愛知県黄柳野超塩基性岩体のカンラン石はんれい岩とその斜長石

猪 俣 道 也*

Plagioclase and the host olivine gabbro from the Tsugeno
ultrabasic mass, Aichi Prefecture

Michiya INOMATA*

Abstract The ultrabasic rocks in the Mikabu zone usually contain saussurite (clinozoisite + grossular + chlorite, etc.) which suggests original calcic plagioclases. Nevertheless, fresh magmatic plagioclase has not been reported up to now. Olivine gabbro with fresh magmatic plagioclase has been first found in the Tsugeno ultrabasic mass which shows a layered structure composed of wehrlite in the lower part, frequent alternation of gabbro and wehrlite in the middle part, and hornblendite in the upper part. The olivine gabbro consists of olivine (Fo_{83}), clinopyroxene ($\text{Ca}_{43.8}\text{Mg}_{47.5}\text{Fe}_{8.7}$), plagioclase, paragonite, magnetite and sulfides, and is ultrabasic in bulk chemical composition (Table 1). Plagioclase is anhedral bytownite (An_{85}). Its composition was determined by EPMA analysis and from refractive indices:

$$\alpha = 1.5703 \pm 0.0003, \quad \gamma = 1.5801 \pm 0.0002.$$

Based on the experimental works on plagioclase and amphibole by many workers, it is supposed that the olivine gabbro was crystallized at about 5—6 kb and at lower temperature than 1,100°C.

はじめに

西南日本外帯のみかぶ帯に分布する超塩基性岩体についての研究は近年かなり進んできており (ONUKI, 1966; RESEARCH GROUP OF PERIDOTITE INTRUSION, 1967; TAZAKI, 1966; 田崎, 1967; IIZUMI, 1968; NAKAMURA, 1971; 飯泉, 1972; INOMATA & TAZAKI, 1974; 田崎・猪俣, 1974; 牧本, 1978; 猪俣, 1978), かんらん岩およびはんれい岩にソシユール石化した斜長石が含まれていることがわかっているが, まだ新鮮で初生的な斜長石は, 超塩基性岩体中から見い出されていない。しかし, みかぶ帯以外のいくつかの岩体の斜長石については, たとえば, 幌満岩体では $\text{An}_{88}^{**} \sim \text{An}_{60}$ (NAGASAKI, 1966; 天白, 1967), ウェンザル岩体では $\text{An}_{83} \sim \text{An}_{41}$ (KOMATSU, 1975), 瀬戸川層群中のかんらん岩では $\text{An}_{96} \sim \text{An}_{91}$ (TAKASAWA, 1976) などの記載がある。

一方, 浜名湖北方の愛知・静岡県境付近の地域には多数の“みかぶ緑色岩類 (Meta-Volcanics)”と共に大小多数の超塩基性複合岩体^{うぶさん}が露出しており, これらの岩体は雨生山超塩基性複合岩体と名付けられた (猪俣, 1978)。そのうち代表的な岩体の1つに黄柳野超塩基性岩体があり, この岩体中には新鮮な斜長石を含むカンラン石はんれい岩が見い出されたので, その斜長石とカンラン石はんれい岩について報告する。

黄柳野超塩基性岩体

本岩体の周辺の地質については, 既に報告してあるので (猪俣, 1978), 問題のカンラン石はんれい岩を含む岩体についてのみ記述する (Fig. 1)。

黄柳野超塩基性岩体は, 鳳来町黄柳野を中心として富幕山北斜面に楕円状に露出する $2\text{km} \times 1\text{km}$ の岩体で, 西部では断層が走り破碎が進んでいる。周囲の奥山層の片理 (本地域においては層理とほぼ同じ傾向をもつ) と岩体の外形とは調和的であり, 2ヶ所にルーフ・ペンダント状に奥山層が岩体の上につけている。構成岩石は,

1979 年 3 月 29 日 受理

* 〒259-11 神奈川県伊勢原市神戸 581 番地。Godo 581, Isehara-shi, Kana-gawa-Ken, 259-11 Japan.

** 含まれている斜長石のアノーサイト成分を示す。

Fig. 1. Tsugeno ultrabasic mass and sampling site of the olivine gabbro.

A. dunite, B. wehrlite, C. gabbro, D. hornblende, E. layered structure, F. sampling site.

The Okuyama Formation (the meta-volcanics) are distributed in the surrounding area of the mass.

ダナイト・ウェールライト・はんれい岩・角閃石岩であるが、ダナイトは西部に多く、東部では、層状構造が認められるウェールライト・はんれい岩・角閃石岩が多く分布する。岩体の形態は層状構造から判断して約1kmの半同心円状に累帯したドーム状のものであり、角閃石岩が最上位（最外殻部）に位置するものと推定できる。

ダナイトは蛇紋岩化されているが比較的新鮮な部分のモード組成は、カンラン石74%、単斜輝石1%、スピネル8%、蛇紋石17%である。微量の褐色普通角閃石が含まれていることもある。

ウェールライトは、はんれい岩と漸移的であるが、一部でははんれい岩がウェールライト中に貫入しているのが観察される。ウェールライトには、カンラン石・単斜輝石・斜長石（変質してソシユール石化し、クリノゾイサイト・グロシユール・緑泥石などの集合体になっている）の多少による層状構造*が認められ、斜長石が多い部分ははんれい岩層に移りかわる。代表的なウェールライトのモード組成は、カンラン石60%、単斜輝石6%、褐色普通角閃石2%、スピネル10%、蛇紋石22%であ

* ダナイトの一部にも微量の斜長石が含まれ層状構造が認められる。

る。時に微量の金雲母を含むこともある。

はんれい岩は岩体東部に発達しており相対的に上位と思われるウェールライトの部分に多く分布し、ウェールライト中に層状に出現する。ほとんどのはんれい岩がソシユール石化したものであるが、岩体南部では、新鮮な斜長石が残留しているカンラン石はんれい岩が見い出された（Fig. 1の星印）。ソシユール石化したはんれい岩は肉眼的には青白色～白色を呈するが、このカンラン石はんれい岩は暗灰色である。両者の関係は漸移的であり斜長石が変質されず部分的に初生的な状態で残留したものであると思われる。ソシユール石化したはんれい岩の構成鉱物は単斜輝石・ソシユール石（クリノゾイサイト・グロシユール・緑泥石・パンペリー石などの集合体）・緑泥石・イルメナイト・褐色普通角閃石である。

角閃石岩は岩体東南部の周縁部に分布し、塊状であるが、細かい節理が発達している。若干蛇紋岩化している部分も存在するが量的には多くない。角閃石の平均粒径は0.1mm程度である。一部には斜長石（ソシユール石化している）を含む角閃石はんれい岩も認められる。代表的な角閃石岩のモード組成は、褐色普通角閃石91%、

Fig. 2. Photomicrograph of the olivine gabbro.
Pl. plagioclase, Cpx. clinopyroxene,
Ol. olivine. crossed nicols.
The scale indicates 0.1 cm.

不透明鉱物(磁鉄鉱+硫化鉄) 4%, 蛇紋石および緑泥石 5%である。

カンラン石はんれい岩

ソシユール石化したはんれい岩とカンラン石はんれい岩とは前述したとおり漸移的であり、黄柳野超塩基性岩体の1岩相であることは明らかである。構成鉱物はカンラン石・単斜輝石・斜長石・褐色普通角閃石・磁鉄鉱(+硫化鉄)であり、モード組成を Table 1 に示す。顕微鏡写真を Fig. 2 に示す。等粒状で最大粒径 0.5 cm に達し、カンラン石はしばしばキンクバンド・ディスプレイーションを示す。また、単斜輝石がカンラン石をポイキリティックに含むことも認められる。単斜輝石は劈開が発達しており、(100)面および(010)面に平行に針状の磁鉄鉱を含んでいる(猪俣・久保, 1974)。斜長石は他形的であり、カンラン石と接触していることも多いが、両者の間に反応縁は認められない。斜長石の双晶には、アルバイト・カールスバッド式・カールスバッド式・ペリクリン式のものがみられる。角閃石は極めてまれであり、微小で間隙充填状に産出する。不透明鉱物は、おもに磁鉄鉱であるが硫化鉄も認められる。

全岩化学組成を Table 1 に示すが、超塩基性岩と呼んでさしつかえないものである。ウェルライトの組成と比較すると、当然のことであるが、 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO}$ ・アルカリに富み、 MgO に乏しい。しかし、大差がある訳ではなく超塩基性岩体の1岩相としての性質からはずれものではない。

鉱物の化学組成は、カンラン石 Fo_{83} 、単斜輝石 $\text{Ca}_{43.8} \text{Mg}_{47.5} \text{Fe}_{8.7}$ で、 Al_2O_3 は 4% 含まれ、角閃石はパ

Table 1. Chemical composition of plagioclase and the host olivine gabbro (702).
Analyst: M. INOMATA.

Plagioclase*			Whole rock**		Mode	
O=32						
SiO ₂	48.25	Si	8.774	SiO ₂	43.85	Ol 33.8
TiO ₂	0.02	Al	7.340	TiO ₂	0.30	Cpx 33.1
Al ₂ O ₃	34.25	Ti	0.003	Al ₂ O ₃	9.23	Pl 33.1
FeO***	0.24	Fe	0.036	Fe ₂ O ₃	3.06	Hb trace
				FeO	5.75	Sp trace
				MnO	0.08	Total 100.0
MnO	0.03	Mn	0.004	MgO	27.80	Ol:olivine
MgO	0.03	Mg	0.008	CaO	8.67	Cpx:clinopyroxene
CaO	15.95	Ca	3.107	Na ₂ O	1.00	Pl:plagioclase
Na ₂ O	1.59	Na	0.560	K ₂ O	0.20	Hb:hornblende
K ₂ O	0.01	K	0.002	H ₂ O(+)	0.41	Sp:spinel
Total 100.38		Na	.153	H ₂ O(-)	0.05	
		Ca	.847	P ₂ O ₅	0.07	
		K	.001	Total 100.47		

* EPMA analysis.

** Wet chemical analysis

*** Total Fe as FeO .

Table 2. Microprobe analyses of olivine, clinopyroxene, pargasite and spinel of the olivine gabbro. Analyst: M. INOMATA.

	1	2	3	4
SiO_2	40.06	53.14	44.36	TiO_2 3.94
TiO_2	0.02	0.55	2.34	Al_2O_3 4.92
Al_2O_3	-	4.03	12.34	Cr_2O_3 13.80
FeO^*	16.23	4.98	7.35	Fe_2O_3 41.96
MnO	0.27	0.15	0.13	FeO 31.89
MgO	44.14	15.29	15.35	MnO 0.42
CaO	0.01	19.61	10.85	MgO 2.04
Na_2O	0.03	0.42	2.73	Total 98.95
K_2O	0.01	0.02	0.32	O=32
Total	100.77	98.19	95.77	Ti .875
O=4		O=6	O=23	Al 1.710
Si 1.003		1.959	6.470	Cr 3.221
Al -		.175	2.121	Fe^{+3} 9.319
Ti .001		.015	.257	Fe^{+2} 7.874
Fe .340		.154	.898	Mn .105
Mn .006		.005	.016	Mg .898
Mg 1.647		.841	3.339	$\text{R}_2\text{O}_3/\text{RO}$ 15.1/8.9
Ca .000		.775	1.695	Al .120
Na .002		.030	.771	Cr .226
K .000		.001	.060	Fe^{+3} .654
				Cr/(Al+Cr) .653
				Ti .073
				Al .144
				Fe^{+3} .783
				Fe^{+2} .887
				Mn .012
				Mg .101
				$\text{Fe}^{+2}/(\text{Fe}^{+2}+\text{Mg})$.898

* Total Fe as FeO

** $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}+\text{Mn})$

1:Olivine(702,Ol-3),

2:Clinopyroxene(702,Cpx-2),

3:Pargasite(702,Hb-1-1),

4:Spinel(702,Op-2).

ーガス閃石であり、スピネルは、クロミウムに富んだ磁鉄鉱である (Table 2)。

斜長石について

斜長石は、アイソダイナミックセパレーターにより分離し、屈折率を浸液法により測定し、 $\alpha = 1.5703 \pm 0.0003$, $r = 1.5801 \pm 0.0002$ を得た。一方、化学組成は、EPMAにより求め Table 1 の結果を得た。 An_{85} でバイトウ

ナイトであり、SMITH (1957)による屈折率と An 組成関係図を使って、屈折率から予想される組成とほぼ一致する。

さて、ソシール石はみかぶ帯のかんらん岩にしばしば含まれており、初生的には、Ca に富む斜長石が存在していたと推定されていた。ここで扱ったカンラン石はんれい岩は産状からも、化学組成の面からも超塩基性岩体の 1 岩相であり、また岩石の組織からは、magmatic なものと判断できるので、ダナイトおよびウェーライトに含まれていた斜長石も、このカンラン石はんれい岩の斜長石の組成と大きな違いはなかったものと推察できる。すなわち、ダナイトおよびウェーライトに含まれていた初生的な斜長石は、An₈₅ 前後のものを予想するのが最も適当であると思われる。このことは、WAGER & BROWN (1967) が、各種の層状貫入岩体の斜長石についてまとめ、玄武岩質マグマから最も早期に晶出する結晶は、An₈₅ 前後のバイトウナイトであるとしたことと調和しており興味深い。

次に、このカンラン石はんれい岩の形成条件について考えてみよう。鉱物組合せは、すでに述べたようにカンラン石+単斜輝石+斜長石+角閃石+磁鉄鉱であり、それぞれの鉱物の化学組成は実験で使われるような純粋な端成分組成ではないので厳密なことは言えないが、ある程度の範囲で条件を限定できる。すなわち、KUSHIRO & YODER (1966) の実験によれば、無水の場合、アノサイト+フォーステライトの鉱物組合せは、1,000°C で約 8 kb 以下、1,300°C で約 9 kb 以下で安定であり、GREEN & HIBBERSON (1970) の実験によれば、フェイライト成分がカンラン石に入ることにより、安定限界がより低圧側にシフトすることがわかっている。また、最近の角閃石の安定限界についてのいくつかの研究 (ALLEN *et al.*, 1972, 1975; ALLEN & BOETTCHER, 1973, 1978; MYSEN & BOETTCHER, 1976) によれば、ザクロ石ウェブステライトの場合は、15 kb 付近の圧力で角閃石の安定限界温度は最も高く 1,125°C 前後になり、他の場合には、1,100°C 以下である。

問題のカンラン石はんれい岩は、カンラン石と斜長石をもち、お互いに接触して共存し反応縁は認められないことから、圧力は、約 8 kb 以下と限定できる。一方、温度については、微量ではあるが角閃石が含まれることにより、1,100°C 以下と推定できる。

すでに NAKAMURA (1971) は、鳥羽超塩基性複合岩体で、同様に斜長石の安定関係から圧力を推定しており、斜長石の量比からマグマ溜りでこのような組合せができ

るのは、さらに低圧ではないかとしている。また、田崎・猪俣 (1974) は、関東山地の金雲母パーガス閃石単斜輝石かんらん岩の含水鉱物についての考察により、15 kb 以下、950°~1,050°C 以下の限定をした。最近、牧本 (1978) は、OBATA *et al.* (1974) の方法により、塩川かんらん岩体のカンラン石と単斜輝石の Fe-Mg 分配関係から平衡温度を推定し、800°C 以上を得ている。

一方、Kilauea 1921, カンラン石ソーレイトの溶融体と斜長石の圧力による密度変化において、An₉₀ の斜長石の密度は約 6 kb を境界に、低圧側では溶融体の密度より大きくなり、斜長石はマグマの中で沈み、高圧側であると溶融体の密度より小さくなり、斜長石はマグマの中で浮き、また、An₆₅ の斜長石の密度は、極めて低圧まで溶融体の密度より小さく斜長石はマグマ中で浮くことがわかっている (FUJII & KUSHIRO, 1977)。この結果から推察するに、溶融体の密度と斜長石の密度の一致する圧力は、斜長石の An 成分が 5% 減少すると大体 1 kb 低圧側に移動し、An₈₅ の組成の斜長石の場合には、約 5 kb であると思われる。もちろん、問題のカンラン石はんれい岩は、カンラン石ソーレイトとは化学組成が異なり、この結果をそのまま適用することはできないが、傾向としては、この測定結果から大きくはずれるものではないものと思われる。そこで、もし、5~6 kb より高い圧力のところで玄武岩質マグマより斜長石が早期に晶出したとしても、結晶は浮いてしまい、カンラン石・輝石が沈積し斜長石が入り込める可能性は少ないであろう。

ここで問題にしたカンラン石はんれい岩の場合は、モード組成、斜長石・単斜輝石の形態などを考慮すると、斜長石・単斜輝石は、ほぼ同じ時期に晶出したと考えられ、マグマと斜長石の密度がほぼ同じになった圧力のところ、すなわち、5~6 kb の圧力のところを考えるのが適当であると思われる。この圧力は、先にカンラン石+斜長石の鉱物組合せから推定した 8 kb 以下ということと調和する。

なお、斜長石のソシール石化の問題は、今後に残された問題である。

謝 辞 田崎耕市博士はじめ岡山大学温泉研究所温泉地質部門の方々には、EPMA 使用の便宜を計っていただいた。牛来正夫博士・端山好和博士には草稿の段階で多くの御助言をいただいた。また、岩崎正夫博士には原稿について多くの御助言をいただいた。ここに記して感謝致します。

なお、湿式化学分析などは、東京教育大学所属中にお

こなったものであり、研究の一部に文部省科学研究費を使用した。

文 献

- ALLEN, J. C. and BOETTCHER, A. L., 1973 : Phase relations and the stability of amphiboles in olivine nephelinite at high pressures (abstr). *EOS*, **54**, 481.
- and ———, 1978 : Amphiboles in andesite and basalt : II. Stability as a function of P - T - f H_2O - f O_2 . *Amer. Mineral.*, **63**, 1074—1087.
- , ——— and MARLAND, G., 1975 : Amphiboles in andesite and basalt : I. Stability as a function of P - T - f O_2 . *Ibid.*, **60**, 1069—1085.
- , MODRESKI, P. J., HAYGOOD, C., and BOETTCHER, A. L., 1972 : The role of water in the mantle of the earth : The stability of amphiboles and micas. *Proc.*, 24th Int. Geol. Congr., **2**, 231—240.
- FUJII, T. and KUSHIRO, I., 1977 : Density, viscosity and compressibility of basaltic liquid at high pressures. *Carnegie Inst. Washington Year Book* 76, 419—424.
- GREEN, D. H. and HIBBERSON, W., 1970 : The instability of plagioclase in peridotite at high pressure. *Lithos*, **3**, 209—221.
- IZUMI, S., 1968 : The Ogawara ultrabasic intrusion, Nagano prefecture in central Japan (part I). *Chikyu Kagaku*, **22**, 267—273.
- 飯泉 滋, 1972 : 長野県大河原付近に産する塩基性・超塩基性岩類の Rb・Sr 含量と Sr 同位体比. 岩鉱, **67**, 203—208.
- 猪俣道也, 1978 : 浜名湖北方雨生山・富幕山周辺における“みかぶ緑色岩”と超塩基性複合岩体の地質. 地球科学, **32**, 336—344.
- ・久保和也, 1974 : ラメラ様磁鉄鉱を含む単斜輝石について. 日本地質学会第 81 年学術大会講演要旨, 348.
- INOMATA, M. and TAZAKI, K., 1974 : Phlogopite and Ti-pargasite bearing ultramafic rocks from the Mikabu zone, central Japan. *Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.*, **69**, 205—214.
- KOMATSU, M., 1975 : Recrystallization of the high alumina pyroxene peridotite of the Uenzaru area in Hidaka province, Hokkaido, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **81**, 11—28.
- KUSHIRO, I. and YODER, H. S., 1966 : Anorthite-forsterite and anorthite-enstatite reactions and their bearing on the basalt-eclogite transformation. *Jour. Petrol.*, **7**, 337—362.
- 牧本 博, 1978 : 長野県下伊那地方の入沢井超苦鉄質複合岩体の岩石学—塩川かんらん岩体の岩石記載と化学的性質—. 地質雑, **84**, 317—329.
- MYSEN, B. O. and BOETTCHER, A. L., 1976 : Melting of a hydrous mantle : III. Phase relations of garnet websterite+ H_2O at high pressures and temperatures. *Jour. Petrol.*, **17**, 1—14.
- NAGASAKI, H., 1966 : A layered ultrabasic complex at Horoman, Hokkaido, Japan. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo*, (2), **16**, 313—346.
- NAKAMURA, Y., 1971 : Petrology of the Toba ultrabasic complex, Mie prefecture, central Japan. *Ibid.*, **18**, 1—51.
- OBATA, M., BANNO, S. and MORI, T., 1974 : The iron-magnesium partitioning between naturally occurring coexisting olivine and Ca-rich clinopyroxene : an application of the simple mixture model to olivine solid solution. *Bull. Soc. fr. Mineral. Crystallogr.*, **97**, 101—107.
- ONUKE, H., 1966 : On the iron-rich peridotites in the Sanbagawa metamorphic belt of the Kanto mountains. *Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.*, **55**, 39—47.
- RESEARCH GROUP OF PERIDOTITE INTRUSION, 1967 : Ultrabasic rocks in Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **73**, 543—553.
- SMITH, J. R., 1957 : Optical properties of heated plagioclases. *Carnegie Inst. Washington Year Book* **56**, 216.
- TAKASAWA, K., 1976 : Anorthite in peridotites from the Setogawa Group, Shizuoka prefecture, central Japan. *Chikyu Kagaku*, **30**, 163—169.
- 天白俊馬, 1967 : 北海道幌満産かんらん岩中の斜長石について. 地球科学, **85**, 10—13.
- TAZAKI, K., 1966 : Ultrabasic rocks in the northern Kwanto mountains, central Japan. *Chikyu Kagaku*, **84**, 14—24.
- 田崎耕市, 1967 : 北関東山地の超塩基性岩の単斜輝石. 岩鉱, **57**, 137—144.
- ・猪俣道也, 1974 : 北関東山地, 単斜輝石かんらん岩の金雲母とパーガス閃石. 岡山大学温研報告, no. 43, 1—13.
- WAGER, L. R. and BROWN, G. M., 1967 : *Layered igneous rocks*. 588p., Olive and Boyd Ltd. Edinburgh.