

## 三河地方領家変成帯に分布する苦鉄質岩類の同位体年代

Geochronological and Rb-Sr and Sm-Nd isotopic study of mafic rocks in the Ryoke Metamorphic Belt of the Mikawa District, Southwest Japan Arc

柚原雅樹\* 加々美寛雄\*\*

Masaki Yuhara\* and Hiroo Kagami\*\*

平成 23 年 11 月 30 日受理.

\* 福岡大学理学部地球圏科学科  
Department of Earth System Science, Faculty  
of Science, Fukuoka University, 8-19-1  
Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan

\*\* 大町市大町 2053-16  
2053-16 Omachi, Omachi 398-0002, Japan

Corresponding author: M. Yuhara,  
yuhara@fukuoka-u.ac.jp

### Abstract

Mafic plutonic rocks, such as calcic gabbroic rocks and metadiabases, are distributed as medium to small masses in the Ryoke metamorphic belt of the Mikawa district. The gabbroic rock and metadiabase from the Tashika mass yield the K-Ar hornblende ages of  $68.1 \pm 0.8$  and  $65.9 \pm 0.8$  Ma. The gabbroic rocks from the Ohata mass yield the ages of  $76.7 \pm 0.8$ ,  $74.3 \pm 0.8$  and  $63.0 \pm 0.7$  Ma (K-Ar hornblende),  $83.8 \pm 9.6$  and  $78.3 \pm 2.3$  Ma (Rb-Sr whole-rock and hornblende isochron), and  $137 \pm 21$  Ma (Sm-Nd whole-rock and hornblende isochron). The metadiabase from the Inoshikori mass gives a K-Ar hornblende age of  $61.9 \pm 0.7$  Ma. The metadiabase gives a Rb-Sr whole-rock and biotite isochron age of  $62.6 \pm 0.2$  Ma. These K-Ar hornblende ages and Rb-Sr isochron ages fall within the range of ages of the Ryoke granites in the Ina district, suggesting the cooling ages of these mafic masses. The Sm-Nd whole-rock and hornblende isochron age is almost the same to those of the mafic rocks in the Ina district, indicating the time of the igneous activities of these mafic rocks. This suggests that the igneous activity of mafic rocks in the Mikawa district is older than that of the Ryoke granites. As regards the modal initial Sr and Nd isotopic ratios for most of the gabbroic rocks from these masses, corrected to 150 Ma, the former is enriched and whereas the latter is depleted, than the similar mafic rocks in the Ryoke metamorphic belt of the Setouchi area, the Kinki and Ina districts.

Keywords: mafic rocks, Ryoke metamorphic belt, Mikawa district, Rb-Sr and Sm-Nd isochron age, K-Ar hornblende age

### はじめに

これまで、領家変成帯に分布する苦鉄質岩類は、領家花崗岩類の活動の初期に形成されたものであると考えられてきた。しかし、近年の研究により、瀬戸内地域から近畿地方の領家変成帯に分布する苦鉄質岩の Sm-Nd 全岩アイソクロン年代や Sm-Nd 全岩-鉱物アイソクロン年代が、後期ペルム紀から中期ジュラ紀を示すことが報告され (Kagami et al., 1995; Okano et al., 2000), これらの活動時期が領家花崗岩類よりも古いことが指摘された。さらに、伊那領家変成帯の 1 岩体からも同様な Sm-Nd 全岩-鉱物アイソクロン年代も報告された (加々美ほか, 1996)。その後、柚原・加々美 (2007) は伊那地方領家変成帯、伊那山地に分布する苦鉄質岩類の、柚原・加々美 (2008) はその西方の飯田市三穂地域に分布する苦鉄質岩類の Rb-Sr および Sm-Nd 全岩-鉱物アイソクロン年代、K-Ar 鉱物年代を報告し、それらの苦鉄質岩類の活動

時期も、瀬戸内地域から近畿地方の苦鉄質岩類と同様に、領家花崗岩類よりも古いことを指摘した。著者らは、三河地方の領家変成帯に分布する苦鉄質岩についても、同様な検討を行った。本報告では、三河地方領家変成帯に分布する斑れい岩および変輝緑岩の Rb-Sr および Sm-Nd アイソクロン年代、K-Ar 鉱物年代を報告し、それらの活動時期について検討する。

### 地質概説

三河地方の領家変成帯には、領家変成岩類とそれに貫入する領家花崗岩類が広く分布し、その中に大小さまざまな苦鉄質岩体が点在する (例えば、Kutsukake, 2000; Fig. 1)。

領家変成岩類は、主に砂質~泥質片麻岩および珪質片麻岩からなり苦鉄質片麻岩を伴う。泥質片麻岩は、白雲母-黒雲母、白雲母-黒雲母-紅柱石、白雲母-黒雲母-珪線石、黒雲母-堇青石-珪線石などの鉱物

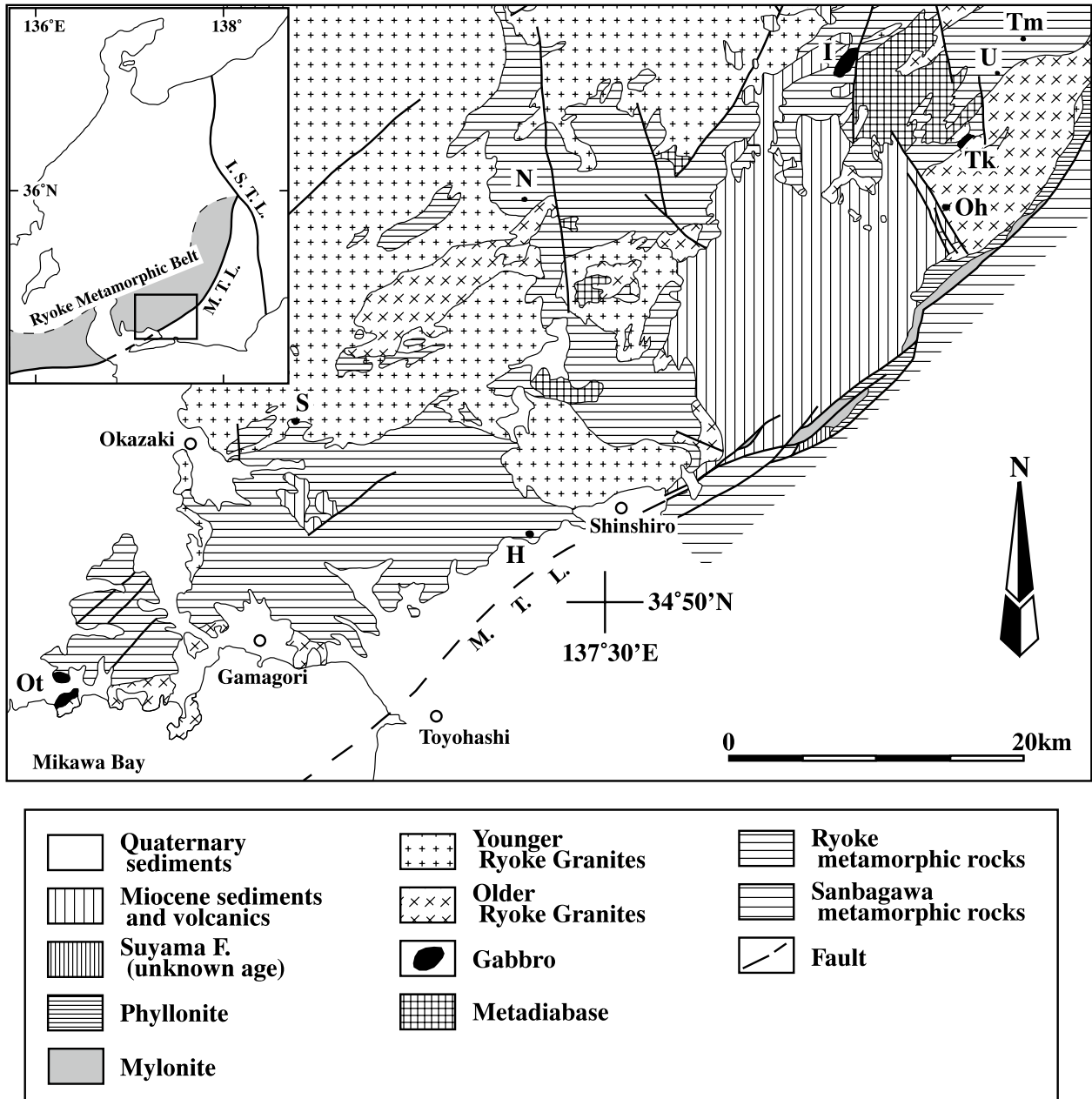


Fig. 1. Geological map in the Ryoke metamorphic belt of the Mikawa district (modified from Kutsukake, 2000). M.T. L.: Median Tectonic Line, I.S.T.L.: Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line. I: Inoshikori mass, Oh: Ohata mass, Tk: Tashika mass, S: Saikuri mass, Tm: Tomiyama mass, U: Urushijima mass, N: Naruishi mass, H: Hongu-san mass, Ot: Otagawa mass.

組み合わせを示す (Koide, 1958 ; Asami, 1971 ; Kutsukake, 1977 ; Asami and Hoshino, 1980 ; 浅見ほか, 1982 ; Kutsukake et al., 2003). 西半部では、斑状変晶中に十字石が認められており、東半部よりも低温高压であったと考えられている (Asami, 1971 ; Asami and Hoshino, 1980 ; 浅見ほか, 1982). 高変成度部では、部分溶融が生じ、ミグマタイトが形成さ

れている。新期領家花崗岩の周辺では接触変成作用により、堇青石とカリ長石の組み合わせや紅柱石あるいは珪線石が生成されている。

点在する苦鉄質岩体は斑れい岩と変輝緑岩に分けられる。斑れい岩のうち比較的大きな岩体は、豊根村地域の猪古里岩体 (Kutsukake, 1974) と幡豆地域の乙川岩体 (Asami, 1977 ; 沓掛, 1982, 1988, 1993)

である。これ以外の小岩体は、普通角閃石斑れい岩やコートランダイトといった単一の岩石から構成されることが多い (Kutsukake, 1974, 1977, 1978)。これらの斑れい岩は、大陸縁における海洋プレートの沈み込みに伴うカルクアルカリ質あるいはソレイト質マグマからの早期集積相と考えられ、角閃石相高温部からグラニュライト相低温部の変成作用を被っていると考えられている (Kutsukake, 2000)。豊根村地域には、領家変成帯最大の変輝緑岩体が分布する。細粒暗緑色の塊状岩かみほらからなり、領家変成岩類中に岩床状に貫入し、神原トータル岩に貫入されている。源岩は、ソレイト質あるいはカルクアルカリ質ドレイトであると考えられている (Kutsukake, 1975)。

領家花崗岩類は、変成岩類の構造と調和的なシート状岩体を呈する古期領家花崗岩類と、変成岩類と非調和なストック状岩体を呈する新期領家花崗岩類に区分される (領家研究グループ, 1972)。古期領家花崗岩類は、syn- から late-tectonic pluton とされ、変成岩類とともに変形・再結晶している。新期領家花崗岩類は、post-tectonic pluton とされ、変成岩類や古期領家花崗岩類に貫入する。一部の岩体では、周囲に接触変成帯を形成している。本地方には、古期領家花崗岩類として、神原トータル岩、天竜峡花崗岩、清崎花崗閃緑岩が、新期領家花崗岩類として、伊奈川花崗岩、三橋花崗岩しんしゅう、新城トータル岩ふせつ、武節花崗岩が分布する。

中央構造線に沿って、領家花崗岩類は様々な程度にマイロナイト化しており、原岩不明の phyllonite も存在する (Ohtomo, 1993)。

### 三河地方の苦鉄質岩体の産状と岩石

猪古里岩体は珪質片麻岩中に約  $2 \times 1$  km の岩体として産し、神原トータル岩に貫入される (Kutsukake, 1974)。本岩体は、普通角閃石ノーライト主体で、カンラン石ノーライト、カンラン石普通角閃石ノーライト、ノーライト、普通角閃石斑れい岩、石英斑れい岩を伴う。変輝緑岩をゼノリスとして包有する (Kutsukake, 1974)。普通角閃石ノーライト (INS-03, 04) は、鏡下では半自形粒状組織を示し (Fig. 2)、主に単斜輝石 (紫蘇輝石: Kutsukake, 2000)、普通角閃石、斜長石、黒雲母、カミングトン閃石からなり、副成分鉱物として燐灰石、チタン石、ジルコン、不透明鉱物を含む。普通角閃石は、褐色のコアと淡緑褐色のリムからなる累帯構造を呈する。変輝緑岩 (INS-01) は、鏡下ではオフィティック組織を示し (Fig. 3)、主に斜長石、普通角閃石、単斜輝石、黒雲母、カミングトン閃石からなり、副成分鉱物とし

て燐灰石、ジルコン、不透明鉱物を含む。

大畑岩体は天竜峡花崗岩中に約  $0.7 \times 1$  km の岩体として産し、複輝石普通角閃石斑れい岩、普通輝石普通角閃石斑れい岩、普通角閃石斑れい岩からなる (Kutsukake, 1974)。このうち、普通角閃石斑れい岩が岩体の大部分を占める。岩体内部に石英閃緑岩が存在し、細粒の斑状黒雲母花崗閃緑岩に貫入される。普通輝石普通角閃石斑れい岩 (OHA-02) は、鏡下では半自形粒状組織を示し (Fig. 2)、主に斜長石、斜方輝石 (普通輝石: Kutsukake, 2000)、普通角閃石、カンラン石からなり、副成分鉱物として黒雲母、燐灰石、不透明鉱物を含む。カンラン石は斜方輝石に縁取られており、一部イデイングサイト化している。普通角閃石斑れい岩 (OHA-01, 03, 04, 05) は、鏡下では半自形粒状組織を示し (Fig. 2)、主に斜長石、普通角閃石、黒雲母、カミングトン閃石と少量の石英からなり、副成分鉱物として燐灰石、不透明鉱物を含む。普通角閃石は、褐色のコアと緑色のリムからなる累帯構造を呈する。OHA-04 は他の試料と比べ細粒である (Fig. 2)。

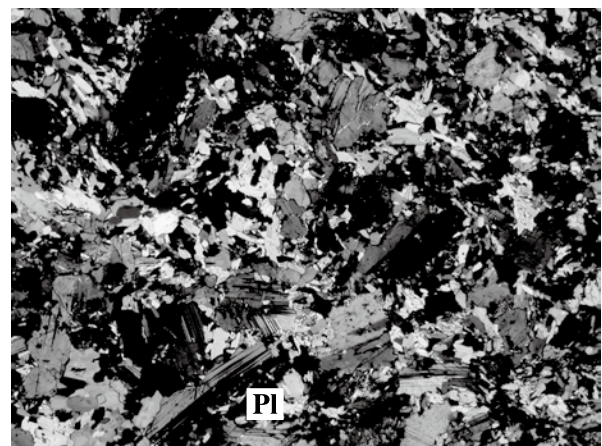
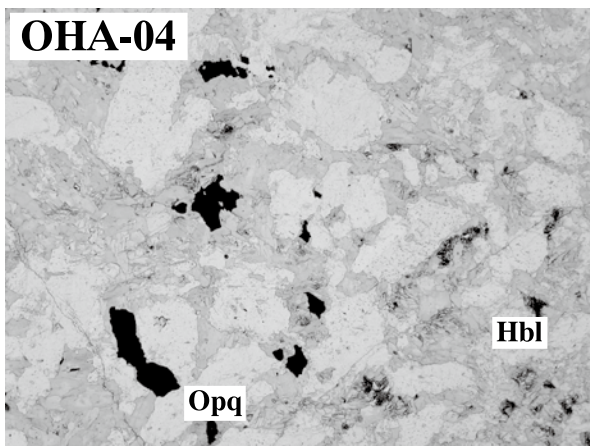
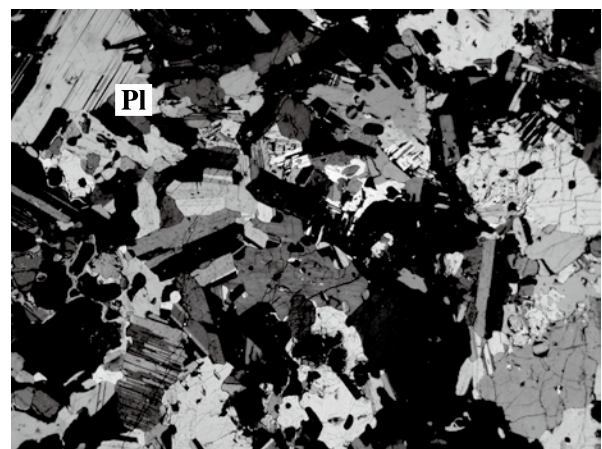
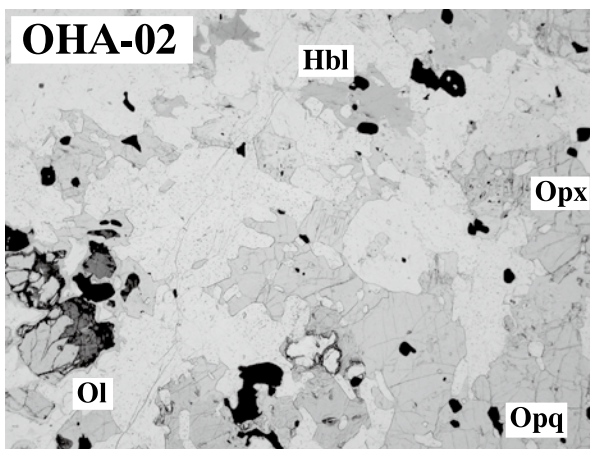
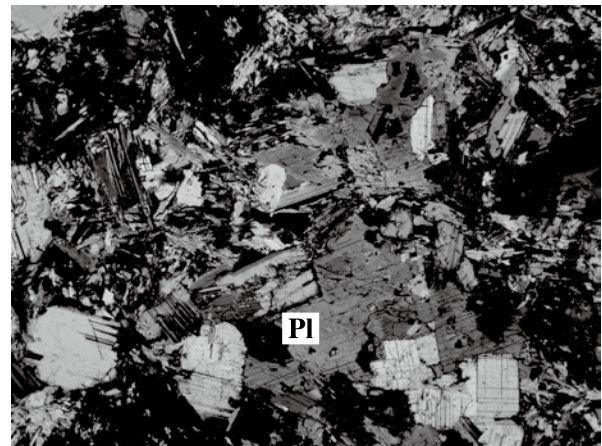
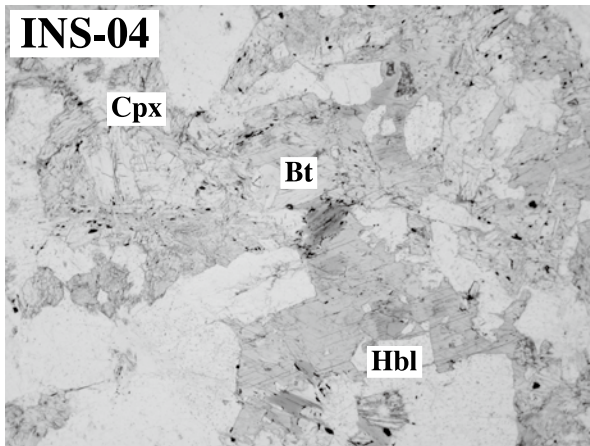
田鹿岩体は珪質変成岩中に貫入する幅数 m から 10 数 m の複数の岩脈として産し、普通角閃石斑れい岩からなる (Kutsukake, 1974)。普通角閃石斑れい岩 (ONY-10) は、鏡下では半自形粒状組織を示し (Fig. 2)、主に斜長石、黒雲母、普通角閃石、石英からなり、副成分鉱物として燐灰石、ジルコン、不透明鉱物を含む。普通角閃石は、褐色のコアと緑色のリムからなる累帯構造を呈する。変輝緑岩 (ONY-11) は、鏡下ではオフィティック組織を示し (Fig. 3)、主に斜長石、普通角閃石、黒雲母からなり、副成分鉱物として石英、燐灰石、不透明鉱物を含む。普通角閃石には、褐色のコアと緑色のリムからなる累帯構造が認められる場合がある。

この他、岡崎市才栗町にも小岩体が分布する (Fig. 1)。武節花崗岩中に産するが、岩体の大きさは不明である。この岩体を、本論文では才栗岩体と仮称する。本岩体は普通角閃石斑れい岩からなる。普通角閃石斑れい岩 (OTO-02) は、鏡下では半自形粒状組織を示し (Fig. 2)、斜長石、普通角閃石、黒雲母、石英からなり、副成分鉱物として燐灰石、不透明鉱物を含む。普通角閃石は、褐色のコアと淡緑褐色のリムからなる累帯構造を呈する。

本地方東部の豊根村地域に分布する変輝緑岩体は、約  $4 \times 10$  km の分布域を示す (Fig. 1)。その主岩相は細粒暗緑色の塊状岩で、領家変成岩類中に岩床状に貫入し、神原トータル岩に貫入される。岩体と変成岩類の境界付近には、細粒～中粒のトータル岩質岩が存在し、珪長質ネットワーク脈やプールが岩体内に認め

*Plane-polarized light*

*Crossed light*

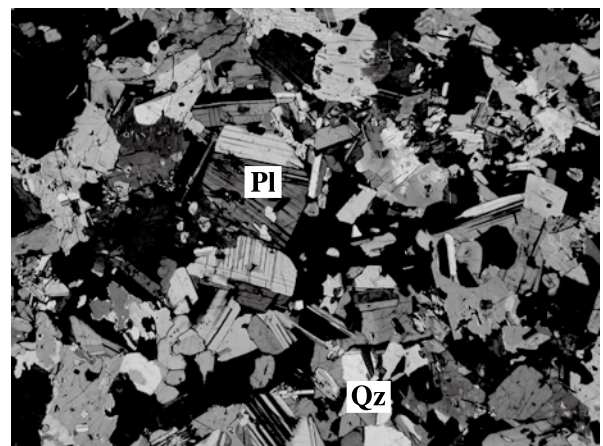
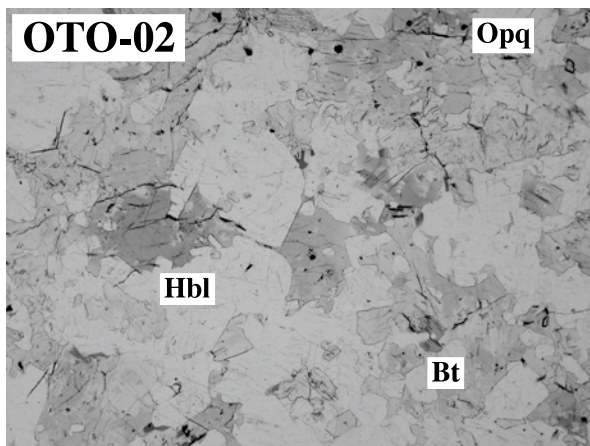
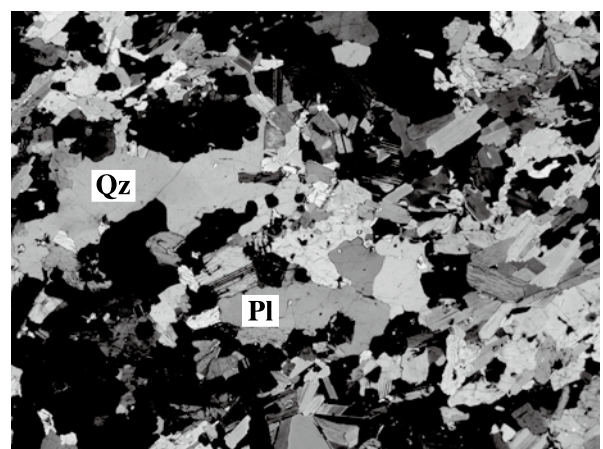
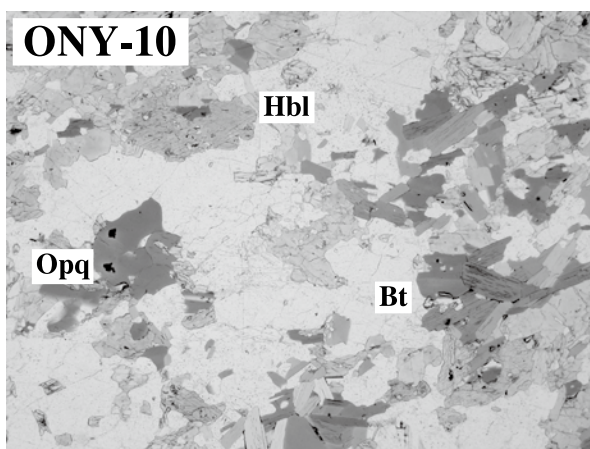
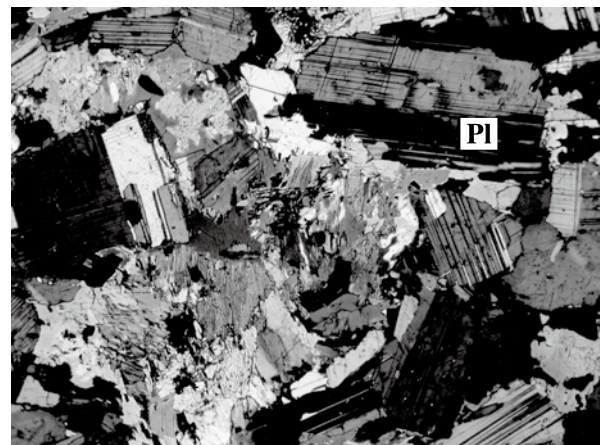
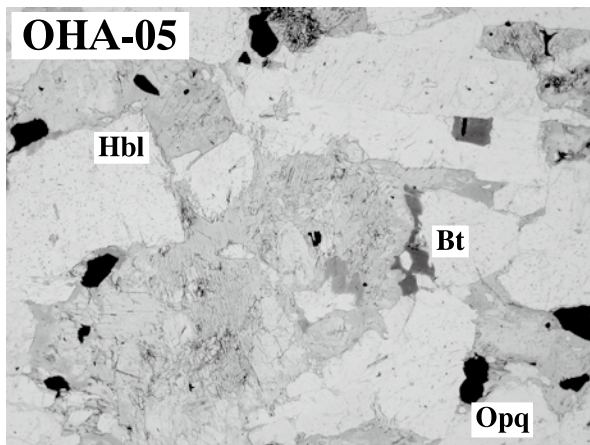


2mm

Fig. 2. Photomicrographs of gabbroic rocks. Hbl: hornblende, Bt: biotite, Ol: olivine, Opx: orthopyroxene, Pl: plagioclase, Cpx: clinopyroxene, Cum: cummingtonite, Opq: opaque minerals, Qz: quartz.

*Plane-polarized light*

*Crossed light*

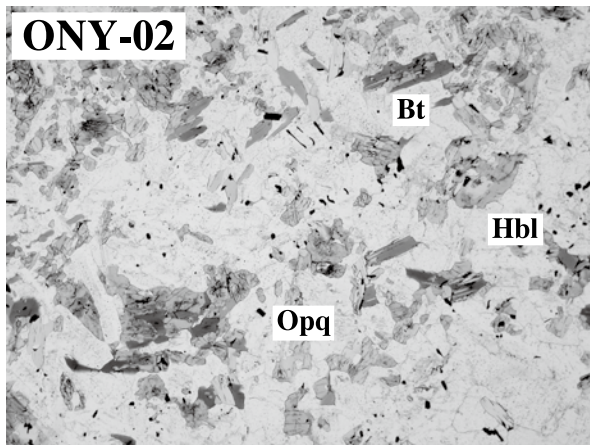
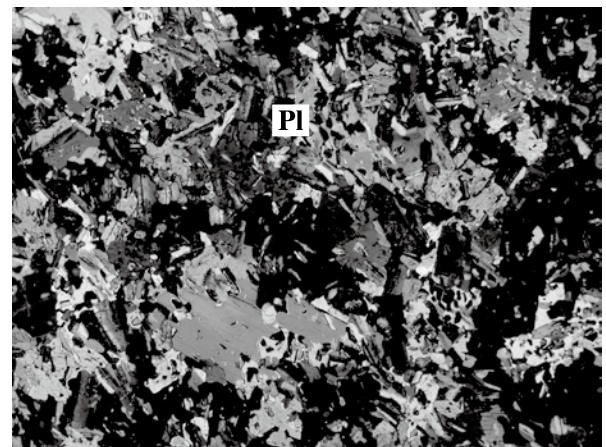
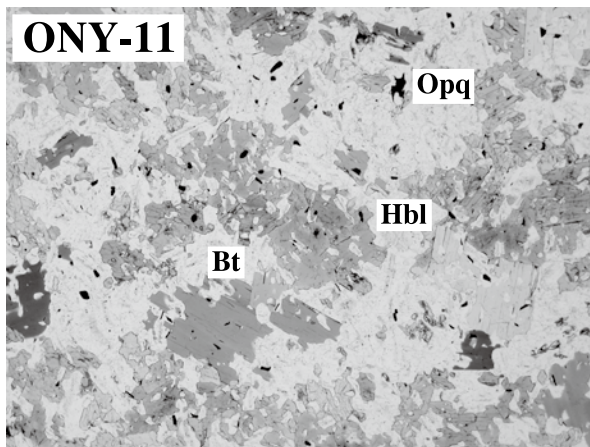
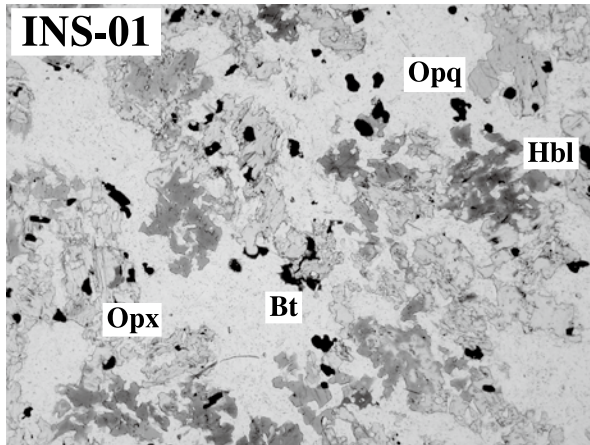


2mm

Fig. 2. (continued)

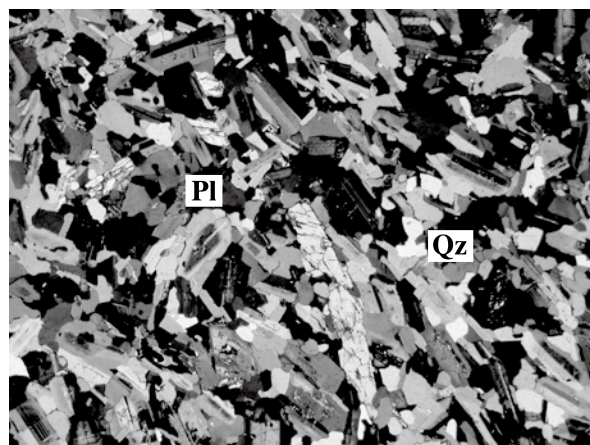
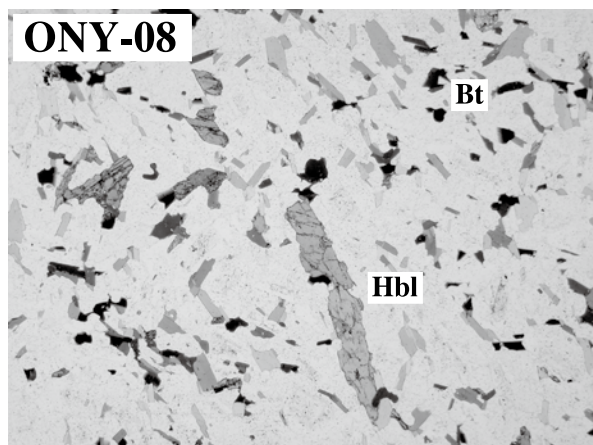
*Plane-polarized light*

*Crossed light*

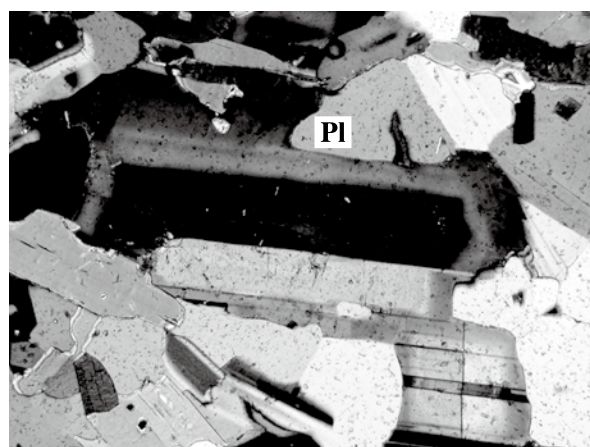
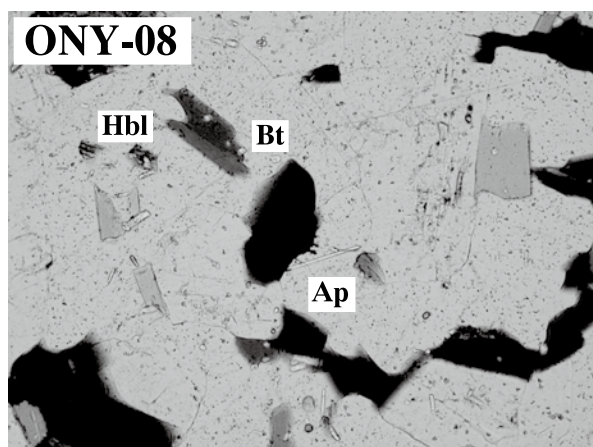


2mm

Fig. 3. Photomicrographs of metadiabase. Hbl: hornblende, Bt: biotite, Pl: plagioclase, Opx: orthopyroxene, Qz: quartz, Ap: apatite, Opq: opaque minerals.

*Plane-polarized light**Crossed light*

2mm



0.4mm

Fig. 3. (continued)

られる。岩体の周囲では、数 m 幅の岩脈として変成岩類中に貫入している。主に斜長石、普通角閃石、黒雲母、石英からなり、カミングトン閃石やカリ長石をわずかに含む。一般にグラノブラスティック組織を呈するが、オフィティックからサブオフィティック組織あるいはブラストポーフイリティック組織を示す場合もある (Kutsukake, 1975)。変輝緑岩 (ONY-02, 08) は、鏡下では半自形粒状組織を示し (Fig. 3)、主に斜長石、普通角閃石、黒雲母、石英からなり、副成分鉱物として燐灰石、緑れん石、不透明鉱物を含む。ONY-02 では、普通角閃石は緑褐色のコアと緑色のリムからなる累帯構造を示すが、ONY-08 では、普

通角閃石は明瞭な累帯構造を示さず、緑褐色～緑色を示す。斜長石は累帯構造を示し、針状の燐灰石も認められる。針状燐灰石は、過冷却の条件下で形成されると考えられている (Hibbard, 1995) ことから、マグマの急冷が示唆される。斜長石が累帯構造を示すことから、初生的な火成組織が残っている、もしくはほとんど変成作用を被っていない可能性がある。近年、領家変成帯においても花崗岩質マグマと同時に活動した苦鉄質岩の存在が報告されている (例えば、松浦, 1997; 吉倉・熱田, 2000; Ishihara et al., 2003; 柚原・加々美, 2006; 西脇・奥平, 2007)。さらに、同一地域において、領家花崗岩の活動以前に活動した苦

鉄質岩と、同時期に活動した苦鉄質岩の存在も指摘されている（例えば、西脇・奥平, 2005）。したがって、詳細な産状記載を含め、変輝緑岩の活動時期を再検討する必要があると考えられる。

## 岩石の化学組成

本地域の斑れい岩および変輝緑岩のうち猪古里岩体から採取した3試料、大畑岩体から採取した5試料、田鹿岩体から採取した2試料、変輝緑岩体から採取した2試料について、福岡大学理学部に設置の蛍光X線分析装置（ZSX100e）を用いて、主成分および微量元素の測定を行った。試料調製および測定方法は、柚原・田口（2003a, b）、柚原ほか（2004a）、高本ほか（2005）に従った。測定結果をTable 1に示す。試料採取位置はAppendixに示す。

TAS図（Fig. 4）では、本研究で採取・分析した試料も含め、中部地方領家変成帯の苦鉄質岩（Kutsukake, 1974, 1975；小木曾, 1984；沓掛, 1988, 柚原・加々美, 2007, 2008；Ishihara and Chapell, 2007）のほとんどが非アルカリ岩領域にプロットされる。さらに、 $\text{SiO}_2 - \text{FeO}^*/\text{MgO}$ 図（Fig. 4）では、ソレライト系列あるいはカルクアルカリ系列の分化傾向を示す。岩体ごとに見ると、猪古里岩体と大畑岩体の斑れい岩はカルクアルカリ系列の、変輝緑岩体はソレライト系列の分化傾向を示す。 $\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{FeO}^*)$ 比に対する主成分および微量元素の組成変化をFigs. 5, 6に示す。As, Nb, Pb, Thは、ほとんどの試料で検出限界以下であるため図示していない。斑れい岩全体で見ると、 $\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{FeO}^*)$ 比の増加とともに、MgO, Cu, Sは増加するが、 $\text{TiO}_2$ ,  $\text{FeO}^*$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , Ba, Ga, Rb, Y, Zn, Zrは減少するが、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Vは一定である。他の元素はバラツキが大きく明瞭な変化傾向を示さない。変輝緑岩は斑れい岩よりも低い $\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{FeO}^*)$ 比を示し、その増加とともに、MgO, CaO, Vは増加し、 $\text{FeO}^*$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , Ba, Cu, Ga, Sr, Y, Zrは減少するが、 $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Ni, Znはほぼ一定である。他の元素はバラツキが大きく明瞭な変化傾向を示さない。岩体内における変化傾向を検討できる大畑岩体は、上述の斑れい岩の傾向に類似する変化傾向を示す元素が多いが、 $\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{FeO}^*)$ 比の増加とともに、CaOが増加し、 $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ が減少、Zrがほぼ一定、 $\text{FeO}^*$ , Cu, S, Znがばらつく点異なる。変輝緑岩体は、上述の変輝緑岩の傾向に類似する変化傾向を示す元素が多いが、 $\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{FeO}^*)$ 比の増加とともに、CaOが増加し、 $\text{SiO}_2$ ,  $\text{FeO}^*$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ が減少する傾向を示す点異なる。これらの苦鉄質岩類が

ソレライト系列あるいはカルクアルカリ系列の分化傾向を示すことは、Kutsukake（1975, 2000）と矛盾しないが、化学分析値を蓄積し、それぞれの岩体における分化傾向の詳細な比較・検討が必要である。

## Sr および Nd 同位体比組成

### 1. 分析方法

猪古里岩体の1試料、大畑岩体の2試料、変輝緑岩の1試料について、アイソダイナミックセパレーターおよび重液を用いて、普通角閃石、斜長石（一部、フェルシックフラクシオン）を分離精製し、SrおよびNd同位体比組成の分析を行った。全岩および鉱物試料のSr・Nd同位体比は、新潟大学理学部のMAT-262型質量分析計と同大学院自然科学研究科のMAT-261型質量分析計を用いて測定した。測定方法は、Miyazaki and Shuto（1998）に従った。 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比および $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比は $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}=0.1194$ ,  $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.7219$ でそれぞれ規格化した。Sr・Nd抽出におけるブランクは、Rbが $0.25\text{ ng}$ 、Srが $0.52\text{ ng}$ で、Smが $0.025\text{ ng}$ 、Ndが $0.22\text{ ng}$ であった。各試料の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比および $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比は、同じ測定期間中に測定したSr同位体比標準試料NBS-987のSr同位体比およびJB-1aのNd同位体比を、それぞれ0.710241（柚原, 1994；柚原・加々美, 1995）と0.512784に補正した値である。JB-1aの0.512784という値は、USGSの標準試料のBCR-1の0.512638に相当する（Kagami et al., 1989）。Rb, Sr, Sm, Ndの定量は、 $^{87}\text{Rb}-^{84}\text{Sr}$ ミックススパイクおよび $^{149}\text{Sm}-^{150}\text{Nd}$ ミックススパイクを用いた同位体希釈法により測定した。測定結果をTable 2に示す。

アイソクロン年代および初生値は、York（1966）の方法により、 $^{87}\text{Rb}$ の崩壊定数： $1.42 \times 10^{-11}/\text{y}$ （Steiger and Jäger, 1977）、 $^{147}\text{Sm}$ の崩壊定数： $6.54 \times 10^{-12}/\text{y}$ （Lugmair and Marti, 1978）を用いて計算した。計算には、York（1966）の計算式を用いた川野（1994）のプログラムを使用した。この際、 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ の測定誤差は0.5%（1 $\sigma$ ）、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の測定誤差は0.01%（1 $\sigma$ ）、 $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ の測定誤差は0.1%（1 $\sigma$ ）、 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ の測定誤差は0.01%（1 $\sigma$ ）として計算した。得られた年代の誤差は、2 $\sigma$ で示した。

### 2. 全岩アイソクロン年代

全岩試料では、試料数が少ないこと、 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ および $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比、 $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ および $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比の変化範囲が狭いことから、全岩アイソクロン年代は得られなかった。

### 3. 全岩—鉱物アイソクロン年代

全岩試料、普通角閃石、斜長石によるRb-Sr全岩



**Table 1.** Whole-rock chemical compositions of gabbroic rocks and metadiabase from the Ryoke metamorphic belt of the Mikawa district.

Sample No.	Inoshikori mass			Ohata mass				Tashika mass		
	INS-01	INS-03	INS-04	OHA-01	OHA-02	OHA-03	OHA-04	OHA-05	ONY-10	ONY-11
SiO <sub>2</sub> (wt.%)	49.36	46.86	49.54	52.67	46.42	48.18	47.15	48.10	57.17	51.72
TiO <sub>2</sub>	1.58	0.53	0.50	1.71	1.88	1.91	1.49	1.08	0.66	1.02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.41	13.53	18.13	17.15	16.52	18.16	17.14	18.27	15.65	17.96
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	13.60	12.75	9.25	10.62	16.28	12.47	12.50	11.15	7.94	10.04
MnO	0.25	0.21	0.17	0.19	0.28	0.25	0.24	0.20	0.14	0.17
MgO	5.11	13.65	9.64	4.03	7.64	5.15	6.75	6.14	6.15	4.93
CaO	9.37	8.74	9.48	8.69	9.41	9.44	11.27	11.53	7.05	8.77
Na <sub>2</sub> O	1.75	0.95	1.08	2.49	1.11	2.29	1.52	1.63	2.39	2.64
K <sub>2</sub> O	0.61	0.57	0.42	0.90	0.10	0.36	0.69	0.35	1.53	1.11
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.28	0.04	0.03	0.28	0.02	0.40	0.00	0.23	0.07	0.13
L.O.I.	1.02	1.89	1.79	0.81	0.00	0.97	1.20	1.18	0.81	0.65
Total	99.34	99.72	100.03	99.54	99.66	99.58	99.95	99.86	99.56	99.14
As(ppm)	6	<4	<4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<4	n.d.
Ba	213	137	99	135	33	64	92	78	302	260
Cr	12	376	180	45	36	51	126	97	184	9
Cu	22	47	6	8	13	26	11	14	n.d.	23
Ga	19	11	14	18	15	19	15	16	16	19
Nb	13	<5	<5	11	7	10	5	6	7	8
Ni	<4	112	28	<4	15	5	6	<4	35	n.d.
Pb	5	<5	<5	8	<5	6	<5	5	7	6
Rb	16.7**	20.7**	14.8**	35.2**	3.43*	12.7**	28.5**	11.9**	65.0**	37
S	875	2792	226	615	1508	1495	596	888	31	904
Sr	384**	222**	279**	382**	409	462**	387**	425**	226**	370
Th	<4	<4	<4	<4	n.d.	<4	n.d.	n.d.	4	<4
V	168	218	308	238	204	230	240	248	203	214
Y	35	10	10	25	7	14	12	16	21	23
Zn	129	88	67	92	127	106	92	92	91	96
Zr	131	37	38	28	n.d.	n.d.	n.d.	17	116	121
Metadiabase										
Sample No.	ONY-02	ONY-08								
SiO <sub>2</sub> (wt.%)	53.38	63.73								
TiO <sub>2</sub>	1.08	0.86								
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.76	16.15								
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	9.33	6.23								
MnO	0.17	0.11								
MgO	4.69	1.44								
CaO	8.42	4.53								
Na <sub>2</sub> O	2.64	3.52								
K <sub>2</sub> O	1.08	2.02								
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.13	0.20								
L.O.I.	0.85	0.83								
Total	99.53	99.62								
As(ppm)	n.d.	n.d.								
Ba	270	524								
Cr	31	<4								
Cu	5	n.d.								
Ga	18	19								
Nb	8	12								
Ni	9	<4								
Pb	9	14								
Rb	28.3**	66.2**								
S	195	30								
Sr	342**	401**								
Th	<4	<4								
V	157	62								
Y	22	22								
Zn	101	90								
Zr	105	213								

\*: total iron as Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, \*\*: determined by isotope dilution method.

L.O.I.: loss on ignition, n.d.: not detected.

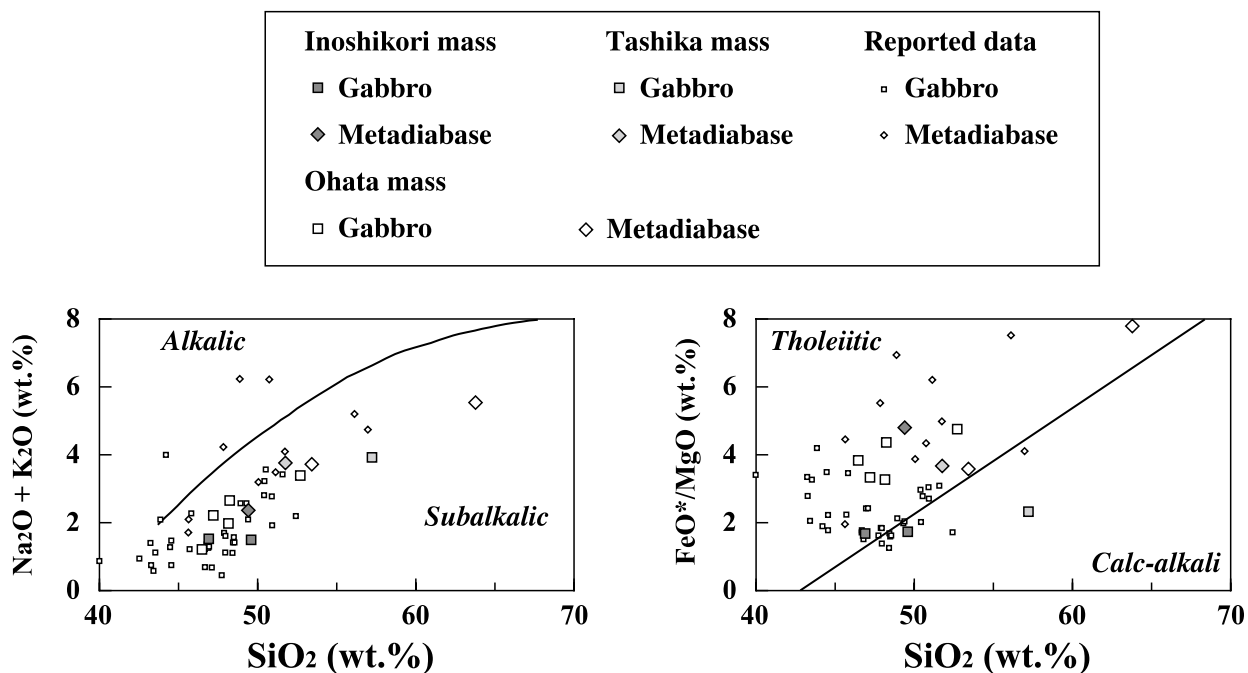


Fig. 4. SiO<sub>2</sub>-total alkalis and -FeO\*/MgO diagrams for the gabbroic rocks and metadiabase in the Ryoke metamorphic belt of the Mikawa district. FeO\* indicates total iron as FeO.

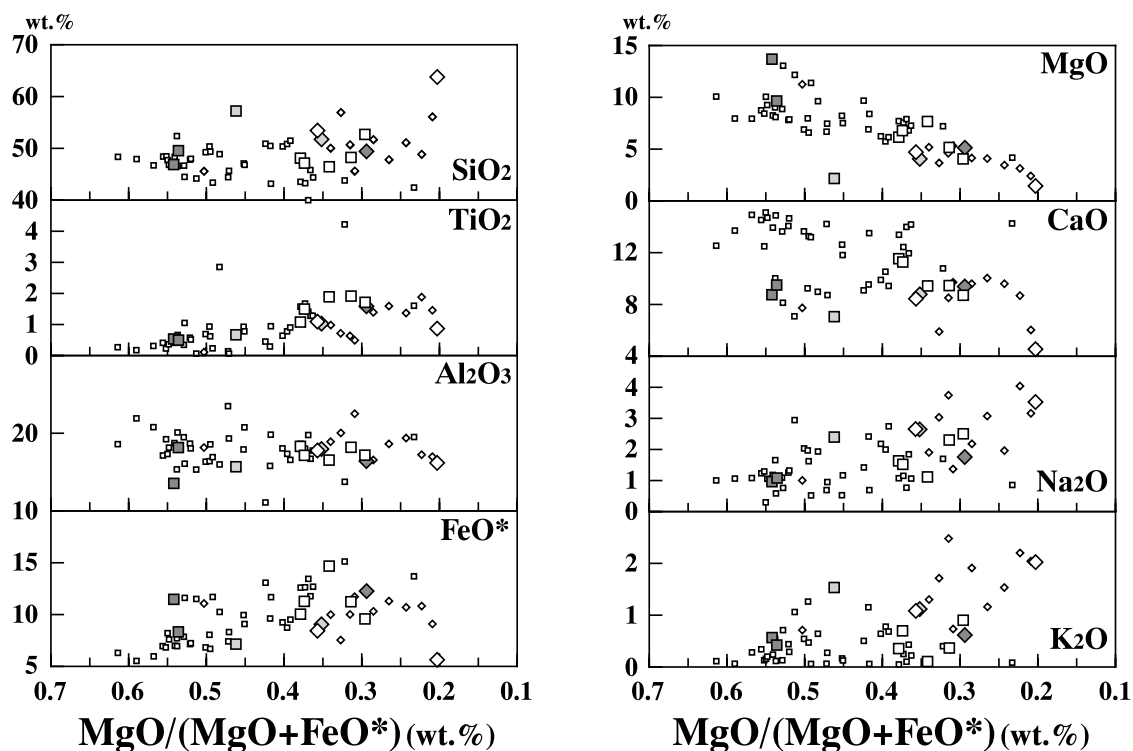


Fig. 5. MgO/(MgO+FeO\*)-oxides diagrams for the gabbroic rocks and metadiabase in the Ryoke metamorphic belt of the Mikawa district. FeO\* indicates total iron as FeO. Symbols are the same as those in Figure 4.

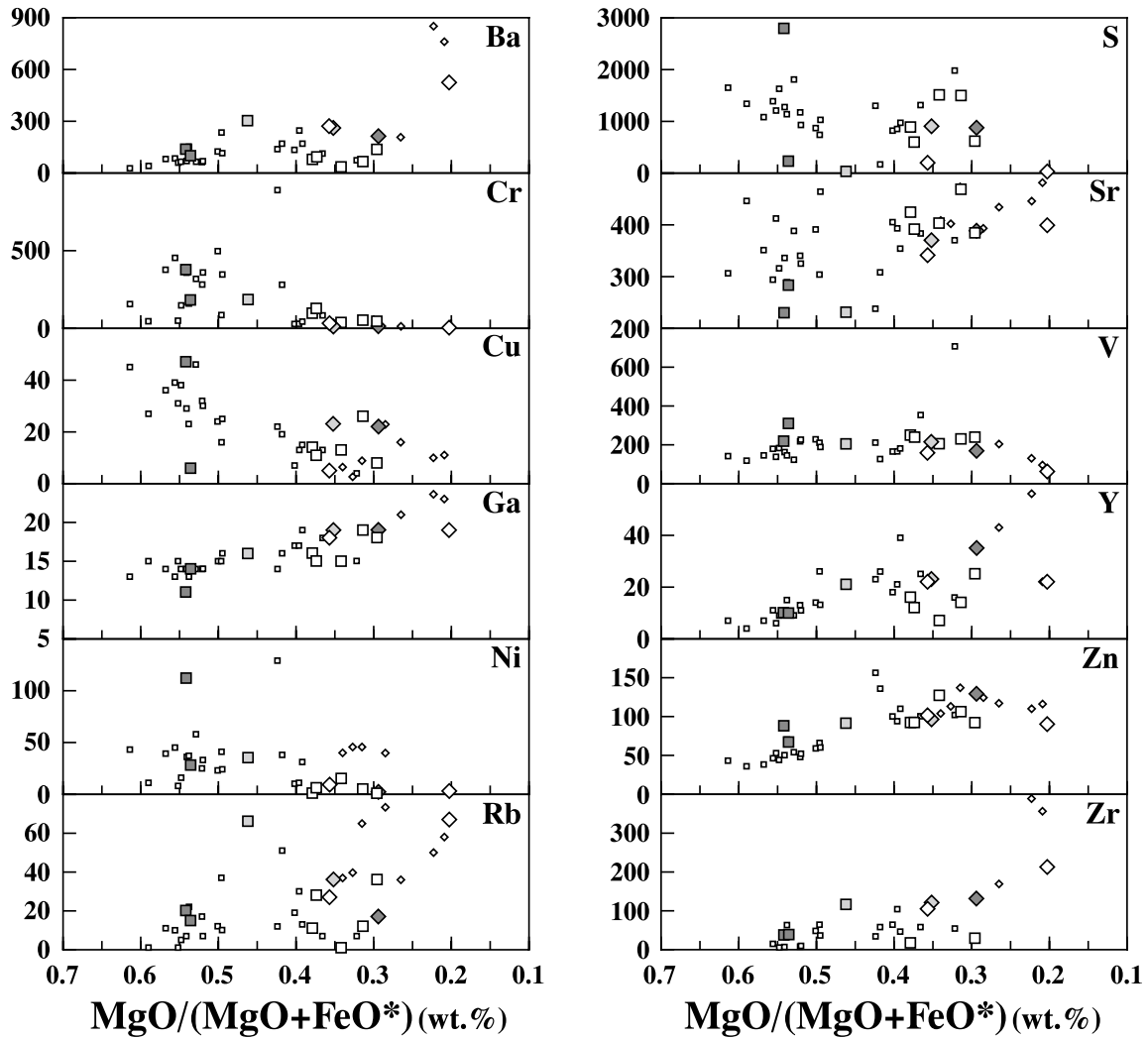


Fig. 6. MgO/(MgO+FeO\*)-trace elements diagrams of gabbroic rocks and metadiabase in the Ryoke metamorphic belt of the Mikawa district. Symbols are the same as those in Figure 4.

- 鉍物アイソクロン年代として、大畑岩体の斑れい岩から  $83.8 \pm 9.6$  Ma と  $78.3 \pm 2.3$  Ma を得た (Fig. 7). 変輝緑岩からは、全岩、黒雲母、フェルシックフラクションによる Rb-Sr 全岩-鉍物アイソクロン年代として、 $62.6 \pm 0.2$  Ma を得た (Fig. 7).

また、全岩試料、普通角閃石、斜長石による Sm-Nd 全岩-鉍物アイソクロン年代として、大畑岩体の斑れい岩から  $137 \pm 21$  Ma を得た (Fig. 8). 他の試料については、 $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$  比と  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  比の明瞭な相関関係が見られず、アイソクロン年代は得られなかった。

### K-Ar 鉍物年代

#### 1. 分析方法

猪古里岩体の 1 試料、大畑岩体の 2 試料、田鹿岩体の 2 試料、才栗岩体の 1 試料から分離した普通角閃石について、岡山大学固体地球研究センターの VG5400 型質量分析計を用いて測定した。測定方法は、Nagao et al. (1996) に従った。K は、岡山大学固体地球研究センターの原子吸光光度計を用いて定量した。K-Ar 年代は、 $^{40}\text{K}$  の崩壊定数:  $\lambda e=0.581 \times 10^{-10}/\text{y}$ ,  $\lambda\beta=4.962 \times 10^{-10}/\text{y}$  (Steiger and Jäger, 1977),  $^{40}\text{K}/\text{K}=0.0001167$  を用いて計算した。

#### 2. 測定結果

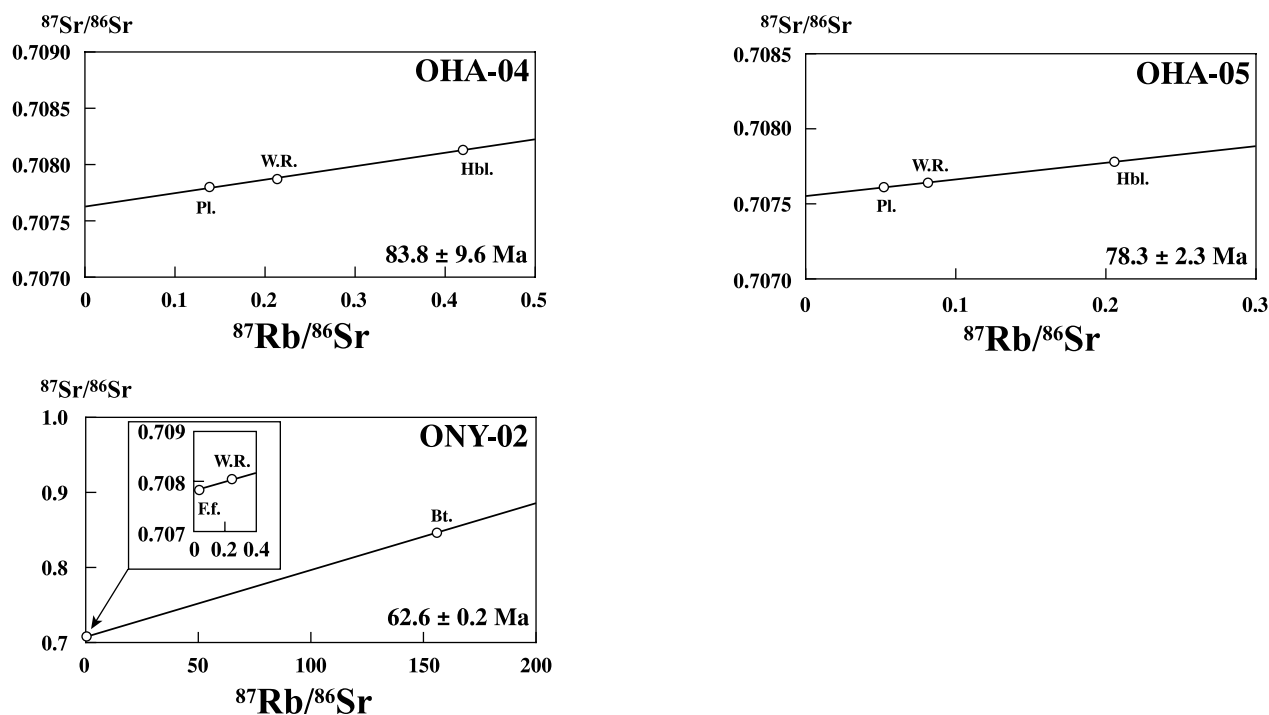
測定結果を Table 3 に示す。大畑岩体、田鹿岩体の

**Table 2.** Rb, Sr, Sm and Nd concentrations and isotopic data of gabbroic rocks and metadiabase from the Ryoke metamorphic belt of the Mikawa district.

Sample No.	Rb(ppm)	Sr(ppm)	<sup>87</sup> Rb/ <sup>86</sup> Sr	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr(2σ)	Sm(ppm)	Nd(ppm)	<sup>147</sup> Sm/ <sup>144</sup> Nd	<sup>143</sup> Nd/ <sup>144</sup> Nd(2σ)
Inoshikori mass								
INS-01	16.7	384	0.1261	0.70787(1)	6.78	28.4	0.1445	0.512318(12)
INS-01Hbl.	6.59	113	0.1682	0.70784(1)	12.0	44.7	0.1622	0.512345(10)
INS-01Pl.	5.99	691	0.02508	0.70763(1)	0.132	1.39	0.05745	0.512316(18)
INS-03	20.7	222	0.2703	0.70790(1)	1.33	5.48	0.1471	0.512329(12)
INS-04	14.8	279	0.1533	0.70808(1)	1.33	5.51	0.1456	0.512264(11)
Ohata mass								
OHA-01	35.2	382	0.2665	0.70798(1)	3.60	13.9	0.1570	0.512302(13)
OHA-02	3.43	409	0.02432	0.70767(1)	0.683	2.70	0.1531	0.512327(13)
OHA-03	12.7	462	0.07934	0.70778(1)	2.40	9.51	0.1527	0.512312(13)
OHA-04	28.5	387	0.2127	0.70787(1)	1.15	3.39	0.2051	0.512346(14)
OHA-04Hbl.	4.21	29.1	0.4191	0.70813(1)	0.576	1.69	0.2058	0.512390(14)
OHA-04Pl.	40.4	850	0.1375	0.70780(1)				
OHA-05	11.9	425	0.08095	0.70764(1)	2.32	8.55	0.1642	0.512344(12)
OHA-05Hbl.	1.32	18.6	0.2052	0.70778(1)	0.822	2.59	0.1918	0.512374(10)
OHA-05Pl.	13.8	771	0.05163	0.70761(1)	0.885	4.50	0.116	0.512305(15)
Tashika mass								
ONY-10	65.0	226	0.8305	0.71021(1)	3.31	15.2	0.1316	0.512240(10)
ONY-11	37*	370*	0.2815	0.70806(1)	4.35	19.7	0.1333	0.512346(10)
Metadiabase								
ONY-02	28.3	342	0.2392	0.70804(1)	3.30	14.3	0.1398	0.512326(10)
ONY-02Bt.	232	4.37	155.6	0.84622(1)				
ONY-02F.f.	6.21	562	0.03201	0.70783(1)				
ONY-08	66.2	401	0.4779	0.70855(1)	5.09	26.1	0.1178	0.512322(10)
Uzukiyama mass								
UZU-11Px.	0.789	8.38	0.2725	0.70745(2)				

\*: determined by XRF.

Hbl.: hornblende, Pl.: plagioclase, Bt.: biotite, F.f.: felsic fraction, Px.: pyroxene.



**Fig. 7.** Rb-Sr whole-rock and mineral isochron diagrams of gabbroic rocks and metadiabase in the Ryoke metamorphic belt of the Mikawa district. W.R.: whole-rock, Hbl.: hornblende, Pl.: plagioclase, F.f.: felsic fraction.

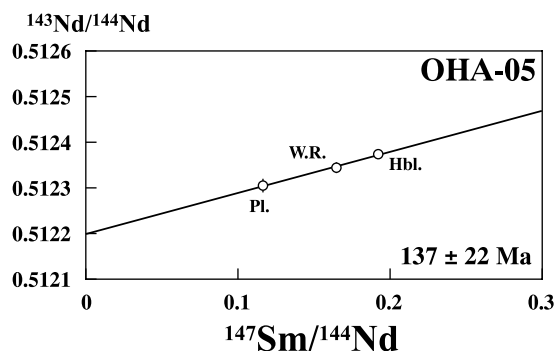


Fig. 8. Sm-Nd whole-rock and mineral isochron diagrams of gabbroic rocks from the Ohata mass. W.R.: whole-rock, Hbl.: hornblende, Pl.: plagioclase.

斑れい岩の K-Ar 普通角閃石年代はそれぞれ  $76.7 \pm 0.8$  Ma,  $74.3 \pm 0.8$  Ma および  $63.0 \pm 0.7$  Ma,  $68.1 \pm 0.8$  Ma である。また、才栗岩体は  $68.3 \pm 0.8$  Ma および  $64.9 \pm 0.8$  Ma の K-Ar 普通角閃石年代を示す。猪古里岩体と田鹿岩体の変輝緑岩の K-Ar 普通角閃石年代は  $61.9 \pm 0.7$  Ma および  $65.9 \pm 0.8$  Ma である。

## 考 察

### 1. 三河地方領家変成帯の苦鉄質岩体の同位体年代

普通角閃石の K-Ar 系閉鎖温度は、約  $500^{\circ}\text{C}$  (例えば, Harrison, 1981; Nishimura and Mogi, 1986) である。普通角閃石の Rb-Sr 系閉鎖温度は明らかにされていないが、Rb-Sr 全岩-鉱物アイソクロン年代が、K-Ar 普通角閃石年代と誤差の範囲で一致することから、K-Ar 系における閉鎖温度と同じくらいと考えられる (柚原・加々美, 2007)。Sm-Nd 系における

角閃石の閉鎖温度は、 $600 \sim 750^{\circ}\text{C}$  と見積もられている (例えば, Burton and O'Nions, 1990; Shiraishi and Kagami, 1992; Goldberg and Dallmeyer, 1997)。したがって、普通角閃石と斜長石の組み合わせから得られた Rb-Sr 全岩-鉱物アイソクロン年代および K-Ar 普通角閃石年代は、 $500^{\circ}\text{C}$  前後に岩石が冷却した時期を示し、Sm-Nd 全岩-鉱物アイソクロン年代は、 $600 \sim 750^{\circ}\text{C}$  の時期、すなわち、斑れい岩の形成に近い時期あるいは変成作用の時期を示すと考えられる。Rb-Sr 系の黒雲母の閉鎖温度は約  $300^{\circ}\text{C}$  である (Wagner et al., 1977)。したがって、黒雲母とフェルシックフラクションの組み合わせから得られた Rb-Sr 全岩-鉱物アイソクロン年代は約  $300^{\circ}\text{C}$  に岩石が冷却した時期を示す。

斑れい岩から得られた Rb-Sr 全岩-鉱物アイソクロン年代は、 $84 \sim 78$  Ma である。これと  $76.7 \sim 61.9$  Ma の斑れい岩および変輝緑岩の K-Ar 普通角閃石年代は近く、伊那地方領家変成帯の苦鉄質岩体および伊那地方から三河地方の領家変成帯の花崗岩体の鉱物年代の範囲内 ( $74.3 \sim 48.8$  Ma: Yuhara et al., 2000; 柚原ほか, 2000, 2004b; 柚原・加々美, 2006, 2007, 2008) にあり、これらの岩体と同様に、中部地方領家変成帯における火成活動の終了と変成帯の上昇に伴って冷却したと考えられる (Yuhara et al., 2000)。伊那山地の苦鉄質岩の Sm-Nd 全岩-鉱物アイソクロン年代は、 $154 \sim 140$  Ma と  $121 \sim 100$  Ma のグループに大きく 2 分される (柚原・加々美, 2007) が、今回得られた  $137$  Ma の Sm-Nd 全岩-鉱物アイソクロン年代は前者のグループにあたる。三河地方に分布する苦鉄質岩体を構成する斑れい岩の普通角閃石にも、伊那地方のものと同様に、褐色のコアと緑色ないし淡緑褐色のリムからなる累帯構造を持つものが多い。Kutsukake (1974) は、褐色の普通角閃石はマグマ起源で、緑褐色ないし緑色の普通角閃石は変成作用時に

Table 3. K-Ar hornblende ages of gabbroic rocks and metadiabase from the Ryoke metamorphic belt of the Mikawa district.

Sample No.	K (wt.%)	$^{36}\text{Ar}$ ( $10^{-10}$ cc/g)	$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	$^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$ ( $10^{-8}$ cc/g)	Age (Ma)	A.f. (%)
Inoshikori mass						
INS-01Hbl.	0.4295±0.0020	5.149±0.095	2330±28	105.0±1.1	61.90±0.68	12.7
Ohata mass						
OHA-05Hbl.(1.5)	0.2610±0.0004	6.24±1.4	1565±23	79.37±0.80	76.69±0.77	18.9
OHA-05Hbl.(2)	0.2164±0.0004	6.28±0.13	1309±17	63.75±0.64	74.34±0.75	22.6
OHA-04Hbl.(2)	0.2183±0.0007	4.64±0.12	1465±24	54.34±0.55	63.02±0.65	20.2
Tashika mass						
ONY-10Hbl.	0.2536±0.0016	3.806±0.084	2088±31	68.31±0.69	68.09±0.80	14.2
ONY-11Hbl.	0.3646±0.0021	3.595±0.083	2927±48	95.04±0.96	65.93±0.75	10.1
Saikuri mass						
OTO-02Hbl.(0.5)	0.1543±0.0011	11.09±0.14	651.6±2.8	39.59±0.41	64.91±0.80	45.4
OTO-02Hbl.(0.65)	0.2611±0.0019	12.74±0.15	849.4±3.6	70.55±0.72	68.30±0.84	34.9

A.f.: air fraction.

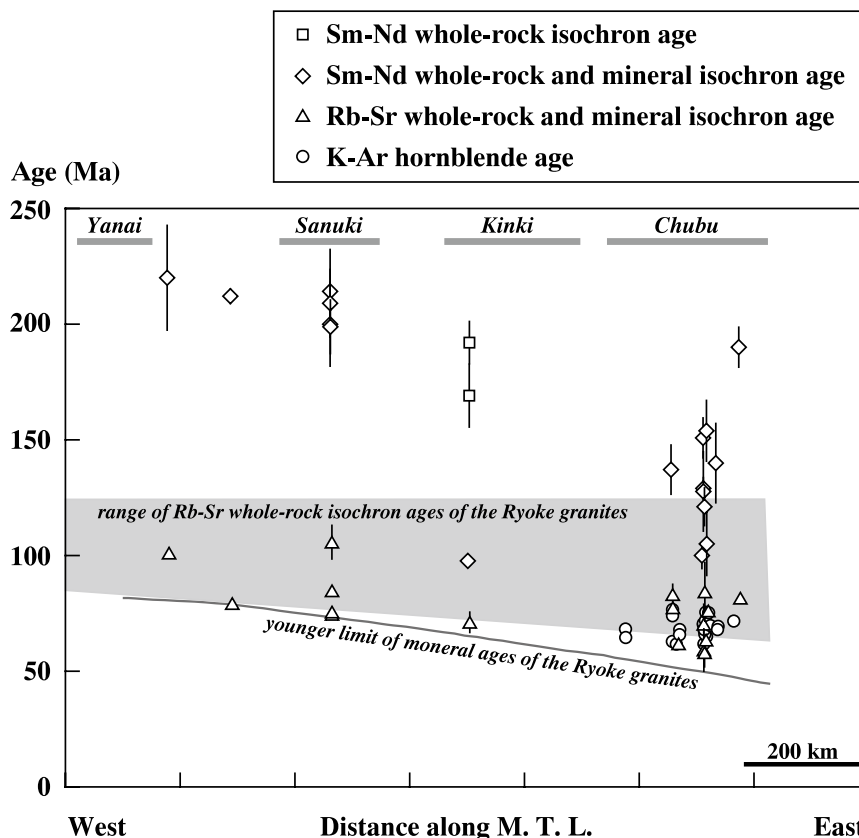


Fig. 9. Plot of age versus distance along the Median Tectonic Line (M.T.L.) showing lateral variation of Rb-Sr and Sm-Nd isochron ages of mafic rocks in the Ryoke metamorphic belt. The range of Rb-Sr whole-rock isochron ages and younger limit of mineral ages of the Ryoke granites are shown after Yuhara et al. (2000). Data sources : Kagami et al. (1995), Okano et al. (2000), Yuhara and Kagami (2007, 2008), and this study.

Table 4. Modal initial Sr (SrI) and Nd (NdI) isotopic ratios corrected by 150 Ma of gabbroic rocks and metadiabase from the Ryoke metamorphic belt of the Mikawa district.

Sample No.	SrI	NdI
Inoshikori mass		
INS-01	0.70760	0.512176
INS-03	0.70732	0.512185
INS-04	0.70775	0.512121
Ohata mass		
OHA-01	0.70741	0.512148
OHA-02	0.70762	0.512177
OHA-03	0.70761	0.512162
OHA-04	0.70742	0.512145
OHA-05	0.70747	0.512183
Tashika mass		
ONY-10	0.70844	0.512111
ONY-11	0.70746	0.512215
Metadiabase		
ONY-02	0.70753	0.512189
ONY-08	0.70753	0.512206

褐色普通角閃石を置き換えて生成したものであるとした。柚原・加々美 (2007) も、伊那地方の苦鉄質岩体の普通角閃石のうち 154 ~ 140 Ma の年代を示す褐色ないし緑褐色の普通角閃石はマグマ起源であり、121 ~ 100 Ma の緑色ないし青緑色の普通角閃石は領家変成作用もしくは領家花崗岩類の貫入の影響によって形成されたものであると考えた。すなわち、今回得られた 137 Ma はマグマ活動の時期に近い年代を示すと考えられる。他の斑れい岩で Sm-Nd 全岩 - 鉱物アイソクロン年代が得られなかったのは、それらの熱的影響によって、不均質な同位体平衡が生じたためであると考えられる。変輝緑岩は、斑れい岩よりも黒雲母を多く含むことから、加々美ほか (2008) で詳細に検討されているように、これが原因で Sm-Nd 全岩 - 鉱物アイソクロン年代が得られなかったと考えられる。

今回得られた Sm-Nd 全岩 - 鉱物アイソクロン年代は、伊那山地や三穂地域の苦鉄質岩 (柚原・加々美, 2007, 2008) 同様、伊那地方領家変成帯の領家花崗岩類の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代 (Yuhara et al.,

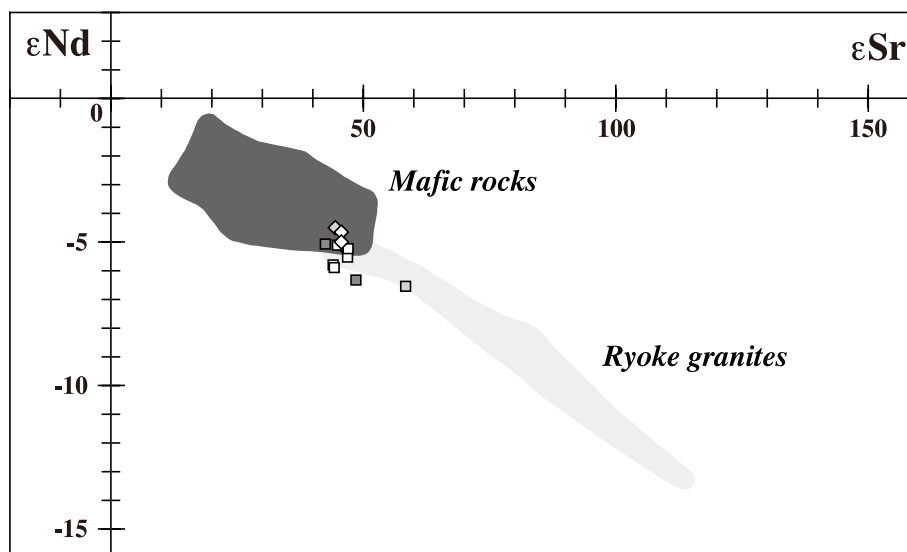


Fig. 10. Initial  $\epsilon Sr$  vs.  $\epsilon Nd$  diagram of the gabbroic rocks and metadiabase from the Ryoke metamorphic belt of the Mikawa district. Symbols are the same as those in Figure 4. CHUR parameters for calculation of initial  $\epsilon Sr$  and  $\epsilon Nd$  values are :  $^{87}Sr/^{86}Sr(\text{present})=0.7045$ ,  $^{87}Rb/^{86}Sr(\text{present})=0.0827$ ,  $^{143}Nd/^{144}Nd(\text{present})=0.512638$ ,  $^{147}Sm/^{144}Nd(\text{present})=0.1966$ . Data sources : Kagami et al. (1988, 1992, 1995), Yuhara (1994), Yuhara and Kagami (1995, 1999, 2006, 2007, 2008), Yuhara et al. (1998, 2003), Fujii et al. (2000), Morioka et al. (2000), Okano et al. (2000), and this study.

2000; 柚原・加々美, 2006) よりも明らかに古い。Fig. 9に、これまでに領家変成帯から報告されている苦鉄質岩の同位体年代の中央構造線に沿った変化を示す。同図には、Yuhara et al. (2000) によって示された領家花崗岩類の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代の範囲と鉍物年代の最若限界を示した。前者は花崗岩類の活動時期を、後者はマグマ固結後、変成帯の上昇・冷却に伴って冷却した時期を示していると考えられている (Yuhara et al., 2000)。苦鉄質岩の活動時期あるいはそれに近い時期、もしくは領家変成作用による熱的影響の時期を示すと考えられる Sm-Nd 全岩アイソクロン年代および Sm-Nd 全岩-鉍物アイソクロン年代は、領家花崗岩類の活動時期よりも明らかに古く、西から東に向かってわずかに若くなる傾向がある。中部地方領家帯においては、領家花崗岩類の活動時期と重なるものが多いが、領家変成作用や領家花崗岩類の貫入による熱的影響を受けている試料が多いためであると考えられる。以上のことから、領家変成帯におけるこれら苦鉄質岩類 (特に斑れい岩) の火成活動は、領家変成作用や領家花崗岩類の火成活動よりも古い可能性が高い。変輝緑岩には、活動時期の古いものもあるが、前述のように同時期の可能性が高いものも含まれる。したがって、斑れい岩、変輝緑岩を問わず、苦鉄質岩類の産状の再調査とそれらの同位体年代の蓄積

が必要である。

## 2. 三河地方領家変成帯の苦鉄質岩体の同位体岩石学的特徴

150Ma で年代補正した苦鉄質岩のモデル Sr および Nd 同位体比初生値 (Table 4) を  $\epsilon$ -ダイアグラムに示す (Fig. 10)。図には、これまでに報告されている領家変成帯の花崗岩類 (Kagami et al., 1988, 1992; 柚原, 1994; 柚原・加々美, 1995, 1999, 2006; 柚原ほか, 1998; Fujii et al., 2000; Morioka et al., 2000; Yuhara et al., 2003) および苦鉄質岩 (Kagami et al., 1995; Okano et al., 2000; 柚原・加々美, 2007, 2008) の  $\epsilon$  初生値の範囲も示した。三河地方の斑れい岩のモデル  $\epsilon$  初生値のほとんどは、これまでに報告されている瀬戸内地域から伊那地方の領家変成帯に分布する苦鉄質岩類よりも高い  $\epsilon Sr$  値と低い  $\epsilon Nd$  値を示す。したがって、これらの斑れい岩は、それらよりも LILE (Large ionic lithophile elements) と LREE (Light rare earth element) にエンリッチした Sr・Nd 同位体比組成をもつ起源物質からもたらされたと考えられる。これに対し、変輝緑岩は同様な傾向がやや認められるものの、領家変成帯に分布する苦鉄質岩類の組成範囲内にある。

## 謝 辞

薄片の一部は岡山大学固体地球研究センター（当時）の故麻田 斎氏に作製していただいた。K-Ar 年代測定の際には、岡山大学固体地球研究センター（現、東京大学大学院理学系研究科）の長尾敬介教授にお世話になった。愛知大学の沓掛俊夫教授には査読をしていただき、有益な助言をいただいた。以上の方々から感謝いたします。

## 文 献

- Asami, M., 1971, Finding of staurolite-bearing polytic schist in the Ryoke metamorphic belt of central Japan. *Proc. Japan Acad.*, **47**, 511-516.
- Asami, M., 1977, Two modes of occurrence of staurolite from the Ryoke metamorphic rocks in the Hazu area, central Japan. *Jour. Japan. Assoc. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, **72**, 205-219.
- Asami, M. and Hoshino, M., 1980, Staurolite schists from the Hongu-san area in the Ryoke metamorphic belt, central Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **86**, 581-591.
- 浅見正雄・星野光雄・宮川邦彦・諏訪兼位, 1982, 幡豆-本宮山地域の領家変成帯における十字石片岩の形成条件. *地質雑*, **88**, 437-350.
- Burton, K. W. and O'Nions, R. K., 1990, The time scale and mechanism of granulite formation at Kurunegala, Sri Lanka. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **106**, 66-89.
- Fujii, H., Tainosho, Y., Kagami, H. and Takiuchi, T., 2000, Sr-Nd isotopic systematics and geochemistry of intermediate plutonic rocks from Ikoma Mountains, Southwest Japan: evidence for a sequence of Mesozoic magmatic activity in the Ryoke Belt. *Island Arc*, **9**, 37-45.
- Goldberg, S. A. and Dallmeyer, R. D., 1997, Chronology of Paleozoic metamorphism and deformation in the Blue Ridge Thrust Complex, North Carolina and Tennessee. *Amer. Jour. Sci.*, **297**, 488-526.
- Harrison, T. M., 1981, Diffusion of <sup>40</sup>Ar in hornblende. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **78**, 324-331.
- Hibbard, M. J., ed., 1995, *Petrography to Petrogenesis*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, 587p.
- Ishihara, S. and Chappell, B. W., 2007, Chemical compositions of the late Cretaceous Ryoke granitoids of the Chubu district, central Japan- revisited. *Bull., Geol. Surv. Japan*, **58**, 323-350.
- Ishihara, S., Yoshikura, S., Sato, H., Satake, Y. and Atsuta, S., 2003, Ilmenite-series pink and gray granitoids and felsic/mafic interaction across the late Cretaceous Inner Zone batholith of SW Japan. *Hutton Symposium V, Field Guidebook, Geol. Surv. Japan, Interim-Rep.*, no. **28**, 41-60.
- Kagami, H., Honma, H., Shirahase, T. and Nureki, T., 1988, Rb-Sr whole rock isochron ages of granites from northern Shikoku and Okayama, Southwest Japan: implications for the migration of the late Cretaceous to Paleogene igneous activity in space and time. *Geochem. Jour.*, **22**, 69-79.
- Kagami, H., Yokose, H. and Honma H., 1989, <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr and <sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd ratios of GSJ rock reference samples; JB-1a, JA-1 and JG-1a. *Geochem. Jour.*, **23**, 209-214.
- 加々美寛雄・柚原雅樹・川野良信, 2008, 花崗岩の Sm-Nd 全岩-鉱物アイソクロンの成立要件. *MAGMA*, no. **89**, 43-60.
- 加々美寛雄・柚原雅樹・岡野 修・飯泉 滋・大和田正明・田結庄良昭・端山好和, 1996, 領家帯に分布する変輝緑岩の形成年代と地球化学的特徴. 総合研究 (A) 日本列島のジュラ紀-古第三紀付加体形成における緑色岩の意義, 研究報告, no. **1**, 135-142.
- Kagami, K., Yuhara, M., Tainosho, Y., Iizumi, S. and Hayama, Y., 1995, Sm-Nd isochron ages of mafic igneous rocks from the Ryoke Belt, Southwest Japan Arc : Remains of Jurassic igneous activity in the late Cretaceous granitic terrane. *Geochem. Jour.*, **29**, 123-135.
- 川野良信, 1994, パーソナルコンピュータを用いた Rb-Sr, Sm-Nd アイソクロン計算プログラム. *情報地質*, **5**, 13-19.
- Koide, H., 1958, *Dando granodioritic intrusives and their associated metamorphic complex*. Japan Soc. Prom. Sci., 311p.
- Kutsukake, T., 1974, Petrology of the gabbroic rocks in the Ryoke zone of the Toyone-mura area, Aichi Prefecture, Japan. *Jour. Japan. Assoc. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, **69**, 52-74.
- Kutsukake, T., 1975, Metabasites in the Ryōke zone of the Toyone-mura area, Aichi Prefecture, Japan. *Jour. Japan. Assoc. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, **70**, 177-193.
- Kutsukake, T., 1977, Petrological study on the Ryoke metamorphic rocks in the Toyone-mura area, Aichi Prefecture, Japan. *Mem. Fac. Sci., Kyoto Univ., Ser. Geol. Mineral.*, **43**, 49-110.
- Kutsukake, T., 1978, Cortlandite from Toyone-mura area, Aichi Prefecture, Japan - A contribution to the genesis of cortlandites in the Ryoke zone - . *Mem. Fac. Sci., Kyoto Univ., Ser. Geol. Mineral.*, **45**, 55-69.
- 沓掛俊夫, 1982, 三河地方領家帯の乙川はんれい岩体 (その 1: 産状と岩石記載). 愛知大学総合郷土研究所紀要, **27**, 111-117.
- 沓掛俊夫, 1988, 三河地方領家帯の乙川はんれい岩体 (その



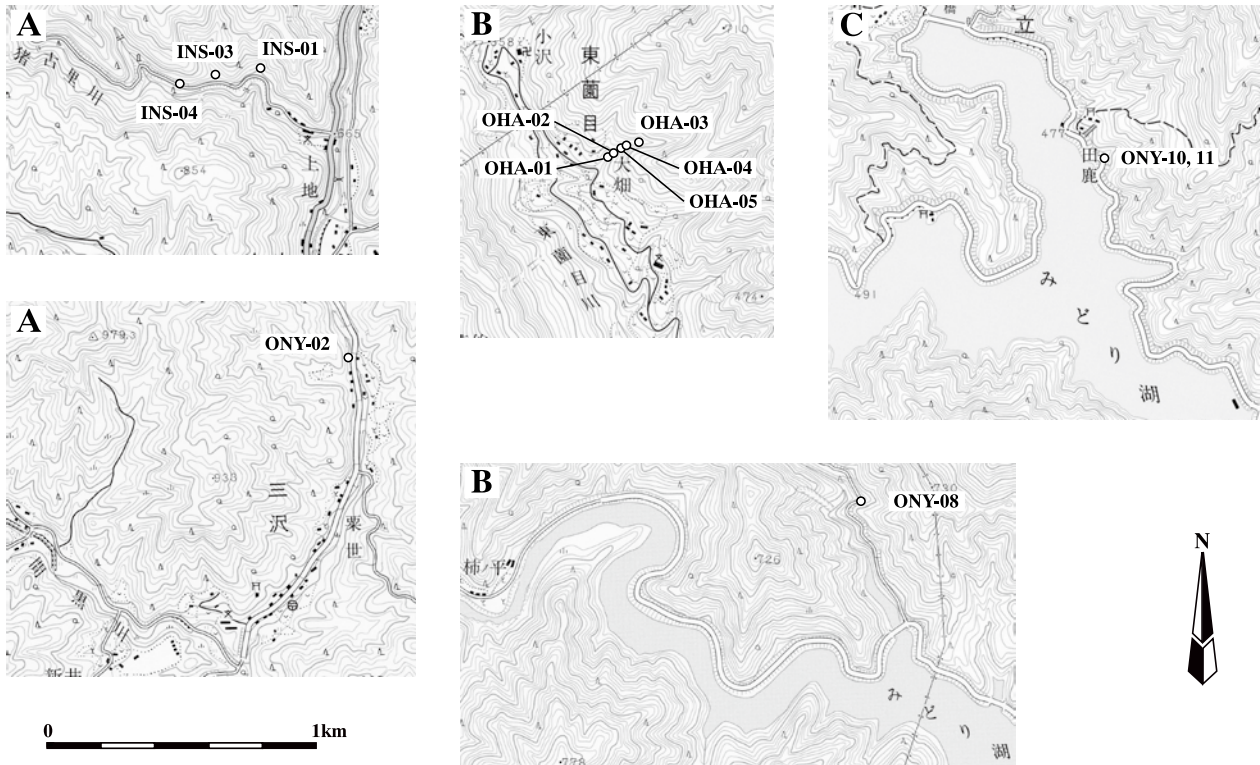
- 2: 岩石化学) への補遺. 愛知大学総合郷土研究所紀要, **33**, 161-164.
- 沓掛俊夫, 1993, 三河地方領家帯の乙川はんれい岩体-その3-: 主要造岩鉱物の化学組成. 愛知大学総合郷土研究所紀要, **38**, 49-58.
- Kutsukake, T., 2000, Petrographic features of the gabbroic rocks in the Ryoke Belt of the Mikawa district, southwest Japan. *Sci. Rep. Toyohashi Mus. Nat. Hist.*, no.10, 1-12.
- Kutsukake, T., Miyake, A. and Ohtomo, Y., 2003, Ryoke granitoids and metamorphic rocks in the eastern Mikawa district, central Japan. *Hutton Symposium V, Field Guidebook, Geol. Surv. Japan, Interim-Rep.*, no. 28, 103-114.
- Lugmair, G. W. and Marti, K., 1978, Lunar initial  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ : differential evolution of the Lunar crust and mantle. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **39**, 349-357.
- 松浦浩久, 1997, 倉橋島及び柱島地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 53p.
- Miyazaki, T. and Shuto, K., 1998, Sr and Nd isotope of twelve GSJ rock reference samples using MAT262 mass spectrometer. *Geochem. Jour.*, **32**, 345-350.
- Morioka, K., Tainosho, Y. and Kagami, H., 2000, Rb-Sr isochron ages of the Cretaceous granitoids in the Ryoke belt, Kinki district, Southwest Japan. *Island Arc*, **9**, 46-54.
- Nagao, K., Ogata, A., Miura, N. Y. and Yamaguchi, K., 1996, Ar isotope analysis for K-Ar dating using two modified-VG5400 mass spectrometers. I: Isotope dilution method. *Jour. Mass Spectrometry Soc. Japan*, **44**, 39-61.
- Nishimura, S. and Mogi, T., 1986, The interpretation of discordant ages of some granitic bodies. *Jour. Geotherm. Res. Soc. Japan*, **8**, 145-164.
- 西脇 仁・奥平敬元, 2005, 近畿中央部, 飛鳥地域の領家変成帯に産する細粒苦鉄質岩の形成過程. 地質雑, **111**, 141-155.
- 西脇 仁・奥平敬元, 2007, 近畿中央部, 初瀬深成複合岩体の定置過程. 地質雑, **113**, 249-265.
- 小木曾勝弥, 1984, 長野県飯田市三穂地域の塩基性岩類 (II) - 岩石化学的性質 -. 岩鉱, **79**, 239-248.
- Ohtomo, Y., 1993, Origin of the Median Tectonic Line. *Jour. Sci., Hiroshima Univ., Ser. C*, **9**, 611-669.
- Okano, O., Sato, T. and Kagami, H., 2000, Rb-Sr and Sm-Nd isotopic studies of mafic igneous rocks from the Ryoke plutono - metamorphic belt in the Setouchi area, Southwest Japan: implications for the genesis and thermal history. *Island Arc*, **9**, 21-36.
- 領家研究グループ, 1972, 中部地方領家帯の花崗岩類の相互関係. 地球科学, **26**, 205-216.
- Shiraishi, K. and Kagami, H., 1992, Sm-Nd and Rb-Sr ages of metamorphic rocks from the Sør Rondane Mountains, East Antarctica. In Yoshida, Y., Kaminuma K. and Shiraishi, K., eds., *Recent progress in Antarctic Earth Science*, TERRAPUB, Tokyo, 29-35.
- Steiger, R. H. and Jäger, E., 1977, Subcommission on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **36**, 359-362.
- 高本のぞみ・柚原雅樹・古川直道, 2005, 福岡県東部, 今川・祇川流域の元素濃度分布. 福岡大学理学集報, **35** (2), 41-66.
- Wagner, G. A., Reimer, G. M. and Jäger, E., 1977, Cooling ages derived by apatite fission-track, mica Rb-Sr and K-Ar dating: the uplift and cooling history of the Central Alps. *Mem. Inst. Geol. Mineral., Univ. Padova*, **30**, 1-27.
- York, D., 1966, Least-squares fitting of a straight line. *Can. Jour. Physics*, **44**, 1079-1086.
- 吉倉伸一・熱田真一, 2000, 花崗岩体に記録されたマグマの混交・混合現象. 月刊地球号外, no. 30, 140-145.
- 柚原雅樹, 1994, 中部地方, 伊那領家帯における太田切花崗岩の貫入時期と領家変形-変成作用: Rb-Sr 全岩アイソクロン年代による検討. 岩鉱, **89**, 269-284.
- 柚原雅樹・古川直道・田口幸洋, 2004a, 粉末ベレット法による珪酸塩・炭酸塩岩石の微量元素の蛍光 X 線分析. 福岡大学理学集報, **34** (1), 43-49.
- 柚原雅樹・原 文宏・加々美寛雄, 2000, 非持トータル岩の Rb-Sr, Sm-Nd 年代とその意義. 地質学論集, no. 56, 241-253.
- 柚原雅樹・加々美寛雄, 1995, 勝間石英閃緑岩体の冷却史. 地質雑, **101**, 434-442.
- 柚原雅樹・加々美寛雄, 1999, 伊那領家帯, 高遠花崗岩の年代学的, 同位体岩石学的研究. 地質雑, **105**, 181-192.
- 柚原雅樹・加々美寛雄, 2006, 伊那領家変成帯, 木曾駒花崗閃緑岩および市田花崗岩の年代学的, 同位体岩石学的研究. 福岡大学理学集報, **36** (2), 37-61.
- 柚原雅樹・加々美寛雄, 2007, 伊那領家変成帯, 伊那山地に分布する苦鉄質岩の同位体年代. 福岡大学理学集報, **37** (1), 57-78.
- 柚原雅樹・加々美寛雄, 2008, 伊那領家変成帯, 三穂地域の水晶山苦鉄質岩体の同位体年代. 福岡大学理学集報, **38** (1), 75-88.
- Yuhara, M., Kagami, H. and Nagao, K., 2000, Geochronological characterization and petrogenesis of granitic rocks in the Ryoke belt, Southwest Japan Arc: constraints from K-Ar, Rb-Sr and Sm-Nd systematics. *Island Arc*, **9**, 64-80.
- 柚原雅樹・宮崎 隆・加々美寛雄, 2004b, 伊那領家帯, 吉瀬花崗閃緑岩の年代学的, 同位体岩石学的研究. 福岡大学理学集報, **34** (1), 51-65.

- Yuhara, M., Miyazaki, T., Kagami, H. and Yuhara, M., 2003, Rb-Sr and K-Ar geochronology and petrogenesis of the Aji Granite in the eastern Sanuki district, Ryoke Belt, southwest Japan. *Jour. Mineral. Petrol. Sci.*, **98**, 19-30.
- 柚原雅樹・田口幸洋, 2003a, 蛍光 X 線分析装置 ZSX100e による珪酸塩岩石の主成分および微量元素の定量分析. 福岡大学理学集報, **33** (1), 25-34.
- 柚原雅樹・田口幸洋, 2003b, ガラスビード法による珪酸塩岩石の Co および S の蛍光 X 線分析. 福岡大学理学集報, **33** (2), 77-81.
- 柚原雅樹・高橋 浩・加々美寛雄, 1998, 淡路島の花崗岩類の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代と起源物質. 地質調査所月報, **49**, 477-491.

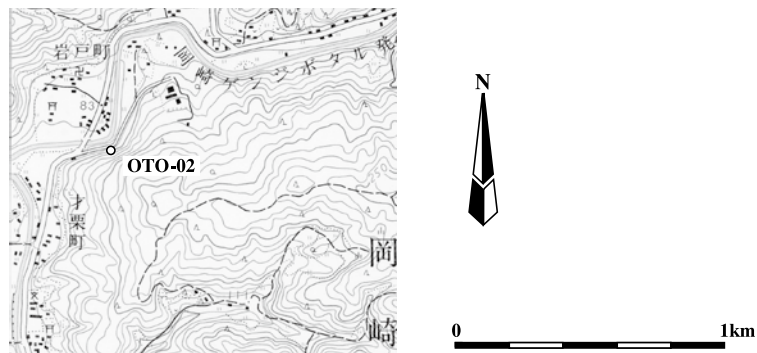
(要 旨)

柚原雅樹・加々美寛雄, 2012, 三河地方領家変成帯に分布する苦鉄質岩類の同位体年代. 福岡大学理学集報, **42**, 37-55. (Yuhara, M. and Kagami, H., 2012, Geochronological and Rb-Sr and Sm-Nd isotopic study of mafic rocks in the Ryoke Metamorphic Belt of the Mikawa District, Southwest Japan Arc. *Fukuoka Univ. Sci. Rep.*, **42**, 37-55.)

三河地方領家変成帯には、斑れい岩や変輝緑岩といった苦鉄質岩類が分布している。田鹿岩体の苦鉄質岩類は、 $68.1 \pm 0.8$  Ma と  $65.9 \pm 0.8$  Ma の K-Ar 普通角閃石年代を示す。大畑岩体の斑れい岩は、 $76.7 \pm 0.8$  Ma,  $74.3 \pm 0.8$  Ma,  $63.0 \pm 0.7$  Ma の K-Ar 普通角閃石年代,  $83.8 \pm 9.6$  Ma と  $78.3 \pm 2.3$  Ma の Rb-Sr 全岩 - 普通角閃石アイソクロン年代,  $137 \pm 21$  Ma の Sm-Nd 全岩 - 普通角閃石アイソクロン年代を示す。猪古里岩体の変輝緑岩は、 $61.9 \pm 0.7$  Ma の K-Ar 普通角閃石年代を示す。変輝緑岩は、 $62.6 \pm 0.2$  Ma の Rb-Sr 全岩 - 黒雲母アイソクロン年代を示す。K-Ar 普通角閃石年代と Rb-Sr 全岩 - 鉍物アイソクロン年代は、伊那地方の領家花崗岩類の鉍物年代の範囲内にあり、これらの岩体の冷却年代を示す。Sm-Nd 全岩 - 普通角閃石アイソクロン年代は、伊那地方の苦鉄質岩類の年代値のうちの古いグループに類似している。これらの年代値は、岩体の活動時期に近い年代値を示す。このことは、三河地方の苦鉄質岩類の火成活動も領家花崗岩類よりも古いことを示唆する。150 Ma で年代補正すると、三河地方の苦鉄質岩類は、瀬戸内地域から伊那地方にかけての領家変成帯の苦鉄質岩類に比べ、エンリッチしたモデル  $\epsilon_{\text{Sr}}$  値ならびにデブリードしたモデル  $\epsilon_{\text{Nd}}$  値を示す。



**Appendix 1.** Sample localities of gabbroic rocks and metadiabase in the Ryoke metamorphic belt of the Mikawa district. These maps are adapted from the 1/25000 topographic maps “Chausu-yama” (A), “Midashi” (B) and “Sakuma” (C) published by the Geographical Survey Institute of Japan.



**Appendix 2.** Sample locality of gabbroic rock in the Ryoke metamorphic belt of the Mikawa district. The map is adapted from the 1/25000 topographic map “Mikawa-Miyazaki” published by the Geographical Survey Institute of Japan.

