

## 奈良県桜井市「大峠」に産する黄鉄鉱の「教材」としての有効性 Effectiveness as teaching material of pyrite from Otoge, Sakurai City, Nara Prefecture, Southwest Japan

竹村 静夫\* 荒金 孝明\*\* 喜田 敦子\*\*\*  
TAKEMURA Shizuo ARAGANE Takaaki KIDA Atsuko  
平井 明菜\*\*\*\* 竹村 厚司\* 西村 年晴\*  
HIRAI Akina TAKEMURA Atsushi NISHIMURA Toshiharu

奈良県桜井市南東部の熱水性鉱床からは黄鉄鉱などが産出する。本論では鉱床周辺から採取した試料を「教材」とする実習を「青少年のための科学の祭典」と小学校および中学校の理科授業で行った。全ての事例において、多くの児童・生徒がたいへん強い興味と関心を示し、「教材」としての有効性が確かめられた。小・中学校の理科では、実習の前後に適切な説明を加えることで、効果をより高いものにすることが可能である。

Euhedral minerals such as pyrite occur in a small hydrothermal deposit at southeastern Sakurai City, Nara Prefecture, Southwest Japan. The samples derived from this ore deposit were used at the science classes of the elementary and junior high schools as well as the Youngsters' Science Festival. They are very useful as teaching material because most children and students ardently observe them in any case. The suitable explanation for geology of these samples before and after the observation could improve the interest and knowledge of the elementary school pupils and the junior high school students.

キーワード：小学校理科、中学校理科、黄鉄鉱、授業実践

Key words : Science education, Elementary school, Junior high school, Pyrite

### はじめに

筆者らが所属する研究室では2004年春、「青少年のための科学の祭典 ひょうご県内大会」に出展するための準備を進めていた。どのような出展内容が体験型イベントにふさわしいのかを検討した結果、奈良県桜井市から産する黄鉄鉱に着目し、利用することにした。その準備の過程で学校教育の場においても、これらの黄鉄鉱を含む試料は有効利用できると考えるようになった。そこで本研究では、理科の地学分野に関係した単元の学習に黄鉄鉱を含む試料を用いた実習を取り入れた。そして、小学校と中学校での授業実践を通して、その「教材」としての可能性を検討した。

### 試料採取地域の地質概説

本研究で用いた試料は奈良県桜井市東南部で採取した。現地は大和川水系の寺川の一支流が、桜井・宇陀両市の境界をなす尾根の西側でほぼ尽きた場所であり、通称「大峠」と呼ばれている(図1)。桜井市周辺には基盤岩として、領家帶の深成岩類が広く分布している

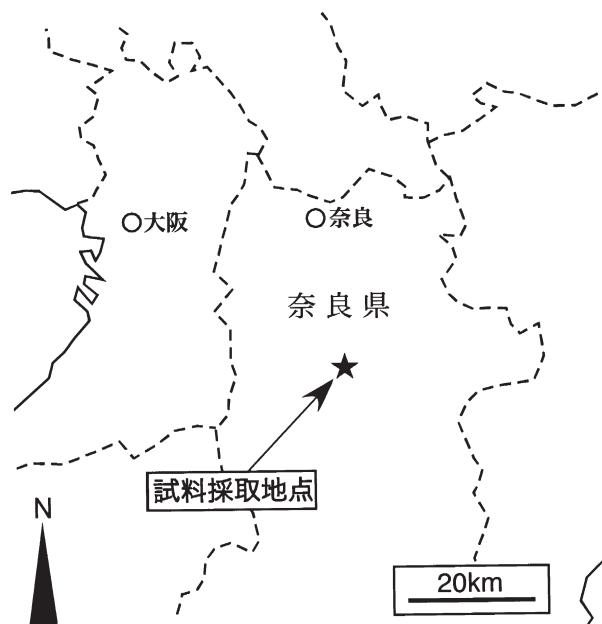


図1 試料採取地点の位置

\*兵庫教育大学（自然・生活教育学系） \*\*兵庫教育大学附属中学校（旧所属：宝塚市立高司中学校）

\*\*\*西脇市立西脇小学校 \*\*\*\*宝塚市立西山小学校

平成19年4月11日受理

(Yoshizawa et al., 1966; 西岡ほか, 2001など)。領家帶の深成岩類には一部でジュラ紀の放射性年代を示す苦鉄質岩が存在するが、多くが白亜紀に相当する70~120Maの年代値を示す(政岡, 1987など)。

黄鉄鉱を産する鉱床本体は沢沿いに幅、高さとも1m弱で露出する。本地点は自形の黄鉄鉱の産地として、すでに一般向きのガイドブックなどでも紹介されている(例えば川端, 1987)。鉱床本体は露出面積が狭く変質が進んでいるため、その母岩は明確ではない。しかし、周辺に変質作用を受け黄鉄鉱を生じた閃緑岩の転石が見られることから、母岩の少なくとも一部は領家帶の閃緑岩だと考えられる。本地点の近傍には多武峯、針道、大峰などの鉱山があり、かつてはアンチモン、絹雲母、辰砂が経済的な採掘対象となっていた(山田, 1968)。これらの鉱床は中新世の室生火山の活動に伴うものとされている(中村, 1987など)。

### 研究試料の概要

地質概説で述べたように、鉱床の母岩には閃緑岩が含まれる。試料採取地点周辺の閃緑岩は粒度の変化に富み、一部には粒度や構成鉱物の量比によるフォリエーションが認められる。主に石英、斜長石、普通角閃石からなり、少量の磷灰石を伴う(図2)。一般に変質が進んでおり

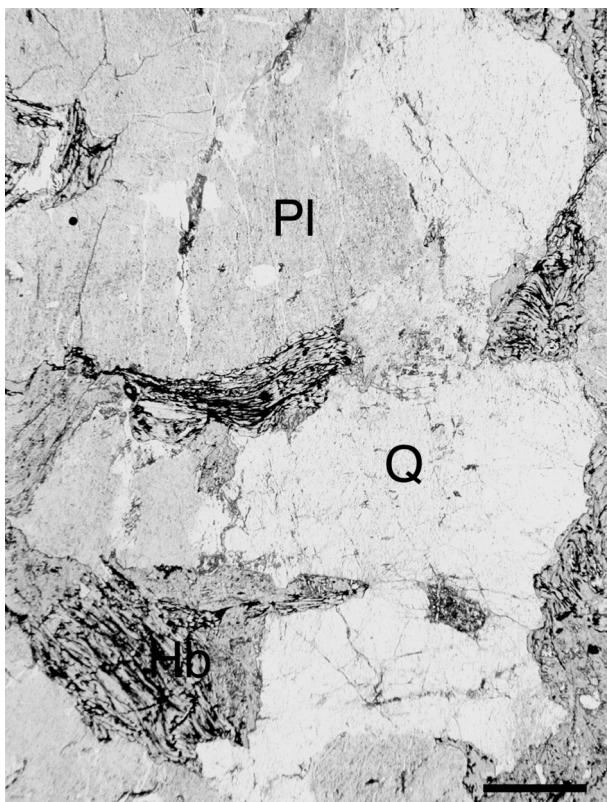


図2 母岩の顕微鏡写真(下方ポーラーのみ)。スケールは0.5mm。Q:石英, PI:斜長石, Hb:普通角閃石(多くは綠泥石に変質)

### XRD pattern (30kW, 20mA, Cu K $\alpha$ )

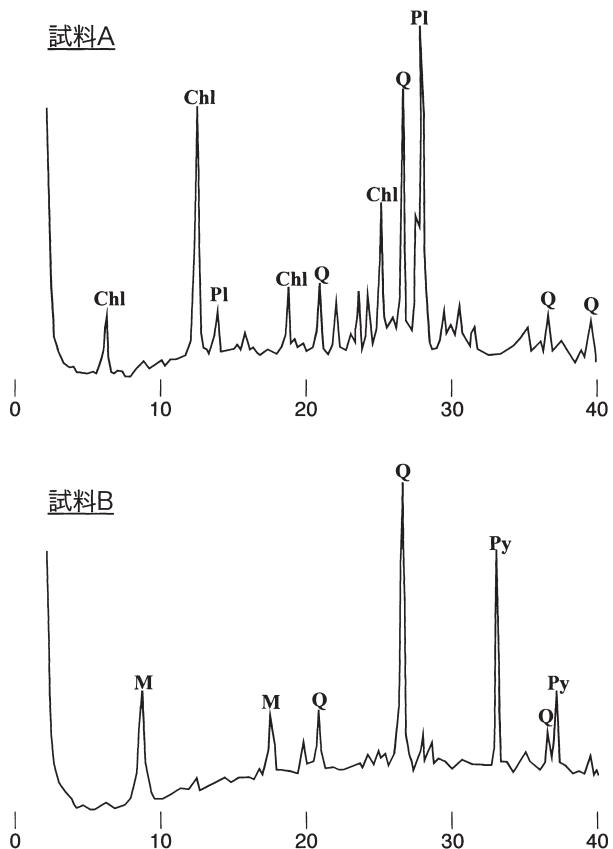


図3 粉末X線回折パターン。試料Aが母岩で、試料Bが鉱床本体である。Q:石英, PI:斜長石, Chl:綠泥石, M:雲母類, Py:黄鉄鉱

有色鉱物の多くは綠泥石化しているため、普通角閃石の他にも黒雲母などを含んでいた可能性もある。粉末X線回折のパターンからは石英、斜長石、綠泥石の存在が読み取れる(図3 A)。鉱床本体は主に灰色から青灰色の粘土から構成され、肉眼でも黄鉄鉱を含んでいるのが観察される。X線回折パターンでは石英、黄鉄鉱、雲母類のピークが見られる(図3 B)。

今回、授業実践などに使用した試料は鉱床本体ではなく、その周辺部、特に鉱床より下流の沢の底から採取した。その理由としては、(1) 鉱床本体の粘土を多量に採取するのは物理的に困難なこと、(2) 粘土から直接、鉱物を洗い出すのは手間と時間が掛かること、(3) 大きな(例えば径5mm以上)結晶を得る必要性は乏しいこと、(4) 小さな結晶の方が結晶形が明確で、色調も美しいこと、(5) いたずらに鉱床本体を掘り返すことは一種の自然破壊であること、などがあげられる。後述するように沢の底の「土」にも、自形の黄鉄鉱や石英など、鉱床由来するものが多く含まれ、「教材」としては十分な価値をもつ。場合によっては流水による洗い出しと比重による分別作用のため、鉱床本体より沢底の堆積物の方が

黄鉄鉱に富むことが少なくない。また、堆積物中の黄鉄鉱には人為的な影響（例えば以前の鉱物採集者が小さな黄鉄鉱を捨てた）も関与している可能性がある。

### 試料の処理方法と観察

試料は泥を多く含むため、そのままでは観察に適さない（図4 A）。本研究では観察の前に以下の手順で試料を処理した。

1. 蒸発皿に20~30 g程度（小さじ1~2杯）の試料を入れる（A）。
2. (A)に水を注ぎ、指で揉むように試料をよく洗う（水が汚れたら捨て、きれいになるまで4, 5回繰り返す）。
3. 蒸発皿に残った残渣をシャーレに移す（B）。
4. (B)を乾燥させた後、観察する。

手順1~3までは数分で終わるが、手順4の乾燥では

児童・生徒の安全を確保するため、比較的低温のホットプレートを使用した。したがって、シャーレ上の水分を完全に蒸発させるには15~20分の時間が必要である。

洗浄後の試料の写真を図4 Bに示す。細礫や岩片などが大部分を占めるが、様々な大きさの黄鉄鉱と長径2 mm以下の石英が観察できる。また、まれに輝安鉱を含むこともある。黄鉄鉱は独特の金属光沢を示し、規則性をもちながらも様々な外形をなす（図4 C, 図5）。本試料中の黄鉄鉱は集合体が少なく、結晶粒が一つずつ分離しているので、形状の観察に適している。表面が酸化したものは褐色や暗緑色を呈することがある。黄鉄鉱は比較的大きく金色で良く目立つため、小学校低学年の児童でも指かピンセットで採集することが可能である。石英は六角柱状のきれいな自形をなす無色の水晶（図4 D）である。しかし、長径2 mm以下と小さいため、採集には先の尖ったピンセットが必要である。したがって、

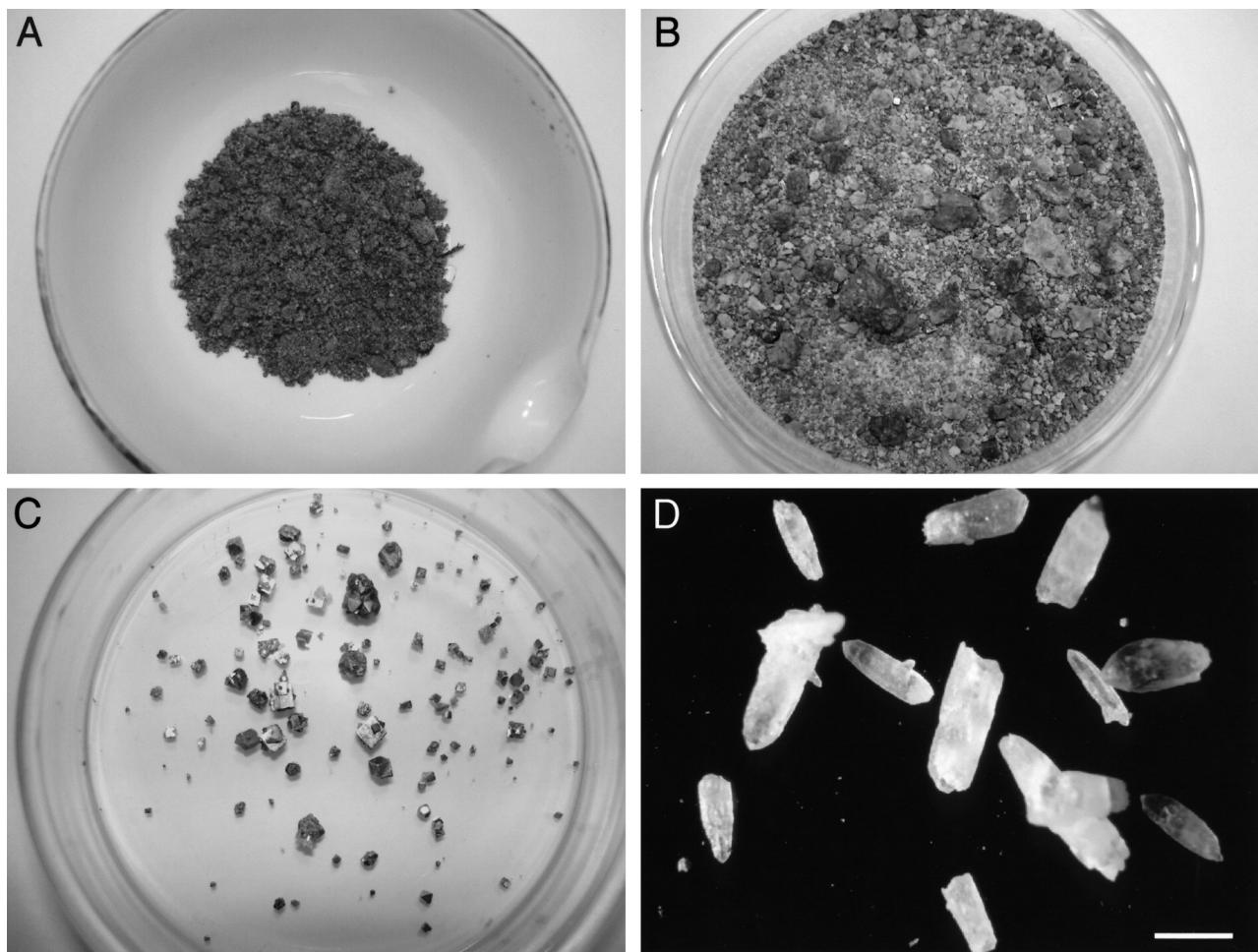


図4 処理前後の試料と含まれる鉱物。

- A : 蒸発皿に入れた処理前の試料。洗う前は泥を多く含み、黄鉄鉱はほとんど見えない。一人の児童・生徒の観察には、写真的試料の量の半分以下で十分である。蒸発皿の外径は10cm。
- B : シャーレに入れた処理後の試料。観察と採集はこの状態で行う。立方体をした黄鉄鉱が見られる。乾燥させると黄鉄鉱がよく光るので採集しやすい。
- C : 採集した黄鉄鉱。シャーレの内径は6 cm。
- D : 採集した石英の自形結晶（水晶）。スケールは1 mm。

# おうてっこう かたち へんか 黄鉄鉱の形の変化

ひろ おうてっこう おな  
拾った黄鉄鉱と同じものがありますか？

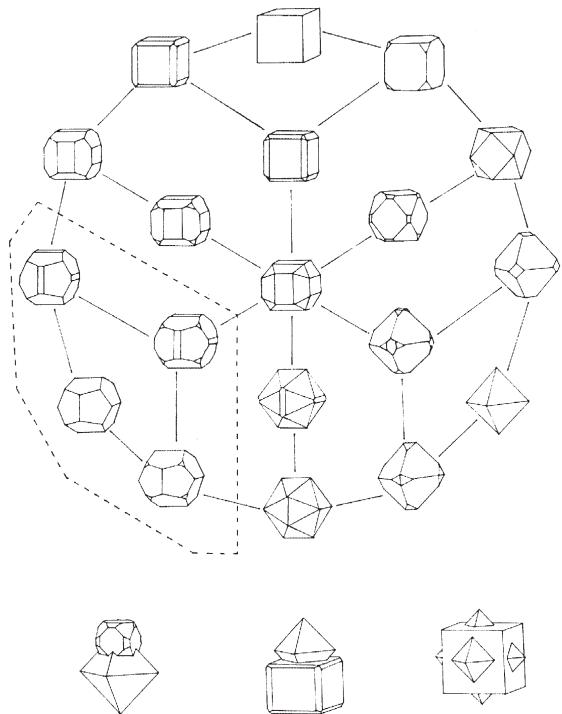


図5 大峰周辺から産する黄鉄鉱の形状。川端（1987）に加筆

小学校低学年の児童が観察・採集するのは難しいと考えられる。

## 実践例

以上、述べてきた試料を青少年のための科学の祭典と、小学校理科および中学校理科の授業で用いた例を簡潔に紹介する。

### 青少年のための科学の祭典

「青少年のための科学の祭典（以下、「科学の祭典」）」は科学の振興を目的として、平成4年（1992年）から行われている体験型イベントである。全国大会の他に都道府県ごとに個別に企画・運営されている。筆者らは2004年に兵庫県内で行われた丹波（丹波市立崇広小学校）、姫路（兵庫県立大学書写キャンパス）、神戸（神戸市立青少年科学館）の3会場において延べ5日間出展した。また、兵庫県教育委員会が主催するほぼ同様のイベント「サイエンスショーアー2004」（兵庫県教員研修所、加東市）にも出展した。なお、この種の体験型イベントへの来場者は、圧倒的多数が小学生とその保護者である。中・高校生は学校の部活動の一環として、顧問の教員とともにに出展者として参加することが多い。

「科学の祭典」では前述した試料の前処理の内、手順2だけを児童に行わせた。処理後の試料は、肉眼と実体顕微鏡で観察するとともに、指とピンセットで黄鉄鉱を採集させた。筆者らが出展したブースに立寄った児童の総数は不明であるが、全ての会場において連日、大盛況であった。児童が強い興味を示した例として、ある小学校2年生の女子児童のことを挙げておく。筆者の一人が彼女の存在に気付いたのは、3番目の「科学の祭典」神戸会場であった。1番目の丹波会場でたいへん熱心に観察していた児童に似ていたからである。そして、4番目の「サイエンスショーアー」の会場においては、出展を準備している時に既にブースの前で待っていた。この際、児童の保護者（母）と話すことができた。保護者の説明によれば、「3会場の『科学の祭典』で筆者らのブースに立寄り、今回も人気が高くて参加できないと困るので一番に来た」と話していた。このように筆者らの企画が児童の強い興味を惹いたことは参加者の多さから断言できる。ただ、前述したように全ての会場で参加者の圧倒的多数は小学生であり、特に低学年が多くいた。このような場合、児童に与えたインパクトが、直接、理科に対する興味・関心に向かうとは限らない。これについては後ほど述べる。

### 小学校

第6学年のC区分（地球と宇宙）では、地層や火山、地震に関する内容を扱うとされている（文部省、1999a）。それらの中では、地層が一般に流水の作用で形成されることにあわせて、火山活動で形成された地層の存在を学ぶ。後述する中学校理科とは異なり、小学校ではそれらの特徴を教えることは必須ではない。しかし、多くの教科書が火山灰を水洗した残渣の実体顕微鏡写真を載せており、それらの中に独自の結晶形をした鉱物が含まれていることを明示している。火山灰は近畿地方では入手が比較的難しいが、園芸用の赤玉土（栃木県に産する変質した火山灰層から採取される）などを利用することができる。しかし、それらに含まれる鉱物は粒径が小さく、実際に授業で用いるためには高性能の実体顕微鏡をそれなりの台数用意することが必要となる。一方、大峰で採取した黄鉄鉱を含む試料は火山噴火で形成されたものではないが、広義の火山活動の産物であり、比較的大きな鉱物を含むため実体顕微鏡は必ずしも必要がない。

以上のことを踏まえて、火山活動で形成された地層の特徴を理解させるのを主な目的として、本研究の試料を用いて実習・観察をすることにした。実践はH県N市N小学校6年生（3クラス約136名）を対象に行った。単元「大地のようす（1） 大地をさぐる（啓林館）」の内容を3つに分けて授業を行った（第1次「地層ができるわけ〔4時間〕」、第2次「私たちがすむ地面の下〔5時間〕」、第3次「まとめ〔1時間〕」）。本試料を用いたの

は第1次の最後の授業（第4時）である。当該時の学習指導案を資料1に示す。時間の関係で前述した試料の前処理の内、手順4の試料の乾燥を省略し、水に濡れた状態で観察と黄鉄鉱の採集を行わせた。この時も定量的な議論に耐えるようなデータは取らなかったが、指導を担当した教員は実習当日、欠席した児童の分の試料を残すことを心配するぐらい児童の興味と関心は高いものであった。

### 中学校

中学校理科の第2分野では「大地の変化」として、固体地球科学的な内容を学ぶことが規定されている（文部省、1999b）。それに対応する单元名は教科書によって異なるが、火山関係の章では実習として火山灰の観察が積極的に取り上げられている。そして、火山灰中に含まれるきれいな形をした結晶を鉱物だと説明していることが多い。火山灰は優れた教材ではあるが、前述したように含まれる鉱物は小さいものが多い。また、角閃石などを除いて完全な自形をしていることはまれである。

そこで鉱物の特徴を生徒に理解させるため、大峠で採取した試料を用いた実習を授業に取り入れた。実践はH県T市中学校1年生（3クラス約112名）を対象に行った。前述した試料の前処理の内、生徒数の蒸発皿が確保できなかったため、給食室に廃棄してあったポリカーボネート製のおわんを代わりに用いた。また、小学校での授業と同じく、時間の関係上、手順4の乾燥の行程を省略し、水に濡れた状態で観察を行わせた。今回、実習した生徒達は先が鋭利に尖ったピンセットの使用が可能と判断し、十分な注意を与えた上で鉱物の採集を行わせた。どのクラスにおいても「（実習の）最初の15分ぐらいは、秒針を刻む音が聞こえるぐらいの静けさ」で熱心に観察していた。また、先の尖ったピンセットを用いたので、より小さな黄鉄鉱や水晶を採集することが可能であった。さらに、ごく少量しか含まれていない輝安鉱の存在に気付く生徒もいた。ここでも定量的なデータは取っていないが、中学校においてもこの実習に対する生徒の興味と関心は高く、鉱物のイメージを伝えるには十分であったと言える。

### 教材としての有効性と問題点

黄鉄鉱などを含む堆積物を「教材」として、「科学の祭典」と小学校、中学校において活用した実践例について述べてきた。今回の研究試料を用いた実習が、多くの児童・生徒に強いインパクトを与えたことは明らかである。しかし、その「教育的な効果」は事例ごとに異なると考えられる。「科学の祭典」に関しては、その対象に小学校低学年の児童が多い上に、イベントの特性で実習内容をフォローするような説明の時間を取ることができない。したがって、児童の興味や関心が一時的なものに

終わっている可能性を否定できない。「科学の祭典」等のイベントにおける「教育効果」、特にその当初の目的である「理科離れ」や「科学技術への無関心」に対する効果には批判的な意見も少なくない（例えば清水、2005）。今回はそれに対するささやかな対策として、児童に黄鉄鉱を持ち帰らせる小袋には必ずラベル（図6）を入れる

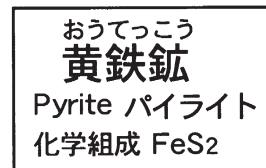


図6 ラベル。黄鉄鉱はチャック付きのビニールの小袋に採集させ、このラベルを入れて持ち帰らせた

とともに、説明用のプリント（資料2）を作成し、可能な限り児童または保護者に渡すこととした。これにより、児童の強い興味と関心が、保護者や児童の通う小学校の教員に伝わり、それが児童にフィードバックされることを期待した。一方、小・中学校では実習の前後の授業において適切な説明を加えることで、強い興味と関心を教科内容の理解に結びつけることが可能である。特に中学校理科においては、この実習のすぐ後で火成岩について学ぶので、学習意欲の維持・向上と火成岩の組織や構成鉱物についての理解に大きな効果が期待される。また、今回、実践は行わなかったが、本試料は高等学校理科の地学と理科総合Bでの活用も考えられる。さらに黄鉄鉱の晶癖や晶相の観察をするのであれば、大学の専門教育においても十分な意味をもつ。これらについては引き続き検討して行く予定である。

以上、見てきたように今回の研究試料が「教材」として高い価値をもつことはほぼ確実である。しかし、その産地は交通アクセスの悪い山中にあり、気軽に採集に行くことはできない。また、一種の熱水性鉱床が供給源であるので、取り尽くせば枯渇するのは他の天然資源と同じである。このような実習をさらに多くの小・中学校で行うためには、何らかの工夫や新たな教材の開発が必要であろう。

**謝辞：**「科学の祭典」への出展には、当時、兵庫教育大学地学教室に所属していた多くの学部生・大学院生ならびに卒業・修了生の方々のご助力を頂きました。記して感謝いたします。

### 文献

- 川端良子, 1987, 大峠の黄鉄鉱. 地学ガイド奈良。地学  
団体研究会京都支部奈良班編, 49-51.
- 政岡邦夫, 1987, 領家帯の花こう岩類. 日本の地質「近畿地方」編集委員会編「日本の地質 6 近畿地方」. 共

- 立出版, 東京, 41-43.
- 文部省, 1999a, 小学校学習指導要領解説 理科編. 東洋館出版社.
- 文部省, 1999b, 中学校学習指導要領 解説 -理科編-. 大日本図書.
- 中村 威, 1987, 新第三紀の火成活動と鉱床. 日本の地質「近畿地方」編集委員会編「日本の地質 6 近畿地方」. 共立出版, 東京, 227-228.
- 西岡芳晴・尾崎正紀・寒川 旭, 山元孝広・宮地良典, 2001, 桜井地域の地質 (5万分の1地質図幅説明書), 地質調査所.
- 清水祐樹, 2005, 「青少年のための科学の祭典」への参加はおことわりします (<http://homepage2.nifty.com/yshimizu/saiten.html>, 2007年4月5日アクセス).
- 山田敬一, 1968, 水銀のはなし 3, 地質ニュース, 162, 7-13. 地質調査所.
- YOSHIZAWA H., NAKAJIMA W. and ISHIZAKA K., 1966, The Ryoke Metamorphic Zone of the Kinki District, Southwest Japan - Accomplishment of a Regional Geological Map -, Memoirs of the College of Science, University of Kyoto, Series B, 32, 4, 437-454.

資料1 小学校での学習指導案の一部

5 本時の学習（第1次 第4時）

- (1) 学習課題 岩石の中に含まれる鉱物を取り出そう  
 (2) 目標 火山活動でできた地層を形づくる岩石から鉱物をとりだすことができる。  
 (3) 準備 鉱物を含んだ岩石（泥状にやわらかくなったもの） 水 そう 蒸発皿  
           水 シャーレ ピンセット 薬包紙  
 (4) 展開

主な発問	学習活動と内容	支援と評価
・火山の活動があった地層にはどんな岩石があつただろうか。	<p>1 前時までの学習を振り返る。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・キラキラした粒</li> <li>・角ばっている粒</li> <li>・色々な色をしている。</li> </ul> <p>2 本時の学習課題を知る。</p> <p><b>岩石の中からキラキラした鉱物を取り出そう</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・堆積した場所によって地層に含まれる岩石の種類が異なることを思い出すようにする。</li> <li>・溶岩の中にどろどろに溶けた金属などが含まれていたことを確認する。</li> </ul>
・火山の活動でできた岩石から鉱物を取り出すことができるだろうか。	<p>3 実験を行う</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①蒸発皿に泥状になった岩石を1/5入る。</li> <li>②水を入れて静かに洗う。</li> <li>③上ずみだけを静かに捨てる。</li> <li>④水がきれいになるまで何回か繰り返す。</li> <li>⑤正方形をした金色の粒を探し、シャーレに移す。</li> <li>⑥薬包紙に包む。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・金属などは重く、軽いごみだけが上澄みで流れていく仕組みを説明し、意識して実験を行えるようする。</li> <li>・泥や鉱物、ピンセットで指を傷つけないよう声がけし安全に留意する。</li> <li>●手順をふまえ、鉱物を取り出そうとしているか。 (行動観察)</li> </ul>
・この鉱物は何に使われていたのだろうか。	<p>4 含まれていた鉱物の名前を知り、用途について考える。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・時計</li> <li>・装飾品</li> </ul> <p>5 本時のふりかえりをする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・工業的に使われていたことを伝え、考えるヒントとする。</li> <li>・昔の人が地層を調べ、生活に活かされていた知恵を紹介する。</li> <li>●火山活動でできた地層を形づくる岩石から鉱物を取り出すことができたか。 (ワークシート)</li> </ul>

資料2 保護者などに配付した黄鉄鉱の説明プリント

ほごしょのかた べんきょうひと  
《保護者の方やもっと勉強したい人へ》

おうでっこう てつ いおう こうぶつ かがくそせい えいごめい ハイライト  
黄鉄鉱は鉄と硫黄からできた鉱物（化学組成 FeS<sub>2</sub>；英語名 pyrite）で  
す。きれいな形は、結晶を作っている鉄と硫黄の原子が規則正しく並ぶ  
ことからできています。黄鉄鉱の基本形はサイコロのような正六面体で  
すが、この他に八面体や十二面体、さらにこれらが組み合わさったもの  
など様々な形があります。なお、黄鉄鉱は天然のものですが、身近で観  
察できる人工的な結晶としては、食塩（NaCl）や氷砂糖（ショ糖）があ  
ります。

じつ おうでっこう みぢか がんせき つち なか めぐら  
実は黄鉄鉱は身近な岩石や土の中にも入っており、それほど珍しいも  
のではありません。ただ普通には量が少なく、大きな結晶を見つけるこ  
とはできません。しかし、大昔に热水（温泉を思い浮かべて下さい）が  
かつどう ちいさ おうでっこう こうしょう ゆうようこうぶつ あつ ぱしょ つく  
活動した地域には、黄鉄鉱の鉱床（有用鉱物が集まった場所）が作られ  
ていることがあります。その鉱床が地表で水に削られると、粘土などの  
こま かる なが ねも おうでっこう さわ そこ あつ  
細かくて軽いものは流されてしまい、重い黄鉄鉱が沢の底に集まること  
こんかい かんさつ さわ そこ つち つか  
があります。今回の観察には、そのような沢の底の土を使っています。

ねんだい おうでっこう いおう ひりょう げんりょう さか さいくつ  
1970年代まで黄鉄鉱は、硫黄や肥料の原料として盛んに採掘され、  
いちぶ てつ げんりょう りょう たえ おかやまけん やなはらこうざん  
一部は鉄の原料としても利用されていました。例えば岡山県の棚原鉱山  
りょうしつ おうでっこう さん せかいてき ゆうあい げんざい さんねん  
は良質な黄鉄鉱を産することで世界的に有名でした。現在は残念ながら  
しけんてき つか みち すぐ けいざいてき から ひく  
資源的な使い道が少なくなり、経済的な価値は低いものとなっています。

ひょうごきょういくだいがくしせんけいちがくきょうしつ  
兵庫教育大学自然系地学教室