美濃帯北東部, 沢渡礫岩から産出した高 Mg ザクロ石を含む片麻岩礫 —美濃帯の砂岩中に存在する高 Mg 碎屑性ザクロ石の起源—*

Occurrence of gneiss clasts with Mg-rich garnets from the Sawando conglomerate in the northeastern Mino terrane : source of detrital Mg-rich garnets in the Jurassic sandstone of the Mino terrane*

Abstract

田中姿郎** 足立 守**

Shiro Tanaka** and Mamoru Adachi**

1998年4月6日受付.

1998年10月15日受理.

** 名古屋大学大学院理学研究科地球惑星理学専攻,
Department of Earth and Planetary Sciences,
Graduate School of Science, Nagoya University,
Chikusa, Nagoya 464-8602, Japan

Garnets, rich in Mg as high as MgO=10.4 wt.% (39.5 pyrope mol %), have been found in a fine-grained rutile-graphite-garnet-biotite-quartz gneiss clast (Sawa-13) and a coarse-grained microcline-garnet-biotite-quartz-oligoclase gneiss clast (Sawa-43) from the Jurassic Sawando conglomerate in the northeastern part of the Mino terrane.

This discovery gives a definite picture for the source rock of detrital Mg-rich garnets that are common in the Jurassic sandstones of the Mino terrane. Judging from the textures and chemical compositions of minerals of gneiss clasts, Sawa-13 and Sawa-43 are likely to have been metamorphosed under the granulite facies conditions and subsequently metamorphosed retrogressively.

Key words : Mg-rich garnet, garnetiferous gneiss clast, Sawando conglomerate, Sawando complex, Mino terrane

はじめに

西南日本内帯の美濃帯には大量のジュラ紀碎屑岩類が存在し、砂岩中には重鉱物としてザクロ石が普遍的に含まれる。美濃帯の碎屑性ザクロ石の大半はパイロープ-アルマンディン系列のもので、各地からパイロープ成分に富む (MgO 含有量が 10wt.% 以上の) 碎屑性ザクロ石が報告されている。最も Mg に富む碎屑性ザクロ石 (MgO=12.8 wt.%) は、鈴木 (1977) が岐阜県揖斐郡春日村から報告したものであるが、類似の組成の碎屑性ザクロ石は高山北方地域 (Adachi and Kojima, 1983) 等から知られている。

一方、美濃帯に点在する礫岩からは含ザクロ石片麻岩礫 (例えば、上麻生礫岩: Adachi, 1971; 坂祝礫岩: 近藤・足立, 1975; 番所礫岩: 大塚, 1985) が報告されており、鉱物共生やザクロ石の化学組成から、変成度に関する情報が得られている。しかし、最も Mg に富むザクロ石でも MgO 含有量は 7.6 wt.% (足立, 1985) で、MgO=8 wt.% 以上のザクロ石を含む片麻岩礫は見つかっていなかった。そのため、MgO 含有量が 10 wt.% を越えるような高 Mg 碎屑性ザクロ石の原岩については不明のままで、漠然と泥質~砂質岩起源のグラニュライトと考えられてきた。

筆者の一人 (田中) は 1996 年以来、美濃帯北東部、乗鞍岳東方地域の碎屑岩類の起源に関する研究を行っている。今回、美濃帯北東部の沢渡礫岩 (田中ほか, 1952) より MgO 含有量が最大 10.4 wt.% のザクロ石を含む片麻岩礫 (Sawa-

13) を発見したので、その特徴と意義について報告する。なお、共存する片麻岩礫には MgO=7.5~8.5 wt.% のザクロ石を含む片麻岩礫 (Sawa-43) がみられる。

地質および沢渡礫岩の概略

沢渡礫岩の産する沢渡地域は美濃帯の北東部に位置し (Fig. 1)、ここには白骨コンプレックスと沢渡コンプレックスが分布する (Otsuka, 1988; 中野ほか, 1995)。白骨コンプレックスは沢渡コンプレックスに北西から低角に衝上しており、境界部ではチャートや砂岩の礫を含む含礫頁岩がみられる。両コンプレックスは第四紀の乗鞍火山の噴出物等に覆われている (Fig. 1)。白骨コンプレックスは二畳紀の緑色岩・チャート・石灰岩を主体とし、それらのブロックとジュラ紀中期の碎屑岩類の集合体と考えられているが (大塚, 1985)、沢渡地域ではこのジュラ紀碎屑岩類はほとんどみられない。沢渡コンプレックスはチャート-碎屑岩シーケンスからなり、一般に北東-南西走向で北西に傾斜している。このシーケンスは、下位から三畳紀からジュラ紀前期のチャート、ジュラ紀中期の珪質頁岩、ジュラ紀中期~後期の頁岩、そしてジュラ紀後期の砂岩頁岩互層からなる。

砂岩優勢層では、まれに、花崗岩や変成岩の円礫を含む層間礫岩がみられる。沢渡礫岩はその一つで、加納 (1961) によって花崗岩礫の記載がされている。Adachi (1976) は沢渡礫岩から珪線石片麻岩礫を見だし、沢渡礫岩と上麻生礫岩の類似性を指摘している。礫岩の基質は中粒から粗粒の石英-長石質の砂岩で、岩石片として酸性火成岩や変成岩起源

* 日本地質学会第 105 年学術大会 (信州大学, 1998 年 9 月) にて一部講演。

Fig. 1. (A) Index map showing the northeastern Mino terrane and the distribution of five complexes (modified from Otsuka, 1988). ISTL in inset map is the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line. (B) Geological map of the Sawando area.

のものが目立つ。重鉱物の中ではザクロ石が最も多く、他に黒雲母・白雲母・ジルコン・不透明鉱物・ルチル・電気石が存在する。ザクロ石は0.1~0.5 mm ほどのサイズのものが多く、一般に礫径は約1~20 cm であるが、最大40 cm に達する礫も存在する。礫の淘汰は悪く matrix-supported である。一部のチャートや頁岩の角礫を除けば全体に亜円礫から亜角礫で、花崗岩・酸性火山岩・片麻岩の礫はどれもよく円磨されている。構成礫の約半数は砂岩と頁岩（シルト岩を含む）であり、その他にチャート・石灰岩・マール・花崗岩・酸性火山岩・変成岩の礫が存在する。礫として基質が石灰質の砂岩（シルト岩）が多く含まれることが特徴で、この種の礫は番所礫岩（大塚, 1985）、上麻生礫岩（Adachi, 1971）、坂祝礫岩（近藤・足立, 1975）からも報告されている。

高 Mg ザクロ石を含む片麻岩礫 (Sawa-13・Sawa-43) の記載

Sawa-13 は長径約6 cm の灰白色の円礫で弱い片麻状構造を示す (Figs. 2 A, 2 B). 細粒で主に石英 (82.5%) からなり、他に黒雲母 (5.7%)・ザクロ石 (2.3%)・不透明鉱物（主にグラファイト）(1.0%)・ルチル (0.7%) と、ごく少量 (0.2% 以下) のジルコン・モナザイトを含む。カリ長石および斜長石は確認できなかった。二次鉱物として、白雲母 (6.8%)・緑泥石・パイライト・イルメナイト・リュウコキシンなどが存在する。Table 1 に主要な鉱物の EPMA 分析値を示す。片麻岩の大半を占める石英は弱く（部分的に著しく）波動消光し、微細な針状ルチルを普遍的に包有している。ザクロ石は肉眼ではうすいピンク色を呈し、一般に0.2~0.8 mm 大であるが、最大で1.3 mm に達する。ザクロ石は常に黒雲母（大半は緑泥石化）に囲まれており (Fig. 2 C), その多くは他形であるが、自形に近いものもみられる。黒雲母の多くは緑泥石化しているが、茶褐色を呈する部分もある。茶褐色の部分も、EPMA 分析した化学組成をみると緑泥石化を受けている。黒雲母は K_2O を最大で8.65 wt.% 含み (FeO は21.7 wt.%, MgO は8.35 wt.% ; Table 1), K_2O が減少するに従って FeO と MgO の含有量は増加する。 K_2O の含有量が0.1 wt.% 程度になると、 FeO は約25 wt.%, MgO は約14 wt.% に達する。なお、ほとんどの緑泥石には黒雲母に特徴的な劈開の名残がみられ、ザクロ石から緑泥石化したものは少量と判断されるため、モード組成では緑泥石は黒雲母に含めた。白雲母は一般に黒雲母に伴って産する比較的大きなフレークと、細片の集合体として石英中に産するものがある。後者（モード組成で約1.5%）の一部は珪線石（主にフィブrolaitであるが、まれに長柱状で節のあるものも存在する）が変質したもの、もしくは後退変成作用による二次的なものの可能性が高い。白雲母は FeO と MgO をそれぞれ0.38~1.74 wt.%, 0.04~1.02 wt.% 含み、 FeO が増加すると MgO も増加する傾向がある。 TiO_2 は0~0.90 wt.% 含まれる。Table 1 に示すように、比較的大きく初生的と思われる白雲母 (Table 1 の muscovite で primary? としたもの) の化学組成は、二次的な細片状のもの (Table 1 の muscovite で secondary としたもの) と顕著な化学組成の差は認められない。しかし、前者は後者に比べて TiO_2 に富み、 K_2O に乏しい傾向がある (Table 1)。ルチルは石英中の微細な針状結晶の他に、短柱状あるいは長柱状の自形 (Fig. 2 D) で、最大で約0.3 mm に達するものが存在する。短柱状のルチルはザクロ石の斑状変晶とともに弱く定向配列している (Fig. 2 B)。モナザイトは0.15 mm 大の半自形の粒子として産し、コアが約17 億年（リムは約16 億年）の CHIME 年代を示す（鈴木和博, 私信）。ジルコンはどの粒子もよく円磨されており、最大のものは径約0.18 mm である。

Sawa-43 は露頭において約半分が侵食されてなくなっているが、もともとは長径約15 cm の円礫であったと推定される。この片麻岩礫は全体が圧砕を受け、方解石で充填されたクラックが発達している。片麻岩は粗粒で、主に斜長石

Fig. 2. (A) Polished surface of Sawa-13 from the Sawando conglomerate. (B) Photomicrograph of Sawa-13 showing the subparallel alignment of garnet surrounded by chloritized biotite (one polar). (C) Photomicrograph of Sawa-13 showing the mode of occurrence of garnet; also visible are euhedral rutile, scaly graphite and small rounded zircon. Garnet is cracked and surrounded by chlorite (one polar). (D) Photomicrograph of Sawa-13 showing the subparallel alignment of garnet and rutile (one polar). Abbreviations: chl (bi)=chloritized biotite, ga=garnet, gr=graphite, mu=muscovite, rt=rutile, zr=zircon.

(74.1%)・石英 (24.1%)・不透明鉱物 (1.2%)・黒雲母 (0.2%)・ザクロ石 (0.2%) とごく少量のカリ長石・ジルコン・モナザイトからなる。斜長石はアノーサイト成分が約 0.6~13.2% でアルバイトからオリゴクレイスである (Table 1)。斜長石中の Ca の含有量はコアとリムで明瞭な差はなく、粒子の中央でも純粋なアルバイトに近い組成のものが存在する。また、顕微鏡観察でもコアとリムの累帯構造は認められない。斜長石はセリサイト化したものが多く、石英との間にミルメカイトがよくみられる。斜長石中には微細なセリサイト以外に、二次的な白雲母 (13.3%, モード組成では斜長石に含めた) の細片が存在する。石英は新鮮であるが弱い波動消光を示し、しばしば微粒の円磨ジルコンを包有する。カリ長石はごく少量であるがセリサイト化した斜長石中にみられ、0.1 mm 以下のマイクロクリンである。二次的な白雲母は斜長石中に主に細片として存在し、比較的大きな白雲母は虫食い状に融食されたシンプレクタイトである。最大では 0.6

mm 程度のフレークもみられる。白雲母は FeO と MgO を、それぞれ、2~4 wt.%, 0.5~1.5 wt.% 含み、FeO に富むものは MgO にも富む (Table 1)。TiO₂ は 0.05~0.22 wt.% 含まれ、MgO・FeO の含有量との相関は認められない。また、同じ粒子の中でも組成にバラツキがある。ザクロ石は 3~4 mm 大のことが多いが最大では 8 mm に達する、全体にクラックがよく発達し、クラックは白雲母と緑泥石で充填されている。ザクロ石はしばしばポイキロブラスティックに微粒な石英やジルコンを包有する。黒雲母はザクロ石の周辺に存在し、大半が緑泥石化している。ジルコンは円磨された 0.1 mm 以下の粒子が多いが、最大では 0.25 mm に達する。モナザイトは約 0.4 mm 大の粒子であるが、著しく破砕を受け 0.05 mm 大の微小粒子の集合体となっている。

Sawa-13・Sawa-43 の全岩化学組成

Table 2 に Sawa-13 と Sawa-43, および、これらの原岩

Table 1. Chemical compositions of chloritized biotite, muscovite, rutile, plagioclase and K-feldspar in gneiss clasts from the Sawando conglomerate.

		Sawa-13				Sawa-43			
		chloritized biotite	muscovite (primary?)	muscovite (secondary)	rutile	chloritized biotite	muscovite (secondary)	oligoclase	microcline
SiO ₂	wt. %	34.7	44.8	45.7	0.04	33.5	46.5	66.5	64.2
TiO ₂		0.68	0.90	0.12	98.9	1.47	0.14	0.00	0.04
Al ₂ O ₃		19.0	35.5	35.6	0.01	17.3	33.0	20.6	18.2
Cr ₂ O ₃		0.06	0.03	0.05	0.10	0.00	0.02	0.01	0.00
FeO*		21.7	0.76	0.94	0.21	23.2	2.61	0.01	0.00
MnO		0.47	0.01	0.00	0.02	0.74	0.00	0.05	0.00
MgO		8.35	0.23	0.62	0.01	9.50	0.92	0.01	0.00
CaO		0.00	0.01	0.00	0.02	0.03	0.00	1.42	0.01
Na ₂ O		0.09	1.03	0.65	0.04	0.02	0.38	11.0	0.39
K ₂ O		8.65	8.77	10.3	0.02	6.09	10.7	0.10	16.4
total		93.70	92.00	93.98	99.39	91.90	94.27	99.70	99.24

* total iron as FeO

Analyst: S. Tanaka

Fig. 3. Plots of garnets in gneiss clasts from the Sawando conglomerate on the (Sp+Ugra)-Py-Alm diagram. N : number of analyzed garnet grains, Alm : almandine, Py : pyrope, Sp : spessartine, Ugra : ugrandite. Encircled area by broken line represents the compositional field of detrital garnets from matrix sandstone of the Sawando conglomerate.

との比較のために類似した全岩化学組成をもつ堆積岩の化学分析値を示す。Sawa-13 と Sawa-43 の全岩化学組成の測定には蛍光 X 線分析装置（島津製作所 SXF-1200）を用いた。印加電圧 40 kV、管電流 50 mA の条件で測定を行った。

Sawa-13 はモード組成からも明らかなように SiO₂ に富み、subarkose (Swineford, 1955 ; Table 2. A) や protoquartzite (Pettijohn, 1963 ; Table 2. B) にみられるような石英質砂岩に近い全岩化学組成を示す。Pettijohn (1963, Table 8) の subarkose や arkose と比較すると、若干ではあるが Sawa-13 は Fe₂O₃・MgO に富み、CaO・Na₂O・K₂O に乏しい。このことは Sawa-13 が斜長石とカリ長石を含まず、雲母とザクロ石を含むことと調和的である。

一方、Sawa-43 の全岩化学組成は、SiO₂ と Al₂O₃ の含有量からみると一般的な泥質岩（例えば、North American shale composite : Gromet et al., 1984 ; Table 2. D) に近い組成を示す。North American shale composite と比較すると、

Sawa-43 は Na₂O と CaO に富み、Fe₂O₃（全鉄を Fe₂O₃ に換算）と MgO に乏しい。また、graywacke (Pettijohn, 1975 ; Table 2. C) のような基質粘土分に富む砂岩にも Sawa-43 と同様な化学組成をもつものがある。なお、Sawa-43 が CaO に富む（5.8 wt.%）のは、クラックを充填するカルサイトに起因すると考えられる。カルサイトの量（モード組成で約 4.7% であるが、前述した全岩のモード組成には含めていない）に相当する数%の CO₂ の強熱減量が考えられる。

ザクロ石の化学組成

Sawa-13 と Sawa-43 のザクロ石、および礫岩の基質砂岩に含まれる碎屑性ザクロ石 (matrix ss) の代表的な化学組成を Table 3 に示す。EPMA の分析データをもとに O=12 とし、ザクロ石のストイキオメトリーを仮定し、Si+Al^{IV}=3 (Si≥3 の場合は Al^{IV}=0)、Al^{IV}+Cr+Fe³⁺+Ti=2 として Fe²⁺、Fe³⁺ の比を算出した。Sawa-13 のザクロ石は MgO を最大 10.4 wt.%（パイロプ成分 39.5 mol%, Fig. 2, Table 1) 含み、CaO と MnO に乏しいアルマンディンである。MgO 含有量は一般に 9.8 wt.% 前後で、顕著な組成累帯はみられない (Table 3, grain 2)。しかし、緑泥石化した黒雲母と接する部分では MgO が減少 (MgO=7.7 wt.% 程度；パイロプ成分約 29 mol%) し、FeO と MnO が増加する傾向が認められる。

Sawa-43 のザクロ石は MgO を 7.5~8.6 wt.%（パイロプ成分約 29~33 mol%）含むアルマンディンで、Sawa-13 と同様に CaO と MnO に乏しい。Sawa-43 のザクロ石も顕著な組成累帯は示さないが、粒子の周縁部やクラックに接する部分で MgO が減少し、FeO と MnO が増加する傾向がある。

礫岩の基質砂岩中の碎屑性ザクロ石の大半はアルマンディン-パイロプ系列である。MgO=7.5 wt.% 以上のものが半数近くを占め、最大で MgO を 11.6 wt.%（パイロプ成分約 44 mol%）含む。MgO に乏しいザクロ石（最低で 2.0 wt.%）の中には CaO と MnO を比較的多く含むものも存在するが (CaO と MnO の含有量は、それぞれ、最大で 6.8 wt.%, 7.3 wt.%), スペッサルティン成分とウグランダイト成分の合計が 10 mol% を越えるものは全体の約 5% である。

Table 2. Chemical compositions of Sawa-13 and Sawa-43 from the Sawando conglomerate, and those of some sandstone and shale having similarity in chemical composition to Sawa-13 or Sawa-43.

	Sawa-13	Sawa-43	A	B	C	D
SiO ₂ wt. %	85.7	66.5	85.74	84.01	65.05	64.80
TiO ₂	0.38	0.38	0.38 *	0.05	0.46	0.78
Al ₂ O ₃	5.44	14.4	6.84 **	2.57	13.89	16.90
Fe ₂ O ₃	3.73 #	1.64 #	0.79 #	0.17	0.74	—
FeO	—	—	—	0.26	2.60	5.70 #
MnO	0.18	0.42	—	0.04	0.11	0.06
MgO	1.37	0.52	1.11	0.67	1.22	2.85
CaO	0.19	5.82	0.49	5.41	5.62	3.56
Na ₂ O	0.14	3.68	1.16	0.17	3.13	1.15
K ₂ O	0.80	2.31	2.19	0.86	1.41	3.99
P ₂ O ₅	0.02	0.09	0.01	0.04	0.08	0.11
CO ₂	—	—	—	4.65	2.83	—
total	97.95	95.76	98.71	98.90	97.14	99.90

* contains ZrO₂ and V₂O₅; ** contains MnO₂; # total iron.

Sawa-13 and Sawa-43 (this paper; analyst: S. Tanaka)

A. Subarkose (Swineford, 1955, p. 122)

B. Protoquartzite (Pettijohn, 1963, Table 4)

C. Graywacke (Pettijohn, 1975, p. 228)

D. North American shale composite (Gromet et al., 1984, Table 1)

Sawa-13 および Sawa-43 中のザクロ石は、すべて基質砂岩中の碎屑性ザクロ石の組成範囲 (Fig. 3 の点線の部分) に入るので、礫岩の基質砂岩や礫岩の上下の砂岩から産する Mg に富む碎屑性ザクロ石の原岩は、今回見いだされた Sawa-13 や Sawa-43 のような片麻岩であった可能性が高い。

考 察

美濃帯のジュラ紀砂岩中の Mg に富む碎屑性ザクロ石は、ほとんど例外なく Mn や Ca に乏しく、泥質～砂質岩源のグラニュライト相の変成岩に由来する可能性が高い。実際、上麻生礫岩中の含高 Mg ザクロ石 (MgO=7.6 wt.%) 片麻岩礫はコランダム-ヘルシナイト-珪線石?-ザクロ石-アンデシン-石英という鉱物共生をもつことからグラニュライト相下で形成されたと考えられている (Adachi, 1973; 足立, 1985)。一般に、こうした高変成度の片麻岩は粗粒で片麻状構造がよく発達しているため、一部の例外を除いて堆積過程で壊れてしまい、初生のザクロ石の大半は砂粒として砂岩中に存在することが多い。今回見つかった Sawa-13 は石英質で細粒かつ緻密であるので、運搬過程で破壊されずに礫として残った可能性が大きい。一方、Sawa-43 は粗粒でクラックがよく発達しており、壊れる寸前の状態で沢渡礫岩中に取り込まれたものと推定される。

前述したように、高 Mg ザクロ石を含む Sawa-13 は石英に富み、斜長石やカリ長石を含まないという特徴をもつ。また、SiO₂ に富み、Al₂O₃ に乏しいなどの全岩化学組成やジルコンがすべて円磨されていることから、Sawa-13 の原岩は石英質砂岩 (Pettijohn の protoquartzite や Swineford の subarkose) であったと推定される。一方、斜長石とカリ長

石 (少量) を含む片麻岩である Sawa-43 は砂質岩と泥質岩の中間的な全岩化学組成を示すが、0.25 mm 大の円磨ジルコンが存在することから、その原岩は砂岩であったと考えられる。

Sawa-13 のザクロ石と同様に、Sawa-43 のザクロ石も Mg に富んでおり、グラニュライト相 (～上部角閃岩相) の変成岩中に産するザクロ石と共通の化学組成をもつ。また、Sawa-13 において、(1) 一部のザクロ石では周縁部で MgO が減少し FeO や MnO が増加する、(2) 石英中に初生的には珪線石であったと推定される二次的な白雲母が存在する、(3) この二次的な白雲母は、化学組成において比較的大きく初生的と思われる白雲母と明瞭な差が認められない、(4) 一般に変成度の上昇とともに白雲母中の Ti 含有量が増加することが知られている (例えば、Guidotti, 1978) が、Sawa-13 中の白雲母の TiO₂ 含有量の多くは 0.1 wt.% 程度 (白雲母の O を 22 としたときの構造式は Ti=0.01 程度) のことが多く、最大でも 0.90 wt.% (Ti=0.092) である。これらの値を北米アパラチアの変成岩中の白雲母 (Guidotti, 1978) と比較すると、前者はザクロ石帯の上部 (Ti=0.025) を下まわり、後者は珪線石帯の上部 (Ti=0.068) を上まわる、という結果が得られる。こうした Ti 含有量の特徴から、白雲母 (黒雲母に伴うもの、および石英中のものの両方) や緑泥石化した黒雲母の一部は高 Mg ザクロ石を形成したグラニュライト相の変成作用とは別の後の変成作用 (後退変成作用) によって形成された可能性がある。Sawa-13 と同様に、Sawa-43 においても白雲母の組成にバラツキがあるのは、後の変成作用の影響かもしれない。

すでに述べたように、Sawa-13 および Sawa-43 では大半の黒雲母は緑泥石化しており、斜長石もアルバイト化作用を

Table 3. Selected EPMA analyses of garnets in gneiss clasts from the Sawando conglomerate, together with detrital garnets in matrix sandstone of the Sawando conglomerate.

		Sawa-13			Sawa-43			matrix ss	
		1	2 (core)	2 (rim)	1	2 (core)	2 (rim)	1	2
SiO ₂	wt. %	38.8	38.8	38.7	38.7	38.6	38.6	38.9	38.7
TiO ₂		0.04	0.11	0.08	0.04	0.05	0.05	0.09	0.06
Al ₂ O ₃		22.4	22.1	22.1	21.7	21.8	21.7	22.2	21.9
Cr ₂ O ₃		0.05	0.07	0.05	0.04	0.05	0.07	0.01	0.09
FeO*		26.8	27.9	28.5	29.7	29.8	31.1	25.0	27.6
MnO		0.37	0.40	0.49	0.53	0.59	0.59	0.34	0.43
MgO		10.4	9.82	9.86	8.55	8.20	7.50	11.6	9.79
CaO		1.11	1.09	1.14	1.03	0.89	1.17	1.26	1.14
total		99.97	100.29	100.92	100.29	99.98	100.78	99.40	99.71
number of ions**									
Si		2.97	2.97	2.96	2.99	3.00	2.99	2.97	2.99
Al		2.02	2.00	1.99	1.98	1.99	1.99	2.00	1.99
Cr		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Fe ³⁺		0.01	0.01	0.04	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01
Ti		0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Mg		1.19	1.12	1.13	0.99	0.95	0.87	1.32	1.13
Fe ²⁺		1.71	1.78	1.78	1.90	1.94	2.01	1.57	1.76
Mn		0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.02	0.03
Ca		0.09	0.09	0.09	0.09	0.07	0.10	0.10	0.09
total		8.01	8.01	8.02	8.00	7.99	8.01	8.01	8.01
Pyrope	mol %	39.5	37.4	37.3	32.8	31.7	28.9	44.0	37.5
Almandine		56.7	58.8	58.5	63.2	64.6	66.6	51.9	58.5
Spessartine		0.8	0.8	1.1	1.2	1.3	1.3	0.7	0.9
Ugrandite		3.0	3.0	3.1	2.8	2.4	3.2	3.4	3.1

* total iron as FeO

**on the basis of 12 O

Analyst: S. Tanaka

受けた可能性がある。したがって、これらの鉱物の化学組成が Mg に富むザクロ石を形成したグラニュライト相の温度圧力条件を反映しているとは考えにくく、その変成度を正確に見積もることはむづかしい。しかし、Sawa-13 については、Mg に富むザクロ石の存在、初生的に珪線石を含んでいたと考えられること、および白雲母の Ti 含有量の最大値から、これが上部角閃岩相以上の変成作用を受けたことはほぼ確実である。こうした点から判断すると、沢渡礫岩の後背地にはグラニュライト相に達するような高度変成作用によって形成された片麻岩がかなり広く存在していた可能性が大きい。砕屑性ザクロ石の組成 (Fig. 3) や礫種構成から判断すると、グラニュライト相よりも低い変成度の変成岩や花崗岩も後背地に相当量存在していたと考えられる。

Shibata and Adachi (1974) は上麻生礫岩中の片麻岩礫が約 17-15 億年の K-Ar・Rb-Sr 雲母年代および約 20 億年の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代を示すことから、また Suzuki et al. (1991) は美濃帯のジュラ紀後期の砂岩中に中期先カンブリア時代 (17-15 億年) の CHIME 年代を示すモノザイトが多数含まれることから、美濃帯の砕屑岩類の後背地には先カンブリア基盤岩類が広く存在していたことを指摘している。沢渡礫岩には上麻生礫岩中の珪線石片麻岩礫と類似した片麻岩礫が存在する (Adachi, 1976) ので、本報告で取り上げた高 Mg ザクロ石片麻岩礫も一連の先カンブリア大陸から由来した可能性が高いと思われる。

今後、片麻岩礫の詳細な年代測定および沢渡礫岩の南方に分布する番所礫岩などの礫岩についてもさらに検討し、ジュ

ラ紀後期における美濃帯の堆積史・テクトニクスを明らかにしたい。

謝 辞

名古屋大学の鈴木和博教授には、本報告で触れた片麻岩礫に関する未公表の CHIME モナザイト年代を御教示いただいた。名古屋経済大学の縣 孝之教授には不透明鉱物の鑑定を、また名古屋大学の山本鋼志助教授には片麻岩礫の全岩化学分析について御指導いただいた。名古屋大学の竹内 誠助教授、および岐阜大学の小嶋 智教授には本研究を進めるにあたり御助言をいただいた。以上の方々に謝意を表します。

なお、研究の一部に文部省科学研究費補助金 (課題番号 09304048) を使用した。

文 献

- Adachi, M., 1971, Permian intraformational conglomerate at Kamiaso, Gifu Prefecture, central Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **77**, 471-482.
- Adachi, M., 1973, Pelitic and quartzo-feldspathic gneisses in the Kamiaso conglomerate. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **79**, 181-203.
- Adachi, M., 1976, Paleogeographic aspects of the Japanese Paleozoic-Mesozoic geosyncline. *Jour. Earth Sci., Nagoya Univ.*, **23/24**, 13-55.
- 足立 守, 1985, ザクロ石の組成からみた上広瀬礫岩と上麻生礫岩. 瑞浪市化石博研報, no. 12, 183-196.
- Adachi, M. and Kojima, S., 1983, Geology of the Mt. Hikagedaira area, east of Takayama, Gifu Prefecture, central Japan. *Jour. Earth Sci., Nagoya Univ.*, **31**, 37-67.
- Gromet, L. P., Dymek, R. F., Haskin, L. A. and Korotev, R. L., 1984,

- The "North American shale composite": Its compilation, major and trace element characteristics. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **48**, 2469-2482.
- Guidotti, C.V., 1978, Compositional variation of muscovite in medium- to high-grade metapelites of northwestern Maine. *Amer. Mineral.*, **63**, 878-884.
- 加納 博, 1961, Maturity からみた大谷礫岩と沢渡礫岩. 地質雑, **67**, 350-359.
- 近藤直門・足立 守, 1975, 犬山市北方の中生界, 特に坂祝礫岩について. 地質雑, **81**, 373-386.
- 中野 俊・大塚 勉・足立 守・原山 智・吉岡敏和, 1995, 乗鞍岳地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 139 p.
- 大塚 勉, 1985, 長野県美濃帯北東部の中・古生界. 地質雑, **91**, 583-598.
- Otsuka, T., 1988, Paleozoic-Mesozoic sedimentary complex in the eastern Mino terrane, central Japan and its Jurassic tectonism. *Jour. Geosci., Osaka City Univ.*, **31**, 63-122.
- Pettijohn, F.J., 1963, Chemical composition of sandstone-excluding carbonate and volcanic sands. In : *Data of geochemistry*, 6th, ed. U. S. Geol. Survey Prof. Paper 440S. 19p.
- Pettijohn, F.J., 1975, *Sedimentary rocks*, 3rd ed. New York : Harper and Row, 628 p.
- Shibata, K. and Adachi, M., 1974, Rb-Sr whole-rock ages of Precambrian metamorphic rocks in the Kamiaso conglomerate from central Japan. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **21**, 277-287.
- 鈴木和博, 1977, 岐阜県揖斐郡春日村の古生層の碎屑性高パイロップザクロ石. 日本地質学会第 84 年学術大会演旨, 51.
- Suzuki, K., Adachi, M. and Tanaka, T., 1991, Middle Precambrian provenance of Jurassic sandstone in the Mino Terrane, central Japan : Th-U-total Pb evidence from an electron microprobe monazite study. *Sediment. Geol.*, **75**, 141-147.
- Swineford, A., 1955, Petrography of upper Permian rocks in south-central Kansas. *Kansas State Geol. Surv. Bull.*, **111**, 179 p.
- 田中邦雄・小林国夫・亀井節夫, 1952, 沢渡礫岩の層的位置. 信州大教育学研究論集, **2**, 108-116.

(要 旨)

田中姿郎・足立 守, 1999, 美濃帯北東部, 沢渡礫岩から産出した高 Mg ザクロ石を含む片麻岩礫—美濃帯の砂岩中に存在する高 Mg 碎屑性ザクロ石の起源—. 地質雑, **105**, 193-199. (Tanaka, S. and Adachi, M., 1999, Occurrence of gneiss clasts with Mg-rich garnets from the Sawando conglomerate in the northeastern Mino terrane : source of detrital Mg-rich garnets in the Jurassic sandstone of the Mino terrane. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **105**, 193-199.)

美濃帯北東部, ジュラ紀沢渡礫岩中の片麻岩礫 (Sawa-13 : ルチル-グラファイト-ザクロ石-黒雲母-石英片麻岩礫, Sawa-43 : マイクロクリン-ザクロ石-黒雲母-石英-オリゴクレイス片麻岩礫) から Mg に富む (最高で MgO=10.4 wt.% ; パイロップ成分は 39.5 mol%) ザクロ石を発見した.

本発見によって, 美濃帯のジュラ紀砂岩中に普遍的に存在する高 Mg 碎屑性ザクロ石の供給源岩石の具体像が明らかになった. 片麻岩の組織および鉱物の化学組成から判断すると, Sawa-13 と Sawa-43 はグラニュライト相の変成作用を受け, 後に複数回の後退変成作用を受けた可能性が大きい.