

12. 花崗岩の変質特性と強度に関する一考察

Relationship between alteration characteristics and strength in granite

○磯野陽子 (エイト日本技術開発), 石黒靖彦, 木村隆行
 Youco Isono, Yasuhiko Ishiguro, Takayuki Kimura

1. はじめに

2種類の花崗岩の岩石試験を実施したところ、一軸圧縮試験結果で倍以上の強度差が生じた。その原因を検討するため、試料の肉眼鑑定、薄片の顕微鏡観察、含有鉱物種による風化・変質度合いの相違等の確認を行った。その結果、明瞭な強度差を示す結果が得られなかった。しかし、強度の低い花崗岩では、黄鉄鉱が容易に観察できたので、過酸化水素水 pH 試験ならびに CNS 元素分析を実施した。その結果、強度低下の原因として、黄鉄鉱を生成する熱水変質作用の可能性が示唆されたので、ここで報告する。

2. 岩石試験結果

岩石試験結果を表-1 に示す。2種類の花崗岩を A 花崗岩および B 花崗岩とし、D は A 花崗岩に貫入するデイサイトである。圧縮強度に注目すると A 花崗岩の強度が $45 \sim 60 \text{MN/m}^2$ であるのに対し、B 花崗岩は 100MN/m^2 以上を示す。また本来、硬質緻密であることの多い、デイサイト貫入岩の強度は $17 \sim 90 \text{MN/m}^2$ と不均質であった。

表-1 岩石結果一覧表

試料名	単位体積重量 (g/cm ³)	圧縮強度 (MN/m ²)	P波速度 (m/S)	S波速度 (m/S)	圧縮強度/P ²	圧縮強度/S ²
A-1	2.53	59.4	3910	2140	3.8854	12.971
A-2	2.54	45	4720	2210	2.0199	9.2136
A-3	2.57	47.8	5280	2870	1.7146	5.8032
D-1	2.59	16.8	4140	2260	0.9802	3.2892
D-2	2.65	91.9	5140	2840	3.4785	11.394
B-1	2.57	113.3	5300	3090	4.0335	11.866
B-2	2.56	104.4	4720	2420	4.6862	17.827
B-3	2.58	116.5	5170	3040	4.3586	12.606

圧縮強度に対し、岩盤特性（主に風化状況）の影響を補正（PS 波の 2 乗で除する）した結果を、図-1 に示す。補正の結果、岩盤強度の差は小さくなったものの、A 花崗岩に対し B 花崗岩の正規化強度指数は、平均で 1.5 倍程度有した。

3. 肉眼鑑定および偏光顕微鏡観察結果

両花崗岩のカット面や偏光顕微鏡写真を写真-1 および 2 に示す。これによると、A 花崗岩は比較的中粒均質な黒雲母花崗岩で、黒雲母のほとんどが緑泥石化していた。B 花崗岩は斜長石やカリ長石の斑晶が目立つ

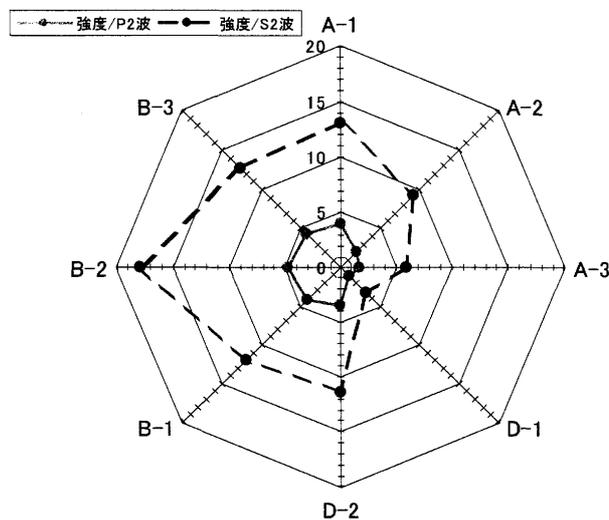


図-1 正規化強度指数比較図

やや細粒な黒雲母花崗岩である。黒雲母は緑泥石化しており、斑晶状の長石類の多くは微細な二次鉱物に置換されていた。

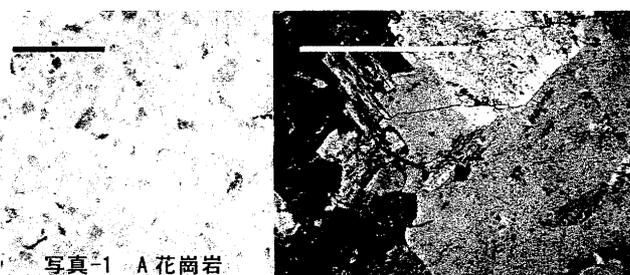


写真-1 A花崗岩

左: カット面 (バー1cm) 右: クロスニコル (バー1mm)



写真-2 B花崗岩

左: カット面 (バー1cm) 右: クロスニコル (バー1mm)

4. X線回折結果

X線回折定方位法分析を行い含有鉱物種から、各花崗岩の変質度合いを検討した。結果を表-2 に示す。

これによると、A・B 両花崗岩ともから、熱水変質で生成されるスメクタイト (M) と緑泥石 (Ch) の回折線が普遍的に確認された。従って、含有変質鉱物種

に基づく、両花崗岩の相違を明瞭に表現することはできなかった。

次に不定方位法分析を行い、斜長石-カリ長石-石英の割合から、両花崗岩の IUGC による分類を試みた。結果を図-2 に示す。

表-2 X線回折定方位法分析結果

試料名	X線回折結果(定方位法)					
	M	Ch	Se	Pl	Kfs	Q
A-1	○	○	△	◎	◎	◎
A-2	○	○	×	◎	◎	◎
A-3	○	○	△	◎	◎	◎
D-1	△	◎	×	◎	×	◎
D-2	△	◎	×	◎	×	◎
B-1	○	○	△	◎	◎	◎
B-2	○	○	△	◎	◎	◎
B-3	○	○	×	◎	◎	◎

変質鉱物 M:スメクタイト Ch:緑泥石 Se:セリサイト

造岩鉱物 Pl:斜長石 Kfs:カリ長石 Q:石英

◎:回折線が明瞭に確認される ○:回折線が確認される

△:回折線が1cm未満 ×:回折線が認められない

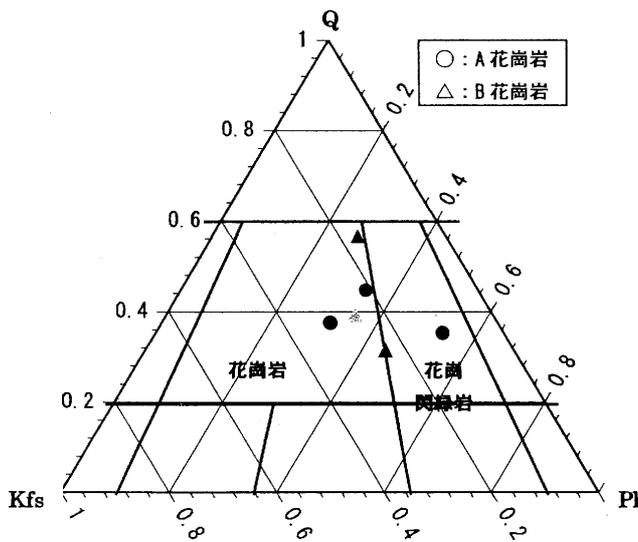


図-2 花崗岩質岩の分類図

これによると、A花崗岩(○)もB花崗岩(△)も花崗岩～花崗閃緑岩の領域に分布した。両花崗岩には正規化強度指数の違いにも関わらず、造岩鉱物組成上も大きな相違は認められなかった。

5. 過酸化水素水 pH 試験および CNS 元素分析結果

両者の黄鉄鉱含有の有無を検討するため、過酸化水素を用い、黄鉄鉱を強制酸化させ硫酸発生の様子を確認した。結果を表-3 に示す。

これによると、A花崗岩の全ておよび D-1 試料の pH(H₂O₂)は3以下を示し、黄鉄鉱からの硫酸の発生が確認された。そこで試料中の黄鉄鉱含有量を見積もるために、硫黄(TS)や硫酸の緩衝材となる炭酸カルシウム量(TC-TOC)を測定した。結果を表-3 に示す。

表-3 過酸化水素 pH 試験ならびに CNS 元素分析結果

試料名	pH (H ₂ O ₂)	C.N.S元素分析結果(%)			
		TOC	TC-TOC	TN	TS
A-1	2.66	0.02	0	0.01	0.14
A-2	2.53	0.03	0	0	0.08
A-3	2.60	0.03	0.06	0.01	0.24
D-1	2.34	0.03	0	0.01	0.29
D-2	8.69	0.03	0.49	0.01	0.03
B-1	9.88	0.09	0.01	0	0.00
B-2	8.90	0.03	0	0.01	0.00
B-3	10.09	0.02	0.05	0.01	0.01

その結果、硫酸を発生させた試料の硫黄含有量は TS=0.1~0.3%であるのに対し、B花崗岩中には硫黄がほとんど含有していなかった。

6. 硫黄含有量と正規化強度指数の関係

硫黄含有量と正規化強度指数の関係を図-3 に示す。これによると、硫黄含有量が多いほど指数は小さい値を示し、黄鉄鉱の存在が強度に影響を与えていることが示唆される。

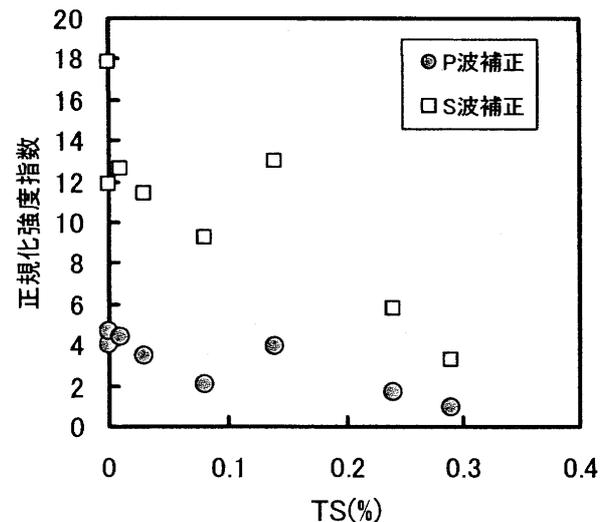


図-3 正規化強度指数と TS 関係図

7. おわりに

A・B 両花崗岩は、同じようにスメクタイトが生成する熱水変質作用を被っている。それに加え A 花崗岩は、黄鉄鉱を生成する変質の影響も強く受けており、今回のケースは、その変質が岩盤強度に影響を与えていると想定される。

基盤岩のD級クラスへの軟質化や粘土化といった変質の場合、スメクタイト等の粘土鉱物の有無が強度に影響を与えらると思われる。しかし、今回のような比較的硬質な基盤岩の変質は、必ずしも粘土鉱物で特徴付けられるとは限らない。そのため、変質特性の把握も多角的に工夫する必要があると考える。