

地学教育

第51巻 第6号(通巻 第257号)

1998年11月

目 次

原著論文

学部教育における学生実験テーマの開発

—太陽定数測定器— ……土橋一仁・林 良一・喜久川 功・大村 浩…(237~249)

実践報告

雲形模型を用いた雲の観察指導事例 ……………榑原保志…(251~255)

資 料

世界各国の新聞気象欄

—新聞天気図を中心とした比較と分類— ……………日下 哉…(257~265)

本の紹介 (250, 256) 学会記事 (267~275) お知らせ (266)

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

役員選挙に関する公示

1998年11月10日

正会員各位

日本地学教育学会
選挙管理委員会

役員選挙について

「役員選挙についての細則」に基づいて、1999年度役員（評議員）の選挙を行います。ついでには細則により評議員候補者の推薦をお願いいたします。

(参考) 役員選挙についての細則

5. 評議員候補者の推薦は、正会員3名以上の署名捺印した推薦状に本人の承諾書を添えて、推薦者が12月1日から12月25日（消印有効）までに、選挙管理委員会（事務局）に届けるものとする。
6. 監査候補者の推薦は、常務委員会がするものとする。

(注) 会則および細則の全文は、会員名簿の1998年9月発行を参照して下さい。

現在の役員は、下記の通りです。

- 1) 1999年度まで、任期のある会長（再選が認められている）榊原雄太郎
- 2) 1998年度まで、任期の切れる副会長（会則第11条第2項＝会長が評議員の中から指名する；評議員として再選が認められている）井上雅夫
- 3) 1998年度で、任期の切れる評議員（再選を認められている）
北海道・東北地区：照井一明、関東地区：栗野俊昭、名越利幸、江藤哲人、中部地区：遠西昭寿、近畿地区：田結庄良昭、中国・四国地区：岡本弥彦、九州・沖縄地区：飛田眞二、会長指名：買手屋仁、高橋 修、間々田和彦、水野孝雄
- 4) 1999年度も、任期のある評議員（推薦しても無効）
北海道・東北地区：河村 勤、中村泰久、関東地区：円城寺守、小川忠彦、菅野重也、渋谷 紘、山崎良雄、中部地区：遠藤祐神、渡辺 隆、近畿地区：戸倉則正、藤岡達也、中国・四国地区：佐藤英徳、九州・沖縄地区：八田明夫、宮脇亮介、会長指名：猪俣久治、磯崎哲夫、西川 純、濱田浩美、林 慶一、馬場勝良、平野弘道、二上政夫、松川正樹、宮下 治

原著論文

学部教育における学生実験テーマの開発

—太陽定数測定器—

土橋 一仁*・林 良一**・喜久川 功*・大村 浩**

1. はじめに

本稿で紹介する「太陽定数測定器」は、大学の学部教育における学生実験のために開発した、新しい実験器である。理工系大学の学部教育において、学生実験が重要な役割を果たしていることは周知の通りである。授業・テキスト等で学習した内容を、実験を通して定量・確認させることは、学生の自然に対する深い理解を助長するのに大きな効果がある。また、単に計測機器の取り扱いやデータの処理方法を習得させるだけでなく、実験・解析方法を自分で工夫する能力を養うための機会を提供することも、学生実験の担う役割の一つである。学生実験で得た経験が、後年、研究を行う上で大いに役立つ例は少なくない。

しかしながら、実際の教育現場で十分な活動を行うのに必要な実験テーマや機材を、常に確保・維持することは必ずしも容易ではない。大学ごとに事情は異なるが、実験機器の更新や新しいテーマの開発に費やせる予算と時間は、ある程度制限されているのが実情である。科学的に高いレベルを保ちつつ、斬新で、かつ短い期間と低いコストで実現できる学生実験テーマが作れないものだろうか、と考えたのが、ここで紹介する「太陽定数測定器」の開発に着手したきっかけであった。

太陽定数とは、地球の大気圏外で太陽に正対する単位面積が単位時間に受ける太陽の総放射量である。その値は、太陽の活動期とともに変動するが、おおむね $1,360 \sim 1,370 \text{ Wm}^{-2}$ であることが知られている (例えば、吉村, 1990)。太陽定数は、天文学・地球物理学における重要なパラメーターの一つである。例えば、太陽定数と地球-太陽間の距離を知れば、太陽が如何に膨大なエネルギーを放出しているかを知ることができる (太陽光度 $= 3.8 \times 10^{26} \text{ W}$)。また、太陽定数は大局的な地球環境 (温度) を考える上で、なくてはならないパラメーターでもある。地球は、地表の平均温度

が $\sim 300 \text{ K}$ に保たれた「水と生命の惑星」である。これは、適度な強さを持つ太陽光と地球大気の、奇蹟的な組み合わせの結果もたらされたものである。さらに、最近では一般家庭用のソーラーパネルの普及に関する具体的な助成もされはじめており (例えば、朝日新聞, 1998)、火力・原子力に代わる「次世代のクリーンエネルギー」としての太陽光エネルギーに、高い関心が寄せられつつある。太陽に照らされた「水と生命の惑星」地球を思い描く時、太陽光が地球規模での物理現象や生命活動から、我々の日常的な生活環境に至るまで、多大な影響を及ぼしているということ、改めて認識せざるを得ない。

太陽光の照射量を測定するための実験器としては、従来、太陽光を照射した受光器 (銅板や水) の温度を調べる方式のものが主流である。受光器の温度の時間変化を、温度計や熱電対で計る方法が広く紹介されている (例えば、尾形, 1982; 茂木, 1984; 小林, 1988)。この方法を用いた日射計は、低いコストで自作できるという利点がある反面、高い精度を達成することが困難である。実際に測定した照射量の精度は、自作の安価な日射計を用いた場合、たいいてい1桁程度である。また、受光器の加熱・冷却に数分~数十分の時間がかかるため、照射量の連続測定を行うことは難しい。

このような問題を解決するために、本稿で紹介する実験器には、太陽電池を光検出器として導入した。太陽電池は応答が早いので、文字通り「リアルタイム」での照射量 (相対強度) のモニターが可能である。太陽電池を校正する (太陽電池への入射光と、発生する光電流の関係を求める) 方法も工夫した結果、大気による太陽光の吸収量 (大気の光学的厚さ) や太陽定数を、2~3桁の精度で測定することができる実験器が完成した。また、この実験器は容易 (製作期間~1日) に、かつ低価格 (~5万円) で作製することができる。

ここで紹介する「太陽定数測定器」を用いた実験は、

* 東京学芸大学教育学部, ** 大阪府立大学総合科学部

天文学・地球物理学および自然環境科学を学ぶ学生を主な対象としているが、本稿では、この他の専攻の学生教育にも活用できるよう、学習課題例等に配慮した。また、この実験を活用し易くするために、実験器の製作手順を出来るだけ詳しく述べた。受講する学生には、学部3年生程度の学力（特に黒体放射理論と常微分方程式）が基礎知識として求められるが、実験を簡略化すれば、1年生程度の知識でも実験内容を理解することができる。ここで紹介する実験器が、理工系大学の学部教育で広く活用されることを望む。

太陽定数測定のための基礎理論を2章に、また実験器の製作手順を3章に示す。4章では実際の実験手順について述べる。実験終了後、学生に学習させる課題の例を、5章に挙げる。最後に、大阪府立大学および東京学芸大学における指導例を、6章に示す。

2. 基礎理論

2.1 測定原理の概要

太陽定数、すなわち大気圏外において単位面積・単位時間当たりに照射される太陽光エネルギーは、時刻に関係なく一定の値を取る。一方、地上に降り注ぐ太陽光の照射量は、太陽の高度によって変化する。例えば、太陽が日没直前の低い高度にある場合よりも、正午頃の高い位置にある時の方が、照射量も大きい。このことは、日常的な経験からも明白である。この違いは、太陽光の一部が大気により吸収されることによって生ずる。吸収される光量は、太陽光が通過する大気中での長さによって決まる。すなわち、太陽高度が低い時ほど、太陽光が通過してくる大気の総量が多くなるので、吸収量も大きくなるのである。

この実験では、まず、太陽電池を使って太陽の照射量の高度に対する相対的な変化を調べ、大気による太陽光の吸収量を測定する。次に、ある高度における太陽の照射量の絶対値を簡単な日射計を用いて測定し（照射量の絶対校正）、大気圏外での照射量（即ち太陽定数）を算出する。具体的な実験の原理を、高度に対する太陽の照射量の相対変化の測定と、日射計を用いた絶対校正の部分に分けて、以下に示す。

2.2 大気の吸収による太陽光照射量の高度変化

太陽光の照射量の高度変化の測定原理を、図1に示す。観測者は図中の観測地点Aにおいて、高度 H の太陽（ H は地平線から測った太陽高度）を観測する。簡単のために、地面は無限に広い平面とし、水平方向に一樣な大気が広がっているものとする。大気圏外での

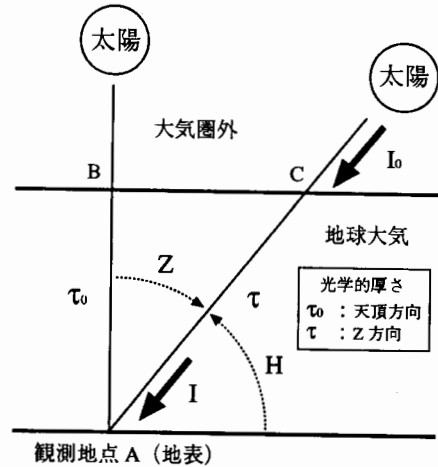


図1 測定の原理図

太陽光の照射量を I_0 とし、観測者に到達する照射量を I とすると、大気による吸収があるので、 $I < I_0$ となる。太陽方向の大気の光学的厚さを τ とすると、 I と I_0 の間には以下の関係が成り立つ。

$$I = I_0 \exp(-\tau) \quad (1)$$

上式の τ は、大気中で太陽光を吸収する粒子の総量に比例する。ここでは、大気は水平方向に一樣であると仮定しているため、 τ は太陽方向の大気の厚さ（図1中の線分ACの長さ）に比例する。よって、図1中の線分ABに対応する天頂方向（地面に対して垂直な方向）の大気の光学的厚さを τ_0 とすると、 $\tau_0 : \tau = AB : AC = 1 : 1/\cos(Z)$ なので、

$$\tau = \tau_0 / \cos(Z) \quad (2)$$

となる。ここで、 Z は天頂距離であり、太陽高度を H とすると、 $Z = 90^\circ - H$ である。式(2)を式(1)に代入し、両辺の対数を取れば、直ちに次式を得ることができる。

$$\ln(I) = -\tau_0 / \cos(Z) + \ln(I_0) \quad (3)$$

この式によれば、太陽高度 Z での照射量 I を測定することにより、太陽定数 I_0 と天頂方向での大気の光学的厚さ τ_0 を得ることができる（図2）。しかし、実際の測定では、照射量の絶対値 I を各太陽高度ごとに迅速かつ正確に測定することは困難である。次節に述べる日射計の温度変化の測定に、ある程度時間がかかるからである（この問題は、太陽高度が低い時に大きな問題となる）。そこで、応答の早い太陽電池を用いて、太陽光照射量の Z に対する相対変化を測定する。太陽電池から発生する光電流 i は、太陽電池に入射する光量に比例する。つまり、

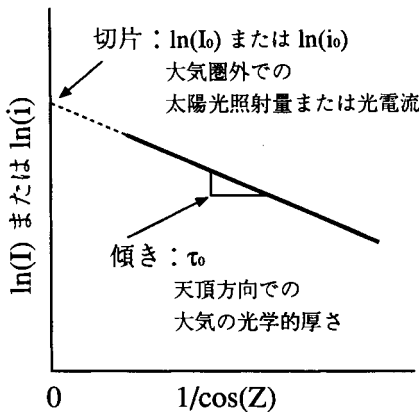


図2 太陽高度対照射量
大気圏外での太陽の照射量（太陽定数）と天頂方向での大気の光学的厚さの求め方。

$$I = \alpha i \quad (\alpha \text{ は比例定数}) \quad (4)$$

である。これを式(3)に代入すれば、

$$\ln(i) = -\tau_0 / \cos(Z) + \ln(i_0) \quad (5)$$

となる。ここで i_0 は太陽定数 I_0 に相当する光電流である（大気圏外に太陽電池を置いた時に発生する光電流）。実験の第1段階として、光電流 i を天頂距離 Z の関数として測定し、横軸に $1/\cos(Z)$ 、縦軸に $\ln(i)$ を取ったプロットを作成する。得られたプロット（直線）の傾きと切片から τ_0 と i_0 を求める（図2参照）。

2.3 照射量の絶対較正

実験の第2段階では、ある高度における光電流 i と太陽の照射量 I を同時に測定することにより、式(4)の中の比例係数 α を求める。熱容量 C 、熱伝導係数 K 、受光面積 S を持つ日射計に、 I の照射量を持つ太陽光をあてるものとする（図3）。日射計の表面は、受光面のみ黒く塗装（吸収率=放射率= $e \sim 1$ ）され、その他の部分は全て白く塗られているものとする（反射率=1）。日射計の温度を T 、外気の温度（一定とする）を T_{air} とし、日射計表面と外気間の熱の移動量が両者の温度差に比例すると仮定すると（つまり伝導・放射による熱の移動量を温度差の関数として一次近似する。ニュートンの冷却法則；例えば、チャーチル・ブラウン、1980）、日射計の熱収支は以下の式で表すことができる。

$$\frac{d}{dt}(CT) = eSI - K(T - T_{\text{air}}) \quad (6)$$

ここで、 t は時間である。右辺第1項は太陽光照射による日射計の加熱であり、第2項は熱伝導および放射による冷却を表している。冷却の項に関するより詳

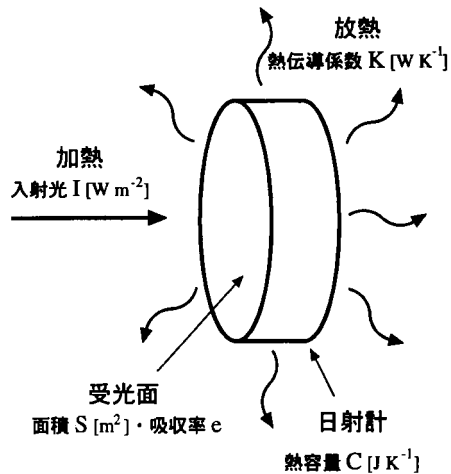


図3 日射計の加熱と放熱

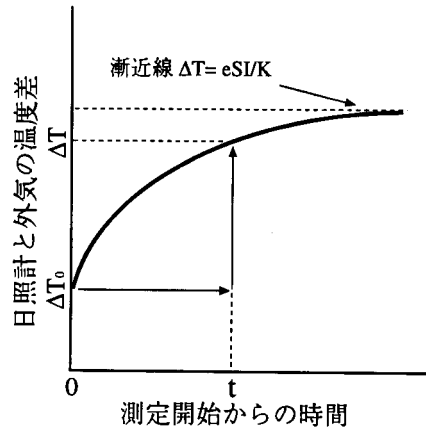


図4 絶対較正に使用する日射計の温度変化

しい説明を、本稿末の「補足」に示す。温度差 $T - T_{\text{air}}$ を ΔT とすると、式(6)は以下のように変形できる。

$$\frac{d}{dt}(\Delta T - eSI/K) = -(K/C)(\Delta T - eSI/K) \quad (7)$$

よって、 $t=0$ の時に $\Delta T = \Delta T_0$ とすると、上式の解は以下のように表される。

$$\Delta T = (\Delta T_0 - eSI/K) \exp(-t/t_0) + eSI/K \quad (8)$$

ここで、 t_0 は時定数であり、

$$t_0 = C/K \quad (9)$$

となる。式(8)から明らかなように、時間が十分経つと ($t \gg t_0$)、温度差 ΔT は一定の値 (eSI/K) に近づく（図4）。温度差 ΔT が eSI/K に近づく速度は、時定数 t_0 が小さいほど速い。

式(8)を入射量 I について解くと、

$$I = \frac{[K/(eS)] [1 - \exp(-t/t_0)]^{-1}}{[\Delta T - \Delta T_0 \exp(-t/t_0)]} \quad (10)$$

となる。

日射計のパラメーター e, K, S, C および温度差の初期値 ΔT_0 をあらかじめ求めておく (4.1 章参照)。ある太陽高度における時刻 t (日射計への太陽光照射開始からの時間) と温度差 ΔT を測定し、式 (9)・(10) を利用して照射量 I を計算する (図 4 参照)。同時に、太陽電池の光電流 i を測定し、 I と i の比より式 (4) の比例定数 α を決定する。この時注意すべきことは、太陽の照射量 I が大幅に変化しない間に α を決定する測定を行わなければならない、ということである。ここで紹介する実験器では、 α の決定 (ΔT の測定) には、通常、 ~ 10 分程度かかる。太陽高度が低い時には、この間に I が大きく変化し、測定誤差の原因となる。例えば、 $H=30^\circ$ 付近では、 I の値は 10 分間で約 10% も変化する。太陽高度が高い時 ($H>40^\circ$) に、 α を決定する一連の実験を行うことが望ましい。

3. 太陽定数測定器の製作

3.1 部品の収集

太陽定数測定器の作製に必要な部品を図 5 に示す。また、各部品を表 1 にまとめる (図 5 中の部品番号は、表 1 のそれに対応している)。表 1 では部品のサ

イズ・規格などを細かく指示してあるが、同様の機能を果たせるものであれば、もちろん、表の指示にこだわる必要はない。

実験器を作製する上で最も重要な部品は、日射計 (表 1, 部品番号 1) と太陽電池 (番号 2) である。ここでは、島津理化学器械製のものを購入し、使用することにした。我々が選んだ日射計は、内部に水を蓄えることのできる円筒形のタンクであり、内部の水温を計ることにより、照射している光の強度を測定できるようになっている (4.1 章参照)。日射計の分解図を、図 6 に示す。

太陽電池 (シリコン) は、学生に親しみを持たせるために、大きな面積を持ち、かつ表面の楕円電極などの構造 (ジー, 1990) が良く見えるものを購入した。太陽電池を固定するためのステージは、塗装したフタ付のコーヒー缶 (表 1, 部品番号 9) と小さなアクリル板 (番号 7)、およびプリント基板用のスペーサー (番号 16) を使って作製した。組み立て中のこれらの部品を、図 7 に示す。

晴天時に太陽電池から発生する光電流は、 ~ 400 mA である。この規模の電流を測定するための直流電流計も、用意する必要がある。我々が選んだのは、500 mA の最大レンジをもつアナログの直流電流計である (部品番号 3)。もちろん、太陽電池の電極間に小さな

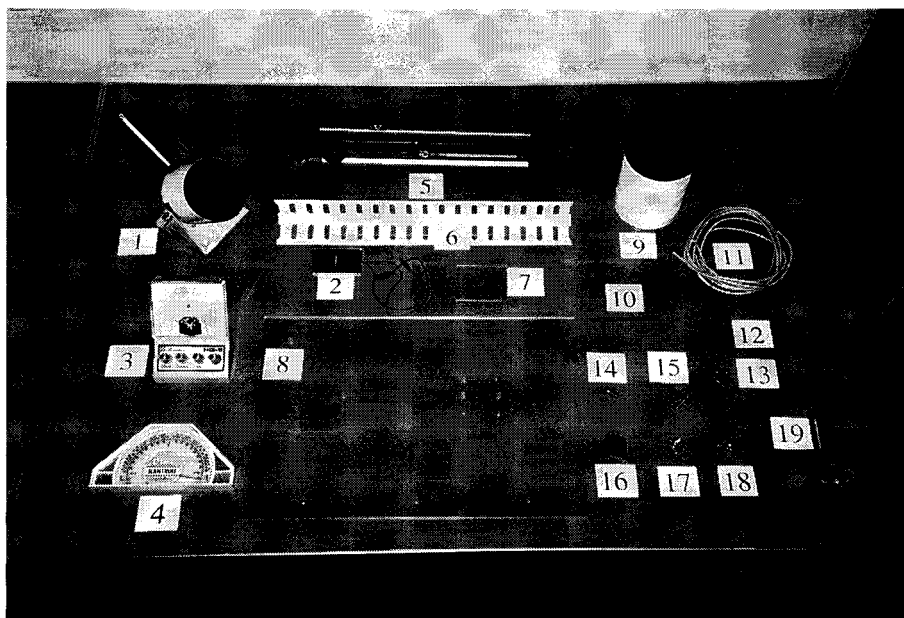


図 5 部品一覧

太陽定数測定器の作製に用いた部品。各部品の番号は、表 1 の部品リストの番号に対応している。

表1 部品リスト

番号	部 品 名	サイズ等コメント
1	日射計	島津理化学器械製 (RS-10)
2	太陽電池	島津理化学器械製 (SO-3)
3	直流電流計	島津理化学器械製 (HQ-5)
4	水平器 (レベルメーター)	最小目盛 1°
5	カメラ用三脚	—
6	L字アングル	40 cm
7	アクリル板 (小)	6×7.5 cm (2 mm 厚), 太陽電池ステージ
8	アクリル板 (大)	30×40 cm (5 mm 厚)
9	コーヒー缶 (太陽電池フード用)	内側 (黒)・外側 (白) を塗装, フード用
10	指向棒	ネジ (M6・10 cm) およびナット
11	電気コード	1.5 m×2 本
12	バナナチップ	4 個
13	バナナチップ用端子	2 個, 太陽電池端子用
14	インチネジ (W1/4・2 cm)	日射計固定用
15	ネジおよびナット (大)	アクリル板 (大) 固定用, M6・2 cm×3 組
16	アクリル板 (小) 用スペーサー	2 cm×4 本
17	ネジおよびナット (小)	スペーサー用, M3・1 cm×4 組
18	蝶ネジ (インチネジ用・W1/4)	カメラ用三脚に L 字アングルを固定
19	メスシリンダー	最小目盛 1 ml, 容量 100 ml

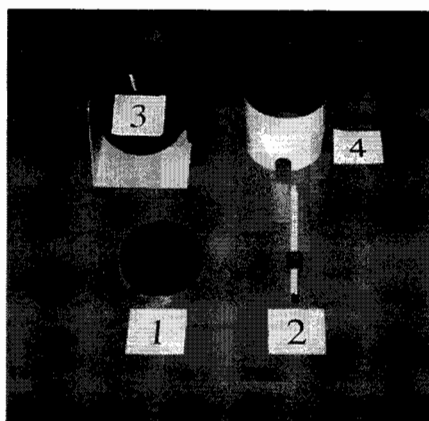


図6 日射計

日射計の分解図。ここで用いた日射計は、(1) 表面に黒い塗装を施した円筒形の水タンク、(2) タンク内の水温を計るコルク付温度計、(3) 架台、(4) 日射計用フード、の4点の部品から構成されている。

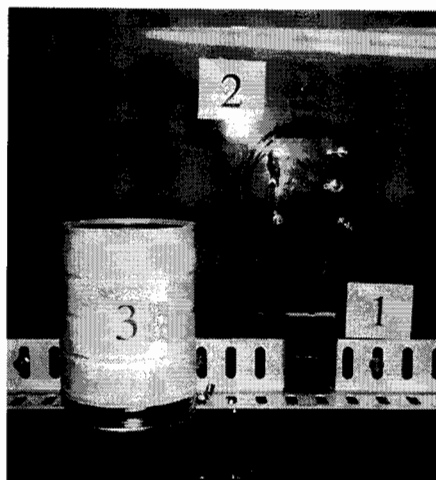


図7 太陽電池とステージ

パネルに取り付け中の太陽電池とそのステージ。(1) が使用する太陽電池 (写真中では、白い L 字アングルの上に置いてある) であり、(2) がコーヒー缶のフタとアクリル板 (小) で作った太陽電池ステージである。(3) はコーヒー缶の筒で作った太陽電池フードである。

抵抗 (1Ω) を取り付けて、その両端の電圧をテスターなどで計測しても良い。

他の主だった部品としては、太陽高度を測定するための水平器 (レベルメーター、部品番号 4) と長さ 10 cm ほどの指向棒 (番号 10)、および、部品を取り付けるためのアクリル板パネル・L 字アングル・カメラ用三脚 (番号 5, 6, 8) がある。さらに、電流計と太陽電池を接続するための電気コード・バナナチップ・端子

(番号 11, 12, 13) や、各部品を固定するためのネジ類 (番号 14, 15, 17, 18) などの小物も必要である。また、実験器本体には直接関係しないが、日射計に注入する水を計量するためのメスシリンダー (番号 19) も用意しておくとう便利である。

表1にリストした部品のうち、部品番号1~3は専門の業者より入手したが、その他の部品は街中のホームセンターや電気パーツショップで購入した。総額5万円程度の予算で、実験器1台分の部品を揃えることができた。

3.2 製作手順

以下に実験器の製作手順を示す。まず、アクリル板パネル(表1, 部品番号8)に、L字アングル(番号6)、日射計(番号1)、コーヒー缶(番号9)、および指向棒(番号10)を取り付けるための穴をドリルで開け、それぞれの部品をネジ(番号15, 14, 17)で固定する。日射計は、まず架台(図6)をパネルに取り付けた後、他の部分を設置する。指向棒は、パネルに対して垂直になるように、注意して取り付ける。また、指向棒の影がよく観察できるように、白い紙を指向棒の根元(のパネル上)に糊付けしておく。太陽電池のステージの一部であるコーヒー缶のフタを取り付ける部分には、4本のスペーサー(番号16)を取り付ける穴の他に、バナナチップ用端子(番号13)2個分の穴も開けておく。コーヒー缶のフタにも同様の加工(穴)が必要である。コーヒー缶のフタ、バナナチップ用端子、スペーサーの順でパネルに取り付ける。スペーサーの上に、4ヶ所の穴を開けた小さいアクリル板(番号7)を取り付ける。太陽電池(番号2)の電極をバナナチップ用端子に取り付け、太陽電池本体を小さいアクリル板の上にクリップなどで固定する。コーヒー缶の筒の底を缶切で落とし、外側を白、内側を黒(つや消し)で塗装した後(図7)、太陽電池ステージ全体にかぶせる。太陽電池および日射計の受光面が、パネルに対して平行になるよう調整する。レベルメーター(番号4)をパネルの見易い位置にクリップで固定する。

これでパネルの部分が出来上がる。次に、一連の部品を着装したパネルを蝶ネジ(番号18)を使ってカメラ用三脚(番号5)に固定する。この時、三脚のハンドルがパネルの前面(指向棒が出ている側)に出るようにしておく。後々の実験がやり易くなる。電気コード(番号11)の両端にバナナチップ(番号12)をハンダ付けし、直流電流計(番号3)と太陽電池に繋がっているパネルの端子を接続する。以上の作業で、実験器が完成する。実際に製作した実験器を図8に示す。表1にリストした部品が揃っていれば、半日程度の実験時間で実験器を組み立てることができる。

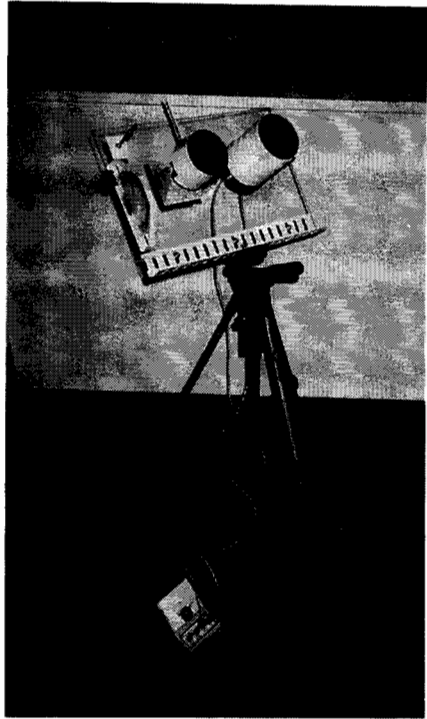


図8 測定器全景

完成した測定器の全景。半日程度の作業時間で、図5の部品を組み立てることができる。パネル中央の2つの円筒は、太陽電池および日射計のフードである。パネルの左端にはクリップでとめた水平器が、そのすぐ上には指向棒が見える。指向棒の根元には、影を観察しやすくするために白い紙がパネルに張り付けてある。

4. 実 験

4.1 準備実験

野外での実験に先立ち、2.3章で述べた日射計の4個のパラメーター(受光面積 S 、吸収率 e 、熱伝導係数 K 、および熱容量 C)を測定する。受光面積 S は、メジャー等で容易に測定することができる。本実験器で使用する日射計の場合、 $S=50\text{ cm}^2$ である。日射計受光面の吸収率 e を測定する方法はいくつか考えられるが、一番容易なのは、おそらく太陽光と太陽電池を利用して反射率 $\chi(=1-e)$ を測定する方法であろう。まずフード(図7)を付けた太陽電池を太陽に向け、そのときの光電流 i_{in} を測定する。次に日射計からの反射光を同一の太陽電池にあて、その時の光電流を測定し、反射光を太陽電池にあてない場合の光電流(日射計からの反射光以外の光による)との差 i_{ref} を測定

する。ここで使用している日射計の場合、反射光は直接視認できるので、この作業は簡単に行える。両者の比 i_{ref}/i_{in} が χ である。測定時には、日射計受光面に対する光の入射角・反射角を同一に（かつできるだけ垂直に）する必要がある。こうして測定した反射率 χ は、ここで使用している日射計の場合、0.03 である。よって吸収率 e は 0.97 である。

熱伝導係数 K および熱容量 C は、比熱の異なる 2 種類の液体を日射計に入れ、それぞれの冷却時の時定数を測定することにより求める。日射計本体（付属の温度計・コルク栓を含む）の熱容量を C_0 とし、その中に注入する液体の体積・比熱・密度をそれぞれ $V \cdot c \cdot n$ とすると、液体入りの日射計の熱容量 C は、

$$C = C_0 + cnV \quad (11)$$

となる。液体入り日射計に太陽光や電気スタンドの光をあて、外気温との温度差が ΔT_0 になるまで日射計を加熱する。その後、光の照射を停止し（電気スタンドのスイッチを切ったり、日陰に移動したりする）、日射計を冷却する。日射計と外気温の温度差 ΔT と時間 t との関係は、式 (8) において入射光量 I を 0 とすれば直ちに得られ、以下のように表される。

$$\Delta T = \Delta T_0 \exp(-t/t_0) \quad (12)$$

ここで、時定数 t_0 は、式 (9) で示されるとおり、 $t_0 = C/K$ である。ある液体 1（体積・比熱・密度はそれぞれ $V_1 \cdot c_1 \cdot n_1$ ）を注入した場合の時定数を t_1 、別の液体 2（ $V_2 \cdot c_2 \cdot n_2$ ）の場合を t_2 とすると、式 (9)・(11) より、

$$t_1 = (C_0 + c_1 n_1 V_1) / K \quad (13)$$

$$t_2 = (C_0 + c_2 n_2 V_2) / K \quad (14)$$

という関係が成り立つ。 t_1 と t_2 を測定し、上記の連立方程式を解けば、 C_0 と K の値を得ることができる。

我々が行った実験では、日射計に注入する液体として、容易に入手できる純水とエチルアルコールを用いた。それぞれの液体を日射計に注入し、電気スタンドの光で加熱した後、冷却した。得られた冷却曲線（実測値）を図 9 に示す。測定を行った温度での、それぞれの液体の比熱・密度の文献値を調べ（理科年表、1998）、かつ図 9 よりそれぞれの液体の時定数を求める。測定終了後、液体をメスシリンダーに移し、体積を計る。諸量を式 (13)・(14) に代入して、 C_0 と K を求めた。得られた結果を表 2 にまとめる。

以上で日射計のパラメーターの測定は終了である

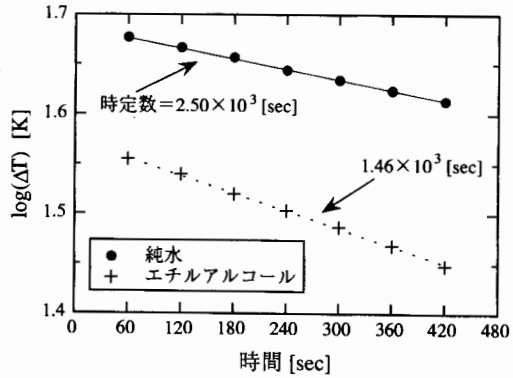


図9 冷却曲線
日射計に純水またはエチルアルコール入れた場合の冷却曲線。縦軸は外気との温度差。●印は純水、+印はエチルアルコールの場合を示す。

表2 準備実験で作られた日射計の諸パラメーター

物理量等	注入する液体のパラメーター	
液体名 (測定温度)	純水 (~30°C)	エチルアルコール (~40°C)
密度 n [gcm ⁻³]	0.997*	0.789*
比熱 c [JK ⁻¹ g ⁻¹]	4.18*	2.71*
体積 V [cm ³]	73.0	73.0
液体の熱容量 cnV [JK ⁻¹]	304.2	156.1
時定数 [$\times 10^3$ sec]	2.50	1.46
日射計本体の熱容量と熱伝導係数		
容積 V [cm ³]	73.0	
照射面積 S [cm ²]	50.0	
放射率・吸収率 e [%]	97.0	
熱伝導 K [WK ⁻¹]	0.141	
熱容量 C_0 [JK ⁻¹]	49.6	
純水注入時熱容量 C [JK ⁻¹]	353.7	

注: アスタリスク (*印) を付けた数値は、文献値 (理科年表) である。

が、熱容量と熱伝導係数の測定時に、特に注意しなければならない点について述べる。最初のポイントは、液体（純水やエチルアルコール）を日射計に注入する際、コルク栓をした状態で内部に空気が溜まらないよう日射計を満タンにする、ということである。これは空気の熱容量や液体の蒸発による誤差を避けるためである。次のポイントは、日射計の内部を、一回の測定が終了するたびに十分乾燥させておくことである（電気スタンド等で少し加熱すると良い）。これは、日射計を（錆から）保護すると同時に、次の測定時に種類の違う液体の混入を防ぐためである。また、測定の前に、日射計の表面に付着した液体を拭きとり（かつ乾燥させて）、液体の蒸発熱による測定への影響をなくしておくことも重要である。最後に、実験を行っている場所の温度（外気温）をできるだけ一定に保つこと、さらに風の影響（冷却）を避けるために無風に近い状態で測定を行うことにも留意すべきである。

4.2 太陽光照射量の相対変化の測定

大気の安定した晴天時に、太陽の照射量の高度に対する変化を測定する。測定に際して、太陽高度が $H=25^\circ$ 付近から 50° 以上の範囲で観測できるような視界の開けた観測地を確保し、3章で製作した実験器を設置する。太陽光を反射する建物の近くなど、測定に誤差を与える可能性のある場所は避けるようにする。

三脚のハンドルを緩め、太陽電池が取り付けられている実験器のパネルを太陽に向ける。指向棒の陰が消えるようパネルの方向を微調整した後、三脚のハンドルを固定する。これで、太陽光が太陽電池に垂直に入射している状態になる。電流計・レベルメーターの示す値を素早く読み取り、光電流 i と天頂距離 $Z(=90^\circ-H)$ を測定し、記録する。この測定を1~2分ごとに繰り返し、 H が 25° 付近から $>50^\circ$ の範囲で i と H （または Z ）の関係を調べる。

光電流 i を太陽高度 H の関数として実測した結果例を、図10に示す。この測定は、1997年4月11日の午後、大阪府立大学構内（大阪府堺市）で行った。大気の状態は、時折小さな雲が通過する以外、実験を通しておおむね安定していたので、 i と H の間に予想通りの良い相関を得ることができた（ $H=52^\circ\sim 58^\circ$ には測定点が無い）。プロット中、数ヶ所に見られるディップは、小さな雲が太陽方向を横切った時の測定点である（例えば、 $H=20^\circ$ 付近）。雲が太陽にさしかかると、急激に光電流 i が低下することがわかる。

得られた i ・ H 関係を、2.1章の式(5)および図2に

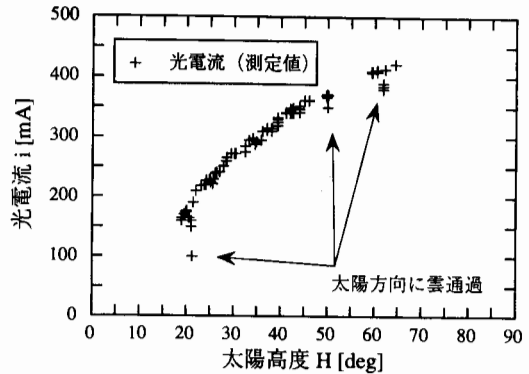


図10 太陽高度対光電流

太陽電池の光電流を、太陽高度の関数として実測した。+印が測定値。図中3カ所に見られるdipは、太陽方向に雲が通過した時の測定値。

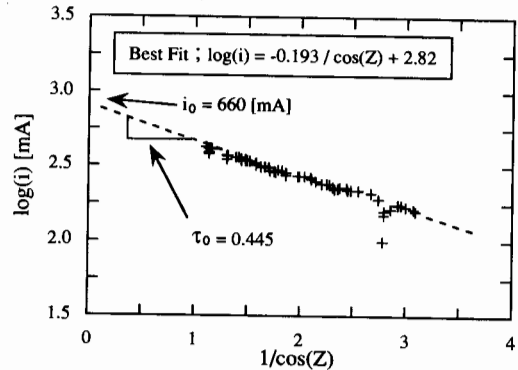


図11 $1/\cos(Z)$ 対光電流

太陽電池の光電流を天頂距離 Z の関数としてプロットしたもの（図2に対応）。破線は、雲が通過した時の測定値を除外したときのベストフィット（1次の最小2乗法）である。これより、 i_0 と τ_0 の値を求める。

示した Z と i の関係に変換し、図11に示す。雲により減光を生じた部分のデータを除外し、全体を1次の最小2乗法でフィットすると、

$$\log(i) = -0.193/\cos(Z) + 2.82 \quad (15)$$

という式が得られる（式5は自然対数であるが、上式は常用対数で表示してある）。上式より、大気圏外での光電流 i_0 および天頂方向での大気の光学的厚さ τ_0 を計算すると、それぞれ、 $i_0=660$ mA・ $\tau_0=0.445$ となる。これらの数値を表3にまとめる。

4.3 絶対較正

次に、ある太陽高度における照射量の測定を行う。この測定には10分程度の時間がかかるので、できるだけ太陽高度が高い時（つまり $\cos(Z)$ があまり変化し

ない時)に、前節で述べた光電流*i*の測定と平行して実験を行う。また、外気温など、予備実験(4.1章)とできるだけ同じ状態で測定を行うよう留意する。特に、風による冷却効果为了避免のために、無風に近い状態で実験を行う必要がある。

メスシリンダーで純水を定量(73.0 ml)取り、日射計に注入する。日射計をしばらく日陰に置き、水温を安定させる。外気温や測定中の光電流*i*が安定しているのを確かめ、日射計を測定器にセットする。測定開始まで、太陽光が日射計に当たらないように、ボール紙等で覆いをしておく。測定開始と同時に、日射計の覆いを取り、太陽光を当てる。測定開始からの時間、日射計の水温、外気の温度、太陽高度の変化を1~2分ごとに記録する。

日射計の水温と外気温の温度差の変化を測定し、結果を図12に示す。測定開始時には1.7 Kだった温度

差は、16分(960秒)後には8.9 Kまで上昇した。測定中、太陽高度は $H=44.0^\circ$ から 41.0° まで変化した(平均 42.5°)。また、この間の外気温度は、 19.0°C あった。式(10)に $\Delta T_0=1.7\text{ K}$ 、 $\Delta T=8.9\text{ K}$ および $t=960\text{ sec}$ を代入し、 $K/(eS)$ の値を表2より $29.1\text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ とすれば、この時の平均的な太陽の照射量 $I=708\text{ Wm}^{-2}$ を得ることができる。測定時の太陽高度(平均値 $H=42.5^\circ$)における光電流は、式(15)に $Z=90^\circ-H=47.5^\circ$ を代入し、 $i=343\text{ mA}$ となる。これらの*I*および*i*の値と式(4)より、比例定数 $\alpha=2.06\text{ Wm}^{-2}(\text{mA})^{-1}$ を得る。この α の値と、前節で求めた大気圏外での光電流 $i_0=660\text{ mA}$ より、大気圏外での太陽の照射量、すなわち太陽定数 $I_0=1360\text{ Wm}^{-2}$ を得る。図11のデータのばらつき、および較正実験(日射計の水温測定)中の太陽高度の変化($H=44.0^\circ\sim 41.0^\circ$)を考慮すると、この実験で得られた太陽定数の誤差は、 $\pm 2\%$ 程度である。一連の測定値を、表3にまとめる。

最後に、式(10)は $t \gg t_0$ の時に以下のように近似できることを指摘しておく。

$$I = \Delta TK / (eS) \tag{16}$$

つまり、日射計の時定数よりも十分長い時間水温測定を行えば、平衡状態に達した時の温度差 ΔT を測定することにより、入射してくる太陽光の照射量を計算することができる(図4参照)。ここで紹介した実験器では、 $t \gg t_0$ の条件を満たす前に太陽高度が大きく変化してしまうので、この方法を採用しなかった。小さな時定数をもつ日射計(小さな熱容量と大きな熱伝導係数をもつもの)を考案し、実験に利用すれば、より単純なこの方法を用いることも可能である。

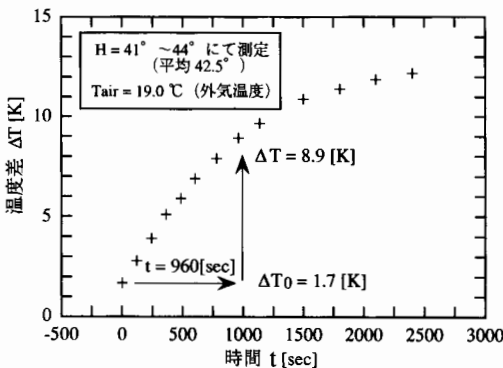


図12 輻射による日射計の温度上昇
日射計の水温と外気の温度差を時間の関数として測定した。温度差は、16分間で7.2℃上昇した。絶対較正に使用する。

表3 実験で得られた諸物理量

物理量等	太陽光照射量の相対変化の測定 (4.2章)
大気の光学的厚さ(天頂) τ_0	0.445
大気圏外での光電流 i_0 [mA]	660
絶対較正実験 (4.3章)	
時定数(純水注入時) t_0 [$\times 10^3$ sec]	2.50
測定開始からの時間 t [sec]	960
$t=0$ secでの温度差 ΔT_0 [K]	1.7
$t=960$ secでの温度差 ΔT [K]	8.9
係数 $K/(eS)$ [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]	29.1
$H=42.5^\circ$ での照射量 I [Wm^{-2}]	708
$H=42.5^\circ$ での光電流 i [mA]	343
係数 α [$\text{Wm}^{-2}(\text{mA})^{-1}$]	2.06
太陽定数 I_0 [Wm^{-2}]	1360

5. 課題学習の例

太陽定数を用いた学習課題としては、数多くのテーマが考えられるが（例えば、キッテル・クレーマー，1983），ここでは、特に天文学および地球物理学に関連した課題例を示す。また、クリーンエネルギーとしての太陽光発電についての学習例も示す。

5.1 太陽光度と核融合

太陽定数をもとに、太陽光度（太陽から単位時間あたりに発生するエネルギー）を計算し、そのエネルギー源について考察する。地球と太陽の間の平均距離 a は 1 天文単位 (Astronomical unit) と呼ばれ、その値は $a = 1.5 \times 10^{11}$ m である。まず、太陽定数 I_0 と 1 天文単位を用いて、太陽が単位時間あたりに放射するエネルギー L_\odot (太陽光度) を計算すると、以下のようになる。

$$L_\odot = 4\pi a^2 I_0 = 3.8 \times 10^{26} \text{ [W]} \quad (17)$$

次に、重力エネルギーと核融合エネルギーを比較することにより、太陽のエネルギーの起源について考察する。太陽が形成される時点で蓄えられる重力エネルギー E_p は、太陽半径 $R_\odot = 6.96 \times 10^8$ m と太陽質量 $M_\odot = 1.99 \times 10^{30}$ kg を用いて、

$$E_p \sim GM_\odot^2/R_\odot = 4 \times 10^{41} \text{ [J]} \quad (18)$$

のオーダーとなる。式 (17) で与えられるエネルギーで太陽が輝き続けるとすると、この重力エネルギーは、わずか $\sim 1 \times 10^{15}$ 秒 ($\sim 3 \times 10^7$ 年) で消費されてしまうことになる。実際には、太陽エネルギーは全て核融合（原子量 1.0079 の水素から 4.0026 の He への変換）によって賄われており、

$$\Delta m = L_\odot/c^2 = 4 \times 10^9 \text{ [kg]} \quad (19)$$

で決まる質量が毎秒消費されている (c は光速)。

これは、1 秒当たり 6×10^{11} kg の水素がヘリウムに変換されることを意味する。もともと存在していた水素の 10% 程度がヘリウムに変換されたときに太陽の寿命が尽きるとすると、太陽の寿命は、 $\sim 3 \times 10^{17}$ 秒 ($\sim 1 \times 10^{10}$ 年) となる。

5.2 地球の温度

太陽定数をもとに、地球の表面温度がなぜ ~ 300 K であるのかを考える。地球を半径 R_E の球とし、太陽の照射量（太陽定数）を I_0 とする。太陽光に対する地球の反射率（アルベド）を r とすると、地球が吸収する太陽光は $(1-r)\pi R_E^2 I_0$ である（図 13）。一方、地球の表面温度を T_E とすると、地球が放射冷却（赤外線）によって失うエネルギーは、赤外での地球の放射率を 1

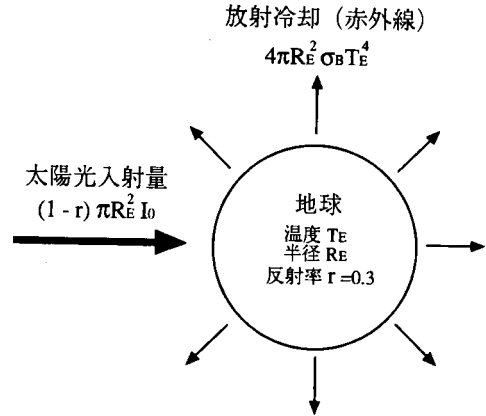


図 13 地球の熱収支

として、 $4\pi R_E^2 \sigma_B T_E^4$ である (σ_B はシュテファン・ボルツマン定数)。地球は、トータルの熱収支が 0 (吸収するエネルギーと放出するエネルギーが釣り合っている) となるような表面温度を保つ（例えば、時間，1996）。すなわち、

$$(1-r)\pi R_E^2 I_0 = 4\pi R_E^2 \sigma_B T_E^4 \\ \rightarrow T_E = [(1-r)I_0/(4\sigma_B)]^{1/4} \quad (20)$$

となる。太陽定数 $I_0 = 1360 \text{ W m}^{-2}$ と反射率 $r = 0.3$ を上式に代入すれば、地球の温度 $T_E = 255 \text{ K}$ を得る。上記の簡単なモデルで、地球の表面温度を大雑把に計算することができる。また、各惑星での太陽定数 I_0 の値が太陽からの距離の 2 乗に反比例していることに留意すれば、金星（太陽からの距離 = 0.72 AU, 反射率 $r = 0.78$; 理科年表, 1998）や火星 (1.52 AU, $r = 0.16$) などの表面温度を概算することもできる。

上で求めた 255 K という温度は、地上での実際の温度 ($\sim 300 \text{ K}$) よりもだいぶ低い。これは、大気による温室効果を考慮していないためである。太陽や地球から放射される電磁波（可視光・赤外線）は、大気中に含まれる水蒸気 (H_2O)、二酸化炭素 (CO_2)、オゾン (O_3) 等の分子による吸収を受ける。大気分子による吸収量は電磁波の波長によって大きく異なる。例えば、300~700 nm の波長の光は大気による吸収をあまり受けないのに対し、 $10 \mu\text{m}$ より長い波長の赤外線はほとんど吸収されてしまう（例えば、時間達志, 1996）。ここでは、500 nm の波長にピークを持つ太陽光（可視光）を 10% 吸収し、 $10 \mu\text{m}$ 付近にピークを持つ実際の地球放射（赤外線）を 100% 吸収するような大気で地表を覆ったモデルを考える（図 14: 小倉, 1984）。地球に降り注ぐ太陽光の照射量の平均値を I とし、熱

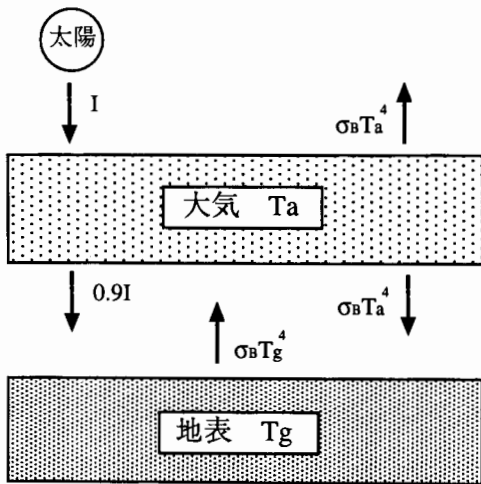


図14 地表の温度に関する1次元モデル

平衡を仮定すると、大気・地表それぞれについて、以下の関係が成り立つ。

$$0.1I + \sigma_B T_g^4 = 2\sigma_B T_a^4 \quad (21)$$

$$0.9I + \sigma_B T_a^4 = \sigma_B T_g^4 \quad (22)$$

ここで、 T_a と T_g は、それぞれ大気と地表の温度である。地球の断面積と総面積の比(1:4)、および地球の反射率($r=0.3$)を考慮して、太陽の照射量の平均値 I を $(1-r)I_0/4=238 \text{ W m}^{-2}$ とし、式(21)・(22)を T_g について解くと、

$$T_g = [1.9I/\sigma_B]^{1/4} = 299 \text{ [K]} \quad (23)$$

となり、より現実的な地表温度が得られる。

5.3 太陽光発電に秘められた可能性

実験からも分かる通り、地球に降り注ぐ太陽光エネルギーは膨大である。例えば、良く晴れた日の正午頃に地表に降り注ぐ太陽光エネルギーは、 1 km^2 当たり $\sim 1 \text{ GW}$ にも達する。これは、典型的な原子力発電所が生産する電力に匹敵するエネルギーである(長谷川, 1980)。この光エネルギーを、太陽電池を使って電気エネルギーに変換した場合、どの位の電力が取り出せるかを以下に試算する。

量産型の安価なシリコン太陽電池の効率は、10%程度である(石田・清水, 1987)。広さ 5 km 四方の土地(面積 25 km^2)に、この典型的な効率をもつ太陽電池を敷き詰めてソーラー発電所を建設するものとする(図15)。日本での全天日射量(1日の間に降り注ぐ太陽光エネルギーの総量)は、おおよそ $\sim 10 \text{ MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ である(平均 $\sim 120 \text{ W m}^{-2}$ に相当。理科年表, 1998)。よって、面積 25 km^2 のソーラー発電所には、平均で $\sim 3 \text{ GW}$ の太陽光が注がれる計算になる。この

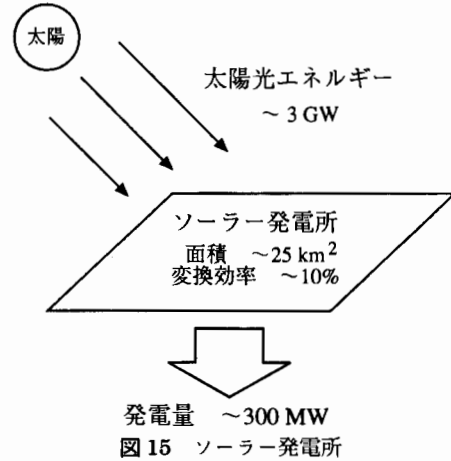


図15 ソーラー発電所

うちの10%を電気エネルギーに変換できるとすると、 $\sim 300 \text{ MW}$ の発電量を誇るソーラー発電所ができる。

6. 指導展開例

6.1 高学年の学部学生に対する指導例

ここで紹介した実験は、3年生程度の理工系の学部生を対象としている。実験の内容を十分理解するためには、黒体放射理論が基礎知識として必要である。また、簡単な常微分方程式に関する知識も習得しておきたい。

実際の授業では、全体を3つの部分(ガイダンス・室内での予備実験・野外での本実験)に分け、それぞれ半日くらいの時間を割くことが望ましい(期間は3~4日間)。実験器1台当たり、4~6人の学生を配置し、時計係・測定係・記録係などの役割をそれぞれ分担をさせると効率良く実験が行える。また、野外での実験時には、帽子の着用・適度な補水等の日射病対策を取り、さらに、20~30分ごとに交代で休息を取らせることが重要である。学部3年生程度であれば、得られた実験結果を基に、5章で述べた課題をそのまま履修させても良い。

平成9年度の大阪府立大学総合科学部における「宇宙地球環境科学実験」(自然環境科学科3年生対象)において、我々は本稿で紹介した実験を導入した。急速に知的興味・能力を伸ばしつつある学生達には、おおむね好評であった。実験後のアンケート調査では、「天文学・地球物理学における重要なパラメーターを、ごく簡単な実験器で測定できたので驚いた」という感想が目立った。

6.2 低学年の学部学生および高校生の場合

黒体放射理論などをまだ学んでいない学部学生に対しては、簡略化した実験を実施すると良い。2.1章を説明し、4.2章の「太陽光照射量の相対変化の測定」のみの実験を行う(図11を作成する)。式(4)の係数 α の値は、教員が事前に調べておいたものを与える。この場合の実験には日射計が不要となるので、実験器を大幅に簡略化・低価格化できる、というメリットもある。この場合、カメラ用の三脚に、太陽電池・指向棒およびレベルメーターのみを取り付ければ良い。また、太陽電池のフードを黒の厚紙とセロテープで作れば、一層手軽に実験器を作れる。このように簡略化した実験器は、1セット〜2万円で製作できる。

平成10年度現在、我々は東京学芸大学教育学部における「地学実験」(1年生対象)に、この簡略化した実験を導入している。前節で述べた実験よりも大分見通しが良く、かつ実験時間も短縮できるので、低学年の学生を対象とした実験には有用である。簡略化した場合の実験内容・手順は、対数の簡単な計算さえ身に付けていれば、地学または物理学を履修している高校生にも理解できると考える。高校の理科教育の場においても活用されることを望む。

この実験の唯一の問題点は、悪天候である。カリキュラム上、実験日を変更することが困難な場合もある。ここで紹介した実験を行う場合には、背景となる理論の説明も含めて、最低2日間の実験日を用意し、説明を後回しにしても観測可能な日には太陽観測を優先的に、などの実施上の工夫が必要である。

7. おわりに

本稿で紹介した「太陽定数測定器」の開発にあたっては、①2桁以上の高い精度が容易に達成できる実験器を作ること、②実験器の作製が容易に、かつ低価格で行える「実用的な実験テーマ」を作ること、③天文学科・物理学科を含む理工系の広い分野での学部教育に活用できること、などの点に留意した。この実験器の特徴は、光検出部に太陽電池を導入し、かつ絶対校正用の日射計のパラメーターを丹念に測定することにより、太陽の照射量を迅速かつ高い精度で計測することが可能になったことである。

6章で述べたように、我々はこの「太陽定数測定実験」を、東京学芸大学および大阪府立大学における実験に導入し、高い教育効果があることを確かめた。ここで紹介した実験が、各地の学部教育で広く活用され

ることを望む。

謝 辞

「太陽定数測定器」の開発中に、多くの感想・意見を寄せてくれた東京学芸大学ならびに大阪府立大学の学生諸君に感謝する。また原稿を執筆するにあたり、貴重な御意見を頂いた東京学芸大学の佐藤文男氏・水野孝雄氏・丸山健人氏・森 厚氏に感謝する。本開発では、一部、文部省科学研究費補助(No. 10147204)および笹川科学研究助成によるサポートを受けた。

補足: 式(6)、右辺第2項に関する説明

式(6)中の右辺第2項(冷却項)は、日射計(温度 T)と外気(温度 T_{air} =一定)の熱の移動量を温度差 $\Delta T = T - T_{\text{air}}$ の関数として一次近似したものである。熱の移動は熱伝導と放射(輻射)によるものとする。熱伝導によって移動する熱量は、日射計と外気の界面付近での温度勾配 ∇T の大きさに比例しているとすれば、直ちに温度差 $\Delta T (= T - T_{\text{air}} \propto |\nabla T|)$ に比例していることが分かる。

式(6)右辺第1項の加熱のための入射光(太陽光)以外で、日射計の熱収支に関係する放射としては、日射計自身の放射冷却($\propto \sigma_B T^4$)と日射計周囲からの放射による加熱($\propto \sigma_B T_{\text{air}}^4$)がある。よって、放射による日射計の正味のエネルギー損失(第1項を除く)は両者の差 $\sigma_B T^4 - \sigma_B T_{\text{air}}^4$ に比例する。ここで、 $T = T_{\text{air}} + \Delta T$ を用い、かつ $\Delta T \ll T_{\text{air}}$ とすると、 $\sigma_B T^4 - \sigma_B T_{\text{air}}^4$ は $4\sigma_B T_{\text{air}}^3 \Delta T$ と近似でき、やはり $T - T_{\text{air}}$ に比例することになる。よって、熱伝導と放射の2種類の冷却効果をまとめて、式(6)右辺の冷却項を $K(T - T_{\text{air}})$ とする。

参考文献

- 朝日新聞(1998):「太陽光発電に NGO が助成」, 1998年5月9日(第2東京)。
 石田哲朗・清水 東(1987): 半導体素子, pp. 194-197(第12章3・3節「太陽電池」), コロナ社。
 茨木孝雄(1984): 工作による天体観測, pp. 118-122, 村山定男 監修, 伊藤昌市・西城恵一編集, 共立出版。
 尾形 斉(1982): 教師のための天文学, pp. 80-82(第4章10節「太陽エネルギー」), 北村正利 監修, 恒星社。
 小倉義光(1984): 一般気象学, pp. 109-136(第5章「温室効果」), 東京大学出版会。
 キッテル, C.・クレーマー H.(1983): 熱物理学, pp. 71-94(第4章「熱輻射とプランク分布」), 山下次郎・福地充訳, 丸善。
 小林 学(1988): 地学観察実験ハンドブック, pp. 290-293(第9章14節「太陽放射」), 小林 学・恩藤知

- 典・山極 隆編集, 朝倉書店.
 ジー, S. M. (1990): 半導体デバイス, 南日康夫・川辺光
 央・長谷川文夫訳, pp. 267-314 (第7章「フォトニッ
 クデバイス」), 産業図書.
 チャーチル, R. V.・ブラウン, J. W. (1980): フーリエ級
 数と境界値問題, pp. 1-28 (第1章「物理現象の偏微分
 方程式」), 鶴飼正二訳, 吉岡書店.
 時岡達志 (1996): 地球環境論, pp. 101-137 (第5章「地
 球温暖化」), 岩波.
 長谷川淳 (1980): 電力発生工学, pp. 175-248 (第4章
 「原子力発電」), 小池東一郎編, オーム社.
 吉村宏和 (1990): “太陽の周期活動を引き起こす「太陽磁
 場」のダイナミクスはどこまで解明されたか?”. 最新
 太陽系論, 矢沢サイエンスオフィス編, pp. 36-51, 学
 研.
 理科年表 (1998): 国立天文台編, 丸善.

土橋一仁・林 良一・喜久川 功・大村 浩: 学部教育における学生実験テーマの開発—太陽定数測定器—
 地学教育 51 巻 6 号, 1-13, 1998

〔キーワード〕 太陽定数, 天文学, 地球物理学, 環境科学, 学生実験, 理科教育

〔要旨〕 天文学における基礎的な定数である「太陽定数」を測定するための新しい実験器を開発したので, 紹介する. 光検出部分に太陽電池を導入し, かつ絶対較正用の日射計の特性 (熱伝導係数等) を丹念に測定することにより, 高い精度 (2~3 桁) での太陽定数測定が可能となった. この実験器は, 天文学・地球物理学および自然環境科学を専攻する学部学生を対象とした学生実験に使用することが主な目的であるが, 理工系大学の学部教育にも広く活用することができる. 本稿では, 実験器の製作方法や実験手順について述べる. また, 大阪府立大学と東京学芸大学における実践例についても紹介する.

Kazuhito DOBASHI, Yoshikazu HAYASHI, Isao KIKUKAWA and Hiroshi OHMURA: A New Experiment for Under-graduate Course Students: Measurement of Solar Constant with Solar Cell. *Educ. Earth Sci.*, 51(6), 1-13, 1998

~~~~~  
本の紹介  
~~~~~

HST ハッブル宇宙望遠鏡がとらえた宇宙 沼澤茂美・脇屋奈々代著 誠文堂新光社 A4版 144頁 3000円

ハッブル宇宙望遠鏡は、地上のどんな望遠鏡でも得られない繊細で驚異的な画像を提供してくれる。その上、撮影された画像は Space Telescope Science Institute (以降、Stsci と略す) で公開されており、インターネットを使って簡単に手に入れることができる。授業等で活用するときは、同サーバー上の解説を利用すればよい。しかし、この解説は当然英文である。このため、解説を訳すのはたいへん骨が折れるので、つつい省略してしまった経験をお持ちの方もおられると思う。そのようなとき、本書はたいへん役に立つ。

本書は太陽系の天体、銀河系内の天体、及び銀河までのハッブル望遠鏡の画像 104 枚と地上望遠鏡の写真やイラスト 35 枚が掲載され、かつ、各天体およびそれぞれの画像の解説も掲載されている。

その本書の構成と掲載画像数 (() 内はハッブル望遠鏡以外の写真やイラストの数) は次の通りである。

●太陽系天体のディテール

- ・火星 10 (2)
- ・木星 (シュメーカー・レビー彗星とその衝突痕を含む) 12 (2)
- ・土星 3
- ・天王星 2
- ・海王星 3
- ・冥王星 2 (1)
- ・百武、ヘール・ボップ彗星 3 (3)

●銀河系内天体の造形

- ・散光星雲 (HH 天体, M16, M8, M42) 15 (5)
- ・恒星 (β Pic, β Ori) 2
- ・球状星団 (M 15) 1
- ・惑星状星雲 (η Car, M 27, NGC 7027, MyCn 18, NGC 6543, CRL 2688, NGC 2346, NGC 7293, 網状星雲, M 1) 14 (5)

●はるかなる銀河宇宙

- ・大マゼラン雲, M 31, M 33 内の天体をはじめ、銀

- 河や活動銀河 26 (15)
- ・重力レンズ効果の画像 2 (1)
- ・キューサー 3 (1)
- ・遠方の銀河 (deep field) 6

●ハッブル宇宙望遠鏡データ

このような構成の本書であるが、画像が鮮明で非常に細かな構造も描写されている。比較のために Stsci にアクセスし、jpeg 画像を 1440 dpi のプリンターでフォト専用紙に出力したが、本書の方がより鮮明で微細な構造が見られた。また、画像の解説のために、天文台で撮影された写真や沼澤氏が撮影した天体写真が掲載されており、各天体の全体像と画像との関係がよりわかりやすい表示となっている。

しかし、画像を引きだしたためか、沼澤氏の撮影した写真の印刷があまり良くないのは、惜しい限りである。沼澤氏は 20 cm シュミットカメラで撮影した写真集「The Deep Sky」(誠文堂新光社)の著者であり、また、世界的に有名な天文雑誌「Sky & Telescope」にも掲載されるほど、非常に美しい写真を撮影する天体写真家である。本書にも他の雑誌に公開された写真が掲載されているが少し見劣る印刷で、質を落とさずハッブル望遠鏡の画像と並べていただければ、読者をより驚異の世界に引き込めたのではと思う。

なお、ハッブル望遠鏡の画像を手に入れるには、Stsci にアクセスすればよいが、そのアドレスは次の通りである。

<http://www.stsci.edu/>

<ftp://opposite.stsci.edu/>

インターネットというと World Wide Web の前者のアドレスがよく知られているが、時間帯によっては非常に混雑する。このようなときは後者の ftp の利用をおすすめる。このサイトのディレクトリ“/pub-info/jpeg/”に jpeg の画像が納められており、WWW と同様に、通信ソフトのアドレス欄に“ftp://…”と書き込めばアクセスできる。

(PC 委員会: 根岸 潔)

実践報告

雲形模型を用いた雲の観察指導事例

榊原 保志*

1. はじめに

気象現象は児童にとって興味・関心の高い現象である。昭和35年から36年に文部省が自然関係の指導書作成に関連して全国の幼稚園児12000人を対象に調査した結果では、「気象現象」は「動物」に次いで興味の高い自然の2番目に入っている(伊藤, 1977)。

雲を眺める科学的意義の一つに観天望気と呼ばれる天気予測ができることがあげられる。この天気予測の古典的方法である観天望気は雲の同定が基本である。筆者は、雲の写真が載っている本を参考にして実際の雲を見て名前を覚えた。この方法は基本的に学習者の興味があることが前提となっているが、学校教育、特に小学校段階では学習者にどうやって興味を持たせるかが重要であり、元々興味のある人が行う学習方法と必ずしも一致しない。

グラフ(1997)の方法は、記者が指摘するように、「遊び心」を大切にすることで、大変興味深い。彼は80cm×120cmの模造紙を4等分割したスペースに、図書資料を参考にして巻雲・積雲・乱層雲・層雲の模型を脱脂綿を利用して作る。雲を覚えるため視覚だけでなく、指の感覚を利用して、理解を深めるすばらしい方法である。

この脱脂綿を用いた方法は、すでに吉野(1986)により具体化されている。彼の方法では脱脂綿を墨汁により薄く染めて雲の色の濃淡を表現できる工夫がなされている。

ただし、これらの研究は授業におけるこの教材を利用した実際の学習の進め方や教材の有効性に関して言及していない。

本論では、雲の観察指導を授業でどのように展開したらよいかを検討する。雲分類の学習支援教材に用いる雲形模型に関して個別化に対応できるように改良し、「10種雲形の説明」「雲の観察」「雲形模型の製作」から成る授業プログラムを提案した。

2. 検証授業

2.1 対象生徒

長野県信濃町立富士里小学校の6年生 人数23名 (男子12名, 女子11名)

2.2 授業設計にあたって

小学校における気象領域については、小学校4年で「水・水蒸気・水の変化」を学習し、5年では気象観測した結果や気象衛星の映像に基づく「天気の変化」について学習する。小学校6年では、中学校1年で学習する大気圧が未学習なので、「空気が上昇すると、気圧が低下し、断熱膨張により気温が下がり、……」という雲生成のメカニズムにはふれない。

2.3 日時

1997年11月17日 2・3・4校時

2.4 指導の経過

全体の授業の流れは「気象と身近な生活」「10種雲形の説明」「雲の観察」「雲形模型の製作」の4つからなる(表1)。

気象単元の導入として気象の観測をおこなっても学習の必然性が見えないので、単元の導入に「気象と身近な生活」を用いた。この内容は、気象現象が歴史や経済と密接に関連していることを説明する内容である(榊原, 1995)。今回の授業は特別に学校長から頼まれて6年生を対象に臨時に行ったものである。やむ終えずこの内容を付け加えたが、小学校5年や中学校2年に設定されている気象単元では、必ずしも本授業の始めに位置づける必要はない。そこで、「気象と身近

表1 学習指導略案

学習内容	学習活動例	指導上の留意点
気象と身近な生活 25分	導入 気象が自分たちの生活と関わっている話を聞く	
10種雲形の説明 40分	話し合い カラー写真を見て、雲の名前の説明を聞く	日常生活の中で見たことある雲を発表させる
雲の観察 25分	観察 枚紙に出て、雲の種類や雲量を観察する	肉目で観察させる
雲形模型の製作 45分	実習 模型の作り方の説明を聞き、製作する。	視覚だけでなく手の感覚で雲の形を理解する

* 信州大学教育学部 1998年4月23日受付 1998年9月19日受理



図1 雲のOHPシートの例
(積雲, 1997年8月長野市松代にて中澤美三氏撮影)

『10種雲形』

1 層状(横に並ぶ)の雲

1-1 上層雲 5000-13000m

- ・巻雲 ()
- ・巻層雲 ()
- ・巻積雲 ()

1-2 中層雲 2000-7000m

- ・高積雲 ()
- ・高層雲 ()
- ・乱層雲 ()

1-3 下層雲 2000m 以下

- ・層積雲 ()
- ・層雲 ()

2 対流状(たてにのびる)の雲

1000m 以下～ (冬)3000m
(夏)13000m

- ・積雲 ()
- ・積乱雲 ()

図2 ワークシート

な生活」を除く指導内容を以下に記述する。

(1) 10種雲形の説明

雲の写真を印刷したカラー OHP (図1) を何枚も用意し、それを用いて説明をおこなった。児童は配布したワークシート (図2) の空欄に雲の通称名を記入する。

雲には層状(横に並ぶ)の雲と対流(たてにのびる)雲があること、そして雲はせいぜい10km ぐらいの高さに存在し、上層雲、中層雲、下層雲に分類される。

上層雲は5,000～13,000m に存在する雲で、上層の雲の中には「すじ雲」とも呼ばれる巻雲がある。青空に糸を張ったものや羽毛状に曲がったように見える。巻層雲は「うす雲」と呼ばれ、巻雲が次第に厚みを増してボール状のぼんやりした薄い雲である。巻積雲は「いわし雲」と呼ばれ、小石のような丸みをおびた雲の集まりをいう。

中層雲は2,000～7,000m に存在する雲で、「ひつじ

雲」・「さば雲」と呼ばれる高積雲がある。この雲は巻積雲に似ているが一つ一つの雲が大きいのが特徴である。高層雲は「おぼろ雲」と呼ばれ、巻層雲が厚さを増し、太陽がぼんやり分かる程度で日中でも影ができない。乱層雲は「あま雲」と呼ばれ、雨や雪を降らせる雲で、太陽や月は隠され日中でも薄暗くなり、黒っぽく見える。

下層雲は2,000m 以下に存在する雲である。「うね雲」と呼ばれる層積雲はその一つで、高積雲よりも一つ一つの雲塊が大きく層状になる。山小屋に泊まったとき早朝見える雲海はこの雲である。また、「きり雲」と呼ばれる層雲は、地面付近にできる雲である。早朝、山の斜面にかかる雲はこの雲である。

上記分類に入らない、1,000m 以下から冬には3,000m、夏には13,000m にも達する対流状に発達する雲がある。「わた雲」と呼ばれる積雲はその一つで、綿菓子のように太陽に照らされた部分は白く、雲底は黒っぽく見える。また、積乱雲は「入道雲」と呼ばれ、この雲は夏の夕立・雷雨を降らせる。雲の上面はかなとこ状になっている。

(2) 雲の観察

実際にすべての雲の種類を観察させることが望ましいが、授業時間中に都合よく10種雲形総てが出現することはほとんどない。(1)で学習した知識を元に、そのときに見られる雲を観察する。

(3) 雲形模型の製作

ここでは雲を視覚だけでなく、雲の形や色などを脱脂綿を利用する製作活動を通して、雲の名称や分類方法を理解させる。

【準備】

墨(墨汁)、厚紙(A4)、A4上質紙、透明ポケットA4用(コレクト(株)製、CF-440)、色鉛筆、のり、脱脂綿

【製作手順】

ア パケツに薄めた墨汁を入れて脱脂綿を灰色に染める。薄いものと濃いものの2種類の着色のものを用意する。

イ 染めた脱脂綿をよく乾燥させる。これは、通常3～4日で自然乾燥できる。

ウ 授業では、児童に完成模型(図3)を提示し、模型の作り方を説明する。

エ 10種雲形の絵を印刷した下絵(図4)を児童に配布し、空の部分の水色で色鉛筆で描く。

オ 乱層雲と積乱雲から降っている雨滴を描く。下

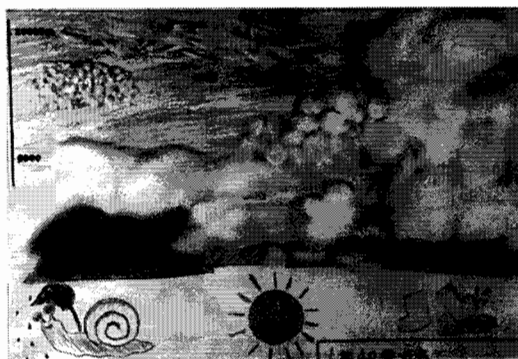


図3 雲形模型

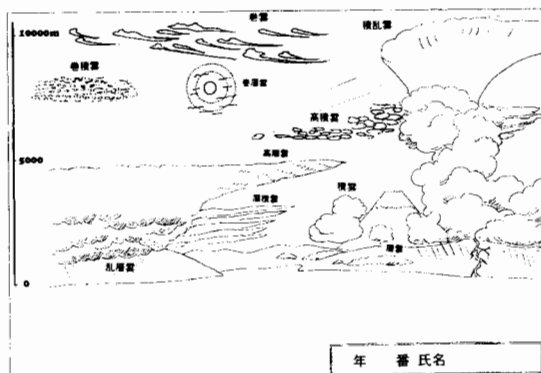


図4 雲形模型の下絵

絵の下の空白には雨が降っているところとそうでないところにわけて、それにふさわしい絵を描くよう指示する。山や平地にも色付けをする。

カ できあがった絵を厚紙に糊付けする。

キ 雲の形の特徴、雲の並び方や集まり方、雲のふくらみ方、「もくもく」「ふわふわ」「サー」という触感(材質性)や運動感を出すように、下絵をもとに濃く着色した脱脂綿・薄く着色した脱脂綿・白い脱脂綿を混ぜて立体的なふくらみを持たせて張り付ける。

たとえば、巻雲はひげを伸ばす感じで千切って張る。高積雲と巻積雲は脱脂綿を小さく丸めて1つ1つ糊づける。ただし、高積雲は巻積雲より大きなサイズとし、あたかも羊の毛のようなモコモコした柔らかさ暖かさが表現できるようにする。層積雲・層雲・乱層雲は2種類の着色した脱脂綿を適当に混ぜて作る。巻層雲は白い脱脂綿をできるだけ伸ばすようにして貼る。積雲や積乱雲はたくさん脱脂綿を用いても「ふわふわ」したふくらみを持たせる。

児童の質問には(1)で用いたカラー OHP による雲

の写真を再び提示しながら雲の特徴を説明した。

製作の途中で「どうして雷は起こるのか」「これまで降った雹の大きいもの」等の雲に関連した話をいくつか行った。

また、「雲はなにからできていますか? 固体・液体・気体の何ですか?」の質問も行った。これに関して先に用いた OHP シートを用いて、積雲のように輪郭が明瞭なものは液体からできていて、巻雲のように雲の輪郭が不明瞭なものは固体からできているという説明を行い、併せて典型的な雲の写真を提示した。授業を実施した印象では、児童は写真上で雲粒が固体か液体かの区別は理解したようであった。

ク できあがった模型の裏に雲形模型のワークシートを重ねて、透明ポケットに入れて雲形模型の完成となる。

3. 授業の評価

3.1 目標

本研究の評価目標は次の3点である。

- (1) 雲を観察しようとする。「関心」
- (2) 身近な天気変化を雲の様子と関連づけて考えることができる。「思考」
- (3) 雲は液体又は固体からできていることをいえる。「知識」

3.2 調査期日および対象

調査は、1997年10月に行われた授業実施前後に、先の公立小学校6年生23名を対象に実施した。

3.3 調査項目と方法

授業の前日に行った事前アンケート項目は次の3項目とし、授業後のアンケートにはこれらの項目に授業の感想を書く項目を付け加えた。

- ① あなたの知っている雲の名前をすべて書いてください。
- ② 雨がふる前にどんな雲ができますか?
- ③ 雲はなにからできていますか?

なお、アンケート実施は、担任の先生に依頼し、アンケート用紙に、これは試験ではないこと、先生に質問しないで答えてほしい旨の文章を記した。

3.4 調査結果

(1) 設問①に関する考察

図5は知っている雲について延べ回答数を示す。ただし、本設問では何種類も答えて良いことになっている。事前アンケートでは、入道雲、飛行機雲が多く、次いで雨雲になっている。しかし、気象庁で用いられ

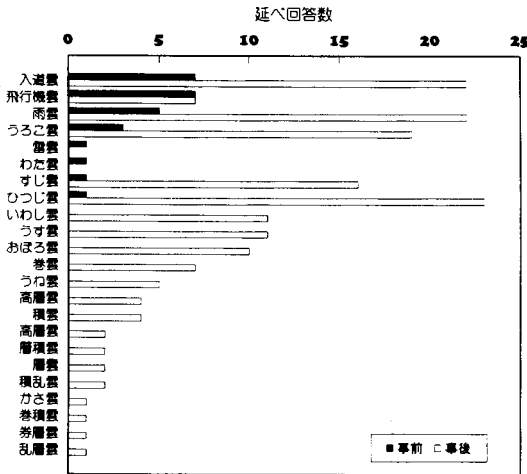


図5 雲名の延べ回答数

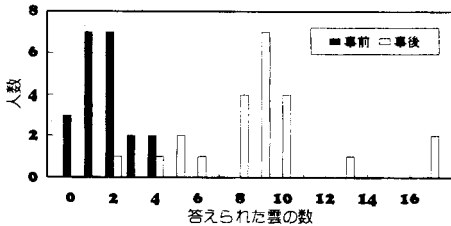


図6 児童1人が答えた雲の数

ている雲の正式名称は全く答えられない。

事後アンケートでは答えられている種類、延べ回答数はともにはるかに多くなった。最も多かったのはひつじ雲で、事前では1人しかいなかったのが全員の23人が答えている。次いで、入道雲、雨雲、うろこ雲、すじ雲となっている。

事後アンケートにある感想欄では、すじ雲とうろこ雲は脱脂綿で模型を作るのが大変であったと感想が書かれていたが、この作業は2つの雲の回答数増加に貢献した可能性が高い。

また、通称名は正式名称より回答が多い。これはワークシートに正式名称が既に記されていて、通称名を記入するようになっていたこともあるが、通称名を見たイメージや表現したイメージに近いために覚えやすいと思われる。

次に児童1人が答えた雲の数を図6に示す。図から分かるように事前では1~2種類であったものが、事後になると8~9種類も答えられるようになっていく。これは授業によって効果があったことを示す。

設問②では、雨が降る前にどんな雲が出ていたかと答えさせるもので、天気が悪くなることを雲の種類か

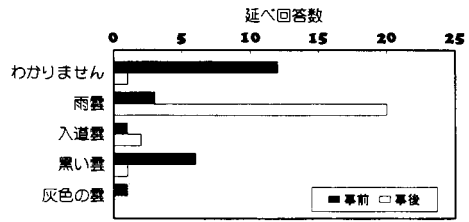


図7 天気の変化と雲種の関係の理解

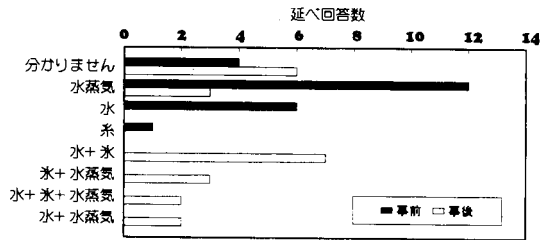


図8 雲の成分についての理解

ら判断できるかを問う問題である。

事前アンケートではわかりませんと答えるものが多かったが、事後になると激減した(図7)。事後アンケートでは1名の児童が雨雲と入道雲と複数回答している。回答があった雲種も妥当なもので、たいていの児童は雲を見て天気が悪くなると予想が立てられるようになったと判断できる。

設問③では雲を作っている形態を答える質問である。児童は雨は水からできていることを知っているのので、雨を降らせる雲が固体・液体・気体のどれでできているかを問う問題である。

事前アンケートでは水蒸気と答える児童が半分見られたが、事後になると3名とかなり減った(図8)。しかし、氷と水蒸気、水と水蒸気、水と氷と水蒸気と混乱する回答も見られる。この指導に関しては改良の余地がある。

4. おわりに

以上述べたように、今回用いた学習プログラムは雲に関心を持たせ、天気の変化を雲との関連で捕らえるのに有効であった。

今回の検証授業は小学校で行ったが、中学校でもこの実習は役立つと思われる。

しかし、雲が液体もしくは固体でできていることに関しては、模型の製作途中で行った口頭の説明では不十分であったといえる。教師が一生懸命多くのことを説明してもなかなか児童や生徒にその内容は定着する

ものでなく、体験によって得たものはなかなか忘れない。今後雲を作っている形態(物質の三態)を理解する実験的・作業的な内容の教材を開発することが必要であろう。

謝 辞

検証授業を行うにあたり長野県上水内郡信濃町立富士里小学校の北澤夏樹先生にはご協力を頂きました。また、雲形模型の下絵は信州大学教育学部美術教室中島康夫氏に描いていただいた。ここに謝意を表します。

文 献

- 伊藤久雄(1977): 小・中・高等学校理科における気象教育の現状と問題, 天気, 24, 553-560.
 榊原保志(1995): 中学校における気象指導の改善案, 理科の教育, 43, 749-752.
 M. グラフ著(松森靖夫・加藤圭司共訳)(1997): はじめての気象学, 東洋館出版, 1-159.
 吉野 清(1986): 小学校における気象の教材教具, 気象研究ノート, 153, 299-312.

榊原保志: 雲形模型を用いた雲の観察指導事例 地学教育 51巻, 6号, 15-19, 1998

[キーワード] 気象教育, 雲の観察, 雲形模型, 小・中学校

[要旨] 雲の観察を授業の中でどのように進めるかを検討した。学習支援教材に個別化に対応できる雲形模型を利用し、「10種雲形の説明」「雲の観察」「雲形模型製作」からなる学習プログラムを提案した。この学習は検証授業の事前事後に行ったアンケートから、雲に関心を持たせ天気の変化を雲との関連で捕らえるのに有効な学習であることが分かった。

Yasushi SAKAKIBARA: A Teaching about Cloud Observation with a Cloud Model Made of Cotton. *Educ. Earth Sci.*, 51(6), 15-19, 1998

~~~~~

本の紹介

~~~~~

松川正樹著 PHP新書 054 恐竜ハイウエー
—足跡が明かす謎の生態—新書版 206頁
1988年9月初版 657円+税

恐竜についての話題が事欠かない現在、恐竜の存在やその形態・生態について様々な知識が増えてきた。この知識の増加に足跡化石の研究が大いに貢献している。骨格や歯などの化石のみの研究では恐竜の全体像は見えてこない。足跡の化石からは骨格や歯からはまた違った質の情報が得られる。著者の言葉を借りると”骨格や歯の化石は、恐竜の大きさなど静的部分を主に解明するが、足跡の化石は動の部分を明らかにする”である。足跡化石の研究により恐竜たちの年齢や群の構造、社会行動などが解き明かされている。さらにたくさんの恐竜が歩いた道すじを、本書のタイトルにもなった「恐竜ハイウエー」という名前をつけて紹介している。

本書には日本の恐竜足跡研究の第一人者として誰からも認められている著者が、どのようなことから恐竜の足跡研究に興味を持ち、どのような過程をたどって日本、アメリカコロラド高原、東アジア地域の調査を進めてきたのかが興味深く書かれている。また恐竜の謎解き・推理の道筋を丁寧に示してあることも本書の特徴である。さらに第4章では新種登録の手続きについて数頁をさいて解説しており、科学的な議論の土台作りを強調しているところに著者のこだわりが感じられる。

恐竜をテーマに日本独自の研究を目指している著者は、現在日本と東アジアの恐竜についても活発に調査・研究をすすめており、めざましい成果を挙げている。日本独自の研究を進めたいという筆者の姿勢は、読む人の共感を呼ぶことであろう。

章立ては以下のようになっている。

第1章 恐竜ハイウエーという古地図

コロラド高原の旅、恐竜の渡りと移住、恐竜ハイウエーとは何か、足跡研究にたどりつくまで。

第2章 恐竜をめぐる論争

最初の発見、日本での産出、恐竜研究の特殊性、爬虫類か鳥類か、冷血か温血か、子育てをしたか、恐竜の絶滅論争、恐竜研究の技術的発展。

第3章 謎を解く鍵は骨か、足跡か

恐竜の分類研究、骨格化石、足跡化石、何が明らかになるか、異なる産出動物群。

第4章 足跡が解き明かす謎の生態

行動の記録としての足跡、日本初の新種発見、恐竜の足跡か鳥の足跡か、種の命名規約、種名の登録、恐竜の年齢を探る、測定調査の旅、歩行跡の発見、相対年齢の解析、足の不自由な恐竜、いつから走り始めたか、アレキサンダーの算出、恐竜の歩行速度、竜脚類は泳いだか、「逆立ち歩き」の可能性、ユタ州の奇妙な足跡、恐竜の「人口調査」、恐竜同士の捕食、限られた直接証拠と多くの状況証拠、群れをなす歩行跡、相対成長解析、群れの歩行速度、親子関係と社会行動。

第5章 恐竜をとりまく時代と環境

激しい競争の生き残り、世界最古の恐竜足跡、三畳紀の陸上動物群集、恐竜が踏み込んだ世界、無数の肉食恐竜、恐竜が好んだ環境、恐竜絶滅のシナリオ、「絶滅」とは何か、「K/T境界」の事件、恐竜の緩やかな衰退。

第6章 アジアの恐竜ハイウエー

陸続き関係の証拠、日本で見つかった恐竜、東アジアの恐竜ハイウエー、延吉層群と手取層群、恐竜時代の東アジア地図、ゴビ砂漠の足跡発見、足跡研究のこれから。
(馬場勝良)

資料

世界各国の新聞気象欄

—新聞天気図を中心とした比較と分類—

日 下 哉*

I. はじめに

我が家で購読している新聞(地方紙)では、かなり前に天気図が1面から消えてしまった。しかも、紙面の都合で、その日の掲載ページも変化してしまう。TVを見ても、天気予報にあたって天気図を示すことが少なくなってきた。こうした傾向は日本だけなのか、外国の状況はどうか。新聞天気図や気象予報欄に求められるものは何か。こうした疑問と目的にたつて各国の新聞を比較することとした。

今日まで、外国の気象欄がまとまった形で日本に紹介されたことはほとんど無く、それらについての比較・検討もなされていない。天気図記号については、その一部が矢澤(1995)によって紹介されているが、本格的検討はなされていない。

そこで筆者は、アジア・アフリカ・南北アメリカ・ヨーロッパそしてオセアニアのすべての州・地域より新聞を収集することとした。筆者の国外旅行の際に入手した新聞の他、日本国内に支局を置いている約20社には直接手紙で資料提供を依頼した。その他アフリカや東ヨーロッパ、南アメリカやアジアの一部については、在日大使館に依頼した。

この結果、32カ国・35紙の資料が収集されたが、北および西ヨーロッパの新聞が多く、類似の資料については割愛した。シンガポールの新聞は、簡単な予報だけで天気図などの表示がないため、これも対象としなかった。

最終的に日本の3紙も加えて、27カ国・31紙について比較・検討した。

II. 外国の新聞天気図と気象欄

1. 各国の新聞天気図—その比較・検討項目—

新聞紙上に天気図が掲載されているか。天気図には等圧線が引かれているか。高・低気圧や前線の表示はあるか。予想気圧配置が示されているか。人工衛星か

らの赤外画像の提供はあるか。晴れ・曇りなどの天気、雲量や降雨現象等の天気図記号はどう表現されているか。気温予報はどうなされているか。風や波浪の扱いはどうか。以上の点を中心に比較・検討した(表1)。

2. 天気図の扱い方

a. 天気図と等圧線

等圧線について、ヨーロッパやオーストラリア・ニュージーランド・日本の新聞ではほとんどが表示されているが、南北アメリカ・アジアやアフリカの国々ではほとんど掲載はない。

等圧線表示のある13国16紙のうち、1国1紙として、発行国の緯度と等圧線の間隔について、その関係を調べた(図1)。

その結果、等圧線の間隔は10~2hPaであり、高緯度に位置する国ほど10hPaと大きく表示され、低緯度の地域ほど一般に小さくなっている。これは新聞紙面上における図のスペースにも左右されるが、気圧傾度が一般に低緯度より高緯度の方が高いことの反映と考えられる。図上での実際の間隔は2cm~数mm程度になっている。

b. 高気圧・低気圧

高・低気圧は、ヨーロッパ・オセアニア・日本を中心に、22紙と多くの国で表示されている。

英語圏や北欧では、High・Lowなどの頭文字をとってH・L、イタリアや南米では同様にA・Bと表現している(矢澤, 1995)。ギリシャはY・X、ハンガリーはM・Aと独特な表記になっている。日本や韓国の表示も、他国民には理解困難であろう。

近隣でありながら、イタリアがA・B、ハンガリーがM・Aと「A」が高・低気圧どちらの記号にも使われているため注意が必要である。

c. 快晴・晴・曇と雲量

国際式天気図記号は、雲量を9段階に8分雲量で表示する。段階数は異なるが、インド、スイス、ドイツ

* 北海道松山北高等学校 1998年7月11日受付 1998年10月23日受理

表 1 世界各国の新聞気象欄の特徴

国名	新聞名	気象欄の面積 縦×横 cm ²		天気図	予想	行状	赤外	気温	その他
				◎等圧線有	天気図	予報図	画像	予報図	
スウェーデン	SVENSKA DAGBLADET	18x31	558	◎	×	○	×	×	
フィンランド	Helsingforsloradagen	15x29	435	◎	×	○	×	×	
デンマーク	Berlingske Tidende	26x30	780	◎	○	○	×	○	
ベネチア	LE SOIR	18x25	450	◎	○	○	×	○	
ドイツ	DIE WELT (デーウエルト)	10x28	280	◎	×	△	×	×	
オーストリア	TIROLER TAGESZEITUNG	15x24	360	×	×	○	×	×	山岳予報
スイス	Neue Zurcher Zeitung	22x30	660	◎	×	△	○	×	
イタリア	Corriere della Sera	16x35	560	◎	×	○	×	×	
チェコ	LIDOVE NOVINY	18x10	180	◎	×	○	×	△	
ハンガリー	NEPSZABADSAG	14x13	182	○	×	○	×	×	
ロシア	Kommersant	11x15	165	×	×	×	×	×	
ギリシャ	EΘNΟΣ (エソス)	48x31	1488	◎	×	○	○	○	雲写真
韓国	東亞日報	12x24	288	×(△)	×	○	○	×	
中国	人民日報	5x3	15	×	×	×	×	×	
インド	THE HINDU	15x19	285	◎	×	△	○	×	
アラブ首長国	Khaleeji Times (カージタイムズ)	12x20	240	×	×	○	×	×	風波予報
エジプト	الانصر (AL AKHBAR)	4x12	48	×	×	×	×	×	
ケニア	Sunday Nation	15x30	450	×	×	×	×	○	
南アフリカ	Business Day	7x14	98	×	×	△	×	×	
ニュージーランド	The Dominion New Zealand	23x34	782	◎	○	○	○	×	
オーストラリア	The Sydney Morning Herald	26x28	728	◎	○	○	○	○	昨天気図
	The AGE	18x26	468	◎	○	○	×	×	
カナダ	THE GLOBE AND MAIL	15x22	330	○	×	△	×	×	
アメリカ合衆国	THE NEW YORK TIMES	32x26	832	○	×	○	×	×	
	USA TODAY	45x33	1485	×	×	○	×	○	
ブラジル	O Globo	26x29	754	△	×	○	○	×	
チリ	EL MERCURIO	11x52	572	×	×	○	○	×	
アルゼンチン	LA NACION	25x33	825	○	×	○	×	○	
日本	朝日新聞	9x27	243	◎	×	×	○	×	
	北海道新聞	21x12+	329	◎	×	○	○	×	
	しんぶん赤旗	15x17	255	◎	×	断面図	○	×	高層天気図

が、基本的にこれに似た表示をしている。デンマークは快晴を太陽マーク(☀)で表しているが、他は国際式に準じている。

快晴や晴を太陽マーク、曇を雲底のあるわき上がる

雲で表現するなど、一目見て理解できるような図柄にしているのは、スウェーデンやイタリア、チェコ、ハンガリーなどのヨーロッパ諸国の他、韓国やアラブ首長国、南アフリカなどのアジア、アフリカ地域、オー

高気圧 低気圧	前線 温暖寒冷 閉塞停滞	快晴 晴 曇 ←雲量→	雨	二功雨	雷	雪	風向 風速	波浪	国名 (英名)
H L	赤色青色	○ ×							Sweden
H L	○ ○	○ ×							Finland
H L	○ ○	○ ×							Denmark
A D	△ △	△ ×							Belgium
H T	○ ○	○ ×							Germany
X X	X X	X X							Austria
H T	○ ○	○ ×							Swiss
A B	○ ○	○ ×							Italy
V N	○ ○	○ ×							Czecho
M A	○ ○	○ ×							Hungary
図なし	図なし		図なし						Russia
Y X	○ ○	○ ×							Greece
고 저	X X	X X							Korea
図なし	図なし		図なし						China
H L	X X	X X							India
X X	X X	X X							U. A. E.
図なし	図なし		図なし						Egypt
X X	X X	X X	気温図のみ						Kenya
図なし	図なし								South Afrika
H L	○ ○	○ ○							New Zealand
High Low	X ○	(気圧の谷)							Australia
HIGH LOW	X ○	(気圧の谷)							
H L	○ ○	X ○							Canada
H L	○ ○	X ○							U. S. A.
X X	X X	X X							Brazil
A B	○ ○	X ○							Chile
X X	X X	X X							Argentina
A B	○ ○	X ○							
高低	○ ○	○ ○							Japan
高低	○ ○	○ ○							
高低	○ ○	○ ○							

オーストラリアやニュージーランド、さらにはカナダやチリなどであり、世界中の多くの国々でこうした表記がなされている。

d. 雨・雪と降雨現象

雲から雨が落ちている様子を図化している国が多く見られる。一方、雨を斜線で示す国も少なくない。雫

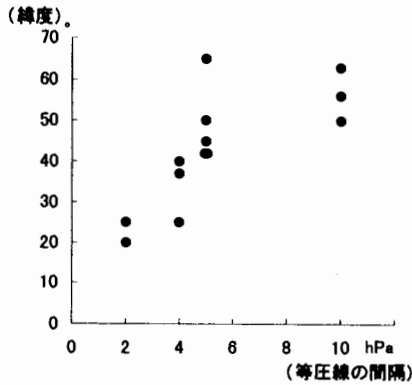


図1 発行国の緯度と等圧線の間隔

マーク(♣)及びその集合での表示はフィンランド、ニュージーランド、オーストラリアの一紙と南アメリカである。傘マークで表しているのはベルギーとチリである。日本の●マークは特異と言うべきで、他の国々では曇を示すことになる。これは他国が国際式天気図記号に従っているためだが、日本のそれは、本来雲量表示の周りに小さく黒点(O₂)で示すべきものである。

にわか雨は、雨の表示に似て、雲から落ちてくる様子を図化している。斜線や斜め破線で表示されることも少なくない。オーストリアのように太陽が雲に半分隠され、にわか雨に降り出した雰囲気を出している図もある。ヨーロッパでは、国際式天気図記号に似た逆三角マーク(▽)が多い。チェコのように、にわか雨と雷雨の区別がないもの、逆にニュージーランドのように、一般的にわか雨(夕立)を、局地的にわか雨と区別している国もある。

雷雨は、多くの国で、いなずまを図化している。スイスだけは忠実に国際式を使っている。

雪はやはり、6樹枝状が圧倒的に多い。アメリカやイタリアでは粒状(☉)で示しているのが興味深い。ベルギーの雪だるまは、日本のイラスト表現に似ていてかわいい。

e. 風と波

風向・風速については、ヨーロッパの多くの国の他、インド・アラブ首長国・ニュージーランドそして日本で掲載されている。その多くは矢印による表示であるが、インドと日本・デンマークが矢羽で表現している。ヨーロッパでは、暖風と寒風を区別している国も多い。

波浪について表示があるのは、イタリア・アラブ首

長国・ニュージーランドの3カ国である。その表示方法も、波の大きさをイラストで示すイタリアに対して、アラブ首長国・ニュージーランドは波高をメートル表示している。

f. 気温と予想図

気温については、ほとんどの国で最高・最低気温が表示されている。国内の各都市のみならず、他国都市の気温も掲載している。

気温を等温線図として表現している国は、デンマーク・ベルギー、ケニアやブラジル、アメリカ合衆国の1紙など限られている。

III. 外国の新聞における天気欄

1. 気象欄の大きさ

新聞紙面上で、気象欄がどういう扱いとなっているか。特に、その紙面での広さについて、縦と横の長さから単純計算でその面積(cm²)を比較した。

タブロイド版2ページを使う、ギリシャが最も大きな扱いをしていた。しかも、2ページともオールカラーである。これに次いで、ほぼ等しく大きな扱いをしていたのが、アメリカ(USA TODAY)であった。逆に、最も小さいのが中国(人民日報)で、わずか10行である(図3)。

2. 気象欄の特徴

a. タブロイド版2ページのギリシャの新聞

1ページには、天気概況のほか、ヨーロッパ全域の天気図・気象衛星からの赤外線画像が掲載されている。この天気図には等圧線に加えて、等温線も着色されている(図2)。他の1ページは、ギリシャ国内の予報に使われている。各地の予報解説と大きなイラスト予報図が載っている。予報図には、各地の天気・気温、周辺海洋の風向・波浪の高さが示されている。

2ページがすべてオールカラーの気象欄は圧巻であり、人々の天気現象に対する関心の高さを示すと同時に、海運王国の風格を感じさせる。

b. アメリカ合衆国の異なる2紙—THE NEW YORK TIMESとUSA TODAY—

上記2紙は、気象欄の面積が大きく異なるだけでなく、その扱い方もまったく違う。THE NEW YORK TIMESが天気図に高気圧・低気圧・前線を載せて予報しているのに対して、USA TODAYでは大きな等温線地図を配しながらイラストと文字で説明している。後者では高・低気圧や前線などの天気図記号は一切使われていない。



ΕΥΡΩΠΗ: Υψηλές πιέσεις καλύπτουν τις περισσότερες χώρες της κεντρικής και νότιας ηπείρου.

Το βαρομετρικό χαμηλό που επηρεάζει τον καιρό της χώρας μας κινείται νότια και έτσι εξασθενεί ο συνδυασμός των υψηλών

πιέσεων της Βαλκανικής με τις χαμηλές πιέσεις στην Κρήτη, με αποτέλεσμα την εξασθένηση των ανέμων στο Αιγαίο.

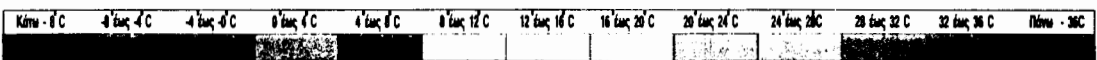


図2 最も大きい気象欄・ギリシャのΕΘΝΟΣ紙

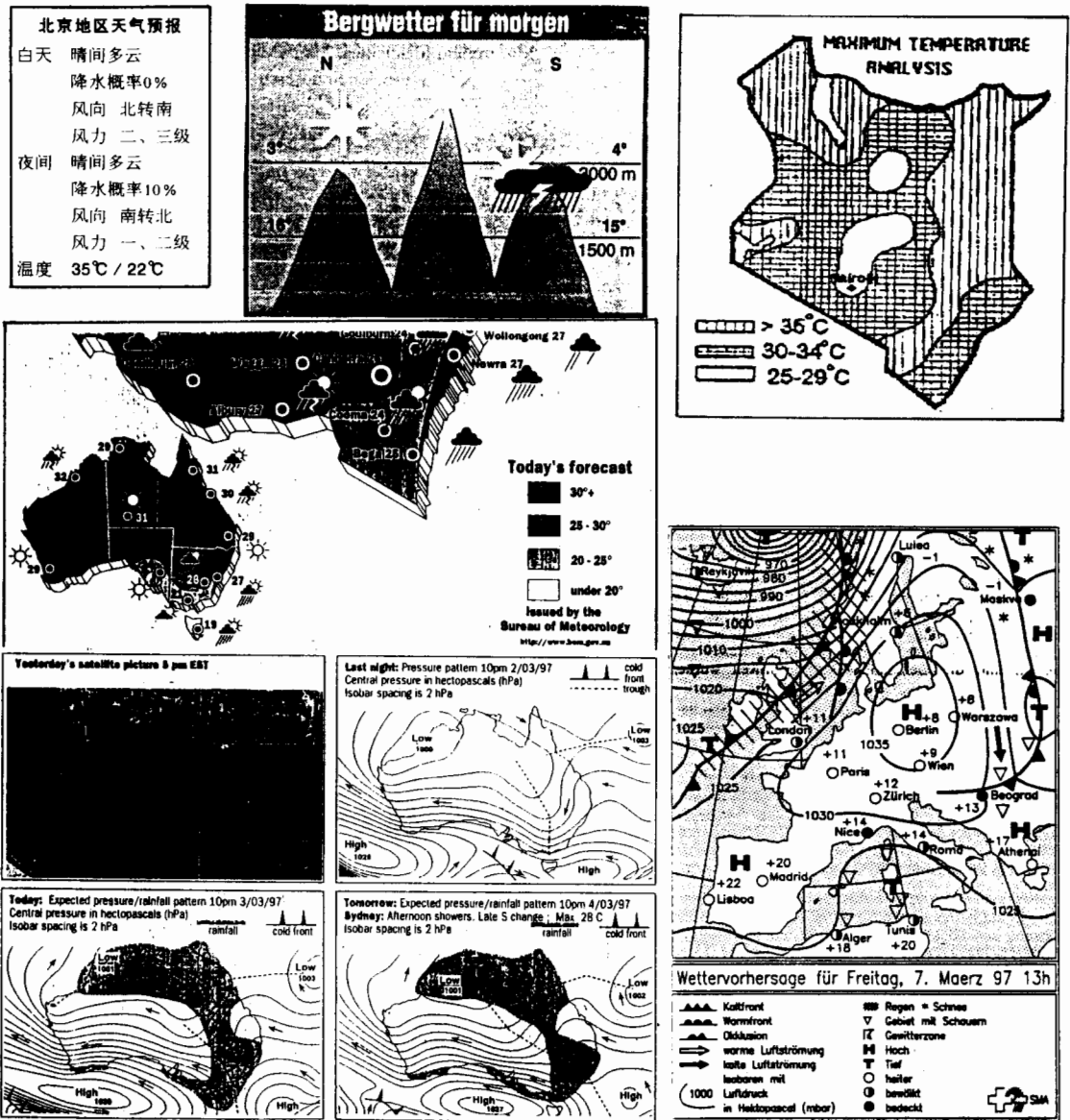


図3 上左: 最も小さな気象欄・中国の人民日報
 上中: 山岳気象を載せるオーストリアの TIROLER TAGESZEITUNG 紙
 上右: 等温線図を大切にしているケニアの Sunday Nation 紙
 下左: 天気図を大切にしているオーストラリアの The Sydney Morning Herald 紙
 下右: 国際式天気図記号に準じたスイスの Neue Zurcher Zeitung 紙

この差異は、読者層の違いを反映しているのかもしれない。特に、USA TODAY が、前述のギリシャ紙に匹敵するほど気象欄に大きなスペースを割いていることを考え合わせると、英語を話せない多くの国民にも気象情報を提供しようとする姿勢の現れとも考えられる。

どちらにも等圧線の表示はなく、2紙共に等温線を中心とした表現がなされていることは、気象変化の小さい大陸にあって、気温変化が日常生活により大きな影響を与えていることを示しているのかもしれない。

c. 天気図を大切にしているオセアニアの国
 オーストラリアの2紙・ニュージーランドの1紙

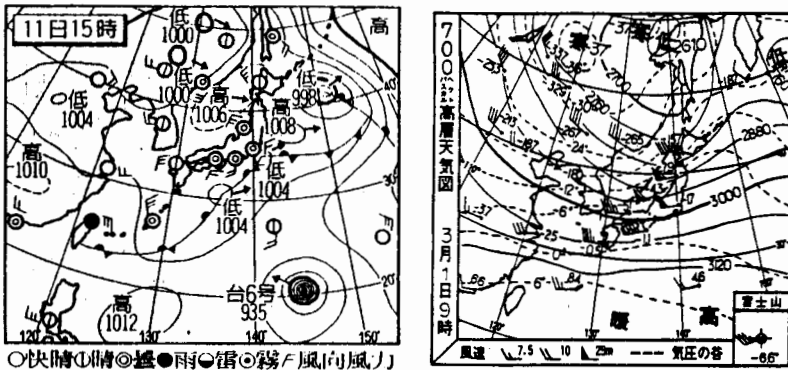


図4 左: 朝日新聞に掲載される地上天気図
右: しんぶん赤旗に載る高層天気図

についてみると、すべて天気図の掲載があり、高気圧・低気圧・前線の位置が等圧線とともに表記されている。

オーストラリアの The Sydney Morning Herald では前日・当日・翌日と3枚の天気図が載せられているし(図3下左) ニュージーランド紙では前日の赤外線画像に等圧線を重ね合わせている。どちらも、天気図と等圧線を大切にしていると感じられるし、このことは、両国の国民的な科学水準の高さを反映していると考えられる。

d. 気温表示に重点を置くケニア

国内の予想最高気温について、35℃以上、30～34℃、25～29℃に3区分して表示している(図3上右)。赤道直下のケニアでは、日常生活に関して、気温、特に高温が様々影響している反映であろう。世界各地の予報についても、すべて最高気温と最低気温が表記されている。

高気圧・低気圧・前線・等圧線の掲載はない。

e. 山岳気象を載せるチロルの地方紙

オーストリア・チロルの TIROLER TAGESZEIT-UNK には標高3000mと同1500mの山岳天気予報が掲載されている(図3上中)。北部ドイツ国境山脈・中部のレヒタールアルペン・南部イタリア国境のアルプス山脈と3つの代表的な山岳について、予想気温と天気記されている。しかし、高気圧・低気圧・前線・等圧線の掲載はない。

f. 予報欄しかない中国・ロシア

人民日報は、そのタイトルの横に昼間と夜間について、天気・降水確率・風向・風力・気温が載るのみである。僅かに、しかも50字にも満たない(図3上左)。一覧表には示さなかったが、シンガポールも中国同

様に小さな予報欄だけである。

ロシア紙には国内外75都市の翌日・翌々日の予報が載せられており、最高・最低気温と晴れ・曇り・雨など簡単な記載となっている。

g. 日本独特の天気図記号

日本の新聞各紙はみな天気図を載せ、高気圧・低気圧はもちろん、前線・等圧線表示もなされている。しかし、日本式天気図記号であり、日本独特のものである(図4左)。

諸外国は国際式天気図記号に準ずる所が多く、基本的には雲量表示が中心であるが、日本は降雨現象優先である。●は諸外国では曇り(雲量10)だが、日本では雨。日本式の曇りや雷なども諸外国には理解し難いであろう。

h. 唯一高層天気図を載せる「赤旗」

日本共産党の日刊紙「しんぶん赤旗」には、日本上空の断面解説図と高度約3000mの700hPa高層天気図が掲載されている(図4右)。高層天気図は気象現象を立体的に捉えることができ、長期予報に有効である。とりわけ、登山者には利用価値が高いであろう。

検討した世界31紙の中で、高層天気図を掲載していたのは、唯一「赤旗」紙であった。

3. 新聞気象欄の比較・分類

世界各国の新聞気象欄について、天気図表記を中心として下記のように5タイプ・7種類に分類した(表2)。

a. 「等圧線表示」タイプ

ヨーロッパ・オセアニア・日本など天気図に等圧線が描かれている新聞がこのタイプに分類される。検討した31紙のうち、約半数の16紙が含まれる。

表 2 新聞気象欄の分類

天気図	有	等圧線	[等圧線表示]タイプ	「国際式記号」型	--- スイス・インド紙
				「絵図表示」型	--- オーストラリア・スウェーデン紙
				「独自記号」型	--- 日本
	無	[簡易天気図]タイプ	----- カナダ・韓国紙		
			有	[等温線図]タイプ	----- ケニア・アメリカ合衆国の1紙紙
				[イラスト表示]タイプ	----- オーストリア・チリ紙
無	[単純予報]タイプ	----- 中国・ロシア・シンガポール紙			

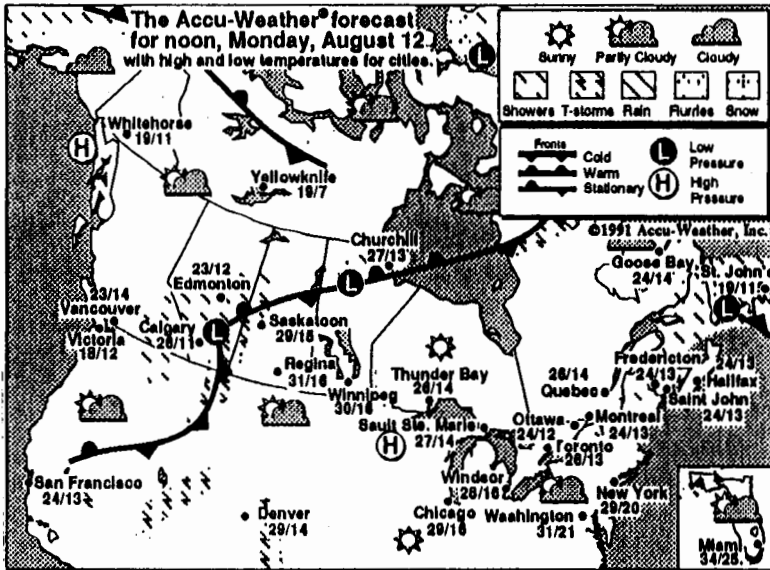


図 5 簡易天気図を掲載するカナダの THE GLOBE AND MAIL 紙

ア) 「国際式記号」型

[デンマーク・ドイツ・スイス・インド]

各地の天気記号が国際式天気図記号に準じて、あるいはこの簡略形を用いているもの(図3下右)。イラスト等によらないため、一見すると日本の新聞天気図によく似ているが、○印内で表示されるのは雲量表示あり、降雨現象等は別に示されている。国際式の雨記号は小さな黒点(Q.)で、即座には判断しがたいためであろうか。斜線や傘マークで表現されることが多い。

イ) 「絵図表示」型

[スウェーデン・フィンランド・ベルギー・イタリア・チェコ・ギリシャ・ニュージーランド・オーストラリア]

天気図は正確な天気図として掲載され、予報は別に、イラストで表示されているもの。または、天気図上に等圧線とともにイラストで天気表示がなされているもの。

ウ) 「独自記号」型

[日本]

各地の天気記号が、その国の独自記号によるもの。調査した範囲では、日本が唯一これにあたり、独特の日本式天気図記号を用いている。

b. 「簡易天気図」タイプ

[ハンガリー・韓国・アラブ首長国・カナダ・アメリカ(N.Y. Times)・アルゼンチン・ブラジル]

等圧線の記入がなく、高気圧・低気圧や前線などの表示だけがある簡易な天気図によるもの(図5)。

このタイプには、高・低気圧と前線載せる南北アメリカとハンガリー、高・低気圧だけの韓国、風波予報のみのアラブ首長国が含まれる。

c. 「等温線図」タイプ

[ケニア・アメリカ (USA Today)]

一般的な天気図はないが、代わって等温線図が掲載されているもの(図3 上右)。ケニア紙では等温線図だけの表示だが、USA Today はイラストを駆使して、ハリケーンなどの状況説明まで試みている。

d. 「イラスト表示」タイプ

[オーストリア・チリ]

等圧線や高・低気圧、前線の記入が無く、各地の天気がイラストによって視覚的に理解できるようにしているもの。

チロルの地方紙は山岳気象もイラスト表示している。

c. 「単純予報」タイプ

[ロシア・中国・シンガポール・エジプト・南アフリカ]

天気図など地図による表示がないもので、単語や文章またはイラスト表示による予報が載っているもの。したがって、気象欄も他紙に比べて小範囲になっている国が多い。

IV. これからの新聞天気図に求められるもの

新聞の気象欄には、期待される2つの側面があると

考えられる。その一つは、気象情報として、台風や低気圧・前線の位置、さらに気温や降水量などの基礎データを正確に提示すること。他の一つは、天気や気温・降水量、風力や波浪など、きめ細かな気象予報を提供することであろう。

前者では、データの精度がある国や地域の範囲内で一定であることが求められており、その集約としての天気図の重要性が指摘される。高・低気圧はもちろん、前線表示、さらには等圧線の記載などが求められている。後者の予報については、子どもでも、読み書きのできない人にも、誰にでも理解できるような表現が求められる。

多くの国で、赤外線画像による雲写真の掲載が増える傾向にある。これに高層天気図が併記されるなら、大気現象の立体的な把握につながるだろうし、1週間程度の大気の動きを理解するにも大いに役立つであろう。

謝 辞

本論をまとめるにあたり、本校の田守和也・大西要両教諭には図表作成に協力いただいた。記して感謝申し上げます。

文 献

矢澤 湊(1995): 天気図記号の国際比較, 地理, 40(6), 118-120.

日下 哉: 世界各国の新聞気象欄—新聞天気図を中心とした分類— 地学教育 51 巻, 6 号, 21-29, 1998

[キーワード] 新聞天気図 気象情報 天気予報 天気図記号 国際式天気記号

[要約] 世界の新聞天気図と気象欄について、日本を含めた27カ国・31紙について比較・検討した。その結果、等圧線の表示しているものでは「国際式記号」「絵図表示」「独自記号」の3分類に、その他は「簡易天気図」「等温図」「イラスト表示」「単純予報」の4タイプに区分された。新聞天気図の国際比較は、気象情報の在り方を再検討するうえで重要であり、くわえて学校教育での気象学習についても多くの示唆を与えて学校教育での気象学習についても多くの示唆を与えている。

Hajime KUSAKA: Weather Sections of Newspapers throughout the World—Comparisons and Classifications of Various Kinds of Maps—. *Educat. Earth Sci.*, 51(6), 21-29, 1998

~~~~~  
**お 知 ら せ**  
 ~~~~~

教科「理科」関連学会協議会 第3回シンポジウム
「これからの理科教育に求めるもの」

教科「理科」関連学会協議会は、第3回シンポジウム「これからの理科教育に求めるもの」を下記の要領で、本年12月12日(土)に日本化学会(東京都千代田区)にて開催いたします。

7月には教育課程審議会の「審議のまとめ」が出され、新しい教育課程の方向性が示されました。これを受けて本年度中には、学習指導要領が出ます。学校五日制や特色ある学校作りが時代の要請とされ、時間数や内容削減などでは理科教育にも従来にない大きい変更が求められているといえましょう。しかしながら、ますます発展し、我々の生活と関わりを深めつつある科学・技術の発展の基礎として理科・科学のこれからの社会における役割は大きく、この変更への対応はきわめて重要です。

これからの理科教育に求めるものは何かを、教育行政・産業界・マスコミ界・他の研究領域の学会から出席していただき、忌憚無いコメントを頂戴する中から、参加された方々とも検討し、よりよい進め方や実践方法等を考えていきたいと存じます。

皆さまのご参加と、ご討議をお願いいたします。

記

期 日：1998(平成10)年12月12日(第2土曜)

会 場：日本化学会(東京都千代田区神田駿河台・JRお茶の地下水車)

プログラム

開会行事・趣旨説明 13:00~13:30

あいさつ 佐野博敏(協議会議長・日本化学会・大妻女子大学・大学セミナーハウス)

趣旨説明 松原静郎(日本科学教育学会・国立教育研究所)

新田正博(日本理科教育学会・新宿区立四谷第1中学校)

講 演 13:30~16:00: 途中休憩があります

1 江田 稔氏(文部省・視学官)

2 小野田 武氏(三菱化学株式会社・専務取締役)

3 横山裕道氏(毎日新聞社・論説委員)

4 浪川幸彦(日本数学会・理事長)

総合討論 16:00~17:00

司 会 伊藤 卓(日本化学会・横浜国立大学)

増子 寛(日本物理教育学会・麻布高校)

閉会行事

あいさつ 竹内一男(日本生物教育学会・玉川大学)

なお、講演者は都合により変更になることがあります。また資料代として当日500円の参加費を申し受けます。

お問い合わせは協議会書記 間々田和彦(筑波大学附属盲学校)まで

〒112-8684 東京都文京区目白台3-27-6 筑波大学附属盲学校内

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

E-MAIL BXS00633@nifty.ne.jp または mamalab@nsfb.bunkyo.tokyo.jp

平成10年度全国地学教育研究大会
日本地学教育学会第52回全国大会

岩手大会報告

1. 大会概要

大会テーマ 「地学教育の原点をふり返りさらなる発展をめざす」

主催 日本地学教育学会

共催 岩手県教育委員会, 岩手県高等学校教育研究会理科部会, 岩手県地学教育研究会

後援 文部省, 全国連合小学校長会, 全日本中学校長会, 全国高等学校長会, 日本私立中学校高等学校連合会, 財団法人日本教育研究連合会, 日本理科教育協会, 日本理科教育学会, 盛岡市教育委員会, 岩手県高等学校校長会, 岩手県中学校校長会, 岩手県小学校校長会, 岩手県科学教育連合会, 盛岡コンベンションビューロー

期日 平成10年7月30日(木)～8月2日(日)

会場 サンセール盛岡

日程

前日: 7月30日(木)

12:00～12:30 プレ巡検受付

12:30～18:00 プレ巡検

第1日目: 7月31日(金)

9:00～ 受付

10:00～10:30 開会式

10:30～10:40 学会奨励賞授与式

10:50～11:45 日本地学教育学会総会

12:45～13:45 大会記念講演

14:00～17:20 研究発表I

17:20～17:50 コンピューターセッション

18:00～20:00 教育懇談会

第2日目: 8月1日(土)

8:30～9:00 受付

9:00～10:20 研究発表II

10:30～11:40 大会記念講演

11:50～12:10 閉会式

13:00～ ポスト巡検 (1泊2日)

Aコース (北部三陸海岸)

Bコース (南部北上大船渡)

第3日目: 8月2日(日)

～17:00 ポスト巡検, 盛岡駅解散

参加者総数 160名

大会記念講演

前岩手大学教育学部教授今井功氏の「地質学史からの教訓」と岩手大学工学部矢内桂三教授「火星の隕石」の内容は、講演要旨として大会要項に掲載されている。

2. 分科会報告

A会場: 高校・大学・一般分科会 A

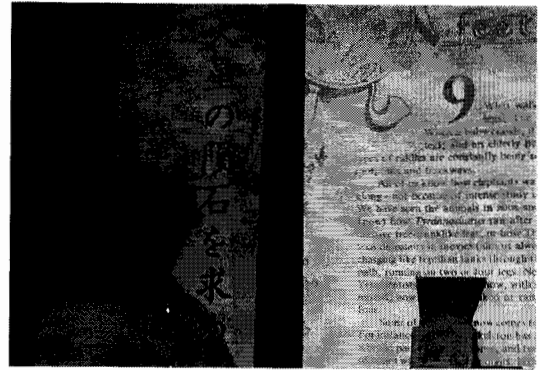
高校・大学・一般分科会のA会場では、第一日目に7件, 2日目に4件の合計11件の発表が行われた。その分野別の内容は、授業の実践例の報告5件, 地



大会記念撮影



講演中の前岩手大学教授今井氏



分科会のようす

質・古生物分野の研究5件、環境教育に関するもの1件であった。

授業の実践例では、パソコンを計測やデータ処理に利用した例、水の循環を通しての環境教育や英語の本を用いて行った地学IAの授業など、どの発表も意欲的に授業に取り組んでいる実践例の発表であった。

「パソコン計測を利用した地学教材」は、地学を学習する上で必要な物理・化学の基礎知識を実験を通し短時間で理解させる方法としてパソコン計測を利用した例が報告され、休憩時間には演示実験なども行われ多くの人々の関心を引いていた。「恐竜とかけこの授業実践と発展性」は、学習者自身の歩行の速度・ストライド・足裏の長さの関係を実測・解析し、それを基に恐竜の歩行速度を推定するという授業の実践例であったが、パソコンを利用しデータ処理を短時間で完了できたために、応用問題に多くの時間をとることができたとの発表であった。また、「地学実習に関するアンケート調査」の中でも、生徒はパソコンに興味があり学習効果が高いとの報告があった。教育課程審議会の中間まとめでは、完全週5日制を前提とした授業時間数の削減が盛り込まれており、データ処理を短時間で実行できるパソコンの利用は今後ますます増えていくものと考えられ、その意味で多くの示唆に富む発表だった。

「地域における水の循環を通した環境教育の実践例」は、自分たちが使用している水の集水域の開発状況を確認するためランドサットマップを用いたり、河川の水質について県の調査結果を用いるなど多くの資料を活用して授業した結果、地域の環境問題についての認識と関心が高まったとの発表であった。理科離れが深刻になっている今、地域の自然を観察し、科学的に考

える授業は重要性を増していくものと思われる。また、「高等学校における総合学習としての環境教育」では、環境問題を理解し解決するためには様々な科学が融合することが必要との観点から、各教科・科目の中で環境教育がどのように扱われているかを調べ、今後の課題について論じられた。

地質・古生物分野の研究では、教材化を目指した焼石火山起源のテフラの層序・鉱物組成等の研究、ポットホルの形成条件の研究、湖成層の特徴の研究、甲殻類の巣穴の発達方向と海岸線の関係の研究、河川の運搬作用による葉器官の分散様式の研究など多様な分野にわたる発表がなされた。

参加者は、2日間とも約60名と盛況であったが、天文や気象分野に関する発表がなかったのが残念であった。(文責 高橋一男)

B会場：高校・大学・一般分科会 B

B会場では、大会第1日目に8件、2日目に4件の合計12件の発表があった。その分野別の内容は、地質・古生物関係6件、地球物理関係2件、気象関係2件、天文関係1件、教授法1件であった。

地質・古生物分野では、「防災教育的視点に立った岩石の野外観察法」「『海岸の自然』を例とした自然科の授業展開」「南部北上山地形成史を主体とした岩手県高等学校地学実験書の編集」など、地域の自然を総合的・多面的に捉えさせようという発表があった。参加者からは、「総合的な科目」では「中心概念を作る」必要があるという意見が出された。

また、大学・一般の研究の成果発表として、「種子島・喜界島・徳之島産の有孔虫化石の教材化」「伊豆御蔵島の水文環境」や世田谷区南部の「水位変化にともなう水質変動など」等があった。我々が行く機会の

少ない環境についての貴重な話や基礎データの大切さがよくわかる報告が聞けたと思う。

地球物理関係での発表では、「自作地震計による遠地地震波形」はすぐにでも地球内部構造の解析の教材になるほどすばらしい資料だったし、兵庫県南部地震の「地震の帯」のシュミレーション」の発表も、パソコンを使って「地震の帯」のできかたの再現を試みたもので、十分に生徒の興味を喚起するものであった。

気象分野では、デジタルカメラとパソコンを使って「空の青色について」定量化を試みたものが発表された。また、インターネットを利用して気象データを集め、その資料による雲の分布模型を作成させ『四季の天気』を指導した事例の発表があった。

天文分野では、「視覚障害者の天文普及に関する基礎的研究」でプラネタリウム番組の作成経過の報告があった。

その他としては、アメリカの教育改革運動「Project 2061」の紹介があった。参加者からは他教科（特に社会科）との関わりについて質問が出されていた。

知識を教え込むのではなく、体験的活動や問題解決の活動を通して、自然を総合的・多面的に捉えさせる試みは、これからの理科教育には欠かせないものになっていくことが予想される。今回の大会では、新しい視点から地学を教えていこうという発表が多くなされ大変勉強になった。

高校・大学・一般分科会は、A会場とB会場に分かれたためか人の出入りが多かったのではないかと、反面、参加者は各自の興味のある発表を選択して聞けたのではないかとと思われる。ただ、発表時間が質疑応答を含めて20分ということもあって、十分な協議がで

きなかったのは係としても残念である。

(文責 榊 望)

C会場：小学校・中学校分科会

小学校・中学校分科会は、7月31日、8月1日の2日間にわたり開かれ、計13件の発表があった。

地質分野に関する発表が6件で最も多かった。それらを列記すれば、「地層(岩体)の空間概念を育てる実践」、岩体構造・岩相区分の基礎的研究、「Earth system Educationによる地域地質を用いた実践」、「露頭を観察し地史を考えさせる学習」、「火山による課題学習の実践」、「災害知識獲得と年齢因子の分析例」である。

気象分野に関するものは3件であった。それらは、「雲形模型を作らせて知識獲得をめざす実践例」、「CD-ROMアメダスデータを利用するソフトの開発とその利用例」、「地域の気象災害を活用した問題解決学習の紹介」である。

天文分野については、「実視角星座カード星写真を利用する学習法の紹介」の1件で、最も少なかった。

さらに、教授法に関するものとして、「環境理解のためのアースシステム教育法の紹介」、「コンピュータネットワークを使った遠隔授業の実践例」、「同一露頭を対象にして小中高の授業法の違いについての報告」の3件があった。

多くの発表に共通して感じられたことは、実体験、野外学習の重要性を強調する姿勢である。授業の雰囲気や具体的に伝わってくる具体的な実践に基づく発表が多く、予定時間をオーバーする活発な質疑応答が行われた。

(文責 佐瀬 隆)

パソコンセッション

本年度のセッションにおける発表の申し込みは3発表で、昨年3分の1と少なかった。

- ・“震災の帯”のシミュレーション2次元差波動方程式をPCで解く。

…岡本義雄(大阪府教育センター)

- ・地学教育における遠隔授業の実践

…相場博明・鈴木秀樹

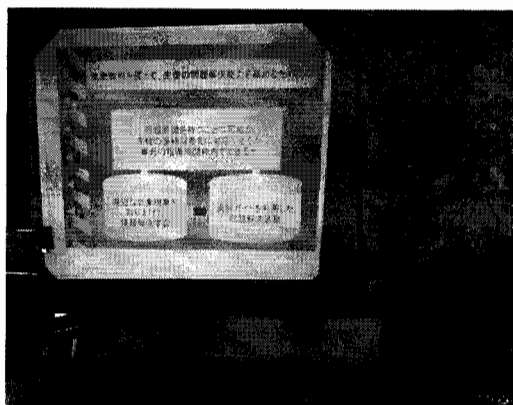
鈴木二正(慶應義塾幼稚舎)

- ・CD-ROM版アメダスデータ閲覧ソフトウェアの開発

…渡辺嘉士(東京・明法中高)

榊原保志(信州大学)

また、この他に坪田氏(慶應義塾高校)の発表も加わり、セッションの時間や分科会の休憩時間にデモや解説がなされた。発表数は少なかったが関心は高く、



分科会のような



パソコンセッション「磁力計デモ」



プレ巡検「焼け走りにて」

懇親会の開始の時間を気にしながらのセッションであった。

なお、発表数が少なかったため、パソコン委員が用意した次のソフトやCD-ROM、及び活用例を、分科会を開催しているときに常時展示した。

- ・ランドサット画像CD-ROM—東北編—
- ・数値地図50mメッシュ
- ・学会HP
- ・理科年表CD-ROM活用について

このうちフリーソフトウェアによる数値地図の出力例には、多くの人々の関心がそそがれていた。

(文責 根岸 潔)

3. プレ巡検報告(参加者 42名)

当日は、盛岡駅に集合後、初めに岩手大学農学部の一賢治資料記念館の見学を行った。賢治に関する貴重な



琥珀出土露頭前での発掘

資料を始め、多くの貴重な資料が閲覧でき有意義であった。

次に、焼走り溶岩流の観察へと道を進めた。車中で、案内役の土井宣夫氏より、岩手山のこれまでの活動を含め、観察のための簡単な説明が行われた。現地に着後は、自然監察員の田村さんより焼け走り溶岩流についての簡単な説明の後、小雨が降る中を全員で遊歩道歩きながら観察を行った。あいにくの天候のため岩手山を臨んでの観察会が出来ず残念ではあったが、広範囲にわたる溶岩流を足下にして、霧中の岩手山の雄姿に思い馳せての観察会となった。数人の方から溶岩流の流れの方向、溶岩流の形成等に関わる質問があり、案内役の土井氏が懇切丁寧に答えていた。惜まれるのは、そこでサンプル採集が固く禁じられているということで、遠方からの参加者の無念さを推し量りつつ観察会を終えた。

その後、最後の見学地である松尾村の松川地熱発電所へと道を進めた。発電所では、時間が押していたこともあって発電所に関わるビデオを見た後、足早にではあったが、所内を見学することができた。もう少し時間があれば、との思いを寄せ、一路盛岡駅に向かった。

帰りの車中ではこれまでの巡検地に関わる質問を土井氏に答えて頂いた。

前日から降り続いた雨ではあったが、運良く巡検地では小降りとなり、余り雨に濡れることなく巡検を終えた。

(文責 佐々木 佳史)

4. ポスト巡検報告

A コース「北部三陸海岸」(参加者 37名)

盛岡を予定通り出発。北上山地を横断し一路陸中海

岸へ、南部美人のバスガイドさんと杉山氏（野外巡検リーダー）の明快なコース説明に「最高の巡検」の予感いっぱい。天気もよし。

最初の観察地である浄土が浜では流紋岩をたっぷり観察する。角の取れた礫の中にも流理が認められ、採集した会員もいた。（国立公園内であり本当はまずいが）

バスで10分ほど北上し、化石の産地日出島に到着。川上氏の説明で宮古層群の中生代の化石を観察する。中でもコブシ大のオームガイは圧巻であった。地元の佐々木福司氏が所蔵の化石（アンモナイトを始めとしてざっと百点はあった）を披露して頂き、一同大いに堪能した。

宿泊は「えぼし荘」。夕食の会では参加者（北海道から九州まで全国的）のスピーチや『虫入り琥珀』採取の決意で大いに盛り上がった。

翌朝8:00出発、あいにくの雨の中、琥珀を求めて太平洋の荒波が打ち寄せる露頭に取りつく。大物は採集できなかったが1cm以下のものは採集できた。やや重い足取りでマリノローズパーク野田玉川へ至る。ここは、かつてマンガン鉱石を採掘した坑道を一般公開した所で、マンガン鉱やバラ輝石を坑道の中で観察できた。世界の鉱石・鉱物も展示してあり大いに楽しめた。御好意で、バラ輝石の塊を持てるだけ頂き一同大いに感謝。

最後は久慈琥珀博物館へ。最近話題になった鳥類の羽毛入り琥珀や数々の虫入り琥珀を堪能した。加工品をお土産にと購入していた会員もいました。佐々木和久館長より記念にと琥珀の原石を頂く。一同ただただ感謝。

盛岡への帰途、平庭高原で葛巻ワインやジュースを試飲、のどを潤し石川啄木歌碑で休憩し、予定通り盛岡駅に到着。そのまま故郷へ帰る人・盛岡さんさ踊りを見学する人などそれぞれである。皆さんお疲れさまでした。

（文責 吉川一郎）

Bコース「南部北上大船渡」（参加者 25名）

本コースの参加者は、北は秋田県から南は沖縄県、親子・夫婦、その他多彩な（？）メンバーで構成される。

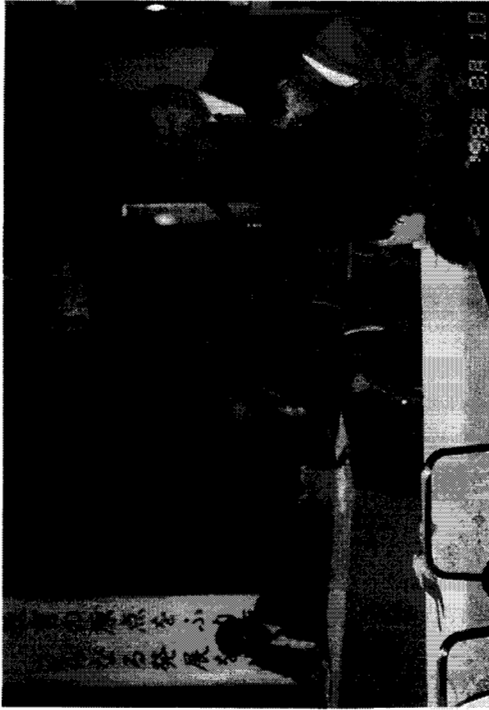
1日目（曇り）：盛岡を13:00に出発。以下見学順に。



穴通磯での露頭観察

- 宮沢賢治記念館（花巻市）—詩と童話にふれながら北上と花巻の町を展望。
 - 宮守超苦鉄質岩体（宮守村）—蛇紋岩化された岩石等を遠望予定だったのをバスを路肩に止め採取。
 - 遠野市立博物館（遠野市）—遠野の自然とくらし・遠野語にふれる。
 - 上郷中学校入り口（遠野市）—公園を造っている岩石が釜石鉱山の結晶質石灰岩、スカルン鉱物と、大船渡博物館白土さんの説明。
 - 結晶質石灰岩体（住田町）—バスを走らせながら遠望。
 - シルル系川内層（大船渡市）—日本で初めてシルル紀の化石が報告された場所を見学。指定区域外の沢にて化石採集を試みる。宮古高校の千葉先生が花崗岩の説明。夜は宿で夕食はさみながら自己紹介、情報交換。
- 2日目（雨）：宿「海菜荘」8:00出発
- 大船渡市立博物館、穴通磯、碁石浜（大船渡市）—あいにく雨と霧で碁石岬から大船渡層群遠望できず。
 - 石炭系日頃市層（大船渡市）—運が良ければ三葉虫が見つかるころでしたが…。
 - 石炭系鬼丸層（大船渡市）—多数サンゴを発見、みなさんご満悦で帰えられたようです。

（文責 橋本博幸）



開会式風景



松川地熱発電所にて



日出島港「アンモナイト観察地点」



会長挨拶 閉会式挨拶

平成10年8月2日

平成10年度全国地学教育研究大会 日本地学教育学会第52回岩手大会宣言文

「美しくかけがえないこの地球を21世紀へ」を合い言葉に、日頃本学会は意欲的な実践と活動を進めています。この岩手大会では、「地学教育の原点をふり振り返りさらなる発展をめざす」をテーマとして、全国地学教育関係者が、日本の各地で積み重ねてきた地学教育の研究と実践について互いの情報を交換しさらに深め合うために盛岡に参集しました。

90年代は地球環境の時代であるといわれており、人々の地球に関する関心には大変高いものがあります。このときあって、児童・生徒の環境や環境問題に対する関心やそれらについての科学的な見方、考え方、知識、及びよりよい環境を創造しようとする意欲・態度等を一層高めるようにしなければなりません。

国際理科教育調査(TIMSS)の結果によれば、わが国では学年進行とともに「科学は楽しい」、「科学はやさしい」、「科学は生活に役立つ」、「将来科学的な仕事に就きたい」と思う生徒は大変少なくなっているという実態が判明しました。教育課程審議会のまとめが発表されて以来、学習指導要領の改訂作業が急ピッチで進められ間もなくそれが公表されるものと思われまます。

私たちは、先に述べたような実態を踏まえて、21世紀を担う児童・生徒に地球人として必要と思われる「自然に対する科学的な見方考え方」を育成するために地学教育の立場から以下のことを宣言します。

- (1) 地形、地質、気象、天体などについての体験的な活動の場を充実させるとともに、観察や実験を通して問題解決の能力や科学的表現力を一層高める工夫をする。

新しい教育課程では、観察や実験に十分な時間をかけ児童・生徒自らが問題を解決していけるような学習が行われることを求めています。地域の自然を調べる野外観察などの実施がこれまで以上に望まれます。

- (2) 理科授業における児童・生徒数の適正化と児童・生徒の科学的体験を促すための科学学習センターの充実を図る。

観察や実験あるいは野外学習などでは、教師の指導が十分行き届くためには一クラスの児童・生徒数を少なくすることが必要です。また、子どもたちの科学についての体験は、学校だけではなく科学学習センター等の施設やそこでの指導者による働きかけなども、生涯学習の観点から今後ますます重要になるものと思われまます。

- (3) 教師の自然体験・科学的体験の充実を図るための教育センター等の拡充を行うとともに、理科担当教員の研修・研究会への参加支援を行う。

昨今は教師自身がかかなり多忙であることも手伝って、野外における自然体験や調べる活動に携わることが激減していると思われまます。児童・生徒に自然に触れることの楽しさを伝えるためには、先ず教師自身が野外での自然体験を積むことが必要であり、そのような場がこれまで以上に提供されることが切に望まれます。

本学会でも、これらの体験や学習を支援するために、野外巡検や研究発表会・学会誌等を通して地学領域の指導展開に関する情報交換の場を充実するとともにその活動を一層活性化するように努めまます。

~~~~~  
学 会 記 事  
~~~~~

第3回常務委員会議事録

日時及び場所：平成10年10月5日(月)18:00～、
日本教育研究連合会 会議室

出席者：19名（以下50音順、敬称略）青野宏美、
加藤圭司、榊原雄太郎、渋谷 紘、下野
洋、高橋典嗣、高橋 修、坪田幸政、西川
純、根岸 潔、馬場勝良、濱田浩美、林
慶一、二上政夫、間々田和彦、松森靖夫、
水野孝雄、宮下 治、山崎良雄

議 題

1. 岩手大会の終了について
岩手臨時総会及び評議委員会の議事録の提示が事務局よりなされ、確認の後承認された。また、次年度へ向けて会則確認作業を下野・松川・山崎委員などの協力で進めることも承認された。
2. 平成11年度の大会について
鈴木盛久副会長を中心として、広島において平成11年8月25日～27日開催を目指し準備が整えられつつあることの説明が行事委員長よりなされ、承認された。
3. 平成12年度の大会について
平成12年に鹿児島、平成13年に千葉で開催する予定で交渉中であることが行事委員長より報告され、承認された。
4. 各種委員会について
各種委員会の現状について事務局から報告があり今後の業務について議論した。間々田和彦氏から行事委員辞退の申し出があり、審議の結果、高橋修氏と委員を交代することが承認された。
5. 入会者・退会者について
平成10年度入会者（平成10年7月7日～平成10年10月5日）：中澤美三（長野市立加茂小学校）
平成10年度退会者：古澤福生（山梨）、中村由博（埼玉）
6. その他
日学選書9の件につき、報告をうけて協議の結果、適切な論文の書き方について会員に研究者としての注意を喚起し、その徹底をはかるとともに、関連教育学会に報告することとなった。

報 告

1. 事務局移転について
事務局が千葉大学に移転したことの報告があった。
2. 各種委員会について
実践集編集委員会より、実践集が好評のため続編の出版を検討中であり、新委員を募集していることが報告された。大学入所センター検討委員会は昨年同様の活動をする事が報告された。地学教育第255号は予定通り発行準備が進んでいることが編集委員会より報告された。各種委員会の委員選出方法など今後も継続して検討することとなった。
3. 寄贈交換図書
平成10年7月から10月までに寄贈された図書について下記のように報告された。
4. その他
日本地学教育学会から文部大臣にあてた要望書に関して下野委員より説明があり、意見を交換した。

寄贈図書一覧

（平成10年7月7日から平成10年10月5日）
新地理 46-1 日本地理教育学会
平成9年度東レ理科教育賞 受賞作品集
第29回（財）東レ科学振興会
地質ニュース98-5 地質調査所
地質ニュース98-6 地質調査所
山口県立山口博物館研究報告 第24号
山口県立山口博物館
山口県の自然 第58号 山口県立山口博物館
第5回アジア学術会議報告書—科学者フォーラム— 日本学術会議
理科の教育 1998-8 日本理科教育学会
会誌 第34号 香川県高等学校教育研究会理科部
会生地部会
地上に星空を—プラネタリウムの歴史と技術—
裳華房
学校教育学研究論集 創刊号 1998（平成10年
10月）3月 東京学芸大学大学院連合学校教育学

研究科
人と自然 No. 8 1997 兵庫県立人と自然の博物館
Nature and Human Activities No. 2 1997
兵庫県立人と自然の博物館
地学研究 47-1 日本地学研究会
理科の教育 1998-9 日本理科教育学会
地学雑誌 107-4 (社)東京地学協会
科学技術教育 37-3 千葉県総合教育センター
地質ニュース 98-7 地質調査所

自然と社会—北陸— 平成10年 64号 富山地
学会
国立私立大学ガイドブック(入学者選抜方法一覧)
平成11年度版 大学入試センター
埼玉県立自然史博物館収蔵資料目録第11集
1998年昆虫(III)トンボ(1) 埼玉県立自然史博
物館
———ここより千葉大学に送付———
理科の教育 1998-8 日本理科教育学会

大学入試センター問題検討委員会の協力者の募集

日本地学教育学会事務局

例年、本学会では大学入試センターからの依頼により、大学入試センター試験問題への意見・評価を取りまとめてきました。本年も昨年同様に、広く全国の学会員から、ご意見・評価をお寄せいただきたく、その協力者を募集させていただきます。

協力者からお寄せいただいたご意見・評価をもとに、検討委員会で検討を加え、日本地学教育学会の意見・評価として取りまとめ、入試センターに送付する予定です。

要 項

1. 協力内容

試験実施後、事務局より送付されたセンター試験問題(地学 IA, IB 他)を検討し、その意見・評価を、郵便・ファックス・電子メールにより事務局へ送る。ただし、試験問題を送付してから意見・評価を取りまとめるまで1週間程度の時間しか確保できない。

2. 協力者募集締切

12月末日

3. 今後の予定

(1) 協力者の募集、協力者リストの作成。(12月未

締切)

- (2) 事務局からセンター試験問題(地学 IA, IB 他)を協力者に送付。(1月末日頃)
- (3) 協力者が問題を検討。(約1週間)
- (4) 協力者が意見・評価を郵送・ファックス・電子メールで事務局まで送付。(2月第1週末頃)
- (5) 検討委員会にて内容を検討。(2月第2週末頃)
- (6) 大学入試センターに意見・評価を送付。(2月第3週末頃)

4. 協力者申込先

〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町1-33
千葉大学教育学部地学教室内
日本地学教育学会事務局
大学入試センター検討委員会

5. 内容についての問い合わせ先

〒191-0021 東京都日野市石田190
東京都立日野高等学校 清水政義
Tel. 042 (581) 7123
Fax. 042 (581) 5835
E-mail: BXF00173@niftyserve.or.jp

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 卷 第 6 号

平成 10 年 11 月 20 日印刷

平成 10 年 11 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

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

編集委員会より

定例編集委員会は、9月19日(土)午後に開かれました。編集状況は原著論文2、教育実践報告1が受理されました。11月10日現在で昨年末の時点での投稿原稿数を下回っております。学会員の皆様からの多くのご投稿を期待しております。完成度の高い論文は、比較的早く出版されます。

投稿規定についてのお願い

第51巻第5号(1998年9月発刊)に最新の「編集についての細則」を掲載いたしました。原稿執筆の際に、ご利用下さい。

なお、手違いにより、1998年9月1日現在の会員名簿に、改訂前の投稿規定と原稿の書き方が掲載されてしまいました。

投稿先のお知らせ

学会誌「地学教育」への投稿その他編集に関することは、編集委員長の東京学芸大学の松川正樹宛にお願いいたします。

〒184-8501 東京都小金井市貫井北町4-1-1 東京学芸大学 理科教育学科内

日本地学教育学会 編集委員会 松川正樹 宛

FAX: 042-329-7544 E-mail: matsukaw@u-gakugei.ac.jp

EDUCATION OF EARTH SCIENCE

VOL. 51, NO. 6

NOVEMBER, 1998

CONTENTS

Original Article

- A New Experiment for Under-graduate Course Students: Measurement of Solar Constant with Solar CellKzuhito DOBASHI, Yoshikazu HAYASHI, Isao KIKUKAWA and Hirosh OHMURA...1~13

Report

- A Teaching about Cloud Observation with a Cloud Model Made of CottonYasushi SAKAKIBAA...15~19

Survey Report

- Weather Sections of Newspapers throughout the World
—Comparisons and Classifications of Various Kinds of Maps—
.....Hajime KUSAKA...21~29

Book Reviews (250, 256)

Proceeding of the Society (267~275)

Announcements (266)

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