高知県足摺岬産第三紀火成岩類の高フッ素含有量

High fluorine content of Tertiary igneous rocks from the Cape
of Ashizuri, Kochi Prefecture, Southwest Japan

村 上 允 英 (Nobuhide Murakami)*
蟹 沢 聰 史 (Satoshi Kanisawa)**
石 川 賢 一 (Ken'ichi Ishikawa)**

The Tertiary igneous rocks from the Cape of Ashizuri constitute a small (about 15 kilometers in diameter) ring-like complex occurring in the Shimanto Belt (Mesozoic to Tertiary accretionary terrane), Outer Zone of Southwest Japan. They are composed of five stages of rocks, I (gabbro and dolerite), II (melanocratic syenite to alkali granite), III (coarse-grained syenitic rock and rapakivi granite), IV (coarse- to medium-grained biotite granite) and V (alkali dolerite and syenite porphyry), and characterized by alkalic to mid-alkalic chemistry. Comparing with the average chemical composition of Japanese granitic rocks (Aramaki *et al.*, 1972), the igneous rocks from the Cape of Ashizuri are highly rich in $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$, while poor in CaO and Al_2O_3 . In addition, F-analysis indicates exceedingly high content of 600 to 4000 ppm in most of the rocks, attaining to 7000 ppm in syenite porphyry.

Above-described facts together with some mineralogical data indicating the relatively low H_2O fugacity and low to medium oxygen fugacity, suggest the similarity of these igneous rocks with A-type granites (Loiselle and Wones, 1979) which are commonly generated along the rift zone or within stable continental blocks. The reason why the A-type granitic rocks are found within the compressional accretionary terrane has not been made clear and needs further detailed investigation.

1. はじめに

高知県足摺岬に花崗岩・閃長岩などからなる火成岩体が分布することは可成り以前から知られていた (Mori-moto, 1949; 村上・松尾, 1964). 最近著者の1人村上はこの岩体の主部が西南日本外帯ではかなり特異なアルカリ岩系列の火成岩より成ることを明らかにすると共に, 岩石及び含有鉱物の簡単な記載を行なった (村上・今岡, 1980). 更にその後の研究により, 火成岩体が径約 15 km の輪状分布をし, 岩体の内側に傾くロート状形態をしていることが確かめられた (村上, 1983). しかし圧縮場生成の地層の代表例とされている四万十層群内に, 寧ろ張力場に多産する輪状形態のアルカリ火成岩類が存在する理由は明らかでなく, 地球物理学的・地球

化学的の多方面からの検討が必要とされる。この研究はそのような検討の一環として行なわれたもので, 足摺岬産火成岩類が西南日本外帯産の一般の火成岩類ばかりでなく, 本邦産の大部分の花崗岩類に比べ, 著しく高いフッ素含有量により特徴づけられることが明らかになったので報告する。

2. 地質・岩石の記載

調査地域の地質は足摺半島の北半部を構成する古第三紀清水層群と南半部に分布し前者を貫く火成岩類とに区分される。清水層群は頁岩と砂質頁岩との互層よりなり, ENE-WSW~NE-SW 走向で NW に傾斜する。南半部の火成岩体に接する部分は熱変成をうけホルンフェルス化しているが, 熱変成帯の巾は 100~300 m 程度で

* 山口大学教養部地学教室

** 東北大学教養部地学教室

Fig. 1. Geologic map of the Cape of Ashizuri, Shikoku, Southwest Japan.

1, Paleogene Shimizu Formation; 2, Gabbro (Stage I); 3, Melanocratic syenite (Stage II); 4, Syenite and quartz syenite (Stage II); 5, Alkali granite (Stage II); 6, Coarse-grained syenitic rock and rapakivi granite (Stage III); 7, Coarse-grained biotite granite (Stage IV); 8, Aplite, leuco-granite and granite porphyry (Stage IV); 9, Alkali dolerite and syenite porphyry (Stage V).

ある。このほか火成岩体、とくに粗粒花崗岩体中にも清水層群に由来すると思われる頁岩・砂質頁岩のホルンフェルスが捕獲岩として多く含まれる。火成岩体は足摺半島の南半部を占め、海底地質図(地質調査所, 1977)に示されるとおり海底にまで広く連続分布する。陸上部は半輪状の形態をし、海底にまで延長すると径約15 kmの輪状形態が推定される。構成岩石は大部分塩基性～酸性の深成岩類で、一部半深成岩脈を伴う。主として野外関係によりI～Vの5期に区分される。岩体の地質図をFig. 1に示す。

2.1 I期火成岩類

斑れい岩とドレイaitに区分される。両者は産状を異にする。斑れい岩はすべてIII期の深成岩中に大、小の捕獲岩塊として含まれ、大きいものは径3 m以上に達する。中～細粒・塊状で、岩塊により程度の差はあるが、すべて花崗岩化をうけている。しかし原岩の組織、原岩中の石灰質斜長石・単斜輝石を残存しているものが多い。単斜輝石の化学組成より、原岩はアルカリ岩系列の

ものであろうと推定されている(村上・今岡, 1980)。ドレイaitはII期深成岩中に捕獲岩塊として含まれ、玄武岩質組織を示すこともある。類似のものは岩体周辺の清水層中に岩脈として産する。斑れい岩との直接の関係は不明であるが、その浅部相あるいは周縁相に相当する可能性が大きい(村上, 1983)。すべて花崗岩による熱変成をうけ、有色鉱物はほとんど角閃石・黒雲母に変化しているが、稀に単斜輝石が残存していることがある。この残存単斜輝石の化学組成は斑れい岩中の残存単斜輝石よりもTi・Alに富む。

2.2 II期火成岩類

足摺岬火成岩体の最内部を構成する。優黒質閃長岩、閃長岩～石英閃長岩、アルカリ花崗岩、アルカリ花崗斑岩よりなる。優黒質閃長岩は肉眼で緑黒色、有色鉱物に富む。単斜輝石(鉄サウア輝石～エジル輝石)・角閃石・黒雲母・アルカリ長石・斜長石を主成分鉱物として含み、鉄かんらん石・螢石・石英・かつれん石・チタン石などの副成分鉱物を伴う。石英閃長岩・アルカリ花崗岩

に貫かれる。閃長岩・石英閃長岩は有色鉱物として角閃石・黒雲母を含み、アルカリ花崗岩・アルカリ花崗斑岩は閃長岩・石英閃長岩を貫き、有色鉱物としてアナイト質黒雲母のみを含む。II期火成岩は全体として中粒・塊状で斜長石に乏しい。斜長石は殆んど $An < 5$ の曹長石よりなる。有色鉱物はFeに富み、とくに黒雲母のFe/Mg比は著しく高い。角閃石・黒雲母の大部分は間隙充填質で、 H_2O フュガシティーの低いマグマよりの晶出 (Maaløe and Wyllie, 1975) を物語っている。このほか螢石を多く含むこと* も特徴の一つである。野外では鉄かんらん石ペグマタイトを伴うことがある。

2.3 III期火成岩類

Fig. 1 に示すとおり、II期火成岩体を取り巻き帯状の分布をする。粗粒閃長岩質岩石とこれを貫く花崗閃緑岩よりなり、多量の斑れい岩捕獲岩を伴う。粗粒閃長岩質岩石は花崗岩～石英閃長岩組成で、粗粒・塊状（時に弱い流状）、石英・斜長石（灰曹長石質）に比較的乏しい。有色鉱物は角閃石・黒雲母で、これらのFe/MgはII期火成岩類中のものに比べかなり低い。花崗閃緑岩**は中粒・塊状、しばしば流状組織を示し、含有長石にラパキ組織を呈するものが多い。ラパキは径1~1.5 cmの卵形をし、産状より粗粒閃長岩質と花崗閃緑岩マグマとの混成により生じたと考えられるが、その詳細は別紙に発表の予定である。

2.4 IV期火成岩類

主岩体は足摺岬火成岩体の最外縁にあり、輪状の分布を示すが、このほか岬の先端部にも小岩体が認められる。構成岩石は大部分粗粒の花崗岩質岩石である。モード組成は花崗岩質～アダメロ岩質を示し、塊状で、基盤の清水層に由来すると思われる頁岩・砂質頁岩の捕獲岩を多く含む。含有有色鉱物は黒雲母と少量の角閃石であるが、それらのFe/Mg比はII期火成岩中のものに比べかなり低い。主岩相とは別に中粒の黒雲母花崗岩岩脈がI・III期火成岩体を貫き、このほか清水層を貫く黒雲母花崗斑岩岩脈がある。直接の地質関係は認められないが、これらの岩脈は粗粒花崗岩と同時期かあるいはやや後期の貫入と考えられる。これらの岩石中の黒雲母は粗粒花崗岩中のものに比べやや低いFe/Mg比を示す。粗粒花崗岩中にはアプライト、優白質花崗岩などの岩脈が多く、ペグマタイト脈を伴うこともある。

2.5 V期火成岩類

足摺岬火成岩体の西南部のみに存在するNNW-SSE走向、巾数m~10数mの岩脈で、II期火成岩体を貫く。構成岩石はアルカリドレライトおよび閃長斑岩で、両者の中間組成のものは認められない。アルカリドレライトはチタン輝石・ケルスート閃石により特徴づけられる緑黒色・塊状の岩石で、石基にアルカリ長石を伴う。閃長斑岩はアルカリ長石を斑晶とし、石基はアルカリ長石・石英・アルヴエド閃石よりなる。

上記のように足摺岬の火成岩類は斑れい岩から花崗岩にわたる多種の岩型により構成されているが、全体としてアルカリ長石に富み、この性質は花崗岩においても明瞭である。モード比をQZ-KF-PL三角ダイアグラム (Fig. 2) に示す。また含有有色鉱物はFg/Mg比が高く、角閃石・輝石はアルカリやチタンに富む特徴を有するが、この問題については別紙に詳述の予定である。

Fig. 2. Modal composition of plutonic rocks.

- 1, Gabbro (Stage I); 2, Melanocratic syenite (Stage II); 3, Syenite and quartz syenite (Stage II); 4, Alkali granite (Stage II); 5, Coarse-grained syenitic rock and rapakivi granite (Stage III); 6, Coarse-grained biotite granite (Stage IV); 7, Medium-grained biotite granite (Stage IV).

3. 火成岩類の主要化学成分およびフッ素含有量

上記火成岩類について、I期2、II期11、III期5、IV期4、V期4個のサンプルについて全岩の主要化学

* 後述のように、全岩のF量の高いことと対応している。しかし、僅か1個の分析値ではあるが、角閃石中のF量が高い (村上・今岡, 1980) 点からみて全岩の高いF量は螢石のほか黒雲母・角閃石中のF量にも関係している可能性が大きい。

** 地質図および分析表などにはラパキ花崗岩と表現している。

成分およびフッ素の定量*を行なった。測定値を Table 1 および Table 2 に示す。

主要化学成分：全体として著しくアルカリに富む。 SiO_2 -($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) 図 (Fig. 3) では、ほとんどすべての岩石の組成が Kuno (1960)・Miyashiro (1978) によるアルカリ岩のフィールドに点示される。Fig. 4 に全岩の SiO_2 と $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO} \cdot (\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}) \cdot (\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)$ との

関係を示す。この図に示すとおり、足摺岬の火成岩類は日本の花崗岩類の平均化学組成 (Aramaki *et al.*, 1972) に比べ $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ に乏しく、 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ に富む特徴を有する。このほか $(\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)/(\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO})$ 比・ $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比の著しく高い特徴をもそなえているが、その詳細は別紙にゆずる。

フッ素含有量：最低 226 ppm から最高 7160 ppm

Table 1. Chemical analysis of major elements of whole rocks

No.	M-001	1022-3	511-07	312-17	505-11	925-35	312-16	312-12	503-11	1029-6	306-01	306-02	505-07
SiO_2	50.35	45.03	63.85	64.02	65.06	67.82	68.76	68.94	69.22	71.10	71.02	71.20	76.53
TiO_2	1.24	2.00	0.13	0.22	0.59	0.30	0.17	0.22	0.31	0.30	0.18	0.24	0.13
Al_2O_3	15.46	16.23	16.29	15.67	15.17	14.74	14.95	14.57	14.65	13.19	14.48	13.41	12.40
Fe_2O_3	2.15	2.42	1.96	2.36	0.94	0.72	1.49	2.10	1.99	1.67	0.99	0.99	0.52
FeO	7.58	9.29	3.48	2.75	3.98	2.99	2.13	2.50	0.79	1.61	1.24	1.51	1.19
MnO	0.17	0.37	0.13	0.05	0.18	0.12	0.10	0.10	0.05	0.06	0.05	0.05	0.02
MgO	5.18	5.80	0.26	0.13	0.27	0.41	0.07	0.11	0.12	0.13	0.17	0.14	0.13
CaO	9.89	6.41	1.63	1.31	1.67	1.45	1.61	1.46	0.93	1.62	0.80	1.06	0.35
Na_2O	4.38	2.70	5.77	5.70	5.28	5.10	4.79	4.46	4.99	4.46	5.63	4.91	3.69
K_2O	2.41	2.70	5.67	5.72	5.08	4.60	4.92	4.84	5.67	4.55	4.65	5.54	3.73
P_2O_5	0.14	0.13	0.05	0.05	0.04	0.04	0.13	0.04	0.04	0.06	0.01	0.01	0.02
$\text{H}_2\text{O}(+)$	1.27	6.29	0.91	1.44	1.26	0.83	0.49	0.44	0.85	0.86	0.61	0.59	0.67
$\text{H}_2\text{O}(-)$	0.33	0.74	0.42	0.45	0.38	0.66	0.20	0.08	0.43	0.12	0.12	0.12	0.27
T.	100.55	100.11	100.55	99.87	99.90	99.78	99.81	99.86	100.04	99.73	99.95	99.77	99.65

No.	I-004	318-14	306-1A	509-2D	926-11	505-16	A-005	1004-11	511-01	428-30	428-32	D-007	506-16
SiO_2	67.54	68.00	64.83	66.25	70.00	71.72	72.11	75.20	71.14	48.43	48.65	70.88	73.18
TiO_2	0.45	0.61	0.97	0.72	0.48	0.19	0.28	0.22	0.34	2.03	1.58	0.33	0.09
Al_2O_3	14.80	14.89	15.50	15.81	13.04	13.50	13.77	12.58	13.97	15.55	16.35	11.85	12.17
Fe_2O_3	1.10	1.45	1.78	1.14	0.45	0.60	0.14	0.06	2.23	3.18	4.64	1.98	2.09
FeO	2.16	1.59	3.13	2.25	2.37	1.89	1.93	1.71	0.85	6.00	4.94	1.62	0.40
MnO	0.03	0.06	0.13	0.08	0.05	0.03	0.06	0.04	0.02	0.23	0.20	0.23	0.01
MgO	0.56	1.08	1.02	0.84	1.14	0.39	0.41	0.66	0.29	6.00	5.67	0.14	0.06
CaO	1.34	1.58	2.74	2.19	1.64	1.18	1.06	0.65	1.20	7.54	7.24	0.55	1.13
Na_2O	4.80	4.53	4.18	4.07	6.07	3.94	4.12	3.94	3.24	3.07	2.76	6.75	4.29
K_2O	6.02	5.69	5.07	6.26	3.69	5.28	5.51	4.16	6.38	3.08	2.75	5.12	4.72
P_2O_5	0.07	0.03	0.14	0.16	0.10	0.05	0.06	0.01	0.02	0.32	0.31	0.11	0.00
$\text{H}_2\text{O}(+)$	0.57	0.50	0.96	0.79	0.60	0.65	0.48	0.30	0.66	3.97	2.98	0.41	1.07
$\text{H}_2\text{O}(-)$	0.03	0.21	0.08	0.05	0.16	0.30	0.09	0.00	0.13	0.51	1.68	0.06	0.05
T.	99.47	100.22	100.53	100.61	99.79	99.72	100.02	99.53	100.47	99.91	99.75	100.03	99.26

Analyst: N. Murakami

M-001・1022-3: Stage I (M-001:Gabbro, 1022-3:Dolerite). 511-07~505-07: Stage II (511-07~925-35:Melanocratic syenite, 312-16~1029-6:Quartz syenite, 306-01・306-02:Alkali granite, 505-07:Alkali granite porphyry). I-004~926-11: Stage III (I-004・318-14:Coarse-grained syenitic rock, 306-1A~505-16:Rapakivi granite). 505-16~511-01: Stage IV (505-16~1004-11: Coarse-grained granite, 511-01:Medium-grained granite). 428-30~506-16: Stage V (428-30・428-32:Alkali dolerite, D-007・506-16:Syenite porphyry).

* 分析は主要化学成分については比色 ($\text{TiO}_2 \cdot \text{MnO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$)、フレーム分析 ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Na}_2\text{O}$)、容量法 ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)、重量法 ($\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) で行ない、フッ素についてはイオン電極法 (蟹沢, 1978) によった。

Fig. 3. Relation between SiO_2 and $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ weight percent of whole rocks. The data on the alkali lamprophyre from Tanegashima Island (Yagi *et al.*, 1975) are also shown together. Solid line represents the boundary between alkaline rocks and sub-alkaline rocks after Kuno (1960) and Miyashiro (1978).

Fig. 4. SiO_2 -oxides diagram for whole rocks. Dashed lines represent the average chemical composition of Japanese granitic rocks after Aramaki *et al.* (1972).

の広範囲の値を示すが、大部分の火成岩のフッ素量は 600~4000 ppm の範囲に入る。全体として高いのは II 期の火成岩で、これに対し IV 期の火成岩のフッ素量は他の時期の岩石に比べ一般に低い。II 期の火成岩では優黒質閃長岩のフッ素量が 589~1900 ppm とやや低い

に対し、閃長岩及び石英閃長岩では 1560~2480 ppm、アルカリ花崗岩・アルカリ花崗斑岩では 1010~4390 ppm と SiO_2 の増加に伴いフッ素量も増加する傾向を有する。また、IV 期火成岩では中粒黒雲母花崗岩のみが 226 ppm と著しく低いフッ素量を示す。これらに対し、

Table 2. Fluorine contents and differentiation index of whole rocks

No.	D.I.	F ppm	No.	D.I.	F ppm
M-001	32.7	1230	I-004	89.2	831
1022-3	37.1	1240	318-14	87.4	761
511-07	86.3	589	306-1A	79.1	1020
312-17	88.1	801	509-2D	84.3	713
505-11	84.2	739	926-11	87.0	1010
925-35	85.8	1900	505-16	89.3	1330
312-16	87.8	1790	A-005	90.6	616
312-12	86.7	1560	1004-11	90.5	1040
503-11	92.9	2480	511-01	90.3	226
1029-6	89.4	2070	428-30	43.2	1270
306-01	93.8	4390	428-32	39.6	1440
306-02	92.4	4070	D-007	84.9	1330
505-07	92.4	1010	506-16	93.1	7160

Analyst: S. Kanisawa
& K. Ishikawa

4. 考察および結論

Fig. 5 は火成岩類の D.I. 値 (分化指数) とフッ素量との関係を示すもので、比較のため Ishihara and Terashima (1977), Kanisawa *et al.* (1979), 蟹沢 (1983) による山陽一苗木, 領家, 北上・阿武隈・山陰などの花崗岩類のデータをも併示する。この図で明らかなように、足摺岬の火成岩類は領家花崗岩, 北上・阿武隈・山陰花崗岩に比べると SiO_2 の全領域にわたりフッ素量が高く、とくに SiO_2 65~75 の範囲において顕著である。一方、山陽一苗木花崗岩と比較すると、第 III 期及び第 IV 期火成岩の大部分と第 II 期火成岩の一部 (優黒質閃長岩) には大差が認められない。しかし、石英閃長岩・アルカリ花崗岩・閃長斑岩のフッ素量との間には大きい差があり、これらのフッ素量は山陽一苗木花崗岩のフッ素量の平均値のほぼ 2~8 倍に達する。恐らく足摺岬産火

Fig. 5. Relation between differentiation index and F contents of whole rocks. Symbols are the same as in Fig. 2. Data on the granites of other localities from Ishihara and Terashima (1977), Kanisawa *et al.* (1979) and Kanisawa (1983).

成岩類のフッ素量は全体として本邦産花崗岩類のフッ素量の最高値を示しているということが出来よう。Bailey (1977) の総括した花崗岩質岩中のフッ素量を検討すると、通常の花崗岩・流紋岩中のフッ素量はほぼ 100~1000 ppm であるのに対し、アルカリ花崗岩・パンテライトのフッ素量はほぼ 900~9000 ppm の多きに達している。このデータと比較すると、足摺岬産火成岩類の大部分はアルカリ花崗岩・パンテライトに相当するフッ素量を有すると結論される。以上の結果は既述の主成分について得られた結果と調和的である。

Loiselle and Wones (1979) は Chappell and White (1974) による I タイプ花崗岩・S タイプ花崗岩のほかは A タイプ花崗岩を提唱した。これは $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 量が低く、高い $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg}) \cdot \text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比および高い K_2O ・LREE 値により特徴づけられる。また H_2O フュガシティーが低く、酸素フュガシティーは低~中で、 $\text{HF}/\text{H}_2\text{O}$ は比較的高かったと考えられている。Collins *et al.* (1982) は東南オーストラリア産 A タイプ花崗岩について研究し、A タイプ花崗岩の多くは >1000 ppm のフッ素を含むと記載している。Imeokparia (1982) による中部ナイジェリアの Afu Younger Granite, Barker *et al.* (1975) によるアメリカコロラド州の Pikes Peak Batholith の花崗岩などはその良い例としてあげられる。既述のように、足摺岬産火成岩類、とくに II 期の深成岩類は低い $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 量、高い $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 量・ $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比・ $(\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)/(\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO})$ 比と、比較的高い F 量により特徴づけられ、 CaO 量に全体としてやや高いものが多い点を除けば、上記の A タイプ花崗岩の性質に類似している。足摺岬産火成岩類の帯磁率は大部分の岩石について $20 \sim 200 \times 10^{-6}$ emu/g で、低~中程度の酸素フュガシティーを暗示している (村上, 1983)。また、II 期深成岩類の LREE (La, Ce) の含有量は通常の花崗岩 (例えば JG-1) のほぼ 3~8 倍に達する (未公表データ)。これらの事実および II 期深成岩中の角閃石・黒雲母の Fe/Mg 比が高く、またこれらが間隙充填の産状を示す事実も以上の考察を支持する。

しかしながら、Loiselle and Wones (1979) によれば、A タイプ花崗岩は安定な大陸塊および張力裂縫帯 (rift zone) に産し、圧縮質の造山帯には I タイプおよび S タイプ花崗岩を含む石灰-アルカリ岩が産する (Petro *et al.*, 1979)。後者の例は最近アラスカ域 (Hill *et al.*, 1981; Hudson *et al.*, 1979)、日本 (中田・高橋, 1979) などで強調されている。したがって、圧縮場の典型例と考えられている四万十帯にこのような A タイプに類似の花崗岩が産することは全く不自然としか考えようがない。足摺岬産火成岩類について現在までに得られている

同位体年代値は 12~14Ma (河野・植田, 1966; Shibata and Nozawa, 1967; 村上ほか, 1981) で四万十層群の時代より新しく、圧縮および集積 (accretion) の時代と火成岩の貫入の時代との間に隔りのあることを物語っている。しかし、西南日本外帯に産し典型的な S-タイプと考えられている花崗岩類 (中田・高橋, 1979) の同位体年代値がほぼ同じ (野沢, 1968; 柴田 1978) であることについては何のように考えたらよいであろうか。

筆者らは現在地球物理学的および地球化学的に多面よりこの問題の解明にとり組み、既にかかなり意義の大きい結果を得ているが、研究はなお続行中である。

引用文献

- Aramaki, S., Nozawa, T. and Hirayama, K. (1972), Chemical composition of Japanese granites. Part 2. Variation trends and average composition of 1200 analyses. *J. Geol. Soc. Japan*, **78**, 39-49.
- Bailey, J.C. (1977), Fluorine in granitic rocks and melts - a review. *Chem. Geol.*, **19**, 1-42.
- Barker, F., Wones, D.R., Sharp, W.N. and Desborough, G.A. (1975), The Pikes Peak Batholith, Colorado Front Range, and a model for the origin of the gabbro-anorthosite-syenite-potassic granite suite. *Precamb. Res.*, **2**, 97-160.
- Chappell, B.W. and White, A.J.R. (1974), Two contrasting granite types. *Pacific Geol.*, **8**, 173-174.
- 地質調査所 (1977), 西南日本外帯沖広域海底地質図.
- Collins, W.J., Beams, S.D., White, A.J.R. and Chappell, B.W. (1982), Nature and origin of A-type granites with particular reference to southeastern Australia. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **80**, 189-200.
- Hill, M., Moris, J. and Whelan, J. (1981), Hybrid granodiorites intruding the accretionary prism, Kodiak, Shumagin and Sanak Islands, Southwest Alaska. *J. Geophys. Res.*, **86**, 10569-10590.
- Hudson, T., Plafker, G. and Peterman, Z.E. (1979), Paleogene anatexis along the Gulf Alaska margin. *Geology*, **7**, 573-577.
- Ishihara, S. and Terashima, S. (1977), Chemical variation of the Cretaceous granitoids across southwestern Japan - Shirakawa-Toki-Okazaki transection - *J. Geol. Soc. Japan*, **83**, 1-18.
- Imeokparia, E.G. (1982), Geochemistry and relationships to mineralization of granitic rocks from the Afu younger granite complex, Central Nigeria. *Geol. Mag.*,

- 119, 39-56.
- 蟹沢聡史 (1978), イオン電極を用いた珪酸塩岩石中のフッ素定量. 岩鉱, **73**, 26-29.
- Kanisawa, S. (1979), Content and behaviour of fluorine in granitic rocks, Kitakami Mountains, Northeast Japan. *Chem. Geol.*, **24**, 57-67.
- 蟹沢聡史 (1983), ラバキビ花崗岩中のフッ素の挙動. *MAGMA*, No. 67, 105-108.
- Kanisawa, S., Tanaka, H. and Nakai, Y. (1979), Behaviour of fluorine in granitic rocks from the Abukuma Plateau, the Ryoke Zone and the San'in Zone, Japan. *J. Geol. Soc. Japan*, **85**, 123-134.
- 河野義礼, 植田良夫 (1966), 本邦火成岩類の K-Ar dating (V) — 西南日本の花崗岩類. 岩鉱, **56**, 191-211.
- Kuno, H. (1960), High-alumina basalt. *J. Petrol.*, **1**, 121-145.
- Loiselle, M.C. and Wones, D.R. (1977), Characteristics and origin of anorogenic granites. *Geol. Soc. Am.*, **11**, 468.
- Maaløe, S. and Wyllie, P.J. (1975), Water content of a granite magma deduced from the sequence of crystallization determined experimentally with water-undersaturated conditions. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **52**, 179-191.
- Miyashiro, A. (1978), Nature of alkalic volcanic series. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **66**, 91-104.
- Morimoto, R. (1949), A petrological note on the granitic rocks near the Cape Ashizuri, Shikoku Island, Japan. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **26**, 45-48 and **27**, 45-48.
- 村上允英 (1983), 輪状複合火成岩体のタイプと形成機構 — 日本の例を中心にして. 総合討論「環状果帯深成岩と輪状複合火成岩の分化と貫入」講演資料集, 63-69.
- 村上允英, 今岡照喜 (1980), 四国西南部の深成岩類の化学性 — とくに足摺岬深成岩類の特徴. 四万十帯の地質学と古生物, 57-70.
- 村上允英, 松尾 裕 (1963), 本邦産交代性閃長岩類の研究 (1). 高知県足摺岬の閃長岩類. 岩鉱, **50**, 93-109.
- 村上允英, 魚住誠司, 広渡文利 (1981), 高知県足摺岬産アルカリ岩脈とその年代. 岩鉱, **76**, 134.
- 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の広域的变化. 地質雑, **85**, 571-582.
- 野沢 保 (1968), 西南日本外帯およびその延長地域における花崗岩質岩石の同位体元素年令, 1968 年における総括と火成作用北上説. 地質雑, **74**, 485-489.
- Petro, W.L., Vogel, T.A. and Wilband, J.T. (1979), Major element chemistry of plutonic rock suites from compressional and extensional plate boundaries. *Chem. Geol.*, **26**, 217-235.
- Shibata, K. and Nozawa, T. (196), K-Ar ages of granitic rocks from the outer zone of Southwest Japan. *Geochem. J.*, **1**, 131-137.
- 柴田 賢 (1978), 西南日本外帯における第三紀花崗岩貫入の同時性. 地調月報, **29**, 551-554.
- Yagi, K., Ishikawa, H. and Kojima, M. (1975), Petrology of a lamprophyre sheet in Tanegashima Island, Kagoshima Prefecture, Japan. *J. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.*, **62**, 223-248.