

福岡市能古島北端，也良岬の北崎トータル岩中に発達する断裂系

柚原 雅樹・宮崎 桂輔・鮎沢 潤・宮崎 友秀・後藤 寛幸・橘 翔・吉田 智博
小宮 詩保・遠藤 紀子・井上 剛・芝 佐代・大庭 幸樹・田中 義輝・瓦田 雄二
井浦 聡・武廣 勇輝・世良 義明・坂東 友希・緒方 亮・佐藤 司・吉井 創一郎
永田 俊輔・城戸 慶介・田口 幸洋

(平成19年6月30日受理)

Fracture System in the Kitazaki Tonalite at the Yara Cape, Northern Part of Noko Island, Fukuoka City, Northern Kyushu

Masaki YUHARA, Keisuke MIYAZAKI, Jun AIZAWA, Tomohide MIYAZAKI, Hiroyuki GOTO,
Sho TACHIBANA, Tomohiro YOSHIDA, Shiho KOMIYA, Noriko ENDO, Takeshi INOUE, Sayo SHIBA,
Koki OBA, Yoshiteru TANAKA, Koji KAWARADA, Satoshi IURA, Yuki TAKEHIRO, Yoshiaki SERA,
Yuki BANDO, Ryo OGATA, Tukasa SATO, Soichiro YOSHII, Syunsuke NAGATA, Keisuke KIDO,
and Sachihiko TAGUCHI

(Received June 30, 2007)

Abstract

We measured orientations of fractures in the Kitazaki Tonalite exposed at the Yara Cape, northern part of Noko Island in Fukuoka City, Fukuoka Prefecture, and analyzed their formation sequence. The fractures in the surveyed area are divided into three groups: minor faults filled with green fault rock, minor faults associated with cataclasite, and minor faults associated with fault gouge. The minor faults associated with cataclasite are further classified by their orientations into three types : NNE-SSW-oriented faults, WNW-ESE faults, and ENE-WSW faults. Based on the crosscut relationships of these faults and the mineralization along fault planes, the formation process of the fractures involves six stages.

The fractures filled with lamprophyre and granite porphyry were formed at the first stage (Stage 1). The minor faults with green fault rock were formed at the second stage (Stage 2). At the third stage (Stage 3), the NNE-SSW minor faults with cataclasite were formed by activity of the Iki and/or Muromi Faults. The zeolite (laumontite) and quartz was precipitated in spaces formed by the opening of the faults with cataclasite at the fourth stage (Stage 4). At the fifth stage (Stage 5)

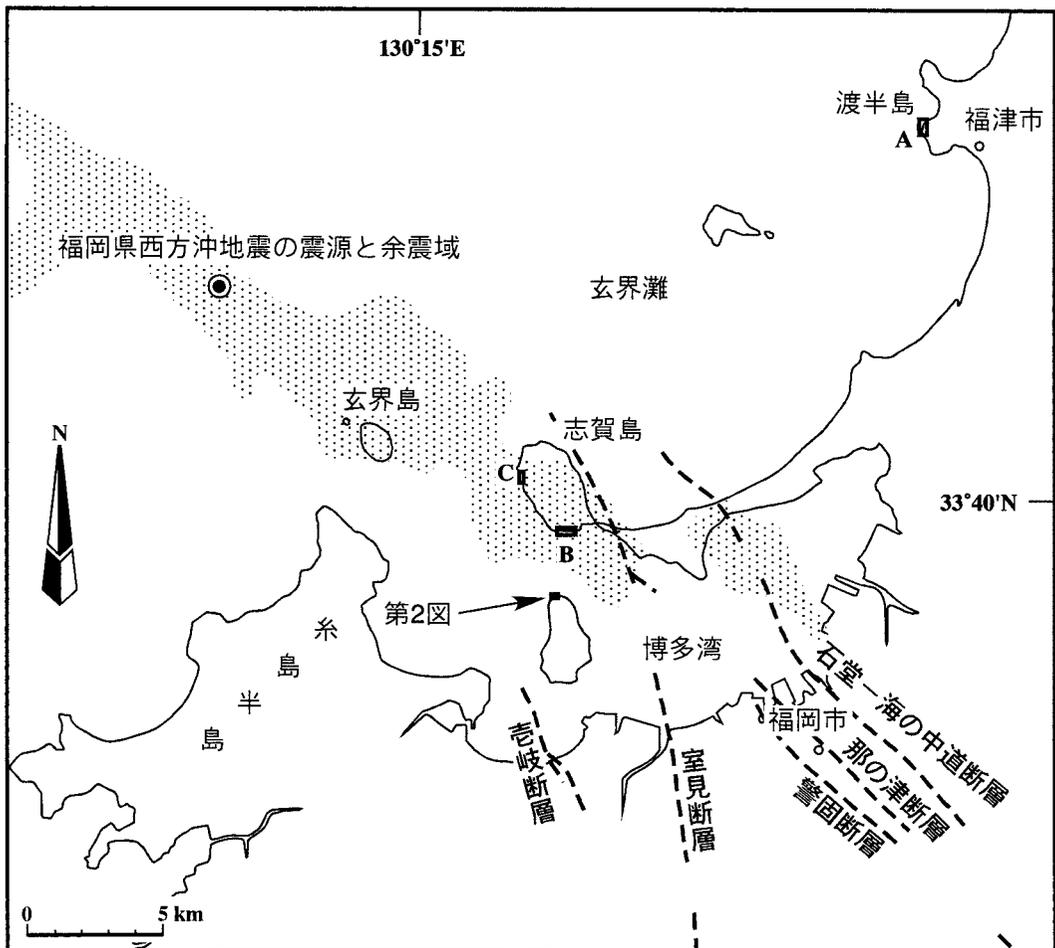
the WNW-ESE and ENE-WSW faults with cataclasite were generated. The faults with fault gouge were formed at the last stage (Stage 6). The Stages 5 and 6 may relate to activity of the Kego Fault.

Key words : Fracture system, Kitazaki Tonalite, Cataclasite, Fault gouge, Noko Island.

はじめに

福岡大学理学部地球圏科学科では、3年次の地球物質科学実験Ⅱの野外実習として、断裂や鉍物脈の発達過程を解析するため、福岡県

福津市の渡半島^{わたり}と福岡市の志賀島^{しかのしま}（第1図）に分布する白亜紀花崗岩類中に認められる断裂の姿勢計測と切断関係、鉍物脈との関係の調査・解析を行ってきた（柚原ほか，2003，2004b，2005a，2006）。これらの解析により、両地域



第1図. 調査地域位置図.

A：柚原ほか（2003，2004b，2005b）の調査地域，B：柚原ほか（2005a）の調査地域，C：柚原ほか（2006）の調査地域.

各断層の位置は唐木田ほか（1994），福岡県西方沖地震の震源および余震域は地質調査総合センターおよび下山ほか（2005）による.

の断裂の形成史，鉱物脈を生成した熱水活動と断裂の関係が明らかになるとともに，熱水活動が北部九州において広域的に起こった可能性が指摘された。

2005年3月20日に発生した福岡県西方沖地震の震源とその余震域で示される地震断層の位置は警固断層の北西延長部にあたるため，警固断層の詳細と今後の活動予測について緊急の検討が必要となっている（下山ほか，2005など）．警固断層については，トレンチ調査などによって，活動履歴などが検討されている（下山ほか，1999，2005など）．しかし，それらの調査は地表地震断層を対象としたものであり，実際の地震発生域である地下深部の断層を対象としていない．内陸型の地震を発生させるような断層の発生過程の詳細な検討のためには，地下深部で形成された断層の解析が重要である（重松ほか，2003など）．したがって，地下深部に貫入した深成岩体を対象とした解析は，地震発生域近傍での破壊様式に関する情報を得るために有効であると考えられる．

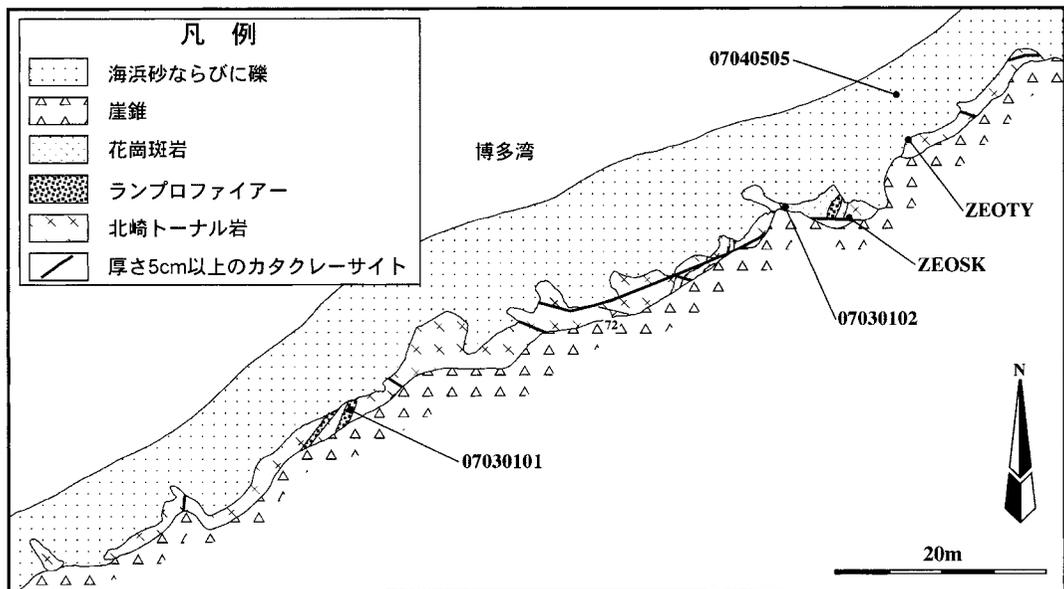
福岡県西方沖地震の余震域内にある志賀島の南端部ならびに北西部では，NNE系，NW系，E-W系の小断層が発達するが，NNE系のカタクレーサイトを伴う小断層が最も隔離量が大

きく，左横ずれの変位センスを示す（柚原ほか，2005a，2006）．この方向は福岡県西方沖地震の余震域の伸びの方向や警固断層の方向とは異なる．そのため，これらの小断層は警固断層や福岡県西方沖地震の震源断層とは異なる断層運動によって形成された可能性が推測される．そこで，平成18年度の地球物質科学実験Ⅱでは，調査地域を福岡市西区能古島北端の也良岬とし，そこに分布する北崎トータル岩中に発達する断裂の姿勢計測と切断関係の調査・解析および随伴する脈鉱物の同定を行った．本報告では調査地域に分布する断裂の種類，方向，切断関係，脈鉱物の同定結果を報告し，断裂系の形成史の解析を行う．

地質および岩石

調査地域は，能古島北端の也良岬の西側の海岸である（第1，2，3図）．調査地域には，北部九州白亜紀花崗岩類（唐木田，1985）に属する北崎トータル岩が広く分布し，これに厚さ5.5m以下の岩脈が貫入する（第2図）．

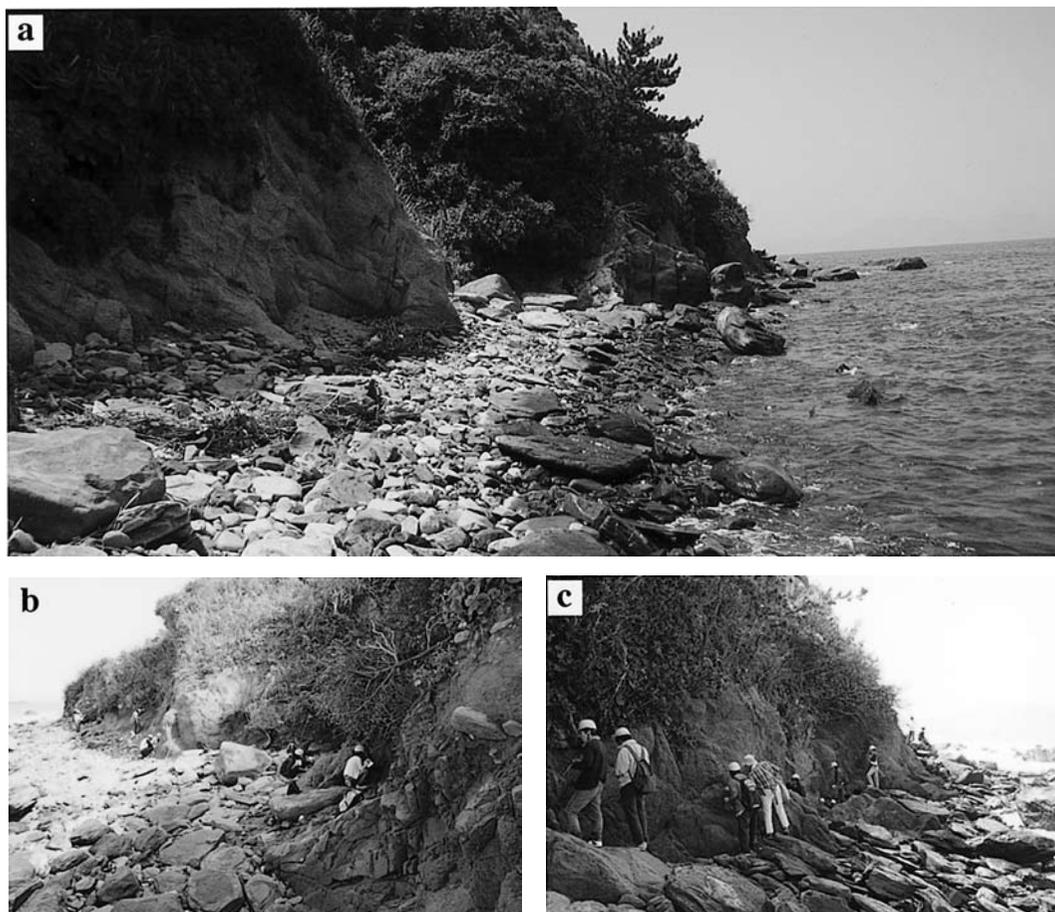
北崎トータル岩は，糸島半島の北崎海岸から能古島，志賀島を経て糟屋郡，宗像郡，宗像市にわたって分布する，優黒質中粒の普通角閃石



第2図．能古島北端也良岬西方のルートマップおよび試料採取地点．

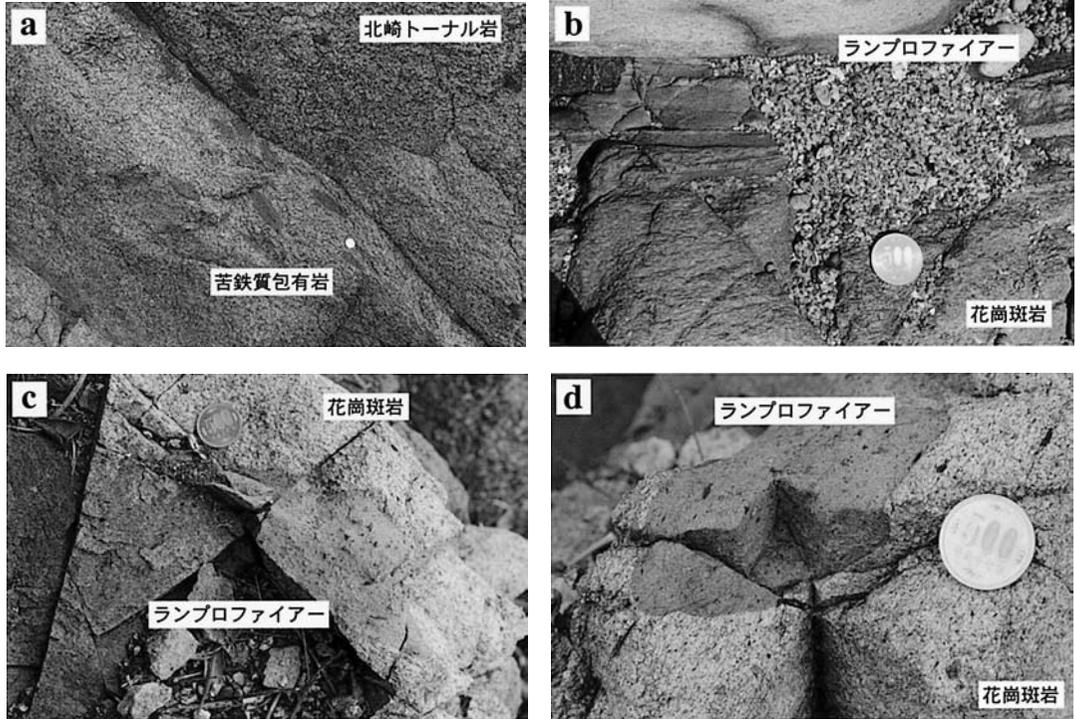
黒雲母トーナル岩～花崗閃緑岩で、能古島では島の北半分の海岸線に沿って分布する（唐木田ほか、1994）。本トーナル岩については、110±35MaのRb-Sr全岩アイソクロン年代（唐木田、1998）、118.0～103.0MaのK-Ar普通角閃石年代、110.0～86.4MaのK-Ar黒雲母年代が報告されているが（唐木田、1997；唐木田・山本、1996）、能古島地域からの報告例はない。調査地域の北崎トーナル岩は、中粒で黒雲母と普通角閃石の配列によるフォリエーションの発達した、普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩であり、風化が激しい。最大15cmに達する苦鉄質包有岩がしばしば包有される（第4図a）。本岩は、鏡下では半自形粒状組織を呈し、主として斜長石、石英、カリ長石、黒雲母、普通角閃石から

なり、副成分鉱物として、不透明鉱物、チタン石、燐灰石、ジルコンを含む。斜長石は半自形で累帯構造を示し、最大3.8mmに達する。斜長石は石英、黒雲母、普通角閃石、不透明鉱物、燐灰石を包有する。斜長石の一部はイライト化している。斜長石とカリ長石の境界部にはミルメカイトが認められる場合がある。石英は他形で波動消光を示す。石英は普通角閃石、不透明鉱物を包有し、最大0.9mmに達する。カリ長石は他形で他鉱物間を充填し、最大1mmに達する。黒雲母は自形から他形で、赤褐色から淡黄褐色の多色性を示し、最大1.3mmに達する。黒雲母は普通角閃石、不透明鉱物、ジルコンを包有する。黒雲母の一部は緑泥石化している。普通角閃石は自形から半自形で、青緑色から淡



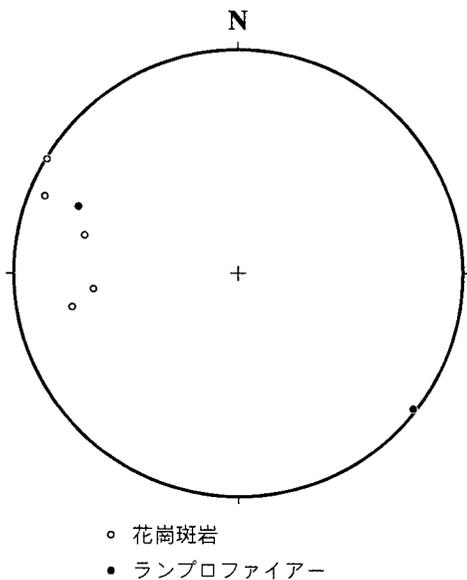
第3図. 調査地域全景と調査風景.

a：調査地域全景（調査地域東部から西を望む）、b、c：調査風景.



第4図. 北崎トータル岩および岩脈の露頭写真.

a : 北崎トータル岩中の苦鉄質包有岩, b : ランプロファイアー岩脈と花崗斑岩岩脈の境界, c, d : 花崗斑岩に包有されるランプロファイアー.
 コインの大きさは2.6cm.



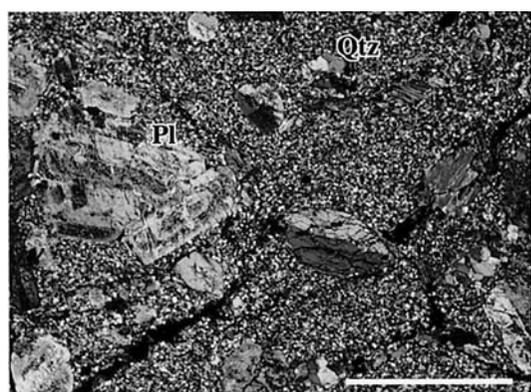
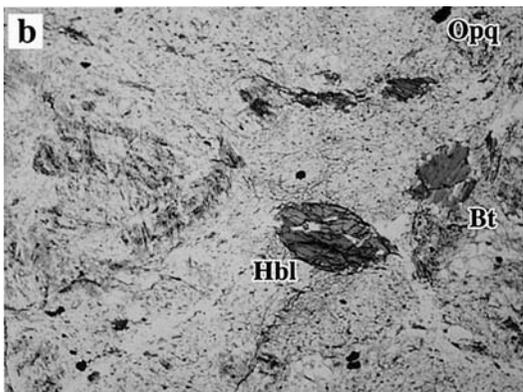
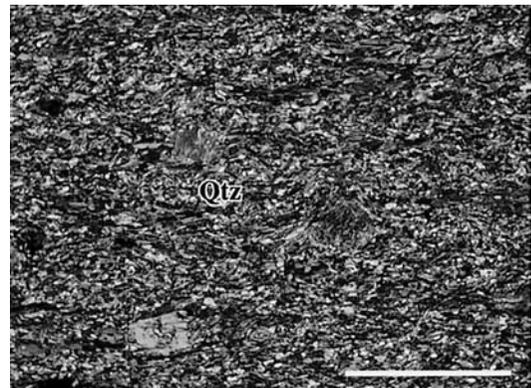
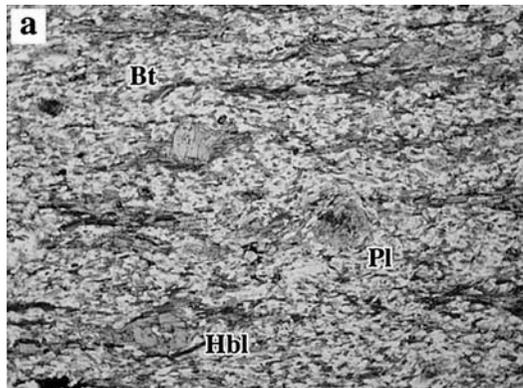
第5図. 岩脈の姿勢（シュミットネット，下半球投影）.

黄褐色の多色性を示し，最大1.3mmに達する．普通角閃石は黒雲母，不透明鉱物，燐灰石，ジルコンを包有する．

北崎トータル岩を貫く岩脈は，ランプロファイアー（唐木田，1967）と花崗斑岩からなる．ランプロファイアーは厚さ50～90cmの岩脈で，貫入方向は北北東方向で高角である（第5図）．岩脈内部には貫入方向にほぼ平行な流理構造が発達する（第4図b）．本岩は細粒で，鏡下では斑状組織を示し（第6図a），主として普通角閃石，斜長石，石英，黒雲母と少量のカリ長石からなり，副成分鉱物として不透明鉱物を含む．斑晶は普通角閃石と斜長石からなる．流理構造は，石基の普通角閃石と黒雲母の配列によって規定される．普通角閃石は，自形から半自形で，青緑色から淡黄褐色の多色性を示す．黒雲母や不透明鉱物を包有する．普通角閃石斑晶は最大0.9mmに達し，石基の普通角閃石は0.1mm以下である．斜長石斑晶は，半

単ニコル

直交ニコル



第6図. 岩脈の薄片写真.

a : ランプロファイアー (07040505), b : 花崗斑岩 (07030102).

Bt : 黒雲母, Hbl : 普通角閃石, Opq : 不透明鉱物, Pl : 斜長石, Qtz : 石英.

スケールバーは 1 mm.

自形から他形で、リム部を除きイライト化している。最大0.8mmに達する。石基の斜長石は、他形、0.1mm以下で、中心部がイライト化している。石英は他形で、0.1mm以下である。黒雲母は、自形から半自形で、褐色から淡黄褐色の多色性を示し、0.1mm以下である。カリ長石は、他形で、0.1mm以下である。花崗斑岩は厚さ約5.5mならびに90cmの岩脈で、貫入方向は南北から北北東方向で高角である(第5図)。岩脈内部には貫入方向にほぼ平行な流理構造が発達する(第4図b, d)。本岩脈中には、ランプロファイアーが包有される(第4図c, d)。本岩は、鏡下では斑状組織を示し(第6図b)、主として斜長石、石英、カリ長石、黒雲母、普通角閃石からなり、副成分鉱物と

して不透明鉱物を含む。斑晶は、斜長石、黒雲母、石英、普通角閃石、カリ長石からなる。流理構造は、石基の黒雲母の配列によって規定される。斜長石斑晶は、自形から半自形で、累帯構造を示し、最大2.3mmに達する。斜長石斑晶の一部はイライト化している。石基の斜長石は他形で、0.1mm以下である。石英斑晶は他形で、角の取れた丸いものが多く、最大0.8mmに達する。集斑状石英も認められる。この集斑状石英には波動消光も認められ、花崗岩質岩の一部であったと考えられる。石基の石英は、他形で0.1mm以下である。カリ長石は他形で、斑晶で最大0.25mm、石基で0.1mm以下である。黒雲母斑晶は、自形から他形で、赤褐色から淡黄褐色の多色性を示し、最大1mmに達す

る。石基の黒雲母は，自形から他形で，0.1mm以下である。普通角閃石は，自形から半自形で，青緑色から淡黄褐色の多色性を示し，最大3mmに達する。黒雲母を包有する。

岩石の化学組成

ランプロファイアー岩脈から採取した2試料，花崗斑岩岩脈から採取した1試料（第2図）について，福岡大学理学部の蛍光X線分析装置（ZSX100e）を用いて，主成分および微量元素の測定を行った。試料調製および測定方法は，柚原・田口（2003a, b），柚原ほか（2004a），高本ほか（2005）に従った。測定結果をTable 1に示す。

ランプロファイアーのSiO₂含有量は54.0～56.4wt%であり，花崗斑岩のSiO₂含有量は70.0wt%である。いずれの岩脈も能古島や志賀島にも分布するが，化学組成が報告されていない。これらの岩石の成因の検討のためには，分析値の蓄積が必要であろう。

断裂系の記載

調査地域に分布する断裂は，緑色断層岩を伴う小断層，カタクレーサイトを伴う小断層，断層ガウジを伴う小断層に区分される。さらに，カタクレーサイトを伴う小断層は，その方向性から，大きく3つのグループ（N10°E走向，N66°W走向，N70°E走向）に分けることができる（第6図）。そこで，それらを，NNE系小断層，WNW系小断層，ENE系小断層とした。NNE系とENE系小断層は高角なものが多く，WNW系小断層は中角から高角なものまでである（第6図）。これらの小断層は，調査地点全域に分布する。

緑色断層岩を伴う小断層

緑色断層岩を伴う小断層は，主にNNE系のカタクレーサイトを伴う小断層に伴われ（第8図a），厚さ3cm以下で，緑れん石と動的再結晶により形成されたと考えられる石英，源岩の残存鉱物と考えられる残晶状の斜長石，石英，カリ長石からなる暗緑色～淡緑色の断層岩を伴

第1表. 能古島北端に分布する岩脈の化学組成.

Sample No.	07030101	07040505	07030102
	Lamprophyre		G.P.
SiO ₂ (wt.%)	54.04	56.42	69.99
TiO ₂	0.65	0.68	0.30
Al ₂ O ₃	13.98	15.38	15.16
Fe ₂ O ₃ *	7.98	7.28	2.64
MnO	0.17	0.13	0.06
MgO	8.73	6.29	0.97
CaO	7.64	7.21	2.54
Na ₂ O	2.73	3.40	3.86
K ₂ O	1.24	1.37	3.72
P ₂ O ₅	0.15	0.16	0.08
L.O.I.	2.97	1.59	0.90
Total	100.28	99.91	100.22
As(ppm)	<4	<4	<4
Ba	184	211	672
Cr	512	344	19
Cu	40	89	13
Ga	15	15	16
Nb	6	8	9
Ni	144	83	14
Pb	4	7	13
Rb	67	74	130
S	5	13	n.d.
Sr	368	417	374
Th	<4	7	14
V	168	169	44
Y	19	20	14
Zn	73	64	33
Zr	66	75	141

*: total iron as Fe₂O₃, L.O.I.: loss on ignition, n.d.: not detected, G.P.: granite porphyry.

う（第9図a, b）。緑れん石の量は変化に富み，断層岩のほとんどをしめるものから非常に少ないものまでである（第9図a, b）。緑れん石は細粒であり，石英とともにマトリックスを構成していることから，変形に伴って生成したと考えられる。緑れん石の少ないものほど，石英の動的再結晶による細粒化が顕著である。以上のことから，緑色断層岩は，マイロナイトであると考えられる。マトリックスを構成する粒子の大きさから，高木・小林（1996）による断層岩類の分類によるプロトマイロナイト～マイロナイトに相当する。本断層岩の鉱物線構造を確認していないので，詳細な検討はできないが，水平面で切断した面では，S-Cマイロナイトに類似した石英粒子の形態定向配列を示す（第9図b）。非対称性から剪断センスは左横ずれであると考えられる。本小断層は，同方向のカタクレーサイトを伴う小断層に切られる。

カタクレーサイトを伴う小断層

NNE系小断層

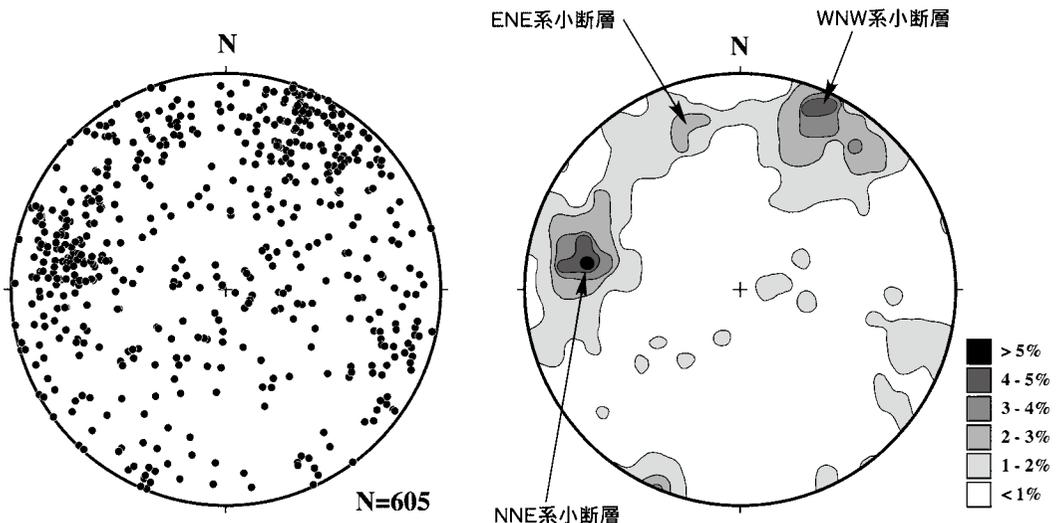
NNE系のカタクレーサイトを伴う小断層は、最大1cmの白色のカタクレーサイトを伴う。さらに、幅約35cmのカタクレーサイトを伴う小断層が調査地点西部と東部に認められる(第2, 8図b, c)。東部の小断層は、花崗斑岩岩脈に分断される(第8図c)。これらの厚いカタクレーサイトは、志賀島北西部に発達するカタクレーサイト帯(柚原ほか, 2006)に相当すると考えられる。このカタクレーサイトは源岩の破砕片である石英, 斜長石, カリ長石, 緑レン石やそれらの集合体と細粒基質からなる。本カタクレーサイトは、高木・小林(1996)による断層岩類の分類によるカタクレーサイト~ウルトラカタクレーサイトに相当する。東部の厚いカタクレーサイト中には、シュードタキライト様の黑色脈が認められる(第8図d, e)。今後さらなる検討が必要であるが、志賀島北西部に発達するカタクレーサイト帯中にも破砕性のシュードタキライト脈と考えられる断層岩が見出されており(柚原, 2007)、この方向のカタクレーサイト帯には広範囲にわたりシュードタキライトが存在する可能性が高い。

本小断層は、ランプロファイアー岩脈, 花崗斑岩岩脈, 綠色断層岩を伴う小断層, WNW系

ならびにENE系のカタクレーサイトを伴う小断層を切り(第8図f), ランプロファイアー岩脈, 花崗斑岩岩脈, WNW系ならびにENE系のカタクレーサイトを伴う小断層に切られる(第8図f, g)。WNW系やENE系の小断層を切る小断層のカタクレーサイトは薄い。同方向の石英脈や沸石脈を伴う場合がある(第8図g, h)。水平隔離は最大10cmで、傾斜隔離は確認できない。変位センスは、多くが左横ずれである。小断層の間隔は、10~100cmである。NNE系小断層がENE系小断層をずらす場合もあるが、NNE系小断層からENE系小断層が分岐する場合もある(第8図b)。NNE系小断層では、条線の方法はNNE~NE方向で低角である(第10図)。

WNW系小断層

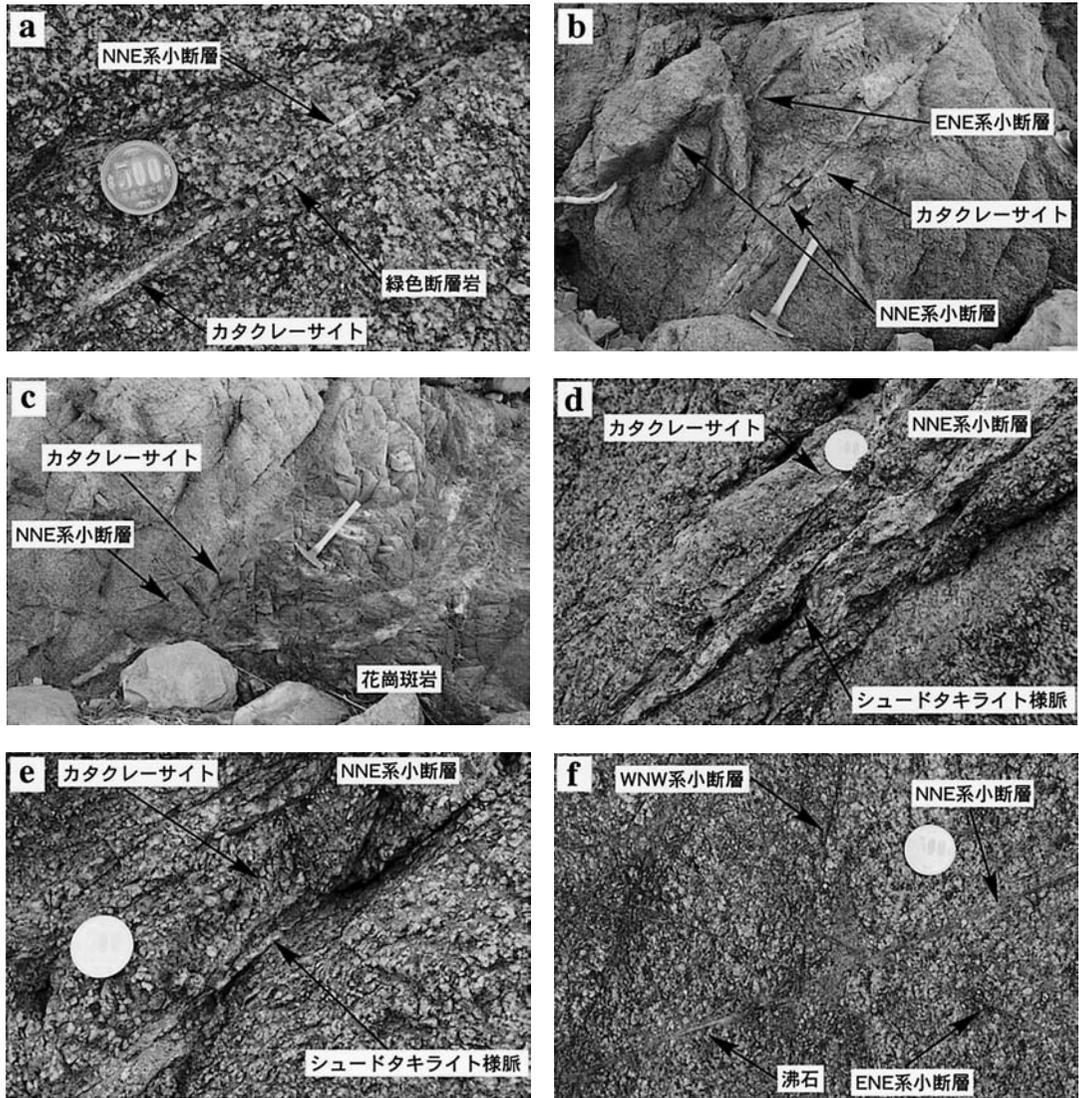
WNW系のカタクレーサイトを伴う小断層は、最大45cmの白色のカタクレーサイトを伴う(第8図i)。このカタクレーサイトは、面構造を有する面状カタクレーサイトであり(第11図)、源岩の破砕片である斜長石, 石英, カリ長石, 緑レン石やそれらの集合体と細粒基質からなる(第9図c)。本カタクレーサイトは、高木・小林(1996)による断層岩類の分類によるカタクレーサイト~ウルトラカタクレーサイトに相当する。



第7図. 調査地域に発達する断裂の走向傾斜とそのカウンターマップ(シュミットネット, 下半球投影).

本小断層は、花崗斑岩岩脈、緑色断層岩を伴う小断層、NNE系のカタクレーサイトを伴う小断層、ENE系のカタクレーサイトを伴う小断層、これらの小断層に伴われる沸石脈を切り（第8図g, j）、同方向の断層ガウジを伴う小断層に切られる。厚さの薄い場合には、沸石脈を伴う場合もある。沸石脈を伴うものは、

NNE系のカタクレーサイトを伴う小断層に切られる場合がある。水平隔離は最大80cmで、傾斜隔離は最大10cmである。変位センスは、右横ずれである。小断層の間隔は、3～50cmである。厚いカタクレーサイトを伴うものは、途中で向きを変えENE系の小断層に移化する。WNW系小断層では、条線の方向はNW～



第8図. 断裂の露頭写真.

- a：NNE系小断層に伴われ、同方向のカタクレーサイトに切られる緑色小断層、
- b：厚いカタクレーサイトを伴うNNE系小断層とそこから分岐するENE系小断層、
- c：花崗斑岩岩脈に分断される厚いカタクレーサイトを伴うNNE系小断層、
- d, e：NNE系小断層のカタクレーサイト中に発達するシュードタキライト様脈、
- f：ENE系小断層を切るNNE系小断層と両者を切るWNW系小断層、

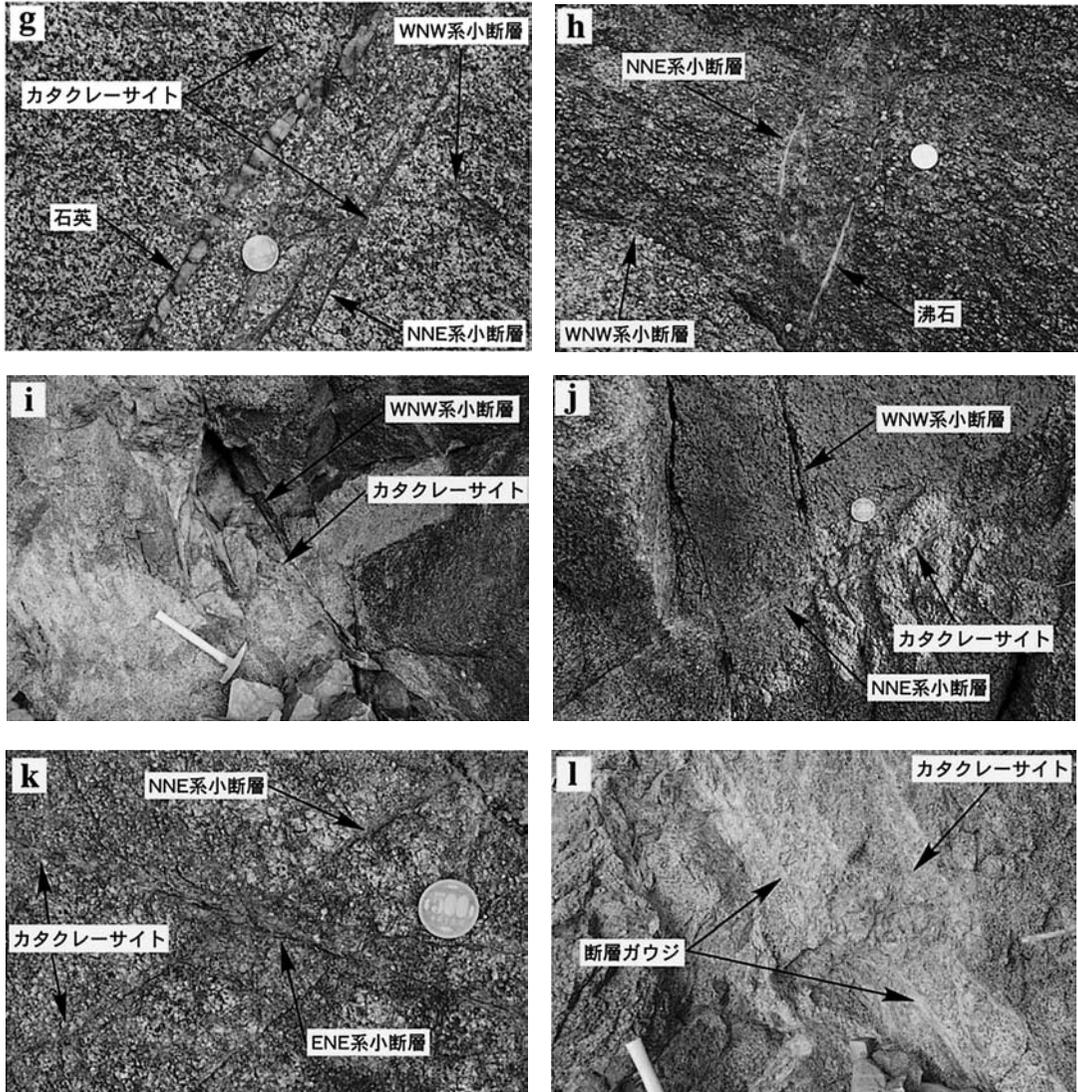
WNW方向で低角である(第10図)。

このカタクレーサイトには、複合面構造が認められる。断層に垂直で、条線方向に平行に切ったXZ研磨面(第11図)では、基質物質の配列と破碎岩片の長軸方向の定向配列で規定されるP面、カタクレーサイト帯の伸びの方向に平行で、基質物質の配列によって規定されるY面、Y面に対して低角~中角度で斜交し、基質

物質の配列によって規定される R_1 面および R_2 面が認められる。これらの複合面構造の幾何学的配列から、右ずれの剪断運動が推定される。

ENE系小断層

ENE系のカタクレーサイトを伴う小断層は、最大5cmの白色のカタクレーサイトを伴う。本小断層は、花崗斑岩脈、NNE系のカタクレーサイトを伴う小断層を切り(第8図

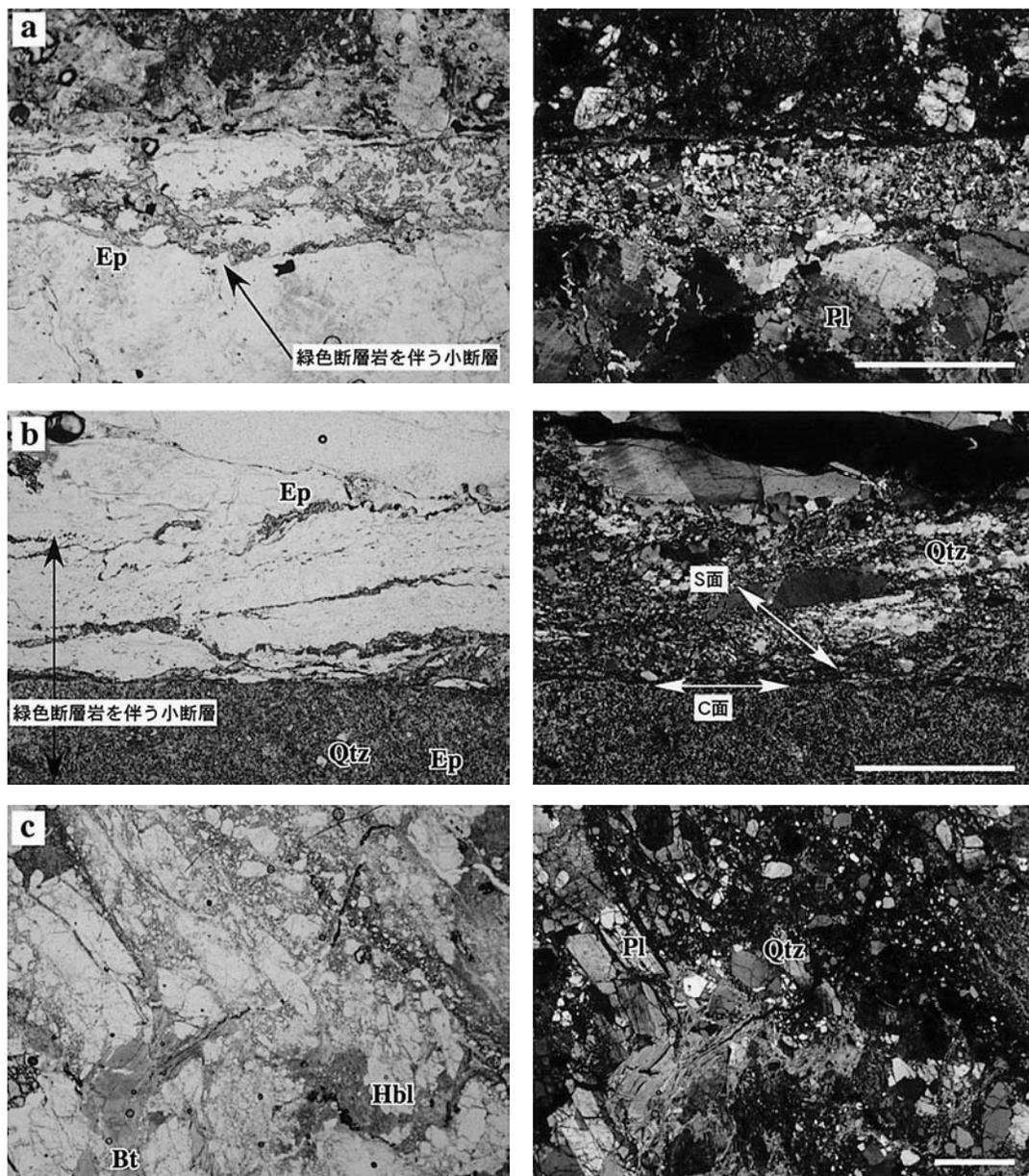


第8図.(続き)

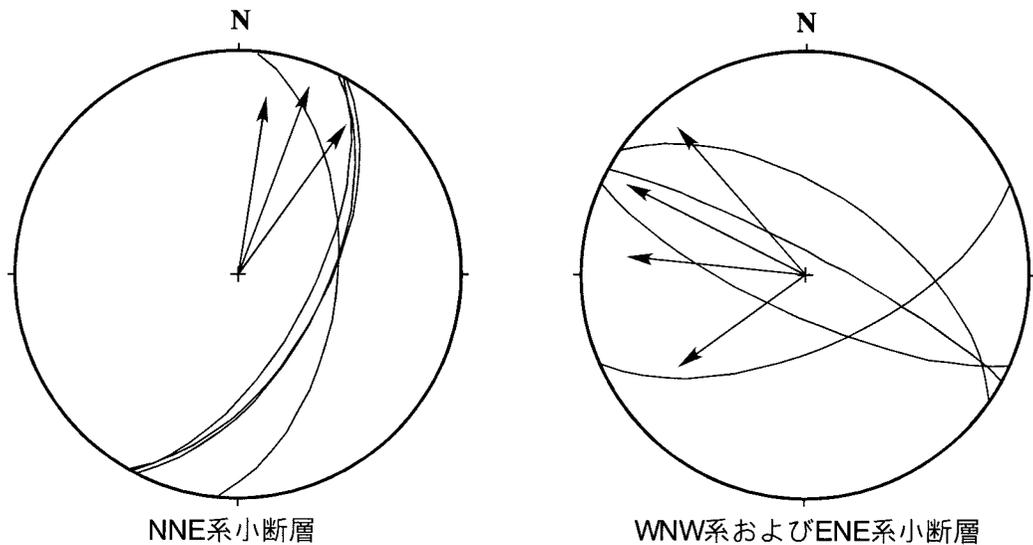
g : NNE系小断層に伴われる石英脈とそれらを切るWNW系小断層, h : NNE系小断層に伴われる沸石脈, i : 厚いカタクレーサイトを伴うWNW系小断層, j : NNE系小断層を切るWNW系小断層, k : NNE系小断層を切るENE系小断層, l : WNW系小断層の厚いカタクレーサイト中の断層ガウジ。

単ニコル

直交ニコル



第9図. 緑色断層岩とカタクレーサイトの薄片写真.
 a, b: 緑色断層岩, c: WNW系小断層に伴われるカタクレーサイト.
 Ep: 緑レン石, Pl: 斜長石, Bt: 黒雲母, Hbl: 普通角閃石, Qtz: 石英.
 スケールバーは1 mm.



第10図. カタクレーサイトを伴う小断層の条線の姿勢 (シュミットネット, 下半球投影).

k), 薄いカタクレーサイトを伴うNNE系およびWNW系の小断層, 断層ガウジを伴う小断層に切られる (第8図f). WNW系小断層に移化する場合 (第2図) や, NNE系小断層から分岐する場合がある (第8図b). 本小断層は花崗斑岩岩脈を約2mずらす (第2図) が, カタクレーサイト形成時の変位か, その後の断層ガウジ形成時の変位か不明である. 確認できた水平隔離は最大5mmで, 傾斜隔離は確認できない. 変位センスは, 右横ずれである. ENE系小断層では, 条線の方向はSW方向で中角である (第10図).

断層ガウジを伴う小断層

断層ガウジを伴う小断層は, WNW系ならびにENE系のカタクレーサイトを伴う小断層内に, それらを切って存在し, 最大2.5cmの淡紫色断層ガウジを伴う (第8図1). 水平隔離と傾斜隔離は確認できない.

沸石脈の構成鉱物

断裂に伴われる沸石脈について, X線回折装置 (理学電機製X線回折装置Geigerflex) を用いて, 構成鉱物の同定を行った. Cu管球 (Niフィルター) を用い, 印加電圧と電流はそれぞれ

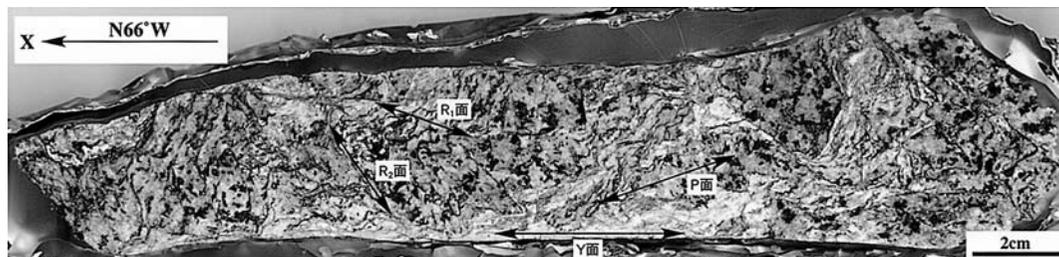
35kV, 12.5mA, 走査速度は1°/min, スリットは1°-0.15mm-1°である. 走査範囲は4°から44°とした. 代表的な試料についてのX線回折パターンを第12図に示す. 同定の結果, 断裂に伴われる沸石脈の主要構成鉱物は濁沸石であることが判明した.

考察

調査地点に分布する断裂には明らかな切断関係が存在するため, 同時期に形成されたものではないと考えられる. そこで, 各断裂の切断関係から, 本地域に分布する断裂系の形成過程を解析した. その結果, 断裂系の形成過程は, 6つのステージに区分されることが判明した (第13図).

ステージ1では, ランプロファイアー岩脈や花崗斑岩岩脈が形成された. これは断裂系の開口を伴うものである. この方向は南北から北東-南西方向で, 傾斜は高角である.

ステージ2では, 緑色断層岩を伴う小断層が形成された. この小断層の一部はマイロナイトであり, 北崎トータル岩の構成鉱物の破壊と動的再結晶を伴う剪断変形によって形成されたと考えられる. その方向に関するデータがない



第11図. WNW系小断層に伴われるカタクレサイトのスラブ写真（ZX面に平行で，上から見た研磨面）。

が，変位センスは左横ずれであると考えられる。本小断層形成に伴って，緑れん石が生成していることから，断層の形成条件は緑色片岩程度であったと考えられる。

ステージ3では，主にNNE系のカタクレサイトを伴う小断層が形成された。これに伴われて，ENE系のカタクレサイトを伴う小断層も形成されたと考えられる。さらに薄いWNW系のカタクレサイトを伴う小断層も形成されたと考えられる。本小断層は，ほぼ水平な左横ずれ剪断運動によって形成されたと考えられる。これは，志賀島北西部のNNE系のカタクレサイト帯（柚原ほか，2006）や南端部に発達するカタクレサイトを伴う小断層（柚原ほか，2005a）の方向ともほぼ平行である。これらのカタクレサイトは，いずれも左横ずれの剪断運動によって形成されたと考えられており，能古島北端部においても同様な剪断運動が起こっていたと考えられる。したがって，柚原ほか（2006）が指摘したように，これらのNNE系のカタクレサイトを伴う小断層は，志賀島ならびに能古島の西側を通ると考えられる沓岐断層や東側を通る室見断層の活動に伴って形成されたと考えられる。

ステージ4では，カタクレサイトを伴う小断層が開口し，沸石脈ならびに石英脈が形成された。X線回折結果から，沸石脈を構成するのは，濁沸石である。濁沸石は津屋崎地域の北崎トール岩に発達する断裂に伴われる沸石脈（柚原ほか，2003，2004b）や，志賀島南端部や北西部での断裂を充填する沸石脈（柚原ほか，2005a，2006）にも含まれる。このことは，柚原ほか（2005a）で指摘された，熱水活動の

広域性を裏付ける。柚原ほか（2005b）は，津屋崎地域渡半島の沸石脈を形成した熱水活動の時期は約15Maであるとした。志賀島においても同時期に熱水活動が起こったとすると，ステージ3の沓岐断層および室見断層の活動はそれ以前であると考えられる。今後，志賀島および能古島における熱水活動の時期の確定が必要であろう。

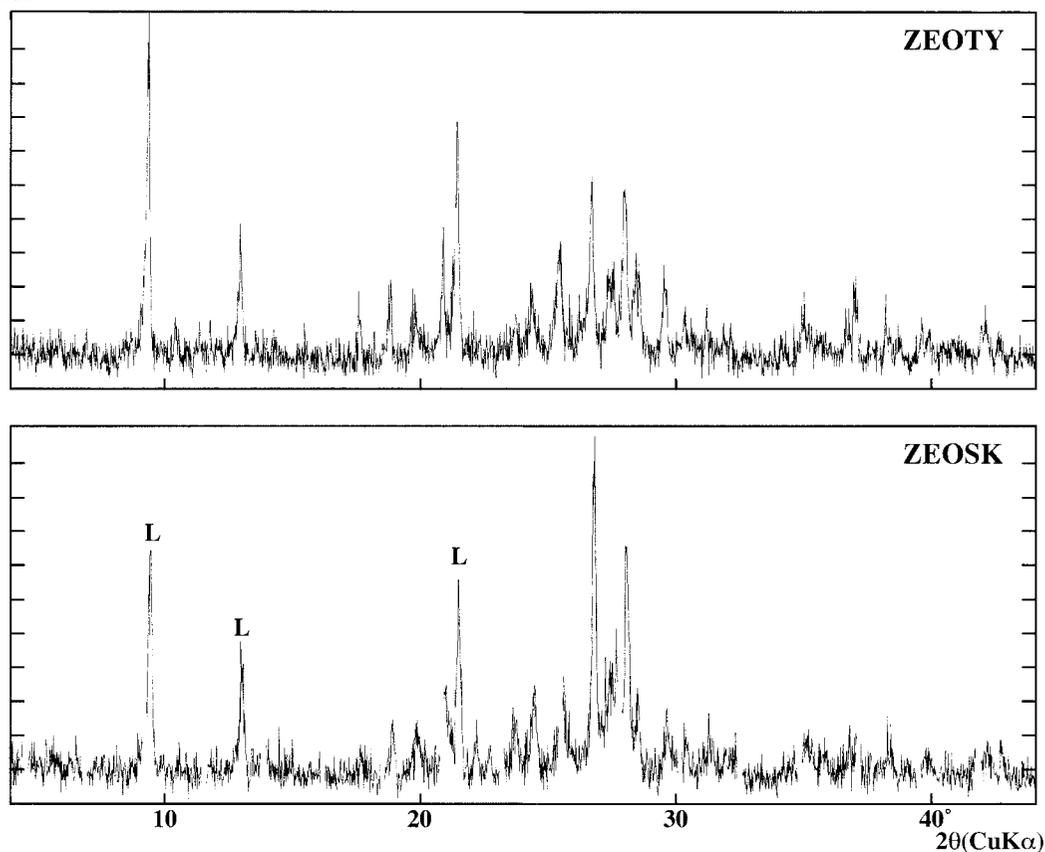
ステージ5では，WNW系とENE系のカタクレサイトを伴う小断層が形成された。両系の小断層は同時に右横ずれ剪断運動によって形成されたと考えられ，NNE系の小断層の一部も形成あるいは再動したと考えられる。条線のプランジは，WNW系では水平に近いが，ENE系では中角度である。したがって，断層運動の成分をWNW系とENE系で分配した可能性が考えられる。WNW系は警固断層の方向に近いことから，この時期から警固断層に平行な断層運動が始まったと考えられる。

ステージ6では，WNW系とENE系の断層ガウジを伴う小断層が形成された。この断層ガウジは同方向に発達するカタクレサイトを切っており，ステージ5で形成されたカタクレサイト（すなわち断層帯）への破壊の集中によって形成されたと考えられる。この断層運動は，ステージ5から引き続き同方向のものであったと考えられるが，その詳細についてはさらなる検討が必要であろう。

まとめ

志賀島北西部に分布する志賀島花崗閃緑岩中に発達する断裂の姿勢計測と切断関係の調査・

強度



第12図. NNE系小断層に伴われる沸石脈の構成物のX線回折パターン.
L: 濁沸石のピーク.

解析, 脈鉱物の同定を行った結果, 以下のことが明らかとなった.

1. 志賀島花崗閃緑岩に発達する断裂は, 緑色断層岩を伴う小断層, カタクレサイトを伴う小断層, 断層ガウジを伴う断裂に区分される. カタクレサイトを伴う断裂は, その方位により, さらに3つのグループ(NNE系小断層, WNW系小断層, ENE系小断層)に細分される.
2. これらの断裂には明らかな切断関係が存在するため, 同時期に形成されたものではない. 各断裂の切断関係から, 本地域に分布する断裂系の形成史は6つのステージに区分される.
3. カタクレサイトを形成した断層運動は,

方向の異なる2ステージに区分される. このうち南北方向の断層運動は左横ずれで, 沓岐断層や室見断層の活動に関連している可能性がある. その後の西北西方向の断層運動は右横ずれで, その方向から警固断層の活動に関連していると考えられる.

4. 断裂に伴われる鉱物脈の構成鉱物は, 主に濁沸石であり, 能古島北端部においても, 渡半島楯崎周辺ならびに志賀島と同様に, 熱水活動が起こったと考えられる. このことから, 北部九州における熱水活動の広域性が示唆される.

謝 辞

日本原子力研究開発機構, 幌延深地層研究セ

	断裂	鉱物脈	地質学的イベント
ステージ6	WNW系，ENE系の断層ガウジを伴う小断層の形成		右横ずれ断層運動？
ステージ5	WNW系，ENE系のカタクレーサイトを伴う小断層の形成		右横ずれ断層運動
ステージ4	カタクレーサイトを伴う小断層の開口	沸石脈，石英脈の形成	熱水活動
ステージ3	NNE系のカタクレーサイトを伴う小断層の形成		左横ずれ断層運動
ステージ2	緑色断層岩を伴う小断層（マイロナイト）の形成		左横ずれ断層運動？
ステージ1	ランプロファイヤー岩脈，花崗斑岩岩脈を伴う断裂の形成	岩脈の貫入	
			岩体の定置と固結

第13図. 能古島北端の北崎トータル岩中に発達する断裂の形成史.

ンターの新里忠史研究員には，カタクレーサイトの複合面構造の認定や記載についてご教示ただくとともに，粗稿を読んでいただき，有益な討論をいただいた。記して感謝の意を表します。

文 献

- 井沢英二・唐木田芳文・島田允堯・高橋正好・成富雅史，1985，福岡市の北崎-志賀島累帯深成岩体。三鉱学会昭和60年秋期連合講演会講演要旨集，37。
- 唐木田芳文，1985，北九州花崗岩の地質学的分類。日本応用地質学会西日本支部会報，6，2-12。
- 唐木田芳文・富田宰臣・下山正一・千々和一豊，1994，福岡地域の地質，地域地質研究報告（5万分の1地質図幅）。地質調査所，192p。
- 唐木田芳文・山本博達，1996，渡半島の火成岩類。津屋崎町史，資料編下巻（二），24-56。
- 佐古有希枝・柚原雅樹，2004，小倉-田川構造線，田川断層周辺の添田花崗閃緑岩に発達する断裂系。福岡大学理学集報，34（2），45-58。
- 重松紀生・藤本光一郎・大谷具幸・田中秀実・宮下由香里・富田倫明，2003，内陸の断層帯の脆性-塑性遷移領域における構造-畑川破碎帯を例として-。地学雑誌，112，897-914。
- 下山正一・松田時彦・千田昇・杉山雄一・磯望・松村一良・鈴木貞臣・茂木透・岡村眞・松山尚典・黒木瑞昭・蚊爪康典，1999，警固断層，大佐野地区（福岡県）でのトレンチ調査報告。活断層研究，18，55-64。
- 下山正一・磯望・松田時彦・市原季彦・千田昇・岡村眞・茂木透・鈴木貞臣・落合英俊・長沢新一・今西肇・川畑史子・矢ヶ部秀美・樗木政昭・松浦一樹，2005，警固断層，薬院地区（福岡市）でのトレンチ調査報告。活断層研究，25，117-128。
- 高木秀雄・小林健太，1996，断層ガウジとマイロナイトの複合面構造-その比較組織学。地質雑，102，170-179。
- 高本のぞみ・柚原雅樹・古川直道，2005，福岡県東部，今川・祓川流域の元素濃度分布。福岡大学理学集報，35（2），41-66。
- 柚原雅樹，2007，志賀島北西部の志賀島花崗閃

- 緑岩に発達するシュードタキライト. 日本地球惑星科学連合2007年大会予稿集, Z163-P001.
- 柚原雅樹・鮎沢 潤・古川直道・毛利順子・江川貴司・木村靖幸・関 友美子・黨 洋一郎・猪俣拓郎・加治屋 佑・伊藤裕之・押川美佳・瀬戸間洋平・高橋美佳・前垣内勇作・田中聖太・中村良司・高本のぞみ・沖聡・久次賢介・佐志篤史・稲永康平・川添司・中村浩則・藤木道雄・中村賢司・杉原薫・杵山哲男, 2003, 福岡県津屋崎, 北崎トータル岩中に発達する断裂系. 福岡大学理学集報, 33 (2), 65-76.
- 柚原雅樹・鮎沢 潤・森重沙織・阿部宏子・砂押智浩・村上恵理・久保有未・片淵康隆・村上敬太郎・丹 孝博・宮崎友紀・丸尾寛人・田中 晋・山崎真理奈・松岡文和・三角拓也・白石 融・守安 誠・安部佑輔・河本広美・西川角人・上野勝美, 2006, 福岡市志賀島北西部の志賀島花崗閃緑岩中に発達する断裂系. 福岡大学理学集報, 36 (2), 63-81.
- 柚原雅樹・鮎沢 潤・大平寛人・西 奈保子・田口幸洋・加々美寛雄, 2005b, 福岡県福津市渡半島に分布する白亜紀花崗岩類の放射年代から見た熱水活動の時期. 岩石鉱物科学, 34, 275-287.
- 柚原雅樹・鮎沢 潤・宇藤千恵・吉塚雅輝・福島千晴・江藤稚佳子・植田康一・梶原良兵・八塚槇也・足立兆玄・福井祥規・菱川一磨・小路泰之・原 啓二郎・島田 優・岡 大翼・古賀奏子・小川秀和・中原慎太郎・石原与四郎・田口幸洋, 2005a, 福岡県志賀島南端部の白亜紀深成岩中に発達する断裂系. 福岡大学理学集報, 35 (2), 67-84.
- 柚原雅樹・古川直道・田口幸洋, 2004a, 粉末ペレット法による珪酸塩・炭酸塩岩石の微量元素の蛍光X線分析. 福岡大学理学集報, 34 (1), 43-49.
- 柚原雅樹・三井洋平・宇藤千恵・内田貴之・草本和慶・山王堂信雄・溝口哲幸・中村一貴・平 泰輔・早川直樹・中尾智子・山崎則子・小野剛晴・長通隆次・小田弥生・向井樹・宮崎広征・西 亜紀奈・江島 舞・古野奈津子・今福太郎・久次賢介・石原与四郎・鮎沢 潤・杵山哲男, 2004b, 福岡県津屋崎, 北崎トータル岩中に発達する断裂系 (その2). 福岡大学理学集報, 34 (2), 73-88.
- 柚原雅樹・田口幸洋, 2003a, 蛍光X線分析装置ZSX100eによる珪酸塩岩石の主成分および微量元素の定量分析. 福岡大学理学集報, 33 (1), 25-34.
- 柚原雅樹・田口幸洋, 2003b, ガラスビード法による珪酸塩岩石のCoおよびSの蛍光X線分析. 福岡大学理学集報, 33 (2), 77-81.