一の目潟の含ケルスート閃石ダナイト捕獲岩について

A kaersutite-bearing dunite xenolith from Ichinomegata, northeastern Japan

荒 井 章 司 (Shoji Arai)*

高 橋 奈 津 子 (Natsuko Takahashi)*

A xenolith of dunite was found in the Ichinomegata ejecta, northeastern Japan. It consists of olivine (80%), clinopyroxene (7.4%), spinel-pyroxene symplectite (5.4%), chromian spinel (4.7%), plagioclase (1.3%), amphiboles (0.6%) and orthopyroxene (0.3%). Olivine is $Fe_{0.8}$ in average composition, and $Cr/(Cr+Al)$ atomic ratio of spinel is around 0.2. Al_2O_3 and TiO_2 contents of clinopyroxene exceed 5 wt.% and 1 wt.%, respectively. Coexistence of relatively magnesian olivine with Al-rich spinel and Al- and Ti-rich clinopyroxene indicates a cumulative origin from some low-degree partial melt (e.g. alkali basalt) of a pyroclitic material. The dunite has suffered from metasomatic alteration which led to the subsolidus crystallization of titanian pargasite and kaersutite and the entrapment of fluid inclusions into olivine and spinel. Amphiboles in this rock are far more enriched in Ti than those in any ultramafic xenoliths ever documented from Ichinomegata. The metasomatizing fluid may have been enriched in Ti and Na over K, implying the consequence of some intra-plate magmatism.

I. はじめに

一の目潟, 三の目潟には, ダナイト, ウェールライト捕獲岩 (西南日本各地では極めて普遍的である) が極めてまれであり, Aoki and Shiba (1974) が, ウェブスタライト中のダナイトパッチの存在を報告しているのみである。ただし, 荒井 (1987) は, カンラン石を9~74% 含むボイキリティックな組織を持つ捕獲岩を記載している。今回, ウェールライト的ダナイトの捕獲岩 (No. I-04) を一の目潟において見出した。この岩石は一の目潟, 三の目潟の捕獲岩としては種々の点で特異であり, ここにその岩石学的性質を報告する。

II. 岩石記載

この捕獲岩 (I-04) は, およそ $5\text{ cm} \times 3\text{ cm} \times 3\text{ cm}$ の大きさで塊状である。等粒状でモザイク組織を有する (第1図A)。モードは, カンラン石 80%, 単斜輝石 7.4%, 斜方輝石 0.3%, 角閃石 0.6%, 斜長石 1.3%, スピネル 4.7%, 輝石-スピネルシンプレクタイト 5.4%, その他 0.3% で, スピネルに富むウェールライト的ダナイトである。斜方輝石は細粒微量で単斜輝石のまわりのみ存在し, サブ・ソリダスでの単斜輝石からの

離溶を示唆している。斜長石とカンラン石の間には必ず, 輝石-スピネルシンプレクタイトが形成されている。スピネルは黄褐色でシンプレクタイトに接する部分では緑色を帯びる。単斜輝石には微細なスピネルのラメラが著しい。角閃石は必ず累帯構造を呈する。淡褐色のコアは不定形であり, 褐色のリムとの境界は非常にシャープである (第1図B)。

また, メタゾマティズムを示唆する次の様な組織が見られる。

(1) 単斜輝石はしばしば細脈状に褐色角閃石により置換されている (第1図C, D)。

(2) スピネルはしばしば暗褐色の細脈により貫かれている (第1図E, F)。

(3) (1), (2) の細脈はしばしばカンラン石, スピネル中の流体包有物の列に移行する (第1図C, E)。

III. 鉱物の化学組成

代表的な EPMA 分析値を第1表に掲げる。カンラン石は均質であり, $Fe_{0.86-0.87}$ (平均 $Fe_{0.86.8}$) の組成を有する。NiO 含有量は 0.2 wt% 程度である。単斜輝石はコアからリムにかけて Al, Ti 含有量がやや減少する累帯構造が認められる。 $Mg/(Mg+Fe^*)$ (Fe^* …全鉄) 原子

* 筑波大学地球科学系
〒305 茨城県新治郡桜村天王台 1-1-1

(昭和 61 年 11 月 29 日受付
昭和 62 年 1 月 9 日受理)

第1図 I-04 ダナイトの偏光顕微鏡写真。スケールは、Bのみ0.2 mm, 他は0.5 mm。a, 角閃石; s, スピネル; f, 流体包有物の列。A, モザイク等粒状組織。オープンポーラー。黒色部分はスピネル。B, 著しい果帯構造を示す角閃石。コアはチタンパーガス閃石, 暗色のリムはケルスート閃石である。スピネル以外の黒色部分は火山ガラス。直交ポーラー。C, スピネルを貫く流体包有物の列。オープンポーラー。D, Cの直交ポーラーの写真。スピネル中の流体包有物の列が, 単斜輝石中の角閃石(チタンパーガス閃石) 細脈に連続している。E, スピネル中の暗色バンド(矢印)。カンラン石中の流体包有物の列に連続することに注意。オープンポーラー。F, 暗色バンド(矢印)を有するスピネルの拡大写真。オープンポーラー。

比は0.89程度である。コアは Al_2O_3 (5 wt% 以上), Cr_2O_3 (0.5 wt% 以上), TiO_2 (1 wt% 以上) に富んでいる。斜方輝石は Al_2O_3 (3~2 wt%), Cr_2O_3 (0.2 wt% 前後), CaO (0.5 wt% 前後) に乏しく, $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^*)$ 原子比は, 0.87~0.88 である。スピネルは一般に均質で, $\text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al})$ 原子比は0.22 前後である。シンプレ

クタイトに接している場合は著しい果帯構造を呈し, 同比はリムで0.1 前後まで低下する。スピネル中の暗褐色のバンドは TiO_2 にやや富み, $\text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al})$ 原子比もやや高い(0.235) (第1表)。斜長石も果帯構造を呈し, コアで An_{79} , リムで An_{69} である。角閃石は組成の上から2つのグループに分けることができる(第2

第1表 I-04 ダナイトの構成鉱物の代表的マイクロプロブ分析値

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mineral	ol	cpx	opx	sp	sp	pl	amph	amph	amph
SiO ₂	39.99	49.75	55.61	0.06	0.12	48.04	40.44	41.64	41.72
TiO ₂	0.01	1.50	0.10	0.41	0.77	nd	5.79	4.12	4.06
Al ₂ O ₃	0.01	5.68	2.77	43.94	42.87	32.12	13.48	13.35	13.39
Cr ₂ O ₃	0.05	0.75	0.19	19.29	19.61	nd	0.10	1.10	0.44
FeO*	12.62	3.36	8.22	19.01	19.27	0.18	6.57	5.29	5.86
MnO	0.23	0.19	0.23	0.22	0.17	nd	0.03	0.11	0.08
MgO	46.41	14.91	32.82	16.27	16.88	nd	15.20	16.34	16.25
CaO	0.02	23.14	0.54	0.01	0.02	16.16	11.35	11.69	11.81
Na ₂ O	nd	0.55	0.05	nd	nd	2.40	2.58	2.85	2.88
K ₂ O	nd	0.00	0.00	nd	nd	0.01	0.00	0.00	0.03
NiO	0.26	0.02	0.29	0.27	0.29	nd	0.01	0.11	0.02
Total	99.59	99.87	100.14	99.49	100.01	98.91	95.56	96.60	96.55
Mg*	0.868	0.888	0.877	0.683	0.711		0.805	0.846	0.832
Ca*						0.788			
Cr*				0.228	0.235				

ol, カンラン石; cpx, 単斜輝石; opx, 斜方輝石; sp, スピネル; pl, 斜長石; amph, 角閃石。FeO*, 全鉄としての FeO。Mg*, スピネルでは
 ストイキオメトリを仮定して計算した Mg/(Mg+Fe²⁺) 原子比, 他
 については Mg/(Mg+Fe*) 原子比 (Fe*, 全鉄)。Ca*, Ca/(Ca+Na) 原
 子比。Cr*, Cr/(Cr+Al) 原子比。No. 5 は, No. 4 中に暗色バンドをな
 す部分 (第1図 E, F を見よ)。No. 7, No. 8 はそれぞれ独立した角閃石
 粒子のリムとコア (第1図 B を見よ)。No. 9 は単斜輝石中の細脈をなす
 もの (第1図 C, D を見よ)。nd, 測定せず。

第2図 一の目湯の超マフィック捕獲岩中の角閃石の組成。縦軸, O=23 とした時の Ti 原子の数。横軸, Mg/(Mg+Fe*) 原子比 (Fe*, 全鉄)。黒丸, I-04 ダナイト。白丸, レールゾライト (Aoki and Shiba, 1973; Takahashi, 1980; 荒井, 未公表資料)。白三角, ウェブスタライト (Aoki and Shiba, 1973)。白四角, カンラン石キュムレート (ボーキリテック組織を有する) (荒井, 1987)。ケルスート閃石, パーガス閃石の境界は Hawthorne (1981) による。

第3図 超マフィック捕獲岩中およびメガクリストの角閃石の TiO_2 - K_2O - Na_2O 重量比。白丸, ケルスート閃石; 黒丸, パーガス閃石。データは, 荒井 (未公表), Aoki and Shiba (1973), Bergman *et al.* (1981), Best (1974, 1975), Dawson and Smith (1982), Embey-Isztin (1976), Francis (1976), Goto (1976), Griffin *et al.* (1984), Shcheka and Shcheka (1973), Takahashi (1980), Varne (1970), Vinx and Jung (1977) より。

図)。1つは, $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^*)$ 原子比が $0.83\sim 0.85$ で Ti に比較的乏しいもの, 他は $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^*)$ 原子比が 0.81 前後で Ti に富むものである。前者はチタン・パーガス閃石, 後者は, ケルスート閃石 (Hawthorne, 1981) である。一方, 一の目潟の超マフィック岩中の角閃石はすべてパーガス閃石である (Aoki and Shiba, 1973)。チタン・パーガス閃石は, 独立した粒子のコア及び, 単斜輝石中の細脈をなし (第1図, B, D), ケルスート閃石は独立した粒子のリムを形成している (第1図 B)。一の目潟の超マフィック岩中のパーガス閃石は K に乏しい (Aoki and Shiba, 1973; Takahashi, 1980) ものであるが, このダナイトの角閃石は更に特異なもので, Ti に富み, K を含まない。このような組成の角閃石は今までに報告がない (第3図)。

平衡温度は Wood and Banno (1973) で約 940°C , Wells (1977) で約 850°C を与え, Takahashi (1978) の一の目潟マントル, カンラン岩の平衡温度の範囲に含まれる。

IV. 議 論

この岩石は, Fo_{87} のカンラン石と $\text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al})$ 比 0.2 程度のスピネルを有しており, レールゾライトを溶け残り物質とする比較的低度の部分融解により生じたメルトからのキュムレートと考えることができる (荒井, 1987)。単斜輝石の高い Al_2O_3 , TiO_2 含有量 (第1表) は, アルカリ玄武岩質メルトを示唆している。

角閃石類はすべて2次的にメタゾマティズムによって形成されたものであろう。独立した粒子のコアも単斜輝石中の細脈と同様の化学組成を有し, 2次的形成を強く示唆している。この岩石の角閃石は他の一の目潟産の超マフィック岩中の角閃石に比べて極めて Ti に富んでおり (第2図), メタゾマティズムに関与した流体も一の目潟のものとしては極めて特異な組成を有していた事を意味する。この流体は, スピネルにも Ti を付加している (第1図 A; 第1表)。フロゴパイトが形成されていない事, 角閃石の K 含有量が極めて低い事 (第3図) から, この流体の K/Na 比が低かった事

が推定される。超マフィック捕獲岩中の角閃石(第3図)が一般に、アルカリ玄武岩~ペイサナイトマグマの地下での活動に關与して形成されたとする(例えば Vinx and Jung, 1977; Bergamn *et al.*, 1981; Embey-Isztin, 1976)と、ここに記載した一の目瀾のダナイト中の角閃石は、Tiに富み、アルカリ玄武岩~ペイサイトよりNa/K比が低いマグマ、例えば、プレート内マグマ(例えば台地玄武岩、海洋島玄武岩等)に由来する流体から形成されたものである可能性がある。

V. 結 論

1. 一の目瀾の捕獲岩として Fo_{87} のカンラン石を有するウェールライト的ダナイトが発見され、初めて記載された。

2. スピネルの $\text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al})$ 比は約0.22と低く、また単斜輝石は Al_2O_3 (5 wt% 以上), TiO_2 (1~1.5 wt%)に富み、アルカリ玄武岩のような低度の部分融解により生じたマグマからのキュムレートであろう。

3. 角閃石はすべて2次的にメタゾマティズムで生じたものであり、組成の上からケルスート閃石とチタン・パーガス閃石に分けることができる。これらの角閃石は、今まで記載された一の目瀾の超マフィック岩中のどの角閃石よりもTiに富む。また、ほとんどKを含んでいない。

4. このダナイトに角閃石を形成した流体は、一の目瀾の下の上部マントルに普遍的に角閃石(パーガス閃石)を形成した流体とは明らかに性質が異なり、その組成からはプレート内マグマ(台地玄武岩、海洋島玄武岩)の様なTiに富みK/Na比の比較的低いマグマとの関連を示唆するように思える。

引用文献

- 荒井章司 (1987), 一の目瀾・三の目瀾の“カンラン石キュムレート”捕獲岩. 岩鉱, **82**, 51-59
- Aoki, K. and Shiba, I. (1973), Pargasites in lherzolite and websterite inclusions from Itinomegata, Japan. *J. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.*, **68**, 303-310.
- Bergman, S.C., Foland, K.A. and Spera, F.J. (1981), On the origin of an amphibole-rich vein in a peridotite inclusion from the Lunar Crater Volcanic Field, Nevada, U.S.A. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **56**, 343-361.
- Best, M.G. (1974), Mantle-derived amphibole within inclusions in alkalic-basaltic lavas. *J.*

- Geophys. Res.*, **79**, 2107-2113.
- Best, M.G. (1975), Amphibole-bearing cumulate inclusions, Grand Canyon, Arizona and their bearing on silica-undersaturated hydrous magmas in the upper mantle. *J. Petrol.*, **16**, 212-236.
- Dawson, J.B. and Smith, J.V. (1982), Upper-mantle amphiboles: a review. *Mineral. Mag.*, **45**, 35-46.
- Embey-Isztin, A. (1976), Amphibolite/lherzolite composite xenolith from Szigliget, north of the Lake Balaton, Hungary. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **31**, 297-304.
- Francis, D.M. (1976), Amphibole pyroxenite xenoliths: cumulate or replacement phenomena from the upper mantle, Nunivak Island, Alaska. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **58**, 51-61.
- Goto, K. (1986), Lamprophyre dikes and mafic-ultramafic xenoliths at Shingu, the outer zone of southwestern Japan. Unpublished thesis, Univ. Tsukuba, 53 pp.
- Griffin, W.L., Wass, S.Y. and Hollis, J.D. (1984), Ultramafic xenoliths from Bullenmerri and Gnotuk maars, Victoria, Australia: petrology of a sub-continental crust-mantle transition. *J. Petrol.*, **25**, 53-87.
- Hawthorne, F.C. (1981), Crystal chemistry of amphiboles. In Veblen, D.R. (ed.), Amphiboles and other hydrous pyriboles—Mineralogy. Mineral. Soc. Amer., Rev. Mineral., **9A**, 1-102.
- Shcheka, S.A. and Shcheka, Zh. A. (1973), New find of chrome amphibole. *Dokl. Akad. Nauk USSR*, **211**, 134-138.
- Takahashi, E. (1980), Thermal history of lherzolite xenoliths-I. Petrology of lherzolite xenoliths from the Ichinomegata crater, Oga Peninsula, northeast Japan. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **44**, 1643-1658.
- Varne, R. (1970), Hornblende lherzolite and the upper mantle. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **27**, 45-51.
- Vinx, R. and Jung, D. (1977), Pargasitic-kaersutitic amphibole from a basanitic diatreme at the Rosenberg, north of Kassel (north Germany). *Contrib. Mineral. Petrol.*, **65**, 135-142.
- Wells, P.R.A. (1977), Pyroxene thermometry in simple and complex systems. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **62**, 129-139.
- Wood, B.J. and Banno, S. (1973), Garnet-orthopyroxene and orthopyroxene-clinopyroxene relationships and complex systems. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **42**, 109-124.