報告

赤石山地中央部に分布する秩父帯付加体の碎屑性ジルコン U–Pb 年代

Detrital zircon U–Pb ages of the accretionary complex in the Chichibu Belt in the central part of the Akaishi Mountains, central Japan

杉本大志^{1†} 常盤哲也² 志村侑亮³

Taishi Sugimoto^{1†}, Tetsuya Tokiwa², and Yusuke Shimura³

2018年12月21日受付.

2019年7月16日受理.

¹ 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

² 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

³ 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

[†] 現所属: 株式会社建設技術研究所

Present Address: CTI Engineering Co., Ltd., Aoba, Sendai 980-0811, Japan

Corresponding author: T. Sugimoto,
tis-sugimoto@ctie.co.jp

Abstract: U–Pb dating of detrital zircons was undertaken for three sandstone samples of the accretionary complex in the Chichibu Belt, central Akaishi Mountains, central Japan. The youngest single-grain ages are 170.1 ± 2.3 Ma (1 σ), 158.2 ± 1.5 Ma, and 159.9 ± 4.2 Ma. The weighted-mean ages of the youngest clusters are 176.7 ± 1.2 Ma, 166.2 ± 1.3 Ma, and 163.7 ± 0.9 Ma. These youngest single-grain and cluster ages lie in the Toarcian to Kimmeridgian during the Jurassic. Therefore, the terrigenous clastic sediments of the accretionary complex in the Chichibu Belt in this area were deposited in the Toarcian or later.

Keywords: U–Pb age, zircon, Chichibu Belt, Akaishi Mountains

はじめに

長野県、山梨県、および静岡県の県境に位置し、3000 m 級の山々からなる赤石山地に分布する秩父帯付加体は、西側の戸台構造線と、東側の仏像構造線との間に北北東–南南西方向に伸びており、北端を糸魚川–静岡構造線により切られ、南端を赤石構造線により切られている (Fig. 1; Kano and Matsushima, 1988; 山田ほか, 1990; 尾崎ほか, 2002; 牧本ほか, 2004). この秩父帯付加体については、本地質体

Fig. 1. Generalized geological map of the accretionary complex in the Chichibu Belt, Akaishi Mountains (modified from Kano and Matsushima, 1988; Yamada et al., 1990; Ozaki et al., 2002; Makimoto et al., 2004).

南部にあたる遠山川流域で多くの泥岩および珪質泥岩から放散虫化石が報告されているが (村松, 1995, 1999, 2001), それ以外では北部にあたる三峰川流域にて泥岩から1地点のみ報告がされているだけであり (金本・大塚, 2000), 遠山川から三峰川にかけての南北約30 kmにわたって年代に関する情報がない。

近年レーザー・アブレーション誘導結合プラズマ質量分析

Fig. 2. Geological map showing the sampling locations in the accretionary complex in the Chichibu Belt (modified from Ozaki et al., 2002).

装置(LA-ICP-MS)を用いた碎屑性ジルコンのU-Pb年代測定が盛んに行われるようになり、陸源碎屑岩の堆積年代の制約に大きく貢献している(例えば, Aoki et al., 2007; 竹内ほか, 2017; 常盤ほか 2018)。そこで本研究では、赤石山地中央部に分布する秩父帯付加体の3地点から砂岩の碎屑性ジルコンU-Pb年代を測定し、陸源碎屑岩の堆積年代の制約を行った。その結果、本地域に分布する秩父帯付加体の陸源碎屑岩の堆積年代に資する情報や、供給源の変遷を考える上で重要なジルコンの年代構成の情報を得たので、以下に報告する。

地質概説および試料採取地点

赤石山地の秩父帯付加体は、赤石山地の西側に幅6–8 kmにて、北北東–南南西方向に狭く分布しており、西限では戸台構造線を介して三波川変成岩類と、東限では仏像構造線を介して四万十帯付加体と接する(Kano and Matsushima, 1988; 山田ほか, 1990; 尾崎ほか, 2002; 牧本ほか, 2004)。本地質体は、チャート、石灰岩、および陸源碎屑岩からなり、玄武岩類を伴い、地層の一部が混在相となっている(河内ほか, 1983; 牧本ほか, 1996)。また本地質体は、北北東–南南西走向で、西もしくは東に中角から高角で傾斜する構造を有している(尾崎ほか, 2002)。年代については、本地質体の分布域南部の遠山川流域において泥質混在岩の基質をなす泥質岩よりバジジョシアン期～チトニアン期を示す放散虫化石(村松, 1995, 1999, 2001)、および分布域北部の三峰川流域において泥岩よりバジジョシアン期～バトニアン期を示す放散虫化石が報告されている(金本・大塚, 2000)。

本研究対象は赤石山地中央部の奥茶白山周辺地域に分布する秩父帯付加体であり、長野県下伊那郡大鹿村の青木川

流域から飯田市上村の北又沢流域にかけての3地点(試料名: Chi-01～Chi-03)より砂岩の採取を行った(Fig. 2)。試料 Chi-01 は、青木川上流域にある青木林道の地獄谷沢付近に分布する砂岩泥岩互層中の層厚約2 mの砂岩(35°28'34.2"N, 138°02'59.52"E)であり、露頭幅は10 m以上である。試料 Chi-02 は、青木川最上流部の奥茶白山山頂付近にある砂岩泥岩互層中の層厚約3 mの砂岩(35°29'18.39"N, 138°04'00.53"E)であり、露頭幅は約5 mである。試料 Chi-03 は、北又沢流域にある遠山本谷林道の岩本沢付近に分布する層厚10 m以上の厚層理砂岩(35°27'37.65"N, 138°03'42.08"E)であり、露頭幅は10 m以上である。採取した砂岩は、いずれも中粒砂～粗粒砂よりなる石質ワッケであり、主に石英、火山岩片および長石からなり、ジルコンなどの重鉱物をまれに含む(Fig. 3)。

U-Pb年代測定法

ジルコンの分離および研磨は、竹内ほか(2015)に従って行った。その後、信州大学理学部の走査型電子顕微鏡(JSM-6510 with MiniCL. Gatan, Inc.)を用いて、ジルコンのカソードルミネッセンス像(CL像)の撮影を行い、結晶内の構造、割れ目、および包有物の有無の確認を行った(Fig. 4)。

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 7700 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, プレ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 である。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(²³⁸U–²⁰⁶Pb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。規格における標準ガラス NIST SRM610 の²⁰⁶Pb/²³⁸U比の変動幅は0.2179～0.2250であり、Horn and von Blanckenburg(2007)により報告された文献値(0.2236)との違いは2.6 %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²⁰⁶Pb/²³⁸U, ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb, および²⁰⁸Pb/²³²Th比の繰り返し再現性(%2SD)はそれぞれ1.0～4.8%(平均2.5%), 1.0～4.5%(平均2.1%), 0.6～4.9%(平均2.0%)で、これを外部誤差として年代誤差に伝搬させた。また、年代値の確度保証のため、二次スタンダードとしてPlešovice ジルコン(²³⁸U–²⁰⁶Pb年代= 337.13 $\pm$ 0.37 Ma: Sláma et al., 2008)の測定を行った。

測定数については、Chi-01では157粒子、160スポット、Chi-02では160粒子、160スポット、またChi-03では155粒子、160スポットを行った。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。次に、既存研究に基づき(例えば, Cao et al., 2015; Wang et al., 2016; Zhang et al.,

Fig. 3. Photographs (a–c) and photomicrographs (d–f; cross-polarized light) of sandstones in the study area. (a, d) Sandstone of sample Chi-01. (b, e) Sandstone of sample Chi-02. (c, f) Sandstone of sample Chi-03.

Fig. 4. Cathodoluminescence images of Jurassic zircons (a–c) and Precambrian zircon (d). (a) Grain number Chi-01-023. (b) Grain number Chi-02-006. (c) Grain number Chi-03-015. (d) Grain number Chi-01-013. The ages are ^{238}U – ^{206}Pb ages (Ma). All errors are 1σ .

2016), $90 < 100 \times (^{238}\text{U}$ – ^{206}Pb 年代 / ^{235}U – ^{207}Pb 年代) < 110 となる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採用し, Isoplot/Ex 4.15 (Ludwig, 2012) を用いて相対確率分布図およびヒストグラムを図示した (Fig. 5). なお, 本研究における年代は, 対象がジュラ紀付加体であることを考慮し, ^{235}U – ^{207}Pb 年代よりも誤差の小さい ^{238}U – ^{206}Pb 年代を用いた. 年代誤差については 1σ で示し, 地質年代については Ogg et al. (2016) に従った. また, 本研究では, 堆積年代の制約に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) の $\text{YC}1\sigma$ に従い, 1σ の誤差で重複する最も若いクラスター年代 (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.

碎屑性ジルコン年代

Chi-01 では, 135 スポットよりコンコダントなデータを得た. 最も若いジルコン粒子年代は 170.1 ± 2.3 Ma で, 最も若いクラスター年代は 176.7 ± 1.2 Ma ($n = 3$, MSWD

$= 0.37$) である (Fig. 6). これらの年代は誤差範囲で重複しておらず, 少なくとも 3.1 Myr の差がある. ジルコン年代構成については, 約 253 Ma に相対確率分布が示す最も大きなピークが認められ, ペルム紀～ジュラ紀が 44.4%, 先カンブリア時代が 54.1% を占める.

Chi-02 では, 133 スポットにおいてコンコダントなデータを得た. 最も若いジルコン粒子年代は 158.2 ± 1.5 Ma で, 最も若いクラスター年代は 166.2 ± 1.3 Ma ($n = 4$, MSWD = 0.17) であり, これらの年代は誤差範囲で重複しておらず, 少なくとも 5.2 Myr の差がある. 年代構成は, 約 187 Ma に相対確率分布が示す最も大きなピークが認められ, ペルム紀～ジュラ紀が 54.1%, 先カンブリア時代が 44.4% を占める.

Chi-03 では, 140 スポットよりコンコダントなデータを得られた. 最も若いジルコン粒子年代と最も若いクラスター年代は, それぞれ 159.9 ± 4.2 Ma と 163.7 ± 0.9 Ma ($n = 11$, MSWD = 0.72) であり, これらの年代は誤差範囲で重複し, Chi-03 と Chi-02 の最も若いジルコン粒子年

Fig. 5. Histogram and probability density plot of age data for each sample. Left and right columns show all concordant data and 500–0 Ma concordant data, respectively. The ages are ^{238}U - ^{206}Pb ages (Ma).

代どうしも誤差範囲が重複する。年代構成については、173 Maに相対確率分布が示す最も大きなピークが認められ、ペルム紀～ジュラ紀が45.7%、先カンブリア時代が53.6%を占める。

CL像においては、Chi-01～03のいずれの試料も、ジルコン粒子のほとんどがオシラトリー累帯構造を示す(Fig. 4a-c)。また、ペルム紀～ジュラ紀のジルコン粒子は自形で無色であるのに対して、先カンブリア時代を示すジルコン粒子は円磨されており、無色だけでなく紫色を呈する場合がある(Fig. 4d)。

最も若いジルコン粒子年代に関しては、Chi-02とChi-03では誤差範囲で重複するが、Chi-01ではChi-02とChi-03のいずれとも誤差範囲での重複はなく、それぞれ少なくとも8.1 Myrと3.7 Myrの差がある。また、最も若い

クラスター年代に関しては、Chi-01、Chi-02、およびChi-03のいずれも誤差範囲での重複はなく、Chi-01はChi-02およびChi-03とそれぞれ少なくとも8.0 Myrおよび10.9 Myr、Chi-02はChi-03と少なくとも0.3 Myrの差がある。これら最も若いジルコン粒子年代および最も若いクラスターの年代がトアルシアン期～キンメリジアン期(183.7～152.1 Ma)に相当することは、今回研究対象とした秩父帯付加体の砂岩3試料がトアルシアン期以降に堆積したことを示す。また、本地質体については、その分布域南部でバジジョシアン期～チトニアン期(170.3～145.0 Ma)の放散虫化石が(村松, 1995, 1999, 2001)、分布域北部でバジジョシアン期～パトニアン期(170.3～166.1 Ma)を示す放散虫化石が得られている(金本・大塚, 2000)。これらの放散虫化石年代と今回得られたジルコン年代を比較すると、

Fig. 6. Summary of the age distribution showing U-Pb and radiolarian ages. The radiolarian ages are based on Muramatsu (1995, 1999, 2001) and Kanemoto and Otsuka (2000). All errors are quoted as 1σ . YSG = youngest single grain age; YC1 σ = weighted-mean age of the youngest cluster of two or more grains that overlap in age at 1σ (Dickinson and Gehrels, 2009).

Chi-02 および Chi-03 は最も若いジルコン粒子年代と最も若いクラスター年代のいずれも放散虫化石年代の時代範囲に収まる。一方、Chi-01 に関しては最も若いジルコン粒子年代は誤差範囲で放散虫化石年代と重複するが、最も若いクラスター年代では放散虫化石年代より古い年代である。

ま と め

年代データに乏しい赤石山地の秩父帯付加体を対象とし、その分布域中央部の3地点において砂岩から得られた碎屑性ジルコンのU-Pb年代測定を行った。その結果、最も若いジルコン粒子年代は 170.1 ± 2.3 Ma, 158.2 ± 1.5 Ma, および 159.9 ± 4.2 Ma であり、最も若いクラスターの加重平均年代は 176.7 ± 1.2 Ma, 166.2 ± 1.3 Ma, および 163.7 ± 0.9 Ma であった。この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がジュラ紀トアルシアン期からキンメリジアン期に相当することは、今回研究対象とした秩父帯付加体の砂岩3試料の陸源性碎屑物はトアルシアン期以降に堆積したことを示す。

謝 辞

本研究で行ったジルコンU-Pb年代測定については、名古屋大学大学院の竹内 誠教授、山本鋼志教授、および菅浦 歩氏にご助力いただいた。また、国有林での調査については南信森林管理署、村有林での調査については大鹿村、市有林での調査については飯田市の許可を得て行った。これらの許可申請については、信州大学の唐澤真希子氏らにご尽力いただいた。また、担当編集委員の末岡 茂博士(日本原子力

研究開発機構)、査読者の内野隆之博士(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。以上の方々に深くお礼申し上げます。

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. *J. 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.
- 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. *Spectrochim. Acta*, **B-62**, 410–422.
- 金本高明・大塚 勉, 2000, 赤石山地北部の秩父帯から産出したジュラ紀中世放散虫化石群集. 信州大学理学部紀要, **35**, 69–78. [Kanemoto, T. and Otsuka, T., 2000, Middle Jurassic radiolarian fossils from the Chichibu Belt in the northern Akaishi Mountains, Nagano Prefecture, central Japan. *J. Fac. Sci. Shinshu Univ.*, **35**, 69–78.]
- Kano, K. and Matsushima, N., 1988, The Shimanto Belt in the Akaishi Mountains, eastern part of the southwest Japan. *Mod. Geol.*, **12**, 97–126.
- 河内洋佑・湯浅真人・片田正人, 1983, 市野瀬地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 70p. [Kawachi, Y., Yuasa, M. and Katada, M., 1983, *Geology of the Ichinose District, Quadrangle Series 1: 50,000*, Geol. Surv. Japan, 70p.]
- 高地吉一・折橋裕二・小原北士・藤本辰弥・春田泰宏・山本鋼志, 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. 地球化学, **49**, 19–35. [Kouchi, Y., Orihashi, Y., Obara, H., Fujimoto, T., Haruta, Y. and Yamamoto, K., 2015, 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. *Chikyukagaku(Geochemistry)*, **49**, 19–35.]
- Ludwig, K. R., 2012, Isoplot 3.75: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. *Berkeley Geochronology Center Special Publication*, **5**, 75p.
- 牧本 博・高木秀雄・宮地良典・中野 俊・加藤碩一・吉岡敏和, 1996, 高遠地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 114p. [Makimoto, H., Takagi, H., Miyachi, Y., Nakano, S., Kato, H. and Yoshioka, T., 1996, *Geology of the Takato District, Quadrangle Series 1: 50,000*, Geol. Surv. Japan, 114p.]
- 牧本 博・山田直利・水野清秀・高田 亮・駒沢正夫・須藤定久, 2004, 20万分の1地質図幅「豊橋及び伊良湖岬」地域. 産総研地質調査総合センター. [Makimoto, H., Yamada, N., Mizuno, K., Takada, A., Komazawa, M. and Sudo, S., 2004, *Geological Map of Japan 1: 200,000, Toyohashi and Irigaki Misaki*. Geol. Surv. Japan, AIST]
- 村松 武, 1995, 赤石山地南部, 遠山川地域の放散虫化石-微化石データベース構築にむけて1-. 飯田市美術館研究紀要, **5**, 113–132. [Muramatsu, T., 1995, Radiolarians from the Toyama River area in the southern Akaishi Mountains, central Japan: for the construction of the Microfossil Database(part

- 1). *Bull. Iida City Mus.*, **5**, 113–132.]
- 村松 武, 1999, 赤石山地南部, 梶谷川流域から産した放散虫化石—微化石データベース構築にむけて 5—. 飯田市美術博物館研究紀要, **9**, 207–218. [Muramatsu, T., 1999, Radiolarian fossils from the Kajiya valley in the southern Akaishi Mountains, central Japan: for the construction of the Microfossil Database (part 5). *Bull. Iida City Mus.*, **9**, 207–218.]
- 村松 武, 2001, 赤石構造帯最北部の秩父帯の地質と放散虫化石—微化石データベース構築にむけて 6—. 飯田市美術博物館研究紀要, **11**, 65–78. [Muramatsu, T., 2001, Geology and Radiolarian fossils from the Chichibu Belt in the northern Akaishi Tectonic Zone, central Japan: for the construction of the Microfossil Database (part 6). *Bull. Iida City Mus.*, **11**, 65–78.]
- Ogg, J. G., Ogg, G. and Gradstein, F. M., 2016, *A Concise Geologic Time Scale: 2016*. Elsevier, Amsterdam, 234p.
- 尾崎正紀・牧本 博・杉山雄一・三村弘二・酒井 彰・久保和也……須藤久, 2002, 20 万分の 1 地質図幅「甲府」地域. 産総研地質調査総合センター. [Ozaki, M., Makimoto, H., Sugiyama, Y., Mimura, K., Sakai, A., Kubo, K., Sudo, S., 2002, *Geological Map of Japan 1: 200, 000, Kofu*. Geol. Surv. Japan, AIST]
- Sláma, J., Košler, J., Condon, D. J., Crowley, J. L., Gerdes, A., Hanchar, J. M., Whitehouse, M. J., 2008, Plešovice zircon—A new natural reference material for U–Pb and Hf isotopic microanalysis. *Chem. Geol.*, **249**, 1–35.
- 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, 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. 地質雑, **121**, 1–17. [Takeuchi, M., Ohkawa, M., Kawahara, K., Tomita, S., Yokota, H., Tokiwa, T. and Furukawa, R., 2015, Redefinition of the Cretaceous terrigenous strata in the northeastern Toyama Prefecture based on U–Pb ages of zircon. *J. Geol. Soc. Japan*, **121**, 1–17.]
- 竹内 誠・常盤哲也・熊崎直樹・横田秀晴・山本鋼志, 2017, ジルコン U–Pb 年代からみた下部ジュラ系来馬層群の堆積年代. 地質雑, **123**, 335–350. [Takeuchi, M., Tokiwa, T., Kumazaki, N., Yokota, H., and Yamamoto, K., 2017, Depositional age of the Lower Jurassic Kuruma Group based on zircon U–Pb age. *J. Geol. Soc. Japan*, **123**, 335–350.]
- 常盤哲也・市谷和也・志村侑亮・竹内 誠・山本鋼志, 2018, 赤石山地四万十帯白亜系赤石層群から得られた碎屑性ジルコン U–Pb 年代. 地質雑, **124**, 539–544. [Tokiwa, T., Ichitani, K., Shimura, Y., Takeuchi, M., and Yamamoto, K., 2018, Detrital zircon U–Pb ages of the Cretaceous Akaishi Group in the Shikanto Belt, Akaishi Mountains. *J. Geol. Soc. Japan*, **124**, 539–544.]
- 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., Alle, 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. Newsl.*, **19**, 1–23.
- 山田直利・脇田浩二・広島俊男・駒沢正夫, 1990, 20 万分の 1 地質図幅「飯田」地域(第 2 版). 地質調査所. [Yamada, N., Wakita, K., Hiroshima, T. and Komazawa, M., 1990, *Geological Map of Japan 1: 200, 000, Iida (2nd Ed)*. Geol. Surv. Japan]
- 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. *Tectono physics*, **668–669**, 65–81.

以下の Appendix 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 1–5. LA-ICP-MS U–Pb isotopic data. Analyses shown in italics are discordant data. All errors are quoted as 1σ .

(執筆分担)

杉本大志 総括・試料採取・年代測定・原稿執筆を担当
 常盤哲也 年代測定・原稿執筆を担当
 志村侑亮 年代測定を担当

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