

地学教育

第59巻 第1号(通巻 第300号)

2006年1月

目 次

原著論文

沈降速度を用いた地層の堆積時間の見積もりとその教材化

.....芦澤尚子・松川正樹...(1~14)

教育実践論文

自然界の水の変化に関するモデルを使った学習

—簡易ビニールハウスを使った事例を通して—

.....加藤尚裕・二階堂朝光・泉田充以...(15~24)

都会を流れる河川を用いた地学体験活動.....馬場勝良...(25~32)

グーグルアース(Google Earth)を利用した地学教育

—小学校5年「流れる水のはたらき」の実践—.....相場博明・真砂佳菜子...(33~43)

お知らせ(45~47)

学会記事(48~50)

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 18 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 18 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、後日郵送されます委任状に、ご署名・ご捺印いただき、平成 18 年 4 月 19 日(水)までに、学会事務局にご返送ください。

1. 日 時 平成 18 年 4 月 22 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
 - ①平成 17 年度事業報告
 - ①②平成 17 年度決算報告
 - ①③平成 18 年度役員選挙結果
 - 2) 審議事項
 - ①平成 18 年度事業計画(案)審議
 - ②平成 18 年度予算(案)審議

地学教育フォーラム

行事委員会

本年度フォーラムは、「博物館と授業支援—実物にふれ体験して学ぶ—(仮題)」として、博物館の出前授業の内容やその有効な利用法などについて、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～
2. 場 所 総会会場
3. 講演者未定(交渉中)

沈降速度を用いた地層の堆積時間の 見積もりとその教材化

Estimation of Depositional Time Using by Sedimentation
Rate and Its Teaching Development

芦澤 尚子*1・松川 正樹*2

Naoko ASHIZAWA and Masaki MATSUKAWA

Abstract: Based on the Newton's Stokes and Impact Laws of setting, we can estimate depositional time of particles assembled as deep-sea strata. In particular, volcanic lapillis (Kazan-mame ishi) occurred in the Miocene Misaki Formation of the Miura Group are the best for the estimation, because they are interpreted to be directly carried in deep-sea bottom through the air and in the sea. Two graphs (experiment and theory of the Newton's Stokes and Impact Laws) related between their grain sizes as diameters and their sedimentation rate are formed on the basis of their densities and sedimentation rate with experiment. A depositional time of strata can be estimated by time-difference between the lowermost and uppermost particles of the strata using the graph based on theory of the Newton's Stokes and Impact Law. Scoria grains of the deep-sea strata formed fining-upward are probably estimated its depositional time using the same method, but quartz grains carried from land are not done because of complex transportation system including gravity-slump flow. Teaching development concerning estimation of depositional time is proposed on the basis of method mentioned above volcanic lapillis (Kazan-mame ishi) and scoria.

Key words: depositional time, Newton's Stokes and Impact Laws of setting, graph, volcanic lapillis (Kazan-mame ishi) and scoria, Miocene Misaki Formation, teaching development

1. はじめに

地層という言葉を知らない人はほとんどいないだろう。また、多くの人には、地層は長い年月をかけてできることや、いくつもの層が重なり縞模様に見えること、化石が含まれていることなどを特徴として挙げるができる。地層という言葉は、小学校理科の「地球と宇宙」で登場し、そこでは土地は礫や砂、粘土、火山灰および岩石からできており、幾重にも層状に重

なって地層をつくっているものがあることを学習する。中学校理科第2分野の「大地の変化」の学習では、地層の重なり方の規則や地層を観察することにより得られる情報から、地層の成因、堆積環境や生成年代などが推定できることを学ぶ。私たちは少なくとも、地層についてこのような学習をしてきたはずである。では、「地層はなぜ縞模様に見えるのか?」「幾重にも重なる層と層の境目はどのようにしてできたのだろうか?」。地層のでき方をきちんと理解していればすぐ

*1 東京学芸大学大学院・教育学研究科総合教育開発専攻

*2 東京学芸大学・環境科学分野 2004年11月13日受付 2006年1月10日受理

に答えられる問いであるが、多くの人が悩むかもしれない。

平成14年に完全実施された中学校学習指導要領(文部省, 1999a)では、観察、実験、野外観察が重視されており、中学校理科の第2分野「大地の変化」の中にある「地層と過去の様子」では、「野外観察を行い、観察記録を基に、地層のでき方を考察」することが主な内容として挙げられている。しかし、実際には、地層の観察ができるような露頭が近くにない、また、地層のでき方を考察させるための方法を知らない、教材がないなどの理由から、教室で教科書や資料を使い、テレビやビデオの映像で地層の様子を見せ、地層について説明するだけで済ませる授業も少なくないだろう。地層のでき方について十分に考えた経験のない児童・生徒は、「地層は層が重なってできる」程度の理解にとどまり、地層の堆積過程の理由づけが理解されないままであろう。

地層のでき方を理解するためには、①地層の実体、すなわち地層とはどんなものであり、どのように広がっているのか、②地層をつくる粒子の大きさや素材、③地層の厚さ、④地層と地層の境目の意味を理解する必要がある。地層と地層の境目は、地層が堆積していなかった時間や、堆積しても浸食されたことによりできた時間間隙が存在することを示していると考えられている(Barrel, 1917; 松川ほか, 2001)。しかし、時間間隙は地層のように現実に形として存在するものとは異なり、目に見えないものである。従って、地層の形成にかかった時間と地層間の時間間隙は児童・生徒には概念的で理解しにくいと考えられる。

そこで、地層の形成について児童・生徒が理解できるような教材をつくるために、沈降速度を用いて地層が堆積するのに要する時間の見積もりを試みた。沈降実験により堆積粒子のサイズごとの沈降速度を求め、1枚の地層の最上位と最下位の粒子の沈降時間を求め、その時間差から地層の形成にかかった時間を見積もることは可能である。しかし、現実には、地層は沈降後の堆積粒子の再移動、再堆積を繰り返して形成されたものと考えられるので、(1)堆積粒子が海水面から堆積した海底まで沈降したことが確かなこと、(2)堆積粒子が再移動、再堆積を繰り返していたとしても地層の形成にかかった時間を見積もれることを示せることが必要である。

そこで、本研究では、まず、(1)として、火山豆石を選定した。火山豆石は空中で形成されるので、海水面

から堆積する海底まで沈降したはずである。そのため、堆積場の水深と火山豆石の沈降速度から沈降時間を見積もることが可能となる。(2)に関しては、海底に沈降した火山豆石が再移動と再堆積を繰り返すことなく地層が形成されたとすれば、地層の形成にかかった最短の時間を見積もることが可能である。

神奈川県三浦半島の三浦層群には火山豆石が含まれる。特に、三浦市長井の尾形湾北側には火山豆石が密集して厚さ10~20 cm程度の層をなしており、この層が形成するのに要した時間を見積もった。さらに、(1)と(2)をもとに、火山豆石以外の地層に関しても、地層の形成にかかった時間を見積もれることの可能性を示し、それらに基づき、地層の堆積に要する時間と地層が堆積していなかった時間の存在することを生徒が理解できるような教材の開発を試みた。

これまで、学習指導要領の中でも「地層」は地学分野の主な学習内容として記されているので沈降速度を用いて地層の形成に要する時間と間隙について理解させる教材を開発すれば、観察・実験に基づき、生徒に地層のでき方を理解することのできる教材を提示できる。

2. 地層が堆積するのに要する時間を見積もる

(1) 堆積過程のモデル化

地層が形成するのに要する時間とは、1枚1枚の地層が形成するのに要する時間を合計したものであり、1枚の地層が形成するのに要する時間とは、①1枚の地層を構成する堆積物の最初の一つの粒子が堆積場に到達してから最後の一つの粒子が到達し終わるまでの時間と②堆積場に到達した堆積粒子が再移動、再堆積を繰り返した時間との合計である(図1)。

地層の形成に要する時間を見積もる際、堆積物が堆積する過程は、火山豆石を例に図2で示すようなモデルに当てはめることができる。荒牧・三宅(1996)によると、火山豆石とは火山灰が球状に固結したもので、直径は1 cm以下のものが多く、数cmに達するものも報告されており、同心構造をなし、表面に近い(外側)同心構造ほど細粒の火山灰層からなる場合が多い。成因として、噴煙に含まれた水や雲粒などが表面張力や火山灰粒子の静電気力などで凝集することによると解釈されている。つまり、火山の噴火により空气中に舞上げられた火山灰が球状の火山豆石を形成し、それが落下し、水中を沈下し、場合によっては懸濁運搬により深海底に移動してできた地層がこのモデ

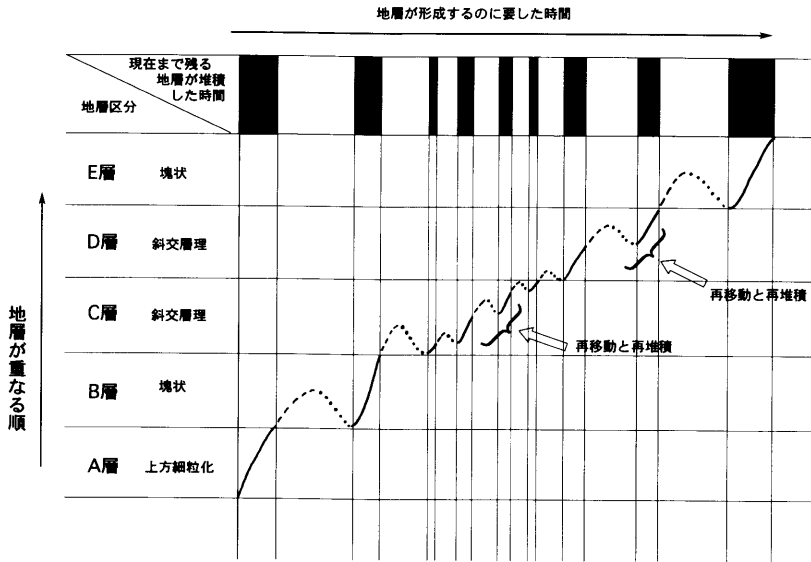
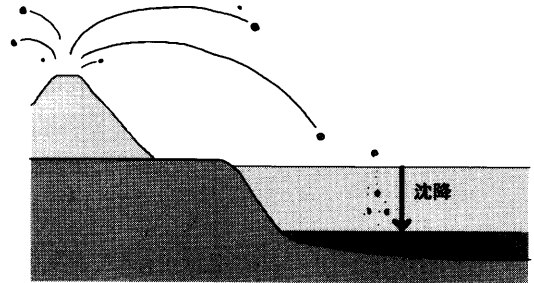


図1 地層の形成に要する時間のモデル (Barrel, 1917) を改変

ルの対象となる。

(2) ストークスとインパクトの法則

静水中の堆積粒子の運搬過程は、井口(1975)により以下のように説明されている。すなわち、静水中に放たれた岩屑粒子は、重力により最初は加速度運動を呈するが、水から受ける抵抗によりしだいに加速はにぶる。そしてついには、沈降しようとする力と抵抗力が釣り合うようになり、その結果、限りなく一定の速度(終末速度)に近づく。この終末速度を沈降速度と呼ぶ。終末速度に達するまでの時間は非常に短く、ほとんど瞬間的である。従って、静水中を沈降する堆積粒子は沈降速度で等速運動をしていると考えることができる。沈降速度は沈降する粒子のサイズと密度により変わるが、この沈降速度と粒子のサイズの間にある関係を表した法則がストークスとインパクトの法則である。図3は、粒子の密度が2.65 g/cm³の石英球の場合について、実験と理論によりこの法則をグラフに表したものである(Gibbs *et al.*, 1971)。このグラフから、ストークスの法則を示す曲線と、インパクトの法則を示す曲線との交点を境に、それより粒子のサイズが小さいものはストークスの法則に従い、大きいものはインパクトの法則に従うことが示される。ストークスとインパクトの法則は、それぞれ以下のような公式によって表される。従って、地層を構成する堆積粒子のサイズが測定されればこれらの法則に基づいてその



陸上にあった堆積物が水深0mから地層の堆積した深海底まで海中を沈降する

図2 火山豆石とスコリアの堆積過程のモデル図

粒子の沈降速度を求めることができる。

〈ストークスの法則〉

$$V = \frac{2}{9} g (\rho_s - \rho_f) \frac{r^2}{\mu}$$

V: 沈降速度 g: 重力加速度 ρ_s : 粒子の密度
 ρ_f : 液体の密度 r: 粒子の半径 μ : 流体の粘性係数

表1は、ストークスの法則に従って沈降する火山豆石の粒径と理論的速度を示したものである。

〈インパクトの法則〉

$$C_D Re^2 = \frac{32}{3} \left(\frac{\rho_s - \rho_f}{\rho_f} \right) g \frac{r^3}{\nu^2} \tag{1}$$

$$C_D Re^2 = 24 (Re + 0.15 Re^{1.687}) \tag{2}$$

(1) と (2) より Re が求まる。

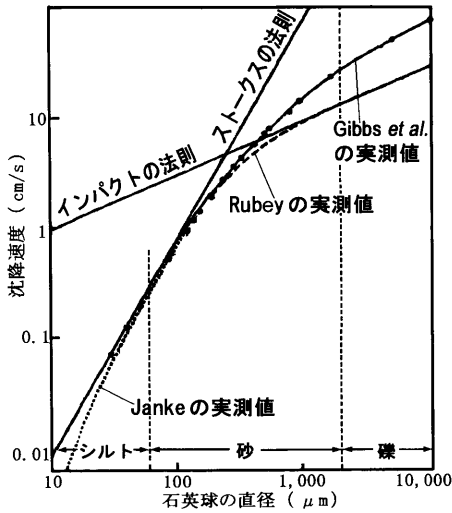


図3 石英球の沈降速度 (Gibbs et al., 1971 を改編)

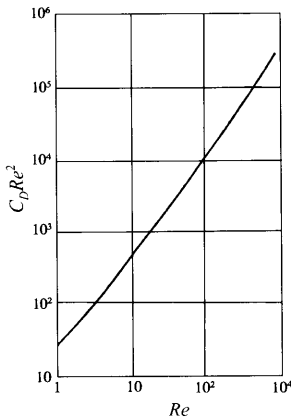


図4 Re と $C_D Re^2$ の関係

C_D : 抵抗係数 Re : レイノルズ数 r : 粒子の半径
 ν : 水の動粘性係数 V : 沈降速度
 Re の算出は, Re と $C_D Re^2$ の関係 (図4) から求めることができる。

例えば, 比重 2.01, 粒径 2 mm の火山豆石の温度 20°C の静水中での沈降速度は,

$$C_D Re^2 = \frac{32}{3} \times \left(\frac{2.01 - 1.00}{1.00} \right) \times 980 \times \frac{0.1^3}{0.010038^2} = 103743.3855$$

海水の密度は温度と塩分濃度により支配される。ここでは, 最も単純に水の 20°C の動粘性係数と密度の

表1 火山豆石の沈降速度の粒度別の理論値

ストークスの法則に従って沈降する火山豆石の粒径と理論的速度 (V)

r (cm)	直径	V (cm/s)
0.0001	0.0002	0.00022
0.0010	0.0020	0.02170
0.0100	0.0200	2.16953
0.1000	0.2000	216.95336
1.0000	2.0000	21,695.33550
10.0000	20.0000	2,169,533.55000
100.0000	200.0000	216,953,355.00000

インパクトの法則に従って沈降する火山豆石の粒径と理論的速度 (V)

r (cm)	直径	$C_D Re^2$	Re	V (cm/s)
0.00313	0.00625	3.1660	0.1273	0.2044
0.00625	0.01250	25.3280	0.9240	0.7420
0.01250	0.02500	202.6238	5.6543	2.2703
0.02500	0.05000	1,620.9904	27.4537	5.5116
0.03050	0.06100	2,943.4722	41.6533	6.8543
0.05000	0.10000	12,967.9232	111.8223	11.2247
0.10000	0.20000	103,743.3855	414.5613	20.8068
0.20000	0.40000	829,947.0840	1,471.2094	36.9200
0.40000	0.80000	6,639,576.6720	5,121.2896	64.2594
0.62500	1.25000	25,327.974.9756	11,378.1080	91.3708
0.80000	1.60000	53,116.613.3760	17,678.6077	110.9112
1.60000	3.20000	424,932,907.0080	60,806.5107	190.7424
3.20000	6.40000	3,399,463,256.0640	208,823.3031	327.5263

値を用いて, 計算する。

$$C_D Re^2 = 103743.3855 \text{ のとき, 図4 から,}$$

$$Re = \frac{Vd}{\nu} \approx 415$$

$$V = \frac{Re}{2r} \nu$$

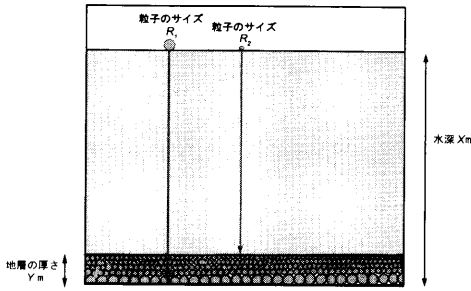
$$V = \frac{415}{0.2} \times 0.010038 = 20.8 \text{ (cm/s)}$$

表1は, この方法で求めたインパクトの法則に従って沈降する火山豆石の粒径と理論的な沈降速度である。

(3) 火山豆石層の堆積に要する時間の見積もり方

火山豆石層の堆積に要する時間は, 求める地層を構成する火山豆石のサイズと密度, 地層の厚さ, 堆積した場所の水深の数値が得られれば, 火山豆石の沈降速度と粒子のサイズの関係を示したグラフ (図5, 6, 表1) を用いて以下の手順で見積もることができる。

- ①地層の一番下位と一番上位の粒子のサイズを mm 単位で測定し, 時間を見積もる地層の粒子のサイズを調べる。
- ②地層の一番下位の粒子サイズの沈降速度 (V) を沈降速度と粒子サイズの関係を示したグラフから



* 時間を求める地層の、一番上と一番下の粒子のサイズを調べる

一番上 R_2 , 一番下 R_1

* グラフから粒子のサイズ R_1 と R_2 の沈降速度 V_1 、 V_2 を求める

$$\text{時間 } T_1 = X \div V_1$$

$$\text{時間 } T_2 = (X - Y) \div V_2$$

地層が堆積するのに必要な時間 $T = T_1 - T_2$

このように、一枚一枚の地層の堆積するのに必要な時間を求める。それをすべての地層に対して行い、求められた時間を合計して、地層全体が堆積するのに必要な時間を見積もる。

図5 地層の堆積時間の見積もり方

読み取る。

- ③地層が堆積した場所の水深を文献等から読み取る。文献は、求めたい地層の堆積した場所が記述されているもの、地層の成因が記述されているものがある。

- ④その粒子が海水面から X m の海底まで沈降した時間を求める。

$$\text{時間}(T_1) = \text{水深}[\text{cm}] \div \text{沈降速度}(V_1)$$

- ⑤地層の一番上位の粒子サイズの沈降速度 (V_2) をグラフから読み取る。

- ⑥その粒子が海水面から X m の海底までの時間を求める。

$$\text{時間}(T_2) = \{ \text{水深}[\text{cm}] - \text{地層の厚さ}[\text{cm}] \} \div \text{沈降速度}(V_2)$$

- ⑦ T_1 と T_2 の差は地層が堆積するのに必要な時間となる。

$$\text{時間 } T = T_1 - T_2$$

このようにして求める連続した地層1枚1枚が堆積するのに要する時間を見積もることができ、それらの合計が求めたい連続する地層が堆積するのに要した時間である。

なお、このモデルでは、爆発的に大量の火砕物を放出するプリニー式噴火などによりもたらされた火山豆石が、同時に水面に到達し、一斉に沈降を開始したとする単純なモデルである。現実には、沈降を開始する

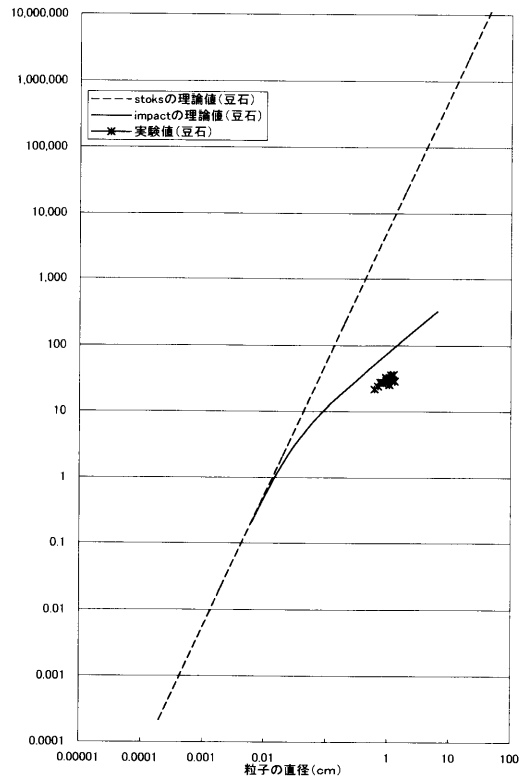


図6 火山豆石の沈降速度と粒径の関係を実験値と理論値で示す。

前に火山豆石には落下の時間差があり沈降の開始時間は異なる。そのため、地層が堆積するのに要する時間は、 T_1 と T_2 の差により求められる地層が堆積するのに必要な時間より長いと考えられる。

このモデルでは、地層の形成に要する時間として、①堆積粒子の沈降開始時間の時間差、②堆積後の堆積粒子の再移動と再堆積の時間については見積もることができないので、地層の堆積粒子は同時に沈降を開始し、堆積して地層を形成したとする最短の時間を見積もることになる。

3. 地層が堆積するのに要する時間の見積もり

(1) モデルに適合する例

神奈川県三浦市長井の三浦層群三崎層の火山豆石層は、このモデルを用いて地層が堆積するのに見積もる堆積時間の誤差が少ない例として挙げられる。

i) 火山豆石層の層序と火山豆石の産状

神奈川県長井の尾形湾北側の三浦層群三崎層には火山豆石が密集して層をなす(猪俣, 1989a)(図7~9)。

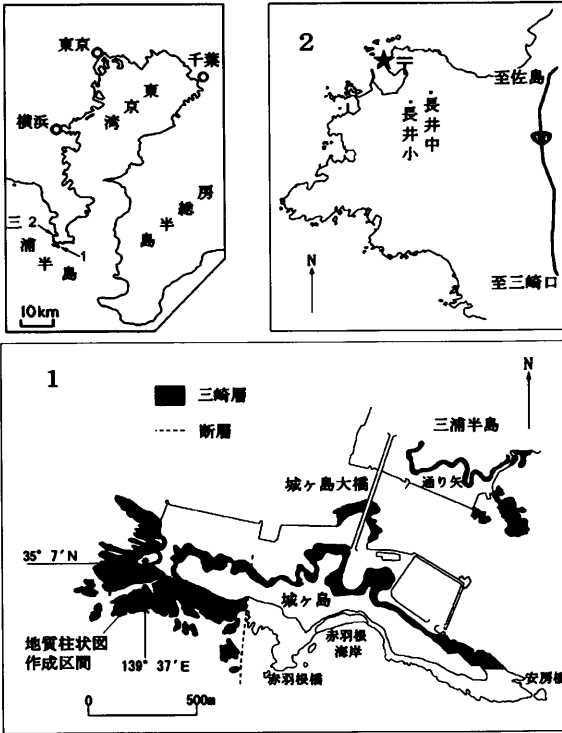


図7 神奈川県三浦市長井（火山豆石の産地）と同市城ヶ島の三崎層の調査位置（長浜・長沼・照井，1983を改編）

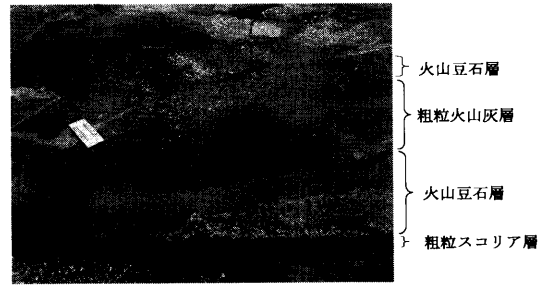


図8 長井の三崎層中に見られる火山豆石の産状

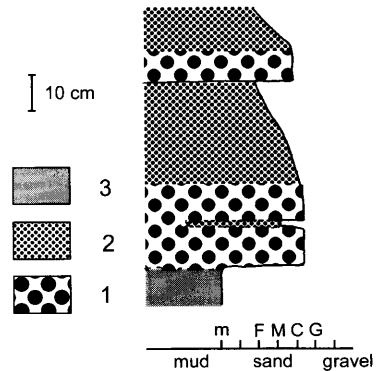


図9 長井の火山豆石を含む地層の層序。1. 火山豆石，2. 粗粒火山灰層，3. 粗粒スコリア層

火山豆石層は、厚さ 80 cm ほどのスコリアをはじめとする火山碎屑物の中に 2 層あり、下位のものは厚さ 10~20 cm で密集し、上位のものは厚さ 20 cm ほどのスコリア層に散在的に含まれる。下位の火山豆石層は、厚さ 5 cm ほどの粗粒のスコリア層の上に削剥面がなく、重なり、密集する。密集の中にはスコリアが含まれるが、堆積構造は認められない。また、水平方向への連続性も良い。この層の上に重なるスコリアを含む粗粒火山灰層には、斜交層理や平行葉理が見られ、それらの粒子の再移動と再堆積が考えられる。この粗粒火山灰層の上に、上位の火山豆石を含むスコリア層が重なる。

下位の火山豆石層はスコリア粒子を含むが密集していること、球形を呈してこと、下位のスコリア層を削剥していないことから、火山噴火による供給によりもたらされ、海底での移動がほとんどなかったものと考えられる。猪俣(1986b)は、長井より西の三浦半島南部地域にある海水面火山が噴火した時、上空に吹き上げられた火山噴出物による噴煙柱中で、火山豆石が形

成され、海面に落下し、速やかに堆積したと解釈した。この層を例にして、堆積に要する時間を見積もる。

ii) 火山豆石の沈降速度

火山豆石の沈降速度を求めるために、火山豆石を岩石中から剖出した。図 10 は、岩石中から剖出した 13 個のほぼ球形の火山豆石である。

まず、乾燥比重を求めた。メスシリンダーと電子天秤を用いた我々の測定では、平均乾燥比重 2.01 である。一方、加藤(1986)は、沖縄県の中新世末期~更新世初期の浅海層の島尻層群新里層から産出する火山豆石の比重を測定し、乾燥比重が無核のもので平均 0.74、有核のものでもわずかに 1 を超える程度であることを示した。また、九州の入戸火砕流堆積物中の火山豆石は、乾燥比重が 1.33 で沖縄のもの(0.74)の約 2 倍であることも示した。比重の小さい沖縄の火山豆石はガラスを多く含むが、三浦半島の長井の火山豆石は斜長石や磁鉄鉱、輝石などを多く含むので、両者の相違は構成物の比重と間隙率に基づくと考えられる。

さらに、エメリー管を用いて、沈降実験により火山

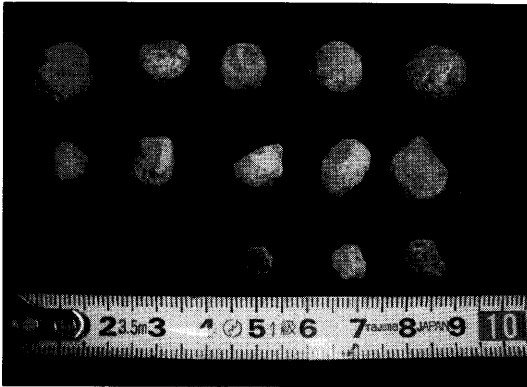


図10 長井の三崎層中より剖出した13個の火山豆石

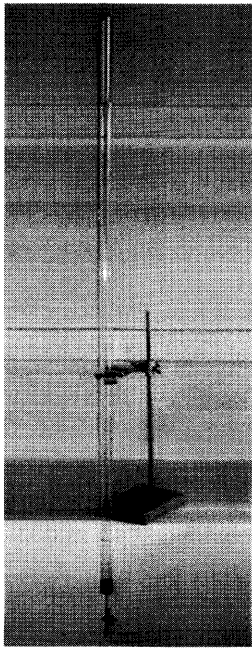


図11 沈降実験の装置

豆石の粒度別の沈降速度を求める(図11)。これにより、火山豆石の粒子サイズと沈降速度に関して、理論値と実験値が求められる。

図6は理論値(表1)と実験値(表2)に基づいて、火山豆石の粒子の直径と沈降速度の関係をグラフ化したものである。実験値の分布は、インパクトの法則から導かれる曲線とは少しのずれは見られるが、同様の傾斜をもつ相似曲線を描くので、インパクトの法則に従い沈降していると解釈できる。ただし、実験値の描

表2 火山豆石の沈降速度の実験値

粒子の直径 $2r$ (mm)	1 m沈降するのに 要した時間 t (s)	沈降速度 V (cm/s)
0.03	235.47	0.4247
0.04	78.12	1.2801
0.06	46.71	2.1409
0.09	31.38	3.1867
0.13	22.54	4.4366
0.18	19.25	5.1948
0.25	15.26	6.5531
0.36	13.55	7.3801
0.50	7.10	14.0845
0.71	5.62	17.7936
1.00	5.40	18.5185
1.42	4.93	20.2840
2.00	4.77	20.9644
2.83	4.54	22.0264
4.00	4.19	23.8663
5.65	3.62	27.6243
8.00	3.24	30.8642

く曲線と理論値のそれが多少ずれるのは、測定した直径6.1~12.5 mmの火山豆石が、形の性状に基づき水中抵抗を受けるために、理論値の沈降速度より遅くなったことによると考えられる。

火山豆石の抽出した241個の直径は、最小粒径が3 mm、最大粒径が19 mmで、平均粒径が8.5 mmである。ストークスの法則とインパクトの法則の理論値に基づくグラフは、直径0.000625 mmで交差するので、測定した火山豆石はインパクトの法則に従って沈下したと解釈できる。

iii) 火山豆石の堆積に要した時間

火山豆石を含む三浦層は、水深約2,000~3,000 mの深海帯~下部漸深海帯の海底で堆積したと解釈されている(横須賀市自然博物館, 1996)。従って、火山豆石の沈降時間は、図6のグラフを用いて、火山豆石のサイズから沈降速度を読み取り、その値で水深の値を除すれば求められる。火山豆石を含む厚さ10~20 cm層の基底部の粒径12.5 mmの火山豆石と最上部の粒径6.1 mmの火山豆石の沈降速度は、図6の理論値で作成されたグラフを用いて読み取る。沈降時間は、粒径12.5 mmの火山豆石では91 cm/sなので、3,000 mの海底に達するまでに要する時間は、3,000 mを秒速0.91 mで除して求められ、3295.7 sが算出される。これは、分に換算すると54.9分で、時間に換算すると

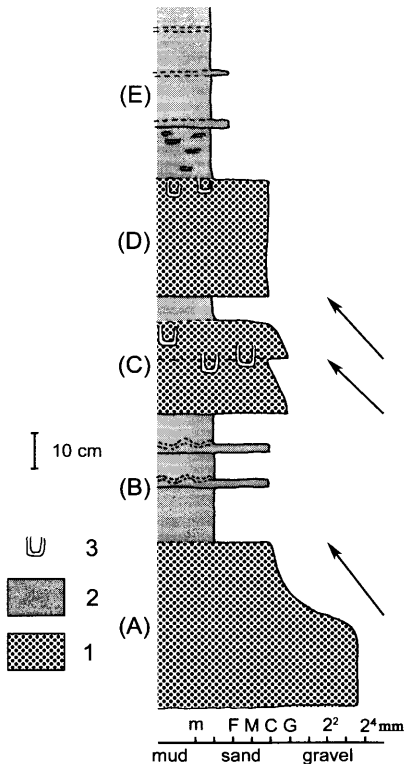


図 12 城ヶ島で調査した三崎層の層序柱状図
 1. 粗スコリア層, 2. 火山灰質極細粒砂岩,
 3. 生物擾乱

0.916 h である。同様の計算に基づくと、粒径 6.1 cm の火山豆石では 12.06 h が算出される。従って、火山豆石層が堆積に要した時間は、二つの時間の差で示され、11.25 h である。現実には、火山豆石の落下には時間差があるので、この値は、火山豆石が堆積した最短の時間の見積もりである。

(2) モデルへの適合の可能性のある例

神奈川県三浦市の長井や城ヶ島の三浦層群三崎層にはスコリア層、粗粒火山灰層や細粒火山灰層からなる互層が発達し、級化成層や斜交層理が見られる。これは、海底斜面を混濁流により運搬・堆積したことにより形成され、混濁が生じた中で堆積したものと考えられる。この運搬過程は、一般的には激しい乱流中で生ずるので、静水中で成立するインパクトの法則とストークスの法則による堆積モデルとは異なると思われる。

しかし、スコリアや火山豆石などの火山碎屑物は、当時の三浦半島の西方海上にあった火山からもたらさ

れたと解釈されている（今永ほか，1999）ので、直径 2 mm 以上のスコリアや粗粒の火山灰の中には火山豆石と同様に静水中を沈降した可能性も高い、特に、粒子サイズのそろっている塊状のスコリア層、粗粒火山灰層や細粒火山灰層と上方細粒化する級化成層は、可能性がある。

そこで、この二つの堆積構造をもつスコリア層と粗粒ないし細粒火山灰層について、三浦市城ヶ島の三崎層を基にこのモデルの適用を試み、堆積時間を見積もる。

i) 城ヶ島の三浦層のスコリア層の産状の例：城ヶ島の長津呂の入江の南に露出する三崎層の K1 鍵層より 10 m ほど下位の層準にスコリア礫が発達する（図 12）。図 12 に示した厚さ 2 m ほどの層序の最下部は直径 20 mm ほどのスコリア礫からなり、厚さ 20 cm ほどで、粗粒サイズのスコリアと火山碎屑物層が上方細粒化する (A)。その層の上位には塊状の厚さ 32 cm の褐色の火山灰質極細粒砂岩が重なる。この層の中部と上部に厚さ 3~4 cm の褐色の火山灰質粗粒砂岩層が挟まれ、その上面には生物擾乱が見られる (B)。さらに、その上位には小礫スコリアから粗粒火山灰へと小礫スコリアから極細粒火山灰への二つの上方細粒化層が重なり、生物擾乱が認められる。生物擾乱は、チューブ状で垂直方向に発達し、褐色極細粒火山灰からなり、二つの上方細粒化層にみられる。これは、最上部の褐色極細粒火山灰層から下部の小礫スコリア層まで生物が活動したことを示す (C)。その上位には、厚さ 32 cm の塊状の粗粒火山灰が重なる。この層には、礫径 2~3 mm ほどの礫が散在し、上部には生物擾乱が認められる (D)。その上位は、厚さ 45 cm ほどの火山灰質極細粒砂岩である (E)。

直径 20 mm ほどのスコリア礫を含む最下部の (A) 層は、当時の三浦半島の西方海上にあった火山からもたらされ、静水中を沈降した可能性を否定できない。わずかに斜交層理が認められることから堆積後の再移動と再堆積が考えられる。しかし、地層の形成時間として、堆積後の再移動と再堆積に要する時間を除いた最短の時間を見積もることはできる。

ii) スコリアの沈降速度：図 13 は、スコリアの沈降速度と粒子サイズの関係を示すグラフである。この図では、実験による実測値とストークスの法則とインパクトの法則の理論値を示した（表 3）。スコリアの比重は、2.16 である。

iii) (A) から (E) の層序の地層を形成した時間の見

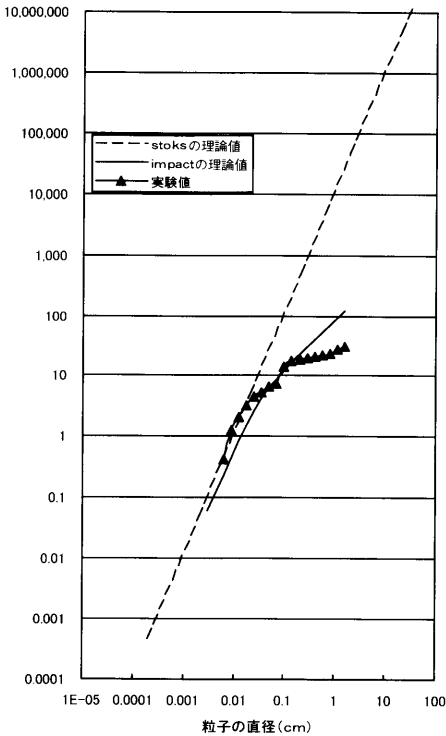


図 13 スコリアの沈降速度と粒径の関係を実験値と理論値で示す。

表 3 スコリアの沈降速度の粒度別の理論値

ストークスの法則に従って沈降するスコリアの粒径と理論的沈降速度 (1)

r (cm)	直径	V (cm/s)
0.0001	0.0002	0.000469
0.0010	0.0020	0.046862
0.0100	0.0200	4.686192
0.1000	0.2000	468.619247
1.0000	2.0000	46861.924690
10.0000	20.0000	4686192.469000
100.0000	200.0000	468619246.900000
1000.0000	2000.0000	46861924690.000000

インバクトの法則に従って沈降するスコリア粒子の粒径と理論的沈降速度 (1)

r (cm)	直径	$C_D Re^2$	Re	V (cm/s)
0.00156	0.00313	0.4591	0.0189	0.0608
0.00313	0.00625	3.6726	0.1470	0.2361
0.00625	0.01250	29.3805	1.0600	0.8512
0.01250	0.02500	235.0436	6.3798	2.5616
0.02500	0.05000	1,880.3489	30.5001	6.1232
0.05000	0.10000	15,042.7909	123.1022	12.3570
0.10000	0.20000	120,342.3272	454.2937	22.8010
0.20000	0.40000	962,738.6176	1,609.0058	40.3780
0.40000	0.80000	7,701,908.9408	5,596.0151	70.2160
0.80000	1.60000	61,615,271.5264	19,309.0257	121.1400
1.60000	3.20000	492,922,172.2112	66,406.8540	208.3100

と思われる。また、中部にみられる生物擾乱の層は堆積の休止を示す可能性が高い。

(C)の層は、小礫スコリアから粗粒火山灰へと小礫スコリアから褐色火山灰質極細粒砂岩への二つの上方細粒化層である。層厚は、それぞれ 15 cm と 17 cm である。上方細粒化するこの層は海面付近の火口から噴火により静水中を沈降してもたらされた可能性を否定できないので、このモデルを適用して堆積時間を見積もることはできる。下部の層の最下位の最大粒径は 2 mm で、最上位の粒径は 0.5 mm であるので、3,000 m の海底までの沈降時間はそれぞれ 0.037 h (2.193 min, 131.579 s) と 0.136 h (8.166 min, 489.956 s) である。従って、堆積時間は、両者の時間差で、0.1 h (5.973 min, 358.377 s) が見積もられる。一方、上部の層では、最下部の粒径は 2 mm で、最上位は 0.125 mm であるので、沈降時間はそれぞれ 0.037 h (2.193 min, 131.579 s) と 0.979 h (58.742 min, 3524.436 s) である。従って、堆積時間は、0.942 h (56.548 min, 3392.857 s) 時間が見積もられる。この時間は、上方細粒化する二つの層が、堆積粒子の再移動と再堆積を繰り返していたとしても、堆積に要した最短の時間として見積もることが可能である。層序に垂直方向に発達する生物擾乱は、上位に重なる (D) の層との間の堆積の休止を示している可能性が高い。

(D)の層は、厚さ 32 mm の塊状の粗粒火山灰からなり、礫径 2~3 mm ほどのスコリア礫が散在し、上

積もり

ここでは、スコリアの粒子が海面付近にあった火口から同時にもらされ、静水中を沈降して 3,000 m の海底に達して、堆積し、地層が形成されたとするモデルである。堆積後の堆積粒子の再移動と再堆積があっても、その時間は+アルファの時間とし、地層の形成に関する最短の時間を見積もることになる。

(A)の層の最下部には、直径 20 mm のスコリア礫が含まれる。この礫は、海面付近の火口から静水中を 3,000 m 沈降すると、0.004 h (0.227 min, 13.636 s) が経過する。そして、この層の最上位の直径 0.5 mm の粗粒火山灰は、0.136 h (8.166 min, 489.956 s) で沈降する。従って、最下部の時間と最上位の時間の差 (0.132 h, 7.949 min, 476.326 s) が、地層の堆積に要した時間として見積もられる。

(B)の層は、塊状の厚さ 32 mm の褐色の火山灰質極細粒砂岩からなる。この極細粒砂は、陸側からもたらされた可能性があり、移動と再堆積を幾度も繰り返して深海へ運搬されたものと考えられる。極細粒砂は陸源の可能性があるので、このモデルの適用は難しい

地層に印された時間を読み取ろう

*目的 地層をつくる堆積粒子の水中での沈降速度を用いて、地層に印された時間を読み取る

*解析方法

1. 城ヶ島の実習で作成した柱状図の厚さを答えて下さい。

m

2. 柱状図にある地層の枚数を数えて下さい。

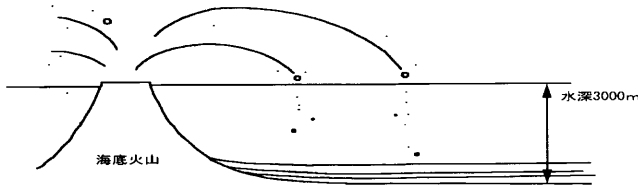
枚

3. その中の一枚の地層が堆積するのにどのくらいの時間がかかったと思いますか？時間，日，年の単位で答えて下さい。

4. 一枚の地層が堆積するのにかかった時間を見積もりましょう。

城ヶ島 三崎層……主に火山砕屑物(スコリア)からなる

このスコリアは、火口が海水上に出ているか、海水面直下にある海底火山の噴火により噴出され、3000 mの海の底まで沈降したものであると考えられている。



物質が沈降する時の速度は物質の密度や当時の水温に関係し、それらを設定すれば物質の粒子の大きさによってその物質の沈降する速度を求めることができます。下のグラフは実験と理論式から得たデータに基づき作成したもので、城ヶ島のスコリアの粒子のサイズと水中での沈降速度の関係を表しています。

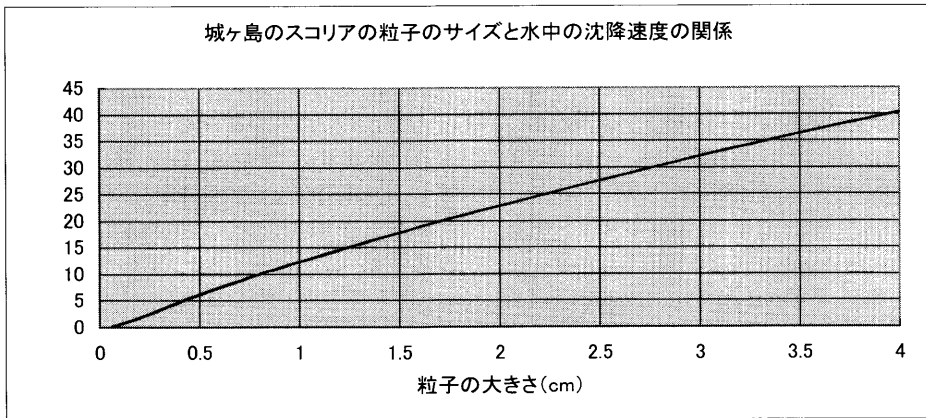


図 14-1 授業用のワークシート

部には生物擾乱が認められる。この層の最下部と最上部の堆積粒子は 0.5 mm であるので、これらの粒子の沈降時間は 0.136 h (8.166 min, 489.956 s) で、最下部と竿上部でほぼ同じ時間が見積もられる。これは、

この層が一瞬にして堆積したことを示す。

(E) 層は、厚さ 45 mm ほどの褐色の極細粒火山灰である。この極細粒砂は、陸側からもたらされた可能性があるため、このモデルの適用は難しいと思われる。

【手順】地層を一枚選んで下の A~F のどのパターンの層であるか確認し、①~⑥にしたがってその地層の堆積するのに必要な時間を見積もりましょう。

①選んだ地層の粒子のサイズを調べます。地層の一番下と一番上の粒子のサイズは何 mm ですか？ 一番上 mm, 一番下 mm

②地層の一番上の粒子サイズの沈降速度 (V_1) をグラフから読み取って下さい。
cm/s

③その粒子が海水面から 3,000 m の海底までの時間を求めて下さい。
時間(T_1) = 水深 (cm) ÷ 沈降速度 (V_1)

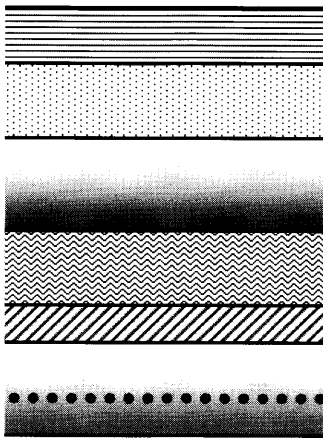
$$T_1 = \quad (\text{s})$$

④地層の一番上の粒子サイズの沈降速度 (V_2) をグラフから読み取って下さい。
cm/s

⑤その粒子が海水面から 3,000 m の海底までの時間を求めて下さい。
時間(T_2) = {水深 (cm) - 地層の厚さ (cm)} ÷ 沈降速度 (V_2)

$$T_2 = \quad (\text{s})$$

⑥ T_1 と T_2 の差が地層の堆積するのに必要な時間になります。 時間 $T = T_1 - T_2$
 $T =$



A 層 : 平行な葉理が見られる

B 層 : 粒子のサイズが層の中で変化せず、塊状のもの

C 層 : 粒子のサイズが上方に向かって徐々に小さくなる
級化成層

D 層 : ぐにやぐにやと波打っているように見える
スランブ構造

E 層 : 斜行した葉理が見られる

F 層 : 突然異なるサイズの粒子が含まれる

地層の様子

5. すべての地層について同じように時間を見積もり、その結果を合計し、地層全体が堆積するのにかかった時間を求めて下さい。

*まとめ

1. C 層では粒子の大きさが上方に向かって徐々に小さくなります。この地層がどうしてこのように堆積したのか説明して下さい。グラフを使うと考えやすいでしょう。
2. F 層では、サイズの異なる粒子が地層の中に含まれています。この粒子がどうしてサイズの異なる粒子の中に突然あらわれたのか説明して下さい。グラフを使うと考えやすいでしょう。
3. あなたの調査し、柱状図で表した地層全体が堆積するのに要した時間は、あなたが計算で求めた時間より長いと思います。それはどうしてでしょう。理由を説明して下さい。

授業の流れ

ねらい

一枚一枚の層の間には大きな時間間隙があることを知り、地層が堆積し続けてできたものではなく、堆積と浸食が繰り返され、だんだんとつくられることを理解する

展開

時間	学習内容	予想される生徒の活動
5分	①城ヶ島の実習で観察した地層の厚さと、枚数を確認させる ・ワークシートを配布し、記入させる	①城ヶ島の実習後に作成した柱状図をもとに、観察した地層の厚さと枚数を確認する
5分	②一枚の地層がどの位の時間をかけて堆積したのか予想させる ・地層には級化層や塊状のものなど、いくつかのパターンがあることにも注目させ、それぞれ場合について考えさせる	②一枚の地層がどの位の時間をかけて堆積したのか予想する ・時間は厚さに比例するのではない。 ・級化層は時間がかかっている
10分	③地層が堆積するのに必要な時間の見積もり方を説明する ・城ヶ島三崎層は、火口が海水面近くにある海底火山が噴火したときに噴出され、その後3,000 m 沈降して堆積したスコリアの層であることを伝える ・静水中を沈降するときの速度はインパクトとストークスの法則にしたがうこと、今回用いるグラフは城ヶ島のスコリアについて理論値と沈降実験の結果に基づいて導いたインパクトとストークスの法則を表したものであることを伝える ・時間の見積もり方については、ワークシートにしたがって説明する ・見積もる時間は目に見て観察した地層が堆積するのに必要な時間であることを確認する	③地層が堆積するのに必要な時間の見積もり方の説明を聞き、理解する
20分	④地層が堆積するのに必要な時間を見積もらせる ・地層のパターンによって違いや特徴的な点がないか生徒が考えるように、地層の堆積するのに必要な時間を見積もる際に、その層がどのパターンであるのか確認させる	④地層が堆積するのに必要な時間を見積もる 粒子が静水中を沈降して形成した地層に関して、 ・級化層は他のものと比べ時間がかかる。 ・塊状のものは非常に短い時間で堆積している。 ということが言える
5分	⑤一枚一枚の層の境目は、堆積したものが削られ、その後また堆積が起こるためにできることを説明する	⑤説明を聞き、地層の境目は堆積したものが削られて、その後また堆積が起こることのできることを理解する
5分	⑥自分の観察した地層が堆積するのにかかった時間を予想させる	⑥自分の観察した地層が堆積するのにかかった時間を予想する

図 15 授業の流れの例

従って、(A) から (E) の地層が堆積した時間は、(A)、(C)、(D) の層の堆積時間の合計以上を要したことになり、最短でも 1.1743 h (70.459 min, 4227.554 s) が見積もられる。

4. 教材化

地層をつくる堆積粒子の沈降速度を用いて地層が堆積するのに要する時間を見積もることができる

ここでは神奈川県三浦市の城ヶ島の三崎層における教材を提案する。

城ヶ島の三崎層のスコリア層は火山の噴火により、水深 0 m から堆積場である水深 3,000 m の海底まで沈降して堆積した可能性があると考えられている。したがって、図 2 で示したような堆積過程のモデルで説明でき、スコリア層の沈降時間と堆積時間の見積もりが可能である。

まず、生徒には実際に城ヶ島で地層の様子を観察させ、地層の厚さと粒子のサイズを測定させ、それをもとに柱状図を作成させる。そして、柱状図を作成した 1 枚 1 枚の地層が堆積するのに要する時間を見積もる。図 14, 15 はその際用いるワークシートと授業の流れである。生徒はワークシートに沿って自分で調べた地層が堆積するのに必要な時間を見積もる。その際、それぞれの地層のパターンのどれに当てはまるのかを確認しながら作業を行うことで、「このパターンの層は堆積するのに時間がかかっている」、「このパターンの層はほんの一瞬で堆積しているようだ」というように、地層の特徴には相違があることを意識させる。時間を見積もる作業が終わったら、まとめの問題について考える。まとめの問題 1, 2 では、観察した特徴的な地層の堆積過程について、堆積するのに必要な時間の見積もりをした際の方法を参考にして考えさせる。問題 3 では、実際に地層が堆積するのに要した時間は、見積もった時間より長くなる理由について考えさせる。どちらの問題も、堆積するのに必要な時間を見積もる方法の理論を把握し、地層のでき方を理解できていれば答えることができるだろう。

この教材は、まず野外において地層の観察を行い、そのデータをもとに地層の堆積する過程を理解していくという流れである。これは、中学校学習指導要領理科 (文部省, 1999a) の 2 分野の目標 (3) にある、『地学的な事物・現象についての観察、実験を行い、観察・実験技能を習得させ、観察、実験の結果を考察して自らの考えを導きだし表現する能力を育てるととも

に、大地の変化、天気とその変化、地球と宇宙などについて理解させ、これらの事象に対する科学的な見方や考え方を養う。』というものに沿った流れである。また、高等学校学習指導要領理科 (文部省, 1999b) の地学の目標にある、『地学的な事物・現象についての観察、実験などを行い、自然に対する関心や探求心を高め、地学的に探究する能力と態度を育てるとともに基本的な概念や原理・法則を理解させ、科学的な自然観を育成する。』という内容にも則しており、生徒に自然に対する科学的な見方や、地学に特有な長大な時間や広大な空間における関連についての理解を深めることができる。この教材で地層は縞模様をしているというイメージだけでなく、地層のでき方を理解するとともに、縞模様にかくされた歴史についても興味を持たすことができると考えている。地層ができるのには長い時間がかかる、というだけの認識を、地層が堆積するのに要する時間を見積もることにより、その長い時間の中には、堆積している時間と堆積していない時間、堆積しても削られてしまったために残されていない時間が存在し、その繰り返しによって地層が形成されているという理解にかえることのできる教材と期待できる。

5. 結 論

(1) 地層の形成について児童・生徒が理解できるような教材をつくるために、沈降速度を用いて地層が堆積するのに要する時間の見積もりを試みた。堆積粒子が海水面から堆積した海底まで沈降が確かなものとして、神奈川県三浦市の三崎層産の火山豆石層を取り上げた。そして、火山豆石の粒度別の沈降速度を実験値と理論値で示した。さらに、3,000 m の海底までの沈降時間を求め、火山豆石層の堆積に要した時間を具体的に算出した。

(2) 神奈川県三浦市城ヶ島の三崎層に発達するスコリア層や火山灰層は、海面付近にあった火口から供給された可能性があり、海面から 3,000 m の海底まで沈降したモデルの適用が可能である。しかし、水深 3,000 m 海底に到達するまでには堆積粒子が幾度も再移動と再堆積したものと考えられるので、このモデルにより算出される堆積時間は、それらの時間を取り除いた地層の形成に関する最短の時間であることを示した。

(3) 地層の観察と沈降実験を用いた教材を開発した。この教材は、地層のでき方、堆積した時間と地層

中には時間間隙が存在することを理解させることができるものと期待できる。

謝 辞 本研究をするにあたり、甲南大学の林 慶一先生には種々ご指摘いただき、論文改良の議論をしていただいた。また、慶應義塾幼稚舎の馬場勝良先生、岐阜聖徳学園大学の青野宏美先生と東京学芸大学松川研究室の皆様には野外調査での協力と数々の助言をいただいた。この場を借りて以上の方々に厚く感謝申し上げます。

引用文献

- 荒牧重雄・三宅康幸 (1966): 新版 地学事典, 平凡社, 233p.
- Barrell, J. (1917): Rhythms and the measurement of geologic time. *Geological Society of America Bulletin*, **28**, 749-904.
- Gibbs, R. J, Matthews, M. D. and Link, D. A. (1971): The relationship between sphere size and setting velocity. *J. Sediment. Petrol.* **41**, 7-18.
- 今永 勇・平田大二・山下浩之・蟹江康光・棚田俊収・萬年一剛・浅見茂雄・三浦半島活断層調査会 (1999): 海から生まれた神奈川—伊豆小笠原弧の形成と活断層— (特別展示解説書), 神奈川県立生命の星地球博物館・横須賀市自然人文博物館, 98 p.
- 井口正男 (1975): 漂砂と流砂の水理学. 古今書院, 123-129.
- 猪俣道也 (1989a): 三浦層群の火山豆石. 高校通信 東書地学, **292**, 1-3.
- 猪俣道也 (1989b): 三浦層群の火山豆石. 高校通信 東書地学, **293**, 1-3.
- 加藤祐三 (1986): ひょう起源の火山豆石. 地質学雑誌, **92**, 429-437.
- 松川正樹・新海拓也・林 慶一・三次徳二・馬場勝良 (2001): 過去の海底を歩こう—東京都狛江市の多摩川河床に露出する第四系上総層群に基づいて. 地学教育, **54**, 193-201.
- 文部省 (1999a): 中学校学習指導要領 (平成 10 年 12 月) 解説—理科編一. 大日本図書株式会社, 162p.
- 文部省 (1999b): 高等学校学習指導要領解説 理科編・理数編. 大日本図書株式会社, 178p.
- 長浜春夫・長沼幸男・照井一明 (1983): 神奈川県城ヶ島付近における地学実習コース (その 1). 地学教育, **36**, 81-92.
- 横須賀市自然博物館 (1996): 深海から生まれた三浦半島—三浦半島のおいたち—横須賀市博物館 教育資料シリーズ・7, 1-9.

芦澤尚子・松川正樹: 沈降速度を用いた地層の堆積時間の見積もりとその教材化 地学教育 59 巻 1 号, 1-14, 2006

〔キーワード〕 沈降速度, ストークスの法則とインパクトの法則, 地層の堆積時間, 火山豆石, スコリア, 中新統三崎層, 教材化

〔要旨〕 神奈川県三浦半島に分布する第三系深海堆積層三崎層の火山豆石やスコリア粒子に着目し, 理論と実験によりそれらの堆積粒子の沈降速度を求めた. そして, 沈降速度を基に火山豆石やスコリアの地層が堆積するのに要した時間を見積もった. また, その方法を取り入れて, 地層の形成と地層の無堆積の時間を理解するための教材の開発を試みた.

Naoko ASHIZAWA and Masaki MATSUKAWA: Estimation of Depositional Time Using by Sedimentation Rate and Its Teaching Development. *Educat. Earth Sci.*, **59**(1), 1-14, 2006

自然界の水の変化に関するモデルを使った学習

—簡易ビニールハウスを使った事例を通して—

A Practical Study of a Model Experiment Examining
Changes of Water State

加藤 尚裕*1・二階堂朝光*2・泉田 充以*3

Takahiro KATO, Tomomitsu NIKAIDO and Mitsui SENDA

Abstract: Elementary school students' understanding of the existence of water vapor in the atmosphere was enhanced through a program using comparisons between a simple greenhouse model and a water tank model. As a practical result, the model experiment using a simple greenhouse is more effective than the one using a water tank. This simple greenhouse model also enhances students' understanding of the three phases of water in the natural world, solid, liquid and vapor.

Key words: model experiment practice, simple green house, changes of water in nature, elementary school, changes of state of water

1. はじめに

子どもたちの日常生活の中で、水蒸気存在を認識できる事象は意外に多い。例えば、風呂場の窓ガラスのくもり、冷えたペットボトル飲料水に水滴がつく、洗濯物が乾く、湯を沸かすと白い煙のようなものが出るなどである。子どもたちは、このような経験をしているにもかかわらず、空気中に水蒸気が存在することを学習した後でも、「冷水を入れたコップの側面に生じる水滴は、空気中の水蒸気の変化したものである」と正しく考えられない子どもが多い(松浦・遠西, 1987)。

この問題を克服するための学習指導において、清水(2002)は、フラスコの中の水の三態変化と自然界での水の変化とを関係づけた実践を行っている。また、石井(2003)は、水蒸気を認識させる指導方法として、毎時間自分の考えや実験から気づいたことを絵や文でノートに書かせる実践を試みている。さらに、二階堂(2001)は、水の三態変化と自然界の水の変化とを関係づけて考えられるような水槽モデルや大型ビニールテ

ントモデルを使って水蒸気存在を認識させる実践を行っている。しかし、これらの実践はいずれも、子どもたちが空気中の水蒸気存在についての理解を深めるための学習指導としての有効性について十分な検討がなされていない。

そこで、本研究では、二階堂(2001)が実践した自然界の水の変化に関するモデルを使った学習が、子どもたちの空気中の水蒸気存在についての理解を深めるのに効果的ではないかと考え、実践を通してその指導方法の有効性を検討した。

2. 自然界の水の変化に関するモデル

筆者らの一人である二階堂(2001)が、自然界の水の変化に関するモデルを使うことで子どもたちの水蒸気に対する見方や考え方を深めていけるという見通しを得ている。本研究では、そのことを踏まえて自然界の水の変化に関するモデルの利用を考えた。本実践で使用する自然界の水の変化に関するモデルとは、水槽や簡易ビニールハウスを使って、子どもたちが水は川や海から蒸発し、水蒸気になって空気中に含まれ、空

*1 九州女子短期大学 *2 埼玉県加須市立加須南小学校 *3 埼玉県大利根町立東小学校
2005年10月18日受付 2006年1月5日受理

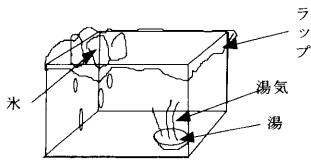


図1 水槽モデル



図2 簡易ビニールハウスモデル

気中の水蒸気が雨や雲などに変わっていくという自然界の水の変化をとらえられるような教材である。

水槽モデルと簡易ビニールハウスモデルは、以下のようにして製作した。水槽モデル(図1)の製作は、容器に入れた湯をプラスチック水槽(40 cm)の中に入れ、水槽の上部をラップし、その上に氷を置いた。湯は、川、海や池などからの水蒸気の発生源を表し、氷は上空の冷やされた空気を表す。水槽の外からは太陽光を表す白熱灯を点灯する。

簡易ビニールハウスモデルは、二階堂(2001)の実践をもとに製作した。まず、運動会用テントの骨組みの屋根の部分を取り除いたものを使う。その周りを農業用ビニールシートで覆いをし、物干し用の大きな洗濯バサミを使って、テントの骨組みに農業用ビニールシートを固定する。これで、簡易ビニールハウスモデルが完成する(図2)。なお、この簡易ビニールハウスは、洗濯バサミでとめたところや床面の部分に隙間があり、完全な密閉状態にはならないよう安全面を配慮した。次に、完成した簡易ビニールハウスの中に水蒸気を発生させる装置を設置する。具体的には、たらいに入れた湯やふたを取った状態の電気ポットで沸かした湯を設置して、子どもたちに湯が蒸発していく様子を観察できるようにした。また、スポットライト等を当てることにより、子どもたちに太陽をイメージしやすくした。さらに、空の上を仮定したビニールハウ

スの天井付近の支柱には黒のラシャ紙でくるんだドライアイスを設置し、子どもたちに水蒸気が冷やされる現象を観察できるように工夫した。

3. 授業について

(1) 授業の骨子

本実践では、図3に示すような学習指導計画に基づいて授業を行った。第1次では水の自然蒸発を扱い、第2・3次では水の三態変化と結露を扱い、第4次では氷結を扱った。

本研究にかかわる実践、すなわち、第5次では、「自然界では水はどのように姿を変えているのだろうか」という内容で展開した。なお、ここでは、空気中の水蒸気が雨、雲などに変わっていくといった自然界の水の変化に関するモデルを使って体験的に学習できるようにした。

(2) 自然界の水の変化に関するモデルを使った学習

自然界の水の変化に関するモデルを使った学習では、既知の知識とモデルを使って説明しようとしている事象との間の対応関係を明確にすることが大切である(中山, 2005)。そこで、まず、水槽モデルを使った学習では、モデルの対応関係の明確化を図った。例えば、表1のような既知の知識とモデルを使って説明しようとしている事象との対応関係を明確にする指導である。その後、簡易ビニールハウスモデルを使った学習では、水の三態変化と自然界の水の変化とを関係づける授業を行った。

4. 実践授業の検証方法

(1) 空気中の水蒸気の存在に関する理解の調査

子どもたちが空気中の水蒸気の存在を理解するのに有効な学習かどうかを検討するために図4のような調査問題を作成し(Osborne & Cosgrove, 1983; 松浦・遠西, 1987)、調査を実施する。また、学習効果を比較検討するために、学習指導計画(図3)の第1次から第4次まで同じ内容の学習を行った近隣の小学校1校(以下、「A小学校」と記す)にも同様な調査を実施する。なお、両校とも同じ教科書を使用し、空気中の水蒸気の存在に関する学習は第3次で行っている。ただし、実践校は第5次で自然界の水の変化に関するモデルを使った学習を行う。

(2) 自然界の水の変化に関する実感の調査

本研究でとらえる実感とは、日置(2000)が『『なるほど』『そうだったのか』』といった、未知のことが分

第1次 水の蒸発 (3時間)

水はどこへ消えたのか調べよう。

- ・水たまりやおおいをした入れ物・しない入れ物を観察し、その原因を考える。

水たまりの水や入れ物に入れた水は、自然に蒸発してなくなる。

第2・3次 水蒸気 (6時間)

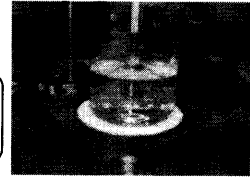
水はどのようになって蒸発するのか調べよう。
空気中の水蒸気は何に変わるのか調べよう。

水を熱すると出てくる湯気や
水中から出てくるあわは何だろう。

水が沸騰すると水蒸気が出て目に見える湯気になる。
水蒸気や湯気は冷やすと水にもどる。

- ・水は、何度で沸騰するのだろうか。

水は、およそ100℃で沸騰し
水蒸気になるんだね。



第4次 水の氷結 (2時間)

水は冷やされるとどうなるか調べよう。

- ・水を冷やし続けたときの変化を調べよう。

水は、およそ0℃に
なると凍り始める。



第5次 自然界の水 (2時間) 本実践

自然界では水はどのように姿を変えるのだろうか。



- ・水槽モデル (ミニ地球) では、水はどのように姿を変えているのだろうか。
- ・簡易ビニルハウスモデル (デカ地球) の中に入って、水が、どのように姿を変えているのかを体感する。
- ・水は自然界の中でどのように変化しているのだろうか。

水は温度によって固体、液体、気体の3つの状態に変化している。また、水蒸気は、自然界の中では雲や雨に変化している。

図3 「水のすがたとゆくえ」の学習指導計画の概要

表 1 既知の知識とモデルの対応関係

既 知 の 知 識	モデルを使って説明しようとしている事象
(要素間の対応)	
川, 海, 池等	→ 入れ物に入れた湯
上空の気温	→ 氷
地球	→ ラップで覆いをした水槽
(関係性の対応)	
川や海からの自然蒸発	→ 入れ物に入れた湯から湯気が出て水蒸気に変化し蒸発する
雲や霧	→ 水蒸気が冷やされて水滴になる
雨	→ 水蒸気が冷やされ、水が落ちてくる。

「水のすがたとゆくえ」 組 名前

※これは、テストではありません。自分の考えをくわしく書いてください。

太郎さんは、ペットボトルに水を入れて、それを冷凍庫れいとうこでおらせました。そして、太郎さんは、中の水がおおったペットボトルの外側をタオルでよくふいてから、それを持って校庭や教室うち内を移動うごしました。太郎さんは、それぞれの場所ところで、ペットボトルの外側うしろのようすを観察くわんさつしました。どの場所ところでもペットボトルの外側には水みづてきがついていました。

<問 1> ペットボトルの外側に水みづてきがつくのは、どうしてですか？わけを説明せつめいしなさい。

<問 2> ペットボトルの外側うしろについた水みづてきは、どこからきたのでしょうか？

図 4 空気中の水蒸気の存在に関する調査

かったときの知的な達成感を得た感じ方である」としている考え方による。その観点で質問事項を作成して(図5)アンケート調査を実施する。具体的には、学習後に「なるほど」「そうだったのか」と感じたことを記述させる。

(3) 空気中の水蒸気と自然界の水の変化との関係づけに関する調査

簡易ビニールハウスモデルを使った学習において、子どもたちが空気中の水蒸気と自然界の水の変化とを関係づけて考えているかを調べるために、吉崎・渡辺(1992)の再生刺激法を用いた調査を実施する。具体的には、授業終了後、簡易ビニールハウスモデルを使った実験場面のビデオ映像を視聴させ、「実験中にどん

なことを考えていましたか？」と質問し、その回答を調査用紙に記述させる。

(4) 自然界の水の変化に関する理解の調査

子どもたちの自然界の水の変化に関する理解を調べるために描画法(White & Gunstone, 1992)を用いて調査をする。具体的には、第3回国際数学・理科教育調査(以下「TIMSS」と記す)の問題 W2(国立教育研究所, 1996)を参考にして、以下のような問題を作成し、調査をする。

<問>加須市で、今、雨として降っている水が、どのようにしてどこからきたものであるかを説明する図をかきなさい。

「水のすがたとゆくえ」

4年 組 名前

次の質問に正しく答えてください。(わからないときは、「わすれました」と答えてください。)

<問> デカ地球(簡易ビニルハウスを使った)の実験をしたとき、「なるほど」、「そうだったのか」と思いましたか。○をつけてください。

思った

思わなかった

「思った」に○をつけた人は、どんなことからそう思ったのですか。詳しく書いて下さい。

図5 自然界の水の変化に関する実感調査

5. 実際の授業

(1) 授業実践

小学校第4学年理科「水のすがたとゆくえ」(以下、「水のすがた」と記す)、13時間の学習指導計画(図3)は、二階堂・加藤・泉田で作成し、授業実践は泉田が行った。モデルを使った学習に関する教材製作は主に二階堂が行った。

授業実践は、平成16年1月から2月に実施した。対象は、埼玉県内公立小学校4年生1クラス、34名である。しかし、学習途中で欠席者した者を除いて、「水のすがた」の内容をすべて学習した子ども29名を研究対象とした。

(2) 本実践にかかわる授業のあらまし

本実践は、「自然界では、水はどのように姿を変えるのだろうか」という内容について2時間の授業を実施した。第1時では、水槽モデルを使った学習を行った。子どもたちは水の三態変化と自然界の水の変化とを比較しながら観察した。このモデルを使った学習では、子どもたちが水槽モデルで海や川と仮定した湯から盛んに湯気が発生し、その湯気がグルグルと回りながら水槽の中を漂っている様子を観察した(図6)。しばらくすると、水蒸気が水槽の上部に張ったラップの上の水で冷やされて、水滴がポタポタと落ちる様子が見られた。水槽モデルを使って自然界の水の変化について考える場面では、「湯気が消えて水蒸気になるのかな」「水蒸気が空に行くと冷やされて水になるのかな」と水の三態変化を自然界の水の変化と結びつけて考えられる子どもも見受けられた。しかし、「すぐに水

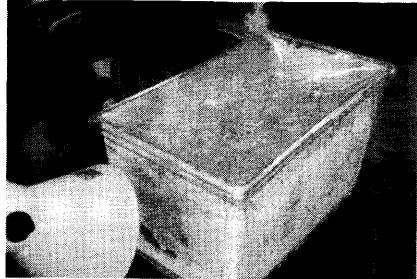


図6 水槽モデルを使った学習風景

槽がくもってしまってもよく分からないな」というように、空気中で湯気が消えていく部分が分かりにくく、子どもにとっては、空気中の水蒸気が雨や雲などに変わっていくといった自然界の水の変化と結びつけて考えることは難しかったようだ。子どもたちは「もっとよく見える方法はないか」「この中に入れてよく分かるのに」とつぶやいていた。第2時では、簡易ビニルハウスモデルを使った学習を行った。子どもたちは、自然界での水の変化の様子をイメージしながら観察した。この学習では、はじめからドライアイスを示さないで、電気ポットで沸かした湯や湯を入れたたらいを簡易ビニルハウスの中に入れておいた。実験開始後、子どもたちは「雨が降るのかな」「だんだん湿っぽくなってきたぞ」などと言いながら観察をしていたが、しばらくして、子どもたちは、この状態では雨が降るまでにはならないことに気がついてきた。その時点で教師が「海で盛んに発生している水蒸気が上空に上がっていくとどうなるのかな」と発問すると、子どもたちは空の上の方はものすごく冷やされている

から水が必要だと気がつく。子どもたちは、前時の水槽モデルを使った学習で水を使ったことを思い出し、「水を下さい」と言い出した時点で、水よりもっと冷たいドライアイスを設置した。その後、子どもたちは簡易ビニールハウスの中の水蒸気がドライアイスで冷やされて、それを包んでいたラシャ紙の表面がうっすらと白くなってくる様子を観察した。学習のまとめでは、このような観察結果を基に、水の三態変化と水蒸気が雨や雲などに変わっていくといった自然界の水の変化との関係についてまとめを行った。

6. 実践結果と考察

(1) 空気中の水蒸気に関する理解について

本実践は、子どもたちが空気中の水蒸気の内容を理解するのに有効な学習かどうかを検討した。

調査時期は、「水のすがた」の学習が終了した3カ月後である平成17年5月にA小学校と本実践校で実施した。対象児童は、A小学校1クラス35名、本実践校の1クラス29名である。なお、A小学校での実践は4(1)、調査方法については、3(1)で記述したとおりである。

調査用紙に記述された内容の読み取りは、以下のようにして行った。「冷凍庫から出したペットボトルの外側に水滴がつく理由と、その水滴はどこからきたのか」という問に対して、水滴がつく理由として「空気中の水蒸気が冷たいペットボトルで冷やされて水となり、ペットボトルについた」という記述とペットボトルの外側についた水滴は「空気中の水蒸気からきた」というように、二つの質問に正しく回答できている子どもを正答とし、「水蒸気」という表現の記述のない回答を一部正答とした。このようにして整理したものが表2である。

表2の結果から、本実践校では、72%の子どもが空気中の水蒸気の内容を正しく理解している。それに比べて、A小学校の子どもの理解は26%であった。A小学校と本実践校の正答と誤答の2×2の直接確率計算の結果、本実践校の子どもの方が、A小学校の子どものに比べて正答が有意であった($p=.0024$, 両側検

定)。

遠西(2005)が言うように「水蒸気の内容は観察事実」に依拠しているわけではない。結露において、水蒸気が水滴に変わっていく姿を見ることはできない。見ることができるのは、コップの表面がくもり、しだいに水滴となり、そしてだんだんと大きくなっていく様子」を、子どもたちは観察して思考することにより空気中に水蒸気が存在していることを理解していくと考えられる。したがって、本実践のように自然界の水の変化に関するモデルを使った学習は、小学校4年生の子どもにとっても観察事実から水蒸気の内容を結びつける思考をしやすくするのに有効な学習であるといえるだろう。

(2) 自然界の水の変化に関する実感について

ここでは、子どもたちが空気中の水蒸気と自然界の水の変化とを関係づけて実感しているかどうかを、「水のすがた」の学習終了後に行ったアンケート調査用紙に書かれた記述内容から検討した。

子どもの記述内容を類型化するに当たっては、茂庭・照井(2004)の実感に関する三つの視点、すなわち「思考的な実感」、「体験的な実感」、「情緒的な実感」を参考にして分類した。例えば、「湯や水が蒸発すると雲になったり雪が降ったりすることが「なるほどなあ」と思った」というような記述内容は、自然現象をイメージできる知識・理論化に結びつく表現として「思考的な実感」に分類した。また、「水滴がついたので「なるほど」「そうだったのか」と思った」というような記述内容は、自然現象に対し五感で体験したことを用いた表現として「体験的な実感」に分類した。さらに、「ドライアイスに冷やされ、霜になっていたことがとてもびっくりした」というような記述内容は、自然への感動や興味・関心としての表現として「情緒的な実感」に分類した。このようにして子どもの記述内容を読み取って整理したものが表3である。

なお、記述内容の読み取りに際し、加藤と二階堂が別々に読み取り、不一致内容については協議をして分類を確定した。2人の評定一致率は76%であった。

表3の結果から、自然現象をイメージできる知識・理論化に結びつけた表現をしている、すなわち思考的な実感をしている子どもは62%である。また、体験的な実感をしている子どもは34%である。実感の質的な違いはあるものの、すべての子どもは何らかの形で実感していると判断してよいだろう。

このことから、自然界の水の変化に関するモデルを

表2 空気中の水蒸気に関する理解

	A小学校	本実践校
正答	9	21
一部正答	12	4
誤答	14	4

表3 実感の類型化と子どもの記述例

	実感の類型化	子どもの記述例	人数
A	思想的な実感：自然事象をイメージできる知識・理論化に結びつく表現	・湯や水が蒸発すると雲になったり雪が降ったりすることが「なるほどなあ」と思った。	18
B	体験的な実感：自然事象に対し五感で体験したことを用いた表現	・水滴がついたので「なるほど」「そうだったのか」と思った。	10
C	情緒的な実感：自然への感動や興味・関心としての表現	・ドライアイスに冷やされ、霜になっていたことがとてもびっくりした。	1

表4 自然界の水の変化との関係づけの判定例

児童名	実験中に考えていたこと	判定
S. M	水の姿は、ミニ地球と同じなのか。ドライアイスになんで雪（霜）がついているのか。自然界では、どうなっているのだろう。ミニ地球とデカ地球は違いがあるか。海の水はどんなふうに変えるのか。デカ地球では、どんなふうには水はグルグル回っているのか。自然界の水もグルグル回っているんだなあ。	A
M. S	デカ地球でどのように上空で冷やされて、どのように水滴ができるかを考えていました。どのように水が変身するかを考えていました。たらいの中のお湯が蒸発してどこにくかを考えていました。	B

使った学習は、子どもたちが空気中に存在する水蒸気と自然界の水の変化とを実感を伴って関係づけるのに有効な学習であると考えられる。

(3) 空気中の水蒸気と自然界の水の変化との関係づけについて

ここでは、簡易ビニールハウスモデルを使った学習について、子どもたちが既習学習である水の三態変化と自然界の水の変化とを関係付けて考えているかを、「水のすがた」の学習終了後に、3(3)で記述した方法により授業中のビデオ映像を視聴させた再生刺激法による調査を実施し、その結果を分析し検討した。

具体的には、S, Mさん(表4)のように、「ドライアイスになんで雪(霜)がついているのか。自然界では、どうなっているのだろう」と、簡易ビニールハウスモデルで観察した内容と自然界の水の変化とを関係付けて考えている明確な表現の記述をAとして読み取った。また、M, S君(表4)のように、簡易ビニールハウスモデルで水の変化に着目して観察実験を行っているが自然界の水の変化と関係づけた記述のないものをBとして読み取った。このようにして読み取った結果を整理したものが、表5である。なお、記述内容の読み取りに際し、加藤と二階堂が別々に読み取り、不一致内容については協議をして判定した。2人の評定一致率は97%であった。

表5 自然界の水の変化との関係づけ

	判断基準	人数
A	自然界の水の変化と関係づけて考えている	22
B	自然界の水の変化と関係づけて考えるまでにはいたっていない	7

表5の結果から、簡易ビニールハウスモデルを使った学習において、自然界の水の変化と既習学習とを関係づけて考えている子どもが76%であった。直接確率計算の結果、水の三態変化と自然界の水の変化とを関係づけて考えている子どもの方が関係づけて考えていない子どもより有意であった($p=.0081$, 両側検定)。

したがって、簡易ビニールハウスモデルを使った学習は、子どもたちにとって自然界での川や海から水蒸気が蒸発することや空気中の水蒸気が上空で冷やされて雲になり、やがて雨となって地上に降ってくるという水の変化と水の三態変化とを関係づけて考えやすいといえるだろう。

(4) 自然界の水の変化に関する理解について

ここでは、「水のすがた」の学習終了後に、3(4)で記述した描画法により、自然界の水の変化に関する理解



図7 Aの子どもの事例

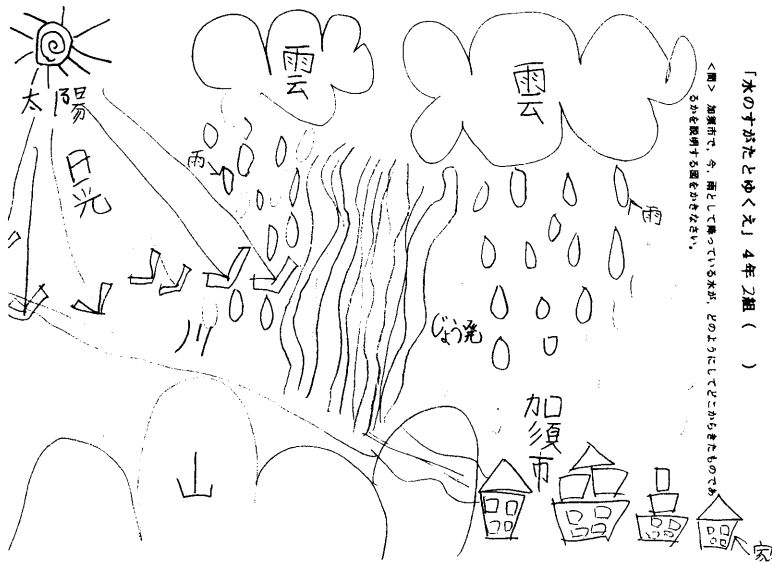


図8 Bの子どもの事例

について調査した結果を分析した。

描画法で描かれた内容を判断する基準については、TIMSS (国立教育研究所, 1996) の①水の蒸発, ②水が水蒸気や雲として他の場所に移動する, ③他の場所での降雨という三つの要素を含んでいるかどうかという採点基準を参考にして, 以下のような判断基準を作成した。すなわち, 水の蒸発・水が水蒸気となる・他

の場所での降雨として自然界の水の変化を説明している内容の図を A (図7), 水の蒸発・他の場所での降雨として自然界の水の変化を説明している内容の図を B (図8) と判断した。このような基準で子どもの描いた図を読み取って整理したものが表6である。

表6の結果から, 自然界の水の変化に関して正しく理解している子どもは52%である。そして, Bの部分

表6 自然界の水の変化に関する理解

	判断基準	人数
A	水蒸気を意識して自然界の水の変化について説明している	15
B	自然界の水の変化について説明している	14

正答している子どもを加えると100%であった。このことは、TIMSS（国立教育研究所1996）の中学1年生を対象とした結果において、部分正答を含めておよそ6割の正答率であることと比べても、本実践は自然界の水の変化を子どもたちに理解するのに無理のない指導であると考えられる。ただし、TIMSSの調査は、調査時期や調査学年が違うので単純に比較できないことを付け加えておく。

本実践では、空気中の水蒸気の実在についての理解を促進するために、自然界の水の変化に関する内容を扱った学習指導を行ったが、この内容は現行学習指導要領では中学校との重複があり、指導が高度になりがちなので中学校へ移行統合されたものである（文部省、1999）。しかし、本実践のように自然界の水の変化に関するモデルを使った学習を行えば、小学校4年生の子どもでも自然界の水の変化を理解させやすいといえるだろう。

7. おわりに

本研究では空気中の水蒸気の実在についての理解を深めるために、自然界の水の変化に関するモデルを使った学習を子どもたちに行かせたときの学習効果を検討してきた。その結果、以下のような知見を得ることができた。

自然界の水の変化に関する水槽モデルや簡易ビニールハウスモデルを使った学習は、

- ①子どもに空気中での水蒸気の実在の理解を深めるのに有効である。
- ②子どもに空気中の水の変化と自然界の水の変化とを関係づけて考えさせやすい。
- ③子どもに自然界の水の変化を実感させやすく、小学校4年生の子どもでも自然界の水の変化を十分に理解させやすい。

しかしながら、本研究では、水槽モデルや簡易ビニールハウスモデルを使った学習と教科書どおり（三浦ほか、2002）の学習との比較が必ずしも十分である

とはいえ、今後の課題としたい。

謝辞 本実践は、加須市立加須南小学校が平成15・16年度文部科学省科学技術・理科教育推進モデル事業（「理科大好きスクール」事業）の埼玉県教育委員会指定校の研究委嘱として取り組んできたものである。貴重な実践を快く引く受けていただいた吉澤達夫校長先生に深く感謝申し上げる。また、統計処理は、上越教育大学の田中敏教授のJava Script-STARを使用させていただいたので、ここに衷心より感謝申し上げます。

引用文献

- 日置光久(2000): 小学校新理科授業の基本用語辞典. 明治図書, 東京, 48p.
- 石井恭子(2003): 実験と自分への問い直しを繰り返し, わからぬを追究する—4年「水の三態」から—。理科の教育, 52, 163-165.
- 国立教育研究所(1996): 小・中学生の算数・数学, 理科の成績. 東洋館出版社, 東京, 144-150.
- 松浦典文・遠西昭寿(1987): 水の沸騰・蒸発・結露に関する子どもの認知. 日本理科教育学会研究紀要, 27(3), 1-10.
- 三浦 登ほか(2002): 新しい理科4年下, 東京書籍, 東京, 28-39.
- 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, 7p.
- 茂庭隆彦・照井一明(2004): 地殻変動を実感させる学習展開と地質教材の開発. 日本地学教育学会第58回全国大会岡山大会講演予稿集, 52-53.
- 中山 迅(2005): モデルの対応関係の明確化と表現の大切さ. 理科の教育, 54, 122-123.
- 二階堂朝光(2001): 水の変化「空気中の水の変化」. 理科好きにする小学校理科授業実践中学年編, 日置光久編著, 明治図書, 東京, 111-115.
- Osborne, R. J. and Cosgrove, M. M. (1983): Children's Conceptions of the Changes of State of Water. *J. Res. in Sci. Teach.*, 20, 825-838.
- 清水隆一郎(2002): 子どもが科学的な目を拓く理科学習—B区分C区分を関連させた「水のゆくえとすがた」の指導を通して—. 理科の教育, 51, 118-122.
- 遠西昭寿(2005): 科学的思考とは科学の文脈において科学の「ことば」で自らに語ること. 理科の教育, 54, 436-439.
- White, R. and Gunstone, R. (1992): Probing Understanding. 子どもの学びを探る(中山 迅・稲垣成哲監訳, 1995), 東洋館出版社, 東京, 127-136.
- 吉崎静夫・渡辺和志(1992): 授業における子どもの認知過程, 再生刺激法による子どもの自己報告をもとにして. 日本教育工学雑誌, 16(1), 23-39.

加藤尚裕・二階堂朝光・泉田充以：自然界の水の変化に関するモデルを使った学習—簡易ビニールハウスを使った事例を通して— 地学教育 59 巻 1 号, 15-24, 2006

〔キーワード〕 モデル実験, 簡易ビニールハウス, 自然界の水の変化, 水の三態変化, 小学校

〔要旨〕 子どもたちが空気中の水蒸気の状態の理解を深めるために, 自然界の水の変化に関して, 水槽モデルと簡易ビニールハウスモデルを使った学習を行い, その指導方法の有効性を検討した. その結果, この学習は, 子どもに空気中での水蒸気の状態の理解を深めるのに効果的であり, 水の三態変化と自然界の水の変化とを関係づけて考えさせやすいことが分かった.

Takahiro KATO, Tomomitsu NIKAIDO and Mitsui SENDA: A Practical Study of a Model Experiment Examining Changes of Water State—Using a Simple Greenhouse— *Educat. Earth Sci.*, 59(1), 15-24, 2006

都会を流れる河川を用いた地学体験活動

Geological Field Activities Utilizing an Urban Stream Setting

馬場勝良*

Katsuyoshi BABA

Abstract: Rich teaching materials for geological field activities can be found in and around urban streams, and such streams should be actively used to teach urban geology concepts. Streams in urban settings often exhibit evidence of human modification; as one example, terraces have been created in some streams as a result of human activities. This paper presents a teaching program of geological field activities for elementary school students, utilizing the Furukawa Creek, in urban Tokyo, and also presents some practical results of the program. In the course of the program, students study the relationships between the stream's sedimentary deposits and its basement, meandering stream deposits, and stream power.

Key words: stream, field activity, stream deposit, Furukawa Creek, field observation, Tokyo

1. はじめに

火山の噴火や集中豪雨による洪水、地球温暖化などによるといわれている地球環境の変化を身近に感じられる現在、自然科学のうち、とくに地学を通して自然とそのしくみを学ぶことの重要性は高まっている。こうしたなか、野外学習や体験学習の重要性が指摘されているが、その実施には適地がないとか、指導者が少ないなどいくつかの問題がある。

以前は汚れたままとなっていた都市部の河川が見直され、水質の向上や水量の回復がなされている。都市を流れる中小河川は、護岸工事など人工改変が進んでいて全くの自然とはいえない状態ではあるが、詳しい観察・調査によって、体験活動に利用できる素材を見つけることができる。

ここでは、東京都港区を流れる古川の観察調査を行い、その結果を用いた地学体験活動について述べる。

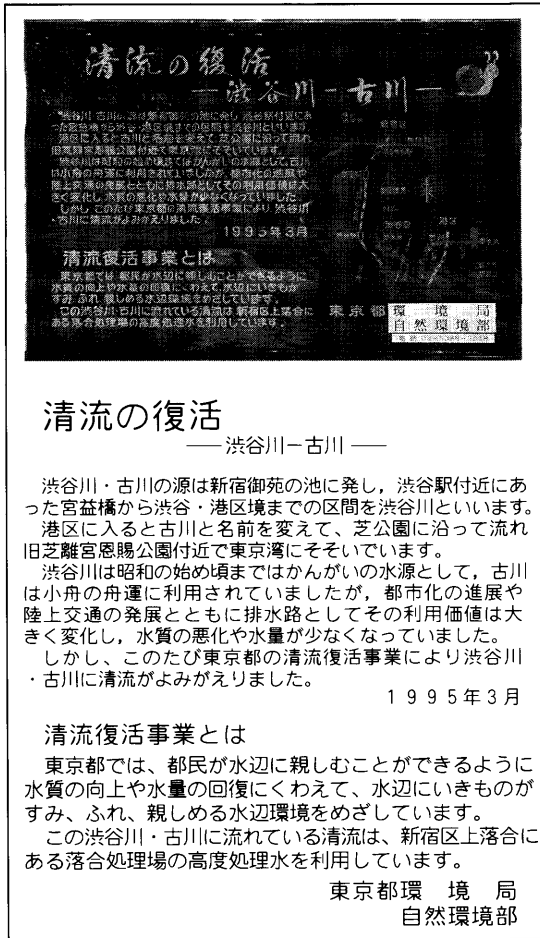
2. 体験活動

近年、パソコンやビデオなどによる間接体験のでき

る機器が発達し、直接体験をしないで済むような錯覚に陥ることがある。しかし、間接体験とともに直接体験をも経験しておくことが重要である。以前は普通の生活の中にさまざまな体験が経験でき、わざわざ体験させることもなかった。しかし、生活の便利さが増すと同時に、体験すべき内容がどんどん減少してしまった。そのため、学校教育の中でも野外の体験活動を実施することが求められており、とくに地学に関する分野では重要である。

3. 河川を見直そう

日本は主食である米を作るため水田が多く、河川とのかかわりが深い。また、船を輸送手段としていた時代には、川は大切にされてきた。しかし、高度成長期には、河川は急激な都市化の中で都合のよい場所として、さまざまな施設を収容する空間に利用されてきた。河川は公共用地であるため、小さな川は暗渠としてその上の土地が利用されてきた。さらに、高速道路などを川の上に乗ることによって、日の当たらない河川の魅力も感じない川に変化させてしまった。



清流の復活
—渋谷川—古川—

渋谷川・古川の源は新宿御苑の池に発し、渋谷駅付近にあった宮益橋から渋谷・港区境までの区間を渋谷川といいます。港区に入ると古川と名前を変えて、芝公園に沿って流れ旧芝離宮恩賜公園付近で東京湾にそそいでいます。

渋谷川は昭和の始め頃まではかんがいの水源として、古川は小舟の舟運に利用されていましたが、都市化の進展や陸上交通の発展とともに排水路としてその利用価値は大きく変化し、水質の悪化や水量が少なくなっていました。しかし、このたび東京都の清流復活事業により渋谷川・古川に清流がよみがえりました。

1995年3月

清流復活事業とは

東京都では、都民が水辺に親しむことができるように水質の向上や水量の回復にくわえて、水辺にいきものがすみ、ふれ、親しめる水辺環境をめざしています。

この渋谷川・古川に流れている清流は、新宿区上落合にある落合処理場の高度処理水を利用してしています。

東京都環境局
自然環境部

図1 東京都港区白金の白金公園にある「清流の復活」の碑とその内容

川や水辺は、かつて豊かな自然のある場所であったが、護岸改修が進んだことにより、とくに都心部では落ち着いた川の風景が失われてきた。しかし、近年、人を水辺に呼び戻し、川の風景を取り戻そうとする試みが各地で始められている(図1)。健全な水循環の回復があれば、都市河川は地学を含めたさまざまな分野の体験活動を実施できる絶好の場となるはずである。

(1) 川の自然と子どもたち

子どもたちは川があり水があればすぐに中に入って、水とともにそこで生きている魚や虫などの生き物に興味を持つ。川があれば人々はその中に生息している魚に興味を持ち、釣りをすることによって川の流れ方、瀬や淵の存在にも気づく。河原の石ころは子どもたちの絶好の遊び相手となり、それを拾って形や色の



図2 東京都八王子市市栢田町の湯殿川右岸にある親水テラス

違いに興味を持つ。また石や砂を積んで水をせき止めたりすることで、流水の動きを体験することができる。川は大人が何も指示なくとも、子どもたちが主体的に体験活動を始めるすばらしい場所とすることができる。河川にはとくに体で感じることでできる実物があるので、安全性を確保できればその教育的効果は大きいと期待できる。

(2) 親水性の高い空間

身近にきれいな流れの川が存在しても、近寄れないような柵があったり、水面までの距離が遠く離れているような所は体験活動の場所として適さない。子どもたちが主体的に活動できる体験活動となるには、なるべく水に近い場所から川を観察できることが必要である。都市部の川は安全性の面から、水面に近づけないような構造になっていることが多かった。しかし、最近では河川の再開発に関して、親水性の高い整備計画がたてられ実施されている。川岸の一部を階段状にし、水辺近くまで下りていけるようにしたもので、このようなものを親水テラスと呼んでいる。身近に水面近くまで下りていけ、より近くから川の観察が行える。場所によっては、そのまま水に入れるところもある。図2は八王子市を流れる湯殿川に作られた親水テラスの一つで、休日には親子連れで水に親しんでいる風景がよく見られる。

(3) 都会を流れる河川

郊外を流れる大きな河川での地質野外実習については、多くの人たちの報告がある(たとえば、松川ほか、1991)。

都会を流れる河川を用いて、地学体験学習が計画・実施できれば、次のような利点がある。

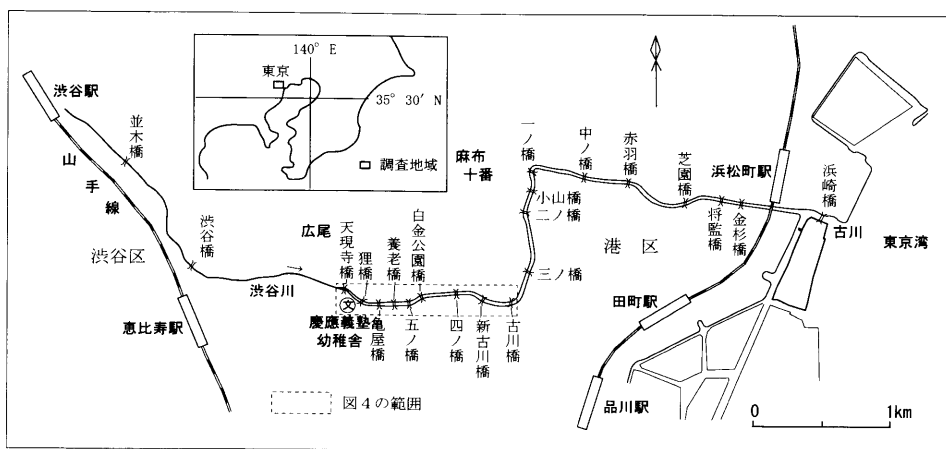


図3 東京都渋谷区・港区を流れる渋谷川・古川と橋の位置

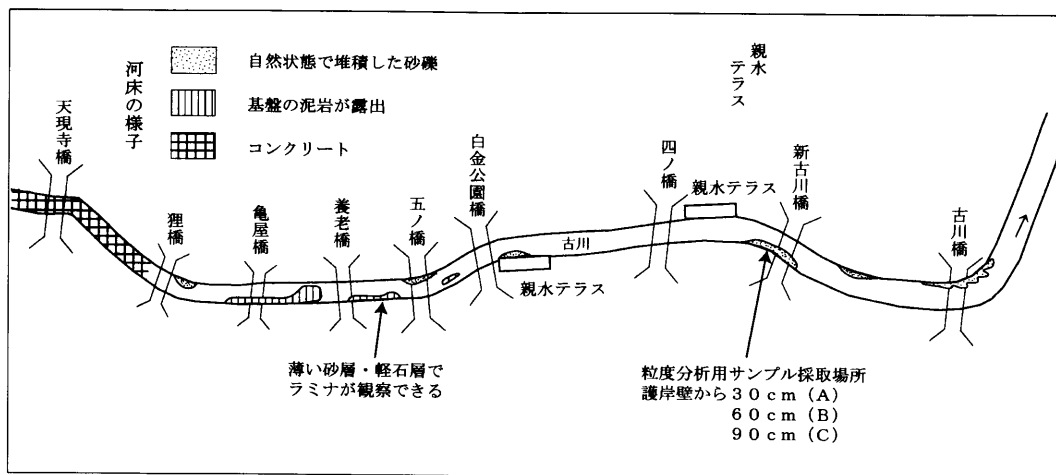


図4 東京都港区を流れる古川の河床の様子（天現寺橋～古川橋間）

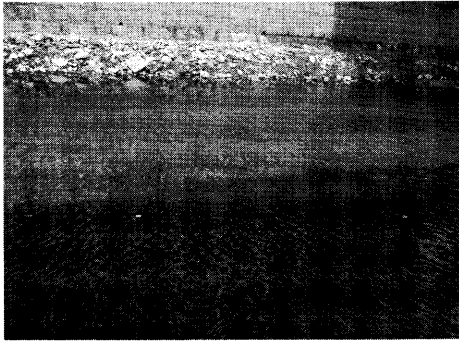
1. 交通の便が良い。歩いていける程度の範囲にあれば、気軽に何度でもいくことができる。
2. 川沿いに歩道のあることが多い。車道から隔離された歩道があり、安全に連続して川を観察できる。
3. 橋の上から観察ができる。多くの橋が、比較的狭い間隔であり、川の流れの方向からも観察できる。
4. 公園やトイレが近くにある。川の近くには公園やトイレ、水飲み場がある。これらは、児童・生徒の集合・まとめ学習に適した場所として利用できる。安全に児童・生徒を引率できる。
5. 親水テラスがあり、観察に適する。川を間近に観察でき、堆積物の様子、露出している地層など

の観察がしやすい。

6. 詳細な地図がある。詳しい地図があるので、観察者は自分が今どこにいるのか地図上での位置を特定しやすく、観察事項をメモするときに便利である。

4. 体験活動地の例—古川

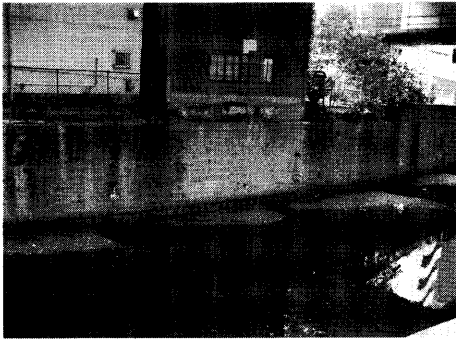
東京都南部、渋谷区から港区を通して東京湾に注ぐ2級河川に渋谷川・古川がある(図3)。この川の源流部は、新宿区の新宿御苑内にあるといわれているが、渋谷駅より上流部は暗渠になっており、水の流れは観察できない。渋谷区内の宮益橋から天現寺橋までの2.6 kmが渋谷川で、港区内の天現寺橋から河口までの4.4 kmが古川と呼ばれている。この川は都民が水



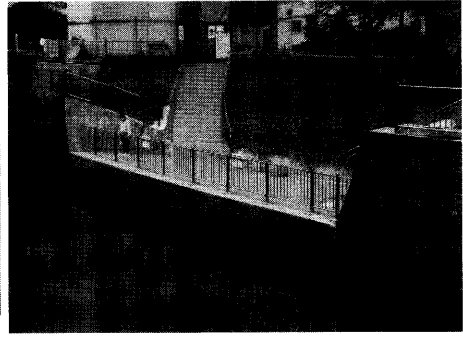
A 亀屋橋上流に露出する基盤の泥岩



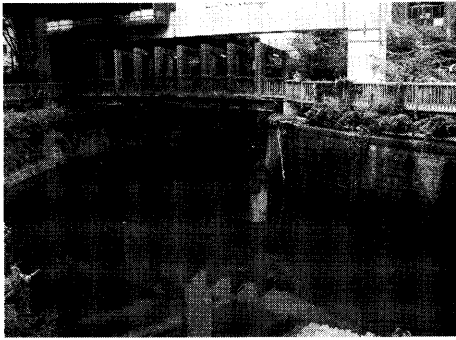
B 古川橋下流の砂礫の堆積



C 三ノ橋下流の砂礫の堆積



D 小山橋横の新広尾親水テラス



E 一ノ橋付近



F 金杉橋付近

図5 東京都港区を流れる古川の様子

辺に親しむことができるよう、「清流の復活事業」が東京都によって進められている(図1)。

(1) 古川の地学的素材

天現寺橋より上流部の渋谷川に相当する部分は、護岸・川底ともすべてコンクリートで固められており、砂礫の堆積などもほとんど見られないため地学的な素材としては利用しにくい。しかし、天現寺橋から下流の一ノ橋にかけての古川は、川底が比較的自然状態に

近く、河床に砂礫の堆積が見られるので、川の屈曲と砂礫の堆積には関係があることが観察から推理できる場所である。さらに、一部基盤岩の露出したところが観察できる(図4)。

古川ではほとんどの区間で、首都高速道路4号線より河川の上空を覆われている。

[天現寺橋付近]

天現寺橋から下流100mまでは、渋谷川と同じく

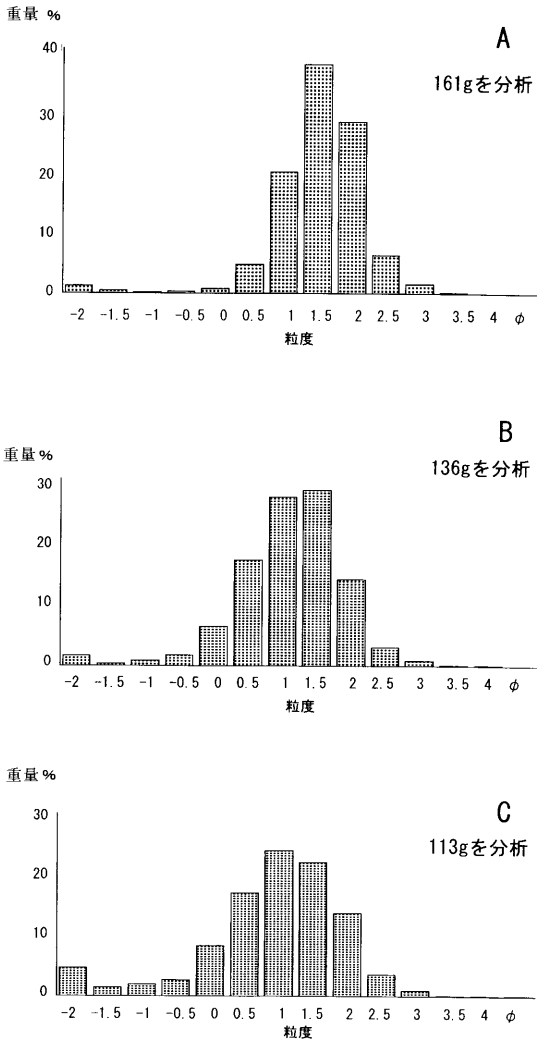


図6 東京都港区を流れる古川河床に分布する砂の粒度分析(新古川橋下)
A: 護岸壁から30 cm, B: 60 cm, C: 90 cm

コンクリートの三面張りである。天現寺橋の下は少々広い池のようになっており、そこにはコイなどの魚が見られる。カルガモやコサギもしばしば見られ、橋の上から川を観察している人が多い。

右岸には慶應義塾幼稚舎があるが、その古川沿いに建てられた創立百周年記念棟建設時のボーリング資料によると、地下8 mまでが沖積層に相当する未固結の砂礫や粘土で、その下1 mは固結した泥岩であった。1995年の天現寺橋の工事中にも固結した泥岩が橋の下に露出していた。また、狸橋の南に位置する慶應義

塾幼稚舎新体育館の建設工事のとき、地下8 mより掘り出された固結泥岩よりウバガイなどの貝化石が産出した。これらの基盤を造っている泥岩は、多摩丘陵に露出する上総層群の連続であると考えている(馬場, 1990)。

[狸橋～古川橋]

狸橋から下流の古川橋まで、古川はほぼ東西に流れ、亀屋橋、養老橋、五ノ橋、白金公園橋、四ノ橋、新古川橋、および古川橋と、80～200 m おきに橋があり、川の様子を観察することができる。水面まではおよそ6 m ほどである。川の左岸側には高速道路がかぶり、やや暗い感じの川となる。

天現寺橋下流の狸橋付近より下流は、川底はコンクリートで固められていない。川底には砂や礫の堆積が見られ、狸橋から五ノ橋にかけては、基盤の上総層群の泥岩が川底の一部に露出している(図5-A)。とくに養老橋と五ノ橋の間では泥岩が広く露出し、挟まれる砂や軽石層で水平なラミナが橋の上から観察できる。五ノ橋より下流では、砂礫の堆積が厚く、基盤の泥岩は露出しない。

新古川橋と四ノ橋の間には左岸側に広い親水テラスが設置され、水面上2 m ほどまで川に近づける。しかし、上に高速道路があるため、常に暗く、川を観察するような人は少ない。また、白金公園橋の下流右岸にも親水テラスが新設されている。川底には砂や礫があるが、人工物の混ざった堆積物である。しかし、それでも、大雨の後は、礫や砂がきれいに分かれて堆積している。わずかなカーブの内側にはカーブの外側と違って砂礫の堆積が見られる。

古川橋や新古川橋付近では、古川のカーブの内側には大雨の後に必ず砂礫が厚く広く堆積している。2002年9月の観察では、砂礫の堆積は、カーブの内側では舌状の砂堆で、およそ8～12 m おきに配列する。一つの舌状の砂堆は上流側から下流側に向かって緩やかに高まり、およそ30°の短い急斜面となって終わる。

砂堆は、護岸壁から川に向かって1 m ほどは砂が堆積し、それより川にかけては砂礫が堆積していた(図5-B)。新古川橋下の古川右岸にできた砂堆の表層部3カ所から砂を採取し、粒度分析を行った。護岸壁から川に向かって30 cm 離れた所(A)、同じく60 cm (B)、90 cm (C)の3カ所である。結果は護岸壁から遠いCが一番平均粒径が大きく、護岸壁に近いAはより細粒となっていることが分かる

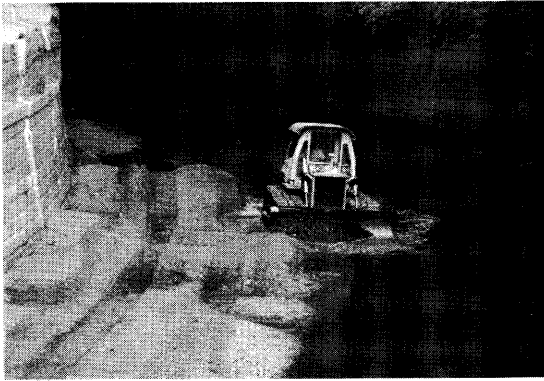


図7 川のカーブの内側に堆積した砂礫をブルドーザーでならず作業（古川橋下流）

(図7).

〔古川橋～一ノ橋〕

古川の流れは古川橋から下流では北方に直角に近く曲がり、下流の一ノ橋まではほぼ南北に流れる。三ノ橋、二ノ橋、小山橋、一ノ橋とおおよそ120～400mおきに橋がある。やはり川の上には高速道路があり、暗い感じの川となっている。上流部よりは幾分細かい礫や砂の堆積が見られ、わずかなカーブでもその内側には砂礫が堆積している（図5-C）。

古川は古川橋までは潮の干満の影響を明らかに受けている。古川橋では、満潮の時には干潮に比べて水面が80cmほど上昇し、川の水が緩やかに逆流していることが観察できるが、堆積している砂礫を移動させるほどの流れではない。

港区麻布十番にある小山橋上流の古川左岸には、新広尾公園と名づけられた親水テラスがある（図5D）。海拔6mの公園敷地から階段を下りたテラス面は海拔2.6mで、満潮時の水位2.1mよりわずかに高くなっている。ちなみに、干潮時の水位は0mである。高水位としては、4.55mを想定しており、このときにはテラス面は水没する。

〔一ノ橋～東京湾〕

一ノ橋（図6-E）から下流の古川はまた東に流れをとり、中ノ橋、赤羽橋、芝園橋、将監橋、金杉橋を過ぎ、浜崎橋を経て東京湾へ注いでいる。金杉橋付近からは川の兩岸に小舟の繫留が目立ち、海が近いことを感じさせる（図5-F）。一ノ橋より下流の古川は水深が増し、川底はほとんど見えず、礫や砂の堆積している様子も観察できない。現在のところ地質学的な観察のための素材としての価値が見いだせない。

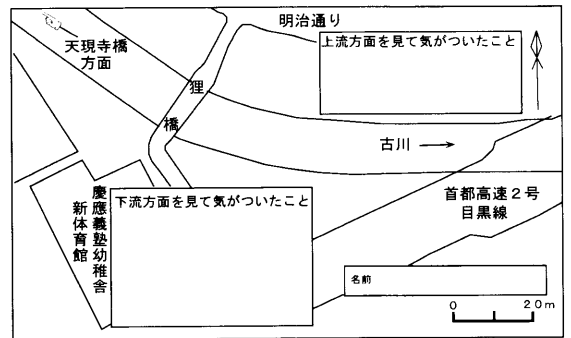


図8 東京都港区を流れる古川を用いた地学体験活動のワークシート例

(2) 人工河川である古川の注意すべき点

人が住む地域を流れる河川には、ダムや堰、護岸工事など多かれ少なかれ人の手が加わっているが、こゝでも浸食、運搬、堆積といった川の働きが見られる。

古川を用いて野外活動を計画する時にはいくつかの考慮すべきことがある。

天現寺橋より上流では、両岸・河床ともコンクリートによる3面張りなので、浸食による砂礫の供給は期待できない。天現寺橋より下流には河床に多くの砂礫が堆積しているが、自然状態のままでは大雨のたびに次々と下流に向かって浸食・運搬・堆積を繰り返している。このままでは、河床に岩盤が露出し、さらには河床の浸食が促進されることになる。現に、狸橋から五ノ橋にかけては、大雨の直後には堆積していた砂礫が浸食・運搬されて、河床一面に基盤の泥岩が露出し、浸食された結果とみる事ができる。

このような砂礫の消失を防ぐため、年に数回川の中にブルドーザーを入れ、堆積している砂礫を川の兩岸に寄せながら、上流へ戻す作業が行われている。したがって、ブルドーザーが入った直後の砂礫の堆積状況は、川の働きによるものではなく、全く不自然な状態である（図7）。

5. 古川を用いた地学体験活動の実践例

平成14年10月8日に、慶應義塾幼稚舎理科部の5年生4名、6年生2名の計6名がクラブ活動として古川の観察に出かけた。大雨後の古川には、流水による砂礫の堆積が顕著に見られ、川のカーブの内側に広く砂礫が堆積していることは橋の上からも明らかに観察することができる。そこで、橋を中心とした地図からなるワークシートを作成した（図8）。橋の上から川を

表1 東京都港区を流れる古川を用いた地学体験活動で児童が気づいた事柄

分類	内 容	件数
河川	カーブの内側が浅く、反対側が深い	14
	両はじが浅く真ん中が深い	1
	深さが一定である	1
	流れがゆるやか	1
堆積物	岸から川に向かって砂から礫に変わる	2
	一定の大きさの石がそろう	4
	カーブの内側に砂がたまる	8
	砂の堆積していないところがある	8
	川岸のへりに大きな石がある	9
環境	地層が露出している	7
	ゴミが多い	13
	ゴミがない	1
	水がきれい	5
	川が汚い	1
生物	何か排水が流れ込む	1
	カモ、コサギ、コイなどがいる	20

観察し、地図上に川の堆積物の様子などをスケッチさせ、気がついたことを自由にメモをとらせた。また、直接堆積物に触れることはできないため、砂か礫か、あるいは基盤の泥岩なのかは判定に戸惑うことを想定して、はじめに指導者がこれらの区別を教えた。

観察地点として、狸橋、亀屋橋、養老橋、五ノ橋、および白金公園橋の五つの橋を選び、すべての地点で観察させた。なお、白金公園橋では時間がなく、観察ただけでメモはとれなかった。とくに観察目標は示さなかったため、メモは地質学的なものだけに限らず、生物や川の環境に関するものもある。

[結果と考察]

6人の児童が記入した各4枚のワークシート合計24枚の記録を基に、どのようなことに気がついているかをまとめた。ワークシートに書かれた内容を河川、堆積、環境、および生物の五つに大きく分け、その中をさらに内容によっていくつかのグループ分けをした。それぞれにあてはまる記述を数えて件数として表した(表1)。児童が何をみてどう考えたかということについて考察する。

① 川の堆積物と基盤の違い

「カーブの内側に砂礫がたまる」などの記述が多く見られ、川の堆積物であることはすぐに理解できたと考えられる。基盤との違いについては、「地層が出ている、すじのある地層が見える」など、7件の記述があるが、これらははじめは関心がなかったものを、指導者が説明を加えて気づかせたものである。また、川の両岸には以前にブルドーザーで寄せたと考えられる大

きなコンクリートブロックなどの石が多数あり、これを記述したものが9件あった。この大きな石は、この河川での流れで移動することではなく、河川両壁の護岸下部を浸食から保護する役目をしている。児童には人工的に石を寄せたものであることを指導者が説明した。

② 川のカーブの内側に堆積物がある。

「川のカーブの内側に砂がたまる」という8件の記述がある。さらに川の水深に関して、「カーブの内側が浅く、外側が深い」ことには14件の記述があるので、このことを理解させるには、有効な観察地点と考えられる。また、6年生児童の感想には「4年生の時に学習した川とまったく同じだ」という感想が書かれていた。古川のような人工河川でも砂礫の堆積があれば、地学体験学習に役立つと考えられる。

③ 堆積物と水の流れの関係を推理できる

川のカーブの外側は流れが速いので砂礫は堆積せず、内側は流れが遅いので砂礫を堆積させるというような記述があることを期待していたが、堆積物を水の流れの関係について記述したものは1件もなかった。今回は水の流れが穏やかな日に観察を行ったので、カーブの内と外の水流の違いが肉眼では認められなかった。もう少し水の流れがあるときに行うか、大雨の時の川の観察と比較すれば、より分かりやすい結果が得られると考えられる。また、今回は行わなかったが、砂礫の堆積状態から水流の強さを類推させることもできると考えられる。

このほか、堆積物が川岸から川の中央に向かって砂から礫に変化していることに気づいた児童が1名いた。このような観察から、川の護岸よりと中央では水の流れる速さが違うことを推理させる素材にできるのではないかと考えられる。

川にはコサギやカモが多く、それら生き物に関する記述が20件と一番多かった。また、ゴミが捨てられて汚いという記述が13件もある一方で、水が意外にきれいであったという記述が5件あった。ゴミを捨てなければ、古川はきれいな川であることが分かる。

6. ま と め

河川とその周辺には地学体験学習を行う上での素材が豊富に含まれている。より自然が豊かな所に出かける努力をおこたってはいけないが、地学の体験学習には身近にある河川環境をもっと積極的に利用すべきで

はないだろうか。

最近、都市を流れる河川の改修が進み、親水テラスを設けるなど、以前よりも親しみやすい河川となっている。まだまだ水がきたない、ゴミが多いなどの問題は残されているが、現在の河川をよく観察し、調査することで、地学体験学習に適した素材が見つかるのではないかと考えている。

一例として、都心を流れる小さな川を観察した結果を示し、河川を用いた地学体験学習の可能性について述べた。

謝 辞 古川の野外実習にご協力いただいた慶應義塾幼稚舎教諭 高梨賢英博士に感謝する。

引用文献

- 馬場勝良(1990): 関東地方南部, 上総層群の貝化石群. 慶應幼稚舎, 445p.
 松川正樹・馬場勝良・藤井英一・宮下 治・相場博明・坪内秀樹(1991)多摩川中流 域に分布する上総層群の古環境解析とそれに基づく地質野外実習教材の開発. 多摩川環境調査助成集, Vol. 13, 270p.

馬場勝良: 都会を流れる河川を用いた地学体験活動 地学教育 59 巻 1 号, 25-32, 2006

〔キーワード〕 河川・体験活動・堆積物・古川・野外観察・東京

〔要旨〕 河川とその周辺には地学体験活動を行う上での素材が豊富に含まれている。地学の体験活動には身近にある河川環境をもっと積極的に利用すべきである。最近、都市を流れる河川の改修が進み、親水テラスを設けるなど、以前より親しみやすい河川となっている。これらの河川をよく観察・調査することで、地学体験活動に適した素材を見つけることができる。

東京都港区を流れる古川を観察・調査し、その結果をもとに作成したワークシートを用いて、小学生を対称とした実践を行った。地学体験活動に利用できる内容として、川の堆積物と基盤の違い、川の曲がりと堆積物の関係、水流と堆積物の関係が挙げられる。

Katsuyoshi BABA: Geological Field Activities Utilizing an Urban Stream Setting. *Educ. Earth Sci.*, 59(1), 25-32, 2006

グーグルアース (Google Earth) を利用した地学教育

—小学校5年「流れる水のはたらき」の実践—

相場博明*・真砂佳菜子*

Teaching Concepts of Watershed Development Using
Google Earth Computer

Hiroaki AIBA and Kanako MASAGO

Abstract: The Google Earth computer software, obtained as free software from the internet, is utilized for Earth Science classes in elementary school. A 3D interface of any area of the planet surface can be obtained using this software by zooming in from space to the specific search area and then tracing. A teaching plan for describing the development of Earth's geographical features using the software is proposed, with worksheets for student projects. As a practical result of this teaching plan, fifth grade students were able differentiate the geographical characteristics of a watershed, including headwater, mid- and downstream areas.

Key words: Google Earth, satellite imagery, running water, elementary school

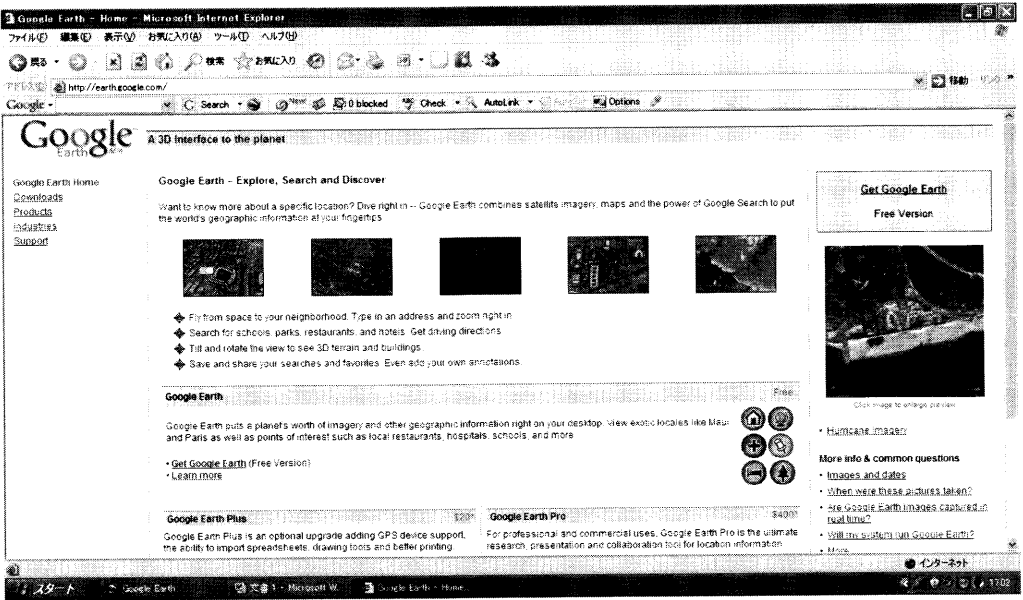
1. はじめに

空中写真や衛星写真は、小・中・高校の教科書の地学関係の部分で多く採り入れられている。そしてそれらを利用した実践例 (例えば藤本, 1982; 林, 1993) もいくつか報告されている。空中写真は国土地理院において、昭和22年から繰り返し撮影された約100万枚に及ぶ膨大なデータがあり、白黒空中写真は2万分の1~2万5千分の1 (都市部の一部は1万分の1)、カラー空中写真は8千分の1, 1万分の1, 1万5千分の1の縮尺のものを入手することができる。また、衛星写真はランドサット画像として、20万分の1, 50万分の1などの縮尺のものを入手できる。これらは、有料で1枚数千円の値段で提供されている。よって従来、空中写真や衛星写真を授業に採り入れて授業をするためには教師または学校が、これらの画像を購入する必要があった。また、一般啓蒙書の中にも、空中写真や衛星写真を掲載したものが多く出版されている (桑原ほか, 2001; 渡辺・鈴木, 1999; 荒牧ほか, 1989;

奥田ほか, 1991)。これらの本には地学教育の教材として活用できる空中写真や衛星写真が豊富に掲載されているが、どの本も高価であり、また著作権の問題からも教材として手軽に利用できるものではなかった。

しかし、インターネットの急激な普及は空中写真や衛星写真を一気に身近なものとした。国土交通省は、2003年3月に国土情報ウェブマッピングシステム (試作版, <http://w3land.mlit.go.jp/WebGIS/>) をネット上に公開した。これにより日本国土の約40万枚の空中写真をだれもが無料で利用できるようになった。さらにアメリカのグーグル社 (Google) は2005年6月28日に衛星写真を表示するソフト (グーグルアース; Google Earth) をインターネット上に公開した。このソフトは全地球の衛星写真画像をだれもが利用できるようにしたものであり、従来の衛星写真のように固定された縮尺ではなく上空から連続的に縮尺を変えたり、一部地域は画像を3D表示にできるなど画期的なソフトであり、地学教育にとってこれから大いに利用できる可能性がある。

A



B



図1 グーグルアースの画面
A: ダウンロード画面 (<http://earth.google.com/>), B: 起動した場合の初期画面

本論では、グーグルアースが地学教育にとってどのように活用できるのかを考察する。そして、具体的な実践例として、小学校5年の「流れる水のはたらき」の単元における河川の学習の実践について報告し、教材としての有効性を検証する。

2. グーグルアースの概略

(1) 入手方法

ソフトはホームページ (<http://earth.google.com/>) から無料でダウンロードできる (図1A)。利用できるOSは現在 (2005年12月時点) のところ、Windows 2000とWindowsXPだけであり、日本語版のものはなく英語版である。ソフトをダウンロードしたあとは、そのソフトを起動させて使うことになる。ただし、そのときにインターネット回線につながれている必要がある。データはストリーミングで順次取り込まれる。詳細表示できる部分は大都市やその周辺部分に限られており今後順次アップデートされる予定である。

(2) 機能

グーグルアースについての機能や使い方についてはすでにインターネット上のwebページ (<http://www.7a.biglobe.ne.jp/~diagraph/column/googleearth/>) などで詳しく紹介されているので、ここでは概略のみにとどめる。

今までの空中写真や衛星写真とグーグルアースの画

像と大きく違う点は、上空からの俯瞰が連続的にできることである。ソフトを起動させるとまず北米の画像が出てくる (図1B)。そこから目的の場所にまるでロケットに乗って地球に降り立つように連続的に近づけるわけである。上空からの高さは画面右下に表示される。画像は詳細表示できる部分とできない部分に分かれている。詳細表示できる部分は他の場所とは若干色調が異なるので、詳細表示できる範囲かどうか判断できる。詳細表示できる部分では地上数百メートルまで近づくことができ、家の一軒一軒、道路上の車までははっきりと確認することができる。最も詳細な写真だと25cmの物体まで識別できる解像度があるという。また、ティルトアップボタンにより、画面を真上からではなく、水平方向の好きな角度から見ることができ、地形などを3D感覚で観察できる。好きなポイントを記憶させて、それを連続的に移動させることができるので、飛行機で上空から自分の好きなルートを飛んでいるような映像が見える。また、画面には緯度経度や標高まで表示される。検索機能もあり、緯度経度や都市名などを入れるとその場所を表示してくれる。画像はjpegとしてそのまま保存することが可能である。また、グーグルアース専用のファイル (kmzファイル) として保存すると、その地点の情報や操作などが記憶される。このファイルは、Web上に張り付けることができ、グーグルアースを持っているものどうし

表1 地学教育におけるグーグルアースを活用できるテーマ例、画像例の () は図2の画像を示す

実習テーマ	内 容	対 象	画 像 例
地質	地層の空間的な広がり 貫入岩体 リシヤット構造 環状構造	小・中 高 高 高	神奈川県城ヶ島 ジンバブエのグレートダイク モーリタニア フレダフォート
地 形	海岸地形 (リアス式海岸、海岸段丘、砂州、砂嘴等) 水河地形 (U字谷、カール、モレーン等)	中・高 中・高	北海道野付崎 (E) ヒマラヤ山脈 (C)
火山	溶岩 成層火山 カルデラ湖、堰き止め湖、火口湖	中・高 中・高 中・高	東京都大島 (A) セント・ヘレンズ山 (B) 摩周湖、中禅寺湖、蔵王御釜
地震	断層 構造線 震源の分布 隆起・沈降	高 高 小・中・高 中・高	サンアンドレアス断層 中央構造線 震源分布図 (F) 三浦半島
河川	隆起・侵食作用 堆積作用 (三角州、デルタ) 水環境・水系図 河川地形 (河岸段丘、扇状地、蛇行等)	小 小・中・高 高 中・高	グランドキャニオン ミシシッピ川、ガンジス川 富士五湖 (D) 北海道石狩川
気 象	雲の発生、雲の種類 風的作用	中・高 中・高	北海道利尻島 (G) 三宅島 (H)
災害・環境問題	洪水により河口から海への土砂の流出 台風カトレーナによる被害 山火事 砂漠化と水利用	小・中 小・中 小・中 中・高	新潟県内野 アメリカ合衆国ルイジアナ州 シベリアの山火事現場 アラル海

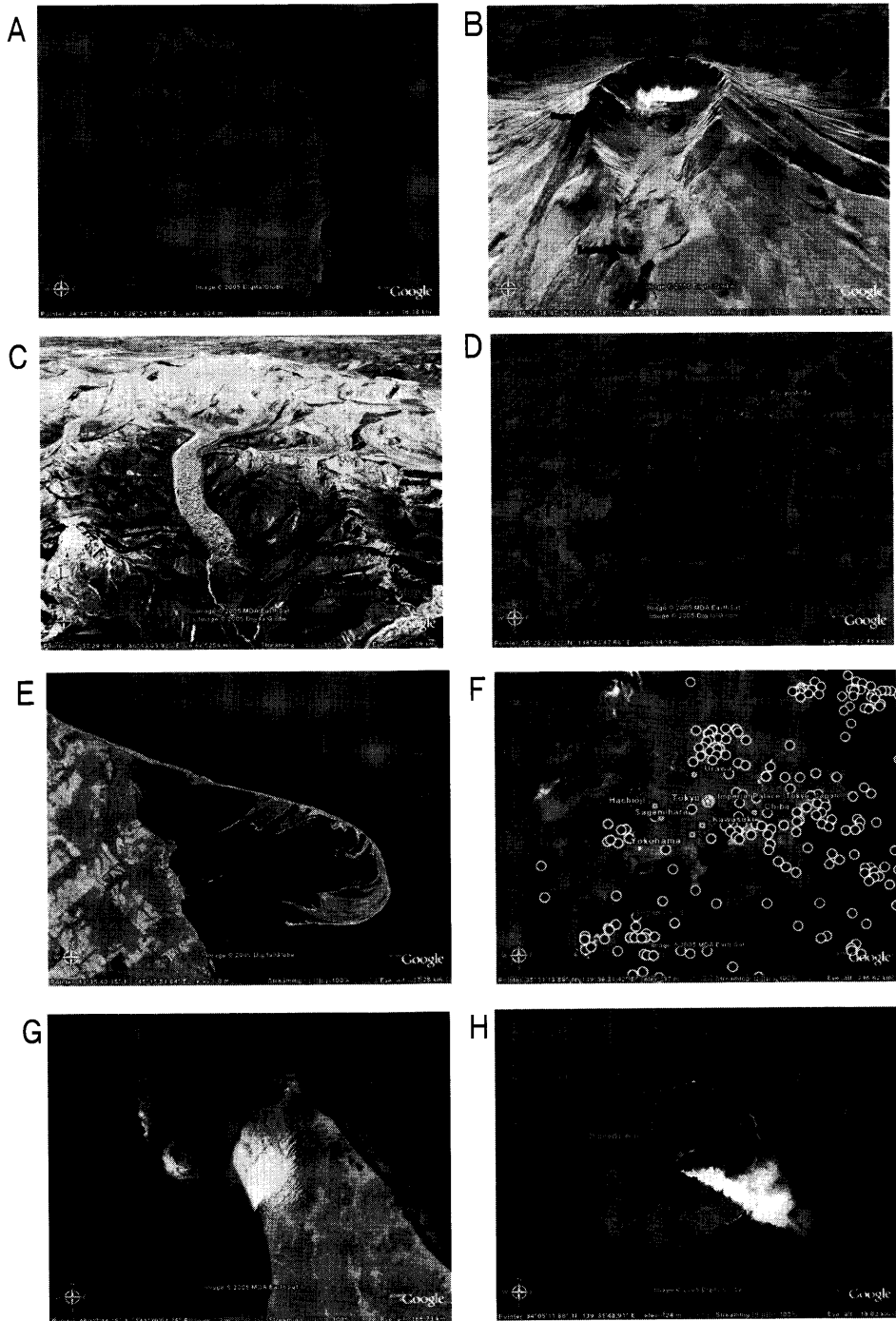


図2 地学教育に活用可能なグーグルアース画像
 A: 東京都大島, B: セント・ヘレンズ山, C: ヒマラヤ山脈, D: 富士五湖, E: 北海道野付崎, F: 震源の分布,
 G: 北海道利尻島, H: 三宅島

で情報を共有することができる。

3. 地学教育への利用の可能性

グーグルアースで見つけた画像はファイルとして保存できるので、その画像を授業に利用できる。教師が児童・生徒に一斉に提示しながらの活用だけでなく、児童・生徒自身に目的の画像を発見させるという方法もある。表1は、地学教育におけるグーグルアースで入手できる衛星写真の利用の可能性についてまとめたものである。

ここではこの図2の8枚の画像を例に、中学・高校でのグーグルアースの活用例を提案する。この8枚の画像は筆者らがグーグルアースから入手したものである。

図2Aは、東京都大島の画像であり、三原山の火口が観察できる。島自体が一つの火山でできており、溶岩の流出を伴った噴火が起きたこと、溶岩が黒っぽいことや傾斜が緩いことからマグマの粘性が弱く、横に広がった形をしていることなどを教材として活用できる。そして、さまざまな火山の画像と比較することにより、生徒は噴火活動や火山被害を考察することができる。

図2Bのセント・ヘレンズ山 (Mount St. Helens) は、アメリカ合衆国ワシントン州カスケード山脈の一部にある活火山である。この部分は解像度が高く、3D画像としてさまざまな方向と角度から地形を見ることができる。火山は成層火山であり、山頂にある大きな火口には、溶岩ドームも観察できる。生徒は、3D画像でこの観察することにより、火山の形態をより深く理解することができる。

グーグルアースは、河川や水河、海水の作用による地形観察にも有効である。

図2Cは、ヒマラヤ山脈内における氷河地形の画像である。この画像は、3Dで表示することで侵食の様子を立体的に観察でき、馬蹄形に大きく削られたカールやU字谷の特徴を観察することができる。下方侵食の激しいV字谷などのような河川的作用による地形の画像と比較することで、固体である氷河が大地を時間をかけて侵食していることを確認することができる。また、画像から氷河堆積物であるモレーンにも着目できる。近年、地球温暖化の影響により、氷河が年々後退している地域も数多く研究されているが、そのような資料を併せて取り上げることで、地球温暖化の影響を生徒に考えさせ、環境問題への学習に発展す

ることも可能である。

グーグルアースは、火山や河川など地形の詳細を観察するのに有効であるが、水系図と地形や地質の関係など、地形を広域でとらえることにより、さらなる活用の可能性が広がる。

図2Dは、富士山および富士五湖周辺の画像である。富士山は、比較的新しい火山であるため、地表を流れる河川が少なく、山における降水の大部分は地下に浸透し、地下水となって移動する。地下水は、富士山の麓において湧水となり、富士五湖を形成する。富士五湖は富士山の噴火による堰き止め湖であるが、地形からもその様子を観察することができる。

図2Eは、北海道野付崎の砂嘴の画像である。生徒は、地形の詳細を観察し、さらに、地形全体や海の様子をとらえることができ、野付崎の砂嘴が海流の影響により形成されたことが理解できる。

グーグルアースは、いくつかのデータが入ったレイヤーを衛星画像上に表示することができる。中学校における地震の単元では、指導者は資料として、赤い点で記された過去に起きた地震の震源分布を生徒に表示することも可能である。図2Fは、関東沿岸部における地震の震源分布図である。それぞれ震源のポイントにはデータが入っており、地震が起きた日時やマグニチュードの値がわかる。地震がどのようなところで起きているのかを地球規模でとらえることにより、特に日本列島付近は、海溝に沿ってプレートが沈み込み、世界的にも地震が起りやすい地域であることを理解することが可能である。また、衛星画像により、断層を観察することができ、地震と断層の関係にも着目できる。生徒は、地質図と断層とを併せて考察することにより、地震の理解も深まると考えられる。

また、気象分野でも以下のような活用の可能性が挙げられる。

中学校の気象分野では、雲を学習する。図2Gは、北海道礼文島・利尻島の画像である。生徒は、白い雲を観察することができ、海からの風により、島の西側に雲が発生していることに気づく。雲の発生メカニズムを考える上で生徒の理解を深める資料となる。

図2Hは、東京都三宅島の画像である。三宅島は、2000年の噴火により噴煙が観測され続けているが、噴煙の向きから風向きについての考察ができる。その際、風向きは高度によって異なることに留意すべきである。

4. 小学校5年「流れる水のはたらき」における実践

(1) 実習の意義

小学校5年の「流れる水のはたらき」の単元において、川のはたらきについて調べるといった内容がある。川の上流や下流のようすの違いや川の内側や外側の様子などを学習する。小学校学習指導要領（文部省，1998）においても川の指導についてはじっさいに野外に出掛けるようにと明記されているが、実際に野外に出掛けることが困難な場合が多い。そこで、この川のはたらきの学習をテレビ会議により実践した例（相場ほか，1999, 2000）やマンガ教材を取り入れて実践した例（柘原・相場，2005）などが報告されている。今回の実践は、グーグルアースから入手した川の下流から上流までの衛星写真を教材として取り入れたものである。グーグルアースを利用すれば1本の川を下流から上流まで連続して提示することができる。川が上流に向かうにつれてしだいに姿を変化させていくようすを視覚的に観察させることが可能であり、児童に川のはたらきについての理解を促すことが期待できる。

(2) 方法

学習は慶應義塾幼稚舎5年生3クラス（K, E, O組）計126名を対象に実施した。実施時期は2005年10月である。単元名「流れる水のはたらき」の学習を終えた後のまとめの授業として各クラス2時間をあてた。授業の形式は教師が理科室の2台のプラズマディスプレイでグーグルアースの画像を示す一斉提示型の授業である。最初の1時間は三つのクラスそれぞれ

関東地方の代表的な河川である利根川（K組）、多摩川（E組）、荒川（O組）（図3）を観察させた。河川をクラスによって変えたのは、提示する河川によって児童の理解に差が生じるかどうかを考察するためである。多摩川と荒川は下流から上流までのほとんどの範囲を詳細画像で示すことができるが、利根川は河口付近と上流が詳細画像でカバーされていない。よって、画像の解像度により児童の理解度が違うのかも考察した。

教師はまず、河口を示しそこから上流に向かってゆっくりと画像を移動させて児童に観察させた。児童は画像を見ながらワークシート（図4）に気づいたことを記入した。下流側は、上空5kmあたりの映像で示し、中流は上空2~2.5kmに、上流は上空1kmにズームアップした。ただし利根川は詳細画像でないもので、ズームアップするとわかりにくくなる。そこで中流、上流になってもズームアップしないで示した。そして、日本の河川を観察したあとに、下流の様子を代表的な例としてインドのガンジス川の河口付近のデルタの画像と、上流の代表的な河川の例としてアメリカのグランドキャニオンの映像を示した。そして次の1時間は、児童はそれぞれが観察した結果を発表し、お互いの情報を交換した。なお、ワークシートは最初の1時間が終了したところで提出させたので、児童は情報交換後にワークシートの内容を変えることはできない。

(3) 実践結果と考察

ワークシートを分析することで、児童がどのくらい画像から情報を得られたかを考察する（表2）。

ア. 下流 画像は河口から上流に向かって連続的に示した。利根川は千葉県銚子付近（図5A）、多摩川は神奈川県川崎付近（図5B）、荒川は東京都新小岩付近（図5C）で静止して観察させた。スケールはどれも上空5kmである。

その結果、どのクラスも約7割の児童が川幅が広いことを指摘できた。上空5kmの高いところからの画像であるということと、周りの建物がかすかに小さく見えたところから、多くの児童から川幅が広いという声が挙がっていた。このことから児童は感覚的に川幅や河川敷の広さを実感できたことがわかる。また、広い河川敷があり、グラウンド、ゴルフ場や公園などとして利用されていることも気づく児童もいた。荒川を観察したO組では26名もの児童が水がきたないと指摘した。グーグルアースで示された河川の水の色は

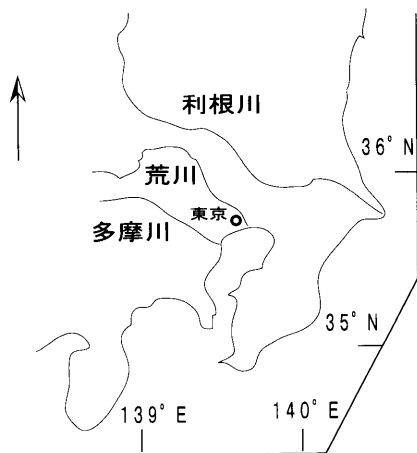


図3 利根川、多摩川、荒川の位置

グーグルアースを見て、「川のはたらき」についてまとめよう

	組		番	氏名	
--	---	--	---	----	--

1. 川の下流（平地を流れる川）についてどんなことに気づいたか。

2. 川の中流（山のふもとを流れる川）についてどんなことに気づいたか。

3. 川の上流（山地を流れる川）についてどんなことに気づいたか。

4. ガンジス川（川の下流）の様子を見てどんなことに気づいたか。

5. グランドキャニオン（川の上流）の様子を見てどんなことに気づいたか。

6. 川のカーブでは外側と内側ではどちらが川原になっていたか。

7. グーグルアースを見た感想を書いて下さい。

図4 ワークシート

そのときの光の関係で変わるので必ずしも汚れを表さないが、荒川の河口付近の色が濃緑色を示しており、そこから児童は汚いと感じたのであろう。また、堤防で囲まれてまっすぐに流れているという人工的な都市型の河川である特徴を指摘した児童もいた。また、利根川や荒川では周りに水路や運河のようなものが多いことに気づいた児童もいた。

イ. 中流

ここでは中流を下流と上流の間の部分とし、とくに利根川では群馬県の沼田市から前橋市付近、多摩川は東京都青梅市から府中市付近、荒川は埼玉県熊谷市か

ら秩父市付近とした。それぞれ、河川が蛇行して、カーブの内側に川原ができているような場所（図5D, E, F）で画像を静止して時間をかけて観察させた。利根川は詳細画像でないのでズームアップできないが、多摩川と荒川はズームアップして示した。

多摩川を観察した約8割の児童と荒川を観察した約7割の児童は、中流は下流と比べて川幅が狭くなってきていることに気づいたが、利根川を観察した児童では約3割しか気づかなかった。これは画像を詳細に示すことができなかつた点と、利根川は川の長さが長いので中流までスクロールさせるのに時間がかかり、

表2 ワークシートの分析結果. 数字は回答人数,
()はその百分率を示す

下流で気づいたこと

河川名 クラス	利根川 K(N=40)	多摩川 E(N=44)	荒川 O(N=42)	計
川の幅が広い	26(65.0)	30(68.2)	31(73.8)	87(69.0)
川の水が汚い	0(0.0)	0(0.0)	26(61.9)	26(11.1)
川原が広い	3(7.5)	11(25.0)	3(7.1)	17(13.5)
内側に川原がある	2(5.0)	7(15.9)	2(4.8)	11(8.7)
まわりに川がある	2(5.0)	1(2.3)	6(14.3)	9(7.1)
まっすぐに流れている	1(2.5)	7(15.9)	0(0.0)	8(6.3)
流れが速い	0	3(6.8)	2(4.8)	5(4.0)
堤防がある	4(10.0)	0(0.0)	1(2.4)	5(4.0)
その他	24	21	22	67
計	62	80	93	235

上流で気づいたこと

河川名 クラス	利根川 K(N=40)	多摩川 E(N=44)	荒川 O(N=42)	計
川の幅が狭い	21(52.5)	34(77.3)	33(78.6)	88(69.8)
川原がほとんどない(狭い)	8(20.0)	19(43.2)	5(11.9)	32(25.4)
ダムがある	6(15.0)	1(2.3)	21(50.0)	28(22.2)
カーブが急(多い)	2(5.0)	16(36.4)	3(7.1)	21(16.7)
流れが速い	5(12.5)	15(34.1)	1(2.4)	21(16.7)
水しぶきが見える	0(0.0)	12(27.3)	0(0.0)	12(9.5)
支流に分かれている	1(2.5)	1(2.3)	5(11.9)	7(5.6)
内側に川原がある	0(0.0)	1(2.3)	2(4.8)	3(2.9)
その他	13	17	20	50
計	56	116	90	262

中流で気づいたこと

河川名 クラス	利根川 K(N=40)	多摩川 E(N=44)	荒川 O(N=42)	計
下流より川の幅が狭い	13(32.5)	34(77.3)	29(69.0)	76(60.3)
カーブが急(多い)	9(22.5)	11(25.0)	12(28.6)	32(25.4)
内側に川原がある	8(20.0)	0(0.0)	14(33.3)	22(17.5)
支流に分かれている	2(5.0)	20(45.5)	0(0.0)	22(17.5)
川原が多い	13(32.5)	2(4.5)	5(11.9)	20(15.9)
中州がある	1(2.5)	5(11.4)	1(2.4)	7(5.6)
川原が少ない	1(2.5)	1(2.3)	0(0.0)	2(1.9)
その他	2	4	12	18
計	49	77	73	199

川幅が少しずつ狭くなっていく様子がわかりにくかったためと解釈される。

ウ. 上流

上流(図5G, H, I)では川幅が狭くなっていることを指摘したのは、多摩川と荒川では約8割であったが、利根川では約5割である。利根川だけ詳細画像がなく、ズームアップできなかったことが原因と考えられる。

また、多摩川では詳細画像から川の水しぶきまで観察でき、そこから上流は流れが速いと考えた児童が3割近くいた。

エ. 川のカーブの問題

川がカーブしている場所では、内側に川原できていることを指摘した児童は学年全体で上流では3名、中流では22名、下流では11名である。下流は多摩川で指摘が多く(11名中7名)、中流では利根川(22名中8名)と荒川(22名中14名)が多い。このことは、多摩川では下流で川原が内側にできている画像が多く、荒川は中流でそれが多く示されていたことに関係する

表3 川のカーブでは川原はどちらにできるか. 数字は回答人数, ()はその百分率を示す

クラス	K(利根川)	E(多摩川)	O(荒川)	計
内側	28(70.0)	39(88.6)	41(97.6)	108(85.7)
外側	4(10.0)	3(6.8)	1(2.4)	8(6.3)
未記入	8(20.0)	2(4.5)	0(0.0)	10(7.9)
計	40	44	42	126

であろう。授業ではすでにモデル実験から流れの内側には川原ができやすいことを学んでいる。児童はすでに学習済みの内容であるので、知りながらもとくにワークシートには記入しなかったことも考えられる。そこで、直接この問題をどの程度理解しているかを答えさせた(ワークシートの6番の問題)。その結果、利根川を観察したクラスは7割の正解率、多摩川が約9割、荒川は1人以外は正解という結果が得られた(表3)。フィッシャーの直接確率計算法においても、利根川と多摩川を観察したクラスでは、有意傾向が認められ($p=0.0552$)、利根川と荒川を観察したクラスでは1%水準で明らかに有意($p=0.0006$)な差があることが示された。このことは同じグーグルアースの画像でも、詳細画像を観察させた場合とそうでない画像を観察させた場合では、明らかに詳細画像を示した方が認識率を高めたと解釈できる。

オ. ガンジス川との比較

下流の比較のためにガンジス川のデルタの写真を示した(図5K)。ガンジス川の広大な湿地帯と、無数の支流に分岐している姿を示すことで、児童は日本の利根川、多摩川、荒川の下流との違いを考察した。日本の河川は堤防などの人工的なもので流路が決められているが、本来の川の下流の姿はガンジス川のように複雑になるのではないかとこのことを指摘できた児童もいた(図6A)。そして、利根川や荒川に見られた水路や運河などは、「昔の川のなごり」という意見を持つ児童もいた。そして、関東地方の平地が河川の堆積作用によって作られていったというところまで考えを深めさせることができた。以上のことから、ガンジス川の画像を示したことは児童が河川の下流でののはたらきについて認識する上で有効であった。

カ. グランドキャニオンとの比較

上流の比較として、グランドキャニオンの画像を示した(図5J)。この場所は詳細画像で、しかも3D表示が可能であり、谷の間を飛行機に乗って飛んでいるような感覚で観察できる。児童はこの画像を見ると驚きの声を挙げていた。谷底を流れているコロラド川は茶

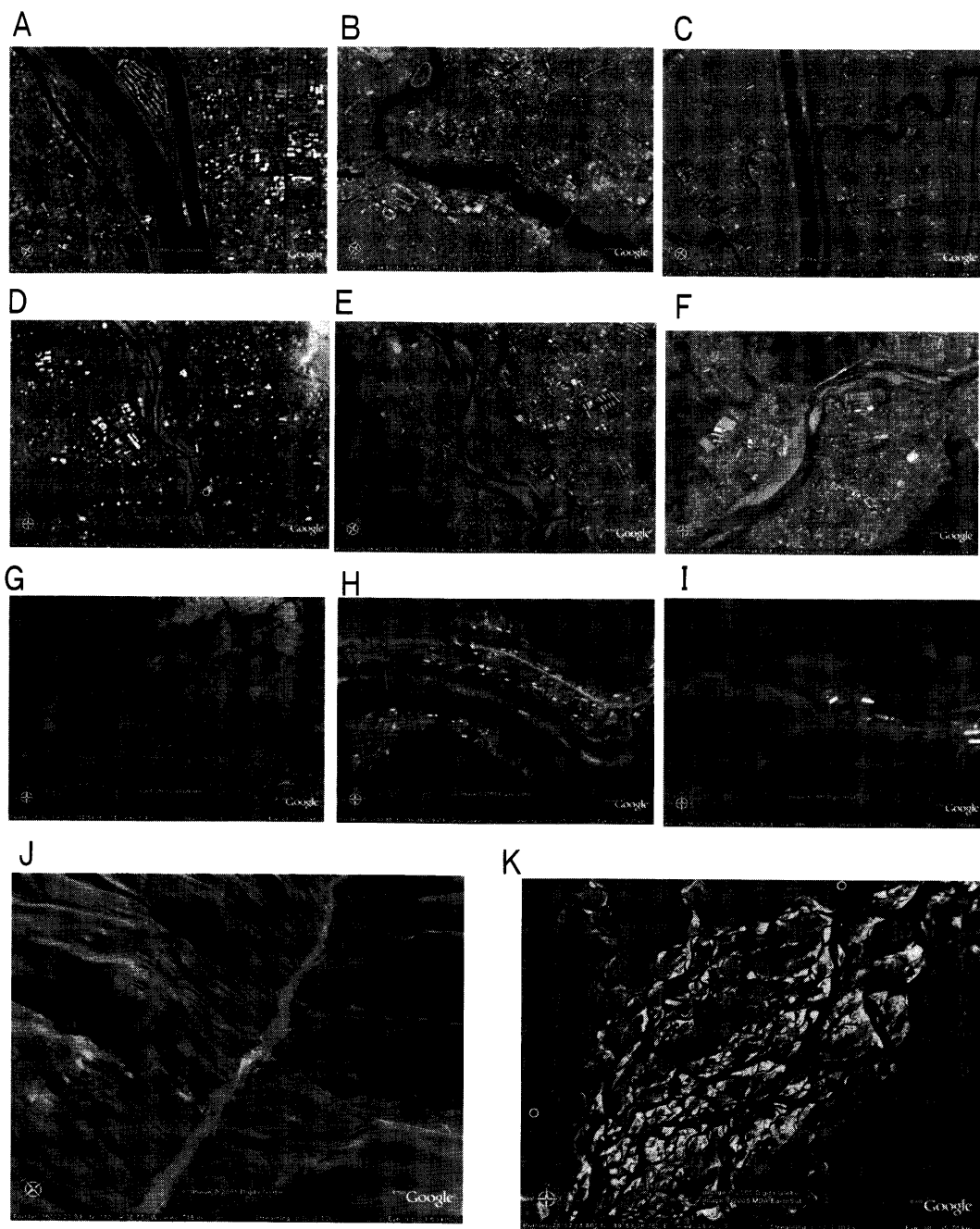


図5 実習で提示したグーグルアース画像

A: 利根川下流 (千葉県銚子付近上空 5 km), B: 多摩川下流 (神奈川県川崎市付近上空約 5 km), C: 荒川下流 (東京都新小岩付近上空 5 km), D: 利根川中流 (群馬県前橋市付近上空 4.5 km), E: 多摩川中流 (東京都青梅市付近上空 2.5 km), F: 荒川中流 (埼玉県秩父市付近上空 2 km), G: 利根川上流 (群馬県新治村付近上空 10 km), H: 多摩川上流 (東京都鳩ノ巣付近上空 1 km), I: 荒川上流 (埼玉県奥秩父付近上空 1 km), J: グランドキャニオン (上空 1.6 km), K: ガンジス川河口付近 (上空 35.7 km)

A

4. ガンジス川（川の下流）の様子を見てどんなことに気づいたか。

川がくねくねしていて、川ははが広がった。うながたり、
わかれたりをくり返している。土地のあちこちに、川のなごり
が沢山あった。これができる理由... はん乱をくり返している
から。

4. ガンジス川（川の下流）の様子を見てどんなことに気づいたか。

川の模様は、気持ち悪いほど複雑（川の下流の本当の形）
・周りには、いろいろな、湖がある

B

5. グランドキャニオン（川の上流）の様子を見てどんなことに気づいたか。

V字谷になっている } 上流の本当の形
川原が少ない

5. グランドキャニオン（川の上流）の様子を見てどんなことに気づいたか。

周りがすべてちびく
げする力が強いいため、かわらかできない

図6 児童のワークシートの一部

A: ガンジス川から気づいたこと, B: グランドキャニオンから気づいたこと。

色く濁っており、また、周りに川原がほとんどできていない。そのことから、河川の侵食力が強いことに気づく児童もいた（図6B）。また、3D表示することで、谷がV字になっていることを指摘した児童もいた。

グランドキャニオンの画像を示したことは、児童が河川の上流でののはたらきについて認識する上で有効であったといえる。

(4) まとめ

グーグルアースを授業に取り入れたことは児童の川のはたらきについての認識を高める上で有効であった。ただし、詳細画像を示した場合とそうでない場合とでは明らかに認識率に違いがあった。よって、川のはたらきについて授業に取り入れる際には詳細画像を示した方が良いことがわかった。

また、児童はグーグルアースで示された画像に興味・関心を強く示した。ワークシートの感想からも、ほとんどの児童は面白かった、驚いた、自分でもやってみたいという強い興味・関心を示した。そして実際

に自宅のコンピュータで親に手伝ってもらいながらもグーグルアースのソフトをダウンロードし、使ってみた児童が全体の半分近くもいた。また、学校のコンピュータ室にきて毎日グーグルアースを見ている児童も出てきた。

5. おわりに

グーグルアースは地学教育の教材として十分活用できる可能性を指摘し、その具体的な実践例として小学校5年の流れる水のはたらきの学習において有効な教材であることを示した。さらにグーグルアースは児童の興味・関心を高めるものであることも示された。

今後、このグーグルアースが今回示した他の地学教育の場面でも大いに活用されることを望む。

引用文献

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。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.
- 荒牧重雄・長岡正利・白尾元理 (1989): 空から見る日本の火山. 丸善, 東京, 219 p.
- 藤本秀弘 (1982): 断層地形を空中写真でしらべる. 地学団体研究会編, 自然を調べる地学シリーズ2「水と地形」, 東海大学出版会, 東京, 125-129.
- 林 慶一 (1993): 野外調査と空中写真判読の組み合わせによる地質図作成の実習, 地学教育, 46, 199-215.
- 柗原礼士・相場博明 (2005): 理科教育におけるまんが教材の可能性. 地学教育, 58, 83-93.
- 桑原啓三・上野将司・向山 栄 (2001): 空の旅の自然学―定期便からみた風景―. 古今書院, 東京, 168 p.
- 文部省 (1998): 小学校学習指導要領, 大蔵省印刷局, 113 p.
- 奥田節夫・倉田 亮・長岡正利・沢村和彦 (1991): 空から見た日本の湖沼. 丸善, 東京, 239 p.
- 渡辺満久・鈴木康弘 (1999): 活断層地形判読―空中写真による活断層の認定―. 古今書院, 東京, 184 p.

相場博明・真砂佳菜子: グーグルアース (Google Earth) を利用した地学教育―小学校5年「流れる水のはたらき」の実践― 地学教育 59 巻 1 号, 33-43, 2006

〔キーワード〕 グーグルアース, 衛星写真, 流れる水のはたらき, 小学校

〔要旨〕 グーグルアース (Google Earth) は, 地学教育において教材として活用できる可能性があることを指摘した. そして, その具体的な実践例を, 小学校5年の「流れる水のはたらき」の単元を例にして示した. その結果児童は映像から多くの情報を得ることができ, 理解を深めることができた. このことからグーグルアースは地学教育にとって有効な教材であることがわかった.

Hiroaki AIBA and Kanako MASAGO: Teaching Concepts of Watershed Development Using Google Earth Computer. *Educat. Earth Sci.*, 59(1), 33-43, 2006

お知らせ

本学会と地球惑星科学連合および日本学術会議への対応

日本学術会議は、本年10月から全く新しくなり第20期の活動を開始した。従来と変わった点は、会員の定義と選出方法、学会との関係、組織の再編成、幹事会への大幅な権限委譲などである。これまで7部の組織であったものが今期から人文社会系、生命科学系、理工系の3部制となり、教育に関する部会は第1部の「心理学・教育学」として位置づけられている。これまで本学会は、科学教育研究連絡委員会という「研連」に所属してさまざまな活動を行ってきた。しかし、今期からこの「研連」は廃止され、代わりに30の分野別委員会が設置されそのうちのひとつとして「地球惑星科学」委員会がある。この分野別委員会はこれまでの研連のように直接的な学会との関連を持つものではないと言われているが、地球惑星科学委員会では地球惑星科学連合を窓口として連絡をとるとしている。

既に、本学会は地球惑星科学連合に加盟しその「教育問題検討部会」を中心にして中央教育審議会長あてに学校教育ですべての子どもが地学的素養を学ぶことの重要性を訴えてきた。この地球惑星科学連合には32の学会が加盟しており、本学会は当面この地球惑星科学連合を通して日本学術会議の「地球惑星科学」委員会（第3部に所属）とのかかわりを持つことになる。以下に掲載した地球惑星科学連合の浜野洋三議長からいただいた日本学術会議だよりをご覧ください。これまでの経過等をご理解いただければ幸いです。

（日本地学教育学会会長 下野 洋）

学術会議だより [1] (2000年11月30日)

新しい学術会議が発足して2ヶ月。組織もなく、会員のほとんどはこれまで会員の経験もなく、なにをどうすべきか手探りの中、少しずつその形ができ、またなにをなすべきかがわかり始めている。一方、これまでの研連は廃止され、国際対応や国内研究連絡などをどのように継続するのかなど、依然不明なところも多い。国際対応、分科会、連携会員など、国内の研究者の多くが、学術会議はなにをやるのか、今後どうなるのか、という疑問をもたれていると思われるので、これまでの経過を簡単に紹介しておくのは有効なこと

と思われる。

新しい日本学術会議の役割

新しい学術会議は、アカデミーとしての役割を果たすことが最大の課題である。その具体的内容は、政策提言、科学者ネットワークの構築、科学者間の認識の共有および合意形成、社会への発信、国際活動といわれている。すなわち、これまでは研連を通じた国際活動およびそれに対応する国内委員会など、研究者間の活動が最も中心的な活動であったが、これからは、むしろ政策提言や社会への発言など、学術会議から外に向けた活動が主な活動であるということである。

分野別委員会としての地球惑星科学委員会の活動

地球惑星科学委員会では、まず、この委員会の役割を議論することとした。第1回地球惑星科学委員会においては、もっとも大切なことは、今後の地球惑星科学のあり方に関する提言書の作成ではないか、ということで見解の一致をみている。その作成のためには1~2年という時間が必要であろう。提言書の内容は、地球惑星科学の将来展望、学術会議の地球惑星科学委員会の活動の方針、などを含むべきであろう。

地球惑星科学委員会の下の方科会

地球惑星科学委員会の下にいくつかの方科会を設けることになる。分科会をどのように作るかについては、上記の役割を担うにふさわしい形とすることが必要である。当初、地球惑星科学分野の5人の会員は、国際対応に適切なものとして、従来の研連に近い分野でまとめることができるものとして、地球物理、地質、地理、総合あるいは新規、という区分けを考えたが、活動内容が国際対応中心でないことが判明した以上、再検討が必要であるという認識にいたった。今後、それぞれの会員が任務とそれを遂行するにふさわしい分科会のあり方、という形で意見を提出し、議論の上決定することにした。ただし、いつまでにその合意を形成するかについてはまだ明確にはなっていない。

分科会は会員と連携会員から構成される。それぞれの分科会が必要とする場合は、会員、連携会員以外の方に委員として会議に参加いただけるようにする。その場合連携会員ではない委員とする。→ これについて

ては現在のところ可能性を検討中。

国際対応

国際対応のため、国際委員会（横断的な委員会）の下に、国際学術団体分科会が作られている。全部で47の分科会と、6つの国際共同計画がある。これらのほとんどは、国際委員会にはその枠だけがあり、実際の活動は個々の分野別委員会にまかされている。地球惑星科学の場合、11の国際委員会ならびに5つの国際計画に対応することになる。

地球惑星科学委員会のなかの分科会が設立されるまでの間、当面の窓口として、7名の委員が分担してこれらの分科会に責任をもつこととした（下記参照）。

連携会員

新学術会議は会員210名と連携会員約2000名から構成される。連携会員は科学者コミュニティーの代表として学術会議が行う活動にふさわしい人であり、幅広い見識の持ち主が望ましい。そのため、連携会員には年齢制限はなく、年齢が高くても、社会に対する影響力を持つような方には積極的に加わっていただく（ただし、選出されたときに70歳をこえている場合は、再任はない）。たとえば、ノーベル賞あるいはそれに準ずるような賞の受賞者は連携会員となっただき、社会から学術会議が見えやすいものとなる役割を果たしていただくことになる。一方、若くアクティブに活躍されている方は、研究者の間のリーダーシップをとっていただくなどの役割を果たしていただく。このように、連携会員は会員より広い視点で選出される。

連携会員は会員と同等の権利をもち、会員・連携会員の推薦の権利をもつ。

会員は任期が終了したあとは、連携会員として学術会議の活動を支える。

選考方法

今期の連携会員は、おそらく2回の選出により決定される。第1回目の連携会員選出は、年内に推薦、年末一年明けに選出され、2月末、おそくとも3月までに発令される。第1回目に連携会員となった方は、会員とともに、2回目以降の連携会員推薦の資格をもつ。

第1回目の推薦にあたっては、会員1人が5名までの推薦を行う。推薦された方のうち、約半数程度が選

考委員会で決定される。ただし、今回選出されなかった方も、名簿には6年間残り、引き続き行われる第2回目以降において選出されることは十分考えられる。

当面の活動のため、19期までの国際対応窓口になっておられた方には、事務局からアンケートが配布され、国際委員会の役員をしていることの確認、本人の同意があった場合は、臨時連携会員委嘱願いが送付されている。その任期は来年3月までである。それらのかたを正規の連携会員に推薦するためには、今回改めて推薦が必要である。

当面の対応

地球惑星科学委員会では、当面の対応として、国際対応については、上述のように担当委員を通じて、それ以外のことについては、委員会全体で対応することとした。

もし学会、個人を問わず、学術会議に何らかの協力要請などを求める場合は、国際対応問題であれば担当委員に、そのほかのことであれば、7名の委員のだれかに連絡をいただければ、委員会として相談し、適切な対応をさせていただきます。

地球惑星科学委員会に属する会員連絡先

入倉孝次郎（委員長）(irikura@geor.or.jp)、碓井照子(usuit@js8.so-net.ne.jp)、海部宣男(kaifu@nao.ac.jp)、河野 長(mkono@eskiyolcu.com)、岡部篤行(atsu@ua.t.u-tokyo.ac.jp)、平 朝彦(ataira@jamstec.go.jp)、永原裕子(hiroko@eps.s.u-tokyo.ac.jp)（幹事）

国際対応当面の窓口

SCOR 海洋研究科学委員会 平
IUGS 国際地質科学連合 平
IMA 国際鉱物連合 永原
INQUA 国際第四紀学連合 碓井
IGU 国際地理学連合 岡部
ICA 国際地図学協会 岡部
IUGG 国際測地学および地球物理学連合 河野
SCOSTEP 太陽地球系物理学・科学委員会 河野
COSPAR 宇宙空間研究委員会 海部
SCAR 南極研究科学委員会 入倉
IASC 国際北極科学委員会 入倉
IGBP 地球圏-生物圏国際共同研究計画 碓井
IGCP 地質科学国際研究計画 平

ILP 国際リソスフェア計画 入倉
STPP 太陽地球系物理学国際共同研究計画 河野
WCRP 気候変動国際共同研究計画 平

第5回国際地球科学教育会議のお知らせ

第5回国際地球科学教育会議がドイツのバイエルンで9月18日から21日まで開催されます。地球科学教育の国際的動向、質の高い地球科学教育、若者や一般人の地球科学への関心を高める試みなどが発表されます。

関心のある方は、以下のホームページへアクセスしてください。(詳しい内容は国際委員会委員の五島(masakazu@nier.go.jp)へご連絡下さい)

The International Geoscience Education Organisation (IGEO) Conferences

GeoSciEd V Conference

(the four-yearly international conference of IGEO),
Bayreuth, Bavaria, Germany—18th–21st September, 2006

ホームページ (www.geosciEd5.de)

学 会 記 事

第3回 常務委員会議事録

日 時：平成17年10月5日(水) 午後6時00分～

場 所：日本教育研究連合会 会議室

出席者：下野 洋・馬場勝良・渋谷 紘・濱田浩美・相場博明・南島正重

議 題：

1. 前回議事録の承認

前回(第2回常務委員会)議事録の承認がなされた。

2. 茨城大会の終了について

会計報告があった。「地学教育」誌へ報告する予定。

3. 平成18年度以降の大会について

平成19年度島根大会は現地より受諾の連絡があった。平成20年度は信州大学に打診することとなった。

4. 役員選挙日程について

「地学教育」誌6号に公示の予定。

5. 入退会者について

入会者：鈴木和成・唐井美紗栄・水野敏孝・中尾賢一・高山真一・杉本美穂子

退会者(平成17年度末まで)：金杉光明・田口聡史・流田勝夫・根本 茂・横川博之・遠藤一城・藤崎卓男・永田雄一・東明省三・金井克明・橋屋光孝

が認められた。

6. その他

1) 科研費(成果公開促進費)は継続申請する。

2) 名簿作成のため、掲載事項を全会員に問い合わせることになった。

報 告：

1. 各種常置委員会から

1) 地球惑星科学連合について

「すべての高校生が学ぶ地球人の科学リテラシー」に関する報告があった。

2) 編集委員会

今年は例年より10編ほど投稿論文が少ない旨報告があった。

3) 教科理科関連学会協議会について

同会議の内容について報告があった。

2. シンポジウム「人間と自然とのかかわりについての学習のあり方

—総合的な学習の時間の一層の充実を目指して—開催の報告があった。

期 日：平成17年10月22日(土) 10:00～16:00

会 場：お茶の水女子大学 講義棟2号館102

3. 寄贈図書について

- ・日本地理教育学会(2005):新地理、第53巻、第1号、2005年6月号
- ・産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2005):地質ニュース、第610号
- ・日本理科教育学会(2005):理科の教育、通巻634、635、636、637、638、639号、2005/Vol. 50、51、52、53、54、55
- ・日本理科教育学会(2005):理科教育学研究、Vol. 46、No. 1
- ・The Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University, Niigata, Japan (2005): SCIENCE REPORT OF NIIGATA UNIVERSITY (GEOLOGY) No. 20
- ・香川県高等学校教育研究会理科部会・生徒部会(2005):会誌、第41号
- ・(財)下中記念財団2005年報告、2005
- ・学校教育学研究論集、12、2005

第4回 常務委員会議事録

日 時：平成17年12月7日(水) 午後6時30分～

場 所：日本教育研究連合会 会議室

出席者：下野 洋・馬場勝良・渋谷 紘・松川正樹・濱田浩美・相場博明・高橋 修

議 題：

1. 前回議事録の承認

前回(第3回常務委員会)議事録の承認がなされた。

2. 平成18年度以降の大会について

平成18年度静岡大会第一次案内を次号の「地学教育」に掲載する予定。平成19年度島根大会は現地より受諾の連絡があった。

3. 事務委託業者の変更について
事務局側との行き違いもあり、当面の間事務委託業者の業務内容改善の様子を見ることになった。
4. 入退会者について
入会者：前田利久・深澤祐治・上嶋宏樹・岡田素彦・高山真一
退会者：浅井 潔・渡瀬敏文・福岡 勤・奥田亮二・寺岡明文・棚橋 収・坂口隆康・松村 實
が承認された。
5. その他
 - 1) 日本地球惑星科学連合ニュースレターvol. 1, no. 2 をどのようにして会員に配布するかを討議した。

報 告:

1. 各種常置委員会から
 - 1) 編集委員会から 58-6 号の編集状況について報告があった。また、今年は例年より投稿論文が少ないこと、本年度茨城大会のシンポジウム特集号を組む予定である旨報告があった。
 - 2) 教科「理科」関連学会連絡協議会の報告があった。第 10 回シンポジウムが開催されることの報告があった。
 - 3) 行事委員会から本年度も科研費公開促進費によるシンポジウムの申請をした旨報告があった。
2. 寄贈図書について
 - ・日本地理教育学会 (2005): 新地理、第 53 巻、第 2 号
 - ・産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2005): 地質ニュース、第 612 号
 - ・日本理科教育学会 (2005): 理科の教育、通巻 640, 641 号, 2005/Vol. 54
 - ・長崎県地学会 (2005): 長崎県地学会誌, 69
 - ・熊本市地学会 (2005): 熊本地学会誌, 140
 - ・ILLUME(2005), 34
3. その他
日本学術会議の今後のありかたについて下野会長から解説があった。「地学教育」次号に、新しい学術会議の内容やあり方についての報告文を掲載することになった。

平成 17 年度学術奨励賞審査結果について

1. 学会賞
該当者なし

2. 優秀論文賞

中川清隆・榊原保志・下山紀夫・板場智子・中澤美三 (上越教育大学)

「地学教育」第 57 巻 第 3 号 (2004 年 5 月) 69-83

雲のライブカメラ網の展開と気象情報画像取り込み・表示ソフトの開発

審査結果

著者らは、既存の利用可能なライブカメラに、独自に設置したライブカメラを加えて、広域および局地の気象を地上からの雲画像として観察する方法を整備するとともに、インターネット上で毎時更新されるアメダスデータ、天気図等の各種気象画像を自動的に取り込み、蓄積して、同時刻のもの同士を比較・重ね合わせできるソフトウェアを開発した。インターネットにより各種の気象情報が急速に利用できるようになっている現状で、最大の課題はそれらの情報から同時刻のものを抽出して、つまり同期させて観察することが欠かせないが、これには多大な労力を要するため、結果的に一部の熱心な教育者だけにしかできなかったことである。著者らの開発したソフトウェアと著作権の問題を解決するための任意団体の設立により、気象分野を専門としない理科教員にも、同期的な気象画像の利用が格段に容易になった。以上の理由から、本論文はこれからの気象教育を飛躍的に前進させるものであり、最優秀論文賞にふさわしいと判断された。

3. 教育実践優秀賞

川村教一

(香川県立高松高等学校)

「地学教育」第 57 巻 第 1 号 (2004 年 1 月) 25-31

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

審査結果

従来の土壌などから鉱物を分離するには、手選による方法、重液による方法、磁石を用いる方法がある。手選法は時間がかかり、プロモホルムなどの重液法は安全性や環境への配慮などの問題があり、生徒実験としてなうのは困難であった。

著者は、永久磁石の一つであり、強い磁束密

度を持つネオジム磁石を用いて南九州，中国，四国，の火山灰中の鉱物分離を行った。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だけの簡便な方法で重鉱物，軽鉱物，火山ガラスを分離するとともに，黒雲母・角閃石・輝石類・褐色火山ガラスを選別できることの正当性を科学的に検討した。また，石英，斜長石，無色の火山ガラスを濃縮させることも可能であることを検証した。ネオジ

ム磁石を用いることにより簡単に鉱物粒子の分離・精製ができ，室内実習に用いる火山灰中の造岩鉱物分離に効果的である。また，生徒実験においても分離が可能である。

本論文は，ネオジム磁石を導入の正当性を科学的に検討するとともに，教育面での効果を示したものであり，教育実践優秀賞にふさわしいものと判断された。

編集委員会より

投稿の論文数が少ない状況が続いています。会員の皆様の投稿をお待ちしています。投稿されました論文は査読審査があり、すべてが掲載されるとは限りませんので、審査をクリアする原稿をお願いいたします。

地 学 教 育 第 59 卷 第 1 号

平成 18 年 1 月 20 日印刷

平成 18 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. 59, NO. 1

JANUARY, 2006

CONTENTS

Original Article

Estimation of Depositional Time Using by Sedimentation Rate and Its Teaching
DevelopmentNaoko ASHIZAWA and Masaki MATSUKAWA... 1~14

Practical Articles

A Practical Study of a Model Experiment Examining Changes of Water State
.....Takahiro KATO, Tomomitsu NIKAIDO and Mitsui SENDA...15~24

Geological Field Activities Utilizing an Urban Stream SettingKatsuyoshi BABA...25~32

Teaching Concepts of Watershed Development Using Google Earth Computer
.....Hiroaki AIBA and Kanako MASAGO...33~43

Announcements (45~47)

Proceeding of the Society (48~50)

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