紫蘇輝石を含む粗粒玄武岩 (出羽丘陵産)

Some hypersthene dolerite from the central part
of the Dewa Hills, Northern Honshu

今 田 正 (Tadashi Konda)*

Abstract : The numerous dolerites of various types are seen on the Dewa Hills, Northern Honshû. They are the Hirataki, Hatamura, and Nakada types, being lithologically olivine dolerite, hypersthene dolerite with olivine and hypersthene dolerite without olivine respectively.

The hypersthene in the Hirataki dolerite is found in the pyroxene-rich layer in the lower part of the sill due to the gravitational differentiation, while the hypersthene in the Hatamura and Nakada types is included throughout the whole mass.

The writer has examined the genesis of hypersthene dolerite on the basis of the micrometrical and chemical analysis, concerning the pyroxene rich layer of the differentiated products. It is concluded that the hypersthene dolerite is not derived from the same process as is seen in the Hirataki dolerite due to the gravitational differentiation, but characterized by an increase of SiO_2 and Al_2O_3 as well as a decrease of MgO .

1. 緒 言

出羽丘陵 (東北地方) に Tertiary dolerite として, hypersthene dolerite が産出する。これは極めて局所的な intrusion area を示すものである。これに対し olivine dolerite は広域性を持ち, 地域差の少ない均質な岩質 (急冷周縁相の岩石学的性質) を示し, 当地方の Tertiary dolerite の本源マグマの性格をもっている。

Olivine dolerite を詳細に検討してみると, “in situ” に分化し, その一岩相として hypersthene を含んでいる部分がある。筆者は, この分化に依つて実際に形成されている hypersthene を含む岩相に, 野外で単独に岩石型として示される hypersthene dolerite が, いかなる成因的近親性をもつかと云う点に, micrometrical 及び chemical analyses から検討¹⁾を加えた。更に本報文では, これ等 dolerite の代表的なものについて基本的な地質学的特徴 (産状, 侵入層準及時期, 等) を述べたものである。

この研究を行うにあたり終始, 御指導下された, 北海道大石川俊夫教授, 山形大学小倉勉教授, 又種々御助言下された市村毅教授に深く感謝する次第である。又野外調査 (測定) に御協力下された相薮親雄氏, 又室内測定に協力された本学研究生諸君に感謝する次第である。

* 山形大学文理学部

1) 本文の dolerite の petrography は紙数の関係上略し, 後日報告の予定

2. 野外に於ける産状

各型の dolerite は各々独自の産状を示している。こゝに代表的な例3つをあげて説明することにする。

(イ) 中田型 (Hypersthene dolerite without olivine)

山形県最上郡金山町中田 (中田川上流) に岩脈群¹⁾として7岩体露出する。この岩脈群はいずれも NNE の方向性をもち、その北方延長には、大滝 dolerite が縞状硬質頁岩中に進入岩床として貫入している。岩脈は一般に幅 2.1~9.3m で、いずれも金山層の緑色角礫凝灰岩を切る。第1図に示される岩脈は代表的な例で、幅 9.3m、延長 105 (+)m の大きさをもつ。岩脈の中心部は粗粒で接触部は細粒になる。その変化は極めて漸移的で、又両者の境界部には貫入面に略平行して、数多くの segregation vein (幅 1~8 耗) が発達している。第2表よりみても、中心部と周辺部の間に、構成鉱物の量的変化が著しくなく、鏡下に於ける粒度組織に相違が認められるにすぎない岩相の変化に乏しい型に属す。これは一連の dolerite intrusion でもつとも浅延貫入に属している。

(ロ) 畑村型 (Hypersthene dolerite with olivine)

秋田県由利郡高瀬川上流 畑村近域に分布する。この流域の地質については畠山²⁾によれば、下部より山内、大築、鹿の爪、畑村、須郷田、鳥田目の新第三紀各層より構成されている。畑村 dolerite は第2図に示されるやうに、不規則な貫入体で、畑村層のやゝ層理の発達した石英粗面岩質凝灰岩を貫いている。岩体は幅最大 280m、延長約 1km のレンズ状形態を示す岩株である。接触部をみると南側 (川沿い) は 80° SE の急傾斜で、北側は 45~50° NW の傾斜で凝灰岩に接し、軽度の変質 (固化) を与えている。尚岩株の上部はゆるい接触面を示し下部に従い急傾斜になる傾向を示している。尚、高瀬川流域には畑村より上流の蔵 (Kura) まで須郷田層、鳥田目層の各層準に、数枚の進入岩床がみられる。いずれも olivine dolerite で一連の進入岩床

第1図 中田型 hypersthene dolerite 岩脈の産状

- Ka. 金山層
- Dch. 粗粒玄武岩周辺相
- Dco. 粗粒玄武岩中心部
- Se. 分化脈

である。この岩床の一部は鳥田目層、中部に熔岩流岩床 (lava sheet) として介在する点より進入時期は女川階の中部とされる。畑村 dolerite はこれら olivine dolerite の進入地域内で、特に下位層準に相前後して貫入したものとされるが、進入時期を正確に決めることは困難である。次に岩体をみると中心部は極めて粗粒で軽度の岩相変化がみら

1) 詳細は既報告 (今田正: 山形大紀要 4, 2, 1957) 参照

2) 畠山 昭: 地質, 60, 704, 1954.

第 1 表 各岩型に於ける紫蘇輝石の光学的性質

中 田 型	畑 村 型	ひらたき型
$2V(-)=56^{\circ}\sim 60^{\circ}$	$2V(-)=70^{\circ}\sim 74^{\circ}$	$2V(-)=58^{\circ}\sim 62^{\circ}$
$\alpha=1,680$	$\alpha=1,685$ $\gamma=1,699$	
多色性なし	多色性なし	多色性なし

第 2 表 構 成 鉱 物 の 量 比

番号	接触面よりの距離(m)	橄欖石	単斜輝石	斜方輝石	斜長石	鉄鈹物	最 充 填 終 物	緑泥石
1	0.2	—	16	2	56	4	8	13
2	4.0	—	13	2	52	5	14	14
3	0.5	3.2	15.0	2.5	47.3	5.0	16.6	9.9
4	15	0.1	16.8	6.3	55.6	2.8	9.1	7.9
5	27	0.8	12.2	9.4	57.9	4.7	8.2	7.5
6	68	1.4	12.1	13.3	49.5	2.3	9.4	7.4
7	85	6.4	20.4	8.5	53.6	2.9	0.6	6.7
8	125	1.1	14.9	5.9	52.8	3.0	10.0	11.2
9	3	5.5	20.7	—	46.6	4.7	7.6	14.7
10	14	5.3	18.4	—	57.1	2.9	2.5	13.3
11	22	1.6	18.5	—	56.4	5.2	5.1	12.6
12	61	0.7	19.5	—	57.9	6.6	6.3	6.7
13	112	?	13.8	—	50.4	5.6	17.1	10.7
14	127	1.4	25.4	3.0	50.8	2.7	2.4	13.3
15	136	0.5	19.4	5.9	53.6	2.2	3.7	12.5
16	37	0.6	18.7	—	47.1	5.6	12.3	11.6
17	28	1.6	14.5	1.1	54.7	4.0	9.6	11.5
18	20	2.7	22.0	4.5	46.4	2.6	5.0	15.6
19	18	8.5	17.2	0.1	52.3	3.6	5.6	11.1
20	16	6.5	16.5	—	53.3	2.4	3.2	16.6
21	7	4.6	19.9	—	49.2	3.4	4.4	16.4
22	3	4.9	18.2	—	48.6	2.5	6.7	18.5

1~2 中田型, 3~8 畑村型, 距離は南側(道路)接触より測定。9~22 ひらたき型, 9~15 の距離は上盤より, 16~22 の距離は下盤より測定されしもの。尚, 合計 100% に満たないのは風信子鉱等の二次鉱物である

れる。即ち接触部は細粒の周辺相(幅 1.2~2.0m)をもち中心部がもつとも粗い。この関係より周辺部, 内部, 中心部の三つの岩相に分けられ, 各々は全体として累帯構造を示している(第 2 図参照)。注目すべき点は, 第 2 表に示される様に中心部は鉄苦土鉱物の総量が比較的多く, 斜長石が逆に少ない傾向を示している。この現象は侵入体の中で鉄苦土鉱物の軽度の沈降(重力分化)によると考えられる。尚, この岩体に現在の露出面で分化脈はみられない。

(ハ) ひらたき型 (Olivine dolerite)

第2図 畑村型 hypersthene dolerite 岩株の産状

Ha, 畑村層; Qu, 第四紀層; Dch, 急冷周辺相
Din, 粗粒玄武岩 内部 Dce, 粗粒玄武岩 中心部

山形県飽海郡八幡町青沢大俣川ひらたき沢に露出する。この周辺の地質¹⁾は日本海沿岸地域油田の下部層が分布し、その中に種々の活動型式の各種の玄武岩類がみられ、dolerite intrusion はその一員をなしている。

ひらたき dolerite は青沢層にみられる進入岩床で、同岩の進入層準の上位及び下位に合計7 sheet の同じ型の olivine dolerite がみられる。一般に薄い場合は典型的な concordant sill を示すが、厚大化するに従い餅盤状になる傾向がある。全般的に青沢層のゆるい波状褶曲と極めて調和的な産状を呈し、特に厚い場合は脊斜軸の中心部に位置する。次に、ひらたき dolerite の進入層準は台島階より女川階に至るが進入時期は女川階中下部に属す。又中田型、畑村型はひらたき型の後期進入²⁾になる。

尚ひらたき dolerite は上盤は玄武岩質凝灰岩と硬質頁岩の互層に接し、下盤は縞状硬質頁岩に接し、接触面は層理面に略々平行している。更に岩体の形態をみると(第3図)、薄い部分(東側)と厚い部分(中央部)があつて餅盤状を示す。厚い部分は厚さ145m+であるが進入体の末端は分岐して2枚以上の薄い sheet になる。然し全体としてN10°~25°E, 20°~45°NW の方向性をもつた inclined sheet の性状をもつ。又岩体内に小断層、裂かが多く、しばしば石英緑泥石脈が充填している。olivine dolerite の中では、大規模の進入体であると同時に、強度に“in situ”の分化を行つて、種々の岩相に変化している。代表的な岩相は、chilled margin, normal dolerite, pyroxene rich layer, pegmatic layer (第3図参照)の4岩相に分けられる。更に岩体の膨大化した部分の縁にペグマタイト質脈、単純分化脈が層状に又は不規則に入り、更にペグマタイト質相の中に文象岩質脈がレンズ状に入っている。これらの岩相変化は、第2表の構成鉱物の量比より考察するに、鉄苦土鉱物の沈降による鉄苦土鉱物の集積が行はれ、分別晶出によりペグマタイト質相を生じたと考えられる。又その他の鉱物、即ち斜長石、鉄鉱物もこの現象に極めて調和的な関係にある(詳細は後記)。

1) 今田 正: 岩鉱, 38, 1954; 岩鉱, 40, 1956; 地質, 61, 718, 1955.

2) 進入順序が後であると言う意味で、時間的の距りは少い。

第 3 図 ひらたき型 olivine dolerite (餅盤状岩床)

Dch, chilled margins; Dno, normal dolerite;
 Dpe, Pegmatic layer; Dpy, Pyroxene rich layer.
 被进入層は青沢層(主として硬質頁岩)で、図中の走向傾斜
 により構造推定される。又下盤は断層で切れる。

3. 紫蘇輝石の岩体内に於ける相対濃度と分布

紫蘇輝石は第 1 表に示される様に、各岩石型で光学的性質が多少異っている。畑村型のは光軸角が比較的大で、頑火輝石に近い性質をもつが、bronze like lustre は全くなく、紫蘇輝石とされる。尚、各型を通じ、斑晶の性質を示し(特に急冷周辺相にて)、稀に橄欖石の外縁を成している。次に各型における紫蘇輝石の相対濃度を第 2 表¹⁾より求めると、各型の間にかなりの変異がある。即ち中田型は 1.5~1.6% でもつとも少く、畑村型は 2.5~13.3% (平均 7.6%) でもつとも多い。ひらたき型は 3.0~5.9% で前記の中間値を示している。

次に岩体内における分布は注目すべき現象を示している。例えば畑村型は岩株の中心部に集積し鉄苦土鉱物の総量としても多くなる。又、中田型は殆んど変化がない。いづれにしても前記二者は急冷周辺相をはじめ岩体内に斑晶状結晶として普遍的に含まれる。かゝる性質は dolerite magma の岩石学的一特徴を示すもので hypersthene dolerite の性格をもっている。

これに対し、ひらたき型は 3.0~5.9% で量的にかなり多く clinopyroxene を伴っている。分布は第 2 表及び第 3 図より判る様に、进入岩床の比較的下半部に濃集している。この部分は筆者の分類による pyroxene rich layer に属し、他の岩相に比し鉄苦土鉱物の量多く 26~30% を占めている。又上下の接触部の急冷周辺相には、かゝる斜方輝石は全く含まれない。従つて、ひらたき型では进入位置に於ける分化によつて、

1) 出羽丘陵地域の dolerite は常に chloritization を受け、鉄苦土鉱物はかなりの量が緑泥石に変化している。第 2 表は緑泥石化した輝石は、すべて緑泥石として測定されてある。

はじめて晶出したもので、紫蘇輝石を含む部分は olivine dolerite の一岩相とされる。

勿論、諸外国の dolerite をみると、Tasmanian dolerite¹⁾ では Mt. Willagton sill の下半部の Mg rich layer に hypersthene (MgSiO_3 70) が限定されて含まれている。更に Karroo dolerite²⁾ に於いて Hangnest type (olivine を含まず) 及び Hanover type (少量の olivine を含む) の中で初期晶出の bronzite (斑晶状) を岩床内に普遍的に含み特に下半部に hypersthene (bronzite より後期晶出) が含まれている。又稀に Dawns Mountain type の岩体の下半部にのみ限られて bronzite 及び hypersthene を含んでいる場合がある。Palisade diabase³⁾ は上下両盤の周辺相並に下半部 1/3 の限られた部分に量的に多く含む。然し急冷周縁相の hypersthene は olivine の outer rim として晶出しているもので、斑晶状の単独結晶としては認められない。

以上の例よりみると、dolerite magma の特徴を表すものとして bronzite dolerite はしばしばあるが、hypersthene dolerite は少なく、その産出は出羽丘陵 dolerite の一特徴をなすものとして注目される。

5. 成 因 的 考 察

筆者等の従来の研究によれば、出羽丘陵地域における Tertiary dolerite の進入は極めて限られた時期(女川期)に行われている。又その分布は出羽丘陵のみならず、フオサマグナより北海道西南部までに亘る東北日本の日本海沿岸地域の広い範囲に亘り、富田達⁴⁾による広域性玄武岩の性質をもっている。

然し dolerite なる岩石は鈴木醇⁵⁾に依りその内容を述べられた如く、粗粒でオフィテック組織をもち玄武岩の化学組成をもっているのに加えて、浅処侵入を云う地質的条件(産状)をもつものである。注目すべき点は dolerite も種々の岩型に分類され、特に olivine dolerite は前記の広い範囲に広域性をもつて分布し、その急冷周辺相の示す岩石学的性質には、地域差が認められない。従つて富田達の広域性玄武岩の産状に対する概念を浅処侵入の活動型式まで適用すればこの olivine dolerite は確に広域性玄武岩の性格をもつと云えよう。同時にこの地域の本源マグマに近い性質をもつものではなからうか。更に他の岩型(6型)はいづれも局地的分布⁶⁾を示し、同氏の局地性玄武岩に近い。

問題は olivine dolerite と他の岩型の dolerite の間に於ける成因関係である。本文では特に hypersthene dolerite と olivine dolerite について、micrometrical analyses 並に chemical analyses から検討を加える。

(イ) 構成鈹物の量比より

はじめに、紫蘇輝石を含む pyroxene rich layer を生じた岩相の生成を第2表 No. 9~No. 22 より求めてみる。一般に紫蘇輝石は岩床の下部に多くなり pegmatic layer

1) Edwards A. B. : Jour. Geol., **50**, 451~480, 579~610, 1942.

2) Walker F. and Poldervaart A. : Bull. Geol. Soc. Am., **60**, 591~706, 1949.

3) Walker F. : Bull. Geol. Soc. Am., **51**, 1940.

4) 富田 達 : 九大理学部研究報告, **3**, 2, 1951.

5) 鈴木 醇 : 北海道地質要報, **30**, 9~22, 1955.

6) 本文の Hypersthene dolerite type は既に述べた如く、常に岩脈又は岩株で pyroclastics 中にある。進入層準は女川階より下位で、進入順序は olivine dolerite の後である。尚進入地域の地質構造上の相互関係は、成因関係を求める場合に重要な意義をもつが別紙に後日発表の予定である。

には殆んど含まれていない。単斜輝石は全体として約 20% で著しい変化はないが、pegmatic layer で著しく少なくなり、逆に下半部で橄欖石の集積域 (No. 19) と pegmatic layer の境界部で、急に増加し紫蘇輝石を伴ってくる。この場合急冷周辺相に比し、輝石全量として 4.6~7.7% 増加し、更に岩体内で輝石のもつとも少ない pegmatic layer 中のものとの差は 14.6% になる。この傾向は明に橄欖石と共に鉄苦土鉱物の沈降 (重力分化) によるとされる。

次に斜長石は上半部に多くなり鉄苦土鉱物と逆関係を示している。尚、分化の傾向を示すものとして、鉄鉱物 (チタン鉄鉱、磁鉄鉱、赤鉄鉱) と最終充填物 (玻璃、石英、アルカリ長石) の濃集がある。鉄鉱物は急冷周辺相で、しばしば pyritization により mode に過量に算定される場合がある、ひらたき型では初生量は 4.7% と測定された。興味ある点は最終充填物の量と鉄鉱物の量が平行して増減関係を示している。濃集はとくに上半部の pegmatic layer にみられ最高 5.6% を示す。更にこの場合最終充填物は 17.1% で殆んど微文象構造の石英及びアルカリ長石より構成される。この部分は特に晶出分化及びガス成分の上部への濃集等の結果生成された 1 岩相である。

結論として、上述の経過によりできる pyroxene rich layer が未分化の急冷周辺相に比較し、相対的に構成鉱物のどのような消長関係に於いて成立するかと云う点について次の事があげられる。即ち橄欖石の減少：輝石の著しい増加：斜長石の軽微の増加：鉄鉱物及び最終充填物の減少：等の関係にある。これに对照して、ひらたき型急冷周辺相に対し畑村型の急冷周辺相の関係は次の様になる。橄欖石の軽度の減少：単斜輝石及び斜方輝石は共に減少：最終充填物の著しい増加：鉄鉱物及び斜長石は略等量：等の関係、中田型との間には橄欖石なし：単斜輝石及び斜方輝石の減少：斜長石の著しい増加：鉄鉱物及び最終充填物は略等量：等の関係にある。

従つて中田型及び畑村型は“in situ”の分化により生成される含紫蘇輝石岩相とは、量比関係より一致せず、全般的に消長は非調和的である。特に輝石鉱物の著しい減少と云う点は特に注目すべき現象である。

(ロ) 化学成分より

ひらたき型の各岩相の間には、化学成分上の変化¹⁾も著しく、特に晶出分化及びガス成分の濃集による pegmatic layer にその変化が著しい。又この現象は隣接地域の瀬見 dolerite²⁾、大滝 dolerite³⁾ と同一傾向を示すものである。即ち分化が進むに従い、 SiO_2 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 、 Na_2O 、 K_2O の増加、これに対し Al_2O_3 、 MgO 、 CaO の減少である。更に分化が強度⁴⁾に進むに従い SiO_2 、 MgO 、 Na_2O の変化は急激になる。本報文の問題としては、特に重力分化によつて生成された pyroxene rich layer (第 3 表 No. 9) の化学成分が未分化急冷周辺相に対しどのような成分差を示すかが問題となる。従つて第 3 表 No. 6 及び No. 9 を比較すると、 SiO_2 と Al_2O_3 の減少、 MgO の増加等の変化がみられる。その量著しくないが晶出分化による場合と必ずしも一致しない。

次に中田型、畑村型の中に於いても“in situ”における分化がみられ、その傾向は

- 1) 構成鉱物の量比及び各鉱物の性質も同様に変る。
- 2) 今田 正：岩鉱，41，67~74，1957。
- 3) 今田 正：前出
- 4) segregation vein, granophyre, pegmatite を意味する。

第 3 表 各岩型 (dolerite) 分析値

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	53.54	53.30	49.68	48.90	52.56	48.28	48.36	53.58	47.84
Al ₂ O ₃	17.61	17.74	16.72	16.28	15.76	16.78	14.81	13.80	16.56
Fe ₂ O ₃	4.57	6.21	5.69	5.16	5.96	4.58	7.82	6.17	4.28
FeO	4.91	4.36	3.88	5.87	3.99	4.95	4.86	6.74	5.80
MgO	5.43	5.28	6.78	6.98	5.78	8.02	6.36	3.62	8.88
CaO	7.96	7.78	9.56	9.16	8.74	9.30	9.52	6.12	10.60
Na ₂ O	2.80	2.52	2.30	2.96	2.44	2.15	2.82	4.35	1.96
K ₂ O	0.48	0.62	0.54	0.50	0.92	0.22	0.36	1.35	0.40
H ₂ O (∴)	0.67	0.57	1.48	0.96	1.12	1.86	1.54	0.96	1.26
H ₂ O (—)	1.38	1.56	2.20	1.28	2.06	2.44	1.92	1.24	1.18
TiO ₂	0.79	0.60	0.54	0.48	0.47	0.42	0.45	1.00	0.50
P ₂ O ₅	0.06	0.04	0.36	0.32	0.42	0.09	0.07	0.08	0.11
MnO	trace	0.09	0.01	0.07	0.03	0.14	0.18	0.13	0.22
Total	100.20	100.67	99.74	98.92	100.25	99.23	99.07	99.14	99.59

1. Chilled margins of Nakada type (hypersthene dolerite)
2. Central part of Nakada type
3. Chilled margins of Hatamura type (hypersthene dolerite)
4. Central part (pyroxene rich) of Hatamura type
5. Inner part (micropegmatite rich) of Hatamura type
6. Chilled margins of Hirataki type (olivine dolerite)
7. Normal dolerite (upper) of Hirataki dolerite
8. Pegmatic layer of Hirataki type
9. Pyroxene rich layer of Hirataki type

ひらたき型と同じである (第 3 表で No. 1 より No. 2 へ, 又 No. 3 より No. 4, No. 5 へ)。問題はひらたき型から中田型, 畑村型に各々の急冷周辺相の化学成分上, どのような差違があるかである。いま, 第 3 表, No. 6 より No. 1 及び No. 3 への関係に於いてみると, SiO₂ の増加, Al₂O₃ のやゝ増加, MgO の減少, Na₂O 及び K₂O のやゝ増加, 等の成分差がみられる。この傾向は第 3 表, No. 6 より重力分化により形成された No. 9 への傾向と殆んど一致せず, その程度も著しい。

従つて産地の hypersthene dolerite は岩漿分化 (in situ) の機構によつて olivine dolerite magma より derive されたとは考えられない。特に olivine dolerite と hypersthene dolerite との関係は化学成分上に於いては SiO₂ + Al₂O₃ 含量の増加と MgO の減少及びアルカリ成分の増加と云う点が強調され, mode における輝石量の減少とも調和的である。

最後に本研究は文部省科学研究費をもつて行われた。明記して謝意を表す。