

鹿児島県蒲生町付近の変質鉱物について

著者	富田 克利, 伊藤 英雄
雑誌名	鹿児島大学理学部紀要. 地学・生物学
巻	8
ページ	1-13
別言語のタイトル	On Alteration Minerals in Kamoh-cho, Kagoshima Prefecture
URL	http://hdl.handle.net/10232/00006919

鹿児島県蒲生町付近の変質鉱物について

富田 克利* · 伊藤 英雄**

(1975年9月30日受理)

On Alteration Minerals in Kamoh-cho, Kagoshima Prefecture

Katsutoshi TOMITA* and Hideo ITO**

Abstract

In Akanita area in Kamoh-cho, four kinds of andesites are distributed. These rocks are hydrothermally altered, and these altered rocks can be divided into three zones, Zone I, Zone II and Zone III, by the differences of mineral association. These alteration zones are characterized by the following mineral association. Zone I is composed mainly of alunite, and contains kaolin mineral, sericite, chlorite and pyrite. Zone II is characterized by mixed-layer mineral of mica and montmorillonite, and contains mordenite, epidote and pyrite. Zone III is abundant in montmorillonite, and contains mordenite, α -cristobalite, quartz and plagioclase. A mixed-layer mineral of mica and montmorillonite has a 27.6 Å of (001) reflection, and the mineral was probably formed from sericite by degrading process.

I. はじめに

鹿児島県内には火山や温泉にともなって種々の変質鉱物がみられるが、鹿児島県蒲生町赤仁田付近には安山岩類が広く分布し、これらが熱水変質作用を受けて種々の変質鉱物ができている。この地域では比較的広い範囲にわたって変質鉱物ができているので、この地域の変質鉱物について研究した。その結果をここに報告する。この研究を進めるにあって鹿児島大学理学部地学教室の大庭昇教授ならびに山本温彦氏にはいろいろ御討論いただいたのでここに謝辞を申し上げます。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一部に使用した。当局に御礼を申し上げます。

II. 地質概説

赤仁田地域には、赤仁田安山岩類が分布し、この安山岩類は4回の噴出によってできたものであり、それぞれ赤仁田安山岩 I, 赤仁田安山岩 II, 赤仁田安山岩 III, 赤仁田安山岩 IV に分類されている (伊藤, 1974)。白土南部では赤仁田安山岩 I の上に高牧火砕流堆積物がのっている。本地域の最古の地層は赤仁田安山岩 I であり、これは紫蘇輝石普通角閃石安山岩よりなり弱いプロピライト化を受けている。赤仁田付近では熱水変質を受けて粘土化および沸石化している。赤仁田地域東部には、普通角閃石安山岩からなる赤仁田安山岩 II があり、この安山岩の活動が鮮新世にあり、この付近の安山岩類が変質作用を受けたと考えられる。この熱水

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

** 京都セラミック株式会社 Kyoto Ceramic Company.

変質作用は、赤仁田安山岩 III の噴出後まで弱く続いたと考えられ、赤仁田安山岩 I および赤仁田安山岩 II は一部珪化および粘土化し、紫蘇輝石普通角閃石安山岩からなる赤仁田安山岩 III は一部粘土化している。赤仁田地域で最も新しいと考えられる赤仁田安山岩 IV は、含普通輝石紫蘇輝石安山岩からなり、噴出後の後火山化作用によって赤仁田安山岩 IV 中および赤仁田安山岩 III の一部に明ばん石やカオリン鉱物を生成している。

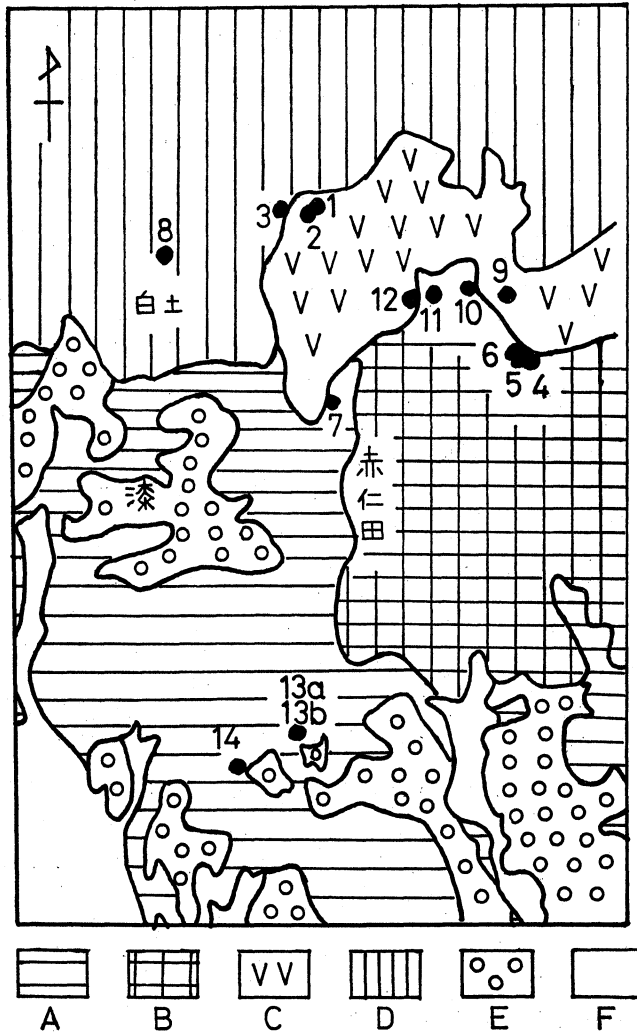


Fig. 1. Geological map of Akanita area and location of samples.

- A. Akanita andesite I.
- B. Akanita andesite II.
- C. Akanita andesite III.
- D. Akanita andesite IV.
- E. Takamaki pyroclastic flow deposits.
- F. Alluvial deposits.

III. 変質 鉱 物

赤仁田付近と白土付近を中心に試料を採集し、それらを主に X 線分析によって鉱物成分を調べた。試料採集地点と試料番号は第 1 図の地質図中に示してある。また、第 2 図に試料 1, 2, 3 の X 線粉末回折曲線が示してある。試料 1 はほとんど明ばん石からなり、黄鉄鉱を含む。試料 2 の X 線粉末回折曲線中の 7.19\AA のピークはカオリン鉱物および緑泥石のピークであり、 14.3\AA のピークは緑泥石のピークである。試料 3 には明ばん石の他に 10.1\AA のピークを示す絹雲母ができています。この付近はかなり酸性の熱水変質作用を受けたと考えられる。試料 4, 5, 6, 7 の X 線粉末回折曲線が第 3 図に示してある。試料 4, 5, 6 を採集した地点では、安山岩が珪化した部分と粘土化した部分が接している。試料 4 はジブサイトからなり、これは珪化部と

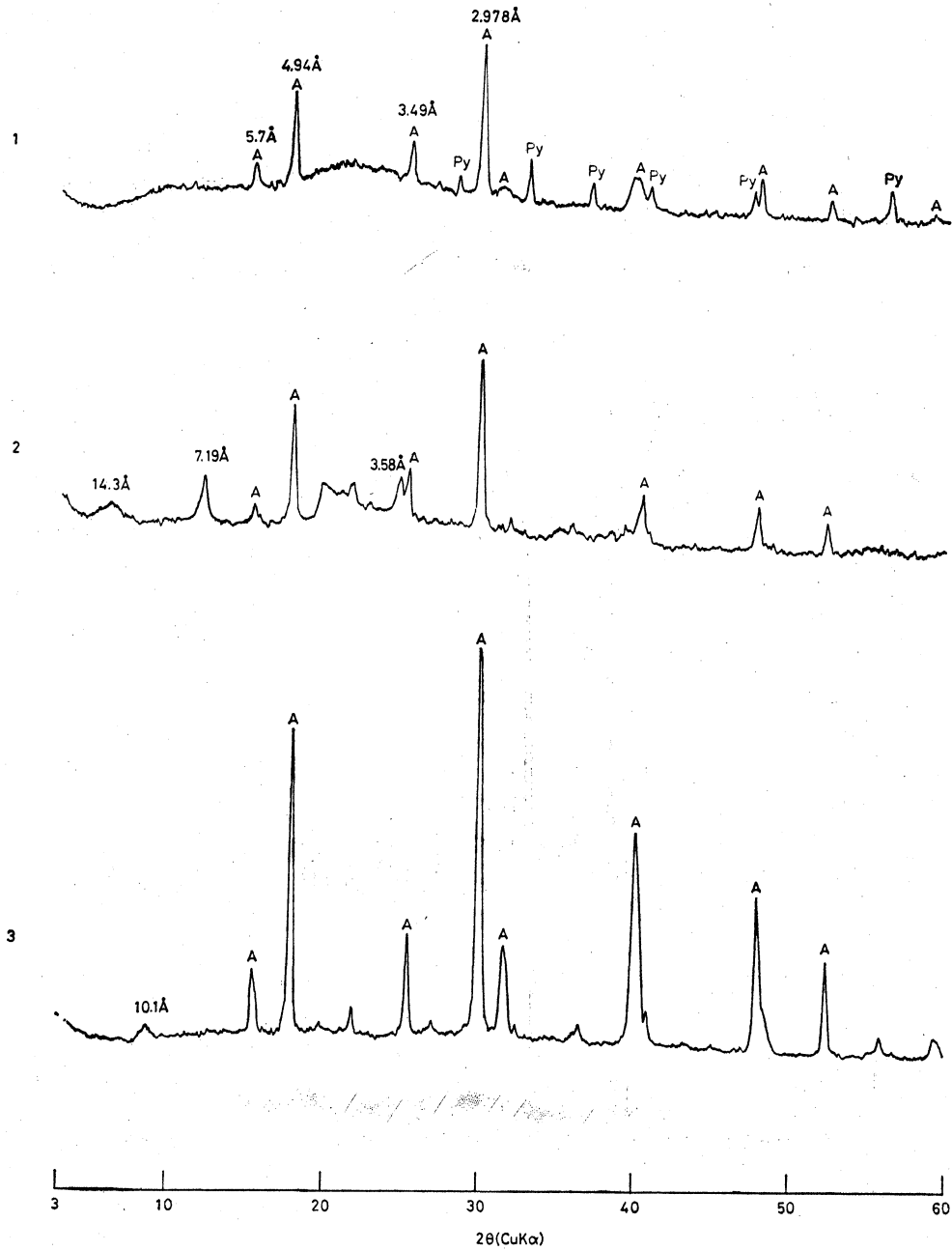


Fig. 2. X-ray powder diffraction patterns of specimens 1, 2 and 3.

粘土化した部分の境界付近にしみ出したようなかっこうでみられた。試料5は珪化した周縁部の粘土化した部分から採集したもので、第3図に示したように27.6Åの長周期を示す雲母—モンモリロナイトの混合層鉱物である。この試料の鉱物学的性質は既に報告したが (Tomita et al., 1975), 第4図にこの試料のフーリエ変換図を示し、第1表にその結果を示してある。フーリエ変換図は MacEwan (1956) の方法で計算し作成した。この鉱物の雲母成分は70%, モンモリロナイトの成分は30%で、雲母—雲母と継がる確率は57%, モンモリロナイト—雲母と継がる確率は100%である。雲母—モンモリロナイトと継がる確率は、43%である。試料6は、珪化した部分から試料5よりも少し離れた場所で採集したもので、第3図に示したよう

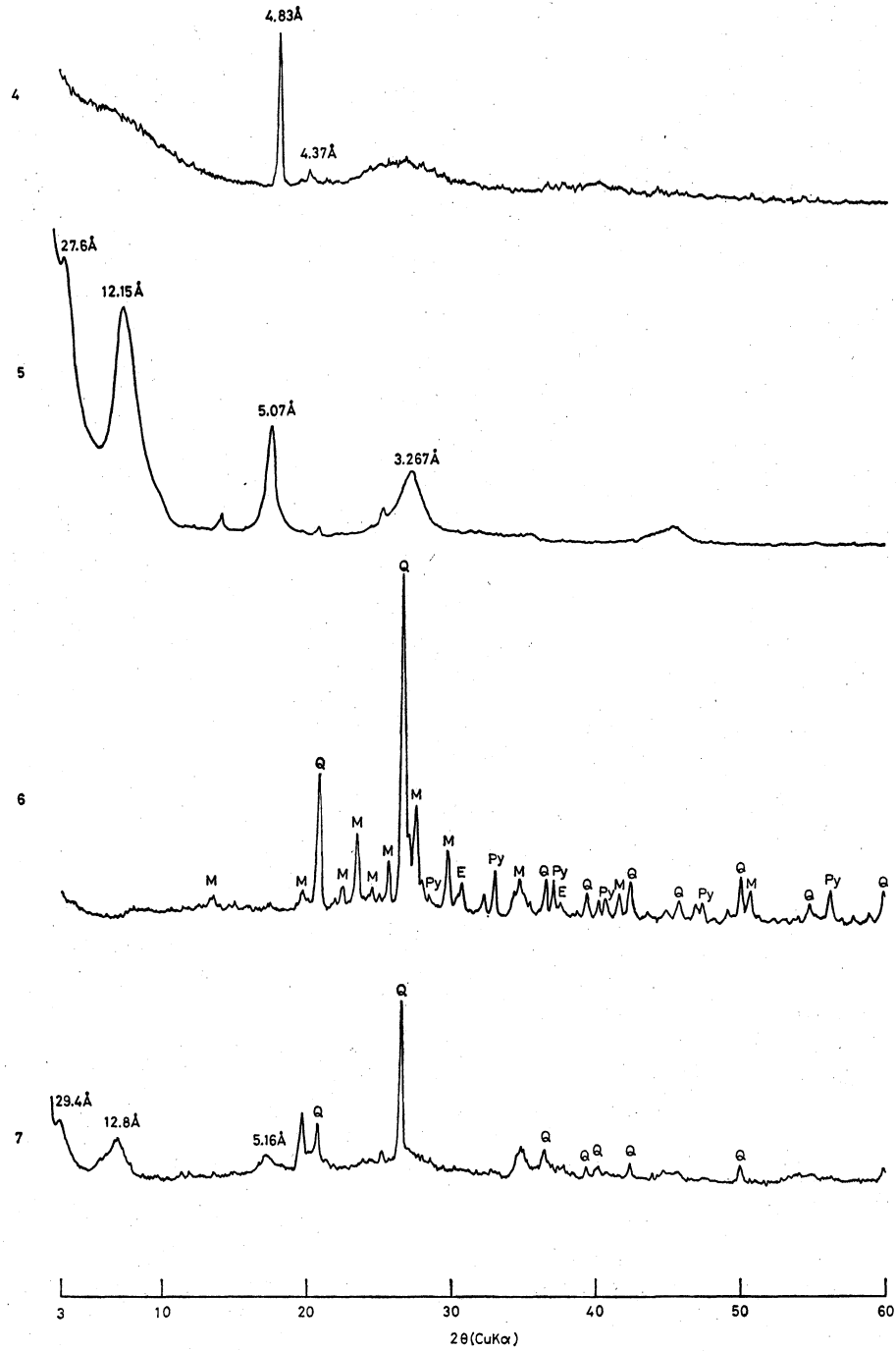


Fig. 3. X-ray powder diffraction patterns of specimens 4, 5, 6 and 7.

にモルデン沸石と緑れん石を含んでいる。試料7は、 29.4 \AA の長周期を示す雲母—モンモリロナイトの混合層鉱物であり、石英も含んでいる。この鉱物のX線粉末回折曲線の正確なピークの強度を測定できなかったため、この混合層鉱物の雲母とモンモリロナイトの存在確率およびそれらの継がる確率を知ることができなかった。700°Cで1時間加熱した試料は雲母のX線粉末回折曲線と同じパターンを示した。試料8, 9, 10, 11, 12のX線粉末回折曲線は、第5図に示してある。試料8は赤仁田安山岩IVの粘土化した部分から採集したもので、第5図に示し

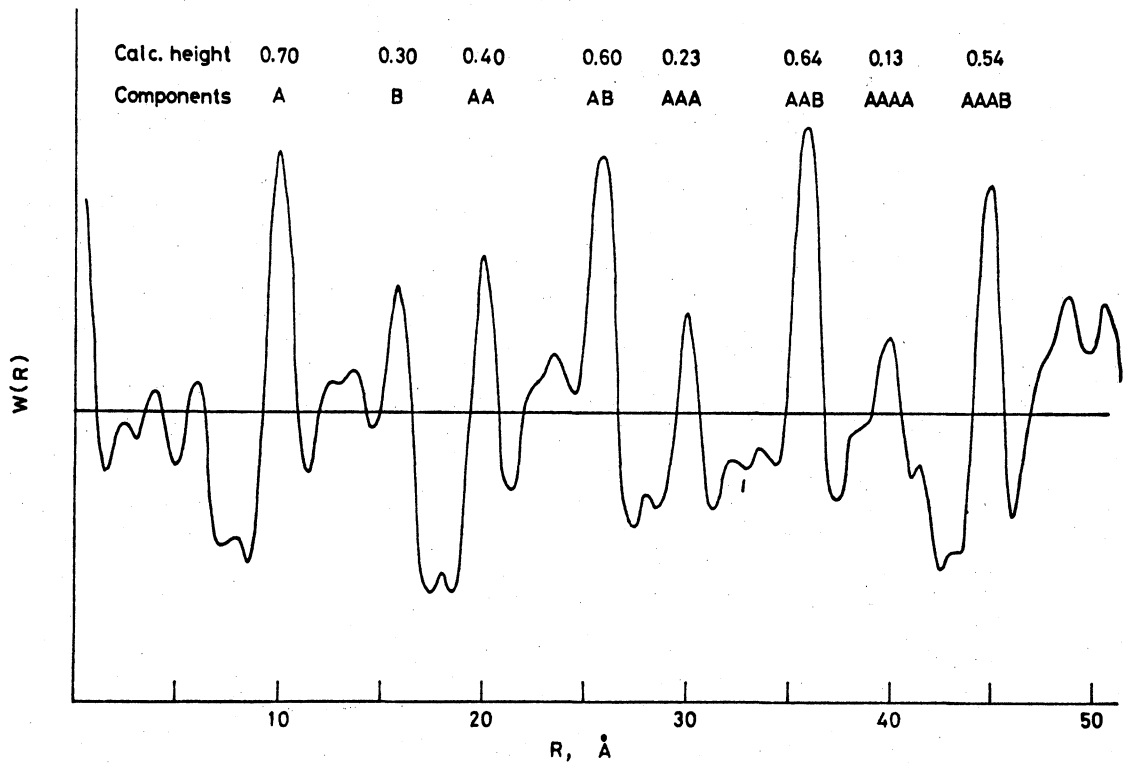


Fig. 4. Fourier transform of basal reflections of sample 5. A represents mica layer and B does montmorillonite layer. $W(R)$ is defined as the probability of finding another layer at a distance R (measured perpendicularly) from any layer. Peak heights above the curve were calculated from P_A (mica layer existing probability)=0.70, P_B (montmorillonite layer existing probability)=0.30, P_{AA} (probability that B layer succeeds A layer, assuming that first layer is A)=0.57, P_{AB} =0.43, P_{BA} =1, P_{BB} =0.

Table 1. Observed and calculated heights of peaks from Fourier transform of the specimen 5.

Peak	Calc. relative heights	Obs. rel. heights
A	0.70	0.70
B	0.30	0.30
AA	0.40	0.40
AB	0.60	0.66
AAA	0.23	0.25
AAB	0.64	0.73
AAAA	0.13	0.20
AAAB	0.54	0.59

たように 15.8 Å のピークを有するモンモリロナイトと 10.1 Å のピークを有する絹雲母と 7 Å 付近にピークを有するカオリン鉱物からなっている。試料 9 は、粘土鉱物としては 15.7 Å を示すモンモリロナイト 7.20 Å を示すカオリン鉱物とからなっており、 α -クリストバライトを含む。試料 10 はほとんど純粋なモンモリロナイトからなり、 α -クリストバライトを少量含む。試料 11 は石英を含むが、モンモリロナイトからなっている。試料 12 は、粘土鉱物としては試料 9 と同じようにモンモリロナイトとカオリン鉱物を含むが、試料 9 と違って α -クリストバライトを含まずに石英が含まれている。試料 13a, 13b, 14 の X 線粉末回折曲線は第 6 図に示し

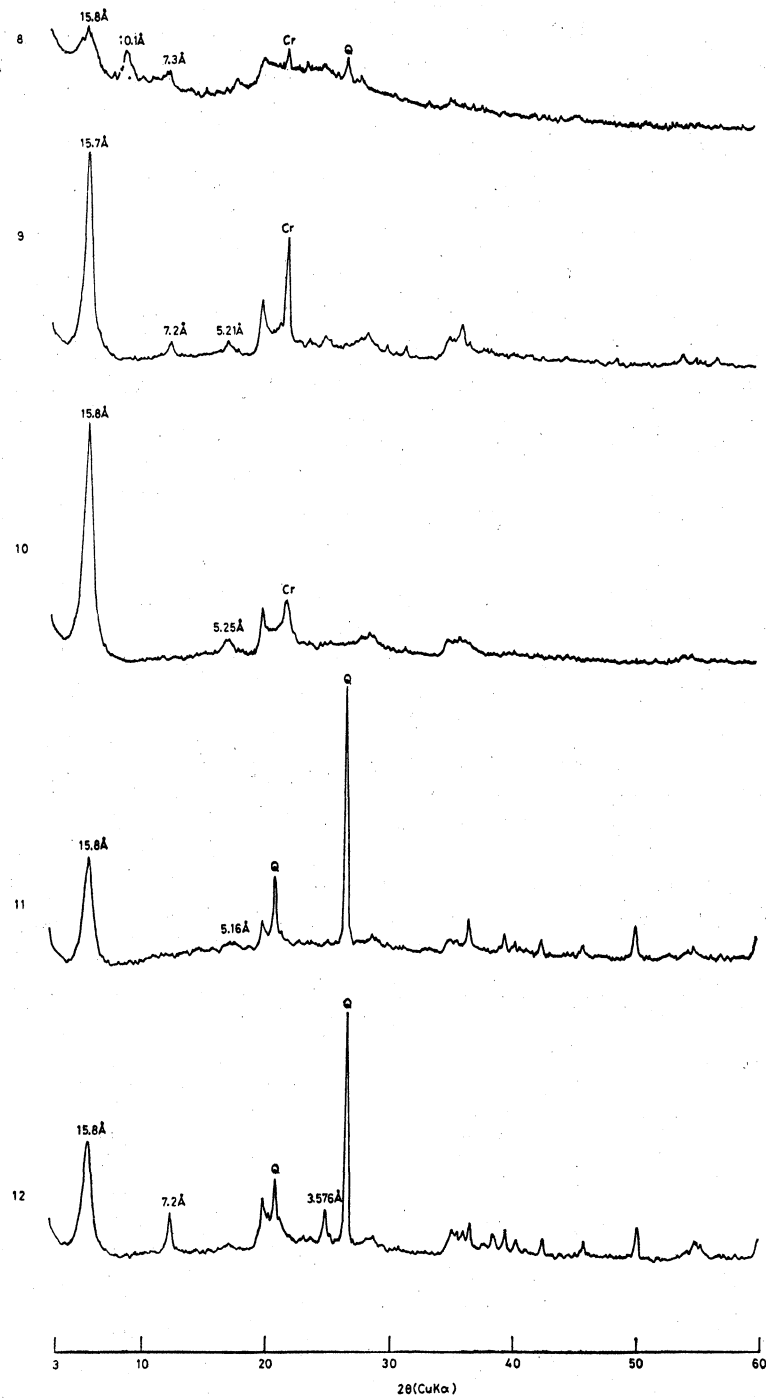


Fig. 5. X-ray powder diffraction patterns of specimens 8, 9, 10, 11 and 12.

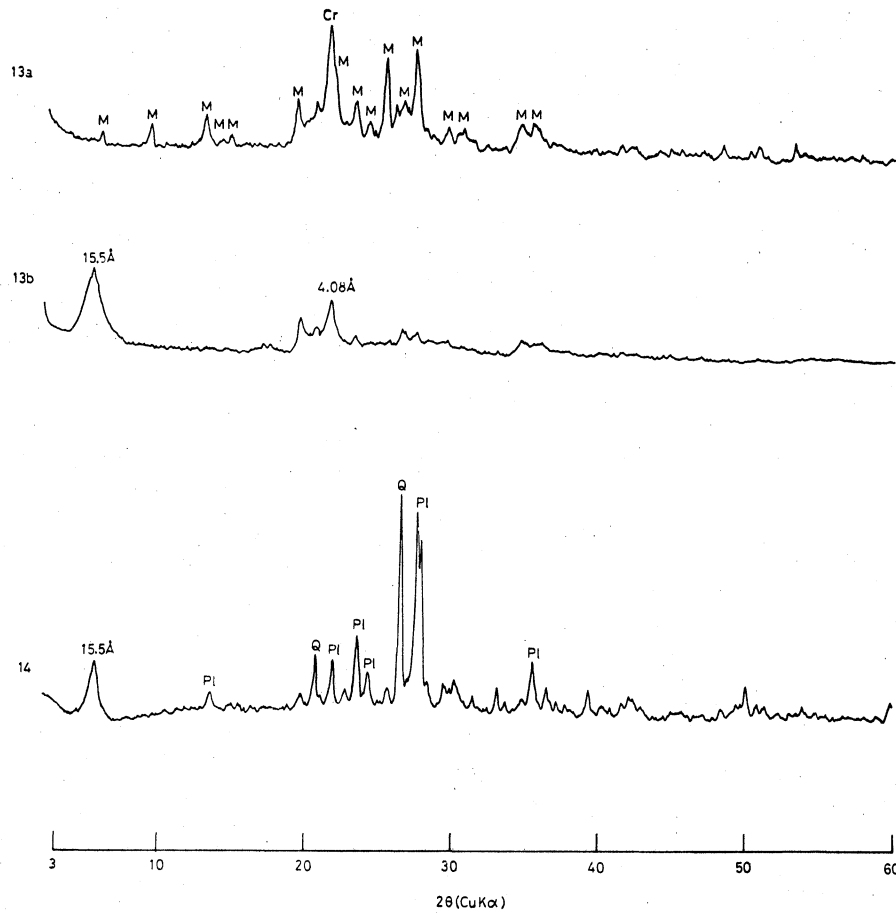


Fig. 6. X-ray powder diffraction patterns of specimens 13a, 13b and 14.

である。試料 13a と 13b は同じ場所から採集したもので、13a は原土そのままのものであり、13b はこの試料を水ひしたものである。試料 13a は弱いプロピライト化作用を受けたと考えられる緑黒色を呈する赤仁田安山岩 I から採集したもので、モルデン沸石をかなり多量に含み、 α -クリストバライトも含まれている。モルデン沸石の X 線粉末回折曲線データを、同じ鹿児島県の吉田地域の流紋岩質岩石の空隙中にみい出されたモルデン沸石 (Tomita et al., 1970a) と Harris ら (1954) のデータと比較して第 2 表に示してある。また、このモルデン沸石の単位格子を Harris ら (1954) と Tomita ら (1970a) のデータと比較して第 3 表に示した。13b の試料はモンモリロナイトと α -クリストバライトを含む。試料 14 はモンモリロナイトを含み、かなり多量の石英と斜長石を含んでいる。この試料は非常に弱い熱水変質作用を受けたものと述べられる。

この赤仁田地域から少しはずれるが、周辺の地域でも局部的に安山岩類が熱水変質を受けており、赤仁田の南部の菅野付近では赤仁田安山岩 I が局部的に熱水変質を受けてモンモリロナイトができています。この試料には石英や斜長石がほとんど含まれてなく石膏が少量含まれている。水ひすると純粋なモンモリロナイトがとりだせるので、その鉱物学的性質を調べてみた。この試料の X 線粉末回折曲線を第 7 図に示した。室温で (001) のピークが 15.8 \AA を示し、エチレングリコール処理でそれが 17 \AA に移った。 500°C 、1 時間の加熱では 9.9 \AA に縮んだ。この試料の化学分析値を第 4 表に示した。この試料の示差熱分析曲線を第 8 図に示した。吸着水

Table 2. X-ray powder data for mordenites.

hkl	1		2		3	
	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I
110	13.7	6	13.7	20	13.7	9
200	9.10	9	9.12	43	9.12	27
111	6.60	8	6.60	7	6.61	36
130	6.39	5	6.41	60	6.41	12
021	6.09	2	6.09	2	6.08	6
201	5.80	5	5.82	20	5.82	12
221						
131						
330	4.535	8	4.529	44	4.530	52
420			4.152	10		
150	4.008	9	3.990	100	4.000	73
241	3.854	4	3.840	7	3.850	9
002	3.778	4	3.770	4	3.770	21
112			3.640	3	3.648	18
510			3.576	4		
202	3.486	10	3.480	20	3.480	100
060	3.398	9	3.394	64	3.398	27
222	3.315	1	3.290	2	3.295	12
530	3.224	9	3.209	40	3.226	94
441			3.100	3		
531			2.950	4	2.940	6
402	2.899	7	2.903	40	2.900	24
152	2.746	1	2.740	2		
621	2.707	1	2.706	6	2.705	6
370			2.636	4		
461	2.569	3	2.560	15	2.585	21
422	2.534	5	2.522	7	2.525	24

1. Data from Harris and Brindley (1954).
2. Data from Tomita et al. (1970a).
3. Present data.

Table 3. Unit cell dimensions of mordenites

	1	2	3
a	18.16±0.10Å	18.24±0.10Å	18.24±0.04Å
b	20.45±0.10	20.36±0.05	20.39±0.05
c	7.54±0.05	7.54±0.05	7.54±0.05

1. Data from Harris and Brindley (1954).
2. Data from Tomita et al. (1970a).
3. Present data.

の脱水によるピークが 150°C 付近にみられ、層間水の脱水による吸熱ピークが 200°C と 230°C 付近にみとめられる。構造水の脱水による吸熱ピークが 700°C にみとめられる。赤仁田地域で採集したモンモリロナイトも、この試料に比較的似た構造をもったものと思われる。

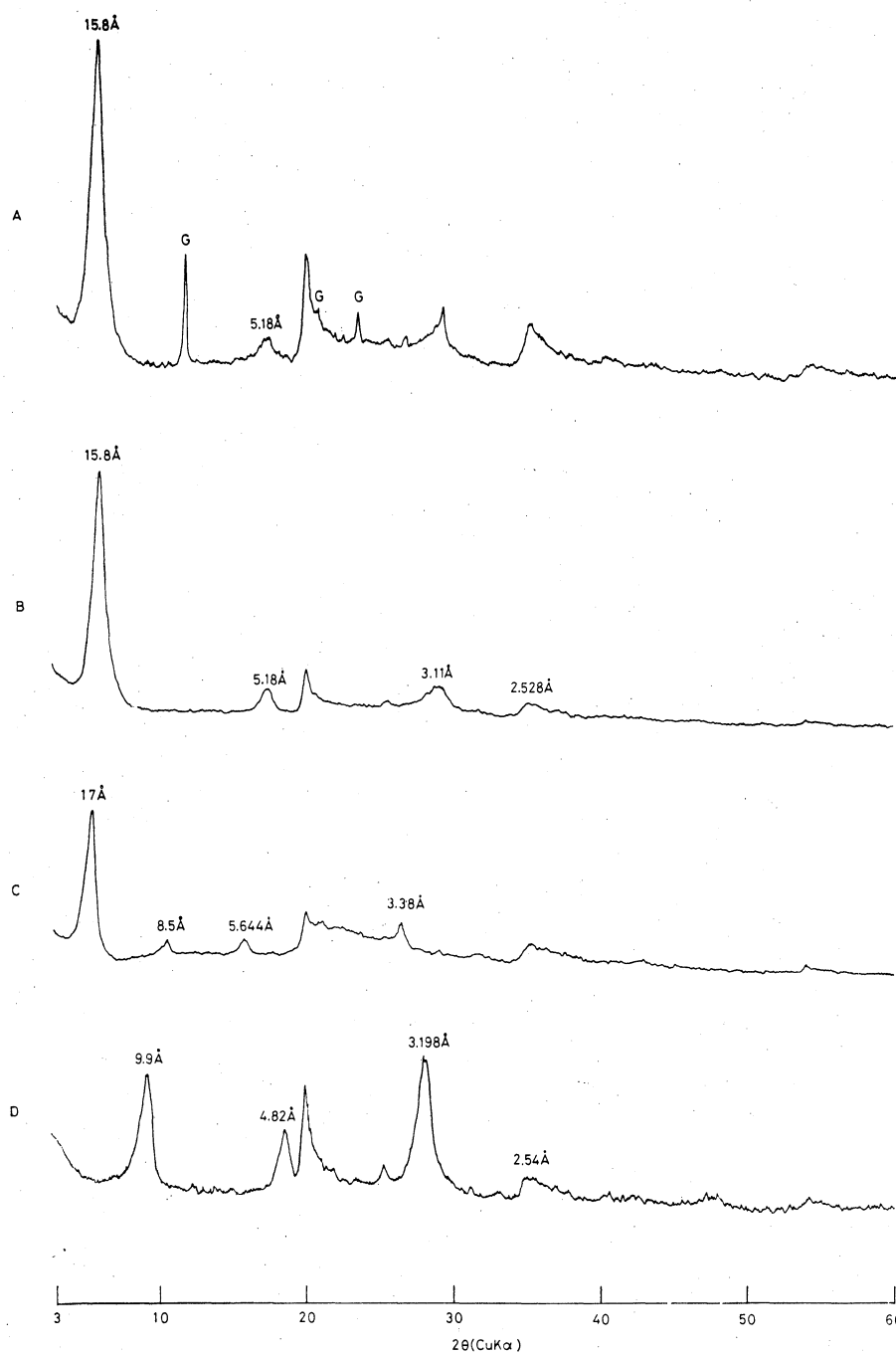


Fig. 7. X-ray powder diffraction patterns of a montmorillonite collected at Sugano after various treatments.

- A. raw sample.
- B. sample less than $2\ \mu\text{m}$ which was obtained by sedimentation method.
- C. treated with ethylene glycol.
- D. heated at 500°C for 1hr.

5表にまとめて示した。熱水変質作用を強く受けた部分から弱く受けた部分までを、この地域では大きく Zone I, Zone II, Zone III と3つの部分に分けることができる。この地域でかなり強い熱水変質作用を受けている部分は、明ばん石を主に含み、黄鉄鉱、カオリン鉱物、絹雲母、緑泥石を伴なう。この部分が Zone I の部分である。これより少し弱い熱水変質作用を受けた部分には、雲母—モンモリロナイトの長周期を示す混合層鉱物ができており、モルデン沸石が伴っている。また、少量の緑れん石、黄鉄鉱が伴なう。この部分が Zone II の部分である。これよりさらに弱い熱水変質作用を受けた部分は、モンモリロナイトを主体とした部分で、少量のカオリン鉱物を伴ない、モルデン沸石や未変質の石英や斜長石を伴なう。この部分が Zone III の部分である。試料 14 には未変質の石英や斜長石が多量に含まれていることから、この部分は非常に弱い熱水変質作用を受けたものと考えられる。Zone II の変質帯の部分にはレクトライト型の雲母—モンモリロナイトの混合層鉱物が生成している。この種の鉱物は、アレバルダイトとも呼ばれたことがあるが (Brindley, 1956)、レクトライトはアレバルダイトと同じものであり (Brown and Weir, 1963 a, b)、今ではレクトライトの方が優先して使用されるので、ここではレクトライトという言葉を使用する。同種の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したところ (Tomita et al., 1969; Tomita and Dozono, 1973; 富田ら, 1974; Tomita et al., 1975) や凝灰岩質岩類が熱水変質を受けたところ (立山ら, 1970; Tomita and Dozono, 1974) からの産出が報告されているが、成因的にはまだまだわからないことが非常に多い。この種の混合層鉱物の成因に関しては、これまで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できると考える場合 (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る場合 (Shutov et al., 1963)。この場合に、Brindley ら (1963) は Méring 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る場合 (Sudo et al., 1962; Ueda and Sudo, 1966; Tomita and Sudo, 1968 a, b; 1971; Tomita and Dozono, 1972; Tomita, 1974 a)。Tomita (1974 a) は 2M 型の絹雲母とレクトライトの加熱 (650~950°C) した後の酸処理による復水の様子が非常によく似ており、どちらも長周期を示す規則型の混合層鉱物を生成することから、レクトライトと 2M 型の絹雲母の加熱後の構造が類似していると推定している。また、レクトライト型の混合層鉱物を加熱した後、酸処理をしてまたレクトラ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ろうと推定することができるかと述べている。赤仁田付近で採集した長周期を示す混合層鉱物 (試料 5) は、加熱した後酸処理をすることによって再び長周期を示す鉱物を生成したので、この鉱物は 2M 型の雲母からできたものと推定できる。この混合層鉱物生成の過程としては次のように推定できる。最初に安山岩がかなり強い熱水変質をうけ、カオリン鉱物や絹雲母ができた。Zone I がこの部分である。安山岩から熱水変質でカオリン鉱物ができるのは普通であり、有色鉱物からもできることが報告されている (Tomita et al., 1970 b)。後にこの周縁部の絹雲母がモンモリロナイトを生成するような弱い熱水変質を受ける過程で、混合層鉱物が生成したと考えられる。実験的にも絹雲母からモンモリロナイトが簡単にでき (Tomita, 1970)、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ができるという実験もいくつか報告されている (Scott et al., 1960; Scott and Reed, 1962 a, b; White, 1956, 1958)。試料 5 は絹雲母からモンモリロナイトに変化する中間のものと考えられる。また、この鉱物の復水性に関しては、Tomita and Dozono (1973) や Tomita (1974 b) によって報告されたような強い復水性は認められなかった。

V. 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. (1968), Le role de la valence des cations e'changeables dans l'hectorite. *C.R. Acad. Sci., Paris* **246**, 1569-1572.
- HARRIS, P.G. and BRINDLEY, G. W. (1954), Mordenite as an alteration product of a pitchstone glass. *Amer. Miner.*, **39**, 819-824.
- IYAMA, 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.
- 伊藤英雄 (1974), 鹿児島県蒲生町付近の地質, 鹿児島大学理学部地学教室卒論.
- 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 role de la valence des cations e'changeables dans la montmorillonite. *Bull. Soc. Franç. Miner. Crist.*, **77**, 519-530.
- 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**, 191-194.
- SCOTT, A.D. and REED, M.G. (1962a), 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.* **26**, 45-48.
- SHUTOV, V.D., DRITS, V.A. and SAKHAROV, B.A. (1969), On the mechanism of a postsedimentary 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 (地学・生物学), 第**3**号, 5-15.
- TOMITA, K. (1970), 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 2-M 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. (1974), 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 ÔBA, N. (1974), A mixed-layer mineral of mica-montmorillonite. *Contributions to Clay Mineralogy in honor of Professor Toshio Sudo*, 59-63.
- 富田克利, 中西三正, 大庭 昇 (1974), 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), 鹿児島大学理学部紀要 (地学・生物学), 第 **7** 号, 1-14.
- TOMITA, K., TATEYAMA, H. and ÔBA, 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 ÔBA, N. (1969), An interstratified mineral found in altered andesite. *Jour. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.*, **61**, 25-34.
- TOMITA, K., YAMASHITA, H. and ÔBA, N. (1970a), Mordenite in rhyolite at Yoshida area, Kagoshima Prefecture. *Jour. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.*, Vol. **63**, No. **1**, 16-21.
- UEDA, S. and SUDO, T. (1966), Synthesis of an interstratified mineral from mica. *Nature*, **211**, 1393-1394.
- WHITE, J.L. (1956), Layer charge and interlamellar lattice silicates. *Clays and Clay Minerals*, **4**, 133-146, Pergamon Press.
- WHITE, J.L. (1958), Layer charge and interlamellar expansion in a muscovite. *Clays and Clay Minerals*, **5**, 289-294, Pergamon Press.