

西中国地域の後期中生代～古第三紀火山岩類の岩石化学

今岡照喜*・村上允英**

Petrochemistry of late Mesozoic to early Tertiary volcanic rocks
in West Chugoku, Southwest Japan.

Teruyoshi IMAOKA* and Nobuhide MURAKAMI**

Abstract Calc-alkaline volcanic rocks of late Mesozoic to early Tertiary in West Chugoku, Southwest Japan have been petrochemically investigated.

Although they are classified into the Kammon, Shunan, Hikimi, Abu, and Tamagawa Groups from older to younger, they are different only slightly in bulk chemistry, except for the K_2O/Na_2O ratio which is lower in the Tamagawa Group, and higher in the other groups.

As for the constituent minerals, on the other hand, there are several differences among these groups of volcanic rocks, as mentioned below:

1). The pyroxenes of the Hikimi Group show a fairly broad range of composition from $Ca_{43}Mg_{33}Fe_{24}$ to $Ca_{42}Mg_{22}Fe_{36}$ in clinopyroxene and from $Ca_3Mg_{45}Fe_{53}$ to $Ca_3Mg_{27}Fe_{70}$ in orthopyroxene, while only a small variation is recognized in the pyroxenes (clinopyroxenes) from other groups.

2). The amphiboles of the Hikimi Group are the most ferrous, belonging mostly to the ferro-hornblende and ferro-edenitic hornblende after Leake's (1968) classification, while those of the Tamagawa Group are magnesio-hornblende.

3). Comparing the Fe/Mg ratio of mafic constituents with that of host rocks, its difference is largest in the Tamagawa Group, and smallest in the Hikimi Group. This fact seems to be connected with the difference of constituent Fe-Ti oxide minerals between the Tamagawa (almost magnetite) and the Hikimi volcanic rocks (almost ilmenite).

These data lead to the conception of different vapor pressure and different oxygen fugacity among five volcanic groups during crystallization of magma, that is, they are lowest in the Hikimi Group, intermediate in the Shunan Group and highest in the Tamagawa Group.

はじめに

本邦における後期中生代～古第三紀の花崗岩質岩石は地域別,あるいは広域的に多方面から検討され,近年著しいデータが蓄積されてきている。

一方ほぼ同時代に活動した火山岩類については主

に火山層序学的側面よりの研究がなされてきているが,それら火山岩類の鉱物学的データは乏しく,わずかに KAWADA (1971) によって濃飛流紋岩中よりの ferro-augite, ferro-hypersthene, ferro-hortonolite の報告, 原山 (1978a, b) による笠ヶ岳流紋岩中よりの ferro-edenite～ferro-hornblende, ferro-augite の報告と濃飛流紋岩中の玄武岩質安山岩よりの, chromian endiopside の報告が行なわれているのみで, 中国地方の火山岩類についての研究は皆無に近い。本論文においては中国地方の広島帯, 田万川帯深

* 広島大学理学部地質学鉱物学教室

Institute of Geology and Mineralogy, Faculty of Science, Hiroshima University, Hiroshima, 730 Japan.

** 山口大学教養部地学教室

Institute of Earth Science, Faculty of Liberal Arts, Yamaguchi University, Yamaguchi, 753 Japan.

成岩類 (MURAKAMI, 1974) に伴われる若干の火山岩類中の鉱物組成と全岩組成の検討結果を報告する。

研究を進めるにあたって、広島大学小島丈児教授には終始御指導をいただき、また本論文を草するにあたり、御指導・御助言をいただいた。EPMA分析にあたっては、筆者の一人(今岡)は広島大学技官南朝生氏に御教示をいただいた。記して感謝の意を表する。

西中国地域の後期中生代～

古第三紀火山作用の概略

後期中生代～古第三紀火山岩類は近畿地方から中国地方にかけて広大な分布をしているが、局地的な研究が多いので、比較的調査・研究の進んでいる中国西部の火山岩類をとりあげることにする。この地域の火山岩類はICHIKAWA *et al.* (1968), MURAKAMI (1974) によって総括され、古い方から関門層群(下関亜層群)・周南層群・匹見層群・阿武層群・田万

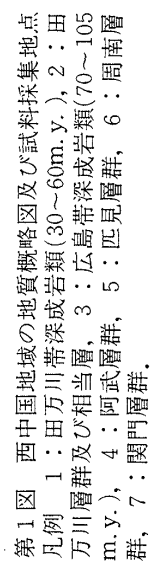
川層群に区分される(第1表)。

関門層群は時代的には高知世～宮古世にわたる地層で、下位の脇野亜層群と上位の下関亜層群とよりなるが、前者が主として非火山性湖成層よりなるのに対し、後者は主として安山岩質～デイサイト質火山岩類からなる(村上・長谷, 1967)。周南層群は関門層群を非整合あるいは不整合におおう主として陸上の火山性堆積岩層で、時代はギリヤーク世前期と考えられている(村上・長谷, 1967)。同層群はさらに禪定寺山累層・物見岳累層・田床山火山岩類の3累層に大別され、前二累層における火山活動は、MURAKAMI and MATSUSATO (1970)により3期に区分された(第1表)。各累層はほぼE-W方向の帯状分布をし、禪定寺山累層には長楕円状輪廓の陥没体の存在が推定されている(MURAKAMI and MATSUSATO, 1970)。匹見層群は最近西野ほか(1974)によって識別され、そのなかの上部流紋岩層が阿武層群の下部層に対比されているが、周南層群との時代関

第1表 西中国地域の後期中生代～古第三紀火山岩層の層序

	Setouchi-Chugoku Mountain Range		San-in Region	
			Tamagawa G.	
Early Tertiary				Stage IV: andesite dyke Stage III: rhyodacite pyroclastics Stage II: dacite pyroclastics Stage I: andesite lava
Late Cretaceous	Abu G.	Efune Fm. dacite-rhyolite pyroclastics Maitani Fm. rhyodacite-rhyolite pyroclastics Shinome Fm. dacite-rhyolite pyroclastics	Abu G.	Fukuga Fm. andesite lava, rhyolite pyroclastics
			Hikimi G.	Upper rhyolite Fm. Lower rhyolite Fm. Upper dacite Fm. Middle dacite Fm. Lower dacite Fm. Lowermost rhyolite Fm.
	Shunan G.	Zenjoji-yama Fm. & Monomidake Fm. Stage III: dacite-rhyodacite pyroclastics Stage II: dacite-rhyolite pyroclastics Stage I: andesite lava & pyroclastics	Shunan G.	Tadoko-yama Fm. andesite lava & rhyolite pyroclastics
Early Cretaceous	Kammon G.	Fukue Fm. basaltic andesite lava & pyroclastics		
	Wakino S.G. Shimono-seki S.G.	Sujigahama Fm. dacite-rhyolite pyroclastics, sandstone, shale Kitahikoshima Fm. andesite lava & pyroclastics, porphyrite, sandstone Shiohama Fm. volcanic conglomerate containing andesitic pebbles, sandstone, shale sandstone, shale, conglomerate		

Data from Nishino & Murakami(1965), Murakami & Hase(1969), Murakami & Nishino(1967) Murakami & Matsusato(1970), Murakami(1973), and Nishino *et al.* (1974).



係は不明である。下位より最下部流紋岩層・下部石英安山岩層・中部石英安山岩層・上部石英安山岩層・下部流紋岩層・上部流紋岩層の順に重なり、積算層厚は3000mに達する(通産省, 1969; 1970; 1971)。阿武層群は周南層群を非整合あるいは不整合におおひ、中国中部地域の高田流紋岩類(吉田, 1961)に対比され、時代はギリヤーク世後期と考られている(村上・長谷, 1967)。第1図に示すとおり匹見・阿武両層群は広島帯の火山岩中もっとも広大な分布域を占め、全体として流紋岩質～デイサイト質の乾陸上の火砕流堆積物からなる。堆積盆地はE-W～N-E-SWに延びた盆状構造を呈し、陥没性のものと推定されている。このうち匹見層群はほぼ阿武層群分布地と田万川層群分布地との境界域に細長くつらなり総延長は100kmを越える。

田万川層群とそれに対比される火山岩類は、山陰西部の新第三紀堆積盆地の南方に断続的に分布し、分布地域の間隔は約20kmに達する。時代は始新世後期～漸新世と見なされている。模式地における田万川層群の火山活動は村上(1973)により4期に区分されている(第1表)。これら火山岩類は深成岩類を密接に伴う。この時期の火成活動の特徴の一つは、これらの火山-深成複合岩体がほとんど円形～楕円形輪廓の鍋状陥没体を形成していることである。(村上, 1969, 1973)。

岩石記載

鉱物分析を行なった岩石について簡略に記載する。採集地を第1図に示す。

1. 玄武岩質安山岩・安山岩

関門層群：本層群の安山岩類は一般に変質が著しく、含有鉱物の分析は北彦島層産玄武岩質安山岩溶岩1箇(C-01)、福江層産安山岩溶岩1箇(C-02)のみについて行なった。いずれもintersertal-pilotaxitic組織で、斑晶として斜長石(An 53-75)・単斜輝石・磁鉄鉱(チタン鉄鉱のラメラを有する)を含み、石基は斜長石(An 41-66)・普通輝石・磁鉄鉱、チタン鉄鉱よりなる。

周南層群：含有鉱物の検討は禅定寺山累層のI期安山岩類(S-02, S-06, S-07, S-74, S-83)および物見岳累層の安山岩類(S-04, S-10, S-11, S-12, S-21)について行なわれた。これら安山岩類は斑晶として斜長石(An 35-76)・普通輝石・緑色角閃石・Fe-Ti酸化鉱物を含み、石基は斜長石(An 30-45)

・普通輝石・Fe-Ti酸化鉱物よりなる。Fe-Ti酸化鉱物はS-06においては他形の磁鉄鉱が多く、チタン鉄鉱は含まれないが、他のサンプルにおいては、いずれも半自形～他形のチタン鉄鉱が卓越し、Fe-Ti酸化鉱物全容量の約90%を占める。鏡下ではpilotaxitic-intersertal組織を呈する。

この他、吉田(1961)により吉舎安山岩*とされている安山岩溶岩1箇(K-03)についても検討を加えた。この岩石は黒色塊状で斜長石(An 58-78)・普通輝石・斜方輝石・チタン鉄鉱斑晶を有し、斜方輝石はバスタイト化作用が著しい。石基は斜長石・普通輝石・チタン鉄鉱からなり、pilotaxitic組織を呈する。

阿武層群：分析を行なった安山岩溶岩1箇(A-10)は阿武層群下部層中のもので、優黒色塊状で自形斜長石(An 62-87)・普通輝石・他形チタン鉄鉱を有し、石基は自形斜長石・緑泥石・チタン鉄鉱からなり、pilotaxitic組織を呈する。緑泥石化作用が著しい。

田万川層群及び相当層：分析に供したのはI期安山岩とそれに対比される他岩体中の試料(田万川岩体：T-31, T-33; 益田岩体：T-01, T-02; 浜田岩体：T-09, T-10, T-11; 波佐岩体：T-34)である。大部分暗黒色塊状で、自破碎構造を呈するもの(T-02)もある。鏡下ではfelty-pilotaxitic組織を呈し、斑晶として斜長石(An 35-85)・普通輝石・他形磁鉄鉱および少量のチタン鉄鉱を含む。いずれのサンプルにおいてもFe-Ti酸化鉱物の約90%以上を磁鉄鉱が占め、この点は周南層群の安山岩類と対照的である。一般に磁鉄鉱はヘマタイト化が著しい。チタン鉄鉱は磁鉄鉱とgranular intergrowthをするものもある(T-01)が、大半は単独結晶として含まれる。

2. デイサイト・流紋デイサイト

この組成の岩石は第1表に示すとおり、西中国地域のいずれの火山岩層にも含まれてくるが、普遍的に顕著な変質を受けており、匹見・田万川両層群を除き有色鉱物の検討に適した新鮮な試料を見出すことができなかった。

匹見層群：第1表に示すとおり、6層に区分されるが、上位2層を除いて有色鉱物が新鮮に保存され

* 吉舎層群は稲倉層をおおひ、高田流紋岩層に不整合におおわれる厚い安山岩を主体とする火山岩層で、この下部は下関層群に対比されるが、上部は周南・広峰両層群に対比される可能性が大きい(村上・長谷, 1967)。

第2表 苦鉄質鉱物の分析を行なった岩石の主化学組成とノルム

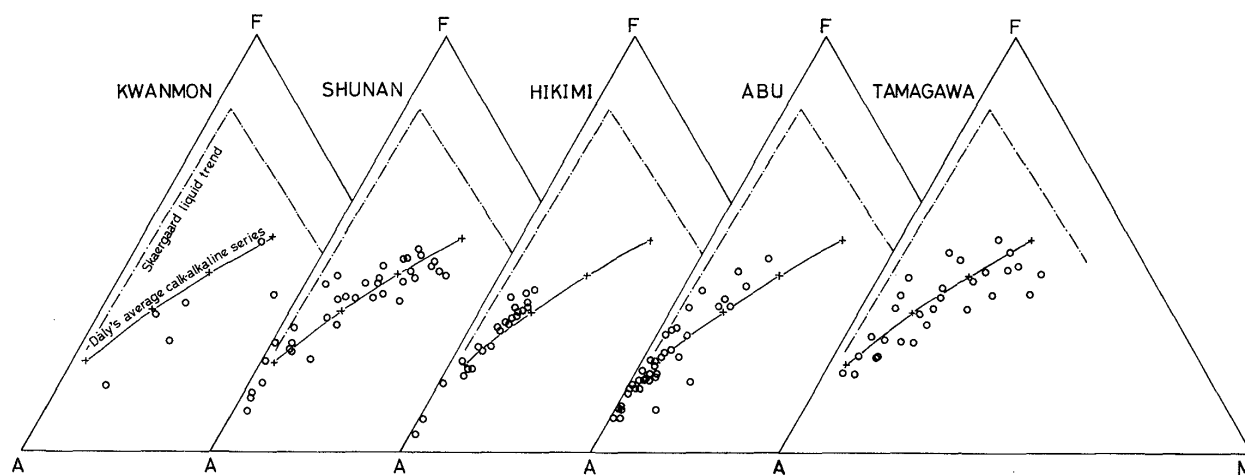
No.	C-01	C-02	S-02	S-04	S-06	S-07	S-10	S-11	S-12	S-21	S-74	S-83	K-03	H-01	H-12	H-15	H-23	H-47	H-51	H-54	H-61
SiO ₂	52.53	56.04	57.35	58.99	56.41	56.66	56.14	55.87	60.77	56.54	63.73	56.50	57.10	74.20	69.53	68.31	66.24	69.65	65.44	68.16	66.90
TiO ₂	1.17	0.68	0.89	0.52	0.87	0.82	1.21	0.88	0.69	0.90	0.54	0.99	0.66	0.20	0.33	0.45	0.15	0.31	0.45	0.33	0.41
Al ₂ O ₃	16.90	17.63	17.21	17.39	17.46	17.89	17.41	16.47	15.74	17.33	15.81	17.62	16.99	13.32	14.84	15.21	16.26	14.37	16.29	15.41	15.88
Fe ₂ O ₃	2.72	3.49	1.47	2.61	3.35	1.77	1.36	0.19	0.96	1.39	2.42	1.12	0.51	0.18	0.30	1.69	1.14	0.61	1.13	0.59	0.79
FeO	4.49	3.85	4.91	3.13	4.06	5.01	6.37	6.30	5.45	5.69	2.34	5.83	6.38	1.84	2.52	3.17	3.36	2.85	3.96	2.69	3.41
MnO	0.11	0.04	0.12	0.09	0.16	0.20	0.14	0.16	0.16	0.13	0.10	0.20	0.17	0.08	0.09	0.08	0.08	0.17	0.12	0.14	0.18
MgO	6.58	3.65	3.38	2.66	3.97	4.14	3.11	4.41	3.20	3.07	2.00	2.75	3.69	0.54	0.43	0.96	0.94	0.66	1.18	0.77	1.11
CaO	8.42	7.10	6.52	5.86	6.78	7.49	7.34	7.24	4.51	6.99	4.50	6.20	8.01	1.40	2.54	3.18	2.56	2.16	3.04	3.73	3.61
Na ₂ O	3.44	2.86	2.86	3.41	3.02	2.86	2.47	3.22	3.24	2.97	2.63	3.45	2.95	3.77	3.20	3.72	4.33	3.69	3.50	3.65	3.43
K ₂ O	1.68	0.46	2.56	2.98	1.91	1.72	2.47	1.26	2.87	1.78	3.13	1.73	1.58	3.73	4.59	3.00	3.14	3.67	3.14	3.56	3.56
H ₂ O+	1.69	3.46	2.13	1.62	2.27	1.13	1.20	2.97	2.37	2.35	2.66	2.67	1.60	0.51	0.87	0.53	0.89	1.07	0.89	0.99	0.46
H ₂ O-	0.10	0.30	0.40	0.09	0.32	0.05	0.44	0.50	0.34	0.19	0.05	0.36	0.06	0.07	0.07	0.07	0.25	0.31	0.21	0.11	0.08
P ₂ O ₅	0.06	0.12	n.d.	0.04	n.d.	0.14	n.d.	0.16	n.d.	0.17	0.09	0.19	0.10	0.02	0.06	0.09	0.18	0.08	0.21	n.d.	n.d.
Total	99.89	99.68	99.80	99.39	100.58	99.88	99.66	99.63	100.30	99.50	100.00	99.61	99.80	99.86	99.37	100.46	99.52	99.60	99.56	100.13	99.82
Q	-	16.03	10.25	11.22	10.61	9.71	9.53	7.78	13.24	10.78	23.37	9.54	8.91	32.87	25.62	25.45	20.30	26.69	22.70	23.01	21.66
or	9.92	2.72	15.13	17.60	11.29	10.16	14.59	7.45	16.96	10.52	18.49	10.22	9.33	22.04	27.12	17.72	18.55	21.68	18.55	21.03	21.03
ab	29.09	24.19	24.19	28.84	25.54	24.19	20.89	27.23	27.40	25.12	22.25	29.18	24.95	31.89	27.06	31.46	36.62	31.21	29.60	30.87	29.01
an	25.72	33.91	26.56	23.35	28.45	30.90	29.13	26.77	19.93	28.70	21.74	27.49	28.46	6.83	12.25	15.24	11.64	10.24	13.84	15.16	17.43
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	-	-	0.58	0.12	0.26	1.48	0.58	2.06	-	-
wo	6.54	0.22	2.41	2.28	2.16	2.23	3.04	3.38	1.02	2.03	-	0.85	4.68	-	-	-	-	-	-	1.39	0.20
Di	4.71	0.15	1.31	1.48	1.47	1.29	1.41	1.71	0.49	0.97	-	0.38	2.16	-	-	-	-	-	-	0.45	0.07
fs	1.23	0.05	1.02	0.65	0.53	0.84	1.60	1.60	0.51	1.03	-	0.47	2.47	-	-	-	-	-	-	0.99	0.13
Hy	11.32	8.94	7.11	5.14	8.42	9.02	6.34	9.27	7.48	6.67	4.98	6.47	7.03	1.34	1.07	2.39	2.34	1.64	2.94	1.46	2.69
fs	2.95	3.08	5.53	2.25	3.02	5.91	7.23	8.66	7.86	7.03	1.59	8.05	8.05	3.05	4.00	3.83	5.13	4.53	5.82	3.18	5.13
Ol	0.24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
fa	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mt	3.94	5.06	2.13	3.79	4.86	2.57	1.97	0.28	1.39	2.01	3.51	1.62	0.74	0.26	0.44	2.45	1.65	0.88	1.64	0.85	1.15
Il	2.22	1.29	1.69	0.99	1.65	1.56	2.30	1.67	1.31	1.71	1.03	1.88	1.25	0.38	0.63	0.85	0.29	0.59	0.85	0.63	0.78
Ap	0.14	0.28	-	0.09	-	0.33	-	0.38	-	0.40	0.21	0.45	0.24	0.05	0.14	0.21	0.43	0.19	0.50	-	-
Anal.	N.M.	N.M.	T.I.	N.M.	T.I.	N.M.	T.I.	N.M.	T.I.	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	T.I.	T.I.

No.	H-62	H-67	H-69	H-70	H-71	H-95	A-10	T-01	T-02	T-04	T-09	T-10	T-11	T-13	T-14	T-15	T-20	T-31	T-33	T-34
SiO ₂	67.32	66.30	67.19	66.25	68.30	68.52	55.43	61.26	59.46	61.96	51.81	56.17	54.13	71.58	66.87	71.31	63.83	54.01	58.30	58.23
TiO ₂	0.41	0.67	0.65	0.43	0.38	0.25	0.77	0.66	1.17	0.59	0.84	0.72	0.96	0.29	0.12	0.24	0.48	0.84	0.93	0.85
Al ₂ O ₃	15.67	15.71	15.61	15.54	14.87	14.29	16.94	17.23	15.99	16.47	16.29	17.01	19.83	13.32	15.83	13.62	17.45	18.31	16.75	16.52
Fe ₂ O ₃	0.67	1.26	1.25	1.21	0.42	0.52	4.08	4.41	2.67	2.64	2.35	0.45	3.36	1.08	2.19	1.51	2.18	3.69	1.90	3.71
FeO	3.37	3.21	2.53	2.73	3.47	3.03	3.56	3.12	4.83	2.83	5.34	6.84	3.31	1.21	1.59	0.48	1.45	2.81	4.90	2.90
MnO	0.06	0.08	0.01	0.19	0.06	0.08	0.16	0.16	0.11	0.19	0.14	0.14	0.22	0.09	0.12	0.03	0.12	0.09	0.21	0.11
MgO	0.98	1.11	0.97	0.91	0.97	0.92	3.79	1.76	2.95	2.66	6.72	4.47	3.83	0.88	1.50	0.64	1.62	4.28	2.19	2.35
CaO	3.10	2.63	3.58	4.04	1.70	2.90	5.97	3.52	4.74	4.91	7.50	5.77	8.92	2.47	3.53	1.80	3.63	7.07	6.72	3.73
Na ₂ O	3.56	3.72	3.71	3.47	4.07	3.57	4.25	4.73	3.16	3.15	4.56	3.52	3.43	4.08	2.99	4.22	3.51	4.29	4.14	4.72
K ₂ O	3.36	2.95	2.95	3.74	3.78	3.54	1.10	1.21	0.81	0.95	0.94	1.48	0.57	2.49	1.55	3.05	2.84	1.59	1.36	1.53
H ₂ O+	0.82	1.58	1.02	0.82	1.28	1.62	2.70	0.94	3.14	3.63	2.49	3.20	1.16	2.29	2.35	2.06	2.36	2.02	1.39	3.28
H ₂ O-	0.07	0.23	0.42	0.09	0.20	0.08	0.66	0.33	0.57	0.58	0.41	0.24	0.12	0.17	1.16	0.57	1.02	0.29	0.68	1.27
P ₂ O ₅	0.06	0.04	0.21	n.d.	0.07	0.10	0.06	0.09	0.24	n.d.	0.25	0.08	n.d.	0.06	0.11	0.05	n.d.	0.25	0.26	0.21
Total	99.45	99.49	100.10	99.42	99.57	99.42	99.47	99.42	99.84	100.56	99.64	100.09	99.84	100.01	99.91	99.58	100.49	99.54	99.73	99.41
Q	23.53	24.44	24.59	21.01	22.78	24.97	8.40	18.63	21.87	24.45	-	6.53	7.79	31.69	33.52	30.44	22.24	3.37	11.08	13.55
or	19.85	17.43	17.43	22.09	22.33	20.91	6.50	7.15	4.79	5.61	5.55	8.74	3.37	14.71	9.15	18.02	16.78	9.39	8.04	9.04
ab	30.11	31.46	31.38	29.35	34.42	30.19	35.95	40.00	26.73	26.64	38.57	29.77	29.01	34.51	25.29	35.69	29.69	36.28	35.01	39.92
an	14.99	12.79	16.52	15.79	7.98	12.52	23.90	16.88	21.96	24.35	21.21	26.25	37.03	10.69	16.87	8.61	18.00	26.02	23.11	17.14
C	0.69	1.71	0.26	-	1.16	-	-	1.96	1.87	1.34	-	-	-	-	3.06	0.23	2.01	-	-	0.82
wo	-	-	-	1.77	-	0.51	2.22	-	-	-	6.06	0.78	3.01	0.49	-	-	-	3.10	3.57	-
Di	-	-	-	0.69	-	0.17	1.63	-	-	-	4.02	0.38	2.22	0.31	-	-	-	2.52	1.64	-
fs	-	-	-	1.11	-	0.36	0.38	-	-	-	1.61	0.38	0.50	0.15	-	-	-	0.21	1.89	-
Hy	2.44	2.76	2.42	1.58	2.42	2.12	7.80	4.38	7.34	6.62	3.34	10.75	7.31	1.88	3.73	1.59	4.03	8.13	3.81	5.85
fs	5.07	3.90	2.56	2.55	5.51	4.51	1.81	1.29	4.94	2.40	1.35	10.88	1.63	0.87	1.14	-	0.29	0.68	4.39	1.06
Ol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
fa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mt	0.97	1.83	1.81	1.75	0.61	0.75	5.92	6.39	3.87	3.83	3.41	0.65	4.87	1.57	3.17	0.95	3.16	5.35	2.76	5.38
Il	0.78	1.27	1.24	0.82	0.72	0.47	1.46	1.25	2.22	1.12	1.60	1.37	1.82	0.55	0.23	0.46	0.91	1.59	1.77	1.61
Hm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.86	-	-	-	-
Ap	0.14	0.09	0.50	-	0.16	0.24	0.14	0.21	0.57	-	0.59	0.19	-	0.14	0.26	0.12	-	0.59	0.62	0.50
Anal.	N.M.	N.M.	N.M.	T.I.	N.M.	N.M.	N.M.	T.I.	T.I.	T.I.	T.I.	T.I.	T.I.	T.I.	T.I.	T.I.	T.I.	N.M.	N.M.	T.I.

ている岩石が多い。すなわち、最下部流紋岩層には黒雲母、下部石英安山岩層では単斜輝石・斜方輝石・角閃石・黒雲母、中部石英安山岩層・上部石英安山岩層では角閃石・黒雲母が含まれている。このうち含有鉱物の検討を行なった最下部流紋岩類(H-01)、下部石英安山岩類(H-12, H-15, H-23, H-47, H-51, H-54, H-61, H-62, H-67, H-69, H-70, H-71, H-95)

について簡単に記載する。

最下部流紋岩類は一般に塊状で斑晶、マトリックスともに斜長石(斑晶: An 25-32; マトリックス: An 15-2



第2図 A-F-M図

結晶のため溶結構造は認め難い。斑晶は破片状のものが多く、斜長石 (An 24-70)・アルカリ長石・石英・単斜輝石・斜方輝石・緑色角閃石・黒雲母およびチタン鉄鉱からなる。輝石類はほとんど周縁部がヘスティングサイト質角閃石によって交代されている。黒雲母は赤褐色の多色性が強い。このことは TiO_2 が多い (第6表) 以外に $\text{Fe}_2\text{O}_3/(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO})$ が小さいためであるとされている (HAYAMA, 1959)。また屈折率が高い (1.656-1.668)。

田万川層群及び相当層：分析に供したのはⅢ期流紋デイサイトに対比される試料 (浜田岩体：T-04, T-13, T-14, T-15, T-20) であり、これらの岩石は一般に青灰色～紫灰色を示し、鏡下では弱い溶結構造を呈する。斑晶は石英・斜長石 (An 24-44)・普通角閃石・変質黒雲母よりなり、いずれも破片状である。またアルカリ長石斑晶に乏しい (< 2 vol.%)。マトリックスは細かい石英・斜長石およびそれらの結晶片・岩石片・軽石片・Fe-Ti酸化鉱物・スフェーンを含む。Fe-Ti酸化鉱物全容量の約80%以上は磁鉄鉱が占める。この点、匹見層群の同質火山岩中にはチタン鉄鉱のみしか含まれないのと対象的であり、その差異が目立つ。

全岩組成

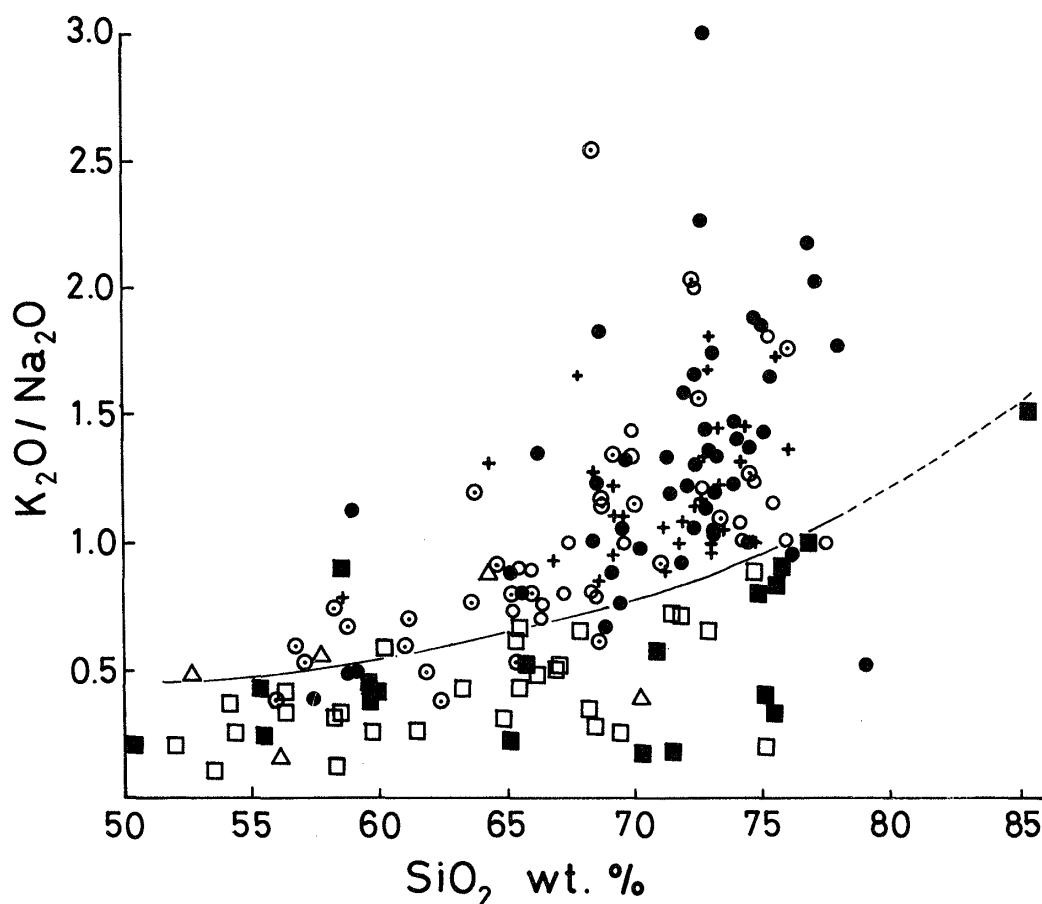
第2表に鉱物分析を行なった岩石の主成分化学組成を示す。未公表データも含めて化学組成を検討

すると、火山岩類の SiO_2 は約52～79wt. %の範囲を有し、関門層群 (C-01)、および田万川層群 (T-09) には玄武岩質安山岩がみられる。A-F-M図 (第2図) 上ではどの層群の火山岩類もほぼ DALY (1933) のカルク・アルカリ岩系に近い位置にプロットされる。しかし層群別にみると関門層群は他層群の同質火山岩類に比較し MgO に富む*。また匹見・阿武両層群の構成岩石は他層群の火山岩類よりも FeO に富み、ソレイト系列寄りの化学組成を示す。類似の傾向は濃飛流紋岩においても指摘されている (山田ほか, 1971)。このような濃飛流紋岩との化学組成の類似性は後述の $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比に関しても認められ、両者共に $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} > 1$ のものが多い (第3図)。

第3図は SiO_2 と $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比との関係を示す図で、参考として MUKAE (1958) による山陰グリーン・タフ構成岩のデータおよび濃飛流紋岩のデータ (山田ほか, 1971) をも併せ示す。この図より明らかなように、白亜紀火山岩相互間および第三紀火山岩相互間では層群間での差がほとんど認められないのに、白亜紀火山岩類全体と第三紀火山岩類全体とを比較する時には両者間にかなり明瞭な差が存在する。すなわち、田万川層群とその相当層の火山岩類はグリーン・タフ地域の火山岩類と同様に白亜紀火山岩類に比べて $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比が低い。類似の化学組成に関する差は広島帯の白亜紀深成岩類と第三紀深成岩類とを比較した場合にも認められている (SHIBATA *et al.*, 1960; 大庭, 1966; 村上, 1959, 1960, 1969;

* 火山岩中のFe-Ti酸化鉱物・硫化鉱物の鉱物組合せ、容量比などについては層群別に同質岩を比較した場合にも顕著な相異がみられる。これらFe-Ti酸化鉱物・硫化鉱物の産状、化学組成などについては稿を改めて論じる予定である。

* この点、山崎ほか (1969)、氏家 (1970) によって記載された瀬戸内岩石区のカルク・アルカリ岩類に類似するが、鉱物組合せの上では異なる。

第3図 K₂O/Na₂O-SiO₂図

△：関門層群，○：周南層群，○：匹見層群，●：阿武層群，□：田万川層群及び相当層，■：山陰グリーン・タフ地域の火山岩類，+：濃飛流紋岩類（図上の線は中生代火山岩類と第三紀火山岩類の大体の境界を表わす）

ISHIHARA, 1971; 沢田, 1978). この事実と他の地質学的データをも併せ考えると、すでに村上(1959)によって指摘されているように、古第三紀田万川層群とその相当層における火成活動はグリーン・タフ火成活動の先駆をなすものとしてとらえることができる。

鉱物組成

火山岩中の輝石・角閃石・黒雲母斑晶の定量分析は広島大学理学部の日本電子製JXA-5型のEPMAを用いて行なった。分析条件、使用した標準試料、測定結果の補正計算などはSUZUKI (1977, p. 248-249)の記載と同じである。

1. 輝石

火山岩中の有色鉱物には新鮮なものが少ないが、

その中でも輝石はもっとも保存のよい有色鉱物である。これを含む岩石の化学組成は層群によりかなり異なる。全岩のSiO₂量との関係を見ると、田万川層群ではほぼSiO₂=60%以下の火山岩にのみ輝石（大部分単斜輝石）が含まれるのに対し、関門層群・周南層群ではSiO₂=65%以下の岩石に含有（ほとんど単斜輝石）が認められ、匹見層群ではほぼSiO₂=65-70%の火山岩中に普遍的に輝石（斜方輝石+単斜輝石）の含有が認められる。

次に輝石類*の化学組成を検討してみよう。分析結果**を第3, 4表に示す。まず単斜輝石ではもっと

* 石基中のものには新鮮なものが少ないので定量は関門層群の1試料（C-01）を除き、斑晶についてのみ行なわれた。

** 数ポイントの平均化学組成。角閃石・黒雲母についても同様。

第3表 単斜輝石の組成 (No.は第2表に対応)

No.	C-01	C-01***	C-02	S-02	S-04	S-06	S-07	S-10	S-11	S-12	S-21	S-74	S-83	K-03	H-15
SiO ₂	51.47	51.81	51.88	51.10	51.38	51.22	50.78	50.00	51.30	50.72	51.22	50.75	50.67	51.72	51.74
TiO ₂	0.62	0.08	0.32	0.20	0.48	0.68	0.62	0.74	0.53	0.44	0.62	0.53	0.63	0.32	0.23
Al ₂ O ₃	3.36	2.87	3.33	0.91	1.20	1.47	2.05	2.49	1.65	1.11	1.72	1.86	1.82	1.42	1.03
Cr ₂ O ₃	0.59	0.08	0.91	n.d.	n.d.	0.07	n.d.	n.d.	n.d.	0.13	n.d.	0.09	0.08	0.11	n.d.
FeO*	6.97	7.77	4.66	10.86	14.90	10.83	9.77	11.83	9.74	14.54	12.97	12.39	11.62	14.51	14.61
MnO	0.22	0.26	0.08	0.45	0.47	0.29	0.43	0.20	0.40	0.46	0.46	0.43	0.48	0.46	0.52
MgO	18.19	18.03	16.98	15.39	11.89	15.08	15.68	14.53	15.66	13.24	13.16	13.81	14.76	12.48	11.32
CaO	18.44	18.20	22.37	21.09	19.32	20.61	19.62	19.53	19.94	19.62	19.45	19.78	19.63	18.96	20.84
Na ₂ O	0.48	0.36	0.21	0.25	0.22	0.31	0.28	0.51	0.29	0.06	0.25	0.27	0.46	0.25	0.27
K ₂ O	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.00	n.d.	0.01	n.d.	0.01	n.d.	0.00	n.d.	0.00	n.d.	0.04
Total	100.34	99.46	100.74	100.25	99.86	100.56	99.24	99.83	99.52	100.32	99.85	99.91	100.15	100.23	100.60
Numbers of cations on the basis of 6 oxygens															
Si ^{IV}	1.885	1.914	1.890	1.924	1.962	1.917	1.912	1.891	1.926	1.931	1.941	1.922	1.911	1.961	1.969
Al ^{VI}	0.115	0.086	0.110	0.040	0.038	0.065	0.088	0.109	0.073	0.050	0.059	0.078	0.081	0.039	0.031
Al	0.030	0.039	0.033	-	0.016	-	0.003	0.002	-	-	0.018	0.005	-	0.025	0.015
Ti	0.017	0.002	0.009	0.005	0.014	0.019	0.017	0.021	0.015	0.013	0.018	0.015	0.018	0.009	0.007
Cr	0.017	0.002	0.026	-	-	0.002	-	-	-	0.004	-	0.003	0.002	0.003	-
Fe	0.213	0.240	0.142	0.342	0.476	0.339	0.308	0.374	0.306	0.463	0.411	0.392	0.365	0.460	0.463
Mn	0.007	0.008	0.003	0.014	0.015	0.009	0.014	0.006	0.013	0.015	0.015	0.014	0.015	0.015	0.017
Mg	0.993	0.993	0.922	0.863	0.677	0.841	0.880	0.819	0.876	0.751	0.743	0.779	0.829	0.705	0.641
Ca	0.723	0.721	0.873	0.851	0.791	0.826	0.792	0.791	0.802	0.801	0.790	0.802	0.791	0.770	0.848
Na	0.034	0.026	0.015	0.018	0.016	0.023	0.021	0.038	0.021	0.004	0.018	0.020	0.034	0.018	0.020
K	-	-	-	-	0.000	-	0.001	-	0.001	-	0.000	-	0.000	-	0.002
Ca	37.3	36.8	45.0	41.1	40.4	41.0	39.7	39.7	40.1	39.5	40.3	40.4	39.5	39.5	43.1
Mg	51.3	50.6	47.5	41.7	34.5	41.7	44.1	41.2	43.9	37.0	37.9	39.2	41.5	36.1	32.5
Fe**	11.4	12.6	7.5	17.2	25.1	17.3	16.2	19.1	16.0	23.5	21.8	20.4	19.0	24.4	24.4

No.	H-23	H-62	H-67	H-69	H-70	H-71	A-10	T-01	T-02	T-09	T-10	T-11	T-31	T-33	T-34
SiO ₂	51.17	49.71	50.19	50.81	50.52	51.38	51.18	50.84	52.52	51.98	52.15	51.74	51.26	51.62	52.01
TiO ₂	0.10	0.17	0.08	0.16	0.13	0.20	0.57	0.57	0.49	0.40	0.40	0.47	0.54	0.53	0.75
Al ₂ O ₃	0.47	0.79	0.46	0.64	0.60	0.71	1.49	2.57	1.50	2.56	2.81	2.76	1.69	2.19	2.23
Cr ₂ O ₃	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.03	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.17	0.27	0.09	n.d.	n.d.	n.d.
FeO*	19.02	19.46	19.09	20.79	20.54	16.97	12.89	7.78	9.73	7.03	6.26	7.79	10.63	10.01	9.65
MnO	1.27	0.58	0.88	0.74	0.66	0.50	0.38	0.38	0.40	0.26	0.24	0.28	0.54	0.50	0.51
MgO	8.76	9.02	8.40	6.91	7.96	10.14	13.57	15.76	15.19	15.89	16.13	15.03	15.52	14.65	14.51
CaO	20.05	19.34	20.15	19.75	20.32	20.28	19.54	21.11	19.36	21.47	22.18	21.54	19.95	20.53	20.26
Na ₂ O	0.13	0.26	0.16	0.23	0.21	0.19	0.18	0.36	0.37	0.25	0.26	0.28	0.31	0.37	0.33
K ₂ O	0.00	0.05	n.d.	0.03	n.d.	n.d.	0.00	0.04	0.00	n.d.	0.00	n.d.	0.00	0.00	n.d.
Total	100.97	99.38	99.41	100.06	100.97	100.37	99.80	99.41	99.56	100.01	100.70	99.98	100.44	100.40	100.25
Numbers of cations on the basis of 6 oxygens															
Si ^{IV}	1.981	1.959	1.979	1.998	1.971	1.978	1.941	1.902	1.963	1.922	1.913	1.921	1.918	1.926	1.937
Al ^{VI}	0.019	0.037	0.021	0.002	0.028	0.022	0.059	0.098	0.037	0.078	0.087	0.079	0.074	0.074	0.063
Al	0.003	-	-	0.028	-	0.010	0.008	0.015	0.029	0.034	0.034	0.042	-	0.022	0.035
Ti	0.003	0.005	0.002	0.005	0.004	0.006	0.016	0.016	0.014	0.011	0.011	0.013	0.015	0.015	0.021
Cr	-	-	-	-	0.001	-	-	-	-	0.005	0.008	0.003	-	-	-
Fe	0.616	0.641	0.627	0.681	0.668	0.545	0.407	0.243	0.303	0.217	0.192	0.241	0.331	0.311	0.299
Mn	0.042	0.019	0.029	0.025	0.022	0.016	0.012	0.012	0.013	0.008	0.007	0.009	0.017	0.016	0.016
Mg	0.505	0.530	0.493	0.404	0.462	0.581	0.766	0.878	0.845	0.875	0.881	0.831	0.865	0.814	0.804
Ca	0.832	0.816	0.850	0.830	0.848	0.835	0.793	0.846	0.774	0.849	0.870	0.856	0.799	0.819	0.807
Na	0.009	0.020	0.012	0.017	0.016	0.014	0.013	0.026	0.027	0.018	0.018	0.021	0.022	0.027	0.024
K	0.000	0.003	-	0.002	-	-	0.000	0.002	0.000	-	0.000	-	0.000	0.000	-
Ca	41.7	40.7	42.5	42.8	42.4	42.2	40.1	42.7	40.0	43.6	44.6	42.9	39.7	41.8	41.9
Mg	25.3	26.4	24.7	20.8	23.1	29.4	38.7	44.4	43.7	44.9	45.2	44.2	43.0	41.5	41.7
Fe**	33.0	32.9	32.8	36.4	34.5	28.4	21.2	12.9	16.3	11.5	10.2	12.9	17.3	16.7	16.4

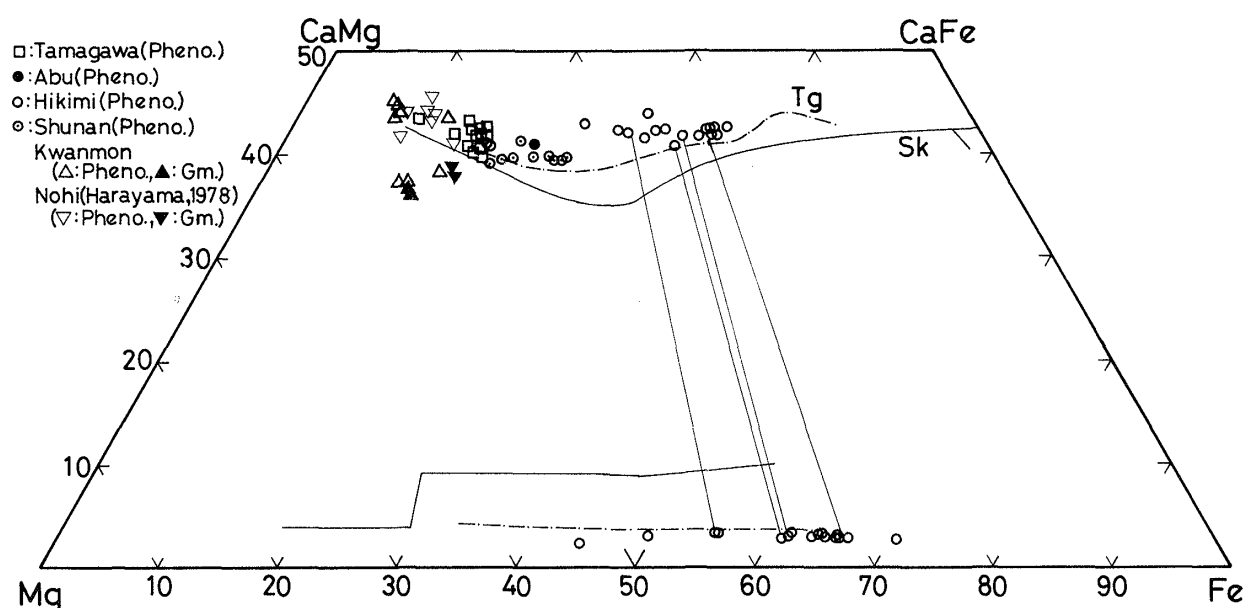
FeO*: Total Fe as FeO,
 Fe**: Fe + Mn,
 C-01***: Cpx. of groundmass

Analyst: T. Imaoka

もFeに富むものは匹見層群火山岩中のもので、augite(Ca_{43.1}Mg_{32.5}Fe_{24.4}) からferro-augite (Ca_{41.8}Mg_{22.0}Fe_{36.2})にわたる化学組成を有し、晶出径路はSkaergaardの晶出径路(BROWN, 1957; BROWN and VINCENT, 1963; NWE, 1975)よりもCa寄り、CARMICHAEL (1960, 1963) の記載によるBritish & Icelandic Tertiary acid glass 中の輝石やSHIMAZU and TAKANO (1977) により記載されている津川一只見地域の中新世真珠岩中の輝石に類似*しているが、それらより若干Caに富む(第4図)。こ

れらの火山岩類はソレアイト系列と考えられていることから匹見層群火山岩類との類似性は興味ある問題である。田万川層群火山岩中の単斜輝石は第4図にみられるように匹見層群中のものに比較しMgに富み、diopside-saliteに近いmagnesian augite (Ca_{44.6}Mg_{45.2}Fe_{10.2}-Ca_{39.7}Mg_{43.0}Fe_{17.3})の組成を

* TiO₂, Al₂O₃, Na₂O含有量についても津川一只見地域のものに類似している。SHIMAZU and TAKANO (1977)が指摘しているように、これらの成分はアルカリ岩系火山岩中の輝石に較べ、低い値をもつ。



第4図 輝石のCa-Mg-Fe図
Sk: Skaergaard trends, Tg: British & Icelandic Tertiary acid glasses

第4表 斜方輝石の組成 (No.は第2表に対応)

No.	H-23	H-47	H-51	H-62	H-70	H-71	H-95
SiO ₂	48.85	48.28	49.78	49.25	48.73	49.57	50.02
TiO ₂	0.28	0.16	0.19	0.17	0.13	0.38	0.23
Al ₂ O ₃	0.73	0.38	0.47	0.38	0.35	0.88	0.70
Cr ₂ O ₃	0.05	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
FeO*	35.13	40.03	36.69	36.04	38.27	32.35	30.88
MnO	0.92	1.48	1.10	1.02	1.10	0.85	0.90
MgO	11.85	9.10	10.80	12.47	10.57	14.07	15.12
CaO	1.29	1.36	1.49	1.35	1.37	1.66	1.24
Na ₂ O	0.03	0.08	0.07	0.05	0.03	0.05	0.05
K ₂ O	n.d.	0.02	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00
Total	99.13	100.89	100.59	100.78	100.55	99.81	99.14
Numbers of cations on the basis of 6 oxygens							
Si ^{IV}	1.973	1.968	1.991	1.963	1.971	1.960	1.975
Al ^{IV}	0.027	0.018	0.009	0.018	0.017	0.040	0.025
Al ^{VI}	0.008	-	0.013	-	-	0.001	0.007
Ti	0.008	0.005	0.006	0.005	0.004	0.011	0.007
Cr	0.002	-	-	-	-	-	-
Fe	1.183	1.360	1.227	1.201	1.290	1.066	1.016
Mn	0.032	0.051	0.037	0.034	0.038	0.029	0.030
Mg	0.712	0.553	0.643	0.740	0.636	0.828	0.889
Ca	0.056	0.060	0.064	0.058	0.059	0.070	0.052
Na	0.003	0.006	0.005	0.004	0.003	0.004	0.004
K	-	0.001	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
Ca	2.8	3.0	3.2	2.9	2.9	3.5	2.6
Mg	35.9	27.3	32.7	36.4	31.4	41.6	44.7
Fe**	61.3	69.7	64.1	60.7	65.7	54.9	52.7

FeO*: Total Fe as FeO,
Fe**: Fe + Mn

Analyst: T. Imaoka

示す。周南・阿武層群中のものは田万川層群中の輝石に比較しFeに富み、匹見層群中の単斜輝石との中間位置にプロットされる。ここで注目に値するのは関門層群安山岩中の単斜輝石である。分析数はわずか2試料であるが、いずれも著しくMgに富み(MgO=18wt.%)、endiopsideあるいはendiopsideに近いaugiteに属する。またこれらの単斜輝石は他層群

火山岩中の単斜輝石に比較し、Al₂O₃(1.8–3.3wt.%)、Cr₂O₃(max.0.91wt.%)に富む。またこれを含む岩石が玄武岩質安山岩で後期中生代火山岩中もっとも塩基性である点も特異で、今後成因面からの細かい検討が必要である。なお、この単斜輝石に類似のものは最近泉南層群(山田・村上, 1978)、濃飛流紋岩類中の安山岩(原山, 1978)からも報告されている。

斜方輝石は現在のところ、匹見層群中のものだけが分析されている。第4図のとおりhypersthene(Ca_{2.6}Mg_{44.7}Fe_{52.6})からeulite(Ca_{3.0}Mg_{27.3}Fe_{69.7})に及び比較的広い組成範囲を有することが特徴である。

2. 角閃石

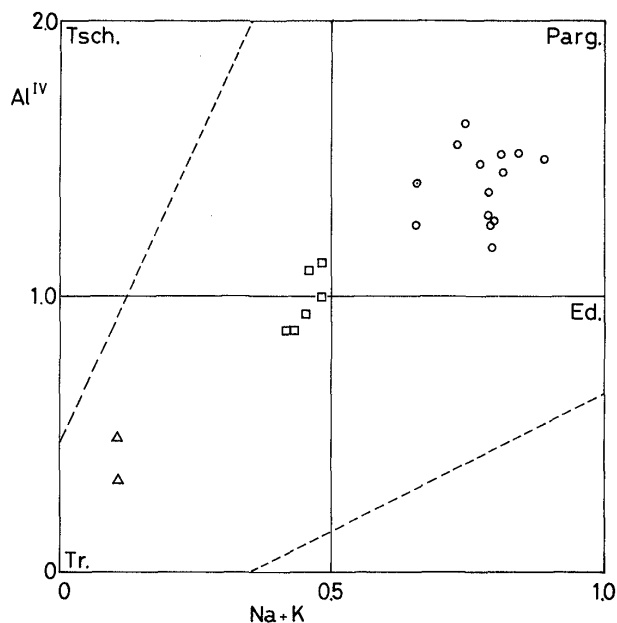
含有する岩石が少ないため、関門・周南・田万川各層群の火山岩中の斑晶が分析された。分析結果を第5表に示す。この表より明らかなように匹見層群中のものはAl₂O₃=6.4–8.6wt.%で8%前後のものが多く、田万川層群中のものはそれらより低い(Al₂O₃=6.0–7.1wt.%)。LEAKE(1968)の分類区分によれば、前者はmagnesian hastingsitic hornblende・ferro-hornblende・ferro-edenitic hornblende(mg値:0.286–0.418,第5表)に属し、後者の角閃石はすべてmagnesian hornblende(mg値:0.679–0.729)である。関門・周南層群中の角閃

第5表 角閃石の組成 (No.は第2表に対応)

No.	C-01	S-02	H-12	H-23	H-47	H-54	H-61	H-69	H-70	T-04	T-13	T-14	T-15	T-20
SiO ₂	54.34	44.45	42.08	42.57	41.76	45.29	42.97	40.15	42.23	49.08	46.97	47.81	49.12	47.35
TiO ₂	0.13	2.07	2.13	1.59	1.98	0.83	1.69	2.00	1.78	1.22	1.24	1.31	1.28	1.18
Al ₂ O ₃	1.87	8.44	8.17	7.53	8.03	6.91	7.92	8.57	7.90	7.06	6.58	6.74	6.01	6.40
FeO*	10.29	15.78	25.72	26.78	24.36	22.20	25.78	26.68	25.77	12.15	11.70	12.50	12.16	12.20
MnO	0.29	0.29	0.63	0.71	0.46	0.48	0.64	0.64	0.63	0.32	0.62	0.66	0.60	0.69
MgO	17.95	13.80	6.17	5.77	7.06	9.11	5.94	6.16	6.18	14.80	18.61	16.03	16.35	17.38
CaO	11.87	11.42	10.69	10.04	10.46	10.58	10.09	10.31	10.32	11.04	10.81	11.13	10.80	10.96
Na ₂ O	0.38	1.60	2.02	1.95	2.07	1.69	1.95	1.70	1.82	1.54	1.40	1.44	1.25	1.39
K ₂ O	0.11	1.03	0.95	0.98	1.23	1.05	1.00	1.05	1.03	0.35	0.40	0.40	0.34	0.34
Total	97.23	98.88	98.56	97.92	97.41	98.14	97.98	97.26	97.66	97.56	98.33	98.02	97.91	97.89
Numbers of cations on the basis of 23 oxygens														
Si ^{IV}	7.767	6.580	6.584	6.720	6.585	6.940	6.734	6.427	6.659	7.123	6.808	6.961	7.118	6.903
Al ^{IV}	0.233	1.420	1.416	1.280	1.415	1.060	1.266	1.573	1.341	0.877	1.125	1.039	0.882	1.097
Al ^{VI}	0.081	0.053	0.090	0.121	0.076	0.185	0.196	0.040	0.127	0.330	-	0.115	0.142	0.003
Ti	0.014	0.230	0.250	0.189	0.234	0.095	0.200	0.240	0.211	1.334	0.135	0.151	0.139	0.130
Fe	1.229	1.953	3.358	3.535	3.202	2.835	3.379	3.559	3.397	1.474	1.418	1.516	1.469	1.487
Mn	0.035	0.036	0.084	0.094	0.062	0.062	0.085	0.086	0.084	0.039	0.077	0.081	0.074	0.085
Mg	3.822	3.044	1.439	1.356	1.657	2.078	1.386	1.468	1.452	3.200	4.020	3.474	3.528	3.775
Ca	1.817	1.812	1.791	1.699	1.765	1.735	1.693	1.764	1.743	1.716	1.678	1.733	1.674	1.711
Na	0.105	0.459	0.613	0.598	0.633	0.502	0.591	0.526	0.557	0.433	0.395	0.406	0.350	0.392
K	0.021	0.194	0.190	0.198	0.248	0.204	0.199	0.214	0.207	0.065	0.073	0.074	0.062	0.063
mg**	0.751	0.605	0.295	0.272	0.337	0.418	0.286	0.287	0.294	0.679	0.729	0.685	0.696	0.706

FeO*: Total Fe as FeO, mg**=Mg/(Mg+Fe+Mn)

Analyst: T.Imaoka

第5図 角閃石のAl^{IV} (Na+K)図
記号は第3図に同じ

石の分析は各々1個ずつであるが、前者は石基中の輝石を交代したアクチノ閃石 (mg 値: 0.751), 後者は斑晶をなすmagnesio-hornblende (mg : 0.605)である。またKANISAWA (1975), MURAKAMI (1977), TANAKA (1977) により指摘されているようにAl^{IV}とFe/(Fe+Mg)比との間には相関がみられ、Al^{IV}の増加に伴いFe/(Fe+Mg)比が増加する。

3. 黒雲母

火山岩中の黒雲母は普遍的に顕著な緑泥石化作用を受けているため、分析の行なわれたのは匹見層群

のデイサイト質～流紋岩質凝灰岩中の黒雲母斑晶のみである。分析結果を第6表に示す。この表に示されているように、匹見層群中の黒雲母はAl₂O₃に乏しく(12.0～13.6wt. %), TiO₂に富む(2.3～5.6 wt. %)。これらの特徴はNOCKOLDS (1947)によって指摘された輝石と共存する場合のカルク・アルカリ岩中の黒雲母の性質をよく表わしている。またSi+Al^{IV}が不足するケースが多くANERSTEN (1974), KANISAWA (1972) が指摘しているように、四面体層中にTiが入っている可能性が高い。 mg 値は0.268～0.451で小さい。第6図は匹見層群産黒雲母と広島帯深成岩中の黒雲母(MURAKAMI, 1969), 領家帯花崗岩類及び片麻岩類中の黒雲母(TSUBOI, 1938; MIYASHIRO, 1956; HAYAMA, 1964; SHIBATA *et al.*, 1966; HONMA, 1974; KUTSUKAKE, 1977) 田万川帯深成岩中の黒雲母(田万川岩体: MURAKAMI, 1969; 浜田岩体: 今岡, 未公表資料)などとの組成関係を示す。この図より明らかなように、匹見層群産黒雲母は田万川帯深成岩中のものや、領家帯深成岩中のものと異なり、広島帯深成岩中の黒雲母に類似しており、また全岩組成との関連でみた場合にも匹見層群の黒雲母のFe/Mg比は全岩のFe/Mg比とほぼ1:1の対応を示す(第7図)点においても類似している。

考察および結論

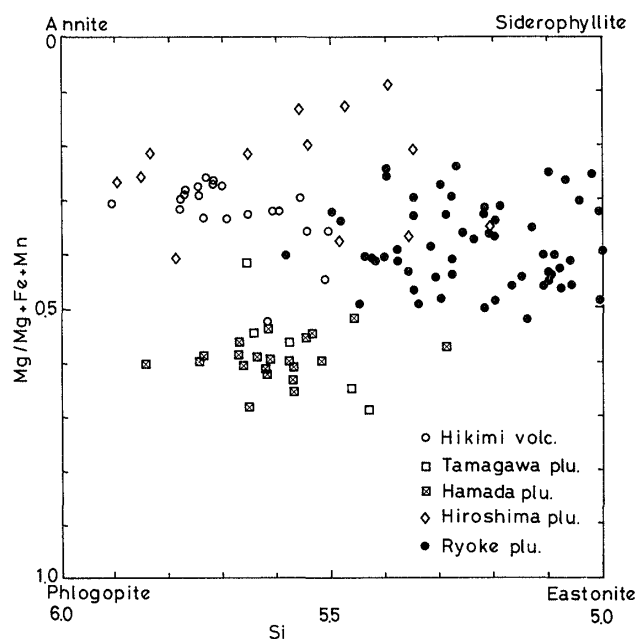
一般にカルク・アルカリ岩系火山岩では、酸性の岩石中の有色鉱物はほとんど角閃石・黒雲母等の含

第6表 黒雲母の組成 (No.は第2表に対応)

No.	H-01	H-12	H-15	H-47	H-51	H-54	H-61	H-62	H-67	H-69	H-70	H-71	H-95
SiO ₂	35.35	35.16	36.32	35.10	35.41	37.49	35.44	36.52	34.97	34.34	35.21	35.28	35.12
TiO ₂	3.76	4.56	3.99	5.10	5.15	3.74	4.39	3.54	5.75	5.40	4.96	4.55	2.63
Al ₂ O ₃	12.25	13.27	12.03	12.37	12.54	12.50	13.26	12.00	12.32	13.56	12.68	12.07	13.31
FeO*	27.65	27.75	26.88	28.19	28.91	26.53	28.01	27.39	25.47	27.19	27.40	25.79	23.82
MnO	0.41	0.44	0.36	0.34	0.34	0.38	0.42	0.33	0.36	0.49	0.54	0.31	0.29
MgO	6.77	6.16	6.90	6.36	6.00	7.63	6.10	7.07	8.17	6.67	6.08	7.27	11.11
CaO	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	0.05	0.03	0.06	0.05	0.04	0.00	0.02	0.10
Na ₂ O	0.14	0.07	0.11	0.17	0.16	0.20	0.08	0.05	0.14	0.11	0.13	0.15	0.14
K ₂ O	8.94	8.99	9.08	8.72	8.77	9.00	9.08	8.64	8.66	8.70	9.06	9.23	8.78
Total	95.28	96.43	95.69	96.36	97.30	97.52	96.81	95.60	95.89	96.50	96.06	94.67	95.30
Numbers of cations on the basis of 22 oxygens													
Si ^{IV}	5.660	5.556	5.753	5.563	5.569	5.791	5.582	5.783	5.507	5.414	5.588	5.653	5.514
Al ^{VI}	2.311	2.444	2.245	2.310	2.323	2.209	2.418	2.217	2.283	2.519	2.372	2.275	2.458
Al	-	0.027	-	-	-	0.063	0.043	0.024	-	-	-	-	-
Ti	0.453	0.542	0.475	0.607	0.609	0.434	0.519	0.422	0.680	0.640	0.592	0.547	0.309
Fe	3.701	3.667	3.560	3.736	3.801	3.415	3.688	3.627	3.343	3.584	3.636	3.443	3.116
Mn	0.056	0.059	0.049	0.046	0.045	0.049	0.056	0.044	0.048	0.065	0.072	0.042	0.039
Mg	1.615	1.450	1.628	1.501	1.405	1.756	1.431	1.668	1.915	1.566	1.437	1.735	2.597
Ca	0.002	0.005	0.004	0.002	0.004	0.009	0.005	0.010	0.008	0.007	0.000	0.004	0.018
Na	0.043	0.021	0.033	0.051	0.049	0.059	0.025	0.014	0.043	0.034	0.040	0.046	0.042
K	1.825	1.812	1.834	1.762	1.759	1.772	1.824	1.745	1.737	1.749	1.834	1.883	1.755
mg**	0.301	0.280	0.311	0.284	0.268	0.336	0.277	0.312	0.361	0.300	0.279	0.332	0.451

FeO*: Total Fe as FeO, mg**=Mg/Mg+Fe+Mn

Analyst: T. Imaoka



第6図 黒雲母の化学組成

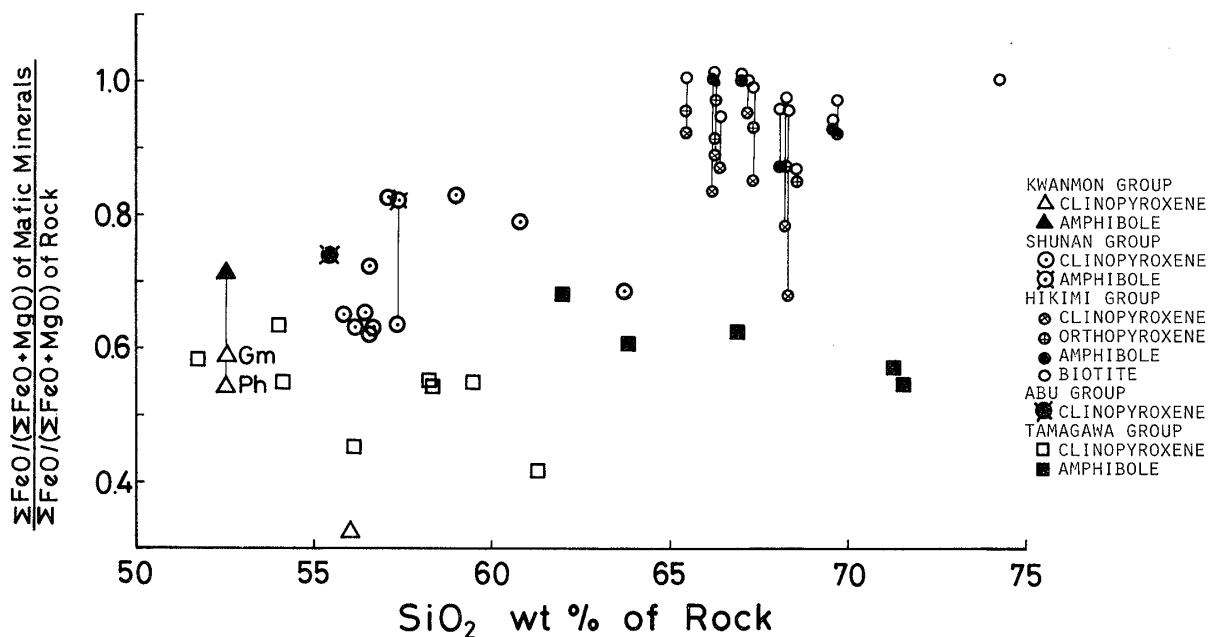
水鉱物で、輝石類は玄武岩～安山岩およびデイサイトの一部にしか含まれないことが多い。したがって輝石の晶出径路は短く、典型的なソレイト岩系の岩石中の輝石のように著しくFeに富んだものは通常含まれない。例えば、LOWDER (1970) は New BritainのTalasea のカルク・アルカリ岩系の火山岩 (SiO₂ = 58–72wt.%) において、岩石の分化に伴う輝石斑晶のFe/Mg比の変化は僅かであることを報告した。類似の例はJAKES and WHITE (1972), WALSH (1975) などによっても報告されている。本

論文中の火山岩のうち関門・周南・阿武・田万川各層群の火山岩中の輝石は分析個数は少ないが、ほぼ上記の一般のカルク・アルカリ岩中の輝石の組成およびその晶出径路に類似している。

次に輝石類のFe/Mg比を全岩組成との関連の上で検討する。第7図は火山岩中の有色鉱物のFeO/(FeO+MgO)と全岩のFeO/(FeO+MgO)との比を全岩のSiO₂wt. %に対してプロットしたものである。この比の高いことは岩石中のFeおよびMgの大部分がこれら有色鉱物の成分として消費されていることを示し、比の低いことは、これら有色鉱物以外にかなりの量のFe-Ti酸化鉱物の存在することを示唆する*。第7図をみると匹見層群産輝石類はこの比がもっとも高く、田万川火山岩中の輝石はその比がもっとも小さい。この差異は匹見層群火山岩中にはFe-Ti酸化鉱物が一般に少なく、かつチタン鉄鉱のみが含まれるのに対し、田万川層群火山岩中には磁鉄鉱が多量に含まれているという記載事実と矛盾しない。

かつてFODOR (1971) はNew MexicoのMogollon Plateau産カルク・アルカリ玄武岩～ラタイト (SiO₂ = 50–66wt.%) 中の単斜輝石が、岩石の分化に伴ってFs 5mol.%, wo 8mol. %しか変化しない点に注目して、その原因を高酸素分圧化におけるFeの磁鉄鉱としての晶出に求めた。田万川層群産単斜輝石はおそらくこのNew Mexico産火山岩のようにhydrous magmatic stateにおける高酸素分圧下で

* この他にも緑泥石、バスタイトなど含鉄鉱物も含まれるが、一般にその量は少ない。



第7図 火山岩のSiO₂ wt. %と {有色鉱物のFeO_i/(FeO_i+MgO)} / {全岩のFeO_i/(FeO_i+MgO)} 比との関係

生成されたものであろう。

一方匹見火山岩中の輝石はかなりの酸性岩中にも含まれるばかりでなく、Feに富んだ組成を有する。火山岩類は全岩のA-F-M図ではカルク・アルカリ岩系列に近いトレンドを有するが、他の火山岩類に比べ若干FeO側に寄っており、典型的なカルク・アルカリ岩であるとは言いがたい。いずれにしてもかなりの酸性岩にFeに富んだ輝石類がほぼ安定に含まれる事実は、全岩のFe/Mg比との関係および共存するFe-Ti酸化鉱物がチタン鉄鉱であることも併せ、匹見層群の火山岩類が、他層群火山岩類に比べて、低水蒸気圧下（あるいは高温）で、しかもおそらく低酸素分圧下で晶出作用を行なったことを示唆しているように考えられる。周南層群についてはデータの少ないため確定的なことはいえないがおそらく上記両者の中間的性状のものと推定される。これらの推論は次のように角閃石の化学組成からも帰結される。

かつてGILBERT (1966) はferropargasiteの安定領域が f_{O_2} の増大によって著しく減少することを報告した。また最近POPP *et al.* (1977) はMg₇Si₈O₂₂(OH)₂-Fe₇Si₈O₂₂(OH)₂系の実験において赤鉄鉱-磁鉄鉱緩衝(HM buffer)で決定される f_{O_2} では725-630℃においてFe端成分は14-22 mole%しか固溶しないが、さらに f_{O_2} を低下させニッケル-ニッケル酸

化物緩衝(NNO buffer)で決定される f_{O_2} では725-600℃において54-65mole%固溶することを明らかにした。以上2つの実験データより角閃石のFe/Mg比とその晶出時における f_{O_2} との間に密接な関係が存在することが明らかである。匹見層群産角閃石は、全岩のFe/Mg比においてほぼisochemicalな田万川層群火山岩中の角閃石に比べFeに富んでいる。この事実は輝石の場合と同様に匹見層群の火山岩類が田万川層群火山岩類に比較して低酸素分圧下で生成されたことと関係していると推論される。

さらに角閃石のAl^{IV}についてみると、匹見層群火山岩中の角閃石のAl^{IV}は約1.06-1.57である。一方、他の火山岩中の角閃石では0.88-1.04で前者に比べ低い。角閃石のAl^{IV}と f_{O_2} との関係は既にCZAMANSKE and WONES (1973), KANISAWA (1975), MURAKAMI (1977), TANAKA (1977) によって論じられ、 f_{O_2} の増加に伴ないAl^{IV}の減少することが指摘されているが、上記の推論はこれらの議論とも矛盾しない。

黒雲母については、匹見層群火山岩中にしか新鮮な試料が保存されていないので、他層群火山岩中のものと比較できない。

以上主に輝石・角閃石のデータより、匹見層群火山岩類はもっとも低水蒸気圧・低酸素分圧下で、一方田万川層群火山岩類はもっとも高水蒸気圧・高酸素分圧下で形成されたとの推論が可能である。

文 献

- ANNESTEN, H., 1974: Mössbauer studies of natural biotites. *Am. Mineral.*, **59**, 143-151.
- BROWN, G.M., 1957: Pyroxenes from early and middle stages of fractionation of the Skaergaard intrusion, East Greenland. *Mineral. Mag.*, **31**, 511-543.
- , and VINCENT, E.A., 1963: Pyroxenes from the late stages of fractionation of the Skaergaard intrusion, East Greenland. *Jour. Petrol.*, **4**, 175-197.
- CARMICHAEL, I.S.E., 1960: The pyroxenes and olivines from some Tertiary acid glasses. *Ibid.*, **1**, 309-336.
- , 1963: The occurrence of magnesian pyroxenes and magnetite in porphyritic acid glasses. *Mineral. Mag.*, **33**, 394-403.
- CZAMANSKE, G.K., and WONES, D.R., 1973: Oxydation during magmatic differentiation, Finmarka complex, Oslo Area, Norway: Part 2, The mafic silicates. *Jour. Petrol.*, **14**, 349-380.
- DALY, R.A., 1933: *Igneous rocks and the depth of the earth*. McGraw-Hill, New York.
- FODOR, R.V., 1971: Fe content in pyroxenes from a calc-alkalic volcanic suite, New Mexico, U.S.A. *Earth Planet. Sci. Lett.* **11**, 385-390.
- GILBERT, M.C., 1966: Synthesis and stability relations of the hornblende ferropargasite. *Am. Jour. Sci.*, **264**, 698-742.
- 原山智, 1978a: 北アルプス笠ヶ岳・穂高岳周辺の白亜紀火山岩及び深成岩類一特に造岩鉱物の特徴について. 日本地質学会講演要旨, 314.
- , 1978b: 濃飛流紋岩中の玄武岩質安山岩自破碎溶岩中より見いだされた chromian endiopside. 三鉱学会昭和53年秋季講演会要旨集, 107.
- HAYAMA, Y., 1959: Some considerations on the color of biotite and its relation to metamorphism. *Jour. Geol. Soc. Japan.*, **65**, 21-30.
- , 1964: Progressive metamorphism of pelitic and psammitic rocks in the Komagane district, Nagano Pref., central Japan. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo*, sec. II, **15**, 321-369.
- HONMA, H., 1974: Chemical feature of biotites from metamorphic and granitic rocks of the Yanai district in the Ryoke Belt, Japan. *Jour. Japan. Assoc. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, **69**, 390-402.
- ICHIKAWA, K., MURAKAMI, N., HASE, A., and WADATSUMI, K., 1968: Late Mesozoic igneous activity in the inner side of Southwest Japan. *Pacific Geol.*, **1**, 97-118.
- ISHIHARA, S., 1971: Modal and chemical composition of the granitic rocks related to the major molybdenum and tungsten deposits in the inner zone of Southwest Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan.* **77**, 441-452.
- JAKES, P., and WHITE, A.J.R., 1972: Hornblendes from calc-alkaline volcanic rocks of island arcs and continental margins. *Am. Mineral.*, **57**, 887-902.
- KANISAWA, S., 1972: Coexisting biotites and hornblendes from some granitic rocks in southern Kitakami Mountains, Japan. *Jour. Japan. Assoc. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, **67**, 332-344.
- , 1975: Chemical composition of hornblendes of some Ryoke granites, Central Japan. *Ibid.*, **70**, 200-211.
- KAWADA, K., 1971: Geology and petrology of the Nohi Rhyolites, with special reference to those along the Hida River. *Geol. Surv. Japan, Rept.* no. 243, 1-51.
- KUTSUKAKE, T., 1977: Petrological studies on the Ryoke metamorphic rocks in the Toyone-mura area, Aichi Prefecture, Japan. *Mem. Fac. Sci. Kyoto Univ.*, Ser. Geol. & Mineral., **XLIII**, 49-110.
- LEAKE, B.E., 1968: A catalog of analyzed calciferous and subcalciferous amphiboles together with their nomenclature and associated minerals. *Geol. Soc. Am. Spec. Paper.* no. 98, 1-210.
- LOWDER, G.G., 1970: The volcanoes and caldera of Talasea, New Britain: mineralogy. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **26**, 324-340.
- MIYASHIRO, A., 1956: Data on garnet-biotite equilibria in some metamorphic rocks in the Ryoke zone. *Jour. Geol. Soc. Japan.*, **62**, 700-702.
- MUKAE, M., 1958: Volcanostratigraphical study on the Miocene volcanism in the Shimane Prefecture, Japan. *Jour. Sci. Hiroshima Univ.*, [C], **2**, 129-172.
- 村上允英, 1959: 西中国の第三紀深成岩類. 岩鉱, **43**, 167-178.
- , 1960: 中国西部における白亜紀及び第三紀火成活動. 山口大理科報告, **11**, 21-126.
- , 1969: 山陰西部における新第三紀堆積盆地との関連よりみた後期中生代～古第三紀火山岩層の構造. 日本地質学会第76年学術大会討論会資料, 77-84.
- MURAKAMI, N., 1969: Two contrastive trends of evolution of biotites in granitic rocks. *Jour. Japan. Assoc. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, **62**, 223-248.
- 村上允英, 1973: 古第三紀田万川陥没体の形成機構に関する一考察. 地質学論集, no.9, 93-105.
- MURAKAMI, N., 1974: Some problems concerning late

- Mesozoic to early Tertiary igneous activity on the inner side of Southwest Japan. *Pacific Geol.*, **8**, 139-151.
- , 1977: Compositional variations of some constituent minerals of the late Mesozoic to early Tertiary granitic rocks of Southwest Japan. *Geol. Soc. Malaysia Bulletin*, **9**, 75-89.
- 村上允英・長谷晃, 1967: 西南日本内帯における後期中生代火山岩層の層序と対比. 地団研専報, no.13, 1-24.
- MURAKAMI, N., and MATSUSATO, H., 1970: Intrusive volcanic breccias in the late Mesozoic Zenjoji-yama formation in Western Chugoku and their possible relevance to the formation of cauldron structure. *Jour. Japan. Assoc. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, **64**, 73-94.
- 西野英之・村上允英, 1965: 中国西部に於ける後期中生代酸性岩類の火山層序学的研究 (I) 山口県篠目南部地域の酸性火山岩類. 山口大理科報告, **15**, 9-19.
- ・———・三浦清・井上多津男・梅恒雄・関達也, 1974: 西中国背稜および周辺地域の後期中生代火砕岩類. 日本地質学会第81回学術大会講演要旨, 45-46.
- NOCKOLDS, S.R., 1947: The relation between chemical composition and paragenesis in the biotite micas of igneous rocks. *Am. Jour. Sci.*, **245**, 401-420.
- NWE, Y.Y., 1975: Two different pyroxene crystallization trends in the trough bands of the Skaergaard intrusion, East Greenland. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **49**, 285-300.
- 大庭昇, 1966: 四万十累帯西部における花崗岩質岩類の地質学的意義. 鹿児島大理科報告, no.15, 13-14.
- POPP, R.K., GILBERT, M.C., and CRAIG, J.R., 1977: Stability of Fe-Mg amphiboles with respect to oxygen fugacity. *Am. Mineral.*, **62**, 1-12.
- 沢田順弘, 1978: 島根県掛合陥没体に伴われる貫入複合体—非アルカリ岩のマグマ型と岩石系列に関する2, 3の問題—. 地質雑, **84**, 177-200.
- SHIBATA, H., 1961: Chemical composition of Japanese granitic rocks in regard to petrographic provinces. Part IX. Normative minerals. *Sci. Rept. Tokyo Kyoiku Daigaku*, Sec. C, **8**, 19-32.
- , OBA, N., and SHIMADA, N., 1966: Bearing of aluminium in mafic minerals in plutonic and metamorphic rocks. *Ibid.*, **86**, 1-35.
- SHIMAZU, M., and TAKANO, M., 1977: Ca-Fe rich pyroxenes in Miocene prelates from the Tsugawa and Tadami areas, Northeast Japan. *Jour. Japan. Assoc. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, **72**, 399-411.
- SUZUKI, M., 1977: Polymetamorphism in the Hida metamorphic belt, Central Japan. *Jour. Sci. Hiroshima Univ.*, Ser. C, **7**, 217-296.
- TANAKA, H., 1977: Petrochemistry of some Mesozoic granitic rocks in the northern Abukuma mountains. *Jour. Japan. Assoc. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, **72**, 373-382.
- TSUBOI, S., 1938: Petrological notes (19)-(32). *Japan. Jour. Geol. Geogr.*, **15**, 125-129.
- 通産省, 1969: 昭和44年度益田地域広域調査報告書.
- , 1970: 昭和45年度益田地域広域調査報告書.
- , 1971: 昭和46年度益田地域広域調査報告書.
- 氏家治, 1970: 四国北東部の第三紀火山岩類の岩石学的研究. 岩鉱, **63**, 43-62.
- WALSH, J.N., 1975: Clinopyroxenes and biotites from the Center III igneous complex, Ardnamurchan, Argyllshire. *Mineral. Mag.*, **40**, 335-345.
- 山田直利・河田清雄・諸橋毅, 1971: 火砕流堆積物としての濃飛流紋岩. 地球科学, **25**, 52-88.
- ・村上允英, 1978: 泉南層群産高マグネシア安山岩. 三鉱学会昭和53年秋季講演会講演要旨集, 108.
- 山崎貞治, 1969: 大阪府二上山地域におけるカルク・アルカリ岩系マグマの分化. 岩鉱, **62**, 249-263.
- 吉田博直, 1961: 中国地方中部の後期中生代の火成活動. 広大地学研究報告, **8**, 1-39.