

地学教育

第54巻 第2号(通巻 第271号)

2001年3月

目 次

原著論文

インターネットを活用した天文教材の開発

—The Digitized Sky Survey と暗黒星雲—

.....神鳥 亮・土橋一仁・上原 隼・佐藤文男...(61~ 73)

教育実践報告

建設廃土中の完新世貝類化石による古環境解析の授業実践

—香川県高松平野を例として—川村教一...(75~ 83)

〈特集〉環境教育と地学教育

教育実践報告

地質の野外学習を通して自然環境を学ぶ修学旅行の指導法濱中正男...(85~ 91)

野外での体験を中心とした環境教育

—「化石と地球大気」および「生活と琵琶湖」の指導—荒川忠彦...(93~ 99)

環境学習に関わる教員研修の取り組みについて

—東京都を例にして—宮下 治...(101~105)

お知らせ(74)

学会記事(84, 92)

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

平成 13 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 13 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ご案内いたします。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 13 年 4 月 20 日（金）までに、学会事務局にご返送ください。

1. 日 時：平成 13 年 4 月 28 日（土）午後 1 時より
2. 場 所：東京学芸大学 創立 20 周年記念会館（正門を入れてすぐ左）2 階
（JR 武蔵小金井駅より京王バス小平団地行き「学芸大正門前」下車徒歩 3 分）
3. 議 事：
 - 1) 報告事項
 - ①平成 12 年度事業報告
 - ②平成 12 年度決算報告
 - ③平成 13 年度役員選挙結果
 - 2) 審議事項
 - ①平成 13 年度事業計画（案）審議
 - ②平成 13 年度予算（案）審議

地学教育フォーラム：環境教育と地学教育

行事委員会

本学会では、1999 年 10 月に「理科における地学リテラシー育成の意義と環境教育の実践事例」のテーマでシンポジウムを開催するなど、新学習指導要領への積極的な取り組みの検討を行ってきました。新設される「総合的な学習の時間」では、環境などの横断的・総合的な課題についても取り上げていくこととなりますが、その中で、地学教育の果たす役割がきわめて重要であると考えています。

本フォーラムでは、「地学教育」54-2 号と 54-3 号で特集する「環境教育と地学教育」に寄稿いただいたお二人の方に、環境教育の実践と意義についてそれぞれ御講演をいただきます。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 4 時
2. 場 所：総会会場
3. 講 演：
 - ①「野外での体験を中心とした環境教育—「石灰岩と地球大気」及び「人間生活と琵琶湖」の指導—」
荒川忠彦（滋賀県立米原高等学校）
 - ②「地学における環境教育の取り扱いの変遷—学習指導要領の変遷を中心に—」
宮下 治（東京都立教育研究所）

インターネットを活用した天文教材の開発

—The Digitized Sky Survey と暗黒星雲—

神鳥 亮*・土橋 一仁*・上原 隼*・佐藤 文男*

1. はじめに

本稿では、大学の学部教育における天文学の学生実験テーマとして開発した暗黒星雲の実験教材を紹介する。本教材では、暗黒星雲の解析のデータに天体写真のデータベースである The Digitized Sky Survey (DSS; Lasker, 1994) を、解析の手法にスターカウント法を用いる。DSS は過去に光学望遠鏡を用いて行われた掃天観測計画 (北天は Palomar Observatory Sky Survey, 南天は ESO/SERC Southern Sky Survey) で得られた約 1,500 枚の写真乾板を高解像度スキャナーでデジタル化したデータベースである。DSS の 1 画素は 1.7" に相当し、この角分解能で全天の星野を網羅している。北天と南天の DSS 画像は、それぞれ異

なる波長域 (バンド) で撮影された写真乾板に基づいており、北天の画像は R バンド (有効波長 $\sim 6500 \text{ \AA}$)、南天の画像は B バンド (有効波長 $\sim 4500 \text{ \AA}$) である。様々な暗黒星雲が写っている DSS 画像を取得し、これをスターカウント法で解析することにより、暗黒星雲の広がりや質量といった基本的な物理量を求めることができる。

天の川 (図 1) を眺めると、ところどころに穴が空いたように星の数が少ない暗黒の領域がある。これは、その方向に星間物質 (主に水素・ヘリウムなどのガスや宇宙塵と呼ばれる固体微粒子) が雲状に集まった天体 (暗黒星雲) が存在するためである (例えば、鈴木, 1983)。雲に含まれる宇宙塵が背後の星々の光を減光 (吸収・散乱) するので、暗黒星雲の方向では



図 1 天の川と暗黒星雲

天の川の全景図。図の中央を横切る白い帯が天の川である。天の川の中に星の数の少ない暗い領域が数多く分布している様子が観察される。これらが暗黒星雲である。この図は、1955年にLund天文台 (スウェーデン) の Knut Lundmark が作成した「絵」である。7000個の恒星と天の川の構造が詳細に描かれている (Copyright: Lund Observatory).



図2 暗黒星雲が暗く見える理由

暗黒星雲の背後の星々からの光は、雲に含まれる宇宙塵によって減光される。そのため、暗黒星雲の方向では観測される星の数が減少し周囲の星野よりも暗く見える。

見える星の数が減少し、周囲の星野よりも暗く見える(図2)。暗黒星雲の多くは分子輝線(星間分子が放出する輝線)でも観測されるため、分子雲とも呼ばれる。太陽に代表される恒星や、地球や木星のような惑星は、暗黒星雲(分子雲)の中で特に密度の高くなった部分が重力収縮して誕生すると考えられている(例えば、福井, 1998)。そのため、暗黒星雲を研究することは、星や惑星の形成メカニズムを探る上で天文学的に重要な課題の一つとなっている。

暗黒星雲の研究手法には、電波望遠鏡による分子分光観測(例えば、Dame *et al.*, 1987)や、赤外線望遠鏡による宇宙塵の熱放射の観測(例えば、Beichman *et al.*, 1985)などがある。しかし、これらはいずれも高度な天文学・物理学の知識を必要とし、実験教材に適したデータも十分には公開されていないため、学部学生のための実験への導入は必ずしも容易でない。そこで、本教材では暗黒星雲の解析手法としてスターカウント法を採用することにした。スターカウント法とは、天体画像(可視光)に写っている暗黒星雲内外での星の数の密度(単位立体角あたりの星の数)を計測し、暗黒星雲の物理量(減光量・広がり・質量など)を調べる方法である。この方法は、高度な天文学の知識を持たない学部学生でも直感的に理解しやすく、特殊なソフトウェアに頼ることなく比較的短時間で暗黒星雲の物理量を求めることができる。解析の基となる天体画像には、全天を網羅するDSSを用いる。DSSはインターネット上で広く公開されているため、そのホームページにアクセスして天球上の様々な領域の天体画像を簡単に取得できる。DSSとインターネットを利用して非常に安価に(1セット数百円)、かつ短時間(数時間)で作成できる、ということが本教材の大きな特徴である。

スターカウント法の基礎理論を2章で述べる。実際のDSS画像の取得方法など、実験教材の製作手順を

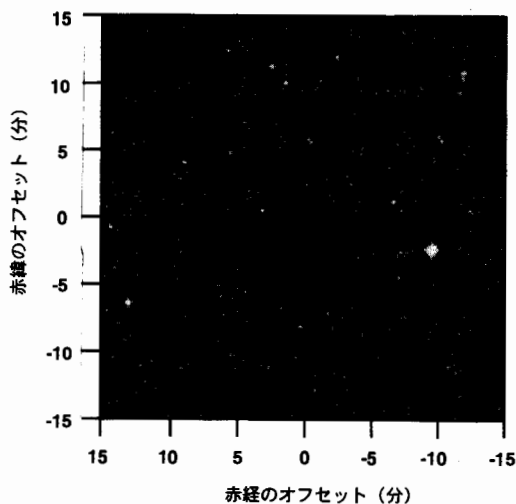


図3 可視光で見た暗黒星雲 L1221

DSS画像(Rバンド)に写っているケフェウス座の暗黒星雲L1221(表3に記載したNo.4の天体)の姿。座標は表3に示した値からのオフセットである。暗黒星雲(図中央の黒い領域)が背景の星々の光を減光し、シルエットとして見えている。

3章に示す。4章では実験手順について述べ、5章で学生に学習させる課題の例を示す。最後に、授業設計について6章で述べる。

2. 基礎理論

2.1 天の川と暗黒星雲

銀河系は数千億の星々からなる星の大集団であり、星と星の間は希薄な星間物質で満たされている。銀河系の主要部は、中心部が少し膨らんだ薄い円盤状をしており、円盤の直径は約10万光年、太陽系はその中心から約2.8万光年離れたところに位置している(例えば、黒田, 1996)。澄んだ夜空に見える天の川は、この銀河系を太陽系の位置から真横に眺めたものである。天の川の全景図(図1)を見ると、天の川に沿って多くの暗黒星雲が分布している様子が観察される。暗黒星雲は、背後の星々の光を吸収・散乱する宇宙塵成分と低温のガス成分から構成されており、その大きさは直径で数光年から数百光年、質量は太陽の数十倍から百万倍に達するものまでである。暗黒星雲の質量の大部分は水素ガスが占めており、減光に寄与する宇宙塵の質量は全体の1%程度である(例えば、Spitzer, 1980)。暗黒星雲内の水素ガスのほとんどは分子の状態になっており、その密度は $n(\text{H}_2) = 10^3 \sim 10^6 \text{ cm}^{-3}$

である。これは、通常の星間空間の水素ガス密度 $n(\text{H}) \sim 1 \text{ cm}^{-3}$ と比べて極めて高い。暗黒星雲は、形成されつつある星以外に内部に熱源を持たず、外部からの電磁波は濃密な宇宙塵によって遮られてしまうため、非常に低温（典型的な温度は約 10 K）で高密度の天体である。この低い温度のために暗黒星雲は光の波長に電磁波を放出することができず、可視光では暗黒の減光領域として観測される（例えば、小暮, 1994）。可視光で見た暗黒星雲の例を図 3 に示す。

2.2 スターカウントの原理

暗黒星雲の研究手法の一つに、スターカウント法 (Wolf, 1923) がある。この方法では、天体画像 (可視光) に写っている暗黒星雲およびその近傍の星野の星数密度を調べることで暗黒星雲の減光量 (単位は等級) の分布を測定する。一般に、宇宙塵による星の光の減光量は波長域 (バンド) によって異なる (例えば, Cardelli *et al.*, 1989)。バンドには、紫外線領域を中心とする U バンド (有効波長 $\lambda = 3500 \text{ \AA}$)、青い光を中心とする B バンド (4400 \AA)、黄色い光を中心とする V バンド (5500 \AA)、赤い光を中心とする R バンド (6500 \AA) などがある。 λ バンドで撮影された天体写真を解析することで、 λ バンドでの減光量 A_λ の分布を調べることができる。標準的な減光量には V バンドで測られた減光量 A_V が用いられる。 A_V は視線方向の暗黒星雲内の宇宙塵の総量を直接反映しており、暗黒星雲の質量の大部分を占める水素分子の量とも良い相関があることがわかっている (例えば, Jenkins, 1974)。そのため、 A_V の分布を調べることで、暗黒星雲の質量や構造 (広がり) 等を求めることができる。スターカウント法は 20 世紀初頭に提案されてから長年にわたって用いられてきた天文学の伝統的手法であるが、近年、全天規模の天体写真のデータベース (DSS) の公開や、光学望遠鏡の撮像技術の劇的な向上に伴い、暗黒星雲の有力な研究手段として再び注目を集めている。

Wolf (1923) によって提案されたスターカウント法の原理を図 4 に示す。この図は Wolf 図 (累積星数曲線) と呼ばれており、横軸は λ バンドで測られた見かけの等級、縦軸はその等級よりも明るい星の単位立体角あたりの数 (星数密度) の対数である。仮に全ての星が同じ明るさ (絶対等級) を持ち、空間に一様に分布しているとすると、このとき、暗黒星雲による減光が存在しない星野 (以後、比較天域) についての Wolf 図は、図 4 の実線で表される直線になる (星数密度は

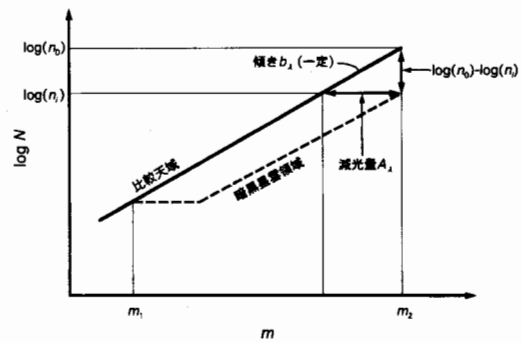


図 4 Wolf 図の例 (模式図)

全ての星が同じ明るさ (絶対等級) を持ち、空間に一様に分布していると仮定したときの Wolf 図 (累積星数曲線)。横軸は見かけの等級 m で、値が大きくなるほど暗い。縦軸は m 等級よりも明るい星の数密度 N (単位立体角当たりの数) の対数である。実線は減光の無い比較天域の Wolf 図を、破線は暗黒星雲による減光を受けている星野の Wolf 図を表している。暗黒星雲の背後の星々は減光を受けるため、暗黒星雲の距離に対応する見かけの等級 m_1 で Wolf 図の累積星数曲線の分岐 (平行移動) が起こる。この平行移動量を測定することで暗黒星雲の減光量 A_λ を求めることができる。

見かけの等級に対して直線的に増加する)。もし観測領域に暗黒星雲が存在すると、その背後にある星々は暗黒星雲による減光を受ける。この場合の Wolf 図は、暗黒星雲の距離に対応する見かけの等級 m_1 で実線から横軸方向に分岐して、図 4 の破線ようになる。このとき、実線に対する破線の平行移動量 A_λ が暗黒星雲による減光量である。

実際に測定される Wolf 図の累積星数曲線の傾きは一定ではなく、見かけの等級が増大するに従って星数密度の増加はしだいに頭打ちになる。また、暗黒星雲領域の Wolf 図は、図 4 のようなはっきりした分岐は示さず、比較天域の Wolf 図から徐々に分かれていく。その主な原因は、星野中の星の絶対等級が一定ではないことによる。例えば、絶対等級の異なる星が同じ距離にあったとすると、絶対等級の小さい (明るい) 星では見かけの等級の小さいところから減光が始まるが、絶対等級の大きい (暗い) 星では見かけの等級の大きいところまで減光を受けない。暗黒星雲の減光量を正確に見積もるためには、スターカウントに使用する写真の限界等級 (写真に写っている一番暗い星の等級) は、暗黒星雲領域の Wolf 図の累積星数曲線の平行移動量が確定する程度に深くなければならない。実

際の観測から得られる Wolf 図の限界等級付近を 1 次関数で近似することにより、図 4 の直線の場合と同様に以下の式で減光量 A_λ を求めることができる。

$$A_\lambda = \frac{\log(n_0) - \log(n_i)}{b_\lambda} \quad (2.1)$$

ここで、 b_λ は限界等級付近での Wolf 図の傾き、 n_0 および n_i は、それぞれ、限界等級まで数えた比較天域および暗黒星雲領域の星数密度である。また、添字の λ は解析に用いた天体写真のバンドを表している。

A_λ を標準的な減光量 A_V に変換するためには、バンドの違いを補正する必要がある。標準的な宇宙塵における波長-減光量関係(例えば、Bless, 1972)を仮定して求められた変換係数(例えば、Dickman, 1978)を用いると、 A_λ から A_V への変換は以下の式で与えられる。

$$A_V = R_{\lambda V} A_\lambda \quad (2.2)$$

ここで、 $R_{\lambda V}$ は λ バンドでの減光量を V バンドでの減光量に変換するための補正項である。本稿で必要な R , B バンドでの補正項の値を表 1 にまとめる。

2.3 スターカウントの方法

実際のスターカウントでは、まず対象の暗黒星雲が写っている天体写真の上に、方眼格子が印刷されたトランスペアレンシーをかぶせて各格子に含まれる星の数 n_i (添字の i はそれぞれの格子に対応) を数え、暗黒星雲付近の星数密度分布を調べる。具体的な例を図 5 に示す。星数密度分布から減光量を算出するためには、まず暗黒星雲による減光を受けていないと思われる星野(比較天域; 図 5 では領域 C)を選択する。次に、比較天域を構成する星々についての Wolf 図を作成し、限界等級付近の b_λ と n_0 を求める。ここで、 n_0 は限界等級まで数えた比較天域の格子の星数の平均値である。 i 番目の格子の減光量 $A_{\lambda i}$ は、上で求めた b_λ, n_0 と i 番目の格子の星数 n_i を式(2.1)に代入することで求められる。この計算を全ての格子について行い、さらにバンドの補正(表 1 の $R_{\lambda V}$ の値を用いる)を施すことで A_V 分布図を得ることができる。

暗黒星雲およびその近傍の領域において星々がポアソン分布に従って一様に分布しているとすると、各格子の中で数えられた星数 n_i に対して、 $\sigma_i = n_i^{1/2}$ 程度の誤差が生じる(例えば、Bok, 1937)。また、比較天域の格子の星数の平均値 n_0 についても $\sigma_0 = n_0^{1/2}$ 程度の誤差を見積もることができる。式(2.1), (2.2)における σ_i, σ_0 の誤差の伝播(補足 1)を考えると、 i 番目の格子の減光量 A_{Vi} の誤差 δA_{Vi} および相対誤差は、以下の

表 1 A_λ から A_V への変換係数 $R_{\lambda V}$

バンド (λ)	$R_{\lambda V}$
B	0.76
R	1.21

注; $R_{\lambda V}$ の値は文献値である (Dickman, 1978)。

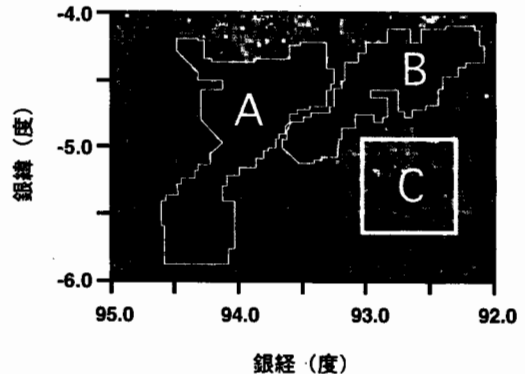


図 5 星数密度分布図の例

白鳥座の散開星団 IC5146 に付随する暗黒星雲付近での星数密度分布。座標は銀河座標である。DSS(R バンド)を使用し、2' 角の格子毎に 19 等よりも明るい星を数えた。図の画素(格子)の色は、白-薄灰-薄黒-黒の順に 80-40-20-1 個の星の数を表す。図中の A・B の部分では暗黒星雲の減光により周囲と比べて明らかな星数の減少が見られる。C の部分は暗黒星雲による減光を受けていないと思われる星野(比較天域)である。上図の B 全体と A の一部は、表 3 に記載した No. 8 の天体に対応している。

ように計算される(例えば、Dickman, 1978)。

$$\delta A_{Vi} = \frac{R_{\lambda V}}{b_\lambda} \left(\frac{n_0 + n_i}{n_0 n_i} \right)^{1/2} \quad (2.3)$$

$$\frac{\delta A_{Vi}}{A_{Vi}} = \frac{1}{\log(n_0) - \log(n_i)} \left(\frac{n_0 + n_i}{n_0 n_i} \right)^{1/2} \quad (2.4)$$

3. 実験教材の製作

本章では、暗黒星雲の実験教材の作り方(DSS 画像の取得、教材の組み立て方)について、順を追って説明する。

3.1 必要な材料と暗黒星雲のリスト

2 章の方法で暗黒星雲の解析を行う教材を作成するために必要な材料を表 2 に示す。暗黒星雲の写っている DSS 画像(表 2, No. 1)はインターネットを利用して取得する。No. 2 のフォト用紙は DSS 画像を印刷するために、No. 3 のトランスペアレンシーは星数密度

表2 教材の製作に必要な材料

No.	材料名	コメント
1	DSS画像	対象の暗黒星雲が写っているもの
2	カラープリンタ用フォト用紙	A4サイズのもの (作成する教材の枚数分必要)
3	トランスベアレンシー	A4サイズのもの (作成する教材の枚数分必要)

注; No.1~3以外に、インターネットに接続できるPCとカラープリンタが必要である。

を計測する方眼格子を印刷するために必要である。DSS 画像の取得とその教材化には、インターネットに接続できる PC とカラープリンタが不可欠であるが、これらの機材は既に備わっているものとする。

表3に教材化に適した暗黒星雲のサンプルをまとめる。この表には、暗黒星雲(9天体)の名称(カタログ名)、座標(2000年分点の赤道座標;分点については補足2を参照)、距離(単位はパーセク;1パーセク=3.26光年)、その他スターカウントに必要なパラメータが記載されている。それぞれの暗黒星雲は、既に出版されている暗黒星雲のカタログ(北天は、Lynds, 1962; 南天は、Hartley *et al.*, 1986)を参考に選んだ。暗黒星雲の番号(表3, 1列目)に複数のカタ

ログ名(2列目)が対応している場合があるが、これは1枚のDSS画像の中に複数の暗黒星雲が写っているためである。表3の4~6列目には、暗黒星雲の座標と広がり(画像の大きさ)の情報を記載した。暗黒星雲のDSS画像を取得する際には、表3に示した座標(4・5列目)と画像の大きさ(6列目)を参照すればよい。表3の7~9列目に示したのは、スターカウントを行う際に必要なパラメータである。7列目に星数密度の測定に用いる方眼格子のマス目の大きさを、8・9列目に減光量の計算に必要なDSSのバンドの種類とWolf図の傾き b_2 の値を記載した。一般の読者にとって、減光量の計算に必要なWolf図の傾き b_2 を測定することは比較的困難である。そこで本稿では、ア

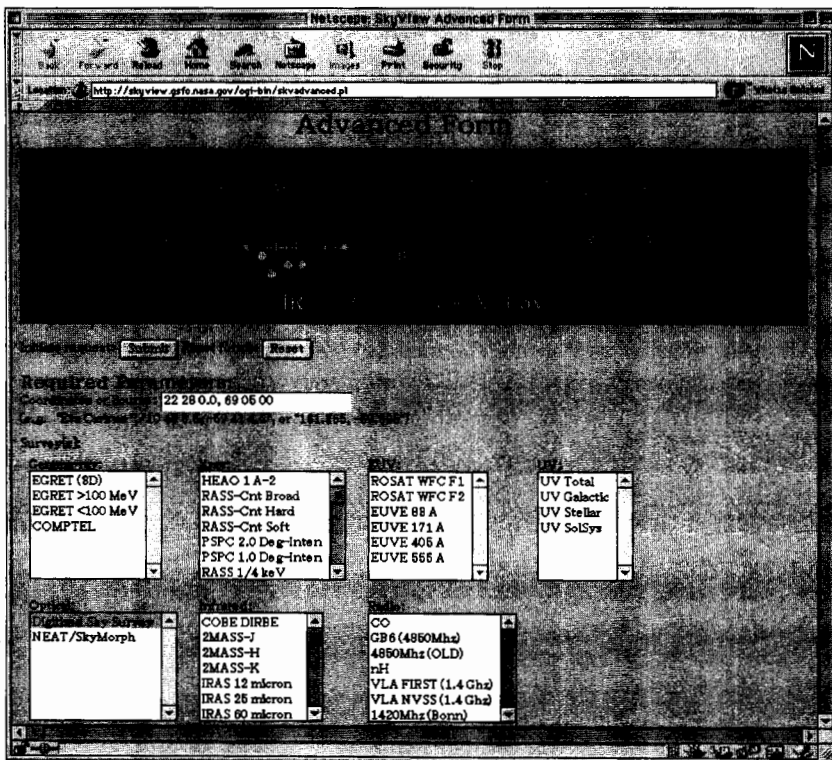


図6 SkyView Advanced Form

表3 暗黒星雲のリスト

No.	カタログ名 ¹	領域 (星座)	座標 ² (2000年分点)		赤緯 (° ' ")	赤経 (h m)	画像の大きさ	格子の大きさ ^b	バンド ^c	Wolf図の傾き ^d		距離 ^e L (パセク)
			赤経 (° ' ")	赤緯 (° ' ")						a_1	b_1	
1	DC340.7+0.0 DC340.7+9.7	おおかみ座	+16 11 20.0	-38 03 00			30'×30'	2'	B	0.37		150 (1)
2	DC340.9+9.2	おおかみ座	+16 14 00.0	-38 10 00			30'×30'	2'	B	0.37		150 (1)
3	L31	へびつかい座	+16 50 10.0	-19 06 10			30'×30'	2'	B	0.32		160 (2)
4	L1221	ケフェウス座	+22 28 00.0	+69 05 00			30'×30'	2'または3'	R	0.26		200 (3)
5	L1262 ⁶	ケフェウス座	+23 25 40.0	+74 18 00			30'×30'	2'または3'	R	0.24		200 (4)
6	L1739, L1740 ^h	へびつかい座	+16 35 50.0	-21 56 50			60'×60'	2'	B	0.32		160 (2)
7	L1755, L1765	へびつかい座	+16 44 00.0	-21 43 00			60'×60'	3'	B	0.31		160 (2)
8	IC5146	はくちよう座	+21 45 45.0	+47 30 00			60'×60'	2'または3'	R	0.27		400 (5)
9	L1251 ⁱ	ケフェウス座	+22 33 40.0	+75 13 00			60'×60'	3'	R	0.25		300 (6)

注:

- (a) 対象の暗黒星雲が写っているDSS画像の中心座標 (2000年分点の赤道座標) . 分点については補足2を参照.
- (b) スターカウントに適した格子の大きさ.
- (c) 北天のDSS画像はRバンド (有効波長~6500 Å) で限界等級は約20等, 南天のDSS画像はBバンド (有効波長~4500 Å) で限界等級は約23等である.
- (d) b_1 は, それぞれの領域の比較天域で作成したWolf図の限界等級付近 (Rバンドは17~19等, Bバンドは18~20等) での傾きである.
- (e) 暗黒星雲の距離は次の文献から引用した. (1) Krautter (1991), (2) Whittet (1974), (3) Umemoto et al. (1991), (4) Terebey et al. (1989), (5) Lada et al. (1999), (6) Sato et al. (1994).
- (f) No.1,2は南天の暗黒星雲カタログ (Hartley et al., 1986) に, No.3~7.9は北天の暗黒星雲カタログ (Lynds, 1962) に対応している. No.8のIC5146は白鳥座の散開星団の名称であるが, このリストではその近傍に広がる暗黒星雲を指している.
- (g) No.5: DSS画像に一部キズがある.
- (h) No.6: DSS画像に流星が写っている.
- (i) No.9: 暗黒星雲の近くに, 明るい星がある.

表4 代表的なDSSウェブサイト

サイト名	URL	コメント
NASA SkyView	http://skyview.gsfc.nasa.gov/	DSSを含む様々な波長の天文データが取得できる。データの加工機能が充実している。
STScI DSS Form	http://stdatu.stsci.edu/dss/dss_form.html	DSS画像が取得できる。
国立天文台三鷹	http://dss.mtk.nao.ac.jp/	DSS画像が取得できる。

アメリカ海軍天文台が作成した全天の星のカタログ (USNO-A2.0; Monet, 1996) を用いて、表3に挙げた天体付近の比較天域で Wolf 図を作成し、その限界等級付近 (B バンドは、18~20 等級; R バンドは、17~19 等級) を1次式でフィットして b_x の値を求めた。詳しい説明は割愛するが、USNO-A2.0 もインターネットで利用できるので、表3以外の暗黒星雲を教材化するときは活用されたい (<http://ftp.nofs.navy.mil>)。

3.2 DSS 画像の取得

本教材で用いる DSS 画像は、NASA Goddard Space Flight Center が提供する「SkyView」のホームページから入手する。SkyView (McGlynn *et al.*, 1996) は、現時点で最も機能の充実したインターネット上の天文データベースで、データを取得するためのページが数種類 (Non-Astronomer, Basic, Advanced, Java, X-Windows) 用意されている。本教材では取得するデータの属性を細かく設定することができる Advanced Form (<http://skyview.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/skadvanced.pl>) を利用する。なお、SkyView 以外にも DSS を公開しているウェブサイトがあるので、そちらを活用してもよい。代表的な DSS のウェブサイトのリストを表4に示す。

ウェブブラウザで SkyView Advanced Form にアクセスすると、図6の画面が現れる。DSS 画像を取得するために必要なパラメータは、①暗黒星雲の位置 (取得する画像の中心座標)、②取得する画像データベースの種類、③取得する画像の属性 (大きさ、投影方法等) である。表3の No. 4 (L1221) を例に DSS 画像を取得する場合のパラメータの入力方法を以下に示す。

①座標の入力

L1221 の中心座標 (2000 年分点の赤道座標) は、赤経 = $22^{\text{h}}28^{\text{m}}0.0^{\text{s}}$ 、赤緯 = $69^{\circ}05'00''$ なので、図7のように入力する。

②データベースの選択

可視光の天体画像のデータベースである DSS を図

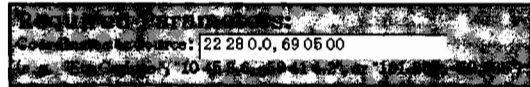


図7 座標の入力

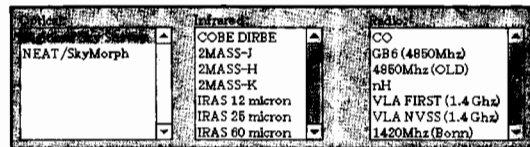


図8 データベースの種類の選択

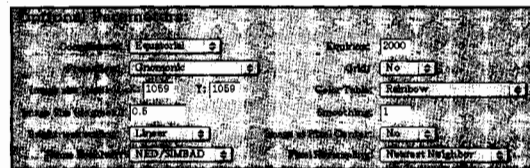


図9 画像の属性の設定

8のように選択する。SkyView では DSS 以外にも様々な波長の天文データを取得することができる。

③画像の属性 (大きさ、投影方法等)

①、②の入力が終了した後、ページの中程までスクロールすると、Optional Parameters の入力欄が現れる。表3の L1221 のパラメータを参照して、図9のように入力する。入力するそれぞれのパラメータの値とその説明を表5にまとめる。なお、より詳しい説明が SkyView Help on Form Fields (<http://skyview.gsfc.nasa.gov/help/fields.html>) のページにあるので適宜参照されたい。

全てのパラメータの入力が済んだら、Submit ボタン (図6) を押す。新規に Window が開き、指定した領域の DSS 画像が表示される (図10)。

図10の画像の下に並んでいるのがダウンロードのためのボタンである。左端のボタンを選択して、GIF 形式で DSS 画像を保存する。中央のボタン (FITS) を選ぶと、天文学の解析用のフォーマット (FITS 形式) でデータが取得される。FITS ファイルを読み込

表5 入力するパラメータの説明

No.	項目	パラメータ	コメント
1	Coordinates	Equatorial	図7で入力した座標の座標系を指定する。赤道座標系 (Equatorial) を選択する。
2	Projection	Gnomonic	心射図法を選択する。
3	Image size (pixels)	1059	DSSでは1画素 (pixel) が角分解能1.7"に相当する。よって、30'の画像は端数を四捨五入して1059pixelである。
4	Image size (degrees)	0.5	度 (degree) 単位で画像の大きさを指定する。
5	Brightness scaling	Linear	星像の認識を容易にするために、Linearを選択する。
6	Name Resolver	NED/SIMBAD	初期値のままでよい。
7	Equinox	J2000	①で入力した座標系の分点を選択する (分点については補足2を参照)。
8	Grid	No	初期値のままでよい。
9	Color Table	Rainbow	Rainbowのカラーテーブルを選んでおくと、後のカラー出力の際、星像が認識しやすい。
10	Smoothing	1	画像をスムージングする必要はないので、1を入力する。
11	Image of Pixel Center	No	初期値のままでよい。
12	Pixel Resampling	Nearest Neighbor	初期値のままでよい。

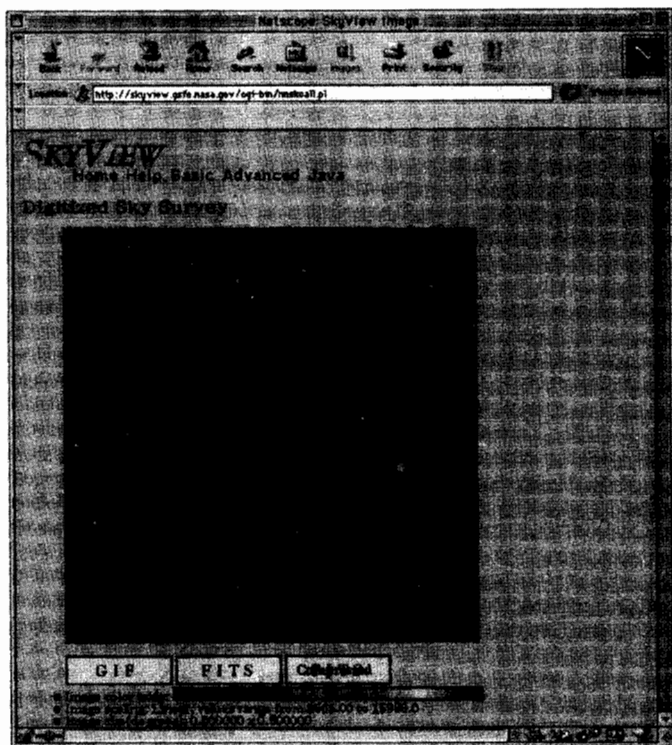


図10 ダウンロード画面

画像の下に並んでいるのがダウンロードのためのボタンである。ボタンのラベルは保存する画像の形式 (左から順に GIF, FITS, 圧縮済みの FITS) に対応している。本稿では GIF の画像を用いるが、FITS や圧縮済みの FITS でデータを取得することもできる。右端のボタンのラベルは文字が重なって表示されてしまうが、Compressed FITS と書いてある。

める環境が揃っている場合は、こちらの形式で保存してもよい。ここで示したパラメータで $30' \times 30'$ の DSS 画像をダウンロードする場合、その容量は GIF 形式で 600~800 KB, FITS 形式で 2 MB 程度である。

3.3 教材の製作手順

表 2 の材料を揃え、以下の①~③の手順で教材を作成する。

①DSS 画像に画像処理を施し、星像を強調する。

強調処理を行う理由は、A4 サイズの用紙に DSS 画像を印刷した時に星像がつぶれて見えなくならないようにするためである。フィルタリングの機能が備わっている画像処理ソフト（例えば、Adobe Photoshop など）を使える場合は、画像をアンシャープマスクし、次にエッジ強調フィルタをかけ、最後に最も星像が目立つようにレベル調整を行うとよい。適当な画像処理ソフトがない場合はこの過程を省略せざるを得ないが、解析の際に星像が認識しにくくなる。

②DSS 画像をカラープリンタで印刷する。

①で作成した画像を印刷する。カラープリンタはなるべく高解像度のものを用い、専用のフォト用紙に出力するとよい。表 3 の No. 6~9 の DSS 画像は、一辺が $60' (= 2118 \text{ pixel})$ と大きい。これらの画像は A4 の用紙 1 枚には大きすぎるので、4 分割 ($30' \times 30'$ の

画像 4 枚) して保存し、印刷する。

③星数密度の計測に用いる方眼格子の画像を作成し、トランスペアレンシーに印刷する。

格子の画像を作成するには、まず②の DSS 画像とちょうど同じ大きさの枠を作り、次にこれを直線で縦横に分割する。DSS 画像が $30' \times 30'$ なので、2' 格子の画像を作る場合は 15 分割、3' 格子の場合は 10 分割する。描画ソフトや表計算ソフトを利用すると比較的容易に格子を作成できる。もちろん、定規と油性ペンで格子を作成してもよい。

最後に、②の DSS 画像の上に③で作成した格子のトランスペアレンシーをかぶせ、セロハンテープ等で固定すると教材が完成する。実験教材 (DSS 画像と方眼格子のトランスペアレンシー) の写真を図 11 に示す。

3.4 所要経費

カラープリンタ用のフォト用紙とトランスペアレンシーは文具店等で簡単に入手できる。両者とも単価は約 100 円である。よって、表 3 の No. 1~5 の暗黒星雲 1 つにつき 200 円程度で教材を製作できる。No. 6~9 では、暗黒星雲 1 つあたり 800 円程度が必要である。総額約 5,000 円で、表 3 に記載した全ての暗黒星雲教材のセットを用意できる。

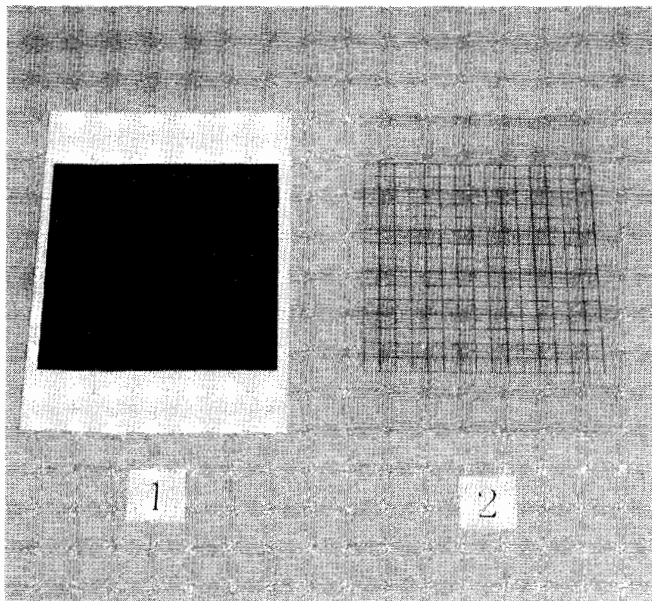


図 11 DSS 画像とトランスペアレンシー

(1) は DSS 画像が印刷されたフォト用紙、(2) は方眼格子が印刷されたトランスペアレンシーである。
(1) の上に (2) をセロハンテープ等で固定することで、実験教材が完成する。

4. 実験の手順

3章で作成した教材を用いて、以下の手順で学生に実験を行わせる。

まず、暗黒星雲周囲での星数密度分布図を作成させる。DSS画像と格子を印刷したトランスペアレンシーを学生に配布し、それぞれの格子に含まれる星の数を最も暗い星（限界等級の星）まで数えさせる。実際の測定は、2～3人で一組の実験グループを作り、全員に同じDSS画像の星数密度を測定させ、結果が一致することを確認させる。これは、「数え間違い」を避けるためである。また、星数の計測が困難な格子（格子内に明るい星がある、プレートにキズがある、流星や人工衛星の軌跡が写っている等）がある場合は、誤差の原因になるので測定データから除外しておく。実際に暗黒星雲L1221（表3, No. 4）付近で測定した星数密度分布を図12に示す。

次に、式(2.1), (2.2)を用いてそれぞれの格子の星数 n_i を減光量 A_V に変換する。北天のDSS画像はRバンド、南天はBバンドで撮影されているので、 A_V の決定に必要なパラメータは n_0 , b_λ , R_{RV} または R_{BV} である。 n_0 を測定するためには、暗黒星雲の近傍で比較天域を探し、その領域での星数密度の平均値を求めればよい。Wolf図の傾き b_λ は表3に記載されている値を、減光量 A_R , A_B を A_V に変換するための係数は表1の値を用いる。L1221の場合、 n_0 は19.5個であり（図12）、 b_λ および R_{RV} はそれぞれ0.26および1.21である。この暗黒星雲に対して得られた A_V 分布図を図13に示す。角分解能の違いを考慮すれば、この A_V 分布図は、図3（同じ領域のDSS画像；角分解能1.7"）に見られる暗黒星雲の形をよく再現していると言える。

5. 課題学習の例

前章で得た A_V 分布図をもとに、学生に履修させる課題の例を以下に示す。

5.1 暗黒星雲の広がり

暗黒星雲の広がりを見積もるために、星数密度分布図の誤差を考慮して、暗黒星雲を検出する閾値を設定する。比較天域の星数密度の平均値が n_0 の場合、その誤差は $\sigma_0 = n_0^{1/2}$ である。この σ_0 を基準に閾値 T を設定する。例えば、閾値 $T = 2\sigma_0$ で暗黒星雲を検出する場合、格子が満たすべき条件は以下の式で与えられる。

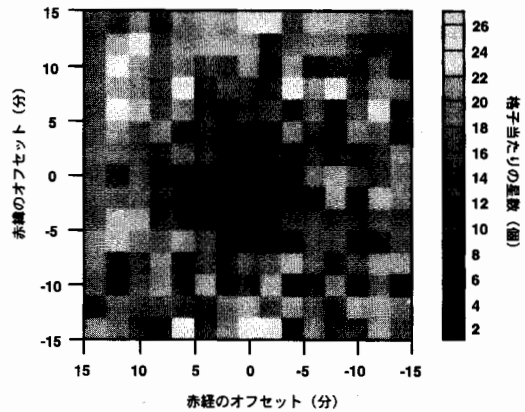


図12 暗黒星雲L1221の星数密度分布図

ケフェウス座の暗黒星雲L1221付近の星数密度分布。2'角の格子を用いてDSS画像(30'×30')に写っている全ての星を数えた。座標は暗黒星雲のリスト(表3)に記載されている値からのオフセットである。比較天域には、(赤経のオフセット, 赤緯のオフセット)=(0'~14', 10'~14')の格子を選んだ。比較天域の星数の平均値 n_0 は19.5個($\sigma_0 = 4.4$)である。L1221の中心付近は減光が強く、(赤経のオフセット, 赤緯のオフセット)=(2', -2'), (2', -4')の格子では、星数が0個である。

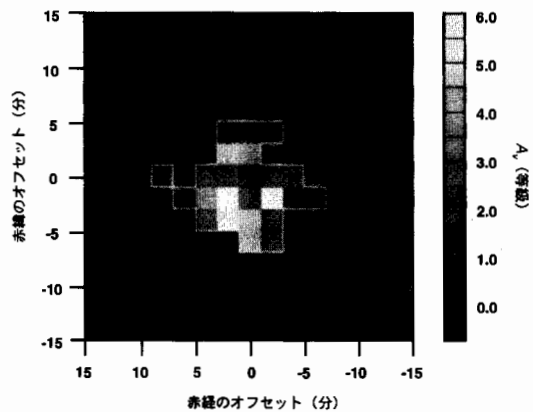


図13 暗黒星雲L1221の A_V 分布図

暗黒星雲L1221領域の A_V 分布図。図12で調べた n_0 と表1・3に記載されているパラメータを用いて A_V を算出した。座標および画像と格子の大きさは図12と同じである。図中央の白い線で囲んだ部分は、星数密度分布図中で $2\sigma_0$ 個以上の星数密度の減少(減光量では、 $A_V \geq 1.2$ 等級)が見られたひとつながりの格子である。L1221の中心付近の $n_i = 0$ の格子については、 $n_i = 1$ と置き換えて減光量の下限值を見積もった。

$$n_i \leq n_0 - T \quad (5.1)$$

式(5.1)を減光量の単位で表すと、

$$A_{V_i} \geq R_{\lambda V} \frac{\log(n_0) - \log(n_0 - T)}{b_{\lambda}} \quad (5.2)$$

となる。式(5.2)の条件を満たすひとつながりの格子を1つの暗黒星雲とする。暗黒星雲までの距離がわかっているならば、暗黒星雲の見かけの大きさ(角度)から、その実際の大きさを求めることができる。1パーセクの距離での1"角の広がりには1天文単位(=1.5×10¹³ cm)なので、暗黒星雲までの距離 d パーセクと見かけの大きさ r 秒(")が既知だとすると、暗黒星雲の実際の大きさ L は天文単位で以下の式で求めることができる。

$$L = dr \quad (5.3)$$

前章でとりあげた暗黒星雲L1221までの距離は200パーセク(Umemoto *et al.*, 1991)であり、図13の A_V 分布図から閾値 $T = 2\sigma_0$ で定義したL1221の見かけの広がりを円で近似すると、その直径は約12'である。1天文単位は 4.85×10^{-6} パーセクなので、L1221の実際の大きさは式(5.3)から約0.7パーセクと計算される。

5.2 暗黒星雲の質量

減光量 A_V は、暗黒星雲内の宇宙塵の量を直接反映しており、暗黒星雲の質量の大部分を占める水素分子の量とも良い相関があることがわかっている。水素分子の柱密度 $N(\text{H}_2)$ (暗黒星雲を貫く視線に沿った単位断面積の柱に含まれる分子の数;単位は個/cm²)と A_V (単位は等級)の値は比例関係にあり、その関係式は、Jenkins(1974)により以下のように測定されている。

$$N(\text{H}_2) = 1.25 \times 10^{21} A_V \quad (5.4)$$

式(5.4)を用いて各格子の水素分子柱密度を計算し、これをもとに各格子が持つ A_V の値に対応する質量を求めることができる。ある格子内の分子ガス(水素+ヘリウム)の質量 M は、以下の式で求められる。

$$M = SN(\text{H}_2)m(\text{H}_2)\alpha \quad (5.5)$$

ここで、 S は暗黒星雲の距離での1格子あたりの面積、 $m(\text{H}_2)$ は水素分子質量である。 α はヘリウムの質量を加味するための補正項である。標準的な星間気体の組成重量比(水素~70%、ヘリウム~27%;国立天文台編, 2000)より、ヘリウムは水素の40%程度の質量を持つことがわかる。よって、 $\alpha = 1.4$ である。

暗黒星雲の総質量 M_{cloud} は、暗黒星雲を構成する各格子内の質量 M_i を合計して求められる。

$$M_{\text{cloud}} = \sum M_i \quad (5.6)$$

また、質量の誤差を求める式は以下ようになる。

$$\delta M_{\text{cloud}} = \left(\sum \delta M_i^2 \right)^{1/2} \quad (5.7)$$

ここで、 δM_i は各格子の質量の誤差である。 δM_i は式(2.3)で計算される δA_V を用いて、式(5.4), (5.5)から見積もることができる。

例として調べた暗黒星雲L1221を構成する各格子の質量を算出し、その総質量および誤差を太陽質量単位 M_{\odot} ($1M_{\odot} = 1.99 \times 10^{33}$ g; 国立天文台編, 2000)で求めると、 $28 \pm 5 M_{\odot}$ となる。L1221に対しては、Umemoto *et al.* (1991)により同程度の角分解能の電波観測(電波望遠鏡を用いた分子分光観測)が行われている。一酸化炭素分子の同位体である¹³COの分子輝線を用いた彼らの観測から、L1221の質量は $30 M_{\odot}$ と求められている。この値は、本教材を用いて得られたL1221の質量と誤差の範囲で一致する。

6. 授業設計

ここで紹介した実験は、天文学を学ぶ学部低学年の学生を対象としている。天文学の概念が随所に現れるが、高校地学で履修する程度の天文学の基礎的な知識・概念を身につけていれば実験の内容を十分理解できる。授業は、3コマ(90分×3)の実験授業を想定している。本教材を用いた実験授業の所用時間の見積もりを表6に示す。

授業の導入時には、暗黒星雲の説明と本教材の簡単な紹介をするとよい。例えば、①銀河系の構造と天の川、②暗黒星雲の物理的性質、③暗黒星雲と星の形成、

表6 授業時間の見積もり

学習指導過程	所要時間(270分)
1. 導入 (基礎知識、概念と実験教材の説明)	60分
2. 展開1 (解析1: DSS画像の星数密度の測定)	90分
3. 展開2 (解析2: 減光量の測定、暗黒星雲の物理量の計算)	90分
4. まとめ (結果の総括、実験内容の補足説明、レポート課題の提示など)	30分

等について簡単に説明しておくことと学生は授業の流れを掴みやすくなると思われる。教材の中で用いる基礎的な天文学定数についても事前に適宜解説しておくこととよいだろう。また、学生に実験教材を配布し実験を開始する際には、次の点に注意すると実験が円滑に進むと思われる。①解析に用いる DSS については、そのデータの諸元を説明する。②スターカウント法については、減光量測定の原理について説明する（特に Wolf 図について）。③誤差論については、基礎的な事項、ポアソン分布、誤差の伝播法則などを簡単に説明する（プリントを配布するか参考文献を紹介することで割愛してもよい）。

DSS 画像の星数密度の測定に必要な時間は、30'×30'の画像で40~60分、60'×60'の画像で160~240分程度である。60'×60'の画像の解析には時間がかかるので、数人一組のグループで解析させるとよい。また、減光量の測定、暗黒星雲の物理量の計算では、測定した星数密度のデータを効率よく解析する技術が求められる。データが比較的多いため（30'画像+2'格子の場合は225点、60'画像+2'格子の場合は900点）、電卓による計算ではかなりの作業時間がかかる。そのため、表計算ソフトやプログラミング言語を用いてこれらのデータを解析するよう指導してもよい。PCやワークステーションを使って数値データを処理する技術は、後々の実験や卒業研究でも役立つであろう。

7. おわりに

本稿で紹介した暗黒星雲の実験教材は、①教材を安価かつ短時間で製作でき、容易に実験授業に導入できること、②実験を比較的短時間で行うことができ、かつ解析に高度な天文学・物理学の知識を必要としないこと、の2点に留意して開発した学生実験テーマである。本教材の大きな特徴は、解析の基となるデータにインターネット上で広く公開されているDSSを、解析手法にスターカウント法を採用したことである。これにより、手軽に実践することができる学部低学年向けの天文教材を開発することができた。本稿で紹介した暗黒星雲の実験教材が、様々な教育現場で活用されることを望む。

謝 辞 本実験教材の開発を進めるにあたり、多くの感想・意見を寄せてくれた東京学芸大学の学生の皆さんに感謝します。本研究は、平成11年度電気通信

普及財団助成および平成10・11年度国立天文台共同開発研究による資金的な援助を受けました。また、一部、文部省科学研究費補助金(10147204, 11740122)による援助も受けました。深く感謝いたします。

本研究で用いた The Digitized Sky Survey (DSS) は、U.S. Government grant (NAG W-2166) の助成を受けて Space Telescope Science Institute が製作しました。DSS は、パロマー山の Oschin Schmidt 望遠鏡と UK Schmidt 望遠鏡により撮影された写真乾板をデジタル化したデータベースです。また、DSS データの取得に用いた SkyView (<http://skyview.gsfc.nasa.gov>) は NASA Goddard Space Flight Center が提供するインターネット上のマルチ波長天文データベースです。

補足 1: δA_V の導出

ポアソン分布を仮定した星数密度の誤差 σ_0, σ_i が、測定値 n_0, n_i に対して十分小さいとすると、誤差の伝播法則（例えば、吉沢, 1989）より、減光量 A_V の誤差 δA_V は、以下の式で近似することができる。

$$\delta A_V^2 = \left(\frac{\partial A_V}{\partial n_0} \right)^2 \sigma_0^2 + \left(\frac{\partial A_V}{\partial n_i} \right)^2 \sigma_i^2 \quad (6.1)$$

式(6.1)に $\sigma_0 = n_0^{1/2}$, $\sigma_i = n_i^{1/2}$ を代入し、 δA_V について整理すると、次式を得る。

$$\delta A_V = \frac{R_{\lambda V}}{b_\lambda} \left(\frac{1}{n_0} + \frac{1}{n_i} \right)^{1/2} \quad (6.2)$$

上式を整理することで、直ちに式(2.3)を得る。

補足 2: 分点について

分点（春分点）は、天球上で座標系を決める際にその原点となる。分点は天の赤道と黄道との交点として定義されるが、天の赤道・黄道はともに歳差や惑星の摂動などによって変化しているので、分点も年とともに天球上を移動する。そのため、座標を指定する際にはその座標系の原点である分点の年も明記する必要がある（例えば、湯浅, 1987）。

引用文献

- Beichman, C. A. and Neugebauer, G. (1985): I.R.A.S. Catalogue and Atlases, Explanatory Supplement, US Gov. Pr. Office, Washington, D.C.
- Bless, R. C. and Savage, B. D. (1972): Ultraviolet Photometry from the Orbiting Astronomical Observatory. II. Interstellar Extinction, *Astrophys. J.*, 171, 293-308.
- Bok, B. J. (1937): The Distribution of Stars in Space, Univ. Chicago Press, Chicago, 124 p.

- Cardelli, J. A., Clayton, G. C. and Mathis, J. S. (1989): The Relationship between Infrared, Optical, and Ultraviolet Extinction, *Astrophys. J.*, **345**, 245-256.
- Dame, T. M., Ungerechts, H., Cohen, R. S., De Geus, E. J., Grenier, I. A., May, J., Murphy, D. C., Nyman, L.-Å. and Thaddeus, P. (1987): A Composite CO Survey of the Entire Milky Way, *Astrophys. J.*, **322**, 706-720.
- Dickman, R. L. (1978): Star Counts and Visual Extinctions in Dark Nebulae, *Astron. J.*, **83**, 363-372.
- 福井康雄 (1998): 大宇宙の誕生—「星のたまご」に見る宇宙の始まりと終わり—, 光文社, 東京, 196 p.
- Hartley, M., Manchester, R. N., Smith, R. M., Tritton, S. B. and Gross, W. M. (1986): A Catalogue of Southern Dark Clouds, *Astron. Astrophys. Suppl.*, **63**, 27-48.
- Jenkins, E. B. and Savage, B. D. (1974): Ultraviolet Photometry from the Orbiting Astronomical Observatory. XIV. An Extension of the Survey of Lyman- α Absorption from Interstellar Hydrogen, *Astrophys. J.*, **187**, 243-255.
- 小暮智一 (1994): 星間物理学. 「宇宙物理学講座第3巻」, ごとう書房, 東京, 607 p.
- 国立天文台編 (2000): 理科年表, 丸善, 東京, 1064 p.
- Krautter, J. (1991): In Low Mass Star Formation in Southern Molecular Clouds (ed. by Reipurth, B.), ESO Science Report 11, p. 127.
- 黒田武彦 (1996): われわれの銀河系. 地学団体研究会編, 宇宙・銀河・星. 「新版地学教育講座⑬」, 東海大学出版会, 東京, 186 p.
- Lada, J. C., Alves, J. and Lada, E. A. (1999): Infrared Extinction and the Structure of the IC 5146 Dark Cloud, *Astrophys. J.*, **512**, 250-259.
- Lasker, B. M. (1994): Digitization and Distribution of the Large Photographic Surveys, *American Astronomical Society Meeting*, **184**, 3501.
- Lynds, B. T. (1962): Catalogue of Dark Nebulae, *Astro-phys. J. Suppl.*, **7**, 1-52.
- McGlynn, T., Scollick, K. and White, N. (1996): Sky-View: The Multi-Wavelength Sky on the Internet. In New Horizons from Multi-Wavelength Sky Surveys (ed. by McLean, B. J. et al.), Kluwer Academic Publishers, 465 p.
- Monet, D. (1996): The 491,848,883 Sources in USNO-A 1.0, *American Astronomical Society Meeting*, **188**, 5404.
- Sato, F., Mizuno, A., Nagahama, T., Onishi, T., Yonekura, Y. and Fukui, Y. (1994): A New Look at the Dark Cloud L1251: Sensitive Observations of the Molecular Emission, *Astrophys. J.*, **435**, 279-289.
- Spitzer, L., Jr. (1980): 星間物理学, 高窪啓弥訳, 共立出版, 東京, 320 p.
- 鈴木博子 (1983): 星間雲 (Interstellar Clouds). 高倉達雄監修, 現代天文学小事典, 講談社, 東京, 760 p.
- Terebey, S., Vogel, S. N. and Myers, P. C. (1989): High-Resolution CO Observations of Young Low-Mass Stars, *Astrophys. J.*, **340**, 472-478.
- Umemoto, T., Hirano, N., Fukui, Y., Kuno, N. and Takakubo, K. (1991): U-shaped Outflow in the Lynds 1221 Dark Cloud: An Example of Interaction of Outflows with Ambient Molecular Clouds, *Astrophys. J.*, **377**, 510-518.
- 吉沢康和 (1989): 新しい誤差論—実験データ解析法, 共立出版, 東京, 261 p.
- 湯浅 学 (1987): 分点. 小平桂一, 日江井栄二郎, 堀 源一郎監修, 天文の辞典, 平凡社, 東京, 758 p.
- Whittet, D. C. B. (1974): The Ratio of Total to Selective Absorption in the Rho Ophiuchi Cloud, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.*, **168**, 371-378.
- Wolf, M. (1923): Über der dunkeln Nebel NGC 6960, *Astronomische Nachrichten*, **219**, 108-115.

神鳥 亮・土橋一仁・上原 隼・佐藤文男: インターネットを活用した天文教材の開発—The Digitized Sky Survey と暗黒星雲— 地学教育 54 巻 2 号, 61-73, 2001

〔キーワード〕 理科教育, 天文教材, 学生実験, 暗黒星雲, スターカウント, インターネット

〔要旨〕 インターネットと天体写真のデータベースである The Digitized Sky Survey (DSS) を利用した暗黒星雲の学生実験教材を開発したので紹介する。本教材では, 解析の基となるデータに DSS を, 解析手法にスターカウント法を用いることで, 暗黒星雲の広がりや質量といった基本的な物理量を求めることができる。この教材は, 非常に安価かつ短時間で製作することができ, 実験授業への導入も容易である。本稿では, スターカウント法の理論, DSS の画像データの取得方法, 実験教材の製作方法・実験手順について述べる。また, 学生に学習させる課題や授業設計についても紹介する。

Ryo KANDORI, Kazuhito DOBASHI, Hayato UEHARA and Fumio SATO: An Astronomical Experiment for Undergraduate Students Using the Internet: The Digitized Sky Survey and Dark Clouds. *Educ. Earth Sci.*, **54**(2), 61-73, 2001

~~~~~  
お 知 ら せ  
~~~~~**『地学教育実践集 第2集 CD-ROM付き』  
刊行のご案内****日本地学教育学会
教育実践集編集委員会**

日本地学教育学会では、地学教育の普及と啓発を目的とした様々な活動を行っています。その一つとして、教育実践集編集委員会では、地層、化石、火山、岩石、気象、天文、環境教材に関する実践を編纂した「地学教育実践集」を1998年に刊行いたしました。「地学教育実践集」は、編集委員会のねらい通り、小学校、中学校、高等学校、教育センター等の先生方が頒布を希望された他、教育学部の学生、大学院生や博物館に来館される一般の方からも注目されました。あまねく好評で、約1年でほぼ完売となり、再版と続編の刊行を期待する意見が読者から多数寄せられました。

子ども達の理科離れを背景に抱え、2002年から施行される学校週5日制の導入にともなう学習内容の削減、総合的学習の時間の導入を目前にして、学校教育現場では様々な実践研究が模索され、また実践例が求められています。こうした現場の強い要望に応えるために、また暖かい読者からの声援に励まされ、教育実践集編集委員会では、第2集の編纂に踏み出すことになりました。

第2集では、実践の幅を広げる意味でCD-ROMを付録にして、画像及びコンピュータを使った実践を含めました。これにより、理科の授業だけでなく、新学習指導要領における総合的な学習の時間の素材としても、十分利用可能な実践集に編纂することができました。

前出の「地学教育実践集」同様に第2集の実践を通して、より多くの子どもたちが魅力あふれる理科の楽しさに触れ、自然や科学に魅了させることを願っています。

頒布を希望される方は、53巻4号の案内に付しました注文用紙に必要事項を記入の上、郵送またはFAX、e-mailでお申し込みください。

地学教育実践集第2集 ○CD-ROM付き ○B5判・78ページ ○頒布価格 1,800円

建設廃土中の完新世貝類化石による 古環境解析の授業実践

—香川県高松平野を例として—

川村 教一*

1. はじめに

中学校理科第2分野や高等学校地学IBでは、化石を用いた学習として「示相化石」がある。これら科目の教科書(例えば、鎮西ほか, 1999)では、示相化石学習の事例として、貝類、サンゴ、珪藻、花粉などを取り上げているが、中学校・高校向けの実験書では微化石を用いた例が多い(奥村, 1978; 地学団体研究会「自然を調べる地学シリーズ」編集委員会, 1982; 全国理科教育センター研究協議会, 1985; 小林ほか, 1988など)。しかし、生徒が初めて化石を観察する場合、あるいは化石観察に十分な授業時間が確保できない場合は、観察実習対象として大型化石を用いた方が生徒の興味・関心が強く、教具の準備も簡単、種の同定も比較的容易なものが多いと考えられ、学習効果もより高まると期待される。たとえば植物化石については、大久保(1998)により、葉相観を用いて示相化石の教材化を計った例がある。

貝類化石は示相化石として古環境解析のよい指標となることが地学IBの教科書などに述べられている。二枚貝の示相化石教材としての意義を指摘した例(天野・品田, 1997)や古生態復元を教材化した例(小荒井, 2000)があるほか、貝類化石は実習教材事例にあまり登場しない。その理由として古環境解析に多量の個体・化石種を必要とするため、多数の化石個体を固結岩から採取し、それらをクリーニングする作業に時間と技術を要することが理由の一つと考えられる。

筆者の勤務校は、沖積低地の市街地に立地する。このような立地環境の学校周辺では、地層観察や標本採集のための自然の露頭が大変乏しい反面、都市開発に伴い掘削工事が行われ人工露頭が露出する。筆者は勤務校近傍における完新世堆積物の人工露頭から貝類化石が多産することに着目し、臨海部沖積低地における地域地質の素材として掘削工事に伴い不要となった未

固結堆積物(以下建設廃土という)中の貝類化石を用いて示相化石の教材化を行った(川村, 1998a)。その実践例として完新世貝類化石を用いた古環境解析を、高等学校地学IBの探究活動として試みたのでここに報告する。

2. 貝類化石を用いた古環境解析

現生貝類の生態学的情報(貝類の生息底質、生息水域の地形環境)をもとに、新生代後期の貝類化石群の生息深度、水平的分布、生息底質などの古環境解析を行う手法がある。例えば海生貝類化石群の深度分布を示す方法として、VDM(vertical distribution means)特性曲線(伊田, 1956)がある(図1)。これは大山(1952)の深度区分を用いて深度区分ごとの種数を累積し、貝類群集の生息深度を推定するものである。生態学的情報をまとめた肥後・後藤(1993)、Higo *et al.* (1999)では海生貝類の生息深度が詳しく集約されている。川村(1998a)では浅海帯以深の深度分布をメートル表示で区分し、さらに生徒に理解しやすいように深度区分を縦軸にして表現したVDM特性曲線を作成した。貝類の生態学的情報は肥後・後藤(1993)を参考にした。また、HDM(horizontal distribution means)特性曲線(伊田, 1956)は、貝類群集の生息海域の水平分布を現在の緯度に置換して表現するものである(図1)。Kuroda and Habe(1952)もしくは稲葉(1983)の海生貝類の太平洋側における緯度分布に基づき、緯度ごとの種数を累積し、HDM特性曲線を作成する。VDM特性曲線やHDM特性曲線の研究例には、生越(1961, 1963a, 1963b)、天野(1993)がある。中等教育理科向けの指導書(奥村, 1978; 小林ほか, 1988)にも、これら古環境解析の方法が紹介されているが、生越(1961)などの紹介にとどまり、教材開発の視点で述べられていない。得られた貝類化石の¹⁴C年代測定はBeta Analytic社に依頼した。化石の

* 香川県立高松高等学校 2000年5月6日受付 2001年2月15日受理

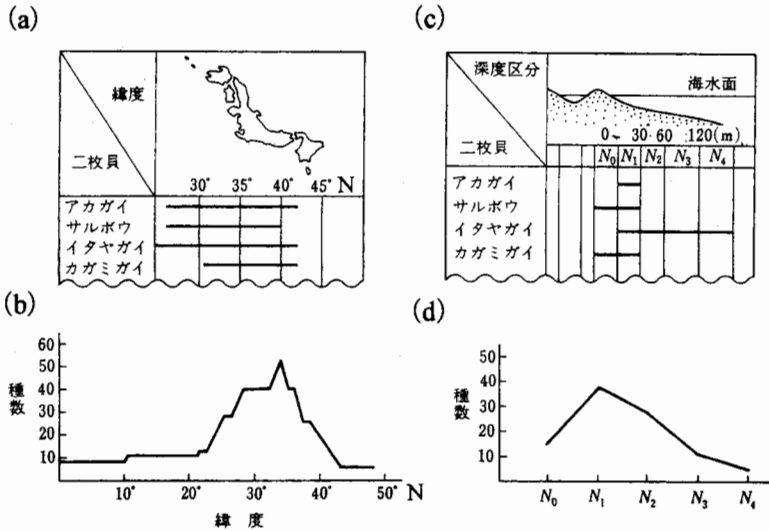


図 1 現生貝類の生態情報の表現とその解析例 (小林ほか, 1988 に加筆)
 (a) 現生貝類の生息緯度範囲
 (b) HDM 特性曲線
 (c) 現生貝類の生息深度範囲
 (d) VDM 特性曲線

年代がわかれば古環境とその変化に時間軸の目盛りを刻むことも可能となる。

3. 化石産地の地質概説

香川県高松平野は、阿讃山脈の北側に、山脈から瀬戸内海に向かって北流する河川により発達した沖積低地である。臨海部で扇状地は埋没し、その上に三角州堆積物が重なる。平野臨海部の地下地質は下位から、領家花崗岩類、中新統の讃岐層群、鮮新～更新統の三豊層群、更新統の香東川層、完新統の高松層の順に重なる(川村, 2000; 表 1)。さらに川村(2000)によると、平野臨海中部の沖積層は、下位より、香東川層(番町礫部層、福岡町泥部層)、高松層(浜ノ町砂礫部層、西内町泥部層、西内町砂部層、西内町礫部層)に分けられる。浜ノ町砂礫部層は、香東川層の上に不整合で水平に重なる砂礫層で、海生貝類化石や腐植物を多く含む。西内町砂部層は、西内町泥部層の上に整合に重なる暗灰色砂層で、淘汰は比較的良好。本層は、層厚が5～13 m と高松層中で比較的厚く、臨海部地下全域でよく発達している。本層中には海生貝類化石が含まれることが多いほか、まれに浅海生の有孔虫や貝形虫の化石を産する(川村, 2000)。これらの岩相、分布状況、火山灰の対比、¹⁴C年代値などから判断すると、番町礫部層は最終氷期の扇状地性堆積物、福岡町泥部

表 1 高松平野の層序 (川村, 2000)

| 地質年代 | | 川村(2000) | |
|------|-----|----------|---------------------------------------|
| 第四紀 | 完新世 | 高松層 | 西内町礫部層
西内町砂部層
西内町泥部層
浜ノ町砂礫部層 |
| | 更新世 | 香東川層 | 福岡町泥部層
番町礫部層 |
| 第三紀 | 鮮新世 | 三豊層群 | |
| | 中新世 | 讃岐層群 | |
| 白亜紀 | | 花崗岩類 | |

層は最終氷期の始良火山灰降灰期前後の湿地性堆積物、高松層は縄文海進高頂期およびそれ以降の内湾性堆積物であり、高松市西内町付近の高松層は旧香東川による三角州堆積物である(川村, 2000)。

筆者の勤務校周辺は、高層建築物と住宅の混在した市街地となっている。このため平野表面のほとんどは人工的に覆われている。他方、平野地下の完新統からこれまでに7地点で貝類化石群が見いだされている(川村, 1997, 1998b, 1998c, 1998d, 1999)。このうち教材化を行った化石は3産地から得られたものであ

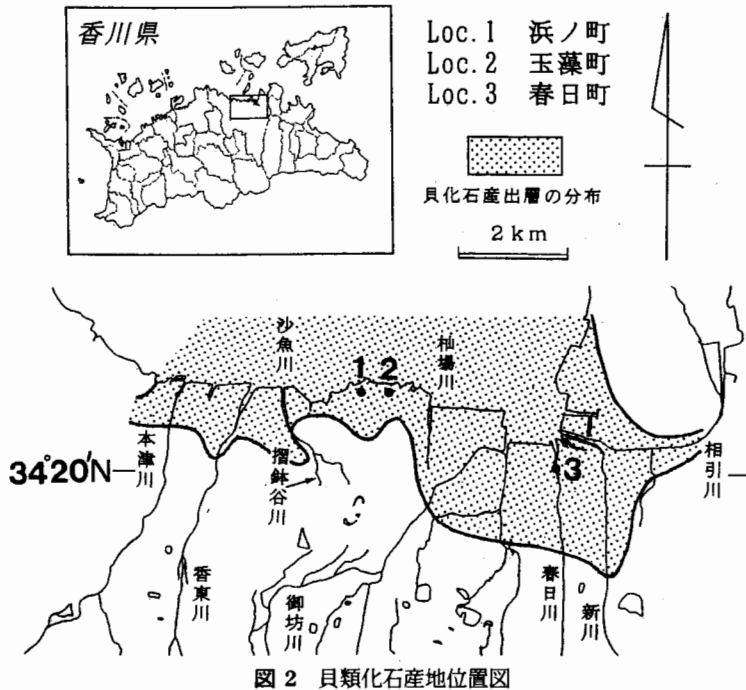


図2 貝類化石産地位置図

る(図2)。

化石産地のうち本報で取り上げた高松市春日町(図2中の地点3)標高-1.5m付近の西内町砂部層から見つかった化石は、腹足類29種、二枚貝類28種、植物3種である。貝類化石の補正¹⁴C年代は $3,400 \pm 50$ yrs BPで、縄文時代後期に相当する(川村, 1998b)。

4. 貝類化石群からみた高松層の古環境

高松層から、殻の薄い化石は物理的な破壊を受けたため保存は悪いものの、同定可能な多様な属種、多量の個体からなる貝類化石群が認められた。産出する貝類化石群集は、いずれも潮間帯~上部浅海帯の岩礁、砂礫~泥底に生息していたと考えられる種で構成されている(川村, 2000)。

春日町(図2中の地点3)標高-1.5m付近の西内町砂部層からみつかった化石群集の優占種は、イボキサゴ *Umbonium (Suchium) moniliferum*, イボウミナ *Batillaria zonalis*, ウミミナ *Batillaria multiformis*, ハマグリ *Meretrix lusoria* である。松島(1984)の定義した内湾砂底群集の構成種であるハマグリ、カガミガイ *Dosinorbis (Phacosoma) japonicus*, シオフキ *Mactra (M.) veneriformis*, イボキサゴ, アサリ *Ruditapes philippinarum*, サルボウ *Scapharca subcrenata*

のすべてを優占種もしくは普通種として含んでいる(図5)。

本群集は潮間帯群集と潮下帯群集という異なる生態的關係にある生物群集が混合しているので、本化石群集の堆積環境は内湾の潮下帯最上部である。春日町地点3ではVDM特性曲線を参考にして、古水深として低潮線付近ないしは5m程度が想定される(川村, 1998a)。

本群集のHDM特性曲線(図7)は北緯34°にピークを示し、現在の緯度と一致する。縄文時代後期は阪口(1984)の日本の気候史によれば不安定温暖であり、貝類群集が温暖な時期に生息していたものとすればHDM特性曲線と矛盾はない。

5. 教材の特徴

筆者が試みた完新世堆積物中から得られた貝類化石群を用いて古環境解析を学ぶ活動は、次のような特色がある。

(1) 素材

探究学習の素材として、浅海性の貝類は食用の種があるなど身近な教材である。

(2) 解析の原理

VDM特性曲線、HDM特性曲線による解析の原理

は、いわゆる“graphical method”である。つまり折れ線グラフにより結果が表現され、グラフのピークを貝類化石群の全構成種に共通する生息環境と見なすもので、生徒が理解しやすい。

(3) 実習方法の容易さ

- ①完新統は未固結堆積物であるので、水洗いだけで化石のクリーニングが済む。化石産出層がシルトや粘土を含まない場合は、水洗いなしでも同定作業は可能である。このため、簡単な作業で大量の実習用標本をクリーニングすることができるのが大きな魅力である。
- ②貝類化石層があれば多量の化石が容易に得られ、化石群集の古環境解析に必要な個体数が確保しやすい。
- ③観察に顕微鏡など高額の備品を必要としない。
- ④廃土入手に費用がかからない。
- ⑤現生貝類図鑑があれば貝類化石の同定が行えるので、参考文献が入手しやすい。

貝類化石による古環境解析において、VDM 特性曲線、HDM 特性曲線を用いる場合、貝類化石群を構成する化石種を正確に同定することが求められる。貝類化石が完新統産であれば、現生貝類の分類体系を適用することができるので、より古い時代の化石を教材とする場合よりも、文献や指導を仰ぐことのできる専門家の数が多く、教員が教材研究を行う上で外部の援助を得やすい。

(4) 生徒観察教材としての特徴

一般的に生徒実験・観察を課す場合に必要配慮として次のような点が挙げられている(学校理科研究会, 1982)。

- ①材料はできる限り廉価で入手しやすいものであること。
- ②実験の実施やその準備に時間がかからないこと。
- ③身近な材料や自然界の材料を利用すること。特に地学ではそれぞれの地域に即した適切な材料を取り扱うこと。

先に述べたように、本教材は沖積平野臨海部に位置する学校にとって、観察材料の入手が簡単であるだけでなく、低廉な予算かつ入手しやすい準備物で古環境解析の生徒実習を実施することができる。つまり、

①～③の条件をすべて満たすものである。

6. 学習の実践

(1) 学習単元の指導計画

a. 生徒観

平成6年度から適用されている高等学校学習指導要領(文部省, 1989)では、高等学校理科での改善の具体的な事項として、「観察、実験を一層重視するとともに、自然の事物・現象に対する主体的な探究活動を通して、科学的な思考力や判断力を育てるよう配慮する」と述べられている。これに基づく、生徒は探究活動を通し、自ら考察し、論議を深め、高次の知的能力の形成発達を図ることが重要であると考えられる。

b. 単元目標

先に述べた生徒観を単元目標に反映させ、探究活動としての目標を次のように設置した。

- ①科学的に適切な方法で問題解決を図ることができる。
- ②観察・考察の成果をわかりやすく発表できる。

c. 授業目標

単元目標を達成するために、本教材を用いた授業における到達目標を次のように設定した。

- ①正確に貝類化石を観察でき、正しく同定できる。
- ②貝類化石群の生息環境を適切に復元できる。
- ③現在と過去の環境の異同を考察できる。

1. 事前準備

教員による化石を含む建設廃土の採集
化石の同定とリストづくり
化石同定用、および生息資料プリント作成

2. 実習前の学習

示相化石の定義と古環境解析におけるその意義の講義(授業コマ65分)

3. 実習時の展開

準備: クリーニング用ブラシ、目の粗いザル、資料プリント(貝類化石図鑑版、生息情報リスト)

| 学習活動 | 生徒の活動 | 指導上の注意 | 時間 |
|------|---|--|-----|
| 導入 | 実習目的と方法の説明を聞く。 | 同定上の注意を伝える。
実習活動のために生徒を少人数のグループにする。 | 5分 |
| 実 | 外コガ
建設廃土より化石を手渡し、水を入れたバケツの中でブラシでこする
などしてクリーニングする。 | 破片状の化石は採集させない。 | 15分 |
| | 同定
種名を調べる。

グループごとに同定できた種を発表する。
全グループの同定種をあわせて、全化石種のリストを作る。 | 資料プリントの図鑑と比較させる。
机間巡視を行いアドバイスをする。 | 20分 |
| | 分析
化石群集の構成種の標本水源範囲、および分布緯度の範囲を調べる。
HDM特性曲線、VDM特性曲線を作成する。 | 資料プリントの生息情報を活用させる。 | 15分 |
| 調 | 考種
特性曲線のピークの位置より、化石群集の構成種の標本水源、および分布緯度の共通点を求める。
群集の標本水源、緯度を推定する。 | | 5分 |
| まとめ | 現在の化石産地付近の環境と比較する。 | | 5分 |

図3 授業計画と学習活動の流れ

| 種名 | 地理的分布 | | 深度区分 | | | | | |
|---------|---------|----------------|------|---------|-----|-----|-----|--|
| | 緯度 (北緯) | 経度 (東経) | 潮間帯 | 浅海帯 (m) | 100 | 150 | 300 | |
| | | | 上 | 中 | 下 | | | |
| イボキサブ | 25-42 | S 102030405060 | | | | | | |
| スガイ | 31-41 | | | | | | | |
| ヘナタリガイ | -0-35 | | | | | | | |
| カワアイガイ | -0-39 | | | | | | | |
| ウミニナ | 14-46 | | | | | | | |
| ホソウミニナ | 23-45 | | | | | | | |
| イボウミニナ | -0-41 | | | | | | | |
| シドロガイ | 26-36 | | | | | | | |
| シラタツバキ | -0-39 | | | | | | | |
| ツメタガイ | -0-42 | | | | | | | |
| ホソヤツメタ | 31-38 | | | | | | | |
| フロガイダマシ | 127-38 | | | | | | | |
| ゴマフダガイ | -0-35 | | | | | | | |
| カゴメガイ | 21-39 | | | | | | | |
| アカシ | 31-42 | | | | | | | |
| ムシロガイ | -0-41 | | | | | | | |
| アラムシロガイ | 21-42 | | | | | | | |
| チンゲンシ | -0-35 | | | | | | | |

| 種名 | 地理的分布 | | 深度区分 | | | | |
|---------|---------|----------------|------|---------|-----|-----|-----|
| | 緯度 (北緯) | 経度 (東経) | 潮間帯 | 浅海帯 (m) | 100 | 150 | 300 |
| | | | 上 | 中 | 下 | | |
| サルボウガイ | 26-36 | S 102030405060 | | | | | |
| ハイガイ | -0-34 | | | | | | |
| ナミマガシガイ | -0-42 | | | | | | |
| イタボガキ | -30-36 | | | | | | |
| ウメノハナガイ | 23-42 | | | | | | |
| ヒラシオガマ | 23-41 | | | | | | |
| ヤエウメ | 32-40 | | | | | | |
| ヒシガイ | 12-35 | | | | | | |
| バカガイ | 31-46 | | | | | | |
| シオフキ | 25-39 | | | | | | |
| オトリガイ | -0-38 | | | | | | |
| ヒメシラトリ | 31-44 | | | | | | |
| アオサキガイ | 14-35 | | | | | | |
| ムラサキガイ | 10-35 | | | | | | |
| イソシジミ | 30-41 | | | | | | |
| マチガイ | 31-42 | | | | | | |
| エノマテ | -34-45 | | | | | | |
| ヒメカノアサリ | 32-40 | | | | | | |
| オニアサリ | 31-39 | | | | | | |
| シラガイ | -0-36 | | | | | | |
| カガミガイ | 31-42 | | | | | | |
| アサリ | 23-45 | | | | | | |
| ハマグリ | 31-39 | | | | | | |
| オキシジミ | 27-41 | | | | | | |
| オオノガイ | 31-50 | | | | | | |
| クシマスオガイ | 12-35 | | | | | | |

緯度分布は種鑑 (1983) による太平洋沿岸の分布緯度、深度は肥後・後藤 (1983) による。

図 4 現生貝類の生態情報リスト (高松市春日町; 図 2 中の地点 3 産)

d. 授業計画

①事前準備

授業計画と学習活動の流れを図 3 に示す。

授業に本教材を導入する前に、まず貝類化石群の基礎資料を集めるため、勤務校の地学部生徒による探究活動を行った。生徒らは、野積みされた建設廃土から化石を採集、記載し、その成果として産出化石リスト (図 4) と化石スケッチ集 (図 5) ができあがった。さらに、実習の事前準備において、教材となる産出化石種について現生貝類図鑑 (吉良, 1959; 波部, 1961 など) からスケッチや必要であれば形態の特徴を抜粋し、各化石種の生息水深、水平的分布などを現生貝類の資料 (肥後・後藤, 1993 など) よりまとめ、生徒実習時の資料プリントとする (図 4)。実習用の標本は、堆積物ごと採集し、教室へ持ち込んだ (図 6)。堆積物が粘土質、あるいはシルト質であるなど半固結状態の場合は、目の粗いフルイ (例えば開口径 0.5 mm 程度)

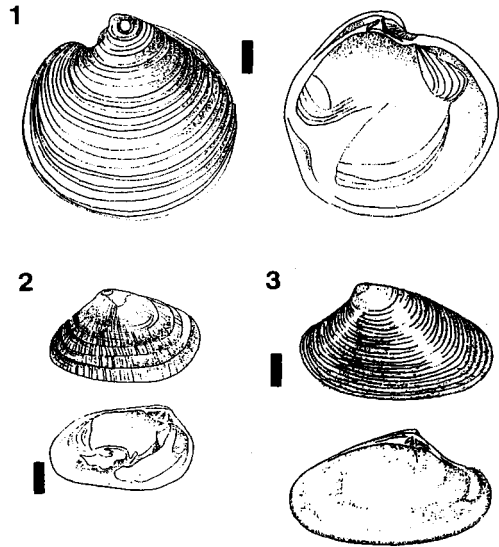


図 5 生徒による貝類化石スケッチ (1 は高松市浜ノ町; 図 2 中の地点 1 産, 2 および 3 は高松市春日町; 図 2 中の地点 3 産) スケールバーはいずれも 1 cm
 1 ウラカガミ *Dosinella corrugata* (Reeve)
 2 アサリ *Ruditapes philippinarum* (A. Adams & Reeve)
 3 アケガイ *Paphia (P.) vernicosa* (Gould)

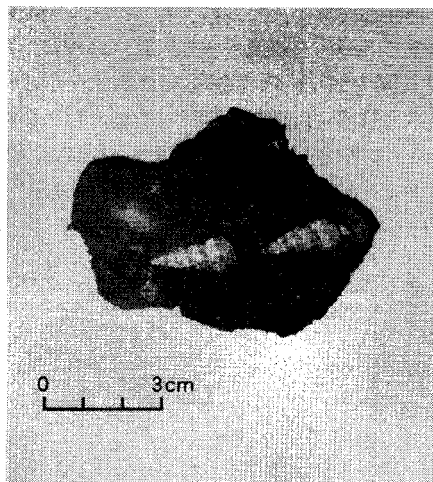


図 6 建設廃土中から得られたクリーニング前の貝類化石 (高松市春日町; 図 2 中の地点 3 産)

の上に試料を置き、水洗して泥分を洗い流した後乾燥したものを実習試料とする。その方が化石を堆積物から分離しやすく、作業時間の節約となる。

②実習前の学習

教科書に基づいて示相化石の定義と古環境解析方法の講義を行った。

③実習準備

準備物は、クリーニング用ブラシ（歯ブラシなど生徒用）、目の粗いフルイ（台所用品のザルでもよい）、バケツ（標本水洗用）である。

④学習活動

活動形態は、化石同定作業のため生徒を4~5名程度に分け、グループ活動とする。

クリーニング：生徒は実習グループごとに小分けされた数100g~1kg程度の堆積物中から、手選により化石を拾いだす。必要に応じて、ブラシや水洗いをしてクリーニングする。

同定：あらかじめ指導者が図鑑類から抜粋したスケッチ、形態の特徴などをまとめた資料プリントを参照しながら化石種の同定を行う。筆者は、地学部の生徒が作成したスケッチ集を資料プリントとして用いた。同定見本用として、あらかじめクリーニング済みの貝類（二枚貝類は合弁のもの）を用意しておき、必要に応じて採集した貝類と比較する。グループごとに同定結果を発表させ、自分たちのグループの同定間違いや未検出種を知る。

解析：化石種の生息水深、さらに解析の目的に応じて、緯度、底質、地理的環境を資料プリントより調べる。生態情報をまとめた資料プリントを引用しながら化石群集の共通生息深度をVDM特性曲線に、共通生息緯度範囲をHDM特性曲線にグラフ化する（図7、8）。グラフ作成の時間が確保できなければ、資料プリントから共通生息深度および共通生息緯度範囲を見い

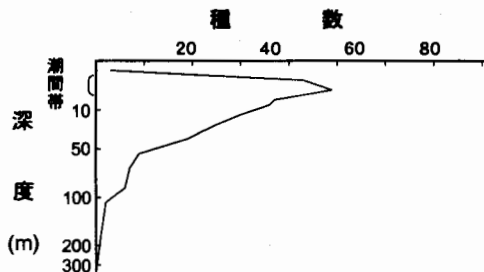


図7 VDM特性曲線の作成例（高松市春日町；図2中の地点3産）

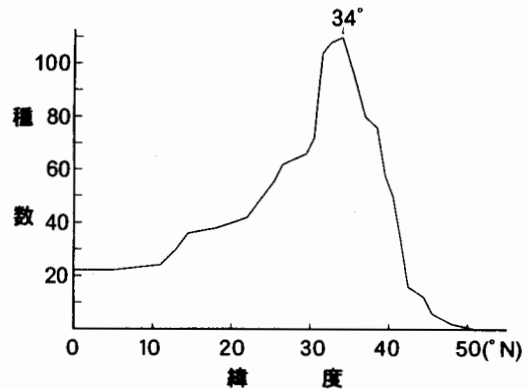


図8 HDM特性曲線の作成例（高松市春日町；図2中の地点3産）

ただだけでも十分である。

考察：化石群集の生息古水深、古緯度などをVDM特性曲線およびHDM特性曲線をもとに推定する。古水深から推定される古標高と化石産出層準の標高、および古緯度と現在の緯度とを比較する。

e. 指導上の注意

建設廃土からの採集：腹足類・掘足類は殻がほぼ完全に残っているものを同定させる。二枚貝類は合弁ならば殻が左右二枚ともほぼ完全に残っているもの、あるいは片側の殻がほぼ完全で、他方の殻の一部が欠損しているものを採集させる。離弁の場合、殻がほとんど残っているものを採集させる。いわゆる微小貝（例えば長径が5mm以下のもの）は初心者には同定が困難な種が多いので採集させない。化石群集の種数が十分あれば、同一生態環境内の微小貝を除いても古環境解析結果には影響を及ぼさなかった。また、例えばイセシラガイ *Anodontia stearnsiana* のような貝は殻が薄いためにもろく、ほとんどが割れて地層中から産するため、復元・同定に時間がかかる。このためこのような貝類を含む化石群集は、授業での観察対象としては不適當である。生徒は自分の気に入った化石種だけを採取する傾向があるので、えり好みをせずいろんな種があることに気付かせるように指導する。

同定の指導：古環境解析、特にVDM特性曲線およびHDM特性曲線による分析は、産出化石種をできるだけ多く同定することが重要となる。授業では、肉眼的に同定できる種は極力同定を行わせたが、時間的制約もあり、10数種以上を目標とした。生徒が多く種の同定できるよう、同定作業中は指導者の机間巡視を行う。なお、貝類化石のスケッチをとらせる場合には、

一般的に図鑑の図版と同じ向きで書くと比較しやすい。

化石産状の検討：VDM 特性曲線による解析結果を検討する際、貝類化石の産状により異地性が原地性を考慮しないと不適切な解釈を招くことがあるので、教員が化石の産状を観察し、教材に用いる化石群集が深度が大きく異なる群集 (community) の混合でないことを確かめておく必要がある。浅海帯下部に深の貝類化石群集では、さまざまな深度のものが存在するため、VDM 特性曲線のピークが複数になることがあると指摘されている (生越, 1968)。沖積層では浅海帯上部に浅の化石群集が中心と考えられ、VDM 特性曲線のピークが大きく異なる深度で複数になる可能性は小さいと考えられる。今回の教材化にあたっては、高松層中の貝類群集のうち異地性個体の比較的少ない産地を選んだ。例えば、高松市春日町 (図 2 中の地点 3) 標高 -1.5 m 付近から得られた化石群集は、潮間帯～潮下帯最上部に生息していたと推定される群集である (川村, 1998b)。

7. 教材化の評価と課題

a. 古環境解析の方法

VDM 特性曲線を用いた貝類化石群集の生息深度の推定は、推定結果がメートル単位で表現できる。化石群集の産出層準の標高から古水深分上方の高さが古海面であると考えられる。高松市春日町 (図 2 中の地点 3) では、古海面の標高は -0.5～-3.5 m 程度であった (川村, 2000)。このことから、相対的海水準変動に気づかせることができる。古海域環境を HDM 特性曲線から求めた緯度をもとに考えさせたが、高松市浜ノ町 (図 2 中の地点) では現在の緯度と変わらない結果が得られる (川村, 1998b)。この地点から得られた貝類化石の補正 ^{14}C 年代値は、 $6,200 \pm 60$ yrs BP であり、縄文時代早期にあたる。関東地方で見られるような縄文海進高頂期の温暖種貝類の分布 (松島, 1984) は、高松平野沿岸では見られなかった可能性が指摘できた。

b. 資料の入手

平野臨海部で掘削工事が行われていれば、その現場や廃土置き場から、貝類化石を産出する建設廃土入手できる可能性がある。欠点としては、欲しいときに入手できるとは限らないことである。このため、公共事業等の工事担当部署から、土質柱状図や工事計画などの情報をあらかじめ入手しておく必要がある。また、

工事現場の人工露頭から建設廃土を入手することは、危険性を伴う作業となるので工事担当者との十分な打ち合わせのうえ教員が行う。生徒に化石採集を行わせるには、建設廃土置き場に野積みされた堆積物から採集させると、危険性が少なく活動できる。

c. 素材選択上の注意

本教材が魅力に乏しい教材となる可能性があるのは、内湾域の貝類化石群集である。内湾域は閉鎖的海域であるために海況の変化が比較的小さく、HDM 特性曲線でみた古環境と現在の環境との違いが目立たない可能性がある。

8. まとめ

①沖積平野臨海部では、掘削工事に伴う建設廃土中に含まれる化石、特に完新統産貝類化石を得る機会がある。本報ではこの貝類化石を示相化石として用いた古環境解析を教材化した。

②建設廃土のような未固結層から産する貝類化石の採集とクリーニング作業は簡単であり、多量の化石を処理することが可能となる。このため示相化石の定量的な解析が容易である。

③同定された多量の貝類化石に基づいて作成した VDM 特性曲線および HDM 特性曲線により、化石群集の生息深度、水平的分布 (緯度分布) を推定し古環境復元することが高校生に可能である。

④貝類化石の同定作業に熱中する生徒も現れ、同定作業は観察力の向上に有意義であった。また、化石というと固結岩をイメージするらしく、未固結物中の「生物遺骸」も地質学の対象となることに驚いていた。

⑤VDM, HDM の両特性曲線を得る作業により、単元目標の①と②は達成できたと考えられる。授業目標の①は、教員の机間巡視により促進された。可能であれば、チームティ칭による指導が望ましい。②については化石群集に共通する環境を見つけることが容易なので、達成できた。③については、古水深から求めた古海水準は現海水準と明瞭な違いが出てきたため、相対的海水準変動に気づかせるなど、環境の変化を知ることができた。

⑥以上より、示相化石の学習のために建設廃土中の完新統貝類化石による古環境解析の生徒実習は、低廉かつ簡易な方法で具体的な数値をもとに考察するという明快な論議ができる。よって高等学校地学 IB や部活動の探究活動のテーマとして適当である。

謝 辞 貝類化石の同定に際しては、香川県立三木高等学校の塩田浩之教諭にご指導いただいた。また、貝類化石の採集に際し、工事現場責任者や施主の方々のご厚意を賜ることができた。本研究はこれらの方々の援助がなければ筆者にはできなかったものである。ご援助いただいた方々に心より感謝したい。なお、本研究に当たり日本教育公務員弘済会の研究奨励金をいただくことができ、教材開発の促進に大きく役立った。関係各位に深謝したい。

文 献

- 天野和孝 (1993): 北方系貝類集団による古水温推定の試み—更新世前期の大桑—万願寺動物群を例として—。化石, No. 55, 34-48.
- 天野和孝・品田やよい (1997): 岩石穿孔性二枚貝の示相化石教材としての意義。地学教育, 50, 198-195.
- 地学団体研究会「自然を調べる地学シリーズ」編集委員会編 (1982): 自然を調べる地学シリーズ 4 地層と化石。東海大学出版会, 東京, 205 p.
- 鎮西清高・海野和郎・上田誠也・島崎邦彦・中村保夫・饒村 曜・吉岡一男・吉川 真・林 慶一・半田孝・藤本正樹・茂木秀二・吉永順一 (1999): 地学 IB。東京書籍, 東京, 312 p.
- 学校理科研究会 (1982): 理科教育学要論 中・高等学校編。みずうみ書房, 東京 419 p.
- 波部忠重 (1961): 続原色日本貝類図鑑。保育社, 大阪, 182 p.
- Higo, S., Callomon, P. and Goto, Y. (1999): Catalogue and bibliography of the marine shell-bearing Mollusca of Japan. Elle Sci. Publ., Yao, 749 p.
- 肥後俊一・後藤芳央 (1993): 日本及び周辺地域産軟体動物総目録。エル貝類出版局, 八尾, 693 p.
- 伊田一善 (1956): 貝類化石群集の特性曲線について。地調月報, 7(2), 63-68.
- 稲葉明彦 (1983): 瀬戸内海の生物相 I (軟体動物)。広島大学理学部付属向島臨海実験所, 181 p.
- 川村教一 (1997): 高松市浜ノ町の第四紀堆積物から産出した化石。香川県高等学校教育研究会理化部会・生地部会会誌, No. 33, 60-65.
- 川村教一 (1998a): 建設廃土中の化石による古環境解析の教材化。第 3 回日教弘教育賞教育研究集録第 9 集, (財)日本教育公務員共済会, 東京, 54-57.
- 川村教一 (1998b): 高松平野の完新世化石とその古環境解析。香川生物, No. 25, 31-42.
- 川村教一 (1998c): 高松市郷東町から産した完新世化石とその古環境解析。香川県高等学校教育研究会理化部会・生地部会会誌, No. 34, 71-85.
- 川村教一 (1998d): 高松市浜ノ町の第四紀堆積物から産した化石 (II)。香川県高等学校教育研究会理化部会・生地部会会誌, No. 34, 86-96.
- 川村教一 (1999): 高松平野の完新世化石とその古環境解析 II。香川生物, No. 26, 31-42.
- 川村教一 (2000): 香川県高松平野における沖積層の層序と堆積環境。第四紀研究, 39(6), 489-504.
- 吉良哲朗 (1959): 原色日本貝類図鑑。保育社, 大阪, 240 p.
- 小荒井千人 (2000): 機能形態学的解析に基づく二枚貝化石の生態復元に関する教材開発。地学教育, 53(5), 209-217.
- 小林 学・恩藤知典・山極隆編 (1988): 地学観察実験ハンドブック。朝倉書店, 東京, 374 p.
- Kuroda, T. and Habe, T. (1952): Check list and bibliography of the recent marine Mollusca of Japan. Pub. Leo Stach, Tokyo, 210 p.
- 松島義章 (1984): 日本列島における後氷期の浅海性貝類群集—特に環境変遷に伴うその時間・空間的変遷—。神奈川県立博物館報告自然科学, No. 15, 37-109.
- 文部省 (1989): 高等学校学習指導要領解説理科編理数科編。実教出版, 東京, 286 p.
- 生越 忠 (1961): 軟体動物化石群集の特性曲線の古生態学的意義について その 1 HDM 特性曲線の古生態学的意義について。地質雑, 67(787), 205-220.
- 生越 忠 (1963a): 現生軟体動物群集の HDM 特性曲線について。地質雑, 69(811), 184-200.
- 生越 忠 (1963b): 軟体動物化石群集の特性曲線の古生態学的意義について その 2 VDM 特性曲線の古生態学的意義について。地質雑, 69(816), 397-420.
- 生越 忠 (1968): 軟体動物化石群集の HDM 特性曲線と現生軟体動物群集のそれとの比較。地質雑, 74(5), 251-264.
- 大久保 敦 (1998): 葉相観を導入した示相化石の指導—古環境を探るツールとして—の大型植物化石の活用。地学教育, 51(1), 13-27.
- 奥村 清編 (1978): 地学の調べ方。コロナ社, 東京, 207 p.
- 大山 桂 (1952): 海産貝類の垂直分布について。貝雑, 17(1), 27-35.
- 坂口 豊 (1984): 寒冷地域の気候変化。寒冷地域の自然環境 (福田正己ほか編)。北海道大学図書刊行会, 札幌, 183-211.
- 全国理科教育センター研究協議会編 (1985): 身近な自然を生かした地学教材の研究。東洋館出版社, 東京, 235 p.

川村教一：建設廃土中の完新世貝類化石による古環境解析の授業実践—香川県高松平野を例として— 地学教育 54 巻 2 号, 75-83, 2001

〔キーワード〕 示相化石, 貝類化石, 古環境解析, 完新統, 高等学校

〔要約〕 平野臨海部における掘削工事による建設廃土から得られる貝類化石は, 室内で多量に処理しやすく, 観察も簡便な器具で行える. 香川県高松平野を例として, 高等学校地学 IB の授業および部活動指導において実施した完新統貝類化石群による古環境解析は, 示相化石の実習に適する.

Norihito KAWAMURA: A Report on Teaching Paleoenvironmental Analysis Based on Molluscan Assemblages from the Holocene Deposits at the Site of Construction—A Case Study of the Takamatsu Plain, Kagawa Prefecture, Japan—. *Educat. Earth Sci.*, 54(2), 75-83, 2001

学会記事

第4回 常務委員会議事録

日時：平成12年12月9日(土)15時～17時20分

場所：日本教育研究連合会 小会議室(4階)

出席者：青野宏美, 下野 洋, 高橋 修, 高橋典嗣,
坪田幸政, 馬場勝良, 濱田浩美, 林 慶一,
水野孝雄, 宮下 治, 山崎良雄

以上11名(五十音順)

議事に先立ち、下野洋会長より日本学術会議の動向、理科教育の現状や今後の展望に関する話題提供があった。また、裁判の進捗状況に関する簡単な説明があった。常務委員の出席状況を考慮して、報告事項から始めた。愛知教育大学の遠西昭寿常務委員からの電子メールによる意見が配布された。

議 題

1. 平成13年度および平成14年度以降の大会について

平成13年度千葉大会では、ジュニアセッションの開催を予定していることが報告された。また、企画している巡検一覧が公表された。平成14年に関しては、山口大学と連絡を取り進めている。山口地学会と共催を予定し、今年中に実行委員会を開く予定である。平成15年度、平成16年度に関しては、開催地の立候補、推薦などを期待している。開催時期に関しては現地の意向を尊重する方向である。

2. 役員改選について

地学教育へ掲載する選挙公示文書の確認がなされた。平成13年度の評議員の推薦に関して、千葉県より千葉で活躍する人を推薦したいとの申し出があった。評議員数(選挙：三分の二、会長指名：三分の一)について、会長指名分を1名減らす必要があるとの指摘があった。

3. 次期教育課程改定に向けての学会の方向性について

会長より次のような説明があり、意見交換がなされた。

- ・基礎・基本に関する一般社会の疑問に対して、文部省の立場では国際調査から判断して、日本は低下していないとしている。しかし、これからも低下しないで維持できるか疑問であり、知

識偏重から考える力、価値観の変換などを考慮する必要性があたろう。

- ・学習指導要領の理科の構成についても考慮していく必要があろう。
- ・地学で育成すべき観点、教科構成などを議論する必要がある。教科理科関連学会協議会などでも議論する必要があろう。今後を見通して、見直し、整理統合していく必要があろう。
- ・仕事の進め方としては、複合領域(エネルギー中心のカリキュラム)などの科研費を申請していく予定である。
- ・夏の大会、総会シンポジウム、公開シンポジウム、学会誌などを通して、会員の意見の集約を考える必要があろう。

4. 入会者・退会者について

入会者3名、退会者2名の報告があった。2000年12月5日現在の会員数は、744名(正会員725名、名誉会員8名、学生会員10名、外国会員3名)。名簿に関して、費用や記載事項の正確さなどに関する議論があった。

〔訂正とお詫び〕

地学教育53巻第5号(第2回常務委員会議事録)の退会者に、大金要次郎会員を掲載しましたが、これは事務局の不手際による誤りです。多大なご迷惑をおかけしたことをお詫び申し上げます。

5. その他

会則に関して、取りまとめ役の山崎良雄会員より、次のような報告があった。

- ・事務局に関する会則の記述を変更する方向である。
- ・会則に関する洗い出しは終了した。会則や細則などについてさらに検討する必要がある場合は、新たなメンバーで行う。

報 告

1. 各種常置委員会より

- ・編集委員会より会誌「地学教育」の遅れに対する説明があった。5号は12月第三週中、6号に関しても年内の発送を予定している。また、原稿の集まり状況はよく、新年度の1号からほぼ予定どおりになるとの報告があった。

「環境教育と地学教育」の特集の刊行にあたり

人間は自然とのかかわりについて認識と理解を深め、環境に配慮した生活や責任ある行動をとり、環境の保全を考え、望ましい働きかけができるように、環境問題を解決していくことが大切である。

新設される「総合的な学習の時間」では、環境などの横断的・総合的な課題についても取り上げていくことになるが、各教科・科目においてもこれらの教育課題を十分に認識して、日々の教育実践を行っていく必要がある。

環境問題における自然環境を考えると、理科、特に地学で扱う内容が多くあり、環境教育を行う上で、地学の果たす役割が極めて重要であると考えられる。この重要性を踏まえ、本学会では1999年10月に「理科における地学リテラシー育成の意義と環境学習の実践事例」のテーマでシンポジウムを開催するなど、新学習指導要領への積極的な取り組みの検討を行ってきた。

そこで、編集委員会では、これまでの環境教育への取り組みをさらに膨らませ、環境教育を推進する上での、地学教育の果たす意義や教育実践例の特集の作成を計画し、「環境教育と地学教育」の特集を第54巻第2号と第3号に連載することとした。

第54巻第2号では、地学の担当者がどのような環境教育の実践や教員研修の実践を行っているのかを紹介する。

学校教育の中の地学における環境教育においては、小学校、中学校、高等学校、大学、さらには教育委員会がそれぞれに連携を図り、児童・生徒等に対し、自然環境に関心と認識をもたせ、よりよい環境を保全する活動に取り組むための心情や問題解決能力、実践力を身に付けさせていくことが必要である。第2号では中学校、高等学校、そして教育委員会における教員研修の3事例について示す。

濱中論文では、中学校での宿泊を伴う行事に地質野外学習を取り入れ、環境教育と結び付けた実践と教育効果を上げる学習指導の方法について述べた。

荒川論文では、地域を生かした環境教育の実践として、石灰岩鉱山の野外学習において石灰岩を大気環境と関連づけた学習を展開する例と、地元の琵琶湖を題材にした環境教育の展開例を示した。

宮下論文では、教育センター等における、教員を対象とした環境教育に関する研修の実施状況を示すとともに、東京を例にした環境教育に関する教員研修の実施例について述べた。

また、第54巻第3号では、環境教育を推進する上での地学教育の果たす役割の意義を検討し、提案をする。

林ほか論文では、環境教育とは何か、環境問題と環境教育とはどのように変遷をしてきたのか等、環境教育を今後推進していく上での基盤とも言える世界の環境教育の考え方の変遷を述べるとともに、地学教育の果たす意義について述べる。

青野ほか論文では、日本の地学教育における環境教育に関する研究をまとめ、各年代ごとの代表的な研究事例について考察を行い、日本の環境教育の研究には、1970年代を境として公害防止教育から環境重視型教育へと変換していることについて示す。

宮下ほか論文では、これまでに告示された高等学校学習指導要領を調べ、1970年の第4次改訂を境に地学における環境教育への取り扱いが、資源の開発や防災の視点から自然の保護や自然環境の保全の視点に扱いが大きく変化してきていることについて述べる。

本特集で掲載するこれらの内容は、日本の環境教育を推進していく上での大いなる指針となるものばかりと考える。今後の地学教育、理科教育、環境教育発展の一助となることを期待するとともに、本特集が、今後の各学校における特色ある教育課程の編成や授業等の構成等に役立てていただければ幸いである。

平成13年3月

宮下 治

目 次

| | | |
|----------------------------|------|-----|
| 地質の野外学習を通して自然環境を学ぶ修学旅行の指導法 | 濱中正男 | 85 |
| 野外での体験を中心とした環境教育 | | |
| 一「化石と地球大気」および「生活と琵琶湖」の指導 | 荒川忠彦 | 93 |
| 環境学習に関わる教員研修の取り組みについて | | |
| 一東京都を例にして | 宮下 治 | 101 |

教育実践報告

地質の野外学習を通して自然環境を学ぶ修学旅行の指導法

濱 中 正 男*

はじめに

中学校での野外学習は生徒の期待が高い割には事故等の問題が起きやすい等のために、実施率は低く、生活体験や観光的な見学を主とする学校も少なくない(濱中, 1982)。しかし、教室での学習成果を校外の自然の事象に当てはめて学習する場合は、時代を問わず学校教育上極めて重要である。特に環境教育の面からみると、自然環境そのものを知り、自然環境の変化を理解し、地学リテラシーを養うためには野外学習が不可欠である(下野ほか 1996, 下野ほか 1999)。そこで、本校(筆者が一昨年まで副校長であった東京学芸大学教育学部附属小金井中学校をさす、以下「本校」と書く)では、伝統的にこの考えにたち、本修学旅行(本校には地理、美術の修学旅行もある)を必要不可欠な行事として実施してきている(濱中 1974)。この位置づけによる地質に関する修学旅行について、その学習指導法として、教材ごとの学習のねらいとそれに適合した学習の型を示し、さらに、その目的・日程・事前指導・現地指導・事後の評価の方法を報告する(濱中 1982, 橋上ほか 1985, 濱中 1997)。

1. 本修学旅行の位置づけ

(1) 本修学旅行と学校教育上の位置づけ

本修学旅行は30年以上の歴史を持つが、教室での学習を延長・発展させた移動教室的な色彩が強い。それは毎日の教室での学習が本物であれば、その学習成果を校外の自然の事象に当てはめて生徒なりの解釈ができるはずであり、また生徒にそのような力をつけることが理科教育や学校教育の本来の姿である、との考え方にたつためである。つまり、感受性に富み柔軟なものの見方のできる中学時代にこそ、生徒は自然の事象から、教室では得られない多くの刺激を受けて、これらに対する強い興味関心を示し、知的好奇心を燃やすはずであり、その成果は必ずや教室の学習を発展させるはずである。また、そのような生徒を育てることが理科教育・学校教育の本来の姿である、との考え方

にたつためである。以上の意味で、まさしく学を修める旅行である。

この修学旅行のねらいと日数は学校週五日制が始まってそのまま持続している。「精選」の波が押し寄せる中でこれを持続している理由は、先に述べた意味での本校の教育活動の中で特に重点を置いている活動であり、本校の伝統ある特色であり、教科指導の一環であるからである。

(2) 本修学旅行の日程

このような教育方針の実践として、本校では2年生が埼玉県秩父地方に、2泊3日で、地質や岩石について学ぶための修学旅行を、表1に示す日程表(大澤ほか 1998)通り実施している。

【地質について学ぶ秩父・長瀨への修学旅行のねらい】

① 目的

- ア. 地質学の宝庫といわれる秩父地方で、様々な地質や岩石を観察して、その結果を考察することを通し我々の生活の場である地質への理解を深める。
- イ. 秩父地方の自然と文化について見聞を広め、自然と人間の関係についての理解を深める。
- ウ. 団体旅行を通して、自主的態度を養うとともに、相互の親睦をはかる。

② 目的地

埼玉県 秩父・長瀨地方

(宿泊地: 埼玉県秩父郡長瀨町長瀨, 養浩亭)

③ 本修学旅行の具体目標

- ・いつも知的好奇心を持ち、それを学習に関する言動で示そう。
- ・見学地では学習対象を自分の目でしっかり観察し、事前学習の内容と関連づけてよく考えよう。
- ・秩父地方の自然環境を大切に、地元の人に感謝の気持ちで接しよう。

このようにして、毎年5月に2年生が学級ごとにバスに乗り、学年の先生のほかに理科の先生3人と東京学芸大学の地学教室の先生1人を講師とした

* 東京学芸大学 1999年12月1日受付 2000年10月21日受理

表1 本修学旅行の日程表

————— バス
 徒歩

| 第1日 (5月28日) | 第2日 (5月29日) | 第3日 (5月30日) |
|--------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| 集合 7:50 | 起床 6:00 | 起床 6:00 |
| 学校 8:00 出発 | 清掃・洗面 | 清掃・洗面 |
| 所沢 | 朝礼 6:45 | 朝礼 6:45 |
| | 食事 7:15 | 食事 7:15 |
| 高坂 (休憩 9:30~9:50) | 旅館 8:40 出発 | 旅館 8:30 出発 |
| | 自然史博物館 9:00~9:40 | 橋立 9:10~10:10 |
| 寄居 | 秩父の盆地と地層
河岸段丘
岩石の種類と特徴 | 鍾乳洞
秩父系
V字谷 |
| | | |
| 長瀬 (昼食 11:00~11:50) | 尾田 蒔丘陵 10:30~12:20 | 桜橋 10:30~12:00 |
| 旅館 12:00 出発 | 段丘レキ層
河岸段丘
盆地
(昼食を含む) | |
| 養山 12:40~13:10 | ヨーパケ 12:45~2:25 | 川原の石と化石
不整合
(昼食 11:00~11:50) |
| 親鼻 (13:30~14:30) | 化石
第三紀層
川原の石 | |
| 博物館下の川原
(15:00~16:40) | 八日見橋 2:55~3:30 | 長瀬 13:30~14:50 |
| | 結晶片岩
川と川原
石の種類と特徴 | |
| 旅館 16:45 | 旅館 16:50 | 寄居 |
| 入浴 17:00 | 入浴 17:00 | |
| 夕食 18:00 | 夕食 18:00 | 高坂 (休憩 15:50~16:00) |
| 夜の学習 19:00 | 夜の学習 19:00 | |
| 点呼・反省 21:00 | 郷土芸能 20:00 | 学校 17:00 |
| 室長会 21:15 | 点呼・反省 21:00 | |
| 就寝完了 21:45 | 室長会 21:15 | 解散 17:15 |
| 消灯 22:00 | 就寝完了 21:45 | |
| | 消灯 22:00 | |

学級単位の学習を主として進める中で、河岸段丘のでき方を考察し、中・古生代や第三紀の岩石ならびに化石を採集してくる。

2. 本修学旅行の事前指導

よく「野外学習に連れていっても生徒は学習についてこない」という感想を聞く。確かにこの言葉は最近の生徒の一面を的確に表している。しかし、考えてみると、生徒を野外に連れ出しただけでは、開放感ばか

りが先に立ち、遊んでしまうのは当然であろう。そこで、野外学習を成功させるには、それなりの事前指導が必要となる(濱中, 1982, 濱中, 1997)。

見学地はどんなところなのか? これは誰しも興味を持つことである。これに対して教師は自作のビデオやスライドを使って十分に伝えておくようにしたい。生徒の観光体験も取り入れながら地域の特色をまとめていき、文献をもとに地域の地理的、歴史的、さらには観光的な面からの紹介もする。この説明とともに、

見学地の地質的な意味を理解させるのがねらいである。

また、見学地に行き自分たちはどのような活動をするのか？ という疑問にも答えることにより、生徒に野外学習のイメージを描かせることができる。卒業生はこんなに珍しい化石を採取した、という例を聞かせるのもよいし、表2のような先輩の感想文を読むのもよい。

表2 現地学習への先輩の感想

秩父盆地は、昔、海だったなどとも思えない事実感動したり、本当の不整合の面はほとんど幅がないのに、年月でいえばとほうもない位の違いがあるとか、なんとなしに見る道端の石がめずらしい風化のしかただったり、水平な地層が、立ってみたりなどと感動することばかりだ。

さらに各生徒に「岩石を採集して岩石標本を作る」、「この地域の河岸段丘はどのようにして出来たか、レポートにまとめる」という課題を与える等で、あらゆる方面から、生徒にヤル気を起こさせることが大切である。これらに加えて、野外で大自然を観察することにより、自然環境の変化について学ぶことも伝えておく。また、学習するときの基本態度を説明しておくのは勿論である。

事前指導では、現地の学習に必要な知識を与えておくことが重要である。これは上記のような紹介などとは違って、指導計画にそってしっかりとした内容でうめておかねばならない。従って、見学のシオリのたぐいを読ませて済ませるわけにはいかない性格のものである。これを理科の平常授業の中に設定したカリキュラムで5~6時間かけて指導する。

その時の指導内容は、現地でのどのような内容を学習するのか、それを探究的に行うか、教師主導型で行うか等によって大きく違ってくるので、これをもとに、教師が事前指導の内容を決定し、構造化しておく必要がある。

見学地に行っても、自分のいる位置や周囲の地形の位置関係が正しくつかめない生徒が多い。このような状況を無視して、現地で空間概念を把握させようとしても無理である。そこで各自に地形図を持たせて、主な地形の色塗り作業を含めた地形図の見方を指導しておく。地質図についても同様に指導しておく。

この事前指導では各生徒が好きな学習課題を選択して、各自で予習をしていき、それが自然環境の中でどのように存在しているかを実感を持って確認したり、予習内容といかに違うかを改めて体験してくるよう指導する。

表3 本で見た地層と実物との違いの感想

本でみた地層は大きいと思っていたが野外観察をしてみても、こんなに広い範囲にどろろが堆積するとは思わなかった。

また、野外で直接観察する山・川・地層・岩石等の自然環境が時間的・空間的にどう変化するかを把握してくるよう指導している。これらは生徒の主体性を生かし、個を大切に作る場として有効であり、これにより生徒は表4・表5の作文に示すようなすばらしい学習をする。

このようにして、複雑な自然を対象とする野外学習では、教室での学習以上に生徒の実態をふまえた指導をしないと、生徒はついてこない。

以上述べたことは、必ずしも教室で行うとは限らない。必要に応じて参考図書を紹介して、春休みや5月の連休の宿題にして授業時数の調整に協力している。また、そうすることにより、単なる時間の節約だけでなく、自己学習力をつける場を提供しその方法を練習させるという、本校の教育方針を具体化する場としている。

3. 本修学旅行の現地指導

(1) 現地指導の展開と学習の型

今日再び理科の野外学習の必要性が叫ばれてきたことは理科教育上歓迎すべきことであり、着目すべきである。野外学習を必要とする観点は大自然にふれる重要性、環境教育上の必要性、教室での授業からの脱出、総合的な学習の場としての適切性等々である。

しかし、これらの必要感だけから野外学習を実施しても、よい成果をあげられるとは限らない。野外学習を学校教育上に位置づける大変さ(濱中ほか1996)、そのための時間設定の困難さ、生徒指導上の問題をクリアーする難しさ、そこでの学習指導をどのように行うかを開発する研究の必要性(濱中1974、濱中1982、橋上ほか1985、濱中ほか1996)……と解決すべき問題が多い。ここではその中の学習指導法に着目

することにして、現地指導の展開と学習の型について述べることにした(濱中1996)。

野外学習における学習展開法としては、古くから「解説型」が最も多く実施されてきた。この型は野外に出て自然の事象を目前にして、そこで見られる個々の事象について教師が「～は～です」と次々に進めてゆく学習展開法である。この意味での解説型の学習展開法には、多くの利点を持つものの、この型だけで野外学習を進めていたのでは、今日の生徒はついてこない面がある。その理由は生徒が、多量の知識を短時間に与えられて消化しきれないこと、教室での授業と異なる学習展開法や大自然の中でのびのびとした活動を期待している等の生徒の希望に応えきれないこと等である。

この野外学習では解説型だけの学習ではなく、より広い観点からより多くの型による学習展開法を駆使して効果をあげたいものである。そこで、野外学習に使える学習の型(タイプ)(濱中1996)とその特徴を次に述べる。

① 解説型

例えば、断層の前でその成立した過程を説明するように、野外に出て自然の事象を目の前にして、それら一つ一つの内容について、テキストや指導計画にそって生徒に解説していくことを重視した指導法である。野外学習では古来最もよく行われている方法で、多数の生徒に対して一人の教師でも指導することが可能であり、どのような学習内容でも設定された時間内にその全部を指導できる利点がある。その一方、教師主体のために、生徒が自然に直接働きかける場面に乏しく、学習が受け身になり易い欠点がある。

② 検証型(確認型)

例えば、教科書で堆積岩について学んだ後で海岸へ行き、そこにある堆積岩の種類と特徴を確認するように、教室での既習の内容を野外で実物と対比して確認することを重視した指導法である。既に学習済みの内容であるために、実物による確認が容易であり、生徒が理解し易く、短時間で着実に学習が進められる利点がある。学級の生徒に対して一人の教師がついて一斉に確認する機会が多く、教師主体の指導になり易い。しかし、実物の確認を個人またはグループでさせる等の工夫をすれば、ある程度生徒が主体の学習に適した型にもなる。

③ 発見型(探究型)

例えば、川原の礫の並び方にはどのような規則性が

あるかを生徒に発見させるように、生徒が仮説を立て、それを実物に当てはめて確かめながら規則性を発見させることを重視した指導法である。教師の指導は弱く、生徒が主体的に自分のペースで新しい知識を獲得したり、問題解決の方法を習得できる利点があり、知識成立の過程に参加するので生徒の知的好奇心を高められる特徴がある。

学習課題は予め教室で設定する場合と、野外に出てから設定する場合とがあるが、生徒にまったく任せて設定すると手に負えない予想外の課題が出たり、学習途中で進行しなくなることもある。そこで、教師に導かれた発見型の学習を行い、指導計画や野外学習のねらいに適合した成果をあげる方法が行われることも少なくない。

④ 課題研究型

例えば、変成岩の種類と出来方を調べるというテーマを解決するために河原や博物館でその学習をするように、教室の学習で研究課題を設定しておき、野外でこのテーマにそって学習を進めていくことを重視した指導法である。自分で選んだテーマについて生徒が主体的に個人またはグループで自分達のペースで学習できる利点がある。研究課題の設定の方法は様々であるが年間指導計画にそって教師または教師と生徒の相談で決める場合が多い。

教室での学習で研究課題をよく把握させ、綿密な研究計画を立てさせ、野外学習で使用する資料等を収集させる等の準備と、野外で研究が順調に進行しているかをチェックする指導とが必要であり、これらを行うには教師の力量と多大の時間と熱意に支えられる点が大い。

⑤ 体験型

例えば、川遊びを体験するように、学習するための特定の知識や概念を決めないで野外に出て、川にいる魚の種類、川の崖の砂層の手触り…を体験的に会得することを重視した指導法である。生徒がその場で各自の好みに応じた行動を通して主体的に学習するので、興味関心を高める利点がある。その反面、学習内容が定まらず、長時間を要する欠点もある。

⑥ 問答型

例えば、川の蛇行を観察させて蛇行とれきの堆積との関係を問い、「蛇行の内側」との回答に、「なぜ内側に堆積するか」を考察させ、「流速が遅いのでれきを運搬する力が弱くなる」との回答を引き出し…のように、教師と児童生徒の間で発問・応答を繰り返して展

開することを重視した指導法である。教師に導かれながらも、生徒が主体的に考えを進めていくため、自分のペースで知識を獲得していける利点がある。

その割には一人の教師で多数の児童生徒を一斉に指導して行けるし、比較的計画通りに学習を進められるし、学習の深化もはかれる。しかし、展開法が難しいために全ての教師に可能な方法ではなく、学習内容や展開法を熟知したベテラン教師に偏る指導法になり易い。学習時間は解説型よりかかるが発見型よりは短時間ですむ。

⑦ 指示型（教師の指示で学習）

例えば、山頂で教師の指示通りに地形図と方位磁針を出して北を合わせて観察した山や川を地形図で探して印をつける……のように、教師の指示した通りに生徒が行動することにより学習が展開することを重視した指導法である。一人の教師で多数の生徒を一斉に指導でき、比較的短時間で計画通りの学習ができる利点がある。

なお、以上述べた学習の型は絶対的なものではなく、野外学習のある部分に重点を置いた指導をするために使用される場合が多く、また、これらの学習の型のいくつかを併用する指導もよく行われる。

(2) 現地指導の方針と方法

生徒への指導をするからには、観察場所の教材研究をするのは当然である。とはいえ、教室の授業とは違う野外の複雑な自然について、本当に自信を持って教えられる中学校の教師は何人いるであろうか。自信がないからという理由で教室に閉じこもってしまったのでは、自然を対象とする科学の立場を捨てるようなものである。

我々の仕事は理科の授業を通して生徒を教育することである。したがって、野外学習の中には教える場面があると共に、育てる場面もある。たとえ自信の持てないことでも、露頭に向かって生徒と共に考え、そこで考察した事実をもとに既習の知識に照らして最も論理的な結論を出す態度があってよいのではなかろうか。

以上のように考えたとき、野外観察では上記の学習の型を活用する中で、是非生徒主体の学習を取り入れ、それらを通して時間・空間の概念と自然環境の変化をみる目を育てたいものである。

一方、野外に出かけたら、露頭等の観察そのものに力を入れるのも一つの方法である。大部分の生徒は理屈抜きで観察が好きである。特に野外に出ると、教室

での勉強に消極的な生徒や試験の点数が低い生徒も、自分の五感を使って熱心に観察する姿が目を引き、このような学習は教室の授業では生かすにくい面についての生徒の個を大切にすることもできる。

このようにして、体を通して得た知識は、本や教師の説明から得た知識より、はるかに印象強く、忘れにくく、また応用が効きやすい。したがって、野外での観察をしっかり行っておけば、教室へ戻ってからのそれに関する学習の展開にかなり活用できる。こうした学習の中でこそ、生徒は表4・表5の感想文に示すほどの、自然環境の変化に対する時間的・空間的な実感を持つようになる。

こう見てくると、露頭に向かってただ「調べなさい」というような指導は考えられない。例えば、スケッチの仕方、地層を構成する物質の調べ方、地層の厚さの測り方、鍵層の見つけ方等、現地でなければならない事実のとらえ方を十分指導する。こうした観察が終わったところで、その応用として離れた露頭との比較を行い、その結果から空間概念をとらえさせれば、効果も上がる。

いずれにしても大切なのは、単に川原や丘陵を歩くのではなく、理科の授業として明確な指導目標や指導計画をつくり、それにそった野外観察を実施することである。

このような学習を通して、生徒は過去の地形の変化を追及して、その解を得た成就感を持つのである。

また本修学旅行の現地指導の特色としては大学の先生を講師として招聘することと夜の学習を行うことがある。前者は、地質学の専門家として生徒の疑問等に応える指導の拠り所として、重要な役割を果たす。と同時に、地質学の宝庫に来て、地質学者の先端の研究に直接触れて感動する場を生徒に与える役割も大きい。

後者は、学年の全生徒を一堂に集めて、昼間の学習内容の確認と定着をはかり、明日からの学習の指針を与える場として、現地学習に不可欠な指導である。

4. 本修学旅行の評価

(1) 生徒の学習到達度の確認と調整

野外学習では、生徒の理解の仕方が様々になり、教室の学習以上に個人差が大きくなりやすい。また、個々の生徒がどの程度学習したかを教師が把握しにくい状態に置かれる。特に、探究的な学習展開をした場合にはこの傾向が強い。そこで、何時間かの事後指導を行い、野外学習したことの確認をし、定着をはかる

表4 大自然の変化への実感と感動を示す作文

今回の修学旅行で得たことは多量にある。中でも、川的作用やその他の見学地から言えることとして、「自然の力」のスゴサ、そして力強さと恐ろしさが一番良く理解できたと思う。ほとんどのものが長い長い年月をかけて出来た芸術作品だ。少しずつゆっくりと多量の時とたくさんのエネルギーをつぎこんでできた結晶とでもいうのだろうか。そこには我々人間達にはとうていかなわない、自然の応力、自然の情熱が何となく伝わってくるようだ。それらを思うと、人間の一員である自分の力の無力さが情けなくなってしまう。やはり人間は自然の上にいるだけにすぎず、自然にはかなわない。自然に及びもしないだろう。これからはこの自然をうまく利用し、共存できる社会を作ることが大切だ。この旅行で、生きる勇気というか何というか、心に何か伝わった気がする。

表5 教室の学習と野外学習の差を示す作文

僕の選択課題は「流水の三作用」であった。この修学旅行では、主として「荒川」と「赤平川」を特にみてきたのであるが、やはり、水のきれいな川というのは見ているだけで気持ちが良かった。

さて、流水の三作用とは「浸食」「運搬」「堆積」のことである。事前学習でこの三つの作用について特に詳しく調べたが、実際の川の様子を見ていると、改めて自然の力の強さが分かった。

秩父・長瀬地方を流れている川はたぶん「中流」辺りであろう。特に驚いたのは、川原に転がっていたドでかいレキ岩である。あれを目にしたときには正直いってド肝を抜かれた。良くこんなに大きな重い石を運んできたなあと。運搬作用の強さ＝流水の速さの6乗に比例することは知っていたが、百聞は一見にしかずとはこのこと。運搬作用の強さは恐ろしいほどである。旅行前は、中流ぐらいだから、そんなに大きな石があるとは思っていなかったの、本当に驚いた。自然の力はすごいと思ってしまったのはこの時である。単に考えると、石というものは水に流れていくのであるが、はるばる上流から流れてきたのである。ということは、よほど大きな力が川にない限りあのような大きさのは流れてこない。

必要がある。こうすることにより、野外観察の結果を定着し、より効果的なものにすることが可能となる。

このような授業も、なるべく、教師の一方的な説明で終わることなく、個々の生徒の発言を大切に、各々の生徒が自己評価して、自分のノートを修正していく形を取りながら、ねらいとする概念の定着をはかるようにしたいものである。

(2) 総括的評価としてのレポートの作成と活用

事後指導のもう一つの役割は生徒が総括的評価としてのレポートを書くための指導である。野外で学習した内容を、生徒が自ら再構成することによって学習内容を構造化し、それによって一層学習内容の定着をはかろうとするのがレポートの役割である。したがって、教師はその内容を再構成するための視点を与えてやらなければならない。その視点は野外学習の目標や方法により異なるが、例えば、自然環境の学習も含めた「観察した露頭が現在のようになるまでの過程を当時の環境も含めてまとめよ」とか「河岸段丘のでき方をまとめよ」の形になる。

このようにして、レポートをやっと完成したときには、表4・表5の生徒の作文が示すように、現地でも実感した過去の大自然の変化を自分の手でまとめ上げた

成就感に浸るのである。

なお、レポートは単に生徒のためばかりではなく、教師のためにも役立つ。教師はレポートの内容から、学習の到達度、生徒の考え方の傾向、誤解され易い箇所等を見つけることができる。また、次年度の事前指導に使える教材は、このレポートの中に必ず潜んでいる。そこで、これらをもとに、野外観察全体を反省し、次年度からの指導計画を練り直し、一層よい指導をめざすことになる。

おわりに

本校で秩父地方に行き、地質と岩石に関する修学旅行を始めたのは昭和37年(1962年)であった。この修学旅行は毎年続けられ、本年で39年になった。この間、教育界では、修学旅行の位置づけが学習を主体としたものから、観光的な内容及びゆりの場を主体とした時代を経て、今日では生活体験を主体とする修学旅行が主流となっている。このような時代の流れの中で、本校の本修学旅行は地質に関する野外学習の立場を終始一貫して守り続けてきた。

一方いま、「生きる力」に代表される平成10年度の中央教育審議会の答申をはじめとする一連の教育改革

が叫ばれている。その中で「総合的な学習の時間」や「自然体験」の名で、野外学習の大切さが今また再認識されようとしている。このように歴史を見てくると、本修学旅行の一貫した姿勢は決して間違いではなく、むしろ何十年間という「長期教育評価」に耐えうる重要な教育活動であると確信している。

この間に、本修学旅行の学習の展開法も解説型主体の巡検式の時代から発見型主体の探究学習の時代へと変遷した。そして今日、個々の生徒の能力と特性を重視した指導を取り入れるようになってきた。これらのどの時代、どの指導に重点が置かれてもこの野外学習の成果は各生徒の頭脳の中、心の中に深く刻み込まれて自然環境を考える拠り所として残り、何十年か後に、一市民として当面する諸問題を解決するための有力な力とまで発展し、生き続けてゆくことを願っている。

この実践報告はあくまで本校の事例である。各校で生徒の実態等に適合した修正をへて、使用いただければ幸いである。

文 献

- 濱中正男(1974): 探究的な地学野外学習の構成と展開—秩父長瀬地方—。東京学芸大学附属小金井中学校研究紀要, 12, 49-69.
- 濱中正男(1982): 中学校における校外学習と理科の野外観察の現状。国立教育研究所研究収録, 第4号, 133-136.
- 濱中正男(1982): 中学校の地質教材における野外観察の実態とその学習指導。理科の教育, 31(6), 24-28.
- 濱中正男(1996): 野外学習の型(分担執筆), 平成7年度科学研究費補助金(試験研究B(1)研究成果報告書「環境認識の実態に基づいた野外学習指導法の体系化とその指導事例集の編集」, 研究代表者 国立教育研究所下野 洋, 21-23.
- 濱中正男(1997): 大自然の中で地質と岩石の学習をする修学旅行。日本教育評価研究会, 指導と評価, 43(1), 35-39.
- 濱中正男・下野洋ほか(1996): 野外学習の学校教育における位置づけ。日本科学教育学会第20年会論文集, 75-76.
- 橋上一彦・濱中正男・太田昭一(1985): 小中の関連を重視した理科の指導(2年次)—地質野外学習の構成と評価—。東京学芸大学附属小金井中学校研究紀要, 23, 69-98.
- 大澤啓治・橋上一彦・濱中正男・石井 醇ほか(1998): 東京学芸大学教育学部附属小金井中学校。秩父長瀬見学ノート。
- 下野 洋・藤田郁男・濱中正男ほか(1996): 野外学習指導法の体系化に関する基本的な考え方。日本科学教育学会第20年会論文集, 71-72.
- 下野 洋ほか(1999): 平成9~10年度科学研究費補助金(基盤研究B(2))研究成果報告書「地学リテラシーを得させるための環境学習に関する研究」, 14-17.

濱中正男: 地質の野外学習を通して自然環境を学ぶ修学旅行の指導法 地学教育 54 巻 2 号, 85-91, 2001

〔キーワード〕 野外学習, 修学旅行, 地学教育, 学習指導法, 中学校理科, 地質・岩石

〔要旨〕 地質野外学習に専念した中学校の修学旅行について, その教育上の位置づけ, 指導計画, 事前指導法, 現地指導の展開法と学習の型(タイプ), 評価法, 自然環境への生徒の反応について, 実践内容を例示して報告した。

Masao HAMANAKA: Environmental Education Based on Geological Field Study —For Example Junior High School—. *Educat. Earth Sci.*, 54(2), 85-91, 2001

- 実践集編集委員会

実践集第2集は現在473冊出庫した。まだ、半分近く在庫があるので、販売促進の方法を考える。そして、第3集の編纂に関しては会員の意見の集約を考えるとの報告があった。

- 行事委員会

科学研究費成果公表Bヘシンポジウム「地学教育と情報化」を申請したとの報告があった。

- 選挙管理委員会

評議員の推薦に関して説明された。

- 寄贈交換図書などについて

平成12年12月5日現在の寄贈交換図書が報告された。

2. その他

水野会員より裁判に関して、弁護士からの情報が報告された。

教育実践報告

野外での体験を中心とした環境教育

—「化石と地球大気」および「生活と琵琶湖」の指導—

荒川 忠彦*

1. はじめに

地学が環境教育との関わりが深い科目であることはいうまでもない。地球的規模で自然環境を考える能力を養い、また身近な自然と自分との関わりを意識し、自然に適したライフスタイルを意識する市民の育成には、地球や地域の自然を題材とした学習が必要となる。そのような学習に関わりのある科目が地学である。

身近な地域の自然を知り、自分との関わりを意識するには、自然の中での直接的な体験が重要であろう。体験的な学習は、自然に対する知識・理解といった知的な育成に加え、自然を大切にす情意的な面の育成において有効と思われるし、そのことが、自然に対して適切な行動を起こさせる原動力になることが期待される。

ところで、学校教育には生涯学習の一部を担うといった課題がある。学校教育を終えた後も、市民として環境に関わる意識を持ち続けてもらうためには、たとえば博物館といった社会教育施設へ意図的に学習の場を求めていくことも重要であろう。

こうした観点から、ここでは、野外での実習を中心とした環境教育の実践例を2つ紹介する。一つは石灰岩鉱山における化石採集を中心とした野外実習を、化石から地球環境を考えるといった環境教育的視点から再構成したものである。もう一つは、地域の学習を主眼とし、琵琶湖岸での野外実習と、琵琶湖博物館での実習や展示を利用した学習活動よりなる実践例である。いずれの実践も授業の年間計画に沿って、毎年実施しているものである。

2. 実践例 1) 石灰岩鉱山を利用した野外実習

2.1 概要

1年生理数科(2クラス80人)における地学(2単位の教科指導として、毎年6月に岐阜県大垣市の有

名な化石産地である金生山の石灰岩鉱山で、鉱業所の許可を得て、鉱山の休業日に野外実習を行っている。この実習は本校では、27年以上続けられている。野外実習では、現地で地層や化石の観察を行い、石灰岩を持ち帰る。事後指導で、石灰岩から地球環境の歴史と生物との関わりを学ぶ。

2.2 指導目標

事前指導・実習・事後指導を通じての指導目標は、以下のように設定した。

- ① 石灰岩中の化石から、この岩石の地質時代や堆積時の過去の環境を述べるができる。
- ② 人間が石灰岩を資源として利用しており、鉱山の採掘の様子から、資源が有限であることを実感する事ができる。
- ③ 石灰岩は、長い間における生物の活動によって作られたものであり、短時間で再生産されるものではないという、歴史的なとらえ方ができる。
- ④ 石灰岩とは、大気中のCO₂を生物が固定したものであるという、環境科学的なとらえ方に気づくことができる。

2.3 学習過程

(1) 事前指導

この実習の前提となる学習は、4月より計画的に行っている。教科書に沿って、地球の形と大きさ、地球の内部構造、プレート・テクトニクスまで学習した後、地質年代・化石等についての学習を先に終えておく。このことにより野外実習での化石の時代や種類について理解できるようにしておく。

(2) 野外実習

野外実習は1日かけて行っている。内容は以下の通りである。

- ① 金生山の石灰岩体の観察。

金生山へ来て驚くことは、図1に示したように、石灰岩の山が大きく採掘されていることである。石灰岩は有限な資源であると実感できる。

* 滋賀県立米原高等学校 1999年12月1日受付、2000年10月21日受理

また、岩石や地層の学習において、教室での標本では伝えられない、空間的な広がりを認識させることができる。

② 石灰岩に含まれる化石の観察と採集

石灰岩には、フズリナやサンゴあるいはウミユリの化石が多く含まれている。現地での化石の採集時間は2時間ほどであるが、全員の生徒が、少なくともフズリナの化石は採集できる。サンゴやウミユリ化石は半数ほどの生徒が採集できる。サンゴ化石の発見により、ここがかつてのサンゴ礁であったことが、実感を持って理解されている。図2に実習の様子を示す。

③ 金生山化石博物館の見学

実習のまとめとして、金生山化石博物館の見学を行う。実習では採集できないような多くの化石が展示しており、かつてのこのサンゴ礁が生物相の豊かな場であったことがわかる。化石採集の体験後の観察であるため、かつてのサンゴ礁のイメージが生徒なりに広がっていると思われる。



図1 実習地の様子

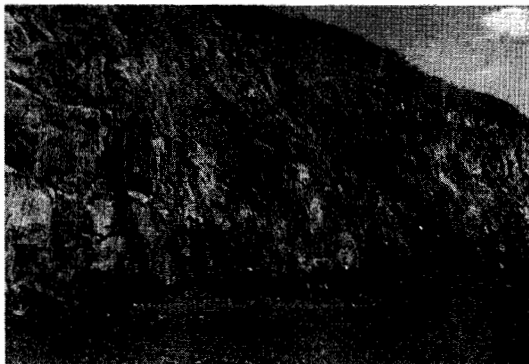


図2 実習の様子

(3) 事後指導

現地での化石採集後、教室で事後指導の授業を展開する。内容は以下の通りである。

① 化石の観察

採集した石灰岩を研磨し、フズリナやサンゴ化石のスケッチを行う。また、フズリナの種名を決定させる。(この実習の場合はヤベイナ)。図表等でフズリナの進化を示し、地質時代を決定させる。

② 石灰岩に閉じ込められたCO₂の観察

石灰岩を塩酸に溶かし、発生した気体を石灰水に通し、白色沈殿ができることから、CO₂の発生を確認する。実験自体は単純ですぐに終わる。その後、石灰岩に含まれていたCO₂の起源について考えさせる。

③ 生物のCO₂濃度調節作用について

②の実験結果にもとづき、大気中のCO₂を海洋が溶かし込み、サンゴのような生物はそのCO₂から殻をつくることでCO₂を固定しており、地球のCO₂濃度の調節機能があることを示す。

④ 石灰岩の利用と地球の温暖化について

鉱山で採取された石灰岩は製鉄の際に利用されている。石灰岩の利用は、自然界のCO₂循環に影響を与え、たとえば地球温暖化へとつながることに気づかせる。一方では我々の生活が鉄に依存していることを指摘する。この対立する問題を提示した後、生徒自身の生活の中でCO₂の放出に関わる行動を上げさせ、生活のチェックを行う。

最後に、CO₂濃度の上昇を防ぐために人間のとるべき行動を考えさせる。最後はオープンエンドである。

2.4 生徒の反応

野外実習中の生徒の活動は、非常に活発であり、関心を持って石灰岩の化石の観察や採集を行っていた。地史の学習はなかなか具体的なイメージを持たせるのが難しいのだが、野外で地層の広がりを観察させ、また生徒自身に化石を発見させながら、ここがかつてのサンゴ礁であると説明した場合、少なくとも教室での学習よりも、具体性がある。生徒は地層から探る過去の地球という学習に対し、実感をもってとらえることができているだろうと思われる。

2.5 まとめ

一連の学習過程で、石灰岩から地球の大気環境へと、学習内容が発展した。これは生徒にとっては予測できない展開であった。こうした自然界の事象の意外な結びつきを見いださせていくことが、自然をより広く、柔軟にとらえる能力につながり、環境教育におい

でも、そうした能力の育成は重要ではないかと考えている。

3. 実践例 2) 琵琶湖岸での野外実習と、琵琶湖博物館を利用した琵琶湖学習

3.1 概要

昭和30年代まで、琵琶湖の湖水は北部では飲料水として使われていた。その後、人口の急増に伴い、水質の悪化が進行し、昭和52年には赤潮が発生するに至った。このため滋賀県では昭和54年に「富栄養化防止条例」を施行する等様々な対策を行ってきた。学校教育においては、「琵琶湖学習」と呼ばれる地域を題材とした環境教育が推進されてきた。教育委員会は、「琵琶湖と自然」という、小・中・高の各段階に応じた環境学習の副読本を編集し各学校に配布している。また、琵琶湖学習船「湖の子」を建造し、現在は県内の小学5年生全員が湖上で1泊2日の琵琶湖学習を体験している。

高校では、こうした琵琶湖学習のまとめの段階であり、また生涯にわたり生徒が学習をしていくことができるような態度を育成する教育が必要とされる。そのためには、意図的に生涯学習の場である博物館等の社会教育施設で学習を行うことも方法の一つであろう。

こうした観点から、野外での直接体験を重視し、さらに生涯教育や環境教育という課題を意識して、琵琶湖岸での野外実習と、琵琶湖博物館での実習や展示見学を中心とした琵琶湖学習を実施している。

琵琶湖博物館は、もともと滋賀県の理科教育研究会を中心に、琵琶湖を総合的に学ぶ施設として県に建設要請運動を行って認められた経緯がある。準備段階から、博物館開設準備室と学校の教員の間で意見交換がなされる等、最初から学校教育での利用が意識されており、県内の学校は無料で学習に利用できる。また、学校教育の経験者が博物館に配置され、学校教育での利用について便宜を図ってくれるようになっている。

この琵琶湖学習の実習も年間計画にあらかじめ配置しており、生物・地学合同で、理数科1年生80名を対象に毎年11月に1日かけて実施している。琵琶湖博物館が完成した年から始めており、1999年で4年目となる。

内容は、彦根港と草津市の烏丸半島の湖岸における湖の調査、そして琵琶湖博物館の展示を利用した学習である。事後指導では、琵琶湖の水質について、家庭排水が負荷をかけている現状を学び、琵琶湖を守る意

識・姿勢を身につけることができるような学習を行う。

3.2 指導目標

事前指導・野外実習・事後指導を通じての指導目標は、以下のように設定した。

- ① 湖岸における実習を通じて、湖岸の様子を調べ、湖沼調査の方法を修得することができる。
- ② 水質分析を通じて、湖水に対する人間生活の影響を調べ、あわせて、彦根港と烏丸半島の水質の違いについて考察することができる。
- ③ プランクトンの観察をもとに②と同様の考察を行うことができる。
- ④ 博物館の展示見学を通して、琵琶湖の歴史、生物、人とのつながり等、琵琶湖を中心とした郷土の環境について、幅広く総合的に認識をすることができる。
- ⑤ 琵琶湖の現状と自分の生活との関わりを理解し、琵琶湖を守るために自分の生活をどのように変えていくかを具体的に述べるができる。

3.3 学習過程

(1) 事前指導（地学2時間、生物1時間）

野外実習に先立ち、授業時に環境副読本「琵琶湖と自然」を用いて、地学の授業時に琵琶湖の歴史について学習をする。生物の授業時には琵琶湖の生態系に関わる学習を行う。共に1時間ずつである。これは博物館の展示を見学する際の予備知識を与えるにとどめる。その後地学の授業時に1時間、湖岸での実習に関わり、透明度の測定、プランクトンネットの使い方等、湖の調査の技能に関わる指導を行う。

(2) 野外実習

貸切バスを利用して移動しながら、彦根港と草津市烏丸半島湖岸において実習を行う。彦根港は琵琶湖北部に位置し、校区内にある、生徒たちになじみのある場所であり、烏丸半島は、琵琶湖南部に位置し、琵琶湖の中でも富栄養化の進行しているとされている場所である。2地点で実習を行うのは、水質、プランクトン群集等の違いを比較させるというねらいがあるからである。

実習場所においては、まず湖や周辺の様子を観察させる。特に烏丸半島では、周辺のアシ原にも目を向けさせておく。実習内容は湖水の採水、プランクトンの採集、透明度調査であり、班ごとに行う。実習時間は各地点ごとに1時間ほどである。採水の場合は、容器を湖水で十分に洗った後に行うことを留意させる。透

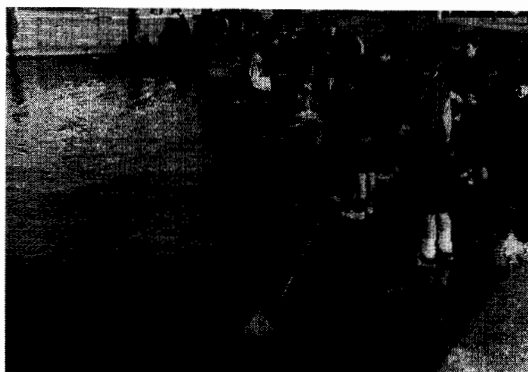


図3 湖岸での実習の様子



図5 プランクトンの観察



図4 プランクトンの採集

明度の調査については、班員の平均値をとる。透明度の結果は、(実施日1999年11月19日)彦根港で、約3m、烏丸半島で約90cmであり、大きな違いが見られる。なおこの値は湖岸で測定したものであるから、沖合いで測定された県の環境室の公表値とは異なっているが、2地点の比較は行うことができる。採取した水は透明な容器に入れるだけで混濁の様子が違うことがわかる。

湖岸でのプランクトン採集の実習の様子を図3、図4に示す。

(3) 琵琶湖博物館での実習

野外での実習が終わったら、そのまま草津市烏丸半島にある琵琶湖博物館へ採取した湖水とプランクトン試料を持って入館する。博物館には顕微鏡や各種実験器具がそろった実習室があり、水質分析実習とプランクトンの顕微鏡観察を行う。この実習は、生物担当の教員と合同で行っている。実習時間はプランクトン観察、水質分析ともに70分ほどである。プランクトン観察の様子を図5に示す。

プランクトンを顕微鏡観察すると、彦根港から採取した試料からはおもにビワクンショウモ、スタウラツルム、等の植物プランクトンが多くみられる。一方烏丸半島からは、オビケイソウ、マイクロキスティスのような植物プランクトンのほかに、ゾウミジンコ、カブトミジンコのような動物プランクトンも多くみられ、両者には明らかな違いがある。

また水質分析の実習は、pH、COD、 NO_2^- 、 PO_4^{3-} の項目について、パックテストを用いて行う。4項目に絞ったのは、実習時間の関係である。環境教育の授業で、使い捨てのパックテストを用いることには異論もあると思うのだが、実習の時間と薬品準備のことを考えてやむをえないと考えている。

水質分析の実習には、採集した琵琶湖の水以外に、あらかじめ用意してきた3種類の水も比較のため同時に分析させる。用意した水は以下のものである。

- ・学校近くの地蔵川の水…校区内の清流。
- ・米のとぎ汁…家庭排水を代表させる。

測定値が大きくなりすぎるので100倍に希釈

したものをを用い、後で得られた値を100倍する。

- ・彦根城の内堀の水…内湖のような環境を示す。

測定結果はおおよそ表1のようになった。比色による測定のため、精度が悪く、また値が小さいものは測定できないものもあるのはやむを得ない。おおかたの目安を得られればよいことにした。

測定結果から、汚濁度の違いがはっきりと示される。COD値で環境基準とされる1ppmを満たしているのは地蔵川の水だけである。測定結果については、事後指導で考察する。

(4) 博物館の展示をもとにした学習

実習が終わったら、生徒はワークシートを持って自

表1 水質分析の結果 (—は値が小さく測定不能)

| | 彦根港 | 烏丸半島 | 地藏川 | 米のとき汁 | 彦根城内堀 |
|-------------------------------------|------|------|------|-------|-------|
| pH | 8.5 | 8.0 | 8.0 | 7.8 | 8.3 |
| COD (ppm) | 2 | 8 | 1 | 800 | 9.5 |
| NO ₂ ⁻ (ppm) | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 1.5 | 0.02 |
| PO ₄ ³⁻ (ppm) | — | 0.1 | — | 10 | 0.1 |

由に展示室を見学しながら、琵琶湖についての総合的な学習を進める。

琵琶湖博物館の展示室はテーマごとに大きく4つある、それぞれの展示室の内容は以下のとおりである。

- ・A展示室：琵琶湖のおいたち
滋賀県と琵琶湖の地史
- ・B展示室：人と琵琶湖の歴史
古代からの人間の生活と琵琶湖の関わりとの歴史
- ・C展示室：湖の環境と人びとの暮らし
琵琶湖の自然と人間生活の関わり、琵琶湖への影響
- ・水族展示室：淡水の生き物たち

琵琶湖に生息する様々な魚を中心とする生き物。これらの展示場を見学することで、琵琶湖についての学習が総合的に行われるようになっていく。展示見学は2時間ほどかかる。

展示の際に用いるワークシートは、高等学校理科教育研究会にある琵琶湖博物館委員会で開発している。この委員会は博物館職員と県内の教員とで構成するもので、博物館発行の「琵琶湖博物館学習プログラム集」(滋賀県立琵琶湖博物館, 1999)としてまとめられ、県内の学校へ配布されている。筆者もそのワークシートの開発に関わっている一人である。ワークシートは、スケッチの指示をしたり、設問の答えをいろいろと展示を見ることで発見するような、生徒が展示を見学する際の着眼点を示すためのものとして作ってある。以前に琵琶湖博物館に来て自由に見学したことのある生徒には、今回ワークシートがあることで、展示をしっかりと見るようになったと感想を述べる者が多い。

(5) 事後指導

実習後の生物・地学の授業で、事後指導を行う。生態に関わる内容は生物の授業で、生物担当者が行う。

地学の授業では、地史の内容の発展として、滋賀県の地史、特に琵琶湖の歴史を取り扱う。さらに、実習のまとめとして、琵琶湖の水質を取り扱う。この指導については、「琵琶湖と自然」(滋賀県教育委員会・滋

賀県生活環境部, 1997)を参考にした。以下に事後指導の一部を示す。

- ① かつての琵琶湖の様子はどうかであったのかを示す。
・昭和20年代までの琵琶湖の水はそのまま飲料水として使うことができたこと
・透明度は大正時代に最高16mを記録したこと等
こうした事実を示すと、透明度を自分たちで測定したこともあり、生徒は驚きの声を上げる。当時の湖水が、清流のような美しい水であったことを示す。実際に湖岸の様子を見てきたため、現在の琵琶湖の水質がどのようなものなのかが判断される。

- ② 実習で測定した水質はどの程度の汚れたのかを示す。実習の測定値をもとに、以下のような問いを考えさせる。

問：10リットルの米のとき汁のCOD値を、環境基準の1ppmにするには、何リットルのきれいな水が必要か。

実習の米のとき汁のCOD値が800ppmであるから、答は8000リットルとなる。これは生徒にとって予想以上の値である。

問：大さじ1杯のしょうゆを魚がすめるような水にまで薄めるにはきれいな水がどれだけ必要か。

- (ア) コップ 2.5杯 (イ) どんぶり 2.5杯
(ウ) 水槽 2.5杯 (エ) ドラム缶 2.5杯 (答エ)
こうした問いを生徒に考えさせることで、水質の測定値がどのような程度のものなのか、また生活排水がどのように環境に負荷を与えるものなのか具体的に理解させる。

- ③ 日常生活で琵琶湖を守るためにできることを考える。②の学習をもとに、以下のような問いに答えさせる。

問：米のとき汁は、家庭ではどのようにしたらよいか。

問：油は家庭ではどう処理したらよいだろうか。

問：生ゴミを減らすには、何かいい方法はないか。家庭排水中の有機物の量を減らすことが大切である

ことが、②の学習でわかる。ここではそのための具体的な方法に気づかせる。そして、例えばみそ汁碗をそのまま流し洗う場合と、容器を紙で拭いてから洗う場合、COD値が30倍異なる等の事実を示し、家庭排水から有機物を減らす方法の具体的な効果を示す。また、無リン洗剤の普及等、琵琶湖を守る運動の歴史を示し、これからの琵琶湖を守る行動を行っていく上での展望を与える。

- ④ これからの生活で、琵琶湖を守るために心がけていきたいこと、続けたいこと等を考えさせる。最後はオープン・エンドである。

3.4 生徒の感想

実習を通じての生徒の感想の主なものを示す。

・今回の実習で感じたことの中で、いちばん大きかったのは、やはり自分の採集したものをすぐに実験できたことにあると思う。このことから琵琶湖の現状をあらためて知ることができた。

・初めての湖の調査で、透明度調査をして、楽しかったけれど、琵琶湖が濁っていることがつくづくわかって、悲しいような気もした。もっとみんなの手できれいにしていきたいと思う。博物館を見学していくと昔のことを振り返ったり、これからのことを考えさせられたりした。農業の使いすぎはやめようと思ったし、ヨシを守っていききたいとも思った。そして自分自身絶対ゴミなど決して捨ててはいけぬ、魚たちが生きているんだ！と考えさせられた。水族館では美しい光景を目の前にし、自分が滋賀県に住んでいることを誇りに思えたし、うれしかった。今回のことで、琵琶湖の環境保全に対して関心が持てた。すごくいい体験ができたと思う。琵琶湖の歴史やそのまわりにすむ人の生活、そして現在の琵琶湖の状態を身を持って知ることができて良かったです。特に、琵琶湖の水質調査については、今まで何となく琵琶湖は汚いと思っていたことが、はっきりと数値で示されたので、ここまで汚れていることにすごくショックでした。また、その水をうまく調節してくれるプランクトンのすごさも知りました。顕微鏡で見なくてはわからないほどの小さな生物が、私たちの生活をささえているのだろうか、不思議にも思った。しかし今は私たち人間の出す排水にプランクトンの分解する能力がついていけないと聞いたことがあるので、すごく不安です。もう少し私たちの生活を見直すべきではないかと思いました。

・琵琶湖は昔は底が見えるくらいきれいな水だったと聞いたときにすごくびっくりしました。今私たちの

せいでこんなに汚れてしまったのかと思うとすごく悲しかった。だからこれ以上水を汚さないためにも生活排水に最も気をつけようと思いました。米のとぎ汁やしょうゆなども直接捨てないことや拭くことでだぶん水を汚さなくてすむことがわかり、お皿や茶碗はなるべく拭いたりしてから洗いたいと思います。みんながそうすることで琵琶湖の水はかなりきれいになると思います。このことを知らない人には教えて、みんなが琵琶湖を大切に思ってくれたらいいなと思いました。みんながそういうふうな気をつけていけば、琵琶湖は絶対きれいになると私は思います。

全員の感想が、この実習において得るものが多かったと述べていた。ずっと滋賀県に住んでいながら琵琶湖のことについて初めて知ったことが多かったという感想もかなりあった。また、事後指導で、自分の生活を考え直すような感想をほとんどの生徒が述べており、身近な琵琶湖を守る具体的な行動を考えるきっかけを生徒に得させることができたように思われる。

3.5 まとめ

湖岸での実習は生徒にとって初めて経験することであり、興味深く楽しみながら熱心の実習を行っていた。同時に、自分自身目で琵琶湖の様子を観察し、琵琶湖の現状を体験を通じて認識することができたと思う。大半の生徒は、琵琶湖の水質について知識を持ってはいたが、自分自身で水質を分析した経験は初めてであった。こうした実習を通じて琵琶湖の水質の現状を認識することから、琵琶湖を守らなければといった気持ちが生徒の中に自然とわいてきているように思われる。

4. さいごに

地学教育と関わりのある環境教育の実践事例を2つ紹介した。1つめの実践事例は、従来はフズリナ化石を採集し、地史の内容の授業に関わっている、いわゆる地学の野外実習であった。しかし、環境科学的視点から石灰岩をとらえなおすと、炭素の循環、海洋生物のCO₂濃度の調節作用から、地球温暖化へと学習を発展させる教材となり、今回紹介したような実践につながった。このように、地学教育の中で従来から扱われている教材を、環境科学的視点からとらえなおして、学習過程を再編成すると、地学教育の立場からも環境教育の実践は広がっていくと思われる。この立場での実践は、従来からある地学教育の目標を達成しながら、なおかつ環境教育を実践することが可能であ

る。従来の様々な教材を環境教育の立場から再検討し、多くのアイデアが情報交換されることを期待している。

2つめの実践事例は、地域の学習という視点から、環境教育を目指している。この場合は、地学的内容を中心しつつも、その範囲を超えて、総合的な学習を進めた。地域の自然は、自分の生活と関わりがあることを実感できるものである。生徒に自分のライフスタイルを考えさせる場合、この実践では家庭排水の処理のしかた等、家庭科の領域に関わるような指導も行った。自然を守る行動は、具体的な例示がなくては、漠然としたままではなかなか気づくことは難しいように思われるからである。この点は、環境教育で留意すべきことの1つであろう。

また、環境教育においては、環境改善の展望を持た

せることも重要である。環境教育の事例の中には、悲観的な結論を導くだけで終わりがちなものもないとはいえない。今回の実践事例では、家庭排水が、わずかな工夫で環境に対する負荷を小さくできることをデータで示した。したがって、各家庭ができることから排水に工夫をしていけば、琵琶湖の水質は必ず守ることができるはずである。こうした展望を持たせるような指導も、環境教育では留意されるべきことではないだろうか。

文 献

- 滋賀県教育委員会・滋賀県生活環境部(1997): 琵琶湖と自然・四訂版. 134 p.
滋賀県立琵琶湖博物館(1999): 琵琶湖博物館学習プログラム集. 122 p.

荒川忠彦: 野外での体験を中心とした環境教育—「化石と地球大気」および「生活と琵琶湖」の指導—
地学教育 54 巻 2 号, 93-99, 2001

〔キーワード〕 環境教育, 野外実習, 琵琶湖, 石灰岩, 博物館教育, 高校

〔要約〕 野外実習を中心とした環境教育の実践事例を2つ示した。一つは、石灰岩鉱山での野外実習において、環境教育の立場から石灰岩を取り扱い、炭素の循環の立場より、石灰岩を大気環境と関連づけて学ぶ事例である。もう一つは、琵琶湖を題材に、湖岸での実習や琵琶湖博物館を利用した室内実習・展示見学などを通して、地域の自然の学習を行い、さらに地域の自然を守るためのライフスタイルを考察させた事例である。

Tadahiko ARAKAWA: Environmental Education Processes in the Field Work. *Educat. Earth Sci.*, 54(2), 93-99, 2001



教育実践報告

環境学習に関わる教員研修の取り組みについて

—東京都を例にして—

宮 下 治*

はじめに

『各学校においては、例えば国際理解、情報、環境、福祉・健康などの横断的・総合的な課題、児童の興味・関心に基づく課題、地域や学校の特色に応じた課題などについて、学校の実態に応じた学習活動を行うものとする。』(文部省1999a, b) これは、新学習指導要領(小学校・中学校)の総則において総合的な学習の時間のねらいとして記された箇所である。

これらの学習課題のうち、環境学習は地学においても関わりが大きく、教材化や教育課程への位置付けなどの研究がすでに報告されている(下野ほか1999)。しかし、その一方で、学校現場においては、環境学習の担い手が非常に少ない状況が継続している。環境学習の必要性は分かっている、なかなか授業実践に移せない現状がある。

この点において、教育委員会では環境学習の指導者を研修会等を通じて養成していくことが急務と言わざるをえない。

そこで、全国の都道府県及び政令指定都市の教育センター(教育研究所を含む)における、環境学習に関わる研修講座の実施状況を鳩貝(1999)によりみると、平成9年度の時点で87.9%の教育センターが実施している。しかし、1講座のみ実施しているところが70%、2講座実施のところが20%と各教育センターともに、まだまだ少ない状況にあることが分かる。

本報告においては、全国の教育センターにおける環境学習に関わる教員研修の実施状況を踏まえつつ、東京都立教育研究所における環境学習に関わる教員研修の取り組みの一部を事例として紹介をする。

1. 全国の教育センターにおける環境学習に関わる教員研修の実施状況について

鳩貝(1999)は、全国の教育センター58機関から平

成9年度に得られた調査結果をもとに、全国の教育センターにおける環境学習に関わる教員研修の実施状況をまとめている。

その報告によると、

- (1) 回答が得られた58機関のうち、51機関(87.9%)が環境学習に関する研修講座を行っている。
- (2) 環境学習に関する研修講座数は1講座だけの教育センターが70%を占めている。
- (3) 研修講座の定員は20~40人が最も多い。
- (4) 研修講座の開講日数は2日間で最も多く40.8%、1日間で25.0%、3日間で22.4%である。
- (5) 宿泊を伴う研修講座を行っているのは、2日以上以上の講座の19.6%である。
- (6) 研修講座の担当者は、かつて高等学校の教員であったのが45.7%で、理科の教員だった人が多い。特に、高等学校の教員であった研修講座担当の所員のうち95.0%が理科を専門としている。

2. 東京都立教育研究所における環境学習に関わる教員研修の実施状況について

(1) 東京都立教育研究所の環境学習に関わる教員研修の概要

東京都では初任者研修の中に環境学習に関わる内容の研修講座を取り入れている。

平成11年度の東京都立教育研究所における教員研修講座は、初任者研修、現職研修、そして管理職研修などの指定研修が24講座、教育課題や教科・領域に関わる研修などの専門研修が79講座、さらにその他の研修が17講座実施されている。

これらの研修講座うち、環境学習に関わる研修は、理科の専門研修講座に組み込んでいるものが4講座(現地研修、高等学校地学研修、高等学校生物研修、中学校理科研修)あるとともに、同じく理科担当者が実

* 東京都立教育研究所高等学校教育研究室 1999年12月1日受付 2000年10月21日受理

施している「総合的な学習の視点に立った環境学習」の研修を1講座実施している。

東京都立教育研究所における平成11年度の環境学習に関わる研修講座は、鳩貝(1999)の報告にあるとおり、高等学校の教員出身である理科を専門とする指導主事(筆者)がその大部分を担当していた。

理科の研修講座は、概ね定員の人数が希望し、受講をしている。しかし、平成11年度に開講した「総合的な学習の視点に立った環境学習」の研修講座には40人の定員に対し、約150人の受講希望があり、希望がなかなか叶えられない状況にある。また、受講希望者には各学校の研究主任が多くいることから、各学校ともに総合的な学習の時間、並びに環境学習への取り組みに対する強い意欲が感じられる。

さて、子どもが自然環境を認識し、自然環境を保全する態度を身に付けていくためには子どもが直接自然環境に触れ、調べ、そして自然環境の美しさ、すばらしさを身をもって体感することが大切である。

ところが、宮下(1999)によると、昭和62年から平成10年までの間に、東京都の公立小学校、中学校、高等学校はそれぞれ地学野外学習の実施率が大きく低下してきているという実態がある。

子どもの幼児期からの自然体験不足に加え、学校での野外体験学習の不足により、子どもたちは直接体験による自然環境に対する認識と保全の態度が育ちにくくなっているのではないかと考える。そのためにも、まず、子どもを指導する教師自身が直接体験の中で、自然環境の美しさ、すばらしさを体感し、野外学習の楽しさを身をもって理解していくことが必要である。そこで、東京都立教育研究所においては、教員自身が自然体験の中で自然環境に触れる楽しさを理解し、環境学習の良き担い手となっていくことができるようにと、野外実習を取り入れている。

さらに、実際の授業の場面を参観することによって、一層具体的な授業の進め方が分かるようにと授業参観の研修も取り入れている。

(2) 現地研修講座

平成9年度までの東京都立教育研究所の理科研修では、地学、生物、そして初等理科の3講座において、それぞれ定員30人で、小・中・高の教員を対象に2泊3日の現地研修を行い、環境学習指導のための基礎力を養成してきた。

その後、平成10年度、平成11年度には、3講座が1講座になり、地学と生物の両領域を含めた現地研修

(2泊3日)の講座を実施している。以下に、この現地研修講座の概要を示す。

- ・実施年度：平成10年度
- ・対象：小学校、中学校、高等学校、盲・ろう・養護学校の教員
- ・定員：30人
- ・実施回数：8回(半日で1回)うち6回は2泊3日の現地野外実習、1回は授業参観の研修
- ・開催日：7月6日、7月29日～7月31日、8月24日
- ・野外実習の場所：埼玉県秩父郡秩父盆地
(平成11年度は神奈川県真鶴町真鶴海岸周辺)

表1 平成10年度 現地研修講座の内容
(東京都立教育研究所)

| 期日 | 時間 | 会場 | 研修の内容 | 講師 |
|-------|-----------------|--------------------|---|----------------------------------|
| 7月6日 | 13:30
～15:00 | 都立教育
研究所 | 環境学習を推進する現地調査の
進め方 (講義) | 大学教官
研究所員 |
| | 15:00
～16:30 | | 各自の研修課題の設定
(1)地形・地質を中心に調べる班
(2)植物や水中の藻類を中心に調べる班 (分科会) | 大学教官
高等学校教諭
研究所員 |
| 7月29日 | 9:00
～12:00 | 埼玉県
秩父郡
秩父盆地 | バスによる現地への移動
(車中：講義) | 大学教官
高等学校教諭
博物館学芸員
研究所員 |
| | 13:00
～16:00 | | 現地自然史博物館における地域の
自然環境について (講義)
(1)地形・地質を中心とした環境学
習への取り組み I
(2)植物や水中の藻類を中心とした
環境学習への取り組み II, III
(野外実習) | |
| 7月30日 | 9:00
～16:00 | 埼玉県
秩父郡
秩父盆地 | (1)地形・地質を中心とした環境学
習への取り組み II, III
(2)植物や水中の藻類を中心とした
環境学習への取り組み IV
(野外実習) | 大学教官
高等学校教諭
博物館学芸員
研究所員 |
| 7月31日 | 9:00
～12:00 | 埼玉県
秩父郡
秩父盆地 | (1)地形・地質を中心とした環境学
習への取り組み IV
(2)植物や水中の藻類を中心とした
環境学習への取り組み V
(野外実習) | 大学教官
高等学校教諭
博物館学芸員
研究所員 |
| | 13:00
～16:00 | | バスによる研究所への移動
(車中：野外実習のまとめ) | |
| 8月24日 | 13:30
～16:30 | 都立教育
研究所 | 野外実習の成果と環境学習の教材
化への工夫 (研究発表と協議) | 大学教官
高等学校教諭
研究所員 |



図1 地形・地質を中心に環境学習の教材化へ取り組む研修会の様子(埼玉県秩父郡長湍町の荒川にて)

で実施をした。)

- 研修の内容:
- 研修の特徴: この研修講座は大きく2つの班に分けて実施した。地形・地質を中心に環境学習の教材化への取り組みを研修する班と、植物や水中の藻類を中心に環境学習の教材化への取り組みを研修する班に分かれて実施し、最終的に両班の研究発表を併せ行うとともに、全員の研究成果を1冊にまとめ、受講者一人一人が授業を計画する際の財産となるように、教材の共有化を図った。

• 研修参加者の感想

- ① 楽しく研修会に参加できてよかった。この研修会に参加して、これからの環境学習の授業を行う上でのヒントをたくさんもらった。
- ② 野外実習の際に撮影したビデオや写真をもとに、私自身が体験した自然のすばらしさなどを授業の中で話していきたい。
- ③ 現地研修会は、講師の方も充実しており、中身がいっぱいある充実した研修をさせていただいた。
- ④ 研究成果の発表会では、すぐに授業に活かせたり、授業のヒントになったりする教材がたくさんあり、とても参考になった。

(3) 高等学校地学研修講座について

東京都の公立高等学校の理科に関わる教育委員会主催の研修は、東京都立教育研究所の専門研修のみである。そのため、物理・化学・生物・地学とそれぞれ独立した研修講座を従来より開設している。ただし、「理科総合A」「理科総合B」の準備も踏まえ、平成10年度より一部、各研修講座合同でも実施している。以下に、この高等学校地学研修講座の概要を示す。

- 実施年度: 平成11年度
- 対象: 中学校, 高等学校, 盲・ろう・養護学校の教員
- 定員: 30人
- 実施回数: 6回(半日で1回)うち2回は日帰りの現地野外実習, 1回は授業参観の研修
- 開催日: 7月2日, 8月18日, 8月19日, 11月2日
- 野外実習の場所: 千葉県印旛郡印旛村周辺
(平成9年度は神奈川県三浦市城ヶ島で, 平成10年度は東京都あきる野市の五日市盆地で実施をした。)
- 授業参観の場所: 都立高等学校
- 研修の内容:

表2 平成11年度 高等学校地学研修講座の内容 (東京都立教育研究所)

| 期日 | 時間 | 会場 | 研修の内容 | 講師 |
|-------|-----------------|-------------------|----------------------------------|---------------------------|
| 7月2日 | 13:30
~15:00 | 都立教育
研究所 | 高等学校理科の今日的課題について(理科総合中の環境学習)(講義) | 国立教育研究所センター長
研究所所員 |
| | 15:00
~16:30 | | 理科総合に向けた授業の取り組み(実践報告と協議) | 高等学校教諭
研究所所員 |
| 8月18日 | 9:30
~12:30 | 都立教育
研究所 | 天体写真のコンピュータ画像処理と授業への活用(講義と実習) | 駐天文台教官
研究所所員 |
| | 13:30
~16:30 | | ランドサットの画像を活用した房総半島の自然環境(講義と実習) | 大学教官
研究所所員 |
| 8月19日 | 9:00
~16:00 | 千葉県
印旛郡
印旛村 | 第四紀の地形・地質の観察及び貝化石からの古環境推定(野外実習) | 小学校教諭
研究所所員 |
| 11月2日 | 13:30
~16:30 | 都立教育
研究所 | 科学的に探究する能力や態度を育てる授業の工夫(授業参観と協議) | 高等学校校長
高等学校教諭
研究所所員 |



図2 第四紀の地層中に含まれる貝化石の産出状況を観察している様子 (千葉県印旛郡印旛村の採石場にて)

- 研修の特徴: 第1回は高等学校の物理, 化学, 生物の各研修講座と合同で実施し, 第6回は生物の研修講座と合同で実施した。

平成11年度の研修講座では, 第1回に次期教育課程に入る「理科総合」を意識し, その中での環境学習をどのように取り扱っていけばよいか, 国立教育研究所科学教育研究センター長の方に講義をしてもらい, 物理・化学・生物・地学の各教員から授業の実践を報告してもらった。

また, 第3回では現在の自然環境の様子をランドサットの画像処理から理解を深め, 授業への活用の仕方を研修に取り上げた。

そして, 第4・5回の野外実習では, 直接第四紀の地層中に含まれる貝化石の産出状況を観察するとともに, 貝化石の種類を調べ古環境の推定を行う方法について取り上げ, 授業での活用について工夫を図った。

・研修参加者の感想

- ① 教材の工夫や開発等のヒントになる新しい情報をたくさん得ることができた。
- ② パソコンを用いた環境学習の実技研修は、パソコン素人の私にとってきつい研修であったが、新しい授業の方向性を知ることができた。
- ③ 野外実習は特によかった。現在学校で行っている野外実習にこの研修会で得たノウハウを活かしたい。
- ④ 授業参観は大変参考になった。授業の展開方法や工夫された教材などは、授業に取り入れていきたい。

(4) 「総合的な学習の視点に立った環境学習」の研修講座について

この研修講座は、平成11年度から東京都立教育研究所が新たに設置した研修講座であり、「総合的な学習の時間」に対応した4講座のうちの1つである。以下に、この「総合的な学習の視点に立った環境学習」研修講座の概要を示す。

- ・実施年度：平成11年度
- ・対象：幼稚園、小学校、中学校、高等学校、盲・ろう・養護学校の教員
- ・定員：40人
- ・実施回数：3回（半日で1回）うち1回は授業参観の研修
- ・開催日：7月5日、9月21日、10月19日
- ・授業参観の場所：都内公立小学校
- ・研修の内容：
- ・研修の特徴：第1回は、国立教育研究所教科教育研究部長の方に総合的な学習の時間の基本的な考え方について講義をしていただき、東京都立教育研究所所員より総合的な学習の視点に立った環境学

表3 平成11年度「総合的な学習の視点に立った環境学習」研修講座の内容
(東京都立教育研究所)

| 期日 | 時間 | 会場 | 研修の内容 | 講師 |
|--------|-----------------|--------------|--|-----------------------------------|
| 7月5日 | 13:30
～15:00 | 都立教育
研究所 | 総合的な学習の基本的な考え方
(講義) | 国立教育
研究所部長
研究所所員 |
| | 15:00
～16:30 | | 総合的な学習の視点に立った環境
学習の進め方 (講義と協編) | 研究所所員 |
| 9月21日 | 13:30
～16:30 | 東京都公
立小学校 | 環境学習の授業実践の参観と総合
的な学習の時間における環境学習
への展望 (授業参観と協編) | 小学校長
小学校教諭
研究所所員 |
| 10月19日 | 13:30
～15:30 | 都立教育
研究所 | 総合的な学習の視点に立った環境
学習の実践について
(実践報告と協編) | 高等学校教諭
中学校教諭
小学校教諭
研究所所員 |
| | 15:30
～16:30 | | 各学校における今後の具体的な環
境学習の進め方 (分科会) | 研究所所員 |



図3 小学校6年生による多摩川上流において環境学習を行っている様子(東京都檜原村「都民の森」にて)

習の進め方について講義を実施した。

第2回は公立小学校の授業参観を実施した。参観した小学校の第6学年は、予め学校付近の多摩川下流地域の水、植物、土、生物など、様々な観点から環境調査を実施していた。

そして、その後子ども一人一人の課題を探究するために、多摩川上流地域に行き、子ども一人一人の考えた方法で環境の様子を下流の地域と比較していった。

授業参観の場面は、子どもたちの現地学習が終了し、学校に戻って本などでさらに調べ、まとめたものをワークショップ方式で発表し合うところとした。

また、第3回は小学校、中学校、高等学校における環境学習の実践報告をするとともに、小グループに分かれての分科会を実施し、受講者が普段からの思いや悩みなどを出し合い、各学校が環境学習を構築していく上での参考となるように研修会を実施した。

・研修参加者の感想

- ① 研修会でもらった様々な資料は学校の会議等で配布し、説明している。研修したことをヒントに環境学習の実践を重ねていきたい。
- ② 小学校で行っている環境学習の授業参観は、今後の学校での取り組みに大変役に立った。
- ③ 小学校、中学校、高等学校の各学校での環境学習の取り組みと工夫の様子を知ることができて有意義であった。
- ④ 分科会では、環境学習のとらえ方や他校での実践の様子が分かった。研修会で得た内容を校内の

研修会で全教職員に配布し、紹介をしていきたい。
たい。

おわりに

環境学習を学校の教育課程の中に位置付けていくことは大切なことである。しかし、実際に環境学習を授業で実践していける教員はまだ少ない。

そのため、各教育委員会では環境学習の指導者を研修会等により養成していくことが急務である。研修会の担当者である筆者としては、野外での直接体験や授業の直接参観の体験を取り入れた教員研修を実施していくことが大切と考え、現地研修講座、高等学校地学研修講座、そして環境学習研修講座などの内容に野外実習や授業参観などを取り入れた。

今後とも、学校の要求に合った環境学習の研修講座の内容を検討し、企画、立案、そして実施をして参り

引用文献

- 鳩目太郎(1999): 環境教育の研修の現状と課題—教育センターへのアンケート調査の結果から—(1 環境教育の研修の現状), 「教育センター等における環境教育の指導力向上を目指した研修プログラムの開発」(平成10年度科学研究費補助金研究成果報告書研究代表者, 鳩目太郎), 1-10.
- 宮下 治(1999): 地学の野外学習の実施上の課題とその改善に向けて—東京都公立学校の実態調査から—, 地学教育, 52(2), 63-71.
- 文部省(1999a): 小学校学習指導要領, 97 p.
- 文部省(1999b): 中学校学習指導要領, 104 p.
- 下野 洋ほか(1999): 地学リテラシーを得させるための環境学習に関する研究(平成9年度~平成10年度科学研究費補助金研究成果報告書研究代表者, 下野 洋), 205 p.

宮下 治: 環境学習に関わる教員研修の取り組みについて—東京都を例にして— 地学教育 54 巻 2 号, 101-105, 2001

〔キーワード〕 環境学習, 教育センター, 教員研修, 野外実習, 授業参観, 総合的な学習の時間

〔要約〕 各教育委員会においては、環境学習の指導者を研修会等を通して養成していくことが急務である。本報告では、東京都立教育研究所における環境学習に関わる教員研修の取り組みの一部を事例として紹介をした。これらの教員研修を企画する上では、教員自身の野外での直接体験と授業の直接参観の体験を取り入れていることである。

Osamu MIYASHITA: Teacher Training for Environmental Education. *Educat. Earth Sci.*, 54(2), 101-105, 2001

正誤表

地学教育第 54 巻第 1 号に掲載された論文に誤りがありました。お詫びして訂正いたします。

| 誤 | 正 |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • p. 23 右 6, 7 行目
現在に至っている。 • p. 23 右 29 行目
授業が有効になると考えた。 • p. 24 図 1 のキャプションの 2 行目
5 万分の 1 地質図幅「広島」地質調査所, 1991 を簡略化 • p. 25 表 1 キャプションの 1 行目
「広島城の石垣」に関わる学習内容の例 • p. 26 図 2 のキャプション
広島城の石垣に使用されている岩石 • p. 27 表 3 のキャプション
広島城の石垣の岩石の特徴と採集候補地 • p. 31 右 15 行目
「刻印」が石に刻まれている。 • p. 32 左 4 行目
地学リテラシーを身につける • p. 32 左 16, 17 行目
岩月善之助ほか (1972) の文献は削除し, 右の文献を挿入する • p. 32 右 5 行目
高橋裕平 (1991): 広島地域の地質, 1-41. | <p>現在に至っている(広島県教育委員会, 1980, 広島市教育委員会, 1971, 広島市経済局, 1985, 広島城管理事務所, 1988).</p> <p>授業が有効になると考えた。また, 野外観察をさらに効果的にするために, ワークシート(松川ほか, 1994)を作製し, 班別行動(林ほか, 1988)を取り入れた。</p> <p>高橋(1991)を簡略化</p> <p>「広島城の石垣」に関わる学習内容の例(歴史的視点については(財)広島市文化振興財団, 1990 を基にしている)</p> <p>広島城の石垣に使用されている岩石((財)広島市文化振興財団, 1990 を基にしている)</p> <p>広島城の石垣の岩石の特徴と採集候補地((財)広島市文化振興財団, 1990 を基にしている)</p> <p>「刻印」が石に刻まれている((財)広島市文化振興財団, 1990).</p> <p>地学リテラシー(下野, 1993, 1998, 1999)を身につける</p> <p>大村嘉人・中西 稔(1996): 水田の石垣壁面に生育する地衣類の着生位置とその環境要因の考察. <u>Hikobia, 12, 61-68.</u></p> <p>高橋裕平(1991): 広島地域の地質, 地域地質報告(5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 41 p.</p> |
| <p>なお, p. 32 掲載の, 以下の文献は削除する。
鈴木盛久ほか(1994), 広島大学学校教育学部環境教育実践研究会(1998), 宮下 治(1998), 文部省(1999)</p> | |

著者
編集委員会

編集委員会より

定例編集委員会は、1月27日(土)午後および3月3日(土)午後に開かれました。編集状況は、原著論文3件、教育実践報告2件が受理されました。昨年1年間の投稿数は学会史上最多の39編に及び、質もますます高くなっております。

昨年編集委員会の内外で査読をお願いした方々は下記の通りです。お忙しいところ無償で引き受けて下さり、厚くお礼申し上げます。

編集委員以外：相場博明・縣 秀彦・天野和孝・荒川忠彦・伊東昌市・岡本義雄・小島郁夫・鎌田正裕・倉林三郎・小出良幸・榊原保志・下野 洋・高橋宏和・坪田幸政・遠西昭寿・馬場勝良・濱田浩美・丸山健人・矢島道子

編集委員：林 慶一(委員長)・松川正樹(副委員長)・青野宏美・大久保 敦・小野正裕・坪内秀樹・南島正重・宮下 治

原稿の投稿先変更のお知らせ

原稿の投稿先を変更いたしますので、4月以降の投稿は下記へお願いいたします。

従来の投稿先の方へお送りいただいた場合には、受付が遅れるだけでなく、思わぬ行き違いが生じかねませんので、ご注意ください。

〒658-8501 神戸市東灘区岡本 8-9-1

甲南大学理工学部地学研究室

日本地学教育学会 編集委員会

林 慶一 宛

FAX: 078-435-2539, TEL: 078-431-4342 (内線 5520), 078-435-2517 (直通)

会費納入のお願い

郵便振り込み口座 00100-2-74684 日本地学教育学会

平成12年度の会費未納の方はお早めに振り込み下さい。正会員 ¥6,000, 学生会員 ¥4,000 です。郵便局に備え付けの用紙でも振り込みいただけます。

地 学 教 育 第 54 卷 第 2 号

平成13年3月21日印刷

平成13年3月26日発行

編 集 兼 日 本 地 学 教 育 学 会
発 行 者 代 表 下 野 洋

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)
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. 54, NO. 2

MARCH, 2001

CONTENTS

Original Article

- An Astronomical Experiment for Undergraduate Students Using the Internet:
The Digitized Sky Survey and Dark Clouds
..... Ryo KANDORI, Kazuhito DOBASHI, Hayato UEHARA and Fumio SATO... 61~ 73

Report

- A Report on Teaching Paleoenvironmental Analysis Based on Molluscan
Assemblages from the Holocene Deposits at the Site of Construction
—A Case Study of the Takamatsu Plain, Kagawa Prefecture, Japan—
.....Norihito KAWAMURA... 75~ 83

〈Feature〉 Environmental Education and Earth Science Education

Reports

- Environmental Education Based on Geological Field Study
—For Example Junior High School—Masao HAMANAKA... 85~ 91
Environmental Education Processes in the Field WorkTadahiko ARAKAWA... 93~ 99
Teacher Training for Environmental EducationOsamu MIYASHITA...101~105

Announcements (74)

Proceeding of Society (84, 92)

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