

## 鹿児島県始良町堂山地域の変質鉱物について

著者	富田 克利, 岩下 節夫, 山本 温彦, 大庭 昇
雑誌名	鹿児島大学理学部紀要. 地学・生物学
巻	11
ページ	105-120
別言語のタイトル	Altered minerals in the Doyama area, Aira-cho, Kagoshima Prefecture.
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10232/00001706">http://hdl.handle.net/10232/00001706</a>

## 鹿児島県始良町堂山地域の変質鉱物について

富田克利\*・岩下節生\*・山本温彦\*・大庭 昇\*

(1978年9月30日受理)

Altered minerals in the Doyama area, Aira-cho,  
Kagoshima Prefecture.

Katsutoshi TOMITA\*, Setsuo IWASHITA\*, Masahiko YAMAMOTO\*  
and Noboru ŌBA\*

### Abstract

In the northern part of Aira district, andesites of Miocene~Pliocene age are widely distributed, and propylitic alteration is observed in the andesites. Altered minerals in the andesites in the Doyama area were studied by X-ray diffraction method, and could be divided into three zones, Zone I, Zone II and Zone III by the differences of mineral assemblage. The Zone I is characterized by chlorite. The Zone II is by mixed-layer mineral of chlorite and montmorillonite, and the Zone III is by montmorillonite. A mixed-layer mineral of mica and montmorillonite was found at a place in the Doyama area. The formation mechanism of the mineral is thought to be different from that of clay minerals in the propylites widely distributed in this area.

### I. はじめに

北薩の古期安山岩類はプロピライト化作用をうけている部分が多く、始良町堂山地域にもプロピライト化した安山岩類が分布している。この地域ではプロピライト化作用の強弱により、緑泥石化された地域とそうでない地域がみられた。今回、この地域から岩石試料を採集し、その中の変質鉱物を調べた結果、それぞれの地域の岩石中に含まれる変質鉱物に違いがあることがわかった。また、変質鉱物の違いで zoning することが可能であった。これは緑泥石化が弱い部分と強い部分とでは後の風化作用によってできる風化生成物に違いができるためと考えられるので、ここにこの地域の変質鉱物の分布ならびにその成因について報告する。

### II. 地質概説

鹿児島県始良町の北部地域には中新世～鮮新世の古期火山岩類や更新世の新期火山岩類が複雑に分布している。岩質はそれぞれ輝石安山岩、角せん石安山岩である。山花～堂山付近は特に古期安山岩類(金属鉱業事業団, 1976)が西部の蒲生町赤仁田から木津志を通して広く分布している。この安山岩類は普通輝石・紫蘇輝石安山岩で、大部分がプロピライトに変わっている。鮮新世中期～後期の安山岩は広域的なプロピライト化作用は受けていないが、古期の安山

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

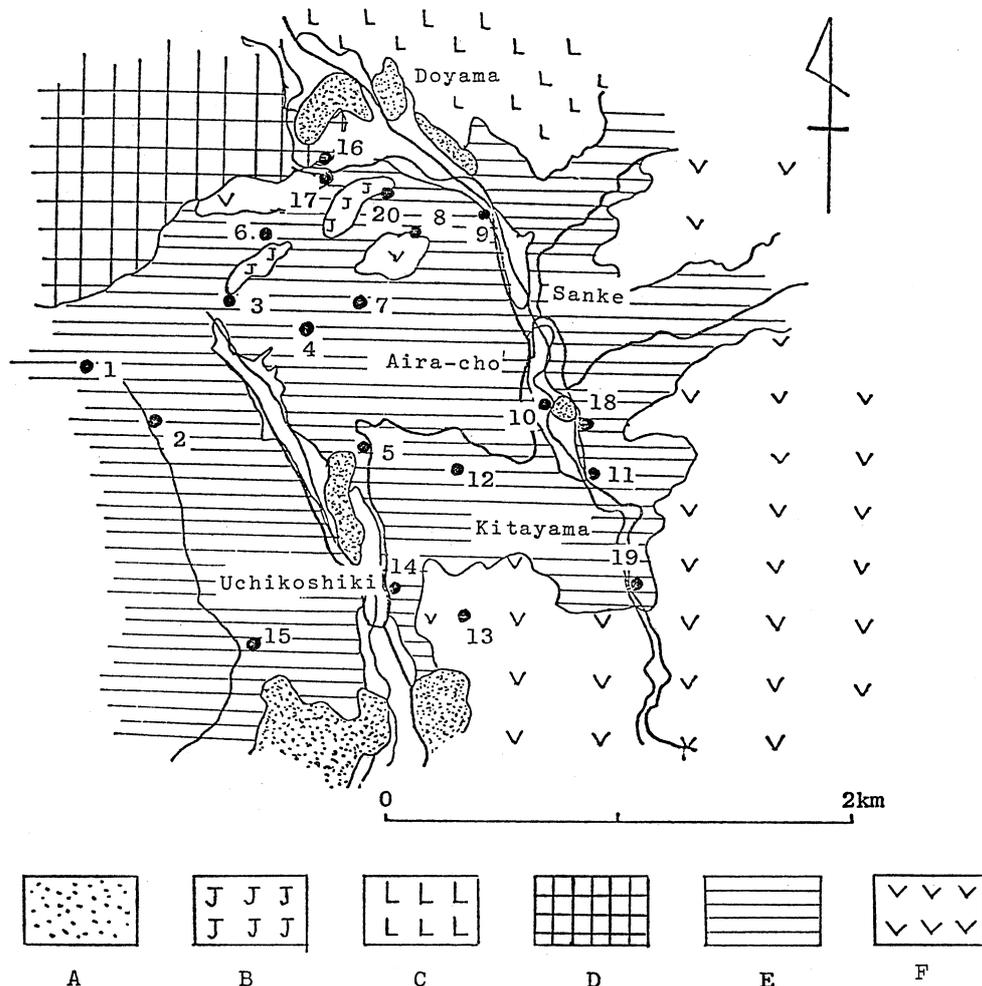


Fig. 1. Lithologic map of the surveyed area and the sampling points.

A: pumice flow. B: augite hypersthene-bearing hornblende andesite.

C: Augite-bearing hypersthene hornblende andesite. D: quartz-bearing augite hypersthene andesite. E: augite hypersthene andesite. F: hypersthene augite andesite.

岩類を覆い、後の極部的な熱水変質作用を受けて変質鉱物が生成しているところもある。第1図にこの地域の岩質図と試料採集地点（試料番号と同じ）を示した。この地域の地質に関する詳細なことは岩下（1977）を参照されたい。

### III. 変質鉱物

採集した20個のプロピライト化した岩石試料を鉄乳鉢で粉碎した後、水ひして $2\mu\text{m}$ 以下にした試料をガラス板にはりつけ、定方位試料を作成し、X線分析をした。その結果、このプロピライト化した地域は含まれる変質鉱物の違いによって大きく3つのZoneに分類できた。すなわち緑泥石からなるZone (Zone Iと呼ぶ)、緑泥石とモンモロナイトの混合層鉱物を主とするZone (Zone II)とモンモロナイトを主とするZone (Zone III)とに分類できる。以下、各Zoneの鉱物学的性質を述べる。

1. 緑泥石帯 (Zone I)

この Zone に入る試料は、試料 No. 1, No. 2, No. 3, No. 4, No. 5 である。第 2 図に No. 4 の試料の X 線粉末回折曲線を示した。エチレングリコール処理でもほとんど d-value は変

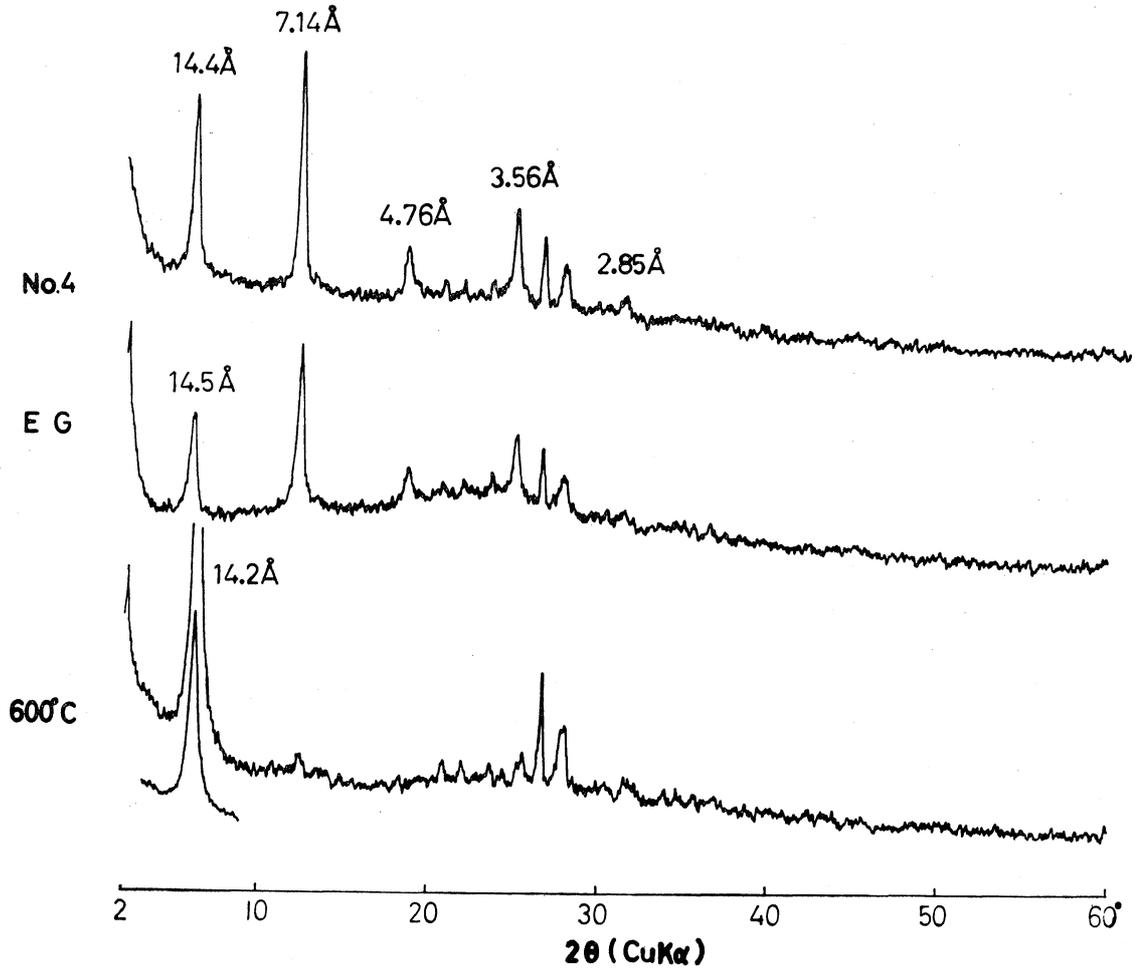


Fig. 2. X-ray powder diffraction patterns for sample No. 4 after various treatments. EG: treated with ethylene glycol, 600°C: heated to 600°C for 1 hr.

Table 1. X-ray powder data for specimens.

Sample No.	Untreated d(Å)	Treated with ethylene glycol d(Å)	Heated to 600°C d(Å)	Clay minerals	Zone
1	14.4	14.7	14.0	Ch.	I
2	14.4	14.4	14.0	Ch.	
3	14.5	14.5	14.1	Ch.	
4	14.4	14.5	14.2	Ch.	
5	14.8	14.7	14.2	Ch.	

Table 1. (Continued)

Sample No.	Untreated d(Å)	Treated with ethylene glycol d(Å)	Heated to 600°C c(Å)	Clay minerals	Zone
6	31.5	32.0	24.5	Ch/Mont(reg)	II
	14.5	15.2	13.6	Ch.	
11	7.2	7.62	7.2		
		7.25			
13	31.5	33.9	23.8	Ch/Mont(reg)	
	14.5	15.5	13.5	Ch.	
14	7.3	7.69			
		7.25			
7	**	33.9	23.8	Ch/Mont(reg)	
	14.7	15.5	13.8	Ch.	
10	7.25	7.25			
	31.5	32.7	23.8	Ch/Mont(reg)	
12	14.7	15.5	13.8	Ch.	
	7.2	7.25	12.2		
8	14.9	15.7	14.2	Ch/Mont(ran)	
	7.3	7.2		Ch.	
9	14.8	15.1	14.0	Ch/Mont(ran)	
	7.2	7.2		Ch.	
15	14.9	15.7	14.2	Ch/Mont(ran)	
	7.3	7.2		Ch.	
16	15.2	16.8	14.0	Mont.	III
	7.3		9.8	Ch.	
17	15.7	17.6	14.0	Mont.	
	10.1	10.2	10.2	Mica	
18				Ch.	
	15.2	17.3	14.2	Mont.	
19	10.5	14.7	10.2	Mica	
	7.1	10.1	7.1	Ch.	
20		7.1			
	15.5	17.0	10.0	Mont.	
21	15.2	17.3	9.8	Mont.	
	15.2	17.2	9.8	Mont.	
22	15.5	17.3	10.0	Mont.	
	12.3	13.8	10.2	M/Mont(ran)	

Ch: Chlorite; Ch/Mont (reg): Regularly interstratified mineral of chlorite and montmorillonite; Ch/Mont (ran): Randomly interstratified mineral of chlorite and montmorillonite; Mont: Montmorillonite; M/Mont (ran): Randomly interstratified mineral of mica and montmorillonite.

\*\* indicates very weak reflection.

化なく、600°C の加熱で 14 Å のピークが強くなる。これらの試料には極めて少量の膨潤層が含まれるが、本論文では緑泥石鉱物として扱った。第 1 表に採集した全試料の X 線粉末回折曲線の特徴的なピークのデータを示した。水ひによって 2 μm 以下の粒子を集めたが、細粒の斜長石や石英を除くことが不可能であったので、Oinuma ら (1972) の方法で No. 1, No. 2, No. 3, No. 4 の試料の化学成分を推定してみた。No. 5 の試料には極く少量の膨潤層が含まれているので除いた。4 つの試料の値を Oinuma らの図にプロットしたのが第 3 図に示してある。図から  $y$  を読みとり、又 Brindley (1961) の式

$$d(001) = 14.55 - 0.29x$$

より Al の値  $x$  を求め、 $(Mg_{6-x-y} Fe_y^{+2} Al_x)(Si_{4-x} Al_x) O_{10} (OH)_8$  に代入することによって化学構造式を推定した。2:1 layer 中の八面体層中の陽イオンと、hydroxide layer 中の陽イオンの値は、E. Fe の値を Oinuma らの図から読みとり、第 2 表のように推定した。これらの緑泥石は比較的鉄とマグネシウムの多い緑泥石である。No. 4 の試料の示差熱分析曲線を第 4 図に示した。

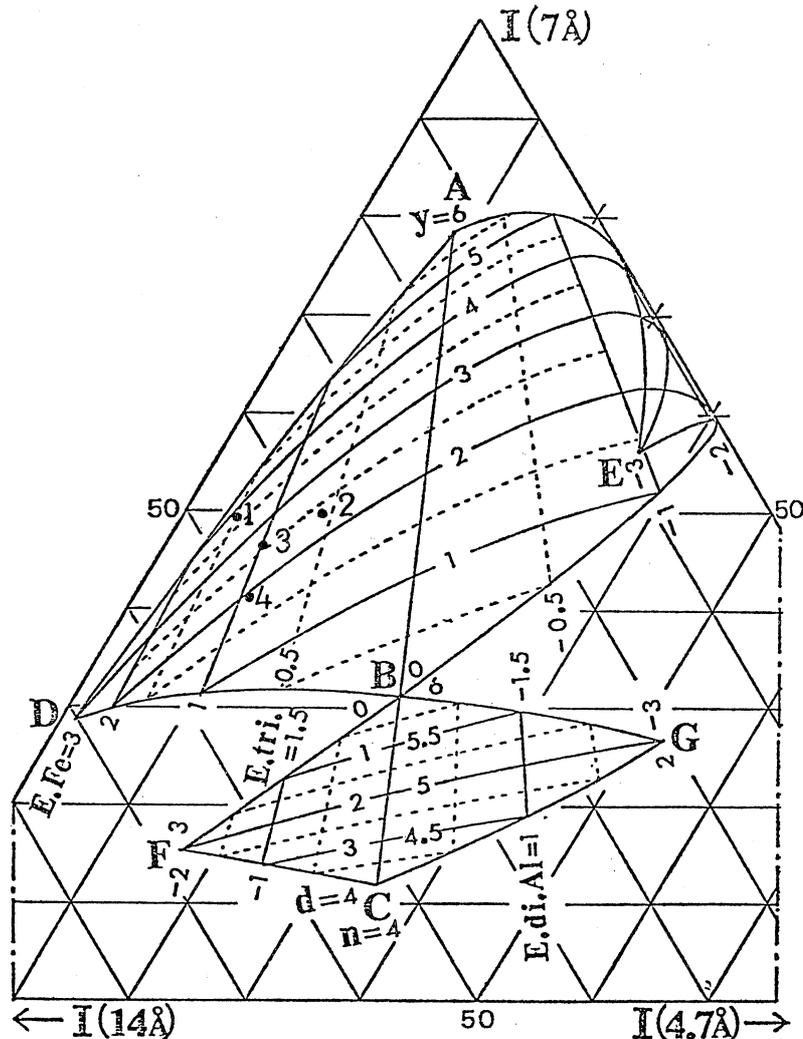


Fig. 3. I (14Å)-I(7Å)-I(4.7Å) triangular diagram for random powder sample (after Oinuma et al., 1972).

Table 2. General structural formulas obtained from the values in the diagram.

Sample No.	Structural formulas	Cations in the octahedral site	
		In the 2:1 layer	In the hydroxide layer
1	$(\text{Mg}_{1.68} \text{Fe}_{3.8} \text{Al}_{0.51}) (\text{Si}_{3.49} \text{Al}_{0.51}) \text{O}_{10} (\text{OH})_8$	$(\text{Mg}, \text{Al})_{0.35} \text{Fe}_{2.65}$	$(\text{Mg}, \text{Al})_{1.85} \text{Fe}_{1.15}$
2	$(\text{Mg}_{3.09} \text{Fe}_{2.4} \text{Al}_{0.51}) (\text{Si}_{3.49} \text{Al}_{0.51}) \text{O}_{10} (\text{OH})_8$	$(\text{Mg}, \text{Al})_{1.5} \text{Fe}_{1.5}$	$(\text{Mg}, \text{Al})_{2.1} \text{Fe}_{0.9}$
3	$(\text{Mg}_{3.32} \text{Fe}_{2.6} \text{Al}_{0.17}) (\text{Si}_{3.83} \text{Al}_{0.17}) \text{O}_{10} (\text{OH})_8$	$(\text{Mg}, \text{Al})_{1.2} \text{Fe}_{1.8}$	$(\text{Mg}, \text{Al})_{1.2} \text{Fe}_{1.8}$
4	$(\text{Mg}_{3.59} \text{Fe}_{1.9} \text{Al}_{0.52}) (\text{Si}_{3.49} \text{Al}_{0.51}) \text{O}_{10} (\text{OH})_8$	$(\text{Mg}, \text{Al})_{1.6} \text{Fe}_{1.4}$	$(\text{Mg}, \text{Al})_{1.6} \text{Fe}_{1.4}$

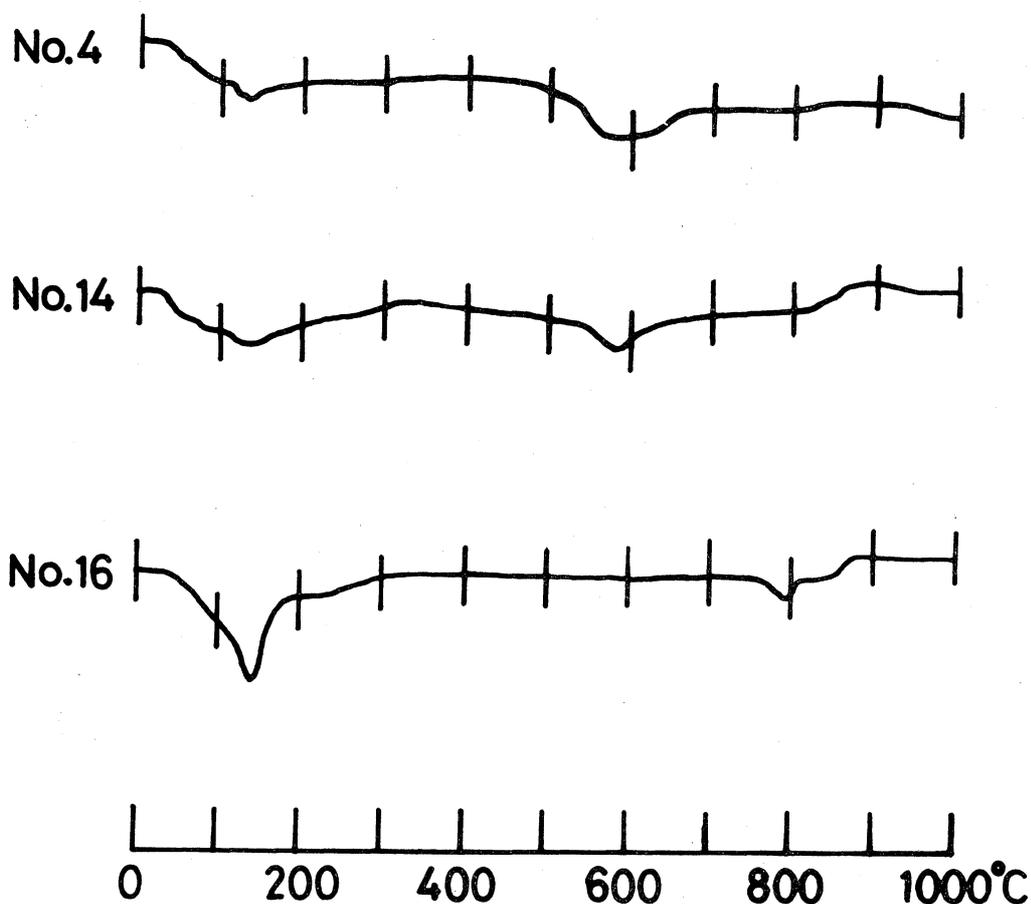


Fig. 4. Differential thermal analysis curves for specimens No. 4, No. 14 and No. 16.

## 2. 緑泥石-モンモリロナイト混合層鉱物帯 (Zone II)

この Zone には、長周期を示す緑泥石-モンモリロナイトの規則型混合層鉱物と、不規則型の混合層鉱物がみられる。前者の試料としては No. 6, No. 11, No. 13, No. 14 がそうであるが、これらの X 線回折曲線はほぼ同じパターンを示したので、No. 14 の試料の X 線回折曲線を第 5 図に示した。この試料は未処理の状態では  $d(001)$  の値が  $31.5 \text{ \AA}$  を示し、エチレンジリコール処理で  $32.7 \text{ \AA}$  に伸び、 $600^\circ\text{C}$  の加熱で  $23.8 \text{ \AA}$  を示した。この混合層鉱物の積層構

造を Kakinoki and Komura (1952, 1954) の式を使って解析した。この式は Jagodzinski (1949) により導入された Reichweite (層形成の影響度) の概念を用いた一般式であり、下記の式であらわされる。

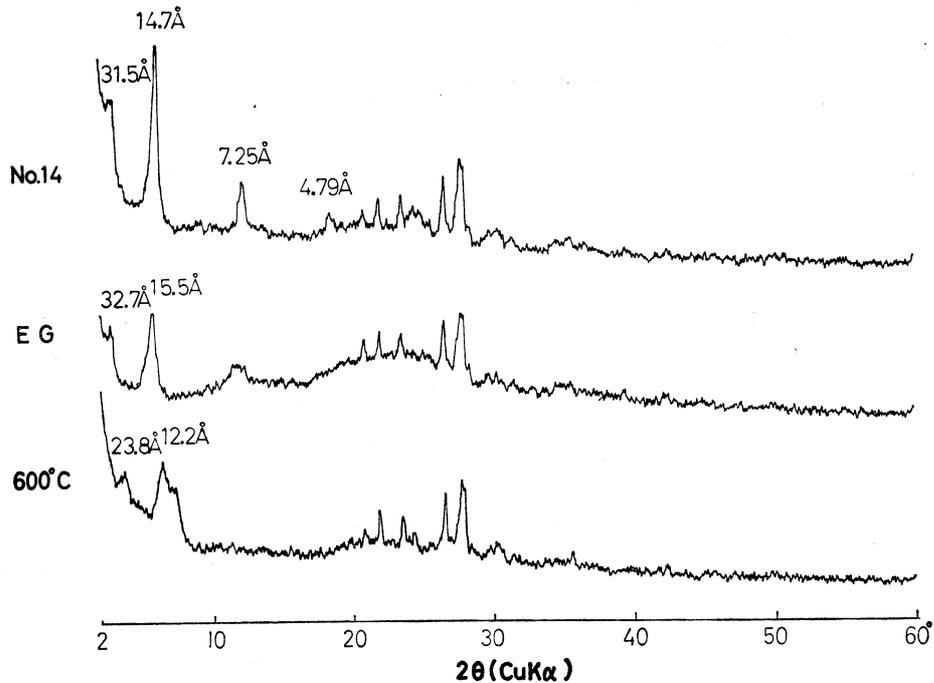


Fig. 5. X-ray powder diffraction patterns of specimen No. 14 after various treatments. EG: treated with ethylene glycol.

$$I = N \operatorname{spur} VF + \sum_{n=1}^{N-1} (N-n) \operatorname{spur} VFQ^n + \operatorname{conj}.$$

ここで  $V, F, Q$  などは次式で示される行列である。

$$V = \begin{pmatrix} S_1 * S_1 M & S_1 * S_2 M & \dots & S_1 * S_r M \\ S_2 * S_1 M & S_2 * S_2 M & \dots & S_2 * S_n M \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_r * S_1 M & S_r * S_2 M & \dots & S_r * S_r M \end{pmatrix} R$$

$$F = \begin{pmatrix} F_1 & \dots & \dots & 0 \\ \vdots & F_2 & & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \dots & F_r \end{pmatrix} R \quad F_p = \begin{pmatrix} f_{(p-1)l+1} & \dots & \dots & 0 \\ \vdots & f_{(p-1)l+2} & & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \dots & f_{pl} \end{pmatrix} l$$

$$Q = \Phi P$$

$$\Phi = \begin{pmatrix} \exp(-i\varphi_1) E_l & \dots & \dots & 0 \\ \vdots & \exp(-i\varphi_2) E_l & & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \dots & \exp(-i\varphi_r) E_l \end{pmatrix} R$$

$$P = \begin{pmatrix} P_{11}P_{12} \cdots P_{1r} \\ \vdots \\ P_{r1}P_{r2} \cdots P_{rr} \end{pmatrix} R$$

$$P_{pq} = \begin{pmatrix} P_{(p-1)l+1, (q-1)l+1} \cdots P_{(p-1)l+1, ql} \\ \vdots \\ P_{pl, (q-1)l+1} \cdots P_{pl, ql} \end{pmatrix} l$$

ここで

- $r$ : 層の種類の数
- $s$ : Reichweite
- $R$ :  $r^s, l = r^s - 1$
- $S_p$ :  $p$  種層の層構造因子
- $M$ : 要素がすべて1である次数  $l$  の正方行列
- $F_p$ : 次数  $l$  の対角行列
- $E_l$ : 次数  $l$  の単位行列

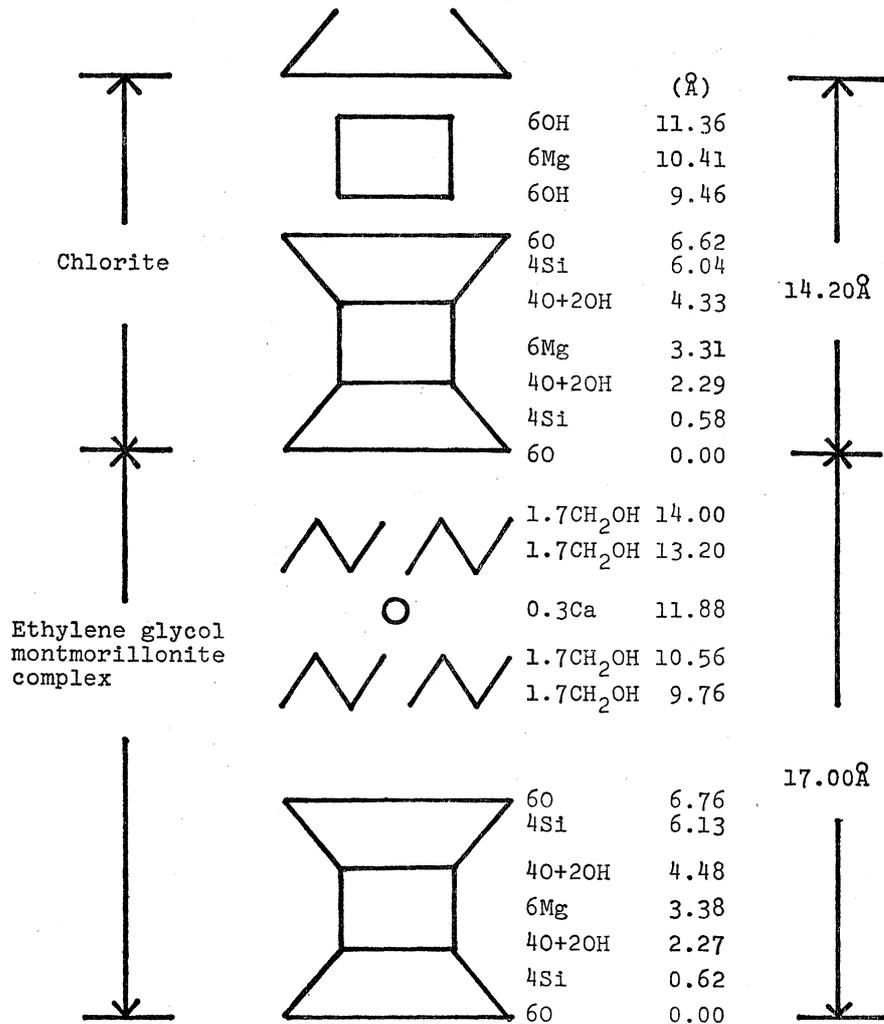


Fig. 6. Structure models of chlorite and ethylene glycolated montmorillonite used for calculation.

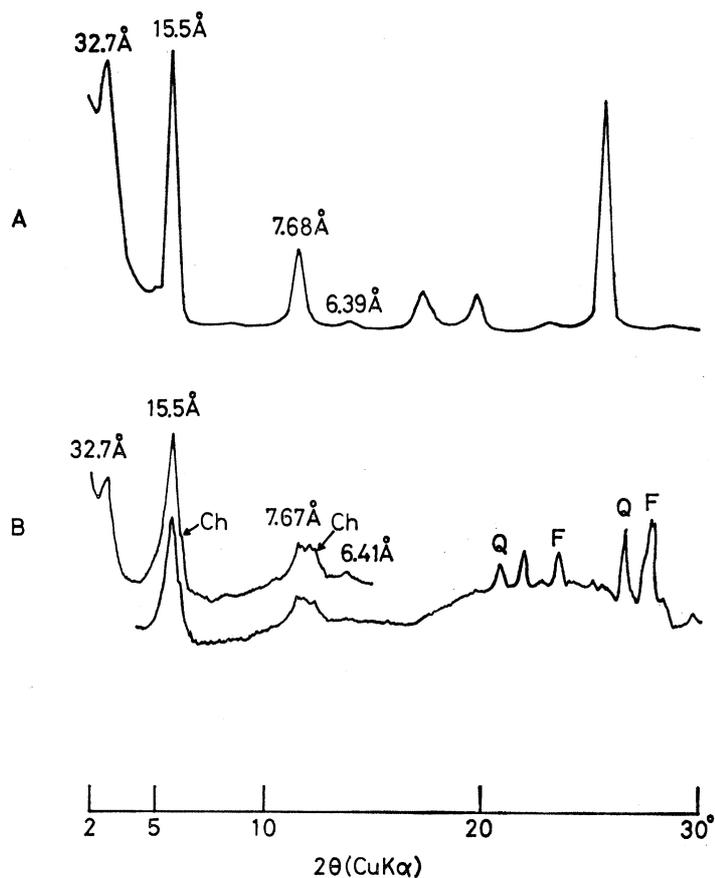


Fig. 7. X-ray diffraction patterns for specimen No. 14.  
A: calculated pattern. B: observed pattern.

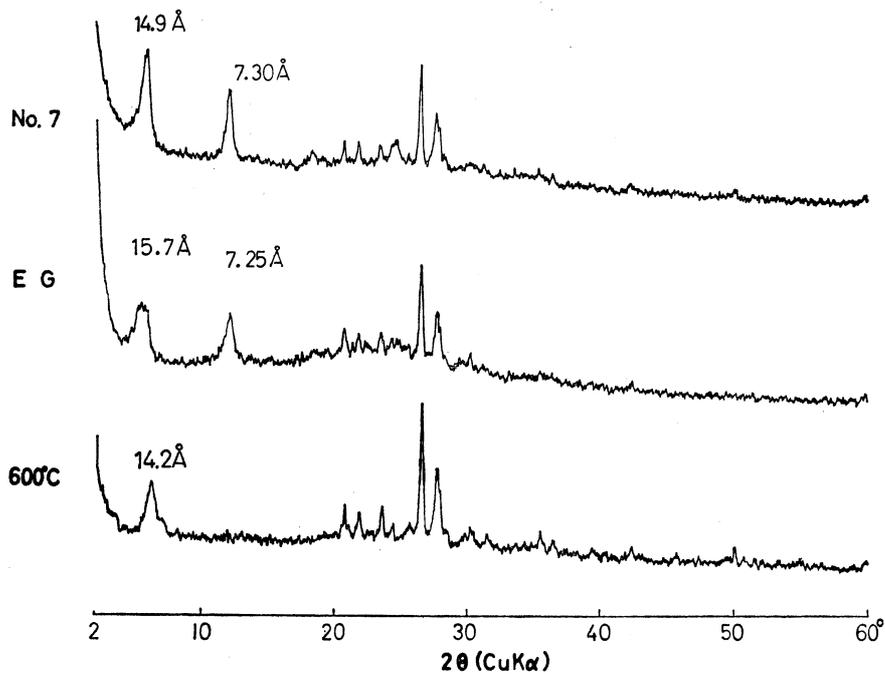


Fig. 8. X-ray powder diffraction patterns of specimen No. 7 after various treatments. EG: treated with ethylene glycol.

なお、佐藤 (1973) はコンピューターによる回折図形を安定したものとするために統計的分布を考慮に入れて計算しており、筆者らもこの方法で計算した。強度計算のモデルとしては第 6 図に示したような緑泥石とモンモリロナイトの構造を使用した。4 面体層中の Al は強度にはほとんど影響を与えないので全部 Si として計算した。Zone II にでてくる試料には、緑泥石—モンモリロナイトの混合層鉱物の他に緑泥石が含まれており、No. 14 の試料にも含まれている。そのため未処理の試料の X 線回折曲線には混合層鉱物のピークと緑泥石のピークが重なるものがあり、強度を比較しにくいので、エチレングリコール処理をした試料の回折曲線を比較に使用した。第 7 図に No. 14 の試料のエチレングリコール処理をした X 線粉末回折曲線と、コンピューターでモデルを考えて計算したパターンを示した。この計算したパターンは、混合層鉱物の緑泥石層が 0.60、モンモリロナイト層が 0.40、モンモリロナイト—モンモリロナイト層と継がる確率が 0、層の枚数は  $N = 20$ 、標準偏差  $\sigma = 2$  を使用して計算したものである。天然の試料はエチレングリコール処理をすると高角度にあらわれるピークが極端に弱くなるので、 $2\theta$  で 20 度以下にあらわれるピークの位置と強度を比較すると 2 つのパターンはよく一致する。この試料の示差熱分析曲線を第 4 図に示した。No. 4 の試料の示差熱分析曲線

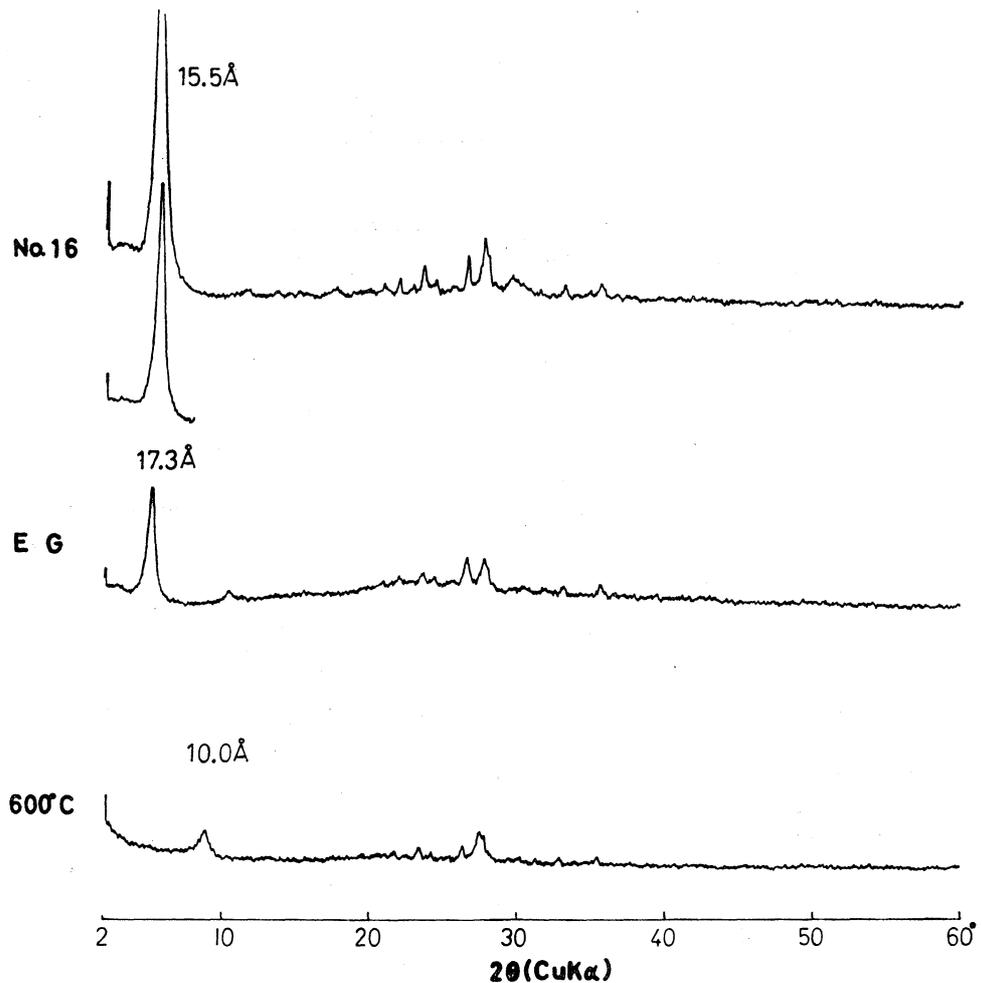


Fig. 9. X-ray powder diffraction patterns of specimen No. 16 after various treatments. EG: treated with ethylene glycol.

とあまり変わらないが 300°C 以下にみられる層間水と吸着水の脱水による吸熱ピークが大きいのが認められる。この Zone には緑泥石—モンモリロナイトの規則型混合層鉱物の他に不規則型の混合層鉱物も産する。いずれの試料にも緑泥石が多量に含まれ、分離は不可能であった。No. 7, No. 10, No. 12 の試料が同じ様な X 線回折曲線を示すので、第 8 図に No. 7 の試料の X 線回折曲線を示した。未処理の試料の  $d(001)$  は 14.9 Å を示し、エチレングリコール処理で 15.7 Å に伸び、600°C の加熱では緑泥石のピークが 14.2 Å に残り、混合層鉱物のピークは 12.6 Å を示す。緑泥石と混合層鉱物の分離が不可能だったので、混合層鉱物の積層状態を解析することは不可能であった。

### 3. モンモリロナイト帯 (Zone III)

この Zone は、モンモリロナイトが独立した相として含まれる地域である。第 9 図に試料 No. 16 の X 線粉末回折曲線を示した。未処理の試料の  $d(001)$  は 15.5 Å を示し、エチレングリコール処理で 17.3 Å に伸び、600°C の加熱で 10 Å に縮んだ。No. 17, No. 18, No. 19 の試料は No. 16 の試料と同じようなパターンを示した。No. 16 の試料の示差熱分析曲線を第 4 図に示したが、層間水の脱水による吸熱ピークが顕著である。これらの試料はモンモリロナイト以外の粘土鉱物をほとんど含まないが、この Zone に含まれる試料の中にはモンモリロナイトの他に緑泥石やセリサイトを含むものもあり、これらはモンモリロナイトと混合層鉱物

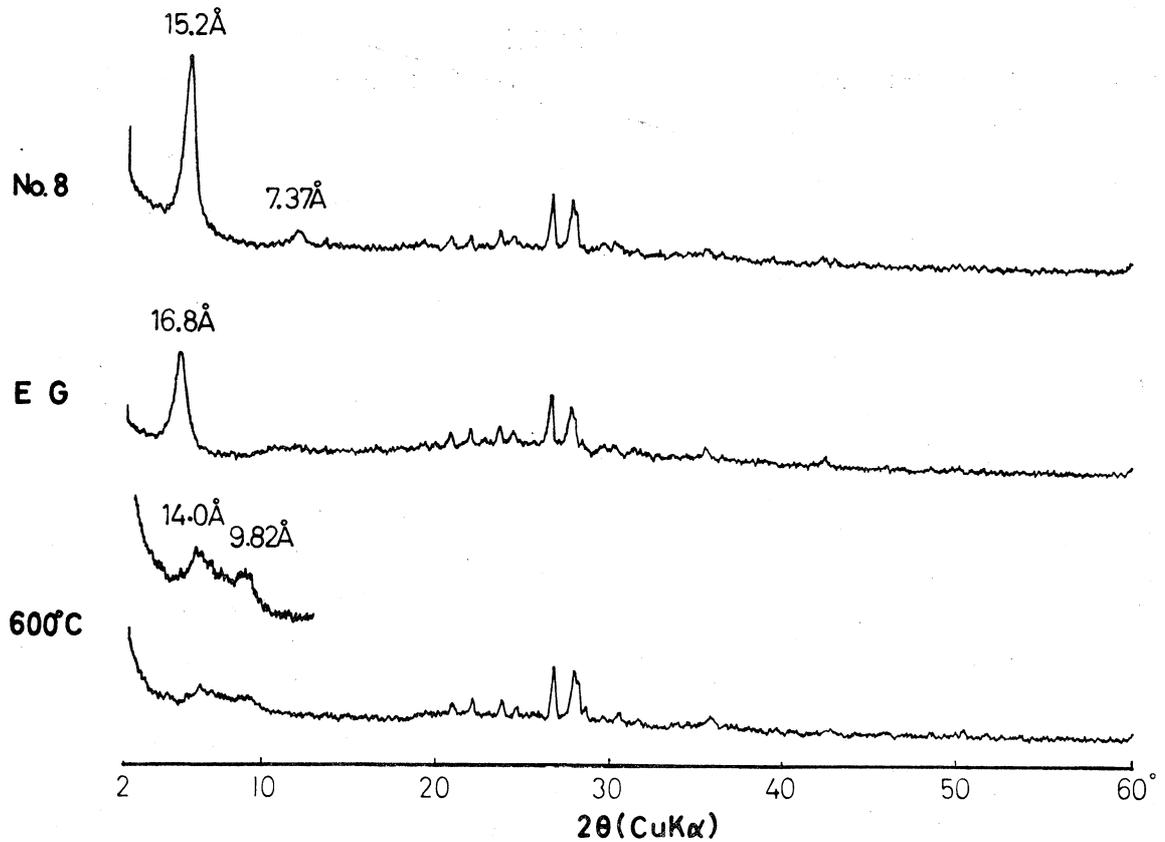


Fig. 10. X-ray powder diffraction patterns of specimen No. 8 after various treatments. EG: treated with ethylene glycol.

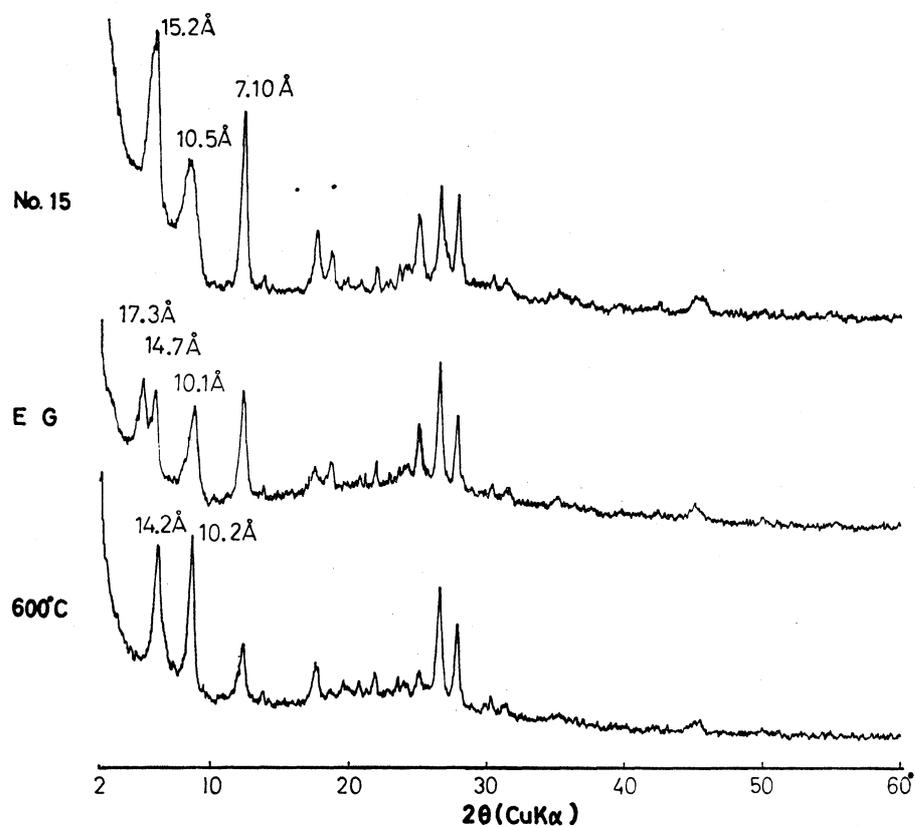


Fig. 11. X-ray powder diffraction patterns of specimen No. 15 after various treatments. EG: treated with ethylene glycol.

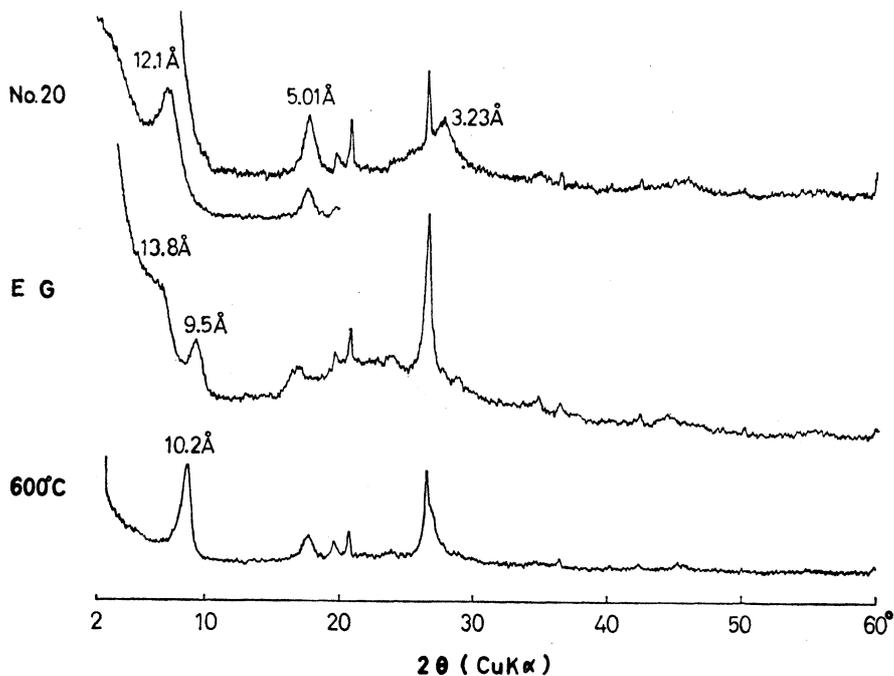


Fig. 12. X-ray powder diffraction patterns for specimen No. 20 after various treatments. EG: treated with ethylene glycol.

をつくらずに機械的な混合物として含まれている。第 10 図に示したように、No. 8 の試料にはモンモリロナイトと緑泥石が含まれており、600°C の加熱でモンモリロナイトと緑泥石のピークに分離する。また、第 11 図に示したように、No. 15 の試料にはモンモリロナイトと緑泥石とセリサイトが含まれている。No. 9 の試料も各鉱物の量比の違いはあるが、No. 15 の試料と同様な鉱物組成である。このようにこの Zone にはモンモリロナイトが混合層鉱物としてでなく、独立して産する。No. 20 の試料は、緑泥石—モンモリロナイト帯とモンモリロナイト帯の境界付近で産するが、堂山～山花付近の広域的なプロピライト化作用で生成したのではなく、古期の安山岩の最下部に分布する凝灰角礫岩の極部的な熱水変質によって生成されたものと考えられる。第 12 図にこの試料の X 線粉末回折曲線を示したが、600°C の加熱で雲母のパターンを示す。この試料は雲母とモンモリロナイトの不規則混合層鉱物である。MacEwan (1956) の方法でフーリエ変換をし、雲母層とモンモリロナイト層の存在確率およびそれらの継がる確率を調べた。使用した式は

$$W(R) = \sum_l \frac{I}{E|F_l|^2} \cos 2\pi\mu_l R$$

で、 $\mu_l$  は面間隔の逆数、 $|F_l|^2$  の値としては、Cole and Lancucki (1966) の表の層間に  $1K^+$ ,

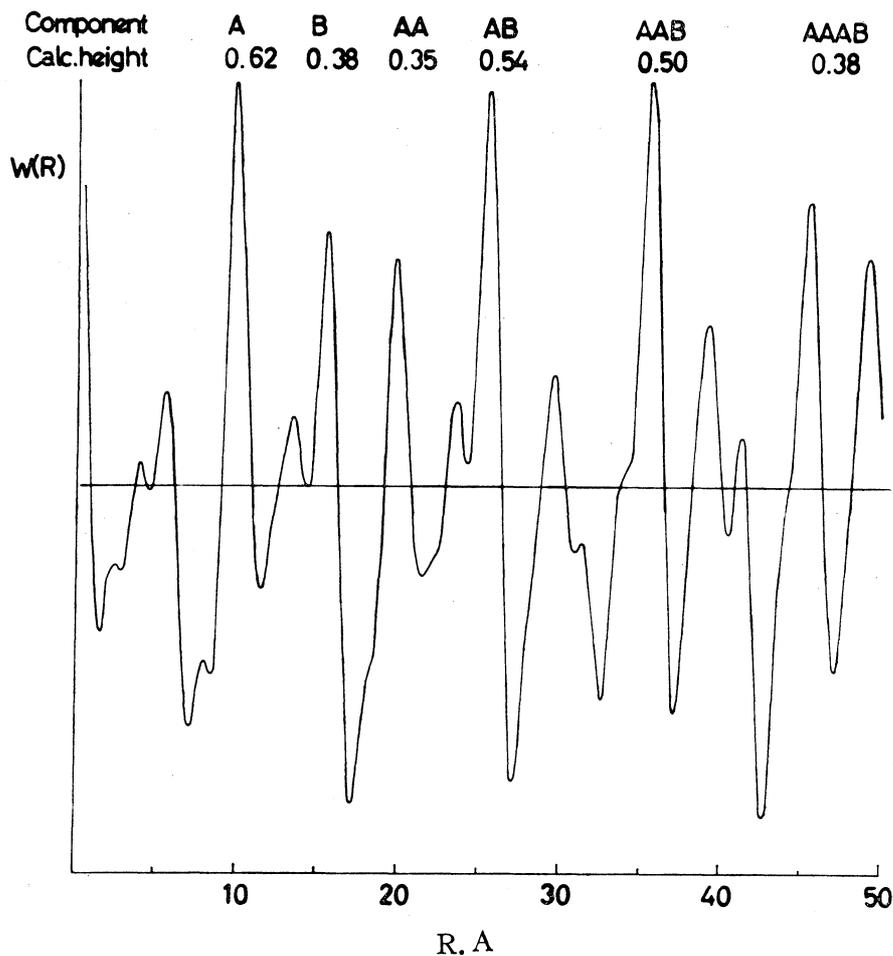


Fig. 13. Fourier transform of basal reflections of specimen No. 20.

$1H_2O$  が入るものを使用した。E の値としては  $(1 + \cos^2 2\theta) / \sin 2\theta$  を使用した。I は積分強度を使用した。W(R) はある層から垂直に R だけ離れたところに A 層なら A 層がある確率を定義したものである。フーリエ変換した図を第 13 図に示した。図中の数字は  $P_A$  (雲母層の存在確率) = 0.63,  $P_B$  (モンモリロナイト層の存在確率) = 0.37,  $P_{BB}$  (モンモリロナイト層—モンモリロナイト層と継がる確率) = 0.17 で計算したピークの強度であるが、実測値とよく一致するので、このような層の積み重なりでこの混合層鉱物はできているものと考えられる。

#### IV. 考 察

始良町の堂山～山花地域に分布する古期火山岩類はプロピライト化を受けて広く緑泥石ができている。各地点の試料を X 線分析した結果、含有鉱物 ( $2\mu\text{m}$  以下の) で分類すると緑泥石を主とする Zone と緑泥石—モンモリロナイト混合層鉱物を主とする Zone とモンモリロナイトを主とする Zone の 3 つに大きく分類できる。その図を第 14 図に示した。このような 3 つの Zone ができたことや、緑泥石とモンモリロナイトの混合層鉱物ができた成因については、2 つのことが考えられる。まず第 1 の考えとしては、プロピライト化変質の程度の違いによって強い所には緑泥石ができ、弱い所には主にモンモリロナイトができ、その中間に緑泥石とモ

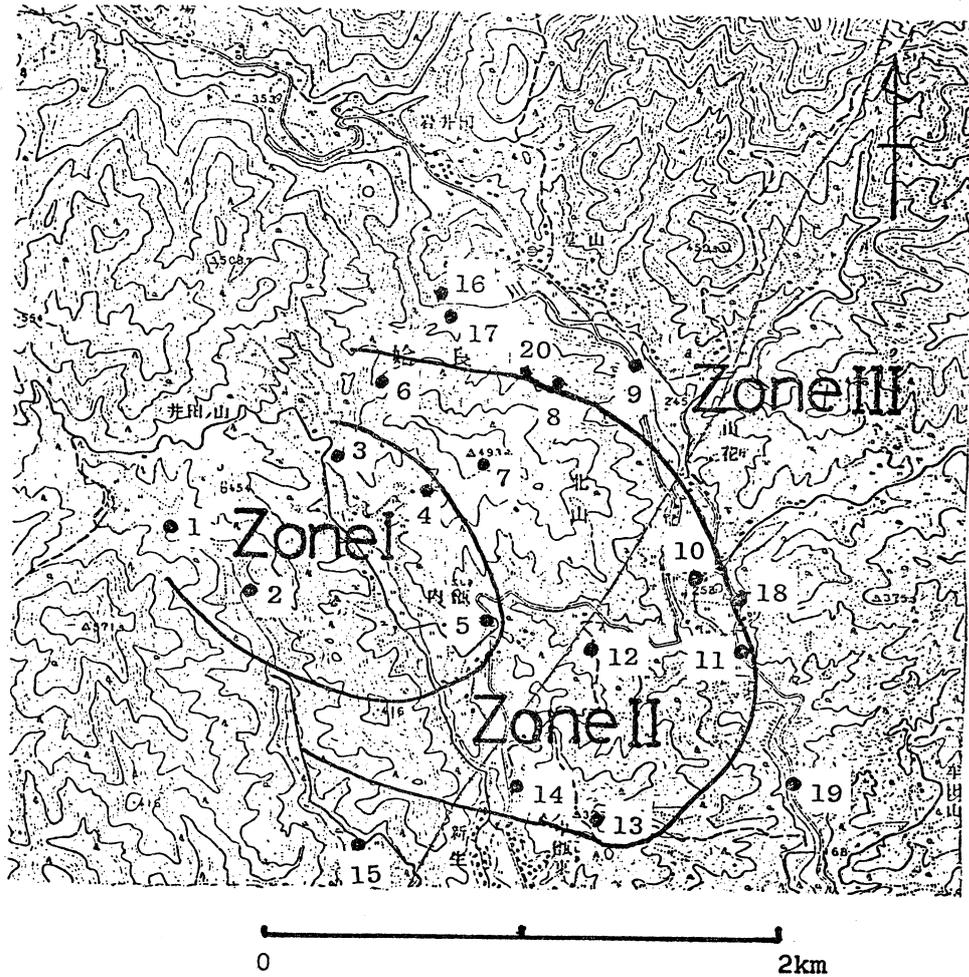


Fig. 14. Zoning map.

モンモリロナイトの混合層鉱物が安山岩から直接できたという考え方である。第2の考えとしては、産状から推定して、この地域では Zone I (緑泥石帯) が一番強くプロピライト化を受けた。そしてこの Zone から離れるにしたがって弱いプロピライト化を受けた。その後、この地域は一樣の風化作用を受けたが、Zone I の緑泥石は強い緑泥石化を受けているために、後の風化作用にも耐えて緑泥石として残っているものと考えられる。それに反して、Zone III (モンモリロナイト帯) にあたる部分はある程度の緑泥石が残っている部分もあるが、弱い緑泥石化変質の結果できた緑泥石であるので、主にモンモリロナイトに変化してしまったと考えられる。Zone II (緑泥石-モンモリロナイト混合層鉱物帯) にあたる部分の緑泥石は、構造的に Zone III の地域にある緑泥石より安定であるが、Zone I のものより構造的に安定でなかったため、モンモリロナイトに変化する途中の段階の緑泥石とモンモリロナイトの混合層鉱物が形成されたものと考えられる。いずれの考えが正しいかは断定しかねるところである。

No. 20 の試料は、極部的に熱水変質を受けて生成したものであるが、Tomita (1974a) がおこなったように、この試料について 800°C で加熱後 0.8NH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液で煮沸する実験をおこなった。実験の結果同じ不規則型の混合層鉱物が生成した。こうしたことから、成因的には Tomita ら (Tomita and Sudo, 1968a, b, 1971; Tomita and Dozono, 1972, 1973; 富田・堂園, 1977; Tomita, 1974a, b, 1977, 1978) の実験から判断して、2M 型のセリサイトから変化したものではなく、凝灰角礫岩から primary に生成したか、Zone III にみられるセリサイト (ポリタイプは判定不可能だった) から変化したものと思われる。

## V. 謝 辞

緑泥石とモンモリロナイトの混合層鉱物の強度計算には、佐藤満雄氏のプログラムを使用させていただいた。厚く御礼申し上げます。またこの計算は東大大型計算機センターでおこなった。当局に御礼申し上げます。なお、この研究を進めるにあたって、研究費の一部に文部省科学研究費を使用させていただいた。当局に対し御礼申し上げます。

## VI. 参 考 文 献

- BRINDLEY, G.W. (1961), In The X-ray identification and structures of clay minerals (Edited by Brown, G.), 242-296
- COLE, W.F. and LANCUCKI, C.J.C. (1966), Tabular data of layer structure factors for clay minerals. *Acta Cryst.*, **21**, 836-838.
- 岩下節生 (1977), 鹿児島県始良町・溝辺町周辺の地質。鹿児島大学理学部地学教室卒論。
- JAGODZINSKI, H. (1949), Eindimensionale fehlordnung in kristallen und ihr einfluss auf die röntgeninterferenzen. I. Berechnung des fehlordnungsgrades aus den röntgenintensitäten. *Acta Cryst.*, **2**, 201-207.
- KAKINOKI, J. and KOMURA, Y. (1952), Intensity of X-ray diffraction by an one-dimensionally disordered crystal. I. General derivation in cases of the "Reichweite"  $s=0$  and 1. *J. Phys. Soc. Japan*, **7**, 30-35.
- KAKINOKI, J. and KOMURA, Y. (1954), Intensity of X-ray diffraction by an one-dimensionally disordered crystal. II. General derivation in case of the correlation range  $s \geq 2$ . *J. Phys. Soc. Japan*, **9**, 169-176.
- 金属鉱業事業団 (1976), 金鉱山の基礎的地質鉱床調査報告書, 北薩地域。
- 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.
- OINUMA, K., SHIMODA, S. and SUDO, T. (1972), Triangular diagrams for surveying chemical compositions of chlorite. *Jour. of Toyo Univ., General Educ.*, **15**, 1-33.

- 佐藤満雄 (1973), 混合層構造の X線解析, 粘土科学, 13 卷, 2 号, 1-9.
- 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. (1977), Experimental transformation of 2M sericite into a rectorite-type mixed-layer mineral by treatment with various salts. *Clays and Clay Minerals*, **25**, 302-308, Pergamon Press.
- TOMITA, K. (1978), Experimental transformation of 2M sericite into a rectorite-type mixed-layer mineral by treatment with various salt. II. Experiments using a magnetic stirrer and a centrifuge. *Clays and Clay Minerals*, **26**, 209-216, Pergamon Press.
- TOMITA, K. and DOZONO, M. (1972), Formation of an interstratified mineral by extraction of potassium from mica with sodiumtetraphenylboron. *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.
- 富田克利・堂園光彦 (1977), IM 型セリサイトからのカリウムイオンの溶脱—とくに pre-heating の影響について—, 鉱物学雑誌, 13 卷, 特別号, 52-60.
- 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.*, **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.