

高知県本山地域の結晶片岩地すべり粘土にみられる粒度別鉱物組成の変化

大久保 太治*

Clay Mineralogical Modal Analysis of Different Grain-Size Fractions
of the Landslide Debris in Crystalline Schist Terrain
at Motoyama-machi, Kochi Prefecture

Taiji OHKUBO

Abstract

Four specimens of weathered porphyry with various degrees of alteration collected from the landslide debris in the Sambagawa crystalline rocks at the Motoyama area were clay mineralogically analysed.

In the specimens sericite, mixed-layer mineral of sericite-swelling layer, kaolinite and gibbsite were identified as secondary minerals.

The weathering process of the rock is characterized by the mineralogical transformation, sericite→regularly mixed-layer mineral of sericite-swelling layer→kaolinite and/or gibbsite, with increasing degree of alteration.

Mineralogical modal percentage analysis of four different grain-size fractions of the samples indicates that the mixed-layer mineral and kaolinite tend to be concentrated in coarser and finer fractions, respectively, while the mode of sericite does not show marked grain-size dependence. It appears that the transformation from sericite to mixed-layer mineral does not accompany grain-size change. On the other hand, the mixed-layer mineral seem to be broken down to finer grains when they are transformed into kaolinite.

1. ま え が き

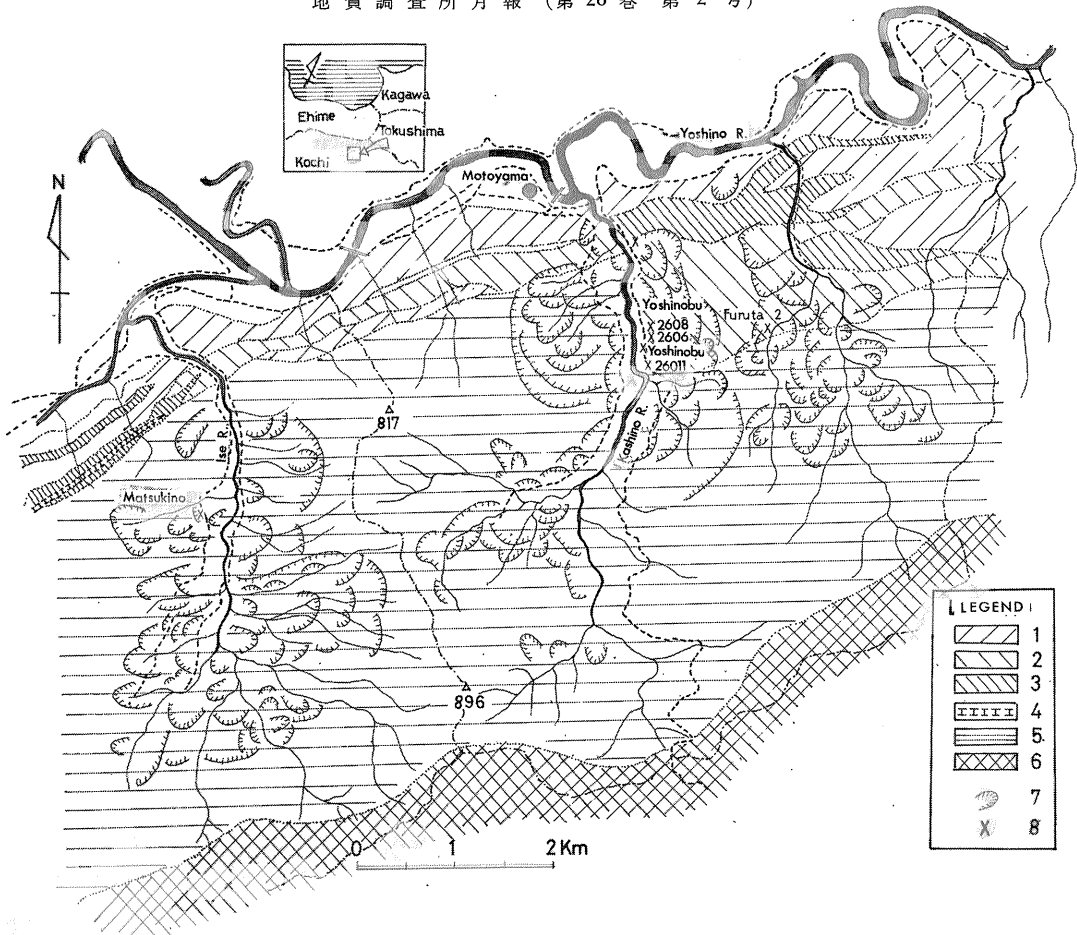
三波川帯には小出(1963・1964)の分類による結晶片岩地すべりが広く分布している。一般に地すべり、特に第三紀層地すべりの発生は粘土鉱物、特にモンモリロナイトの生成と深い関係があるとされており、その研究報告も多い。ところが結晶片岩地帯の地すべりでは、素因としての粘土鉱物は余り注目されておらず、いわゆる地すべり粘土は原岩の変成作用によって生じた鉱物(緑泥石・角閃石・滑石・雲母など)そのもの場合が多いとされている。モンモリロナイトなどの二次的粘土鉱物があまり報告されていないのは、生成量が少ないため普通のX線分析では検出できないことが原因と思われる。

筆者は高知県本山地域の三波川結晶片岩地帯の地すべりを調査中、二次崩積土中に緑色片岩、黒色片岩の礫に混じって、白色を呈する礫の存在を認めた。この白色の

礫には原岩の組織をある程度残しているものから、全く粘土化してしまっているものまで様々の段階のものが存在するらしいことに気が付き、この岩石の粘土化がどのように進化したものか、また、みるべき二次粘土鉱物を生じていない緑色片岩、黒色片岩とどのように異なるのかなどの問題につき、結晶片岩地帯地すべり粘土研究の一環として検討を加えた。その結果結晶片岩地域の地すべり発生においても、特定の岩石では二次的粘土鉱物の生成が重要であると考えられること、また粘土鉱物組成を粒度別に検討した結果、変質の諸段階に対応した鉱物組成変化をたどることができ、粒度別試料による実験の必要性が明らかになった。

この報文をまとめるにあたり日頃から御指導いただき、かつ本地域の地質について貴重な資料を提供された環境地質部安藤 武技官、顕微鏡観察について御指導をいただいた地質部山田直利技官、および研究の全過程について助言をいただいた地殻熱部金原啓司・角 清愛両

* 地殻熱部



- 1: 黒色片岩 }
 2: 緑色片岩 } 三波川帯に属する岩石
 3: 珪質片岩 }
 4: 石灰質片岩 }
 5: 御荷鉾緑色岩帯 6: 秩父帯 (粘ばん岩・砂岩・チャート) 7: 地すべり分布 8: 試料採取地点

第1図 地質、地すべり分布および試料採取位置を示す図 (地質は安藤 (1971) による)

技官に対して深甚の謝意を表す。

2. 試料

本研究に用いた試料は高知県長岡郡本山町の吉延および古田の地すべり露頭より採取された崖錐礫である。この付近の地質については小島・光野(1966), 土井(1964), Suzuki (1962), 鈴木 (1967) などの研究があり, 第1図に示すように北部は三波川帯, 中央は御荷鉾緑色岩帯, 南部は秩父帯に属する。

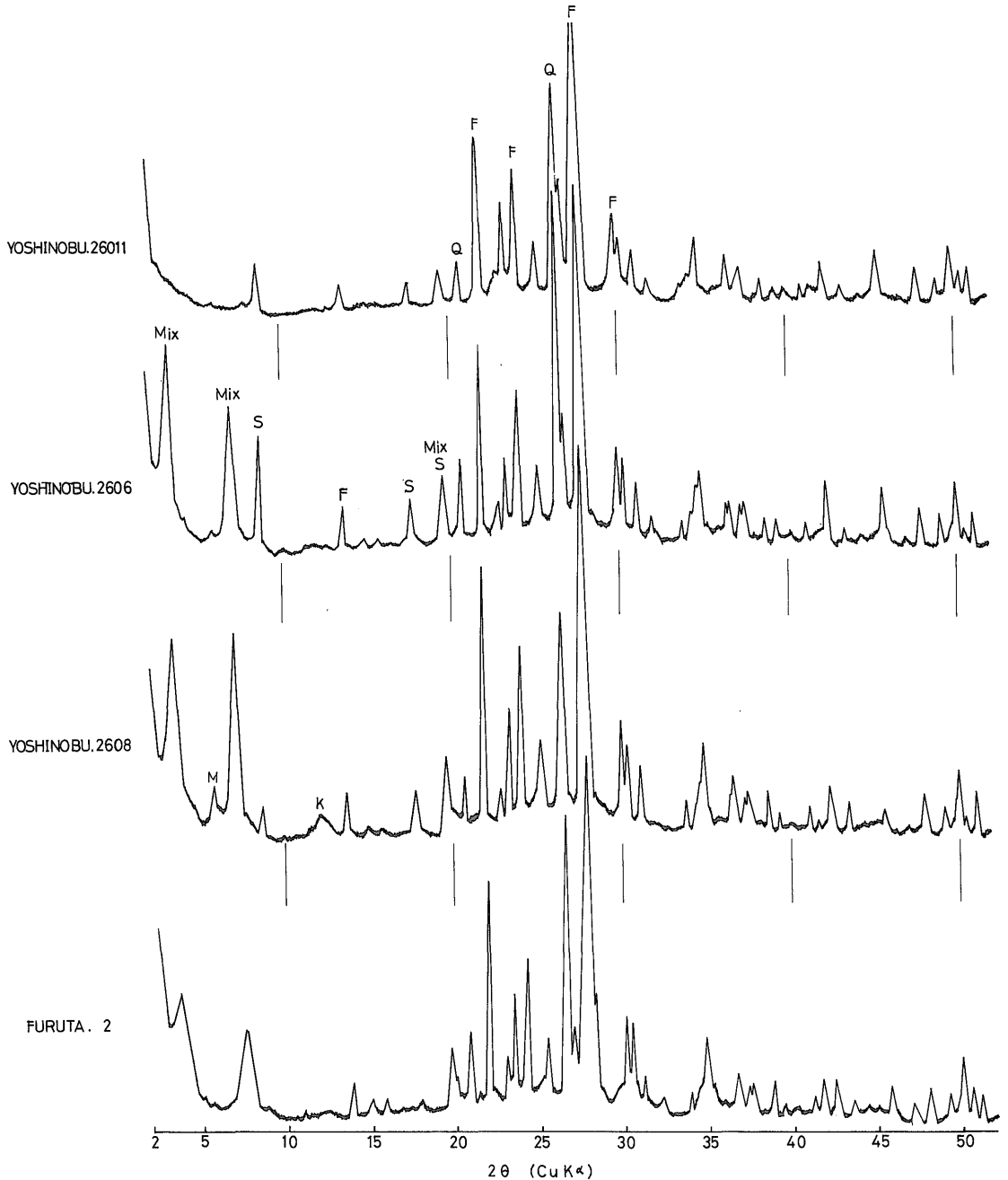
採取した崖錐中の試料には, 緑色片岩起源の礫と粘土, 黒色片岩および白色岩起源¹⁾の礫および粘土などがある。

1) 後述するように Suzuki (1962) により本山町の西南約 10 km の地藏寺付近より記載された長石斑岩 (Plagioporphry) 類似の岩石と思われる。

る。特に白色岩起源の礫および粘土中には後述するように混合層鉱物を主体にカオリナイト, モンモリロナイトおよびギブサイトが生じており, これらの変質鉱物の成因と地すべり発生の関係が問題となる。そこで, いずれも白色岩起源と考えられる, 風化程度の異なるつぎの4試料を選んで実験した。

試料 No. 26011 吉延地区南部の道路際の露頭より採取した。試料は酸化鉄による汚染のため褐色を呈する。Plate 1 の 1 および 2 に示すように鏡下では斑状組織を呈し, 斑晶状鉱物としては曹長石が主で, 石英はみられない。基質は曹長石, セリサイト, 白チタン石に富み, 石英は明瞭には確認できない。曹長石は細粒セリサイトによって部分的に交代されている。

試料 No. 2606 試料 No. 26011 の採取地点の北方約



Mix: セリサイトと膨潤層の規則型混合層鉱物, S: セリサイト, Q: 石英, F: 長石, K: カオリナイト, M: モンモリロナイト

第2図 原土試料による粉末X線回折パターン

300mで採取した。白色で原岩の構造が残されているが、触れると粉末が手に付着する。Plate 1の3および4に示すように鏡下では斑状組織を呈し、斑晶状鉱物として、曹長石および変質物でみたされた鉄苦土鉱物の仮像があ

る。基質は曹長石、石英、セリサイト、白チタン石などからなる。斑晶状曹長石を切って石英、セリサイト脈があり、この脈自体にも広域変成作用によるとみられる片理が発達している。斑晶状曹長石は細粒のセリサイトに

よって交代されている。

試料No. 2608 試料 No. 2606と同一地点で採取した白色の粘土である。

試料古田No. 2 吉延地区の東斜面にあたる。本試料は部分的には褐色を呈する白色の粘土である。

試料 No. 2608および古田 No. 2 は脆弱で粘土化が著しいため薄片にすることができず、その岩質は不明である。しかし上記2試料と混在して崖錐中に存在すること、鉱物組成が類似すること、緑色片岩および黒色片岩起源の礫および粘土とは色および鉱物組成が異なることなどから、上述の試料 No. 26011 および No. 2606と同一起源の岩石と考えられる。

上に述べた観察結果をまとめると、試料 No. 26011 と No. 2606は曹長石による明瞭な斑晶状組織を持つこと、再結晶の程度が非常に弱いこと、岩石の基質および斑晶状曹長石を二次的に交代している細粒のセリサイトが認められることなどの点で、この地域に広く分布する黒色片岩や緑色片岩とは異なっている。多分これらの試料は Suzuki (1962) の地質図に示されている曹長石斑岩 (Plagio-Porphyry) と同一岩石と思われるが、この岩石は、本山町の西南約10 km の地藏寺付近の御荷鉢緑色岩中に SW-NE 方向の細長い延びを示すが、分布面積は狭い。Suzuki の地質図では、本岩は本山地域には示されていないが、これは、本地域一帯が大規模な地すべりとなっているために、露出がおおわれているものかも知れない。詳しい記載がないので、厳密な意味で同一であるか

どうかは不明である。

このように、この白色岩は本地域に広く分布する黒色片岩、緑色片岩とは異なり、分布面積は非常に狭いと推定される。しかし、地すべり崩積土中に礫として多量に含まれていて、しかも様々の粘土化の変質段階のものが認められることから、少なくともこの地域の地すべりとは何らかの関連があるものと考えられる。

3. 実験

生成粘土鉱物の粒子の大きさに着目して前記の4試料について以下の実験を行った。

3.1 原土試料による粉末X線分析

まず4試料の鉱物組成の概要を把握するために、粉末X線回折実験を行い、その回折パターンを第2図に示した。これらの試料の特徴は次のようである。

試料No. 26011 曹長石および石英の強い回折線が認められるほか、セリサイトの弱い10Åの反射が認められる。

試料No. 2606 25Åおよび12.3Åの回折ピークが明瞭に認められる。これはすでに金原・大久保 (1976) が報告したように、セリサイトと膨潤層の混合層鉱物である。そのほか曹長石、石英およびセリサイトの回折ピークが認められる。

試料No. 2608 25Åおよび12.3Åの混合層鉱物のピークが明瞭に認められるほか、石英および曹長石のピークも強い。このほか、強度は弱い10Åのセリサイト、15

第1表 水ひ時間別による

No. 26011								No. 2606							
1		2		3		4		1		2		3		4	
d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I
				26.0	10	26.0	16	27.0	57	26.0	67	26.0	58	26.0	55
				12.3	10	12.3	19	12.4	60	12.6	71	12.4	66	12.5	63
10.00 ^x	100	10.00 ^x	100	10.00 ^x	94	10.00 ^x	100	10.00 ^x	100	10.00 ^x	79	10.00 ^x	100	10.00 ^x	95
7.30 ⁺	18	7.36 ⁺	17	7.30 ⁺	19	7.24 ⁺	13	7.36 ⁺	57	7.24 ⁺	44	7.30 ⁺	39	7.24 ⁺	65
4.97 ^x	27	4.97 ^x	30	4.97 ^x	49	4.97 ^x	38	4.97 ^x	35	4.97 ^x	37	4.97 ^x	41	4.97 ^x	44
								4.45 ^{x+}	10	4.48 ^{x+}	7	4.48 ^{x+}	9	4.48 ^{x+}	7
3.60 ⁺	7	3.58 ⁺	8	3.57 ⁺	14	3.57 ⁺	6	3.55 ⁺	50	3.55 ⁺	37	3.55 ⁺	34	3.54 ⁺	27
3.31 ^x	87	3.31 ^x	91	3.31 ^x	100	3.31 ^x	90	3.31 ^x	82	3.31 ^x	100	3.31 ^x	100	3.31 ^x	100
3.20 ^x	12	3.20 ^x	10	3.20 ^x	24	3.20 ^x	9					3.20 ^x	22	3.20 ^x	10

1: 200時間水ひ物, 2: 72時間水ひ物, 3: 48時間水ひ物, 4: 24時間水ひ物。

Åのモンモリロナイトおよび7.2Åのカオリナイトのピークが認められる。

試料古田 No. 2 25Åおよび11.9Åの混合層鉱物のピークが最も強く現れている。曹長石、石英のピークも強い。しかしセリサイトのピークは非常に弱い。また本試料の水ひ物の示差熱分析によれば約290°Cに鋭い吸熱反応が認められ、ギブサイトも生成していることがわかる。

3.2 粒度別試料による定方位X線分析

各試料をシリンダーに入れ、純水でよく分散させ200, 72, 48および24時間放置後うわずみ10 cmの部分を取り返し採取することにより、4種類の粒度²⁾の実験用試料を得た。こうして得られた各試料の定方位X線回折パターンを第3, 4, 5および6図に示し、回折データを第1表に示した。当初に予期したように、得られた回折パターンは粒度の違い(水ひ時間の違い)によりかなりの差異が認められることがわかった。次に各試料の特徴について記述する。

試料 No. 26011のX線回折パターンを第3図に示した。200および72時間水ひ物はほぼセリサイトのみからなる。7.3Åおよび3.6Åのピークはカオリナイトによるものである。ところが48時間水ひ物では不鮮明であるが、混合層鉱物と思われる26Åおよび12.3Åのピークが認められるようになり、24時間水ひ物でさらに明瞭なピークになる。図には示さなかったが、8時間水ひ物で

らに混合層鉱物の回折ピークが強くなる。すなわち水ひ時間が短いほど、つまり粒径が大きいほど混合層鉱物の量は多くなる傾向にある。なおカオリナイトはすべての水ひ物中に平均して認められた。

試料 No. 2606は第4図に示した。この試料では200時間水ひ物中にも27Å, 12.4Åに混合層鉱物の回折ピークがみられる。そのほか、セリサイトおよびカオリナイトも存在する。第1表および第4図には記入していないが、8時間水ひ物には、14.2Åの弱い回折ピークが現れる。これはエチレングリコール処理によって膨潤することから、少量のモンモリロナイトが含まれるのであろう。72, 48および24時間水ひ物は、水ひ時間が短くなるにつれて、曹長石、石英の量が増大する。

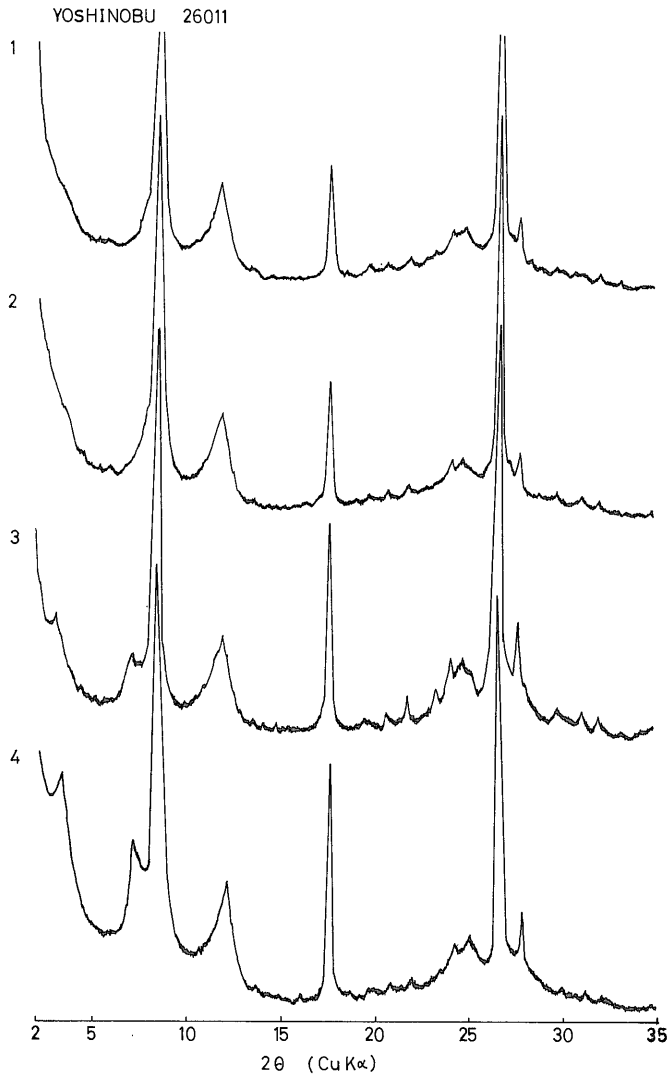
試料 No. 2608は第5図に示した。200, 72, 48および24時間水ひ物の回折線にはあまり大きな変化は認められない。しかし25Åおよび12.3Åの混合層鉱物による回折ピークは水ひ時間が減少するにつれて強度を増す傾向にある。このことはNo. 26011と同様に、混合層鉱物が比較的粒径の大きい部分に濃集していることを示している。10Åのセリサイトの回折ピークはNo. 26011および2606よりも強度が弱く、含まれる量が少ないことを示している。また、7.3Åおよび3.6Åにカオリナイトの明瞭な回折ピークが認められる。これらは水ひ時間の減少に伴って減少する傾向にある。つまり、この試料では混合層鉱物の粒子は比較的大きく、逆にカオリナイトの粒子は小さいということになる。

2) 粒度をμ単位で示すには、困難があるので、ここでは便宜的に水ひ時間で示すことにする。

定方位X線回折データ

No. 2608								No. 古田 2							
1		2		3		4		1		2		3		4	
d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I
26.0	20	25.0	28	25.0	36	25.0	67	26.0	81	25.0	61	25.0	80	25.0	69
12.3	50	12.3	48	12.3	56	12.3	86	12.4	100	12.4	100	12.6	100	12.5	100
10.00	29	10.00	32	10.00	41	10.00	46	10.00	48	10.00	41	10.00	33	10.00	27
7.30	100	7.30	100	7.30	100	7.24	100	7.30	40	7.24	25	7.24	19	7.24	14
4.97	15	4.97	17	4.96	20	4.97	32	4.97	44	4.97	42	4.99	37	4.99	32
								4.87	29	4.84	19	4.87	10	4.86	7
4.45	12	4.45	17	4.45	15	4.45	24								
3.60	57	3.60	52	3.55	43	3.55	50	3.54	28	3.55	29	3.55	21	3.55	16
3.31	59	3.31	52	3.31	43	3.31	51	3.31	54	3.31	52	3.31	29	3.31	30
								3.21	18	3.10	19	3.12	19	3.12	16

×: セリサイト, +: カオリナイト, ++: ギブサイト, ×+: セリサイト+混合層鉱物, 無印: 混合層鉱物, ××: 長石

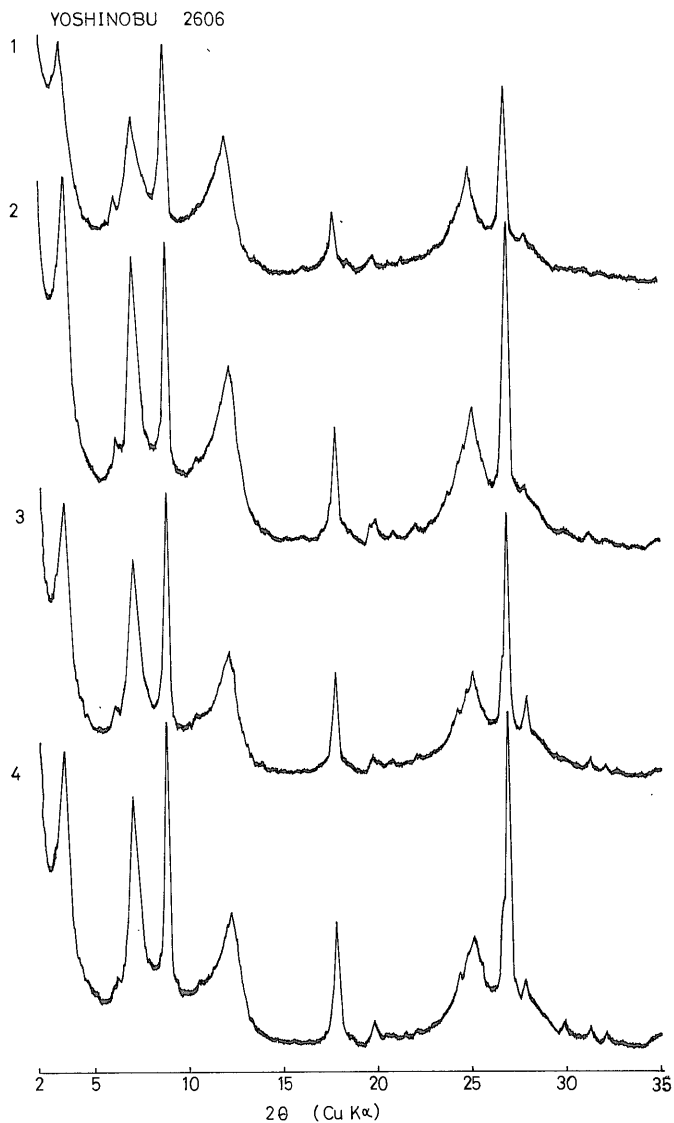


1 : 200時間水ひ物 2 : 72時間水ひ物 3 : 48時間水ひ物 4 : 24時間水ひ物
 第3図 試料 No. 26011 の水ひ時間別方位X線回折パターン

試料古田 No. 2 のX線回折パターンは第6図に示した。鉱物組成は試料 No. 2608 とほぼ同じである。26-25 Å, 12.6 Å-12.4 Å など混合層鉱物による回折ピークはここで取扱った4試料のうちでは最も強い。そのほか、少量のセリサイト、カオリナイトの反射も認められる。水ひ時間が減少するにつれて混合層鉱物の含有量は増加する傾向にある。これは No. 2608 の試料と同じ傾向である。モンモリロナイトの弱い反射も認められる。

4. 考 察

加藤 (1955) は花崗岩中の風化作用を研究し、黒雲母→加水黒雲母(黒雲母-パーミキュライト混合層鉱物)→カオリナイトの風化系列を明らかにしている。今回の試料の示す特徴は、この風化系列に非常によく類似している。つまり曹長石斑岩中のセリサイトを母材として混合層鉱物、カオリナイト、モンモリロナイトを生ずる粘土化が、おそらく地すべりと密接に関連した風化作用によ



凡例は第3図に同じ

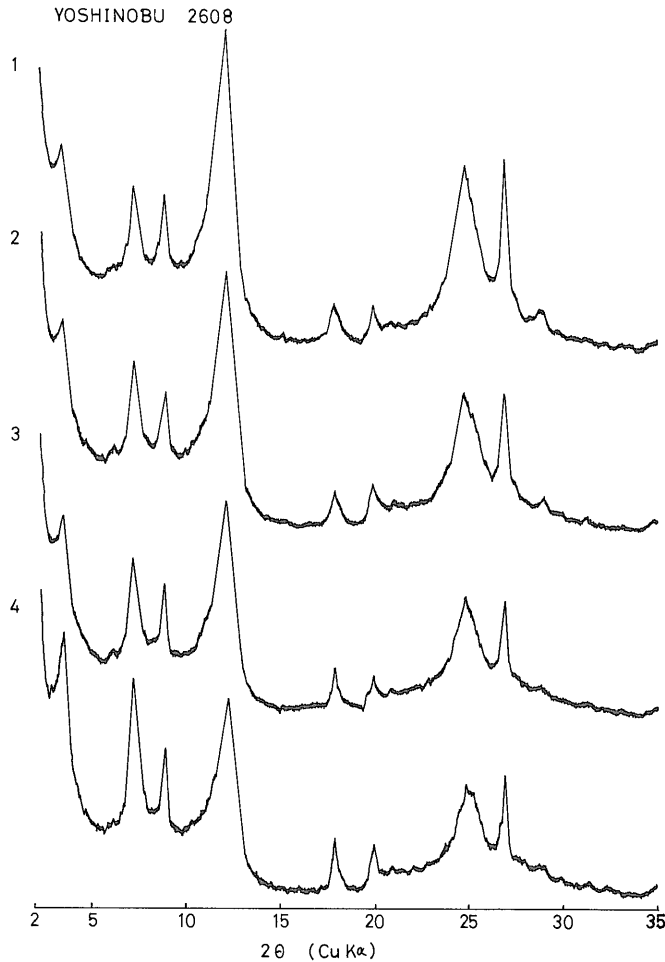
第4図 試料No. 2606の水ひ時間別定方位X線回折パターン

り進行したものであろう。

定方位X線分析の結果に基づき、その回折ピークの高さより、それぞれの鉱物の相対量比を求め、第7図に示した。図は上から下に、鉱物組成から見た粘土化(風化作用)の程度とほぼ対応するよう配列した。第7図から次のことがいえよう。

No. 26011 は変質の母材と考えられるセリサイトが非常に多く、従って最も風化の程度が弱いと考えられる。古田 No. 2は混合層鉱物が非常に多い試料であるが、同

時に若干のカオリナイトおよび少量のギブサイトも含まれることから、No. 26011 よりさらに風化が進んでいるものと思われる。No. 2606は混合層鉱物とセリサイトがほぼ同じ程度含まれる。しかし混合層鉱物に対するカオリナイトの量比が古田 No. 2よりも高いことから、中程度の風化を示すものと思われる。No. 2608はカオリナイトが多く、次に混合層鉱物、セリサイトの順になることから、4試料のうちでは最も粘土化が進んだものと推定される。



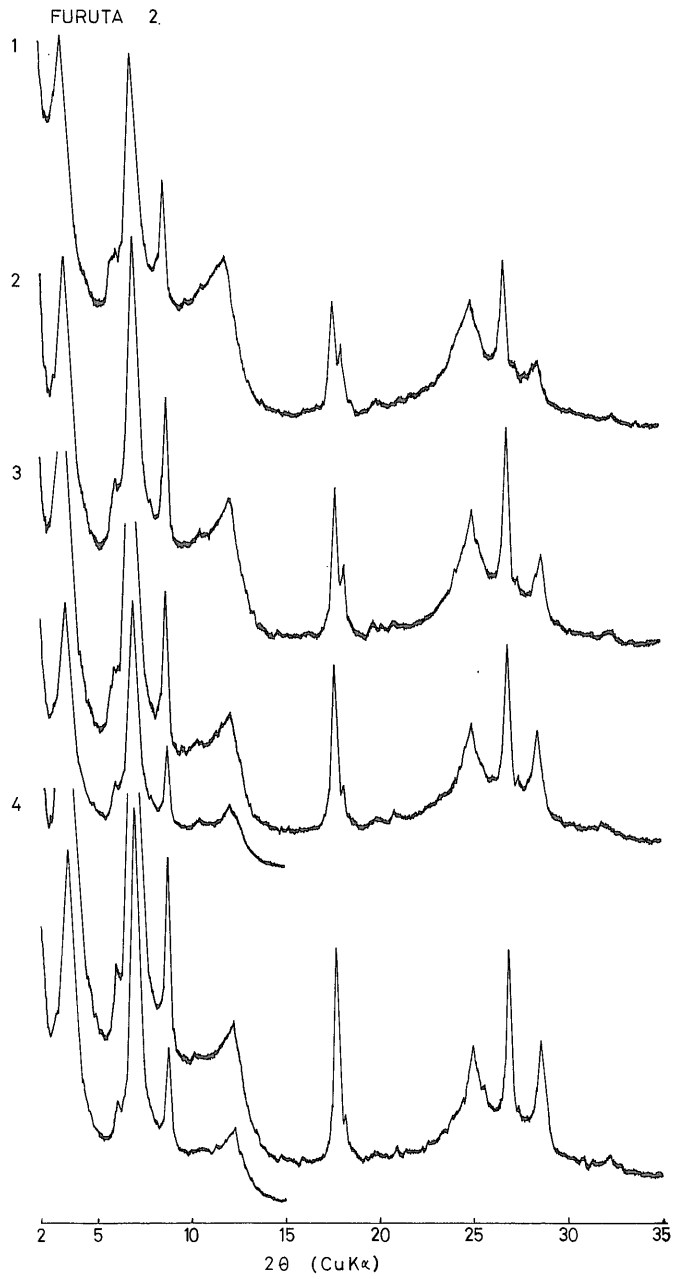
凡例は第3図に同じ

第5図 試料No. 2608の水ひ時間別定方位X線回折パターン

次に同一試料で、水ひ時間の異なるそれぞれの試料の鉱物組成を検討してみると、次のような興味ある事実がある。すなわち、相対的に粒径の大きい部分(24または48時間水ひ物など)には混合層鉱物が多く、一方粒径の小さい部分(200または72時間水ひ物など)にはカオリナイトが濃集し、セリサイトはすべての粒度の部分にほぼ一様に分布する傾向が認められる。この事実はおそらく次のように解釈されよう。すなわち、最初にあった母材としてのセリサイトが風化作用により粒子の大きさを変えることなく、その外側より混合層鉱物に変化していくのであるが、ある程度以上に風化が進むと、もはや混合層鉱物粒子として存在し得なくなり、細粒のカオリナイトもしくはギブサイトに変化してしまう。セリサイトが

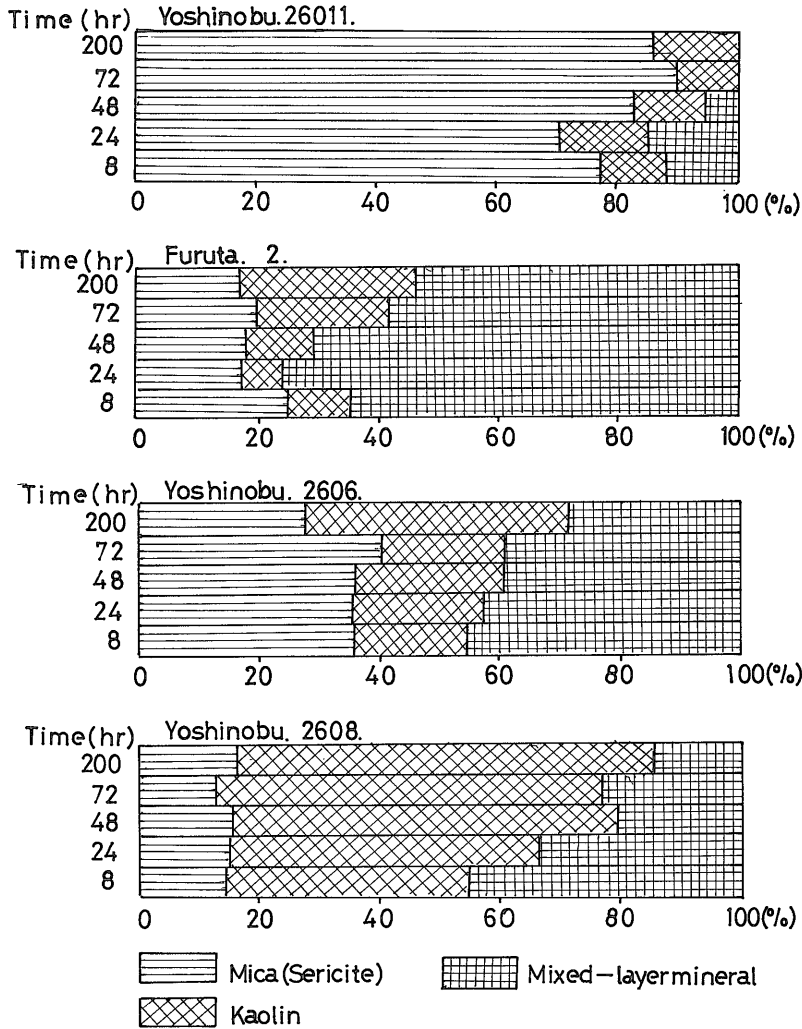
すべての粒度の部分に認められるのは、粒子の中心部は風化が最もおくれるはずなので、ある程度の量のセリサイトは最後まで残ることになるためと考えられる。

以上は曹長石斑岩を母材とする風化岩についての研究結果であるが、この付近に広く分布するもう一つの含セリサイト岩である黒色片岩には今のところ、ここで明らかにされたようなはっきりした風化系列の存在は認められていない。すなわち同じ崖錐中に含まれる強く再結晶作用を受けた黒色片岩(粒度の大きいセリサイトを含む)中には、肉眼的に風化しているようにみえても、混合層鉱物を含む粘土鉱物はまったく生じていない。これは同一鉱物種であっても、母岩の物理性および鉱物の粒径のちがいに風化過程やその生成物に差が生じるこ



凡例は第3図に同じ

第6図 試料古田 No. 2 の水ひ時間別方位X線回折パターン



第 7 図 定方位 X 線回折ピークより得られた試料の鉱物の相対量比

とを意味するのではないかと考えているが、なお今後の研究にまつべきところが多い。

なお、ここでは述べなかったが本地域の地すべり土中の粘土化した緑色岩では、8 時間程度の水ひ物の X 線分析では、構成粘土鉱物は新鮮な緑泥石のみであるが、約 1 カ月間の水ひひで得た試料では新鮮な緑泥石ではなく、パーミキュライト類似鉱物が検出された。以上のべてきた事実は、地すべり粘土の研究での粒度別実験の有用性を示唆するものといえよう。

5. む す び

高知県本山町の結晶片岩地すべり地に存在する風化曹長石斑岩の風化変質作用を研究した結果次のことが明らかになった。

かになった。

1) 変質鉱物として、混合層鉱物、カオリナイトおよびギブサイトが生じている。

2) 風化度と鉱物組成との関係から、セリサイト→混合層鉱物→カオリナイト・ギブサイトの变化系列が推定される。

3) 粒度別鉱物組成分析結果によれば、粗粒部分には混合層鉱物、細粒部分にはカオリナイトが多いが、セリサイトは粒度にかかわらず分布する。このことからセリサイト→混合層鉱物の变化は鉱物粒径の変化もあまり伴わず、一方混合層鉱物→カオリナイトの变化の際は鉱物粒が崩れて細粒となることが推定される。

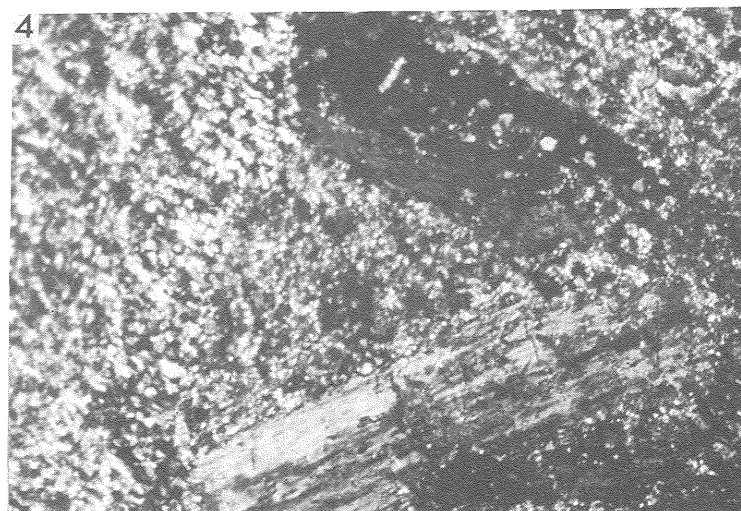
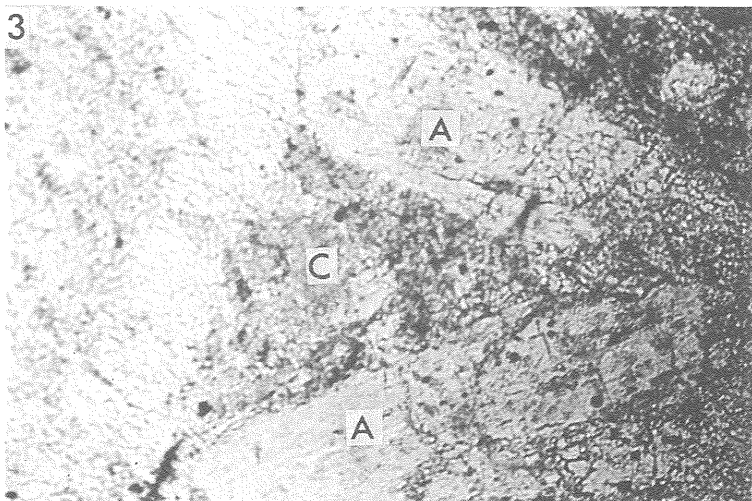
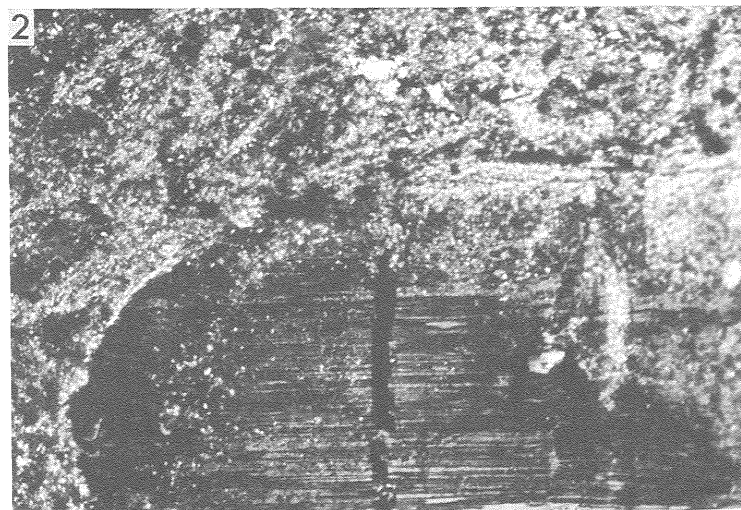
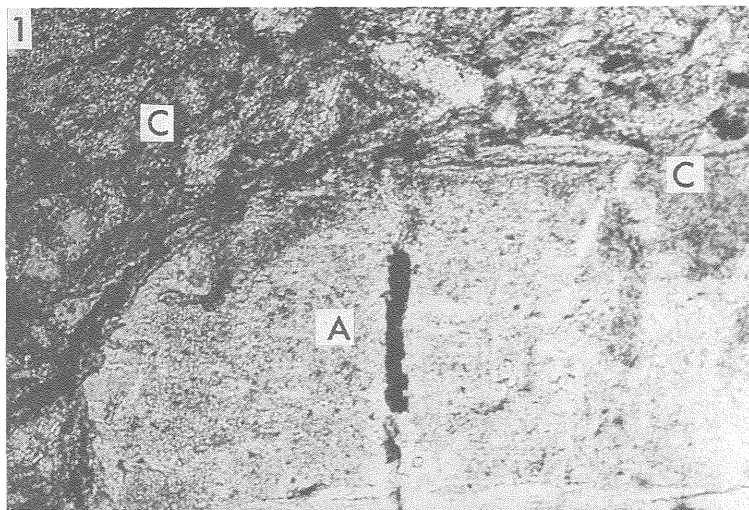
4) この風化系列は今のところ曹長石斑岩を母材とす

る場合にだけ認められ、黒色片岩の場合には、たとえ産状は同一でも認められない。これはおそらく曹長石斑岩中のセリサイトは黒色片岩中のセリサイトより細粒であることによると思われる。

文 献

- 安藤 武 (1971) 地すべりと風化機構に関する考察. 地すべり, vol 8, no. 2, p. 1-10.
- 土井正民 (1964) 5万分の1地質図幅「三島」および同説明書. 31p., 地質調査所.
- 加藤芳郎 (1955) 花崗岩の風化. 特に一次鉱物の過程. 粘土科学の進歩, (5) p. 126-135.
- 金原啓司・大久保太治 (1976) 2 M型セリサイトより生成した地すべり土中のセリサイト/膨潤層規則型混合層鉱物. 粘土科学, vol. 16, no. 1, p. 1-9.
- 小出 博 (1963) 四国地方における地すべり(上). 応用地質, vol. 4, no. 4, p. 207-217.
- (1964) 四国地方における地すべり(下). 応用地質, vol. 5, no. 1, p. 15-18.
- 小島丈児・光野千春 (1966) 5万分の1地質図幅「川口」および同説明書. 16 p., 地質調査所.
- SUZUKI, T. (1962) Petrofabric studies of crystalline limestone from the southern marginal belt of the Sambagawa metamorphic zone in central Shikoku, Japan. *Jour. Sci. Hiroshima Univ. Ser. C.*, vol. 4, p. 131-162.
- 鈴木堯士 (1967) 四国におけるみかぶ緑色岩類. 地質学雑誌, vol. 73, no. 4, p. 207-216.

(受付: 1975年12月18日; 受理: 1976年9月28日)



A : 長石, C : 粘土 (混合層鉱物, セリサイト, カオリナイトなど)

1. 試料 No. 26011 : オープンニコル 2. 同 : クロスニコル 3. 試料 No. 2606 : オープンニコル 4. 同 : クロスニコル