

隠岐島前・石英閃長岩中のアルカリ長石

中野 聡 志*

Alkali feldspar in quartz syenite from Oki-Dozen island, Japan

Satoshi Nakano*

Abstract

The chemistry and internal textures of alkali feldspar in quartz syenite from Oki-Dozen island, Japan, are described together with the chemical compositions of coexisting hornblende, biotite and opaque minerals. The alkali feldspar shows complicated microtextures in thin section, consisting of two different areas, turbid and clear (non-turbid). The turbid areas show irregular mosaics of micropertthitic texture, whereas the clear areas are either featureless or show various complicated textures such as wedge-shaped and ripple-like. As a whole, the feldspar consists microscopically of at least four different phases (areas) with different compositions. The problems on their formation are briefly discussed.

Key words : alkali feldspar, quartz syenite, Oki-Dozen island, microtexture, turbidity

はじめに

隠岐諸島は、いずれも主として鮮新-更新統のアルカリ火山岩類によって構成されている (Uchimizu, 1966; 千葉, 1975)。アルカリ火山岩類が隠岐島前・島後に広汎に分布する中で、同時代の唯一の深成岩としての石英閃長岩が島前・西の島に露出している (千葉, 1975)。この石英閃長岩については、既に岩石記載がなされており、石英閃長岩とそれから周辺部で漸移している閃長斑岩の化学組成が与えられている (千葉, 1975; Tiba, 1977)。また、後者に含まれているチタン黒雲母の化学組成も与えられている。しかし、それ以上の詳しい鉱物解析は、行われていない。

日本では、閃長岩の産出は少なく、足摺岬の岩体 (村上・今岡, 1980; 村上ほか, 1989) を除くときわめて小規模なものが瀬戸内海地域に点在している (Murakami, 1959; 村上, 1976など)。これらの閃長岩中の造岩鉱物については、これまで長石類の化学組成・組織あるいは化学組成の解析などが行われてきている (Murakami, 1963; Murakami, 1965; etc.)。隠岐島前石英閃長岩は、これらとは異なる地質学的位置にあり、まとまった岩体

として存在するので、他地域の閃長岩中のものとの比較を行うためにも、造岩鉱物を調べる必要がある。

本論では、構成鉱物についてX線マイクロアナライザーで分析した化学組成とアルカリ長石の組織についての現在までの観察結果を記載する。長石組織はいくつかの成因的に重要な問題を含んでいるので、それらの問題点を簡潔に提示する。

地質概略及び岩石試料

隠岐諸島は、大きく島後と島前に分けられる。島前は、島後から約13km離れて、島根半島沖合い約40~50kmの日本海に浮かんでいる大小いくつかの島の集合体である。大きい島は、知夫里島・西ノ島・中の島の三つであり、西ノ島は細長く伸びているがその最大の島である。島後の地質は多くの研究者によって解明されてきたが、島前については少なかった。しかし、Tiba (1972)・千葉 (1975) 以来、アルカリ火山岩を中心にした岩石学的研究が進んでいる (Tiba, 1986; 金子, 1991)。

以下、千葉 (1975) にしたがって、島前の地質概略を述べる。島前には、中期中新世の凝灰岩・頁岩・凝灰角礫岩・凝灰質砂岩が、全層厚300m以上で分布している。その後、石英閃長岩体の貫入があり、アルカリ玄武岩・粗面岩・アルカリ流紋岩等の火山岩類の噴出が続いた。火山活動は、カルデラ陥没を伴った。島前は、このカル

* 〒520 大津市平津2-5-1 滋賀大学教育学部地学教室
Department of Earth Science, Faculty of Education, Shiga University, Otsu, 520 Japan

隠岐島前・石英閃長岩の化学組成とノルム組成 (Tiba (1977) による)。

Chemical composition		Norm Composition	
SiO ₂	63.88	Q	2.07
TiO ₂	0.47	or	35.45
Al ₂ O ₃	17.56	ab	50.23
Fe ₂ O ₃	0.32	an	3.56
FeO	2.96	di	1.69
MnO	0.12	hy	4.10
MgO	0.15	mt	0.46
CaO	1.18	il	0.90
Na ₂ O	5.94	ap	0.13%
K ₂ O	6.00		
H ₂ O ⁺	1.02		
H ₂ O ⁻	0.24		
P ₂ O ₅	0.06		
Total	99.90wt%		

デラの外輪山と中央火口丘が残った島と考えられている。西ノ島の焼火山は、中央火口丘に当たると考えられているが、その北東麓に石英閃長岩の主岩体が露出している。火山活動の時期は、ほぼ島後のアルカリ火山岩のそれと一致し、後期中新世である。

本研究で使用した石英閃長岩の試料は、西ノ島別府港より南へ約2kmにある大山部落奥にある旧採石場の露頭から採取したものである。石英閃長岩の化学組成は、Tiba (1977) により与えられている (第1表)。

構成鉱物の化学組成

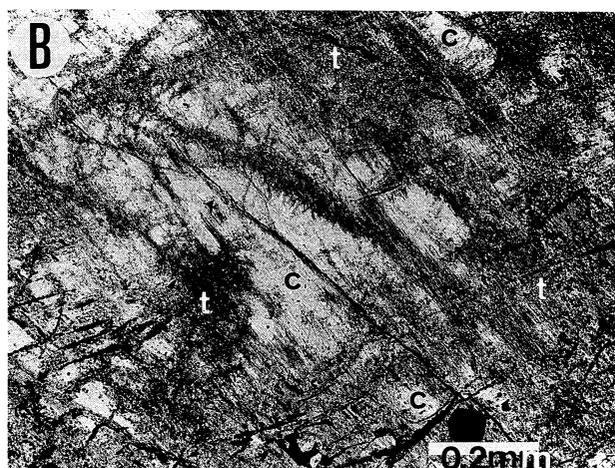
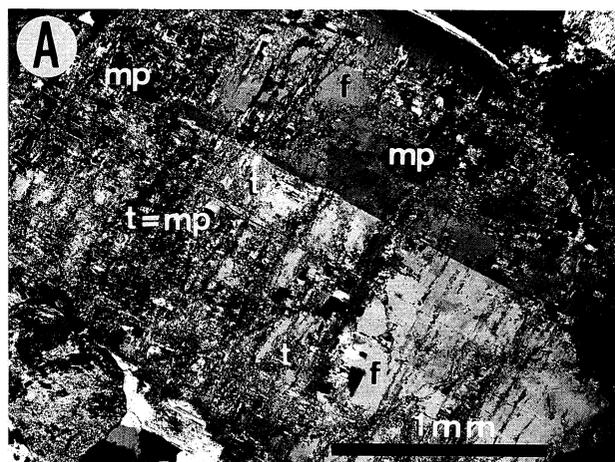
本岩の構成鉱物は、アルカリ長石、斜長石 (曹長石)、黒雲母、角閃石、石英、不透明鉱物である。しかし、閃長岩であるから、量的には圧倒的にアルカリ長石が多い。

構成鉱物のうち、角閃石・黒雲母・不透明鉱物の化学組成を、名古屋大学理学部地球科学教室のJEO・JXA733タイプのX線マイクロアナライザー (以下、EPMMA) で分析したので、その結果を第2表に示す。分析条件は、加速電圧15kV・加熱電流0.02μA・ビーム径3μmである。補正は、Bence and Albee (1968) による。長石類については、後で述べる。

アルカリ長石

1. 顕微鏡下の観察

本岩中のアルカリ長石は、きわめて広範に強い turbidity を呈している (第1図)。この turbid 領域には、鏡下できわめて粗いパーサイト組織が発達している。turbidity がほとんどないか弱い領域は、鏡下で均質に見える部分と何らかの微細組織を呈している部分とに



第1図 アルカリ長石の顕微鏡写真。

A: turbidity を伴うモザイク状マイクロパーサイト領域が結晶の外側から内側に侵入したように見える。一部に turbidity のない均質な領域が見られる。(001) 面。クロスニコル。B: turbid 領域が網目状に発達し、それらの領域の間に微細なラメラ状パーサイト組織が発達している非 turbid 領域が存在する。(010) 面。クロスニコル。凡例は、以下の通りである。

t: turbid 領域あるいは turbidity, c: clear (=非 turbid) 領域 (= f: featureless 領域), mp: モザイク状パーサイト。t = mp; turbid 領域にモザイク状パーサイトが見られる。第3・4図に共通。

分かれる。したがって、本アルカリ長石は、組成の異なる少なくとも三相以上から成る複雑な顕微鏡オーダーの組織を持っていると言える。なお、ほとんどすべての場合、結晶の一部には鏡下でこのような turbidity を伴わない部分が存在している。顕微鏡オーダーのモザイク状パーサイト組織を示す turbid 領域と非 turbid 領域の量比は結晶ごとに異なる。turbidity を伴うパーサイト組織の部分は、全体として結晶の外側から中に向かって侵入しているように見える。

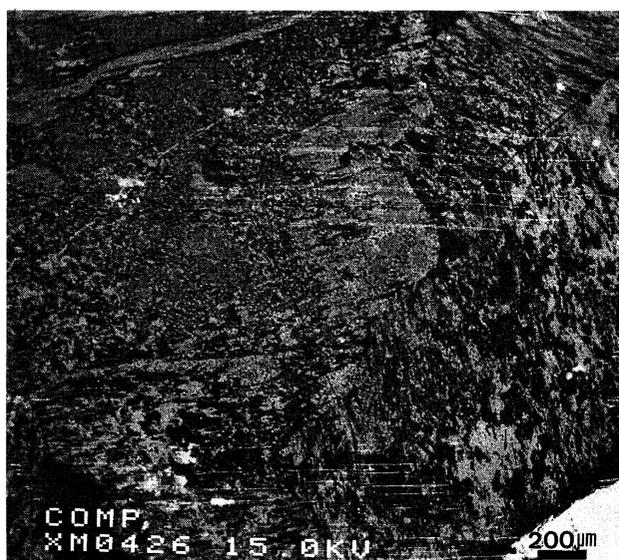
turbid 領域のマイクロパーサイトは、一般的にモザイク状である(第1図A)。特徴的なことは、そのうちの1相特にOr相が単独で大きく不規則に発達する場合があることである。

turbidity がほとんどないか弱い領域にも、マイクロパーサイト組織が観察される。このマイクロパーサイトは、微細なラメラ状の形態を示しており、turbid 領域のモザイク状のマイクロパーサイトとはきわめて対照的である(第1図Bと後出の第4図B)。

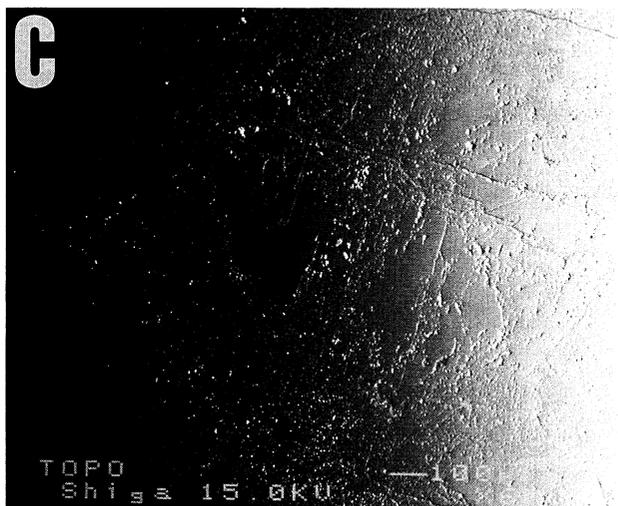
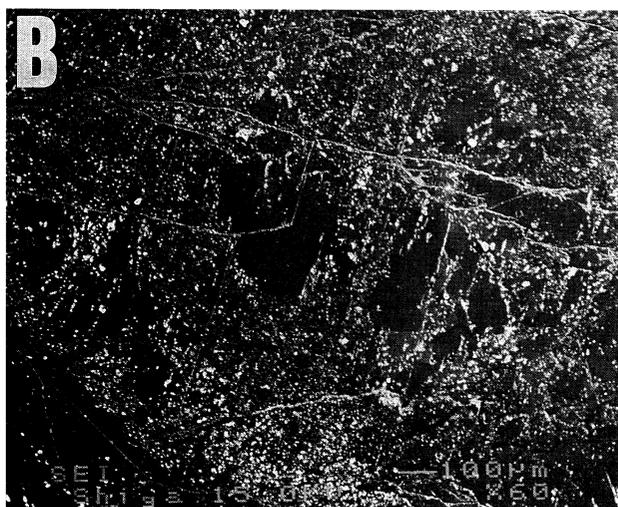
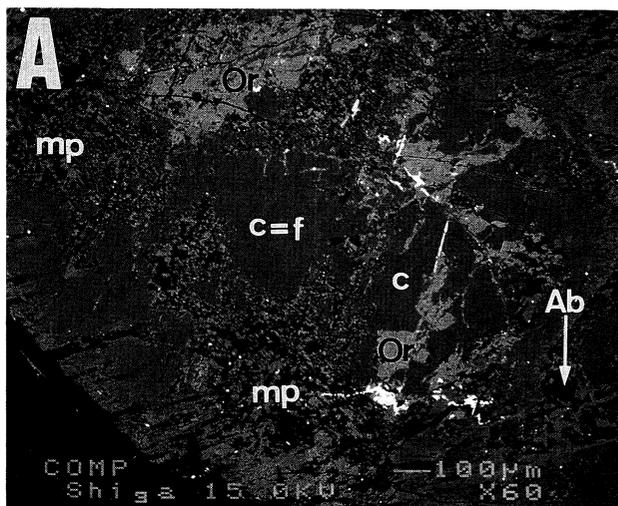
turbidity がほとんどないか弱い領域は、鏡下で均質に見える(第1図A)。ここで言う均質という意味は、鏡下でほとんど特徴がないという意味であり、全く組成変化を示さないという意味ではない。しかし、この均質に見える非 turbid 部分も、どこまでの範囲で均質(特徴がない)かという問題がある。すなわち、後で説明するが、非 turbid 領域には上に述べた微細なマイクロパーサイト組織とは別個に、くさび形ないしはひし形状の組織あるいは ripple 組織(Waldron and Parsons, 1992)をはじめとして多様な組織が観察される。

2. EPMAによる組織観察

J E O L・J X A 8800 MタイプのEPMA(滋賀大学教育学部)によって、アルカリ長石の組織を観察した。代表的な反射電子線像を、第2・3・4図に示す。結晶粒界が偏光顕微鏡下での観察とは異なり、不明瞭になっている。このことは、同じ組成の長石が結晶境界を越えて分布していることを示している(第2図)。



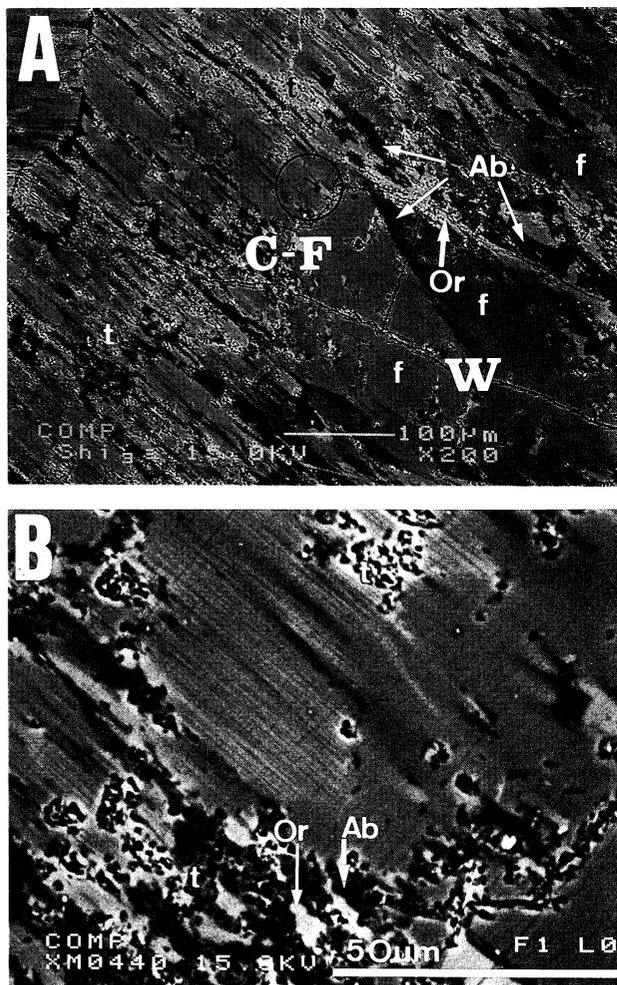
第2図 アルカリ長石の低倍率での反射電子線像(コンポ像)。左右二つのアルカリ長石が、ほぼ中央で、NE-SW方向に伸びる湾曲した境界をもって接している。より色の白い部分がよりOr成分に富み、より色の黒い部分がよりAb成分に富む。



第3図 モザイク状のパーサイト部分及び単独で発達するOr相部分に turbidity が密集し、その turbidity が試料面上のくぼみに対応していることを示す反射電子線像と二次電子線像。A: 反射電子線像コンポ像。より色の白い部分がよりOr成分に富みより、色の黒い部分がよりAb成分に富む。B: 同一部分の二次電子線像。C: 同一部分の反射電子トポ像。Or: Or相(第3表参照)、Ab: Ab相(端成分に近い)。第4図に共通。

非 turbid 領域と共存する turbidity の部分を反射電子コンポ像で観察した例を、第3図に示す。turbid 領域には、粗い不規則なパーサイト組織とともに径数ミクロン前後の円状・レンズ状の暗黒体が密集していることがわかる。これらの暗黒物を反射電子トポ像・二次電子で観察すると、地形的なくぼみに相当していることがわかる。Worden et al. (1990) の micropore に相当するものと考えられる。

3相長石組織およびパーサイト組織は、きわめて複雑である。反射電子コンポ像で観察された特徴的な組織の一例が、第4図である。第4図Aでは、組成の異なる2相が相互にくさび形をして接しているが、Ab相がその



第4図 turbid 領域と非 turbid 領域が共存している複雑な組織を示すアルカリ長石の反射電子線コンポ像。A：turbid 領域には、モザイク状組織が見られる。非 turbid 領域には、大きなくさび形組織・ripple 状組織と微細なラメラ状組織等が見られる。B：Aのほぼ中央の円部分の拡大写真。W：くさび形組織 (wedge-shaped), C-F：イカ形組織 (cuttle-fish)。

間に右上のモザイク状パーサイトから連続して入り込んでいるように見える。左側のくさび形部分の端では、一部はコントラストの弱い微細なラメラ状組織部分へと漸移し、一部では turbidity を伴うコントラストのはっきりしたモザイク状パーサイトに接している。このくさび形の部分は、パーサイトの部分を含めると、全体としてイカ形の組織 (cuttle-fish: Nakano, 1992) に見える。全体としてこの部分は、少なくとも4つ以上の組成の異なる (四相) 長石から成っている。

第4図Bでは、turbid 領域と非 turbid 領域では異なるタイプのパーサイト組織が発達しているのが明瞭である。turbid 領域には粗いモザイク状のマイクロパーサイトが、非 turbid 領域には微細なラメラ状のマイクロパーサイトが見られる。また、ラメラ状パーサイト (特により Or に富む相) が、均質な領域に漸移しているように見える。

それ以外の主な組織的特徴としては、一部に ripple 組織 (Waldron and Parsons, 1992) に似ているものがあるのが注目される (第4図A中央下不明瞭)。

3. 長石の化学組成

J E O L・J X A 8800MタイプのEPMA (滋賀大学教育学部) によって、加速電子15kV・フィラメント電流0.02 μ A・ビーム径5 μ mの条件で分析した。標準試料は、いずれも日本電子のもの (NaAlSi₃O₈, CaSiO₃, SiO₂, Al₂O₃, SrBaNbO₇, Fe₂O₃) を用いたが、K₂O については別途 adularia を使用した。補正は、Bence and Albee (1968) によっている。

turbid 領域のモザイク状マイクロパーサイトを構成する2相は、ほとんど端成分の Or 相と Ab 相である。しかし、均質ではなく組成変化を伴っている。特徴的なことは、Or 相にも Ab 相にも An 成分がほとんど含まれていない (第3表右側二つの分析値がそれに対応している)。

非 turbid 領域は、既に述べたように、くさび形の領域をはじめ組成変化のパターンが多様である。この非 turbid 領域について求めた化学組成も第3表に示してあるので (左から5ケの分析値)、組成変化の幅が読み取れる。また、第3表には、均質に見える部分では、An 含有量が多い場合と少ない場合の両方があることが示されている。しかし、turbid 領域のモザイク状パーサイトの Or・Ab 相がいずれも端成分に近いものであるのに比較すると、中間的な組成である。すなわち、非 turbid 領域を構成する各相の組成ギャップは、turbid 領域の場合のそれに比較するとかなり小さい。

第2表 石英閃長岩中の角閃石・黒雲母・不透明鉱物の化学組成

Chemical compositions (wt%)						
	Hornblende		Biotite		Ilmenite	Ti-magnetite
SiO ₂	45.93	45.23	37.35	35.34	0.00	0.00
TiO ₂	1.05	1.49	0.36	0.05	50.74	9.23
Al ₂ O ₃	3.62	4.78	8.27	8.93	0.68	0.16
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO*	28.20	26.22	38.18	38.10	38.61	85.72
MnO	1.49	1.21	1.24	1.36	7.23	1.46
MgO	5.39	5.96	2.05	2.11	0.67	0.00
CaO	8.47	8.87	0.07	0.13	-	-
BaO	0.00	0.00	0.05	0.00	0.34	0.09
Na ₂ O	2.56	2.88	0.29	0.19	0.08	0.00
K ₂ O	0.81	0.95	7.72	8.10	-	0
Total	97.52	97.59	95.58	94.31	98.35	96.66

Atomic numbers						
Si	7.296	7.129	6.270	6.065	0.000	0.000
Ti	0.125	0.177	0.044	0.007	0.977	0.318
Al	0.677	0.889	1.628	1.806	0.020	0.009
Cr	0.000	-	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	3.746	3.455	5.346	5.469	0.827	3.290
Mn	0.201	0.162	0.176	0.198	0.157	0.057
Mg	1.276	1.400	0.506	0.539	0.026	0.000
Ca	1.441	1.498	0.022	0.023	-	-
Ba	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.002
Na	0.788	0.880	0.088	0.063	0.004	0.000
K	0.164	0.191	1.650	1.774	-	0.000
	0=23		0=22		0=3	0=4

* Total Fe as FeO

第3表 石英閃長岩中のアルカリ長石の化学組成. 左側5ヶの分析値が非 turbid 領域からのもの, 右側2ヶが turbid 領域のモザイク状パーサイトの Ab 相と Or 相のもの.

Chemical compositions (wt%)							
SiO ₂	67.03	66.30	66.52	66.00	67.37	69.09	64.61
Al ₂ O ₃	20.00	19.07	19.14	18.65	18.60	19.18	17.99
FeO*	0.12	0.18	0.03	0.12	0.22	0.02	0.04
CaO	0.84	0.88	1.02	0.22	0.10	0.01	0.00
Na ₂ O	8.03	7.33	5.80	6.85	6.32	11.12	0.91
K ₂ O	4.73	5.65	7.55	6.54	7.28	0.15	15.13
BaO	0.11	0.10	0.00	0.09	0.06	0.06	0.14
Total	100.86	99.51	100.06	98.47	99.95	99.63	98.82

Atomic numbers							
Si	2.958	2.977	2.982	2.997	3.016	3.020	3.011
Al	1.041	1.009	1.011	0.998	0.981	0.988	0.988
Fe	0.004	0.007	0.001	0.005	0.008	0.001	0.002
Ca	0.040	0.042	0.049	0.011	0.005	0.000	0.000
Na	0.687	0.639	0.504	0.603	0.549	0.942	0.083
K	0.266	0.323	0.432	0.379	0.416	0.008	0.900
Ba	0.002	0.002	0.000	0.002	0.001	0.001	0.003
Or	27	32	44	38	43	1	92
Ab	69	64	51	61	57	99	8
An	4	4	5	1	1	0	0

* Total Fe as FeO

討 論

アルカリ長石の微細組織のうち、二長石の共生組織であるいわゆるパーサイト組織についての研究は、近年グリーンランドのクロッケン閃長岩体中の Or-Ab-An 三成分系長石（アルカリ長石を含む）についての研究により大きな展開をした（Parsons, 1978 ; Parsons and Brown, 1984 : ほか）。この場合、顕微鏡オーダーの粗いパーサイト組織が、鏡下で均質に見える部分と共生している。前者は、低温（400℃以下）での熱水的作用を受けた部分でクリプトパーサイトがマイクロパーサイトへ粗大化したものであると考えられている（Smith and Brown, 1988）。一方、後者は、クリプトパーサイト組織を持ち、熱水変質を免れた初生的な部分であると考えられている。粗大化の機構については、微量成分以外の化学成分の移動は起こらず、基本的には離溶であろうと推定されている（Parsons and Brown, 1984）。マイクロパーサイトの部分には、turbidity が伴っている。この turbidity の原因はマイクロポアであることが指摘されるとともに（Worden et al., 1990）、この部分でより強くアルゴンの逸散が起こっていることが明かにされた（Parsons et al., 1988）。このことは、熱水の触媒作用によるクリプトパーサイトのマイクロパーサイトへの粗大化を証拠だてるものとされている。

一方、中野（1980）は、湖東流紋岩中の斑晶アルカリ長石に、同じく三相組織を見いだした。この場合、turbidity を伴うマイクロパーサイト組織が結晶の外から内に染み込むように割れ目を利用して発達している様子が明瞭である。Nakano（1990）は、組成プロファイル・Ca 含有量などの点から、クリプトパーサイトからマイクロパーサイトへの粗大化は、単なる離溶によるものではなく、熱水ステージにおける交代作用が起こった結果であると結論した。

以上のことなどから、アルカリ長石の turbidity は、熱水変質ステージにおけるパーサイト組織の形成・粗大化過程と関連したものであることが認識される（中野, 1992）。本岩中のアルカリ長石には、きわめて強い turbidity が広範に生じており、しかもその turbidity 領域に上記二つの場合と同じくマイクロパーサイト組織が発達している。ここでは、以下にこれまでの観察結果から推定されるそれらの形成過程について述べる。

長石の turbid appearance は変質（風化を含む）と関係し、その原因として fluid inclusion・micropore・perthite boundary などが考えられてきたが、最近では、micropore 説（Eggleton and Buseck, 1980 ; Worden et al., 1990 ; Finch and Walker, 1991）が有力である。今回

の EPMA 観察の結果も、micropore 説を支持しているように見える。

turbidity を伴っているモザイク状パーサイト部分は、その大きい組成ギャップから考えても低温での熱水ステージ（400℃以下）に、粗いパーサイト組織を持つに至ったと考えられる。この過程については、湖東流紋岩中の場合と同じく交代作用が起こった可能性が高い。少なくとも、その組織上の特徴から見て solution-redeposition の機構が動いたことが推測される。なお、石英閃長斑岩に含まれているチタン黒雲母は、交代作用によってできたものであることが指摘されている（Tiba, 1977）。この指摘は、以上の turbidity を伴う粗い不規則・不定形パーサイト組織の形成過程についての考えと整合している。

一方、非 turbid 領域は、低温熱水ステージ（400℃以下）でのマイクロパーサイトの形成（Smith and Brown, 1988 ; Worden et al., 1991）を免れた部分であろう。ただし、Parsons and Brown（1984）、Smith and Brown（1988）が指摘するように、初生的な領域かどうかはさらに検討を要する。なぜならば、この部分にも複雑な組成変化が認められるからである。その一例が、第4図に示されていた。均質に見える幅100μm以上の領域の化学組成は、全体として Or₃₀ から Or₄₀ のかなりの変化を示している。An 含有量は、Ab 含有量に連動せずに変化しているように見える。これらが、どのステージに形成されたものであるかが問題である。

隠岐・島後のアルカリ火山岩には、普遍的にマグマステージに形成されたマントル長石が存在し、それと密接に関係する多様な微細組織が認められる（Nakano, 1992 ; Nakano and Akai, 1992 ; Nakano and Suwa, in press）。本長石中には、現在までマントル長石は観察されていない。しかし、第4図Aのくさび形の一方の部分は、全体としてイカ形（cuttle-fish）であり、これに似た組織が隠岐・島後のアルカリ火山岩中でも観察されているので、マグマステージに形成された可能性がある（Nakano, 1992）。また、一部に見られる ripple 組織については、高温での熱水作用の産物であるとの見解が提示されている（Waldron and Parsons, 1992）。したがって、非 turbid 領域の組織は、マグマステージあるいは turbidity 形成以前のより高温のサブソリダスステージに形成された可能性がある。各相の組成変化の幅が turbid 領域のものほど大きくないことも、この考えと調和的に見える。しかし、本アルカリ長石の場合、たとえばくさび形の2相の間にモザイク状パーサイトの部分から連続して端成分に近い Ab 相が存在するほか、両者の間に漸移的な組成変化が観察される。これらのことは、

turbid 領域の微細組織の成因を, turbidity 形成・モザイク状パーサイト組織形成ステージの低温熱水反応との関係を考慮に入れて, さらに検討する必要があることを示している.

以上, アルカリ長石の微細組織の成因について言及したが, turbidity の果たす役割をはじめとしてその形成過程についてはまだ不明な点が多い(中野, 1992). これらの問題について, 現在解析を続行中であることを付言して本稿を終わりたい.

謝 辞

隠岐の野外調査を行うにあたっては, これまで何回か島根大学理学部地質学教室の方々にお世話になった. また, JXA733タイプのEPMA使用については, 諏訪兼位先生, 鈴木和博博士, 榎並正樹博士にお世話になった. 以上の方々および本稿の掲載を許可された編集委員会の方々特に赤坂正秀博士に深く感謝する.

文 献

Bence, R. A. and Albee, A. L., 1968 : Empirical correction factors for the electron microanalysis of silicates and oxides. *J. Geol.*, **76**, 382-403.

Eggleton, R. A. and Buseck, P. R., 1980 : High resolution electron microscopy of feldspar weathering. *Clays Clay Miner.*, **28**, 173-178.

Finch, A. A. and Walker, F. D. L., 1991 : Cathodoluminescence and microporosity in alkali feldspars from the Blå Måne Sø perthosite, South Greenland. *Mineral. Mag.*, **55**, 583-589.

金子信行, 1991 : 隠岐島前火山の岩石学—その1. 岩石記載, 主成分及び微量成分元素組成. *岩鉱*, **86**, 140-159.

Murakami, N., 1959 : Metasomatic syenite occurring in granitic rocks of southwestern Japan. *山口大理科報告*, **10**, 73-90.

Murakami, N., 1963 : Petrological studies on the metasomatic syenites in Japan. Part 1. Syenites of the Cape of Ahizuri, Kochi Prefecture. *岩鉱*, **50**, 190-197.

Murakami, N., 1965 : Feldspars in the metasomatic rocks of southwestern Japan. *岩鉱*, **54**, 132-150.

村上允英, 1976 : 本邦産交代性閃長岩質岩石中の鉱物共生. *岩鉱学会誌特別号1号*, 261-281.

村上允英・今岡照喜, 1980 : 四国西南部の深成岩類の化学組成—とくに足摺岬深成岩類の特徴—. *四万十帯の地質学と古生物学—甲藤次郎教授還暦記念論集*, 57-

70.

村上允英・今岡照喜・魚住誠司, 1989 : 高知県足摺岬の環状複合岩体とその形成機構. 陥没—その構造・機構・応用—. *地学団体研究会専報36号*, 115-142.

中野聰志, 1980 : 湖東和田山産流紋岩質溶結凝灰岩中のアルカリ長石—特に perthite 組織について—. *滋賀大教育紀要(自然)*, **30**, 36-46.

Nakano, S., 1990 : Behavior of alkali feldspar during hydrothermal alteration of the Koto Rhyolites, southwest Japan. *Earth Science (Chikyu Kagaku)*, **44**, 61-76.

中野聰志, 1992 : アルカリ長石: パーサイト研究の現状と課題. *鉱物学雑誌*, **21**, 161-173.

Nakano, S., 1992 : Internal textures and chemical compositions of anti-rapakivi mantled feldspars from Oki-Dogo island, Japan. *Mineral. Petrol.*, **46**, 123-135.

Nakano, S. and Akai, J., 1992 : Cryptoperthites in fayalite - hedenbergite trachyte from Oki - Dogo island, Japan. *J. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, **87**, 265-271.

Nakano, S. and Suwa, K., (in press) : Mantled feldspars in alkali rhyolite from Oki-Dogo island, Japan. *Mineral. Petrol.*

Parsons, I., 1978 : Feldspars and fluids in cooling plutons. *Mineral. Mag.*, **42**, 1-17.

Parsons, I. and Brown, W. L., 1984 : Feldspars and the thermal history of igneous rocks. In : Brown, W. L. (ed.) *Feldspars and feldspathoids*. Reidel, Dordrecht, 317-371.

Smith, J. V. and Brown, W. L., 1989 : *Feldspar minerals*, Vol. 1 (2nd and extended ed.), Springer-Verlag, pp784.

Tiba, T., 1972 : Titaniferous biotite and associated phenocrysts in dike from Dozen, Oki-islands. *J. Japan. Assoc. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, **67**, 357-369.

千葉とき子, 1975 : 隠岐島前の地質. *国立博物館研究報告*, **C**, **1**, 137-145.

Tiba, T., 1977 : Metasomatic titan-biotite in quartz syenite porphyry from Dozen, Oki islands. *Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo, Ser. C*, **3**, 143-146.

Tiba, T., 1986 : Alkalic volcanism at Oki-Dozen. *Mem. Natn. Sci. Mus., Tokyo*, **19**, 19-27.

Waldron, K. M. and Parsons, I., 1992 : Feldspar microtextures and multistage thermal history of

- syenites from the Coldwell Complex, Ontario. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 111, 222-234.
- Worden, R. H., Walker, F. D. L., Parsons, I. and Brown, W. L., 1990 : Development of microporosity, diffusion channels and dueteric coarsening in perthitic alkali feldspars. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 104, 507-515.