

宮崎県えびの市真幸地区の変質粘土鉱物について(とくに地すべり粘土について)

著者	富田 克利, 中西 三正, 大庭 昇
雑誌名	鹿児島大学理学部紀要. 地学・生物学
巻	7
ページ	1-14
別言語のタイトル	On altered clay minerals in Masaki area, Ebino City, Miyazaki Prefecture (especially on clay minerals on the landslide)
URL	http://hdl.handle.net/10232/00009950

宮崎県えびの市真幸地区の変質粘土鉱物について

(とくに地すべり粘土について)

富田 克利*, 中西 三正*, 大庭 昇*

(1974年9月30日受理)

On altered clay minerals in Masaki area, Ebino City, Miyazaki Prefecture
(especially on clay minerals on the landslide)

Katsutoshi Tomita*, Mitsumasa Nakanishi* and Noboru Ōba*

Abstract

Geological study of Masaki area, Miyazaki Prefecture, and study on altered minerals in the surveyed area were carried out. The Nagasaka andesites are hydrothermally altered. Some clay minerals are found in argillized parts of the Nagasaka andesites. They are montmorillonite, kaolinite, hydromica, interstratified mineral of mica and montmorillonite, and interstratified mineral of chlorite and montmorillonite. Clay mineral study was done for the minerals, especially for an interstratified mineral of mica and montmorillonite which was included in a clay on the landslide occurred at a place in the Masaki area.

I まえがき

えびの市真幸地区で1972年7月大規模な地すべりがおこった。筆者らはこのうちの一地点において地すべり面の粘土を採集し、その鉱物学的性質を明らかにした。地すべり粘土に関しては、Miyahara (1963), 谷津 (1965), 兼松 (1966) らの多数の報告がある。谷津は地すべり粘土を次のように分類している。(1) 頁岩もしくは凝灰岩を母岩とする地すべり粘土, (2) 結晶片岩地域の地すべり粘土, (3) 蛇紋岩の風化した地すべり粘土, (4) 熱水作用をうけた岩石を母岩とする地すべり粘土, (5) その他, と分類している。これらの地すべり粘土の主な構成粘土鉱物は、モンモリロナイトが圧倒的に多く、結晶片岩に由来する地すべり粘土中には、膨潤性クロライトや長周期を示す雲母—モンモリロナイトの混合層粘土鉱物が多くみられる。筆者らは真幸地区の地すべり粘土が雲母—モンモリロナイトの混合層鉱物と加水雲母の混合物であることを確認し、この混合層鉱物の成因および真幸地区の変質地帯の粘土鉱物について報告する。

*鹿児島大学理学部地学教室 Institute of Earth Sciences, Faculty of Science,
Kagoshima University, Kagoshima, Japan.

I 地質概説

地質調査をおこなった地域は、第1図に示したようにえびの市真幸地区の南北約5 km、東西約6 kmの範囲である。本地域には新第三紀中新世に噴出した長坂安山岩類が下部に広く分布している。この安山岩類は広域にわたって熱水変質を受けており、粘土化、珪化、変朽安山岩化が著しい。この安山岩類の上部に鮮新世の溶岩類がのっている。この溶岩類は矢岳溶岩、黒園溶岩、滝下溶岩、国見溶岩、魚野溶岩である。また調査地域内には加久藤層群中の昌明寺層、溝園層、そして下浦層がみられる。本地域では昌明寺層が最下部で、その上部に溝園層がくる。溝園層は粘土を主とした層である。これら加久藤層群の上部に川内川の段丘堆積物である段丘砂礫層が分布している。この上部にさらにローム層がのり、このローム層は本調査地域内全体を薄く被っている。加久藤盆地中央部には沖積層が広く分布している。これは川内川およびその支流による堆積物である。本地域の地質図を第2図に示した。

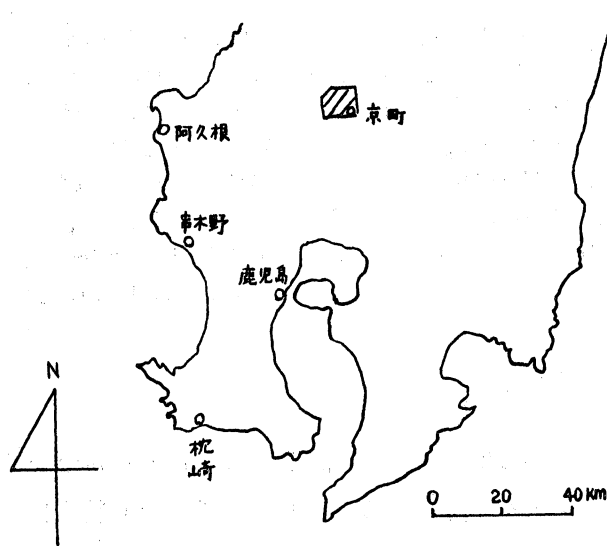


Fig.1. Index map of the area studied.

III 真幸地区における変質地帯の粘土鉱物

真幸地区の長坂安山岩類は広く熱水変質を受けており、第2図に変質の範囲を斑点で示した。1972年の大規模な地すべりは、本地域内では第2図中の番号1の地点でおこった。第2図に試料採集地点を番号で示してある。また各場所での粘土鉱物の種類は第1表にまとめて示した。この地域に産出する粘土鉱物は、モンモリロナイト、カオリナイト、長周期を示す雲母—モンモリロナイトの混合層鉱物、クロライト—モンモリロナイトの混合層鉱物、セリサイト、加水雲母である。下記にそれらの性質および産出地点を述べる。

a. モンモリロナイト

本変質地帯の粘土化した部分に比較的全般にみられる粘土鉱物であり、その分布地域は、西ノ野付近、溝ノ口付近、堂山付近、中岳隧道のまわりである。第3図に溝ノ口付近で(番号11)

採集した試料の X線粉末回折図を示した。未処理の試料の (001) のピークは15.4Åを示し、エチレングリコール処理で15.4Åのピークは17.2Åにのびた (第3図, 2)。300°Cで1時間加熱すると、10.4Åの巾広いピークがあらわれ、500°Cで1時間の加熱では10.0Åに移った。800°C, 1時間の加熱では9.94Åに縮んだ。モンモリロナイトは、本地域内ではカオリナイトと共にみいだされることが多く、地点3においてはセリサイトと、地点17においては雲母-モンモリロナイトの混合層粘土鉱物と共にみいだされる。また、西ノ野付近、溝ノ口付近に分布するモンモリロナイトは、 α -クリストバライトを伴うものが多いが、他の場所では α -クリストバライトはみられない。

Table 1. Mineral composition at various locations in the Masaki alteration area.

location of sample	Ch-Mt	M-Mt	Mt	HM	S	K	α -Cr
1		○		○			
2			○			○	
3			○		○	○	
4	○	○				○	
5				○			
6			○			○	
7			○			○	
8			○			○	○
9			○				○
10			○				○
11			○				○
12						○	
13	○						
14	○						
15	○					○	
16			○				
17		○	○			○	

Ch-Mt: interstratified mineral of chlorite and montmorillonite.

M-Mt : interstratified mineral of mica and montmorillonite

Mt : montmorillonite, HM : hydromica.

S : sericite, K : kaolinite, α -Cr : α -cristobalite.

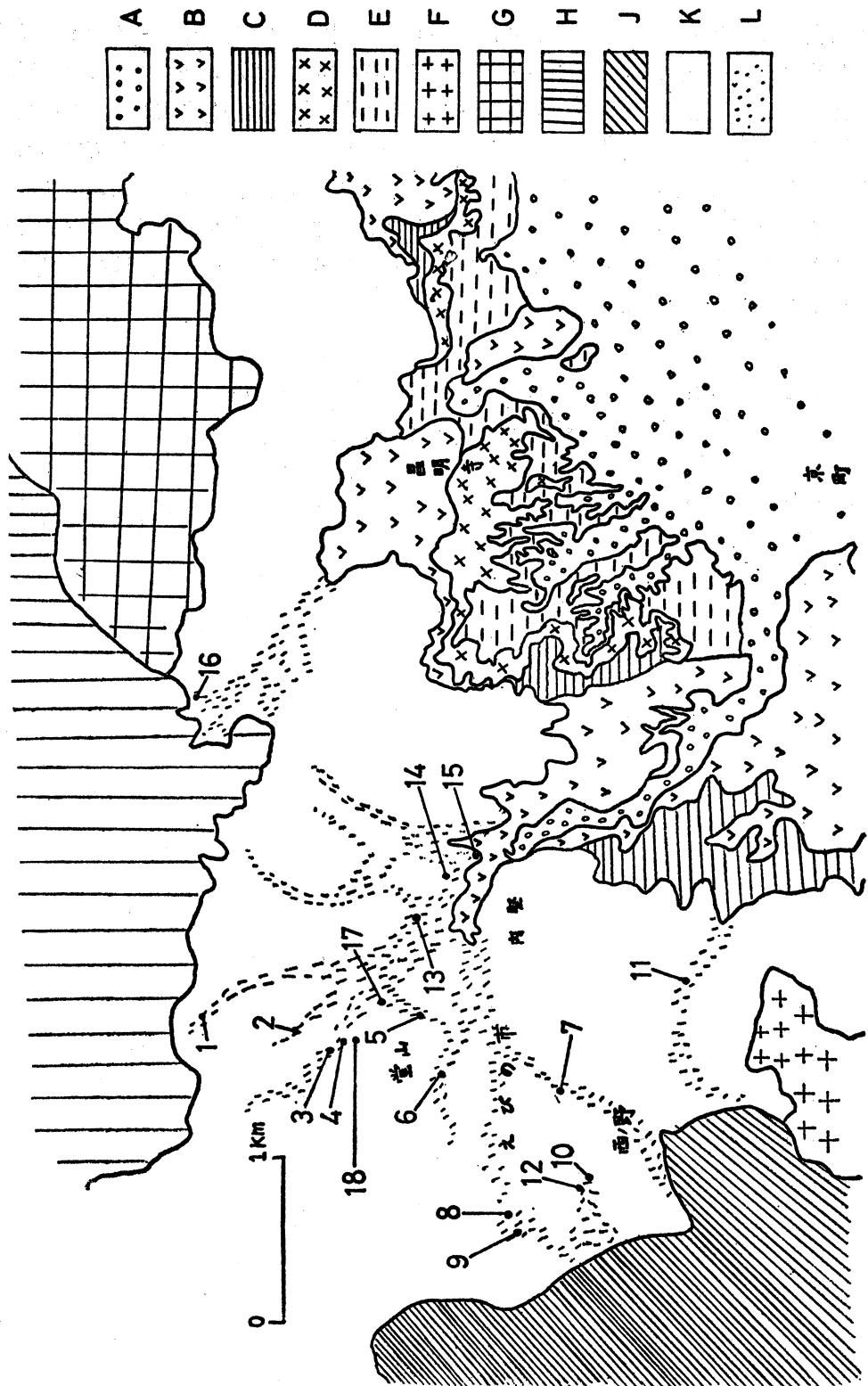


Fig.2. Geological map of Masaki area and localities of samples.
 A. Alluvial deposits. B. River terrace deposits. C. Shitaura formation. D. Mizozono formation. E. Shomyoji formation. F. Uono lava. G. Kunimi lava. H. Takishita lava. J. Kurosono lava. K. Nagasaka andesites. L. Argillized area.

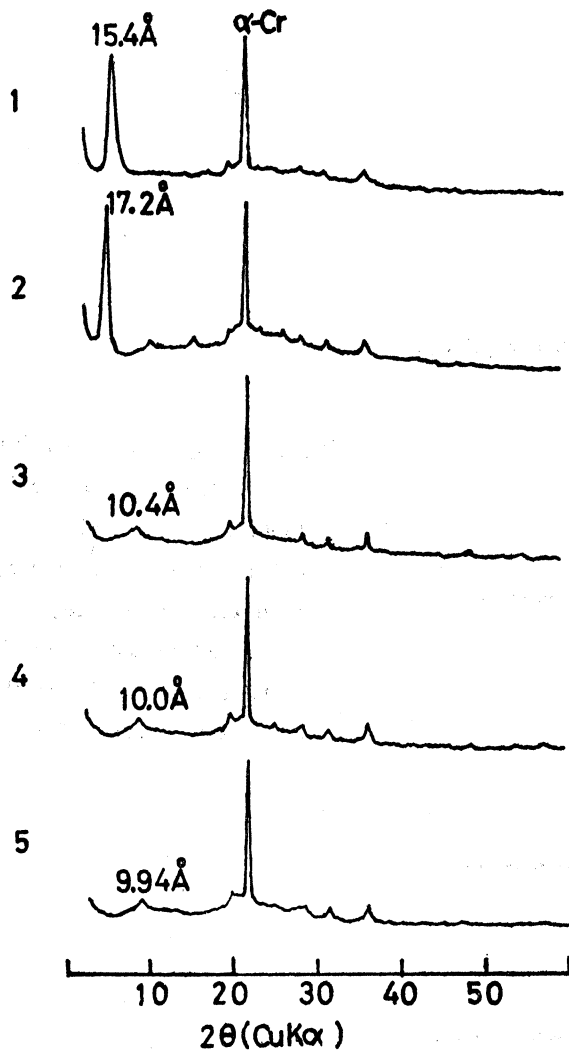


Fig.3. X-ray powder diffraction patterns of a montmorillonite collected at point 11 after various treatments.
 1. untreated sample. 2. treated with ethylene glycol.
 3. heated to 300°C for 1hr.
 4. heated to 500°C for 1hr.
 5. heated to 800°C for 1hr.

b. カオリナイト

本地域内の粘土化した場所の随所にみられ、他の粘土鉱物と共に産することが多い。西内堅付近、堂山付近、西ノ野付近、大番庫付近に分布している。地点12においては、カオリナイトが単独で産する。地点12で採集した試料のX線粉末回折図を第4図に示してある。この試料の結晶度はよく、未処理の試料の(001)の反射は7.2Åを示し、300°Cで1時間の加熱では変化はない。500°Cで1時間の加熱ではピークが少し弱くなる。800°Cで1時間加熱した試料にはカオリナイトのピークは認められない。本地域内ではカオリナイトはモンモリロナイトや雲母—モンモリロナイトの混合層粘土鉱物と共に産することが多い。Wada (1961)の方法で、酢酸カリウムで処理した結果、7.2Åのピークの外に約14Åのピークが認められた。

c. セリサイト

イライトという言葉を使用する人もいるが、熱水変質でできた細粒の雲母ということでセリサイトという言葉の本論文では使用することにする。本地域内では堂山付近の地点3で単独で産する。他の地点ではモンモリロナイトやカオリナイトと共に産する。

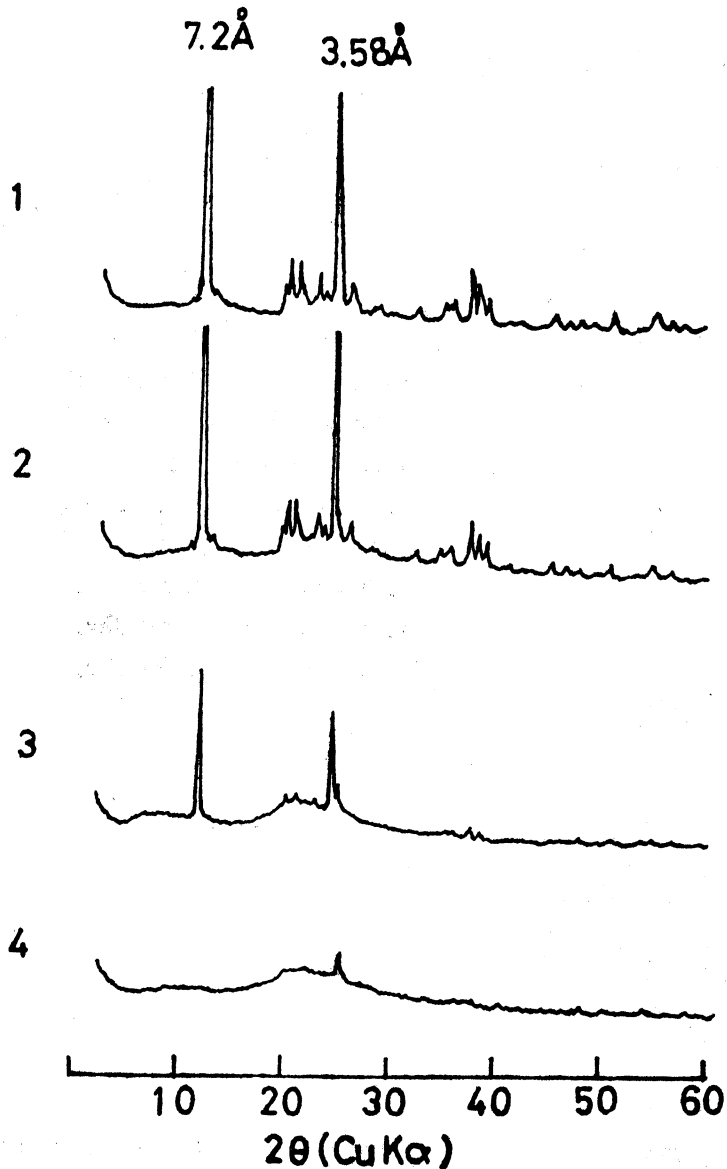


Fig.4. X-ray powder diffraction patterns of a kaolinite collected at point 12 after various treatments.
 1. untreated sample.
 2. heated to 300°C for 1hr.
 3. heated to 500°C for 1hr.
 4. heated to 500°C for 1hr.

d. 加水雲母

本論文では、X線粉末回折図においてセリサイトと似たパターンを示すが、セリサイトが約10Åのピークを示すのに対して、10Åより少し大きい値を示し、500°C位の加熱によって雲母のパターンを示すものを、加水雲母とした。見方を変えれば、圧倒的に雲母の層が多い雲母—モンモリロナイトの不規則型混合層鉱物といってよいものである。本地域内では西内堅、堂山付近にみられ、地点2においてはカオリナイトと共に産し、地点5においては単独で産する。地すべり地点1で地すべり粘土を採集したが、乳白色の部分と灰色の部分に識別され、そのうちの灰色部分の試料を水ひしてX線分析をしたところ、加水雲母といってよいX線粉末回折図形を示した。その図を第5図に示してある。未処理の試料には10.5Åのピークが見られ、800°C

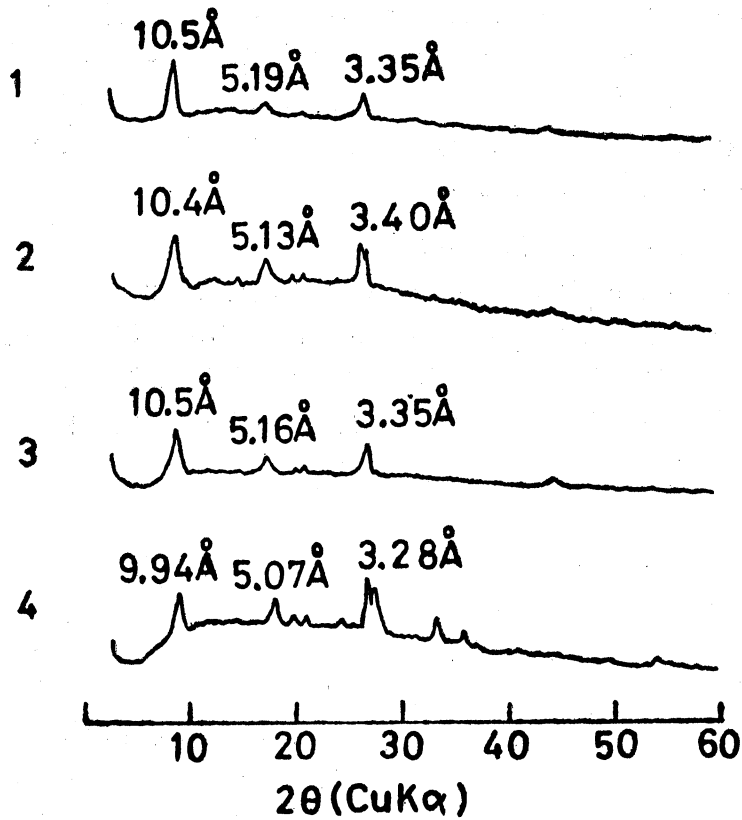


Fig.5. X-ray powder diffraction patterns of a hydromica collected at point 1.
 1. untreated sample.
 2. treated with ethylene glycol.
 3. heated to 300°C for 1hr.
 4. heated to 800°C for 1hr.

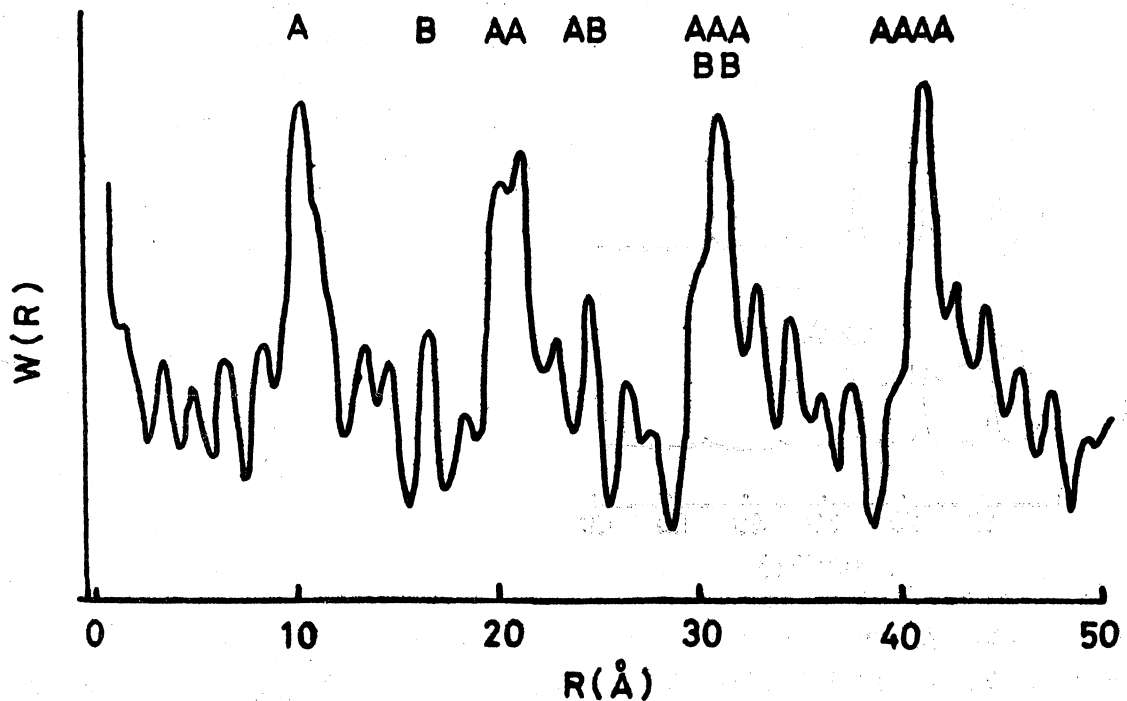


Fig.6. Fourier transform of basal reflections of the hydromica. A represents mica layer and B does montmorillonite layer. $W(R)$ is defined as the probability of finding another layer at a distance R (measured perpendicularly) from any layer.

で1時間の加熱処理によってこのピークは 9.64\AA に縮んだ。MacEwan (1956) の方法でフーリエ変換をおこない、層の積み重なる様子を調べた。層構造因子としては、di-octahedral型で層間に1個の K^+ イオンと1層の水の層を有する構造のものを使用した。その結果は第6図に示してある。第6図からこの試料は約9割強が雲母層で、1割弱がモンモリロナイト層であり、雲母—雲母と継がる確率が圧倒的に大きいことがわかる。

e. 長周期を示す雲母—モンモリロナイトの混合層粘土鉱物

完全に1:1の規則型のもはレクトライト (Brown and Weir, 1963a, b) と呼ばれる。アレバルダイト (Brindley, 1956) という言葉も使われたが今はレクトライトの方がよく使われる。本地域内に産する長周期を示す雲母—モンモリロナイトの混合層鉱物は、西内堅付近にのみみられ、地点1において乳白色を示す粘土中に産する。水ひした試料のX線粉末回折図を第7図

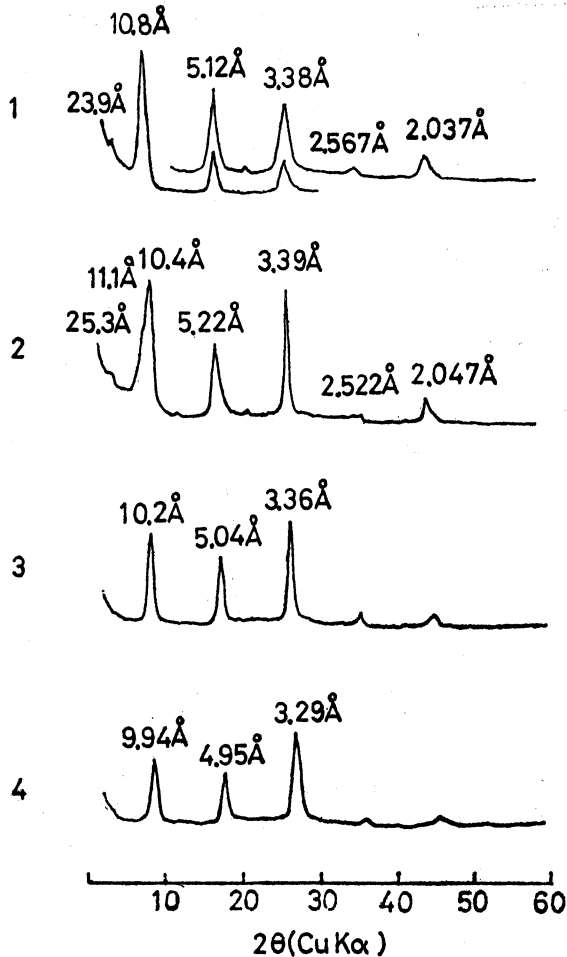


Fig.7. X-ray powder diffraction patterns of an interstratified mineral of mica and montmorillonite collected at point 1 after various treatments.

1. untreated sample.
2. treated with ethylene glycol.
3. heated to 500°C for 1hr.
4. heated to 800°C for 1hr.

に示してある。 23.9\AA を示す(001)のピークが認められる。 10.8\AA のピークがエチレングリコール処理で2つに分れることから、この試料に加水雲母が混じっていることがわかる。 800°C で1時間加熱すると、長周期を示すピークは消えて雲母のパターンを示した。この試料のX線粉末回折データを第2表に示した。加水雲母のピークを分離することが不可能であったので、混合層鉱物中の層の継がる様子を調べることができなかった。この試料のDTA曲線を第

8 図に示した。100°C~120°Cにかけて吸着水および層間水の脱水による吸熱ピークがみられる。570°C付近の吸熱ピークは雲母層の構造水の脱水によるものである。990°C付近の発熱ピークはムライトの形成によるものと思われる。この試料の赤外吸収スペクトルを第9図に示した。3660 cm^{-1} 付近に(OH)の振動による吸収がみられ、3400 cm^{-1} 付近の巾広い吸収は層間水によるものである。1640 cm^{-1} の吸収は吸着水によるものである。820 cm^{-1} 付近に小さな2つの吸収がみられるがこれはOinumaら(Oinuma and Hayashi, 1965)によると, 2M型の雲母およびレクトライト型の鉱物に特徴的な吸収といわれている。

Table 2. X-ray powder diffraction data for the interstratified mineral of mica and montmorillonite after various treatments.

a		b		c	
a(Å)	I	a(Å)	I	a(Å)	I
23.9	30	25.3	17	9.94	50
10.8	503*	11.1	228*	4.95	41
5.12	110*	10.4		3.29	110
3.38	121*	5.22	86*	2.493	6
2.567	9*	3.39	110*	1.988	8
2.037	37*	2.522	4*		
		2.047	36*		

* indicates reflections overlapped by hydromica reflections.

a: untreated sample.

b: treated with ethylene glycol.

c: heated to 800°C for 1hr.

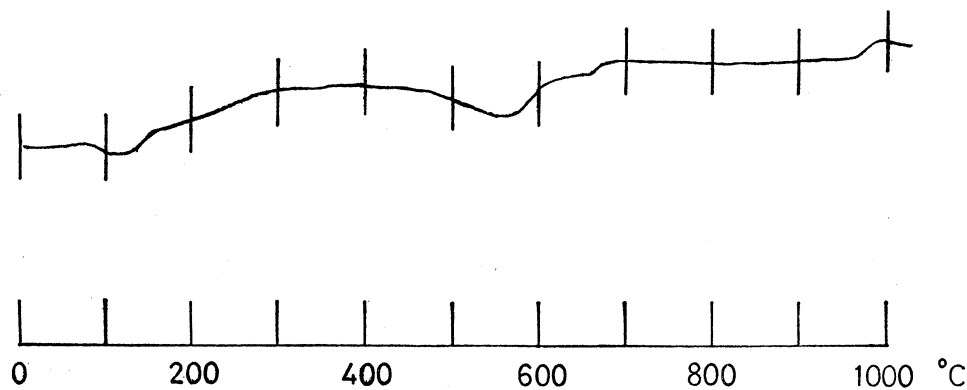


Fig.8 . Differential thermal analysis curve of the interstratified mineral of mica and montmorillonite.

ークはムライトの形成によるものと思われる。この試料の赤外吸収スペクトルを第9図に示した。3660 cm^{-1} 付近に(OH)の振動による吸収がみられ、3400 cm^{-1} 付近の巾広い吸収は層間水によるものである。1640 cm^{-1} の吸収は吸着水によるものである。820 cm^{-1} 付近に小さな2つの吸収がみられるがこれはOinumaら(Oinuma and Hayashi, 1965)によると, 2M型の雲母およびレクトライト型の鉱物に特徴的な吸収といわれている。

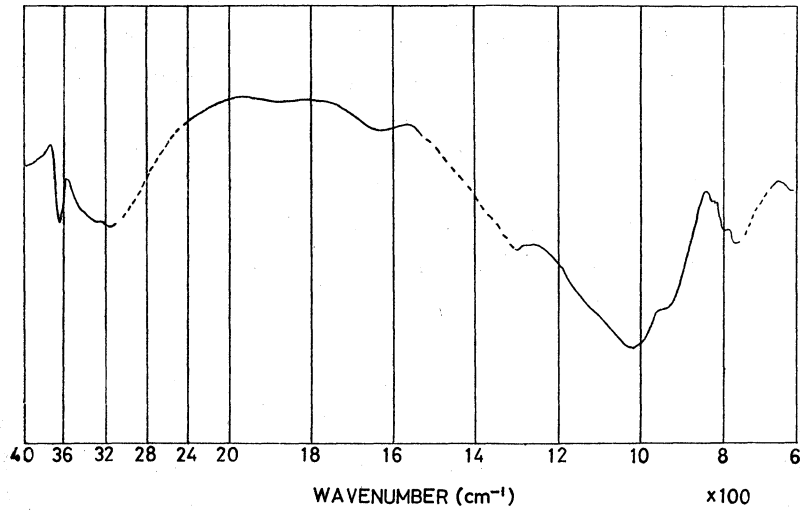


Fig.9. I.R. absorption spectra of the interstratified mineral of mica and montmorillonite.

f. クロライトーモンモリロナイトの混合層粘土鉱物

本地域内では、この種の鉱物は、大番庫付近および堂山付近にみられる。大番庫付近では地点13, 14, 15において産する。しばしばカオリナイトの混入がみとめられる。第10図に水ひした

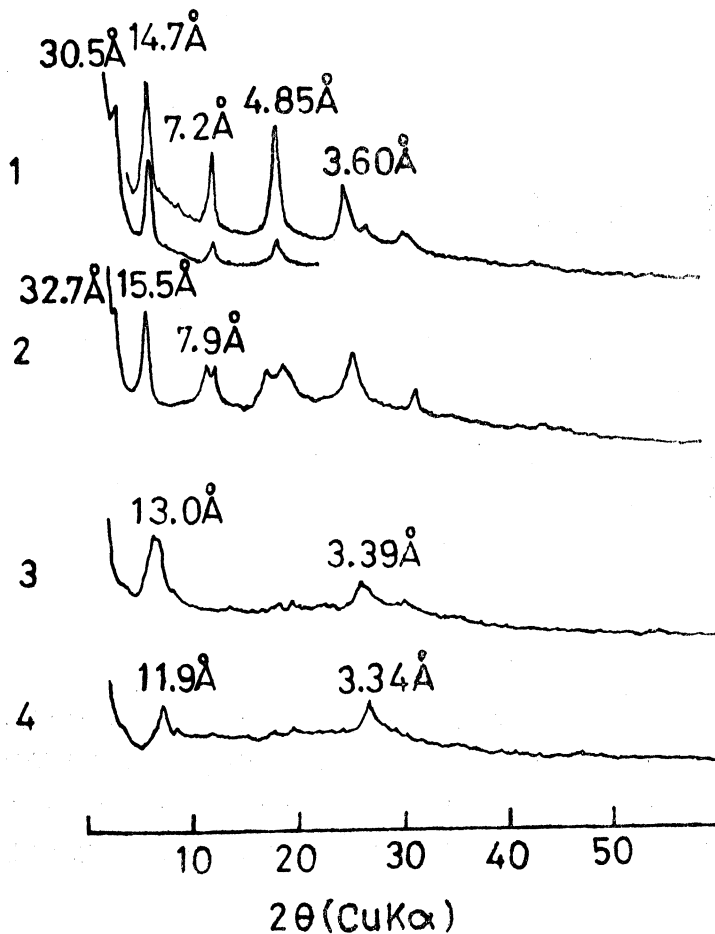


Fig.10. X-ray powder diffraction patterns of an interstratified mineral of chlorite and montmorillonite.
 1. untreated sample.
 2. treated with ethylene glycol.
 3. heated to 700°C for 1hr.
 4. heated to 800°C for 1hr.

試料のX線粉末回折図を示した。未処理の試料には30.5Åを示す(001)のピークがみられ、エチレングリコール処理で32.7Åにのびた。未処理の試料およびエチレングリコール処理をした試料のX線粉末回折図に7.2Åのピークがみとめられることから、この試料中にはカオリナイトがまじっていることがわかる。700°Cで1時間加熱すると長周期の反射は消えて13Åのピークが現われた。800°Cで1時間の加熱では11.9Åにうつった。

IV 考 察

地すべり面の粘土として採集した試料は、長周期を示す雲母—モンモリロナイトの混合層鉱物および加水雲母の混合物であることがわかった。長周期を示す混合層鉱物は、鹿児島県内でも安山岩の熱水変質によってできたもの (Tomita et al., 1969; Tomita and Dozono, 1973; Tomita et al., 1975) や凝灰岩質岩類の熱水変質によってできたもの (立山ら, 1970; Tomita and Dozono, 1974c) などが報告されているが成因的にはまだよくわかっていない。しかし成因に関しては今までの研究の結果から大きく3つの考え方がなされている。それらは次のようである。(1), 岩石または非晶質物質から直接にできたと考えられる場合 (Iiyama and Roy, 1963)。(2), モンモリロナイトから続成作用などでできると考えられる場合 (Shutov et al., 1963), この場合にはBrindleyら (1963) はMeringら (1954) やGlaeserら (1954, 1958) の実験結果からモンモリロナイトからの生成を説明している。(3), 雲母からできると考えられる場合 (Sudo et al., 1962; Tomita and Sudo, 1968a, b; 1971; Tomita and Dozono, 1972)。最近, Tomita (1974a) は2M型の白雲母とレクタイトの加熱した後の酸処理による復水の様子がよく似ていることから、レクタイトが雲母からできる場合2M型からできる可能性が強いことを指摘し、また雲母—モンモリロナイト型の混合層鉱物を加熱した後、酸処理してレクタイト型のものができればその鉱物は2M型の雲母からできたものであることが推定できる

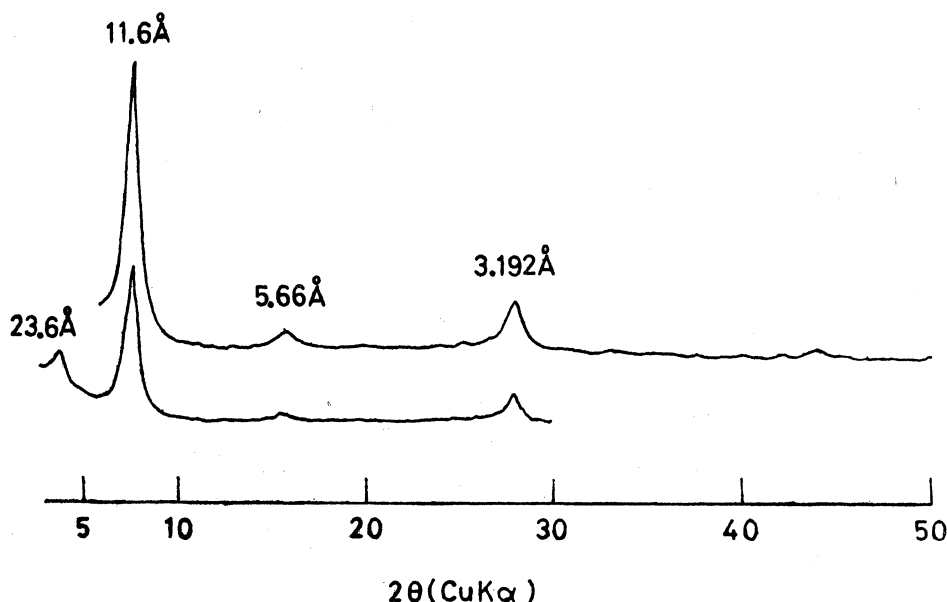


Fig.11. X-ray powder diffraction pattern of a sample altered from the interstratified mineral of mica and montmorillonite by treatment with 0.8N H_2SO_4 after heating to 800°C for 1hr.

としている。地点1の地すべり粘土を 800°C で1時間加熱した後、 $0.8\text{NH}_2\text{SO}_4$ 溶液で1時間半煮沸し、その生成物の復水の様子を調べた。この処理によって、長周期を示すレクトライト型の混合層鉱物ができた。処理してできた鉱物のX線粉末回折図を第11図に示した。MacEwanの方法でフーリエ変換した結果を第12図に示した。この12図から、この試料中には雲母層とモンモリロナイト層が存在し、雲母—モンモリロナイトが継がる確率が大変大きい規則型のものであることがわかる。酸処理の時間が1時間半と少々長かったので、モンモリロナイトの存在確率が大きい鉱物が生成したものと思われる (Tomita and Sudo, 1968b)。この実験でレクトライト型の混合層鉱物が生成したことから、この地すべり粘土中の混合層鉱物の成因としては

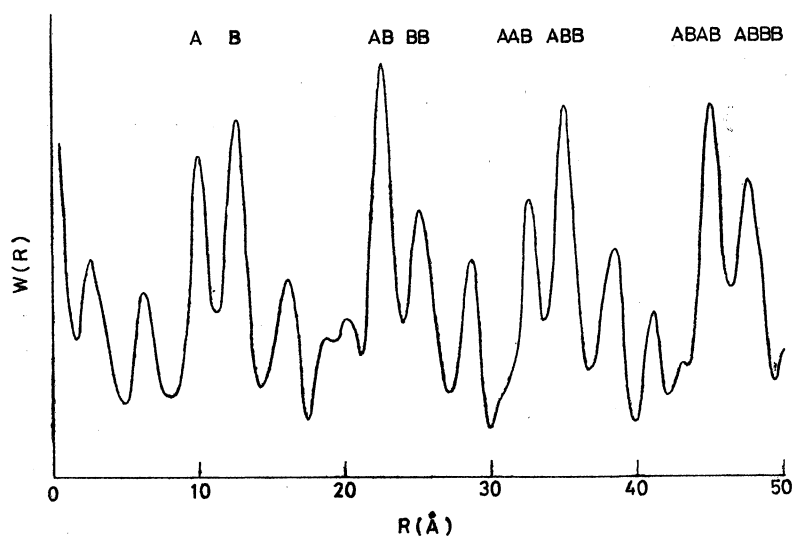


Fig. 12. Fourier transform of basal reflections of the treated sample.

次のように推定できる。最初安山岩の変質によってセリサイトができ、それが後の熱水変質によって混合層鉱物ができたと思われる。この変質地帯では、ゼオライトが認められないことから安山岩がかなりの酸性の熱水変質を受けたと思われる (富田, 1967)。この地域では、かなり強度に熱水変質を受けたところはカオリナイトになっており、これより弱い変質を受けたところはセリサイトやモンモリロナイトなどに変化している。安山岩の熱水変質でカオリナイトができるのは普通のことであり、有色鉱物からもできることが可能であることが報告されている (Tomita et al., 1970b)。長周期を示す雲母—モンモリロナイトの混合層鉱物はセリサイトが徐々に変質をうけ、モンモリロナイトに変化していく過程で形成されたものと思われる。セリサイトからモンモリロナイトができるのは熱水変質によって普通にでき、実験的にも報告されている (Tomita, 1970a)。雲母中の K^+ イオンを溶脱することによって、モンモリロナイト様の鉱物をつくる実験もいくつか報告されている (Scott et al., 1960; Scott and Reed, 1962a, b; White, 1956, 1958)。この地すべり粘土中の混合層鉱物の復水性に関しては、Tomita and Dozono (1973) や Tomita (1974b) によって報告されているような強い復水性は認められなかった。

地点1で地すべりがおこった原因としては、地形的な条件に加えて当時降った 400mm を越す

集中豪雨のために、雲母—モンモリロナイトの混合層鉱物が相当の量の水分をモンモリロナイト層に含んだためと考えられる。

V 謝 辞

この研究を進めるにあたっていろいろ御討論下さった当教室の山本温彦氏ならびに教室の皆様様に謝意を表します。赤外吸収スペクトルメーターの使用を心よくお許し下さった化学教室の長谷綱男教授に感謝します。なお、この研究を進めるにあたって文部省科学研究費をその費用の一部に使用した。当局に御礼を申し上げます。

IV 参 考 文 献

- Brindley, G.W. (1956), *Allevardite*. *Amer. Miner.*, **41**, 91—103.
- Brindley, G.W. and Sandalaki, Z. (1963), Structure, composition and genesis of some long spacing mica-like minerals. *Amer. Miner.*, **48**, 138—148.
- Brown, G. and Weir, A.H. (1963a), The identity of rectorite and allevardite. *Proc. International Clay Conf.*, 1963, Vol. 1, Stockholm, Sweden, 27—35, Pergamon Press.
- Brown, G. and Weir, A.H. (1963b), An addition to the paper the identity of rectorite and allevardite in Vol. 1, Page 27, *Proc. International Clay Conf.*, 1963, Vol. 2, Stockholm, Sweden, 87—90, Pergamon Press.
- Glaeser, R. and Méring, J. (1954), Isothermes d'hydratation des montmorillonites bioniques (Na,Ca). *Clay Minerals Bull.*, **2**, 188—193.
- Glaeser, R. and Méring, J. (1958), Le rôle de la valence des cations échangeables dans l'hectorite. *C.R. Acad. Sci., Paris*, **246**, 1569—1572.
- Iiyama, J.T. and Roy, R. (1963), Controlled synthesis of heteropolytypic (mixed-layer) clay minerals, *Clays and Clay Minerals, 10th Conf.*, 1961, **10**, 4—22, Pergamon Press.
- 兼松四郎 (1966), 地すべり粘土の物理性について, 粘土科学, Vol. 5, Nos. 3—4, 71—79.
- MacEwan, D.M.C. (1956), Fourier transform methods for studying scattering from lamellar systems. I. A direct method for analysing interstratified mixtures. *Kolloid Z.*, **149**, 96—108.
- Méring, J. and Glaeser, R. (1954), Sur le rôle de la valence des cations échangeables dans la montmorillonite. *Bull. Soc. Franç. Miner. Crist.*, **77**, 519—530.
- Miyahara, K. (1963), On the landslide appeared in Mimido, Nakaguroiwa and Kassen areas, Ehime Prefecture, Japan. *Geological Report of the Hiroshima University*, **12**, 581—598.
- Oinuma, K. and Hayashi, H. (1965), Infrared study of mixed-layer clay minerals. *Amer. Miner.*, **50**, 1213—1227.
- Scott, A.D., Hunziker, R.R. and Hanway, J.J. (1960), Chemical extraction of potassium from soils and micaceous minerals with solutions containing sodium tetraphenylboron—I. Preliminary experiments. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **24**, 161—194.
- Scott, A.D. and Reed, M.G. (1962b), Chemical extraction of potassium from soils and micaceous minerals with solutions containing sodium tetraphenylboron—II. Biotite. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **26**, 41—45.
- Scott, A.D. and Reed, M.G. (1962b), Chemical extraction of potassium from soils and micaceous minerals with solutions containing sodium tetraphenylboron—III. Illite. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **29**, 45—48.
- Shutov, V.D., Drits, V.A. and Sakharov, B.A. (1968), On the mechanism of a post-sedimentary transformation of montmorillonite into hydromica. *Proc. International Clay Conf.*, 1969, Vol. 1, 523—531.
- Sudo, T., Hayashi, H. and Shimoda, S. (1962), Mineralogical problems of intermediate

- clay minerals. *Clays and Clay Minerals*, 9th National Conf., 378—392, Pergamon Press.
- 立山博, 富田克利, 大庭昇 (1970), 鹿児島県北部のグリーン・タフ中の変質鉱物について, 鹿児島大学理学部紀要, 第3号, 5—15.
- 富田克利 (1967), 水熱条件下での水酸化ナトリウムと粘土鉱物との反応生成物, 岩鉱学会誌, 第58巻, 第2号, 55—66.
- Tomita, K. (1970a), Syntheses of montmorillonites and vermiculite-like minerals from sericite and pyrophyllite. *Jour. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.*, Vol. 63, No. 3, 109—121.
- Tomita, K. (1974a), Similarities of rehydration and rehydroxylation properties of rectorite and 2M clay micas. *Clays and Clay Minerals*, 22, No. 1, Bradley Memorial Issue, 79—85, Pergamon Press.
- Tomita, K. (1974b), Reply to: comments on an expansible mineral having high rehydration ability. *Clays and Clay Minerals*, 22, No. 3 309—310, Pergamon Press.
- Tomita, K. and Dozono, M. (1972), Formation of an interstratified mineral by extraction of potassium from mica with sodium tetraphenylboron. *Clays and Clay Minerals*, 20, 225—231, Pergamon Press.
- Tomita, K. and Dozono, M. (1973), An expansible mineral having high rehydration ability. *Clays and Clay Minerals*, 21, 185—190, Pergamon Press.
- Tomita, K. and Dozono, M. (1974c), An interstratified mineral of mica and montmorillonite found in an altered tuff. *Jour. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.*, Vol. 69, No. 4, 147—154.
- Tomita, K. and Sudo, T. (1968a), Interstratified structure formed from a pre-heated mica by acid treatments. *Nature*, 217, 1043—1044.
- Tomita, K. and Sudo, T. (1968b), Conversion of mica into an interstratified mineral. *Rept. Faculty of Sci., Kagoshima Univ.*, No. 1, 89—119.
- Tomita, K. and Sudo, T. (1971), Transformation of sericite into an interstratified mineral. *Clays and Clay Minerals*, 19, 263—270, Pergamon Press.
- Tomita, K., Ito, H. and Ōba, N. (1975), A mixed-layer mineral of mica—montmorillonite. *Contributions to Clay Mineralogy in honor of Professor Toshio Sudo*, 59—63.
- Tomita, K., Tateyama, H. and Ōba, N. (1970b), Formation of vermiculite and kaolin mineral from hornblende. *Jour. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.*, Vol. 64, No. 2, 64—71.
- Tomita, K., Yamashita, H. and Ōba, N. (1969), An interstratified mineral found in altered andesite. *Jour. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.*, Vol. 61, No. 1, 25—34.
- Wada, K. (1961), Lattice expansion of kaolin minerals by treatment with potassium acetate. *Amer. Miner.*, Vol. 46, 78—91.
- White, J. L. (1956), Layer charge and interlamellar lattice silicates. *Clays and Clay Minerals*, 4, 133—148, Pergamon Press.
- White, J. L. (1958), Layer charge and interlamellar expansion in a muscovite. *Clays and Clay Minerals*, 5, 289—294, Pergamon Press.
- 谷津栄寿 (1965), 日本の地すべり粘土について, 粘土科学, Vol. 4, No. 2, 54—66.