沖縄、島尻層群地帯の地すべりに及ぼす粘土の寄与

Contribution of Clays on the Occurrence of Landslides in the Shimajiri Mudstone, Okinawa

江頭 和彦* 宜保 清一**
Kazuhiko EGASHIRA Seiichi GIBO

Abstract

Determination of swelling in addition to clay mineralogical composition is important to clarify the contribution of clays on the occurrence of landslide. The clay fractions ($<2\mu\text{m}$) separated from landslide areas of Okinawa (Shimajiri mudstone), where the contribution of clay was estimated to be relatively low, contained clay mica, smectite and chlorite as dominant clay minerals. The smectite content was relatively low with a value of about 30%, and its swelling was again low. On the other hand, the clay fraction separated from landslide area of Kamenose, Osaka, where the contribution of clay was estimated to be relatively high, contained about 90% of smectite and its swelling was high.

1. 緒言

島尻層群は第三紀中新世—鮮新世の堆積物（泥岩）であり、沖縄県中南部では地表に露出して広く分布している。島尻層群は 10° 内外の緩傾斜で分布しているが、堆積後の地殻変動により大小、多くの断層がみられ、さらに褶曲構造、層内褶曲なども認められる。このような地質構造上の欠陥と最近の人工的な地形の改変により、島尻層群地帯においては地すべり、崩壊が豪雨の際に多発する傾向にある。このため、その地盤特性の解明と地すべり防止対策の確立が土質工学の立場から急がれている。本論文は、粘土鉱物学の立場から島尻層群地帯での地すべりの特徴を明らかにしようとするものである。

地すべりと粘土鉱物の関係については、従来多くの研究がなされてきている^{1,2,3,4,5}。しかしながら、これらはいわゆる“地すべり粘土”の鉱物分析の域を脱しないものが多い。また、地すべりに対するモンモリロナイトの影響が大きいのは事実であるが、これにしても、はたしてモンモリロナイトの寄与が正当に評価されているのかどうかは疑問である。すべての“地すべり粘土”中のモンモリロナイトが、鉱床産のモンモリロナイトと同じような高い界面化学的活性（膨潤能など）をもつとみなせるのかどうか。

地すべりに対する粘土の寄与を把握するためには、粘土鉱物組成を明らかにすると同時に、中に含まれている粘土鉱物、特にスメクタイト（従来、

モンモリロナイトという言葉は特定の鉱物名とそれを含む膨潤性2:1型鉱物のグループ名の両方に用いられてきたが、後者に対しては現在ではスメクタイトという言葉を用いる⁶）の界面化学的性質を明らかにすることが必要だと考える。このような観点から、島尻層群地すべりのすべり面付近より分離した粘土が雲母、スメクタイト、クロライトを主要粘土鉱物として含むこと、および含まれているスメクタイトが低い膨潤能しか示さないことを明らかにし、島尻層群地帯の地すべりに及ぼす粘土の寄与は小さいと予測した。また、この予測は地すべりの形態と対応することを認めた。

2. 試料および実験方法

2.1 試料

実験に用いた試料をTable 1に示す。島尻層群試料はいずれもすべり面付近より採取した。比較のため、大阪府柏原市亀の瀬地すべりの亀の瀬礫層から採取した試料を用いた。亀の瀬礫層は凝灰質礫岩、砂岩および凝灰岩

Table. 1 供試試料

地層名	試料名	採取地	採取地の状況；採取位置（深さ）
島尻層群	豊見城 (Tomigusuku)	沖縄県島尻群 豊見城村豊見城	地すべり性崩壊； 頭部のすべり面付近（4m）
	翁長 (Onaga)	沖縄県島尻群 豊見城村翁長	地すべり性崩壊； 中央部のすべり面付近（10m）
	真地 (Maaji)	沖縄県那覇市 真地団地内	地すべり性崩壊； 中央部のすべり面付近（10m）
	具志頭 (Gushichen)	沖縄県島尻群 具志頭村具志頭	地すべり多発地； 農地造成切土面（5m）
亀の瀬礫層	亀の瀬 (Kamenose)	大阪府柏原市（峠） 清水谷地区	地すべり； 末端部、排土後（3m）

* 九州大学農学部

** 琉球大学農学部

の互層（第三紀中新世）からなり、亀の瀬地すべりでの地すべり層準をなす。

2.2 粘土画分 (<2 μ m) の分離

湿潤試料を用いた、島尻層群試料はいずれも方解石 (CaCO₃) を含んでいたため、これを除くため、pH 5 に調整した 1M 酢酸ナトリウムで加照処理した。その後全試料とも 7% 過酸化水素で加熱処理し、有機物を除いた。1M 水酸化ナトリウムを加えて pH 10 に調整、5 時間往復振とうした。分散したけんだく液を 1 l 容沈定シリンダーに移し、沈定法により粘土画分 (<2 μ m) を分離した。粘土画分の分離は、もはや粘土画分が取れなくなるまで繰り返した (8~9 回)。適宜 pH 調整と振とうを行なった。分離した粘土画分は塩化ナトリウム溶液を加えて凝集させ、保存した。

粒径組成を求めるため、粘土画分分離後、シルト画分 (2~20 μ m) を沈定法により繰り返して分離した。さらに細砂画分 (20~200 μ m) と粗砂画分 (200~2000 μ m) を篩別し、各画分を定量した。

2.3 X線回折

試料全体の X線回折は次のようにして行なった。試料の一部を取り、風乾後メノウの乳鉢で粉碎した。アルミニウムホルダーに充てんし、粉末法により X線回折を行なった。

粘土画分の X線回折は次のようにして行なった。粘土 50mg を含むけんだく液を 2 本の 10ml 容ガラス製遠心分離管に採取した。1 本は 1M 塩化カリウムで、もう 1 本は 0.5M 塩化マグネシウムで、それぞれ 3 回遠沈洗浄した。水を加えて遠沈洗浄し、過剰塩を除去した。水 1ml を添加し、けんだくさせ、その 0.4ml (20mg の粘土を含む) をスライドガラス (28×48mm) の 2/3 をおおうように滴下した。風乾後、カリウム飽和試料とマグネシウム飽和試料の X線回折を取り、カリウム飽和試料はさらに 300°C と 550°C で加熱、マグネシウム飽和試料はグリセロール処理し (10% V/V グリセロールをスプレーする)、それぞれの X線回折を取った。X線回折は次のような条件で行なった：

対陰極：銅
管電流：10mA；管電圧：30kV
スリット系：1°—0.3mm—1°
走査速度：2°/mm
時定数：2
フルスケール：2000—4000 cps (粘土画分)，400cps (試料全体)

チャート速度：1cm/min。

2.4 表面積の測定

粘土画分の表面積はエチレングリコールモノエチルエーテル (EGME) 法^{8,9)}で測定した。350mg ないし 400mg の粘土を含むけんだく液を取り、カルシウムで飽和した。

凍結乾燥後秤量管に移し、五酸化リン上で真空乾燥した (20~24 時間)。3ml の EGME を加え、あらかじめ調整していた EGME-塩化カルシウムソルベイト (モル比 2/1；EGME の蒸気圧を調節する) を置いたデシケーターに移した。脱気 (45 分間) —放置 (1 時間) —秤量を繰り返して恒量に至らしめた。1mg の EGME が 2.80m² を占めると仮定して比表面積を計算した。測定は 25°C で行ない、測定値の変動係数は 2% 以下であった。

2.5 水中沈定容積の測定

一定量の粘土を含むけんだく液を 2 本の 50ml 容ポリエチレン製遠心分離管に採取した。1 本は 1M 塩化ナトリウムで、もう 1 本は 0.5M 塩化カルシウムで、それぞれ 4 回遠沈洗浄した。過剰塩を除去するため、ナトリウム飽和粘土は水に対して透析 (27 時間) し、カルシウム飽和粘土は水で 3 回遠沈洗浄した。透析あるいは遠沈洗浄後粘土は分散したが、さらに 5 時間往復振とうして、分散を完全にさせた。

このようにして調製した粘土けんだく液を、50mg (<0.2 μ m 粘土画分) あるいは 100mg (<2 μ m 粘土画分) の粘土を含むように、25ml 容メスシリンダーに採取した。ナトリウム飽和粘土に対しては塩化ナトリウム溶液を、カルシウム飽和粘土に対しては塩化カルシウム溶液を、その最終濃度が 0.04eq/l あるいは 1.0eq/l になるように加え、粘土を凝集させた。23ml まで水を加え、ゴム栓をして 15 秒間激しく振とうし、最終的に 25ml まで満たした。25°C の恒温室に放置し、24 時間ごとに容積を読んだ。もはや変化しなくなったところの容積を水中沈定容積とした。測定値の変動係数は 5% 以下であった。

3. 実験結果

3.1 粒径組成

用いた試料の粒径組成を Table 2 に示す。粒径区分と土性は国際土壌学会法によった。粒径組成には島尻層群の試料間で差がみられ、亀の瀬試料との間に明確な差異はみられなかった。

3.2 粘土鉱物組成

島尻層群試料と亀の瀬試料のおおまかな鉱物組成を知るために、試料全体の X線回折を行なった。回折図を Fig. 1 に示す。島尻層群試料の回折図は互いに類似して

Table 2. 粒径組成

試料	粒 径 組 成 (%)				土性 ¹⁾
	粘 土 (2 μ m)	シルト (2~20 μ m)	細 砂 (20~200 μ m)	粗 砂 (200~2000 μ m)	
豊見城	50.1	44.9	5.0	0.0	HC
翁 長	29.7	52.3	17.3	0.7	SiC
真 地	42.8	50.1	6.9	0.2	SiC
具志頭	20.2	32.3	47.4	0.1	CL
亀の瀬	22.3	29.1	30.8	17.8	CL

¹⁾国際土壌学会法

HC, 重粘土；SiC, シルト質粘土；CL, 塩礫土。

Fig. 1 試料全体のX線回折図

いたので、豊見城試料のそれを代表として示した。

豊見城試料では、石英 (4.26Å と 3.34Å) による回折線が最も強く、方解石 (3.04Å) と長石 (3.2Å) がこれに次ぎ、クリストバライト (4.04Å)、クロライト (14.2 Å, 7.08Å, 4.72Å と 3.53Å)), 雲母 (10.0 Å と 5.0Å) による回折線は弱かった。4.48Å の回折線は層状ケイ酸塩鉱物に共通した回折線である。過酸化水素による加熱処理の際の激しい反応からパイライト (FeS₂) の存在を予想したが、パイライトによる回折は確認できなかった。方解石以外の鉱物は泥岩中に普通にみられる鉱物である。また、方解石の存在は、島尻層群が泥岩よりもむしろ泥灰岩であることを示す。

一方亀の瀬試料では、スメクタイト (15.5Å) とクリストバライト (4.04 Å) による強い回折線が認められた。これら鉱物の生成は凝灰岩の海水中での変質によるものであり、ベントナイト鉱床のモンモリロナイトの生成に類似する。石英 (3.34 Å) の回折線はクリストバライトのそれより弱かった。カオリナイト (7.2Å と 3.59Å), 長石 (3.2Å), 雲母 (10Å) による弱い回折線も認められた。

豊見城試料と亀の瀬試料の間でみられた鉱物組成の差は、両者の母岩、堆積環境の違いを反映し、粘土鉱物組成が異なることを予想させる。

粘土画分 (<2μm) のX線回折図を Fig. 2 に示す。島尻層群試料の粘土画分のX線回折図は、豊見城試料と真

Fig. 2 (1) 粘土画分 (<2μm) のX線回折図

Fig. 2 (2) 粘土画分 (<2μm) のX線回折図

Fig. 2 (3) 粘土画分 (<2μm) のX線回折図

地試料の回折図にみられるごとく互いに類似していたので、両者のみ示した。マグネシウム飽和、風乾処理試料の14.6–14.7Åのピークはグリセロール処理により大部分17.7–18.0Åに移行したので、その大部分はスメクタイトによるとみなした。スメクタイトによるピークは、カリウム飽和、風乾処理試料では12.4–12.6Åに現われる。10.0Å、4.98Åと3.32Åのピークは雲母による。14.2Å、7.08Å、4.72Åと3.54Åのピークはクロライトによる。クロライトの2次以上の回折線は550°C加熱処理により消失したので、このクロライトは鉄クロライトであるとみなした。3.57Åにみられる肩よりカオリナイトの存在を推定し、slow scanning (0.5°/min) によるカオリナイトの2次回折線 (3.577–3.580 Å) とクロライトの4次回折線 (3.539 Å) の分離により、カオリナイトの存在を確認した (Fig. 3)。10.0Åピークの7.08 Åピークに対する強度比が、マグネシウム飽和、風乾処理試料に比べてカリウム飽和、風乾処理試料で幾分高いことより、パーミキュライトの存在を予測した。

亀の瀬試料では、17.9Å (マグネシウム飽和、グリセロール処理試料) と12.5Å (カリウム飽和、風乾処理試料) の非常に強いピークから、スメクタイトが粘土画分の大部分を占めていることがわかる。かつ、マグネシウム飽和、グリセロール処理試料では002 (8.93Å)、003

Fig. 3 X線回折によるクロライトとカオリナイトの判別 (0.2–2μm 画分)

(5.90Å), 004 (4.46Å), 005 (3.56Å), 006 (2.98Å), カリウム飽和、風乾処理試料では002 (6.27Å), 004 (3.17 Å) と、高次の回折線がはっきりと認められ、スメクタイトの結晶度が高いことがわかる。7.17Åと3.56Åのピークはカオリナイトに、4.04Åのピークはクリストパライトによる。

以上のように、島尻層群試料はスメクタイト、雲母、クロライトを、一方亀の瀬試料はスメクタイトを主要粘土鉱物として含んでいた。そこで、次に、試料中のこれら鉱物の含量をそのピーク強度から計算した⁷⁾。結果をTable 3に示している。パーミキュライト、石英、長石とクリストパライトは、その含量が低いとして無視した。計算は次のように行なった：

1. マグネシウム飽和、グリセロール処理試料のX線回折図において、スメクタイト (18Å)、雲母 (10Å)、クロライト+カオリナイト (7Å) によるピークの面積 (強度) を測定する；
2. 測定したスメクタイト、雲母、クロライト+カオリナイトのピーク面積にそれぞれ係数 1, 4, 2 を掛け、補正する¹⁰⁾；

Table 3. 粘土画分 (2μm) の粘土鉱物組成

試料	粘土鉱物組成 (%)		
	スメクタイト	雲母	クロライト+カオリナイト
豊見城	30	56	14
翁長	35	51	14
真地	28	55	17
具志頭	34	48	18
亀の瀬	89	0	11

3. 補正したピーク面積の全体に対する割合から、各粘土鉱物の相対含量を計算する。

島尻層群試料の粘土画分 ($<2\mu\text{m}$) の粘土鉱物組成は試料間で互いに類似していて、雲母が48~56%と最も高く、次スメクタイトで28~35%、クロライト+カオリナイト (クロライト>カオリナイト) は14~18%であった。一方亀の瀬試料では、スメクタイトが89%と非常に高く、カオリナイトが11%であった。Greene-kelly 試験¹¹⁾によれば、島尻層群試料と亀の瀬試料に含まれているスメクタイトのかんりの部分がモンモリロナイト的性質を示し、一部がバイデライト-ノントロナイト的性質を示した。

3.3 表面積

粘土画分 ($<2\mu\text{m}$) 中のスメクタイト含量として、X線回折法により、島尻層群試料に対しては28~35%、亀の瀬試料に対しては89%という値を得た。もし別の方法によりその値に近い値が得られれば、それらはスメクタイト含量としてはばり妥当な値だと考えることができる。表面積測定値からスメクタイト含量を求めることはしばしば行なわれてきており、本論文でもこの方法によりスメクタイト含量を求めた。

各試料の粘土画分 ($<2\mu\text{m}$) の比表面積を Table 4 に示す。比表面積は島尻層群試料では323~437 m^2/g 、亀の瀬試料では742 m^2/g であった。比表面積からのスメク

Table 4. 粘土画分の比表面積とスメクタイト含量

試料	粒径 (μm)	比表面積 (m^2/g)	スメクタイト含量 (%)	試料全体 ($<2\text{mm}$) 中のスメクタイト含量 (%)
豊見城	<2	351	25	13-15
翁長	<2	386	31	9-10
真地	<2	323	21	9-12
具志頭	<2	437	40	7-8
亀の瀬	<2	742	90	20
豊見城	<0.2	661	77	
真地	<0.2	576	63	

タイト含量の計算は次式によった： $800 \cdot x + 200(100 - x) = 100 \cdot S$ 。この式で、 x はスメクタイト含量 (%), S は比表面積 (m^2/g) である。スメクタイトの比表面積は800 m^2/g 、それ以外の粘土鉱物の平均比表面積は200 m^2/g と仮定した。800 m^2/g という値は研究者によって一致して用いられている。一方、スメクタイト以外の粘土鉱物に対しては、研究者によって異なった値が用いられており^{12, 13)}、200 m^2/g という値は、著者のひとり (K. E.) によって、スメクタイト以外の粘土鉱物に対する平均比表面積として用いられている値である¹⁴⁾。

計算されたスメクタイト含量を Table 4 に示す。その値は、豊見城、翁長、真地、具志頭、亀の瀬の各試料に対し、それぞれ25%, 31%, 21%, 40%, 90%であった。これらの値は、表面積法とX線回折法による計算の際になされる仮定を考慮

すれば、X線回折法によって得られた値とよく一致しているとなすことができる。Table 4 には、各試料の粘土 ($<2\mu\text{m}$) 含量 (Table 2) を考慮して計算した。試料全体 ($<2\text{mm}$) 中のスメクタイト含量も示している。この値は島尻層群試料で約10%、亀の瀬試料では約20%であった。

以上のX線回折と表面積測定の結果によれば、島尻層群試料の粘土画分 ($<2\mu\text{m}$) は雲母、スメクタイト、クロライトを主要粘土鉱物として含み、そのスメクタイト含量は約30% (20~40%)、それに対し亀の瀬試料の粘土画分 ($<2\mu\text{m}$) はスメクタイトのみを主要粘土鉱物として含み、その含量は90%であることがわかる。

3.4 水中沈定容積

島尻層群試料と亀の瀬試料に含まれているスメクタイトの界面化学的性質としてその膨潤能を明らかにするために、粘土画分の水中沈定容積を測定した。結果を Table 5 に示している。水中沈定容積の測定においては、豊見城と真地試料では細粘土画分 (0.2 μm) を、亀の瀬試料では粘土画分 ($<2\mu\text{m}$) を用いた。前者の試料では粘土画分 ($<2\mu\text{m}$) 中のスメクタイト含量が低いので、これを濃縮すべく、粘土画分から細粘土画分を分離した。細粘土画分 ($<0.2\mu\text{m}$) 中のスメクタイト含量は豊見城試料で77%、真地試料で63%であった (Table 4)。なお、粘土画分から細粘土画分の分離は遠心分離によった⁷⁾。

本実験では水中沈定容積をスメクタイトの膨潤能の指標として測定しており、両者の間には一般的に次のような関係がみられる。ナトリウムで飽和したスメクタイト粒子は、分散したけんだく液中では、粒子間斥力の卓越による結晶内膨潤のため、個々の単位層に別れて存在する。一方カルシウムで飽和したスメクタイト粒子は、分散したけんだく液中においても、単位層がいくつか集まったドメインとして存在し、結晶内膨潤をほとんど示さない。このようなスメクタイト粒子の存在状態の差異は、塩添加による凝集後でも保持される。水中沈定容積は基本的には個々の粒子の大きさに支配され、粒子が小さいほど大きくなるので、ナトリウム飽和スメクタイトの水

Table 5. 粘土画分の水中沈定容積

試料	粒径 (μm)	水中沈定容積 ($\text{cm}^3/50\text{mg}$ あるいは 100mg)					
		0.04N 塩溶液			1.0N 塩溶液		
		Na-粘土 (a)	Ca-粘土 (b)	比 a/b	Na-粘土 (c)	Ca-粘土 (d)	比 c/d
豊見城	<0.2	7.0 (5.9) ¹⁵⁾	4.90 (3.77)	1.43 (1.56)	7.40 (6.22)	5.13 (3.95)	1.44 (1.57)
真地	<0.2	5.06 (3.64)	3.83 (2.41)	1.32 (1.51)	5.27 (3.81)	3.95 (2.49)	1.33 (1.53)
亀の瀬	<2	8.4 (8.1)	3.39 (3.05)	2.48 (2.66)	7.58 (7.22)	3.64 (3.28)	2.08 (2.20)

¹⁵⁾ () 内の数値はスメクタイトのみによる水中沈定容積あるいはその比。

中沈定容積はカルシウム飽和スメクタイトのそれより大きくなる。スメクタイトの膨潤能が強いほど、ナトリウム飽和後個々の単位層に別れる度合も強くなり、従ってナトリウム飽和スメクタイトとカルシウム飽和スメクタイトの水中沈定容積の比も大きくなる。また、外囲の塩化ナトリウム溶液の濃度が低いほど、ナトリウム飽和スメクタイトの膨潤の度合は大きくなる。すなわち、単位層と単位層の間の距離が大きくなる。この差が水中沈定容積にも反映され、ナトリウム飽和スメクタイトの水中沈定容積は、外囲の塩化ナトリウム濃度が低いほど大きくなる。膨潤能の強いスメクタイトほど、塩濃度低下による膨潤度の増大の程度も大きく、従って水中沈定容積の増大割合も大きくなる。

以上の説明に基づいて水中沈定容積の測定結果(Table 5)をみると、豊見城試料と真地試料においては、ナトリウム飽和粘土の水中沈定容積はカルシウム飽和粘土の水中沈定容積より確かに大きくなっているが、しかしその比は小さい。かつ、ナトリウム飽和粘土の水中沈定容積は塩濃度低下による増大を示さない。それに対し、亀の瀬試料では、ナトリウム飽和粘土の水中沈定容積はカルシウム飽和粘土の水中沈定容積より大きく、かつその比も大きい。また、ナトリウム飽和粘土の水中沈定容積は、 $1:0.04$ 塩化ナトリウム中よりも $0.04N$ 塩化ナトリウム中で明らかに大きくなっている。すなわち、豊見城試料と真地試料のスメクタイトは低い膨潤能しかもたず、一方亀の瀬試料のスメクタイトは高い膨潤能をもつ。

各試料の粘土画分 ($<0.2\mu\text{m}$ あるいは $<2\mu\text{m}$) はスメクタイトを主要粘土鉱物として含んでいるが、他の粘土鉱物も含むとして、スメクタイトのみによる水中沈定容積を計算し、Table 5 に示している。この値を用いた場合でも、上と同様のことがいえる。なお、スメクタイトのみによる水中沈定容積は、次のような仮定のもとに計算した：比表面積から計算したスメクタイト含量を用いる；カルシウム飽和粘土では、単位質量当りの水中沈定容積は粘土鉱物間で同じである；スメクタイト以外の粘土鉱物の水中沈定容積は、カルシウム飽和粘土とナトリウム飽和粘土で等しい。

以上の水中沈定容積の測定結果によれば、相対的ではあるが、島尻層群試料に含まれるスメクタイトの膨潤能は低く、逆に亀の瀬試料に含まれるスメクタイトの膨潤能は高いといえる。前者のスメクタイトの低い膨潤能は、その八面体層での鉄イオン（特に Fe^{2+} ）による同像置換の割合が比較的高いことによるのではないかと推測する¹⁵⁾。このことは、共存するクロライトが鉄クロライトであることから予想される。

4. 考 察

地すべりにおけるすべり面の形成に粘土、特にスメク

タイトが寄与することは、結晶片岩地帯の地すべりではまだ問題があるとしても¹⁶⁾、第三紀層地すべりでは確かだと思う。粘土鉱物の中でスメクタイトの寄与が大きいのは、最も大きい界面化学的活性をもつからであろう。それ故、スメクタイト含量が高いほど、かつその界面化学的活性が高いほど、すべり面形成に対する粘土の寄与も大きくなると考える。

このような考えから、島尻層群地すべりでは、その粘土画分のスメクタイト含量は約30%であり、またスメクタイトの膨潤能も低いので、すべり面形成に対する粘土の寄与は小さいと予測する。一方亀の瀬地すべりでは、粘土画分のスメクタイト含量は90%と非常に高く、かつその膨潤能も高いので、すべり面形成に対する粘土の寄与は大きいと予測する。

次に、上記の予測と実際のすべり面形成との間に一定の関係がみられるかどうか。高谷^{3,4)}は、粘土鉱物の相異によって発生する滑動の形態が異なることを報告している。彼によると、四国の結晶片岩地帯の地すべりで、三波川帯の地すべりは崩壊型の移動形態をもち、その主要粘土鉱物はクロライト、イライト、パーミキュライト、カオリナイトであり、ほとんどの試料がモンモリロナイトを含まなかった。それに対し、みかぶ帯の地すべりは粘稠型の移動形態を示し、その粘土はモンモリロナイトとクロライトを主とした。

島尻層群地すべりと亀の瀬地すべりはそれぞれ次のような特徴をもつ。島尻層群地帯の地すべりは、基盤岩の崩壊や侵食によって形成された崩積土層内だけでなく、強風化および弱風化岩層内にすべり面を有するものが多い。それらは、主に泥岩が崩壊しやすいことおよび風化しやすいことといった過圧密土特有の物理・化学特性に原因するものであるが、他に島尻層泥岩の地質構造特性、すなわち、断層、小断層、節理面、層理面およびき裂等のような不連続面の存在が平均地すべり面強度を低下させ¹⁷⁾、すべり発生の素因となっていることもみのがせない。また、その地すべりは、那覇市真地団地内地すべりの例¹⁸⁾にみられるように、地すべりと崩壊の中間的性格をもつ。すなわち、発生の機構や滑動の形態が地すべり的である反面、規模においては崩壊的である。

亀の瀬地すべりは比較的大規模な地すべりである。亀の瀬礫層が地すべり層準をなし、この付近は著しく母岩の粘土化が進み、多くの鏡肌が発達している。地すべり面は連続する平滑な面であり、すべり方向に明瞭な条線を有しているため、強度もかなり低下している^{19,20)}。

上記のことよりすれば、島尻層群地帯での地すべりでは、すべり面の形成は地質構造的な要因にかなりの部分支配され、それに対し亀の瀬地すべりでは、すべり面の形成に対し粘土がかなりの程度寄与しているといえることができる。それ故、粘土画分中のスメクタイト含量とそ

の膨潤能に基づいた予測と、実際のすべり面形成に対する粘土の寄与との間には、定性的ではあるが、一定の関係がみられたといえるであろう。

参考文献

- 1) 谷津栄寿：日本の地すべり粘土について，粘土科学，4，pp. 54～66 (1965)
- 2) 大八木規夫：鷲尾岳地すべりにおけるすべり面付近の粘土の粘土鉱物，防災科学技術総合研究報告，32，pp. 61～85 (1974)
- 3) 高谷精二：愛媛県における地すべり地の粘土鉱物 (I)，応用地質，18，pp. 107～116 (1977)
- 4) 高谷精二：結晶片岩地域における地すべりと粘土鉱物 (3) —高知県・怒田，八畝地すべり—，新砂防，33 (3)，pp. 18～23 (1981)
- 5) 矢嶋澄策：地すべりと粘土鉱物について，粘土科学，19，pp. 91～96 (1979)
- 6) 吉永長則，庄子貞雄，渡辺裕：第3部門土壌鉱物および膠質複合体，日本土壌肥科学雑誌，50，pp. 397～404 (1979)
- 7) 和田光史：粘土鉱物の同定および定量法，日本土壌肥科学雑誌，37，pp. 9～17 (1966)
- 8) Carter, D.L., M.D. Heilman and C.L. Gonzalez: Ethylene glycol monoethyl ether for determining surface area of silicate minerals, Soil Science, 100, pp. 356～360 (1965)
- 9) 江頭和彦，梶山忠男，有水尚文：フロフェン及びイモゴライトの表面積に及ぼす $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ - NaHCO_3 - Na citrate 及び 2% Na_2CO_3 処理の影響，粘土科学，17，pp. 38～47 (1977)
- 10) Karlsson, W., J. Vollset, K. Bjørlykke and P. Jørgensen: Changes in mineralogical composition of Tertiary sediments from North Sea wells, In M.M. Mortland and V.C. Farmer (ed.) International Clay Conference 1978, pp. 281～289 (1979)
- 11) Greene-Kelly, R: Identification of montmorillonoids, J. Soil Science, 4, pp. 233～237 (1953)
- 12) De Kimpe, C.R., M.R. Laverdiere and Y.A. Martel: Surface area and exchange capacity of clay in relation to the mineralogical composition of Gleysolic soils, Canadian J. Soil Science, 59, pp. 341～347 (1979)
- 13) Dudas, M.J. and S. Pawluk: Reevaluation of the occurrence of interstratified clays and other phyllosilicates in Southern Alberta soils, Canadian J. Soil Science, 62, pp. 61～69 (1982)
- 14) Egashira, K. and M. Ohtsubo: Smectite in marine quick-clays of Japan, Clays Clay Minerals, 30, pp. 275～280 (1982)
- 15) Foster, M.D.: Geochemical studies of clay minerals: II - Relation between ionic substitution and swelling in montmorillonites, American Mineralogist, 38, pp. 994～1006 (1953)
- 16) 金原啓司，藤井紀之：徳島県木藤一宗森地すべり地における結晶片岩類の風化 (その2) —観測堅抗内結晶片岩類の風化，粘土科学，21，pp. 14～18 (1981)
- 17) 宣保清一：島尻層泥岩の残留強度測定と結果の解釈—地すべり・崩壊土の残留強度特性 (I)—，農業土木学会論文集中，104，pp. ～ (1983) (掲載予定)
- 18) 宣保清一，小波蔵政良，吉沢光三：那覇市真地団地内地すべり性崩壊の発生要因と平均せん断強度定数の決定，地すべり，18 (2)，pp. 11～18 (1981)
- 19) 建設省近畿地方建設局大和工事事務所：亀の瀬地すべり，pp. 8～19 (1979)
- 20) 建設省近畿地方建設局大和工事事務所：亀の瀬地すべり対策事業の計画と調査，pp. 15～41 (1981)

(原稿受理日 昭和57年11月19日)

沖縄、島尻層群地帯の地すべりに及ぼす粘土の寄与

「地すべり」Vol. 19, No. 4 (通巻第72号) 1983年 (昭和58年) 3月

江頭 和彦, 宜保 清一

地すべりの発生に及ぼす粘土の寄与を明らかにするには、粘土鉱物組成を調べるだけでなく、含まれるスメクタイトの膨潤能を明らかにすることが必要である。相対的に粘土の寄与が小さい島尻層群地帯 (沖縄) の地すべりでは、すべり面付近の粘土は雲母、スメクタイト、クロライトを主要粘土鉱物として含んでいた。粘土画分中のスメクタイト含量は約30%と低く、かつその膨潤能は低かった。相対的に粘土の寄与が大きい亀の瀬地すべり (大阪) では、地すべり粘土の粘土画分はほとんどスメクタイトのみを含みかつその膨潤能は大きかった。

インドネシア・ジャワ島および台湾の地すべり地における1m深地温測定による地下水流脈調査法の可能性について

「地すべり」Vol. 19, No. 4 (通巻第72号) 1983年 (昭和58年) 3月

竹内 篤雄