

地学教育

第57巻 第1号(通巻 第288号)

2004年1月

目 次

原著論文

恒星の色と温度を体感させるデジタル分光カメラの開発

…………土橋一仁・菊池紘之・五島正光・濤崎智佳・森 厚・上原 準…(1~13)

教育実践論文

インターネット双方向天体学習の実践とその効果(I)

—中学校「地球と宇宙」単元の例—

……………林 武広・近藤惣一・鹿江宏明・匹田 篤…(15~23)

ネオジム磁石を利用した火山灰中の鉱物の簡易磁力選別……………川村教一…(25~31)

本の紹介(14)

お知らせ(32~33)

学会記事(34~36)

日本地学教育学会

263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33 千葉大学教育学部理科教育教室内

平成 16 年度日本地学教育学会総会開催案内

日本地学教育学会会長 下野 洋

下記により、平成 16 年度の日本地学教育学会総会を開催いたします。ご出席くださいますようお願いいたします。なお、やむを得ずご欠席の方は、同封の委任状に、ご署名・ご捺印いただき、平成 16 年 4 月 14 日（水）までに、学会事務局にご返送ください。

1. 日 時 平成 16 年 4 月 17 日（土）午後 1 時より
2. 場 所 東京都小金井市貫井北町 4-1-1 東京学芸大学 二十周年記念会館 2F（武蔵小金井駅よりバス小平団地行き「学芸大正門」下車徒歩 5 分）
3. 議 事
 - 1) 報告事項
 - ・平成 15 年度事業報告
 - ・平成 15 年度決算報告
 - ・平成 16 年度役員選挙結果
 - 2) 審議事項
 - ・平成 16 年度事業計画（案）審議
 - ・平成 16 年度予算（案）審議

地学教育フォーラム

行事委員会

本年度フォーラムでは、近年急速に開発が行われつつあるデジタルコンテンツの状況とその地学教育への活用方法について、ご講演をいただき、講演者を交えて活発な討論を行いたいと思っています。多くの会員の参加をお願いいたします。

1. 日 時 総会終了後 午後 2 時～午後 3 時
2. 場 所 総会会場
3. 講 演 慶應義塾一貫校理科（地学）グループ
「デジタルコンテンツを地学教育にどう利用するか」

日本学術会議・科学教育研究連絡委員会主催のシンポジウム開催について

1. 日 時 平成 16 年 3 月 16 日（火）13 時 30 分～16 時 30 分
2. 場 所 日本学術会議会議室（地下鉄千代田線乃木坂下車）
3. 内 容 「知の再構築」、「自立・創造」とかかわるテーマを設定中
（備考）参加費は無料

参加希望者は研究委員（下野）までご連絡下さい。

連絡先 E-mail: shimono@rapid.ocn.ne.jp

平成 16 年度全国地学教育研究大会
日本地学教育学会第 58 回全国大会

岡山大会 第二次案内

日本地学教育学会会長（前国立教育政策研究所次長） 下野 洋
全国大会実行委員長（岡山理科大学理学部教授） 野瀬重人

大会主題：21 世紀における新しい地学教育の創造

主催：日本地学教育学会
共催：岡山県高等学校教育研究会理科部会地学分
科会
後援（依頼予定）：文部科学省、岡山県教育委員
会、全国連合小学校長会、全日本中学校長
会、他
期日：2004 年（平成 16 年）8 月 20 日（金）～8
月 23 日（月）
会場：岡山理科大学第 10 学舎
〒700-0005 岡山市理大町 1-1

日 程

平成 16 年 8 月 20 日（金）
午前 開会式・学会奨励賞授与式
研究発表 I（分科会）
昼 ポスターセッション・販売
午後 シンポジウム
テーマ「小・中・高等学校における新しい地学教育の
展開」

夕方 懇親会
平成 16 年 8 月 21 日（土）
午前 研究発表 II（分科会）
記念講演「新しい博物館建設のためのモンゴル
恐竜発掘調査」林原自然科学博物館館長、石井
健一

昼 ポスターセッション・販売
午後 研究発表 III（分科会）
閉会式（午後 3 時予定）
平成 16 年 8 月 22 日（日）～23 日（月）
巡検（両コースとも定員は 30 名）
1 泊 2 日コース（22 日・23 日）
巡検 A 成羽地方（中生代三畳紀化石、古生代後期
化石、スカルン鉱物等採集）

日帰りコース（22 日）
巡検 B 備前地方（流紋岩、ロウ石鉱床、備前焼窯
元見学等）

大会参加要項

1. 大会参加費：4,000 円（平成 16 年 7 月 1 日（木）
までの事前申込み及び郵便振込の場合）
4,500 円（7 月 2 日以降の申込）
2,500 円（大学生・大学院生）
2. 懇親会：8 月 20 日（金）会費 5,000 円
（7 月 2 日以降の申込は 6,000 円）
3. 巡検費用：1 泊 2 日コース 20,000 円（後日精算）
日帰りコース 5,000 円（後日精算）
4. 参加申込締切：平成 16 年 7 月 1 日（木）
（これ以降も申込みはできますが、参加費が
4,500 円となります。）
5. 大会予稿集（含む巡検資料）の申込：平成 16 年 7
月 1 日（木）までに大会事務局に申し込んでくだ
さい。予稿集 1,500 円＋郵送料 310 円の郵便振
込をお願い致します。製本できしだいお送り致し
ます。

研究発表募集要項

1. 発表形式：オーラル及びポスターセッション分科
会は、小学校・中学校分科会と高等学校・大学分
科会の 2 分科会の 2 会場を予定していますが、状
況によっては変更することがあります。
2. 発表時間：オーラルの場合は、質疑を含めて 20
分の予定です。ポスター発表の説明は、昼休みの
1 時間 30 分の予定です。
3. 使用機器：OHP、液晶プロセクター
4. 発表申込締切：平成 16 年 4 月 15 日（木）必着
5. 予稿集原稿締切：平成 16 年 6 月 2 日（水）
予稿集原稿は上記の期日までに必ず郵送でお願い
致します。
〈送先〉〒700-0005 岡山市理大町 1-1 岡山理科
大学理学部野瀬研究室 野瀬重人

大会事務局

〒700-8530 岡山市津島中 3-1-1 岡山大学教育学
部草地研究室 草地 功 TEL 086-251-7641

E-mail: kusachi@cc.okayama-u.ac.jp

大会会場大学連絡所

〒700-0005 岡山市理大町 1-1 岡山理科大学理学部
野瀬研究室 野瀬重人 TEL 086-256-9662

E-mail: nose@dap.ous.ac.jp

(注) 事務局と会場大学が異なっているので注意してください。

参加及び研究発表の申込

上記の締め切り期日をご参考の上、「地学教育」に綴込みの用紙を使い、郵便またはファックスで下記まで申し込んでください。

〈申込先〉〒700-0005 岡山市理大町 1-1 岡山理科大学理学部応用物理学科 野瀬研究室 野瀬重人
TEL&FAX 086-256-9662

E-mail: nose@dap.ous.ac.jp

参加費等の送金

上記の締め切り期日をご参考の上、「地学教育」に綴込みの郵便振替用紙を使い、下記まで申し込んでください。懇親会費、巡検費用等は大会直前には返還しますので注意してください。

郵便振替 口座番号：01380-2-92430

口座名：日本地学教育学会

〈質問等があれば下記へ〉

〒700-8530 岡山市津島中 3-1-1 岡山大学教育学部草地研究室 草地 功 TEL 086-251-7641

E-mail: kusachi@cc.okayama-u.ac.jp

大会 HP アドレス <http://www.ous.ac.jp/info/chigaku/index.html>

**平成16年度全国地学教育研究大会・日本地学教育学会
第58全国大会岡山大会申込書**

申込日：2004年 月 日
 ◇参加申し込み (4000円、学生・院生は2500円) (締め切り：7月1日)

氏名	所 属
連絡先	[自宅] 〒 TEL: FAX: [勤務先] 〒 TEL: FAX: [e-mail]

◇研究発表申し込み (締め切り：4月15日) (予稿集原稿締め切りは6月2日です)

発表題目	
キーワード	

共同発表者名	所 属	共同発表者名	所 属
1		3	
2		4	

研究分野 分科会：小学校 中学校 高校・大学・一般
ポスターセッション その他
 使用機器 OHP 液晶プロジェクター
 (パソコンを使用する場合には、各自でパソコンをご持参下さい)

◇巡検・懇親会の申込 (締め切り：7月1日 定員に達した場合には受付を終了します)
懇親会 (5000円) 巡検Aコース (20000円*) 巡検Bコース (5000円*)
 ★：バス代・昼食・諸料金等の費用を含めた金額で、後日精算いたします。

◇振り込み金額	参加費 (4000円、学生・院生は2500円) (含予稿集代金)	円
(巡検参加希望者は下のA又はBを○で囲む)	懇親会 (5000円)	円
	巡検 コース (A : 20,000円 B : 5,000円)	円
	----- 合計金額	円

※申込書の該当箇所を記入し、□にチェックして郵送またはファックスで送付して下さい。

(申込先) 〒700-0005 岡山市理大町 1-1
 岡山理科大学理学部応用物理学科、野瀬研究室
 野瀬 重人 あて
 (tel & fax) 086-256-9662
 (E-mail) nose@dap.ous.ac.jp

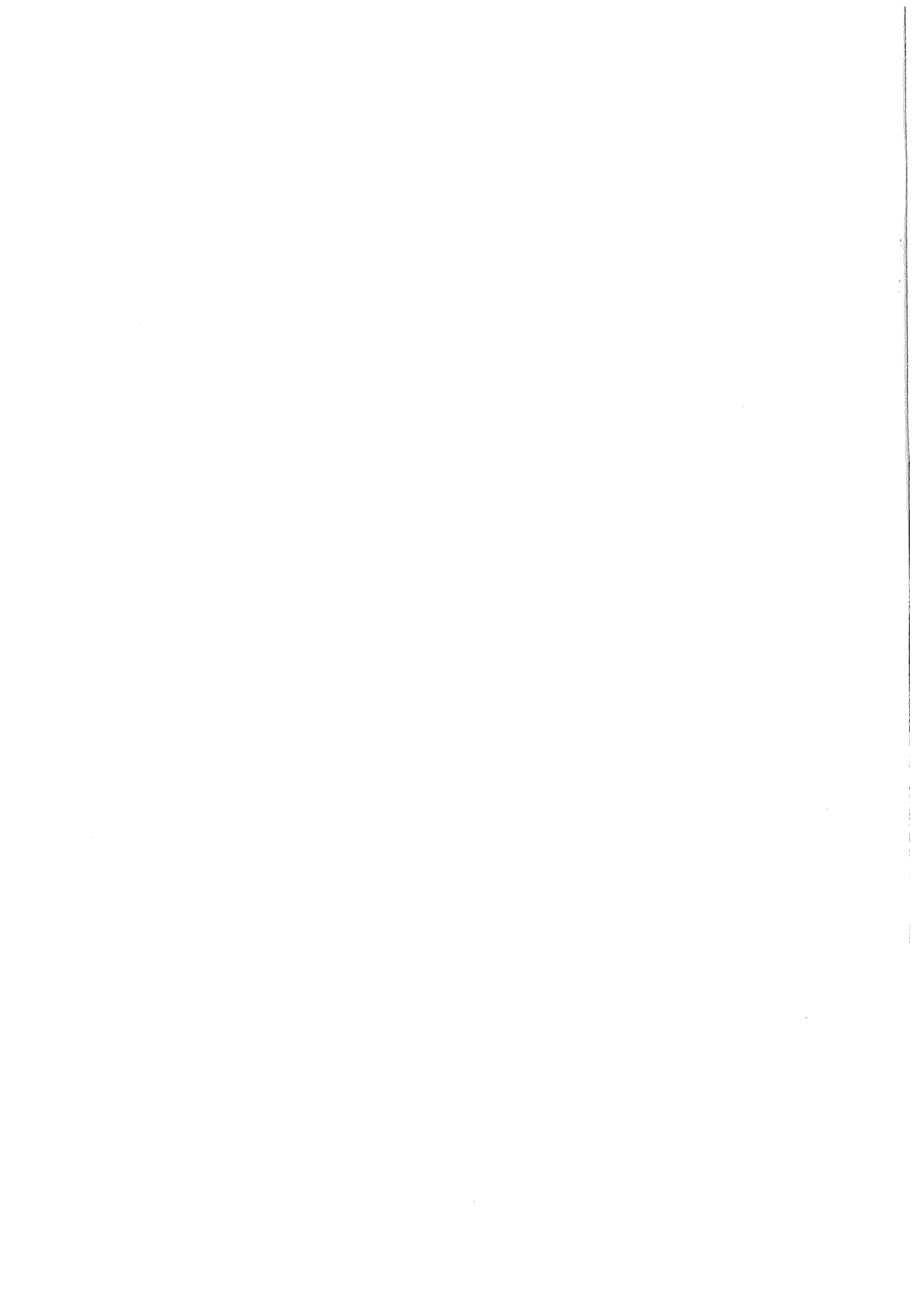
※申込書を送付後、代金を下記の郵便振替口座にご送金下さい。「地学教育」1月号に同封されている振込み用紙を利用し、申込内容を記載した上でご送金ください。
 口座番号：01380-2-92430 口座名称：日本地学教育学会
 ※7月2日以後の申し込みは、参加費4500円、懇親会費6000円となります。

予稿集のみの申し込み

申込者氏名 _____ TEL _____ () _____

送り先 〒 _____

	部数	金 額
大会予稿集 (一冊、1500円)		円
送料 (310円)		円
合計金額		円



恒星の色と温度を体感させる デジタル分光カメラの開発

A Spectrometer for Teaching Astronomy, Using a Digital Camera
Equipped with Replica Grating

土橋一仁*1・菊池紘之*1・五島正光*2・濤崎智佳*3・
森 厚*1・上原 隼*4

Kazuhito DOBASHI, Hiroyuki KIKUCHI, Masamitsu GOSHIMA,
Tomoka TOSAKI, Atsushi MORI and Hayato UEHARA

Abstract: We have developed a simple spectrometer for teaching astronomy. The spectrometer utilizes a digital camera and replica grating and can be fabricated easily and at low cost, without special knowledge of astronomy. In this paper, we describe an elementary school experiment using the spectrometer, i.e., assessing the spectroscopy of small lamps powered at different voltages. We show how children are able to determine the color, spectrum, and temperature of the lamps using the spectrometer, and how they can deduce, based on their experience, the relationship between color and effective temperature of fixed stars.

Key words: elementary school, simple spectrometer, fixed star, spectrum, digital camera, replica grating

1. はじめに

本論文では、児童に恒星の色と温度の関係を体験的に実感させるための分光器「デジタル分光カメラ」の開発について紹介する。恒星の色について教授する際、スペクトルという概念を学習者に持たせ、温度との密接な関係を認識させることは本質的に重要である。恒星からの光も含め、自然光には様々な波長の光が含まれている。プリズムや回折格子を通した光は各波長に分かれ(分光)、人間の目には虹色に映る。黒体放射の理論によれば、全ての物体は広い意味での光(電磁波)を発しており、その波長分布は物体の温度によって一意的に決まる。すなわち、低温の物体から発せられた光は長波長(色の「赤青」という感覚では赤側)に放射強度のピークを持ち、そのピークは高温の

物体ほど短波長(青側)に移る。ウィーンの変位則と呼ばれるこの現象を認識していれば、恒星の見た目の色が温度と密接に関係していることを理解するのは容易である。

自然界は豊かな色彩を持ち、しばしば見る者を感動させる。このことは、児童・生徒の理科に対する学習意欲を触発する上で、また精神的な豊かさ(情緒)を培う上で重要な役割を果たしている。

小学校の理科では、第4学年において恒星にも様々な色を持つものがあることを学ぶことになっている(文部省, 1999)。一見同じように見える恒星にもそれぞれ色があることを認識させることは、多感な時期を迎える児童に自然の多様性を実感させるのに役立つ。これを発展させ、知的興味をさらに引き出すためには、黒体の「色と温度の関係」をある程度説明した上

*1 東京学芸大学教育学部地学科 *2 巣鴨中学・高等学校 *3 県立ぐんま天文台 *4 桐朋中学・高等学校
2003年7月24日受付 2004年1月10日受理

で、恒星の色が何を反映しているのかを理解させる(気づかせる)必要がある。しかしながら、黒体放射の理論は高度かつ難解である。ウィーンの変位則やステファン・ボルツマンの法則など、黒体放射に関する一部の知識の学習は高校理科の地学の履修を待たねばならない(たとえば、松田ほか, 2003)。また、黒体放射理論の完全な理解は、学部レベルの熱物理学(たとえば、Kittel and Kroemer, 1980)の学習においてやっと得られる。

本研究では、黒体放射の詳しい理論に一切立ち入ることなく、児童に身近な光源や恒星の分光スペクトルを実際に取得させ、光が様々な色(スペクトル)から構成されていること、またスペクトルが温度によって変化することを体験として実感・理解させるための分光器の開発を試みた。「デジタル分光カメラ」と名付けたこの分光器は、市販されている普通のデジタルカメラに安価なレプリカグレーティングを取り付けたものである。類似する教育用分光器は昔から数多く作製されてきた(たとえば、高城, 1973; 茨木, 1984; 松永, 1988; 戸倉, 2000)。筆者の一人(濤崎)が勤務する県立ぐんま天文台でも、紙製の暗箱に1 cm 四方程度のレプリカグレーティングを貼付けた小型の分光器キットを、訪れる児童・生徒に配付している。また、比較的高度な取り組みとしては、レプリカグレーティングを天体観測用のCCDカメラに組み込み、波長校正まで施した事例が挙げられる(八巻, 2000)。

これら一連の教育用分光器に比べ、ここで紹介するデジタル分光カメラには、①視野が広いため光源と回折光を同時に撮影することができる、②現在広く普及しているデジタルカメラの活用により、データのパーソナルコンピュータへの取り込みや保存・加工が容易である、③低コストで誰でも容易に作製できる、などの特徴がある。回折光の見える方向は回折角の分だけ光源の方向と異なるため、小さな簡易分光器では、回折光を視野内に導入する際にある程度の熟練を要する場合が多い。ここで紹介するデジタル分光カメラでは、カメラを光源に向ければ分光スペクトルも同時に取得できる。

デジタルデータを直接取得できることは、単にデータ処理だけでなく、インターネット上での情報の開示や交換など、IT教育への応用も容易にする。計算機を利用した教育の重要性は、パーソナルコンピュータが一般に普及し始めた頃から指摘されていた(たとえば、宮脇, 1990)。IT時代を迎えた今日、インター

ネットでアクセスできる教育資源の作成や、インターネットを通信手段とした理科教育の試みが盛んに行われている。我々のこのような教育活動の一部については、上原ほか(2002)および五島ほか(2002)を参照されたい。これらの活動において、教員や学習者は単なる情報の受け手に留まることが多く、外部に向かって自ら広く情報を発信することは極めて少ない。理科教育の取り組みや得られた教育効果に関する情報を自発的に発信することは、他者の参考になるだけでなく、教員や学習者自身の励みにもなる。ここで紹介するデジタル分光カメラが、教員や学習者からの有益な情報発信を促す一助になればと考える。

この教材の開発にあたっては、特に小学校の授業で実際に活用できるよう、作製手順の簡略化と低コスト化について工夫した。レプリカグレーティング以外の部品には紙コップなどの日用品を用いることにし、天文学に関する特別な経験や知識のない教員でも簡単に作製することができるよう配慮した。以下の第2章では、回折格子(グレーティング)による分光の原理について簡単に述べた後、このデジタル分光カメラの作製手順について紹介する。また、この分光カメラを用いて撮影した身近な光源(豆電球・蛍光灯)や恒星の分光写真を第3章に示し、個々に解説する。続く第4章では、特に小学校第4学年における授業を想定した指導案を例示し、この分光器の教育効果について考察する。さらに、中学校や高校での活用の可能性についても言及する。本論文のまとめを、第5章に示す。

2 デジタル分光カメラの作製

2.1 レプリカグレーティングと回折格子の原理

回折格子(グレーティング)はガラス材の上に一定間隔の溝を刻んだものであり、金属の反射膜を蒸着させた反射型と、光を通過させる透過型がある。レプリカグレーティングはガラス材の代わりに透明で薄いポリエステルなどを用いたものである(図1)。耐久性や精度には問題があるものの、レプリカグレーティングは安価で容易に加工できるため(はさみやカッターナイフで細工できる)、理科の教材として学校教育や社会教育の現場でしばしば利用される。

回折格子の分光原理は直感的に分かりやすく、これを取り扱う高校物理程度の教科書や参考書も多い(たとえば、兵藤ほか, 2003)。回折格子の種類や回折理論の詳細は他書に譲り(たとえば、松村, 1983; 末田, 1990)、以下では回折格子による分光の原理について

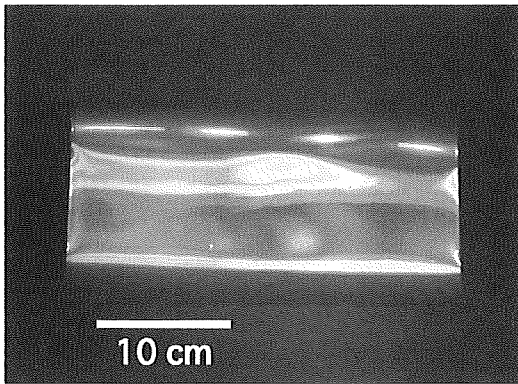


図1 使用したレプリカグレーティング

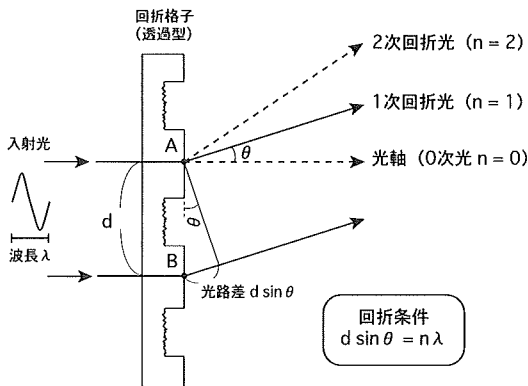


図2 回折格子による分光の原理

簡単に述べることにする。

図2は回折格子（透過型）の一部を拡大した模式図である。今、図の左側から波長 λ の光が回折格子に垂直に入射するものとする。回折格子の溝の部分では光は不均一な出射面により散乱されるが、溝を刻んでいない平坦な部分では位相の揃った光がホイヘンスの原理に従い出射する。ここで、入射光と θ の角度を成す方向に出射した光について考える。図の点Aから θ 方向に出射した光と、図の点Bから出射した光には、回折格子の溝の間隔（図の線分ABに等しい）を d とすると、 $d \sin \theta$ の光路差がある。この光路差が $n\lambda$ (n は整数) に等しくなる角度 θ の方向では光が強め合い、回折光が現れる。整数 n が1の場合を1次回折光、2の場合を2次回折光という。入射光がそのまま透過した（光軸に沿った）ものは、数式上 $n=0$ に相当するので、0次回折光という。また、図では1次および2次回折光を1つずつ図示したが、実際には θ 方向と同様に $-\theta$ 方向（図示した回折光と光軸対称の方向）にも回折光が現れる。

2.2 部品の作製と組み立て

表1にデジタル分光カメラを作製するために必要な物品と工具を示す。星の撮影を行うため、ここではデジタルカメラとしては最長2分までの露出が可能でCASIO QV-4000を導入した。同様のバルブ機能

表1 部品一覧

部品および工具	規格、数量、価格、使用目的等
デジタルカメラ	CASIO QV-4000, 1台, 実売価格約 55,000 円
レリーズシャッター	CASIO WR-3C, 1本, 4,800 円
三脚	カメラ固定用
レプリカグレーティング	格子定数 530 本/mm, 152×304 mm, 3,000 円 (2枚入), 中村理科より購入 (型番 D20-1838)
紙コップ	3個 (ピンホールとスリットも作成する場合には5個)
アルミホイル	10×10cm (ピンホール用とスリット用に各1枚)
輪ゴム	1, 2本
墨汁	紙コップ塗装用
木工用ボンド	レプリカグレーティング固定用
カッター, はさみ	紙コップ加工用
セロハンテープ	アルミホイル固定用
針	ピンホール作成用
剃刀	スリット作成用
厚紙	10×10cm, スリット作成用

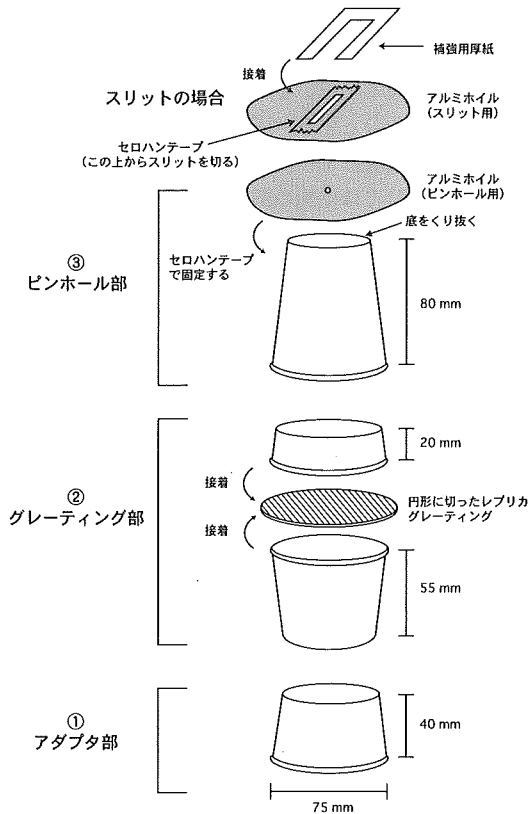


図3 部品の組み立て

のあるものであれば、他の機種でも差し支えない。星などの微弱な光源を写す場合には、レリーズおよび三脚も必要である。

分光カメラの心臓部ともいえる回折格子としては、中村理科より販売されているレプリカグレーティングシート（15×30 cm のものが2枚入で3,000円）を購入した。その他に必要な材料は、紙コップ、輪ゴム、墨汁である。ピンホールやスリットを作製する場合には、アルミホイルや厚紙も必要となる。使用する工具はカッター、はさみ、針、および剃刀である。加工した部品を接合するために、木工用ボンドとセロハンテープも使用する。

以上の材料や工具を揃え、デジタルカメラに取り付けるためのアダプタ型のグレーティングを作製する。図3に作製手順を示す。図3および以下の文章で述べる紙コップ等の寸法は実際に我々が用いたものであるが、読者が作製する際にはこれらの寸法にこだわる必要はない。使用するデジタルカメラに合わせて、適宜変更された。

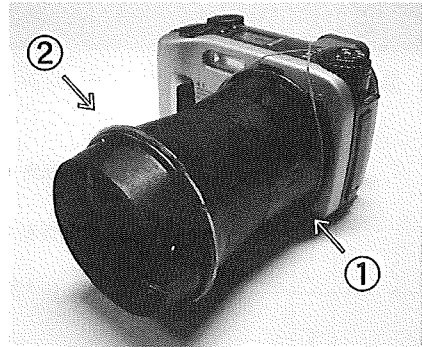
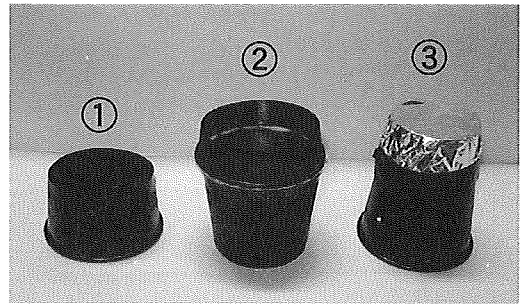


図4 分光装置の部品(上)とデジタルカメラに装着した様子(下)。

①はカメラへのアダプタ部、②はグレーティング部、③はピンホール部。

まず、縁から40mmの部分を残し、紙コップの底をカッターナイフ（またははさみ）で切り取る（図3の①）。この部分がカメラにグレーティングを取り付けるためのアダプタになる。次に、紙コップの大きさに合わせて、はさみでレプリカグレーティングを円形に切り取る（直径約80mm）。レプリカグレーティングは手で直接ふれると汚損したり溝が壊れたりするので注意が必要である。ピンセット等で端をそっと持ちながら加工するとよい。底の部分を切り落とし高さを55mmおよび20mmに揃えた紙コップを1個ずつ用意し、円形のグレーティングシートを挟むようにして木工用ボンドで接着する（図3の②）。これがグレーティングの部分になる。最後に、ピンホールを作製する。紙コップの底をカッターナイフで切り落とし、適当な大きさ（直径13cm程度の円）に切ったアルミホイルをかぶせ、セロハンテープで固定する。アルミホイルの中心に針で小さな穴を開ければ、ピンホールが出来上がる（図3の③）。針穴の代わりに剃刀で細長い切り込み（幅0.2mm程度以下）を入れると、スリットを作ることでもある。この場合、加工し

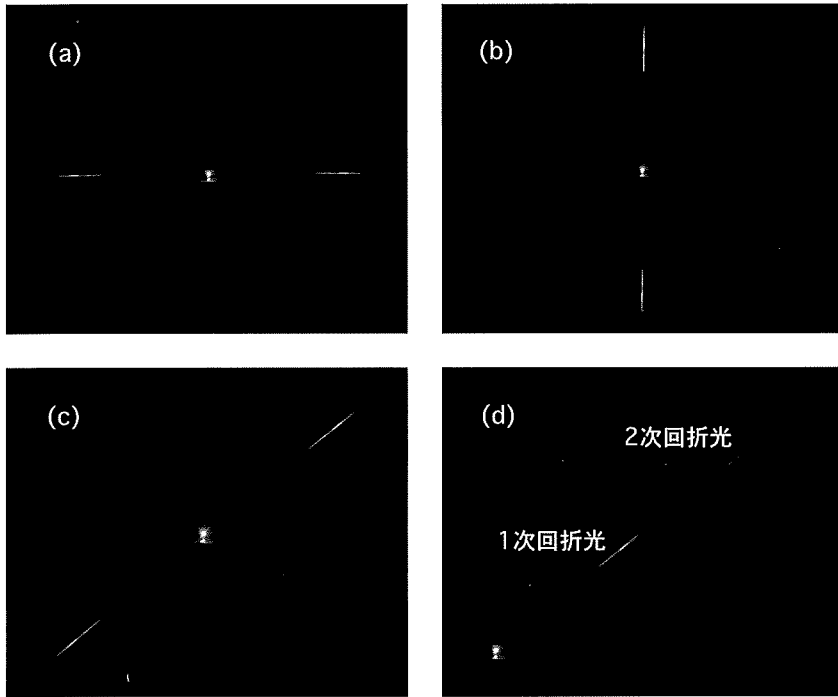


図5 スペクトル画像の例

(a)~(c) グレーティング部を45°毎に回転して撮影した豆電球の1次回折光。(d) 光源を視野の隅に置くと、2次回折光まで撮影できる。

やすいように、紙コップに取り付ける前のアルミホイルにセロハンテープを貼り、その上から定規を使って切ると良い。また、紙コップに取り付けるとスリットがひしゃげるので、細長い「コの字」形に切った厚紙をスリットに接着し、補強しておく(図3の上部)。

使用する全ての紙コップは、レプリカグレーティングやアルミホイルを取り付ける前に、必要な大きさに切った時点で墨汁を塗りよく乾かしておく。墨汁を塗るのは余計な迷光を防ぐためである。1回の塗装では十分ではないので、もう1度か2度塗装し、乾燥させることが望ましい。

作製した部品のうち、スリット部以外のアダプタ部、グレーティング部、およびピンホール部を図4の上段に示す。図4下段のように、紙コップの縁のくびれた部分に輪ゴムをたすきかけをする要領で、アダプタ部をデジタルカメラに取り付ける。紙コップで作製した部品は軽量なので、1本か2本の輪ゴムで十分固定できる。次に、アダプタ部の先にグレーティング部を取り付ける。この部分は軽くねじ込むだけで良い(摩擦だけで適度に固定される)。さらに、グレーティング部の先端には必要に応じてピンホール部やスリッ

ト部を取り付ける(これもねじ込むだけで、接着する必要はない)。こうして、デジタル分光カメラが一通り完成する。

2.3 デジタル分光カメラの特徴

デジタルカメラ以外の部品については、ごく低価格で分光器を作製することができた。レプリカグレーティングのみ3,000円程度のコストが必要であるが、その他の部品・材料は紙コップ等、安価に入手できる日用品ばかりである。一方、他の簡易分光器と同様、精度や分解能に関してはあまり期待できない。また、紙コップを用いているため加工は容易であるが、その反面、脆弱であるというデメリットもある。

レプリカグレーティングを用いた従来の教育用簡易分光器は小型でスリットを先端に配置したものが多く、回折光を観察するためには視点を光源から回折角の分だけずらさなければならない。このため、回折光の導入にはある程度の熟練が必要である。ここで作製したデジタル分光カメラは視野が広く(最大約50°)、光源と回折光を同時に撮影することができるので、回折光を視野内へ導入することは極めて容易である。また、得られる画像はカラー写真なので、スペクトル中

の「赤」に相当する波長は文字通り赤く、「青」に相当するものは青く写る。これは、スペクトルという概念をまだ学習していない児童に、スペクトルそのものや、スペクトル上での色（赤、青）の位置を理解させるのに有効である。

フィルムカメラにレプリカグレーティングを取り付けた教材はすでに紹介されているが（茨木，1984），本研究のようにデジタルカメラを導入すれば，パーソナルコンピュータへのデータの取り込みや，拡大・縮小等の加工が用意にできる。また，インターネット上でのデータの公開や交換等，IT教育への応用も容易となる。

本研究で開発した分光器では，グレーティング部とアダプタ部が接着されていないため，カメラに対してグレーティングを自由に回転させることができる。光源と回折光の関係をデジタルカメラのモニターで確認しながらグレーティングを回転させれば，グレーティングに不慣れな学習者に，グレーティングの回転角と回折光がどのような関係にあるのかを直感的に理解させるのに役立つ。

図5aに，暗い部屋で豆電球を撮影した場合の例を示す。写真中央の豆電球の左右に1次回折光が見える。レプリカグレーティングを90°および45°回転させた場合の写真がそれぞれ図5bおよびcである。回転角に応じて，回折光の写る位置も変化していることが分かる。また，光源を視野の隅に置くと，2次回折光まで撮影することもできる（図5d）。

完成したデジタル分光カメラを用いて，我々は電球や蛍光灯等の身近な光源や，恒星の撮影を試みた。得られたスペクトルのいくつかを，次章にまとめる。

3. スペクトルの例

3.1 身近な光源のスペクトル

ここでは身近な光源とそのスペクトルの例として，豆電球，2種類の蛍光灯，および太陽光を紹介する。これらは学校教育の現場で簡単に準備できるものである。特に豆電球は，乾電池との組み合わせ（直列，並列）により黒体としての有効温度を容易に変化させることのできる便利な教具である（白熱電球と異なり大掛かりなスライダックなどが不要である。事故の危険も少ない）。また，豆電球に触れさせることにより，色と温度の関係を児童に体感させることもできる。

乾電池（1.5 V）を3個と豆電球（ソケット付き）を3個用意する。豆電球2個を直列に接続し，1個の乾電

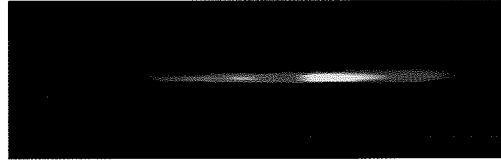
池につなげる。1個当たり0.75 Vの電圧がかかった豆電球は弱々しく光り，赤みがさした色をしている。電球のフィラメントの正確な温度は分からないが，電球部分に触れてもほとんど熱を感じない。この時の豆電球をデジタル分光カメラで撮影した写真を，図6の最上段に示す（図6には左側に光源，右側にそのスペクトルを並べた）。次に，豆電球1個と，2個の乾電池を直列につなげる。豆電球には3 Vの電圧がかかり，明るく輝く（図6の2段目）。色は白っぽく，電球に触れると熱く感じる。両者のスペクトルを比較すると，暗くて赤っぽい豆電球には赤い部分が多く，明るくて白っぽい豆電球には青い部分が多く見られる。このような実験を授業で実践すれば，波長の概念のない児童でも，①光は赤，緑，青などの様々な色の光がまざってできていること，②全体として赤っぽく見える光には赤い光が多く含まれ，青白っぽい光には青い光が多く含まれること，③物体（豆電球）が発光するときには，その色と温度に関係があること，などを体験として認識できる。これらを認識させ，かつ恒星の色がその表面温度を反映していることを連想させるための指導案を，次章において例示する。

光には豆電球のような連続波だけではなく，輝線もある。最も身近な輝線の例の一つは蛍光灯である。図6の3段目に，机上で使用する蛍光灯スタンド（安価な蛍光灯）のスペクトルを示す。蛍光灯は文字通り蛍光（高いエネルギー準位に励起された粒子が，低いエネルギー準位にゆっくり遷移する時に発せられる特定の波長の光）で輝いている。しかしながら，比較的高価な蛍光灯では，自然光に近いスペクトルを実現するための工夫が施されている。図6の4段目に，このような蛍光灯の例を示す（室内照明用の蛍光灯）。「自然光に近い光」とは，輝線のみならず，図6の最下段に示した太陽光や前述の豆電球のように，主に連続波で輝いているという意味である。

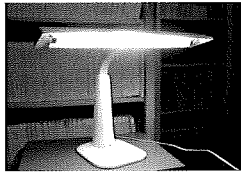
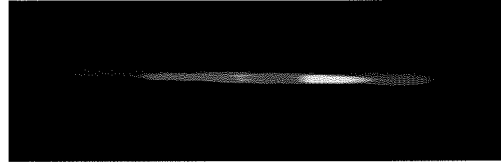
実際に太陽を分光した例を図6の最下段に示す。太陽光のスペクトルは，明るい場合の豆電球（2段目）に似ている。また，蛍光灯（4段目）から輝線の部分を除いたスペクトルに近い。我々が撮影した太陽光のスペクトルには，赤と緑の境界部分に暗線が見られる。これは，主にデジタルカメラの赤と緑のフィルターの帯域が十分重複していないために生じたものであると思われる。しかし，フラウンホーファー線の一つであるナトリウムD線（D1 589.6 nm，D2 589.0 nm）と大気水蒸気の吸収線もこの波長付近に現れるはずであ



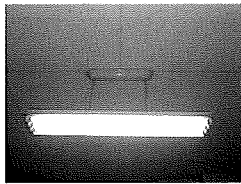
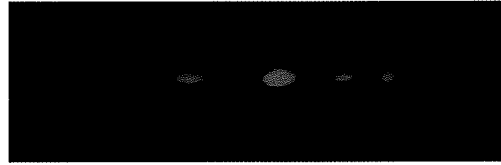
電球 (電圧0.75V)



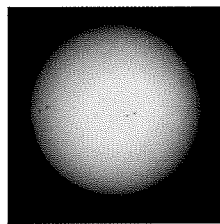
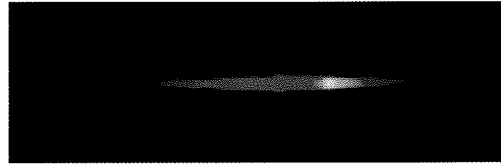
電球 (電圧3V)



蛍光灯スタンド



蛍光灯



太陽

G2型
5,780 K

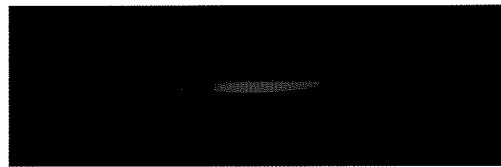


図6 身近な光源のスペクトル

る。これらの吸収線も暗線に寄与しているものと考えられる。また、一般に太陽スペクトルでは最も目立つ吸収線の一つである水素のスペクトル線 $H\alpha$ (656.3 nm) は、図に示したスペクトルでは確認できない。これは、波長分解能が低いこととカメラの赤色側の感度が低くなっていることが原因であると考えられる。ピンホール径を小さくする等、波長分解能を向上させる工夫を行えば、水素の吸収線のほか、鉄 (Fe) の吸収線

を撮影することも可能かもしれない。

なお、実際に読者が太陽のスペクトルを取得するには、太陽光を直視しないよう、十分に注意して頂きたい。スペクトルの色合いは多少ずれるが、直射日光でなくても、ピンホールやスリットを用いて窓から外の景色を撮影すれば、同様のスペクトルが得られる(空でも良い)。

図6に示した一連のスペクトルのうち、豆電球はグ

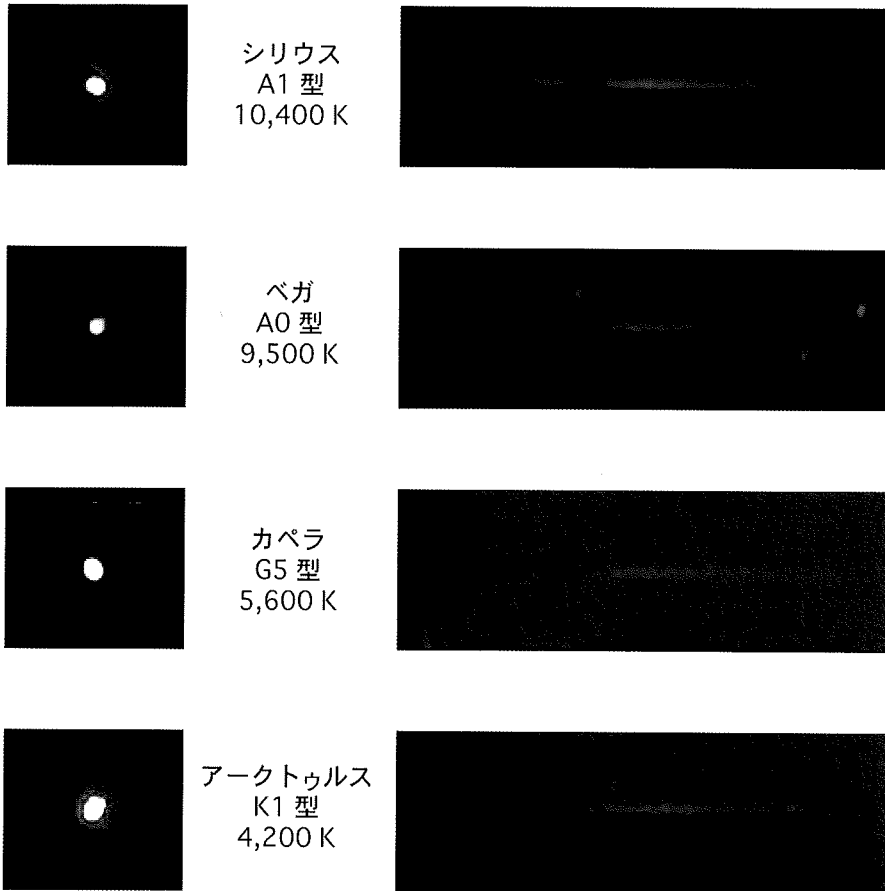


図7 恒星のスペクトル

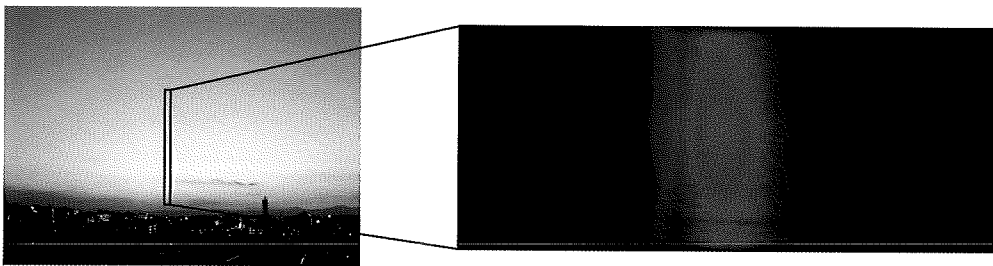


図8 夕焼け空のスペクトル

レーティング部のみを使用して撮影し（図4の下段の状態）、その他のスペクトルについてはピンホールを用いた。各写真の露出時間や撮影条件を、表2にまとめる。

3.2 恒星のスペクトル

デジタル分光カメラを用いて、我々は様々な恒星の撮影を試みた。撮影には通常のカメラ用三脚を用い、

20秒～2分の露出を行った。導入したデジタルカメラではこれ以上の露光ができないので、1等星の中でも特に明るいものについて撮影を行った。スペクトルを見やすくするために、シリウス以外の恒星については、パーソナルコンピュータに画像を転送した後、アドビ社のフォトショップ（画像加工用のソフト）で補正を施した。色と温度の関係を示す教材を念頭にお

表 2 取得したスペクトルの例

光源	露出時間 [秒]	掲載図	コメント
豆電球 (低電圧)	5	図 6	印加電圧 0.75 V 暗くて赤っぽい (低温)
豆電球 (高電圧)	1/1000	図 6	印加電圧 3 V 明るくて白っぽい (高温)
蛍光灯スタンド	1/40	図 6	卓上の電気スタンド (蛍光灯) ピンホールを使用
蛍光灯	1/200	図 6	部屋の照明用の蛍光灯 ピンホールを使用
太陽	1/1000	図 6	G2 型 5,780 K § ピンホールを使用 (直視は危険なので、窓から外を撮影しても良い)
シリウス	50	図 7	A1 型 10,400 K §
ベガ	120	図 7 §	A0 型 9,500 K §
カペラ	60	図 7	G5 型 5,600 K §
アークトゥルス	20	図 7	K1 型 4,200 K §
夕焼け空	3.2	図 8	スリットを使用 #

絞りは全て F=2.0

§: スペクトル型と有効温度. 理科年表 (国立天文台編, 2002) による. 連星については主星のものを示した. カペラの有効温度は理科年表に実測値の記載がないので, G5 型星の標準的な有効温度を掲げた. 太陽は東京都小金井市にて 2003 年 2 月 4 日に, シリウス等の恒星は同年 2 月 7 日夜から 8 日未明にかけて山梨県高根町にて撮影した.

§: 図 7 のベガのスペクトル写真の露出時間は 120 秒であるが, 星像写真のそれは 20 秒である.

#: 東京学芸大学自然科学研究棟屋上 (東京都小金井市) にて 2003 年 3 月 3 日撮影.

いているため, 補正はレベル補正 (表示するカウント値の範囲を変更する) のみを行った. 撮影は主として光害の少ない山梨県高根町の田園地帯で行ったが, 東京でもシリウスやベガなど, 明るい恒星ならスペクトルを十分取得できることを確認した.

取得したデータのうち, 様々な表面温度 (有効温度) を持つ 4 個の 1 等星のスペクトルを図 7 に示す. 図の左側に星像を, 右側にスペクトルを配置した. 図中に示した各恒星の名称やスペクトル型は理科年表 (国立天文台, 2002) による. この図を見ると, 温度の高い星 (たとえば, シリウス) は見かけの色が青白く, スペクトルにも青が強く出ていることが分かる. 一方, 温度の低い星 (アークトゥルス) は見かけの色が赤く, スペクトルでも青の部分が弱くなっている. 児童に星の色について説明する時, 豆電球を用いた室内実験の結果と照らし合わせながらこのようなデータを例示すれば, 恒星の色が表面温度と密接に関係していることを, より効果的に理解させることができる.

3.3 散乱光と夕焼け

自然界の色は発光によるものばかりではなく, 光が物質により反射, 散乱, および吸収される場合の波長

依存性にもよる. ここでは身近な例として, 赤い夕焼け空について紹介する.

図 8 に, デジタル分光カメラで撮影した夕焼け空 (図 8 の左) と, その分光スペクトル (右) を示す. 図に示すように, 写真中央付近に縦長のスリットをあてて分光スペクトルを取得した. 図 6 および図 7 に示した光源 (発光) の場合とは異なり, 空の色の変化は太陽光が地球大気 (分子や塵) により散乱されることに関係している. 散乱される光の量は, 光が通過してくる経路に含まれる大気が多いほど, また波長の短い光 (青) ほど大きい (レイリー散乱). 太陽の高度が低い時ほど光が通過してくる経路が長くなる (すなわち光を散乱する大気が増える) ため, 短波長 (青) の光がより多く散乱され, 散乱を受けにくい長波長の光 (赤) が相対的に卓越する. このため, 夕焼け空は地平線に近づくほど赤く見えるのである.

4. 学校教育における活用

本研究では, 開発の当初から小学校の天文分野に分光画像を導入し, 児童に分光の概念を持たせることを目的とした. それは, ウィーンの法則を体験として会

表3 小学校指導要領（平成10年告示）「理科」における天文分野の内容

	天文分野の項目	特に関わりを持つ項目
第3学年	日陰の位置の変化や、日なたと日陰の地面の様子を調べ、太陽と地面の様子との関係についての考えを持つようにする。	光、エネルギー
第4学年	月や星を観察し、月の位置と星の明るさや色及び位置を調べ、月や星の特徴や動きについての考えを持つようにする。	光と電流の関係
第5学年	(無し)	物質とエネルギーについてのものづくり学習
第6学年	(無し)	燃焼の仕組み ものづくり

得させてしまえば、恒星の色が表面温度を反映していることに気づかせることも容易であると考えたからである。天文分野に限らず、色と温度の関係は自然界の重要な法則である。これを児童に気づかせることは、児童の理科に対する興味を促す上で有効である。特に発展的な学習が奨励されている現在、ここで開発したデジタル分光カメラのような教材・教具の社会的需要は、今後ますます増加するものと思われる。

これまで、小学校で分光画像を取り上げた例は、我々の知る限りないようである。したがって、本教材の小学校理科での利用価値は、実際の授業で活用されることにより初めて明らかになると思われる。これまでの小学校での指導事例や我々の指導経験から、次のような授業展開が可能だと考えられる。

4.1 小学校における指導例

小学校の指導要領における天文分野の項目を見ると、表3に示すように、3年生の「太陽」および4年生の「月や星」がある。我々は今回開発した教材を小学校第4学年「月と星」に位置付け、表4に示す学習指導を計画した。ここでは、児童に最低限グレーティング部(図4上段の②)を授業中に配付することを想定している(記録用のデジタルカメラは必ずしも必要ではない)。

この指導案の中心部分は展開2にある。高低2種類の電圧を印加した豆電球の表面温度の違いを体感させ、異なる温度におけるスペクトルの違いを実際に観察させる。この活動を通して、児童たちに表面温度(正確には豆電球のフィラメントの温度)とスペクト

ルに関係があることを、明確に認識させることが重要である。この結果を手がかりとして、次の展開3で恒星の色と表面温度に関係のあることを推測させる。

以上は、理科や天文に高度な経験のない教員でも無理なく取り組める現実的な指導案の一例である。もちろん、豆電球と乾電池の代わりにスライダック付きの白熱電球を導入したり、ネオンランプ等の輝線スペクトルを児童に体験させることも可能である。活用する教員の力量次第で、様々な発展が可能であろう。

4.2 期待される教育効果

天文分野での指導の難しさとして、教室内で実物を提示できないことや、天体の多くは夜間でないと観察させられないことを挙げるができる。本教材の活用においても、恒星のスペクトルは事前に教員が撮影するか、本論文に添付した画像(図7)を利用することが現実的である(児童に夜間恒星の分光スペクトルを撮影させることまでは想定していない)。しかしながら、我々に最も近い恒星である太陽の撮影は、通常の授業時間内でも十分行える。また、実物でないとは言え、授業時に行わせる豆電球の分光観察は、天文学者の行う恒星の分光観測(定金ほか、2003)と等価な作業である。それゆえ、授業者が学習者に対して十分に興味づけ・動機づけを与えれば、学習者の知的興奮は大きいと予想される。

本教材は、小学校と同様に中学校・高校でも、恒星の色と表面温度の関係を指導するための教材として活用することができる。簡易分光器の作製方法を載せている高校地学Iや物理Iの教科書もあるが(たとえば、

表 4 学習指導案 (例)

	教師の言動	ねらい・留意点
導入 (5分)	<ul style="list-style-type: none"> ・星座や星を観察した経験を想起させる。 ・星座の写真を提示し、色の違いに注目させる。 ・「この時間は、星の色がどうして違うのかについて考えます。」 	<p>星座の写真は教科書に載っているものでよい。</p> <p>本時の主題の提示</p>
展開1 (10分)	<ul style="list-style-type: none"> ・グレーティングを配る。 ・スペクトルの見え方を問う。 ①自然光 (窓外の空や景色) ②蛍光灯 (教室の天井のもの) 	<p>光がいくつもの色の集まりであることに気付かせる。</p> <p>①の自然光では連続的に見えるが、②の蛍光灯では輝線が見える。</p> <p>※ピンホール等を適宜用いるとよい。</p>
展開2 (15分)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 豆電球と乾電池を児童に見せ、つなぎ方の違いを強調する。 ①豆電球2個, 乾電池1個を直列 ②豆電球1個, 乾電池2個を直列 2. 双方の豆電球に触らせ、温かさの違いに気づかせる。 3. 双方のスペクトルを観察させ、違いを問う。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 直列つなぎの理解が不十分でも、温かさの違いがわかればよい。 2. 全員に触らせることが難しければ、代表の児童に触らせ、感じたことを全員にわかるよう話させる。 3. スペクトルの青い部分の違いに着目させる。
展開3 (12分)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 星の分光写真を見せる 2. 展開2との類似点を問う。 3. 星の色と(表面)温度の関係を問う。 	<p>※展開2にすぐに戻れるよう豆電球・乾電池をそのまましておく。</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. スペクトルの青い部分の違いに着目させる。 3. 青い星の(表面)温度が高く、赤い星の(表面)温度が低い。 <p>※表面の温度であることを強調しなくてよいが、具体的な表面温度(数値)については、資料を基に補足する。</p>
まとめ (3分)	<ul style="list-style-type: none"> ・「星の色と温度に関係がありますね」 ・グレーティングの回収 ・「さあ、今夜星を見てみましょう。そして、色の違いに気をつけてみましょう」 	<p>星空観察への動機付け</p>

松田ほか, 2003; 兵藤ほか, 2003), 本研究で紹介したデジタル分光カメラのように、カメラへの取り付けが可能なアダプター型の分光器を学習者に作らせ、画像データを取得させる発展的な教育活動も考えられる。また、天文学のほかにも、炎色反応の分光観察や水素の H α 輝線の観察など、物理学や化学の学習への応用も期待される。

5. ま と め

本論文では、小学校理科の天文分野で活用できる簡易分光器「デジタル分光カメラ」の開発について紹介した。回折格子としてレプリカグレーティングを導入し、グレーティングホルダーやピンホールなどの作製には紙コップを利用した。このため、この教材には、安価かつ容易に作製ができ、またパーソナルコン

ピューターへの画像の取り込みや加工も簡単にできる, といった特徴がある。

本論文で紹介したデジタル分光カメラを利用して豆電球等の身近な光源のスペクトルを学習者(児童)に取得させ, 恒星のデータと比較すれば, 恒星の色がその表面温度を反映していることに気づかせることができる。また, 中学校・高校における理科教育での活用も可能である。本論文では, 身近な光源や恒星のスペクトルを読者がそのまま利用できるように, 幾つかの光源について分光データを掲載した。さらに, 実際の授業で活用しやすいよう, 小学校第4学年用の指導案も例示した。ここで紹介した教材が, 初等教育の現場で普及することを望む。

謝辞 本研究を進めるにあたり, 東京学芸大学の学生の皆さんに有益な意見や提案を頂きました。また, 県立ぐんま天文台からは, 我々が太陽スペクトルを撮影した当日の太陽画像を頂きました。ここに感謝致します。

引用文献

- 茨木孝雄(1984): 工作による天体観測. 村山定男(監), 伊藤昌市・西城恵一(編), 共立出版, 東京, 127-131.
- 上原 隼・土橋一仁・神鳥 亮・佐藤文男(2002): Digitized Sky Survey を利用した暗黒星雲博物館の作成. 地学教育, 55, 13-22.
- 国立天文台編(2002): 理科年表平成15年(机上版). 丸善, 東京, 119-120.
- 五島正光・千頭一郎・縣 秀彦・柴田直人・畠中 亮(2002): 計算機ネットワークに支援された高校天文教育—国立療養所南九州病院でのHOUを事例として—. 地学教育, 55, 75-79.
- 戸倉則正(2000): 分光器とスペクトルに関する教材の紹介. フォーラム理科教育, 2, 29-36.
- Kittel, C. and Kroemer, H.(1980): Thermal Physics. 熱物理学(山下次郎・福地 充訳, 1983), 丸善, 東京, 71-94.
- 定金晃三・乗本祐慈・松岡友和・大久保美智子・木村佳代・清水智美・久形陽子・安部麻衣子・後藤百美子・潰滝 茜・平田龍幸・栗野諭美(2003): 恒星スペクトルデジタルアトラスの作成. 天文月報, 96, 392-398 (波長帯は限られているが, 国立天文台岡山観測所により取得された明るい恒星のスペクトルが教育用として公開されている. URL <http://www.oao.nao.ac.jp>)
- 高城武夫(1973): 天文教具. 恒星社厚生閣, 東京, 207-209.
- 兵藤申一・福岡 登・植松恒夫・釜江常好・斉藤晴男, 高木堅志郎・山崎和夫・池山繁成・小澤幸光・川内正・岸澤眞一・倉庸 康・檀上慎二・筒井和幸, 中山収作・新興出版社啓林館編集部(2003): 高等学校物理I. 新興出版社啓林館, 東京, 229-234 (回折格子の説明), 247-248 (レプリカグレーティングを利用した簡易分光器の作製).
- 末田哲夫(1990): 光学部品の使い方と留意点. オプトロニクス社, 東京, 86-88.
- 松田時彦・山崎貞治・磯崎行雄・江里口良治・友田好文・有山智雄・岡田昌訓・柴山元彦・永田 洋・増田哲雄・新興出版社啓林館編集部(2003): 高等学校地学I. 新興出版社啓林館, 東京, 197p. (CDを使った簡易分光器), 202 p. (恒星の表面温度と放射エネルギー分布).
- 松永武徳(1988): 恒星の性質と分類. 小林 学, 恩藤知典, 山極 隆(編), 地学観察実験ハンドブック, 朝倉書店, 東京, 304-305.
- 松村 温(1983): 光学. 朝倉書店, 東京, 86-111.
- 宮脇亮介(1990): 理科教育の新展開. 建帛社, 東京, 36-48.
- 文部省(1999): 小学校学習指導要領解説理科編. 東洋館出版社, 東京, 37 p.
- 八巻富士男(2000): 市販の冷却CCDカメラと安価な光学フィルタを用いた天体観測による教材の開発. 東京学芸大学大学院教育学研究科修士論文.

土橋一仁・菊池紘之・五島正光・濤崎智佳・森 厚・上原 隼: 恒星の色と温度を体感させるデジタル分光カメラの開発 地学教育 57 巻 1 号, 1-13, 2004

[キーワード] 小学校, 簡易分光器, 恒星, スペクトル, デジタルカメラ, レプリカグレーティング

[要旨] 本論文では, 小学校理科の天文分野で活用できる簡易分光器「デジタル分光カメラ」の開発について紹介する。回折格子としてレプリカグレーティングシートを導入し, グレーティングホルダーやピンホール等に紙コップを利用した。このため, この教材には安価かつ容易に作製することができる, という特徴がある。この教材を利用して豆電球と乾電池を使った室内実験を行い, 恒星の色やスペクトル写真と比較すれば, 児童にも星の色と温度の関係を体験として理解させることができる。本論文では, 授業にそのまま活用できるよう, 恒星や身近な光源のスペクトル写真をいくつか紹介する。また, 小学校第4学年を対象にした指導案も例示する。この教材が学校教育の現場で広く活用されることを望む。

Kazuhito DOBASHI, Hiroyuki KIKUCHI, Masamitsu GOSHIMA, Tomoka TOSAKI, Atsushi MORI and Hayato UEHARA: A Spectrometer for Teaching Astronomy, Using a Digital Camera Equipped with Replica Grating, *Educat. Earth Sci.*, 57(1), 1-13, 2004

 本の紹介

吉川惣司・矢島道子著 メアリー・アニングの冒険恐竜学をひらいた女化石屋 朝日選書 739, 339 頁 + v, 1,400 円, 2003 年 11 月初刷, 朝日新聞社

メアリー・アニングといえば、世界で最初に首長竜を発見したこと、多くの魚竜化石を発掘したこと、イギリスで最初の翼竜を見つけたことなどで有名である。ロンドン自然史博物館を訪れた人ならば、大きなプレシオサウルス標本の下に一人の女性の肖像画が飾られていることに気付くはずだ、このメアリーの油彩の肖像の左手の指さす所には愛犬トイレがうずくまっている。ところが、ロンドン地質学会所蔵のバステルによる第 2 の肖像画では、指さす所には大きなアンモナイトが横たわり、その横に愛犬がいる。それはなぜか、イギリス南部のドーセット海岸で大きな化石を見つけて人を呼びに行かねばならぬとき、愛犬は目印のため、あるいは横取りを狙う不屈き者の目から守るために化石の上に丸まって見張り番をしたのだと著者は想像する。専門家たちはこのような想像を記述することはない。本書の内容は、この奇妙な肖像画の話から始まる。

第一章: ライムの少女 1799-1812 年, 第二章: メアリーの発掘時代 1820 年代, 第三章: フォッシル・ウーマン 1830 年代, 第四章: 博物学の黄昏 1840-47 年, 終章: 封印された絶筆から成る。その中に合計 56 のエピソードが含まれている。メアリー・アニング略年譜や索引まであって、興味深く幅広い力作である。メアリー・アニングについては、かつてヘレン・ブッシュによる英語本やその日本語訳を読んだことがあるのと、作家ジョン・ファウルズによる小説「フランス軍中尉の女」やその映画のモデルにまでなったことくらいしか知らなかった私は、本書によって彼女のほぼ全貌を知り得てありがたかった。

要するに本書は、世界初のメアリー評伝の試みであって、先人が宮々と調べあげた事実が可能な限り盛り込まれている。いみじくも著者たちが述懐しているように、今まで伝記が著されていない理由は、彼女自身による記録があまりに少ないからである。著者らにできたことは、すべての断片を時系列に並べ、ジグソーの残された空白をさまざまな関連データで埋めることであった。巻末に 59 個の注があって 12 頁にも及ぶことや、89 篇の引用文献のために 5 頁が割かれていることなどが、このへんの事情の一斑を語る証拠

でもある。著者たちは何度かイギリス南部を訪れ、メアリーの住居跡や彼女の調べたジュラ紀後期の地層の露出した岩棚を歩いたり、いくつかの自然史博物館を中心に調査した成果が結実したのが本書である。

この本の功績の一つは、初期の地質学に貢献した女性たちの埋もれた記録発掘のために、一条の光を投げかけたことである。デルエアという人は「メアリーは初のイクチオサウルス発見者ではなかった」と熱心に論じている (1969) が、そういった厳密さも結構だが、彼女たちの発見成果を記載しては、ちゃっかりと“頂いてしまった”男性研究者と、それを問題視しない科学史家らのほうが問題ではないだろうかと、著者たちは述べている。基礎調査で汗を流したにもかかわらず忘れられた科学史上の弱者、ことに女性の再評価が進んでいるという。

本書の中の圧巻はやはり終章の封印された絶筆であろう。メアリー・アニングを研究した地質学者ラング博士は、庶民の女性収集家と紳士科学者たちとの階級と性差を超えたいわゆるわい交流を描こうとした。だが両者の間には距離が保たれていたらしい。メアリーの子孫クリスピン・ティッケル卿の発表 (1995) で明らかにされたが、彼女は死の床で「マーチソンを称えよ」という風刺詩を書き残していた。「学問を道具にしての出世おめでとう」という皮肉である。階級の壁への怒りとひがみを隠さぬ反骨心であろうか。

著者らのうち、吉川氏は私が科博退官時に「日本モンゴル物理探査/ゴビ恐竜化石発掘調査」(1994) を援助して下さった方で、当時からアニングのことを調べておられた。矢島氏は貝形虫化石の専門家である。このお二人を含め、メアリー・アニング、ブッシュの本でなじみだったヘンリー・デ・ラ・ビーチ、地質学者ウィリアム・コニベア、「大英帝国の化石貝類学」著者ジェームズ・ソワビー、地質学者アーチボルト・ギーキー (私が九大地質に入学した記念に父親からギーキー著の大冊のテキスト・ブック 2 冊をもらった) をはじめ多くの“旧知”にたまたま出会ったような興奮と嬉しさを覚えた。近年になって、古生物学者や化石ハンターの伝記などがしばしば訳出されるようになったが、日本人の手によって本書のような良書が著述されたことを素直に慶びたい。(小島郁生)

インターネット双方向天体学習の実践とその効果 (I)

—中学校「地球と宇宙」単元の例—

Educational Benefit of Astronomical Observation through
an Interactive Communication System on the Internet
—An Example of Science Classes in Junior High Schools

林 武広*1・近藤惣一*2・鹿江宏明*3・匹田 篤*4

Takehiro HAYASHI, Sohichi KONDOH, Hiroaki KANOE and Atsushi HIKITA

Abstract: We constructed an interactive communication system on the Internet, utilizing both broadcasting of live-video images with telescopes and TV-Conferencing. Using this system, we attempted student observations of sunspots, sun prominences and the planet Venus in regular junior high school science classes. When students observed the live-video image of Venus, they could clearly visualize the features of the planet. The system provides an experience mimicking direct observation. Students felt as if they were observing the astronomical features directly, resulting in strong interest in the objects they viewed and an enhanced learning experience.

1. はじめに

天体学習では、「児童・生徒が自ら天体観察を行うこと」が学習の基本であり、かつ、必要なことである。しかし実際には、観察が天候に左右されやすく指導計画が立てにくいこと、星や月の場合では家庭での観察が中心となること、望遠鏡等の観察用機器を十分に整備する必要があること、さらには近年の都市化に伴う「光害」の影響など種々の課題があり、十分な観察が行われていない状況がある。そのため宿泊学習等で星の観察の機会を設ける場合もあるが、一般的には視聴覚教材に頼ることが多いと思われる。特に、最近ではインターネット上にハッブル望遠鏡による写真をはじめ多種多様な天体映像が掲載されるようになってきていること、天体関連ソフトの開発・普及、さらにマルチメディアの飛躍的發展も相まって天体学習における素材は充実しつつある。しかし、視聴覚教材の視聴は基本

的には間接観察（体験）であり、受け身的、あるいは一方的となりやすい傾向がある。

そこで、直接観察ではないものの、児童・生徒が、より実感を伴い積極的かつ主体的に学習に取り組むための一方法として、インターネットによる双方向通信を軸とした地学関連コンテンツの送（受）信が有効と考えられる（相場ほか、1999, 2000; 林, 2002b）。

インターネットによる双方向通信を活用した天体学習に関するこれまでの研究として、まず、天文台等からライブ画像（動画）を送信するシステムの構築、およびその教育への活用は、「みさと天文台」によって早くから試みられてきた（田中ほか、1996; 有本ほか、1998; 尾土井、1999）。また、本川・横尾（2001）は大学の天文台と小学校をTV会議で結び、太陽と太陽の画像を教室へ送信した実践を報告している。さらに、望遠鏡そのものをインターネット経由でクライアント側から遠隔操作し、ライブ観察することできる「イン

*1 広島大学大学院教育学研究科自然システム教育学講座 (E-mail: neko@hiroshima-u.ac.jp) *2 滋賀県湖東第二小学校 *3 広島大学附属東雲中学校 *4 広島大学情報サービス室
2003年7月30日受付 2004年1月10日受理

ターネット天文台”についても研究・開発が行われており、その活用についても報告されている（例えば、松本ほか、1999a, 1999b, 2001; 佐藤ほか、2001, 2002; 縣ほか、2002）。これらの報告によると、インターネットライブ画像の観察によって学習者が天体への興味・関心を高め、実際に本物を見てみたいとする意欲を高めたことが指摘されている。

筆者らも、天体学習においてインターネットによる双方向コミュニケーションを活用する一例として、大型望遠鏡による天体映像のライブ中継とTV会議を併用するシステムを構築し、併せてそのシステムを用いた中学校での試行的な授業実践結果を報告した（林・鹿江、2001; 近藤ほか、2002）。その時点では、当システムによる天体観察が生徒の興味・関心を高めるうえで有効であるとの示唆が得られたが、授業実践が少なく学習効果に関する検討が十分ではなかった。その後、広島県内外の中学校数校、高校1校において、このシステムを取り入れた太陽と金星の学習に関する本格的な授業実践を行った（近藤、2003）。授業実践では、このような観察を授業の中で“どう位置づけるか”も検討することとし、各校での通常の理科授業の中で行うことを原則とした。なお、高校については現在も授業実践を続行中であるので、ここでは、中学校での実践例についてその内容および教育効果を報告する。

本報告は天体観測施設の教育への活用、さらにTV会議の活用、また近年、活発に行われているサイエンスパートナーシップや高大連携事業等にも有意義な示唆を示すものとする。

II. インターネット天体ライブ中継+TV会議併用システムの概要

天体望遠鏡は多くの学校には備えられているが、台数が十分ではないこと、さらに整備が不十分であったり、扱いには習熟を要することなどにより、学校現場での利用は必ずしも十分とは言えない。また、中学校理科では、天体望遠鏡を用いて太陽黒点および金星の満ち欠けを観察する学習があるが、前に述べた理由に加え、太陽、昼間の金星とも望遠鏡の視野に入れることが容易ではないこと、さらに、金星が太陽に近い位置にあるような場合には視野に入れるとき危険が伴うことから、直接観察は実施されないことが多い。このような状況で、校外の天体観測施設等に出向いての観

察活動ができない場合には、観測施設や天体望遠鏡と学校を高速化が進むインターネットでつなぎ、望遠鏡による天体映像をライブで観察することも有効と考えられる。

広島大学大学院教育学研究科屋上には平成8年に本格的な教育用天体観測施設（直径5mドーム内に50cmニュートン・カセグレン反射望遠鏡+15cm屈折望遠鏡、図1）を整備し、以来、学部・大学院の授業での利用に加え、児童・生徒を主対象とした一般公開も行っている。一般公開の形態としては、利用者が当施設を直接訪れ天体観測を行うものであるが、加えて、遠隔地の小・中・高校でも可能な限りリアルな天体観測の実現できることを目指し、上記の大型望遠鏡による天体映像（動画）をインターネットによってライブ中継するシステムを導入した。

この試みを開始した当初はパソコンの簡易な双方向通信ソフト（NetMeeting [Microsoft社]等）のみによって、天体映像のライブ送信とTV会議を切り替えながら行っていた。この方法は機器としてパソコンとビデオカメラのみで十分であり、操作も容易であるが、電話回線+モデムを使用しない校内LANの環境でも送受信トラブルが発生しやすいうえ、送信映像の画質が十分ではないなどの問題があった（林・鹿江、2001）。そこで、授業において生徒が観察する主対象である天体ライブ映像の画質を高めることが必要との考えから、望遠鏡によるライブ映像専用のストリーミングサーバを導入した。このライブ中継映像の視聴は通常のブラウザソフトまたは専用のビューソフト（CANONのWebサイトからダウンロード）によって行う。この方式の採用で、より鮮明な映像のライブ中継が可能となった（近藤ほか、2002）。さらに、教室（受信側）との双方向通信を行うため、パソコンによるTV会議も加えたシステムを構築した（図1）。なお、太陽の観察には減光フィルターおよびプロミネンスの観察用にH α フィルターも使用した。

III. 授業実践および学習効果

A 授業のねらいと内容

授業は中学校3年「地球と宇宙」単元を対象として実施した。この学習単元では太陽系を中心として扱い、太陽の活動や惑星の特徴や見え方を理解させる。観察活動としては、太陽黒点や金星が例として取り上げられているが、特に金星では、実際に見える形とそれに対応する太陽・金星・地球の位置関係を考えさせ

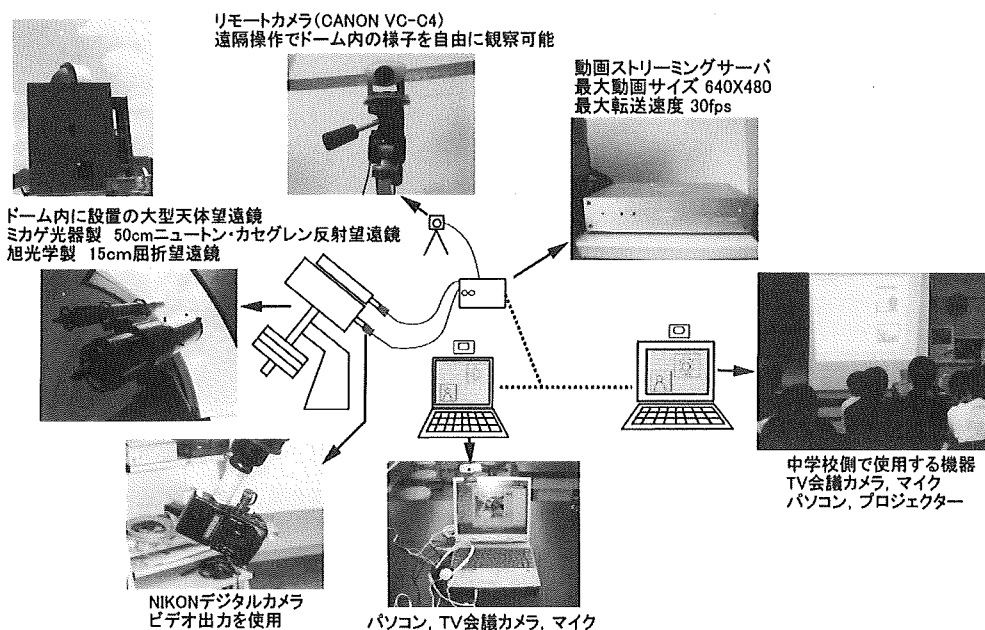


図1 インターネット天体ライブ中継+TV 会議システムの構成

ることになる。また、太陽については、望遠鏡の直接観察ではなく太陽投影版によって黒点の様子を観察する方法が取り上げられている。

金星や太陽は、昼間に観察可能な天体であり、授業時間中に小型の天体望遠鏡で直接観察させることができる。しかし、特に金星については、生徒がその形を容易に見分けられるためには、高い倍率(100倍以上)が必要であり、その追尾のためには精密な架台設置も重要となる。さらに、太陽に近い位置に金星がある場合には、視野への導入に危険を伴うこともある。常設天体観測施設を有する場合、あるいは、熟練者を除き、このような課題を克服することは、現実的には教師にとってかなりの負担と思われる。

そこで、今回は、常設の大型望遠鏡の特長を活かした観測を行うことを基軸として、高倍率での金星観測、さらに中学校では備えられていないH α フィルターによる太陽観測を双方向リアルタイム通信によって行うこととした。これらの観察は直接観察ではないものの、授業の中で生徒全員が同時に天体を観察できること、また、学校の観測機器のみでは得られない観察がリアルタイムにできること、さらに、インターネット活用を実感させるなどの学習効果を期待し、授業を計画した。

授業実践にあたり、まず、それぞれの学校の担当教

師と協議し、授業計画中、最も適当と判断された時間に授業を実施した。なお、生徒の状況を把握し、かつ、本方法の効果を検討するために、各校で授業実践実施前にプレアンケートを行い、授業後にポストアンケートを行った。

B プレアンケートの内容および結果

プレアンケートの内容は以下のとおりである。

- 身近な天体である太陽や月、惑星(金星、土星など)に興味がありますか?
①ある ②少しある ③あまりない ④ない
- 望遠鏡(双眼鏡)を使って太陽や月、惑星の観察を行ったことはありますか?
①ある ②ない ③わからない
- 2番で①「ある」と答えた人は何を観察しましたか?(あてはまるもの全て)
①太陽 ②月 ③水星 ④金星 ⑤火星 ⑥木星 ⑦土星 ⑧その他()
- テレビやインターネットで天体に関する情報を得たことがありますか?
①ある ②ない ③わからない
- 太陽では、今どのような活動が起こっていると思いますか?
- 月が三日月になるのときは太陽、地球、月がどのような位置関係にあるときですか? 簡単に図で示

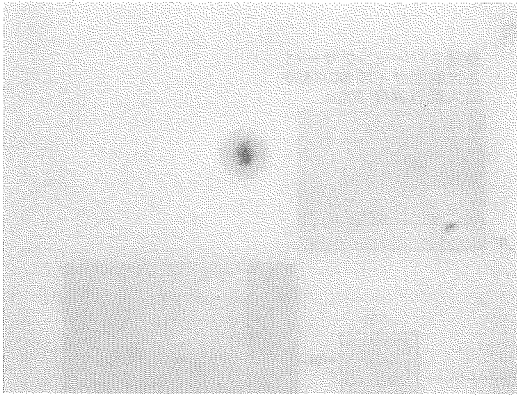


図2 ライブ中継映像の例. 太陽(黒点)

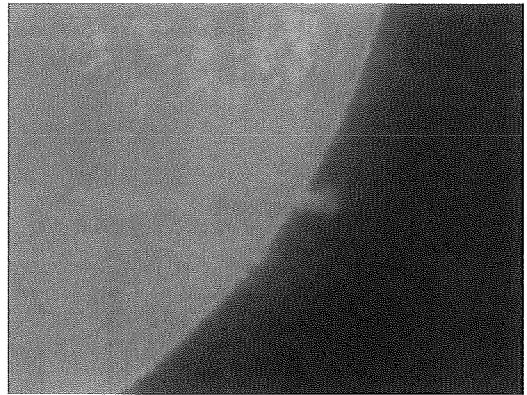


図4 ライブ中継映像の例. 太陽プロミネンス

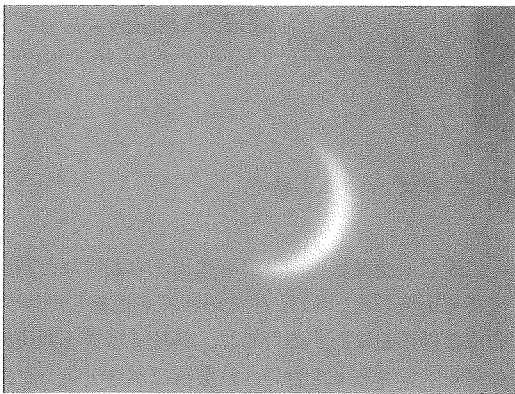


図3 ライブ中継映像の例. 昼間の金星

してください。

アンケート結果から、1～5の回答について学校間であり違いがなく、天体に関する認識や活動において地域や学校間の差はないとみなされた。そのため1～5については全学校の集計結果を紹介する。

まず、1の質問に対しては64%の生徒が「ある」または「少しある」を選択しており、天体に関する興味・関心は、他の学習単元に比べても高いと言える。2の質問に対しては、約70%以上の生徒が「ない」あるいは「わからない」を選択しており、関心の程度に反し、天体観測の経験はあまりないといえる。3の質問に関しては、観察経験がある生徒への質問であるが、「月」と答えた生徒が圧倒的に多い。その他の惑星も生徒にとって親しみがあると思われるが、実際に観察した経験は非常に少ないことも明らかとなった。4の質問については、「ある」を選択した生徒は23%であり、天体関連情報が氾濫している現況に対し、それ

表1 授業実践を実施した中学校の生徒数と観察させた天体の種類

中学校	観察した天体	生徒数	備考
D	太陽黒点, 太陽プロミネンス, 金星	153	
F	太陽黒点, 太陽プロミネンス, 金星	71	
A	太陽黒点, 金星	21	天体写真も送信
E	太陽, 金星	38	天体写真も送信

らの積極的な利用は十分ではないことを示唆している。5の質問については、本単元で初めて本格的に太陽を学習することもあり、90%以上の生徒が「わからない」と答えている。生徒は、教科書に掲載されている太陽表面のイラストや写真等を目にしていると思われるが、それらのみからでは、太陽の活動をイメージしにくいとも考えられる。6の質問では、本単元学習の進度の違いを反映し、回答には学校間で若干の違いが見られた。以上の結果から、生徒は小学校時から太陽、月、星について学んでおり、興味・関心はまずまずである。しかし、望遠鏡を使った本格的な観測経験は少なく、本方法による学習効果が期待された。

C 授業の様子

それぞれの学校で観察した天体は、太陽(黒点)(図2)および金星(図3)を必須とし、各校からの要望に応じ太陽プロミネンス(図4)や外惑星(写真、ビデオ、本授業で使用した望遠鏡で撮影したもの)も扱った(表1)。

教室での授業は担当教師が進め、授業の展開の中で、教師および生徒の希望に沿う形で、映像中継とTV会議による説明を行った。つまり、授業の主役はあくまで教室側であり、望遠鏡(大学)側は「従」である(図5)。授業展開はそれぞれの学校で多少異なっているが、いずれの学校の授業も基本的には表2に示す指導過程で行った。太陽および金星の観察では、観

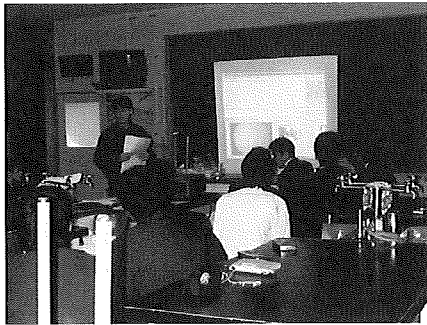


図5 授業風景. 左; 中学校, 右; 広島大学天体観測施設

察対象に対し、より実感を持たせるため、あくまでも、その時点で見えている太陽、金星を望遠鏡でとらえた映像をライブでの送信することを基本とした。しかし、授業当日の急な天候の変化により、予定していた観測が十分に行えなかった場合には、あらかじめ撮影していた写真、または動画を中継した。

今回授業を行った学校では、通信速度や機器の状況等、それぞれインターネット環境が異なるため、各校に最適な条件で授業を行った。特に、音声の送受信には、聞き取りにくい、あるいは雑音が多いなどのトラブルが発生することが多く、そのような場合には、チャットによるコミュニケーションに切り換えるなどの対処を行った。一方、学校側で受信した天体映像は、天体の観測という特質からみて受信速度は十分で、かつ、十分に鮮明であったので、十分に観察のポイントは押さえることができた。インターネット環境が学校間で少しずつ異なるため、教育効果の単純な比較は難しいが、いずれの学校においても、このような観測に対し、生徒は驚きと好感を示した。情報技術の発展により、遠隔地と結んだコミュニケーションが可能となり、中学校の授業でそれが利用されたことに対する驚きと感動、また、望遠鏡による映像がリアルタイムで見られることなどに対し、強い印象を持ったようである。また、TV会議を通じて生徒から質問が多く寄せられる等、活発な授業を行うことができ、授業時間が非常に短く感じられたとの反応も多く見られた。

以下に授業時の生徒の感想をいくつか挙げる。

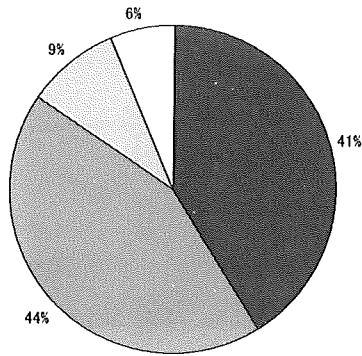
- ・本物が見れてよかった。こういう話の仕方も楽しかった。もし、機会があれば自分の目で実際に見てみたいです。
- ・写真ではなく、活動している太陽が見られてとてもおもしろかった。プロミネンスの大きさや黒点

表2 代表的な授業実践の展開例

学習の流れ	学習活動
導入	太陽、金星に関する以下の既習事項を確認する。 (太陽の黒点、プロミネンス、コロナ等が見られること) (金星の特徴と見える時間の関係、満ち欠けが起こること)
展開	<u>(双方向通信による天体観測)</u> 広島大学の天体望遠鏡とパソコンをインターネットで接続し、双方向で天体観測を行う。 ・ リモートカメラで天体望遠鏡室の様子を見る。 ・ 金星および太陽のライブ中継映像を観察する。 ・ TV会議を通し広島大学の天体観測施設スタッフに、疑問や分からないことがあったこと等を質問する。
まとめ	観察をもとに、太陽の活動や金星の見え方と位置の関係について考える ・ 観察した金星の形から、現在の太陽、地球、金星の位置関係をプリントに書く。 ・ プリントに書いた内容を基に、考えを発表する。 ・ 本時の確かめとして、コンピュータシミュレーションによって、現在の金星の位置をプロジェクタで見る。 ・ 今日の授業の感想やわかったことなどを書く。

の大きさが、地球の1個分以上あると聞いて、とてもびっくりした。

- ・宇宙のことに興味がわいてきた。天体が好きになった。プロミネンスは、とてもすごかった。
- ・黒点のはっきり見えた。プロミネンスもきれいだった。広大の人は質問に親切に答えていた。とてもわかりやすかった。私も、望遠鏡で実際に見たいと思った。
- ・プロミネンスや黒点がきれいに見れて様子がよくわかった。金星が月に似ていた。
- ・今日は今までにない授業の仕方。太陽のプロミネンスや金星が見れてとてもよかった。
- ・望遠鏡で星がこんなにきれいに見えるとは驚いた。
- ・理科は苦手というイメージしかなかったけど、映像を見たりできて、理科が楽しくなりました。星



■もてた □少しもてた □あまりもてなかった □もてなかった

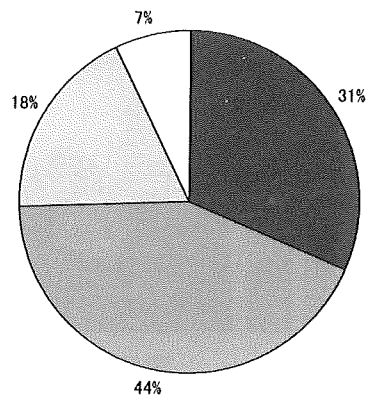
図6 ポストアンケートの結果、「身近な天体である太陽や月、惑星（金星，土星など）に興味がありましたか？」に対する生徒の回答【全学校の集計結果】

のことも知れてよかったです。

- ・金星のことがよくわかった。パソコンでやったのはすごかった。
- ・まだまだ不思議で未知なところが多いけど、とても興味が持てて楽しかった。

D ポストアンケートの結果から見た本方法の効果
授業終了後に各校で以下のような項目からなる簡単なポストアンケートを、本授業実践直後の授業のときに各校で実施した。各質問項目は、本授業による生徒の変容を知るために、一部、前述のプレアンケートの質問項目に対応させている。

1. 身近な天体である太陽や月、惑星（金星，土星など）に興味がありましたか？
①もてた ②少しもてた ③あまりもてなかった ④もてなかった
2. 望遠鏡（双眼鏡）を使って今度は自分の目で月や惑星の観察を行ってみたいと思いますか？
①思う ②少し思う ③あまり思わない ④思わない
3. 先日の双方向授業は、「地球と宇宙」の分野を学習するときの参考になりましたか？
①なった ②少しなった ③あまりならなかった ④ならなかった
4. 内惑星（金星）の満ち欠けについて実感がもてましたか？
①もてた ②少しもてた ③あまりもてなかった ④もてなかった
5. 太陽では、今どのような活動が起こっていると思



■思う □少し思う □あまり思わない □思わない

図7 ポストアンケートの結果、「望遠鏡（双眼鏡）を使って今度は自分の目で月や惑星の観察を行ってみたいと思いますか？」に対する生徒の回答【全学校の集計結果】

いますか？

()

6. また機会があれば、このような授業を受けてみたいですか？
①受けてみたい ②少し受けてみたい ③あまり受けたくない ④受けたくない

次にポストアンケートの結果を紹介し、本方法の効果を検討する。

まず、1の質問に対しては授業を行った学校間で違いが見られず、全学校の集計で85%の生徒が、太陽、月、惑星に対し興味「もてた」または「少しもてた」と答えている（図6）。プレアンケートの第1の質問では、それが64%であったことと比べ、興味を持った生徒の割合がかなり高まっている。また、「もてた」と答えた生徒も全学校の集計で41%となっており、プレアンケートにおいて興味「ある」と答えた生徒が25%であったことと比べ、かなりの高まりが認められた。

2の質問においても学校間での割合の違いが見られず、望遠鏡を使って自分の目で観察したいと「思う」あるいは「少し思う」と答えた生徒の割合が全学校の集計で75%であり（図7）、多くの生徒が自ら天体望遠鏡での観察することへの意欲を高めたと思われる。

3の質問では学校間で、「地球と宇宙」の分野を学習するときの参考に「なった」あるいは「少しなった」と答えた生徒の割合が全学校の集計では、85%であったが（図8）、学校間では約50～90%の範囲で違いが

見られた。これは、学校間での授業進度の違いを反映したものと考えられる。つまり、少し学習を進めていた学校と、単元の導入段階にある学校では、観察したものへの認識レベルが異なることを示すとも考えられ、このような観察を取り入れる場面を十分検討・吟味する必要性が実感された。

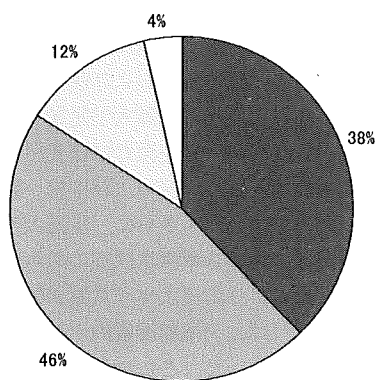
4の質問では、内惑星(金星)の満ち欠けについて実感が「もてた」あるいは「少しもてた」と答えた生徒の割合が全学校の集計では67%であったが(図9左)、天候の都合で、ライブで観察ができた学校とできなかった学校で、それらの割合に違いが見られた。金星のライブ観察ができた中学校では「もてた」あるいは「少しもてた」が生徒の割合が約72%を占め(図9中)、高い実感を持ったことが窺える。これに対し、金

星のライブ観察ができず、写真のみで終わった学校では「もてた」あるいは「少しもてた」が48%に留まっている(図9右)。このことは、ライブ映像を観察しながらの学習の方が写真画像を活用した学習と比べ、より実感を持ちやすいことを示唆するものである。

5の質問では、学校間で割合の違いが見られず、太陽で今起こっていることとして、「火山活動が起こっている」や「爆発している」といった例が多く見られた。これらはプロミネンス観察からの直接的イメージ、あるいは、それと既習の火山現象とを関連させたイメージと思われる。そのことは十分に有意義ではあるが、観察したことと他の情報を科学的に総合して考えた回答は少なく、10%程度であった。この点をアンケート結果と比べて見ると、いずれの学校においても大きな変化は見いだせなかったことになる。つまり、手に取って見るができない太陽のようなものについて理解させるためには、ライブ映像による現象観察のみでは不十分であり、観察結果とその他の知識や情報を相互に関連づけながら、科学的に認識を深めていく学習が必要である。

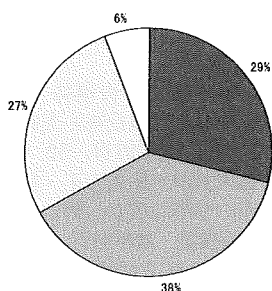
最後の質問では、学校間での割合の違いが見られず、このような(双方向)授業を「受けてみたい」あるいは「少し受けてみたい」と答えた生徒の割合が全学校の集計で86%であった(図10)。生徒にとって、このような授業は新鮮であり、かつ、大いに興味・関心を喚起したと思われる。

本論では、双方向通信による天体観察を中学校の「地球と宇宙」単元に取り入れた授業実践から、その効果を検討してきた。したがって、その単元全体の学習に対し、本観察がどの程度寄与できたかが問題となる。まず、最も顕著な効果として、主たる学習対象の

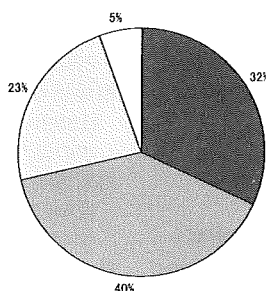


■もてた □少しもてた □あまりもてなかった □もてなかった

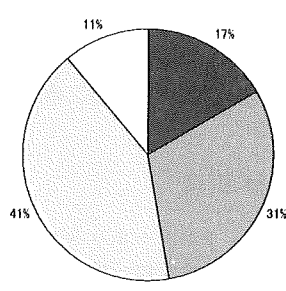
図8 ポストアンケートの結果、「先日の双方向授業は、「地球と宇宙」の分野を学習するときの参考になりましたか?」に対する生徒の回答【全学校の集計結果】



■もてた □少しもてた □あまりもてなかった □もてなかった

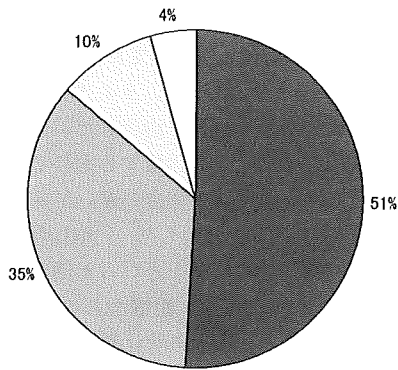


■もてた □少しもてた □あまりもてなかった □もてなかった



■もてた □少しもてた □あまりもてなかった □もてなかった

図9 ポストアンケートの結果、「内惑星(金星)の満ち欠けについて実感がもてましたか?」に対する生徒の回答左; 全学校の集計結果, 中; 金星のライブ中継ができた学校の集計結果, 右; 金星のライブ中継ができなかった学校の集計結果



■ 受けてみたい □ 少し受けてみたい □ あまり受けたくない □ 受けたくない

図 10 ポストアンケートの結果。「また機会があれば、このような授業を受けてみたいですか？」に対する生徒の回答【全学校の集計結果】

太陽、金星に対して「興味を高めた」ことが挙げられる。加えて、この観察活動をきっかけに自ら天体望遠鏡で観察したいとする「意欲を引き出し、高めた」ことも挙げられよう。地学の学習では、間接体験・疑似体験が直接体験への意欲を促すことが重要であり(林, 2002a), その観点での効果も認められた。また、各校の「地球と宇宙」単元の学習に対し「参考になった」と答えた生徒が多かったこと、さらに本次授業実践を行ったすべての学校から、「生徒が臨場感を感じつつ意欲的に観察に取り組んでいた」との報告が寄せられており、本観察は各校の「地球と宇宙」単元学習の充実 に一定の寄与ができた と考える。

次に、本観察をメディア活用の観点から見ると、ディスプレイを通して観察すること自体は VTR 等と同じであり基本的に間接観察であるが、金星のライブ映像を観察した場合では、それに対し実感の持った生徒が 80% に達したこと、太陽プロミネンスについても、多くの生徒が驚きをもって観察したこと、さらに、大学側へ要望や質問ができたことに対する生徒の感想が多く見られたことから、本方法の効果を確認することができた。

IV. おわりに

本論では、インターネットによる天体ライブ観察＋双方向通信を、中学校「地球と宇宙」単元の通常授業に取り入れた例から、その効果を検討した。その結果、とくに生徒の学習意欲が低下しがちな天体学習に対し、生徒にそれなりの感動を与え、観察に実感を持たせる中で興味・関心を高めることができた。

一方、本授業実践後に行った金星の満ち欠けと太陽との位置関係の考察させる授業において、本観察の成果が十分に活かし切れなかったとの報告があったことから、興味・関心から一歩進め、知識・理解の深化により一層貢献するために、本観察と学校での小型望遠鏡による直接観察との併用も視野に入れ、複数回の観察、単元での位置づけや観察のさせ方等、一層の工夫が必要と考えられる。このことは、観察・実験等の「体験」を、科学的な思考活動にどう活かすかという根本的な問題に関わることであり、天体学習のみならず、理科学習全般において検討することであろう。

なお、本観察は学校教育のみならず、公民館や科学館等で行われる生涯教育イベントにおいても遠隔地から、より実感が伴う観察体験を提供できる点で有意義と考えられ、この方面での活用も期待される。

謝 辞 本研究を進めるにあたり、公立中教諭の藤亀美紀、橋本裕治、間処耕吉および徳井和栄の各氏、公立高教諭の西村友典氏、広島大学附属東雲中講師の土居綾子氏、広島大学大学院教育学研究科博士課程前期学生池本博司、荒谷 涼および中村 勝の各氏には多大なご協力を頂いた。さらに、広島大学大学院教育学研究科自然システム教育学講座の鈴木盛久教授、山崎博史助教および広島大学非常勤講師の前原英夫氏(前国立天文台岡山天体物理観測所長)にも何かとご協力・ご支援を頂いた。ここに深く感謝する次第である。なお、本研究には科学研究費、基盤(C)(課題番号 14580293)を使用した。

参考文献

- 縣 秀彦・戎崎俊一・奥野 光・川井和彦・木村かおる・小池邦明・田代英俊・内藤誠一郎・山本泰士(2002): 「北の丸望遠鏡」を用いた教育活動—教育用リモート望遠鏡による画像配信の試み—. 日本天文学会 2002 年春季大会発表要旨.
- 相場博明・鈴木秀樹・鈴木二正・板場修・高橋尚子(1999): 野外と教室をつなぐ遠隔授業の実践—流れる水のはたらきを例にして—. 地学教育, 52, 1-10.
- 相場博明・馬場勝良・鈴木秀樹・鈴木二正・清水研助・板場修・高橋尚子・西田亨邦(2000): 野外と教室をつなぐマルチポイント遠隔授業. 地学教育, 53, 25-34.
- 有本淳一・留岡 昇・長谷直子(1998): 「追想: コンピュータがやってきた 1」～コンピュータ, インターネットを用いた天文学教育～. 天文月報, 91(6), 271-276.
- 林 武広(2002a): 地学の学習と体験学習—他教科や総合的学習との関連を視野に—. 2002 日本地学教育学会シ

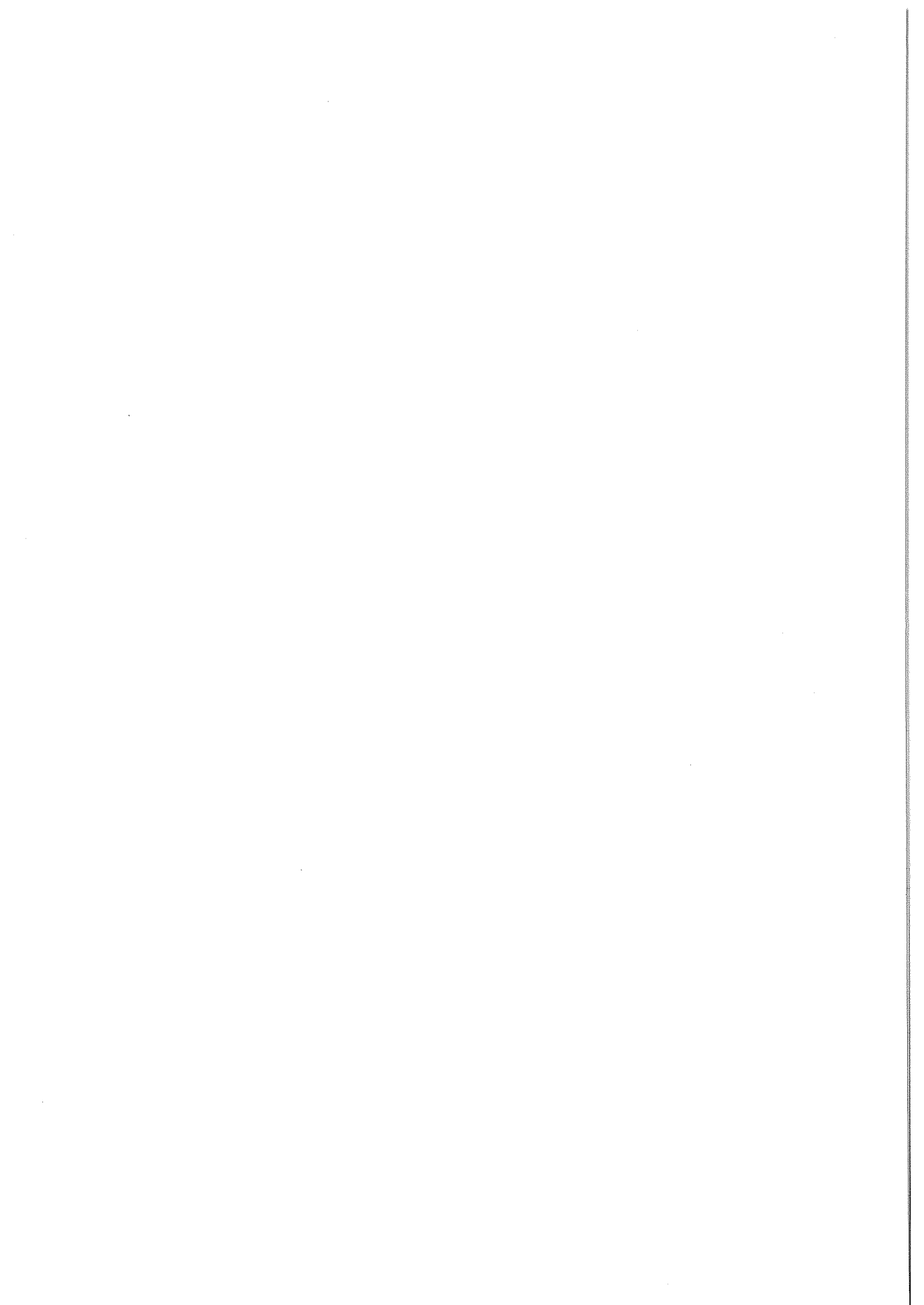
- ンボジウム要項集, 17-20.
- 林 武広 (2002b): 地学の学習におけるマルチメディア活用の意義と有効性. 地学教育, 55, 245-257.
- 林 武広・鹿江宏明 (2001): インターネットを活用した天体学習の試み. 日本地学教育学会第 55 回全国大会要旨集, 136-137.
- 本川正美・横尾武夫 (2001): 大学と学校教育の連携～大阪教育大学の事例～. 第 15 回天文教育普及研究会年会収録, 23-26.
- 近藤惣一 (2003): 双方向通信を活用した天体学習について. 平成 14 年度広島大学大学院教育学研究科修士論文抄, 65-66.
- 近藤惣一・鹿江宏明・西村友典・間処耕吉・池本博司・林 武広 (2002): 双方向通信を活用した天体学習について. 日本地学教育学会第 56 回全国大会要旨講演集, 106-107.
- 松本直記・坪田幸政・佐藤毅彦・高橋典嗣 (1999a): インターネット天文台の構築とその利用. 日本理科教育学会第 49 回全国大会要項.
- 松本直記・坪田幸政・佐藤毅彦・高橋典嗣 (1999b): 地学教育におけるインターネットの利用—インターネット天文台の構築と利用—.
- 松本直記・坪田幸政・佐藤毅彦 (2001): インターネット天文台, その進化と真価. 日本天文学会 2001 年春季大会発表要旨.
- 尾久土正巳 (1999): インターネット天文台. 岩波書店, 東京, 1-161.
- 佐藤毅彦・前田賢吾・松本直記・坪田幸政 (2001): インターネット天文台と理科教育. 熊本大学教育学部紀要, 自然科学, 第 50 号, 17-22.
- 佐藤毅彦・前田賢吾・大中 敦・森本康裕・高橋備哉・児島 紘・坪田幸政・松本直記 (2002): 熊本大学インターネット天文台の構築—その新機軸—. 熊本大学教育学部紀要, 自然科学, 第 51 号, 1-7.
- 田中英明・尾久土正巳・角田佳隆・坂元 誠・豊増伸治・鎌田浩司・西野 孝・渡辺健次 (1996): テレビ会議システムを使った天文台からの遠隔授業. 日本理科教育学会第 46 回全国大会要項.
- ※本システムで使用する専用ビューワのダウンロード URL は <http://web.canon.jp/www/download/index.htm>

林 武広・近藤惣一・鹿江宏明・匹田 篤: インターネット双方向天体学習の実践とその効果 (I)—中学校「地球と宇宙」単元の例— 地学教育 57 巻 1 号, 15-23, 2004

〔キーワード〕 インターネット, 双方向, TV 会議, 天体観察, 金星, 太陽

〔要旨〕 インターネットを利用したライブ中継と TV 会議を併用するシステムを構築し, 大型天体望遠鏡による太陽黒点, 太陽プロミネンスおよび昼間の金星のライブ映像を中学校の授業で取り入れる実践を行った. その結果, 生徒は臨場感を持って意欲的に観察に取り組み, 太陽や惑星に対する興味・関心の高まりが確認された. また, ライブ中継は観察対象に対する実感を持たせるためにも有効であった.

Takehiro HAYASHI, Sohichi KONDOH, Hiroaki KANOE and Atsushi HIKITA: Educational Benefit of Astronomical Observation through an Interactive Communication System on the Internet—An Example of Science Classes in Junior High Schools. *Educat. Earth Sci.*, 57(1), 15-23, 2004



ネオジム磁石を利用した火山灰中の 鉱物の簡易磁力選別

A Simplified Method of Magnetic Separation of Minerals of Volcanic Ashes,
Using Neodymium Magnets

川村 教一*

Norihito KAWAMURA

Abstract: Neodymium magnets, a class of permanent magnets, exhibit higher magnetic flux density than traditional ferrite magnets. The author describes the use of the permanent magnets to separate minerals in volcanic ashes. The author has developed a simple method to separate heavy minerals from light minerals or volcanic glass shards, using neodymium magnets. This method has proved useful in the refining of specific minerals from volcanic ashes found in southwest Japan. The author reports about this effective method for laboratory preparation of rock forming minerals of volcanic ashes.

Key words: neodymium magnet, ferrite magnet, magnetic separation, volcanic ashes, rock forming minerals, volcanic glass

1. はじめに

造岩鉱物の観察は、高校地学教科書(例えば、力武ほか1997, 2002)などで実習課題として取り上げられ、岩石学分野の学習において重要な位置を占めている。造岩鉱物の岩石学的特徴を観察するためには、観察実習に先立って、指導者あるいは生徒自身が鉱物を理解するために分離・精製する作業が欠かせない。磁力選別を生徒実習で行うことは、鉱物による磁性の違いを理解させる上で欠かせないと考えられる。

筆者は、軽石や火山灰中の鉱物や火山ガラスを、顕微鏡を用いてその形態や、色、光沢などを観察させる試料として精製するために、フェライト磁石などを用いた磁力選別に加え、より強い磁束密度をもつネオジム磁石を併用し、異なる磁束密度の磁石を使い分けることによって、磁性の異なる鉱物やガラス粒子を精製した。火山灰によっては、この方法により、簡単に鉱物粒子などの分離・精製が可能であることが確認

されたので、これについて報告する。

2. 本法の特徴

観察用鉱物試料の精製のために、土壌などから鉱物を分離する方法として、手選による方法、重液を用いた方法や磁石を用いた方法が紹介されている(例えば、加藤・小林, 1982; 地学団体研究会『シリーズ・自然にチャレンジ』編集委員会, 1987など)。このうち、重液分離の方法では、プロモホルムなど有毒性がある重液を使用するため、分離作業や廃液処理の際には安全性を重視することや環境に配慮することが必要であり、学校において容易に実施できるものではない。手選で鉱物を分離することは、多くの器具を必要とせず、方法も簡単であるが時間がかかる。このため、少量ならば可能であるが、1クラスの生徒実習用に100個程度の鉱物を用意するには手間がかかりすぎる欠点がある。一方、磁力選別法として、鉱物や火山ガラスの磁性の違いを利用した、電磁分離器による鉱物

の選別方法(吉川, 1990 など)がある。しかし, 電磁分離器を入手することは中学校や高校では難しく, また, 分離したい鉱物ごとに使用条件の調整を行う必要があり手間がかかる。簡易な方法としてフェライト磁石を用いて磁鉄鉱などの強磁性鉱物を分離する方法がある(例えば宇留野, 1982; 榊原, 1988 など)。小さな磁鉄鉱を包有する鉱物や石質岩片も磁石で分離できることが, 野尻湖火山灰グループ(2001)により報告されている。

さて, 永久磁石には, フェライト磁石, アルニコ磁石, サマリウム-コバルト磁石, ネオジム磁石がある。このうちネオジム磁石は, 磁石が作りうる単位体積当たりの静磁エネルギー積が最も大きい高性能磁石である(佐川ほか, 1996)。このことから, これらの磁石を使い分けることによって, 効率的な鉱物や火山ガラスの選別が可能であれば, 火山灰などから鉱物などを抽出して観察試料を用意することが一層容易になると予想される。

3. 磁力選別の方法

(1) 選別のために用いる磁石

磁力選別のためには, 磁束密度の大きいものとしてネオジム磁石, 小さいものとしてフェライト磁石を用いた。いずれも学校向けの教材として一般的である。使用したネオジム磁石は円柱形で直径 14 mm, 高さ 5 mm, 磁束密度は約 3000 G, フェライト磁石は円柱形で直径 20 mm, 高さ 3 mm, 磁束密度は約 500 G である。

(2) 選別前の試料の処理

まず, 超音波洗浄機で試料を洗浄し, 泥分を除去し, 100°C以下の温度で乾燥させる。また, 必要に応じてクエン酸ナトリウム溶液などを用いた脱鉄処理(野尻湖火山灰グループ, 2001 など)を行う。軽石と火山灰が混じるなど, 試料の粒径がそろっていないときには開口径 0.5 mm の篩で篩別するなどして粗粒サイズ以上の粒子を取り除き, 比較的細粒の粒子だけを抽出した。これを「基本試料」と呼ぶ。鉱物やガラス粒子中に, より微小なサイズの他種の鉱物が存在していると疑われるときには, 「基本試料」を乳鉢で粉碎し, 鉱物は劈開片に, 火山ガラスは破片にした。これを「粉碎試料」と呼ぶことにする。粉碎試料の長径は 0.01~0.1 mm 程度であった。

(3) 火山灰からの鉱物の選別方法

火山灰試料からの選別方法の手順を図 1 に示す。

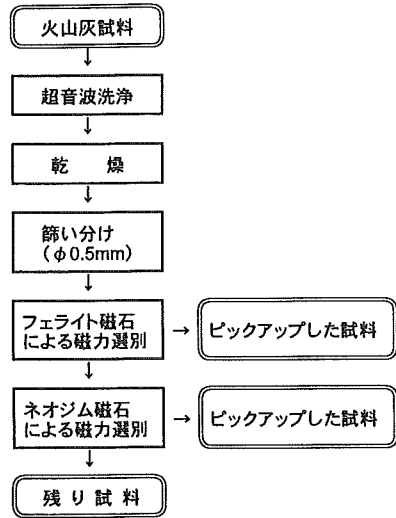


図 1 フェライト磁石とネオジム磁石を用いた鉱物選別の手順
二重線枠内は試料, 実線枠内は処理を表す。

F 選別: シャーレの上に 0.1 g 程度の洗浄・乾燥済み基本試料をのせて, 薄く広げる。フェライト磁石を葉包紙でくるみ, 試料の上から磁石を軽くのせる。磁石に付着した粒子は別のシャーレの上に移す。この作業を, 葉包紙でくるんだ磁石にあらたに付着する粒子がなくなるまで繰り返す。この手順を「F 選別」と呼ぶことにする。

N 選別: ネオジム磁石を葉包紙でくるみ, F 選別でフェライト磁石に付着しなかった試料の上に磁石を軽くのせる。ネオジム磁石に付着した粒子は別のシャーレの上に移す。この作業を葉包紙でくるんだ磁石にあらたに付着する粒子がなくなるまで繰り返す。この手順を「N 選別」と呼ぶことにする。

4. 検討に用いた試料

本法による鉱物やガラス粒子精製の有効性を確認するために, 南九州, 中国, 四国の各地方の第四紀露頭から採取した 13 層準の火山灰試料 15 点を収集した。火山灰の岩石記載学的な特徴を表 1 に, 露頭について図 2 および表 2 にまとめる。

試料のうち, 愛媛県野村町に分布する野村 1 火山灰は, 加久藤火山灰と対比されている(水野・吉川, 1991)。また, 採取した始良 Tn 火山灰(AT)には, 角閃石や岩片が含まれるが, 角閃石を含むことは AT の岩石学的特徴とは異なるので, 別の層準の火山灰, 例えば大山系の火山灰が AT 含有層に混入したと考え

表 1 磁力選別に用いた火山灰とその鉱物組成の特徴

火山灰などの名称	略称	岩石記載学的特徴	斜長石以外の鉱物組成の特徴	噴出源	噴出年代	文献
加久藤火山灰	Kkt	流紋岩質のガラス質火山灰	斜方輝石, 単斜輝石, 角閃石	加久藤カルデラ	32~30万年前	町田・新井, 1992
阿多鳥浜火山灰	Alta-Th	流紋岩質のガラス質火山灰	石英, 角閃石, 斜方輝石, 黒雲母	阿多カルデラ	25~23万年前	町田・新井, 1992
大山奥津軽石	DOP	デイサイト質の軽石	角閃石, 斜方輝石, 鉄鉱物	大山火山	19万年前	岡田・石賀, 2000; 木村ほか, 1999
大山松江軽石	DMP	デイサイト質の軽石	角閃石, 斜方輝石, 黒雲母, 単斜輝石	大山火山	13万年前以降	町田・新井, 1992
阿多火山灰	Alta	デイサイト質のガラス質火山灰	斜方輝石, 単斜輝石, 角閃石	阿多カルデラ	10.5~8.5万年前	町田・新井, 1992
三瓶木次軽石	SK	流紋岩質の軽石	黒雲母, 石英	三瓶火山	10~8万年前	町田・新井, 1992
鬼界葛原火山灰	K-Tz	流紋岩質のガラス質火山灰	斜方輝石, 単斜輝石, 石英 (高温型), 角閃石, 斜方輝石, 単斜輝石	鬼界カルデラ	9.5~7万年前	町田・新井, 1992
始良福山火山灰	A-Fk	流紋岩質の結晶質火山灰	角閃石, 斜方輝石, 単斜輝石	始良カルデラ	7.5~7万年前	町田・新井, 1992
阿蘇4火山灰	Aso-4	デイサイト質のガラス質火山灰	角閃石, 斜方輝石, 単斜輝石	阿蘇カルデラ	9~7万年前	町田・新井, 1992
大山生竹軽石	DNP	デイサイト質の軽石	角閃石, 斜方輝石, 黒雲母, 鉄鉱物	大山火山	8万年前	町田・新井, 1992; 岡田・石賀, 2000
大山倉吉軽石	DKP	デイサイト質の軽石	角閃石, 斜方輝石, 黒雲母	大山火山	5.5~4.3万年前	町田・新井, 1992
始良Tn火山灰	AT	流紋岩質のガラス質火山灰	斜方輝石, 単斜輝石, 角閃石, 石英	始良カルデラ	2.5~2.4万年前	町田・新井, 1992
鬼界アカホヤ火山灰	K-Ah	デイサイト質のガラス質火山灰	斜方輝石, 単斜輝石	鬼界カルデラ	6.5千年前	町田・新井, 1992; 辻ほか, 2000

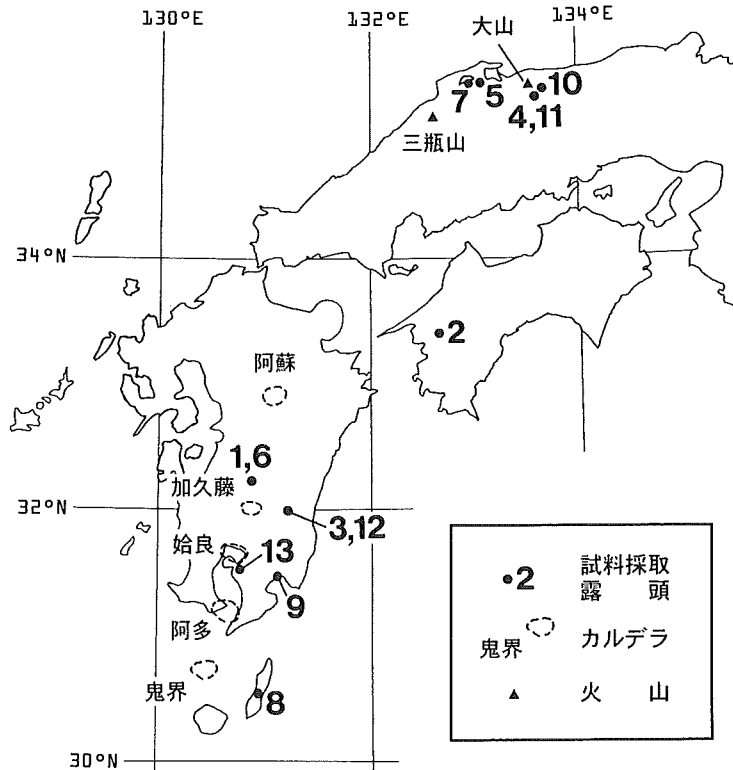


図 2 研究に用いた火山灰試料を採取した露頭の位置
カルデラと火山の位置は、町田・新井(1992)による。

表 2 試料を採取した露頭
試料採取地の番号は図 2 に同じ。

火山灰などの名称	試料の採取地	番号	露頭情報の文献
加久藤火山灰	熊本県錦町	1	町田, 1996d
野村1火山灰	愛媛県野村町	2	水野, 1996
阿多鳥浜火山灰	宮崎県綾町	3	長岡, 1996
大山奥津軽石	岡山県八束村	4	岡田・石賀, 2000
大山松江軽石	鳥取県松江市	5	
阿多火山灰	熊本県錦町	6	町田, 1996c
三瓶木次軽石	島根県玉湯町	7	山内・井上, 1980
鬼界葛原火山灰	鹿児島県中種子町	8	町田, 1996b
始良福山火山灰	鹿児島県志布志町	9	町田, 1996a
阿蘇4火山灰	熊本県錦町	6	町田, 1996c
大山生竹軽石	鳥取県岡金町	10	岡田・石賀, 2000
大山倉吉軽石	鳥取県岡金町	11	岡田・石賀, 2000
始良Tn火山灰	岡山県八束村	11	岡田・石賀, 2000
鬼界アカホヤ火山灰	宮崎県綾町	12	井村, 1996
同上	鹿児島県垂水市	13	森脇, 1996

られる。

今回、磁力選別に用いたこれらの火山灰には、磁鉄鉱、輝石類、角閃石、黒雲母、斜長石、石英、火山ガラス(褐色あるいは無色)のいずれかが含まれている。

5. 磁力選別の結果

磁力選別した火山灰試料を、選別の各段階ごとに、双眼実体顕微鏡(倍率23倍)、偏光顕微鏡および鉱石顕微鏡で鉱物粒子の同定を行い、鉱物組成を調べた。図3に、DOPを磁力選別した場合の顕微鏡写真を示

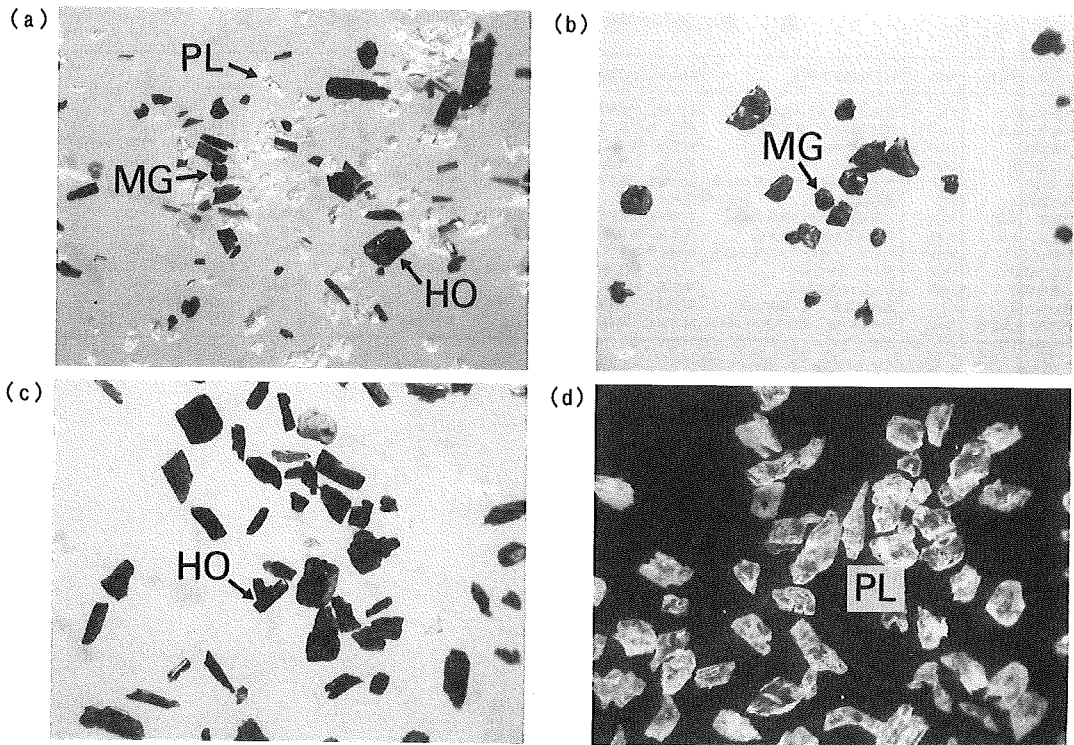


図3 大山奥津軽石にみる磁力選別の例

写真の長辺は7 mm (a)基本試料 鉱物粒子は多い方から順に、斜長石(PL)、角閃石(HO)、磁鉄鉱(MG)などである。(b)F選別でピックアップした試料 ほとんど磁鉄鉱である。(c)N選別でピックアップした試料 ほとんどが角閃石である。(d)残り試料 ほとんどが斜長石である。

す。表3には、鉱物粒子中に占める各鉱物の個数の百分率(基本試料以外について濃集率と呼ぶ)を階級に区分して示す。表3のうち、濃集率が50%以上の鉱物を表4にまとめる。これらを選別の効果を判定するためのデータとする。

(1) F選別できる粒子

基本試料: F選別でピックアップできる粒子には、火山ガラス(Aso-4, K-Ahの例)、斜長石(DMPの例)、角閃石(DMPの例)、輝石類(DKP, K-Ahの例)、磁鉄鉱(DMP, DNP, DOPの例)、磁鉄鉱を包有する岩片(Kkt, Ata-Th, Aso-4, K-Ahの例)や風化軽石(Ata-Thの例)、風化した磁鉄鉱(Kktの例)がある。まれに石英がピックアップできる(Ata-Th, SK, K-Tz, K-Ahの例)。いずれの石英も磁鉄鉱の微晶を包有している。

粉碎試料: フェライト磁石に付着したDMPの角閃石や斜長石(磁鉄鉱の微晶を包有する)を粉碎したところ、角閃石はほとんどすべてフェライト磁石に付着したが、斜長石はあまり付着せず、角閃石の劈開片に

付着したのみが見られるだけである。また、フェライト磁石に付着したAso-4の火山ガラスを粉碎した試料は、フェライト磁石に付着しない。同様にK-Ahの火山ガラスを粉碎したところ、フェライト磁石に付着しないものがある。

(2) N選別できる粒子

基本試料: N選別でピックアップできる粒子には、火山ガラス(熊本県錦町産Kkt, Aso-4, K-Ahの例)、黒雲母(SKの例)、角閃石(DOP, DMP, DKPの例)、岩片(Ata-Th, K-Ahの例)がある。火山ガラス中には、実体顕微鏡では磁鉄鉱は見いだせない。このうちKktやAso-4の火山ガラスは、火砕流堆積物から得た試料である。また、まれに石英がピックアップできる(Ata-Th, SK, K-Tz, Aso-4, K-Ahの例)。いずれの石英も磁鉄鉱の微晶を包有している。

N選別されるK-Ahの火山ガラスは、褐色のものが多い。例えば、鹿児島県高峠産のK-Ahでは、火山ガラス中に占める褐色ガラスの割合は、選別前試料約10%に対し、ネオジム磁石に付着した試料では、約

表3 火山灰ごとの磁力選別の結果

火山灰等の略称は表1と同じ。試料種類の欄において、「F選別」はフェライト磁石で、「N選別」はネオジム磁石でそれぞれピックアップできた試料を表す。「残り試料」は、いずれの選別でも磁石に付着しなかった試料を示す。鉱物組成中の「その他」には、風化した鉱物や軽石、不明粒子を含む。

火山灰種	試料種類	ガラス	石英	斜長石	黒雲母	角閃石	輝石類	磁鉄鉱	岩片	その他
Kkt	基本	++	-	+	-	-	±	±	±	±
	F選別	±	-	±	-	-	±	+	+++	±
	N選別	+++	-	±	-	-	±	-	±	±
	残り	±	-	+++	-	-	-	-	±	-
野村1	基本	+++	-	-	-	-	±	-	±	-
	F選別	+++	-	-	-	-	-	-	-	-
	N選別	±	-	-	-	-	±	-	+++	-
	残り	+++	-	-	-	-	±	-	±	-
Ata-Th	基本	-	++	+	-	±	±	±	+	±
	F選別	-	±	-	-	±	-	+	++	±
	N選別	-	±	-	±	±	±	-	+++	±
	残り	-	++	±	-	-	-	-	+	-
DOP	基本	-	+++	±	+	±	±	±	±	±
	F選別	-	-	-	-	-	-	+++	-	-
	N選別	-	±	±	±	+++	-	-	±	-
	残り	-	-	+++	-	-	-	±	±	±
DMP	基本	-	+++	±	+	±	±	±	±	±
	F選別	-	-	±	±	+	±	+	±	±
	N選別	-	±	±	±	+++	±	-	±	±
	残り	-	-	+++	±	±	-	-	±	±
Ata	基本	+++	±	±	-	±	±	±	±	-
	F選別	++	-	-	-	±	±	+	+	-
	N選別	+	-	-	-	-	-	±	++	-
	残り	+++	-	-	-	-	-	-	±	-
SK	基本	±	+	±	+	-	-	±	±	+
	F選別	-	±	-	±	-	-	+	+	-
	N選別	-	+	±	+	-	-	-	±	+
	残り	±	+++	±	±	-	-	-	±	±
K-Tz	基本	±	+	+	-	-	+	±	±	±
	F選別	±	±	±	-	-	++	+	±	±
	N選別	±	±	±	-	-	+	-	±	-
	残り	+	+	++	-	-	±	-	±	-
A-Fk	基本	-	+	++	-	+	±	±	±	±
	F選別	-	±	±	-	+	±	+	+	±
	N選別	-	±	+	-	++	+	±	±	+
	残り	-	+	++	-	±	-	-	±	±
Aso-4	基本	+++	±	±	-	±	±	±	±	-
	F選別	++	-	±	-	-	±	±	+	-
	N選別	+++	±	-	-	±	-	-	±	-
	残り	+++	+	-	-	-	-	-	-	-
DNP	基本	-	-	+	±	+	+	±	±	±
	F選別	-	-	±	±	+	+	++	-	-
	N選別	-	-	±	±	+++	+	-	±	-
	残り	-	-	+++	±	-	-	-	-	±
DKP	基本	-	-	++	-	+	+	±	±	-
	F選別	-	-	±	-	+	++	+	±	-
	N選別	-	-	±	-	++	+	±	±	-
	残り	±	-	+++	-	±	-	-	-	-
AT	基本	+++	±	±	-	±	±	±	±	±
	F選別	+	-	-	-	±	-	±	++	±
	N選別	±	-	±	-	±	-	-	+++	±
	残り	+++	±	±	-	±	±	-	±	-
K-Ah(緑町)	基本	+++	±	±	-	-	±	±	±	±
	F選別	+	±	-	-	-	+	±	+	-
	N選別	+	±	±	-	-	+	-	+	-
	残り	+++	±	±	-	-	±	-	±	±

表中の記号は、試料中に占める各鉱物粒子の個数の百分率に基づき、次の通り区分したものを示す。+++：75.0%以上，++：74.9~50.0%，+：49.9~10.0%，±：9.9~0.1%，-：0%

30%である。

粉碎試料：DMPの角閃石中に自形の磁鉄鉱が包有されることがあるが、DMPの角閃石を粉碎試料にしたあとも、ネオジム磁石に付着した。また熊本県錦町産Kkt, Aso-4, K-Ahの火山ガラスを粉碎したところ、粉碎後の試料はほとんどすべてネオジム磁石に付着した。このことから、これらの粒子自体が強磁性で

表4 磁力選別の方法と効果的に濃集できる鉱物火山灰等の略称は表1と同じ。

試料	鉱物粒子(火山灰などの例)
F選別でピックアップ	輝石類 (DKP, K-Tz) 磁鉄鉱 (DOP, DNP)
N選別でピックアップ	褐色火山ガラス (Kkt, Aso-4) 黒雲母 (SK) 角閃石 (DOP, DMP, DKP) 輝石類 (K-Tz)
N選別後の残り	火山ガラス (野村1, Ata, Aso-4, AT, K-Ah) 石英 (Ata-Th, SK) 斜長石 (Kkt, DOP, DMP, DNP, DKP)

あるか、あるいは実体顕微鏡で確認できない強磁性鉱物が粒子中に含まれているかのいずれかであると考えられる。

(3) 磁石でピックアップできない粒子

2種の磁石でピックアップできない粒子は、斜長石(Kkt, DOP, DMP, DNP, DKPの例)、火山ガラス(Aso-4, AT, K-Ahの例)、石英(Ata-Th, Aso-4の例)、風化軽石(Ata-Thの例)である。

6. 磁力選別の効果

本法による磁力選別の効果について以下に述べる。

吉川(1990)によると、磁鉄鉱以外の鉱物粒子などの相対的な磁性の強さは、強い方から、溶結ガラスおよび有色重鉱物、スコリア、変質鉱物、デーサイト~流紋岩質ガラス、長石、石英の順である。磁束密度の小さいフェライト磁石に付着する粒子、磁束密度の大きいネオジム磁石に付着する粒子、ネオジム磁石でも付着しない粒子の順番が、磁鉄鉱、輝石類・角閃石・黒雲母・褐色の火山ガラス、石英・斜長石・無色の火山ガラスとなっており、吉川(1990)の示す鉱物粒子などの相対的な磁性の強さと調和的である。ただし、褐色の火山ガラスについては、吉川(1990)は触れていない。以上のことから、本法でも鉱物などの粒子の相対的な磁性の強さに応じて、粒子を選別できたと考える。

鉱物粒子の種類別に、磁力選別法ごとの効果を整理すると、以下のとおりである。

磁鉄鉱：磁鉄鉱やその風化物、磁鉄鉱の微晶を包有する鉱物や火山ガラスは、フェライト磁石で選別できる。DOPをF選別すると、ほぼ100%に濃集することができる。

輝石類：DKPやDNPは、フェライト磁石によって輝石類(磁鉄鉱を包有する)をピックアップすることができる。しかしネオジム磁石では、磁鉄鉱を含まな

い輝石類と角閃石が見られ、精製するには至らない。これに対して、K-TzやK-Ahのように、火山灰に角閃石を含まない場合は、フェライト磁石を用いて磁鉄鉱の微晶を包有する輝石類を除去したのちに、ネオジム磁石で磁鉄鉱を包有しない輝石類をピックアップすることができる。

角閃石: DOP, DMP, DKP の例で見られるように、磁鉄鉱を包有する角閃石はフェライト磁石で、磁鉄鉱を含まない角閃石はネオジム磁石でよく選別できる。DMPの角閃石は磁鉄鉱を包有するようには見えないがフェライト磁石で選別できるものがある。DOPやDMPをF選別すると、濃集率を約90%にすることができる。輝石類が随伴する火山灰の場合、ネオジム磁石でピックアップすると、角閃石に加え輝石類も含んでしまう。

黒雲母: 黒雲母はネオジム磁石で選別されるが、黒雲母を含む火山灰は角閃石を含んでいるため、黒雲母だけを精製することは難しい。SKは角閃石を含まず、N選別で、濃集率を50%強にできる。

褐色の火山ガラス: Kkt(熊本県錦町産)のように、褐色の火山ガラスはネオジム磁石で濃集できる。しかしKktと対比される野村1火山灰は、火山ガラスを磁石で選別することはほとんどできない。また、K-Ahのうち、褐色の火山ガラスはネオジム磁石で濃集できる。これらのことから、同一火山灰でも褐色のガラスは、無色のガラスと比べ磁性が比較的強いと考えられる。

斜長石・石英・無色の火山ガラス: 軽鉱物がきわめて少ないAtaでは、N選別後の残り試料は、火山ガラスをほぼ100%に濃集できる。また、本研究で用いた野村1火山灰やATのように、火山から離れた地点に降灰した火山灰では、N選別後の残り試料においてほぼ100%に濃集できる。DOP, DMP, DNP, DKPのように斜長石しか含んでいない場合、磁石で重鉱物を除去することにより、軽鉱物の濃集率を90%前後にすることができる。Ata-Thでは、石英を約60%まで濃集させることができる。

同一火山灰に火山ガラス、石英、斜長石が含まれているK-Tzのような場合、この3者を磁力選別することはできないが、火山ガラスと軽鉱物の種類が多い火山灰は西日本では少ないので、あまり問題とならない。

以上のように、軽鉱物の組み合わせの多い火山灰などを除き、簡単な方法で多量の鉱物粒子を分離することができた。本法による磁力選別後に手選を併用す

ば、鉱物粒子ごとの精製は容易である。このことから本法は、学校において火山灰を教材として、観察用試料の準備をするのに有効であると考えられる。

7. ま と め

従来用いられていたフェライト磁石による磁鉄鉱などの選別に加えて、ネオジム磁石を用いることによって、黒雲母・角閃石・輝石類・褐色の火山ガラスを主に選別できることがわかった。フェライト、ネオジム磁石の2種の磁石で重鉱物などを除去した後、石英・斜長石・無色の火山ガラスを濃集させることができる。鉱物組み合わせがこれら3グループにまたがる火山灰では、これら鉱物粒子の分離・精製が容易である。本法を用いて、観察実習用の鉱物の分離作業を容易に行うことができる。磁力選別が特に効果的であった鉱物などの粒子と火山灰の組み合わせは、次に示すとおりである。

火山ガラス: 野村1火山灰, Aso-4, AT, K-Ah, Ata
石英: Ata-Th

斜長石: DOP, DMP, DNP, DKP

黒雲母: SK

角閃石: DOP, DMP, DKP

輝石類: K-Tz

磁鉄鉱: DOP

筆者は、高校地学IBの授業のうち、火山灰中の造岩鉱物の観察についての学習のため、本法により、K-Tzから輝石類を、DOPから斜長石、角閃石、磁鉄鉱を、SKから石英と黒雲母を、ATから火山ガラスをそれぞれ精製した。また、希望する生徒には、DOPからの斜長石、角閃石、磁鉄鉱の分離・精製を行わせたところ、生徒はこれらをうまく分離することができた。生徒にも簡単な操作でできるので、目的の鉱物を分離するのに適切な火山灰を教材として用いれば、成功率はかなり高いと考えられる。

なお、黒雲母の濃集率の向上や重鉱物同士の分離には、磁力選別において今回の研究と異なる磁束密度が必要であると考えられ、今後の課題である。

謝 辞 本研究に使用した野村1火山灰の試料は、産業技術総合研究所関西センターの水野清秀氏からご提供いただきました。また、火山灰の採集に際し、鳥取県および岡山県においては鳥取大学教育地域科学部の岡田昭明教授に、島根県においては、島根県教育センター(当時)の広江透氏に露頭のご案内をしてい

ただきました。お忙しい中、筆者のご要望にお応えくださった諸氏に、心より御礼申し上げます。また、論文の内容や表現の改善について、2名の匿名の査読者からの確かなアドバイスをいただいたことを感謝いたします。

引用文献

- 地学団体研究会『シリーズ・自然にチャレンジ』編集委員会(1987): シリーズ・自然にチャレンジ 10 火山の探検. 大月書店, 東京, 83 p.
- 井村隆介(1996): 宮崎県綾町二反野に分布するテフラ. 日本第四紀学会第四紀露頭集編集委員会(編), 第四紀露頭集—日本のテフラ, 日本第四紀学会, 東京, 307.
- 吉川清志(1990): ICP 発光分析法を用いたテフラの同定法とその応用. 地学雑誌, 99, 743-758.
- 木村純一・岡田昭明・中山勝博・梅田浩司・草野高志・麻原慶憲・館野満美子・壇原 徹(1999): 大山および三瓶火山起源テフラのフィッシュトラック年代とその火山活動史における意義. 第四紀研究, 38, 145-155.
- 加藤定男・小林忠夫(1982): 土や砂の中の鉱物の観察. 地学団体研究会(編), 自然をしらべる地学シリーズ 3 土と岩石, 東海大学出版会, 東京, 62-66.
- 町田 洋(1996a): 志布志港における始良カルデラ噴出の大規模テフラ. 日本第四紀学会第四紀露頭集編集委員会(編), 第四紀露頭集—日本のテフラ, 日本第四紀学会, 東京, 18-19.
- 町田 洋(1996b): 種子島における鬼界葛原テフラと海成段丘. 日本第四紀学会第四紀露頭集編集委員会(編), 第四紀露頭集—日本のテフラ, 日本第四紀学会, 東京, 40-41.
- 町田 洋(1996c): 人吉盆地における阿蘇・阿多などの火砕流堆積物. 日本第四紀学会第四紀露頭集編集委員会(編), 第四紀露頭集—日本のテフラ, 日本第四紀学会, 東京, 55.
- 町田 洋(1996d): 人吉盆地における加久藤テフラ. 日本第四紀学会第四紀露頭集編集委員会(編), 第四紀露頭集—日本のテフラ, 日本第四紀学会, 東京, 73.
- 町田 洋・新井房夫(1992): 火山灰アトラス. 東京大学出版会, 東京, 266 p.
- 水野清秀・吉川清志(1991) 中期更新世テフラ, Ng-1 火山灰の広域性の検討. 第四紀研究, 30, 435-438.
- 水野清秀(1996): 愛媛県野村盆地高位段丘堆積物中の広域テフラ, Ng-1 (野村 2) 火山灰. 日本第四紀学会第四紀露頭集編集委員会(編), 第四紀露頭集—日本のテフラ, 日本第四紀学会, 東京, 72.
- 森脇 広(1996): 大隅半島高峠に分布する後期更新世・完新世テフラ. 日本第四紀学会第四紀露頭集編集委員会(編), 第四紀露頭集—日本のテフラ, 日本第四紀学会, 東京, 310.
- 長岡信治(1996): 宮崎県南西部の阿多島浜テフラと上位のテフラ群. 日本第四紀学会第四紀露頭集編集委員会(編), 第四紀露頭集—日本のテフラ, 日本第四紀学会, 東京, 66.
- 野尻湖火山灰グループ(2001): 新版火山灰分析の手引き. 地学団体研究会, 東京, 56 p.
- 岡田昭明・石賀 敏(2000): 大山テフラ. 日本地質学会第 107 年学術大会準備委員会(編), 日本地質学会第 107 年学術大会見学旅行案内書, 日本地質学会第 107 年学術大会準備委員会, 松江, 81-90.
- 力武常次・家 正則・小川勇二郎・永田 豊・中野孝教・日江井栄二郎・平野弘道・本蔵義守・浅野俊雄・池田宜弘・数研出版株式会社編集部(2002): 高等学校地学 I. 数研出版, 東京, 255 p.
- 力武常次・小川勇二郎・永田 豊・萩原幸男・日江井栄二郎・本蔵義守・増田富士雄・丸山茂徳・浅野俊雄・池田宜弘・日達芳郎・数研出版株式会社編集部(1997): 改訂版高等学校地学 IB. 数研出版, 東京, 319 p.
- 佐川真人・石垣直幸・広沢 哲(1996): 世界最強の磁石. 日経サイエンス, 26(9), 64-74.
- 榎原雄太郎(1988): 磁鉄鉱. 小林 学・恩藤知典・山極隆(編), 地学観察実験ハンドブック. 朝倉書店, 43-45.
- 辻 誠一郎・奥野 充・福島大輔(2000): テフラの放射性炭素年代. 日本先史時代の¹⁴C年代編集委員会(編), 日本先史時代の¹⁴C年代, 日本第四紀学会, 東京, 41-58.
- 宇留野勝敏(1982): “マグネチック・スタンプ”. 地学団体研究会(編), 自然をしらべる地学シリーズ 3 土と岩石, 東海大学出版会, 東京, 96.
- 山内靖善・井上多津男(1980): 勾玉のふるさと・玉造. 大久保雅弘(編), 改訂/山陰地学ハイキング, たたら書房, 米子, 74-83.

川村教一: ネオジム磁石を利用した火山灰中の鉱物の簡易磁力選別 地学教育 57 巻 1 号, 25-31, 2004

(キーワード) ネオジム磁石, フェライト磁石, 磁力選別, 第四紀火山灰, 造岩鉱物, 火山ガラス

(要旨) 永久磁石の一つであるネオジム磁石は, 強い磁束密度を持っている. 筆者は火山灰中の鉱物の分離のためにこの磁石を用いた. 西南日本産の火山灰からの精製において, ネオジム磁石を用いるだけの簡便な方法で, 重鉱物, 軽鉱物, 火山ガラスを分離できた. 本法は, 室内実習に用いる火山灰中の造岩鉱物の準備に効果的であることを報告する.

Norihito KAWAMURA: A Simplified Method of Magnetic Separation of Minerals of Volcanic Ashes, Using Neodymium Magnets. *Educ. Earth Sci.*, 57(1), 25-31, 2004

~~~~~  
お 知 ら せ  
~~~~~

国際交流委員会より国際会議のお知らせ

国際会議名：第32回国際地学会議 THE 32nd International Geological Congress

開催地：イタリア・フィレンツェ

開催期間：2004年8月21日～28日

発表申込締切：2004年1月10日

詳しい情報：地学教育学会ホームページ <http://www.soc.nii.ac.jp/jsese/> または <http://www.32igc.org>
(国際交流委員会)

2004年度日本気象学会奨励賞受賞候補者の推薦募集

日本気象学会は、研究環境や研究費に恵まれない方々が行う調査や研究を奨励するために、「日本気象学会奨励金」制度を1970年に設けました。その後、実践的な気象教育を進めている方々も奨励するように選考範囲を拡げました。さらに1998年には、「奨励金」を表彰に重点を移した「奨励賞」と改め、引き続き毎回3件程度の表彰をしております。

奨励賞受賞候補者推薦委員会は、受賞者選定規定に基づいて、候補者を理事会に推薦します。つきましては、広く候補者を募集しますので、次の要領によって2004年度の受賞候補者をご推薦下さい。自薦も歓迎します。なお、日本地学教育学会にも推薦募集案内の通知を依頼しています。

2003年12月

記

締切：2004年2月27日（金）

送付先：〒100-0004 東京都千代田区大手町1-3-4

気象庁内日本気象学会事務局気付

奨励賞受賞候補者推薦委員会

用紙：A4判縦、横書き

推薦書および添付資料

1. 研究題目（推薦対象となる研究調査または教育活動の内容を簡潔に示すもの）
2. 受賞候補者氏名（ふりがな）、所属、連絡先、略歴
3. 推薦者氏名、所属、連絡先
4. 推薦理由（1500字以内）
受賞候補者の研究環境（指導者、研究時間、研究費等）について触れる。
5. 研究成果の概要（1500字以内）
これまでの研究調査または教育活動に関する出版物、報告、資料等（のコピー）を添付する。

募集概要

1. 気象学・気象技術に関するテーマについての研究・調査、および初等・中等教育等における気象教育の実践、教材の開発などの実践的な教育普及活動を対象とする（研究としての完成度の高さは必要条件ではない）。

2. 候補者は研究環境（指導者、研究時間、研究費）に恵まれていないことが条件である。従って、大学あるいは研究機関に勤務または在学し、経常あるいは特別研究費の配分を受けて気象学の研究に従事する者は、原則として奨励賞の対象外である。なお候補者は気象学会員である必要はない。
3. 選考にあたっては、過去の調査・研究・実践の経歴が豊富なことを重視する。関連学会、関連研究会、関連機関の調査研究会等に発表または投稿がなされていることは、業績を評価するための材料として考慮する。
4. 2004年度の奨励賞贈呈は、秋季大会（福岡、10月6～8日予定）で行う。

1998年度までの「奨励金」受領者

(70)長野美文, 久保田 効, (71)山川 弘, 竹内丑雄, (72)杉山清春, 竹内 新, 地迫良一, 深津 林, 清水喜允, (73)加藤一靖, 小岩清水, 村松照男, (74)矢野兼三, 内山文夫, 櫃間道夫, (75)岸田和博, 鈴木和史, (76)山田幹夫, 力武恒雄, 松村三佐男, (77)小形 明, 宮川和夫, 永沢義嗣, 佐々木芳春, (78)島村泰正, 伊豆味正吉, 春日 信, 浦野 弘, (79)木村 悠, 坂上公平, 小柴 厚, (80)山中 博, 若原勝二, 中井公太, 横山 博, (81)細野正俊, 西本洋相, (82)西田耕造, 山内博行, 原嶋宏昌, (83)田頭正広, 渡部浩章, 鈴木欣也, 丹 英二, 長島 真, (84)平 隆介, 加藤敏彦, 柴山元彦, (85)中田隆一, 水野 量, 名越利幸, (86)大奈 健, 江上 公, 半田 孝, 瀧島幸市, (87)入田 央, 三品 博, 榊原保志, (88)大野木和敏, 銘菊真正, 金城勝重, 橋本雅巳, (89)松本崇司, 松田耕治, 塩澤定道, 有賀公平, 西銘宜正, (90)横田寛伸, 松村 哲, (91)榎野泰夫, 浅野浅春, 岡田哲也, 居島 修, (92)中田裕一, 川野 浩, 今 勝義, (93)木俣昌久, 吉田洋一, 下畑五夫, 植田 隆, 古川善朗, (94)前田 宏, 石原昭史, 裏川一雄, (95)小沢英司, 河合宏一, 中吉一行, 西岡佐喜子, (96)四宮茂晴, 大鹿清司, (97)山下龍平, 花宮廣務, (98)上田崇裕, 金森恒雄, 坪田幸政

2003年度までの「奨励賞」受賞者

(99)須田卓夫, 松浦健次, (00)加藤 廣, 黒良龍太, (01)出口 一, 大久保 篤, 加治屋秋実, (02)大沼啓人, 上口弘晃, 平松和彦, 森岩 聡, (03)高田伸一, 中山 寛, 渡邊真二

日本気象学会奨励賞受賞候補者推薦委員会

担当理事：藤部文昭, 岩嶋樹也, 坪田幸政, 菊池 正, 栗原弘一, 井石明宏, 佐々木秀行, 渡辺典昭, 米谷恒春
委員：高橋忠司, 田代誠司, 原 昌弘

~~~~~  
学 会 記 事  
~~~~~

平成 15 年度 日本地学教育学会夏の定例評議員会議事録

日 時：平成 15 年 7 月 31 日（木）午後 5 時

場 所：上越教育大学 本部事務局 2 階会議室

出席者：下野 洋・渡邊 隆・中川清隆・菅野重也・野瀬重人・米澤正弘・馬場勝良・五島政一・遠西昭寿・林 慶一・濱田浩美・高橋 修

はじめに、本評議員会は、出席者 12 名、委任状 16 名で、計 28 名となり、現評議員の過半数を超えているため、成立することが確認された。

議 題：

1. 上越大会について

上越大会本部渡邊副会長より挨拶があった。その後、中川会員より、平成 15 年度上越大会の準備状況等報告があった。

2. 大会宣言文について

渡邊副会長から上越大会宣言文についてのご紹介があり、その文面について検討が行われた。あわせて、式次第・プログラムについても検討され承認された。

3. 次期（平成 16 年度）開催地岡山の紹介

岡山大会本部野瀬副会長より、岡山大会の進行状況等について報告・承認があった。次年度岡山大会は、8 月 20～23 日に岡山理科大学で開催される予定である。

報 告：

1. 本年度学術奨励賞について

五島学術奨励賞審査委員長から受賞対象論文について説明があった。学会賞および論文賞については該当者なし。教育実践優秀賞は、第 55 巻 5 号に掲載された、渡辺嘉士会員ほかによる「前線」への受賞が決定したことが報告された。

2. その他

1) 行事委員会から、本年度文部科学省補助金（成果公開促進費 B）によるシンポジウム「地学教育で育成すべき生きる力とはなにか」が、北区北とびあで開催され盛況のうちに終了したことが報告された。

2) 国際交流委員会から、本年度カナダで開催される国際会議 Geological Science Education への参加が予定されていることが報告された。

3. 各地の情報交換

下野会長（東京・岐阜）：「地学」の状況として、岐阜大学教育学部小学校教員養成系の教官の意識について報告があった。

野瀬副会長（岡山）：岡山における大学と高等学校の連携について報告があった。

米澤会員（千葉）：千葉県の高等学校地学教員の現況について報告があった。

遠西会員（愛知）：愛知教育大学の独立法人化に向けての現況について報告があった。

菅野会員（群馬）：群馬県では地学の新規採用がなく、教育経験のない地学非専門の教員が増えていることの報告があった。

岡本会員（神奈川）：麻布大理学部の実況として、教員免許状（教員になる資格）だけはとっておこうという学生が増えたことの報告があった。

林会員（兵庫）：学校科目「地学」関連学会協議会と地球惑星合同大会「地学教育委員会」との関係について、協調しつつも協同での活動はしばらく様子見との報告があった。

以上

第 3 回 常務委員会議事録

日 時：平成 15 年 10 月 2 日（木）午後 6 時 30 分～9 時

場 所：日本教育連合会会議室

出席者：下野 洋・渋谷 紘・馬場勝良・濱田浩美・高橋 修

議 題：

1. 上越大会の終了について

上越大会本部中川会員より、平成 15 年度上越大会の終了の報告があり、行事委員より代読された。地学教育への大会報告、会計報告とも終了し、正式に上越大会本部の解散承認がなされた。

2. 平成 15 年度以降の大会について

平成 16 年度岡山大会は、岡山理科大学において、8 月 20～23 日の会期で開催すること、およびシンポジウム、講演、巡検などの内容について、

岡山大会本部野瀬副会長より報告があり、行事委員により代読された。岡山大会本部より提示された大会テーマなどについて検討、討議された。8月19日に定例評議委員会を開催することを決定した。茨城大会についてはとくに審議される内容はなかった。

3. 役員選挙日程について

例年通り役員選挙を行うことが承認された。公示は次号の地学教育で、本年度は、会長1名・評議員8名・監査1名の改選が行われることになった。

4. 入会者・退会者について

入会者：市原季彦・吉富健一・赤田耕嗣・西浦慎悟・品田やよい・吉田綾子・金個 忍・片山敏彦
退会者：野崎誠二

5. その他

1) 「地学教育」のCDROM化について
地学教育の電子化(CDROM化)について討議され、地学教育のPDFファイルによるCDROM化が進められることが承認された。

2) 地球惑星関連学会連絡会参加について
地球惑星関連学会連絡会「地学教育」委員会より、本年度、地球惑星関連学会合同大会シンポジウムへの参加の有無を問われた件について討議し、本学会は積極的に参加することが承認された。

報告:

1. 各種常置委員から

1) 行事委員会から、本年度文部科学省補助金(成果公開促進費B)によるシンポジウム「地学教育で育成すべき生きる力とはなにか」が、北区北とびあで開催され盛況のうちに終了したことが報告された。次回は大阪での開催を検討、申請することがあわせて報告された。

2) 教科「理科」関連学会協議会委員より、7月11日および9月23日に開催された協議会の報告があった。

3) 学校科目「地学」関連学会協議会委員より、協議会での新学習指導要領に向けての学習内容の検討が始まったことが報告された。その内容については、逐次学会ホームページにて公開する予定である旨あわせて報告があった。

2. 寄贈交換図書などについて

・日本理科教育学会(2003): 理科の教育, 通巻611号, 2003/Vol. 52.

・日本理科教育学会(2003): 理科の教育, 通巻612号, 2003/Vol. 52.

・日本理科教育学会(2003): 理科の教育, 通巻613号, 2003/Vol. 52.

・日本理科教育学会(2003): 理科の教育, 通巻614号, 2003/Vol. 52.

・日本理科教育学会(2003): 理科の教育, 通巻615号, 2003/Vol. 52.

・日本理科教育学会(2003): 理科教育学研究, Vol. 44, No. 1.

・東京地学協会(2003): 地学雑誌, NO.2. 2003 VOL. 112.

・東京地学協会(2003): 地学雑誌, NO.3. 2003 VOL. 112.

・東京地学協会(2003): 地学雑誌, NO.4. 2003 VOL. 112.

・日本地理教育学会(2003): 新地理, 第51巻, 第1号, 2003/6.

・産業技術総合研究所 地質調査総合センター編(2003): 地質ニュース, 第584号.

・産業技術総合研究所 地質調査総合センター編(2003): 地質ニュース, 第585号.

・産業技術総合研究所 地質調査総合センター編(2003): 地質ニュース, 第586号.

・神戸大学発達科学部(2003): 神戸大学発達科学部研究紀要, 第10巻, 第2号.

・神戸大学発達科学部(2002): 神戸大学発達科学部研究紀要, 第10巻, 第1号.

・神戸大学発達科学部(2003): 神戸大学発達科学部研究紀要第9巻第3号.

・神戸大学発達科学部(2002): 神戸大学発達科学部研究紀要第8巻第3号.

3. その他

1) 日本学術会議第19期科学教育研連内の委員に下野会長が選出された旨報告があった。

2) 本年度は、成果公開刊行物の補助金の申請を行うことの報告があった。

3) 日本地質学会・地学団体研究会との合同での地学教育セミナー「すばる望遠鏡で宇宙の果てを見る」が、11月15日に開催された。

以上

日本学術会議 第4部 科学教育研究連絡委員会（第19期・第1回）報告

標記委員会が、平成15年12月2日に開催されたので、その概要を報告する。

1. 役員を選出

委員長 木村捨雄 幹事 波多野 彰（帝京大）川上昭吾（愛教大）

2. 第19期活動計画

科学者コミュニティの確立と新たな文明社会の

構築

3. 本研連の活動

平成16年3月16日に「シンポジウム」を開催することとする。

そのテーマおよびシンポジストは、メーリングリストによって12月20日までに大枠を決めることとする。

テーマは、1学会単位の問題ではなく広くとらえたものが望ましい。

編集委員会より

定例編集委員会は、12月6日(土)午後および1月10日(土)午後にかかれまして、編集状況は、57巻2号より予定している特集関係を含めて、原著論文1件、教育実践論文3件が受理されました。

訂正とお詫び

56巻6号に掲載されました荒井 豊氏の「埼玉県北部の児童生徒を対象とした星の動きに関する認識調査—東、南、西、真上及び北の空に関して—」は論文種目が「原著論文」ではなく「資料」でしたので訂正いたします。査読の過程で原著論文から資料に変更になっておりましたが、編集委員会の不手際で当初の種目のまま扱われてしまいました。著者及び会員の皆様にご迷惑をおかけしたことを深くお詫びいたします。

地 学 教 育 第57巻 第1号

平成16年1月20日印刷

平成16年1月25日発行

編 集 兼 日 本 地 学 教 育 学 会
発 行 者 代 表 下 野 洋

〒263-8522

千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33

千葉大学教育学部理科教育教室内

電話 & FAX 043-290-3682 (濱田)

振替口座 00100-2-74684

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. 57, NO. 1

JANUARY, 2004

CONTENTS

Original Article

- A Spectrometer for Teaching Astronomy, Using a Digital Camera Equipped with
Replica Grating ...Kazuhito DOBASHI, Hiroyuki KIKUCHI, Masamitsu GOSHIMA,
Tomoka TOSAKI, Atsushi MORI and Hayato UEHARA... 1~13

Practical Articles

- Educational effect of astronomical observation for science learning in junior high
schools through an interactive communication system on the internet
...Takehiro HAYASHI, Sohichi KONDOH, Hiroaki KANOE and Atsushi HIKITA...15~23
- A Simplified Method of Magnetic Separation of Minerals of Volcanic Ashes by
Neodymium MagnetsNorihito KAWAMURA...25~31

Book Review (14)

Announcements (32~33)

Proceeding of the Society (34~36)

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