

# 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

Whole rock chemistry of the Shikanoshima Granodiorite and  
included dark xenoliths

棟 上 俊 二                      大 塚 隆 之

Shunji TOJO

Takayuki OHTSUKA

福岡教育大学地学教室

福岡教育大学地学教室卒

(平成17年 9 月 30 日受理)

## ABSTRACT

Plutonic rocks in the Shikanoshima island are studied on the basis of field observation, petrography and XRF analyses. There is xenoliths abundantly occurred in the Shikanoshima Granodiorite. The xenoliths exposed on western shoreline of this island are classified into 4 types in consequence of field occurrence and petrographic features. According to the previous studies, it is supposed that the hybridization of basic rock and acidic magmatism might be caused such kind of dark xenoliths. In spite of them, possible activity of basic magma are suggested from the result of this study. However, it will need further study to explain these different interpretations.

Discrimination diagram analyses are also done using all of the Shikanoshima Granodiorite bulk chemistry data and resulted to be volcanic arc granite in their origin, neglecting the several problems on this method.

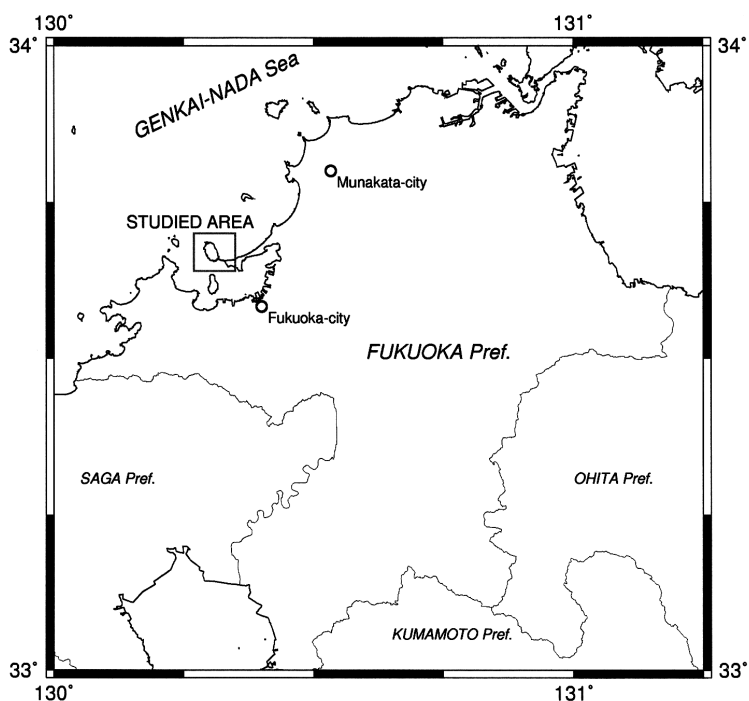


Fig. 1. A location map of the studied area on the basis of the Digital Map (GSI, 1999).

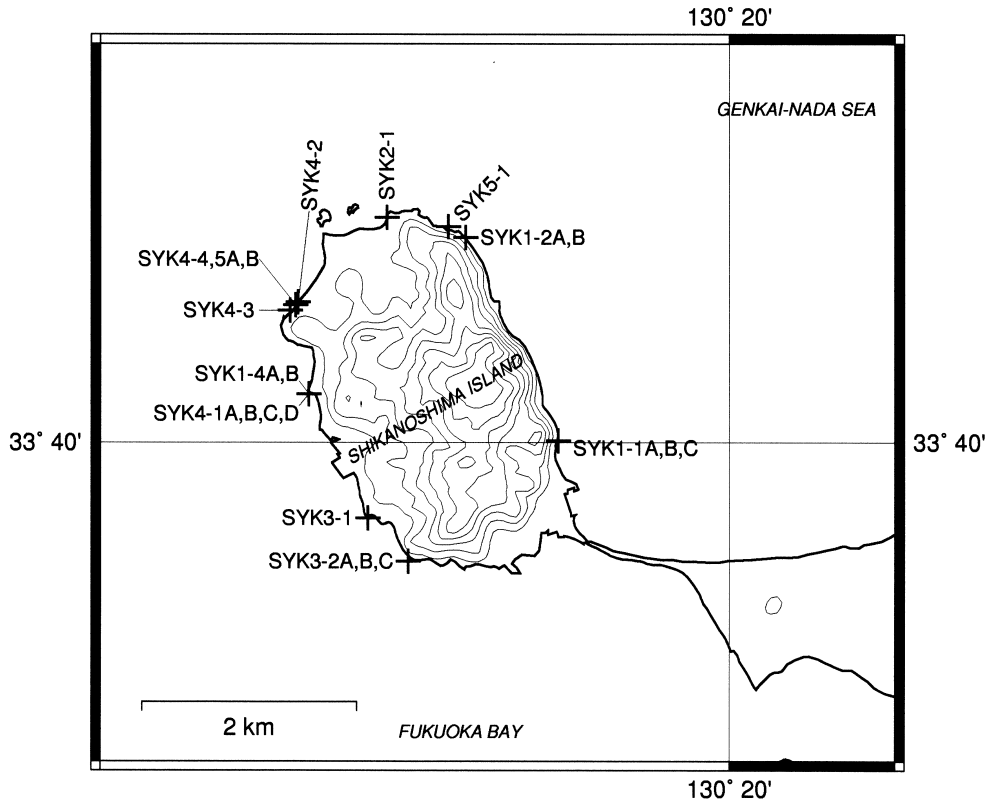
## 1. はじめに

福岡市東区に位置する志賀島 (Fig.1) は、酸性深成岩類と塩基性深成岩類のなす、複雑な産状を観察することのできる有数のフィールドである。このような酸性岩と塩基性岩の関係は大陸地殻発達の過程を考える上で非常に重要である。さらには中等教育～高等教育基礎段階における、地球科学的教科内容について、際立って明瞭で分かりやすい生の教材として利用することが可能であり、教育的観点からしても研究する価値は極めて高い。

さらにこの志賀島は、2005年3月20日に発生した福岡県西方沖地震 (M7.0: 気象庁発表値) における北西 - 南東に細長く分布した余震域の南東端に位置しており、本地域の深成岩類について地質学的・岩石化学的な研究を行なうことは、地震現象の解明にも少なからず役立つものと期待できる。そのような事情に照らしてみても本地域における岩石学的研究は緊急性と重要性を併せ持っている。

本研究では野外調査での露頭観察・偏光顕微鏡による薄片観察・並びに蛍光X線分析装置 (リガク RIX-2000・福岡教育大学設置) による低希釈率ガラスビードを用いた全岩組成分析結果などの岩石学的手法にもとづいた基礎科学的データを記載する事に重点をおいて研究を行なった。結果として岩石組成の、特に微量成分組成について新たなデータを得たのと共に、本地域で数多く見られる深成岩中の混成作用について二、三の考察を行なったので本稿で報告させて頂く。

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



**Fig. 2.** Topology and sample locality on the Shikanoshima island. Contour lines (intervals of 20m elevation) are drawn with the Generic Mapping Tools (Wessel and Smith, 1998) and the source data of GSI (2000).

Table 1. Rock type of the collected samples.

試料番号	岩石名
SYK1-1A	花崗閃緑岩
SYK1-1B	細粒閃緑岩
SYK1-1C	アプライト質岩脈
SYK1-2A	アダメロ質岩脈
SYK1-2B	粗粒単斜輝石角閃石モンゾ斑れい岩
SYK1-4A	花崗閃緑岩
SYK1-4B	暗色包有岩
SYK1-4C	暗色包有岩
SYK2-1	花崗閃緑岩
SYK3-1	花崗閃緑岩
SYK3-2A	石英閃緑岩
SYK3-2B	細粒閃緑岩
SYK3-2C	中粒閃緑岩
SYK4-1A	暗色包有岩 タイプ1
SYK4-1B	暗色包有岩 タイプ3
SYK4-1C	暗色包有岩 タイプ4
SYK4-1D	暗色包有岩 タイプ2
SYK4-2	花崗閃緑岩
SYK4-3	花崗閃緑岩
SYK4-4	アプライト質岩脈
SYK4-5A	暗色包有岩
SYK4-5B	花崗閃緑岩
SYK5-1	中粒閃緑岩
SYK5-2	粗粒単斜輝石角閃石モンゾ斑れい岩

## 2. 地質概説

北部九州には2億年前後の変成年代を持つ三郡変成岩や、白亜紀深成岩類が広く分布しており、主要な基盤岩をなしている。深成岩類は珪長質なものが多く、さらにそれらに伴った塩基性岩類も点在している（例えば、唐木田，1951）。研究地域である志賀島は福岡市東区にあり、これはFig.2に示すような北北西 - 南南東方向に伸長した楕円に近い形（長径約3.5km）をした陸繋島である。志賀島には志賀島花崗閃緑岩（井沢 ほか，1985）が島のほとんどを占める形で広く分布しており、また直径1 km以下と、規模は大きくないものの塩基性の深成岩体が数ヶ所に分布している。これらは総じて志賀島塩基性岩類と呼ばれている（唐木田，1967）。その他に小規模な岩体として志賀島花崗閃緑岩にルーフペンダントとして伴われる北崎トータル岩（唐木田 ほか，1962）が志賀島南端部に分布している。

志賀島塩基性岩類は多様な岩相を示し、唐木田 ほか（1994）によれば、粗粒角閃石斑れい岩、中粒閃緑岩、細粒閃緑岩、粗粒単斜輝石角閃石モンゾ斑れい岩、石英閃緑岩である。

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

**Table 2.** The result of XRF analyses.

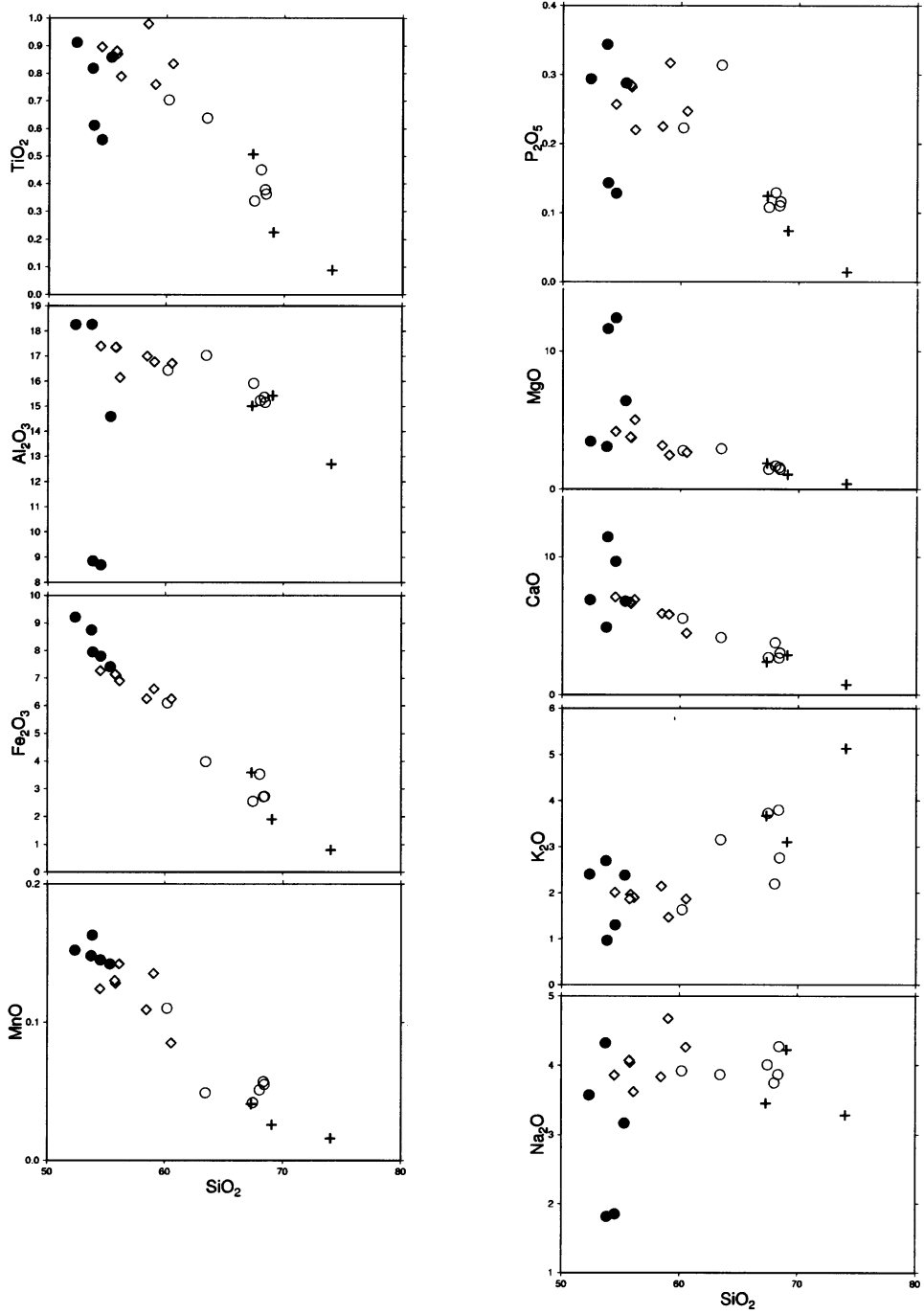
Record	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sample No.	SYK1-1A	SYK1-1B	SYK1-1C	SYK1-2A	SYK1-4A	SYK1-4B	SYK1-4C	SYK3-1	SYK3-2B	SYK3-2C
SiO <sub>2</sub>	60.2	55.3	69.1	67.3	68.0	55.7	59.0	68.4	53.7	52.3
TiO <sub>2</sub>	0.7	0.9	0.2	0.5	0.5	0.9	0.8	0.4	0.8	0.9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.4	14.6	15.4	15.0	15.2	17.4	16.8	15.2	18.3	18.3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.1	7.4	1.9	3.6	3.5	7.1	6.6	2.7	8.7	9.2
MnO	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
MgO	2.8	6.4	1.0	1.9	1.7	3.8	2.4	1.4	3.1	3.5
CaO	5.5	6.8	2.9	2.4	3.8	6.7	5.8	3.0	4.9	6.9
Na <sub>2</sub> O	3.9	3.2	4.2	3.5	3.7	4.1	4.7	4.3	4.3	3.6
K <sub>2</sub> O	1.6	2.4	3.1	3.7	2.2	1.9	1.5	2.8	2.7	2.4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.1	0.3	0.3
Total	97.5	97.4	97.9	98.0	98.8	98.0	98.0	98.4	96.9	97.6
MgO										
FeO*+MgO	0.475	0.631	0.522	0.508	0.485	0.511	0.423	0.509	0.410	0.426
K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+CaO	1.113	1.381	1.009	0.933	1.012	1.205	1.185	1.026	1.037	1.151
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>										
Ba	360	364	489	417	231	111	131	356	196	337
Cr	36	327	19	54	270	149	48	39	44	30
Nb	11	11	6	13	6	10	13	6	6	10
Ni	8	131	7	12	110	58	14	9	11	8
Rb	63	73	94	117	78	68	53	104	97	78
Sr	568	497	492	361	521	548	511	414	488	491
V	143	181	33	85	61	199	139	55	156	169
Y	24	26	15	26	15	27	26	19	28	31
Zn	76	103	27	28	40	94	89	50	135	121
Zr	162	148	147	177	178	165	145	147	174	154
Cu	0	37	99	545	13	113	78	29	111	111

Record	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sample No.	SYK4-1A	SYK4-1B	SYK4-1C	SYK4-1D	SYK4-2A	SYK4-3	SYK4-4	SYK4-5A	SYK4-5B	SYK5-1
SiO <sub>2</sub>	58.4	55.8	54.5	56.1	68.4	63.4	74.0	60.5	67.5	54.5
TiO <sub>2</sub>	1.0	0.9	0.9	0.8	0.4	0.6	0.1	0.8	0.3	0.6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.0	17.3	17.4	16.1	15.4	17.0	12.7	16.7	15.9	8.7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.3	7.1	7.3	6.9	2.7	4.0	0.8	6.3	2.6	7.8
MnO	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
MgO	3.2	3.7	4.2	5.0	1.6	2.9	0.4	2.6	1.4	12.4
CaO	5.9	6.6	7.1	6.9	2.7	4.2	0.7	4.5	2.7	9.7
Na <sub>2</sub> O	3.8	4.0	3.9	3.6	3.9	3.7	3.3	4.3	4.0	1.9
K <sub>2</sub> O	2.1	2.0	2.0	1.9	3.8	3.2	5.1	19.0	3.7	1.3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	0.3	0.0	0.2	0.1	0.1
Total	98.0	97.915	97.7	97.6	99.1	99.3	97.1	97.9	98.2	97.1
MgO										
FeO*+MgO	0.500	0.510	0.532	0.590	0.532	0.592	0.492	0.455	0.529	0.759
K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+CaO	1.139	1.201	1.232	1.274	0.999	1.018	0.968	1.027	0.978	2.538
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>										
Ba	262	190	243	201	445	332	175	151	855	68
Cr	94	71	93	210	42	59	37	47	39	1675
Nb	13	9	9	7	8	4	4	15	4	3
Ni	26	29	31	83	25	45	8	13	14	191
Rb	73	70	66	71	116	98	171	91	101	38
Sr	529	552	549	508	382	558	154	481	486	190
V	177	190	192	175	59	123	0	141	57	178
Y	23	27	27	26	22	18	20	27	17	22
Zn	73	102	93	90	41	39	21	100	32	60
Zr	148	164	153	147	132	236	79	137	153	53
Cu	31	92	98	86	24	74	11	42	24	45

Record	21
Sample No.	SYK5-2
SiO <sub>2</sub>	53.8
TiO <sub>2</sub>	0.6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.0
MnO	0.2
MgO	11.6
CaO	11.4
Na <sub>2</sub> O	1.8
K <sub>2</sub> O	1.0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.1
Total	97.4
MgO	
FeO*+MgO	0.743
K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+CaO	2.804
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
Ba	106
Cr	1092
Nb	4
Ni	130
Rb	26
Sr	280
V	203
Y	22
Zn	65
Zr	62
Cu	80



**Figs. 3.** Variation of major components in the sample of basic rock, xenolith, granodiorite, and vein which are symbolized as ●, ◇, ○, and +, respectively (weight % in unit).

### 3. 岩石記載

本研究で得られた試料の採取位置をFig.2に、それらの岩石種をTable 1に示す。暗色包有岩のサブタイプ区分の他は、岩石種区分については全般的に唐木田ほか（1994）に従った。志賀島塩基性岩類については中粒閃緑岩，細粒閃緑岩，粗粒単斜輝石角閃石モンゾ斑れい岩，石英閃緑岩の試料を採取することができた。脈岩類については、データは掲載するが本稿中では特に扱わない。又、全岩化学組成の分析結果はTable 2に、それらのうち、主成分組成のSiO<sub>2</sub>量に対する変化図（所謂ハーカー図）をFig.3に示す。

#### 塩基性岩類

塩基性岩試料の中でも、特に目立った存在と言えるのがSYK1-2B・SYK5-2の粗粒単斜輝石角閃石モンゾ斑れい岩である。これは親指の先ほどもある短柱状の濃緑色を呈する斑晶状の角閃石が、淡緑色をした細粒・基質状の中に多量に散らばっており、車道で自動車を運転しながらでも肉眼ですぐにそれと分かる特徴的な岩石である。

SYK3-2Bの細粒閃緑岩は拍子木状の自形性のある斜長石や、かなり長柱状に伸長した普通角閃石により、弱いながら流理構造を呈しているのが観察された。このような構造は、マグマからの直接的な固結作用により形成したのかも知れない。

#### 花崗閃緑岩

普通角閃石は緑色で、黒雲母は非常に弱く灰色がかった褐色を呈している。普通角閃石が黒雲母を包有しているように見える産状は、何点かの試料中に見いだされたものの、それだけでははっきりと包有-被包有関係が明らかになるものではない。特に角閃石や黒雲母のような晶癖の鉱物については、一断面を見ているにすぎない薄片上では様々な例外が存在し得るからである。斜長石は累帯構造を持つものが比較的多くある。志賀島塩基性岩類中の斜長石のように、Caに富んだ組成のコアを持つものははっきりとは見られなかった。カリ長石は微斜長石がほとんどで、希にパーサイトを呈するものもある。副成分鉱物は、緑簾石が比較的多く見られ、他にチタン石、ジルコンが含まれている。

#### 暗色包有岩

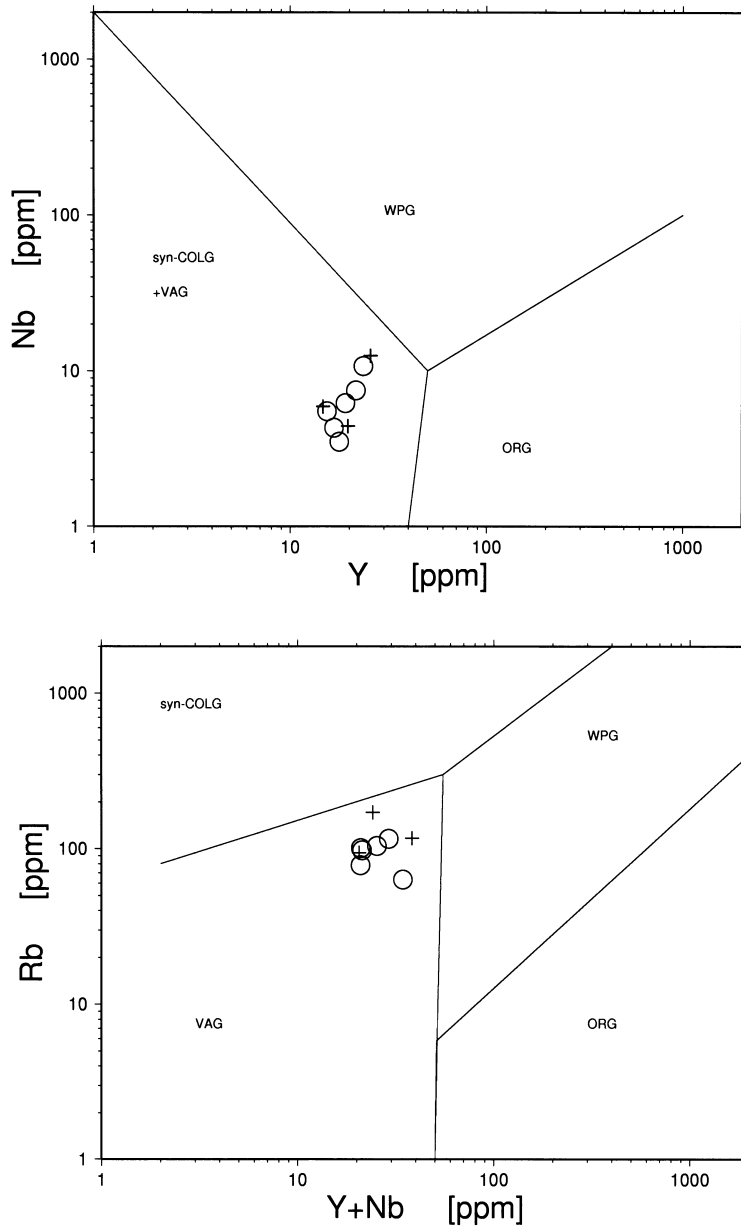
志賀島西岸中央部の叶の浜に、志賀島花崗閃緑岩が大量の暗色包有岩を産している状況を観察することができた。ここでは、露頭観察で岩石の相違を明瞭に判別可能なものについて、4種類にタイプ分けを試みた（大塚，2005を見よ）。全般的に暗色包有岩は細粒緻密で塊状をなし、色指数としてはほぼ中色質で、特に流理などの構造は観察されなかった。

タイプ1は、暗色包有岩のなかでも最も優白質に近いもの。若干鉱物粒子が大きめに見える部分もある。鏡下観察から、この岩石には石英が比較的多く含まれている事が分かった。このため、風化面では有色鉱物が選択的に風化されて無色鉱物が露頭表面に浮き上がるように目だつた形となるため、野外では特に優白質に見える傾向がある。また、針状に近いくらいに伸長した角閃石を含むもこの包有岩の特徴と言える。

タイプ2は岩石表面に暗緑色の斑点状の組織を呈する。斑点状の部分は細粒な有色鉱物（普通角閃石優性、黒雲母は割合少ない）が集合体をなし、それが直径2～3mmの楕円状をなしている。それ以外の部分は他のタイプと共通した特徴を持つ。タイプ3は全体的にかなり優黒質であるが、その中に斜長石及び石英で出来た白斑が岩石表面に散点している。タイプ4はタイプ2や3のように目だつた特徴は持たないが、全体的にきめ細かく優

黒質であり、さらに全岩組成分析においても、包有岩中では最もSiO<sub>2</sub>含有量が少ないという結果が出た (Table 2, Record 11-14)。

これら4種類のタイプの暗色包有岩は極めて密集して産しており、さらにその配列は全く不規則となっているため、上下関係やその他の位置関係で整理して記載することはまず不可能である。また、交差切りの関係についても法則性は見いだせず、露頭での産状からこれら4タイプの岩石の形成順序を論じる方法は現時点では見いだせていない。



**Figs. 4.** Discrimination diagrams of granitic rocks. See text for further explanation.



#### 4. 議論

全岩組成分析結果より，Pearce *et al.* (1984)の判別図を用いて，花崗閃緑岩の生じたテクトニックセッティングの解析を行なった (Fig.4)。この図はRbやY, Nbといった岩石中の微量元素の含有量から，花崗岩の生じたテクトニックセッティング (地球科学的背景) を判定することができるものである。ここでは，衝突同時期の花崗岩(syn-COLG)，火山弧花崗岩(VAG)，プレート内花崗岩(WPG)，海嶺花崗岩(ORG)などの区分を行なうことができる。結果として，全ての分析値はVAG，すなわち火山弧の花崗岩の領域に区分された。しかし，そもそもこの方法自体全てのテクトニックセッティングを網羅しているわけではなく，Pearce *et al.* (1984)でも議論されているように，特に後衝突期(post-collision)花崗岩や沈み込み帯域上部海嶺(SSZ ocean ridge)における花崗岩などは全て火山弧花崗岩の領域内に重なってしまうため区分することが出来ない等の問題点が存在している。特に志賀島花崗閃緑岩が活動した時期のテクトニックセッティングについてはさらなる研究を要するものと考えられる。

唐木田(1967)によると塩基性岩の周囲に志賀島花崗閃緑岩が貫入してくることにより，塩基性岩類は混成作用の影響を受け，岩体自体がある種の組成累帯構造のようなものを持っているという。その結果，5種類 (粗粒角閃石斑れい岩，中粒閃緑岩，細粒閃緑岩，粗粒単斜輝石角閃石モンゾ斑れい岩，石英閃緑岩) もの岩相に分化したと考えている。しかし，例えば流理構造を持つ細粒閃緑岩とほぼ等方的な中粒閃緑岩の違いは，固体状態の塩基性深成岩体に，酸性岩から供給された何らかの液 (マグマか熱水?) の相互作用に起因すると考えるのは難しく，寧ろ塩基性のマグマ溜りの辺縁部におけるチルドマージンと，壁岩との間の粘性剪断による線構造の出現を意味しているのではなかろうか。いずれにせよ本研究で得た情報では，これ以上の議論は出来ないので，今後より詳細に研究する必要があるだろう。

叶の浜で見られた花崗閃緑岩中の暗色包有岩については，先述のように4種類の岩相の違いを見いだすことができた。これらの暗色包有岩の全岩組成変化の傾向をFig. 3のハーカー図上 (特に $Fe_2O_3$ やMnO, CaOで顕著にみられる) で追ってみると，やはり塩基性岩と花崗閃緑岩を端成分とし，それらが混合して生じたと考えるのが妥当である。つまり混成作用の度合いの違いがあり，その結果4種類の暗色包有岩となったという考え方である。勿論暗色包有岩の原岩そのものの性質の違いに起因することも否定はできないが，ここでは議論を単純化させるために，ほぼ同一の組成の塩基性岩を，酸性マグマが捕獲していくモデルを考えてみる。この場合，やはり上述のように固結済みの塩基性岩体を火成活動中の酸性マグマが取り込んでゆくケースが想定される。しかし，酸性マグマと塩基性マグマでは粘性の違いを考慮すれば両者が同時にマグマ活動を行なうようなモデルも可能ではないだろうか。このようなモデルを考慮すると，混成作用の度合いの違いは，それらが花崗閃緑岩中に捕獲された時期の違いとして見るができるであろう。つまり，ハーカー図上で $SiO_2$ 量の違いに応じて並んでいるものは時代の違いとオーバーラップさせてみるができるかも知れない。すると塩基性岩に近い方が当然若く，酸性になるに従って暗色包有岩のなかでは古株と言う事になる。そして，これらの暗色包有岩が密集状態を維持したまま混然と存在している産状からして，塩基性岩の方が (レオロジー的に) 活動的であったのではという考えを打ち消す事は難しい。もし酸性マグマが活動 (上昇?) 途上で，固結済みの塩基性岩のかけらを拾ったとしても，混成作用の度合いが違うのに必要な時間間隔を開けて，さらに花崗閃緑岩体内部の同じ部分に局所的に集めてゆくことは不自然な考

え方と捉えざるを得ない。

いずれにせよ現段階ではデータなどの解析が不十分なところがあるため、今後の研究の発展を期待したい。

## 5. 謝辞

本稿の執筆に当り、福岡教育大学教育学部鈴木清一教授及び上野禎一教授には有用な議論を頂いた。同学部高須岩男技官には岩石薄片の作成で多大なる貢献をして頂いた。ここに厚く御礼申し上げる。

## 引用文献

- GSI (1999): Digital Map 25000 (Administrative boundary & Coastline). *Geographical Survey Institute*, CD-ROM.
- GSI (2000): Digital Map 50m Grid (Elevation), NIPPON-III. *Geographical Survey Institute*, CD-ROM.
- 井沢英二・唐木田芳文・島田允堯・高橋正好・成富雅史(1985): 福岡市の北崎一志賀島累帯深成岩体. 三鉱学会秋季連合講演会講演要旨集, 37.
- 唐木田芳文(1951): 福岡市西南方飯場峠付近のhornblende hybrids (所謂変斑糲岩) について. 九州大学理学部研究報告(地質学), **3**, 21-30.
- 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. 西南学院大学 文理論集, **8**, 27-74.
- 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. 地質学雑誌, **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, 地質調査所, 192pp.
- 大塚隆之(2005): 志賀島花崗閃緑岩に見られるマグマ混成作用. 平成16年度福岡教育大学理科教育講座卒業研究発表会(平成17年3月6日), 講演要旨.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W., and Tindle, A.G. (1984): Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, **25**, 956-983.
- Wessel, P. and Smith, W.H.F. (1998): New, improved version of the Generic Mapping Tools released, *EOS Trans. AGU*, **79**, 579.