

(3) 花崗岩質岩石内のクラックの配向面に関する調査

徳山高専 正会員○工藤 洋三
徳山高専 正会員 橋本 堅一
山口大学 正会員 佐野 修
山口大学 正会員 中川 浩二

1. はじめに

花崗岩質岩石内には微小欠陥の選択的配向性 (preferred orientation) が存在するため、力学的性質に異方性が生じる。これら力学的異方性の程度は微小欠陥の密度や種類によって異なるため、一般的な比較は困難であるが、等方性を仮定して得られた解析結果と実際の解との間には大きな隔たりがでてくる可能性がある。また岩石試験などを行う場合、異方性を無視して行えば実験結果に大きなバラつきが生じる場合も出てくる。例えば、筆者らが実験した黒髪島産（山口県）や大島産（愛媛県）の花崗閃緑岩の圧裂強度は、その最大値に対して約40%程度も変動した。¹⁾²⁾ このためこうした実験を行う場合には、実験に先だって材料の異方性の主軸を知っておく必要性が生じる。しかしながら、一般に実験に供される岩石供試体の異方性の主軸の方向が各産地によって異なるため、こうした作業には困難が予想されるので、微小欠陥に関するこれらの大まかな情報が事前に与えられておれば実験結果や解析結果を解釈する場合に著しく好都合である。

筆者らはこれまで日本各地の花崗岩採石場を訪問して花崗岩質岩石の異方性の主軸を調査するとともに、採石場以外の岩石も採取し、薄片の観察などによって異方性軸の決定を行ってきた。本研究は、花崗岩質岩石の異方性軸の方向に関して筆者らのこれまでの調査結果をまとめたものである。なおここで花崗岩質岩石とよぶのは、花崗岩や花崗閃緑岩に代表される酸性の深成岩のことである。また本研究で観察される微小欠陥は、大別して開口したクラック (open crack) と液粒面 (liquid inclusion plane または healed crack) に分類されるが、以後まとめてクラックと呼ぶ。

2. 試料の採取

本研究で対象とする試料は、採石場のものと採石場以外のものに大別される。前者については、石工職人の採石に関する経験的な知識が、異方性軸を決定する上で重要な情報を与えること³⁾、採石場では新鮮な露頭まで深く掘り下げられており、風化や地形による外乱が比較的少ないためクラックに関する情報を得る上で有効であることなどの理由によって積極的に採用した。しかしながら、地域によっては比較的大きな花崗岩質岩石の岩体を有するにもかかわらず、採石場が存在しなかったり、石材として不適であるという理由だけで採石の対象にならない場合もあり、できるだけ密に調査するという立場から、採石場以外の岩石についても採取した。試料採取に当っては、研究の性格上岩盤からの採取を原則とし、実験室内で原位置での方向の復元が可能となるように、岩盤から小岩塊を剥離させる前に岩石表面に必要事項を記載した。調査対象地域は38地域、106地点に及んでいる。

3. 薄片観察による異方性軸の決定方法

クラックの選択的配向面の決定方法にいくつかの方法が考えられる。弾性波速度試験や静水圧試験などの力学試験によっても可能である。しかしこれらの方法では、角度の分解能が十分でなかったり、風化のある程度進行した岩石については優先方位の決定が困難であるため、本研究では補助的な手段としてのみ採用し、主要な決定法は薄片の観察によった。また薄片の観察結果により得られたクラックの方向が、石工職人の経験則と調和的なものについては、角度の決定にこれらの経験則を採用した。これは、薄片から

優先方位を決定する場合、クリノメーターによる原位置での角度の測定、岩塊の切断整形、薄片の製作という過程で角度に関する誤差が累積される可能性があるためである。

従来の研究^{4) 5)}や日本の花崗岩質岩石に関する筆者らのこれまでの調査により、花崗岩質岩石内のクラック分布がほぼ直交異方性を有していること、さらに主軸のうちの2つはほぼ水平面内にあることなどが推察されるため、薄片の一つは水平面と平行なものを作製し、これより鉛直面にはほぼ平行に配向するクラックに関する情報を得ることとした。さらに鉛直面に平行な薄片を作製し、これより水平面にはほぼ平行に配向するクラックに関する情報を得た。すなわち一つの岩石について最低2個の直交する方向の薄片が作製されるが、当然のことながら原位置での方位に関する情報は薄片の段階まで保存されている。

4. 小地質区分内でのクラック分布

まずクラックの配向性の地域的特性を詳しく見るために、北木島（岡山県笠岡市）の8採石場での調査結果について検討する。この地域の採石場では、採石の際に一番割れ易い面（rift plane）はほぼ水平面に一致する。薄片の観察結果もこれと調和的で、水平面内で石英粒内に優先方位を持つクラックが多数認められる。次に二番目に割れ易い面（grain plane）はほぼ鉛直面に一致し、これらの面の走行も島内では類似した傾向を示す。薄片下ではrift plane同様石英粒内のクラックによって特徴づけられている。調査結果をまとめて示したものが図-1である。図中○は、水平面内にクラックの選択的な配向性が認められることを示す。図から明らかなように、測定された合計8の調査地点の内、6地点までがN50° E近傍の走行が卓越しており、2地点のみNS系の走行が卓越している。また例外の2地点についてもN50° E近傍にクラックの別の選択的配向が認められる。このことは、島内全域で鉛直に配向したクラックに関して支配的な方位が存在することを示している。さらに例外の2地点については一つはgrain planeがこの支配的な方向と直交しており、他の一つについては斜交している。後者については極めて局所的な応力場の寄与がクラック生成に寄与していることが推察される。北木島と調査面積において同規模の大島（愛媛県）や蛭川（岐阜県）における調査でも同様の結果が得られた。このことは、少なくとも小地質区分内では、選択的に配向したクラックの方向が極めて類似した傾向をもつことを示している。

5. 日本の花崗岩質岩石内のクラック分布

図-2にこれまでに調査したわが国の花崗岩質岩石内のクラック分布を示す。図中○印はほぼ水平面内にクラックの選択的配向が認められることを示し、実線がほぼ鉛直面内に配向するクラックの優先方位を示す。しばしば鉛直面内に互いにほぼ直交するクラックが認められることがあるが、この場合は実線の長短で相対的なクラック密度の違いを示している。採石場では「割れ易い面」が時として直交異方性からわずかに外れることが経験的に認識されており（瀬戸内地方の採石場の一部ではこうした構造を「行方（ゆきがた）」と呼んでいる）、このことは薄片観察によってもクラック分布の直交異方性からのわずかなズレと調和的である。しかしながら、ここでは厳密な統計解析を行うことが目的ではないので、単純に鉛直面内で最もクラックが卓越した方向とこれに直交する方向を記載している。

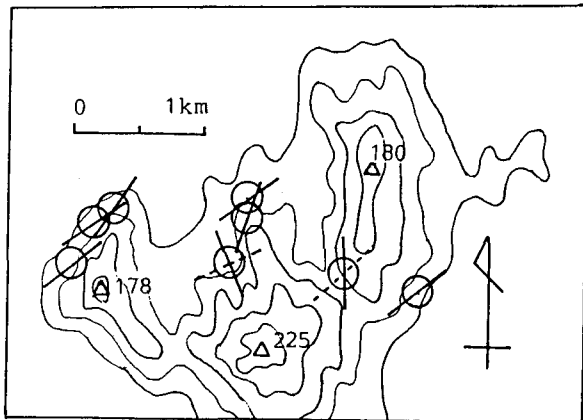


図-1 北木島におけるクラックの優先方位

図-2 よりまず明らかなことは、調査された

すべての岩石についてはほぼ鉛直面内に優先方位を有するクラックが認められることである。さらにこれらの方向は列島内で同一の方向を有するわけではないが、かなり広い範囲にわたって類似した傾向を示している。たとえば比較的調査地点の数が多い西南日本内帯を例にとれば、多くの地域で中央構造線にはほぼ平行なEWあるいはENE-WSWのクラックが卓越している。また内帯の東縁ではこれらの方位が中央構造線に沿って折れ曲がっているようにも見える。東北日本では調査地点の数が十分とはいえないが、得られたデータから見る限りやはり一定の傾向が認められる。

水平面内にクラックの選択的配向性が認められるかどうかという点についても広域的に類似した傾向が認められる。すなわち西南日本内帯では例外なく水平面内にクラックの配向が認められる。特に広島花崗岩帯および中国帯の花崗岩質岩石の採石場では、ほとんどの調査地点でrift planeがほぼ水平面内にあり、他のクラックの配向面と比較してクラック密度が高い。これに対して西南日本内帯の東縁ではrift planeがほぼ鉛直に近い面で、grain planeがほぼ水平面となる採石場も多い。さらに東北日本の南部になると、この傾向が顕著になる。たとえば稲田（茨城県）の採石場では、ほぼ水平に近い面がhardway plane (rift planeとgrain planeに直交する面) となっており、薄片の観察結果もこれと調和的である。すなわち図-2では同じ記号（○印）で示されているもクラックの密度はまったく異なっている。

少なくない調査地点で互いにほぼ直交する3つの面のそれぞれにクラックの選択的配向が認められた。このことは当該の岩石がたどった複雑な応力履歴を反映しているものと考えられて興味深い。すなわち同時に直交する3方向にクラックを生じさせるような応力場を想定することは困難であるから、クラック生成の歴史が問題となる。クラック相互の幾何学的形状や、クラックの新旧（開口したクラックか液粒面か）などからその岩体の応力履歴を推定できる可能性も考えられる。

6. おわりに

以上述べてきたように、本研究では日本の花崗岩質岩石内のクラック分布について検討してきた。その結果、まず小地質区分内ではクラック分布は類似した傾向を示すことが推察された。さらに広域的に見た場合もクラックの選択的配向性に類似した傾向が認められることが明らかにされ、日本列島内の花崗岩質岩石のクラック分布の大まかな傾向が示された。したがって本研究で与えられたクラック分布は、原位置試験や岩石試験に対して有用な情報を提供するといえよう。さらに本研究で得られた結果は、花崗岩質岩石内のクラックの成因を解明していく上からも有用な基礎的試料を提供しているものと考えられる。これらの成因は本研究で示されたクラック分布を合理的に説明できるものでなければならない。

しかしながら一方で、本研究は筆者らのこれまでの調査の中間報告的な位置づけを免れない。たとえば東北日本や西南日本の外帯については、測定数がその地域の傾向を論ずるほど十分であるとはいえない。また本研究ではクラックの選択的配向面の決定に関してはクラックの定量化に関する手法は用いられていない。今後さらに詳細な議論をしていく上ではこうした手法も必要となろう。さらにクラックが力学的性質に及ぼす影響を考慮する場合、すなわちクラックが存在する鉱物粒の種類やクラックの形状についてさらに詳しく分析していくことも必要であろう。この点に関する検討は今後の課題としたい。

本研究を進めるに当たり、各地の石材業者には岩石採取などに関して多大な協力和援助をいただいた。記して謝意を表する。

【参考文献】

- 1) 工藤他, 第16回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, 295-299, 1984.
- 2) 工藤他, 土木学会論文集, 370/III-5, 189-198, 1986.
- 3) 工藤他, 石工の経験則と花崗岩の力学的性質, 土と基礎, 34-8, 47-51, 1986.
- 4) Dale, T.N., Bull. U.S. Geol. Surv., 738, 22-103, 1923.
- 5) Osborne, F.F., Quebec Econ. Geol., 30, 540-551, 1935.

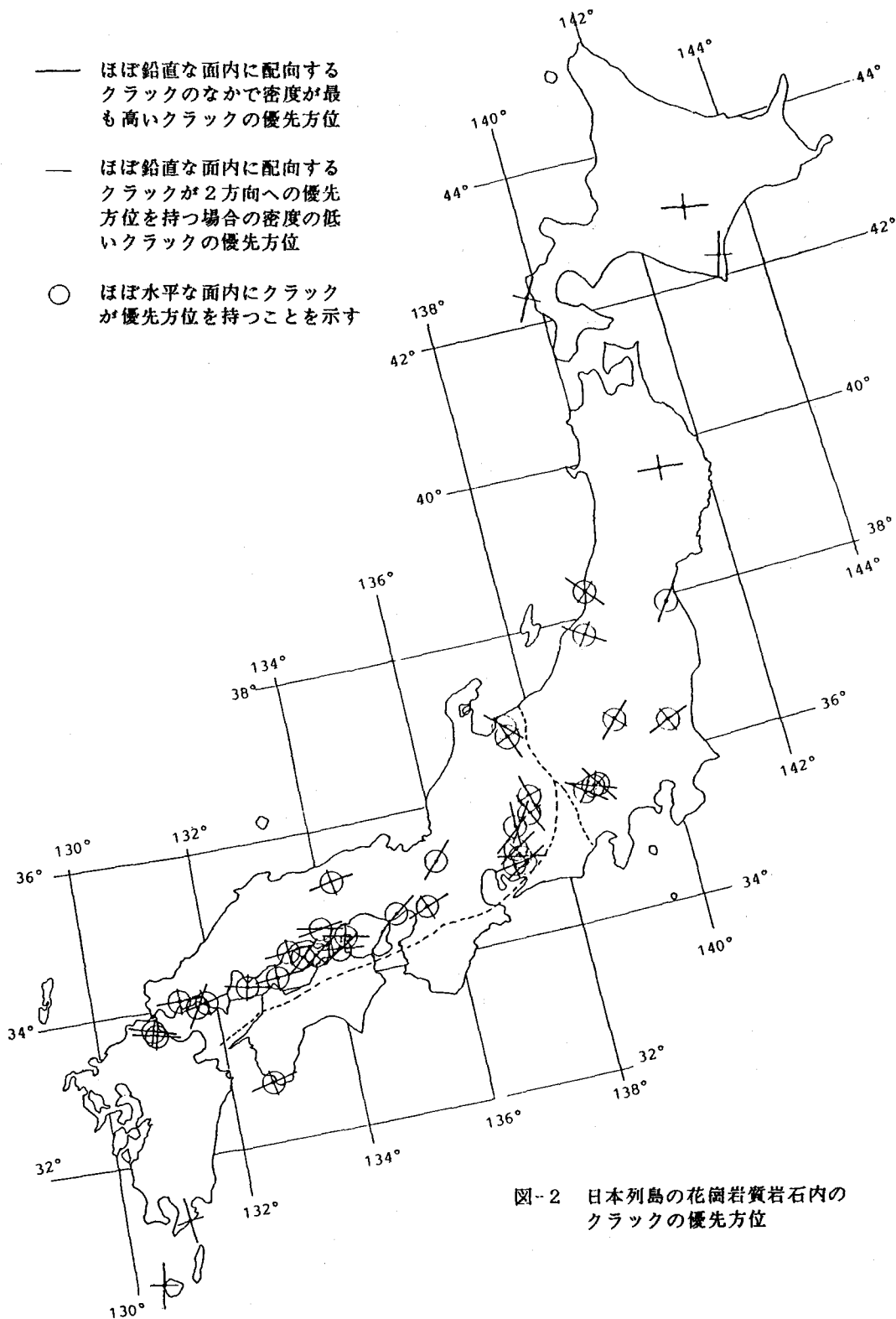


図-2 日本列島の花崗岩質岩石内の
 クラックの優先方位

(3) Preferred Orientations of Microcracks within Granitic Rocks in Japan

Yozo Kudo*

Ken-ichi Hashimoto*

Osam Sano**

Koji Nakagawa**

ABSTRACT

All granitic rocks possess three sets of nearly orthogonal planes. It is well known that these planes are characterized by preferred orientations of microcracks which strongly affect the physical properties of the granitic rocks. It should therefore be desirable for the engineering fields that the information of the preferred orientations of microcracks is derived in advance. In this paper, first, in situ orientations of the planes of anisotropy, i.e. the preferred orientations of the microcracks, were measured at several quarries on Kitagishima island. The measurements are based on thin section analyses with the aid of the empirical knowledge of quarrymen in order to estimate the similarities within a region of a few kilometers in extent. Thin section analyses indicate that at almost all the quarries on this island, the preferred orientations of microcracks strike nearly parallel with each other. Finally, we discuss the similarities among the granitic rock specimens all over Japan using thin section analyses. A map of preferred orientations of microcracks in Japan is shown (see Fig. 2). Even in this wide region, it was found that in situ orientations were more or less constant over hundreds of kilometers. It should however be noted that different characteristics of crack distribution are found among each tectonic zones.

* Tokuyama Technical College, Tokuyama

** Yamaguchi University, Ube