

鹿児島県指宿市東方地域に分布する変質鉱物

野崎かおり^{1)*}・富田克利¹⁾・河野元治²⁾

(1995年9月13日受理)

Alteration Minerals Distributed in the Higashikata Area, Ibusuki City, Kagoshima Prefecture

Kaori NOZAKI^{1)*}, Katsutoshi TOMITA¹⁾ and Motoharu KAWANO²⁾

Abstract

Many hydrothermal alteration zones exist in the Ibusuki area, Kagoshima Prefecture. These alteration zones were formed within Ata caldera in the southern Kyushu. The altered zones were formed after the eruption of the Ata pyroclastic flow which occurred 43,910 years ago. These altered zones were probably formed after the eruption of the Ata pyroclastic flow and before the Ikeda pyroclastic flow. Altered minerals such as cristobalite, tridymite, alunite, kaolinite, 10 Å-halloysite, heulandite and some iron minerals were observed in this area. Altered minerals were analyzed by means of X-ray diffraction, differential thermal analysis, and scanning electron microscopic observation. Zonal distribution of alteration minerals in this area was observed, and these zones were divided into three zones (Zone I, II, and III) by the differences of clay mineral compositions. Zone I (Alunite-kaolinite zone) is characterized by alunite, kaolinite, cristobalite, and quartz. It is distributed in the central part of the altered area. Zone I is considered to be the most strongly altered zone in the area. Zone II (Smectite zone) distributed in the outer part of the zone I is characterized by smectite and small amount of kaolinite. Zone III (10 Å-halloysite zone) is characterized by 10 Å-halloysite, quartz, and cristobalite. 10 Å-halloysite appears as a weathering product of feldspar and volcanic glass. Cristobalite is included in all samples. Degree of alteration is the strongest in Zone I, the central

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

* 現在：鹿児島県立鹿児島聾学校 〒890 鹿児島市草牟田2-53-54
Kagoshima Prefectural Kagoshima School for the Deaf, 2-53-54 Somuta, 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1-21-24
Department of Environmental Sciences and Technology, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, 1-21-24 Korimoto, Kagoshima 890, Japan

part of the altered area, and decreases toward Zone III. In formation processes of altered minerals, acidic solution went up along cracks, and alunite and kaolinite were formed in the acidic condition.

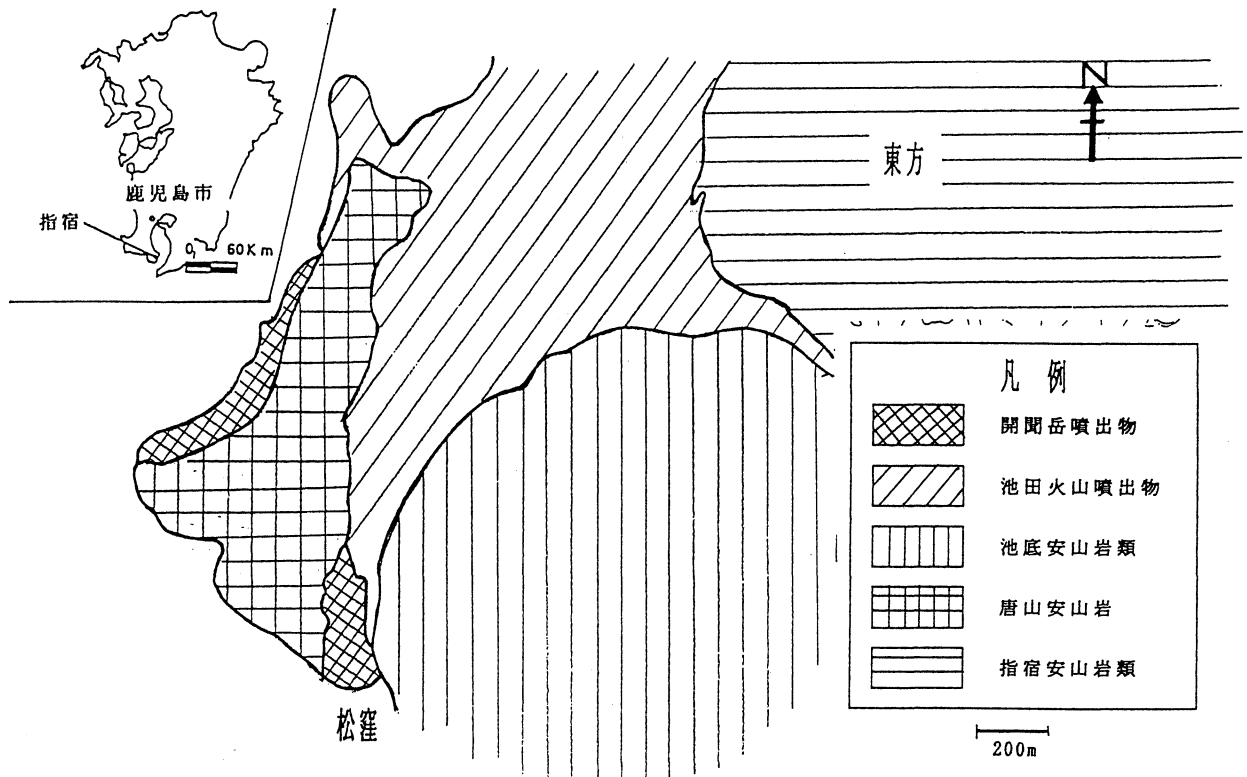
Key Words: Alteration, Kaolinite, Smectite, 10 Å-halloysite

I. はじめに

阿多カルデラは南九州に位置し、カルデラ内には多くの中央火口丘がある。これらの中央火口丘は更新世後期の安山岩類からなり、これらの安山岩類は変質作用を受けて種々の粘土鉱物や変質鉱物が生成しているのが認められる。これまでに、指宿周辺に分布する変質鉱物についての研究（加川他，1989；富田他，1994；金原・大久保，1978）が報告されているが、今回、指宿市の東方地域に分布する変質鉱物について詳細な研究を行なったので、ここに報告する。

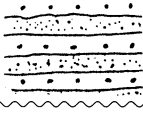
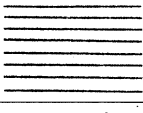
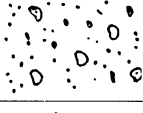
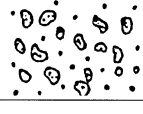
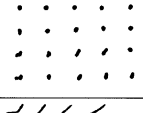

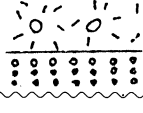

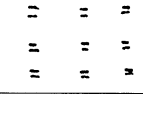
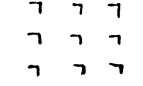
II. 地質概説

本地域は、阿多カルデラ内部に位置し（Matumoto, 1943）、更新世の噴出物として指宿安山岩類、唐山安山岩、池底安山岩の3つの火山岩がみられる。局部的に変質部がみられ、粘土鉱物が生成している。指宿安山岩類は本地域の北東部に帯状に分布し、灰黒色で斜長石と輝石類の斑晶が多くみられる。石基部は風化、変質が進み赤紫色の粘土状となっている。唐山安山岩は本地



第1図 指宿市東方地域の地質図

域の北西部の林道付近に分布し、灰黒色で斜長石と輝石類の小さな斑晶がみられる。池底安山岩は本地域南部のグリーンピア指宿一帯に分布し、噴出源は池底付近と考えられる。流理構造が見られ、斜長石の斑晶が目立つ。これらの火山岩類を不整合に幸屋火砕流堆積物が覆っている。この幸屋火砕流堆積物は約6300年前の鬼界島の火山活動に由来するものである(町田・新井, 1978)。これらを不整合に池田カルデラ噴出物が覆っている。池田カルデラ噴出物として、本地域には池崎火山灰層から池田湖火山灰層まで認められる。池崎火山灰層は、黄褐色をなし、クロスラミナがみられる。この火山灰層を整合に尾下降下スコリア層が覆っている。これを不整合に池田降下軽石が覆っている。これを整合に池田火砕流堆積物が覆っており、この堆積物には灰白色の非溶結で発泡の悪い軽石や安山岩の岩片が含まれる。これを池田湖火山灰層が整合に覆っている。池田湖火山灰層中には多くの火山豆石が含まれる。これを不整合に開聞岳噴出物が覆っている。本地域の地質図を第1図に示し、総合模式柱状図を第2図に示した。

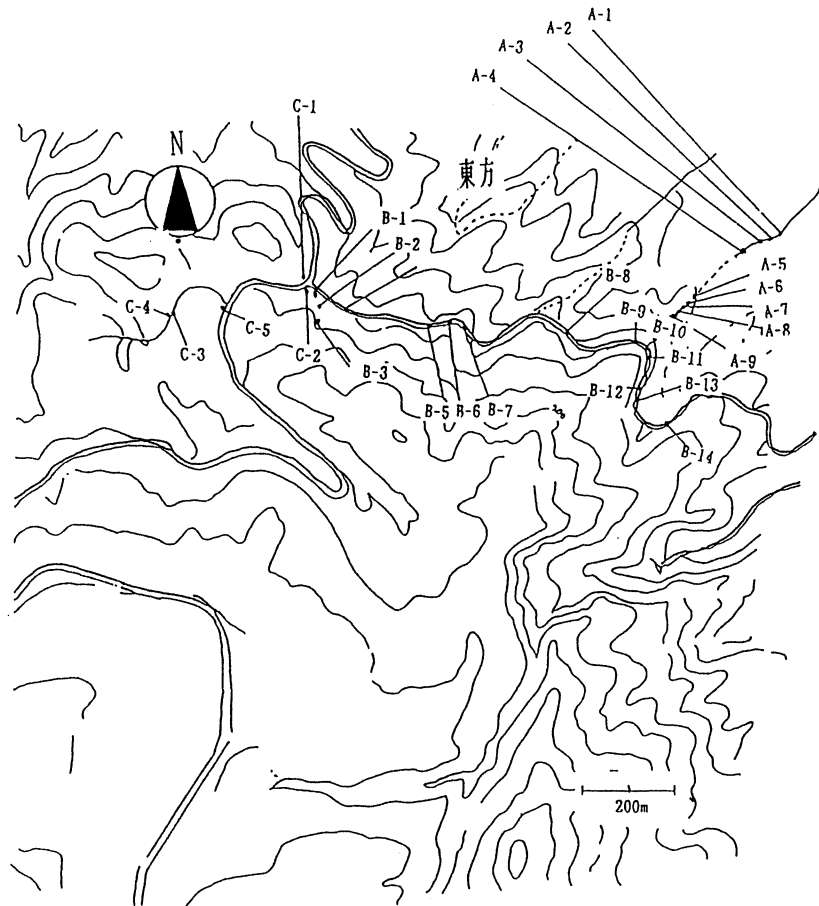
時代	地層名	層圧	柱状図	岩相
新 第 完 生 四 世	開聞岳噴出物	±2.0m		黒色の石質火山灰とスコリア火山礫。粒径により成層。
	池田湖火山灰層	±1.0m		多数の火山灰層。成層構造が顕著な火山灰層。火山豆石に富む。
	池田火砕流堆積物	±3.0m		灰白色で発泡の悪い軽石。安山岩の岩切を含む。非溶結。
	池田降下軽石堆積物	±1.5m		石英、角閃石を含む白色の軽石。縞状軽石も見られる。
	尾下降下スコリア層	±0.2m		発泡の悪い黒色のスコリア。
	池崎火山灰層	±0.15m		黄褐色の火山灰層。クロスラミナ構造。サージ状堆積物。
	幸屋火砕流堆積物	±1.0m		黄灰白色で下位に降下軽石層。
代 紀 更 新 世	阿多中央火口丘群	池底安山岩		流理構造が顕著でかつ緻密。斑晶で斜長石斑晶が目立つ。両輝石安山岩。
		唐山安山岩		灰黒色で、斜長石と輝石類の小さな斑晶。捕獲岩。両輝石安山岩。
		揖宿安山岩類		灰黒色で、斜長石と輝石類の斑晶が多い。両輝石安山岩。

第2図 模式柱状図

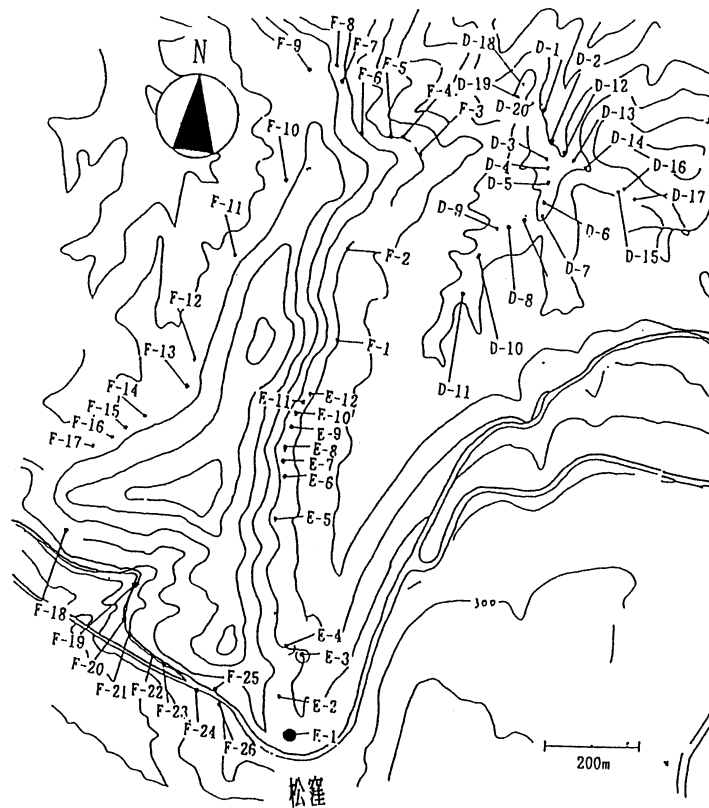
Ⅲ. 試料および実験方法

鹿児島県指宿地方東方地域周辺から試料を採取した。試料採取地点を第3図と第4図に示した。試料は、主に変質した安山岩類を採取した。試料採取は、表土を10~20cm取り除いておこなった。

採取した試料は、原土そのままと水ひをして得た粒径 $2\mu\text{m}$ 以下の粘土鉱物について、X線粉末回折、示差熱分析、走査電子顕微鏡観察をおこなった。X線回折は、理学電機製の回折装置を用い、30kV、15mAの条件で実験を行なった。示差熱分析は、毎分 10°C の昇温速度で行なった。



第3図 試料採取地点



第4図 試料採集地点

IV. 実験結果

本地域で採取した試料についてX線粉末回折を行なった結果、同定された鉱物は、カオリナイト、スメクタイト、 10\AA -ハロイサイト、 7\AA -ハロイサイト、クロライト、バーミキュライト、混合層鉱物、クリストバライト、トリディマイト、石英、アルーナイト、輝沸石、石膏および黄鉄鉱である。各試料に含まれる変質鉱物を第1表から第4表に示した。主に含まれる粘土鉱物の違いで、3つの変質帯に分帯ができた。本地域で最も強い変質を受けて、主にカオリナイトからなる Zone I (アルーナイト-カオリナイト帯)、その外側に Zone II (スメクタイト帯)、さらにその外側に Zone III (10\AA -ハロイサイト帯) の3つである。Zone IIIの 10\AA -ハロイサイトは主に風化生成物である。各変質帯に含まれる鉱物組み合わせを第5表に示し、各変質帯の分布を第5図に示した。

以下に各変質帯の鉱物学的性質を述べる。

第1表 指宿市東方地域に産する変質鉱物

Sample No.	粘土鉱物						シリカ鉱物			その他の鉱物				備考	原岩
	K	Sm	10H	7H	Ch	ML	Q	Cr	T	A	J	He	F		
A-1			△				○	△		—			△		
A-2-1			△				◎	△		—			◎		
A-2-2			△				◎	△					△		
A-3			△				○	△					◎		
A-4-1						◎	◎	△		—			○	Se	
A-4-2			○				○	△					△		
A-5			○				○	△					◎	Hb	
A-6		△						—					○		
A-7		○						—					◎		
A-8		○						—					△	G	
A-9			△							—			—		
B-1	◎						△	△					△		
B-2								◎			○				
B-3-1	△							◎			○				
B-3-2	△							◎							
B-4	△	◎					△	○							
B-5								◎							
B-6-1		◎					△	◎				—			
B-6-2	△	◎													
B-7	△						△	○	○					Op-CT	
B-8	△						△	◎							
B-9			—				△	△	△				◎		
B-10		△											◎		
B-11		◎					△	△	△				○		
B-12	△	○						◎					△		
B-13							△	△	△				○		
B-14		△						○	—				△		
B-15			△					—							
B-16		△	△					△	△				△		
B-17								○	△				△		

K: カオリナイト, Sm: スメクタイト, 10H: 10Åハロイサイト, 7H: 7Åハロイサイト, Ch: 緑泥石, ML: 混合層鉱物, Q: 石英, Cr: クリストバライト, T: トリディマイト, A: アルーナイト, J: ジャロサイト, He: 輝沸石, F: 斜長石, Se: 絹雲母, Hb: 角閃石, G: 石コウ, Op-CT: オパールCT, IKP: 池田火砕流堆積物, IBA: 指宿安山岩。

◎多量, ○中量, △少量, —微量

第2表 指宿市東方地域に産する変質鉱物

Sample No.	粘土鉱物						シリカ鉱物			その他の鉱物				備考	原岩	
	K	Sm	10H	7H	Ch	ML	Q	Cr	T	A	J	He	F			
C-1	○											○				IBA
C-2	△	△										△				IBA
C-3	◎															IBA
C-4	◎						◎			△						IBA
C-5	○						△			○						IBA
D-1-1	△							◎	○							KYA
D-1-2	○							○	○						P	KYA
D-2	◎									△						KYA
D-3	△							○	○	○					Op-CT	KYA
D-4	△	△						○								KYA
D-5			○				△	△					△			IKP
D-6		△	△				△	△					△			IKP
D-7			○				△	△					△			IKP
D-8			◎				△	△					△			IKP
D-9			○				△						△			IKP
D-10			○				△	△					△			IKP
D-11			○				△	△	△				△			IKP
D-12								△	△	○	△					KYA
D-13								△	△	○						KYA
D-14	△									◎						KYA
D-15							-									IKP
D-16			◎	△			△	△	△							IKP
D-17			△		△		◎	△	-			△	◎	Hb		IKP
D-18	○							△	△			△				KYA
D-19	○							○								KYA
D-20	○						○	△								KYA

K: カオリナイト, Sm: スメクタイト, 10H: 10Åハロイサイト, 7H: 7Åハロイサイト, Ch: 緑泥石, ML: 混合層鉱物, Q: 石英, Cr: クリストバライト, T: トリディマイト, A: アルーナイト, J: ジャロサイト, He: 輝沸石, F: 斜長石, P: 黄鉄鉱, Op-CT: オパール CT, Hb: 角閃石, IBA: 指宿安山岩, KYA: 唐山安山岩, IKP: 池田火砕流堆積物, ◎多量, ○中量, △少量, -微量

第3表 指宿市東方地域に産する変質鉱物

Sample No.	粘土鉱物						シリカ鉱物			その他の鉱物				備考	原岩
	K	Sm	10H	7H	Ch	ML	Q	Cr	T	A	J	He	F		
E-1								△					◎		IKP
E-2								△	-				◎		IKP
E-3			△			△								Se	IKP
E-4		△					◎	△	△				△		IKP
E-5		○						○				△		P	KYA
E-6		◎						△							KYA
E-7		◎										○	△		IKP
E-8								△		△				Hb	IKP
E-9		○			-	-	◎	△	△				○	Hb,V	IKP
E-10							△	△		△			△		IKP
E-11			-					○	△				○		IKP
E-12								△		△					IKP
F-1	○							○	△	△					KYA
F-2		-	-				○	△				-	△		IKP
F-3-1	△	◎													KYA
F-3-2	○	○											△		KYA
F-4			△				◎	△							IKP
F-5			△					△	-	△			◎		IKP
F-6			△				△						△		IKP
F-7			△		△			△	-	△			◎	Hb	IKP
F-8			△					△		○			○		IKP
F-9-1			△				△	-					△		IKP
F-9-2		○	△				◎	△		△			○		IKP
F-10		△	△				○	△	-				○	Hb	IKP
F-11			△				△	○					◎	Hb	IKP
F-12								△					○		IKP
F-13			△				○	△					○		IKP

K: カオリナイト, Sm: スメクタイト, 10H: 10Åハロイサイト, 7H: 7Åハロイサイト, Ch: 緑泥石, ML: 混合層鉱物, Q: 石英, Cr: クリストバライト, T: トリディマイト, A: アルーナイト, J: ジャロサイト, He: 輝沸石, F: 斜長石, Se: 絹雲母, P: 黄鉄鉱, Hb: 角閃石, V: バーミキュライト, IKP: 池田火砕流堆積物, KYA: 唐山安山岩。

◎多量, ○中量, △少量, -微量

第4表 指宿市東方地域に産する変質鉱物

Sample No.	粘土鉱物						シリカ鉱物			その他の鉱物				備考	原岩
	K	Sm	10H	7H	Ch	M	Q	Cr	T	A	J	He	F		
F-13			△				○	△					○		EKM
F-14		○					△	◎					△		KYA
F-15		◎													EKM
F-16		○	-					△			△		△		EKM
F-17		◎									△				EKM
F-18		△					△	△	-						EKM
F-19		◎					△	△					△		EKM
F-20			△		△		◎	△	△	△	△			Hb	EKM
F-21		◎											○		KYA
F-22		○						△	△				◎		KYA
F-23		○						△	△	△			○		KYA
F-24		◎													KYA
F-25-1		◎						△							KYA
F-25-2		○					○								KYA
F-26	△	◎					△	-	-						KYA

K: カオリナイト, Sm: スメクタイト, 10H: 10Åハロイサイト, 7H: 7Åハロイサイト, Ch: 緑泥石, M: 混合層鉱物, Q: 石英, Cr: クリストバライト, T: トリディマイト, A: アルーナイト, J: ジャロサイト, He: 輝沸石, F: 斜長石, Hb: 角閃石, EKM: 開聞岳噴出物, KYA: 唐山安山岩。
◎多量, ○中量, △少量, -微量

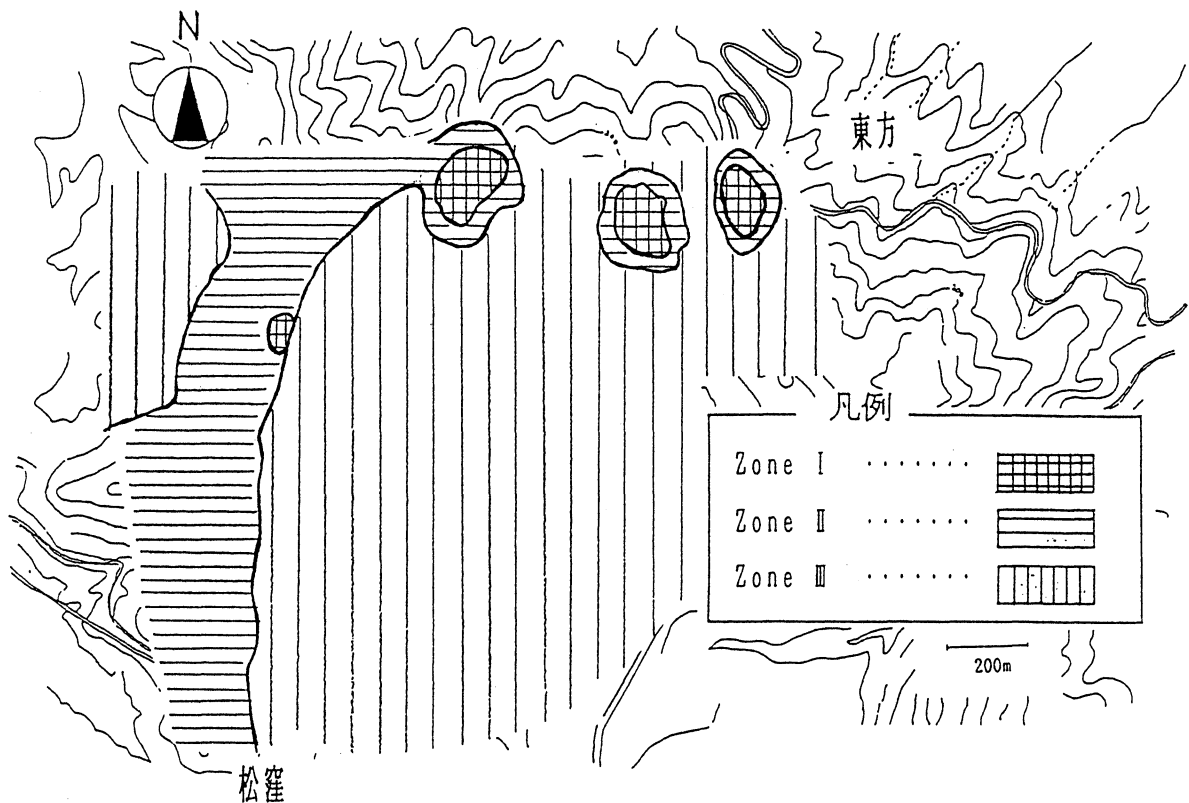
第5表 各変質帯中の鉱物組み合わせ

	I	II	III
カオリナイト			
スメクタイト			
7Åハロイサイト			
10Åハロイサイト			
石英			
クリストバライト			
トリディマイト			
アルーナイト			
黄鉄鉱			

Zone I : アルーナイト-カオリナイト帯

Zone II : スメクタイト帯

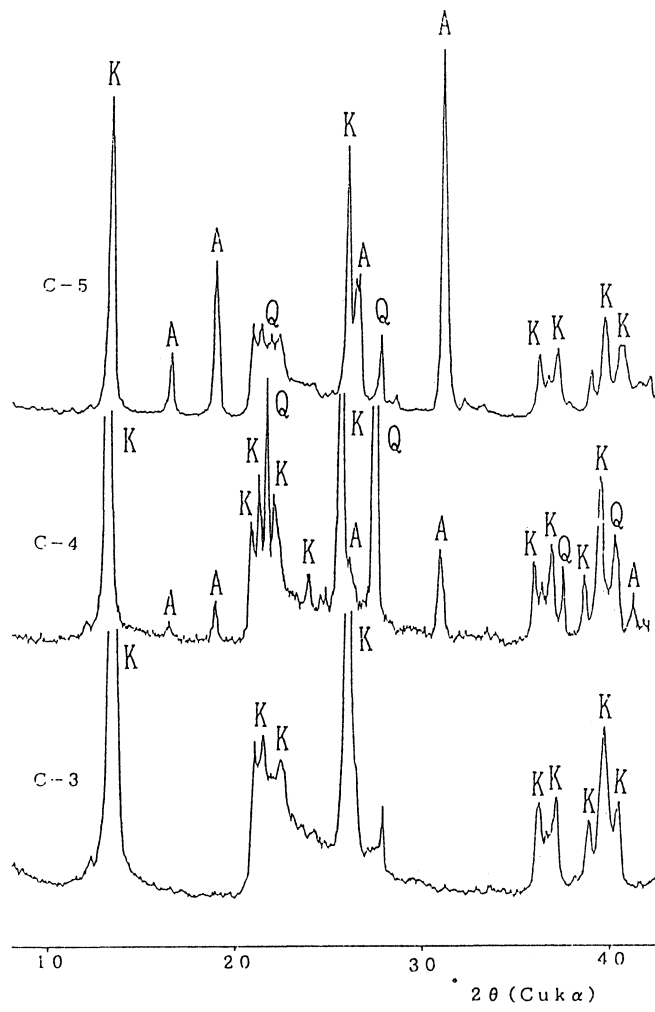
Zone III : 10Åハロイサイト帯



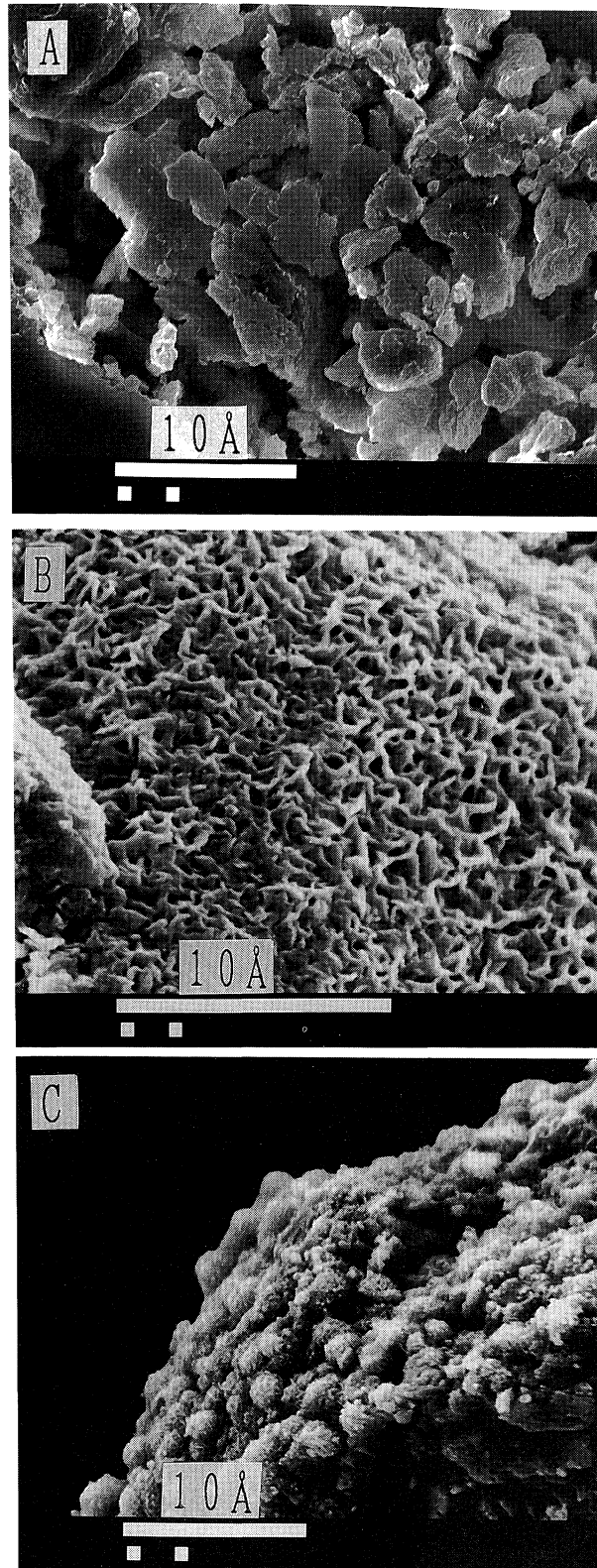
第5図 指宿市東方地域における変質鉱物による変質分帯

1. Zone I (アルーナイト-カオリナイト帯)

この Zone に含まれる鉱物は、アルーナイト、カオリナイト、クリストバライト、トリデイマイト、石英で、酸性の熱水変質作用によって生成されたものである。第6図にこの Zone に見られる特徴的な試料のX線回折パターンを示した。この Zone が分布するところは、現在も噴気活動を続けている場所に近い所が多く、変質の激しい所は、白色粘土化しており、珪化しているところも見られた。この Zone にみられる代表的なカオリナイトの走査電子顕微鏡写真を第7図に示した。この Zone に含まれるカオリナイトの結晶度を調べるために、数個のカオリナイトの Hinckley index を測定し、その結果を第6表に示した。



第6図 Zone Iにみられる試料C-3, C-4, C-5のXRDパターン
 K:カオリナイト, A:アルーナイト, Q:石英



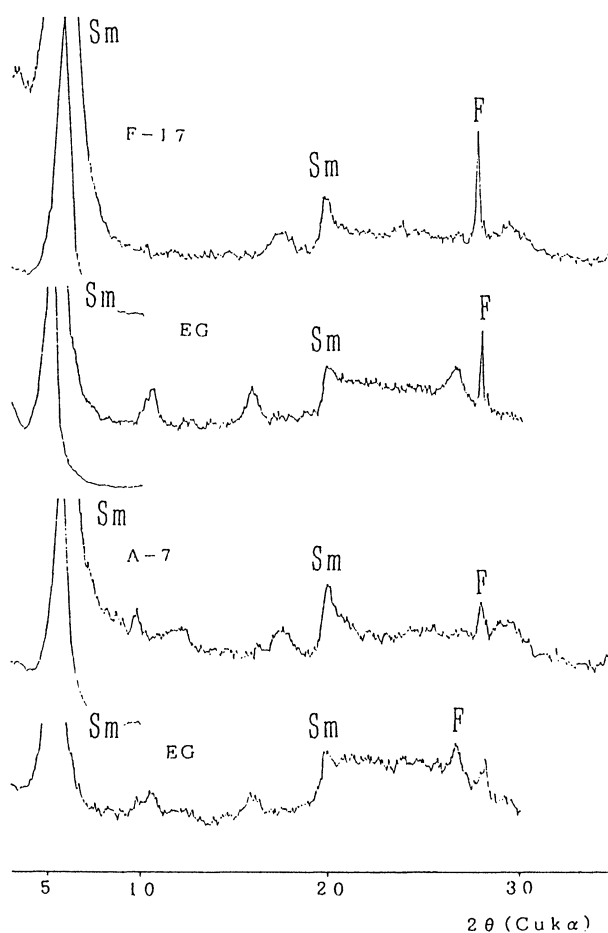
第7図 Zone Iにみられるカオリナイト (A), Zone IIにみられるスメクタイト (B) と Zone IIIにみられる10-ハロイサイト (C) の走査電子顕微鏡写真

第6表 カオリナイトの Hinckley Index

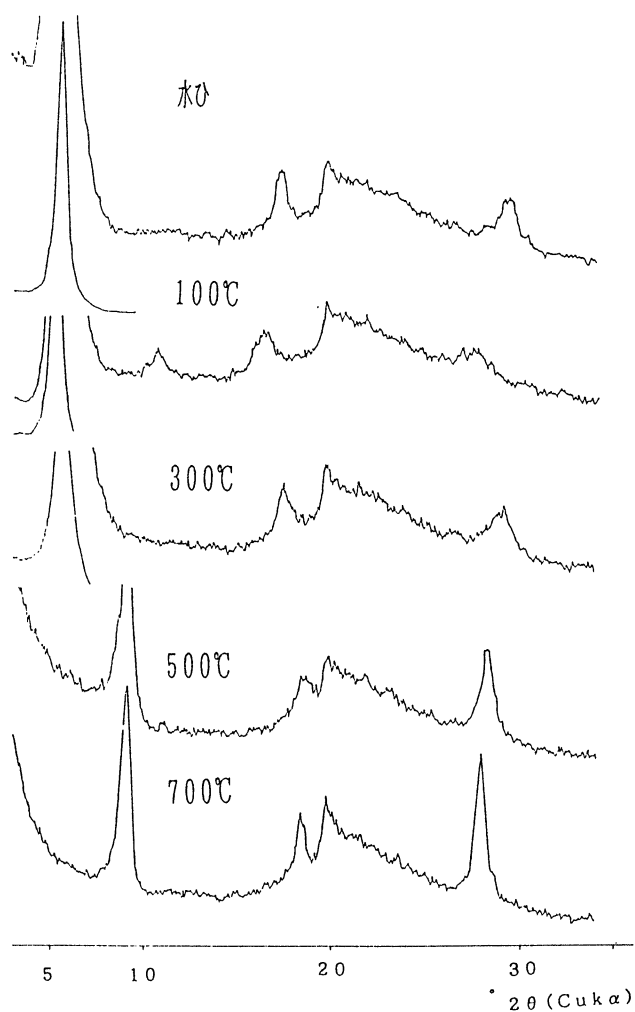
Sample No.	Hinckley Index	Remarks
C-1	0.71	Zone I
C-3	0.52	Zone I
D-2	1.06	Zone I
D-18	0.70	Zone I
D-19	0.56	Zone I
D-20	0.47	Zone I

2. Zone II (スメクタイト帯)

この Zone に含まれる鉱物は、スメクタイト、カオリナイト、 7\AA -ハロイサイト、クリストバライト、石英である。この Zone に含まれる典型的なスメクタイトの X 線回折 (XRD) パターンを第 8 図に示し、加熱した XRD パターンを第 9 図に示した。また、この試料の走査電子顕微鏡写真を第 7 図に示した。



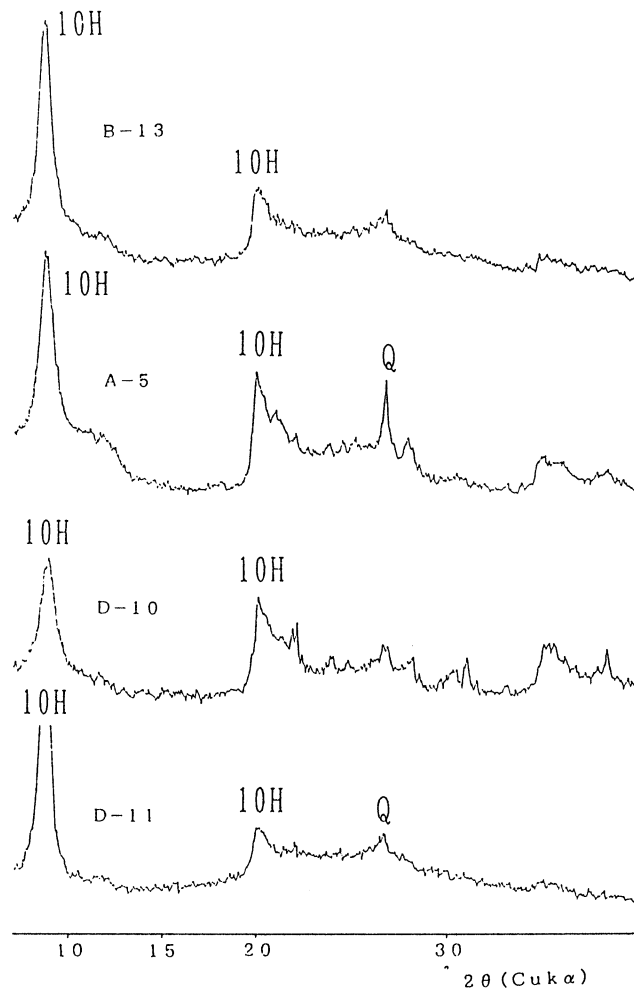
第8図 Zone II にみられる試料F-17とA-7の XRD パターン
Sm : スメクタイト, F : 長石, EG : エチレングリコール処理



第9図 試料 F-17の加熱処理後の XRD パターン

3. Zone III (10Å-ハロイサイト帯)

この Zone に含まれる鉱物は、主に10Å-ハロイサイトで、安山岩中の長石の風化によって生成された。代表的な試料の XRD パターンを第10図に示し、走査電子顕微鏡写真を第7図に示した。



第10図 試料B-13, A-5, D-10, D-11のXRDパターン
 10H: 10Å-ハロイサイト, Q: 石英

V. まとめと考察

本地域に産する主な粘土鉱物は、カオリナイト、スメクタイト、10Å-ハロイサイトで、その他の鉱物としてクリストバライト、トリディマイト、アルーナイトが認められた。変質の中心部に近いところにはアルーナイトが多く産し、その周辺にカオリナイトが産する。これらの鉱物は酸性の熱水溶液によって生成したものである。このアルーナイト-カオリナイト帯の外側にスメクタイトを多く含むスメクタイト帯が認められ、さらにその外側に10Å-ハロイサイトがみられ、アルーナイト-スメクタイト帯、スメクタイト帯、10Å-ハロイサイト帯と3つのZoneに分帯できた。熱水変質作用は指宿安山岩類、唐山安山岩、池底安山岩に広く認められるが、これらの上位の幸屋火砕流堆積物以降の新しい堆積物にはほとんど変質作用が及んでいない。このことから、本地域の熱水変質作用は、阿多カルデラ中央火口丘群の活動に起因する熱水活動によっており、幸屋火砕流堆積物が堆積する約6400年前におおよそその活動は終了したと考えられ、一部は現在まで続いていると考えられる(加川他, 1989)。10Å-ハロイサイトは弱い熱水変質作用というよ

りは風化作用によって生成したものと考えられる。

VI. 謝 辞

本研究を進めるにあたり、有益な助言を下された鹿児島大学理学部地学教室の山本温彦氏に感謝致します。

参考文献

- Hinckley, D. N., 1963. Variability in "crystallinity" values among the kaolin deposit of the coastal plain of Georgia and South Carolina. *Clays and Clay Minerals*, **13**, 220-235.
- 加川博敏・富田克利・大庭 昇・山本温彦, 1989. 鹿児島県山川町鰻池周辺の地質と変質鉱物. 鹿児島大学理学部紀要(地学・生物学), **22**, 137-164.
- 金原啓司・大久保太治, 1978. 鹿児島県薩南地区地熱調査井(SA-1号)に見られる岩石の熱水変質. 岩鉱, **73**, 125-136.
- 町田 洋・新井房夫, 1978. 南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラアカホヤ火山灰ー. 第四紀研究, **17(3)**, 143-163.
- Matumoto, T., 1943. The four gigantic caldera volcanoes of Kyushu. *Jap. Jour. Geol. Geogr.*, **19**, Special Number, 1-57.
- 富田克利・河野元治・鬼塚浩次・加川博敏・田中純朋, 1994. 鹿児島県指宿地域の粘土鉱物. 粘土科学. **34**, 1-10.