

# 火成岩の多様性と学習の意義

## — 花崗岩に類似した岩石の識別 —

吉富 健一・長谷川礼次<sup>1</sup>

(2018年10月4日受理)

Significance of Learning the Diversity of Igneous Rocks

— Focus on the identification of granite-like rocks —

Kenichi Yoshidomi and Reiji Hasegawa<sup>1</sup>

**Abstract:** Igneous rocks are divided by the difference of constituent mineral and texture such as equigranular or porphyritic. In junior high school, it is required to observe the various volcanic and plutonic rocks and to understand that differences in their textures are caused by differences in their formation process. Although students of science teacher training course can correctly identify typical igneous rocks, but they often cannot identify rocks in the boundary region or untypical appearances. This study clarified that the beginners tend to identify igneous rocks based on uncertain features such as color and presence of magnetism rather than the combination of minerals.

Key words: Granite, Igneous rock, Plutonic rock, Rock forming minerals, Identify

キーワード：花崗岩，火成岩，深成岩，構成鉱物，識別

### 1. はじめに

岩石は“石ころ”という表現に代表されるように「誰からも気かけられることがない、無価値であるもの」として扱われることが多い。ところが地球科学において岩石は、地球の過去の活動の歴史を記録した貴重な資料であり、これらを調べることで過去の地表の変化について様々な情報を得る事が可能である。

地球が形成されて46億年間、地表は隆起や侵食など、絶え間ない地質現象により変化してきたと考えられる。このような地表の変化の履歴は、侵食された碎屑物が堆積して形成された堆積岩中に粒度や組成の変化として記録される。そのため日本列島が形成されたプロセスについても、いつの時代のどのような種類の岩石でできているかを調べることで解明する事が可能

である。例えば、中国地方に秋吉帯と呼ばれる、古生代石炭紀～ペルム紀の石灰岩を含む付加体が広く分布し、さらにその南側には玖珂層群に代表される中生代ジュラ紀の付加体が分布することから、プレートの沈み込みとそれに伴う付加体の形成は、古生代より継続されてきたことが明らかである。さらに福岡県の平尾台、山口県の秋吉台、広島県の帝釈峡、岡山県の阿哲台と秋吉帯中には巨大な石灰岩体が複数含まれることから、古生代後期がサンゴ礁の生育に適した温暖な環境であったことが推察できる。

これに対し、付加体を形成したプレートがいつ頃、どの辺りで沈み込んでいたかという歴史的・地理的な記録に関しては、付加体からは明らかにすることができない。海洋プレートの沈み込む位置についての情報は、プレートの沈み込みに付随して海溝から一定の距離に形成される火山やマグマだまりなど、地下の火成活動の履歴としてのみ記録されるため、火成岩の存在からのみ明らかにすることが可能である。

<sup>1</sup>広島大学大学院教育学研究科教科教育学専攻博士課程前期

## 2. 花崗岩とは

花崗岩をはじめとする火成岩は、中学校理科の学習指導要領では「火山活動と火成岩」の単元において取り扱われる。そこでは「火山岩と深成岩の観察を行い、それらの組織の違いを成因と関連付けてとらえること」とされ、元のマグマの性質とマグマの冷える場所の違いによって、様々な火成岩が生み出されることを学習する。その目的は、身近な岩石の観察を通して、地表に見られる様々な事象・現象を大地の変化と関連付けて理解させ、大地の変化についての認識を深めることにある。

図1に示すように花崗岩は、火成岩の中で最も珪長質(SiやAlに富み、FeやMg成分に乏しい)な岩石で、等粒状組織(完晶質)をもち深成岩に区分される。花崗岩の主要構成鉱物は、石英、カリ長石、斜長石、黒雲母で、FeやMgを多量に含む有色鉱物(黒雲母・角閃石・輝石等)の含有率が約10%以下と少ないため、一般に優白色を呈する。

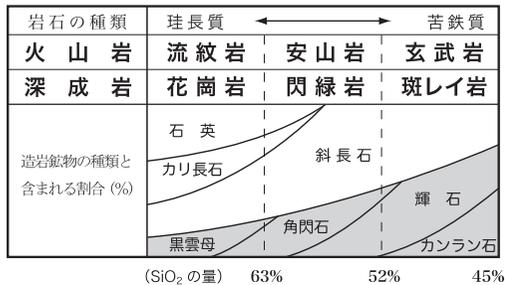


図1 組成と組織を基準にした火成岩の分類

同じ等粒状組織の岩石でも、花崗岩より有色鉱物の含有量が多い(約30%を超える)ものは、閃緑岩として区分される。また、花崗岩と閃緑岩の中間的な性質を持つ岩石は、花崗閃緑岩と呼ばれる。

花崗岩は、帯磁率や $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ 比および含まれる金属鉱物によってさらに区分され、帯磁率や $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ 比が高く、磁鉄鉱を含む磁鉄鉱系列と、帯磁率や $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ 比が低く、チタン鉄鉱を含むチタン鉄鉱系列に大別される。

磁鉄鉱系列とチタン鉄鉱系列の最も基本的な違いは、岩石中に含まれる $Fe^{2+}O^{3+}/FeO$ の比である。これは、花崗岩を形成するマグマが冷えて固まるときに酸化環境にあったか、還元環境にあったかが大きく影響するとされる(高橋, 1988)。岩石中に含まれる磁鉄鉱の量は、岩石の磁性の有無として反映されるため、それぞれの系列の違いは、岩石にマグネットを近づけて引

き寄せられるかどうか確認することで識別可能である。

一般的には、Feの多くがチタン鉄鉱を構成している山陽帯に属する花崗岩は、広島花崗岩のように磁性を持たず、鉄錆が生じにくい石材として利用される。これに対し、山陰型の花崗岩は、Feが磁鉄鉱として多く含まれるため、風化すると錆が生じるため石材としては不向きとされる。しかし、山陰型の花崗岩が広く分布する島根県を中心とする山陰地方では、この磁鉄鉱を原料として、風化した花崗岩の中に含まれる砂鉄(磁鉄鉱)を利用して、たたら製鉄と呼ばれる方法で製鉄を行ってきた歴史がある。

ただ、山陽帯に属する花崗岩でも、岡山県岡山市北区万成から産出する万成花崗岩は、磁性を示すことで有名である。また、中国地方の脊梁山地およびその周辺では、磁性を示す花崗岩と、磁性を示さない花崗岩が混在して分布する。

## 3. 火山フロントと花崗岩の形成

日本列島のような沈み込み帯(図2)においては、沈み込む海洋プレートから大陸プレート側に水分が供給される。すると上部マントルを構成する橄欖岩のうち、100kmよりも深い部分の融点下がりが、上部マントルの部分溶融にともなって火成活動のもととなるマグマが発生する。大陸プレートと沈み込む海洋プレートの境界は、和達-ベニオフ帯として表されるように、海溝から斜め沈み込んでいく深発地震面として示される。そのため沈み込んだ海洋プレートが、マグマを発生させる深さ100kmに達するためには、海溝からの距離をある程度必要とする。

実際、日本列島で現在活動中の火山は、沈み込んだプレートの深さが100~150kmに達したところに分布しており、その分布は海溝にほぼ平行な形となっている。この活火山の分布の海溝側の境界を結ぶ線は、これ以上海溝側に火山が存在しないという意味で火山フロント(図2)と呼ばれる。

現在の火山フロントの位置は、活火山の分布から決定することができるものの、過去に大陸プレートと沈み込む海洋プレートが、どういう状況にあったかに関しては、現在、地表に露出している火成岩の形成年代・分布・組成の変化等を、時代を追って確認して類推する他ない。

花崗岩は、過去に火山フロント付近に形成されていたマグマだまりが、地上に噴火することなく地下で徐冷され深成岩となったものと考えられている。浸食作用で地表がどんどん侵食されることにより、本来地下深くにあった花崗岩体が地表に露出したものである。

そのため、同じ時代に形成された花崗岩体の分布や配列を把握することで、その花崗岩体が形成された当時の火山フロントの位置を知ることができる。

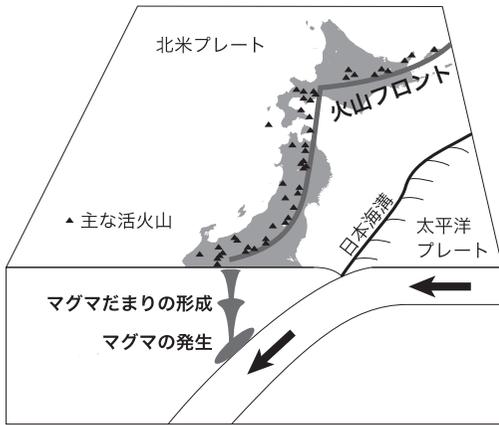


図2 沈み込み帯と火山フロント

### 3.1 西南日本内帯の特徴

西南日本内帯に分布する花崗岩は、岩相、化学組成、帯磁率、放射年代などの違いから、領家帯・山陽帯・山陰帯に区分される (Ishihara, 1971)。それぞれの分布は、図3に示すように東西方向の帯状構造を示すのが特徴とされる。



図3 西南日本の花崗岩の分布

中央構造線の北側に位置する領家変成帯に、変成岩に伴って産出する花崗岩・閃緑岩・トータル岩などを総称して“領家花崗岩”と呼ぶ。領家花崗岩は、有色鉱物の量比が岩体ごとに大きく異なるのが特徴である。領家花崗岩は、片麻状構造をもち、周囲の領家変成岩の構造と調和的に貫入している“古期領家花崗岩”と、片麻状の構造を持たず、周囲の構造を切って貫入し、周囲の変成岩に接触変成を与えている“新期領家花崗岩”とに分類される。

領家帯より北側は、主にチタン鉄鉱系列の花崗岩が分布する山陽帯と、磁鉄鉱とチタン鉄鉱を含む磁鉄鉱系列の花崗岩が分布する山陰帯とに区分される。

### 3.2 火山フロントの移動

先に述べたように花崗岩体は、一般に火山フロントに沿って地下深い所に形成される。そのため花崗岩の形成年代を調べることで、火山フロントがいつの時代にどこら辺にあったのかを知ることができる。

西南日本では南に位置する領家花崗岩のうち、古期領家花崗岩の形成年代はおよそ90~95Ma、新期領家花崗岩は少し新しく、白亜紀後期の75~85Maを示す (鈴木・三宅, 2006)。

領家帯の北側に位置する山陽帯では、中~粗粒で、カリ長石が薄桃色を呈する均質で塊状の黒雲母花崗岩が、山口県東部から広島県を経て、岡山県にかけて東西方向に細長い分布を示す。これら広島花崗岩類と呼ばれる花崗岩の放射年代は95~80Maを示す (河野・植田, 1966)。さらに中国地方の脊梁山地およびその周辺では、細粒な花崗閃緑岩が多く分布しており、これらの岩体は放射年代値として110~70Maを示す (河野・植田, 1966)。

最も北側に位置する山陰帯には、片麻状構をもたず、磁鉄鉱系列に属する花崗岩~花崗閃緑岩の岩体が数多く分布する。これら火成岩類の形成時期は、白亜紀の後期から新生代の漸新世にわたるとされる。古いものから広島期 (75-100Ma)、因美期 (50-75Ma)、高山期 (35-50Ma)、田万川期 (25-35Ma) の4期に区分される (飯泉ほか, 1985)。

これら花崗岩の分布と、それぞれの岩体の形成年代より、火山フロントの位置は、後に花崗岩体となる大規模なマグマだまりを形成するような火成活動を伴いながら、白亜紀から古第三紀にかけて多少前後しながら、大局的には瀬戸内海側から山陰側に北へ向かって移動したことを示している。

火山フロントの地下に形成されるマグマだまりの形状は、最初は地殻の割れ目に沿って、板状や板状のものがたくさん集まったような形態になると考えられている。これが長い時間をかけて周囲の岩盤を溶かすことによって、ある程度の大きさをもったマグマ溜りとして形成されると考えられている。現在、地表で観察できる花崗岩は、形成された際には地下深い所でゆっくり徐冷されて等粒状組織をもつ深成岩となったものが、その後、長い時間をかけて地表面が風化・浸食されることによって次第に上昇して、ついには地表に姿を表したものである。

## 4. 典型的な花崗岩の識別

広島大学教育学部では、第2学年で開講される理解実験（地学）において、4週間かけて火成岩・堆積岩・変成岩を含めた約35種類の観察を、実物の岩石を用いて行っている。この際、岩石の組織・色調・特徴的鉱物・磁性の有無などに基づいて、岩石を識別するためのフローチャート（鈴木ほか、2006）を活用して、岩石を観察する際の視点を明確にすることで、学生の岩石識別力の向上を図る取り組みを行っている。

授業開始時に表1に示すような典型的な見かけをもつ10種類の岩石の岩石名を識別するプレテストを実施したところ、平均正答率は0～2割程度であった。解答の傾向として、斑状・等粒状など組織の名称、石英・黒雲母などの鉱物名、火山岩・深成岩などの分類名、御影石や大理石などの商品名等を、岩石名と混在した状態で使用していることが判明した。また、中学校で学習する六種類の火成岩の名前もあまり覚えていないことも判明した。1年次に教養の地学実験において、堆積岩も含めた基本的な岩石の観察は実施されているが、あまり身につけていない状況が確認された。

理解実験（地学）において、岩石を識別するための上記のフローチャートを用いつつ、実物の岩石の観察を行うとともに、iPadを用いた岩石識別（吉富ほか、2010）の実践演習等を併せて実施した。4週間後、テスト用に隔離してあった授業中には未観察の岩石10種（プレテストに用いたものと同じ岩石）を用いて、本テストを実施した。結果として欠席者を除く受講者42名の平均正答率（2018年度）は、8割を越えるまでに上昇した（表1）。なかでも石灰岩や砂岩の正答率が100%となったとともに、花崗岩を含むその他の岩石も誤回答者は1名程度という状況であった。

表1 地学実験の本テストの結果

| 岩石名   | 正答率    |
|-------|--------|
| チャート  | 97.6%  |
| 花崗岩   | 97.6%  |
| 石灰岩   | 100.0% |
| 安山岩   | 95.2%  |
| 斑糲岩   | 83.3%  |
| 塩基性片岩 | 83.3%  |
| 砂岩    | 100.0% |
| 花崗斑岩  | 26.2%  |
| 玄武岩   | 69.0%  |
| 泥質片麻岩 | 90.5%  |
| 平均正答率 | 84.3%  |

この理解実験（地学）自体は、少しずつ内容を改善しつつ、何年も同じ岩石標本を用いてほぼ同じ授業構成で行っている授業ではあるが、例年の傾向としてチャート、花崗岩、石灰岩の正答率が高いのに対し、塩基性片岩と花崗斑岩の正答率は低い傾向にある。

## 5. 典型的でない岩石の識別

本テストの結果より、理解実験（地学）で4週間かけて様々な岩石の見かけと特徴を整理していくことで、岩石をほとんど見たことのない学部生であっても、典型的な見かけを持つ岩石の違いは見分けられるようになることが明らかとなった。ただ、岩石を見る経験の浅い学部生が岩石名を決める際、どのような視点をを用いているのか、またそれらの視点が、岩石名の決定にどのように影響しているのか不明である。そこでこれらを明らかにすることを目的として、さらなる調査・分析を行った。

### 5.1 調査方法と結果

理解実験（地学）の受講生を対象に、本テスト終了後に、さらに花崗岩を中心として、識別の難しいと思える岩石の認識に関する調査を行った。

ここで調査に用いた岩石は、「花崗岩」、「花崗岩だが花崗岩に見えない岩石」、「花崗岩とは異なるが花崗岩に見えそうな岩石」、「その他」の火成岩など、計12種類の岩石標本である。これらの標本を用いて、岩石の分類・岩石名・識別理由を答えさせる追加テストを実施した。追加テストの岩石名および正答率を表2に示す。

表2 調査に用いた岩石および正答率

| 番号 | 岩石名   | 正答率   |
|----|-------|-------|
| 01 | 花崗岩   | 48.1% |
| 02 | 安山岩   | 66.7% |
| 03 | 花崗岩   | 29.6% |
| 04 | 花崗岩   | 66.7% |
| 05 | 閃緑岩   | 85.2% |
| 06 | 花崗岩   | 25.9% |
| 07 | 細粒花崗岩 | 18.5% |
| 08 | 斑糲岩   | 18.5% |
| 09 | 花崗岩   | 51.9% |
| 10 | 花崗閃緑岩 | 88.9% |
| 11 | 流紋岩   | 74.1% |
| 12 | 花崗斑岩  | 74.1% |
|    | 平均正答率 | 54.0% |

追加テストの結果、前述の理解実験（地学）中に実施した本テストで、8割を超える正答率を示す受講生群であっても、正答率が50%を下回る岩石が多数みられた。これら正答率が低い岩石は、図1の火成岩ダイヤグラムにおいて、区分として隣の岩石と間違えて判定されているケースがほとんどであった。

### 5.2岩石別の解答状況

以下に、追加テストで用いた岩石標本の写真と説明、および追加テストの解答状況の詳細と傾向を示す。

#### 岩石01（花崗岩）



標本は、岐阜県飛騨市神岡町（旧名：船津）で採取したもので、飛騨変成帯に広く分布する“船津花崗閃緑岩”（磯見・野沢, 1957）に分類される岩石のうち、ピンク色のカリ長石に富む珪長質の花崗岩であり、磁性を有する。

正答率は48.1%と約半数程度で、多かった誤答は閃緑岩およびヒン岩である。閃緑岩と誤答したものは、“磁性の有無”を1番の識別の要素としており、磁性があることで花崗岩ではないと判断した可能性がある。これらの解答者は色調を重視していないため、磁性の有無が岩石名の識別に大きく影響を及ぼしたと考えられる。

ヒン岩とした誤答も同様に、“磁性の有無”を重視しているが、次点で“石英の有無”を判断の基準として用いている。にもかかわらず石英の含まれないヒン岩と答えていることから、岩石中に含まれる石英の存在を正しく認識できていないことが明らかとなった。さらにヒン岩と解答していることより、本来、等粒状とすべき“岩石の組織”を正しく認識できていないことも明らかとなった。その原因の一つとして標本に使用した岩石が、川原の転石であったため丸く風化していたことが影響している可能性が考えられる。

#### 岩石02（安山岩）

標本は、岐阜県飛騨市高山市で採取した、デイサイト質溶結凝灰岩を主体とする、穂高安山岩類の安山岩



溶岩相である。

正答率は66.7%と、比較的正答率が高かった岩石である。多かった誤答は、ヒン岩である。ヒン岩と解答したものは、“結晶粒の大きさ”と“岩石の組織”のどちらかを識別の要素としていた。斑状組織を持つ岩石としての判断は間違っておらず、誤答の原因は肉眼で斑晶以外の部分が石基となっているか（安山岩の場合）、極細粒の結晶粒となっているか（ヒン岩の場合）の識別ができなかったためと考えられる。

暗色を呈する標本であることから誤答として想定していた玄武岩と答えたものはおらず、岩石の組織とともに、長石の斑晶の存在をきちんと観察できていることが確認できた。組織の判断が正しく行われた背景には、この標本が岩石カッターで切断し、表面を研磨した標本であることが有利に働いた可能性がある。

#### 岩石03（花崗岩）



広島県山県郡安芸太田町の温井ダム上流の瀧山峡から産出する花崗岩である。この花崗岩は従来、未区分花崗岩類とされ、磁性を持つという岩石学的な特徴から、小島（1964）により岡山市万成を産地とする万成石と類似することが指摘されていた。この岩体に対し林ほか（1995）は、産状からみて広島花崗岩類より古い別の貫入岩体であること、磁鉄鉱を多く含むことなどから、広島花崗岩とは異なった条件下で形成された花崗岩として広島花崗岩から区分し、“滝山峡花崗岩”と仮称している。岩相としては、淡紅色の自形～半自

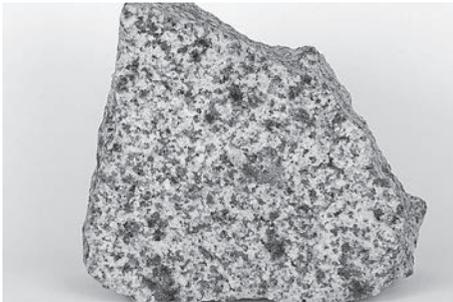
形の特徴的なカリ長石を含み、鉱物の粒径が1 cm以上に及ぶこともある粗粒の花崗岩で、磁性を有する。

正答率は、29.6%と低かった。理解実験（地学）の実習中に、白色の斜長石とピンク色のカリ長石を含む等粒状組織の岩石は、“サケおにぎり”として特徴的な花崗岩であることを覚えている学生が多かった割には、淡紅色を呈する特徴的なカリ長石を含む花崗岩の正答率が低いのは意外であった。

誤答として多かったものは、花崗斑岩および中性～超塩基性岩である。花崗斑岩と誤答したものは、色調を識別の基準として用いている学生が多く、授業中に観察した濃いピンク色のカリ長石を含む花崗斑岩との画像比較的なイメージが強く影響していると考えられる。花崗斑岩とした誤答では、この岩石でも本来、等粒状とすべき“岩石の組織”を正しく認識できていないことになる。

その他にも橄欖岩、閃緑岩、斑礫岩と誤答したものは、ほぼ磁性の有無を基準として花崗岩を選択肢から外して解答したと思われる。

#### 岩石04（花崗岩）



広島県江田島市の能美島南端に位置する採石場から採取した比較的細粒な花崗岩であり、磁性は無い。構成鉱物の直径は他の花崗岩標本に比べると小さく、地下水の影響により、鉱物境界とは異なる範囲で斑状に赤紫色を呈する部分を持つ。構成鉱物や組織を観察しやすいよう岩石カッターで切断し、表面を研磨した標本である。

正答率は66.7%であり、誤答の傾向は特に見られなかった。斑状に赤紫色を呈するなど、典型的な花崗岩のイメージとは異なるものの、解答の中には磁性の有無を用いたものが多く、磁性のない標本であったことが幸いして正しく花崗岩と選択できた可能性が考えられる。

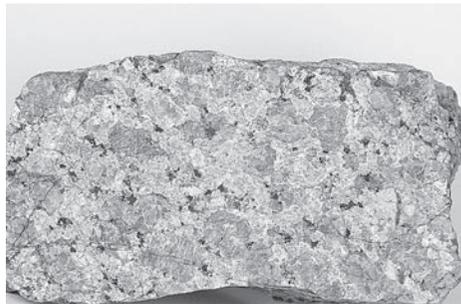
#### 岩石05（閃緑岩）



山梨県甲州市塩山で採取した閃緑岩である。この岩石は御坂山地と、四万十帯からなる関東山地の境界部に貫入する新生代第三紀中新世の甲府花崗岩体に属するとされる（Sato, 1991）。塩山みかげの名称で石材としても有名である。

正答率は85.2%で、今回テストに用いた12種類の岩石の中では、正答率が高かった岩石の一つである。典型的な閃緑岩であり、学生が有する閃緑岩の画像イメージとよく一致したからだと考えられる。磁性を有するため花崗岩と間違える学生もいなかった。識別に色調を用いている学生が多かったのは、斜長石と角閃石を主体とする閃緑岩を“ゴマ塩”として覚えている学生が多く、見た目のイメージをもとに安易に答えられた可能性もある。

#### 岩石06（花崗岩）

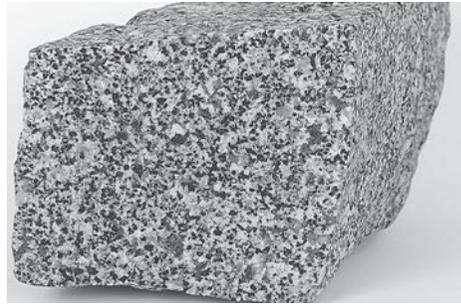


富山県中新川郡立山町で採取した花崗岩で、白亜紀後期から古第三紀にかけて形成された有明花崗岩と考えられる。標本としては全体に風化が進み、くすんだ感じとなっている。

正答率は25.9%と低いものであった。誤答としては閃緑岩、橄欖岩、安山岩、ヒン岩があった。全体に風化が進んだ標本で、薄紫色を呈するカリ長石と少し透明感のある石英の識別が難しかったことが正答率の低い原因として考えられる。石英が多くみられるが、“岩石の色調”を基準に識別を行った学生は閃緑岩と答えている。石英の有無を用いた学生もいたが、石英がき

ちんと認識できなかつたため誤答となっている。

橄欖岩と答えたものはほぼ磁性の有無を識別の基準としており、さらに用いた標本の磁性が強かつたことに起因して、橄欖岩と答えた可能性もある。ヒン岩と誤答した学生は、磁性及び石英の有無を識別の基準として用いていたが、磁性があるため花崗岩が除かれ、かつ石英を認識できなかつたため、巨大な斑晶とその他のように考え、斑状組織を持つ半深成岩との解答に至つたと考えられる。



#### 岩石07 (細粒花崗岩)



香川県高松市庵治町の細粒花崗岩である。構成鉱物の直径は、他の花崗岩標本に比べると非常に小さく、均質で全体として青っぽく見える。庵治石という名称で石材としても有名で、広島平和記念公園の原爆慰霊碑などに使用されている。

正答率は18.5%と、今回のテストでは最も正答率の低い岩石の一つであった。最も多かつた誤答は、閃緑岩であり全体の59%にのぼつた。閃緑岩と識別した誤答の多くは、“岩石の色調”を識別の基準としており、対象が構成鉱物の粒径が小さい細粒の花崗岩であつたことが原因となり、細粒の岩石は色指数が変わらなくても細かい黒い点が多く散らばつていることで、全体として黒っぽく見えるという印象を受けた可能性がある。

また同様に、細粒であるがゆえに石英の認識がより難しかつた可能性もある。閃緑岩と答えたもののうち、磁性の有無を識別の基準として用いた学生は三名ほどと少かつた。流紋岩質凝灰岩という解答も多かつたが、これに関してはどのようにして、その識別にいたつたかは不明である。

#### 岩石08 (斑糲岩)

産地不詳の斑糲岩であるが、構成鉱物や組織を観察しやすいよう岩石カッターで切断し、表面を研磨した標本である。

正答率は18.5%と、細粒花崗岩と並び正答率の最も低い岩石であつた。解答は、斑糲岩、橄欖岩、蛇紋岩

にわかれる傾向があつた。特徴的な鉱物として輝石を多く含む標本であつたが、鉱物の認識力が不足しているため、“岩石の色調”に頼つた識別になっていることがうかがえるが、いわゆる“ごま塩”として閃緑岩を挙げた学生はいなかつた。

標本の表面が風化により、部分的に蛇紋岩化している場所があつたこと、標本が全体的に平滑で、輝石等の鉱物の劈開をきちんと観察できなかつたことなどが誤答の原因として考えられる。最も多く使われた岩石の識別基準は、“岩石の色調”と“磁性の有無”であつた。

#### 岩石09 (花崗岩)



産地不詳の花崗岩である。

正答率は51.9%と、典型的な花崗岩であるものの正答率は高くなかつた。原因の一つとして、広島花崗岩は、カリ長石が薄いピンク色を呈することが多いため、カリ長石が白色となつている本標本は、学生が有する花崗岩のイメージと合わなかつたことが考えられる。

最も多かつた誤答は、流紋岩質凝灰岩であるが、凝灰岩と識別した解答の中には、識別の基準として“岩石の組織”を用いている学生はいなかつた。標本が優白色であつたため、結晶の境目を認識することが難しく、等粒状組織を持つ深成岩であることを正しく観察できず、凝灰岩と答えた可能性が考えられる。

#### 岩石10 (花崗閃緑岩)



岐阜県高山市で採取した花崗閃緑岩であり、構成鉱物や組織を観察しやすいよう岩石カッターで切断し、表面を研磨した標本である。

花崗閃緑岩と正答した生徒はおらず、88.9%の学生は閃緑岩と解答している。これは岩石観察の授業の際に、そもそも花崗閃緑岩という花崗岩と閃緑岩の境目にあたる岩石名や区分を明示的に教えてこなかったことが原因である。

この標本の識別で重視したかったことは、“石英の有無”に着目できているかであるが、実際には石英の有無を用いて岩石の識別を行った学生は1割にも満たなかった。ここでも岩石の識別に最も多く用いられた基準は“岩石の色調”であり、その次は“磁性の有無”であった。標本がわずかに磁性を持つ岩石であったため、有色鉱物を多く含む色調に引っ張られ、磁性の有無と併せることで、花崗岩ではなく閃緑岩と答えた学生が多かったことが想定される。

#### 岩石11 (流紋岩)



鳥根県浜田市金城町で採取した匹見層群の流紋岩質溶結凝灰岩である。匹見層群は、鳥根と広島県の境に沿って細長く分布する凝灰岩層で、岩体の大部分を流紋岩およびデイサイト質溶結凝灰岩質の火砕岩を主体とし、多数の貫入岩を伴う火山-深成複合岩体を形成している(今岡・村上, 1986)。用いた標本は、岩石カッターで切断し、表面を研磨した標本であり、淡緑色を呈する石基の中に、破片状の白色の斜長石、ピンク色

のかり長石、暗色透明な石英を容易に観察することができる。

正答率は74.1%と高いものであるが、中には花崗斑岩とする解答も含めてあり、実際に流紋岩であることを識別した学生はいなかった。近年では火成岩の成因の研究が進み、半深成岩という区分はあまり用いられなくなってきており、次に示す岩石12の花崗斑岩とともに流紋岩類として一括されることが多い。そのため、薄片を作成して偏光顕微鏡を用いないと区別できない石基部分の組織の違いを確認できない授業中における岩石の肉眼観察では、これらの岩石は明確には区別しないこととしている。

一部、岩石の組織を正しく認識できずに花崗岩と判断した学生や、堆積岩に分類される礫岩として解答している学生もいた。

#### 岩石12 (花崗斑岩)



広島県広島市安佐北区可部町柳瀬の太田川沿いの川原で採取した花崗斑岩の転石である。

正答率は74.1%と高いものであった。この標本においても正答者の多くは岩石識別の基準として“岩石の色調”を用いていた。それでも、次点で“岩石の組織”をきちんと観察しているケースが多かったことは、岩石観察の授業中に、花崗岩と花崗斑岩の組織の見極めを重視していたことが功を奏したと考えられる。

#### 5.3 用いられた岩石の識別基準

岩石を見る経験の浅い学部生が、岩石名を決める際にどのような視点を用いているのかについて、追加テストにより様々な傾向が明らかになった。岩石の識別基準を整理すると、図5に示すような結果となる。岩石の識別に用いられた識別基準は、回数の多い順に“岩石の色調”、“磁性の有無”、“岩石の組織”、“粒の大きさ”であった。

特に“岩石の色調”は、ほぼ全ての岩石の識別に用いられていた一方、本来必要とされる“石英の有無”や、火成岩中のSiO<sub>2</sub>含有量を反映する“構成鉱物の種類”を基準として用いている学生の割合は1割以下である

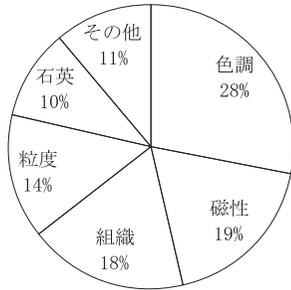


図5 学生が岩石の識別に用いた主な基準

ことが明らかとなった。

この結果から、岩石を見る経験の浅い学部生が火成岩の岩石名を決める際、本来必要な基準の観察を行うよりも、ぱっと見の岩石の色調の違いや、糸の先にぶら下げた磁石を用いて簡単に識別できる磁性の有無を安直に優先させている状況が見て取れる。

岩石の色調や、次に多く用いられた“磁性の有無”は、今回の調査においては誤答に共通してみられる識別の基準であった。特に“磁性の有無”に関して、理解実験（地学）の授業中に、岩石の識別を磁性に頼る必要があるのは、ともに暗～黒色で、塊状で緻密な泥岩（頁岩）と玄武岩を見分ける時だけと指導している。ただ、磁性鉱物が多く含まれる苦鉄質の火成岩は磁性を持つことが多く、珪長質の火成岩では磁性を示しにくい傾向があることを説明している。

特に火成岩の分類として、流紋岩質の岩石を識別するためには、構成鉱物として石英が含まれているかどうか重要な識別の理由となるものの、“石英の有無”を岩石の識別に用いている学生は非常に少なかった。岩石の識別を、見かけの色調に頼るのは、標本の風化状態や構成鉱物の色調などに強く影響される可能性が強いため注意が必要である。

花崗岩と閃緑岩を並べ、露出やコントラストが同じになるように同時に撮影したものを図6に示す。写真左側の閃緑岩は、主に角閃石と白色不透明な斜長石から構成されるため、白と黒のコントラストが高く、人によっては“白い岩石”として判定されがちである。これに対して写真右側の花崗岩は、斜長石に比べると、どちらかという透明感のあるカリ長石や石英が多く含まれるため、“暗い岩石”と判断されやすい。有色鉱物の割合でみると閃緑岩の方が、黒い鉱物の割合が多いにもかかわらず、全体的な色調から判断すると、右側の岩石が暗いためこちらが閃緑岩と判断されやすくなる傾向にある。

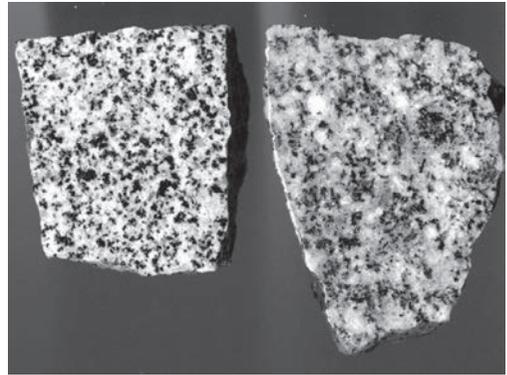


図6 岩石の見かけの色調  
(左：閃緑岩，右：花崗岩)

## 6. まとめ

堆積岩の調査では、岩相の変化、層序、堆積構造や走向傾斜など、一つの露頭から得ることのできる情報は極めて多い。現地で調査を進めながら、地質構造や堆積環境の変化などを推定しつつ調査をすすめ、仮説を検証しながら新しい事実を確認していくことが現地調査において可能である。

それに比べると、火成岩とりわけ深成岩の調査では、一つの露頭から得られる情報は岩相だけであり、岩相の変化や、他の岩石との境界を露頭レベルで確認できることはあまり多くない。そのため、露頭において風化の程度の違いや、地下水の浸透によってもたらされた酸化鉄などの存在に惑わされず、様々な視点から識別を行い、岩石の種類をきちんと特定できることがとても重要となる。

本研究において「花崗岩」、「花崗岩だが花崗岩に見えない岩石」、「花崗岩とは異なるが花崗岩に見えそうな岩石」、「その他」等の岩石区分の境界領域にある火成岩や、典型的でない岩石標本を、岩石を見る経験の浅い学部生が肉眼で観察するテストを行った。そして、岩石初学者は、岩石名を決める際に、見た目の色調や、磁性の有無のようにあまり深く考えたり観察したりしなくても済む方法を安易に選択する、ということが判明した。

この理由として、岩石の色調は視覚的に捉えやすく、自身の持つ典型的な岩石のイメージと照らし合わせやすいことが理由として考えられる。また、岩石の磁性の有無に関しては、磁性があるかないかという2択であるため、情報として扱いやすいことが好まれる理由として考えられる。

ところが火成岩の磁性の有無は、岩石名の区分とは無関係に例外的多い属性情報の一つである。特に、誤

答者の中に磁性の有無を基準として用いたものが多いことから、磁性があることによって花崗岩を選択肢から外してしまい、その他の特徴が花崗岩としての特徴を示していたとしても、磁性があることを優先してしまっているパターンが多く見られた。

このように岩石を見る経験の浅い学部生においては、様々な情報から総合的な判断を行うのではなく、岩石名の決定の際に特定の識別基準に強く依存していることも判明した。

さらに岩石区分の境界領域にある岩石や、典型的でない標本について、岩石名を正しく決められない理由として、

- ・構成鉱物の中でも、特に石英を認識することに困難がある
- ・細粒な岩石は粗粒な岩石に比べ黒っぽく見えてしまう
- ・ルーペ等で観察しても、石基部分の組織の識別は難しいため、肉眼で半深成岩と火山岩を識別するのは困難である

等の理由が明らかとなった。

実際に火成岩の識別を行うためには、肉眼で組織を見極めることと、構成鉱物を正しく同定できることが、大変重要な要素である。このことから、岩石名を決めるうえで本来必要となる岩石の識別基準を、事前の学習段階で意識するように指導することにより、より正確な岩石識別につながる可能性があることが示唆された。

また主要造岩鉱物の同定には課題があるが、これを改善するためには、典型的な標本を用いて岩石の学習を行った後、岩石区分の境界領域にある識別が困難な岩石や例外的な岩石標本を用いて学習を行うことで、構成鉱物への着目を促せる可能性をも示唆する結果となった。

火成岩の中でもとりわけ深成岩は、過去における地球内部の火成活動、すなわち火山フロントの位置の変化を探る上で重要な情報となる。そのため、堆積岩や変成岩に比べると、一つの露頭で得られる情報は少なくなりがちな火成岩ではあるが、正しく岩石名を認識した上で研究室に持ち帰り、過去の論文や文献を元に、それぞれの岩体の分布や形成年代などを元に、広い視野を持って分布の傾向を把握することで、見えてくる特徴がある。

## 【謝辞】

本研究の一部はJSPS 科研費 JP17H01980の助成を

受けたものです。本稿の執筆にあたり、試料の採取と標本の作製・整理において、広島大学大学院教育学研究科自然システム教育学地学研究室の学生さんたちに大変お世話になった。お世話になった皆様方に心より御礼を申し上げます。

## 【引用文献】

- 林 武広・鈴木盛久・今岡照喜 (1995) 広島県北西部の白亜紀火成岩類, 日本地質学会第102年学術大会見学旅行案内書.
- 飯泉 滋・沢田順弘・先山 徹・今岡照喜 (1985) 中国・四地方の白亜紀—古第三紀火成活動. 地球科学, 39, 5, 372-384.
- 今岡照喜・村上允英 (1986) 匹見層群および関連貫入岩類. 村上允英・今岡照喜編: 西中国および周辺地域の酸性～中性火成活動. 山口大教養部紀要, 村上允英教授記念号, 84-99.
- Ishihara S. (1971) Modal and chemical composition of the granitic rocks related to the major molybdenum and tungsten deposits in the inner zone of Southwest Japan. J. Geol. soc. Japan, 77, 441-452.
- 磯見 博・野沢 保 (1957) 5万分の1地質図福「船津」および説明書. 地質調査書, 43p.
- 加藤碩一・佐藤岱生 (1983) 信濃池田地域の地質, 地域地質研究報告 (5万分の1図幅), 地質調査所, 93p.
- 小島丈児 (1964) 深成岩類. 広島県地質図説明書, 広島県, 87-101.
- 河野義礼・植田良夫 (1966) 本邦産火成岩の K-A dating(V) —西南日本の花崗岩類一, 岩鉱, 56, 191-211. SATO, K. (1991) Miocene granitoid magmatism arc junction, central Japan. Modern Geol., 15, 367-399.
- 鈴木和博・三宅 明 (2006) 領家帯, 日本地質学会編 日本地方地質誌4「中部地方」, 朝倉書店, 230-231.
- 鈴木盛久・林 武広・山崎博史 (2006) 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, 5, 157-165.
- 高橋正樹 (1988) 花崗岩系列の提唱と発展. 地質学論集, 25, 225-244.
- 吉富健一・林 武広・山崎博史・鈴木盛久 (2010) iPadを用いた岩石鑑定マニュアルのマルチメディア化, 日本地学教育学会鹿児島大会講演予稿集, 160-161.