出羽丘陵産第三紀粗粒玄武岩の分化脈について*

今 田 正**

(1959 年 2 月 6 日受理)

On the Segregation Veins in the Tertiary Dolerites of the Dewa
Hilly Land, North-eastern Japan

Tadashi KONDA

(Abstract)

In the inner part of the dolerite intrusions, there are various segregation veins which indicate the late-differentiation. These rocks are dolerite pegmatite, granophyre, aplite and simple segregation veins. They are found as layered veins, lenticular veins and patches parallel to the contact plane. In addition, the veinlets of network type and fissure filling type are frequently seen near the above-mentioned veins. The writer has analysed chemically these veins and host rocks which seem to represent the mother liquid from which these veins have segregated. Furthermore, he has measured the volume percentages of the component minerals of veins and host rocks. From these micrometrical and chemical analyses, he has investigated the mutual relations of veins and host rocks, especially the differences of the characters of the segregation veins derived from the two series of the olivine bearing dolerite and non-olivine dolerite. The results are summarized as follows.

1. The host rocks vary mineralogically in such a way as to include hypersthene, anorthite and olivine in each other. But, the segregation veins indicate almost the same mineral assemblage through all of the veins derived from various dolerites.
2. Chemically, the trend of differentiation indicated by the segregation veins of various stages of the late-differentiation show the same tendency with such cases of foreign dolerites as Tasmania, Karroo and Palisade.
3. Nevertheless, the grade of differentiation varies conspicuously between two series derived from the olivine bearing dolerite type and non-olivine dolerite type. The details are as follows.

(a) Segregation veins derived from olivine bearing dolerite type increase remarkably in SiO_2 and $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$. It decreases moderately in MgO and CaO , but increases very slightly in $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$.

(b) As compared with the above mentioned tendencies, segregation veins derived from non-olivine dolerite type show somewhat different tendency. Namely, it increases slightly in SiO_2 and total alkalis, but decreases slightly in MgO and CaO . The enrichment of $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ is remarkably indicated in this case.

(c) Al_2O_3 in segregation veins derived from the olivine dolerite type increases relatively when compared with the case of non-olivine dolerite type.

(d) Segregation veins derived from the olivine dolerite of picritic type indicates two tendencies. The one is the similar one to dolerite pegmatite as is shown in the above mentioned instance. The other has some alkaline affinity represented by the occurrence of syenitic veins and dolerite pegmatite carrying some alkaline minerals.

I 緒 言

共通する地質条件の下で侵入した玄武岩漿が“*in situ*”での岩漿分化を行なった場合、もつとも最末期を表す分化脈が母岩漿の性質をどのように反映するかは岩石成因論上重要な意義をもっている。本文は東北日本出羽丘陵に広く分布するソレアイト岩系の第三紀粗粒玄武岩の分化脈で、この問題を

* 本文は昭和 33 年度日本地質学会年会（札幌）での講演内容に、若干加筆したものである。

** 山形大学文理学部地学教室。

地質学雑誌 第 65 巻 第 765 号 1959 年 6 月

検討したものである。更に樺太地方西海岸の諸津一名好地域に産出するややアルカリ岩系の粗粒玄武岩（前者とほぼ同時代侵入）中の分化脈を比較検討し、若干の考察を行なった。

II 分化脈の野外における産状

分化脈*は母岩より堅いため、または粒度差のため常に明瞭な境界をもち、しばしば“浮きでた”外観を示している（第1図参照）。

一般に餅盤状の侵入岩体は著しく分化脈にとみ、いろいろの形態の脈が観察される。この場合、分化脈は侵入岩体の上半部で特に上部に亘って集中し、また餅盤の中心より縁に多い傾向を示している。分化脈の形態上の種類は平行脈（または層状脈）、網目状脈、裂か状脈、レンズ状脈およびパッチ状脈がある。平行脈は巾 5~12 cm 大と 0.3~1.7 cm 大の2種類ある。前者は常に粗粒の dolerite

第1図 Dolerite pegmatite の平行脈

縞状硬質頁岩の層理に平行に進入した大越型 picritic dolerite の上半部に位置する。脈の方向は進入面に略平行している。

産地：山形県西村山郡大越川えん堤。

第2図 Simple segregation vein の層状脈

Olivine dolerite 岩床の上半部に賦存する。脈は進入面に略平行している。ch: 緑泥石、石英脈。しばしば黄鉄鉱を含む。

産地：山形県飽海郡青沢。

第3図 網目状分化脈

Olivine dolerite 岩床の上盤近くに賦存する。Simple segregation vein 及び aplite vein.

ch: 第2図と同じ、産地：第2図と同じ。

rite pegmatite で延長性をもち、脈と脈との間隔が大き

い(第1図)。これに対し後者は細粒質の simple segregation vein が主で延長性に乏しく脈の間隔が狭い(第2図参照)。不規則な網目状脈は、主として餅盤に限られて産し、岩体の最上部にみられる細粒および中粒の simple segregation vein または aplitic vein が主である。この網目状脈を詳細にみると、比較的

巾のある脈が進入面にほぼ平行に入り、これに無数の微脈が交叉する外観を示している(第3図参照)。次にレンズ状またはパッチ状脈は、前記平行脈の末端部または脈に極めて乏しい場合に産している。層理面に殆んど平行に進入した岩床 (concordant sill) は一般に 20~90m の厚さを示し、粗粒玄武岩の総ての岩石型にみられる。この進入岩床の場合は平行脈が大部分で、巾 1cm 大より 5cm 大まであり、やや延長性がある。この中で狭い 1cm 大の脈は、殆んど simple segregation vein で、岩床の下半部より上半部に普遍的に含まれる。然し上半部に特に集中する傾向がある。5cm 大脈は殆んど粗粒質の dolerite pegmatite で常に上半部に伴い延長性に乏しくなりレンズ状脈を呈

* 現在までの資料では、脈の中にまたは脈に接して外来岩をゼノリスとして含む例はない。また脈自体の性質が巾のある dolerite pegmatite を除いては、延長方向に対し極めて均質である。更に脈の末端或いは縁が鏡下において母岩に漸移する場合が多い。これらの点より、ここに問題とする分化脈は総じて magmatic origin と考えている。

す。また上半部に **granophyre vein** を含む。粗粒玄武岩が岩脈の場合は壁岩との接触帯に無数の狭少な（巾 4~9mm 大、延長約 1m）平行脈^{5*}を示す **simple segregation vein** が主である。この場合母岩より常に細粒でまた岩脈には粗粒質脈は認められない。

岩株の産状を示している場合は、岩体の中心部に巾 5~20cm 大のレンズ状またはパッチ状脈を含み、また著しく粗粒で殆んど **dolerite pegmatite**** である。なお進入岩床では進入面を直角に切り、または節理面に沿うて裂か脈を伴っている。更に各分化脈の野外における相互関係をみると、**simple segregation vein** はあらゆる位置に賦存し他の分化脈と相伴っている。

dolerite pegmatite と **granophyre** とは密接な随伴関係を示し、前者が脈自体の中で強度に分化し、鉄苦土鉱物の極めて少ない優白質の **granophyre** に漸移している。なお、細粒質 **granophyre** が **dolerite pegmatite** または **pegmatitic layer** を切り小脈として入っている。**Aplitic vein** は **dolerite pagmatite** を切るが、その他との関係については不明である。

以上の産状よりみて、分化脈の進入体における賦存位置、形態、大きさおよび種類は、進入体の形状、大きさおよび母岩の性質に密接な関係をもっていると考えられる。また注目すべき点は、脈自体の産状が極めて規則性をもつことである。

III 岩石学的性質

出羽丘陵地域より産出する粗粒玄武岩は、**pyroxene dolerite**, **quartz dolerite**, **hypersthene dolerite**, **anorthite dolerite**, **porphyritic dolerite** の各岩石型***に分類される。

分化脈は、これら岩石型のいずれの場合にも普遍的に含まれる。筆者は岩石学的特徴より、分化脈を **dolerite pegmatite**, **granophyre**, **aplite** および **simple segregation vein** の4種に分けた。岩石学的性質は第1表に示してある。第1表およびその他の性質より次の点が要約される。

- (a) 各分化脈は、岩石型の種類如何にかかわらず同一の鉱物組合せよりなる。
- (b) 分化脈の岩石学的性質は諸外国の例^{1~2, 9~14)}におけると同様に、マグマ固結の末期分化の岩相を示している。
- (c) **olivine dolerite type** 源の分化脈と、**pyroxene dolerite type** 源のそれとでは、構成鉱物の性質および量的関係に若干の相違がある。

IV 各分化脈と母岩との相互関係

一般に粗粒玄武岩は、野外で累帯構造（岩脈・岩株または不規則進入体の場合）と層状構造（進入岩床の場合）を示している。これは“*in situ*”における分化の結果形成されたものである。その主なものについては既に発表してあるので、それを参照されたい。

問題は分化脈と母岩との成因関係である。累帯構造の場合は岩体縁辺部に接触面に平行に、或いは岩体の中心部にパッチ状粗粒脈で産出し、この場合は直接、接する母岩より分泌されたと考えられる。層状構造の場合は関係がやや複雑で、分化度の異なる各層より種々の型の分化脈が分泌されている。一般にドレライトマグマが進入し、その位置で、比較的厚い各層即ち下位より **contact modificatin**, **pyroxene & olivine rich-layer**, **normal dolerite layer**, **dioritic layer**, **pegmatitic layer** に分化する。その中、前二者を除き各層に分化脈が含まれる。**Dioritic layer** 中のものは、**normal**

* T. KONDA (1957 a, p. 277) の図版参照され度い。

** 岩株の中の分化脈は母岩が **picritic dolerite** または **quartz dolerite** の場合に多くみられる。

*** 各岩石型の詳細については T. KONDA (1959): On the Rock Types of the Tertiary Dolerite of the Dewa Hilly Land, Northeastern Japan (山形大紀要, 4 巻, 4 号) を参照され度い。

第1表 各 分 化 脈 の 記 載

組	Dolerite pegmatite	Dolerite granophyre	Simple segregation vein	Aplitic vein
織	著しく粗粒．半自形粒状組織	比較的細粒質．半自形粒状組織	細粒．半自形粒状及び充填組織	極めて細粒質で鉄苦土鉱物に乏しい．自形～半自形粒状組織
構	斜長石 長径 1.4~5.0mm 大．一般には長柱状の曹灰長石 (An50)．しばしば放射状又は交叉状の集合状態をなす．又累帯構造がみられ，中心 (An 58) より縁 (An 28) に連続的に成分変化を行う． 単斜輝石 細長く伸長した晶癖を示す．長径 2~6mm 大．しばしば屈曲し波状消光を，或いは時計皿構造を示す．ほとんど粒状磁鉄鉱又は針状チタン鉄鉱を含む． 2V(+) = 42°~52°，c / Z = 36° の普通輝石と 2V(+) = 0°~8° のピジオン輝石の2種あり，後者は量的に少ない．	斜長石 長径 1.5~2.5mm 大．著しい長柱状晶癖を示さない．大端型は An30~35，瀬見型は An40~42 の中性長石． 単斜輝石 長径 2.0~2.5mm 大であるが，著しく伸長した結晶形を呈す．時計皿構造はなく，むしろ双晶を示す．又粒状磁鉄鉱の包か物にとむ． 2V(+) = 40°~45° (瀬見型) 2V(+) = 52°~60°，しばしば 42°~46° (大端型)．ピジオン輝石ほとんどなし． 鉄鉱物 チタン鉄鉱より磁鉄鉱多し，自形性強いときは斜長石と共生し，又輝石にも著しく含有されている	斜長石 長径 0.4~1.0mm 大であるが，長柱状で伸長した晶癖を示す．一般に中性長石 (An 40~45) 累帯構造なし． 単斜輝石 常に著しく伸長した晶癖を示し，磁鉄鉱粒を含む．長径 0.5~1.0mm 大．2V(+) 32°~40° の普通輝石と，2V(+) = 0°~4° のピジオン輝石の2種ある．前者は自形性強く，後者は粒状結晶を示す． 鉄鉱物 半自形磁鉄鉱が主で，チタン鉄鉱は稀． メソシタセス (最終充填物) 構成鉱物の間隙をみたとす 玻璃質物質が多い．常に微粒鉄鉱物，針状燐灰石，緑泥石 (?) を含む． その他 この分化脈は他に比し，細粒である．鉱物の晶癖はpegmatiteに類似しメソシタセスの多い点はグラノファイヤに近い．化学成分上 H ₂ O(+) が少なく，揮発性物質が少なく，又狭い脈のため，かかる分化脈になつたと考えられる．前記2分化脈の一異相．	斜長石 長径 0.8mm 大．自形性斜長石は An 40~45 の中性長石．他形で雲状集合体の斜長石は屈折率低く，曹長石と考えられる． 単斜輝石 短柱状又は粒状結晶．長径 0.3~1.0mm 大．2V(+) = 30°~36° であるがピジオン輝石はみられない．しばしば磁鉄鉱粒を含む点は他の分化脈におけると同様． 鉄鉱物 自形又は粒状の磁鉄鉱と棒状チタン鉄鉱がある．チタン鉄鉱は緑泥石等と共存し後期晶出によるものもある． 石 英 各構成鉱物の間隙に，燐灰石，緑色鉱物を含み，曹長石と共に雲状集合体をなしている． その他 カリ長石はなく，玻璃が少量．この分化脈は，granite aplitite とは構成鉱物上，異なるが，成因的に共通したものである．
成	鉄鉱物 磁鉄鉱に比し，チタン鉄鉱が多い．その傾向は橄欖石粗粒玄武岩源のものに著しい．チタン鉄鉱は最大 1.2mm 大の骸晶又は針状結晶をなす． マイクロペグマタイト これは微文象構造を示す石英，カリ長石よりなる．常に他の鉱物の間隙を充している．燐灰石を著しく含み (特に石英の中に) その他粒状単斜輝石，曹長石 (?)，針状チタン鉄鉱を伴う． ピクライト質粗粒玄武岩源のものは，雲母を晶出する傾向がある．橄欖石粗粒玄武岩源のものはカリ長石が比較的多く，輝石粗粒玄武岩源のものは著しく石英に富む． 一般に，マイクロペグマタイトに伴い充填状メソシタセスが多い特徴がある．	鉄鉱物 チタン鉄鉱より磁鉄鉱多し，自形性強いときは斜長石と共生し，又輝石にも著しく含有されている マイクロペグマタイト 石英，正長石の微文象構造を示す．石英は不定形で結晶外縁は鋸歯状を呈す．橄欖石粗粒玄武岩源のものには，カリ長石を僅か含むが，他の型には極めて少ない．メソシタセスを多く伴う． その他 当地域の granophyre は典型的なものではなく，granophyric vein というべきものである．前記の pegmatite とのちがいは，細粒でマイクロペグマタイト及びメソシタセスに富み，鉄苦土鉱物に乏しい点にある．	鉄鉱物 半自形磁鉄鉱が主で，チタン鉄鉱は稀． メソシタセス (最終充填物) 構成鉱物の間隙をみたとす 玻璃質物質が多い．常に微粒鉄鉱物，針状燐灰石，緑泥石 (?) を含む． その他 この分化脈は他に比し，細粒である．鉱物の晶癖はpegmatiteに類似しメソシタセスの多い点はグラノファイヤに近い．化学成分上 H ₂ O(+) が少なく，揮発性物質が少なく，又狭い脈のため，かかる分化脈になつたと考えられる．前記2分化脈の一異相．	鉄鉱物 自形又は粒状の磁鉄鉱と棒状チタン鉄鉱がある．チタン鉄鉱は緑泥石等と共存し後期晶出によるものもある． 石 英 各構成鉱物の間隙に，燐灰石，緑色鉱物を含み，曹長石と共に雲状集合体をなしている． その他 カリ長石はなく，玻璃が少量．この分化脈は，granite aplitite とは構成鉱物上，異なるが，成因的に共通したものである．
物	鉄鉱物 磁鉄鉱に比し，チタン鉄鉱が多い．その傾向は橄欖石粗粒玄武岩源のものに著しい．チタン鉄鉱は最大 1.2mm 大の骸晶又は針状結晶をなす． マイクロペグマタイト これは微文象構造を示す石英，カリ長石よりなる．常に他の鉱物の間隙を充している．燐灰石を著しく含み (特に石英の中に) その他粒状単斜輝石，曹長石 (?)，針状チタン鉄鉱を伴う． ピクライト質粗粒玄武岩源のものは，雲母を晶出する傾向がある．橄欖石粗粒玄武岩源のものはカリ長石が比較的多く，輝石粗粒玄武岩源のものは著しく石英に富む． 一般に，マイクロペグマタイトに伴い充填状メソシタセスが多い特徴がある．	鉄鉱物 チタン鉄鉱より磁鉄鉱多し，自形性強いときは斜長石と共生し，又輝石にも著しく含有されている マイクロペグマタイト 石英，正長石の微文象構造を示す．石英は不定形で結晶外縁は鋸歯状を呈す．橄欖石粗粒玄武岩源のものには，カリ長石を僅か含むが，他の型には極めて少ない．メソシタセスを多く伴う． その他 当地域の granophyre は典型的なものではなく，granophyric vein というべきものである．前記の pegmatite とのちがいは，細粒でマイクロペグマタイト及びメソシタセスに富み，鉄苦土鉱物に乏しい点にある．	鉄鉱物 半自形磁鉄鉱が主で，チタン鉄鉱は稀． メソシタセス (最終充填物) 構成鉱物の間隙をみたとす 玻璃質物質が多い．常に微粒鉄鉱物，針状燐灰石，緑泥石 (?) を含む． その他 この分化脈は他に比し，細粒である．鉱物の晶癖はpegmatiteに類似しメソシタセスの多い点はグラノファイヤに近い．化学成分上 H ₂ O(+) が少なく，揮発性物質が少なく，又狭い脈のため，かかる分化脈になつたと考えられる．前記2分化脈の一異相．	鉄鉱物 自形又は粒状の磁鉄鉱と棒状チタン鉄鉱がある．チタン鉄鉱は緑泥石等と共存し後期晶出によるものもある． 石 英 各構成鉱物の間隙に，燐灰石，緑色鉱物を含み，曹長石と共に雲状集合体をなしている． その他 カリ長石はなく，玻璃が少量．この分化脈は，granite aplitite とは構成鉱物上，異なるが，成因的に共通したものである．

layer 中のものに比し鉄苦土鉱物に乏しく珪酸量にとむ傾向がある．脈は層状脈，レンズ状またはパッチ状脈で，これらはこれを賦存する位置の母岩より，マグマ固結作用の末期において分泌された可能性が強い．これに対し，進入面に直交または斜交して産出する裂か脈は，層状構造を示す粗粒玄武岩のどの位置より分泌されたかを厳密に決定することは難しい．然し脈が上部に向つて分岐する点より，裂か脈の賦存位置の最下部の付近より分泌されたと解している．

上述の関係を考慮して，分化脈とその母溶液とされる母岩との間に，如何なる相互関係があるか，即ち分化 (末期) の性格および程度を構成鉱物の量及び化学組成より検討を加えた．

第2表 構成鉱物の量比よりみた、分化脈と母岩の関係

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Plagioclase	-23.5	-20.4	-22.3	-16.5	-7.3	-10.0	-17.9	-26.3	-29.9	-22.2
Olivine	(-)12.5		(-)0.4	(-)9.9	(-)0.7	(-)0.1			(-)5.3	
Monoclinic Pyroxene	+5.1	-7.9	-2.1	-2.2	-5.5	-4.9	-1.0	-0.2	-0.4	-6.7
Rhombic Pyroxene		(-)1.5								
Micro-pegmatite or Mesostasis	+21.7	+23.6	+22.9	+19.4	+11.8	+6.4	+13.2	+11.7	+35.0	+15.2
Iron Ore	+4.0	+3.8	+5.3	+0.6	+1.4	+0.3	+4.2	+0.5	+3.7	+2.6

記号: +. 母岩におけるより増加, -. 母岩におけるより減少, (-). 母岩にのみ含まれる量.
数字は, ポイントカウンターに依る測定量比.

1. Segregation vein in olivine dolerite. 山形県飽海郡青沢
2. Segregation vein in hypersthene dolerite. 山形県最上郡中田
3. Segregation vein in olivine dolerite. No.1 と同一岩体
4. Dolerite pegmatite in porphyritic olivine dolerite. 山形県最上郡瀬見
5. Dolerite pegmatite in olivine dolerite. 山形県東田川郡今野川中流
6. Granophyre in porphyritic olivine dolerite. No.4 と同一岩体
7. Granophyre in porphyritic dolerite. 山形県最上郡大滝
8. Aplitic vein in dolerite pegmatite of No. 3.
9. Aplitic vein in olivine dolerite. No.1 と同一岩体
10. Segregation vein in anorthite dolerite. 山形県飽海郡熊沢川上流

第2表によると、分化脈と母岩の間には構成鉱物の量比よりみて明瞭な相違がみられる。即ち分化脈は母岩に対して斜長石の著しい減少、単斜輝石の減少およびかんらん石・斜方輝石・灰長石の無晶出の現象を生じている。これに対し、マイクロペグマタイト（またはメソシタセス）の著しい増加、鉄鉱物の増加がみられる。この性質は特殊な例（第2表 No. 1, No. 6 の単斜輝石の増加）を除いて、分化脈全般に共通する性質で、一般則とみて宜しい。特に注目すべき点としては、かんらん石・斜方輝石・灰長石などの岩石型を特徴づける鉱物は、分化脈中には晶出せず、分化脈は総じて単一の構成鉱物の組合せになつてゐることである。上述の各鉱物の消長関係は、化学成分に良く反映し、第3表にその結果がみられる。第3表は SiO_2 , Al_2O_3 , $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$, MgO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 の8成分について、母岩に対する分化脈の成分上の変化を示したものである。この表によると、一般に、 SiO_2 の増加、 Al_2O_3 の減少、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ の増加、 MgO の減少、 CaO の減少などの関係がある。先に述べたマイクロペグマタイトの著しい増加は、 SiO_2 , Na_2O , K_2O の増加に直接反映し、鉄苦土鉱物の減少は MgO の減少に、また斜長石の減少は Al_2O_3 および CaO の減少に反映すると解される。

なお、この性質の中で、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ の増加または濃集、 MgO の減少、 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ の増加は諸外国の基性侵入岩体に既に著名な現象で、ソレイト岩系の岩漿分化の基本とされている。また本論の中の瀬見粗粒玄武岩についても、既に久野および筆者により同様のことが述べられている。然し、出羽丘陵における粗粒玄武岩で、いろいろの岩石型の分化脈を個々に調べると、分泌源の岩石型の種類によつて、分化の程度に差がみられる。この点を中心にして述べたい。

一般に本論の分化脈は dolerite pegmatite $\rightarrow$ granophyre $\rightarrow$ aplite (simple segregation vein は前二者に亘り広いレンジをもつ) の順に生成され、スケアガールド岩体の分化における残液成分の変化経路を参照すると、総じてマグマが60% 固結されてからの残液に相当している。WAGER, DEER

第3表 分化脈と母岩との化学成分上の相互関係

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SiO ₂	+5.22	+3.66	+9.32	+6.90	+5.51	+8.04	+15.07	+1.08	+2.50	+2.64	+4.86	+0.96	+0.5
Al ₂ O ₃	-1.01	-3.67	-0.78	-2.89	-2.81	-2.44	-3.09	-4.66	-5.77	-4.04	-6.27	-2.22	-0.5
Fe ₂ O ₃ +FeO	+0.23	+1.53	+0.04	+0.13	+0.29	+0.49	-0.57	+3.10	+4.09	+3.11	+0.57	+1.11	+1.9
MgO	-2.74	-4.98	-3.24	-3.14	-3.37	-4.72	-4.72	-0.48	-0.86	-1.77	-0.52	-1.31	-1.2
CaO	-3.43	-0.92	-3.40	-1.67	-2.54	-4.96	-3.78	-2.76	-2.30	-1.18	-2.18	-0.44	-0.8
Na ₂ O	+1.53	+2.10	+0.73	+0.64	+0.19	+2.03	+0.82	+0.45	+0.45	+0.52	+1.02	+0.14	-0.1
K ₂ O	+0.99	+0.90	+0.78	+2.65	+0.37	+1.31	+0.89	+0.51	+0.61	+0.48	+0.80	+0.23	0
TiO ₂	+0.55	+0.68	-0.61	+0.77	+0.89	+0.06	-1.32	+0.30	+0.36	-0.50	-0.49	+1.05	+0.2

	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
SiO ₂	+1.5	+0.81	+1.58	-2.23	-5.5	+21.82	+23.57	+0.43	+0.78	+2.95	+3.78	+9.60	+14.49
Al ₂ O ₃	+1.0	+1.03	-0.60	-3.56	-5.5	-0.95	-0.10	-1.57	+1.21	-4.55	-1.66	+0.95	-0.55
Fe ₂ O ₃ +FeO	-0.1	+1.42	+1.61	+8.78	+8.1	-9.05	-8.31	+0.49	+2.68	+4.39	+2.14	-2.03	-2.44
MgO	-2.0	-2.26	-1.23	-2.99	-1.9	-3.28	-12.84	-0.35	-4.43	-1.00	-2.85	-5.59	-6.50
CaO	-1.8	-0.73	-0.87	-3.12	-1.5	-6.99	-7.58	+0.40	-2.31	-2.00	-1.56	-5.80	-7.94
Na ₂ O	-0.1	+0.35	-0.13	+0.36	+1.1	+1.64	+0.38	-0.35	+0.52	-0.03	-0.31	+3.74	+4.16
K ₂ O	+0.5	+0.03	+0.04	+0.55	+0.2	+1.67	+5.46	+0.25	+0.40	-0.46	+0.56	+1.55	+3.73
TiO ₂	+0.8	+0.37	+0.20	+2.98	+4.7	-1.52	-0.71	-0.14	+0.59	+0.20	-0.25	-1.18	-1.94

記号: +. 母岩中より増加, -. 母岩中より減少. なお分析値は紙数の関係上けいさいせず.

橄欖石粗粒玄武岩型 (出羽丘陵)

- 1 Dolerite pegmatite in olivine dolerite 飽海郡青沢
- 2 Dolerite pegmatite in picritic dolerite 西村山郡大越
- 3 Dolerite pegmatite in porphyritic olivine dolerite 最上郡瀬見
- 4 Dolerite pegmatite in picritic dolerite 西田川郡温海
- 5 Schlieren in olivine dolerite 北秋田郡花岡鉾山
- 6 Aplitic vein in porphyritic olivine dolerite No.1 と同じ
- 7 Aplitic vein in porphyritic olivine dolerite No.3 と同じ

無橄欖石粗粒玄武岩型 (出羽丘陵)

- 8 Dolerite pegmatite in porphyritic dolerite 最上郡大湍
- 9 Granophyre vein in porphyritic dolerite 上と同じ
- 10 Segregation vein in hypersthene dolerite 最上郡中田
- 11 Fissure vein (aplitic) in anorthite dolerite 飽海郡日向川

橄欖石粗粒玄武岩型 (諸外国)

- 12 Pegmatite in kokstadt type dolerite of Karroo (F. WALKER & A. POLDERVAART, 1949. Table 15).
- 13 Schlieren (pegmatite) in Palisade diabase (F. WALKER, 1953. p. 47)
- 14 Vein of dolerite pegmatite in Palisade

diabase (F. WALKER, 1953. p. 51)

- 15 Coarse grain variety of Whin sill (S. I. TOMKEIEFF, 1928. p. 106)
- 16 Dolerite pegmatite in West Rock sill of Palisade (F. WALKER, 1953. p. 50)
- 17 Dolerite pegmatite from quarry W of Lambertville of Palisade (F. WALKER, 1953. p. 50)
- 18 Dolerite pegmatite in Palisade sill (F. WALKER, 1953. Table 3, No. 7, p. 50)
- 19 Segregation vein in quartz dolerite of Whin sill (F. WALKER, 1935. pp. 151-152)
- 20 Portje vein in dolerite dyke of Karroo (F. WALKER & A. PORDERVAART, Table 15)

無橄欖石粗粒玄武岩型 (諸外国)

- 21 Dolerite pegmatite in Hangnest type dolerite of Karroo (F. WALKER & A. PORDERVAART, 1949. Table 15)
- 22 Dolerite pegmatite in Kokstadt type dolerite of Karroo (F. WALKER & A. PORDERVAART, 1949. Table 15)
- 23 Coarse vein in Tasmanian dolerite (A. B. EDWARD, 1942. p. 478)
- 24 Dolerite pegmatite in Hangnest type dolerite of Karroo (F. WALKER & A. PORDERVAART, 1949. Table 15)

ややアルカリ性橄欖石粗粒玄武岩 (樺太)

- 25 Monzonite in Morotsu dolerite of Sakhalin (八木健三, 1953)
- 26 Syenite vein in Morotsu dolerite of Sakhalin (八木健三, 1953)

および久野による $\text{MgO}-\text{FeO}$ (または $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}$)- $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 三角図を用いての末期分化は更に細分され、初期 (MgO の減少, $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}$ の増加), 中期 ($\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}$ の濃集, MgO のやや減少), 晩期 ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ の増加, $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}$ の減少) の3段階に分けられる。然し, WAGER と DEER の特に詳しく計算された残液成分をみるに, 上述の3成分のみならず, 他の成分にもほぼ系統的な変化がある。即ち特徴的なものとして, 初期における CaO , Al_2O_3 の僅少の増加, 中期における SiO_2 , Al_2O_3 の減少, 晩期における急激な SiO_2 の増加及び CaO の減少が生じ, 前記3成分と共に総体的に変化していることが認められる。この点をも考慮して, 当地域の分化脈を時期的に区別すると, *dolerite pegmatite* および *simple segregation vein* は初期に属し, *granophyre* および *aplite* は晩期に属している。特に鉄成分の濃集を示し, また SiO_2 の逆に減少する中期に属する分化脈はみられない。

次に母岩の性質として, 各岩石型の粗粒玄武岩を *olivine bearing magma type* (B型) のものと, *non-olivine magma type* (C型) のものに2大別し, 各々より分泌された分化脈を2系統に分け, 成分変化の量的な関係を求め, 各時期に対応して検討した。即ち, B型では初期において SiO_2 の増加が 3.66~9.32% で著しく, Al_2O_3 が 0.78~3.67% の減少を示している。これに対し $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}$ の増加が 0.23~1.53% で極めて少量である。 MgO および CaO の量は, かなり乏しくなる。これらの変化量に対し, C型においては, 成分変化の傾向は同じであるが, 量的な面に対照的な関係がある。即ち, SiO_2 の増加は 1.08~2.64% でB型に比し少なく, $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}$ の増加は 3.10~3.11% で多い。 MgO および CaO の減少量は少ない。また Na_2O および K_2O の増加は合計して 1% 以内で, B型に比較して増加量は少ない。 Al_2O_3 の減少量はB型におけるより大である。中期に属する分化脈は, その例はなく検討できないが, 本地域では前に述べたように *dolerite pegmatite* が脈の中で優白質の *granophyre* に分化している点より, かかる中期相の分化物をつくることなく, 初期より急激に晩期相に転化したと考えられる。

なお晩期の *granophyre* および *aplite* においても, B型源のもの (第3表 No. 6, No. 7) と C型源のもの (第3表 No. 9, No. 11) を比較すると同じ結果がみられる。

以上要約すれば, 分化脈によつて示される, 岩漿分化に伴う成分変化は, MgO , $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}$, Na_2O , K_2O の外に, 他の主要成分も重要な役割をもち, 系統的な変化を示す。更に分化をおこす原岩漿の性質によつて, 同じソレアイト岩系においても, 成分分別の程度に差があるといえる。なおこの点に関し諸外国の例, 即ち *Karoo dolerite*, *Tasmanian dolerite*, *Palisade diabase*, *Whin sill* の侵入岩体に伴われる分化脈について検討した結果, 当地域と共通する性質をみとめた。第3表 No.12~No.20 はB型より分泌された分化脈で, No. 21~No. 24 はC型より分泌されたものである。その中で特に No. 12, No. 21 はいずれも各成分の変化は僅少であるため, もつとも初期の分化物に属し, 対照的な性質を示さない。従つて No. 13, No. 14, No. 15, No. 16 のB型源初期分化物と, No. 22, No. 23 のC型源のものと比較すると, SiO_2 に関しては, ともに 1~2% の変化で差はない。 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}$ の増加量は C 型に著しい。 Al_2O_3 は B 型では増減ともみられるが, C 型では減少する場合が多い。 MgO は C 型では減少の変化にとみ, 0.35% より最大 4.43% までであるが, B 型では平均して 2~3% 増加している。 CaO は B 型より C 型が減少量が多い傾向を示している。次にアルカリ成分はやや複雑な関係で Na_2O が減少している場合が多く明瞭な傾向を示さないが, アルカリ全量として比較すれば, B 型の方が多く増加している。次に No. 17, NO. 18 は SiO_2 が減少を示しかつ $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}$ が濃集した例で, 末期分化の中で中期相を示す代表的な資料といえる。これは Al_2O_3 の著しい減少, Na_2O および K_2O の増加と基本的な変

化を示している。なお、No. 19 および No. 20 は末期分化の晩期を示す例で著しい SiO_2 の増加と、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ の著しい減少を示すもので、 CaO および MgO の減量、アルカリの増加と、やはり基本的な変化を示す。C型にかかる中期並びに晩期の相を示す分化脈の例がなく比較できない。

この諸外国の例は、各々进入時期、进入地域の異なるものを、一つにして比較するため、系統的な変化を調べるには、かなりの困難はあるが結果的にみると、出羽丘陵の場合と共通した傾向が多い。従って分化脈と母岩との関係を吟味して分析を行えば、更に興味ある結果が得られると考えている。

V. アルカリ岩を分化する岩石型との関係

出羽丘陵地域でかんらん石のやや多い (10% 以上) *picritic dolerite* 中の *dolerite pegmatite* に、しばしば黒雲母・方沸石・エジル石質輝石が晶出している。これはアルカリ岩を分化する傾向を示すものとして注目に値する。特にこの傾向の著しいのは、久城*によつても報告された温海型 *olivine dolerite*** である。この岩体の中心部は、かんらん石の多い *picritic dolerite* で、筆者の大越型と同様の化学組成並びに構成鉱物を示し、中心部自体にはアルカリ性鉱物はなく、ソレライト岩系の性質をもつ。

また岩生³⁾、八木¹⁵⁾による樺太西海岸の名好一諸津地域には、ややアルカリ性の *olivine dolerite* が进入岩床として分布している。これは、出羽丘陵地域とはほぼ同時代の进入とされる第三紀粗粒玄武岩***である。この岩体は中心部に広い範囲をしめモンゾニ岩が位置し、更にモンゾニ岩または粗粒玄武岩に閃長岩の分化脈が脈状またはレンズ状に含まれる。八木の分析値をみるに、分化を行う前の母岩漿としての粗粒玄武岩は、黒雲母・チタン輝石を含む外、アルカリ鉱物を著しく含まず化学成分上 Na_2O (2.03%) はソレライト岩系のものと大差なく、 K_2O (1.42%) がやや多い傾向を示すのみである。これを KENNEDY⁴⁾ の分類に従えばややアルカリ性の *olivine basalt* に近い****。また分化されたモンゾニ岩は著しく粗粒な点よりみて、出羽丘陵産の *dolerite pegmatite* に近い岩相と考えられる。次に、モンゾニ岩および閃長岩の分化に際しての成分変化をみるに (第3表 No. 25, No. 26 参照)、ソレライト岩系とは異なり、 SiO_2 の増加、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ の減少、 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ の増加、 MgO および CaO の減少で特徴づけられている。これは、アルカリ岩系の进入体の“*in situ*”における分化の基本的な変化であるが、先に述べた出羽丘陵産 *picritic dolerite* (ソレライト岩系) が *dolerite pegmatite* 及びアルカリ性閃長岩を同時に分泌している点よりみて、筆者は樺太産のものをB型岩漿の極端な場合であると考えたい。また表現をかえれば、*picritic dolerite* は名好一諸津型とB型の中間に位置するといえよう。

VI 考 察

出羽丘陵地域には、すでに述べたようにB型、C型の岩漿型がもうけられる。また、名好一諸津の第三紀粗粒玄武岩はA型として考察しうる。第4表は各岩漿型を代表的な岩石資料で特に未分化相お

* 久城育夫：山形県温海町付近のドレライトについて。日本地質学会 65 年年会講演による。

** 山形県西田川郡温海町にある。あつみ駅東方約 1km の地点で露出の巾約 800m で北北東方向に分布する。これは台島層上部より女川層相当層に进入岩床として数枚介在するものの一部で最下位に位置する。いろいろの分化脈に貫かれ、アルカリ鉱物を含む分化脈は岩床下部にみられる。

*** 岩生周一によれば粗粒玄武岩の进入層準は幌岸硬質頁岩層にある。进入時期は出羽丘陵のものと若干のちがいはある。但し地体構造上樺太のものはグリンタフ地域外帯に属する点、内帯に属する本論のものと地質的に異なる。

**** これをA型と便宜上呼ぶ。

第4表 各岩漿型(未分化相)の
平均化学成分

	1	2	3
SiO ₂	46.54	48.32	52.19
Al ₂ O ₃	16.08	16.58	16.43
Fe ₂ O ₃	3.55	5.04	6.97
FeO	7.95	5.01	4.55
MgO	6.97	7.96	5.18
CaO	9.81	9.80	8.24
Na ₂ O	2.03	2.31	2.66
K ₂ O	1.42	0.32	0.82
H ₂ O(+)	2.16	1.36	0.62
H ₂ O(-)	0.59	1.98	1.18
TiO ₂	2.61	0.57	0.93
P ₂ O ₅	0.25	0.15	0.11
MnO	0.18	0.12	0.06
Sum	100.14	99.52	99.94

1. 諸津, かんらん石粗粒玄武岩
(八木)
2. 出羽丘陵, かんらん石粗粒玄武岩
(3個平均)
3. " 輝石粗粒玄武岩
(3個平均)

期のものとしてB型・C型には *dolerite pegmatite* および *simple segregation vein* があり, A型にはモンゾニ岩がほぼこれに相当する。これらを第3表の各例より比較するに, SiO₂ は A 型 (9.60%), B 型 (3.66~9.32%), C 型 (1.08~4.86%) の順に減少量がみられる。Al₂O₃ は A 型 (0.95% の増加), B 型 (1.01~3.67% の減少), C 型 (4.04~6.27% の減少) で C 型において著しく減少している。Fe₂O₃+FeO は A 型 (2.03%) の減少, B 型 (0.04~1.53%) の僅かな増加, C 型 (3.10~3.11%) の著しい増加と対照的な変化を示している。MgO は A 型 (6.50%), B 型 (2.74~4.98%), C 型 (0.48~1.77%) の順に減少量がみられる。CaO は A 型 (1.80%), B 型 (0.92~3.43%), C 型 (1.18~2.76%) の減少量を示し系統的な変化はみられない。Na₂O は A 型 (3.74%), B 型 (0.73~2.10%), C 型 (0.45~0.52%) で漸次増加度が小となる。K₂O は A 型 (1.55), B 型 (0.37~2.65%), C 型 (0.48~0.51%) で増加度は Na₂O と平行している。アルカリ全量としてみれば, A 型 (5.29%), B 型 (0.56~3.29%), C 型 (0.96~1.00%) で漸次増加度が小となる。以上のように各岩漿型を通じ末期分化の中で初期の分化相は極めて系統的な成分変化を示すといえる。一つ注意すべき点は CaO 成分に系統性がないのと, アルカリ全量の変化の程度が, A 型が B 型 C 型に比しやや飛躍的な増加を示す点である。

次に晩期の分化相として B 型 C 型は *granophyre* および *aplite* で示され, A 型は閃長岩で示される。総じて鉄苦土鉱物に乏しい岩相を示している。成分変化を A 型 B 型 C 型の順に第3表より検討すると, SiO₂ は A 型 (14.49%), B 型 (8.04~15.02%), C 型 (2.50~4.86%) の順に増加度は小となる。Al₂O₃ は A 型 (0.55%), B 型 (2.44~3.09), C 型 (5.77~6.27%) の順で減少度が大となる。Fe₂O₃+FeO は A 型 (2.44%) の減少, B 型 (0.49% の増加, 0.57% の減少) の

* 地質学的にも差がみとめられる。即ち三者ともに略同一時期の侵入体であるが主要侵入地域が地質構造に左右されている。A型はグリンタフ地域外帯に主要侵入区域があり, B型及びC型は内帯に主要侵入区域をもつ。更にB型とC型の間には侵入地域のずれがあり, B型は出羽丘陵及び日本海沿岸地域にあり, C型はその縁辺部即ち脊梁山脈に侵入区域をもつ。詳細は別に報告の予定。

増加および減少, C 型(4.09%)の増加の傾向を示している。即ち鉄成分は A 型および B 型の一部は減少するが C 型では少量ではあるが増加している。MgO は A 型 (6.50%), B 型 (4.72%), C 型 (0.52~0.86%) の順で減少度が小となる。CaO は A 型 (7.94%), B 型 (3.78~4.96%), C 型 (2.18~2.30%), で MgO と同様の関係にある。Na₂O は A 型 (4.16%), B 型 (0.82~2.03%), C 型 (0.02~0.45%) で漸次増加度が小となる。K₂O は A 型 (3.73%), B 型 (0.89~1.31%), C 型 (0.61~0.80%) で Na₂O と全く同じ関係にある。アルカリ全量としてみると, A 型 (7.89%), B 型 (1.71~3.44%), C 型 (0.82~1.06%) で個々の場合と同様である。上述の結果は初期におけると同じ傾向を示しているが, 各成分の分別の程度は著しくなり, 同時に鉄成分の減少が B 型の一部にもみられ, また CaO 成分が明瞭に系統的变化を示してくる。

次に末期分化の中期によつて示される分化相を示すものは, 当地域に未だ産出せず比較検討できないが, これについて二三の考察を行ない度い。

(a) F. WALKER, A. POLDERVAART¹³⁾*によつて総括された諸外国の例即ち Karroo, Skaergaard, Tasmania, Palisade, Siberian Traps, North England, Hawaiian Lava, Grabal Hill のものをみるに, 鉄成分の特に濃集した中期の分化相 (MgO-FeO-Na₂O+K₂O 三角図で FeO 頂点に近接する点で示される)を表す点は Skaergaard にのみ見られ, やや近いものが Karroo に 2 点, Palisade に 1 点, Siberian Traps に 3 点みられるにすぎず, 産出する瀬度よりみても極めて特殊のものと考えられる。

(b) 出羽丘陵の例でも, また最近の久野⁸⁾によるハワイ火山の tholeiitic olivine basalt における末期分化の研究においても, 著しい鉄成分の濃集する中期相の例なく, 初期相より急激に晩期相に移化する。

(c) ややアルカリ性の olivine basalt (A 型) は一応アルカリ岩系に属するため, 末期分化において総じて鉄成分の濃集は生じていない。

この 3 つの点より中期によつて示される分化相の検討は困難である。

以上要約するに, 岩漿固結の末期において分化に伴う成分変化の傾向とその変化度は, ややアルカリ性玄武岩漿, かんらん石を適当に含むソレライト質玄武岩漿, やや酸性のソレライト質玄武岩漿の順に, その母岩漿の化学成分を密接に反映して, 連続的であり, また対照的な変化を示している。更に成分変化の絶対値並びに分化脈出現の瀬度がこれらの玄武岩漿の順に従い小となつていることは, 岩漿の分化する力に関連して注目すべきである。

謝 辞

この研究は出羽丘陵産第三紀粗粒玄武岩研究の一部をなすものである。終始御指導下された小倉勉先生, 北海道大学石川俊夫教授, また種々御助言下された市村毅教授に深謝の意を表す。研究には文部省科学研究費を使用した。明記し謝意を表す。

* pp. 657~661 にある図版を参照され度い。

引 用 文 献

- 1) EDWARD, A. B. (1942); Differentiation of the Dolerite of Tasmania. *Jour. Geol.*, 50, pp. 451-482.
- 2) HOLMS, A. & HARWOOD, H. F. (1928); The Age and Composition of the Whin Sill and the Related Dikes of the North of England. *Min. Mag.*, 21, pp. 493-543.
- 3) IWAO, S. (1938); Petrology of the Alkaline Rocks of the Nayoshi District, Sakhalin,

- Japan. *Jap. Jour. Geol. Geogr.*, **16**, Nos. 1—2, pp. 155—204.
- 4) KENNEDY, W. Q. (1933); Trends of Differentiation in Basaltic Magma. *Am. Jour. Sci.*, **25**, p. 239.
 - 5) KONDA, T. (1957 a); A Petrological Study on the Otaki Dolerite and the Allied Rocks at the Otaki-Nozoki Area, Yamagata Prefecture. *Bull. Yamagata Univ.*, **4**, No. 2, pp. 271—282.
 - 6) 今田 正 (1957 b); 山形県瀬見産ドレライト及び関連岩, 岩礦, **41**, pp. 67—74.
 - 7) 久野 久, 長島弘三 (1954); 山形県瀬見粗粒玄武岩岩床の分化, 地質雑, **60**, p. 316.
 - 8) KUNO, H. and Others (1957); Differentiation of Hawaiian Magma. *Jap. Jour. Geol. Geogr.*, **28**, No. 4, pp. 179—218.
 - 9) TOMKARIEFF, S. I. (1929); A contribution to the petrology of the Whin sill. *Min. Mag.*, **22**, pp. 100—120.
 - 10) WALKER, F. (1930); A tholeiitic phase of the quartz dolerite magma of Central Scotland. *Min. Mag.*, **22**, pp. 368—376.
 - 11) ——— (1935); The late paleozoic quartz dolerites and the tholeiites of Scotland. *Min. Mag.*, **24**, pp. 131—160.
 - 12) ——— (1940); The differentiation of the Palisade diabase, New Jersey. *Bull. Geol. Soc. Am.*, **51**, pp. 1059—1106.
 - 13) WALKER, F. and POLDERVAART, A. (1949); Karroo dolerites of the Union South Africa. *Bull. Geol. Soc. Am.*, **60**, pp. 591—706.
 - 14) WALKER, F. (1953); The magmatic differentiates of the basic sheet. *Am. Jour. Sci.*, **251**, 41—80.
 - 15) YAGI, K. (1953); Petrochemical Studies on the Alkalic Rocks of the Morotsu Districts, Sakhalin. *Bull. Geol. Soc. Am.*, **64**, pp. 769—810.
-