

# 地学教育

第61巻 第3号(通巻 第314号)

2008年5月

---

## 目 次

### 教育実践論文

中学生が岩石と鉱物を正しく理解するために:

岩石と鉱物の用語および物質の構造の学習の効果

.....廣木義久・平田豊誠...(75~ 84)

ゴム製弾丸加速装置を用いたクレーター形成実験 .....中野英之...(85~ 93)

### 資 料

地学現地研修の課題と推進に向けて

—東京都および東京都近県を例として— .....宮下 治...(95~103)

学会記事 (105~112)

---

## 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

## 日本地学教育学会 会長・副会長・評議員・常務委員・監事名簿（平成20年4月）

会 長 牧野 泰彦（茨城・平成20・21年度）  
 副 会 長 馬場 勝良（東京・平成20・21年度）  
 同（全国大会担当） 本田 裕（三重・平成20・21年度） 松川 正樹（東京・平成20年度）

### 評 議 員（\*印は、会則第11条3項の評議員）

任 期	平成20・21・22年度	平成20・21年度	平成20年度
地 区（定員）			
北海道・東北 (3)	照井 一明（岩手）	岡本 研（北海道）	中村 泰久（福島）
関 東 (9)	山本 和彦（千葉）	相原 延光（神奈川）	渋谷 紘（埼玉）
	荒井 豊（埼玉）	円城寺 守（東京）	米澤 正弘（千葉）
	江藤 哲人（神奈川）	濱田 浩美（千葉）	松森 靖夫（山梨）
中 部 (3)	遠西 昭寿（愛知）	熊野 善介（静岡）	藤岡 達也（新潟）
近 畿 (3)	廣木 義久（大阪）	戸倉 則正（京都）	澁江 靖弘（兵庫）
中国・四国 (3)	野瀬 重人（岡山）	林 武広（広島）	秦 明德（島根）
九州・沖縄 (3)	田中 基義（熊本）	八田 明夫（鹿児島）	宮脇 亮介（福岡）
	*高橋 修（東京）	*林 慶一（兵庫）	*馬場 勝良（東京）
	*加藤 圭司（東京）		*五島 政一（東京）
	*青野 宏美（岐阜）		*松川 正樹（東京）
	*本田 裕（三重）		*宮下 治（東京）
	*伊藤 孝（茨城）		*岡本 弥彦（神奈川）

評議員兼常務委員長 渋谷 紘（埼玉）

### 常務委員（\*\*印は、評議員兼務）

任 期:	平成21・20年度	平成20年度
	南島 正重（東京） 内記 昭彦（東京）	清水 政義（東京） **松川 正樹（東京）
	**岡本 弥彦（神奈川） **林 慶一（兵庫）	相場 博明（東京） **馬場 勝良（東京）
	**五島 政一（東京） **林 武広（広島）	**宮下 治（東京） **加藤 圭司（神奈川）
	**米澤 正弘（千葉） **濱田 浩美（千葉）	**高橋 修（東京） **松森 靖夫（山梨）
		**遠西 昭寿（愛知）

監 事 佐藤 俊一（東京・平成20・21年度） 小川 忠彦（東京・平成20年度）

## 中学生が岩石と鉱物を正しく理解するために： 岩石と鉱物の用語および物質の構造の学習の効果

Improving Junior High School Students' Understanding of Rocks and Minerals: Evaluation of a Lesson on Terminological Structure and the Material Structure of Rocks and Minerals

廣木 義久\*・平田 豊誠\*\*

Yoshihisa HIROKI and Toyosei HIRATA

**Abstract:** We evaluated a lesson developed to help junior high school students understand rocks and minerals. The lesson contains a class on the differences between terminological structure and material structure of rocks and minerals. One hundred and forty-seven junior high school students of first-grade were divided into two groups: a control group and an experimental group. The students of the control group received a normal lesson on rocks and minerals. The students of the experimental group received the normal lesson as well as an additional lesson on the differences between material structure and the terminological structure of rocks and minerals. Analysis of student understanding of rocks and minerals showed that more students understood rocks and minerals correctly in the experimental group (71.8%) than in the control group (55.1%).

**Key words:** rock, mineral, material structure, terminological structure, teaching method, junior high school

### 1. はじめに

これまでの調査から岩石と鉱物を正しく理解することは中学生にとって難しいということがわかっている(加藤ほか, 1986; 廣木, 2003; 益田, 2004). 学習者の多くが岩石と鉱物を正しく理解できず, 岩石と鉱物を正しく区別できないのはなぜか, その原因はいくつか考えられるが(例えば, 廣木, 2004; 益田, 2004), 廣木・平田(2007)は, 学習者が岩石と鉱物の用語の構造関係を岩石と鉱物の物質的な構造関係と同じものと理解してしまっているためであると主張した.

現行の教科書における岩石と鉱物の授業では, 岩石と鉱物の物質的な構造のみが扱われており, 岩石と鉱

物の用語の構造については触れられていない. そのために, 学習者の一部は, 用語としての岩石と鉱物の関係(包含関係にはなく別個のもの)を物質としての岩石と鉱物の包含関係(鉱物は岩石に含まれるという関係)と同じものと考えてしまっている. そこで, 廣木・平田(2007)は, 岩石と鉱物の物質的な構造の学習の後にそれらの用語の構造の学習を設定すれば, 多くの学習者が岩石と鉱物を正しく理解するはずであると予想した.

今回, 筆者らは, 廣木・平田(2007)の仮説を検証するために, 中学1年生を対象に授業実験を行った. 本論文ではその結果を報告する. 実験には, 岩石と鉱物の授業に関して, 現行の教科書に準拠した通常の授業と, 岩石と鉱物の物質的な構造と用語の構造の違いの

\* 大阪教育大学教育学部

\*\* 大阪教育大学附属池田中学校

2007年5月28日受付 2008年5月7日受理

学習を組み込んだ実験授業の二つの授業を用意し、それぞれの授業を行ったグループの生徒について岩石と鉱物に関する理解度を比較した。

## 2. 調査方法

調査は大阪教育大学附属池田中学校の1年生147名(4クラス)を対象に、2007年2月に行った。今回研究対象とした授業は、単元「大地の変化」(全20時間)の中の「火をふく大地」のうち、「火成岩はどのようなつくりをしているか」の中の「火成岩の種類」、「造岩鉱物と火成岩」、「火成岩のまとめ」の3時限である(図1)。

### (1) 事前調査

今回の調査では、実験授業の有効性を検討するために、池田中学校の1年生を2クラスずつ二つのグループに分け、一方のグループ(以下、統制群という)には通常の授業を、他方のグループ(以下、実験群という)には実験授業を行い、授業後における岩石と鉱物の概念の理解度を比較した。実験を行う前に、二つのグループに質的に差のないことを確認するための調査を行った。確認は岩石名調査により行った。それぞれのグループに対し、「知っている岩石の名前を挙げて下さい」との質問を書いた質問紙を配布し、岩石の名前を列挙してもらった。そして、全回答者における鉱物名を挙げた者の割合および岩石名の回答者一人あたりの回答数により二つのグループの質的な差異を検討した。

### (2) 授業展開

通常の授業には東京書籍発行の教科書(三浦ほか、2006)に準拠した授業を用意した。学習内容は以下のとおりである(図1)。1時限目の「火成岩の種類」では、まず火山岩と深成岩の種類と組織の違いについて学習し、その組織の違いがマグマの冷え方に関係していること、そして、組織の違いが火成岩を火山岩と深成岩に分類する観点となっていることを学習させた。2時限目の「造岩鉱物と火成岩」では、鉱物および岩石を造る造岩鉱物の種類について学習し、火成岩の色の違いは含まれる鉱物の種類とその割合によっていること、そして、色の違いが火成岩の分類の観点となっていることを学習させた。3時限目の「火成岩のまとめ」では、火成岩の分類の基準をワークシートにより復習し、岩石・鉱物名と実物標本とを対応づけられるようにするために、岩石と鉱物の実物標本を使った火成岩の分類表を作製させた。授業で取り上げた岩石と

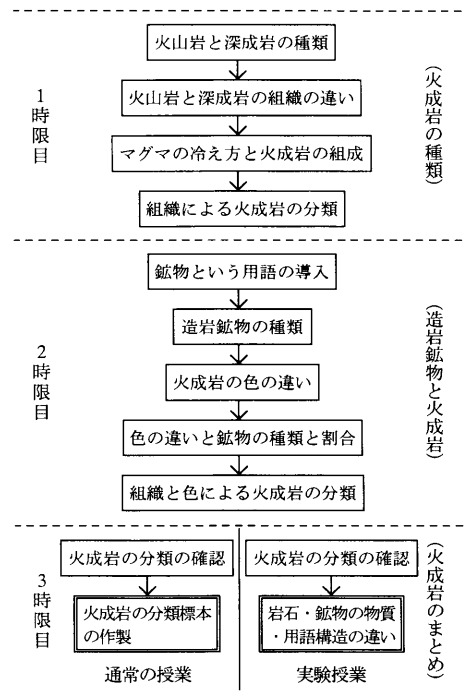


図1 通常の授業と実験授業における学習内容のフローチャート

鉱物は、流紋岩、安山岩、玄武岩、花崗岩、閃緑岩、はんれい岩、石英、長石、黒雲母、角閃石、輝石、カンラン石である。

実験授業については、1, 2 時限目は通常の授業と同じ内容で行い、3 時限目に岩石と鉱物の物質的な構造と用語の構造の違いを学習させた。そのため、通常の授業の3 時限目で行った岩石と鉱物の標本作製は行わなかった。実験授業の3 時限目の具体的な授業展開を表1に、授業で行った板書を図2に示す。

まず、火成岩の分類の基準をワークシートにより復習させた。ここまでは、通常授業と同じである。その後、「花こう岩」「はんれい岩」「石英」「長石」「長石」「黒雲母」「輝石」「かんらん石」の8枚のカードを各班に渡し、カードに書かれた岩石名と鉱物名を使って岩石と鉱物の物質的な構造を図に表現するよう指示した。そして、各班の考えた構造図を発表させ、議論させるとともに、正しい構造図を提示した。次に、「岩石」「鉱物」「花こう岩」「はんれい岩」「石英」「長石」「黒雲母」「輝石」「かんらん石」の9枚のカードを各班に渡し、カードに書かれた用語を使って岩石と鉱物の用語の構造を図に表現するよう指示した。そして、各

表1 実験授業の展開

展開	学習活動	指導上の留意点
復習 (8分)	火成岩、造岩鉱物について配布したワークシートを用いて復習する。 【火成岩の分類方法1】 『火成岩の組織の違いは、マグマの冷え方の違いによるもので、それによって火山岩と深成岩に分類できる。』 【火成岩の分類方法2】 『火成岩の色の違いは、含まれる鉱物の種類や割合の違いであり、それによって分類できる。』	◆プリントの記入状況を確認する。 ◆火成岩の名称、分類の観点・基準を理解しているか注意する。
作業 (12分)	岩石名と鉱物名を書いたカードによって、岩石と鉱物の物質的な構造について考える。「岩石と鉱物の物質的な包含関係について考え、図に表現しよう。」 <白色カード> 花こう岩、はんれい岩、石英、長石、黒石、黒雲母、輝石、かんらん石	◆花こう岩、はんれい岩、石英、長石2枚、黒雲母、輝石、かんらん石の8枚のカードを使って、それらの物質的な包含関係について班ごとに画用紙に図に表現させる。 ◆包含関係の意味を図例を挙げて説明することにより理解を助ける。 ◆糊、テープ、色マジックを用意。
発表・議論 (7分)	各班の図を黒板に貼り出し、岩石と鉱物の物質的な構造について議論する。	◆各班の図の違いを明らかにし、それぞれの班の考え方を確認しながら、正しい概念理解へと導く。
作業 (6分)	岩石名と鉱物名を書いたカードによって、岩石と鉱物の用語の構造について考える。「岩石と鉱物の用語の包含関係について考え、図に表現しよう。」 <青色カード> 岩石、鉱物、花こう岩、はんれい岩、石英、長石、黒雲母、輝石、かんらん石	◆岩石、鉱物、花こう岩、はんれい岩、石英、長石、黒雲母、輝石、かんらん石の9枚のカードを使って、それらの用語的な包含関係について班ごとに画用紙に図に表現させる。
発表・議論 (9分)	各班の図を黒板に貼り出し、岩石と鉱物の用語の構造について議論する。	◆各班の図の違いを明らかにし、それぞれの班の考え方を確認しながら、正しい概念理解へと導く。
まとめ (8分)	岩石と鉱物の物質的な構造と用語の構造の違いをまとめる。 『岩石と鉱物は物質的には包含関係にあるが、用語としては包含関係にはない。』 『石英や黒雲母はあくまでも鉱物であって、岩石ではない。』	◆岩石と鉱物の物質構造と用語構造の違いを図および文章によって板書し、ノートにまとめさせる。

班の考えた構造図を発表させ、議論させるとともに、正しい構造図を提示した。そして、最後に岩石と鉱物の物質的な構造と用語の構造の違いについてまとめを行った。まとめでは、「岩石と鉱物は物質的には包含関係にあるが、用語としては包含関係にはない」こと、「石英や黒雲母はあくまでも鉱物であって、岩石ではない」ことを確認させた。

### (3) 事後調査

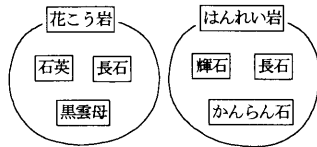
統制群と実験群における、岩石・鉱物の理解度の違

いを比較するために、廣木・平田(2007)と同様の調査(岩石名調査、コンセプトマップ調査、アンケート調査)を行った。

1) 岩石名調査:「知っている岩石の名前を挙げて下さい」との質問を書いた質問紙を配布し、岩石の名前を列挙してもらった。そして、列挙した名前の中に、鉱物名を挙げているかどうかによって、岩石と鉱物を区別しているか、岩石と鉱物の用語の構造を理解しているかどうかを調べた。

＜火成岩のまとめ＞

《岩石と鉱物の物質的な包含関係》



《岩石と鉱物の用語の包含関係》

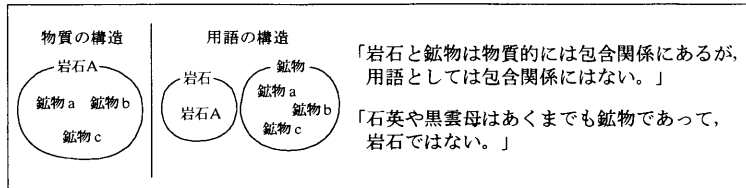
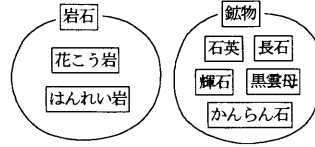


図2 実験授業における板書

表2 一人あたりの回答数と鉱物名を含めて回答した者の数に関する事前調査結果

グループ	人数	一人あたりの回答数			鉱物名を含めて 回答した者の数 (%)
		平均値	標準偏差	中央値	
統制群	69	7.4*	4.56**	7	13 (18.8)**
実験群	78	8.0*	4.48**	7	17 (21.8)**

\*:  $t_{(145)}=0.80$ , *n.s.*; \*\*:  $F_{(68,77)}=1.04$ , *n.s.*; \*\*\*:  $\chi^2_{(1)}=0.20$ , *n.s.*

2) **コンセプトマップ調査:** 岩石と鉱物の物質的な構造、包含関係を理解しているかどうかを調べるために、コンセプトマップ調査を行った。「花こう岩」「玄武岩」「石英」「黒雲母」「輝石」「かんらん石」の六つの用語をランダムに示し、「語句の意味を考え、物質的な包含関係が表現できるように配列し、意味のある線で結ぶようにしてください。また、結んだ線には、結んだ意味がわかるように理由を記載してください。」と指示し、A4の白紙にコンセプトマップを描いてもらった。

3) **アンケート調査:** 事後調査1)の岩石名調査で、「石英」あるいは「黒雲母」を挙げた者に対しては「なぜ、「石英」あるいは「黒雲母」を書いたのですか」という質問をし、「石英」も「黒雲母」も挙げなかった者に対しては「なぜ、「石英」、「黒雲母」を書かなかったのですか」という質問をした。

岩石名調査で、鉱物名を挙げなかった者の中には、岩石と鉱物を混同しているにもかかわらず、鉱物名を思いつかなかったから挙げなかったという者が含まれている可能性がある。このアンケート調査によって、岩石名のみを回答した者の中から、岩石と鉱物を混同

している者(鉱物名を「思いつかなかったから」「忘れていたから」と回答した者)を洗い出した。

また、このアンケートの回答には次のような記述が見られた。「石英」も「黒雲母」も挙げなかった者の「石英」も「黒雲母」も挙げなかった理由として、『石英や黒雲母は岩石に含まれる鉱物であって、岩石ではないから』といった記述や、「石英」あるいは「黒雲母」を挙げた者の、「石英」あるいは「黒雲母」を挙げた理由として、『岩石に含まれるから』といった記述が見られた。これらの記述は明らかに岩石と鉱物の物質的な包含関係を述べているものであり、これらの記述から生徒の岩石と鉱物の物質的な包含関係の理解・不理解を知ることができた。そこで、岩石と鉱物の物質的な構造の理解・不理解を調べるために行ったコンセプトマップ調査を補完する目的で、このアンケート調査結果を分析した。

### 3. 結果

#### (1) 事前調査

表2に、統制群と実験群それぞれの人数、岩石名調査における一人あたりの回答数の平均値、標準偏差、

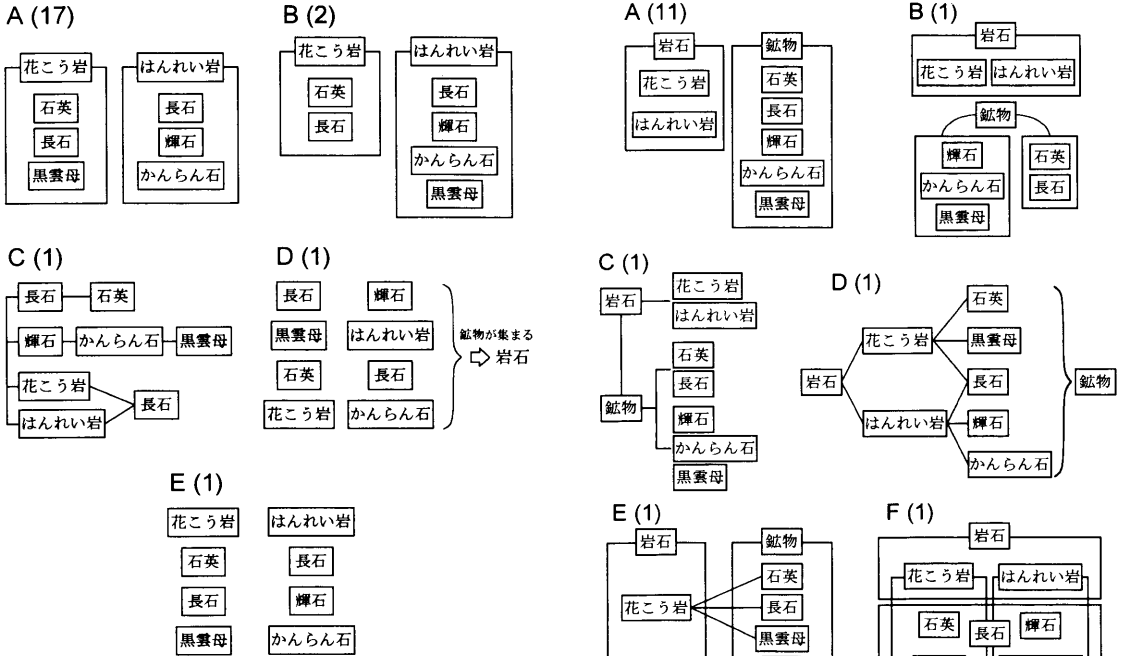


図3 実験授業において生徒が描いた岩石と鉱物についての物質的包含関係の図(括弧の中の数字はそれぞれの図を描いた班の数を示す。)

中央値、ならびに、鉱物名を含めて回答した者の数とパーセンテージを示した。

岩石名調査における一人あたりの回答数の平均値は、統制群が7.4、実験群が8.0、標準偏差は統制群が4.56、実験群が4.48であった。まず、両群における分散の相違をF検定で調べたところ、統計的に有意な差は認められなかった( $F_{(68, 77)} = 1.04, n.s.$ )。そこで、両群について分散に差のない場合の平均値の相違をt検定で調べたところ、統計的に有意な差は認められなかった( $t_{(145)} = 0.80, n.s.$ )。

鉱物名を含めて回答した者の割合は、統制群が18.8%、実験群が21.8%であった。この比率の相違を $\chi^2$ 検定で調べたところ、両群に統計的に有意な差は認められなかった( $\chi^2_{(1)} = 0.20, n.s.$ )。

このように、統制群と実験群における、一人あたりの回答数の平均値、鉱物名を含めて回答した者の割合について有意差が認められなかったことから、実験前の両群の生徒の質に相違はなかったと言える。

(2) 実験授業の様子

実験授業では、3時限目の授業で岩石と鉱物の物質的な構造と用語の構造について班ごとに議論しても

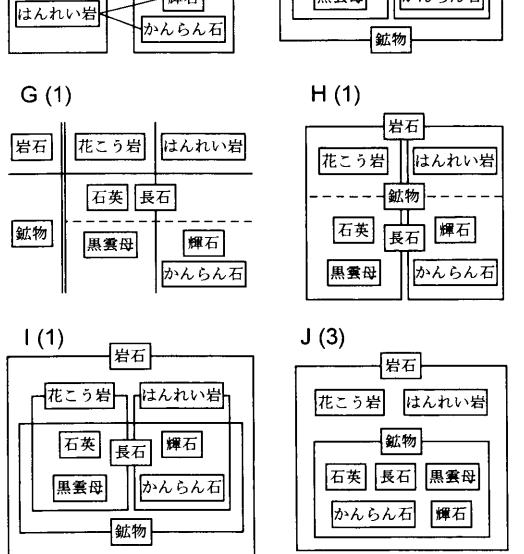


図4 実験授業において生徒が描いた岩石と鉱物についての用語に関する包含関係の図(括弧の中の数字はそれぞれの図を描いた班の数を示す。)

らった。生徒たちはそれぞれの構造をどのように図に表現したらよいか戸惑いながらも、活発に議論し、それぞれのアイデアでもって表現していた。図3に生徒たちが描いた岩石と鉱物の物質的な構造の図を、

表3 一人あたりの回答数と鉱物名を含めて回答した者の数に関する事後調査結果

グループ	人数	一人あたりの回答数			鉱物名を含めて 回答した者の数 (%)
		平均値	標準偏差	中央値	
統制群	69	11.9*	4.23**	11	27 (39.1)***
実験群	78	9.2*	3.01**	9	9 (11.5)***

\*:  $p < 0.001$ ,  $t_{(123)} = 4.38$ ; \*\*:  $p < 0.02$ ,  $F_{(68, 77)} = 1.98$ ; \*\*\*:  $p < 0.001$ ,  $\chi^2_{(1)} = 15.07$

図4に生徒たちが描いた岩石と鉱物の用語の構造の図を示す。

物質的な構造に関しては、22班のうち17班が正しい図を描いた(図3のA)。これらの班は、「花こう岩」には「石英」「長石」「黒雲母」が含まれ、「はんれい岩」には「長石」「輝石」「かんらん石」が含まれると表現した。図3のBは、図3のAに似ているが、「黒雲母」を「花こう岩」ではなく、「はんれい岩」に含まれるとしているのが異なる。実際には、はんれい岩には黒雲母は含まれないが、花崗岩やはんれい岩という岩石には石英や長石といった鉱物が含まれるという、岩石と鉱物の物質的な構造関係については理解されていると見ることができる。それに対して、図3のC、D、Eは岩石名と鉱物名の物質的な関係づけが正しくなかったり、関係があいまいであったりして、岩石と鉱物の物質的な構造が正しく表現されていない。

次に、用語の構造に関しては、22班のうち13班が正しい図を描いた(図4のA、B、C)。これらの班は、「花こう岩」と「はんれい岩」は岩石に含まれ、「石英」「長石」「輝石」「かんらん石」「黒雲母」は鉱物に含まれると表現している。一方、図4のD～Jは、いずれも、岩石と鉱物の用語の構造と物質的な構造が混在した図となっている。

### (3) 事後調査

#### 1) 岩石名調査

表3には、統制群と実験群それぞれにおける一人あたりの回答数の平均値、標準偏差、中央値、ならびに、鉱物名を含めて回答した者の数とパーセンテージを示した。

鉱物名を含めて回答した者の割合は、統制群では69名中27名(39.1%)だったのに対し、実験群では78名中9名(11.5%)であった。この比率の相違を $\chi^2$ 検定で調べたところ、危険率0.1%水準で統計的に有意であった( $p < 0.001$ ,  $\chi^2_{(1)} = 15.07$ )。

岩石名調査における一人あたりの回答数の平均値

表4 回答名と回答者率に関する事後調査結果(統制群において回答者率が2%未満のものは省略した。)

回答名	回答者率(%)	
	統制群 (n=69)	実験群 (n=78)
花崗岩	94.2	91.0
玄武岩	92.8	96.2
流紋岩	92.8	82.1
安山岩	88.4	88.5
閃緑岩	85.5	79.5
ハンレイ岩	85.5	78.2
砂岩	60.9	56.4
泥岩	60.9	50.0
礫岩	56.5	50.0
チャート	37.7	10.3
深成岩	33.3	43.6
火山岩	31.9	47.4
石灰岩	27.5	26.9
石英	27.5	5.1
長石	27.5	3.8
輝石	27.5	3.8
火成岩	26.1	34.6
凝灰岩	26.1	15.4
黒雲母	26.1	5.1
カンラン石	21.7	3.8
大理石	14.5	9.0
堆積岩	14.5	11.5
ダイヤモンド	13.0	0.0
角閃石	13.0	3.8
溶岩	11.6	3.8
白雲母	11.6	0.0
粘板岩	10.1	15.4
ルビー	8.7	0.0
サファイア	7.2	0.0
水晶	7.2	0.0
エメラルド	5.8	0.0
石灰石	4.3	1.3
頁岩	4.3	3.8
トルコ石	4.3	0.0
アメジスト	4.3	0.0
オパール	4.3	0.0
トパーズ	2.9	0.0



は、統制群が 11.9、実験群が 9.2、標準偏差は統制群が 4.23、実験群が 3.01 であった。まず、両群における分散の相違を  $F$  検定で調べたところ、統計的に有意であった ( $p < 0.02$ ,  $F_{(68, 77)} = 1.98$ )。そこで、両群について分散に差のある場合の平均値の相違を  $t$  検定で調べたところ、統計的に有意であることがわかった ( $p < 0.001$ ,  $t_{(123)} = 4.38$ )。

表 4 には、統制群と実験群それぞれについて、岩石名調査で回答された各回答名に対する回答者率を示した。岩石名の回答者率に関しては両群に顕著な違いは認められない。しかし、鉱物名および宝石名に関しては、統制群に比べて実験群において回答者率が低い。例えば、石英、長石、輝石、黒雲母の回答者率は、統制群においてはそれぞれ 27.5%、27.5%、27.5%、26.1% であるのに対し、実験群においては 5.1%、3.8%、3.8%、5.1% である。宝石名にあっては、ダイヤモンド、ルビー、サファイアの回答者率は、統制群においてはそれぞれ 13.0%、8.7%、7.2% であるのに対し、実験群においてはいずれも 0.0% である。

2) コンセプトマップ調査

中学生の描いたコンセプトマップを (1) 岩石と鉱物の物質的な包含関係を正しく記述しているもの、(2) 岩石と鉱物の物質的な包含関係を正しく記述していないもの、(3) 岩石と鉱物の物質的な構造の理解・不理解が判断できないもの、に分類した。(1) の岩石と鉱物の物質的な包含関係を正しく記述しているものには、「石英」「黒雲母」「輝石」「かんらん石」を「玄武岩」もしくは「花こう岩」に結びつけて、その関係を「含まれる」としたものがあたる。(2) の岩石と鉱物の物質的な包含関係を正しく記述していないものには、それ以外のマップが含まれるが、次のような 2 種類のマップは (3) の岩石と鉱物の物質的な構造の理解・不理解が判断できないものとした。

一つは、「玄武岩」と「花こう岩」を結びつけて、その関係を「岩石」とし、「石英」「黒雲母」「輝石」「かんらん石」を結びつけて、その関係を「鉱物」としているもの。もう一つは、語句の結びつけ方は正しいが、結んだ線の意味が説明されていないものである。前者のマップは、岩石と鉱物の用語としての構造と同じであり、このようなマップを描いた生徒は、実験群において 15 名 (19.2%)、統制群において 2 名 (2.9%) いた。実験群においては、岩石と鉱物の物質の構造に加えて用語の構造についても学習したために、用語の構造を誤って図示したものと考えることができる。そこ

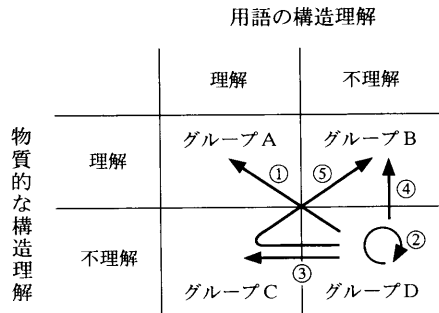


図 5 岩石・鉱物の物質的な構造の学習に伴う岩石・鉱物の理解の流れ(廣木・平田, 2007 より)

で、この図を描いた生徒が岩石と鉱物の物質的な構造を理解しているかどうかについてこのマップから判断することができない。

また、コンセプトマップ調査で岩石と鉱物の物質的な構造の理解・不理解が判断できなかった者のうち、アンケート調査で「鉱物は岩石に含まれる」と記述した者については、岩石と鉱物の物質的な構造を正しく理解しているものと判定した。

以上の分析から、岩石と鉱物の物質的な構造を正しく理解している者の割合は、統制群が 75.4%、実験群が 76.9%、正しく理解していない者の割合は、統制群が 18.8%、実験群が 6.4%、理解、不理解が不明な者の割合は、統制群が 5.8%、実験群 16.7% となった。

4. 考 察

今回の調査の目的は、「岩石と鉱物の物質的な構造の学習に加え、それらの用語の構造の学習をすれば、より多くの中学生が岩石と鉱物の違いを正しく理解することができる」という仮説の検証にあった。そこで、岩石と鉱物の物質的な構造と用語の構造の違いの学習を組み込んだ授業を実験群において実施し、生徒の岩石・鉱物に関する理解度を統制群と比較した。その結果、岩石と鉱物の違いが理解できていない者の割合は、実験群において有意に少ないことがわかった。これにより、用語の構造の学習は岩石と鉱物の違いを正しく理解させるために有効であることが証明されたとと言える。

廣木・平田(2007)は、岩石名調査とコンセプトマップ調査を用いて、中学生の岩石・鉱物の概念理解が、岩石と鉱物の物質的な構造の理解・不理解と用語としての構造の理解・不理解によって定義される四つ

表5 統制群における岩石・鉱物の物質的包含関係の理解・不理解と岩石・鉱物名の混同・非混同に関するクロス集計結果(数字は人数, カッコはパーセンテージを表す.)

岩石・鉱物の物質的包含関係	岩石・鉱物名の混同・非混同		合計
	非混同	混同	
理解	38 (55.1%) <sup>A</sup>	14 (20.3%) <sup>B</sup>	52 (75.4%)
不理解	4 (5.8%) <sup>C</sup>	9 (13.0%) <sup>D</sup>	13 (18.8%)
理解・不理解が不明	0 (0.0%)	4 (5.8%)	4 (5.8%)
合計	42 (60.9%)	27 (39.1%)	69 (100.0%)

<sup>A B C D</sup>: それぞれ図5のグループA, B, C, Dに対応する.

表6 実験群における岩石・鉱物の物質的包含関係の理解・不理解と岩石・鉱物名の混同・非混同に関するクロス集計結果(数字は人数, カッコはパーセンテージを表す.)

岩石・鉱物の物質的包含関係	岩石・鉱物名の混同・非混同		合計
	非混同	混同	
理解	56 (71.8%) <sup>A</sup>	4 (5.1%) <sup>B</sup>	60 (76.9%)
不理解	3 (3.8%) <sup>C</sup>	2 (2.6%) <sup>D</sup>	5 (6.4%)
理解・不理解が不明	10 (12.8%)	3 (3.8%)	13 (16.7%)
合計	69 (88.5%)	9 (11.5%)	78 (100.0%)

<sup>A B C D</sup>: それぞれ図5のグループA, B, C, Dに対応する.

のグループに分類できることを明らかにした。そして、従来の授業における生徒の岩石・鉱物の理解の流れに関して図5のようなモデルを提示した。

従来の学習に伴う岩石と鉱物の理解の流れには五つのパターンがあり(図5の①~⑤), これらのうち, ⑤の流れの中のグループCの理解からグループBの理解への流れが問題であるとした。廣木・平田(2007)によれば, このグループCからグループBへの理解の流れは, 岩石と鉱物の物質的な構造の学習後に起こっている。生徒は, いったん, 岩石と鉱物の用語の構造について正しく理解したにもかかわらず(グループDの理解からグループCの理解への移動), つづく岩石と鉱物の物質的な構造の学習に伴い, 岩石・鉱物に関する“用語の構造理解の物質的構造理解への同一化(廣木・平田, 2007)”が起こり, グループCの理解からグループBの理解へと移ってしまう。そのグループBの理解に落ち込んだ学習者をグループAの理解へと移行させるためには, 岩石と鉱物の物質的な構造の学習の後に, 岩石と鉱物の用語の構造の学習を設定することが必要であるというのが廣木・平田(2007)の主張である。

もし, 廣木・平田(2007)の主張が正しければ, 従来

の学習に加えて, 岩石と鉱物の用語の構造を学習させたならば, それまでグループBの理解に落ち込んでいた学習者はグループAへとその理解が移るはずである。つまり, 従来の授業のみを受けた統制群と岩石と鉱物の物質的な構造と用語の構造の違いに関する授業を受けた実験群について, 学習者の岩石・鉱物の理解を図5のグループA~Dに分類したならば, グループBに属する学習者の人数は実験群において少なくなるはずである。

そこで, 今回行った調査結果について, 統制群と実験群における生徒の岩石・鉱物の理解をグループA~Dに分類した。表5が統制群, 表6が実験群の結果である。

グループBに属する生徒の割合は, 統制群が20.3%であるのに対し, 実験群が5.1%で, 実験群において顕著に低い。そして, グループAに属する生徒の割合は, 統制群の55.1%に対し, 実験群が71.8%で, 実験群において高い。この結果は, 廣木・平田(2007)により予想された結果と一致する。統制群と実験群におけるグループBの生徒の割合の差は15.2%である。岩石と鉱物の用語の構造の学習により, その差分の生徒がグループAに移ったとするならば, グ

グループ A の割合は、統制群のグループ A の割合の 55.1% にその差分の 15.2% を足した 70.3% となるはずである。この 70.3% という数字は、実験群のグループ A の割合である 71.8% に近い。岩石と鉱物の用語の学習により、グループ B に属していた生徒の 4 分の 3 がグループ A の理解へと移ったことが読み取れる。

また、グループ D (岩石・鉱物の物質的な構造についても用語の構造についても理解していないグループ) について見てみると、その割合は、統制群が 13.0% であるのに対し、実験群は 2.6% で、実験群においてその割合が低い。このことは、岩石と鉱物の物質的な構造と用語の構造の違いの学習により、グループ D の理解にいた生徒の多くはグループ A, B, C のいずれかへその理解を移したことを示している。表 5, 6 に示された数値の比較から、実験群においては、生徒の理解が全体的にグループ A に向かって進行していったことが見て取れる。

実験群では岩石と鉱物の物質的な構造の理解・不理解について不明の者が 12.8% いる (統制群では 0.0%)。その一部は本来グループ A に属するかもしれない。実験群におけるグループ A の人数は 71.8% よりも高い可能性がある。

## 5. ま と め

多くの中学生が岩石と鉱物の違いを正しく理解できないということが古くから指摘されてきたにもかかわらず (加藤ほか, 1986), 長年, その対処法を示すことができなかった。しかし, 今回の調査により, 従来の岩石と鉱物の物質的な構造の学習に加え, 岩石と鉱物の用語の構造の学習を行うことにより, 中学生の岩石

と鉱物に関する理解がかなり改善されることが証明された。

従来の授業に加えて 1 時限分の授業を行うだけでなく, また, 特別な道具や教材を用意する必要もない。そのため, 中学校の現場においては, 非常に取り入れやすい教授法であろう。ぜひとも岩石と鉱物の用語の構造の学習を多くの現場で取り入れてほしいと思う。

**謝 辞** 大阪教育大学の山口 弘教授には, 本研究について日頃から議論していただいた。大阪教育大学附属池田中学校の末広 亨教諭には, 授業研究を行うにあたり便宜を図っていただいた。本研究には平成 18 年度科学研究費補助金 (基盤研究 (C)), 課題番号 17530659, 研究代表者 廣木義久) を使用した。以上の方々に感謝します。

## 引用文献

- 廣木義久 (2003): 大学生はどのくらい岩石の名前を知っているか? 地学教育, **56**, 123-126.
- 廣木義久 (2004): 日常用語としての石と科学用語としての岩石との混同. 地学教育, **57**, 47-53.
- 廣木義久・平田豊誠 (2007): 中学生の岩石・鉱物の概念理解—用語の構造理解と物質の構造理解の視点から—. 地学教育, **60**, 43-51.
- 加藤圭司・羽場康成・遠西昭寿 (1986): 「岩石」に関する概念構造—教育学部非理科系学生における Concept Maps—. 地学教育, **39**, 177-184.
- 益田裕充 (2004): 学習内容の厳選と指導法の相違が中学生の火成岩概念の形成に与える影響. 地学教育, **57**, 59-67.
- 三浦 登ほか (2006): 新編新しい科学 2 分野上. 東京書籍, 東京, 139p.

廣木義久, 平田豊誠: 中学生が岩石と鉱物を正しく理解するために: 岩石と鉱物の用語および物質の構造の学習の効果 地学教育 61 卷 3 号, 75-84, 2008

〔キーワード〕 岩石, 鉱物, 物質の構造, 用語の構造, 教授法, 中学校

〔要旨〕 「岩石と鉱物の物質的な構造の学習に加え, それらの用語の構造の学習をすれば, より多くの中学生が岩石と鉱物の違いを正しく理解することができる」という仮説を検証した. 中学 1 年生 147 名を統制群と実験群に分け, 統制群には岩石と鉱物に関する通常の授業を行い, 実験群には通常の学習に加え, 岩石と鉱物の物質的な構造と用語の構造の違いの学習を組み込んだ授業を行った. そして, 両群における岩石と鉱物の理解度の差を岩石名調査, コンセプトマップ調査およびアンケート調査により調べた. その結果, 岩石と鉱物を正しく理解した生徒の割合は実験群が 71.8%, 統制群が 55.1%と, 実験群のほうが有意に多いことがわかった.

Yoshihisa HIROKI and Toyosei HIRATA: Improving Junior High School Students' Understanding of Rocks and Minerals: Evaluation of a Lesson on Terminological Structure and Material Structure of Rocks and the Minerals. *Educat. Earth Sci.*, 61(3), 75-84, 2008

## ゴム製弾丸加速装置を用いたクレーターの形成実験

### Impact Cratering Experiments Using a Rubber Projectile Accelerator

中野 英之\*

Hideyuki NAKANO

**Abstract:** A projectile accelerator made from a simple rubber band was developed to illustrate the phenomenon of impact cratering in the Solar System for junior high school students. Experimental simulations of crater formation using this device were performed for the students during their regular school hours. Students could establish the relationship between the diameter of the craters produced and the kinetic energy of the projectiles that made them. The relationship between the diameter of the craters and the kinetic energy of the projectiles was investigated. Using the results of these simulations students were able to estimate the diameter of the meteorite that formed the Barringer Crater in Arizona, America.

**Key words:** junior high school, planetary science, accelerator of projectile, crater, impact phenomena

#### 1. はじめに

月や水星をはじめとして、太陽系の固体天体にはクレーターが普遍的に見られる。クレーターの大部分は、太陽系形成初期に、大小の無数の隕石や小天体が衝突して形成されたものである。地球にも月と同様にかつては無数のクレーターが存在していた。しかし、浸食・風化作用・造山運動などの地質活動によってその大部分が姿を消している。

天体に衝突する隕石や小天体は大きな衝突エネルギー（運動エネルギー）を持っている。衝突の際には、この衝突エネルギーにより、クレーター形成のほか、隕石や小天体の崩壊、高温高压に伴う物質の加熱、熔融、蒸発、相転移、脱ガスなどの物質変化、電離気体の発生、発光などが起こる（松井ほか、1997）。

クレーターはその直径が大きくなるにつれてその形が、(i) おわん型、(ii) 平底型、(iii) 中心丘型、(iv) 多重リング型と変化していく。このような形態的な形が移り変わる境界の直径は惑星内部の構造や力学的性質に

依存しており、惑星により異なっている。月の場合は直径が 15 km 以上になるとおわん型から平底型へ、30 km を超えると中央丘型のものが多くなり、直径が 70 km を超えると多重リングを持つクレーターが形成される。月には最大で直径 1,300 km に達する多重リングを持つクレーター（オリエンタル盆地）が存在する（水谷・藤原、1984）。一方で、月の岩石にはマイクロサイズのクレーターも存在する（松井ほか、1997）。

衝突エネルギーは衝突する物体の質量とその衝突速度の 2 乗に比例する。形成されるクレーターの直径は、隕石や小天体と標的物質の違いなどによって異なるが、一般的に衝突エネルギーの  $1/3 \sim 1/4$  乗に比例することが知られている（例えば Melosh, 1989）。また、隕石や小天体が天体に衝突するときには天体の重力により加速されて衝突するので、月に比べて地球のほうが速い速度で衝突すると考えられている（Denecke, 2001）。このため、月のクレーターの大きさは衝突速度よりも質量に大きく依存する。

地球誕生から46億年経過した現在でも、1億年に1回程度の割合で10 kmサイズの小天体が地球に衝突すると考えられている(Despois and Cottin, 2005). 約6,500万年前(中生代末期)の恐竜の絶滅は、10 kmの小天体の衝突が原因と考えられている。この衝突によって形成されたクレーター(チクシュルーブクレーター)が、地球物理探査や地質調査によりメキシコのユカタン半島の地下に発見されており、そのクレーターの直径は300 km(Urrutia-Fucugauchi ほか, 1996: 文献により100~300 kmの幅がある)と推定されている。1994年のシューメイカーレビー第9彗星(SL9)の木星への衝突は、我々に小天体が惑星にいつ衝突してもおかしくないことを示した。地球にSL9が衝突していたら、地球環境は壊滅的な打撃を受けていたことであろう。NASAのテンペル第1彗星に探査機から分離されたインパクターを衝突させる「ディープインパクト計画」は、将来の彗星の地球への衝突に備えて、彗星内部の物理・化学的性質について調べるものであった。

宇宙での衝突現象の理解を深めていくことは、太陽系の天体を考える上でも、将来の地球環境を考える上でも重要である。

宇宙での衝突現象を教育現場で模擬実験を通して学習させることは困難で、机上での学習に終始することが多い。しかし、安本(1995)が指摘するように、これらの現象を実際に体感し、生徒自らが実験を通して理解することは、今後学校教育の中で宇宙に関する教育の必要性を考えると極めて重要である。

これまで、室内で行うことができるいくつかの衝突実験が考案されてきた。安本(1995)は、圧縮空気を利用し、空気圧でプラスチック製の弾丸(長さ15 mm)を加速させ、石膏(直径65 mm, 厚さ5~20 mm)に衝突させる装置を考案している。また、高田ほか(2000)は1~4 cmの弾丸(鉄球)を0.1~3.2 mの高さより自由落下させ、標的となる砂に衝突させ、クレーターをつくる実験を考案している。安本(1995)の方法では、最大100 m/sの弾丸の速度を得ることができるが、装置が大がかりで、費用もかかることから、教育現場で複数台装置を準備して班ごとに実験を行うことは困難である。また、高田ほか(2000)の方法は、費用のかからない、極めて簡単な実験であるが、数m以上の高所から最大4 cmの鉄球を落下させる必要があることから、実験場所の確保や実験を行う生徒の安全性について相当な配慮が必要である。

本研究では、中学生が宇宙空間での衝突現象の理解を深めるための教材を開発することを目的としている。安全に安く失敗せず楽しく実験が行えることを目標に教材の試作を重ね、ゴム製弾丸加速装置を開発した。以下、弾丸加速装置の設計・製作、授業での実践の順に述べる。

## 2. 弾丸加速装置の設計・開発

中学生が安全に使用できるようにするために、操作や弾丸の速度の測定が簡単であることを教材開発の視点として設計を行った。

- (1) 弾丸の速度としては、数 m/s ~ 20 m/s 程度まで自由に変えられるようにする。20 m/s の衝突速度は、約20 mの高さから弾丸を自由落下させたときに得られる衝突速度に等しい。
- (2) 加速方法として、ゴムの弾性力を利用する。
- (3) 弾丸の速度測定方法として、物理実験で広く使用される速度測定装置「ビースピ(中村理科工業)」を用いて測定する。なお、「ビースピ」は2点間を通過する物体を光センサーでキャッチして速度(最大99.99 km/h)・ラップタイム(最大99.99 s)・積算ラップタイム(最大99.99 s)をデジタル表示させる速度測定玩具である。なお、「ビースピ」に内蔵されているセンサーの測定誤差は、速度については±1%、時間時間については±0.1%と見積もられており(寺島ほか, [http://ostwald.naruto-u.ac.jp/~nature/class/kyouiku\\_kadai\\_tankyuu/2007/1/beespi.pdf](http://ostwald.naruto-u.ac.jp/~nature/class/kyouiku_kadai_tankyuu/2007/1/beespi.pdf)), 測定精度は高い。

図1に作製した弾丸加速装置を示す。作製方法は次のとおりである。

- ① 内径3 cmの塩化ビニルパイプを長さ5 cm程度に切断したものと塩化ビニルパイプの外径と同じ大きさの穴を開けた木片を用意する(図1①)。
- ② 次に、切断した塩化ビニルパイプを木片に差し込み、固定金具で固定する(図1②)。
- ③ 幅10 mm, 折幅15 cmの輪ゴムを2本に切り分け、これを十字型に直交させ、交差している部分を布テープで固定する(図1③)。
- ④ 十字型にしたゴムの四つの端を塩化ビニルパイプの周りにビニールテープで固定し、その

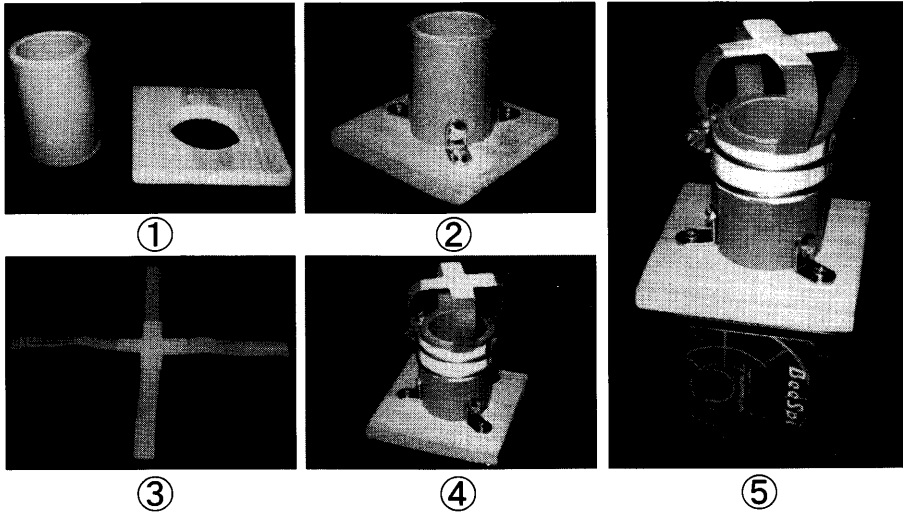


図1 弾丸加速装置の作製方法

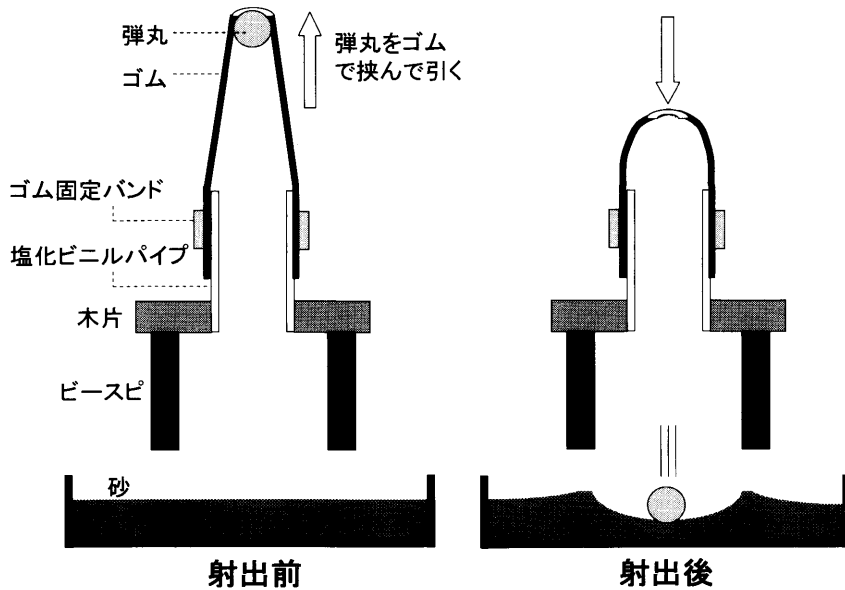


図2 弾丸加速装置の使用方法

周りをパイプバンドで固定する。このとき、ゴムの交差部分が塩化ビニルパイプの中心部分の真上にくるようにし、ゴムの交差部分の位置が塩化ビニルの端から4 cm 程度となるようにする(図1④)。

- ⑤ 最後にベースピを木片下部に両面テープで固定して完成させる(図1⑤)。

ゴム製弾丸加速装置の製作費用はベースピ本体の価

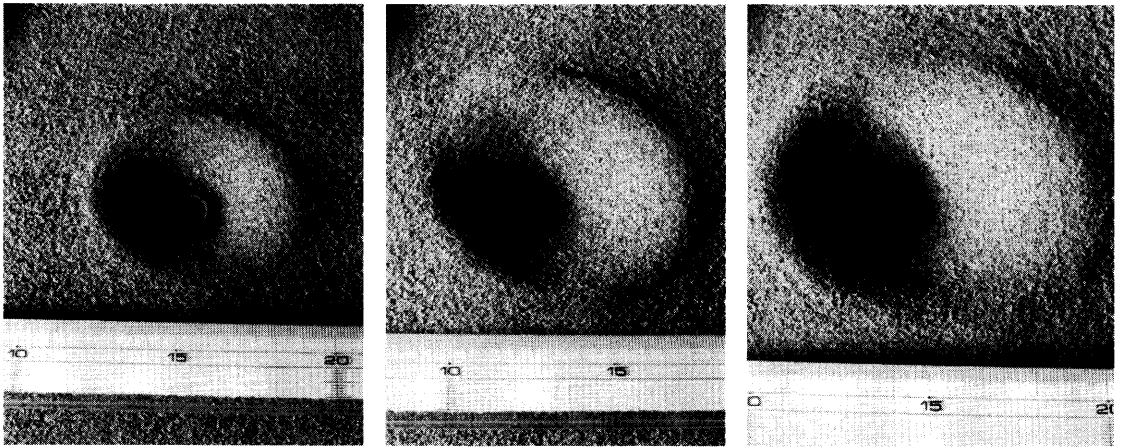
格(1個2,200円)を除いて数百円程度であった。

弾丸の大きさは「ベースピ」の内径(40 mm)よりも小さいことが必要であるが、弾丸が通過する塩化ビニルパイプの内径が30 mmなので、直径18.25 mmの鉄球を弾丸として用いた。標的には川砂を1 mmのふるいでふるったものを用いた。川砂をステンレス製のトレイに敷き詰め、表面が平坦になるようにして実験を行う。

弾丸加速装置の使用方法を図2に示す。「ピースピ」のスイッチを入れ、加速装置の射出口を標的に向け、標的に近づけた状態で、ゴムの交差部分の内側に弾丸を挟んで引く。次に弾丸を挟んでいる手を離し、弾丸を射出させる。加速装置から標的までの距離が短く、重力による弾丸の加速や空気抵抗による弾丸の減速の影響を無視することができるため、ピースピで測定した速度を弾丸が標的に衝突した速度とみなすことができる。

弾丸はゴムの弾性力により加速されるので、弾丸の速度はゴムの引き具合で調節する。

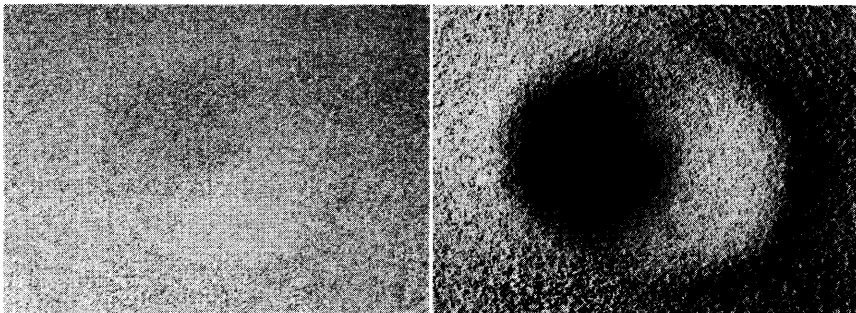
性能テストを行った結果、弾丸を約4～20 m/sの範囲で射出でき、いずれも安全・確実に標的に弾丸を衝突させることができた。この速度は高さ約1～20 mの位置から自由落下させたときに得られる速度に相当する。衝突の結果、図3のようなお椀型クレーターが形成され、クレーター形成ときにクレーター放出物が同心円状に広がる様子が観察される。また、衝突速度が大きくなるほど大きなクレーターが作られることが確認できた。なお、月のクレーターは横から太陽光が当たる半月の時に影ができて最も見やすくなるように、形成されたクレーターも横から光を当てると、影



衝突速度	4.5 m/s	8.8 m/s	11.2 m/s
クレーターの大きさ	6.8 cm	9.0 cm	10.2 cm

※上の3枚の写真は横からクレーターに照明を当てて撮影をしたものである

図3 形成したクレーター



上方からの照明だけではクレーターの形があまりはっきりわからない  
横からクレーターに照明を当てるとクレーターの形がはっきりわかる

図4 光の当たり方によるクレーターの見え方の違い



ができて形がはっきり確認できる(図4)。図3の写真はすべて横から光を当てて撮影したものである。また、斜めから撮影したため、クレーターは楕円形に写っている。

### 3. 教育実践

筆者の勤務校では、理科はA(物理・地学分野)分野とB(化学・生物分野)分野に分けて教育を行っている。理科の授業数は理科A・Bそれぞれ週2時間である。筆者の勤務校の中学3年生は、A分野については1学期に天文分野を、2学期に力とエネルギーの分野を学習する(表1)。

筆者の勤務校の天文分野と物理の力学的エネルギー

についての学習を終えた中学3年生(170名)を対象に、本装置を用いた教育実践をおこなった。1クラス(33~35名)を7~9班に分け(5クラス計39班)、1班3~5名で実験を行った。実験には2時間をあてた。実験と運動エネルギーの算出に1時間、グラフの作成と隕石の大きさの推定に1時間をあてた(表1)。

教育実践では運動エネルギー(衝突エネルギー)と形成されたクレーターの関係を調べる。そして、その結果を外挿してアメリカ合衆国のバリンジャークレーターをつくった隕石の持つエネルギーを推定してその大きさを求める実験・実習を行った。

バリンジャークレーター(バリンジャー隕石孔、メテオクレーターと呼ばれることもある)は地球上に存

表1 学習活動の内容

時数	指導内容		備考
[1学期] 地学分野 地球と宇宙			
2	1. 太陽系の起源	星間塵, 原始太陽系星雲 彗星・小惑星・隕石	
2	2. 惑星の姿	地球・木星型惑星, カイパーベルト天体	ビデオ・スライド学習を通して最先端の惑星科学に触れる
1	3. ケプラーの法則	第1~第3法則	ケプラーの第3法則の演示実験, 問題演習
2	4. 内惑星の見え方と動き	内惑星の見え方, 合, 最大離角 明けの明星・よいの明星	[実験]装置を用いて内惑星の見え方について学習する
2	5. 外惑星の見え方と動き	外惑星の見え方 天球上のうごき(衝, 合, 留)	[実験]装置を用いて外惑星の見え方について学習する
3	6. 太陽の姿	構造, 核融合反応, 黒点, 日食・月食	
4	7. 恒星の一生	恒星の進化 恒星の性質(明るさ, 表面温度)	[実習]HR図の作成
2	8. 宇宙の広がり	銀河系と宇宙の構造 宇宙論の基礎	[実験]風船を用いた宇宙膨張のモデル実験
[2学期] 物理解分野 仕事と力学的エネルギー			
4	1. 物体の運動	瞬間の速さ, 平均の速さ, 加速度	[実験]歩行実験
		等速直線運動, 等加速度運動	
4	2. 運動と力	力の大きさと向き, 合成・分解	
		作用・反作用とつりあいの力	
		摩擦力, 運動方程式, 慣性の法則	
2	3. 仕事	仕事, 仕事率, 仕事の原理	
6	4. エネルギー	仕事とエネルギー	[実験]ピースピを用いた運動エネルギーの測定
		位置エネルギー, 運動エネルギー	
		力学的エネルギーの保存	
1	ビデオ学習 彗星衝突計画(ディープ・インパクト)		地球・宇宙規模での衝突現象について学習する
2	クレーターの形成実験(本装置を用いた実験)		
	10分	実験方法・注意事項の説明	
	15分	実験	教師による班の間の連携と実験補助
	20分	データの整理(運動エネルギーを算出する)	
	5分	片付け	
	25分	データの整理(両対数グラフにデータを打点する) 実験結果をバリンジャークレーターの大きさまで外挿 させ、クレーターをつくるのに必要な運動エネルギーを求める	教師による一斉指導の後, 机間巡視 (両対数グラフの使い方, データの打点の仕方, データの外挿の仕方を中心に説明する)
	10分	コンピュータを用いて求めた運動エネルギーから 衝突した隕石の大きさを推定する	
	15分	実習ワークシートの完成(感想も書かせる)とまとめ	

在する代表的なクレーターであり、直径は約 1,200 m (水谷, 1980: 文献により 1,100~1,500 m の幅がある) である。このクレーターは、生徒が使用している教科書や多くの科学図鑑などに掲載されている (例えば、藤井, 2000) ものである。本教育実践の前に生徒に見せた DVD 教材“彗星衝突計画”の中でも、バリンジャークレーターについて紹介されている。

以下に具体的な実験手順を記す。

### 実験に用いる器具

弾丸加速装置, 弾丸 (鉄球), 懐中電灯, 解剖皿, 砂, 定規

### 実験手順

[手順 1] 弾丸の射出速度を変えた実験を 6~7 回程度行い、弾丸の速度とクレーターの大きさを測定する。クレーターの直径は形成されたクレーターの最も盛り上がっている部分の間の距離を測定して直径とする。クレーターの直径を測定するときには、懐中電灯で斜めからクレーターを照らして測定をする。

[手順 2] 弾丸の運動エネルギーを計算させ、両対数グラフに、弾丸の運動エネルギーとクレーターの直径をプロットする。

[手順 3] プロットしたデータ上に直線定規を当て目測で、バリンジャークレーターの直径 (1,200 m) まで直線近似をして外挿し、バリンジャークレーターを形成した隕石の衝突エネルギーを推定する。

[手順 4] 運動エネルギーから衝突した天体の直径を推定する。衝突した天体の半径を  $R$  (m)、天体の密度を  $\rho$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )、天体の衝突速度を  $v$  (m/s)、衝突エネルギーを  $W$  (J) とすると、運動エネルギー ( $W$ ) は

$$W = \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} \pi R^3 \rho \times v^2 \quad (1)$$

で表すことができる。式 (1) より、隕石の直径は

$$2R = 2 \left( \frac{3W}{2\pi\rho v^2} \right)^{1/3} \quad (2)$$

となる。

バリンジャークレーターをつくった天体は鉄隕石 ( $\rho = 7900 \text{ kg}/\text{m}^3$ ) と考えられている (水谷, 1980)。また、宇宙空間で起きる固体間の衝突速度は 1~10 km/s の

オーダーのものが多く、速いのもで 70 km/s を超える (松井ほか, 1997) と考えられていることから鉄隕石の衝突速度を 20 km/s と仮定する。これらの値と手順 3 で求めた衝突エネルギーから隕石の直径を計算する。ただし、この計算を手計算で行うことは中学生には困難であるため、あらかじめ表計算ソフトに計算プログラムを入れておき、生徒が運動エネルギーを入力して、天体の直径を計算できるようにした。

本実験の結果を実際のクレーターサイズの現象に適用するには十分な注意が必要である。しかし、本研究では実験結果を両対数グラフ上で直線近似してバリンジャークレーターを形成した隕石の衝突エネルギーを求めた。このような近似ができる根拠を以下に示す。

これまで、衝突現象を理解するための数多くの火薬や弾丸の高速衝突実験が行われてきた。そして、その結果を惑星規模の現象に適用するために、多くのスケールリング則が導かれてきた。バリンジャークレーターを形成した隕石の衝突 (運動) エネルギーは、高速衝突実験から導かれるスケールリング則から推定することができる。

Gault (1974) は直径 100 km 以上のクレーターに関して、次の式 (3) のスケールリング則を導いている。

$$D = 0.27 \times \sigma_p^{1/6} \times \sigma_t^{-(1/2)} \times W^{0.28} \times (\sin \theta)^{1/3} \quad (3)$$

また、Nordyke (1962) は次の式 (4) のスケールリング則を導いている。

$$D = 0.0133 \times W^{1/3.4} + 1.51 \times \sigma_p^{1/2} \times \sigma_t^{-(1/2)} \times L \quad (4)$$

ここで、 $D$  はクレーターの直径 (m)、 $\sigma_p$  は弾丸の密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )、 $\sigma_t$  は標的の密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )、 $W$  は弾丸の運動エネルギー (J)、 $\theta$  は弾丸の標的への衝突角度、 $L$  は弾丸の直径 (m) を表す。図 5 は、 $\sigma_p = 7,900 \text{ kg}/\text{m}^3$ 、 $\sigma_t = 2,200 \text{ kg}/\text{m}^3$ 、 $\theta = 90^\circ$ 、 $L = 0.01825 \text{ m}$  として、二つの式を図にしたものである。図 5 から、バリンジャークレーターを形成した隕石の衝突エネルギーは  $10^{17}$  J 前後と推定される。上記以外のスケールリング則 (例えば Schmidt, 1980) を用いてもほぼ同様の結果が得られる。図 5 には、筆者が本実験装置を用いて行った予備実験のデータも併せて示した。予備実験の結果から、形成したクレーターの直径と衝突エネルギーの間には正の相関があることがわかる。予備実験の結果を図 5 上で直線近似をして外挿した直線は、衝突エネルギーが、 $10^{16} \sim 10^{19}$  オーダーでは上記三つのスケーリ

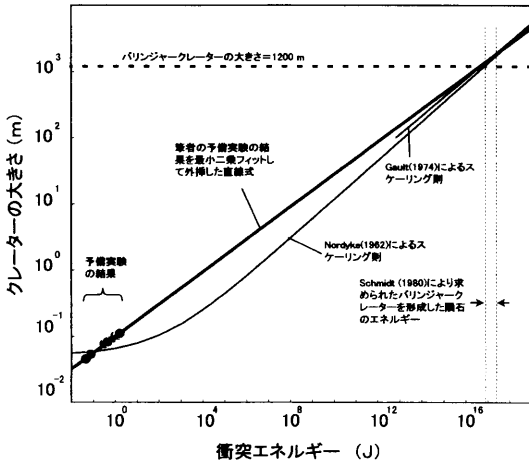


図5 予備実験の結果

表2 生徒の実験結果

衝突エネルギー (W [J])	隕石の直径 (D [m])*	度数分布
$W < 10^{13}$	$D \leq 2$	4
$10^{13} \leq W < 10^{14}$	$2 \leq D < 7$	3
$10^{14} \leq W < 10^{15}$	$7 \leq D < 11$	2
$10^{15} \leq W < 10^{16}$	$11 \leq D < 26$	3
$10^{16} \leq W < 10^{17}$	$26 \leq D < 50$	6
$10^{17} \leq W < 10^{18}$	$50 \leq D < 107$	11
$10^{18} \leq W < 10^{19}$	$107 \leq D < 262$	7
$10^{19} \leq W$	$262 \leq D$	3

※生徒が求めた直径の平均は約 94 m であり、標準偏差は 176 m となった。

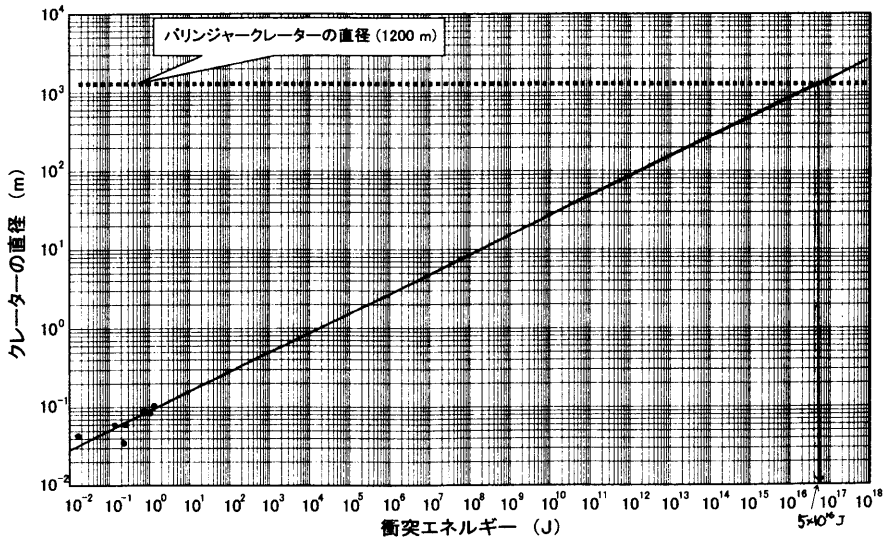


図6 生徒の実験結果の1例

ング則とよい一致を示していることがわかる (図5)。特に 1 km オーダーの領域では三つのスケールング則によって得られるエネルギーと本実験を外挿して得られたエネルギーの差は 2 倍程度以内に収まっている。

上記の結果から、km オーダーのサイズであるバリンジャークレーターをつくる隕石の衝突エネルギーを推定するには、本装置を用いた実験結果を両対数グラフ内で直線近似をして外挿して求めても問題はないという結論に達した。中学生が行なうことを考え、データ上に直線定規を当てて、目測で直線近似をして外挿する簡便な方法を採用した。

なお、筆者の予備実験から求めた衝突エネルギーは  $5 \times 10^{16} \text{ J}$  であり、推定される隕石の直径は式 (2) より 39 m となる。この値は、推定されている 30 m (McSween, 1999: 多数の文献があり、文献により 25 ~ 50 m の幅がある) とほぼ一致する。

**実験結果**

表2に、実験を行ったすべての班 (39 班) の実験結果を示す。また、図6にある班の実験結果を示した。求めたエネルギーの度数分布は  $10^{17} \sim 10^{18} \text{ J}$  が最も多かった。また、推定した隕石の大きさの平均値は 94 m であり、実際に予測されている大きさ (30 m) より

も3~4倍大きかった。しかし、これは、1,000 mという結果を導いた班があったために平均値が大きくなったものであり、このデータを除くと平均値は60 m程度になる。筆者の予想よりも各班の実験結果のばらつきは大きかったが、全班の62%は30 mの1/4~4倍以内に収まっていた。

ばらつきの最も大きい要因は、測定データに直線定規を当てて目測で直線近似をして外挿入するとき生じた誤差と考えられる。特に、狭い速度範囲で実験を行っていた班では、プロットした打点が狭い範囲に集中しており、どのように直線近似をしてよいか迷う例が見られた。実験結果のばらつきを小さくするためには、広い速度幅で実験をするように指導を徹底することが重要であろう。

衝突実験そのものは10分程度で完了するが、運動エネルギーの計算に予想外に時間がかかった。「ピースピ」の測定結果はkm/hの単位で表示されるので、これをm/sに直すのに手間取っている生徒が多かったからである。km/hをm/sに換算するためには、km/hの値を単に3.6で割ればよいことを示し、さらに電卓を用いて計算させれば、計算に要する時間を大幅に短縮することができるであろう。

また、両対数グラフの使い方に戸惑う生徒も多く見られた。例えば、0.11 mをどこにプロットしてよいかよくわからないといった質問が多く、0.11 mを0.2 mの位置にプロットしている生徒がみられた。0.1 mと1 mの間の目盛りの間隔は0.1 mであり、1 mに近づくほど間隔が狭くなることなど、一斉指導とともに作業中の机間巡視で、こうしたグラフの使い方について適宜指導した。

#### 生徒の反応



図7 実験中の様子

表3 生徒の感想

- 実際に宇宙の果てでこの実験と同じようなことが起こっていると思うと神秘を感じます。
- 実際のクレーターを是非見てみたいと思った。
- 自分たちでできるような実験でクレーターをつくるためのエネルギーやぶつかった天体の直径が求められるのがすごいと思った。
- わかりやすい実験で弾丸がぶつかる速度が大きくなるとクレーターの大きさも大きくなることが分かった。
- バリンジャークレーターができたのはさぞかし大きな天体が衝突したからだろうと思っていたが、衝突した天体の大きさが思っていたよりすごく小さいことに気づいたので驚いた。
- 大きな隕石が今もし地球に衝突したら人類が滅びるかもしれないと思った。ディープインパクトで見た、彗星の衝突回避の重要性が分かった。

実習は楽しく活気に満ちた雰囲気の中で行うことができた。弾丸の速度を競い合う生徒もおり、班での共同作業であっても各自が複数回以上装置を手にとって弾丸を発射させていた(図7)。実験の最後に生徒に書かせた感想文の例を表3に示す。この中で、「面白かった」、「クレーターや惑星に興味を持った」という記述があった生徒は全体の約75%であった。「計算が大変だった」という感想も約15%あり、運動エネルギーの算出で苦労した生徒が多かったことを裏づける結果となっている。生徒が推計した直径は、実際に推定されている直径よりも3~4倍程度大きかったが、本実験の精度や簡略化した外挿方法を考えると、筆者はまずまずよい値が出たのではないかと感じた。しかし、この差は結構大きいものとする生徒が多かったのが印象的であった。

また、生徒が物理分野で学習した運動エネルギーが地学分野でどのように活用できるのか、単元間の有機的なつながりについて気づいた生徒も多く見られた。形成されたクレーターの直径を計る際、懐中電灯で横から照らすとクレーターが見やすくなることから、半月ではクレーターが見やすく、満月ではクレーターがほとんど見えない理由を実習を通して考えさせることも可能である。

#### 4. おわりに

本研究では、中学生が宇宙空間での衝突現象の理解

表4 本実験装置の特徴

	高田(2000)	本研究
加速方法	自由落下 0.1~3.2 mより落下	ゴムの弾性力
弾丸	5種類の鉄球 直径 1, 1.5, 2, 3, 4 cm	1種類の鉄球 直径 1.825 cm
速度の測定	落下高度より算出	「ビースピ」により測定
弾丸の最大速度	約 8 m/s	約 20 m/s
安全性	高所での実験となるため 安全性に特別な配慮が必要	机上で実験が可能であるため 安全性が高い

を深めるために、安全に実験を行うことのできるゴム製弾丸加速装置を開発した。表4は、本装置の特徴をまとめたものである。ゴム製弾丸加速装置を用いると、10~20 mの位置から自由落下をさせないと得られない衝突速度を机上で容易に安全に再現することができる。自由落下法では4 cmの鉄球を数m以上の高所から落下させる実験を行うため、生徒の安全管理の面で相当の配慮が必要である。1クラスを9班に分けて高所での衝突実験の指導を安全管理も含めて行うことは中学校では非常に困難であると思われる。こうした安全管理面での労力を計算やデータ解析などの指導にあてることのできるメリットは大きい。また、自由落下法では幅広い衝突エネルギーを再現するために大きさの異なる鉄球を複数用意しなければならないが、ゴム製弾丸加速装置を使うと1種類の鉄球で実験が可能である。実験装置の構造が単純であり、例えばゴムが破損してもすぐにゴムを交換して修理が可能である。

引用文献

Denecke, E. J. (2001): *Let's Review: Earth Science*, Barron's Educational Series, Inc., New York, 173 pp.  
 Despois, D. and Cottin, H. (2005): Comets: Potential Sources of Prebiotic Molecules for the Early Earth.

In Gargaund, M., Barbier, B., Martin, H., Reisse, J. (eds.), *Lectures in Astrobiology*, Springer-Verlag, Berlin, 331 pp.  
 藤井 旭(2000): 宇宙大全, 作品社, 東京, 270-271 pp.  
 Gault, D. E. (1974): Impact Cratering. Greeley, R. and Schultz, P. H. (eds.), In *A primer in lunar geology*, NASA Ames, Moffett Field, pp. 137-175.  
 松井考典・永原裕子・藤原 顕・渡邊誠一郎・井田茂・阿部 豊・中村正人・小松吾郎・山本哲夫(1997): 岩波講座地球惑星科学12「比較惑星学」, 岩波書店, 東京, p. 87.  
 McSween, H. Y. (1999): *Meteorites and Their Parent Planets*—2nd edition. Cambridge University Press, Cambridge, p. 28.  
 Melosh, H. J. (1989): *Impact Cratering: A Geologic Process*. Oxford University Press, Oxford, pp. 112-125.  
 水谷 仁(1980): クレーターの科学. 東京大学出版会, 東京, p. 23.  
 水谷 仁・藤原 顕(1984): 惑星をこわす. 長谷川博一・大林辰蔵(編). 現代の太陽系科学(上), 東京大学出版会, 東京, pp. 257-303.  
 Nordyke, M. D. (1962): An analysis of cratering data from desert alluvium. *Jour. Geophys. Res.*, **67**, 1965-1974.  
 Schmidt, R. M. (1980): Meteor Crater: Energy of formation—Implications of centrifuge scaling. *Proceedings of Lunar and Planetary Science Conference*, **11**, 2099-2128.  
 高田淑子・須田敏典・小山裕幸・西川洋平・小島志穂(2000): クレーターをつくろう. 天文教育, **45**, 4-7.  
 Urrutia-Fucugauchi, J., Marin, L. and Trejo-Garcia, A. (1996): UNAM Scientific drilling program of Chicxulub impact structure—Evidence for a 300 kilometer crater diameter. *Geophys. Res. Lett.*, **23** (13), 1565-1568.  
 安本義正(1995): 宇宙における衝突現象の科学教材化に関する研究. 日本理科教育学会研究紀要, **36**(1), 29-36.

中野英之: ゴム製弾丸加速装置を用いたクレーターの形成実験 地学教育 61 巻 3 号, 85-93, 2008

〔キーワード〕 中学校理科, 惑星科学, 弾丸加速装置, クレーター, 衝突現象

〔要旨〕 要旨宇宙空間で起こる衝突現象を中学生に体感させることを目指して、安全かつ確実に弾丸を4~20 m/sの速度で射出できるゴム製の加速装置を開発した。本装置を用いてクレーターをつくる授業実践を行った結果、弾丸の運動エネルギーとクレーターの直径の関係を再現し、その結果を用いてバリンジャークレーターに衝突した隕石の直径を推定することができた。

Hideyuki NAKANO: Impact Cratering Experiments Using a Rubber Projectile Accelerator. *Educ. Earth Sci.*, **61**(3), 85-93, 2008



資料

## 地学現地研修の課題と推進に向けて

—東京都および東京都近県を例として—

The Problems and the Direction for Promotion  
of Teachers Training of Earth Science by Field Study  
—Cases of Tokyo and the Neighboring Prefectures—

宮下 治\*

Osamu MIYASHITA

### 1. はじめに

小学校学習指導要領「理科」(文部省, 1998a)には、「土地などの指導については、野外に出かけ地域の自然に親しむ活動を多く取り入れる」と記述され、中学校学習指導要領「理科」(文部省, 1998b)には、「観察、実験、野外観察を重視するとともに、地域の環境や学校の実態を活かす」と記述されている。そのため、地学学習における野外体験学習(以後、「地学野外学習」という)も当然ながら重視されなければならない。

野外体験学習の重要性に基づき、かつて各都道府県教育委員会では、理科教育を推進する理科センターを設けたり、教育センターなどに理科研究室を設けたりして、教員の地学や生物などの現地研修を多く行い、学校教育における野外体験学習を推進してきた経緯がある。

しかし、地学野外学習の実施率は1987年から1998年にかけての調査結果の報告(宮下, 1999)によると、東京都公立学校において小学校、中学校、高等学校ともに大きく低下してきているのである。さらに、次章に述べるとおり、筆者が2004年に東京都公立小学校・中学校の教員を対象に調査した結果においても、地学野外学習の実施率は0%と極めて低く、悪化しているのである。

このような状況を踏まえ、筆者は、学校教育における地学野外学習の実施率を高めるための一方策として、教員の地学領域に関する野外での現地研修(以後、「地学現地研修」という)の実施が有効ではないかと考

えている。

そこで、本報告では、東京都および東京都近県の教育委員会が実施している地学現地研修の現状と課題を明らかにするとともに、改善への方向性について述べる。

### 2. 地学現地研修の必要性

#### (1) 地学野外学習の実施状況

先に筆者は、東京都公立学校における地学野外学習の実施状況調査結果〔①小学校および中学校(東京都立教育研究所地学研究室, 1991; 三井, 1998; 平原, 1998), ②高等学校(足立, 1988; 藤井, 1988; 東京都立教育研究所地学研究室, 1990; 「東京の教育21」研究開発委員会高等学校理科部会, 1999)〕を整理し、地学野外学習の実施率の推移について報告した(宮下, 1999)。その後、筆者は、2004年9月に、東京都港区、渋谷区、中野区、練馬区、足立区、立川市、福生市の公立小学校教員52名(52校)、公立中学校教員37名(37校)の合計89名(89校)を対象に、「地学野外学習を今年度実施した(実施する予定)かどうか」について調査を新たに行った。表1は、以上の実施状況をまとめたものである。

#### ①小学校の場合

地学野外学習を実施していると答えた学校は、1990年は29.2%であったのが、1997年には14.0%と減少をし、2004年には0%となっている。

#### ②中学校の場合

地学野外学習を実施していると答えた学校は、

表 1 東京都立学校の地学野外学習実施状況の変化  
(宮下, 1999 に加筆)

学校種	調査年	調査校数 (校)	回収校数 (校)	回収率 (%)	実施している (%)	実施したこと がある (%)	実施していない (%)	調査者
小学校	1990年	1,421	869	61.2	29.2	58.5	12.3	東京都立教育研究所地学研究室
	1997年	98	98	100.0	14.0	55.0	31.0	三井知之, 平原謙造
	2004年	52	52	100.0	0.0	0.0	100.0	宮下 治
中学校	1990年	666	398	59.8	6.5	55.5	38.0	東京都立教育研究所地学研究室
	1997年	28	28	100.0	0.0	50.0	50.0	三井知之, 平原謙造
	2004年	37	37	100.0	0.0	0.0	100.0	宮下 治
高等学校	1987年	150	105	70.0	28.0	27.0	45.0	足立久男, 藤井英一
	1989年	425	112	26.4	46.0		54.0	東京都立教育研究所地学研究室
	1998年	109	44	40.4	13.6	20.5	65.9	「東京の教育21」研究開発委員会

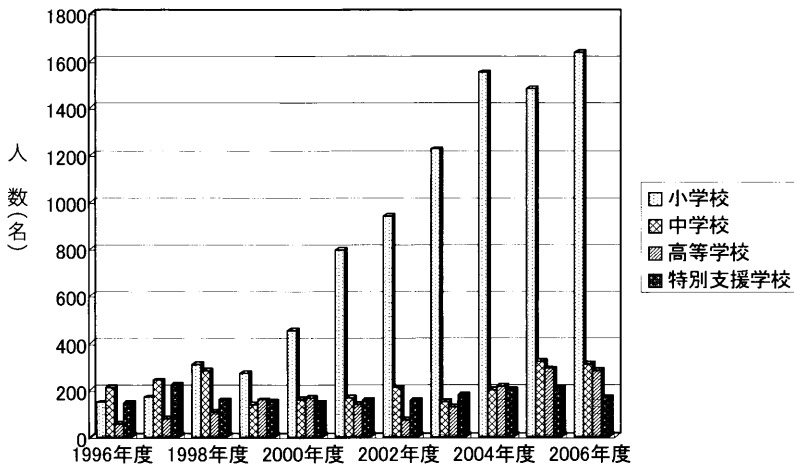


図 1 東京都立学校の新規教員採用者数の推移  
(東京都教育庁人事部より情報を入手し, 作成)

1990 年は 6.5%であったのが, 1997 年には 0%と減少をし, 2004 年にも 0%が継続している。

③高等学校の場合

地学野外学習を実施していると答えた学校は, 1987 年は 28.0%であったのが, 1998 年には 13.6%と減少をしている。

以上, 現行学習指導要領が 1998 年に告示され, 観察・実験・野外学習が重視されたにもかかわらず, これらデータから, 東京都立小学校・中学校・高等学校において, 地学野外学習の実施率の大幅な低下が推測される。

(2) 教員の地学領域に対する学習指導への意識の実態

宮下・三井(2003)は, 教員の専門性の実態について調査報告をしている。それによると, 小学校の「土地のつくり」, 中学校の「大地の変化」単元は, 理科の

他の単元に比べて授業を展開しやすいと思うかの質問に対し, 小学校では, 大変思う 2%, 思う 7%である。また, 中学校では, 大変思う 4%, 思う 28%である(調査対象; 東京都立小学校教員 98 名, 東京都立中学校理科担当教員 28 名)。逆に言えば, 調査した小学校教員の 91%, そして中学校の理科担当教員のうち 68%の教員が, 地学領域の学習指導が展開しにくいと意識している実態がある。

(3) 実践的な理科教員研修の必要性

図 1 は, 筆者が東京都教育庁より東京都立学校の校種別新規教員採用者数の情報を入手し, その推移を示したものである。1996 年度には小学校の新規採用者数が 146 名であったのが, 2004 年度には 1,549 名とわずか 8 年間に 10 倍以上の採用者数となったことがわかる。

東京都教育委員会(2007)によると, 2006 年度の小



学校教員採用候補者選考の受験者は3,168名、そのうち第二次選考合格者数は1,093名で、倍率は2.9倍であった。しかし、図1に示したとおり、2006年度の実際の採用者数は1,600名を超えており、実質倍率は2.0倍以下となっているのである。ただし、倍率が低下してきているからといって教員の指導力を低下させることはできないものと考えらる。

以上、東京都公立学校における、地学野外学習の実施状況、教員の地学領域に対する学習指導への意識の実態、新規教員採用者数の現状を踏まえ、地学現地研修のような実践的な理科教員研修を実施し、新規採用教員および現職教員全体に有意義な実践研修を行い、教員の資質・能力の向上を図り、理科の指導力の向上を図ることが必要である。

### 3. 東京都および東京都近県の理科教員研修や地学現地研修の実施状況（2007年度現在）

教育委員会が実施している理科教員研修や地学現地研修はどのようになっているのか、東京都および東京都近県の理科教員研修や地学現地研修の2007年度現在の実施状況について、各教育（研修）センターのホームページ（URLは、本章の(1)～(9)の「各教育委員会の研修状況」の欄にそれぞれ記載する）などの掲載内容から調べた。調査は、2007年8月に行い、①理科教員研修の校種別の講座数、②地学教員研修の講座数、③地学現地研修の講座数・受講人数・実施場所・指導者等の各項目について調べた。

表2は、上記の調査結果をまとめたものである。以下、各教育委員会の理科教員研修ならびに地学現地研修の実施状況について述べる。

(1) 東京都教育委員会の研修状況（東京都教職員研修センターのURL；<http://www.kyoiku-kensyu.metro.tokyo.jp/>などに基づく）

図2は、東京都教職員研修センター（2007）が作成した、平成19年度の東京都教育委員会による人事考課と連動した現職教員研修の体系を表したものである。東京都教育委員会による現在の教員研修は、教育管理職・主幹・主任などへの「職層研修」、初任者研修、2・3年次授業研究、4年次授業観察、10年経験者研修などの「必修研修」、そして各教科等や教育課題に対応した「選択課題研修」に大きく分けられている。理科教員研修はこの選択課題研修に位置づけられている。

東京都教職員研修センターのホームページ、ならび

に平成19年度研修案内概要版（東京都教職員研修センター、2007）によると、希望者による受講研修である「選択課題研修」としての理科教員研修が5講座設けられており、そのうち3講座は大学との連携したSPP事業によるものである。しかし、地学研修として独立している研修会はない。当然ながら、地学現地研修も実施されていない。理科教育に関する研修は、初任者研修、2・3年次授業研究、4年次授業観察、10年経験者研修の指定研修の中に、教科別の分科会として設けられ、授業の指導方法を中心に実施されている。

(2) 神奈川県教育委員会の研修状況（神奈川県立総合教育センターのURL；<http://www.edu-ctr.pref.kanagawa.jp/>に基づく）

希望者による受講研修としては、小学校教員を対象とした理科教員研修が1講座設けられている。しかし、地学研修として独立している研修会はない。理科教育に関する研修は、初任者研修、5年経験者研修、10年経験者研修、15年経験者研修の指定研修の中に、教科別の分科会として設けられ、授業の指導方法を中心に実施されている。なお、中学校初任者研修の中で、理科の初任者教員23名を対象に地学研修を実施するとともに、三浦市三崎町城ヶ島周辺での地層観察の地学現地研修が実施されている。

(3) 千葉県教育委員会の研修状況（千葉県総合教育センターのURL；<http://www.ice.or.jp/~sosse2/>に基づく）

希望者による受講研修としての理科教員研修が25講座設けられている。そのうち4講座は大学との連携したSPP事業によるものである。各校種別、科目別に研修会が設定されており、教員の経験年数によって受講できる講座が決められている。地学研修も5講座あるが、地学現地研修は実施されていない。

(4) 埼玉県教育委員会の研修状況（埼玉県立総合教育センターのURL；<http://www.center.spec.ed.jp/>に基づく）

希望者による受講研修としての理科教員研修が4講座設けられている。そのうち2講座は大学との連携したSPP事業によるものである。しかし、地学研修として独立している研修会はない。当然ながら、地学現地研修も実施されていない。ほかに、小学校や中学校への理科出前研修が実施されており、教育センターの指導主事が指導を行っている。また、理科教育に関する研修は、初任者研修、5年経験者研修、10年経験者研修の指定研修の中に、教科別の分科会として設けら

表2 東京都および東京都近県教育委員会が実施している理科教育における教員研修ならびに地学現地研修の状況(2007年度現在)

単位:「人数」の欄は「名」、それ以外の欄は「講座(研修会)数」

教育委員会	理科研修	小	中	小中	中高	高	小中高	大学連携	地学研修	現地研修	受講対象	人数	場所	指導者	備考
東京都	5	2	0	0	3	0	0	3(SPP)	0	0	—	0	—	—	他に初任・2・3・4年・10年研で教科別分科会研修を実施
神奈川県	1	1	(6)	0	0	(6)	0	0	(1) 中学初任研	(1) 中学初任研	(中学校)	(23 中学初任研)	(三浦市城ヶ島、中学初任研)	(博物館学芸員)	初任研・5年・10年・15年研で各5日程度の理科研修実施
千葉県	25	5	2	7	9	1	1	4(SPP)	5	0	—	0	—	—	経験年数で受講講座が設定
埼玉県	4	0	0	0	0	1	3	2(SPP)	0	0	—	0	—	—	他に小中学校への理科出前研修実施
茨城県	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	—	0	—	—	他に初任研・5年研・10年研で教科別の分科会研修を実施
栃木県	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0	—	—	他に初任・5年・10年・20年研で教科別分科会研修を実施
群馬県	12	4	4	0	0	4	(3環境研修)	0	3(他1は環境研修)	2(他1は環境研修)	小特 (小中高特)	30 (15環境研修)	富岡市周辺 (白根火山、環境研修)	不明	全研修会は半日
山梨県	15	7	1	0	0	2	5	0	5	4	小中高特	144	富士山北麓 八ヶ岳南麓	大学教員 環境科学研職員	現地研修2本は県環境科学研究所と共催
長野県	57	12	9	8	7	2	19	0	13	4	小中高特	60	塩尻市周辺 信州新町等	大学教員 博物館学芸員	現地研修は2日間の研修

[各教育(研修)センターのホームページを参考に作成]

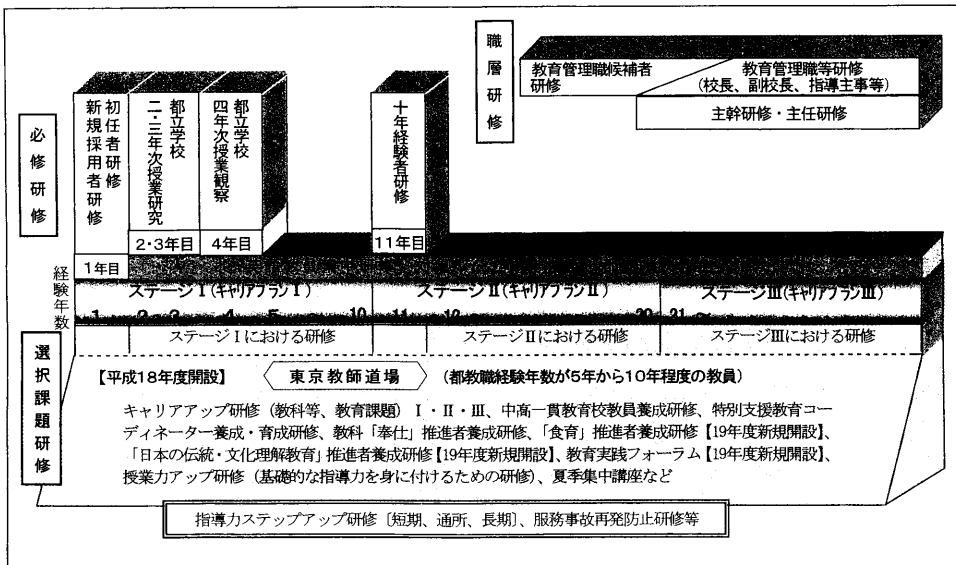


図2 東京都教育委員会による教員の現職研修体系  
 (東京都教職員研修センター「平成19年度研修案内概要版」より引用)

れ、授業の指導方法を中心に実施されている。

(5) 茨城県教育委員会の研修状況 (茨城県教育研修センターの URL; <http://www.center.ibk.ed.jp/> に基づく)

希望者による受講研修としての理科教員研修が2講座設けられている。しかし、地学研修として独立している研修会はない。当然ながら、地学現地研修も実施されていない。理科教育に関する研修は、初任者研修、5年経験者研修、10年経験者研修の指定研修の中に、教科別の分科会として設けられ、授業の指導方法を中心に実施されている。

(6) 栃木県教育委員会の研修状況 (栃木県総合教育センターの URL; <http://www.tochigi-c.ed.jp/> に基づく)

希望者による受講研修としては、小学校教員を対象とした理科教員研修が2講座設けられている。しかし、地学研修として独立している研修会はない。当然ながら、地学現地研修も実施されていない。理科教育に関する研修は、初任者研修、5年経験者研修、10年経験者研修、20年経験者研修の指定研修の中に、教科別の分科会として設けられ、授業の指導方法を中心に実施されている。

(7) 群馬県教育委員会の研修状況 (群馬県総合教育センターの URL; <http://www.center.gsn.ed.jp/> に

基づく)

希望者による受講研修としての理科教員研修が12講座設けられており、各校種別、科目別に研修会が設定されている。他に環境研修としての理科教育関連の研修が3講座設けられている。地学研修は3講座(ほかに環境研修としての地学的内容の研修が1講座)ある。地学現地研修は2講座(他に環境研修としての地学的現地研修が1講座)あって、小学校・特別支援学校の教員30名を対象に、富岡市周辺の地層観察が半日で実施されている。また、環境研修では全校種の教員15名を対象に白根火山での現地研修が半日で実施されている。

(8) 山梨県教育委員会の研修状況 (山梨県総合教育センターの URL; <http://www.ypec.ed.jp/> に基づく)

希望者による受講研修としての理科教員研修が15講座設けられている。各校種別、科目別に研修会が設定されている。特に、小学校教員を対象とした研修が7講座と充実している。地学研修は5講座あり、地学現地研修も4講座ある。地学現地研修は、全校種の教員144名を対象に、富士山北麓や八ヶ岳南麓で実施されている。なお、地学現地研修の4講座のうち2講座は、県環境科学研究所との共催で実施されている。

(9) 長野県教育委員会の研修状況 (長野県総合教育センターの URL; <http://www.edu-ctr.pref.nagano>

jp/に基づく)

希望者による受講研修としての理科教員研修が57講座と、東京都および東京都近県の中では最も多くの講座が設けられている。各校種別、科目別に研修会が設定されている。特に、小学校教員を対象とした研修が12講座と充実している。地学研修は13講座あり、地学現地研修も4講座ある。地学現地研修は、全校種の教員60名を対象に、塩尻市周辺や信州新町等で実施されている。なお、地学現地研修は、各講座ともに2日間で実施されている。

#### 4. 東京都の理科教員研修や地学現地研修の変遷

前述したとおり、希望者による受講研修としての理科教員研修が、東京都、神奈川県、埼玉県、茨城県、栃木県の各教育委員会では、それぞれ1~5講座と非常に少なく、地学現地研修も神奈川県の中学校初任者研修を除けば実施されていない。また、千葉県でも地学現地研修は実施されていない。これらの都や県の教育委員会では、従来から理科教員研修や地学現地研修に消極的であったのだろうか。次に、東京都教育委員会を例に理科教員研修や地学現地研修の変遷について述べるとともに、教員研修の実施上の課題を探る。

なお、筆者は1997年度から2000年度までは東京都立教育研究所に勤務し、筆者が直接、理科教員研修や地学現地研修を企画、運営、指導していた。また、その後2006年度まで東京都教育委員会に勤務し、現職教員研修に多く携わっていた。そのため、次に記する内容は筆者の直接経験から確認できているものである。

#### (1) 1998年度までの研修

かつての理科教育センターの名残もあり、理科の指導主事が10名以上配置され、科学研究部として独立していた。地学の指導主事も1名配置されていた。各科目ごとの研修会が充実しており、地学だけでも4種類以上の研修会を行い、すべての研修会で宿泊や日帰りの地学現地研修を実施していた。表3は1997年度に東京都教育委員会(東京都立教育研究所)が実施した地学現地研修の様子をまとめたものである。

1997年度には、宿泊を伴う地学現地研修は一つの研修会だけとなってしまっているが、全校種の先生方から募集人員の倍を超える応募があるなど、内容ともに充実した研修会ができていたと考える。また、他3種類の地学現地研修は、それぞれ校種別の研修会であり、バスを借り切った日帰りの研修会を実施していた。これらの地学現地研修会の受講者は、自主研究の成果をまとめ、指導計画と教材を各自が作成し、研修会最終日に研究レポートとして東京都立教育研究所に提出をしていた。

#### (2) 1999年度~2000年度の研修

科学研究部はなくなり、教科教育部に統合された。理科の指導主事は各科目担当1名(地学1名)の合計4名となり、地学だけの研修会は2種類となった。また、予算削減の関係で、地学現地研修のみならず、生物、社会科の現地研修もすべて廃止となった。

#### (3) 2001年度~2004年度の研修

「東京都立教育研究所」から「東京都教職員研修センター」に名称が変わるとともに、教科教育部が廃止され、各教科等の研究室が一切なくなるなど、教科の研修から職層研修や必修研修に研修会全体が大きく変容

表3 東京都教育委員会(東京都立教育研究所)が1997年度に実施した地学現地研修

	受講対象校種	人数	研修場所・日程	研修内容	指導者
①	小・中・高・特	30人	埼玉県秩父郡長瀨町周辺 (2泊3日)	・地層や岩石の観察方法 ・中・新生代の化石採取 ・不整合の観察 など	大学教員 博物館学芸員 研究所所員
②	小・特	30人	千葉県印旛郡印旛村周辺 (日帰り・バス)	・地層の観察方法 ・第四紀の化石採取 ・古環境の推測 など	小学校教員 研究所所員
③	中・(高)・特	30人	東京都あきる野市秋川流域 (日帰り・バス)	・地形や地層の観察方法 ・新生代の化石採取 ・古環境の推測 など	元中学校校長 研究所所員
④	(中)・高・特	30人	神奈川県三浦市三崎町城ヶ島周辺 (日帰り・バス)	・地層の観察方法 ・地質構造の観察 ・古環境の推測 など	高等学校教員 研究所所員

した。教科に関する専門研修は専門研修課が担当するようになり、校種や理科とは関係のない指導主事が全校種対象の理科教員研修を企画・運営するようになった。地学だけの研修会はなくなり、当然地学現地研修もなくなった。理科教員研修は7種類あるが1日だけの研修や大学に任せる研修となった。

#### (4) 2005年度～現在までの研修

校種や理科とは関係のない指導主事が全校種対象の理科教員研修を企画・運営することが2007年度現在も継続している。毎年、4～5種類の研修会が用意されているが、いずれも1～2日の研修会で、SPP事業による大学との連携による研修が半分以上と多くなっている。受け入れ人数は、2007年度の場合、合計310名である。各研修会とも60名以上の講義中心の研修会となっている。

### 5. 理科教員研修や地学現地研修の実施状況からみえる課題と対応

#### (1) 東京都および東京都近県の実施状況からみえる課題

2007年度現在、希望者による受講研修としての理科教員研修が、東京都、神奈川県、埼玉県、茨城県、栃木県の各教育委員会では、それぞれ1～5講座と非常に少ないことわかった。研修の講座数が少ないため、校種ごとや科目ごとには対応ができていない状況である。地学現地研修も神奈川県の中学校初任者研修を除くと実施されていない。

一方、千葉県、群馬県、山梨県、長野県の各教育委員会では、希望者による受講研修としての理科教員研修の講座数も12～57講座と多いことがわかった。また、校種ごとや科目ごとにも対応ができていない状況である。地学現地研修は千葉県では実施されていないが、他3県では、3～4講座実施されている。

東京都でも1998年度までは、現在の山梨県と同等級以上の地学現地研修を含めた理科教員研修ができていたわけである。それが、この10年の間に大きく様変わりしてしまったのである。危惧すべきことは、今後こうした傾向が、群馬県、山梨県、長野県にも広がっていきはしないかということである。

#### (2) 東京都を例とした課題への対応

東京都公立小学校・中学校の教員ともに、地学領域の学習指導が展開しにくいと意識している実態があることを前述した。このように苦手な現職教員には、真に自然の不思議さや楽しさを体験の中からわかってもら

う必要がある。そのためにも、理科(地学)を専門とする指導主事が研修会を企画・運営することは勿論のこと、研修会の大部分を大学の教員に任せてしまうというのではなく、指導主事自らが日頃の授業に合った実践的な研修会を企画・運営・指導・助言を行っていくことが必要である。

また、予算が削減されるので現地研修を中止することも、真に必要な教員研修ならば絶対にあってはならないと考える。2008年2月に出された学習指導要領案(文部科学省、2008)では、ゆとり教育から教科・科目の基礎・基本の定着のために授業時間数も増加している。今、人の配置と予算の配分をさらに適切に行い、教科・科目の充実した教員研修に転換することが是非とも必要である。

### 6. 地学現地研修の推進に向けて—指定研修の有効活用—

「初任者研修」や「10年経験者研修」が法制化されるなど指定研修が増えたり、できるだけ教員の出張を減らし授業時間の確保に努めなければならなかったりの理由から、教科・科目の希望者による専門的研修を減らさざるをえないという状況が各教育委員会にはあると思う。また、すべての教科・科目の指導主事を各教育(研修)センターに配置することが困難であるという財政的状況もあるかもしれない。しかし、児童・生徒にとって体験学習を用いた理科教育の重要性を考えたとき、教員の教科指導の専門的研修は増やすことはあっても、減らすことは絶対にあってはならないのである。東京都および東京都近県には、地学事象がよく観察できる場所がある。時間をかけずに半日から1日の研修で地学現地研修は実施が十分に可能である。

もしも、希望者による受講研修としての理科教員研修や地学現地研修の講座をどうしても設定できない場合には、神奈川県教育委員会が実施している中学校初任者研修の中での地学現地研修の手法が大いに参考になると考える。各教育(研修)センターでは、初任者研修、5年経験者研修、10年経験者研修などの指定研修の中に、教科別の分科会として理科教育に関する研修を入れ、教室での授業観察やその後の協議会を通して、教科の指導方法や教材・指導案の作成などについて研修を実施している。実際の児童・生徒を前にした授業観察も非常に意義ある研修であるが、合わせて半日から1日を用いた地学現地研修を是非とも組み入れていくことが重要と考える。

表4 地学現地研修を取り入れた初任者研修（教育センター等における研修）のモデル（各回の研修は3時間30分を想定、ただし、第7回は1日の研修を想定）

回数	研修内容
1	各都道府県や各区市町村の教育目標、教員としての心構え
2	公教育の役割と諸課題の解決に向けて、教員の勤務とサービスの厳正
3	教育課題の解決に向けた取組（人権教育・環境教育・国際理解教育等の推進）
4	学習指導要領と教育課程の編成・実施並びに評価
5	教科指導(1)＜教科合同＞ 教科指導の基礎技術、授業の進め方
6	教科指導(2)＜教科別・理科＞ 理科室における物理・化学領域を中心とした観察・実験指導の基礎技術
7	教科指導(3)＜教科別・理科＞ 野外における地学・生物領域を中心とした観察指導の基礎技術＜例. 神奈川県三浦市油壺・城ヶ島等での現地研修＞
8	教科指導(4)＜教科別・理科＞ 学習指導案の作成、教材・教具の作成と工夫
9	教科指導(5)＜教科別・理科＞ ベテラン教員による授業の参観
10	教科指導(6)＜教科別・理科＞ 初任者教員による授業研究①
11	教科指導(7)＜教科別・理科＞ 初任者教員による授業研究②
12	学級経営の意義、学級経営の実際と工夫
13	生徒指導・進路指導の意義、生徒指導・進路指導の実際と工夫
14	特別活動の指導計画と授業の実際、総合的な学習の時間のねらいと進め方
15	初任者教員による体験発表、教員としての更なる飛躍を目指して

表4は、地学現地研修を取り入れた初任者研修（「教育センター等における研修」）の組み方としての一つの研修モデルとして作成したものである。初任者研修のうち、「教育センター等における研修」や「宿泊研修」などの校外研修は年間25日程度実施すると、文部科学省のホームページ（「初任者研修」；[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/kenshu/003.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kenshu/003.htm)）に示されている。本研修モデルでは「教育センター等における研修」を15回に設定している。また、そのうちの7回を教科指導の研修にあてた。そして教科指導の6回は教科別として設定し、教科指導の基礎技術や観察・実験の基礎技術の研修、さらには授業参観や初任者教員による授業研究を取り入れている。特に、本研修モデルでは第7回に野外における地学・生物領域の観察指導の基礎技術として現地研修を組み入れてある。各回の研修は3時間30分で想定してあるが、第7回の現地研修はバスでの移動も考慮し1日の研修を想定してある。本来ならば、地学だけの現地研修ができればさらによいが、理科の指導者として考えた場合、生物領域の現地研修もやはり重要であり、双方の内容を研修できる場所を選定して現地研修を実施することが必要である。

なお、本研修モデルは、中学校・高等学校の理科の初任者教員には内容的に該当しやすいと思う。一方、小学校の初任者教員にはすべての教科について「教育センター等における研修」の中で扱う必要があるかもしれないが、時間的に無理がある。筆者は小学校の教員も指導に得意な専門性の高い教科をもつべきと考えている。そのためにも、「教育センター等における研修」の中で一つの教科に絞ってしっかりと研修を積むことは意義あることと考える。その意味からも、本研修モデルは小学校・中学校・高等学校・特別支援学校のすべての初任者研修で活用できるものと考え、提案する。

## 7. ま と め

理科教育における観察・実験・野外学習などの体験学習の重要性については、学習指導要領などでも示され、学校の教員はもとより、各教育委員会でも十分に認識をしているはずである。しかし、東京都教育委員会をみると、1999年以降、理科を含む教科教育の研究・研修の指導体制が大きく見直され、野外学習のための現地研修が一切なくなっていることが明らかとなった。

本報告では、地学野外学習の実施状況と、小・中学校教員の地学領域に対する学習指導への意識の実態、近年の東京都公立学校初任者教員の急増についても触れながら、実践的な理科教員研修の必要性について先ず述べた。その上で、東京都および東京都近県の教育委員会が実施している理科教員研修や地学現地研修の現状と課題について述べた。そして、一つの改善の方向性として、初任者研修、5年経験者研修、10年経験者研修などの指定研修の中に、地学現地研修を組み入れていくことの重要性を一つの研修モデルを示し提案した。

### 引用文献

- 足立久男(1988): 五日市盆地の地形・地質の教材化. 昭和62年度東京都教員研究生報告書, 40 p.
- 藤井英一(1988): 地域の自然を生かした地質教材開発の視点—生徒が主体的に取り組む野外学習—. 昭和62年度東京都教員研究生報告書, 81 p.
- 平原謙造(1998): 五日市盆地の地形・地質の特徴を生かした指導の工夫—中学校理科「地層と過去の様子」を通して—. 平成9年度東京都教員研究生報告書, 46 p.
- 三井知之(1998): 土地のつくりについての見方や考え方を養う指導の工夫—小学校理科都心部における地層の学習指導を通して—. 平成9年度東京都教員研究生報告書, 82 p.
- 宮下 治(1999): 地学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, 63-71.
- 宮下 治・三井知之(2003): 都心部での地形測量に基づく「土地のつくり」の教材化—地学学習指導に対する教師の意識をふまえて—. 地学教育, 56, 69-80.
- 文部科学省(2008): 小学校学習指導要領案. 東京, 122 p.
- 文部省(1998a): 小学校学習指導要領. 東京, 97p.
- 文部省(1998b): 中学校学習指導要領. 東京, 104 p.
- 「東京の教育21」研究開発委員会高等学校理科部会(1999): 「東京の教育21」研究開発委員会指導資料集(高等学校理科部会). 東京都教育庁指導部, 18 p.
- 東京都教育委員会(2007): 平成20年度東京都公立学校教員採用候補者選考実施要項. 東京, 16 p.
- 東京都教職員研修センター(2007): 平成19年度研修案内概要版. 東京, 16 p.
- 東京都立教育研究所地学研究室(1990): 東京および近郊の野外実習地の調査とその教材化(1). 東京都立教育研究所科学研究部地学研究室報告書, 121 p.
- 東京都立教育研究所地学研究室(1991): 東京および近郊の野外実習地の調査とその教材化(2)—学校の周りの身近な自然の教材化—. 東京都立教育研究所科学研究部地学研究室報告書, 126 p.

宮下 治: 地学現地研修の課題と推進に向けて—東京都および東京都近県を例として— 地学教育 61 巻 3 号, 95-103, 2008

〔キーワード〕 地学現地研修, 理科教員研修, 地学野外学習

〔要旨〕 東京都公立学校における地学野外学習の実施率は近年、大きく低下してきている状況がある。また、東京都や東京都近県の各教育委員会では、地学現地研修を一切実施していないところが多くなっている。本報告では、教員の地学指導の専門性の実態や、近年の東京都公立学校の初任者教員数にも触れながら、東京都および東京都近県の各教育委員会が実施している理科教員研修や地学現地研修の現状と課題を整理し、地学現地研修を推進するための方向性について論述した。

Osamu MIYASHITA: The Problems and the Direction for Promotion of Teachers Training of Earth Science by Field Study—Cases of Tokyo and the Neighboring Prefectures—. *Educat. Earth Sci.*, 61(3), 95-103, 2008





## 学会記事

### 第6回 常務委員会議事録

日時：平成20年4月2日(水) 午後6時15分  
～午後8時15分

場所：日本教育研究連合会 小会議室

出席者：下野 洋・馬場勝良・渋谷 紘・米澤正弘・岡本弥彦・濱田浩美・高橋 修

#### 1. 前回議事録の承認

前回(第5回常務委員会)議事録の承認がなされた。

#### 2. 役員選挙結果について

日本地学教育学会役員選挙の結果、会長(任期平成20年度～平成21年度)：牧野泰彦、評議員(任期平成20年度～平成22年度)：照井一明(北海道東北地区)・山本和彦(関東地区)・荒井 豊(関東地区)・江藤哲人(関東地区)・遠西昭寿(中部地区)・廣木義久(近畿地区)・野瀬重人(中国四国地区)・田中基義(九州沖縄地区)、監事(任期平成20年度～平成21年度)：佐藤俊一、それぞれが選出されたことが米澤正弘選挙管理委員長から報告され、承認された。

#### 3. 平成20年度以降の大会について

東京大会の進捗状況が報告され、次号の「地学教育」に1次案内が掲載される。また、平成21年度三重大会は、本田 裕会員を大会実行委員長として組織していくことが承認された。

#### 4. 平成19年度事業報告(案)および会計報告(案)について

平成19年度事業報告(案)および会計報告(案)について、庶務および会計から報告があり、それぞれ原案が承認された。

#### 5. 平成20年度事業計画(案)および会計予算(案)について

平成20年度事業計画(案)および会計予算(案)について、庶務および会計から報告があり、それぞれ原案が承認された。

#### 6. 平成20年度評議員会および総会について

平成20年度総会を、平成20年4月19日(土)午後1時から、東京学芸大学で開催することを決定した。また、平成20年度第1回評議員会は同日10時30分から、フォーラムを14時から開催

することを決定した。本年度フォーラムは「新学習指導要領と地学教育」として、熊野善介会員(静岡大学教育学部)による「新学習指導要領と地学教育」および、五島政一会員(国立教育政策研究所)による「理数教育の充実のための方策や課題」の2件の講演が予定されている。

#### 7. 入会者・退会者について

今回は入会者2名、退会者12名が承認された(平成20年4月1日現在：名誉会員6名、正会員580名、学生会員19名、在外会員8名)。

入会者：川辺文久(東京)・吉川契子(静岡)

退会者：浅野和久・上原和幸・小島郁生・小早川 隆・貞弘浩太郎・平野利子・別所孝範・水山栄子・森本英利・湯山萬壽夫・四元克志・山縣毅

#### 8. その他

1) 学会功労賞の設置やその授与規程について今後検討していくことになった。

2) 国際地学オリンピックの協賛について検討され、協賛金を一口10万円として協賛申し入れすることが決まった。

#### 報告：

##### 1. 各種常置委員会から

1) 編集委員会から、61-2号の編集状況についてその発行が遅れていることの報告があった。

2) 馬場副会長から、日本地球惑星科学連合公開討論会・第7回評議員会(3/14)の報告があった。

3) 第88回教科「理科」関連学会協議会の報告が馬場副会長からあった。

##### 2. その他

1) 大学入試センター試験問題評価検討の報告が、南島正重委員(代読高橋)からあり、61-3号「地学教育」誌にその内容が掲載される予定である。

##### 2. 寄贈交換図書

日本理科教育学会(2008)：理科の教育4, 通巻669号, Vol. 57.

東京地学協会(2008)：地学雑誌, No. 1, Vol. 117.

熊本地学会(2008)：熊本地学会誌, 147.

東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科(2008)：学校教育学研究論集, 17.

**平成 20 年度 第 1 回評議員会議事録**

日 時：平成 20 年 4 月 19 日(土) 10 時 30 分～12 時

場 所：東京学芸大学 南棟(S102)

出席者：下野 洋・牧野泰彦・馬場勝良・野瀬重人・相原延光・林 武広・林 慶一・秦明德・渋谷 紘・伊藤 孝・濱田浩美・熊野善介・米澤正弘・五島政一・高橋 修・小川忠彦

本評議員会は、出席者 15 名・委任状 12 名で計 27 名となり、現評議員の過半数を超えているため、成立することが確認された。

**議 題：**

- 平成 19 年度事業報告(案)および会計報告(案)について  
平成 19 年度事業報告(案)および会計報告(案)について、庶務および会計から報告があり、それぞれ承認された。
- 本年度役員承認  
日本地学教育学会役員選挙の結果、会長(任期平成 20 年度～平成 21 年度)：牧野泰彦、評議員(任期平成 20 年度～平成 22 年度)：照井一明(北海道東北地区)・山本和彦(関東地区)・荒井豊(関東地区)・江藤哲人(関東地区)・遠西昭寿(中部地区)・廣木義久(近畿地区)・野瀬重人(中国四国地区)・田中基義(九州沖縄地区)、監事(任期平成 20 年度～平成 21 年度)：佐藤俊一、それぞれが選出されたことが米澤正弘選挙管理委員長から報告され、会長推薦の評議員とともに承認された。
- 平成 20 年度事業計画(案)および会計予算(案)について  
平成 20 年度事業計画(案)および会計予算(案)について、庶務および会計から報告があり、それぞれ承認された。

**平成 20 年度 日本地学教育学会総会議事録**

日 時：平成 20 年 4 月 19 日(土) 午後 1 時～2 時

場 所：東京学芸大学 西棟(W110)

**議 事：**

- 開会のあいさつ
- 会員(正会員・学生会員・名誉会員)数 580 名うち、出席者 15 名、委任状 147 通の確認がなされ、

本会の規約に基づき総会は成立が宣言された。

- 議長選出  
林 武広会員を議長として選出した。
- 報告事項  
1) 平成 19 年度事業報告  
庶務から平成 19 年度の以下の諸活動の報告があった。  
①常務委員会  
第 1 回 平成 19 年 5 月 16 日(水)  
日本教育研究連合会 小会議室  
第 2 回 平成 19 年 7 月 4 日(水) 慶應幼稚舎  
第 3 回 平成 19 年 10 月 3 日(水)  
日本教育研究連合会 小会議室  
第 4 回 平成 19 年 12 月 12 日(水)  
日本教育研究連合会 小会議室  
第 5 回 平成 20 年 2 月 6 日(水)  
日本教育研究連合会 小会議室  
第 6 回 平成 20 年 4 月 2 日(水)  
日本教育研究連合会 小会議室  
②総会  
平成 19 年 4 月 21 日(土) 午後 1 時～2 時  
東京学芸大学で開催。  
③評議員会  
第 1 回 定例評議員会  
平成 19 年 4 月 21 日(土) 東京学芸大学  
第 2 回 定例評議員会  
平成 19 年 8 月 17 日(金) 島根大学  
④日本地学教育学会第 60 回全国大会(静岡大会)  
平成 19 年 8 月 17 日(金)～20 日(月) 島根大学で開催。  
大会テーマ：次代を拓く子どもたちの地学教育のあり方を考える—自然体験と表現活動を通して—  
記念講演：高安克巳氏(島根大学副学長)「汽水域の自然と地学教育」、  
パネルディスカッション「新指導要領とこれからの地学教育」、  
課題研究、ジュニアセッション、分科会、巡検。  
⑤会誌の発行  
地学教育 第 60 巻第 3 号(通巻第 308 号)から第 61 巻第 2 号(通巻第 313 号)までを刊行。  
⑥日本地学教育学会 学会賞・優秀論文賞・教育実践優秀賞の授与  
学会賞および教育実践優秀賞は該当者なし。  
優秀論文賞：廣木義久会員ほか「マーキング法に

よる河川礫の移動調査：川の増水による礫の移動を実感させるために」(地学教育第59巻第4号)  
廣木会員には賞状とメダルを贈呈。

#### ⑦フォーラム

平成19年4月21日(土)午後2時～3時

東京学芸大学二十周年記念会館で開催。

テーマ：スーパーサイエンスハイスクール(SSH)における地学教育

講演：黒田直和会員(埼玉県立浦和第一女子高等学校)「埼玉県立浦和第一女子高校におけるSSHを含めた地学教育について」

小泉治彦会員(千葉県立柏高等学校)「県立柏高校のSSHと地学教育」

#### ⑧日本教育研究連合会教育研究賞表彰

熊野善介会員(静岡)を推薦。

#### ⑨大学入試センター試験問題評価検討会

平成20年度大学入試センター試験問題を検討し、評価をとりまとめた。

#### ⑩関連学会における連携

- ・国際地学オリンピック第1回開催国の韓国へ調査団が派遣され、本学会からは熊野善介会員(国際地学オリンピック委員長)らが参加。
- ・日本地球惑星科学連合合同大会に協賛。
- ・同教育問題検討委員会に参加。
- ・教科「理科」関連学会協議会参加。
- ・同CSERS第12回シンポジウム(12月8日開催)で岡本弥彦会員(麻布大)が講演
- ・日本科学教育学会(8月19日開催)で藤田郁男会員(星槎大)が講演。

#### 2) 平成19年度決算報告

会計から平成19年度の会計報告が、つづいて監査から会計監査報告があった。

#### 3) 平成20年度役員選挙結果

選挙管理委員会から、会長(任期平成20年度～平成21年度)、評議員(任期平成20年度～平成22年度)、監事(任期平成20年度～平成21年度)を以下のように選出、その結果が報告された。

会長：牧野泰彦

評議員：照井一明(北海道東北地区)・山本和彦(関東地区)・荒井 豊(関東地区)・江藤哲人(関東地区)・遠西昭寿(中部地区)・廣木義久(近畿地区)・野瀬重人(中国四国地区)・田中基義(九州沖縄地区)

監事：佐藤俊一

#### 5. 審議事項

##### 1) 平成20年度事業計画(案)審議

庶務から平成20年度の事業計画案(以下)が出され、それについて審議し承認された。

##### ①常務委員会

年間6回開催の予定。

##### ②総会

平成20年4月19日(土)午後1時～2時  
東京学芸大学で開催予定。

##### ③評議員会

平成20年4月19日(土)午前10時30分より東京学芸大学(総会会場)、および平成20年8月16日(土)東京学芸大学(東京大会会場)で開催予定。

##### ④日本地学教育学会第62回全国大会

平成20年8月17日(日)～19日(火)東京学芸大学で開催予定。

大会テーマ：都市化の進んだ環境の中での地学教育

シンポジウム、記念講演会、分科会、懇親会、巡検。

##### ⑤会誌の発行

地学教育 第61巻第3号(通巻第314号)から第62巻第2号(通巻第319号)までを刊行予定。

##### ⑥学会賞・優秀論文賞・教育実践優秀賞の授与選考委員会を設置し、選考を行う予定。

##### ⑦日本教育連合会表彰者

推薦依頼があれば、選考の上推薦する予定。

##### ⑧フォーラム

平成20年4月19日(土)午後2時より東京学芸大学西講義棟W110で開催予定。

テーマ：新学習指導要領と地学教育

講演：熊野善介会員(静岡大学教育学部)

「新学習指導要領と地学教育」

五島政一会員(国立教育政策研究所)

「理数教育の充実のための方策や課題」

##### ⑨大学入試センター試験問題評価検討会

平成21年度大学入試センター試験問題を検討し、評価をとりまとめる予定。

##### ⑩関連学会における連携

- ・国際地学オリンピック日本委員会(熊野善介準備委員会委員長)に協賛予定。
- ・日本地球惑星科学連合合同大会に協賛予定。
- ・同教育問題検討委員会に参加予定。

- 
- 教科「理科」関連学会協議会参加予定。
- 2) 平成 20 年度予算（案）審議  
会計から平成 20 年度の予算案（以下）の提示があり、質疑のあと承認された。
  - 3) 名誉会員の承認  
評議員会より推薦があった下野 洋前会長の名誉会員についての承認がなされた。

## 平成 19 年度会計決算 (収入)

2008/4/19  
日本地学教育学会

収入の部

科目	当初予算額 (円)	補正予算額 (円)	決算額 (円)	備考
会費	3,654,000		3,264,000	
個人会費	3,654,000		3,264,000	前受会費 ¥78,180
補助金			0	
雑収入	705,100		1,409,013	
前年迄会費	400,000		807,625	2006年度 ¥399,075 2005年度 ¥211,425 2004年度 ¥106,775 2003年度 ¥ 36,775 2002年度 ¥ 23,775 2001年度 ¥ 19,800 2000年度 ¥ 10,000
購読会員	280,000		310,800	
抄録料	5,000		7,560	
著作権料	20,000		22,298	
別刷料			257,607	
利息	100		3,123	
繰越金	405,826		405,826	
合計	4,764,926		5,078,839	

## 平成 19 年度会計決算（支出）

2008/4/19

日本地学教育学会

支出の部

科目	当初予算額（円）	補正予算額（円）	決算額（円）	備考
大会費	650,000		630,940	
本部分担金	650,000		630,940	要旨集広告代 80340 円を含む
成果刊行費	2,985,000		2,640,203	
印刷製本費	2,565,000		2,291,420	218 ページ
通信運搬費	420,000		348,783	
運営費	1,129,926		1,305,543	
アルバイト	120,000		120,000	
事務委託費	600,000		613,456	
会議費	12,000		22,133	
分担金	40,000		55,340	@10,000 理化学協会 @30,000 日教連 @15,340 教科理科 振込代
印刷費	20,000		23,793	印刷用消耗品費
封筒印刷費	40,000		86,852	雑誌, 請求書封筒
通信運搬費	50,000		76,804	
消耗品費	50,000		39,549	
活動費	10,000		0	
編集委員会経費	80,000		82,248	
庶務委員会経費	80,000		74,660	
選挙印刷送料	0		83,299	
別刷請求手数料	0		12,967	
クレジットカード手数料	0		13,350	
予備費	27,926		1,092	
裁判費用返済	500,000		502,021	下野先生, 馬場先生
合計	4,764,926		5,078,707	
次年度繰越金	0		132	
合計	4,764,926		5,078,839	

## 平成 20 年度会計収支予算書 (案)

2008/4/19

日本地学教育学会

## 収入の部

科目	当初予算額 (円)	積算内訳
会費	3,654,000	$(580 \times 7000) \times 0.9$
雑収入	1,058,000	前年度までの会費 750,000 購読会員 280,000 抄録料 5,000 著作権 20,000 利息 3,000
繰越金	132	
合計	4,712,132	

## 支出の部

科目	当初予算額 (円)	積算内訳
大会費	500,000	東京大会
本部分担金	500,000	
成果刊行費	2,913,000	
印刷製本費	2,565,000	@9,500×45 ページ×6 号
運搬通信費	348,000	@58,000×6 号
運営費	1,299,132	
アルバイト	120,000	@10,000×12 月
事務委託費	600,000	国際文献
会議費	12,000	@2,000×6 回
分担金	50,300	@10,000 理化学協会 @30,000 日教連 @10,000 教科理科
印刷費	20,000	
封筒印刷費	30,000	
運搬通信費	50,000	
消耗品費	50,000	
活動費	10,000	
編集委員経費	80,000	
庶務委員会経費	80,000	
選挙費用	80,000	
オリンピック協賛金	100,000	
予備費	16,832	
合計	4,712,132	

## 成果刊行費

巻数	号数	ページ数	本冊印刷費	発送料	著者校正発送費	別刷費	別刷請求手数料	合計
60	3	32	430,290	60,566	4,690	39,217	2,520	537,283
60	4	36	427,245	60,196	5,190	48,352	1,680	542,663
60	5	28	304,500	44,155	6,420	33,337	2,520	390,932
60	6	40	417,480	60,749	5,190	62,370	2,677	548,466
61	1	42	331,905	44,247	3,690	44,331	1,785	425,958
61	2	40	380,000	50,000	3,690	30,000	1,785	465,475
合計		218	2,291,420	319,913	28,870	257,607	12,967	2,910,777



## 編集委員会より

前号で報告しました昨年度に査読をお願いした方々のお名前の中に1カ所誤りがあり、米澤正弘氏の名前が「米澤正広」となっておりました。お詫びして訂正させていただきます。

また、本号も発行が遅れてしまいましたことをお詫びいたします。依然として投稿される原稿の数は少なく、また査読・修正にも時間がかかっております。皆様の積極的な投稿をお待ちしています。

### 地学教育 第61巻 第3号

平成20年5月25日印刷

平成20年5月31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. 61, NO. 3

MAY, 2008

---

## CONTENTS

### Practical Articles

- Improving Junior High School Students' Understanding of Rocks and Minerals:  
Evaluation of a Lesson on Terminological Structure and the Material Structure of  
Rocks and Minerals  
.....Yoshihisa HIROKI and Toyosei HIRATA...75~ 84
- Impact Cratering Experiments Using a Rubber Projectile Accelerator  
.....Hideyuki NAKANO...85~ 93

### Survey Report

- The Problems and the Direction for Promotion of Teachers Training of Earth  
Science by Field Study  
—Cases of Tokyo and the Neighboring Prefectures—  
.....Osamu MIYASHITA...95~103

Proceeding of the Society (105~112)

---

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