研究報文

北上山地の超塩基性岩類にみられる変成鉱物 (I)

苦土橄欖石

Metamorphic minerals in the ultramafic rocks from

Kitakami mountainland (I)

Forsterite

大 貫 仁 (Hitoshi Onuki)*

Abstract : Some parts of the ultramafic bodies in the Kitakami mountainland have been metamorphosed by the granitic intrusions. The forsterite, which is presumably a metamorphic mineral, in the ultramafic rock metamorphosed by the Hitokabe granitic body at Daito-machi, Iwate Prefecture, has been studied. The chemical formula of the forsterite is determined as $(\text{Mg}_{1.87} \text{Fe}^{2+}_{0.11} \text{Fe}^{3+}_{0.01} \text{Ni}_{0.11})_{2.00} \text{Si}_{1.00} \text{O}_{4.00}$. Chemically no difference is observed between this forsterite and the forsterite in the ordinary ultramafic rocks. Some consideration of the chemical similarity of the two types of olivines is discussed. This forsterite is probably regenerated together with talc by thermal metamorphism of a serpentine at the P-T condition corresponding to the hornblende hornfels facies.

1. 緒 言

北上山地に広く超塩基性岩類が分布することはよく知られている。これらの超塩基性岩類の一部はのちの花崗岩質岩体の進入による接触変成作用を受け、諸種の変成鉱物を形成している。北上山地における超塩基性岩類の花崗岩質岩体による接触変成現象については、蝶ヶ森 (山田, 1942), 宮守 (関, 1950, 1951), 田河津 (島津, 1954), 早池峯 (浅井, 1955) において、それぞれ記載せられているが、変成鉱物の化学的資料は殆んどない。したがって筆者は超塩基性岩中にみられる変成鉱物について化学的研究をすすめてきた。ここにはまず接触変成作用の産物と考えられる苦土橄欖石について報告する。

本研究を行うに際し、御指導を賜った河野義礼教授、適切な御批判を戴いた八木健三教授、植田良夫助教授、青木謙一郎博士に御礼申し上げる。

* 東北大学理学部岩石鉱物鉱床学教室

(昭和 37 年 6 月 10 日受理)

2. 地 質

岩手県東磐井郡大東町北部には、所謂田河津岩体群に属する小さな超塩基性岩体が分布する。その一つは蓬萊山(787m)を中心に長く南北にのびる蓬萊山岩体であり、他は天狗岩山(775m)北方に露出するもので、これを天狗岩山岩体と仮称する。蓬萊山岩体の西方には母体層が分布し、所謂北上西部型古生層(広川, 吉田, 1954)の地域である。また本地域附近には人首花崗閃緑岩体の南端部及び千厩花崗閃緑岩体の北端部が露出し、この両岩体は地表にて約 500m にわたり不連続であるが、地下では連続するものと考えられる。蓬萊山岩体は人首岩体の西方に天狗岩山岩体は東方に位置する。人首, 千厩両岩体は侵入に際し、周辺の堆積岩類、火成岩類に接触変成作用を与え、広範囲な接触変成帯を形成している。超塩基性岩類も変成作用により直閃石、カミングトン角閃石、透角閃石、緑色スピネル、滑石などの鉱物を新生している。また天狗岩山岩体には接触変成作用によって新生したと推定される橄欖石を含む橄欖石-滑石岩が存在するが、人首岩体との地表での最短距離は約 200m で両者の間には塩基性火山岩源の緑色岩が存在する。

3. 苦 土 橄 欖 石 の 産 状

天狗岩山岩体の岩石中には直閃石、カミングトン角閃石などが新生しており、直閃石は $0.5 \times 3\text{cm}$ 、カミングトン角閃石は $2 \times 4\text{cm}$ に達する変斑晶として肉眼で明瞭に認め

られる。これらの角閃石については次の機会に報告する。この天狗岩山岩体の最も人首岩体に近い岩石には、無色角閃石が認められないで、橄欖石-滑石の鉱物組合せを持つものがある。この橄欖石-滑石は人首岩体による接触変成作用により、超塩基性岩に再結晶作用が行われて生成したと考えられる。

つぎにこの岩石の顕微鏡的観察を概述する。主に橄欖石と滑石により構成され、細粒の半自形粒状組織或いはグラノプラスチック構造を示す。その他に赤鉄鉱、磁鉄鉱及び若干の蛇紋石を含む。橄欖石は $0.3 \times 0.4\text{mm}$ を最大とするが一

第1表 橄欖石-滑石岩及び橄欖石の化学組成

	A		B	
	wt. %	wt. %	atomic ratio	
SiO ₂	41.69	41.25	Si 0.997 Al 0.002	0.999
TiO ₂	tr.	tr.		
Al ₂ O ₃	0.58	0.07		
Fe ₂ O ₃	2.25	0.79	Fe''' 0.014 Cr 0.001 Fe'' 0.102 Mn 0.004	1.996
Cr ₂ O ₃	0.20	0.04		
FeO	5.14	5.04		
MnO	0.15	0.18		
MgO	46.89	51.79		
NiO	0.34	0.39	Mg 1.865 Ni 0.008 Ca 0.002	
CaO	0.14	0.06		
Na ₂ O	0.01	tr.		
K ₂ O	tr.	tr.	O 4.000	
H ₂ O+	1.89	0.32		
H ₂ O-	0.44	0.00		
Total	99.72	99.95		

A. Forsterite-talc rock from 1500m northwest of Tenguiwa-yama, Daito-machi.

B. Forsterite in rock A.

Analyst, H. Onuki

般に $0.2 \times 0.2 \sim 0.3 \times 0.3 \text{ mm}$ 程度の細粒結晶で半自形を示す。また $\alpha = 1.643$, $\beta = 1.664$, $\gamma = 1.681$, $2V_z = 87^\circ$ である。滑石は橄欖石より少く、最大 $0.5 \times 0.4 \text{ mm}$ の半自形で、橄欖石の粒間を埋めると共に鉄鉱物類がやや集合する部分に多く存在する。磁鉄鉱は不規則な形状或いは塵状を示し、最大 $0.3 \times 0.3 \text{ mm}$ である。大きな結晶は周辺部に赤鉄鉱を伴っている。赤鉄鉱は磁鉄鉱に伴うものの他に、半自形～自形の柱状結晶が存在する。これらの鉄鉱物類は一部に集合する傾向がみられるが、橄欖石結晶中にその包含物としても観察される。蛇紋石は僅かに存在し、橄欖石の周縁、割目にそつてのみ見出される。尚この橄欖石—滑石岩の化学分析値を第1表Aに示した。

4. 変成源と考える理由

前項にて述べた岩石の主要構成鉱物である橄欖石が、人首岩体の接触変成作用によって再結晶したと推定する理由を列挙する。

1) 人首岩体との位置的関係より、滑石のみを変成鉱物と考えるより、橄欖石+滑石が蛇紋石より形成されたと考える方が妥当と思われる。

2) 本岩の橄欖石は通常のものより著しく結晶粒度がこまかく、再結晶作用により生じてグラノブラスチック構造をなしたものと考えられる(第1図参照)。

3) 一般に北上山地では橄欖岩類は蛇紋岩化が著しく、この傾向は田河津岩体群では特に強いので、初成のままの橄欖石と考えるより、再結晶作用で生じたと考える方が無理がない。

4) 塵状の磁鉄鉱の存在は蛇紋岩化に際して橄欖石から放出されたことを示すものと考えられ、蛇紋岩化のすすんだ橄欖岩にはその例が多い。しかし蛇紋岩化の極く軽微な岩石には通常みられない。

5) 赤鉄鉱は磁鉄鉱の変化物として、蛇紋岩化した岩石にはよく認められる。しかし半自形～自形の柱状結晶は一般に見出されない。このような赤鉄鉱は変成作用の際に生じたと考えられる。

以上変成源の橄欖石と考える理由を列記した。筆者は橄欖石—滑石岩の橄欖石を変成源のものとして取り扱い、次項以下に考察を試みる。

第1図 顕微鏡スケッチ

点紋部：橄欖石，横線部：滑石，黒色部：磁鉄鉱又は赤鉄鉱

A：通常の橄欖岩（蛇紋岩化を受けていない部分），B：橄欖石—滑石岩

5. 原岩について

橄欖石—滑石岩の化学分析値はすでに示した。この岩石の原

岩は超塩基性岩であることは当然である。前項にて触れた如く、橄欖石と滑石は蛇紋石より生成したと考えられるが、原岩に橄欖石、頑火輝石が存在した場合には、変成作用を受けたのちにもこれらの鉱物は安定な relict として残存することが期待される。しかし實際上、頑火輝石は残存せず、橄欖石は再結晶したと考えられるもののみが存在し、relict とは認められない。したがって変成作用を受けて橄欖石—滑石を新生した原岩は完全に蛇紋岩化されたもので、蛇紋石と鉄鉱物類に構成された岩石と考えられる。また蛇紋岩化を受ける以前の岩石は、現在の橄欖石—滑石の化学組成から推定して、単斜輝石を含有しなかつたと考えられ、恐らくズン橄欖岩又は頑火輝石を少量含む橄欖岩であつたと予想される。

6. 橄 欖 石 の 化 学 組 成

橄欖石—滑石岩より isodynamic separator 及び重液によつて分離、精選した橄欖石の化学組成を第1表 B に示した。化学分析の結果より $O=4.000$ として算出した化学式は橄欖石の理論値を満足し、 $Fe_{0.94.1}Fa_{5.9}$ の成分を示す。尚屈折率から求めた値は Fa_{5-7} である。一方蓬萊山岩体の非変成蛇紋岩化橄欖岩7個に残存する橄欖石の成分は光学的性質より求めると $Fa_5 \sim Fa_{11}$ の範囲である。したがって変成源と考えられる橄欖石と非変成源の橄欖石とを比較して、特に成分上の差は認められない。

この両者の橄欖石の間に成分上の差異の殆んどないことは興味ある事実である。Hess (1960) は Stillwater の "secondary dunite" は原岩より Fe に富むが、しかし橄欖石の成分は "secondary dunite" と原岩とで殆んど同一であると述べている。ただしこの "secondary dunite" の成因について、Hess (前出) は前説 (1938) を撤回し、Bowen 及び Tuttle (1949) が実験結果より導いた気成作用説を支持している。Stillwater では気成作用であり、天狗岩山岩体では接触変成作用でありまた原岩の型も異つてゐるが、初成橄欖石と二次的な橄欖石の間に組成の変化がないことでは一致している。

さて天狗岩山岩体において、変成源と考えられる橄欖石と非変成のそれとが組成上殆んど同一であることに若干の説明を加えてみる。天狗岩山岩体においては、

の変化をたどつたと考えられる。蛇紋岩化作用を受けた橄欖岩類を数多く観察すると、蛇紋岩化の程度がすすむにつれて橄欖石は蛇紋石と共に塵状の磁鉄鉱を多く伴う傾向が見られる。勿論橄欖岩類は初成の磁鉄鉱をも含有するが、すでに述べたごとくこれらの塵状の磁鉄鉱は、橄欖石の蛇紋石化に際して放出された Fe によつて形成されたと考えられる。この場合磁鉄鉱は必ずしも規則性をもつた配列は示さないが、しかし最も典型的には完全に蛇紋岩化された岩石の個々の橄欖石仮像の境界にそつて著しく濃集する。したがって初成の橄欖石は蛇紋石化 (岩石全体としては蛇紋岩化) の際に Fe の放出を伴つて、蛇紋石+鉄鉱に変化する。この場合、蛇紋石の成分中に入る Fe は減少するが、全体としての Fe 量は殆んど変化しない。次の接触変成作用の段階で、橄欖石と滑石の新生に関与する鉱物は主に蛇紋石であり、恐らく鉄鉱は一部がとりこまれる程度であろう。滑石は橄欖石より Fe を含みにくいが、多少の Fe は滑石の新生に参加するであろう。しかし変成作用によつて生成した橄欖石は滑石より量が多い。また蛇紋石化以前の初成

の橄欖石の量より少ないことは明瞭である。更に一部の鉄鉱が橄欖石+滑石の新生に参加することを考慮に入れば、初成の橄欖石と変成源の橄欖石とが化学組成上殆んど変化しないという可能性はあり得るであろう。

7. 変 成 条 件

本地域附近の花崗岩質岩体の接触変成帯は、最内帯で角閃石ホルンフェルス相 (Fyfe, Turner 及び Verhoogen, 1958) の高温部に達したことは山田(1953), 長谷川(1955), 大貫(1958)により明らかである。

さて $P_{total} = P_{H_2O}$ の条件下で、純粋な苦土橄欖石は滑石を伴つて、蛇紋石から 500°C 以上の温度にて形成され得ることは Bowen 及び Tuttle (前出) の実験に示されている。さらに多少の鉄橄欖石分子が入ればこの温度は低下する。また Ramberg は $P_{total} > P_{H_2O}$ の条件下では Bowen 及び Tuttle (前出) の実験結果は低温にずれる可能性を指摘し, Yoder (1952, 1955) はこれを更に詳細に述べている。したがって蛇紋石から橄欖石+滑石の新生は 500°C 或いはこれよりやや低い温度で行われ得る。花崗岩質岩体の接触変成帯においても、 500°C 程度の温度を想定することは困難でないで、橄欖石+滑石の新生が角閃石ホルンフェルス相において行われることは充分あり得る。

引 用 文 献

- 浅井 宏 (1955), 北上山地早池峯山附近の岩石 (超塩基性岩の変成現象). 岩鉱, **38**, 59~67.
- Bowen, N. L. and O. F. Tuttle (1949), The system $\text{MgO}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$. Bull. Geol. Soc. Am., **60**, 439-460.
- Fyfe, W. S., F. J. Turner and J. Verhoogen (1958), Metamorphic reactions and metamorphic facies. Geol. Soc. Am. Memoir 73, 201.
- 長谷川修三 (1955), 岩手県東磐井郡大東町興田産コランダム及び灰鉄柘榴石. 岩鉱, **39**, 194~203.
- Hess, H. H. (1938), A primary peridotite magma. Am. Jour. Sci., **35**, 321-344.
- (1960), Stillwater igneous complex. Geol. Soc. Am. Memoir, No. 80, 62-69.
- 広川 治, 吉田 尚 (1954), 5 万分の 1 地質図幅「人首」, 同説明書, 地質調査所.
- 大貫 仁 (1958), 岩手県千厩石英閃緑岩体北部の接触変成岩類 (手記) 東北大学卒業論文.
- Ramberg, H. (1952), The origin of metamorphic and metasomatic rocks, a treatise on recrystallization and replacement in the earth's crust. Univ. Chicago Press, 70-71.
- 関陽太郎 (1951), 岩手県宮守地方における花崗閃緑岩による超塩基性岩の変成現象—透輝石角閃石岩の変成現象. 地質, **56**, 407~413.
- (1952), 岩手県宮守地方における花崗閃緑岩貫入に伴う超塩基性岩の変成現

象一蛇紋岩起源のものについて, 地質, **57**, 35~43.

島津光夫 (1954), 北上山地西南部田河津村附近の塩基性及び超塩基性岩 (I), (II). 岩
鉱, **38**, 70~80, 101~109.

Yamada, H. (1942), On the colour and titanium contents of hornblendes
in some metamorphosed peridotites from Tyogamori-yama, Iwate Pre-
fecture, Japan. 地質, **49**, 30-33.

—— (1953), On thermally metamorphosed rocks in Senmaya district,
Iwate Prefecture, Japan. Bull. Tokyo Inst. Technology, Ser. B, 107-
147.

Yoder, H. S. (1952), The $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ system and related meta-
morphitic facies. Am. Jour. Sci., Bowen Vol., 569-627.

—— (1955), Role of water in metamorphism. Crust of the earth (Pold-
ervaart, A., Editor), Geol. Soc. Am., Special Paper **62**, 505-523.