紀伊半島中央部に分布する四万十帯白亜系麦谷層の地質と碎屑性ジルコン U–Pb 年代

Geology and detrital zircon U–Pb age of the Cretaceous Mugitani Formation in the Shimanto Belt, central Kii Peninsula, Southwest Japan

Abstract

志村侑亮* 常盤哲也** 竹内 誠***
山本鋼志***

Yusuke Shimura*, Tetsuya Tokiwa**,
Makoto Takeuchi*** and
Koshi Yamamoto***

2016年12月2日受付.

2017年6月9日受理.

* 信州大学総合理工学研究科地球学ユニット
Department of Geology, Graduate School of
Science and Technology, Shinshu University,
3-1-1, Asahi, Matsumoto 390-8621, Japan

** 信州大学学術研究院理学系
Faculty of Science, Shinshu University, 3-1-
1, Asahi, Matsumoto 390-8621, Japan

*** 名古屋大学大学院環境学研究科
Department of Earth and Planetary Sciences,
Graduate School of Environmental Studies,
Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464-
8601, Japan

Corresponding author: Y. Shimura,
16ss406e@shinshu-u.ac.jp

We have investigated the Mugitani Formation located in the structurally upper part of the Cretaceous accretionary complex in the Shimanto Belt, central Kii Peninsula. The Mugitani Formation is newly divided into two units: the Izuo Unit and the Sebato Unit. The Izuo Unit is composed mainly of mudstone, broken beds of sandstone and mudstone, and mixed rock with minor amounts of sandstone and chert. The Sebato Unit is composed mainly of mudstone with minor amounts of broken beds of sandstone and mudstone, basalt, and mixed rock. The bedding planes generally strike WNW–ESE and dip moderately northward. In addition, we also carried out U–Pb dating of detrital zircons separated from three sandstones to clarify the depositional age of the Mugitani Formation. The youngest zircon grain ages and/or the youngest cluster ages indicate ca. 100–110 Ma, presenting latest Early Cretaceous (Albian). Furthermore, we found no Late Cretaceous zircon grains that are known to have been produced by the intensive igneous activity in Southwest Japan. Based on the youngest zircon grain ages, the youngest cluster ages, and age compositions, the depositional age of the Mugitani Formation corresponds to that of the Yukawa Formation, ranging from Albian to Cenomanian.

Keywords: detrital zircon, U–Pb age, Mugitani Formation, accretionary complex, Shimanto Belt, Kii Peninsula

はじめに

西南日本外帯には、一般的に北から南へ三波川帯、秩父帯、および四万十帯が帯状に分布している。しかし、紀伊半島では、四万十帯白亜系が北に張り出すことによりその帯状構造が大きく乱され、四万十帯が三波川帯や中央構造線と直接接する特異な分布をなしている (Fig. 1a)。紀伊半島に分布する四万十帯白亜系は、^{やなせ}梁瀬断層 (紀州四万十団体研究グループ, 1991; 山本・鈴木, 2012) もしくは宇井スラスト (大和大峯研究グループ, 1998, 2005) と呼ばれるアウトオブシーケンススラストによって二分されており、梁瀬断層より北部には高野山帯が、南部には日高川帯が分布する (紀州四万十団体研究グループ, 2012a)。高野山帯の白亜紀付加体を構成する地層に関しては、大和大峯研究グループ (1994, 2005, 2012) や竹内 (1986, 1996) により、その概略が報告されており、^{むぎたに}麦谷層、^{うのかわ}東川層、^{たかはらがわ}高原川層、^{あかたき}赤滝層、および^{まきお}槇尾層の5つの地層に区分されている (竹内, 1996)。このうち、麦谷層は、高野山帯の中で構造的最上位に位置

し、三波川帯の変成岩類、秩父帯のジュラ紀付加体、および中央構造線と直接接する (Fig. 1b)。しかし、この麦谷層については、詳細な岩相区分および地質構造の検討が進んでおらず、また弱変成作用を受けているため年代決定に有効な放散虫化石が産出せず、その堆積年代は未だ不明である。

このような年代決定に有効な化石が産しない地層に関して、近年ではレーザー・アブレーション誘導結合プラズマ質量分析装置 (LA-ICP-MS) を用いた碎屑性ジルコン U–Pb 年代測定が盛んに行われるようになり、堆積年代の制約に大いに貢献している (例えば, Aoki et al., 2007; 大藤ほか, 2010; 竹内^{こづか}ほか, 2015)。そこで本研究では、奈良県吉野郡東吉野村木津から麦谷まで、南北 9 km、東西 12 km の範囲において、麦谷層の岩相分布や地質構造の把握に加え、碎屑性ジルコン U–Pb 年代を測定し、その堆積年代の推定を行った。

地質概説

奈良県吉野郡東吉野村周辺に分布する麦谷層は、北限で三

Fig. 1. (a) Geotectonic map of the Japanese Islands (modified from Takagi and Arai, 2003). (b) Geological outline of the Cretaceous Shimanto Belt in the central Kii Peninsula, Southwest Japan (modified from Takeuchi, 1996). MTL: Median Tectonic Line.

波川帯の変成岩類と高角度断層を介して接し、また領家帯の変成岩類と中央構造線を介して接している(大和大峯研究グループ, 1994; 竹内, 1996)。一方、南限では秩父帯のジュラ紀付加体が麦谷層に衝上し、両者はナップ構造をなしている(竹内, 1996; 大和大峯研究グループ, 2005)。このような地質構造は、有田川構造線や梁瀬断層などの高角度断層系の活動に伴い、四万十帯白亜系が紀伊半島の中央部ほどより大きく上昇したためであると解釈されている(Kurimoto, 1994; 竹内, 1996)。

本地域の麦谷層は、構造的上位の伊豆尾ユニットと、構造的低位の狭戸ユニットに区分される(Fig. 2)。両ユニットは、泥岩もしくは破断した砂岩泥岩互層中に、チャートや玄武岩などの異地性岩塊(層厚・長さとも100 m未満)や岩体(層厚・長さとも100 m以上)を多く含む地層である。伊豆尾ユニットにはチャート岩塊や岩体が多く分布し、狭戸ユニットには玄武岩岩塊や岩体が多く分布している。また、伊豆尾ユニットと狭戸ユニットの関係は、断層関係であるとみなされる。本地層は、玄武岩中に認められる変成鉱物の組み合わせから、パンペリー石-アクチノ閃石相の変成作用を受けているとされる(竹内, 1996)。堆積年代に関しては、放散虫化石による年代の報告は無い。なお、柴田ほか(1988)により、

本地域北西部に位置する泥岩から、 69.4 ± 2.3 Ma(1 σ)、 76.5 ± 2.4 Ma(1 σ)、および 76.6 ± 2.4 Ma(1 σ)のK-Ar全岩年代が報告されている。

麦谷層のユニット区分と記載

1. 伊豆尾ユニット(新称)

＜模式地＞東吉野村伊豆尾から木津川に至る高見川沿い。

＜分布＞東吉野村木津から高見川と四郷川の合流地点にかけて分布する。

＜岩相＞本ユニットは、泥岩、破断した砂岩泥岩互層、および混在岩を主とし、砂岩、チャートを含む地層である。

泥岩は、主に黒色を呈し、その中に白色を呈する凝灰質泥岩が頻繁に挟在する(Fig. 3a)。泥岩は、石英、長石、雲母鉱物、粘土鉱物、および不透明鉱物からなる。凝灰質泥岩は、石英、粘土鉱物、および少量の雲母鉱物や不透明鉱物からなり、鏡下で放散虫化石が観察される。泥岩および凝灰質泥岩は、変成作用により千枚岩質になっている。

砂岩は、最大層厚280 mで長さ最大6 kmにて、広く分布する。砂岩は、主に細粒～中粒砂岩であり、塊状で、灰白色を呈する(Fig. 3b)。主に石英、斜長石、および流紋岩や安山岩などの火山岩片からなり、少量のカリ長石、黒雲母、白雲母、およびジルコンなどを含む(Fig. 3c)。

破断した砂岩泥岩互層は、単層厚数cm～数mの砂岩と単層厚数cm～数mの泥岩の互層からなる(Fig. 3d)。破断した砂岩泥岩互層は、層状構造を保存しておらず、砂岩は泥岩基質中にレンズ状の岩塊として含まれている(Fig. 3d)。泥岩基質は、黒色を呈し、白色の凝灰質泥岩を全く含まない特徴を有する。砂岩岩塊は、まれに級化構造を示す。

チャートは、最大層厚400 mで長さ最大4 kmにて、広く分布する。チャートは、層状もしくは塊状で、白色、淡緑色、および赤色を呈する。層状チャートは、単層厚数cm～10 cmの珪質部と単層厚数mm～数cmの泥質部が律動的に互層している。層状チャートの珪質部は、主に微晶質な石英からなり、放散虫化石を含むことがある(Fig. 3e)。塊状チャートは、一部に石英の再結晶が認められる。

混在岩は、泥岩基質中に砂岩、チャート、および玄武岩をレンズ状の岩塊として含む(Fig. 3f)。泥岩基質は、主に黒色を呈し、その中に白色を呈する凝灰質泥岩が頻繁に挟在する。砂岩岩塊は、層厚数cm～30 mで、細粒～中粒砂岩からなる。チャート岩塊は、層厚数cm～30 mで、層状もしくは塊状である(Fig. 3f)。玄武岩岩塊は、層厚数十cm～50 mで、塊状である。玄武岩岩塊は、斑晶質で、インターサタル組織を呈し、針状の斜長石、緑泥石、不透明鉱物、および方解石などからなる石基と、長柱状の斜長石や長柱状の単斜輝石の斑晶からなる。玄武岩岩塊中の変成鉱物は、主に緑泥石、アクチノ閃石、および緑れん石からなる。

＜層厚＞本ユニットの見かけの層厚は、約3 kmである。

2. 狭戸ユニット(新称)

＜模式地＞東吉野村狭戸周辺の四郷川沿い。

＜分布＞東吉野村高見川と四郷川の合流地点から麦谷にかけて分布する。

Fig. 2. (a) Geological map of the Mugitani Formation. (b) Cross-section. (c) Poles to bedding planes plotted on a lower-hemisphere equal-area projection, contoured using the 1% area method. Location of the map is shown in Fig. 1b. MTL: Median Tectonic Line.

＜岩相＞本ユニットは、泥岩を主とし、破断した砂岩泥岩互層、玄武岩、および混在岩を含む地層である。

泥岩は、主に黒色を呈し、その中に白色を呈する凝灰質泥岩が頻りに挟在する。泥岩は、石英、長石、雲母鉱物、粘土鉱物、および不透明鉱物からなる。凝灰質泥岩は、石英、粘土鉱物、および少量の雲母鉱物や不透明鉱物からなり、鏡下

で放散虫化石が観察される。泥岩および凝灰質泥岩は、変成作用により千枚岩質になっているが、その発達度合いは、伊豆尾ユニットよりも弱い。

破断した砂岩泥岩互層は、単層厚数 cm～数 m の砂岩と単層厚数 cm～数 m の泥岩の互層からなる。破断した砂岩泥岩互層は、層状構造を保存しておらず、砂岩は泥岩基質中

Fig. 3. Photographs (a, b, d, f) and photomicrographs (c, e) of rocks from the Izuo Unit of the Mugitani Formation. (a) Mudstone with tuffaceous mudstone at the Takamigawa River. (b) Sandstone at the Hiuragawa River. (c) Sandstone including quartz, plagioclase, and volcanic rock. Cross-polarized light. (d) Broken beds of sandstone and mudstone at the Takamigawa River. (e) Chert including abundant radiolarian fossils. Parallel-polarized light. (f) Mixed rock including chert blocks in a mudstone matrix at the Takamigawa River.

にレンズ状の岩塊として含まれている (Fig. 4a). 泥岩基質は、黒色を呈し、白色の凝灰質泥岩を全く含まない。砂岩岩塊は、細粒～粗粒砂岩であり、灰白色を呈し、まれに級化構造を示す。

玄武岩は、最大層厚 200 m で長さ最大 2 km にて、広く

分布する。玄武岩は、塊状もしくは枕状で、緑色を呈する (Fig. 4b)。玄武岩は、斑晶質で、インターサタル組織や杏仁状組織を呈し (Fig. 4c)、針状の斜長石、緑泥石、不透明鉱物、および方解石などからなる石基と、長柱状の斜長石や長柱状の単斜輝石の斑晶からなる。玄武岩中の変成鉱物

Fig. 4. Photographs (a, b) and photomicrographs (c, d) of rocks from the Sebato Unit of the Mugitani Formation. (a) Broken beds of sandstone and mudstone at the Omatagawa River. (b) Pillow basalt at the Omatagawa River. (c) Basalt presenting intersertal texture and amygdular texture. Parallel-polarized light. (d) Chert. Cross-polarized light.

は、主に緑泥石、パンペリー石、およびアクチノ閃石からなる。

混在岩は、泥岩基質中に砂岩、チャート、および玄武岩をレンズ状の岩塊として含む。泥岩基質は、主に黒色を呈し、その中に白色を呈する凝灰質泥岩が頻りに挟在する。砂岩岩塊は、層厚数 cm～30 m で、細粒～粗粒砂岩である。チャート岩塊は、層厚数十 cm～10 m で、塊状で、微晶質な石英からなる (Fig. 4d)。玄武岩岩塊は、層厚数十 cm～40 m で、塊状もしくは枕状である。

＜層厚＞本ユニットの見かけの層厚は約 2.5 km である。

3. 地質構造

(1)伊豆尾ユニットの地質構造 本地域に分布する伊豆尾ユニットの層理面は、概ね西北西–東南東走向で、北に中角で傾斜し (Fig. 2c)、まれに砂岩で認められる堆積構造は北北東上位を示す。本ユニットでは、^{おまた}鷺家で東北東–西南西もしくは東西走向で、北へ高角に傾斜する軸面を持ち、褶曲軸は水平もしくは緩く西へプランジするアンチフォームおよびシンフォームが認められる (Fig. 2a)。

(2)狭戸ユニットの地質構造 本地域に分布する狭戸ユニッ

トの層理面は、概ね西北西–東南東走向で、北に中角で傾斜し (Fig. 2c)、まれに砂岩で認められる堆積構造は北北東上位を示す。本ユニットでは、^{おまた}大又で西北西–東南東走向で、北へ高角に傾斜する軸面を持ち、褶曲軸はほぼ水平であるシンフォームが認められる (Fig. 2a)。

(3)伊豆尾ユニットと狭戸ユニットの関係 麦谷層の伊豆尾ユニットとその構造的下に分布する狭戸ユニットの関係は、岩相がユニット間で急変することや、岩相の走向方向への連続性が断たれることから断層関係であるとみなされる (Figs. 2a, 5)。

碎屑性ジルコン U-Pb 年代

1. 試料採取地点

本地域に分布する細粒砂岩より、計 3 試料において碎屑性ジルコン U-Pb 年代測定を行った (Fig. 2a)。試料 15111701 (34°25′04.51″N, 136°01′39.61″E) は、東吉野村木津の高見川南方の谷に分布する、伊豆尾ユニットの破断した砂岩泥岩互層中の層厚約 1.5 m の砂岩である。試料 15100202 (34°23′36.98″N, 136°00′28.62″E) は、東吉野

Fig. 5. Route map around the boundary between the Izu Unit and the Sebato Unit. The mapped area is shown in Fig. 2a.

おむら ひうら
村小の日裏川南方の谷に分布する、伊豆尾ユニットの破断した砂岩泥岩互層中の層厚約2.5 mの砂岩である。試料15083005(34°21'25.61"N, 136°02'19.87"E)は、東吉野村麦谷の麦谷川に分布する、狭戸ユニットの混在岩中の層厚30 cmの砂岩である。

2. 測定手法

ジルコンの分離および研磨については、竹内ほか(2015)に従って行った。ジルコンのカソードルミネッセンス像(CL像)と組成像の撮影は信州大学理学部のGatan Mini-CL付属の走査型電子顕微鏡(JSM-6510)を用いて行い、CL像による累帯構造や結晶の割れ目および包有物の有無を確認した(Fig. 6)。

年代測定は、名古屋大学大学院環境学研究科のレーザー・アブレーション誘導結合プラズマ質量分析装置(Agilent 7700x および ESI Nd-YAG($\lambda=213$ nm) レーザーシステム)を用いて行った。分析条件は、高地ほか(2015)に従い、レーザー密度: 11.7 J/cm², 周波数: 10 Hz, プリアブレーション時間: 8 秒, 積分時間: 10 秒, クレーター径: 25 μ mで行った。同位体分別の補正には、一次スタンダードとして91500 ジルコン(^{238}U - ^{206}Pb 年代=1062.4 $\pm$ 0.4 Ma: Wiedenbeck et al., 1995)で規格化した標準ガラス NIST SRM610(Horn and von Blanckenburg, 2007)を用いた。規格における $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 比の変動幅は0.2005~0.2109であり、Horn and von Blanckenburg(2007)により報告された文献値(0.2236)の11%以内であった。試料の分析前後に測定した標準ガラス NIST SRM610の $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, および $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ 比の繰り返し再現性(%SD)はそれぞれ0.8~10.2%, 0.8~3.9%, 0.7~12.9%で、これを外部誤差として年代誤差に伝搬させた。

取得したデータについては、まずジルコンの割れ目、包有物、および樹脂にビームが照射されたものや、測定中にジルコンが破損したものについては、正常なデータが取得できていない可能性があるため、それらを除外した。また、標準ガラス NIST SRM610の $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 比の繰り返し再現性(%SD)の上限である10%を超えたものについては、年代の議論に用いるのが不適切であるため、除外した。

次に、既存研究に基づき(例えば, Cao et al., 2015; Wang et al., 2016; Zhang et al., 2016), $90 < 100 \times (^{238}\text{U}-^{206}\text{Pb} \text{ 年代} / ^{235}\text{U}-^{207}\text{Pb} \text{ 年代}) < 110$ の分析値をコンコダントなデータとみなし、そのコンコダントなデータのみを年代の議論に採用し、Isoplot/Ex 4.15(Ludwig, 2012)を用いてコンコディア図、相対確率分布図、およびヒストグラムを図示した(Figs. 7, 8)。なお、年代は ^{238}U - ^{206}Pb 年代を用い、年代誤差については1 σ で示す。地質年代についてはOgg et al.(2016)を用いた。

また、本研究は堆積年代の推定に、最も若いジルコン粒子年代と最も若いクラスター年代を用いる。最も若いクラスター年代は、Dickinson and Gehrels(2009)に基づき、1 σ の誤差で重複する最も若いクラスター(2粒子以上のジルコンから構成される)の加重平均値とする。

3. 測定結果

(1)試料 15111701 195 粒子 200 スポットから得られたコンコダントな年代は、116 スポットで、約100~2700 Maの年代値を示す(Figs. 7a~7c)。100~300 Maと1400~2500 Maに大きなクラスターが認められ(Fig. 7c)、100~300 Maのクラスターは、さらに100~140 Maと160~300 Maの2つのクラスターに細分される(Fig. 8a)。各クラスターが占める割合は、100~140 Maが4%、160~300 Maが50%、1400~2500 Maが42%である。188 Maが最大のクラスターである。本試料から得られた最も若いジルコン粒子年代は、104.6 $\pm$ 3.7 Ma(Appendix 2の Grain No. 15111701-148)である。最も若いクラスターは、100~110 Maの年代を示す2粒子のジルコンで構成されており、その年代は、106.6 $\pm$ 4.8 Ma(MSWD=0.53)である(Fig. 8a)。

(2)試料 15100202 197 粒子 200 スポットから得られたコンコダントな年代は、135 スポットで、約100~2500 Maの年代値を示す(Figs. 7d~7f)。100~300 Maと1400~2500 Maに大きなクラスターが認められ(Fig. 7f)、100~300 Maのクラスターは、さらに100~140 Maと160~300 Maの2つのクラスターに細分される(Fig. 8b)。各クラスターが占める割合は、100~140 Maが3%、160~300 Maが55%、1400~2500 Maが42%である。190 Maが最大のクラスターである。本試料から得られた最も若いジルコン粒子年代は、105.6 $\pm$ 6.8 Ma(Appendix 3の Grain No. 15100202-001)である。最も若いクラスターは、100~110 Maの年代を示す2粒子のジルコンで構成されており、その年代は、108.6 $\pm$ 3.5 Ma(MSWD=0.20)である(Fig. 8b)。

(3)試料 15083005 197 粒子 198 スポットから得られた

Fig. 6. Cathodoluminescence images of selected zircon grains from Sample 15111701 (a–d), Sample 15100202 (e–h), and Sample 15083005 (i–l). Circles show the locations of analytical spots with corresponding ^{238}U – ^{206}Pb ages (in Ma).

コンコダントな年代は、110 スポットで、約 100~2400 Ma の年代値を示す (Figs. 7g–7i). 100~300 Ma と 1400~2400 Ma に大きなクラスターが認められ (Fig. 7i), 100~300 Ma のクラスターは、さらに 100~140 Ma と 160~300 Ma の 2 つのクラスターに細分される (Fig. 8c). 各クラスターが占める割合は、100~140 Ma が 12%, 160~300 Ma が 47%, 1400~2400 Ma が 38% である. 182 Ma が最大のクラスターである. 本試料から得られた最も若いジルコン粒子年代は、 104.8 ± 1.9 Ma (Appendix 6 の Grain No. 15083005-156) である. 最も若いクラスターは、100~135 Ma の年代を示す 13 粒子のジルコンで構成されており、その年代は、 116.9 ± 5.4 Ma (MSWD=10.50) である (Fig. 8c).

4. 年代と組織の比較

碎屑性ジルコン U-Pb 年代測定によって得られた年代値のクラスター分布は 3 試料とも、100~140 Ma, 160~300 Ma, および 1400~2500 Ma に集中している. 一般に、

ジルコンの組織は 100~300 Ma の年代を示すジルコンと 1400~2500 Ma の年代を示すジルコンで大きく異なる. 100~300 Ma の年代値を示すジルコンは、無色で、自形を呈するとともに、大部分のものが CL 像においてオシトリー累帯構造を示す (Figs. 6a–6c, 6e–6g, 6i–6k). 一方、1400~2500 Ma の年代値を示すジルコンは、無色または紫色で、円磨されており、全体にオシトリー累帯構造を示さないものや (Figs. 6d, 6l), オシトリー累帯構造を示すコアと、それを包有するマントルの組織が認められることがある (Fig. 6h). これらの傾向は 3 試料で同様に認められる.

考 察

1. 麦谷層の堆積年代

本研究で得られた麦谷層の碎屑性ジルコン U-Pb 年代は、伊豆尾ユニットの 2 試料 (試料 15111701, 試料 15100202) および狭戸ユニットの 1 試料 (試料 15083005), 計 3 試料すべてにおいて、100~140 Ma, 160~300 Ma, および

Fig. 7. U–Pb ages of detrital zircons from Sample 15111701 (a–c), Sample 15100202 (d–f), and Sample 15083005 (g–i). (a, d, g) Concordia diagrams for all data. (b, e, h) Concordia diagrams for 100–300 Ma data. (c, f, i) Probability density plots and histograms for all concordant data. Gray-colored circles in the concordia diagrams indicate rejected data for the age determinations.

1400～2500 Ma にクラスターの分布が認められ、年代の構成に類似性があることを示す。

最も若いジルコン粒子年代は、伊豆尾ユニットの2試料で 104.6 ± 3.7 Ma, 105.6 ± 6.8 Ma, 狭戸ユニットの1試料で 104.8 ± 1.9 Ma であり、ほぼ同じ年代を示す。最も若

いクラスター年代については、伊豆尾ユニットで 106.6 ± 4.8 Ma, 108.6 ± 3.5 Ma であるのに対し、狭戸ユニットでは 116.9 ± 5.4 Ma とやや古い年代値を示した。狭戸ユニットの試料から得られた最も若いクラスター年代は、伊豆尾ユニットの試料と比べると、アプチアン以前の前期白亜紀の年

Fig. 8. Probability density plots and histograms for 100–300 Ma concordant data from Sample 15111701 (a), Sample 15100202 (b), and Sample 15083005 (c).

代を示すジルコンを顕著に含んでいる。そのため、年代が近接するアルビアンジルコンと誤差範囲で重なることで最も若いクラスター年代は若干古く示される。しかし、狭戸ユニットの試料には、アルビアン年代を示すジルコンが複数含まれていることから、堆積年代自体はアルビアン以降であると考えられる。よって本試料については、アプチアン年代を示す最も若いクラスター年代よりも、アルビアン年代を示す最も若いジルコン粒子年代を堆積年代の議論に用いる方が妥当である。したがって、伊豆尾ユニットおよび狭戸ユ

ニットの最も若いジルコン粒子年代もしくは最も若いクラスター年代は、100～110 Ma の年代値を示し、ユニット間での年代差は認められない。また、両ユニットの最も若いジルコンや最も若いクラスターを構成するジルコン粒子は、オシラトリ帯構造を示し (Fig. 6)、火成岩起源であることが示唆される (Corfu et al., 2003)。一般に地層の堆積年代は、最も若いクラスター年代よりも若い (例えば、竹内ほか, 2015; 常盤ほか, 2016; Tokiwa et al., 2017)。したがって、麦谷層の両ユニットは、同時期に堆積し、その年代は少なくともアルビアン (113.0～100.5 Ma : Ogg et al., 2016) 以降であると考えられる。大藤ほか (2010) は、本地域の南部に分布する砂岩 (試料 0940504, Fig. 2a) より碎屑性ジルコン U-Pb 年代を測定し、測定粒子が 39 粒子と少ないが、最も若いジルコン粒子年代として 100.1 ± 5.4 Ma の年代を報告している。なお、大藤ほか (2010) では、この採取地点を赤滝層 (大和大峯研究グループ, 1992) としているが、本研究に基づけば麦谷層の狭戸ユニットに対比される。この大藤ほか (2010) の報告値は、やや若い年代を示しているものの、本研究の測定結果と調和的である。

麦谷層の砂岩には、100～300 Ma を示すジルコンが普遍的に含まれており、後背地にペルム紀～白亜紀にかけた断続的な火成活動が生じていたことを示す (Figs. 8a–8c)。また、最も若いジルコン粒子年代および最も若いクラスター年代である 100～110 Ma の時期には、後背地で一時的な火成活動の存在が報告されており (Imaoka et al., 2014)、その活動を敏感に記録していると考えられる。一方で、100 Ma よりも若い年代を示すジルコンは 1 粒も認められない。後期白亜紀においては、砂岩組成および全岩化学組成を用いた研究により、西南日本内帯の火成岩起源の碎屑物が四万十帯白亜系中の砂岩に供給されていたと考えられている (寺岡, 1979; 公文, 1981; Kumon, 1983; 寺岡・奥村, 1992; 君波ほか, 1998; 石濱・君波, 2000)。実際に後期白亜紀、特に 80–100 Ma の時期には、領家帯花崗岩類の形成に伴った、非常に大規模な火成活動が起きていたことが知られている (例えば、Nakajima et al., 2016; Sato et al., 2016)。そして後期白亜紀以降に形成された、四万十帯白亜系には、これらの大規模火成活動起源と考えられる後期白亜紀を示す碎屑性ジルコンが普遍的に含まれていることが知られている (例えば、Shibata et al., 2008; Tokiwa et al., 2017)。よって、麦谷層に 100 Ma 以降のジルコンが全く認められないことは、麦谷層の堆積が後期白亜紀の火成活動前には終了していたことを示すと考えられる。

また、Tokiwa et al. (2017) は、紀伊半島中西部に分布するアルビアン～セノマニアン湯川層 (紀州四万十帯団体研究グループ, 2006, 2012b)、チューロニアン～カンパニアン美山層 (紀州四万十帯団体研究グループ, 1991, 2006)、およびカンパニアン～マーストリヒチアン竜神層 (紀州四万十帯団体研究グループ, 2006, 2012c) の砂岩から、碎屑性ジルコン U-Pb 年代を測定し、放散虫化石年代とジルコン年代に有意な差が認められないことを報告した。Tokiwa et al. (2017) の湯川層から得られたジルコン年代は、最

Fig. 9. Summary of the distribution of U-Pb ages and radiolarian ages (modified from Kishu Shimanto Research Group, 1991, 2006, 2012b, 2012c; Yamamoto and Suzuki, 2012; Yamato Omine Research Group, 1981, 1989, 1992). Fm.: Formation.

も若いジルコン粒子年代として 98.8 ± 2.5 Ma (2σ) と 100.1 ± 2.8 Ma (2σ)、最も若いクラスター年代として 100.8 ± 1.7 Ma (2σ) と 100.2 ± 2.9 Ma (2σ) の年代が得られており、麦谷層のジルコン年代と最も若いジルコン粒子年代、最も若いクラスター年代、および年代構成が一致している。一方、美山層から得られたジルコン年代は、最も若いジルコン粒子年代として 85.6 ± 3.4 Ma (2σ)、 75.0 ± 2.9 Ma (2σ)、および 77.3 ± 2.1 Ma (2σ)、最も若いクラスター年代として 88.0 ± 1.1 Ma (2σ)、 82.2 ± 1.1 Ma (2σ)、および 78.3 ± 1.7 Ma (2σ) の年代が得られており、麦谷層のジルコン年代よりも明らかに若く、かつ年代構成も一致しない。したがって、麦谷層の堆積年代は湯川層と同時期のアルビアン～セノマニアンであると推定される。

2. 紀伊半島中央部に分布する四万十帯白亜系の年代構成と極性

紀伊半島に分布する四万十帯白亜系は、梁瀬断層によって二分されており、梁瀬断層より北部には高野山帯が、南部には日高川帯が分布する。高野山帯は、構造的上位から下位(北から南)にかけて、アルビアン～セノマニアン(の)麦谷層、時代未詳の東川層、アルビアン～セノマニアン(の)伯母谷川層(大和大峯研究グループ, 1992)に対比される高原川層、チューロニアンの赤滝層、コニアシアン～サントニアン(の)横尾層が分布している(大和大峯研究グループ, 1981, 1989, 1992; 竹内, 1996)。また、これらの地層との関係は不明であるが、高野山帯の南端にはサントニアン～カンパニアン(の)花園層が分布している(山本・鈴木, 2012; 栗本ほか, 2015)。現時点では、東川層や高原川層から堆積年代に関する報告が直接得られていないが、東川層の構造的上位の麦谷層および下位の高原川層がアルビアン～セノマニアン相当層に対比されることから、東川層も同じくアルビアン～セノマニアン(の)堆積年代を示す可能性が高い。よって高野山帯では、アルビアン～カンパニアン(の)地層が、構造的な下位ほど若

くなる極性をもって分布していると考えられる(Fig. 9)。一方、日高川帯は、構造的な上位から下位(北から南)にかけて、アルビアン～セノマニアン(の)湯川層、チューロニアン～カンパニアン(の)美山層、カンパニアン～マーストリヒチアン(の)竜神層が分布し(紀州四万十帯団体研究グループ, 1991, 2006, 2012b, c)、構造的な下位ほど若くなる極性をもっている(Fig. 9)。したがって、紀伊半島に分布する四万十帯では、梁瀬断層を境に、年代構成と極性が類似する地質体が南北に並列している可能性が高い。

しかし、高野山帯の構造的な最上位層である麦谷層は、泥岩もしくは破断した砂岩泥岩互層中にチャートや玄武岩などの異地性岩塊や岩体を多く含む地層で、砂岩や砂岩泥岩互層を主とする日高川帯の構造的な最上位層である湯川層とは岩相が異なる。また、麦谷層は弱変成作用を受けているのに対し、湯川層は非変成の地層からなる。これらの相違点は、岩相の地域的な違いや付加過程の違いを反映している可能性があり、今後の検討課題である。

ま と め

1. 本地域の麦谷層は、構造的な上位から下位へ、泥岩、破断した砂岩泥岩互層、および混在岩を主とする伊豆尾ユニットと、泥岩を主とする狭戸ユニットに区分され、層理面は概ね西北西-東南東走向で、北に中角で傾斜する。
2. 麦谷層の碎屑性ジルコン U-Pb 年代は、伊豆尾ユニットの2試料および狭戸ユニットの1試料、計3試料すべてにおいて、100～140 Ma、160～300 Ma、および1400～2500 Maにクラスターが認められた。また、各試料における最も若いジルコン粒子年代もしくは最も若いクラスター年代は、100～110 Maを示し、ユニット間で年代差は認められないことから、麦谷層の両ユニットは同時期に堆積し、その年代は少なくともアルビアン以降である。

3. 麦谷層の碎屑性ジルコン U-Pb 年代において, 100 Ma よりも若い年代を示すジルコンは 1 粒も認められない。また, 麦谷層のジルコン年代は, 放散虫化石によりアルビアン〜セノマニアン堆積年代を示す湯川層のジルコン年代と, 最も若いジルコン粒子年代, 最も若いクラスター年代, および年代構成が一致することから, 麦谷層は湯川層とほぼ同時期に堆積したと考えられる。よって, 麦谷層の堆積年代はアルビアン〜セノマニアンであると推定される。

謝 辞

本研究を進めるにあたり, 信州大学理学部の森 宏博士には, 終始適切なご指導をいただいた。信州大学大学院生の水戸創也氏, 名古屋大学大学院生の太田明里氏をはじめ, 信州大学地層解析構造談話会の皆様には, 研究期間中, ご助言およびご助力いただいた。調査時には, 東吉野村鷺家の鳥山夫妻に, 多大なるご支援をいただいた。また, 査読者の原 英俊博士(産業技術総合研究所)と堤 之恭博士(国立科学博物館), ならびに編集委員の内野隆之博士(産業技術総合研究所)の指摘により, 本稿は大幅に改善された。以上の方々へ深く感謝申し上げる。

文 献

- Aoki, K., Iizuka, T., Hirata, T., Maruyama, S. and Terabayashi, M., 2007, Tectonic boundary between the Sanbagawa belt and the Shimanto belt in central Shikoku, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **113**, 171–183.
- Cao, L., Jiang, T., Wang, Z., Zhang, Y. and Sun, H., 2015, Provenance of Upper Miocene sediments in the Yinggehai and Qiongdongnan basins, northwestern South China Sea: Evidence from REE, heavy minerals and zircon U-Pb ages. *Mar. Geol.*, **361**, 136–146.
- Corfu, F., Hancher, J. M., Hoskin, P. W. O. and Kinny, P., 2003, Atlas of Zircon Textures. *Rev. Mineral. Geochem.*, **53**, 469–500.
- Dickinson, W. R. and Gehrels, G. E., 2009, Use of U-Pb ages of detrital zircons to infer maximum depositional ages of strata: A test against a Colorado Plateau Mesozoic database. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **288**, 115–125.
- Horn, I. and von Blanckenburg, F., 2007, Investigation on elemental and isotopic fractionation during 196 nm femtosecond laser ablation multiple collector inductively coupled plasma mass spectrometry. *Spectrochimica Acta*, **B-62**, 410–422.
- Imaoka, T., Nakashima, K., Kamei, A., Itaya, T., Ohira, T., Nagashima, M., ... Kiji, M., 2014, Episodic magmatism at 105 Ma in the Kinki district, SW Japan: Petrogenesis of Nb-rich lamprophyres and adakites, and geodynamic implications. *Lithos*, **184–187**, 105–131.
- 石濱茂崇・君波和雄(Ishihama, S. and Kiminami, K.), 2000, 砂岩と頁岩の化学組成に基づく四国東部秩父累帯南帯・四万十帯北帯の岩石相ユニット(Petrofacies units on the basis of chemical composition of sandstone and shale in the Southern Chichibu Belt and the Northern Shimanto Belt, eastern Shikoku, Japan). *地質学論集(Mem. Geol. Soc. Japan)*, **57**, 97–106.
- 君波和雄・松浦卓史・岩田尊夫・三浦健一郎(Kiminami, K., Matsuura, T., Iwata, T. and Miura, K.), 1998, 四国東部に分布する白亜系四万十帯累層群の砂岩組成と白亜紀火山活動との関連(Relationship between sandstone composition in the Cretaceous Shimanto Supergroup, eastern Shikoku, and Cretaceous arc volcanism). *地質雑(Jour. Geol. Soc. Japan)*, **104**, 314–326.
- 紀州四万十帯団体研究グループ(Kishu Shimanto Research Group), 1991, 和歌山県中東部の日高川層群 湯川累層・美山累層-紀伊半島四万十帯累層の研究(その12)-(Yukawa and Miyama Formations of the Hidakagawa Group in the eastern-middle part of Wakayama Prefecture -The study of the Shimanto Terrain in the Kii Peninsula, Southwest Japan (Part 12)-). *地球科学(Earth Sci. (Chikyu Kagaku))*, **45**, 19–38.
- 紀州四万十帯団体研究グループ(Kishu Shimanto Research Group), 2006, 和歌山県中西部の日高川帯の地質-紀伊半島四万十帯累層の研究(その13)-(Geology of the Hidakagawa Belt in the central-western part of Wakayama Prefecture, southwest Japan -Study of the Shimanto Superbelt, Kii Peninsula (Part 13)-). *地球科学(Earth Sci. (Chikyu Kagaku))*, **60**, 355–374.
- 紀州四万十帯団体研究グループ(Kishu Shimanto Research Group), 2012a, 紀伊半島における四万十付加体研究の新展開(New perspective on the study of the Cretaceous to Neogene Shimanto Accretionary Prism in the Kii Peninsula, Southwest Japan). *地団研専報(Monogr. Assoc. Geol. Collab. Japan)*, **59**, 295p.
- 紀州四万十帯団体研究グループ(Kishu Shimanto Research Group), 2012b, 湯川付加コンプレックスの提唱-アルビアン〜セノマニアン付加体-(Proposal of the Yukawa Accretionary Complex -Albian to Cenomanian accretionary prism-). *地団研専報(Monogr. Assoc. Geol. Collab. Japan)*, **59**, 25–34.
- 紀州四万十帯団体研究グループ(Kishu Shimanto Research Group), 2012c, 竜神付加コンプレックスのユニット区分-上部カンパニアン〜中部マーストリヒチアンの付加体-(Tectonostratigraphic division of the Ryujin Accretionary Complex -upper Campanian to middle Maastrichtian accretionary prism-). *地団研専報(Monogr. Assoc. Geol. Collab. Japan)*, **59**, 43–50.
- 高地吉一・折橋裕二・小原北士・藤本辰弥・春田泰宏・山本鋼志(Kouchi, Y., Orihashi, Y., Obara, H., Fujimoto, T., Haruta, Y. and Yamamoto, K.), 2015, 213 nm Nd: YAG レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析計を用いたジルコンの U-Pb 年代測定: Pb/U 分別補正に NIST SRM 610 を用いるための分析条件最適化(Zircon U-Pb dating by 213 nm Nd: YAG laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry: Optimization of the analytical condition to use NIST SRM 610 for Pb/U fractionation correction). *地球化学(Chikyu Kagaku(Geochemistry))*, **49**, 19–35.
- 公文富士夫(Kumon, F.), 1981, 徳島県南部の四万十帯白亜系(Shimanto Supergroup in the southern part of Tokushima Prefecture, Southwest Japan). *地質雑(Jour. Geol. Soc. Japan)*, **87**, 277–295.
- Kumon, F., 1983, Coarse clastic rocks of the Shimanto Supergroup in eastern Shikoku and Kii Peninsula, Southwest Japan. *Mem. Fac. Sci. Kyoto Univ. Ser. Geol. Min.*, **49**, 63–109.
- Kurimoto, C., 1994, Geology of the Kudoyama area in the western Kii Peninsula, Southwest Japan, with reference to disappearance of the Chichibu terrane. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **45**, 235–255.
- 栗本史雄・木村克己・竹内 誠(Kurimoto, C., Kimura, K. and Takeuchi, M.), 2015, 紀伊半島北西部, 高野山地域の上部白亜系花園層の地質と放散虫化石(Geology and radiolarian fossils of the Upper Cretaceous Hanazono Formation in the Koyasan area, northwestern part of Kii Peninsula, Southwest Japan), *地調研報(Bull. Geol. Surv. Japan)*, **66**, 41–79.
- Ludwig, K. R., 2012, *Isoplot 3.75: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel*. Berkeley Geochronology Center Special Publication, 5, 75p.
- Nakajima, T., Takahashi, M., Imaoka, T. and Shimura, T., 2016, Granitic rocks. In Moreno, T., Wallis, S., Kojima, T. and

- Gibbons, W., eds., *The Geology of Japan*. Geol. Soc. London, 251–272.
- Ogg, J. G., Ogg, G. and Gradstein, F. M., 2016, *A Concise Geologic Time Scale: 2016*. Elsevier, Amsterdam, 234p.
- 大藤 茂・下條将徳・青木一勝・中間隆晃・丸山茂徳・柳井修一 (Otoh, S., Shimojo, M., Aoki, K., Nakama, T., Maruyama, S. and Yanai, S.), 2010, 砂質片岩中のジルコン年代分布に基づく三波川帯再区分の試み (Age distribution of detrital zircons in the psammitic schist of the Sanbagawa Belt, Southwest Japan). *地学雑誌 (Jour. Tokyo Geogr. Soc.)*, **119**, 333–346.
- Sato, D., Matsuura, H. and Yamamoto, T., 2016, Timing of the Late Cretaceous ignimbrite flare-up at the eastern margin of the Eurasian Plate: New zircon U–Pb ages from the Aioi–Arima–Koto region of SW Japan. *Volcanol. Geotherm. Res.*, **310**, 89–97.
- 柴田 賢・杉山雄一・高木秀雄・内海 茂 (Shibata, K., Sugiyama, Y., Takagi, H. and Uchimi, S.), 1988, 奈良県吉野地域の中央構造線沿いに分布する諸岩石の同位体年代 (Isotopic ages of rocks along the Median Tectonic Line in the Yoshino area, Nara Prefecture). *地調月報 (Bull. Geol. Surv. Japan)*, **39**, 759–781.
- Shibata, T., Orihashi, Y., Kimura, G. and Hashimoto, Y., 2008, Underplating of mélange evidenced by the depositional ages: U–Pb dating of zircons from the Shimanto accretionary complex, southwest Japan. *Island Arc*, **17**, 376–393.
- Takagi, H. and Arai, H., 2003, Restoration of exotic terranes along the Median Tectonic Line, Japanese Islands: Overview. *Gondwana Res.*, **6**, 657–668.
- 竹内 誠 (Takeuchi, M.), 1986, 紀伊半島中央部、中・古生界砂岩中の碎屑性ザクロ石 (Detrital garnet in Paleozoic–Mesozoic sandstone from the central part of the Kii Peninsula). *地質雑誌 (Jour. Geol. Soc. Japan)*, **92**, 289–306.
- 竹内 誠 (Takeuchi, M.), 1996, 紀伊半島三波川帯・秩父帯・四万十帯の地質–奈良県吉野地域及び三重県橿田川地域– (Geology of the Sanbagawa, Chichibu and Shimanto Belts in the Kii Peninsula: Yoshino area in Nara prefecture and Kushidagawa area in Mie prefecture). *地調月報 (Bull. Geol. Surv. Japan)*, **47**, 223–244.
- 竹内 誠・大川真弘・川原健太郎・富田 覚・横田秀晴・常盤哲也・古川 竜太 (Takeuchi, M., Ohkawa, M., Kawahara, K., Tomita, S., Yokota, H., Tokiwa, T. and Furukawa, R.), 2015, ジルコン U–Pb 年代からみた富山県北東部白亜系陸成層の再定義 (Re-definition of the Cretaceous terrigenous strata in the north-eastern Toyama Prefecture based on U–Pb ages of zircon). *地質雑誌 (Jour. Geol. Soc. Japan)*, **121**, 1–17.
- 寺岡易司 (Teraoka, Y.), 1979, 砂岩組成からみた四万十地向斜堆積物の起源 (Provenance of the Shimanto geosynclinal sediments inferred from sandstone compositions). *地質雑誌 (Jour. Geol. Soc. Japan)*, **85**, 753–769.
- 寺岡易司・奥村公男 (Teraoka, Y. and Okumura, K.), 1992, 四万十帯北帯の構造区分と白亜系砂岩組成 (Tectonic division and Cretaceous sandstone compositions of the Northern Belt of the Shimanto Terrane, Southwest Japan). *地質学論集 (Mem. Geol. Soc. Japan)*, **38**, 261–270.
- 常盤哲也・竹内 誠・志村侑亮・太田明里・山本鋼志 (Tokiwa, T., Takeuchi, M., Shimura, Y., Ota, A. and Yamamoto, K.), 2016, 紀伊半島に分布する四万十帯凝灰質砂岩の碎屑性ジルコン U–Pb 年代とその意義 (U–Pb ages of detrital zircon from the tuffaceous sandstone of the Shimanto Belt in the Kii Peninsula). *地質雑誌 (Jour. Geol. Soc. Japan)*, **122**, 625–635.
- Tokiwa, T., Takeuchi, M., Shimura, Y., Shobu, K., Ota, A., Yamamoto, K. and Mori, H., 2017, Effectiveness for determination of depositional age by detrital zircon U–Pb age in the Cretaceous Shimanto accretionary complex of Japan. In Itoh, Y., ed., *Evolutionary Models of Convergent Margins – Origin of Their Diversity*. InTech, Rijeka (Croatia), p. Ch. 10.
- Wang, W., Liu, X., Zhao, Y., Zheng, G. and Chen, L., 2016, U–Pb zircon ages and Hf isotopic compositions of metasedimentary rocks from the Grove Subglacial Highlands, East Antarctica: Constraints on the provenance of protoliths and timing of sedimentation and metamorphism. *Precambrian Res.*, **275**, 135–150.
- Wiedenbeck, M., Allé, P., Corfu, F., Griffin, W. L., Meier, M., Oberli, F., ... Spiegel, W., 1995, Three natural zircon standards for U–Th–Pb, Lu–Hf, trace element and REE analyses. *Geostand. News*, **19**, 1–23.
- 山本俊哉・鈴木博之 (Yamamoto, T. and Suzuki, H.), 2012, 四万十帯北縁部に分布する花園付加コンプレックスの地質と放散虫化石–サントニアン–上部カンパニアン–の付加体– (Hanazono Accretionary Complex in the northern margin of the Shimanto Belt in the Kii Peninsula, Southwest Japan). *地団研専報 (Monogr. Assoc. Geol. Collab. Japan)*, **59**, 1–14.
- 大和地峯研究グループ (Yamato Omine Research Group), 1981, 紀伊山地中央部の中・古生界 (Paleozoic and Mesozoic Systems in the central area of the Kii mountains, Southwest Japan). *地団研第 35 回総会巡検案内書 (Excursion Guide, 35th Annu. Meet. Assoc. Geol. Collab. Japan)*, 88p.
- 大和地峯研究グループ (Yamato Omine Research Group), 1989, 紀伊山地中央部の中・古生界 (その 3)–御吉野地域– (Paleozoic and Mesozoic Systems in the central area of the Kii Mountains, Southwest Japan (Part 3)–Mesozoic of the Miyoshino district in Nara Prefecture–). *地球科学 (Earth Sci. (Chikyu Kagaku))*, **43**, 119–128.
- 大和地峯研究グループ (Yamato Omine Research Group), 1992, 紀伊山地中央部の中・古生界 (その 4)–高原川地域– (Mesozoic and Paleozoic Systems in the central area of the Kii mountains, Southwest Japan (Part 4)–Mesozoic of the Takaharagawa district in Nara Prefecture–). *地球科学 (Earth Sci. (Chikyu Kagaku))*, **46**, 185–198.
- 大和地峯研究グループ (Yamato Omine Research Group), 1994, 紀伊山地中央部の中・古生界 (その 5)–新子地域– (Mesozoic and Paleozoic Systems in the central area of the Kii Mountains, Southwest Japan (Part 5)–Mesozoic of the Atarashi district in Nara Prefecture–). *地球科学 (Earth Sci. (Chikyu Kagaku))*, **48**, 103–117.
- 大和地峯研究グループ (Yamato Omine Research Group), 1998, 紀伊山地中央部の中・古生界 (その 6)–辻堂地域– (Mesozoic and Paleozoic Systems in the central area of the Kii Mountains, Southwest Japan (Part 6)–Mesozoic of the Tsujido area in Nara Prefecture–). *地球科学 (Earth Sci. (Chikyu Kagaku))*, **52**, 275–291.
- 大和地峯研究グループ (Yamato Omine Research Group), 2005, 紀伊山地中央部の中・古生界 (その 9)–辻堂・大峯・台高・国見山地域の再検討– (Mesozoic and Paleozoic Systems in the central area of the Kii Mountains, Southwest Japan (Part 9)–Reexamination of the Tsujido, Omine, Daiko and Kunimiyama areas–). *地球科学 (Earth Sci. (Chikyu Kagaku))*, **59**, 287–300.
- 大和地峯研究グループ (Yamato Omine Research Group), 2012, 紀伊山地中央部の四万十帯 (Shimanto Terrane in the central area of the Kii Mountains, Southwest Japan). *地団研専報 (Monogr. Assoc. Geol. Collab. Japan)*, **59**, 15–23.
- Zhang, J., Zhang, B. and Zhao, H., 2016, Timing of amalgamation of the Alxa Block and the North China Block: Constraints based on detrital zircon U–Pb ages and sedimentologic and structural evidence. *Tectonophysics*, **668–669**, 65–81.
- 以下の図表は、オープンファイルとして学会ホームページ上で公開しています。 < <http://www.geosociety.jp/publication/content0006.html> >
- Appendix.** LA-ICP-MS U–Pb isotopic data. Rejected data are shown in gray color, and were not used in the probability density plots and histograms. ²⁰⁶Pbc: common ²⁰⁶Pb.

(著者プロフィール)

志村侑亮 信州大学総合理工学研究科地球学ユニット修士課程2年。16年 信州大学理学部卒。16年から現所属。研究内容：三波川帯、秩父帯、および四万十帯の構造発達史に関する研究。本研究では、地質調査・年代測定・総括・原稿執筆・編集委員会との対応を担当。E-mail: 16ss406e@shinshu-u.ac.jp

常盤哲也 信州大学学術研究院理学系助教。博士(理学)。07年 日本原子力研究開発機構研究員。14年から現職。研究内容：後期白亜紀の付加体形成史に関する研究および地下空間の利用に関する研究。本研究では、地質調査・年代測定・原稿執筆を担当。E-mail: tokiwa @shinshu-u.ac.jp, URL: www.shinshu-u.ac.jp/faculty/science/geol/.

竹内 誠 名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻教授。博士(理学)。88年 地質調査所(現産総研)研究員。95年 名古屋大学理学部助手。12年から現職。研究内容：碎屑物組成や年代に基づく後背地解析による変動帯テクトニクスの解明。特に北アルプス地域の5万分の1地質図幅調査を通して研究中。本研究では、年代測定・原稿執筆を担当。E-mail: takeuchi@eps.nagoya-u.ac.jp, URL: www.eps.nagoya-u.ac.jp/~teged/.

山本鋼志 名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻教授。博士(理学)。85年 神戸大学理学部助手。95年 名古屋大学理学部助教授。11年から現職。研究内容：内海域環境の環境評価、モンゴルウランバートル大気汚染物質の化学的特徴と起源などに関する研究。本研究では、年代測定を担当。E-mail: yamamoto@eps.nagoya-u.ac.jp, URL: http://www.eps.nagoya-u.ac.jp/~geochem/member/kyamamoto/

(要 旨)

志村侑亮・常盤哲也・竹内 誠・山本鋼志, 2017, 紀伊半島中央部に分布する四万十帯白亜系麦谷層の地質と碎屑性ジルコン U-Pb 年代. 地質雑, **123**, 925-937. (Shimura, Y., Tokiwa, T., Takeuchi, M. and Yamamoto, K., 2017, Geology and detrital zircon U-Pb age of the Cretaceous Mugitani Formation in the Shimanto Belt, central Kii Peninsula, Southwest Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **123**, 925-937.)

紀伊半島中央部に分布する四万十帯白亜系の構造的最上位の地層である麦谷層について、岩相分布、地質構造、および碎屑性ジルコン U-Pb 年代を明らかにした。本地域の麦谷層は、構造的上位から下位へ、泥岩、破断した砂岩泥岩互層、および混在岩を主とする伊豆尾ユニットと、泥岩を主とする狭戸ユニットに区分され、層理面は概ね西北西-東南東走向で、北に中角で傾斜する。麦谷層の3試料から得られた碎屑性ジルコン U-Pb 年代によると、最も若いジルコン粒子年代もしくは最も若いクラスター年代は 100~110 Ma を示し、後期白亜紀以降の年代を示すジルコンは1粒子も認められなかった。後期白亜紀に西南日本では活発な火成活動が生じていたことを考慮すると、麦谷層の堆積年代はアルビアン~セノマニアンであると推定される。麦谷層の最も若いジルコン粒子年代、最も若いクラスター年代、および年代構成は、アルビアン~セノマニアンに堆積した湯川層のジルコン年代の特徴とも一致する。

科学論文では、学説の検証可能性を保証することが重要です。そのため、地質学雑誌掲載論文には、重要な証拠となった試料がどこで得られたかを示しているものがあります。言うまでもないことですが、見学や採取を行う場合、各自の責任において地権者や関係官庁への連絡と許可の取得の必要があることにご注意下さい。詳しくは、以下のサイトをご覧ください。

<http://www.geosociety.jp/publication/content0073.html>

一般社団法人日本地質学会