

(88) 花崗岩分布地域における崩壊特性に関する研究

京都大学工学部 正会員 ○楠田 啓
京都大学工学部 正会員 菊地 宏吉

A Few Remarks on the Properties of Landslip in the Area of Granite

Hiromu KUSUDA, Kyoto University
Kokichi KIKUCHI, Kyoto University

Abstract

The properties of landslip in the area of Hida Granite are investigated from the mineralogical and the geochemical point of view. The results obtained are as follows:

- 1) The remarkable difference in mineral compositions of rock specimens were observed between the rock specimens collected from the area of fissured zones and those from the area of altered zones formed by thermal waters.
- 2) In general, K, Na, Ca, Mg, Mn, Si were contained more in the water specimens collected from the area of altered zones than those from the another zones.
- 3) The percentage of area of landslips was measured by the image analysing method, and results showed relatively good agreement with the content of K, Ca, Mg in the water specimens.

1. はじめに

花崗岩が広く分布する高瀬川上流域では、大規模な崩壊が多数発生し、防災、環境保全の面から検討を要する課題となっている。崩壊地の特性に関する研究としては、これまでに空中写真による崩壊の進行状況に関する研究¹⁾などが行われているが、地球化学的な見地からの研究はほとんどなされていない。そこで本研究では、現地調査によって採取した岩石試料と河川水試料について鉱物分析、元素分析を行い、崩壊地の分布状況と比較検討することにより、鉱物学的観点および地球化学的観点から高瀬川上流域の花崗岩分布地域における崩壊特性について考察した。

2. 現地調査による試料採取

対象地域の地質は、大部分が白亜紀～古第三紀に貫入した花崗岩類であるが、これらを細分すると、新鮮な花崗岩、破碎組織を有する花崗岩、温泉変質を受けた花崗岩の3つに分けることができる。現地調査はこのうち破碎組織を有する花崗岩地域を中心に行い、岩石試料および河川水試料を採取した。また、比較のために温泉変質を受けた花崗岩地域についても一部試料を採取した。なお河川水の採取にあたっては、降雨による含有成分の変化をできるだけ少なくするために、好天が続く梅雨明けの時期を選んだ。

3. 岩石試料の鉱物分析

X線回折分析および偏光顕微鏡観察により岩石試料の鉱物分析を行った。鉱物の存在程度に応じて多い順に+++、++、+、±、-の5段階で表示すると、表1のようになる。破碎組織を有する花崗岩地域では花崗岩本来の鉱物組成を示しているのに対し、温泉変質を受けている地域より採取された試料では方解石を大量に伴うのが大きな特徴である。それ以外は顕著な傾向は認められず、不動沢でパーミキュライトが若干多く含まれる程度である。ただし、偏光顕微鏡観察では一部の試料(HS-5, HS-6, KKS-1, KrS-1)で著しい破碎組織が認められ、特に白雲母の細かい結晶が多数観察された。

表1 岩石試料の鉱物分析結果

		Qz	Pl	Kf	Bi	Mu	Ca	Am	Kal	Mo	Ver	Ch
不動沢	Fs-1	+++	+++	++	+	-	-	+	-	-	+	+
	Fs-2	+++	+++	+	+	-	+	-	-	+	++	+
	Fs-3	+++	+++	+++	±	-	-	±	-	-	-	+
	Fs-4	+++	+++	++	+	+	-	+	-	-	++	+
	Fs-5	+++	+++	++	+	-	+	+	-	-	+	+
濁沢 東沢	Ns-1	+++	+++	+	-	-	-	+	-	-	±	+
	HS-1	+++	+++	+	-	-	-	-	-	+	±	+
	HS-2	+++	+++	+	-	-	±	-	-	-	±	+
	HS-3	+++	+++	+	-	-	±	-	++	-	-	+
	HS-4	+++	++	+++	+	-	-	±	-	++	±	+
	HS-5	++	++	++	±	++	+	-	±	-	±	±
	HS-6	++	++	+	±	++	+	-	±	-	±	+
五郎沢 高瀬川	Gs-1	+++	+++	+	+	-	+	-	-	+	±	+
	Ts-1	+++	+++	+++	±	-	-	+	-	+	±	+
	Ts-2	+++	+++	+++	++	-	-	+	-	+	±	+
	Ts-3	+++	+++	+++	++	-	-	+	-	+	±	+
	Ts-4	+++	+++	++	+	-	-	-	-	-	±	+
竹村新道	Tks-1	++	++	+++	+	-	-	-	-	-	±	+
	Tks-2	++	++	+++	+	-	-	-	-	-	±	+
川九里沢 カラ谷	Kks-1	+++	+++	+++	+	-	-	-	-	+	±	+
	Krs-1	-	++	++	-	-	+	-	-	-	±	+
水俣川	Krs-2	++	++	++	±	+	+	-	-	-	++	+
	Ms-1	+++	+	+	-	+	-	-	-	-	±	+
中東沢	Ms-2	+++	+++	+++	-	+	-	-	-	-	±	±
	Cs-1	+++	+++	+++	+	-	-	-	-	-	±	+
天上沢	Cs-2	+++	+++	++	-	+	+	-	-	+	±	-
	Tjs-1	+++	+++	+++	-	+	-	-	-	-	±	+
湯俣川	Tjs-2	+++	+++	+++	-	+	-	-	-	-	±	+
	Ys-1	+++	+++	+++	-	++	-	-	++	-	±	±
	Ys-2	++	+	±	±	++	+++	-	-	-	-	-
	Ys-3	-	-	-	-	-	+++	-	-	-	-	-
	Ys-4	-	-	-	-	-	+++	-	-	-	-	-
	Ys-5	±	-	-	-	-	+++	-	-	-	-	-

Qz:石英, Pl:斜長石, Kf:カリ長石, Bi:黒雲母, Mu:白雲母, Ca:方解石, Am:角閃石
Kal:カオリン, Mo:モンモリロナイト, Ver:パーミキュライト, Ch:緑泥石

4. 河川水試料の元素分析

河川水の分析には原子吸光分光分析法を用いた。分析した元素は、鉱物組成および分析感度を考慮してNa, K, Al, Si, Mg, Mn, Fe, Caの8元素とした。結果は表2のようになり、いずれの元素についても温泉水の流入がみられる湯俣川のものが高値を示している。これを除くと、K, Ca, Mgの3元素は不動沢および濁沢で採取された試料が比較的高い値を示し、天上沢、千丈沢は全般的にこれらの元素の含有量は少ない。また、Si, Mnは含有量が少ないためにはっきりとした傾向は認められず、Al, Feの2元素についてはどの試料からも検出されなかった。

5. 崩壊地の分布状況の定量的表現

対象地域における崩壊地の分布状況を定量的に判断するために画像処理装置、およびパーソナルコンピュータを用いて崩壊地コンターマップを作成した。その方法は図1に示す通りである。

表2 河川水試料の元素分析結果

		pH	K (ppm)	Na (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)	Si (ppm)	Al (ppm)	Fe (ppm)
不動沢	FW-1	7.3	2.1	1.4	29	0.60	<0.1	<2.0	<2.0	<0.5
	FW-2	7.5	1.3	1.1	15	0.47	<0.1	<2.0	<2.0	<0.5
	FW-3	6.9	0.9	1.1	14	0.77	<0.1	5.1	<2.0	<0.5
	FW-4	7.5	1.6	1.3	23	0.56	<0.1	<2.0	<2.0	<0.5
濁沢	NW-1	7.4	1.5	1.0	18	0.76	<0.1	<2.0	<2.0	<0.5
	HW-1	7.0	0.9	1.4	7.5	0.35	<0.1	<2.0	<2.0	<0.5
	HW-2	7.1	0.6	1.0	6.5	0.29	<0.1	<2.0	<2.0	<0.5
東沢	HW-3	7.1	0.8	1.0	5.9	0.23	<0.1	<2.0	<2.0	<0.5
	GW-1	7.1	0.2	1.1	4.0	0.28	<0.1	<2.0	<2.0	<0.5
五郎沢	GW-2	7.2	0.2	1.3	3.2	0.18	<0.1	<2.0	<2.0	<0.5
	KjW-1	6.6	1.8	0.9	9.1	0.35	<0.1	<2.0	<2.0	<0.5
コジ沢	KkW-1	6.8	0.5	1.0	7.9	0.29	<0.1	7.3	<2.0	<0.5
	KkW-2	6.8	0.5	1.1	7.0	0.30	<0.1	<2.0	<2.0	<0.5
カラ谷	KrW-1	6.9	0.9	1.1	8.9	0.28	<0.1	14	<2.0	<0.5
	KrW-2	6.9	0.9	1.0	13	0.39	<0.1	<2.0	<2.0	<0.5
水俣川	MW-1	6.6	0.4	1.6	3.1	0.22	<0.1	<2.0	<2.0	<0.5
	CW-1	6.9	0.6	0.92	3.8	0.23	<0.1	89	<2.0	<0.5
中東沢	SW-1	6.6	0.2	1.1	2.8	0.30	<0.1	<2.0	<2.0	<0.5
	TjW-1	6.8	0.2	0.55	2.3	0.08	<0.1	<2.0	<2.0	<0.5
天上沢	TjW-2	6.7	0.3	0.91	3.3	0.18	<0.1	<2.0	<2.0	<0.5
	YW-1	6.9	27	250	90	3.9	1.5	73	<2.0	<0.5
湯俣川	YW-2	7.7	24	270	85	3.9	1.1	72	<2.0	<0.5
	YW-3	3.7	7.9	7.6	11	1.2	0.42	43	<2.0	<0.5
高瀬川	TW-1	6.7	1.2	2.1	6.7	0.32	<0.1	6.7	<2.0	<0.5
	TdW-1	7.4	2.1	4.9	9.4	0.46	<0.1	15	<2.0	<0.5
高瀬ダム	TdW-2	7.3	2.1	9.9	9.6	0.46	<0.1	10	<2.0	<0.5
	TdW-3	7.4	1.1	8.8	6.0	0.26	<0.1	4.5	<2.0	<0.5
	TdW-4	7.2	2.0	4.6	8.9	0.44	<0.1	7.6	<2.0	<0.5

- ①まず空中写真より判読した崩壊地の部分を赤でペイントする。
- ②ペイントした地図を赤フィルターを通してCCDカメラで画像を取り込む。
- ③ペイントした地図を緑フィルターを通してCCDカメラで画像を取り込む。
- ④赤フィルターを通した画像から緑フィルターを通した画像を減算する。
- ⑤得られた画像をしきい値処理することにより崩壊地の部分のみを抽出する。
- ⑥モザイク処理により対象領域を1km×1kmのメッシュに切り、各メッシュにおける崩壊地の面積率を求める。
- ⑦⑥で得られる値を格子点データとして、パーソナルコンピュータにより崩壊地コンターマップを作成する(図2)。

さらに現地調査を行った各沢について、流域面積と崩壊地面積から崩壊地面積率を算出した(表3)。
なお、崩壊地の空中写真からの自動抽出についても現在検討を進めている。

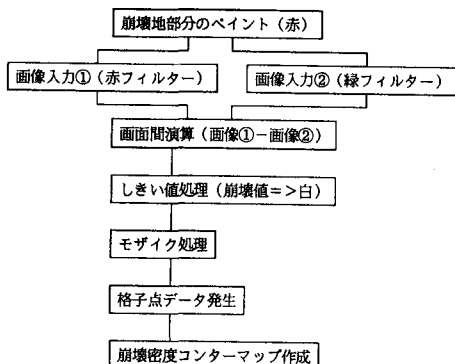


表3 画像処理による崩壊地解析結果

	流域面積 (km ²)	崩壊地面積 (km ²)	崩壊地面積率 (%)
不動沢	7.3	1.9	26.2
濁沢	4.7	1.1	24.2
東沢	12.5	0.7	5.2
五郎沢	6.1	0.2	2.9
川九里沢	4.4	0.3	5.8
コジ沢	2.6	0.2	9.2
カラ谷	1.3	0.1	8.8
中東沢	5.4	0.3	6.3
天上沢	10.2	0.7	7.0
千丈沢	10.3	1.8	17.9
湯俣川	31.6	7.4	23.4

図1 崩壊密度コンターマップ作成のフロー

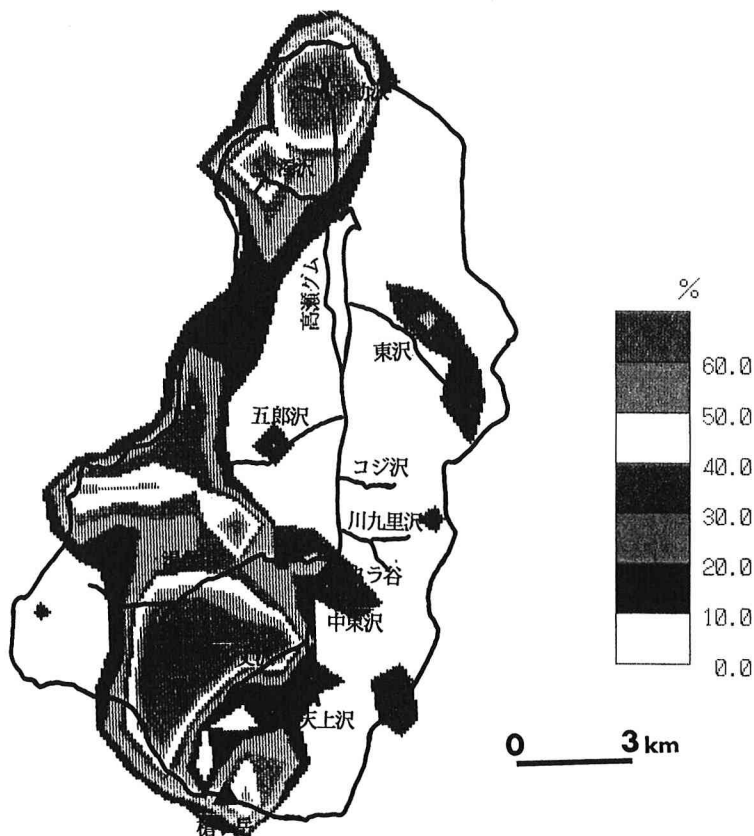


図2 崩壊密度コンターマップ

6. 高瀬川上流域の花崗岩分布地域における崩壊特性

6. 1 崩壊地の分布状況と鉱物組成との関係

崩壊地の分布状況とX線回折分析により求められた鉱物組成との関係をみると、顕著な傾向は認められない。ただし、崩壊地密度が60%を超える部分が広く分布する不動沢でパーミキュライトが若干多く、崩壊地密度が比較的高い東沢でカオリン、モンモリロナイトが多いという傾向がわずかにみられる。

6. 2 崩壊地の分布状況と河川水の元素分析結果との関係

崩壊地の分布状況と採取された水の元素分析結果とを比較検討した。ただし、湯俣川は明かに他の地域とは水の起源、崩壊の状況も異なっていると考えられことから、湯俣川とその水が流入している高瀬川本川、高瀬ダムの分析値は比較検討の対象外とした。各沢における崩壊値の面積率と元素分析値の平均値をプロットすると、図3のようになる。これをみると、Naでははっきりとした傾向は認められないものの、K, Ca, Mgの3元素については、いずれも崩壊地の面積率が増加するにつれて含まれる元素の含有量が増加するという正の相関関係が認められる。このことは崩壊地が多数発生している沢で、化学的な風化作用に起因する元素の溶脱²⁾もまた活発に起こっていることを示しているものと考えられる。すなわち、崩壊が多発している地域では岩石中にも含まれる割れ目や間隙も多く、岩石と水との接触面積が大きいことが考えられる。したがって化学的な風化作用もまた活発化し、これがまた崩壊の原因となる岩石の劣化を引き起こす要因になっ

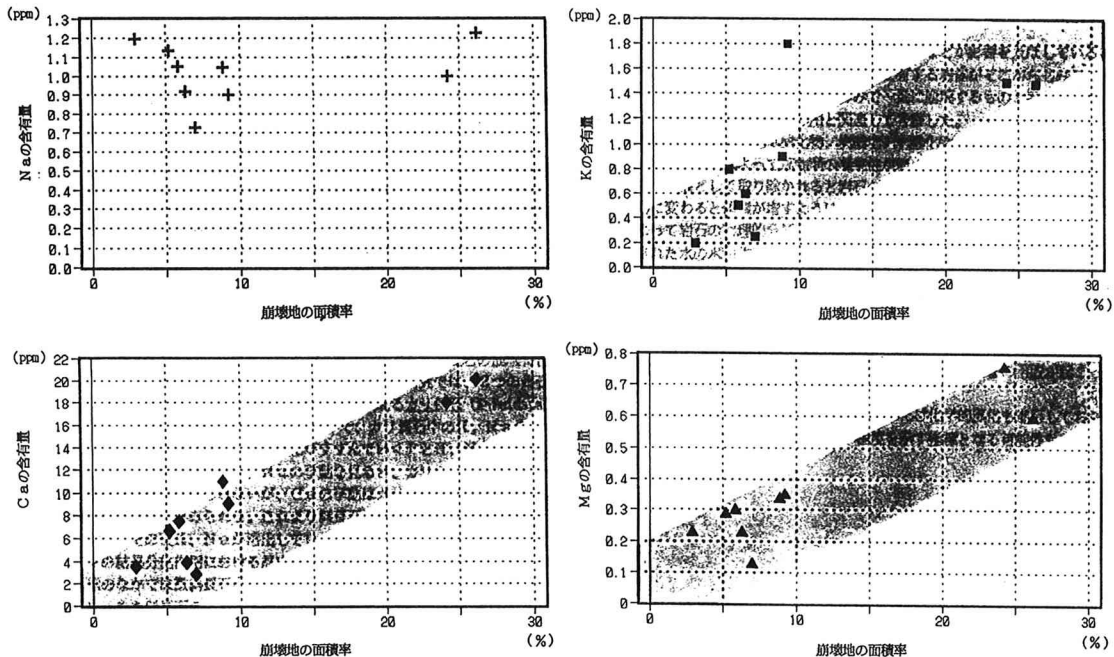


図3 河川水中に含まれるNa,K,Ca,Mgの含有量と崩壊地面積率との関係

ているのではないかと推察される。

7. おわりに

これまで述べたように、高瀬川上流域の花崗岩分布地域における崩壊特性を検討した結果、次のようなことが明らかになった。

- ①破砕帯にともなう崩壊地と温泉変質にともなう崩壊地とは鉱物組成に大きな違いがあり、前者は花崗岩の組織をそのまま残し、特に破砕の激しいところは白雲母の微細な結晶が多いという特徴がある。これに対し温泉変質を受けた部分は、方解石が圧倒的に多いということが明らかになった。
- ②河川水の元素分析結果からも2つのタイプの崩壊地では顕著な違いがあり、温泉変質の部分ではK, Na, Ca, Mg, Mn, Siの含有量は、いずれも破砕帯にともなう崩壊地の部分よりも高い値を示した。
- ③破砕帯に伴う崩壊地の部分について、沢の流域における崩壊地の面積率と水に含まれる元素の含有量とを比較検討した結果、崩壊地の面積率とK, Ca, Mgの含有量とは比較的良好な正の相関関係が認められた。このことは崩壊の発生に伴って化学的な風化もまた活発に起こることを示しているものと思われる。

謝辞

現地調査にあたって東電設計(株)岡信彦課長には多大な御協力を頂きました。ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1)岡 信彦, 菊地宏吉, 藤枝 誠: 花崗岩分布地域における崩壊地特性の解析による生産土砂量の推定, 第20回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, p.41~45, 1988.
- 2)Steven M. Colman and David P. Dethier: Rates of Chemical Weathering of Rock and Minerals, Academic Press, INC., 1986.