

花こう岩の風化作用による鉍物粒子の破壊

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-07-30 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 齊藤, 昌幸 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00025614

花こう岩の風化作用による鉱物粒子の破壊

齊 藤 昌 幸*

I. まえがき

花こう岩の風化過程を明らかにするために、いままでに多くの研究が行なわれているが、風化過程を化学的側面、あるいは鉱物学的側面から捉えた研究が多く、物理的側面から捉えた研究は最近ようやく行なわれ始めたところである。

筆者は静岡大学教育学部地学教室の卒業研究として風化段階における鉱物粒子の割れ目の数の変化に主眼を置き、それらの数を定量的に測定すること、並びに割れ目の数の変化と他の物性の変化（弾性波速度値、引張強度値など）との関係を明らかにすることを目的として、愛知県北設楽郡稲武町を中心に本研究を行なった。これらの結果について、ここに報告する。

本研究を行なうに当り、終始有益な御指導御助言を賜わった、静岡大学教育学部地学教室の木宮一邦助教授に深く感謝する。また野外調査を行なうに当り、種々の御便宜をはかっていただいた、中部電力株式会社奥矢作水力建設所工事第二課課長の浦野哲也氏、並びに同所の方々にお礼を申し上げる。

II. 野外における花こう岩の風化分帯

野外において肉眼観察やハンマーの打撃に対する反発度などによる簡単な風化分帯については多くの説があるが、大局的にはほとんど同じであり肉眼観察による風化分帯はかなりの客観性を呈していると思われる。筆者は木宮（1975）にならい、第 1 表のように 7 つに分帯した。

表 1 野外における肉眼観察を主とする風化分帯表（木宮、1975）

風 化 分 帯	野 外 で の 特 徴	平均的厚さ
zone VII 土 壤 (soil)	露頭最上部に存在し草や木の根が密集している。マサ B との間にクリーニングマサ*の存在する場合もある。	1 m 以下
zone VI マ サ B (masa B)	全体が一様に風化し砂状を呈する。長石、黒雲母はかなり粘度化しているため、軽く手で握るとかたまりとなる。本帯を欠く場合もある。マサ A との境ははっきりしている。	2 m 以下
zone V マ サ A (masa A)	全体が一様に風化し砂状を呈する。粘土分はマサ B に比べて少なく、軽く手で握ってもかたまりとならない。節理面の跡は厚さ 1 cm 程度の粘度層となっている。風化花こう岩 B との境ははっきりしている。	10~20 m 時に 40~50 m
zone IV 風化花こう岩 B (weathered granite B)	長石は指頭で粉碎できるほど風化し、岩石全体としてもかなり風化しているが、一様な風化ではなく、節理面は残っている。粘土分はほとんどなく、ハンマーで軽くたたくと砂状となり、岩塊とならない。風化花こう岩 A とは漸移する。	5 ~ 10 m

*浜松市立中部中学校

風化分帯	野外での特徴	平均的厚さ
zone III 風化花こう岩A (weathered granite A)	長石は白濁するが、岩盤としての組織を残しており、節理面もはっきりしている。ハンマーで軽打してもくいこまず、軟かい部分は砂状になるが、硬い部分は10 cm程度の岩塊となる。花こう岩Bとは漸移する。	20 ~ 30 m
zone II 花こう岩B (granite B)	黒雲母の周辺に鉄サビ色のくまが生じているが、ハンマーで軽打したぐらいでは割れない。花こう岩Aとは漸移する。	20 ~ 40 m
zone I 花こう岩A (granite A)	新鮮なもので、風化作用の影響を全くまたはほとんど受けていない。	

* マサがクリーピングにより移動したもの、または地表水、風などの営力によりリワークして再堆積したもの

Ⅲ. 弾性波速度測定

新鮮な花こう岩からマサに至るまで、すべての風化段階の弾性波速度をポケットサイズモグラフを使用して測定した。測定値はその値が安定してから24回以上測定し、その上下をきって20回分の平均値をその代表値とし、グラフ上にその値をとって考察し、その分帯の弾性波速度を決定した。測定結果を第2表に示す。

表2 各風化分帯における弾性波速度測定値

風化地帯	露頭におけるハンデ イサイズモグラフに よる測定値 Kimiya (1975)	弾性波探査結果をボ ーリングコアでチェ ックして得られた値 Kimiya (1975)	露頭におけるポケッ トサイズモグラフに よる測定値 Saito (1977)
zone I	m/sec	5000 ~ 5500 m/sec	3876 m/sec
zone II		2500 ~ 4000	3356, 3636
zone III	940 1450	1000 ~ 1200	657, 682, 1669
zone IV	410 ~ 430 475 ~ 500		551, 744
zone V	300 ~ 375	500 ~ 800	339, 425, 513
zone VI			313, 356
zone VII	150	200 ~ 300	312

弾性波速度値は等比級数的に減少するので、これらの値をそのまま使うより対数で表した値の方が都合がよい。そこで弾性波速度値を底を2とする対数で表した時の値を、風化弾性波速度指数と名付けギリシャ文字 ρ で略称する。

すなわち $\rho = \log_2 S_v$ ただ S_v は弾性波速度値を m/sec で表した値である。

第2表の弾性波速度値を風化弾性波速度指数 (ρ) で表した結果を第3表に示す。

さらに ρ 値が、花こう岩類の物理的指標である風化引張強度指数 (ギリシャ文字 τ で略称) とグラフ上においてほぼ直線的に対応することから、 τ 値と共に物理的風化指数として ρ 値が信頼できる値であることが裏付けられる。なお風化引張強度指数 (τ) とは木宮 (1975) によって測定された第4表の引張強度測定値の幾何平均値を常用対数で表したものである。(第5表)

表3 各風化分帯の風化弾性波速度指数 ρ の諸値

zone I	11.92
zone II	11.83, 11.71
zone III	10.70, 9.41, 9.36
zone IV	9.54, 9.11
zone V	9.00, 8.73 8.41
zone VI	8.48, 8.29
zone VII	8.29

表4 各風化分帯の引張強度測定結果 (木宮, 1975)

風化分帯	個数	幾何平均	中央値	範囲	
				最大	最小
zone I 花こう岩A	39	111 Kg/cm ²	119 Kg/cm ²	251 Kg/cm ²	30 Kg/cm ²
zone II 花こう岩B	36	50	50	150	15
zone III 風化花こう岩A	34	5.6	6.0	32	1.0
zone IV 風化花こう岩B	12	0.63	0.66	2.9	0.22
zone V・VI マサA・マサB	12	0.03	0.03	0.09	0.02

表5 各風化分帯の風化引張強度指数 τ の諸値 (木宮, 1975)

風化分帯	個数	平均値	中央値	標準偏差	範囲	
					最大	最小
zone I 花こう岩A	39	2.06	2.07	0.21	2.39	1.47
zone II 花こう岩B	36	1.70	1.69	0.23	2.17	1.17
zone III 風化花こう岩A	34	0.75	0.77	0.36	1.50	0.00
zone IV 風化花こう岩B	12	-0.20	-0.18	0.35	0.46	-0.66
zone V・VI マサA・マサB	12	-1.47	-1.50	0.23	-1.03	-1.72

IV. 割れ目の数の測定

肉眼では識別できない程の小さな割れ目の数を定量的に測定するために、各風化分帯の薄片を作製した。マサ程度に風化したものは、まず直接露頭にて平らな面をつくり、そこにスーパースリーセメント 1/1000 の瞬間接着剤を充分かけ、半日以上自然乾燥させてから崩さないように注意して実験室に持ち帰った。実験室に持ち帰ったものを当初はアラルライトとハードナーとアセントを混合し固めていたが、

黄色に色がつくのが欠点であった。そこで後にはマサ、風化花こう岩ともに薄片を作成する際、その面に前述の瞬間接着剤をかけ自然乾燥させる作業を繰り返しながら、人為的な割れ目が入らないように充分注意して薄片を作成した。

表6 各風化分帯における単位面積あたりの割れ目の数

	L	M	S	L + M	M + S	L + M + S
zone I	0.2%	1.1%	9.5%	1.3%	10.6%	10.8%
zone II	0.2	3.3	10.1	3.5	13.4	13.6
zone III	1.5	4.6	16.3	6.1	20.9	22.4
zone IV	2.6	9.5	11.3	12.1	20.8	23.4
zone V	9.0	12.3	14.1	21.2	26.4	35.3
zone VI	9.3	16.7	17.5	26.0	34.2	43.6

作成した各風化分帯の薄片を顕微鏡観察し、 10^{-1} ミリ程度の割れ目をL、 10^{-2} ミリ程度の割れ目をM、 10^{-3} ミリ程度の割れ目をSとして、ポイントカウンターにより単位面積当りの割れ目の数を求めずで表した(第6表)。ここで注目すべき点はzone Iからzone VIに風化分帯が進むにつれて割れ目の数は増加するが、Lは約50倍、Mは約15倍、Sは約2倍というように割れ目の大きさによって増加程度に非常に差があることである。換言すれば風化作用を受けると、花こう岩はL程度の割れ目が最も成長しやすく、次にM程度の割れ目が成長しやすく、S程度の割れ目はそれほど変化しないといえるわけである。つまりS程度の割れ目は、あまり風化を受けていない花こう岩でも、ある程度(10%前後)すでに存在しているともいえる。

V. 割れ目の数と物性の変化との関係

1) 割れ目の数と野外観察事項との関係

露頭において肉眼で確認できる割れ目の大きさはせいぜいLまでである。従って風化分帯が進むにつれ、全体の割れ目の数が何十倍にまで増加するように思われがちである。しかし第6表のS値またはL + M + S値に示すようにSは新鮮な花こう岩でも10%前後存在するため、肉眼で確認できない割れ目まで加えると、全体の割れ目の数はzone Iからzone IVに至るまで約4倍に増加する程度である。

2) 割れ目の数と風化弾性波速度指数(ρ)との関係

第3表に示した ρ 値と、第6表に示した風化作用による鉱物粒子の割れ目の数との対応を、グラフ上に各点を取り考察してみた。その結果、Lは双曲線的に対応し、Mは直線的に対応し、Sは規則性がみられないことがわかった。従って、花こう岩の弾性波強度の数値に 10^{-1} ミリ程度の割れ目の増減は対数的に関係し、 10^{-2} ミリ程度の割れ目の増減は一次関数的に関係しているといえよう。

3) 割れ目の数と風化引張強度指数(τ)との関係

第5表に示した τ 値と第6表に示した風化作用による鉱物粒子の割れ目の数との対応を、グラフ上に各点を取り考察してみた結果、 ρ 値の場合と同様に、Lは双曲線的に対応し、Mは直線的に対応し、Sは規則性がみられないことがわかった。従って、花こう岩の引張強度の数値に 10^{-1} ミリ程度の割れ目の増減は対数的に関係し、 10^{-2} ミリ程度の割れ目の増減は一次関数的に関係しているといえよう。

VI. コアストーン形成過程における割れ目の数の変化

風化した花こう岩の露頭には、周囲に比べ新鮮な部分がコア状に取り残されていることがよくある。これらの風化様式の成因について調べてみた。

1) 野外観察事項

愛知県北設楽郡稲武町から西方約10Kmの地点、愛知県東加茂郡旭町と足助町の境界付近にある露頭を対象とし、試料を採取したコアーストーンの分帯図を第1図に示す。

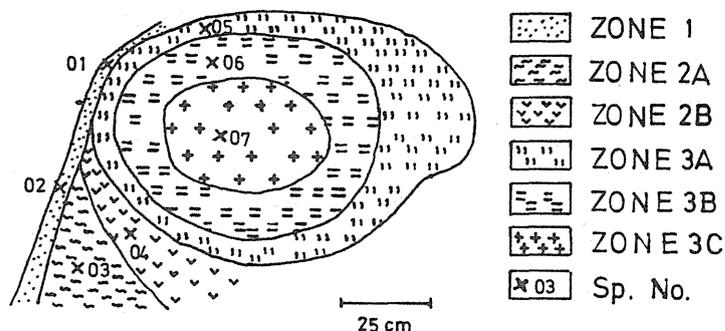


図1 コア状風化露頭模式図

肉眼観察では、割れ目の数は zone 3・A が幅 1～2 cm に 1 本あり最も多く、次に zone 2・B で幅 2～3 cm に 1 本、そして zone 3・B では幅 3～5 cm に 1 本、以下 zone 2・A、zone 3・C となる。角閃石は zone 1 では指頭でつぶれるが、他の zone ではほとんど新鮮である。石英はどの zone でも新鮮で硬い。黒雲母は zone 3・C ではほとんど変化していないが、他の zone では茶色く変色している。斜長石は zone 1、zone 2・A でかなり粘土化しており、特に zone 1 では表面が赤色に変色し、またどの zone でも指頭でつぶれる。

表7 コア状風化露頭における単位面積あたりの割れ目の数

2) 割れ目の数の測定

各 zone から採取したサンプルの薄片の顕微鏡観察により、割れ目を L・M・S の三種類に分け、ポイントカウンターにより単位面積当たりの割れ目の数を求め%でその値を示した(第7表)。なおサンプル番号 01・02 はかなり粘土化が激しいので、この表からは除外した。

	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
L	9.2%	8.3%	7.7%	7.0%	5.6%
M	7.3	7.5	5.5	6.3	4.9
S	14.0	13.7	12.6	14.5	12.1
L + M	16.5	15.8	13.2	13.3	10.5
M + S	21.3	21.2	18.1	21.0	17.0
L + M + S	30.5	29.5	25.8	27.8	22.6
altered zone	17.7	13.7	12.3	10.7	9.2
normal zone	51.9	56.9	61.9	61.6	68.1

多少矛盾している所もあるが、大筋としてコア状部分の中心からその周辺に行くに従って割れ目の数が増加している。第6表と比較すれば、サンプル番号 03～06 (zone 2・A、zone 2・B、zone 3・A、zone 3・B) がマサ A に、サンプル番号 07 (zone 3・C) が風化花こう岩 B に相当するものといえよう。

3) 粒度分析

薄片用のサンプルを採取した同じ場所から粒度分析用のサンプルも採取した。粒度分析はサンプルを自然乾燥させた後、15分間ふるい振とう機にかけ行った。その結果を第8表に示す。なおサンプル番号 01、02 については粘土化が激しいために、ふるい振とう機にかけ時間が15分間では短かすぎたようであり、あまりいい値がでなかったが、第8表で示されるようにコア状部分の中心からその周辺に行くに

に従って粘土分が増加し粒度が細くなるのがよく分かる。

表 8 コア一状風化露頭における粒度分析結果

sp. no. φ	01	02	03	04	05	06	07
- 2.5 ---	13.6 %	26.0 %	23.7%	24.8%	25.3%	25.9%	28.3 %
- 2.0 ---	10.1	9.0	12.9	12.5	12.9	13.0	15.0
- 1.25 ---	12.2	10.4	14.6	14.9	13.4	14.7	14.5
- 1.0 ---	5.1	3.9	5.4	5.4	5.2	4.8	5.4
0.0 ---	19.8	13.8	16.0	15.9	15.8	17.2	15.8
1.0 ---	16.1	12.8	12.0	11.3	12.3	11.3	10.6
2.0 ---	13.1	11.0	6.7	6.0	6.8	6.7	4.8
3.0 ---	9.6	7.6	4.5	4.2	4.7	3.6	3.1
4.0 ---	0.5	3.7	2.6	2.6	2.0	1.5	1.3
	0.0	1.8	1.5	2.5	1.7	1.3	1.2
Total	100.1	100.0	99.9	100.1	100.1	100.0	100.0
Median(φ)	- 0.62	- 0.96	- 1.33	- 1.38	- 1.53	- 1.56	- 1.72

Ⅶ まとめ

- 1) ポケットサイズモグラフによる弾性波速度値を対数で表した風化弾性波速度指数 (ρ) はすべての風化段階の岩石に適用でき、花こう岩類の風化の物理的指標である風化引張強度指数 (τ) と対応する。
- 2) マサは瞬間接着剤を使用し自然乾燥させる作業を、充分注意しながら根気強く繰り返せば薄片が作成できる。
- 3) 花こう岩は風化作用が進むにつれ、 10^{-1} ミリ程度の割れ目の数が約 50 倍に、また 10^{-2} ミリ程度の割れ目の数が約 15 倍に、また 10^{-3} ミリ程度の割れ目の数が約 2 倍にまで増加する。
- 4) 10^{-2} ミリ程度の割れ目の増減が、花こう岩の引張強度や弾性波速度の数値に一次関数的に関係する。
- 5) コアストーンは、その中心から周辺部分に行くに従い、割れ目の数並びに粘土分が増大することが実証された。

Ⅷ 引用文献

- 木宮一邦 (1975)、花こう岩類の物理的風化指標としての引張強度 (花こう岩の風化・第 1 報)、地質雑、vol. 81、No. 6、P. 349 ~ 364
- 仲井豊 (1970)、愛知県三河地方の花こう岩類、地球科学、vol. 24、P. 139 ~ 145
- 松本仁美 (1975)、愛知県小原村藤岡村付近の花こう岩の風化殻分布について、静岡大学地学教室卒論 (手記)