

地質野外実習プログラムの開発とその実践 — 火成岩の産状および断裂系に注目して —

吉 富 健 一 ・ 林 武 広 ・ 山 崎 博 史
(2010年12月3日受理)

Development of a Geological Field Observation Program and the Practice Focusing on Observing Method of Igneous rocks and Fracture system

Kenichi YOSHIDOMI, Takehiro HAYASHI and Hirofumi YAMASAKI

Abstract. Students of science teacher training course have knowledge about classification method of igneous rocks, intrusive rocks and faults already, however many students can't identify rocks and can't classify a fault as joints at the outcrops. As many geological phenomenons show many varieties, it's necessary to learn earth science with field observation as well as textbooks. In order to develop a new field observation program focusing on getting view point of igneous rocks and fracture system, we have chosen the Motoujina area in Hiroshima City as a most suitable site and we have conducted field study for those students.

1. はじめに

広島県南部には花崗岩類が広く分布する。花崗岩は、地下深い所に貫入した花崗岩質のマグマが、長い年月をかけてゆっくりと冷えて固まったものである。等粒状組織で構成されることから火成岩の分類でいうと深成岩に分類される。この花崗岩を、現在地表で見ることができるということは、隆起運動と地表の侵食作用により花崗岩が地表に露出した結果にほかならない。

誰も見たことのない地下深くの現象であっても、地表に現れた岩石の岩相変化や貫入岩類の貫入している様子、節理や断層などの断裂系を注意深く観察し、それぞれの現象の前後関係を明らかにすることで、冷却・隆起・断層など、その岩石および岩体がたどってきた経過を詳細に知ることが可能となる。

教員養成系の学生は、基礎知識として深成岩と火山岩の分類および酸性岩と塩基性岩からなる火成岩ダイアグラムについて学習している。また過去の講義において写真や映像資料、岩石標本等を用いて、花崗岩や貫入岩および断層について学習してきている。にもかかわらず野外に出て、実際の

露頭において実物の岩石と対面した際に、目の前に見える岩石が火成岩ダイアグラムのどこに位置する何岩なのか、岩石中に見える不連続面は貫入面なのか節理面なのか、はたまた断層なのか判断に困るケースが多い。

地質学分野の学習においては、理論だけではなく実際に野外にでて実物を観察することが、実感を伴って学習・理解するための第一歩とされる。

しかし、野外実習プログラムで、花崗岩の岩相観察と花崗岩中に発達する節理面、貫入岩および断層系について総合的に学習しようとした場合、短時間でそれを効果的に見学できる箇所は限られる。

そこで本論では、将来、現場において野外学習を指導することが想定される教員養成系の大学生に対する、火成岩の産状と断裂系の観察方法に主眼をおいた地質野外実習プログラムとして、最適と思われる場所を検討するとともに、観察できる地質現象と対応する学習内容、およびその成果についてまとめた。

2. 見学地の検討

一般に、大学生を対象とした野外実習プログラムでは時間的な制約や金銭的な問題、安全面への配慮などもあり、火成岩の見学場所として求められる条件としては、

- 海岸沿いなどで連続的に火成岩が露出しており、岩相の変化や断裂系が露頭で観察できること
- 交通・連絡の利便性がよく、日帰りで見学できる距離であること
- 多人数で見学・移動するため、駐車場や歩道等が整備されてこと

などが挙げられ、見学場所はこれらの条件を満たす場所に限定される。

広島県では、図1に示すように県南部に深成岩類が広く分布しているものの、沿岸部一帯には平野としての三角州や埋め立て地が広がっており、好条件で露頭を観察できる可能性の高い地域は、島嶼部などに限定される。また、中国地方南西部を支配する断裂系は、北東—南西方向と北北西—南南東方向に発達しているため、これらを追跡して観察できる地域が望ましい。

広島港の東部に位置する元宇品は、広島市中心部のバスセンターよりバスや路面電車を利用しておよそ30分で到達することができる。また自家用車を利用する場合にも元宇品公園の駐車場が利用できるなど、大学からの交通の利便性に優れている。元宇品東部の海岸は、住宅地や埋め立て地が広がり観察には適さないものの、広島港側の西部沿岸には海食崖が連続して発達し、歩道が整備されている。強風・高波などの気象条件に十分注意すれば、地質野外実習として多人数で移動しながら、数時間で花崗岩とそれに伴う断裂系を一通り観察して回ることが可能な、野外実習に大変適した場所との結論にいたった。

3. 元宇品の地質と地形

中国地方に広く分布する白亜紀—古第三紀の火成岩類は、南より領家帯・山陽帯・山陰帯に区分されている。広島県南部を中心に分布する広島花崗岩は山陽帯に区分され、90～80 Maの放射年代値を示し、85 Ma前後に活動のピークがあることが明らかになっている（今岡ほか，1994）。

広島花崗岩の岩相は、塊状の黒雲母花崗岩を主体とするが、花崗閃緑岩や少量の石英閃緑岩、ハ

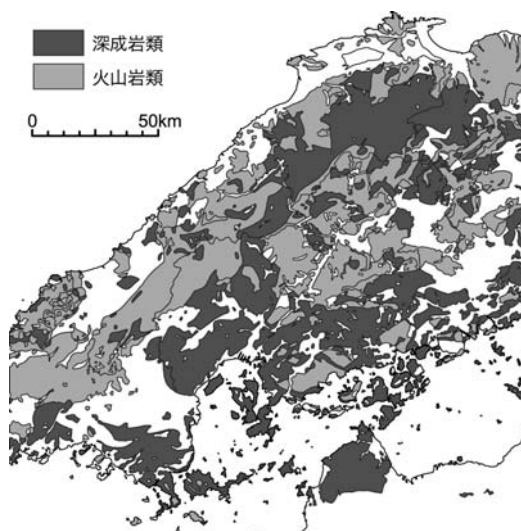


図1 広島周辺に分布する火成岩類
(国土交通省国土調査課の50万分の1表層地質図のGISデータを利用)

ンレイ岩、閃長岩などを伴う。アプライトやペグマタイト脈も頻繁に認められる。花崗岩は一般に岩相変化に乏しいが、ホルンブレンドを伴う場合もあるほか、しばしば粒度変化も認められる。多くは中～粗粒黒雲母花崗岩で、時に長径2～3 cmにも及ぶサーモンピンクのかり長石が斑状を呈することもある（村上，1976）。

元宇品に分布するのは、広島花崗岩の中でも花崗閃緑岩に分類される岩石である。地形としては、北北西から南南東方向に細長く延びた島の形をしており、最も高いところは標高52 mである（図2）。

かつては宇品島という離れ小島であったが、1889年（明治22）年の宇品港の築港に伴い、水路だけ残して陸続きとなったとされている（広島港要覧，1954）。元宇品町（旧・宇品島）の緑地帯全域が自然公園として整備されており、市内でも数少ない原生林があるため、1950（昭和25）年に宮島原生林とともに瀬戸内海国立公園に追加指定されている。

ツブラジイやヤブツバキ、カクレミノ、アベマキ、クロキなどの広葉照葉樹の原生林が広がり、海岸沿いの遊歩道を歩くと宇品港や瀬戸の島々を間近に見ることのできる自然豊かな場所である。

現在、プリンスホテルのある元宇品の南東部から、海沿いに幅3 m程度の歩道が整備されており（図3）、釣り人や近所の人々の散歩に利用されている。また平成17年に南区魅力発見委員会の手で、特徴的な地質現象が見られる露頭の前に案内表示



図2 元宇品の地形図と観察地点

板が設置されている。



図3 整備された歩道と露頭状況

4. 学習内容とポイント

現地では火成岩の学習の中でも主に、

- ・ 火成岩の産状と貫入関係
- ・ 節理や断層など断裂系の観察
- ・ 風化と侵食による地形の発達

の3点の理解に重点をおき、地点1から14までの観察地点を設定した。またさいごに観察結果に基づいて、元宇品が現在の姿になるまでに地下や地上で経てきたプロセスを時間軸に沿って考察を行うよう課題を出してある。

当日は地形図に観察地点を記入したものと、観察される地質現象を記載した資料を配布した。資料に記載された地点番号に沿って、その場所で観察すべき事象について、観察・測定などを行いそのまま資料に書き込む方式を採用した。図2に元宇品の地形および観察地点を示す。学生は自分のいる場所を地形図上で確認するため、進んだり戻ったりしながら見学を行うことになるため、午前10時の開始で、最終地点に達するまでの所要時間はおよそ3時間であった。帰路は来た道をそのまま引き返し、およそ30分程度でスタート地点まで戻ることができる。

配布資料には各観察ポイントの概要として、元宇品を構成する岩石は、中粒花崗閃緑岩とそれを貫く様々な規模のアプライト質細粒花崗岩岩脈であることを解説してある。海岸沿いを歩きながらルートマップとして、両者の産状を色鉛筆で岩石別に塗り分けるとともに、断層や節理などの断裂系、さらに多様な風化現象を確認。加えて、砂浜で砂が打ち寄せられる様子などもあわせて見学するコースとなっている。

なお国立公園内であるので岩石・植物等の採集や破壊は禁止されている。

また、野外でグループ行動することを通して、将来教員になった際の野外学習における注意点や、安全や環境に対する配慮なども同時に学習することを期待している。

4.1 地点1

観察内容 中粒花崗閃緑岩とアプライト質細粒花崗岩が分布しており、両者の境界を確認できる(図4)。



図4 花崗閃緑岩とアプライトの境界露頭

露頭上部にマサ化した中粒花崗閃緑岩、露頭下部にアプライト質細粒花崗岩が位置しており、それぞれの岩相と風化度の違いを確認し、境界面の観察および、走向傾斜の測定を行った。

4.2 地点2

観察内容 花崗岩中の断層破碎帯が観察できる(図5)。



図5 断層破碎帯の露頭

ここでは、花崗閃緑岩中に見られる断層破砕帯について、断層の走向傾斜や破砕帯の幅の測定を行い、複数の断層が発達している様子を観察した。断層の走向は、およそN20°Wである。

4.3 地点3

観察内容 岩石中にブロック状に発達する節理 (図6)。



図6 ブロック状に発達する節理

アプライト質細粒花崗岩中に規則正しく入っている節理面について、縦・横・水平の3方向に入ることや、それによって岩石がサイコロ状に分離することを説明した。ここでは、節理の発達する間隔や、卓越する方向の走向傾斜を測定した。

4.4 地点4

観察内容 波によって打ち上げられる砂と砂浜の形成過程 (図7)。



図7 砂浜の堆積物の断面

火成岩の学習とは内容が異なるが、見学ルートの途中にある砂浜で、堆積物を見学。浜に打ち寄せる波のエネルギーや供給される堆積物の違いに

よって、砂浜に堆積する粒子の大きさが異なることを、実際に砂浜を掘って断面の様子を観察した。

4.5 地点5

観察内容 海食洞 (図8)。



図8 歩道脇に見られる海食洞

出発点からここまで観察してきた露頭は、おもに波による侵食で形成された海食崖であるが、節理や断層など構造的に弱い部分があると、選択的に侵食が進むため洞窟のようになり、海食洞が形成される。ここでは断層や節理などの位置が、海食洞の位置と一致するかどうか観察した。

4.6 地点6

観察内容 岩石に食い込んでいる木の根 (図9)。



図9 節理面に沿って入る木の根

地表に近い岩石の節理面の隙間や、断層による弱線には樹木の根が入り込む。この根が成長して大きくなることで隙間はさらに広げられ、岩石は崩壊する。気温の変化や結氷によるものと並んで、典型的な植物による物理的風化作用の例とされる。岩石に割れ目があるから木の根が入り込むの

か、木の根が岩石の割れ目を作るのか、どちらの現象が先と思われるか学生に考察させた。

4.7 地点 7

観察内容 断層とそれに沿って発達する熱水変質部 (図10)。



図10 断層の周辺に発達する熱水変質部

花崗閃緑岩中に発達する断層。断層部分には幅数 cm の白色～褐色の断層粘土が観察される。断層によって破壊された部分には他の部分より熱水が通りやすいため、熱水変質に伴う赤色化と粘土化が進行しているのが観察される。

4.8 地点 8

観察内容 水平節理に沿って進む風化とタマネギ状風化 (図11)。



図11 水平節理とタマネギ状風化の見られる海食崖

節理の発達した花崗岩類では、節理面に沿った部分から中心部に向かって風化が進むため、タマネギの皮をむいたような形状を呈することがある。また節理の交差する角から風化がより進行するため、丸みをおびた形状になることが多い。こ

こでは水平方向の節理が多く発達するため、一見ふとんを重ねたような侵食地形を呈しているのが観察できる。

4.9 地点 9

観察内容 墨流し状の有色鉱物と脈状に発達するペグマタイト (図12)。

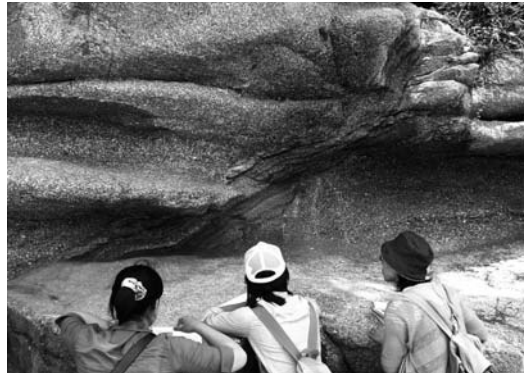


図12 墨流し構造とペグマタイト

地点8の花崗閃緑岩を露頭で観察すると、暗色包有物や有色鉱物が濃集して、墨を流したように見える構造が観察される。シュリーレン (墨流し) 構造と呼ばれ、一般に、花崗岩質マグマが地下で流動した場合や、すでに固結した物質の中へ残液が注入された場合などの形跡とされている。地点9ではペグマタイトを密接に伴っており、墨流し構造に沿うように石英や長石の巨大な結晶が配列している様子を観察できる。

4.10 地点 10

観察内容 比較的大規模な断層 (図13)。



図13 花崗閃緑岩中の断層

幅数十 cm の破碎帯をもつ断層。断層の走向傾

斜を測定するとともに、破碎帯の様子や幅を測定した。

4.11 地点11

観察内容 小規模な横ずれ断層で切られているアプライト岩脈 (図14)。



図14 アプライト脈を切る断層露头

花崗閃緑岩の中にある割れ目だけでは節理面か断層面かを判断するのは難しい場合がある。ここでは、貫入したアプライト岩脈が変位することで断層のズレが視覚的に明らかになっており、断層によるどちら方向に変位したか容易に判定することができる。断層のずれは、向かい側がどちらにずれているかで判断する。この場合右横ずれ断層となるが、断層のどちら側に立っても同じ結果になることに注意。

4.12 地点12

観察内容 層状あるいはちりめん状に発達する水平節理 (図15)。



図15 花崗閃緑岩中のマイクロシーティング

花崗閃緑岩中に、平行で密に発達した割れ目群

が観察される。これらはラミネーションシーティングと呼ばれ、一般に侵食による上載圧の除荷に伴う応力解放によって形成される破壊現象の一種であると考えられている。

4.13 地点13

観察内容 花崗閃緑岩中の断層 (図16)。



図16 花崗閃緑岩中の断層

断層の西側にはアプライト質細粒花崗岩岩脈の貫入が観察されるが、断層で変位しているため、続きがみつからないことがわかる。走向傾斜を測定するとともに、破碎帯の様子や幅を測定した。破碎された角礫を含む幅約60 cmの破碎帯を持ち、断層の走向は、およそN22°Wである。

4.14 地点14

観察内容 地点13から連続すると推定される断層 (図17)。



図17 花崗閃緑岩中の断層

断層の走向傾斜や破碎帯の幅、地図上の位置から地点13で観察した断層の延長と考えられる。走向傾斜を測定するとともに、破碎帯の様子や幅

を測定した。地形図を使って、地点13との位置関係を確認し、断層が海岸線の発達している方向に影響を与えている可能性を示唆した。

5. 元宇品形成プロセスの考察

現地では一貫して、それぞれの地質現象の前後関係に注意して観察するよう指導を行った。そして、実習の最後に観察結果に基づいて、元宇品が現在の姿に至るまでの地下および地上での様々なプロセスを時間軸に沿った形で考察するよう求めている。また考察したプロセスから考えられる、元宇品の未来の姿について言及するよう課題を提示してある。

現地の観察から、元宇品が現在の姿になるまでには花崗岩質マグマの生成と冷却、冷却過程でのアプライト岩脈の貫入、シュリーレン構造やペグマタイトの形成に始まり、隆起・剝削にともなう応力解放や構造運動による割れ目（節理面やマイクロシーティング）や断層など断裂系の生成へと引き継がれる。地表に現れた後、断裂系に影響を受けつつ風化・侵食が行われることで、現在の地形や海食崖・海食洞などが形成されたことがわかる。また、洪積世末より明治の中期まで、太田川の河口に浮かぶ宇品島であったものが、現在陸続きになっているということは、広島における太田川三角州の発達とも深い関わりがある現象といえる。

提出されたレポートによると、アプライト質細粒花崗岩が“母岩の割れ目に沿って貫入する”という印象が強かったためか、地点14で花崗閃緑岩とともに断層変位を示しているにもかかわらず、アプライトの貫入時期を、花崗岩が隆起し断層系が発達したその後、と間違った認識を示しているレポートも一部見受けられたが、半数を超える学生が、上記プロセスについておおよそ正しく理解していることが明らかとなった。火成岩の産状と断層系に注目した地質野外実習プログラムとしては、一定の成果が得られたと認識している。

風化・侵食に伴う地形発達に関しては、アプライト質細粒花崗岩の主な貫入方向、節理や断層が北北西―南南東の方向に集中していることと、島の伸張方向がこれら断層系と一致することに注目している学生が多かった。これらの学生は、節理や断層は平行して入っており、風化・侵食はこれ

ら断層系を中心に進行するので、元宇品は将来的にどんどん細くなっていくと予想している。

6. まとめ

地質野外実習プログラムを通して、火成岩中に見られる岩相の変化や、断層系および風化・侵食作用について観察を行った。これらの地質現象を通して、元宇品が現在の姿に至るまでは、地下および地上での様々なプロセスを経ていることを、実感を持って理解することができたと考える。

今まで岩石標本などでは学習してきたが、露頭において実物の岩石を見たことのない学生がほとんどであったため、花崗閃緑岩中の粒度変化や風化に伴う見かけの違いと、貫入により他の岩石が花崗閃緑岩中に入ってきている現象を区別できないケースや、地中深くで進行するはずの岩石の貫入やペグマタイトの生成を、地表での火山噴火と同列に捉えているケースなどが見受けられた。

その他にも断層による変位について、右横ずれ（断層の片側に立った際、反対側が右側にずれている）や左横ずれ（その逆）など、変位の方向を理解するのに手間取っている姿が多く見られた。

逆に、花崗閃緑岩とアプライト質細粒花崗岩の粒度の違いに起因すると思われる風化度の違いに着目し、強く風化しているため、なだらかな表面でまったりとしているのが花崗閃緑岩、風化が進んでいないため、細かく鋭利に割れているのがアプライト質細粒花崗岩と、岩石の性質と風化の違いによって岩石を見わける方法を会得した学生なども見られた。

実習開始前はただの海岸沿いの散歩道に出ている崖でしかなかったものが、様々な地質現象の織りなす過去の記録の宝庫であると気がついたことによって、これまで授業で漠然とした知識として学習してきたことが、過去の世界や目に見えない地下で起こっている現象を解き明かすツールであることが理解できたと思われる。

最後に今後の課題として、地形図を持って現在の自分の場所を確認することや、断層面や節理面の測定における傾斜方向の認識に躓いている学生が多く見られた。カーナビシステムやGPSの普及により、地図上で自分の位置を確認する機会が著しく減ってきている現代だからこそ、地図読みや方向感覚など、三次元の認識に関するトレーニ

ングを事前に行っておく事の必要性を感じた。

引用文献

広島県広島港事務所（1954）広島港要覧， p.94.
今岡照喜・大平武・沢田順弘・板谷徹丸（1994）
中国・四国地方における白亜紀～第三紀火成

岩類の放射年代．岡山理科大学自然科学研究所研究報告， 20,3-57.

村上允英（1976）本邦産交代性閃長岩質岩石中の
鉍物共生．岩石鉍物鉍床学会誌， 特別号，
261-281.