

## 11. 花崗岩中の微細割れ目中の物質と斜面崩壊との関係

Relationship between micro-fractures formed in granite slope and occurrence of slope failures

### 1. はじめに

土砂災害が発生した斜面や溪流には、かつての崩壊土石が残されており、以前からその場所ではしばしば斜面崩壊や土石流が発生したことを示している。このことは斜面崩壊が発生した後、斜面上に崩壊から免れた風化層や崩壊までは至らなかった風化層が残されており、それらが次の崩壊に関わることが考えられる。また、崩壊により新たにあらわれた岩盤や、それまでに風化した斜面が新しい条件下で再び風化が始まり、それらが次の崩壊土となるものと推定される。よって崩壊直後の崩壊斜面上に、崩壊から取り残された風化層や、崩壊までには至っていない風化層を詳細に観察すること。さらに、それらが時間の経過とともに、どのように変化してくるかを観察すること。これらのことから、どのような風化状況になった場合に崩壊が発生する可能性があるのか、また、どのくらいの年月で崩壊が再び発生する可能性があるかを推定する手がかりになるものと考えられる。

そこでまず、崩壊直前の状態を保っていると考えられ、崩壊から免れた斜面に残されている風化花崗岩の風化状態の異なる試料を採取し、薄片を作成後、崩壊直前の内部状態と、それ以前の風化花崗岩の内部状態を偏光顕微鏡、EPMAにより比較観察し、検討した。

### 2. 試料採取場所

今回観察した崩壊斜面に残されている風化花崗岩の採取場所は以下の3地点である。  
a) 1999年6月29日に斜面崩壊が発生した広島県呉市吉浦町の崩壊斜面残されている風

○北川隆司 (広島大学) Ryuji Kitagawa

地下まゆみ (千葉科学大学) Mayumi Jige

化花崗岩 (崩壊発生から6年後に採取)。

(b) 2005年9月6日に土石流が発生した広島県廿日市市宮島町の白糸川の支流、崩壊源頭部の斜面と周辺の著しく風化した花崗岩。

(c) 同じく2005年9月6日に広島県廿日市市佐伯町で発生した崩壊斜面に残されている風化花崗岩。

### 3. 風化花崗岩試料の割れ目の状態

呉市吉浦で採取した風化花崗岩は、新鮮な岩盤の直上にあるシーティングジョイントの著しく発達した風化花崗岩である (図-1)。この部分は微細な割れ目が著しく発達しており、特に斜面の傾斜方向の割れ目が著しい。その薄片観察では、黒雲母が僅かに変質しているが、斜長石、カリ長石はほとんど変質が認められない。しかし、0.1~0.5mmほどの割れ目が沢山発達している。その割れ目には花崗岩の構成鉱物である、石英、カリ長石、斜長石、黒雲母の微細な破片で埋められ、さらにそれらの間は微細な物質により埋められている (図2)。



図1 崩壊から残された風化花崗岩中に発達しているシーティングジョイント

上述と同じ場所ではないが、ほぼ同じ状況であった場所における6年後の薄片観察を行った。その結果、割れ目に鉱物の破片が埋まっている状況は同じであるが、割れ目のみならず岩石全体が著しく褐色化している。

それより風化の遅れている花崗岩の割れ目には、鉱物の破片や微細な物質による充填は認められない。しかし、割れ目の周辺には褐色の物質が割れ目に沿って形成されている（図4）。細かい割れ目中には割れ目全体に粘土物質がうまっている（図5）。

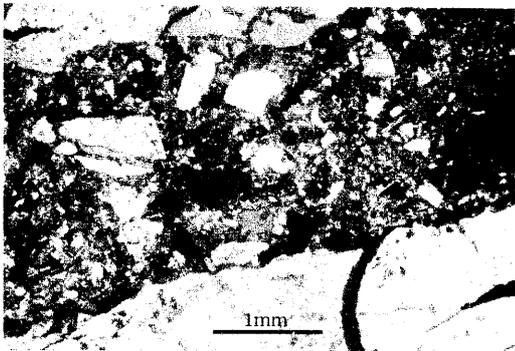


図3 割れ目をうめている粘土鉱物と鉱物破片の偏光顕微鏡写真（呉吉浦）

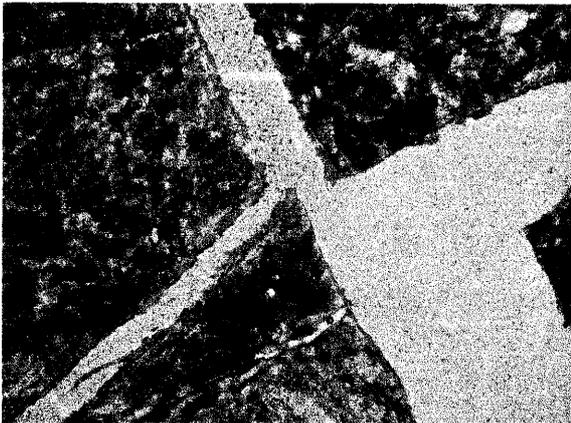


図4 割れ目の周囲に沈殿している粘土鉱物の偏光顕微鏡写真（呉吉浦）  
横幅：約1mm

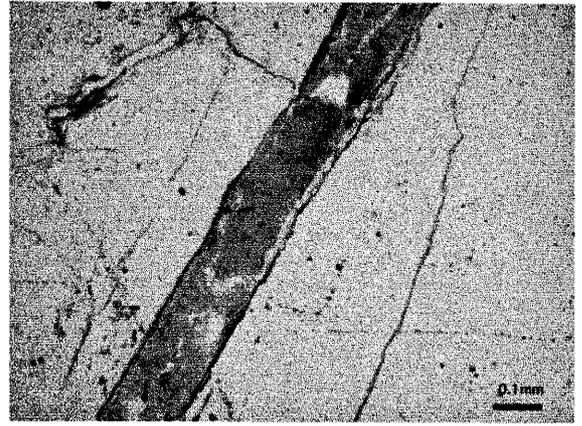


図5 石英の割れ目をうめている粘土鉱物の偏光顕微鏡写真（宮島）

これらの観察結果から、斜面に発達する割れ目は破碎によりずれた形跡はいずれも認められず、引っ張り応力により形成されており、比較的幅の広い割れ目は、除荷作用によるものと推定される（図4）。

#### 4. 割れ目をうめる粘土物質

EPMAによる割れ目中の物質のBSE像を図5と図6に示す。また、割れ目をうめているそれらの粘土物質の化学分析を実施した。その結果を表1に示す。

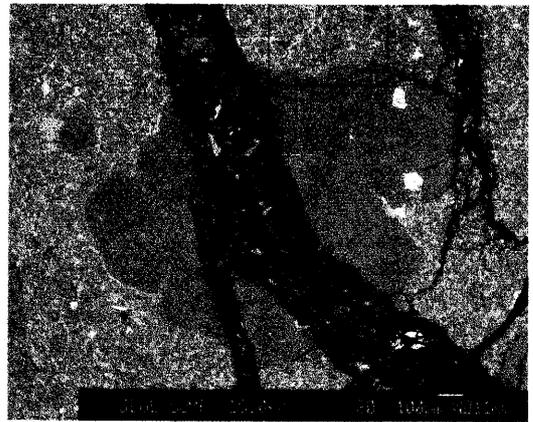


図5 石英とカリ長石の割れ目のBSE写真（呉吉浦）

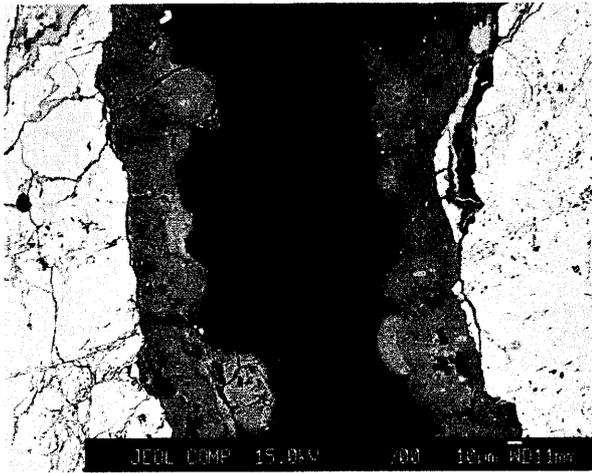


図6 割れ目中に沈殿している粘土物質の  
BSE像 (呉吉浦)

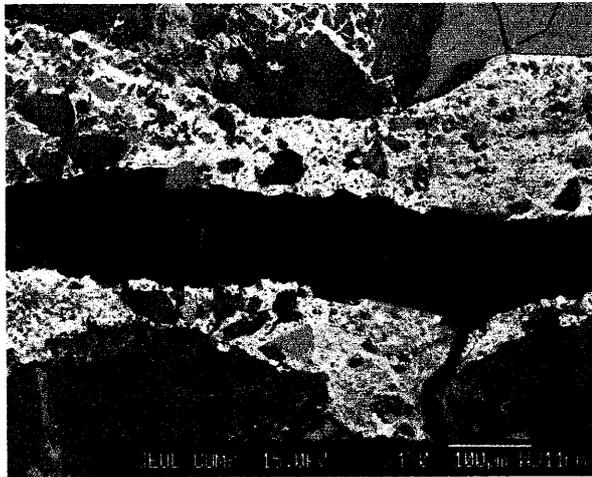


図7 割れ目に沈殿している鉱物破片と粘  
土物質・鉄物質 (宮島)

表1に示されるように、割れ目に沈殿している粘土物質の化学組成は、ほとんど $\text{SiO}_2$ と $\text{Al}_2\text{O}_3$ そして $\text{FeO}$  ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )である。偏光顕微鏡観察により、褐色に見える物質は酸化鉄による汚染と考えられる。また、粘土物質は $\text{SiO}_2$ と $\text{Al}_2\text{O}_3$ からなる粘土鉱物としてカオリン鉱物の可能性が高い。試料から粘土物質を水ひにより取り出し、X線粉末回折を実施すると、ほとんどがハロイサイトであることがわかる。また、X線回折によるとギブサイト $[\text{Al}(\text{OH})_3]$ の生成も認められ、分析点に対応して考えると、化学分析値

において、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ の値がハロイサイトの $\text{SiO}_2$ に比較して、相対的に多い場所にはギブサイトの存在が推定される。

## 5. まとめ

花崗岩の割れ目の周辺に形成されているカオリン物質（主としてハロイサイト）は、周辺の造岩鉱物にかわりなく沈殿しており、鉄の濃集も認められることから、これらは、割れ目に侵入した地表水により花崗岩の風化生成物が運ばれ沈殿したものと考えられる。おそらくこの場合、水流は非常にゆっくりとした動きであったと推定される。その後、水流が比較的速い状況になった時（豪雨などの場合）に構成鉱物の破片が運ばれた。再び水流が穏やかな時期にカオリン物質が運ばれ、破片状鉱物の周辺に沈殿していった。このような経過を何回か繰り返し、現在見られる状況になったものと考えられる。ところで、崩壊直前の花崗岩斜面の割れ目は、物質によりほぼ完全に埋められていたと考えられる。このことは、崩壊が発生する直前には、風化斜面中に十分に水を蓄えうる状況ではなく、雨が降ると斜面は直ぐに水に対して飽和状態になったものと推定される。

このような斜面では、雨が降るまえから既に崩壊が発生する危険状態にあることになる。もし、このような状態の斜面を事前に知ることができれば、斜面崩壊の予測ができる可能性がある。

Table 1 割れ目中に沈殿している粘土物質の化学分析結果

No.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Total	
1	48.07	0	28.253	3.57	0.05	0.003	0.74	0.4	0.029	0.08	81.18	miyajima
2	15.25	0	3.913	52.6	0.03	0	0.03	0.26	0.166	0.06	72.26	miyajima
3	27.66	0	15.626	44.1	0.08	0	0.15	0.25	0.184	0.05	88.07	miyajima
5	47.17	0.041	26.948	2.54	0	0	0.83	0.79	0.137	0.07	78.53	miyajima
6	46.79	0	32.075	2.05	0	0.007	0.27	0.33	0.576	0.49	82.59	miyajima
7	30.04	0.057	21.669	28.3	0.74	0.035	1.22	0.25	0.137	0.14	82.58	miyajima
8	19.75	0.005	10.5	53.2	0	0	0.07	0.13	0.124	0.07	83.89	miyajima
9	36.99	0.004	15.19	33.8	0	0	0.8	0.29	0.08	0.05	87.23	miyajima
11	35.06	0	12.107	40.1	0	0.04	0.79	0.87	0	0.07	89	miyajima
12	40.31	0	13.937	33.9	0.07	0.002	0.72	0.69	0.136	0.11	89.92	miyajima
13	39.94	0	13.703	31.6	0.01	0	0.94	0.71	0	0.12	87.07	miyajima
14	39.19	0.002	12.961	34.3	0	0.027	0.79	0.69	0.12	0.19	88.23	miyajima
15	30.84	0	13.879	40.7	0	0	0.62	0.62	0.135	0.08	86.83	miyajima
19	35.42	0.381	39.711	4.38	0.02	0	0.34	0.07	0.021	0.37	80.71	異
20	33.87	0.218	34.323	2.77	0.03	0	0.26	0.02	0	0.26	71.75	異
21	33.27	0.282	35.512	3.02	0	0	0.3	0.07	0.093	0.37	72.92	異
22	47.55	0.008	35.663	1.25	0.05	0	1.14	0.09	0.158	0.03	85.94	異
23	48.26	0	35.281	1.37	0.03	0.023	1.3	0.1	0	0.04	86.39	異
27	34.18	0.295	34.686	2.91	0.09	0.022	0.21	0.09	0.106	0.26	72.86	異
29	31.36	0.239	31.894	3.1	0	0	0.27	0.06	0	0.29	67.21	異
30	44.06	0.012	31.22	3.34	0.02	0.012	0.76	0.41	0.323	0.23	80.39	異
32	30.87	0.316	31.889	3.65	0.04	0	0.31	0.07	0.031	0.28	67.46	異
33	33.15	2.774	16.491	27.8	0.55	0	2.35	0.47	0	1.68	85.22	異
36	41.51	0.317	32.476	2.81	0.05	0	0.37	0.22	0.171	0.32	78.24	異
37	25.7	0.723	17.158	21.6	0.19	0.004	3.52	0.23	0.064	0.23	69.46	異
39	50.93	0.121	29.827	2.84	0.09	0	1.37	0.6	0.064	0.03	85.87	異
41	17.97	0.597	17.992	30.4	0.22	0.003	0.32	0.2	0.205	0.78	68.66	異
42	35.04	0.367	33.701	4.74	0	0.028	0.49	0.15	0	0.25	74.76	異
43	47.84	0.032	37.669	0.95	0.02	0.058	0.3	0.16	0	0.02	87.05	異
44	50.26	0.068	31.787	2.75	0.04	0	0.91	0.32	0.29	0.01	86.44	異
45	49.59	0.096	36.947	1.2	0.03	0	0.46	0.23	0	0	88.55	異