志賀島北端で見出された志賀島花崗閃緑岩と志賀島塩基性岩類の関係： 高 Mg 閃緑岩マグマと花崗閃緑岩マグマの同時共存*

Relationship between the Shikanoshima Granodiorite and Shikanoshima basic rocks at the Shikanoshima Island, northern Kyushu, Southwest Japan: coexistence of high Mg dioritic magma and granodioritic magma.*

Abstract

柚原雅樹** 宇藤千恵**

Masaki Yuhara ** and Chie Uto **

2007年3月27日受付.

2007年9月14日受理.

** 福岡大学理学部地球圏科学科

Department of Earth System Science, Faculty
of Science, Fukuoka University, 8-19-1
Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180,
Japan

Corresponding author; M. Yuhara,
yuhara@fukuoka-u.ac.jp

The Shikanoshima Granodiorite and the Shikanoshima basic rocks that have been emplaced during the Cretaceous age are exposed on the Shikanoshima Island, northern Kyushu. We found new field relationship between these two rocks. The Shikanoshima basic rocks are intruded by the Shikanoshima Granodiorite with an irregular boundary and have a chilled margin on its boundary. This occurrence suggests that the Shikanoshima basic rocks were not formed by hybridization of postdating the Shikanoshima Granodiorite magma, but generated by rapid cooling of mafic magma caused by intrusion of the coeval felsic magma. The chemical compositions of the Shikanoshima basic rocks resemble those of the Cretaceous high-Mg diorite in northern Kyushu. It means that the regional activity of high-Mg intermediate to mafic magmatism occurred in northern Kyushu during the Early Cretaceous.

Key words: Shikanoshima Granodiorite, Shikanoshima basic rocks, magma coexistence, chilled margin, high Mg diorite, northern Kyushu

はじめに

北部九州には白亜紀に活動した花崗岩質岩が広く分布し、苦鉄質岩がわずかに伴われる (Fig. 1). これらの苦鉄質岩は火成活動の場や花崗岩質マグマ形成の熱源など、広範囲に分布する花崗岩質岩の成因を考える上で重要な情報をもたらす. 北部九州の花崗岩質岩には苦鉄質岩を伴う岩体は少ないが、志賀島 (Figs. 1, 2) に分布する志賀島花崗閃緑岩には多量の苦鉄質岩体^{しかのしま}が伴われることが知られている (唐木田ほか, 1994). したがって、志賀島は花崗岩質岩と苦鉄質岩の関係の解析や苦鉄質岩の岩石学的検討を行うのに非常に適した場所であるといえる.

志賀島花崗閃緑岩に伴われる苦鉄質岩体は、志賀島塩基性岩類 (唐木田, 1967) と呼ばれ、斑れい岩～石英閃緑岩からなる (唐木田ほか, 1994). この岩相変化は、斑れい岩質および粗粒玄武岩質の岩石から、志賀島花崗閃緑岩の混成作用によって形成されたと考えられている (唐木田, 1967; 唐木田ほか, 1994). さらに、志賀島花崗閃緑岩中には、多量の苦鉄質包有岩が存在するが、それらは、岩相の類似性などから、志賀島塩基性岩類が志賀島花崗閃緑岩マグマに取り込まれることにより生成したものであると考えられてきた (唐木田, 1967; 唐木田ほか, 1994). しかし、吉倉ほか (1999)、柚原ほか (2005a, 2006)、柚原・宇藤 (2006) は、志賀島花崗閃緑岩中に苦鉄質火成包有岩 (Mafic microgranular enclaves:

MME) や同時性岩脈が存在することを明らかにした. MME は、花崗岩質マグマと苦鉄質マグマの混交によって花崗岩質マグマに取り込まれた苦鉄質包有岩であり、同時性苦鉄質岩脈も、花崗岩質マグマと苦鉄質マグマの間で進行した相互作用の指標であるとされている (吉倉・熱田, 2000). したがって、これらの事実は、志賀島花崗閃緑岩マグマと志賀島塩基性岩類マグマの一部が同時共存していたことを示唆する. しかしながら、より大きな岩体である志賀島塩基性岩類についての野外における産状は詳細に調査されていない. これまで、我々は志賀島花崗閃緑岩と志賀島塩基性岩類の野外における関係の詳細な調査を行ってきた. その過程で、志賀島花崗閃緑岩岩脈の貫入によって志賀島塩基性岩類に急冷周縁相が形成されている産状が見出された. さらに、志賀島塩基性岩類の化学組成が石英閃緑岩岩脈と異なることも判明した. このことは、志賀島塩基性岩類と石英閃緑岩岩脈の形成過程が異なることを示唆する. 花崗岩質マグマと共存するそれよりも熱い苦鉄質マグマは、花崗岩質マグマだまりの冷却史や結晶分化作用に多大な影響を与えるだけでなく、花崗岩質マグマ形成にも強く関与している可能性がある. そのため、産状記載だけでなく、化学組成などによる苦鉄質岩の成因の検討も必要であると考えられる. 本論文では、志賀島塩基性岩類に認められる急冷周縁相と細粒相の産状と志賀島塩基性岩類の化学組成を報告し、志賀島花崗閃緑岩マグマと志賀島塩基性岩類の関係と後者の化学的性質について考察を行う.

* 地球惑星科学関連学会 2005 年合同大会にて発表

Fig. 1. Distribution of Cretaceous granitic rocks in the northern Kyushu (modified from Karakida, 1985).

Fig. 2. Geological map and sample localities of northeastern part of the Shikanoshima Island. Numbers indicate sampling localities for analyzed rocks of the same number in Table 1.

地質概説

志賀島北東部は、志賀島塩基性岩類、志賀島花崗閃緑岩および第四系からなる (Fig. 2)。志賀島塩基性岩類や志賀島花崗閃緑岩を、石英閃緑岩岩脈、アプライトおよびペグマタイト質岩脈が貫く。

志賀島塩基性岩類 (唐木田, 1967) は、志賀島花崗閃緑岩に伴われる、径 1 km 以下の小岩体群である (唐木田ほか, 1994)。唐木田ほか (1994) は、この塩基性岩類の岩質が志賀島花崗閃緑岩中の苦鉄質包有岩に類似するため、径 10 m 以上の岩塊を志賀島塩基性岩類とした。黒崎～赤瀬 (Fig. 2)、大崎、南ノ浦岬、志賀島付近に比較的大きな岩体が分布

する (唐木田ほか, 1994)。本塩基性岩類は、粗粒普通角閃石斑れい岩、中粒黒雲母普通角閃石石英閃緑岩に細分される。両岩に明瞭な境界は認められず、漸移関係にあると考えられる。そのため、本論文では、普通角閃石の最大粒径が 5 mm を超えるものを粗粒普通角閃石斑れい岩、5 mm 以下のものを中粒黒雲母普通角閃石石英閃緑岩とした。粗粒普通角閃石斑れい岩は、唐木田ほか (1994) の粗粒角閃石斑れい岩および粗粒単斜輝石角閃石モンゾ斑れい岩に、中粒黒雲母普通角閃石石英閃緑岩は中粒閃緑岩に相当する。粗粒普通角閃石斑れい岩 (以下、粗粒斑れい岩とする) は粗粒塊状の単斜輝石普通角閃石斑れい岩～黒雲母普通角閃石石英モンゾ斑れい岩で、苦鉄質岩体の主体をなす。中粒黒雲母普通角閃石石英閃

Fig. 3. Outcrop sketch map and sampling points of the area A in Fig. 2. Numbers indicate sampling points for analyzed rocks of the same numbers combining A in Table 1.

緑岩（以下、中粒石英閃緑岩とする）は中粒塊状の黒雲母普通角閃石石英閃緑岩～石英モンゾ閃緑岩で、主に苦鉄質岩体の周縁部に分布する（Fig. 2）が、岩体内部にも小領域として点在する。本塩基性岩類のうち、中粒石英閃緑岩（唐木田ほか, 1994 では中粒閃緑岩）から 101 ± 5.0 Ma の K-Ar 普通角閃石年代（唐木田ほか, 1994）が報告されている。

志賀島花崗閃緑岩（唐木田ほか, 1962）は、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、優白質中粒～粗粒の普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩～トータル岩である。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）。志賀島においては、島の大部分を占めている。本花崗閃緑岩は、主岩相、優黒質岩相、花崗岩質岩脈に区分される。このうち、主岩相は唐木田ほか（1994）の花崗閃緑岩主岩相およびトータル岩相に、花崗岩質岩脈はアダメロ岩～花崗閃緑岩質岩脈に相当する。主岩相は、優白質中粒～粗粒の普通角閃石黒雲母花崗

閃緑岩～トータル岩である。優黒質岩相は、灰色中粒の普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩～トータル岩であり、主岩相に貫入される。花崗岩質岩脈は優白質中粒の黒雲母花崗岩～花崗閃緑岩からなり、主岩相や志賀島塩基性岩類を貫く 70 m 以下の岩脈として産する。本花崗閃緑岩から、 94.6 ± 4.7 Ma および 98.5 ± 4.9 Ma の K-Ar 黒雲母年代（唐木田・山本, 1996; 唐木田ほか, 1994）、 113 ± 6.0 Ma の K-Ar 普通角閃石年代（唐木田ほか, 1994）、 107.0 ± 0.7 Ma の Rb-Sr 全岩－鉱物アイソクロン年代、 $96.5 \sim 95.1$ Ma のチタン石 FT 年代、 $88.9 \sim 88.2$ Ma のジルコン FT 年代、 $14.3 \sim 14.2$ Ma の燐灰石 FT 年代（柚原ほか, 2005b）が報告されている。このうち、志賀島に分布する岩石から得られた年代は、 98.5 ± 4.9 Ma の K-Ar 黒雲母年代と 113 ± 6.0 Ma の K-Ar 普通角閃石年代（唐木田ほか, 1994）である。

石英閃緑岩岩脈は、唐木田ほか（1994）では志賀島塩基性岩類のメンバーであるとされていたが、志賀島花崗閃緑岩中

Fig. 4. Photographs showing field occurrence of the Shikanoshima Granodiorite intruded into medium-grained quartz diorite in the area A. Gd.: hornblende-biotite granodiorite, Gr.: biotite granite, M.Qd.: medium-grained quartz diorite, C.M.: chilled margin, Ap.: aplite.

に幅数 10 cm ~ 50 m の岩脈として点在すること (柚原ほか, 2005a, 2006), 必ずしも苦鉄質岩体と志賀島花崗閃緑岩との接触部付近に分布するわけではないこと, 苦鉄質岩体中にも岩脈として貫入していること, 後述するように志賀島塩基性岩類の主体をなす粗粒斑れい岩や中粒石英閃緑岩と明らかに化学組成が異なることから, 本論文では志賀島塩基性岩類から独立させて扱う。本岩は, 志賀島塩基性岩類や志賀島

花崗閃緑岩の主岩相ならびに優黒質岩相に貫入し, 細粒~中粒等粒状あるいは斑状の普通角閃石黒雲母閃緑岩~石英閃緑岩からなる (柚原ほか, 2005a)。石英閃緑岩岩脈の一部には, 逆入脈岩脈, 分断岩脈, 崩壊岩脈といった特徴を有するものがあり, 志賀島花崗閃緑岩マグマ溜りに貫入した同時性岩脈であると考えられている (吉倉ほか, 1999; 柚原ほか, 2005a, 2006; 柚原・宇藤, 2006)。

アプライトは、細粒～中粒の両雲母含有花崗岩であり、志賀島塩基性岩類や志賀島花崗閃緑岩を貫く最大幅 20 cm の直線的な岩脈として産する。ペグマタイトは、粗粒の黒雲母含有花崗岩で文象構造あるいはペグマタイト構造を呈する。本岩は、志賀島塩基性岩類や志賀島花崗閃緑岩を貫く最大幅 40 cm の直線的な岩脈として産し、両側にアプライト岩脈が伴われる場合がある。ピンク色のカリ長石を特徴的に含む。

第四系は、完新統の住吉層と海の中道砂層（下山, 1989）からなる。住吉層は、勝馬周辺に分布し、粘土、シルト、腐食物混じり粗粒砂層、腐食物混じりのシルト層、黒色粘土層からなる（唐木田ほか, 1994）。海の中道砂層は、志賀島北西岸に分布し、海浜砂層を主体とする（唐木田ほか, 1994）。

志賀島花崗閃緑岩と志賀島塩基性岩類の 野外における産状

志賀島北東端の黒崎を中心として分布する岩体の西端部（Fig. 2 の A）の中粒石英閃緑岩には志賀島花崗閃緑岩が貫入する（Fig. 3）。それらは、ストック状に貫入し、不規則な境界をもつ中粒の普通角閃石黒雲母トーナル岩～花崗閃緑岩と、直線的な境界をもつ中粒の黒雲母花崗閃緑岩～花崗岩からなる岩脈からなる（Figs. 3, 4.a）。本論文では、前者を普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩、後者を黒雲母花崗岩と呼ぶ。普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩は、最大幅 9 m の岩脈状に中粒石英閃緑岩に貫入しており、黒雲母花崗岩に貫かれる（Figs. 3, 4.a）。普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩と中粒石英閃緑岩との接触部は明瞭で不規則な形態を示し、中粒石英閃緑岩側に急冷周縁相をもつ（Figs. 3, 4.b, c, d）。急冷周縁相は数 mm ～ 20 cm で、存在しない場合もある（Figs. 3, 4.c, d）。普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩中には、中粒石英閃緑岩質包有岩が包有される（Fig. 4.a）が、中粒石英閃緑岩中に花崗閃緑岩の包有岩は見出されない。中粒石英閃緑岩質包有岩は不定形で、急冷周縁相をもつものともたないものがある（Fig. 4.a, 4.e）。さらに、急冷周縁相は包有岩の周囲を完全に囲んでおらず、部分的に認められる場合が多い。急冷周縁相のみからなる包有岩も認められる（Figs. 3, 4.e）。包有岩と普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩の境界部は明瞭な場合が多いが、不明瞭な場合もある。中粒石英閃緑岩は、普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩との接触部から離れるに従って粒形が大きくなる。さらに、岩体中心部に向かって粒径を増し、粗粒斑れい岩に漸移する。黒雲母花崗岩は、幅 10 ～ 20 cm の岩脈として、中粒石英閃緑岩および普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩に貫入する（Figs. 3, 4.a）。黒雲母花崗岩と中粒石英閃緑岩の接触部は明瞭で、中粒石英閃緑岩側に急冷周縁相は認められない（Fig. 4.f）。さらに、黒雲母花崗岩と接触する中粒石英閃緑岩の粒径の変化も認められない。黒雲母花崗岩中の中粒石英閃緑岩質包有岩は、ブロック状～不定形で、境界部は明瞭で、直線的である（Fig. 4.f）。中粒石英閃緑岩、普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩および黒雲母花崗岩に貫入するアプライト岩脈は、幅 2 ～ 5 cm で直線的である（Fig. 4.b）。調査地点西端には、厚さ 30 ～ 60 cm のランプロファイア岩脈が貫入している（Fig. 3）。調査地点内には、厚さ最大 7 cm のカ

Fig. 5. Modal composition of the Shikanoshima Granodiorite and Shikanoshima basic rocks.

タクレーサイトを伴う断層が多数認められる（Fig. 3）。

志賀島北部に産する志賀島花崗閃緑岩および 志賀島塩基性岩類の岩石記載

1. 志賀島花崗閃緑岩

普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩は、中粒塊状の普通角閃石黒雲母トーナル岩～花崗閃緑岩で（Fig. 5）、鏡下では半自形粒状組織を示し、主として斜長石、石英、黒雲母、カリ長石、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、ジルコン、褐れん石、緑れん石を含む。斜長石は、自形から他形で、累帯構造を示し、最大 6 mm に達する。一部イライト化しており、中心部とマントル部の境界部分でイライト化の著しい場合がある。この場合、その内側には細粒の黒雲母、普通角閃石、不透明鉱物、燐灰石、チタン石、ジルコンが多量に包有される。斜長石とカリ長石の接触部には、ミルメカイトが認められる場合がある。石英は他形で他鉱物間を充填し、波動消光を示す。石英は斜長石、黒雲母、カリ長石、普通角閃石、不透明鉱物、燐灰石を包有する。カリ長石は他形で他鉱物間を充填し、ときに大きく成長しボーイキリティックに斜長石、黒雲母、カリ長石、普通角閃石、不透明鉱物、チタン石を包有する。黒雲母は自形から他形で、褐色あるいは暗褐色から淡黄褐色の多色性を示し、最大 2 mm に達する。不透明鉱物、燐灰石、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他形で、緑褐色から淡黄褐色の多色性を示し、最大 2.3 mm に達する。普通角閃石は黒雲母、不透明鉱物、チタン石を包有する。

黒雲母花崗岩は、中粒塊状の黒雲母花崗閃緑岩～花崗岩で（Fig. 5）、鏡下では半自形粒状組織および斑状組織を示し、主として斜長石、石英、カリ長石、黒雲母からなり、副成分鉱物として、不透明鉱物、燐灰石、ジルコン、褐れん石を含む。斜長石は、自形から他形で、累帯構造を示し、最大 3

Fig. 6. Photomicrographs of the Shikanoshima basic rocks taken with crossed polars. Bt: biotite, Hbl: hornblende, Pl: plagioclase, Kfs: K-feldspar, Qtz: quartz, Ap: apatite, Cpx: clinopyroxene.

mm に達する。一部イライト化しており、黒雲母、不透明鉱物、燐灰石、ジルコンを包有する。斜長石とカリ長石の接触部には、ミルメカイトが認められる場合がある。石英は他形で、弱い波動消光を示す。石英は斜長石、黒雲母、カリ長石、不透明鉱物、燐灰石を包有する。カリ長石は他形で他鉱物間を充填し、ときに大きく成長しポイキリティックに斜長石、石英、黒雲母、不透明鉱物を包有する。黒雲母は自形から他形で、褐色あるいは暗褐色から淡黄褐色の多色性を示し、最大 1.3 mm に達する。不透明鉱物、燐灰石、ジルコン、褐れん石を包有する。黒雲母の一部は緑泥石化している。

2. 志賀島塩基性岩類

中粒石英閃緑岩は、中粒塊状の黒雲母普通角閃石石英閃緑岩および石英モンゾ閃緑岩で、一部トータル岩や閃緑岩も含まれる (Fig. 5)。本岩は鏡下においては半自形粒状組織を示し (Fig. 6)、主として普通角閃石、斜長石、石英、黒雲母、カリ長石からなり、副成分鉱物として、チタン石、燐灰石、不透明鉱物を含む。一部、斜長石を斑晶とする斑状組織を示す場合がある。普通角閃石は自形から他形で、緑褐色から淡黄褐色の多色性を示し、最大 5 mm に達する。中心部が緑褐色で、リムが青緑色を呈するものもある。普通角閃石は、斜長石、カリ長石、チタン石、不透明鉱物を包有する。さらに、

普通角閃石の一部は、0.5 mm 以下のアクチノ閃石の集合体となっている場合がある。斜長石は半自形から他形で、最大 3 mm に達する。斜長石は、普通角閃石、チタン石、燐灰石、不透明鉱物を包有する。斜長石に包有される燐灰石には、針状に伸びたものもある (Fig. 6)。石英やカリ長石は他形で、他鉱物間を充填する。カリ長石と石英の微文象構造を示す部分もある。黒雲母は他形で、褐色から淡黄褐色の多色性を示す。一部緑泥石化しており、普通角閃石に包有される。

中粒石英閃緑岩と普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩との接触部にできる中粒石英閃緑岩の急冷周縁相は、鉱物粒径が 1.5 mm 以下と細粒で (Fig. 6)、主として普通角閃石、斜長石、カリ長石、石英、黒雲母からなり、副成分鉱物として燐灰石、不透明鉱物を含む。自形から半自形の普通角閃石、黒雲母および斜長石の間を、半自形から他形の斜長石、カリ長石、石英が充填している。普通角閃石には、長柱状から針状に伸びたものもある (Fig. 6)。カリ長石と石英の微文象構造も認められる。接触部の花崗閃緑岩の斜長石中には細粒の普通角閃石が包有される。

粗粒斑れい岩は、粗粒塊状の単斜輝石普通角閃石斑れい岩から単斜輝石普通角閃石石英モンゾ斑れい岩で (Fig. 5)、主に普通角閃石、斜長石、単斜輝石、黒雲母、カリ長石、石英

Fig. 7. SiO₂-oxides diagrams of the Shikanoshima Granodiorite, Shikanoshima basic rocks and quartz dioritic dykes. Fe₂O₃ * is total iron as Fe₂O₃. Hbl.: hornblende, Bt.: biotite, Gd.: granodiorite, Qd.: quartz diorite, Gb.: gabbro. Data sources: Karakida et al. (1994), Murakami (1994), Kamei et al. (2004), Yuhara et al. (2005a, 2006), Tojo and Ohtsuka (2006) and this study.

からなり、副成分鉱物としてチタン石、燐灰石、不透明鉱物を含む。鏡下においては、自形で大型の普通角閃石の粒間を、細粒の普通角閃石と単斜輝石を包有する斜長石、カリ長石、石英が充填する (Fig. 6)。このような組織は、集積岩の組織ではないと考えられる。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。大型のものは2～10 mm、細粒のものは1.5 mm 以下である。中心部が緑褐色で、リムが青緑色を呈する場合もある。さらに、大型の普通角閃石のリム部が虫食い状になっている場合もある。普通角閃石は、斜長石、単斜輝石、黒雲母、カリ長石、石英、チタン石、不透明鉱物を包有する。斜長石は、半自形から他形で、弱い累帯構造を示すものもある。最大6.5 mm に達する。中心部がイライト化している場合がある。ポイキリティックに細粒の普通角閃石、単斜輝石、燐灰石、不透明鉱物を包有する。単斜輝石は自形から他形で、最大1 mm に達する。大型のものは、虫食い状に普通角閃石を包有することもある。黒雲母は、自形から他形で、褐色から淡黄褐色の多色性を示し、最大1.5 mm に達する。黒雲母は大型の普通角閃石のみに包有され、単独では産しない。カリ長石は他形で、他鉱物間を充填する。ポイキリティックに細粒の普通角閃石、単斜輝石、斜長石、石英、燐灰石、不透明鉱物を包有する。石英は他形で、他鉱物間を充填し、弱い波動消光を示す。

3. その他

石英閃緑岩岩脈は、細粒～中粒の普通角閃石黒雲母閃緑岩～普通角閃石黒雲母石英閃緑岩からなる。本岩は、鏡下では半自形粒状組織あるいは斑状組織を呈し、主として斜長石、黒雲母、普通角閃石、石英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、チタン石、燐灰石、褐れん石、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。

ランプロファイアーは細粒で、鏡下では斑状組織を呈し、主として普通角閃石、斜長石、黒雲母、石英からなり、副成分鉱物として燐灰石、チタン石、不透明鉱物を含む。斑晶は、自形から半自形、青緑色から淡黄褐色の多色性を示す普通角閃石からなる。最大2 mm に達するが、多くの場合、無色から淡青緑色のアクチノ閃石の集合体となっている。石基は、0.8 mm 以下の普通角閃石、斜長石、黒雲母、石英からなる。

岩石の化学組成

調査地点ならびに周辺地域に分布する志賀島花崗閃緑岩、志賀島塩基性岩類、石英閃緑岩岩脈から採取した試料 (Figs.2, 3) について、主成分および微量元素の測定を行った。主成分および微量元素の測定には、福岡大学理学部の蛍光 X 線分析装置 (ZSX100e) を用いた。試料調製および測定方法は、柚原・田口 (2003a, b), 柚原ほか (2004), 高本

Fig. 8. SiO_2 -minor element diagrams of the Shikanoshima Granodiorite, gabbroic rocks and quartz dioritic dykes. Symbols are the same as those in Figure 7.

ほか (2005) に従った。測定結果を Table 1 に示す。

志賀島花崗閃緑岩の SiO_2 含有量は、60.2 ~ 74.0 wt % (Table 1; 唐木田ほか, 1994; 柚原ほか, 2005a, 2006; 棟上・大塚, 2006) である。中粒石英閃緑岩に貫入する普通角閃黒雲母花崗閃緑岩は 65.9 ~ 67.5 wt % の、黒雲母花崗岩は 69.9 ~ 72.7 wt % の SiO_2 含有量を示し、志賀島花崗閃緑岩の組成範囲内に入る。中粒石英閃緑岩の SiO_2 含有量は 52.3 ~ 59.4 wt %, 粗粒斑れい岩の SiO_2 含有量は 50.5 ~ 55.4 wt %, 石英閃緑岩岩脈の SiO_2 含有量は 52.2 ~ 62.2 wt % で、三者はオーバーラップする。

SiO_2 -酸化物図ならびに微量元素図 (Figs. 7, 8) では、中

粒石英閃緑岩に貫入する花崗閃緑岩は、志賀島花崗閃緑岩主岩相の組成範囲内に、黒雲母花崗岩は花崗岩質岩脈の組成範囲内にある。中粒石英閃緑岩と粗粒斑れい岩の組成範囲はオーバーラップし、石英閃緑岩岩脈よりも、 MgO , CaO , Cr , Ni に富み、 TiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Na_2O , Ba , Nb , S , Sr に乏しい傾向にある。特に MgO 含有量は 6.6 ~ 16.4 wt % と高い (Table 1)。さらに、Kamei et al. (2004) によって報告された北部九州に分布する高 Mg 閃緑岩に類似する (Figs. 7, 8)。加えて、Kamei et al. (2004) で示された高 Mg 安山岩の判別図 (Fig. 9) では、高 Mg 閃緑岩同様、サヌカイト質高 Mg 安山岩領域に入る。また、石英閃緑岩岩脈には高い MgO 含有量

Fig. 9. TiO_2 vs. $\text{MgO}/(\text{MgO} + \text{FeO}^*)$ and Sr/Y vs. Y discrimination diagrams for HMAs (after Kamei et al., 2004). Symbols are the same as those in Figure 7.

を示し、中粒石英閃緑岩および粗粒斑れい岩と類似した化学組成を示すものも認められる。

考 察

1. 志賀島花崗閃緑岩と志賀島塩基性岩類の関係

地点 A (Fig. 2) において、志賀島塩基性岩類の中粒石英閃緑岩に貫入する志賀島花崗閃緑岩は、不規則な境界をもつ普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩と、直線的な境界をもつ黒雲母花崗岩に区分される。これらの岩石の化学組成はそれぞれ、志賀島花崗閃緑岩主岩相と花崗岩質岩脈の化学組成とオーバーラップし、これらが志賀島花崗閃緑岩マグマから派生したものであることを示唆する。花崗閃緑岩は中粒石英閃緑岩にのみ貫入し、中粒石英閃緑岩との接触部には、中粒石英閃緑岩側に細粒で微文象構造を示す急冷周縁相が存在する。急冷周縁相には、長柱状から針状の普通角閃石が認められる。このような普通角閃石は急冷条件下で形成されたと考えられている (Harayama et al., 2003)。中粒石英閃緑岩の粒径は、花崗閃緑岩との接触部から離れるにしたがって大きくなり、粗粒斑れい岩に漸移する。中粒石英閃緑岩中には、針状に伸びた磷灰石が認められる。このような磷灰石は、過冷却の条件下で形成されたと考えられている (Hibbard, 1995)。したがって、急冷周縁相と中粒石英閃緑岩は、苦鉄質マグマに、より温度の低い花崗閃緑岩マグマが貫入したことにより苦鉄質マグマが急冷したため形成されたと考えられる。急冷周縁相は、両マグマの境界すべてに形成されたと考えられる。しかしながら、花崗閃緑岩と中粒石英閃緑岩の境界すべてに急冷周縁相が認められないこと、花崗閃緑岩中に一部急冷周縁相をもつ中粒石英閃緑岩質包有岩や急冷周縁相のみからなる包有岩が存在することから、形成された急冷周縁相やその内側の固結した中粒石英閃緑岩は、花崗閃緑岩マグマ中に一部はぎ取られていったと考えられる。さらに、不規則な形態を

示す中粒石英閃緑岩質包有岩が認められることから、中粒石英閃緑岩が花崗閃緑岩マグマに取り込まれた際には、多少流動性を保持していた可能性が高い。志賀島塩基性岩類が志賀島花崗閃緑岩中のブロック状の小岩体として産する (Fig. 2) ことから、志賀島塩基性岩類は志賀島花崗閃緑岩マグマに取り込まれた苦鉄質マグマ塊であると考えられる。

花崗閃緑岩との接触部ならびに苦鉄質岩体周縁部に分布する中粒石英閃緑岩と岩体内部に分布する粗粒斑れい岩の化学組成がオーバーラップし、唐木田ほか (1994) が指摘しているような岩体内部から外側に向かう酸性度の変化に対応した化学組成の変化も認められない。加えて、それらの SiO_2 - 酸化物図ならびに微量元素図 (Figs. 7, 8) における変化傾向は、多くの元素で志賀島花崗閃緑岩のそれへと向かない。したがって、化学組成からも、唐木田ほか (1994) で指摘された志賀島花崗閃緑岩マグマとの混成作用によって、志賀島塩基性岩類の岩相変化が形成されたとは考えにくい。さらに、志賀島花崗閃緑岩との境界部ならびに中粒石英閃緑岩中には、花崗閃緑岩の包有岩が認められず、花崗閃緑岩と中粒石英閃緑岩の混交および混合は、少なくとも中粒石英閃緑岩内では起こっていなかったと考えられる。しかし、境界周辺の志賀島花崗閃緑岩中には中粒石英閃緑岩ならびに急冷周縁相のブロックが認められることから、志賀島塩基性岩類との接触部近傍では、志賀島花崗閃緑岩に混合の影響が認められる可能性が高い。直線的な黒雲母花崗岩は、不規則な境界をもつ普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩、中粒石英閃緑岩および粗粒斑れい岩を切り、両者に急冷周縁相は認められない。したがって、この黒雲母花崗岩マグマ貫入時には、これらはすでに固結していたと考えられる。以上のことから、志賀島塩基性岩類は、志賀島花崗閃緑岩の貫入直前に活動し、その後固結前に志賀島花崗閃緑岩マグマに取り込まれたと考えられる。さらに、石英閃緑岩岩脈の一部にも志賀島塩基性岩類と同様

Table 1. Whole-rock chemical compositions of the Shikanoshima Granodiorite, Shikanoshima basic rocks and quartz dioritic dykes in north-eastern part of the Shikanoshima Island.

Sample No.	SHK-99	SHK-101	SHK-161	SHK-107	SHK-182	SHK-183	SHK-106	SHK-184	SHK-145	SHK-62	SHK-166	SHK-181
Locality No.	22	21	19	21	A-5	A-10	21	A-8	A-9	12	14	A-7
Shikanoshima Granodiorite main facies												Biotite Gr.
SiO ₂ (wt.%)	63.41	64.87	64.90	65.35	65.88	66.12	66.76	66.93	67.51	68.60	71.47	69.88
TiO ₂	0.58	0.58	0.60	0.54	0.45	0.57	0.44	0.39	0.43	0.27	0.28	0.33
Al ₂ O ₃	16.88	16.45	16.39	15.79	16.07	15.87	15.69	16.12	16.28	16.89	14.26	15.04
Fe ₂ O ₃ *	4.57	4.15	3.99	3.69	3.28	3.64	2.91	2.91	2.56	1.57	2.12	2.50
MnO	0.07	0.06	0.07	0.06	0.03	0.05	0.05	0.04	0.03	0.02	0.03	0.06
MgO	2.08	1.76	2.02	1.80	1.87	2.10	1.37	1.58	1.73	0.94	0.93	1.18
CaO	4.45	4.03	4.32	3.88	3.48	3.79	3.78	3.67	3.74	3.53	2.37	2.46
Na ₂ O	3.93	4.01	4.29	3.87	3.84	4.10	3.80	4.11	4.29	5.38	3.23	3.83
K ₂ O	2.35	3.03	1.83	2.52	3.44	2.19	2.94	2.66	2.19	1.32	4.22	3.56
P ₂ O ₅	0.17	0.16	0.17	0.16	0.13	0.17	0.13	0.11	0.12	0.02	0.07	0.08
L.O.I.	0.82	0.52	0.76	0.83	0.76	0.84	0.65	0.84	0.69	0.47	0.46	0.69
Total	99.31	99.62	99.34	98.49	99.23	99.44	98.52	99.36	99.57	99.01	99.44	99.61
As(ppm)	n.d.	<4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<4	n.d.	<4
Ba	495	494	351	516	1142	394	576	771	523	291	951	447
Cr	39	21	41	31	37	44	20	41	41	21	15	27
Cu	9	8	30	14	160	82	5	182	10	14	<4	8
Ga	18	17	19	17	16	18	16	17	16	18	14	17
Nb	<5	6	9	<5	5	8	5	6	5	<5	<5	12
Ni	16	14	20	15	21	22	11	17	17	14	9	14
Pb	10	15	11	12	14	11	14	13	12	18	15	18
Rb	76	98	83	90	108	95	85	82	80	59	113	143
S	162	65	126	160	13	31	49	33	10	66	3	n.d.
Sr	530	457	484	473	465	474	457	493	507	480	395	318
Th	<4	11	9	13	9	11	6	10	8	23	8	15
V	100	87	80	72	71	78	63	60	64	33	39	44
Y	8	11	11	9	9	10	10	10	6	5	7	12
Zn	58	49	62	49	21	33	34	24	24	19	31	42
Zr	169	115	155	142	123	157	125	107	109	105	80	97

Sample No.	SHK-191	SHK-159	SHK-121	SHK-180	SHK-142	SHK-168	SHK-179	SHK-160	SHK-169	SHK-65	SHK-215	SHK-94
Locality No.	A-13	11	20	A-4	5	16	6	11	15	13	A-11	24
Biotite Granite												Medium-grained Quartz diorite
SiO ₂ (wt.%)	71.26	72.03	72.15	72.66	73.50	73.54	73.56	73.61	74.02	52.28	52.32	52.91
TiO ₂	0.20	0.24	0.17	0.23	0.23	0.18	0.26	0.18	0.19	0.65	0.74	0.79
Al ₂ O ₃	14.98	14.14	14.04	14.01	13.47	13.60	13.55	14.19	13.54	10.42	15.02	12.91
Fe ₂ O ₃ *	1.70	1.79	1.35	1.87	1.65	1.29	1.77	0.61	1.42	8.61	8.65	8.56
MnO	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.01	0.04	0.16	0.17	0.16
MgO	0.65	0.81	0.63	0.87	0.82	0.56	0.85	0.60	0.64	13.04	8.43	10.32
CaO	2.07	2.08	1.99	2.10	1.43	1.64	1.85	2.00	2.16	9.50	8.56	8.61
Na ₂ O	3.53	3.45	3.68	3.52	3.64	3.06	3.80	3.63	3.85	1.95	2.86	2.18
K ₂ O	4.59	4.11	3.69	3.66	3.95	4.99	3.28	4.08	3.23	1.24	1.67	1.03
P ₂ O ₅	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.03	0.06	0.03	0.04	0.15	0.22	0.13
L.O.I.	0.53	0.64	0.54	0.67	0.75	0.42	0.67	0.67	0.45	0.76	1.03	1.53
Total	99.59	99.37	98.32	99.68	99.53	99.35	99.69	98.94	99.58	98.76	99.67	99.13
As(ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<4	n.d.	<4	n.d.	n.d.	n.d.	<4
Ba	917	581	716	468	372	354	591	513	410	210	242	197
Cr	11	12	9	21	11	10	13	11	14	1544	447	589
Cu	27	174	<4	17	11	9	46	43	13	67	21	64
Ga	15	14	14	15	14	15	16	13	14	11	16	14
Nb	9	9	<5	10	9	11	9	6	5	6	9	6
Ni	8	10	9	12	8	10	11	11	9	259	147	200
Pb	23	20	18	21	19	24	19	16	16	6	9	5
Rb	161	136	93	126	121	186	105	91	83	46	72	38
S	n.d.	1154	n.d.	42	36	n.d.	n.d.	21	n.d.	217	58	894
Sr	359	289	248	284	223	212	287	284	250	283	418	335
Th	20	26	11	18	20	19	15	20	17	<4	5	4
V	27	31	23	31	34	24	29	24	28	187	191	198
Y	12	12	5	10	12	12	10	10	10	16	24	18
Zn	23	17	25	27	30	24	35	8	26	65	79	66
Zr	137	98	70	92	87	83	84	80	71	72	81	61

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

Samples with locality No. of "A-" are collected from the area A.

Table 1. (continued)

Sample No.	SHK-164	SHK-146	SHK-214	SHK-186	SHK-66	SHK-185	SHK-134	SHK-165	SHK-127	SHK-147	SHK-190	SHK-156
Locality No.	18	A-5	A-1	A-4	13	A-2	3	17	2	7	A-12	11
Medium-grained Quartz diorite												
SiO ₂ (wt.%)	53.44	53.61	54.45	54.71	55.33	55.52	55.63	55.74	55.78	55.82	56.01	59.44
TiO ₂	1.12	0.65	0.67	0.69	0.77	0.63	0.89	0.81	0.61	0.64	0.60	0.43
Al ₂ O ₃	15.27	11.35	11.25	11.98	11.55	10.94	11.66	12.49	9.01	10.37	10.74	8.90
Fe ₂ O ₃ *	7.35	8.18	8.02	7.94	9.09	8.03	6.66	6.85	7.93	7.94	7.53	6.06
MnO	0.13	0.17	0.15	0.15	0.24	0.17	0.13	0.13	0.16	0.15	0.14	0.14
MgO	6.57	10.76	10.73	9.70	9.36	10.09	8.52	7.95	10.70	10.37	10.40	9.85
CaO	9.71	9.12	9.19	8.70	7.82	8.64	10.54	10.02	11.10	8.91	9.07	9.13
Na ₂ O	3.38	2.22	2.30	2.30	2.30	2.11	2.44	2.78	1.86	2.27	2.23	1.96
K ₂ O	1.22	1.60	1.43	1.56	1.72	1.77	1.62	1.56	1.28	1.32	1.13	1.81
P ₂ O ₅	0.27	0.17	0.16	0.18	0.11	0.17	0.24	0.21	0.12	0.15	0.18	0.05
L.O.I.	0.90	1.18	0.97	1.33	0.71	1.03	0.86	0.86	0.50	1.06	1.03	1.04
Total	99.36	99.01	99.32	99.24	99.00	99.10	99.19	99.40	99.05	99.00	99.06	98.81
As(ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ba	160	181	168	190	259	205	280	183	240	215	182	240
Cr	212	1265	1175	955	1271	1073	538	349	503	1249	1188	979
Cu	21	38	41	54	116	29	20	37	91	39	48	33
Ga	17	14	14	15	15	13	14	15	11	13	13	11
Nb	17	8	10	9	9	8	10	9	6	9	6	6
Ni	64	171	167	134	157	149	104	102	94	149	157	114
Pb	9	7	8	9	7	7	8	9	6	7	5	11
Rb	35	61	52	73	65	61	46	63	35	41	46	38
S	130	11	18	6	660	15	11	13	23	6	9	15
Sr	628	288	282	342	287	271	476	451	210	231	254	196
Th	11	5	4	4	5	5	7	10	6	5	5	7
V	202	180	183	183	192	176	178	167	204	178	166	125
Y	24	21	20	21	32	22	19	19	19	20	15	13
Zn	65	80	68	71	110	79	60	57	63	72	58	66
Zr	95	62	60	22	16	80	71	75	58	86	53	44

Sample No.	SHK-61	SHK-151	SHK-246	SHK-247	SHK-148	SHK-125	SHK-149	SHK-157	SHK-96	SHK-140	SHK-98	SHK-167
Locality No.	12	10	26	25	8	1	9	11	23	4	22	16
Coarse-grained Gabbro						Quartz dioritic Dyke						
SiO ₂ (wt.%)	50.50	52.63	53.15	53.59	53.63	53.82	53.89	55.40	52.20	53.46	54.38	56.63
TiO ₂	0.54	0.57	0.55	0.68	0.58	0.55	0.70	0.68	0.84	1.10	1.27	0.89
Al ₂ O ₃	8.42	8.64	8.64	8.31	10.09	9.53	9.94	11.56	14.47	18.38	17.50	13.66
Fe ₂ O ₃ *	9.08	8.06	8.13	8.61	8.01	8.03	8.01	7.20	8.56	7.97	8.81	6.61
MnO	0.17	0.16	0.16	0.17	0.15	0.16	0.15	0.14	0.15	0.11	0.15	0.13
MgO	16.41	12.24	12.71	11.55	11.47	12.48	10.84	9.10	9.29	3.70	3.48	6.53
CaO	9.76	12.68	12.24	12.64	10.34	10.63	11.63	9.86	8.03	7.00	6.72	8.85
Na ₂ O	1.30	1.66	1.77	1.61	2.09	2.03	2.05	2.65	2.14	4.10	3.55	3.16
K ₂ O	1.21	1.18	0.94	1.23	1.31	1.01	1.12	1.36	1.35	1.83	2.14	1.46
P ₂ O ₅	0.11	0.13	0.13	0.12	0.15	0.16	0.14	0.13	0.21	0.50	0.26	0.24
L.O.I.	1.11	1.02	0.68	1.05	1.04	0.57	0.81	1.37	2.08	0.94	0.97	1.01
Total	98.61	98.97	99.10	99.56	98.86	98.97	99.28	99.45	99.32	99.09	99.23	99.17
As(ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<4
Ba	146	176	138	228	252	95	189	270	199	405	375	259
Cr	2528	1173	1288	526	1322	1473	802	680	539	13	5	261
Cu	52	146	169	149	49	68	190	91	84	91	53	18
Ga	10	10	10	10	11	11	11	13	15	21	19	16
Nb	5	6	5	6	6	7	6	8	8	14	13	14
Ni	330	136	142	96	157	175	106	97	209	10	n.d.	71
Pb	5	6	5	4	7	6	6	8	5	10	10	9
Rb	42	39	37	41	40	30	50	46	50	67	74	47
S	236	20	202	295	11	7	55	29	873	1253	1257	24
Sr	194	231	225	221	224	273	263	318	370	864	511	507
Th	<4	<4	<4	<4	6	4	4	5	<4	7	8	10
V	174	200	195	236	184	179	216	203	181	197	231	171
Y	14	16	16	19	16	16	19	18	21	22	25	20
Zn	66	56	58	61	62	62	52	61	71	80	91	72
Zr	56	46	36	90	49	39	42	39	73	102	84	91

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

Samples with locality No. of "A-" are collected from the area A.

な化学組成を有するものがある。石英閃緑岩岩脈の一部は同時性岩脈であると考えられている（吉倉ほか, 1999; 柚原ほか, 2005a, 2006; 柚原・宇藤, 2006）ことから、志賀島塩基性岩類と同様なマグマ活動は志賀島花崗閃緑岩の貫入後も継続していたと考えられる。

2. 志賀島塩基性岩類の化学組成の特徴

志賀島塩基性岩類の粗粒斑れい岩には、集積岩の構造や組織が認められないことから、中粒石英閃緑岩と同様に、本岩はマグマの組成をほぼ保持していると考えられる。中粒石英閃緑岩および粗粒斑れい岩は、高い MgO 含有量で特徴付けられる（Fig. 7）。この化学組成は、Kamei et al. (2004) により報告された高 Mg 閃緑岩に類似している（Figs. 7, 8, 9）。北部九州地域では、高 Mg 閃緑岩は、志賀島の南南東約 45km に位置する北多久斑れい岩中のゼノリスや国東半島の岩脈として確認されているにすぎない（Kamei et al., 2004）。Kamei et al. (2004) は、全岩化学組成と輝石の化学組成から、高 Mg 閃緑岩はサヌカイト質高 Mg 安山岩マグマから形成されたと推定した。これらの岩石の形成時期は、前期白亜紀であると考えられている（Kamei et al., 2004）。さらに、同時期には、関門層群の一部にサヌカイト質高 Mg 安山岩が噴出しており（今岡ほか, 1989; Imaoka et al., 1993）、Kamei et al. (2004) は、北部九州ならびにその周辺地域で、前期白亜紀に多くのサヌカイト質高 Mg 安山岩質岩が形成されたと指摘した。志賀島塩基性岩類の活動時期は、前述のように志賀島花崗閃緑岩の貫入の直前から貫入後であると考えられる。これまでに報告されている志賀島花崗閃緑岩と志賀島塩基性岩類の年代値（113～88Ma: 唐木田ほか, 1994; 唐木田・山本, 1996; 柚原ほか, 2005b）から、その活動は前期白亜紀であると考えられる。活動時期が同じであり、化学組成も類似することから、志賀島塩基性岩類も他の高 Mg 閃緑岩同様、サヌカイト質高 Mg 安山岩マグマから形成されたと考えてもよいと思われる。このことは、白亜紀前期に北部九州の広い範囲でサヌカイト質高 Mg 安山岩の活動が起こったという Kamei et al. (2004) の指摘を裏付ける。

謝辞 本論文は著者の一人宇藤の福岡大学理学部地球圏科学科における平成 16 年度の卒業研究の一部を発展させたものである。卒業研究を進めるにあたり、福岡大学理学部地球圏科学科の田口幸洋教授、奥野 充博士、鮎沢 潤博士には様々なご意見、御討論をいただいた。編集委員である佐賀大学の川野良信准教授、査読者である山口大学の和田正明教授ならびに産業技術総合研究所地質調査総合センターの高木哲一博士には、数多くの有益な議論と原稿の改善に関するご教示をいただいた。以上の方々には心から感謝いたします。

文 献

- Harayama, S., Wada, H. and Yamaguchi, Y., 2003, Quaternary and Pliocene granites in the Northern Japan Alps. *Hutton Symposium V, Field Guidebook, Geological Survey of Japan, Interim-Report*, no. 28, 3-21.
- Hibbard, M. J., ed., 1995, *Petrography to Petrogenesis*. Prentice-Hall

- Inc., Englewood Cliffs, 587p.
- Imaoka, T., Nakajima, T. and Itaya, T., 1993, K-Ar ages of hornblendes in andesite and dacite from the Cretaceous Kanman Group, Southwest Japan. *Jour. Min. Petr. Econ. Geol.*, **88**, 265-271.
- 今岡照喜・関 達也・中島和夫, 1989, 白亜紀関門層群の玄武岩質安山岩に含まれるクロマイトとクロム・エンディオブサイド。白木敬一編, 日本の高マグネシア安山岩, 総合研究 (A) 研究成果報告書, 119-123.
- 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.
- Kamei, A., Owada, M., Nagao, T. and Shiraki, K., 2004, High-Mg diorites derived from sanukitic HMA magmas, Kyushu Island, southwest Japan arc: evidence from clinopyroxene and whole rock compositions. *Lithos*, **75**, 359-371.
- 唐木田芳文, 1967, 福岡市北方、志賀島の平尾花崗閃緑岩に伴う塩基性岩類と暗色包有岩。西南学院大文理論集, **8**, 27-74.
- 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 達・松本達郎, 1962, 北九州花崗岩類の 2・3 の問題。地質雑, **68**, 373-376.
- 唐木田芳文・富田幸臣・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.
- 村上允英, 1994, 福岡県東南部—国東半島に点在する花崗岩類および関連する片麻状変成岩類。岩鉱, **89**, 335-347.
- 下山正一, 1989, 福岡平野における縄文海進の規模と第四紀層。九州大理研究報告, **16**, 37-58.
- 高本のぞみ・柚原雅樹・古川直道, 2005, 福岡県東部, 今川・祇川流域の元素濃度分布。福岡大理集報, **35** (2), 41-66.
- 棟上俊二・大塚隆之, 2006, 志賀島花崗閃緑岩, およびそれに含まれる暗色包有岩の全岩化学組成。福岡教育大紀要, **55** (3), 33-42.
- 吉倉紳一・熱田真一, 2000, 花崗岩体に記録されたマグマの混交・混合現象。月刊地球号外, no.30, 140-145.
- 吉倉紳一・熱田真一・山本哲也・山本隆広・村井政徳・島田和明・山本定雄, 1999, 花崗岩—苦鉄質マグマ同時共存の広域的証拠と苦鉄質岩の岩石学的特徴。日本地質学会第 106 年学術大会講演要旨, 232.
- 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。福岡大理集報, **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・江藤雅佳子・植田康一・梶原良兵・八塚慎也・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。福岡大理集報, **35** (2), 67-84.
- 柚原雅樹・古川直道・田口幸洋, 2004, 粉末ベ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。福岡大理集報, **34** (1), 43-49.
- 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。福岡大理集報, **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。福岡大理集報, **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。地球惑星科学関連学会 2006 年大会予稿集, K104-P012.

(要 旨)

柚原雅樹・宇藤千恵, 2007, 志賀島北端で見出された志賀島花崗閃緑岩と志賀島塩基性岩類の関係: 高 Mg 閃緑岩マグマと花崗閃緑岩マグマの同時共存. 地質雑, **113**, 519–531. (Yuhara M. and Uto C., 2007, Relationship between the Shikanoshima Granodiorite and Shikanoshima basic rocks at the Shikanoshima Island, northern Kyushu, Southwest Japan : coexistence of high Mg dioritic magma and granodioritic magma. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **113**, 519–531.)

北部九州, 志賀島北部には志賀島花崗閃緑岩と志賀島塩基性岩類が分布し, 前者が後者を貫く. 両者の境界部において, 志賀島塩基性岩類に急冷周縁相が発達することから, 志賀島花崗閃緑岩と志賀島塩基性岩類はマグマ同士で共存していたことが示唆される. 志賀島塩基性岩類の化学組成は北部九州に点在する前期白亜紀の高 Mg 閃緑岩に類似する. このことは, 前期白亜紀における高 Mg 安山岩の活動の広域性を裏付ける.