地質学論集 第38号 111-120ページ, 1992年3月 Mem. Geol. Soc. Japan, No.38, p.111-120, March, 1992

舞鶴帯北東部の上部三畳系難波江層群砂岩中の砕屑性 モナザイトおよびジルコンの年代(予報)

足立 守*• 鈴木和博*

A preliminary note on the age of detrital monazites and zircons from sandstones in the Upper Triassic Nabae Group, Maizuru terrane

Mamoru Adachi* and Kazuhiro Suzuki*

Abstract Precise electron microprobe analyses have been made on detrital monazites and zircons from the Upper Triassic Nabae Group in the Maizuru terrane. The Th–U–total Pb isochron ages of many monazite grains range from ca. 400 to 500 Ma; whereas those of zircons show a wide age range from ca. 250 Ma to as old as ca. 1100 Ma. Judging from the monazite and zircon age data as well as the mineral composition and texture of sandstones, the provenance area for the Triassic Nabae Group was dominated by granitoids and gneisses, together with ultramafic rocks. Presumably these rocks, at least in part, can be correlated with the present–day Yakuno complex in the Maizuru terrane.

Key words: detrital monazite and zircon, Chemical U-Th-total Pb isochron age, CHIME, heavy minerals, Nabae Group, Maizuru terrane

はじめに

モナザイト: (Ce, La, Th) PO₄およびジルコン: ZrSiO₄は火成岩・変成岩・堆積岩に小量ではあるが 普遍的に含まれる鉱物である。両鉱物は一般に細粒 で光学的性質がかなりよく似ているので,モナザイ トはジルコンと見間違えられてきたケースが多い。 とくに砕屑性のモナザイトは,円磨されて明瞭な自 形性を示さないジルコンとは鏡下で区別しにくく, 丸みを帯びたジルコンとみなされてきた.しかし, モナザイトはジルコンよりもすこし屈折率が低い ことや光学的累帯構造を示さないこと等によって, ある程度の区別はできる。また,ジルコン(硬度 7.5) はモナザイト(硬度 5-5.5)よりも硬度が大きいの で,よく研磨した面では,ジルコンの方がモナザイ トよりも研磨面がきれいでキズもはるかに少ない。 これらの特徴は鏡下で2つの鉱物の識別するのに 役立つ.実体鏡下では、モナザイトの多くはうすい 黄緑色をしているので、ジルコンとは比較的簡単に 識別できる.EPMA で両者を識別するには、Zr や P の有無を調べれば簡単である.

ジルコンやモナザイトには小量の U, Th, Pb が 含まれるので,古くから U-Pb 法で同位体年代が測 定されてきた.しかし,砕屑岩(および砕屑岩起源の 変成岩)中のジルコンやモナザイトについては,異 なった時代の粒子が混在していることが多いので,

grain-by-grain 法で年代測定を行わないと意味のある年代は得られない。砕屑性ジルコンやモナザイトの分析には、オーストラリア国立大学のCompstonのグループが使用しているようなイオンマイクロプローブが最適であるが、実用化は技術的にも金銭的にも簡単ではない。そこで、我々は3年ほど前から、イオンマイクロプローブや通常の質量分析計を使わないで、EPMAによるモナザイトやジルコンの年代測定法の考案・開発に取り組んできた。そして、すでにK-Ar 法や Rb-Sr 法で年代測定

^{*} 名古屋大学理学部地球科学教室. Department of Earth Sciences, Nagoya University, Nagoya 464-01, Japan.

112



Fig. 1. Geological map of the Nabae area in the northeastern end of the Maizuru terrane showing the distribution of the Upper Triassic Nabae Group (after Nakazawa, 1957) and the sample locality (A, B).

済みの上麻生礫岩(Adachi, 1971)中の先カンブリア 時代の片麻岩礫(サンプル No. 4-50; Shibata & Adachi, 1974)に含まれるモナザイトを使って,後 述する Th-U-total Pb アイソクロン法(CHIME: Chemical Th-U-total Pb isochron method)の有 効性および問題点をいろいろな角度から検討した. そして,この Th-U-total Pb アイソクロン法を使っ て,美濃帯のジュラ紀砂岩中の砕屑性モナザイトを 約 600 個分析し,その年代の大半が上麻生礫岩中の 片麻岩の変成時期とほぼ等しい約 1700-1400 Ma に集中することを明らかにした (Suzuki *et al.*, 1991).

小論では,筆者らが現在検討中の舞鶴帯の上部三 畳系難波江層群に含まれる砕屑性モナザイトとジ ルコンの年代測定結果について予察的ではあるが 報告したい。本研究は,舞鶴帯の中・古生界の砕屑 岩類の重鉱物解析(足立,1990,1991;鳥飼,1990) の一環として行ったものである。

上部三畳系難波江層群の N₂層砂岩

舞鶴帯北東端の難波江海岸 (Fig. 1)を模式地とし て発達する三畳紀後期の難波江層群は、下位より、 主として頁岩と砂岩の互層からなり小量の礫岩を はさむ N₁層,成層した中粒〜細粒砂岩を主体とし 礫岩をはさむ N₂層,主として黒色頁岩とシルト岩 の互層からなり、最下部に炭層をはさむ N₃層,灰色 で塊状の中粒砂岩を主体とする N₄層からなる(中 沢,1957). N₂層は難波江海岸から約 7km 南西の金 剛院付近にもよく露出しているが、重鉱物の化学分 析が完了していないので、ここでは N₂層の砂岩と して難波江地域(A 地点)の試料だけを対象として 話を進めることにする. B 地点の砂岩には、年代測 定に適当な砕屑性モナザイトやジルコンはほとん ど含まれていなかった.

N₂層の砂岩は灰白色~やや青みがかった灰色で, 砂岩優勢の互層を形成している。砂岩の多くは中粒 の石英長石質アレナイトで,砂粒の淘汰はよく,比 較的よく円磨された石英や長石粒子に富む、石英の ほかには、カリ長石・斜長石および小量の岩石片・ 重鉱物が存在する.砂岩の組織や鉱物組成から比較 してみると、N2層の砂岩は舞鶴帯の中・上部二畳系 舞鶴層群や下部三畳系夜久野層群の砂岩よりも maturityの高い砂岩である(Shiki, 1959; 鈴木, 1987; 楠・武蔵野, 1990)。重鉱物としてクロムスピ ネル・ザクロ石・ジルコン・モナザイト・電気石・ アパタイト・不透明鉱物が存在する。これらの重鉱 物の中でクロムスピネルが比較的多く含まれるこ とが N2層砂岩の特徴の一つである。モナザイトは 0.05-0.15mm 大の丸みを帯びた粒子として、一方、 ジルコンは 0.08-0.3mm 大の比較的自形性の強い 粒子として産する.

砕屑性モナザイトおよびジルコンの年代

1. モナザイト・ジルコンの分析法

採取した砂岩試料をジョークラッシャーとスタ ンプミルで粉砕し,60メッシュ以下の粉末約1kg から,まずパンニングによって重鉱物を濃集させ る.次に,アイソダイナミックセパレーターで磁性 の強い鉱物をモナザイトやジルコンなどの磁性の 弱い鉱物から分離する。最後に,モナザイトとジル コンを粒子サイズごとにハンドピッキングによっ てスライドグラスに載せ,エポキシ樹脂で固定し EPMA 分析用研磨薄片を作成する.薄片を作る際, できるだけ鉱物粒子の中心部分が切断されるよう に注意深く研磨を行う.

モナザイトやジルコンには一般に Th, U, Pb が 含まれる.しかし,モナザイト中の Th を除いて,こ れらの元素はごく微量にしか含まれない。従って、 Th, U, Pbの EPMA 分析には, 通常の定量分析と比 べて格段の分析精度が要求される(Suzuki, 1987, 1988; Suzuki et al., 1990 参照). 分析は一部改造し た JXA-5A 型(日本電子製) EPMA を用いて、加速 電圧 15kV, ビーム径 5µm, 電流強度 0.02-0.1µA の条件で行った。ThとUのスタンダードは euxenite (Smellie et al., 1978), YおよびREE は 合成ガラス(Drake & Weill, 1972), Pb は合成ガラ ス(56.17%PbO, 13.65%ZnO, 30.18%SiO2;原村 寛 分析)である、Th、U、Pb の分析には ThMα、 $UM\beta$, PbMa線を使用し、UMBに対する ThMy の干渉および PbM α に対する YL γ の干渉などは 補正した(Suzuki et al., 1991; Suzuki & Adachi, 1991a; 1991b). UMβ に対する KKα の干渉は、モナ ザイトやジルコンの粒子を分離して分析すること で除くことができる(モナザイトやジルコン中のK 含有量は数 ppm 以下なので、UMB ピーク強度に影 響しないか,あるいは別個のピークとして区別でき る). 計測時間は, Th, U, Pb が 200 秒, 他の成分が 40~100秒で、ピークおよびバックグラウンドの両 方を2~3回計測してその平均値を真のX線強度と した.分析データとして採用したものは、すべて、 特性 X 線強度がバックグラウンドを 2σ 以上越え たものだけにした. なお, ジルコンは一般に Th や Uの含有量が少ないため、大部分の粒子の PbO 含 有量は検出限界以下であった。しかし、丹念に分析 すると100個に数個の割合で、PbOが定量でき年代 決定できるものが見出された。測定誤差は PbO が 0.2wt. %レベルで約3%, 0.01wt. %レベルで10-15%である.

2. Th-U-total Pb アイソクロン法

我々の開発したモナザイトとジルコンについて の年代測定法"Chemical Th-U-total Pb isochron method (CHIME)"の詳細と実例については,すで に他で述べてあるので(Suzuki *et al.*, 1991; Suzuki & Adachi, 1991a; 1991b),ここではその要点を記す にとどめる.

まず,第1段階で,測定した ThO₂,UO₂,PbO か ら第1式で個々の測定点の見かけの年代(t)を算出 し,次にこのtを使って,第2式より,各測定点の ThO₂とUO₂の合量をモナザイトの場合には ThO₂*(ThO₂にUO₂をThO₂として換算したもの を加えた値),ジルコンの場合にはUO₂*(UO₂に ThO₂をUO₂として換算したものを加えた値)に換 算する.この各測定値に counting statistics に基づ く 2 σ の誤差を組み込んで,3点以上の測定点から York(1966)の方法でPbO-ThO₂*あるいはPbO-UO₂*の関係(第3式)を求める.第3式の勾配(m)を 第4式に代入することにより,年代の第1近似値 (T)が求まる.この場合,初期鉛(common lead)を最 初から認め,その量を粒子のどの部分でも一定であ ると仮定している.

第1式

$$\frac{\text{PbO}}{W_{\text{Pb}}} = \frac{\text{ThO}_{2}}{W_{\text{Th}}} \{\exp(\lambda_{232}t) - 1\} + \frac{\text{UO}_{2}}{W_{U}} \left\{ \frac{\exp(\lambda_{235}t) + 138\exp(\lambda_{238}t)}{139} - 1 \right\}$$

ただし、W は分子量で、 $W_{Pb}=224(モナザイトの$ 場合)、 $W_{Pb}=222$ (ジルコンの場合)、 $W_{Th}=264$ 、 $W_{U}=270$ 、²³⁸U/²³⁵U=138 である。また、 λ は壊変定数であり、

 $\lambda_{232} = 4.9475 \times 10^{-11} / \text{y},$

 $\lambda_{235} = 9.8485 \times 10^{-10}$ /y, $\lambda_{238} = 1.55125 \times 10^{-10}$ /y である(Steiger and Jäger, 1977).

$$ThO_2^* = ThO_2$$

$$+\frac{\mathrm{UO}_{2}\cdot\mathrm{W}_{\mathrm{Th}}}{\mathrm{WU}\{\exp(\lambda_{232}t)-1\}}\left\{\frac{\exp(\lambda_{235}t)+138\exp(\lambda_{238}t)}{139}-1\right\}$$
$$(\pounds \not + \not \forall \not \prec \flat)$$

 $\mathrm{UO}_2^*\!=\!\mathrm{UO}_2$

+
$$\frac{139 \text{ThO}_2 \cdot W_{U} \{\exp(\lambda_{232}t) - 1\}}{W_{Th} \{\exp(\lambda_{235}t) + 138 \exp(\lambda_{238}t) - 139\}}$$
$$(\Im \mathcal{W} \exists \mathcal{V})$$

足立 守・鈴木和博

第3式

114

PbO=m・ThO₂*+b (モナザイト) PbO=m・UO₂*+b (ジルコン)

第4式

$$T = \frac{1}{\lambda_{232}} \ln \left(1 + m \frac{W_{Th}}{W_{Pb}} \right) \qquad (モナザイト)$$
$$m \frac{W_{U}}{W_{Pb}} = \frac{\exp(\lambda_{235}T) + 138\exp(\lambda_{238}T)}{139} - 1$$
$$(ジルコン)$$

第2段階では、第1段階で求めた年代の第1近似 値(T)を使って、第2式より、各測定点のThO₂と UO₂の合量をThO₂*あるいはUO₂*に再換算し、第 1段階と同じようにPbO-ThO₂*あるいはPbO -UO₂*の関係を再計算し、この勾配(m)を第4式に 代入して、年代の第2近似値を求める。このプロセ スを第3、第4段階と繰り返して、鉛の初期値(b)を 補正したより確かな年代(T)を求める。

この Th-U-total Pb アイソクロン法は,身近な EPMA を使用して鉛の初期量が一定という仮定だ けで,単一鉱物粒子あるいは単一粒子の各部分ごと に合理的に年代(T)と鉛の初期量(b)を求めることが できる.この仮定は Rb-Sr や Sm-Nd アイソクロン 法で採用されている仮定(但し, Rb-Sr 法や Sm-Nd 法では同位体比が一定と仮定)と全く同じである.

結果と考察

上部三畳系難波江層群 N₂層の砕屑性モナザイト とジルコンの ThO₂, UO₂, PbO 分析値を Appendix に示した.大部分のモナザイトやジルコンは ThO₂* や UO₂*量の変化幅が小さく,有意のアイソクロン がひけなかった.しかし,8 個のモナザイトと1 個の ジルコン粒子については,単一粒子 Th-U-total Pb アイソクロンを決定することができた.この結果を Figs. 2-4 に示す.

モナザイトの多くは PbO/ThO₂*の値が 0.017-0.021 で,約 400-500Ma の年代を示す.その単一粒 子 Th-U-total Pb アイソクロン年代は、8 粒子のう ち 7 個が 440±30-490±120Ma であり、残りの1 個が 350±30Ma であった.年代が 440-490Ma の モナザイトは、粒子の中心部から周辺部までのすべ



Fig.2. Plots of PbO against ThO_2^* (ThO_2^* means measured ThO_2 plus ThO_2 equivalent of the measured UO_2) of monazites from sandstones in the N₂ formation of the Nabae Group. (a) for M01 and M02 monazite grains, and (b) for M11 and M43 monazite grains. MSWD=Mean Square of Weighted Deviates.

ての分析データが1本のアイソクロンを形成する (年代的に均一)ものが多い(M01, M02, M11, M45, M55; Figs. 2, 3). しかし, 440±60Maのアイソク ロン年代を示す M51粒子では中心部に見かけの年 代が780Maを示す古い領域(M51-02)が存在する. この M51-02 はアイソクロンから大きくはずれる (Fig. 3aの白四角).また,アイソクロン年代が490± 20Maの M52粒子では周辺部が若く,350Ma(M52 -07)と260Ma(M52-05)の見かけ年代を与える(Fig. 3bの白丸).350±30Maの M43粒子の中心部分に は410Maの見かけ年代を示す古い領域がある (M43-01, Fig. 2bの白四角).8本の単一粒子 Th-U



Fig.3. Plots of PbO against ThO_2^* of monazites from sandstones in the N_2 formation of the Nabae Group. (a) for M45 and M51 monazite grains, and (b) for M52 and M55 monazite grains. MSWD=Mean Square of Weighted Deviates.

-total Pb アイソクロンのうち,M51 粒子について のアイソクロンを除く7本のアイソクロンは,鉛の 初期値(b)の値が0(0.0011~-0.0052)に近く,原点 付近を通る。このことはモナザイトの初期鉛がきわ めて少なかったことを示している。一方,中心部に 約780Maの古い領域を残しているM51粒子の 440Maアイソクロンは原点からやや上方にはずれ る(Fig.3a参照).これは,約780Maの古いモナザ イト粒子の周辺部が440Maの熱的事件で若返った 時に若干の鉛が残ったためと解釈される。

ジルコンの PbO/UO₂*の値は 0.034-0.165 で, 250Ma から 1110Ma までの幅広い年代(Fig. 4 およ

び Appendix)を示すが、約 400-500Ma というモナ ザイトと同じ年代のジルコンは分析した砂岩には 少なかった. 長径約 0.3mm の大きな Z10 粒子につ いては280±20Maの単一粒子アイソクロン年代が 決定できた(Fig. 4). この Z10 粒子は自形を保ってお り明瞭な累帯構造を示すので、深成岩起源と考えら れる。他のジルコン粒子の分析データの多くは、こ の280Maのアイソクロン上(およびその近傍),また は、それより古い領域にプロットされる。Fig.4に は、280Maのアイソクロンの他に 400Ma, 500Ma および 1100Maの3本のリファレンスアイソクロ ンがひいてある。400Ma および 500Ma のリファレ ンスアイソクロンの近くにプロットされるジルコ ンは自形で累帯構造を示すものが多いので、大部分 のモナザイトと同じ深成変成作用で形成されたも のと推定される.

これら280-500Maの自形で明瞭な累帯構造を 示すジルコンの母岩はどのような深成岩であった のであろうか?これに対する一つの鍵は、中・上部二 畳系舞鶴層群の圧砕花崗岩礫から報告されている 420Ma というジルコンのフィッショントラック年 代(西村ら,1976)であろう。この圧砕花崗岩礫と類 似の岩石は夜久野岩類(河守変成岩類に伴う圧砕花 崗質岩類,加納ら,1958)には普遍的に存在する。鈴 木ら(1982)は難波江層群の砂岩にはカリ長石が多 く含まれることから,その供給源地をトーナライト 質岩石に富む夜久野岩類のいわゆる古期花崗岩類 分布域に求めることはできないとしている.しか し,古期花崗岩類の中にもカリ長石に富むものが存 在する(加納ら, 1961)ので, 難波江層群の砕屑性カ リ長石の少なくとも一部は、この含カリ長石古期花 崗岩類から由来した可能性が大きいと我々は考え ている.一方,1100Maという最も古い見かけの年代 を示すジルコン粒子(Z06)は、他の多くのジルコン 粒子に比べて円磨されているので、花崗岩類とは別 の古期岩類からのリサイクル物質と考えられる。

上部三畳系難波江層群の砂岩に含まれる砕屑性 モナザイトの約400-500Maという年代は,美濃帯 のジュラ紀砂岩中の砕屑性モナザイトの年代とは 大きく異なっている(Fig.5).すなわち,美濃帯の砕 屑性モナザイトの多く(581個中403個)は,1740Ma から1420Maの間に集中し,その他1250Ma, 850Ma,400Ma前後,および274Maと161Maの2 本のリファレンスアイソクロンの間にもかなりの 集中が認められる(Suzuki *et al.*,1991).美濃帯の



足立 守・鈴木和博

Fig.4. Plots of PbO against UO_2^* (UO_2^* means measured UO_2 plus UO_2 equivalent of the measured ThO₂) of zircons from sandstones in the N₂ formation of the Nabae Group. Solid circles of Z10 zircon grain define an isochron of 280 ± 20 Ma. Also given are reference isochrons of 400 Ma, 500 Ma and 1100 Ma. MSWD=Mean Square of Weighted Deviates.

モナザイト年代の中で最も古くまた数も多い 1740Maという値は、上麻生礫岩中の片麻岩礫から 得られた雲母の Rb-Sr 年代や K-Ar 年代(Shibata *et al.*, 1971; Shibata & Adachi, 1972, 1974)とよく 一致する. 1250Ma や 850Maという年代値も、上麻 生礫岩中のいくつかの花崗岩礫について推定され た Rb-Sr モデル年代と大きな差はない. 一方、難波 江層群の砂岩に特徴的な 400-500Maという年代 の砕屑性モナザイトは美濃帯では数少ない. このモ ナザイト年代の違いは後背地の岩石の違い, さらに 言えば美濃帯と舞鶴帯のテレーンとしての本質的 な違いを表わしていると推定される. ただし、難波 江層群の砂岩中のモナザイトの分析数は美濃帯の ものに比べてまだ少ないので、細かい点の比較には 今後の検討を要する.

美濃帯ではかなりよく目だつ 250Ma 前後のモナ ザイト年代は、難波江のモナザイトでは顕著ではな いがジルコンでは一般的な年代である。これと類似 の二畳紀後期の同位体年代は、舞鶴帯では、夜久野 岩類の構成メンバーであるメタガブロの角閃石 (Shibata *et al.*, 1977)・舞鶴変成岩の黒雲母(早瀬・ 石坂, 1967)や角閃石(Shibata et al., 1977)・舞鶴 花崗岩の黒雲母(猪木ら、1979)などから報告されて いる。さらに、下部三畳系夜久野層群の圧砕花崗岩 礫のジルコンからは、225Ma というフィッショント ラック年代も得られている(西村ら,1976).飛驒帯 では約250Maという年代は飛驒片麻岩の主要な変 成時期(例えば, Shibata et al., 1970)および"灰色 花崗岩"の生成時期(Suzuki & Adachi, 1991b)に相 当し、飛驒帯各地でこの年代の片麻岩・花崗岩が知 られている。さらに約250Maの火成活動の証拠は, 飛驒外縁帯のメタガブロ (Adachi & Shibata, 1991),美濃帯の上麻生礫岩および坂祝礫岩(近藤・ 足立, 1975)中の弱変成オーソコーツァイト礫 (Shibata, 1979)から,また北上山地の石炭紀の氷上 花崗岩に含まれるモナザイトやジルコン粒子の周 辺(若返りした)部分(Suzuki & Adachi, 1991a)や 二畳紀の薄衣礫岩の花崗岩質礫(柴田, 1973)からも 得られている。これらの事実は古生代末の火成活動 が西南日本にも東北日本にも広く起こっていたこ とを物語っている (Adachi & Shibata, 1991; Suzuki & Adachi, 1991a).

難波江層群砂岩中の砕屑性モナザイトの年代



Fig.5. Comparison of age data of detrital monazites from Triassic sandstones of the Maizuru terrane and Jurassic sandstones of the Mino terrane (after Suzuki *et al.*, 1991).

今後,難波江層群の砕屑性モナザイトおよびジル コンの分析数をさらに増やし,舞鶴層群・夜久野層 群・夜久野岩類中のものと詳しく比較検討し,舞鶴 帯の地史をより明確にしたい.

謝辞 本研究の一部に文部省科学研究費補助金 (No.63302019, No.03452068)を使用した.記して感 謝する.

文 献

Adachi, M., 1971, Permian intraformational conglomerate at Kamiaso, Gifu Prefecture, central Japan. Jour. Geol. Soc. Japan, 77, 471-482.

- 足立 守,1990, 舞鶴帯の三畳系志高層群砂岩の重鉱物 組成.日本地質学会第97年学術大会講演要旨,278.
- 足立 守, 1991, 京都府舞鶴西方の三畳系志高層群中の Ca-rich ザクロ石.総合研究(A)連絡誌「変動帯の 砂岩-日本列島を例として」, No. 2, 26-29.
- Adachi, M. and Shibata, K., 1991, A 254-Ma-old metagabbro intruding the Arakigawa Formation from the circum-Hida terrane, central Japan. *Jour. Earth Sci.*, Nagoya Univ., 38, 39-48.
- Drake, M. J. and Weill, D.F., 1972, New rare earth element standards for electron microprobe analysis. *Chem. Geol.*, **10**, 179–181.
- 早瀬――・石坂恭一, 1967, Rb-Sr による地質年齢(1), 西南日本. 岩鉱, 58, 201-212.
- 猪木幸男・中沢圭二・黒田吉益, 1979, 舞鶴帯の基盤岩。 日本列島の基盤, 加納 博教授記念論文集, 143–152.
- 加納 博・中沢圭二・猪木幸男・志岐常正, 1958, 夜久野 迸入岩類に伴う高度変成岩類について. 地質雑, 65, 267-271.
- 加納 博・中沢圭二・志岐常正, 1961, 礫岩からみた舞鶴 帯の二畳紀後背地の展望―含花崗質岩礫岩の研究 (その11). 地質雑, 67, 463-475.
- 近藤直人・足立 守, 1975, 犬山市北方の中生層―とく に坂祝礫岩について. 地質雑, 81, 373-386.
- 楠 利夫・武蔵野実,1990,超丹波帯,丹波帯および舞 鶴帯のペルム-三畳系砂岩-モード組成とその比較。 地球科学,44,1-11.
- 中沢圭二,1957,上部三畳系難波江層群の化石帯と佐川 期細分の検討一舞鶴地帯の層序と構造(その3).地 球科学,31,16-27.
- 西村 進・桂 京造・笹島貞雄, 1976, 舞鶴地帯の花崗 岩質礫岩の礫のフィッション・トラック年代. 地質 雑, 82, 413.
- 柴田 賢, 1973, 氷上花崗岩および薄衣花崗岩礫の K -Ar 年代. 地質雑, **79**, 705-707.
- Shibata, K., 1979, Geochronology of pre-Silurian basement rocks in the Japanese Islands, with special reference to age determinations on orthoquartzite clasts. 日本列島の基盤, 加納 博教 授記念論文集, 625-639.
- Shibata, K. and Adachi, M., 1972, Rb-Sr and K-Ar geochronology of metamorphic rocks in the Kamiaso conglomerate, central Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 78, 265-271.
- 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.
- Shibata, K., Adachi, M. and Mizutani, S., 1971,

118

Precambrian rocks in Permian conglomerate from central Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **77**, 507 -514

- Shibata, K., Igi, S. and Uchiumi, S., 1977, K–Ar ages of hornblendes from gabbroic rocks in Southwest Japan. *Geochem. Jour.*, **11**, 57–64.
- Shibata, K., Nozawa, T. and Wanless, R.K., 1970, Rb –Sr geochronology of the Hida metamorphic belt, Japan. *Can. Jour. Earth Sci.*, 7, 1383–1401.
- Shiki, T., 1959, Studies on sandstones in the Maizuru Zone, Southwest Japan, II. *Mem. Coll. Sci., Univ. Kyoto, ser. B*, **27**, 293–308.
- Smellie, J.A.T., Cogger, N. and Herrington, J., 1978, Standards for quantitative microprobe determination of uranium and thorium with additional information on the chemical formulae of davidite and euxenite-polycrase. *Chem. Geol.*, 22, 1–10.
- 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.
- Suzuki, K., 1987, Discordant distribution of U and Pb in zircon of Naegi granite: A possible indication of Rn migration through radiation damage. *Geochem. Jour.*, 21, 173–182
- Suzuki, K., 1988, Heterogeneous distribution of uranium within zircon grains: implications for fission-track dating. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 94, 1

-10.

- 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 xenotime. *Geochem. Jour.*, 25, 309–328.
- 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.
- Suzuki, K., Adachi, M. and Yamamoto, K., 1990, Possible effects of grain-boundary REE on the REE distribution in felsic melts derived by partial melting. *Geochem. Jour.*, 24, 57–74.
- 鈴木茂之,1987,舞鶴帯東部の堆積史と造構史.広島大 地学研究報告,27,1-54.
- 鈴木茂之・杉田宗満・光野千春,1982,舞鶴地域におけ る舞鶴層群の層序と地質構造.地質雑,88,835-848.
- 鳥飼成美,1990,舞鶴帯の二畳系舞鶴層群砂岩の重鉱物。 日本地質学会第 97 年学術大会講演要旨,279.
- York, D., 1966, Least-squares fitting of a straight line. *Can. Jour. Phy.*, 44, 1079–1086.

(要 旨)

足立 守・鈴木和博, 1992, 舞鶴帯北東部の上部三畳系難波江層群砂岩中の砕屑性モナザイトお よびジルコンの年代(予報). 地質学論集, 38 号, 111-120. (Adachi, M. and Suzuki, K., 1992, A preliminary note on the age of detrital monazites and zircons from sandstones in the Upper Triassic Nabae Group, Maizuru terrane. *Mem. Geol. Soc. Japan*, No.38, 111-120.)

舞鶴帯の北東端に分布する上部三畳系難波江層群砂岩(№層)中の砕屑性モナザイトおよび ジルコンの化学組成を EPMA によって正確に定量し, CHIME 法によって両鉱物の年代を求 めた.その結果,大部分のモナザイトの年代(Th-U-total Pb アイソクロン年代) は約 400-500Ma であった.一方,ジルコンの年代はモナザイトの年代に比べてバラツキが大きく,約 250-1100Ma であった.砂岩の鉱物組成ならびに砕屑性モナザイトおよびジルコンの年代か ら推定して,難波江層群砂岩の後背地の一部には舞鶴帯の夜久野岩類に対比される岩石が存 在していたと考えられる. 難波江層群砂岩中の砕屑性モナザイトの年代

Appendix. Analytycal data of detrital monazites and zircons in sandstone sample from the N_2 formation of the Upper Triassic Nabae Group in the Maizuru terrane. C: central portion, M: marginal portion, ThO₂*: measured ThO₂ plus ThO₂ equivalent of the measured UO₂ for monazites, and UO2*: measured UO₂ plus UO₂ equivalent of the measured ThO₂ for zircons.

Grain		Th0₂	UO 2	Pb0	t	ThO₂	Grain		ThO₂	U02	Pb0	t	ThO₂⁺,
No.		wt.%	wt. %	wt. %	(Ma)	U0 2	No.		wt. %	wt. S	wt. %	(Ma)	U02*
M01-01	С	6. 28	0.568	0.160	460	8.15	M22-02	С	6.50	0.537	0.155	440	8.27
M01-02	M	9. 33	0.634	0.228	470	11.4	M22-03	С	6.41	0.513	0.163	470	8.10
M01-03	M	9.61	0.563	0. 224	460	11.5	W22-04	M	8.81	0.250	0.141	350	9.63
M02-01	С	7.95	0. 372	0.185	470	9.18	M23	С	4.68	0.358	0.127	510	5.86
M02-02	С	7.45	0. 249	0.167	480	8. 27	W24	С	7.39	0.875	0.167	380	10.3
M02-03	С	6.86	0.252	0.158	480	7.69	M25	С	4.83	0.178	0.094	410	5.41
₩02-04	M	6.04	0.394	0.147	470	7.34	M26	С	18.7	0.358	0.273	330	19.9
M03-01	С	6.08	0.407	0.161	510	7.43	M27	С	9.64	0.190	0.201	460	10.3
M03-02	С	6.09	1.02	0.211	520	9.47	M28	С	14.2	0.614	0.313	460	16.2
M04	С	8.89	0. 302	0.197	470	9.89	M 29	С	8.48	0.312	0.188	470	9.51
M05	С	3.46	0. 232	0.084	470	4. 22	M 30	С	11.7	1.15	0.294	450	15.5
M06-01	С	11.4	0. 421	0.250	460	12.8	M 31	С	6.99	0.291	0.171	510	7.95
M06-02	M	13.1	0. 662	0. 287	440	15.3	M32	С	14.8	0.417	0.295	430	16.2
M07	С	2.69	0.042	0.040	330	2.83	M33	С	18.8	0.561	0. 377	430	20.6
M08-01	С	6.44	0.157	0.113	380	6.95	M34-01	С	6.20	0. 289	0.131	430	7.15
M08-02	С	7.65	0.266	0.144	400	8.52	M34-02	M	8.59	0.344	0.190	460	9.72
M09	С	11.3	1.21	0.298	460	15.3	M35-01	С	5.46	0.921	0.185	510	8.51
M10-01	С	5.02	0.075	0.090	400	5.27	M35-02	С	7.22	0.054	0.142	450	7.40
M10-02	M	5.59	0. 34 0′	0.093	330	6.70	M35-03	M	5.73	0.543	0.142	450	7.52
M11-01	M	11.0	0. 425	0.228	430	12.4	M36	С	7.35	0.440	0.101	270	8. 78
M11-02	С	7.43	0. 295	0.152	430	8.40	M37-01	С	10.5	0. 470	0. 233	460	12.0
¥11-03	С	5.68	0. 275	0.122	440	6.58	₩37-02	M	10.7	0.746	0.233	420	13.1
M11-04	M	8.66	0.680	0. 203	440	10.9	M38	С	10.4	0.350	0.225	460	11.6
M12	С	6.42	0. 278	0.079	260	7.32	M 39	С	7.18	0.248	0.160	470	8.00
M13	С	14.4	0.993	0.331	440	17.7	₩40	С	3.59	0.129	0.045	270	4.01
M14-01	С	8.10	0.671	0.204	470	10.3	M41	С	6.75	0.694	0.197	510	9.05
M14-02	M	10.4	0. 373	0.196	400	11.6	M42-01	С	7.84	0.736	0.202	460	10.3
M15	С	7.45	0.203	0.134	390	8.12	M42-02	С	7.30	0.941	0.210	480	10.4
M16	C	8.22	1.23	0.213	410	12.3	M42-03	С	6.69	0.917	0.188	460	9.71
M17	С	5.63	0.202	0.100	380	6.29	M42-04	M	5.96	1.04	0.142	360	9.36
M18	С	7.16	0.426	0.166	460	8.56	M43-01	С	9.94	0.873	0.221	410	12.8
M19	С	9.36	0. 277	0.171	390	10.3	M43-02	M	10.8	0. 707	0.197	350	13.1
M20	С	12.0	0.686	0. 273	450	14.3	M43-03	M	9.16	0. 457	0.158	350	10.7
M21	С	9.65	0.557	0.201	410	11.5	M43-04	M	9.69	0.655	0.178	360	11.8
₩22-01	C	6.70	0.420	0.155	450	8.08	M43-05	M	10.7	0.956	0.205	350	13.8

120

足立 守・鈴木和博

(Appendix. cont'd)

Grain		Th 0₂	UO 2	Pb 0	t	Th0₂*,	Grain	ThO₂	U02	Pb 0	t	Th0 ₂ *.
No.		wt.%	wt.%	wt.%	(Ma)	U O 2*	No.	wt. %	wt.%	wt.%	(Ma)	U02*
M44-01	С	7.86	0.481	0.185	460	9.44	M55-01 C	5.80	0.242	0.130	460	6.60
M44-02	С	7.10	0. 578	0.184	480	9.01	M55-02 C	3.97	0.139	0.096	510	4. 43
M44-03	С	8.74	0.357	0.194	460	9.92	M55-03 C	6.35	0.255	0.152	500	7.19
M44-04	С	8.52	0. 333	0.184	450	9.62	M55-04 M	3.89	0.108	0.084	470	4.25
M45-01	С	7.14	0.329	0.158	450	8.22	M56 C	9.91	0.327	0.225	480	11.0
M45-02	С	7.19	0.307	0.154	440	8.20	M57 C	12.9	0.478	0.283	460	14.5
M45-03	M	5.74	0.242	0.123	440	6.54	M58 C	7.73	0.335	0.196	520	8.84
M45-04	С	7.29	0. 323	0.158	450	8.35	M59 C	11.3	0.451	0.232	430	12.8
M46	С	6.34	0.618	0.134	380	8.36	M60 C	4.07	0.568	0.115	460	5.94
M47-01	С	10.7	0.423	0.220	430	12.1	Z01	0.931	0.571	0.032	270	0.858
M47-02	M	9.44	0.312	0.178	400	10.5	Z02	0.056	0. 498	0.026	370	0.515
M48-01	С	15.2	1.02	0.368	470	18.6	Z03	0.134	0.500	0.024	320	0.541
M48-02	M	13.9	1.64	0.398	490	19. 3	Z04-01	0. 778	0. 761	0.059	430	0.998
M49	С	8.26	0.540	0.224	520	10.0	Z04-02	0.076	0. 873	0.051	410	0.896
M50 (С	8.09	0.551	0.211	500	9.91	Z05	0.026	0. 223	0.015	470	0.231
M51-01 (С	7.13	0.664	0.204	510	9. 33	Z06	0.052	0. 179	0.032	1100	0.194
M51-02	C	7.41	0.596	0.316	780	9.42	Z07	0.758	0. 843	0.093	620	1.07
M51-03 (С	5.09	0.394	0.150	550	6.40	Z08	0.146	0.990	0.065	450	1.03
M51-04 (С	5.13	0.399	0.147	540	6.45	Z09	0.267	0. 729	0.028	250	0.811
M51-05 1	R	6.48	0.495	0.178	520	8.12	Z10-01	0.961	0. 982	0.048	280	1.28
M52-01 (С	6.31	0.246	0.143	470	7.12	Z10-02	0.144	0. 386	0.017	290	0. 430
M52-02 (С	6.67	0.273	0.154	480	7.57	Z10-03	0.238	0.600	0.025	270	0.673
M52-03 (С	6. 77	0.331	0.160	480	7.86	Z10-04	0.229	0.642	0.026	270	0.713
M52-04 (С	4. 78	0.177	0.108	470	5.36	Z10-05	0.183	0.576	0. 023	270	0. 632
M52-05 1	M	3. 23	0.327	0.048	260	4. 29	Z11-01	0.859	0.649	0.034	270	0.914
M52-06 (С	6.06	0.217	0.136	470	6. 78	Z12-01	2.70	1.29	0.073	250	2.12
M52-07 N	M	4.14	0.242	0.074	350	4.93	Z12-02	0.141	0. 487	0.018	250	0.530
M52-08 (С	6. 72	0.234	0.152	480	7.49	Z13	0. 088	0.596	0.024	280	0.623
M53-01 (С	6.83	0.021	0.183	620	6.90	Z14	0.090	0.548	0. 028	350	0.576
M53-02 N	M	7.68	0. 255	0.171	470	8.52	Z15	0.280	0.524	0.044	520	0.609
M54-01 (С	5.89	0.805	0.188	520	8.55	Z16	0.060	0.178	0. 023	820	0.196
M54-02 (С	4.57	0.808	0.173	560	7.25	Z17	0.192	0. 389	0.016	260	0.448
M54-03 (С	7.92	0. 798	0. 239	530	10.6	Z18	0.018	0. 203	nd	-	-
M54-04 M	ſ	9.69	0.631	0. 225	450	11.8	Z19	0.013	0. 432	0.018	300	0.436

NII-Electronic Library Service