

Online ISSN : 2186-490X
Print ISSN : 1346-4272

地質調査研究報告

BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Vol. 70 No. 4 2019



 産総研 地質調査総合センター

令和元年

論文

- 秋田県角館町東方, 奥羽脊梁山脈に分布する真昼川層の年代
細井 淳・工藤 崇・岩野英樹・檀原 徹・平田岳史 315

資料・解説

- 1946年南海地震前に紀伊半島沿岸部で目撃された井戸水や海水位などの変化
梅田康弘・板場智史 327

表紙の写真

新第三紀真昼川層からなる薬師岳及びその周辺の山地

角館地域の奥羽脊梁山脈は主に新第三系の真昼川層から構成される。奥羽脊梁山脈中軸部の新第三系は深い谷をよく形成するが、角館地域でも真昼川層が深く削られて、急峻な谷が形成されている(写真)。真昼川層は変質した火山岩を主体とし、年代指標データがほとんど得られていなかった地層である。写真中央部の雲の奥には鳥海山が見える。

(写真・文：細井 淳)

Cover Photograph

Mt. Yakushidake and surrounding mountains composed of the Neogene Mahirugawa Formation

The Neogene Mahirugawa Formation is widely distributed over the Ou Backbone Range in the Kakunodate district. The Neogene formations in the central Ou Backbone Range tend to form deep eroded valleys, which are also seen in the Mahirugawa Formation in the Kakunodate district (see the photo). Little information has been obtained about the age of the Mahirugawa Formation because it mainly consists of altered volcanic rocks. The peak in the distance is Mt. Chokai.

(Photograph and Caption by Jun Hosoi)

秋田県角館町東方, 奥羽脊梁山脈に分布する真昼川層の年代

細井 淳^{1,*}・工藤 崇¹・岩野 英樹²・檀原 徹²・平田 岳史³

Jun Hosoi, Takashi Kudo, Hideki Iwano, Tohru Danhara and Takafumi Hirata (2019) The age of the Mahirugawa Formation distributed in the Ou Backbone Range, the east of Kakunodate Town, Akita Prefecture, northeast Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 70 (4), p.315–326, 6 figs, 2 tables, 2 appendices.

Abstract: The Miocene strata widely distributed in the Ou Backbone Range on the east of the Kakunodate Town are mainly composed of volcanic rocks, whose geochronological data are very few. In this study, we conducted U-Pb and FT double dating of zircons obtained from the lower and upper part of the Miocene Mahirugawa Formation. The lower Mahirugawa Formation is dated at 13.2 ± 0.6 Ma and the upper is dated at 13.7 ± 0.3 Ma. The result shows that the boundary age of the Mahirugawa Formation and the younger Uchizawagawa Formation is ca. 14–13 Ma. Judging from their age and lithofacies, they seem to be correlated with the Nishikurosawa Formation in the standard stratigraphic succession in the Akita area.

Keywords: Miocene, fission-track dating, U-Pb dating, zircon, Ou Backbone Range, Mahirugawa Formation, Kakunodate, northeast Japan

要 旨

秋田県角館町東方の奥羽脊梁山脈には, 火山岩を主体とした中新統が広く分布するが, それらから年代指標データはほとんど得られていない. 本論では中新統のうち, 真昼川層の下部と上部から試料を採取し, 同一ジルコンを用いたU-Pb・FTダブル年代測定を行った. その結果, 下部からは 13.2 ± 0.6 Ma, 上部からは 13.7 ± 0.3 MaのU-Pb年代値が得られた. 真昼川層と上位の内沢川層との境界は14~13 Ma頃である. 年代測定結果と真昼川層及び上位の内沢川層の岩相から, 両層ともに秋田地域標準層序の西黒沢層に対比されると考えられる.

1. はじめに

東北日本には, 古第三紀~新第三紀中期中新世の火山岩を主体とした地層, いわゆるグリーンタフが広域に分布する. グリーンタフは日本海拡大期の地層である. 日本海拡大期の地質構造発達史を考察するためには, まず, 各地で精確な年代に基づくグリーンタフの層序を構築する必要がある. その層序を広域的に対比することで, はじめて日本海拡大に伴った広域的な3次元の島弧変遷史

を構築することが可能になる. 1990年頃には当時の最新の層序対比を基に, 日本海拡大期の地質構造発達史が考察された(例えば, 天野・佐藤, 1989; Sato and Amano, 1991). 近年では, 鹿野(2018)が各地の最新の層序をまとめ, それを基に日本海拡大期の地質構造発達史を検討している.

グリーンタフは続成作用や変質作用を被り, かつ火山岩を主体としているため, 微化石による年代決定が難しい. 古くから岩相層序が構築されてきたものの, その年代については曖昧なものが多い. 近年, グリーンタフの年代決定には, U-Pb年代測定が有用であることが示されている(例えば, 星ほか, 2016; 細井ほか, 2018). 近年の放射年代測定技術を用いれば, これまで精確に求められなかったグリーンタフの年代を求めることが可能となる.

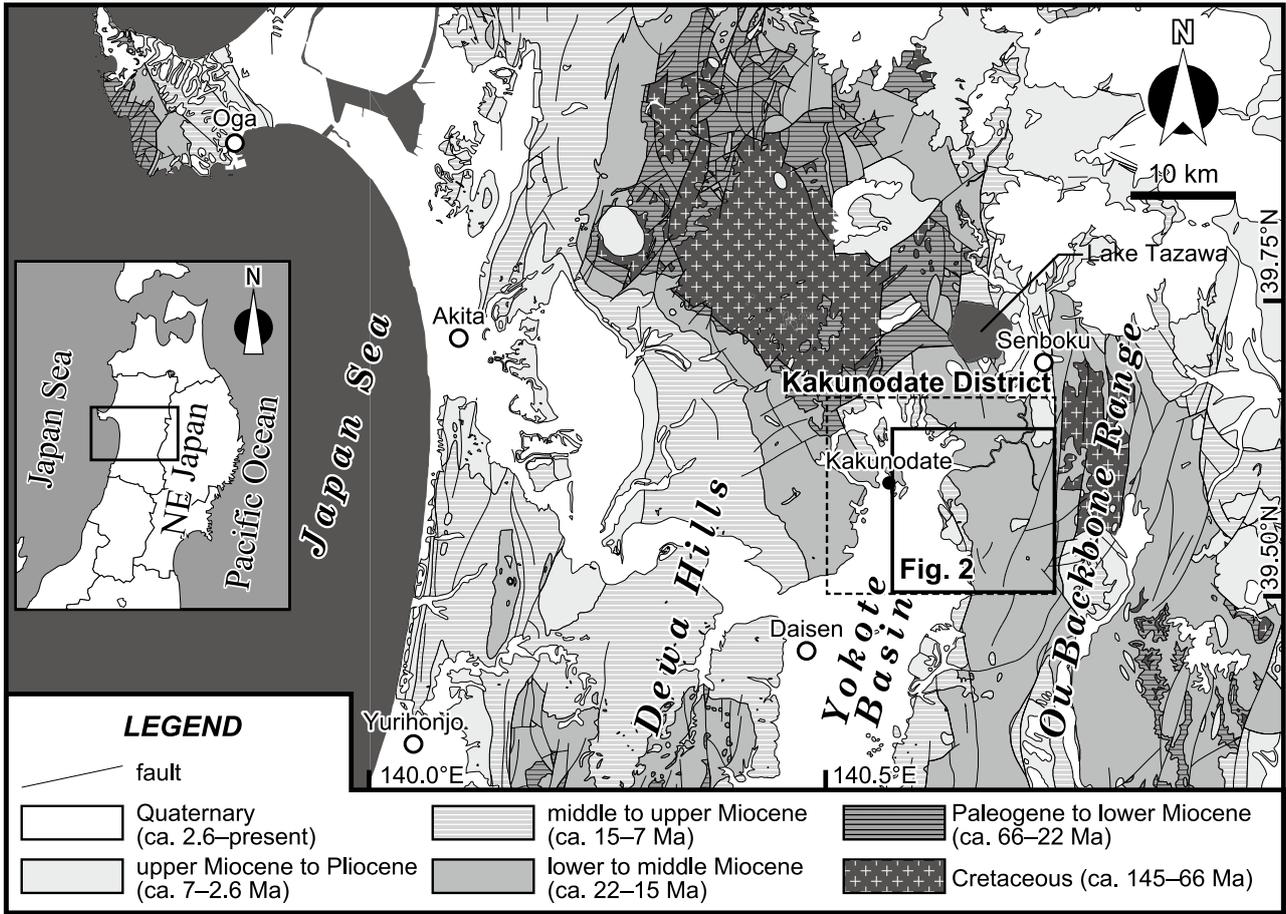
産業技術総合研究所地質調査総合センターでは, 現在, 5万分の1地質図幅「角館」の整備を進めている. その範囲内には, いわゆるグリーンタフと呼ばれる中新統が広く分布する(第1図). そのうち, 奥羽脊梁山脈に分布する中新統は下位から順に八滝沢層, 真昼川層, 内沢川層, 真木層に区分され(第2図), 八滝沢層と真昼川層は不整合関係, その他は整合な関係とされている(臼田ほ

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)

² 株式会社京都フィッション・トラック (Kyoto Fission-Track Co., Ltd., Minamitajiricho 44-4, Omiya, Kita-ku, Kyoto 603-8832, Japan)

³ 東京大学大学院理学系研究科附属地殻化学実験施設 (Geochemical Research Center, The University of Tokyo, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033 Japan)

* Corresponding author: J. Hosoi, Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki, 305-8567 Japan, E-mail: j.hosoi@aist.go.jp



第1図 秋田県中央部付近の地質図(脇田ほか, 2009を一部修正). 破線は5万分の1地質図幅「角館」の範囲を示す.

Fig. 1 Simplified geological map of the central part of Akita Prefecture, northeast Japan (after Wakita *et al.*, 2009). Dotted square shows the Kakunodate District of 1:50,000 scale quadrangle series.

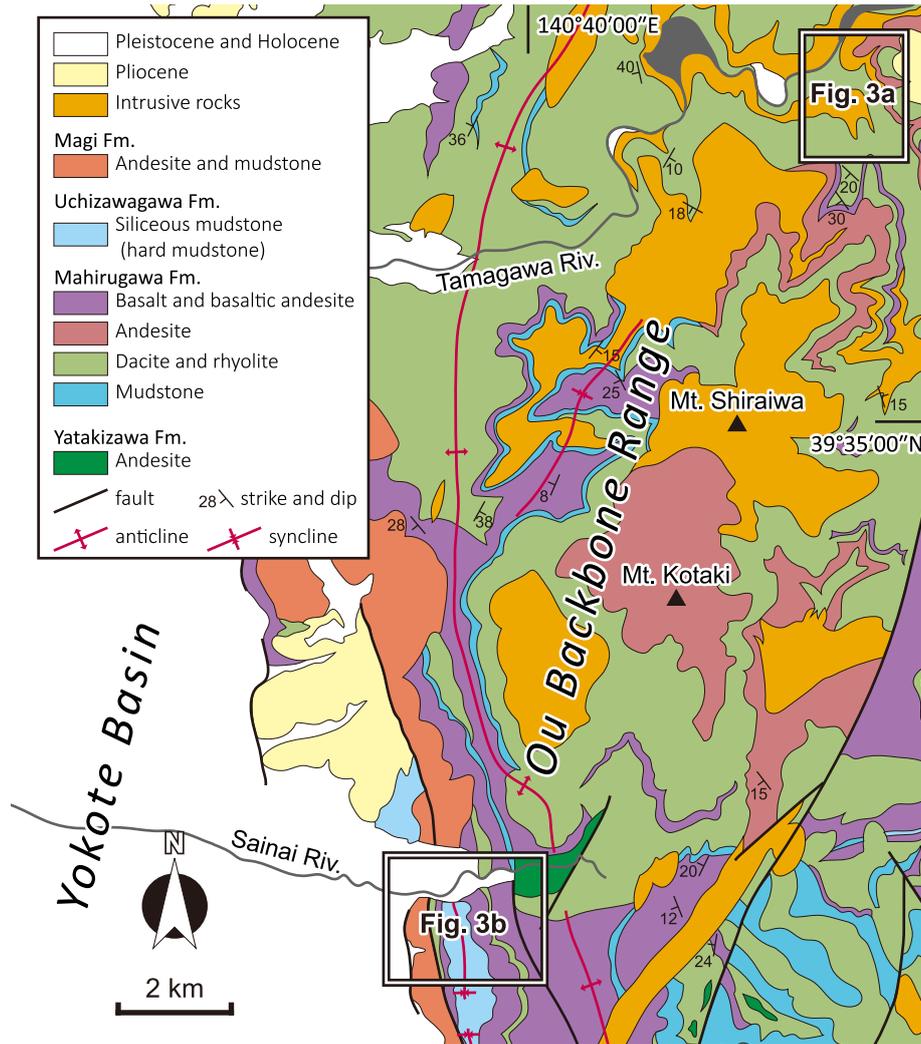
か, 1980). 臼田ほか(1980)はこれらを西隣の刈和野地域の層序と対比し, 男鹿半島や秋田市周辺の層序を基に構築された秋田地域標準層序(例えば, 池辺, 1962; 佐賀, 1992)との対応関係については, 岩相の類似から八滝沢層が門前層に, 真昼川層が西黒沢層に, 内沢川層が女川層に, そして真木層が船川層に対比されると考えた. このうち西黒沢層と女川層の境界は, 背弧域の火山活動終了と珪質泥岩の堆積開始時期にほぼ相当し, 日本海拡大~拡大後の地質構造発達史を検討する上で重要な地層境界である. しかし, 奥羽脊梁山脈の中新統は年代データが乏しく, 各地層そのものの年代が不明確である. 秋田地域標準層序との対比には, 岩相のみならず, 年代データも含めて検討する必要がある.

そこで今回, 真昼川層の年代を明らかにすることを目的として, U-Pb, FT(フィッシュョン・トラック)年代測定を実施した. 本論では, その結果を報告するとともに, 真昼川層の年代を推定し, 真昼川層の年代と岩相から秋田地域標準層序との対比を検討する.

2. 年代測定試料採取地周辺の地質

年代測定試料採取地付近の中新統は, 下位より八滝沢層, 真昼川層, 内沢川層, 真木層から構成される(第2図). 本論で年代測定対象とした真昼川層は, 玄武岩~流紋岩に及ぶ幅広い組成の火山岩を主体とし(第2図). 砂岩や泥岩を挟在する. 内沢川層は珪質泥岩(臼田ほか, 1980は硬質泥岩と記載)を主体とし, 厚さ数cmの細粒凝灰岩薄層をわずかに挟む(臼田ほか, 1980). 内沢川層は真昼川層を整合に覆う.

本研究では, 5万分の1地質図幅「角館」を整備する中で得た真昼川層の層厚と分布などのデータと先行研究のデータ(臼田ほか, 1980)を踏まえて, 調査地域に露出する真昼川層のなるべく下部(夏瀬ダム南の小玉沢周辺)と上部(齊内川南の奥羽脊梁山脈西縁)から試料を採取し, 年代測定を行った. それぞれの地点のルートマップを第3図に示し, 以下にその概要を記す.



第2図 角館町東方，奥羽脊梁山脈の地質図（臼田ほか，1980と秋田県，1989を一部修正）。

Fig. 2 Geological map of the Ou Backbone Range to the east of Kakunodate Town (partly modified from the geological map of Usuda *et al.*, 1980 and Akita Prefecture, 1989).

2.1 夏瀬ダム南(真昼川層下部)

この地域では，斑状安山岩溶岩及び同質火山砕屑岩 (pa)，多源礫火山砕屑岩 (vc)，凝灰質砂岩～泥岩 (sm)，デイサイト～流紋岩火山砕屑岩 (dr2) が分布し，これらを玄武岩～安山岩及びドレライト貫入岩 (ir) とデイサイト～流紋岩貫入岩 (dr1) が貫く (第3図a)。概略的には，安山岩溶岩及び同質火山砕屑岩，多源礫火山砕屑岩，凝灰質砂岩が互層して分布し，それらを珪長質火山砕屑岩が被覆する (第3図a)。

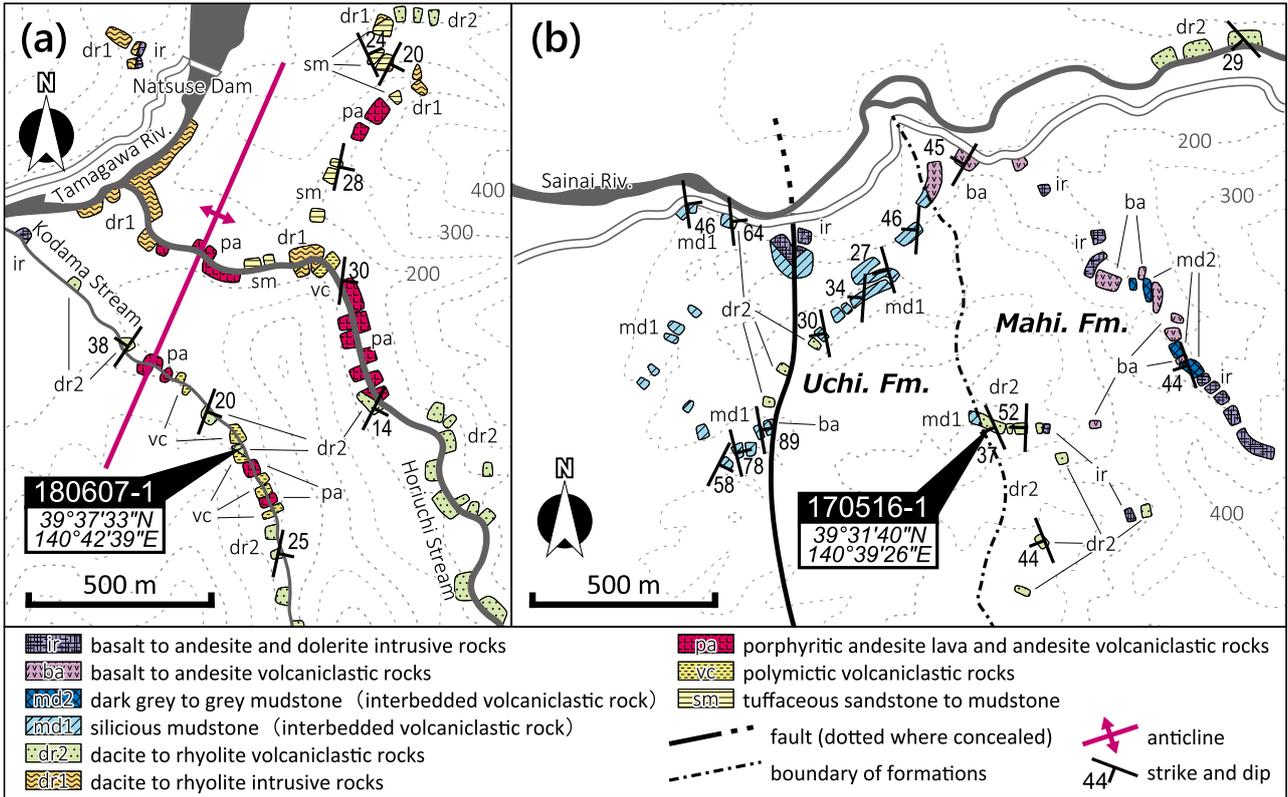
いずれの岩相も強い変質を被っている。そのため，安山岩溶岩の斑晶は苦鉄質鉱物，珪長質鉱物問わず，緑泥石やイライト，スメクタイト等の粘土鉱物に置換されている。緑れん石が認められるものもある。斑状安山岩溶岩及び同質火山砕屑岩 (pa) と多源礫火山砕屑岩 (vc) は共

に濃緑色を呈し強固に固結するため，岩相境界の識別が困難な箇所が多い。

年代測定試料 (180607-1) は，多源礫火山砕屑岩 (vc) に挟まれる厚さ約2 mの珪長質細粒凝灰岩 (dr2) から採取した。採取地点では珪長質凝灰岩の直上に多源礫火山砕屑岩 (vc) が重なる。珪長質凝灰岩は薄灰色を呈し，塊状または一部に成層構造が発達し，生物擾乱が認められる (第4図A)。

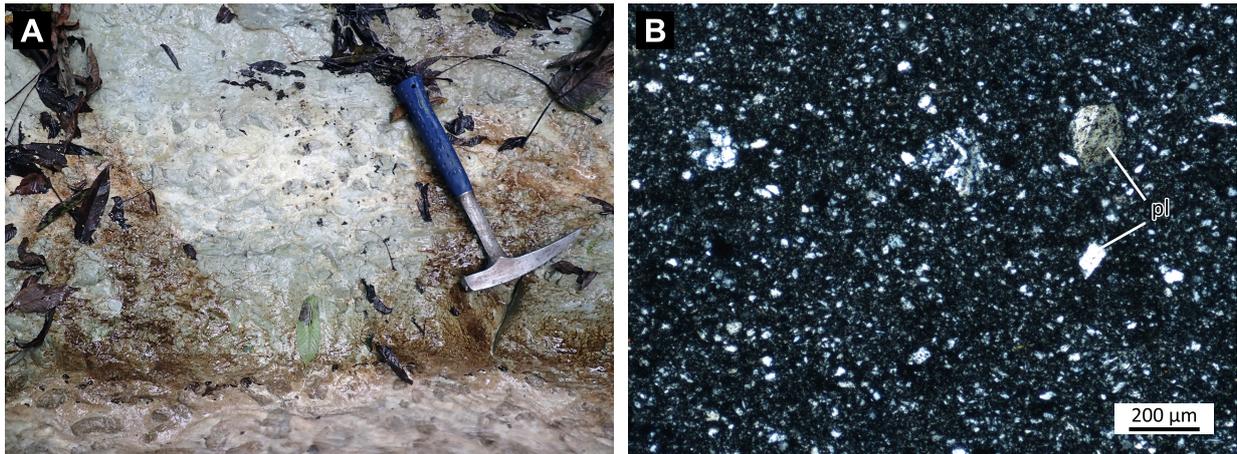
2.2 齊内川南の奥羽脊梁山脈西縁(真昼川層上部)

この地域には，真昼川層と内沢川層が分布する。南北性の断層付近を境に地層の傾きが変わるものの，東側に分布する真昼川層を西側に分布する内沢川層が整合に被覆する。この地域の真昼川層は，デイサイト～流紋岩火



第3図 年代測定用試料採取地付近のルートマップ。破線は真昼川層と内沢川層の境界を示す。(a) 夏瀬ダム南, (b) 齊内川南の奥羽脊梁山脈西縁部。Mahi. Fm.: 真昼川層, Uchi. Fm.: 内沢川層。

Fig. 3 Route maps around the sampling sites for dating. Dotted line shows the boundary between the Mahirugawa and the Uchizawagawa formations. (a) Area of the south of Natsuse Dam, (b) Area of the western part of Ou Backbone Range to the south of Sainai River. Mahi. Fm.: Mahirugawa Formation, Uchi. Fm.: Uchizawagawa Formation.



第4図 (A) 試料180607-1を採取した露頭写真, (B) 試料170516-1の薄片写真。pl: 斜長石。

Fig. 4 (A) Photograph of the outcrop where the sample 180607-1 was collected, (B) microphotograph of the sample 170516-1 under cross polarized light. pl: plagioclase.

山碎屑岩(dr2)と玄武岩～安山岩火山碎屑岩(ba)，暗灰色～灰色泥岩(md2)の互層からなる。内沢川層は珪質泥岩(md1)を主体とし，一部にデイサイト～流紋岩火山碎屑岩(dr2)と玄武岩～安山岩火山碎屑岩(ba)を挟む。玄武岩～安山岩及びドレライト貫入岩(ir)はこれらを貫く。

年代測定試料(170516-1)として，内沢川層・真昼川層境界から約10～20 m下位の真昼川層の成層したデイサイト～流紋岩火山礫凝灰岩～凝灰岩を採取した。採取地点の珪長質火山碎屑岩は層厚数十m以上で，灰色～乳白色を呈する成層した火山礫凝灰岩～凝灰岩である。本試料は，主に珪長質鉱物や変質鉱物等からなり，まばらに径0.3 mm以下の斜長石結晶を含む(第4図B)。

3. U-Pb・FT年代測定

3.1 測定手順

同一ジルコン結晶を用いたU-Pb及びFTダブル年代測定を行った。抽出したジルコン結晶はランダムに選んだ約100粒を外部面が露出するようにPFA(フッ素樹脂)シートに埋め込んだ。測定試料はダイヤモンドペーストで研磨した後，KOH+NaOH共融液(225℃)を用いFTが等方的に分布するまでエッチングを行った。エッチングした粒子はランダムに30粒子選別し，光学顕微鏡(Nikon Eclipse E1000)+高解像度デジタルカメラ(Hamamatsu digital camera Model C9440-05G)+高品位タッチパネルモニター(Touch Panel Systems 17-inch LCD TouchMonitor)の測定システム(Danhara and Iwano, 2009)でジルコン中の自発FT密度を測定した。

FT年代用のウラン濃度測定とU-Pb年代測定はLA-ICP-MS(レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析法)により，FT密度測定を行った同一領域内で実施した。質量分析装置は四重極型ICP-MS(Thermo Fisher Scientific, iCAP-TQまたはiCAP-Qc)，レーザーサンプリング装置にはフェムト秒レーザー(Light Conversion, CARBIDEまたはCyber Laser Inc., IFRIT)を組み合わせた。測定装置の詳細及び試料毎の使用分析装置とその条件を第1表に示す。なお，今回用いたフェムト秒レーザーの場合，レーザースポット径が約10 μmの円形で固定しているため，広い計数面積での平均的なウラン濃度を求めるため，ガルバノ光学系による多数点同時分析(Yokoyama *et al.*, 2011)を用いた。U-Pb分析では²⁹Si, ²⁰²Hg, ²⁰⁴Pb, ²⁰⁶Pb, ²⁰⁷Pb, ²⁰⁸Pb, ²³²Th, ²³⁸Uをモニターし，²³⁸U-²⁰⁶Pb年代及び²³⁵U-²⁰⁷Pb年代を求めた。U-Pb年代測定の同位体分別の補正には1次スタンダードとしてNancy 91500ジルコン(Wiedenbeck *et al.*, 1995)を用い，²⁰⁶Pb/²³⁸U = 0.17917の値を用いた。さらに，年代測定結果の正確性を評価するために，2次スタンダードとしてOD-3ジルコン(33.0 Ma; 岩野ほか, 2012; Iwano *et al.*, 2013)とPlešoviceジルコン(337.1 Ma; Sláma *et al.*, 2008)も分析

した。年代誤差には試料の分析前後に測定した91500ジルコンの²⁰⁶Pb/²³⁸U及び²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb比の繰り返し再現性(%2SD)を外部誤差として伝播させた。各同位体信号に由来する計数統計誤差も年代誤差に伝播させた。

FT年代測定用のウラン濃度評価は，U-Pb年代用スタンダード91500(74あるいは100 ppm片)を基準とした。LA装置はU-Pb分析と同様である。年代較正の1次標準試料として28.4 MaのFish Canyon Tuff(Danhara and Iwano, 2013)を用い，さらに測定結果の正確性の評価のために，FT年代測定の2次標準試料として61 MaのTardree Rhyoliteまたは16 MaのBuluk Member Tuff(Danhara and Iwano, 2013)を用いた。

3.2 測定結果と年代値の評価

試料毎に年代測定結果を記す。本報告では²³⁸U-²⁰⁶Pb年代と²³⁷U-²⁰⁵Pb年代が2σの誤差内で一致する粒子をコンコダント，一致しない粒子をディスコダントとした。最若粒子集団の認定は幾つか手法があるが，MSWD(mean square weighted deviation)の値が1に近く，母集団の年代分布の再現性が高いと判断された，Dickinson and Gehrels(2009)のYC2σ(3+)法を用いて認定した。U-Pb年代は²³⁸U-²⁰⁶Pb年代を採用した。YC2σ(3+)法は，誤差を1σで表しているが，本論では年代値をより正確な値として示すために，FT及びU-Pb年代の誤差を2σで示した。コンコディア図は第5図，粒子ごとのU-Pb及びFT年代は第6図，詳細な年代測定データは第2表，付表1，付表2に示す。

3.2.1 試料180607-1(夏瀬ダム南)

本試料に含まれるジルコンは細粒だが，測定に十分な数の自形ジルコン結晶を得ることができた(原岩0.45 kg中に約160粒)。U-Pb年代測定では測定粒子30粒中，20粒子からコンコダントな年代を得た。コンコダントな20粒子のうち，11粒子が最若粒子集団とみなされた。それらの加重平均値は13.2 ± 0.6 Maである。

一方のFT年代測定では，比較的古いU-Pb年代値を示す粒子(no. 3)も含めた全測定粒子30粒の年代値がよくまとまる。従って，FT年代値はトータルリセットされた年代と解釈される。FT年代値の算出は，上記U-Pb年代値の計算で用いた最若粒子集団を用いた。それらの加重平均値は9.9 ± 1.7 Maである。

本試料のU-Pb年代値とFT年代値には，有意な差が認められる。この原因は以下の理由より，堆積後の変質作用によるものと考えた。FT年代の部分アニーリング領域(partial annealing zone)は，被熱温度と時間によるが，例えば，被熱時間100万年の場合で230～330℃である(Tagami and Shimada, 1996)。試料採取地付近は，緑れん石が形成されるような変質作用を被っている。変質作用で形成される緑れん石は，おおよそ200℃以上の環境下

Table 1 年代測定に用いたLA-ICP-MSと測定条件

Table 1 Instrumentation and operational conditions for the LA-ICP-MS analysis of this study.

| Sample name | 180607-1 | Sample name | 170516-1 |
|------------------------------------|--|------------------------------------|--|
| Laser ablation | | Laser ablation | |
| Model | CARBIDE (Light Conversion) | Model | IFRIT (Cyber Laser Inc., Tokyo Japan) |
| Laser type (wave length) | Femtosecond laser | Laser type (wave length) | Type-C Ti:S femtosecond laser |
| Pulse duration | 224 fs | Pulse duration | 230 fs |
| Wave length | 260 nm | Wave length | 260 nm |
| Energy density | 3.7 J/cm ² | Energy density | 2.83 J/cm ² |
| Laser power | 50% | Laser power | 45% |
| Spot size | 10 μm | Spot size | 10 μm × 9 pits |
| The number of pits | 4 | The number of pits | 9 |
| Repetition rate | 10 Hz | Repetition rate | 20 Hz |
| Duration of laser ablation | 24 s | Duration of laser ablation | 20 s |
| Sampling mode | Multiple-spot per grain with Galvanometric optics | Sampling mode | Multiple-spot per grain with Galvanometric optics |
| Sampling area | 20 × 20 μm ² | Sampling area | 30 × 30 μm ² |
| Carrier gas (He) | 0.60 L min ⁻¹ | Carrier gas (He) | 0.83 L min ⁻¹ |
| ICP-MS | | ICP-MS | |
| Model | Thermo Fisher Scientific iCAP-TQ | Model | Thermo Fisher Scientific iCAP-Qc |
| ICP-MS type | Quadrupole | ICP-MS type | Quadrupole |
| Scanning (Operation) mode | Single Quadrupole mode (no collision gas was used) | Scanning (Operation) mode | Standard mode (no collision gas was used) |
| Forward power | 1550 W | Forward power | 1400 W |
| Make-up gas (Ar) | 0.95 L min ⁻¹ | Make-up gas (Ar) | 1.10 L min ⁻¹ |
| ThO ⁺ /Th (oxide ratio) | <1% | ThO ⁺ /Th (oxide ratio) | <1% |
| Data acquisition protocol | Time-resolved analysis | Data acquisition protocol | Time-resolved analysis |
| Data acquisition | 50 s (15 s gas blank, 35 s ablation) | 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 | Monitor isotopes | ²⁹ Si, ²⁰² Hg, ²⁰⁴ Pb, ²⁰⁶ Pb, ²⁰⁷ Pb, ²⁰⁸ Pb, ²³² Th, ²³⁸ U |
| Dwell time | 0.2 s for ^{206,207} Pb, 0.1 s for others | Dwell time | 0.2 s for ^{206,207} Pb, 0.1 s for others |
| Standards | | Standards | |
| Primary standard (U-Pb) | Nancy 91500 ^{*1} | Primary standard (U-Pb) | Nancy 91500 ^{*1} |
| Secondary standard (U-Pb) | OD-3 ^{*2,3,4} , Plešovice ^{*5} | Secondary standard (U-Pb) | OD-3 ^{*2,3,4} , Plešovice ^{*5} |
| Primary standards (FT) | Fish Canyon Tuff ^{*6} | Primary standards (FT) | Fish Canyon Tuff ^{*6} |
| Secondary standard (FT) | Tardree Rhyolite ^{*6} | Secondary standard (FT) | Buluk Member Tuff ^{*6} |

*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); *6, Danhara and Iwano (2013)

で生成される (White and Hedenquist, 1995; 吉村, 2001). 本試料は少なからず変質作用によってFTがアニーリングされ、若返った年代を示す可能性が考えられる。

試料採取地から北方約4 kmの地点では、真昼川層中に鉱床が胚胎する(霜岱鉱山)。その鉱床からは10.9 ± 1.4 MaのセリサイトK-Ar年代が得られている(通商産業省資源エネルギー庁, 1986)。この値と本測定で得たFT年代値は誤差範囲で一致する。本試料は、熱水変質作用を11 ~ 10 Ma頃に被ったか、堆積後からその頃まで継続して被っていた可能性が示唆される。

以上より、本試料の年代としては結晶生成年代を示すU-Pb年代値を採用し、13.2 ± 0.6 Maとする。

3. 2. 2 試料170516-1 (齊内川南の奥羽脊梁山脈西縁)

本試料は豊富な自形ジルコン結晶を含む(原岩0.3 kg中に約3,000粒)。U-Pb年代測定では、測定粒子30粒中28粒子からコンコダントな年代値を得た。それらのうち

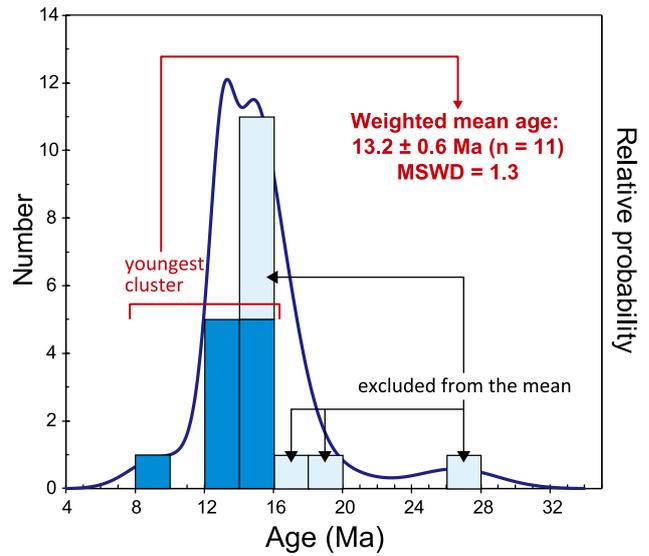
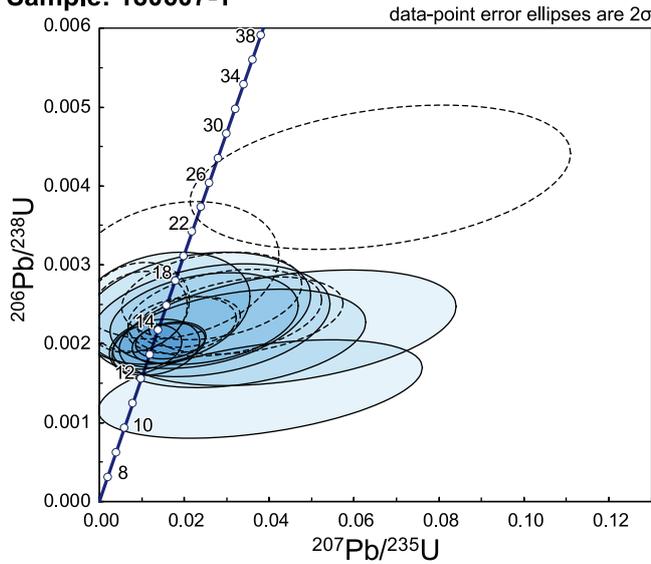
の26粒子が最若粒子集団とみなされ、その加重平均値は13.7 ± 0.3 Maである。一方のFT年代測定では、全測定粒子30粒の年代値はよくまとまる。本論では上記U-Pb年代値の計算で用いた最若粒子集団の年代値を用い、それらの加重平均値から12.6 ± 1.4 MaのFT年代値を得た。

U-Pb年代値とFT年代値は誤差範囲で差があるとは言えない。本論では本質的な年代値が得られたU-Pb年代値を採用し、本試料の年代を13.7 ± 0.3 Maとする。

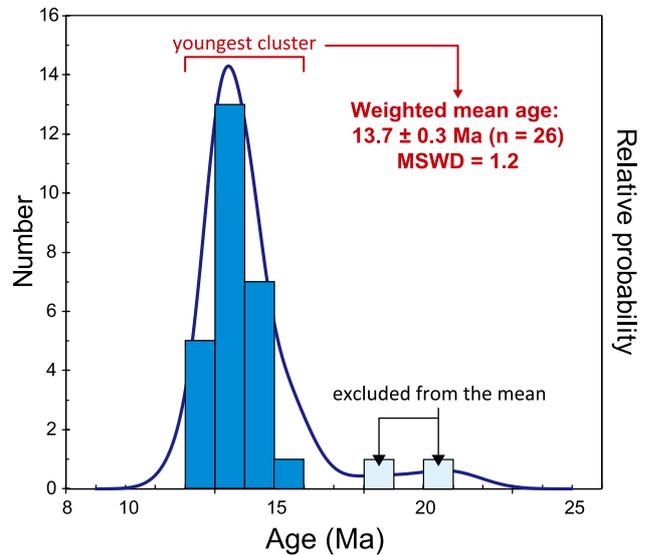
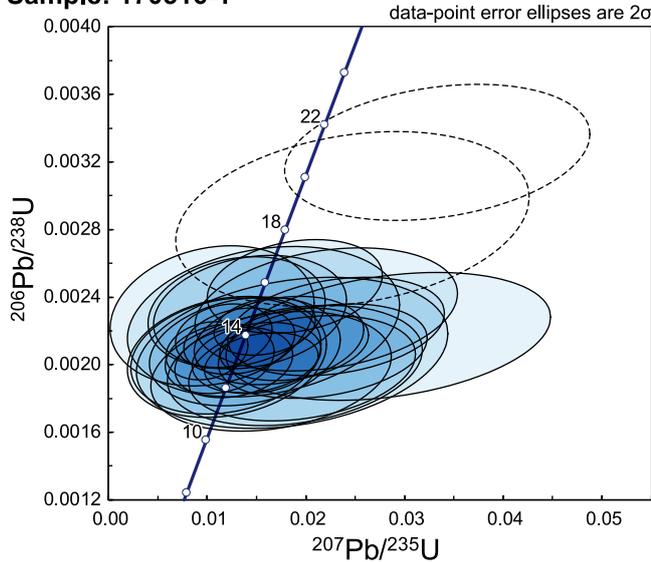
4. 真昼川層の年代と対比

従来の広域的な岩相對比では、真昼川層は西黒沢層相当層に、内沢川層は女川層に対比されていた(白田ほか, 1980)。これは、真昼川層が火山岩主体であるのに対し、内沢川層が珪質泥岩主体であることによる(白田ほか, 1980)。しかし、真昼川層は一部に内沢川層の岩相と同様の珪質泥岩を挟む。一方、内沢川層は珪質泥岩

Sample: 180607-1



Sample: 170516-1



第5図 ジルコンU-Pbコンコーディア図と年代ヒストグラム，確率分布曲線。コンコーディア図上の破線で示したデータは年代値の計算から除外した。上段と下段はそれぞれ試料180607-1と170516-1。

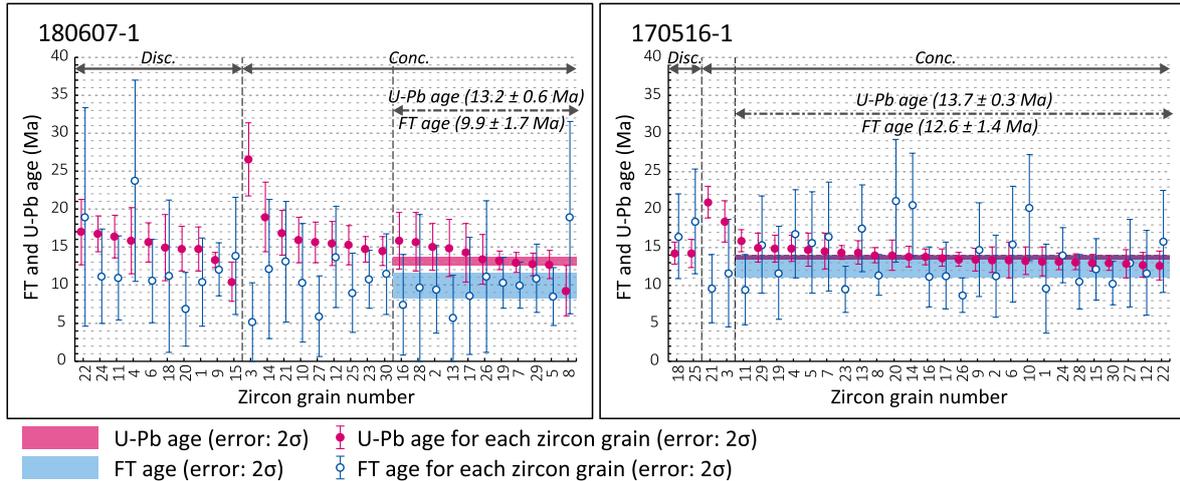
Fig. 5 Zircon U-Pb concordia diagram and age data histogram with probability curve for each sample. The age data shown by dotted ellipses in concordia diagram were excluded to determine the ages of the samples. The upper and lower side are sample 180607-1 and 170516-1, respectively.

を主体とするものの，真昼川層の岩相と同様な火山碎屑岩を挟む。調査地西方の女川層は，僅かに火山碎屑岩を挟むものの，硬質泥岩，暗灰色泥岩を主体とした地層で（土谷・吉川，1994），本地域の内沢川層とは岩相が異なる。これらの岩相の比較に基づけば，内沢川層は女川層相当ではなく，西黒沢層相当である可能性が考えられる。

本地域に分布する真昼川層の下部と上部の試料から，それぞれ 13.2 ± 0.6 Ma と 13.7 ± 0.3 Ma のU-Pb年代値を得た。下部と上部の年代値は，誤差を考慮するとほぼ同

じである。したがって，真昼川層上限の年代，つまり真昼川層とそれを整合に覆う内沢川層の境界年代は，14～13 Ma頃と考えられる。

西黒沢層または西黒沢層相当層と女川層の境界年代は，約12 Maとされている（鹿野ほか，2011；鹿野，2018）。以下では，男鹿半島及び本地域の周辺地域における西黒沢層・女川相当層の境界年代について概観する。なお，微化石の年代値はAnthonissen and Ogg (2012) と Yanagisawa and Akiba (1998) 及び鹿野ほか(2011)による。



第6図 全ジルコン粒子毎のU-Pb・FT年代(誤差2σ)。赤と青で示した区画は、横が加重平均値で用いたジルコン粒子、縦が加重平均値の誤差2σの範囲を示す。縦方向の破線はU-Pb年代のグループ分けを示す。Conc.: コンコードラント粒子, Disc.: ディスコルダント粒子。

Fig. 6 Diagram showing the U-Pb and FT ages with 2σ error bars of individual zircon grains. The blue and red zone show the range of zircon grains for weighted mean calculation, and the height of them show 2σ error bars of the weighted mean of U-Pb and FT ages for each sample. Vertical dashed lines indicate boundaries between groups of U-Pb ages. Conc.: zircons with concordant U-Pb age, Disc.: zircons with discordant U-Pb age.

Table 2 FT及びU-Pb年代測定の結果

Table 2 Results of fission-track and U-Pb dating of the two samples from the study area (Fig. 2).

| Sample name | Stratigraphic unit | Locality | | Surface | n | FT ages ±2σ (Ma) | U-Pb ages ±2σ (Ma) |
|-------------|--------------------|------------|-------------|---------|----|------------------|--------------------|
| | | Longitude | Latitude | | | | |
| 180607-1 | Mahirugawa Fm. | 39°37'33"N | 140°42'39"E | Int.S | 11 | 9.9 ± 1.7 | 13.2 ± 0.6 |
| 180607-1 | Mahirugawa Fm. | 39°37'33"N | 140°42'39"E | Int.S | 30 | 10.6 ± 1.2* | |
| 170516-1 | Mahirugawa Fm. | 39°31'40"N | 140°39'26"E | Int.S | 26 | 12.6 ± 1.4 | 13.7 ± 0.3 |
| 170516-1 | Mahirugawa Fm. | 39°31'40"N | 140°39'26"E | Int.S | 30 | 12.7 ± 1.4* | |

| Sample name | Fission Track Data | | LA-ICPMS Data | | | | Zeta value | r | Uranium content (ppm) |
|-------------|---|----------------|---|-------------------|---|--------------------|------------|-------|-----------------------|
| | ρ _s (×10 ⁶ cm ⁻²) | N _s | Sample | | U-standard | | | | |
| | | | ρ _{U-sp} (×10 ¹⁰ cm ⁻²) | N _{U-sp} | ρ _{U-std} (×10 ⁹ cm ⁻²) | N _{U-std} | | | |
| 180607-1 | 1.98 | 172 | 3.20 | 2646646 | 5.575 | 17504 | 54.6 ± 1.6 | 0.985 | 425 |
| 180607-1 | 1.87 | 439 | 2.96 | 6271117 | 5.575 | 17504 | 54.6 ± 1.6 | 0.986 | 393 |
| 170516-1 | 2.35 | 871 | 2.11 | 7585761 | 4.717 | 42453 | 46.4 ± 2.1 | 0.921 | 331 |
| 170516-1 | 2.23 | 969 | 1.98 | 8336535 | 4.717 | 42453 | 46.4 ± 2.1 | 0.918 | 311 |

$$FT \text{ age } (T) = (1/\lambda_D) \cdot \ln[1 + \lambda_D \cdot 0.5 \cdot \zeta \cdot (N_s/N_{U-sp}) \cdot \rho_{U-std}], \sigma_T = T \times [1/N_s + 1/N_{U-sp} + 1/N_{U-std} + (\sigma_\zeta/\zeta)^2]^{1/2}$$

Int.S: Internal zircon crystal surfaces used for spontaneous track counting, n: Number of counted zircon grains for FT dating, ρ_s: Spontaneous fission track density, N_s: Number of spontaneous fission tracks, ρ_{U-sp}: Density of area-corrected total count of ²³⁸U on unknown sample, N_{U-sp}: Area-corrected total count of ²³⁸U on unknown sample, ρ_{U-std}: Density of total count of ²³⁸U on U-standard sample, N_{U-std}: Total count of ²³⁸U on U-standard sample, r: correlation coefficient between ρ_s and ρ_U, *: reference age, λ_D: alpha decay constant for ²³⁸U (1.55125×10⁻¹⁰ yr⁻¹: Steiger and Jäger, 1977), ζ: zeta values for fission track age calibration.

男鹿半島に分布する西黒沢層からはN9帯とCN3及びCN4帯にそれぞれ対比される有孔虫化石、石灰質ナンノ化石が得られ(Saito and Maiya, 1973; 佐藤, 1982; 山科ほか, 2010), 女川層からNPD5A~7Aの珪藻化石が得られている(Kanaya, 1959; Koizumi, 1968; 小泉・金谷, 1977; 小泉・的場, 1989; Koizumi et al., 2009; 鹿野

ほか, 2011)。さらに、西黒沢層上限の海緑石砂岩の上限がNPD5B帯の上・下部境界の“Planktonic Foram. Sharp Surface”(米谷・井上, 1981)に対応することから、鹿野(2018)は男鹿半島の西黒沢層・女川層境界の年代を約12.3 Maとした。

調査地北西の阿仁合^{あにあい}周辺では、西黒沢層に対比される

北ノ又沢層からNN4～5帯にのみ産出する石灰質ナノ化石が得られ（通商産業省資源エネルギー庁，1998），阿仁合地域の女川層からはNPD5B～5Cの珪藻化石が得られている（Kanaya, 1959；的場，1992）。このことから，両地層境界の年代は約12 Maである（鹿野ほか，2012）。

調査地西方の刈和野地域では，西黒沢層に対比される八割層からN8～11帯の有孔虫化石とNN4～6帯の石灰質ナノ化石が得られ，かつ八割層上部のデイサイトからは12 Ma頃の全岩K-Ar年代値が得られている（通商産業省資源エネルギー庁，1986）。八割層を整合に覆う女川層からはNPD5C帯の珪藻化石が得られている（土谷・吉川，1994）。これらより，八割層と女川層境界の年代は約12 Maである（細井ほか，2019）。

以上のように，西黒沢層及び西黒沢層相当層と女川層境界の年代は，広範囲でほぼ同じと考えられ，約12 Maである。この年代は，本地域の真昼川層と内沢川層境界の年代とは一致しない。真昼川層と内沢川層の岩相及び年代から判断すると，内沢川層は女川層に対比されるのではなく，真昼川層と同様に西黒沢層に対比されるのが妥当である。

5. まとめ

- ・調査地域に分布する真昼川層の下部と上部を対象に，FT及びU-Pbダブル年代測定を行った。
- ・火山碎屑岩中のジルコンU-Pb年代に基づくと，真昼川層の下部と上部の年代はほぼ同じで，真昼川層と内沢川層の境界年代は14～13 Ma頃である。
- ・真昼川層と内沢川層は岩相と年代から判断すると，秋田地域標準層序の西黒沢層に対比するのが妥当である。

謝辞：本研究を遂行するにあたって，産総研地質情報基盤センター地質試料調製グループの方々には，薄片を作成して頂いた。査読者の野田 篤博士及び編集担当の内野隆之博士（共に地質情報研究部門）からは，原稿改善にあたって有益なご意見を頂いた。記して深く感謝申し上げる。

文 献

秋田県（1989）土地分類基本調査「角館・鶯宿」。秋田県，58p.

天野一男・佐藤比呂志（1989）東北本州弧中部地域の新生代テクトニクス。地質学論集，no. 32，81–96.

Anthonissen, D. E. and Ogg, J. G. (2012) Cenozoic and Cretaceous biochronology of planktonic foraminifera and calcareous nannofossils. In Grandstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M. D. and Ogg, G. M., eds., *The Geologic Time Scale 2012*, Elsevier, Amsterdam, 1083–1127.

Danhara, T. and Iwano, H. (2009) Determination of zeta values

for fission-track age calibration using thermal neutron irradiation at the JRR-3 reactor of JAEA, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **115**, 141–145.

Danhara, T. and Iwano, H. (2013) A review of the present state of the absolute calibration for zircon fission track geochronometry using the external detector method. *Island Arc*, **22**, 264–279.

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.

星 博幸・岩野英樹・檀原 徹（2016）東北日本，津軽半島に分布する磯松層の年代：中新世グリーンタフのジルコンU-Pb年代測定。地質雑，**122**，163–170.

細井 淳・中嶋 健・檀原 徹・岩野英樹・平田岳史・天野一男（2018）岩手県西和賀町に分布するグリーンタフのジルコンFTおよびU-Pb年代とその意味。地質雑，**124**，819–835.

細井 淳・工藤 崇・羽地俊樹・岩野英樹・檀原 徹・平田岳史（2019）出羽山地東縁，秋田県角館町周辺の上層漸新統および中新統の層序。地質雑，**125**，279–295.

池辺 穰（1962）秋田油田地域における含油第三系の構造発達と石油の集積について。秋田大学鉱山学部地下資源開発研究所報告，no. 26，1–59.

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 secondary U-Pb dating standard. *Island Arc*, **22**, 382–394.

Kanaya, T. (1959) Miocene diatom assemblages from the Onnagawa Formation and their distribution in the correlative formations in northeast Japan. *Science Reports of the Tohoku University, Series 2*, **30**, 1–130.

鹿野和彦（2018）グリーンタフの層序学的枠組みと地質学的事象。地質雑，**124**，781–803.

鹿野和彦・大口健志・柳沢幸夫・栗田泰夫・小林紀彦・佐藤雄太・林信太郎・北里 洋・小笠原憲四郎・駒澤正夫（2011）戸賀及び船川地域の地質（第2版）。地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），産総研地質調査総合センター，127p.

鹿野和彦・大口健志・石川洋平・矢内桂三・藤本幸雄・植村和彦・小笠原憲四郎・駒澤正夫（2012）阿仁合

- 地域の地質(第2版). 地域地質研究報告書(5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 59p.
- Koizumi, I. (1968) Tertiary diatom flora of Oga Peninsula, Akita Prefecture. Northeast Japan. Science Reports of the Tohoku University, *Series 2*, **40**, 171–240.
- 小泉 格・金谷太郎 (1977) 男鹿半島と秋田市北方丘陵における新第三系の対比. 藤岡一男教授退官記念論文集, 401–412.
- 小泉 格・的場保望 (1989) 西黒沢層の上限について. 地質学論集, no. 32, 187–195.
- Koizumi, I., Sato, M. and Matoba, Y. (2009) Age and significance of Miocene diatoms and diatomaceous sediments from northeast Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **272**, 85–98.
- 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. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **170**, 52. doi: 10.1007/s00410-015-1206-8.
- 米谷盛壽郎・井上洋子 (1981) 新潟堆積盆地における中新統下部の有孔虫化石群集と古地理の変遷. 化石, no. 30, 73–78.
- 的場保望 (1992) 秋田油田新第三系・第四系層序に関する最近の変革. 石油技術協会誌, **57**, 315–333.
- 佐賀 肇 (1992) B-2 秋田・山形地域, 第II編 日本海側グリーンタフ地域の石油地域. 改訂版「日本の石油・天然ガス資源」編集委員会編, [改訂版] 日本の石油・天然ガス資源, 天然ガス鉱業会・大陸石油開発協会, 53–80.
- Saito, T. and Maiya, S. (1973) Planktonic foraminifera of the Nishikurosawa Formation, northeast Honshu, Japan. *Transactions and Proceedings of Palaeontological Society of Japan, New Series*, no. 91, 113–125.
- Sato, H. and Amano, K. (1991) Relationship between tectonics, volcanism, sedimentation and basin development, Late Cenozoic, central part of Northern Honshu, Japan. *Tectonophysics*, **355**, 41–52.
- 佐藤時幸 (1982) 石灰質微化石群集に基づく七谷層と西黒沢層の生層序学的考察. 石油技術協会誌, **47**, 374–379.
- 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.
- Sláma, J., Košler, J., Condon, J. D., Crowley, J. L., Gerdes, A., Hanzhar, 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. *Chem. Geol.*, **249**, 1–35.
- Tagami, T. and Shimada, C. (1996) Natural long-term annealing of the zircon fission track system around a granitic pluton. *J. Geophys. Res.*, **101**, 8245–8255.
- 土谷信之・吉川敏之 (1994) 刈和野地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 72p.
- 通商産業省資源エネルギー庁 (1986) 昭和60年度広域調査報告書「田沢地域」. 151p.
- 通商産業省資源エネルギー庁 (1998) 黒鉱型鉱床の地球化学的特性を利用した潜頭鉱床探鉱—秋田県五城目町馬場黒鉱鉱床地域の地質—上小阿仁村萩形地域の火山層序と黒鉱鉱化作用に伴う熱水変質作用. 平成9年度鉱物資源探査技術開発調査報告書(Ⅱ), 各論Ⅲ, 1–103.
- 臼田雅郎・村山 進・白石建雄・高安泰助・乗富一雄 (1980) 秋田県総合地質図幅「角館」, 秋田県, 86p.
- 脇田浩二・井川敏恵・宝田晋治編 (2009) 20万分の1日本シームレス地質図DVD版, 数値地質図G-16. 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- White, N. C. and Hedenquist, J. W. (1995) Epithermal gold deposits: styles, characteristics and exploration. *SEG Newsletter*, no. 23, 1–9.
- 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. Geoanal. Res.*, **19**, 1–23.
- 山科起行・山崎 誠・佐藤時幸 (2010) 秋田県男鹿半島南岸西黒沢層の岩相層序と地質時代. 石油技術協会春季講演会特別講演・シンポジウム・個人講演要旨集, 54.
- Yanagisawa, Y. and Akiba, F. (1998) Refined Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with and introduction of code numbers for selected diatom biohorizons. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **114**, 395–414.
- Yokoyama, D. T., Suzuki, T., Kon, Y. and Hirata, T. (2011) Determination of rare earth element abundance and U-Pb ages of zircons using multisport laser ablation-inductively coupled plasma mass spectrometry. *Analy. Chem.*, **83**, 8892–8899.
- 吉村尚久 (2001) 粘土鉱物と変質作用. 地学双書, 29, 地学団体研究会, 293p.

(受付: 2019年1月29日; 受理: 2019年5月8日)
(早期公開: 2019年7月19日)

秋田県角館町東方，奥羽脊梁山脈に分布する真昼川層の年代（細井ほか）

付録

Appendices

付表A1 全ジルコン粒子のU-Pb分析データ

Table A1 U-Pb analytical data of zircon grains

| sample name grain No. | Th U | Isotopic ratios | | | | Age (Ma) | | | | Remarks | |
|---|---------|---|--------------------|--|--------------------|--|--------------------|--|--------------------|----------------|--------------------|
| | | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$ | Error 2σ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ | Error 2σ | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$ | Error 2σ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ | Error 2σ | | |
| 180607-1 | | | | | | | | | | | |
| No.1 | 0.81 | 0.1446 ± 0.0809 | | 0.0023 ± 0.0005 | | 0.0455 ± 0.0244 | | 14.77 ± 2.90 | | 45.04 ± 24.02 | Discordant |
| No.2 | 1.03 | 0.0771 ± 0.0580 | | 0.0023 ± 0.0005 | | 0.0247 ± 0.0182 | | 15.04 ± 3.05 | | 24.66 ± 18.15 | |
| No.3 | 0.37 | 0.1167 ± 0.0656 | | 0.0041 ± 0.0007 | | 0.0662 ± 0.0366 | | 26.56 ± 4.80 | | 64.99 ± 35.50 | Excluded from mean |
| No.4 | 0.52 | 0.2452 ± 0.1532 | | 0.0025 ± 0.0007 | | 0.0829 ± 0.0488 | | 15.87 ± 4.35 | | 80.79 ± 46.83 | Discordant |
| No.5 | 0.64 | 0.0481 ± 0.0326 | | 0.0020 ± 0.0003 | | 0.0130 ± 0.0086 | | 12.69 ± 1.86 | | 12.99 ± 8.69 | |
| No.6 | 0.79 | 0.2595 ± 0.1006 | | 0.0024 ± 0.0004 | | 0.0863 ± 0.0315 | | 15.62 ± 2.59 | | 83.97 ± 29.87 | Discordant |
| No.7 | 0.92 | 0.0589 ± 0.0260 | | 0.0020 ± 0.0002 | | 0.0163 ± 0.0070 | | 12.98 ± 1.34 | | 16.28 ± 7.04 | |
| No.8 | 0.39 | 0.1929 ± 0.1697 | | 0.0014 ± 0.0005 | | 0.0379 ± 0.0312 | | 9.26 ± 3.27 | | 37.65 ± 30.99 | |
| No.9 | 1.38 | 0.0956 ± 0.0261 | | 0.0021 ± 0.0002 | | 0.0271 ± 0.0072 | | 13.31 ± 0.98 | | 27.04 ± 7.10 | Discordant |
| No.10 | 0.78 | 0.0258 ± 0.0301 | | 0.0025 ± 0.0005 | | 0.0088 ± 0.0101 | | 15.92 ± 3.02 | | 8.74 ± 10.15 | Excluded from mean |
| No.11 | 0.91 | 0.1243 ± 0.0648 | | 0.0025 ± 0.0004 | | 0.0434 ± 0.0219 | | 16.37 ± 2.80 | | 43.00 ± 21.50 | Discordant |
| No.12 | 0.83 | 0.0894 ± 0.0579 | | 0.0024 ± 0.0004 | | 0.0295 ± 0.0186 | | 15.50 ± 2.88 | | 29.41 ± 18.55 | Excluded from mean |
| No.13 | 0.46 | 0.0823 ± 0.0744 | | 0.0023 ± 0.0006 | | 0.0261 ± 0.0230 | | 14.89 ± 3.75 | | 26.05 ± 23.02 | |
| No.14 | 0.49 | 0.0434 ± 0.0506 | | 0.0029 ± 0.0007 | | 0.0176 ± 0.0202 | | 18.95 ± 4.59 | | 17.56 ± 19.98 | Excluded from mean |
| No.15 | 0.55 | 0.1713 ± 0.1127 | | 0.0016 ± 0.0004 | | 0.0379 ± 0.0236 | | 10.42 ± 2.60 | | 37.66 ± 23.33 | Discordant |
| No.16 | 0.47 | 0.0444 ± 0.0503 | | 0.0024 ± 0.0006 | | 0.0150 ± 0.0168 | | 15.86 ± 3.73 | | 15.00 ± 16.65 | |
| No.17 | 0.51 | 0.1459 ± 0.1112 | | 0.0022 ± 0.0006 | | 0.0443 ± 0.0324 | | 14.26 ± 3.84 | | 43.91 ± 32.03 | |
| No.18 | 0.36 | 0.2009 ± 0.1460 | | 0.0023 ± 0.0007 | | 0.0638 ± 0.0441 | | 14.92 ± 4.37 | | 62.72 ± 42.96 | Discordant |
| No.19 | 0.99 | 0.0595 ± 0.0244 | | 0.0020 ± 0.0002 | | 0.0168 ± 0.0067 | | 13.24 ± 1.23 | | 16.78 ± 6.76 | |
| No.20 | 0.80 | 0.1358 ± 0.0799 | | 0.0023 ± 0.0005 | | 0.0428 ± 0.0243 | | 14.79 ± 2.94 | | 42.40 ± 23.91 | Discordant |
| No.21 | 0.83 | 0.0735 ± 0.0490 | | 0.0026 ± 0.0005 | | 0.0265 ± 0.0173 | | 16.88 ± 2.91 | | 26.40 ± 17.26 | Excluded from mean |
| No.22 | 0.37 | 0.6052 ± 0.2690 | | 0.0026 ± 0.0007 | | 0.2191 ± 0.0882 | | 16.98 ± 4.35 | | 201.01 ± 76.30 | Discordant |
| No.23 | 0.67 | 0.0675 ± 0.0318 | | 0.0023 ± 0.0003 | | 0.0212 ± 0.0098 | | 14.73 ± 1.69 | | 21.15 ± 9.78 | Excluded from mean |
| No.24 | 0.60 | 0.1351 ± 0.0587 | | 0.0026 ± 0.0004 | | 0.0482 ± 0.0203 | | 16.74 ± 2.38 | | 47.69 ± 19.86 | Discordant |
| No.25 | 0.89 | 0.1063 ± 0.0593 | | 0.0024 ± 0.0004 | | 0.0345 ± 0.0187 | | 15.26 ± 2.57 | | 34.36 ± 18.55 | Excluded from mean |
| No.26 | 0.42 | 0.1156 ± 0.0886 | | 0.0021 ± 0.0005 | | 0.0330 ± 0.0244 | | 13.40 ± 3.28 | | 32.81 ± 24.30 | |
| No.27 | 0.83 | 0.0276 ± 0.0284 | | 0.0024 ± 0.0004 | | 0.0092 ± 0.0094 | | 15.62 ± 2.66 | | 9.19 ± 9.39 | Excluded from mean |
| No.28 | 0.46 | 0.0688 ± 0.0669 | | 0.0024 ± 0.0006 | | 0.0230 ± 0.0219 | | 15.69 ± 3.88 | | 22.97 ± 22.02 | |
| No.29 | 0.98 | 0.0418 ± 0.0250 | | 0.0020 ± 0.0002 | | 0.0113 ± 0.0067 | | 12.74 ± 1.51 | | 11.32 ± 6.72 | |
| No.30 | 0.74 | 0.0630 ± 0.0345 | | 0.0022 ± 0.0003 | | 0.0195 ± 0.0105 | | 14.51 ± 1.90 | | 19.47 ± 10.48 | Excluded from mean |
| <i>Weighted mean of the youngest group (n = 11)</i> | | | | | | | | 13.2 ± 0.6 | | 16.1 ± 3.3 | |
| Standards (PSV: Plešovice, OD3: OD-3) | | | | | | | | | | | |
| PSV 6-1 | 0.09 | 0.0535 ± 0.0097 | | 0.0538 ± 0.00200 | | 0.3976 ± 0.0739 | | 338.04 ± 12.26 | | 339.81 ± 55.17 | |
| PSV 6-2 | 0.09 | 0.0521 ± 0.0097 | | 0.0524 ± 0.00160 | | 0.3762 ± 0.0724 | | 329.17 ± 9.81 | | 324.15 ± 54.88 | |
| OD3 6-1 | 0.97 | 0.0588 ± 0.0229 | | 0.0049 ± 0.00044 | | 0.0394 ± 0.0152 | | 31.29 ± 2.85 | | 39.09 ± 14.94 | |
| OD3 6-2 | 1.11 | 0.0523 ± 0.0141 | | 0.0051 ± 0.00027 | | 0.0370 ± 0.0099 | | 33.05 ± 1.76 | | 36.76 ± 9.73 | |
| 170516-1 | | | | | | | | | | | |
| No.1 | 0.36 | 0.0425 ± 0.0296 | | 0.0020 ± 0.00029 | | 0.0120 ± 0.0083 | | 13.17 ± 1.88 | | 12.10 ± 8.35 | |
| No.2 | 0.47 | 0.0482 ± 0.0279 | | 0.0021 ± 0.00026 | | 0.0138 ± 0.0079 | | 13.38 ± 1.70 | | 13.92 ± 7.99 | |
| No.3 | 0.41 | 0.0626 ± 0.0375 | | 0.0029 ± 0.00042 | | 0.0247 ± 0.0146 | | 18.42 ± 2.72 | | 24.80 ± 14.76 | Excluded from mean |
| No.4 | 0.46 | 0.0407 ± 0.0231 | | 0.0023 ± 0.00027 | | 0.0130 ± 0.0073 | | 14.88 ± 1.72 | | 13.08 ± 7.40 | |
| No.5 | 0.38 | 0.0332 ± 0.0269 | | 0.0023 ± 0.00034 | | 0.0105 ± 0.0084 | | 14.74 ± 2.18 | | 10.60 ± 8.53 | |
| No.6 | 0.32 | 0.0652 ± 0.0459 | | 0.0021 ± 0.00036 | | 0.0186 ± 0.0129 | | 13.33 ± 2.35 | | 18.72 ± 13.00 | |
| No.7 | 0.32 | 0.0505 ± 0.0367 | | 0.0023 ± 0.00036 | | 0.0157 ± 0.0113 | | 14.52 ± 2.35 | | 15.81 ± 11.39 | |
| No.8 | 0.82 | 0.0390 ± 0.0134 | | 0.0022 ± 0.00016 | | 0.0117 ± 0.0040 | | 13.97 ± 1.00 | | 11.79 ± 4.06 | |
| No.9 | 0.50 | 0.0757 ± 0.0305 | | 0.0021 ± 0.00023 | | 0.0217 ± 0.0086 | | 13.40 ± 1.47 | | 21.81 ± 8.72 | |
| No.10 | 0.32 | 0.0420 ± 0.0282 | | 0.0021 ± 0.00028 | | 0.0119 ± 0.0079 | | 13.21 ± 1.81 | | 12.00 ± 7.98 | |
| No.11 | 0.48 | 0.0556 ± 0.0214 | | 0.0025 ± 0.00023 | | 0.0189 ± 0.0072 | | 15.86 ± 1.46 | | 18.99 ± 7.31 | |
| No.12 | 0.50 | 0.0718 ± 0.0349 | | 0.0020 ± 0.00025 | | 0.0196 ± 0.0094 | | 12.75 ± 1.64 | | 19.70 ± 9.48 | |
| No.13 | 0.59 | 0.0752 ± 0.0296 | | 0.0022 ± 0.00024 | | 0.0231 ± 0.0090 | | 14.32 ± 1.53 | | 23.16 ± 9.06 | |
| No.14 | 0.33 | 0.0585 ± 0.0240 | | 0.0021 ± 0.00021 | | 0.0173 ± 0.0070 | | 13.81 ± 1.38 | | 17.42 ± 7.11 | |
| No.15 | 0.75 | 0.0457 ± 0.0177 | | 0.0020 ± 0.00017 | | 0.0127 ± 0.0049 | | 12.97 ± 1.11 | | 12.80 ± 4.96 | |
| No.16 | 0.62 | 0.0450 ± 0.0155 | | 0.0021 ± 0.00016 | | 0.0133 ± 0.0046 | | 13.77 ± 1.04 | | 13.37 ± 4.63 | |
| No.17 | 0.36 | 0.0643 ± 0.0211 | | 0.0021 ± 0.00018 | | 0.0188 ± 0.0062 | | 13.66 ± 1.14 | | 18.92 ± 6.24 | |
| No.18 | 0.33 | 0.0160 ± 0.0126 | | 0.0022 ± 0.00023 | | 0.0049 ± 0.0038 | | 14.26 ± 1.47 | | 4.94 ± 3.88 | Discordant |
| No.19 | 0.38 | 0.0449 ± 0.0252 | | 0.0023 ± 0.00027 | | 0.0143 ± 0.0080 | | 14.88 ± 1.77 | | 14.43 ± 8.08 | |
| No.20 | 0.32 | 0.0950 ± 0.0458 | | 0.0022 ± 0.00031 | | 0.0284 ± 0.0134 | | 13.95 ± 1.99 | | 28.40 ± 13.56 | |
| No.21 | 0.92 | 0.0742 ± 0.0282 | | 0.0033 ± 0.00033 | | 0.0333 ± 0.0126 | | 20.96 ± 2.13 | | 33.29 ± 12.75 | Excluded from mean |
| No.22 | 0.31 | 0.0609 ± 0.0372 | | 0.0020 ± 0.00029 | | 0.0165 ± 0.0099 | | 12.62 ± 1.87 | | 16.59 ± 10.04 | |
| No.23 | 0.75 | 0.0516 ± 0.0135 | | 0.0022 ± 0.00014 | | 0.0158 ± 0.0042 | | 14.34 ± 0.89 | | 15.96 ± 4.24 | |
| No.24 | 0.71 | 0.0533 ± 0.0190 | | 0.0020 ± 0.00017 | | 0.0150 ± 0.0053 | | 13.15 ± 1.09 | | 15.13 ± 5.40 | |
| No.25 | 0.30 | 0.1253 ± 0.0498 | | 0.0022 ± 0.00029 | | 0.0382 ± 0.0149 | | 14.22 ± 1.88 | | 38.02 ± 14.99 | Discordant |
| No.26 | 0.74 | 0.0346 ± 0.0118 | | 0.0021 ± 0.00014 | | 0.0099 ± 0.0034 | | 13.41 ± 0.90 | | 10.05 ± 3.44 | |
| No.27 | 0.32 | 0.0685 ± 0.0389 | | 0.0020 ± 0.00029 | | 0.0189 ± 0.0106 | | 12.85 ± 1.87 | | 18.97 ± 10.67 | |
| No.28 | 0.68 | 0.0402 ± 0.0161 | | 0.0020 ± 0.00017 | | 0.0113 ± 0.0045 | | 13.11 ± 1.08 | | 11.40 ± 4.57 | |
| No.29 | 0.42 | 0.0688 ± 0.0342 | | 0.0023 ± 0.00030 | | 0.0221 ± 0.0109 | | 14.99 ± 1.91 | | 22.16 ± 10.97 | |
| No.30 | 0.69 | 0.0559 ± 0.0169 | | 0.0020 ± 0.00015 | | 0.0155 ± 0.0047 | | 12.94 ± 0.94 | | 15.60 ± 4.75 | |
| <i>Weighted mean of the youngest group (n = 26)</i> | | | | | | | | 13.7 ± 0.3 | | 14.4 ± 1.2 | |
| Standards (PSV: Plešovice, OD3: OD-3) | | | | | | | | | | | |
| PSV 4-1 | 0.09 | 0.0543 ± 0.0045 | 0 | 0.0513 ± 0.00162 | 0 | 0.3841 ± 0.0394 | | 322.4 ± 10.4 | | 330.0 ± 39.19 | |
| OD3 4-1 | 0.93 | 0.0432 ± 0.0111 | 0 | 0.0051 ± 0.00029 | 0 | 0.0304 ± 0.0080 | | 32.8 ± 1.89 | | 30.4 ± 8.07 | |

付表A2 全ジルコン粒子のFT分析データ

Table A2 Fission-track data of zircon grains

| Sample Grain No | Fission Track Data | | | LA-ICPMS Data | | Calculated | | |
|--------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------------|--|--------------------|---------------|---------------|
| | N_s | Area (10^6 cm^2) | ρ_s (10^6 cm^{-2}) | Area-corrected N_{u-sp} | ρ_{u-sp} (10^{10} cm^{-2}) | U_{ICP} (ppm) | Age (Ma) t | $\pm 2\sigma$ |
| 180607-1 | $\rho_{u-std} = 5.575 \times 10^9 / \text{cm}^2$ | | | $\zeta_{is} = 54.6 \pm 1.6 (1\sigma)$ | | | | |
| 1 | 13 | 9.0 | 1.44 | 189913 | 2.110 | 280 | 10.4 | 5.8 |
| 2 | 11 | 9.0 | 1.22 | 177087 | 1.968 | 261 | 9.4 | 5.7 * |
| 3 | 4 | 9.0 | 0.44 | 118607 | 1.318 | 175 | 5.1 | 5.1 |
| 4 | 13 | 9.0 | 1.44 | 83254 | 0.925 | 123 | 23.7 | 13.2 |
| 5 | 20 | 9.0 | 2.22 | 357873 | 3.976 | 528 | 8.5 | 3.8 * |
| 6 | 15 | 9.0 | 1.67 | 215882 | 2.399 | 318 | 10.6 | 5.5 |
| 7 | 46 | 9.0 | 5.11 | 700093 | 7.779 | 1033 | 10.0 | 3.0 * |
| 8 | 9 | 9.0 | 1.00 | 72312 | 0.803 | 107 | 18.9 | 12.7 * |
| 9 | 49 | 4.0 | 12.25 | 616720 | 15.418 | 2047 | 12.1 | 3.5 |
| 10 | 7 | 6.0 | 1.17 | 103352 | 1.723 | 229 | 10.3 | 7.8 |
| 11 | 16 | 9.0 | 1.78 | 222033 | 2.467 | 327 | 11.0 | 5.5 |
| 12 | 17 | 9.0 | 1.89 | 188731 | 2.097 | 278 | 13.7 | 6.7 |
| 13 | 4 | 9.0 | 0.44 | 107397 | 1.193 | 158 | 5.7 | 5.7 * |
| 14 | 7 | 9.0 | 0.78 | 87758 | 0.975 | 129 | 12.1 | 9.2 |
| 15 | 13 | 9.0 | 1.44 | 142616 | 1.585 | 210 | 13.9 | 7.7 |
| 16 | 5 | 9.0 | 0.56 | 102536 | 1.139 | 151 | 7.4 | 6.6 * |
| 17 | 5 | 9.0 | 0.56 | 88696 | 0.986 | 131 | 8.6 | 7.7 * |
| 18 | 5 | 9.0 | 0.56 | 68027 | 0.756 | 100 | 11.2 | 10.0 |
| 19 | 39 | 6.0 | 6.50 | 574646 | 9.577 | 1271 | 10.3 | 3.4 * |
| 20 | 8 | 9.0 | 0.89 | 178277 | 1.981 | 263 | 6.8 | 4.8 |
| 21 | 11 | 6.0 | 1.83 | 127847 | 2.131 | 283 | 13.1 | 7.9 |
| 22 | 7 | 6.0 | 1.17 | 56073 | 0.935 | 124 | 19.0 | 14.4 |
| 23 | 33 | 9.0 | 3.67 | 465021 | 5.167 | 686 | 10.8 | 3.8 |
| 24 | 13 | 6.0 | 2.17 | 176922 | 2.949 | 391 | 11.2 | 6.2 |
| 25 | 12 | 9.0 | 1.33 | 202869 | 2.254 | 299 | 9.0 | 5.2 |
| 26 | 5 | 6.0 | 0.83 | 68244 | 1.137 | 151 | 11.1 | 10.0 * |
| 27 | 5 | 6.0 | 0.83 | 128653 | 2.144 | 285 | 5.9 | 5.3 |
| 28 | 4 | 6.0 | 0.67 | 63013 | 1.050 | 139 | 9.7 | 9.7 * |
| 29 | 24 | 6.0 | 4.00 | 334750 | 5.579 | 741 | 10.9 | 4.5 * |
| 30 | 19 | 6.0 | 3.17 | 251915 | 4.199 | 557 | 11.5 | 5.3 |
| Pooled (n= 11) | 172 | 87 | 1.98 | 2646646 | 3.199 | 425 | 9.9 | 1.7 |
| 170516-1 | $\rho_{u-std} = 4.717 \times 10^9 / \text{cm}^2$ | | | $\zeta_{is} = 46.4 \pm 2.1 (1\sigma)$ | | | | |
| 1 | 11 | 16.0 | 0.69 | 125213 | 0.783 | 123 | 9.6 | 5.9 * |
| 2 | 18 | 16.0 | 1.13 | 175524 | 1.097 | 172 | 11.2 | 5.4 * |
| 3 | 11 | 16.0 | 0.69 | 103643 | 0.648 | 102 | 11.6 | 7.1 |
| 4 | 36 | 16.0 | 2.25 | 234187 | 1.464 | 230 | 16.8 | 5.8 * |
| 5 | 23 | 16.0 | 1.44 | 160683 | 1.004 | 158 | 15.7 | 6.7 * |
| 6 | 17 | 16.0 | 1.06 | 120497 | 0.753 | 118 | 15.4 | 7.6 * |
| 7 | 22 | 16.0 | 1.38 | 146435 | 0.915 | 144 | 16.4 | 7.2 * |
| 8 | 84 | 16.0 | 5.25 | 808526 | 5.053 | 793 | 11.4 | 2.7 * |
| 9 | 24 | 9.0 | 2.67 | 178176 | 1.980 | 311 | 14.7 | 6.2 * |
| 10 | 36 | 16.0 | 2.25 | 194448 | 1.215 | 191 | 20.2 | 7.0 * |
| 11 | 17 | 9.0 | 1.89 | 197023 | 2.189 | 343 | 9.4 | 4.7 * |
| 12 | 18 | 12.0 | 1.50 | 169121 | 1.409 | 221 | 11.6 | 5.6 * |
| 13 | 41 | 16.0 | 2.56 | 256159 | 1.601 | 251 | 17.5 | 5.7 * |
| 14 | 40 | 12.0 | 3.33 | 212230 | 1.769 | 277 | 20.6 | 6.8 * |
| 15 | 39 | 16.0 | 2.44 | 351692 | 2.198 | 345 | 12.1 | 4.0 * |
| 16 | 34 | 12.0 | 2.83 | 333902 | 2.783 | 437 | 11.1 | 3.9 * |
| 17 | 28 | 12.0 | 2.33 | 271323 | 2.261 | 355 | 11.3 | 4.4 * |
| 18 | 38 | 16.0 | 2.38 | 252373 | 1.577 | 247 | 16.5 | 5.5 |
| 19 | 15 | 12.0 | 1.25 | 140768 | 1.173 | 184 | 11.7 | 6.1 * |
| 20 | 29 | 16.0 | 1.81 | 149767 | 0.936 | 147 | 21.2 | 8.1 * |
| 21 | 19 | 16.0 | 1.19 | 216606 | 1.354 | 212 | 9.6 | 4.5 |
| 22 | 23 | 16.0 | 1.44 | 159567 | 0.997 | 156 | 15.8 | 6.7 * |
| 23 | 43 | 9.0 | 4.78 | 494678 | 5.496 | 862 | 9.5 | 3.0 * |
| 24 | 67 | 16.0 | 4.19 | 524044 | 3.275 | 514 | 14.0 | 3.6 * |
| 25 | 30 | 16.0 | 1.88 | 178152 | 1.113 | 175 | 18.4 | 6.9 |
| 26 | 67 | 16.0 | 4.19 | 842330 | 5.265 | 826 | 8.7 | 2.3 * |
| 27 | 21 | 16.0 | 1.31 | 177327 | 1.108 | 174 | 13.0 | 5.8 * |
| 28 | 37 | 12.0 | 3.08 | 384930 | 3.208 | 503 | 10.5 | 3.6 * |
| 29 | 24 | 16.0 | 1.50 | 170738 | 1.067 | 167 | 15.4 | 6.4 * |
| 30 | 57 | 16.0 | 3.56 | 606474 | 3.790 | 595 | 10.3 | 2.9 * |
| Pooled (n= 26) | 871 | 371 | 2.35 | 7585761 | 2.107 | 331 | 12.6 | 1.4 |

N_s , Number of spontaneous tracks; ρ_s , spontaneous track density; N_{u} , total count of ^{238}U ; ρ_{u} , ^{238}U -count density; sp, sample; std, standard; U_{ICP} , uranium concentration; *, zircon grains of youngest cluster with U-Pb age

1946 年南海地震前に紀伊半島沿岸部で目撃された井戸水や海水位などの変化

梅田 康弘^{1,*}・板場 智史²

Yasuhiro Umeda and Satoshi Itaba (2019) The changes of well water and sea level witnessed on the coast of the Kii peninsula prior to the 1946 Nankai earthquake. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 70 (4), p.327–334, 4 figs, 2 tables.

Abstract: Abnormal phenomena observed on the coast of the Kii Peninsula prior to the 1946 Nankai earthquake were collected and examined. Most of the information was acquired from literature and some testimonies were obtained by interview with residents. Water level lowering and/or turbidity of well water was witnessed two or three days before the main shock. Land subsidence had been observed on the eastern coast of the Kii Peninsula. The subsidence is thought to be the post-seismic deformation of the 1944 Tonankai earthquake. Oscillatory sea level changes which were witnessed in some areas suggests that a tsunami might have occurred. Testimonies by some residents that they had heard roaring sound and/or felt tremor prior to the main shock were also recorded.

Keywords: 1946 Nankai earthquake, witness testimony, well water, sea level change, Kii Peninsula

要 旨

1946年南海地震前に紀伊半島沿岸部で目撃された地下水や海水位の変化、音などの異常現象を収集した。現象の収集は主に文献によったが、住民への聞き取りも行った。本震の2、3日前に井戸水が減少したことや濁ったことが目撃されている。紀伊半島東岸では地震前の地盤沈下が目撃されていたが、この地盤沈下は1944年東南海地震の余効変動が続いていたものと考えられた。振動的な海水位変化も目撃され、津波の可能性が指摘された。音を聞いたり、地震を感じたりした人もいた。

1. はじめに

1946年南海地震(以下では本震)は、同年12月21日午前4時19分頃に紀伊半島沖の東経135.8度、北緯32.9度(気象庁, 2018b)付近を震源として発生したマグニチュード8.0_{JMA}の地震である。紀伊半島から四国の太平洋沿岸部において、本震の前に井戸水が減少したり海水位が変化したりという目撃証言が数多く報告されている。梅田ほか(2010)は、小さな三角州や砂州などの一部の井戸では、僅かな土地の隆起によって水位が大きく低下することを示した。海水位の変化は土地の隆起・沈降によるものの他、振動性の変化も目撃されている。後者について

は、小規模な津波が発生していた可能性も指摘されている(梅田ほか, 2016)。梅田・板場(2014)では、四国の太平洋沿岸部での目撃証言を収集しているが、本震の破壊域は紀伊半島にも及んでいたことから、紀伊半島沿岸部においても同様の調査を行った。主な調査は本震前の井戸水と海水位の変化であるが、紀伊半島では潮岬における地震の観測報告があることから、地震と音に関する証言も収集した。

2. 井戸水の変化

調査の方法は大半が文献調査である。本震前に水位が低下した井戸で、当時の状況を聞くことができた1か所では聞き取り調査を行った。

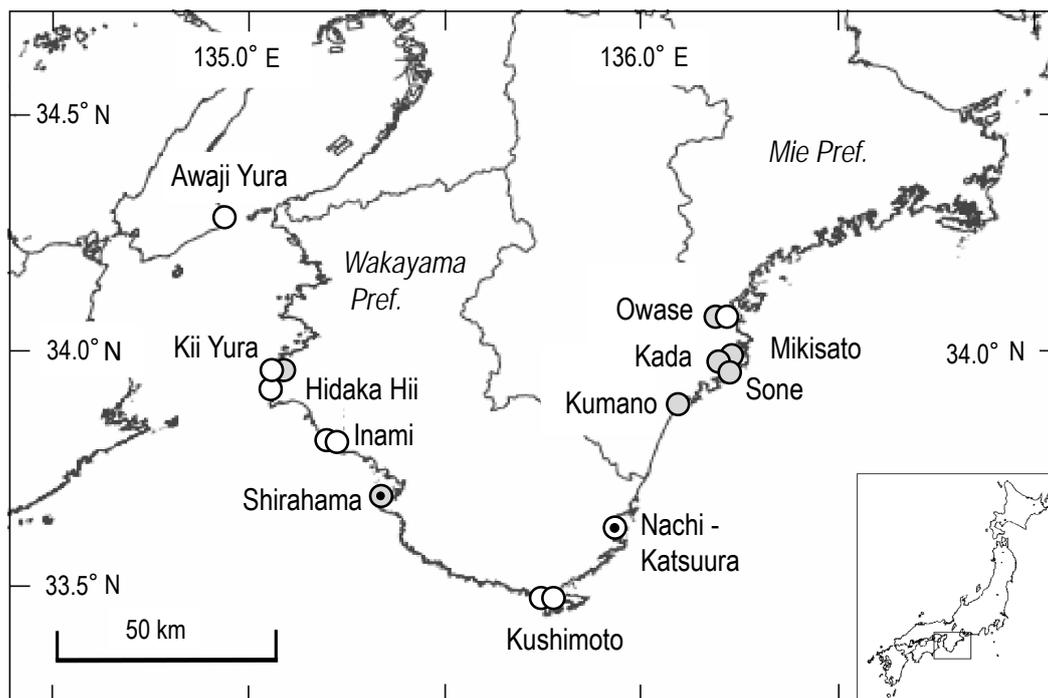
2.1 全体の調査結果

本震前と後の井戸水の状況及び関連する参考事項を、目撃地点と共に第1表に載せた。右端の列には引用文献と記載されているページを記号とカッコ付数字で示した。本震の前に井戸水が低下又は濁れたという証言は6地点で8件ある。井戸の濁りは6件、温泉の濁りと湧出量低下がそれぞれ1件ある。本震前に井戸水など地下水の異常が目撃された地点を第1図に示した。紀伊半島東岸から淡路島まで、地震前の地下水異常が目撃されている。

¹産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門 客員研究員 (Visiting researcher of AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Earthquake and Volcano Geology)

²産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Earthquake and Volcano Geology)

* Corresponding author: Y. Umeda, Daigo Nishioji-cho 128-10, Fushimi-ku, Kyoto, 601-1374, Japan, Email: umedaya@nike.conet.ne.jp



第1図 本震前に変化が目撃された井戸及び温泉の分布図. 白丸は井戸水の減少, 灰色丸は井戸水の濁り, 黒点の丸印は温泉の変化.

Fig. 1 Distribution map of wells and hot springs where changes were witnessed before the main shock. Open and gray circle indicates a decrease and a turbidity in well water, respectively. Circle with black dot indicates a change in hot spring.

また四国の場合と同様, 目撃は沿岸部のみであることも特徴的である.

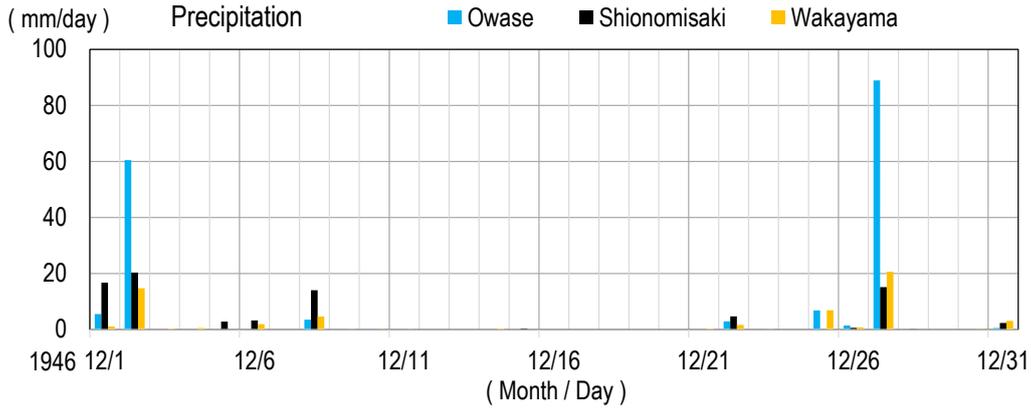
井戸水の濁りも取り上げたのは, それが水位低下の可能性があるからである. 井戸水は大雨によっても濁ることがあるが, 第2図に示したように紀伊半島の3地点での降雨量(気象庁, 2018a)は12月10日以降, 本震前まではほとんどない. 従って井戸水の濁りは降雨によるものではなく, 以下の理由による可能性が高い. 当時の井戸水は, 多くがロープの先に取り付けられた木桶又はバケツによって汲み上げられていた. それらを水面に降ろしても浮いているだけで水は入らないので, なにがしか揺すって水をすくうことになる. 水位が低下していると, 水面を揺することによって底に沈殿していた土や砂が攪乱されて濁る場合がある. 実際にこのことが証言されたのは徳島県海陽町奥浦での1件(梅田・板場, 2014のp.132)だけであるが, 降雨が原因ではない井戸水の濁りは水位低下の可能性が高いと考えられる.

井戸水の低下または濁りが本震に先行した日数がわかっている証言は8件あるが, 前日が4件, 1~2日前が2件, 2~3日前は1件, 数日前の濁りが1件である. 那智勝浦の温泉の湧出量減少は, 本震の6時間前である. 四国での先行日数は2~3日前ないし1週間前が大半だったのに比べると, 紀伊半島での先行日数は短い.

2.2 聞き取り調査結果

和歌山県日高町比井(第1表のW-22)の井戸は現存しており, 所有者の田邊^{はるよ}明代氏に話を聞くことが出来た. 聞き取りは2012年12月15日, 井戸の近くで行った. 「南海地震の時は3歳半だった. 地震の前の井戸の様子は母や祖母から何度も聞かされた. 井戸は共同井戸で, 地震の起こる前から徐々に水が下がって, 何度もロープを繋ぎたして水を汲んだ. 皆は“どうしてこんなに深くなるんやろう”, “どうして水が減るんやろう”と言いながら, ロープを継ぎ足しては水を汲んでいたそうだ」.

水が減り始めた時期については「ずっと前から」という他, はっきりしなかった. 井戸の上部は石組みだが, 下部は岩盤がくり抜かれているようで, 共同井戸だが通常の使用では水位が大きく下がることはなかったそうである. 聞き取り時点での井筒の上端から水位上面までは2.3 m, 水深は8.5 mであった. 井戸から現在の海岸まで約200 m, 山際までは約30 m. 比井の集落は, 海岸(港)の広い所での幅が170 mほどの小さな三角洲である. 梅田ほか(2010)が指摘しているように, 地形も井戸の位置も, わずかな土地の隆起によって井戸の水位が低下しやすい条件にある. なお, この井戸に関しては産業技術総合研究所により, 2013年3月から水位の連続観測が行われており, データは同研究所の他の観測井のそれらと共



第2図 尾鷲，潮岬，和歌山の降水量。気象庁(2018a)から引用。

Fig. 2 Precipitation in Owase, Shionomisaki and Wakayama. Quoted from Japan Meteorological Agency (2018a).

にホームページ上で「日高町 水位」として公開されている(産総研 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門, 2018)。

第1表W-20の印南町の井戸について、水路局(現：海上保安庁海洋情報部)の水路要報(水路局, 1948)の、地変及び被害編 p.33には「町役場の所にある井戸は例年の結果からすればどんなひどりでもかかれることがないのであるが震前に皆無となった」とある。現地調査によって井戸の位置は確認できたが、町役場はすでに無くなっており、井戸はコンクリートで覆われていた。上記の比井の集落と同様、井戸のある印南の集落も、東西1 kmほどの小さな三角洲である。この三角州内の5か所の現存する井戸で京都大学により水位の連続観測が行われ、降雨が及ぼす井戸の水位変化、海水位変化の応答などが観測された(尾上ほか, 2005)。

3. 海水位の変化

港湾や漁港などで目撃された海水位の変化には、地盤沈下による一方向的で長期的な変化と、振動性の変化がある。原因が異なると思われるので、これらを区別して記述する。

3.1 地盤沈下

紀伊半島東岸では1944年南海地震時に地盤沈下したことが知られているが、沈下はそれ以降も1946年南海地震直前まで続いていたようである。証言では、地震時の沈下と、それ以降の沈下とは必ずしも区別できないが、本節では1946年南海地震前の現象として、後者の沈下に焦点を当てて証言を拾い上げる。

地盤沈下に関する証言は第2表及び第3図に示したように、鳥羽市から串本町にかけて4地点で得られている。1946年12月22日朝日新聞大阪版(1946a)の1面記事に

は、当時の京都大学の西村英一助教授の談話として「…1 昨年以來三重県鳥羽から和歌山県勝浦方面にかけ、相当地面が沈下しているという知らせが2か月前にもたらされ…」とある(第2表 S-1, S-3, S-4)。この情報は現地からのもので、西村助教授は「ぜひ現地に行き沈下したままなのか、全般的に沈下しつつあるのか調査して見たいと思っていた矢先に(地震が起こってしまった)」と続けている。また同紙12月26日(朝日新聞大阪版, 1946b)にも「…昭和19年の東海大震災(著者注：東南海地震)以来、南紀各地には毎日2, 3回の地震が続き、新宮市を中心に南紀及び志摩半島にかけていちじるしい地盤沈下の現象が起こっていた」とあり、1944年東南海地震以降も沈下が継続していたらしいことを示す記述がある。なお上記の朝日新聞の記事は和歌山県災害史(和歌山県, 1963)のp.398にも収録されている。

地盤沈下に関する目撃証言としては、昭和紀伊洪浪の記(恩賜財団 同胞援護会和歌山県支部, 1948)と和歌山県災害史(和歌山県, 1963)のp.389に、当時の串本国民学校矢倉教官の話として「地盤が次第に沈下し東海岸では砂浜が殆ど無くなり、満潮の時は波が県道まで達した」ことが記載されている。この証言にある県道とは「現在の国道で、当時は舗装も堤防も無く、そのまま浜に接していた」(串本高等学校歴史部, 1977)そうである。「次第に沈下し」といった証言は本震前まで沈下は継続していたことを伺わせる(第2表 S-7)。

水路局(現：海上保安庁海洋情報部)では、1944年南海地震と1946年南海地震、それぞれの地震時の上下変動を海水位の変化から求めている(水路局, 1948)。この結果と、国土地理院による長期間の水準測量結果を組み合わせ、梅田・板場(2018)は、ふたつの地震の間上下変動を求めた。海水位から求めた地震時の上下変動には誤差があるものの、両地震の間に、浦神では約10 cm、串本では54 cmの沈降があったと推定している。参考の

第1表 井戸水に関する目撃証言.

Table 1 List of witness testimonies on well water.

| 番号 | 地名 | 本震前 | 本震後 | その他の参考事項 | 文献 (ページ) |
|------|---------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--|-----------------------|
| | 三重県 (Mie P.) | | | | |
| W-1 | 志摩市 (Shima C.) 和具 (Wagu.) | | | ・1944年東南海地震の2, 3日前頃から変化 ・1946年南海地震の時は異常を認めず | B (25) |
| W-2 | 紀北町 (Kihoku T.) 引本 (Hikimoto) | | ごく一部に水位低下が認められた | | B (26) |
| W-3 | 尾鷲市 (Owase C.) | 前日に水位低下並びに泥濁 | 地震前の変化は震後2, 3日続いた | 濁りは尾鷲市板場から向井地区の線上に分布 | B (27) |
| W-4 | 三木里 (Mikisato) | 1~2日前に井戸水濁る | | | A (59) |
| W-5 | 賀田 (Kada) | 地震前, 井戸水が泥水になる | 梶賀では1週間くらい井戸水はからみを帯びる | 梶賀のコスギ鼻の南方の露出岩が地震の10日前から熱を持ち, 時々蒸気を伴った地震後は断続的に続く | B (28) |
| W-6 | 曾根 (Sone) | 1~2日前に井戸水濁る | | | A (59) |
| W-7 | 熊野市 (Kumano C.) 泊 (Tomari) | 古泊の井戸水, 地震前に濁る | 2日間くらい濁る | ・山手の井戸は地震後1日くらい泥水化 ・海岸沿いの井戸は1か月後も濁る | B (28) |
| | 和歌山県 (Wakayama P.) | | | | |
| W-8 | 新宮市 (Shingu C.) | | 震後8時間くらいで混濁が止まった | | B (29) |
| W-9 | 那智勝浦町 (Nachi - katsuura T.) | 金波湯の湧出量が, 6時間前に著しく減少 | 2, 3日間は温泉の湧出量増加 | 海岸寄りの井戸では地震直後に井戸水があふれ出た | B (29) |
| W-10 | 浦神 (Uragami) | | 一般には濁ったが震後1週間くらいで清澄になった | | B (30) |
| W-11 | 串本町 (Kushimoto T.) 古座 (Koza) | | 地震直後のみ濁った | | B (30) |
| W-12 | 西向 (Nishimukai) | | 震後10日くらい濁った | | B (30) |
| W-13 | 串本 (Kushimoto) | 2, 3日前から井戸水が急減した箇所が多い | | | C (389), D (19-44) |
| W-14 | | 橋杭部落では前日井戸水が減った | 地震後旧に復した | | A (54), C (388) |
| W-15 | | | 水位低下した井戸も少なくない | ・海岸の井戸は塩水が混入 ・震後1週間くらいから味と濁り | B (31), C (388) |
| W-16 | 周参見町 (Susami T.) | | 井水は1か月を経過するもまだ幾分から味を有している | 山の所の温泉は震後ゆう出量がやや減少した | B (31) |
| W-17 | 白浜町 (Shirahama T.) | 水晶湯では12月14, 15日頃からひどく濁った | 地震と同時に止まる | | A (54) |
| W-18 | | | 一般にはから味と混濁とを生じたが大部分は1か月以内に復旧 | 温泉は40数か所の内, 湧出停止は8カ所そのうち3か所は1か月以内に復旧 | B (32) |
| W-19 | 田辺市 (Tanabe C.) | | 震後混濁が見られた | | B (33) |
| W-20 | 印南町 (Inami T.) | 町役場の井戸水, 地震前に皆無となる | | | B (33) |
| W-21 | | 前日井戸水が減じた | | | A (54), C (388) |
| W-22 | 日高町 (Hidaka T.) 比井 (Hi) | | 「地震の前に水位が徐々に下がった」と聞いた | | 著者聞き取り |
| W-23 | 紀伊由良町 (Kii yura T.) | 数日前より幾分混濁を生じた | 1か月後も辛みがある | | B (33) |
| W-24 | | 地震前日2, 3か所の井戸水が減少し, ひとつは干上がった | | | A (54), C (388) |
| W-25 | 海南市 (Kainan C.) | | 海岸線付近 (の井戸) は海水の浸透があった | | B (33) |
| W-26 | 下津 (Shimotsu) | | 震後1週間ほど濁った | | B (33) |
| W-27 | 和歌山市 (Wakayama C.) 加太 (Kada) | | 浅い井戸では震後1週間くらい濁った | | B (34) |
| | 兵庫県 (Hyogo P.) | | | | |
| w-28 | 洲本市 (Sumoto C.) | | 震後水位の低下及び混濁 | | B (34) |
| w-29 | 淡路由良 (Awaji yura) | 地震前に一部では涸れた | 一般には地震直後に水位低下及び濁り | | B (35) |
| w-30 | 南あわじ市 (Minamiawaji C.) 福良 (Fukura) | | 町内は局所的に水位上昇と下降したところが生じた | | B (35) |

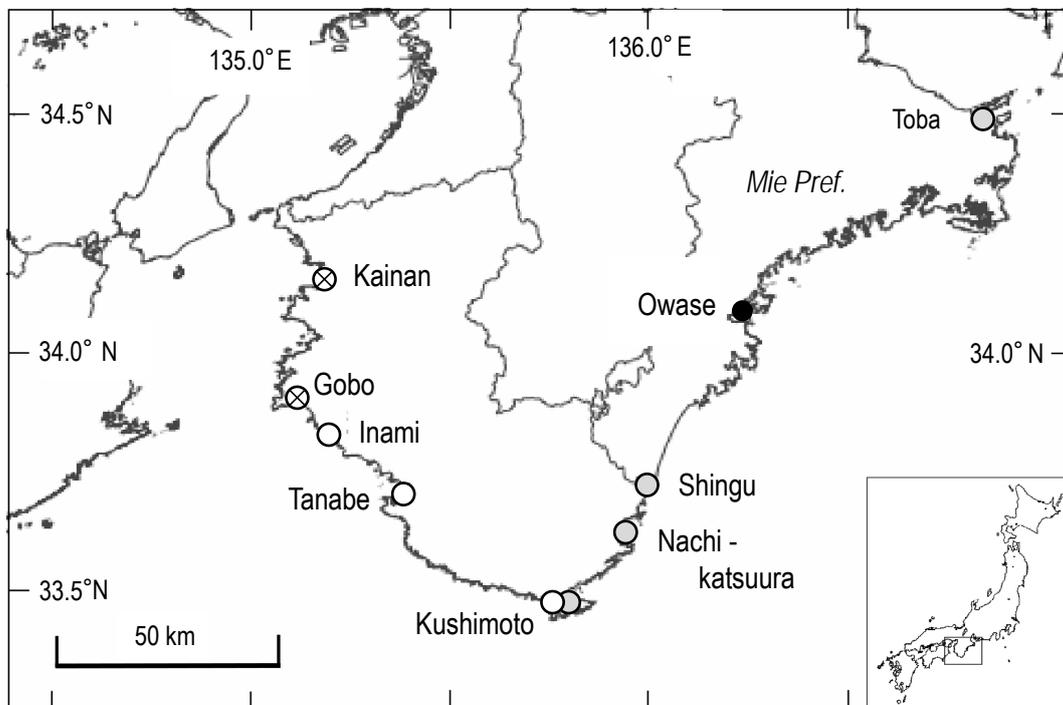
A: 中央気象台 (1947), B: 水路局 (1948), C: 和歌山県 (1963), D: 恩賜財団 同胞援護会 和歌山県支部 (1948)

第2表 海水位，地盤沈下，その他の目撃証言.

Table 2 List of witness testimonies related to the sea level, ground subsidence and others.

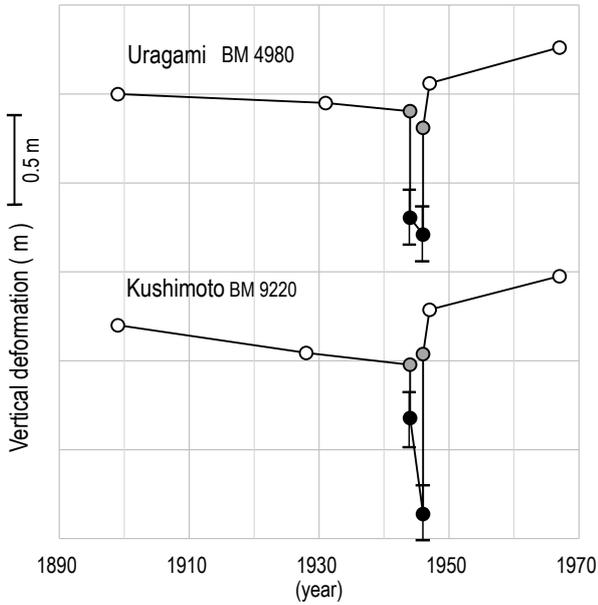
| 番号 | 地名 | 本震前の海水位, 地盤, 他 | その他の参考事項 | 文献 (ページ) |
|------|-------------------------------|---------------------------|---|-----------------------|
| | 三重県 (Mie P.) | | | |
| S-1 | 鳥羽市 (Toba C.) | 地盤沈下 | | B, C (398) |
| S-2 | 尾鷲市 (Owase C.) 早田 (Haida) | | 20日夕刻より夜半迄小川の水が異常に減水した | A (59) |
| | 和歌山県 (Wakayama P.) | | | |
| S-3 | 新宮市 (Shingu C.) | 地盤沈下 | | B, C (397) |
| S-4 | 那智勝浦町 (Nachi katsuura T.) | 地盤沈下 | | B, C (398) |
| S-5 | 串本町 (Kushimoto T.) | 2, 3日前から潮流の方向が頻りに変化し且速かつた | <ul style="list-style-type: none"> ・ 2, 3日前から海鳴りを聞いた ・ 1週間前から有感地震があった | C (389), D (19-44) |
| S-6 | | | | |
| S-7 | | 地盤沈下 | | |
| S-8 | 田辺市 (Tanabe C.) 文里 (Mori) | (前夜から当夜)潮が大きく引いていた | | E (108) |
| S-9 | 印南町 (Inami T.) 切目 (Kirime) | 潮の動きが活発だった | 海鳴りを耳にした者もあり | C (389) |
| S-10 | 御坊市 (Gobo C.) 塩屋 (Shioya) | 前兆は全然感じられず | 波無く高潮だった | D (19-44) |
| S-11 | 海南市 (Kainan C.) | 異常らしいものを認めなかった | | C (389), D (19-44) |

A: 中央気象台 (1947), B: 朝日新聞 大阪版 (1946 a,b), C: 和歌山県 (1963), D: 恩賜財団 同胞援護会 和歌山県支部 (1948), E: 田辺市新庄公民館, 昭和の津波復刻委員会 (1999)



第3図 海水位の変化，地盤沈下の分布図. 白丸は海水位の低下，灰色丸は地盤沈下，バツ印の丸は変化なし，黒丸はその他.

Fig. 3 Distribution map of changes in sea level and land subsidence. Open, gray and closed circle indicates low sea level, land subsidence and others, respectively. Circle with cross mark indicates no change.



第4図 浦神と串本の上下変動時系列. 梅田・板場(2018)の第4図を引用.

Fig. 4 Time series of vertical deformations at Uragami and Kushimoto. Quoted from Fig.4 in Umeda and Itaba(2018).

ため第4図に梅田・板場(2018)の第4図を再掲した. 紀伊半島東岸一帯における1944年東南海地震以降の継続的な地盤沈下は同地震の余効変動と思われる.

3.2 振動性の海水位変化

海水位の振動性に関する証言は、紀伊半島南西部の印南、田辺、串本で得られている。串本高等学校歴史部(1977)による「1946年南海道地震の記録」のp.12には、串本町袋の東出やえの氏の証言「タタミなしで生活を」の中に「当時、お父さん(夫)が石屋をやっているかたわら、浜で塩たきをしていたんです。潮をたくのに海水を汲みに行くと干潮でもないのに潮がひいていたり、また今度汲みに行くと潮がいっぱい来たりしたんで、お父さんが“何か悪いことが起こるんとかうか”と言ったんです。私は“そんなことないやろう”と相手にしなかったんですが、あの地震がゆったのは、その矢先でした」とある(第2表 S-7)。塩たきは浜辺での製塩法であり、同じような証言は高知県黒潮町でもある(梅田・板場, 2014のp.138)。

第2表のS-5「2, 3日前から潮流の方向が頻りに変化し、且速かつた」(恩賜財団 同胞援護会和歌山県支部, 1948)というのは漁師の話であり、沖合での状況と思われる。この証言に関しても、同様の潮流の変化が四国で証言されており(梅田・板場, 2014の第2表), 梅田・板場(2014)は本震の前に小規模な津波が発生していた可能性を指摘している。紀伊半島南西部でも四国と同様の津波を目撃したのではないかとと思われる。

振動性かどうかは不明だが、田辺市文里(第2表 S-8)では「…海で仕事をしていたが、文里の潮が大きく引いていた。その仕事が終わって帰ったその朝に南海道地震があった」(田辺市新庄公民館, 昭和の津波復刻委員会, 1999のp.108)という山崎良一氏の証言がある。海水位が大きく低下したという現象は、一時的なものだったのか、低下したままだったのかはわからないが、同様の海水位の低下は四国でも数多く目撃されている。

4. 音と地震

本震の前に音を聞いたという証言は串本(第2表 S-6)と印南町(第2表 S-9)で各1件ある。串本では前出の串本国民学校矢倉教官の話として「(本震の) 2, 3日前から夜間の静寂の中から南方より不気味な海鳴りの音が聞こえた」とある。串本高等学校歴史部(1977)のp.7には、串本袋の奥良太郎氏(地震当時37歳)の証言「材木にはさまれながら」があり、その中に「1週間くらい前から体に感じる地震が起きていました。おそらく南海道大地震のまえぶれだったのでしょ…〈中略〉…その夜(20日の夜)は地震を用心し、いつも2階に寝かせている子供を1階に寝かしていました」とある。印南町では青年団の聞き取りとして「…海鳴りを耳にした者もあった…」(第2表 S-9)とされている。

本震前の地震活動については、元気象庁地震予知情報室調査官の鈴木雄次氏著「前震の記録」(1985)に詳しい。同書p.60には直前の地震活動として「この地震の15日前の12月6-7日に無感3回, 9日前の12月12-13日に有感2回が潮岬で観測され, また12月13日0時頃和歌山県南部(33° 41' N, 135° 52' E, 深さ0 km)に有感地震が発生した。そして当日12月21日に2時8分頃潮岬沖に有感地震が発生したが, その約2時間後にこの地震が発生した(図II-93.3参照)」と記述されている。参照図の地震数を見ると12月20日までに6回あり, 21日の2時8分の地震も入れると本震前に7回の地震が確認できる。串本袋の奥良太郎氏の証言にある体に感じる地震は、潮岬で観測された12月12日-13日の3回の有感地震だったと思われる。串本と印南で聞いたという海鳴りは地震だったかも知れない。

本震の2年前の1944年12月には東南海地震が起きており, その余震が続いていたと思われる。上記の地震が余震か, 南海地震の前震かの区別はできない。なお気象庁の震源データ(気象庁, 2018b)によれば12月には, 上記の13日0時頃の和歌山県南部の地震のほかに12月8日10時に紀伊半島南東沖, 12月13日0時には和歌山県南部の地震とは別に紀伊半島南沖で, 計3回の震源が決められている。

5. その他の現象

本震前後の天候は溫和だったようである。前出の矢倉教官の証言によれば「気候が非常に暖かく、レンゲ、桜が咲いた」そうである。和歌山県印南町切目では「数日前から気温常態でなく天変地異を予言するものさえあった。潮の動きが活発で、珍しく暖かであった」と言う証言もある（和歌山県，1963のp.389）。第2図に示したように12月9日以降はほとんど雨もない。和歌山市の最大風速も12月6日の12.3 m/sが最大で、あとはそれ以下である。本震の前々日から当日にかけても最大風速は6 m/s～8 m/sである（気象庁，2018a）。

地震前の発光現象、生物や漁獲に関する証言もある。本稿ではこれらを積極的に収集しなかったが、水路要報（水路部，1948）の津波篇p.26-p.34には発光現象、生物と漁獲、その他の証言が数多く記載されている。

一方、地震前の異常現象に対して「そのような現象はなかった」という証言が御坊市塩屋と海南市にある（第2表のS-10, S-11）。当時の塩屋村役場の聞き取りとして「強震の起る数日前には地響き海鳴りなどの兆候があると昔から言ひ伝えられてゐるが、か様な前兆は全然感じられず、かへって静穏な天気と変異をみとめることができなかつた」（恩賜財団 同胞援護会和歌山県支部，1948）とある。

海南市では「当日午前四時二十分頃以前の様子は平常に変わらず、別段異常らしいものを認めることが出来なかつた」（恩賜財団 同胞援護会和歌山県支部，1948）と報告されている。異常がなかったという積極的な証言は少ないが、これも重要な証言なので取り上げた。

6. まとめ

1946年南海地震前に紀伊半島で目撃された異常現象のうち、特に地殻変動に関連すると考えられる井戸水と海水位の変化に関する証言を収集した。本震前の目撃証言の収集は四国に続くものであり、四国と同じように井戸水の減少や海水位の変化に関する証言が得られた。本震の何日前に井戸水が減少したかという、いわゆる先行日数は、前日ないし2～3日前であった。四国では2～3日前ないし1週間前だったのに比べると、紀伊半島での先行日数は短い。

紀伊半島東岸では1944年東南海地震時に大きく沈降したが、目撃証言によれば、それ以降も1946年南海地震まで沈降が継続していたようである。本震前の沈降は1944年東南海地震の余効変動と考えられた。振動性の海水位の変化は紀伊半島南西部で目撃されている。四国でも同様の変化は目撃されており、小規模な津波が発生していた可能性がある。

潮岬の観測では、12月6日以降本震直前までに、有感地震4回、無感地震が3回観測報告されている。証言に

よればこれらのいくつかは体感されている。串本と印南で聞かれた音は、これらの地震による音だったかも知れない。一方、昔からの伝えに反して異常はなかったという証言も得られている。

謝辞：資料閲覧などに協力していただいた和歌山県、三重県、串本町、田辺市の各図書館、井戸水に関する証言をいただいた田邊明代氏、調査に協力していただいた元京都大学防災研究所の細 善信氏、本研究を支援していただいた産総研活断層・火山研究部門の松本則夫グループ長はじめグループの皆様にお礼申し上げる。森尻理恵編集委員と査読者の意見は論文改善に有効でした。

文献

- 朝日新聞大阪版(1946a) 地盤沈下と関連性。1946年12月22日記事。
- 朝日新聞大阪版(1946b) 「豫感」はあったのだが対策が缺けていた。1946年12月26日記事。
- 中央気象台(1947) 昭和21年12月21日南海道大地震調査概報。
- 気象庁(2018a) 過去の気象データ，<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php> (2018年11月1日確認)。
- 気象庁(2018b) 震源データ，<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/hypo.html> (2018年11月1日確認)。
- 串本高等学校歴史部(1977) 1946年南海道地震の記録—体験者の証言から—。串本町図書館所蔵。串本町，<http://www.town.kushimoto.wakayama.jp/kwp3/c.html> (→町民の方へ→防災・消防→南海道地震の記録(2018年11月1日確認))。
- 恩賜財団 同胞援護会和歌山県支部(1948) 昭和紀伊洪浪の記，<http://tsunami-dl.jp/document/053> (2018年11月15日確認)。
- 尾上謙介・梅田康弘・重富國宏・浅田照行・細 善信・近藤和男(2005) 昭和南海地震前に井水異常が報告された地点での地下水観測—データセットの構築—。京都大学防災研究所年報，48-B，185-190。
- 産総研 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門(2018) 地震に関連する地下水観測データベース“Well Web”，<https://gbank.gsj.jp/wellweb/GSJ/index.shtml> (2018年11月1日確認)。
- 水路部(1948) 昭和21年南海大地震調査報告 津波篇。水路要報増刊号201号，1-39。
- 水路局(1948) 昭和21年南海大地震調査報告 地変及び被害編。水路要報増刊号201号，1-117。
- 鈴木雄次(1985) 図説 前震の記録，地震本部(<http://www.jishin.go.jp>) → データベース → 文献・歴史資料に関する情報 → (guest) 画像データ → 鈴木雄次著 前震の記録。(2018年11月1日確認)。

田辺市新庄公民館, 昭和の津波復刻委員会(1999)復刻
昭和の津波. 田辺市教育委員会, 和歌山県立図書館
所蔵, 108p.

梅田康弘・板場智史(2014) 1946年南海地震前に四国太
平洋沿岸部で目撃された井戸水及び海水位の変化.
地質調査研究報告, **65**, 129-144.

梅田康弘・板場智史(2018) 1944年東南海地震及び1946
年南海地震時の海水位変化を利用した紀伊半島沿
岸部における上下変動時系列の推定. 地質調査研究
報告, **69**, 81-89.

梅田康弘・重富國宏・尾上謙介・浅田照行・細 義信・

近藤和男・橋本学・木村昌三・川谷和夫・大村 誠
(2010) 南海地震前の井戸水の低下について一次の
南海地震の予知に向けて一. 地震 ii, **63**, 1-10.

梅田康弘・板場智史・細 善信(2016) 高知県須崎湾にお
ける潮位観測-1946年南海地震前の海水位変化の
検証のため-. 地質調査研究報告, **67**, 11-25.

和歌山県(1963)和歌山県災害史, 和歌山県, 582p.

(受 付 : 2019年1月17日 ; 受 理 : 2019年5月8日)

(早 期 公 開 : 2019年7月19日)

地質調査総合センター研究資料集

- | | | |
|-----|--|----------------------------------|
| 671 | 房総半島東部における上総層群下部の地質調査・鍵層柱状図及びルートマップ | 中嶋 輝允・宇都宮 正志 |
| 672 | 断層微細構造調査用坑井掘削工事および付帯観測（平林）報告書 | 木口 努（編） |
| 673 | 地殻応力測定用坑井掘削および付帯観測、設備工事 その1（宝塚）報告書 | 木口 努（編） |
| 674 | 地殻応力測定用坑井掘削および付帯観測、設備工事 その2（育波）報告書 | 木口 努（編） |
| 675 | 活断層モニタリング施設整備工事（跡津川断層跡津川・宮川地区）報告書 | 木口 努（編） |
| 676 | 活断層モニタリング施設整備工事（阿寺断層王滝地区）報告書 | 木口 努（編） |
| 677 | 地震予知地下水観測施設及び設備工事 報告書 | 木口 努（編） |
| 678 | 静岡県浜岡町水位ラドン観測井工事 報告書 | 木口 努（編） |
| 679 | 津波分布域－G-EVER アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システムデータ 2/7－ | 松本 弾 |
| 680 | 始良・鬼界・阿多・屈斜路・十和田・摩周・池田火山の大規模噴火の前駆活動と噴火推移 | 西野 佑紀・宝田 晋治・下司 信夫 |
| 681 | 関東地域の地殻内応力マップデータ | 今西 和俊・内出 崇彦・大谷 真紀子・松下 レイケン・中井 未里 |
| 682 | 地質情報研究部門主催研究会「浅層地盤・地質の詳細構造解明に資する精密物理探査の現状と課題」要旨集 | 地質情報研究部門編 |
| 683 | 東・東南アジア地域の大規模火砕流堆積物の分布－G-EVER アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システムデータ 3/7－ | 宝田 晋治 |
| 684 | 東・東南アジア地域の大規模降下テフラの分布－G-EVER アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システムデータ 4/7－ | 宝田 晋治 |
| 685 | 東・東南アジア地域のカルデラの形状－G-EVER アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システムデータ 5/7－ | 宝田 晋治 |

地質調査総合センターの最新出版物

| | |
|-----------------|---|
| 5 万分の 1 地質図幅 | 糸魚川・身延・本山・十和田湖 |
| 20 万分の 1 地質図幅 | 大分 (第 2 版)・松山 (第 2 版)・高知 (第 2 版) |
| 200 万分の 1 地質編集図 | No. 4 日本地質図 (第 5 版) No. 11 日本の火山 (第 3 版) |
| 特殊地質図 | No. 12 富士火山地質図 (第 2 版) No. 33 日本周辺海域鉱物資源分布図 (第 2 版) No. 41 栃木県シームレス地質図 |
| 海洋地質図 | No. 90 沖縄島南部周辺海域海洋地質図 (1:20 万) |
| 火山地質図 | No. 20 八丈島火山地質図 (1:2.5 万) |
| 水文環境図 | No. 5 筑紫平野 (第 2 版) No. 10 勇払平野 No. 11 大阪平野 |
| 空中磁気図 | No. 46 養老断層地域高分解能空中磁気異常図 No. 47 富士火山地域高分解能空中磁気異常図 |
| 重力図 | No. 33 金沢地域重力図 (ブーゲー異常) S3 甲府地域重力構造図 (ブーゲー異常) |
| 海外地球科学図 | アジア鉱物資源図 (1:500 万) 東アジア地域地震火山災害情報図 (1:1000 万) |
| 海陸シームレス地質図 | S-6 海陸シームレス地質情報集「房総半島東部沿岸域」 |
| 燃料資源図 | FR-3 燃料資源地質図「関東地方」 |
| 土壌評価図 | E-7 表層土壌評価基本図「高知県地域」 |
| 数値地質図 | G-16 20 万分の 1 日本シームレス地質図 DVD 版 G-17 九州地質ガイド V-3 口永良部島火山地質データベース G20-1 20 万分の 1 数値地質図幅集「北海道北部」第 2 版 G20-2 20 万分の 1 数値地質図幅集「北海道南部」第 2 版 |
| その他 | 海と陸の地球化学図 関東の地球化学図 日本列島及びその周辺の熱データベース |

地質調査研究報告編集委員会

委員長 鈴木 淳
副委員長 佐々木 宗建
委員 石塚 治
松本 弾
宮越 昭暢
高木 哲一
川辺 能成
大谷 竜明
長森 英隆
内野 隆之
工藤 崇也
板木 拓也
森尻 理恵
加瀬 治

事務局

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター
地質情報基盤センター 出版室
<https://www.gsj.jp/inquiries.html>

Bulletin of the Geological Survey of Japan Editorial Board

Chief Editor: Atsushi Suzuki
Deputy Chief Editor: Munetake Sasaki
Editors: Osamu Ishizuka
Dan Matsumoto
Akinobu Miyakoshi
Tetsuichi Takagi
Yoshishige Kawabe
Ryu Ohtani
Hideaki Nagamori
Takayuki Uchino
Takashi Kudo
Takuya Itaki
Rie Morijiri
Osamu Kase

Secretariat Office

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
Geological Survey of Japan
Geoinformation Service Center Publication Office
<https://www.gsj.jp/en/>

地質調査研究報告 第70巻 第4号
令和元年8月30日 発行

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター

〒305-8567
茨城県つくば市東1-1-1 中央第7

Bulletin of the Geological Survey of Japan
Vol. 70 No. 4 Issue August 30, 2019

Geological Survey of Japan, AIST

AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1, Higashi,
Tsukuba, Ibaraki 305-8567 Japan

BULLETIN
OF THE
GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Vol. 70 No. 4 2019

CONTENTS

- The age of the Mahirugawa Formation distributed in the Ou Backbone Range, the east of Kakunodate Town, Akita Prefecture, northeast Japan
Jun Hosoi, Takashi Kudo, Hideki Iwano, Tohru Danhara and Takafumi Hirata 315
- The changes of well water and sea level witnessed on the coast of the Kii peninsula prior to the 1946 Nankai earthquake
Yasuhiro Umeda and Satoshi Itaba 327