

紀伊半島，大峯花こう岩類の全岩化学組成

新 正 裕 尚
角 井 朝 昭

Abstract

New 22 XRF analyses of the whole rock chemical compositions are reported for the samples obtained from the Ohmine Granitic Rocks in Kii peninsula, southwest Japan. We describe the characteristics of major and trace element compositions of the Ohmine Granitic Rocks, comparing with previously reported data.

はじめに

西南日本弧の海溝寄り地域に分布する新第三紀火成活動は，日本海の形成とそれに伴う西南日本弧の時計回り回転というテクトニックな事象とほぼ同時期におこった現象として興味を引き，数多くの研究が行われてきた（たとえば Kimura et al, 2005）。とりわけ近年は放射年代測定法の進展に伴い形成年代の見直しが進んできた（Shinjoe et al., 2010; 新正・折橋, 2017 など）。これらの放射年代データは，西南日本弧の回転時期の議論（星, 2018）とも関連して，中新世の地史復元において強い制約条件をもたらすものである。

一方，火成活動の成因の議論にあたっては形成年代に加えて岩石化学のデータも欠くことができない。そのもっとも基本的なものは蛍光 X 線分析法などを利用した，全岩の主成分・微量元素組成である。我々は西南日本弧海溝寄り地域の新第三紀火成岩類を広域的に採取し，基本的な全岩化学組成の分析を進めてきた（新正ほか, 2007a; 新正ほか, 2016 など）。なかでも紀伊半島に南北 150 km 近くの範囲で分布する岩石群は島弧横断方向の化学組成変化（たとえば中田・高橋, 1979）をみる上で重要である。新正ほか（2007a）は紀伊半島の新第三紀火成岩類の珪長質な岩石について主成分・微量元素組成の島弧横断組成変化について報告し，海溝からの距離の違いによるマグマ生成深度の違いについて議論した。これらの議論に用いた岩石群はおおまかに海溝から遠い順に，瀬戸内火山岩類，大峯花こう岩類，熊野酸性岩類と呼ばれるものからなる（Fig. 1）。これらについて新正ほか（2007a）で公表したデータ以外にも，より多くの試料について化学分析を行っているが，蛍光 X 線分

析のみを実施し，分析した微量元素の種類が少ないため未公表のものもある。そのなかで熊野酸性火成岩類については新正ほか（2007b）にとりまとめたデータを報告している。本報告では大峯花こう岩類について未公表の蛍光 X 線分析による全岩組成データを報告し，既報データとあわせて大峯花こう岩類全体の全岩化学組成の特徴について概観する。

地質と試料の概要

紀伊半島に分布する新第三紀火成岩類は，中央構造線の北側の内帯に分布する瀬戸内火山岩類，南側の外帯に分布する外帯花こう岩類，さらに最南端の潮岬周辺に分布する苦鉄質～珪長質の岩相を含む潮岬火山深成複合岩体からなる。そのほかに中央構造線直上に高見山酸性岩が貫入する（Fig. 1）。外帯花こう岩類については大きく紀伊半島中央部の脊梁域に貫入岩体として点々と分布する大峯花こう岩類と紀伊半島の南東部に大規模な露出域を持つ熊野酸性岩類に区分される。近年はこれらを一括した火山深成火成活動としてとらえる考え方が支配的である（たとえば Miura and Wada, 2007）。このような考え方は主に次の3つの観点から支持される。(1) 精密な放射年代測定データが集積され（角井ほか，1998; Sumii and Shinjoe, 2003; 岩野ほか，2007 など），火成活動の同時性および活動期間が短期間に集中することが明確になってきたこと。紀伊半島全体の火成活動レンジについては Miura and Wada（2007）にその時点までの放射年代データのレビューに基づく議論が行われている。(2) MT 法などによる物理探査の結果，熊野酸性岩分布域から大峯花こう岩類分布域にいたる大規模な高比抵抗岩体の存在が明らかにされたこと（Fuji-ta et al., 1997; 梅田ほか，2003）。このような高比抵抗岩体は伏在する花こう岩体，すなわち固結したマグマだまりであると解釈され，大峯花こう岩類と熊野酸性岩類は地下で結合した大規模なマグマだまりから供給されたという提案がある（Miura and Wada, 2007）。(3) 複数のカルデラ構造が推定されるようになったこと。熊野酸性岩類について Aramaki et al. (1977) により funnel-type カルデラの存在が提唱されていたが，Miura (1999) は詳細な地質調査に基づき熊野酸性岩類南岩体について trap-door caldera と解釈されることが提案された。さらに，川上・星 (2007) により，熊野酸性岩類北岩体についても，花こう斑岩が環状岩脈に連結する貫入岩としてコールドロン構造内に分布することを示し，piston-type カルデラ構造が提案された（Kawakami et al., 2007）。また踏査が容易でないため実態が明らかでなかった火砕岩岩脈について詳しい検討が行われ（和田・岩野，2001; 佐藤・大和大峯研究グループ，2006 など），中奥，大峯などの火砕岩岩脈の存在と弧状断層・岩脈群から二重の陥没構造を持つ大峯・大台カルデラの存在が提案されている（佐藤・大和大峯研究グループ，2006; Miura and Wada, 2007）。さらに紀伊半島内帯域に分布する，現在残存するものに限っても 100 km³ におよぶ室生火砕流堆積物（Fig. 1）も外帯域のカルデラ火山の大規模噴火による産物である

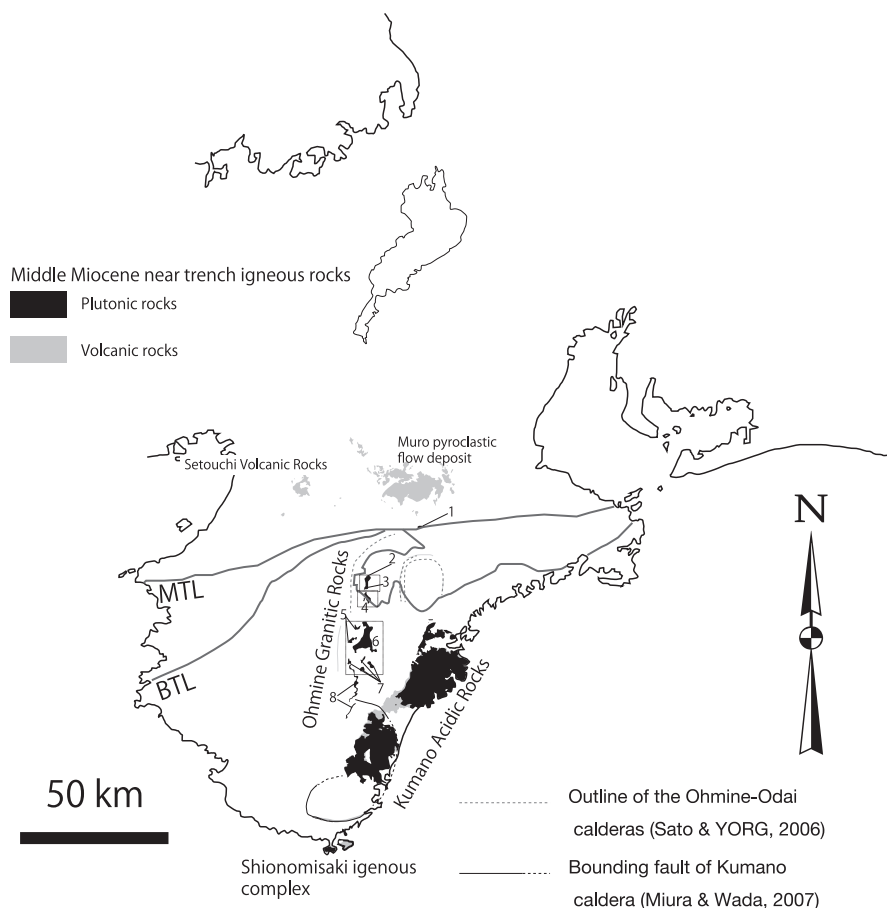


Figure 1 Distribution of the middle Miocene near-trench igneous rocks in the Kii Peninsula (after Geological Survey of Japan, AIST, 2015). MTL: Median Tectonic Line, BTL: Butsuzo Tectonic Line. Numbers in the map correspond with individual igneous bodies of the Ohmine Granitic rocks. 1. Takamiyama porphyritic granite stock. 2. Dorogawa Pluton, 3. Shirakura Pluton, 4. Kose-Shirakawahacho Pluton, 5. Asahi Pluton, 6. Tenguyama Pluton, 7. Shiratani Pluton, 8. Katago-Mukuro dike. Boxes from north to south show the locations of Figure 2, Figure 3, and Figure 4, respectively.

ことが確実とされている（星ほか，2002；2004，新正ほか，2002 など）。

ここまで述べたように物理探査等で推定される大規模な構造にもとづいて熊野酸性岩類～大峯花こう岩類が一連のマグマだまりから供給されたことが提案されているが，大峯花こう岩類については南北で記載岩石学的特徴や全岩化学組成変化があることには注意が必要である。すなわち北側の 2 岩体，洞川岩体および白倉岩体は I タイプ花こう岩の，それ以外の岩体は S タイプ花こう岩の特徴を持つ（村田，1982，1984；村田・吉田，1985）。これらは同

一のマグマに由来するとは考えにくく，紀伊半島の海溝寄り地域におけるマグマ成因を議論する上では全岩化学組成の空間的分布は必須のデータであると言える。

一連の火成活動という点では，大峯火砕岩岩脈や中奥火砕岩岩脈・岩脈群も一括すべきであるし，また高見山酸性岩も時間空間的にごく近接した珧長質貫入岩体であるという点で大峯花こう岩類に含めて議論すべきかも知れない。しかしそれらの一連性については放射年代を含めたより広い資料に基づいた検討が必要である。そこで本稿では従来から大峯花こう岩類と呼び習わされてきた，洞川，白倉，白川八丁・川迫，旭，天狗山，白谷岩体の6つの花こう岩～花こう閃緑岩の貫入岩体に絞ってまとめる。分析値を提示する試料の位置を Figure 2～4 に示す。これまで大峯花こう岩類について，各岩体の代表的試料（新正ほか，2007a），洞川岩体（新正ほか，2005），白川八丁・川迫岩体（新正ほか，2009）について報告したデータの試料位置も併せて示している。岩相の分布は踏査の極めて困難な紀伊山地の脊梁部分に露出する岩体であるために，既報文献の間でかなり差異が見られる。たとえば志井田ほか（1989）の岩相分布に基づく Figure 2 においては洞川岩体，白倉岩体は連続した岩体に描かれており，志井田ほか（1989）は全体をまとめて法力峠岩体と呼称している。しかし本報告では村田（1982）などの呼称に従い，洞川周辺で採取した岩石は洞川岩体，白倉谷ぞいで採取した岩体は白倉岩体に属するものとして扱う。また Figure 4 に示した，旭岩体，白谷岩体は類似した岩相の複数の貫入岩の集合体とされるがその分布についても文献によりかなり差異が見られる。

分析と結果

蛍光 X 線分析のうち主成分は京都大学理学部の蛍光 X 線分析装置 Rigaku3550 で，1 : 10 のガラスビードをもちいておこなった。方法の詳細は後藤・巽（1991）にしたがった。微量元素組成は京都大学総合人間学部の Rigaku3030 により試料粉末を加圧整形したディスクレットを用いて行った。方法の詳細は後藤・巽（1992）にしたがった。Table 1a・b に既報のデータを含めて大峯花こう岩類の貫入岩体の蛍光 X 線分析による全岩主成分・微量元素組成を示す。既報データについて報告した微量元素の種類が本報告のものと異なるのは，それらについては異なるシステムの機器を用いて分析されたからである。

主成分元素をハーカー図にプロットしたものを Figure 5 に示す。プロットするにあたり，全鉄を FeO に，酸化物の総計を 100% に換算している。SiO₂ 量は 61.5～77.0% にわたる。I タイプ花こう岩に区分される洞川，白倉両岩体はほぼ SiO₂ 量は 70% 未満である。S タイプ花こう岩に区分される岩体の SiO₂ 量は 69% 以上である。洞川岩体の SiO₂ 量 61.5～63.0% 付近にプロットされるものは毛又谷（Fig. 2）に産する，マグネシウムに富む暗色包有物である（新正ほか，2005）。SiO₂ 量 65～68% 付近にある洞川岩体，白倉岩体の試料の組成は

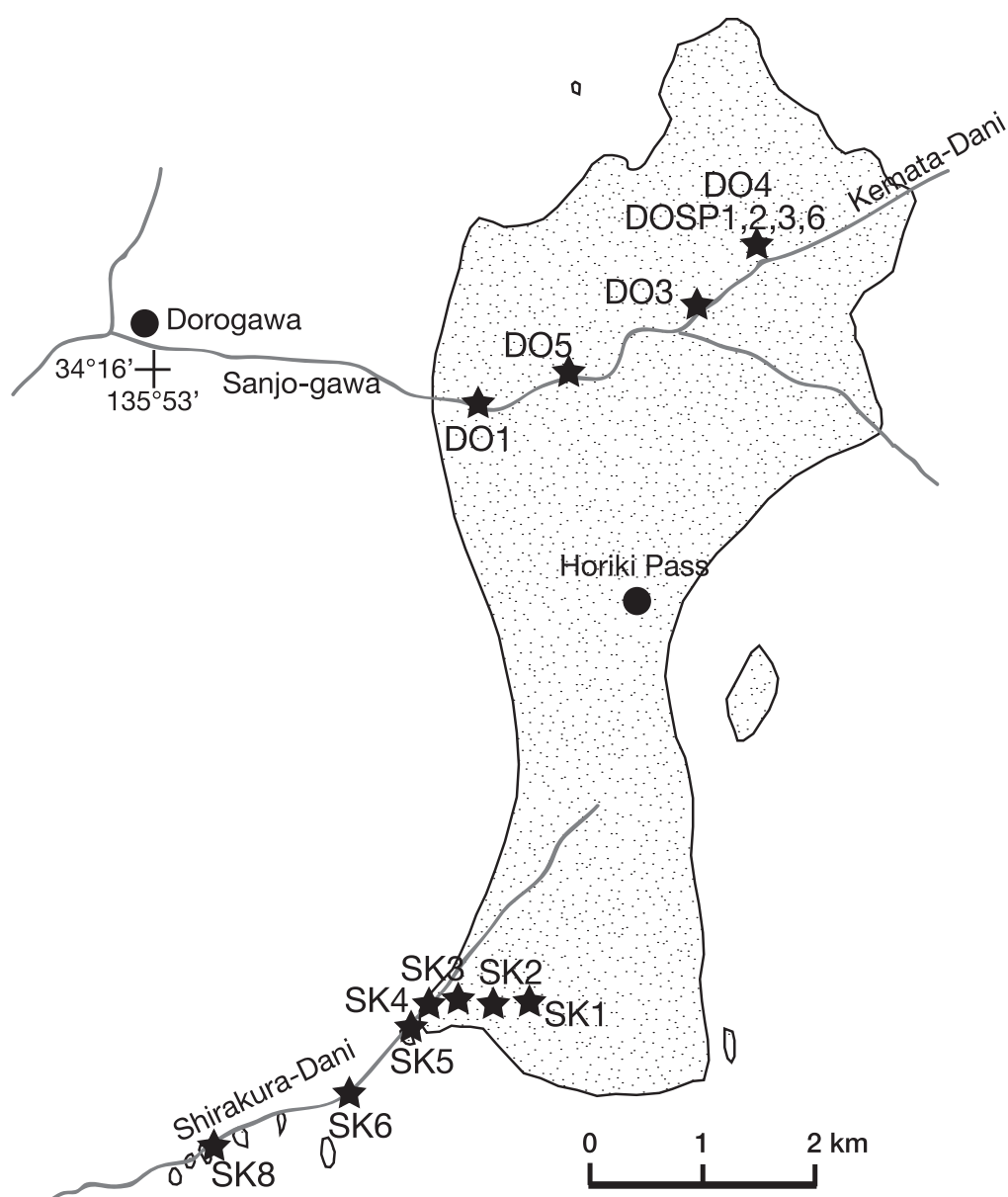


Figure 2 Distribution of the Dorogawa and Shirakura, plutons (modified from Shiida et al., 1989). Sample localities are also shown (stars). Boundary of the two plutons are unclear.

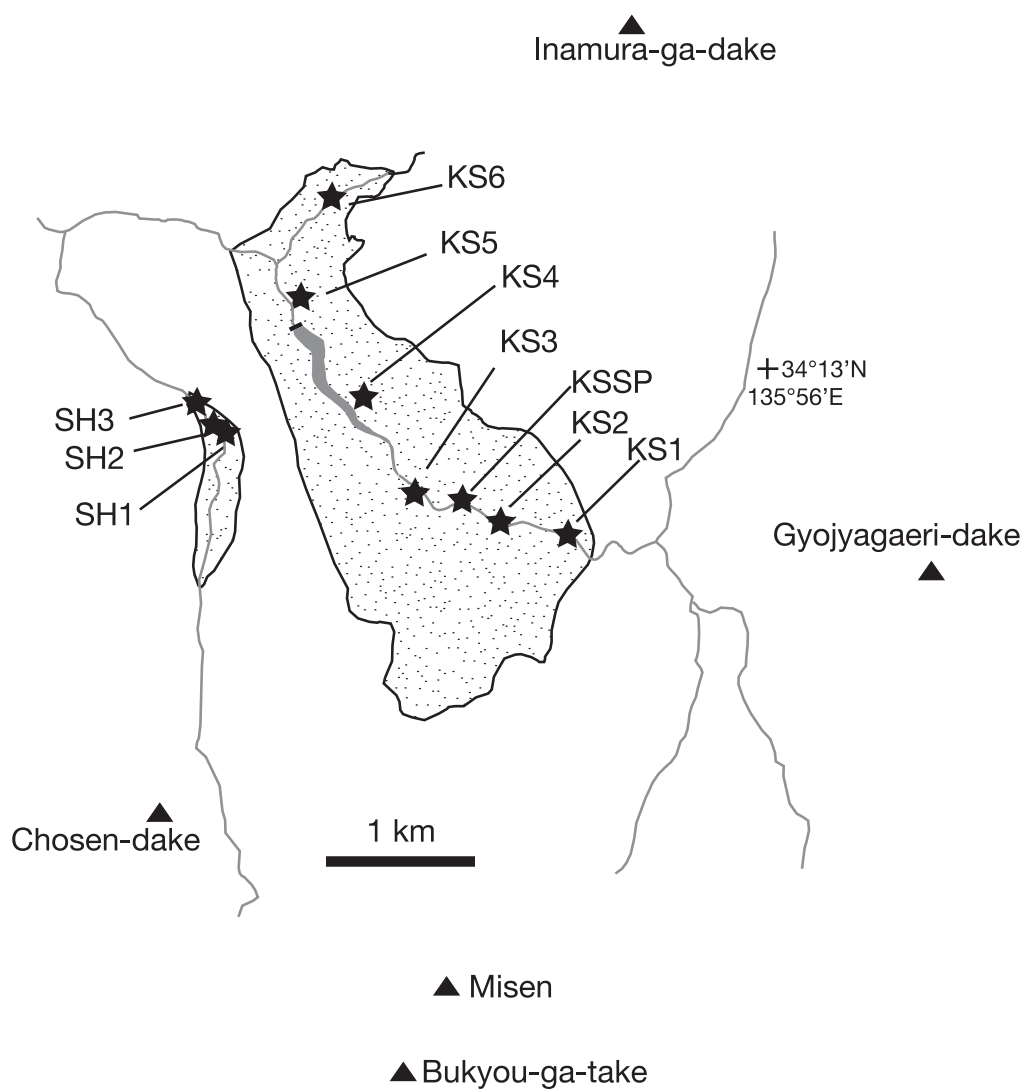


Figure 3 Distribution of the Kose-Shirakawahacho pluton (modified from Shiida et al., 1989). Sample localities are also shown (stars).

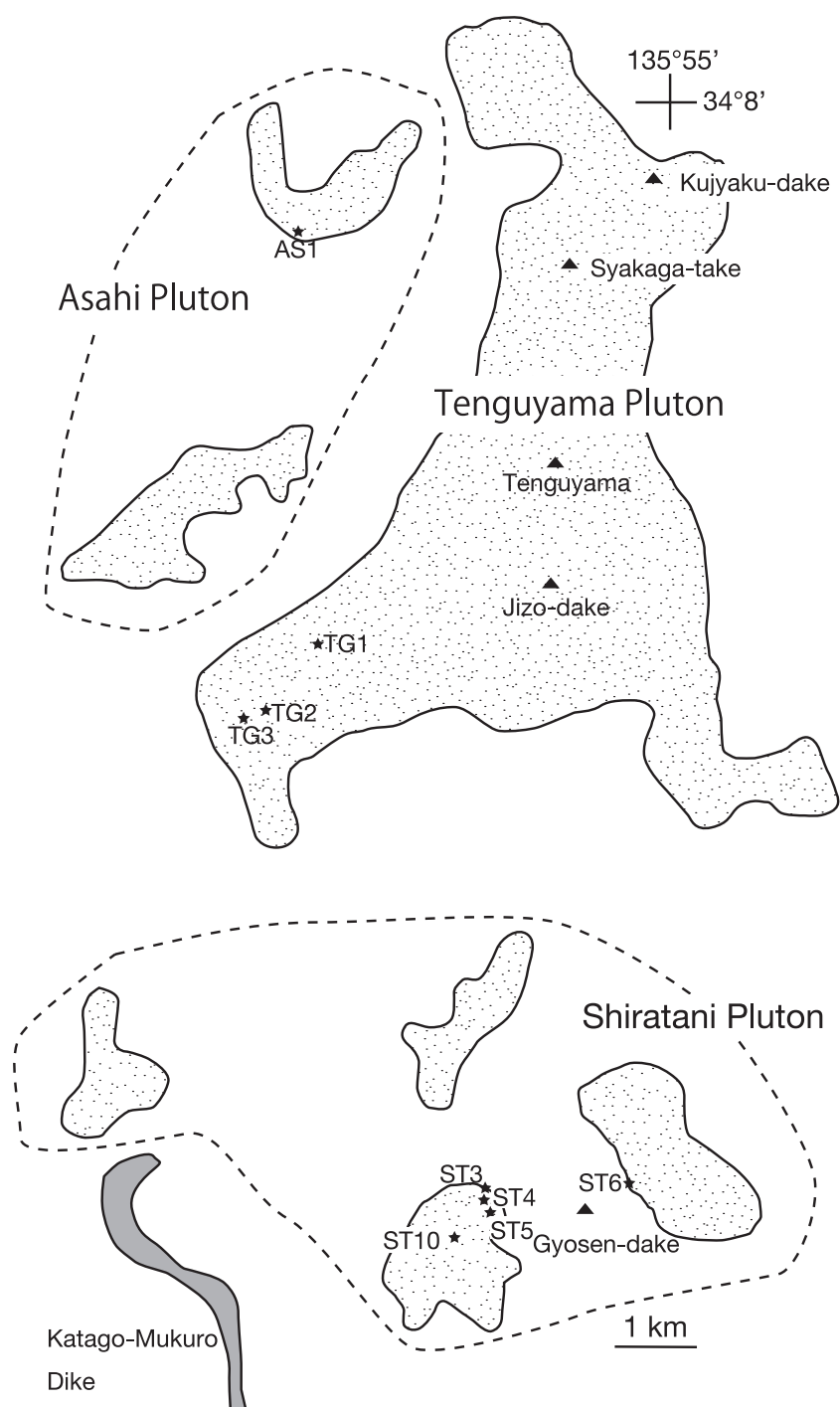


Figure 4 Distribution of the Asahi, Tenguyama, and Shiratani plutons (modified from Geological Survey of Japan, AIST, 2015). Sample localities are also shown (stars).

Table 1a Major element compositions of the Ohmine Granitic Rocks. Fe_2O_3^* : total Fe as Fe_2O_3 .
ASI: Alumina saturation index.

Pluton	Code	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3^*	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	Total	ASI
Dorogawa	DO1A	65.64	0.69	14.65	4.22	0.04	3.28	3.95	3.51	2.71	0.13	98.81	0.92
Dorogawa	DO1B	65.39	0.70	14.57	3.78	0.04	3.18	4.19	3.44	2.86	0.12	98.28	0.89
Dorogawa	DO1C	66.34	0.69	14.56	2.90	0.04	3.15	4.48	3.62	2.87	0.12	98.77	0.85
Dorogawa	DO3C	67.02	0.62	14.52	3.44	0.05	2.18	3.22	3.67	3.13	0.11	97.96	0.95
Dorogawa	DO4B	65.43	0.72	15.07	3.62	0.07	2.80	4.10	3.56	2.75	0.12	98.24	0.92
Dorogawa	DOSP6	64.91	0.56	15.87	4.68	0.07	3.02	4.37	3.29	2.48	0.12	99.37	0.99
Dorogawa	DO5	66.90	0.65	14.77	2.73	0.02	2.97	4.08	3.61	2.98	0.12	98.83	0.89
Dorogawa	DO3B	60.61	0.55	13.99	6.37	0.09	6.98	5.51	3.11	1.90	0.09	99.19	0.81
Dorogawa	DO4A	61.00	0.61	14.60	5.70	0.09	6.15	5.08	3.20	2.41	0.10	98.92	0.85
Dorogawa	DO4C	61.00	0.57	14.26	6.41	0.09	6.28	5.06	3.18	1.95	0.10	98.89	0.86
Dorogawa	DOSP1	61.59	0.59	14.49	5.52	0.10	6.20	5.79	2.58	1.89	0.09	98.84	0.86
Dorogawa	DOSP2	60.43	0.61	14.41	5.52	0.08	6.14	5.48	2.91	2.09	0.10	97.77	0.85
Dorogawa	DOSP3	61.92	0.60	14.55	5.50	0.09	5.82	5.51	2.82	1.92	0.10	98.83	0.87
Shirakura	SK1A	66.03	0.77	15.90	3.79	0.04	2.95	4.59	3.67	2.60	0.16	100.49	0.93
Shirakura	SK1B	64.88	0.76	15.31	4.80	0.05	3.01	4.42	3.50	2.47	0.14	99.33	0.93
Shirakura	SK2A	62.27	0.96	15.61	5.81	0.07	3.06	5.67	3.42	1.96	0.18	99.02	0.86
Shirakura	SK2B	62.51	0.90	15.75	5.18	0.08	3.03	5.85	3.63	1.71	0.18	98.82	0.85
Shirakura	SK2C	61.46	1.10	16.37	4.65	0.10	3.00	6.42	3.91	1.94	0.21	99.16	0.81
Shirakura	SK2DB	61.76	0.92	16.09	5.61	0.07	3.29	6.06	4.02	1.00	0.14	98.95	0.86
Shirakura	SK2DW	60.97	0.91	16.54	5.50	0.06	3.39	5.89	3.34	1.83	0.18	98.61	0.91
Shirakura	SK2E	60.81	0.99	16.32	6.14	0.07	3.31	5.95	3.48	1.80	0.19	99.07	0.88
Shirakura	SK3A	73.00	0.41	14.15	2.07	0.02	0.47	1.75	3.52	3.81	0.13	99.33	1.08
Shirakura	SK4	69.52	0.37	15.16	3.93	0.04	0.27	2.85	4.95	2.26	0.09	99.44	0.96
Shirakura	SK5A	61.17	1.20	16.29	7.14	0.06	1.92	4.12	4.38	2.06	0.37	98.69	0.96
Shirakura	SK6	73.97	0.35	13.95	1.50	0.02	0.53	1.53	3.20	4.47	0.13	99.64	1.08
Shirakura	SK8	76.16	0.14	12.99	0.85	0.01	0.18	0.59	3.33	5.16	0.15	99.55	1.07
Shirakawa-Kose	SH1	75.27	0.09	12.81	1.39	0.03	0.09	0.41	2.99	5.12	0.14	98.34	1.14
Shirakawa-Kose	SH2	74.99	0.10	12.81	1.40	0.03	0.11	0.43	3.02	4.95	0.14	97.97	1.15
Shirakawa-Kose	SH3	74.96	0.08	12.87	1.43	0.03	0.09	0.37	2.94	5.10	0.14	98.01	1.17
Shirakawa-Kose	KS1A	73.04	0.22	13.33	1.42	0.02	0.45	1.20	3.07	4.71	0.12	97.59	1.08
Shirakawa-Kose	KS1B	68.53	0.54	15.65	3.29	0.10	1.13	2.62	3.84	3.08	0.21	98.98	1.09
Shirakawa-Kose	KS1C	69.70	0.50	15.09	3.14	0.07	1.04	2.51	3.86	2.94	0.20	99.03	1.07
Shirakawa-Kose	KS2	74.45	0.22	13.42	1.62	0.04	0.39	1.16	3.31	4.50	0.14	99.23	1.08
Shirakawa-Kose	KS3	75.48	0.08	12.75	0.82	0.02	0.04	0.39	3.32	5.05	0.14	98.08	1.10
Shirakawa-Kose	KS4A	75.64	0.19	12.57	1.41	0.03	0.23	0.70	2.84	5.08	0.12	98.81	1.10
Shirakawa-Kose	KS4B	72.86	0.32	12.82	2.52	0.07	0.49	0.81	2.84	5.06	0.13	97.91	1.10
Shirakawa-Kose	KS5	76.52	0.08	13.09	0.92	0.02	0.08	0.41	3.15	5.05	0.15	99.47	1.15
Shirakawa-Kose	KS6B	69.56	0.28	14.91	2.20	0.04	0.96	2.55	3.78	3.31	0.12	97.71	1.03
Shirakawa-Kose	KS6D	67.29	0.52	14.98	3.56	0.08	1.52	3.15	3.44	2.69	0.17	97.40	1.05
Shirakawa-Kose	KSSP	74.22	0.18	13.88	1.54	0.04	0.43	0.99	3.30	4.79	0.15	99.52	1.12
Asahi	AS1.1	75.46	0.22	13.46	1.10	0.02	0.29	1.14	3.20	4.86	0.14	99.89	1.07
Asahi	AS1.2	74.42	0.27	13.99	1.00	0.01	0.33	1.34	3.47	4.62	0.15	99.60	1.07
Asahi	AS1	73.63	0.24	13.08	1.10	0.01	0.32	1.29	3.38	4.62	0.14	97.81	1.01
Tenguyama	TG1	76.07	0.12	13.51	1.21	0.03	0.14	0.44	3.27	5.02	0.16	99.98	1.16
Tenguyama	TG2	75.93	0.08	12.74	1.25	0.03	0.11	0.34	2.63	5.78	0.17	99.05	1.14
Tenguyama	TG3	76.50	0.12	13.25	0.87	0.01	0.16	0.76	3.10	4.87	0.13	99.77	1.13
Shiratani	ST3	70.50	0.63	14.54	3.23	0.04	1.21	2.21	3.05	3.91	0.12	99.44	1.10
Shiratani	ST4	68.81	0.71	14.22	4.62	0.10	1.60	2.38	2.74	3.33	0.14	98.65	1.14
Shiratani	ST5	70.26	0.67	14.40	3.81	0.06	1.23	2.03	3.16	3.88	0.12	99.61	1.10
Shiratani	ST6	76.39	0.20	13.15	1.16	0.01	0.19	0.66	2.78	5.08	0.11	99.73	1.17
Shiratani	ST10	73.21	0.46	13.85	2.47	0.04	0.63	1.56	3.00	4.32	0.12	99.66	1.11

Table 1b Trace element compositions of the Ohmine Granitic Rocks (in ppm). References for the previous reports are as follows; (1) Shinjoe et al. (2005), (2) Shinjoe et al. (2007a), (3) Shinjoe et al. (2009).

Code	Sc	V	Cr	Ni	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	Pb	Th	Reference
DO1A	15.4	76.8	114.5	47.4	24.1	15.6	107.6	209.7	25.4	178.5	8.3	461.9	11.6	10.0	(1)
DO1B	12.2	74.5	111.3	51.0	24.0	17.9	102.2	212.3	23.9	176.6	9.0	535.5	13.6	10.2	(2)
DO1C	14.3	75.4	112.5	45.3	21.5	16.2	82.3	209.8	23.8	173.1	8.2	571.8	12.6	10.2	(1)
DO3C	12.7	64.6	70.2	29.4	34.9	16.9	111.9	189.2	25.2	216.4	8.7	593.5	26.4	10.9	(1)
DO4B	13.5	74.6	91.9	40.7	39.6	16.6	95.9	246.7	22.6	201.4	8.7	573.4	17.4	9.2	(1)
DOSP6	13.2	82.3	81.7	36.8	51.2	16.0	112.1	240.3	18.9	140.6	7.1	423.5	15.3	8.6	(1)
DO5	11.9	70.6	102.6	43.6	14.1	18.1	100.3	210.4	24.3	175.2	9.0	557.1	11.0	12.6	(2)
DO3B	18.2	114.6	345.5	137.9	66.1	16.0	118.1	208.2	17.4	120.2	6.1	221.5	15.7	7.5	(1)
DO4A	17.6	119.1	275.8	86.6	69.2	14.7	125.3	227.6	16.7	112.5	5.5	223.5	10.0	5.6	(1)
DO4C	18.4	113.9	312.3	104.9	70.2	15.9	94.0	213.0	22.2	126.7	6.6	226.5	13.2	7.7	(1)
DOSP1	19.1	118.8	276.1	87.1	69.9	14.8	69.8	225.7	17.9	109.4	5.7	386.3	27.4	8.9	(1)
DOSP2	19.6	118.0	268.8	83.2	47.8	16.9	90.4	238.8	16.5	112.2	6.1	321.1	7.9	7.0	(1)
DOSP3	18.8	112.8	255.6	81.4	62.9	15.0	89.3	218.4	17.2	122.7	5.4	267.2	13.8	6.5	(1)
SK1A				36.3			92.9	224.3	25.5	205.5	6.5	460.3	6.8	8.6	This work
SK1B	13.9	78.5	82.4	32.7	22.5	15.7	108.5	219.2	24.8	176.3	8.1	414.1	7.2	11.6	(2)
SK2A				21.0			76.0	210.5	29.9	193.3	6.3	367.9	8.0	6.9	This work
SK2B				20.8			61.3	228.3	31.0	188.5	5.9	351.0	8.6	8.3	This work
SK2C				20.9			59.6	258.3	29.4	170.9	7.1	358.5	5.5	6.9	This work
SK2DB				20.6			89.6	235.1	26.3	142.6	6.6	274.0	9.4	7.3	This work
SK2DW				19.3			54.2	245.5	33.7	56.4	7.4	182.8	11.6	9.6	This work
SK2E				25.7			78.2	233.1	28.0	161.0	6.4	309.2	6.0	6.8	This work
SK3A				4.7			127.2	174.0	36.6	234.9	11.3	678.4	15.2	13.6	This work
SK4				2.2			72.8	183.2	54.2	349.2	15.6	258.3	12.4	9.9	This work
SK5A				2.2			120.0	266.7	29.9	217.5	11.5	250.0	7.2	7.7	This work
SK6				5.6			158.3	138.4	33.2	164.4	7.7	672.5	14.1	11.3	This work
SK8				2.6			182.3	53.7	38.4	83.9	7.0	351.8	19.7	8.2	This work
SH1	3.1	4.8	5.1	1.0	31.9	16.8	239.9	23.2	27.8	54.2	8.6	113.6	26.0	9.6	(3)
SH2	3.3	1.3	5.7	1.6	27.7	17.6	239.9	29.6	28.1	58.2	8.8	111.1	21.6	7.3	(3)
SH3	4.8	4.5	5.4	0.4	35.3	17.2	236.2	18.1	29.9	53.2	8.6	89.2	23.5	5.1	(3)
KS1A	6.1	12.9	11.0	6.2	21.3	15.7	184.9	100.3	26.3	85.8	8.5	380.0	21.2	9.4	(3)
KS1B				11.6			185.5	166.0	21.7	161.0	9.9	346.8	22.4	11.4	This work
KS1C	7.9	33.2	18.8	8.1	76.4	17.6	185.0	162.1	20.8	141.9	11.1	379.1	18.0	12.2	(3)
KS2	5.2	15.7	9.0	3.2	45.1	17.0	210.4	95.9	26.3	87.4	8.9	432.9	26.3	6.5	(3)
KS3	5.0	3.1	8.6	5.6	40.7	16.6	250.6	20.7	26.0	51.5	8.9	51.7	18.6	5.5	(3)
KS4A	3.9	10.9	6.7	2.8	29.6	14.8	179.7	62.7	40.1	90.4	8.7	825.3	27.3	11.2	(3)
KS4B	5.4	27.8	15.4	10.0	106.7	14.8	286.7	88.0	25.9	129.2	11.5	712.0	23.7	14.5	(3)
KS5	2.8	2.1	4.6		40.6	16.2	247.2	13.9	26.2	58.4	9.8	108.1	22.2	9.8	(2)
KS6B	5.8	38.8	10.2	3.6	38.1	18.0	122.5	228.7	17.6	90.5	6.5	445.8	33.6	8.9	(3)
KS6D	8.0	39.2	26.0	8.4	104.4	17.9	176.8	213.2	19.3	139.1	9.5	419.6	17.9	9.7	(3)
KSSP				5.6			201.3	74.5	28.6	79.3	6.7	277.6	36.4	7.5	This work
AS1.1				3.6			163.4	131.8	35.0	104.3	7.8	473.1	11.5	8.7	This work
AS1.2				3.6			149.9	161.0	34.0	122.9	8.8	532.9	11.3	9.7	This work
AS1	4.5	12.3	8.2	3.9	11.0	19.3	150.1	154.2	40.5	116.8	10.2	507.5	10.3	8.9	(2)
TG1				3.6			228.0	28.3	30.1	68.2	7.8	211.8	25.1	7.3	This work
TG2	2.6	4.2	5.1		31.7	16.4	187.4	14.8	29.4	71.8	10.9	110.8	26.7	9.5	(2)
TG3				3.6			195.4	54.6	33.4	66.4	5.9	275.7	22.6	7.1	This work
ST3				10.7			147.6	156.7	30.3	222.0	8.7	561.8	13.4	12.4	This work
ST4	13.2	69.7	37.3	12.9	91.0	20.2	138.7	144.7	26.6	193.0	12.6	501.6	21.8	11.2	(2)
ST5				12.6			158.2	143.3	29.0	234.4	9.2	527.3	17.4	13.7	This work
ST6				3.7			205.1	51.1	35.2	101.1	5.5	455.3	21.8	11.0	This work
ST10				6.7			152.5	112.9	32.9	187.6	7.4	624.7	20.3	11.8	This work

おおむね重なるが， TiO_2 ， Na_2O ， P_2O_5 など若干差異の見られるものもある。I タイプ花こう岩と S タイプ花こう岩の区分はかなり明瞭で，先述のとおり SiO_2 量約 70% 付近にその区分があるとともに，Alumina saturation index (ASI) で見た場合，それより低 SiO_2 量側すなわち I タイプ花こう岩は $\text{ASI} < 1$ とメタアルミナス，高 SiO_2 量側すなわち S タイプ花こう岩は $\text{ASI} > 1$ とパーアルミナスである。これらは岩体の区分ともよく対応している。なお，白倉岩体のうち 3 試料が $\text{SiO}_2 > 73\%$ かつパーアルミナスな領域にプロットされているが，これらは SK3A を除くと白倉谷に分布する小規模なストック状岩体の試料である。これらは便宜的に白倉岩体に区分しているが，白倉岩体と川迫岩体は極めて近接しており，S タイプ花こう岩である川迫岩体と同源のマグマが貫入したものである可能性が高い。SK3A のみ主岩体の境界付近で採取されたもので，関係は明瞭でないが同様に後期に貫かれた岩石であるかも知れない。 FeO^*/MgO 比は全体として SiO_2 量に対してゆるやかに増加するが， SiO_2 量 75% 以上の苦鉄質鉱物のモードが少ない優白質の岩相で急激に上昇する (Fig. 5 の最下部の 2 つのパネル)。

Figure 6 に微量元素のうち，Rb と Sr および Ba と Rb をプロットした。S タイプ花こう岩について Ba と Sr が Rb に対して増減するトレンドは長石類の分別と関連する可能性が高い。また I タイプ花こう岩の洞川，白倉の試料が Ba と Rb がゆるやかに相関した分布を示すのは黒雲母か角閃石の分別と関連する可能性がある。

また，Figure 5 において，全体として SiO_2 量に対して各元素とも緩やかなトレンドを形成するが， SiO_2 量約 70% 付近の ASI のギャップは明瞭であり，S タイプ花こう岩が I タイプ花こう岩と同一のマグマからの結晶分化等で形成されたものとは考えられない。したがって，先述したような熊野酸性岩類から大峯花こう岩類までが地下で連結した大規模な同一のマグマだまりから供給されたという議論はやや単純化されたもので，少なくとも北部の I タイプ花こう岩は別のマグマ源から供給されたものと考えべきである。村田 (1984) は I タイプ，S タイプ花こう岩が南北に明確にわかれて分布することについて，その分布域が仏像構造線付近を境にすることに言及して，この南北で地殻構造の差異があり，北側の地殻下部には中間質の火成岩が存在し，南側の地殻下部には堆積岩のみが存在して，それぞれが部分融解することで異なる性質のマグマを生成したことを提案した。新正ほか (2007) は主成分元素について堆積物の融解実験のメルト組成との比較，希土類元素について融解実験の鉱物モードを用いたモデルに基づいて検討し，S タイプ花こう岩は溶融残渣で斜長石が安定な地殻下部で堆積物の融解によって生成したことを議論した。また I タイプ花こう岩についても同様に苦鉄質火成岩の地殻内の圧力下での融解実験のメルト組成との比較をおこない，主成分元素組成が苦鉄質火成岩の部分融解液で説明されることを示した。一方希土類元素について融解実験の鉱物モードを用いたモデルでは，起源物質の苦鉄質火成岩がやや軽希土類元素に富むことが必要であることを示した。ここまでの結論は村田 (1984) と本質的に同じであ

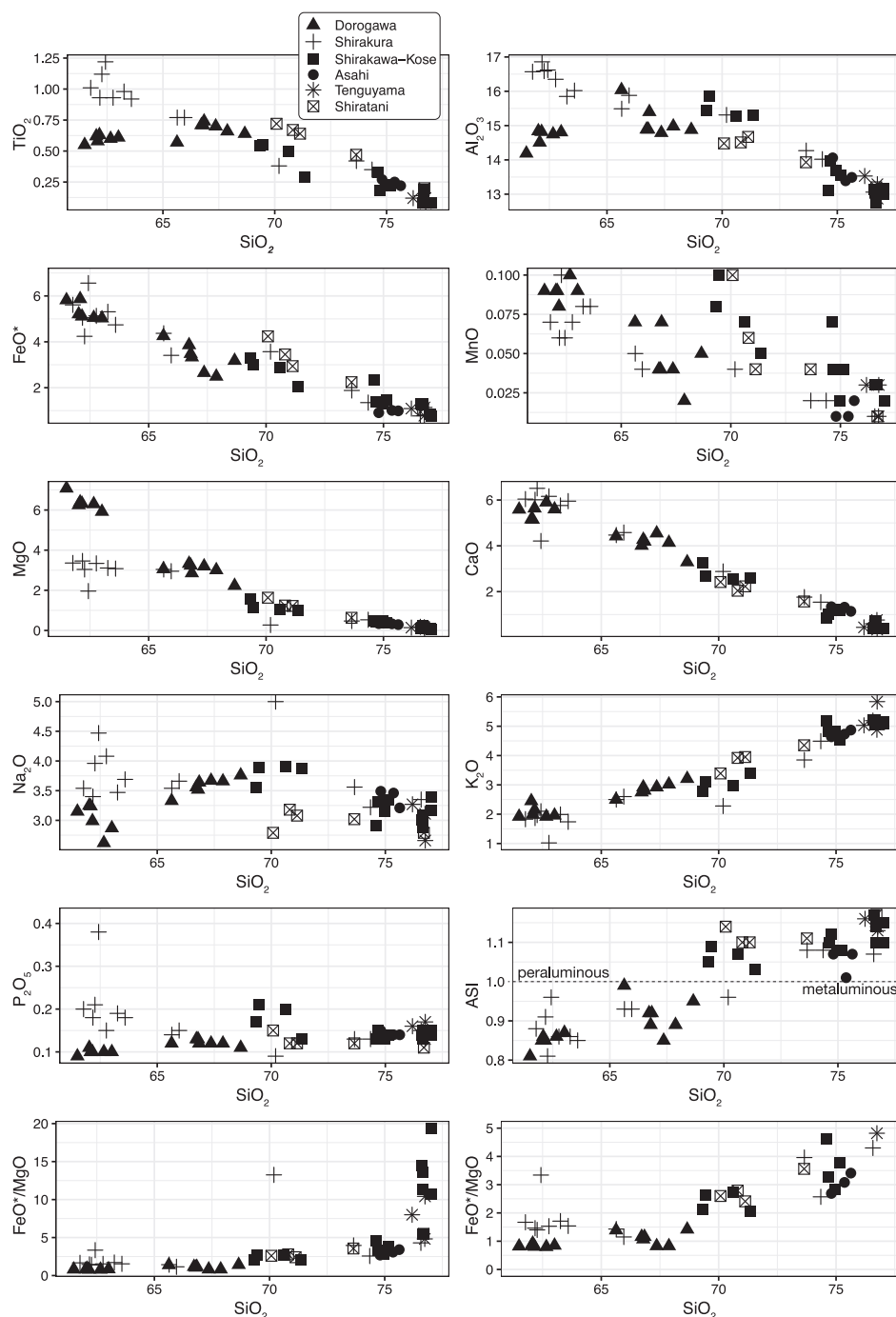


Figure 5 Harker variation diagrams for major elements of the granitic rocks of the Ohmine Granitic Rocks. FeO*: Total Fe as FeO, ASI: Alumina saturation index (=molar $\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$). Two panels in the lowest row shows the variations of FeO*/MgO ratios with different scales of the vertical axis.

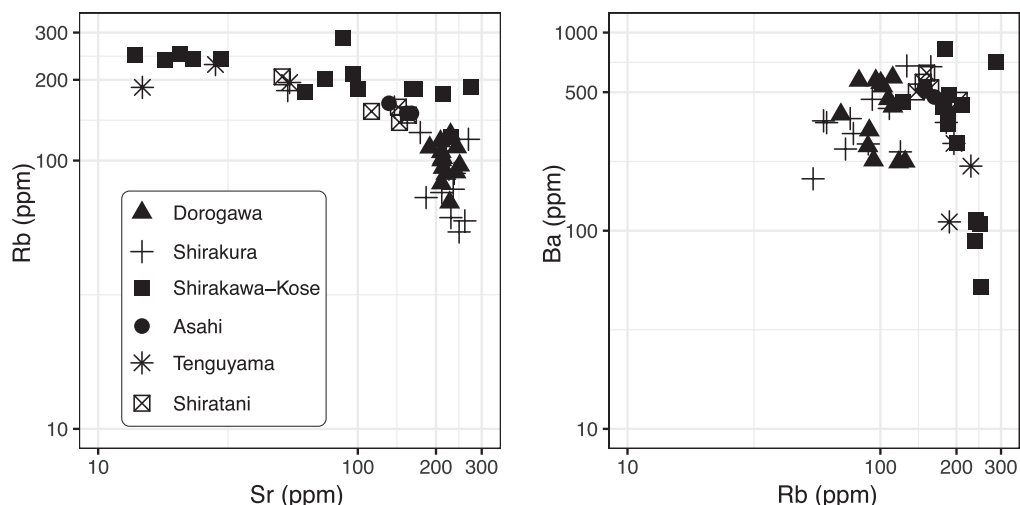


Figure 6 Rb versus Sr and Ba versus Rb plot of the Ohmine Granitic Rocks.

る。ただし新正ほか（2005）で報告されたようにIタイプ花こう岩のなかでも洞川岩体には、高Mg安山岩に近い組成をもつ特にMgOに富んだ全岩組成をもち、Crスピネルを含む暗色包有物が見られる。したがって少なくとも洞川岩体に関しては瀬戸内火山岩類に見られるようなマントル由来の高Mg安山岩マグマがマグマ生成に関わったことは確実であり、単純な地殻構造の南北変化のみで大峯花こう岩類の化学組成変化の全ては説明できない。今後瀬戸内火山岩類までを含めた岩石の化学組成の時間空間分布に基づいて、島弧横断方向の化学組成変化を取り入れたマグマ成因の議論が行われるべきである。

謝辞

一部試料の採取において下田玄博士，相澤義高博士の助力をいただいた。本研究の取りまとめに要した費用の一部は東京経済大学個人研究助成費（17-13）からの援助を受けた。

文 献

- Aramaki, S., Takahashi, M., Nozawa, T. (1977) Kumano Acidic Rocks and Okueyama Complex; two examples of the granitic rocks in the outer zone of southwestern Japan. In: Yamada, N (Ed.), Plutonism in relation to volcanism and metamorphism. Proceedings of the 7th Circum-Pacific Plutonism Project meeting. International Geological Correlation Program, UNESCO, Toyama, Japan, pp. 127-147.
- Fuji-ta, K., Ogawa, Y., Yamaguchi, S., and Yaskawa, K. (1997) Magnetotelluric imaging of the SW Japan forearc — a lost paleoland revealed? *Physics of the Earth and Planetary Interiors* **102**, 231-238.

- 後藤篤・巽好幸 (1991) 蛍光 X 線分析装置による岩石試料の定量分析 (I). 理学電機ジャーナル, **22**, 28-44.
- 後藤篤・巽好幸 (1992) 蛍光 X 線分析装置による岩石試料の定量分析 (II). 理学電機ジャーナル, **23**, 50-69.
- 星博幸 (2002) 熊野酸性火成岩類の古地磁気方位. 地質調査研究報告, **53**, 43-50.
- 星博幸 (2018) 中新世における西南日本の時計回り回転. 地質学雑誌, **124**, 675-691.
- 星博幸・三輪健治・川上裕 (2004) 古地磁気方位の比較からみた熊野酸性岩類北部と南部及び室生火砕流堆積物の時間関係. 地質学雑誌, **110**, 103-118.
- 岩野英樹・檀原徹・星博幸・川上裕・角井朝昭・新正裕尚・和田稯隆 (2007) ジルコンのフィッシュ・トラック年代と特徴からみた室生火砕流堆積物と熊野酸性岩類の同時性と類似性. 地質学雑誌, **113**, 326-339.
- 川上裕・星博幸 (2007) 火山・深成複合岩体にみられる環状岩脈とシート状貫入岩: 紀伊半島, 尾鷲-熊野地域の熊野酸性火成岩類の地質. 地質学雑誌, **113**, 296-309.
- Kawakami, Y., Hoshi, H. and Yamaguchi, Y. (2007) Mechanism of caldera collapse and resurgence: observations from the northern part of the Kumano acidic rocks, Kii peninsula, south-west Japan. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **167**, 263-281.
- Kimura, J.-I., Stern, R.J., and Yoshida, T. (2005) Reinitiation of subduction and magmatic responses in SW Japan during Neogene time. *Bulletin of Geological Society of America* **117**, 969-986.
- Miura, D. (1999) Arcuate pyroclastic conduits, ring faults, and coherent floor at Kumano caldera, Southwest Honshu, Japan. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* **92**, 271-294.
- Miura, D. and Wada, Y. (2007) Effects of stress in the evolution of large silicic magmatic systems: An example from the Miocene felsic volcanic field at Kii Peninsula, SW Honshu, Japan. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* **167**, 300-319.
- 村田守 (1982) 紀伊半島中部, 大峯地域の S タイプおよび I タイプ花崗岩質岩. 岩鉱, **77**, 267-277.
- 村田守 (1984) 紀伊半島中部, 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岩石学. 岩鉱, **79**, 351-369.
- 村田守・吉田武義 (1985) 紀伊半島中部, 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化学組成. 岩鉱, **80**, 227-245.
- 中田節也・高橋正樹 (1979) 西南日本外帯・瀬戸内区における中新世の中性～珪長質マグマの化学組成広域的变化. 地質学雑誌, **85**, 571-582.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター (2015) 20 万分の 1 日本シームレス地質図 2015 年 5 月 29 日版. 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 佐藤隆春・大和峯研究グループ (2006) 大峯・大台コールドロン—紀伊半島中央部にみられる弧状および半円形の断層・岩脈群と陥没構造—. 地球科学, **60**, 403-413.
- 志井田功, 諏訪兼位, 梅田甲子郎, 星野光雄 (1989) 山上ヶ岳地域の地質. 地域地質研究 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, pp. 100.
- 新正裕尚・折橋裕二 (2017) 九州東部大野火山岩類のジルコン U-Pb 年代. 地質学雑誌, **123**, 423-431.
- 新正裕尚, 折橋裕二, 角井朝昭, 中井俊一 (2002) 室生火砕流堆積物の全岩化学組成: その給源へ

- の手掛り. 岩石鉱物科学, **31**, 307-317.
- 新正裕尚・下田玄・福岡孝昭・角井朝昭 (2005) 紀伊半島大峯花こう岩質岩から見いだされた Mg に富む火成包有物. 岩石鉱物科学, **34**, 15-23.
- 新正裕尚・折橋裕二・和田穰隆・角井朝昭・中井俊一 (2007a) 紀伊半島中新世珪長質火成岩類の全岩組成の広域的变化. 地質学雑誌, **113**, 310-325.
- 新正裕尚・角井朝昭・折橋裕二・下田玄 (2007b) 蛍光 X 線分析による熊野酸性火成岩類の全岩化学組成. 東京経済大学人文自然科学論集, **124**, 31-40.
- 新正裕尚・山下啓太・清水健介・角井朝昭 (2009) 紀伊半島中央部, 川迫, 白川八丁花こう岩体の全岩化学組成. 東京経済大学人文自然科学論集, **127**, 143-152.
- Shinjoe, H. Orihashi, Y. and Sumii, T. (2010) U-Pb zircon ages of syenitic and granitic rocks in the Ashizuri igneous complex, southwestern Shikoku: Constraint for the origin of forearc alkaline magmatism. *Geochemical Journal*, **44**, 257-283.
- 新正裕尚・折橋裕二・角井朝昭 (2016) 讃岐平野の瀬戸内珪長質火山岩の全岩化学組成. 人文自然科学論集, **139**, 21-31.
- Sumii, T. and Shinjoe, H. (2003) K-Ar ages of the Ohmine Granitic Rocks, Southwest Japan. *Island Arc*, **12**, 335-347.
- 角井朝昭, 内海茂, 新正裕尚, 下田玄 (1998) K-Ar 法による熊野酸性火成岩類の年代の再検討. 地質学雑誌, **104**, 387-394.
- 梅田浩司・上原大二郎・小川康雄・工藤健・角田地文 (2003) 広帯域 MT 法による紀伊半島の中世珪長質火成岩体の深部構造. 火山, **48**, 461-470.
- 和田穰隆・岩野英樹 (2001) 紀伊半島中央部, 奈良県川上村中奥に分布する火砕岩 (tuffite) 岩脈. 火山, **46**, 107-115.