

## 長崎県五島鉱山の研究(I) 東谷鉱床\*

上 野 禎 一

福岡教育大学地学教室  
(1981年8月1日 受理)

### A Study on the Goto Mine, Nagasaki Prefecture (I) Higashidani Deposit

Teiichi UENO

*Department of Earth Sciences, Fukuoka University of Education*

#### Abstract

Ore minerals in the Goto mine were formed in the post-igneous action which was accompanied with the intrusion of granite porphyry into the sandstone and shale (Goto formations). In this study, Higashidani deposit, which is one of the ore deposits in mining now, has been investigated and the ore minerals have been studied by microscope, X-ray powder diffraction, DTA, and EPMA. Ore minerals of the Higashidani deposit are mainly composed of quartz and pyrophyllite, and often a pure monoclinic pyrophyllite exists. In the upper part of the ore body, some clay minerals have been found and they are identified to be illite-montmorillonite and chlorite-montmorillonite mixed layer minerals.

#### 1. 緒 言

長崎県五島列島中, 最大の福江島は, 耐火物用のろう石, ダイアスポアの主産地として知られており, 戦前は神津(1910, 1912, 1913, 1914)により地形, 地質について調査された。戦前はアルミニウム原料地として着目され, 海軍の管轄下で調査, 開発が行なわれ, 結果は渡辺(1944, 1953)によりまとめられている。戦後, 岩生ら(1953)が福江島のダイアスポア, ろう石鉱床の調査および付近の地質調査を行ない, 浜地(1953)は五島鉱山産鉱石の顕微鏡観察をしている。植田(1960)は五島列島の地質調査を行ない, 福江島については五島層群, 五島火山岩類, 五島花崗岩類の記載を行なっている。今回, 五島鉱山中, 東谷鉱床の調査をする機会を得, その鉱石鉱物を光学顕微鏡, X線回折, DTA, EPMAで調べてみたのでその結果を以下に報告する。

#### 2. 位 置, 交 通

五島列島は九州の西方海上に配列する群島で, 福江島, 中通島, 若松島, 奈留島, 久賀島などからなる。最大の島, 福江島は約25km四方の島で, 長崎港から船の連絡があり福江港まで直通で約4時間の距離にある。飛行機の連絡もあり, 長崎空港から約35分, 博多空港から約55分で行ける。

\* 本論は日本地質学会西日本支部第98回例会にて発表した。

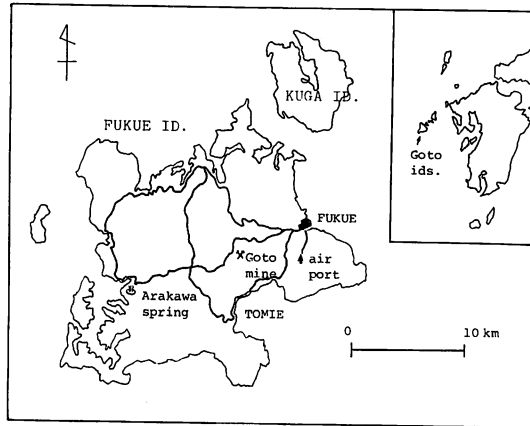


Fig. 1 Location of the Goto mine.

五島鉱山は福江島のほぼ中央に位置しており (Fig. 1), 福江市から荒川温泉行きのバスで約30分の距離にある。翁頭山 (429 m) の北西側の二里木場というところにあるが、バス停は雨通宿が一番近い。

### 3. 鉱山付近の地質

五島列島の地質を最初に報告したのは神津 (1913) であるが、近年、植田 (1960) により再検討が加えられた。それによると、福江島の地質は下部より、砂岩、頁岩、凝灰岩の互層からなる五島層群、輝石玢岩、流紋岩等からなる五島火山岩類、細粒花崗岩、花崗斑岩、石英斑岩からなる五島花崗岩類、玄武岩、そして洪積層、沖積層となる。

五島鉱山付近の地質は岩生ら (1953) により明らかにされているが、それによると鉱山付近は始新世\* と思われる砂岩、頁岩層 (いわゆる五島層群) が大部分を占め、これを貫いて花崗斑岩が、ドーム状、半ドーム状、または塊状岩体として存在している。五島鉱山は花崗斑岩の後火山作用の結果、花崗斑岩および砂岩頁岩層の一部を交代して生じた気成～熱水性の浅い交代鉱床であるといわれている。

### 4. 五島鉱山

五島鉱山は五島鉱山株式会社により戦前より稼行され、現在でも我国における有数のダイアスポア、ろう石の鉱床として重要な地位にある。1981年3月現在で出鉱量月産約1万1千tで、トラックで福江港まで運ばれ、そこから船便で北は北海道の虻田町、岩手県の釜石から、東京、名古屋、岡山、広島を経て、南は北九州市まで送られている。鉱石の7割は耐火レンガの原料として用いられ、残りは白色セメント、タイルの原料、また低品位のものは農業のキャリアーとして用いられている。

現在稼行されているのは東谷、西谷、横道の露天と備前山の坑内の4カ所である。東谷の東側と雷山の東側で毎年ボーリングがなされており、これら地域の稼行が期待されている。各鉱体のうち北側にあるものは、花崗斑岩が交代されてろう石化してできているもので、南

\* 植田 (1960)、清島 (1967, 1973) は五島層群の時代を、中新世初期～中期と推定している。

側にあるものは砂岩、頁岩が交代されてろう石化してできている様である。今回調査した東谷鉱床は、前者と後者の中間に位置する。

## 5. 東谷鉱床

東谷鉱床は、岩生ら(1953)が調査した当時は坑内掘りが主であったが、その後露天掘りにきりかえられて本格的稼行がなされ、ダイアスポアやクレー用ろう石を多量に供給してきた。近年、東谷の東側と南側で十数本のボーリング調査が行なわれ、ろう石の鉱体の存在が確認されたため、さらに東側と南側の稼行準備が現在行なわれつつある。

東谷鉱床の鉱体は、Fig. 2(鉱山側の資料をもとに作製)にみられる様に、花崗斑岩中に胚胎しており岩生ら(1953)のいう「水車跡型」の鉱体である。しかしながら、現在稼行されている鉱体の東側および南側には、砂岩、頁岩が広く分布しており、しかもこれらはいずれもろう石化作用を受けているため、今後の稼行の対象が「横道型」の鉱体になっていく可能性が強い。

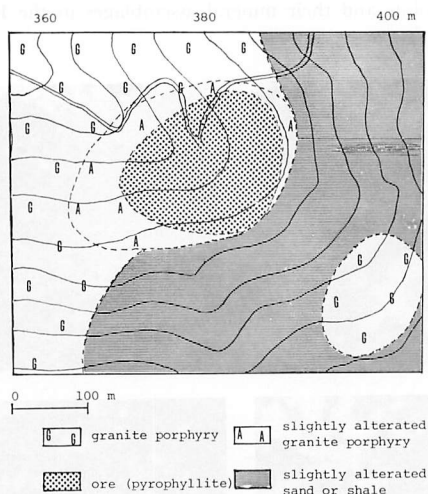


Fig. 2 Generalized geological map of the Higashidani deposit in the Goto mine.

## 6. 東谷鉱床上部の鉱石鉱物

今回、鉱体の上部を中心にサンプリングを行なってみたが、試料の採取地点と、X線粉末法により同定された鉱物組合せをFig. 3に示してみた。上部鉱体全体は褐色～灰白色を呈しており、おおむね石英とパイロフィライトの組合せからなっている。しばしば、灰白色、白色、緑色の粘土層が鉱体中に存在しているが、それらはX線粉末法の結果、イライト-モンモリロナイト、クロライト-モンモリロナイト混合層鉱物、パイロフィライトであることがわかった。また多くの暗灰色の石英細脈が鉱体を切っている。部分的に黄玉を含むところがあり、ろう石化作用に先立って黄玉化作用が行なわれた可能性がある。

この鉱体の母岩は花崗斑岩であるが、その顕微鏡写真をFig. 4Aに示す。この花崗斑岩は浜地(1953)により示された様に、最大径5mmにおよぶ石英、斜長石、クロライトの斑晶と、径0.02~0.05mmの石英の石基部分からなっている。又小さい石英粒の間をパイロフィ

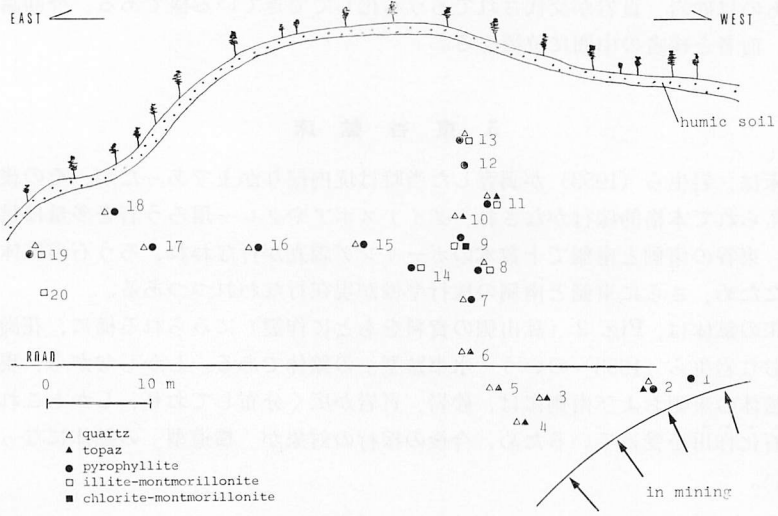


Fig. 3 The sampling points and their mineral assemblages in the Higashidani deposit.

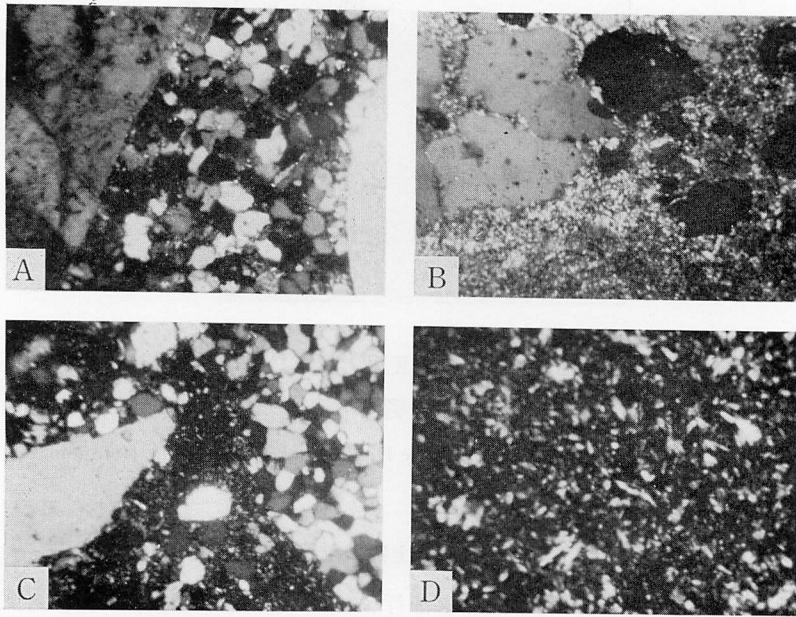


Fig. 4 Microphotographs (in crossed nicols) of granite porphyry (A), quartz + pyrophyllite (B), quartz + topaz (C), and topaz (D). Length of scale bar is 0.1 mm.

ライトが充填しており、赤鉄鉱と思われる不透明鉱物も少量存在している。

以下に、X線粉末法で確認した個々の鉱物について詳述してみる。

### 6-1. パイロフィライト

上部鉱体の鉱石は、ほとんど石英とパイロフィライトからなっている。石英の含有量が多

い部分は硬く白色～褐色を呈している。鉱山側の分類によるとパイロフィライトの多いものはルツボ、少ないものはクレー用ろう石と呼ばれている。Fig 4B にクレー用ろう石の顕微鏡写真を示す。径 0.5 mm～0.02 mm 程の石英粒の間をパイロフィライトが充填しており、ダイアスポア、TiO<sub>2</sub> 鉱物も少量存在している。鏡下の組織から、母岩の花崗斑岩中の斜長石、クロライトが熱水変質作用を受けてパイロフィライトに変化したと推察される。

Brindley & Wardle (1970) は、Iwao (1969) のデータを基に、五島鉱山産のパイロフィライトが、単斜晶系相80%、三斜晶系相20%の混合物であることを記載している。今回、東谷鉱床上部で採取した各試料中のパイロフィライトの粉末図形を検討してみたところ、単斜晶の占める割合が90%以上であり、又しばしば100%の単斜晶からなるものもあった。その単斜晶系パイロフィライトを800°Cで1時間加熱後、X線粉末図形をとったところ、Brindley & Wardle (1970) により示された長野県穂波鉱山産パイロフィライトの場合と同様な結果を得た。

Fig. 5 (a) は、このパイロフィライトの示差熱分析曲線と加熱減量曲線を示している。これによると630°C付近に幅広い吸熱ピークがみられるが、これはOHの脱水によるものと思われる。又脱水に伴う重量の減少がみられる。これらの曲線は昇温率10°C/minで得られている。

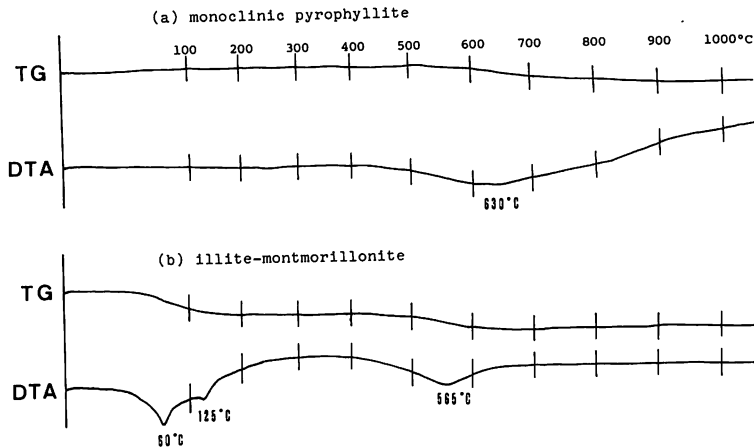


Fig. 5 Differential thermal analysis curves.

(a) monoclinic pyrophyllite, no-81031801G

(b) illite-montmorillonite, no-81031906

五島鉱山産パイロフィライトの化学組成に検討を加えるために、EPMAによる化学分析を行なってみた。使用した装置は日本電子社製のJXA-50Aで、加速電圧15kV、試料電流 $2 \times 10^{-8}$  A (MgO上)の条件で分光結晶にRAP, LiF, PETを用いて分析を行なった。用いた標準試料は、SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, MnO (以上、九州大学広渡教授よりの提供), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaSiO<sub>3</sub> (以上、東北大学菅木教授よりの提供), KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, (以上、東京大学中村助教授よりの提供)の9種類である。補正計算はBence & Albee (1968)法を用い、H<sub>2</sub>O補正は陽佐・都築 (1976)の方法を用いた。Table 1に分析値を示し、Kodama (1958)の穂波鉱山産パイロフィライトの湿式分析による分析値と比較してみた。主成分ではSiが多くAlが少ない。副成分ではMg, Caが少なくNa, Kが多い。Al<sup>3+</sup>(Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>)⇌

Table 1 Comparison of chemical compositions between pyrophyllite from the Honami mine and pyrophyllite from the Goto mine.

	1		2
SiO <sub>2</sub>	63.57	SiO <sub>2</sub>	67.52
TiO <sub>2</sub>	0.04	TiO <sub>2</sub>	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29.25	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28.34
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.10		
FeO	0.12	FeO	0.12
MnO	0.00	MnO	0.00
MgO	0.37	MgO	0.06
CaO	0.38	CaO	0.07
Na <sub>2</sub> O	0.02	Na <sub>2</sub> O	0.06
K <sub>2</sub> O	tr.	K <sub>2</sub> O	0.04
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	tr.		
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	5.66	H <sub>2</sub> O	3.79
H <sub>3</sub> O <sup>-</sup>	0.66		
Total	100.17	Total	100.00
Numbers of ions		0=24	
Si	7.764	}	8.00
Al	0.236		
Al	3.976	Si	8.113
Ti	—	Al	4.013
Fe <sup>+3</sup>	0.009	}	4.07
Fe <sup>+2</sup>	0.012		
Mg	0.068	Fe	0.011
Ca	0.040	Mg	0.010
Na	—	Ca	0.009
K	—	Na	0.013
(OH)	4.000	K	0.005

1: from the Honami mine, chemical analysis, Kodama (1958)

2: from the Goto mine, EPMA analysis, this study

Table 2 EPMA analyses of monoclinic pyrophyllite anhydride from the Higashidani deposit.

	1	2	Average
SiO <sub>2</sub>	69.27	69.61	69.44
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29.32	29.57	29.45
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00
FeO	0.05	0.10	0.08
MnO	0.00	0.00	0.00
MgO	0.06	0.04	0.05
CaO	0.03	0.04	0.04
Na <sub>2</sub> O	0.08	0.15	0.12
K <sub>2</sub> O	0.01	0.01	0.01
Total	98.81	99.53	99.19
Numbers of ions			
Al=4			
Si	8.019	7.989	8.004
Fe	0.004	0.009	0.007
Mg	0.009	0.006	0.008
Ca	0.003	0.005	0.004
Na	0.018	0.033	0.026
K	0.001	0.001	0.001
O	22.066	22.017	22.042

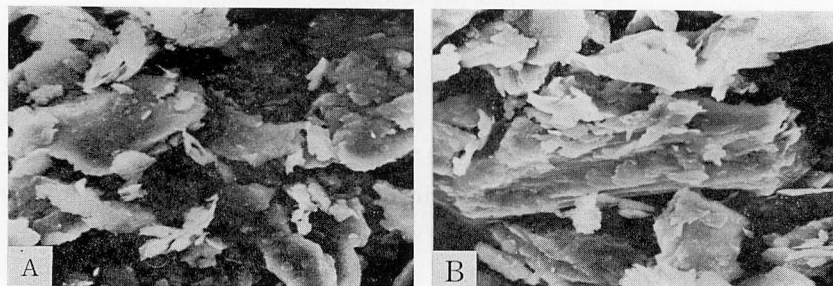


Fig. 6 Scanning electron micrographs for monoclinic pyrophyllite (A) and illite-montmorillonite mixed layer mineral (B). Length of scale bar is 10  $\mu$ m.

Si<sup>4+</sup>(K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>) の置換形式も考えられるが, Na<sup>+</sup> と K<sup>+</sup> は層間陽イオンとして存在している可能性が高い。Fig 6A は, この分析した単斜晶パイロフィライトの走査型電顕写真である。10 μm 程度の大きさの鱗片状の結晶からなっている。Table 2 は, 加熱処理により脱 OH されたパイロフィライトの EPMA 分析値を示す。主成分のイオン数から加熱により, Al<sub>4</sub>Si<sub>8</sub>O<sub>20</sub>(OH)<sub>4</sub>→Al<sub>4</sub>Si<sub>8</sub>O<sub>22</sub>+2H<sub>2</sub>O の脱水反応が起こったことは明らかである。この分析値にも表われている様に, 五島鉱山産パイロフィライトは, 比較的 Na に富む様である。

## 6-2. 黄 玉

黄玉を含む鉱石は白色を呈しており, 石英の比較的大きな粒子 (径 0.5~0.02 mm) の間を充填している場合 (Fig. 4C) とほとんど黄玉からなる場合 (Fig. 4D) の二種類がある。Table 3 にこの黄玉の X 線粉末データを ASTM カードのデータと比較して示してみた。最強ピークと二番目に強いピークの強度が逆転していることを除いてはよく一致している。最小二乗法で格子定数を求めたところ, a 軸が 4.666 Å, b 軸が 8.809 Å, c 軸が 8.389 Å となり, ASTM カードのデータと比較して a 軸がやや大きい。

Watanabe (1953) は, 五島鉱山のパイロフィライト-ダイアスポア鉱床は AlF<sub>3</sub> を含むマグマのエマネーションにより形成されたと述べているが, 今回見出しされた黄玉は, それにより形成されたものであることは充分考えられる。

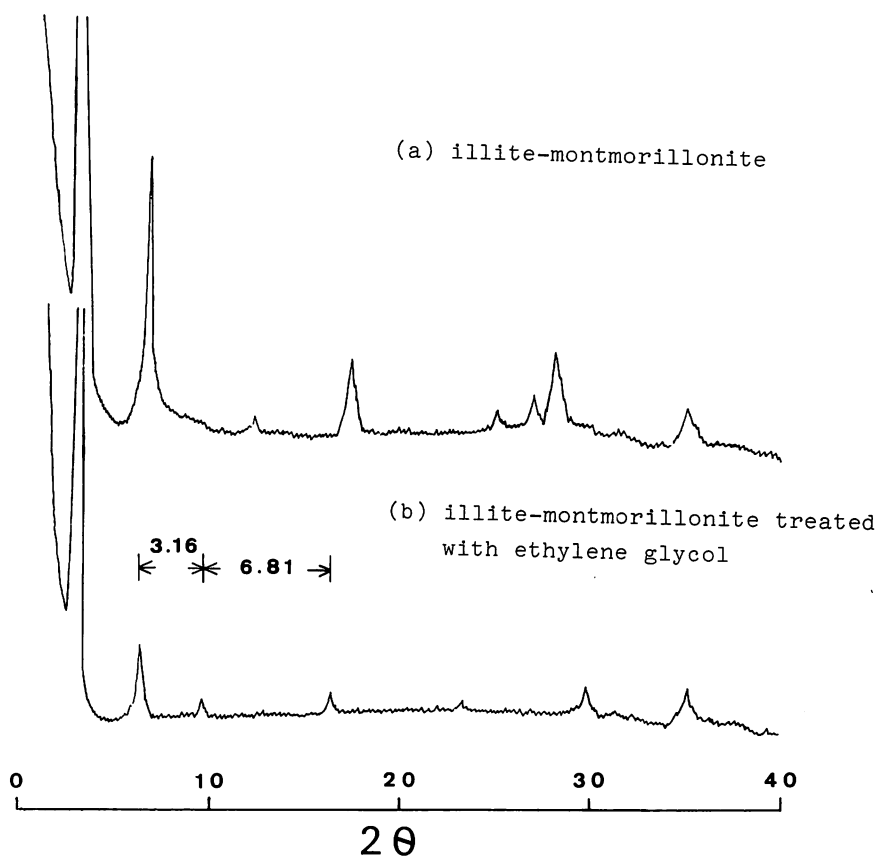
Table 4 Basal spacings of the illite-montmorillonite and chlorite-montmorillonite mixed layer minerals.

1			2		3			4	
hkl	I/I <sub>0</sub>	d <sub>obs</sub> (Å)	I/I <sub>0</sub>	d <sub>obs</sub> (Å)	hkl	I/I <sub>0</sub>	d <sub>obs</sub> (Å)	I/I <sub>0</sub>	d <sub>obs</sub> (Å)
001	100	25.8	100	27.5	001	33	30.3	17	32.1
002	60	12.6	75	13.4	002	100	14.7	100	15.5
005	50	5.02	50	5.15	004	17	7.25		
					006	33	4.96		

- 1: illite-montmorillonite mixed layer mineral
- 2: treated with ethylene glycol, the same sample as 1
- 3: chlorite-montmorillonite mixed layer mineral
- 4: treated with ethylene glycol, the same sample as 3

## 6-3. イライト-モンモリロナイトおよびクロライト-モンモリロナイト混合層鉱物

東谷鉱床上部において, しばしば白色~白黄色の薄い粘土層 (幅 10 cm 程) がみられるがそれらを採取して水処理をした後, X 線粉末データをとったところ, イライト-モンモリロナイト, クロライト-モンモリロナイト混合層鉱物, パイロフィライト等からなることがわかった。Fig. 7 (a) にイライト-モンモリロナイト混合層鉱物のみからなる試料の X 線粉末図形を示す。Sudo et al. (1962) および Brindley & Sandalaki (1963) により五島鉱山産の雲母-スメクタイト規則混合層鉱物の報告があるが, それらと類質のものと思われる。これにエチレングリコール処理を施してみると, Fig 7 (b) に示す様に底面反射の低角度側への移動がみられる。渡辺 (1981) の方法を用いて低角側の 3 本の回折線の位置関係 ( $2\theta_1 = 3.16$ ,  $2\theta_2 = 6.81$ ) から, イライト層約 55%, モンモリロナイト層約 45% の規則混合層鉱物であることがわかった。Fig. 5 (b) はこの試料の示差熱分析曲線および加熱減量曲線を示している。層間水の脱水に伴う吸熱ピークが 60°C と 125°C にみられ, 脱 OH によるやや幅広い吸熱ピークが 565°C 付近にみられる。Shimoda & Sudo (1960) の米子鉱山産 26 Å 粘



diffraction conditions:  $\text{CuK}\alpha$ , 30 Kv, 20 mA, with Ni-filter

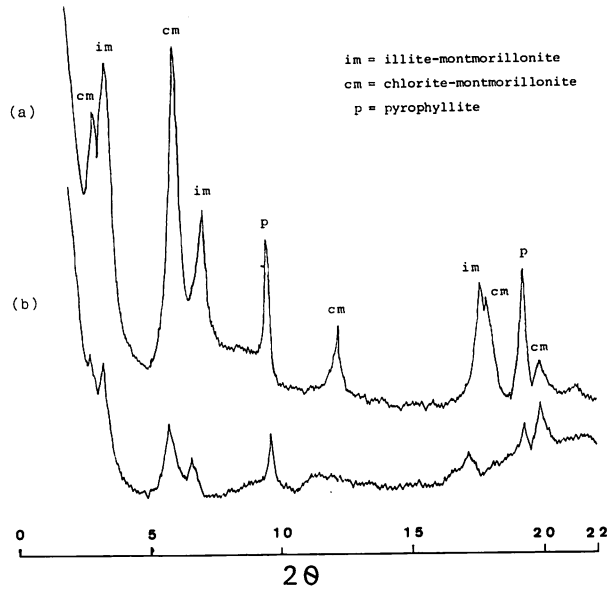
Fig. 7 X-ray diffraction patterns for illite-montmorillonite mixed layer mineral.

土鉱物の DTA 曲線と類似しているが、それに比べると  $60^\circ\text{C}$  の吸熱ピークが大きく、 $565^\circ\text{C}$  の吸熱ピークが小さくでている。又 Brindley & Sandalaki (1963) の五島鉱山産超格子雲母様鉱物の示差熱分析曲線に比べると形は似ているが、吸熱の位置が低温側に存在している。脱 OH による吸熱ピークは彼らの試料では 2 つに分離しているが、 $620^\circ\text{C}$  付近に大きくでているが、この試料では単一の幅広いピークとなって現われている。層間陽イオンおよび含水量の違いによる相違であると思われる。低温部に 2 つの吸熱ピーク、高温部に 1 つの吸熱ピークがみられるこの図形は、下田ら (1969) の示した福島県高玉鉱山産のイライト-モンモリロナイト混合層鉱物タイプに含まれる。

Fig. 6 (B) は、このイライト-モンモリロナイト混合層鉱物の走査型電顕写真である。中央の  $30\ \mu\text{m}$  程の大きさの結晶において層状構造をしているのがよくわかる。

Fig. 8 (a) はイライト-モンモリロナイト、クロライト-モンモリロナイト、パイロフィライトからなる混合物の X 線粉末図形である。エチレングリコール処理により前二者の混合層鉱物のピークが移動しているのがわかる (Fig. 8 (b))。底面反射のみをまとめて示すと、Table 4 の様になる。イライト-モンモリロナイトでは、 $25.8, 12.6, 5.02\ \text{\AA}$  の反射が、それぞれ  $27.5, 13.4, 5.15\ \text{\AA}$  に移動しており、クロライト-モンモリロナイトでは、 $30.3, 14.7\ \text{\AA}$  の反射が、それぞれ  $32.1, 15.5\ \text{\AA}$  に移動している。このクロライト-モンモリロナイト混合層鉱





diffraction conditions: CuK $\alpha$ , 30 Kv, 20 mA, with Ni-filter

**Fig. 8** X-ray diffraction patterns for illite-montmorillonite and chlorite-montmorillonite mixed layer minerals (a), and for patterns for the same sample treated with ethylene glycol (b).

物は、その X 線粉末図形からは、金原・永田 (1974) の示した di-trioctahedral 型クロライトとモンモリロナイトとの 1 : 1 規則型混合層鉱物 (tosudite) と類似のものと思われる。

## 7. ま と め

五島鉱山は、五島列島に広く分布する五島層群とそれにドーム状に貫入している花崗斑岩岩体の境界部に発達したろう石、ダイアスポアの鉱山である。開発は戦前より行なわれているが、現在、東谷、西谷、横道、備前山の 4 つの鉱体で稼行が行なわれている。今回は東谷鉱床上部を調査し、その鉱石鉱物を X 線粉末回折、示差熱分析、光学顕微鏡、EPMA を用いて調べてみた。

それによると、東谷鉱床上部は主に石英とパイロフィライトからなる、いわゆるクレー用ろう石帯であるが、他に黄玉、イライト-モンモリロナイト、クロライト-モンモリロナイト混合層鉱物、セリサイト、ダイアスポア、TiO<sub>2</sub> 鉱物がみられた。パイロフィライトは単斜晶が90%以上で、しばしば純粹の単斜晶パイロフィライトが存在している。イライト-モンモリロナイト混合層鉱物は、エチレングリコール処理した X 線粉末図形より、渡辺 (1981) の方法を用いてイライト層が約55%のものであることがわかった。部分的にはあるが、黄玉がみられたことからろう石化作用に先だて、花崗斑岩の貫入時に揮発成分によるエマネーションが行なわれた可能性が強い。その後酸性の熱水溶液により変質作用が行なわれ、パイロフィライト、イライト-モンモリロナイト、クロライト-モンモリロナイト混合層鉱物が形成されたと思われる。

Table 3 X-ray powder diffraction data of topaz from the Higashidani deposit in the Goto mine.

hkl	1		2		
	I/I <sub>0</sub>	d (Å)	I/I <sub>0</sub>	d <sub>obs</sub> (Å)	d <sub>calc</sub> (Å)
020	6	4.40	3	4.43	4.40
022	4	4.19			
110	12	4.11	13	4.13	4.12
021	6	3.90			
111	60	3.69	65	3.703	3.701
120	65	3.20	100	3.209	3.203
022	35	3.04	23	3.048	3.037
121	25	2.986	15	3.000	2.992
112	100	2.937	70	2.940	2.940
130	20	2.4804	19	2.487	2.485
103	10	2.3966	13	2.384	2.383
131	25	2.3783			
023	45	2.3609	21	2.362	2.361
200	8	2.3247			
113	10	2.3130	4	2.315	2.314
210	6	2.2470	4	2.254	2.255
040	10	2.1989	7	2.206	2.202
211	12	2.1711	12	2.175	2.178
041	8	2.1269	2	2.132	2.130
123	45	2.1049	29	2.108	2.106
220	25	2.0555	30	2.060	2.062
140	8	1.9872			1.9915
212	10	1.9816	5	1.9918	1.9863
042	4	1.9470	3	1.9430	1.9498
141	6	1.9340			
114	25	1.8691	11	1.8715	1.8693
133	25	1.8553	13	1.8589	1.8575
230	12	1.8212	10	1.8258	1.8266
142	8	1.7969	2	1.8005	1.7990
231	6	1.7796	3	1.7841	1.7848
232	25	1.6706	18	1.6757	1.6747
	a=4.649 Å			a=4.666 Å	
	b=8.792 Å			b=8.809 Å	
	c=8.394 Å			c=8.389 Å	

1: data from the ASTM (12-765)

2: this study, no-80112504

## 謝 辞

本研究を行なうに際して適切な御教示と議論を頂いた本学の鞭政共教授に感謝致します。調査にあたり数多くの便宜をはかって下さいました久保山魏所長はじめ五島鉦山の方々に深く御礼申し上げます。

## 引用文献

- Bence, A. E. and Albee, A. L. (1968): Empirical correction factors for the electron microanalysis of silicates and oxides. *Jour. Geol.*, v. 76, 382-403.
- Brindley, G. W. and Sandalaki, Z. (1963): Structure, composition and genesis of some long-spacing, mica-like minerals. *Am. Min.*, v. 48, 138-149.

- and Wardle, R. (1970): Monoclinic and triclinic forms of pyrophyllite and pyrophyllite anhydride. *Am. Min.*, v. 55, 1259-1272.
- 浜地忠男 (1953): 長崎県福江島五島鉱山産蠟石の顕微鏡的観察。地調月報, 4巻, 2号, 23-30.
- Iwao, S. (1969) (Ed): *The Clays of Japan*. Geological Survey of Japan, 209 p.
- 岩生周一, 浜地忠男, 山田正春, 井上秀雄 (1953): 長崎県五島福江島のダイアスポアおよび蠟石鉱床調査報告。地調月報, 4巻, 2号, 7-23.
- 金原啓司, 永田 洋 (1974): 秋田県大館市南方二井田鉱化帯の試錐コア中の粘土鉱物——特に sudoite と tosudite の鉱物学的性質について——。岩鉱, 69巻, 239-254.
- 清島信之 (1967): 長崎県五島列島中・南部地区放射能強度調査報告。地調月報, 18巻, 3号, 65-72.
- (1973): 長崎県五島列島岐宿町の粘土鉱床について。地調月報, 24巻, 2号, 1-19.
- Kodama, H. (1958): Mineralogical study of some pyrophyllites in Japan. *Min. Jour. Japan*, v.2, 236-244.
- 神津叔祐 (1910): 五島列島地形及地質の一瞥。地学雑, 22巻, 739-744.
- (1912): 五島列島福江岩。地質雑, 19巻, 462-473.
- (1913): 二十万分之一福江図幅並びに同説明書。
- (1914): 五島の地形と地質。地学雑, 26巻, 458-468.
- 下田 右, 生沼 郁, 根岸敏雄 (1969): イライトとモンモリロナイトの混合層鉱物。地質雑, 75巻, 591-599.
- Shimoda, S. and Sudo, T. (1960): An interstratified mixture of mica clay minerals. *Am. Min.*, v. 45, 1069-1077.
- Sudo, T., Hayashi, H., and Shimoda, S. (1962): Mineralogical problems of intermediate clay minerals. *Clays and clay minerals, Ninth National Conference*, 378-392.
- 植田芳郎 (1960): 五島層群の研究。九大理研報 (地質), 5巻, 2号, 51-61.
- 渡辺万次郎 (1944): 長崎県五島の蠟石鉱床。窯業原料, 第3集。
- Watanabe, M. (1953): On the diaspore pyrophyllite deposits of Fukue island, Nagasaki Prefecture. *Sci. Rept. Tohoku Univ.* III, 4, 171-183.
- 渡辺 隆 (1981): イライト/モンモリロナイト混合層鉱物の混合層構造の判定。鉱物学雑, 15巻, 特別号, 32-41.
- 湯佐泰久, 都築芳郎 (1976): EPMA 分析における含水鉱物中の H<sub>2</sub>O の取扱い。鉱物学雑, 12巻, 特別号, 99-107.