

地学教育

第49巻 第5号(通巻 第244号)

1996年9月

目 次

原著論文

- 電気炉を使用した泥岩の溶融現象の教材化について小森信男...(169~175)
月の裏側に関する子どもの認識状態の分析
—三日月を事例にして—松森靖夫...(177~185)

資 料

- 1995年兵庫県南部地震による六甲山地の斜面崩壊
—地学(兵庫県南部地震)の教材開発をめざして—
.....田結庄良昭・藤田智子...(187~194)

報 告

- 理科教育関係6学会共催シンポジウム報告(2)「次期教育課程に向けて」
—教科『理科』関連学会間の相互理解のために—(195~210)

本の紹介(176, 186) 学会記事(211~214) 追悼(215)

日本地学教育学会

平成9年度全国地学教育研究大会 東京大会
日本地学教育学会第51回全国大会

開催第一次案内

上記の大会開催について、次の要領が内定いたしましたのでご案内いたします。

日本地学教育学会会長 石 井 醇
全国大会準備委員長 池 田 宜 弘

大会テーマ：「地球と人間」—これからの地学教育—

期 日：平成9年7月29日（火）～31日（木）

会 場：学習院百周年記念会館（目白駅下車）（東京都豊島区高田1-5-1）

日 程：7月29日（火） 開会式 記念講演 研究発表I

7月30日（水） 研究発表II シンポジウム 閉会式

7月31日（木） 施設見学 野外巡検

主 催：日本地学教育学会 東京都地学教育研究会

後 援：文部省・東京都教育委員会・全国連合小学校長会・全日本中学校長会・全国高等学校長協会・日本私立中学校高等学校連合会・財団法人日本教育研究連合会・日本理科教育協会・東京都小学校理科教育研究会・東京都中学校理科教育研究会（順不同 申請中を含む）

事 務 局：〒192 東京都八王子市明神町4丁目20番1号

東京都立南多摩高等学校 根岸 潔

Tel: 0426-42-2431～3 Fax: 0426-42-2195

E-mail: PXI03653@niftyserve.or.jp

原著論文

電気炉を使用した泥岩の溶融現象の教材化について

小森 信男*

1. はじめに

筆者は、泥岩、凝灰岩、石灰岩、花崗岩、斑レイ岩を電気炉によって、最高 1200℃ まで加熱してみた。そして、泥岩が溶融し他の岩石は溶融しないという結果が得られた (小森, 1987)。その後の実験により、凝灰岩と花崗岩は、電気炉のカンタル線が融け切れる直前の温度 (1200℃ よりも数十度高い温度) で溶融するという結果が得られた。また、砂岩、玄武岩、安山岩については、1200℃ まで加熱してみたが、溶融しなかった。これらの岩石を溶融させるためには、1200℃ 以上の温度が必要だろう。

一般に用いられている電気炉は、発熱体としてカンタル線が使われており、最高 1200℃ までの加熱が可能である。1200℃ 以上の加熱のためには、発熱体として炭化珪素を使った電気炉が必要となる。炭化珪素を使った電気炉は、カンタル線を使った電気炉に比べ、製作費がずっと高くなり、取扱いも不便な要素が増えてしまう。

1200℃ 以下の温度で、比較的容易に、岩石が溶けるという現象を観察できる泥岩は、教材としての観点からみると貴重な存在と考えられる。

泥岩が溶融するという現象は、ありふれた電気炉を用意すれば観察できるのである。そして、教材として、次の三つの点で有効と考えた。

- ① マグマに類似した外観の融体を観察させることができる。
- ② 融体が冷却したものの外観は、天然の溶岩と酷似している。
- ③ この現象は、熱と光を発生している電気炉中で起こり、変化も激しいため、多くの生徒に興味関心を喚起させやすい。

「火山」「火山噴出物」「溶岩」「火成岩」そして「マグマ」の指導において、この現象を教材として用いると、生徒の興味関心を高め、より深く考察させることができる。

本報告では、泥岩の溶融について簡単に紹介し、それを教材として用いた実践結果について述べる。

なお、関連する実験として、左巻 (1986) は、石灰岩にガスバーナーで熱を加える実験を、紹介している。また盛口 (1989) は、火山灰の粉末を工事用ガスバーナーで加熱し、溶融させる実験を紹介している。

2. 電気炉

教材として用いるため、次の点を考慮して自作した。

- 限られた予算内でも十分購入可能な材料を用いる。
- 誰でも簡単に製作できる。
- 100V で使用できる。
- 1200℃ までの加熱が可能である。
- できるだけ大きな岩石を融かすことができるように、炉芯管の直径をできるだけ大きくする。

以上の4点を前提として製作した結果、図1、図2、図3に示すようなものとなった。カンタル線を使ったヒーター (図4) は、カオーウールと耐火レンガで、覆われている。電気炉ヒーターの内側には、素焼きの炉

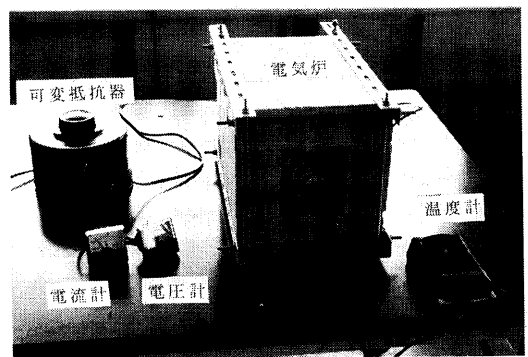


図1 電気炉の外観

(炉芯管の蓋には、温度計の測温体が挿入してある。ヒーターには、可変抵抗器、電流計、電圧計が接続してある。)

* 品川区立八潮中学校 1995年8月23日受付 1996年7月13日受理

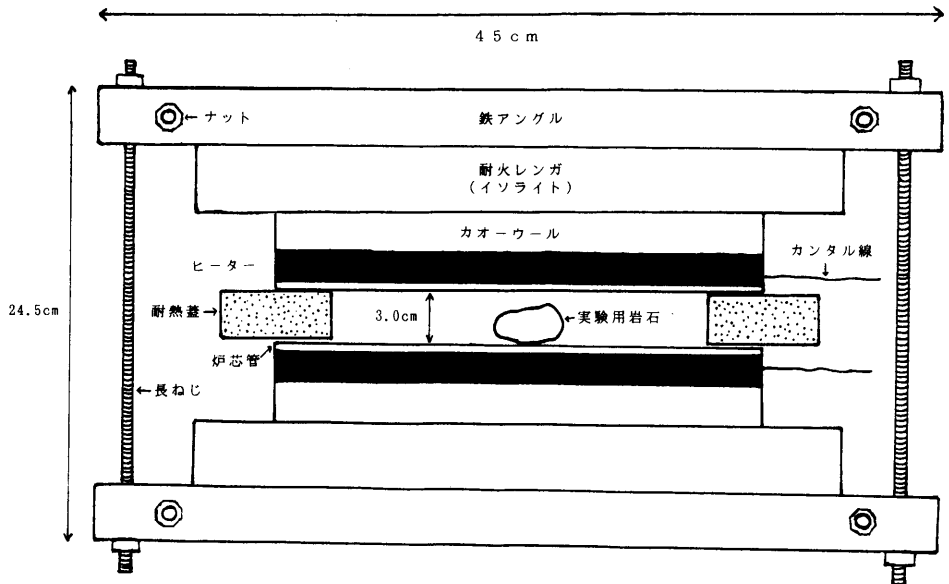


図2 電気炉横断面図

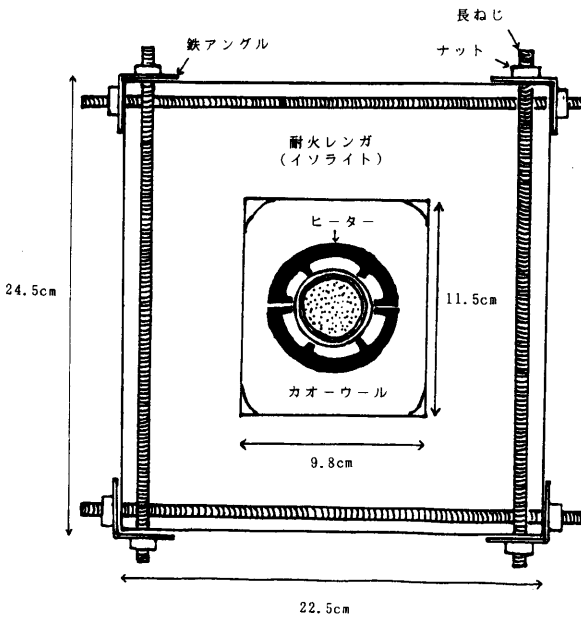


図3 電気炉正面図

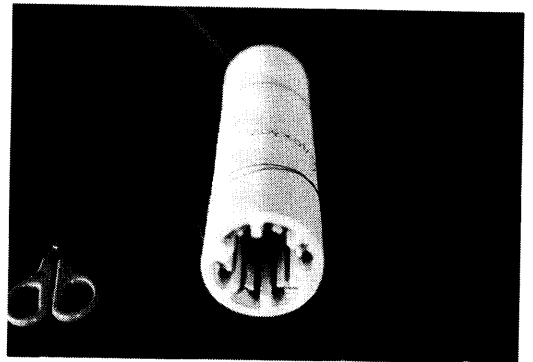


図4 使用したヒーター

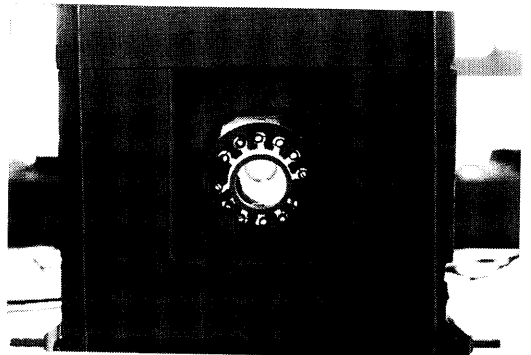


図5 発熱しているヒーター
(炉芯管内の温度は、1170°C)

芯管 (NC 管) が挿入されている。炉芯管の内径は 3 cm である。炉芯管の両端は、耐熱シールセメントでつくった蓋がついている。この蓋をつくる作業を除くと、すべて市販品の材料を組み合わせるだけで製作できる。材料への加工は、全く行う必要がなかった。材料さえそろえれば、1~2 時間程度で、組立が可能であ

る。なおカンタル線は、鉄-クロム-アルミニウムの合金でできたものであり、電気炉の発熱体として一般に

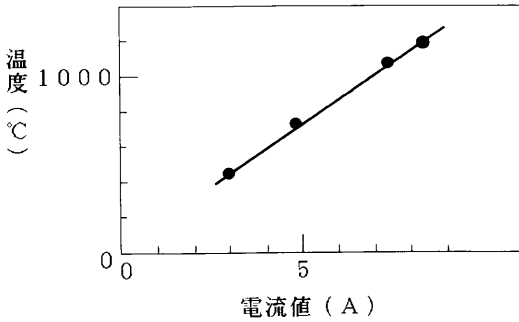


図6 電気炉の電流と温度の関係

用いられているものである。

この電気炉では、炉芯管の均熱部は奥行きが約 10 cm となった。均熱部内におさまる大きさの岩石ならば、溶融は可能である。均熱部が所定の温度に達する時間は、通電後約 2 時間である。(この報告で述べる温度は、すべて均熱部内の温度のことである。)消費電力は、1200℃ で約 0.85 kW である。1200℃ で数時間使用したときでも、コードがやや熱を帯びる程度であり、通常のコンセントを用いても安全面での問題はない。ヒーターには、可変抵抗器・電流計・電圧計を接続した。

また、デジタル温度計の測温体(熱電対)を炉芯管内に挿入し、温度を常に測定できるようにした。

可変抵抗器によって、炉芯管内の温度は、自由に設定することができる。電流値と温度の関係を図6に示す。このようなグラフをあらかじめつけておけば、実験途中で温度計を使わなくとも、電流値から炉芯管内の温度を読みとることが可能である。

3. 加熱による泥岩の溶融

泥岩(図7)を、実験室内で電気炉によって約 1050℃ 以上に加熱すると、次第に表面が溶融する。直径 3 cm ほどの塊状の泥岩では、1150℃~1200℃、15分ほどの加熱で、かなり粘性の高い赤く灼熱する融体となる。なお、ガスバーナーによる加熱では、熱容量が小さく、岩石全体を均一に加熱しにくいので、岩石全体を溶融させることは困難である。融体は、炉芯管中にややひろがるが、粘性が高いため、液体のように流れることはない。鉄の棒で力を加えると、融体はアメのように変形する。この融体を、鉄の棒で電気炉から取り出し、空气中で急冷すると、数分で固まる。その際耳をすますと、パチパチという非常に小さな音も聞くことができる。この音は、冷却によって発生す

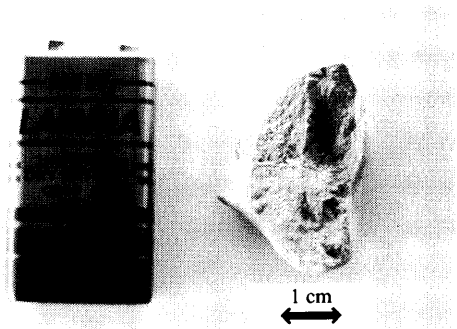


図7 加熱前の泥岩(千葉県君津市産)

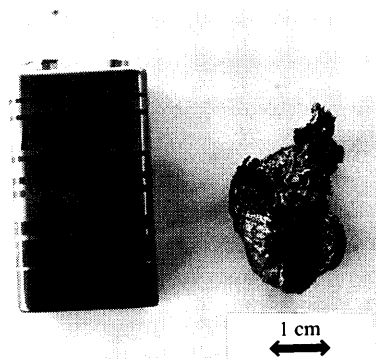


図8 加熱後の泥岩(1170℃, 15分加熱)

る、微小なクラックが原因かもしれない。非常に小さな音のため、生徒全員に聞かせるのは困難であるが、何人かの生徒の耳に近づけ聞かせることはできる。冷え固まったものは、黒色に近く、ざらざらしており、光沢がある。ほとんどがガラスである。気体が抜けたと思われる小さな穴が、表面にたくさん見られる(図8)。冷え固まったものを、ハンマーで割ってみると、この穴をよりはっきり観察することができる。冷え固まったものの外観は、富士山や大島三原山などで見られる溶岩に酷似しているのである。

筆者がこの加熱実験で用いた主な泥岩は、千葉県君津市産のものであるが、他の数種の泥岩を用いても、同様な現象が見られた。

4. 授業における実践

中学校理科第二分野「大地の変化」中の「火山」の指導において、以上のような電気炉によって泥岩が溶融する現象を、演示実験教材として使用した。授業の

流れは次のようになる。

①授業前の準備		
②泥岩と電気炉の観察		
1 泥岩の観察	5分	25分
2 電気炉内部の観察	2分	
3 電気炉についての教師の説明	3分	
4 泥岩の変化の予想をたてる	5分	
5 マグマと火山についての教師の説明	10分	
③冷え固まる融体の観察		
1 炉芯管内の融体の観察	5分	15分
2 炉芯から出した冷え固まる融体の観察	5分	
3 マグマと電気炉でつくった融体の違いに関する教師の説明	5分	
④融体が急冷してできたガラスの観察		10分

以上のような流れで、以下のように授業を行った。

①授業前の準備

教師用の実験台上に、電気炉を置く。授業開始時に、炉芯管内部を、1200℃ 近くにするため、授業開始2時間前から、通電をはじめめる。また、電気炉に入れる泥岩と同じものを、観察用泥岩として実験班分用意する。これらの泥岩は、直径約2.5～3cmほどの塊状のものであり、製作した電気炉の炉芯管に入る最大の大きさのものである。

②泥岩と電気炉の観察

各実験班において、生徒に、この時間に用いる泥岩の観察をさせた。その後電気炉のまわりに生徒を集めて、泥岩を炉芯管に入れる様子を確認させた。同時に炉芯管やヒーター、さらにその外側まで、赤く灼熱している様子を観察させた。そして次のような説明を行った。「どんな物体でも、約800℃以上になると、赤い光を発するようになります。みんなの家の電気ストーブやトースターには、ニクロム線というものがついてあります。ニクロム線に電流が流れると、ニクロム線の温度が約800℃になるために、赤く光るようになります。この電気炉の炉芯管には、ニクロム線よりも、もっと高い温度を出すことができるカンタル線というものがまいてあります。カンタル線に電流が流れると、最高で1200℃になるのです。現在の炉芯管の温度は、1170℃です。炉芯管の内部やカンタル線がこのように赤く輝いていますね。この中に泥岩を入れると、泥岩はどうなると思いますか。」

以上のような説明を行った後、用意しておいた泥岩を電気炉の炉芯管に入れ、鉄の棒で炉芯管の中心に置

いた。

その後、生徒に予想を立てさせ、10分くらい、マグマや火山の説明を行った。その内容は、以下の3点である。

- マグマは地下深くに存在する高温の液状の物質であり、地下の岩石が溶けて生じたと考えられていること。
- 熱源は放射性物質と考えられていること。
- マグマが、何らかの原因で地上に上がってきて、ふきだしたものが溶岩であること。

説明の際には、教科書と資料集の溶岩の写真も使った。

③冷え固まる融体の観察

その後、生徒を再び電気炉のまわりに集め、炉芯管の内部を観察させた。「(岩石の)形が違っている。」というような生徒の音がすぐに聞こえた。さらに何人かの生徒に、鉄の棒で、岩石の融体を、いじる機会を与えた。「すげー」「融けてるぞ」というような生徒の喚声が響いた。その後筆者が、融体を鉄の棒でひっかけて取り出し、金属の容器に入れ、固まる様子を観察させた。わずか親指大の融体であり、細かい点は見えないはずであるが、多くの生徒は、灼熱した融体を食い入るように見つめていた。そして多くの喚声が聞こえた。「融体が冷え固まるときに、静かにすると、パチパチする音が聞こえるかもしれないので、静かにしてください。」と言うと、生徒は、一斉に静かになった。何人かの生徒の耳元に、融体を近づけると「聞こえた」「聞こえない」というような反応がかえってきた。その後、次のような説明を行った。

「実験室の電気炉は、天然の地下深部とは圧力や水蒸気等の環境が大きく異なります。したがって、この泥岩が溶けたものは、地下深くでつくられるマグマとは違いますが、でも、岩石が熱で溶けたという点では似ています。マグマも、このようにどろどろして、赤く光っているはずですが、マグマが冷え固まるときは、気体が抜け出て、このように小さな穴がたくさんできたり、ひび割れもできるはずですが、耳をすませば、パチパチという音も聞こえるかもしれません。マグマやこの泥岩が溶けたものが、急激に冷え固まったものは、その大部分がガラスからできています。」というような説明を生徒に行った。

④融体が急冷してできたガラスの観察

その後、冷え固まったものを、実験班の数に分割し、各班ごとに、観察させた。

5. 生徒の予想と観察結果および感想

《生徒の予想》

「泥岩を、電気炉に入れて 1170℃ で加熱するとどうなるか」という質問に対する生徒の予想を、まとめ分類した。代表的なものをあげると、次のようになる。生徒数は 1 クラス 32 名である。なお () 内の人数は、同様な予想をした生徒の数を示す。

[溶融に関する予想]

- 高温に耐えられなくて、回りが赤く燃え、溶けていく。
- 溶けて、どろどろになって、冷やすとまた固まる。
- 溶岩 (マグマ) のようにどろどろに溶ける。
- 溶ける。(13名)
- 赤くなって溶ける。(4名)
- マグマとなる。
- 飛び散って溶ける。
- 泥岩がくずれて、どろどろに溶けて泥になる。

[発光に関する予想]

- 赤く発光する。(8名)

[色の变化に関する予想]

- 色が濃くなる。(3名)
- 色が変わる。(2名)

[劣化に関する予想]

- バラバラに砕ける。(2名)
- 灰になる。

[その他の物理的变化に関する予想]

- 穴があいたりして、ぼこぼこになる。
- 小さくなる。
- 重くなる。
- すみが回りにつく。

以上のように「溶ける」「赤く発光する」というような考えが多い。小学校や中学校での学習や、本やマスコミなどによる情報により、多くの中学 3 年生は、この質問に対して、ほぼ的確な予想ができるようだ。ごく一部の生徒は、灰になると答えている。これは、有機物の燃焼が先行経験となった予想だと思う。

《溶融後、冷却してできた物質の観察》

泥岩の融体が冷え固まったものの観察において、生徒が指摘した内容を、以下に示す。生徒数は 1 クラス 32 名である。なお () 内の人数は、同様な観察をした生徒の数を示す。

[色の变化]

- 黒くなった。(16名)

[表面の色]

- 黒い。(9名)
- 赤い色の部分がある。(1名)
- 表面に白いのがある。

[表面の凹凸、光沢、粒の大きさ]

- 表面がでこぼこしている。(9名)
- 表面がざらざらしている。(3名)
- 表面に光沢がでた。
- 光っている部分がある。(3名)
- ガラスみたい。
- ひからびたような見た目。
- もとの岩は、小さく細かいけれど、溶けてできたものは粒がよく見えない。
- 溶ける前より、粒が大きい。

[表面の穴]

- 穴がたくさん開いている。(24名)

[表面の隙間]

- 小さな隙間がところどころにできた。(1名)

[硬さ]

- 硬くなった。(15名)
- もろくなった。(2名)
- すぐくずれそうに見える。(3名)

[密度の変化]

- 軽くなった。(7名)
- 重くなった。(3名)
- 重さはあまり変わっていない。

[内部]

- 中が、すかすかになっている。穴がいっぱいある。
- 空洞ができています。

[全体的な形]

- とんがっている部分がある。(1名)

[におい]

- においがいい。元は、においがあった。
- 以上のように「黒くなった。」「黒い。」「表面がでこぼこしている。」「表面に光沢がでた。」「表面に穴がたくさん開いている。」「硬くなった。」というような観察内容が多い。

《実験後の感想》

実験後の生徒の感想の代表的なものを、以下に示す。この感想は、強制的なものではなく、できるだけ書いて提出してほしいと述べて、実施したものである。生徒数は、2 クラス 64 名である。なお、() 内の人数は、同様な感想をもった生徒の数を示す。

[溶ける前と溶融冷却後の変化への驚き]

- 全然違うものに変化したので、とても驚いた。
- この実験を行って、すごくびっくりした。それは、本当に泥岩が溶けて、ガラスになるとは、思われなかったから。

[岩石の熔融や融体についての、驚き、興味関心]

- 岩石を溶かすなんてすごいと思った。1200℃ という温度もすごい。
- 泥岩が真っ赤になったとき、驚いた。見るからに熱そうだった。めずらしい実験だった。
- 箱の中の物をゆっくりみたかった。おもしろかった。
- 溶岩みたいなものを間近で見たのは、はじめてでおもしろかった。きれいでなんだか、また見たいと思った。
- すごかった。熱かった。パチパチ聞こえなかった。
- 熱かった。(4名)
- 熱そうだった。(2名)

[地球についての興味、関心]

- 地球の中には、こんな熱そうなものがあるなんて、神秘だ！
- 地球のすごさがわかった。内部について、もっと知りたい。

[実験全体についての興味、関心]

- ちょっと時間がなかったけど、めずらしいことができて良かった。(2名)
- おもしろかった。(4名)
- 楽しかった。(5名)
- 感動した。(2名)
- すごかった。(3名)
- ためになった。(3名)
- 良い体験をした。(4名)
- 良かった。(4名)
- 貴重だと思った。
- あまり楽しくなかった。

以上のように、この実験に肯定的な感想を書いてい

る生徒が多いと思う。

6. おわりに

製作した電気炉の炉芯管の内径が、3 cm であり、演示実験用としては小さい。しかし、これ以上大きくすると使用電圧が 200 V となってしまう理科室での使用が困難となる。この点を何とかして改善したいと思っている。このような、改善の余地はあるものの、マグマや火山について、興味関心を高めさせ、理解を深めさせることができる教材として、この現象を使用できると考えた。

教材として用いる場合、電気炉で溶かした岩石と天然のマグマとの違いをはっきり説明することが大切である。そのことによって、マグマについての理解がより深まるだろう。マグマや岩石を溶かした融体が、急冷するとガラスになることは、生徒に予想外の驚きをもたらすはずであり、溶岩や火山噴出物、火山岩の石基の理解を深めさせることができるだろう。餅のような粘性のある融体の観察は、火山の形の指導に直接生かすことができるといえる。

謝 辞

電気炉の製作や岩石実験に当たって、筑波大学の円城寺 守先生に、多大の御指導、御支援をいただいた。また、教材としての使用について、国際武道大学の小林 学先生に、御助言をいただいた。お二人に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 小森信男(1987 MS): 岩石の加熱実験とその教材化についての一考察, 筑波大学大学院教育研究科修士論文, 17~85.
 左巻健男編(1986): 中学理科の授業1 生徒のわかる教え方と教材・教具の開発法, 民衆社, 70.
 盛口 満(1989): 火山をめぐる冒険, 文一総合出版, 70.

小森信男: 電気炉を使用した泥岩の溶融現象の教材化について 地学教育 49 巻 5号, 1-7, 1996

〔キーワード〕 電気炉, 泥岩, 溶融, 大地の変化, マグマ, ガラス

〔要旨〕 泥岩を電気炉で加熱すると, 1150℃ 以上では 15 分程度で熔けて, 粘性の高い融体となる。この現象を, 「大地の変化と地球」の指導において, 演示実験として, 生徒に観察させた。生徒の反応から, この現象を観察させることによって, マグマや火山について, 興味関心を高めさせ, 理解を深めさせることができると思われる。

Nobuo KOMORI: The Teaching Materials of Melting of Mudstone by Electric Furnace. *Educat. Earth Sci.*, 49(5), 1-7, 1996

~~~~~  
本の紹介  
~~~~~

住 明正ほか6名共著 岩波講座地球惑星科学 11
気候変動論 A5 272頁 1996年9月初版 3,600円

本書の「はじめに」に「この巻では、気候システムの変動を時間スケールの短い変動から長い変動まで概観することを目的としている。気候システムの変動には、さまざまな時間スケールの現象が含まれ、それらが相互に関連しているのが特徴である。(後略)」と述べられている。その内容を次のように構成している。

はじめに

1. 気候の形成

①気候とは何か ②気候を決める要因 ③海陸分布に伴う気候の分布

2. 気候の年々変動をきめるもの

①季節サイクルと年平均偏差 ②エルニーニョ/南方振動(ENSO) ③テレコネクション ④大陸スケールの大気・陸面相互作用 ⑤大気・陸面相互作用とENSO/モンスーンシステムの変動

3. 数十年から数百年の気候変動をきめる海洋

①海の密度構造 ②風が駆動する表層大循環 ③密度フラックスが駆動する熱塩循環 ④海と長期気候変動 ⑤おわりに

4. 第四紀の気候変動

①研究の手段 ②氷期の世界像 ③氷期・間氷期サイクルの時系列 ④ミランコビッチフォーシング ⑤ミランコビッチフォーシングへの応答としての氷期・間氷期サイクル ⑥氷期から間氷期への遷移 ⑦数十年から数千年の時間スケールの変化 ⑧おわりに

5. 地質時代の気候変動

①地質時代の気候の復元法 ②第三紀：複雑化する気候システム ③中生代：無氷河時代の気候システム ④古生代：無氷河時代から氷河時代へ ⑤顕生代の長期変動と気候変動の特徴

6. 気候および気候変動の数値モデル

①力学系の基本概念 ②平衡気候モデルの構成と実例 ③自励的な気候変動モデルの構成と実例(1): 遅れのある系 ④自励的な気候変動モデルと実例(2): 多自由度系 ⑤非自動励的な気候変動モデルの構成と実例 ⑥気候モデルの抱える問題点

7. 索引

以上の中から私が興味深いと思ったものをいくつか

挙げてみたい。

- ENSOは熱帯太平洋域における大気・海洋系の固有振動である。
- 大陸域での土壌水分・積雪はアジアの夏のモンスーン現象に影響を与える。
- アジアモンスーンとENSOはひとつの大気・海洋・陸面結合系として変動している。
- 長期の気候変動ほど海洋の役割が重要である。
- 海洋の大循環は風成循環と熱塩循環(密度流循環)からなる。
- 北大西洋深層水の存在が第四紀の気候を特徴づける。
- 気候システムはミランコビッチフォーシングにตอบสนองし、約2万年および約4万年の周期で変動する。第四紀後半の約10万年の変動は、ある限られた条件のもとで起こす非線形応答と考えられる。
- 氷期には数千年のスケールの大きな変動が起きていた。北アメリカの大陸氷床の部分的崩壊や北大西洋循環の変動が起こり、影響は全地球の規模に及んでいたらしい。
- 過去3,000万年間(新生代中・後期)、地球は氷河時代に突入した。3,600万年前頃に大陸の移動によって孤立した南極大陸のまわりを巡る環南極海流が成立したため、低緯度地方に戻らないこの海流システムは、地球の強力な冷却機関となったことが原因である。
- 2億~5,000万年前(中生代中・後期~新生代前期)は無氷河時代で、この時代の気候は温暖で夏と冬の温度差が小さいのが特徴であった。さらに、海洋の表層と低層の温度差も小さく、熱帯と温帯のある地球でもあった。
- 生物の上陸は気候を大きく変えた。特に森林の発達は大気中の炭酸ガスを減少させ、氷河時代へと導いた。約3.7億年前(古生代中頃)の森林の発達は、炭素の新しい貯蔵庫となり、土壌の風化を促進させ、大気中の炭酸ガスを減らし、ゴンドワナ氷河時代への寒冷化をもたらした。

以上の現象以外にも書きたいことはあるが、長くなるので省略する。図や表もあり、授業用に改変すれば利用できると思われるものもあり、地学担当の先生がたの参考になる本であると思う。(貫井 茂)

原著論文

月の裏側に関する子どもの認識状態の分析

—三日月を事例にして—

松 森 靖 夫*

I. 問題の所在

平成元年度(1989年度)の小学校指導要領の改訂では、従前まで第4学年理科に配当されていた月の運行や位相に関する学習内容が、繰り上げられて第5学年に設定されたのは周知のとおりである。しかしながら、依然として教育現場には、「5年生の子どもたちに、果たして太陽の光の当たり方と月の形の変化に関係づけることができるかどうか、むずかしいところである」(金子, 1989)といった理科授業実践上の危惧の念も根強い。

ところで、このような我が国の理科教育における月の科学的認識重視の取り組みとは裏腹に、その子どもの認識に関する調査研究は十分行われてきているとは言いがたい。例えば、月の満ち欠けに関する子どもの観念を取り上げた調査研究としては、宮脇・南部(1992)を挙げられる程度である。また、月に関する大学生の考えを科学的概念に修正しようとした実証的研究もごくわずかである(広木, 1986)。

一方、我が国と同様、諸外国の理科教育においても天体としての月に関する学習内容が設定されており(Moon, 1996; National Research Council, 1996)、しかも数多くの認識調査が遂行されてきている。例えば、アメリカの生徒を対象にした月・地球・太陽の相対的な大きさや距離に対する認識状態を明らかにした研究(Sadler, 1987)、オーストラリアの子どもが有する月・地球・太陽の各大きさとその位置関係を調査した研究(Jones *et al.*, 1987)、イギリスの子どもを対象にした月の満ち欠け(位相の変化)に関する認識研究(Baxter, 1989)などが挙げられる。

このように我が国の実証的研究の遅れは否めないものの、内外の先行研究からは、さらに次の四点の課題が引き出せるように思われる。第一に、Baxter(1989)や宮脇・南部(1992)の先行研究などでは、月の満ち欠けという一連の事象の中で子どもの認識状態を言及

している一方、満ち欠けに生起する個々の位相(新月、三日月、上弦の月、満月などの各位相)の認識状態には間接的にしか触れられていないことである。第二に、認識の領域固有性(丸野, 1992)が示唆するように、満ち欠けの各位相の認識状態が同一であるという確証もないという点である。具体的には、子どもが三日月について認識する際に用いる知識や手続きと、満月を認識する際のそれらとが、全く同一であるとは限らないのである。また、第三に、現行の小学校第5学年理科における取り扱いが視覚可能な月の表側の観察に重きがおかれている一方、視覚不可能な裏側の状態に関する学習活動が十分設定されておらず、必ずしも月面全体の認識達成を目指しているとはいえないことが挙げられる。さらに、第四には、月の表側(地球側)に比べて裏側に関する認識調査研究は極めて少なく、月の全表面に関する認識調査研究が遅れていることである。

そこで、まず本研究では、手始めとして、月の位相の一つである三日月を取り上げ、三日月の裏面の状態に関する認識状態を把握する調査問題を考案して実施する。さらに、得られた調査結果に分析および考察を加え、現行の小学校理科における三日月をはじめとする月に関する学習指導の実践について言及する。本研究が、望ましい理科授業を志向する上での一資料になれば幸いである。

II. 研究の目的と方法

1. 研究目的

本研究の主目的は以下の2点である。

(1) 地球からは視覚できない三日月の裏側の状態(明部存在、およびその形状)に関する、子どもの認識状態を把握する調査を行う。




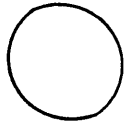
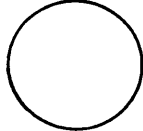
(2) 上記目的(1)より得られた調査結果の分析に基づいて、小学校理科における月の学習指導のあり方に考察を加える。

これはテストではありませんから、あなたの思っているとおりに書いて下さい。

____年____組 番号____ 名前____ 男・女



(問題) ^{さかづき}三日月をうらから見ると、どのように見えるでしょうか。①から⑤の中からえらびなさい。
もし、①から⑤の中に、あなたの考えがない時は、あなたの考えを⑥に書いてください。

<p>① 何も見えない.</p> 	<p>② おなじ^{かたち}形に見える.</p> 
<p>③ まわりだけが明るく見える.</p> 	<p>④ すこしだけ^か欠けた^{まんげつ}満月に見える.</p> 
<p>⑤ ^{まんげつ}満月に見える.</p> 	<p>⑥ その他 (あなたの考えを書きましょう)</p>

<p>答え</p>	<p>えらんだわけを書きましょう</p>

図1 月の裏側に対する子どもの認識状態を把握するための質問紙

2. 研究の方法

予備調査の結果を踏まえながら、子どもの素朴概念を把握するための質問紙を作成して本調査を実施する。また、本調査によって得られた結果に考察を行い、月に関する学習指導のあり方について言及する。詳細な研究方法は以下のとおりである。

(1) 調査対象および調査期日

予備調査を1996年2月上旬に神奈川県内の郊外の住宅地に位置しているT小学校第4学年1クラス35名(男子17名、女子18名)を対象にして実施した。なお、調査実施時、本クラスの児童は、単元「月と太陽」は未履修であった。

本調査は、1996年3月中旬に、同じく神奈川県内の郊外の住宅地に位置するI小学校第4学年3クラス102名(男子52名、女子50名)を対象に実施した。なお、3クラス共に、単元「月と太陽」は未履修であった。

(2) 調査手続き

〈予備調査の実施〉

本研究に関連する先行研究において、学習前の小学校第4学年の子どもに、月の裏面の様態に関する何らかの考えが存在しているという実証的データは公表されていない。そのため、子どもの認識状態を分析する前に、まず月の裏面に関する何らかの考え自体が子どもに認められるか否かを明らかにしておく必要がある。まず、この点を明確にするため、本調査の前に予備調査を実施した。

具体的には、山際に位置する三日月を図示した質問紙(B5サイズ)を各自に配布して、「三日月を裏から見ると、どのように見えるでしょうか。」と問いかけ、その回答を図と言葉で記述させるものである。また、調査時、「質問紙を裏返して透かして見ないこと」などの制約は全く与えず、各自の自由なやり方で回答を求めた。

その結果、35名中34名から何らかの回答が得られ、多くの子どもが月の裏面に関して何らかの考えを有していることが分かった。この予備調査の結果は、本調査(子どもの認識状態をさらに詳細に把握するための調査)の必要性を裏づけるものと言える。

次に、本調査用の質問紙作成のための資料を得るため、予備調査で得られた子どもの回答のうち、同一内容とみなせるものは、一まとまりの回答としてくり、少しでも意味が違ふと思われるものは、別の回答として整理した。なお、これらの作業は、研究者数名

の合議のもとで進め、最終的にはいくつかの類型へとまとめられた。

〈本調査の実施〉

上述の予備調査によって、月の裏面に関する子どもの考えとして5つの類型が抽出できた(類型①:新月, ②:二十六日月, ③:周囲だけが明るい二十六日月, ④:十八日月, ⑤:満月)。各類型の意味内容については、図1の①~⑤を参照されたい。

そして、この5種類の類型を図で表現した選択肢①~④に、「その他」の選択肢⑥を加え、多肢選択形式の質問紙を作成した(図1参照)。「その他」の選択肢を設けた理由は、事前調査に比べ本調査の対象者が多いため、類型化した選択肢以外の考えが、表出する可能性があるためである。

また、質問紙の末尾には、その選択理由を記述させる欄も設定した。回答時間は制限せずに、各子どもに必要なだけ与えた。

III. 調査結果

1. 各選択肢の選択率

各選択肢の選択率は図2のとおりである。また、回答率は99%であった(102人中の101人から回答が得られた)。

2. 各選択肢の選択理由

各選択肢の選択理由を整理したものを、表1から表6に示した。

IV. 考 察

1. 授業前の子どもの三日月に関する理解状態—各選択肢の選択率に基づいて—

図2を一覧すれば分かるように、正答選択肢④の選

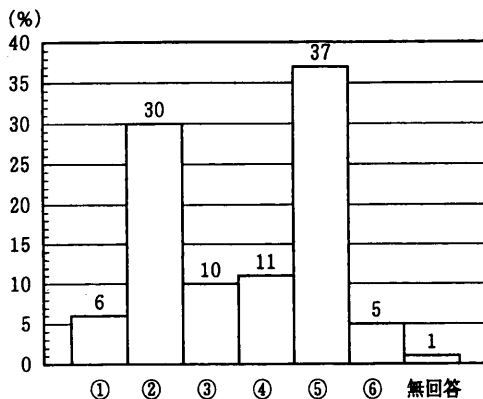


図2 各選択肢の出現率

表1 選択肢①の選択理由

選択理由	人
ア 裏には太陽の光が当たらないから	2
イ 月の裏に太陽は出ないから	1
ウ 裏は何も見えないから	1
エ どこまで行っても月の裏は見えないから	1
オ そう思ったから	1

表2 選択肢②の選択理由

選択理由	人
ア 裏から見ても同じ形だから	8
イ 向きは変わるけど形は同じ	8
ウ どこから見ても同じ形だと思うから	3
エ 三日月は1つだけなので同じ形にしか見えない	3
オ 多分そうだから	3
カ 裏から見ても同じ形でないと三日月とは言わないから	2
キ 三日月には表も裏もないから	1
ク 裏も光らないと三日月とは言えないから	1
ケ (理由なし)	2

表3 選択肢③の選択理由

選択理由	人
ア そう思うから	3
イ 月に当たって光がこぼれるから	3
ウ 真っ暗な月があるって証拠に回りだけが明るいんじゃないかな	2
エ 裏には光が当たっていないから	1
オ (理由なし)	1

表4 選択肢④の選択理由

選択理由	人
ア 満月から三日月の形を引いたもの	4
イ 表から見えないところが裏からだと思えるから	3
ウ ②だと星がかけをつくっているんだから裏にはほとんど何も無いと思うから	1
エ アメリカなどに行ったら日にちもずれるからきっと月の形も変わるから	1
オ 本で読んだことがあるから	1
カ 何となく	1

率は11%と低率であり、授業前の90%以上の子どもが、地球からは直接視覚できない三日月の裏側の様態に関する科学的認識を持ち合わせないことが明らかになった。

しかしながら、このことは、90%以上の子どもが何も考えを持っていない白紙の状態(タブラ・ラサ)であることを示すものではない。それは、99%という高

表5 選択肢⑤の選択理由

選択理由	人
ア 月は地球のかげで欠けて見えるだけ	4
イ 何かのかげで見えないだけ	4
ウ 裏から見ると満月みたいにまるい形	4
エ そう思うから	4
オ 三日月は雲に隠れていなかったら満月	4
カ 宇宙には雲がないから満月に見える	3
キ 三日月に見えても本当は満月だから	3
ク 月は横から見るとこう(D)になっているから	2
ケ 三日月の日に月を見たら薄く満月に見えるから	2
コ 三日月は日食でなるから裏は満月	2
サ 黒い満月が重なって三日月に見えるから	2
シ テレビで見た時まるかったから	1
ス どこかの星と重なって三日月に見えるだけだから	1

表6 選択肢⑥の選択理由

選択理由	人
ア 真っ黒な月●が見える	2
イ どこから見ても三日月は形も向きも同じでないと困るから	2
ウ どれも違うみたい	1

い回答率が、科学的認識を持ち合わせない子どもであっても、何らかの自分なりの考え(科学的には偽であるが)に該当する選択肢を選んだことを示しているからである。

また、 χ^2 検定(田中ら, 1989; 森ら, 1990)により各選択肢の人数の偏りを検討したところ、有意であった($\chi^2(5)=58.8, p<.01$)。さらに、正答選択肢④と比較して、誤答選択肢②(二十六日月)および⑤(満月)の選択率はそれぞれ30%以上と高率である。換言すれば、月の裏面の様態に関する科学的概念④よりも、授業前の多くの子どもに信じられているいくつかの誤概念が存在することが分かる。

また、10%以下ではあるが、子どもの中には多様な誤概念、例えば選択肢①(新月)、③(周囲だけが明るい二十六日月)および⑥(その他の考え)も認められた。

2. 各選択肢の回答理由の考察

(I) 選択肢①:「新月」について(表1参照)

選択理由アには太陽の光が月の表側(地球側)にだけ当たること、イには太陽の出没が月の表側に限られた現象であること、およびウには、明部は月の表側にだけ存在すること、というような論拠を読みとることができ、いずれも朔の状態として月の裏側を想定する

子ども達である。

また、選択理由エの子どもは、月と地球間の天文学的距離に関する認識が不十分であり、しかも裏側の状態が観測不可能であることに依拠している。1名のみであったが、明確な根拠を持ち合わせない子どもも見られた。

(2) 選択肢②:「二十六日月」について(表2参照)

選択理由の中に、三日月の裏側が二十六日月(三日月との左右対称形)であると記述した者は31名中8名(選択理由イ)であった。これらの者は、あたかも紙に描いた平面の月を裏から透かして見えるような月を想定しているように思われる。

また、それ以外の回答理由には、左右対称形に関する直接的な指摘は認められない。例えば、本選択肢で裏から見ても三日月は同じ形であると考えている子ども(選択理由ア)、どこから見ても同じ形だとする子ども(選択理由ウ)の存在である。中には、三日月の表裏の存在を否定する者(選択理由キ)や選択理由カ、クには、三日月は裏も同形でなければならないという子ども達の頑なな思い込みが読み取れる。これらの子どもに共通しているのは、三日月と二十六日月(三日月との左右対称形)との区別がなされていないこと(どちらも三日月だと解釈していること)、および常に月面の半分が太陽に照らされているという科学的認識が欠如している点である。

一方、選択理由エのように、三日月をはじめとする多様な形の月がいくつもあるという考えに依拠する者も認められる。このような子どもの考えの表出は、すでに宮脇、南部(1992)の先行研究においても指摘されている事項である。また、明確な選択理由を持たない子どもも5名(選択理由オ、ケ)存在した。

(3) 選択肢③:「周囲だけが明るい二十六日月」について(表3参照)

本選択肢の選択理由は、五つの類型に分けることができる。しかしながら、選択理由アとオの計4名は、はっきりとした根拠を持ち合わせない子どもである。さらに、選択理由エでは裏面に光が当たっていないことは述べられているが、周囲の明部の存在理由までには言及されていない。

また、本選択肢の選択理由イとウの子どもには、見かけの形としての三日月の認識はなく、表側が明るく裏側が暗い三日月が実際に存在するとみなしている。球形としての月の形状概念の認識が極めて希薄であると考えられる。

ところで、周囲だけが明るい理由については、二通りの説明が行われている。すなわち、月の表側に当たった光の裏側方向への散乱(選択理由イ)、および真っ暗な月を際立たせるための明部の存在(選択理由ウ)である。特に、後者ウは、周囲の明部に対する目的論的説明(林, 1980)だと解釈できる。つまり、真っ暗な月の形状を肉眼で視覚可能にする目的で、その周囲は明るい必要があると考えているのである。この子どもには、太陽の光の照射と明暗との関係に対する科学的認識の向上がさらに望まれるところである。

(4) 選択肢④:「十八日月」について(表4参照)

まず、「(表側の明部)+(裏側の明部)=(満月)」, という論理に基づいて回答している者が挙げられる。例えば、選択理由アの「(満月)-(三日月)=(裏側の明部)」, またイの「(表側の暗部)=(裏側の明部)」である。いずれも、球としての月面の半分に常に太陽の光が当たるといった光学的認識の萌芽を感じさせる回答である。また、書籍物から得た知識に基づいて回答したのも、1名のみではあるが存在する(選択理由オ)。

一方、正答選択肢ではあるが、その理由が定かでない者(選択理由カ)や、その科学的に偽である説明(選択理由ウ、エ)も含まれている。選択理由ウでは、月面全体が明部であることを前提として、しかも星が落とす影によって三日月の眺めを説明している。また、エでは、日本では見えない月の裏側がアメリカなどの諸外国では見ると想定し、加えて時差も根拠にしつつ、裏面の月の眺めを説明するものである。このエの子どもには、月と太陽と地球の相対的位置関係と運行、時差、月の満ち欠けの周期、および月の自転周期と公転周期が同じであること、といった多様な科学的概念の認識が欠如しているように思われる。

(5) 選択肢⑤:「満月」について(表5参照)

本選択肢には13項目の多様な回答理由が存在する。しかしながら、選択理由の中には、ウ・エ・キのように、裏側が満月であるための直接的な根拠とはなっていないものも含まれている。言い換えれば、本選択肢の多くの回答理由が、裏面が満月であることを前提にした間接的な理由づけとなっているのである。

例えば、裏も表も満月であるという前提に立つとともに、表側には何らかの隠蔽物が存在し裏側には存在しないと説明パターンである。選択理由アでは「地球のかげ」、イでは「何かのかげ」、オ・カでは「雲の覆い」、およびスでは「どこかの星との重なり」が隠

蔽物として導入されている。また中には、選択理由サのように、二つの満月（黒い満月と明るい満月）の重なる存在を想定している子どもも存在する。さらに、どの程度の科学的認識のもとに回答しているかは定かではないが、日食を根拠とする子どもも見られた（選択理由コ）。

また、各1名ずつではあるが、テレビの科学番組の視聴経験に依拠した回答理由シ、地球照による月の輪郭の観察経験に依拠した回答理由ケも挙げられる。

一方、半球のような月の立体的な形状に基づいた回答理由クも認められた。半球の底面（円）が月の裏面であり、半球の天頂上からの眺めが地球からの見かけの月だと想定する子どもである。

(6) 選択肢⑥：その他について（表6参照）

三つの選択理由が認められる。まず、選択理由アであるが、真っ黒な月●が見えるというものである。太陽の光は月の表側にだけ当たり、裏側には当たらないと解釈するものである。あくまでも推測の域を脱し得ないが、この考えの背景には真っ黒な月の周囲を取り囲む明部の存在を想定している点が、選択肢①と異なるように思われる。

次に、選択肢①のような三日月の左右対称形（二十六日月）ではなく、どこから見ても形も向きも三日月に変わりはないと解釈する子どもの存在である（選択理由イ）。周知のとおり、全方向から見ても同一の形を有する図形は球しかないわけであるが、この子どもにとっては、三日月である限りその形や向きが変化することは許されないことなのかもしれない。

また、わずか1名であるが、はっきりとした自らの考えを有しておらず、また根拠も定かではないが①～⑤のどの選択肢にも疑問を抱いている子どももみられた。

V. 月に関する学習指導のあり方をめぐって—月の裏側に関する認識調査結果に基づいて—

1. 月の裏側について学習することの意味について

(1) 現行の小学校理科教科書にみる学習内容の問題

周知のとおり、文部省検定済教科書：小学校理科用（1995）では、多くの場合、まず月を観測して、そのデータに基づいて月の満ち欠けの規則性を導き出させている。そして、月の満ち欠けの原因（月の表側の位相の変化）を理解させるために、ボール（月）と光源（太陽）と観測者（地球）で構成される三次元的な三体モデルが導入されるのである。このように、現行の小学

校第5学年理科において、月の裏側に関する子どもの認識状態や学習指導の実施についてはほとんど触れられていないのが現状である。

(2) 月の表側と裏側に対する子どもの認識の連続性

しかしながら、本調査から、実際に直接観測が不可能な月の裏面であっても、多くの子どもの間には何らかの考えが存在していることが明確になった。換言すれば、現在までの理科教育においては、月の裏側に関する子どもの考えは学習指導において取り上げられることなく、闇に葬られてきたのである。

また、月の表側と裏側との認識が密接に関わっている子どもも少なくない。例えば、「裏から見ても同じ形でない三日月とは言わないから（表2の選択理由カ）」などがその典型例として挙げることができよう。そのため、表側に対する子どもの考えや観測結果に加えて、裏側に関する子どもの考えをも取り上げ、月の表裏（全表面）の様態に関する自分の考えを統合・整理させてから、三体モデルを導入する必要があると考える。さらに、このことは、学習前の自分の考えと三体モデルとの差異を明確に認識することに役立つばかりか、三体モデルによる説明の卓越性や学習の必然性を感得させる上でも有用であるように思われる。

2. 月面の明部と暗部の理解の困難性—光教材との関連を図ることの必要性—

(1) 太陽が月面の半分を照射しているという認識の欠如

前章における調査結果の考察の中で述べたように、月面の半分が常に照射されているという科学的認識を持つ子どもはごくわずかであり、選択肢④の回答理由アとイ（表4参照）の7名にその萌芽が感じとれる程度であった。また、球の半分に日光が当たるという認識は小学生ばかりではなく中学生にとってもたいへんむずかしいことのようなのである。例えば、かつて筆者が行った調査（地球を事例にした調査）では、球（地球）の半分に日光が当たると回答できた者は小4で27%、中3でも43%に過ぎないのである（松森，1981）。

そのため、小5単元「月と太陽の動き」の実施においてこの点を十分配慮しなくてはならないのは言うまでもないが、他の光概念に関する単元においても併せて取り上げられる必要があるように思われる。しかしながら、残念なことに、平成元年度（1989）の学習指導要領の改訂では、時間数の削減と相まって光教材の扱いは小3における一単元のみ縮小された。限られた時間数ではあるが、光に関するこの単元の中でも、球

の半面に日光が当たることを扱っていく必要がある。

(2) 月面が太陽の光を反射するという認識の欠如

太陽の光と三日月という見かけの明部との関係にある程度気づいている者も認められる。具体的には、「裏には太陽の光が当たらないから」(表1のア、表3のエ)などの選択理由の者が該当する。

しかしながら、子どもの中には、太陽の光と月の明部との関わりについてほとんど認識していない者が数多く存在する。例えば、表2の選択理由ク「裏も光らないと三日月とは言えないから」には、衛星としてではなく、自ら光を発する恒星として三日月を捉えていることが推察される。

さらに、本調査を通じて明らかになった最も深刻な実態の一つは、月が太陽の光を反射しているという子どもの認識が極めて低いことである。わずかに表3の選択理由イ「光に当たって光がこぼれるから」にその一端を垣間見れる程度である。しかし、この選択理由においても、月からの反射光の一部が地上の観測者に届くという確固たる科学的認識には至っていない。

このように、子どもにとって、太陽から出た光が月面に当たってその反射光の一部が地球に到達することは、極めてむずかしい認識課題となろう。換言すれば、多くの子どもにとって反射する物は鏡や光沢を有する金属などに限られているため、光源以外で視覚可能なものはすべて光を反射していることを知る余地もないものと想定される。このような視覚系に関する子どもの低い認識状態は、すでに Osborne *et al.* (1990) によっても詳細に報告されているところでもある。

そのため、上述した太陽が照射する球面に加えて、視覚系に対する学習活動も設定される必要もあろう。できれば、まず光に関する学習単元において、身近な物体でしかも日常的なスケールのもとで物体が見えるわけについて取り上げ、その後、マクロな空間で生起する月面の反射について扱いたい。週休二日制の完全実施を直前に控え、理科カリキュラムの精選が叫ばれている折り、このように光単元をはじめとする他単元との関わりの中で、子どもに分かる天文分野の学習を再考していく必要があるように思われる。

3. 天文学的距離の理解の促進—ボールと光源を使用したモデル提示の功罪について—

(1) 天文学的距離の認識の欠如

天文学的距離については、現行の小学校理科で全く取り上げられていないためか、子どもの中には月と地

球との距離について認識していない子どもも見られる。例えば、「どこまで行っても月の裏は見えないから」(表1の選択理由エ)からは、子どもにとって天文学的距離の認識がむずかしいかを伺い知れるのである。

このような天文学的距離に関する子どもの低い認識をよそに、理科授業では三体モデル(光源:太陽, ボール:月, 観測者:地球)が提示されているのが実情である。しかしながら、教師は、モデルがその実物の全てもしくは一部すらも忠実に再現しているものではないことを十分心得ておかねばならない。例えば、この三体モデルが太陽・地球・月という3者のおおよその相対的位置関係を示すものであっても、その各天体間の距離までは正確に再現するものではないという点である。現在、天文学的距離の認識は中学校理科における学習内容となっているが、月と地球間の天文学的距離を表す他のモデルなどを活用して、小学生の理解可能な範囲で取り上げてよいものとする。

(2) 月が球形であることの認識の困難性

また、すでに述べたように、文部省検定済各社理科教科書においては、この三体モデルがほぼ共通して掲載されている。しかしながら、子どもの中には、三体モデルの導入自体に違和感を持つ者が表出する可能性も否定できないところである。具体的には、選択肢⑤の回答理由クの2名である。これらの子どもは、半球型の月を想定しており、半球の底面(円)が月の裏面であり、半球の天頂上からの眺めが地球からの見かけの月だとするものであった。

つまり、この子どもの考えによっても地球から観察

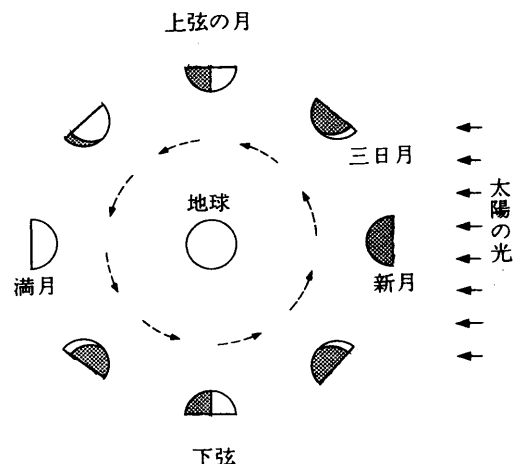


図3 半球形の月による月の満ち欠けの説明

可能な月の位相は十分説明がつくからである(図3参照)。月の自転周期と公転周期とが等しく、地球からは月の表面だけしかが観測できないため、これらの子どもにとっては裏側が円であろうと球面であろうと論理構成上全く支障がないのである。

もちろん、お椀型の月に固執する子どもの考えを修正するための学習指導も大切であるが、天文教育の導入期である小学校段階では、可能な説明様式の一つとして容認してやることも一策と考える。このことは、月を球形として認識することのむずかしさを、あたためて我々理科教育者に示すものと言えよう。

(3) 月に関する子どもの素朴概念をアナロジーとして活用した学習指導の提案

ところで、最近の内外の授業研究の動向の一つとして、アナロジーを活用した指導方策がクローズアップされている(松森, 1996)。ここでいうアナロジー(analogy)とは、「メタファー、モデル、および直喩を含めた類似性を指し示す」用語である(Dagher, 1995)。この概念規定に従えば、月・地球・太陽に模した三体モデルもアナロジーの一種として含まれるわけである。

このアナロジーを活用した授業研究の中には、授業前の子どもが有する考えをアナロジーとして使用しているものも見られる(松森・奥村・堀, 1996)。それは、子どもの考えがしばしば前概念(pre-conception)という名称で呼ばれるように、その中には科学的認識の萌芽を感じさせるものも少なくないからである。換言すれば、子どもの考えの中には誤概念(mis-conception)ばかりではなく、確固たる天文概念と何らかの類似性を有するアナロジーも含まれているからである(Dagher, 1995)。

例えば、月の裏側の様態に関する子どもの考えであれば、表4の理由ア「満月から三日月の形を引いたもの」やイ「表からだが見えないところが裏だと見えるから」、および表5の理由ケ「三日月の日に月を見たら薄く満月に見えたから」などがアナロジーとして使用可能であろうと思われる。具体的には、ある子どもに既存のアナロジーと自分なりの考えとを照合したり討論したりして、月に関する科学的認識の達成を目指すような指導方策である。とりわけ、視覚のみに観測手段が制限される月に関する学習指導においては、注目に値する指導方策となろう。今後は、さらに月に関する学習の必然性を喚起する意味でも、授業前の子どもに既存のこのようなアナロジーを起点に据えた新た

な指導方策も考案されなくてはなるまい。

VI. 結語にかえて一教材としての月の二面性について—

最近刊行された幼児の情操を育むことを意図した童話(川崎, 1996)の中には、「おつきさまが、ついてくるよ。」といった素朴な概念、「おつきさま、ぼくんに、あそびにこない？」などのアニミズムの表現、および寝室内に入り込んで幼児の寝顔を優しく照らす月が感性豊かに描写されている。

このように、月は子どもの感性を豊かにするための素材として活用されている一方、小学校理科教育においては子どもの科学的認識の対象としても位置づけられている。しかし、我々理科教育者は、月に関する自然科学的認識の達成を目的とする教科「理科」と、形而上学的な月(例えば、女主人公であるかぐや姫が昇天する十五夜の月)を取り扱う「国語科」などの教科との間で、板挟みになっている現代の子ども達の存在を忘れてはなるまい。具体的には、教科ごとに月の意味内容の使い分けを強いられる子どもの存在である。

このような教育的状況を鑑みる時、各教科の目的的枠組に固執した教材としての月の位置づけを、各教科の枠組みを超えた視点から再考する時期に来ているように思われる。形而上学的な月の認識と自然科学的な月の認識とを、子どもの立場からいかにリンクさせていくのかが今後の教科教育全体の課題であろう。

月に関する自然科学的な認識を有する子どもでも、教科枠を気にせず、安心して‘月で餅をつくウサギ’に思いを馳せることが許されるような教育的風土を醸成しなくてはなるまい。このような作業は、理科における天文分野の学習と子どもの日常性とを繋げる一手段とも言えるものである。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、実態調査をご快諾頂くとともに貴重な調査結果を御提供頂いた横浜市立いぶき野小学校校長 広瀬尚高先生をはじめ学級担任の諸先生方、調査結果の類型化の作業に際してご協力頂いた山梨大学教育学部教授 堀 哲夫先生ならびに同大学院生 城内優子氏に、深く御礼申し上げます。

引用文献ならびに註

Baxter, J. (1989): Children's understanding of familiar astronomical events, *International Journal Science*

- Education*, 11(5), 502-513.
- Dagher, Z. R. (1995): Analysis of analogies used by science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), 259-270.
- 林 達夫他編 (1980): 『哲学事典』, pp. 1392-1393, 平凡社.
- 広木正紀 (1986): 空間認識のための基礎的活動を天文学習以前に導入する必要性と一活動例—「歩くと月が“ついて来る”こと」に着目して—, 京都教育大学理科教育研究年報, 16, 11-26.
- Jones, B. L., Lynch, P. P. and Reesink, C. (1987): Children's conception of the Earth, Sun and Moon. *International Journal of Science Education*, 9(1), 43-53.
- 金子 明 (1989): 私の受けとめ方: 第5学年C区分について, 初等理科教育, 23(5), 29, 初教出版.
- 川崎 洋 (1996): こどものとも0・1・2: おつきさま, No. 12, 1-20, 福音館書店.
- 松森靖夫 (1981): 理科における児童・生徒の空間認識に関する研究, 横浜国立大学修士論文 (未発表).
- 松森靖夫 (1996): 理科授業研究の動向に関する一考察—アナロジーを導入した授業の効果に関する既存研究を中心にして—, 日本科学教育学会誌『科学教育研究』, 19(4), 189-201.
- 松森靖夫・奥村 勉・堀 哲夫 (1996): 「人の成長と発生」に関する学習指導について (II) —子どもが抱く人の発生概念の分析と授業構成の試み—, 日本理科教育学会第43回関東支部大会研究発表要旨集, 56 (現在, 日本理科教育学会誌『研究紀要』に投稿中)
- 丸野俊一 (1992): 知識獲得の理論, 東・繁多・田島編集企画『発達心理学ハンドブック』, 175-195, 福村出版.
- 宮脇亮介・南部省吾 (1992): 月の満ち欠けについての子供の観念, 地学教育, 45(6), 219-226.
- 森敏昭・吉田寿夫 (1990): 心理学のためのデータ解析テクニカルブック, 北大路書房.
- 文部省 (1989): 小学校学習指導要領, 58-68, 大蔵省印刷局.
- 文部省検定済教科書 (1995): 小学校理科用, 各社 (大日本図書, 東京書籍, 教育出版, 学校図書, 啓林館).
- Moon, B. (1996): A Guide to the National Curriculum”, 3rd Ed., Oxford University Press.
- National Research Council (1996): National Science Education Standards”, National Academy Press.
- Osborne, J., Black, P., Smith, S. and Meadows, J. (1990): Light, Primary SPACE Project Research Report”, Liverpool University Press.
- Sadler, P. M. (1987): Misconceptions in Astronomy, Paper presented at the Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, 26-29, July, Cornell University, Ithaca, N. Y.
- 田中 敏・山際勇一郎 (1989): ユーザーのための教育・心理統計と実験計画法, 教育出版.

松森靖夫: 月の裏側に関する子どもの認識状態の分析—三日月を事例にして— 地学教育第49巻 5号, 9~17, 1996

〔キーワード〕 小学校天文教材, 月, 空間認識, 学習指導法

〔要旨〕 本研究では, 小学生 (第4学年) の月の裏側の様態に関する認識調査を行い, その低い認識状態について指摘した。また, このような子どもの認識状態に分析を加えたとともに, 以下の三つの観点から月概念に関する学習指導のあり方に検討を加えた (①月の裏側について学習することに意味について, ②月面の明部と暗部の理解の困難性—光教材との連関を図る必要性—, ③天文学的距離の理解の促進—ボールと光源を使用したモデル提示の功罪について—)。

Yasuo MATSUMORI: Child's Cognition of the Hidden Side of the Moon—In the Case of the Crescent Moon—. *Educ. Earth Sci.*, 49(5), 9-17, 1996.

~~~~~

本の紹介

~~~~~

鳥海光弘ほか5名共著 岩波講座地球惑星科学 5 地球惑星物質科学 A5 292頁 1996年7月初版 3,600円

本書の「はじめ」に「本巻の主題の第一は、地球や惑星システムの分化や挙動を理解する上で本質的な物質固有の物理的性質の基礎を提供することにある。第二の主題は地球や惑星を構成する物質の性質を紹介することにある。(後略)」とし、これらの目的のため内容は次の構成をとっている。

はじめに

1. 地球と惑星を構成する鉱物の構造
 - 1) 鉱物物性の実験・観測と理論計算
 - 2) イオン半径と混成軌道
 - 3) 鉱物における化学結合を理解するために
 - 4) 温度を考慮しない電子状態計算による鉱物の構造と物性
 - 5) 任意の温度での結晶構造と物性の予測
 - 6) 将来へ向けて：動的およびマイクロ構造
2. 地球と惑星を構成する鉱物の物性
 - 1) 鉱物の弾性的性質の基礎
 - 2) 高温高压下での弾性的・熱的性質と地球・惑星内部
3. メルトの化学と物性
 - 1) 液体の構造と物性の概略
 - 2) ケイ酸塩融体構造の複雑性
 - 3) 実験によるケイ酸塩融体の構造
 - 4) ケイ酸塩融体の化学
 - 5) 高压下でのケイ酸塩融体の構造と物性
4. 地球構成物質の高压相転移と熱力学
 - 1) 高压下の物質のふるまい
 - 2) 高温高压実験
 - 3) 高温高压下の相転移
 - 4) 相転移の熱力学
 - 5) マントル、核の物質構成
5. 造岩鉱物の熱力学
 - 1) 平衡定数
 - 2) 理想溶液
 - 3) 非理想溶液
 - 4) 多相固溶体

6. 元素の挙動

- 1) 太陽系・地球における元素の存在度
- 2) 微量元素の地球化学
- 3) 同位体の地球化学

付録、索引

本講座の各巻の大項目の末尾に「まとめ」がある。参考のため、本書の1. 地球と惑星を構成する鉱物の構造の大項目のまとめを以下に書いておきたい。

- 構造と物性を理解するためには化学結合から
イオン性固体や液体においても、共有物質結合においても、価電子が化学結合を支配している。さらに化学結合のネットワークが構造を形成している。温度、圧力などにより化学結合とそのネットワークが変化し、物性が変化するのである。
- イオン性結晶は半径比則、共有結合は混成軌道が構造の基本

陽イオンと陰イオン半径比が、イオン結晶の最近接構造(配位構造)を決めている。これを構造単位として、静電原子価則などでイオン結晶が組み立てられている。共有結合では、価電子が占めている混成軌道の形態が基本構造となる。SiO₂などの結合性はこれらの中間である。

- 地球惑星構成物質の構造を理解するためにはまず絶対0度の電子状態から

地球・惑星を構成している物質を化学結合の本質、すなわち電子状態から理解するための方法として、分子軌道法やバンド理論などの電子状態計算の手法が数多くあり、これらの違い、適用性などを理解しておいた方がよい。

- 統計力学実験は地球惑星物質科学の最適な手法

分子動力学法などの分子シミュレーション法は統計力学の実験である。室温から高温までの手法として経験的ないし非経験的分子シミュレーションがある。これらを用いた最近の研究を概観しながら、理解できる事柄、適用性の範囲と限界、問題点、あるいは将来の発展性などを見てきた。

以上は本書を写し書きしたに過ぎないが、他の大項目のまとめは省略する。本書の大項目では、1. と 6. が地学担当の先生に参考になると思う。(貫井 茂)

資料

1995年兵庫県南部地震による六甲山地の斜面崩壊

—地学(兵庫県南部地震)の教材開発をめざして—

田結庄良昭*・藤田 智子*

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震による六甲山系山腹の斜面崩壊は約750箇所にも及ぶ(朝日新聞, 4月24日)。これら斜面崩壊はその後の降雨によりさらに崩壊が拡大し(田結庄ほか, 1995a), 2次被害が心配される。しかし, 六甲山地の斜面崩壊は家屋倒壊などの市街地の被害に比べ, これまであまり報告されず, 六甲山地全体の斜面崩壊の実態把握さえも十分でなく, 今日に至っている。最近, ヘリコプターによる山腹調査が行われ, 崩壊が1150箇所にも及ぶことが報告され(広報神戸, 7月1日), 亀裂に沿う崩壊が進行していることが明かとなった(田結庄・藤田, 1996)。2次災害を防止するため, 兵庫県は1996年6月15日六甲山系全域の急傾斜地危険箇所と土石流危険渓流を公表し, 全戸配布した。このような中で, 心配されていた梅雨期間に灘区で斜面崩壊が生じ, 斜面崩壊について住民の関心が高まっている。これらを受けて, 兵庫県の教師により斜面崩壊や土石流を教材化し, 防災教育に役立てる試みが行われつつある(例えば: 六甲山地土石流研究グループ, 1966)。しかし, 地震による六甲山系全体の斜面崩壊の実態が公表されていないため, 教材化の大きな障害となっていた。そこで, 兵庫県南部地震による詳細な六甲山の斜面崩壊の分布などの生データを公表し, 教材化の基礎資料の作成を試みた。なお, 六甲山地の斜面崩壊は構成岩石, 断層や風化作用などの地質的要因や斜面の傾斜や起伏量などの地形的要因が複雑にからみその要因を特定することはむずかしい。本報告では斜面崩壊の全体像を明らかにするため, 斜面崩壊の分布の詳細を報告することに力点をおくとともに, 斜面での崩壊位置や傾斜角などの地形的特徴, 崩壊斜面の岩石や断層および風化作用などの地質的特徴も併せて報告する。しかし, 本報告の目的はあくまでも教材化の基礎資料の作成にあるので, 解釈や成因などより, むしろ斜面崩壊の分布などの諸現象を教材化の観点から記載し, あわせて兵庫県

南部地震の教材化をめざして, その試みを述べることに主眼をおいた。

2. 六甲山地の地形と地質の概略

六甲山地はその周囲の大部分が断層で囲まれた断層地塊であると同時に(図1), 東の芦屋で高く西の須磨で低くなる傾動地塊である。六甲山地は逆断層が多数発達し, この逆断層で932mの高い山となった(藤田・笠間, 1971)。六甲山東部の芦屋付近では南から甲陽, 芦屋, 五助橋などの逆断層が北東-南西方向に分布し, それぞれの断層により, 北西側が隆起したため, 3段の階段状地形が発達している。最上段は800~900mの六甲山頂部に広がる準平原面, 第2段は450~500mの小起伏浸食面, 第3段は標高200m級の浸食小起伏面である(藤田・笠間, 1982)。そして, 各面の間を画する急崖が五助橋断層・芦屋断層・甲陽断層などの断層崖である(図1)。

このように, 六甲山地は斜め航空写真などを用いることにより, 3段の地形面が容易に識別でき, それらから六甲山の生い立ちや活断層をさぐる最もよい教材といえる。

六甲山地は大部分が白亜紀末の花崗岩からなる(藤田・笠間, 1971)。これら花崗岩は山陽帯に属する六

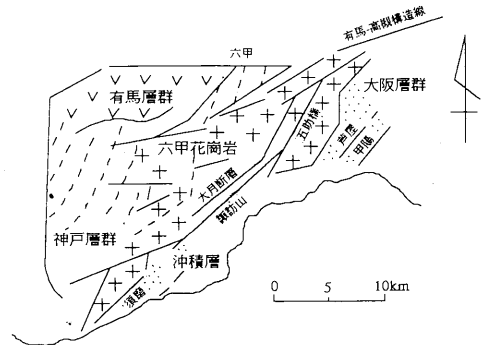


図1 六甲山地の地質概略区分と主な断層(神戸市企画局, 1980による)。

* 神戸大学発達科学部 1995年11月30日受付 1996年8月31日受理

甲花崗岩と領家帯に属する布引花崗閃緑岩からなり、前者が山地の大部分を構成している。六甲花崗岩は中～粗粒の黒雲母花崗岩から大部分なるが、山地の高所や尾根付近に細粒黒雲母花崗岩が分布し、中～粗粒花崗岩を貫く。布引花崗閃緑岩は山麓の布引断層と諏訪山断層の間に主に分布する。花崗岩の風化作用は断層による破碎作用のため著しく、深部までの深層風化を受け真砂化している。布引花崗閃緑岩で最も風化が著しく、ついで中～粗粒の六甲花崗岩である。そして、風化の程度は東部に比べ西部で著しい。花崗岩のほかには中～古生層の丹波層群が東部にルーフペンダント状に少量分布する。また、白亜紀の酸性凝灰岩からなる有馬層群が六甲断層以北の有馬山地に分布するほか、六甲山地でも丹波層群に伴ってごく少量分布する(図1)。これらは六甲花崗岩の熱変成作用のため堅固で、風化作用はあまり受けていない。

六甲山地には第四系に変位を与えている多数の断層がみられる(図1)。六甲山地では第四紀になってからの変動が著しく、多くの断層が発生して断層地塊化し、それらの隆起によって現在みられる構造地形が作

られた。五助橋断層は隆起準平原面と第2段の浸食起伏面を境する(藤田・笠間, 1983)。大月断層は五助橋断層と平行で、傾斜は垂直に近い。芦屋断層は第2段と第3段の浸食起伏面を境する。六甲断層は六甲山地の北側を限り、花崗岩は著しく破碎されている。諏訪山断層は六甲山地の南限を限る断層で山地と市街地を分けている。六甲山地西部は須磨断層などで囲まれた三角形の断層地塊をなす(藤田・前田, 1984)。

布引断層付近では右横ずれ断層に伴う水系のずれが国土地理院地形図 25000 分の 1 神戸首部からに明瞭に判別できる。上記地形図に水系を書かせ、各水系が断層付近で右にずれることを気づかせることにより、断層の動きをとらえさせることが可能である。

3. 六甲山地の斜面崩壊の産状と分布

斜面崩壊の分布調査に当たっては1月21日国土地理院撮影の空中写真を用い、その後、現地調査を行った。調査結果を25000分の1国土地理院発行の地形図にプロットした。なお、多くの斜面崩壊は小規模なため、地形図へのプロットに当たってはやや規模が誇

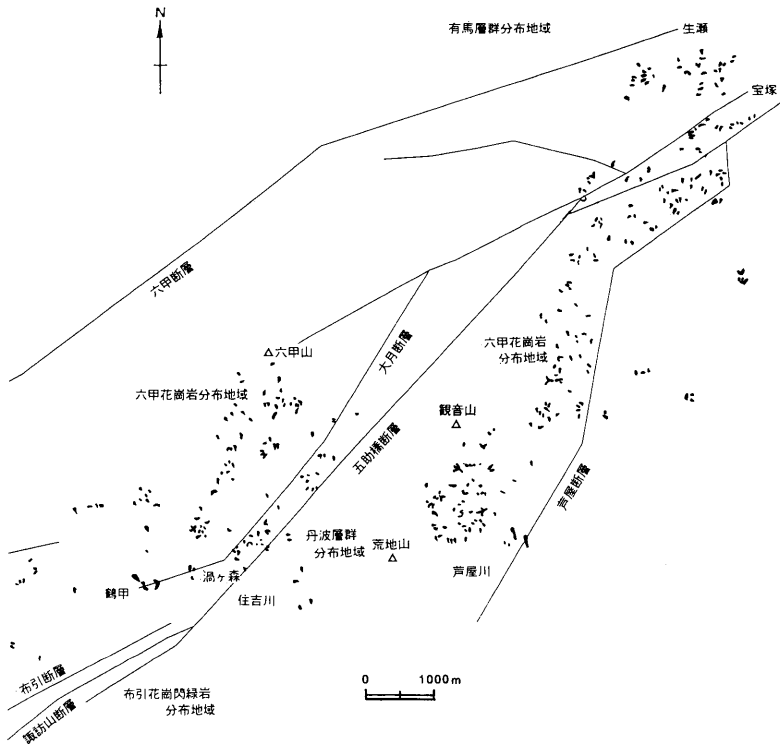


図2-1 六甲山地の中～東部の斜面崩壊の分布と断層。
黒つぶしは斜面崩壊、実線は断層。断層や岩石種の分布は藤田・笠間(1971, 1982, 1983)による。

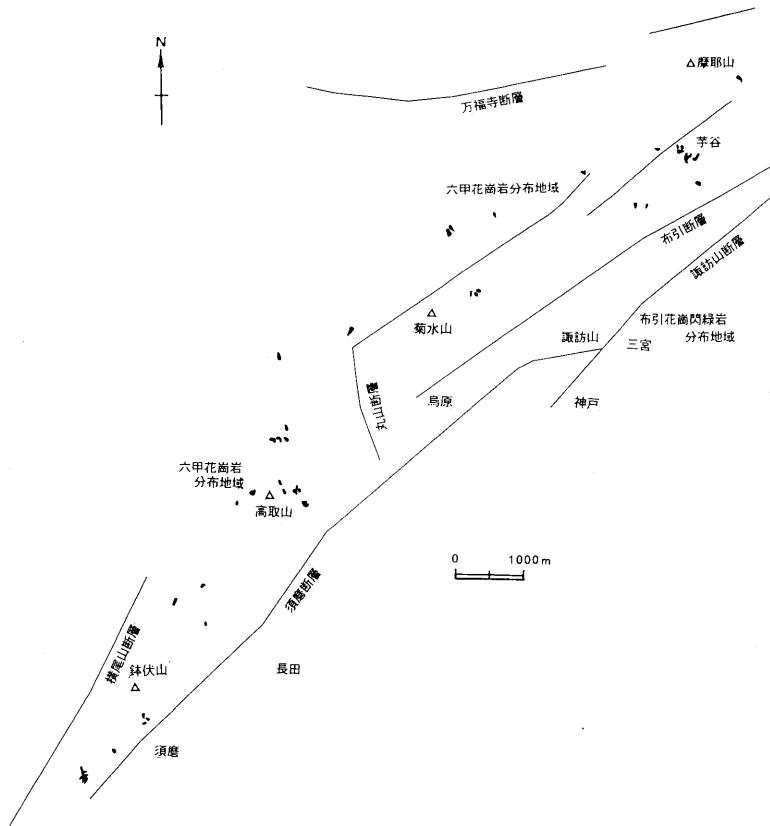


図2-2 六甲山地の中～西部の斜面崩壊の分布と断層。

黒つぶしは斜面崩壊，実線は断層。断層や岩石種の分布は藤田・笠間(1971, 1983)，藤田・前田(1984)による。

張されている。図2-1に六甲山地の中～東部，図2-2に中～西部の斜面崩壊の位置を主な断層とともに示した。

分布の特徴：1995年の兵庫県南部地震による斜面崩壊の分布は明らかに偏りをもつ。斜面崩壊は六甲山地の中部から東部に集中し，中部から西部では急激に少なくなる(図2-1, -2)。地震による斜面崩壊が多い地域を列記すると，東から宝塚市西部の六甲断層と五助橋断層の間で，この地域は副断層も多く花崗岩の多くは破碎され風化作用も顕著で斜面崩壊が多い(図2-1)。斜面の傾斜は45度を越え，斜面の方向は東から東南方向で，崩壊の発生位置は斜面上部の尾根近くが多い。次は宝塚南部から西宮付近の五助橋断層と芦屋断層の間で，小規模な斜面崩壊が尾根近くで多数発生した。斜面の方向は東南から南で，40～60度の急斜面で発生している。真砂化した風化花崗岩が尾根近くで崩壊する形式が多いが，節理に沿って，径1～3

mの岩塊が崩落する形式もみられる。さらに芦屋市の観音山から荒地山付近の芦屋断層と五助橋断層の間でも斜面崩壊が多く，崩壊発生場所は断層崖の急崖で，斜面の方向は東南から南，傾斜角度は40～60度である。また，斜面崩壊は凸型の尾根近くで多くみられる。この地域では節理や亀裂に沿う岩塊が崩落する形式が多いのが特徴である。六甲山系中央部の六甲山頂から鶴甲にかけても多数の斜面崩壊が発生した。標高400～700mの比較的高い所に発生している。斜面の方向は南～南東で，傾斜角度も40～70度と急角度である。いずれも大月断層や五助橋断層の断層崖に沿っている。崩壊の形式は真砂化した花崗岩が尾根近くで亀裂に沿って崩壊するものが多いが，六甲山頂付近では岩塊が崩落する形式も多い。また，鶴甲のように，地滑りによる崩壊もみられる。中央部から西部，摩耶山から菊水山にかけては東部と異なり極端に斜面崩壊が少なくなる(図2-2)。特に，布引断層より南の布引花

崗閃緑岩分布地域ではほとんどみられない。斜面の方向は南から南東、傾斜角は30~50度で、著しく風化した花崗岩の、斜面の上部での崩壊が多く、岩塊が崩落する形式は少ない。崩壊は谷の最上部の尾根付近の集水領域に多くみられる。最も西部の高取山から鉢伏山では、斜面崩壊は比較的少ない。斜面崩壊は高取山の北の斜面や鉢伏山の南斜面にみられる。斜面の方向は高取山では北から北東、鉢伏山では南である。崩壊斜面の傾斜角は30~50度である。崩壊の規模は高取山の北部を除くと小規模なものが多い。斜面崩壊は斜面頭部の滑落による崩壊が多い。

このように、斜面崩壊は六甲山地に均質に分布するのではなく東部から中央部付近に偏り、中央部の摩耶山を境にそれより西部では芋谷を除き、極めて少なくなる。特に、諏訪山から烏原の18 km²の間では10箇所しか斜面崩壊がない。なお、諏訪山断層や布引断層付近では市街地でも地震被害が少なく、山地の斜面崩壊の少ない地域と対応しているのは興味深い。

斜面崩壊を六甲山地頂上を境に南東部と北西部でみた場合、明瞭に違いがあり、南東部地域にほとんど限られ、北西部では宝塚生瀬付近や高取山北部付近に限られる。この現象は山麓斜面の勾配が南部で急勾配、北部で緩勾配であることや、南部に断層が多いことが影響しているのであろう。

1月21日国土地理院撮影の航空写真は高価なのでコピー版を購入する。これを用いれば斜面崩壊の位置は容易に識別でき、それらを地形図上に落とし、それらから斜面崩壊の分布、崩壊斜面の方向や斜面での崩壊位置をさぐることができる。この作業は生徒にとっても興味深く、地形図の読み取り学習に最適である。

斜面崩壊の産状: 六甲山地の斜面崩壊をみると、斜面崩壊の規模は全体として小規模である(図2-1,-2)。斜面崩壊の約70%が1500 m²以下である。4000 m²以上の比較的規模の大きいものは約21箇所で約4%にしか過ぎない。大きいものは真砂化した花崗岩が斜面頭部から滑落するものが多く、岩塊が崩落する形式は小規模な崩壊に限られる。また、斜面崩壊のかなりの部分、約20%は地形図上にケバ印をもつ過去に崩壊履歴をもつところが崩壊している。例えば六甲山系中央部の鶴甲-渦ヶ森付近では(図3)、斜面崩壊の多くは崩壊履歴をもつところが崩壊している。この傾向は斜面崩壊が多い荒地山から観音山などでも顕著である。

地形図を用いて、ケバ印から過去の崩壊を読み取

り、さらに地震での斜面崩壊と重ね合わせ作業により、六甲山が古くから崩壊しやすい山地であることが認識できる。図3がこの資料となりうる。

4. 斜面崩壊地域の地質的特徴

1995年の兵庫県南部地震での斜面崩壊場所が地質的にどのようなところが崩壊したのか検討する。

岩石種: 斜面崩壊と岩石種との関係を見ると、領家帯の布引花崗閃緑岩および相当岩石の分布地域では風化作用は著しいがほとんど斜面崩壊がみられない(図2-1,-2)。布引花崗閃緑岩および相当岩は六甲山地山麓南部の標高約400 mまでの地形的低所に多くが分布しており、斜面の傾斜が30~50度と他の地域に比べやや緩傾斜であることが影響しているのかもしれない。ルーペンダントとして分布するホルンフェルス化した中~古生層の丹波層群地域はほとんど崩壊していない(図2-1, 図3)。この現象はこれら岩石が極めて堅固であることによっている。中生代白亜紀の火砕流堆積物である有馬層群地域は有馬山地に分布するが斜面崩壊はみられない。この岩石は微細粒で風化作用も弱く堅固で、節理もあまり発達せず、一部花崗岩の熱変成作用を受けているためより硬く、斜面崩壊に至らなかったのであろう。斜面崩壊のほとんどは六甲花崗岩分布地域である。なかでもは中~粗粒花崗岩に集中しており、細粒花崗岩では少ない、これは細粒花崗岩がその粒度のため風化作用が弱く、さらに節理の発達も弱いほか、尾根部付近に分布することが多く、斜面の傾斜が緩いことによるのかもしれない。

花崗岩は酸化状態で形成される磁鉄鉱を含有する磁鉄鉱系花崗岩と還元状態で形成される磁鉄鉱を含まず少量のチタン鉄鉱を含むチタン鉄鉱系花崗岩に亜区分される(Ishihara, 1971)。斜面崩壊が多産する鶴甲や渦ヶ森付近の花崗岩の岩質は磁鉄鉱系花崗岩であるのに対し、他の地域の六甲花崗岩はチタン鉄鉱系花崗岩で異なる。この原因は鶴甲-渦ヶ森付近の花崗岩は、固結後断層に沿って上昇してきた熱水作用で花崗岩が著しく変質し、この変質作用の過程で黒雲母が分解し、磁鉄鉱が生じたためと考えられる(山下, 1992)。この地域の花崗岩は断層に沿って注入した熱水により著しく脆くなっており、また、節理に沿って石英脈のほか沸石脈が多数形成されており、節理面から剥がれやすい状態であったと考えられ、そのため急斜面で崩壊が多数生じたのであろう。

地質調査所発行の5万分の1地域地質研究報告(大

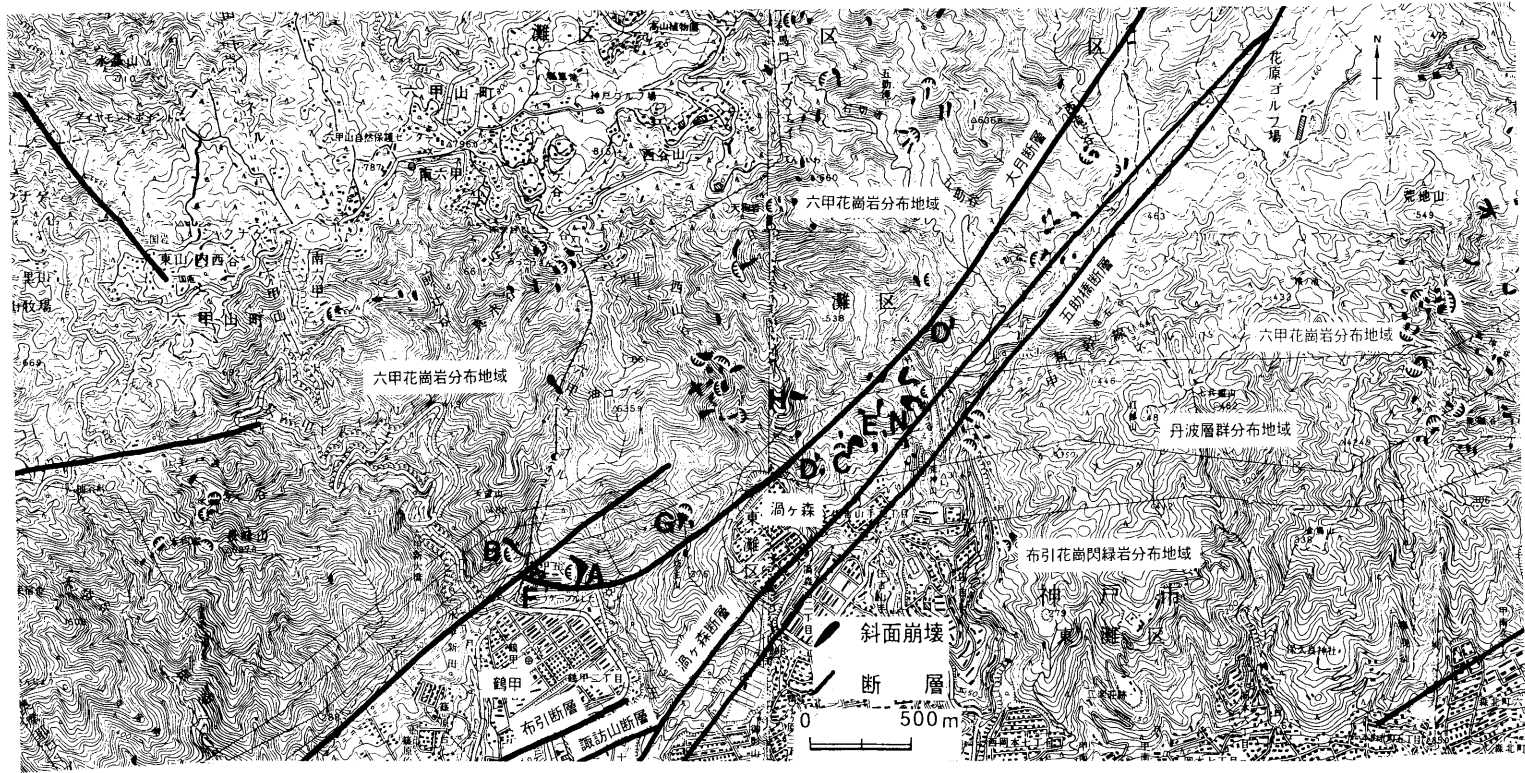


図3 六甲山地中央部付近の斜面崩壊。
黒つぶしは斜面崩壊。地形図は25000分の1神戸首部。断層の位置は藤田・笠間(1971, 1982, 1983)による。主な岩石分布の概略は中家ほか(1991)によった。黒つぶし: 斜面崩壊, ケバ印: 過去の崩壊地。A~Oは第4図の崩壊斜面の地形断面図の位置を示す。

阪西北、神戸、須磨)から岩石種を斜面崩壊を記した地形図に写し取ると、花崗岩と他の岩石種とで斜面崩壊の分布に明らかに違いがあり、斜面崩壊と岩石種の間係を探る最もよい教材となりうる。

断層: 斜面崩壊と断層との関係を見ると、斜面崩壊は断層と密接に関係して分布している(図2-1, -2)。特に、芦屋断層や五助橋断層沿い北側の急斜面沿いで斜面崩壊が多数生じている。宝塚付近や芦屋川、住吉川付近でこの傾向が顕著である(図2-1)。また、鶴甲や渦ヶ森付近では大月断層や渦ヶ森断層沿いの北側急斜面で斜面崩壊が多数生じている(図3)。特に、渦ヶ森団地北方の南斜面の多くが大規模に崩壊し、周囲の住宅に大きな被害をもたらした。また、観音山付近の急斜面でも斜面崩壊が多数生じている。これらも芦屋断層の断層崖上の急斜面上に生じている。一方、六甲山地西部では斜面崩壊が比較的少ない。その中で、須磨断層北側の急斜面地域で斜面崩壊がみられる。これら地域では斜面頭部で滑落し、崩壊したケースが多い。一方、断層沿いでも崩壊があまりみられない地域がある。典型的なのは諏訪山断層や布引断層で、これら断層沿いでは斜面崩壊はあまり生じていない(図2-1, -2)。斜面崩壊は摩耶山南西部でわずかにみられるにすぎない。このように、諏訪山断層を除くと斜面崩壊と断層とは明らかに相関し、断層北側の断層崖上の急斜面で斜面崩壊が発達する。特に、五助橋断層、芦屋断層、大月断層では斜面崩壊が顕著である。なお、これら断層は兵庫県南部地震により変位が指摘され(平野・藤田, 1995, 田結庄ほか, 1995b)、地震動が止まった直後の慣性モーメントにより崩壊したのかもかもしれない。しかし、斜面崩壊が断層崖の発達地域に多いことから地形的要因も考えられ、その原因については今後検討する必要がある。

斜面崩壊の分布を入れた地形図上に断層の位置を入れ、断層の北側急斜面で崩壊が多く発生していることを知る。さらに、断層と斜面崩壊の関係を考えさせるため、逆断層の模式図を生徒に示し、逆断層の上盤の断層崖には亀裂が入りやすく、崩壊しやすいことから、断層の北側急斜面に崩壊が発生しやすいことを理解させる教材となりうる。

風化作用の程度と斜面崩壊との関係: 六甲花崗岩の風化作用の発達の程度は吉村(1985)によると、宝塚や観音山など東部地域と摩耶山や菊水山などの中央部～西部地域とで著しく異なる。中央部～西部地域では厚く安定した風化帯が発達し、東部地域では風化帯が

薄く、その風化作用の発達の程度は地域により異なる。風化作用が進行するにつれ、変質鉱物が変わり、風化作用の程度を知る手がかりとなる。花崗岩中の黒雲母は風化作用が進行するにつれ、パーミキュライトを経てカオリナイトとなる。東部の風化花崗岩はパーミキュライトを有するのに対し、風化帯が最も厚い摩耶山の西部ではパーミキュライトをもたずカオリナイトを有する(吉村, 1985)。また、摩耶山西部の花崗岩の斜長石は風化作用が進行した時に形成されるハロイサイトになっている。これらから、東部に比べ、中央部～西部は風化作用が進行していることがわかる。しかしながら、斜面崩壊は風化帯が発達する六甲山系中央部～西部地域にみられず、逆に、風化帯が薄い東部地域で発達する。この原因として、六甲山系は東から西へ傾く傾動地塊のため(藤田・笠間, 1982)、東部地域は西部地域に比べ隆起量が大きく、そのため、風化帯はすぐ侵食され薄くなり、小地形の頂部には露岩が分布するに至ったと考えられる。六甲山系でも地震動により水平、垂直方向に揺すられ、その地震動終了後慣性モーメントが働き、露岩が多い東部で、これら岩石が崩落し、斜面崩壊するに至ったのであろう。

六甲山系の風化作用については地質調査所の5万分の1地域研究報告の説明書にも概略が触れられている。地震では斜面崩壊がなぜ風化帯の薄い東部で多発したのか、一方昭和42年の集中豪雨では西部で斜面崩壊が多かった事実と併せて検討することにより、地震による崩壊と降雨による崩壊の差異から風化と斜面崩壊の関係を理解するよい教材となる。

5. 斜面崩壊地域の地形的特徴

斜面崩壊を発生しやすいいちばんの地形条件は斜面の傾斜角である。そこで、渦ヶ森付近の斜面崩壊地域の地形断面を作成し崩壊地点の位置を求めた(図4)。

崩壊した斜面の傾斜は多くが約35～40度を越える急斜面である(図4)。特に、大規模な斜面崩壊は45～50度前後の急斜面上の頭部で発達している。斜面崩壊が多産する六甲山-鶴甲付近や荒地山-観音山付近のものは断層崖上にあるものが多く、斜面傾斜が約40～50度前後と急傾斜である。斜面崩壊の斜面上での発生位置は図4から明らかのように傾斜が緩い尾根部から傾斜が急になる尾根のすぐ下付近の地形的遷急点付近で発生している。このような傾向は神戸大学工学部建設学科土木系教室兵庫県南部地震調査団(1995)も指摘している。特に、渦ヶ森付近の斜面崩壊

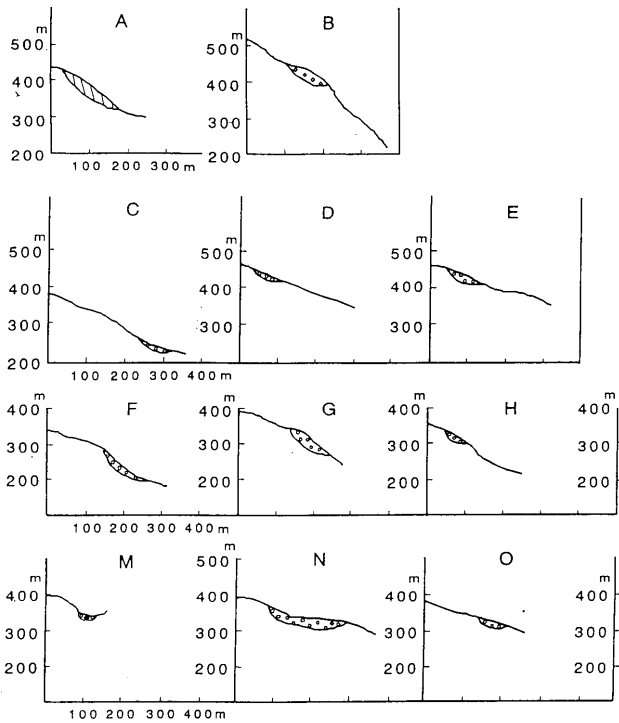


図4 崩壊斜面の地形断面と崩壊位置。

斜面崩壊地は六甲山地中央部渦ヶ森付近。地形断面に用いた崩壊斜面の位置は第3図にA～Oとして示した。

ではこの傾向が顕著である。また、規模の大きい斜面崩壊で、この傾向が強い。このように、斜面崩壊は多くの地点で尾根からやや下の位置で生じている。また、斜面崩壊が発達する谷の方向は断層に直交する北西-南東方向が多い。

図3を用い崩壊斜面の斜面の地形断面図を作成させ、斜面の傾斜角を測定させ、崩壊斜面の角度が40度を越えたとき急速に崩壊が多くなることから、崩壊の原因の主要な原因が地形要因、すなわち斜面の傾斜角にあることを理解させる。また、崩壊斜面上での崩壊の発生位置から、崩壊が尾根から急傾斜の斜面にいたる地形的遷急点にあることを気づかせる。

6. ま と め

兵庫県南部地震による斜面崩壊は六甲山系の東部～中央部地域で多発し、西部地域では少なく、偏りをもつ。この斜面崩壊の偏りの要因として、六甲山地が西に傾く傾動地塊であるため、隆起量の多い東部～中央部地域で急斜面が多いことや、東部～中央部では隆起のため風化帯が浸食され、花崗岩塊の露出が多く、地

震動で崩落が多かったためと考えられる。また、この地域は断層に沿って注入した熱水作用により変質した花崗岩(磁鉄鉱系花崗岩)地域であり、崩壊しやすい条件にあったことも影響している。斜面崩壊はまた、五助橋断層や芦屋断層に沿って多く生じており、断層も崩壊に大きな役割をはたしたと考えられる。斜面崩壊の多くは尾根下の緩傾斜から急傾斜になる地形的遷急点で生じている。斜面崩壊と風化作用との関係は風化帯が厚い六甲山系中央部～西部で斜面崩壊が少なく、風化帯が薄い東部～中央部で顕著である。

今回の地震による斜面崩壊が六甲山系の中部～東部に偏る原因をこれまでの作業からデータに基づき討論させ、その原因を推定させる試みは探求過程を重視する理科学習に最適である。

引用文献

- 藤田和夫・笠間太郎(1971): 六甲山地とその周辺の地質, 神戸市企画局, 1-56.
- 藤田和夫・笠間太郎(1982): 大阪西北部地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 112.
- 藤田和夫・笠間太郎(1983): 神戸地域の地質, 地域地質

- 研究報告 (5 万分の 1 図幅). 地質調査所, 115.
- 藤田和夫・前田保夫 (1984): 須磨地域の地質, 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅). 地質調査所, 115.
- 平野昌繁・藤田 嵩 (1995): 1995 年の兵庫県南部地震に伴う地盤災害—とくに断層に沿う変位地形について. 地球科学, 49(5), 77-84.
- Ishihara, S. (1977): The magnetite-series and ilmenite series granitic rocks. *Mining Geol.*, 27, 293-305.
- 神戸市企画局 (1980): 神戸の地盤. 神戸市企画局総合調査課, 245.
- 神戸大学工学部建設学科土木系教室兵庫県南部地震調査団 (1995): 神戸大学工学部建設学科土木系教室兵庫県南部地震調査団調査報告, 第 2 報, 169-177.
- 中家嵩夫・中島和一 (1991): 六甲山地東南部の古期花崗岩類, 神戸大学教育学部研究集録, 第 83 集, 26-34.
- 六甲山地土石流団体研究グループ (1996): 地震でいたんだ六甲山に土石流発生の危険性をさぐる—2 年目の梅雨を迎える兵庫県南部地震の被災地から—. *Nature Study*, 42(6), 3-6.
- 田結庄良昭・榛葉昌次・藤田智子 (1995a): 兵庫県南部地震による鶴甲地域の六月断層沿いの斜面崩壊の連続観察. *Proceedings of the 5th Symposium on Geo-environments and Geo-technics*, 57-62.
- 田結庄良昭・榛葉昌次・安松貞夫・小寺悦子 (1995b): 兵庫県南部地震による鶴甲地域の六月断層沿いの地盤変状. *岩石鉱物鉱床学会誌*, 90(12), 234-240.
- 田結庄良昭・藤田智子 (1996): 兵庫県南部地震とその後の降雨による斜面崩壊. *応用地質*, 37, 35-45.
- 山下幸子 (1992): 六甲山地の花崗岩類の帯磁率. 神戸大学教育学部卒業論文, 36.
- 吉村一尋 (1985): 六甲山地の花崗岩の風化分帯. 神戸大学教育学研究科修士論文, 39.

田結庄良昭・藤田智子: 1995 年兵庫県南部地震による六甲山地の斜面崩壊—地学 (兵庫県南部地震) の教材開発をめざして—, *地学教育*, 49 巻 5 号, 19-26, 1996

〔キーワード〕 斜面崩壊, 兵庫県南部地震, 教材開発, 断層, 斜面傾斜, 六甲山地

〔要約〕 兵庫県南部地震により六甲山地で多数の斜面崩壊が生じた。その分布は東部地域で多発し、西部地域ではあまり見られない。この原因として六甲山が西に傾く傾動地塊で、東部地域で急斜面が多いためと考えられる。斜面崩壊は断層に沿って生じており、断層も崩壊に大きな役割をはたしたと考えられる。これらデータは地震を理解し、教材化するにあたり最も取り組みやすい教材であることを述べた。

Yoshiaki TAINOSHO and Tomoko FUJITA: Mountain Slope Failures in the Rokko Mountains Caused by 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake —The Search for Teaching Material Development about Hyogoken-Nanbu Earthquake on Earth Science Education—. *Educat. Earth Sci.*, 49(5), 19-26, 1996

理科教育関係 6 学会共催シンポジウム報告 (2)

「次期教育課程に向けて」

——教科『理科』関連学会間の相互理解のために——

前号に引き続き、平成8年6月8日(土)に学習院大学で開催された上記のシンポジウムの報告を掲載します。本号では下に示した報告全体のうち、「小学校セッション」、「中学校セッション」、「高校セッション」および「総合討論」の各ディスカッション、「5. 高校セッション」の③林 慶一(日本地学教育学会)、⑤猿田祐嗣(日本理科教育学会)両コメントーターの発表要旨を掲載します。

なお、ディスカッションの記録内容は、当日すべての発言者に発言内容を書いたメモを提出していただきましたので、文体統一などのための微修正以外はそのまま掲載してあります。

(林 慶一)

理科教育関係 6 学会共催シンポジウム

「次期教育課程に向けて」

の報告全体の構成

1. 趣旨説明(磯部)

2. 総司会より(芳賀)

3. 小学校セッション

(1) パネリスト(真貝)

(2) コメントーター

- ① 津幡道夫(日本科学教育学会)
- ② 稲垣弘子(日本生物教育学会)
- ③ 相場博明(日本地学教育学会)
- ④ 五十嵐裕和(日本化学会)
- ⑤ 石井恭子(日本物理教育学会)

(3) ディスカッション

(4) まとめ(小堀)

4. 中学校セッション

(1) パネリスト(奥井)

(2) コメントーター

- ① 大野 弘(日本化学会)
- ② 広井 禎(日本物理教育学会)
- ③ 吉田 淳(日本理科教育学会)
- ④ 金井塚恭裕(日本生物教育学会)
- ⑤ 上原和幸(日本地学教育学会)

(3) ディスカッション

(4) まとめ(片山)

5. 高校セッション

(1) パネリスト(増子)

(2) コメントーター

- ① 佐野博敏(日本化学会)
- ② 岡崎恵視(日本生物教育学会)
- ③ 林 慶一(日本地学教育学会)
- ④ 下条隆嗣(日本科学教育学会)
- ⑤ 猿田祐嗣(日本理科教育学会)

(3) ディスカッション

(4) まとめ(笠)

6. 総合討論

(1) ディスカッション

(2) まとめ(伊藤)

7. まとめ(磯部)

(下線の表題は今回の報告部分)

小学校セッションのディスカッション

(氏名のあとのカッコの中は所属学会略称, 所属を表します)

広井 禎 (物理, 筑波大学附属高校): お話では1・2年ではうまくいっているようです。ところで, 3~6年での理科の授業にはどのような変化(影響)が出ているのでしょうか。小学校の先生方にお聞きしたい。

石井 恭子 (物理, お茶の水女子大学附属小): 低学年生活科の3年以降の理科への影響について。理科教育学会の調査結果から「指導が困難になった」として、「1・2年での学習経験がまちまち」、「活動的だが体験が少ない」などが、「容易になった」として、「多様で柔軟な発想」、「自発的, 積極的」などが多くあげられている。実際には, 生物の領域アサガオ・ウサギ等の飼育栽培はよく行われていると思うが, 物理化学領域はすべてねぐられているため, 3年以降の理科が忙しくなっている。年齢が上がったために理解が早くなって時間が短くできる内容もあるが, 低学年のうちにこそ体験させたい内容もあったはずである。そこは検討が必要。

稲垣 弘子 (生物, 新宿区立落合第四小): 「生活科は成果をあげているということだがどうか」との問いに対して「活動しなければならぬ教科である。」という感覚からどの教員も活動をする。何をやってもよいという感覚から遊び中心になるので, 子供達は大好きな教科となっている。ただし問題点もたくさんある。

相場 博明 (地学, 慶応義塾幼稚舎): 私は私立に勤めておりますので, ご参考になるかどうか分かりませんが, 私の学校では理科専科が二人おります。そのうち2年生は生活科の半分は, 理科専科が受け持ち, 1年生に対してもできるだけバックアップし, 3年以降との理科との整合性を持たせるようにしております。

五十嵐 裕和 (化学, 江戸川区立江戸川小): 生活科の学習経験が3年以降の理科学習に与えた影響。効果的な点→「児童の主體的な興味関心を生かす」という学習への取り組み。課題と思われる点→生活科における自然体験の質が児童によってかなり異なっている。(○生き物に愛着をもって育てる。×自分があき

るとほったらかし, 死んでも気にしない感覚。)

片山 舒康 (生物, 東京学芸大学): 生活科における「自然体験の質の吟味」(五十嵐先生)あるいは「物理的・化学的内容が少ない」(石井先生)というコメントがあったが, 担当教員は「自然」をどのようにとらえているのか? 「自然」を生物的なものにとらえて, 物理的・化学的事象を取り上げていないのではないか。小学校現場の実情を知りたい。

相場 博明 (地学, 慶応義塾幼稚舎): 私なりの考えで, かたよっているかもしれませんが自然というのは小学生にとって遊び仲間のようなものではないでしょうか。生き物であったり磁石であったり, 生物だけでなく物理化学現象まで含まれます。小学生のときに自然を遊び仲間として十分にかかわりを持たせることができれば将来その遊び仲間が破壊されたときやなくなってしまったときに, それを守ろうという気持ちが出てくるのではないのでしょうか。

石井 恭子 (物理, お茶の水女子大学附属小): 「自然」のとらえ方について。子供たちの遊び相手, という考え(に賛成)の中では, 生き物と同様, 身のまわりの自然すべてと考える。例えば砂, どろ, 光, 風などもすべて遊び相手になり得る。低学年で(家でやるべきとご指摘ありましたが小さいうちならどこでも)その遊びの原体験があってその上に理科での学習がある。しかし3年以降の理科での問題点は, 答えは1つにしなくてはならないこと。実験したり観察したりしたこと(生き物と遊ぶ体験は多いが非生物については遊ぶ体験が少なくなると今後さらに身近でなくなっていくことが憂慮される)からひとつの答えを導きだすことばかりになっているため, 大きくなったときに心に残っていないのではないかと?

稲垣 弘子 (生物, 新宿区立落合第四小): “自然をどう考えているのか”の問いに対して, “遊びの対象と考えている”の答えに加えて, 遊びの対象として考える自然は子供が家庭, または自由である時の考えであって, 学校で扱う自然は, それプラス α 約束が加わるべきであると考えます。

五十嵐裕和 (化学, 江戸川区立江戸川小): 「自然」を体験すること。必要な「自然」の学習と生活科の関わり。→教科のねらいは異なっても、生活科での自然体験は理科の学習の素地となる。従って、低学年期間における自然に関わる学習体験はどうすればよいか、児童の学んでいる状況から検討すべきである。→生活科の次期指導要領改訂の内容に生かす方向が必要。

神志那良雄 (物理, 島根大学教育学部): 小学校では「生活科」か「理科」かという問題設定自身問題である。小学校の1・2年の「理科」と「社会科」の科目が削除され、新たに「生活科」という科目が誕生した。この経過から「生活科」は「理科」と「社会科」の融合科目と誤解されているが、決して「生活科」は「理科」の代替科目ではない。即ち小学校1・2年からは「理科」は消滅していると理解すべきで、その前提に立って、小学校1・2年で理科の授業は不要なのか? という問題設定をすべきである。「生活科」の必要性はまた別の独立した問題である。三年以降の「理科」の授業がやりにくくなっているという多くの現場の声*からも明らかなように、小学一年は勿論、幼稚園教育の中にも理科的内容を取り入れる必要がある。*例えば、日本理科教育学会教育

課程委員会「理科の教育の改善に関する調査・調査結果報告書」(1996)のデータ。

真貝健一 (理科, 埼玉大学教育学部): (この*に関して、パネリストとしての発表内容の補足説明がある。)

兵頭俊夫 (物理, 東京大学総合文化研究科): 生活科のような新しい教科の導入には、十分な準備をしていただきたい。特に教員養成が大切であろう。また、検定を通った教科書の内容の多様性が大きすぎて、教科書を見ただけでは何を教えてよいのかわからない。現場の混乱、特に報告にあったような「何を教えてもよい、だから何も教えない」というような状況は、このような不十分な準備での導入に起因しているのではないか。

稲垣弘子 (生物, 新宿区立落合第四小): 生活科か理科か? という問題設定はゾウを考えるのに足だけを見て考えているようでもどかしい。生活科の是非を考えるなら、もっと広い視野から(親、親の役割、社会の役割、環境、時代等、子供の変化実態)考えるべきである。

井口尚之 (教科, 初等教育研究所): 子どもが働きかける「自然」とは、どのようなものか。それで経験できることは何か。



中学校セッションのディスカッション

笠 耐 (物理, 上智大学): 中学校では理科教員が1校に1人しかいないところが増えている(例えば文京区は12校中10校は1人)と聞かすが、その場合、新しい教育課程になると、その対応で実験の準備とか新しいテーマへの取組みなどに関して困難はないのか。

金井塚恭裕 (生物, 東京学芸大学院生・新宿区立落合中): (質問に対して) 不足している観察や実験の器具などの整備は何年間か計画でそろえる。一人の教員で何でも全部こなさないといけない場面は増えている。(生徒数・クラス減→教員減)校務も増え、理科の授業に対する準備の時間もきびしい状況になりつつある。

兵頭俊夫 (物理, 東京大学総合文化研究科): 奥井先生から「実験をやってもそこから法則を導きだすところで生徒はそっぽを向く」、金井塚先生から「遺伝が入ってきたが、その実験・観察のテーマが奨励から取り止めになった。」との報告があったが、すべてのテーマに実験がなければならぬ、実験から出発して法則が導けるのが理想である、というたてまえが強く出すぎるのは問題ではないか。実験が難しいテーマもあるし、大事な実験でも、それから生徒の能力で法則を導くのが困難なものもある。

奥井智久 (科学, 宇都宮大学): 中学校における実験は、第1分野と第2分野では考え方や方法が異なる。

金井塚恭裕 (生物, 東京学芸大学院生・新宿区立落合中): (質問に対して) 実験や観察の内容はご指摘のようにそれぞれ扱われているもので授業のしかた、結論の導き方はことなる。場面場面で子どもの興味や関心を高めるようないろいろな展開のしかたがあると思う。ただ、今回の学習指導要領では、行う実験や観察や、場合によっては内容の展開のしかたまである程度指定されている。(義務づけられている)時間の削減もあり、教科書通りの展開にならざるをえない状況となっている。

上原和幸 (地学, 荒川四中): (質問) 文部省の理科学習状況調査が、学習指導要領の内容の削除の中心材料となるというのは本当か。

奥井智久 (科学, 宇都宮大学): 文部省の学習状況調査

による結果は、学習内容の精選の際の参考資料となる。

山根津貴子 (物理, 浦安市立浦安中): ○どの学年でも物化生地の内容をすべて扱うのではなく、3年間の発達段階に合わせて例えば物理は3年というように学年で分けてはどうか。○学習指導要領は実験をやれといいながら時間を逆に削っている。そのため考察が時間不足でできない。◎学習指導要領は読めば読むほど頭にくる。

吉田 淳 (理科, 愛知教育大学): ①中学校1年と3年生では思考力・推理力などの発達差はあります。しかし、1年に生物・地学、2・3年で化学・物理というような方法では、生物の抽象的な側面が満たされない。また、物理の分野はむしろ抽象的になって面白さに欠ける。やはり生物や物理でも具体的な側面を重視しつつ、抽象的な思考まで深化することが重要である。②観察・実験を重視すれば、当然時間が必要で、やりっぱなしではなく、実験結果を処理し考察するためには、時間が必要である。しかし、限られた時間の中では、内容(項目)の思いきった削減(精選)が求められる。③理科の目標、特に各分野の目標は、3年間の学習を通して近付けるように努力するアドバルーン(目標)です。これは理念としてのあるべき方向を示しているもので、それも引き下げることは反対である。

大野 弘 (化学, 都立四谷商業高校): 教員の教える能力には限界がある。中学校理科の全分野について興味深い実験を行いそこから体系化にもっていくことは困難であろう。現場の中学校理科の教員をサポートするシステムが是非必要である。

猿田祐嗣 (理科, 国立教育研究所): 理科の授業時間数と実験・観察との関わりについて、IEA(国際教育到達度評価学会)の第2回国際理科教育調査の実験テストの結果から、知識・理解面の到達度の高い我が国も、実際の実験・観察能力では低い傾向があることについて述べた。実験・観察能力の高かった国々では我が国よりも授業時間を含む理科の勉強時間(学校外の勉強時間を含む)が多い現状がある。実験・観察のきめ細かい指導がなされているためにこのような結果が得られたと考えられる。

榑原保志 (地学, 信州大学教育学部): 現実に理科離れは中学校現場で近年事実あるのでしょうか。

金井塚恭裕 (生物, 東京学芸大学院生・新宿区立落合中): (榑原先生の質問に対して) 理科離れは実際にあるか→先生による面も考えたい。先生の生徒に対する影響は大変大きい。先生の指導のしかたによってもっとひきつけられる。今、現場の教員のおかれている状況をもっと整備すべき。特に小・中あたりでは、先生のひきつける力が大きく影響する。子どもの長期的変化については、あると思うが個人的には感じていない。

兵頭俊夫 (物理, 東京大学総合文化研究科): 他教科と比べて理科は必ずしも嫌われていない統計もあったが、全体に勉強離れがあるということなので絶対評価としての理科ぎらいに注目する必要がある。いず

れにしても、我々が責任をもって対応できるのは理科なのだから、理科教育の改善を通じて勉強離れの問題に取り組む必要がある。

山根津貴子 (物理, 浦安市立浦安中): 理科離れはあります。

小林辰至 (理科, 宮崎大学教育学部): 理科教員は実験・観察を伴うという教科の特性により、他教科に比べ授業の準備等が多忙になりがちである。さらに学校・学年経営の要職につく割合が高いように思われる。このような現状のなかで教育課程を改革するに当たって、理科においては教員の増員もあわせて検討していただきたい。それが困難であれば、教育内容の大幅な削減を行い、ゆとりある理科教育の実践ができるようにしていただきたい。



高校での必修は独立の物化生地か、総合化か？

林 慶 一 (東京学芸大学附属高校)

1. 自然界の成り立ちと自然科学の研究对象

図1の下の図は、自然科学の各分野が自然界のどのような領域を研究对象としているかを表したものである。現在の自然界は三次元の空間に広がっているが、これはビッグバン以来の宇宙の長い歴史の中でさまざまな変化を経てつくられてきたものであること考慮すると、時間軸を加えて四次元で考えなければならない。しかし、四次元の図は描けないので、縦軸上向きに時間軸をとる代わりに、ある時点での自然界全体を二次元の円盤で表してある。したがって、下の円盤ほどより古い時代の、そしてより小さかった過去の自然界を表している。

このような見方をすると、自然科学が対象とする自然界とは「自然界の構成とその歴史的变化」ということができる。この「自然界の構成とその歴史的变化」のうち、物理学は現在の自然界のあらゆる事象を扱い、化学はそのうち物質に関する事象を、生物学は生物に関する事象を扱う。また、地学は現在の自然界の事象を物理学や化学とは異なる総合的な観点から扱う

とともに、過去の自然界を直接の研究对象とするという特徴をもっている。なお、理論物理学の世界ではわれわれの三次元の自然界の外の異次元空間も扱うが、あくまで理論の世界の話なのでここでの議論では除外する。

2. 自然界を理解させたり・考えさせるためにはどのような科目構成がふさわしいか

このような自然科学の分化は、自然科学の研究对象が拡大し研究方法が多様化していく過程で、到底一分野の研究者たちだけではカバーしきれなくなったために起こった必然的な現象であった。したがって、高等学校というレベルではあっても、現在の自然科学が到達している自然観を学ばせようとするれば、やはりこの分化した科学を基礎にすべきであると考えられる。これが図1の上を示した「独立した科目・領域構成の理科教育」である。この方法ならば、下の図と比べてわかるように、自然界のすべての領域をバランスよく扱うことができるし、自然科学的観点から重要と思われる事象を抽出して扱うこともできる。

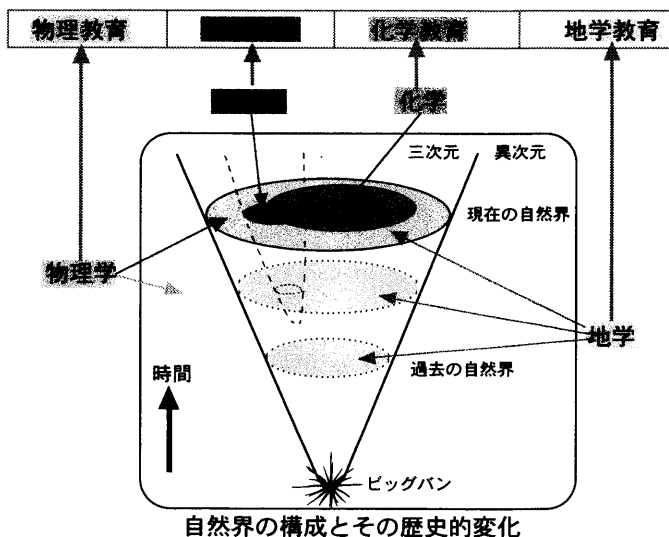


図1 独立した科目・領域構成の理科教育

しかし、この「独立した科目・領域構成の理科教育」では、他領域との融合がしにくいとか、総合的な見方や考え方が育成しにくいのではないかというマイナスの評価もある。そこで総合化の議論が登場するわけであるが、これまでに提案された総合化を振り返って見ると大きく二つの方法があることがわかる。一つは、図2の左上に示したように、物・化・生・地の各領域から一部の内容を提出させて、それを独立した形のまま章のレベルに落とすなどして1科目としての体裁にするというもので、前の教育課程の「理科I」が「自然と人間」の大項目を除けばこれに当たる。このいわゆる「総合理科」の利点は、前記の独立理科より少ない単位数で一応すべての分野を扱えるので、時間数削減が進む状況下では、必修科目として置きやすいという点である。

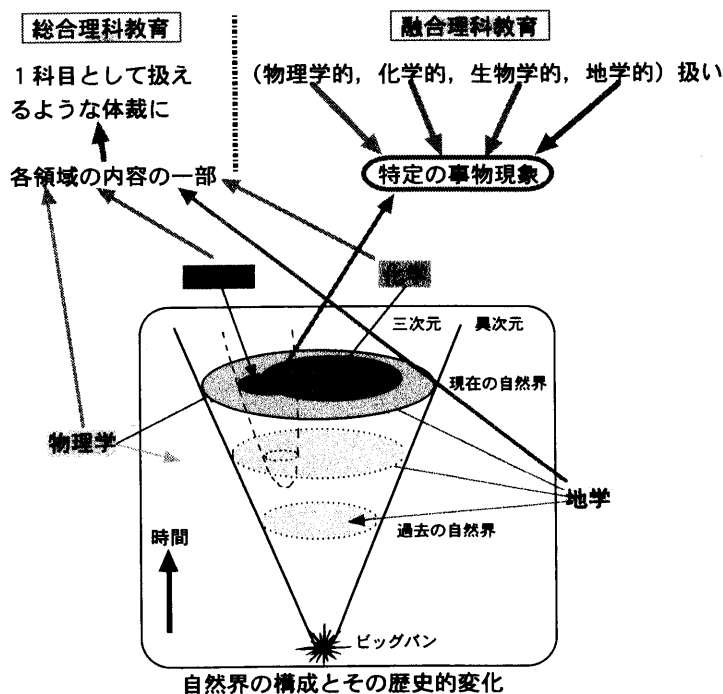


図2 総合化の二つの方法

しかし、扱える内容の絶対量が少ないので、各分野の基本的内容ですらその一部しか扱えないとか、現実問題として専門ではない教師が教える部分が多くなり、授業の質の低下や観察・実験の激減が避けられないという欠点がある。

これに対して、このような物理学だとか生物学だとかいう自然科学の体系にこだわっているから総合化がうまくできないのだとして、自然科学の分野にとらわれることなく一つのテーマを先に決めて、その事物や現象を物理学的、化学的、生物学的、地学的に扱うことで総合化を目指すという方法がある。図2の右上にこれを示してある。この「融合理科」と呼ばれる方法は特に新しいものではないが、一つの事象に対して多様な見方や考え方を学ばせることができるという長所がある。しかし、よく考えて見ると、このような扱ひのできる事象は物理学・化学・生物学・地学のすべての研究の対象となりうる狭い領域（図中の物・化・生・地の円盤の共通部分で、現在の自然界を示す円盤中の最も黒く塗った部分）のものに限定されるわけで、自然界の全体像やその歴史的变化を総合的に見ることはできないという短所がある。しかも、特定の事象はそれに固有な考え方をし初めて本質的に理解さ

れるという性格をもっているもので、これだけでは考え方という面でも特殊な経験しかしていないことになる。学習者にとって、扱われない事象や経験されていない考え方は、実質的には存在しないも同然であるから、彼等の自然観は著しく狭められることになる。また、このような科目を必修とした場合、物理・化学・生物・地学を別にきちんと学習することはよりいっそう困難となるから、学習者は物化生地の基礎学力を十分にもてなくなる。これらの基礎学力がなければ、学校で扱ったテーマはともかく、それ以外の事象については、多様どころか科学的な見方や考え方が全くできなくなる。このことは、このような融合理科が実施されてきた欧米で、いつも学力低下生じて問題となってきたことでもすでに証明されている。

3. 総合的に理解したり考察する普遍的能力の育成のための科目構成

それではこれらの問題を解決できる科目構成は考えられないか、ということで提案したいのが図3のような科目構成である。まず必修科目として、現在の自然科学に基づく物・化・生・地を置き、自然界の広い領域の事象とその探究方法をバランスよく学習させる。そして、それらの基礎の上に、応用科目としてエネルギーや環境問題などの具体的事例に即して物化生地を統合する総合科目を設置する。これならば全分野の基礎学力が育成されているので、そこで扱ったテーマ以外のものについても、自分の力である程度総合的に見たり考える能力を育成できる。したがって、「融合理科」に常に付きまどってきた問題、すなわち一般的・普遍的な理解力・思考力の育成も可能となる。また、物・化・生・地にこだわる必要もなく、大胆な融合も可能になる。

この科目構成は、物・化・生・地の必修の上に何らかの応用科目まで必修とすることを求めている。このことに関しては、必修の科目・単位数の削減や総単位数の削減の流れに逆行するものであるということよ

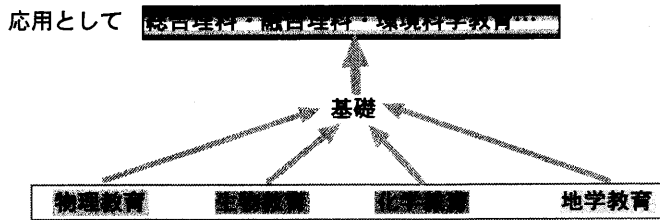


図1と同様な独立した科目・領域構成の理科教育

図3 独立した科学を基礎にして総合化する方法

とを根拠に強い反対が予想される。しかし、基礎科目としての物・化・生・地が、図1に示したような各分野に特徴的な事象や考え方を中心にして内容で各2単位で構成され、応用科目が、次の教育課程で新設されるであろう「総合学習」の中の一部として置かれるなら、高等学校三年間の80単位くらいの中で社会科などと比べて決して多いとは言えない。その代わりに、理科では選択の単位数は少なくてよい。その理由は、高校は基本的には専門教育の一部を担うところではないし、選択者も本当に興味のある一部の生徒に絞って小人数のクラス編成が望ましいからである。ただし、科目は多様にすべきである。例えば、「地学II」などというのではなく、「天文学」、「古生物学」、「海洋学」といったような具合にである。

選択のや時間数を増加させるということが、生徒の

多様化や個々の生徒の個性の伸長に寄与するという考え方は、現実から遊離した安易な楽観論である。選択の時間の拡大によって進んでいるのは、受験に必要な教科・科目への異常な単位数の付加であり、科目の種類は広がるどころか逆に狭められている。昔のように誰もが学問や芸術のどの領域についてもある程度の知識と思考

力をもっていた時代に比べて、現在では若い世代を中心に誰もがいくつかの分野について知識や思考力が全くあるいはほとんど欠落しているということになり、その欠落部分が人によって異なるという意味では多様化が進んでいる。これをさらにいっそう進めることがよいことであろうか。国民を国家の部品とみなして、一人の人間は特定の能力に関してずばぬけていれば他はどうでもよいという考え方は開発途上国ではやむをえないかもしれない。しかし、21世紀の成熟した日本では、国民の誰もが幅広い分野に関するある程度の教養を持つことによって、一人一人が豊かな人生を送れるような教育を目指すべきである。この意味で、生徒がまだ触れたことがない事象や分野には、それらの専門的な教育の能力のある教師とふれあう機会を与えることが必要である。

データにみるわが国の理科教育の現状

猿 田 祐 嗣 (国立教育研究所科学教育研究センター)

本稿では、改善に向けてさまざまな議論がなされているわが国の理科教育の現状について、具体的なデータに基づいた分析を行うことを目的とする。

わが国の理科教育の現状と問題点を探る上で、諸外国の状況を把握しておくことは必要であり、今後の改善の方向を見定め、方策を練る際に参考になると考えられる。わが国を含め諸外国の理科教育の状況を詳しく調査したデータとしては、個々に収集されたものもあるが、ここでは主に IEA (国際教育到達度評価学会、本部: オランダ) が加盟国/機関を通して調査したデータから各国の理科教育の様子を見ることとする。

1. 理科の授業時間数の確保を

わが国の理科教育の最近の流れを見た場合、理科の授業時間数が学習指導要領の改訂の度に減少していることが特徴として挙げられる。このことについて、13 年前ということをお頭にしておかなければならないが、1983 年に行われた IEA の第 2 回国際理科教育調査のデータからわが国と他の国々の状況とを比較すると、表 1 に示すようになる¹⁾。わが国で小学校第 5 学年に相当する年齢の母集団 1 の理科の授業時間数が全教科/科目に占める割合は、わが国が 10% であるのに対して、わが国の割合を超える国は調査した 15 か国中 5 か国 (ポーランド 16%、フィンランド 14%、韓国 13%、シンガポールとフィリピン 11%) となっている。これが中学校第 3 学年相当の母集団 2 になると、わが国の 13% に対して、これを上回る国が 18 か国中 10 か国 (オランダ 25%、ポーランド 23%、ハンガリー 22%、アメリカ 20%、フィリピン 19%、スウェーデン 15%、オーストラリア 15%、パプアニューギニア 14%、シンガポール 20% とカナダの仏語圏 18% は一部の生徒) に増える。小学校と中学校の調査において、わが国は理科の授業時間数の割合からみた順位がそれほど高くはないにもかかわらず、理科の到達度はトップレベルにあった。しかしながら、1970 年実施の第 1 回国際理科教育調査の結果との比較から、図 1 に示すオランダのように 1970 年の第 1 回調査時から比べ、授業時間数を大幅に増やした結

果、図 2 に示したように到達度の順位を上げてきた国も見られる²⁾。また、国際的に見て、小・中学校の理科の授業時間数を増やす傾向がある³⁾。したがって、1995 年 2 月に行われた第 3 回国際数学・理科教育調

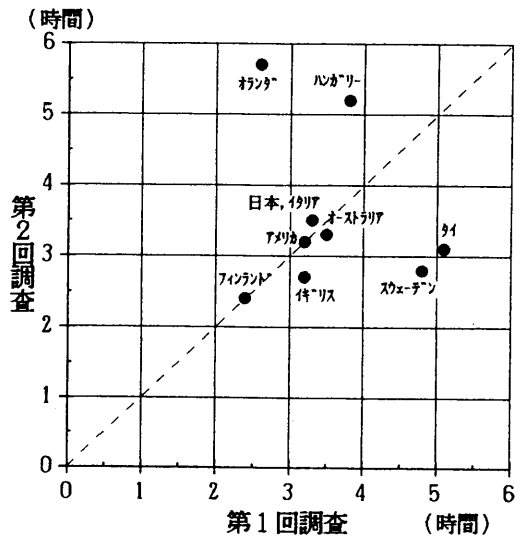


図 1 各国における理科授業時間数の変化

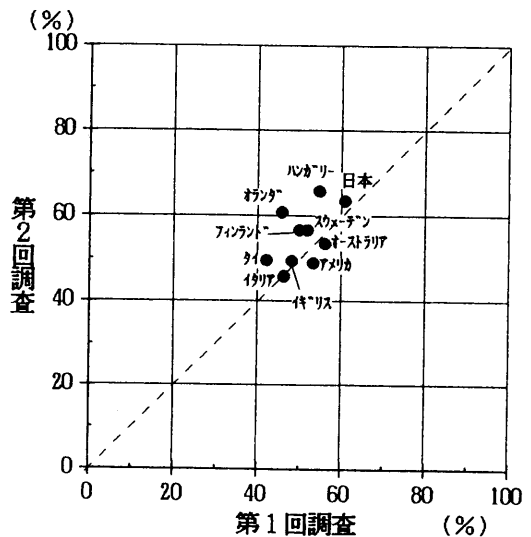


図 2 各国における理科到達度の変化

表 1 各国における理科の到達度と理科の授業時間数 (IEA 第 2 回国際理科教育調査)

小学校: 母集団 1

国名	調査対象児童の 平均年齢 (歳:月)	理科の到達度 (%)	全授業に占める理科の 授業時間数の割合 (%)
日本	10:07	66.4	10
フィンランド	10:10	66.0	14
韓国	11:02	65.7	13
スウェーデン	10:10	62.8	6
ハンガリー	10:03	61.7	10
カナダ (仏語圏)	11:01	61.4	5
オーストラリア	10:06	56.9	5
ノルウェー	10:11	55.6	8
アメリカ	11:03	54.8	10
イギリス	10:03	53.9	3
ポーランド	10:11	52.5	16
シンガポール	10:10	51.8	11
香港	10:05	50.9	5
フィリピン	11:01	42.3	11
イスラエル	10:09	41.5	8

中学校: 母集団 2

国名	調査対象生徒の 平均年齢 (歳:月)	理科の到達度 (%)	全授業に占める理科の 授業時間数の割合 (%)
ハンガリー	14:03	70.7	22
日本	14:07	66.8	13.3
オランダ	15:06	63.7	25
韓国	15:00	61.0	11.7
フィンランド	14:10	60.3	13.3
スウェーデン	14:10	60.3	15
ポーランド	15:00	59.5	22.5
ノルウェー	15:10	59.3	10
オーストラリア	14:05	58.8	15
カナダ (仏語圏)	15:03	58.5	9~18
イスラエル	14:09	58.5	12
イタリア	15:04	56.7	9.5
シンガポール	15:03	56.4	7.5~20
イギリス	14:02	55.9	10
パプアニューギニア	17:01	55.3	14
香港	14:07	55.0	10
アメリカ	15:03	54.8	20
フィリピン	16:01	39.7	18.5

高等学校: 母集団 3

国名	調査対象生徒の 平均年齢 (歳:月)	理科の到達度のレベル			各科目の週当たりの 平均授業時間 (時間)		
		物理	化学	生物	物理	化学	生物
香港 (フォーム 7)	19:02	1	1	1	5.4	5.4	5.7
イギリス	18:00	1	1	1	5.1	5.2	5.2
シンガポール	18:01	2	1	1	6.2	6.4	6.3
香港 (フォーム 6)	18:04	3	2	1	4.7	4.6	4.5
ハンガリー	18:00	3	4	3	7.4	5.2	5.0
日本	18:02	3	3	5	3.6	3.4	3.1
カナダ	18:10	5	2	3	6.9	6.8	7.0
ポーランド	18:07	4	5	3	4.8	3.4	4.8
ノルウェー	18:11	4	5	3	5.0	5.0	5.0
スウェーデン	19:00	5	5	4	3.8	1.3	2.0
フィンランド	18:07	5	5	4	2.0	1.0	2.0
オーストラリア	17:03	5	5	5	4.2	4.1	4.3
イギリス	19:00	5	5	5	3.2	3.1	3.2
韓国	17:11	5	5	5	3.9	1.9	2.1
台湾	18:03	5	5	5	4.0	3.1	3.1

注) 理科の到達度のレベルは, 1: 65% 以上, 2: 60% 以上 64% 以下, 3: 55% 以上 59% 以下, 4: 50% 以上 54% 以下, 5: 50% 未満であることをそれぞれ示している。

査では、わが国が到達度でトップレベルを維持することは難しいのではないかと予想される。また、高等学校の調査は選択科目によって生徒集団を分けたため一概にはいえないが、週当たりの理科科目の授業時間数はわが国の3~4時間に比べ、これを上回る国が15か国中9か国で、わが国よりも到達度の高い国の生徒は受講する理科の授業時間数でも上回っていることがわかる。

以上のことより、国際的に見ると、理科の授業時間数と到達度には関連があることが明らかである。ただし、これらは量的なデータの比較であり、カリキュラムや指導方法等の質的な比較を合わせて行い、総合的に判断する必要がある。それにしても、授業時間数が減少することは児童・生徒の理科の学力に何らかの影響を及ぼさずにはいられないと言えよう。

2. 観察・実験の取り扱いには配慮を

上で述べた到達度は知識・理解について調べるペーパーテストで測定されたものであり、観察・実験を重視する理科教育の立場からすると、決して楽観できないデータが一方で存在する。第2回国際理科教育調査において同時に実施された実験テスト（実際に個々の児童生徒に観察実験を行わせ、評価する）の結果³⁾では、中学校のデータを表2に示したように、わが国の中学生は測定や器具の操作など観察実験の実際的な活動では他の国の生徒にひけをとらないが、仮説を設定したり、得られた結果から結論を導き出すなどの課題が苦手なことが明らかとなった。測定や観察実験器具・装置の操作だけにとどまらず、問題把握、仮説の設定、観察実験計画の立案、データ処理、結果の解釈

表2 実験テストの結果（平均正答率）

	日本	ハンガリー	シンガポール
製作	94%	94%	85%
測定	40	70	42
観察	71	78	70
仮説	30	72	66
結論	34	54	42

等の観察実験の総合的な能力で他の国よりも劣る現状を打破するためには、理科教育の質の向上もさることながら、授業時間数の増加等の量の面での向上も必要であると考えられる。

3. 現職教員研修の充実を

図3は、IEAの第3回国際数学・理科教育調査における中学校の理科教師に対する質問紙に含まれる項目の一つを取り上げたものである⁴⁾。理科を専門とする中学校の理科担当教師289名に、図3に挙げた9項目について、それぞれ指導の際の自信度を判断していただいた。その結果、グラフに示すように、指導に対して十分に自信があるという回答が最も多かったのは「人体の構造と機能」であったが、それでもやっと4割にすぎない。十分な自信があると回答した教師が最も少ないのは「光」で約2割であった。どの項目も自信が「幾分かは」という回答が最も多いが、内容によっては指導に困難を感ずるというものである。

中学校は現行の学習指導要領では、第3学年で週3~4時間となっているが、実質的には3年間を通して、授業時間数は週3時間である。このため、第1分野と第2分野を分けて指導することがむずかしく、た

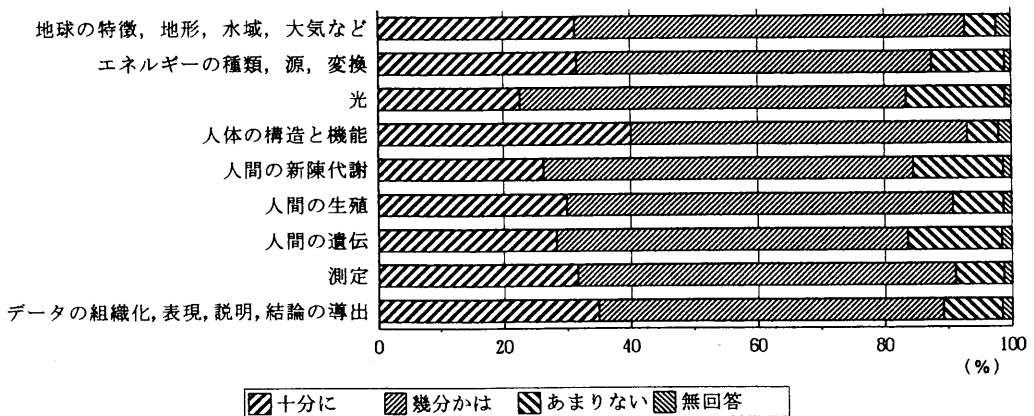


図3 理科の内容に対する中学校理科教師の自信度

いていの学校では一人の教師が各分野の指導を交互に進めているのが現状であろう。理科が専門の教師とはいえ、大学時代はある狭い領域内容を研究していた者が多く、上述の調査結果でも、どの分野も完璧に指導する自信があるという教師は少ないことが予測される。したがって、授業時間数の確保とともに、現職教員の研修を保障することが必要となってくる。日本理科教育学会教育課程委員会が現職教員研修機関の所員対象に行った調査において、受講者だけでなく授業者側の問題点が数多く指摘された⁵⁾。現職教員に対して研修機会・時間を保障するとともに、研修機関の施設・備品・消耗品などの充実、研修担当所員自身の研修・研究時間の保障することは見過ごすことのできな問題点であると言える。

4. カリキュラム編成についての方策

ここでは、小・中・高にわたる詳細な内容を提案するだけの経験も系統だったアイデアも持ち合わせていないため、内容編成の上で、「厳選」のための方策の一つを提案したい。これまで、学習指導要領の内容編成にあたっては、小・中・高の間の連携があまり取れていないように思われる。ある科学概念について、科学

的な説明を厳格にできずに薄めた形で教え、再度、上の学年あるいは校種できちんと教え直すという方法をとるよりは、学年や校種を限定してしまうことも必要であろう。このような方策は、指導しようとする概念や事象のあいまいな定義や取り扱いしかできず、かえって教師の指導や児童・生徒の理解を困難にしているケースを回避し、適切な段階で適切な指導が行えるようにすることをねらうものである。

引用文献

- 1) 日本理科教育学会教育課程委員会(1994):「理科教育の現状と問題点、今後の改善の方向と方策」, 日本理科教育学会研究紀要, 34(3), 63-74 から再掲.
- 2) 猿田祐嗣・三宅征夫(1996):「国際比較による理科の到達度とそれに影響を与える諸要因との関連について」, 日本科学教育学会 20 記念論文集.
- 3) 小島繁男(1986): 文部省科研費一般研究 A (課題番号 58410016) 研究成果報告書.
- 4) 国立教育研究所(1996):「小・中学生の算数・数学, 理科の成績」, 国立教育研究所紀要, 第 126 集, p. 174 の表 3-32 をもとにグラフ化した.
- 5) 日本理科教育学会教育課程委員会(1996):「理科教育の改善に関する調査 調査結果報告書」.

高校セッションのディスカッション

大野 弘 (化学, 都立四谷商業高校): 専門家育成と一般的教養としての理科教育を同一のカリキュラムで行うのは無理がある。一般的教養としては統合科目もよいが, 専門家育成には既存の物化生地の各領域を十分に構造的に教えなければならない。高校の現実的問題として, 一般教養の科目の後に十分な専門的教育を行うのは時間的に無理である。

佐野博敏 (化学, 大妻女子大): 「総合理科 (仮称)」と専門家教育のための「理科」を別扱いするほうがよいとの主旨には同感であるが, 現状の限られた授業時間では, 別扱いは困難が予想される。そこで物・化・生・地各分野が今回のように初めて協力すれば互いにスリム化し, しかも素養としての理科と専門基礎としての理科の共通した内容を工夫できるのではないかと期待している。学習内容減の状況ではこれが唯一の方策ではなからうか。

若松憲昭 (生物, 都立城南高校): 義務教育はどこまでか? 中学まで? 高校まで?

奥井智久 (科学, 宇都宮大学): 義務教育の期間は中学校までで, 高校は別であるというのが世界的な流れである。(制度として)

神志那良雄 (物理, 島根大学教育学部): 同世代の95%以上の子どもが高等学校に進学している現在, 制度としてではなく, 内容的には高校教育も義務教育の一環として捉えたほうがよい。その立場に立てば, 国民の素養としての理科教育 (科学教育) を, 物・化・生・地の枠を超えた, 総合理科あるいは融合理科 (名称はともかくとして) のような科目が必要で, これは必修でなければならない。その後に専門家養成用の理科 (それも物・化・生・地の間のバリエーションを低くした) を選択科目として用意する必要がある。

田代直幸 (生物, 墨田川高校堤校舎): 総合科は必然の流れ。小中の時間数の削減も考えれば, 高校1年生では総合的な理科にならざるを得ないと考える。(土・日で研究者の卵は育てる。) 現場としての悩みは, 教材の流れにストーリー性をもたせたいが, 科学の実証性の面などで問題点が出てくる。これをどうするかが悩みだ。

中尾安男 (化学, 岡山大学教育学部): 理科総合は大賛

成であるが, それを教育できる教員をどこでどう養成していくか, どう考えているかについてご教示ください。

佐野博敏 (化学, 大妻女子大): 高校理科の内容は, Boyle, Faraday などの時代の自然科学に相当しているが, 当時は現在のように物・化・生・地の専門が峻別されていなかった。現在の教員の卵のそのように専門化された1分野での教育を受けていながら「理科」の免状を手にする。したがって, 例えば化学科の学生は在学中に化学以外の分野を広く履修することを教員免許の条件とし, 一方既成教員は出身分野以外の再教育 (研修) を推進すべく条件整備が必要である。

吉田 淳 (理科, 愛知教育大学): 教員養成段階の問題点として幅広い分野の専門を学習することは難しいか。すべてをおしなべてできるフィロソフィーはない。卒論でできるか?

岡崎憲視 (生物, 東京学芸大学理科教育学科): 学芸大学では夜間大学院で, 現職の先生方に来てもらって環境など総合的なテーマで研究してもらおうという試みを始めている。また, 学部でも同様な試みを始めている。

榊原保志 (地学, 信州大学教育学部): ☆先生になる人は専門家の勉強をしすぎているということに対するコメント: 物・化・生・地うすく広く学習すると, 学生は消化不良になる。例えば電磁気を2単位でやっていたらなければならない→大学4年間では特定の分野をやったらどうか。☆大学の側に総合科目を指導できる先生がどれだけいるだろうか。

森 雄兒 (物理, 都立西高校): 生徒にもっとゆっくり学習させたいという意見は大切だが, それが難しい原因の1つに教科書の在り方もある。この10数年間を見ても教科書は個性がなくなり要約的な姿に収束していつている。これを打開するため1つの例として教科書の頁数の制限を取り払う必要がある。厚い教科書は教え込ませる教科書ではなく, 考えさせる教科書をはじめて可能にする。

岡崎憲視 (生物, 東京学芸大学理科教育学科): (質問に対して) 学習指導要領はあくまでも目安であり, 同一の目標が達成されるなら, 別の教え方, 実験教

材を自由に使えばよい。NHKで放映された、「オレは日本のガリレオだ」(米村伝次郎氏の実験開発)はその良い例といえよう。

下篠隆嗣 (生物, 東京学芸大学): 国際バカロレアのコース(優秀児用)では, 教科書の全部を教えない。一部を深く教えることで, 一流大学へ進学している。そうしたカリキュラムを考えるべきである。

兵頭俊夫 (物理, 東京大学総合文化研究所): 物理関係者として, 現在の小中高の物理関係の内容は精選の余地が多くなり努力しなければならないと思う。しかし, 安易な総合理科の導入は慎重にいただきたい。学問分野が(理科でいえば物化生地のように)分かれているのは, 人間の自分の身の回りに対する認識がそのように分けて考えてはじめて十分になる

からであろう。教育も得意分野で分業してはじめて効果が上がり, 多様化する社会に対応できるようになると思う。したがって「総合的」な科目を作るにしても理科I的なものがよい。

吉田 淳 (理科, 愛知教育大学): 理科という教科は専門家を育成し, 大学—研究者と一貫しているので恵まれた科目である。それは社会科(世界史)や数学とは異なっている。しかし, 世界史・数学離れが起こっていない。今, 高校で, 総合科学とか選択科目としての理科を議論しているが, 教育全体のなかで, 理科の役割を考えていく必要がある。

奥井智久 (科学, 宇都宮大学): 学習内容について, 小・中・高における重複と物化生地の重複を整理して考えるべきではないか。



総合討論

神志那良雄 (物理, 島根大学): ①「理科離れの深刻な中学校理科…」とあるが, 理科離れの萌芽は小学校の理科教育の貧弱さに始まっている。理科離れが顕在化したのが中学校であり, 高等学校ではもう取り返しのつかない状況になっている。そのように見えてくると, 小・中学校の教員を養成している教員養成系大学・学部における理科教育が問題になる。そこでの困難性の一つには教員養成系大学・学部での進学者は, 物理・地学を全く履修していない。したがって, 高校において, 物化生地を一通り学習 (レベルは低くてよい) してほしい。一般化して, 高校生全員が, 国民的素養としての科学を履修しておくことが必要である。②学習指導要領のしほりをもっと緩くする必要があり, 物化生地の緩やかな相互乗り入れをすることが必要である。現場の教師は学習指導要領の束縛に困惑している。

森 雄兒 (物理, 都立西高校): 大学入試の受験科目が減少しつつある。これは生徒にとって削減した科目の履修の必要もないと受け取られかねない。大学で本当に必要ならば, 履修またはそれに相当する学力が望ましい, などというコメントを表明すべきではないか。

佐野博敏 (化学, 大妻女子大): 日本化学会の入試制度検討委員会では, 入試には理科 1 科目でも 1) 受験資格として高校で複数 (大学によって 2~4) 科目の履修済みであることを条件とする。または 2) 複数科目にわたって出題し, 1 科目分を選択解答させるなどの入試方法を提言している。実際に山口理科大学ではこの 3 月の入試に 2) の方法で物理・化学からの選択入試とした。こうすれば複数履修が受験上得策となるので高校での広い理科科目の学習を促すと期待され, 各大学でも前向きな検討をお願いしたい。

片山舒康 (生物, 東京学芸大学): 学習内容の問題だけでなく, 理科の目標としての「科学的見方・考え方を養う」ということが総合化・融合化のなかで可能かどうかとも考える必要がある。内容をしほり込むとともに考える力を育てることに配慮するべきだ。

林 慶一 (地学, 東京学芸大学附属高校): 考える力のみが独立して存在するわけではなく, 事物や現象に

よって考え方は異なる。多様な事象を扱うことで多様な考え方が育成できる。精選や厳選で扱う事象を減らせれば, 1 つの事象で考えられることは限られているので, 考え方そのものも貧しくなる。

増子 寛 (物理, 麻布高校): 物理では必修といっても多くの項目を扱うことをすでに放棄している。少ない項目でも, 科学の方法論を盛り込むことを考えている。

真貝健一 (理科, 埼玉大学教育学部): 学習内容の量, それを学習する時間の長さの決定は, 学習者側に立って検討することが必要である。理科教育などの研究者, 理科の教師は, 自然科学の世界と子どもの世界 (自然についての見方・考え方) との双方を理解していなければならない。

大野 弘 (化学, 都立四谷商業高校): 高校で理科を総合化すると, 大学で今までの高校のように, 一般化学, 一般物理の教育を十分にしなければならなくなり, 今までの深化した専門的内容は大学院で始めることになる。大学側としてはそういう構造になってよいのか。

笠 耐 (物理, 上智大学): 現場の先生たちが履修成果の評価まで責任をもって行い, それを参考にして大学は入学者をとり, そこから出発して教育するようにする。現場の多様性に応じるような柔軟性を指導要領にもたせる必要がある。

田中邦男 (生物, 日本大学医学部生物学教室): 1. 各分野で共通に理解できる国民教育として高校終了時に目標とする達成段階を明らかにする。それにしたがって, 発達段階に応じて適正に配置する (小・中・高)。そのために達成目標 (レベル別) を作成する。2. 科目ごとに専門家を養成するのではなく, 多数の専門分野のバックグラウンドをもつ人々の協力のもとで行う。3. 少人数教育を実現する。以上が必要事項と思う。

東海林恵子 (化学, 宮城県第一女子高校): 教育課程の中で理科にわりふられる時間 (単位数) のパイが少なくなっていくことをそのまま受け入れるだけでは理科としてまずいのではないか。与えられた単位数のなかでの小手先の教養だけでなく, 学会同士で最低必要な, すべての子供に教えるべき内容を出しあ

い、これをこなすための単位数を新しいカリキュラムの中に要請する動きも必要なのではないか。社会

科の方で単位数を増やしていることを学ぶべきであろう。



夏季山形巡検—新エネルギー施設をまわる山形巡検—報告

行事委員会

エネルギー環境教育情報センターと共催した山形巡検は、1996(平成8)年8月27日(火)~28日(水)の両日にわたって実施した。降水確率が80%の状況であったが、内容の変更を行うことなく実施できた。

すでに報告してあるように、応募に際しての不手際があり、応募に不安があった。しかしながら、これまでの巡検参加者へのダイレクトメールでの応募を中心に、17名の参加があった。

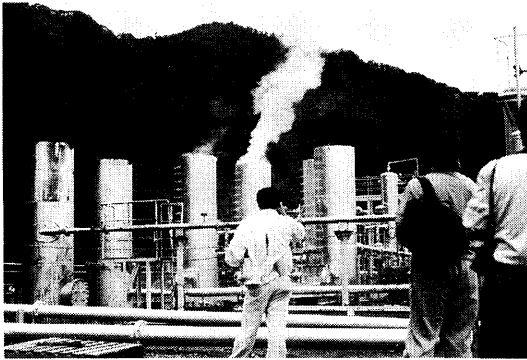
1. 肘折高温岩体実験場施設見学(8/27, 15:00~16:30): 山形県肘折町

すでに実用化されている地熱発電とは異なり、水を注入し熱水などを得る高温岩体発電は、その膨大な資

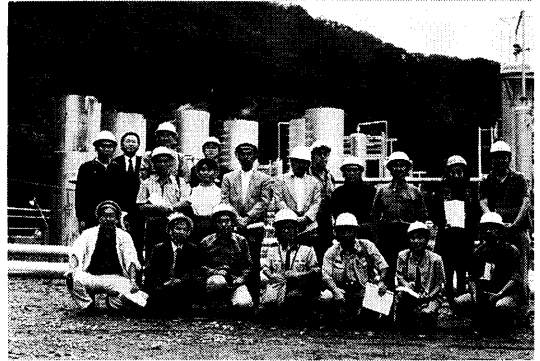
源量と環境への影響の小さいことから、開発が行われているものである。ここでは、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)地熱技術開発室の永井正博氏による説明があり、施設見学、参加者からの質疑応答が行われた。火山国である我が国の特性を活かすこの実験は、地下2,000mを越える地点で行われており、数々の困難があるという。それを実感しつつ、まさに実験に関わる研究者の熱意が伝わる見学であった。

2. 風力発電施設見学(8/28, 10:30~11:15): 山形県立川町ウィンドーム立川

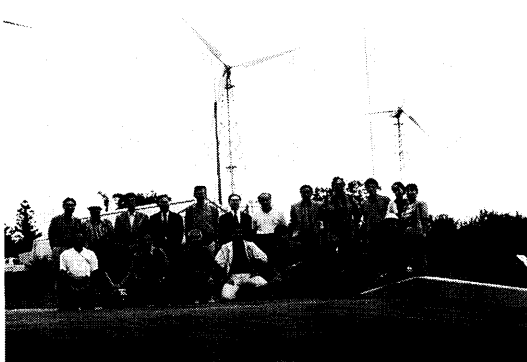
稲作などに大きな被害を与えることもある全国有数の強風地帯で、それを活かした風力発電施設の見学で



①蒸気をあげる排気筒: 肘折町肘折高温岩体発電実験場1.



②実験プラントの前で: 肘折町肘折高温岩体発電実験場2.



③風を受けてまわる風力発電用風車: 立川町ウィンドーム立川



④波力発電装置を組み込んだ防波堤: 酒田港波力発電防波堤

あった。風力発電は、青森県竜飛岬、沖縄県宮古島等で電力会社が実用化しているが、ここでは環境にやさしいエネルギーとして、町をあげての取り組みとして行い、民間企業の事業化も始まっている。こうした背景を含め、立川町風車村センター所長の小林竹雄氏の説明は、地域の特性を活かすことと、それを地学教育にどのように取り入れていくかを考える上で、大きな材料を提示したと思われる。

3. 波力発電施設見学 (8/28, 13:00~14:40): 酒田市酒田港

周囲を海で囲まれていることも、また我が国の特性である。海の波を利用した発電方式としては、海洋温度差・潮位差・海流などとともに波力発電がある。ここでは、防波堤の中にそれを組み込んだ「波力発電防波堤」の見学を行った。運輸省第一港湾建設局酒田港工事事務所の川村浩氏の案内で、酒田港内の波力発電

防波堤までクルーザーで移動した。夏穏やかで冬厳しい日本海の特性を活かし、夏に建設し冬に実験するために当地が選ばれたことに、参加者全員が納得した。

4. 結 語

電気をはじめとして、エネルギーの確保に関して様々な意見がある。また、科学の原点は自ら観察することである。今回の巡検は、この2点を組み合わせることをねらいとしていた。3か所の巡検は、大深度地下・風・波という制御しにくい対象を実用化するにあたっての問題点の整理を行い、現在の生活とエネルギーを考えるきっかけとなったと思われる。

参加方法で問題があった今回の巡検であったため、今回と同じコースでの実施を含め、次回以降の巡検の検討を行いたい。

最後に、全員が無事帰京し、解散したことを付け加えておく。

~~~~~  
学 会 記 事  
~~~~~

第3回常務委員会

日 時 平成8年7月1日(月), 午後6時~8時
場 所 日本教育研究連合会 小会議室(4階)
出席者 石井 醇会長, 下野洋副会長, 池田宣弘副
会長, 小川忠彦常務委員長, 青野宏美, 浅
井嘉平, 渋谷 紘, 高橋典嗣, 根岸潔, 林
慶一, 二上政夫, 松森靖夫, 間々田和彦,
水野孝雄の各常務委員: 遠藤祐神岐阜大会
実行委員

議 題

1. 平成8年度岐阜大会準備状況について
遠藤大会実行委員から別紙により説明があり,
参加者数等について報告された。来年からはプレ
巡検と評議員会とがかわり合えないように努める。
2. 平成8年度大会宣言について
下野委員と磯部委員から宣言文案が提示され,
それらを基に大会で提案する文案が検討された。
3. 評議員会について
7月29日15時, 岐阜大学教育学部7階第1
会議室で開催する。議題の確認がされた。
4. 平成9年度東京大会について
準備委員長である池田副会長から期日, 会場,
テーマ, 講演, 巡検等の検討事項について報告さ
れた。
5. 平成10年度大会について
岩手県で引き受けるとの返事が照井一明氏(岩
手県教育センター)からあった。
6. 学術奨励賞について
二上選考委員長から候補者間島信男氏(対象論
文「恐竜の体重を測ろう」)についての報告があっ
た。評議員会で正式に決定される。
7. 日本教育研究連合会表彰候補者の推薦について
小川忠彦氏を推薦する。
8. 日本理科教育協会の理事について
石井会長, 下野副会長, 小川常務委員長, 水野
庶務の4名を理事として届出した。
9. 入会者について
平成8年度入会者として次の1名を承認した。
村田美由紀 山梨大学理科教育教室(大学院1年)
10. その他
・地学教育に関する文部大臣への要望書について
要望書に関する記事が, 編集の関係で, 「地学教

育」に載る前に, 「天文月報」に載ってしまった。

- ・馬場委員を庶務に加える。常務委員会の議事録
作成等を担当する。

報 告

1. 編集委員会
第49巻4号に載せる論文等の報告が林委員か
らあった。
2. 理科活性化検討委員会
・これまでの活動内容に関連した5つの委員会
を発足させ理科活性化検討委員会は解散する。
このことを評議員会に諮り, 承認されたら「地
学教育」に載せ, メンバーを募る。
・設立される委員会の目的を明文化すべきであ
る, とのコメントがあった。
3. 行事委員会
・山形巡検の案内がまだ「地学教育」に載ってい
ないのでこれまでの参加者にダイレクトメール
で勧誘した。
・第5回三学会共催地学教育セミナーが10月
20日に学習院で開催される。
4. 寄贈・交換図書
以下の図書があった。
学術の動向 JSC ニュース
1996-5 日本学術協力財団
科学技術教育 35-2 科学技術教育
地質ニュース 1996-5 地質調査所
地学雑誌 105-3 東京地学協会
5. その他
・「パソコンに関する」委員会のメンバー募集が,
「地学教育」第2号で行われた。
・前回議事録の報告(9. その他2) 学会運営につ
いて)に, 以下の文章を入れる。
「学会運営の責任体制を明確にするために機関
誌に各委員会の委員長・委員, 会長・副会長, 庶
務・会計担当者名を載せる。」
池田宣弘 東京都立日野高等学校
根本泰雄 京都大学防災研究所地震災害研究
部門
松下繁一 群馬県総合教育センター
中田裕一 岐阜県立益田南高等学校
富田保男 東海女子短期大学(岐阜)

理科活性化の検討のための5委員会委員募集について

理科活性化検討委員会委員長 磯部 瑠三

理科活性化検討委員会は、1996（平成8）年6月25日の会合で同委員会の発展的解体を決議し、理科活性化のために5つの委員会を創設することを常務委員会に答申した。同年7月1日の常務委員会はこれを承認。同年7月29日岐阜で開催された評議委員会は、本委員会の解散とこれら委員会の発足を正式に決定した。

本委員会は東京地区での会合の他、遠隔地の委員は郵便やFAX.を使用し参加していた。これらの活動については、「地学教育」に概要を報告していたが、委員会が対応した内容が多岐にわたり、かつ紙面の都合上、すべてを詳細に報告できなかった。従って、今回、本委員会を解散し5つの委員会として発足することについても、十分にその経過・背景を伝えられなかったのではないかと考えられる。なお、会議録については、幹事であった間々田（筑波大学附属盲学校）に問い合わせして下さい。

会員諸氏におかれては、これら各委員会へ参加の上、理科活性化のための活動への多大なるご協力をお願いしたい。なお、旧理科活性化検討委員会の各委員は各委員会へのメンバー登録を行い、これら委員会発足後に速やかに活動できるよう、第1会合の招集者として仮委員長を選出するなど、準備を行っている。

委員会発足にあたり、各委員会は休眠委員会とならぬよう努力する。そのため、委員会には常務委員1名以上が登録・出席し、常務委員会に活動の報告を行い、さらに会長宛に毎回の議事録を送付することを申し合わせている。

委員希望者は、希望委員会名・住所・氏名・連絡先(Tel. Fax. e-mail)・所属を次頁の各委員会仮委員長まで届けられたい。

各委員会の概要、および仮委員長の連絡先

①教育課程委員会：教科理科関連学会協議会・学校科目地学関連学会協議会での意見集約と検討、研連・教育課程審議会等への対応を行う。

磯部 瑠三 国立天文台 Tel. 0422-34-3645, Fax. 0422-34-3641
e-mail: isobesz@cc.nao.ac.jp.

181 東京都三鷹市大沢 2-21-1

②行事委員会：旧行事委員会と合流し、活性化のための行事のあり方の検討と具体的な行事の企画・運営を行う。

間々田 和彦 筑波大学附属盲 Tel. 03-3943-5421, Fax. 03-3943-5410
112 東京都文京区目白台 3-27-6

③支部支援委員会：地方/支部を活性化するための支援についての具体的方策の検討を行う。

下野 洋 国立教育研究所 Tel. 03-5721-5085, Fax. 3714-7073
153 東京都目黒区下目黒 6-5-22

④実態調査委員会：学校教育を中心とした地学・理科の実態を調査し、教育課程委員会等へ検討資料を提供する。

西川 純 上越教育大学自然系 Tel. 0255-22-2411, Fax. 0255-26-8408
e-mail: nisikawa@juen.ac.jp

943 新潟県上越市山屋敷 1

⑤教育実践報告集編集委員会：小中高の現場ですぐに役に立つ教育実践集の編纂を行う。

高橋 典嗣 明星大学 Tel. 0425-91-5968, Fax. 0425-91-8181
191 東京都日野市程久保 2-1-1

追悼

小林貞一先生のご逝去を悼む

本学会初代副会長・名誉会員小林貞一先生は、去る1月13日逝去されました。94歳というご高令でした。

先生は、昭和2年に東京帝国大学理学部地質学科を卒業され、昭和19年からご定年まで東京大学の地質学古生物学専攻の教授を勤められ、地質学界に大きく貢献されました。古生物学の分野では、卒業研究から続けられた朝鮮・旧満洲の古生代三葉虫化石のご研究を大成されました。構造地質学の分野では、日本の中生界を主な研究対象とした「佐川造山輪廻」を提称し、日本列島の地体構造論に一時時代を画され、日本学士院賞がおくられました。また、日本古生物学会の会長として、その発展に寄与されました。ご退官後は、鳥山隆三（九州大学教授）・橋本 互（東京教育大学教授）先生と共に、東南アジアの地質古生物学研究班を組織されて、橋本 互・菅野三郎・猪郷久義・小池敏夫先生等本学会会員を含む多数の研究者の現地調査とその研究成果により、東南アジアの国々の研究を援助されたご功績もあります。

東大教授といえば、純粋な学問研究ひと筋の教授が多いと言われた時期に、小林先生は、地学教育にも格別のご尽力下され、本学会としては、他に例を見ない偉大な先覚者のお一人であったといえると思います。それは、藤本治義先生とともに地学教育の振興を叫ばれ、太平洋戦争終結直後の教育制度大改革の時期に、高校地学が成立したのは、先生のご努力の賜といっても過言でないといえるからです。すなわち、終戦翌年の昭和21年に、小林先生は藤本先生とのご協力により、旧制中学の理科物象を解消して地学科を独立させる意見書を文部省に提出し、これを受けて、文部省の役人を含む「地学教育の革新座談会」を開催してその司会者となられ、加藤武夫東大理学部長の賛同を得て、日本学術振興会に第93地学教育研究小委員会の設置にこぎつけ、高校地学独立の研究活動が開始されたのでした。高校地学独立には、物理・化学・生物と対等の質と量をもつ科目であることが要請され、地学のまとまりとしては、地球科学の各分野に天文も含めることが望ましく、早急に、このための共通理解を得ることが必要でした。この困難な大役を見事にはたされたのが小林貞一先生でした。第93小委員会は当時



の在京の大学教授、すなわち、東大理学部の地質学科・鉱物学科・地理学科・地球物理学科・天文学科の各教授、東京天文台長、東京文理科大学藤本治義教授で構成されました。この委員会で検討された天文を含む地学のまとまりと地学のカリキュラム大綱は文部省に採用され、昭和23年、高校地学が独立したのでした。その後、第93小委員会の活動をひき継ぐ形で、日本地学教育研究会が発足しました。これが本学会の前身です。その初代会長は加藤武夫理学部長、副会長は小林貞一先生と藤本治義先生（第2代会長）でした。

終戦前から数年間発行された「地球の科学」（日黒書店）は、地学の普及に大きな役目を果たしたと評価されましたが、この発刊から各号の主な特集記事などの編集まで先生のご努力の跡がしのべれます。小林先生は、初期の5単位地学が軌道に乗ったのを見とどけて、ご専門の地質古生物学の研究に戻れましたが、先生の地学教育に対するご熱意は、本誌第32巻（1979）に掲載された「地学教育刷新の五年史」によっても汲みとることができます。私は、高校地学独立当時の第93小委員会には書記として皆出席しましたので、当時の小林先生と藤本先生のご協力・ご苦心をまのあたり拝見したことが、この追悼文を書くに当たって、50年も前とは思えない鮮明な印象として目に浮んできて、あらためて感謝に堪えない気持です。

先生の御冥福をお祈り申し上げるとともに、地学教育の発展の進行がにぶいことのご心配から、時々苦言を呈された私どもにとっては、地学教育の振興について再考し努力することが、先生のご恩に報いる道と思うものであります。（渡部景隆）（写真提供：佐藤 正）

「地学教育」編集に関する件につきましては下記にご連絡下さい。

184 東京都小金井市貫井北町 4-1-1
東京学芸大学 地学教室内
e-mail: matsukaw@u-gakugei.ac.jp

日本地学教育学会 編集委員会

なお、現在、編集委員長は松川正樹（東京学芸大学理科教育学科）、
副委員長は林 慶一（東京学芸大学附属高等学校）です。

本の割引販売のお知らせ

日学選書 3 「21 世紀を展望する新教育課程編成への提案」—理科教育, 数学教育, 技術教育, 情報教育— 財団法人日本学術協力財団 発行 頒価 3,000 円

日学選書 4 「21 世紀をめざす教師教育」 財団法人日本学術協力財団 発行 頒価 1,000 円

上記の本 2 冊を 50 セット限定で、2,800 円で割引販売いたします。ご希望の方は、学会事務局に、「本の割引購入」、住所、FAX#, 氏名を書いて、FAX でお申し込み下さい。なお、電話での問い合わせはご遠慮下さい。

編集委員会より

定例編集委員会は、8 月 31 日（土）午後には開かれました。編集状況は原著論文 1、資料 1 が受理されました。原著論文の査読をパスする論文数が少ない状態にあることや、実践報告、独自の指導案や資料など主に現場の先生方のご活躍を発表し、会員同士の情報交換に利用できるコーナーのあることをお知らせしました結果、夏休み中に原著論文 6 件と実践報告 1 件が投稿されました。ご協力有り難うございます。これらの論文と報告は、現在、編集作業中です。しかし、現時点の投稿原稿数は、昨年度の現時点の数と比べますと、まだ、70% ほどです。学会員の皆様からの多くのご投稿を期待しております。

日本地学教育学会 49 卷 第 5 号

平成 8 年 9 月 25 日印刷

平成 8 年 9 月 30 日発行

編 集 兼 日 本 地 学 教 育 学 会
発 行 者 代 表 石 井 醇

印 刷 所 株 式 会 社 国 際 文 献 印 刷 社

184 東京都小金井市貫井北町 4-1
東京学芸大学地学教室内
電話 0423-25-2111
振替口座 00160-3-86783

169 東京都新宿区高田馬場 3-8-8
電話 03-3362-9741~4

EDUCATION OF EARTH SCIENCE

VOL. 49, NO. 5

SEPTEMBER, 1996

CONTENTS

Original Articles

- The Teaching Materials of Melting of Mudstone by Electric Furnace
.....Nobuo KOMORI...169~175
- Child's Cognition of the Hidden Side of the Moon
—In the Case of the Crescent Moon—Yasuo MATSUMORI...177~185

Survey Report

- Mountain Slope Failures in the Rokko Mountains Caused by 1995 Hyogoken-Nanbu
Earthquake
—The Search for Teaching Material Development about Hyogoken-Nanbu
Earthquake on Earth Science Education—
.....Yoshiaki TAINOSHO and Tomoko FUJITA...187~194

Note

- Report on the Symposium by the Conference of six Societies related to Science Education (2).....195~210

Book Reviews (176, 186)

Proceedings of the Society (211~214)

Obituary (215)

All Communications relating this Journal should be addressed to the
JAPAN SOCIETY OF EARTH SCIENCE EDUCATION

c/o Tokyo Gakugei University; Koganei-shi, Tokyo, 184 Japan