<報 文>

長崎県西彼杵郡三重村地すべり地の粘土について

Clay minerals from the landslide area, Mie-mura,
Nishikano-gun, Nagasaki Prefecture.矢 嶋 澄 策*, 石 原 健 作**,
吉 田 幸 男**, 鈴 木 滋***Sumisaku YAJIMA, Kensaku ISHIHARA,
Yukio YOSHIDA, Shigeru SUZUKI.

Abstract

Brown soil was collected from the landslide area, Mie-mura, Nishikano-gun, Nagasaki Prefecture and was studied by X-ray, thermal, infrared absorption and electron microscope method.

It was determined to consist of, beside quartz, feldspar and gibbsite, such clay minerals as illite, Al-vermiculite, random mixed-layer illite Al-vermiculite and kaoline.

It may be considered that these clay minerals were largely produced by the weathering of thin layer of biotite developed along the schistosity of spotted graphite sericite schist and promoted the landslide phenomenon along the schistosity of the above-rock.

1. はじめに

長崎県西彼杵郡三重地域は Fig. 1 に示すごとく、長崎市の北西約 13km に位置し、長崎変成岩帯に属する緑色片岩と黒色片岩（斑点状石墨雲母片岩）の互層が広く分布している（Fig. 2）。

ここに見られる地すべり崩壊は、これらの結晶

Fig. 2 Photograph of the landslide area at the Mie.

Fig. 1 Index map of the Mie area

* 早稲田大学教育学部地学教室および日本パブリックエンジニアリング

** 日特建設福岡支店

***早稲田大学理工学部資源工学科

※ 第12回地すべり学会研究発表会にて講演 (1973. 11)

片岩と密接な関係があるため、分類上¹⁾、岩質より分ける²⁾と、結晶片岩に由来する地すべりと考えられる。さて、地すべり地の粘土については、数多くの研究がなされて来ているが、これらを地すべりへの鉱物学的アプローチといった面から研究した例は非常に少ない。したがって、岩石の機械的、物理的風化とともに化学的風化により生成された粘土鉱物を他の要因とともに地すべりの現象の一要因として詳細に検討することは、今後の地すべりの研究に有効な示唆を与えるものと考えられる。今回の研究にあたって、この地域に分布する褐色の土壌の主成分である粘土鉱物が母岩の黒色片岩（斑点状石墨雲母片岩）の風化に伴うものであると考えられるため、これらの粘土鉱物を鉱物学的に検討したので、ここにそ

の結果を報告する。

2. 試料

褐色の土壌は緑色片岩と黒色片岩の互層において、主に黒色片岩の部分に分布しており、大小さまざまな黒色片岩の岩片を多く含む。乾燥時には、軽く、粗粒なものとして産する。本研究では主に、黒色片岩の岩片を多く含む土壌を使用し、これらの土壌中の黒色片岩の岩片を手選にて取り除いた後、 2μ 以下に粗度を整えるため、一般に用いられる方法で分離し、各種の分析に用いた。ただし、いくぶん石英、長石、ギブサイトを含む。

3. 実験方法

試料の検討はX線回折分析、赤外線吸収分析、熱分

析、電子顕微鏡観察により行なった。X線回折分析においては、試料は各薬品 (1N HCl, 1N KOH+1N KCl, 1N NH_4NO_3 , 1N KCl, エチレングリコール, 1N クエン酸ソーダ, 1N MgCl_2) および加熱による処理の後に粘土鉱物を定方位にするため、ガラス板に塗布してX線回折を行なった。

4. X線回折

実験条件は $\text{CuK}\alpha$ 線を使用し、スリットは D.S 1° , R.S 0.3mm S.S 1° を用い、Scanning Speed $2^\circ/\text{min}$, Time Constant 2sec で行なった。

本試料のX線粉末回折曲線およびその回折線のデータは Fig. 3 および Table. 1 に示す。

未処理試料にあらわれるX線回折曲線では、石英、長

Table. 1. X-ray diffraction data for oriented aggregates of the specimen before and after treated with reagents and heat.

A		B		C		D		E		F		G	
$d(\text{\AA})$	I/I_0	$d(\text{\AA})$	I/I_0	$d(\text{\AA})$	I/I_0	$d(\text{\AA})$	I/I_0	$d(\text{\AA})$	I/I_0	$d(\text{\AA})$	I/I_0	$d(\text{\AA})$	I/I_0
14.5	13b	10.8	36b	14.4	10b	14.3	13b	14.4	15b	11.1	43b	10.2	36b
12.3	16b	10.05	43	12.3	14b	11.9	38b	12.0	24b	10.1	43	7.25	32
10.05	11b	7.25	37	10.1	10b	10.05	41	10.1	26b	7.25	44	5.00	31
7.25	32	4.99	14	7.25	32	7.25	66	7.25	41	5.01	26	4.47	12
4.98	18	4.85	9	5.00	8	4.98	29	4.99	19	4.85	6	4.27	21
						4.85	48						
4.87	30	4.48	13	4.87	32	4.48	25	4.85	24	4.48	4	4.15	12b
4.47	18	4.27	9	4.48	22	4.41	19	4.48	16	4.27	13	3.58	27
4.42	13	4.09	4	4.42	15	4.27	25	4.41	12	4.15	9b	3.35	100
4.27	21	3.58	28	4.27	28	4.17	12b	4.27	24	3.57	32		
4.16	13b	3.35	100	4.16	14b	3.58	59	4.13	13b	3.35	100		
3.74	3b	3.19	13b	3.74	7b	3.42	30b	3.58	39				
				3.57	32								
3.57	30			3.35	100	3.35	100	3.46	21b				
3.48	13b			3.20	9b			3.35	100				
3.35	100												
3.20	4b												
2.573	11												
H		I		J		K		L		M			
$d(\text{\AA})$	I/I_0	$d(\text{\AA})$	I/I_0	$d(\text{\AA})$	I/I_0	$d(\text{\AA})$	I/I_0	$d(\text{\AA})$	I/I_0	$d(\text{\AA})$	I/I_0	$d(\text{\AA})$	I/I_0
2.515	6b	14.1	10b	14.5	23b	14.5	21b	12.2	16b	11.2	23b	10.4	46b
2.458	9	11.7	23b	12.0	38b	12.0	38b	11.2	27b	10.7	41b	5.06	31b
2.386	6b	10.1	43	10.1	33	10.1	32b	10.05	30b	10.05	38b	4.49	100
2.373	6	7.25	43	7.25	69	7.25	66	7.25	71	5.04	26b		
2.284	6	5.00	41	5.00	45	5.01	44	4.99	29	4.47	100		
2.237	4	4.87	34	4.87	49	4.87	46	4.87	25b				
2.128	3	4.48	4	4.48	6	4.48	5	4.47	100				
1.989	13b	4.41	5	4.41	8	4.41	6						
1.820	9	4.27	13	4.27	16	4.27	14						
1.704	3	4.15	7b	4.15	7b	4.15	7b						
1.672	?	3.57	39	3.74	3b	3.74	3						
1.542	4	3.35	100	3.58	53	3.57	59						
1.504		3.20	6	3.43	32b	3.43	33b						
1.492	3b			3.35	100	3.35	100						
1.471	3												
1.375	2b												
1.372	2												

A: untreated natural state

B: 6N-HCl treatment

C: E. G. treatment

D: 1N-KCl treatment

E: 1N- NH_4NO_3 treatment

F: 1N-KCl+1N-KOH treatment (1h)

G: 1N-KCl+1N-KOH treatment (5h)

H: hot-1N- $\text{Na}_3\text{C}_6\text{N}_5\text{O}_7 \rightarrow$ 1N-KCl treatment

I: hot-1N- $\text{Na}_3\text{C}_6\text{N}_5\text{O}_7 \rightarrow$ 1N-KCl $\rightarrow$ 1N- MgCl_2 treatment

J: hot-1N- $\text{Na}_3\text{C}_6\text{N}_5\text{O}_7 \rightarrow$ 1N-KCl $\rightarrow$ 1N- $\text{MgCl}_2 \rightarrow$ E. G. treatment

K: heat treatment (300°C , 30min)

L: heat treatment (500°C , 30min)

M: heat treatment (700°C , 30min)

石、ギブサイトの反射のほかに粘土鉱物の示す $14.5\text{\AA}$, $12.3\text{\AA}$, $10.05\text{\AA}$, $7.25\text{\AA}$, $4.98\text{\AA}$, $4.47\text{\AA}$, $3.58\text{\AA}$, $3.48\text{\AA}$ の各反射が見られる。

未処理試料にみられる $14.5\text{\AA}$ の回折線は、加熱処理によると、 150°C ですでに $14.0\text{\AA}$ に移行し、 400°C では $11.6\text{\AA}$ に移行するため、 $14.5\text{\AA}$ 付近に残存する回折線は認められないことおよびエチレングリコール処理で変化しないことから、緑泥石およびモンモリロナイトに帰属するものではないと考えられる。

未処理試料に見られる $10.05\text{\AA}$ の回折線は (Fig. 4,

Fig. 5) 500°C までは安定であるが、 550°C の加熱で $10.15\text{\AA}$ に移行する。その後 $900\sim 950^\circ\text{C}$ の加熱で消滅しはじめると思われるが未処理試料に見られる $14.5\text{\AA}$,

Fig. 3. X-ray diffraction patterns for oriented aggregates of the specimen before and after treated with reagents.

Fig. 4. Change of X-ray diffraction pattern by heat treatment

Fig. 5. Change of the positions (dÅ) of some reflections by heat treatment.

12.3Å の回折線が 600°C 以上で重複するため明瞭な確認はむずかしい。さらに、この回折線は各薬品処理で変化しないことを考え合わせるとイライトに帰属できる。未処理試料の 4.98Å の回折線は加熱とともに多少低角度側にシフトするが、500~600°C の加熱で、明瞭に 5.06 Å に移行し、900~1000°C の加熱で消滅する。このことから、イライトの (002) と未処理試料に見られる 14.5Å, 12.3Å の回折線に相当する粘土鉱物の (001) の回折線が重複したもののように思われる。また、未処理試料に見られる 3.35Å の回折線は主に石英によるが、4.27Å の石英の回折線との相対強度から考えるとイライトの (003) の回折線の存在が確認される。未処理試料に見られる 7.25Å の回折線は 3.58Å の回折線の存在および 1N HCl 約 95°C, 1 時間処理により回折線の強度に変化が認められず、さらに加熱処理により 450°C で回折線の強度が減少し、500°C で完全に消滅することからカオリンと推定する。これらのイライト、カオリンによる回折線を除いたものが、今回、問題となる粘土鉱物による回折線であり、未処理試料の X 線回折曲線では、14.5 Å, 12.3Å の回折線に当たる。よって、これらの回折線については各薬品処理による詳細な検討が必要である。

NH₄NO₃, KCl 処理

未処理試料に見られる 14.5Å の回折線がパーミキュライトによるものか否かを判定するために NH₄NO₃⁹⁾ 処理を行なった。この処理により一般にパーミキュライトは NH₄⁺ を固定させることで 14.5Å の回折線が 10Å に移行するため、パーミキュライトの判定に有効である。したがって、本試料を 1N NH₄NO₃ で 10 分間煮沸処理を行なったが、未処理試料に見られる 14.5Å の回

折線は収縮せず、12.3Å の回折線も変化しない。また、一般にパーミキュライトは KCl 処理により、K⁺ を固定させることによって、NH₄NO₃ 処理と同様な変化が生じるため、本試料を 1N KCl で 10 分間煮沸処理したが、未処理試料に見られる 14.5Å, 12.3Å の両回折線とも変化が認められなかった。したがって、これらの結果と、エチレングリコール処理で未処理試料に見られる 14.5Å, 12.3Å の回折線に変化がなかったことを考慮に入れると、この 12.3Å の回折線は水和度の高いイライトではなく、未処理試料に見られる 10.1Å (イライト) と 14.5Å の層格子をもつ不規則混合層鉱物と考えられる。また、未処理試料に見られる 14.5Å の回折線は Brown⁹⁾ のいう層間に Al をもつ、Al-パーミキュライ

トに類似すると考えられるため、K 処理 (1N KOH+1N KCl) により検討を加えることにする。

K 処理 (1N KCl+1N KOH)

Al-パーミキュライトは G. Brown⁹⁾ (1953) により報告されたもので、内外でも“黒ぼく”やその他の土壌^{5)~10)} 中から幾人かの研究者により見い出されており、その報告も多い。

Walker の方法¹¹⁾ (1961) によると、KCl+KOH の混合溶液では煮沸の時間により、Al-パーミキュライトの 14Å の回折線は次第に 10.4Å に移行し、5 時間で完全に 10.4Å となる。

本試料を 1N KCl+1N KOH の混合溶液中で 1 時間および 5 時間の処理を行なうと、未処理試料の 14.5Å と 12.3Å の回折線は 1 時間のこの処理で 11.1Å に移行し、5 時間の処理で完全に 10.4Å に移行した。また、この処理で急減した未処理試料に見られる 4.8Å の回折線はギブサイトに帰属できる。ところで、今回 1N 温クエン酸ソーダ (1 時間) 処理後、1N KCl (10 分間煮沸) 処理を行なったところ、14.5Å, 12.3Å はそれぞれ、14.1 Å, 11.7Å, 10.4Å に収縮した。また、この 1N 温クエン酸ソーダ (1 時間) 処理後、1N KCl 処理 (10 分間煮沸) を行なった試料を 1N MgCl₂ (1 時間煮沸) で処理したところ収縮した未処理試料に見られた 14.5Å, 12.3 Å の回折線がそれぞれ元の 14.5Å, 12.3Å の位置にもどり、未処理試料の場合よりもいくぶん底面回折線の強度が増したのがわかる。これは 4.47Å の (hk) の回折線の強度が減少したことから、未処理試料の場合よりも定方位試料になったことおよび一部の非晶質物質の存在などが考えられる。最後に、この 1N MgCl₂ 処理後の

Fig. 6. Positions of reciprocal lattice points (001) of layer lattices and reflections before and after treated with reagents and heat shown by visual inspection method.

試料をさらにエチレングリコール処理をしたが、回折線に変化が見られないことから、未処理試料に見られる 14.5Å の回折線は未処理試料をエチレングリコール処理しても膨脹しないが、1N 温クエン酸ソーダ（1時間）処理後、1N KCl で処理（10分間煮沸）し、その後、1N MgCl₂（1時間煮沸）処理した試料をエチレングリコールで処理して、初めて膨脹する性質をもつ、Tamura¹²⁾の言う非膨脹性モンモリロナイトに類似するものではない。以上のことから、未処理試料に見られる 14.5Å は Al-パーミキュライトの回折線に帰属できると考えられる。さて、問題の未処理試料の 12.3Å の回折線をもつ混合層鉱物であるが、K 処理（1N KCl+1N KOH）、1N 温クエン酸ソーダ処理後 1N KCl 処理および 1N 温クエン酸ソーダ処理後 1N KCl 処理し、さらに 1N MgCl₂ 処理により、それぞれ回折線の位置が未処理試料で 14.5Å の回折線をもつ Al-パーミキュライトの変化に密接な関係をもって変化するため、これらの処理に見られる回

折線を Visual inspection 法で検討した (Fig. 6)。

未処理試料に見られる 14.5Å の回折線は Al-パーミキュライトの (001) の回折線に当たるが、K 処理（1N KCl+1N KOH）で処理時間に伴って収縮し、5 時間で K-パーミキュライトの 10.4Å の回折線 (001) に変化していく過程を考えた。

K 処理（1N KCl+1N KOH）の時間に伴う回折線の変化を点線 Fig. 6 で示すと、1 時間および 5 時間処理における未処理試料に見られる 14.5Å の回折線の変化に伴い、この (001) の逆格子点とイライトの (001) の逆格子点の間に未処理試料に見られる 12.3Å の回折線が位置することがわかる。また、1N 温クエン酸ソーダ処理後 1N KCl 処理を行なうと、K 処理（1N KCl+1N KOH）の場合と同様な方法で Fig. 6 に表示したように、未処理試料に見られる 14.5Å の Al-パーミキュライトの回折線が、14.1Å および 10.4Å に一部変化するにつれて*、この (001) の逆格子点とイライトの (001) の逆格子点の間に未処理試料に見られる 12.3Å の回折線が位置することに気が付く。ただし、これらの処理後の試料の X 線回折曲線 (Fig. 3) および Visual inspection 法 (Fig. 6) に示した 12~10Å の回折線は未処理試料に見られる 12.3Å の回折線だけでなく、未処理試料に見られる 14.5Å の処理により収縮したものも含まれると考えられる。

以上のことから、K 処理（1N KCl+1N KOH）および 1N 温クエン酸ソーダ処理後、1N KCl 処理した試料の回折線はこれらの処理で変化しないイライトの層格子とこれらの処理で 10.4Å 付近まで収縮した Al-パーミキュライトの層格子との積み重なった混合層構造により生じたと考えられる。

加熱変化

加熱に伴う X 線回折線の変化を (Fig. 5, Fig. 6) に示す**。今回の加熱実験は、試料を 30 分加熱後、空冷して X 線回折分析を行なった。これによると、未処理試料に見られる 14.5Å の回折線は、150°C ですでに 14.0Å に移行し、200°C で 13.5Å、250°C で 12.8Å、300°C で 12.3Å、350°C で 11.8Å に移行する。その後、400°C ですべて移行して 11.6Å の明瞭な回折線となる。600°C 以上では未処理試料に見られる 12.3Å、10.05Å の回折線と重複してブロードな回折線となり、その回折線の重心の位置は 800°C で 10.3Å、900~950°

* Al-パーミキュライトはクエン酸ソーダ処理の場合、処理の回と時間により、層間の Al の溶脱量が異なるため、KCl 処理をすると、10.4Å に一部および徐々に収縮する傾向がある。点線はこの処理により回折線の位置が変化する範囲を示す。

** Fig. 5 の点線は 600°C 以上で未処理試料に見られる 14.5Å、12.3Å、10.05Å の回折線が重複して、ブロードな回折線となるために重心の位置×印のほかに、各回折線の位置の変化を推定したものの。

C で $10.25\text{\AA}$ となる。しかも、 950°C でこの回折線の強度は非常に弱まり、 1000°C で消滅する。これらの未処理試料に見られる $14.5\text{\AA}$ の回折線の加熱に伴う変化は薬品処理で決定したように Al-パーミキュライトに類似する。未処理試料に見られる $12.3\text{\AA}$ の回折線の加熱に伴う変化についても、 300°C 、 500°C 、 700°C に関して、Visual inspection 法を用いると、加熱処理によりほとんど変化しないイライトの (001) の逆格子点と Al-パーミキュライトの (001) の逆格子点の加熱に伴う変化を考えると、すべて未処理試料に見られる $12.3\text{\AA}$ の回折線は Al-パーミキュライトとイライトの混合層鉱物によるものと説明できる。また、未処理試料に見られる $3.48\text{\AA}$ の回折線は特に Na-K-Mg 処理で明らかなようにイライトの (003) と Al-パーミキュライトの (004) の逆格子点の中間に位置することから、上記の混合層鉱物によるものと思われる。ところで、未処理試料に見られる $4.98\text{\AA}$ の回折線はイライト、Al-パーミキュライト、イライトと Al-パーミキュライトの混合層鉱物の各回折線が重複している可能性が大きく、また、ギブサイトの回折線ともいくぶん重複すると思われるため Visual inspection 法を用いることは困難なため省略した。なお、未処理試料にはイライトと Al-パーミキュライトの長週期の反射が見られないことから、完全な (1:1) 規則型

混合層鉱物ではないと思われる。

5. 熱分析

TG, DTA 曲線は Fig. 7 に示す。

この測定は長計量器製装置により昇温率 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ で行なった。

80°C 付近、 $270\sim 320^\circ\text{C}$ 、 $450\sim 570^\circ\text{C}$ に吸熱ピークがあり、TG 曲線からそれぞれ 4.52%、1.54%、6.51% の減量が認められる。また、 $900\sim 950^\circ\text{C}$ に発熱ピークがある。

$270\sim 320^\circ\text{C}$ の吸熱ピークとそれに対応する減量は X 線回折の結果に相当してギブサイトによるものである。

ギブサイトによるこの吸熱ピークとそれに対応する減量を除くと、TG, DTA 曲線は主にカオリンによるものと考えられる。 $900\sim 950^\circ\text{C}$ の発熱ピークの直前の $870\sim 900^\circ\text{C}$ に極くわずかな吸熱ピークが認められるためイライトなどの 2:1 型の粘土鉱物の存在を示唆しているように思われる。なお、この分析から非晶質物質の存在は推定できても、アロフェンの DTA 曲線とは異なることがわかる。

6. 赤外線吸収分析

試料の赤外線吸収曲線は Fig. 8 に示す。

この測定は KBr 錠剤法にて行なった。

780cm^{-1} 、 800cm^{-1} の鋭い吸収は石英に由来し、 910cm^{-1} の強い吸収は OH 領域の 3700cm^{-1} 、 3620cm^{-1} とともにカオリンに帰属する吸収線と考えられる。 835cm^{-1} の弱い吸収線は、2:1 型鉱物によるもので、その他 OH 領域の 3440 、 3520 、 3375cm^{-1} はカオリンおよび他の 2:1 型鉱物¹³⁾ によるものと考えられる。

その他の格子振動における吸収線は Si-O-Al 結合、Si-O 結合によるものと考えられる。

2:1 型鉱物によると思われる OH 領域の吸収線から、イライト、Al-パーミキュライトの存在が考

Fig. 7. DTA and TG curves of the specimen.

Fig. 8. Infrared spectra of the specimen.

Fig. 9. E.M. dispersion of the specimen

えられる。また、 3520cm^{-1} は緑泥石によく見られる吸収線であるが、この結果からのみでは、その存在ははっきりしない。なお、アロフェンによる $800\sim 1225\text{cm}^{-1}$ の幅広い吸収やシリカゲルによる 800cm^{-1} の幅広い吸収¹⁴⁾は認められない。

7. 電子顕微鏡観察

電子顕微鏡写真を Fig. 9 に示す。

写真中には主に、 1μ 以下の多角板状を呈するものが集合体をなしている。また、この形態の 2μ 以上のものも一部認められる。

これらの中には長さ 1μ 以下、幅 0.1μ 以下のパイプ状を呈するものが混在している。このような形態を示すもので、パイプ状のものはハロイサイトと思われる。多角板状のものは fire clay 型のカオリンの形態に似ており、電子線回折およびX線回折の結果を合せて考えると結晶度の低いカオリンと考えられるため、アロフェンや非晶質物質の微細球状粒子の集合体とは異なる。また、比較的大きく、稜角の明瞭なものは、電子線回折の結果、主にイライト（一部 Al-パーミキュライト）と推定される。

8. 母岩について

褐色土壌の形成源と推定される黒色片岩（斑点状石墨絹雲母片岩）は主に石英、長石、絹雲母、黒雲母、石墨などの造岩鉱物より成るが、肉眼的には片理面にそって厚さ 1cm 内外の石英、長石が挟在するのが特徴である。

この岩石の片理面に垂直な薄片の偏光顕微鏡写真は Fig. 10 に示す。

写真(a)に見られる長石、石英の間を絹雲母、黒雲母が片理の方向に配列している。ここでの黒雲母は主に写真(b)と同様に色が淡黄～無色に近く脱色しているが、まだ多色性の比較的顕著な部分もある。しかし、劈開や劈開以外の割れ目にそって、Fe 分が凝集して褐色を帯びているところでは、多色性は弱く、不均一である。写真(a)の直交ニコル下では右上の部分に黒雲母が緑色の干渉色を呈する粘土鉱物に変質していることが認められる。

また、写真 (a), (b), (c) に見られる長石は黒雲母に比べ風化の影響が認められず、いわゆる斑点状をなしている。写真(c)はかなり風化が進んだ部分と思われるが、黒雲母片が極く一部残存しているが多色性はほとんど認められない。しかも、黒雲母片の外には Fe 分が溶脱し、水酸化鉄となって、鉱物粒子間を充填しているだけでなく、屈折率の低い粘土鉱物に変質しているものも認められる。なお、X線解析の結果、鏡下で認められた粘土鉱物は主にカオリンと $14\text{\AA}$ 鉱物であることが確認された。さらに、この $14\text{\AA}$ 鉱物は先と同様な方法により、Al-パーミキュライトであることがわかった。Fig. 11 (d) (写真) はこの岩石中に見られる層中の珪岩である。

9. むすび

長崎県西彼杵郡三重地域の地すべり地は黒色片岩（斑点状石墨絹雲母片岩）と緑色片岩とが互層をなしており、このうち、特に黒色片岩の発達しているところに褐色の土壌が広く分布しているのが特徴であった。今回、本試料をX線回折分析、熱分析、赤外線吸収分析、電子顕微鏡観察などから総合的に判断した結果、カオリン、イライト、イライトと Al-パーミキュライトの不規則混合層鉱物、Al-パーミキュライトなどの粘土鉱物とこれに伴うギブサイト、長石、石英とであった。したがって、この褐色の土壌は 2μ 以下に調整した本試料と長石、石英、ギブサイトの組成とは多少異なるものの、通常の火山灰粘土のようなアロフェンなどの非晶質物質を主体とするものではないことが明らかとなった。次に、黒色片岩（斑点状石墨絹雲母片岩）の偏光顕微鏡観察から、長石、絹雲母には風化の影響による変質はいたって低度である。一方、黒雲母の風化による変質は非常に顕著で、一般に変質を受けた部分には、緑色を帯びた粘土鉱物が見られ（写真 a）、さらに風化の進んだ部分では完全に変質して、屈折率の低い粘土鉱物と Fe 分の溶脱による水酸化鉄が認められる（写真 c）。

これらの粘土鉱物はX線解析から Al-パーミキュライト、カオリンであることがわかった。これは土壌中に見

(a)~(c), thin sections vertical to the schistosity

+.....crossed nicols

-.....open nicols.

Fig 10. Photomicrographs of Black schist (spotted graphite sericite schist).

られる粘土鉱物と多くの点で類似し、黒雲母からの風化変質による粘土鉱物を主としていると推定される。さて、このような母岩の風化に由来する土壌については、従来、花崗岩に関する^{8), 15)~20)}研究が多く、しかも、これらの研究によると、一般にこの褐色の土壌中に確認されたイライト、イライトとAl-パーミキュライトの不規則混合層鉱物、Al-パーミキュライトであって、特にこ

の鉱物は母岩中の黒雲母の風化が比較的進んだ表土に認められるとされている点は、今回の研究とよく一致する。しかし、黒色片岩中の黒雲母の風化に際しては、途中の段階における風化生成物は、地形、湿度、気温などの諸条件により異なるため、この褐色の土壌がどのような風化過程を通して生成されたかは本研究の結果だけからでは早急な結論を出すことはできないが、少なくとも

(d) +
—

0.2mm

Fig. 11. Photomicrographs of Quartzite, (d)
+.....crossed nicols —.....open nicols

も、地すべり発生時に黒色片岩の地層上に不整合に発達していたと思われる火山灰粘土中に、大小さまざまな黒色片岩の岩片が単に混在したのとは異なり、黒色片岩中の主に黒雲母の風化により崩壊した岩片が、さらに風化の進んだ褐色の土壤中に混在していたものと思われる。

以上のことから、今回の地すべりは、黒色片岩の片理面にそって発生した様相を示しているが、黒色片岩の片理の方向に配列した黒雲母の粘土化が一層地すべりの発生を助長したにちがいない。さらに、緑色片岩の部分には風化の影響が比較的僅少のごとく思われるのに対し、黒色片岩についてはかなり進んでいるように観察された。このことは、岩質により風化に対する安定度が異なることが知られる。したがって、このようなことが、黒色片岩の発達した部分に地すべりが集中した一要因と思われる。

最後に、この黒色片岩は石英および長石 (Na に富む) 等の優白鉱物の集合が 1 cm 前後の互層をなしており、しかもその層間に黒雲母を含むところは極めて薄層となっているために (約 1 mm 内外)、野外調査の段階ではこの岩石が見掛の上で硬く、しかも風化の影響を受ける

ことが少ないように思われた。しかし、顕微鏡観察、X線解析によると、実際はこの層間の黒雲母が風化による変質が顕著であるため、片理面方向に対する力には弱く、地すべりを助長しやすい状況になったと考えられる。このようなことが肉眼的には岩石の風化変質があまり顕著のように思われないにもかかわらず、地すべりが発生しやすいという一因となると言えよう。

以上述べて来たことが、今後の変成岩地帯での地すべりの原因を探究するのにいくぶんの参考になれば幸いである。

文 献

- 1) 小出 博, (1955), 日本の地すべり, 東洋経済新報社
- 2) 谷津栄寿, (1965), 粘土科学, Vol. 4, No. 2, pp. 8~16
- 3) Walker, G.F., (1949), Distinction of Vermiculite, chlorite, and montmorillonite in clays, *Nature*, 164, 577
- 4) Brown, G., (1953), The dioctahedral analogue of Vermiculite, *Clay Min. Bull.*, 2, 4-70
- 5) Tamura, Tsuneo, (1956), Weathering of mixed layer clays in soils. *Clay and Clay minerals-Natl. Res Council Pub.*, 456, 413-422
- 6) 加藤芳郎, (1962), 静岡県磐田原「黒ボク」土壌の粘土鉱物, 粘土科学の進歩, 4, 311~325, 技報堂
- 7) Brown, G., (1954), Soil morphology and mineralogy. A quantitative study of some gleyed soils from North-West England. *Jour. Soil Sci.*, 5, 145-155
- 8) 菅野一郎, 本荘吉男, 有村玄洋 (1960), 花崗岩に由来する赤黄色土中の黒雲母の風化, 粘土科学の進歩, 2, 217-228
- 9) 松井 健, (1960), 宇都宮付近の関東火山灰層に由来する土壌および古土壌の粘土鉱物, 粘土科学の進歩, 2, 229-241
- 10) Rich, C.I. and Obenshain, S.S., (1955), Chemical and Clay mineral properties of red-yellow podzolic soil derived from muscovite schist, *Soil. Soc. Amer., Procee Proceeding*, 19, 334-339
- 11) Walker, G.F., (1961), X-ray Identification and Crystal Structure of Clay Minerals, (G. Brown Ed.), 297-324
- 12) Tamura, Tsuneo, (1957), Identification of the 14Å clay minerals component, *Am. Mineralog.*, 42, 107-110
- 13) 林 久人, 生沼 郁, (1967), 粘土鉱物の赤外線吸収に関する最近の研究, 粘土科学, 6, 29-40.
- 14) Fieldes, M., (1956), Clay mineralogy of New Zealand soils. part 3. Infrared absorption spectra of soil clays. *New Zealand. Jour. Sci. Tech.*, 38, B, 31-43
- 15) 柿谷 悟, 河野忠臣, (1972), 風化花崗岩中の黒雲母の変質, 粘土科学, 12, 2, 51-62.
- 16) Stephen, I., (1952), A study of rock weathering with reference to the soils of the Malvern Hills. Part 1. Weathering of biotite and granite, *Jour. Soil Sci.*, 3, 20-33
- 17) 清水 洋, (1972), 風化及び続成過程におけるカオリン鉱物の変化, 粘土科学, 12, 2, 63-73
- 18) 陣内和彦, (1973), 愛知県三河地方産花崗岩の風化過程について, 九州工業技術試験所報告, 10, 582-591
- 19) 大八木規夫, (1968), 島根県加茂, 大東花崗岩類地帯における風化帯の構造と崩壊, 防災科学技術総合研究報告, 14, 113-127.
- 20) 三浦 清, (1966, 1967), 島根県加茂町付近の花崗岩類とその崩壊について, 岩鉱誌, 56, 256-283; 57, 12-24

(原稿受理日 昭和49年 7月 13日)