

# 地学教育

第59巻 第5号(通巻 第304号)

2006年9月

---

## 目 次

### 原著論文

教員養成系大学学生の岩石識別力向上への試み

.....鈴木盛久・林 武広・山崎博史...(157~165)

土質調査用ボーリング試料を利用した対比学習の教材化の留意点:

香川県高松平野での検討から.....川村教一...(167~176)

### 教育実践論文

紫外線と水および塩酸による岩石の変化

—科学部における探究活動の報告—.....小森信男...(177~184)

---

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



## 教員養成系大学学生の岩石識別力向上への試み

### A Trial Aimed at Improvement of Rock Identification Capability of Students in the Teacher Training University

鈴木盛久\*・林 武広\*・山崎博史\*

Morihisa SUZUKI, Takehiro HAYASHI and Hirofumi YAMASAKI

**Abstract:** The practice to improve in rock identification capability is performed for the students in the teacher training university. Although the number of average percentage of correct answers was 7.4 on the occasion of a preliminary survey, it becomes up to 80.8 points at the end of the practice. Consequently, when utilizing effectively the rock identification manual which was developed uniquely and clarifying the viewpoint of observation, the effect has gone up enough.

**Key words:** viewpoint of observation, rock structure, rock texture, hands-on magnetometer, rock identification manual

#### 1. はじめに

岩石は身近な自然を構成する重要な要素の一つである。ある岩石が、自然の中である地点に存在するということは、地球史の中での必然的な結果であり、その岩石に凝縮された時間的・空間的情報を、地球史とリンクさせながら解読することは岩石を通した学習の真骨頂部分である。つまり、岩石は地球史の語り部としての役割を担ったものとして位置づけられる。そのような学習教材としての岩石の重要性を考えると、われわれ教師は、岩石を媒介として、学習者と地球史や地球の営みに思いをめぐらせる活動に発展させることをめざしていきたいものである。その際、岩石あるいはそれを構成する鉱物を正しく認識、識別することが大前提となる。

大学生の岩石・鉱物の認識に関しては加藤ほか(1986)の先駆的研究がある。その研究は、教育学部非理科系学生の実態調査をもとに行われ、成因を表す包括的名称と個々の岩石名との混同、鉱物名と岩石名の混同などの問題点があることが指摘されている。そのような傾向は約20年後に行われた廣木(2003, 2004)

の研究によっても変わっていないことが指摘されている。また、益田(2004)によって、中学生の実態からもやはり岩石あるいは鉱物の正しい認識が難しくなっていることが明らかにされた。

なお、これらの研究は、学習者が保持している概念について詳細な分析を行ったものであるが、実際の岩石を観察させるという活動はなされていない。

ところで、小・中・高等学校の現場において、理科の教員には、授業あるいは日常的に岩石の識別を求められる場面が多々あるようである。例えば、総合的な学習の時間での川の学習であったり、あるいは長期休業後に児童・生徒から、旅行で採取した岩石の「鑑定」を求められるなど、さまざまなケースがある。その前提として、主要な岩石について実際に識別する力を向上させることは最低限必要なことと考え、いろいろと試行錯誤を重ねてきた(鈴木・林, 2005)が、一応の成果と展望を得たので、ここに報告する。

なお、岩石・鉱物に対する正しい認識といっても、単に名前をつけるというのではなく、前述のような基本的な視点をもって学習教材としての岩石に接する必要がある。

## 2. 事前調査～受講者の実態

今回の検討は、2001年から2005年度にかけて5年間にわたって広島大学教育学部において行われた地学関連の実習（中学校・高等学校理科教員免許状取得のための必修科目全15次）の時間の一部を用いて実施した結果をもとにしている。岩石識別に関する本実習は、各年度において合計4次の連続授業（1次90分）として行った

まず、初回において、受講者の実態を把握するために、導入として既知の岩石名を口頭で挙げさせたところ、成因を表す包括的名称と個々の岩石名との混同、鉱物名と岩石名の混同など前述の先行研究で指摘された実態が実際に認められた。次に、アンケートにより高等学校時代における地学領域の履修経験を問うた。その結果、既習者の割合は低く、例えば、受講者（5年間で延べ229名）のうち地学ⅠA、地学ⅠBの履修者は各3名、さらに地学Ⅱを履修したものは1名しかいなかった。したがって、岩石に関する学習は、中学校以来行っていない者がほとんどである。

同時に、事前調査として、岩石10種について肉眼観察、特徴の記載を行わせ、名前のはわかるものは記させた。これらの10試料は、実習終了時に鑑定試験用として再び呈示される。

呈示した10種類の岩石は、岩質、成因など可能な

限り多様なものから代表として以下のとおり選んだ（図1）。

火成岩：花崗岩（広島県安芸太田町）、花崗斑岩（広島県三段峡）、はんれい岩（島根県吉田村）、デイサイト質溶岩（島根県三瓶山）、玄武岩質溶岩（広島県世羅台地）

堆積岩：砂岩（宮崎県日南海岸）、チャート（埼玉県秩父市）、石灰岩（広島県帝釈峡）

変成岩：塩基性片岩（高知県本山町）、泥質片麻岩（岐阜県飛騨市）

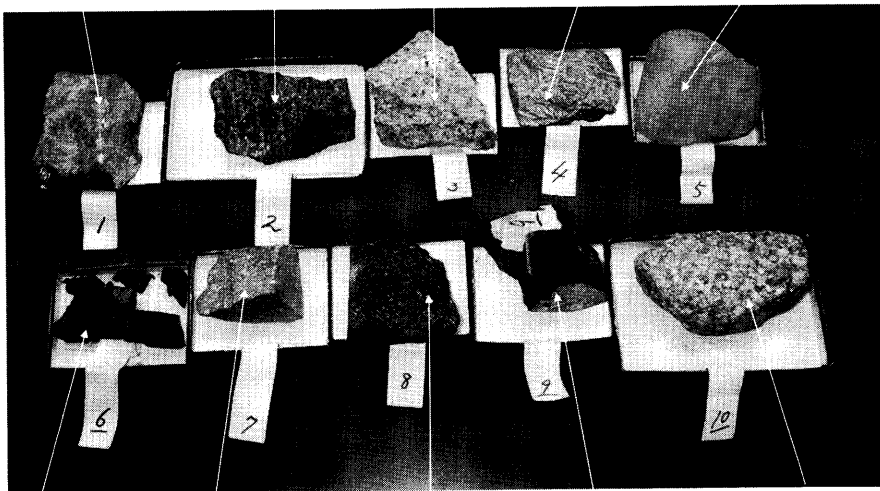
事前アンケートの結果を見ると、岩石の色調の記載はあるものの、組織や個々の鉱物粒の見極めはほとんどできていない場合が多い。また、中学校時代に既習であると考えられる岩石、例えば花崗岩、砂岩、石灰岩についてはある程度識別ができたものがある反面、未習の場合が多いと思われる岩石、例えば玄武岩質溶岩は泥岩と答える、また変成岩類は全く識別できないなどの傾向が見受けられた。結果として平均“正答率”は、わずか7.4/100ポイントであった。

このような事前調査を踏まえて、以下の実習を2次半行った。

## 3. 実習のプロセス

実習における観察内容は以下の2段階からなる。まず、

1.石灰岩 2.泥質片麻岩 3.花崗岩 4.塩基性片岩 5.砂岩



6.チャート 7.デイサイト質溶岩 8.斑れい岩 9.玄武岩質溶岩 10.花崗斑岩

図1 事前および事後の観察に供した10種の岩石

**(1) 主要造岩鉱物 (10 種) の観察**

岩石識別の前提として、主な造岩鉱物を肉眼で見分けることが必要となる。そこで、火成岩の主要造岩鉱物のうち石英、カリ長石、斜長石、黒雲母、白雲母、角閃石、輝石、かんらん石、磁鉄鉱の比較・観察を行う。加えて独特の晶癖を呈する方解石の比較・観察を行う。

**(2) 各種岩石の観察**

独自に作成した岩石識別マニュアル (後述) と対照させながら、以下の 80 種類の岩石観察を行う。

堆積岩	……………	24 種
(砕屑性堆積岩 16 種, 生物源堆積岩 5 種, 火砕岩 3 種)		
火成岩 (火山岩)	……………	14 種
(苦鉄質岩 7 種, 中性岩 2 種, 珪長質岩 5 種)		
火成岩 (深成岩, 半深成岩)	……………	26 種
(苦鉄質~超苦鉄質岩 9 種, 中性岩 4 種, 珪長質岩 13 種)		
変成岩	……………	16 種
(高圧型変成岩 5 種, 低圧型変成岩 6 種, 接触変成岩 5 種)		

なお、観察試料はできる限り筆者らが採取し、産状などを解説できるものとし、それぞれに産地、岩石名などを記載したラベルを付けている。試料の一例を図 2 に示している。なお、鑑定試験に用いる試料と同一のものはない。

最終次において半分の時間を使って初回に観たものと同じの岩石 10 種 (図 1) を再び呈示し、マニュアルと対照させながら岩石名と、そのように識別した根拠、特徴を記載させた。

**4. 特に留意した点について**

実習の過程で、受講者にとって曖昧な点、あるいは認識しにくい事項として以下の点が見受けられた。それらについては特に詳細に指導した。

**(1) 岩石と鉱物の混同の解消**

チャートと結晶質石灰岩を用い、石英および方解石の単結晶と比較観察させ、色調、硬さなど総合的に観察させ、結果として鉱物とその集合体である岩石の違いを認識させた。その後、約 20 cm 四方の花崗岩研磨石板 (広島県倉橋島の広島型花崗岩 (通称「議院石」) を用いて、多様な鉱物の集合体が岩石であることに気づかせた。その際、カリ長石を黄色に染色した石板を併用すると、個々の結晶粒を認識する上でより効

果が上がった。なお、染色方法は以下のとおりである。

- 1) 研磨した岩石面にフッ化水素酸 (試薬 1 級, フッ化水素 46% 含有) を塗付し、エッチングする
- 2) 水洗した後、エッチング面にコバルチ亜硝酸ナトリウム (試薬特級) の粉末を擦り込み、直ぐに水洗する

**(2) 石英と長石類の見極め**

石英と長石類は硬さ、色調が比較の見分けにくい場合があり、典型的な単結晶標本では識別できても、岩石中の細かい結晶となると識別が困難となることも少なくない。そこで、前述の花崗岩石板 (研磨および染色) を観察することによって特に長石類と石英の特徴の違いに気づかせるようにした。その結果、石英独特の透明感のある色調、長石類の劈開などに注目させることによって識別可能となる。なお、岩石中に石英があるかないかを見極めることは、岩石識別をする上で極めて重要な着眼点となるので、この点を重視した。

**(3) かつて観たことのある岩石へのこだわりの解消**

学習者は往々にして、かつてどこかで学び記憶している岩石についてその名称と特徴にこだわり、新たに観た岩石が同一種類であると認識できない傾向にある。つまり、岩石標本も、植物標本のように種名と実物が 1 対 1 の対応をするものという先入観があるようである。

例えば、中学校時代にただ 1 種類の花崗岩試料を観察したことのある受講者は、そのときに観た試料の粒度、色調などが強く記憶に残っている場合が多い。特に、表面の風化による、いわば副次的な色調などは強く印象に刻まれているようである。そこで、例えば花崗岩については、粒度が細粒、中粒および粗粒のもの、さらには巨晶花崗岩も交え、また風化したものも含め合計 10 種類の試料 (図 2) を観察させた。その際、中粒花崗岩でも色調の異なるもの、あるいは白雲母を含むもの、ラパキビ構造を示すもの、さらにチタン鉄鉱系の花崗岩に加えて磁鉄鉱系のものも加える、など多様な花崗岩類を示した。その結果、学習者は、これらの岩石が粒度や色調は異なるものの、構成鉱物の種類と量比においては基本的に共通点があること、また完晶質組織を示すという共通性を持つことに気づき、岩石名が包含する許容範囲の広さを実感していくのである。

**(4) 斑状組織および等粒状組織の識別**

受講生にとっては火成岩の組織、特に斑状組織とい



図2 実習の観察に供した岩石の例  
(珧長質深成岩・半深成岩類 13種)

うものの認識が難しいようである。現行指導要領のもとでの中学校理科2分野の大地の学習においても、花崗岩、安山岩の観察場面があるが、その際、花崗岩に有色鉱物が点在する様子を「斑」状と認識するという傾向にあるが、極めて素直な見方といえる。今回の受講生の実態を見ると、やはり同様の傾向が見受けられる。また、花崗岩の組織が「等粒状である」といういわれ方がされるが、粒度分布からみて決して粒度は「等しい」ことはない。受講生にとっては、このような斑状、等粒状という用語の字面から受ける印象と、現実の試料が示す組織との間にずれがあり、それを解消することが必要と考えた。

そこで、まず斑状組織を示す岩石の代表として、安山岩質溶岩および花崗斑岩について、肉眼観察および薄片を用いた鏡下観察を併用した。その結果、当初肉眼では結晶が確認し難い石基部分が実は微粒な結晶、あるいはガラスから構成され、連続して広がることが認識された。さらに、安山岩質溶岩および花崗斑岩とでは石基部分の粒度に歴然とした相違があることも観察できた。その結果、そのような石基部分が、斑晶を包み込んだ結果、いわゆる「斑状組織」を示すことを認識することができた。なお、鏡下観察の際に、林ほか(2005)によるデジタルムービー教材も併用したが、各種岩石組織の比較観察を行う上で効果的であった。

等粒状組織については、花崗岩石版を用いた観察のなかで粒度分布を定性的に認識させ、むしろ「粒状、完晶質」と言い換えることで、「何が等しいのか」という学習者のなかにある疑念を解消することができたと考える。

#### (5) 磁鉄鉱含有量の確認(簡易磁力計の併用)

一般に、磁鉄鉱は堆積岩中には非常に微量であり、また火成岩において全岩化学組成が苦鉄質のものほど多く含まれる傾向にある。したがって、磁鉄鉱の含有量を見積もることは、岩石の種類を見極める上で有効である。そこで、市販の医療用フェライト磁石(商品名; ビップエレキバン X (直径 4 mm, 磁束密度 180 mT) をミシン糸(約 30 cm) に瞬間接着剤で固定したものを“簡易磁力計”として活用した。磁束密度は 80 mT のように小さなものもあるが、例えば磁鉄鉱系花崗岩とチタン鉄鉱系花崗岩の識別の場合には、180 mT 程度の磁束密度の高いものが有効である。図 3 に磁鉄鉱型花崗岩について用いた例を示している。岩石識別マニュアル(後述)のなかで下線を付した岩石は、一般にはこの磁石が多少なりとも引き寄せられるものである。

このような方法を用いれば、岩石中の磁鉄鉱含有量の大小判定は極めて容易、かつ有効に行える。なお、この大小判定にあたっては、ほかに市販のペンシルマ

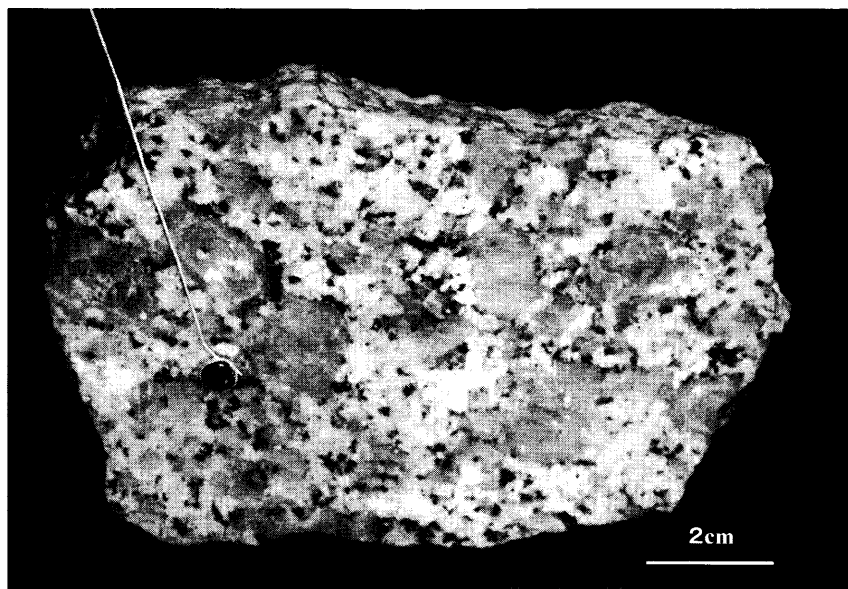


図3 簡易磁力計と磁鉄鉱系花崗岩

グネットなどを用いることも有効であるが、教員養成系大学生に対しては、将来、学校現場で簡易に手作りできる教具例ということで、上記のものを作製・使用した。

## 5. 岩石識別マニュアルの開発

岩石の識別にあたって、従来さまざまな検索表が提唱され、インターネットでも検索できる（例えば、[http://earthnet-geonet.ca/activities/rock\\_id\\_e.php](http://earthnet-geonet.ca/activities/rock_id_e.php), <http://jersey.uoregon.edu/~mstrick/MinRockID/RockID/RockIDChart.html> など）。しかしながら、筆者らが見る限り岩石の種類が少なかったり、あるいは火成岩、堆積岩、変成岩という分類別のものであったり、必ずしも使い勝手が良いとはいえない。そこで、今回、より簡潔で汎用性のあるマニュアル（表1）を開発した。それは、岩石構造、岩石組織、色調、粒度、特徴的鉱物の存否、磁性の有無などを組み合わせたものである。すなわち、筆者らが野外地質調査等において実際に岩石を識別する過程を整理し、それらをフローチャート方式で表現したものであり、学習者の実態に合わせて約10年かけて改訂を重ねてきた。

まず縞状～層状という面構造が明瞭か否かが最初の見極めとなる。次の段階では、面構造を呈する岩石では色調が、面構造が不明瞭な岩石では石英粒の肉眼での確認の是非および組織が重要な視点となる。

その後は、マニュアルに従って順序立てて右方に追っていけば、自然に正しい岩石名に行き当たるという仕組みになっている。実際の岩石観察においては、まずラベルで岩石名を確認した上で、実物を観察しながらマニュアルを右から左へと逆にたどるという活動から入ったが、このマニュアルの表示内容について慣れる上で有効であったと考える。

このマニュアルの利点の一つは、消去法によってもたどり着けることである。すなわち、ある段階まで選んで次に選択すべき特徴に迷ったときに、明らかに異なるものを消去することで、正しい段階に進むということが可能となる。

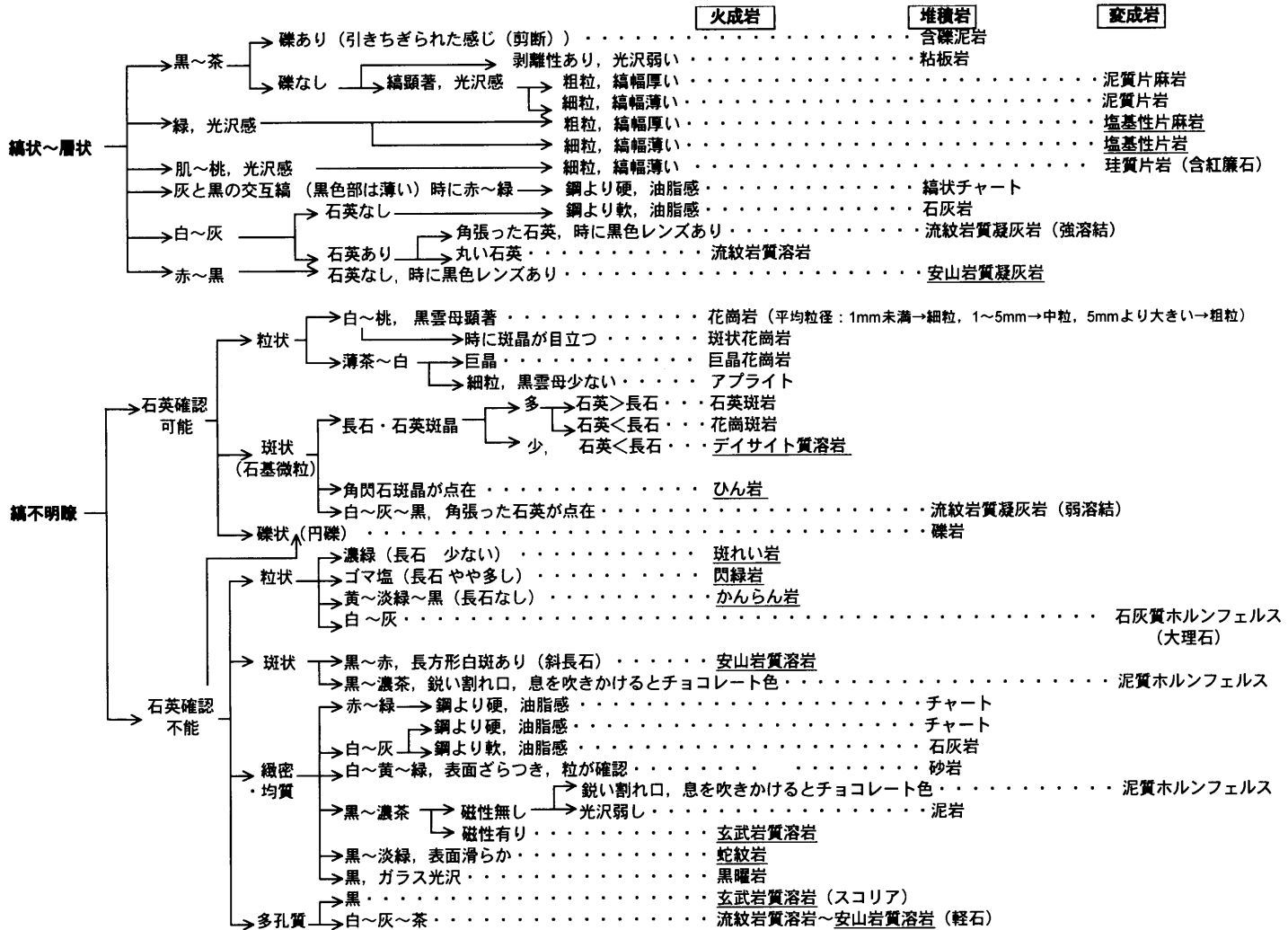
マニュアルを活用することによって、火成岩20種、堆積岩11種、変成岩7種合計38種類を見分けることが可能となり、日本列島に普通に見られる主な岩石をおおむね網羅したものと考えている。もちろん、例外もあるので万能というものではなく、地域、対象に応じてさらに細かい改訂・追加を行うことが必要であろう。

## 6. 結果および考察

鑑定試験結果を見ると、5年間のなかで年ごとに大きなばらつき、偏りが認められないので、一括して集計した結果を示す。

まず、正答率の頻度分布（図4）を見ると、50点以

表1 岩石検索マニュアル

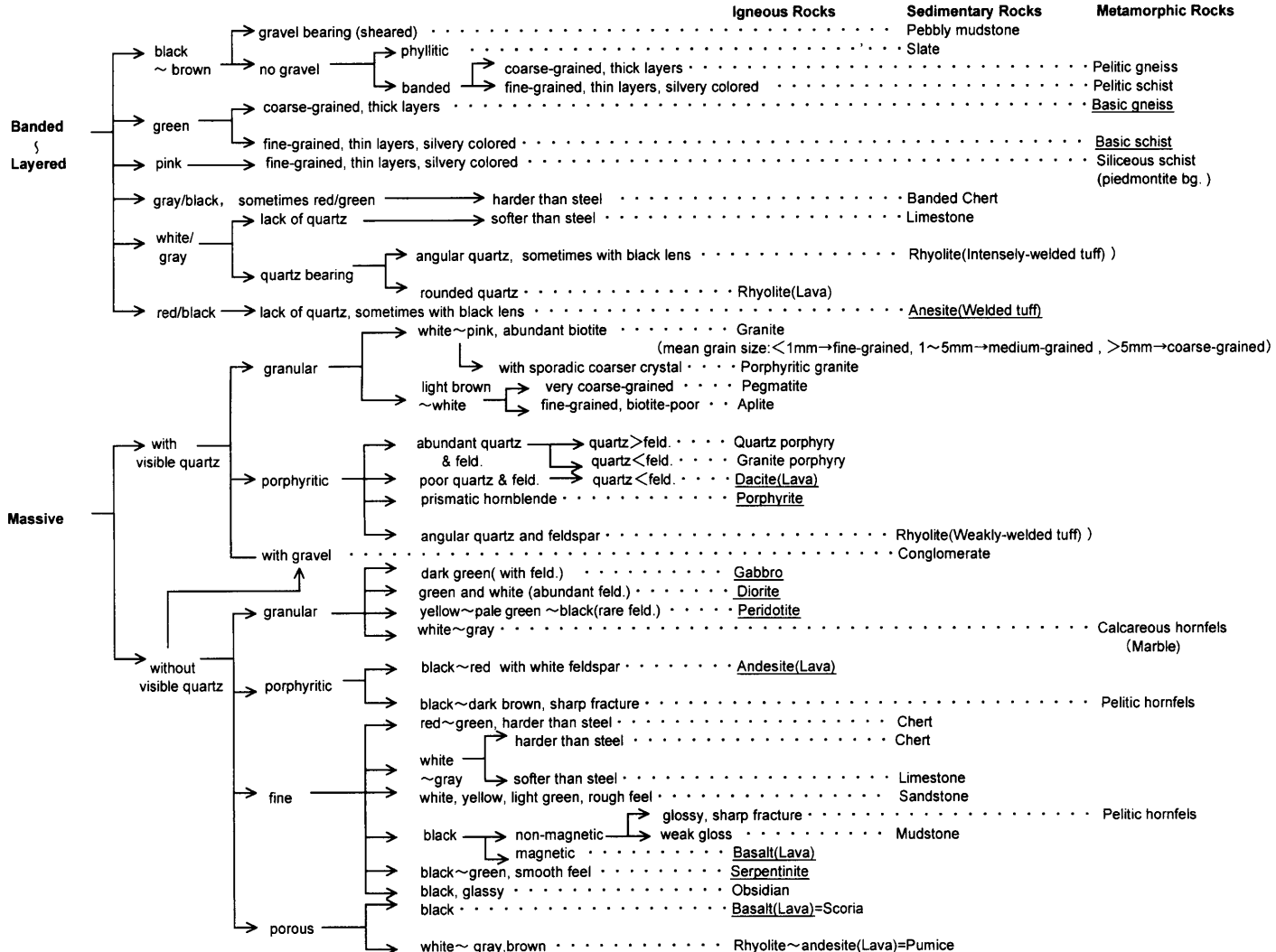


\* 岩石名に下線のあるものは, 原則として磁性有り (但し, 花崗岩及び流紋岩には磁性を有するものもあるので注意)



表 2 英語版岩石検索マニュアル

Rock Identification Chart



\* Underlined rocks are commonly magnetic. Some granites and rhyolites are magnetic.

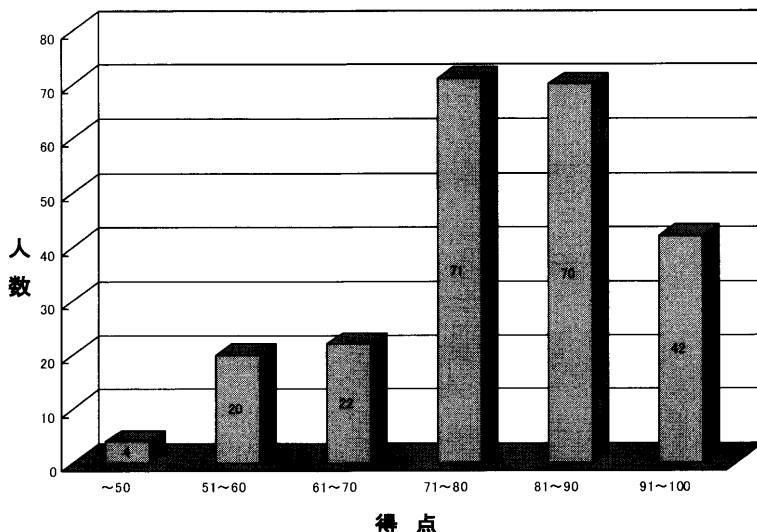
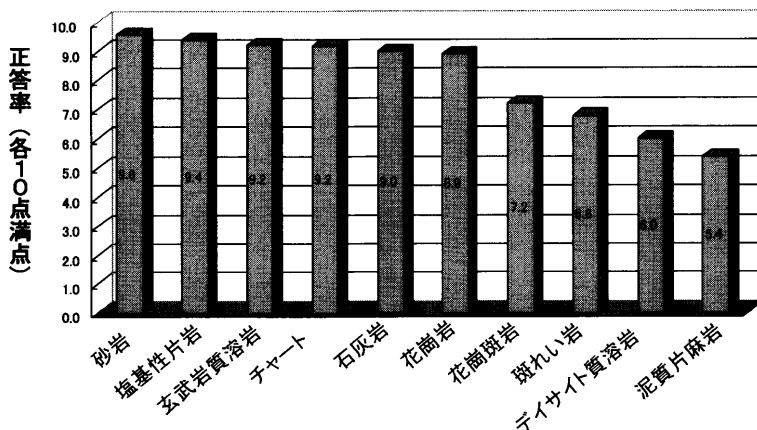


図4 正答率別頻度 (n=229)



試料

図5 岩石別の正答率 (n=229)

下4名, 51~60点20名, 61~70点22名, 71~80点71名, 81~90点70名, 91点以上42名となり, 得点が7割以上に達したものが約8割を超える好結果を得た。なお, 50点以下の受講生は, 観察の視点が明確でない場合が多く, 事後に個別の補習を行うことで学習内容の定着を図った。過去5年間の結果についてみると, 受講者全員の平均点を見る限り, 事前では7.4/100ポイントであったものが, 事後では80.8/100ポイントというように, 全体的に学習効果は上がったと考えられる。

次に, 各試料ごとの正答率を示した(図5)。これを

見ると, 特に, 中学校時代に観察した経験のある堆積岩(砂岩, チャート, 石灰岩), 花崗岩, さらに特徴的な岩質を呈する塩基性片岩, 玄武岩質溶岩は, 識別が容易であったと考えられる。しかしながら, 以下の4種の岩石については, “正答率”が75%を下回ったので, その原因を考察してみる。

1) 泥質片麻岩: 泥質片岩, 安山岩質溶結凝灰岩と誤答したケースが多かった。前者では, 変成岩であることは認識しているが, 粒径, 縞状の構造などについての誤認, 後者においては, 片麻岩の優白部と黒雲母の多い優黒質部の縞状構造は認識しているものの, そ

れを強溶結構と誤認するなど、岩石構造の観察が不十分である。

2) デイサイト質溶岩: 斑状組織には気づいているが、石英斑岩、花崗斑岩と答えたものがいた。石基部の粒度の見極め、石英粒の量比の確認が不十分である。

3) はんれい岩: この試料は、石材にも用いられる比較的細粒、緻密な試料であり、典型的な粗粒岩ではなく、結果的に安山岩質溶岩、閃緑岩、かんらん岩などと誤答したケースが多い。有色鉱物、斜長石の見極めが不十分である。

4) 花崗斑岩: 斑状花崗岩、一部は流紋岩質凝灰岩と誤答している。石基部の観察(微粒組織の地の部分が連続すること)、斑晶の種類、形態の観察が不十分である。

このように、岩石の構造、組織、造岩鉱物の判別などの活動においてさらに工夫する余地が残っていると考えられる。

なお、筆者らは約10年以上にわたり、毎年国際協力機構(JICA)中等科学教育実技コースとしてアフリカをはじめとした途上国の高等学校理科教員の研修を行ってきた。その一環として、総時間数は約半分しかとれなかったものの、前述の実習に近い活動を行った。研修者は物理、化学、生物の教員が主体で、いわゆる岩石の観察については十分学んでいない人たちがほとんどである。しかしながら、表2のマニュアルを用いて実物と対照させることを繰り返すなかでしだいに観察の視点が明確となり、ある程度の効果を上げることができたと考える。

## 7. おわりに

以上のように、今回、独自に開発した岩石識別マ

ニュアル、簡易磁力計を用いた実習を行った結果、成因を表す包括的名称と個々の岩石名との混同、鉱物名と岩石名の混同などは解消されるとともに、岩石を観察する際の視点が焦点化され、一応の成果を得ることができた。しかしながら、受講者は、やはり岩石構造、岩石組織、個々の鉱物粒に関する識別がまだ不十分である。デジタル教材併用、鏡下観察併用などの機会を増やすなど観察のあり方、指導法について、いっそうの改善を加えていきたい。

さらに、今回の実習はマニュアルと実物試料とを対照しながらの活動であったが、最終的にはマニュアルなしで岩石の識別を行うことができることが望まれる。その際、少なくとも今回明確になった岩石・鉱物の観察の視点をもとに、より多様な実物試料に接する機会を可能な限り多く積み重ねていくことが重要であると考えられる。

## 引用文献

- 林 武広・岩永拓也・石井喬志・本藤祥一朗・鈴木盛久(2005): 岩石薄片観察ムービーについて。日本地学教育学会第59回全国大会講演予稿集, 50-51。  
 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。  
 加藤圭二・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。  
 鈴木盛久・林 武広(2005): 大学生の岩石識別力向上への試み～教員養成系大学における実習を例に～。日本地学教育学会第59回全国大会講演予稿集, 114-115。

鈴木盛久・林 武広・山崎博史: 教員養成系大学学生の岩石識別力向上への試み 地学教育 59巻5号, 157-165, 2006

〔キーワード〕 識別の視点, 岩石構造, 岩石組織, 簡易磁力計, 岩石識別マニュアル

〔要旨〕 教員養成系大学の学生の岩石識別力向上を目指して5年間にわたって実習を行った。その際、独自に開発した岩石識別マニュアルを活用し、観察の視点を明確にすることを心がけた。その結果、事前の平均正答率が7.4ポイントであったものが、実習後には80.8ポイントに向上し、十分な成果が得られることが明らかになった。

Morihisa SUZUKI, Takehiro HAYASHI and Hirofumi YAMASAKI: A Trial Aiming at Improvement of Rock Identification Capability of Students in the Teacher Training University. *Educat. Earth Sci.*, 59(5), 157-165, 2006



## 土質調査用ボーリング試料を利用した 対比学習の教材化の留意点： 香川県高松平野での検討から

Advice on Development of Teaching Material Dealing with a  
Correlation Study Utilizing Soil Drilling Logs and Samples,  
Based on the Examination of the Takamatsu Plain,  
Kagawa Prefecture, Southwest Japan

川村 教一\*

Norihito KAWAMURA

**Abstract:** The author examined the possibility of developing teaching materials to study correlation of lithological units, utilizing soil drilling logs from various school building sites in the Takamatsu Plain, southwest Japan. The couple of drilling sites which is suitable for the teaching material are the distance between drilling sites is less than some decades meters and underlie members and/or beds of delta and flood-plain sediments. During instruction, teachers should ensure that the term "strata" is used uniformly. Teachers should also note that different grain-size scales are utilized in soil research and sedimentology and that soil boring logs typically include a minimum of geological information.

**Key words:** borehole drilling, correlation, Quaternary, Takamatsu Plain, junior high school

### 1. はじめに

中学校理科第2分野「地層と過去の様子」で学ぶ、地層の空間的な広がりや学習（以下、地層分布学習と呼ぶ）の教材として、ボーリング柱状図を用いた対比の学習が学習指導要領解説（文部省，1999）に例示されている。ボーリング柱状図は、記載されている情報の違いにより、「土質柱状図」と「地質柱状図」などに区別されるが、地盤調査では一般に前者のほうがよく用いられる。土質柱状図を用いた地層対比の学習は可能なのだろうか。「地層」という用語には、単層、部層、層、層群など異なる岩相層序区分単位が含まれる（例えば Salvador, 1994）。小・中・高校の教科書に見る

「地層」の定義や用法は、後で述べるように校種や教科書によってさまざまである。ボーリング試料の教材化にあたり、試料あるいは土質柱状図の岩相区分はどの岩相層序区分単位に相当するのか、また、学習においてどの区分単位で指導するかがこれまで論議されてこなかった。

ところで、生徒にとって身近な地域で得られたボーリング試料を、地層分布学習のために教材化することが可能なのだろうか。関東平野では標準層序が確立されており（東京都土木技術研究所，1969など）、中学校教科書に地層分布学習の教材として取り上げられている。また、濃尾平野地下地質を教材化した森（1982）による高校地学の例では、ボーリング柱状図を用いた

岩相対比を部層単位で行っている。これらの事例は、第四系の厚い平野の例であり、他の地域で対比を教材化する場合の岩相層序区分単位の検討はまだなされていない。

本研究では、香川県高松平野に位置する学校のボーリング土質柱状図を用いた例をもとに、ボーリング試料を用いた教材開発の留意点について論じる。

## 2. ボーリング試料の特徴

### (1) 粒度区分尺度の不一致

堆積学で碎屑物の粒度区分には $\phi$ 尺度(Wentworth, 1922)を用いている(例えば、公文, 1996)。これに対し、ボーリング調査など土質調査で用いる日本統一分類(地盤工学会, 1996; 建設大臣官房技術調査室・建設省土木研究所, 1999)では区分が若干異なる。具体的には、砂/シルト、シルト/粘土の境界は、 $\phi$ 尺度ではそれぞれ1/16 mm, 1/256 mmであるのに対し、日本統一分類では0.075 mmと0.005 mmである。今後は尺度が統一されることと期待されるが、土質調査資料を理科の学習で利用する場合、著しい支障はないが粒度区分の違いに留意する必要がある。

### (2) ボーリング調査法による試料回収率の違い

ボーリングによる試料採取方法や柱状図の作成は、主に標準貫入試験用サンプラーを用いるものと、いわゆるオールコアボーリングに分けられる(全国地質調査業協会連合会, 2003)。学校建築物などの建築設計のためには標準貫入試験器を用いて土質調査が行われることが多い。通常、この貫入試験は1 m掘進するたびに実施され、長さ約30~50 cm分の試料が採取できる。次に試験器を貫入させる深度まで、残りの約50~70 cm分の土質は、掘削中に排出された泥水(スライム)の観察や掘進の速さなどを勘案して推定されるので、土質柱状図のうち約5~7割の部分は推定された土質であることに注意する必要がある。オールコアボーリングによる試料の回収率は土質にもよるが、筆者の経験では約5~10割近くであり、この試料に基づいて作成された土質柱状図は、標準貫入試験のもの比べて土質の見落としをかなり防ぐことができる。

### (3) 土質柱状図と地質柱状図の違い

地盤調査用ボーリング調査に基づいて作成される柱状図は主に土質柱状図である。土質柱状図には土質区分が記されているが層理面は必ずしも示されず、対比に必要な情報に欠ける(全国地質調査業協会連合会, 2003)。先に述べた標準貫入試験法では、その特

徴から単層の見落としが多く、土質ユニット区分は部層~累層の区分単位に相当すると考えられる。以上のことから、土質柱状図に記された粒度区分だけでは地質学的な対比はできないことがわかる。このため、鍵層を用いることはもちろん、一般的には、特徴的な層相(貝殻、腐植などの混入)、いわゆる沖積層と洪積層、海成層、陸成層、風成層の区別に基づいて地層の対比を行う(清水, 1985)。ボーリング地点間が比較的狭く、短い掘削長であれば、土質や $N$ 値(標準貫入試験器を30 cm打ち込むのに必要な打撃回数)を参考に対比することが多い(古谷, 1999)。学校の校舎など設計時の土質柱状図は、学校や教育委員会等で保管されている可能性が高く入手しやすいものであり、これを教材の候補とすることが考えられる。ボーリング地点間が比較的短い区間なら、岩相対比の教材化ができる可能性がある。

## 3. 土質柱状図の対比学習教材化の検討

土質柱状図を用いた岩相対比の教材化の可否を検討するため、高松平野の学校敷地内で掘削されたボーリングの土質柱状図をもとに、岩相ユニットの識別やその学校内地点間対比の教材化を検討する。

### (1) 調査地域の地形と地下地質層序概説

高松平野は瀬戸内海東部の備讃瀬戸南岸沿いの平野である。調査地域は高松市を中心とした平野部に設定した(図1)。平野の地下地質層序は、下位より、領家花崗岩類、中新統讃岐層群、鮮新~更新統三豊層群、更新統の下部・中部・上部香東川層(番町礫部層、福岡町泥部層)、上部更新統~完新統の高松層(浜ノ町砂礫部層、春日町砂部層、西内町泥部層、西内町砂部層、西内町礫部層)の順に重なる(川村, 2001; Kawamura, 2003, 図2, 図3)。平野西部~中部、南部は香東川により形成された標高10~100 mの扇状地性の低地で、表層は主に番町礫部層相当の砂礫層である(Kawamura, 2003)。平野東部には、旧河道跡を含む自然堤防帯が発達し(高橋, 1987)、番町礫部層、福岡町泥部層が表層地質を構成する。平野北部の標高約5 mより低い土地は三角州となっており(国土地理院, 1986; 高橋, 1987)、表層は高松層からなる(川村, 2001)。いずれの地層も傾斜が小さいと期待され、また調査地域内の平野には活断層や撓曲は知られていない。

### (2) 土質柱状図を用いた対比教材の検討

高松市内の公立保育園、幼稚園、小学校、中学校、



図1 調査地域の地形分類と調査地点の位置図 (高橋, 1987; Kawamura, 2003 を改変)  
 a. 埋め立て地, b. 三角州 (標高3 m 以下), c. 三角州 (標高3~5 m), d. 氾濫原, e. 扇状地, f. 洪積台地, g. 崖錐・沖積錐, h. 山地, i. 旧河道  
 地点番号 1~13 とそれらを通る実線は、図3 における地質柱状図の位置とその配列を示す。地点番号①~⑬は、土質柱状図を検討した学校等の位置。イタリックの数値は等高線の標高(m)。

地質年代区分	地質層序区分	岩相	堆積環境
第四紀	完新世 高松層	西内町礫部層	海成 三角州成 河川成
		西内町砂部層	
		西内町泥部層	
		春日町砂部層	
	浜ノ町砂礫部層		
更新世	上部香東川層	泥層・砂層・礫層	河川成
	中部香東川層	泥層・砂層・礫層	河川成
	下部香東川層	泥層・砂層・礫層	河川成?
第三紀	鮮新世	三豊層群	湖沼成 河川成
	中新世	讃岐層群	陸成 湖沼成
白亜紀	領家花崗岩類	花崗岩類	

図2 高松平野の地下地質層序 (Kawamura, 2003 を改変)

高校のボーリング資料 (位置図, 柱状図) のうち、一つの学校敷地あたり 2 本以上の土質柱状図が保管されている 29 校分を対象に、校内のボーリング柱状図間の岩相 (土質) ユニットの対比の可否を検討した (表 1)。その際、すべての岩相ユニット区分が対比できるか、対比できない岩相ユニット区分がある場合、その原因として、側方連続の悪い岩相ユニットの存在、岩相の側方変化、岩相ユニットの傾斜などの点について検討した。なお、2(3) で述べた理由により、柱状図の岩相ユニットが部層へ層のいずれに相当するか判断できないことが多い。

結果は、「不可」: 対比ができないもの、「不向き」: 中学生が対比にとまどうと予想されるもの、「好適」: 岩相ユニットがほぼ対比できるものに分けられる。各

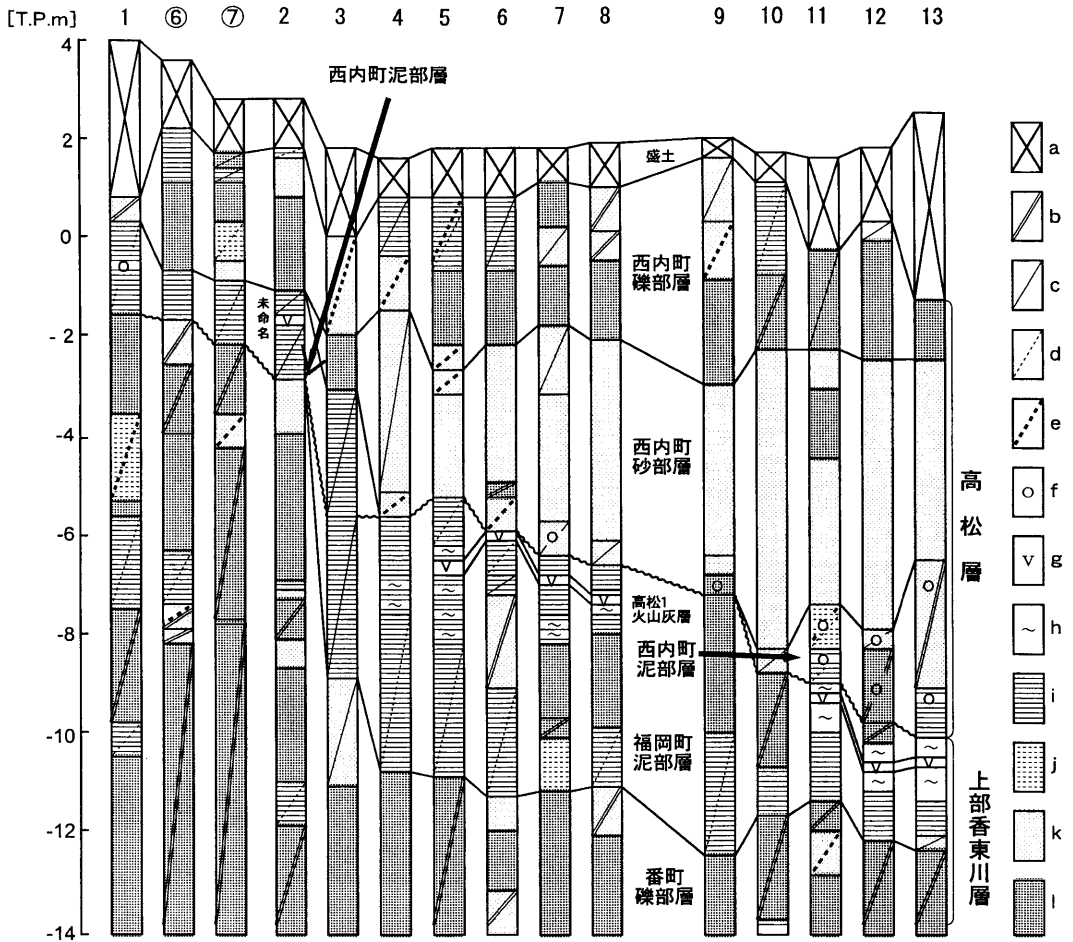


図3 高松平野臨海部地下の南北方向地質柱状図 (Kawamura, 2003 を改変). 地点番号は図1に同じ  
 a. 人工物質など, b. 粘土質, c. シルト質, d. 砂質, e. 礫質, f. 貝類, g. 火山灰, h. 有機質粘土, i. 粘土, j. シルト, k. 砂, l. 礫.

地点について検討した結果を表1に示す. 判定した基準は以下のとおりである.

「不可」: 見かけの厚さが大きく変化する, あるいは掘削長 10 m あたりの岩相ユニット数は 8 程度と比較的薄く, 側方連続の悪い岩相ユニットが多いので, 対比のためには地質学的な情報も得た上で詳細な検討が必要である. また, 砂礫質ユニットのみから構成される単一な岩相ユニットは, ユニット境界面を見いだせないため対比が不可能である.

「不向き」: 「不可」で挙げた状況が若干見られる場合である. 砂質, 泥質層の場合は掘削長 10 m あたりの岩相ユニット数は 4.7~11 と比較的多い. 礫質層の場合は, 1~2 と岩相ユニット数がたいへん少ない.

「好適」: 岩相ユニット数は掘削長 10 m あたり 1.5~約 5 で, 岩相ユニット層序が礫と泥, 砂と泥のように粒度のコントラストが明瞭な場合が多い. また尖滅するユニットが少なく, 岩相の側方での変化がない.

次に, 部層ごとに見た検討結果は次のとおりである. 西内町砂部層は, ボーリング地点間の距離が数十 m 以内ならば対比が可能であるが (図1の地点 9, 15, 18), それ以上の距離では対比できないユニットがある (地点 12, 19). 西内町礫部層上部は, 岩相が変化して対比できないユニットがある (地点 12). 香東川扇状地の構成層 (上部香東川層) では, 厚い砂礫質ユニットが優勢な単調な岩相で, ほとんどの場合ユニットの対比ができない (地点 2, 3, 4, 11, 14). 扇状地上



表1 分析に用いたボーリング柱状図の概要と教材化の可否 地点番号は図1に同じ。

表中の「尖滅する岩相ユニット数」とは、ある柱状図に見られるが他の柱状図の対応する層序には見つかず、層厚が減少して尖滅したと考えられる岩相ユニットの数。また、「岩相変化するユニット数」とは、ある柱状図に見られるが他の柱状図の対応する層序にはやや粒度分布の異なる岩相ユニットがあり、岩相が変化したと考えられるユニットの数。

図1中の地点番号	調査地点 学校/園名	ボーリング試料の 地質層序区分			ボーリング概要 ボーリング柱状図数	岩相ユニットの特徴 層厚減少ユニット数 岩相変化するユニット数	ボーリング概要 層厚減少ユニット数 岩相変化するユニット数	岩相ユニットの特徴 共通層厚中の岩相ユニット数 層厚減少10mあたりのユニット数 層厚減少するユニット数 岩相変化するユニット数	岩相対比教材の判定	備考			
		高松層	上部香東川層	三豊層群									
1	鬼無小学校	○	○	○	4	173	20.1	14	7	5	0	△	一部地点間是对比不可
2	檀紙幼稚園				2	13	10.0	1	1	0	0	×	礫のみ
2	檀紙小学校		○		2	51	20.0	9	4.5	3	0	×	礫、厚さの変化大きい
3	弦打小学校		○		2	16	10.1	2	2	0	0	×	礫のみ
3	弦打幼稚園		○		2	35	20.0	3	1.5	0	1	○	
4	一宮中学校		○		2	33	10.3	1	1	0	0	×	礫のみ
5	田村保育園		○		2	25	10.2	3	2.9	1	0	△	礫が多い
6	桜町中学校	○	○		2	31	11.5	6	5.2	3	0	○	
7	高松第一高校	○	○		2	28	10.0	8	8	2	0	○	
8	高松高校	○	○		3	143	25.0	12	4.8	3	1	○	
9	四番丁小学校	○	○		2	42	20.0	10	5	3	1	○	
10	桜町保育園	○	○		2	38	20.3	17	8.4	8	0	×	薄いユニットが多い
11	多肥小学校		○		2	72	20.3	4	2	1	0	△	ほとんど礫
12	松島小学校	○	○		2	38	20.1	11	5.5	5	0	△	尖滅するユニット多い
13	中央小学校		○		2	40	20.3	9	4.4	1	0	○	
14	林小学校		○		2	38	10.0	1	1	0	0	×	礫のみ
15	福岡保育園	○	○		2	26	30.3	13	4.3	3	1	○	
16	木太南小学校	○	○		4	110	20.0	17	8.5	5	0	△	尖滅するユニット多い
17	木太小学校	○	○		2	102	20.5	15	7.3	5	0	△	尖滅するユニット多い
18	木太北部幼稚園	○	○		2	26	30.3	11	3.6	1	2	○	
19	屋島西小学校	○			5	142	30.0	14	4.7	4	2	△	
20	川添小学校		○		3	36	20.0	12	6	4	1	△	厚さの変化が大きい
21	川島小学校		○	○	2	51	20.0	15	7.5	7	0	△	
22	川島保育所		○	○	2	41	20.2	11	5.4	2	0	○	
23	古高松南小学校	○	○		4	135	20.0	13	6.5	6	2	△	
24	古高松小学校	○	○		2	41	20.0	16	8	10	0	△	
25	十河小学校		○	○	2	43	20.0	11	5.5	4	0	△	
26	前田幼稚園		○		2	22	10.4	7	6.7	0	0	○	
26	前田小学校		○		2	50	20.0	22	11	0	6	△	薄いユニットが多い

岩相ユニット数は花崗岩を除く  
岩相対比教材の判定 ○:好適, △:不向き, ×:不可

の流路堆積物は対比可能な場合がある(地点13)。また、三角州の内陸側辺縁部の堆積物や三角州頂置層(高松層)では、砂/泥のユニットが互層状となり、ボーリング地点間が数十m以内であればユニット境界面が多く見だせることがある(地点6,7)。それ以上の距離だと尖滅するユニットが多い(地点1,16,17,24)。氾濫原堆積物(上部香東川層)も同様である(地点20~26)。湖成あるいは河川成といわれている三豊層群(斉藤・中山,1954)では、薄い岩相ユニッ

トが比較的多く、側方への連続が悪く対比しにくい(地点21,25)。

以上のことから、高松平野では第四系の浅海性の砂質層であれば、数十m以内の地点で部層単位あるいは部層を構成する単層(群)間で対比可能であるといえる。

#### 4. ボーリング試料教材化の留意点

2および3で挙げたように、対比学習教材として適

切な堆積物やボーリング地点間の距離の制限などの点から教材地を選択することが必要である。これらを考慮して、教材化を図る留意点を以下に挙げる。

### (1) 地域地質層序の確立

平野地盤調査などでは、比較的狭い範囲であれば土質柱状図に示された岩相ユニットを、当該地域の地質構造の解釈をもとに対比する(高野, 1996)。教材化においても同様で、特に教材(土質柱状図)に鍵層が見いだせない場合は、教材地における岩相層序が確立しており、それを手がかりに対比する必要がある。

### (2) 対象地質体と範囲

教科書には地層分布学習の教材例として、関東ローム層などのように風成火山灰層を扱っているものがある(表2のMA, MBの両社)。風成火山灰層の側方への連続性は良いと期待できる。一方、低地でのボーリング柱状図を掲載している例(MA, MC, MDの各社)があり、ボーリング地点間の距離が200~500 m, 1 km 強, 数 km などである。地質柱状図であれば、このような距離でも対比可能であろう。先に、3(2)で検討したように、高松平野の三角州構成層や氾濫原堆積物のような第四紀堆積物では、数十 m 以内の範囲ならば部層や単層(群)に相当する岩相ユニットの連続性が良い。1 km 強や数 km の間隔で、河川や氾濫原堆積物、小規模な三角州での土質柱状図を教材化するには第四系とはいえ無理がある。

### (3) 教材用試料の選択

2(2)で述べたように、岩相ユニット区分の見逃しを少なくできるオールコアボーリング試料が教材として最も適切である。これが入手できない際には標準貫入試験による試料を用いる。同一学校内でも地質調査年度が異なると調査会社が異なることがほとんどであり、試料鑑定者も異なる。このため、教材として用意する柱状図は同一工事年度の同一試料鑑定者によるものが望ましい。

### (4) 基本層序の設定

対比にあたっては、まず基本層序の設定が必要である(日本地質学会地質基準委員会, 2003)。教材地のボーリング柱状図のうち、地下地質層序を代表する地点を模式とし、基本岩相ユニット層序を設定する。

### (5) 土質区分から堆積学区分への変換

2(1)で述べたように、ボーリング試料における土質区分(地盤材料区分)を堆積学的な粒度区分尺度に変換する。

表2 本文中で用いた教科書の略称一覧

校種	会社略称	文献名
小学校理科教科書	EA社	霜田ほか, 2002
	EB社	三浦ほか, 2005
	EC社	戸田ほか, 2005
	ED社	養老ほか, 2005
	EE社	吉川ほか, 2005
中学校理科教科書	MA社	細谷ほか, 2002
	MB社	戸田ほか, 2002
	MC社	吉川ほか, 2002
	MD社	三浦ほか, 2003
	ME社	霜田ほか, 2005
高校地学教科書	HA社	松田ほか, 2002
	HB社	力武ほか, 2002
	HC社	内海ほか, 2003
	HD社	大森ほか, 2005
	HE社	島崎ほか, 2005

### (6) 「地層」についての用法の相違

教科書において「地層」がどのような区分で用いられているかを調べるため、表2に示す教科書の記述内容を比較した。高校教科書(HA, HC, HEの各社)における「地層」の定義あるいは用法は、単層を意味する。これに対して小学校教科書(EA~EEの各社)や一部の高校教科書(HB, HDの両社)は、層状の地質体(単層)が累重したものを「地層」と説明している。MC社の中学校教科書は「地層」について定義していない。これらのように、教科書に記された「地層」の意味する地質体は、単層、部層、層、単層の累重など、校種や教科書によってさまざまである。本学習を実施するにあたり、教科書で述べられている岩相区分単位に留意する必要がある。

### (7) 鍵層の未習

中学校教科書(ME社)では鍵層の概念は学習しない。ところで、MA, MC, MEの各社教科書では、いわゆる堆積相の法則(Walther, 1894)といわれる、堆積物の岩相が側方で変化する様子を模式的に図示している。この図を見ると比較的広い範囲では、岩相だけで対比ができないように生徒には思えないだろうか。対比を考えさせるために、鍵層の概念について紹介することも考えられる。

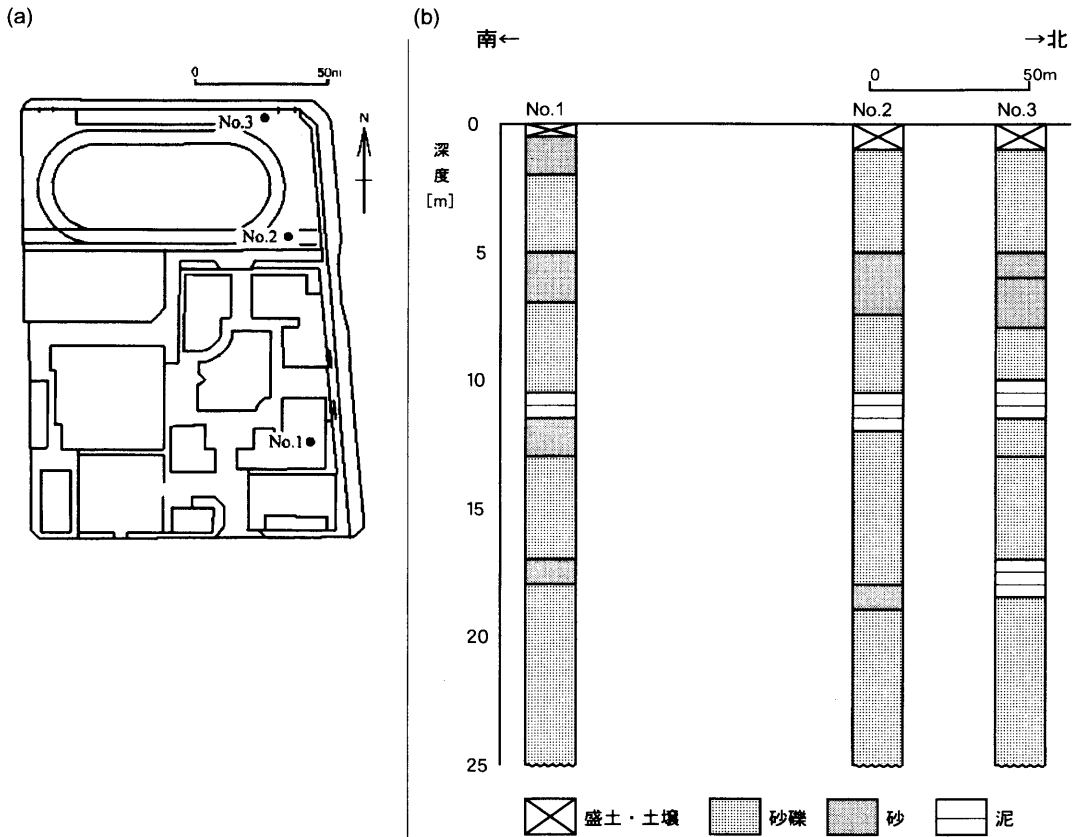


図4 学習用地質柱状図の例 (図1中の地点⑧)  
(a)位置図, (b)柱状図.

## 5. ボーリング試料を利用した平野地下の地層分布学習の展開案

4で述べた留意点を中心に、中学校理科あるいは高校地学において、ボーリング試料を地層分布学習のために教材化する場合の展開案を以下に述べる。

### (1) 学習項目の概要

学習項目名: 学校地下の地層の広がりを知る。

ねらい: ボーリング調査による標本や土質柱状図をもとに、鍵層および岩相ユニットの上下配列を手がかりとして学校敷地内地下地質の岩相対比を行い、身近な土地の地下にある地層の広がりを推定させる。

目標: 次のうち、すべてあるいはウ～オを重点的に選んで学習目標とする。

- ア 地層を構成する物質を観察する。
- イ 柱状図を作成する。
- ウ 2地点間の岩相ユニットを対比する。

エ 岩相ユニット断面図を作成する。

オ 岩相ユニットの分布(厚さ, 広がり, 傾きなど)を空間的に把握する。

### (2) 準備物

学校の敷地内で得られたボーリング調査による標本, 土質柱状図, その位置図(図4)。

### (3) 学習指導過程案

中学校理科における学習指導案の例を表3に示す。

(1)のウ～オのみを目標とする場合は, 表3中の学習内容のⅢ～Ⅳを省略する。

注意点: 表3中の指導上の注意点について以下に述べる。

- ①掘削後, 時間が経過した試料の表面にはカビが生えることが多いので, あらかじめ試料表面を削り, 生徒が堆積物に対して誤った認識を持たないように注意する。しかし, 試料のカビ臭まで除去することは難しいので, 堆積物本来の臭気でないことを指導者

表3 ボーリング柱状図を用いた地層分布学習の指導過程案

学習項目	学習内容	指導者の活動	生徒の活動	指導上の注意点
導入	I 授業目標 地層の観察 経験のアンケート	ねらいを提示する。 地下のようすを見た ことがあるか質問 する。	ねらいを知る。 見たことがある生 徒はどこで見たか、 どんなようすだった かを思い出して発 言する。	地層の側方への広 がり追究すること を授業のねらいで あることを伝える。
展開	II ボーリング調 査の紹介	地下のようすを調べる ためにはどうする か復習する。 教材のボーリング 地点を位置図など で具体的に示す。	小学校で学んだ。 地下の地層の試料 採取法を思い出す。	調査機材や調査風景 の画像を提示する。 参考：浅井（1998）
	III 土質試料の 観察	土質標本を見せる。 粒度の違いによつて 堆積物の名称が異 なることを知らせる。	粒度の違いなどを 観察する。	注意点①、②、③
	IV 土質柱状図 の完成	標準貫入試験によ る試料の場合、部 分的に未完成な柱 状図を提示する。	未完成の部分につ いて試料の観察を して、柱状図を完 成させる。	注意点④
	V 岩相ユニット の対比	2地点間の柱状図 のうち、一方を基 本層序に設定させ る。 同じ岩相の堆積物 を対比させる。	基本層序となる柱 状図と比較し、同 じ岩相の堆積物 を見だし、柱状図 間に対比線を引く。	注意点⑤
	VI 断面図の作 成	対比をもとに断面 図を作成させる。	対比線で挟まれた 範囲を塗色し、断 面図を完成させる。	同岩相は同色で塗色 させる。
	VII 考察	岩相ユニットの分布 のようす（厚さや広 がり、傾き）を分 析させる。	断面図をもとに、 岩相ユニットの分布 を分析する。	注意点⑥
	まとめ	VIII まとめ	学習活動において わかったことをまと める。	まとめにより学習内 容を確認する。

が説明する必要がある。

- ②試料瓶のラベルや地質柱状図に記載されている詳細な土質名を、学校で学習する堆積物などの区分（礫、砂、泥、火山灰など）に変更しておく。例：「粘土」、「シルト」→「泥」、「浮石」→「軽石」。火山灰は必要に応じて観察しやすいように泥分を除去しておく。
- ③ふるい分けした礫～泥などの比較用標本を用意しておき、ボーリング試料と見比べさせる。
- ④柱状図は地形と地層分布の関係を明らかにするために、調査地点の標高に合わせて配列する（高安・大西，1985）。

⑤火山灰があれば、岩石記載学的な検討を経て優先的に対比できることを知らせる。次に特徴的な岩相ユニットを優先的に対比し、その上下位へ岩相ユニットの比較を広げて対比することに気づかせる。

⑥断面図をもとに地表の目印（校舎やその他施設）を用いながら、空間的なイメージに具体性を持たせるようにする。

## 6. 今後の課題

教材地の岩相層序区分を確立するためには、ボーリング試料の入手、試料の観察と分析、層序区分の検討

を必要とする。しかし、教員がボーリング試料を入手する機会は一般に乏しいことから、これらのすべてを行うことは難しい。また、教材に好適なボーリング柱状図を入手できないことも予想される。東京都では、東京都土木技術研究所のwebサイト上で、地質断面図を閲覧することができる([http://www.doken.metro.tokyo.jp/2\\_johokokai/danmenzu/danmenzu.html](http://www.doken.metro.tokyo.jp/2_johokokai/danmenzu/danmenzu.html))。さらに進んで、教材作成の便宜を図るために、学校などのボーリング柱状図を教員間で共有化できればよいだろう。その際、情報の効率的な検索を行うために、ボーリングデータベースの閲覧と岩相対比の検討のためのコンピュータ・ソフトウェアの使用が考えられるが、専門家用に販売されているものは著しく高価である。教材開発用の学習用地質柱状図データベースおよびその閲覧ソフトウェアがあると、ボーリング柱状図を利用した教材がより普及すると期待される。

**謝 辞** 大阪市立大学大学院理学研究科の三田村宗樹博士からは、ボーリング調査の実態やその利用のあり方についてご教示をいただいたほか、本研究の内容に関してご意見をお寄せいただいた。また、本研究を進めるにあたり、香川県高松土木事務所、香川県立高松高等学校、高松市役所建築課、復建調査設計(株)高松支社、(株)エイトコンサルタント技術二部、青葉工業(株)には、ボーリング試料提供の便宜を図っていただくなど、諸事にわたりお世話になった。以上の機関、諸氏のご協力に心より感謝の意を表し、末筆ながら御礼申し上げます。

## 引用文献

- 浅井孝一(1998): 1-2 ボーリングごっこ—寒天地層モデルの活用—。日本地学教育学会教育実践集編集委員会(編), 地学教育実践集。トータルメディア出版, 東京, 12-14。
- 占谷正和(1999): 1.6 地質学的試験。地盤工学会地盤工学ハンドブック編集委員会(編), 地盤工学ハンドブック。地盤工学会, 382-384。
- 細谷治夫ほか(2002): 中学理科2分野上。教育出版, 東京, 109 p。
- 地盤工学会(1996): 改正地盤工学会基準・同解説。地盤工学会, 39 p。
- 川村教一(2001): 香川県高松平野の沖積層の層序とその堆積環境。第四紀研究, **39**, 489-504。
- Kawamura, N. (2003): Late Pleistocene and Holocene Sediments and Geomorphological Development of the Takamatsu Plain, Kagawa Prefecture, Southwest Japan. *J. Geosciences, Osaka City Univ.*, **46**, 67-92。
- 建設大臣官房技術調査室・建設省土木研究所(1995): ボーリング柱状図作成要領(案)解説書。日本建設情報総合センター, 東京, 55 p。
- 国土地理院(1986): 土地条件調査報告書(高松地区)。国土地理院技術資料D・2-No. 40, 93 p。
- 公文富士夫(1996): 粒度階区分。地学団体研究会新版地学辞典編集委員会(編), 新版地学事典, 平凡社, 東京, 1395。
- 松田時彦ほか(2002): 高等学校地学I。新興出版社啓林館, 大阪, 247 p。
- 三浦 登ほか(2003): 新しい科学2分野上。東京書籍, 東京, 109 p。
- 三浦 登ほか(2005): 新編新しい理科6下。東京書籍, 東京, 64 p。
- 文部省(1999): 中学校学習指導要領(平成10年12月)解説—理科編—。大日本図書, 東京, 162 p。
- 森 勇一(1982): 2.1 低地のおいたちをさぐる。地学団体研究会「自然を調べる地学シリーズ」編集委員会(編), 自然を調べる地学シリーズ4 地層と化石。東海大学出版会, 東京, 26-35。
- 日本地質学会地質基準委員会(2003): 地質学調査の基本—地質基準。共立出版, 東京, 220 p。
- 大森昌衛ほか(2005): 地学I。実教出版, 東京, 159 p。
- 力武常次ほか(2002): 高等学校地学I。数研出版, 東京, 255 p。
- 齊藤 実・中山一義(1954): 香川県の地質(そのII)三疊層群(メタセコイア層)の層序について(予報)。香川県立農科大学学術報告, **6**, 32-38。
- Salvador, A. (1994): International Stratigraphic Guide (2nd ed.). (国際層序ガイド: 層序区分・用語法・手順へのガイド。日本地質学会訳編, 2001年), 共立出版, 東京, 238 p。
- 島崎邦彦ほか(2005): 地学I 地球と宇宙。東京書籍, 東京, 181 p。
- 清水洋志(1985): 4.3 土質断面図の作成。土質断面図の読み方と作り方編集委員会(編), 土質断面図の読み方と作り方, 土質工学会, 93-128。
- 霜田光一ほか(2002): 中学校理科2分野上。学校図書, 東京, 121 p。
- 霜田光一ほか(2005): みんなと学ぶ小学校理科6年。学校図書, 東京, 121 p。
- 高橋 学(1987): 高松平野の地形環境分析I。高松市太田地区周辺遺跡詳細分布概報。高松市教育委員会, 87-98。
- 高野 仁(1996): 第III部第6章地質構成の表現。武田裕幸・今村遼平(編), 応用地学ノート。共立出版, 東京, 367-371。
- 高安克己・大西郁夫(1985): 地学ハンドブックシリーズ・1 地質図学。地学団体研究会, 160 p。
- 戸田盛和ほか(2002): 中学校理科2分野上。大日本図書, 東京, 121 p。
- 戸田盛和ほか(2005): 新版たのしい理科6上。大日本図

- 書, 東京, 72 p.
- 東京都土木技術研究所 (1969): 東京都地盤地質図 (23 区内) — 東京都地質図集 2-1. 東京都土木技術研究所.
- 内海和彦ほか (2003): 高等学校地学 I. 第一学習社, 広島, 184 p.
- Walther, J. (1894): Einleitung in die Geologie als Historische Wissenschaft. G. Fischer, Jena, 1055 p.
- Wentworth, C. K. (1922): A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *J. Geol.*, **30**, 377–392.
- 養老孟司ほか (2005): 小学理科 6 下. 教育出版, 東京, 102 p.
- 吉川弘之ほか (2002): 理科 2 分野上. 新興出版社啓林館, 大阪, 119 p.
- 吉川弘之ほか (2005): わくわく理科 6 下. 新興出版社啓林館, 大阪, 55 p.
- 全国地質調査業協会連合会 (2003): ボーリングポケットブック第 4 版. オーム社, 東京, 505 p.

**川村教一: 土質調査用ボーリング試料を利用した対比学習の教材化の留意点: 香川県高松平野での検討から地学教育 59 巻 5 号, 167–176, 2006**

〔キーワード〕 ボーリング調査, 対比, 第四紀, 高松平野, 中学校

〔要旨〕 ボーリング試料の教材化にあたり, 香川県高松平野に位置する学校内で実施されたボーリング土質柱状図を用いた岩相ユニット対比の教材化を検討した. 対比の教材化が可能なのは, 対比する地点間距離が数十 m 以内の, 三角州成の砂質層の部層あるいは単層群である. 岩相ユニット対比を指導する際には, 地質層序区分を統一して用語を用いること, 地盤工学と堆積学における粒度区分尺度の違い, 土質柱状図の地質情報の少なさに留意する.

Norihito KAWAMURA: Advice on Development of Teaching Material Dealing with a Correlation Study Utilizing Soil Drilling Logs and Samples, Based on the Examination of the Takamatsu Plain, Kagawa Prefecture, Southwest Japan. *Educat. Earth Sci.*, **59**(5), 167–176, 2006

## 紫外線と水および塩酸による岩石の変化

—科学部における探究活動の報告—

Chemical Change of Rocks by the Ultraviolet Rays, Water and Hydrochloric Acid

—The Report of Inquiry Activities in Science Club—

小森 信男\*

Nobuo KOMORI

**Abstract:** The influence of ultraviolet rays on the alteration of rocks is experimentally investigated by students of a junior high school under the guidance of the author. It is clarified that the irradiation rays make the surface of such rock species as basalt, sandstone, conglomerate and mudstone soaked in water change partly its color showing rather brown tint and make the basalt soaked in hydrochloric acid have brown like colored surface. The investigation of ultraviolet rays influenced on rocks seems appropriate for the students to have interests and inquiring mind continuously.

**Key words:** science club in junior high school, inquiry activity, ultravioletray, water, hydrochloric acid, brownish rocks

### 1. はじめに

筆者は、岩石の風化変質実験を中学校の科学部において14年間指導している。この指導の中で「火星の岩石はなぜ褐色か」を探ろうと生徒に呼びかけ、いくつかの実験を行った。このきっかけとなったのは、火星の岩石が褐色を帯びている理由について、河島・小池(1997)が、「紫外線によって水蒸気や炭酸ガスが分解し、その結果表面の砂や岩石の鉄分が酸化される。」という記述を行っていることである。このことを実験的に確かめた内外の文献を調べてみたが、全く見当たらなかった。そのため、科学部の研究テーマとして、岩石が本当に紫外線と水と二酸化炭素によって褐色化するのかを調べてみることは、おもしろいと考えた。そして生徒もこのテーマに強い興味関心を示した。

紫外線が物質に及ぼす影響については、光化学の分野で調べられつつある。鷺田・秋元(1988)によると、

H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> など、大気光化学反応に関連の深い代表的な分子の光反応過程が調べられている。また、溶液中や固相における金属錯体の光化学反応について多くの研究がある[米田・水町(1988), 富永(1988)]. 金属学の分野では、金属に紫外線を照射する研究が、いくつか行われている。例えば、Betocci(1978)や藤本ほか(1998)らのように、金属表面の不働体皮膜の変化や光による腐食挙動の電気化学的背景を調べるために、水溶液中の銅やステンレス鋼などに紫外線を照射する実験が行われている。一方、紫外線による環境問題が拡大し、紫外線が生物に与える影響についても、最近関心が高まっている。理科教育においては、森本(1997)および森本ほか(2003)が、紫外線が生物に及ぼす影響に関する学習の必要性を指摘し、その生徒用実験教材を開発している。しかし、地学分野においては紫外線を使った探究活動は行われていない。

\* 大田区立南六郷中学校 2004年4月1日受付 2006年2月16日受理

筆者は、後に示す実験1~5を、生徒実験として行った。このうち実験1~4の目的は、岩石が、紫外線、水、二酸化炭素の組み合わせで、どのように変化するかを調べることである。また実験5の目的は、塩酸に浸った玄武岩が、紫外線によってどのように変化するかを調べることである。本論文では、これらの実験とその結果について簡単に紹介する。大部分が中学校の実験設備によって中学生が行うことができる簡易的な実験であり、実験結果には新しい知見がいくつか含まれている。

## 2. 使用した岩石

この研究で用いた岩石は、カコウ岩、安山岩、玄武岩、れき岩、砂岩、泥岩、凝灰岩、石灰岩であり、生徒実験用岩石として、多くの学校で理科室に常備されているものである。岩石の産地および構成鉱物または主成分などを次に示す。

### (1) カコウ岩 (岡山市万成町産)

主な構成鉱物は、石英・正長石・微斜長石・斜長石・黒雲母・角閃石である。微斜長石は、桃色を呈する。

### (2) 安山岩 (鳥取県西伯郡大山町大山産)

主な構成鉱物は、斜長石・普通輝石・普通角閃石である。石基の部分は灰色を呈する。

### (3) 玄武岩 (京都府天田郡夜久野町高内産)

主な構成鉱物は、カンラン石・斜長石・普通輝石である。全体として暗灰色を呈する。

### (4) れき岩 (大阪府泉佐野市大木産)

主な構成れきは、チャート・砂岩である。全体として濃暗青色を呈し、かたく緻密である。

### (5) 砂岩 (福井県足羽郡美山町小和清水産)

主な構成鉱物は、石英・長石である。全体として灰色を呈する。

### (6) 泥岩 (石川県輪島市里産)

主成分は泥・珪藻である。全体として黄土色を呈し、もろくやわらかい。

### (7) 凝灰岩 (福井県栗谷産)

主成分は、火山灰・火山砂である。マトリックスは緑色を呈し、もろくやわらかい。

### (8) 石灰岩 (岐阜県大垣市金生山産)

主な構成鉱物は、方解石( $\text{CaCO}_3$ )である。全体として灰色を呈し、フズリナが多数見られる。

## 3. 岩石の色の表し方

この研究では、岩石の色の変化を肉眼で観察した。そして必要性がある場合は、コンピュータグラフィックにおいて、一般に使用されているRGB方式を用いて色を表現した。色の表し方はさまざまな方法があるが、RGB方式では、RGBの値を指定すればその色をパソコンで見ることができ、客観的な色の表現が可能と考えたからである。またRGB方式を使用しているグラフィックソフトは、フリーソフトとして簡単に手に入れることが可能なものが多いこともその理由である。RGB方式では、R, G, Bとも0~255の範囲で変化する。

## 4. 使用した装置

### (1) 紫外線発生灯

火星面に放射されている太陽光の全エネルギー量は平均  $590 \text{ W/m}^2$  である(河島・小池, 1997による)。そしてこの約1/10である  $60 \text{ W/m}^2$  ほどが、火星表面に降り注ぐ紫外線のおおまかな照度である。

そこで、この照度に近く中学生でも手に入れることができる15 W ブラックライト、15 W 日焼け灯、20 W 殺菌灯を、紫外線発生灯として使用した。ブラックライトはピーク波長が300 nm以上であり、目や皮膚に有害な300 nm以下の紫外線は放射しない。殺菌灯のピーク波長は245 nmであり、生物に有害であるため、常時ステンレス板で覆って光が漏れないようにして3本を並列して使用した。ブラックライトと日焼け灯の照度の測定値をまとめると表1のようになる。この値は、UVセンサー付きコンパクトクロックで測定した。殺菌灯の照度はメーカー測定値によると、ランプの中心から10 cmで  $10 \text{ W/m}^2$  である。したがってこのランプを3本並列にすると、3倍弱の照度つまりランプの中心から10 cmで、約  $25 \text{ W/m}^2$  ほどになると考えられる。

### (2) EPMA

この研究の実験5では、EPMAを使用した。この装置は東京工業大学理学部地球惑星科学科の日本電子

表1 発光管からの距離と照度との関係

発光管からの距離	ブラックライト	日焼け灯
1 cm	$88 \text{ W/m}^2$	$32 \text{ W/m}^2$
5 cm	$44 \text{ W/m}^2$	$29 \text{ W/m}^2$



(株)製 JBM-5310LV 型であり、筆者の指導の下、生徒が基礎的な操作を行った。

## 5. 実験と結果

次の実験 1~5 を行った。それぞれについて、実験の方法と得られた結果を示す。これらの実験の方法は、生徒と指導者である筆者が話し合って決定したものである。

### (1) 紫外線、水、二酸化炭素が岩石の褐色化に及ぼす影響を調べる実験 (実験 1~4)

#### 1) 空気中で岩石に紫外線を照射する実験 (実験 1)

直径 0.5~1 cm 程度の岩石を、紫外線発光管から約 1 cm 以内の距離に位置するようにした。このために、塊状の岩石は接着剤でアルミニウム板に付着させ、アルミニウム板はスタンドのアームで固定した (図 1)。そして岩石に、紫外線を 4 カ月間照射し続けた。そして岩石表面の色の変化を肉眼で観察した。この結果、れき岩、砂岩、凝灰岩の表面に肉眼でやっと確認できる程度の褐色の点状の部分がわずかに認められた。またすべての岩石表面全体の色は少し薄くなったが、それ以外の変化は見られなかった。紫外線発光管は、ブラックライト、日焼け灯、殺菌灯を使って行ったが、発光管の種類の違いによる差は、ほとんど見られなかった。

#### 2) 空気中で岩石に紫外線をあて、水道水に 1 時間浸す実験 (実験 2)

アルミニウム板に付着させた直径 0.5~1 cm 程度の塊状の岩石を、500 mL の精製水の入ったビーカー中に 1 時間入れる。その後、岩石が発光管から約 1

cm 以内の距離に位置するように、スタンドのアームでアルミニウム板を固定し、紫外線を照射した。岩石中に含まれた水は数時間程で、ほぼ蒸発し岩石から抜け出る。毎日この操作を繰り返し 4 カ月続けた。そして岩石表面の色の変化などを肉眼で観察した。その結果、カコウ岩、安山岩、玄武岩、れき岩、砂岩の表面に直径 0.1 mm 程度の褐色の点状の部分がわずかに生じた。この褐色とは、RGB 方式で  $R=130, G=50, B=0$  で表される色に近い色である。また、すべての岩石表面全体の色は少し薄くなったが、それ以外の変化は見られなかった。紫外線発光管は、ブラックライト、日焼け灯、殺菌灯の発光管を使って行ったが、発光管の違いによる差は、ほとんど見られなかった。

#### 3) 二酸化炭素の入った試験管中に岩石を入れ、紫外線を照射する実験 (実験 3)

アルミニウム板に付着させた直径 0.5 cm 程度の塊状の岩石を、石英ガラス製の試験管に入れた。石英ガラスによる紫外線の吸収はほとんどない。試験管には、二酸化炭素を内部の空気を十分追い出す程度に加え、ゴム管で密封した。その試験管に入った岩石が、紫外線発光管から約 0.5~1 cm の距離に位置するように、試験管をスタンドアームで固定して、紫外線を 3 カ月照射し続けた。そして岩石表面の色の変化等を肉眼で観察した。この結果、殺菌灯で安山岩、れき岩、砂岩が全体的にわずかに褐色になった。また凝灰岩の緑色が少し濃くなった。それ以外には、ほとんど変化がなかった。紫外線発光管は、ブラックライト・日焼け灯・殺菌灯の発光管を使って行ったが、発光管の種類の違いによる差は、ほとんど見られなかった。

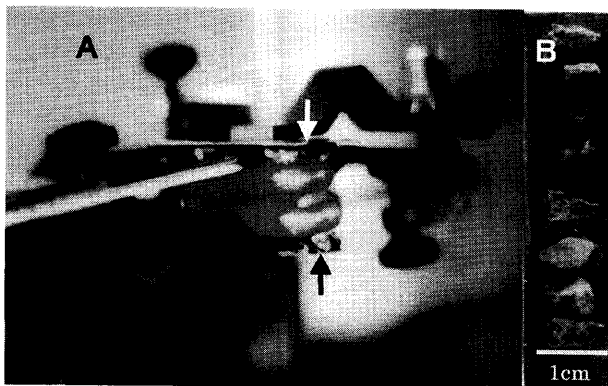


図 1 A: 岩石のついたアルミニウム板をアームに固定し、ブラックライトで紫外線を照射している状態。矢印の先端が、岩石のついたアルミニウム板 (ブラックライトの上と下にセットした)。温度計で温度も監視している。B: 岩石のついたアルミニウム板。

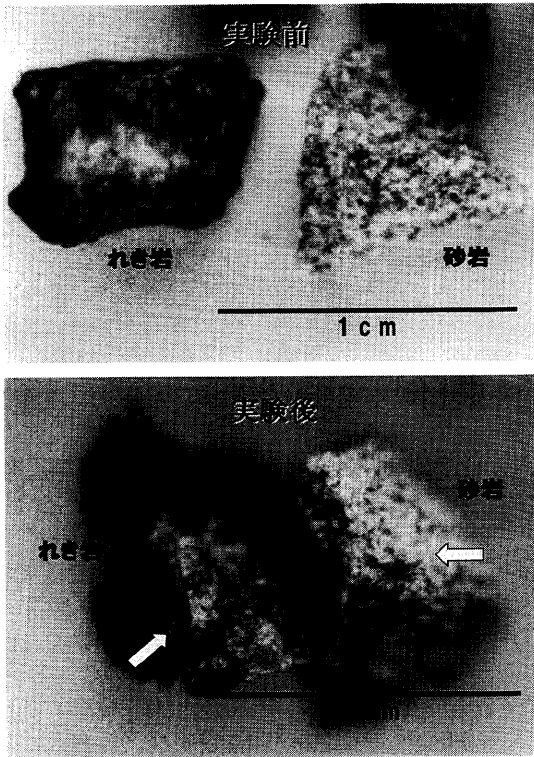


図2 実験前と実験後のれき岩と砂岩  
実験前には明らかに矢印の褐色の部分はない。  
なかった。

#### 4) 水に入れた岩石に紫外線を照射する実験 (実験4)

直径1 cm程度の塊状の岩石を、50 mLほどの水の入ったシャーレに入れた。そして発光管から5 cmの距離に、シャーレ中の岩石が位置するように置いた。水は発光管の熱で蒸発するため、毎日水を補給した。2カ月間、紫外線を照射し続けた。そして岩石表面の色の変化等を肉眼で観察した。水は、精製水、水道水、炭酸水の場合でそれぞれ行った。紫外線発光管は、殺菌灯を使って行った。ブラックライトと日焼け灯を用いなかった理由は、実験1~3の結果から判断して、それほど変わりがないと判断したためである。この実験の結果、玄武岩・砂岩・れき岩の表面に褐色で直径1~2 mmの点状の部分が、1~数個生じた。このうち砂岩とれき岩に生じたものを図2に示す。この褐色の部分も実験2と同じく  $R=130, G=50, B=0$  で表される色に近い色である。なお、実験前の砂岩の色は全体として  $R=195, G=195, B=180$  で表される色に

近く、れき岩の色は全体として、 $R=25, G=70, B=40$  で表される色に近い。また、泥岩では、褐色の面状の部分が生じた。このように実験4では、実験1~3に比べると、岩石の表面が、褐色になる程度は明らかに大きい。

他の岩石は、褐色になった部分はない。しかし、水道水を使ったとき、シャーレの底一面が少し黄土色になることがわかった。この実験の生徒記録の一部を示す(図3)。生徒は、岩石表面の色の変化として、褐色以外に、カコウ岩の白色鉱物の一部が黄色に変化するといわずかな変化も記録している。さらに微妙な色合いの変化についても記録しているが、明らかにはっきりと認められる色の変化は、表面の一部が褐色に変色する現象である。

#### (2) 塩酸に玄武岩を浸し紫外線を照射する実験 (実験5)

筆者と生徒たちは、実験4において、岩石が褐色化した部分は、岩石から溶け出した鉄分が、紫外線によって酸化鉄になったためと推定した。実験1~3ではあまり色の変化はなく、岩石が褐色化するのには実験4のように岩石が水中に浸ることが重要な要素と考えた。そして岩石から、鉄分が多く溶け出ると酸化鉄がより多く生じ、より褐色化するのではないかと考えた。この予想と科学部の以前の研究結果をもとに、次のような実験を行った。

2 cm×2 cm×3 mmの直方体に整形した数gの玄武岩を入れたガラス容器を2個用意する。この二つのガラス容器に、pH2の塩酸を10 mL加える。そして一方の玄武岩には、紫外線を照射する。もう一方の玄武岩は、紫外線を照射せず乾燥炉により40°C程度で乾燥させた。同じようにpH3の塩酸も紫外線を照射するものと、照射せずに乾燥炉に入れるものを用意した。紫外線照射灯を照射したガラス容器内の試料は、紫外線の熱によって40°Cほどになり、容器内の水は2日ほどで乾燥した。乾燥炉に入れた塩酸も、ほぼ同じ時間で蒸発した。なお玄武岩を用いた理由は、火星の表面の岩石は玄武岩質~安山岩質のものが多く考えられているからである(小森, 2001)。しかも玄武岩は、鉄分を多く含みこの実験に適しているためである。また水でなく塩酸を用いた理由は、塩酸のほうが水よりも多くの鉄イオンが玄武岩から溶液中に溶けると考えたからである。紫外線灯は、殺菌灯を使用した。玄武岩と3本の殺菌灯との距離は5 cm程度になる。この実験では、塩酸の湿潤乾燥の過程を1サイク

② 水道水十殺菌灯 1月25日から3月25日まで	
カコウ岩	
3月4日 (乾燥)	白いところが黄色くなった。
3月11日 (乾燥)	白い部分が黄色くなっている。
鞍山岩	
2月5日	茶色い点が増えた。
2月9日	褐色の点多数あり。
2月15日	濃くなっている。
2月18日	先端が赤くなっている。
2月22日	より赤みを左手部分が多い。
2月23日	赤っぽくなっている。
2月25日	茶色っぽくなっている。
2月26日	太陽光線にあててみると、褐色の部分直径1mm程増えている。
3月4日 (乾燥)	赤い部分の赤ささらに増す。赤くなっている。
3月11日 (乾燥)	赤っぽくなっている。
玄武岩	
2月22日	色が濃くなる。より黄色みを帯びている。
2月24日	だんだん黄色っぽくなっている。
2月25日	角が褐色になった部分あり。
3月4日 (乾燥)	太陽にあてると赤い点が見える。
3月11日 (乾燥)	全体が褐色にならている。
3月17日	明らかに黄色い点2つあり。
3月20日	黄色い点2つある。
水基岩	
2月9日	色が赤くなっている部分あり。
2月16日	こくなっている。
3月4日 (乾燥)	茶色い点がある。
3月11日 (乾燥)	全体が赤っぽくなっている。
3月14日	茶色い
3月24日 (乾燥)	赤っぽいところが全体的にある。
砂岩	
3月4日 (乾燥)	丸みがかっている。
3月11日 (乾燥)	あまり変化していないが、やや黄色みを帯びている。
泥岩	
3月4日 (乾燥)	丸みがかっている。
3月11日 (乾燥)	白っぽくなっているが、やや褐色を帯びている。
凝灰岩	
2月9日	赤っぽくなった多量物あり。
2月17日	緑色が少し減っている。
2月19日	茶色い点が大きくなった。
3月4日 (乾燥)	赤い点がある。
3月11日 (乾燥)	緑色が薄くなり、やや褐色を帯びる。
まとめ	
・黄色や茶色(褐色)っぽい部分が、カコウ岩、鞍山岩、玄武岩、水基岩、砂岩、泥岩、凝灰岩に生じました。予想通り実験1,2,3に比べると、褐色になる程度は大きいと思います。	

図3 生徒の観察記録例

ルとした。

この1サイクルの過程は、地球上や火星上で、天然の湖や沼などの酸性の水溶液に浸った玄武岩が、乾燥することに近い状態とおおまかに考えている。自然の場合、湖などが干上がるにはかなり長い年月がかかり、水溜りの水が乾燥する場合は、数日のこともある。

いずれにせよ水の存在する惑星では、岩石が水溶液に浸り、その後乾燥するという過程は生じやすいはずである。その湿潤乾燥の影響を調べるために、室内で似たような状態をつくるということである。この実験では、水溶液に浸る時間が自然の状態の何年分にあたるかなど、この実験の条件が自然の状態のどのような状

態に相当するのかを具体的に絞ることはできない。しかし、このようなモデル実験はこれまで行われたことがなく、酸性水溶液による湿潤乾燥が岩石に及ぼす影

響について新しい知見を得ることができると考えた。

以上のような湿潤乾燥のサイクルを11サイクルまで行った。その結果、サイクルを加えるほど、玄武岩表面や塩酸が乾燥した部分の色が変化していった。そしてpH2では、紫外線を照射したほうは、玄武岩表面と塩酸が乾燥した部分は山吹色に似た色になった。この色はR=255,G=180,B=0で表せる色に近い色である。紫外線を照射せず炉乾燥したほうも、玄武岩表面と塩酸が乾燥した部分は山吹色に似た色になったが、色の变化の程度は、紫外線を照射したほうが大きくなった。紫外線を照射したほうは、岩石中心から、岩石も含めて半径が約2cm以上の円内が、山吹色に似た色に変化しているのに対し、紫外線を照射しないほうは、半径約1.2cmが山吹色に似た色に変化した(図4)。さらに半径約1.2~2.0cmは、山吹色を薄めたような色が認められた。この色は、R=190,G=180,B=0で表される色に近い。同じ実験をpH3の塩酸を用いて行ったが、pH3の場合も、紫外線を照射したほうが照射しない場合よりも色の变化の程度は大きいことがわかった。紫外線を照射したほうは、半径約1.2cmがpH2と同様の山吹色に似た色に変化した。紫外線を照射しないほうは、ほとんど変色しなかった(図4)。

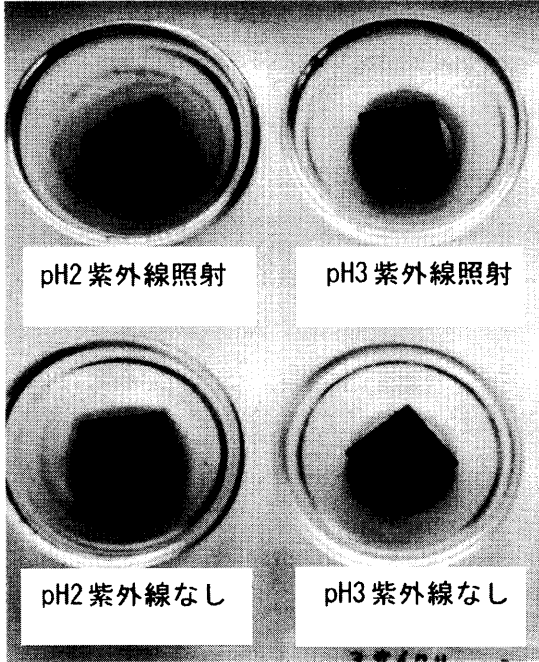


図4 紫外線を照射した場合と照射しない場合の違い  
 同じpHでは、紫外線を照射したほうは、しないほうよりも玄武岩とガラス容器の表面がより変色している。

pH2およびpH3とも、変色した部分には粉状の物質が付着していた。この粉状の物質を調べるために、pH2の塩酸を用いた実験のうち12サイクル目に紫外線を照射するものと照射しないものそれぞれについて

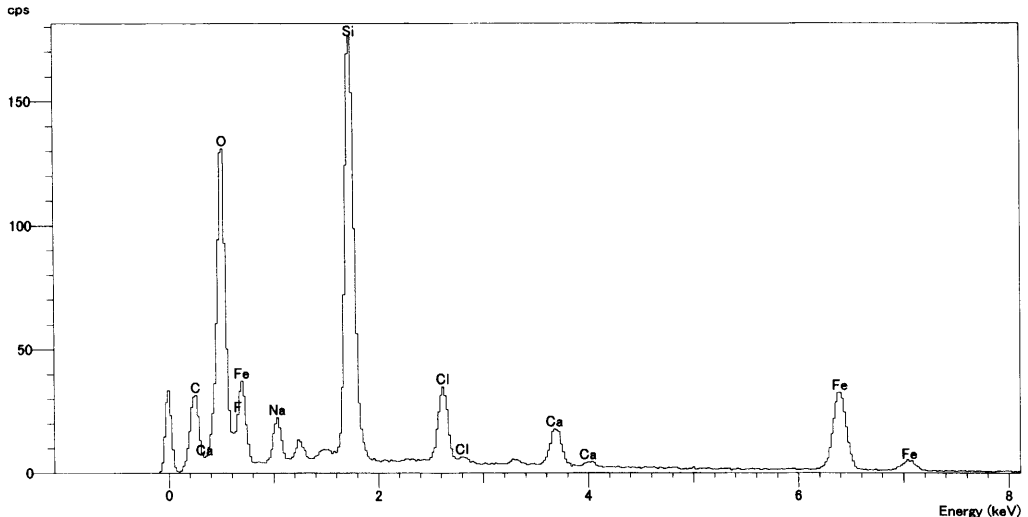


図5 褐色化した部分のEPMAによる定性分析図

て、玄武岩が浸った塩酸をスポイドで少量採り、1滴スライドガラスに滴下した。そして、紫外線灯および乾燥炉で乾燥させた。その後スライドガラスに付着した褐色の粉状の物質をEPMAで分析した。紫外線を照射したほうの試料のEPMA定性分析図を図5に示す。紫外線を照射しない試料の定性分析図も、ほとんど同じであった。

## 6. 考 察

実験1~2から、空气中で岩石に紫外線を照射すると、紫外線の脱色作用によって、表面全体の色が薄くなるのがわかる。実験3では、二酸化炭素中においては、空气中のように、岩石表面の色が薄くなる現象はほとんど認められなかった。逆にわずかに表面全体が褐色になった岩石がいくつかあった。しかしこの実験のような、二酸化炭素と紫外線だけの組み合わせでは、はっきりした色の変化は起こらないことがわかる。

実験5では、玄武岩の表面や塩酸が乾燥した部分に生じた褐色の粉状の物質は、図5より塩化鉄を主体とした塩類と推定する。そして紫外線を照射すると、同じpHではより褐色化することから、紫外線は塩類の結晶化を促進する可能性がある。玄武岩から溶け出た鉄分は、予想した酸化鉄にはならず、主に塩化鉄になったことがわかった。pH2はpH3よりも、塩酸中に溶け出る鉄イオンの濃度がずっと多いために、他の条件が同じであれば、生じる塩化鉄の量はpH2のほうが多くなると考えられる。

実験4では紫外線で生じる褐色で点状の部分の大きさが1~2mm程度になった。この部分も、何らかの塩類が生成した部分かもしれない。この部分の分析も今後行っていきたいと考えている。

実験1~5の結果からは、火星の岩石がなぜ褐色化しているかを説明できないが、水や塩酸中に浸った岩石に紫外線を照射すると、岩石が変色する反応が促進されることがわかった。

## 7. おわりに

本論文では、主に1997~1999年の品川区立八潮中学校科学部(天文地学部)の指導で行った実験とその結果について記述した。生徒たちは、ほぼ毎日確実に観察して、結果を刻銘に記録した。毎日の変化が少なく単調な作業の繰り返しを毎日行うことになったが、

生徒は、当番を決めて交代制で約2年間の継続観察を行った。この研究のように、紫外線が岩石に及ぼす影響について、いくつかの要因を組み合わせることにより、様々な探求活動を行うことが可能だろう。さらに、紫外線が鉱物や金属に及ぼす影響を調べることも非常におもしろい結果がでることが予想される。この報告が、紫外線を用いた生徒の探求活動を活発にするための事例の一つになれば幸である。また、このような生徒研究を蓄積していくと、地球惑星科学に貢献できる結果を得ることも可能と考え、筆者は紫外線を使った生徒探求活動指導を続けている。この報告の後の研究では、硫酸を使用した同様の実験を行い、興味深い現象が観察されている。それについては、後ほど報告したい。

**謝 辞** この研究を進める過程で、早稲田大学教育学部の円城寺 守先生に、紫外線装置等について有益なご助言をいただいた。また惑星研究家の小森長生先生に、惑星科学の見地からこの研究の有効性についてご助言をいただいた。そして東京工業大学の塚本尚義先生には、EPMAを使用させていただき、EPMA定性分析図の読み取りについてご教示いただいた。以上の方々に、厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

- Betocchi, U. (1978): Photopotentials on Copper and Alloy Electrodes. *J. Electrochem. Soc.*, **125**, 1598-1602.
- 藤本慎司・柴田俊夫・山田智之(1998): 紫外線照射によるType304ステンレス鋼の不働態皮膜改質と孔食抑制. *日本金属学会誌*, **62**, 527-533.
- 河島信樹・小池惇平(1997): 火星探検, PHP研究所, 京都, 24 p.
- 小森長生(2001): 火星46億年の歴史をたどる, 小森長生(著), 火星の驚異, 平凡社, 東京, 109-120.
- 森本弘一(1997): 紫外線教材. *理科の教育*, **46**, 60-62.
- 森本弘一・松村佳子・近藤芳彰(2003): 紫外線の生物影響を示す教材の有効性. *理科教育学研究*, **43**(1), 19-28.
- 富永 健(1988): 固相光化学反応, 日本化学会(編), 無機光化学, 学会出版センター, 東京, 87-96.
- 米田速水・水町邦彦(1988): 遷移金属錯体の光化学反応, 日本化学会(編), 無機光化学, 学会出版センター, 東京, 39-59.
- 鷲田伸明・秋元 肇(1988): 気相における化学反応, 日本化学会(編), 無機光化学, 学会出版センター, 東京, 14-38.

小森信男：紫外線と水および塩酸による岩石の変化—科学部における探究活動の報告— 地学教育 59 巻  
5号, 177-184, 2006

〔キーワード〕 中学校科学部, 探求活動, 紫外線, 水, 塩酸, 岩石の褐色化

〔要旨〕 中学校の科学部において, いくつかの条件下で, 紫外線を岩石に照射して, 岩石の変化を調べる探求活動を指導した. その結果, 水に浸った岩石に紫外線を照射すると, 岩石の一部が褐色に変化することがわかった. また塩酸に浸った玄武岩に紫外線を照射すると, 玄武岩の表面と塩酸が乾燥した部分が, 褐色のような色に変化することがわかった. 生徒はこの探求活動に興味を示し, 何年にも及ぶ継続的な実験観察を続けた. 紫外線が岩石に及ぼす影響を調べることは, 生徒の探求活動のテーマとしても興味深いと考える.

Nobuo KOMORI: Chemical Change of Rocks by the Ultraviolet Rays, Water and Hydrochloric Acid  
—The Report of Inquiry Activities in Science Club—. *Educat. Earth Sci.*, 59(5), 177-184, 2006

## 編集委員会より

7月号では「野外実習をしやすくするための条件づくり」というテーマで特集号が組まれました。この9月号では、「その2」を予定しておりましたが、諸般の都合により次号以降に延期となりました。お詫び申し上げます。

投稿数は8月末で22編となり、昨年の年間の総投稿数をすでに4編超えています。さらなる会員の積極的な投稿を期待しております。

原稿の投稿先

〒150-0013 東京都渋谷区恵比寿 2-35-1 慶應義塾幼稚舎  
「地学教育」編集委員会事務局 相場博明 宛  
aiba@yochisha.keio.ac.jp

編集に関する問い合わせ先

松川正樹（委員長） matsukaw@u-gakugei.ac.jp

〒184-8501 東京都小金井市貫井北町 4-1-1 東京学芸大学教育学部自然科学系環境科学分野  
最新の投稿規定等（平成16年12月11日改訂）および原稿送付状は、  
学会 Web サイト (<http://www.soc.nii.ac.jp/jsese/index.htm>) 上にあります。

## 地 学 教 育 第 59 卷 第 5 号

平成 18 年 9 月 20 日印刷

平成 18 年 9 月 25 日発行

編 集 兼 日 本 地 学 教 育 学 会  
発 行 者 代 表 下 野 洋

〒263-8522

千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33  
千葉大学教育学部理科教育教室内  
電話 & FAX 043-290-3682（濱田）  
振替口座 00100-2-74684

印 刷 所 株式会社 国際文献印刷社

169-0075 東京都新宿区高田馬場 3-8-8  
電話 03-3362-9741~4

# EDUCATION OF EARTH SCIENCE

---

VOL. 59, NO. 5

SEPTEMBER, 2006

---

## CONTENTS

### Original Articles

- A Trial Aimed at Improvement of Rock Identification Capability of Students in the  
Teacher Training University  
.....Morihisa SUZUKI, Takehiro HAYASHI and Hirofumi YAMASAKI...157~165
- Advice on Development of Teaching Material Dealing with a Correlation Study  
Utilizing Soil Drilling Logs and Samples, Based on the Examination of the  
Takamatsu Plain, Kagawa Prefecture, Southwest Japan  
.....Norihito KAWAMURA...167~176

### Practical Article

- Chemical Change of Rocks by the Ultraviolet Rays, Water and Hydrochloric Acid  
—The Report of Inquiry Activities in Science Club— .....Nobuo KOMORI...177~184

---

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