鹿児島県布計鉱山地域の変質鉱物について

猪目 哲也・富田 克利*・山本 温彦*
大庭 昇*

(金沢大学理学部地学教室, 金沢市丸ノ内,)
(* 鹿児島大学理学部地学教室, 鹿児島市郡元)

On alteration minerals in the Fuke mining district,
Kagoshima Prefecture

Tetsuya Inome, Katsutoshi Tomita*, Masahiko Yamamoto* and
Noboru Ōba* ; *Faculty of Science, Kanazawa University,*
*Marunouchi, Kanazawa, * Faculty of Science,*
Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima

Abstract

The Fuke mining district is situated in the northern part of Okuchi city, Kagoshima Prefecture. Andesites distributed widely in this district have undergone propylitization, and silicified and argillized zones are formed in them. Distributions of clay minerals and other alteration products were studied with the result that the hornblende andesite intruded in the central part of this area is surrounded by chlorite zone (inner), mixed-layer mineral zone of chlorite-montmorillonite, and the montmorillonite zone (outer). The propylitization is closely related to the intrusion of the hornblende andesite. The propylitization occurred earlier than the silicification and argillization. The values of Ca/Sr and K/Rb in the bulk samples of the altered and unaltered andesites showed that the values of Ca/Sr are almost constant, and the values of K/Rb increase and the K and Rb contents decrease toward the central part from margin of this area.

1. はじめに

鹿児島県北薩地域には、串木野鉱山をはじめ布計、大口、山ヶ野、王ノ山等の浅熱水性金銀鉱床が点在する。これらの鉱床地域には熱水変質作用を受けた安山岩類が広く分布する。この論文の調査地域である布計鉱山地域は、北薩地域の北端に位置し (Fig. 1), 現在までに高島・物部¹⁾, 山本²⁾, 宮久ら³⁾によって地質が報告され、田口・渡辺⁴⁾によって

布計鉱山本鍾から緑泥石—サポナイト混合層鉱物の産出が報告されている。しかし、布計地域に分布する変質岩についての詳細な研究は行なわれていない。この論文では布計地域に分布するプロピライト化作用を受けた変質岩中に含まれる粘土鉱物とその他の変質鉱物の分布、特徴および K/Rb, Ca/Sr 値について報告する。

2. 地 質 概 説

本調査地域は、これまでに主に鉱床探査を目的に地質調査が行なわれている。高島・物部¹⁾らによって布計鉱山周辺の金銀鉱床の坑内外における鉱床・地質の調査結果が、宮久ら²⁾によって大口および布計鉱山を含む大口盆地北部地域の地質が報告されている。また、山本³⁾は、出水、大口、人吉および水俣にかけての火山層序を報告している。

本地域の地質を Fig. 1 に示した。最下部には鉱床母岩となる両輝石安山岩が分布し、これをおおって東部および南部地域に普通輝石—紫蘇輝石安山岩が分布する。また、両輝石安山岩に貫入またはおおって角閃石安山岩が中部から北部にかけて分布する。これらの火山岩をおおい紫蘇輝石—普通輝石安山岩が北部地域に分布する。以上の火山岩類は山本³⁾により提唱された布計変朽安山岩に相当し、宮久ら²⁾によって中新世中期に活動したものとされている。これらの安山岩類をおおい本地域の南部に流紋岩が分布する。この流紋岩は層位的に山本³⁾の提唱した山野流紋岩とほぼ同時期に活動したと考えられる。山野流紋岩の活動時期は山本³⁾により、火山層序およびジルコン法を基に鮮新世初期と推定されている。その後、松本ら⁴⁾によってフィッシュトラック法により1300万 B. P. とされた。以上の火山岩類をおおい本地域の北部および南部に紫蘇輝石—普通輝石安山岩が分布する。この安山岩は宮久ら²⁾のいう肥薩火山岩類に属し、その噴出時期は更新世初期から中期とされている。また、本地域には珪化帯および粘土化帯が存在し、大規模なものは Fig. 1 に示されているが、小規模な粘土化脈および珪化脈は主に北部および東部地域に多数みられる。これらの粘土化帯および珪化帯の生成した時期ははっきりしないが、更新世に噴出したと考えられる紫蘇輝石—普通輝石安山岩が本地域の東部で石英脈および変質脈を伴っていることより、珪化作用および粘土化作用は更新まで持続したと考えられる。筆者らはその主な活動時期を宮久ら²⁾にしたがい中新世後期と考えている。

3. 試料および研究方法

採集したできるだけ新鮮な変質岩試料の中から本地域に均一に分布するように56個の試料を選んだ。採集地点を Fig. 2 に示した。これらの試料について薄片の鏡下観察ならびにX線粉末回折法によって変質鉱物の同定を行った。粘土鉱物については、さらに水ヒ法により 2 μ m 以下の試料についてX線粉末回折法により同定した。また、代表的な粘土鉱物を含む試料について示差熱分析、化学分析を行った。

Fig. 1. Lithologic map of the Fuke mining district, Kagoshima Prefecture.

Fig. 2. Localities of specimens in the Fuke mining district.

4. 変質岩と変質鉱物

4.1 珪化帯および粘土化帯

本地域の北部には南部地域と比較して多数の珪化脈や粘土化脈が分布し、変質岩と珪化脈の間にクリーム色～赤褐色を呈する粘土化脈がみられる。これらの粘土化脈の一部には粘土鉱物としてカオリン族の鉱物がみられる。南部には変質岩と珪化脈との間には粘土化帯がみられず、境界が明瞭である場合が多い。大きなスケールでみると4条の珪化帯がみられ、最も南に位置するものが最も小規模で東西方向に延びている。北に向かうに従い粘土化帯の分布地域が広くなり、布計鉱山付近の珪化帯が最も大規模で、北端に位置するものは最も広い粘土化帯を伴っている。珪化岩にはとりに残された岩塊として産するものがあり、周囲に分布していた粘土化帯が浸食されたことを示している。

4.2 変質安山岩

本地域には安山岩質溶岩が広く分布し、一部分同質の角礫岩がみられる。これらの安山岩類はプロピライト化作用を受けており、中心地域から周辺地域に向かうに従い石基の色は緑灰色から灰緑色を経て暗緑色から黒色へと変化し、鏡下で観察すると石基の再結晶作用が著しく、珪酸塩鉱物やその他の鉱物が生成している。これらの変質安山岩中には変質鉱物として緑泥石、緑泥石－モンモリロナイト混合層鉱物、モンモリロナイト、緑簾石、アクチノ閃石、ぶどう石、炭酸塩鉱物、セリサイト、黄鉄鉱、白チタン石、褐鉄鉱、

Table 1. Mineral assemblages in the specimens

NO.	chl	mix	mot	act	pr	ep	ca	ser	py	qz	cr	NO.	chl	mix	mot	act	pr	ep	ca	ser	py	qz	cr
1	0	-	-	0	-	-	0	-	0	0	-	29	-	0	-	-	-	0	-	-	0	0	-
2	0	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	30	-	0	-	-	-	0	0	-	0	0	-
3	0	-	-	-	-	0	-	-	0	0	-	31	-	0	-	-	-	-	0	-	0	0	0
4	0	-	-	-	0	0	-	-	0	0	-	32	-	0	-	-	-	0	0	0	0	0	-
5	0	-	-	0	-	0	-	-	0	0	-	33	-	0	-	-	-	-	0	0	0	0	-
6	0	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	34	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	0
7	0	-	-	0	-	0	-	0	0	-	-	35	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	0
8	0	-	-	0	-	0	-	-	0	0	-	36	-	-	0	-	-	-	-	0	-	0	0
9	0	-	-	0	-	0	-	-	0	0	-	37	-	-	0	-	-	-	-	-	0	-	0
10	0	-	-	-	-	0	-	-	0	0	-	38	-	-	0	-	-	-	-	-	0	-	0
11	0	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	39	-	-	0	-	-	-	0	-	-	0	-
12	0	-	-	-	-	0	-	-	0	0	-	40	-	-	0	-	-	-	0	0	0	0	0
13	0	-	-	-	-	0	-	0	0	0	-	41	-	-	0	-	-	-	-	0	0	0	-
14	0	-	-	-	-	0	0	-	0	0	-	42	-	-	0	-	-	-	0	0	-	-	0
15	-	0	-	-	-	0	-	-	0	0	-	43	-	-	0	-	-	-	0	0	-	-	0
16	-	0	-	/	/	/	/	/	/	/	/	44	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	0
17	-	0	-	-	-	0	0	-	0	0	-	45	-	-	0	-	-	-	-	-	-	0	-
18	-	0	-	-	-	0	-	-	0	0	-	46	-	-	0	-	-	-	0	0	-	0	-
19	-	0	-	-	-	0	-	-	0	0	-	47	-	-	0	-	-	-	0	0	-	0	0
20	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	48	-	-	0	-	-	-	-	0	0	0	-
21	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	49	-	-	0	-	-	0	0	0	-	-	0
22	-	0	-	-	-	0	0	0	0	0	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	0	0	-	-	0	0	-	0	0	-	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	0	-	-	-	0	0	-	0	0	-	52	-	-	-	-	-	-	-	0	-	0	-
25	-	0	-	/	/	/	/	/	/	/	/	53	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-
26	-	0	-	-	-	0	0	-	0	0	-	54	-	-	-	-	-	-	0	0	-	0	-
27	-	0	-	-	-	0	0	0	0	0	-	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	-	0	-	-	-	0	0	0	0	0	-	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

chl: chlorite; mix: mixed-layer mineral of chlorite and montmorillonite; mot: montmorillonite; act: actinolite; pr: prehnite; ep: epidote; ca: carbonate minerals; ser: sericite; py: pyrite; qz: quartz; cr: cristobalite.

Fig. 3. Distribution map of the clay minerals in the Fuke mining district. (1) : montmorillonite; (2) : mixed-layer mineral of chlorite and montmorillonite, RA : random type, RE : regular type; (3) : chlorite.

Table 2. Mineral assemblages in the zones of chlorite, randomly and regularly interstratified mineral of chlorite-montmorillonite, and montmorillonite

	chl zone	chl-mot (ra) zone	chl-mot (re) zone	mot zone	—
act					
pr					
ep					
ca					
ser					
py					
qz					
cr					

RA : random type ; RE : regular type. Other symbols are the same as in the Table 1. — indicates that chlorite, mixed-layer minerals and montmorillonite are not included.

クリストバライト、ゼオライト等がみられる。各変質岩試料中の変質鉱物組合せは Table 1 に示されている。Fig. 3 に粘土鉱物の分布を示し、緑泥石、緑泥石—モンモリロナイト混合層鉱物、モンモリロナイトが分布する地域をそれぞれ緑泥石帯、緑泥石—モンモリロナイト混合層鉱物帯、モンモリロナイト帯とし、それら各帯にみられる鉱物の共生関係を Table 2 に示した。

4.2.1 緑 泥 石

緑泥石は本調査地域の中心地域に分布する 角閃石安山岩 および 両輝石安山岩中にみられ、緑灰色を呈する石基をもつ変質岩の分布にほぼ対応する (Fig. 3)。また鏡下では石基中および斑晶中の 有色鉱物を一部又は完全に 交代している。Table 2 に示されているように、これらは一般に緑簾石、石英、黄鉄鉱と共生しており、一部アクチノ閃石、炭酸

Table 3. General structural formulas obtained from the diagram of Oinuma *et al.* (1972)

NO.	Structural formulas	In the 2:1 layer	In the hydroxide layer
3	$(Mg_{1.62}Fe_{4.00}^{2+}Al_{0.38})(Si_{3.62}Al_{0.38}O_{10}(OH)_8$	$(Mg, Al)_{0.45}Fe_{2.55}$	$(Mg, Al)_{1.55}Fe_{1.45}$
6	$(Mg_{2.79}Fe_{2.90}^{2+}Al_{0.31})(Si_{3.69}Al_{0.31}O_{10}(OH)_8$	$(Mg, Al)_{0.75}Fe_{2.25}$	$(Mg, Al)_{2.35}Fe_{0.65}$
11	$(Mg_{2.88}Fe_{2.50}^{2+}Al_{0.62})(Si_{3.38}Al_{0.62}O_{10}(OH)_8$	$(Mg, Al)_{1.50}Fe_{1.50}$	$(Mg, Al)_{2.00}Fe_{1.00}$

Fig. 4. X-ray powder diffraction patterns of the specimen No. 11 after various treatments. EG: treated with ethylene glycol; 300°C: heated at 300°C for 1hr; 500°C: heated at 500°C for 1hr; 700°C: heated at 700°C for 1hr.

Fig. 5. Differential thermal analysis curves. 1: specimen No. 11; 2: specimen No. 25; 3: specimen No. 39.

Table 4. Chemical analyses of chlorite, mixed-layer mineral and montmorillonite

	1	2	3
SiO ₂	43.44%	43.24%	50.84%
TiO ₂	1.74	1.64	0.72
Al ₂ O ₃	18.12	16.63	15.03
Fe ₂ O ₃)	13.65	11.64	7.61
FeO)			
MnO	0.64	0.24	0.10
MgO	8.61	8.38	5.90
CaO	3.50	3.83	4.27
Na ₂ O	1.77	1.85	2.13
K ₂ O	0.15	0.32	2.03
P ₂ O ₅	0.02	0.03	0.04
H ₂ O (+)	6.68	7.20	4.12
H ₂ O (-)	1.56	4.80	6.20
Total	99.88%	99.80%	98.99%

1: Chlorite (specimen No. 12).
2: Mixed-layer mineral of chlorite/montmorillonite (specimen No. 25).
3: Montmorillonite (specimen No. 39).

塩鉱物と共生している。Fig. 4 に No. 11 の $2\mu\text{m}$ 以下の水と試料の X 線回折パターンを示す。上から未処理試料, エチレングリコール処理, $300, 500, 700^\circ\text{C}$ で 1 時間加熱した試料のパターンを示してある。緑泥石以外に水と処理で除くことのできなかった石英, 長石が含まれている。また, Fig. 5 の 1 に示差熱分析曲線を示した。粘土鉱物として緑泥石のみを含むと思われる試料の X 線底面反射強度を測定し, Oinuma ら⁶⁾ の三角図表を使用して推定した緑泥石の化学組成を Table 3 に示した。ここで, $[\text{MgO}]/([\text{MgO}] + [\text{FeO}])$ は, No. 3 が 0.29, No. 6 が 0.49, No. 11 が 0.54 で, 2 : 1 層の方がブルーサイト層より鉄が多く含まれていることがわかる。しかし, 極く少量の膨潤層が含まれているため Al の量が少なめにでている。緑泥石を含む No. 12 の $2\mu\text{m}$ 以下の水と試料の化学分析値を Table 4 に示した。

4.2.2 緑泥石—モンモリロナイト混合層鉱物

緑泥石—モンモリロナイト混合層鉱物は, 前述した緑泥石の分布域の外側を取囲むように主に両輝石安山岩中に分布し (Fig. 3), 一般に石基の色が緑灰色から灰緑色を呈する変質岩中に産する。鏡下では石基および斑晶として含まれる有色鉱物を一部又は完全に交代している。バイレフリンゼンスは, 緑泥石と同程度小さいものからやや大きいものまでみられる。Fig. 3, Table 2 に示されているように, 混合層鉱物を不規則型と規則型の 2 つに分類した。規則型混合層鉱物の一つの試料の X 線粉末回折図を Fig. 6 に示した。Fig. 6 に示された No. 25 の水と試料の X 線回折パターンをみると, 未処理のものは $31.9\text{\AA}$ の長周期反射を示し, エチレングリコール処理で $32.5\text{\AA}$ に膨潤し, 700°C で加熱したものは低角側に肩をもつ $12.7\text{\AA}$ の反射を示す。したがって, 緑泥石—モンモリロナイト混合層鉱物以外に少量の緑泥石が含まれていることがわかる。緑泥石—モンモリロナイト混合層鉱物中の緑泥石層とモンモリロナイト層の積層構造を知るために, Kakinoki and Komura^{7,8)} の式を使って X 線回折曲線を計算した反射強度と比較する比較法を使って解析した。下記の式が一般式である。

$$I = N \text{Spur} V F + \sum_{n=1}^{N-1} (N-n) \text{Spur} V F Q^n + \text{conj.}$$

なお, 佐藤⁹⁾ 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。その結果を Sato¹⁰⁾ が提唱した図に示した (Fig. 7)。本地域に分布する主な緑泥石—モンモリロナイト混合層鉱物は, 緑泥石とモンモリロナイト層の存在確率は $0.55 : 0.45$ から $0.60 : 0.40$ であり, 緑泥石—緑泥石とつながる確率は 0.18 から 0.33 で, モンモリロナイト—モンモリロナイトとつながる確率が 0 である。緑泥石—モンモリロナイト混合層鉱物の試料の示差熱分析曲線を Fig. 5 に, 化学分析値を Table 4 にそれぞれ示してある。

Fig. 6. X-ray powder diffraction patterns of the specimen No. 25 after various treatments. E.G.: treated with ethylene glycol; 300°C: heated at 300°C for 1hr; 500°C: heated at 500°C for 1hr; 700°C: heated at 700°C for 1hr.

Fig. 7. Results for some interstratified minerals. $P_{AA} = \alpha$, $P_{BB} = \beta$, $K = P_A/P_B$ and $\beta = K\alpha + (1-K)$, where A represents chlorite layer and B does montmorillonite layer. P_{AA} is the probability that A succeeds A, assuming that the first layer is A.

4.2.3 モンモリロナイト

モンモリロナイトは緑泥石，緑泥石—モンモリロナイト混合層鉱物の分布域の外側に分布しており，一般に変質岩の石基が暗緑色から黒色を呈するものに産する。鏡下では，石基および斑晶として含まれる有色鉱物の割れ目にそって，又は有色鉱物の結晶全体を交代している。色は青緑色又は淡褐色を呈する。一般にセリサイト，クリストバライトおよび石英と共生している。Fig. 8 にNo.39の水ヒした試料のX線回折パターンを示してある。未処理のものは $d(001)$ が $15.5 \text{ \AA}$ で，エチレンジリコール処理をしたものは $17.0 \text{ \AA}$ に

Fig. 8. X-ray powder diffraction patterns of the specimen No. 39 after various treatments. EG: treated with ethylene glycol; 300°C: heated at 300°C for 1hr; 500°C: heated at 500°C for 1hr; 700°C: heated at 700°C for 1hr.

膨潤し、700°Cの加熱処理で9.7Åに縮んだ。この試料の示差熱分析曲線を Fig. 5 に、化学分析値を Table 4 に示してある。

4.2.4 その他の変質鉱物

本地域に産出する変質鉱物は Table 1 に示したが、アクチノ閃石は角閃石安山岩中にみられ、主に有色鉱物や石基中に緑泥石その他の変質鉱物と伴ってみられる。おどう石は No. 4 の試料中にみられる。緑簾石は主に緑泥石、緑泥石—モンモリロナイト帯にみられる。鏡下で観察すると有色鉱物を交代した緑泥石、緑泥石—モンモリロナイト混合層鉱物に伴って存在し、石基中にもみられる。まれに斜長石中に存在するが、斜長石中に存在するものは有色鉱物を交代した緑簾石に比べて複屈折が小さく、 Fe^{3+} が少ないことを示している。本地域の中心部から周辺に向かうにしたがい緑簾石の結晶は細粒となる。炭酸塩鉱物は主に緑泥石—モンモリロナイト規則型混合層鉱物の分布地域にみられる。鏡下で観察すると有色鉱物や斜長石中にみられるほか石基中にも存在する。緑簾石、黄鉄鉱、石英とも共生している。セリサイトは本地域の周辺部に分布し、モンモリロナイトの分布域にはほぼ一致する。鏡下で観察すると石基中に長さ0.02mm前後で、 $X' =$ 淡褐色、 $Z' =$ 赤茶色の多色性を示す。一般にモンモリロナイト、クリストバライトと共生している。黄鉄鉱は主に緑泥石帯、緑泥石—モンモリロナイト混合層鉱物帯にみられ、白チタン石と共に本地域の広い範囲にみられる。珪酸塩鉱物として一般にクリストバライトと石英がみられ、クリストバライトは本地域の周辺部にみられ、中心部には広く石英が分布する。その他ゼオライトがみられるが詳細な鑑定は行っていない。

5. 原岩鉱物の変質の程度と粘土鉱物の関係

変質作用をうけた安山岩中に斑晶鉱物として存在する単斜輝石、斜方輝石および斜長石が他の変質鉱物に交代されている度合と、石基の脱ガラス化の度合が変質作用の程度と関係があることは考えられる。そこで、これらの斑晶鉱物が他の変質鉱物に交代されている度合を次のように3段階に分けた。すなわち、(1)、ほとんど完全に交代されていない。(2)、一部交代されている。(3)、完全に交代されている。また、石基については結晶化の度合によって次のように3段階に分けた。(4)、ほとんど結晶化していない。(5)、わずかに結晶化している。(6)、著しく結晶化している。以上のような鏡下観察による分類方法で得た結果と粘土鉱物の関係を Table 5 に示した。この表から、緑泥石帯では単斜輝石、斜方輝石のすべての結晶が完全に交代されているが、緑泥石—モンモリロナイト混合層鉱物帯では単斜輝石に比べて斜方輝石の方がより交代されていることがわかる。また、石基については緑泥石帯、緑泥石—モンモリロナイト帯ではかなり結晶化していることがわかる。結晶化の度合は緑泥石帯で著しく進んでおり、緑泥石—モンモリロナイト帯、モンモリロナイト帯にいくに従って結晶化の度合が小さくなっている。

Table 5. Decomposition of phenocrysts and devitrification of groundmass in the altered andesites

	chl zone	chl-mot zone	mot zone	
opx	(3)	(2)	(1)	(1)
cpx	(3)	(2)	(1)	(2)
pl	(2)	(2)	(1)	(3)
gm	(6)	(5)	(4)	(4)

chl: chlorite; chl-mot: mixed-layer mineral of chlorite-montmorillonite; mot: montmorillonite; opx: orthopyroxene; cpx: clinopyroxene; pl: plagioclase; gm: groundmass; (1): rarely decomposed; (2): partly decomposed; (3): completely decomposed; (4): rarely crystallized; (5): partly crystallized; (6): remarkably crystallized.

6. K/Rb, Ca/Sr 値

本地域に分布する変質安山岩について元素の移動を調べるためにアルカリ金属として K, Rb を, アルカリ土類金属として Ca, Sr を選び, K, Ca, Sr は原子吸光法により, Rb は蛍光 X 線を使用して分析した。分析試料は No. 1, 5, 20, 35 の 4 個の変質安山岩と, 本地域の南東部に分布する非変質安山岩 5 個である。その結果を Fig. 9 と Fig. 10 に示してある。Fig. 9 に示されたように, 非変質安山岩および変質安山岩は両者ともほぼ同じ Ca/Sr 値を示す。しかし, Fig. 10 に示されているように K/Rb 値は非変質

Fig. 9. Ca/Sr values for altered and unaltered andesites. **Fig. 10.** K/Rb values for the altered and unaltered andesites.

安山岩ではほぼ一定であるが、変質安山岩については周辺地域から中心部に向かうにしたがって増加していく。しかし、K/Rb 値の増加に伴いK、Rb の含有量は両者とも減少していく傾向を示す。

7. 考 察

布計鉱山地域に分布する変質岩中の粘土鉱物は、角閃石安山岩を含めその周辺に緑泥石、その周囲を取囲み緑泥石—モンモリロナイト混合層鉱物、さらにその外側にモンモリロナイトが分布する。こうした累帯配列の形成に関しては、安山岩中の斑晶鉱物の変質の度合、および石基中のガラスの結晶化の度合から考えて2つの成因が考えられる。一つは初生的に形成された場合。もう一つは、最初弱いプロピライト化作用でモンモリロナイトが本地域に生成し、その後の変質作用で緑泥石化作用を受け、中心部は緑泥石に変化し、その周辺は緑泥石にまでは変化せず緑泥石—モンモリロナイト混合層鉱物に変化し、さらに中心から離れたところではほとんど変化しなかったと考える場合である。どちらが正しいかは断定できない。また、アクチノ閃石が角閃石安山岩中にみられることより、本地域に生じたプロピライト化作用は角閃石安山岩の活動と成因的に関係があると考えられる。さらに緑泥石帯と緑泥石—モンモリロナイト混合層鉱物帯の境界や緑泥石—モンモリロナイト混合層鉱物帯とモンモリロナイト帯の境界は珪化帯や粘土化帯によって切られていることより珪化作用や粘土化作用はプロピライト化作用の後に生じたと推定される。また、更新世に噴出したと考えられる火山岩中に石英脈を伴った変質脈がみられることより、更新世までの活動は持続したものと考えられる。周辺地域にクリストバライト、中心地域に石英が分布することは、Mizutani¹¹⁾ の非晶質珪酸塩からクリストバライトを経て石英への変化の実験や、都築・水谷¹²⁾ の説明から考えて、原岩の石基中の非晶質珪酸塩の結晶化の過程で生じ、時間的な要因と温度勾配が大きく影響していると考えられる。変質安山岩中と非変質安山岩中の Ca/Sr 値が変化しなかったのは、単斜輝石や斜長石は緑簾石や方解石等に変化し、全岩中の Ca や Sr の含有量は変化しなかったためと考えられる。それに対して、主に石基中に存在する K や Rb は影響を受けやすかったと考えられる。K や Rb の含有量は Table 2 のセリサイトの分布と調和している。K/Rb、Ca/Sr 値の変化と熱水溶液との関係については今後の課題である。

謝 辞 金沢大学の杉浦精治教授には論文の原稿を読んでいただき、種々適切なご助言を賜わった。深く謝意を表します。緑泥石とモンモリロナイトの混合層鉱物のX線回折曲線の計算には、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。

文 献

- 1) 高島 清・物部長進 (1953) 地質調査所月報, **4**, 104.
- 2) 山本 敬 (1960) 九工大研報, **1**.
- 3) 宮久三千年・池田富男・吉川謙造・西元弘隆・大迫陽一 (1971) 鹿児島県下有望鉱床地域昭和45年度調査報告書.
- 4) 田口幸洋・渡辺 隆 (1973) 九大理專報 (地質), **11**, 242.
- 5) 松本徭夫・西村 進・田島俊彦 (1977) 長崎大教養紀要 (自然科学), **17**, 63.
- 6) Oinuma, K., Shimoda, S. and Sudo, T. (1972) Jour. Toyo Univ., General Education, **15**, 1.
- 7) Kakinoki, J. and Komura, Y. (1952) Jour. Phys. Soc. Japan, **7**, 30.
- 8) Kakinoki, J. and Komura, Y. (1954) Jour. Phys. Soc. Japan, **9**, 169.
- 9) 佐藤満雄 (1973) 粘土科学, **13**, 39.
- 10) Sato, M. (1965) Nature, **208**, 5005, 70.
- 11) Mizutani, S. (1966) Jour. Earth Sci. Nagoya Univ., **14**, 56.
- 12) 都築芳郎・水谷伸治郎 (1975) 鉱山地質, **25**, 359.

(1980. 11. 13 受理)