

添田花崗閃緑岩の岩相と化学組成

Rock Facies and Chemical Compositions of the Soeda Granodiorite, Northern Kyushu

柚原雅樹* 西 瑛莉子*†

Masaki Yuhara* and Eriko Nishi*†

平成27年6月1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

† 現所属：川崎地質株式会社
Kawasaki Geological Engineering Co., Ltd.,
2-11-15 Mita, Minato-ku, Tokyo 108-0073, Japan

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

Abstract

The Soeda Granodiorite is distributed in eastern part of the Cretaceous granitic rocks in northern Kyushu. This granodiorite is mainly composed of medium-grained hornblende-biotite granodiorite to biotite granite, and divided into main and hornblende porphyritic facies. The hornblende porphyritic facies are distributed around syn-plutonic mafic rocks intruded into the Soeda granodioritic magma. The main facies is subdivided into high-Sr and low-Sr groups based on Sr content. The low-Sr group is widely distributed in southwestern part of this body and sparsely distributed within high-Sr region. Distribution, rock facies and chemical compositions suggest that magmas of each group were derived from different magma sources.

Key Words: Cretaceous granitic rocks, Soeda Granodiorite, rock faces, chemical composition, Sr content, northern Kyushu.

はじめに

北部九州に広く分布する白亜紀花崗岩類について、古くから多くの岩石学的、岩石化学的研究がなされ、それらの化学的特徴から成因が議論されてきた(大和田ほか, 1999; Kamei, 2002; 矢田・大和田, 2003; 川野・柚原, 2008 など)。しかしながら、それらの研究の多くは白亜紀花崗岩類分布域の西部に集中しており、東部における研究例は少ない。そのため、著者らは東部に分布する花崗岩体について野外調査を進めてきた(佐古・柚原, 2004; 柚原・眞崎, 2013; 柚原ほか, 2013, 2014a, b)。特に添田花崗閃緑岩では、岩体全域にわたる地質調査と試料採取を行ってきており、その結果、多くの化学組成データが蓄積され、一部は既に公表されている(高本ほか, 2005; 柚原ほか, 2011, 2013, 2014a; 柚原・眞崎, 2013)。本岩体内には多くの同時性苦鉄質岩が認められている(柚原・眞崎, 2013)。同時性苦鉄質岩は、花崗岩質マグマ中に貫入した苦鉄質マグマによって形成されたものであり(吉倉・熱田, 2000 など)、両マグマが同時共存したことを示唆するものである。花崗岩質マグマと苦鉄質マグマの相互作用によって、花崗岩質マグマ定置時の化学組成が複雑に改変されている可能性があるため、柚原ほか(2014a)は岩体内の元素濃度分布について検討を行った。その結果、添田花崗閃緑岩にはSr含有量の異なる2種のグループが存在することが明らかとなり、それぞれ別のマグマを起源とする可能性が指摘された。両者の関係ならびに記載岩石学的、岩石化学的相違を明らかにするため、著者らはさらなる野外

調査を進めた。本報告ではそれらの分布、岩相、化学組成の特徴について報告する。

地質概略

添田花崗閃緑岩分布地域の地質図をFig.1bに示す。本地域には、周防変成岩に対比される三疊紀の田川変成岩類と白亜紀花崗岩類が分布し(久保ほか, 1993)、白亜紀花崗岩類は斑れい岩～閃緑岩、朝倉花崗閃緑岩、添田花崗閃緑岩、真崎花崗岩および油須原花崗岩に区分される(唐木田, 1985)。さらに、始新世の堆積岩類からなる直方層群、中新世後期～鮮新世初期の火山岩類ならびに火山碎屑岩類からなる北坂本累層、鮮新世前期の英彦山火山岩類、更新世の阿蘇-4火砕流堆積物、沖積層がこれらを不整合に覆う(久保ほか, 1993)。

添田花崗閃緑岩は、Fig.1bに示されている岩体と、南西方の岩体に分かれて分布する(唐木田ほか, 1983; 唐木田, 1985)が、南西方に分布する岩体は杷木花崗閃緑岩と呼ばれている(小山内ほか, 1993; 北野・池田, 2012; Fig.1a)。本論文では、Fig.1bに示されている岩体を添田花崗閃緑岩と呼ぶ。添田花崗閃緑岩は、村上・藤本(1957)では南西部が落合花崗閃緑岩、北東部が伊良原花崗閃緑岩と呼ばれていたが、唐木田(1985)によって一つの岩体にまとめられた。添田花崗閃緑岩は田川変成岩類に貫入し、真崎花崗岩および油須原花崗岩に貫かれる(唐木田, 1985 など)。岩体南西部や北部では田川変成岩類や真崎花崗岩および油須原花崗岩と接している。本地域の西部には、小倉-田

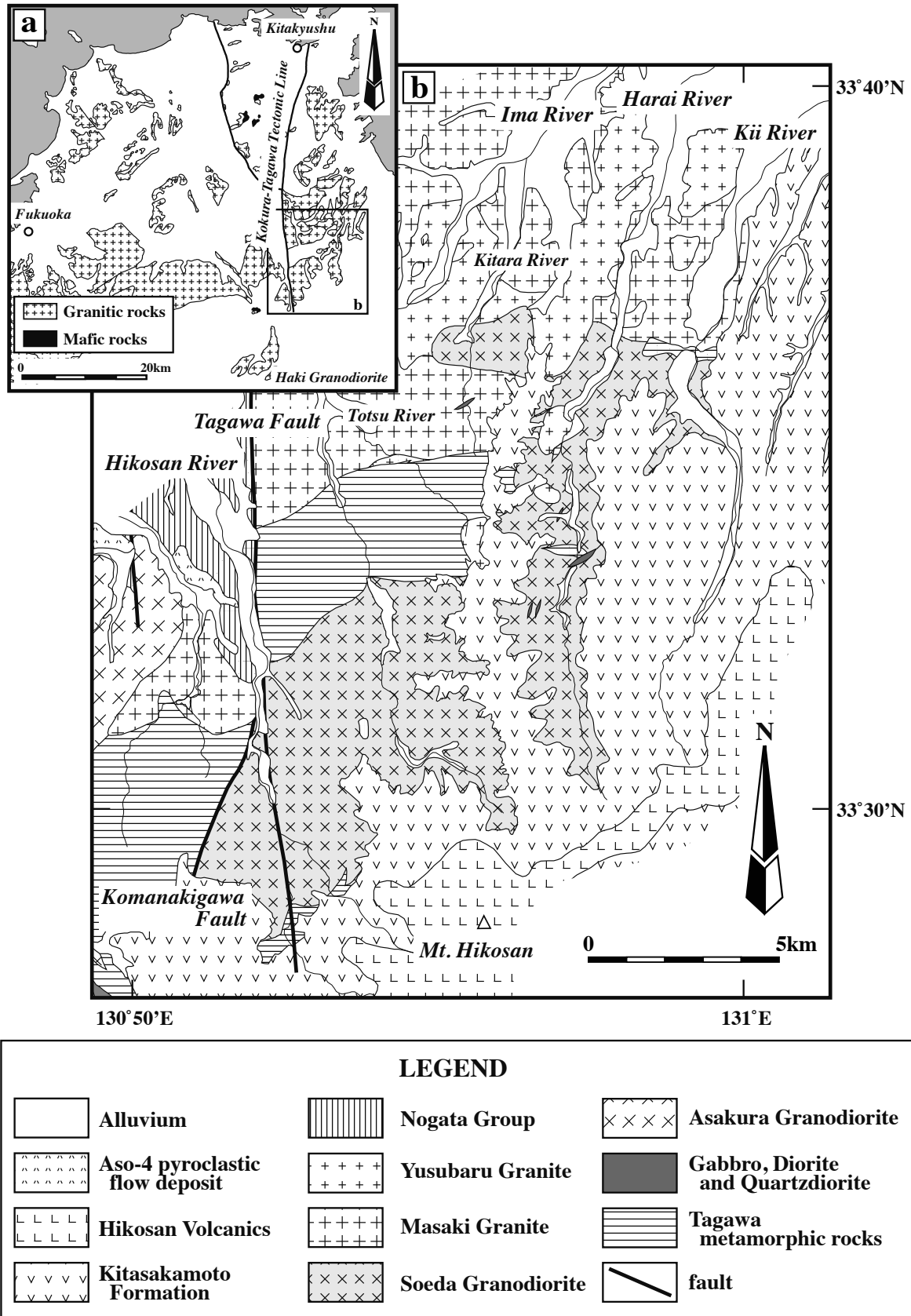


Fig.1. Distribution of Cretaceous granitic rocks in northern Kyusyu (modified from Karakida, 1985) (a), and geological map of the Hikosan River and Kii river basins (modified from Kubo et al., 1993) (b).

川構造線の南部にあたる田川断層と、そのさらに西側には田川断層の派生断層である駒啼川断層 (柚原・宮崎, 2008) が分布する。添田花崗閃緑岩は、この駒啼川断層を境に田川変成岩類と接している (Fig.1b)。岩体分布域の尾根部では北坂本累層によって不整合で覆われる (英彦山団研グループ, 1984 など)。添田花崗閃緑岩は、長径 1 ~ 100 cm の苦鉄質包有岩や変成岩捕獲岩をしばしば包有する。また、厚さ数 10 cm から 100 m の規模の黒雲母-普通角閃石石英閃緑岩~普通角閃石-黒雲母トータル岩からなる苦鉄質岩脈に貫入されるが、その一部は同時性貫入岩である (柚原・眞崎, 2013)。添田花崗閃緑岩からは、 97.0 ± 0.9 Ma と 98.1 ± 0.8 Ma の Rb-Sr 全岩-黒雲母アイソクロン年代が報告されている (柚原ほか, 2013)。さらに、杷木花崗閃緑岩からは、 118.0 ± 11.3 Ma の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代が報告されている (小山内ほか, 1993)。

添田花崗閃緑岩の岩相と岩石記載

岩石記載は偏光顕微鏡を用いて行い、一部の試料についてはモード測定を行った。1 枚の薄片で約 2500 ポイントをカウントした。結果を Table 1 に、石英-カリ長石-斜長石の三角図を Fig.2 に示す。

添田花崗閃緑岩は、岩体内に広く分布する主岩相と同時性苦鉄質貫入岩周辺に分布する普通角閃石斑状岩相に区分される (柚原・眞崎, 2013)。主岩相は、後述するように、Sr 含有量の違いから高 Sr グループと低 Sr グループに区分されるが、両グループに記載岩石学的な差異は認められない。そのため、岩石記載はまとめて記述する。

主岩相は、主に中粒塊状であるが、斑状の岩相も存在する (唐木田, 1985; 佐古・柚原, 2004; 柚原ほか, 2013, 2014a)。さらに、黒雲母の定向配列による弱い面構造を示すこともある。主岩相は、半自形粒状~斑状組織を呈する (Figs.3A, B) 普通角閃石-黒雲母トータル岩~黒雲母花崗岩からなる (Fig.2)。主に斜長石、石英、カリ長石、褐色~赤褐色黒雲母、青緑色~緑色~褐緑色普通角閃石からなり、副成分鉱物としてチタン石、褐れん石、燐灰石、ジルコン、不透明鉱物を含む (Table 1)。半自形粒状組織を呈する岩石では、斜長石は自形~半自形で、累帯構造を示す。長径 5 mm に達し、一部イライト化している。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、他鉱物間を充填する。長径 6 mm に達し、波動消光を示す。カリ長石は他形で、他鉱物間を充填する。時に大きく成長し、ポイキリティックに他鉱物を包有する。この場合、長径は 15 mm に達する。黒雲母は自形~半自形で、褐色~赤褐色を呈する。長

径 4 mm に達し、一部緑泥石化している。普通角閃石は自形~半自形で、長径 4 mm に達し、青緑色~緑色~褐緑色を呈する。斑状組織を呈する岩石では、斑晶は長径 7 mm に達する斜長石、石英、黒雲母および普通角閃石からなり、基質部分は長径 1.5 mm 以下の結晶からなる半自形粒状組織を呈する。基質の斜長石は自形~半自形で、累帯構造を示し、一部イライト化している。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。カリ長石は他形で、他鉱物間を充填する。時に大きく成長し、ポイキリティックに他鉱物を包有する場合もある。黒雲母は自形~半自形で、褐色~赤褐色を呈し、一部緑泥石化している。普通角閃石は自形~半自形で、青緑色~緑色~褐緑色を呈する。半自形粒状組織を呈する岩石は岩体全域にわたり分布するが、斑状組織を呈する岩石は岩体南西部に多い傾向がある (Fig.4)。また、普通角閃石と黒雲母を含む岩石と黒雲母のみを含む岩石は混在しているが、岩体北部では後者がやや多い (Fig.4)。さらに、岩体南西部の田川断層近傍では、部分的に石英の動的再結晶といった延性変形が認められる場合がある (Fig.3C)。

普通角閃石斑状岩相は、最大 1 cm に達する普通角閃石の巨晶を含むことで特徴づけられる。この普通角閃石巨晶は自形性が強く、緑色を呈する。20 cm 四方に 8 結晶程度以下の割合で含まれる。本岩相は、中粒塊状の普通角閃石-黒雲母トータル岩~花崗閃緑岩質基質中に長径 1 cm に達する自形性の強い普通角閃石巨晶を含む。基質は主岩相の半自形粒状組織を呈する岩石の組織と類似し、半自形粒状組織を呈するが、やや細粒になり、普通角閃石巨晶の他に斜長石や石英の

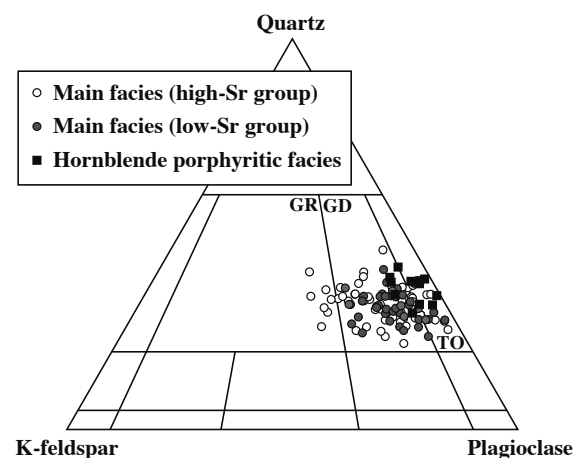


Fig.2. Modal compositions of the Soeda Granodiorite. Classification boundaries are after Streckeisen (1976). GR: granite; GD: granodiorite; TO: tonalite.

Table 1. Modal mineralogy (%) of the Soeda Granodiorite.

Sample No.	06112407	12110203	06102603	09112604	13020703	06102602	14071901	12111606
Main facies								
High-Sr group								
Quartz (%)	23	21	27	31	23	27	26	28
Plagioclase	56	57	48	49	56	50	55	48
K-feldspar	2	2	5	5	4	5	6	7
Biotite	19	17	16	14	15	15	11	12
Hornblende	-	2	2	1	2	2	2	4
Titanite	-	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Allanite	-	-	tr.	-	tr.	tr.	tr.	tr.
Apatite	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Zircon	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Opaque minerals	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Epidote	-	-	-	-	-	-	-	-
Sample No.	09112603	09112606	05042406	07072201	05042402	12110202	10102503	05031502
Main facies								
High-Sr group								
Quartz (%)	31	30	24	29	23	22	26	27
Plagioclase	48	46	52	52	53	48	50	47
K-feldspar	5	6	7	2	10	15	9	15
Biotite	14	15	14	16	12	12	13	10
Hornblende	1	3	2	tr.	1	3	2	1
Titanite	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Allanite	tr.	tr.	tr.	-	tr.	tr.	tr.	tr.
Apatite	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Zircon	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Opaque minerals	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Epidote	-	-	-	-	-	-	-	-
Sample No.	13020704	07072204	05042401	12111608	09112601	05031607	01120205	07072209
Main facies								
High-Sr group								
Quartz (%)	25	22	29	32	24	21	24	25
Plagioclase	54	45	50	50	48	50	50	49
K-feldspar	6	20	6	4	18	15	9	14
Biotite	13	10	14	12	9	12	14	11
Hornblende	2	2	1	2	1	2	2	1
Titanite	tr.	tr.	tr.	1	tr.	tr.	tr.	tr.
Allanite	tr.	tr.	-	tr.	tr.	-	tr.	tr.
Apatite	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Zircon	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Opaque minerals	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Epidote	-	-	-	-	-	-	-	-
Sample No.	12111604	09112602	15022505	14022504	01120204	13020702	10110104	06022711
Main facies								
High-Sr group								
Quartz (%)	41	25	32	34	26	29	19	28
Plagioclase	42	54	47	29	52	40	53	48
K-feldspar	6	11	8	22	12	19	12	13
Biotite	10	10	11	12	8	12	15	10
Hornblende	1	-	1	2	1	1	1	tr.
Titanite	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	-
Allanite	tr.	tr.	-	-	tr.	tr.	tr.	tr.
Apatite	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Zircon	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Opaque minerals	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Epidote	-	-	-	-	-	-	-	-

tr.: trace; -: not observed.

Table 1. (Continued)

Sample No.	12111601	01120203	05021806	13022502	01120306	12111602	06112413	06022712
Main facies								
High-Sr group								
Quartz (%)	23	30	29	31	29	32	36	37
Plagioclase	37	53	48	56	48	43	42	41
K-feldspar	26	6	14	2	13	17	13	13
Biotite	13	11	10	11	8	8	9	10
Hornblende	1	1	-	-	2	1	tr.	tr.
Titanite	tr.	tr.	-	tr.	-	tr.	tr.	tr.
Allanite	tr.	-	-	-	tr.	tr.	tr.	-
Apatite	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Zircon	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Opaque minerals	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Epidote	-	-	-	-	-	-	-	-
Sample No.	06022707	10071702	06022708	05021802	02033105	13011506	06022701	10112205
Main facies								
High-Sr group								
Quartz (%)	31	32	35	32	31	30	31	34
Plagioclase	46	41	43	35	40	44	45	40
K-feldspar	15	20	15	27	21	14	16	20
Biotite	8	7	6	6	8	11	8	6
Hornblende	1	-	tr.	-	-	-	tr.	-
Titanite	-	-	tr.	-	-	-	tr.	-
Allanite	tr.	tr.	-	-	tr.	-	tr.	-
Apatite	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Zircon	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Opaque minerals	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Epidote	-	-	-	-	-	-	-	-
Sample No.	10112202	05042306	05031603					
Main facies								
High-Sr group								
Quartz (%)	34	28	29					
Plagioclase	37	40	38					
K-feldspar	24	25	25					
Biotite	5	6	8					
Hornblende	-	-	-					
Titanite	-	tr.	-					
Allanite	tr.	-	-					
Apatite	tr.	tr.	tr.					
Zircon	tr.	tr.	tr.					
Opaque minerals	tr.	tr.	tr.					
Epidote	-	-	-					
Sample No.	06112402	09112701	10022703	07072301	12032907	13013002	12032205	12032901
Main facies								
Low-Sr group								
Quartz (%)	26	23	32	28	24	38	23	24
Plagioclase	51	48	43	42	53	46	53	54
K-feldspar	6	12	8	15	3	9	5	6
Biotite	16	13	12	13	16	7	15	13
Hornblende	2	3	5	2	3	-	4	3
Titanite	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	-	tr.	-
Allanite	-	tr.	tr.	-	tr.	tr.	tr.	-
Apatite	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Zircon	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Opaque minerals	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Epidote	-	-	-	-	-	-	-	-

tr.: trace; -: not observed.

Table 1. (Continued)

Sample No.	05031606	07072210	06102703	12032202	14012901	12032201	10112007	10022701
Main facies								
Low-Sr group								
Quartz (%)	25	21	28	20	33	22	26	24
Plagioclase	61	45	50	57	50	51	47	43
K-feldspar	2	49	11	7	4	11	8	20
Biotite	12	14	10	12	12	13	5	11
Hornblende	1	1	1	3	1	2	4	2
Titanite	tr.	tr.	tr.	tr.	-	-	tr.	-
Allanite	tr.	tr.	tr.	-	-	tr.	tr.	tr.
Apatite	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Zircon	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Opaque minerals	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Epidote	-	-	-	-	-	-	-	-

Sample No.	12110101	13013006	14012103	07022003	01050701	03032303	07022009	01051403
Main facies								
Low-Sr group								
Quartz (%)	24	27	32	25	29	31	29	23
Plagioclase	55	49	49	52	45	48	52	56
K-feldspar	6	7	9	9	10	8	6	8
Biotite	12	15	10	13	14	13	12	14
Hornblende	3	1	-	1	1	tr.	-	tr.
Titanite	tr.	tr.	-	-	tr.	-	-	-
Allanite	tr.	tr.	-	-	tr.	-	tr.	tr.
Apatite	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Zircon	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Opaque minerals	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Epidote	-	-	-	-	-	-	-	-

Sample No.	07021904	12101206	05031604	01110202	05031501	09112706	01050702	01110201A
Main facies								
Low-Sr group								
Quartz (%)	31	26	25	30	29	28	30	30
Plagioclase	47	48	44	42	47	49	45	49
K-feldspar	7	9	18	15	7	12	12	9
Biotite	14	17	10	13	16	11	12	11
Hornblende	1	-	3	tr.	1	tr.	1	1
Titanite	-	-	-	-	-	-	-	tr.
Allanite	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Apatite	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Zircon	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Opaque minerals	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Epidote	-	-	-	-	-	-	-	-

Sample No.	01110102	09112708	01110101	01110207	13011508	07021901	01120201	07102903
Main facies								
Low-Sr group								
Quartz (%)	28	29	31	26	23	31	30	27
Plagioclase	52	47	50	51	55	46	48	45
K-feldspar	9	13	9	10	11	11	10	13
Biotite	11	10	11	13	10	11	11	15
Hornblende	-	1	-	-	1	tr.	1	tr.
Titanite	-	tr.	-	-	tr.	tr.	-	-
Allanite	tr.	tr.	-	tr.	tr.	tr.	-	-
Apatite	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Zircon	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Opaque minerals	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Epidote	-	-	-	-	-	-	-	-

tr.: trace; -: not observed.

Table 1. (Continued)

Sample No.	06102701	01100702	05031601	12032905	12032206	10112203
Main facies						
Low-Sr group						
Quartz (%)	29	28	30	30	32	34
Plagioclase	48	47	43	43	42	40
K-feldspar	14	14	19	20	17	19
Biotite	8	11	8	7	9	8
Hornblende	1	1	-	-	-	-
Titanite	-	-	-	-	-	-
Allanite	tr.	tr.	-	-	tr.	-
Apatite	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Zircon	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Opaque minerals	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Epidote	-	-	-	-	-	-

Sample No.	07072306	02033101	10081706	10082802	10050801	10071013	10110405	06052101a
Hornblende porphyritic facies								
Quartz (%)	29	28	27	32	34	33	33	37
Plagioclase	46	56	55	50	46	46	50	58
K-feldspar	8	3	8	3	8	8	3	3
Biotite	12	13	9	14	11	12	12	1
Hornblende	5	tr.	tr.	tr.	1	1	2	tr.
Titanite	tr.	tr.	tr.	-	-	tr.	tr.	tr.
Allanite	tr.	tr.	tr.	-	tr.	tr.	tr.	tr.
Apatite	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Zircon	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Opaque minerals	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Epidote	-	tr.	-	-	-	-	-	-

Sample No.	10082801	10101808	10071011	05021804	10092309
Hornblende porphyritic facies					
Quartz (%)	30	33	31	27	34
Plagioclase	56	41	47	53	52
K-feldspar	1	5	4	5	1
Biotite	12	12	15	14	10
Hornblende	1	9	3	1	2
Titanite	-	tr.	-	-	tr.
Allanite	tr.	-	tr.	-	-
Apatite	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Zircon	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Opaque minerals	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Epidote	-	-	-	-	tr.

tr.: trace; -: not observed.

斑晶を含む場合もある。主に斜長石, 石英, 褐色黒雲母, カリ長石, 青緑色普通角閃石からなり, 副成分鉱物としてチタン石, 褐れん石, 燐灰石, ジルコン, 不透明鉱物を含む。基質中の斜長石は自形~半自形で, 一部イライト化しており, 累帯構造を示す。斜長石は長径6 mm に達する。石英は他形で, 他鉱物間を充填する。

長径5 mm に達し, 波動消光を示す。黒雲母は自形~半自形, 褐色を呈する。一部緑泥石化し, 長径3 mm に達する。カリ長石は他形で, 他鉱物間を充填し, 長径5 mm に達する。普通角閃石は自形~半自形で, 長径2.5 mm に達し, 青緑色を呈する。

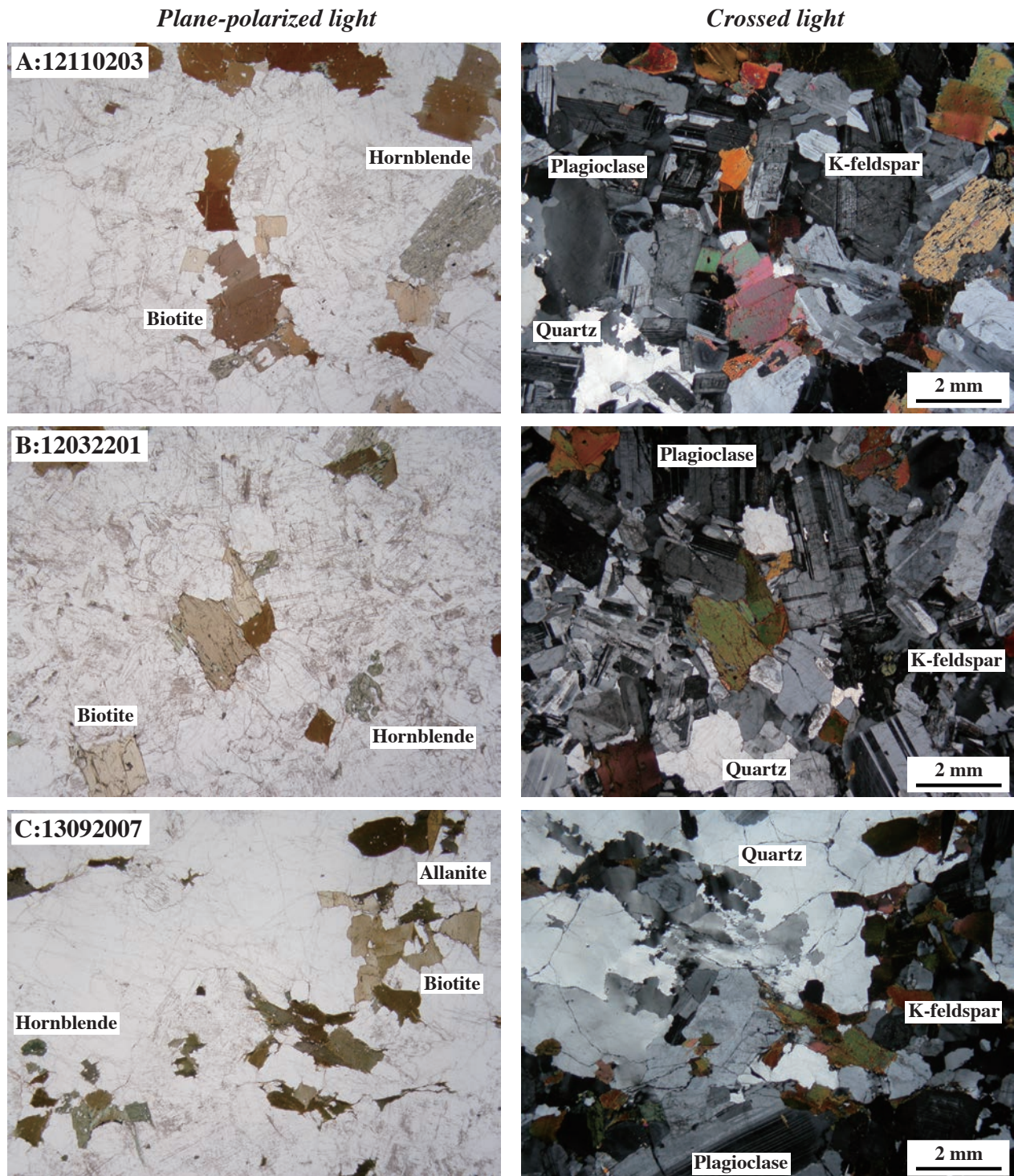


Fig.3. Photomicrographs of the Soeda Granodiorite.

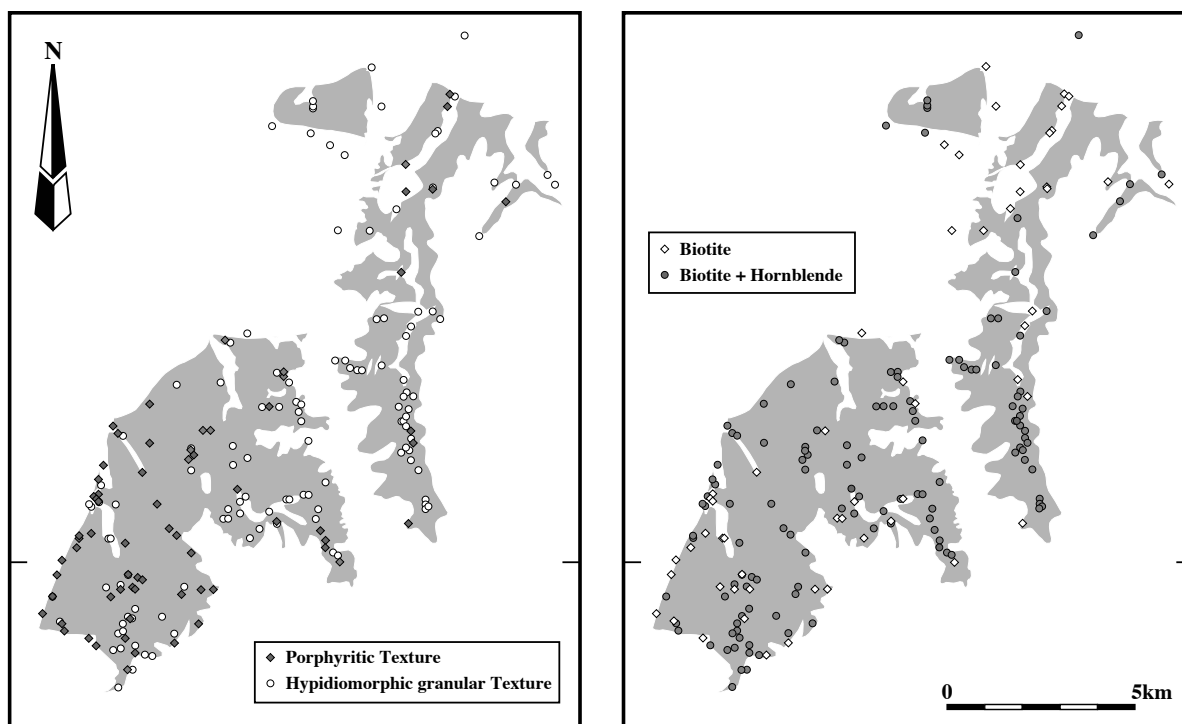


Fig.4. Distributions of textures and mineral assemblages of rocks in the Soeda Granodiorite. The gray area indicates distribution of the Soeda Granodiorite.

分析方法

一部の試料採取時には、株式会社田中地質コンサルタント製帯磁率計 WSL-C および Terraplus 製帯磁率計 KT-10v2 を用いて、帯磁率の測定を行った。測定は露頭における試料採取部分を含む新鮮な岩石が露出している 10 数点で行い、その平均値を岩石の帯磁率とした。岩体東部では、上位の北坂本累層との境界に近づくとき、風化が進み、化学分析に使用できる試料の採取が困難になることが多い。また、西部では、断層周辺に変質の進んだ岩石が多産する (柚原・宮崎, 2008, 2012)。そのため、岩体内で均等な試料採取は困難である。採取した試料のうち 203 試料について、化学分析を行った。主成分ならびに微量成分元素は、福岡大学理学部に設置の理学電機工業社製蛍光 X 線分析装置 ZSX100e により測定した。試料調整および測定方法は、柚原・田口 (2003a, b, 2006), 柚原ほか (2004), 高本ほか (2005) に従った。なお、全鉄は Fe_2O_3 として扱い、“ Fe_2O_3^* ”と表記する。これまでに報告した分析値と合わせて、全分析試料の分析結果を Tables 2, 3, 4 に示す。さらに、各分析試料の試料採取地点を Appendix 1 に、その座標を Appendix 2 に示す。なお、普通角閃石斑状岩相の採取地点については、柚原・真崎 (2013) を参照されたい。

結果と考察

1. 添田花崗閃緑岩の化学組成

主岩相は Sr 含有量によって大きく 2 分され、 SiO_2 含有量に伴う変化傾向も異なる (Fig.5)。すなわち、 SiO_2 含有量の増加とともに、高い含有量から低含有量へ変化するものと、ほとんど含有量に変化せず、 SiO_2 含有量が 69.5 wt.% 以上で含有量が減少するものがある。高い Sr 含有量を示すものも、この付近で変化トレンドの傾きが若干変化する。両者の変化傾向はほとんど重複しないので、柚原ほか (2014a) は、前者を高 Sr グループ、後者を低 Sr グループと呼んだ。Izawa et al. (1989), 井沢ほか (1990, 1994) は、北部九州白亜紀花崗岩類を Sr 含有量の特徴によって、高 Sr 花崗岩類と低 Sr 花崗岩類の 2 系列に区分した。添田花崗閃緑岩は、真崎花崗岩および油須原花崗岩とともに低 Sr 花崗岩類に属する。高 Sr グループの Sr 含有量の変化傾向は、高 Sr 花崗岩類と低 Sr 花崗岩類の組成境界をまたぐように配列している。高 Sr 花崗岩類には高 SiO_2 側でこのような配列を示す岩体も存在する (井沢ほか, 1990)。添田花崗閃緑岩は低 Sr 花崗岩類に属するとされるにもかかわらず、高 Sr 花崗岩類領域にプロットされる試料があることは、井沢ほか (1990, 1994) や村上 (1994) においても示されているが、詳しい議論はされていない。図には示してい

Table 2. Whole-rock chemical compositions and magnetic susceptibility for high-Sr group of the Soeda Granodiorite.

Sample No.	06112407	06102604 ²	12110203	06102603 ³	09112604 ⁵	12110201	13020703	12110905	06102602 ⁵
SiO ₂ (wt.%)	62.81	63.28	63.89	64.04	64.05	64.31	64.49	64.58	64.71
TiO ₂	0.49	0.79	0.73	0.77	0.70	0.75	0.71	0.55	0.66
Al ₂ O ₃	18.22	16.74	16.68	16.14	16.35	16.47	16.44	16.24	16.45
Fe ₂ O ₃ *	4.73	5.60	5.44	5.57	5.22	5.47	5.30	5.25	4.79
MnO	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.08
MgO	1.55	1.89	1.75	1.82	1.63	1.80	1.72	1.68	1.62
CaO	4.21	4.60	4.69	4.48	4.23	4.39	4.27	4.28	4.64
Na ₂ O	4.16	3.55	3.57	3.38	3.57	3.62	3.34	3.45	3.60
K ₂ O	2.29	2.27	2.20	2.43	2.46	2.36	2.86	2.30	2.22
P ₂ O ₅	0.24	0.22	0.18	0.21	0.17	0.17	0.17	0.11	0.18
L.O.I.	0.57	0.83	0.63	0.54	0.63	0.52	0.52	1.78	0.45
Total	99.36	99.87	99.86	99.48	99.11	99.96	99.92	100.33	99.40
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<4
Ba	523	484	462	511	458	412	546	438	457
Cr	7	17	15	17	15	16	12	7	15
Cu	4	19	9	14	13	14	4	5	12
Ga	20	21	21	20	21	21	19	18	21
Nb	13	16	16	15	16	15	15	14	13
Ni	<4	8	5	7	5	7	8	<4	8
Pb	17	12	9	12	11	10	12	13	12
Rb	81	78	77	86	94	91	95	87	78
S	135	239	220	10	394	169	110	111	243
Sr	352	373	360	263	337	341	341	321	372
Th	<4	7	8	13	10	9	11	9	8
V	43	86	74	50	67	73	72	69	70
Y	27	17	17	22	18	16	16	20	14
Zn	74	105	98	74	95	99	91	76	84
Zr	179	200	197	153	185	188	175	157	180
M.S. ± STD			0.23 ± 0.03 ³				0.19 ± 0.02 ⁵		
N.			17				14		
Sample No.	05042305A	HA-44 ¹	14071901	12111606	09112603 ⁵	14071902	09112606 ⁵	05042406 ⁵	07072208 ²
SiO ₂ (wt.%)	64.89	65.04	65.09	65.14	65.17	65.19	65.25	65.55	65.57
TiO ₂	0.69	0.46	0.65	0.67	0.64	0.64	0.64	0.64	0.59
Al ₂ O ₃	15.93	17.27	16.15	16.19	16.22	16.32	15.79	16.10	15.77
Fe ₂ O ₃ *	4.92	4.63	4.92	4.92	4.73	4.79	4.82	4.48	4.40
MnO	0.09	0.08	0.09	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08
MgO	1.65	1.20	1.61	1.63	1.47	1.53	1.55	1.49	1.41
CaO	4.25	4.17	4.00	4.38	4.06	4.15	4.14	4.22	3.71
Na ₂ O	3.53	3.82	3.48	3.65	3.58	3.48	3.42	3.62	3.45
K ₂ O	2.36	1.89	2.76	2.49	2.44	2.69	2.43	2.53	2.99
P ₂ O ₅	0.18	0.13	0.14	0.16	0.16	0.14	0.15	0.16	0.14
L.O.I.	1.13	0.78	0.61	0.41	0.67	0.57	0.44	0.51	0.65
Total	99.62	99.47	99.50	99.74	99.23	99.59	98.71	99.38	98.76
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<4	n.d.	<4	n.d.	<4
Ba	491	332	503	446	434	526	503	438	543
Cr	15	10	14	15	11	15	13	12	11
Cu	41	<4	13	4	6	11	9	13	7
Ga	20	18	20	20	21	20	20	20	19
Nb	14	12	15	16	15	15	14	14	12
Ni	6	<4	9	6	7	8	6	6	5
Pb	15	15	13	13	11	13	11	14	13
Rb	86	70	99	87	87	92	83	86	99
S	602	97	163	52	209	231	224	171	102
Sr	331	360	327	328	333	340	335	337	313
Th	8	37	9	10	10	7	14	10	10
V	70	9	67	73	62	66	64	61	58
Y	17	10	17	21	17	15	15	16	14
Zn	102	68	88	89	87	84	86	83	80
Zr	109	193	178	190	188	173	169	156	151
M.S. ± STD			0.21 ± 0.02 ⁵	0.12 ± 0.04 ⁵					
N.			20	15					

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

M.S.: magnetic susceptibility (x 10⁻³ SI unit); STD: standard deviation; N.: number of measurement.

¹: Takamoto et al.(2005); ²: Yuhara et al.(2011); ³: Yuhara and Masaki(2013); ⁴: Yuhara et al.(2013); ⁵: Yuhara et al.(2014a).

Table 2. (Continued)

Sample No.	07072201 ⁵	12111605	05042402 ²	12110202	14022502	10102503 ³	14071904	05031502 ³	13020704
SiO ₂ (wt.%)	65.59	65.62	65.68	65.70	65.75	65.81	65.87	65.97	66.11
TiO ₂	0.63	0.67	0.62	0.66	0.64	0.59	0.64	0.60	0.67
Al ₂ O ₃	15.77	16.12	15.86	16.20	15.87	16.04	15.97	15.69	16.12
Fe ₂ O ₃ *	4.76	4.93	4.59	4.75	4.71	4.26	4.67	4.34	4.80
MnO	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09
MgO	1.57	1.63	1.46	1.58	1.46	1.41	1.50	1.42	1.54
CaO	3.98	4.17	4.01	4.21	3.79	3.77	3.85	3.53	4.08
Na ₂ O	3.55	3.64	3.68	3.64	3.67	3.61	3.51	3.41	3.39
K ₂ O	2.28	2.40	2.38	2.47	2.63	2.93	2.57	2.98	2.51
P ₂ O ₅	0.15	0.14	0.16	0.15	0.13	0.13	0.14	0.16	0.16
L.O.I.	0.45	0.57	0.93	0.45	1.40	0.62	0.67	1.06	0.53
Total	98.82	99.89	99.46	99.90	100.14	99.25	99.48	99.24	100.00
As (ppm)	<4	<4	n.d.	n.d.	<4	<4	n.d.	n.d.	0
Ba	520	477	394	482	387	498	452	546	521
Cr	11	13	13	16	12	12	12	12	14
Cu	11	9	4	7	<4	5	11	11	11
Ga	20	21	20	20	20	20	20	19	19
Nb	14	16	16	15	15	14	16	14	15
Ni	5	6	6	5	8	5	9	6	6
Pb	11	11	15	12	14	15	13	17	12
Rb	124	93	85	88	94	97	94	90	85
S	509	91	124	32	93	74	217	382	231
Sr	311	331	313	340	297	314	323	322	337
Th	11	11	11	8	10	13	9	9	16
V	69	72	59	62	64	59	61	61	67
Y	17	17	17	16	18	17	16	15	16
Zn	85	93	84	87	89	81	83	82	86
Zr	157	183	180	177	163	164	164	141	184
M.S. ± STD		0.17 ± 0.01 ⁵		0.18 ± 0.01 ⁵				0.18 ± 0.03 ⁵	0.17 ± 0.02 ⁵
N.		19		17				12	16
Sample No.	07072204 ³	05042401 ⁵	05042301 ³	12111608	09112601 ⁵	05042403	05031607 ²	14022508	05031504
SiO ₂ (wt.%)	66.20	66.28	66.38	66.46	66.48	66.51	66.53	66.54	66.57
TiO ₂	0.58	0.62	0.33	0.62	0.59	0.55	0.55	0.66	0.57
Al ₂ O ₃	15.49	15.67	17.57	15.89	15.76	15.69	15.45	15.83	15.36
Fe ₂ O ₃ *	4.32	4.49	2.67	4.52	4.09	4.17	4.25	4.65	4.22
MnO	0.08	0.09	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09
MgO	1.42	1.45	0.75	1.45	1.31	1.33	1.40	1.46	1.43
CaO	3.76	3.96	4.00	4.02	3.42	3.75	3.67	3.83	3.47
Na ₂ O	3.43	3.61	4.47	3.68	3.49	3.66	3.45	3.45	3.39
K ₂ O	2.70	2.52	2.36	2.49	2.83	2.71	3.02	2.42	2.87
P ₂ O ₅	0.14	0.16	0.10	0.14	0.13	0.14	0.15	0.15	0.15
L.O.I.	0.92	0.56	0.82	0.49	1.11	0.61	0.84	0.92	1.01
Total	99.04	99.41	99.29	99.84	99.29	99.20	99.39	99.99	99.13
As (ppm)	<4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<4	n.d.	<4
Ba	535	468	320	405	495	439	492	450	540
Cr	9	13	6	14	12	13	13	12	12
Cu	9	14	<4	10	18	8	11	10	16
Ga	20	20	20	19	21	19	18	20	19
Nb	13	15	10	16	17	15	13	15	13
Ni	5	6	5	7	6	6	6	8	6
Pb	14	14	21	12	14	15	17	12	16
Rb	87	89	73	93	89	94	99	92	111
S	328	22	n.d.	159	98	83	175	19	424
Sr	363	312	333	320	309	301	306	314	312
Th	6	7	10	11	13	11	9	15	8
V	77	61	20	60	55	54	57	64	56
Y	15	16	9	15	17	17	15	17	16
Zn	100	86	54	82	77	85	78	85	84
Zr	211	515	102	165	158	153	137	170	145
M.S. ± STD				0.20 ± 0.01 ⁵	0.12 ± 0.02 ⁵		0.20 ± 0.01 ⁵	0.16 ± 0.01 ⁵	0.17 ± 0.02 ⁵
N.				22	13		17	16	12

Table 2. (Continued)

Sample No.	01120205 ⁴	05042305B	15020703	07072209 ⁵	13020701	15020701	12111604	14022501	10102501 ⁵
SiO ₂ (wt.%)	66.71	66.72	66.72	66.72	66.76	66.76	66.82	66.86	66.92
TiO ₂	0.54	0.61	0.53	0.62	0.57	0.54	0.56	0.60	0.59
Al ₂ O ₃	15.56	15.68	15.90	15.38	16.39	15.70	16.04	15.83	15.99
Fe ₂ O ₃ *	4.05	4.46	3.71	4.31	3.99	3.71	4.06	4.47	4.09
MnO	0.08	0.09	0.07	0.08	0.08	0.07	0.08	0.09	0.07
MgO	1.37	1.46	1.24	1.37	1.25	1.18	1.34	1.46	1.33
CaO	3.78	3.89	3.54	3.40	3.60	2.79	3.68	3.67	3.40
Na ₂ O	3.50	3.62	3.80	3.45	3.94	3.15	3.47	3.66	3.46
K ₂ O	2.91	2.10	2.69	2.49	2.34	4.03	3.27	2.66	3.00
P ₂ O ₅	0.13	0.15	0.15	0.14	0.12	0.15	0.12	0.12	0.12
L.O.I.	0.46	0.90	0.60	0.81	0.99	0.89	0.45	0.74	0.53
Total	99.09	99.68	98.95	98.77	100.03	98.97	99.89	100.16	99.50
As (ppm)	n.d.	n.d.	<4	<4	<4	<4	n.d.	<4	<4
Ba	472	355	465	434	348	768	604	427	514
Cr	10	13	15	9	10	17	9	11	10
Cu	10	n.d.	4	8	8	7	8	8	<4
Ga	19	20	20	20	20	18	19	20	20
Nb	12	16	14	14	17	12	13	16	14
Ni	4	6	8	4	6	8	4	8	6
Pb	14	13	17	12	15	19	15	15	14
Rb	95.1	73	100	88	90	117	100	92	104
S	191	46	97	169	110	141	49	65	137
Sr	303	315	296	309	311	308	319	297	313
Th	61	12	13	9	13	6	9	11	12
V	8	61	50	59	55	52	58	59	55
Y	16	15	19	14	17	16	15	18	15
Zn	72	99	74	78	75	76	76	82	77
Zr	153	168	142	158	143	134	144	151	143
M.S. ± STD					0.15 ± 0.01 ⁵	0.21 ± 0.05 ⁵	0.18 ± 0.02 ⁵	0.16 ± 0.01 ⁵	
N.					12	16	21	15	
Sample No.	09112602 ²	07072203 ⁵	15020702	10111505	15022505	14020803	15030402	14020302	14022504
SiO ₂ (wt.%)	66.92	67.20	67.27	67.33	67.38	67.62	67.73	67.78	67.86
TiO ₂	0.58	0.55	0.53	0.55	0.51	0.56	0.50	0.56	0.56
Al ₂ O ₃	15.76	15.26	15.48	15.96	15.42	15.62	15.73	15.48	15.50
Fe ₂ O ₃ *	4.04	4.07	3.77	3.81	3.82	4.12	3.69	4.06	4.12
MnO	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.08	0.08
MgO	1.28	1.32	1.18	1.15	1.23	1.29	1.20	1.33	1.33
CaO	3.54	3.69	3.13	2.83	3.55	3.35	3.76	3.25	3.38
Na ₂ O	3.53	3.44	3.42	3.54	3.65	3.42	3.80	3.49	3.51
K ₂ O	2.36	2.62	3.22	3.07	2.80	2.67	2.30	2.86	2.60
P ₂ O ₅	0.13	0.12	0.15	0.12	0.15	0.11	0.14	0.11	0.11
L.O.I.	0.92	0.76	0.66	1.21	0.45	1.05	0.55	0.96	1.17
Total	99.13	99.11	98.89	99.65	99.04	99.89	99.47	99.96	100.22
As (ppm)	<4	<4	n.d.	<4	<4	<4	n.d.	n.d.	<4
Ba	382	472	521	462	412	422	343	437	445
Cr	12	10	16	14	15	13	15	11	12
Cu	19	5	9	4	8	8	<4	8	8
Ga	21	19	19	21	19	20	19	20	20
Nb	14	13	15	15	14	14	14	14	13
Ni	6	5	7	7	6	10	7	9	7
Pb	12	14	18	16	16	14	13	17	15
Rb	77	84	108	106	98	89	84	87	79
S	341	91	139	201	77	116	18	189	142
Sr	306	304	281	282	278	302	298	300	313
Th	7	7	10	13	14	9	15	<4	12
V	60	54	48	50	47	55	49	58	61
Y	14	14	19	15	18	18	14	17	16
Zn	86	73	74	79	73	76	72	75	78
Zr	156	146	148	146	155	149	152	144	149
M.S. ± STD	0.13 ± 0.02 ²				0.21 ± 0.04 ⁵	0.13 ± 0.02 ⁵	0.22 ± 0.05 ⁵	0.13 ± 0.02 ⁵	
N.	16				15	12	17	16	

Table 2. (Continued)

Sample No.	01120204 ²	HA-39 ¹	12111603	13020702	15030403	10110104 ³	14020802	05042304	06022711 ⁵
SiO ₂ (wt.%)	67.91	67.99	68.16	68.27	68.30	68.33	68.38	68.80	68.81
TiO ₂	0.50	0.53	0.49	0.53	0.51	0.50	0.54	0.41	0.46
Al ₂ O ₃	15.46	16.15	15.64	15.53	15.23	15.03	15.36	15.04	15.06
Fe ₂ O ₃ *	3.79	3.83	3.73	3.77	3.74	3.72	4.02	3.25	3.56
MnO	0.08	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
MgO	1.22	1.26	1.19	1.21	1.24	1.22	1.27	1.01	1.12
CaO	3.45	3.86	3.53	3.43	3.58	3.13	3.43	2.89	2.74
Na ₂ O	3.72	3.64	3.42	3.53	3.69	3.50	3.54	3.22	3.50
K ₂ O	2.74	2.18	3.01	2.77	2.52	3.14	2.42	3.99	3.33
P ₂ O ₅	0.14	0.12	0.10	0.11	0.15	0.11	0.11	0.10	0.12
L.O.I.	0.45	0.45	0.50	0.92	0.33	0.69	0.82	0.78	0.74
Total	99.46	100.08	99.84	100.14	99.37	99.45	99.97	99.57	99.52
As (ppm)	n.d.	<4	n.d.	<4	n.d.	n.d.	<4	n.d.	n.d.
Ba	416	353	802	499	325	490	390	851	527
Cr	14	7	7	8	15	11	11	12	13
Cu	n.d.	4	<4	12	<4	<4	7	5	n.d.
Ga	19	18	18	18	20	19	19	18	18
Nb	14	8	11	14	13	14	14	11	15
Ni	6	<4	4	5	6	8	8	8	6
Pb	17	15	12	15	16	17	14	21	20
Rb	102	105	86	89	93	123	82	97	114
S	39	21	6	145	42	10	95	13	153
Sr	273	303	322	304	271	263	295	263	266
Th	11	49	13	12	10	13	10	7	7
V	53	16	49	58	50	50	53	41	49
Y	14	13	12	15	17	22	16	13	18
Zn	75	62	68	72	71	74	77	64	75
Zr	161	146	148	149	151	153	170	126	144
M.S. ± STD				0.14 ± 0.01 ⁵	0.21 ± 0.04 ⁵				
N.				12	17				
Sample No.	06022709 ⁵	12111601	01120203 ¹	06112411	12101502	05021806 ⁷	13022502	01120306 ²	12111602
SiO ₂ (wt.%)	68.85	68.93	69.00	69.03	69.10	69.12	69.28	69.53	69.82
TiO ₂	0.45	0.44	0.47	0.42	0.49	0.44	0.49	0.42	0.42
Al ₂ O ₃	14.92	15.52	14.87	15.19	15.15	15.07	15.52	14.92	15.20
Fe ₂ O ₃ *	3.38	3.31	3.61	3.11	3.72	3.36	3.67	3.13	3.16
MnO	0.07	0.07	0.08	0.07	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07
MgO	1.09	1.08	1.17	1.02	1.14	1.05	1.19	1.02	0.97
CaO	3.03	3.13	3.42	2.93	3.21	2.90	3.33	2.80	2.94
Na ₂ O	3.55	3.25	3.66	3.44	3.64	3.42	3.98	3.28	3.37
K ₂ O	3.15	3.87	2.50	3.66	2.62	3.16	1.96	3.87	3.58
P ₂ O ₅	0.11	0.08	0.14	0.10	0.09	0.13	0.10	0.11	0.08
L.O.I.	0.58	0.43	0.58	0.67	0.99	0.52	0.62	0.39	0.43
Total	99.18	100.11	99.48	99.64	100.23	99.25	100.21	99.54	100.04
As (ppm)	n.d.	n.d.	<4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ba	426	1044	311	559	400	542	338	673	669
Cr	13	9	13	9	10	8	10	9	8
Cu	5	<4	6	<4	52	n.d.	n.d.	<4	<4
Ga	18	17	19	18	19	18	20	17	17
Nb	12	10	13	11	15	12	14	13	11
Ni	6	6	7	7	7	6	6	5	<4
Pb	19	17	18	20	15	17	12	22	15
Rb	105	100	93	97	90	118	87	105	98
S	59	4	72	22	7	4	3	17	n.d.
Sr	269	311	269	273	263	248	263	262	277
Th	12	10	10	9	10	7	14	9	13
V	46	46	46	44	47	41	48	43	41
Y	15	11	17	12	18	12	14	14	11
Zn	67	61	71	66	75	71	62	63	63
Zr	151	135	141	115	147	132	156	116	149

Table 2. (Continued)

Sample No.	15022506	06112413	06022712 ²	06022707 ⁵	10102502 ⁵	13022503	10071702	06022708 ⁵	05021802 ⁵
SiO ₂ (wt.%)	70.47	70.50	70.50	70.59	70.62	70.83	71.18	71.19	71.30
TiO ₂	0.34	0.44	0.34	0.34	0.31	0.38	0.35	0.32	0.24
Al ₂ O ₃	14.71	14.30	14.73	14.52	15.18	14.81	14.57	14.46	14.74
Fe ₂ O ₃ *	2.61	3.43	2.58	2.66	2.86	2.91	2.66	2.43	1.89
MnO	0.07	0.08	0.06	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.04
MgO	0.83	1.05	0.80	0.83	0.75	0.92	0.80	0.77	0.59
CaO	2.56	2.80	2.68	2.85	2.49	2.83	2.23	2.69	1.99
Na ₂ O	3.53	3.26	3.44	3.53	3.50	3.48	3.27	3.39	3.07
K ₂ O	3.51	3.25	3.74	3.23	3.50	3.53	4.08	3.57	5.09
P ₂ O ₅	0.10	0.11	0.08	0.08	0.07	0.07	0.08	0.07	0.06
L.O.I.	0.63	0.53	0.57	0.57	0.57	0.46	0.43	0.50	0.40
Total	99.36	99.75	99.52	99.27	99.91	100.29	99.71	99.45	99.41
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<4	n.d.	n.d.	n.d.
Ba	381	463	516	402	589	438	505	445	809
Cr	14	11	11	12	5	10	10	10	6
Cu	4	<4	<4	<4	n.d.	9	n.d.	<4	<4
Ga	18	17	17	18	18	18	19	17	16
Nb	12	13	12	12	10	12	12	12	9
Ni	8	6	7	9	4	6	5	7	4
Pb	24	18	24	24	20	18	21	24	28
Rb	126	111	111	107	103	110	134	111	126
S	34	26	4	11	7	15	<3	<3	n.d.
Sr	216	237	240	235	253	223	209	233	222
Th	10	14	7	9	11	8	11	6	15
V	35	43	36	33	30	42	35	34	20
Y	21	18	14	16	13	15	14	13	10
Zn	55	73	52	54	53	61	62	50	40
Zr	112	140	114	110	109	135	136	103	110
M.S. ± STD								0.09 ± 0.02 ⁵	
N.								12	
Sample No.	02033105 ⁵	13011506	10071701	06022701 ²	13011502	10112205 ⁵	10112202	05042306	14022507
SiO ₂ (wt.%)	71.34	71.37	71.80	71.83	71.90	72.04	72.58	72.69	72.81
TiO ₂	0.28	0.36	0.30	0.28	0.31	0.26	0.24	0.23	0.24
Al ₂ O ₃	14.70	14.94	14.24	14.17	14.61	14.26	14.05	14.31	14.63
Fe ₂ O ₃ *	2.48	2.65	2.31	2.20	2.74	2.01	1.80	1.87	1.73
MnO	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.05	0.04	0.06	0.05
MgO	0.59	0.80	0.69	0.66	0.68	0.58	0.50	0.55	0.48
CaO	2.32	2.44	2.03	2.48	2.25	2.03	1.72	1.74	1.72
Na ₂ O	3.60	3.69	3.21	3.61	3.48	3.47	3.34	3.64	3.40
K ₂ O	3.75	3.22	4.30	3.28	3.96	3.95	4.39	4.15	4.25
P ₂ O ₅	0.09	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.02	0.06	0.03
L.O.I.	0.46	0.50	0.40	0.49	0.40	0.45	0.45	0.48	0.84
Total	99.66	100.10	99.39	99.12	100.44	99.14	99.13	99.78	100.18
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<4	n.d.	<4
Ba	582	507	503	328	642	506	649	411	444
Cr	5	9	6	10	9	9	6	8	7
Cu	<4	<4	n.d.	<4	<4	<4	<4	n.d.	<4
Ga	19	18	18	17	18	19	18	19	18
Nb	10	12	10	12	11	10	11	12	15
Ni	5	7	5	8	5	5	5	6	6
Pb	23	20	22	25	21	24	25	28	29
Rb	131	132	128	111	139	144	142	158	165
S	22	n.d.	4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	21
Sr	222	236	195	198	213	189	177	164	174
Th	14	13	12	8	11	10	18	10	20
V	18	34	31	32	27	22	20	24	13
Y	10	15	13	16	14	13	14	14	16
Zn	54	65	58	49	49	43	46	49	50
Zr	131	144	117	121	113	116	167	66	102
M.S. ± STD	0.15 ± 0.01 ⁵			0.13 ± 0.02 ⁵					
N.	17			13					

Table 2. (Continued)

Sample No.	05031603 ²	13042706	14060707	14052402
SiO ₂ (wt.%)	73.26	73.53	74.01	74.14
TiO ₂	0.20	0.27	0.17	0.24
Al ₂ O ₃	13.76	13.64	14.14	13.78
Fe ₂ O ₃ *	1.58	2.52	1.59	1.81
MnO	0.05	0.06	0.04	0.04
MgO	0.51	0.71	0.39	0.52
CaO	1.73	2.29	1.81	2.04
Na ₂ O	3.24	3.40	3.53	3.24
K ₂ O	4.47	3.24	3.81	3.80
P ₂ O ₅	0.04	0.03	0.00	0.02
L.O.I.	0.42	0.42	0.57	0.46
Total	99.26	100.11	100.06	100.09
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	<4
Ba	495	316	363	630
Cr	9	7	8	6
Cu	<4	50	<4	<4
Ga	16	14	17	17
Nb	7	10	15	12
Ni	7	4	7	7
Pb	24	19	27	21
Rb	143	124	119	105
S	3	101	18	10
Sr	173	152	164	215
Th	10	14	6	15
V	23	29	14	27
Y	10	21	16	16
Zn	37	50	30	39
Zr	100	104	73	105
M.S. ± STD	0.09 ± 0.02 ⁵	0.09 ± 0.02	0.07 ± 0.01	
N.	12	16	17	

Table 3. Whole-rock chemical compositions and magnetic susceptibility for low-Sr group of the Soeda Granodiorite.

Sample No.	12110902	07112402 ¹	09112704	KII-27 ²	07022001	09112702	06112402 ²	09112701	10022703 ⁵
SiO ₂ (wt.%)	63.37	63.84	63.89	63.99	64.57	64.59	64.61	64.80	64.96
TiO ₂	0.55	0.58	0.57	0.57	0.52	0.51	0.59	0.53	0.53
Al ₂ O ₃	17.23	16.10	16.20	16.89	16.33	16.22	16.31	16.02	16.11
Fe ₂ O ₃ *	5.03	5.53	5.36	4.55	5.02	4.85	5.34	5.02	5.14
MnO	0.11	0.12	0.11	0.09	0.11	0.10	0.10	0.11	0.10
MgO	1.64	1.62	1.70	1.34	1.54	1.54	1.67	1.58	1.50
CaO	3.60	4.38	4.21	4.00	4.53	4.20	4.37	4.07	4.09
Na ₂ O	3.86	3.19	3.31	3.77	3.28	3.28	3.39	3.29	3.30
K ₂ O	3.14	2.58	2.68	3.01	2.42	2.66	2.39	2.73	2.51
P ₂ O ₅	0.12	0.13	0.11	0.14	0.12	0.11	0.13	0.10	0.13
L.O.I.	1.59	1.75	0.95	0.74	1.44	0.93	0.66	0.88	0.96
Total	100.24	99.82	99.09	99.09	99.88	98.99	99.56	99.13	99.33
As (ppm)	<4	<4	<4	<4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ba	560	416	437	394	415	443	396	440	415
Cr	10	9	9	7	7	9	8	9	6
Cu	38	14	4	n.d.	13	5	9	9	<4
Ga	19	17	18	21	17	18	18	17	18
Nb	18	14	14	15	13	13	14	13	14
Ni	4	<4	<4	<4	4	<4	5	<4	<4
Pb	15	16	13	14	15	14	15	13	14
Rb	120	95	100	131	84	93	111	102	90
S	1333	195	195	50	261	154	114	195	21
Sr	275	249	239	271	268	245	261	234	257
Th	7	8	15	17	9	10	11	8	13
V	59	49	76	52	68	73	72	67	58
Y	21	20	22	24	20	21	20	20	21
Zn	87	72	77	73	72	71	77	77	73
Zr	172	155	142	226	126	146	142	121	153

Sample No.	07072301 ²	12032907 ³	08072103 ⁵	07050101	07060404	13013002	12032205	12032901	05031606 ²
SiO ₂ (wt.%)	65.01	65.08	65.13	65.17	65.21	65.21	65.24	65.35	65.35
TiO ₂	0.52	0.52	0.52	0.52	0.58	0.55	0.57	0.54	0.64
Al ₂ O ₃	16.08	16.43	15.95	15.89	16.29	16.11	16.49	16.40	15.82
Fe ₂ O ₃ *	4.98	5.06	4.91	4.90	5.06	5.22	5.23	5.17	4.95
MnO	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11
MgO	1.56	1.65	1.58	1.42	1.35	1.73	1.61	1.62	1.59
CaO	4.18	4.09	3.86	4.42	3.60	4.22	4.24	4.22	4.16
Na ₂ O	3.32	3.46	3.23	3.19	3.35	3.19	3.30	3.44	3.87
K ₂ O	2.59	2.43	2.61	2.52	2.77	2.50	2.39	2.41	1.86
P ₂ O ₅	0.12	0.11	0.11	0.12	0.14	0.11	0.11	0.11	0.17
L.O.I.	0.60	0.92	1.40	1.44	1.94	1.06	0.86	0.65	0.90
Total	99.07	99.85	99.04	99.69	100.39	100.01	100.15	100.02	99.42
As (ppm)	<4	<4	n.d.	n.d.	<4	n.d.	n.d.	<4	<4
Ba	436	443	432	424	419	411	406	373	287
Cr	8	10	4	10	9	7	8	8	11
Cu	<4	5	<4	9	7	6	<4	<4	n.d.
Ga	19	18	17	17	18	16	19	18	20
Nb	13	13	12	12	15	13	14	13	16
Ni	<4	<4	<4	4	4	<4	<4	<4	5
Pb	17	12	13	16	16	14	13	12	14
Rb	103	87	88	93	113	88	91	98	83
S	99	310	47	807	174	123	57	101	64
Sr	258	267	272	257	245	248	253	245	289
Th	10	<4	16	4	11	8	8	13	12
V	67	68	68	61	70	71	69	68	65
Y	19	21	23	20	19	22	20	23	24
Zn	74	73	67	70	74	74	74	73	95
Zr	140	151	121	135	163	138	148	154	173
M.S. ± STD						0.20 ± 0.03 ⁵			0.16 ± 0.02 ⁵
N.						14			11

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

M.S.: magnetic susceptibility (x 10⁻³ SI unit); STD: standard deviation; N.: number of measurement.

¹: Takamoto et al.(2005); ²: Yuhara et al.(2011); ³: Yuhara and Masaki(2013); ⁴: Yuhara et al.(2013); ⁵: Yuhara et al.(2014a).

Table 3. (Continued)

Sample No.	07072210	06102703 ²	06102706	12032202	14012901	12032201	10112007	13013001	07111603 ⁵
SiO ₂ (wt.%)	65.42	65.45	65.52	65.57	65.75	65.82	65.92	65.93	66.32
TiO ₂	0.70	0.50	0.52	0.52	0.49	0.52	0.57	0.51	0.47
Al ₂ O ₃	15.03	16.26	16.18	16.26	16.55	16.38	15.78	16.01	15.86
Fe ₂ O ₃ *	5.22	4.71	4.91	5.04	4.76	4.94	4.50	4.95	4.61
MnO	0.10	0.11	0.10	0.11	0.10	0.11	0.07	0.11	0.10
MgO	1.67	1.33	1.49	1.53	1.50	1.51	1.43	1.60	1.29
CaO	3.72	3.61	4.22	4.12	4.12	4.15	3.46	4.13	3.56
Na ₂ O	3.24	3.61	3.38	3.35	3.45	3.33	3.62	3.23	3.41
K ₂ O	2.87	2.75	2.54	2.78	2.22	2.64	3.01	2.66	2.66
P ₂ O ₅	0.16	0.13	0.14	0.10	0.09	0.11	0.13	0.10	0.12
L.O.I.	0.80	1.20	0.70	0.67	1.02	0.78	0.59	0.89	1.03
Total	98.93	99.66	99.70	100.05	100.05	100.29	99.08	100.12	99.43
As (ppm)	<4	n.d.	<4	<4	<4	<4	<4	n.d.	<4
Ba	497	422	412	447	414	470	539	418	503
Cr	9	10	7	8	8	6	17	6	10
Cu	8	<4	<4	<4	8	7	30	4	7
Ga	20	18	17	18	19	18	21	17	18
Nb	16	17	14	14	13	15	14	13	15
Ni	5	4	5	<4	6	5	9	4	<4
Pb	12	17	15	17	14	14	13	15	16
Rb	106	103	91	99	88	93	121	92	95
S	182	151	13	21	278	30	143	109	195
Sr	288	241	258	235	262	256	237	238	249
Th	11	12	8	4	12	8	14	4	11
V	71	55	62	70	64	59	66	66	49
Y	16	23	21	23	20	19	22	22	20
Zn	94	74	72	71	69	71	72	68	72
Zr	186	148	148	134	139	142	254	137	155
M.S. ± STD					0.16 ± 0.02 ⁵			0.18 ± 0.02 ⁵	
N.					15			14	
Sample No.	10022701 ⁵	12110101	13013006	12110901	14012103	12110907	01110203	07112408 ⁵	09112707
SiO ₂ (wt.%)	66.34	66.36	66.37	66.39	66.39	66.44	66.46	66.50	66.54
TiO ₂	0.46	0.48	0.51	0.50	0.51	0.60	0.48	0.46	0.43
Al ₂ O ₃	16.15	16.40	16.19	16.08	16.27	16.29	16.26	15.67	15.89
Fe ₂ O ₃ *	4.36	4.64	4.84	4.77	4.59	4.52	4.30	4.38	4.20
MnO	0.09	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
MgO	1.26	1.46	1.52	1.49	1.15	1.10	1.23	1.34	1.18
CaO	4.10	4.06	4.09	4.19	3.33	3.46	3.11	3.16	3.51
Na ₂ O	3.53	3.36	3.26	3.26	3.58	3.23	3.60	3.30	3.37
K ₂ O	2.20	2.61	2.65	2.41	2.61	2.80	2.49	3.16	3.01
P ₂ O ₅	0.10	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12	0.11	0.10
L.O.I.	0.91	0.77	0.77	0.82	1.47	1.19	1.25	1.91	0.97
Total	99.50	100.33	100.40	100.11	100.1	99.83	99.39	100.08	99.29
As (ppm)	<4	<4	<4	n.d.	n.d.	n.d.	<4	<4	<4
Ba	365	429	442	426	361	490	391	452	491
Cr	9	8	6	6	9	9	8	6	9
Cu	<4	5	4	4	<4	11	<4	7	<4
Ga	18	17	16	17	19	18	18	16	17
Nb	13	12	14	13	16	15	14	12	14
Ni	4	<4	4	4	6	5	5	6	4
Pb	14	15	14	14	15	15	17	19	16
Rb	80	93	94	89	99	93	89	101	99
S	8	82	72	97	48	442	107	140	146
Sr	257	249	248	258	228	247	246	267	242
Th	8	12	12	10	11	9	10	5	7
V	45	64	62	55	54	73	47	61	44
Y	20	20	19	19	23	16	18	20	19
Zn	67	66	69	69	73	73	65	64	68
Zr	136	133	132	144	168	144	134	112	146
M.S. ± STD	0.16 ± 0.02 ⁵		0.14 ± 0.02 ⁵						
N.	12		12						

Table 3. (Continued)

Sample No.	01110201B ⁵	12110906	07022003	07102904 ⁵	10022702 ⁵	01050701	03032303 ⁵	07102906 ⁵	06102707 ⁵
SiO ₂ (wt.%)	66.53	66.57	66.61	66.63	66.65	66.69	66.79	66.84	66.90
TiO ₂	0.45	0.50	0.43	0.47	0.46	0.43	0.39	0.52	0.42
Al ₂ O ₃	16.09	15.78	15.97	15.86	16.13	15.85	15.55	15.95	15.31
Fe ₂ O ₃ *	4.41	4.85	4.35	4.22	4.10	4.19	3.77	4.05	4.16
MnO	0.10	0.10	0.10	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.09
MgO	1.23	1.52	1.18	1.16	1.15	1.19	1.07	1.25	1.29
CaO	3.71	3.93	3.76	3.48	3.59	3.61	3.26	3.72	2.92
Na ₂ O	3.56	3.24	3.39	3.51	3.52	3.44	3.36	3.62	3.44
K ₂ O	2.86	2.64	2.86	2.75	2.63	2.99	3.27	1.74	3.66
P ₂ O ₅	0.14	0.09	0.12	0.12	0.11	0.12	0.12	0.11	0.11
L.O.I.	0.53	0.87	1.30	1.33	1.10	0.54	1.64	2.12	1.84
Total	99.61	100.09	100.07	99.62	99.52	99.14	99.30	100.01	100.14
As (ppm)	n.d.	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
Ba	481	413	494	446	443	532	560	348	546
Cr	8	8	9	9	9	9	6	8	9
Cu	7	8	8	20	<4	<4	<4	7	6
Ga	17	16	17	18	18	17	16	18	16
Nb	15	13	13	16	14	14	13	12	11
Ni	5	4	4	5	4	5	4	6	6
Pb	18	15	17	15	15	17	18	14	17
Rb	106	94	101	109	87	103	120	77	126
S	44	85	127	546	48	84	250	241	133
Sr	240	241	261	245	249	243	243	263	218
Th	14	10	8	16	13	9	11	7	6
V	48	64	49	53	50	47	42	63	54
Y	21	21	20	17	17	18	16	13	19
Zn	69	70	68	72	64	66	60	77	61
Zr	158	129	138	152	157	137	127	128	110

Sample No.	07022009	01051403	12101203	15022504	07021904	12101206	05031604 ²	01110202 ²	12100505
SiO ₂ (wt.%)	66.93	66.96	66.99	67.00	67.04	67.12	67.12	67.17	67.20
TiO ₂	0.43	0.44	0.46	0.49	0.43	0.46	0.42	0.43	0.43
Al ₂ O ₃	15.81	15.78	16.06	15.31	16.05	16.01	15.83	15.64	16.17
Fe ₂ O ₃ *	4.19	4.19	4.48	3.91	4.30	4.33	4.11	4.21	4.10
MnO	0.09	0.09	0.10	0.09	0.10	0.09	0.10	0.10	0.09
MgO	1.21	1.22	1.30	1.25	1.26	1.23	1.20	1.21	1.20
CaO	3.40	3.65	3.70	3.20	3.78	3.75	3.81	3.65	3.68
Na ₂ O	3.59	3.61	3.41	3.40	3.55	3.58	3.76	3.51	3.60
K ₂ O	2.64	2.40	2.72	3.54	2.59	2.47	2.36	2.68	2.31
P ₂ O ₅	0.11	0.12	0.10	0.15	0.11	0.10	0.11	0.12	0.10
L.O.I.	1.62	0.78	0.86	0.69	0.94	0.77	0.54	0.73	1.31
Total	100.02	99.24	100.18	99.03	100.15	99.91	99.36	99.45	100.19
As (ppm)	<4	<4	<4	<4	41	<4	n.d.	n.d.	<4
Ba	405	377	420	542	394	387	348	422	418
Cr	8	8	7	16	10	9	8	10	7
Cu	4	13	6	8	4	10	n.d.	9	<4
Ga	17	17	17	19	17	17	17	17	18
Nb	14	15	15	15	14	17	13	15	14
Ni	6	5	<4	7	<4	<4	<4	5	<4
Pb	17	16	15	19	16	15	18	17	14
Rb	98	105	108	120	88	102	101	103	84
S	72	243	137	60	89	133	14	347	68
Sr	261	251	237	262	243	240	227	237	252
Th	7	8	11	11	8	17	10	7	8
V	49	48	52	53	47	46	48	45	48
Y	21	17	20	19	23	17	18	19	16
Zn	66	65	71	75	64	68	66	66	64
Zr	140	136	143	147	143	140	130	145	144

M.S. ± STD

0.16 ± 0.02⁵

0.14 ± 0.01⁵

N.

18

12

Table 3. (Continued)

Sample No.	09121301	06102708 ⁵	05031501 ²	09112706 ²	14012102	01050702	01110201A ⁵	07022002	01110102 ⁵	
SiO ₂ (wt.%)	67.21	67.26	67.28	67.41	67.42	67.46	67.48	67.50	67.59	
TiO ₂	0.47	0.45	0.54	0.43	0.47	0.40	0.42	0.44	0.47	
Al ₂ O ₃	15.79	15.86	15.25	15.51	15.76	15.61	15.76	15.98	15.61	
Fe ₂ O ₃ *	3.98	4.28	4.10	4.17	4.75	3.95	4.12	3.96	4.37	
MnO	0.08	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	
MgO	1.21	1.29	1.28	1.20	1.27	1.13	1.15	1.03	1.24	
CaO	3.68	3.76	3.21	3.50	3.11	3.56	3.73	3.12	3.46	
Na ₂ O	3.38	3.51	3.45	3.38	3.23	3.41	3.58	3.38	3.40	
K ₂ O	2.75	2.40	3.19	2.57	2.55	2.72	2.54	3.25	2.50	
P ₂ O ₅	0.10	0.11	0.15	0.10	0.10	0.11	0.13	0.12	0.14	
L.O.I.	0.66	0.90	0.63	0.95	1.71	0.80	0.54	1.11	0.96	
Total	99.31	99.91	99.17	99.31	100.47	99.24	99.54	99.98	99.83	
As (ppm)	<4	n.d.	<4	<4	n.d.	n.d.	<4	<4	n.d.	
Ba	389	345	489	459	413	491	362	423	403	
Cr	8	10	9	10	10	10	10	11	10	
Cu	<4	5	19	6	<4	<4	<4	21	<4	
Ga	18	17	18	18	18	17	17	17	17	
Nb	13	12	15	15	15	14	14	14	17	
Ni	5	5	<4	4	5	4	<4	6	5	
Pb	16	16	18	15	15	18	17	18	15	
Rb	101	85	121	88	89	94	97	110	91	
S	22	125	1047	420	40	163	33	231	103	
Sr	234	245	268	244	240	243	237	238	234	
Th	14	<4	13	8	11	13	11	11	8	
V	51	50	53	43	49	41	46	43	50	
Y	21	15	20	17	21	18	21	17	19	
Zn	66	65	85	66	70	64	64	73	70	
Zr	135	133	150	143	160	135	150	148	143	
M.S. ± STD			0.18 ± 0.02 ⁵							
N.			14							
Sample No.	09112708 ⁵	01110101 ⁵	07022007	01110207	15022503	07021903	12101207	13011508	07021901 ²	
SiO ₂ (wt.%)	67.60	67.72	67.79	67.83	67.83	67.86	67.87	67.91	67.94	
TiO ₂	0.41	0.43	0.43	0.43	0.47	0.42	0.43	0.41	0.41	
Al ₂ O ₃	15.44	15.71	15.66	15.95	15.07	15.65	15.71	15.83	15.77	
Fe ₂ O ₃ *	4.04	3.81	4.13	3.73	3.70	4.17	4.25	3.71	4.03	
MnO	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.10	0.09	0.08	0.09	
MgO	1.17	1.01	1.22	1.06	1.19	1.19	1.24	1.08	1.15	
CaO	3.45	3.19	2.99	3.22	3.14	3.46	3.42	3.20	3.25	
Na ₂ O	3.38	3.36	3.51	3.49	3.43	3.47	3.34	3.96	3.59	
K ₂ O	2.52	2.91	2.77	2.64	3.24	2.80	2.78	3.12	2.75	
P ₂ O ₅	0.09	0.13	0.11	0.13	0.14	0.10	0.09	0.07	0.11	
L.O.I.	1.35	1.19	1.29	1.23	0.64	0.81	1.19	0.50	0.92	
Total	99.54	99.55	99.99	99.79	98.93	100.03	100.41	99.87	100.01	
As (ppm)	<4	n.d.	<4	<4	n.d.	<4	<4	<4	<4	
Ba	411	482	448	441	477	424	441	422	406	
Cr	5	11	9	9	12	10	12	7	9	
Cu	4	7	5	<4	7	14	<4	<4	<4	
Ga	17	17	17	17	19	17	16	19	17	
Nb	14	15	15	15	13	14	14	12	14	
Ni	5	6	4	<4	7	4	6	<4	5	
Pb	15	19	18	18	18	17	15	15	18	
Rb	83	101	93	83	115	104	95	131	98	
S	99	72	52	103	97	497	96	n.d.	38	
Sr	248	231	248	249	256	234	230	200	237	
Th	12	9	11	7	9	8	11	16	9	
V	45	45	44	43	49	49	47	43	41	
Y	19	16	18	13	17	22	21	25	18	
Zn	64	61	69	62	70	67	66	72	63	
Zr	132	147	155	145	136	122	133	140	142	
M.S. ± STD					0.19 ± 0.02 ⁵					
N.					16					

Table 3. (Continued)

Sample No.	01120201 ⁵	07102903 ⁵	12101209	06102701 ⁵	14060702	12100501	14012902	10022704	01100702 ²
SiO ₂ (wt.%)	67.95	67.99	68.01	68.03	68.29	68.41	68.42	68.83	69.08
TiO ₂	0.40	0.41	0.44	0.42	0.44	0.44	0.40	0.48	0.39
Al ₂ O ₃	15.37	15.58	15.67	15.15	15.68	15.63	15.66	15.79	14.90
Fe ₂ O ₃ *	3.96	3.99	4.29	4.03	4.33	4.19	3.99	2.92	3.67
MnO	0.09	0.09	0.10	0.09	0.10	0.09	0.09	0.06	0.08
MgO	1.15	1.18	1.26	1.23	1.23	1.27	1.14	0.73	1.07
CaO	3.34	3.25	3.37	3.26	3.74	3.13	3.48	2.81	3.22
Na ₂ O	3.39	3.52	3.38	3.23	3.81	3.06	3.49	3.37	3.19
K ₂ O	2.90	2.76	2.89	3.36	1.64	3.10	2.65	2.56	3.00
P ₂ O ₅	0.13	0.11	0.09	0.10	0.09	0.09	0.08	0.12	0.10
L.O.I.	0.87	1.03	0.77	0.78	0.57	0.87	0.59	1.90	0.80
Total	99.55	99.91	100.27	99.68	99.92	100.28	99.99	99.57	99.50
As (ppm)	<4	n.d.	<4	n.d.	n.d.	<4	n.d.	n.d.	n.d.
Ba	453	420	459	493	208	571	423	421	442
Cr	9	8	5	10	10	6	8	11	10
Cu	<4	31	n.d.	7	n.d.	20	20	4	5
Ga	16	17	16	16	19	17	17	19	15
Nb	14	14	15	13	15	13	14	15	13
Ni	5	4	4	4	7	<4	5	4	5
Pb	18	17	16	20	14	13	15	15	20
Rb	105	105	108	103	113	100	95	91	102
S	147	234	58	38	n.d.	417	149	96	98
Sr	227	246	228	213	216	223	236	238	223
Th	13	9	11	5	8	12	15	10	10
V	42	44	47	47	46	51	46	47	45
Y	20	18	24	20	16	16	22	17	17
Zn	65	63	68	63	84	70	62	49	57
Zr	138	145	151	120	133	130	147	160	132
M.S. ± STD							0.16 ± 0.01 ⁵		
N.							15		
Sample No.	13080808	13092007	13080809	13062903	05031601 ²	12032905	13080801	12032206 ⁷	10112203
SiO ₂ (wt.%)	69.75	69.86	69.86	70.14	70.47	70.73	70.87	70.87	71.16
TiO ₂	0.36	0.38	0.35	0.38	0.30	0.34	0.36	0.33	0.29
Al ₂ O ₃	14.63	14.92	14.58	15.12	14.68	14.76	14.61	14.93	14.49
Fe ₂ O ₃ *	3.38	3.46	3.19	3.50	2.60	2.99	3.32	2.90	2.39
MnO	0.08	0.08	0.07	0.06	0.05	0.07	0.08	0.07	0.06
MgO	0.95	0.99	0.92	0.91	0.83	0.84	0.96	0.88	0.62
CaO	2.74	2.87	2.56	3.07	2.36	2.11	2.78	1.99	2.10
Na ₂ O	3.56	3.59	3.46	4.08	3.20	3.22	3.46	3.25	3.44
K ₂ O	3.30	3.16	3.68	2.00	4.14	3.99	3.23	4.06	4.09
P ₂ O ₅	0.06	0.06	0.05	0.05	0.10	0.06	0.06	0.05	0.05
L.O.I.	0.54	0.56	0.50	0.54	0.54	0.93	0.67	0.80	0.43
Total	99.35	99.93	99.22	99.85	99.27	100.04	100.40	100.13	99.12
As (ppm)	<4	<4	<4	<4	n.d.	<4	<4	n.d.	n.d.
Ba	359	380	441	282	507	415	361	392	406
Cr	4	10	6	5	6	10	8	9	8
Cu	24	<4	4	n.d.	<4	<4	<4	<4	<4
Ga	18	19	17	18	17	18	18	18	19
Nb	13	11	12	10	12	15	12	13	13
Ni	4	6	4	5	4	6	7	6	6
Pb	17	16	18	13	21	21	16	24	24
Rb	137	118	135	102	133	176	124	167	137
S	141	<3	31	5	7	37	9	22	20
Sr	179	196	177	213	199	161	183	173	173
Th	15	15	12	14	11	30	13	26	14
V	39	42	39	35	35	40	41	33	28
Y	24	23	22	17	15	21	23	22	16
Zn	70	61	57	61	64	60	58	56	55
Zr	132	127	113	159	99	134	122	118	116
M.S. ± STD					0.09 ± 0.01 ⁵				
N.					11				

Table 3. (Continued)

Sample No.	13022604	12032207	12032904
SiO ₂ (wt.%)	71.94	72.44	72.49
TiO ₂	0.31	0.27	0.27
Al ₂ O ₃	14.48	14.34	14.27
Fe ₂ O ₃ *	3.27	2.41	2.35
MnO	0.05	0.07	0.07
MgO	0.59	0.71	0.55
CaO	1.86	1.59	1.80
Na ₂ O	3.42	3.18	3.05
K ₂ O	3.95	4.33	4.00
P ₂ O ₅	0.05	0.03	0.04
L.O.I.	0.50	0.75	1.41
Total	100.42	100.12	100.30
As (ppm)	n.d.	<4	<4
Ba	371	409	391
Cr	8	5	9
Cu	n.d.	<4	n.d.
Ga	20	18	18
Nb	19	13	15
Ni	5	6	6
Pb	23	27	26
Rb	137	182	145
S	n.d.	n.d.	41
Sr	164	142	146
Th	13	30	27
V	23	25	27
Y	14	20	20
Zn	95	52	51
Zr	132	114	113
M.S. ± STD	0.15 ± 0.03		
N.	13		

Table 4. Whole-rock chemical compositions and magnetic susceptibility for hornblende porphyritic facies of the Soeda Granodiorite.

Sample No.	06052104 ³	07072306	02033101 ²	10081706 ³	05021704 ³	10082802 ³	10050801 ³	10071013 ³
SiO ₂ (wt.%)	65.45	65.93	66.02	66.20	66.26	66.79	66.95	67.14
TiO ₂	0.50	0.45	0.50	0.48	0.49	0.47	0.49	0.46
Al ₂ O ₃	16.34	15.77	16.19	15.98	15.83	15.82	15.52	15.55
Fe ₂ O ₃ *	5.19	4.40	4.83	4.74	4.67	4.35	4.65	4.48
MnO	0.10	0.10	0.11	0.11	0.09	0.09	0.10	0.10
MgO	1.56	1.39	1.39	1.52	1.48	1.34	1.46	1.40
CaO	4.60	4.02	3.86	4.01	4.15	3.80	3.95	3.88
Na ₂ O	3.76	3.20	3.88	3.46	3.57	3.32	3.35	3.25
K ₂ O	1.75	2.74	2.00	2.43	2.07	2.87	2.51	2.81
P ₂ O ₅	0.12	0.10	0.14	0.10	0.12	0.10	0.10	0.09
L.O.I.	0.43	0.77	0.59	0.51	0.94	0.40	0.45	0.43
Total	99.80	98.87	99.51	99.54	99.67	99.35	99.53	99.59
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ba	185	514	229	319	294	566	405	428
Cr	10	12	7	13	10	12	10	13
Cu	<4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ga	18	17	20	17	17	17	17	18
Nb	13	11	16	12	12	13	12	12
Ni	4	4	<4	4	4	4	4	5
Pb	12	16	16	17	15	16	15	18
Rb	86	89	116	94	89	95	96	98
S	26	38	21	51	31	26	33	42
Sr	277	252	231	223	257	251	235	234
Th	12	5	15	8	8	9	17	10
V	64	58	57	62	60	55	59	59
Y	22	19	17	25	15	16	21	22
Zn	77	64	80	71	71	67	67	67
Zr	128	122	157	130	133	139	135	129
M.S. ± STD						0.17 ± 0.04 ⁵	0.21 ± 0.04 ⁵	0.21 ± 0.03 ⁵
N.						22	16	16
Sample No.	10110405 ³	06052101a	10082801 ³	10101808 ³	10071011 ³	05021804	14012104	10092309 ³
SiO ₂ (wt.%)	67.18	67.37	67.11	67.40	67.43	67.68	67.71	68.46
TiO ₂	0.48	0.45	0.48	0.42	0.46	0.48	0.47	0.46
Al ₂ O ₃	15.80	15.86	15.83	15.96	15.53	15.00	15.71	15.29
Fe ₂ O ₃ *	4.54	4.53	4.60	3.90	4.31	4.38	4.47	4.31
MnO	0.10	0.09	0.10	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09
MgO	1.44	1.32	1.39	1.24	1.35	1.37	1.32	1.36
CaO	4.12	4.24	4.11	3.77	3.80	3.62	3.90	3.80
Na ₂ O	3.48	3.74	3.69	3.42	3.30	3.13	3.31	3.36
K ₂ O	2.06	1.63	1.77	2.83	2.69	2.83	2.37	2.27
P ₂ O ₅	0.10	0.10	0.09	0.08	0.09	0.11	0.08	0.09
L.O.I.	0.47	0.51	0.40	0.46	0.38	0.55	0.69	0.40
Total	99.77	99.84	99.57	99.56	99.43	99.24	100.12	99.89
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	<4	n.d.	n.d.	<4	n.d.
Ba	331	170	201	410	540	518	395	440
Cr	13	10	13	10	10	10	8	12
Cu	n.d.	<4	n.d.	n.d.	n.d.	1	n.d.	<4
Ga	18	17	18	17	17	16	17	16
Nb	11	12	12	11	11	11	13	11
Ni	5	5	4	<4	4	6	4	<4
Pb	13	14	12	18	16	17	13	14
Rb	83	87	83	95	95	99	82	87
S	48	14	20	15	24	67	27	32
Sr	251	275	254	246	252	244	254	254
Th	13	7	8	12	8	9	15	7
V	60	55	58	53	54	54	54	55
Y	17	17	16	17	16	13	17	15
Zn	68	70	73	57	66	69	66	67
Zr	131	119	130	117	129	127	123	123
M.S. ± STD					0.19 ± 0.03			0.20 ± 0.03 ⁵
N.					10			10

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

M.S.: magnetic susceptibility (x 10⁻³ SI unit); STD: standard deviation; N.: number of measurement.

¹: Takamoto et al.(2005); ²: Yuhara et al.(2011); ³: Yuhara and Masaki(2013); ⁴: Yuhara et al.(2013); ⁵: Yuhara et al.(2014a).

ないが、高 Sr グループの配列は、高 Sr 花崗岩類に属するとされる、北部九州白亜紀花崗岩類分布域の中～西部に分布する北崎トータル岩や添田花崗閃緑岩の約 10 km 北東方に分布する香春花崗閃緑岩の組成 (井沢ほか, 1990, 1994) に連続するように見える。以上のことから、高 Sr グループは高 Sr 花崗岩類に属すると言える。これに対し、低 Sr グループは、低 Sr 花崗岩類の組成領域内にあり、低 Sr 花崗岩類に属すると言える。したがって、添田花崗閃緑岩は、高 Sr 花崗岩類に属する系列の岩石と低 Sr 花崗岩類に属する系列の岩石から構成されていると考えられる。

主成分元素ならびに微量元素の変化図 (Fig.6) では、高 Sr グループと低 Sr グループの変化傾向は類似する元素が多く、SiO₂ 含有量の増加とともに、TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃*, MgO, CaO, Sr, V, Y, Zn, Zr 含有量は減少し、Na₂O 含有量はほぼ一定、K₂O, Rb 含有量は増加する傾向にある。Ba 含有量はばらつくもののほぼ一定であるが、高 Sr グループは高 SiO₂ 含有量側でばらつきが大きくなる。高 Sr グループの Cr 含有量はわずかに減少するが、低 Sr グループのそれはそれらよりもやや低く、ほぼ一定である。さらに、モード組成においては、高 Sr グループがトータル岩から花崗岩組成を示すのに対し、低 Sr グループはトータル岩から花崗閃緑岩組成と、やや狭い組成範囲を示すが、両者の組成は重複している (Fig.2)。添田花崗閃緑岩の主成分鉱物は斜長石、石英、カリ長石、黒雲母および普通角閃石であることから、全岩化学組成の変化は、主として斜長石、カリ長石、黒雲母、普通角閃石の分別によって説明が可能である。Rb-Sr 図 (Fig.7) では、高 Sr グループと低 Sr グループは、Sr 含有量の減少とともに Rb 含有量が増加する左上方へ

の変化トレンドを示すが、SiO₂ 含有量の変化に対する Sr 含有量の変化トレンド (Fig.5) と同様に、途中で変化トレンドの傾きが変わる。すなわち、Rb 含有量が 100 ppm 程度以下 (高 Sr グループでは Sr 含有量が 250 ppm 程度以上、低 Sr グループでは Sr 含有量が 200 ppm 程度以上) では、両グループは異なる変化トレンドを示し、低 Sr グループの傾きがやや急である。Rb 含有量が 100 ppm 程度以上では、両グループの変化トレンドの傾きはやや緩くなり、オーバーラップする。また、Ba-Rb 図 (Fig.7) では、両グループの変化トレンドはオーバーラップし、ばらつきながらも Rb 含有量の増加とともに Ba 含有量が増加する右上方への変化トレンドを示す。これらの変化トレンドは、斜長石と普通角閃石の分別結晶作用で説明可能である。Rb-Sr 図 (Fig.7) における変化トレンドの違いは、分別する斜長石と普通角閃石の量比、すなわち低 Sr グループが高 Sr グループよりも分別する普通角閃石の割合が大きかったために生じたと考えられる。分化途中で両グループのマグマの分別結晶作用は斜長石を主体としたものに移行したため、分化後半では両グループの変化トレンドの傾きが緩くなりオーバーラップしたと考えられる。

普通角閃石斑状岩相は主岩相、特に低 Sr グループの組成範囲内にあるが、CaO, Cr では高含有量域に、K₂O, Rb, Sr では低含有量域にまとまる (Fig.6)。普通角閃石斑状岩相の分布が同時性苦鉄質貫入岩周辺に限られること、普通角閃石斑状岩相の化学組成変化傾向 (特に Cr, Sr, Zn) の延長上に同時性苦鉄質貫入岩の組成が存在することから、そのような傾向は、主岩相マグマとそれに貫入した苦鉄質マグマの混合・混交によるものと考えられる (柚原・眞崎, 2013) が、

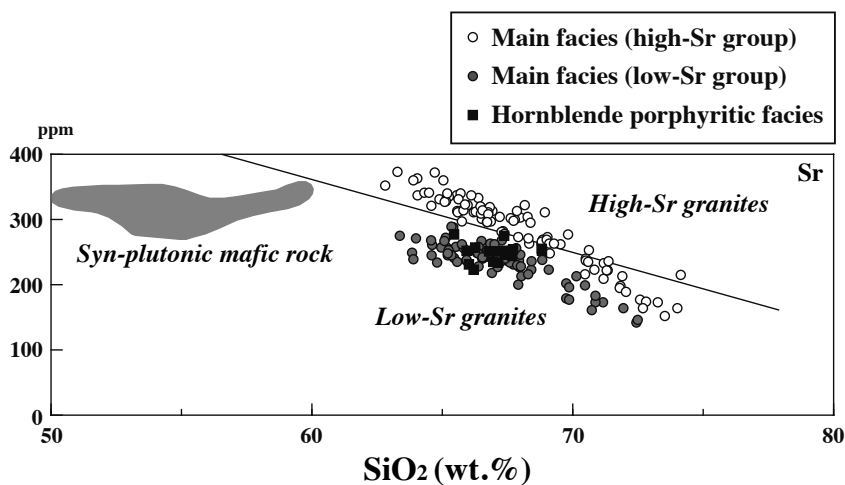


Fig.5. Sr vs. SiO₂ diagram of the Soeda Granodiorite. Data sources: Takamoto et al. (2005), Yuhara et al. (2011, 2013, 2014a), Yuhara and Masaki (2013) and this study. Boundary between high-Sr and low-Sr granites is after Izawa et al. (1990).

主岩相と普通角閃石斑状岩相の主成分ならびに微量元素組成に大きな違いは認められない。

2. 添田花崗閃緑岩の帯磁率

本研究における帯磁率の単位は、SI unit である。3.0 × 10⁻³ SI unit は、およそ 100 × 10⁻⁶ emu/g に相当する (上野, 1987; Ishihara, 1990)。添田花崗閃緑岩主

岩相の高 Sr グループの帯磁率は、0.07 ~ 0.23 × 10⁻³ SI unit であり、低 Sr グループでは 0.09 ~ 0.20 × 10⁻³ SI unit である (Tables 2, 3)。普通角閃石斑状岩相は 0.17 ~ 0.21 × 10⁻³ SI unit の帯磁率を示す (Table 4)。したがって、これらの岩相の帯磁率はオーバーラップしている。SiO₂ 含有量に対する帯磁率の変化を Fig.8 に示す。添田花崗閃緑岩は、同時性苦鉄質岩や

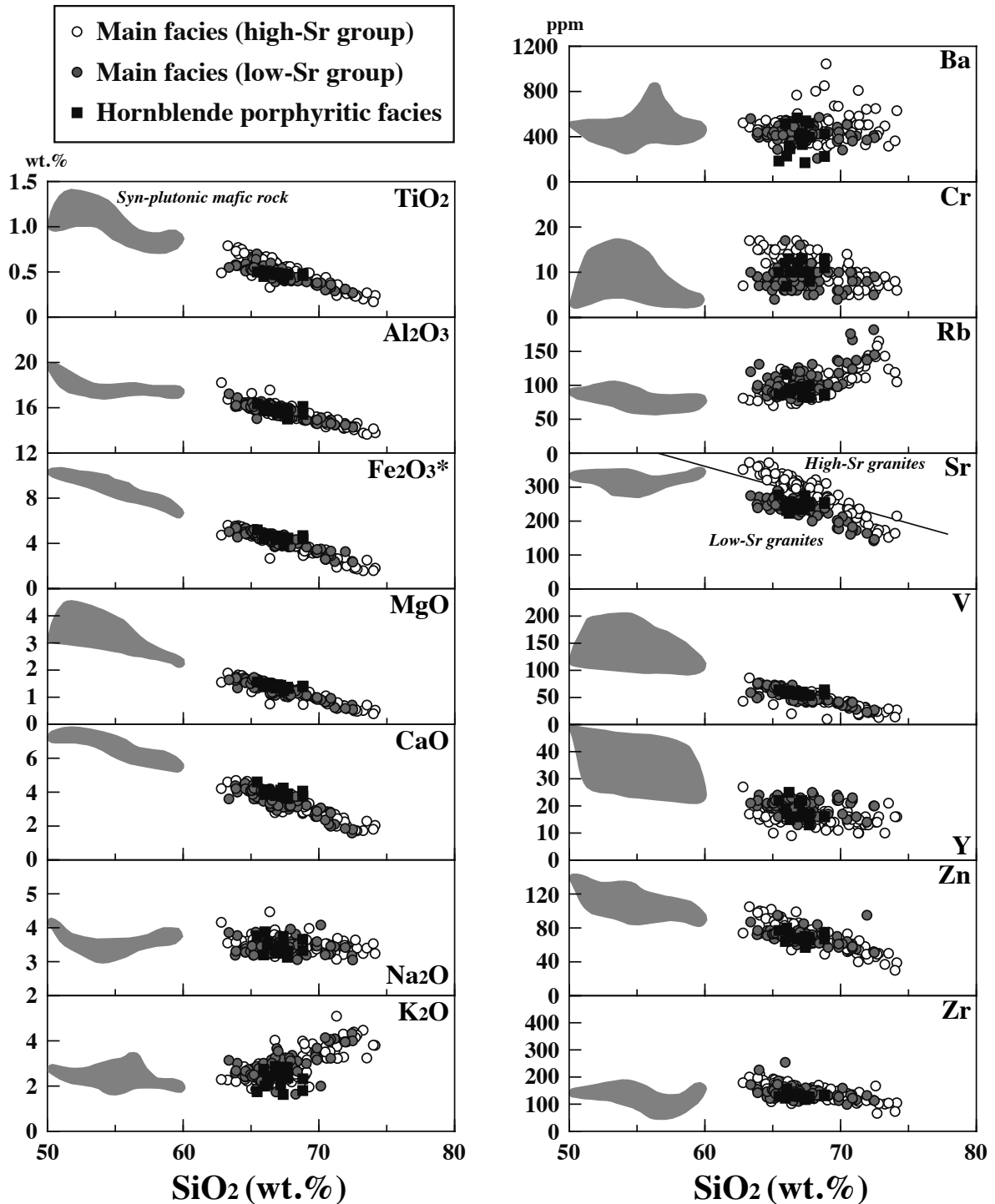


Fig.6. Whole-rock variation diagrams of the Soeda Granodiorite. Fe₂O₃* is total iron treated as Fe₂O₃. Data sources: Takamoto et al. (2005), Yuhara et al. (2011, 2013, 2014a), Yuhara and Masaki (2013) and this study.

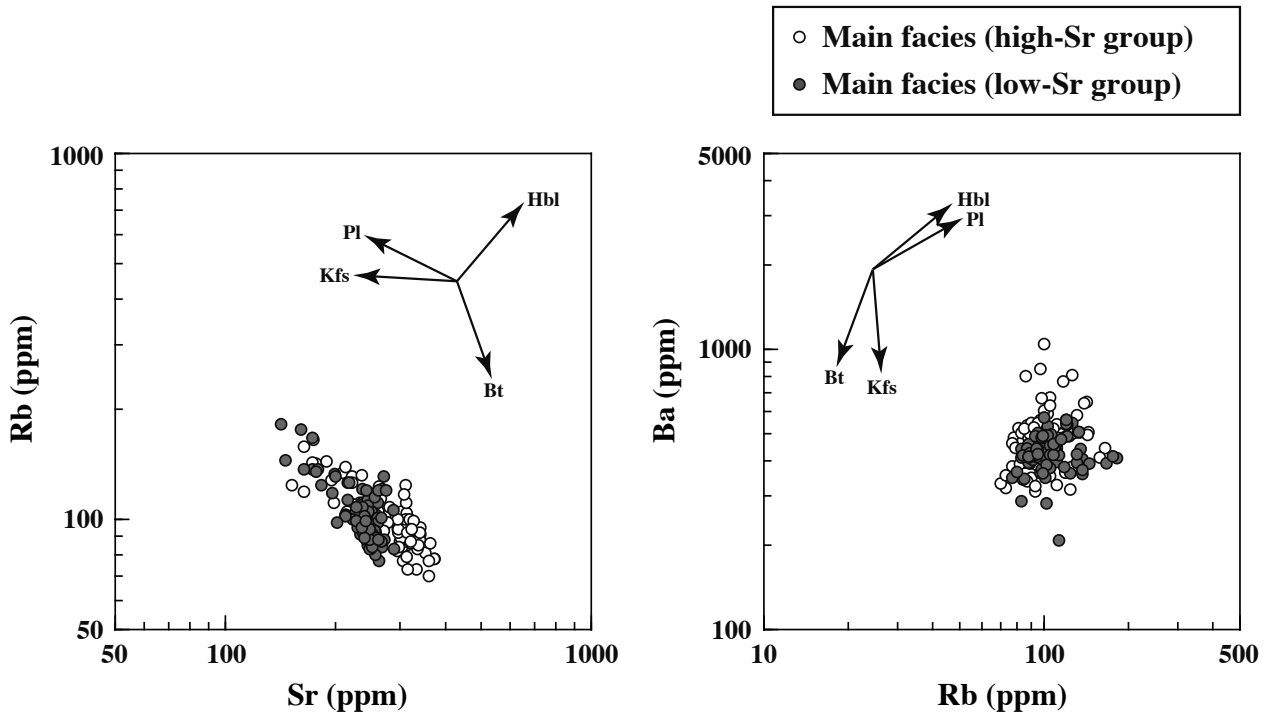


Fig.7. Rb vs. Sr and Ba vs. Rb diagrams of the Soeda Granodiorite. Vectors show the change in composition of a melt as a result of fractional crystallization of labeled minerals (Brown et al., 1981; Murata and Yoshida, 1985). Pl: plagioclase; Kfs: K-feldspar; Hbl: hornblende; Bt: biotite

細粒トータル岩 (柚原ほか, 2014a) と同様, Ishihara (1990) および Ishihara et al. (1995) によって示されたマグネタイト系列とイルメナイト系列の境界よりもはるかに低い帯磁率を示し, イルメナイト系列に分類される。

3. 高 Sr グループと低 Sr グループの成因関係

低 Sr グループの化学組成の変化傾向は, 普通角閃石斑状岩相のそれにオーバーラップするが, CaO, K₂O, Cr, Rb では若干異なり, K₂O と Rb では高含有量域に, CaO と Cr では低含有量域にまとまる (Fig.6). 低 Sr グループは岩体南西部に広く分布し, 北部にもまとまって分布するほか, 高 Sr グループが広く分布する領域内に点在する (Fig.9). さらに, 同時性苦鉄質貫入岩の分布は岩体中～北部に限られることから, 低 Sr グループの化学組成を高 Sr グループのマグマと苦鉄質マグマとの混合・混交により説明するのは難しい。しかし岩体中～北部に点在している低 Sr グループについては, 高 Sr グループマグマと苦鉄質マグマとの混合・混交によって生成された可能性は否定できない。少なくとも, 高 Sr グループと岩体南西部に広く分布する低 Sr グループは, 異なるマグマから形成され, それぞれ若干異なる結晶分別作用によって組成変化したと考えられる。両グループの分布 (Fig.9) は, 村上・藤本 (1957) による落合花崗閃緑岩と伊良

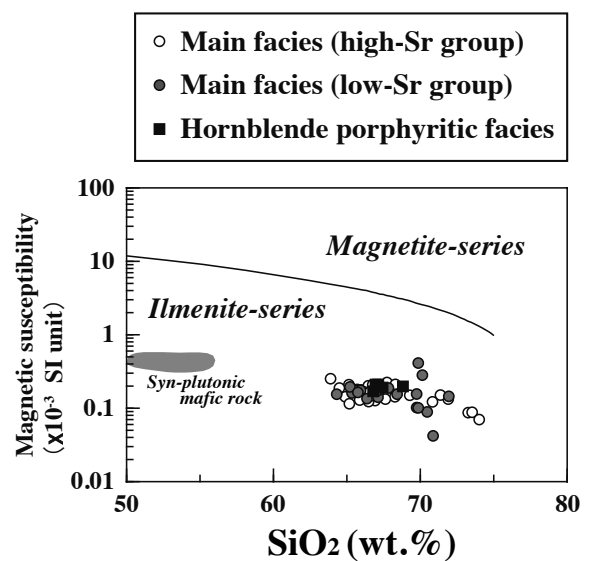


Fig.8. Magnetic susceptibility vs. SiO₂ diagram of the Soeda Granodiorite. Boundary between magnetite- and ilmenite-series is after Ishihara et al. (1995).

原花崗閃緑岩の分布に類似している。したがって, 低 Sr グループは落合花崗閃緑岩に, 高 Sr グループは伊良原花崗閃緑岩に相当するものと考えられる。村上・藤本 (1957) では, 両花崗閃緑岩の組成は極めて類似し, 直接的関係は不明であるものの, 落合花崗閃緑岩

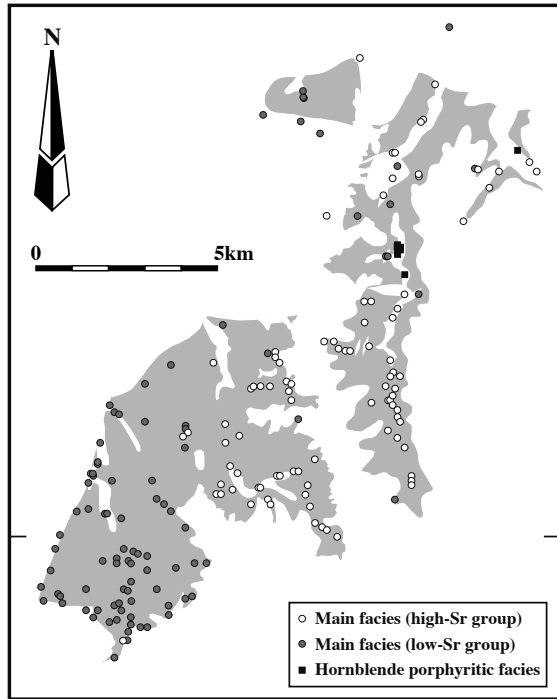


Fig.9. Distributions of each facies of the Soeda Granodiorite.

は伊良原花崗閃緑岩に比べ苦鉄質包有岩が極めて少なく、田川変成岩類に対する熱変質も極めて弱いとされる。本研究においても、岩石記載による両者の区別は難しく、モード組成も重複する (Fig.2)。さらに、野外において両グループの直接的関係は見出されていない。このため、両グループの区別は、化学組成に基づいて行う必要がある。しかし、岩石記載から検討すると、斑状組織を呈する岩石の多くが、岩体南西部の低 Sr グループ分布域に広く認められることから、低 Sr グループを形成したマグマと高 Sr グループを形成したマグマの貫入時には、それぞれのマグマの規模や貫入母岩の温度・圧力条件が異なっており、低 Sr グループのマグマがより速く冷却したと考えられる。さらに、添田花崗閃緑岩の南西方に分布する杷木花崗閃緑岩 (Fig.1b) の岩相、全岩化学組成および帯磁率が低 Sr グループに類似する (柚原ほか, 2014b) ことから、低 Sr グループと杷木花崗閃緑岩が同一のマグマを起源としている可能性がある。したがって、柚原ほか (2014a) でも指摘されているように、杷木花崗閃緑岩のより詳細な岩石学的・岩石化学的検討と、添田・杷木両花崗閃緑岩体の年代測定および同位体比組成の検討を進め、両岩体を形成したマグマの成因関係を明らかにする必要がある。

謝 辞

立正大学地球環境学部の川野良信教授には、査読をしていただき、有益な助言をいただいた。福岡大学理学部地球圏科学科の田上 響博士には、原稿の校閲をしていただいた。記して感謝の意を表します。

文 献

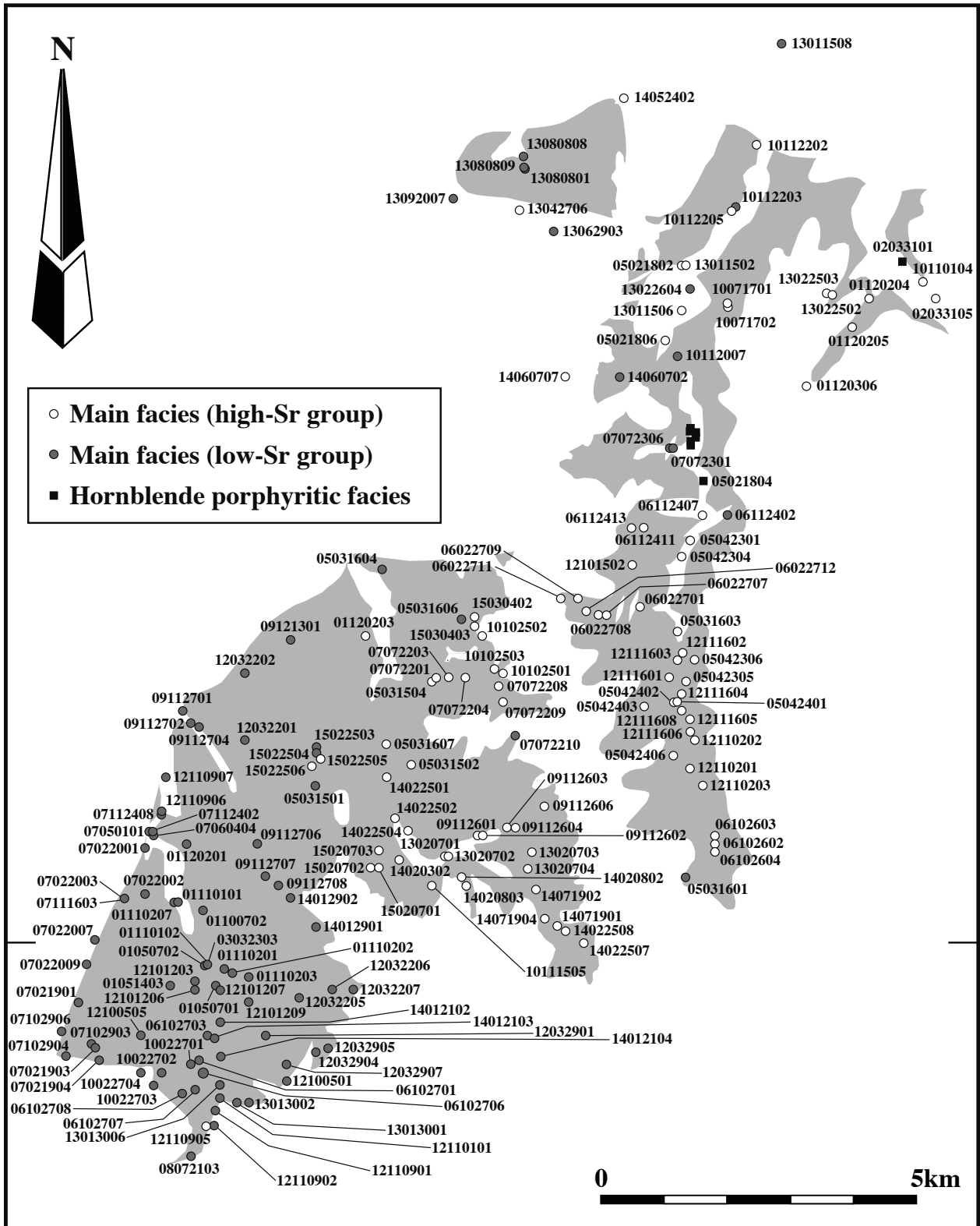
- Brown, M., Friend, C. R. L., McGregor, V. R. and Perkins, W. T., 1981, The late Archean Qorqut Granite Complex of southern west Greenland. *Jour. Geophys. Res.*, **86**, 10617-10632.
- 英彦山団研グループ, 1984, 九州北部, 英彦山地域の後期新生代火山層序および地質構造. 地質学論集, no.24, 59-76.
- Ishihara, S., 1990, The inner zone batholith vs. the outer zone batholith of Japan: evaluation from their magnetic susceptibilities. *Univ. Mus., Univ. Tokyo, Nature and Culture*, no.2, 21-34.
- Ishihara, S., Tanaka, R., Nakagawa, M. and Goto, Y., 1995, Magnetic susceptibility of late Cenozoic volcanic rocks of east-central Hokkaido and the Luril island. *Resour. Geol.*, **18**, 217-228.
- Izawa, E., Karakida, Y., Shimada, N. and Takanishi, M., 1989, High-strontium granites in northern Kyushu, Japan. *DELP Pub.* no.28, 62-67.
- 井沢英二・唐木田芳文・島田允堯・高橋正好, 1990, 高ストロンチウム花崗岩類は厚い地殻の指標となるかー北九州花崗岩類を例としてー. 月刊地球, **12**(7), 435-439.
- 井沢英二・唐木田芳文・島田允堯・高橋正好, 1994, 北部九州花崗岩類の化学組成の特徴. 西南学院大児童教育学論集, **20**, 21-54.
- Kamei, A., 2002, Petrogenesis of Cretaceous peraluminous granite suites with low initial Sr isotopic ratios, Kyusyu Island, Southwest Japan Arc. *Gondwana Res.*, **5**, 813-822.
- 唐木田芳文, 1985, 北九州花崗岩の地質学的分類. 日本応用地質学会九州支部会報, no.6, 2-12.
- 唐木田芳文・島田允堯・井沢英二, 1983, 北部九州花崗岩類の特徴. 総合研究 A「日本の花崗岩岩石区と鉱床に関する研究」報告書, 99-112.
- 川野良信・柚原雅樹, 2008, 福岡県那珂川上流, 白亜紀花崗岩類の年代学的, 同位体岩石学的研究. 地質雑, **114**, 218-230.
- 北野一平・池田 剛, 2012, 朝倉地域に産する周防変成岩類の接触変成作用の温度圧力条件ー上昇過程

- の制約 - 地質雑, **118**, 801-809.
- 久保和也・松浦浩久・尾崎正紀・牧本 博・星住英夫・鎌田耕太郎・広島俊男・中島和敏, 1993, 20 万分の1地質図 福岡, 地質調査所.
- 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.
- 村上允英・藤本重美, 1957, 北九州田川変成岩帯南部の地質および岩石. 岩鉱, **41**, 164-171.
- 村田 守・吉田武義, 1985, 紀伊半島中央部, 大峯地域の中新世 I タイプおよび S タイプ花崗岩質岩の微量元素組成. 岩鉱, **80**, 227-245.
- 小山内康人・正尾 敏・加々美寛雄, 1993, 中部九州内帯花崗岩類の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代. 地質学論集, no.42, 135-150.
- 大和田正明・亀井淳志・山本耕次・小山内康人・加々美寛雄, 1999, 中・北部九州, 白亜紀花崗岩類の時空分布と起源. 地質学論集, no.53, 349-363.
- 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.
- Streckeisen, A., 1976, To each plutonic rocks its proper name. *Earth Sci. Rev.*, **12**, 1-33.
- 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.
- 上野宏共, 1987, 岩石の磁氣的諸量の国際単位系 (SI) と CGS 系間の換算. 岩鉱, **82**, 441-444.
- 矢田 純・大和田正明, 2003, 佐賀県中部に分布する白亜紀高 Sr トーナル岩 (糸島岩体) とトロニウム岩 (深江岩体) の成因関係: マグマの分化作用による検討. 地質雑, **109**, 518-532.
- 吉倉紳一・熱田真一, 2000, 花崗岩体に記録されたマグマ混交・混合現象. 月刊地球 号外, no.30, 140-145.
- 柚原雅樹・古川直道・田口幸洋, 2004, 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・伊藤吉宏・吉本 紋・宮崎桂輔・眞崎求一, 2011, 福岡県東部, 彦山川~城井川流域の地球化学図. 福岡大学理学集報, **41**, 51-76.
- 柚原雅樹・亀井淳志・川野良信・岡野 修・加々美寛雄, 2014a, 花崗岩体内部の全岩化学組成と Sr 同位体比組成の変化 - 北部九州, 添田花崗閃緑岩の例 (予報) -. *MAGMA*, no.96, 57-72.
- 柚原雅樹・亀井淳志・岡野 修・川野良信・加々美寛雄, 2013, 北部九州東部に分布する添田花崗閃緑岩の Rb-Sr 全岩 - 黒雲母アイソクロン年代. 岩石鉱物科学, **42**, 185-189.
- 柚原雅樹・眞崎求一, 2013, 添田花崗閃緑岩中の同時性貫入岩の産状と化学組成. 地球科学, **67**, 21-36.
- 柚原雅樹・宮崎桂輔, 2008, 福岡県添田町, 駒啼川に沿う断層 (駒啼川断層) に伴われる断層岩の産状. 第 154 回日本地質学会西日本支部例会講演要旨集, 12.
- 柚原雅樹・宮崎桂輔, 2012, 駒啼川断層の産状と断層に沿った岩石の熱水変質. 日本地球惑星科学連合 2012 年大会予稿集, SCG62-P13.
- 柚原雅樹・水田史也・鈴木 啓・宮崎崇太郎, 2014b, 北部九州, 杷木花崗閃緑岩の全岩化学組成. *MAGMA*, no.96, 73-80.
- 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・田口幸洋, 2006, ガラスビード法による炭酸塩岩石の主成分および微量元素の蛍光 X 線分析. 福岡大学理学集報, **36** (2), 29-35.

(要 旨)

柚原雅樹・西 瑛莉子, 2015, 添田花崗閃緑岩の岩相と化学組成. 福岡大学理学集報, **45**, 107-136. (Yuhara, M. and Nishi, E., 2015, Rock facies and chemical compositions of the Soeda Granodiorite, northern Kyushu. *Fukuoka Univ. Sci. Rep.*, **45**, 107-136.)

添田花崗閃緑岩は北部九州白亜紀花崗岩類分布域の東部に分布する。本花崗閃緑岩は主に塊状の普通角閃石 - 黒雲母花崗閃緑岩 ~ 黒雲母花崗岩からなり, 主岩相と普通角閃石斑状岩相に区分される。普通角閃石斑状岩相は, 添田花崗閃緑岩マグマ中に注入した同時性苦鉄質岩体周辺に分布する。主岩相は, Sr 含有量の違いから, 高 Sr グループと低 Sr グループに区分される。低 Sr グループは, 岩体南西部に広く分布するほか, 高 Sr グループ分布域中にも点在する。両グループの分布, 岩相および全岩化学組成は, それぞれが異なるマグマ起源であることを示唆する。



Appendix 1. Sample location of the Soeda Granodiorite.

Appendix 2. Location data of sampling points of the Soeda Granodiorite.

Sample No.	Latitude	Longitude	Sample No.	Latitude	Longitude
01050701	33°29'45.22"N	130°52'18.75"E	06102703	33°29'20.27"N	130°52'14.56"E
01050702	33°29'56.11"N	130°52'18.89"E	06102706	33°29'3.35"N	130°52'12.65"E
01051403	33°29'45.14"N	130°51'51.96"E	06102707	33°28'53.58"N	130°52'7.59"E
01100702	33°30'23.59"N	130°52'11.34"E	06102708	33°28'51.43"N	130°52'0.92"E
01110101	33°30'27.45"N	130°51'57.50"E	06112402	33°33'38.90"N	130°57'24.20"E
01110102	33°29'55.55"N	130°52'15.99"E	06112407	33°33'38.75"N	130°57'8.75"E
01110201A, B	33°29'53.96"N	130°52'24.56"E	06112411	33°33'31.98"N	130°56'35.36"E
01110202	33°29'52.61"N	130°52'28.95"E	06112413	33°33'32.65"N	130°56'28.04"E
01110203	33°29'49.91"N	130°52'38.87"E	07021901	33°29'38.23"N	130°50'58.76"E
01110207	33°30'27.75"N	130°51'55.27"E	07021903	33°29'14.63"N	130°51'6.87"E
01120201	33°30'56.77"N	130°52'2.05"E	07021904	33°29'9.15"N	130°51'9.25"E
01120203	33°32'38.33"N	130°53'49.46"E	07022001	33°30'54.46"N	130°51'38.57"E
01120204	33°35'25.59"N	130°58'49.14"E	07022002	33°30'30.28"N	130°51'37.32"E
01120205	33°35'12.33"N	130°58'38.35"E	07022003	33°30'28.13"N	130°51'25.00"E
01120306	33°34'42.66"N	130°58'10.98"E	07022007	33°30'8.26"N	130°51'9.06"E
02033101	33°35'45.68"N	130°59'8.16"E	07022009	33°29'56.66"N	130°51'2.38"E
02033105	33°35'26.71"N	130°59'27.32"E	07050101	33°31'1.38"N	130°51'40.80"E
03032303	33°29'55.55"N	130°52'15.99"E	07060404	33°30'59.75"N	130°51'43.48"E
05021704	33°34'16.10"N	130°57'0.80"E	07072201	33°32'17.72"N	130°54'30.45"E
05021802	33°35'42.33"N	130°56'57.17"E	07072203	33°32'17.87"N	130°54'37.59"E
05021804	33°33'55.64"N	130°57'9.64"E	07072204	33°32'18.32"N	130°54'48.57"E
05021806	33°35'4.84"N	130°56'46.78"E	07072208	33°32'14.52"N	130°55'8.13"E
05031501	33°31'24.00"N	130°53'18.48"E	07072209	33°32'7.23"N	130°55'10.80"E
05031502	33°31'35.68"N	130°54'17.05"E	07072210	33°31'50.52"N	130°55'16.90"E
05031504	33°32'17.43"N	130°54'29.11"E	07072301	33°34'13.13"N	130°56'51.96"E
05031601	33°30'40.00"N	130°57'0.34"E	07072306	33°34'12.83"N	130°56'49.02"E
05031603	33°32'40.64"N	130°56'55.09"E	07102903	33°29'17.73"N	130°51'5.44"E
05031604	33°33'11.67"N	130°53'58.57"E	07102904	33°29'10.50"N	130°50'50.37"E
05031606	33°32'47.04"N	130°54'44.46"E	07102906	33°29'23.69"N	130°50'48.75"E
05031607	33°31'46.17"N	130°54'1.07"E	07111603	33°30'29.47"N	130°51'25.44"E
05042301	33°33'27.37"N	130°57'1.34"E	07112402	33°31'1.83"N	130°51'42.23"E
05042304	33°33'19.11"N	130°56'56.43"E	07112408	33°31'9.64"N	130°51'46.88"E
05042305A, B	33°32'16.53"N	130°56'58.43"E	08072103	33°28'21.6"N	130°52'5.1"E
05042306	33°32'27.91"N	130°57'5.10"E	09112601	33°30'59.8"N	130°54'54.4"E
05042401	33°32'5.88"N	130°56'55.00"E	09112602	33°30'59.9"N	130°54'57.7"E
05042402	33°32'5.33"N	130°56'52.14"E	09112603	33°31'3.7"N	130°55'11.7"E
05042403	33°32'3.34"N	130°56'34.79"E	09112604	33°31'3.7"N	130°55'17.4"E
05042406	33°31'40.07"N	130°56'52.43"E	09112606	33°31'13.9"N	130°55'35.2"E
06022701	33°32'54.18"N	130°56'30.98"E	09112701	33°32'1.3"N	130°51'59.1"E
06022707	33°32'48.75"N	130°56'13.21"E	09112702	33°31'56.6"N	130°52'5.4"E
06022708	33°32'49.42"N	130°56'7.50"E	09112704	33°31'54.3"N	130°52'10.1"E
06022709	33°32'57.98"N	130°55'53.93"E	09112706	33°30'56.2"N	130°52'43.4"E
06022711	33°32'58.79"N	130°55'45.80"E	09112707	33°30'39.7"N	130°52'50.3"E
06022712	33°32'51.73"N	130°55'59.73"E	09112708	33°30'35.1"N	130°52'55.7"E
06052101a	33°34'20.94"N	130°57'3.48"E	09121301	33°32'38.2"N	130°53'4.0"E
06052104	33°34'19.60"N	130°57'1.25"E	10022703	33°28'56.8"N	130°51'42.9"E
06102602	33°30'56.21"N	130°57'15.97"E	10022701	33°29'7.6"N	130°52'4.1"E
06102603	33°30'59.86"N	130°57'15.97"E	10022702	33°29'2.2"N	130°51'48.3"E
06102604	33°30'51.60"N	130°57'15.97"E	10022704	33°29'2.9"N	130°51'35.9"E
06102701	33°29'8.36"N	130°52'9.31"E	10050801	33°34'15.7"N	131°57'2.0"E

Appendix 2. (Continued)

Sample No.	Latitude	Longitude	Sample No.	Latitude	Longitude
10071013	33°34'15.0"N	130°57'1.1"E	13011502	33°35'42.4"N	130°56'59.4"E
10071701	33°35'25.2"N	130°57'23.4"E	13011506	33°35'20.5"N	130°56'55.5"E
10071702	33°35'22.8"N	130°57'23.9"E	13011508	33°37'31.4"N	130°57'57.2"E
10081706	33°34'16.5"N	130°57'1.0"E	13013001	33°28'48.7"N	130°52'32.6"E
10082801	33°34'16.8"N	130°57'3.5"E	13013002	33°28'47.5"N	130°52'38.4"E
10082802	33°34'16.75"N	130°57'3.10"E	13013006	33°28'57.1"N	130°52'22.0"E
10092309	33°34'17.8"N	130°57'3.6"E	13020701	33°30'49.0"N	130°54'36.1"E
10101808	33°34'21.6"N	130°57'1.9"E	13020702	33°30'49.5"N	130°54'39.4"E
10102501	33°32'20.5"N	130°55'11.4"E	13020703	33°30'52.8"N	130°55'27.2"E
10102502	33°32'40.1"N	130°54'58.1"E	13020704	33°30'44.0"N	130°55'25.8"E
10102503	33°32'22.8"N	130°55'5.1"E	13022502	33°35'29.0"N	130°58'26.2"E
10110104	33°35'34.4"N	130°59'21.0"E	13022503	33°35'28.9"N	130°58'23.1"E
10110405	33°34'16.0"N	130°57'0.9"E	13022604	33°35'29.9"N	130°57'0.9"E
10111505	33°30'36.4"N	130°54'27.6"E	13042706	33°36'10.4"N	130°55'19.6"E
10112007	33°34'58.2"N	130°56'53.6"E	13062903	33°35'58.7"N	130°55'39.2"E
10112202	33°36'43.0"N	130°57'41.6"E	13080801	33°36'31.0"N	130°55'22.6"E
10112203	33°36'11.3"N	130°57'28.5"E	13080807	33°36'40.4"N	130°55'14.2"E
10112205	33°36'10.3"N	130°57'26.4"E	13080808	33°36'36.2"N	130°55'21.7"E
12032201	33°31'48.7"N	130°52'37.5"E	13080809	33°36'32.8"N	130°55'21.8"E
12032202	33°32'20.4"N	130°52'37.5"E	13092007	33°36'16.2"N	130°54'39.7"E
12032205	33°29'39.5"N	130°53'10.4"E	14012102	33°29'26.5"N	130°52'22.1"E
12032206	33°29'44.8"N	130°53'29.5"E	14012103	33°29'18.2"N	130°52'17.5"E
12032207	33°29'43.2"N	130°53'41.6"E	14012104	33°29'10.3"N	130°52'21.8"E
12032901	33°29'21.1"N	130°52'49.5"E	14012901	33°30'15.7"N	130°53'18.4"E
12032904	33°29'13.7"N	130°53'18.4"E	14012902	33°30'29.0"N	130°53'3.5"E
12032905	33°32'9'15.9"N	130°53'25.5"E	14020302	33°30'47.0"N	130°54'9.7"E
12032907	33°29'7.2"N	130°53'2.1"E	14020802	33°30'39.9"N	130°54'46.7"E
12100501	33°28'57.7"N	130°53'0.8"E	14020803	33°30'35.3"N	130°54'48.4"E
12100505	33°29'21.7"N	130°51'36.1"E	14022501	33°31'28.9"N	130°54'1.8"E
12101203	33°29'48.0"N	130°52'6.4"E	14022502	33°31'8.8"N	130°54'6.2"E
12101206	33°29'44.8"N	130°52'47.5"E	14022504	33°31'3.0"N	130°54'12.3"E
12101207	33°29'43.1"N	130°52'22.7"E	14022507	33°30'5.7"N	130°55'56.1"E
12101209	33°29'38.0"N	130°52'38.7"E	14022508	33°30'12.4"N	130°55'47.1"E
12101502	33°33'14.1"N	130°56'26.2"E	14052402	33°37'6.56"N	130°56'22.19"E
12110101	33°28'50.8"N	130°52'21.8"E	14060702	33°34'46.55"N	130°54'20.73"E
12110201	33°31'33.4"N	130°57'0.6"E	14060707	33°34'46.33"N	130°55'48.39"E
12110202	33°31'48.7"N	130°57'2.9"E	14071901	33°30'15.56"N	130°55'42.27"E
12110203	33°31'24.1"N	130°57'8.3"E	14071902	33°30'33.85"N	130°55'29.85"E
12110901	33°28'43.1"N	130°52'19.1"E	14071904	33°30'18.68"N	130°55'35.69"E
12110902	33°28'34.9"N	130°52'20.1"E	15020701	33°30'43.82"N	130°53'56.61"E
12110905	33°28'36.4"N	130°52'14.3"E	15020702	33°30'44.55"N	130°53'52.07"E
12110906	33°31'12.6"N	130°51'48.0"E	15020703	33°30'52.21"N	130°53'55.29"E
12110907	33°31'29.1"N	130°51'50.3"E	15022503	33°31'43.82"N	130°53'19.25"E
12111601	33°32'18.6"N	130°56'49.4"E	15022504	33°31'42.31"N	130°53'19.80"E
12111602	33°32'30.9"N	130°56'57.4"E	15022505	33°31'37.90"N	130°53'21.23"E
12111603	33°32'27.8"N	130°56'54.9"E	15022506	33°31'33.67"N	130°53'16.85"E
12111604	33°32'10.7"N	130°56'57.2"E	15030402	33°32'46.70"N	130°54'51.94"E
12111605	33°31'58.3"N	130°57'1.8"E	15030403	33°32'43.52"N	130°54'51.92"E
12111606	33°31'52.5"N	130°57'1.1"E	KII-27	33°38'10.2"N	130°59'50.4"E
12111608	33°32'1.8"N	130°56'57.7"E			