

美濃帯北東部，月夜沢峠地域のジュラ紀礫岩から産出した
約178 MaのCHIME年代を示す花崗岩質岩礫（予報）

Preliminary report on ca. 178 Ma granitic rock clast from
the Jurassic conglomerate in the Tsukiyozawa area,
northeastern Mino terrane, central Japan

田中 姿郎 (TANAKA Shiro)¹⁾・鈴木 和博 (SUZUKI Kazuhiro)²⁾・
足立 守 (ADACHI Mamoru)³⁾

1) 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

2) 名古屋大学年代測定総合研究センター

Nagoya University Center for Chronological Research

3) 名古屋大学博物館

The Nagoya University Museum

Abstract

CHIME (chemical Th-U-total Pb isochron method) age determinations were made on a granodiorite clast from the Jurassic Tsukiyozawa conglomerate in the northeastern Mino terrane, central Japan. This clast consists of andesine, quartz, biotite, and potassium feldspar (partly porphyritic) with minor amounts of apatite, zircon, monazite and opaque minerals. Three monazite grains in the clast were analyzed and gave an isochron age of 178 ± 3 Ma. This is the first authenticated document to unveil the existence of the Jurassic granitoid clast from the Jurassic intraformational conglomerate in the Mino terrane, although Jurassic detrital monazites have been already reported from many sandstones of the Mino terrane. The Jurassic granodiorite mass is likely to have been rapidly uplifted and eroded after the emplacement in early to middle Jurassic time. This discovery provides a clearer clue to the Mesozoic source rock for clastic rocks of the Mino terrane.

1. はじめに

西南日本内帯に広く分布する美濃帯には大量のジュラ紀碎屑岩類が存在する。その砂岩・頁岩層中には、美濃帯を構成する岩石としては異質な、花崗岩・片麻岩・オーソコーツァイトなどの円礫を含む層間礫岩が点在することが知られている（例えば、沢渡礫岩：田中ほか，1952；上麻生礫岩：Adachi，1971；冠山礫岩：服部ほか，1985；番所礫岩：大塚，1985など）(Fig. 1)。それらの礫岩中の片麻岩礫については幾つかの年代測定が行われ、先カンブリア紀の年代を示すことが報告されている（例えば、Shibata and Adachi，1974；田中ほか，1998）。花崗岩質岩礫については加納（1961）やAdachi（1971）などの岩石学的研究があるが、その年代的検討はShibata and Adachi（1974）と畔柳ほか（1993）による報告のみである。筆者らは美濃帯のジュラ紀碎屑物の起源に関する研究を行っている。今回、美濃帯北東部、長野県南安曇郡奈川村最南端の月夜沢峠付

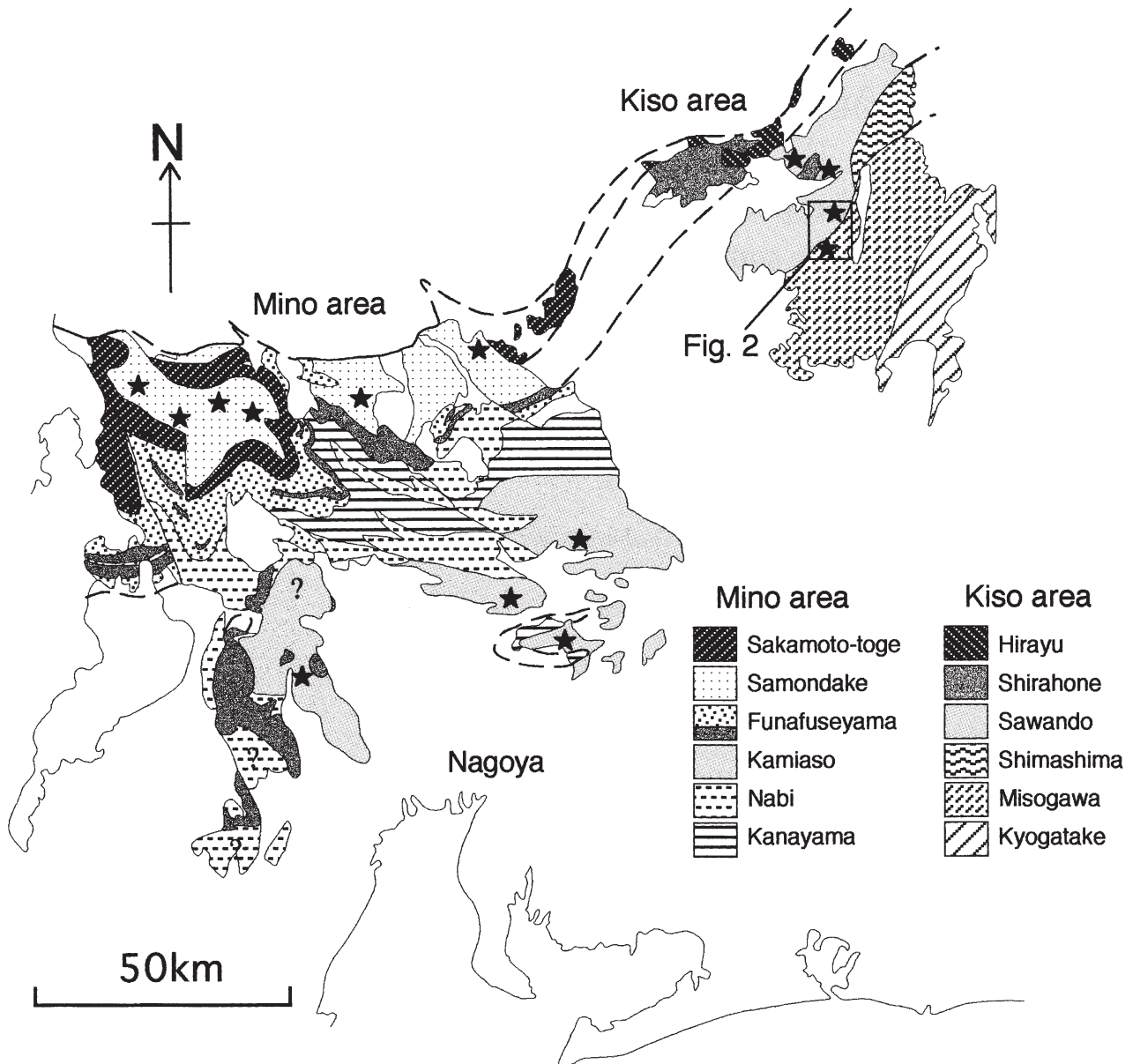


Fig. 1. Index map showing the distribution of units (Mino area) and complexes (Kiso area) of the Mino terrane (modified from Wakita, 1988 and Otsuka, 1988). Also shown is location of the study area (Fig. 2). Star symbols show localities of the Jurassic conglomerates.

近のジュラ紀礫岩から産出した黒雲母花崗閃緑岩礫中のモナザイトについて、CHIME年代（Chemical Th-U-total Pb isotope method；例えば，Suzuki et al., 1991；Suzuki and Adachi, 1991a, 1991b；鈴木ほか，1999）の測定を行った。その結果，新しい知見が得られたので簡単に報告する。なお花崗閃緑岩礫の詳細については別途報告の予定である。

2. 地質と礫岩の概略

月夜沢峠地域は美濃帯の北東部に位置し，主に中野ほか（1995）の沢渡コンプレックスと味噌川コンプレックスが分布している（Fig. 1）。これらのジュラ紀堆積岩コンプレックスは新第三紀の野麦峠火山岩類と第四紀の乗鞍岳の火山噴出物によって覆われている（Fig. 2）。

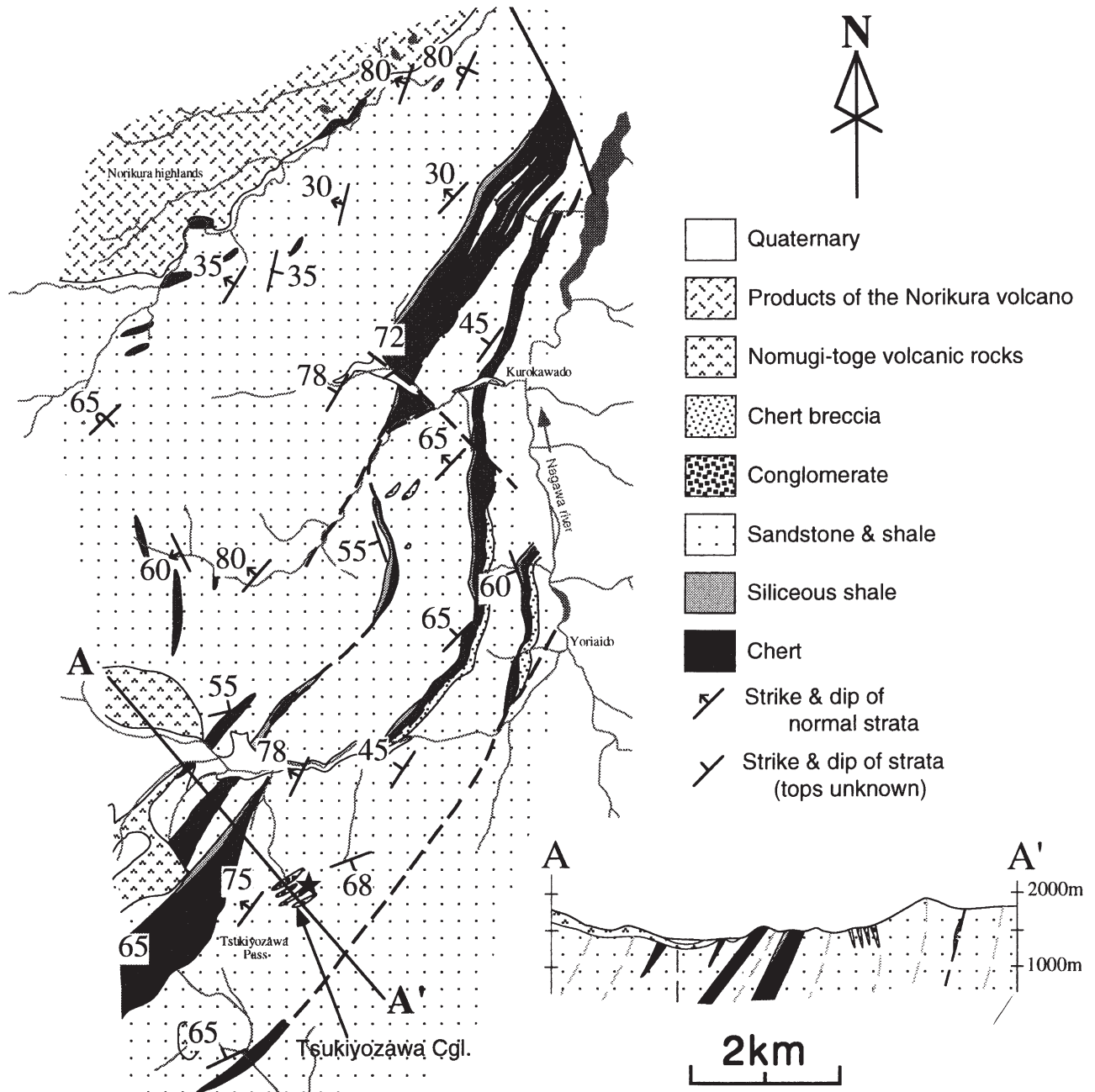


Fig. 2. Geological map of the Tsukiyozawa area. Star symbol shows sampling location.

沢渡コンプレックスはチャート—碎屑岩シークエンスの繰り返しからなり、一般に北東—南西走向で北西傾斜である。このシークエンスは、層序的下位から三疊紀—ジュラ紀前期のチャート、ジュラ紀中期 (Bajocian) の珪質頁岩、ジュラ紀中期 (Bathonian) —後期 (Oxfordian) の頁岩、そして砂岩・頁岩層からなる (Otsuka, 1988)。実際にはチャートから砂岩・頁岩層までの完全なシークエンスを観察できることはまれであり、複数の断層によって分断されていると考えられる。砂岩・頁岩層中にはまれに、花崗岩や片麻岩、オーソコーツァイトなどの円礫を含む層間礫岩が存在する (大塚, 1985; Otsuka, 1988; 中野ほか, 1995; 田中ほか, 1998; 田中・足立, 1999)。

味噌川コンプレックスは主に砂岩・頁岩からなり、まれにブロック状にチャートを含む。味噌川コンプレックスのチャートからは三疊紀—ジュラ紀中期 (Bajocian)、珪質頁岩からはジュラ紀中期 (Bajocian) —後期

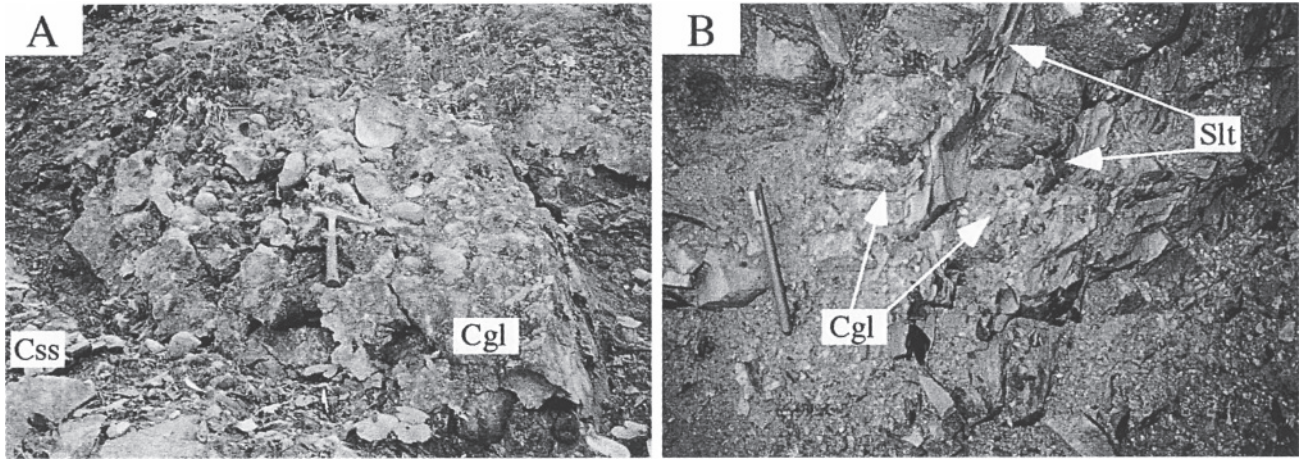


Fig. 3. Outcrops of the Tsukiyozaawa conglomerate (A) and alternating beds of pebble conglomerate and siltstone, to the south of the Tsukiyozaawa Pass (B). Cgl: conglomerate, Cgs: coarse-grained sandstone, Slt: siltstone.

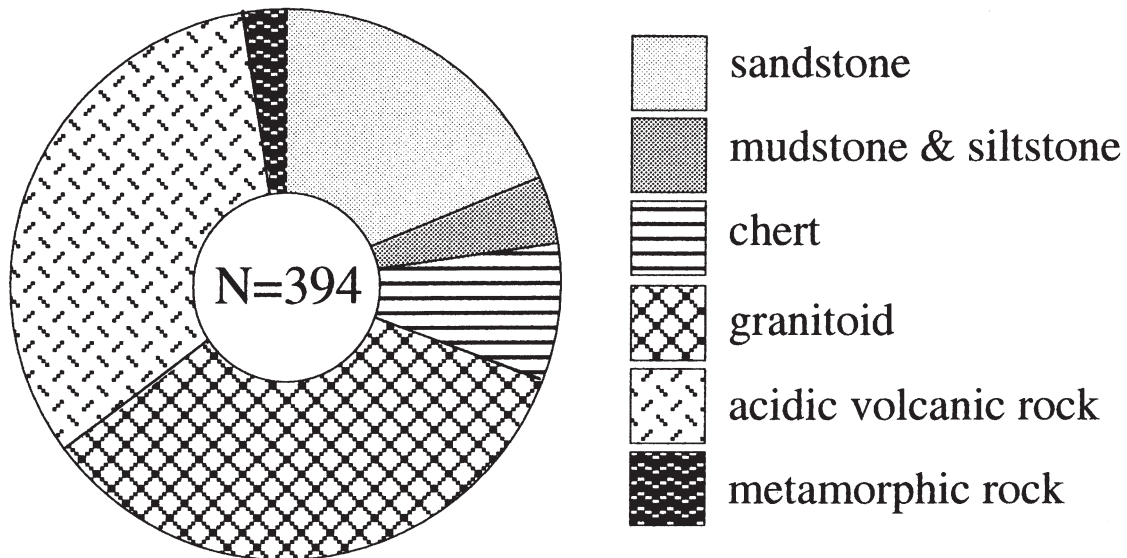


Fig. 4. Clast composition of the Tsukiyozaawa conglomerate. N: Number of measured clast.

(Tithonian), 頁岩からはジュラ紀中期 (Bathonian) ~ 後期 (Tithonian) の放射虫化石が報告されている (Adachi, 1982; Otsuka, 1988; 奥村・大塚, 1996; 江川ほか, 1999)。沢渡コンプレックスと同様に砂岩・頁岩層中にはまれに層間礫岩が存在する (中野ほか, 1995; 竹内ほか, 1998)。味噌川コンプレックスは月夜沢峠北西で構造的下位の沢渡コンプレックスと約50mの破碎帯を伴う北東-南西走向, 北西傾斜の衝上断層で接していると考えられる。

今回CHIME年代測定を行った花崗閃緑岩礫 (ST96101905) は, 月夜沢峠の北東約 1 km に分布する層間礫岩 (以後, 月夜沢礫岩と呼ぶ) から得られたものであり, 中野ほか (1995) によってその礫岩層の存在が報告されている。ここでは4~5層の礫岩層が中粒~粗粒砂岩層中に介在する (Fig. 3-A)。礫岩の側方への連続はよくないが, 細礫岩~粗粒砂岩へと移化する (Fig. 3-B)。基質支持の礫岩で, 基質は中粒~粗粒の砂岩である。礫のサイズは一般に小礫~中礫が多いが, 最大では50cm以上の巨礫も含まれる。含まれる礫種は砂岩・頁岩・チャート・酸性火山岩類・花崗岩類・片麻岩である (Fig. 4)。チャートの角礫と頁岩の偽礫を除けば, 多くは垂円礫~円礫である。砂岩礫として石英質アレナイトやオーソコーツァイトの円礫を含む特徴がある。月夜沢

礫岩に含まれる花崗岩質岩礫は主にアダメロ岩～花崗閃緑岩であり、それらの礫は石英・長石のほかには黒雲母を含むか、もしくは有色鉱物に乏しい花崗岩質岩である。花崗岩質岩礫の礫径は最大で50cm以上に達する。

月夜沢礫岩の周辺の地層からは放射虫化石が産出しておらず、礫岩の堆積年代は明らかではないが、味噌川コンプレックスの頁岩の放射虫年代から、堆積年代はジュラ紀後期以降と考えられる。

3. 花崗岩質岩礫の特徴

今回CHIME年代の測定を行ったサンプル (ST96101905) は礫の直径が約12 cmの円礫で、肉眼では灰白色を呈する。構成鉱物は主に斜長石 (39%)・石英 (28%)・黒雲母 (17%)・カリ長石 (15%) であり、副成分鉱物として白雲母・燐灰石・ジルコン・モナザイト・不透明鉱物 (主にチタン鉄鉱) を含む (Fig. 5-A~G)。変質鉱物として少量のセリサイトと緑泥石が含まれる。モード組成では花崗閃緑岩に相当する。斜長石は1~2.5 mm大のアンデシン (An % =約40~46) である。若干セリサイト化しており、まれに新鮮なリムを持つものも

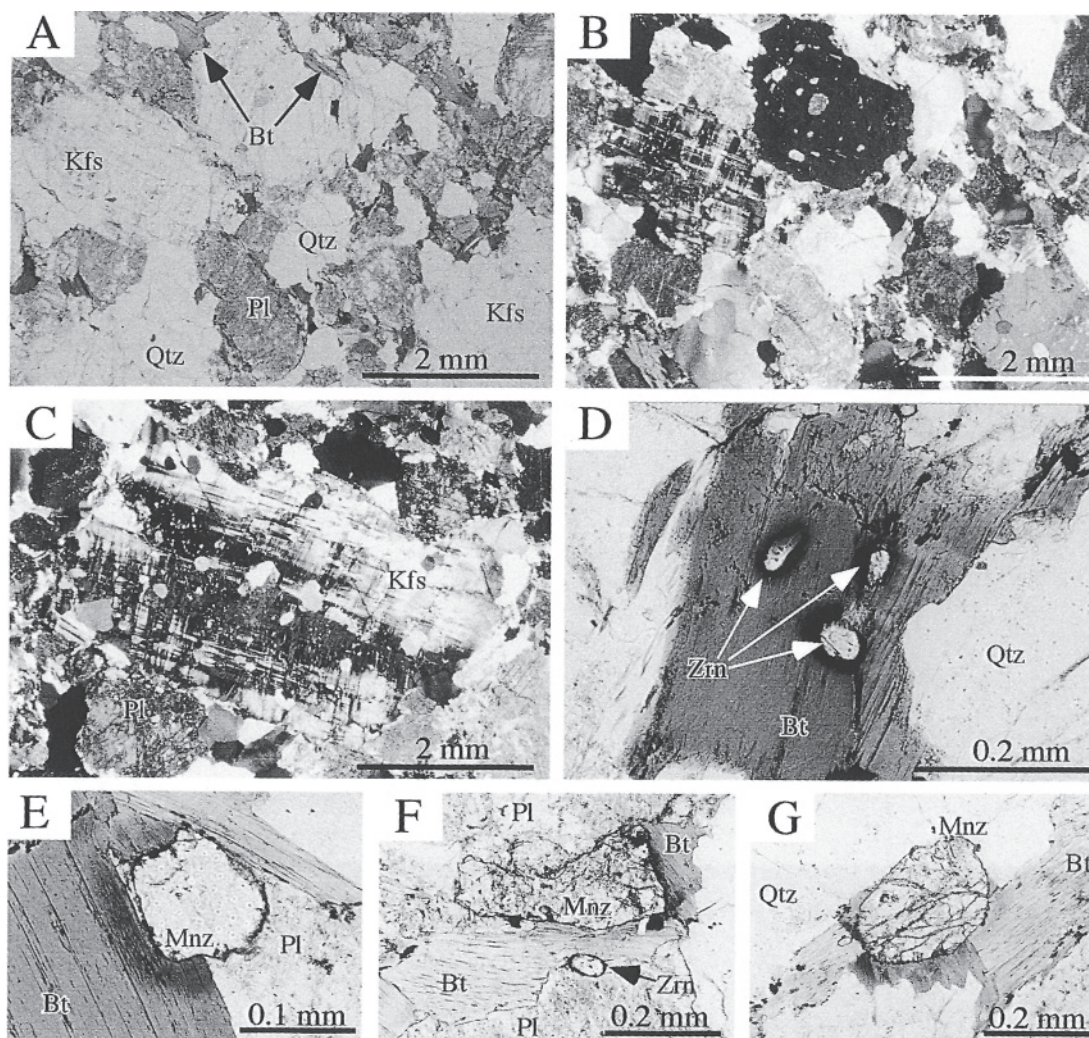


Fig. 5. Photomicrographs of the granodiorite clast (sample ST96101905) from the Tsukiyoza conglomerate. A: Texture of the granodiorite clast. One polar. B: Ditto. Crossed polars. C: Porphyritic microcline showing Carlsbad twin has many inclusions (mainly quartz). Crossed polars. D: Euhedral to subhedral zircons in biotite ; pleochroic halo is common. One polar. E - G: Measured monazite grains (E: Mnz1, F: Mnz2, G: Mnz3). Monazite grain (Mnz1) shows analyzed spots (small white dots) for CHIME dating. One polar. Qtz: Quartz, Pl: Plagioclase, Kfs: K-feldspar, Bt: Biotite, Mnz: Monazite, Zrn: Zircon.

ある。石英は0.2~1.5 mm程度と細粒で、その多くが波動消光し粒界が不規則な所もある。カリ長石には1~3 mm程度のものと、斑状で最大1 cm以上に達するものがある。斑状カリ長石はカールスバッド双晶を示すマイクロクリンであることが多く、ポイキリテックに石英、斜長石、黒雲母などを包有する (Fig. 5-C)。斑状カリ長石は定向配列しているが、他の鉱物は明瞭な定向配列は示さない。黒雲母の大半は新鮮で茶褐色を呈し、1 mm大のフレークとして散在する。黒雲母は白雲母・燐灰石・チタン鉄鉱といった副成分鉱物を伴うことが多く、ジルコン・モナザイトと接している場合には顕著な多色性ハローが観察できる (Fig. 5-D~G)。黒雲母にはごくまれに緑泥石化しているものも存在する。ジルコンは0.1mm以下の柱状で多くは自形を示すが、円磨されたように見えるものも含まれている。モナザイトは0.1~0.4 mmの大きさで、比較的自形に近いものから、不規則な形をしている粒子がある (Fig. 5-E~G)。ほとんどのモナザイトは黒雲母と密接に伴って産する。

4. CHIME年代とその意義

花崗閃緑岩礫 (ST96101905) 中の3つのモナザイト粒子についてCHIME年代測定を行った。分析値をTable 1に示す。年代測定をした粒子、Mnz1は大きさが約130 μm で黒雲母と斜長石に接している (Fig. 5-E)。Mnz2は大きさが約380 μm で不規則な形をしており (Fig. 5-F)、黒雲母と斜長石、白雲母に接している。Mnz3は大きさが約250 μm で自形に近く、黒雲母と石英に接している (Fig. 5-G)。モナザイトの ThO_2 の含有量は8~10 wt. %に集中するが、Mnz1とMnz2では20 wt. %以上と ThO_2 に富む部分がある (Fig. 6 and Table 1)。どの

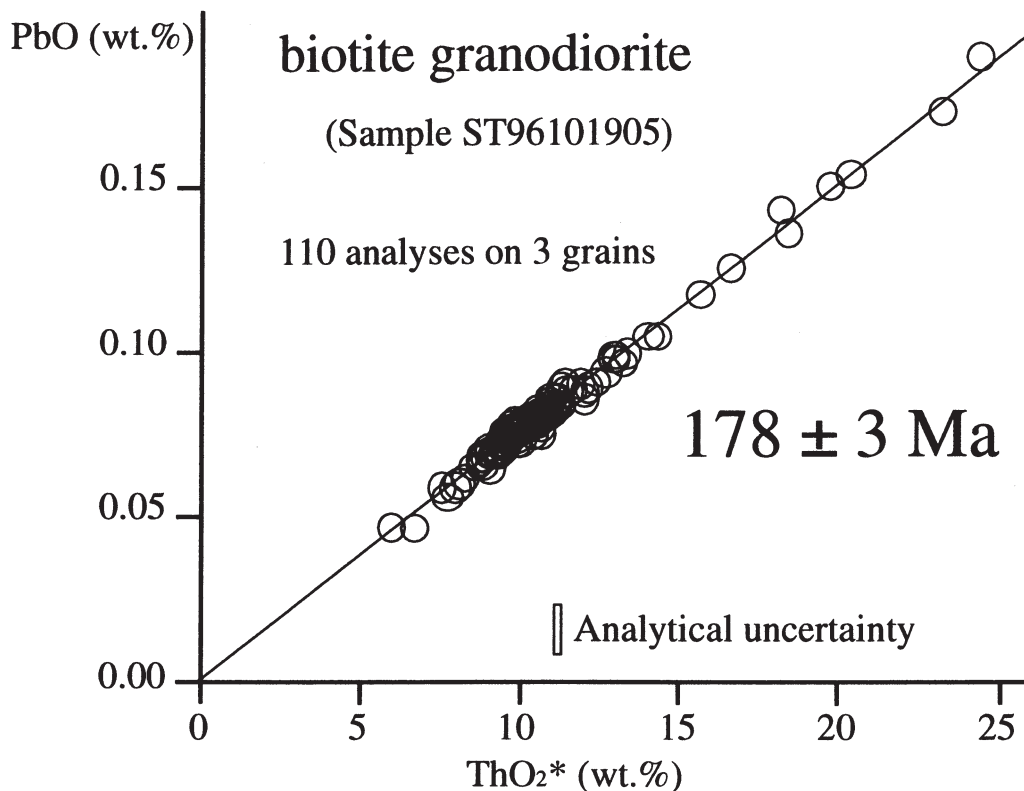


Fig. 6. Plots of PbO vs. ThO_2^* of monazites in sample ST96101905 from the Tsukiyozawa conglomerate. ThO_2^* represents sum of the measured ThO_2 and ThO_2 equivalent of the measured UO_2 . Error square in the figure represent maximum analytical uncertainty, and error given to the age is of 2σ .

Table 1. Representative analytical data of monazite grains in ST96101905 from the Tsukiyozawa conglomerate.

Grain	ThO ₂ wt. %	UO ₂ wt. %	PbO wt. %	Age# Ma	ThO ₂ * wt. %	Grain	ThO ₂ wt. %	UO ₂ wt. %	PbO wt. %	Age# Ma	ThO ₂ * wt. %
Mnz1	9.24	0.376	0.0744	168	10.5	Mnz2	9.29	0.268	0.0770	179	10.2
Mnz1	8.90	0.291	0.0783	188	9.83	Mnz2	9.52	0.191	0.0790	184	10.1
Mnz1	10.7	0.535	0.0902	172	12.4	Mnz2	7.71	0.122	0.0597	174	8.10
Mnz1	8.90	0.266	0.0758	184	9.75	Mnz2	12.6	0.115	0.0972	178	12.9
Mnz1	8.56	0.283	0.0753	188	9.47	Mnz2	8.41	0.281	0.0695	176	9.32
Mnz1	8.74	0.284	0.0743	182	9.65	Mnz2	8.97	0.444	0.0775	176	10.4
Mnz1	9.11	0.286	0.0775	183	10.0	Mnz2	11.0	0.325	0.0876	172	12.1
Mnz1	10.2	0.337	0.0832	174	11.3	Mnz2	8.38	0.145	0.0679	181	8.85
Mnz1	8.71	0.320	0.0774	188	9.75	Mnz2	8.09	0.232	0.0679	182	8.84
Mnz1	9.33	0.306	0.0801	184	10.3	Mnz2	11.5	0.446	0.0980	180	12.9
Mnz1	9.22	0.288	0.0772	180	10.1	Mnz2	13.2	0.236	0.1040	176	14.0
Mnz1	8.79	0.278	0.0754	184	9.68	Mnz2	14.6	0.352	0.1172	177	15.7
Mnz1	9.84	0.334	0.0839	182	10.9	Mnz2	13.7	0.193	0.1041	172	14.3
Mnz1	10.4	0.347	0.0877	180	11.5	Mnz2	10.7	0.121	0.0810	173	11.1
Mnz1	9.86	0.324	0.0827	179	10.9	Mnz2	9.76	0.318	0.0804	176	10.8
Mnz1	9.16	0.298	0.0783	183	10.1	Mnz2	8.67	0.262	0.0738	184	9.51
Mnz1	9.93	0.377	0.0820	174	11.1	Mnz2	9.32	0.218	0.0726	171	10.0
Mnz1	17.7	0.849	0.1526	177	20.4	Mnz2	9.15	0.139	0.0715	176	9.60
Mnz1	9.39	0.360	0.0779	175	10.6	Mnz2	8.41	0.121	0.0665	179	8.80
Mnz1	9.49	0.367	0.0773	171	10.7	Mnz2	8.81	0.601	0.0812	179	10.7
Mnz1	9.97	0.441	0.0901	187	11.4	Mnz2	10.6	0.194	0.0854	180	11.2
Mnz1	9.87	0.315	0.0805	175	10.9	Mnz2	7.71	0.090	0.0586	173	7.99
Mnz1	21.5	0.889	0.1881	182	24.4	Mnz2	18.2	0.453	0.1492	179	19.7
Mnz1	9.40	0.354	0.0820	184	10.5	Mnz2	13.0	0.129	0.0993	176	13.4
Mnz1	9.73	0.347	0.0808	176	10.8	Mnz2	15.8	0.273	0.1245	177	16.6
Mnz1	10.1	0.328	0.0838	177	11.2	Mnz2	9.14	0.127	0.0712	176	9.55
Mnz1	9.05	0.271	0.0755	180	9.92	Mnz2	17.1	0.336	0.1431	186	18.2
Mnz1	6.65	0.655	0.0671	181	8.76	Mnz2	12.6	0.201	0.0959	171	13.2
Mnz1	8.60	0.734	0.0823	177	11.0	Mnz2	11.2	0.149	0.0879	178	11.7
Mnz1	11.0	0.631	0.0985	179	13.0	Mnz2	9.17	0.160	0.0734	179	9.68
Mnz1	6.64	0.604	0.0653	180	8.59	Mnz2	9.45	0.154	0.0765	182	9.95
Mnz2	11.0	0.376	0.0887	172	12.2	Mnz2	16.5	0.597	0.1351	173	18.4
Mnz2	8.45	0.133	0.0679	181	8.88	Mnz2	21.3	0.614	0.1715	174	23.3
Mnz2	9.25	0.127	0.0736	180	9.66	Mnz2	12.4	0.190	0.0971	177	13.0
Mnz2	5.82	0.056	0.0472	186	6.00	Mnz2	10.2	0.131	0.0750	166	10.7
Mnz2	8.88	0.126	0.0684	174	9.29	Mnz2	8.26	0.151	0.0669	181	8.75
Mnz2	8.45	0.248	0.0699	179	9.24	Mnz2	9.04	0.137	0.0703	175	9.48
Mnz2	9.55	0.736	0.0900	179	11.9	Mnz2	9.79	0.286	0.0787	174	10.7
Mnz2	9.34	0.206	0.0760	180	10.0	Mnz2	11.6	0.332	0.0935	175	12.7
Mnz2	8.62	0.128	0.0704	184	9.07	Mnz2	9.51	0.125	0.0728	174	9.91
Mnz2	9.45	0.178	0.0752	177	10.0	Mnz2	8.67	0.125	0.0690	180	9.08
Mnz2	7.33	0.074	0.0584	183	7.57	Mnz2	11.3	0.230	0.0854	168	12.0
Mnz2	6.41	0.111	0.0461	161	6.76	Mnz2	8.34	0.135	0.0666	179	8.78
Mnz2	9.30	0.198	0.0751	179	9.94	Mnz2	8.44	0.202	0.0644	168	9.09
Mnz2	9.47	0.308	0.0801	181	10.5	Mnz2	8.72	0.127	0.0683	177	9.13
Mnz2	10.2	0.217	0.0812	177	10.9	Mnz3	8.99	0.337	0.0784	184	10.1
Mnz2	8.29	0.162	0.0652	175	8.82	Mnz3	9.52	0.347	0.0811	180	10.6
Mnz2	10.4	0.291	0.0887	186	11.3	Mnz3	9.59	0.337	0.0809	179	10.7
Mnz2	7.92	0.122	0.0618	176	8.31	Mnz3	9.10	0.325	0.0786	183	10.2
Mnz2	9.79	0.315	0.0802	176	10.8	Mnz3	9.09	0.324	0.0766	179	10.1
Mnz2	8.90	0.154	0.0688	173	9.40	Mnz3	7.32	0.134	0.0558	170	7.75
Mnz2	9.61	0.315	0.0798	178	10.6	Mnz3	9.61	0.296	0.0791	177	10.6
Mnz2	8.68	0.254	0.0733	182	9.50	Mnz3	8.91	0.285	0.0756	182	9.83
Mnz2	9.13	0.271	0.0727	172	10.0	Mnz3	8.58	0.260	0.0723	182	9.42
Mnz2	10.1	0.275	0.0855	184	11.0	Mnz3	9.37	0.305	0.0771	176	10.4

Age#: apparent age

ThO₂*: sum of the measured ThO₂ and ThO₂ equivalent of the measured UO₂

粒子においても偏光顕微鏡下で累帯構造は認められない。また各粒子において複数点測定を行ったが、見かけの年代値の分布からも累帯は認められない。全測定点(3粒子110点)を用いたアイソクロン法で求めたCHIMEモナザイト年代は 178 ± 3 Maである(Fig. 6)。この年代値は花崗閃緑岩礫の母岩の火成年代であると考えられ、味噌川コンプレックスの砂岩・頁岩層の堆積年代(礫岩の堆積年代)がジュラ紀の後期以降であることに矛盾しない。以上の結果より、この花崗閃緑岩礫の母岩は約178 Ma(ジュラ紀前期～中期:ジュラ紀前期と中期の境界の年代値はHarland et al., 1990では178 Ma)の火成作用で形成され、その後速やかに削剥・運搬され、ジュラ紀後期以降に美濃帯砂岩中に礫として堆積したものである。

Suzuki et al. (1991)は美濃帯のジュラ紀砂岩中の碎屑性モナザイトのCHIME年代が1740–1420, 1250, 850, 450, 274–161Ma付近に集中していることを報告している。このことは美濃帯の後背地は、先カンブリア紀中期からジュラ紀中期にかけての火成活動や変成作用の歴史をもつことを示している。先に述べたように、美濃帯のジュラ紀礫岩中の変成岩礫については先カンブリア期の年代を示すことが報告されている(上麻生礫岩: Shibata and Adachi, 1974; 沢渡礫岩: 田中ほか, 1998など)。美濃帯の花崗岩質岩礫の年代については、Shibata and Adachi (1974)は、上麻生礫岩中の花崗岩礫と閃長岩礫それぞれ1試料と、変成岩礫8試料を用いた、 1880 ± 40 MaのRb-Sr全岩アイソクロン年代(Steiger and Jäger, 1977の壊変定数を用いて再計算)を報告し、先カンブリア紀中期における変成作用と火成活動の存在を示唆した。また、畔柳ほか(1993)は岐阜県徳山地域の層間礫岩中の花崗岩礫2試料から 230 ± 30 Ma, 260 ± 10 MaのCHIMEモナザイト年代を報告している。今回得られた花崗閃緑岩礫の年代は、これまでに知られていた花崗岩礫や変成岩礫、さらには砂岩中の碎屑性モナザイトの年代の中でも最も若い年代に相当する。その結果、これまでは碎屑性モナザイトの存在によってのみ知られていた、美濃帯の後背地におけるジュラ紀火成活動の具体像を得ることができた。ジュラ紀前期～中期の火成活動は礫岩・砂岩の堆積年代に近いイベントである。今後、この試料を含めた花崗岩質岩礫の地球化学的特徴を解析し、美濃帯に存在する大量のジュラ紀碎屑岩類の起源だけでなく、東アジア縁辺部における中生代のテクトニクスを明らかにしたい。

6. 謝 辞

名古屋大学年代測定総合研究センターの加藤典典氏にはCHIME年代測定の際にお世話になった。名古屋大学のテクトニクス研究室の方々には日ごろから有益な議論をしていただいている。ここに記して感謝の意を示します。

引 用 文 献

- Adachi, M. (1971) Permian intraformational conglomerate at Kamiasso, Gifu prefecture, central Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **77**, 471-482.
- 足立 守 (1982) 美濃帯の*Mirifusus baileyi*群集についての一考察. 大阪微化石研究会誌, 特別号 no.5, 211–225.
- 江川千洋・塩月寿志・大塚 勉 (1999) 美濃帯東部大滝地域における味噌川コンプレックスの構造と年代. 信州大学理学部紀要, **34**, 25–50.
- Harland, W. B., Armstrong, R. L., Cox, A. V., Craig, L. E., Smith, A. G. and Smith, D. G. (1990) *A geologic time scale 1989*. Cambridge University Press, Cambridge, 263p.
- 服部 勇・服部篤彦・上山康一郎 (1985) 冠山礫岩–美濃帯北西部の中生代礫岩: 福井県下の美濃帯と飛騨帯における中生代礫岩の比較研究. 福井大学教育学部紀要Ⅱ, **35**, 33–47.

- 加納 博 (1961) Maturityからみた大谷礫岩と沢渡礫岩—含花崗質岩礫岩の研究 (その10). 地質学雑誌, **67**, 350—359.
- 畔柳勇生・鈴木和博・足立 守 (1993) 美濃帯, 岐阜県徳山地域の含花崗岩礫岩とそのCHIME年代. 日本地質学会第100年学術大会講演要旨, 247.
- 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, 139p.
- 奥村晶子・大塚 勉 (1996) 美濃帯味噌川コンプレックスのマンガンノジュールから産出した中期ジュラ紀新世および後期ジュラ紀古世の放散虫化石群集. 信州大学理学部紀要, **31**, 21—42.
- 大塚 勉 (1985) 長野県美濃帯北東部の中・古生界. 地質学雑誌, **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.
- 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.
- Steiger, R. H. and Jäger, E. (1977) Subcommittee on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **36**, 359-362.
- Suzuki, K. and Adachi, M. (1991a) Precambrian provenance and Silurian metamorphism of the Tsubonosawa paragneiss in the South Kitakami terrane, Northeast Japan, revealed by the Th-U-total Pb chemical isochron ages of monazite, zircon and zirconium. *Geochem. Jour.*, **25**, 357-376.
- Suzuki, K. and Adachi, M. (1991b) The chemical Th-U-total Pb isochron ages of zircon and monazite from the Gray Granite of the Hida terrane, Japan. *Jour. Earth Sci., Nagoya Univ.*, **38**, 11-37.
- 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.
- 鈴木和博・足立 守・加藤丈典・與語節生 (1999) CHIME年代測定法とその造山帯形成過程解析への応用. 地球化学, **33**, 1—22.
- 竹内 誠・中野 俊・原山 智・大塚 勉 (1998) 木曾福島地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 94p.
- 田中邦雄・小林国夫・亀井節夫 (1952) 沢渡礫岩の層的位置. 信州大学教育学部研究論集, no. 2, 108—116.
- 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—. 地質学雑誌, **105**, 193—199.
- 田中姿郎・足立 守・鈴木和博 (1998) 美濃帯北東部, 乗鞍岳地域から産出した含高Mgザクロ石片麻岩礫とそのCHIME年代. 日本地質学会第105年学術大会講演要旨, 49.
- Wakita, K. (1988) Origin of chaotically mixed rock bodies in the Early Jurassic to Early Cretaceous sedimentary complex of the Mino terrane, central Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **39**, 675-757.