図5)。

##### ・コートラングライト

大型のカクセン石の中に小型のカンラン石や両輝石が斑点のように入っている。カンラン石が非常に多い。カンラン石は丸みのある粒状で大きさは0.2~1mmほどで、割れ目に沿ってジャモン石化が見られ



図5 パイロキシナイト

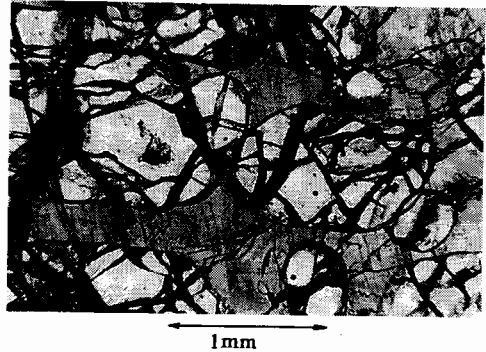


図6 コートラングライト



図7 ハンレイ岩

る。両輝石は粒状で0.2~30mm。カクセン石は10~30mmと大型のものが多く、各鉱物にはクロミアンスピネルが含まれることが多い(図6)。

##### ・ハンレイ岩(ユークライトを含む)

カンラン石、両輝石、カクセン石、斜長石が主な鉱物である。斜長石とカクセン石が多い。カクセン石は0.2~50mmで他形~半自形。斜長石も同程度の大きさで自形(図7)。

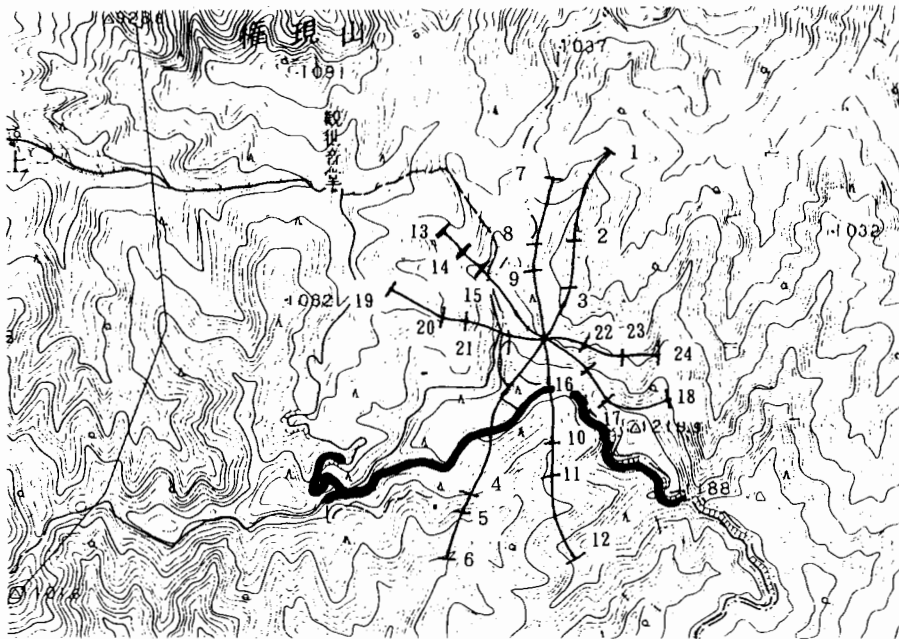


図8 模擬地質調査のルート (太線部は図2, 3の道路)  
 国土地理院発行 2.5 万分の 1「上久堅」を引用

## 2. 岩石の肉眼的観察

各岩石を標本により確認させた。各岩石の肉眼的特徴は次のとおりである。

- ・パイロキシナイト

緑がかった黒色の輝石が非常に多い

- ・コートラングナイト

黒色の1~3 cm 大のカクセン石が多く、その中に粒状にカンラン石、輝石が入っている。岩石の色調が著しく黒い。

- ・ハンレイ岩

上の二つの岩石に比べると色が淡く、全体的には灰色である。長柱状ないし粒状の斜長石もはっきり見える。

## 3. 模擬地質調査

ここでは実際の地質調査ではなく、地図上でルートを示し、そのルートを地質調査したと仮定する。そしてルート沿いに出現する岩石を各班で同定するという模擬的な地質調査を行った。設定したルートを図8、ルート上の番号と露頭の対照表を表1に示す。図8中の太い実線は図3の道路を表している。図中の各番号は岩石の出現する露頭を表す。例えば1番の露頭ではハンレイ岩が出現し、以後はハンレイ岩の露頭が続くが、2番の露頭ではコートラングナイトが出現し、以後

それが3番の露頭まで続くということである。同定する岩石は20個あり、各講座には10班あるので、一つの班で2個の岩石を同定することになる。なおユークライトはハンレイ岩に含めて取り扱った。

## 4. 模擬地質図作成

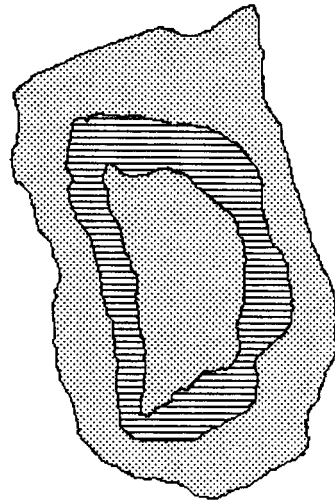
各班で岩石の同定結果を発表し、その結果に従って岩石の分布を地図上に書き込む。このルートマップをもとにして各班で地質図を作製した。地質図についての学習はすでに行っているのので、作図に当たっての指示はコートラングナイトとパイロキシナイトを超塩基性岩として一括するよう指示したのみである。なお実際の地質調査では、地質図を書く上で岩石境界の情報が重要となるが、ここでは地質図を書くこと自体が目的ではなく、マグマ分化について知ることが目的なので、境界についての情報は特に与えなかった。ここでできる地質図は図9のように塩基性岩を超塩基性岩が取り巻き、それをさらに塩基性岩が取り巻くという構造になる。サンプリングが粗く、実際の地質図とはやや異なるので、課題終了後、正確な地質図を教師の側から提示した。

## 5. マグマの分化の順序の推定

模擬地質図は塩基性岩、超塩基性岩が同心円状に分布する特異なものとなる。このような分布が形成され

表1 ルートと露頭の対応表

ル ー ト	露 頭	岩石の区分
1~2	ハンレイ岩	塩基性岩
2~3	コートラングナイト	超塩基性岩
3~4	ハンレイ岩	塩基性岩
4~5	パイロキシナイト	超塩基性岩
5~6	ハンレイ岩	塩基性岩
7~8	ハンレイ岩	塩基性岩
8~9	コートラングナイト	超塩基性岩
9~10	ハンレイ岩	塩基性岩
10~11	パイロキシナイト	超塩基性岩
11~12	ハンレイ岩	塩基性岩
13~14	ハンレイ岩	塩基性岩
14~15	コートラングナイト	超塩基性岩
15~16	ハンレイ岩	塩基性岩
16~17	コートラングナイト	超塩基性岩
17~18	ハンレイ岩	塩基性岩
19~20	ハンレイ岩	塩基性岩
20~21	パイロキシナイト	超塩基性岩
21~22	ハンレイ岩	塩基性岩
22~23	コートラングナイト	超塩基性岩
23~24	ハンレイ岩	塩基性岩





 は塩基性岩  
 は超塩基性岩

図9 図8から作製した地質図

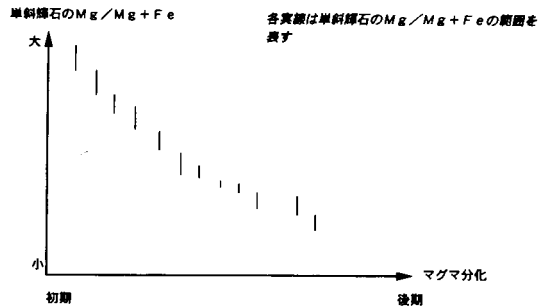


図10 マグマ分化に伴う単斜輝石の化学組成の変化  
各実線は単斜輝石のMg/Mg+Feの範囲を表す

た過程を知るために、輝石の化学組成を利用してマグマの分化していく順序を推定した。単斜輝石、斜方輝石の2種類の鉱物についてマグマが固結し、分化が進むにつれて単斜輝石についてはMg/Mg+Feの比が減少することが概念図(図10)とともに示された。この概念図は実測されたものではなく、モデルとして示したものである。

ついで各班で討論し、図3の中に矢印でマグマの分化していく順序を書き入れた。なおこのようなマグマ分化の指標については、その岩石学的な意味については触れず、便利な指標であるという程度に止めた。

6. 卯月山の岩石の形成過程の推定

各班で、前項で推定したマグマ分化の順序をもとに、岩石の形成過程を考察した。その際に、スケルガードハンレイ岩体の地質構造とその形成過程をプリントで学習し、それを参考にした。最後に手塚の説

(図4)を紹介してまとめとした。

IV. 教材の評価

ここでは、本教材がマグマの分化に対する生徒の考え方を深めるのに適切な教材であったかどうか、いくつかの評価ポイントを設け、生徒の反応から考察する。

1. 岩種の同定

コートラングナイト、パイロキシナイト、ハンレイ岩はそれぞれ特徴的な外見を持っており、標本と比較すれば容易に同定できると思われる。しかし、これは教師の側の考え方であり、生徒からすれば同定がむずか





- b. 外側にまずマグマが貫入し、周辺部から冷却・固結し、ひき続いて内側にマグマが貫入したと考える—17班
- c. わからない—1班
- d. 内側の岩体をつくったマグマが固まる際に外側へしみ出してきて、内側・外側同時にできた—3班

dの考え方は明らかな誤りであるが、a, bの考え方は貫入順序が入れ替わるだけなので、どちらも正解といえる。そこで正答率が87%となり、ほとんどの班が正しく卯月山の岩石の形成過程を推定できたことになる。

### 5. 授業後の感想

授業後に生徒に対する自由記述で授業の感想を書いてもらった。その結果をまとめてみると次のようになる。興味をもてたとする意見が51人、興味をもてなかったとする意見が6人、わかりやすかったとする意見が12人、むずかしかったとする意見が26人、地質構造や地史の複雑さに驚いたとする意見が22人、一つの事実についてさまざまな考え方ができるという点に驚きを覚えたとする者10人、研究者の追究の姿勢に感銘を受けた者14人、他の例についても勉強してみたいとする者5人、周辺の地質構造がわかっていればさらに踏み込んで考えられるとした者1人である。なお欠席者があるので、回答は100人分である。

要約すれば、むずかしくて複雑ではあるが、興味もてる内容であったといえよう。

### V. まとめと議論

マグマの結晶分化は実験・実習を取り入れた授業を構成するのが困難な分野である。しかし模擬地質調査や化学組成図からの分化順序の推定というような授業形式をとることにより、ある程度その困難を克服することができた。

授業では高等学校の内容としては高度な内容を取り上げ、生徒もむずかしいと感じたようだが、一方で授業の中の課題には高率の正答が見られる。また授業内容について興味深いと感じた生徒がかなり多い。このようなことから本教材は高等学校で十分使用できると思われる。

本教材ではまだ研究の過程にあり、さまざまな解釈がありうる現象について扱っている。またさまざまな

研究の結果出てきた結論を提示するのではなく、一人の研究者による研究を体験する形となっている。授業後の感想では研究者の姿勢への感銘や、一つの事象に対して正答が一つではなく、異なった解釈がありうることへの驚きの表明など研究の過程そのものに関心を示した生徒が見られた。生徒の感想から例を示せば《一つの事実から、その事実が起こる過程をいろいろ考えられるというのは、岩石や地質の最大の魅力だと思います》、《一般的に「こう考えられている」という説も本当は全然違うかもしれないので、証明されるものがない限り、必ずしもその説があっているとは限らなく、いろいろな考え方ができるので、そういうところがおもしろいところだと思います》《調査の結果から起こりうるすべての場合を考えなければいけないと思った。そのようなことを考えているとなにかわくわくする》《これだけのことを調べ、これだけの結論を出すためにはこれだけの多くの資料とそのため調査が必要だということには改めてたいへんと思った》などである。これらのことは上述のような本教材の構成によってもたらされたものと思われる。このような構成については異論もあると思われるが、教材を開発していく際の一つの考え方であると筆者は考えている。

### 謝 辞

標本作製を助けていただいた信州大学の河内晋平教授、日野善太郎技官に感謝申し上げます。

### 参 考 文 献

- 河原富夫(1978): 白亜紀火山岩類の教材化—その理念—。地学教育, 31(6), 145-150.
- 河原富夫(1980): 地層教材としての白亜紀火山岩類。地学教育, 33(3), 107-112.
- 文部省科学研究費特定研究システム地学カリキュラム班(1976): システム地学カリキュラム(その2)。地学教育, 29(3), 63-76.
- 岡本弥彦(1990): イメージスキャナーによる花こう岩類のモード測定。地学教育, 43(6), 175-180.
- 編原雄太郎・菱田清和(1981): 岩石指導のための花崗岩のモード分析について。地学教育, 34(5), 119-128.
- 手塚恒人(1994): 上久堅村誌 地形・地質。上久堅村誌刊行委員会編, 3-45.
- 嘉村策磨・太田 秀・松原新一・大畠治孝・仲村 馨・鈴木誠二(1967): 岩石の観察指導における造岩鉱物の扱い方。地学教育, 20(2), 46-56.

荻原 彰・手塚恒人：マグマの分化に関する教材の開発と授業への展開 地学教育 51 巻 4 号, 1-9, 1998

〔キーワード〕 結晶分化作用, 火成岩, マグマ, 高等学校地学

〔要旨〕 マグマの結晶分化作用は火成岩を理解する上で必須の事項であるが, 教材開発の遅れている分野であるといえる。そこでスケルガードハンレイ岩体と同じく地表で結晶分化作用が観察できる長野県飯田市の卯月山ハンレイ岩体を利用し, 岩石の同定, 模擬地質調査などを行い, 結晶分化作用を探究的に学ぶことのできる教材の開発を試みた。課題の達成状況, 生徒の感想から高等学校段階でも使用できる教材と判断した。

Akira OGIWARA and Tsuneto TEZUKA: Development of the Teaching Material about Magmatic Differentiation. *Educat. Earth Sci.*, 51(4), 1-9, 1998

### 本の紹介

鳥海光弘ほか7名共著 岩波講座地球惑星科学 14  
社会地球科学 A5 262頁 1998年3月初版  
3,700円+税

本講座の最終巻である。聞きなれない学問名であるが、この科学の研究対象を本書から要約すると、「従来から研究されてきた地球物理学、気象学、気候学、第四紀地質学、人類学、考古学、文化人類学、海洋学、地球化学、都市工学、環境工学、経済学、社会学等々のすべての学問領域をカバーし、広範囲のものとなる。その根幹は明快であり、人間圏および地球システムの進化の解明である。今後の課題は地球システムにおいて、いかに存続可能な人間圏を不断に構築してゆくか、もちろん、現段階では未開拓の分野である。ただ、こうした目標設定は可能であり、設定しなければならない。」と述べている。本書は上述の目標に向かって個々の事象の一部が述べられている。目次は次のようになっている。

はじめに

#### 1. 人間圏とは何か

(1) フレーム問題について (2) 地球システムと人間圏 (3) 文明の地球システム論的考察

#### 2. 地球資源論

(1) 地球資源論とは (2) 資源の分類と成因 (3) 地球資源問題 (4) 地球資源問題への取り組み—科学技術的対策 (5) 地球資源問題への取り組み—政治・経済・社会的対策

#### 3. 自然災害

(1) 気象災害 (2) 火山災害 (3) 地震災害 (4) 津波災害 (5) 巨大災害

#### 4. 予知・防災の地球科学

(1) 災害とは何か (2) 地球科学と予知・予知 (3) 地球惑星科学から見た防災 (4) 都市防災のあり方

#### 5. 地球—人間社会システムの将来設計

(1) 人間圏の安定性 (2) 太陽系システムのストック依存型文明 (3) 社会地球科学の展望

索引

1では、主として人間圏を詳細に説明している。社会地球科学では人間圏の定義を明確に理解しておく必要があるからである。

2には、「まとめ」があるので、参考のため、それらを書いておきたい。

- 地球システムでは多種多様な資源が生成される
- 近年、資源問題が非常に深刻化してきた
- 地球資源問題を解決するための対策を立てることが急務である

3では、目次にある自然災害を例をあげて説明している。そして、それらの災害を社会地球科学に組み込むための考察をしている。「まとめ」があるので参考のため書いておきたい。

- 気象災害をもたらす現象は多種多様である
- 巨大気象災害は未然に防ぐことができる
- 火山災害の性質は、噴火のタイプによって大きく異なる
- 深刻な火山災害の多くは、火砕流や泥流などの流れによって生ずる
- 大規模な噴火は、噴煙を高く上げて、広域に大災害をもたらす
- 地震災害の様相は地震発生の時・場所・社会的条件に左右される
- 海洋国にとっては津波の危険性をつねに忘れてはならない
- 宇宙災害は稀だが被害は桁違いに大きい

4では、災害の予知・防災の意義を例をあげて説明している。そして、次のように「まとめ」している。

- 防災には災害の予測・予知が不可欠である
- 自然災害は地球システムの大きな変動である
- 地球科学は巨大災害の実態を明らかにしてきた
- 災害情報については、その精度、正しさを十分に検討する必要がある
- 新たに都市災害が危険性を増してきた
- 地球惑星科学は防災への指針を与える

5では、人間圏の安定性、その持続的発展の可能性、人間圏の進化、さらにその将来設計を考察し、実践的学問領域である社会地球科学について、その基本構想を提示し、その根幹は明快で、人間圏および地球システムの進化の解明であるという。

本書の内容は、地学担当の先生がたなら、すでに知っている事象が多い。しかし、それらの個々の事象を社会地球科学という新しい学問分野を創設する観点から述べている本は、ほかには少ないのではないかと思う。その意味で読むに値する本であり、視野を広げてくれる本であると思う。 (貫井 茂)

原著論文

# オゾン層の破壊に関する教材の開発

## —オブジェクト指向モデルによるアプローチ—

加藤 浩文\*1・伊藤佐智子\*2・細川 泰史\*3・下井文彦\*4

佐々木敦司\*5・大西慶太\*5・古賀真澄\*3・渡部重十\*\*6

### 1. はじめに

産業革命以降の人間活動の著しい増加の結果、地球規模での環境破壊が進んでいる。そして、環境破壊の現状やメカニズムを学び、地球環境を守るために何をすべきかを考える環境教育が広く求められている(沼田, 1982; 下野, 1995; 榊原, 1997)。環境教育で扱われるテーマは自然科学や社会科学, 人文科学のさまざまな分野にわたるが、まず、地球の自然科学的理解が不可欠であり、それを目的とする地学は環境教育において重要な役割を果たす(正木, 1992; 阿形, 1992; 藤岡, 1996)。

地球は、大気や海洋、地殻、マントルなどの多数のサブシステムから構成されるひとつのシステムと考えられる。そして、これらのサブシステムは複雑な相互作用によってつながっている(鹿園, 1992; 鳥海ほか, 1996)。たとえば、エル・ニーニョや南方振動という現象は、大気と海洋の相互作用によって生じる。地球環境問題ではサブシステムとして人間活動が加わり、考えるべき相互作用はさらに複雑なものになる。さらに、オゾン層の破壊や森林破壊、地球温暖化といった環境問題はそれぞれ独立ではなく、相互に関係をもつ(鹿園, 1992; 朝倉ほか, 1995)。このような総合的、学際的な内容を扱う環境教育では、幅広い分野の教育者、研究者の協力が必要であり、用いられる教材も多様なものになる。

地学教育や環境教育において、現象をわかりやすく示し、メカニズムを理解させるには、静止画や動画を含むマルチメディア教材が有効である。たとえば、オゾンホール面積が拡大していく様子は、人工衛星の観測をもとにした、オゾン全量分布の年々変化の動画によって明確に示される。また、理科教育においては

現象の理解に実験が大きな役割を果たすが、地学教育、環境教育においては現象の空間的、時間的スケールが大きいため実験によるシミュレーションが困難であることが多い。このようなときには計算機シミュレーションが有効な手段となる(横尾ほか, 1995)。

われわれは、環境教育で用いられるような複雑な構造をもつマルチメディア教材のネットワーク上での共同利用が可能なデータベースシステムの構築を目指している。このシステムでは、文章や静止画、動画、シミュレーションなどの教材は、すべて「素材オブジェクト」として表現され、オブジェクト指向データベース(OODB, Object Oriented Database)に格納される。OODBは、CAD(Computer Aided Design)やCAM(Computer Aided Manufacturing)などの分野では、複雑なデータを格納するためにすでに用いられているが、教材の格納に利用された例はまだ少ない。われわれは、複雑な構造をもつマルチメディア教材の管理には、OODBの利用が有効であると考え、教材のオブジェクト指向モデル化を行った。そして、教材の具体例として、「オゾン層の破壊」に関する教材を開発し、データベースシステムを構築した。

本論文では、われわれが提案する教材のオブジェクト指向モデルと、そのモデルに基づいて構築した環境教育のための学習情報データベースについて報告する。

### 2. 環境教育教材の特徴

環境教育で扱う問題は幅広い分野にわたるため、総合的、学際的なアプローチが必要であり、さまざまな分野の教育者、研究者の協力が欠かせない。環境教育の教材の特徴として以下のようなことが挙げられる。

(1) 教材は自然科学や社会科学, 人文科学の幅広い

\* 学習情報通信システム研究所 \*\* 東北大学理学部 <sup>1</sup> 現所属: 東北生活文化大学家政学部 <sup>2</sup> 現所属: 北海道情報大学経営情報学部 <sup>3</sup> 現所属: (株)SCC <sup>4</sup> 現所属: 九州電子計算機専門学校 <sup>5</sup> 現所属: 北海道電子計算機専門学校 <sup>6</sup> 現所属: 北海道大学理学研究科 1997年7月14日受付 1998年6月5日受理

分野にわたる

- (2) 教材の間に複雑なつながりがある
- (3) 動画や計算機シミュレーションを含むマルチメディア教材が有効である
- (4) さまざまな分野の教育者が再利用できることが望まれる

(4)を実現するためには、コンピュータネットワークを利用することが有効である。最近発展の著しいインターネットでは、WWW (World Wide Web) によってマルチメディアデータを表示することができ、(3)を満たす。また、WWWではハイパーリンクによって、(2)で要求される複雑なつながりもある程度は実現できる。すでに環境教育においてもインターネットは利用され、その有効性が確かめられている(中村ほか, 1995; 柴田ほか, 1995)。

インターネット上にはさまざまな分野に関する膨大な資源が存在し、(1)の要求も満たしているが、それらの資源は単なるファイルシステムに収められていることが多く、教材として再利用しにくいという問題がある。教材をデータベースで一元管理することによって、教材の登録、管理、検索、再利用が効率よく行えるようになる。(2)や(3)の特徴をもつ教材は、複雑なつながりをもつマルチメディアデータになるが、このようなデータを格納するデータベースとして、OODBが適している(Kim, 1990; Zand ほか, 1995)。そして、多くの教育者、研究者がデータベースにアクセスできるようにするため、このOODBはネットワークを介して利用することが望ましい。このような要件を満たすシステムを実現するため、教材のオブジェクト指向モデル化を行い、そのモデルに基づいて環境教育のための学習情報データベース、ODEE (Object oriented Database for Environmental Education) を構築した。

### 3. 教材のモデル

#### 3.1 教材のオブジェクト指向モデル

われわれがオブジェクト指向の手法を導入して、教材をオブジェクトとして扱った主な理由は、教材をモデル化する際の自由度が大きいことである。2章で述べたような特徴をもつ環境教育の教材を作成する際、教師がさまざまなメディアの素材を自由に関係づけられることが望ましい。自由なモデル化が可能なオブジェクト指向モデルは、このことを実現しやすい。たとえば、以下で説明するように、ODEEでは素材間

のつながりのみならず、素材の一部である関心領域間のつながりも、ROI オブジェクト (ROI, Region of Interests) によって実現している。この関心領域間のつながりは、図や表のある領域とその領域を説明する文章の対応をわかりやすく示すのに有効である(5.2 主題1参照)。

ODEEにおいて、教材はテキストやグラフ、表、動画、シミュレーションなどのさまざまなメディアの素材を単位としたオブジェクトとして表現される。このとき、関連のある素材はひとまとめにされ、素材の組として扱われる。主題はいくつかの素材の組から構成される。そして、主題を集めたものが講義ノートになる。教材の構成をこのようにモデル化し、図で表したものが教材オブジェクトのクラス構造(図1)である。なお、図1では簡単のために、講義ノート、主題、素材の組み、素材を並列に表示しているが、実際には、講義ノートは主題を、主題は素材の組を、そして、素材の組みは素材を、それぞれ集約したものである。素材、主題、講義ノートなどを総称して、「教材オブジェクト」と呼ぶ。さらに、テキスト、グラフ、表などを総称したものが「基本メディアオブジェクト」である。グラフと表素材は、関係表の形式をもつスプレッドシートからつくられる。すなわち、グラフは2つの属性間の関数関係を図示し、表は任意の行、列を選択して生成される。各々の素材オブジェクトは、数値や文字列などのより基本的な「基本メディアオブジェクト」の複合

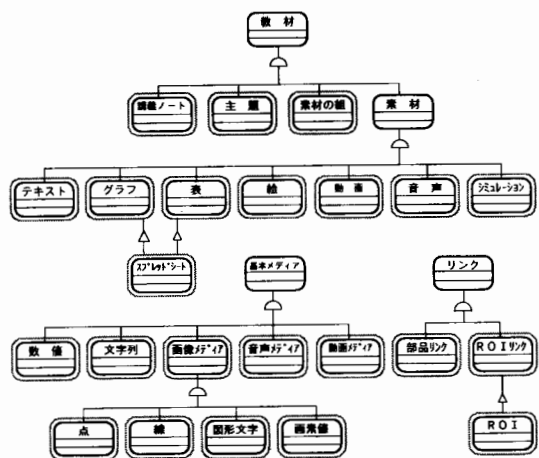


図1 教材オブジェクトのクラス構造

CoadとYourdonの記法(Coad ほか, 1991)による。クラス名を表記し、データメンバ、メソッドは省略した。□はis\_a(汎化), △はhas\_a(部品) 関係を示す。

体として構成される(図1)。このように、本論文で提案する教材モデルは、教材オブジェクトと基本メディアオブジェクトという2つの層によって構成される(Kato ほか, 1996)。

3.2 素材のなかの関心領域

ODEEにおいて教材は素材オブジェクトからなるが、ある素材の中で学習者が特に関心をもつべきところを関心領域(ROI, Region of Interest)と定義する。そして、ある素材の関心領域と別の素材の関心領域に関連をつけ、素材間のつながりを有機的なものにする(伊藤ほか, 1997)。関心領域や他の素材との関連情報は素材オブジェクトとは別の、ROIオブジェクトに格納される(図1)。この関心領域の参照機能を利用すると、たとえば、絵のある部分をクリックするとその説明が示されるように設定できる。テキスト、グラフ、表、絵の素材に関心領域が定義され、素材間相互の参照が可能になっている。

3.3 動画素材

現象の時間変化の様子や3次元的な構造をわかりやすく表示するには、動画素材を用いるのが効果的である。グラフや模式図などの教材も、動画を利用するとよりわかりやすいものになることが多い。

ODEEでは、動画のフレーム(動画を構成する静止画)につけられたタグ(キーワード)を利用した検索機能によって、ひとつの動画から派生的に新たな動画を生成して表示することができる。このとき、再生された動画は表示が終了すると削除されるので、重複したデータを保存しておく必要はない。

3.4 シミュレーション素材

理科教育において、計算機シミュレーションは学習者が初期条件やパラメータを自由に変えて計算でき、主体的に学ぶことのできる教材のひとつである。ODEEでは、シミュレーションプログラムの実行形式コードも素材オブジェクトとして格納され、教材の再利用ができる。シミュレーションの計算はデータベースサーバで行われ、計算結果のデータがクライアントに送られて、描画される(佐々木ほか, 1996)。

3.5 用語辞書、用語木

学習を進めるとき、参照したい重要な語句や専門用語が現れるが、ODEEではそれらを用語辞書に格納している。用語辞書に含まれる用語のうち、木構造の概念で分類できるものは、用語木と呼ばれる階層構造で管理されている。用語木では、階層が深くなるに従って用語の専門性が増す。用語木を用いることにより、

用語の管理、素材の検索を効率よく行える。

3.6 教材の再利用

ODEEでは、素材、素材の組、主題、講義ノートといった、いろいろなレベルで教材の再利用を行うことができる。教材作成者は、検索・登録プログラムによって素材を検索、編集、登録することができる。図2に登録画面の例を示す。検索・登録プログラムはJAVA言語で作成されており、検索や登録を対話的に行うことができる。

4. システム構成

ODEEは、学習情報通信システム研究所内のローカ

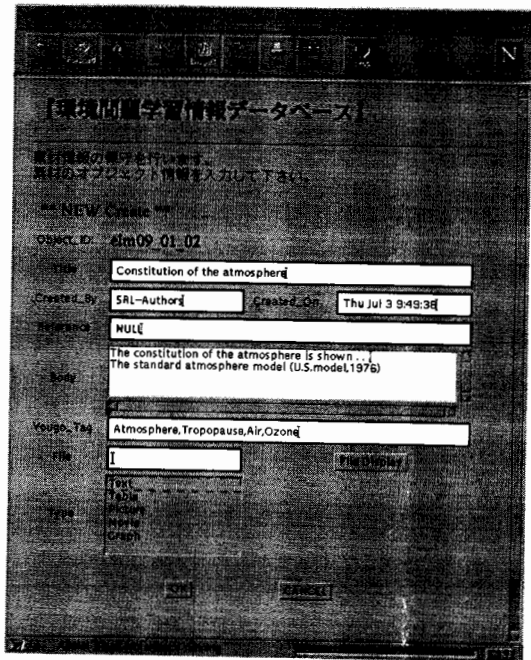


図2 教材の登録画面の例

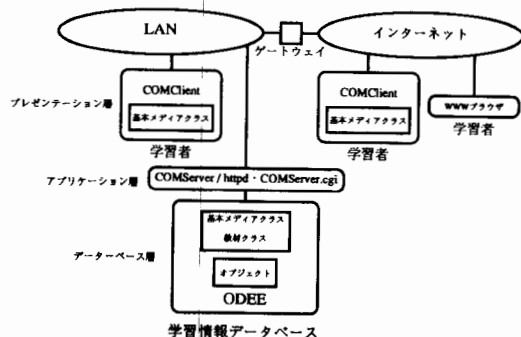


図3 ODEEのシステム構成

ルエリアネットワーク (LAN) 上に構築されている (図3)。データベースサーバは UNIX のワークステーション (SUN SPARC Station) であり、データベース管理システムとして ONTOS を用いている。

ODEE のクライアントには2つの種類がある。ひとつは X ツールキットを用いて独自に開発した専用クライアントであり、もうひとつは Netscape, Internet Explorer などの WWW クライアントである (伊藤ほか, 1996)。この2つのクライアントの最も大きな違いは、シミュレーション結果の表示方法にある。専用クライアントでは、シミュレーションの計算を行いながら、結果を逐次クライアントに送信するので、学習者はリアルタイムで結果を見ることができる。一方、WWW クライアントでは一連の計算が終わった後に結果をまとめてクライアントに送るので、専用クライアントの場合に比べると対話性に欠ける。WWW クライアントを使った場合の対話性の向上については6章で述べる。

## 5. オゾン層の破壊に関する教材

### 5.1 教材の構成

3章で示した、マルチメディア教材のオブジェクト指向モデルに基づいて、講義ノート「オゾン層の破壊」に収める教材を開発した。教材の開発にあたって、教師が授業を行うときに、資料として利用できるものを目指した。学習者としては、高校生、大学生、社会人を想定している。

表1 講義ノート「オゾン層の破壊」の構成

主題	タイトル	素材の組数	素材の数
1	地球大気	6	10
2	太陽光スペクトル	6	12
3	地球に達する太陽エネルギー	5	14
4	地球大気の運動	7	20
5	オゾン層の生成理論	4	13
6	オゾン密度の観測	3	6
7	北半球と南半球のオゾン層	4	10
8	北半球のオゾン密度分布	3	6
9	南半球のオゾン密度分布	2	6
10	オゾンホールを経年変化	2	5
11	オゾン層の破壊	7	20
12	火山の影響	3	4
13	紫外線の生物作用	8	21
14	オゾン層破壊の影響の予測	2	5

「オゾン層の破壊」は、表1のような14の主題から構成される。各主題に属する素材は、いくつかの組にまとめられている。この素材の組はクライアントの画面に表示する際の「ページ」に相当する。素材の総数は152であり、そのうち26の素材は再利用されている。152の素材のメディア別の内訳は、テキスト79、グラフ6、表4、絵45、動画11、シミュレーション7である。

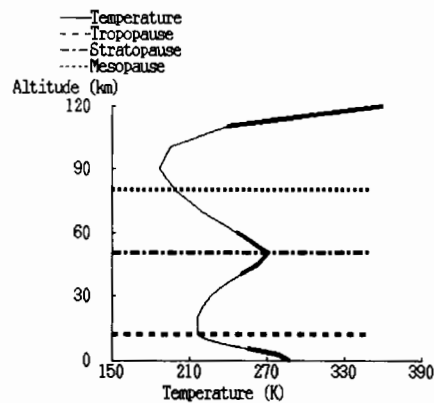
### 5.2 教材の内容

ここでは、「オゾン層の破壊」に収められた主題の概要を述べる。

**主題1. 地球大気:** 地球大気の層構造やオゾン層の働きについて学ぶ。まず、地球大気の組成が表素材で示される。そして、地球大気の気温分布による区分がグラフ素材を用いて説明され、気温分布の成因について学ぶ。グラフには3つの圏界面や気温分布のピークに関心領域が定義されており、テキスト素材の文章と関連づけられている (図4)。最後に、もし地球にオゾン層がなかったら、気温分布はどうなるかを考える。

主題「地球大気」- <大気圏は暑いのか、寒いのか?>

大気の温度の高度分布と大気の層構造を示す。われわれの住む地表から、高度が1km上昇するにつれて、気温は平均して6.5°C下がる。ところが、高度10km付近を境に、高度が増すにつれて気温が上がるようになる。この境界より低い高度の大気の層は対流圏と呼ばれ、境界面を対流圏界面という。その高度は緯度によって変わり、極域で約8km、赤道域で約17kmである。対流圏より高い層は成層圏と呼ばれ、高度約50kmまで続く。より高いところの大気層では、高さが増すと、再び気温は下がるようになる。この境界を成層圏界面といい、上部の大気層を中間圏という。中間圏のさらに上方には熱圏と呼ばれる領域がある。中間圏と熱圏の境界は中間圏界面といい、高さは約80kmである。熱圏では高さとともに気温は上昇する。成層圏と中間圏、熱圏下部は関わりが深く、これらを一括して中層大気と呼ぶ。



中性大気の高度に対する温度分布

図4 素材のなかに定義された関心領域



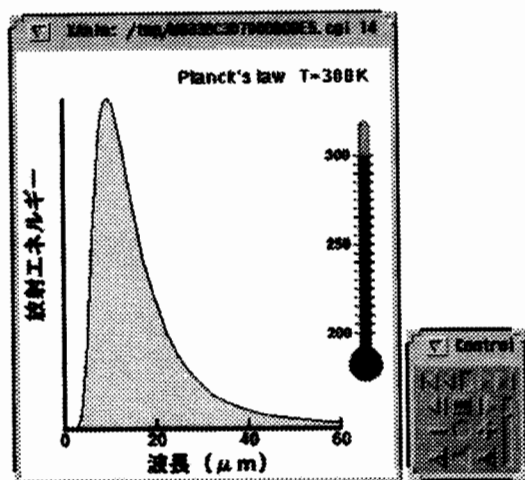


図5 プランクの放射法則を表す動画素材

**主題2. 太陽光スペクトル:** 太陽が宇宙空間に放射している電磁波について学ぶ。太陽の構造、太陽可視光線の分光、電磁波の種類、太陽の黒体放射、地球の黒体放射という順にテキスト素材や絵素材が提示される。太陽の黒体放射を説明する際には、プランクの放射法則を表わす動画素材が用いられる(図5)。この動画素材によって、シュテファン・ボルツマンの法則とウィーンの変位則についても学ぶことができる。

**主題3. 地球に達する太陽エネルギー:** 太陽定数、地球大気による太陽光線の散乱、および大気中分子によるエネルギー吸収について述べられる。そして、地球のエネルギー収支について学び、大気と海洋による熱の輸送を理解する。

**主題4. 地球大気の運動:** はじめに、大気の運動にはさまざまな空間、時間スケールのものであることが示される。そして、さまざまな空間スケールの渦を含む流れの例を見るために、2次元乱流の計算機シミュレーション素材(後述)が利用される。つづいて、動画素材などを用いて対流圏と中層大気における大循環について学ぶ。

**主題5. オゾン層の生成理論:** まず、オゾンの基本的な生成・消滅過程であるチャップマン機構(純酸素化学平衡モデル)を学ぶ。次に、動画素材によって、観測によるオゾンの高度分布とチャップマン機構による高度分布を比較し、チャップマン機構によって観測値を大まかには説明できるものの、なお不一致があることを知る。そして、化学反応の効果や大気運動による混合の効果を考慮すると、よい一致が得られること

が示される。最後に、オゾン密度の日変化のシミュレーション素材(後述)によって、オゾンや酸素原子の密度の高度分布が地方時によってどう変化するかを調べる。

**主題6. オゾン密度の観測:** 大気中のオゾン密度を測定するための代表的な3つの観測方法、すなわち、地上観測、直接観測、衛星観測について学ぶ。それぞれの観測方法について、観測例を見ながら、長所と短所を考える。

**主題7. 北半球と南半球のオゾン層:** まず、オゾン密度の高度分布が緯度によってどう異なるかを絵素材で学ぶ。続いて、人工衛星の観測データから作製した動画素材で、北半球と南半球のオゾン全量分布の月々変化を理解する。ここでは、南半球の春にオゾンホールが現れること、一方、北半球の春には顕著なオゾンホールは現れていないことが示される。

**主題8. 北半球のオゾン密度分布:** 中層大気の運動がテキスト素材によって説明され、極渦の性質が北半球と南半球では異なることを学ぶ。そして、この大気運動の違いのために、北極上空では南極上空に現れるような顕著なオゾンホールは出現していないことが述べられる。ただし、北半球でもオゾン層の破壊は起こっていることが注意される。この主題では、北半球におけるオゾン全量分布の月々変化の動画素材が利用される。

**主題9. 南半球のオゾン密度分布:** 南半球のオゾン密度分布、特にオゾンホールについて学ぶ。オゾンホール発見の経緯が述べられた後、3つの動画素材(後述)を用いて、オゾンホールの年々変化や、ある年のオゾンホールの発達・消滅過程を見る。この主題では、オゾンホールを観察することに重点をおき、その成因については**主題11**に譲る。

**主題10. オゾンホールの経年変化:** オゾンホールの経年変化について詳しく学ぶ。オゾンホールが年とともに広く、深くなっていく様子がNASAの観測データ(絵素材)で示される。

**主題11. オゾン層の破壊:** オゾン層の破壊、およびオゾンホール生成のメカニズムを学ぶ。まず、オゾン層は人工的につくられたフロンを起源とする塩素原子によって破壊されることが述べられる。次に、南半球の春に南極上空でオゾンホールが出現する理由を理解するために、極渦や極成層圏雲、不均質反応などが説明される。最後に、オゾン密度の年々変化のシミュレーション素材によって、フロンがオゾン密度分布に

与える影響を調べる。

**主題 12. 火山の影響:** 火山の噴火がオゾン層に及ぼす影響について学ぶ。噴出物に含まれる硫酸エアロゾルは、塩素化合物生成の不均質反応を促進することが述べられる。加えて、オゾン層を破壊する塩素の起源は、ほとんどが人間の産業活動によって生産されることが強調される。

**主題 13. 紫外線の生物作用:** オゾン層の破壊に伴う紫外線の線量の増加が、生物にどのような影響を及ぼすかを学ぶ。生物分子と紫外線の相互作用や紫外線の種類について説明された後、UV-CやUV-B、UV-Aの生物作用について、グラフや絵素材を用いて学ぶ。

**主題 14. オゾン層破壊の影響の予測:** オゾン層の破壊は人間の産業活動によるフロンが原因であることが述べられた後、フロンの規制に関する国際的な条約が示される。そして、オゾン密度の年々変化のシミュレーション素材によって、フロンがオゾン層に及ぼす影響を調べる。

### 5.3 動画素材

講義ノート「オゾン層の破壊」で用いられる動画素材は2つのタイプに分けられる。ひとつはグラフや模式図をもとにしたものであり、もうひとつは観測データから作製したものである。前者の例としては、プランクの放射法則(図5)や大気の大循環を説明する動画素材がある。後者の例としては、NASAの人工衛星が観測した、オゾン全量分布のデータからつくった動画素材が挙げられる。ここでは、このオゾン全量分布の動画について述べる。

オゾン全量の観測データはNASAによって提供されており、インターネット経由で、あるいはCD-ROMによって入手できる。オゾン全量の月平均および1日ごとのデータを用いて、次のような5つの動画素材を作製した。

- (1) 北半球と南半球の1979年1月から1992年12月までのオゾン全量の月々変化
  - (2) 北半球の1979年1月から1992年12月までのオゾン全量の月々変化
  - (3) 南半球の1979年1月から1992年12月までのオゾン全量の月々変化
  - (4) 南半球の1992年9月1日から11月30日までのオゾン全量の日々変化
  - (5) 南半球の1980年から1994年までのオゾン全量の季節変化と年々変化
- (1)から(4)では極を中心にしてオゾン全量分布を

平面表示し、(5)では立体球面上に表示する。(5)では、季節変化と年々変化を見やすくするために、四季に相当する位置に4つの球を描き、それぞれの季節の位置における年ごとの変化を表示するようにした(図6)。(1)から(4)の動画については、3.3で述べた検索機能によって、部分的な動画を再生成して表示することができる。例えば、「オゾンホールが顕著になる、1982年以降の月々変化」や「10月のオゾン全量分布の年々変化」といったテーマの動画を表示することができる。

### 5.4 シミュレーション素材

ODEEには、以下に述べる三つのシミュレーションコードが格納されている。

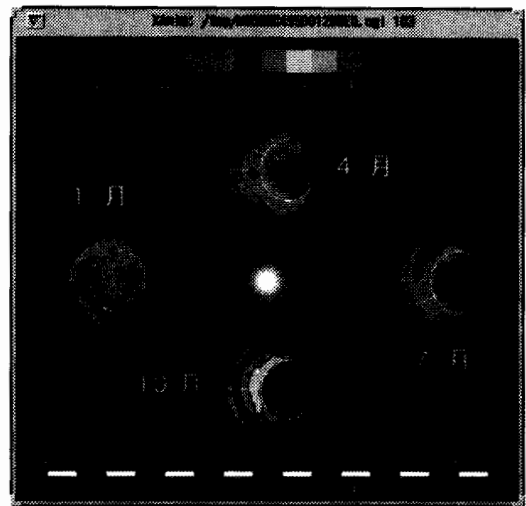
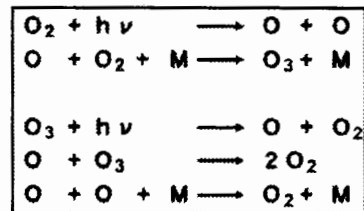
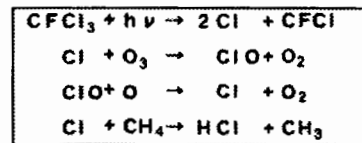


図6 南半球のオゾン全量の季節変化と年々変化



オゾンの生成・消滅の化学反応式



オゾンの消滅におけるフロンの反応

図7 チャップマン機構およびフロンに関する反応

(1) オゾン密度の日変化のシミュレーション

オゾンや酸素原子などの密度の高度分布の日変化を学ぶためのシミュレーション素材は「オゾン層の生成理論」で用いられる。このシミュレーションは物理量が高度方向のみに変化する1次元モデルであり、光化学反応として、チャップマン機構とClO<sub>2</sub>に関する4つの化学反応を含む(図7)。このシミュレーションには大気運動による渦拡散の効果も含まれる。学習者はフロン量をパラメータとして入力し、密度の高度分布の時間変化をアニメーションで見ることができる。

(2) オゾン密度の年々変化のシミュレーション

フロンによってオゾン層が破壊される様子を学ぶためのシミュレーション素材である。「オゾン層の破壊」と「オゾン層破壊の影響の予測」で用いられる。このシミュレーションコードは、(1)の「オゾン密度の日変化のシミュレーション」と同じであるが、ここではより長期間、1975年から2080年頃までのオゾン密度の変化をみることができる(図8)。

(3) 平面内の流れのシミュレーション(2次元乱流のシミュレーション)

大気や海洋の流れに含まれる乱れた運動、すなわち乱流について学ぶためのシミュレーション素材である。このシミュレーションの目的は、さまざまな空間スケールの渦が存在する流れを見ることと、渦による物質や熱の輸送、すなわち渦拡散について調べることである。前者の目的では「地球大気の運動」において、後者の目的では「オゾン層の生成理論」などにおいて用いられる。

シミュレーション領域は正方形の2次元平面であり、境界条件として周期的境界条件を用いる。学習者は流れのレイノルズ数を変えることによって、流れの乱れ具合が変わることを学ぶ。結果の表示は、渦の強さの分布の時間変化をアニメーションで示す。流れには9つのトレーサー粒子が投入されている。レイノルズ数が小さい場合は、流れは乱れない層流となり、トレーサー粒子の動きは小さい。一方、レイノルズ数が大きい場合には、渦は引き伸ばされて乱流状態になり、トレーサー粒子は大きく運ばれて、よくかき混ぜられる。

シミュレーション パラメータ設定

シミュレーション結果の編集回数 (1-99)

オゾン消滅におけるフロンの影響  
オゾン等の数十年の密度変化を高度にしたがって計算  
フロン分子密度(1975年のフロン量を1とした時の値)

フロン分子密度の増加率(倍/年)

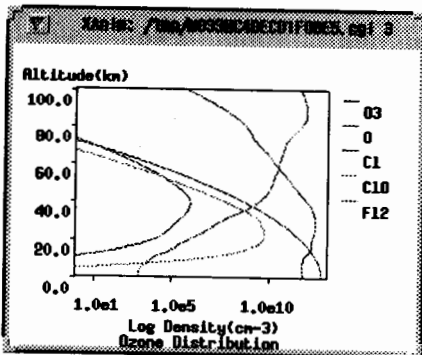


図8 オゾン密度の年々変化のシミュレーション例

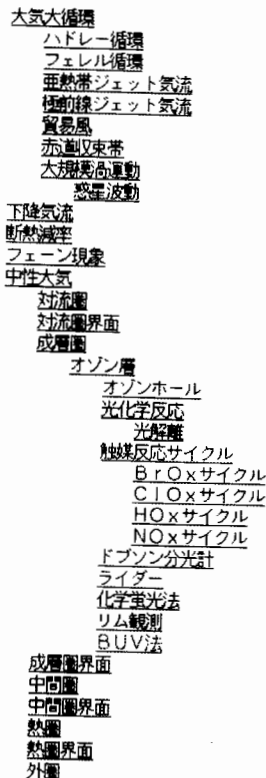


図9 用語の階層構造の例

### 5.5 用語辞書、用語木

ODEEでは、オゾン層の破壊を学ぶときに参照される用語は用語辞書に格納され、階層構造をもつ用語木によって管理されている。辞書に入れる用語として選んだものは、理科Iの教科書の索引にある用語と、オゾン層の破壊および地球温暖化に関連する専門用語などの約700語である。すでに廃止された科目である理科Iの教科書を用いたのは、ODEEの開発を始めた際、理科の基本的な用語をバランスよく含むものとして、この教科書が適当であると考えられたためである。用語の階層構造の例を図9に示す。

## 6. 考 察

われわれが開発した教材「オゾン層の破壊」は、授業の際に教師が資料として用いることを想定しており、この教材のみで学習できることは目指していない。ODEE構築の目的は、教師がマルチメディア教材から成る講義ノートを自由に作成できるようにすることである。このとき、素材として、ネットワーク上にある、データベースで管理されたものを利用できることがODEEの特徴である。講義ノートを授業の際に利用する方法としては、教師用のコンピュータをプロジェクターに接続してスクリーンに映したり、教室内LANを介して学習者用のコンピュータから利用したりすることが考えられる。「オゾン層の破壊」は、このような講義ノートの一例である。実際に、「オゾン層の破壊」を授業で用いて、評価することはまだ行っていないが、今後の課題として残されている。

ところで、3.4で述べたように、WWWクライアントからODEEを利用する際、シミュレーションの結果は、計算終了後の一括転送によって表示される。このため、計算結果を見ながら何かの動作を行うということができず、対話性に欠ける。専用クライアントを用いればこの問題は回避できるが、WWWクライアントを利用する場合でも、JAVA言語を利用して、クライアントで計算を行うようにすれば、対話的なシミュレーションが可能になる。JAVA言語は、C言語やFORTRAN言語に比べると処理速度が遅いが、今後処理速度の向上が期待でき、クライアントの計算機の性能向上と相まって、近い将来、比較的大きな規模のシミュレーションでもこの方法で実現できると考えられる。

現在、ODEEで関心領域を定義できるのは、テキスト、グラフ、表、絵の素材に限られているが、動画や

シミュレーションにも関心領域を定義できれば、より多様な学習が行える。たとえば、オゾン全量の時間変化の動画において、オゾンホールや極渦が現れている場所に関心領域として定義して、テキストなどで説明することができる。動画やシミュレーションの素材に対する関心領域の設定は、今後の課題である。

シミュレーションの結果表示をよりわかりやすくすることも、今後の課題のひとつである。たとえば、オゾン密度の年々変化のシミュレーションでは、現在は高度分布のみが示されているが、オゾン全量や地表に到達するUV-B(波長が280nmから320nmの紫外線。成層圏オゾンの変化によって大きく影響を受ける)の時間変化を同時に示し、さらに、UV-Bの強度がある値以上になると、システムからメッセージを表示することなどが考えられる。

## 7. おわりに

環境教育や地学教育で用いられるような、複雑なつながりをもつマルチメディア教材を表現するためのオブジェクト指向モデルを提案した。そして、このモデルに基づいて、オゾン層の破壊に関する教材を開発し、環境教育のためのオブジェクト指向データベース、ODEEを構築した。ODEEは専用クライアントおよびWWWクライアントによって、ネットワークを介して利用できる。教材がデータベースに格納されているため、単なるファイルシステムを用いた場合に比べて、教材の検索や登録、管理などがしやすく、教材の再利用を効率良く行えるというのがODEEの特徴である。

今後は、教材の検索、登録プログラムを改良して、教材の再利用をよりしやすくするとともに、JAVA言語を利用して、より対話的なシミュレーションを実現できるようにしたい。

### 謝 辞

東北大学理学部の阪本麻友氏、小竹知紀博士、小出理史博士には、オゾン層の破壊のメカニズムについて数多くの御教示を頂いた。また、京都造形芸術大学芸術学部の藤原均博士には、超高層大気の運動とその計算機シミュレーションについて多くのことを教えて頂いた。ここに記して感謝の意を表したい。

### 引用文献

阿形昌宏(1992): 高等学校〔地学〕における環境教育, 地学教育, 45(5), 193-202.

- 朝倉正, 関口理郎, 新田 尚 (1995): 気象ハンドブック, 朝倉書店, 773pp, 26-28.
- P. Coad and E. Yourdon (1991): Object-Oriented Analysis, Prentice Hall, 233pp, 196-197.
- 藤岡達也 (1996): 環境教育に貢献する地学教材開発の視点, 地学教育, 49(3), 85-93.
- 伊藤佐智子, 下井文彦, 細川泰史 (1996): オブジェクト指向データベースを用いた適応型学習環境の構築, 日本教育工学会第12回大会講演論文集, 439-440.
- 伊藤佐智子, 細川泰史, 加藤浩文, 下井文彦, 佐々木敦司, 大西慶太, 古賀真澄 (1997): マルチメディア学習教材のオブジェクトによる関連表現, 電子情報通信学会1997年総合大会講演論文集, 情報・システム1, 266.
- Kato, H., Ito, S., Hosokawa, Y., Shimoi, F., Sasaki, A., Ohnishi, K. and Watanabe, S. (1996): Object management method of tutoring material database for the Earth's Environment, Proceedings of the 13th International Conference on Technology and Education, Vol. 1, 70-72.
- Kim, W. (1990): Introduction to Object-Oriented Databases, The MIT Press, 212pp, 5-11.
- 正木智幸 (1992): 学際性を重視した環境教育の試み, 地学教育, 45(1), 1-15.
- 中村直人, 横山節雄, 山田 朗, 柴田 漢, 木俣美樹男, 樋口利彦, 原子栄一郎 (1995): インターネットを用いた観測データの収集と教材のフィードバックについて, 電子情報通信学会技術研究報告, ET95-65, 21-26.
- 沼田 真 (1982): 環境教育論, 東海大学出版会, 211pp, 2-9.
- 榊原保志 (1997): 環境教育をふまえた気象教材に関する基礎的研究 - 酸性雨を例として, 地学教育, 50(1), 9-17.
- 佐々木敦司, 加藤浩文, 山北隆典, 渡部重十 (1996): 学習情報データベースにおけるシミュレーション教材のクラスライブラリについて, 電子情報通信学会1996年総合大会講演論文集, 情報・システム1, 282.
- 柴田 漢, 横山節雄, 中村直人, 山田 朗, 木俣美樹男, 樋口利彦, 原子栄一郎 (1995): The GLOBE Program Japan における環境情報チームの活動について, 日本教育工学会第11回大会講演論文集, 315-316.
- 鹿園直健 (1992): 地球システム科学入門, 東京大学出版会, 228pp, 2-7, 149-151.
- 下野 洋 (1995): 環境教育についての一つの提案, 地学教育, 48(3), 113-124.
- 鳥海光弘, 田近英一, 吉田茂生, 住 明正, 和田栄太郎, 大河内直彦, 松井孝典 (1996): 地球システム科学, 岩波書店, 220pp, 1-10.
- 横尾武夫, 柴山元彦, 福江 純 (1995): コリオリ力の巨視的理解, 地学教育, 48(4), 147-156.
- Zand, M., Collins, V. and Caviness, D. (1995): A survey of current object-oriented databases, DATA BASE ADVANCES, 26(1), 14-29.

加藤浩文・伊藤佐智子・細川泰史・下井文彦・佐々木敦司・大西慶太・古賀真澄・渡部重十: オゾン層の破壊に関する教材の開発—オブジェクト指向モデルによるアプローチ—地学教育 51巻 4号, 11-19, 1998

〔キーワード〕 環境教育, オゾン層の破壊, マルチメディア教材, 教材の再利用, シミュレーション, オブジェクト指向データベース

〔要旨〕 地学教育や環境教育で用いられるような, 動画やシミュレーションを含むマルチメディア教材のオブジェクト指向モデルを提案した。そして, このモデルに基づいて, オゾン層の破壊に関する教材を開発し, 環境教育のためのオブジェクト指向データベース, ODEE (Object-oriented Database for Environmental Education) を構築した。ODEEを用いることによって, ネットワーク上でのマルチメディア教材の管理, 再利用が効率よく行えるようになった。

Hirofumi KATO, Sachiko ITO, Yasushi HOSOKAWA, Fumihiko SHIMOI, Atsushi SASAKI, Keita OHNISHI, Masumi KOGA and Shigeto WATANABE: Development of Teaching Material on the Ozone Depletion—An approach using object-oriented model—. *Educat. Earth Sci.*, 51(4), 11-19, 1998

~~~~~

本の紹介

~~~~~

野尻湖発掘調査団編著：最終氷期の自然と人類 A5  
229+viii 頁 1997年初版 3,400円+税 共立出版

野尻湖の発掘調査は、理科の教科書や参考書だけでなく、社会科や国語の教科書にもとりあげられており、岩波新書の「化石」(井尻正二著、1968)や16mm映画「野尻湖発掘の記録」(日本ビデオ映画・日本映画センター制作、1976)などを教材として利用された方も多と思う。

この発掘調査は、最も成功した最終氷期研究の一つで、独自の大衆発掘方式で行われている。野尻湖の岸で発見されたナウマンゾウ化石がどの地層に含まれているのかを明らかにすべく1962年3月に始められた発掘調査は、これまで13回の湖底発掘と7回の陸上発掘が行われ、昨年35年めを迎えた。この間のべ20,000人を超える参加者が発掘にたずさわって、ナウマンゾウから昆虫、花粉、ケイソウにいたる多種多様な化石と旧石器時代の骨器や石器が多数発見され、それらを含む地層が明らかにされてきた。この総合的な研究により、自然環境の変遷とナウマンゾウの盛衰、ゾウのハンターであった“野尻湖人”の3.3万~4.8万年まえの文化が復元され、多くの論文としてまとめられてきている。

本書は、これまでの成果を総合し、地層やそこに含まれる化石や遺物から、自然環境の移り変わりや旧石器時代の文化を解明する科学の方法や、発掘の生々しい体験について、わかりやすく紹介している。多くの図表が配置され、文中には小見出しが多用され、かな表記のキーワードを太字で示すなど工夫がこらされ、文体も読みやすい。また、親切な用語解説が各所に用意され、事典をひかずに読み進めることができる。

調査の臨場感があり、地学教育に役に立つ。環境教育や考古学に興味をもつ方々にも勧めたい。

さて、本書の内容は次の構成になっている。

### 第1章 ナウマンゾウを追う人びと

野尻湖の発掘で発見されたゾウの骨でできた骨器や石器をもとに、旧石器時代のナウマンゾウハンターであった“野尻湖人”を浮き彫りにしている。さらに、30年以上に及ぶ発掘の経緯を物語っている。

### 第2章 ナウマンゾウのいた時代

ハンティングの対象となったナウマンゾウとヤベオオツノジカについて、大きさや骨格・歯の特徴、系統を詳細に解説している。脇役の脊椎動物や、これらの動物群が絶滅した原因にもふれている。

### 第3章 古地理の変遷

野尻湖周辺の地質とその調査を解説している。湖底の音波探査とボーリング調査、立が鼻の湖底発掘、および陸上発掘によって明らかにされた地質層序を示し、火山灰層を噴出した火山を推定し、地層の堆積環境を推察している。そして、古地磁気などの資料も含め、野尻湖層のおいたちを記述している。

### 第4章 野尻湖文化

ナウマンゾウの化石密集部の状況から、さまざまな証拠を見つけだし、“野尻湖人”の狩猟・解体の様子を再現している。彼らの残した骨器に特徴づけられる“野尻湖文化”の特徴と、その変遷を明らかにし、世界的な関わりにも及んでいる。さらに、ナウマンゾウとともにこの文化が消滅した原因や、その後出現したナイフ型石器文化にもふれている。

### 第5章 氷河時代の森

野尻湖で発見された昆虫化石の種類と、それから推定される森林の様子、および、花粉化石群集と現在の黒姫山の植物分布を比較から、野尻湖人がみた森を再現している。植生変化と気候変動を詳細に論じ、世界の気候変化と対比している。

### 第6章 湖の変遷

水中生物である水草・水生昆虫・貝・ケイソウの化石から、野尻湖の誕生から拡大、そして現在に至る移り変わりを論じている。

### 第7章 足跡を追って

ナウマンゾウの足跡化石が発見された経緯と確認のポイントを示し、さらに足跡化石から、ゾウの足の形、運動の様子、個体識別まで推理している。

### 第8章 高らかな足音

野尻湖発掘の歴史や、発掘の楽しさ、組織・運営の方法、また発掘参加者のネットワークづくりや地元の博物館建設について述べている。そして、世界的に貴重な遺跡としてその成果をまとめ、野尻湖人の社会や精神構造の復元までふみこむために、これからも発掘を進めていきたいと結んでいる。

(小幡喜一)

原著論文

# 課題研究における身近な大気汚染調査の進め方

榊原保志\*・野崎久美子\*\*

## 1. はじめに

現行の学習指導要領では、その基本方針として生徒の能力・適性、興味・関心などに応じた教育の充実が図られた。例えば、中学校では第3学年で選択教科が、高等学校でも13科目の理科に関する科目が開かれるなど、選択履修幅が広がり、併せてその内容項目にも探究学習や課題研究が示された。

昨年10月に発表された教育課程審議会の中間まとめにおいても、生徒の主体性を重視する課題研究や探究学習に割かれる時間は増えることが示された。

選択教科としての「理科」の設置に関するアンケート(富樫ほか, 1995)において、中学校教員の76%が「実施が望ましい」と回答し、その理由に「生徒の自由な発想が生かせる」や「意欲の向上」などのプラス面の指摘がある。

ところが、通常の授業と比べ、「施設・設備が不十分なため生徒の要望に十分応えられない」、「教材研究の時間は倍以上必要であるが、一度しか授業が行われない効率の悪さ」などの問題点も見逃せない(目黒区小中学校教務主任会, 1993)。さらに、生徒の興味・関心は実に多様であり、一人の教師が指導できる研究課題のレパートリーには限界がある。

いいかえれば、個々の教育現場でその要望に対応するには限界があるので、課題研究に関する情報を交換することは十分意義がある。

これまで筆者の一人は簡単な捕集管を用いて二酸化窒素を測定し、地域の環境調査の教材化に取り組んできた(榊原, 1991)。その結果、中学生でもある程度の傾向をつかむ学習が可能であることを示した。佐々木ら(1995)もフィルムケースで自作した簡易捕集管が教材として適していることを示し、市街地の道路上で詳細な二酸化窒素濃度分布を測定している。

しかしながら、これまでの研究は教材化の可能性を示したものの観測例が数例であるため、これを用いた課題研究をどう展開していくかに関しては言及していない。

本論では、学校現場でも簡単に入手可能な簡易捕集管を用いた比較的長期間の身近な大気汚染の調査を紹介し、その課題研究の指導展開事例を示す。

## 2. 環境問題に関する生徒認識と研究テーマ設定

現在、話題になっている九つの環境問題について東京都立中学校2年生152名と長野県立高等学校2年生33名に同じ内容のアンケートを1996年6月に実施した。図1はそれぞれの環境問題ごとに『次の言葉を聞いたことがありますか』という質問をした結果である。過半数に満たない環境問題は中学生の「野生生物種の減少」と「水質汚染」であった。これら以外は中学生では60%以上であり、高校生では一つの項目を除き、ほぼ100%に近い回答になっている。

次に、同じくそれぞれの環境問題ごとに『その原因は何ですか』という質問を行った。例えば、オゾン層の破壊の場合、冷蔵庫やエアコンにかつて使用されていたフロンガスがその原因となっていれば正解とした。熱帯林の減少や砂漠化などは相互に関連があるの



図1 環境問題用語についての回答率

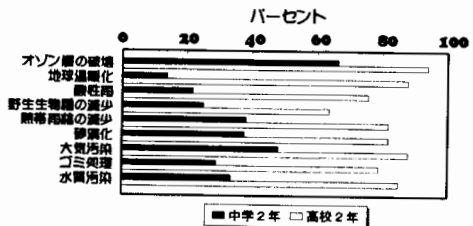


図2 環境問題の原因についての正答率

\*信州大学・\*\*長野市立緑ヶ丘小学校 1997年12月25日受付 1998年6月5日受理



で、関連があれば正答とした。図2からわかるように、最も高かったものはオゾン層の破壊でありついで大気汚染となる。また、中学生と比べ、高校生は格段に正答率は高まっており、環境問題の知識は高いといえる。しかしながら、実際に調べたことがありますかという質問にはほとんどなかったと答えている。このことは従来の学校教育ではこの種の発展的学習がほとんどされてこなかったことを示唆する。

課題研究のねらいは、生徒に主体的に問題解決に取り組ませることを通して問題解決意欲を高め問題解決能力を育てることである。そのためには学習内容はおのずと作業的・体験的学習が中心になるであろう。そこで、環境問題における課題研究のテーマを設定する際、考えるべき二つの観点を次に示す。

- (1) 生徒自ら測定できる事象か
- (2) 生データを入手できるか

(1)の観点からすれば、環境問題のテーマには身近な現象を取り入れることが望ましい。学校およびその

周辺を越えて、生徒を連れ出すことには困難が伴うからである。また、用いる測器が学校でも購入できる価格かという点も重要なテーマ選択の要素と考える。そこで、テーマとして有力になるのは、「酸性雨」「大気汚染」「水質汚染」であろう。

(2)の条件を取り入れた理由は、生徒が調べたい現象を実感するためには、生データを自ら加工して環境問題の実態やメカニズムなどを導き出す過程を経験させるべきと考えたからである。そこでノアやランドサットの衛星画像データが入手できれば、「熱帯林の減少」「砂漠化」はテーマとして成立するだろう。

一方、「ゴミ処理」の問題は、現象のメカニズムの理解というよりも、むしろゴミ処理に対する人間の関わりや国家あるいは国際社会との関わりという観点を多く含むので、社会科教員との連携が必要である。

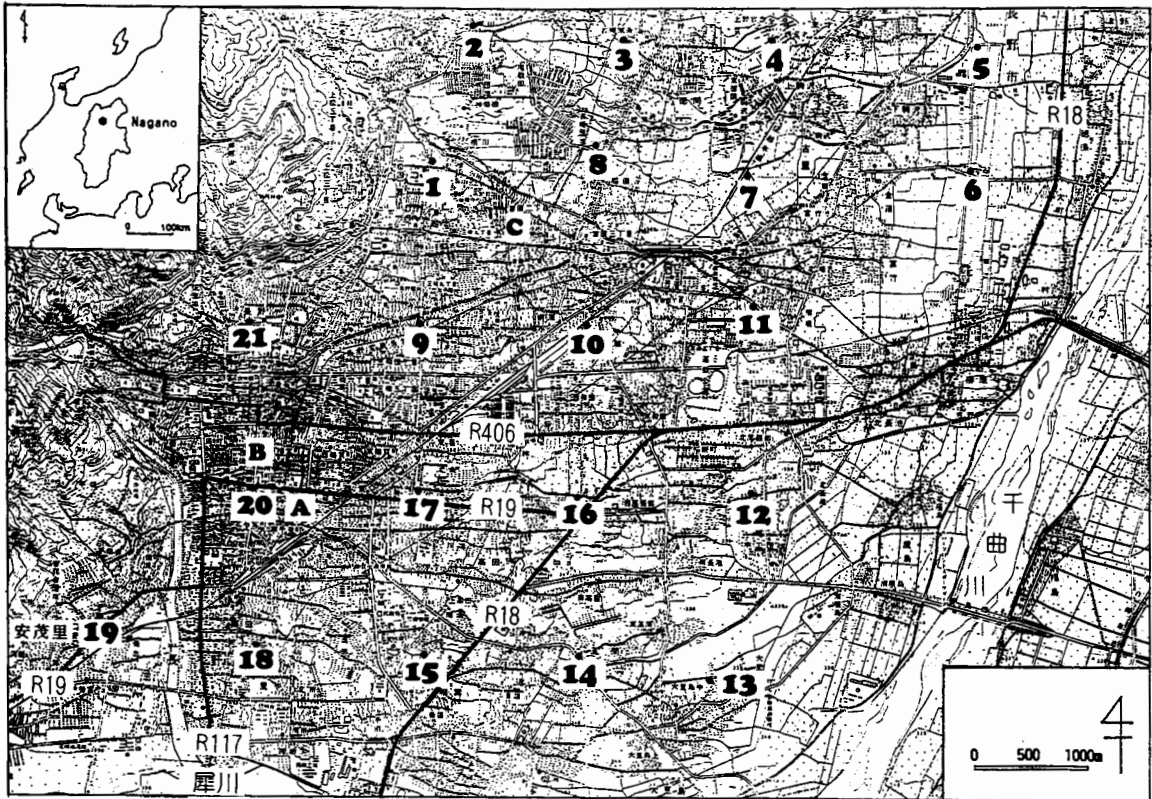


図3 調査対象地域の概観 (A, B, C は大気常時監視測定点)。本図は国土地理院発行2万5千分の1地形図「長野」を使用した。



3. 身近な大気汚染の素材研究

(1) 長野市における大気汚染の現状

大都市における窒素酸化物・浮遊粒子状物質などによる大気汚染は都市機能の高度化に伴い、ますます大きな問題になってきている(松本ほか, 1994)。大気汚染として問題にされている汚染物質には、気体物質として硫黄酸化物、窒素酸化物、一酸化炭素、炭化水

素、塩化水素、光化学オキシダントなどがあり、その他ばい煙、ばい塵などがある。その内、窒素酸化物として、亜酸化窒素(N<sub>2</sub>O)、一酸化窒素(NO)、二酸化窒素(NO<sub>2</sub>)、三酸化二窒素(N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、硝酸ミストなどが知られている。しかしながら、NOとNO<sub>2</sub>以外のものは存在量も少なく、また毒性が低いことから、大気汚染で問題となるのはNOとNO<sub>2</sub>であり、両者を総称してNO<sub>x</sub>という。

表1 調査日の気象条件

観測 Run No.	観測日	長野地方気象台で観測された気象条件																降雨量(mm)			
		相対湿度 (%)	風速 (m/s)	風向(24時間中観測された回数)														前日	当日		
				N	N	N	E	E	E	S	S	S	S	W	W	W	N			N	
1	980530-0531	58	2.1	4	0	1	1	2	1	0	0	0	1	3	4	1	2	1	1		
2	0803-0804	66	2.5	5	1	3	1	1	1	0	0	0	2	4	1	1	0	0	3		
3	0804-0805	68	3.6	6	4	5	4	0	2	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0		5.0
4	0807-0808	59	3.6	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	5	8	5	0	0	2		1.0
5	0901-0902	72	3.0	2	0	3	5	2	0	0	0	0	0	3	3	4	1	1	0		6.5
6	0902-0903	79	3.3	4	7	3	5	1	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0		6.5
7	0903-0904	67	2.4	0	3	4	0	3	0	2	1	0	1	0	2	3	1	1	2		0.5
8	0904-0905	68	2.5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	12	6	0	1	0		
9	0905-0906	71	2.2	4	2	1	1	1	2	3	1	1	1	0	1	3	1	0	2		0.0
10	0906-0907	76	1.8	3	1	2	0	3	2	0	0	0	1	2	2	3	4	1	0		0.0
11	0907-0908	81	2.5	1	4	4	1	4	0	0	0	0	0	2	4	1	1	1			2.0
12	0915-0916	73	2.1	2	1	1	1	2	2	2	1	0	0	2	3	4	0	0	2		4.0
13	0916-0917	61	3.3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	4	12	5	0	0	0		0.0
14	0917-0918	77	3.3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	2	6	7	4	1	0		3.5
15	0918-0919	73	1.7	2	3	1	4	2	0	1	0	0	0	1	2	2	3	1	1		3.5
16	0919-0920	69	2.7	2	1	0	1	1	1	0	0	0	2	5	3	3	4	0	1		
17	0926-0927	83	1.3	0	4	4	3	0	2	2	0	1	0	0	2	4	0	0	2		
18	0927-0928	68	3.0	5	6	4	4	0	0	2	0	0	0	1	1	2	0	0	0		0.0
19	1007-1008	83	2.5	3	1	2	7	4	1	2	1	0	0	0	1	0	1	1	0		2.0
20	1008-1009	96	0.9	1	2	0	2	4	3	5	1	0	0	0	1	0	1	1	1		22.0
21	1009-1010	79	1.9	1	4	4	6	3	0	1	0	0	0	0	1	1	2	0	0		0.0
22	1010-1011	69	2.4	2	0	0	3	4	1	0	1	1	1	1	1	2	3	0	3		0.0
23	1021-1022	72	1.8	1	1	1	2	4	3	1	0	0	0	1	3	4	1	0	2		
24	1022-1023	73	1.9	1	1	0	4	5	3	1	1	1	1	1	0	3	0	0	2		
25	1023-1024	62	4.5	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	5	14	2	0	0	0		
26	1024-1025	63	3.9	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	5	11	3	1	0	0		
27	1025-1026	69	1.6	2	2	3	2	0	2	1	0	3	6	0	0	1	2	0	0		
28	1026-1027	76	3.5	4	7	2	4	1	0	1	0	0	0	0	2	0	2	1	0		0.5
29	1031-1101	82	1.6	4	1	1	2	4	6	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0		3.5
30	1101-1102	89	3.3	2	2	2	5	2	2	0	0	0	0	0	0	3	5	0	1		6.5
31	1106-1107	65	2.2	0	0	0	2	2	1	0	1	3	2	3	4	3	3	0	0		13.5
32	1107-1108	78	1.3	0	0	1	4	0	0	2	1	3	3	3	2	3	1	0	0		0.5
33	1110-1111	86	1.3	0	5	3	1	1	0	0	1	1	0	2	2	2	3	1	2		0.0
34	1111-1112	85	3.0	2	5	10	4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0		0.0
35	1121-1122	76	2.1	3	6	6	4	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0		0.0
36	1126-1127	79	4.1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	12	4	0	1		8.0
37	1127-1128	81	2.5	2	0	0	11	4	0	0	0	0	0	1	1	0	0	3	1		1.5
38	1128-1129	76	3.0	0	2	0	1	2	0	4	1	1	1	3	1	3	3	1	1		0.0
39	1129-1130	83	1.8	0	3	3	9	2	3	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0		0.0
40	1130-1201	92	2.4	1	2	0	3	7	5	0	0	0	0	0	3	0	1	0	2		6.5
41	1202-1203	86	1.1	0	1	1	1	6	0	0	0	0	0	0	0	6	6	1	0		
42	1206-1207	78	1.2	2	0	0	3	1	1	1	2	0	1	2	2	2	5	0	2		
43	1207-1208	78	1.3	1	0	2	3	3	1	2	3	1	1	1	1	1	2	0	2		
44	1208-1209	75	1.1	2	0	3	4	3	0	1	1	3	0	2	0	2	2	0	1		
45	1209-1210	79	1.0	0	0	1	3	4	0	1	2	0	1	3	2	1	3	2	0		0.0
46	1210-1211	77	1.6	5	0	1	3	3	1	2	1	1	1	0	2	1	1	1	1		0.0
47	1213-1214	79	1.8	2	3	1	6	2	2	1	0	0	0	3	0	1	0	2	1		
48	1214-1215	69	2.2	2	1	1	2	6	2	1	0	1	0	2	0	2	1	0	3		

調査対象とした長野市において、窒素酸化物は環境基準値内の低い値で推移しており、 $\text{NO}_2$  濃度においてもここ数年間はほぼ横ばいで推移している（長野県生活環境部公害課，1995）。

しかしながら、長野市内の高校のクラブ活動において、1995年12月4日に行った測定では、市内102カ所のうち25地点で $\text{NO}_2$  環境基準値を上回っていることが報告されている（信濃毎日新聞，1996年2月14日朝刊）。地点によっては、2年前の調査における約3倍の濃度を示すところもあった。

$\text{NO}_2$  濃度を常時観測している地点として、長野市内では県および長野市が6地点において測定しているのみで、生活空間への $\text{NO}_2$  濃度の影響を把握するには十分とはいえない。

## (2) 調査対象地域と測定地点

本研究では、長野市内において犀川を南限、安茂里地区を西限とした長野市北東部を調査対象地域とした（図3）。この地域は、地図上西側に長野市街地（図3のA・Bを中心とする地区）があり、東側の郊外では田畑や果樹園が広がる。その他の地域は住居地域で工場などの固定発生源が少なく、主な大気汚染物質排出源が自動車の排気ガスと考えることのできる地域である。主要な幹線道路としては、市街地中心部を国道19号線が、市街地の東側を南北方向に国道18号線が、市街地から郊外にかけて東西方向に国道406号線が突き貫けている。

観測地点は、調査対象地域を1.5 km メッシュに割り、その格子点付近である21地点を選んだ（図3黒丸印）。

## (3) 調査期間

調査は1996年5月30日から12月15日までの期間に計48回実施した（表1）。調査時間帯はRun No. 1~30（5月30日~11月2日）においては5:00頃から翌日の5:00頃、Run No. 31~48（11月6日~12月15日）においては22:00頃から翌日の22:00頃である。観測時間帯を変更したのは早朝設置がたいへんだったからである。この捕集管設置・回収時刻の変更による影響は24時間平均値の観測なので小さいと判断した。この調査は1回の調査につき24時間を要するため、調査日の気象条件は、長野地方気象台における1時間ごとのデータの24時間分の平均を記載した。

## (4) 測定方法

全国の自治体の大気汚染監視局では、一般にSaltz-

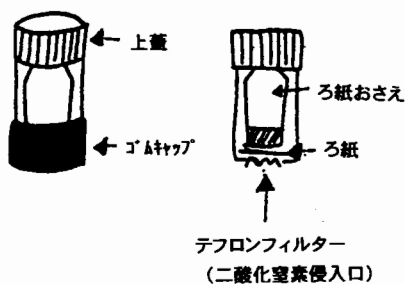


図4 捕集管

man 法や Chemiluminescent 法による自動計測法が使われているが、この測定には高価な器械が必要で、同時に多くの測定をする台数を揃えることは現時点では不可能である。そこで簡易測定法（天谷，1989）を採用した。

この簡易測定法は、直径1.5 cm、長さ4 cm程度のプラスチック製の円筒形をした捕集管の中に、一定濃度のトリエタノールアミンを含ませたろ紙（直径1 cm程度）を入れ、測定地点に設置して1日（24時間）放置する方法である（図4）。この方法では時間変動を記述できないので、日平均値に注目した。

捕集管の設置と回収は次のとおりである。まず捕集管上部のねじ蓋を取り外し、中にトリエタノールアミンを含ませたろ紙を入れ、ろ紙が捕集管の底部に水平になるようにろ紙押さえを置いたのち、ねじ蓋をしめる。その際、下部についたゴムキャップはつけたままとする。なお、この方法は榊原（1981）に紹介されている。

各調査地点において、下部のゴムキャップを外し、電柱やカーブミラーなど高さ約1.5 mの場所にガムテープで固定した。その際、車道側に捕集管を設置するか、歩道側に捕集管を設置するかが問題となるが、電柱程度の太さのものでは $\text{NO}_2$  濃度に差がないと考えられる（中島，1996）。今回の調査では、歩道側に捕集管を設置した。

回収した捕集管の中にザルツマン試薬を入れ、試薬により発色した濃さをスポイト式比色計（（株）エコテック製、エコアナライザー $\text{NO}_x$ ）により調べることで $\text{NO}_2$  濃度を求めた。

## (5) 特徴的な $\text{NO}_2$ 濃度分布

都市と郊外の $\text{NO}_2$  濃度の違いが最も明瞭に現れた1996年11月1/2日の結果を図5に示す。ただし、測定したデータは各日付ごとに、 $\text{NO}_2$  濃度の値を黒丸の大きさで表すメッシュ図にまとめた。地点 No. 16、

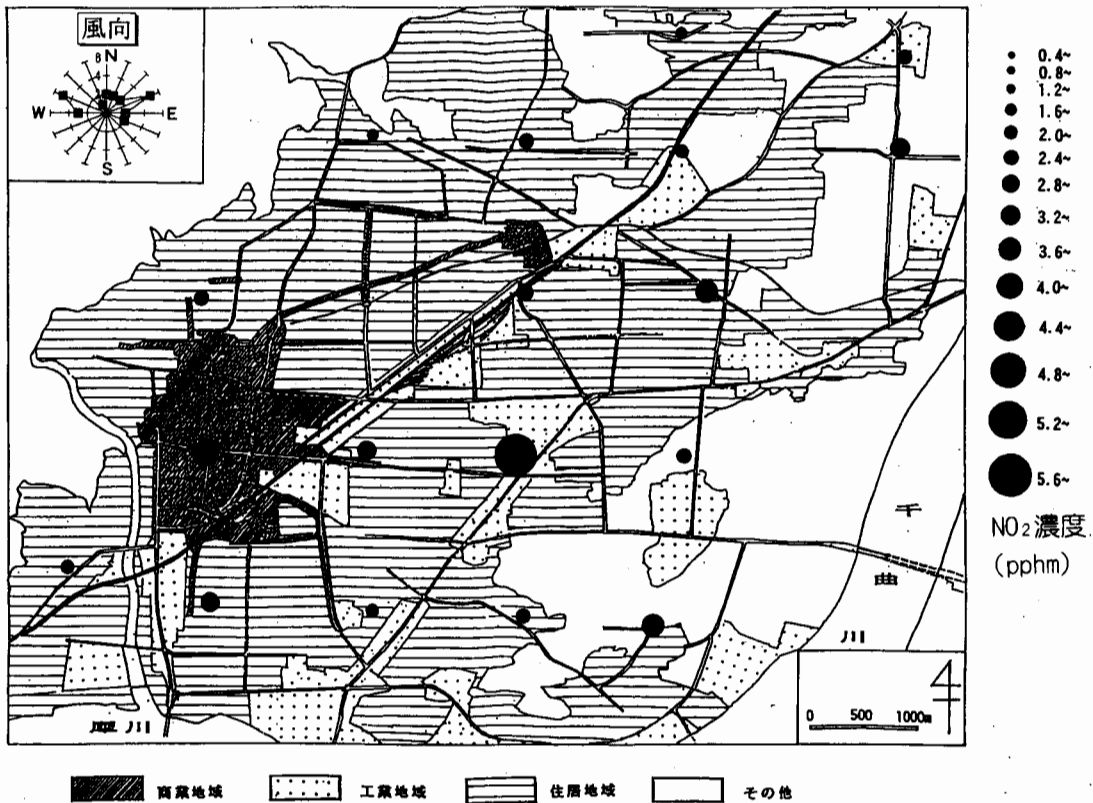


図5 特徴的なNO<sub>2</sub>濃度分布 (1996年11月1/2日)

No. 20 においてNO<sub>2</sub>濃度は高い値を示した。この2地点の周りには、NO<sub>2</sub>の固定発生源となるような工場などは存在しない。地点 No. 16 は交通量が多い交差点付近であり、地点 No. 20 は市街地で終日交通量が多い場所である。

(6) 平均NO<sub>2</sub>濃度分布

全調査を通しての平均NO<sub>2</sub>濃度分布を図6に示す。図からわかるように最も高濃度の地点は市街地(地点20)に見られる。さらにここから高濃度域は東に帯状にのびている。また、低濃度地点はこの高濃度域を挟んで両側に存在する。

(7) NO<sub>2</sub>濃度の曜日による変化

NO<sub>2</sub>濃度を曜日ごとにすべての観測を平均したのが図7である。図からわかるように、日曜日・月曜日の濃度が低く、水曜日が高い。

(8) 降雨とNO<sub>2</sub>濃度の関係

観測地点すべての平均NO<sub>2</sub>濃度と対応する観測日の降雨量の関係を図8に示す。NO<sub>2</sub>濃度は当日の降雨だけでなく、前日の降雨とも関係があると思われたた

め、前日の降雨量も載せた。NO<sub>2</sub>濃度が低く現れるときには雨が降っているが、大まかな傾向なのでこれに関して引き続き検討が必要である。また、全調査期間を通して降雨のあった日の平均NO<sub>2</sub>濃度は、2.20pphmと全平均値よりも0.15pphmほど低い値となった。これは、雨が降ることによって大気が浄化されるため、NO濃度が低くなると考えられる。しかしながら、NO<sub>2</sub>濃度と降雨との関係は得られたものの、降った雨量との関係は認められない。

(9) NO<sub>2</sub>濃度と相対湿度・風速との関係

NO<sub>2</sub>濃度の日平均値と観測時間帯の平均相対湿度との相関、NO<sub>2</sub>濃度の日平均値と観測時間帯の平均風速との相関をそれぞれ図9と図10に示す。NO<sub>2</sub>濃度と湿度に関しては明瞭な相関は見られない。NO<sub>2</sub>濃度と風速に関しては、風速が大きくなるとNO<sub>2</sub>濃度は低くなるのがわかる。これは、風速が大きくなると空気の交換が行われ、NO<sub>2</sub>の拡散が促進されるからと思われる。

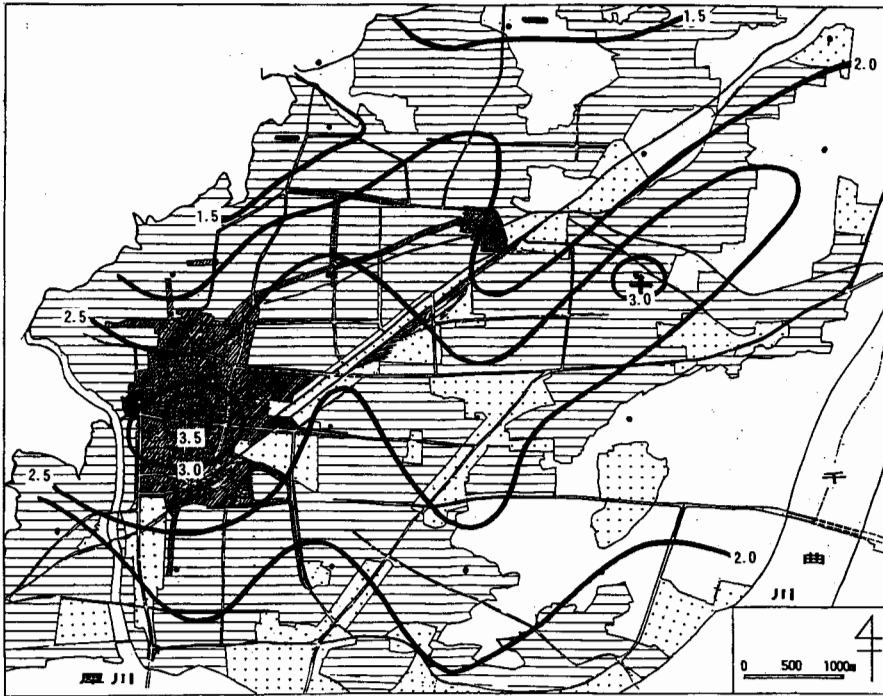


図6 全観測平均NO<sub>2</sub>濃度分布(単位はpphmとする)

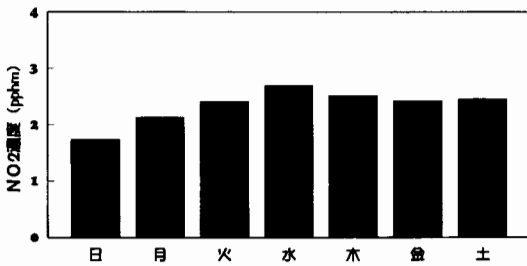


図7 NO<sub>2</sub>濃度の週変化

(10) まとめ

1996年5月30日から12月15日にかけて全48回の調査を行った結果、次のようなことがわかった。

- 1) 長野市街地が最もNO<sub>2</sub>濃度が高く、そこから東に高濃度域は帯状に広がる。
- 2) NO<sub>2</sub>濃度の曜日による違いは、日曜日、月曜日の濃度が低く、水曜日が高い。
- 3) NO<sub>2</sub>濃度と気象条件との関係は降雨がある日は濃度が低い。また、風速が大きいとNO<sub>2</sub>濃度は小さくなる。
- 4) 市の自動車排出ガス測定局は、本調査の測定地点 No. 20 と同位置に存在する。今回の長野市

北東部での調査においては、地点 No. 20 は他地点と比べて常に高濃度を示していた。この点から、この測定局の値が環境基準値以下であれば、調査地域内でも同様であると考えられる。

2) に関しては、交通量との関係が予想できるので、今後の課題としたい。

4. 課題研究における指導展開例

中学校3年の選択教科や高等学校地学IIの授業を想定した場合の指導展開例を以下に示す。

(1) 課題の設定

- ・オリエンテーション(第1時)

まず、生徒が知っている環境問題を発表させ、それらの実態や原因、その対策を図書室などを利用して調べる。

- ・研究テーマの決定(第2・3時)

研究テーマはできるだけ身近なところから選ぶように指導する。学校の設備・環境・予算には限界があり、学校にない測器による観測項目の場合は、生徒の創意・工夫による測器の製作がないと実施できないことを説明する。

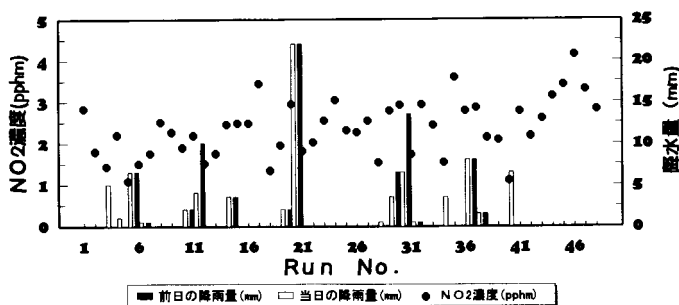


図8 日降水量とNO<sub>2</sub>濃度の関係

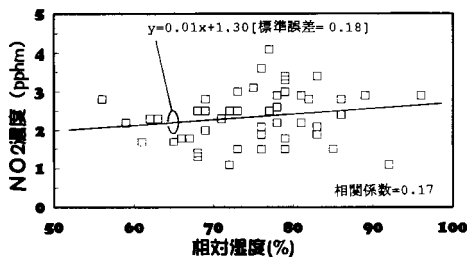


図9 相対湿度とNO<sub>2</sub>濃度の関係

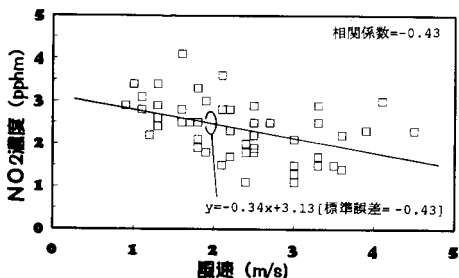


図10 風速とNO<sub>2</sub>濃度の関係

環境要因(水・空気・土)を示した先行研究を参考にして、研究テーマを考えさせ、班編成を行う。次に、総授業数を配慮して指導計画の立て方を説明する。

以下、「大気汚染」を研究テーマにした場合を対象に述べる。

(2) 研究の準備

・NO<sub>2</sub>濃度の分析(第4・5時)

研究テーマに沿って実験・調査の方法を考え、追求の計画を立てる。まず、校内であらかじめ設置しておいた捕集管を回収し、それをを用いてNO<sub>2</sub>濃度の分析を体験する。測定の原理やガスストップがついている部屋で行うと分析値が上がってしまうなど、分析時に配慮すべき点も説明する。その際、器具のメーカーや型番なども記録させ、使用器具のスケッチを行う。

この授業では、最後に研究報告書の提出があること

を話す。生徒がパソコンを自由に使える環境にあるならば、FD(フロッピーディスク)を各自用意させ、その日に学習した内容を保存すると便利である。書き上げたファイルをつなげば、第1次原稿は簡単にできるからである。

・目的の設定

目的がはっきりしないと調査の方針が決まらない。その際、「幹線道路沿いに植えられた植物帯が、近隣住宅地の二酸化窒素濃度低下に与える影響を調べる」のようにできるだけ具体的に目的を書かせる。

・方法の設定

班員の数や班員の居住地、学校の所在地、幹線道路や繁華街の位置などにより調査範囲・測定地点数・測定点を相談させる。

設置できる地点数や調査範囲が決まると、どこがNO<sub>2</sub>濃度が高いのか、どのような気象条件のときにNO<sub>2</sub>濃度が高く現れるかを予想させる。そして、それを調べるにはどのような観測点の配置にするのか、入手すべき気象要素はどのようなものかを考えさせる。

捕集管を設置・回収する時刻を決める。この時刻に関しては常識的な時間ならば生徒の判断にまかせる。また、この捕集管は時々盗まれることもあるので、予備の捕集管をストックしておく。

地図上で測定地点を決めた後、実際に現地に出かける。道路状況が変わっていたり、現地に出向かないと実際に捕集管を設置する電信柱などの場所を決められないからである。その際、幹線道路の近くの地点では特に安全上の配慮が必要である。

・予備調査

自分たちが考えた研究の目的や方法でうまくいくかどうかの「あたり」をつける。「あたり」とは、釣りにいったときとりあえずやってみて、よく釣れそうな場所を見つけるまでいろいろな場所で試してみることで

ある。つまり、研究がうまくいくかどうかの判断を行う作業がここで必要になる。

調査地域が決定したら、調査対象地域の地図と等濃度線などを描く下絵には必ず方位やスケールをつける。なお、下絵となる地図はたくさん印刷しておくとうい。

### (3) 観測の実施(第6・7・9時)

観測を実施する。ここでは基本的に生徒の主体的活動にまかせる。例えば、この授業のある前々日に捕集管を設置し、前日に回収し、この時間にはNO<sub>2</sub>濃度の分析および濃度分布図作成などを行う。ここでもパソコンを利用すると便利である。測定データを表計算ソフトに入力しておくとのデータ解析作業が容易になる。対象とする生徒が表計算ソフトの使用になれていない場合は、ここで時間をとり指導するとよい。

班ごとにノートを持たせて、実験からわかったこと、そして新しい課題として見えてきたことなど、毎回研究の進展状況を報告させ、今後の実験に必要な薬品・機材の注文を申し出るように指示する。

### (4) 第1回中間発表(第9・10時)

身近な環境問題について各班が決めたテーマごとに、研究の目的や方法を確認し意見交換を行う。

- ・得られた結果からわかったことや研究の方法を見返し、自己評価する。

- ・自分たちの成果や残された課題を明確にする。

- ・友だちの発表を聞き、意見交換をする。自分たちの研究テーマと関連づけながら、そして自分たちの方法と比べながら、意見を述べる。

第11時以降は観測が中心となるため、総授業時数を考えて、適時中間発表を加える。

### (5) 気象データ

気象データを自ら観測して利用することは望ましいが、測器がない場合や生徒の負担が大きいと判断する場合、近くのアメダスや気象官署等の観測値を利用する。

データ入手方法は、①各気象台で閲覧する、②CDROMやFDで購入する、③インターネットで閲覧する三つの方法がある。

近くに各気象台や測候所があれば、①は良い方法である。それらの機関は基本的に勤務時間であれば予約なしに訪問してもそこで観測したデータは閲覧できる。ただし、台風のような気象災害が生じているときは対応する余裕のない場合もある。最近、(財)気象業務支援センターが各気象台にコピー機をおく複写サー

ビス(実費負担)が始まり、以前と比べデータ入力においてかなり便利になった(現在30カ所であるが、2~3年後に60カ所程度予定)。

②も(財)気象業務支援センターが行っているサービスである。CDROMやFDで全国の観測データが入手でき、しかもデジタルデータとして利用できる。データの解析にめんどうなデータの入力なしに直接利用できる。しかし、各地のデータが集約されてから販売が行われるまでに時間がかかるため、今回のような最大1年限りの課題学習の解析時には向いていない。

③に関しては、全国の最新の観測値がインターネット上で閲覧できるが、有料である(「ひまわりネット」<http://www.ibcweb.co.jp/>; 会員制、年会費25,200円)。インターネット環境や予算措置が整う学校は利用するのも一つの方法である。

### (6) 研究報告書の作成

この授業が終盤に近づいたところでは、研究報告書の作成要領を説明する。報告書は自分の調べた内容を他の人に紹介するものである。「わかりやすい」「誤解されにくい」文章になるよう何回も書き直しをする。

## 5. おわりに

一般に調査で用いられる測器は精度はもちろん使用の仕方も異なるので、科学論文に載っている解析がそのまま適用できるとは限らない。本論では、課題研究の基礎的研究として、簡易捕集管を利用した大気汚染調査の進め方を検討した。その結果、二酸化窒素における濃度分布の特徴、濃度と風速の関係、常時測定局の観測値の代表性などが簡易測定法でも検討できることがわかった。また、指導の進め方において、二酸化窒素濃度分析、目的・方法の設定、観測、中間発表、報告書の作成などからなる指導展開の事例を紹介した。

本論文で紹介した事例では、①調査範囲が5km×5km ②観測期間が7カ月にわたる。この方法をそのままこの学校でも実践できるとは限らない。①に関して班員が2~3人からなる場合では調査範囲を狭める配慮は必要であろう。著者の一人の経験では中学生4名の班員で500m×500m程度の地域調査の指導を行ったが、とりわけ調査範囲に関して問題はなかった。②は、課題研究を卒業論文のように1年を通して追求する場合に合致する。学校によっては1年間課題研究に時間がとれないこともある。指導する生徒が中学生か高校生かによっても調査範囲や調査期間は異

なる。このことに関しては今後検討が必要である。

### 謝 辞

信州大学の伊藤武教授には本論に対し貴重なコメントを賜りました。ここに謝意を表します。

### 文 献

- 天谷和夫(1989): みんなでためす大気の汚れ, 合同出版, 1-84.
- 松本幸雄・新藤純子・田村憲治・安藤満・伊藤政志(1994): 幹線道路を含む領域における二酸化窒素濃度の変動構造—東京都世田谷区役所周辺における1989年3月の調査, 大気汚染学会誌, 29, 41-54.
- 目黒区小中学校教務主任会(1993): 選択教科, 目黒区教務主任会研究資料.
- 長野県生活環境部公害課(1995): 平成6年度大気汚染等測定結果, 1-224.
- 中島 愛(1996): 長野市街地における二酸化窒素濃度の分布, 平成5年度信州大学教育学部理科専攻卒業論文, 1-37.
- 榊原保志(1991): NO<sub>2</sub>の調査による環境教育の試み, 地学教育, 44, 101-106.
- 佐々木 篤・伊藤直美・遠藤美枝子・小川陽子・黒田知子・酒井岳也・水間智子・石川香代子・大場哲也・山口勝三(1995): NO<sub>2</sub>簡易捕集器具の製作とNO<sub>2</sub>濃度分布へのビル群とケヤキ樹冠の影響, 化学と教育, 43, 592-595.
- 富樫 裕・岡崎 彰・小堀志津子・猿田祐嗣・新貝賢一(1995): 現行中学校学習指導要領「理科」の実施状況と問題点について—小・中・高等学校教員・教員養成系大学及び現職教員研修機関所員に対する質問紙調査の結果から(2)—, 日本理科教育学会研究紀要, 36, 37-44.

榊原保志・野崎久美子: 課題研究における身近な大気汚染調査の進め方 地学教育 51巻 4号, 21-29, 1998

〔キーワード〕 課題研究, 環境教育, 二酸化窒素, 大気汚染

〔要約〕 学校現場でも簡単に入手可能な簡易捕集管を用いた比較的長期間の身近な大気汚染の調査の結果, 二酸化窒素における濃度分布の特徴, 濃度と風速の関係, 常時測定局の観測値の代表性などが簡易測定法でも解析できることがわかった。また, 指導の進め方において, 二酸化窒素濃度分析, 目的・方法の設定, 観測, 中間発表, 報告書の作成などからなる指導展開の事例を紹介した

Yasushi SAKAKIBARA and Kumiko NOZAKI: A Teaching of Investigative Activities about the Local Air Pollution Research. *Educat. Earth Sci.*, 51(4), 21-29, 1998

~~~~~  
学 会 記 事  
~~~~~

## 平成 10 年度 (第 30 回) 東レ理科教育賞応募要領

1. **理科教育賞の対象** 理科教育賞は、理科教育を人間形成の一環として位置づけた上で、中学校・高等学校レベルでの理科教育\*における新しい発想と工夫考案にもとづいた教育事例を対象としております。論説や提案だけではなく、実績のあるものを期待しています。例えば次のような事項が考えられます。
  - (1) 生徒の科学に対する興味を深めるなど、よりよい理科教育のための指導展開。
  - (2) 効果的な実験法、器材の活用法、自発的学習をうながす工夫など。
  - (3) 実験・観察、演示などの教材・教具（簡単な装置、得やすい材料、視聴覚教材など）の開発とその実践例。

(注) \*理科教育には、学校のクラブ活動や、博物館などの自然科学教育も含まれます。
2. **褒 賞** 理科教育賞：本賞（賞状、銀メダルおよび賞金 70 万円）、佳作・奨励作（賞状および賞金各 20 万円）を合せて 10 数件選定します。  
受賞作の普及・活用を図るため「受賞作品集」を刊行し、全国の中学校・高等学校および関係教育機関などに贈呈します。
3. **応募資格** 中学校・高等学校の理科教育を担当する方、または研究・指導する方。  
例えば、中学校高等学校・高等専門学校・大学などの教員、指導主事、教育研究所・教育センター・博物館などの所員。
4. **応募手続** (1) 所定の応募用紙（申請書）に所定事項を記入し、当会あてに 1 部郵送してください。応募用紙は、葉書、ファックスまたは E メールで当会にご請求ください。  
(2) 共同の業績である場合は代表者を定めてください。賞は代表者に贈呈されます。  
(3) 応募締切日 平成 10 年 9 月 30 日 (水) 必着
5. **審 査** 下記委員からなる審査委員会によって、第一次および第二次審査を引い受賞作を選考します。審査委員 霜田光一（委員長） 太田次郎 小林俊一 川村 清 中村保夫  
中井 武 相原惇一  
(注) 1. 第一次審査は、主として書類選考により行い、その結果は平成 10 年 12 月下旬に通知します。  
2. 第二次審査は、平成 11 年 1 月中旬頃に第一次審査で選ばれた方に審査会場にお出でを願い、教材・教具なども使用して実際にご説明をうけて行います。これに必要な旅費は当会内規により支払います。ただし、第一次審査で選ばれた方でも、内容によっては、第二次審査の際にお出で願う必要のない場合があります。  
3. 第二次審査の結果は平成 11 年 2 月下旬までにお知らせします。  
4. 選にもれた応募には、今後のご参考にしていただくため、審査委員会の意見をお送りします。  
5. 選（本賞、佳作、奨励作）にもれたものを改良した場合には、再応募することができます。
6. **理科教育費の贈呈式** 平成 11 年 3 月下旬に本賞受賞者を招待し、東京で贈呈式を行います。
7. **受賞作の公表** (1) 受賞が決定しますとただちに、佳作・奨励作も併せて受賞作の要旨を報道関係へ発表し、内容は公知となります。したがって応募作について特許あるいは実用新案の権利を取得しようとする方は受賞決定時期の平成 11 年 2 月以前にご出願ください。  
(2) 教育の場での普及を図るため、フロッピーディスク、ビデオテープ等を伴う受賞作については、それらの貸与をお願いすることがあります。
8. **応募用紙の請求先および提出先**  
財団法人 東レ科学振興会 ☎279-8555 千葉県浦安市美浜一丁目 8 番 1 号（東レビル）  
Tel: (047) 350-6104 Fax: (047) 350-6082  
E-mail: JDP00117@niftyserve.or.jp



資料

## ツーソンミネラルショー (Tucson Shows) に参加して

相場博明\*

### はじめに

アメリカ合衆国アリゾナ州のツーソンでは、世界最大とも言える鉱物・化石のフェア (Tucson Shows) が毎年2月に行われる。筆者はこのショーに参加する機会を得たのでここに紹介する。なお、世界のピック3とも言える鉱物・化石のフェアは、このツーソンのもの以外に、9月に行われるアメリカ合衆国のデンバーでのものと11月に行われるドイツのミュンヘンでのものがある。デンバーのものに関してはすでに、本誌において報告した (相場・馬場, 1997)。

また、本稿ではツーソンショーの紹介だけでなく、ツーソン近辺で地学的に興味深い見学ポイントについても若干の紹介をしたい。

### 1. ツーソンショーの規模

ツーソン (Tucson) は、アリゾナ州南部に位置し海拔2389フィート、周辺は山で囲まれ (図1) 南に20マイルも行けばもうそこはメキシコというところに位置している。気候は乾燥型で一年のうち350日は日光が射しているという。周辺はさまざまな種類のサボテンの生い茂る砂漠である。

ショーの行われた2月も気温が日中は27℃ほどになり温暖である。ところがエルニーニョの影響もあるのか、ツーソンに着いた2日目の夜にたいへん強い雨が降り、ショーの大きなテントの屋根がつぶされてしまうというアクシデントがあった。また、周辺の山には雪が降り、サボテンに雪の組み合わせというたいへん面白い景色を見ることができた (図2)。雪が降るのはたいへん珍しいということだ。

このツーソンに、世界最大規模の鉱物、化石、宝石のフェアが半月にわたって毎年開かれている。この期間は街中がこのショー一色といった感じである。市内のホテルやモーターはどこも満員であり、市内ではショーに関するさまざまな看板が目につく。

会場は22カ所にわたり、23のショーが開かれる (表1)。総出店数はガイドブックにあるものを数えて

みると2686店という数である。実際には露店などの非公式の店などを含めるとやはり3000近くになるのかもしれない。ちなみに、デンバーショーでは会場が7つで、公式の総出店数は842なので、およそデンバーショーの3倍の規模と考えて良いであろう。

### 2. ショーの内容

#### (1) 会場

会場はデンバーショーと同様に市内のモーターが中

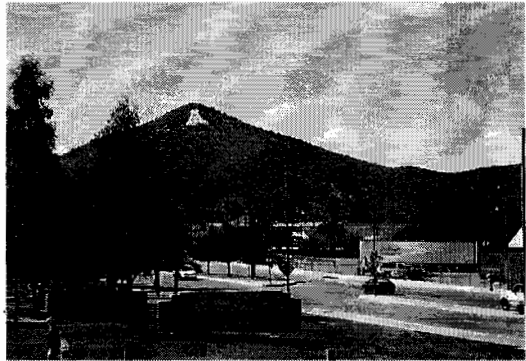


図1 ツーソンのシンボルとも言えるAマウンテン、山にAの文字が見える



図2 ツーソンの周りの山  
大きな柱のように生えているのはサワロというサボテン。背後の山は異常気象で降った雪で白くなっている。

\* 慶應義塾幼稚舎 1998年2月28日受付 1998年6月5日受理

表1 ツーソンショーの構成

	会 場	ショーの名称	開催期間	出店数	備 考
1	The Co-op	The Co-op	2/1~2/14	14	
2	Remada Inn/University	Arizona Mineral & Fossil Show	2/4~2/14	84	化石中心
3	Sonoran Desert Marketplace	Desert Pavilion Show	1/30~2/14	8	
4	Best Western Executive Inn Hotel	Arizona Mineral & Fossil Show	2/4~2/14	166	鉱物・化石中心
5	La Quinta Inn	La Quinta Group	2/1~2/15	36	鉱物・化石中心
6	Innsuites Hotel	Arizona Mineral & Fossil Show	2/4~2/14	77	鉱物・化石中心
7	Congress Street Expo	Congress Street Expo	2/3~2/14	120	
8	Days Inn/Convention Center	U.S. Gem Expos	2/4~2/14	84	宝石、装飾品関係中心
9	Four Points Hotel	Arizona Productions	2/2~2/14	191	
10	Gem & Jewelry Exchange	GJX Tucson Gem Show	2/5~2/11	261	宝石、装飾品関係中心
11	Holiday Inn/City Center	Gem & Lapidary Dealers Association	2/4~2/11	264	宝石、装飾品関係中心
12	Tucson Convention Center	American Gem Trade Association	2/4~2/9	282	宝石、装飾品関係メインショー
		Tucson Gem & Mineral Society	2/12~2/15	187	鉱物・化石関係のメインショー
13	Howard Johnson Downtown	Pacifica/AKS Trade Shows	2/1~2/14	108	
14	Holiday Inn Express	Pacifica/AKS Trade Shows	2/1~2/14	69	
15	Tucson Showplace	Tucson Showplace	2/1~2/15	9	
16	Rodeway Inn/Grant Road	Gem & Lapidary Dealers Wholesalers	2/1~2/14	190	
17	Windmill Inn	The Whole Bead Show	2/5~2/10	43	
18	Tucson Gem & Jewelry Expo	U.S. Gem Expos	2/4~2/12	19	今回はキャンセル
19	Tucson East Hilton	Rio Grande	2/7~2/10	48	
20	Holiday Inn/Holidome	Gem & Lapidary Wholesalers	2/6~2/13	312	
21	Tucson Exposition Center	AKS Gem and Jewelry Show	2/3~2/14	23	
22	Howard Johnson Benson Highway	The Best Bead Show	2/5~2/10	91	

総計 2686



図3 メイン会場であるコンベンションセンター AGTAのショーの垂れ幕が見える。



図4 コンベンションセンターの内部  
巨大なフロアーに300近くの店が開かれている。

心となるが、モートル以外にも巨大なテントがたくさん建てられる。中にはアンモナイト型をしたユニークなテントもあった(写真は上空からでないで撮れないので残念ながら撮れなかった)。

中心となるのは、市の中心にあるコンベンションセンターという大きな建物である(図3)。駐車場は2000台は入れるようになっており、建物の中もたいへん広い。ここで行われるショーは、前半がAGTAと

いうもので、宝石関係を中心としたものである(図4)。また、今回はたいへん残念ながら見られなかったが、後半のTGMSというショーは、デーパーショーで紹介したような地学教育的な内容をもつものであるという。ここではジュニアエデュケーションテーブルというコーナーがあり、アリゾナ大学の地球科学専攻の学生がさまざまなデモを行い、子供たちはいろいろ

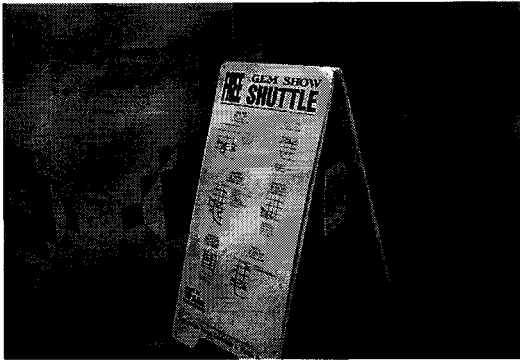


図5 シャトルバスのバス停  
この看板のあるところで待っているとバスがやってくる。青、緑、赤、黄、紫、ラズベリー(赤紫)色の6つのルートがある。



図6 シャトルバス  
たまたま2台が一緒になった。左が紫コース、右が赤コースのシャトルバス。

な実験をし、また鉱物のサンプルもお土産にももらえるとのことだ。また、シンポジウムや鉱物写真セミナーなどいろいろなミーティングが行われる。ただしこの会場だけは5\$の入場料が必要である(14歳以下の子供は無料)。

このコンベンションセンター周辺に3つ、その西側の国道10号線沿いに7つ、その北側オラクル道路沿いに6つと、計16の会場がダウンタウンにある。残りの6つの会場はダウンタウンからやや離れた場所にある。

### (2) シャトルバス

22ものたくさんの会場を回る場合、当然車が必要となる。そこで会場を行き来するための無料シャトルバスが運転されている。各会場の入り口にはそのシャトル乗り場(図5)が作られており、だれでも自由に

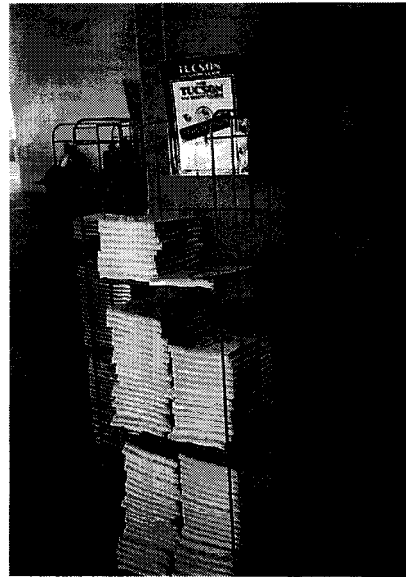


図7 会場入り口に積まれたガイドブック  
分厚いガイドブックは無料。しかし、重いので必要な部分だけをちぎって持ち歩く人が多い。

利用できる。デンバーショーでは1つの系統しかなかったが、ここでは6つの系統があり、それぞれの系統が6つの色で分けられている。例えば化石を中心に回りたい場合は赤コースとかと、便利に設定されている。バスは10数人が乗れる程度のもだがけっこう頻りに循環しており、たいへん有り難いものである(図6)。ただ、シャトルバスを利用するのはどちらかというとプロの業者ではなく(業者はほとんど車で来ているかあるいはレンタカーである)、個人的な趣味で来ている人たちである。一般的な市民で友人同士や家族連れであったりする。よって、バスの中ではどこで掘り出し物を買ったとかという情報が飛び交い共通の趣味をもつ者同士というたいへんフレンドリーな雰囲気であった。

### (3) 出店

とにかくあまりにも店が多いのですべてを回ることは不可能である。ここでは、店を回った範囲で興味を引いたものをいくつか紹介する。また、すでにデンバーショーの紹介のときと同じものは重複を避けるために、ここでは紹介しない。

#### ・パンフレット

各会場の入り口には様々なパンフレットが用意されている。A4サイズで600ページ近くもある分厚い全体のガイドブック(図7)から、各ショーごとのもの、

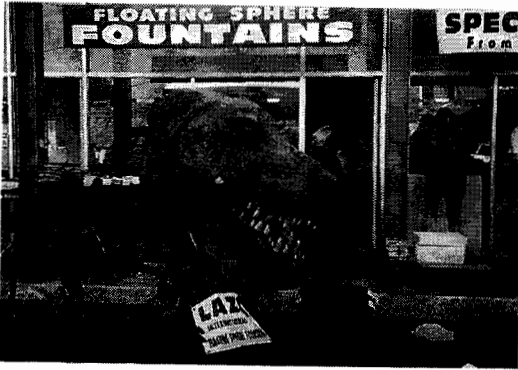


図8 ティラノサウルスの頭部模型  
ロンドンの地質博物館にも同じ物があったが、このような大きなものまで持ってきて店の前に無造作に置いている。



図9 直径1mはあろうかという巨大な磨いた鉱物の玉  
欧米人にはこのように鉱物を球形に磨いた物が人気がある。

各店ごとのものまでさまざまである。これらはもちろんすべて無料である。会場の入り口にはパンフレットだけでなく、ツーソンショーのTシャツやポスターなどまで売られているところもあった。

・ディスプレイ

展示の方法もデンプーと比べてたいへん派手である。店の前にティラノサウルスの頭部の模型を堂々と置いたり(図8)、マンモスの全身骨格やトリケラトプスの頭部の骨格標本など、また鉱物関係では巨大な水晶の単結晶や直径1m近くもあるのではないかと磨いた鉱物の球など(図9)が所狭しと並べられている。

また、どの店も自慢の標本(図10)というものを売れないのを覚悟で展示しているふしがある。もちろんその場合はとんでもなく高価である。ある鉱物専門店



図10 化石業者の自慢の標本  
11匹ものメソザウルスがついた標本。この標本には8000 \$ NETという表示があった。NETとは値引きはしないという意味。



図11 露店で売られていた中国の古銭

では透明度の高い1mほどの水晶の単結晶を売っていたが、これなど日本円で2千万円ほどにもなる。またグリーンリバー層の蝶番類であるガーの化石などは店によっては1千万円以上もの値段がついていた。そのような高価な標本類が出回るのは、このショーが単なる販売だけの目的ではないことを示している。どの店もこの世界最大のショーで自慢の品を展示し、店の宣伝をしているのであろう。

また、会場によっては、オープニングパーティーが開かれ、世界中の業者同士が交流する場を設けたり、モーターのプールサイドでは生演奏が行われたり、飲食店の露店が出るなど、一種のお祭りのな雰囲気もある。

・変わりもの

今回は規模が大きいただけあって、鉱物や化石以外にも実に面白いものを売っていた。特に露店などで販売しているところでは、日曜ラクタ市とも言えるよう



図12 鉱物ショーにちなんで売られていたロックキャンディ  
9色あり子供たちに人気である。

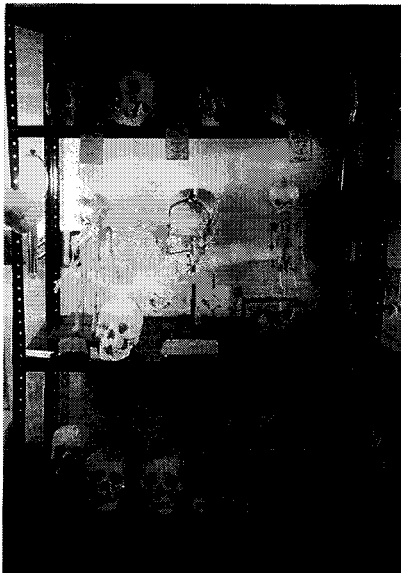


図13 ボーンショップで売られていた本物の人骨  
こんなものまで売っているのかどうか。

な実にさまざまなものが出品されていた。中国の古銭を売っていたり (図11)、ロックキャンディ (図12) というあざやかな色の結晶の形をしたキャンディを売っていたり、先住民族の服や骨董品など、また、人骨専門店などもあり、人間の頭蓋骨や胎児の

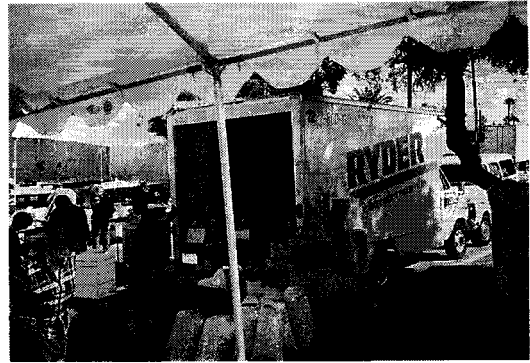


図14 会場にスタンバイしている運送屋  
ダンボール箱に梱包材まで準備されている。

全身骨格などがそのまま販売されている (図13)。なぜか朝鮮ニンジンがあったりツルハシが売っていたりと鉱物や化石に興味がなくとも十分楽しめるものである。

#### (4) 運送方法

鉱物や化石を購入した場合どのようにして日本に送るかという問題がある。一番手っ取り早いのが、会場に来ている業者 (図14) に、その場で頼んでしまうことである。会場には運送業者がトラックでスタンバイしており梱包用のダンボールや梱包材も用意している。ただ、細かいものをたくさん送る場合は、自分でダンボールなどに荷造りをして、運送業者に宿舍まで取りに来てもらう方法が良い。この場合何人かまとまると割安となる。税関申告もその業者に頼めるので内容についての品名、値段などはもちろん正確に記入した用紙を渡す必要がある。もちろん一番良い方法は自分の手荷物として運ぶことである。ただアメリカでは一つあたりの荷物の重量制限が70ポンド (約31.7kg) であり、これを少しでも超えると50\$払わされてしまう。その場合せつかく丁寧にスーツケースに詰め込んだものをその場で出してほかのダンボール箱などに詰め替えなければならない。鉱物や化石は重いのですぐに重量オーバーになるので注意した方がよい。

### 3. 周辺の地学的見学ポイント

#### (1) ペリドット

ツーソンから北へ約200kmほどのところにサンカルロス・インディアン居留区がある。ここは西部劇で有名なアパッチ族の居留区となっている。ここにペリドット (かんらん石の宝石名) という地名の場所がある。その地名のとおり、ここからはかんらん石が産



図15 ゲンプ岩の溶岩台地での露天掘り現場  
かんらん石であたり一面うす緑色に見える。



図16 ベリドットを採集するインディアン  
かんらん石ノジュールをゲンプ岩の岩盤にたく  
さん見ることができる。

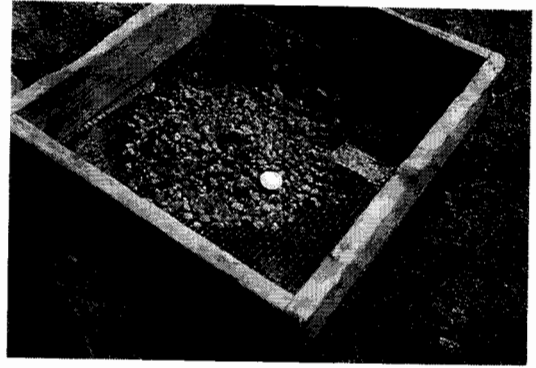


図17 インディアンが採集したベリドット  
円く見えるのは25セントコイン。かんらん石  
の大きな結晶を見つけるのはたいへんなようだ。



図18 アリゾナソノラ砂漠博物館  
右側の旗はアリゾナ州の旗。

出する。インディアン居留区には勝手にはいけないので、インディアン居留区事務所で入場するためのアクセスパスをもらう必要がある。これが一人7\$である。もし、この許可なしで入ると簡易裁判にかけられ罰金を60\$払わされる。

町から台地の坂道を登っていくと玄武岩の広大な溶岩台地に出る。この台地でアパッチ族がベリドットを露天掘りで採集しているのである(図15)。かんらん石はマントル上層物質と言われ、高校地学では教材として利用されている。日本では秋田県の一の目瀧などで採集される。かつて筆者も一の目瀧でこのかんらん石ノジュールを一日がかりで採集したが、やっと2個ほどを見つけただけであった。ところがここは、露天掘りをしている場所を遠くから見てもそのあたり一面が緑色に見えるほど、かんらん石がいくらかでも転がっている。一の目瀧を考えると信じられないような光景だ。ちょうどそこで採集していたアパッチ族にお願い

して標本用にかんらん石を拾わせてもらうことにした。彼らの目的は、かんらん石の中から結晶の大きなものを宝石用として見つけることである。ふるいの中に彼らが採集したものを見せてもらった(図17)。8mm程度以上の大きさのものを手作業で見つけだしていた。1ポンド90\$くらいで売れるらしい。

ハワイでは、このかんらん石が砂浜にたくさん落ちているグリーンビーチがある。しかし近年観光客が持ち帰るので、グリーンビーチがグリーンでなくなってきたそうだ。そこで、ここアリゾナからかんらん石を持っていき砂浜にまいているそうである。

## (2) アリゾナソノラ砂漠博物館

砂漠というと、砂ばかりといったイメージを浮かべる方が多いと思うが、ツーソン郊外にあるソノラ砂漠は、動植物がたいへん豊富であり、世界で最も魅力的な砂漠という評価が得られている。アリゾナソノラ砂漠博物館(図18)は、このソノラ砂漠の自然をそのま

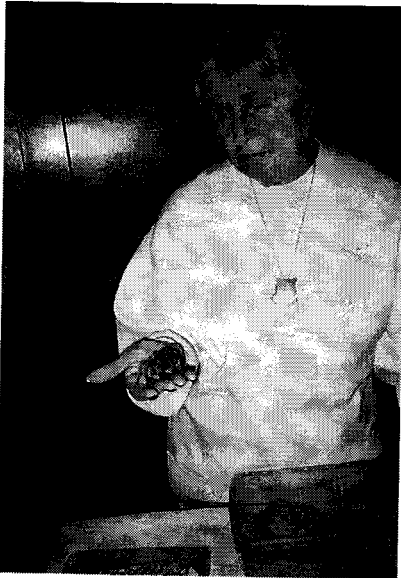


図 19 ボランティアの指導員

手に持っているのは毒グモのタランチュラ。おとなしいのでかまないといいので、持たせてくれといったら断られた。

ま利用した施設で、アメリカの博物館らしくたいへん大きなものである。駆け足でまわっても2時間以上はかかる。

砂漠の植物や動物が中心に展示されており、ルートの所々にはボランティアの指導員が熱心に説明をしてくれる(図19)。ボランティアは毎日来てくれるそうであり、いかにもアメリカらしい。この施設は営利を目的としないようになっているようだ。

中には地球科学コーナーというものがある。石灰岩の洞窟があり、その中に地学関係のさまざまな展示がなされていた。さすが鉱物標本の見事なものが展示されていたが、とくに面白いと思ったのは、岩石の空洞内に結晶が育っている産状を再現しているものがあつたことである(図20)。鉱物の展示というと、その石だけを普通は展示するだけだが、このように産状まで



図 20 鉱物の産状を見せる展示

石膏の結晶するさまを見事に展示していた。

を展示できると効果的であろう。

### おわりに

運良くデンバーショー、ツーソンショーと世界の三大ミネラルショーのうち二つに参加する機会を得ることができた。デンバーショーでは、ショーの中に地学教育的要素がたくさん含まれていたことに驚き、このツーソンショーでもそのような物を期待していたが開催期間のずれで見ることができず残念であった。ただ、何と言ってもこのツーソンショーは世界最大のショーであり、街をあげての大きなお祭りといった感じであった。業者のみならず、一般市民の多くが鉱物・化石に親しんでいる。日本ではまだまだ鉱物・化石というと特殊な趣味と見られてしまうが、アメリカではこれほどまで人々に浸透している。鉱物・化石といったものを日本でももっと一般の人々に親しんでもらうことは、今日の地学教育に課せられた大きな課題でもあろう。

### 参考文献

相場博明・馬場勝良(1997): デンバーミネラルショー (Denver Shows) に参加して。地学教育, 50(6), 239-246.

相場博明: ツーソンショー (Tucson Shows) に参加して地学教育 51 巻 4 号, 31-37, 1998

〔キーワード〕 ツーソンショー, ミネラルフェア, ペリドット, 鉱物, 化石

〔要約〕 世界最大のミネラルショーである、ツーソンショーについて紹介した。その規模、内容はまさしく世界最大であり、ツーソンという街全体がこのショー一色であった。また、ツーソン近郊の地学見学ポイントであるかんらん石産地とソノラ砂漠博物館についても紹介した。

Hiroaki AIBA: Some Reports about the Tucson Shows. *Educ. Earth Sci.*, 51(4), 31-37, 1998

## 財団法人 東レ科学振興会からのお知らせ

### 平成10年度(第30回)「東レ理科教育賞」

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

応募資格：中学校・高等学校の理科教育を担当する方、または研究・指導する方。

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

応募手続：所定の応募用紙(申請書)に所定事項を記入し、当会宛て1部郵送。

[応募要領参照(7月上旬に昨年度の受賞作品集とともに学校長経由理科担当教諭宛て送付)  
応募用紙は葉書、FAXまたはE-Mailにて下記にご請求下さい。]

応募締切日：平成10年9月30日(水)必着

#### 東レビデオライブラリーのお知らせ

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

分野	題名	時間
中学理科第一分野	簡易ラジオメーターによる光エネルギーの実験	14分
中学理科第一分野	大電流電線による電磁気の実験	20分
中学理科第一分野	※ボタンを使った理科の実験	20分
中学理科第二分野	葉のでんぶんの検出～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

東レホームページ上でも情報公開中

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

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

お問合せ・お申込み先

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

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

E-mail: [JDP00117@niftyserve.or.jp](mailto:JDP00117@niftyserve.or.jp)



## 学会記事

### 第1回常務委員会議事録

日時及び場所：平成10年5月11日(月)18:00～

日本教育研究連合会 会議室

出席者：17名（以下50音順）青野宏美，猪郷久治，小川忠彦，榑原雄太郎，渋谷 紘，下野洋，高橋 修，坪田幸政，西川 純，濱田浩美，林 慶一，二上政夫，松川正樹，松森靖夫，間々田和彦，水野孝雄，山崎良雄

### 議 題

#### 1. 新役員について

榑原会長より新役員について説明があり，大学や研究所に勤務する役員が半数以上いること等を確認のうえ，全員別紙の原案どおり承認された。

#### 2. 常置委員会について

現在設置されている以下の常置委員会について，以下の（ ）内の役員から，委員長や委員の氏名，活動内容等を5月中に事務局に連絡し，それを基に次回の常務委員会で検討を重ねることが了承された。またこれ以外にも，「国際交流」や「地学教育の基本問題を考える」委員会などを作るべきであるなど意見交換もされた。

行事委員会（間々田），教育課程検討委員会（坪田），教育実践報告集編集委員会（高橋），コンピューターに関する委員会（根岸または高橋修），実体調査委員会（松森），会員委員会（松川），支部支援委員会（下野），編集委員会（松川），教科「理科」関連学会協議会（林），学校科目「地学」関連学会連絡協議会（間々田）

#### 3. 平成10年度岩手大会について

現在の発表予定者，総会の時間など準備状況等が間々田委員より紹介され，了承された。なお地学教育5月号にプログラムを出せること，広告依

頼の方法等についても併せて相談された。

#### 4. 平成11年度以降の大会について

平成11年度以降の大会は，11年に広島，12年に鹿児島，13年に千葉で行う予定で交渉中であることが間々田委員から紹介され，準備が進行中であることが了承された。

#### 5. 後援依頼について

日本気象学会，天文教育普及研究会等4件の後援依頼があり，依頼に応じることが承認された。なお今後は2回目以上の依頼について，事務簡略化のために会長と庶務で処理できることも確認された。

#### 6. 入会者・退会者について

5月11日現在の入会者及び退会者について報告され，別紙のとおり了承された。また会員を増やすための継続的議論もなされた。

#### 7. その他

特になし

### 報告事項

#### 1. 編集委員会

地学教育3号が印刷中で，あと11論文が査読・印刷待ちであることが松川委員より報告された。

#### 2. その他の委員会

- ・実体調査委員会の「地学教育と環境問題について(案)」が地学教育特集号で取り上げられることが松森委員より報告された。

- ・教育実践報告集編集委員会の実践集が現在校正中であり，まもなく出版される予定であることが，坪田委員より報告された。

- ・寄贈及び交換図書について，別紙の通りであることが水野委員より紹介された。

# 『地学教育実践集』刊行のご案内

日本地学教育学会  
教育実践集編集委員会

理科離れや教育過程の問題は、地学教育関係者・理科教育関係者だけで解決する問題ではありません。学際的知見が研究を飛躍させるのに似て、情報化、総合化が望まれる時期教育過程のもとでは、一教科、一分野といった狭い視座、視点に立つのではなく、幅広く総合的にものごとを考える判断力が、児童・生徒の生きる力を育むのです。このことは、勿論教師にも求められています。

このような観点で日々の授業で努力されておられる小学校・中学校の先生方に、地学分野の題材を紹介することができないかと考え、この度「地学教育実践集」を刊行いたしました。

魅力あふれる地学教材を通して、子どもと教師の双方が、自然の大切さや地球環境を考える一助として、微力ながらお役に立てていただけるものと思います。

購入ご希望の方は、同封の注文書に必要事項をご記入の上、e-mailまたはFAX、郵送で下記へお申し込みください。

地学教育実践集 ○B5判・全130ページ ○頒布価格 1,600円

## 地学教育実践集 / 目次

### 第1章 地層・化石教材教育実践

- 1 土を調べよう ..... 8
- 2 ボーリングごっこ ..... 12
- 3 カップを使った地下水のしみでる層のモデル  
実験 ..... 15
- 4 簡易地質柱状モデルの作成 ..... 17
- 5 侵食される大地 ..... 21
- 6 地層の効果的な指導法 ..... 25
- 7 塩原の化石 ..... 28
- 8 有孔虫を取り入れた地学教材 ..... 36

### 第2章 火山・岩石教材教育実践

- 1 原始の火の秘密を探ろう ..... 40
- 2 火山のふん火 ..... 43
- 3 岩石パズルの製作 ..... 45
- 4 火成岩生成モデル実験法の検討 ..... 46
- 5 ミョウバン結晶成長実験 ..... 50
- 6 火山灰中の鉱物 ..... 52
- 7 固体のようで液体のような物質 ..... 57

### 第3章 気象教材教育実践

- 1 気象衛星「ひまわり」雲画像並びに気象  
FAX画像 ..... 62

- 2 雪の観察 I ..... 66
- 3 雪の観察 II ..... 71
- 3 大気圧の実験 ..... 75
- 4 季節風のモデル実験 ..... 79
- 5 雨温図による天気と比較 ..... 84

### 第4章 天文教材教育実践

- 1 太陽エネルギーの大きさを比較するモデル実験  
..... 92
- 2 経度と時刻の学習に関する教材 ..... 95
- 3 月の満ち欠け ..... 97
- 4 星空の切り取りから日周運動へ ..... 99
- 5 星座早見盤の使い方 ..... 102
- 6 赤経赤緯学習機 ..... 104
- 7 宇宙の大きさを実感する ..... 108

### 第5章 環境教材教育実践

- 1 この水どこから来るの ..... 112
- 2 ペットボトルで液状化を観察しよう ..... 116
- 3 ランドサット画像で地域の環境分布図を作る  
..... 118
- 4 展示から学ぼう ..... 122
- 5 観察センターにおける指導 ..... 124
- 6 教師と子どもがとらえる地学現象の差異 ..... 126

# 『地学教育実践集』 注文書

下記の通り、「地学教育実践集」を注文します。

(1) 申し込み数  冊

(2) 郵送料 (1冊: 310円, 2冊: 380円, 3冊: 450円, 4・5冊: 590円)

(3) 合計金額  冊×1,600円+郵送料 ( ) 円 =  円

\* 頒布価格 (1,600円) には、消費税含が含まれています。

(4) 支払い方法 (3)の金額を郵便振込にてお支払いください。

① 郵便振込で先に入金する場合

(振込用紙の通信欄に(1)~(3)の内容をご記入ください。注文書はいりません。)

② 注文書を送付の場合

(送本時に郵便振替用紙を同封いたします。到着後振り込んでください。)

(6) 送り先 下記の枠内に住所と氏名をご記入ください。

① 勤務先名

② TEL (届け先) ( )

住所 〒

氏名

様

## 注文方法

(1) 「地学教育実践集」は、直販にて頒布しています。この注文書にご記入の上、下記へ e-mail または FAX, 郵便でお申し込みください。

(2) 注文書送付先

〒191-0042 東京都日野市程久保 2-1-1 明星大学地学教室内  
日本地学教育学会教育実践集編集委員会  
高橋典嗣 宛

TEL/FAX 042-591-5968

e-mail: takahasn@ge.meisei-u.ac.jp

(3) 郵便振替口座番号: 00170-3-56285 (高橋典嗣 宛)

## 編集委員会より

定例編集委員会は、6月5日(土)午後に開かれました。編集状況は原著論文2が受理されました。6月5日現在の原著論文、資料、教育実践報告の投稿原稿数は、昨年度同時期のそれらに比べてほぼ同じです。昨年度は、夏休み明けに投稿原稿が増加しました。今年度も、夏休み明けに投稿原稿数が増えることを期待しております。現在の状況ですと、完成度の高い原稿であるならば、それほど長い期間お待ち頂かなくとも印刷になるかと思えます。引き続き、学会員の皆様からの多くのご投稿を期待しております。

### 複写される方に

本誌に掲載された著作物を複写したい方は、著作権者が複写権を委託している次の団体から承諾を受けてください。

〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル3F  
学協会著作権協議会 (TEL/FAX: 03-3475-5618)

### Notice about photocopying

In order to photocopy any work from this publication, you or your organization must obtain permission from the following organizations which has been delegated for copyright for clearance by the copyright owner of this publication.

#### Except in the USA

The Copyright Council of the Academic Societies (CCAS)  
9-41-6 Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107-0052, Japan  
Phone/FAX: 81-3-3475-5618

#### In the USA

Copyright Clearance Center, Inc. (CCC)  
222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, USA  
Phone: 978-750-8400, FAX: 978-750-4744

## 日本地学教育学会 51巻 第4号

平成10年7月20日印刷

平成10年7月25日発行

編集兼 日本地学教育学会  
発行 者 代 表 榊 原 雄 太 郎

184-0015 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 0423-29-7536

庶務・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

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



# EDUCATION OF EARTH SCIENCE

---

VOL. 51, NO. 4

JULY, 1998

---

## CONTENTS

### Original Articles

- Development of the Teaching Material about Magmatic Differentiation  
.....Akira OGIWARA and Tsuneto TEZUKA... 139~147
- Development of Teaching Material on the Ozone Depletion  
—An approach using object-oriented model—  
.....Hirofumi KATO, Sachiko ITO, Yasushi HOSOKAWA,  
Fumihiko SHIMOI, Atsushi SASAKI, Keita OHNISHI,  
Masumi KOGA and Shigeto WATANABE...149~157
- A Teaching of Investigative Activities about the Local Air Pollution Research  
.....Yasushi SAKAKIBARA and Kumiko NOZAKI...159~167

### Survey Report

- Some Reports about the Tucson Shows  
..... Hiroaki AIBA...169~175

Book Reviews (148, 158)

Proceeding of the Society (168)

---

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