

鹿児島県指宿市池田湖北方地域の変質鉱物

著者	萬福 真美, 碇山 祐司, 富田 克利, 河野 元治
雑誌名	鹿児島大学理学部紀要. 地学・生物学
巻	29
ページ	51-70
別言語のタイトル	Alteration Minerals Distributed in the Area, North of Lake Ikeda, Ibusuki City, Kagoshima Prefecture
URL	http://hdl.handle.net/10232/00009997

鹿児島県指宿市池田湖北方地域の変質鉱物

萬福真美¹⁾・碓山祐司¹⁾・富田克利¹⁾・河野元治²⁾

(1996年9月10日受理)

Alteration Minerals Distributed in the Area, North of Lake Ikeda,
Ibusuki City, Kagoshima Prefecture

Mami MANPUKU¹⁾, Yuji IKARIYAMA¹⁾, Katsutoshi TOMITA¹⁾
and Motoharu KAWANO²⁾

Abstract

The surveyed area which is located in the northwestern part of Ibusuki City is underlain by various rock units of the Upper Nansatsu Group which consists of Miocene pyroclastic materials and lava flows of hornblende-pyroxene andesite. These rocks are widely distributed around the Ibusuki Skyline and much of them have suffered hydrothermal alteration.

Identification of alteration minerals in the area was conducted by means of X-ray diffractometry, differential thermal analysis, infrared absorption analysis and scanning electron microscopy. Alteration clay minerals such as kaolinite, 10 Å-halloysite, chlorite, vermiculite, 7 Å-halloysite, smectite, mica and some interstratified minerals (chlorite/smectite, chlorite/vermiculite, mica/smectite) were observed in the samples while non-clay mineral constituents include cristobalite, tridymite, gypsum, zeolite and boehmite. The complexity in the distribution of these minerals indicates that hydrothermal alteration has repeatedly occurred in the surveyed area.

Key words: Hydrothermal alteration, Alteration clay minerals, Interstratified minerals

¹⁾ 鹿児島大学理学部地学教室 〒890 鹿児島市郡元1丁目21-35
Institute of Earth Sciences, Faculty of Science, Kagoshima University, 1-21-35 Korimoto,
Kagoshima 890, Japan

²⁾ 鹿児島大学農学部生物環境学教室 〒890 鹿児島市郡元1丁目21-24
Department of Environmental Sciences and Technology, Faculty of Agriculture,
Kagoshima University, 1-21-24 Korimoto, Kagoshima 890, Japan

I. はじめに

鹿児島県指宿市北西部に位置する池田湖は、約5000年前に火砕流を伴う噴火によって形成されたカルデラ湖である。池田湖北方の地域内には火山岩及び火山砕屑岩が分布し、熱水による変質作用を激しく受け様々な変質鉱物を生じている。今回、X線回折分析、示差熱分析、赤外線吸収分析および走査型電子顕微鏡観察を行い、池田湖北方地域の変質鉱物の分布と性質について調べたので報告する。

II. 地質概説

本調査地域は、鹿児島県薩摩半島南部に位置し、Matumoto (1943) による阿多カルデラの陥没によって生じた鬼門平断層崖の北方に位置する。通商産業省 (1985) によって区分された南薩層群上部層 (新第三紀中新世) が基盤をなし、これらは主に両輝石安山岩、同質火山砕屑岩からなり、局地的に凝灰質シルト岩を挟む。この火山岩相を不整合に覆うのが更新世後期に指宿市北東の現在の鹿児島湾から噴出したとされる阿多火砕流堆積物である。さらに、この上位を入戸火砕流堆積物、鬼界カルデラ噴出物、池田カルデラ噴出物、開聞岳火山噴出物がそれぞれ不整合に覆う。本地域の地質図を Fig. 1 に示す。

III. 試料および実験方法

分析用試料として調査地域内の南薩層群上部層を中心に113地点から128個を採取した。試料は、風化による影響を減らすため露頭の表面部は避けて採取した。試料採取の位置と試料番号を Fig 2, 3, 4 および 5 に示す。採取した試料について、原土および分離採取した 2mm 以下の粒子について X 線粉末回折 (XRD) 分析、示差熱分析 (DTA)、赤外線吸収 (IR) 分析、走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察を行った。XRD 分析は理学電機製ガイガーフレックスを用い、3 kV, 15mA の測定条件で行った。DTA は理学電機製サーモフレックスを用い、毎分10℃の昇温速度で1050℃まで加熱測定した。IR 分析は、日本分光赤外分光光度計 (A-302) を用い、KBr 錠剤法で5040~330cm⁻¹の範囲を測定した。SEM 観察は、JOEL JSM-25S II を用い、加速電圧 25 kV で観察を行った。

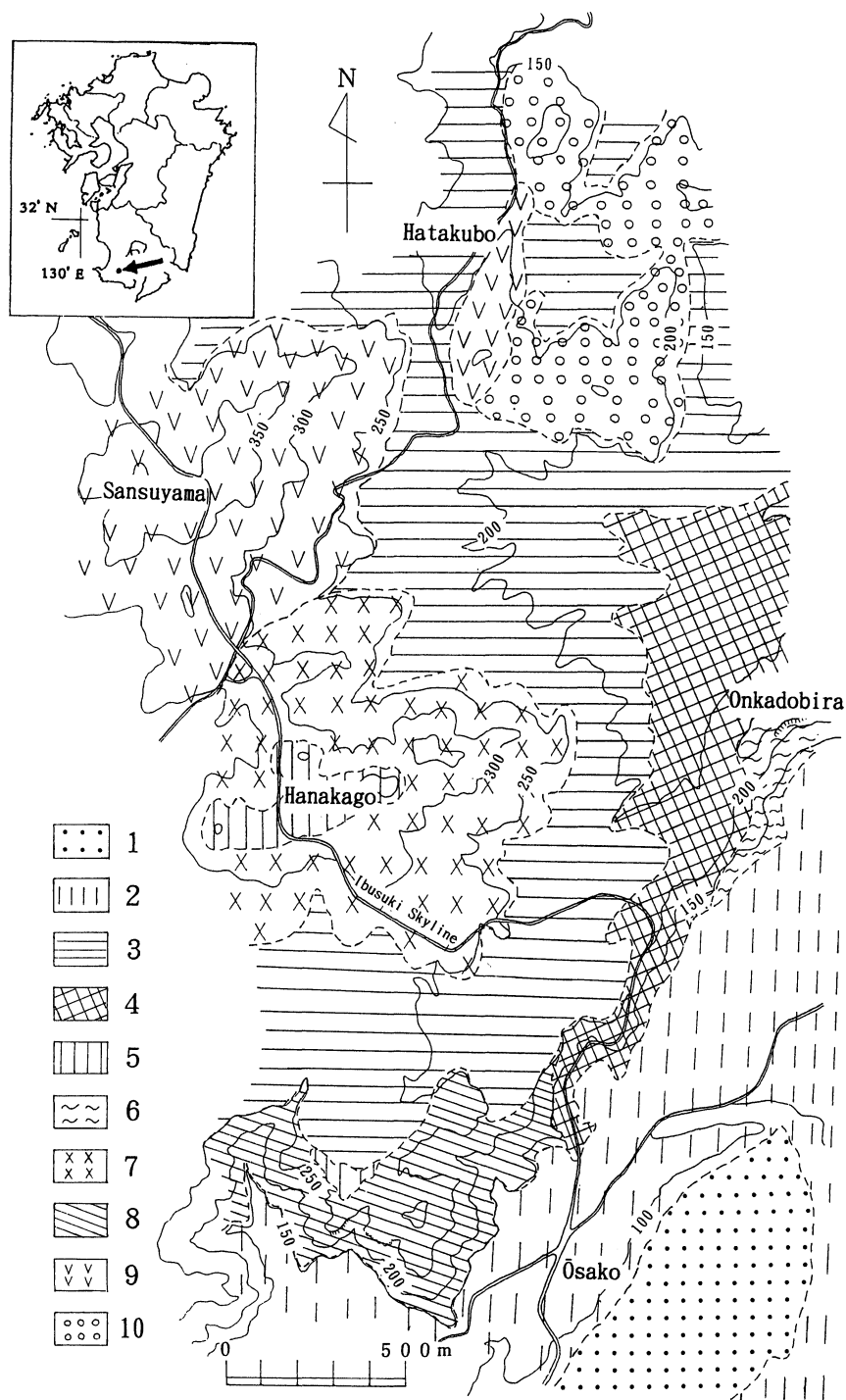


Fig. 1 Geological map of the surveyed area.

1: Alluvium, 2: Tephra from Ikeda cardera, 3: Ito pyroclastic flow deposit, 4: Ata pyroclastic flow deposit, 5: Two pyroxene andesitic lapilli tuff C, 6: Two pyroxene andesite B, 7: Two pyroxene andesite A, 8: Two pyroxene andesitic lapilli tuff B, 9: Hornblende pyroxene andesite, 10: Two pyroxene andesitic lapilli tuff A.

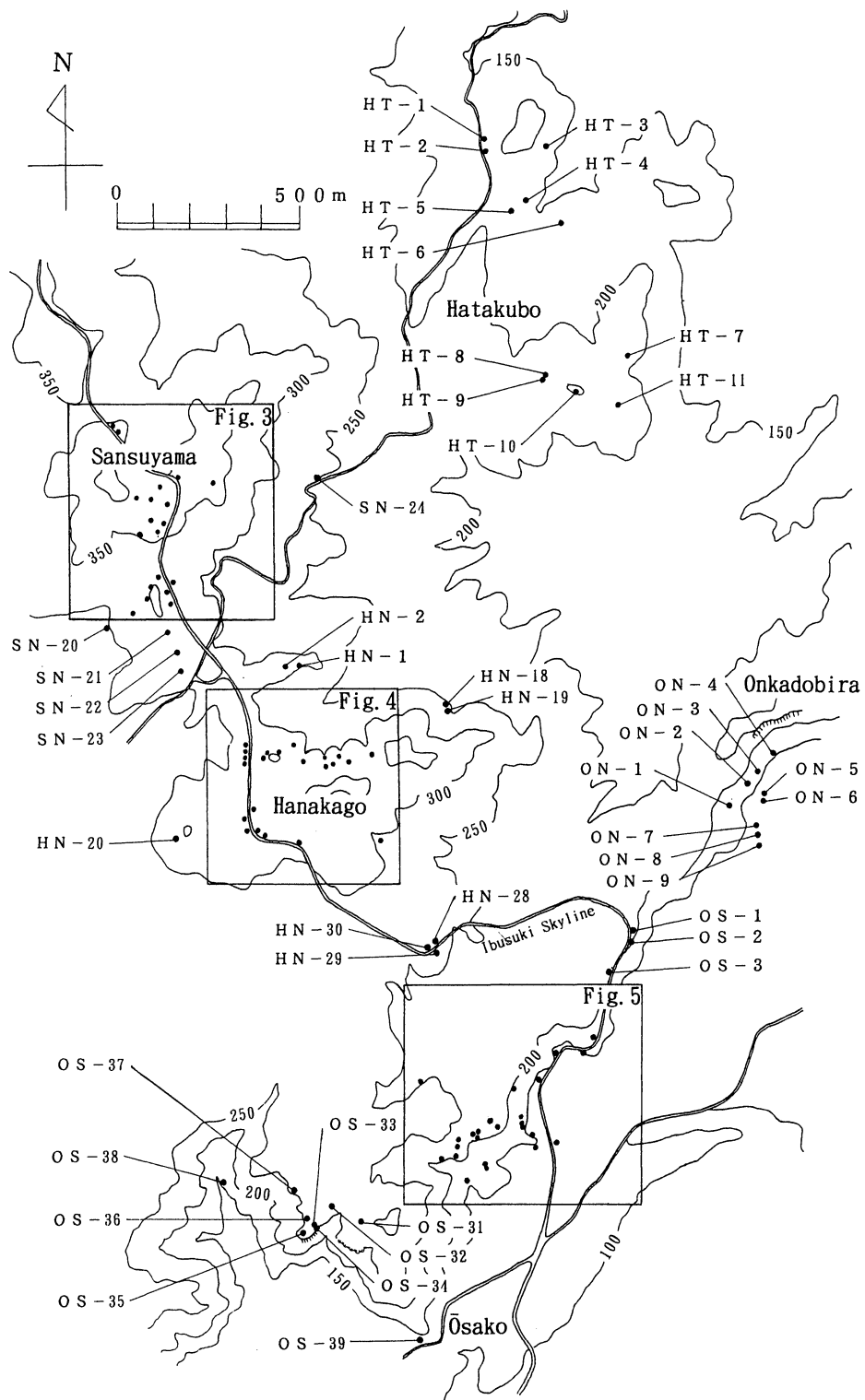


Fig. 2 Distribution map of the sampling points.

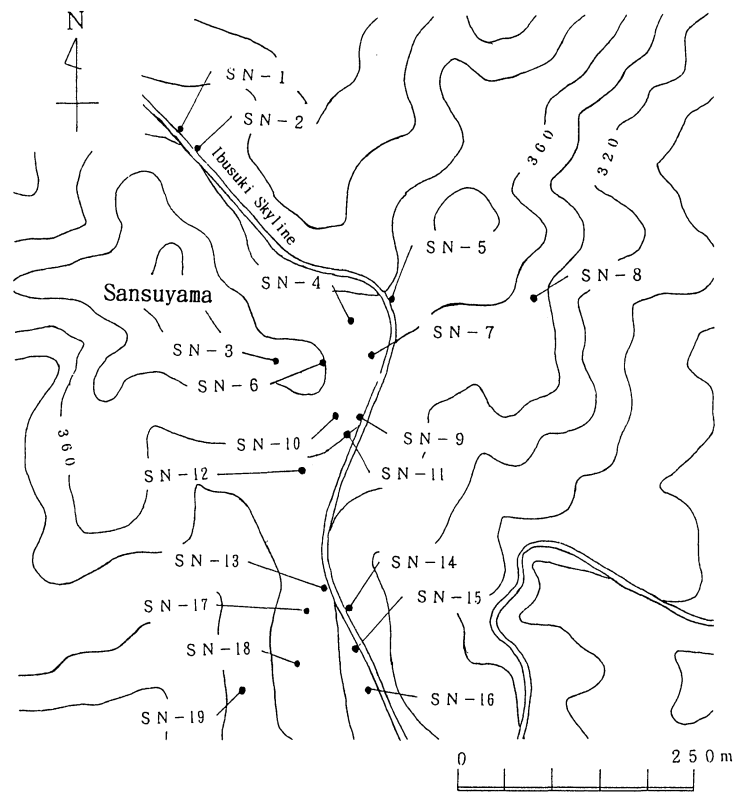


Fig. 3 Distribution map of the sampling points.

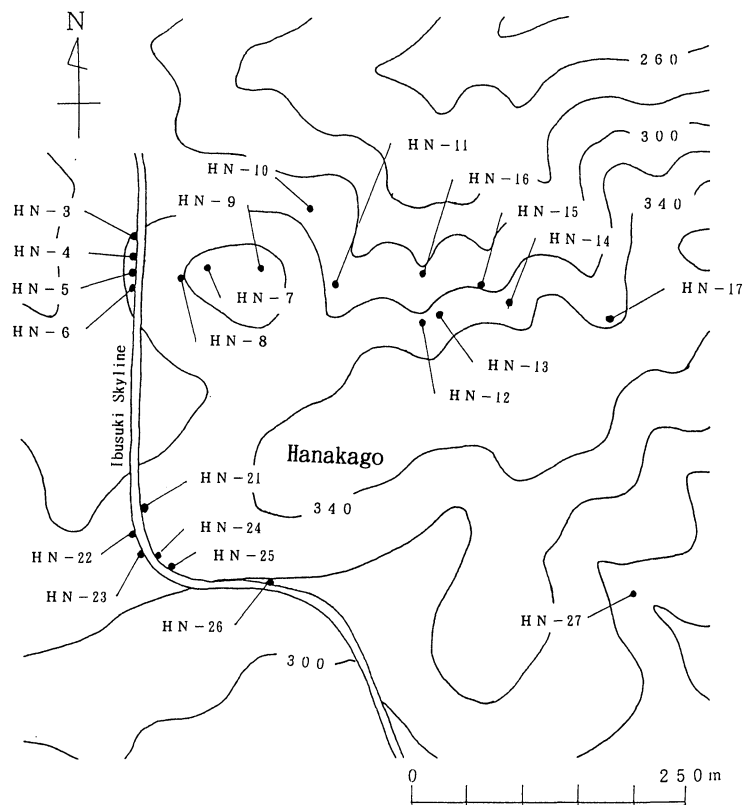


Fig. 4 Distribution map of the sampling points.

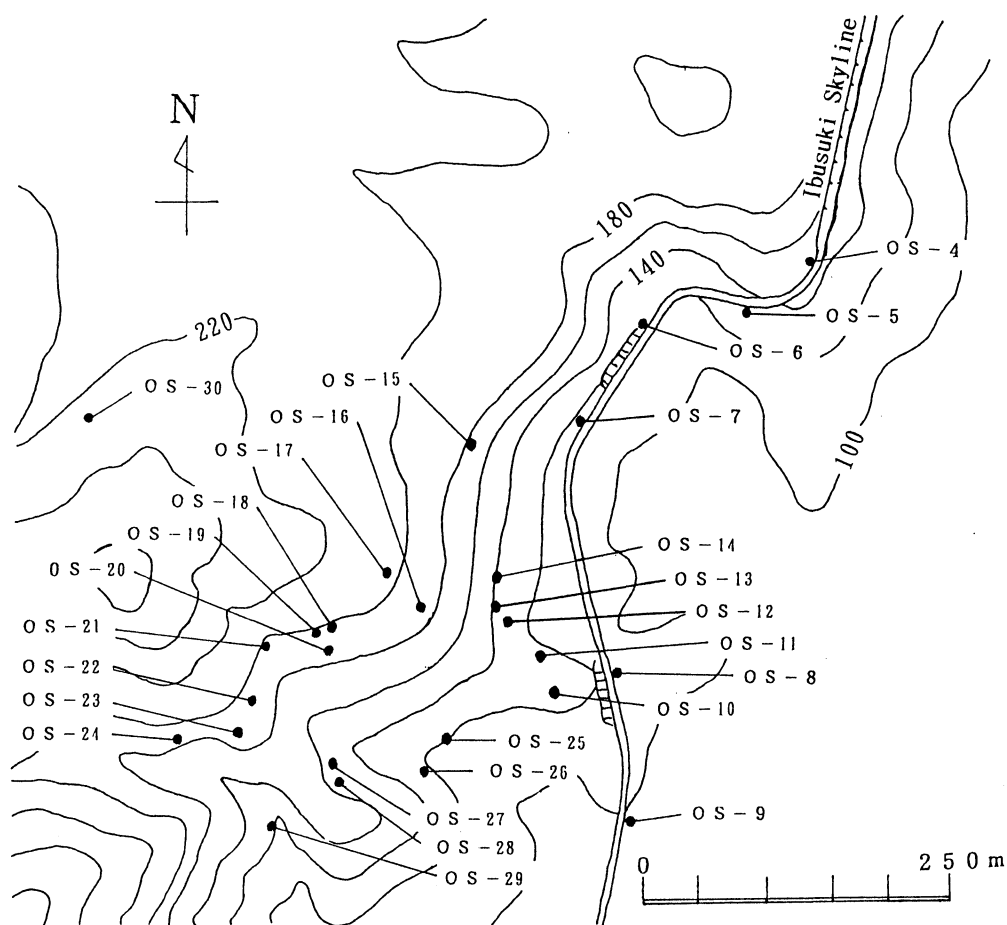


Fig. 5 Distribution map of the sampling points.

IV. 実験結果

調査地域から採取した試料について、XRD 分析を行った結果、同定された変質鉱物は、カオリナイト、ハロイサイト、雲母、スメクタイト、緑泥石、石英、クリストバライト、トリディマイト、バーミキュライト、石膏、ベーマイトおよび混合層鉱物である。混合層鉱物は、雲母/スメクタイト、緑泥石/スメクタイト、緑泥石/バーミキュライトの3種類が確認された。各試料中に含まれる粘土サイズの鉱物組成を Table 1 (Table 1a ~ Table 1d) に示す。

さらに XRD 分析の結果より、不規則型混合層鉱物については、Brown (1961) の方法でそれぞれの層の存在確率を求めた。その結果を Table 2, 3, 4 に示す。また、規則型緑泥石/スメクタイト混合層鉱物については、Tomita and Takahashi (1985) の方法で、規則型雲母/スメクタイト混合層鉱物については、Tomita *et al.* (1988) の方法で継続確率を求めた。その結果を Table 5, 6 に示す。

Table 1 a. Mineral composition of samples.

No.	Ka	10H	7H	Mi	MS	Sm	CS	Ch	CV	Q	Cr	Tr	F	Remarks※	R. T.
SN-1		△									◎		△		HPA
SN-2	△	△									○		△		HPA
SN-3 a		—									○		△		HPA
SN-3 b				—							○	△	△		HPA
SN-4				—							○		△		HPA
SN-5		△									◎	—	△		HPA
SN-6		△									◎	△	△		HPA
SN-7		△									◎	△	△		HPA
SN-8		△									○		△		HPA
SN-9						△					○		△		HPA
SN-10		△									◎	△	△		HPA
SN-11						△				△	◎	△	△		HPA
SN-12				—							○		△		HPA
SN-13				○						○			△		HPA
SN-14		—								○			△		HPA
SN-15		—								△			△		HPA
SN-16					—										HPA
SN-17		—								◎			△		HPA
SN-18										△			△		HPA
SN-19					—					○			—		HPA
SN-20										○			△		HPA
SN-21		△								○			○		HPA
SN-22		△								○			○		HPA
SN-23		—	△							△			△		HPA
SN-24											○		△		HPA
HN-1		△	△		○					○			△		TPA
HN-2								△		○			○		TPA
HN-3		△	△		○					△			△		LT
HN-4				△	○					—			—		LT
HN-5 a					◎					—			—	gypsum △	LT
HN-5 b					◎					△			△	gypsum —	LT
HN-6 a					○					△			△	gypsum △	LT
HN-6 b					△					△			△	gypsum —	LT

Ka: kaolinite, 10H: 10Å halloysite, 7H: 7Å halloysite, Mi: mica, MS: Interstratified minerals of mica/smectite, Sm: smectite, CS: Interstratified minerals of chlorite/smectite, Ch: chlorite, CV: Interstratified minerals of chlorite/vermiculite, Q: quartz, Cr: cristobalite, Tr: tridymite, F: feldspar ※: other minerals

R. T. : rock type (HPA: hornblende pyroxene andesite, TPA: two pyroxene andesite, LT: lapilli tuff)

◎: abundant, ○: common, △: rare, —: traceable

Table 1 b. Mineral composition of samples.

No.	Ka	10H	7H	Mi	MS	Sm	CS	Ch	CV	Q	Cr	Tr	F	Remarks※	R. T.
HN-7					○					△			—		LT
HN-8					△	△				△			—		LT
HN-9				△			○			—			△		LT
HN-10		△	—		△					△			△		TPA
HN-11		—	—	—						○			△	vermiculite △	TPA
HN-12					—					△			△	vermiculite ○	TPA
HN-13 a				—					○				△		TPA
HN-13 b					◎					◎			○		TPA
HN-13 c					—					○			△		TPA
HN-13 d					△					△			△		TPA
HN-13 e					—			△		△			△		TPA
HN-14					△				○	△			△		TPA
HN-15					○					—			—		TPA
HN-16		—	—					△		△			△		TPA
HN-17 a					△					◎					TPA
HN-17 b					△					△			△		LT
HN-18									○	◎			○		TPA
HN-19				△	△					○					TPA
HN-20			—		△	○				△					LT
HN-21	△			△		—				△			△		LT
HN-22					○	—				○			△		LT
HN-23					◎		◎			○					LT
HN-24	△				△		△	—		○					LT
HN-25	△	△		○	△		△			△			—		LT
HN-26					○								△		LT
HN-27 a					○					◎			△		TS
HN-27 b					○								○		TPA
HN-28 a				◎	◎					△			△		TS
HN-28 b				△	◎					△			△		TS
HN-29			—	△	○					△			—		TS
HN-30 a				◎	△					○				boehmite ◎	TS
HN-30 b				◎	○					—					TS

Ka: kaolinite, 10H: 10Å halloysite, 7H: 7Å halloysite, Mi: mica, MS: Interstratified minerals of mica/smectite, Sm: smectite, CS: Interstratified minerals of chlorite/smectite, Ch: chlorite, CV: Interstratified minerals of chlorite/vermiculite, Q: quartz, Cr: cristobalite, Tr: tridymite, F: feldspar ※: other minerals

R. T. : rock type (LT: lapilli tuff, TPA: two pyroxene andesite, TS: tuffaceous silt)

◎: abundant, ○: common, △: rare, —: traceable

Table 1 c. Mineral composition of samples.

No.	Ka	10H	7H	Mi	MS	Sm	CS	Ch	CV	Q	Cr	Tr	F	Remarks※	R. T.
HT-1											○		△		LT
HT-2							—				○		△		LT
HT-3		◎									○		△		LT
HT-4 a	△		△	△							△		△		HPA
HT-4 b							◎				○		△		HPA
HT-5			△	△						○			△		HPA
HT-6							—			—			△		LT
HT-7										○			△		LT
HT-8			△	△	—										LT
HT-9		△	—	—						○			○		LT
HT-10				△						○			○		LT
HT-11							◎			○			△		LT
OS-1				◎											WT
OS-2						△					○		○		WT
OS-3						—					○		○		WT
OS-4				—							◎		○		WT
OS-5		△									△	—	—		WT
OS-6											—		—		WT
OS-7											△		△		WT
OS-8		○		—							◎	—	—		WT
OS-9		△		—									—		WT
OS-10		△		△							◎		○	gypsum △	WT
OS-11		△		—							○	○	○		WT
OS-12		—		△									—		LT
OS-13		○		△								△			LT
OS-14		—									◎	—	○		LT
OS-15		—									△		△		LT
OS-16						—					◎		○		LT
OS-17						—					◎		○		LT
OS-18		△											△		LT
OS-19				○		—				○			△		TS
OS-20				△		—		—		△			△		TS

Ka: kaolinite, 10H: 10Å halloysite, 7H: 7Å halloysite, Mi: mica, MS: Interstratified minerals of mica/smectite, Sm: smectite, CS: Interstratified minerals of chlorite/smectite, Ch: chlorite, CV: Interstratified minerals of chlorite/vermiculite, Q: quartz, Cr: cristobalite, Tr: tridymite, F: feldspar ※: other minerals

R. T. : rock type (LT: lapilli tuff, HPA: hornblende pyroxene andesite,

WT: welded tuff, TS: tuffaceous silt)

◎: abundant, ○: common, △: rare, —: traceable

Table 1 d. Mineral composition of samples.

No.	Ka	10H	7H	Mi	MS	Sm	CS	Ch	CV	Q	Cr	Tr	F	Remarks※	R. T.
OS-21				○	○			—		△			○		TS
OS-22				◎		—				△			○		TS
OS-23				△		—				△			○		TS
OS-24			—	△						△			○		TS
OS-25		—		—							△		—		LT
OS-26			—	○	◎						△		△		LT
OS-27				○			◎			△			○		LT
OS-28				—				△		○			○		LT
OS-29				△		—		—		△			△		LT
OS-30				△						○					TS
OS-31				△	—					◎			○		TS
OS-32			—	△						○			△		LT
OS-33	○			◎		◎				△					LT
OS-34							◎			○			△		LT
OS-35	△			—		—				○			○		LT
OS-36				△		○				○			○		LT
OS-37				—						△			△		LT
OS-38								—		○			△		LT
OS-39				△					○	○			—		LT
ON-1 a			—	—		◎				△			△		TPA
ON-1 b			△	—		◎		—		—			△		TPA
ON-2							◎						○		TPA
ON-3				—			◎			○			△		TPA
ON-4				—			◎			—			△		TPA
ON-5							◎			○			△		TPA
ON-6				—			○			△			△		TPA
ON-7 a				○		—							△	gypsum —	TPA
ON-7 b				○	○								△		TPA
ON-8 a				◎				—		△			—		TPA
ON-8 b		—		○									—		TPA
ON-9				○	○					—			○		TPA

Ka: kaolinite, 10H: 10Å halloysite, 7H: 7Å halloysite, Mi: mica, MS: Interstratified minerals of mica/smectite, Sm: smectite, CS: Interstratified minerals of chlorite/smectite, Ch: chlorite, CV: Interstratified minerals of chlorite/vermiculite, Q: quartz, Cr: cristobalite, Tr: tridymite, F: feldspar ※: other minerals

R. T. : rock type (TS: tuffaceous silt, LT: lapilli tuff, TPA: two pyroxene andesite)

◎: abundant, ○: common, △: rare, —: traceable

Table 2. Interstratifications of interstratified minerals.

NO.	P _M	P _S	NO.	P _M	P _S
HN-1	0.75	0.25	HN-17 b	0.84	0.16
HN-5 a	0.78	0.22	HN-19	0.70	0.30
HN-5 b	0.80	0.20	HN-20	0.75	0.25
HN-6 a	0.75	0.25	HN-24	0.80	0.20
HN-7	0.80	0.20	HN-27 a	0.85	0.15
HN-8	0.75	0.25	HN-27 b	0.80	0.20
HN-13 d	0.78	0.22	HN-27 b	0.27	0.73
HN-14	0.73	0.27	HN-29	0.30	0.70
HN-15	0.73	0.27	HN-30 b	0.30	0.70
HN-17 a	0.83	0.17	HN-16	0.75	0.25

P_M : probability of existence of mica layer.P_S : probability of existence of smectite layer.

Table 3. Interstratifications of interstratified minerals.

NO.	P _C	P _V
HN-14	0.25	0.75
HN-18	0.70	0.30
OS-39	0.20	0.80

P_C : probability of existence of chlorite layer.P_V : probability of existence of vermiculite layer.

Table 4. Interstratifications of interstratified minerals.

NO.	P _C	P _S
HN-23	0.44	0.56
HN-24	0.40	0.60
OS-27	0.60	0.40
OS-34	0.42	0.58

P_C : probability of existence of chlorite layer.P_S : probability of existence of smectite layer.

Table 5. Interstratifications of interstratified minerals of chlorite/smectite.

NO.	P _c	P _s	P _{cc}	P _{cs}	P _{sc}	P _{ss}
HT-4 b	0.56	0.44	0.25	0.75	0.96	0.04
HT-12	0.57	0.43	0.37	0.63	0.82	0.18
ON-2	0.58	0.42	0.55	0.45	0.37	0.63
ON-3	0.57	0.43	0.40	0.60	0.21	0.79
ON-4	0.58	0.42	0.55	0.45	0.37	0.63
ON-5	0.75	0.25	0.74	0.26	0.21	0.79
ON-6	0.58	0.42	0.55	0.45	0.37	0.63

P_c : probability of existence of chlorite layer.

P_s : probability of existence of smectite layer.

P_{cc} : probability that achlorite layer succeeds a chlorite layer given that the firstlayer is chlorite.

P_{cs}, P_{sc} and P_{ss} are similarly defined.

Table 6. Interstratifications of interstratified minerals of mica/smectite.

NO.	P _M	P _s	P _{MM}	P _{MS}	P _{SM}	P _{SS}
HN-16 b	0.66	0.34	0.56	0.44	0.85	0.15
HN-33 a	0.30	0.70	0.19	0.81	0.35	0.65

P_M : probability of existence of mica layer.

P_s : probability of existence of smectite layer.

P_{MM} : probability that achlorite layer succeeds a mica layer given that the firstlayer is mica.

IV-1. 三巢山地域の変質

調査地域北部の三巢山周辺には、南薩層群上部層の角閃石輝石安山岩が分布しており、全体的に変質を受け、原岩の組織をとどめているものは、ほとんど見られない。比較的新鮮な岩石は青灰色を呈すが、変質を受けたものは白色～ピンク色を呈する。

三巢山頂上付近では、クリストバライトが多くみられ、トリディマイト、ハロイサイトと共生しているものが多い。SEM 観察では球状のクリストバライトが確認された。この頂上付近では、白色化した節理が見られ、この節理中 (SN-3 b) では他の部分 (SN-3 a) より多くのクリストバライトと石英が同定された。この事は、熱水が節理に沿って上昇しクリストバライトを形成したことを示す。南部では、クリストバライトは見られず、珪化しており、石英が多く同定された他、ハロイサイト、若干の雲母/スメクタイト混合層鉱物、雲母が見られた。通常スメクタイトはその XRD パターンの d (001) の値が15 Å から16 Å 付近に現れ、エチレングリコール処理で約17 Å に移し、500℃ 1 時間加熱処理で約10 Å にその値を移す。しかし、三巢山周辺で見られるスメクタイトを300℃ 1 時間の加熱処理した後の XRD パターンでは、そのピークが消失した。このことからこれらのスメクタイトは、結晶度が悪く、アブノーマルであり、風化生成物であると思われる。

この地域に産するいくつかの試料の XRD パターンを Fig. 6 に示す。

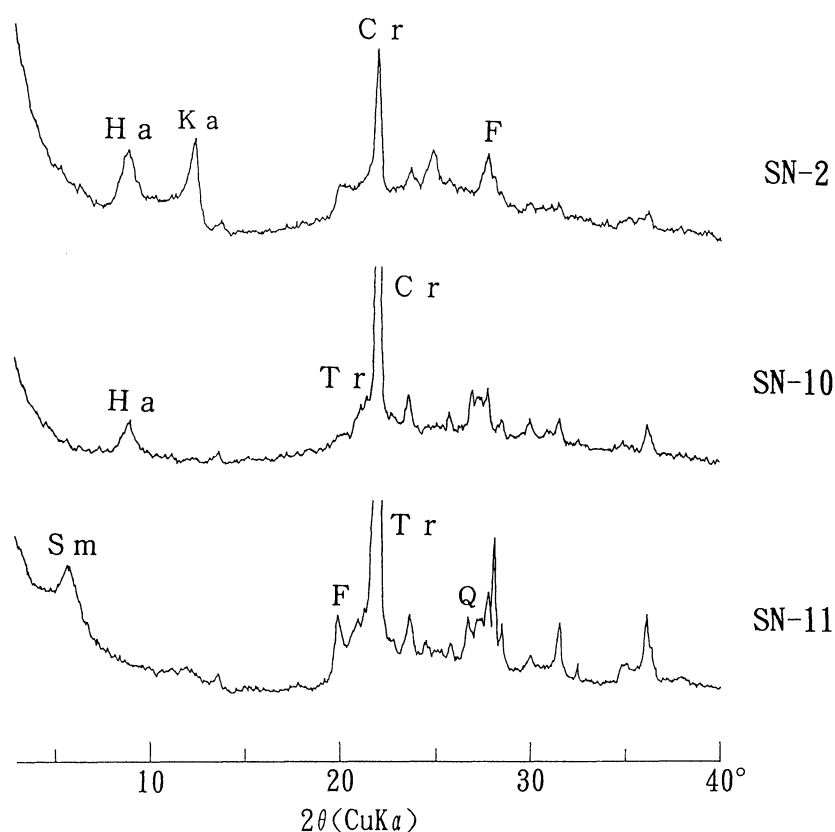


Fig. 6 X-ray diffraction patterns of the samples in the Sansuyama area.

Ha: halloysite, Ka: kaolinite, Cr: cristobalite, F: feldspar, Tr: tridymite, Sm: smectite, Q: quartz.

IV-2. 畠久保地域の変質

調査地域北東部に位置する畠久保地域には、南薩層群上部層の角閃石輝石安山岩、両輝石安山岩質の火山碎屑岩が分布する。原岩の組成が残っているところもあるが珪化しているところが多く、北部ではクリストバライトが多く見られる。この他、特徴的なものとして、長周期のピークを有する規則型の緑泥石/スメクタイト混合層鉱物が見られる。XRD分析で、 14.5\AA に $d(002)$ のピークが強く現れ、エチレングリコール処理で 15.5\AA に移動し、さらに、 700°C 1時間加熱処理で 12.3\AA に移動することから緑泥石/スメクタイト混合層鉱物と同定される。DTAでは、 125°C にスメクタイト格子の層間水の脱水による吸熱反応が見られる。 567°C にOHの脱水による吸熱反応が見られるが、その値は低く、Mgを含まない緑泥石/スメクタイト混合層鉱物の例に似ている。

IV-3. 花籠地域の変質鉱物

調査地域の中部に位置する花籠地域には、南薩層群上部層の両輝石安山岩、同質火山礫凝灰岩、凝灰質シルト岩が分布しており、プロピライト化や珪化といった変質作用を受けている。本地域では混合層鉱物、特に雲母/スメクタイト混合層鉱物が全体に渡り広く見られる。本地域北部では、雲母/スメクタイト混合層鉱物と緑泥石/スメクタイト混合層鉱物とが共生しているが、これらの分布には特に関連性は見いだされなかった。HN-13地点において連続的に試料採取をした結果、石英脈付近のHN-13bでは長周期のピークを有する規則型雲母/スメクタイト混合層鉱物が見られ、脈から離れるに従って不規則型になっていく傾向が見られる。それに伴い、混合層鉱物中の雲母層の存在確率の値が大きくなっていく傾向も見られる。

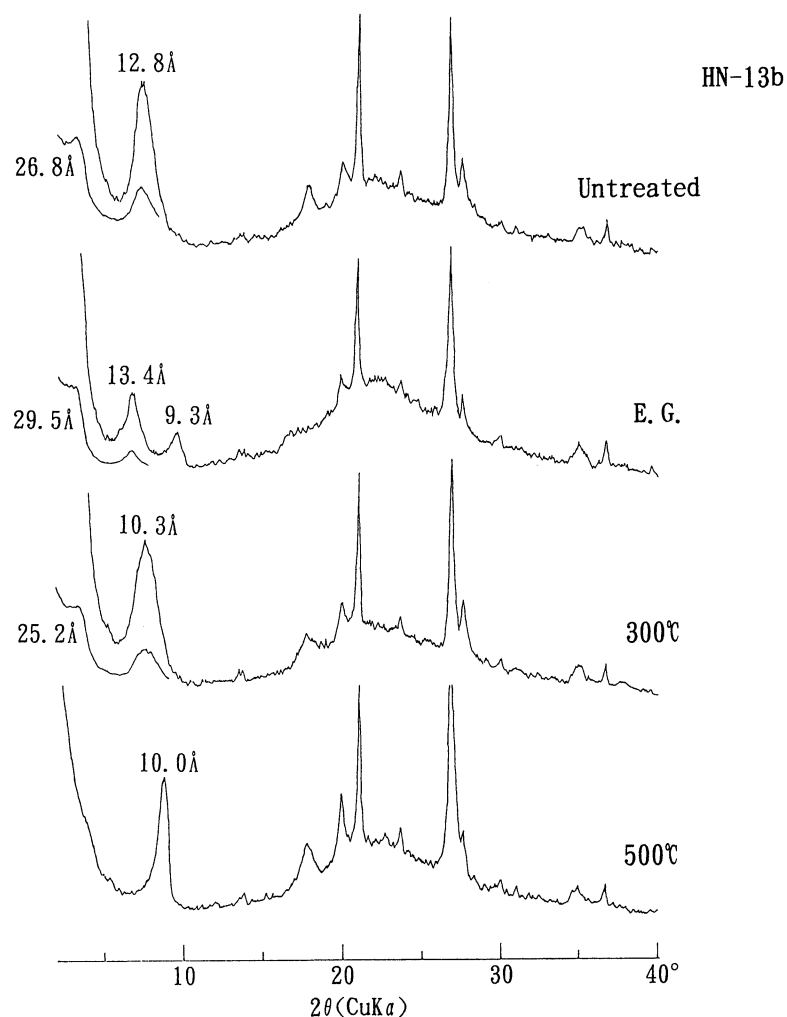


Fig. 7 X-ray diffraction patterns of an interstratified mineral of mica/smectite (specimen No. HN-13b) after various treatments.

E. G.: treated with ethylene glycol, 300°C: heated to 300°C for 1 hr, 500°C: heated to 500°C for 1 hr.

雲母/スメクタイト混合層鉱物で、雲母を多く含むものは、 10 \AA 付近にその $d(001)$ の回折線が見られ、エチレングリコール処理で2つに分かれる。さらに、 300°C 加熱処理でスメクタイトの層間水の脱水により完全に 10 \AA に移動する。スメクタイトを多く含むものは、スメクタイトのみの場合よりやや小さい 14.5 \AA 付近に回折線が見られ、エチレングリコール処理で約 1 \AA その値が大きくなる。さらに、 500°C 加熱処理でスメクタイトの層間水の脱水により完全に 10 \AA に移動する。長周期ピークを有する規則型のXRDパターンをFig. 7に示す。 300°C 加熱処理で $d(002)$ の値が 10 \AA より大きいのは、スメクタイトの層間水が脱水しきれなかったためか、もしくは復水したためと思われる。SEM観察では、薄いフレーク状のものが多数見られた。このSEM写真をFig. 8に示す。

DTAでは、雲母を多く含むものと規則型のもの共に、 120°C 付近に層間水の脱水に伴う吸熱反応が見られ、 $550\sim 560^\circ\text{C}$ 付近でOHの脱水による吸熱反応が見られる。スメクタイトが多く含まれるHN-28bは、層間水、OHの脱水に伴うピークが共に二重に現れており、この雲母/スメクタイト混合層鉱物は、スメクタイト格子と雲母格子の両方をもつものと考えられる。これらのDTA曲線をFig. 9に示す。

一般に雲母/スメクタイト混合層鉱物のIR曲線は雲母のそれと似ている。雲母、スメクタイトの両格子共に、珪酸塩層中のSi-OやOH等の結合の性質が類似しているため、今回の実験では各層格子の存在確率との関連は特に認められなかった。ただし、スメクタイトが多く含まれるものについては、DTA同様他の二つのものとはやや異なっている。これらのIR曲線をFig. 10に示す。

また、一部ではベーマイトや石膏が同定され、さらにXRD分析でスメクタイトが同定されたHN-30aではSEM観察で沸石が粘土化している部分が見られるなどしたが、いずれも局部的なものでその詳細はよくわからなかった。

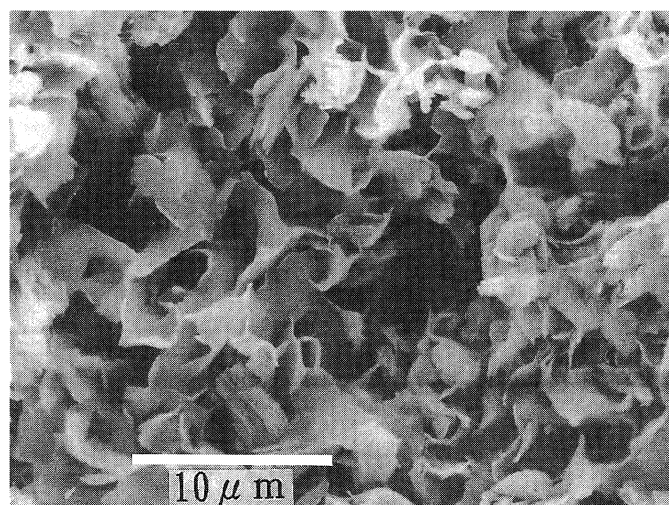


Fig. 8 Scanning electron micrograph of an interstratified mineral of mica/smectite.

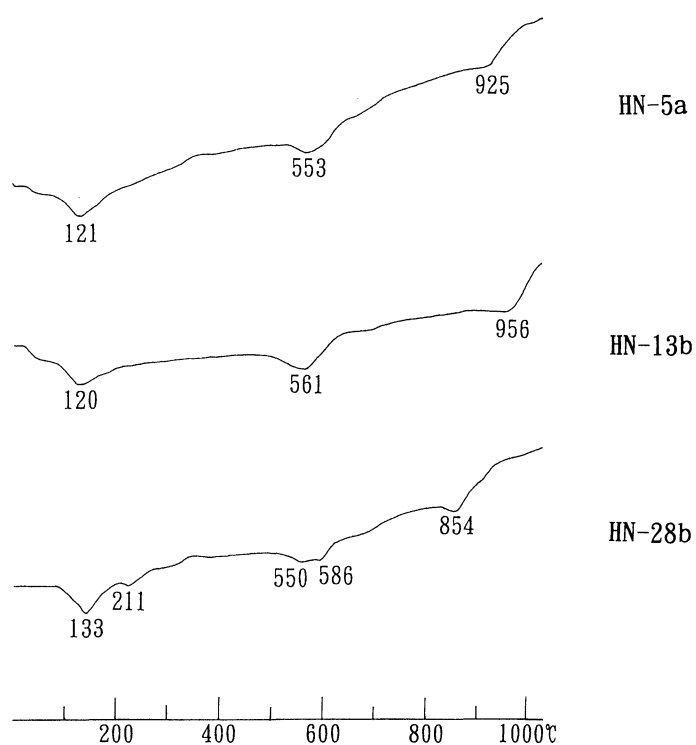


Fig. 9 Differential thermal analysis curves for some interstratified minerals of mica/smectite.

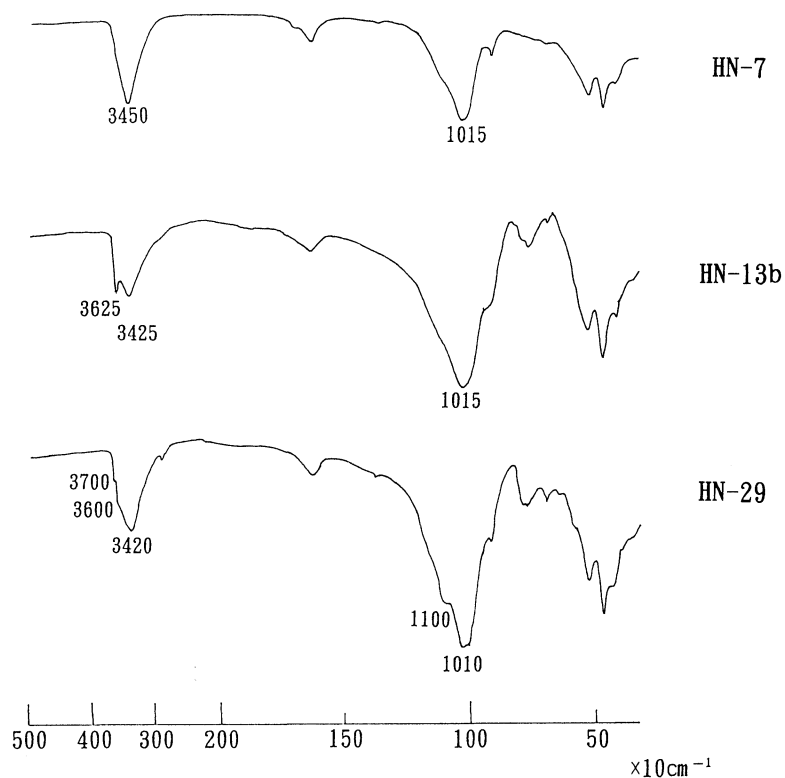


Fig. 10 Infrared absorption spectra for some interstratified minerals of mica/smectite.

IV-4. 鬼門平地域の変質鉱物

調査地域中部に位置する鬼門平断層崖付近には、南薩層群上部層の両輝石安山岩が分布し、原岩の組織を残すものも見られるが、変質しているところは青白色、灰白色を呈する。本地域では断層崖の下部より上部にかけて連続的に鉱物組成に変化が見られる。最下部では雲母が顕著に見られ、雲母/スメクタイト混合層鉱物を含むものも見られる。次いで長周期のピークを有する規則型の緑泥石/スメクタイト混合層鉱物が連続して見られる。規則型緑泥石/スメクタイト混合層鉱物の SEM 写真を Fig. 11 に示す。さらに上部では緑泥石/スメクタイト混合層鉱物は見られず、スメクタイトが多く見られる。SEM 観察では、薄いフレーク状のものが多数確認された。

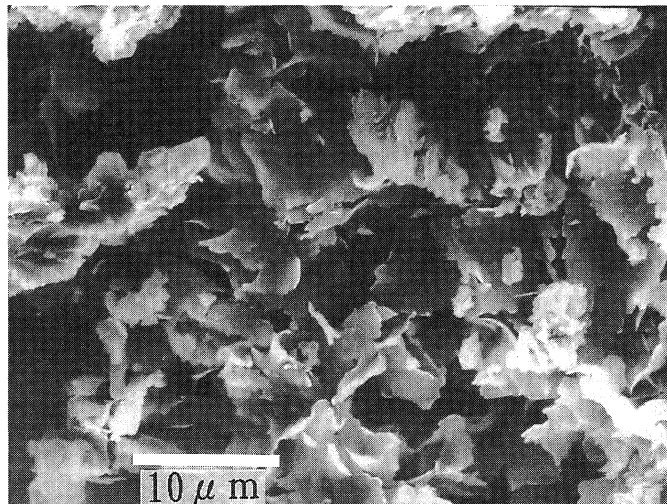


Fig. 11 Scanning electron micrograph of an interstratified mineral of chlorite/smectite.

IV-5. 大迫地域の変質鉱物

調査地域南西部に位置する大迫地区北方付近には、溶結凝灰岩、南薩層群上部層の両輝石安山岩、同質の火山碎屑岩、凝灰質シルト岩が分布する。原岩の組成を残すものも見られるが、変質しているところは、赤茶色、白色を呈する。溶結凝灰岩中には多量のクリストバライトが見られたが、露頭状況や、他にはスメクタイトやハロイサイトといった風化で生じ得るものが少量見られるだけなことから、これらは変質の産物と考えるより元来から含まれていたものと考えの方が妥当である。他の火山岩中には、XRD 分析でカオリナイト、スメクタイト、ハロイサイト、雲母、緑泥石、石膏や混合層鉱物といった、様々な変質鉱物が見られたが、その分布に規則性は見いだせなかった。この地域に産するいくつかの試料の XRD パターンを Fig. 12 に示す。また、SEM 観察では、花籠地域同様にスメクタイトを含む試料中で沸石らしきものが確認された。

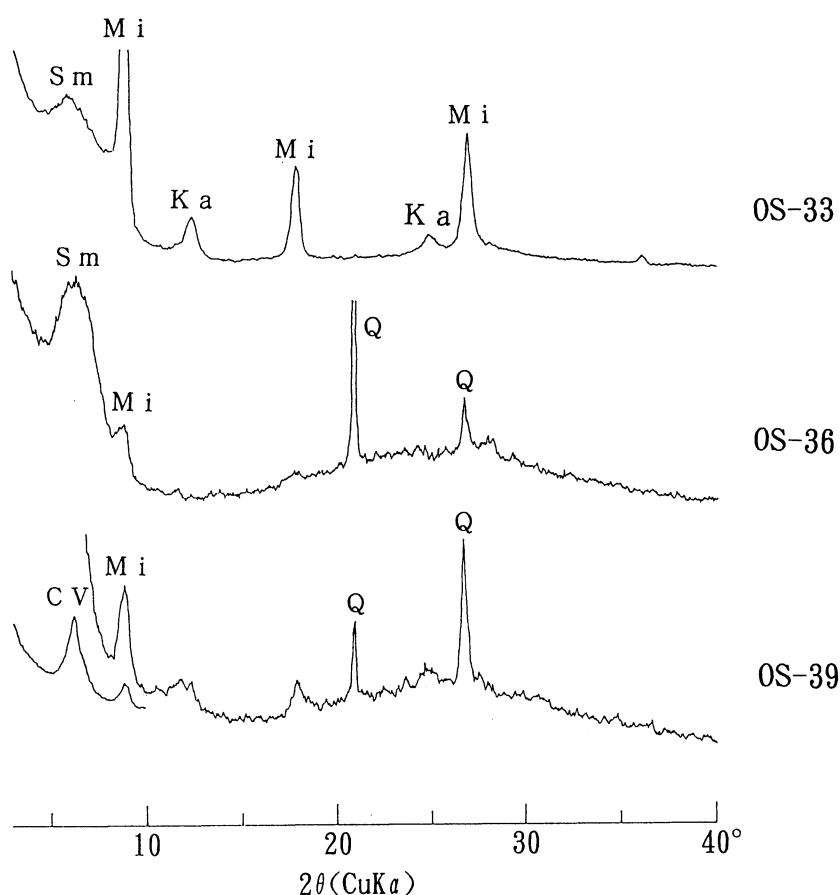


Fig. 12 X-ray diffraction patterns of the samples in the Ōsako area.

Sm: smectite, Mi: mica, Ka: kaolinite, Q: quartz

CV: interstratified mineral of chlorite/vermiculite.

V. 考 察

本地域では、雲母/スメクタイト、緑泥石/スメクタイト、緑泥石/バーミキュライトの各混合層鉱物が見られる。混合層鉱物の産状については長沢（1973）に総括的な報告がなされている。成因については、直接的に生成される場合は稀であり、一般的には成分層の一つから出発して混合層鉱物ができると考えられている。本地域における雲母/スメクタイト混合層鉱物についても同様で、一つは雲母を出発物質にしてその後にスメクタイトを生成するような変質を受けて混合層鉱物が生成されたとする考え方で、このような生成機構は、雲母を出発物質にして混合層鉱物を合成した実験（Tomita, 1977, 1978；富田, 1979）からも十分可能なことである。もう一つは、まずスメクタイトが生成してその後に雲母が生成するような変質を受け、その中間物質として混合層鉱物ができたという考え方である。緑泥石/スメクタイト混合層鉱物についても同じであり、緑泥石を出発物質とする考え方と、スメクタイトを出発物質とする考え方ができる。しかし、産状だけからその変化の方向を決定するのは容易でない。ただし、本地域に見られる緑泥石/バーミキュライト混合層鉱物については、その分布と露頭状況から判断して、緑泥石の風化により生成したものと考えても妥当と思われる。

河野他（1986）は、混合層鉱物中の雲母層とスメクタイト層の存在確率は pH 値に大きく影響されるが、緑泥石層とスメクタイト層の存在確率は pH 値にはそれほど影響されないため、温度による影響が大きかったものと考えられるとして、雲母/スメクタイト混合層鉱物は、pH 値が低い強酸性領域では雲母層とスメクタイト層の存在確率はほぼ等しくなり規則型になるが、中性に近づくほど雲母層の存在確率はしだいに大きくなり不規則型へと連続的に変化することを示している。このことを、花籠地域で見られる連続的な変化に当てはめて考えると、今回は試料中の pH を測定していないので、確定はできないが、雲母が酸性溶液の影響で di-型スメクタイトに変化する過程で雲母/スメクタイト混合層鉱物ができたとも考えられる。

このように、混合層鉱物の変質過程についてだけでも様々な推測ができるが、本地域には他にも多くの種類の変質鉱物が生じており、その分布も様々であることから、全ての変質過程を明確に確定することは極めて難しい。今回の調査で明らかになった変質鉱物の分布や、その種類から考えて、本地域では広域にわたる熱水変質や、局所的な熱水の上昇などを複数回繰り返し複雑に変化してきたものと考えられる。また、本地域内では現在噴気活動等は見られず、阿多火砕流堆積物以降の試料中に熱水変質鉱物が含まれないことから、阿多カルデラ形成以前にこれら一連の変質作用を受けたものと思われる。

VI. 謝 辞

本研究を進めるにあたり、鹿児島大学理学部地学教室の山本温彦氏に有益な御指導、御助言を賜った。この場をかりて厚く御礼申し上げます。

文 献

- Brown, G., 1961. *X-RAY IDENTIFICATION AND CRYSTAL STRUCTURES OF CLAY MINERALS*. Miner.Soc., London. 544pp.
- 河野元治・富田克利・山本温彦・大庭昇, 1986. 鹿児島県枕崎周辺地域の粘土鉱物, 特に混合層鉱物について. 鹿児島大学理学部紀要(地学・生物学), **19**, 45-66.
- Matumoto, T., 1943. The four gigantic caldera volcanoes of Kyushu. *Jap. Jour. Geol. Geogr.*, **19** Special number, 1-57.
- 長沢敬之助, 1973. 混合層鉱物の産状. 粘土科学, **13**, 15-22.
- Tomita, K., 1977. Experimental transformation of 2M sericite into a rectorite-type mixed-layer mineral by treatment with various salts. *Clays and Clay Miner.*, **25**, 302-308.
- Tomita, K., 1978. Experimental transformation of 2M sericite into a rectorite-type mixed-layer mineral by treatment with various salts. II. Experiments using a magnetic stirrer and a centrifuge. *Clays and Clay Miner.*, **26**, 209-216.
- 富田克利, 1979. 雲母/モンモリロナイト規則型混合層鉱物の合成とその生成機構. 鉱物学雑誌, **14**, 特別号, 104-128.
- Tomita, K. and Takahashi, H., 1985. Curves for the quantification of mica/smectite and chlorite/smectite interstratifications by X-ray powder diffraction. *Clays and Clay Miner.*, **33**, 379-390.
- Tomita, K., Takahashi, H. and Watanabe, T., 1988. Quantification curves for mica/smectite interstratifications by X-ray powder diffraction. *Clays and Clay Miner.*, **36**, 258-262.
- 通商産業省資源エネルギー庁, 1985. 昭和59年度広域調査報告書—南薩地域—. 98pp.