

## 岩漿進化の諸型式

富田, 達  
九州大学理学部

<https://doi.org/10.15017/4740686>

---

出版情報：九州大学理学部研究報告. 地質学之部. 3 (2), pp.77-104, 1951-03-05. 九州大学理学部  
バージョン：  
権利関係：

正 誤 表

雷田 達	岩漿進化の諸型式	誤	正
頁	行		
77	下より 7	Stuttgart	Stuttgart
82	10—11	「三原岩漿系列」 の次に右記の英名 を入れる	(the Miharaitic magma series)
84	第 7 図	en-fs 線に接する 白丸に	番号「1」を附す
87	下より 12	長石成分変成線	長石成分変化線
88	5, 6	第 11 図	第 10 図
92	第 16 図説 明の最下行	脚註 46	脚註 47

# 岩漿進化の諸型式

## Types of Magmatic Evolution

富田達

(Tōru TOMITA)

### 目次

緒言	(1) 混成岩列の化学的特徴
1. 研究方針	(2) 三原岩漿系列輝石型液線の意義
2. 隠岐島後・済州島に於ける橄欖玄武岩漿の分化	(3) 瀬戸内岩漿系列の異常進化
3. Katmai 火山及び箱根・伊豆地方の岩漿系列	(4) 阿蘇岩漿系列の複雑さ
4. 西南日本内帯の広域性玄武岩	7. 環日本海アルカリ火山岩類と日本式安山岩類
5. Olivine-basalt Magma と Tholeiitic Magma	結語
6. 橄欖玄武岩漿の混成現象	謝辭

### 緒言

玄武質岩漿に関して、私は 1932 年に次の意味の 2 つの意見を述べた：(1) 玄武質岩漿には、(a) alkaline series の玄武質母岩漿 (parental magma) と、(b) calc-alkaline series の玄武質母岩漿との 2 別がある；(2) その 2 種玄武質岩漿の中で、本源岩漿または原岩漿 (original magma) と考えられるものは (a) であつて、これは初生岩漿 (primary magma) であり、(b) は環太平洋変動地帯 (mobile belt) に於いて水成捕獲岩等の sial 物質の同化影響を受けて生じた二次生岩漿 (secondary magma) である<sup>(1)</sup>。

この仮説の提唱以後、それを如何に証明し且つ明瞭に表現すべきかということについて、あれこれと長年の間、考察をつづけて来たのであるが、その間に外国学者で私と同様の意見を發表した人々が増して来た<sup>(2)</sup>。これ等の学者（無論、私自身をも含めて）の意見は、然し、まだ仮説の域を脱しきらなく convincing ではない。賛否いずれにせよ、その解答は将来に残された岩石学上並びに地質学上の大問題であると思う。

現在の私自身は、東亞各地での採集標本・未發表資料等の全部を失つてしまつてゐるので、計画通りの研究遂行は dead stop の状態にある。極めて遺憾である。今回ここに機会を得て本稿を草するのにも、確信をもつて談じ得る研究結果を發表せんとする意図によるのではなく、既發表資料だけによつて、判つていた事柄について再整理を行い、私の考えの一端を披瀝するに過ぎないのであつて、それによつて、種々の御指教を希うよすがに仕度いたためである。

### 1. 研究方針

Bowen<sup>(3)</sup>が Katmai 火山岩類の成分変化図について試みたように、液相岩漿 (liquid magma)

(1) 富田達、地質学雑誌, 39, 1932, pp. 683~4.

その次の年に Kennedy は、私とは全く独立的に、概念に於いては私と全く同じ意見を發表し、(a) を olivine-basalt magma, (b) を tholeiitic magma と呼んだ (W. Q. Kennedy, Amer. Jour. Sci., 25, 1933, p. 239).

(2) 例えば次の著作を参照されたい：A. Rittmann, Vulkane und ihre Taetigkeit, (Suttgart), 1936, S. 174; Tom. F. W. Barth, Die Entstehung der Gesteine. Erster Teil, Die Eruptivgesteine, (Berlin), 1939, S. 80; F. Walker and A. Poldervaart, Karroo Dolerites of the Union of South Africa, Bull. Geol. Soc. Amer., 60, 1949, p. 661, pp. 665~7; G. A. Macdonald, Hawaiian Petrographic Province, Bull. Geol. Soc. Amer., 60, 1949, pp. 1591~2; 及び其等論文に引用されている諸著作。

(3) N. L. Bowen, The Evolution of the Igneous Rocks, (Princeton), 1928, p. 118 (以後略称して "The Evolution" とする)。

第 1 表

点示番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
富田編分析表(a) 中の番号	(c)	9	13	31	43	(d)	72	86	33	15	70	115	91	
岩名記号(b)	TB <sub>1</sub>	TB <sub>2</sub>	TB <sub>2</sub>	TB <sub>1</sub>	TB <sub>1</sub>	TA	ATr <sub>1</sub>	ATr <sub>1</sub>	ATr <sub>1</sub>	TB <sub>2</sub>	PhTrP	AL	ATr <sub>2</sub>	
ノ ル ム {	or	12	14	17	27	25	31	56	56	60	16	32	35	37
	ab	33	41	41	34	43	50	31	37	33	57	62	63	62
	an	55	45	42	39	32	19	13	7	7	27	6	2	1
ノ ル ム {	Q	11	25	13	5	28	50	100	87	87	10	0	100	100
	fo	63	75	72	56	67	18	0	4	3	57	0	0	0
	fa	26	0	15	39	5	32	0	9	10	33	100	0	0

(a) T. Tomita, Jour. Shanghai Sci. Inst., Sect. II, Vol. I, 1935, pp. 240~263.

(b) T. Tomita, *ibid.*, Vol. II, 1936, p. 111; p. 140 (噴出順序を知る).

(c) 本稿第6表, No. 2.

(d) T. Tomita, *ibid.*, 1936, p. 114.

に関する変化線(液成分変化線: 略称, 液線)を描いて, 異なる岩漿系列(magma series)の様相を比較研究しようとする。ただ Bowen の試みと異なる点は, その図示法にある。

私は, ノルム鉱物の組合せを三角図で示す方法を採用する。三角図としては, (1) ノルム長石成分図と, (2) Q-fo-fa 図とを用いる。(1)を用ひる理由は, 後に説明するように, モード長石成分の進化に関する知識が蓄積せられたから, その知識をもつて判断したいためである。(2)を用ひる理由は, Q-fo-fa 平衡図が実験的に求められているから<sup>(4)</sup>, その実験結果と天然の火山岩漿に見られる事柄とを比較したいこと・従来の wo-en-fs 図だけでは橄欖石玄武岩から流紋岩にいたる岩列の研究には不備の点があること等である。

## 2. 隠岐島後・済州島に於ける橄欖玄武岩漿の分化

隠岐島後の橄欖石玄武岩乃至アルカリ粗面岩類の中で, 無斑晶岩・無斑晶近似岩(near-aphanites)・玻璃質岩のノルム長石成分, 及び Q:fo:fa 値を第1表に掲げる。この資料によつて第1・3図を描いた。

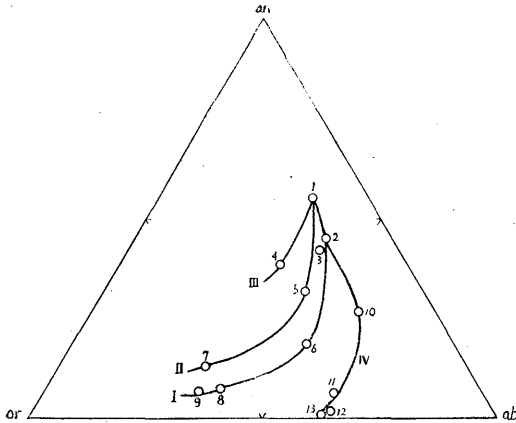
さて第1図に関して, 13個の散乱点を4曲線に連結し上げた根拠を説明する。

**根據第1:** 環日本海アルカリ火山岩類の斑晶長石の化学資料を第2表<sup>(5)</sup>に掲げ, それを第2図に点示する。図を見ると, 点1~9が実に美事に一曲線上に並び, しかも, その曲線と第1図の曲線Iとが下半部で相重なっている。是等の事実は偶然の結果とは考え難く, すなわち, 私は次のように解釈する: 曲線Iの径路(或いは其れに近い径路)を辿つて進化する液から晶出した斑晶長石が

(4) N. L. Bowen and J. F. Schairer, The System, MgO-FeO-SiO<sub>2</sub>, Amer. Jour. Sci., 29, 1935, p. 151.

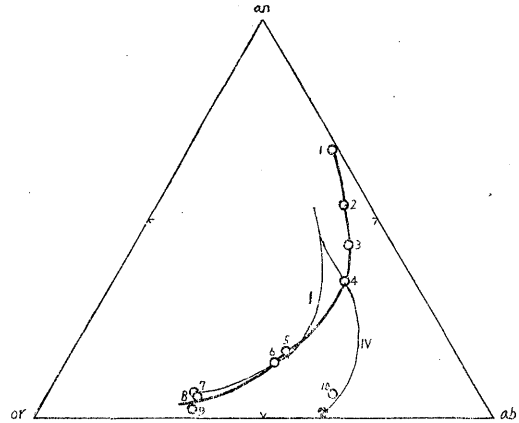
(5) この外に, 朝鮮咸鏡北道明川郡咸鏡洞産月長石粗面岩中の斑晶も分析せられてゐるが (E. Spencer, Miner. Mag., 24, 1937, p. 494, Tables I, II), その進化系統について不明の点があるから, 本表には加えてない。

第1図 橄欖玄武岩質乃至アルカリ粗面岩質  
液相岩漿のノルム長石成分変化図



(隠岐島後)

第2図 環日本海アルカリ火山岩類の  
斑晶長石進化図



比較補助線：第1図の曲線IとIV。黒点：  
第1図 No.13 (斑晶 No.10 と同一岩の石基)

第 2 表

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Or	1	6	10	15	37	41	62	62	65	32
Ab	31	41	47	51	47	46	32	33	33	61
An	68	53	43	34	16	13	6	5	2	7

- 1: 濟州島漢拏山玄武岩中; 原口九万, 地球, 11, 1929, p. 284.
- 2: 同上蟻頂玄武岩中; 原口九万, 火山, 1, 1932, p.49.
- 3: 朝鮮咸鏡北道馬乳山産熊德玄武岩中(結晶周縁部); 伊藤貞市, 岩礦, 14, 1935, p. 180.
- 4: 同上(結晶内部); 文献同上.
- 5: 肥前松島粗面岩中; 神津俊祐, 地質調査所報告, 29, 1911, p. 49.
- 6: 濟州島漢拏山粗面岩中; 原口九万, 小川博士還曆祝賀地学論叢(記念論文集第2部), 1930, p. 605; 火山, 1, 1932, p. 45.
- 7: 朝鮮咸鏡北道明川郡馬乳山月長石粗面岩中; 瀬戸國勝, 地質学雑誌, 29, 1922, p. 314; 朝鮮鉱物誌, 1941, p. 150.
- 8: 同上飯峰月長石流紋岩中; P. Esenwein, Zur Petrographie der Azoren, Inaug.-Diss. Zürich, 1928 [Ref. T. M. P. M., Ref. I Bd., 1932, S. 373].
- 9: 肥前馬渡島粗面岩中; 青山信雄, 地質学雑誌, 48, 1941, p. 280.
- 10: 隠岐島後犬島嶺粗面岩中; 新発表. SiO<sub>2</sub> 64.86, TiO<sub>2</sub> 0.20, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 20.05, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.26, FeO 0.17, MnO n.d., MgO none, CaO 1.38, Na<sub>2</sub>O 7.38, K<sub>2</sub>O 5.39, H<sub>2</sub>O(+) 0.28, H<sub>2</sub>O(-) 0.10, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> n.d., Total 100.07 (豊島正人分析, 1935).

Nos. 1 ~ 9 であると<sup>(6)</sup>.

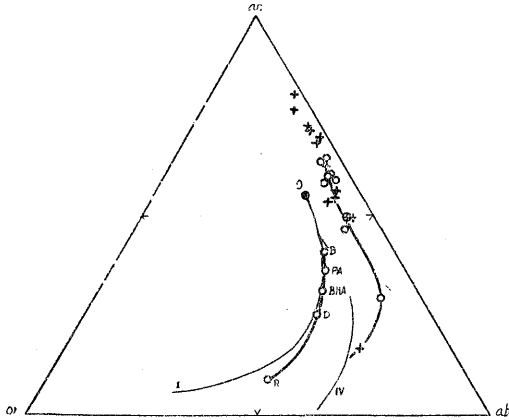
次に斑晶 10 が曲線 IV の上に位することに注目する。本来, 斑晶 10 と第1図の点13 とは, 同一岩中の斑晶と石基とである。従つて, この両点を結ぶ線が曲線 IV と一致することは, 斑晶 10 が曲線 IV の進化径路を辿つた液から晶出した結晶であるためと解される。

(6) 分別結晶作用の場合には, 液線上の或る1点で示される液から晶出する結晶の成分は, その線に対する, その点に於ける切線上の基性の1点で示される。従つて, 曲線 I の彎曲度からみて, 斑晶 1 ~ 4 は曲線 I から離れた成分を有し, 斑晶 5 ~ 9 は其の曲線上の点で示されることは当然である。

このようにして曲線 I・IV を描いたのであるが、両曲線ともに頂点 ab に向つて凸彎曲を示す。この注目すべき性質を重要視して、その両曲線に同調的に曲線 II・III を引いた<sup>(7)</sup>。

**根據第 2:** 第 3 図には、Daly 平均の玄武岩(B)・石英安山岩(D)・流紋岩(R)と、Rosenbusch-Osann 平均の輝石安山岩(PA)・黒雲母安山岩並びに角閃安山岩(BHA) に関する成分変化線<sup>(8)</sup>を描入してある。

第 3 図 典型的三原岩漿系列(箱根・伊豆)のノルム長石成分変化図



白丸印：無斑晶岩類，十字印：斑状岩類，比較補助線：曲線 I, IV (第 1 図)；曲線 BDR 基準成分変化線  
点 0：島後橄欖玄武岩漿

第 4 図の諸点は一見散乱している様ではあるが、島後の 4 液線を補助として見ると、不規則に散在しているのではないことを知る。特に点 2・3・4・13・16 は一曲線上にあり、その線は島後液線 IV に近接している。そして、全体を綜覽すると、濟州島熔岩の母岩漿は島後母岩漿とほぼ同成分の橄欖玄武岩漿であつたと推定される。

第 5 図では、濟州島熔岩の分化径路に 2 條あることが示されている。曲線 I は、その晩期に於いて基準変化線と交り、含玄武角閃石粗面安山岩類を含む角閃石型進化線(成分変化線)であり、これに対して曲線 II は輝石型進化線(成分変化線)である。白頭山粗面岩類の大部分のものは後者に属する。島後には資料が少なくて液線を引き難いのであるが、長石液線 I に対応する変化線は、福江

再び驚く、基準変化線と島後液線 I との著しい一致に。恐らく、曲線 I の液進化は、その大部分に於いて、アルカリ・石灰関係の変遷に関して、換言すれば、長石類の結晶作用に関して、極めて中庸を得ていたものであろう。この解釈の当否はともかく、曲線 I を見られるが如くに作図することは無意義のことではあるまい。

次に濟州島火山岩類について考察する。この島の岩石で私が見たものは数個の斑状岩に過ぎない。分析岩の中には無斑晶岩・無斑晶近似岩があるか否かを、不幸にして私は知らない。やむを得ず既発表資料の全部<sup>(9)</sup>について考察して置く、ただ島後の場合と比較せんがために。

第 4・5 図作図の資料を第 3 表に掲げる。第 5 図には島後の資料(第 1 表)の外に、福江岩、及び馬渡島・松島・頭流山・白頭山の粗面岩類<sup>(10)</sup>をも点示して、進化線を描く補助とした。

(7) 普通の成分変化図を作つてみると、曲線 IV に該当する液線が他線とは別個に引かれることは直ちに判る。然し、その線に乗る点以外の諸点は甚だしく散乱しているので、それ等を如何に連結してよいか全く判らない。このことは、Bowen の試みた Katmai の場合(脚註 3) に比べて島後の場合が趣きを大いに異にする点である。

(8) 普通の成分変化図に於いて、Daly 平均火山岩類に関する図を Bowen は“generalized variation diagram”と呼び、成分変化線のことを“average liquid line of descent”と称している(The Evolution, 1928, p. 122; p. 123, Fig. 37)。坪井誠太郎教授は、それを「常規成分変化線」(ordinary variation line)と呼ぶ(火成岩成因論, 岩波講座, 1932, p. 88)。私は、岩漿系列の比較研究の目安とする意味で、「基準変化線」(standard variation line)と呼ぶことにする。

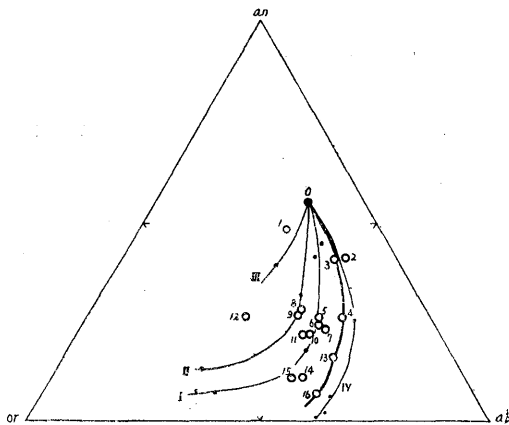
(9) 富田編分析表(本稿第 1 表註 a)の中で、次の 4 資料は不良分析であることが明かとなつたから採用しない: Nos. 53, 55, 64, 90。

(10) 富田編分析表(1935), Nos. 30, 49, 76, 78, 79, 87~89, 92, 98, 102, 104; 根本忠寛, 岩礦, 14, 1935, p. 217。

第3表

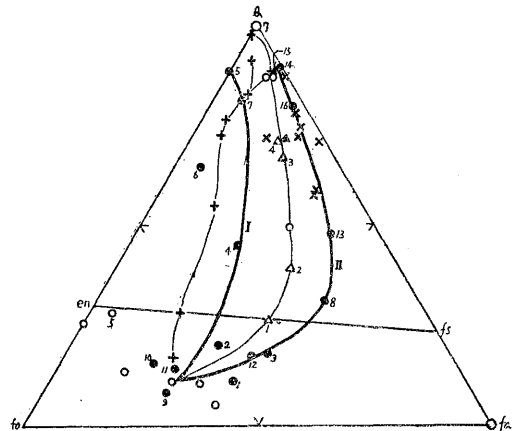
点示番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
富田編分析表中の番号	5	29	23	57	69	54	66	52	18	38	40	47	58	81	82	71	
ノルム	or	20	11	13	19	24	25	24	27	28	29	40	26	35	37	34	
	ab	32	48	46	55	50	51	53	45	45	50	49	34	58	54	52	59
	an	48	41	41	26	26	24	23	28	27	22	22	26	16	11	11	7
ノルム	Q	11	20	18	45	88	65	81	31	8	15	14	17	48	89	88	80
	fo	50	48	39	32	12	30	13	20	66	65	61	43	10	0	2	2
	fa	39	32	43	23	0	5	6	49	26	20	25	40	42	11	10	18

第4図 濟州島火山岩類のノルム長石成分変化図



比較補助線：島後橄欖玄武岩漿の分化液線，  
点0：島後母岩漿

第5図 濟州島熔岩の分化経路（黒丸）及び島後の液相岩漿（白丸）



比較補助線：基準変化線 (Daly 平均)  
掛印：白頭山粗面岩，黒三角：頭流山粗面岩，  
三角印：(1)福江岩，(2)馬渡島粗面岩，(3, 4) 松島粗面岩

岩や馬渡島・松島・頭流山粗面岩類と明かに同系統に属し、極めて円滑な曲線で連結せられる。これは輝石型進化系列である。この外に、島後にも角閃石型進化系列があるらしい。即ち、点5（橄欖石区内にあり、点 en に近接する）と点7（頂点Qの上）とを連結する或る曲線（第1図、液線Ⅰに対応する）で代表される管である。但し、両点の中間成分を有する岩型は島後では未発見なので、その曲線を描くことが出来ない。

次に、第3表や第4・5図で知られる通り、長石成分変化と Q:fo:fa 変化とは相対応する系列をなしていない。一般に、この2系列は相対応するとは限らない。その理由は、分別結晶作用を支配する条件の影響は、長石類と苦鉄鉱物とでは差別的に現われるからである。

## 3. Katmai 火山及び箱根・伊豆地方の岩漿系列

Katmai 火山岩類は岩漿系列の研究対象として興味の深いものである。Fenner<sup>(11)</sup>は、角閃石を有する岩型群と紫蘇輝石を有する岩型群とは、2つの異なる進化系統に属すると考えた。これに対して Bowen<sup>(12)</sup>は、進化系統としては“hornblendic line of descent”が唯一つあるだけで；輝石型 (pyroxenic type) は、その岩漿が地表条件下または地表接近条件下で結晶作用を行つた生成物であると解した。而して、Bowen の意見の根拠は、液成分変化図が單一傾向の進化を示す点にある。私は私の図示法によつて、この両碩学の意見を検討してみた。作図資料 (山本博達学士との共同計算結果) は第4表に示してある。

第4表

No.	Fenner's No.	or	ab	an	Q	fo	fa
1	284	9	50	41	44	38	17
2	<b>102</b>	<b>4</b>	<b>45</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>31</b>	<b>17</b>
3	299	5	44	51	56	28	16
4	600	10	47	43	69	31	0
5	<b>257</b>	<b>10</b>	<b>52</b>	<b>38</b>	<b>55</b>	<b>21</b>	<b>24</b>
6	<b>526</b>	<b>7</b>	<b>49</b>	<b>44</b>	<b>73</b>	<b>18</b>	<b>9</b>
7	249	12	43	45	59	25	16
8	592	11	49	40	59	22	19
9	286	13	47	40	70	25	5
10	583	15	49	36	75	16	9
11	575	16	50	34	80	13	7
12	274	16	50	34	76	14	10
13	568	19	50	31	84	16	0
14	147	15	53	32	78	12	10
15	<b>253</b>	<b>15</b>	<b>60</b>	<b>25</b>	<b>78</b>	<b>8</b>	<b>14</b>
16	588	19	54	27	83	11	6
17	104	24	58	18	92	3	5
18	<b>175</b>	<b>32</b>	<b>59</b>	<b>9</b>	<b>98</b>	<b>0</b>	<b>2</b>

(註) 太字は液相岩漿を表わす

次に、東亞に於いては、橄欖玄武岩漿系列と著しい対照を示す岩漿系列として三原岩漿系列<sup>(13)</sup>がある。その典型的代表者である箱根・伊豆地方火山岩類に関する久野博士の研究結果の中には、岩漿系列の研究にとつて実に貴重な資料<sup>(14)</sup>がある。私の作図資料<sup>(15)</sup>を第5表に示す。

さて、先ずノルム長石図 (第3・6図) を見る。三原岩漿系列の場合 (第3図) には、次に記すような著しい特徴 (主な特徴) が認められる：液変化線が比較的基性な点 (or:ab:an = 3:33:64, 5:32:63) から出発して、大半はほぼ直線的に且つ斜長石辺に近接して走る。この直線的傾向により、斑状岩型も、液線の上・極近位置・基性方向への延長線上などに点示される。例えば、久野番号1~6・7は斑晶基性斜長石の多い (重量比 = 25.4~34.9) 岩型であるが (久野, p. 57, 第2表)、液線上または其の基性延長線上に点示され、液線の彎曲度に影響

(11) C. N. Fenner, The Katmai Magmatic Province, Jour. Geol., 34, 1926, pp. 673~772.

(12) N. L. Bowen, "The Evolution", 1928, p. 121.

(13) 日本式安山岩類を一様に tholeiitic magma type と呼んでよいものか。これには疑問が多い。このことに就いては後章を読まれたならば納得されるであろう。また一面、日本式安山岩類の母岩漿に関しては未だよく判つていないと言えよう。その母岩漿が olivine-basalt magma の疑いがあるのである。私は、東亞に於ける新生代火山地質学の課題は、Kennedy の所謂 tholeiitic magma と olivine-basalt magma との関係に関する事は第二階梯の問題であつて、先づ日本式安山岩類の母岩漿は何かを明かにすることにあると信じている (これに就いては第5章で述べる)。それで、その母岩漿の研究に当つては、東亞独特の名称を用いている方が穩当だと考えて、「三原岩漿系列」の名称を使用する。

(14) 久野久, 火山, 3, 1936, pp. 53~71. 最近の久野博士書簡によると、分析資料数が100近くに及んでいるという。この夥しい資料に基くと、私の結果は大いに補正されよう。その補正されることを望ましいのであつて、其のよすがとして、取敢えず上記文献中の資料を用いて、私の見地に立つての見解を書いて置く次第である。

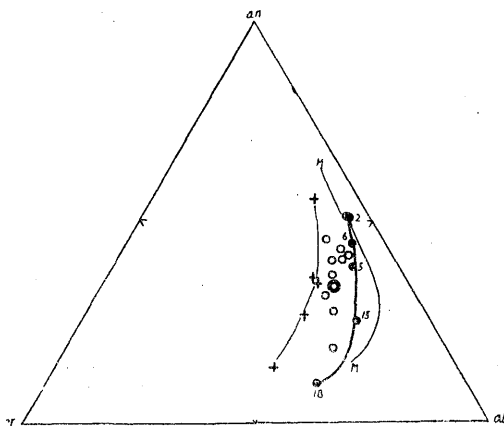
(15) ノルム長石成分は久野計算の結果をそのまま引用した。また Q:fo:fa の計算は次の如くにした：ノルム計算をやり直さずに、久野計算の Q, en, fs, fo, fa 等の数値によつて換算した (この換算は、苦鉄ノルム鉱物組成を wo, en, fs, fo, fa で現わしてある計算結果の場合には、極めて容易である)。第5表には Q:fo:fa 値だけを掲げた。



第5表

		Kuno's No.	Q	fo	fa	
斑 成 分 状	総	1	28	40	32	
		2	42	24	34	
		3	38	35	27	
		4	45	33	22	
		5	43	21	36	
		6	48	26	26	
		7	47	24	29	
		8	55	24	21	
		9	68	18	14	
		10	58	21	21	
		11	57	25	18	
		12	69	13	18	
		13	100	0	0	
岩 基 成 分		1	31	37	32	
		2	45	22	33	
		4	49	30	21	
		6	52	23	25	
		7	50	25	25	
		8	62	19	19	
		9	66	16	18	
		10	67	17	16	
		11	64	21	15	
		12	71	11	18	
	無 斑 晶 岩		14	40	28	32
			15	38	28	34
		16	46	22	32	
		17	47	24	29	
		18	42	22	36	
		19	47	24	29	
		20	63	17	20	
		21	55	19	26	
		22	81	6	13	

第6図 Katmai 岩列のノルム長石液成分変化線(黒丸印, 番号は第4表参照)とノルム長石成分(白丸印)



比較補助線: MM, 三原岩漿系列  
十字印線, 深成岩基準成分変化線

を与えない<sup>(16)</sup>(脚註6参照). 而して, かく液線が直線的になる原因の一つは, 母岩漿が成分orに富まないことにあると考える.

液線の最終点は斑状石英安山岩(久野番号13)で示される. 斑晶斜長石量は不明であるが恐らく15%以下と推定される. この点も一般傾向から著しく脱する点とは想われないので,

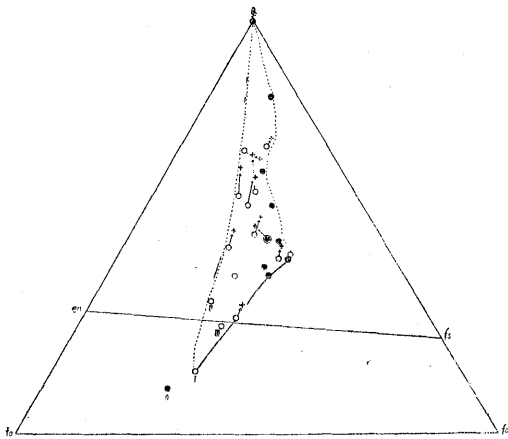
液線が此の点を通るように作図した. この場合, その線が島後液線IVに到達するのは意義がある. 即ち, 三原岩漿系列に於いても, 岩漿進化の晩期に於いては, 石基鉱物として anorthoclase が晶出する成分となることを示している. 但し, 島後の場合と異なる点は, 晶出時期の差異にある.

次に Katmai のノルム長石図(第6図)を見るのに, 次の特徴がみとめられる: (1) 液線<sup>an</sup>は三原岩漿系列液線上の点から出発する. (2) 後者とは図上で占める位置が異なる, (3) 液線は諸点の分布区域の最右限界線である, (4) 斑状岩型の諸点は, 液線より離れて深成岩平均成分の基準変化線に近附いている<sup>(18)</sup>.

Katmai と箱根・伊豆地方との岩漿系列の比較研究での興味深い収穫は, Q-fo-fa 図の示す事実にある. その諸事実についての私の解釈は或いは当を得ていないかも知れないが, 事実そのものは他の岩漿系列にも見られ, 火山岩類の成因問題の中で相当に重大な問題に関係があることを, 特にここに附記して置く.

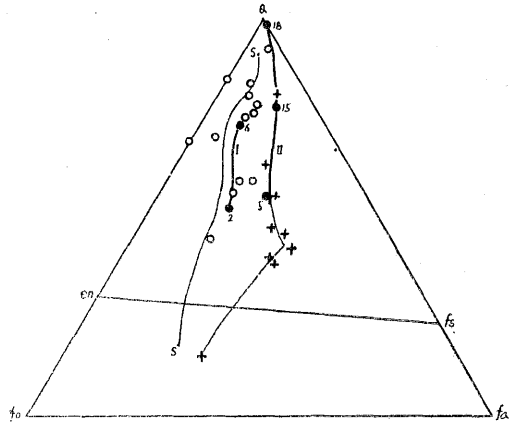
(16) 第6図には繁雜をさけるために石基成分を点示してない. それを点示しても, 液線の一般傾向には異状が起らない. それも, 液の進化径路が斜長石辺に沿って直線的であるからである.  
 (17) この図では液線を1曲線で示してあるが, 後述の通り, Q-fo-fa 図(第8図)では明瞭に異なる2曲線として現われるから, この図でも2本として描別するのが妥当かも知れない. 然し, 液線は両図で常に必ずしも対応するとは限らないのであるから, 強いて第8図の事実拘泥する必要もない.  
 (18) 斑状岩の総化学成分は, 斑晶鉱物の総成分・石基成分及びこの両者の相対量によつて決定せられる. 従つて, 私の作図では, 液線の位置並びにその彎曲度に支配されて点示される.

第7図 典型的三原岩漿系列(箱根・伊豆)の Q-fo-fa図



黒丸印：無斑晶岩，白丸印：斑状岩，  
 十字印：石基，Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ：橄欖石玄武岩，  
 点0：島後橄欖玄武原岩漿

第8図 Katmai 岩列の Q-fo-fa 図



黒丸印：液成分変化線(番号は第4表参照)，  
 白丸印：斑状岩類，  
 比較補助線：十字印，三原岩漿系列の液成分  
 変化線。ss，基準成分変化線

先ず三原岩漿系列を見る(第7図)<sup>(19)</sup>。注目される著しい事実は次の如くである：(1) 無斑晶岩の点を連結して得られる液線は、諸岩型点分布区域の最右限界線である、(2) 総成分点と石基成分点とを結んだ矢線で知られる通り、石基成分は一般に Q に富んでいる、(3) 石基成分点は、一般的に言つて、上述の液線上に落ちていない、(4) 諸点分布区域の左下部は半開扇状であるが、矢線を反対方向に辿ると、この半開扇状区域内に converge する、等。なお細かい点に立ち入つて述べると、分布区域の下限線上にある点 I は実に貴重な資料である。即ち、この点の矢印に従えば、この下限線もまた進化線(左下から斜めに右上に向う)である。その線上に無斑晶岩も存在することは意義深い。なお、この下限進化線と島後・済州島の進化線とを比較するのに、その彎曲方向が相反している。このことが何を意味するかは関心がもたれる。

上述の諸事項に基いて、私は次の様なことを考える：(a) 三原岩漿系列の母岩漿は橄欖石玄武岩 I で代表されると推定する；(b) この母岩漿が幾條もの進化径路に分化した。諸点分布区域の下半部が点 I を要(かなめ)とした半開扇状であるのは、進化径路の divergency による；(c) 比較的基性な石基成分・無斑晶岩成分の平均成分<sup>(20)</sup>は、本地方の母岩漿を代表するものではない。それは1つの possible liquid であること勿論であるが、それにしても、母岩漿 I からの進化誘導液にすぎない；(d) 液線によつて示される進化径路は、必ずしも各岩型の生成に辿つた進化径路を示すものではない；(e) 進化の前半期には divergent なのに対して、後半期では convergent な傾向が見られるが、これは苦鉄鉱物の分別現象が前半期に著しいためであろう；全進化期を通じ

(19) 本図には前掲文献(脚註 14, 久野)の資料の外に、橄欖石玄武岩の3資料(Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ)が追加してある。その中でⅠ・Ⅱは久野博士が未発表のものを提供された資料である。同博士に厚く感謝する。Ⅲは津屋博士の発表されたもの(H. Tsuya, Bull. Earthq. Res. Inst., 15, 1937, Table XVII, No.33)。

No.	or	ab	an	Q	fo	fa
Ⅰ	5	37	58	15	55	30
Ⅱ	3	17	80	32	43	25
Ⅲ	5	35	60	26	44	30

(20) 久野久, 前出(脚註 14), p. 67 及び 第4表, V.

て、岩型分布区域が図の中央部を占めて細長く、頂点 Q に達していることも一特徴であるが、これは全体として輝石型進化だけを辿つた結果であると解される<sup>(21)</sup>。

Katmai 岩漿区の液線は、明瞭に描別される2曲線として示される(第8図)。曲線 I は角閃石型液線であり、曲線 II は輝石型液線である。さきに濟州島熔岩の場合に、角閃石型進化線<sup>(22)</sup> と輝石型進化線とがあることを述べたのであるが、液相岩漿にも両別の存在することは注目すべきことである。この図に示されている事実を重要視する見地に於いて、私は Fenner 説<sup>(23)</sup> に賛成する。Bowen の成分変化図<sup>(24)</sup>には液線が1本しか現われていないが、その理由は全鉄量を  $Fe_2O_3$  として取扱つたためと考える。この取扱い方が岩漿の考究に関して何等かの意義があるか否かの問題は、岩漿の組成に關聯することであつて頗る難問題である。然しながら、液相岩漿の中に存在する全鉄量が悉く  $Fe_2O_3$  のみの組成であつたと考えなくてはならない理由はない；むしろ其の逆の理由がある。例えば、液相岩漿の急冷による生成物中の苦鉄鉱物で相当に鉄分に富んだものがあり、その鉄分は  $Fe_2O_3$  の形をとつていたとは限らない。ただ問題は、分析試料の新鮮度・液の冷却途中に於ける酸化の有無・分析技術の良不良など、 $FeO$  と  $Fe_2O_3$  との相対量に信頼度の薄いことが有り勝ちという点である。この問題は、分析資料の点示によつて serial trend から余りにもかけ離れる点は重視しないと云つた實際的判斷によつて解決し度い。このような見解から、私は全鉄量を  $Fe_2O_3$  とする取扱い方を採用しないのである。そして私の見地に於いては、液線に角閃石型と輝石型との2別があることを可成り重要視する。

次に、第7・8両図の比較によつて、も一つ重要な事実が知られる。即ち、曲線 II と三原岩漿系列の液線とが殆んど完全に一致することである。一見して解る通り、斑状岩型の分布区域は両図に於いて大いに異なる。それにも拘らず、その最右限界線たる輝石型液線が完全に一致しているのであつて、この線の位置に何等かの意味があるのではないか；更に第5章に於いて検討する。

#### 4. 西南日本内帯の広域性玄武岩

広く世界の多くの岩石区 (petro-province)<sup>(25)</sup>、または同源岩漿地域 (comagmatic region) を見ると、甚だ広い地域内の各地に、そして限定された比較的短かい期間内に、極めて相似た性質を有する玄武岩類が噴出しているという事実がある。そのような玄武岩を私は、**廣域性玄武岩**<sup>(26)</sup>

(21) 最近、久野博士は pigeonitic rock-series と hypersthentic rock-series との2別があることを述べ、後者は花崗岩物質の同化混成作用を伴つた結晶分化作用によつて生成されると考えている(地質学雑誌, 53, 1947, p. 64)。私は彼に、hy-series に属する岩型の番号を質ねたのに、Nos. 9, 10, 11, 13 の4つだけであると云う返答を得た。その hy-series は私の図では、分布区域の上半部にあつて、概して左側にある。即ち、角閃石型進化への傾向を示すものと解せられる。

(22) 進化線とは成分変化線 (variation line) の別名として用いる語であり、液線とは “liquid line of descent” (Bowen, 1928) のことを指す：液成分変化線、または液成分進化線の略称。

(23) C. N. Fenner, 前出(脚註 11)。

(24) N. L. Bowen, “The Evolution”, 1928, p. 119, Fig. 36。

(25) 従来 “petrographic(al) province” と呼ばれていたが、近代岩石学の進歩から判断すると “petrographic” では不満足であるので、私は “petro-province” という綜括的名称を用いたい。

(26) 「広域性」という語には、所謂「高原性玄武岩」のように、地表での広面積熔岩流として産するという様な産出状態に関する概念を含めていない。即ち、場合によつては広面積熔岩流であるし(例：Deccan basalt)、場合によつては岩脈群 (dyke-swarm) であるし(例：Scottish basalt)、また時には散点状にも産する(例：Hawaiian basalts)。地表の一地域に大量に流出するか否かは噴出機構に関する問題である。これが本源岩漿の性質・生成などにも關係があるらしいが、そのことに就いては第2の研究問題とし、先ず岩石区について考究する見地から「広域性玄武岩」なるものを追究してみる必要をみとめる。なお、噴出形式によつて提唱された G. W. Tyrrell (Jour. Geol., 40, 1932, p. 382) の名称：“plateau-basalt”, “flood-basalt”とも意味を異にする；広域性玄武岩の中には、「高原性」のあるものもあるし、「溢流性」のものもある。

(regional basalt) と呼ぶ。これに対して、**局地性玄武岩 (local basalt)** と称すべきものが、広域性玄武岩と同一岩石区内に産する。これは、その岩石性質が、その属する岩石区内に於いては、広域性玄武岩ほどには広い共通性を有しない。概言すれば、岩漿分化中心地には種種の局地性玄武岩が少なくない。それは、広域性玄武岩漿から分化作用<sup>(27)</sup>によつて誘導せられたものと解せられる。

私は東亞新生代火山地質学の研究課題として次の疑問を抱いている：(1) 大陸式の広域性橄欖玄武岩漿が汎く東亞新生代火山岩類の母岩漿ではないか；(2) その玄武岩漿が日本に於いても活動したが、日本の特殊地質環境下では、特殊な分化作用<sup>(27)</sup>を行つたのではないか；(3) 日本の火山岩類は、大体に於いて、岩漿分化中心地の生成物とみとめられるが、その玄武岩は局地性玄武岩、即ち、広域性玄武岩漿からの分化物ではあるまいか、等等。

前章の中で、箱根・伊豆地方の所謂 tholeiitic 玄武岩類は、その地区の母岩漿を代表するものではなくて、橄欖玄武岩漿からの分化生成物と考えられることに就いて述べた。一体、日本の所謂 tholeiitic 玄武岩は、Deccan traps・Karoo dolerite と同じ火山地質学的意義を有するものであろうか；換言すれば、日本の所謂 tholeiitic 玄武岩は広域性玄武岩であろうか；一方にまた、日本の安山岩類は悉く tholeiitic magma からの生成物であろうか。

上述のように多くの疑問を抱いているのであるが、その解決のための一資料として、西南日本内帯に産する広域性橄欖石玄武岩に就いて述べよう。

西南日本内帯の新生代火山地質を研究するために、隠岐島後<sup>(28)</sup>・山陰松江附近<sup>(29)</sup>に関する知識を

第 6 表

No.	1	2	3
SiO <sub>2</sub>	44.06	47.76	49.02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.17	17.14	16.38
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.64	2.64	3.28
FeO	10.98	6.05	6.29
MgO	7.76	8.43	10.24
CaO	9.62	12.27	8.75
Na <sub>2</sub> O	2.25	2.33	2.49
K <sub>2</sub> O	0.82	1.19	1.18
H <sub>2</sub> O+	1.37	0.44	0.30
H <sub>2</sub> O-	0.45	0.36	0.66
TiO <sub>2</sub>	2.69	0.91	1.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.75	0.85	0.44
MnO	0.22	0.17	0.19
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	n.d.	n.d.	0.03
NiO	n.d.	n.d.	0.012
Total	99.78	100.54	100.262
or	9	12	13
ab	36	33	36
an	55	55	51

Q	13	11	15
fo	50	63	59
fa	37	26	26

(註)

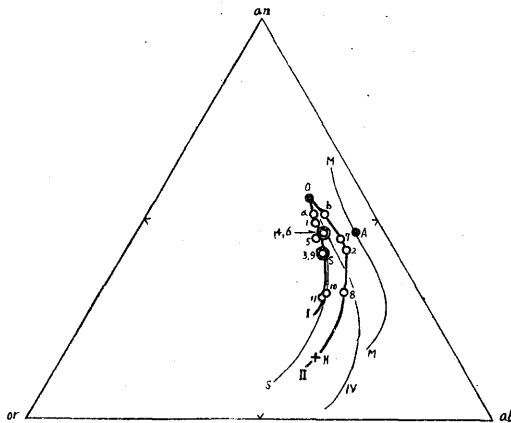
- 1: 福岡縣嘉穂郡庄内村高倉, 市房山. 分析者: 牛島梅吉. 上治寅次郎, 日本学術協会報告, 4, 1927, p. 351; 水曜会誌, 10, 1940, p. 33. (産地名は前報文には「高倉山」と記してあるが, 後の報文には「市房山」としてある. 分析資料は両者全く同一). 私は松本達郎教授採集の「市房山」産標本を検査した.
- 2: 隠岐島後五箇村山田. 分析者: 豊島正人 (M. Teshima, 1936). 新発表 (既発表, Tomita's Table, No. 24 と同一標本. 旧分析の鉄分と H<sub>2</sub>O 量とに疑問があつたので再分析した結果).
- 3: 瀬戸内海, 小豆島神ノ浦. 分析者: 桂敬 (Takashi). 新発表 (山口勝学士提供). 私は山口勝学士採集の標本について検閲した.

(27) ここで分化作用というのは、結晶分化作用だけを指しているのではない。火成岩類の多様性をもたらす原因となる作用 (processes) を総括した意味での広義の分化作用を指している。

(28) T. Tomita, Jour. Shanghai Sci. Inst., Sect. II, Vol. II, 1936, pp. 37~146; *ibid.*, Vol. I, 1935, Table of Analyses.

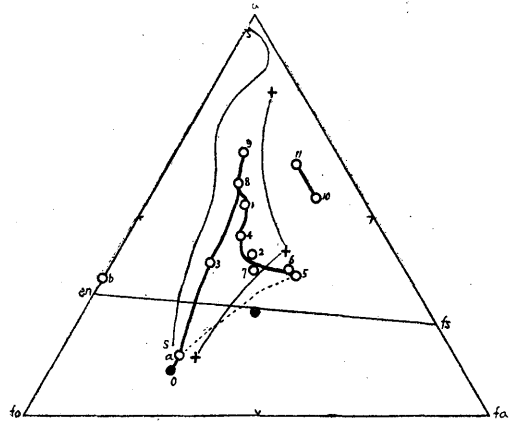
(29) T. Tomita and E. Sakai, *ibid.*, Vol. II, 1938, pp. 147~204.

第9図 瀬戸内火山帯熔岩類のノルム長石成分



比較補助線：ss, 基準成分変化線；  
 IV, 島後液成分変化線(第1図)；MM, 箱根。  
 点O：島後母岩漿, 点A：杉博士推定 of 原岩漿,  
 点H：姫島産角閃安山岩

第10図 瀬戸内火山帯熔岩類の Q-fa-fa 図



比較補助線：ss, 基準成分変化線；  
 十字印, 三原岩漿系列液成分変化線。  
 点O：島後母岩漿  
 黒点：杉博士推定 of 原岩漿

基準とする。島後には橄欖石玄武岩の噴出期が3回ある。それを TB<sub>1</sub> (中新世末)・TB<sub>2</sub> (洪積世最前期)・TB<sub>3</sub> (古期沖積層堆積以後)と呼ぶ。その中で、TB<sub>1</sub> と TB<sub>2</sub> とには無斑晶乃至無斑晶近似岩があり、其等の中の或る岩型が広域性を有して西南日本内帯の各地に産することが判つてきた。特に TB<sub>1</sub> 中の橄欖石玄武岩乃至粗面玄武岩は、肉眼的にも顕微鏡的にも余りによく似ていて異なる産地のものと思えない位であり、更に化学分析結果(第6表)は全く同岩型であることを確認せしめる。ほぼ同時代<sup>(30)</sup>に噴出し、産地も相当に距りながら、しかも液相岩漿を代表する岩型がかくも相似していることは、極めて意義重く且つ興味深く感ずる次第である。

表示の3者の内、島後産 (No.2) は島後に於ける諸種アルカリ火山岩類のみならず玄武岩類諸岩型の母岩漿を代表する；また、既掲図でも明かな通り、環日本海アルカリ岩域内の他地区に産するアルカリ火山岩系列の母岩漿とも推定せられる(第1・4・5図)。

小豆島産 (No.3) は、山口勝学士口述によれば、同島の所謂讃岐岩質安山岩類に先行して噴出した。この地質学上の事実と岩漿系列の考察(すぐ後述)とに基づいて、私は次の仮説を提唱する：**瀬戸内火山帯の所謂讃岐岩質安山岩類の母岩漿は橄欖玄武岩漿である。**その岩漿系列の考察とは次の如くである。

既知資料<sup>(31)</sup>によつて第9・10図を作つた。長石成分変化線には2本あり、曲線Iは讃岐岩類(点

(30) 市房山産 (No.1) については時代は確定されない。小豆島産 (No.3) は中新世末或いは鮮新世初期であり、若し後者であることが確定されると、島後産 (No.2) よりも少しく若いことになる。即ち、島後方面と瀬戸内地方とでは、噴出時期の僅かなズレがあることになつて、火山地質学の興味ある事実を提供することになる。

(31) 杉健一博士が集輯した資料(火山, 4, No.1, 1938, p. 18)の外に次のものを加えた。小豆島神ノ浦産 olivine-trachybasalts (本稿第6表, No.3 及び K. Kani, Proc. Imp. Acad. Tokyo, 10, 1934, p. 79) 及び雨滝山安山岩(神津俊祐・八木健三, 岩礦, 26, 1941, p. 75)。分析資料が液相岩漿を代表するものか否かを吟味せずに、そのまま採用したが、多くは無斑晶近似岩類らしい(雨滝山安山岩の分析結果は斑晶の混じらない試料によるものという)。なほ点示番号の岩型を次に列挙する。1・2: 橄欖石玄武岩, 3・4: 讃岐岩質橄欖石玄武岩, 5・6・7: 含橄欖石輝石讃岐岩質安山岩, 8: 含橄欖石讃岐岩質安山岩, 9: 雨滝山安山岩, 10・11: 讃岐岩, a・b: 小豆島神ノ浦橄欖石玄武岩。

10・11)を、曲線Ⅱは姫島角閃安山岩(点 H)を通過する<sup>(32)</sup>。本図で特に注目されることは次の3事実である：(1) 曲線Ⅰが基準成分変化線に一致する、(2) 曲線Ⅱも前者に接近して同調的に走る、(3) 両曲線は各橄欖石玄武岩から出発する、而して其等の延長線の交点が島後母岩漿点 O に一致する。是等の事柄は、島後図(第1図)に示されていることと同傾向である；一方、三原岩系列(第6図)とは完全に同型でない。これ等のこと並びに第11図に就いて考察されることに基いて、私は前記の仮説を提唱する次第である。因に第11図に就いての考察は、混成作用に関係があるから、第6章(3)で述べる。

次に市房産(第6表, No. 1)は、諸種の輝石安山岩類・角閃粗面安山岩と相伴い、後者等は筑豊炭田炭層中に産する侵入岩である。上治博士の研究結果<sup>(33)</sup>によれば、輝石安山岩類は瀬戸内型・角閃粗面安山岩は山陰型・橄欖石玄武岩は日本海沿岸地方に噴出せるものに近似すると。ノルム長石成分図によつて上治説を検討するのに、その所説通りの結果となる。ただ私は少しく追加したいことを持つてゐる。即ち、市房産橄欖石玄武岩は西南日本内帯の母岩漿から誘導せられた一岩型(母岩漿成分に極めて近似した成分を有する)であつて、輝石安山岩類は成因的にこれと関係がある；換言すれば、瀬戸内型輝石安山岩類は橄欖玄武岩漿から生成せられたものである。

本章に於いては瀬戸内型熔岩が橄欖玄武岩漿からの分化生成物であることを論じて、そのような広域性玄武岩漿に注目すべきことを述べた。但し、その分化作用<sup>(27)</sup>については論議すべき点が多岐にわたるから、後章に廻して論ずる。日本安山岩類の母岩漿が広域性橄欖玄武岩漿であつたか否かという問題は、西南日本内帯の中でも、特に北九州<sup>(34)</sup>火山区では重大な問題であると思う。これに関する私見も後章で述べる。

## 5. Olivine-basalt Magma と Tholeiitic Magma

普通一般に“tholeiitic magma”と称されている岩漿を代表する玄武岩は、一体如何なる化学的特徴を有するものなのか；それは“olivine-basalt magma”とは何等の化学的關係もないものなのか。この点を明確に認識して置くことは火山地質学の研究には極めて根本的で肝要な仕事であると信じる。

世界各地の basaltic provinces に産する玄武岩類の平均成分<sup>(35)</sup>によつて、ノルム長石成分図(第11図)と Q-fo-fa 図(第12図)とを作製した。この両図から次のことが知られる：(1) 各種の玄武岩ともに成分の開きは相当に大きい、(2) ノルム長石成分に関しては、橄欖石玄武岩と tholeiite との区別がない、(3) 典型的 tholeiite だけに就いて言えば、ノルム長石成分に関しては不定であ

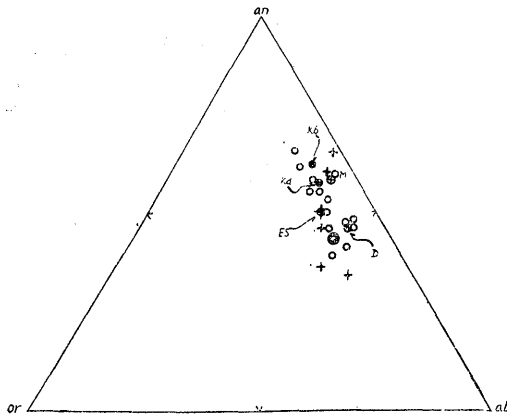
(32) 両子熔岩図・雲仙熔岩図を作つてみても姫島角閃安山岩の点を通過する傾向が見られない。姫島角閃安山岩を山陰型とみなすこと(B. Kotô, Jour. Geol. Soc. Tokyo, 23, 1916, p. 116)には疑問がある。私は瀬戸内型ではないかと考えている。

(33) 上治寅次郎, 水曜会誌, 10, 1940, p. 341.

(34) 本稿で北九州というのは、新生代後半の火山地質学的見地から、およそ大分熊本線よりも北側にある地域を指す。この線は、私がかつて「東亞新生代アルカリ岩石区の南劃仮想線」として指摘した線の中で、九州内にある部分である(富田達, 地質学雑誌, 39, 1932, p. 626, 図147)。この線自体についても、今日では論議すべきことが多少あるが、それに就いては本稿では取上げないことにする。

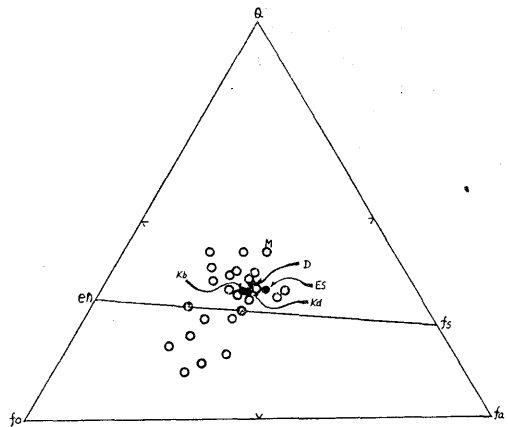
(35) F. Walker and A. Poldervaart, Bull. Geol. Soc. Amer., 60, 1949, p. 649, Table 17. 但し, Hawaii olivine-basalt (No. 24)は新資料(G. A. Macdonald, Bull. Geol. Soc. Amer., 60, 1949, p. 1571)と換えた。その外, Hawaii basalt (G. A. Macdonald, loc. cit.), Scottish basalt (Daly), 東亞玄武岩(Tomita)等を追加してある。

第11図 世界 basaltic provinces の玄武岩平均成分及び伊豆玄武岩石基平均成分(M)



黒丸：典型的 tholeiites (Kb: Karroo chilled basalt, Kd: Karroo dolerite, ES: N. England-Scotland tholeiite and Q-dolerite, D: Deccan basalt),  
 白丸：ノルム Q を有する玄武岩.  
 十字印：橄欖石玄武岩

第12図 世界 basaltic provinces の玄武岩平均成分及び伊豆玄武岩石基平均成分(M)



黒丸：典型的 tholeiites (記号：第11図に同じ),  
 白丸：その他の玄武岩

るが、Q-fo-fa 関係に関しては、ほぼ一定の性質を有する<sup>(36)</sup>。この性質は後述するように、その成因上極めて意義深きものである。即ち、所謂 tholeiitic magma-type の液線の通る点で代表される成分なのである。

さて、上述の如き平均成分に関する知識は、某地に最も多量に産する岩型を知るだけのものであつて、成因学上大した意味のあるものではない。岩漿分化に関する知識は、その地域に産するあらゆる岩型によつてのみ獲得される。現在、所謂 tholeiitic magma type の進化径路、特に液相岩漿の進化径路を詳細に知り得る資料は Walker-Poldervaart (脚註 35) の Karroo dolerites に関する研究である。分析資料 88 個<sup>(37)</sup>によつて第 13 図を作つた。因に、作図には液線を描くことに重点を置いた。液線を求めるのに用いた資料だけを第 7 表に示す。第 14 図は Karroo 液線と、既述の諸液線・諸成分変化線とを比較するために描いた。

第 13・14 図で知られることを要約すると：(1) Karroo 液線は 2 本あり、2 本ともに橄欖石玄武岩から分化して出発している、(2) 液線 I は、tholeiitic 成分になるまでの径路は三原岩漿系列<sup>(38)</sup>と著しい差異がないが、それ以後に於いては著しく異なることを示している、(3) 液線 I は頂点faに向つて凸彎曲であり、この傾向は島後液線・濟州島成分変化線 II と同傾向である、(4) 諸点分布区域の最右限界線も同傾向の彎曲を示す、(5) 液線 II は濟州島成分変化線 I と同傾向に彎曲し

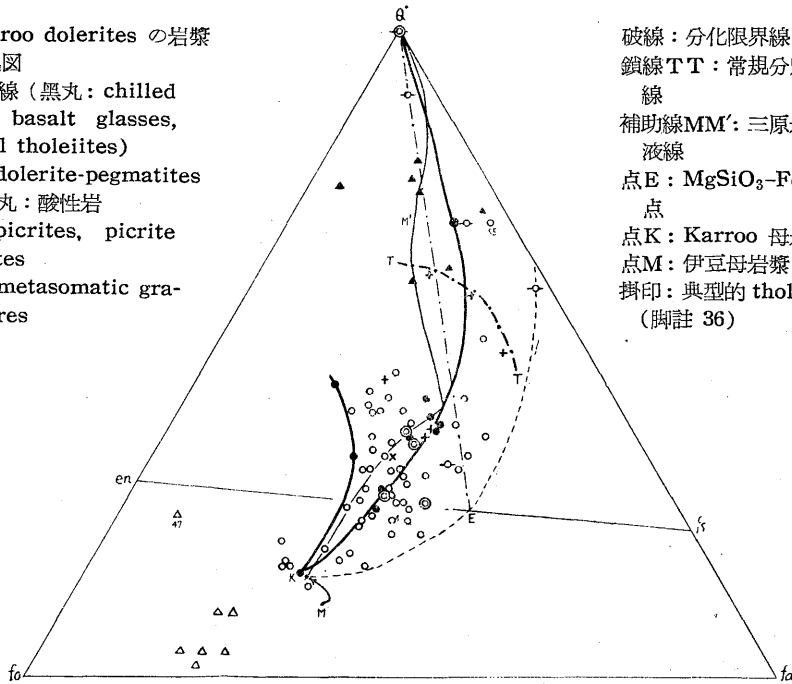
(36) 典型的 tholeiite 平均成分 4 個 (Karoo chilled basalt, Karroo dolerite, tholeiite and quartz-dolerite of Northern England and Scotland, Deccan basalt) の平均成分を求めて次の結果を得た。これを典型的 tholeiite の平均成分とする。SiO<sub>2</sub> 51.8, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 15.0, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2.2, FeO 9.7, MgO 6.4, CaO 9.7, Na<sub>2</sub>O 2.3, K<sub>2</sub>O 0.8, TiO<sub>2</sub> 1.7, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.2, MnO 0.2, Total 100. Q: fo: fa=34: 34: 32 (大体から言つて、正三角形の重心に当る：第 13 図)。

(37) 純粋な火成岩類の分析資料数は 89。その中の 1 つ (No. 39) はノルム lc, ne が夫々 3.1, 3.4 : 合計 6.5 に達するから除外した。他の 1 つ (No. 43) は ne=1.4 なので採用した。なほ点示資料はあまり紙面をふさぐから省略する。

(38) 三原岩漿系列液線のこの部分を作るのに、液相岩漿を代表する岩型による資料はなかつた(第 8 図)。従つて、或いは、この部分の径路は Karroo 液線 I と全く相一致するかも知れない。

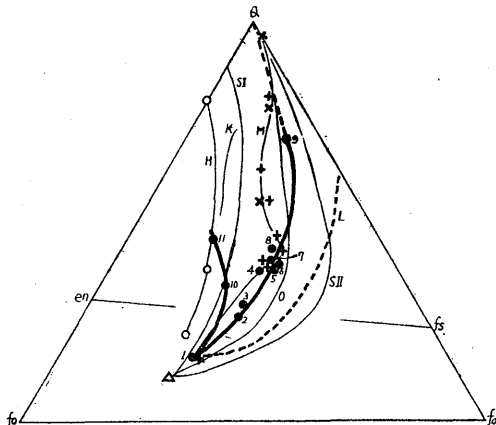
第13図 Karroo dolerites の岩漿分化図

太線：液線 (黒丸: chilled basalts, basalt glasses, marginal tholeiites)  
 十字印: dolerite-pegmatites  
 横棒附白丸: 酸性岩  
 三角: picrites, picrite dolerites  
 黒三角: metasomatic granophyres



破線：分化限界線  
 鎖線TT：常規分別結晶分化終末線  
 補助線MM'：三原岩漿系列輝石型液線  
 点E：MgSiO<sub>3</sub>-FeSiO<sub>3</sub>系の共融点  
 点K：Karoo 母岩漿  
 点M：伊豆母岩漿  
 掛印：典型的 tholeiite 平均成分 (脚註 36)

第14図 Karroo dolerites に関する液線 (太線) (右線: I, 左線: II) 及び分化限界線 (L)



黒丸: chilled basalts (1~5, 8, 10), basalt glasses (9, 11), marginal tholeiite (6, 7).

比較補助線: O, 島後液線; S I · S II, 濟州島変化線; H, Hawaii 変化線; M, 三原岩漿系列液線 (十字印: 伊豆地方, 掛印: Katmai 輝石型液線); K, Katmai 角閃石型液線

第 7 表

点番号	示号	原著者番号	Q	fo	fa
1		56	16	55	29
2		57	26	40	34
3		59	29	38	33
4		62	37	30	33
5		61	38	26	36
6		52	39	25	36
7		51	40	26	34
8		60	43	25	32
9		64	70	8	22
10		58	34	39	27
11		63	45	36	19

ているが、これ等は Katmai 角閃石型液線・Hawaii 成分変化線と同類であるか否かは疑問である、(6) 液線 II は諸点分布区域の最左限界線に相当する、(7) 多くの橄欖石玄武岩は上記両限界線の間で散在する、これ等の玄武岩類は分別結晶作用によつて生成されたと解せられる

る、(8) 両限界線間の区域以外にも橄欖石玄武岩が点示されているが、それ等は crystal sorting による岩型である。それを2類に大別する:(a) 液線 I の延長方向に、母岩漿点から相当にかけ離れて存在する一群と、(b) 母岩漿点と点 en との連結線に沿つて点示されている一群。(a) は橄



榄石、(b) は輝石の集積によつて生じた岩型類と解される、(9) Karroo 母岩漿点と三原岩漿系列の母岩漿点とは、殆んど全く一致する<sup>(39)</sup>。

上記のように、第 13・14 図から火成岩学上きわめて重要な諸事実を知つたのであるが、その中で三原岩漿系列の液線が他地域の液線に対して異状であることの究明に向つて筆を進める<sup>(40)</sup>。

## 5. 橄欖玄武岩漿の混成現象

この問題の検討は多岐にわたるから、検討事項を細別して記述する<sup>(41)</sup>。

### (1) 混成岩列の化学的特徴

混成岩列の化学成分によつて普通の成分変化図をつくると、各成分毎にほぼ直線的の関係があることは周知の通りである。私は、も少しく立ち入つたことを考える基礎とするために、また比較研究の便宜のために、ノルム長石成分変化図・Q-fo-fa 図を混成岩列の研究にも利用する。

既によく研究された混成地域に関する化学資料<sup>(42)</sup>によつて、上記の 2 種の図を作製して検討した結果、次のことが判明した<sup>(43)</sup>：(1) 深成岩漿の活動によつて生じた混成岩系列にあつては、そのノルム長石成分変化線は、火成岩長石進化線の一般傾向とは反対向きに彎曲する(第 15 図)、換言すれば、頂点 ab(時には斜長石辺)の方に凹面を向けている、(2) その曲線の彎曲度によつて、混成程度の高低を知ることが出来る。この 2 つのことは、私の検討した資料に関する限り、どの種類の混成岩系列にも適用される。

さて、上述の事柄が、どの程度に火山岩漿の場合に適用されるかが大きな問題である。この問題を検討するために、今日までの作図結果(混成岩列は日本の例だけ)を総括して第 8 表に示す。

この表の「通常」・「異常」の差別の基準について説明する。先ず、世界平均火成岩が進化型Ⅱ、即ち Q-fo-fa 線異常型に所属させてあることに注目され度い。かくした理由は：「計算混漿Ⅰ」の Q:fo:fa 値<sup>(44)</sup>を点示すると、正しく火成岩基準成分変化線の上に落ちる(第 16 図)。このことは、

(39) この両者はノルム長石成分に於いても次の如き驚くべき一致を示す：or:ab:an=6:36:58(Karroo), 5:37:58(伊豆)。この事実は私をして、其等を夫々母岩漿とする考えを確固たらしめる。若し他に別種の母岩漿があつて、それからの分化生成物とするならば、両岩型に於いてもノルム長石成分も Q:fo:fa 関係も、このように相一致する 2 つの岩型が生ずるのは偶然としても理解に苦しむ。それよりも、これ等を母岩漿と考える方が、成分の相似したことのみならず、図示されている divergent 型の分化様相をも理解し易い。

(40) Karroo dolerites の資料によつて、Q-fo-fa 図に於ける斜方輝石区を決定することが出来る。それは両液線の間を占める区域である。このことから、角閃石型液線を辿る液のヘテロモルフ現象(heteromorphism)として複輝石安山岩類の生ずる可能性があること並びにアルカリ岩類に斜方輝石が甚だ稀であることが理解される。

(41) 混成作用に関する問題は、目下、種々の観点から検討中であるから本稿に述べるどころも将来大いに補正されるかも知れない。ただ私の研究方針は、混成作用の行はれる全化学系に関する知識を明瞭にするにある。それをよく理解しないで鉱物相の変化を論じて、混成作用の本質は判明しないと考へている。

(42) 資料は撰択的に集輯したのではない。他の研究のため文献を渉獵している際に偶然に見たものに過ぎなく、所謂手当たり次第に計算したものである。それは次の如きものである：(1) S. R. Nockolds, Geol. Mag., 72, 1935, p. 304 (花崗岩漿と粗粒玄武岩), (2) W. A. Deer, Q. J. G. S., 91, 1935, pp. 47~76 (花崗岩漿と基性岩), (3) D. L. Reynolds, Miner. Mag., 24, 1936, p. 394 (角閃岩漿と珪岩), (4) F. Walker and C. F. Davidson, Geol. Mag., 72, 1935, p. 61 (閃緑岩漿と石灰岩), (5) D. L. Reynolds, Geol. Mag., 73, 1936, p. 343 (黒雲母橄欖岩漿・黒雲母輝石岩漿と碎屑質堆積岩), (6) 山田久夫, 地質学雑誌, 46, 1939, p. 308 (花崗岩漿と輝緑岩), (7) J. Suzuki and T. Nemoto, Jour. Fac. Sci., Hokkaido Imp. Univ., Ser. IV, Vol. III, No. 1, 1935, pp. 16~18 (北海道背梁山地の花崗岩漿と閃緑岩), 等。

(43) 日本地質学会西日本支部例会(昭和 25 年 5 月 28 日, 大分市にて開催)に於いて多数の図表を示して大要を講演した。

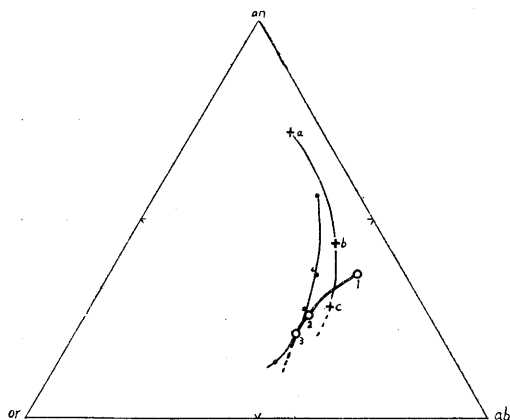
(44) Gabbro: Granite=(A) 70:30, (B) 50:50, (C) 30:70。

第 8 表

進化型	ノルム長石線	Q-fo-fa 線		産地	例
I	通常	通常	角閃石型	濟州島, 島前, 島後, Karroo, Hawaii, 吉州明川	
			輝石型		
II	通常	異常	角閃石型	世界平均火成岩, Katmai, 阿蘇中央火口丘	瀬戸内
			輝石型		
III	異常	異常	角閃石型	計算混漿 I	
			輝石型	東稻 (岩手), 阿武隈, 計算混漿 II	
IV	異常	通常	角閃石型	「石英玄武岩」, 「角閃安山岩」(山陰式)	
			輝石型	(未知)	

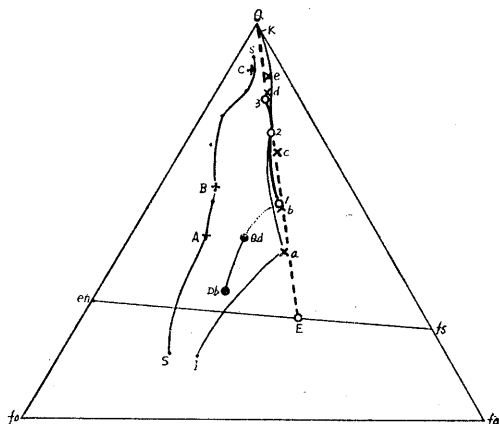
- (註1) 「計算混漿 I」とは, 世界平均 gabbro と世界平均 granite とを任意の割合に混合した仮想岩漿をいう。  
 (註2) 「計算混漿 II」とは, 伊豆玄武岩類中の 1 岩型(久野番号18)と日本平均花崗岩 (J. Suzuki and Nemoto, 前出, 脚註 42, 1935, p. 12) とを任意の割合に混合した仮想岩漿。  
 (註3) 産地例欄の太字地名は液相岩漿による型別なることを示す。

第15図 岩手縣東稻地方の混成岩類に見られるノルム長石変化



- 1: 接触輝綠岩, 2: 花崗岩体の基性周辺相,  
 3: 花崗岩体核心部  
 a: 北上黄金坪 gabbro, b: 千歳石英閃綠岩,  
 c: 盛岡花崗閃綠岩  
 比較補助線: 深成岩平均成分変化線

第16図 岩手縣東稻地方混成岩列の Q-fo-fa 変化線 (番号は第 15 図と同じ)



- 比較補助線: Iak, 伊豆・Katmai 輝石型液線;  
 ss, 火成岩基準変化線  
 点: Db, 平均 diabase (Daly); Qd, 平均 Q-diabase (Daly)  
 A・B・C, 計算混漿 I (脚註 44). a, 伊豆玄武岩 (久野番号 18). e, 日本平均花崗岩 (鈴木・根本).  
 b・c・d, 計算混漿 II (脚註 46)

Daly 平均の calc-alkaline 岩列が、必ずしも純粋な結晶分化作用だけで生じたものでないことを示唆すると解する。Wager-Deer<sup>(45)</sup> 説では、calc-alkaline 岩列は、大体に於いて、基性物質と酸性物質との混合の結果であると。彼等の説の根拠は何か；原著を入手していないから不明であるが、恐らく私とは異つた理由に基くのであろう。

上記の理由で、世界平均火成岩の Q-fo-fa 線を「異常」とした。そして、それに反する傾向を示す曲線を「通常」とした。ノルム長石線の「通常」とは、既述の通り、火成岩類のもつ一般傾向、即ち凸面を頂点 ab の方向に向ける傾向を言い、それに対して逆彎曲のものを「異常」と称した。いずれを何んと呼称しようとも、進化型種は第 8 表に示すだけ存在し、問題は如何なる理由によつて此等の型別が生じたかという点にある。進化型 I は主として結晶分化作用によるものと考えてよからう。進化型 III は混成作用が加わっているものである。この場合、ノルム長石線は異常なのである。ただ疑問なのは進化型 II である。これはノルム長石線は通常型で、Q-fo-fa 線の方は異常型なのであるが、かかる型種が常規の火成岩なのか、それとも混成作用が加わっているのか。

## (2) 三原岩漿系列輝石型液線の意義

岩手縣東稻地地方産混成岩列の化学成分(脚註 42, 山田)が、北上山地の火成岩列に対して「異常」であることは、第 15 図によく現われている。即ち、混成岩列であることの確実な此例の Q-fo-fa 図(第 16 図)を見ると、その変化線は三原岩漿系列にほぼ一致していることを知る。

次に、伊豆玄武岩の 1 岩型(久野番号 18)と日本平均花崗岩<sup>(46)</sup>との仮想混合岩漿(計算混漿 I)の Q:fo:fa 値<sup>(47)</sup>を第 16 図に点示して、点 b・c・d を得た。これ等の諸点によつて描かれる線は、問題の液線にほぼ一致する。

今まで述べたことを綜括すると、(1) 三原岩漿系列液線・(2) Katmai 輝石型液線・(3) 東稻混成岩列成分変化線・(4) 計算混漿 I 液線の 4 本が一致する。この著しい事実にも拘わらず、これだけのことから、(1)・(2) が混成作用の結果であると速断することは許されない。何故ならば、(3)・(4) に対応するノルム長石線は「異常」であるが、(1)・(2) では「通常」であるから。仮りに(1)・(2) が混成作用の結果であるとすれば、その混成現象は次の特性を有していたことになる：それは長石結晶作用を「通常」に保たしめると同時に、fo:fa 比を constant に保たしめる。

この fo:fa 比を constant に保たしめる特性は、特に注目するに足ると思う。このことに就いて更に検討を進める。前にも述べた通り(第 1 章)、私が Q-fo-fa 図によつて天然産岩石の化学成分を系統的に取扱うことの目的の 1 つは、実験的に知られている平衡図と天然の場合とを比較するにある。その比較研究に関する当面の問題として、fo:fa 比が constant であることを MgO-FeO-SiO<sub>2</sub> 平衡図<sup>(48)</sup>・MgSiO<sub>3</sub>-“FeSiO<sub>3</sub>” 平衡図<sup>(49)</sup>に照合するのには、MgSiO<sub>3</sub> と “FeSiO<sub>3</sub>” との間の共融点に着目される。この比較研究は厳密な意味では困難なのであるが<sup>(50)</sup>、大まかな概念を得るために、上記の共融点を第 17 図に転描して点 E を得る。かくして問題の 4 変化線は、点 E と頂点 Q との連結線にほぼ一致するのを見る。かくして、4 変化線一致の問題は、線 EQ の意義如何の問題に発展した。この新問題には、三原岩漿系列・Katmai 輝石型液線などの或る種の火成岩漿ばかりではなく、混成岩列生成現象も関聯しているのであるから、広い意味での岩漿作用(magmatism)

(45) L. R. Wager and W. A. Deer, Meddelelser om Grönland, Bd. 105, No. 4, 1939, p. 335 [Ref. Walker and Poldervaart, 前出, 脚註 35, 1949, p. 660].

(46) J. Suzuki and T. Nemoto, 前出, 脚註 42, 1935, p. 12.

(47) a : e = (b) 90 : 10, (c) 50 : 50, (d) 20 : 80.

(48) N. L. Bowen and J. F. Schairer, 前出, 脚註 4, p. 159, Fig. 5.

(49) 同 上, p. 164, Fig. 8.

(50) 同 上, pp. 157~158.

の一大問題であると思考する。而して、今かれこれ論ずるには資料過少のうらみがあるから、仮空的な解釈はなさないことを建前として将来の問題に残して置きたい。

### (3) 瀬戸内岩漿系列の異常進化

瀬戸内岩漿系列の Q-fa 図 (第10図) に就いての考察は保留してあつた (第4章参照)。ここに第10図に<sup>(51)</sup>ついて、瀬戸内岩漿系列の進化が異常なことを指摘したい。

この図で明かな通り、既述したように小豆島神ノ浦橄欖石玄武岩を母岩漿と仮定すると、諸点連結線によつて劃される区域は、母岩漿点を要 (かなめ) とした半開扇状である。この形状は三原岩漿系列の場合 (第7図) と相似ていて興味深く、成因上相通するものがあることを示唆する。ただ著しく異なる点は、その半開扇子の末を劃する蛇行液線が現われていること、即ち三原岩漿系列の場合には斑状岩の点が分布している区域内に、この場合には無斑晶近似岩が点示されていることである。この異様な蛇行液線に関して、次の4問題を取り上げる：(1) 点 5・6 の成分に関すること、(2) 点 5・6 と母岩漿点との連関、(3) 点 5・6 から点 2・7 への岩漿進化に関すること、(4) 左端を走る角閃石型液線に関する問題。

問題 (1) は其等岩漿がかなり fa (FeO) に富むが故に、混成作用の結果と考えられるかも知れない。しかし唯それだけの理由で混成作用を考えるのは根拠薄弱である。何故ならば、橄欖玄武岩漿の分別結晶作用で、そのような岩漿が生成される例が知られているからである (第5図)。杉博士<sup>(52)</sup>は、母岩漿として一玄武岩漿を仮想し、その仮想岩漿が花崗岩類 (恐らく領家岩類も) の構成鉱物と反応して其の一部を同化したために、特異成分を有する讃岐岩類の岩漿が生じたと説明した<sup>(53)</sup>。

次に問題 (2) に就いては、遺憾ながら現在では確実なことが述べられない。何故ならば、分析資料があまりに少ないから。母岩漿点と点 5・6 とを link する岩型は、伊豆地区・Karoo 地域の例から推測して、存在するに相違ないと思われるから、将来分析される可能性があると言うにとどめる。

問題 (3) が、私の考えによれば、実は瀬戸内岩漿系列に関する最も重要な問題である。この問題に関して先ず注意すべきことは、点 5・6 が、前節で述べた線 EQ (第16図) に密着した位置を占めていることである。問題の液成分変化の逆進化は、私の仮定に基いて観れば、母岩漿から出発して点 5・6 にまで進化した液相岩漿が、線 EQ に衝突すると、そこで反転して逆進化径路を辿つた<sup>(54)</sup>というが如き様相を示している。この様相は、今日まで私の検討したところでは、他にその例

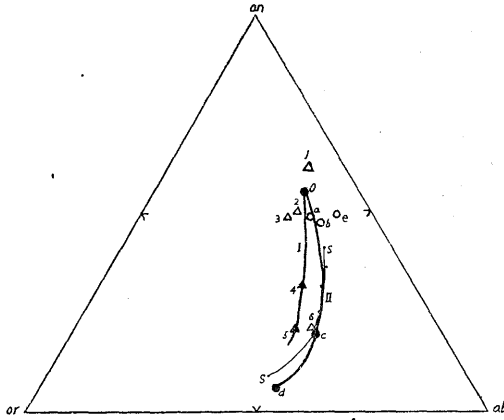
(51) 第10図の諸点の中で、点 b は理解し難い位置を占める。この点は小豆島神ノ浦産橄欖石玄武岩であり第6表 No.3 (山口勝学士採集) と同産地のもの。この位置を占めるのは、鉄成分の異様な分析値のためである。即ち、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  と  $\text{FeO}$  の値は、点 a の資料 (第6表 No.3) では夫々 3.28, 6.29, 点 b の資料 (脚註 31, K. Kani) では夫々 6.16, 3.60。一般に olivine-basalt では、olivine が著しく iddingsite 化している岩型では  $\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{FeO}$  であり、同一岩体でも部分によつて iddingsitisation の程度は様々である。それで私の想像するところ、点 b の分析試料も恐らくは其のような変質のある部分から採集された標本であつたのであろう。ともかく、少くとも第10図による考察には、点 b を除外するのが妥当であると思う。一般に多くの化学分析結果を点示して general problem を考察する場合に、ある特異位置にある点が、成因的に特異な岩型なのか、或いは成因問題に重要でない他の理由をもつている岩型かの判別には慎重でなければならない。

(52) 杉健一、前出 (脚註 31), 1938, pp. 31~33.

(53) 杉博士は、瀬戸内岩漿系列がアルカリ特に  $\text{K}_2\text{O}$  に富む (日本式安山岩に比して) ことの説明に重点を置いている様に判断される。その化学的特性は、母岩漿を西南日本内帯の広域性 olivine-basalt magma と考えることによつて容易に理解される (第9図)。尙、後述 (脚註 55) 参照。

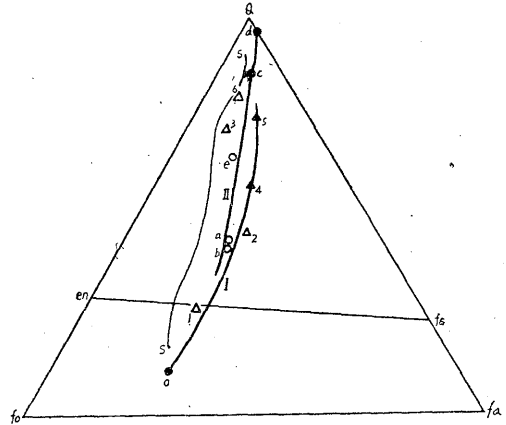
(54) このことは苦鉄鉱物の逆累帯構造として現われるべきである。松本隆学士が報告 (地質学雑誌, 55, 1949, p. 139) した紫蘇輝石の逆累帯構造はその一例ではあるまいか。

第17図 阿蘇火山熔岩の液成分変化線



曲線Ⅰ：所謂外輪山熔岩（三角：斑状岩，黒三角：無斑晶近似岩・無斑晶玻璃質岩）  
 曲線Ⅱ：中央火口丘熔岩（白丸：斑状岩，黒丸：無斑晶近似岩）  
 番号は脚註 57，記号は脚註 58 参照  
 比較補助線 ss：火山岩基準成分変化線

第18図 阿蘇火山熔岩の液成分変化線



（説明は第 17 図に同じ）

を見ない特殊な「異常」であつて、岩漿進化上の一異例である。かかる異状が生ずる原因がなければ、恐らく橄欖玄武岩漿が結晶分化作用で迎る通常の成分変化が行われるであろう。このことに関聯して興味のあるのは讃岐岩（点10・11）であつて、其等は母岩漿点・点5及び6等と同一曲線に属し<sup>(55)</sup>、この液線の示す傾向は明かに進化型Ⅰ（第8表）のものである（第5図）。従つて、問題の異状は何か特別な事情によつて生じたと考えてもよいと思う。

この特別な事情とは、單なる化学的变化を挙げるならば、それは主として  $Fe_2O_3$  の増量である。然し、このことの根本原因は如何ということの究明には、余程慎重に考慮しなければなるまい。ノルム長石液線を「通常」に保ちながら、 $Q:fo:fa$  關係を  $fa$  と  $Q$  とに増量をもたらすが如き作用（process）を考え出さねばならないのであつて、仮りに撰択的反應同化作用を考えるにしろ、その仮定的作用は三原岩漿系列の場合に比して遙かに effective であつた筈である。

最後に、問題（4）であるが、これは角閃石型進化に関する問題であつて、その成因は既述の火成岩基準成分変化線と同類問題である。

以上を要するに、瀬戸内岩漿系列には進化型Ⅰと進化型Ⅱとの2系列別があり、更に両者の橋渡しをする異状進化が認められる。このように、問題は複雑であるだけに興味深い次第である。

#### （4）阿蘇岩漿系列の複雑さ

阿蘇火山の規模の大きさに比して、その petrography の蓄積は如何にも小さく、殊にその化学資料に乏しい。従つて、その岩漿問題の細事に立ち入つての議論は慎まなければならないのであるが、僅かな資料<sup>(56)</sup>ながらも、それを図示した結果（第17・18図）から判断すると、一般進化傾向

(55) この液線の中に杉博士の仮想岩漿が含まれてしまうことは興味がある。このことは次の現象を示唆する。点5・6などの成分を有する岩型は、その仮想岩漿が花崗岩物質を撰択的に反應同化（reactive assimilate）した結果と説明しなくともよいのであつて、即ち、橄欖玄武岩漿の分別結晶作用によつて杉仮想岩漿の如き液も生じ得るし、また岩型5・6も生成されると解しても差支へない。

(56) 山口鎌次，火山，4，No. 1，1938，pp. 34~44；本間不二男・迎三千寿，火山，4，No. 1，1938，pp. 45~76。山口資料中の「大矢集塊岩」（p. 35）は、果して阿蘇火山と同一岩漿輪廻の噴出物なりや否やの点が疑問なので採用しない。また、火山抛物体は必ずしも地下岩漿を代表するものとは考え難いから、それについての検討は割愛した。

の概要を知るのには有益である。

阿蘇火山熔岩が日本普通の輝石安山岩類に比べてアルカリに富むことは周知のことである。私の図(第17・18図)では、液線が2本として現われる: 曲線Iは所謂外輪山熔岩<sup>(57)</sup>のもの、曲線IIは中央火口丘熔岩<sup>(58)</sup>のもの。両曲線とも、第17図に於いては、島後母岩漿点Oから出発すると見られるし; 第18図に於いては、曲線Iはやはり島後母岩漿点から出発して箱根・伊豆地方諸点分布区域(第7図)の中を縦走し、曲線IIは同区域の最左限界線にほぼ一致している。曲線IIも extrapolate すると、島後母岩漿点Oに到達する。以上を要するに、阿蘇火山熔岩の母岩漿は、島後母岩漿と全く同じでないにしても、極めてよく似た成分を有する橄欖玄武岩漿であると推定せられる。この推定に誤りがなければ、本熔岩類がアルカリに富むのは当然であつて、一部の学者が想像しているように基盤岩類の影響に帰する必要はない。

第18図に於いて注意すべきことは、曲線Iの彎曲度である。即ち、他の岩漿系列に見たのに比べて極めて緩彎曲であり、その結果、液線は角閃石型とも輝石型とも確かには判定し難い位置にある。かかる進化径路を辿る液からの斑晶角閃石の晶出は気まぐれである筈である<sup>(59)</sup>。

次に、同図の曲線IIに注目する。この中央火口丘熔岩液線は、明かに角閃石型液線と認められるにも拘わらず、実際の熔岩は、松本唯一博士<sup>(60)</sup>によれば、殆んど全てが複輝石安山岩類に属し、含角閃石岩型はただ根子岳熔岩の或者に限られているという。この2つの事実を如何に調和的に説明すべきであるか。これに關聯して、BowenがKatmai熔岩に対して与えた解釈を想起する。即ち、Bowenは、既述したように、Katmai岩列を唯一つの“hornblendic line of descent”に属するものとし、その岩漿系列から複輝石安山岩類が生ずる原因を岩漿冷却条件の差異に求めた: その岩漿が地表条件下、または地表接近条件下で結晶作用を行うと複輝石安山岩類の生成という結果を来すと。これは、所謂ヘテロモルフ現象(heteromorphism)と解したものである。然しながら、Bowenの考えの根底たる、複輝石安山岩漿が“hornblendic line of descent”に属すると

(57) 図に於いて、1: 大矢熔岩(斑状岩)、2: 立野熔岩(斑状岩)、3: 兜岩熔岩(斑状岩)、4: 暗色軽石(無斑晶岩)、5: 長倉坂阿蘇熔岩(無斑晶近似岩)、6: 滝室坂阿蘇熔岩(斑状岩)。

(58) 図に於いて、各点の熔岩名及び斑晶容量比は: a: 杵島岳熔岩(29.3)、b: 高岳頂上熔岩(26.7)、c: 千里ヶ浜熔岩(7.9)、d: 栃木下部熔岩(9.6)、e: 根子岳頂上東部熔岩(過斑晶質)。

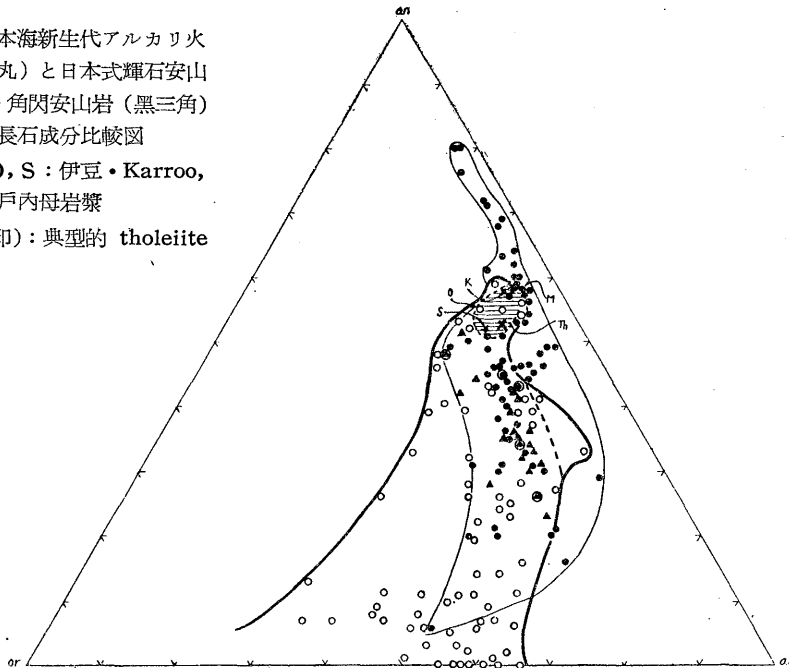
(59) 輝石型液進化といつても、進化の全径路を通じて輝石だけが晶出するというのではない。晩期階梯に於いては角閃石・雲母も晶出する。一方、角閃石型液進化に於いても輝石も晶出する。しかし、角閃石の晶出時期と期間に関して、両液進化には差異がある。即ち、角閃石型では比較的早期に角閃石の晶出が開始されて斑晶として存続する(但し、外的条件の急変によつて opacite 化する)。この斑晶角閃石の晶出期は、液線の位置によつて多少の相異があり、液線が辺 fo-Q に近いものほど基性時期に晶出する。液線が左辺に近ければ玄武岩漿からでも角閃石は斑晶として晶出する。相伴う斜長石は bytownite-labradorite であり、時には斜長石に先んじて晶出することもある。橄欖石の晶出よりも後れて晶出するが、輝石よりは早い。玄武角閃石・kaersutite はこのような時期の晶出にかかる。

(60) Tadaiti Matumoto, The Four Gigantic Caldera Volcanoes of Kyûsyû Jap. Jour. Geol. Geogr., 19, Special Number, 1943, p. 19.

(61) 最近、久野博士は、輝石安山岩類の中に、pigeonitic rock-series と hypersthentic rock-series との2系列のあることを確めた(脚註21)。この2系列別は、私のいう2進化型別とは異なる意味のものである。即ち、久野分類は、私の“輝石型”という液相岩漿進化した型に属する岩石(輝石安山岩類)の更に細かい分ちである。一方“角閃石型液進化”に属する複輝石安山岩類の中にも、久野博士の2系列別があるか否かは興味のある研究問題である。この液進化には、hypersthentic rock-series だけしか無いと推定されるが如何にや。若し、この推定が正しければ、hypersthentic rock-series に2種類あることになるから、“輝石型液進化”のものか、“角閃石型液進化”のものかを決定する必要が生ずる。そして、その後者が、所謂逆進化をなすものらしい。この点が証明されると、第6章(3)で取り上げた問題(3)に対する解答に明るい光を与えるであろう。種子田博士の所論(S. Taneda, Petrological Studies on the Volcanic Rocks from Japan, with Special Reference to the “Hornblende-Andesite”, Mem. Fac. Sci., Kyûsyû Imp. Univ., Ser. D, Vol. Ⅲ, No.1, 1947, pp. 51~54)も結局はこの問題の中に包括されるらしい。

第19図 環日本海新生代アルカリ火山岩類(白丸)と日本式輝石安山岩類(黒丸)・角閃安山岩(黒三角)とのノルム長石成分比較図

点 M, K, O, S : 伊豆・Karoo, 島後・瀬戸内母岩漿  
点 Th (掛印) : 典型的 tholeiite 平均成分



いうこと自体が確実でないことは既述した(第3章)。私の思うのに、Bowenの考えの適例は、Katmaiよりも寧ろ阿蘇中央火口丘熔岩である。従つて、私の意見によれば、阿蘇中央火口丘熔岩と伊豆地方熔岩とは、いずれも一様に「複輝石安山岩類」と呼ばれてはいるが、岩漿系列としては全く別類に属する<sup>(61)</sup>。岩漿系列としては角閃石型に属しながら、岩石系列としては複輝石安山岩類であるものが他にも存在するのではないか。

## 7. 環日本海アルカリ火山岩類と日本式安山岩類

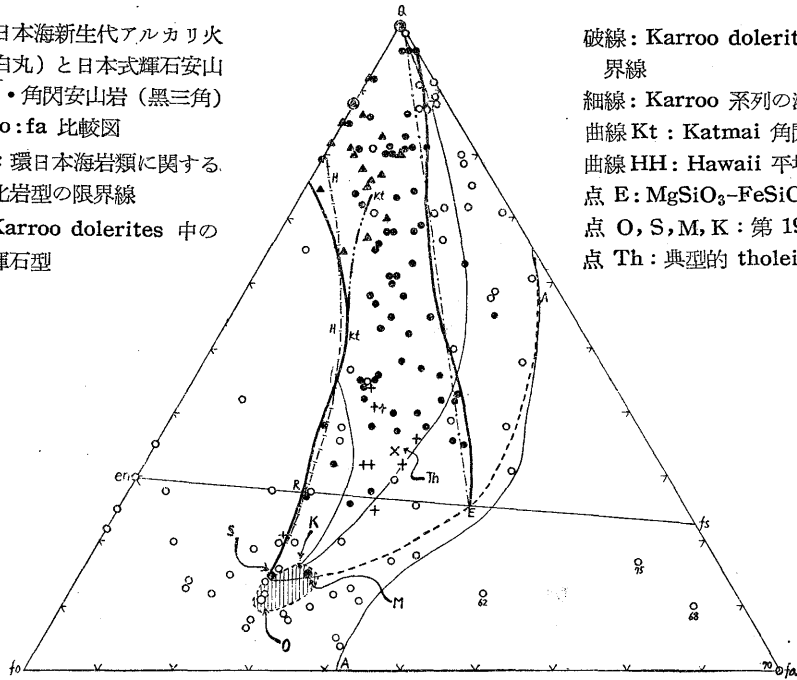
この両岩類の異同について述べたいことが甚だ多いのであるが、本稿では、前章までに記述した知識によつての総合比較を試みる。両岩類の化学的差異は第19・20図<sup>(62)</sup>で明瞭である。本来、この両図は別別に見ては意味がなく、相対応して見るべきである。さもなければ立ち入つた議論は出来ないし、両岩類の関係も本当に理解し難い。そのためには、図の点記号を明細にする必要がある。しかし、ここでは余り立ち入つたことには触れないで、揭示した図の精密さに応じた程度に、しかも主なことだけに就いて概述するに留めたい。

(1) 両岩類の母岩漿成分は各地方毎に多少異なるが、然し、諸分化型の全分布区域から見ると、極めて近似した成分を有する。いずれも橄欖玄武岩質である。図では陰影部が母岩漿区であり、諸岩型はこの区を中心として、ある規則正しさをもつて分散している。

(2) ノルム長石成分は、両岩類を通じて、ある一定区域を占めて分布する。その分布区域の形状は、液進化線の一般傾向に支配されている。

(62) 環日本海アルカリ岩類は玄武岩類(但し、霞石玄武岩・黄長石玄武岩・方沸石玄武岩・リムブルグ岩等は除外)乃至粗面岩類( $\text{SiO}_2$ : 70%まで)を取つた; 分析資料数75。日本安山岩類は、その分析資料の全部を取扱いかねたので、代表者として次のものだけを取上げた: 箱根・伊豆(25個。久野久, 脚註14・19), 浅間(6個。岩崎岩次, 火山の化学, 1948, p. 132), 瀬戸内(12個。脚註31), 阿蘇(11個。脚註56), 櫻島(16個。山口鎌次, 地質学雑誌, 35, 1928, pp. 206~1), 雲仙(6個。本間不二男, 火山, 3, No. 1, 1936, p. 111), 両子(14個。河野義礼, 岩礦, 18, 1937, pp. 230~1); 分析資料総数90。

第20図 環日本海新生代アルカリ火山岩類(白丸)と日本式輝石安山岩(黒丸)・角閃安山岩(黒三角)との Q:fo:fa 比較図  
 曲線 AA: 環日本海岩類に関する常規分化岩型の限界線  
 十字印: Karroo dolerites 中の含斜方輝石型



破線: Karroo dolerites の分化限界線  
 細線: Karroo 系列の液線  
 曲線 Kt: Katmai 角閃石型液線  
 曲線 HH: Hawaii 平均成分変化線  
 点 E: MgSiO<sub>3</sub>-FeSiO<sub>3</sub>系の共融点  
 点 O, S, M, K: 第 19 図に同じ  
 点 Th: 典型的 tholeiite 平均成分

(3) 日本式安山岩類には、母岩漿区よりも基性斜長石分に富んだ分脈が上方に細く伸び出ている。これは基性斜長石の集積した岩型によつて占められる区域であり、かかる岩型は環日本海岩域には著しく発達していない。

(4) これに対して、橄欖玄武岩型を見るのに(第 20 図)、環日本海岩域には多種の岩型<sup>(63)</sup>があるが、日本安山岩列に属する橄欖玄武岩型は多くは分析されていない。前者の中で、母岩漿区から離れているものは、主として母岩漿からの分化型と認められる岩型である。その中で、母岩漿区よりも点 en (辺 Q-fo 上の点) 寄りに分布する諸点は比較的輝石斑晶の多い岩型であり; 母岩漿区と曲線 AA との間の区域内に点示されているものは、その斑晶の比較的少ない岩型である。上記のことから次のことが言える: 日本式安山岩列の生成に際しては橄欖石・輝石類などの集積は著しくなかつたのに対して、環日本海岩域にあつては、それが比較的著しく行われた。後者と雖も、しかし、Karroo dolerites の場合(第 13 図)に比較すると、それほどは顯著ではなかつた。このことは(3)で述べたことと相対照する極めて興味のあること<sup>(64)</sup>である。

此のことから、橄欖玄武母岩漿の結晶分化作用に関して、次の如くに考察することも可能である: (a) 母岩漿が結晶作用を開始した初期に於いて、晶出した斜長石と残液との反応が比較的完全であると、液進化線は成分 or に富み、成分 ab に富まない径路を辿るし; 若し其の反応が比較的

(63) 図の橄欖石区の左半部(環日本海岩類に関する常規分化岩型の限界線 AA よりも左側を占める区域)内に分布する諸点を指す。因に、曲線 AA よりも右側の橄欖石区内の諸点 Nos. 62, 75, 68, 70 は夫々, vulsinitic vicoite (鬱陵島), phonolite (鬱陵島), aenigmatite-aegirinaugite-trachyte (鬱陵島), tinguaitite-porphry (島後)であり、主として准長石粗面安山岩・粗面岩類に属する岩型であつて、環日本海岩石区としては特殊分化岩型とみなされる。

(64) 私の東亜各地玄武岩地区の地質調査による観察結果では、所謂橄欖石団塊(輝石をも含むものが多い)の産例は決して稀なことではない。然し、日本安山岩火山区に屢々報告されている斜長石の多い団塊(allivalite, eucrite 質)は殆ど見当らない。稀例として、微小なものを島後の TB<sub>2</sub>中に散在するのを見た。



第21図 Karroo dolerites の岩漿  
分化図

補助線: ss, 火山岩基準成分変化  
線

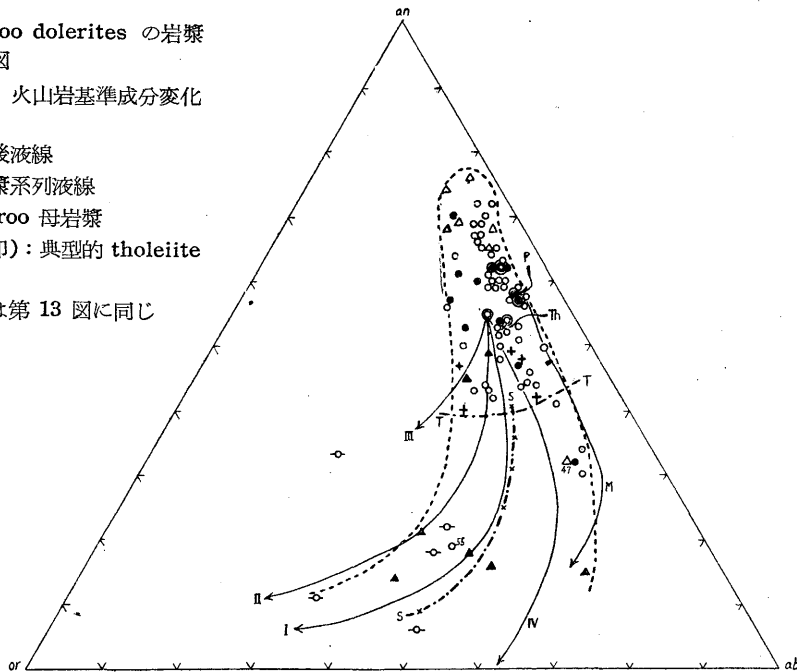
I~IV, 島後液線

M, 三原岩漿系列液線

点 P: Karroo 母岩漿

点 Th (擲印): 典型的 tholeiite  
平均成分

其の他記号は第 13 図に同じ



に制限されると、液進化線は成分 ab に富み成分 or に富まない径路を辿る<sup>(65)</sup>。環日本海岩域は前者の例であり、日本安山岩列は後者の例である。勿論、その反応の完全・不完全の程度差は極めて微妙であるから、それに依じての僅かな径路別が生じるし、また母岩漿成分の差異によつても径路別が生じる。出発点に於ける僅かの差も、進化が進むに伴つて大きな開きを示すに至る。この問題に關聯して興味のあるのは Karroo dolerites の例であつて、若し其の諸岩型が結晶分化作用だけで生じたと仮定すれば<sup>(66)</sup>、其等によつて示されるノルム長石成分変化の範囲は、悠に環日本海アルカリ岩類並びに日本安山岩類の全体が占める分布区域を cover しているのである(第 21 図)。

(b)ノルム長石成分図で考察したのと同様のことが、Q: fo: fa 關係図(第 20 図)についても言える。即ち、母岩漿の結晶作用の初期に於いて、晶出した橄欖石と液との反応が比較的完全に行われると、液進化線は成分 fa に富まないで成分 Q に富む径路を辿るし; それに反して、若しその反応が比較的制限されると、液進化線は成分 fa に近寄る径路を辿る。前者の例は Karroo や隱岐島後であるし、後者の例は濟州島・白頭山であり、特に後者では粗面岩漿期には鐵橄欖石の晶出をみる。この關係図に於ける日本安山岩類は如何かというのに、様相が特殊性を帯びている。この問題は別に考えねばならない。

(5) 第 20 図を見ると、日本式安山岩類の分布区域は甚だ特異である。その分布区域限界線を見ても、それと例えば Karroo 系列の液進化線とを比較するのに、最左限界線はまだしも、最右限界線はほぼ直線に近く、図の中央部に意味ある如くに走つていて、火成岩漿の一般進化傾向とは一致しない。而して、特に注意を喚起したいのは、この線は單なる分布境界線ではなくて、Katmai 輝

(65) N.L.Bowen, "The Evolution", 1928, p. 99.

(66) Karroo dolerites を詳細に研究した Walker and Poldervaart によれば(前出,脚註 35,1949, pp. 667~669),斜長石が多くて斜方輝石を有する Hangnest, Hanover types は, normal Karroo dolerites とは異つた petrography である点を指摘し,その成因についても別の説明を与えている,即ち,実際には,そのような types も含まれているのである。

石型液線や三原岩漿系列液線にほぼ一致して居り、且つ又、混成岩類成分変化線にも一致している点である。化学分析の誤差を考慮に入れると、この曲線は直線 QE に合致するものと推定される。

要するに、日本安山岩類の中で、輝石型進化に属する類では、その進化史の初期に於いては、それでもまだ Karroo などに見られる径路を辿つて所謂 tholeiitic magma-type の諸岩型が生ずるのであるが、中期から晩期に進むにつれて特異な進化径路を辿る。何故に線 QE に支配されたかが如き径路を辿るか、何故にその線を突破したか如き岩型がないか<sup>(67)</sup>。ともかく、その様相は母岩漿の結晶分化作用だけの結果とは認め難く、このことの原因は或いは遠く母岩漿から tholeiitic types が生ずる間に添加されたのではないかと想像される。その原因とは何か。

その原因の1つは化学的環境であることは言うまでもないが、それと同時に物理条件の変化をも考慮に入れなくてはならない。何故ならば、日本安山岩類や Katmai 熔岩の生成は、Karoo dolerites<sup>(68)</sup> や所謂高原性玄武岩類とは異つて、変動帯で行われたからである。その原因の考究には、私はもつと多くの時日が要すると思う。第一に、第20図の日本式安山岩類の分布区域をもつと多くの資料によつて確認すべき仕事が残つている。第二に、混成岩漿の生成に関する知識を深めるために、混成現象についてもつと知り度い。要するに、岩漿に関する知識を、あらゆる方面から深めなくてはならない。火山岩だけの研究では解決困難な問題のように私には思われる。

(6) 日本安山岩類中の角閃安山岩類は、頂点 Q に近い左側区に分布する。Katmai 角閃石型液進化線(曲線 kt)・Hawaii 平均成分変化線(曲線 HH)が通過する区域である。なお、此等の曲線の下部が、日本安山岩類分布区域最左限界線に一致することも注目を惹く。この一致も何か意味があるものと考え(後述の「石英玄武岩」の項参照)。

(7) 日本式安山岩区内のどの辺りに、角閃石区と輝石区との境界線があるのか、まだ明確には決定し得ない。ただ大体の位置を想定するならば、Katmai 角閃石型液線の少しく右方にあるであろう。角閃石区内の液進化には、heteromorphic pyroxene-andesite series が形成される可能性がある(例：阿蘇中央火口丘。なお櫻島も同類か)。

(8) 環日本海アルカリ岩類の角閃石区は、日本角閃安山岩区の左下の広い区域を占める。この区域内の岩型は、玄武角閃石(酸化角閃石に非ず)の斑晶があるから、この区域を玄武角閃石区と称しよう。玄武角閃石区の下限は橄欖石区と反応線で境すると推定する。その反応線は、点 R(日本式安山岩区最左限界線と連結線 en-fs との交点)を通過するらしい。一般に、液進化が成分 fs に甚だ富まない径路を辿る場合(例えば、進化初期に苦土橄欖石または透輝石質輝石が著しく集積した残液の結晶作用)には、橄欖石と液との反応で玄武角閃石(又は kaersutite)が晶出する；所謂「角閃石玄武岩・角閃粗面安山岩」の系列は、このような成因のものと思われられる。この系列は、環日本海アルカリ岩域には産するが<sup>(69)</sup>、日本式安山岩列には産例を聞かない。その理由は、後者にあつては、前述のとおり、母岩漿の結晶作用初期に於いて、橄欖石が多量に集積する機会がなかつたに因ると考えられる。

(67) このような岩型の2例が点示してある。これは典型的讀岐岩である。日本式安山岩類の中では特殊な岩型と思われている讀岐岩が、日本式安山岩分布区域外に点示されるのは興味が深い。但し、その分析結果が信ずるに足るかどうかという説もある。将来の慎重な分析を望む(特に鉄分について)。

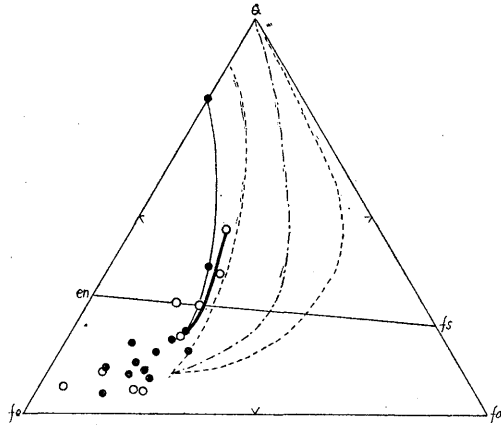
(68) Walker and Poldervaart によれば(前出、脚註 35, 1949, pp.684~690), Karroo dolerites は tension region に於ける fissure eruption であつて、母岩漿は basaltic substratum から直接に噴出して来たものであると。この噴出型式はアルカリ火山岩類の場合にも同様であると考え。ただ環日本海の場合とは、the Samfrau geosyncline に極めて接触した地域の intrusive phase である点で異なる。

(69) 春本篤夫, 地球, 19, 1933, p. 100. 河野義礼, 岩礦, 11, 1934, p. 124. T. Tomita, Jour. Shanghai Sci. Inst. II, Vol. 1, 1934, pp. 99~136.

第 9 表

第22図 朝鮮咸鏡北道の龍洞アルカリ玄武岩類 (白丸)

No.	1	2
SiO <sub>2</sub>	47.76	44.84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.14	15.59
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.64	5.09
FeO	6.05	5.76
MgO	8.43	7.02
CaO	12.27	10.12
Na <sub>2</sub> O	2.33	3.33
K <sub>2</sub> O	1.19	1.40
H <sub>2</sub> O+	0.44	0.42
H <sub>2</sub> O-	0.36	1.37
TiO <sub>2</sub>	0.91	3.49
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.85	0.99
MnO	0.17	0.23
Total	100.54	99.65
or	12	14
ab	33	47
an	55	39
Q	11	0
fo	63	94
fa	26	6



黒丸：Hawaii  
破線：濟州島，鎖線：島後進化線

(9) 玄武角閃石・ケルースト閃石などの私の所謂チタン角閃石を晶出する岩漿は、環日本海岩域では洪積世に生じている。私は、さきに、島後産ケルースト閃石に関する論文の中で (脚註 69, p. 100), チタン角閃石類は世界を通じての新生代アルカリ火山岩石区の特徴鉱物であると述べた。この見解は Benson<sup>(70)</sup>が採用しているののであるが、その後の研究により、東亞に関する限り、洪積世に限られているらしい。興味深い

ことには、島後母岩漿 (TB<sub>1</sub>: 中新世後期, 第9表 No.1. 第6表 No.2と同じ) と洪積世最前期玄武岩漿 (TB<sub>2</sub>: 第9表 No.2. 無斑晶近似岩2個平均成分) とでは、玄武岩同志としても化学的差異が小さくはない。当面の問題たる TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 量を比較してみるのに TB<sub>2</sub> に著しい増量が認められる。液相岩漿のこの特徴が、チタン輝石・チタン角閃石の晶出の主因と考えてよいであろう。然らば、如何なる作用で TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> に富むに至ったか。これは岩漿学に関する根本問題の1つであつて、将来の研究は此の方面の解明に向つて進展すべきである。

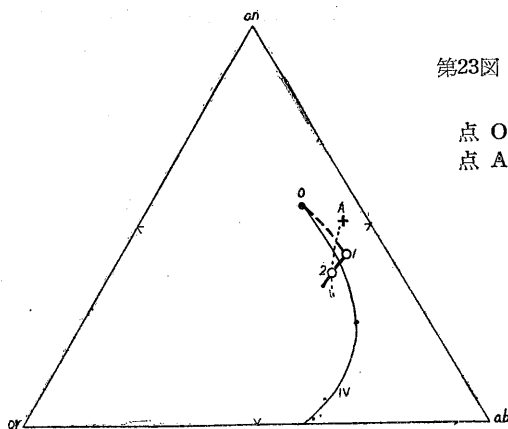
(10) 朝鮮咸北地方に広く發達する「龍洞アルカリ玄武岩類」(TB<sub>0</sub>: 漸新世末, 若しくは中新最前期) は、角閃石型進化を辿る (第22図)。この進化型式に属する系列には、pantelleritic—comenditic の晩期岩型は生じていない。因に、「龍洞アルカリ玄武岩類」は、その噴火型式・熔岩流發達の規模などは Hawaii 島を想わせるのであるが、その進化型式・分化岩型の種類などが両者極めてよく類似するのに驚く。

(11) 所謂過飽和玄武岩類は必ずしも calc-alkaline series だけにある岩型とは限らない。Alkaline series に於いても、此の種の岩型は生成せられる。即ち、第20図に於いて、連結線 en-fs を越えて Q 区に入つたばかりの区域に点示されている岩型は此の類に属する。かかる岩型が alkaline series 中にも生じるのが当然なことは、母岩漿から分化した種種の進化径路が、いずれも必ず連結線 en-fs を越えて Q 区に入るることによつて理解されよう。ただ、その径路如何により、該連結線を越えた時期に、長石進化が玄武岩質期であるか、或いは粗面岩質期にまで進んでいるかの差異がある。Alkaline series にあつては、該連結線に達するのに短径路を辿る場合が、calc-alkaline series に比べて稀なのである。

(70) W. N. Benson, Kaersutite and Other Brown Amphiboles in the Cainozoic Igneous Rocks of the Dunedin District, Trans. Roy. Soc. New Zealand, 69, Pt. 3, 1936, p. 283.

第 10 表

No.	1	2
SiO <sub>2</sub>	52.39	55.90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.62	16.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.50	0.92
FeO	8.06	6.10
MgO	6.92	4.84
CaO	8.68	7.32
Na <sub>2</sub> O	3.43	3.56
K <sub>2</sub> O	0.79	1.52
H <sub>2</sub> O+	0.22	0.98
H <sub>2</sub> O-	0.24	0.14
TiO <sub>2</sub>	1.47	1.56
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.33	0.37
MnO	0.13	0.12
Total	99.78	99.33
or	9	14
ab	49	48
an	42	38
Q	27	45
fo	43	32
fa	30	23

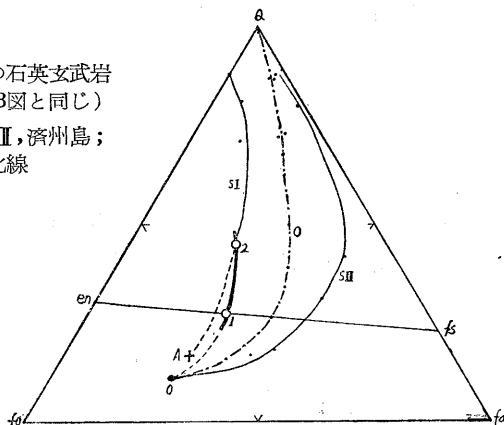


第23図 山陰地方の石英  
玄武岩 (白丸)

点 O : 島後母岩漿  
点 A : 杉仮想原岩漿

第24図 山陰地方の石英玄武岩  
(番号・記号: 第23図と同じ)

補助線: S I, S II, 濟州島;  
O, 島後変化線



(第10表の註) 1. 石英玄武岩: 出雲大根島 (分析者: 山口鎌次). 酒井榮吾, 地質学雑誌, 46, 1939, pp. 275~277 (外来石英斑晶を去除いての分析結果).

2. 石英玄武岩: 長門笠山上部熔岩 (分析者: S. Taguchi). K. Sugi, Mem. Fac. Sci., Kyūsyū Imp. Univ., Ser. D, Vol. I, No. 3, 1942, p. 82.

(12) Alkaline series 中に斜方輝石が稀であることも前項の問題と關聯している。第 20 図には、Karoo dolerites の資料によつて斜方輝石を有する岩型が点示してある<sup>(71)</sup>。僅かに 9 点しかないが、其等は大よそ 2 液線の間で散在し、輝石型液線よりも下方には存在しない。一方、日本安山岩類に関する知識を加えて考えるのに、斜方輝石区は更に上方に亘る日本式安山岩区の殆んど全域を占める。斜方輝石が alkaline series に稀なのは、かかる斜方輝石区を通過する進化径路が殆んどないということと説明される。

(13) 「石英玄武岩」が環日本海岩域に於いては其の周辺地区に、且つ山陰式「角閃安山岩」地帯に並走した一地帯に限つて分布する<sup>(72)</sup>。この地質学上の事實は、山陰式「角閃安山岩」が橄欖玄武岩漿と成因關係があるらしいことを示唆する。この点について、私の方法で吟味する (第 10 表、

(71) 実際には斜方輝石を有する岩型がもつと多く分析せられている。Kokstad Type (Walker and Poldervaart, 脚註 35, p. 616) がそれである。この type の岩類の輝石類は、augite と orthopyroxene or pigeonite とであるが、個々の分析資料の petrography がないので、どれに斜方輝石があるのか不明である。

(72) T. Tomita, Jour. Shanghai Sci. Inst., Sect. I, Vol. I, 1935, pp. 300~302.

第 23・24 図参照). 第 24 図によると, 大根島玄武岩の石基成分は, 島後母岩漿からの 1 分化型を代表すると考えられる. この場合に成分  $or$  が僅かに減少している点が注目に値する. これは恐らく, Holmes<sup>(73)</sup> が精密に研究した場合のように, その成分は外来石英斑晶等の周囲に濃集しているのであろう. 笠山の場合にも, また大根島と笠山とが 1 系列に属すると仮定してみた場合にも, ノルム長石成分変化は混成作用があつたことを示している. 而して第 24 図を見ると, いずれの場合も角閃石型進化系列に属することが明示されている. 即ち, 進化型分類表 (第 8 表) に照合するのに, 型 IV に属することを知ら. 要するに, 推知せられる混成現象に関しては我々の知識はすこぶる不備なものであつて将来の発展が望ましいのであるが, その混成が行われた後の結晶作用によつては, 岩漿は角閃石型の進化径路を辿つたと解せられ, これは山陰式「角閃安山岩」の成因にある暗示を与えるものと思う<sup>(74)</sup>.

### 結 語

極めて多方面に亘つて論述したので, その内容の要旨を簡明に抜書きするのに多大の紙数を要するから, 取扱つた問題の主要点を次に列挙するに留める.

(1) 環日本海岩域の長斑晶石進化に関して, 玄武岩～粗面岩のものに就いて述べ, それに基いてノルム長石成分進化を論じた.

(2) Q-fo-fa 図を新しく提案し, この図とノルム長石進化図とを併用しながら, 諸火山岩系列の液進化を比較した. その結果, 岩漿進化には「輝石型」と「角閃石型」との別があり, 綜括的には岩漿進化型式に 4 型 (8 亜型) があることが判明した (第 8 表).

(3) 混成岩列の化学的特徴にも言及した. 而して, 日本式安山岩類の化学成分には, 母岩漿からの結晶分化作用だけでは説明困難な事実があることを, 特に Q-fo-fa 図によつて明示した.

(4) 東亞新生代火山岩類の母岩漿は, alkaline series・calc-alkaline series とともに, 橄欖玄武岩漿であること; このことは Karroo dolerites の如く, 従来 typical tholeiite-magma type と謂われているものにも当てはまることを, 進化図によつて示した.

(5) 環日本海岩域の alkaline series の地区別の進化図を示して, アルカリ火山岩類の生成について略述した. 日本式安山岩類との差異が明瞭に図化された. なお, alkaline series に見られる若干の特殊性質の由来を説明した.

この研究を進めていて, 新提案の Q-fo-fa 図 (Q-olivine diagram) が研究上大いに有効であることを痛感した. 事実が判つていて, 誤解されないように如何に記述すべきかに当惑を感じ, そのために発表をひかえていた問題についても, この図によつて極めて明確に図示された. 今後は抽象的・観念的ではなく, 具体的に図上の線を指しながら, 話が出来るようになった. また他種の図に見られない特徴は, mode のことも或る程度までは表現されている点である. 即ち, この図は単なる petrographical diagram ではなくて, petrological な図である. 更に此の図は, 混成現象の本質を明かにするためにも有益であるという望みがある. 天然 Q-fo-fa 系の研究は甚だ興味がある.

終りに, 本稿の内容は細かい点に至つては考察不十分なところが多く, 記述そのものも不満足のままである. また, 多くの問題について, その解決を将来に残してある. 読者が幸に私の不敏を寛恕されることを希う次第である.

(73) A. Holmes, Miner. Mag., 24, 1936, pp. 408~420.

(74) Lassen Peak rocks は hornblendic series であるが (N. L. Bowen, "The Evolution", p. 111), それには「石英玄武岩類」が伴なつて産する. その「石英玄武岩類」も角閃石型系列に属し, 両者の関係は山陰地方と同様であつて, 成因に共通性があると認められる.

## 謝 辞

本稿を終るに際して私は、次の諸氏に謝辞を捧げたいと思う。

故加藤武夫博士に：十数年間に亘る私の在外研究生活を通じて、常によき保護者であり激励者であつた。先生なくしては、私のこの研究はなかつたであらう。

東京大学の久野久博士に：文献をなくして帰国した私に深甚な同情をよせて、多くの貴重文献を寄贈された。特に最近の外国文献は私の仕事を検討するのに極めて効果のあるものであつた。君の友情によつて本稿は新鮮味を帯びたと言つてもよい。

同職の教授方にも：殊に松本達郎・松下久道両博士の厚情は、経済的苦境の中にあつて、資料の再計算・図表の再調製の仕事に没頭することを可能にしてくれた。謝辞に窮する次第である。

最後に、多数の挿図は高田広氏の助力によることを附記し且つ深謝の意を表す。

(1950・9・24)

---