

長崎県西彼杵半島南部の高 Mg 安山岩と玄武岩

白木敬一*・宮本光隆*・松尾弘昭*・植木有子*・東 高照*・
永尾隆志**・松本徃夫*・田島俊彦***

High-Mg andesites and basalts in the southern Nishisonogi Peninsula,
Nagasaki Prefecture

Keiichi Shiraki*, Mitsutaka Miyamoto*, Hiroaki Matsuo*, Yuko Ueki*, Takateru Azuma*,
Takashi Nagao**, Yukio Matsumoto* and Toshihiko Tajima***

The late Cenozoic volcanic rocks in the southern Nishisonogi Peninsula, which are characterized by dominance of undifferentiated, primitive rocks, show a large variation in chemical composition ranging from high-Mg andesite (HMA) through tholeiitic basalt to alkali basalt and from high-Mg basalt to rhyolite. Most HMA is cpx-HMA crystallized clinopyroxene with the highest Mg# and Cr₂O₃ of 87.4 and 1.24 %, respectively, following olivine with the highest Fo of 92.1 and NiO of 0.48 %. An orthopyroxene andesite containing bronzite with Mg# and Cr₂O₃ as high as 89.5 and 1.06 %, respectively, was found at Ebisu-zaki, the second opx-HMA occurrence in this area. Many of the pyroxene andesites reveal high Cr (>100 ppm); they are likely to have derived from HMA magmas through crystal fractionation. Shikimi basalt with SiO₂ 49.0~49.9 % and MgO 13.3~12.6 % has olivine showing a modal Fo value of 74-71, suggesting that its high MgO results from accumulation of olivine. Makishima alkali basalt is distinguishable from the dominant tholeiitic and calc-alkali rocks by high incompatible element abundances, especially Nb (40.9~25.4 ppm), implying derivation from intra-plate magmas. Coexistence of alkali basalt and tholeiitic basalt to HMA suggests that their magmas have generated by reaction between rising magmas and mantle materials variously metasomatized previously by slab-derived hydrous fluids and/or siliceous melts. The least modified Makishima alkali basalt may represent the least reacted magmas, and reaction with intensively metasomatized hydrous, siliceous mantle has produced the most SiO₂-rich opx-HMA magmas.

1. はじめに

西彼杵半島南部の長崎市周辺には新生代後期の火山岩が大量に分布し(松井・水野, 1966; 松井, 1989), 多くの研究がある。橘(1963)は, 長崎市南部の茂木で鮮新世後期(Tanai, 1976)とされる茂木植物化石層を覆う, 輝石安山岩を主とする

火山岩類を長崎火山岩類とし, その下位の玄武岩類を北部九州に広く分布する松浦玄武岩類(松本, 1961)に対比した。田島(1975)は, 大村湾南部地域で長崎火山岩類に不整合に覆われるサヌキトイド・玄武岩・流紋岩を認め, それらを時津^{とぎつ}火山岩類と名づけた。松本(1987)は長崎市周辺では, グリーンタフ系・大陸系火山岩類とともに, 瀬戸内系・豊肥系火山岩類も活動し, 極めて錯綜した状態にあることを示した。松尾(1990, 1992)は長崎市周辺の火山岩から多くの高 Mg 安山岩(HMA)や高

*理学部化学・地球科学科 Faculty of Science

**機器分析センター Center of Instrumental Analysis

***長崎市 Nagasaki City

Mg 玄武岩を発見し、白木ほか(1992)によって報告された。さらに、東(1992)はソレアイト玄武岩・HMA のほかアルカリ玄武岩の主成分元素の分析を行い、植木(1993)は西彼杵半島中部からも幾つかのHMA を見出した。このように本地域は、瀬戸内火山帯に匹敵するほどのHMA の頻出に加え、ソレアイトからアルカリ岩、Mg の高い玄武岩から流紋岩など、多様な火山岩が出現し(宮本ほか, 1999; 白木ほか, 2000), その地質環境が興味深い。そこで今までに得られた結果をここに総括し、

その成因を議論する。

2. 火山岩の概要

本地域の火山岩類の分布を図1、長崎市牧島の地質概略を図2に示す。基盤の長崎(西彼杵)変成岩類(服部, 1984)を覆う新生代後期の火山岩類を下から、松浦玄武岩類、時津火山岩類、岩屋山安山岩類、式見火山岩類、及び長崎市東部の牧島に分布し長崎火山岩類に属する牧島火山岩類に分けた。

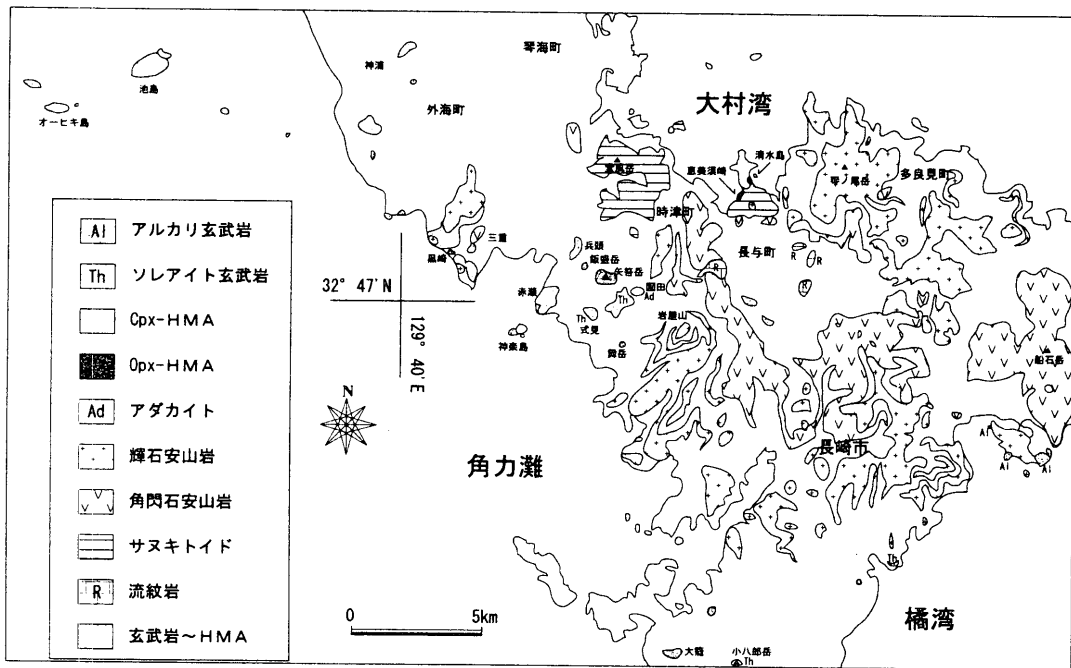


図1. 西彼杵半島南部の新生代後期火山岩類の分布

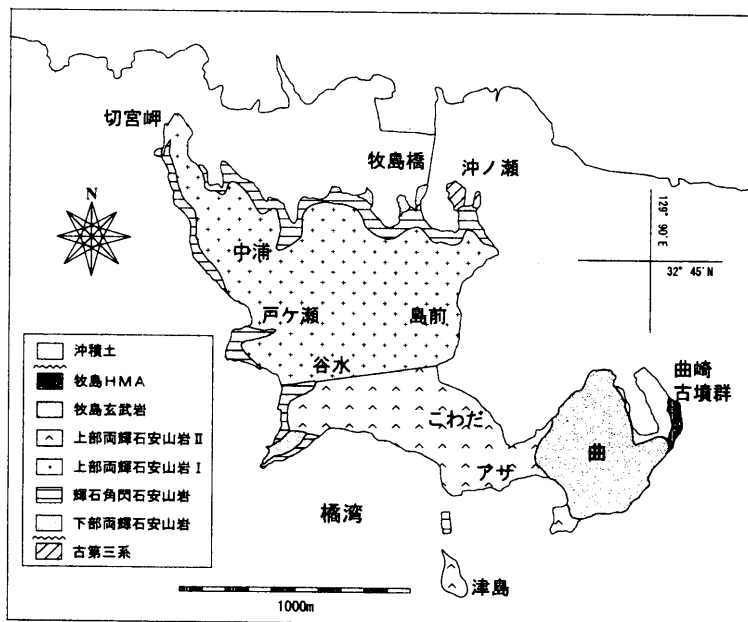


図2. 長崎市牧島の地質概略図。堀口(1963)を一部修正

松浦玄武岩類は長崎市の北西方に点々と分布する玄武岩～安山岩と HMA である。外海町神ノ浦ダム北西方のカンラン石玄武岩から 8.4 ± 1.4 Ma, 外海町大墓島のカンラン石玄武岩から 7.3 ± 0.8 Ma の K-Ar 年代が報告されている(松井, 1987)。今回, 外海町南部の黒崎永田郷南の黒崎 HMA から 7.2 ± 0.4 Ma の K-Ar 年代が得られたので, これに含めた。服部ほか(1993)は神浦地域の中新世火山岩類を瀬戸玄武岩類, 神浦玄武岩, 大墓島玄武岩, 野々岳安山岩類, 及び玄武岩 - 安山岩岩脈に分け, これらは N-S～NW-SE 走向の断層付近に分布するとしている。外海町黒崎から長崎市多以良町兵頭, 同見崎町黒瀬に分布する兵頭玄武岩も, 松浦玄武岩類分布域の南東方に当たるのでこれに含めた。

時津火山岩類は田島(1975), 近藤・梅野(1978), 白木ほか(1992)によって, 下から下部安山岩, 長与流紋岩, 中部安山岩, 上部安山岩, 角閃石安山岩質凝灰岩, 斜方輝石安山岩に分けられ, 長与流紋岩から 6.68 ± 0.54 Ma のフィッシュトラック年代(松本, 1987), 斜方輝石安山岩から 5.86 ± 0.42 Ma (松尾, 1992) と 6.05 ± 0.58 Ma (白木, 未発表) の K-Ar 年代が得られている。下部・中部・上部安山岩は, しばしばカンラン石を含む両輝石安山岩で斜長石斑晶が少なく, 田島(1975)は中部サヌキトイドとした。斜方輝石安山岩は斑晶のほとんどが Mg と Cr の高い斜方輝石(古銅輝石)からなる。

岩屋山安山岩類は斜長石斑晶が目立つことを特徴とする。下から角閃石安山岩質凝灰角礫岩, 角閃石安山岩 I, 輝石安山岩質凝灰角礫岩, 輝石安山岩溶岩, 及び矢筈岳 HMA に分けられる(白木ほか, 1992)。角閃石安山岩質凝灰角礫岩は西時津北の半島北部に, 同質凝灰岩を覆い, 一部断層に境されて分布する。角閃石安山岩 I は西時津南東で時津火山岩類の下部安山岩を貫く高さ 120 m の溶岩ドームをつくる。輝石安山岩質凝灰角礫岩と輝石安山岩溶岩は本地域全域に広く分布し, 層厚は 250 m 以上に達する。主として時にカンラン石を含む両輝石安山岩からなる。矢筈岳と飯盛岳をつくる矢筈岳 HMA は 5.7 ± 0.3 Ma の K-Ar 年代を示し, 基盤の変成岩類を直接覆う。

式見火山岩類は岩屋山安山岩類を被覆あるいは貫く玄武岩～デイサイトで, 式見玄武岩とそれを覆う角閃石安山岩 II に分けられる。式見ダム南の舞岳をつくる HMA も, 岩屋山安山岩類の輝石安山岩質凝灰角礫岩を覆うのでこれに含めた(白木ほか, 1992)。式見玄武岩から 4.41 ± 0.63 Ma の K-Ar 年代が報告されている(松尾, 1992)。式見玄武岩は本地域の火山岩のうち最も MgO が高く, 長崎市園田の角閃石安山岩 II はアダカイトに似た特徴を示す。

長崎市牧島の牧島火山岩類を下部両輝石安山岩, 輝石角閃石安山岩, 上部両輝石安山岩 I, 上部両輝石安山岩 II, 玄武岩質火山砕屑岩, カンラン石玄武岩(牧島玄武岩), カンラン石輝石安山岩(牧島 HMA)に分けた。堀口(1963)の上部両輝石安山岩は Nb 含有量の差により, 低いものを I, 高いものを II とした。牧島南東部曲の牧島玄武岩から 2.78 ± 0.14 Ma, 牧島玄武岩の上を覆う牧島 HMA から 2.32 ± 0.14 Ma の K-Ar 年代が得られた。

3. 火山岩の記載と化学組成

火山岩の蛍光 X 線分析値を表 1 に示す。全鉄は Fe_2O_3 として 100 % に換算した。分析は主に山口大学機器分析センターの全自動蛍光 X 線分析装置(理学/RIX3000)で永尾ほか(1997)の方法によって行ったが, 一部は JEOL JSX-60S7 により角縁ほか(1989)の方法により行った。

主要苦鉄質鉱物であるカンラン石, 輝石, スピネルの代表的な組成を表 2, 3, 4 に示す。

鉱物分析は山口大学機器分析センターの島津 EPMA V6 及び東京大学海洋研究所の JEOL XMA-733 によって行った。

松浦玄武岩類

松浦玄武岩類のうち, 神ノ浦玄武岩, 池島 HMA, 黒崎 HMA 及び兵頭玄武岩について, 化学組成と構成鉱物の特徴を述べる。

神ノ浦玄武岩 灰黒色・緻密で硬い玄武岩～HMA である。斑晶は単斜輝石・カンラン石と少量の斜長石からなる。石基は斜長石・ガラス・不透明鉱物・単斜輝石からなり, インターサータル組織を示す。単斜輝石は主に普通輝石であるが,

表 1-1. X-ray fluorescence analyses of volcanic rocks in the southern Nishisonogi Peninsula

区分	松浦玄武岩類													
	神ノ浦玄武岩				池島HMA			黒崎 HMA			兵頭玄武岩			
産地	神ノ浦	神ノ浦	神ノ浦	神ノ浦	池島	黒崎	黒崎	樫山西	樫山東	永田岡	兵頭	兵頭	黒瀬	赤瀬
試料番号	127-1a	127-1b	2010	2008	2001	403-3	2104	126-1	126-2	126-3	822-2	114-2	506-1	118-3b
SiO ₂ wt%	51.33	51.77	51.83	55.41	55.15	54.91	54.42	52.63	50.19	52.03	51.91	51.06	57.94	52.24
TiO ₂	1.22	1.24	1.24	1.01	1.06	0.78	0.80	1.22	1.28	1.16	1.01	1.03	0.81	1.22
Al ₂ O ₃	14.35	14.51	14.46	16.07	15.74	13.85	13.64	14.86	15.59	14.92	13.91	13.56	15.82	14.95
Fe ₂ O ₃	11.27	11.07	11.15	8.23	8.48	8.13	8.22	10.96	11.47	9.84	9.11	9.36	7.10	10.75
MnO	0.16	0.16	0.16	0.13	0.14	0.14	0.14	0.15	0.17	0.15	0.15	0.16	0.15	0.16
MgO	9.18	8.57	8.80	7.16	6.87	10.50	11.01	8.05	8.99	9.55	11.39	12.54	6.27	7.99
CaO	8.94	9.12	8.95	7.93	8.35	7.50	7.76	8.50	9.15	8.44	9.07	9.17	7.25	9.04
Na ₂ O	2.73	2.82	2.59	3.00	3.15	3.08	2.91	2.86	2.61	2.98	2.75	2.56	3.26	2.88
K ₂ O	0.65	0.58	0.65	0.84	0.84	0.96	0.92	0.62	0.37	0.69	0.55	0.46	1.24	0.63
P ₂ O ₅	0.16	0.17	0.17	0.22	0.21	0.15	0.18	0.16	0.18	0.25	0.15	0.11	0.16	0.14
Ba ppm	144.0	137.0	116.0	216.0	250.0	206.0	185.0	138.0	187.0	200.0	98.0	73.4	148.0	132.0
Co	48.3	47.5				46.8		46.5	47.1	47.2	47.8	49.5		43.1
Cr	435.0	422.0	428.0	369.0	314.0	593.0	555.0	321.0	392.0	406.0	579.0	608.0	233.0	345.0
Cu	18.9	21.6				103.0		47.8	45.0	50.0	71.6	67.7		38.5
Ga	17.8	18.4				17.3		17.4	18.4	18.2	15.7	17.6		17.7
Nb	5.2	5.9	7.0	12.2	10.0	6.3	5.8	6.5	8.0	11.2	4.0	2.7	8.0	6.8
Ni	131.0	119.0	111.0	145.0	125.0	265.0	216.0	145.0	156.0	195.0	243.0	273.0	77.3	130.0
Rb	16.6	11.1	14.9	18.8	21.0	22.5	22.5	13.1	1.4	9.3	6.7	6.7	33.9	15.1
Sr	358.0	364.0	375.0	338.0	423.0	356.0	363.0	258.0	266.0	368.0	324.0	314.0	362.0	280.0
V	188.0	185.0	186.0	196.0	190.0	165.0	166.0	188.0	165.0	175.0	227.0	235.0	134.0	200.0
Y	23.8	24.1	24.7	35.3	48.0	19.8	20.0	25.0	33.1	23.7	22.7	20.9	22.2	26.4
Zn	95.6	95.2	92.8	87.9	113.0	68.7	59.9	95.0	94.5	87.3	67.3	67.5	58.5	89.8
Zr	89.1	92.2	104.0	154.0	152.0	111.0	114.0	92.2	92.4	117.0	97.1	89.1	133.0	93.9

表 1-2. Continued

区分	時津火山岩類													
	下部安山岩						中部安山岩			上部安山岩			斜方輝石安山岩	
産地	白津	白津	西時津郷	西時津郷	斎藤郷	斎藤郷	鳴見	鳴見	鳴見	恵美須崎	清水島	清水島	清水島	清水島
試料番号	908-1	112-2	930-1	930-2	503-2	1-1	116-1	116-4a	116-4b	930-3	T-1	T-2	T-2	T-2
SiO ₂ wt%	56.68	56.70	57.47	59.83	57.24	58.10	55.80	62.08	63.26	60.91	63.40	63.87		
TiO ₂	0.92	0.86	0.85	0.96	0.92	0.88	1.25	0.70	0.71	0.79	0.84	0.85		
Al ₂ O ₃	15.80	15.34	15.83	17.87	15.91	16.08	15.60	16.50	16.20	15.25	15.79	16.16		
Fe ₂ O ₃	8.33	7.98	7.52	6.31	9.20	7.78	11.36	6.97	6.59	6.39	4.15	5.05		
MnO	0.21	0.16	0.16	0.09	0.24	0.15	0.34	0.19	0.14	0.11	0.10	0.05		
MgO	5.34	5.53	5.42	3.44	4.30	4.78	3.48	3.19	4.02	6.35	5.85	3.92		
CaO	7.94	8.79	7.95	7.06	7.71	7.52	7.81	5.29	4.24	5.32	4.78	4.85		
Na ₂ O	3.50	3.41	3.52	3.28	3.24	3.41	3.21	3.75	3.02	3.44	3.61	3.68		
K ₂ O	1.08	1.08	1.07	0.92	1.06	1.10	0.97	1.19	1.71	1.29	1.38	1.41		
P ₂ O ₅	0.20	0.15	0.20	0.24	0.18	0.20	0.18	0.15	0.13	0.17	0.11	0.16		
Ba ppm	242.0	234.0	250.0	245.0	212.0	249.0	161.0	279.0	293.0	298.0	233.0	246.0		
Co	36.6	35.3	29.0	18.8			35.4	23.9	28.0	27.1				
Cr	280.0	364.0	352.0	373.0	320.0	365.0	180.0	276.0	250.0	351.0	367.0	380.0		
Cu	20.3	27.5	24.0	33.1			43.8	29.0	47.2	15.2				
Ga	17.3	16.3	17.7	19.6			19.2	17.7	17.6	19.5				
Nb	8.0	7.9	8.6	9.5	8.0	10.0	7.0	7.1	8.4	7.8	5.8	6.7		
Ni	136.0	164.0	144.0	72.7	99.0	131.0	38.2	86.3	111.0	154.0	144.0	123.0		
Rb	28.0	26.9	31.4	40.9	29.0	31.0	30.8	37.7	56.9	34.3	28.6	30.8		
Sr	378.0	368.0	388.0	436.0	373.0	389.0	356.0	365.0	258.0	319.0	228.0	232.0		
V	175.0	156.0	159.0	179.0	193.0	162.0	182.0	134.0	131.0	116.0	122.0	115.0		
Y	23.8	20.1	21.4	24.9	22.0	23.0	26.0	18.7	29.4	19.5	17.2	30.8		
Zn	78.0	72.9	69.1	100.0	84.0	101.0	78.4	67.8	89.8	71.7	75.6	57.8		
Zr	133.0	124.0	129.0	140.0	136.0	137.0	115.0	123.0	130.0	131.0	91.5	92.5		

表 1-3. Continued

区分	岩屋山安山岩類										矢筈岳 HMA				
岩類	角閃石安山岩 I									輝石安山岩					
産地	西時津	永田岡	榎山	小江	岩屋山	琴ノ尾岳	網場	小ヶ倉	飯盛岳	矢筈岳	矢筈岳	矢筈岳	矢筈岳	矢筈岳	
試料番号	114-1	118-10	118-4	829-1	902-4	112-1	31-7	120-5	114-3c	127-2	127-3	128-2a	128-2c		
SiO ₂ wt%	57.83	60.64	60.67	59.56	60.84	60.54	60.48	59.10	56.41	56.88	56.52	55.99	56.61		
TiO ₂	1.12	0.84	0.84	0.83	0.88	0.74	0.91	0.82	1.02	0.76	0.75	0.82	0.75		
Al ₂ O ₃	16.92	15.74	15.91	16.51	16.18	15.85	16.61	16.32	14.82	15.35	15.19	14.97	15.20		
Fe ₂ O ₃	8.01	6.43	6.43	7.16	6.66	6.35	6.41	6.73	8.21	7.32	7.28	8.55	7.33		
MnO	0.15	0.10	0.11	0.10	0.10	0.12	0.11	0.13	0.13	0.12	0.13	0.13	0.13		
MgO	3.88	4.38	4.63	3.89	3.86	4.95	3.54	4.60	7.42	7.61	8.17	7.72	8.05		
CaO	7.17	6.69	6.44	6.93	6.29	6.41	6.53	7.37	7.81	7.51	7.58	7.55	7.53		
Na ₂ O	3.66	3.70	3.41	3.49	3.65	3.47	3.73	3.55	3.11	3.16	3.14	3.03	3.12		
K ₂ O	1.10	1.31	1.40	1.36	1.37	1.44	1.50	1.25	0.95	1.13	1.10	1.08	1.14		
P ₂ O ₅	0.15	0.16	0.16	0.18	0.18	0.14	0.18	0.14	0.13	0.16	0.15	0.15	0.15		
Ba ppm	190.0	288.0	286.0	298.0	286.0	297.0	313.0	293.0	161.0	242.0	234.0	276.0	253.0		
Co	20.7	20.9	26.4	21.7	21.6	22.8	23.5	28.9	34.1	34.0	35.0	40.2	37.4		
Cr	43.2	202.0	219.0	142.0	140.0	195.0	134.0	287.0	357.0	513.0	520.0	502.0	521.0		
Cu	32.2	39.1	40.8	32.2	33.0	34.7	15.1	37.8	19.9	38.7	23.8	31.5	35.8		
Ga	19.2	17.7	18.2	18.0	19.8	16.8	19.5	18.4	17.4	17.7	16.1	16.3	16.7		
Nb	4.0	7.3	6.8	8.9	7.8	7.7	10.4	7.3	5.1	6.8	7.5	6.9	7.0		
Ni	14.5	46.6	47.0	32.2	50.0	70.9	35.1	127.0	70.2	162.0	174.0	183.0	180.0		
Rb	25.5	35.0	36.1	35.3	36.7	39.6	38.1	36.4	24.5	30.5	31.8	28.3	31.6		
Sr	402.0	375.0	382.0	386.0	421.0	368.0	441.0	401.0	323.0	365.0	362.0	339.0	358.0		
V	223.0	137.0	147.0	164.0	131.0	143.0	161.0	152.0	174.0	165.0	169.0	185.0	162.0		
Y	25.0	21.4	20.8	20.8	24.8	22.6	23.6	20.1	19.7	18.8	24.2	26.5	27.9		
Zn	71.7	67.5	77.4	67.4	70.5	66.0	76.3	62.7	75.7	64.1	66.7	69.3	63.4		
Zr	130.0	123.0	127.0	130.0	141.0	134.0	153.0	130.0	114.0	116.0	113.0	113.0	111.0		

表 1-4. Continued

区分	式見火山岩類																			
岩類	式見玄武岩									舞岳HMA						角閃石安山岩 II				
産地	牧野	牧野	牧野	四杖	四杖	四杖	四杖	四杖	四杖	舞岳	中山	西時津	三重	園田	園田	園田	園田			
試料番号	1-1	1-2a	128-1	1-2b	1-3	1-4	1-5	1-6	803-6	116-5	118-2	118-6	2-4	2-3a	2-3b	2-3c				
SiO ₂ wt%	49.01	48.99	49.87	49.21	49.21	49.41	49.64	49.69	54.41	65.20	65.37	64.10	64.63	64.62	65.95	64.88				
TiO ₂	0.90	0.98	0.90	0.98	0.95	0.96	0.94	0.90	0.83	0.57	0.68	0.75	0.77	0.78	0.66	0.80				
Al ₂ O ₃	14.24	13.69	14.42	13.87	13.77	13.95	13.91	14.22	15.94	15.32	16.17	16.72	16.50	16.42	17.31	16.69				
Fe ₂ O ₃	9.98	10.25	9.75	10.03	10.07	10.11	9.96	9.98	8.12	5.87	4.60	5.16	5.03	4.89	3.15	5.00				
MnO	0.17	0.17	0.17	0.17	0.18	0.17	0.16	0.17	0.15	0.19	0.13	0.11	0.08	0.13	0.07	0.08				
MgO	13.22	13.34	12.72	13.26	12.62	12.80	13.03	12.55	7.43	2.45	2.43	2.45	2.51	2.73	1.55	2.21				
CaO	9.80	9.79	9.43	9.57	10.33	9.69	9.41	9.72	9.12	4.73	5.05	5.20	4.98	4.95	5.33	4.87				
Na ₂ O	2.16	2.19	2.15	2.24	2.26	2.29	2.25	2.21	2.81	3.82	3.67	3.72	4.05	3.98	4.42	3.98				
K ₂ O	0.40	0.45	0.46	0.54	0.48	0.48	0.55	0.45	1.03	1.74	1.76	1.69	1.28	1.32	1.39	1.33				
P ₂ O ₅	0.13	0.14	0.13	0.14	0.14	0.15	0.14	0.12	0.16	0.10	0.14	0.11	0.18	0.18	0.17	0.16				
Ba ppm	88.7	124.0	97.8	118.0	108.0	129.0	156.0	96.1	150.0	348.0	345.0	307.0	198.0	200.0	309.0	172.0				
Co	51.7	55.6	50.5	55.1	56.0	56.7	54.5	53.6	54.41	20.5	12.3	15.1	16.3	16.8	12.9					
Cr	895.0	899.0	876.0	850.0	864.0	849.0	852.0	846.0	284.0	76.6	59.2	30.2	23.2	30.8	22.2	37.7				
Cu	56.6	66.7	27.2	69.9	62.3	82.1	66.2	34.6		18.1	20.8	18.3	31.5	28.6	18.6					
Ga	15.3	15.6	16.2	16.0	15.3	15.6	15.4	15.3		17.5	16.5	19.0	21.8	21.2	21.7					
Nb	3.0	5.6	3.8	5.5	4.7	5.1	5.0	3.7	7.5	8.7	6.7	6.1	3.6	4.2	4.8	5.2				
Ni	279.0	325.0	242.0	312.0	316.0	333.0	307.0	245.0	95.6	19.4	11.0	9.1	26.4	27.1	9.0	23.5				
Rb	7.9	9.3	8.4	12.4	9.3	9.5	14.2	6.6	26.6	51.6	51.6	45.8	24.3	26.3	32.4	26.6				
Sr	265.0	278.0	255.0	281.0	330.0	293.0	288.0	274.0	379.0	272.0	333.0	328.0	786.0	758.0	530.0	776.0				
V	245.0	250.0	238.2	243.0	235.0	238.0	238.0	239.0	197.0	125.0	99.2	120.0	120.0	121.0	61.3	130.0				
Y	23.0	48.3	21.5	22.0	20.8	29.0	25.6	21.6	22.9	20.3	16.9	21.0	19.5	21.2	15.5	18.2				
Zn	72.3	81.1	71.6	72.5	70.5	73.9	72.8	72.8	62.9	71.9	56.8	65.7	60.4	58.6	45.5	60.4				
Zr	69.9	75.4	72.6	77.9	74.2	75.3	73.5	73.9	113.0	88.5	144.0	97.2	126.0	126.0	123.0	132.0				

表 1-5. Continued

区分	牧島火山岩類											
岩類	下部両輝石安山岩					上部両輝石安山岩 I					上部両輝石安山岩 II	
産地	中浦北	中浦	中浦	戸ヶ瀬	戸ヶ瀬	戸ヶ瀬	戸ヶ瀬	谷水	谷水	津島	こわだ	
試料番号	2-1	2-2a	2-2b	124-3	124-1	124-2	31-4	824-2	824-7	124-8	823-1	
SiO ₂ wt%	58.48	59.48	59.62	61.95	60.15	59.97	59.97	60.28	59.98	65.64	64.76	
TiO ₂	1.44	0.88	0.90	0.84	1.05	0.95	1.01	1.03	1.03	0.73	0.71	
Al ₂ O ₃	16.59	16.73	16.99	16.33	17.05	16.18	16.67	16.88	17.12	16.07	15.60	
Fe ₂ O ₃	6.56	6.83	6.72	7.33	6.87	6.69	7.08	7.15	6.91	4.94	4.94	
MnO	0.11	0.13	0.13	0.05	0.11	0.14	0.13	0.13	0.13	0.09	0.08	
MgO	4.07	3.64	3.59	1.96	2.99	3.83	3.38	2.93	3.11	1.79	2.50	
CaO	6.78	7.21	6.99	5.76	6.50	7.03	6.53	6.16	6.42	3.71	4.50	
Na ₂ O	3.81	3.62	3.44	3.67	3.64	3.41	3.63	3.76	3.67	3.76	3.70	
K ₂ O	1.81	1.26	1.42	1.94	1.45	1.64	1.45	1.47	1.44	3.10	3.02	
P ₂ O ₅	0.37	0.22	0.22	0.20	0.21	0.18	0.17	0.21	0.20	0.19	0.20	
Ba ppm	365.0	287.0	278.0	356.3	304.0	289.0	302.0	309.0	325.0	577.0	572.0	
Co	19.2	21.5	19.7	15.7	16.1	22.0	18.8	18.8	17.4	16.3	15.9	
Cr	130.0	91.6	82.2	196.0	36.0	100.0	33.5	36.4	35.9	73.8	62.9	
Cu	39.7	40.1	29.9	15.0	16.1	22.7	19.8	30.0	11.0	26.9	33.6	
Ga	20.3	19.4	22.1	19.7	20.0	18.3	19.7	20.4	20.5	18.9	17.7	
Nb	21.0	8.1	8.5	12.4	8.3	9.3	8.1	8.3	7.9	19.0	18.8	
Ni	32.3	17.9	14.5	45.8	9.5	18.7	9.2	14.7	5.6	18.3	22.1	
Rb	54.7	35.0	41.0	53.7	36.6	38.5	42.2	37.7	35.7	98.9	98.2	
Sr	468.0	432.0	430.0	393.0	428.0	390.0	415.0	409.0	421.0	422.0	441.0	
V	157.0	165.0	164.0	139.0	183.0	178.0	181.0	177.0	145.0	102.0	106.0	
Y	38.1	26.7	26.1	36.7	30.6	26.2	26.8	29.1	30.3	23.2	32.1	
Zn	104.0	77.0	75.9	58.5	81.2	74.5	83.4	86.9	81.1	56.0	59.9	
Zr	203.0	137.0	145.0	147.0	146.0	137.0	144.0	147.0	143.0	233.0	225.0	

表 1-6. Continued

区分	牧島火山岩類													
岩類	牧島玄武岩										牧島HMA			
産地	アサ	切宮岬	曲	曲	曲	曲	曲	曲	曲	曲	曲崎古墳	曲崎古墳	曲崎古墳	大箱
試料番号	124-10	124-5	124-11	124-12b	29-3	29-11	125-3	125-2a	125-2b	125-4	125-5a	125-5b	120-10	
SiO ₂ wt%	50.36	48.50	48.85	48.67	48.45	48.93	48.80	48.49	48.60	54.25	54.09	54.48	53.85	
TiO ₂	1.77	2.68	2.66	2.66	2.66	2.21	2.15	2.67	2.68	0.98	0.99	0.99	1.07	
Al ₂ O ₃	15.49	14.46	14.41	14.48	14.27	14.62	14.54	14.45	14.43	14.26	14.43	14.42	16.00	
Fe ₂ O ₃	11.06	13.43	13.56	13.36	13.63	12.61	12.61	13.48	13.43	8.77	8.85	8.68	8.43	
MnO	0.19	0.19	0.18	0.19	0.19	0.18	0.20	0.19	0.19	0.15	0.15	0.15	0.15	
MgO	7.10	6.73	6.61	6.72	6.98	7.41	7.70	6.66	6.74	9.07	9.20	9.02	8.27	
CaO	8.64	8.02	7.79	7.90	8.02	8.77	8.76	8.02	7.97	8.04	7.90	7.83	8.17	
Na ₂ O	3.51	3.64	3.58	3.62	3.58	3.40	3.35	3.66	3.58	3.31	3.22	3.25	3.22	
K ₂ O	1.29	1.61	1.63	1.65	1.61	1.24	1.20	1.62	1.63	0.98	0.98	0.99	0.66	
P ₂ O ₅	0.59	0.76	0.73	0.74	0.61	0.63	0.71	0.76	0.76	0.19	0.19	0.19	0.20	
Ba ppm	368.0	423.0	418.0	441.0	372.0	263.0	305.0	423.0	437.0	292.0	296.0	282.0	171.0	
Co	41.2	42.3	41.7	41.5	42.8	41.8	44.8	42.5	41.6	46.6	44.7	43.6	36.9	
Cr	214.0	158.0	117.0	157.0	187.0	237.0	249.0	161.0	159.0	484.0	492.0	479.0	367.0	
Cu	23.9	43.7	30.4	43.4	42.7	33.1	37.0	45.1	36.7	34.0	47.2	35.2	48.2	
Ga	20.0	21.6	21.0	20.3	20.5	20.9	21.1	20.5	21.7	19.1	17.7	17.6	18.7	
Nb	25.4	40.9	39.8	40.6	39.3	30.5	28.8	40.6	39.6	9.2	9.3	9.6	9.5	
Ni	93.7	65.9	78.1	69.0	96.3	108.0	115.0	65.5	68.4	228.0	233.0	226.0	189.0	
Rb	25.2	28.7	27.0	29.3	28.4	21.9	19.0	29.8	30.0	18.8	17.2	19.1	17.3	
Sr	702.0	824.0	798.0	810.0	793.0	740.0	742.0	821.0	802.0	397.0	375.0	389.0	386.0	
V	221.0	217.0	213.0	212.0	218.0	236.0	236.0	218.0	213.0	208.0	216.0	215.0	167.0	
Y	35.7	26.5	41.0	28.6	29.0	27.3	28.7	29.2	28.1	22.4	25.9	23.6	23.9	
Zn	131.0	153.0	150.0	152.0	158.0	155.0	155.0	153.0	150.0	77.3	77.1	76.7	92.5	
Zr	192.0	203.0	203.0	204.0	200.0	200.0	197.0	200.0	199.0	115.0	113.0	122.0	128.0	

稀にピジョン輝石を含む。カンラン石と単斜輝石の $Mg\# = 100Mg/(Mg+Fe)$ (モル比) の最高値はそれぞれ 73.1 と 79.3 であまり高くない。カンラン石の NiO の最高も 0.18 % と低い、単斜輝石の Cr_2O_3 は 0.89 % とかなり高い。ピジョン輝石の $Mg\#$ は 70.3~51.9 である。不透明鉱物の多くは TiO_2 18.2~22.4 % の磁鉄鉱で 2.18~0.31 % の Cr_2O_3 を含む。

池島 HMA 池島は九州で唯一海底から石炭を採掘しているが、表層には火山岩が分布する。植木 (1993) によると、火山岩は全て SiO_2 54.6~55.2 %, MgO 7.29~6.75 % の HMA である。

灰黒色・緻密な単斜輝石カンラン石安山岩で、カンラン石 (5.7 vol %), 単斜輝石 (2.0~3.4 %), 斜方輝石 (0.1~0.3 %) の斑晶~微斑晶が、インターサータル組織を示し斜長石, 単斜輝石, ガラス, 不透明鉱物, 及び斜方輝石からなる石基中に存在する。カンラン石は時に径 0.9 mm に達し, 0.05~0.01 mm のクロムスピネルを包有する。Fo 値・NiO の最高はそれぞれ 87.7・0.42 % とかなり高い (表 2)。クロムスピネルは Cr_2O_3 44.4~42.5 % をもつ (表 4)。単斜輝石の $Mg\#$ の最高は 86.2, Cr_2O_3 の最高は 0.91 % に達する。斜長石は An 63.3~57.8, Or 0.59~1.17 である。

表 2. Representative electron microprobe analyses of olivine

	Ikeshima HMA			Hyougashira basalt			Yahazudake HMA			Shikimi basalt			Alkali basalt		
	1	2C	2R	1C	1R	2	1	2C	2R	1	2C	2R	1	2	3
SiO ₂ wt%	39.49	39.49	39.96	40.48	39.31	39.21	41.18	41.22	38.60	40.05	39.72	38.20	39.53	39.67	35.40
Al ₂ O ₃	0.05	0.04	0.05	0.07	0.07	0.10	0.06	0.06	0.07	0.05	0.05	0.03	0.08	0.09	0.07
FeO	11.53	13.09	13.99	11.42	19.45	17.55	7.73	7.82	15.40	14.72	16.28	22.34	14.95	15.75	37.85
MnO	0.22	0.21	0.24	0.19	0.31	0.25	0.08	0.13	0.19	0.23	0.30	0.46	0.13	0.16	0.68
MgO	46.29	46.53	45.27	47.45	41.26	41.96	50.74	51.09	43.46	44.31	43.43	37.72	43.73	43.89	26.30
CaO	0.13	0.13	0.17	0.15	0.19	0.13	0.14	0.17	0.17	0.06	0.17	0.25	0.18	0.18	0.19
Cr ₂ O ₃	0.09	0.03	0.05	0.00	0.00	0.00	0.06	0.08	0.02	0.03	0.04	0.06	0.01	0.06	0.00
NiO	0.42	0.42	0.20	0.27	0.26	0.34	0.47	0.48	0.23	0.21	0.31	0.17	0.34	0.36	0.10
Total	98.22	99.94	99.93	100.03	100.85	99.54	100.46	101.05	98.14	99.66	100.30	99.23	98.95	100.16	100.59
Fo	87.75	86.35	85.22	88.10	79.08	80.99	92.15	92.09	83.42	84.27	82.64	75.05	83.91	83.24	55.34

Abbreviations C: core. R: rim.

表 3. Representative electron microprobe analyses of pyroxene

	Hyougashira basalt			Sanukitoid		Opx andesite		Yahazudake HMA			Shikimi basalt			Alkali basalt	
	Aug-1C	Aug-1R	Opx-1	Aug-1	Opx-1	Opx-1	Opx-2	Aug-1	Aug-2	Opx-1	Aug-1	Opx-1	Pig-1	Aug-1	Aug-2
SiO ₂ wt%	53.89	51.77	54.23	52.43	54.69	55.56	55.01	51.57	50.35	53.66	52.71	54.44	53.57	52.80	51.08
TiO ₂	0.27	1.27	0.68	0.53	0.26	0.10	0.15	0.30	0.49	0.23	0.36	0.61	0.60	0.36	1.15
Al ₂ O ₃	1.84	1.97	1.15	3.65	1.85	2.00	2.21	2.53	3.88	1.33	2.88	0.74	1.26	2.16	2.83
FeO	3.47	9.07	14.67	4.60	11.67	6.77	6.95	4.77	4.86	16.40	4.52	12.44	14.53	4.45	6.89
MnO	0.08	0.22	0.38	0.15	0.23	0.15	0.14	0.13	0.05	0.48	0.12	0.30	0.39	0.13	0.17
MgO	17.60	15.91	26.30	16.54	28.99	32.33	32.60	17.10	16.00	26.80	16.97	28.77	24.35	17.15	15.48
CaO	22.36	19.19	2.40	21.66	1.59	0.95	1.05	21.28	22.06	1.05	22.30	1.90	5.22	22.06	21.54
Na ₂ O	0.29	0.42	0.06	0.38	0.06	0.04	0.05	0.22	0.32	0.05	0.19	0.00	0.13	0.23	0.32
K ₂ O	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02		0.15	0.04	0.03
Cr ₂ O ₃	0.70	0.05	0.16	1.24	0.18	0.91	1.06	0.68	1.16	0.00	0.70	0.10	0.11	0.57	0.00
V ₂ O ₃	0.01	0.04	0.00	0.03		0.00	0.00	0.05	0.09	0.03	0.02		0.07	0.05	0.03
NiO	0.03	0.07	0.12	0.03	0.06	0.11	0.21	0.04	0.00	0.06	0.00	0.07	0.05	0.04	0.05
Total	100.54	100.00	100.15	101.24	99.58	98.92	99.43	98.67	99.28	100.09	100.79	99.37	100.43	100.04	99.57
Mg#	90.05	75.75	76.16	86.50	81.58	89.50	89.30	86.48	85.45	74.44	86.99	80.48	74.92	87.30	80.03
Wo	45.13	39.63	4.76	44.88	3.12	1.84	2.02	43.61	45.85	2.05	45.10	3.68	10.34	44.66	44.46
En	49.40	45.74	72.54	47.68	79.03	87.84	87.51	48.76	46.27	72.91	47.75	77.51	67.17	48.31	44.45
Fs	5.47	14.63	22.70	7.44	17.85	10.31	10.47	7.63	7.88	25.03	7.14	18.81	22.48	7.03	11.09

Abbreviations C: core. R: rim. Aug: augite. Opx: orthopyroxene. Pig: pigeonite

表 4. Representative electron microprobe analyses of spinel

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
TiO ₂ wt%	0.96	0.76	10.00	14.11	17.51	0.99	0.28	10.97	6.97	0.67	6.34	9.48	6.99	4.84	0.96
Al ₂ O ₃	16.71	12.43	5.14	3.45	1.68	19.85	15.35	2.03	5.43	13.41	5.32	4.27	6.73	2.50	5.94
Cr ₂ O ₃	43.36	44.82	15.84	8.95	1.39	41.18	48.98	0.52	24.19	45.24	31.58	22.20	12.86	0.00	30.16
V ₂ O ₃	0.19	0.18	0.74	1.17	1.80	0.21	0.05	1.29	0.71	0.30	1.03	1.14	0.52	0.36	0.40
Fe ₂ O ₃	7.66	11.77	26.48	29.80	31.59	8.01	6.94	44.22	26.48	9.39	19.66	23.35	34.73	56.63	30.05
FeO	18.35	20.29	31.18	37.39	42.41	17.83	15.74	39.05	31.06	21.83	29.82	32.66	36.25	32.65	28.97
MnO	0.23	0.27	0.32	0.40	0.60	0.26	0.23	0.27	0.34	0.46	0.55	0.50	0.46	0.36	0.44
MgO	10.51	8.89	6.12	4.44	2.68	11.40	12.07	1.42	4.76	7.76	4.80	4.43	1.33	1.44	2.39
CaO	0.00	0.04	0.10	0.06	0.20	0.31	0.00	0.01	0.03	0.13	0.16	0.21	0.02	0.31	0.01
NiO	0.23	0.24	0.25	0.23	0.37	0.14	0.14	0.05	0.12	0.12	0.29	0.29	0.16	0.14	0.20
Total	98.20	99.69	99.17	100.00	100.23	100.18	99.78	99.83	100.09	99.31	99.55	98.53	100.05	99.23	99.52
mg#	0.505	0.438	0.259	0.175	0.101	0.533	0.577	0.061	0.215	0.388	0.223	0.195	0.061	0.073	0.128
Cr#	0.635	0.708	0.711	0.635	0.357	0.582	0.682	0.147	0.749	0.694	0.799	0.777	0.562	0.000	0.773
Al#	0.330	0.249	0.148	0.121	0.074	0.377	0.292	0.066	0.141	0.270	0.136	0.125	0.179	0.065	0.131
Fe#	0.096	0.150	0.487	0.668	0.885	0.097	0.084	0.922	0.438	0.121	0.321	0.438	0.591	0.935	0.423

Abbreviations mg#: Mg/(Mg+Fe²⁺) (molar). Cr#: Cr/(Cr+Al). Al#: Al/(Cr+Al+Fe³⁺). Fe#: Fe³⁺/(Cr+Al+Fe³⁺).

1:Cr-spinel in olivine from Ikehima HMA. 2-5:Hyougashira basalt. 6:Sanukitoid. 7-8:Yahazudake HMA. 9:Shikimi basalt. 10-14:Makishima alkali basalt. 15:Makishima HMA.

黒崎 HMA 黒崎 HMA は SiO₂ 54.91 % に対し MgO は 10.50 % と高い。灰黒色の斜方輝石カンラン石単斜輝石安山岩である。斑晶をつくる単斜輝石は径 1.1~0.3 mm, カンラン石は 0.8~0.2 mm, 斜方輝石は 0.6 mm 以下, 斜長石は 0.4 mm 以下で極く少ない。石基はハイアロオフィティック組織を示す。カンラン石・単斜輝石の Mg# の最高は, それぞれ 81.1・85.0, NiO と Cr₂O₃ は 0.32 % と 0.39 % であまり高くない。しかし, カンラン石には Cr₂O₃ 31.4~10.2 % のスピネルが包有される。斜方輝石の Mg# の最高は 76.7, Cr₂O₃ は 0.23 % で, 単斜輝石が斜方輝石より先に晶出した cpx-HMA である。斜長石は An 66.4~37.7, Or 1.16~4.19 を示す。

兵頭玄武岩 灰黒色・緻密な斜方輝石単斜輝石カンラン石玄武岩が主体をなす。玄武岩は MgO 12.5~8.05 % に対し, SiO₂ が 50.2~52.6 % と比較的 SiO₂ が高い。カンラン石の Fo と NiO の最高は 88.1 と 0.34 % である (表 2)。単斜輝石の Mg#・Cr₂O₃ の最高は 90.6・1.12 % と非常に高い (表 3)。カンラン石中及び石基のスピネルの Cr₂O₃ は 44.8 % から 1.39 % までほぼ連続的に変化する (表 4)。斜長石は An 68.9~23.3, Or 0.80~4.75 をもつ。

時津火山岩類

サヌキトイド 下部・中部・上部安山岩を一括してサヌキトイドとした。これは松井 (1989) では玄武岩として塗色されているが, 今回及び白木

ほか (1992) でも SiO₂ 53 % 以下の玄武岩は見い出されなかった。田島 (1975), 白木ほか (1992) が述べたように, サヌキトイドはしばしばカンラン石を含み斜長石斑晶に乏しい両輝石安山岩である。MgO は 6 % 以下で HMA には属さない (表 1)。しかし, Cr が 373~180 ppm と安山岩としては著しく高い。カンラン石の多くは変質しているが, Fo と NiO の最高はそれぞれ 85.9 と 0.38 % で安山岩としては高い。単斜輝石の Mg# の最高は 87.4 であるが, Cr₂O₃ は 1.24 % と著しく高い (表 3)。一方, 斜方輝石は Mg# と Cr₂O₃ の最高が 81.6 と 0.47 % で, 大部分は cpx-HMA から導かれた (図 3)。カンラン石は Cr₂O₃ 46.6~30.8 % のクロマイトを包有する (表 4)。斜長石は An 65.8~37.3, Or 0.46~4.29 である。

斜方輝石安山岩 本岩は田島 (1975) によって発見され上部サヌキトイドとされた。長与町清水島対岸と時津町恵美須崎に産する。前者は白木ほか (1992) によって記載された。後者は著しく風化した凝灰岩中に角礫状に産する。灰~灰黒色・緻密で肉眼で斑晶は見分けられない。斑晶のほとんどは径 1 mm 以下の斜方輝石である。稀に単斜輝石が斜方輝石の縁あるいは石基中に存在する。石基は弱い流理を示し, ハイアロオフィティック組織を呈す。斜方輝石の Mg# と Cr₂O₃ の最高は 89.5 と 1.06 % と著しく高く, 大部分が古銅輝石に属する (表 3)。清水島対岸のもの (白

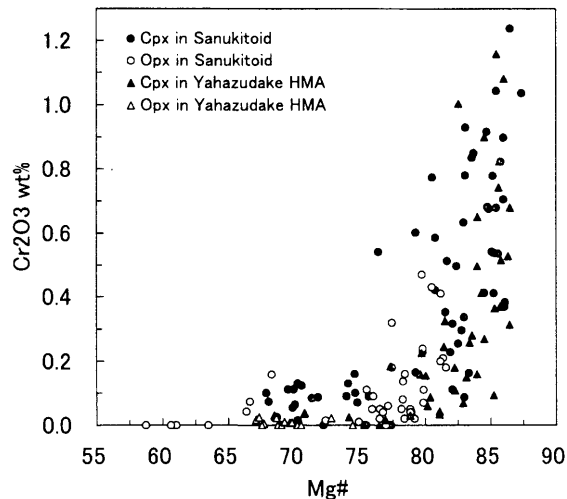


図 3. Plot of Mg# vs Cr₂O₃ wt % for clinopyroxene (cpx: solid symbols) and orthopyroxene (opx: open symbols) in Sanukitoid (circles) and Yahazudake HMA (triangles).

木ほか, 1992) よりはやや低いが, 瀬戸内火山帯のサヌキトイドやポニナイトの斜方輝石に匹敵する。斜長石は An 63.8~26.4, Or 1.31~4.48 で比較的 Or に富む。本岩は HMA には入らないが, SiO₂ に対する MgO と Cr が著しく高く opx-HMA から導かれたことは明らかである。

岩屋山安山岩類

角閃石安山岩 I 角閃石安山岩 I (No. 114-1) は SiO₂ 57.83 % ・ MgO 3.88 % ・ Cr 43.2 ppm と平均的な苦鉄質安山岩の組成をもつ。斑晶は角閃石と斜長石からなり少量の単斜輝石と斜方輝石を含む。角閃石は Al₂O₃ 11.8~10.9 %, Na₂O 2.62~2.19 %, Mg# 76.0~67.2 を示し, Leake (1978) の分類によれば, パーガサイト質角閃石である。角閃石は Cr₂O₃ をほとんど含まない (<0.09 %)。しかし, 単斜輝石は Mg# 84.7 ・ Cr₂O₃ 0.39 % をもち, 角閃石より早期に晶出したことを示す。斜長石の組成は An 66.8~43.8, Or 0.72~4.89 である。

琴ノ尾岳両輝石安山岩 琴ノ尾岳中腹から得られた本岩 (No. 112-1) は, 岩屋山安山岩類のうち最も広く分布する輝石安山岩溶岩の典型である。SiO₂ が 60.54 % に対し, MgO は 4.95 % と安山岩としてやや高いだけであるが, Cr が 195 ppm と安山岩としては著しく高い。ほぼ等量含まれる単斜輝石及び斜方輝石の Mg# と Cr₂O₃ の最高は, それぞれ 87.4 と 0.57 % 及び 85.0

と 0.27 % で, 斜方輝石もかなり早くから晶出した cpx-HMA である。斜長石は An 67.1~42.5, Or 0.95~2.12 を示す。

矢筈岳 HMA 長崎市北西部の矢筈岳と飯盛岳をつくる板状節理の発達した溶岩で, 灰~灰黒色・緻密なカンラン石斜方輝石単斜輝石安山岩である。径 3 mm 以下の斜長石斑晶が多く, 単斜輝石は 1.3~0.2 mm, 斜方輝石は 0.7~0.2 mm, カンラン石は 0.4 mm 以下である。カンラン石は稀に 0.05 mm 以下の Cr₂O₃ 最高 48.98 % をもつクロマイトを包有する (表 4)。カンラン石の Fo と NiO の最高値はそれぞれ 92.1 と 0.48 % と本地域の火山岩のうち最も高い (表 2)。単斜輝石の Mg# ・ Cr₂O₃ の最高は 86.5 ・ 1.16 % と高いが, 斜方輝石のそれは 74.4 ・ 0.03 % と低い (表 3) cpx-HMA である (図 3)。斜長石斑晶は An 59.4~42.5, Or 0.94~2.43 をもつ。

式見火山岩類

式見玄武岩 式見玄武岩は柱状節理の発達した溶岩流として見られ, 灰黒色・緻密な斜方輝石単斜輝石カンラン石玄武岩である。MgO が 13.3~12.6 % と本地域の火山岩のうち最も高い。しかし, カンラン石の Fo の最高は 84.3, NiO は 0.31 % (表 2) と全岩の高い MgO に対してはむしろ低く, Fo の頻度分布のピークは 71~74 にある (白木ほか, 1992)。一方, 単斜輝石は Mg# が最高 87.0, Cr₂O₃ が 0.80 % を示し, また, Mg# 80.5 ・ Cr₂O₃ 0.10 % の斜方輝石と Mg# 74.9 ・ Cr₂O₃ 0.11 % のピジョン輝石を含む (表 3)。式見玄武岩の高 MgO はこれら苦鉄質鉱物の集積によるものであろう。カンラン石に包有されるスピネルは Cr₂O₃ が 38.2 % から 9.98 % にわたるクロム質磁鉄鉱である (表 4)。微斑晶及び石基をつくる斜長石は An 79.5~53.3, Or 0.88~2.97 をもつ。

舞岳 HMA 舞岳は HMA 組成を示すカンラン石斜方輝石単斜輝石安山岩からなり, 縁に単斜輝石をもつ斜方輝石も存在する。カンラン石の Fo は 89.2~61.9, 単斜輝石の Mg# は 84.2~67.3, 斜方輝石のそれは 73.4~60.7 で, cpx-HMA に由来する。

角閃石安山岩 II 式見玄武岩の上を覆う角閃

石安山岩 II は長崎市三重町及び園田町などに産する。三重の角閃石安山岩あるいはデイサイト (No. 18-6) は、 SiO_2 64.10 % に対し MgO 2.45 %・ Cr 30.2 ppm とかなり分化している。しかし、角閃石斑晶は $\text{Mg}\#$ と Cr_2O_3 の最高が 77.1 と 0.30 % と比較的高く、 Al_2O_3 13.6~12.0 % , Na_2O 2.86~2.50 % をもつパーガサイトである。斜長石は An 60.8~48.0, Or 0.60~1.67 を示す。園田の角閃石安山岩あるいはデイサイトは、 SiO_2 64.6~65.0%, MgO 2.73~1.55%, Cr 37.7~22.2 ppm と他の角閃石安山岩と同じく分化しているが、 Sr が 786~530ppm と高く、 $\text{Y}-\text{Sr}/\text{Y}$ 関係図においてアダカイトの領域に入る (図 4)。

牧島火山岩類

両輝石安山岩 牧島のカンラン石玄武岩に覆われる両輝石安山岩類は、時津火山岩類及び岩屋山安山岩類の両輝石安山岩に比べ、 MgO 4.07~1.79 % , Cr 196~33.5 ppm と分化したものが多。斜方輝石の割合が高くほとんどが単斜輝石斜方輝石安山岩である。 $\text{Mg}\#$ と Cr_2O_3 は低く、最高値は単斜輝石で 78.8 と 0.17 % , 斜方輝石で 73.1 と 0.09 % で、大部分は Cr_2O_3 を含まない (<0.01 %)。スピネルも Cr_2O_3 0.53~0.08 % , TiO_2 10.6~5.02 % の磁鉄鉱である。斜長石は An 70.7~39.6, Or 1.04~4.62 を示す。

カンラン石玄武岩 カンラン石玄武岩 (牧島玄武岩) は、柱状節理の発達した溶岩流として曲の南東の海岸、及び岩脈として牧島北西部の切宮岬に見られる。灰黒色・緻密な単斜輝石カンラン石玄武岩であるが、晶洞には紫蘇輝石を産する (松本・田島, 1979)。牧島玄武岩は本地域で唯一、 $\text{SiO}_2-\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 図でアルカリ岩系列に入り、インコンパチブル元素が高い (宮本, 2000)。カンラン石の Fo の範囲は 83.9~55.3, NiO の最高は 0.36 % を示し、カンラン石の組成範囲が広い (表 2)。単斜輝石の $\text{Mg}\#$ の最高は 87.3, Cr_2O_3 の最高は 0.57 % であるが、多くの単斜輝石は Cr_2O_3 を全く含まない (<0.01 %) (表 3)。スピネルはカンラン石に包有される Cr_2O_3 最高 45.24 % のクロマイトから Cr_2O_3 をほとんど含まない磁鉄鉱まで連続的に変化する (表 4)。斜長石の組

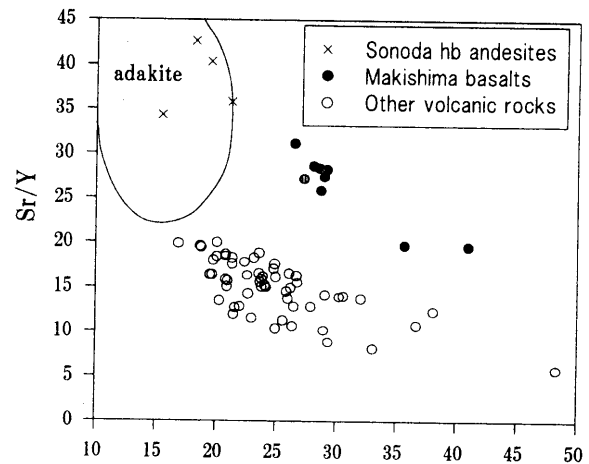


図 4. Plot of Y ppm vs Sr/Y ratio for Sonoda hornblende andesites or dacites (crosses), Makishima basalts (solid circles) and other volcanic rocks from the southern Nishisonogi Peninsula (open circles). Adakite field from Defant et al. (1991).

成範囲は An 67.3~25.6, Or 1.14~11.6 にわたり、 Or が高い。

牧島 HMA 牧島 HMA は曲古墳群南東の海岸に柱状節理の発達した溶岩流をつくる。灰色のカンラン石単斜輝石安山岩である。 SiO_2 は 54.1~54.5 % , MgO は 9.20~9.02 % で、HMA としては SiO_2 に乏しい。カンラン石の Fo は最高 81.0, NiO は 0.22 % と比較的低い。一方、単斜輝石は $\text{Mg}\#$ 83.4・ Cr_2O_3 0.73 % とカンラン石に比べ高い。斜方輝石は $\text{Mg}\#$ 75.4・ Cr_2O_3 0.49 % で、量的にも少なく cpx-HMA である。斜長石は An 66.0~37.7, Or 1.09~3.66 を示す。スピネルは Cr_2O_3 30.2~11.6 % をもつ (表 4)。同様な HMA は長崎市南部の大籠町にも産する。本岩のカンラン石の Fo と NiO の最高は 79.8 と 0.22 % , 単斜輝石の $\text{Mg}\#$ と Cr_2O_3 の最高は 86.6 と 1.09 % , 斜方輝石は 76.8 と 0.18 % , 斜長石は An 76.5~46.9, Or 1.02~3.40 である。カンラン石は Cr_2O_3 19.5~7.92 % をもつクロム質磁鉄鉱を包有する。

4. 火山岩の特徴

本地域の火山岩の最も大きな特徴は、比較的 MgO に富み、特に Cr が高いことである。図 5 に SiO_2 と Cr 含有量の関係を示す。玄武岩のみならず安山岩の多くも島弧のソレライト玄武岩の平均値 100 ppm (Shiraki, 1997) を凌駕する。

Shiraki (1981) の定義に合う SiO_2 53 %・ MgO 6.6 % 以上の HMA は、8.4 Ma の松浦玄武岩類から 2.32 Ma の牧島 HMA まで全時期を通して見られる。HMA の大部分はカンラン石について単斜輝石の晶出する cpx-HMA であるが、僅かに、 $\text{Mg}\#$ と Cr_2O_3 の高い斜方輝石をもつ opx-HMA も存在する。時津火山岩類のサヌキトイドは HMA ではないが、HMA と同じクロマイトや Cr_2O_3 の高い輝石をもち (図 3), HMA マグマからの分化物と考えられる。岩屋山安山岩類の輝石安山岩も、Cr が 134 ppm 以上と高く (表 1), Cr_2O_3 の高い輝石の存在から、同様に HMA との関連が示唆される。

火山岩の大部分は、 $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 図 (Kuno, 1965) で高アルカリソレライト系列、 $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$ 図 (Gill, 1981) で中カリウム系列、Miyashiro (1974) の $\text{FeO}^*/\text{MgO} - \text{SiO}_2$ 図でカルクアルカリ岩系列に属する。ただし牧島玄武岩のみは、 $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 図でアルカリ岩系列、 $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$ 図で高カリウム系列に属し、 $\text{FeO}^*/\text{MgO} - \text{SiO}_2$ 図ではソレライト系列に入る。図 4 に示されたように牧島アルカリ玄武岩はまた、 $\text{Y} - \text{Sr}/\text{Y}$ 関係において明らかに本地域の他の火山岩類と異なり、Sr に富む。図 6 に SiO_2 と Nb の関係を示す。牧島アルカリ玄武岩はプレート内玄武岩に相当する高い Nb 含有量 (40.9~

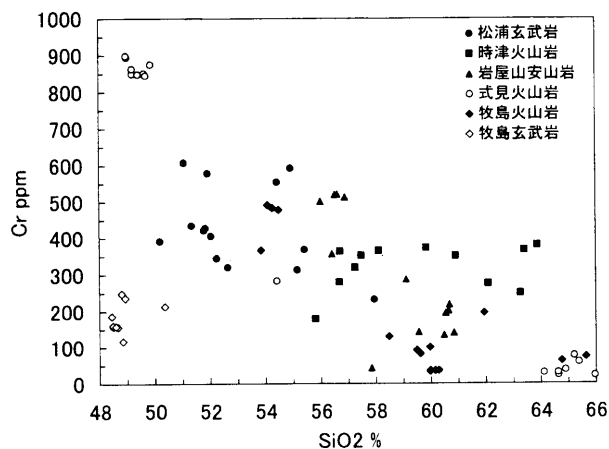


図 5. Plot of SiO_2 wt % vs Cr ppm for Matsuura basalts (solid circles), Togitsu volcanic rocks (solid squares), Iwayasan andesites (solid triangles), Shikimi volcanic rocks (open circles), Makishima volcanic rocks (solid diamonds) and Makishima alkali basalt (open diamonds).

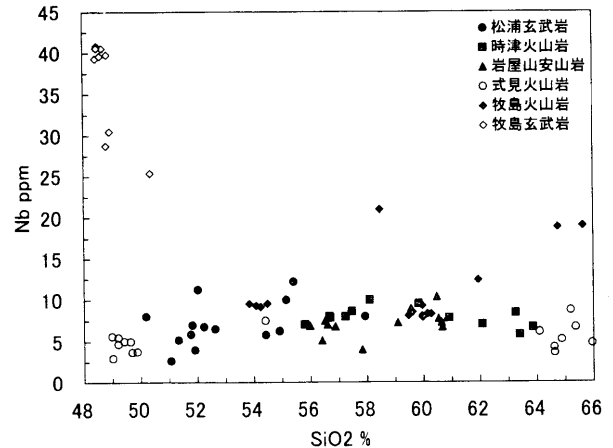


図 6. Plot of SiO_2 wt % vs Nb ppm for Matsuura basalts (solid circles), Togitsu volcanic rocks (solid squares), Iwayasan andesites (solid triangles), Shikimi volcanic rocks (open circles), Makishima volcanic rocks (solid diamonds) and Makishima alkali basalt (open diamonds).

25.4 ppm) をもつ。さらに、牧島火山岩類のうち下部両輝石安山岩 No. 2-1 及び上部両輝石安山岩 II の Nos. 124-8 と 823-1 は、Nb が高く、牧島アルカリ玄武岩と関連するかもしれない。これらの安山岩はまた Rb, K, Ba などの Large Ion Lithophile (LIL) 元素も牧島アルカリ玄武岩と同様に高い。

図 7 に本地域の代表的な火山岩について、インコンパチブル元素の中央海嶺玄武岩 (MORB) 規格化パターンを示す。牧島アルカリ玄武岩は、Sr と High Field Strength (HFS) 元素が他のものより明らかに高く、プレート内玄武岩である北松浦玄武岩の JB-1a よりも高い。式見玄武岩・兵頭玄武岩及び牧島 HMA・矢筈岳 HMA・斜方輝石安山岩は、比較的 LIL 元素が高く HFS 元素が低い島弧沈み込み帯火山岩の特徴を示す。さらに、HMA は Sr を除く LIL 元素である Rb, K, Ba が玄武岩より高く、HMA にはこれらの元素が付加されたことを示唆する。

5. 火山岩の成因

西彼杵半島南部地域の火山岩は、HMA とソレライト玄武岩及びそれらから分化したカルクアルカリ安山岩を主体とし、沈み込み帯火山岩の特徴を示すが、少量のインコンパチブル元素に富みプレート内マグマの性質をもつアルカリ玄武岩も産

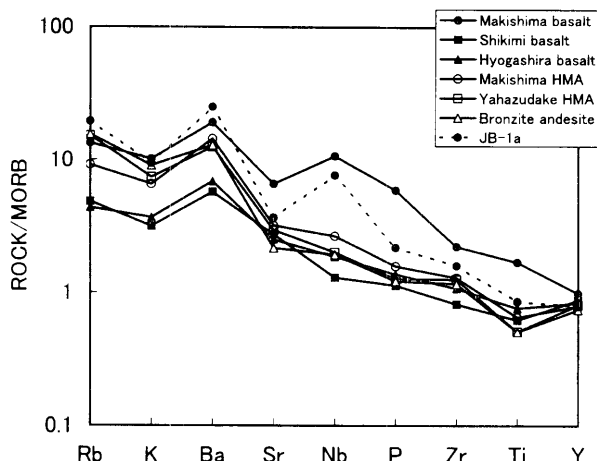


図 7. MORB-normalized incompatible element patterns for Makishima alkali basalt, Shikimi basalt, Hyogashira basalt, Makishima HMA, Yahazudake HMA, Orthopyroxene (Bronzite) andesite and JB-1a (Imai et al., 1995). MORB normalization values from Pearce (1983).

する。プレート内玄武岩の産出は当時本地域の下に沈み込んだスラブが存在しなかったことを示唆する。アルカリ玄武岩とソレライト及び opx-HMA 由来のサヌカイトとの共存は、北松浦半島及び佐賀県多久市周辺からも知られている（白木ほか, 1996, 1999, 2000; 飯田ほか, 2000）。しかしこれらの地域では、サヌカイト及びソレライトも、Nb が高くプレート内マグマの特徴を示し、西彼杵半島南部地域と異なる。

本地域の島弧的特徴をもつ火山岩は、先の時代に沈み込んだスラブからの水を主とする流体あるいは珪酸質メルト（マグマ）によって交代された、 H_2O と SiO_2 に富むマントルから生じたのかもしれない。一般にマントル深部から上昇するマグマは、周囲のマントル物質と反応して組成を変化させる (e. g., Kelemen, 1995)。牧島アルカリ玄武岩は上昇過程でほとんど組成を変えなかったマグマを表し、最も強く交代された角閃石と輝石に富むマントルと反応したマグマが、最も MgO に対する SiO_2 の高い opx-HMA を生じたと考えられる。

6. まとめ

1. 西彼杵半島南部の新生代後期の火山岩は、高 Mg 玄武岩から流紋岩、最も SiO_2 の高い opx-HMA から cpx-HMA・ソレライト玄武岩を経て

SiO_2 に乏しいアルカリ玄武岩、及びアダカイトなど多様な火山岩を産する。

2. これらの火山岩は一般に $MgO \cdot Cr \cdot Ni$ に富むことによって特徴づけられ、大量に分布する輝石安山岩の多くは >100 ppm Cr を示し、HMA マグマから導かれた可能性が高い。

3. 大部分の火山岩は LIL 元素に富み HFS 元素に乏しい島弧的特徴を示す。しかし、少量のインコンパチブル元素、特に Nb (40.9~25.4 ppm) の高いプレート内玄武岩も存在する。

4. 深部から上昇するプレート内マグマが、角閃石と輝石に富むマントルと反応して HMA をつくり、ほとんど反応しなかったマグマがアルカリ玄武岩になったと考えられる。

謝辞 EPMA 分析で大変お世話になった山口大学機器分析センターの飯石一明教授、森福洋二氏、東京大学海洋研究所の石井輝秋助教授、原口悟氏、佐藤暢氏に深く感謝する。

参考文献

- 東 高照 (1992) 長崎市の苦鉄質火山岩類の岩石学的研究. 山口大卒論.
- Defant, M. J., Richerson, P. M., de Boer, J. Z., Stewart, R. H., Maury, R. C., Bellon, H., Drummond, M. S., Feigenson, M. D. and Jackson, T. E. (1991) Dacite genesis via both slab melting and differentiation: petrogenesis of La Yeguada volcanic complex, Panama. *J. Petrol.*, 32, 1101-1142.
- Gill, J. (1981) *Orogenic Andesites and Plate Tectonics*. Springer, Berlin, 390 p.
- 服部 仁 (1984) 長崎変成岩類の放射年代とその帰属. 長崎県地学会誌, 41, 11-25.
- 服部 仁・井上英二・松井和典 (1993) 神浦地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 126 p.
- 堀口承明 (1963) 牧島の地質. 長崎大学芸学部自然科学研報, 14, 49-54.
- 飯田浩子, 白木敬一, 松本徭夫 (2000) 佐賀県多久市のサヌカイト. 日本地質学会西日本支部

- 会報, 116, 2.
- Imai, N., Terashima, S., Itoh, S. and Ando, A. (1995) 1994 compilation values for GSI reference samples, "Igneous rock series". *Geochem. J.*, 29, 91-95.
- 角縁 進, 永尾隆志, 今岡照喜, 松本徂夫, 白木敬一 (1989) 蛍光X線分析装置による微量元素組成の定量. 山口大教養紀要 (自然科学), 23, 43-54.
- 近藤 寛, 梅野壯助 (1978) 長崎県大村湾南岸, 長与・時津地域の地質. 長崎大学芸学部自然科学研報, 29, 91-104.
- Kelemen, P. B. (1995) Genesis of high-Mg# andesites and continental crust. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 120, 1-19.
- Kuno, H. (1965) Fractionation trend of basaltic magmas in lava flows. *J. Petrol.*, 6, 302-321.
- Leake, B. E. (1978) Nomenclature of amphiboles. *Am. Mineral.*, 63, 1023-1052.
- 松井和典 (1987) 長崎県西彼杵半島のかんらん石玄武岩の K-Ar 年代. 地調月報, 38, 197-201.
- 松井和典 (1989) 20万分の1地質図幅「長崎」. 地質調査所.
- 松井和典, 水野篤行 (1966) 5万分の1地質図幅「大村」及び同説明書. 地質調査所.
- 松本徂夫 (1961) 北九州松浦玄武岩類の研究. 九州大生産科学研報, 30, 1-99.
- 松本徂夫 (1987) 北中部九州における後期新生代の火山系列. 地団研専報, 33, 235-249.
- 松本徂夫・田島俊彦 (1979) 長崎市牧島産かんらん石玄武岩中の晶洞紫蘇輝石. 長崎大教養部紀要 (自然科学), 19, 23-29.
- 松尾弘昭 (1990) 長崎県時津町周辺の火山岩類. 山口大卒論.
- 松尾弘昭 (1992) 長崎県西彼杵半島南部の火山岩類. 山口大修論.
- 宮本光隆 (1998) 長崎市周辺の火山岩類の岩石学的・地球化学的研究. 山口大卒論.
- 宮本光隆 (2000) 長崎県西彼杵半島の新生代火山岩類. 山口大修論.
- 宮本光隆, 白木敬一, 松本徂夫, 田島俊彦 (1999) 長崎県西彼杵半島南部の火山岩. 日本地質学会西日本支部会報, 115, 30.
- Miyashiro, A. (1974) Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *Am. J. Sci.*, 274, 321-355.
- 永尾隆志, 角縁 進, 白木敬一 (1997) 全自動蛍光X線分析装置 (理学/RIX3000) による岩石中の主成分および微量元素組成の定量. 山口大学機器分析センター報告, 5, 10-15.
- Pearce, J. A. (1983) Role of the subcontinental lithosphere in magma genesis at active continental margins. *In* Hawkesworth, C. J. and Norry, M. J. eds., *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*. Shiva, Nantwich, 230-249.
- Shiraki, K. (1981) Boninite and sanukite. *Recent Progr. Nat. Sci. Japan*, 6, 84-88.
- Shiraki, K. (1997) Geochemical behavior of chromium. *Resource Geol.*, 47, 319-330.
- 白木敬一, 飯田浩子, 藤元 亮, 川上嘉充, 山下智広, 松本徂夫 (1999) 北西九州のサヌカイト. 日本地質学会西日本支部会報, 115, 7.
- 白木敬一, 川上嘉充, 中山由紀, 松本徂夫 (1996) 長崎県北松浦半島の高Nb 古銅輝石安山岩. 永尾隆志編: 西南日本の新生代火成活動とテクトニクス. 132-136.
- 白木敬一, 松尾弘昭, 松本徂夫, 田島俊彦 (1992) 長崎県西彼杵半島の後期中新世サヌキトイド. 松本徂夫教授記念論文集, 173-180.
- 白木敬一, 宮本光隆, 道繁 薫, 阪口和之, 永尾隆志, 松本徂夫 (2000) 九州の高マグネシア安山岩. 日本地質学会西日本支部会報, 116, 3.
- 橘 行一 (1963) 茂木植物化石層と松浦玄武岩類. 長崎大教養部紀要 (自然科学), 3, 44-53.
- 田島俊彦 (1975) 長崎市北部西時津および斎藤付近の火山地質. 長崎県地学会誌, 24, 15-26.
- Tanai, T. (1976) The revision of the Pliocene Mogi flora, described by Nathorst (1883) and Florin (1920). *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. IV*, 17, 277-346.

植木有子（1993）長崎県西彼杵半島中部の火山
岩. 山口大卒論.