

5 万分の 1 地質図幅「鳥羽」地域における秩父累帯北帯の砂岩及び三波川帯の砂質片岩から得られた碎屑性ジルコン U-Pb 年代

内野隆之^{1,*}

Takayuki Uchino (2017) U-Pb ages of detrital zircon grains from sandstones of the Northern Chichibu Belt and psammitic schists of the Sambagawa Belt in the Toba District (Quadrangle series 1:50,000), Shima Peninsula, Mie Prefecture, Southwest Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 68 (2), p. 41–56, 4 figs, 6 tables, 3 appendixes.

Abstract: The Geological Survey of Japan is now making a geological map and its explanatory text of geology of the Toba District (Quadrangle series 1:50,000), Shima Peninsula, Mie Prefecture. During its study, detrital zircon U-Pb ages from sandstone in the Northern Chichibu Belt and from psammitic schist in the Sambagawa Belt were measured in order to reveal accretion ages of the accretionary complexes in the both belts.

The peak ages of the youngest clusters of the detrital zircon grains from the Osakatoge Complex and the Kochi Complex in the Northern Chichibu Belt are 204.4 ± 4.0 Ma and 183.4 ± 2.9 Ma, respectively. These ages are consistent to the depositional ages (Early and Middle Jurassic) of terrigenous deposits assumed from radiolarian fossils by a previous work.

The peak ages of the youngest clusters of the detrital zircon grains from two samples in the Miyakawa Formation in the Sambagawa Belt are 177.1 ± 1.6 Ma and 95.5 ± 2.5 Ma. The latter is acceptable according to 99–83 Ma phengite K-Ar ages (metamorphic or cooling age on a subduction zone) from psammitic schist shown by a previous work in the Ise District (west of the Toba District). On the other hand, the former is much older than the latter although the both samples may belong to a same unit. Therefore, more data such as phengite K-Ar ages or additional detrital zircon U-Pb ages are necessary to verify the scientific validity of the former (Early Jurassic age).

Keywords: U-Pb age, detrital zircon, Jurassic, Cretaceous, Osakatoge Complex, Kochi Complex, Miyakawa Formation, Northern Chichibu Belt, Sambagawa Belt, Shima Peninsula, Mie Prefecture

要 旨

地質調査総合センターでは現在、5 万分の 1 地質図幅「鳥羽」の作成を行っている。その研究過程で、志摩半島に分布する秩父累帯北帯及び三波川帯の付加体の付加年代を決定することを目的に、砂岩及び砂質片岩中の碎屑性ジルコンの U-Pb 年代を測定した。

秩父累帯北帯逢坂峠コンプレックスの砂岩中ジルコンの最若粒子集団は 204.4 ± 4.0 Ma (三疊紀末～ジュラ紀初頭) を示し、また同帯河内コンプレックスの砂岩中のジルコンの最若粒子集団は 183.4 ± 2.9 Ma (前期ジュラ紀中頃～前期ジュラ紀後半) を示すことが明らかになった。これらは放散虫化石から想定されている陸源性碎屑岩の時代 (付加年代) と矛盾しない。また、三波川帯宮川層の砂質片岩中のジルコンの最若粒子集団は 177.1 ± 1.6 Ma

(前期ジュラ紀後半) と 95.5 ± 2.5 Ma (後期白亜紀前半) を示すことが判明した。後者は、伊勢地域 (図幅西隣) から得られている 99–83 Ma のフェンジャイト K-Ar 年代 (変成・冷却年代) と調和的である。しかし、前者は後者よりも有意に古い年代を示す結果となった。前者の妥当性を検証するため、今後更なる碎屑性ジルコン U-Pb 年代やフェンジャイト K-Ar 年代などのデータ追加が必要である。

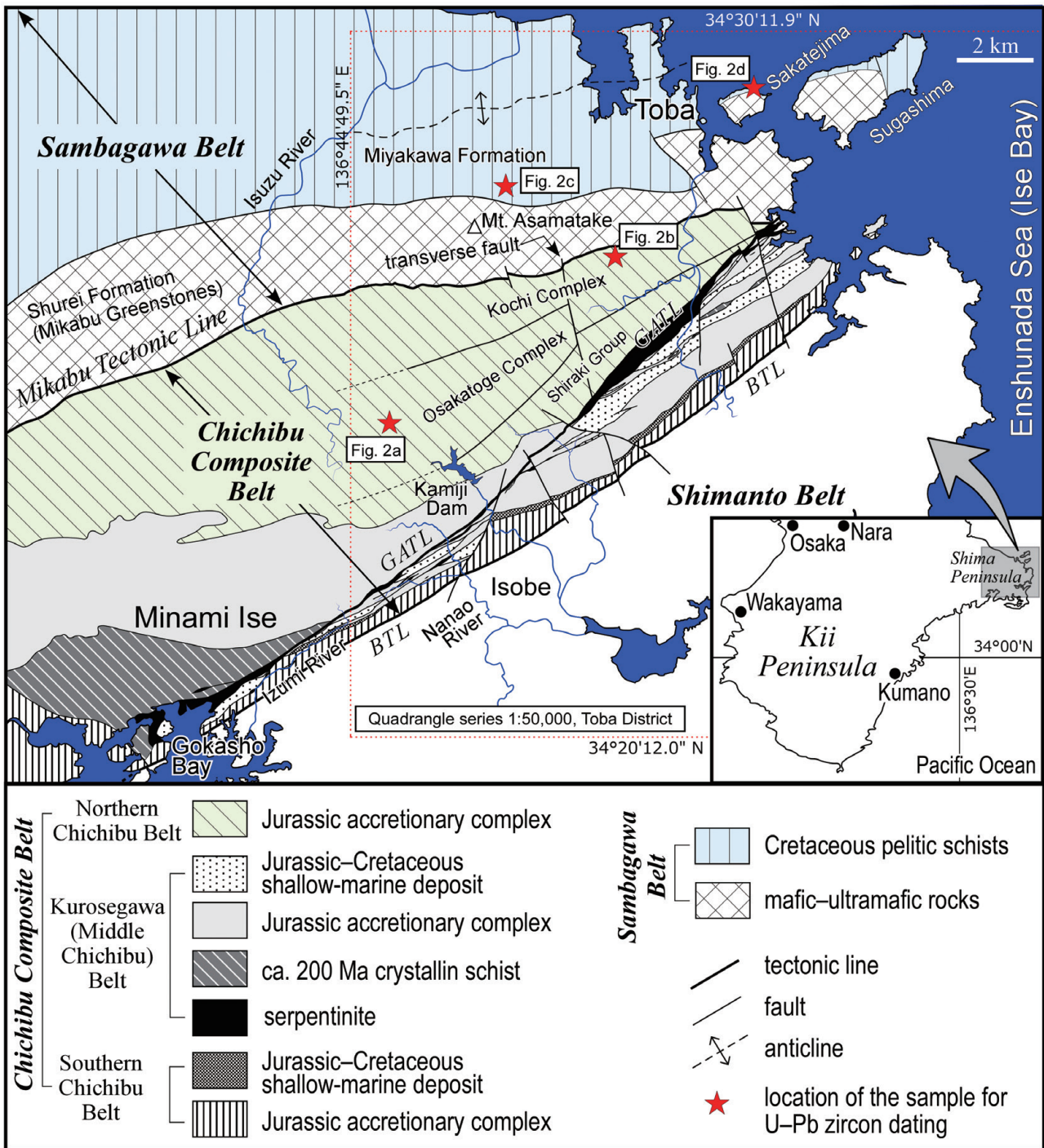
1. はじめに

地質調査総合センターでは、志摩半島に分布する三波川帯、秩父累帯、四万十帯の 3 地体にまたがっている 5 万分の 1 地質図幅「鳥羽」の作成を現在行っている (第 1 図)。

秩父累帯は北から「北帯」、 「中帯 (あるいは黒瀬川帯)」、

¹ 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)

* Corresponding author: T.Uchino, Central 7, Higashi 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan, Email: t-uchino@aist.go.jp



第1図 志摩半島の地質概略図。南伊勢町周辺の秩父累帯の分布は坂(2009)に、秩父累帯北帯の区分は山際・坂(1967)による。緯度・経度は世界測地系に従った。

BTL: 仏像構造線, GATL: 五ヶ所-安楽島構造線。

Fig. 1 Geological map of Shima Peninsula. Distribution of the Chichibu Composite Belt around Minami Ise Town is from Saka (2009), Division of the Northern Chichibu Belt is after Yamagiwa and Saka (1967). Latitude and longitude follow the world geodetic system.

BTL: Butsuzo Tectonic Line, GATL: Gokasho-Arashima Tectonic Line.

「南帯」に区分される(例えば, 山際・坂, 1967; 坂ほか, 1988; 坂ほか, 1999; 坂, 2009). 北帯にはジュラ紀付加体が分布し, 中帯(坂ほか, 1999以降, 黒瀬川帯と呼ばれることが多い)にはジュラ紀付加体及び中期ジュラ紀～前期白亜紀浅海層のほか, 蛇紋岩, 深成岩, 角閃岩, デボン紀堆積岩, ペルム紀浅海層, 200 Ma前後の結晶片岩が分布する. 南帯にはジュラ紀の付加体と後期ジュラ紀～前期白亜紀の浅海層が分布している. そして, 四万十帯には白亜紀の付加体が分布し, 三波川帯には超苦鉄質～苦鉄質岩類(御荷銻緑色岩類)と泥質片岩を主体とした結晶片岩類が分布している.

本図幅地域を含め志摩半島の秩父累帯北帯の地質体は, かつて石灰岩から得られた紡錘虫化石によって石炭紀あるいはペルム紀に形成されたと考えられていた(例えば, 日下部・宮村, 1958). 1970年代にプレートテクトニクス論が日本に導入され, 古生層と考えられていた地層の多くがジュラ紀の付加体であることが理解された. そして, 志摩半島でも菅野ほか(1980)の放散虫化石報告を皮切りに, 相次いでジュラ紀付加体の存在が確認されてきた. しかし, 北帯に関してはジュラ紀の付加体と推測されることは多かったが, 放散虫化石の報告はなかった. また, 北帯の中央部ユニットについてはペルム紀付加体と考えられた例(磯崎ほか, 1992)もある. そのような中, 都築・八尾(2006)によって漸く, 中央部ユニットから前期ジュラ紀の放散虫化石が, 北部ユニットから中期ジュラ紀の放散虫化石がそれぞれ報告され, 北帯にもジュラ紀の付加体が広く分布していることが明らかになった. ただし, この報告は学会での講演であったため, 講演要旨からは標本写真や採取位置など詳細な情報を得ることができず, 検証が困難な状況にある.

本地域三波川帯の泥質片岩を主体とするユニットに関しては, 研究報告がほとんどない. 近年, 日本列島の三波川帯の碎屑岩から碎屑性ジルコンU-Pb年代が相次いで報告されており, 三波川帯の一部の原岩が四万十帯の「北帯」に相当する後期白亜紀の付加体であることが明らかになってきた(例えば, 青木ほか, 2010). 紀伊半島西部でも, 三波川帯中軸部の原岩は, 四万十帯「北帯」相当の付加体であるとされている(大藤ほか, 2010). このような状況から, 本地域の三波川帯の原岩年代についても解明が望まれている.

以上の背景を踏まえて, 秩父累帯北帯及び三波川帯に産する碎屑岩中の碎屑性ジルコンのU-Pb年代測定を行った. 本論ではその結果についての報告と評価を行う.

2. 地質概説

本地域の秩父累帯北帯は北部ユニットの河内コンプレックス(都築・八尾, 2006), 中央部ユニットの逢坂峠コンプレックス(都築・八尾, 2006), 南部ユニットの白

木層群(山際・坂, 1967)からなり, 放散虫化石に基づいて河内コンプレックスは中期ジュラ紀に, 逢坂峠コンプレックスは前期ジュラ紀にそれぞれ形成されたとされている(都築・八尾, 2006). 一方, 本地域の三波川帯は, 北部ユニットの宮川層と南部ユニットの鷺嶺層からなる(飯塚, 1929). 以下に碎屑性ジルコン年代測定の対象となった試料が所属する逢坂峠コンプレックス, 河内コンプレックス及び宮川層について概要を記述する.

2.1 逢坂峠コンプレックス(秩父累帯北帯)

本地域秩父累帯北帯の中央部を南北に走る胴切断層(第1図のtransverse fault)以西において, 北側の河内コンプレックスと南側の白木層群に挟まれて分布する. 層理面は北東-南西ないし東北東-西南西走向で北あるいは南の概ね低角傾斜を示す. 玄武岩, 石灰岩, チャート, 泥岩, 砂岩, 混在岩を主体とし, 5万分の1地質図規模で混在相を示す. 石灰岩の卓越と低角な地質構造で特徴付けられる.

石灰岩からは, 前期ペルム紀の紡錘虫化石や珊瑚化石が報告されている(加藤・杉, 1927; 日下部・宮村, 1958; 山際・坂, 1967; 山際, 2015). 都築・八尾(2006)は, 産地や標本写真を明示していないが, チャートから *Albaillella* sp. や *oertlispongids* の放散虫化石を見出し, その時代をそれぞれペルム紀及び中期三畳紀と考えている. また, 彼らは泥岩から *Bagotum* sp., *Lupherium* sp., *Pantanellium* sp. 及び *Stichocapsa* sp. の放散虫化石を見出し, その時代を前期ジュラ紀と考えている.

2.2 河内コンプレックス(秩父累帯北帯)

本地域秩父累帯北帯の北部に分布する(第1図). 層理面は北東-南西ないし東北東-西南西走向で概ね中角の北あるいは南傾斜を示す. 玄武岩, 石灰岩, チャート, 泥岩, 砂岩, 混在岩を主体とし, 5万分の1地質図規模で混在相を示す. 玄武岩・チャート岩体の卓越と片岩～準片岩の産出で特徴付けられる.

石灰岩からは, 前期ペルム紀の紡錘虫化石や珊瑚化石が報告されている(日下部・宮村, 1958; 山際・坂, 1967). 都築・八尾(2006)は, 産地や標本写真を明示していないが, チャートから *Albaillella* sp. と *Pseudostylosphaera* sp. 及び *Triassocampe* sp. の放散虫化石を見出しており, 前者を含むチャートの時代をペルム紀, 後二者を含むチャートの時代を中期三畳紀と考えている. また, 彼らは泥岩から *Stichocapsa fusiformis* Hinde, *Parvingula* sp., *Dictyomitrella* sp. の放散虫化石を見出し, その時代を中期ジュラ紀と考えている.

2.3 宮川層(三波川帯)

泥質片岩を主体とし, 苦鉄質片岩, 石灰質片岩, 珪質片岩, 砂質片岩及び混在岩を僅かに伴う. 層理面あるい

は片理面は、西北西-東南東ないし東北東-西南西走向を示し、また概ね中角の北あるいは南傾斜を示す。場所によっては20～30°の低角傾斜を示す地層も認められる。Nakamura (1971)でも指摘されているように、大局的には中央部に東西性の背斜軸を持つ背斜構造をなす。

坂野(1992)や上野(2001)による本地域西隣(伊勢地域)での研究で既に指摘されているように、本層の変成度は四国中央部三波川帯の緑泥石帯低温部に相当する。また伊勢地域では、Tomiyoshi and Takasu (2010)によって、御荷鉾緑色岩類分布域中に産する泥質片岩から99.1±2.5, 97.1±2.4及び93.2±2.3 Ma (後期白亜紀初頭)、また御荷鉾緑色岩類の北側に産する泥質片岩から84.2±2.1と83.6±2.1 Ma (後期白亜紀中頃)のフェンジャイトK-Ar年代が報告されている。

3. 碎屑性ジルコン U-Pb 年代測定

3.1 採取試料

逢坂峠コンプレックスからは逢坂峠北(志摩路トンネル伊勢側出口付近)(34° 24' 53.62" N, 136° 45' 46.00" E)の1試料、河内コンプレックスからは鳥羽レストパーク南(山神川上流部)(34° 27' 04.62" N, 136° 49' 16.54" E)の1試料、宮川層からは鳴ヶ谷川(中流部)(34° 28' 07.13" N, 136° 47' 17.17" E)及び坂手島(北海岸)(34° 29' 25.62" N, 136° 51' 41.32" E)の計2試料を採取した(第2図)。いずれも変形の弱い中粒～粗粒な石質の砂岩あるいは砂質片岩である。

3.2 分析手法

分析は株式会社京都フィッシュン・トラックに依頼した。分析に用いた装置は京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地質学鉱物学教室の二重収束型及び四重極型結合誘導プラズマ質量分析(ICP-MS)装置であり、レーザーアブレーションのためのArFエキシマ及びフェムト秒レーザーシステムを搭載している(Yokoyama *et al.*, 2011; Sakata *et al.*, 2014; Maruyama *et al.*, 2016)。測定前にジルコン表面の鉛汚染を避けるためにワンショットクリーニングを施した。レーザー照射に際しては、包有物や割れ目を避けてジルコン粒子の中心部を狙った。レーザー照射後の最若年代集団を形成するジルコン粒子(後述)の顕微鏡写真を付図1に、また、レーザー照射及びICP-MSの条件を第1表と第2表に示した。

なお、年代測定結果の正確性を評価するために、2次標準試料の33 MaのOD-3(岩野ほか, 2012; Iwano *et al.*, 2013; Lukács *et al.*, 2015)及び337 MaのPlešovice(Sláma *et al.*, 2008)も分析した(付表1, 2)。二重収束型ICP-MS装置で測定したOD-3及びPlešoviceのピーク年代(加重平均値)はそれぞれ32.97±0.63 Ma(誤差2σ)(mean square weight deviation:MSWD=1.4)、329.9±3.4 Ma(誤差2σ)

(MSWD=1.18)で、また、四重極型ICP-MS装置で測定したOD-3及びPlešoviceのピーク年代(加重平均値)はそれぞれ32.66±0.80 Ma(誤差2σ)(MSWD=0.51)、338.3±3.2 Ma(誤差2σ)(MSWD=0.119)であり、いずれも2次標準試料の文献値から2%以内のずれに収まっている。

3.3 年代分析結果

測定したジルコン粒子数は4地点の各試料とも60個である。各試料におけるジルコンの同位体比、 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年代及び $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 年代を第3表～第6表に示す。河内コンプレックスの試料中の1粒子を除いて、すべての粒子がコンコード年代を示している。なお、コンコード年代の考え方は $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年代がA±B Ma(A:年代値, B:2σの誤差)、 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 年代がC±D Ma(C:年代値, D:2σの誤差)として、 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 年代が $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年代よりも古く、式1(下記)が成り立つ場合、そして $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 年代が $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年代よりも若く、式2(下記)が成り立つ場合をコンコード年代とみなした。

$$\frac{(A+B)-(C-D)}{A} \times 100 > 0 \quad \text{式(1)}$$

$$\frac{(A-B)-(C+D)}{A} \times 100 < 0 \quad \text{式(2)}$$

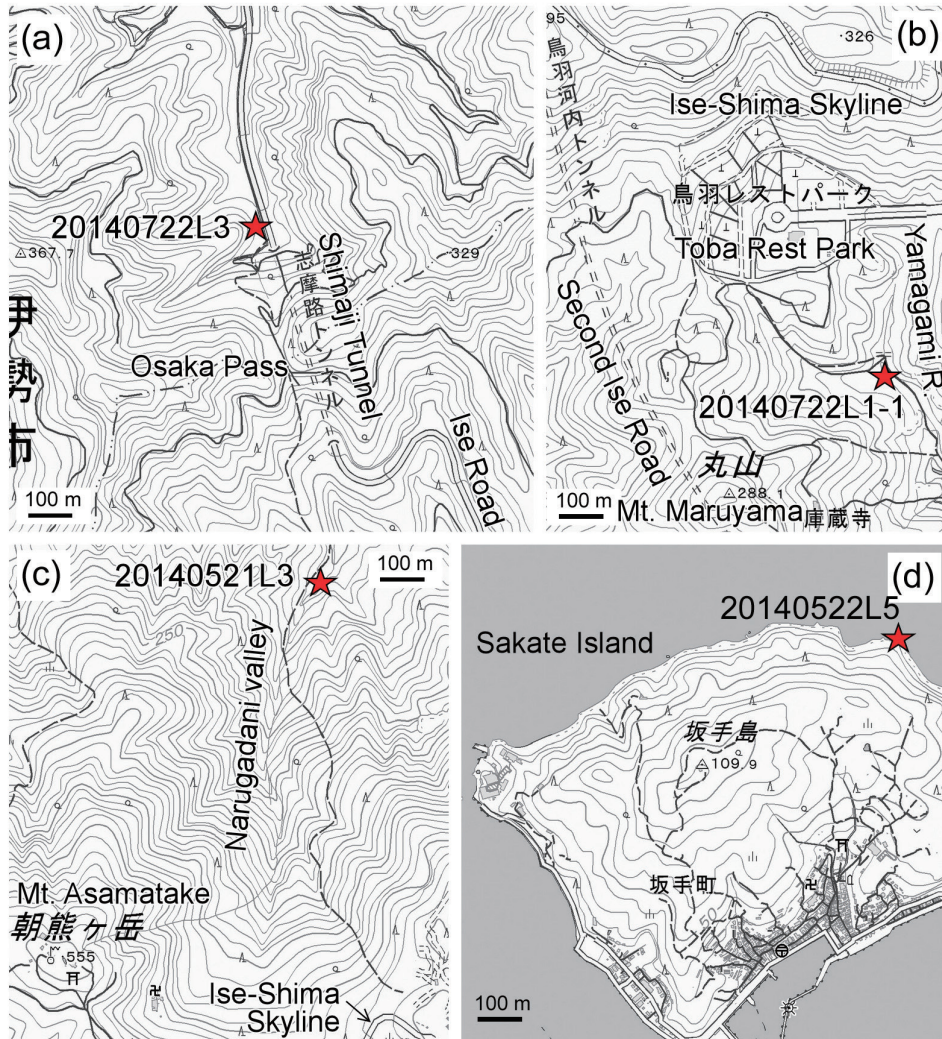
各試料のジルコン粒子のコンコード図及び $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年代分布図について、秩父累帯北帯のものを第3図に、三波川帯のものを第4図に示した。これらの図は、京都フィッシュン・トラック社による測定値(第3表～第6表)を基に、マイクロソフト社の表計算ソフトExcel用のアドインモジュールであるIsoplot/Ex 4.15(Ludwig, 2008)を用いて作成した。また年代の議論には、 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 年代よりも誤差の小さい $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年代を採用した。

3.3.1 逢坂峠北の砂岩[試料no. 20140722L3(登録標本番号:GSJ R109160)](秩父累帯北帯逢坂峠コンプレックス)

先カンブリア時代のジルコンは認められず、約370 Ma付近に集中する粒子集団(計2個)、約260 Ma付近に集中する粒子集団(計56個)、そして約200 Ma付近に集中する粒子集団(計2個)が認められ、約260 Ma付近に集中する粒子が一番多い(第3図a, b)。一番若い集団(no. 18とno. 50)の加重平均を最若ピーク年代とした場合、その値は204.4±4.0 Ma(誤差2σ)である。なお、最若の碎屑性ジルコン(no. 18)の年代は203.1±4.3 Maである(第3表)。

3.3.2 鳥羽レストパーク南の砂岩[試料no. 20140722 L1-1(登録標本番号:GSJ R109161)](秩父累帯北帯河内コンプレックス)

先カンブリア時代のジルコンは認められず、約400 Ma



第2図 碎屑性ジルコンのU-Pb年代測定が行われた試料地点。(a) 秩父累帯北帯逢坂峠コンプレックスの砂岩採取地点(試料番号: 20140722L3)。逢坂峠北。国土地理院の地理院地図(<http://maps.gsi.go.jp/#18/34.415102/136.762793/>)を使用。(b) 秩父累帯北帯河内コンプレックスの砂岩採取地点(試料番号: 20140722L1-1)。鳥羽レストパーク南。地理院地図(<http://maps.gsi.go.jp/#18/34.415102/136.821163/>)を使用。(c) 三波川帯宮川層の砂質片岩採取地点(試料番号: 20140521L3)。鳴ヶ谷川。地理院地図(<http://maps.gsi.go.jp/#18/34.468813/136.788284/>)を使用。(d) 三波川帯宮川層の砂質片岩採取地点(試料番号: 20140522L5)。坂手島。地理院地図(<http://maps.gsi.go.jp/#18/34.490508/136.861608/>)を使用。

Fig. 2 Locations of samples for detrital zircon U-Pb dating. (a) Sandstone (sample no. 20140722L3) location from the Osakatoge Complex in the Northern Chichibu Belt, north of the Osaka Pass. Topographic map is from the GIS map (<http://maps.gsi.go.jp/#18/34.415102/136.762793/>) of the Geospatial Information Authority of Japan. (b) Sandstone (sample no. 20140722L1-1) location from the Kochi Complex in the Northern Chichibu Belt, south of the Toba Rest Park. Topographic map is from the GIS map (<http://maps.gsi.go.jp/#18/34.415102/136.821163/>). (c) Psammitic schist (sample no. 20140521L3) location from the Miyakawa Formation in the Sambagawa Belt, Narugadani River. Topographic map is from the GIS map (<http://maps.gsi.go.jp/#18/34.468813/136.788284/>). (d) Psammitic schist (sample no. 20140522L5) location from the Miyakawa Formation in the Sambagawa Belt, Sakate Island. Topographic map is from the GIS map (<http://maps.gsi.go.jp/#18/34.490508/136.861608/>).

第1表 20140521L3 試料, 20140522L5 試料及び20140722L1-1 試料を測定したレーザーアブレーション二重収束型結合誘導プラズマ質量分析装置の条件.

Table 1 LA-ICP-MS instrumentation using a double-focusing sector field mass spectrometer for the sample nos. 20140521L3, 20140522L5 and 20140722L1-1.

Laser ablation	
Model	New Wave Research NWR Femto
Laser type	Femtosecond
Energy density	2.0 J/cm ²
Spot size	15 μm
Repetition rate	5 Hz
Duration of laser ablation	20 s
Carrier gas (He)	0.5 L min ⁻¹
ICP-MS	
Model	Nu Instruments AttoM
ICP-MS type	Magnetic sector field
Scanning (Operation) mode	Deflector jump
Forward power	1300 W
Carrier gas (Ar)	0.76 L min ⁻¹
ThO ⁺ /Th (oxide ratio)	<1%
Data acquisition protocol	Batch
Data acquisition	28 s (20 s gas blank, 8 s ablation)
Monitor isotopes	²⁰² Hg, ²⁰⁴ Pb, ²⁰⁶ Pb, ²⁰⁷ Pb, ²⁰⁸ Pb, ²³² Th, ²³⁸ U
Dwell time	0.1 s for each
Primary standard	Nancy 91500 *1
Secondary standard	OD-3 *2, 3, 4, Plešovice *5

*1: Wiedenbeck *et al.* (1995); *2: Iwano *et al.* (2012); *3: Iwano *et al.* (2013); *4: Lukács *et al.* (2015); *5: Sláma *et al.* (2008).

付近の粒子(1個), 約360 Ma付近の粒子(1個), 約260 Ma付近に集中する粒子集団(計45個)そして約180 Ma付近に集中する粒子集団(計12個)が認められ, 逢坂峠北の試料と同様に約260 Ma付近に集中する粒子が一番多い(第3図c, d). 若い集団のうち, 最若粒子を中心とした年代誤差範囲3σで年代一致の基準を設けた場合, 11粒子が基準内に該当し(第4表), それらのピーク年代(加重平均値)は183.4 ± 2.9 Ma (誤差2σ)である. なお, 最若年代を示す碎屑性ジルコン(no. 46)は174.0 ± 10.2 Maである.

3. 3. 3 鳴ヶ谷川の砂質片岩 [試料no. 20140521L3 (登録標本番号: GSJ R109162)] (三波川帯宮川層)

先カンブリア時代のジルコンが多数認められ, 2300 Ma付近, 1800 ~ 1500 Ma, 1300 Ma付近の年代を示す粒子が存在する. 顕生代では, 約360 Ma付近, 約260 Ma付近, 180 Ma付近にピークを持つ粒子集団が認められ, 約260 Maと180 Ma付近に集中する粒子が多い(第4図a, b). 若い集団のうち, 最若粒子を中心とした年代誤差範

第2表 20140722L3 試料を測定したレーザーアブレーション四重極型結合誘導プラズマ質量分析装置の条件.

Table 2 LA-ICP-MS instrumentation using a quadrupole mass spectrometer for the sample no. 20140722L3.

Laser ablation	
Model	New Wave Research NWR-193
Laser type (wave length)	Excimer ArF (193 nm)
Energy density	3.3 J/cm ²
Spot size	25 μm
Repetition rate	5 Hz
Duration of laser ablation	20 s
Carrier gas (He)	0.53 L min ⁻¹
ICP-MS	
Model	Thermo Fisher Scientific iCAP-Qc
ICP-MS type	Quadrupole
Scanning (Operation) mode	Standard mode (no collision gas was used)
Forward power	1400 W
Carrier gas (Ar)	0.80 L min ⁻¹
ThO ⁺ /Th (oxide ratio)	<1%
Data acquisition protocol	Time-resolved analysis
Data acquisition	50 s (15 s gas blank, 35 s ablation)
Monitor isotopes	²⁹ Si, ²⁰² Hg, ²⁰⁴ Pb, ²⁰⁶ Pb, ²⁰⁷ Pb, ²⁰⁸ Pb, ²³² Th, ²³⁸ U
Dwell time	0.2 s for ²⁰⁶ Pb, ²⁰⁷ Pb, 0.1 s for others
Primary standard	Nancy 91500 *1
Secondary standard	OD-3 *2, 3, 4, Plešovice *5

*1: Wiedenbeck *et al.* (1995); *2: Iwano *et al.* (2012); *3: Iwano *et al.* (2013); *4: Lukács *et al.* (2015); *5: Sláma *et al.* (2008).

囲3σで年代一致の基準を設けた場合, 18粒子が基準内に該当し(第5表), それらのピーク年代(加重平均値)は177.1 ± 1.6 Ma (誤差2σ)である. なお, 最若の碎屑性ジルコン(no. 16)の年代は157.9 ± 8.8 Maである.

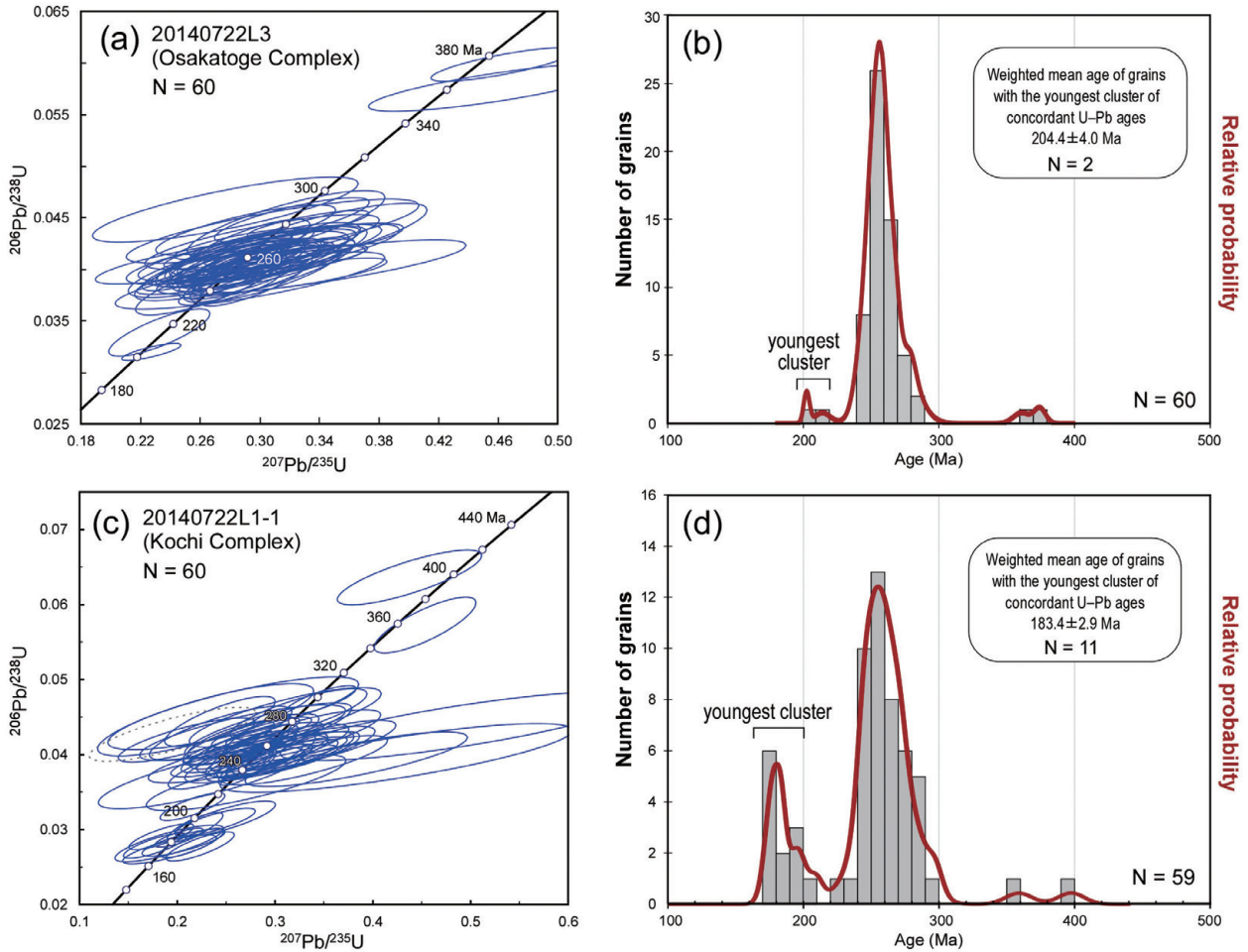
3. 3. 4 坂手島の砂質片岩 [試料no. 20140522L5 (登録標本番号: GSJ R109163)] (三波川帯宮川層)

先カンブリア時代のジルコンが多数認められ, 2300 Ma付近, 1800 ~ 1400 Ma, 1200 Ma付近, 1000 Ma付近の年代を示す粒子が存在する. 顕生代では, 約260 Ma付近, 約180 Ma付近, 100 Ma付近にピークを持つ粒子(粒子集団)が認められ, 鳴ヶ谷川の試料でもみられるように約180 Ma付近に集中する粒子が一番多い(第4図d). 若い集団のうち, 最若粒子を中心とした年代誤差範囲3σで年代一致の基準を設けた場合, 6粒子が基準内に該当し(第6表), それらのピーク年代(加重平均値)は95.5 ± 2.5 Ma (誤差2σ)である. なお, 最若の碎屑性ジルコン(no. 2)の年代は90.4 ± 6.8 Maである.

第4表 秩父累帯北帯河内コンプレックスの砂岩(20140722L1-1 試料; 鳥羽レストパーク南)の碎屑性ジルコンにおけるレーザーアブレーション二重収束型結合誘導プラズマ質量分析装置によるU-Pb同位体データ. *は最若年代集団のピーク年代(加重平均値)に採用されたジルコンを示す.

Table 4 U-Pb isotopic data determined by LA-ICP-MS using a double-focusing sector field mass spectrometer for detrital zircon from sandstone (sample no. 20140722L1-1) in the Kochi Complex, south of the Toba Rest Park, Northern Chichibu Belt. The asterisks indicate the zircon adopted for the peak age (weighted mean) of the youngest cluster.

Grain no.	Isotopic ratios				Age (Ma)				Th/U	Remarks
	²⁰⁷ Pb		²⁰⁶ Pb		²⁰⁷ Pb		²⁰⁶ Pb			
	²⁰⁶ Pb	Error	²³⁸ U	Error	²³⁵ U	Error	²³⁸ U	Error		
1	0.0598 ± 0.0110	0.0413 ± 0.0027	0.3405 ± 0.0681	260.6 ± 17.4	297.5 ± 66.9	0.37				
2	0.0706 ± 0.0157	0.0394 ± 0.0030	0.3833 ± 0.0929	248.9 ± 19.1	329.5 ± 90.2	0.45				
3	0.0501 ± 0.0120	0.0449 ± 0.0032	0.3106 ± 0.0802	283.4 ± 20.9	274.6 ± 78.3	0.39				
4	0.0567 ± 0.0118	0.0404 ± 0.0028	0.3159 ± 0.0707	255.2 ± 17.9	278.7 ± 69.4	0.47				
5	0.0464 ± 0.0078	0.0382 ± 0.0023	0.2448 ± 0.0440	241.9 ± 14.9	222.3 ± 43.7	0.39				
6	0.0517 ± 0.0069	0.0391 ± 0.0022	0.2793 ± 0.0407	247.5 ± 14.4	250.1 ± 40.5	0.51				
7	0.0538 ± 0.0121	0.0396 ± 0.0028	0.2944 ± 0.0708	250.6 ± 18.1	262.0 ± 69.4	0.92				
8	0.0518 ± 0.0084	0.0454 ± 0.0028	0.3242 ± 0.0572	286.2 ± 17.7	285.1 ± 56.5	0.45				
9	0.0499 ± 0.0059	0.0404 ± 0.0022	0.2783 ± 0.0360	255.3 ± 14.3	249.3 ± 35.9	0.35				
10	0.0522 ± 0.0051	0.0303 ± 0.0016	0.2182 ± 0.0233	192.5 ± 10.3	200.4 ± 23.4	0.37	*			
11	0.0530 ± 0.0105	0.0408 ± 0.0027	0.2977 ± 0.0636	257.6 ± 17.4	264.6 ± 62.6	0.76				
12	0.0474 ± 0.0075	0.0410 ± 0.0024	0.2683 ± 0.0455	259.1 ± 15.6	241.3 ± 45.2	0.55				
13	0.0558 ± 0.0103	0.0426 ± 0.0028	0.3280 ± 0.0656	268.8 ± 17.8	288.0 ± 64.5	0.61				
14	0.0569 ± 0.0100	0.0400 ± 0.0025	0.3134 ± 0.0599	252.6 ± 16.4	276.8 ± 59.1	0.47				
15	0.0443 ± 0.0161	0.0369 ± 0.0034	0.2253 ± 0.0864	233.4 ± 21.6	206.3 ± 84.2	0.44				
16	0.0475 ± 0.0092	0.0421 ± 0.0027	0.2756 ± 0.0567	265.6 ± 17.6	247.1 ± 56.0	0.79				
17	0.0514 ± 0.0043	0.0384 ± 0.0020	0.2719 ± 0.0243	242.7 ± 13.0	244.2 ± 24.4	0.49				
18	0.0494 ± 0.0113	0.0281 ± 0.0020	0.1920 ± 0.0454	179.0 ± 12.8	178.3 ± 45.1	0.83	*			
19	0.0611 ± 0.0119	0.0392 ± 0.0027	0.3306 ± 0.0691	248.1 ± 17.3	290.0 ± 67.8	0.53				
20	0.0372 ± 0.0139	0.0446 ± 0.0039	0.2291 ± 0.0903	281.4 ± 25.3	209.5 ± 87.7	0.51				
21	0.0541 ± 0.0158	0.0362 ± 0.0030	0.2706 ± 0.0834	229.5 ± 19.5	243.1 ± 81.3	0.64				
22	0.0576 ± 0.0092	0.0314 ± 0.0020	0.2494 ± 0.0418	199.4 ± 12.6	226.0 ± 41.6	0.45	*			
23	0.0574 ± 0.0049	0.0573 ± 0.0030	0.4536 ± 0.0425	358.9 ± 19.6	379.8 ± 42.2	0.39				
24	0.0553 ± 0.0065	0.0282 ± 0.0016	0.2152 ± 0.0265	179.3 ± 10.2	197.9 ± 26.5	0.45	*			
25	0.0547 ± 0.0053	0.0401 ± 0.0022	0.3026 ± 0.0316	253.5 ± 14.0	268.4 ± 31.6	0.70				
26	0.0398 ± 0.0071	0.0444 ± 0.0027	0.2438 ± 0.0461	280.2 ± 17.5	221.5 ± 45.8	0.45				
27	0.0485 ± 0.0047	0.0423 ± 0.0023	0.2831 ± 0.0293	267.3 ± 14.7	253.1 ± 29.3	0.25				
28	0.0414 ± 0.0095	0.0428 ± 0.0029	0.2445 ± 0.0596	270.5 ± 18.9	222.1 ± 58.8	0.55				
29	0.0584 ± 0.0071	0.0277 ± 0.0016	0.2235 ± 0.0285	176.4 ± 10.2	204.8 ± 28.5	0.43	*			
30	0.0492 ± 0.0110	0.0432 ± 0.0030	0.2932 ± 0.0698	272.5 ± 19.5	261.0 ± 68.5	0.77				
31	0.0332 ± 0.0114	0.0427 ± 0.0029	0.1953 ± 0.0694	269.6 ± 18.9	181.2 ± 68.2	0.66	discordant			
32	0.0466 ± 0.0086	0.0393 ± 0.0019	0.2527 ± 0.0483	248.7 ± 12.2	228.7 ± 47.9	0.62				
33	0.0490 ± 0.0050	0.0414 ± 0.0014	0.2797 ± 0.0277	261.5 ± 9.3	250.4 ± 27.8	0.56				
34	0.0363 ± 0.0095	0.0419 ± 0.0024	0.2099 ± 0.0572	264.8 ± 15.5	193.4 ± 56.5	0.35				
35	0.0559 ± 0.0093	0.0390 ± 0.0018	0.3010 ± 0.0515	246.9 ± 11.8	267.2 ± 50.9	0.84				
36	0.0580 ± 0.0074	0.0404 ± 0.0016	0.3229 ± 0.0417	255.1 ± 10.4	284.1 ± 41.5	0.47				
37	0.0532 ± 0.0048	0.0473 ± 0.0016	0.3468 ± 0.0296	297.6 ± 10.1	302.3 ± 29.6	0.14				
38	0.0451 ± 0.0138	0.0429 ± 0.0030	0.2671 ± 0.0861	270.7 ± 19.5	240.3 ± 83.9	0.61				
39	0.0505 ± 0.0046	0.0385 ± 0.0013	0.2683 ± 0.0230	243.7 ± 8.3	241.3 ± 23.1	0.32				
40	0.0506 ± 0.0053	0.0289 ± 0.0010	0.2019 ± 0.0204	183.8 ± 6.6	186.7 ± 20.5	0.39	*			
41	0.0500 ± 0.0083	0.0420 ± 0.0019	0.2892 ± 0.0497	265.0 ± 12.3	258.0 ± 49.2	0.83				
42	0.0466 ± 0.0080	0.0409 ± 0.0019	0.2627 ± 0.0465	258.1 ± 12.0	236.9 ± 46.1	0.58				
43	0.0495 ± 0.0060	0.0430 ± 0.0016	0.2936 ± 0.0358	271.4 ± 10.5	261.4 ± 35.7	0.48				
44	0.0474 ± 0.0062	0.0429 ± 0.0017	0.2802 ± 0.0369	270.7 ± 10.8	250.8 ± 36.7	0.28				
45	0.0483 ± 0.0132	0.0394 ± 0.0026	0.2626 ± 0.0753	249.1 ± 16.7	236.7 ± 73.7	0.61				
46	0.0509 ± 0.0097	0.0274 ± 0.0016	0.1922 ± 0.0392	174.0 ± 10.2	178.5 ± 39.0	0.53	*			
47	0.0499 ± 0.0059	0.0636 ± 0.0030	0.4376 ± 0.0603	397.5 ± 19.2	368.6 ± 59.5	0.34				
48	0.0463 ± 0.0064	0.0278 ± 0.0014	0.1777 ± 0.0266	177.0 ± 8.8	166.1 ± 26.7	0.45	*			
49	0.0559 ± 0.0071	0.0310 ± 0.0015	0.2387 ± 0.0336	196.7 ± 9.7	217.4 ± 33.6	0.77	*			
50	0.0810 ± 0.0222	0.0438 ± 0.0038	0.4887 ± 0.1498	276.2 ± 24.1	404.0 ± 141.8	0.40				
51	0.0468 ± 0.0074	0.0401 ± 0.0021	0.2587 ± 0.0447	253.4 ± 13.3	233.6 ± 44.4	0.57				
52	0.0473 ± 0.0053	0.0330 ± 0.0015	0.2157 ± 0.0271	209.5 ± 9.7	198.3 ± 27.1	0.38				
53	0.0410 ± 0.0156	0.0455 ± 0.0040	0.2574 ± 0.1048	286.8 ± 25.5	232.6 ± 101.2	0.46				
54	0.0778 ± 0.0245	0.0395 ± 0.0037	0.4242 ± 0.1472	250.0 ± 24.1	359.0 ± 139.4	0.51				
55	0.0545 ± 0.0058	0.0392 ± 0.0018	0.2943 ± 0.0362	247.7 ± 11.6	261.9 ± 36.1	0.70				
56	0.0530 ± 0.0082	0.0283 ± 0.0015	0.2067 ± 0.0348	179.7 ± 9.6	190.8 ± 34.7	0.63	*			
57	0.0568 ± 0.0072	0.0397 ± 0.0019	0.3105 ± 0.0442	250.8 ± 12.5	274.6 ± 43.9	0.46				
58	0.0440 ± 0.0056	0.0420 ± 0.0020	0.2551 ± 0.0363	265.4 ± 12.8	230.7 ± 36.2	0.52				
59	0.0459 ± 0.0062	0.0290 ± 0.0014	0.1839 ± 0.0271	184.6 ± 9.1	171.4 ± 27.2	0.49	*			
60	0.0541 ± 0.0067	0.0405 ± 0.0019	0.3021 ± 0.0423	255.7 ± 12.5	268.0 ± 42.1	0.77				



第3図 秩父累帯北帯砂岩の碎屑性ジルコンの分析データ。(a) コンコーディア図で表した20140722L3試料(逢坂峠コンプレックス)の全ジルコン粒子(60個)のデータ。(b) 確率頻度曲線及びヒストグラムで表した20140722L3試料のコンコーディアを示すジルコン粒子(60個)のデータ。最若年代粒子集団(対象は2個)のピーク年代(加重平均値)は 204.4 ± 4.0 Ma (誤差は 2σ)を示す。(c) コンコーディア図で表した20140722L1-1試料(河内コンプレックス)の全ジルコン粒子(60個)のデータ。灰色点線楕円はディスコーダントデータを示す。(d) 確率頻度曲線及びヒストグラムで表した20140722L1-1試料のコンコーディアを示すジルコン粒子(59個)のデータ。最若年代粒子集団(対象は11個)のピーク年代(加重平均値)は 183.4 ± 2.9 Ma (誤差は 2σ)を示す。

Fig. 3 Analytical data for detrital zircon grains from sandstones in the Northern Chichibu Belt. (a) Concordia diagram for all data ($N = 60$) of the sample (no. 20140722L3) from the Osakatoge Complex. (b) Probability density plot and histogram for the concordia data ($N = 60$) of the sample no. 20140722L3. Peak age (weighted mean) of grains with the youngest cluster ($N = 2$) is 204.4 ± 4.0 Ma (2σ). (c) Concordia diagram for all data ($N = 60$) of the sample no. 20140722L1-1, Kochi Complex. A dotted gray ellipse is the discordant data. (d) Probability density plot and histogram for the concordia data ($N = 59$) of the sample no. 20140722L1-1. Peak age (weighted mean) of grains with the youngest cluster ($N = 11$) is 183.4 ± 2.9 Ma (2σ).

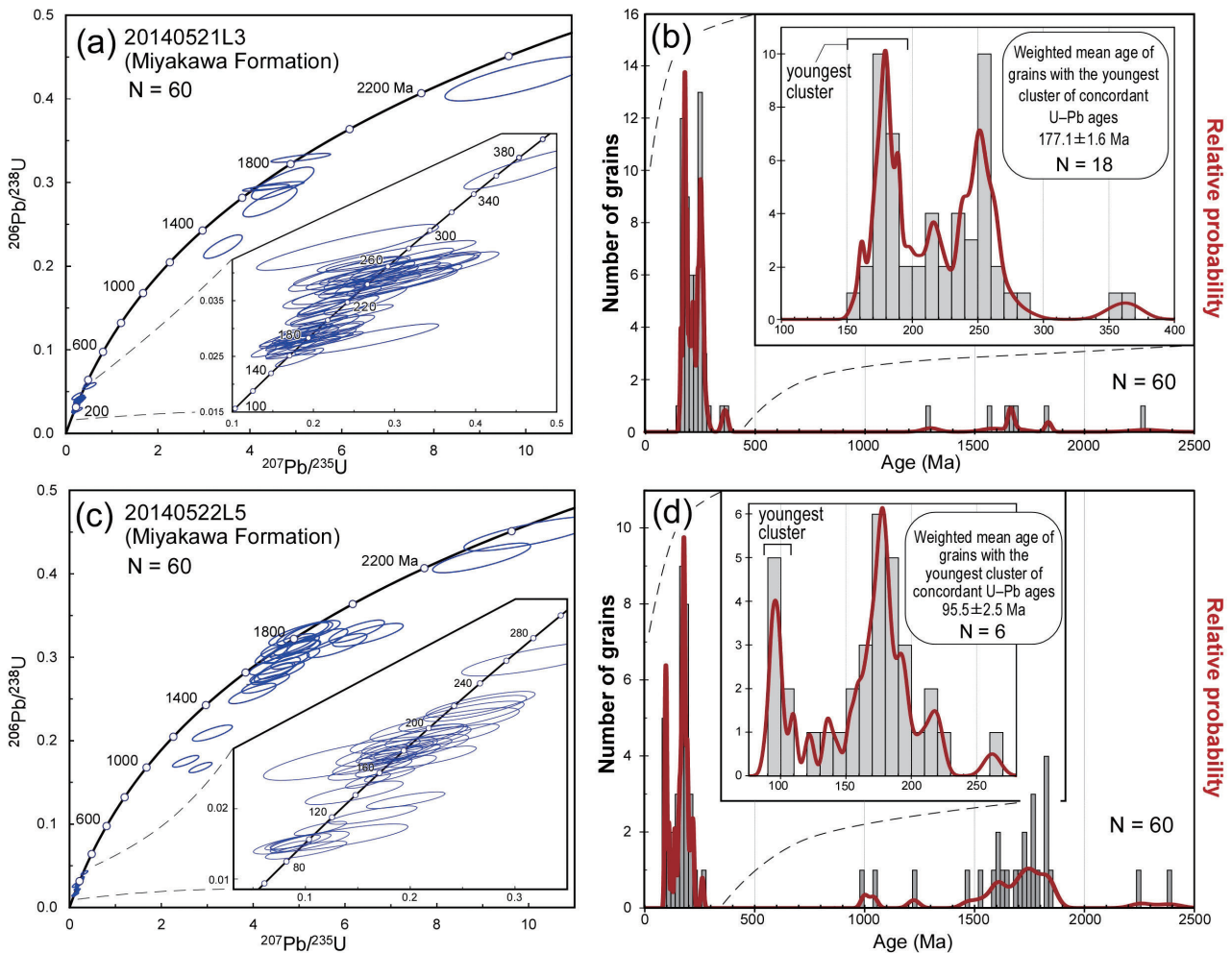
4. 得られた碎屑性ジルコン年代の評価

4.1 秩父累帯北帯

都築・八尾(2006)は学会講演要旨ではあるが、逢坂峠コンプレックスの泥岩から*Bagotum* sp., *Lupherium* sp., *Pantanellium* sp.及び*Sichocapsa* sp.の放射虫化石を見出し、その時代を前期ジュラ紀と考えている。この報告は、現時点で逢坂峠コンプレックスの付加年代を示す唯一の根拠となっている。逢坂峠コンプレックスの砂岩から今回

得られた碎屑性ジルコンのU-Pb年代のうち、最若粒子集団のピーク年代(加重平均値)は 204.4 ± 4.0 Maである。 204.4 ± 4.0 Maは地質年代表(Geologic Time Scale 2012)(Gradstein *et al.*, 2012)では三疊紀末~ジュラ紀初頭に相当し、本砂岩は少なくともその時代以降に堆積したといえる。したがって、都築・八尾(2006)が放射虫化石から判断した前期ジュラ紀という逢坂峠コンプレックスの付加年代は、今回の碎屑性ジルコン年代からも支持できる。

都築・八尾(2006)はまた、河内コンプレックスの



第4図 三波川帯宮川層砂質片岩の碎屑性ジルコンの分析データ。(a) コンコーディア図で表した20140521L3試料の全ジルコン粒子(60個)のデータ。(b) 確率頻度曲線及びヒストグラムで表した20140521L3試料のコンコーディアを示すジルコン粒子(60個)のデータ。最若年代粒子集団(対象は18個)のピーク年代(加重平均値)は 177.1 ± 1.6 Ma (誤差は 2σ)を示す。(c) コンコーディア図で表した20140522L5試料の全ジルコン粒子(60個)のデータ。(d) 確率頻度曲線及びヒストグラムで表した20140522L5試料のコンコーディアを示すジルコン粒子(60個)のデータ。最若年代粒子集団(対象は6個)のピーク年代(加重平均値)は 95.5 ± 2.5 Ma (誤差は 2σ)を示す。

Fig. 4 Analytical data for detrital zircon grains from psammitic schists in the Miyakawa Formation in the Sambagawa Belt. (a) Concordia diagram for all data of the sample no. 20140521L3. (b) Probability density plot and histogram for concordia data of the sample no. 20140521L3. Inset is probability density plot and histogram for the Phanerozoic dataset. Peak age (weighted mean) of grains with the youngest cluster (N = 18) is 177.1 ± 1.6 Ma (2σ). (c) Concordia diagram for all data of the sample no. 20140522L5. (d) Probability density plot and histogram for concordia data of the sample no. 20140522L5. Inset is probability density plot and histogram for the Phanerozoic dataset. Peak age (weighted mean) of grains with the youngest cluster (N = 6) is 95.5 ± 2.5 Ma (2σ).

泥岩から *Stichocapsa fusiformis* Hinde, *Parvicingula* sp., *Dictyomitrella* sp. の放散虫化石を見出し、その時代を中期ジュラ紀と考えている。この報告も、現時点で河内コンプレックスの付加年代を示す唯一の根拠となっている。河内コンプレックスの砂岩から今回得られた碎屑性ジルコンの U-Pb 年代のうち、最若粒子集団のピーク年代(加重平均値)は 183.4 ± 2.9 Ma (最若ジルコンの年代は 174.0 ± 10.2 Ma) である。 183.4 ± 2.9 Ma は前期ジュラ紀中頃～前期ジュラ紀後半に相当し、本砂岩は少なくともその時代以降に堆積したといえる。したがって、都築・八尾(2006)が放散虫化石から判断した中期ジュラ紀という河内コンプレックスの付加年代は、今回の碎屑性ジルコン年代からも概ね支持できる。

4.2 三波川帯

これまで本地域の三波川帯の泥質岩からは年代は報告されていない。本地域西隣(伊勢地域)では Tomiyoshi and Takasu (2010) によって、御荷銻緑色岩類分布域中に産する泥質片岩から 99.1 ± 2.5 , 97.1 ± 2.4 及び 93.2 ± 2.3 Ma (後期白亜紀初頭)の、また御荷銻緑色岩類の北側に産する泥質片岩から 84.2 ± 2.1 と 83.6 ± 2.1 Ma (後期白亜紀中頃)のフェンジャイト K-Ar 年代がそれぞれ報告されている。

今回行った年代測定では、坂手島の砂質片岩の碎屑性ジルコン U-Pb 年代(最若粒子集団のピーク年代)は 95.5 ± 2.5 Ma (後期白亜紀前半)を示している。宮川層の変成度は四国三波川帯の緑泥石帯低温部に相当するため、沈み込み帯での変成作用でジルコンは生じていないと考えられる。また、ジルコン粒子の中心部を測定しているため、その年代は基本的に火成起源のジルコン年代を示すとみなせる。これらのことから、本試料のジルコン年代は砂質片岩の原岩の堆積年代に近似できる。すなわち、95 Ma 以降に堆積した可能性を示す。これは、大藤ほか(2010)で示された紀伊半島西部の結果と同様である。そして、概ね同層準とみなせる伊勢地域の泥質片岩が示す 99–83 Ma のフェンジャイト K-Ar 年代 (Tomiyoshi and Takasu, 2010) を参考にすれば、宮川層の付加年代は 95 Ma (堆積年代)と 99–83 Ma (変成・冷却年代)の間、すなわち後期白亜紀中頃とみなせる。

一方、鳴ヶ谷の砂質片岩の碎屑性ジルコン U-Pb 年代(最若粒子集団のピーク年代)は 177.1 ± 1.6 Ma (前期ジュラ紀後半)であり、本砂質片岩の原岩は 177 Ma 以降に堆積したといえる。しかし、坂手島の試料とは 80 m.y. 程度の有意な年代差がある。鳴ヶ谷の試料の一番若い碎屑性ジルコンでも 157.9 ± 8.8 Ma (後期ジュラ紀前半)であり、やはり坂手島のものよりも有意に古い。両者の年代差について、鳴ヶ谷と坂手島の試料とが異なる堆積(付加)年代を示すのか、それとも鳴ヶ谷の試料が偶然白亜紀以降の碎屑性ジルコンを含んでいない(本研究では抽出でき

なかった)のか、あるいは他の原因によるものなのかは、現時点では不明である。ちなみに、坂手島と鳴ヶ谷の試料採取地点は宮川層中央部に存在する背斜軸の南翼に属しており(第1図)、層準は異なるものの岩相には全く差異はない。また、両試料採取地点間に順序外スラストの存在など大きな構造変位を示す野外事実は認められていない。

今後、坂手島と鳴ヶ谷の試料の年代差について議論するために、鳴ヶ谷の試料あるいは同層準から更なる碎屑性ジルコン U-Pb 年代測定やフェンジャイト K-Ar 年代測定を行い、鳴ヶ谷試料の年代の妥当性を検証する必要がある。

5. まとめ

秩父累帯北帯逢坂峠コンプレックスの砂岩中ジルコンの最若粒子集団は 204.4 ± 4.0 Ma (三畳紀末～ジュラ紀初頭)を示し、河内コンプレックスの砂岩中のジルコンの最若粒子集団は 183.4 ± 2.9 Ma (前期ジュラ紀中頃～前期ジュラ紀後半)を示す。これらは放散虫化石から想定されている陸源性碎屑岩の堆積年代と矛盾しない。

三波川帯宮川層の砂質片岩中のジルコンの最若粒子集団は 177.1 ± 1.6 Ma (前期ジュラ紀後半)と 95.5 ± 2.5 Ma (後期白亜紀前半)を示す。後者は、周辺地域から得られているフェンジャイト K-Ar 年代から想定される変成(冷却)年代と矛盾しない。しかし、前者は後者よりも有意に古い年代を示す結果となった。

謝辞：株式会社京都フィッシュン・トラックの檀原 徹氏及び岩野英樹氏には分析手法についての記述について意見をいただいた。原 英俊氏(地質情報研究部門)には碎屑性ジルコン U-Pb 年代測定について情報をいただいた。査読者の野田 篤氏(地質情報研究部門)及び昆 慶明氏(地圏資源環境研究部門)と編集委員の高橋 浩氏(地質情報研究部門)には原稿改善に有益な指摘をいただいた。記して感謝の意を表す。

文 献

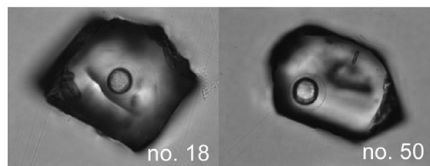
- 青木一勝・大藤 茂・柳井修一・丸山茂徳(2010) 三波川変成帯中の新たな独立した広域変成帯の存在—白亜紀から第三紀の日本における造山運動—。地学雑誌, **119**, 313–332。
- 坂野靖行(1992) 紀伊半島東部、御荷銻緑色岩類に伴う蛇紋岩礫岩中の青色片岩。岩鉱, **87**, 207–220。
- Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M. D. and Ogg, G. M., eds. (2012) *The Geologic Time Scale 2012*. Elsevier, 1144p.
- 飯塚保五郎(1929) 7万5千分の1「鳥羽」図幅および同

- 説明書. 商工省地質調査所, 28p.
- 磯崎行雄・橋口孝泰・板谷徹丸(1992) 黒瀬川クリッペの検証. 地質雑, **98**, 917-941.
- 岩野英樹・折橋裕二・檀原 徹・平田岳史・小笠原正継(2012) 同一ジルコン結晶を用いたフィッシュン・トラックとU-Pbダブル年代測定法の評価—島根県川本花崗閃緑岩中の均質ジルコンを用いて—. 地質雑, **118**, 365-375.
- Iwano, H., Orihashi, Y., Hirata, T., Ogasawara, M., Danhara, T., Horie, K., Hasebe, N., Sueoka, S., Tamura, A., Hayasaka, Y., Katsube, A., Ito, H., Tani, K., Kimura, J., Chang, Q., Kouchi, Y., Haruta, Y. and Yamamoto, K. (2013) An inter-laboratory evaluation of OD-3 zircon for use as a secondary U-Pb dating standard. *Island Arc*, **22**, 382-394.
- 加藤武夫・杉 健一(1927) 日本西南部外帯の推し被せ構造(予報). 地質雑, **34**, 249-252.
- 日下部吉彦・宮村 学(1958) 伊勢市南方の古生層について. 地質雑, **64**, 269-280.
- Ludwig, K. R. (2008) *Isoplot 3.70: Geochronological Toolkit for Microsoft Excel*. Berkeley Geochronology Center Special Publication, **4**, 77p.
- Lukács, R., Harangi, S., Bachmann, O., Guillong, M., Danišik, M., Buret, Y., von Quadt, A., Dunkl, I., Fodor, L., Sliwinski J., Soós, I. and Szepesi, J. (2015) Zircon geochronology and geochemistry to constrain the youngest eruption events and magma evolution of the Mid-Miocene ignimbrite flare-up in the Pannonian Basin, eastern central Europe. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **170**, 1-26.
- Maruyama, S., Hattori, K., Hirata, T. and Danhara, T. (2016) A proposed methodology for analyses of wide-ranged elements in volcanic glass shards in the Quaternary widespread tephra. *Quaternary International*, **397**, 267-280.
- Nakamura, Y. (1971) Petrology of the Toba ultrabasic complex, Mie Prefecture, Central Japan. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sec. II*, **18**, 1-51.
- 大藤 茂・下条将徳・青木一勝・中間隆晃・丸山茂徳・柳井修一(2010) 砂質片岩中のジルコンの年代分布に基づく三波川帯再区分の試み. 地学雑誌, **119**, 333-346.
- 坂 幸恭(2009) 中・古生界, 紀伊半島東部地域. 日本地質学会編, 日本地方地質誌5:近畿地方, 朝倉書店, 134-140.
- 坂 幸恭・手塚茂雄・岡田洋一・市川昌則・高木秀雄(1988) 蛇紋岩メランジュ帯としての志摩半島, 五ヶ所-安楽島構造線. 地質雑, **94**, 19-34.
- 坂 幸恭・加藤 潔・津村善博・大場穂高(1999) 志摩半島の秩父帯と黒瀬川帯. 日本地質学会第106年学術大会見学旅行案内書, 163-186.
- Sakata, S., Hattori, K., Iwano, H., Yokoyama, T. D., Danhara, T. and Hirata, T. (2014) Determination of U-Pb ages for young zircons using laser ablation-ICP-mass spectrometry coupled with an ion detection attenuator device. *Geostand. Geoanal. Res.*, **38**, 409-420.
- Sláma, J., Košler, J., Condon, J. D., Crowley, J. L., Gerdes, A., Hanchar, J. M., Horstwood, M. S. A., Morris, G. A., Nasdala, L., Norberg, N., Schaltegger, U., Schoene, B., Tubrett, M. N. and Whitehouse, M. J. (2008) Plešovice zircon — A new natural reference material for U-Pb and Hf isotopic microanalysis. *Chemical Geology*, **249**, 1-35.
- 菅野耕三・中世古幸次郎・脇本礼子(1980) 志摩半島東部に分布する築地層群から産する放射虫化石について. 大阪教育大紀要, **III**, **28**, 111-121.
- Tomiyoshi, S. and Takasu, A. (2010) K-Ar ages of lawsonite-bearing pelitic schists from the Sambagawa metamorphic belt in the Ise district, eastern Kii Peninsula, southwest Japan. *Earth Science (Chikyu Kagaku)*, **64**, 193-200.
- 都築 宏・八尾 昭(2006) 志摩半島東部地域の秩父北帯のジュラ紀付加コンプレックス. 日本地質学会第113年学術大会講演要旨, 45.
- 上野貴司(2001) 紀伊半島東部, 伊勢地方三波川帯から産する含ローソン石泥質片岩. 岩石鉱物科学, **30**, 255-264.
- Wiedenbeck, M., Allé, P., Corfu, F., Griffin, W. L., Meier, M., Oberli, F., von Quadt, A., Roddick, J. C. and Spiegel, W. (1995) Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace element and REE analyses. *Geostand. Newslett.*, **19**, 1-23.
- 山際延夫(2015) 三重県志摩半島産出のペルム紀前期四放珊瑚化石*Ivanovia*属の1種について. 大阪教育大紀要, **III**, **63**, 23-29.
- 山際延夫・坂 幸恭(1967) 志摩半島東部の中・古生界. 日本地質学会第74年年会地質見学案内書, 24p.
- Yokoyama, T. D., Suzuki, T., Kon, Y. and Hirata, T. (2011) Determinations of rare earth element abundance and U-Pb age of zircons using multispot laser ablation-inductively coupled plasma mass spectrometry. *Anal. Chem.*, **83**, 8892-8899.

(受付: 2016年7月25日; 受理: 2017年1月30日)

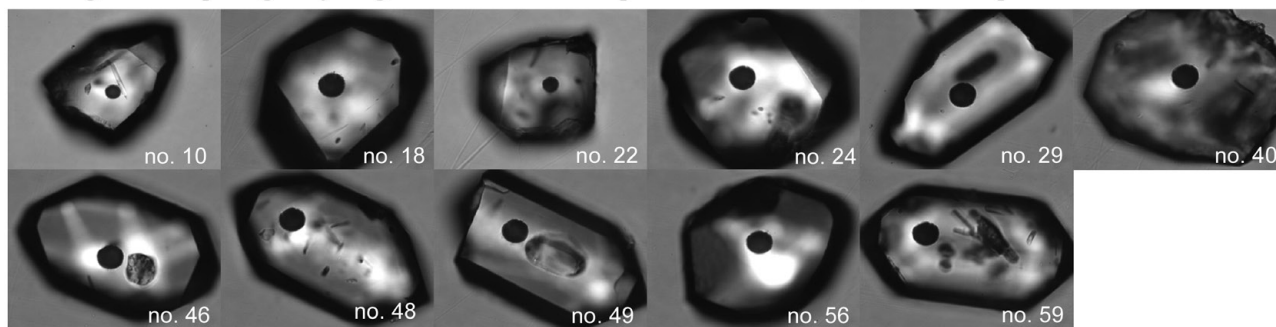
付録

Zircon grains composing the youngest cluster of the sample no. 20140722L3, Osakatoge Complex



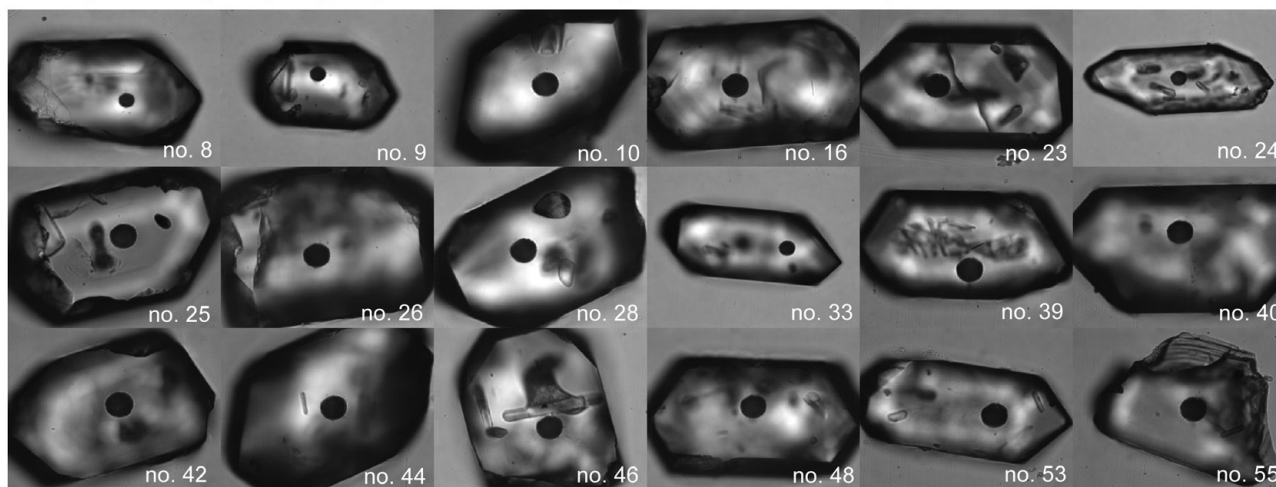
Laser spot diameter: 25 μ m

Zircon grains composing the youngest cluster of the sample no. 20140722L1-1, Kochi Complex



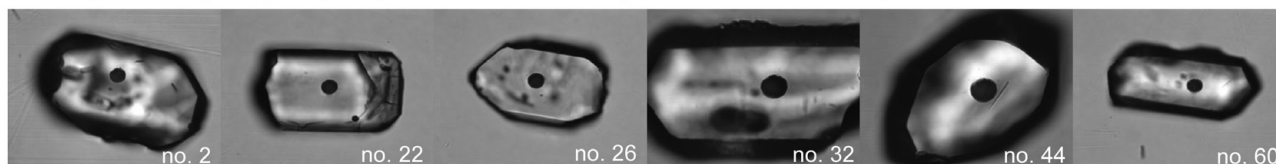
Laser spot diameter: 15 μ m

Zircon grains composing the youngest cluster of the sample no. 20140521L3, Miyakawa Formation



Laser spot diameter: 15 μ m

Zircon grains composing the youngest cluster of the sample no. 20140522L5, Miyakawa Formation



Laser spot diameter: 15 μ m

付図1 レーザー照射位置を示した最若粒子集団を構成するジルコンの顕微鏡写真.

Figure A1 Photomicrographs of the zircon grains with laser radiation points composing the youngest cluster in each sample.

