

## 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

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\*

(平成 18 年 5 月 31 日受理)

## Fracture System in the Shikanoshima Granodiorite at the Northwestern Part of Shikanoshima Island, Fukuoka City, Northern Kyushu

Masaki YUHARA\*, Jun AIZAWA\*, Saori MORISHIGE, Hiroko ABE, Tomohiro SUNAOSHI, Eri MURAKAMI, Yumi KUBO, Yasutaka KATAFUCHI, Keitaro MURAKAMI, Takahiro TAN, Yuki MIYAZAKI, Hiroto MARUO, Susumu TANAKA, Marina YAMASAKI, Fumikazu MATSUOKA, Takuya MISUMI, Toru SHIRAISHI, Makoto MORIYASU, Yusuke ABE, Hiromi KAWAMOTO, Sumito NISHIKAWA and Katsumi UENO\*

(Received May 31, 2006)

### Abstract

We measured orientations of fractures in the Shikanoshima Granodiorite exposed at the northwestern part of Shikanoshima Island in Fukuoka City, Fukuoka Prefecture, southwest Japan, and analyzed their formation sequence. The fractures in the surveyed area are divided into four groups: fractures filled with aplite, faults filled with green fault rock, faults associated with cataclasite, and faults filled with zeolite vein. The latter three fault systems are further classified by their orientations into three types : NNE-SSW faults, NW-SE faults, and E-W faults. Based on the crosscut relationships of these faults and the mineralization along fault planes, the formation process of the fractures involves four stages.

The fractures filled with aplite 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 faults with cataclasite were formed by activity of the Iki and/or Muromi Faults. At the last stage (Stage 4), zeolite (laumontite) was precipitated in spaces formed by the opening of the faults with cataclasite.

Key words : Fracture system, Shikanoshima Granodiorite, Iki Fault, Muromi Fault, Shikanoshima Island.

---

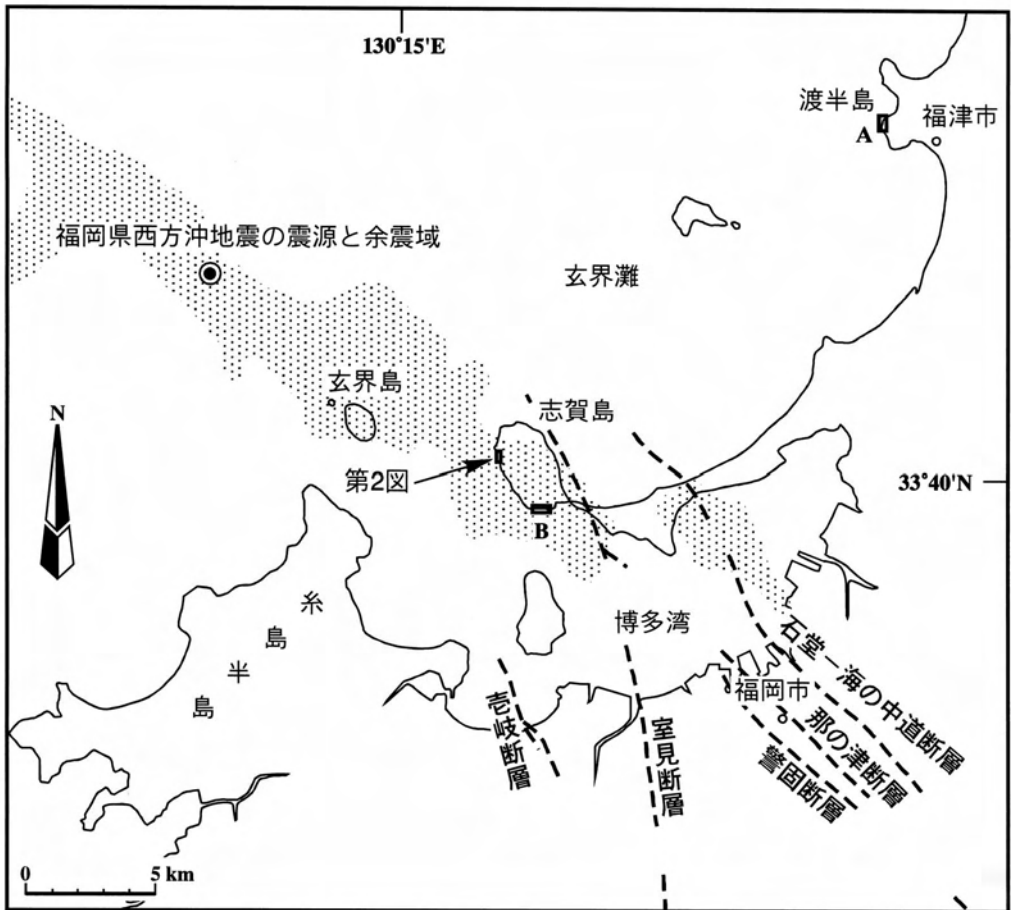
\* 福岡大学理学部地球圏科学科, 〒 814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1  
 Department of Earth System Science, Faculty of Science, Fukuoka University, 8-19-1 Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan

## はじめに

福岡大学理学部地球圏科学科では、地球物質科学実験Ⅱの野外実習として、断裂や鉱物脈の発達過程を解析するため、福岡県福津市の渡半島と福岡市の志賀島南端部（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、鉱物脈との関係の調査・解析を行ってきた（柚原ほか，2003，2004b，2005a）。これらの解析により、両地域の断裂の形成史、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、熱水活動の広域性が指摘された。柚原ほか（2005b）は、これらのデータをもとに、渡半島において、花崗岩体の冷却史の

検討と脈鉱物中の流体包有物の均質化温度から熱水活動の時期を推定した。

2005年3月20日10時53分に発生した福岡県西方沖地震の震源は福岡市の北西約40kmの玄界灘、震源の深さは9kmであり（第1図），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



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. 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.

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必要である (重松ほか, 2003 など)。地下深部に貫入した深成岩体からは、地震発生域近傍での破壊様式に関する情報が得られる可能性が高く (佐古・柚原, 2004 など)、このような研究から断層の発生過程の解明に関する重要な情報が得られると考えられる。さらに、深成岩体には貫入深度から地表までの様々な深度で形成された断裂が記録されており、時代および形成条件の異なる断裂の形成過程の検討も可能である。

福岡県西方沖地震の余震域内にある志賀島の南端部では、南北方向の断層ガウジや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)。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17年度の地球物質科学実験Ⅱでは、調査地域を同じ余震域内の福岡市東区志賀島の北西部に移し、そこ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・解析および随伴する脈鉱物の同定を行った。このうち、脈鉱物のX線回折同定は、地球物質科学実験Ⅱにおける室内実験の一つとなっている。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。

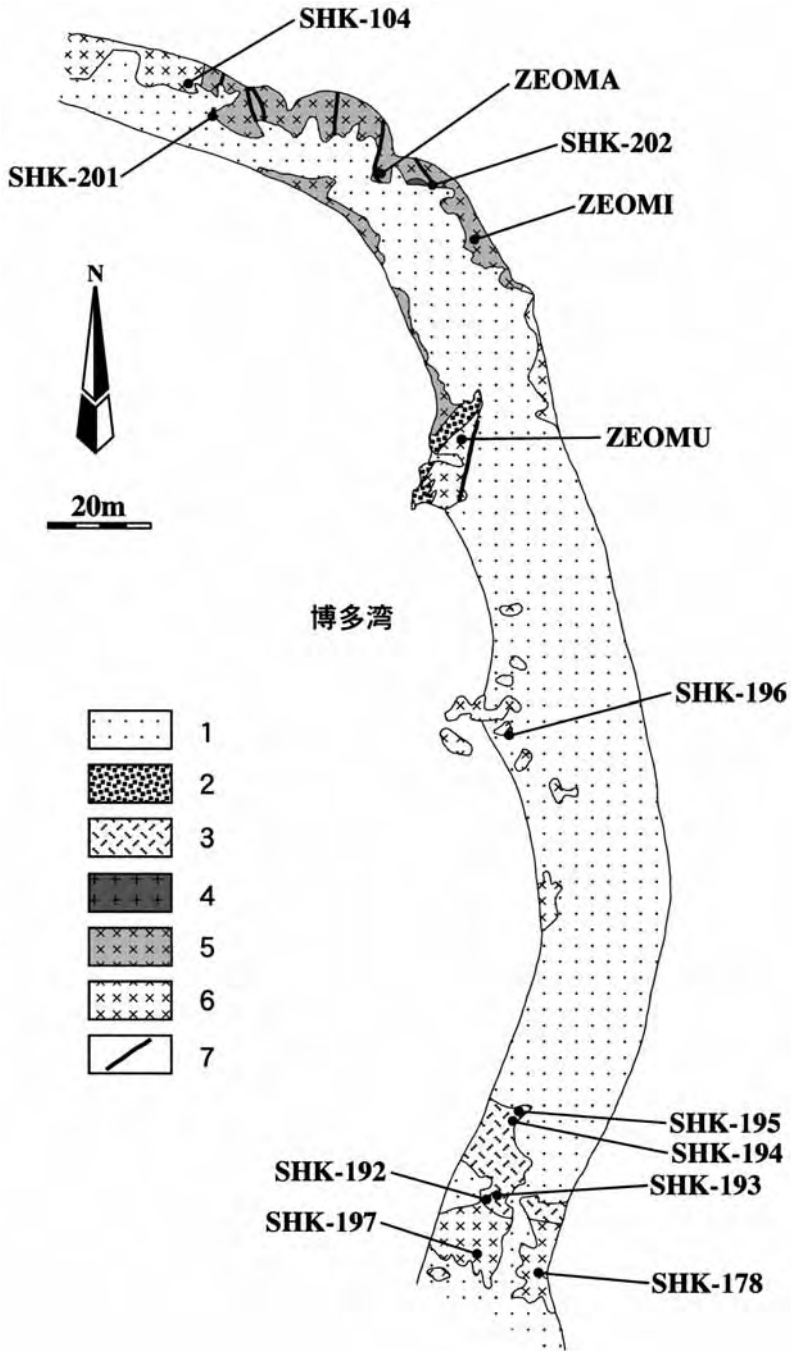
### 地質および岩石

調査地域は、志賀島の北西部、大崎の南側の海岸である (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) に属する志賀島花崗閃緑岩が広く分布し、これに黒雲母花崗岩、石英閃緑岩、アプライト、ヒン岩が貫入する (第2図)。

志賀島花崗閃緑岩は、優白質中～粗粒の普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩～トータル岩で、糸島半島北端の西ノ浦地域から志賀島を経て福津市に分布する。北崎トータル岩の中央部に貫入し、それと累帯深成岩体を構成すると考えられてい

る (井沢ほか, 1985)。本調査地域では全域に分布し (第2図)、暗色包有岩を包有する。本花崗閃緑岩は、石英閃緑岩、黒雲母花崗岩、アプライト、ヒン岩に貫かれる (第2図)。本花崗閃緑岩については、 $113 \pm 6.0 \text{ Ma}$  の K-Ar 普通角閃石年代、 $98.5 \pm 4.9 \text{ Ma}$  および  $94.6 \pm 4.7 \text{ Ma}$  の K-Ar 黒雲母年代、 $107.0 \pm 0.7 \text{ Ma}$  の Rb-Sr 全岩-鉱物アイソクロン年代、 $95.1 \pm 3.4 \text{ Ma}$  および  $96.4 \pm 3.2 \text{ Ma}$  のチタン石 FT 年代、 $88.2 \pm 3.8 \text{ Ma}$  および  $88.9 \pm 4.1 \text{ Ma}$  のジルコン FT 年代、 $14.2 \pm 0.9 \text{ Ma}$  および  $14.3 \pm 0.9 \text{ Ma}$  の燐灰石 FT 年代が報告されている (唐木田ほか, 1994; 唐木田・山本, 1996; 柚原ほか, 2005b)。このうち、志賀島に分布する志賀島花崗閃緑岩からは、 $113 \pm 6.0 \text{ Ma}$  の K-Ar 普通角閃石年代と、 $98.5 \pm 4.9 \text{ Ma}$  の K-Ar 黒雲母年代が報告されている (唐木田ほか, 1994)。調査地域の志賀島花崗閃緑岩は、中粒塊状～弱片状の普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩で、石英閃緑岩岩脈に近い部分では、縞状構造 (shlieren layering) が認められる (第4図 a, b)。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、燐灰石、チタン石、褐レン石、ジルコンを含む。

調査地域南部に分布する石英閃緑岩は、唐木田ほか (1994) の志賀島塩基性岩類の一岩型であると考えられている。しかし、志賀島東部地域の調査から、石英閃緑岩は志賀島塩基性岩類の主体をなす斑れい岩類とは異なるマグマからの産物であると考えられる (宇藤, 2005MS; 柚原・宇藤, 2006) ことから、本地域の石英閃緑岩を志賀島塩基性岩類とは区別して取り扱う。本岩は、志賀島花崗閃緑岩を貫く幅 10m 以上の岩脈であると考えられる (第2図)。本岩脈と志賀島花崗閃緑岩との接触部は不規則な形態を示し (第4図 a)、最大 12cm の細粒相が認められる (第4図 c)。さらに岩脈に周囲の花崗閃緑岩の逆入脈が認められ (第4図 c)、周縁部が苦鉄質火成包有岩 (M.M.E.) 化している (第4図 d) だけでなく、内部でも多量の花崗閃緑岩の注入により苦鉄質火成包有岩化している。周囲には分断岩脈も認められる (第4図 d)。したがって、志賀島南端部の石英閃緑岩岩脈 (柚原ほか, 2005a) 同様、この岩脈は志賀島花崗閃緑岩マグ



第2図. 志賀島北西部, 大崎南方海岸のルートマップおよび試料採取地点.  
1: 海浜砂, 2: ヒン岩, 3: 石英閃緑岩, 4: 黒雲母花崗岩, 5: 志賀島花崗閃緑岩 (沸石脈の発達する部分), 6: 志賀島花崗閃緑岩, 7: カタクレーサイト帯.



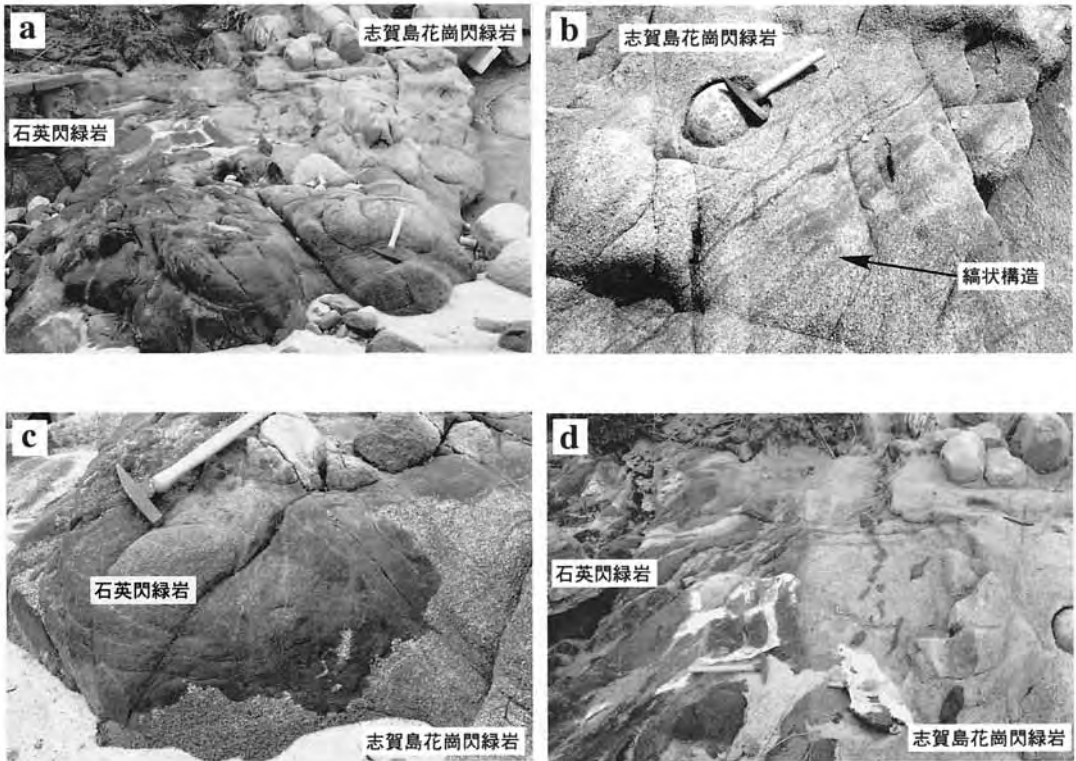
第3図. 調査地域全景と調査風景.

a: 調査地域全景（調査地域南部から北を望む）, b, c: 調査風景.

マ中に貫入した同時性岩脈であると考えられる。本岩は細～中粒，斑状の黒雲母普通角閃石石英閃緑岩で，鏡下では斑状組織を呈し，主として斜長石，石英，黒雲母，普通角閃石と少量のカリ長石からなり，副成分鉍物として不透明鉍物，チタン石，燐灰石，褐レン石，ジルコンを含む。斑晶は斜長石と普通角閃石から構成される。また，集斑状の黒雲母や普通角閃石も認められる。さらに部分的に，優白質で長柱状の普通角閃石斑晶を含む岩相も認められる。

黒雲母花崗岩は，最大幅1m以上の岩脈として産する（第2図）。本岩は中粒～粗粒で，鏡下では半自形粒状組織を呈し，主として石英，斜長石，カリ長石，黒雲母からなり，副成分鉍物として不透明鉍物，燐灰石，ジルコンを含む。

ヒン岩は，本調査地域では幅1m以上の岩脈を2枚確認している（第2図）。本岩は細粒，斑状で，鏡下では斑状組織を呈し，主として斜長石，石英，黒雲母，普通角閃石と少量のカリ長石からなり，副成分鉍物として不透明鉍物，燐灰石，



第4図. 志賀島花崗閃緑岩および石英閃緑岩岩脈の露頭写真。  
a：志賀島花崗閃緑岩に貫入する石英閃緑岩岩脈，b：縞状構造の発達する志賀島花崗閃緑岩，c，d：石英閃緑岩岩脈と志賀島花崗閃緑岩の接触部。

ジルコンを含む。斑晶は斜長石と普通角閃石からなる。

### 岩石の化学組成

志賀島花崗閃緑岩，石英閃緑岩およびヒン岩から化学分析用岩石試料を採取し（第2図），福岡大学理学部の蛍光X線分析装置（ZSX100e）を用いて，岩石の主成分および微量元素の測定を行った。分析方法は，柚原・田口（2003a，b），柚原ほか（2004a），高本ほか（2005）に従った。分析結果は，第1表に示した。

志賀島花崗閃緑岩のSiO<sub>2</sub>含有量は68.0～71.9 wt%であり，志賀島南端部に分布するもの（柚原ほか，2005a）より高い。さらに，調査地域内では，北部の試料の方が高い傾向にある。石英閃緑岩のSiO<sub>2</sub>含有量は51.2～58.4 wt%と大きく変化するが，南端部のM.M.E.，石英閃緑岩，優白質レンズの組成変化（柚原ほか，2005a）の

範囲内にある。この変化は，志賀島花崗閃緑岩マグマに貫入した石英閃緑岩質マグマの，貫入後の組成変化を示していると考えられる。ヒン岩のSiO<sub>2</sub>含有量は58.0 wt%であり，南端部のもの（柚原ほか，2005a）よりも低い。

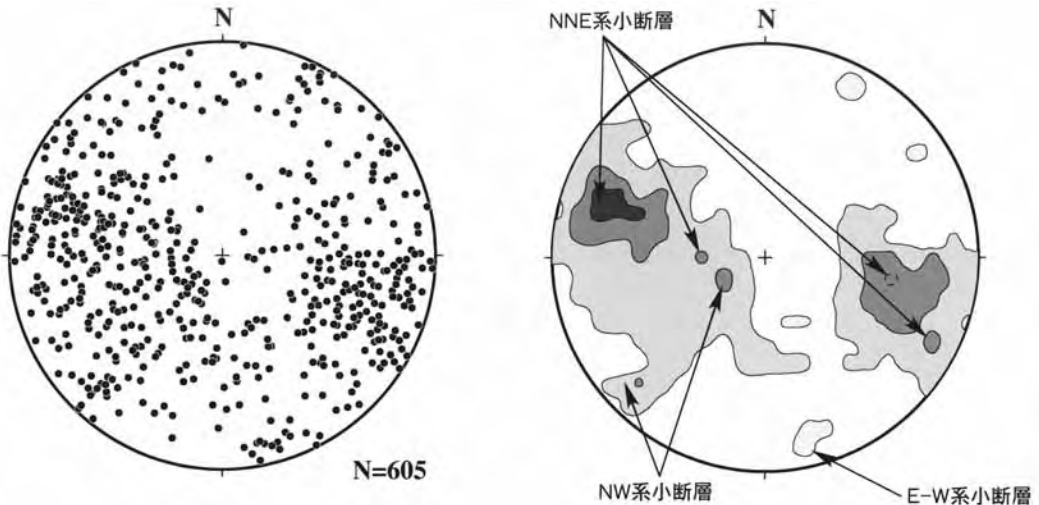
### 断裂系の記載

調査地域に分布する断裂はアプライト岩脈を伴う断裂，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，沸石脈を伴う断裂に区分される。さらに，カタクレーサイトを伴う小断層や沸石脈を伴う断裂は，その方向性から，大きく3つのグループ（N28°E～N-S走向，N45°W～N28°W走向，N78°E走向）に分けることができる（第5図）。そこで，それらを，NNE系小断層，NW系小断層，E-W系小断層とした。NNE系とNW系小断層は高角なものから低角な

第 1 表. 志賀島北西部に分布する火成岩の化学組成.

Sample No.	SHK-178	SHK-197	SHK-104	SHK-195	SHK-194	SHK-192	SHK-193	SHK-196
	Shikanoshima Gd.			Quartz diorite			Porphyrite	
SiO <sub>2</sub> (wt.%)	67.96	68.06	71.93	51.24	52.06	58.24	58.38	58.00
TiO <sub>2</sub>	0.40	0.38	0.25	1.08	1.21	0.88	0.88	0.71
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.38	15.40	14.19	17.96	17.85	16.21	16.23	17.68
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.95	2.98*	1.91*	8.56*	8.95*	6.69*	6.89*	7.18*
FeO	1.85							
MnO	0.06	0.06	0.05	0.17	0.17	0.18	0.17	0.11
MgO	1.35	1.31	0.77	5.46	4.57	4.06	3.58	2.57
CaO	3.24	3.15	2.02	7.36	7.73	5.46	5.94	5.79
Na <sub>2</sub> O	3.90	3.98	3.56	3.42	3.28	3.80	3.77	3.38
K <sub>2</sub> O	3.24	3.04	4.27	2.38	1.99	1.88	1.85	2.21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.11	0.11	0.06	0.47	0.27	0.31	0.24	0.20
L.O.I.	0.61	0.68	0.39	1.17	1.09	1.89	1.49	1.90
Total	99.05	99.15	99.40	99.27	99.17	99.60	99.42	99.73
As(ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<4	n.d.	n.d.	n.d.
Ba	684	699	552	418	341	247	246	324
Cr	25	20	16	167	16	119	25	5
Cu	19	10	6	20	82	110	34	30
Ga	17	17	15	20	19	20	20	18
Nb	10	8	8	10	11	19	22	14
Ni	13	14	11	69	11	43	17	<4
Pb	15	15	20	9	8	11	12	7
Rb	95	91	132	97	81	96	78	112
S	5	3	n.d.	233	843	35	36	10
Sr	419	433	282	533	534	469	464	416
Th	9	8	17	5	5	7	9	4
V	59	57	31	204	270	169	202	111
Y	15	11	13	25	27	29	35	23
Zn	47	45	33	103	95	113	90	96
Zr	116	123	90	135	80	45	97	122

\*: total iron as Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L.O.I.: loss on ignition, n.d.: not detected.



第 5 図. 調査地域に発達する断裂の走向傾斜とそのコンターマップ(シュミットネット, 下半球投影).  
等値線は, 1-2-3%.

ものまでであるが、E-W系小断層は高角なものが多い(第5図)。アプライト岩脈を伴う断裂、カタクレサイトを伴う小断層は、調査地点全域に分布する(第6図 a, b)が、沸石脈を伴う断裂は調査地域北部に集中する(第2図, 6図 b)。

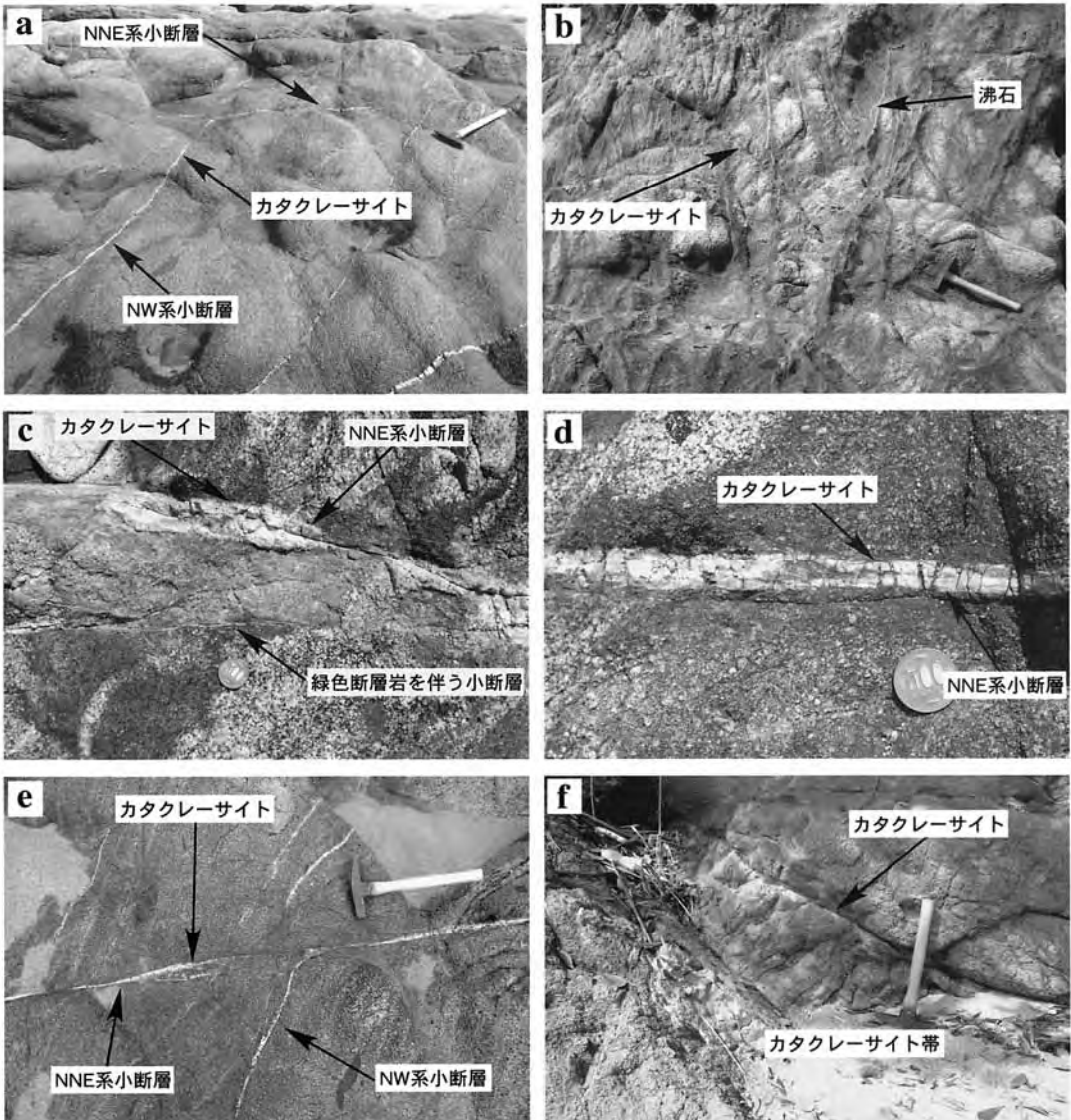
### アプライト岩脈を伴う断裂

アプライト岩脈を伴う断裂は、NE 走向のもの

が大部分を占め、傾斜は40°前後ものが多い(第7図)。アプライト岩脈の厚さは10cm以下である。この断裂はカタクレサイトを伴う小断層や沸石脈を伴う断裂に切られる。

### 緑色断層岩を伴う小断層

緑色断層岩を伴う小断層(第6図 c)は、厚さ1cm以下で、緑レン石、緑泥石、源岩の残存



第6図. 断裂の露頭写真.

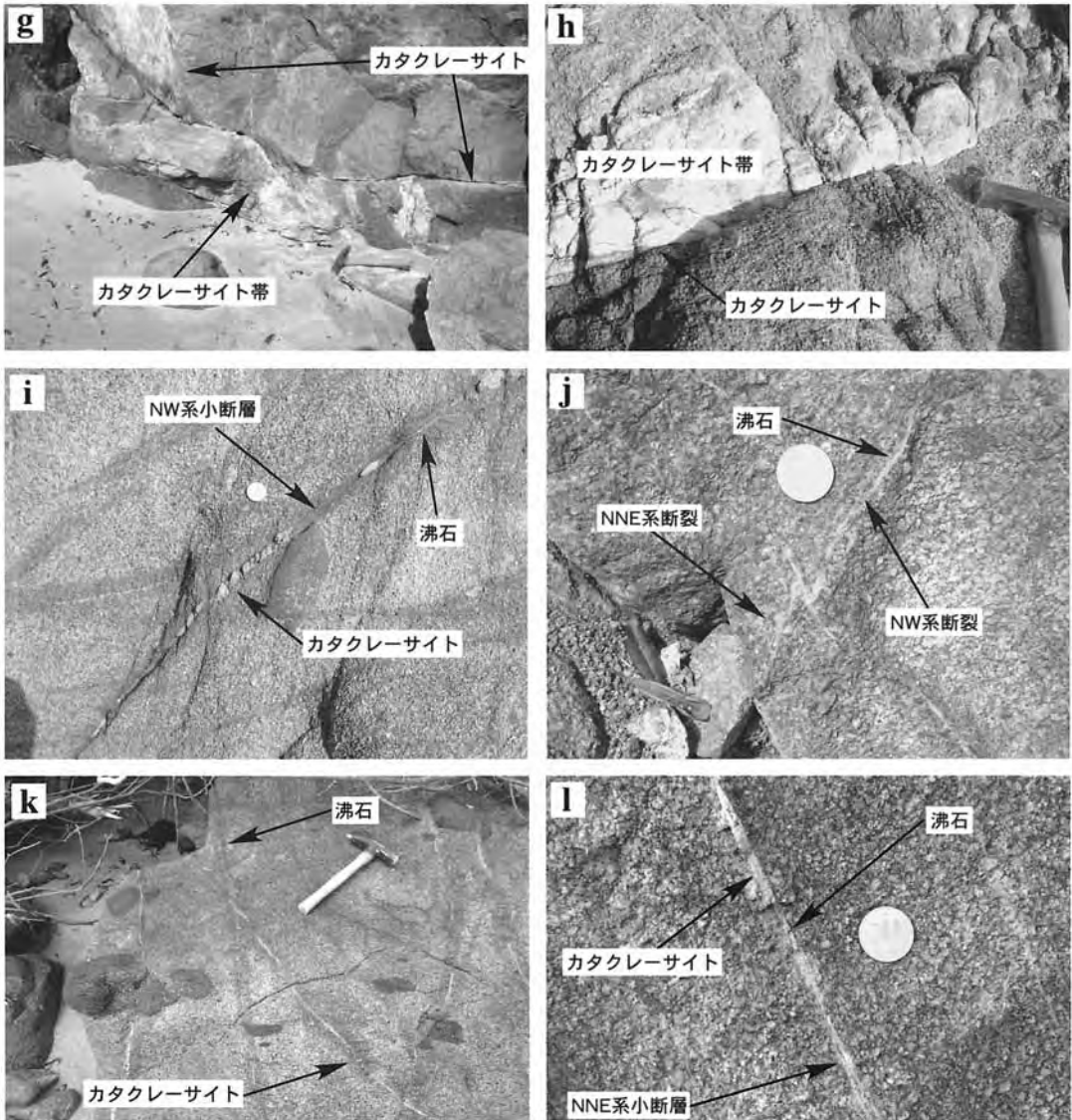
a: 調査地域南部における小断層の関係, b: 調査地域北部における小断層の関係, c: 緑色断層岩を伴う小断層を切るカタクレサイトを伴う小断層, d: NNE系のカタクレサイトを伴う小断層, e: NNE系から分岐するNW系のカタクレサイトを伴う小断層, f: カタクレサイト帯



鉱物と考えられる石英，斜長石，カリ長石からなる暗緑色～緑色の断層岩を伴う（第8図 a）。緑色断層岩を伴う小断層は分岐している場合もあり，カタクレーサイトを伴う小断層によって切られる（第6図 c）。本小断層は，NNE系に相当する領域に集中域をもつ（第9図 a）。

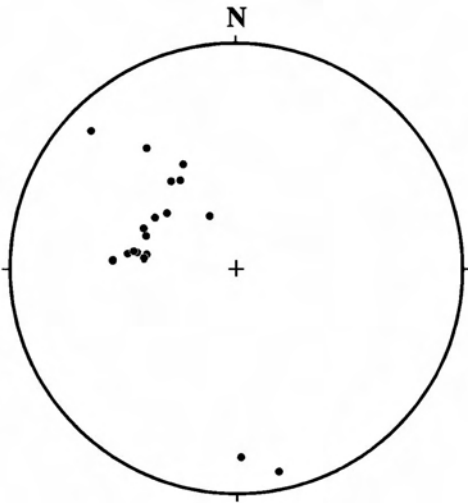
### カタクレーサイトを伴う小断層

カタクレーサイトを伴う小断層は，NNE系，NW系およびE-W系に相当する領域に集中域を持ち（第9図 b），最大4cmの白色～淡緑色のカタクレーサイトを伴う。カタクレーサイト中に緑色断層岩を伴う小断層のフラグメントが含まれる場合もある（第6図 d，8図 b）。カタクレー



第6図. (続き)

g：傾斜が変化するカタクレーサイト帯，h：カタクレーサイト帯，i：調査地域南部におけるカタクレーサイトを伴う小断層に伴われる沸石脈，j：調査地域北部におけるNNE系およびNW系の沸石脈を伴う断裂，k：調査地域北部におけるカタクレーサイトを伴う小断層と沸石脈を伴う断裂の関係，l：NNE系のカタクレーサイトを伴う小断層を切るNNE系の沸石脈。



第7図. アプライト岩脈を伴う断裂の走向傾斜 (シュミットネット, 下半球投影).

サイトの厚さはNNE系で厚く, NW系やE-W系では数mm以下のものが多い. 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(第8図b, c). 細粒基質にはイライトが含まれる(第8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.

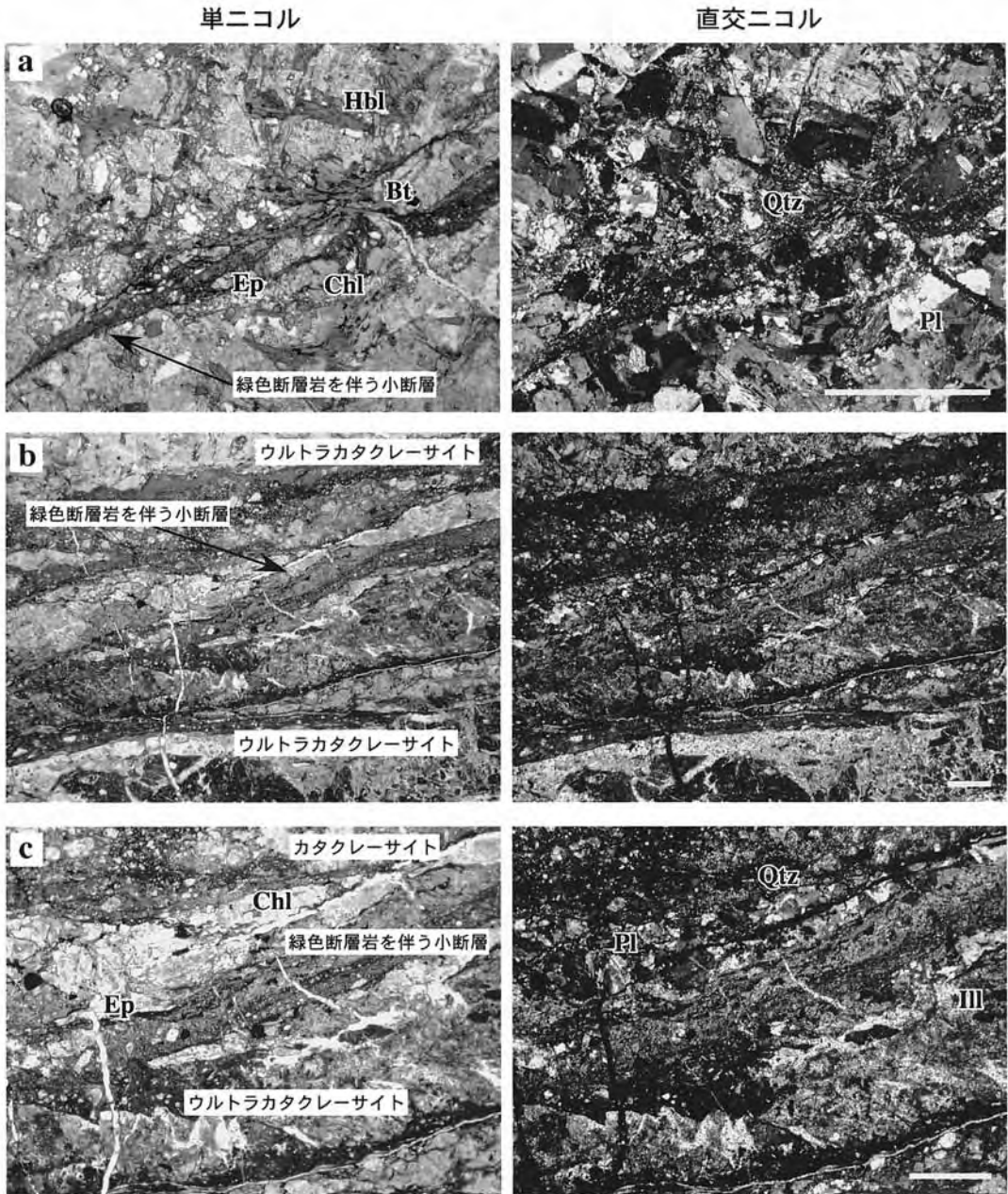
本小断層は, 石英閃緑岩, 志賀島花崗閃緑岩, アプライト岩脈を伴う断裂, 緑色断層岩を伴う小断層を切る(第6図c). 水平隔離は最大13cmで, 傾斜隔離はほとんど認められない. 変位センスは, 多くが左横ずれである. 小断層の間隔は, 10~100cmである. NW系小断層がNNE系小断層をずらす場合もあるが, NNE系小断層からNW系小断層が分岐する場合もある(第6図e). NNE系小断層では, 条線の方法はSSW方向で低角である(第10図). さらに, ステップ構造の認められる場合もあり(第11図), この場合も変位センスは左横ずれである. カタクレーサイトを伴う小断層の周囲最大20cmは, 赤褐色~桃色を呈している場合がある(第6図c, d).

NNE系小断層には, 最大幅65cmに達するカタクレーサイトを伴う場合がある(第6図f, g,

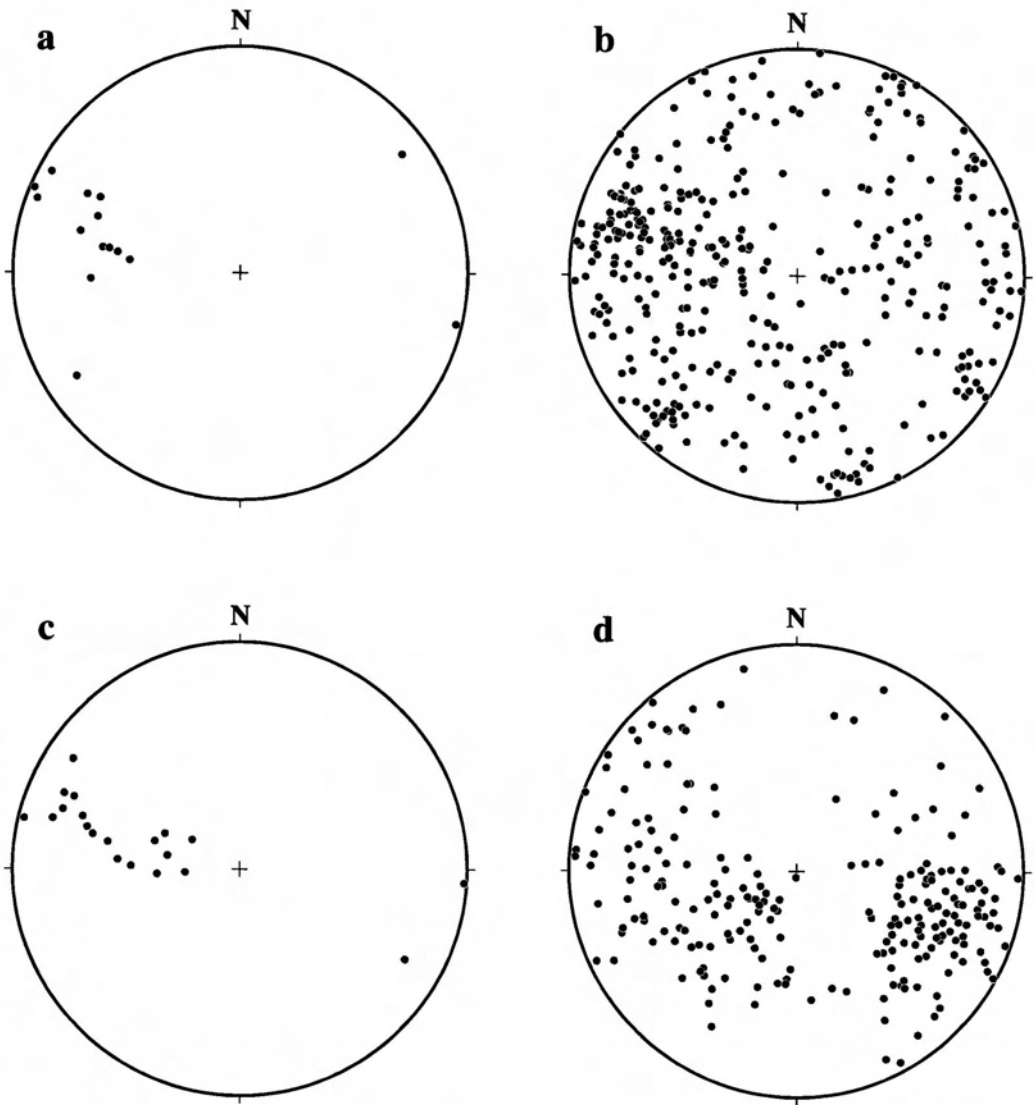
h). ここではカタクレーサイト帯と呼ぶ. このカタクレーサイト帯は, 調査地域北部の沸石脈の集中域とその周辺に限られ, 現在のところ, 9枚(ルートマップに示されているものと海底に存在する2枚)確認している(第2図). このカタクレーサイト帯は厚さの変化が激しく(第6図f, g), 薄いところでは上述のウルトラカタクレーサイトのみとなる. カタクレーサイト帯の両側もしくは片側の母岩との境界部はウルトラカタクレーサイトとなる(第6図f, h). このカタクレーサイト帯を伴う小断層の傾斜は, 高角から低角まで変化に富み(第9図c), 同一の小断層でも高角から低角へと変化する(第6図g). このカ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, 条線の方法に平行に切ったXZ研磨面(第12図)では, 基質物質の配列と破砕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延びの方法に平行で, 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<sub>1</sub>面が認められる. これらの複合面構造は, 同方向に切断した薄片においても認められる(第13図). 複合面構造の幾何学的配列から, 左ずれの剪断運動が推定される. 複合面構造との関係から, 露頭スケールのNNE系小断層の方法がY面の方法に, NW系小断層の方法がR<sub>1</sub>面の方法に対応すると考えられる.

#### 沸石脈を伴う断裂

沸石脈を伴う断裂は, 北部地域に卓越し, NNE系とNW系に相当する集中域を持つ(第9図d). NNE系は中~高角なもの, NW系は低角なものが多い. 小断層の間隔は, 1~120cmである. 厚さ5mm以下の沸石脈を伴う. 南部地域では, カタクレーサイトを伴う小断層に沿って, 不連続なレンズ状に認められる(第6図i)ことが多いが, 北部地域では, 連続性が良く, ネットワーク状に発達する(第6図b). NW系の断裂がNNE系の断裂を切る場合がある(第6図j)が, 内部を充填している沸石脈は連続している. また, 沸石脈は, アプライト岩脈を切る. NW系の沸石脈がNNE系のカタクレーサイトを伴う小断層を明瞭に切ることはない(第6図k)が, NNE系のカタクレーサイトを伴う小断層を

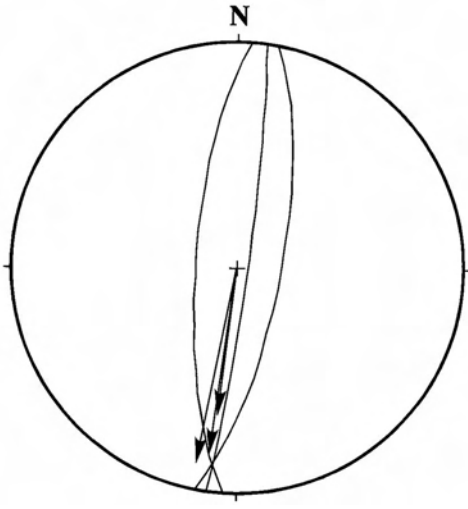


第8図. 緑色断層岩を伴う小断層とカタクレーサイトを伴う小断層の薄片写真.  
 Bt: 黒雲母, Hbl: 普通角閃石, Ep: 緑レン石, Chl: 緑泥石, Pl: 斜長石, Qtz: 石英.  
 スケールバーは1mm.



第9図. カタクレーサイトや沸石脈を伴う断裂の走向傾斜 (シュミットネット, 下半球投影).  
a: 緑色断層岩を伴う小断層, b: カタクレーサイトを伴う小断層,  
c: カタクレーサイト帯を伴う小断層, d: 沸石を伴う小断層.

## 考 察



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）。

同方向の沸石脈が切れる場合がある（第6図1）。沸石脈を伴う断裂の周囲最大20cmも、赤褐色～桃色を呈していることが多い（第6図b, j, k, l）。

## 沸石脈の構成鉱物

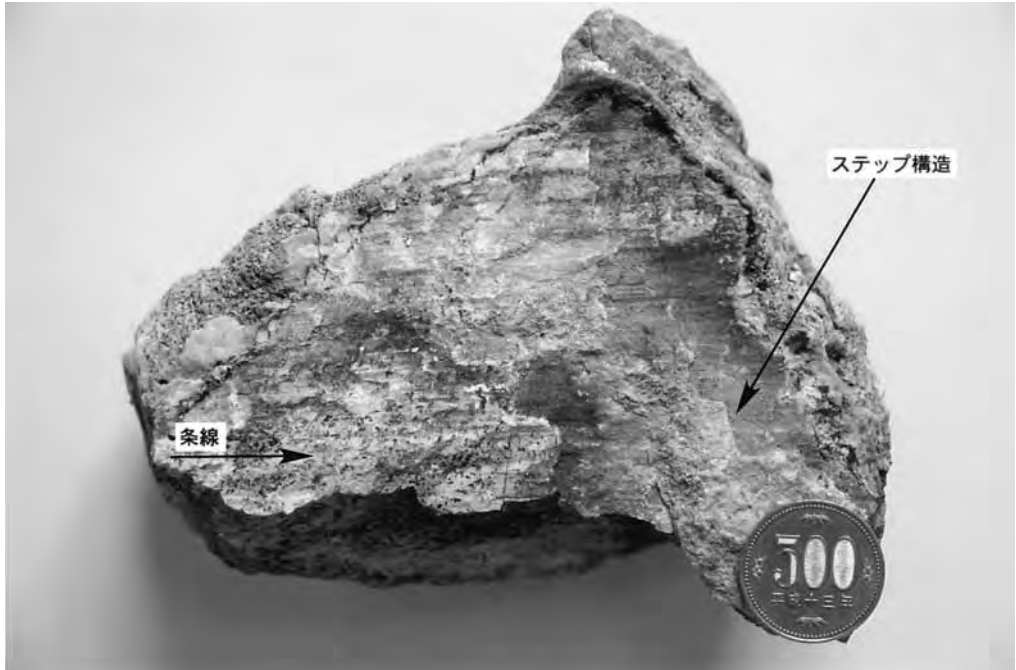
断裂に伴われる沸石脈について、X線回折装置（理学電機製X線回折装置 Geigerflex）を用いて、構成鉱物の同定を行った。また、カタクレーサイトの細粒基質の構成鉱物を同定するため、粗粉碎ののち、水簸によって粒径 $2\mu\text{m}$ 以下の粒子を分離し、定方位試料の調製を行った。Cu管球（Niフィルター）を用い、印加電圧と電流はそれぞれ35kV, 12.5mA, 走査速度は $1^\circ/\text{min}$ , スリットは $1^\circ - 0.15\text{mm} - 1^\circ$ である。走査範囲は $2^\circ$ から $62^\circ$ とした。代表的な試料についてのX線回折パターンを第14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。また、カタクレーサイトの細粒基質の構成鉱物は、スメクタイト、少量の緑泥石、痕跡量のカオリナイトであった。

調査地域に分布する断裂は、随伴する鉱物種の違いから大きく4つのグループに区分される。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、4つのステージに区分されることが判明した（第15図）。

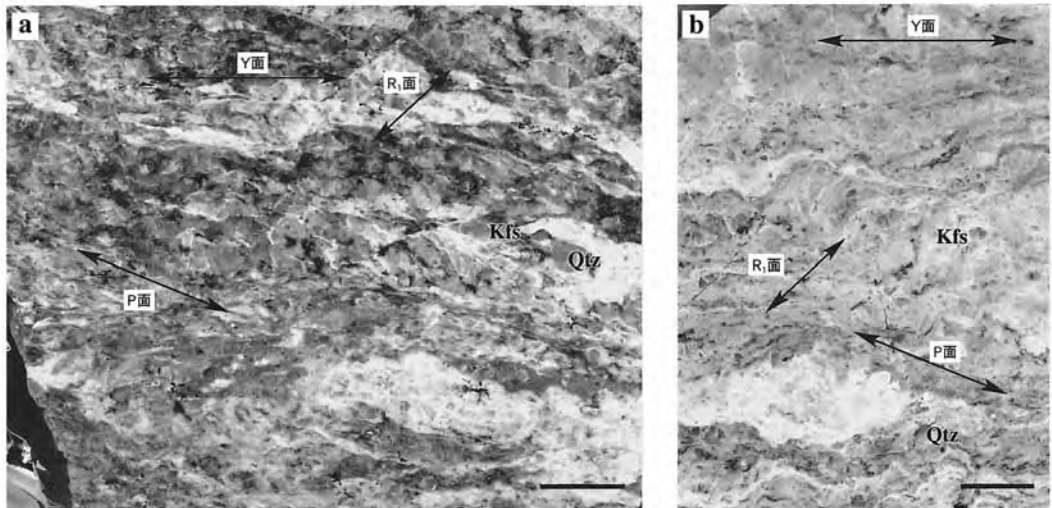
ステージ1ではアプライト岩脈を伴う断裂が形成された。この断裂は中角度で、NE方向のものが多く、アプライト岩脈は、志賀島全域で認められることから、この断裂の形成過程については、志賀島全域における断裂方向の解析等を行う必要がある（柚原ほか、2005a）。

ステージ2では、緑色断層岩を伴う小断層が形成された。この小断層は、志賀島花崗閃緑岩および石英閃緑岩の構成鉱物の破壊を伴う剪断変形によって形成されたと考えられるが、その方向に関するデータがないため、剪断方向および変位センスは不明である。本小断層形成に伴って、緑レン石と緑泥石が生成していることから、断層の形成条件は緑色片岩相程度であったと考えられる。

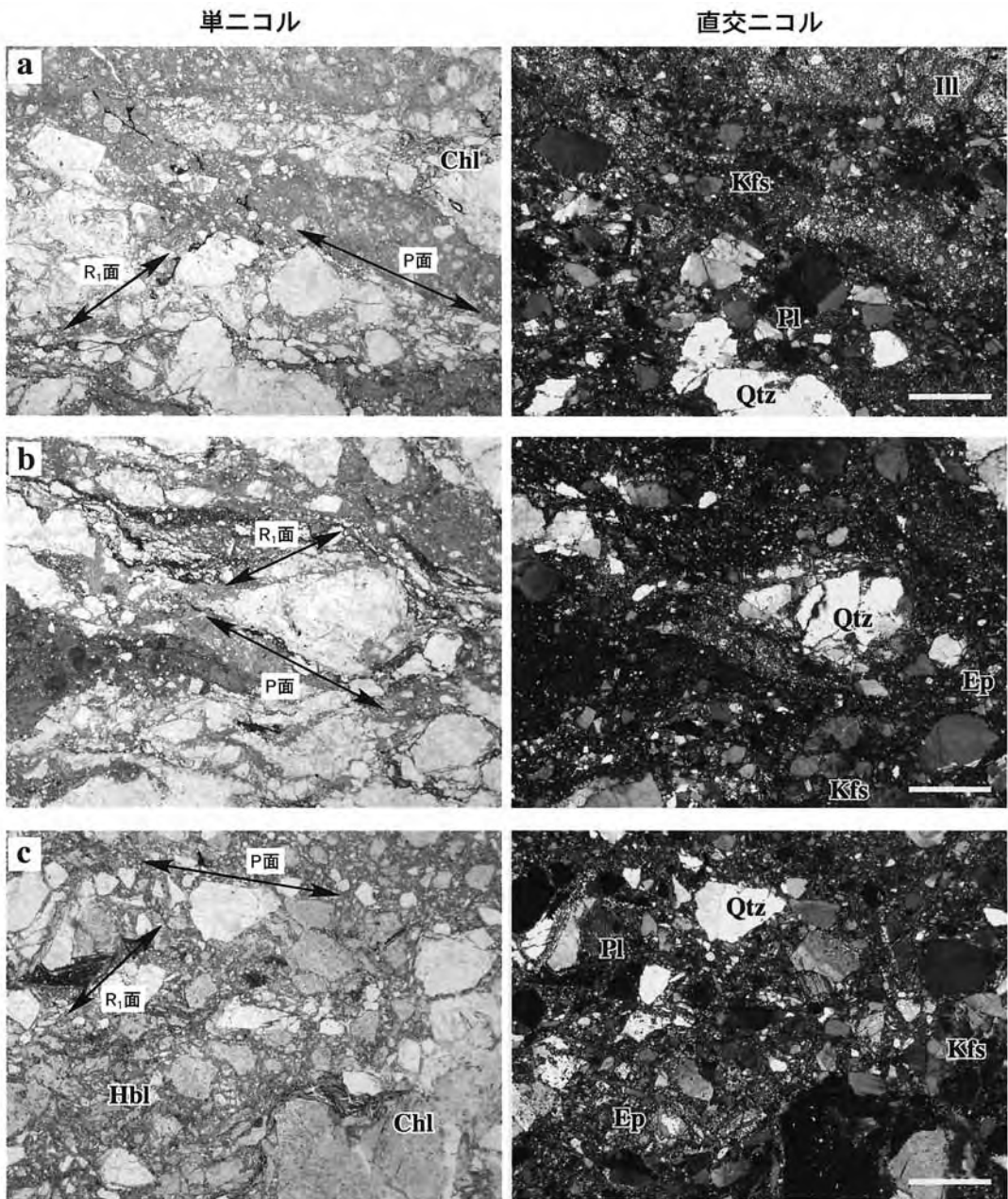
ステージ3では、カタクレーサイトを伴う小断層が形成された。厚さ4cm以下の薄いウルトラカタクレーサイト（～カタクレーサイト）は調査地域全域にわたり形成されているが、厚いNNE系のカタクレーサイト帯は調査地域北部に限られる。したがって、この時期の剪断帯は、北部地域を中心としてほぼ南北に延びていたと考えられる。この方向は、警固断層や福岡県西方沖地震の余震域の伸張方向とは明らかに斜交し、ほぼ南に位置する壱岐断層や南から志賀島の東側に延びる室見断層の方向にほぼ平行である（第1図）。さらに、志賀島南端部に発達する断層ガウジやカタクレーサイト帯を伴う小断層（柚原ほか、2005a）の方向ともほぼ平行である。柚原ほか（2005a）で認定した断層ガウジは、後の変質によって脆弱化している可能性があり、これもウルトラカタクレーサイトであった可能性が高い。これらの小断層は、左横ずれの剪断運動によって形成されたと考えられ、その断層



第11図. 西側から見たカタクレーサイトを伴う小断層の条線とステップ構造.

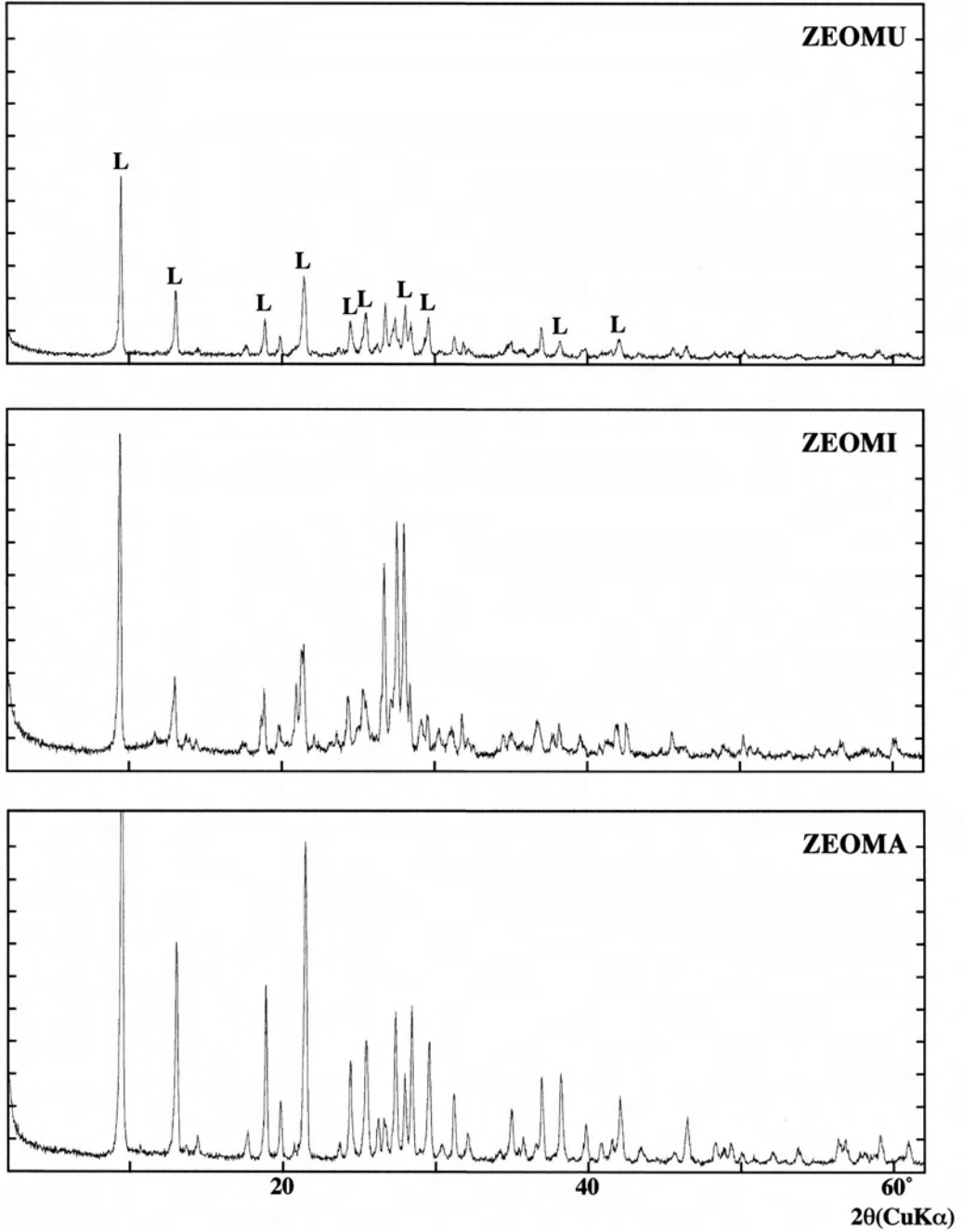


第12図. カタクレーサイトのスラブ写真 (ZX 面にはほぼ平行で, 西側から見た研磨面).  
a: SHK-201, b: SHK-202.  
Kfs: カリ長石, Qtz: 石英.  
スケールバーは1 cm.



第13図. カタクレーサイトの薄片写真.  
 a, b: SHK-201, c: SHK-202.  
 Ep: 緑レン石, Chl: 緑泥石, Pl: 斜長石, Qtz: 石英, Kfs: カリ長石,  
 Ill: イライト, Hbl: 普通角閃石.  
 スケールバーは 1mm.

強度



第 14 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.



	断裂	鉱物脈	地質学的イベント
ステージ4	カタクレーサイトを伴う小断層の開口	沸石脈の形成	熱水活動
ステージ3	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の形成		断層運動
ステージ1	アプライト岩脈を伴う断裂の形成	アプライトの貫入	
			岩体の定置と固結

第 15 図. 志賀島北西部の志賀島花崗閃緑岩中に発達する断裂の形成史。

活動の中心は東側であったと考えられる（柚原ほか, 2005a）。したがって、志賀島西部および南端部の NNE 系のカタクレーサイトを伴う小断層は、志賀島の西側を通ると考えられる壱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。これらの断層は古第三系堆積岩を切る（唐木田ほか, 1994）が、活動時期や運動像は明らかにされていない。

ステージ4では、カタクレーサイトを伴う小断層が開口し、沸石脈が形成された。沸石脈が卓越するのがカタクレーサイト帯の多数発達する調査地域北部であることから、沸石脈を形成した熱水は、破壊の著しい領域を選択的に通過したと考えられる。X線回折結果から、これらの沸石脈を構成するのは、濁沸石である。これは津屋崎地域の北崎トータル岩に発達する断裂に伴われる沸石（柚原ほか, 2003, 2004b）や、志賀島南端部での断裂を充填する沸石（柚原ほか, 2005a）と同じである。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ものである。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の壱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、志賀島における熱水

活動の時期の確定が必要であろう。

#### 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・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、アプライト岩脈を伴う断裂、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、沸石脈を伴う断裂に区分される。カタクレーサイトや沸石脈を伴う断裂は、その方位により、さらに3つのグループ（NNE系小断層、NW系小断層、E-W系小断層）に分類される。
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4つのステージに区分される。
3. 断裂に伴われる鉱物脈の構成鉱物は、濁沸石である。
4. カタクレーサイトを形成した断層運動は、志賀島南端部も含め、南北方向の左横ずれ運動であり、警固断層の方向とは斜交し、壱岐断層や室見断層の方向とほぼ平行である。したがって、この断層運動は、これらの断層の

活動に関連している可能性が高い。

5. 志賀島北西部においても、渡半島楯崎周辺ならびに志賀島南端部と同様に、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、幌延深地質研究センターの新里忠史博士には、カタクレサイトの複合面構造の認定や記載についてご教示いただいた。記して感謝の意を表します。

## 文 献

- 井沢英二・唐木田芳文・島田允亮・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層系。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・田中秀美・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, 断層ガウジとマイク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.
- 宇藤千恵, 2005MS, 志賀島花崗閃緑岩に包有される暗色包有岩の岩石学的研究。福岡大学理学部地球圏科学科卒業論文, 87p.
- 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層系。福岡大学理学集報, 33(2), 65-76.
- 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・八塚楨也・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層系。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・草和慶・山王堂信雄・溝口幸幸・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層系(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.

柚原雅樹・宇藤千恵, 2006, 志賀島花崗閃緑岩中の苦鉄質岩脈と苦鉄質包有岩の産状. 日本地球惑星科学連合 2006 年大会予稿集, K104-P012.