

20 万分の 1 「野辺地」地域に分布する 中新統のジルコン U-Pb 及びフィッショントラック年代

工藤 崇^{1,*}

KUDO Takashi (2020) Zircon U-Pb and fission-track ages of the Miocene in the 1:200,000 Noheji Quadrangle, Northeast Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 71 (5), p. 481-507, 16 figs, 2 tables, 8 appendices.

Abstract: Zircon U-Pb and fission track dating for the Miocene strata was carried out in the preparation of the geological map of Japan 1:200,000, Noheji (2nd edition). Seven volcanic and volcanoclastic rock samples from the Sunagomata, Gamanosawa, Tomari, Kozawa and Yotsuzawa formations were analyzed for dating. This report describes the geology of these sampling sites and dating results.

Keywords: Zircon U-Pb dating, fission track dating, Sunagomata Formation, Gamanosawa Formation, Tomari Formation, Kozawa Formation, Yotsuzawa Formation, Miocene, the geological map of Japan 1:200,000, Noheji (2nd edition), Northeast Japan

要 旨

20 万分の 1 地質図幅「野辺地」(第 2 版)の作成において、本地域に分布する中新統の年代を明らかにするため、U-Pb 及びフィッション・トラック年代測定を行った。測定対象としたのは、砂子又層、蒲野沢層、泊層、小沢層及び四沢層から採取した火山岩及び火山砕屑岩 7 試料である。本報告では、試料採取地点付近の地質と年代測定結果について記載する。

1. はじめに

産総研地質調査総合センターでは、国土の基盤的な情報である地質情報を提供することを目的として、日本全国の 20 万分の 1 地質図幅を作成・出版している。青森県北東部に位置する 20 万分の 1 地質図幅「野辺地」(第 1 図)は、そのうちの 1 つであり、1964 年に初版が出版された(対馬, 1964)。しかし、初版の出版から現在までに 56 年が経過しており、その後の新たな知見の蓄積により改訂が必要な状況となっている。そこで現在、地質図の全面的な改訂作業を実施しており、20 万分の 1 地質図幅「野辺地」(第 2 版)として刊行準備を進めている。20 万分の 1 「野辺地」地域には、中新統が広く分布するが、その詳細な年代層序を構築するためには年代データが不足していた。そこで、20 万分の 1 地質図幅「野辺地」の調査では、本地域に分布する中新統の年代をより明確にするため、

採取した試料の U-Pb 及びフィッション・トラック (FT) 年代測定を実施した。それらの測定結果は、今後出版予定の 20 万分の 1 地質図幅に盛り込む予定であるが、20 万分の 1 地質図幅の説明書は紙面が限られており詳細なデータを掲載できないため、本論にて報告する。なお本論は、20 万分の 1 地質図幅「野辺地」(第 2 版)に関する補完的資料という位置付けのため、この地域全体の研究史や地質概略についての記載は必要最低限に留める。以下では、まず 20 万分の 1 「野辺地」地域における中新統の地質概略を示した上で、各試料採取地点周辺の地質、年代測定手法及び年代測定結果について報告する。

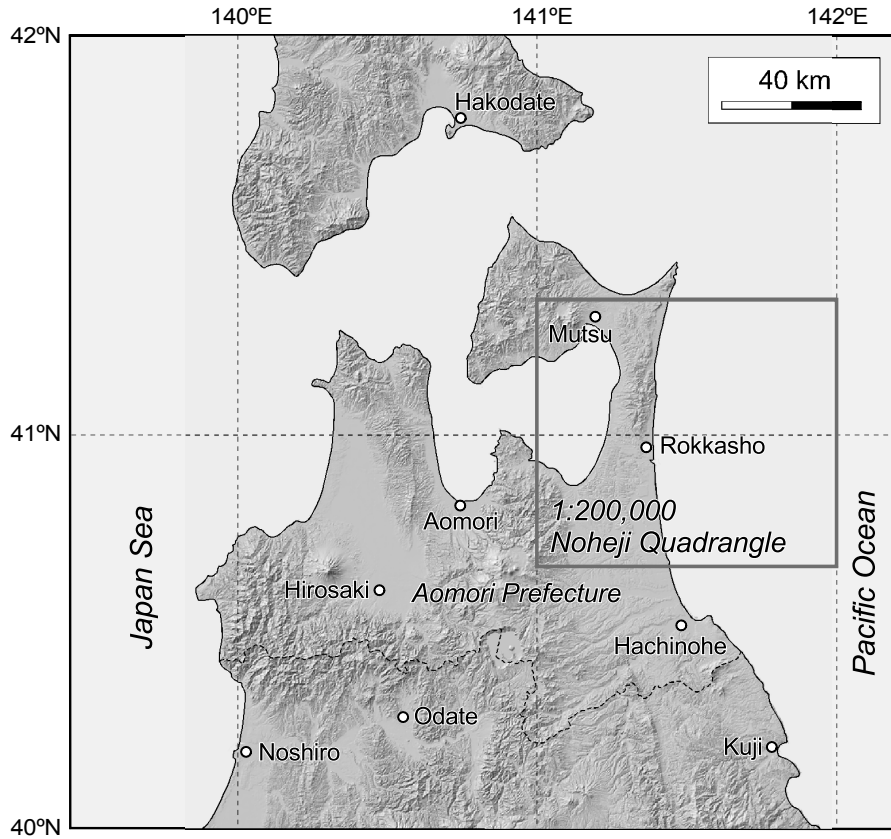
2. 中新統の地質概略

20 万分の 1 「野辺地」地域の中新統は、おそれやま恐山山地、さんかくだけ三角岳山地、しもきた下北丘陵(第 2 図)の大きく 3 つの地域に分かれて分布する。これらの地域間には田名部平野あるいは上北平野が広がり(第 2 図)、中新統の分布が寸断されているため、3 つの地域毎に中新統の層序が構築されている(第 3 図)。

恐山山地の中新統は、下位よりひのきかわ檜川層、こざわ小沢層及び脇野沢層からなる(第 3 図: 北村ほか, 1959; 上村, 1975)。これらはいずれも海成層である。檜川層は、デイサイト～流紋岩の溶岩、火山砕屑岩及び貫入岩からなる。小沢層は、「野辺地」地域外にある模式地付近では泥岩を主体とする地層であるが、「野辺地」地域内では主に軽石質火

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

* Corresponding author: KUDO, T., Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: kudo-taka@aist.go.jp



第1図 20万分の1「野辺地」地域の位置図。陰影起伏図は国土地理院の地理院地図による。

Fig. 1 Locality map of the 1:200,000 Noheji Quadrangle. Shaded-relief map is from the GSI Map of the Geospatial Information Authority of Japan.

山碎屑岩からなり、下位の檜川層を不整合に覆う。脇野沢層は、安山岩～デイサイトの溶岩、火山碎屑岩及び貫入岩からなり、小沢層を整合に覆う。

三角岳山地の中新統は、下位より四沢層、和田川層及び小坪川層からなる(第3図：通商産業省資源エネルギー庁, 1976；工藤・柳沢, 2020)。これらはいずれも海成層である。四沢層は、主に泥岩及び玄武岩～流紋岩の溶岩・火山碎屑岩・貫入岩からなる。和田川層は主に珪質泥岩からなり、四沢層を整合に覆う。小坪川層は、主に安山岩～デイサイトの溶岩及び火山碎屑岩からなり、和田川層上部と指交関係にある。

下北丘陵の中新統は、下位より猿ヶ森層、泊層、蒲野沢層及び砂子又層からなる(第3図：芳賀・山口, 1990；東京電力株式会社, 2010；日本原燃株式会社, 2014)。猿ヶ森層の一部に陸成層を含む以外はすべて海成層である。猿ヶ森層は、泥岩、砂岩及び礫岩からなり、基盤のジュラ系を不整合に覆う。猿ヶ森層の上部は泊層の下部と指交関係にある。泊層は、主に玄武岩～安山岩の溶岩、火山碎屑岩及び貫入岩からなり、凝灰質砂岩を伴う。蒲野沢層は、主に珪藻質泥岩、珪質泥岩及び軽石質火山碎屑岩からなり、泊層を不整合に覆う。砂子又層

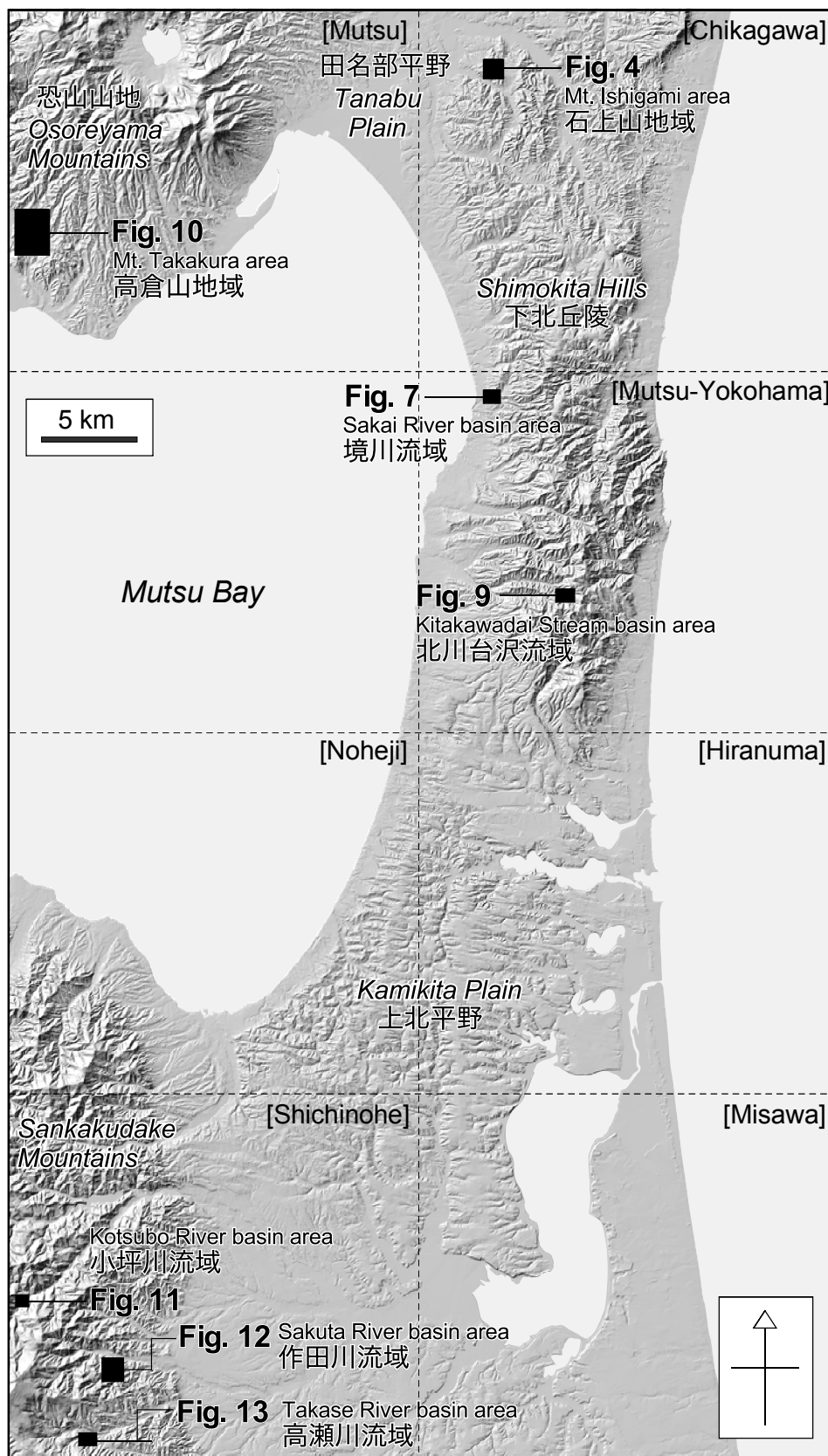
は、主に凝灰質砂層、軽石火山礫凝灰岩及び凝灰岩からなり、蒲野沢層を不整合に覆う。

3. 地質記載と試料の産状

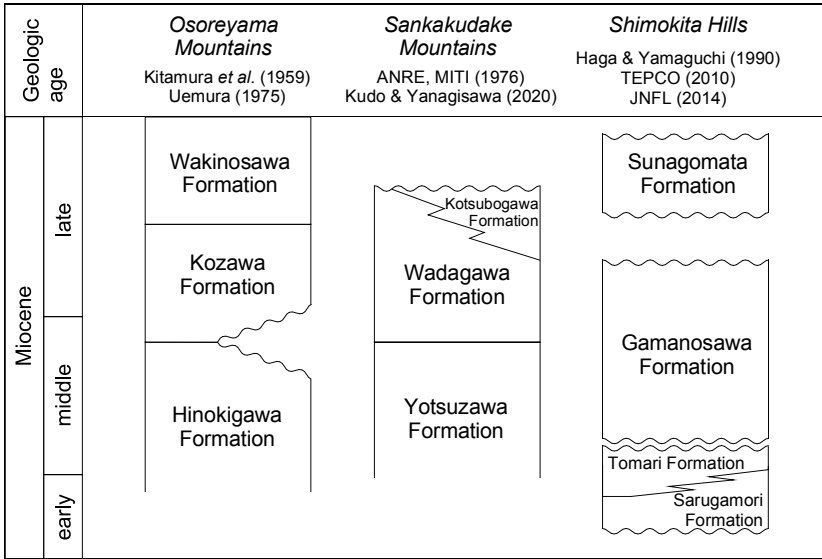
20万分の1「野辺地」地域に分布する中新統を対象とし、年代測定用試料として7試料を採取した。以下では、著者によるオリジナルな調査結果と既存研究成果に基づいて、試料採取地点周辺における地質記載と試料の産状について記載する。本地域の北東側から、石上山地域、境川流域、北川台沢流域、高倉山地域、小坪川上流域、作田川流域、高瀬川流域(第2図)の順に記載を行う。

3.1 石上山地域

青森県東通村の石上山地域(第2図；第4図)には、上部中新統の砂子又層(青森県, 1954)が分布する。なお、本層相当層に対しては「目名層」という地層名を用いる報告例(例えば、東京電力株式会社, 2010；東北電力株式会社, 2014)もあるが、本論では芳賀・山口(1990)の定義と層序区分に従い砂子又層と呼ぶ。石上山西方の露頭(第4図)で得られた柱状図を第5図に示す。この露頭では、軽石火山礫凝灰岩、凝灰岩、軽石細～中礫層、砂層

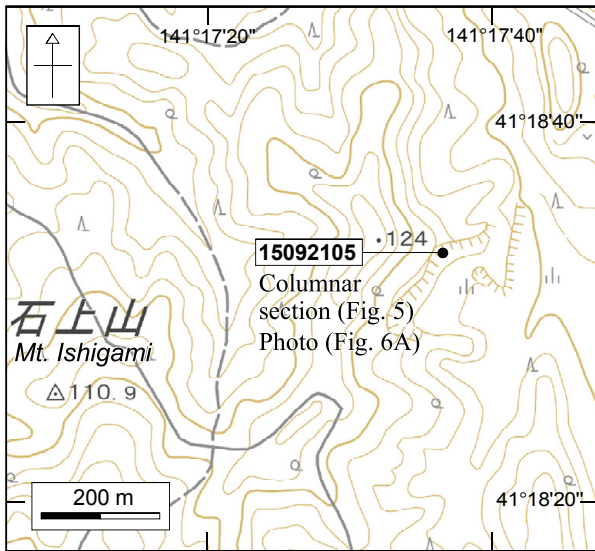


第2図 調査地域の位置図。角括弧内の名称は5万分の1地形図の区画名を示す。陰影起伏図は国土地理院の地理院地図による。
 Fig. 2 Locality map of the study areas. The words in square brackets show the names of 1:50,000 quadrangle topographic maps of the Geospatial Information Authority of Japan. Shaded-relief map is from the GSI Map.



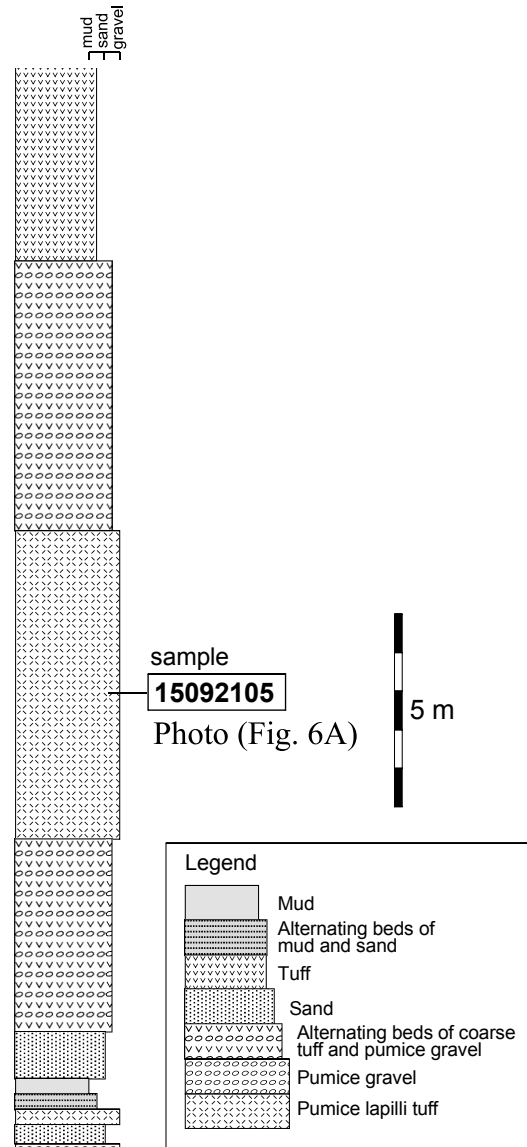
第3図 20万分の1「野辺地」地域における中新統の層序概略図. ANRE, MITI: 通商産業省資源エネルギー庁, TEPCO: 東京電力株式会社, JNFL: 日本原燃株式会社.

Fig. 3 Schematic stratigraphy of the Miocene the 1:200,000 Noheji Quadrangle. ANRE, MITI: Agency for the Natural Resources and Energy, Ministry of International Trade and Industry. TEPCO: Tokyo Electric Power Company. JNFL: Japan Nuclear Fuel Limited.



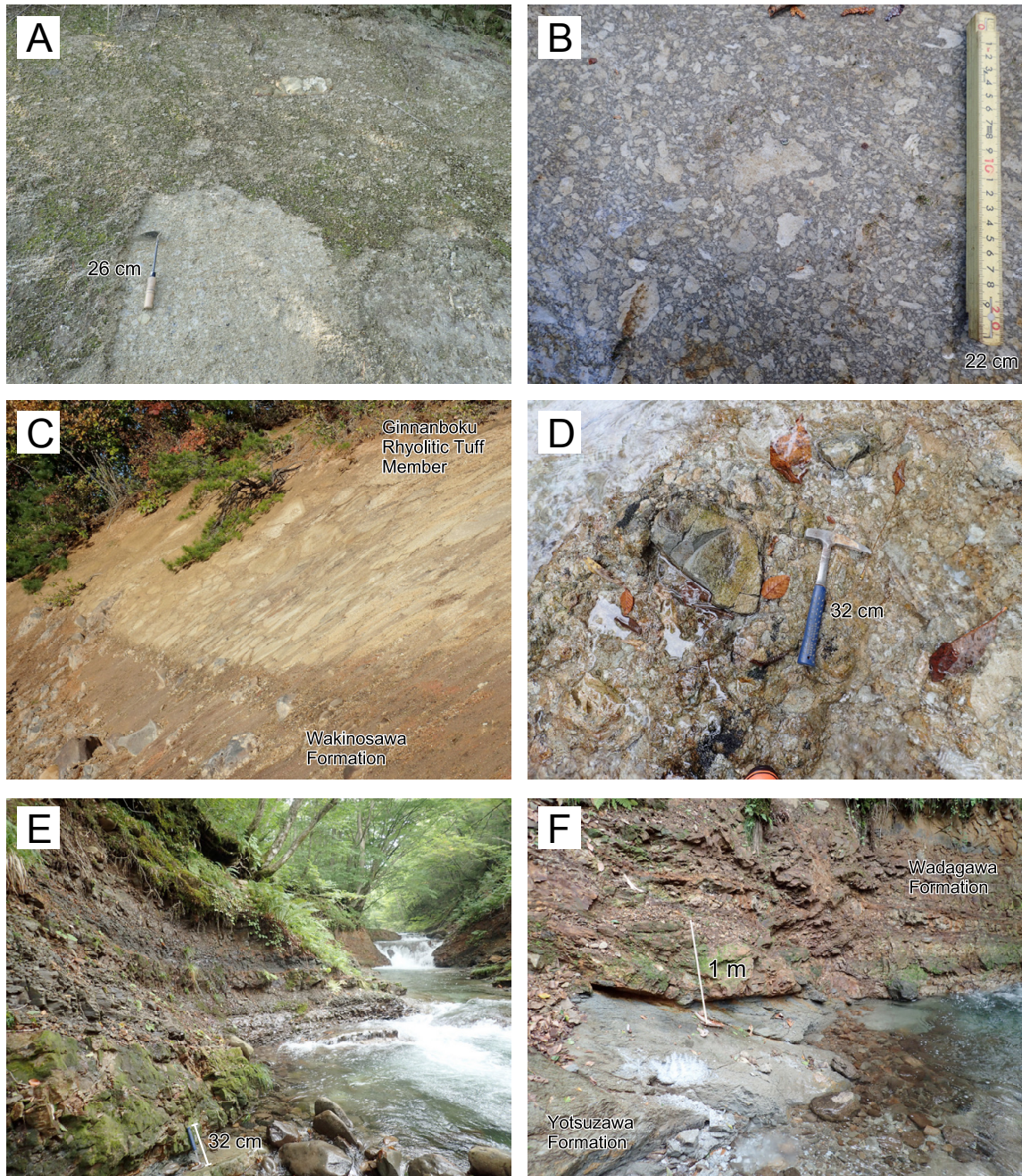
第4図 石上山地域の地形図. 本区域の位置を第2図に示す. 基図に地理院地図を使用.

Fig. 4 Topography map of the Mt. Ishigami area. The location of this area is shown in Fig. 2. Base map is from GSI Map.



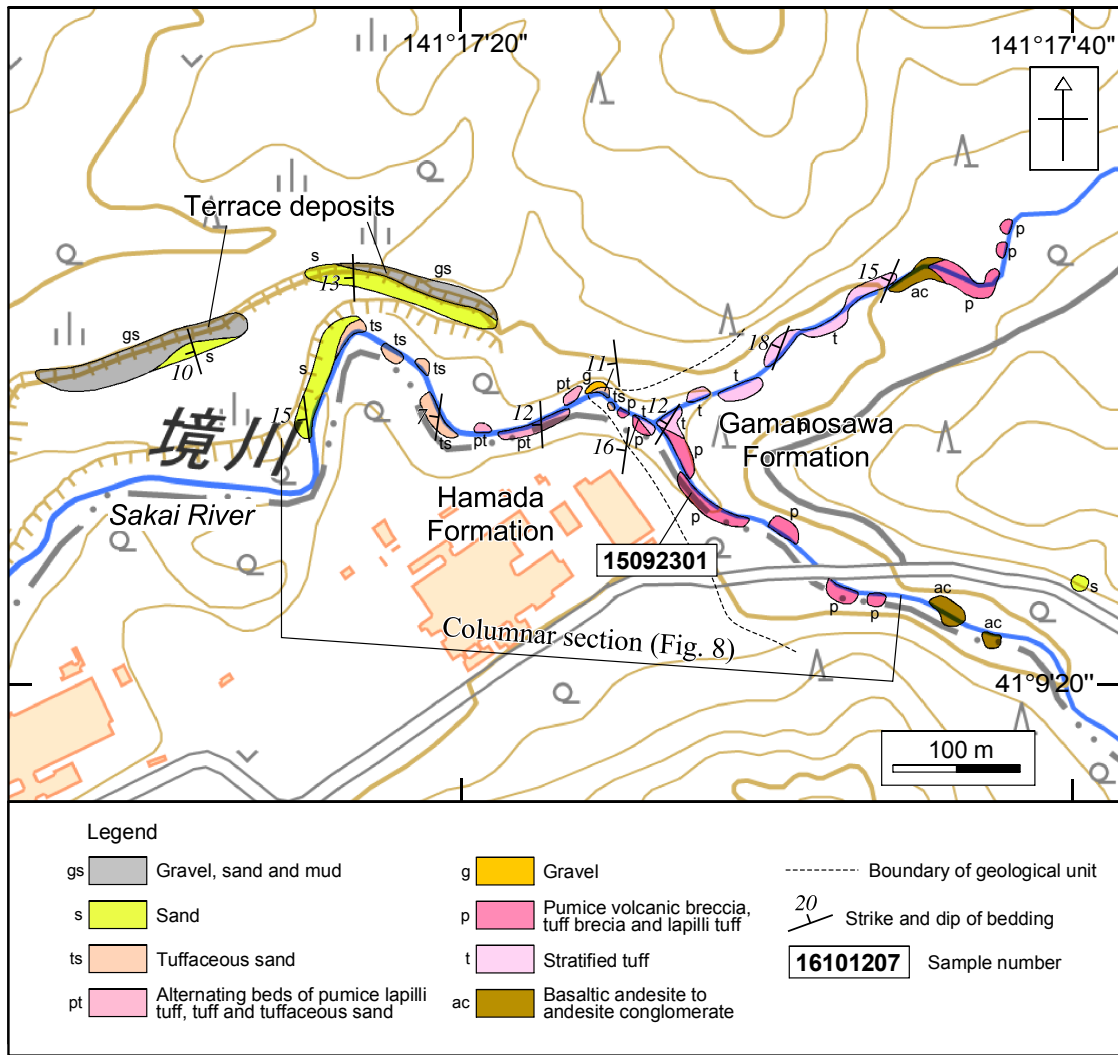
第5図 年代測定用試料の採取層準を示す地質柱状図(石上山地域). 露頭の位置を第4図に示す.

Fig. 5 Geological columnar section showing the stratigraphic horizon of the sample for age determination (Mt. Ishigami area). The outcrop location is shown in Fig. 4.



第6図 露頭写真。(A) 砂子又層の軽石火山礫凝灰岩(石上山地域)。露頭の位置と層準は第4図及び第5図を参照。(B) 泊層の軽石火山礫凝灰岩(北川台沢流域)。露頭の位置は第9図を参照。(C) 脇野沢層の玄武岩質安山岩～安山岩溶岩とそれを覆う小沢層銀杏木流紋岩質凝灰岩部層の軽石火山角礫岩(高倉山地域)。この露頭での銀杏木流紋岩質凝灰岩部層の層厚は約5 m。露頭の位置は第10図を参照。(D) 四沢層の流紋岩火山角礫岩(小坪川流域)。露頭の位置は第11図を参照。(E) 四沢層最上部の互層部(高瀬川流域)。露頭の位置と層準は第13図及び第14図を参照。(F) 四沢層最上部の火山礫凝灰岩(高瀬川流域)。露頭の位置と層準は第13図及び第14図を参照。

Fig. 6 Outcrop photographs. (A) Pumice lapilli tuff of the Sunagomata Formation (Mt. Ishigami area). The outcrop location and stratigraphic horizon are shown in Figs. 4 and 5. (B) Pumice lapilli tuff of the Tomari Formation (Kitakawadai Stream basin area). The outcrop location is shown in Fig. 9. (C) Basaltic andesite lava of the Wakinosawa Formation and overlying pumice volcanic breccia of the Ginnanboku Rhyolitic Tuff Member, Kozawa Formation (Mt. Takakura area). The thickness of the Ginnanboku Rhyolitic Tuff Member at this outcrop is about 5 m. The outcrop location is shown in Fig. 10. (D) Rhyolite volcanic breccia of the Yotsuzawa Formation (Kotsubo River basin area). The outcrop location is shown in Fig. 11. (E) The alternating layers of the uppermost part of the Yotsuzawa Formation (Takase River basin area). The outcrop location and stratigraphic horizon are shown in Figs. 13 and 14. (F) Lapilli tuff of the uppermost part of the Yotsuzawa Formation (Takase River basin area). The outcrop location and stratigraphic horizon are shown in Figs. 13 and 14.



第7図 境川流域のルートマップ。本区域の位置を第2図に示す。基図に地理院地図を使用。
 Fig. 7 Route map of the Sakai River basin area. The location of this area is shown in Fig. 2. Base map is from GSI Map.

及び泥層からなる互層(層厚約29 m)が露出する。露頭中部には厚さ8 mの軽石火山礫凝灰岩が認められる(第5図)。この軽石火山礫凝灰岩は、塊状、礫支持で、長径5 cm以下の白色及び灰色軽石火山礫と粗粒～極粗粒砂サイズの粗粒火山灰から構成され、一部で長径30 cm以下のシルト偽礫を含む(第6図A)。この軽石火山礫凝灰岩より、試料15092105を採取した(第5図)。

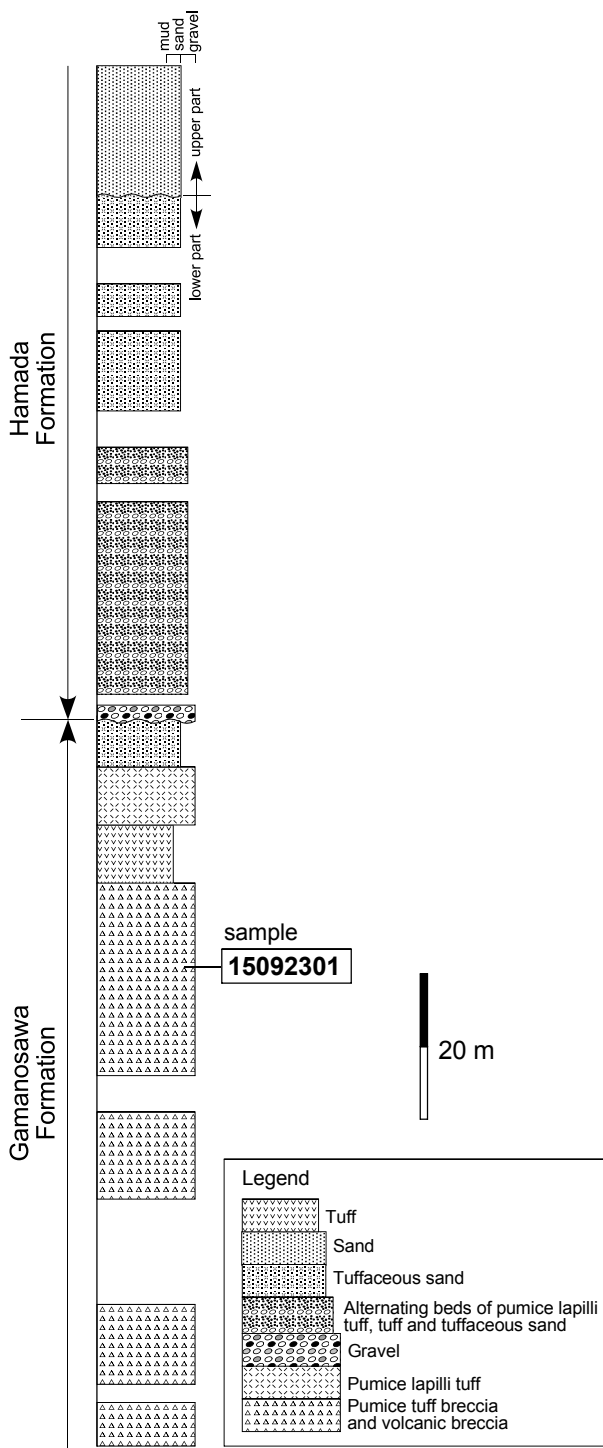
3.2 境川流域

青森県むつ市～横浜町境界部の境川流域(第2図)には、下位より中部～上部中新統の蒲野沢層及び下部更新統の浜田層が露出する(第7図; 第8図)。これらの地層名の命名はいずれも青森県(1954)による。

蒲野沢層は、軽石火山角礫岩、軽石凝灰角礫岩、軽石火山礫凝灰岩、凝灰岩及び凝灰質砂岩からなり、一部で礫岩を伴う。軽石火山角礫岩、軽石凝灰角礫岩及び軽石

火山礫凝灰岩は、主に白色軽石からなり、それらの多くは塊状岩相を示す。年代測定用試料として、本層の軽石火山角礫岩より試料15092301を採取した(第8図)。凝灰岩は、黄白色で弱い成層構造を呈し、植物の茎の印象化石を多く含む。凝灰質砂岩は、軽石中礫混じりで、生物擾乱を受けており、弱い成層構造を示す。礫岩は、垂角～角礫の様々な岩質の火山岩礫からなる巨礫岩で、塊状で淘汰が悪く、基質支持である。

浜田層は、軽微な不整合を境に下部と上部に区別される(第8図)。下部は成層構造を持つ軽石火山礫凝灰岩、凝灰岩及び凝灰質砂岩の互層、上部は生物擾乱を受けた塊状砂層及び弱成層した砂層からなる。本層の基底には、厚さ2～3 mの巨礫層が認められ、下位の蒲野沢層を不整合に覆う(第8図)。巨礫層は、塊状で淘汰が悪く、基質支持で、火山岩や堆積岩の垂角礫からなる。なお、芳賀・山口(1990)は、ここで示した浜田層下部を上部中



第8図 年代測定用試料の採取層準を示す地質柱状図(境川流域). セクションの位置を第7図に示す.

Fig. 8 Geological columnar section showing the stratigraphic horizon of the sample for age determination (Sakai River basin area). The location of the section is shown in Fig. 7.

新統の砂子又層に対比している. しかし, この層準からは鮮新世~前期更新世を示す珪藻化石が産出することから(芳賀・山口, 1990), 本論ではこれを浜田層に含めた.

3.3 北川台沢上流域

青森県横浜町の北川台沢上流域(第2図; 第9図)には, 下部~中部中新統の泊層(青森県, 1954)が分布する(東京電力株式会社, 2010; 東北電力株式会社, 2014). 本地域の泊層は, 軽石火山礫凝灰岩, 凝灰質砂岩, 泥質砂岩及び玄武岩質安山岩~安山岩貫入岩からなる(第9図). 軽石火山礫凝灰岩は, 長径7 cm以下の発泡の悪いやや扁平化した白色軽石と基質の灰色凝灰岩からなり, 塊状岩相を示す(第6図B). 泥質砂岩は, 灰色~灰褐色を呈し, 生物擾乱を受けて塊状岩相を示し, 貝化石を多く含む. 玄武岩質安山岩~安山岩貫入岩は, シルあるいは岩脈として産し(第9図), 斑状組織を示す. 貫入岩近辺の軽石火山礫凝灰岩や泥質砂岩は焼結している. 年代測定用試料として, 本層の軽石火山礫凝灰岩(第6図B)から試料16101207を採取した(第8図).

3.4 高倉山地域

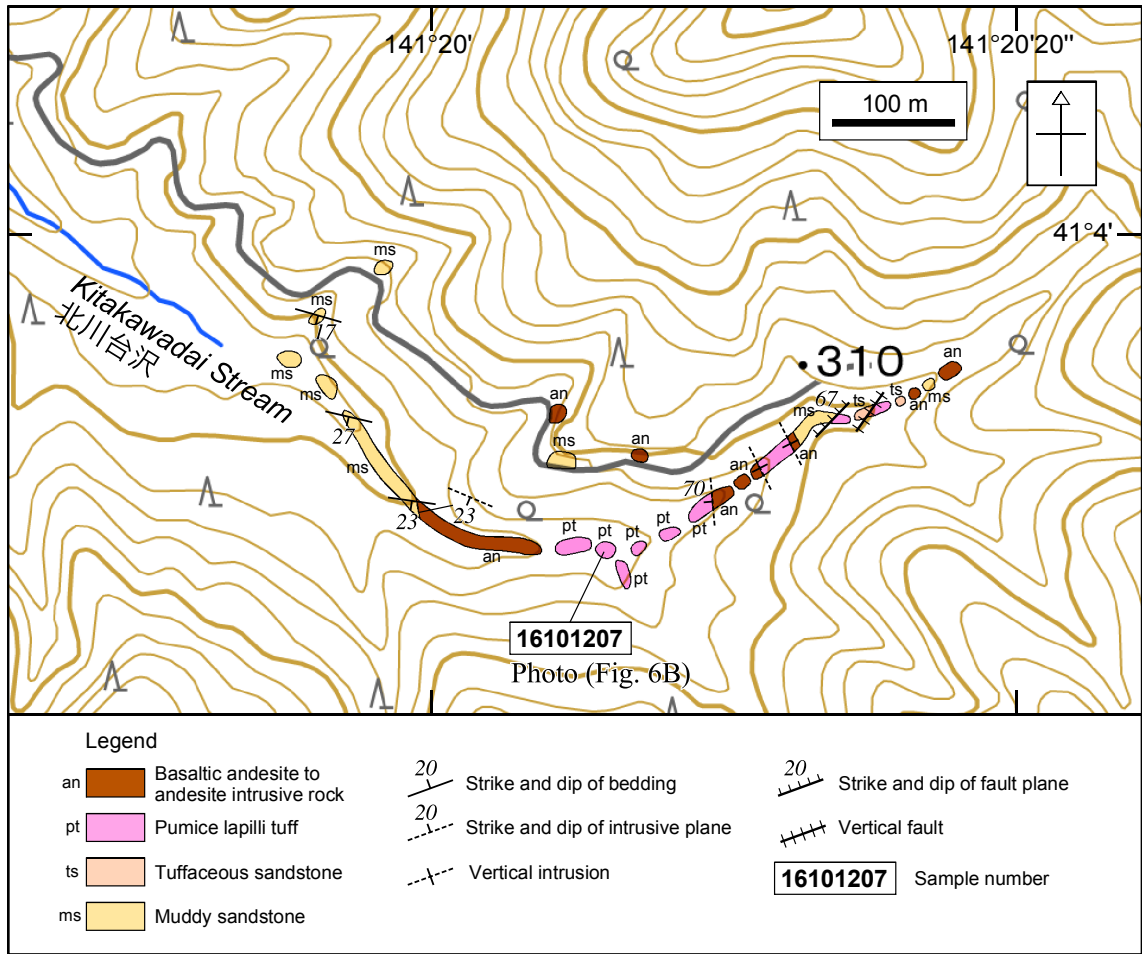
青森県むつ市の高倉山地域(第2図; 第10図)には, 上部中新統の小沢層と脇野沢層(北村ほか, 1959)の分布が認められる(例えば, 通商産業省, 1969; 上村, 1975).

本地域の八木沢流域には小沢層の軽石質火山碎屑岩が露出する(第10図). これらは岩相の特徴から, 大きく上部・中部・下部の3つに区分される.

上部は軽石火山礫凝灰岩及び軽石火山礫岩からなる. 主に灰色~淡灰色を呈する発泡の悪い軽石から構成され, 放射状の冷却節理を持つ安山岩火山岩塊を頻繁に交える. これらは, 分布と岩相から小沢層の葛沢砂質凝灰岩部層(北村ほか, 1959)に対比される.

中部は軽石凝灰角礫岩, 軽石火山礫凝灰岩及び軽石火山角礫岩からなる. 多結晶かつ長径7 mm以下の石英斑晶に富む特徴的な岩相を示すことから, 本地域周辺では良い鍵層となる. この岩相の特徴と分布から, これらは小沢層の銀杏木流紋岩質凝灰岩部層(北村ほか, 1959)に対比される.

下部は, 無斑晶状で発泡の悪い淡灰色軽石からなる軽石凝灰角礫岩, 軽石火山角礫岩及び軽石火山礫岩で構成される. 既存研究では, これらは下部~中部中新統の檜川層(桑野, 1958)とされ, 本地域では不整合を挟んだ小沢層よりも1つ下位の地層とされている(桑野, 1958; 通商産業省, 1969; 第3図). しかし, 本地域周辺の調査結果によれば, 周辺の檜川層が鉍化作用を伴う著しい緑色変質を受けているのに対し, これらは葛沢砂質凝灰岩部層や銀杏木流紋岩質凝灰岩部層と同様に比較的新鮮であり, 上位の銀杏木流紋岩質凝灰岩部層との間にも著しい構造的差異は認められない(第10図). 従っ



第9図 北川台沢流域のルートマップ。本区域の位置を第2図に示す。基図に国土地理院の地理院地図を使用。
 Fig. 9 Route map of the Kitakawadai Stream basin area. The location of this area is shown in Fig. 2. Base map is from GSI Map of the Geospatial Information Authority of Japan.

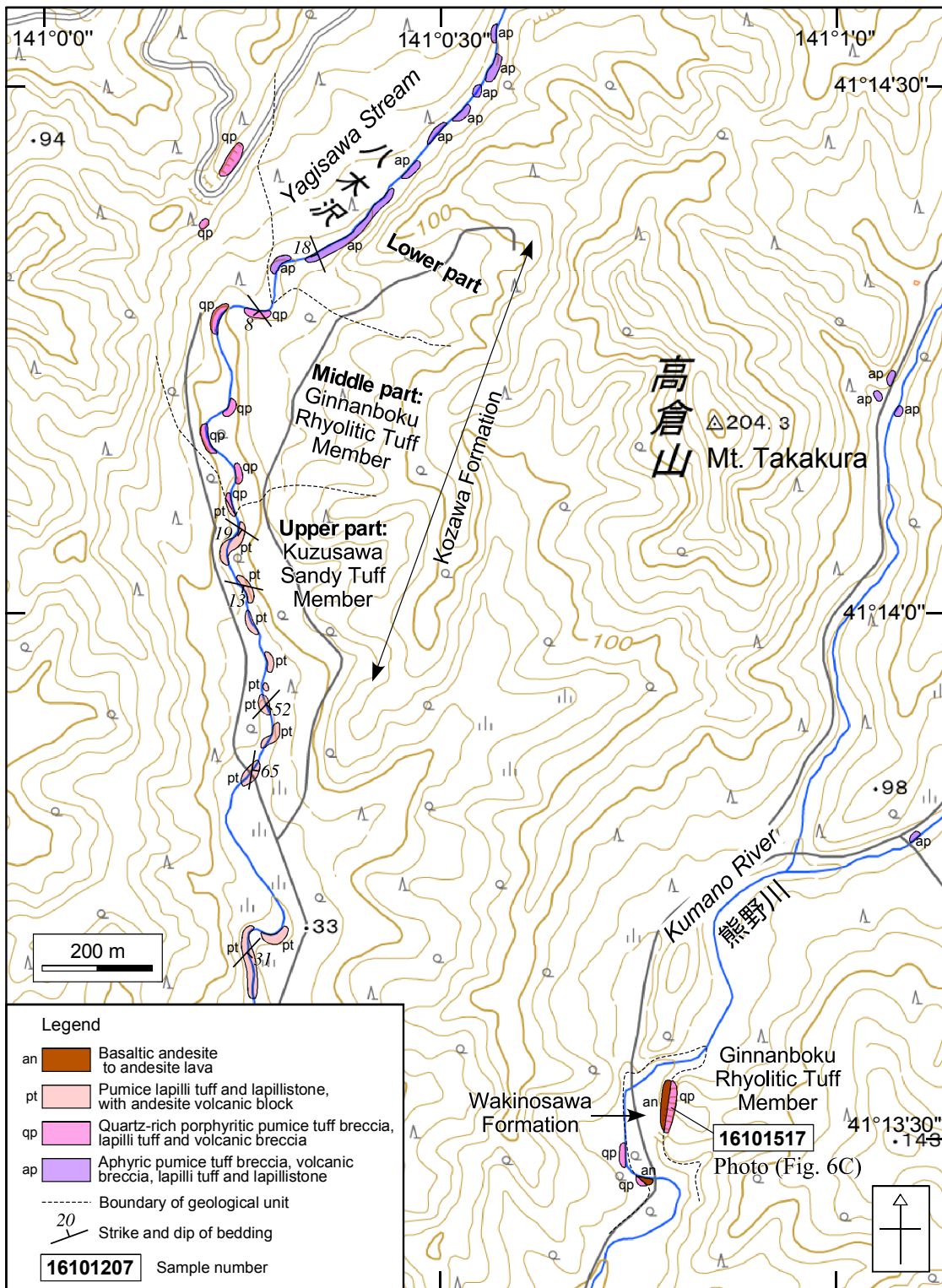
て、本報告ではこれらを小沢層の一部として扱う。

銀杏木流紋岩質凝灰岩部層は熊野川流域の露頭でも確認される(第10図)。この露頭では、銀杏木流紋岩質凝灰岩部層の軽石火山角礫岩が玄武岩質安山岩～安山岩溶岩を直接覆う関係が観察される(第6図C)。軽石火山角礫岩は、層厚5 m以上であり、最大長径1 mに及ぶ楕円球状の軽石火山岩塊とその隙間を埋める軽石火山礫及び粗粒火山灰から構成される。軽石は多結晶で長径5 mm以下の石英を多量に含む。この露頭の軽石火山岩塊より、年代測定試料として試料16101517を採取した(第10図)。玄武岩質安山岩～安山岩溶岩は、下部5 mの部分は塊状溶岩からなるが、上位方向へ向かって割れ目が発達して破碎が進み、上部8 mの部分は水冷破碎した火山角礫岩となる。この玄武岩質安山岩～安山岩溶岩は、既存の地質図(通商産業省, 1969)と岩相の特徴から脇野沢層に相当すると考えられるが、脇野沢層が小沢層を覆うとする既存研究による層序(第3図)とは矛盾するため、今後より詳細な検討が必要である。

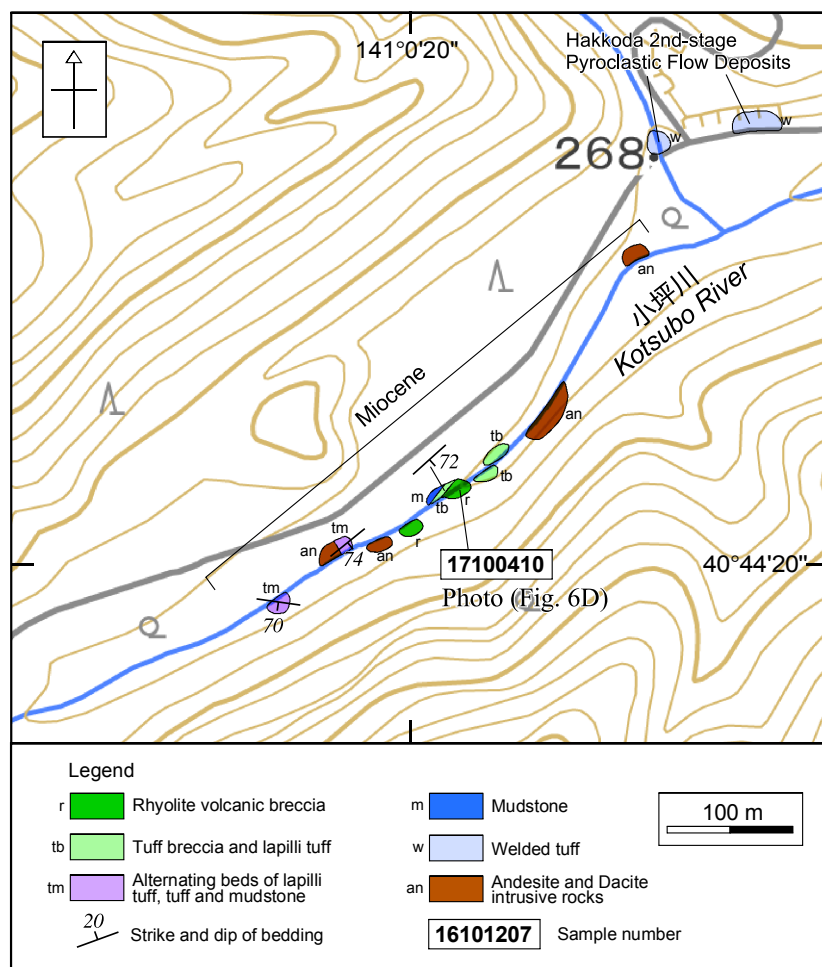
3.5 小坪川流域

青森県七戸町の小坪川流域(第2図; 第11図)には、中部～上部中新統の和田川層(岩井・鈴木, 1957)及びデイサイト貫入岩、中部更新統の八甲田第2期火砕流堆積物(村岡・高倉, 1988; 村岡・長谷, 1990)が分布する(通商産業省資源エネルギー庁, 1976; 村岡・高倉, 1988)。このうち、八甲田第2期火砕流堆積物については林道沿いの露頭で溶結凝灰岩として確認される(第11図)。一方、小坪川沿いの露頭では、中新統の流紋岩火山角礫岩、凝灰角礫岩、火山礫凝灰岩、凝灰岩、泥岩、安山岩～デイサイト貫入岩が露出する(第11図)。このうち、流紋岩火山角礫岩中の冷却節理を持つ火山岩塊から、年代測定用試料として試料17100410を採取した(第6図D)。試料17100410は、明灰色を呈する流紋岩であり、斑状組織を示し、斑晶鉱物として石英と斜長石を含む。斜長石斑晶の大半は変質鉱物に置換されている。

本地域の沢沿いに露出する貫入岩以外の地層は、既存研究では和田川層とされてきた(通商産業省資源エネ



第10図 高倉山地域のルートマップ。本区域の位置を第2図に示す。基図に国土地理院の地理院地図を使用。
 Fig. 10 Route map of the Mt. Takakura area. The location of this area is shown in Fig. 2. Base map is from GSI Map of the Geospatial Information Authority of Japan.



第11図 小坪川流域のルートマップ。本区域の位置を第2図に示す。基図に国土地理院の地理院地図を使用。
 Fig. 11 Route map of the Kotsubo River basin area. The location of this area is shown in Fig. 2. Base map is from GSI Map.

ルギー庁、1976)。しかし、周辺地域との比較によれば、これらの岩相は流紋岩火山碎屑岩を含むことから、安山岩火山碎屑岩で特徴づけられる和田川層よりも、1つ下位の下部～中部中新統の四沢層(第3図；通商産業省資源エネルギー庁、1976)に類似する。そこで、本論ではこれらを四沢層として扱う。

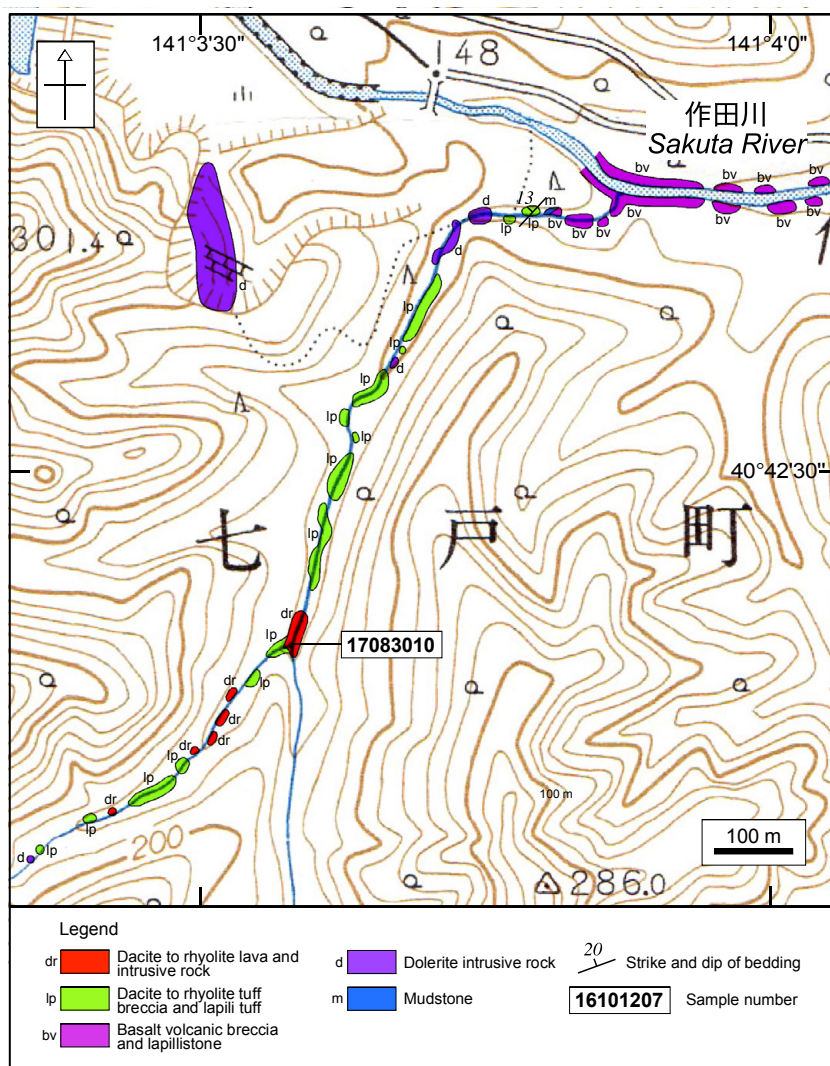
3.6 作田川流域

青森県七戸町しちのへまちの作田川流域(第2図；第12図)には下部～中部中新統の四沢層が分布する(通商産業省資源エネルギー庁、1976)。本地域の四沢層は、主にデイサイト～流紋岩の溶岩、貫入岩、凝灰角礫岩及び火山礫凝灰岩、玄武岩火山角礫岩及び火山礫岩からなり、一部で泥岩を伴う(第12図)。また、これらに時代未詳のドレライトが貫入する(第12図)。このうち、作田川南西支流に露出するデイサイト溶岩から、年代測定用試料として試料17083010を採取した。採取地点のデイサイト溶岩は、塊

状部と水冷破碎した火山角礫岩部からなり、上流側では火山礫凝灰岩へ移化する(第12図)。このデイサイトは、斑状組織を示し、斑晶鉱物として斜長石と少量の単斜輝石を含む。

3.7 高瀬川流域

青森県七戸町の高瀬川流域(第2図；第13図)には、下部～中部中新統の四沢層と中部～上部中新統の和田川層が分布する(通商産業省資源エネルギー庁、1976；第13図)。本地域の四沢層は、泥岩、砂質泥岩、砂岩、火山礫凝灰岩、凝灰岩などからなる。四沢層の最上部は、火山礫凝灰岩を主体とするスランプ堆積物と、それを覆う泥岩、凝灰質泥岩、砂質泥岩、砂岩、火山礫凝灰岩及び凝灰岩の互層部からなる(第13図；第14図；第6図E)。互層部を構成する砂質泥岩は海緑石を散点的に含む(第14図)。互層部の上限は四沢層と和田川層の境界に相当する(第14図)。和田川層は、弱成層した泥岩からなる



第12図 作田川流域のルートマップ。本区域の位置を第2図に示す。基図は国土地理院発行の数値地図25000を使用した。
 Fig. 12 Route map of the Sakuta River basin area. The location of this area is shown in Fig. 2. Base map is from 1:25,000 topographic map published by the Geospatial Information Authority of Japan.

比較的均質な岩相を示し、四沢層を整合に覆う。年代測定用試料として、四沢層最上部にある層厚1 mの火山礫凝灰岩から試料17083115Aを採取した(第14図;第6図F)。この火山礫凝灰岩は、塊状で淡灰色を呈し、表面光沢を示す変質した繊維状軽石で構成される。

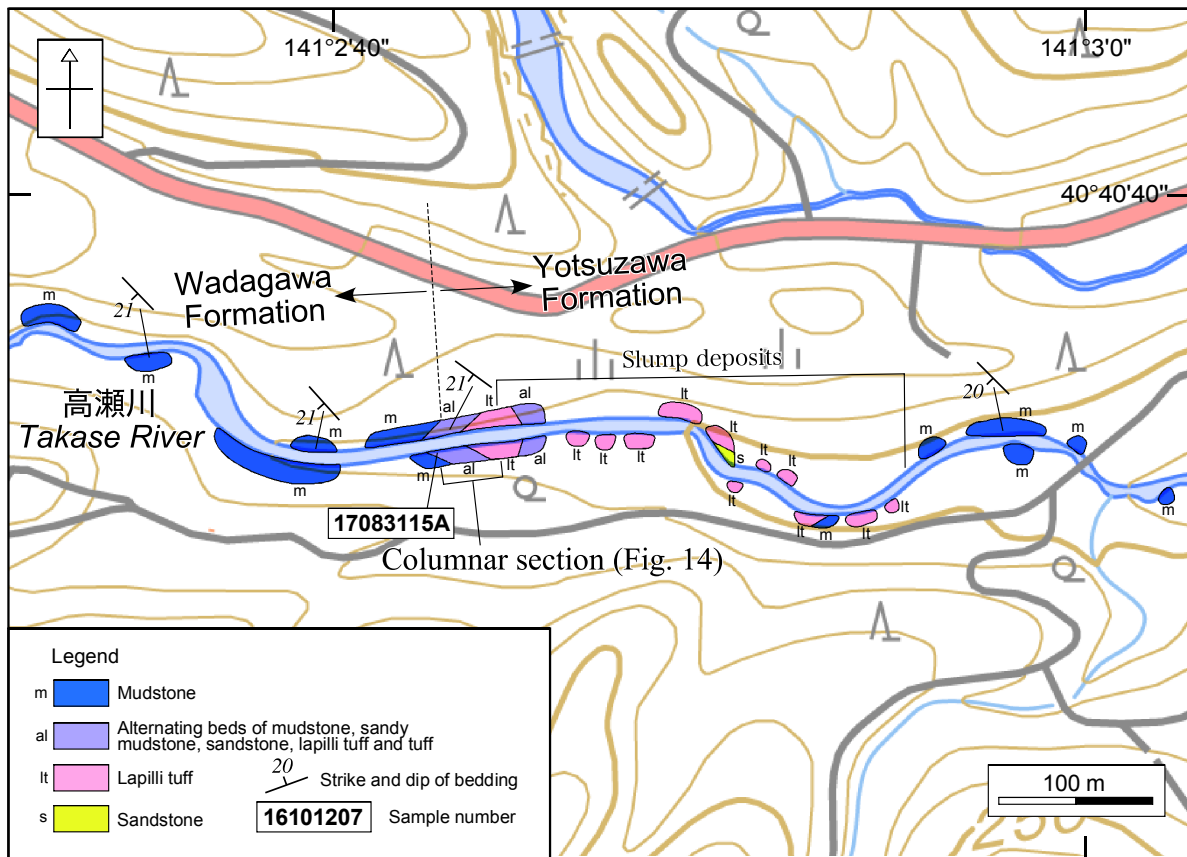
4. 年代測定手法

20万分の1「野辺地」地域の中新統から採取した7試料について、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。年代測定は、株式会社京都フィッション・トラックに依頼した。

FT年代測定の手順はDanbara *et al.* (1991, 2003)に準拠した。試料を粉碎してジルコン結晶を分離し、100粒程度の結晶をPFAシートに埋め込み、研磨した後、KOH:

NaOH = 1 : 1 (mol) の共融液(225 °C)でFTのエッチングを行った。FT密度の計測には、試料15092105及び15092301については結晶外部面を、その他の試料では結晶内部面を用いた。適切にエッチングされた30粒子を選び、光学顕微鏡(Nikon Eclipse E1000)に高解像度デジタルカメラ(浜松フォトニクスC9440-05G)と高品位モニター(タッチパネルシステムズ17モニター)を装着したシステム(Dannhara and Iwano, 2009)を用いて自発トラック密度を測定した。

U-Pb年代測定及びFT年代算出に必要なウラン濃度の測定は、レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析(LA-ICP-MS)法を用いた。試料毎のレーザー照射及びICP-MSの条件を第1表に示す。ICP-MS装置は、四重極型ICP-MS(Thermo Fisher Scientific, iCAP-Qc)または二



第13図 高瀬川流域のルートマップ。本区域の位置を第2図に示す。基図に国土地理院の地理院地図を使用。
Fig. 13 Route map of the Takase River basin area. The location of this area is shown in Fig. 2. Base map is from GSI Map.

重収束型マルチコレクター ICP-MS (Nu Instruments, Nu Plasma2) であり、レーザーアブレーションサンプリングにはフェムト秒レーザー (Cyber Laser Inc., IFRIT) またはエキシマレーザー (New Wave Research, NWR-193) システムを組み合わせている。レーザー照射径は10～35 μm である。

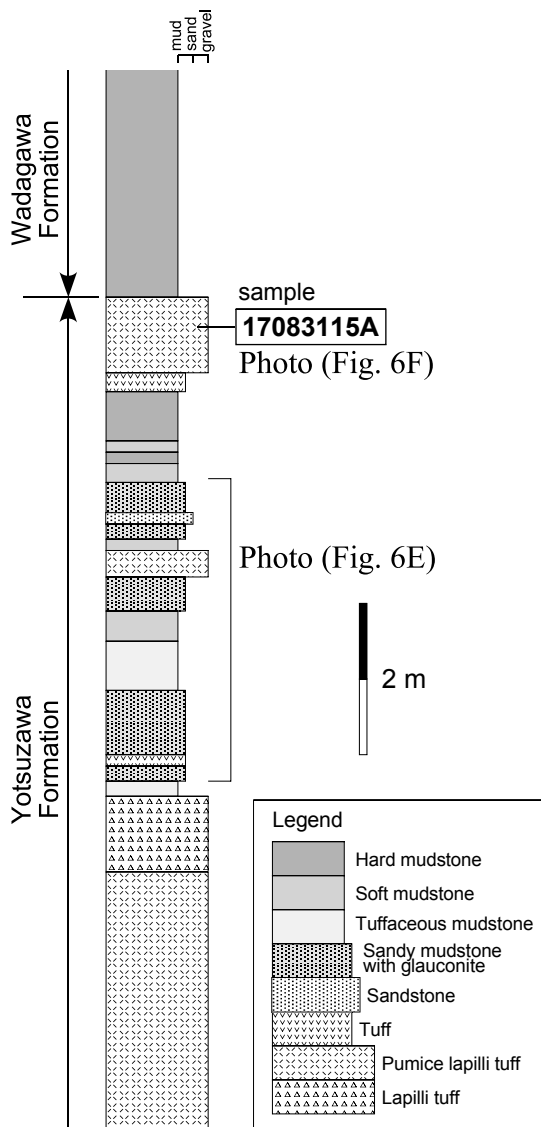
U-Pb年代測定では、 ^{29}Si , ^{202}Hg , ^{204}Pb (^{204}Hg), ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb , ^{232}Th , ^{238}U をモニターし、 ^{238}U - ^{206}Pb 年代及び ^{235}U - ^{207}Pb 年代を求めた。測定前には、ジルコン表面の鉛汚染を避けるワンショットクリーニング (Iizuka and Hirata, 2004) を施した。U-Pb年代測定の詳細は、基本的に Iizuka and Hirata (2004) 及び Hirata *et al.* (2005) に準拠し、Sakata *et al.* (2017) による U-Th-Pb 放射壊変系列の放射非平衡補正を行った。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: $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} = 0.17917$) を用いた。また、U-Pb年代測定結果の正確性を評価するため、2次スタンダードとして OD-3 ジルコン (岩野ほか, 2012; Iwano *et al.*, 2013; Lukács *et al.*, 2015), GJ-1 ジルコン (Jackson *et al.*, 2004), Plešovice ジルコン (Sláma *et al.*, 2008) を分析した。年代誤差には、試料の分析前後に測

定した Nancy 91500 ジルコンの $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 及び $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 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。U-Pb年代の測定誤差は 2σ で示す。

FT年代用のウラン濃度測定は、標準試料として 91500 ジルコン (74 あるいは 100 ppm 片) を用い、未知試料のウラン濃度については ^{29}Si を内標準として 91500 ジルコンの ^{238}U カウント数と同条件で測定し、未知試料の ^{238}U カウント数から比例計算して求めた (Hasebe *et al.*, 2013)。FT年代較正にはゼータ較正法を用い、標準試料として 28.4 ± 0.2 Ma の Fish Canyon Tuff (Danbara and Iwano, 2013) 及び 16.2 ± 0.2 Ma の Buluk Member Tuff (Hurford and Watkins, 1987) を用いた。FT年代の測定誤差は 1σ で示す。

5. 年代測定結果

年代測定結果の概要を第2表、U-Pb同位体データを付表1～4、FT分析データを付表5～8に示す。U-Pb年代としては、誤差のより小さい $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年代を採用した。試料毎、粒子毎に U-Pb年代と FT年代をプロットした図を第15図に、U-Pbコンコーディア図を第16図に示す。



第 14 図 年代測定用試料の採取層準を示す地質柱状図(高瀬川流域). 本セクションの位置を第 13 図に示す.

Fig. 14 Geological columnar section showing the stratigraphic horizon of the sample for age determination (Takase River basin area). The location of the section is shown in Fig. 13.

コンコーディア図は、京都フィッション・トラックによる測定値を基に、Python スクリプトの UPbplot.py (v0.1.8) (Noda, 2016, 2017) を用いて作成した.

コンコダントの判定については、 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年代が $A \pm B$ Ma (A : 年代値, B : 2σ の誤差), $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 年代が $C \pm D$ Ma (C : 年代値, D : 2σ の誤差) として、 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 年代が $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年代よりも古く、式 1 (下記) が成り立つ場合、そして $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 年代が $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年代よりも若く、式 2 (下記) が成り立つ場合をコンコダントとした.

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

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

U-Pb 年代の最若粒子集団の判別は、年代的に隣り合い 1σ の誤差で重複し続ける粒子集団 (2 粒子以上) のうち、最も若い集団を最若粒子集団と判断した.

5.1 試料 15092105 (砂子又層)

本試料は、外来結晶と推定される摩耗した形状のジルコン結晶を多く含む. そこで、自発 FT 密度が低い自形ジルコン結晶を優先的に測定対象とした. 測定した 30 粒子のうち、20 粒子がコンコダントであった. コンコダント粒子は、15.4 ~ 6.4 Ma の幅で大きくばらつくが、8.1 ~ 6.4 Ma の年代を示す 12 粒子が最若粒子集団と判断される (第 15 図; 第 16 図). これら 12 粒子の加重平均値から、 7.5 ± 0.2 Ma の U-Pb 年代が得られた.

FT 年代は、全測定粒子 30 個の年代データのまとまりが悪く、大きくばらつくが、大局的には U-Pb 年代の古い粒子は FT 年代も古い傾向を示す (第 15 図). そのため、U-Pb 年代最若粒子集団を構成する 12 粒子を対象として年代を算出し、 7.3 ± 0.9 Ma の FT 年代を得た (第 2 表). 得られた U-Pb 年代と FT 年代は、 1σ の誤差の範囲で一致する.

5.2 試料 15092301 (蒲野沢層)

本試料は均質な色調と晶癖をもつ自形のジルコン結晶を豊富に含む. 測定した 30 粒子のうち、27 粒子がコンコダントであった. そのうち、1 粒子 (no. 8) のみが 29.4 Ma と古い年代を示すが、その他の 26 粒子は 14.4 ~ 10.7 Ma 間に集中し、最若粒子集団を構成する (第 15 図; 第 16 図). これら 26 粒子の加重平均値から、 12.1 ± 0.3 Ma の U-Pb 年代が得られた.

FT 年代は、全測定粒子 30 個の年代データが比較的良くまとまる (第 15 図). このうち、U-Pb 年代で 29.4 Ma を示す粒子 no. 8 は、FT 年代でも 22.4 Ma と古い年代を示すことから、除外粒子の候補となり得る. 一方で、粒子 no. 22 はこれよりもさらに古い 24.2 Ma の FT 年代を示すものの、一転して U-Pb 年代では最若粒子集団を構成する. 以上のことから、粒子毎の FT 年代は、古い年代を示すものも含まれているが、これらはリセットされた年代の示す幅で分散していると解釈可能である (第 15 図). そのため、全測定粒子を単一年代集団に属するものとみなし、それらから 11.4 ± 1.0 Ma の FT 年代を得た (第 2 表). 得られた U-Pb 年代と FT 年代は、 1σ の誤差の範囲で一致する.

第1表 LA-ICP-MS分析の機器と動作条件

Table 1 Instrumentation and operational conditions for the LA-ICP-MS analysis

Sample no.	15092105	15092301	17083115A, 17100410	16101207, 16101517	17083010
Laser ablation					
Model	New Wave Research NWR-193	New Wave Research NWR-193	IFRIT (Cyber Laser Inc.)	IFRIT (Cyber Laser Inc.)	IFRIT (Cyber Laser Inc.)
Laser type	Excimer laser	Excimer laser	Type-C Ti:S femtosecond laser	Type-C Ti:S femtosecond laser	Type-C Ti:S femtosecond laser
Pulse duration	< 4 ns	< 4 ns	230 fs	230 fs	230 fs
Wave length	193 nm	193 nm	260 nm	260 nm	260 nm (THG)
Laser power	39 %(FT), 37 %(U-Pb)	40%	45%	30%	45%
Spot size	25 μm(FT), 35 μm(U-Pb)	25 μm	10 μm	15 μm	10 μm
Repetition rate	5 Hz	5 Hz	20 Hz	20 Hz	10 Hz
Duration of laser ablation	20 s	20 s	20 s	10 s	20 s
Carrier gas (He)	0.53 L min ⁻¹ (FT), 0.54 L min ⁻¹ (U-Pb)	0.46 L min ⁻¹	0.83 L min ⁻¹	0.60 L min ⁻¹	0.83 L min ⁻¹
ICP-MS					
Model	Thermo Fisher Scientific iCAP-Qc	Thermo Fisher Scientific iCAP-Qc	Nu Instruments Nu Plasma II	Thermo Fisher Scientific iCAP-Qc	Thermo Fisher Scientific iCAP-Qc
ICP-MS type	Quadrupole	Quadrupole	Multi-collector	Quadrupole	Quadrupole
Scanning (Operation) mode	Standard mode	Standard mode		Standard mode	Standard mode
Forward power	1400 W	1400 W	1300 W	1400 W	1400 W
Make-up gas (Ar)	0.84 L min ⁻¹ (FT), 0.85 L min ⁻¹ (U-Pb)	0.80 L min ⁻¹	1.10 L min ⁻¹	0.90 L min ⁻¹	1.10 L min ⁻¹
ThO ⁺ /Th (oxide ratio)	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%
Data acquisition protocol	Time-resolved analysis	Time-resolved analysis	Time-resolved analysis	Batch analysis	Time-resolved analysis
Data acquisition	50 s (15 s gas blank, 35 s ablation) (FT) 27 s (15 s gas blank, 12 s ablation) (U-Pb)	50 s (15 s gas blank, 35 s ablation) (FT) 27 s (15 s gas blank, 12 s ablation) (U-Pb)	50 s (15 s gas blank, 35 s ablation)	50 s (15 s gas blank, 35 s ablation)	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	²⁹ Si, ²⁰² Hg, ²⁰⁴ Pb, ²⁰⁶ Pb, ²⁰⁷ Pb, ²⁰⁸ Pb, ²³² Th, ²³⁸ U	²⁹ Si, ²⁰² Hg, ²⁰⁴ Pb, ²⁰⁶ Pb, ²⁰⁷ Pb, ²⁰⁸ Pb, ²³² Th, ²³⁸ U	²⁹ Si, ²⁰² Hg, ²⁰⁴ Pb, ²⁰⁶ Pb, ²⁰⁷ Pb, ²⁰⁸ Pb, ²³² Th, ²³⁸ U	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	0.2 s for ²⁰⁶ , ²⁰⁷ Pb, 0.1 s for others	0.2 s for ²⁰⁶ , ²⁰⁷ Pb, 0.1 s for others	0.2 s for ²⁰⁶ , ²⁰⁷ Pb, 0.1 s for others	0.2 s for ²⁰⁶ , ²⁰⁷ Pb, 0.1 s for others
Standards					
Primary standard (U-Pb)	Nancy 91500 ^{*1}	Nancy 91500 ^{*1}	Nancy 91500 ^{*1}	Nancy 91500 ^{*1}	Nancy 91500 ^{*1}
Secondary standard (U-Pb)	OD-3 ^{*2,3,4} , GJ-1 ^{*6} , Plešovice ^{*7}	GJ-1 ^{*6} , Plešovice ^{*7}	OD-3 ^{*2,3,4}	OD-3 ^{*2,3,4} , GJ-1 ^{*6} , Plešovice ^{*7}	OD-3 ^{*2,3,4}
Primary standard (FT)	Fish Canyon Tuff ^{*5}	Fish Canyon Tuff ^{*5}	Fish Canyon Tuff ^{*5} , Buluk Member Tuff ^{*5}	Fish Canyon Tuff ^{*5} , Buluk Member Tuff ^{*5}	Fish Canyon Tuff ^{*5} , Buluk Member Tuff ^{*5}

*1, Wiedenbeck *et al.* (1995); *2, Iwano *et al.* (2012); *3, Iwano *et al.* (2013); *4, Lukács *et al.* (2015); *5, Danhara and Iwano (2013); *6, Jackson *et al.* (2004); *7, Sláma *et al.* (2008).

5.3 試料16101207 (泊層)

本試料は均質な自形のジルコン結晶を豊富に含む。測定した30粒子のうち、22粒子がコンコールドであった。コンコールド粒子のうち、54.8 Ma, 31.3 Ma, 22.2 Maを示す3つの粒子(no. 13, 11, 25)以外は、17.7 ~ 13.8 Ma間に集中し、最若粒子集団を構成する(第15図; 第16図)。それらの加重平均値から、16.0 ± 0.4 MaのU-Pb年代が得られた。

FT年代は53.0 ~ 7.8 Maの間にばらつき、ややまとまりに欠ける(第14図)。ここで単一粒子におけるダブル年代データの対照性を検討すると、1粒子のみ(no. 11)が

FT及びU-Pb年代ともに他粒子に比較して著しく古い(第15図)。それ以外の粒子では、一部で古いU-Pb年代を示す粒子が含まれているものの、FT年代は27.2 ~ 7.8 Maの幅で分散しており、U-Pb年代との相関は認められない(第15図)。そこで、これらは全体として単一の年代集団を形成するものと判断される。そのため、粒子no. 11を除く29粒子を単一年代集団に属するものとみなし、それらから14.4 ± 0.6 MaのFT年代を得た(第2表)。得られたFT年代はU-Pb年代よりも有意に若い。そのため、何らかの再加熱年代を示す可能性があり、取り扱いには注意が必要である。

第2表 U-Pb及びFT年代測定結果

Table 2 Results of U-Pb and FT age determination

Sample name	Geological unit	Latitude (N) Longitude (E)	Method	n	ρ_s (cm ⁻²) N_s	ρ_{u-sp} (cm ⁻²) N_{u-sp}	ρ_{u-std} (cm ⁻²) N_{u-std}	r	U (ppm)	Zeta value (cm ² ·yr ⁻¹)	FT age (±1σ) (Ma)	n*	U-Pb age (±2σ) (Ma)
15092105	Sunagomata Formation	41° 18' 32.9" 141° 17' 36.4"	Ext.S	12	6.34 × 10 ⁵ 121	7.67 × 10 ¹¹ 146422207	1.934 × 10 ¹¹ 948967	0.99	232	45.6 ± 3.4	7.3 ± 0.9	12	7.5 ± 0.2
15092301	Gamanosawa Formation	41° 9' 24.5" 141° 17' 27.8"	Ext.S	30	4.50 × 10 ⁵ 256	3.48 × 10 ¹¹ 198010952	2.438 × 10 ¹¹ 1195989	0.29	145	36.3 ± 2.2	11.4 ± 1.0	26	12.1 ± 0.3
16101207	Tomari Formation	41° 3' 51.8" 141° 20' 5.7"	Int.S	29	2.29 × 10 ⁶ 1136	1.43 × 10 ¹¹ 70708659	3.396 × 10 ¹⁰ 479840	0.69	324	53.0 ± 1.7	14.4 ± 0.6	19	16.0 ± 0.4
16101517	Kozawa Formation	41° 13' 31.9" 141° 0' 47.4"	Int.S	30	1.78 × 10 ⁶ 1197	2.08 × 10 ¹¹ 139601617	3.396 × 10 ¹⁰ 479840	0.72	479	53.0 ± 1.7	7.7 ± 0.3	26	8.3 ± 0.2
17100410	Yotsuzawa Formation	40° 44' 22.3" 141° 0' 22.5"	Int.S	30	9.87 × 10 ⁵ 462	9.93 × 10 ⁹ 4648646	5.389 × 10 ⁹ 48504	0.59	137	46.4 ± 2.1	12.4 ± 0.8	29	13.4 ± 0.3
17083010	Yotsuzawa Formation	40° 42' 23.4" 141° 3' 34.9"	Int.S	30	1.46 × 10 ⁶ 278	1.47 × 10 ¹⁰ 2824699	5.037 × 10 ⁹ 20146	0.92	235	46.4 ± 2.1	11.5 ± 0.9	27	15.3 ± 0.4
17083115A	Yotsuzawa Formation	40° 40' 34.8" 141° 2' 42.6"	Int.S	15	1.47 × 10 ⁶ 321	1.44 × 10 ¹⁰ 3149257	5.051 × 10 ⁹ 45457	0.84	206	46.4 ± 2.1	11.9 ± 0.9	15	13.6 ± 0.4

Ext.S: Fission track age (T) = (1/λ_D) × ln[1 + λ_D × ζ × (ρ_s/ρ_u) × ρ_{u-std}]

Int.S: Fission track age (T) = (1/λ_D) × ln[1 + λ_D × 0.5 × ζ × (ρ_s/ρ_u) × ρ_{u-std}]

σ = T × [1/ΣN_s + 1/ΣN_u + 1/ΣN_{u-std} + (σ_ζ/ζ)²]^{1/2}

Int.S: internal zircon crystal surfaces used for spontaneous track counting. Ext.S: External zircon crystal surfaces used for spontaneous track counting. n, number of grains (fission track age). n*, number of grains (U-Pb age). 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 samples. N_{u-sp}, area-corrected total count of ²³⁸U on unknown samples. ρ_{u-std}, density of total count of ²³⁸U on U-standard samples. N_{u-std}, total count of ²³⁸U on U-standard samples. 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. r, correlation coefficient between ρ_s and ρ_u.

5.4 試料16101517 (小沢層銀杏木流紋岩質凝灰岩部層)

本試料は均質な色調と晶癖をもつ自形のジルコン結晶を豊富に含む。測定した30粒子のうち、26粒子がコンコダントであった。これらのコンコダント粒子は単一年代集団を構成する(第15図; 第16図)。それらの加重平均値から、8.3 ± 0.2 MaのU-Pb年代が得られた。

FT年代は、全測定粒子30個の年代データがよくまとまり(第15図)、併行して実施されたU-Pb年代測定結果からも異種年代粒子の存在は認められない。そのため全粒子を単一年代集団に属するものとみなし、それらから7.7 ± 0.3 MaのFT年代を得た(第2表)。得られたU-Pb年代とFT年代は、2σの誤差の範囲で一致する。

5.5 試料17100410 (四沢層)

本試料は均質な色調と晶癖をもつ自形のジルコン結晶を豊富に含む。測定した30粒子のうち、29粒子がコンコダントであった。これらのコンコダント粒子は単一年代集団を構成する(第15図; 第16図)。それらの加重平均値から、13.4 ± 0.3 MaのU-Pb年代が得られた。

FT年代は、全測定粒子30個の年代データがよくまとまり(第15図)、併行して実施されたU-Pb年代測定結果からも異種年代粒子の存在は認められない。そのため全測定粒子を単一年代集団に属するものとみなし、それらから12.4 ± 0.8 MaのFT年代を得た(第2表)。得られたU-Pb年代とFT年代は、1σの誤差の範囲で一致する。

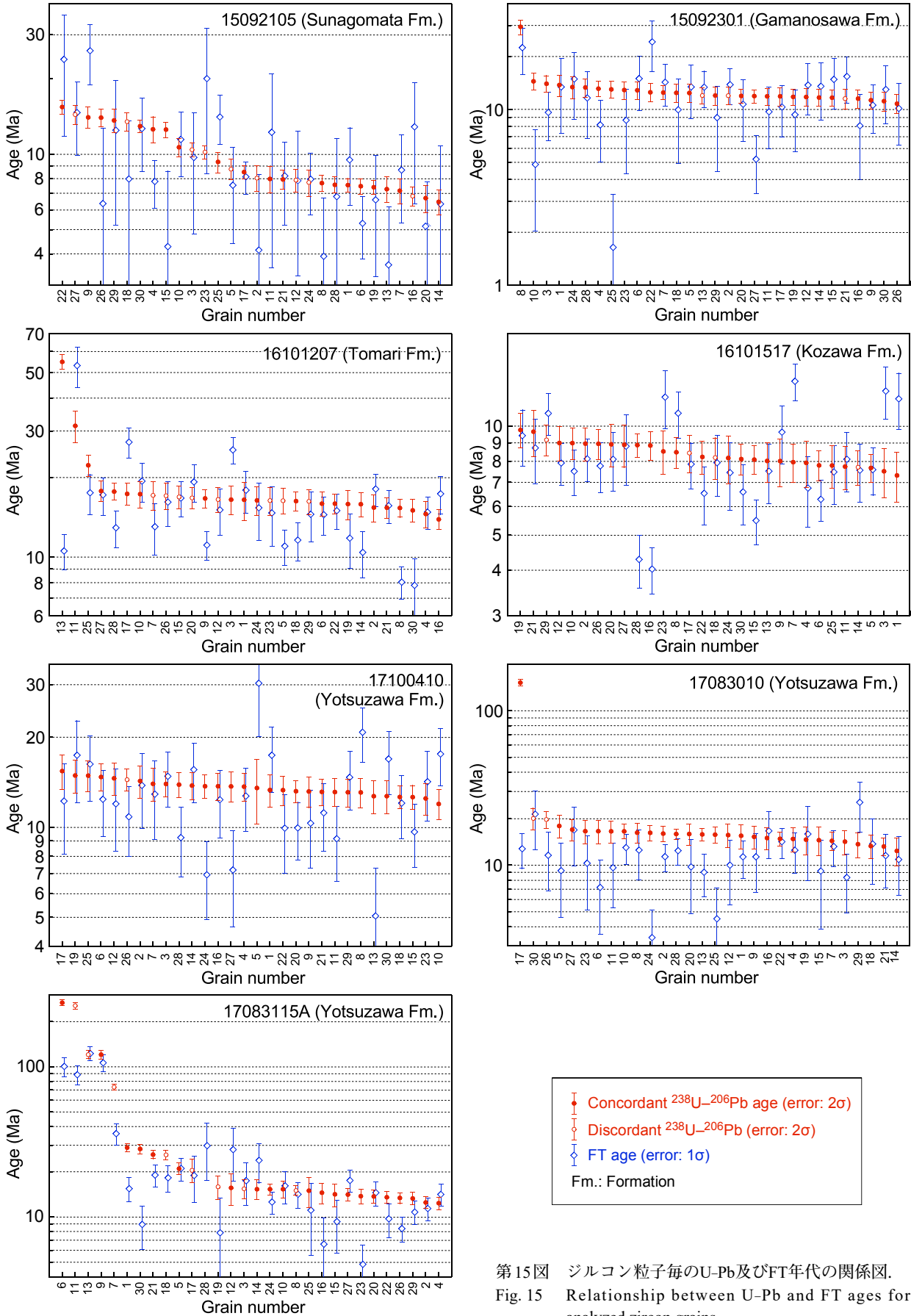
5.6 試料17083010 (四沢層)

本試料は均質な色調と晶癖をもつ自形のジルコン結晶を豊富に含む。測定した30粒子のうち、28粒子がコンコダントであった。そのうち、1粒子(no. 17)のみ152.1 Maと古い年代を示すが、その他の27粒子は17.9 ~ 12.3 Ma間に集中し、最若粒子集団を構成する(第15図; 第16図)。それらの加重平均値から、15.3 ± 0.4 MaのU-Pb年代が得られた。

FT年代は、全測定粒子30個の年代データがよくまとまり(第15図)。152.1 MaのU-Pb年代を示す粒子(no. 17)についても、他の粒子と調和的なFT年代を示すことから、リセットされた年代と判断される。そのため全測定粒子を単一年代集団に属するものとみなし、それらから11.5 ± 0.9 MaのFT年代が得られた(第2表)。得られたFT年代はU-Pb年代よりも有意に若い。そのため、何らかの再加熱年代を示す可能性があり、取り扱いには注意が必要である。

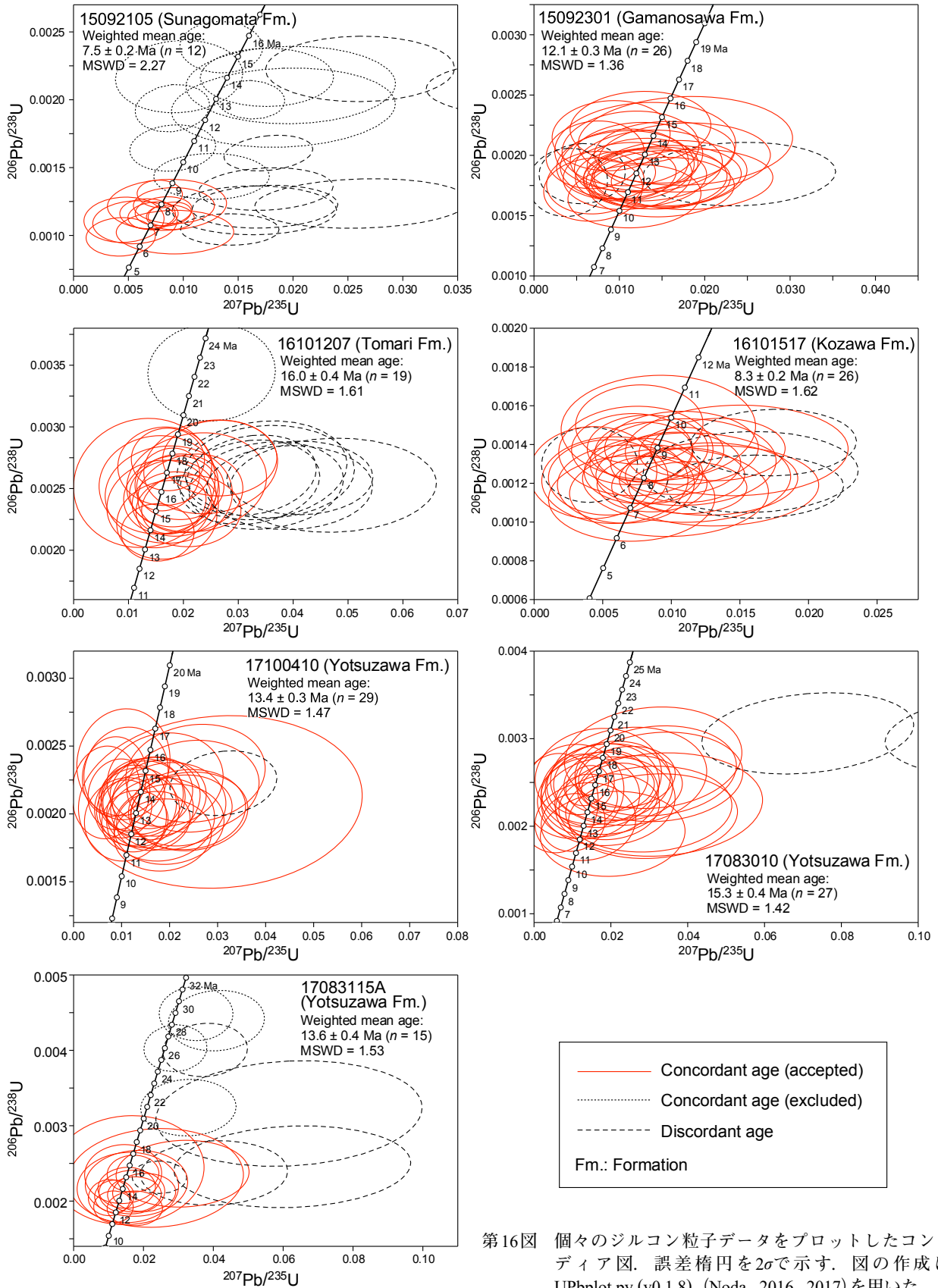
5.7 試料17083115A (四沢層)

本試料は、外来結晶と推定される摩耗した形状のジルコン結晶を多く含む。そのため、測定対象には可能な範囲で自形性の高いジルコン結晶を優先して選択した。合計30粒子を測定したが、1粒子で²⁰⁷Pbシグナルが0になった。残りの29粒子のうち、21粒子がコンコダントであった。コンコダント粒子は、266.6 Maから12.3 Maまで広く分散し、少なくとも4つ以上の年代集団が認め



第15図 ジルコン粒子毎のU-Pb及びFT年代の関係図。
Fig. 15 Relationship between U-Pb and FT ages for the analyzed zircon grains.

1/20 万「野辺地」地域に分布する中新統の U-Pb 及び FT 年代 (工藤)



第16図 個々のジルコン粒子データをプロットしたコンコードィア図。誤差楕円を 2σ で示す。図の作成にはUPbplot.py (v0.1.8) (Noda, 2016, 2017)を用いた。

Fig. 16 Concordia diagram showing individual zircon data, with error ellipses representing 2σ uncertainties. This figure was made using UPbplot.py (v0.1.8) (Noda, 2016, 2017).

られる(第15図;第16図).このうち,15.5~12.3 Maの年代を示す15粒子が最若粒子集団と判断される(第15図;第16図).それらの加重平均値から,13.6 ± 0.4 MaのU-Pb年代が得られた.

FT年代は,全測定粒子30個の年代データがまとまりに欠け,明らかに異種年代粒子の混入が認められる(第15図).そのため,併行して実施したU-Pb年代最若粒子集団を構成する15粒子を対象として年代を算出し,11.9 ± 0.9 MaのFT年代が得られた(第2表).得られたU-Pb年代とFT年代は,2σの誤差の範囲で一致する.

謝辞:本論をまとめるにあたり,産総研の細井 淳氏からは年代データの取り扱いについてご助言を得た.株式会社京都フィッション・トラックの檀原 徹氏には年代測定手法の記述内容についてご確認をいただいた.編集担当の石塚 治氏には,本論の査読編集の過程でお世話になった.査読者の野田 篤氏には,本論を改善する上で有益なコメントをいただいた.関係各位に深く感謝申し上げます.

文 献

- 青森県(1954) 青森県の地下資源. 青森県総務部調査課, 148p.
- 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. *Journal of the Geological Society of 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.
- Danhara, T., Kasuya, M., Iwano, H. and Yamashita, T. (1991) Fission-track age calibration using internal and external surfaces of zircon. *Journal of the Geological Society of Japan*, **97**, 977–985.
- Danhara, T., Iwano, H., Yoshioka, T. and Tsuruta, T. (2003) Zeta calibration values for fission track dating with a diallyl phthalate detector. *Journal of the Geological Society of Japan*, **109**, 665–668.
- 芳賀正和・山口寿之(1990) 下北半島東部の新第三系—第四系の層序と珪藻化石. 国立科学博物館報告, **16**, 55–78.
- Hasebe, N., Tamura, A. and Arai, S. (2013) Zeta equivalent fission-track dating using LA-ICP-MS and examples with simultaneous U-Pb dating. *Island Arc*, **22**, 280–291.
- Hirata, T., Iizuka, T. and Orihashi, Y. (2005) Reduction of mercury background on ICP-mass spectrometry for in situ U-Pb age determinations of zircon samples. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, **20**, 696–701.
- Hurford, A. J. and Watkins, R. T. (1987) Fission-track age of the tuffs of Buluk member, Bakate Formation, Northern Kenya: A suitable fission-track age standard. *Chemical Geology*, **66**, 209–216.
- Iizuka, T. and Hirata, T. (2004) Simultaneous determinations of U-Pb age and REE abundances for zircons using ArF excimer laser-ICPMS. *Geochemical Journal*, **38**, 229–241.
- 岩井淳一・鈴木養身(1957) 東津軽郡東部及び上北郡北西部地区. 青森県油田調査報告, 青森県水産商工部商工課, 1–11.
- 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ョン・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—. 地質学雑誌, **118**, 365–375.
- Iwano, H., Orihashi, Y., Hirata, T., Ogasawara, M., Danhara, T., Horie, K., Hasebe, N., Sueoka, S., Tamura, A., Hayasaka, K., Katsube, A., Ito, H., Tani, K., Kimura, J.-I., 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.
- Jackson, S. E., Pearson, N. J., Griffin, W. L. and Belousova, E. A. (2004) The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U-Pb zircon geochronology. *Chemical Geology*, **211**, 47–69.
- 北村 信・鈴木養身・多田元彦(1959) 下北半島西部の地質. 青森県水産商工部商工課, 14p.
- 工藤 崇・柳沢幸夫(2020) 青森県七戸町坪川セクションにおける上部中新統~鮮新統の年代層序. 地質調査研究報告, **71**, 215–233.
- 桑野幸夫(1958) 第1部 地下資源開発のための地質調査—川内町東南部地質調査報告—. 下北半島総合開発計画策定に関する基礎調査報告書, 昭和32年度報告, 下北郡総合開発促進協議会, 資源科学研究所, 2–19.
- Lukács, R., Harangi, S., Bachmann, O., Guillong, M., Danišik, M., Buret, Y., von Quadt, A., Dunkl, I., Fodor, L., Sliwinski J., Soós, I. and Szepesi, J. (2015) Zircon geochronology and geochemistry to constrain the youngest eruption events and magma evolution of the Mid-Miocene ignimbrite flare-up in the Pannonian Basin, eastern central Europe. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **170**, 1–26.
- 村岡洋文・長谷紘和(1990) 黒石地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 124p.
- 村岡洋文・高倉伸一(1988) 10万分の1 八甲田地熱地域地質図説明書. 特殊地質図(21-4), 地質調査所,

- 27p.
日本原燃株式会社(2014) 再処理事業所廃棄物管理事業
変更許可申請書. 平成26年1月. 日本原燃株式会社.
- Noda, A. (2016) UPbplot.py: A python script for U-Pb age
data analysis. Open-File Report, no. 634, Geological
Survey of Japan, AIST.
- Noda, A. (2017) A new tool for calculation and visualization
of U-Pb age data: UPbplot.py. *Bulletin of the Geological
Survey of Japan*, **68**, 131–140.
- Sakata, S., Hirakawa, S., Iwano H., Danhara, T. Guillion, M.
and Hirata, T. (2017) A new approach for constraining
the magnitude of initial disequilibrium in Quaternary
zircons by coupled uranium and thorium decay series
dating. *Quaternary Geochronology*, **38**, 1–12.
- Sláma, J., Košler, J., Condon, J. D., Crowley, J. L., Gerdes,
A., Hanchar, J. M., Horstwood, M. S. A., Morris, G. A.,
Nasdala, L., Norberg, N., Schaltegger, U., Schoene, B.,
Tubrett, M. N. and Whitehouse, M. J. (2008) Plešovice
zircon—A new natural reference material for U–Pb and
Hf isotopic microanalysis. *Chemical Geology*, **249**, 1–35.
- Steiger, R. and Jäger, E. (1977) Subcommittee on geochronology,
convention on the use of decay constants in geo- and
cosmo-chronology. *Earth and Planetary Science Letters*,
36, 359–362.
- 東北電力株式会社(2014) 東通原子力発電所発電用原子
炉設置変更許可申請書(発電用原子炉施設の変更).
東北電力株式会社.
- 東京電力株式会社(2010) 東通原子力発電所原子炉設置
許可申請書(縮小版). 平成18年9月(平成19年3月
一部補正, 平成21年4月一部補正, 平成21年12月
一部補正, 平成22年4月一部補正). 東京電力株式
会社.
- 対馬坤六(1964) 20万分の1地質図幅「野辺地」. 地質調査
所.
- 通商産業省(1969) 昭和42年度広域調査報告書, 下北地
域. 19p.
- 通商産業省資源エネルギー庁(1976) 昭和50年度広域調
査報告書, 八甲田地域. 88p.
- 上村不二雄(1975) 陸奥川内地域の地質. 地域地質研究
報告(5万分の1地質図幅). 地質調査所, 39p.
- Wiedenbeck, M., Alle, 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. *Geostandards and
Geoanalytical Research*, **19**, 1–23.

(受 付 : 2020年5月7日 ; 受 理 : 2020年9月4日)

付表1 ジルコン結晶のU-Pb同位体データ(試料15092105及び15092301)
Table A1 U-Pb isotopic data for zircon crystals (sample 15092105 and 15092301)

Grain no.	Th/U	Isotopic ratios				Age (Ma)					
		²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	2σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	2σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	2σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	2σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	2σ
Sample: 15092105											
Concordant grains (accepted)											
1	0.63	0.0549 ± 0.0097		0.00116 ± 0.00007		0.0088 ± 0.0016		7.54 ± 0.46		8.75 ± 1.59	
6	0.79	0.0459 ± 0.0116		0.00115 ± 0.00008		0.0072 ± 0.0018		7.47 ± 0.52		7.22 ± 1.86	
7	0.66	0.0370 ± 0.0206		0.00110 ± 0.00013		0.0056 ± 0.0031		7.16 ± 0.82		5.55 ± 3.12	
8	0.64	0.0505 ± 0.0128		0.00118 ± 0.00009		0.0082 ± 0.0021		7.68 ± 0.55		8.19 ± 2.10	
11	0.52	0.0504 ± 0.0262		0.00123 ± 0.00015		0.0085 ± 0.0044		7.98 ± 0.97		8.50 ± 4.40	
13	0.59	0.0299 ± 0.0192		0.00112 ± 0.00013		0.0046 ± 0.0029		7.27 ± 0.86		4.55 ± 2.97	
14	0.68	0.0315 ± 0.0188		0.00099 ± 0.00011		0.0043 ± 0.0025		6.46 ± 0.73		4.25 ± 2.57	
17	0.30	0.0436 ± 0.0097		0.00131 ± 0.00008		0.0079 ± 0.0017		8.50 ± 0.53		7.84 ± 1.67	
19	0.69	0.0564 ± 0.0119		0.00113 ± 0.00007		0.0088 ± 0.0018		7.39 ± 0.47		8.81 ± 1.76	
20	0.53	0.0654 ± 0.0314		0.00102 ± 0.00013		0.0092 ± 0.0043		6.69 ± 0.83		9.23 ± 4.34	
21	0.58	0.0543 ± 0.0183		0.00122 ± 0.00011		0.0091 ± 0.0030		7.95 ± 0.69		9.13 ± 2.99	
28	0.60	0.0422 ± 0.0132		0.00116 ± 0.00009		0.0067 ± 0.0020		7.56 ± 0.57		6.72 ± 2.06	
Weighted mean (n = 12)								7.47 ± 0.17	(MSWD = 2.23)		
Concordant grains (excluded)											
4	0.44	0.0714 ± 0.0310		0.00194 ± 0.00024		0.0191 ± 0.0082		12.59 ± 1.51		19.11 ± 8.21	
9	0.64	0.0321 ± 0.0156		0.00217 ± 0.00021		0.0096 ± 0.0047		14.07 ± 1.38		9.60 ± 4.71	
10	0.57	0.0399 ± 0.0139		0.00164 ± 0.00014		0.0090 ± 0.0032		10.68 ± 0.89		9.02 ± 3.18	
15	1.17	0.0337 ± 0.0102		0.00194 ± 0.00014		0.0090 ± 0.0027		12.57 ± 0.91		8.99 ± 2.75	
22	0.72	0.0408 ± 0.0096		0.00239 ± 0.00015		0.0135 ± 0.0030		15.46 ± 0.98		13.46 ± 3.05	
25	0.66	0.0635 ± 0.0222		0.00143 ± 0.00014		0.0126 ± 0.0042		9.33 ± 0.88		12.58 ± 4.26	
26	0.65	0.0590 ± 0.0170		0.00217 ± 0.00017		0.0176 ± 0.0049		14.03 ± 1.11		17.63 ± 4.89	
29	0.64	0.0680 ± 0.0272		0.00211 ± 0.00023		0.0198 ± 0.0077		13.67 ± 1.48		19.78 ± 7.68	
30	1.07	0.0585 ± 0.0098		0.00200 ± 0.00011		0.0162 ± 0.0025		12.97 ± 0.74		16.16 ± 2.49	
Discordant grains											
2	0.43	0.1543 ± 0.0477		0.00124 ± 0.00015		0.0263 ± 0.0079		8.05 ± 0.95		26.23 ± 7.81	
3	0.72	0.0801 ± 0.0145		0.00161 ± 0.00011		0.0178 ± 0.0033		10.44 ± 0.68		17.76 ± 3.25	
5	0.47	0.0947 ± 0.0270		0.00134 ± 0.00013		0.0175 ± 0.0049		8.73 ± 0.81		17.53 ± 4.94	
12	0.50	0.1044 ± 0.0326		0.00121 ± 0.00013		0.0174 ± 0.0053		7.90 ± 0.82		17.45 ± 5.35	
16	1.01	0.0988 ± 0.0266		0.00104 ± 0.00009		0.0142 ± 0.0036		6.81 ± 0.60		14.24 ± 3.62	
18	1.00	0.1478 ± 0.0313		0.00208 ± 0.00017		0.0425 ± 0.0084		13.51 ± 1.11		42.18 ± 8.18	
23	1.07	0.2277 ± 0.0299		0.00157 ± 0.00010		0.0494 ± 0.0055		10.22 ± 0.62		48.87 ± 5.37	
24	0.64	0.1007 ± 0.0387		0.00119 ± 0.00015		0.0165 ± 0.0060		7.72 ± 0.93		16.47 ± 6.05	
27	0.68	0.0849 ± 0.0236		0.00223 ± 0.00019		0.0261 ± 0.0069		14.43 ± 1.25		26.05 ± 6.89	
Sample: 15092301											
Concordant grains (accepted)											
1	0.36	0.0607 ± 0.0350		0.00212 ± 0.00030		0.0177 ± 0.0101		13.74 ± 1.90		17.74 ± 10.13	
3	0.67	0.0303 ± 0.0188		0.00216 ± 0.00023		0.0090 ± 0.0056		14.02 ± 1.50		9.02 ± 5.61	
4	0.65	0.0547 ± 0.0240		0.00203 ± 0.00021		0.0153 ± 0.0066		13.13 ± 1.32		15.29 ± 6.64	
5	0.60	0.0406 ± 0.0248		0.00191 ± 0.00023		0.0107 ± 0.0065		12.41 ± 1.51		10.70 ± 6.53	
6	0.60	0.0645 ± 0.0300		0.00198 ± 0.00023		0.0176 ± 0.0081		12.85 ± 1.48		17.64 ± 8.11	
7	0.32	0.0479 ± 0.0199		0.00192 ± 0.00017		0.0127 ± 0.0052		12.48 ± 1.12		12.72 ± 5.25	
9	0.64	0.0624 ± 0.0290		0.00174 ± 0.00020		0.0150 ± 0.0068		11.27 ± 1.28		14.96 ± 6.87	
10	0.61	0.0405 ± 0.0217		0.00223 ± 0.00024		0.0125 ± 0.0066		14.46 ± 1.55		12.48 ± 6.67	
11	0.56	0.0620 ± 0.0279		0.00183 ± 0.00020		0.0157 ± 0.0069		11.88 ± 1.30		15.66 ± 6.96	
12	0.63	0.0568 ± 0.0275		0.00181 ± 0.00021		0.0142 ± 0.0068		11.76 ± 1.33		14.20 ± 6.80	
14	0.66	0.0746 ± 0.0312		0.00180 ± 0.00020		0.0185 ± 0.0076		11.68 ± 1.30		18.52 ± 7.62	
15	0.66	0.0599 ± 0.0269		0.00180 ± 0.00019		0.0148 ± 0.0066		11.66 ± 1.25		14.84 ± 6.59	
16	0.66	0.0294 ± 0.0189		0.00177 ± 0.00021		0.0072 ± 0.0046		11.51 ± 1.34		7.17 ± 4.65	
17	0.64	0.0435 ± 0.0242		0.00183 ± 0.00022		0.0110 ± 0.0061		11.87 ± 1.44		10.95 ± 6.12	
18	0.62	0.0507 ± 0.0265		0.00192 ± 0.00024		0.0134 ± 0.0070		12.43 ± 1.52		13.40 ± 7.01	
19	0.58	0.0526 ± 0.0227		0.00182 ± 0.00019		0.0132 ± 0.0057		11.78 ± 1.24		13.18 ± 5.70	
20	0.52	0.0444 ± 0.0172		0.00184 ± 0.00017		0.0112 ± 0.0044		11.92 ± 1.08		11.23 ± 4.39	
22	0.63	0.0398 ± 0.0228		0.00193 ± 0.00023		0.0106 ± 0.0060		12.51 ± 1.50		10.57 ± 6.08	
23	0.66	0.0438 ± 0.0229		0.00199 ± 0.00023		0.0120 ± 0.0062		12.88 ± 1.48		12.01 ± 6.28	
24	0.38	0.0457 ± 0.0301		0.00207 ± 0.00030		0.0130 ± 0.0085		13.39 ± 1.93		13.03 ± 8.58	
25	0.59	0.0259 ± 0.0168		0.00200 ± 0.00023		0.0072 ± 0.0046		13.00 ± 1.45		7.14 ± 4.67	
26	0.64	0.0514 ± 0.0276		0.00166 ± 0.00021		0.0118 ± 0.0063		10.78 ± 1.36		11.77 ± 6.31	
27	0.61	0.0377 ± 0.0149		0.00184 ± 0.00016		0.0095 ± 0.0038		11.91 ± 1.03		9.53 ± 3.81	
28	0.63	0.0399 ± 0.0228		0.00206 ± 0.00025		0.0113 ± 0.0064		13.34 ± 1.60		11.31 ± 6.50	
29	0.65	0.0624 ± 0.0288		0.00185 ± 0.00022		0.0159 ± 0.0073		11.98 ± 1.43		15.89 ± 7.32	
30	0.70	0.0293 ± 0.0197		0.00172 ± 0.00021		0.0069 ± 0.0047		11.14 ± 1.36		6.90 ± 4.70	
Weighted mean (n = 26)								12.13 ± 0.26	(MSWD = 1.35)		
Concordant grains (excluded)											
8	0.45	0.0441 ± 0.0201		0.00457 ± 0.00044		0.0278 ± 0.0127		29.45 ± 2.80		27.72 ± 12.59	
Discordant grains											
2	0.65	0.0945 ± 0.0366		0.00184 ± 0.00021		0.0240 ± 0.0091		11.97 ± 1.37		24.01 ± 9.06	
13	0.66	0.0221 ± 0.0161		0.00185 ± 0.00020		0.0056 ± 0.0041		11.99 ± 1.29		5.60 ± 4.12	
21	0.61	0.0162 ± 0.0153		0.00178 ± 0.00023		0.0040 ± 0.0037		11.52 ± 1.47		3.92 ± 3.79	

1/20 万「野辺地」地域に分布する中新統の U-Pb 及び FT 年代 (工藤)

付表2 ジルコン結晶のU-Pb同位体データ(試料16101207及び16101517)

Table A2 U-Pb isotopic data for zircon crystals (sample 16101207 and 16101517)

Grain no.	Th/U	Isotopic ratios				Age (Ma)					
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2σ
Sample: 16101207											
Concordant grains (accepted)											
1	0.60	0.0367 ± 0.0298		0.00255 ± 0.00042		0.0129 ± 0.0104		16.48 ± 2.71		12.87 ± 10.45	
2	0.77	0.0476 ± 0.0236		0.00237 ± 0.00029		0.0156 ± 0.0077		15.38 ± 1.84		15.61 ± 7.70	
3	0.57	0.0637 ± 0.0294		0.00255 ± 0.00032		0.0224 ± 0.0102		16.50 ± 2.08		22.39 ± 10.23	
4	0.37	0.0548 ± 0.0239		0.00225 ± 0.00026		0.0170 ± 0.0073		14.56 ± 1.65		16.98 ± 7.35	
6	0.51	0.0627 ± 0.0228		0.00246 ± 0.00026		0.0213 ± 0.0077		15.93 ± 1.65		21.25 ± 7.68	
8	1.07	0.0559 ± 0.0143		0.00237 ± 0.00019		0.0183 ± 0.0047		15.34 ± 1.21		18.26 ± 4.72	
9	0.95	0.0481 ± 0.0132		0.00257 ± 0.00020		0.0171 ± 0.0047		16.66 ± 1.32		17.08 ± 4.74	
10	0.46	0.0677 ± 0.0267		0.00268 ± 0.00031		0.0250 ± 0.0098		17.32 ± 1.97		24.93 ± 9.76	
14	0.42	0.0528 ± 0.0208		0.00245 ± 0.00026		0.0178 ± 0.0070		15.85 ± 1.64		17.83 ± 7.02	
16	0.51	0.0517 ± 0.0187		0.00214 ± 0.00019		0.0153 ± 0.0054		13.90 ± 1.20		15.29 ± 5.37	
17	0.59	0.0449 ± 0.0190		0.00268 ± 0.00026		0.0166 ± 0.0069		17.35 ± 1.64		16.61 ± 6.90	
18	0.70	0.0560 ± 0.0190		0.00251 ± 0.00021		0.0194 ± 0.0064		16.28 ± 1.38		19.44 ± 6.39	
19	0.54	0.0512 ± 0.0282		0.00245 ± 0.00032		0.0173 ± 0.0093		15.87 ± 2.04		17.34 ± 9.35	
21	0.45	0.0566 ± 0.0199		0.00237 ± 0.00021		0.0185 ± 0.0063		15.38 ± 1.35		18.53 ± 6.33	
22	0.81	0.0533 ± 0.0192		0.00246 ± 0.00022		0.0181 ± 0.0063		15.92 ± 1.40		18.08 ± 6.35	
24	0.72	0.0444 ± 0.0255		0.00253 ± 0.00032		0.0155 ± 0.0087		16.38 ± 2.06		15.50 ± 8.77	
27	0.62	0.0703 ± 0.0229		0.00275 ± 0.00025		0.0266 ± 0.0084		17.77 ± 1.58		26.57 ± 8.31	
28	0.57	0.0455 ± 0.0146		0.00274 ± 0.00020		0.0172 ± 0.0054		17.70 ± 1.31		17.18 ± 5.37	
30	0.68	0.0654 ± 0.0248		0.00232 ± 0.00023		0.0209 ± 0.0077		15.02 ± 1.50		20.91 ± 7.68	
Weighted mean (n = 19)								15.97 ± 0.35	(MSWD = 1.36)		
Concordant grains (excluded)											
11	0.47	0.0693 ± 0.0337		0.00487 ± 0.00067		0.0465 ± 0.0227		31.39 ± 4.29		46.04 ± 22.26	
13	0.34	0.0565 ± 0.0091		0.00853 ± 0.00055		0.0665 ± 0.0116		54.84 ± 3.51		65.27 ± 11.10	
25	1.14	0.0529 ± 0.0202		0.00344 ± 0.00032		0.0251 ± 0.0094		22.24 ± 2.05		25.09 ± 9.31	
Discordant grains											
5	1.00	0.1008 ± 0.0329		0.00252 ± 0.00029		0.0351 ± 0.0113		16.34 ± 1.84		34.90 ± 11.20	
7	0.38	0.0939 ± 0.0346		0.00265 ± 0.00032		0.0343 ± 0.0125		17.13 ± 2.08		34.11 ± 12.36	
12	0.56	0.0913 ± 0.0293		0.00255 ± 0.00028		0.0321 ± 0.0103		16.52 ± 1.77		31.98 ± 10.14	
15	0.41	0.0902 ± 0.0265		0.00261 ± 0.00026		0.0324 ± 0.0095		16.88 ± 1.68		32.30 ± 9.39	
20	0.98	0.1155 ± 0.0317		0.00259 ± 0.00024		0.0412 ± 0.0107		16.74 ± 1.55		40.91 ± 10.50	
23	0.55	0.1357 ± 0.0457		0.00253 ± 0.00031		0.0473 ± 0.0151		16.36 ± 1.98		46.82 ± 14.76	
26	0.44	0.0981 ± 0.0356		0.00264 ± 0.00030		0.0357 ± 0.0124		17.07 ± 1.94		35.51 ± 12.27	
29	0.47	0.1137 ± 0.0370		0.00251 ± 0.00027		0.0393 ± 0.0122		16.23 ± 1.76		39.06 ± 11.98	
Sample: 16101517											
Concordant grains (accepted)											
1	0.63	0.0459 ± 0.0322		0.00112 ± 0.00018		0.0071 ± 0.0049		7.31 ± 1.14		7.08 ± 4.93	
2	0.58	0.0376 ± 0.0190		0.00138 ± 0.00015		0.0071 ± 0.0035		8.95 ± 0.95		7.11 ± 3.58	
3	0.49	0.0618 ± 0.0378		0.00115 ± 0.00018		0.0098 ± 0.0058		7.51 ± 1.17		9.82 ± 5.88	
4	0.42	0.0351 ± 0.0260		0.00122 ± 0.00018		0.0059 ± 0.0043		7.92 ± 1.16		5.85 ± 4.34	
5	0.66	0.0690 ± 0.0222		0.00118 ± 0.00011		0.0112 ± 0.0035		7.67 ± 0.69		11.20 ± 3.48	
6	1.00	0.0521 ± 0.0201		0.00120 ± 0.00012		0.0086 ± 0.0032		7.79 ± 0.74		8.58 ± 3.25	
7	0.48	0.0754 ± 0.0322		0.00122 ± 0.00015		0.0127 ± 0.0052		7.96 ± 0.97		12.71 ± 5.26	
8	0.67	0.0574 ± 0.0219		0.00130 ± 0.00013		0.0103 ± 0.0038		8.48 ± 0.83		10.31 ± 3.84	
9	0.70	0.0655 ± 0.0371		0.00123 ± 0.00019		0.0111 ± 0.0061		8.01 ± 1.20		11.11 ± 6.15	
10	0.59	0.0434 ± 0.0190		0.00138 ± 0.00014		0.0083 ± 0.0035		8.98 ± 0.89		8.25 ± 3.57	
11	0.52	0.0806 ± 0.0385		0.00119 ± 0.00017		0.0132 ± 0.0061		7.74 ± 1.07		13.20 ± 6.10	
12	0.48	0.0563 ± 0.0243		0.00138 ± 0.00015		0.0107 ± 0.0045		8.99 ± 0.98		10.74 ± 4.54	
13	0.67	0.0318 ± 0.0210		0.00123 ± 0.00016		0.0054 ± 0.0035		8.01 ± 1.01		5.36 ± 3.55	
15	0.66	0.0642 ± 0.0212		0.00124 ± 0.00011		0.0110 ± 0.0035		8.09 ± 0.73		11.00 ± 3.52	
16	0.78	0.0426 ± 0.0157		0.00136 ± 0.00012		0.0080 ± 0.0029		8.85 ± 0.80		7.98 ± 2.90	
19	0.66	0.0370 ± 0.0183		0.00150 ± 0.00016		0.0077 ± 0.0037		9.77 ± 1.06		7.64 ± 3.77	
20	0.51	0.0782 ± 0.0358		0.00137 ± 0.00019		0.0148 ± 0.0065		8.91 ± 1.21		14.77 ± 6.56	
21	0.44	0.0442 ± 0.0284		0.00149 ± 0.00022		0.0091 ± 0.0057		9.66 ± 1.40		9.04 ± 5.75	
22	0.68	0.0450 ± 0.0199		0.00126 ± 0.00014		0.0079 ± 0.0034		8.23 ± 0.87		7.83 ± 3.41	
23	0.45	0.0601 ± 0.0311		0.00131 ± 0.00018		0.0109 ± 0.0055		8.52 ± 1.16		10.85 ± 5.50	
24	0.60	0.0248 ± 0.0219		0.00125 ± 0.00019		0.0043 ± 0.0037		8.17 ± 1.23		4.24 ± 3.79	
25	0.49	0.0405 ± 0.0248		0.00120 ± 0.00016		0.0067 ± 0.0040		7.79 ± 1.05		6.65 ± 4.06	
26	0.78	0.0706 ± 0.0216		0.00137 ± 0.00013		0.0134 ± 0.0039		8.94 ± 0.83		13.39 ± 3.96	
27	0.52	0.0393 ± 0.0244		0.00137 ± 0.00019		0.0074 ± 0.0045		8.89 ± 1.19		7.39 ± 4.57	
28	1.09	0.0571 ± 0.0137		0.00136 ± 0.00010		0.0107 ± 0.0025		8.87 ± 0.65		10.73 ± 2.50	
30	0.73	0.0489 ± 0.0187		0.00125 ± 0.00012		0.0084 ± 0.0031		8.12 ± 0.79		8.38 ± 3.16	
Weighted mean (n = 26)								8.32 ± 0.18	(MSWD = 1.55)		
Discordant grains											
14	0.55	0.0986 ± 0.0336		0.00118 ± 0.00013		0.0161 ± 0.0052		7.71 ± 0.84		16.09 ± 5.22	
17	0.48	0.0226 ± 0.0160		0.00130 ± 0.00016		0.0040 ± 0.0028		8.43 ± 1.01		3.98 ± 2.85	
18	0.48	0.0909 ± 0.0379		0.00126 ± 0.00017		0.0158 ± 0.0063		8.19 ± 1.08		15.79 ± 6.32	
29	0.74	0.0898 ± 0.0262		0.00141 ± 0.00014		0.0175 ± 0.0049		9.17 ± 0.89		17.46 ± 4.86	

付表3 ジルコン結晶のU-Pb同位体データ(試料17100410及び17083010)
Table A3 U-Pb isotopic data for zircon crystals (sample 17100410 and 17083010)

Grain no.	Th/U	Isotopic ratios				Age (Ma)					
		²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	2σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	2σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	2σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	2σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	2σ
Sample: 17100410											
Concordant grains (accepted)											
1	0.40	0.0695 ± 0.0346		0.00206 ± 0.00026		0.0197 ± 0.0097		13.33 ± 1.67		19.72 ± 9.66	
2	0.34	0.0818 ± 0.0370		0.00220 ± 0.00027		0.0249 ± 0.0111		14.28 ± 1.75		24.83 ± 11.03	
3	0.45	0.0546 ± 0.0235		0.00215 ± 0.00021		0.0162 ± 0.0069		13.96 ± 1.36		16.21 ± 6.93	
4	0.50	0.0498 ± 0.0243		0.00211 ± 0.00022		0.0145 ± 0.0070		13.68 ± 1.44		14.52 ± 7.05	
5	0.29	0.1061 ± 0.0847		0.00209 ± 0.00051		0.0306 ± 0.0238		13.54 ± 3.29		30.46 ± 23.69	
6	0.55	0.0271 ± 0.0172		0.00228 ± 0.00024		0.0085 ± 0.0054		14.74 ± 1.52		8.49 ± 5.42	
7	0.36	0.0227 ± 0.0194		0.00216 ± 0.00027		0.0068 ± 0.0057		13.99 ± 1.77		6.74 ± 5.81	
8	0.42	0.0867 ± 0.0358		0.00202 ± 0.00023		0.0241 ± 0.0098		13.09 ± 1.50		24.11 ± 9.74	
9	0.49	0.0843 ± 0.0356		0.00203 ± 0.00024		0.0236 ± 0.0098		13.17 ± 1.53		23.60 ± 9.77	
10	0.47	0.0730 ± 0.0327		0.00184 ± 0.00021		0.0186 ± 0.0082		11.97 ± 1.38		18.57 ± 8.18	
11	0.49	0.0491 ± 0.0242		0.00202 ± 0.00022		0.0137 ± 0.0067		13.13 ± 1.39		13.72 ± 6.72	
12	0.32	0.0615 ± 0.0316		0.00225 ± 0.00028		0.0191 ± 0.0097		14.59 ± 1.79		19.08 ± 9.72	
13	0.43	0.0671 ± 0.0340		0.00196 ± 0.00025		0.0181 ± 0.0090		12.71 ± 1.59		18.14 ± 9.05	
14	0.51	0.0486 ± 0.0237		0.00213 ± 0.00022		0.0143 ± 0.0069		13.80 ± 1.44		14.28 ± 6.93	
15	0.54	0.0476 ± 0.0209		0.00195 ± 0.00018		0.0128 ± 0.0056		12.63 ± 1.17		12.77 ± 5.58	
16	0.48	0.0612 ± 0.0271		0.00212 ± 0.00023		0.0179 ± 0.0079		13.72 ± 1.45		17.85 ± 7.88	
17	0.45	0.0316 ± 0.0239		0.00238 ± 0.00032		0.0104 ± 0.0078		15.42 ± 2.04		10.38 ± 7.87	
18	0.66	0.0619 ± 0.0230		0.00195 ± 0.00018		0.0166 ± 0.0062		12.63 ± 1.13		16.62 ± 6.17	
19	0.38	0.0801 ± 0.0372		0.00230 ± 0.00029		0.0254 ± 0.0117		14.89 ± 1.87		25.35 ± 11.63	
20	0.62	0.0375 ± 0.0165		0.00204 ± 0.00017		0.0105 ± 0.0046		13.21 ± 1.11		10.54 ± 4.66	
21	0.54	0.0804 ± 0.0307		0.00203 ± 0.00021		0.0224 ± 0.0085		13.13 ± 1.35		22.42 ± 8.49	
22	0.46	0.0456 ± 0.0243		0.00205 ± 0.00023		0.0129 ± 0.0069		13.31 ± 1.48		12.90 ± 6.89	
23	0.40	0.0748 ± 0.0352		0.00192 ± 0.00024		0.0199 ± 0.0092		12.48 ± 1.54		19.85 ± 9.24	
24	0.57	0.0415 ± 0.0190		0.00212 ± 0.00019		0.0121 ± 0.0055		13.73 ± 1.25		12.13 ± 5.56	
25	0.49	0.0345 ± 0.0224		0.00230 ± 0.00027		0.0109 ± 0.0071		14.89 ± 1.76		10.93 ± 7.11	
27	0.43	0.0557 ± 0.0281		0.00211 ± 0.00025		0.0162 ± 0.0081		13.70 ± 1.58		16.24 ± 8.17	
28	0.57	0.0320 ± 0.0176		0.00214 ± 0.00021		0.0095 ± 0.0052		13.90 ± 1.35		9.45 ± 5.23	
29	0.50	0.0572 ± 0.0263		0.00202 ± 0.00022		0.0159 ± 0.0073		13.09 ± 1.39		15.92 ± 7.29	
30	0.42	0.0400 ± 0.0256		0.00196 ± 0.00025		0.0108 ± 0.0069		12.71 ± 1.59		10.80 ± 6.92	
								Weighted mean (n = 29)	13.35 ± 0.27	(MSWD = 1.44)	
Discordant grains											
26	0.51	0.1016 ± 0.0292		0.00223 ± 0.00019		0.0312 ± 0.0090		14.42 ± 1.24		31.08 ± 8.87	
Sample: 17083010											
Concordant grains (accepted)											
1	0.65	0.0313 ± 0.0319		0.00240 ± 0.00043		0.0104 ± 0.0105		15.53 ± 2.78		10.35 ± 10.48	
2	0.49	0.0355 ± 0.0207		0.00248 ± 0.00028		0.0121 ± 0.0071		16.04 ± 1.79		12.11 ± 7.11	
3	0.56	0.0986 ± 0.0586		0.00220 ± 0.00039		0.0299 ± 0.0174		14.23 ± 2.54		29.77 ± 17.30	
4	0.41	0.0613 ± 0.0449		0.00228 ± 0.00041		0.0193 ± 0.0140		14.80 ± 2.62		19.32 ± 14.03	
5	0.43	0.0808 ± 0.0489		0.00278 ± 0.00047		0.0310 ± 0.0186		18.00 ± 3.00		30.90 ± 18.46	
6	0.60	0.0472 ± 0.0376		0.00257 ± 0.00044		0.0167 ± 0.0132		16.63 ± 2.84		16.74 ± 13.30	
7	0.79	0.0638 ± 0.0347		0.00222 ± 0.00030		0.0196 ± 0.0105		14.39 ± 1.94		19.55 ± 10.54	
8	0.73	0.0585 ± 0.0355		0.00252 ± 0.00037		0.0203 ± 0.0122		16.29 ± 2.35		20.28 ± 12.24	
9	0.70	0.0524 ± 0.0382		0.00236 ± 0.00039		0.0170 ± 0.0123		15.29 ± 2.51		17.05 ± 12.38	
10	0.78	0.0684 ± 0.0288		0.00256 ± 0.00028		0.0242 ± 0.0101		16.59 ± 1.81		24.14 ± 10.08	
11	0.54	0.0922 ± 0.0503		0.00256 ± 0.00041		0.0326 ± 0.0175		16.59 ± 2.64		32.44 ± 17.38	
12	0.67	0.0568 ± 0.0416		0.00242 ± 0.00042		0.0190 ± 0.0138		15.70 ± 2.68		19.00 ± 13.80	
13	0.68	0.0647 ± 0.0226		0.00245 ± 0.00022		0.0218 ± 0.0076		15.84 ± 1.42		21.82 ± 7.60	
14	0.68	0.0777 ± 0.0585		0.00191 ± 0.00039		0.0205 ± 0.0152		12.41 ± 2.51		20.47 ± 15.19	
15	0.43	0.1050 ± 0.0715		0.00225 ± 0.00047		0.0325 ± 0.0217		14.56 ± 3.06		32.40 ± 21.54	
16	0.54	0.0443 ± 0.0336		0.00232 ± 0.00038		0.0142 ± 0.0107		15.03 ± 2.41		14.19 ± 10.77	
18	0.47	0.0472 ± 0.0376		0.00205 ± 0.00036		0.0134 ± 0.0106		13.31 ± 2.30		13.37 ± 10.63	
19	0.64	0.0193 ± 0.0276		0.00226 ± 0.00046		0.0060 ± 0.0086		14.66 ± 2.94		5.99 ± 8.63	
20	0.62	0.0523 ± 0.0354		0.00246 ± 0.00038		0.0178 ± 0.0119		15.95 ± 2.47		17.77 ± 11.98	
21	0.90	0.0361 ± 0.0238		0.00204 ± 0.00027		0.0102 ± 0.0067		13.25 ± 1.71		10.17 ± 6.74	
22	0.57	0.0429 ± 0.0207		0.00229 ± 0.00024		0.0136 ± 0.0066		14.85 ± 1.57		13.57 ± 6.60	
23	0.44	0.0695 ± 0.0465		0.00257 ± 0.00045		0.0246 ± 0.0164		16.64 ± 2.90		24.59 ± 16.34	
24	1.00	0.0541 ± 0.0254		0.00251 ± 0.00029		0.0187 ± 0.0088		16.23 ± 1.83		18.70 ± 8.80	
25	0.42	0.0744 ± 0.0327		0.00244 ± 0.00030		0.0250 ± 0.0110		15.78 ± 1.91		24.95 ± 10.91	
27	0.62	0.0872 ± 0.0469		0.00263 ± 0.00041		0.0317 ± 0.0169		17.03 ± 2.66		31.54 ± 16.78	
28	1.22	0.0408 ± 0.0129		0.00246 ± 0.00018		0.0138 ± 0.0045		15.95 ± 1.19		13.85 ± 4.49	
29	0.73	0.1063 ± 0.0617		0.00211 ± 0.00039		0.0310 ± 0.0177		13.71 ± 2.50		30.86 ± 17.57	
								Weighted mean (n = 27)	15.30 ± 0.40	(MSWD=1.38)	
Concordant grains (excluded)											
17	0.21	0.0487 ± 0.0069		0.02387 ± 0.00121		0.1602 ± 0.0269		152.17 ± 7.65		150.77 ± 23.86	
Discordant grains											
26	0.90	0.1689 ± 0.0523		0.00306 ± 0.00037		0.0713 ± 0.0222		19.79 ± 2.40		69.78 ± 21.25	
30	0.53	0.3480 ± 0.1100		0.00311 ± 0.00050		0.1493 ± 0.0466		20.11 ± 3.24		141.14 ± 42.01	

1/20 万「野辺地」地域に分布する中新統の U-Pb 及び FT 年代 (工藤)

付表4 ジルコン結晶のU-Pb同位体データ (試料17083115A)

Table A4 U-Pb isotopic data for zircon crystals (sample 17083115A)

Grain no.	Th/U	Isotopic ratios				Age (Ma)					
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2σ
Sample: 17083115A											
Concordant grains (accepted)											
2	0.80	0.0430	± 0.0175	0.00192	± 0.00017	0.0114	± 0.0045	12.48	± 1.09	11.41	± 4.57
4	0.74	0.0667	± 0.0251	0.00190	± 0.00019	0.0175	± 0.0064	12.35	± 1.19	17.52	± 6.38
10	0.54	0.0436	± 0.0277	0.00236	± 0.00031	0.0142	± 0.0089	15.27	± 2.02	14.18	± 8.92
12	0.34	0.0471	± 0.0531	0.00241	± 0.00058	0.0157	± 0.0174	15.61	± 3.74	15.68	± 17.28
14	0.37	0.0957	± 0.0484	0.00236	± 0.00036	0.0312	± 0.0153	15.31	± 2.29	31.08	± 15.20
15	0.42	0.0516	± 0.0395	0.00218	± 0.00038	0.0155	± 0.0117	14.13	± 2.41	15.53	± 11.75
16	0.58	0.0583	± 0.0389	0.00224	± 0.00035	0.0180	± 0.0118	14.48	± 2.26	18.00	± 11.83
20	0.61	0.0692	± 0.0255	0.00211	± 0.00020	0.0202	± 0.0073	13.70	± 1.31	20.19	± 7.25
22	0.75	0.0604	± 0.0220	0.00209	± 0.00019	0.0174	± 0.0062	13.54	± 1.21	17.41	± 6.19
23	0.67	0.0571	± 0.0264	0.00212	± 0.00023	0.0167	± 0.0076	13.74	± 1.50	16.69	± 7.59
24	0.68	0.0522	± 0.0186	0.00236	± 0.00020	0.0170	± 0.0060	15.30	± 1.27	17.02	± 5.97
25	0.39	0.0739	± 0.0646	0.00231	± 0.00053	0.0235	± 0.0202	14.95	± 3.39	23.50	± 20.22
26	0.87	0.0410	± 0.0162	0.00206	± 0.00017	0.0117	± 0.0045	13.38	± 1.10	11.67	± 4.57
27	0.65	0.0506	± 0.0225	0.00218	± 0.00022	0.0152	± 0.0066	14.10	± 1.41	15.20	± 6.65
29	1.20	0.0364	± 0.0176	0.00205	± 0.00019	0.0103	± 0.0049	13.27	± 1.24	10.28	± 4.93
Weighted mean (n = 15)								13.61	± 0.38	(MSWD = 1.48)	
Concordant grains (excluded)											
1	1.23	0.0566	± 0.0142	0.00449	± 0.00029	0.0351	± 0.0085	28.94	± 1.85	34.88	± 8.39
5	0.52	0.0735	± 0.0253	0.00324	± 0.00030	0.0329	± 0.0110	20.94	± 1.94	32.71	± 10.88
6	0.53	0.0552	± 0.0088	0.04222	± 0.00194	0.3216	± 0.0529	266.64	± 12.03	283.01	± 41.50
9	0.46	0.0577	± 0.0144	0.01880	± 0.00121	0.1496	± 0.0385	120.17	± 7.69	141.44	± 34.60
21	0.54	0.0524	± 0.0133	0.00403	± 0.00025	0.0291	± 0.0073	26.00	± 1.62	29.06	± 7.19
30	0.87	0.0674	± 0.0186	0.00439	± 0.00032	0.0409	± 0.0111	28.35	± 2.08	40.57	± 10.88
Unavailable grain (excluded)											
28	0.30	n.d.	± n.d.	0.00258	± 0.00072	n.d.	± n.d.	16.71	± 4.62	n.d.	± n.d.
Discordant grains											
3	0.44	0.1228	± 0.0538	0.00237	± 0.00034	0.0402	± 0.0170	15.37	± 2.22	39.93	± 16.71
7	0.55	0.0872	± 0.0124	0.01139	± 0.00051	0.1371	± 0.0178	73.09	± 3.27	130.31	± 16.02
8	0.83	0.0768	± 0.0206	0.00232	± 0.00017	0.0246	± 0.0063	15.01	± 1.12	24.52	± 6.24
11	0.58	0.0745	± 0.0122	0.04028	± 0.00199	0.4141	± 0.0722	254.66	± 12.37	351.72	± 53.25
13	0.44	0.0742	± 0.0165	0.01884	± 0.00120	0.1930	± 0.0446	120.42	± 7.58	179.10	± 38.69
17	0.38	0.1413	± 0.0720	0.00316	± 0.00056	0.0617	± 0.0307	20.44	± 3.63	60.64	± 29.76
18	1.37	0.0682	± 0.0180	0.00400	± 0.00029	0.0377	± 0.0098	25.85	± 1.83	37.43	± 9.59
19	0.53	0.1849	± 0.0839	0.00246	± 0.00044	0.0626	± 0.0273	15.90	± 2.81	61.58	± 26.39

付表5 ジルコン粒子毎のFT分析データ(試料15092105及び15092301)
Table A5 Fission-track data of each zircon grain (sample 15092105 and 15092301)

Grain no.	Method	N _s	Count area (10 ⁶ cm ²)	ρ _s (10 ⁵ cm ⁻²)	N _{u-sp}	ρ _{u-sp} (10 ⁹ cm ⁻²)	N _{u-std}	ρ _{u-std} (10 ⁹ cm ⁻²)	U (ppm)	Age ± 1σ (Ma)	
Sample : 15092105		Zeta value = 45.6 ± 3.4 (cm ² · yr ⁻¹)									
1	Ext.S	9	14	6.43	8,357,305	596.950	948,967	193.420	228	9.5 ± 3.2	
2	Ext.S	1	12	0.83	2,127,425	177.285	948,967	193.420	68	4.1 ± 4.2 *	
3	Ext.S	4	8	5.00	3,632,569	454.071	948,967	193.420	174	9.7 ± 4.9 *	
4	Ext.S	24	48	5.00	27,200,419	566.675	948,967	193.420	217	7.8 ± 1.7 *	
5	Ext.S	6	20	3.00	7,035,128	351.756	948,967	193.420	135	7.5 ± 3.1 *	
6	Ext.S	14	16	8.75	23,325,316	1,457.832	948,967	193.420	558	5.3 ± 1.5	
7	Ext.S	7	17	4.12	7,139,909	419.995	948,967	193.420	161	8.6 ± 3.3	
8	Ext.S	2	10	2.00	4,510,725	451.072	948,967	193.420	173	3.9 ± 2.8	
9	Ext.S	15	18	8.33	5,097,911	283.217	948,967	193.420	108	25.9 ± 7.0 *	
10	Ext.S	13	20	6.50	10,008,546	500.427	948,967	193.420	191	11.5 ± 3.3 *	
11	Ext.S	2	9	2.22	1,441,022	160.114	948,967	193.420	61	12.2 ± 8.7	
12	Ext.S	3	12	2.50	3,378,499	281.542	948,967	193.420	108	7.8 ± 4.6 *	
13	Ext.S	2	12	1.67	4,882,928	406.911	948,967	193.420	156	3.6 ± 2.6	
14	Ext.S	2	10	2.00	2,788,830	278.883	948,967	193.420	107	6.3 ± 4.5	
15	Ext.S	1	8	1.25	2,064,029	258.004	948,967	193.420	99	4.3 ± 4.3 *	
16	Ext.S	4	20	2.00	2,742,818	137.141	948,967	193.420	52	12.9 ± 6.5 *	
17	Ext.S	65	36	18.06	70,561,812	1,960.050	948,967	193.420	750	8.1 ± 1.2	
18	Ext.S	2	10	2.00	2,216,344	221.634	948,967	193.420	85	8.0 ± 5.7 *	
19	Ext.S	4	18	2.22	5,361,553	297.864	948,967	193.420	114	6.6 ± 3.3	
20	Ext.S	4	28	1.43	6,831,545	243.984	948,967	193.420	93	5.2 ± 2.6	
21	Ext.S	8	15	5.33	8,615,798	574.387	948,967	193.420	220	8.2 ± 3.0	
22	Ext.S	4	6	6.67	1,472,720	245.453	948,967	193.420	94	23.9 ± 12.1 *	
23	Ext.S	3	4	7.50	1,317,685	329.421	948,967	193.420	126	20.1 ± 11.7 *	
24	Ext.S	14	40	3.50	15,556,611	388.915	948,967	193.420	149	7.9 ± 2.2 *	
25	Ext.S	23	8	28.75	14,394,207	1,799.276	948,967	193.420	688	14.1 ± 3.1 *	
26	Ext.S	1	4	2.50	1,386,587	346.647	948,967	193.420	133	6.4 ± 6.4 *	
27	Ext.S	10	4	25.00	6,010,406	1,502.601	948,967	193.420	575	14.7 ± 4.8 *	
28	Ext.S	2	6	3.33	2,605,464	434.244	948,967	193.420	166	6.8 ± 4.8	
29	Ext.S	3	4	7.50	2,123,957	530.989	948,967	193.420	203	12.5 ± 7.3 *	
30	Ext.S	10	6	16.67	6,960,654	1,160.109	948,967	193.420	444	12.7 ± 4.1 *	
Sample: 15092301		Zeta value = 36.3 ± 2.2 (cm ² · yr ⁻¹)									
1	Ext.S	5	18	2.78	3,302,019	183.445	1,195,989	243.768	75	13.4 ± 6.0	
2	Ext.S	21	40	5.25	13,448,352	336.209	1,195,989	243.768	138	13.8 ± 3.1	
3	Ext.S	11	30	3.67	10,131,427	337.714	1,195,989	243.768	139	9.6 ± 3.0	
4	Ext.S	7	18	3.89	7,593,323	421.851	1,195,989	243.768	173	8.2 ± 3.1	
5	Ext.S	9	21	4.29	5,941,917	282.948	1,195,989	243.768	116	13.4 ± 4.5	
6	Ext.S	9	18	5.00	5,325,063	295.837	1,195,989	243.768	121	14.9 ± 5.1	
7	Ext.S	15	20	7.50	9,299,283	464.964	1,195,989	243.768	191	14.3 ± 3.8	
8	Ext.S	12	24	5.00	4,727,768	196.990	1,195,989	243.768	81	22.4 ± 6.6	
9	Ext.S	11	28	3.93	9,216,321	329.154	1,195,989	243.768	135	10.6 ± 3.2	
10	Ext.S	3	18	1.67	5,460,379	303.354	1,195,989	243.768	124	4.9 ± 2.8	
11	Ext.S	7	20	3.50	6,389,409	319.470	1,195,989	243.768	131	9.7 ± 3.7	
12	Ext.S	10	20	5.00	6,434,843	321.742	1,195,989	243.768	132	13.7 ± 4.4	
13	Ext.S	20	32	6.25	13,243,181	413.849	1,195,989	243.768	170	13.3 ± 3.1	
14	Ext.S	8	15	5.33	5,236,123	349.075	1,195,989	243.768	143	13.5 ± 4.9	
15	Ext.S	10	15	6.67	5,982,602	398.840	1,195,989	243.768	164	14.8 ± 4.8	
16	Ext.S	4	12	3.33	4,384,291	365.358	1,195,989	243.768	150	8.1 ± 4.1	
17	Ext.S	10	27	3.70	8,589,330	318.123	1,195,989	243.768	131	10.3 ± 3.3	
18	Ext.S	4	12	3.33	3,558,305	296.525	1,195,989	243.768	122	9.9 ± 5.0	
19	Ext.S	7	15	4.67	6,646,724	443.115	1,195,989	243.768	182	9.3 ± 3.6	
20	Ext.S	7	10	7.00	5,795,923	579.592	1,195,989	243.768	238	10.7 ± 4.1	
21	Ext.S	12	21	5.71	6,910,172	329.056	1,195,989	243.768	135	15.3 ± 4.5	
22	Ext.S	10	12	8.33	3,653,882	304.490	1,195,989	243.768	125	24.2 ± 7.8	
23	Ext.S	4	12	3.33	4,084,266	340.355	1,195,989	243.768	140	8.7 ± 4.4	
24	Ext.S	6	18	3.33	3,563,236	197.958	1,195,989	243.768	81	14.9 ± 6.1	
25	Ext.S	1	15	0.67	5,394,969	359.665	1,195,989	243.768	148	1.6 ± 1.6	
26	Ext.S	7	18	3.89	6,115,674	339.760	1,195,989	243.768	139	10.1 ± 3.9	
27	Ext.S	8	18	4.44	13,610,762	756.153	1,195,989	243.768	310	5.2 ± 1.9	
28	Ext.S	6	15	4.00	4,570,145	304.676	1,195,989	243.768	125	11.6 ± 4.8	
29	Ext.S	4	12	3.33	3,943,165	328.597	1,195,989	243.768	135	9.0 ± 4.5	
30	Ext.S	8	15	5.33	5,458,097	363.873	1,195,989	243.768	149	13.0 ± 4.7	

Int.S, internal zircon crystal surfaces used for spontaneous track counting. Ext.S.: External zircon crystal surfaces used for spontaneous track counting. N_s, number of spontaneous fission tracks. ρ_s, spontaneous fission track density. N_{u-sp}, area-corrected total count of ²³⁸U on unknown samples. ρ_{u-sp}, density of area-corrected total count of ²³⁸U on unknown samples. N_{u-std}, total count of ²³⁸U on U-standard samples. ρ_{u-std}, density of total count of ²³⁸U on U-standard samples. *, excluded from age calculation.

付表6 ジルコン粒子毎のFT分析データ(試料16101207及び16101517)

Table A6 Fission-track data of each zircon grain (sample 16101207 and 16101517)

Grain no.	Method	N _s	Count area (10 ⁶ cm ²)	ρ _s (10 ⁵ cm ²)	N _{u-sp}	ρ _{u-sp} (10 ⁹ cm ²)	N _{u-std}	ρ _{u-std} (10 ⁹ cm ²)	U (ppm)	Age ± 1σ (Ma)
Sample: 16101207										
Zeta value = 53.0 ± 1.7 (cm ² · yr ⁻¹)										
1	Int.S	32	32	10.00	1,607,100	50.222	479,840	33.959	109	17.9 ± 3.2
2	Int.S	53	24	22.08	2,635,289	109.804	479,840	33.959	239	18.1 ± 2.5
3	Int.S	82	32	25.63	2,897,434	90.545	479,840	33.959	197	25.4 ± 2.9
4	Int.S	53	24	22.08	3,223,133	134.297	479,840	33.959	293	14.8 ± 2.1
5	Int.S	45	32	14.06	3,684,224	115.132	479,840	33.959	251	11.0 ± 1.7
6	Int.S	38	16	23.75	2,364,465	147.779	479,840	33.959	322	14.4 ± 2.4
7	Int.S	21	16	13.13	1,451,951	90.747	479,840	33.959	198	13.0 ± 2.9
8	Int.S	53	18	29.44	5,935,127	329.729	479,840	33.959	719	8.0 ± 1.1
9	Int.S	71	18	39.44	5,758,912	319.940	479,840	33.959	697	11.1 ± 1.4
10	Int.S	37	16	23.13	1,718,069	107.379	479,840	33.959	234	19.3 ± 3.2
11	Int.S	34	16	21.25	574,463	35.904	479,840	33.959	78	53.0 ± 9.3 *
12	Int.S	26	12	21.67	1,551,402	129.283	479,840	33.959	282	15.1 ± 3.0
13	Int.S	45	16	28.13	3,842,707	240.169	479,840	33.959	523	10.5 ± 1.6
14	Int.S	26	16	16.25	2,245,780	140.361	479,840	33.959	306	10.4 ± 2.1
15	Int.S	46	16	28.75	2,473,597	154.600	479,840	33.959	337	16.7 ± 2.5
16	Int.S	39	10	39.00	2,021,723	202.172	479,840	33.959	441	17.3 ± 2.8
17	Int.S	64	16	40.00	2,115,087	132.193	479,840	33.959	288	27.2 ± 3.5
18	Int.S	38	16	23.75	2,949,558	184.347	479,840	33.959	402	11.6 ± 1.9
19	Int.S	19	18	10.56	1,450,601	80.589	479,840	33.959	176	11.8 ± 2.7
20	Int.S	39	12	32.50	1,822,294	151.858	479,840	33.959	331	19.2 ± 3.1
21	Int.S	51	16	31.88	2,931,140	183.196	479,840	33.959	399	15.6 ± 2.2
22	Int.S	45	16	28.13	2,701,167	168.823	479,840	33.959	368	15.0 ± 2.3
23	Int.S	16	12	13.33	979,337	81.611	479,840	33.959	178	14.7 ± 3.7
24	Int.S	17	12	14.17	996,834	83.070	479,840	33.959	181	15.3 ± 3.7
25	Int.S	35	15	23.33	1,798,893	119.926	479,840	33.959	261	17.5 ± 3.0
26	Int.S	28	16	17.50	1,558,654	97.416	479,840	33.959	212	16.1 ± 3.1
27	Int.S	39	12	32.50	2,042,588	170.216	479,840	33.959	371	17.2 ± 2.8
28	Int.S	41	12	34.17	2,859,877	238.323	479,840	33.959	519	12.9 ± 2.1
29	Int.S	22	12	18.33	1,363,864	113.655	479,840	33.959	248	14.5 ± 3.1
30	Int.S	15	12	12.50	1,727,851	143.988	479,840	33.959	314	7.8 ± 2.0
Sample: 16101517										
Zeta value = 53.0 ± 1.7 (cm ² · yr ⁻¹)										
1	Int.S	33	24	13.75	2,494,176	103.924	479,840	33.959	226	11.9 ± 2.1
2	Int.S	58	30	19.33	6,418,163	213.939	479,840	33.959	466	8.1 ± 1.1
3	Int.S	38	25	15.20	2,732,497	109.300	479,840	33.959	238	12.5 ± 2.1
4	Int.S	21	25	8.40	2,800,015	112.001	479,840	33.959	244	6.7 ± 1.5
5	Int.S	47	16	29.38	5,576,896	348.556	479,840	33.959	760	7.6 ± 1.1
6	Int.S	63	30	21.00	9,022,426	300.748	479,840	33.959	655	6.3 ± 0.8
7	Int.S	81	32	25.31	5,476,681	171.146	479,840	33.959	373	13.3 ± 1.5
8	Int.S	48	16	30.00	3,976,021	248.501	479,840	33.959	542	10.9 ± 1.6
9	Int.S	31	25	12.40	2,895,248	115.810	479,840	33.959	252	9.6 ± 1.8
10	Int.S	51	25	20.40	6,110,043	244.402	479,840	33.959	533	7.5 ± 1.1
11	Int.S	30	25	12.00	3,331,292	133.252	479,840	33.959	290	8.1 ± 1.5
12	Int.S	61	36	16.94	6,938,098	192.725	479,840	33.959	420	7.9 ± 1.0
13	Int.S	30	24	12.50	3,592,333	149.681	479,840	33.959	326	7.5 ± 1.4
14	Int.S	31	16	19.38	3,689,478	230.592	479,840	33.959	502	7.6 ± 1.4
15	Int.S	52	24	21.67	8,527,303	355.304	479,840	33.959	774	5.5 ± 0.8
16	Int.S	50	30	16.67	11,165,135	372.171	479,840	33.959	811	4.0 ± 0.6
17	Int.S	51	32	15.94	5,844,670	182.646	479,840	33.959	398	7.8 ± 1.1
18	Int.S	28	20	14.00	3,178,351	158.918	479,840	33.959	346	7.9 ± 1.5
19	Int.S	33	15	22.00	3,152,048	210.137	479,840	33.959	458	9.4 ± 1.7
20	Int.S	30	24	12.50	3,328,327	138.680	479,840	33.959	302	8.1 ± 1.5
21	Int.S	25	24	10.42	2,581,465	107.561	479,840	33.959	234	8.7 ± 1.8
22	Int.S	31	16	19.38	4,274,461	267.154	479,840	33.959	582	6.5 ± 1.2
23	Int.S	31	16	19.38	2,315,930	144.746	479,840	33.959	315	12.0 ± 2.2
24	Int.S	23	24	9.58	2,781,632	115.901	479,840	33.959	253	7.4 ± 1.6
25	Int.S	30	24	12.50	3,610,341	150.431	479,840	33.959	328	7.5 ± 1.4
26	Int.S	42	15	28.00	4,861,511	324.101	479,840	33.959	706	7.8 ± 1.2
27	Int.S	21	16	13.13	2,144,160	134.010	479,840	33.959	292	8.8 ± 1.9
28	Int.S	37	12	30.83	7,765,926	647.160	479,840	33.959	1410	4.3 ± 0.7
29	Int.S	61	18	33.89	5,054,683	280.816	479,840	33.959	612	10.8 ± 1.4
30	Int.S	29	12	24.17	3,962,308	330.192	479,840	33.959	720	6.6 ± 1.2

Int.S, internal zircon crystal surfaces used for spontaneous track counting. Ext.S.: External zircon crystal surfaces used for spontaneous track counting. N_s, number of spontaneous fission tracks. ρ_s, spontaneous fission track density. N_{u-sp}, area-corrected total count of ²³⁸U on unknown samples. ρ_{u-sp}, density of area-corrected total count of ²³⁸U on unknown samples. N_{u-std}, total count of ²³⁸U on U-standard samples. ρ_{u-std}, density of total count of ²³⁸U on U-standard samples. *, excluded from age calculation.

付表7 ジルコン粒子毎のFT分析データ(試料17100410及び17083010)
Table A7 Fission-track data of each zircon grain (sample 17100410 and 17083010)

Grain no.	Method	N _s	Count area (10 ⁶ cm ²)	ρ _s (10 ⁵ cm ⁻²)	N _{u-sp}	ρ _{u-sp} (10 ⁹ cm ⁻²)	N _{u-std}	ρ _{u-std} (10 ⁹ cm ⁻²)	U (ppm)	Age ± 1σ (Ma)	
Sample : 17100410		Zeta value = 46.4 ± 2.1 (cm ² · yr ⁻¹)									
1	Int.S	17	16	10.63	122,115	7.632	48,504	5.389	105	17.4 ± 4.3	
2	Int.S	13	16	8.13	117,813	7.363	48,504	5.389	101	13.8 ± 3.9	
3	Int.S	24	16	15.00	202,659	12.666	48,504	5.389	174	14.8 ± 3.1	
4	Int.S	18	16	11.25	176,990	11.062	48,504	5.389	152	12.7 ± 3.1	
5	Int.S	9	16	5.63	37,116	2.320	48,504	5.389	32	30.3 ± 10.2	
6	Int.S	17	16	10.63	171,482	10.718	48,504	5.389	147	12.4 ± 3.1	
7	Int.S	12	16	7.50	116,335	7.271	48,504	5.389	100	12.9 ± 3.8	
8	Int.S	25	16	15.63	150,481	9.405	48,504	5.389	129	20.8 ± 4.3	
9	Int.S	12	16	7.50	145,498	9.094	48,504	5.389	125	10.3 ± 3.0	
10	Int.S	22	16	13.75	156,426	9.777	48,504	5.389	134	17.6 ± 3.8	
11	Int.S	13	16	8.13	177,595	11.100	48,504	5.389	152	9.2 ± 2.6	
12	Int.S	11	16	6.88	114,791	7.174	48,504	5.389	99	12.0 ± 3.7	
13	Int.S	5	16	3.13	123,920	7.745	48,504	5.389	106	5.0 ± 2.3	
14	Int.S	21	16	13.13	168,504	10.532	48,504	5.389	145	15.6 ± 3.5	
15	Int.S	18	16	11.25	233,378	14.586	48,504	5.389	200	9.6 ± 2.3	
16	Int.S	16	16	10.00	161,675	10.105	48,504	5.389	139	12.4 ± 3.1	
17	Int.S	9	16	5.63	92,071	5.754	48,504	5.389	79	12.2 ± 4.1	
18	Int.S	18	12	15.00	187,040	15.587	48,504	5.389	214	12.0 ± 2.9	
19	Int.S	11	12	9.17	79,019	6.585	48,504	5.389	90	17.4 ± 5.3	
20	Int.S	22	16	13.75	276,595	17.287	48,504	5.389	237	9.9 ± 2.2	
21	Int.S	16	16	10.00	179,085	11.193	48,504	5.389	154	11.2 ± 2.8	
22	Int.S	12	16	7.50	151,187	9.449	48,504	5.389	130	9.9 ± 2.9	
23	Int.S	15	16	9.38	132,080	8.255	48,504	5.389	113	14.2 ± 3.7	
24	Int.S	12	16	7.50	216,493	13.531	48,504	5.389	186	6.9 ± 2.0	
25	Int.S	17	16	10.63	130,707	8.169	48,504	5.389	112	16.3 ± 4.0	
26	Int.S	15	12	12.50	173,221	14.435	48,504	5.389	198	10.8 ± 2.8	
27	Int.S	8	16	5.00	139,032	8.689	48,504	5.389	119	7.2 ± 2.6	
28	Int.S	15	16	9.38	203,275	12.705	48,504	5.389	174	9.2 ± 2.4	
29	Int.S	21	16	13.13	179,013	11.188	48,504	5.389	154	14.7 ± 3.3	
30	Int.S	18	16	11.25	133,051	8.316	48,504	5.389	114	16.9 ± 4.1	
Sample: 17083010		Zeta value = 46.4 ± 2.1 (cm ² · yr ⁻¹)									
1	Int.S	14	16	8.75	144,534	9.033	20,146	5.037	133	11.3 ± 3.1	
2	Int.S	26	12	21.67	267,479	22.290	20,146	5.037	327	11.4 ± 2.3	
3	Int.S	6	9	6.67	84,284	9.365	20,146	5.037	138	8.3 ± 3.4	
4	Int.S	12	12	10.00	112,219	9.352	20,146	5.037	137	12.5 ± 3.6	
5	Int.S	4	6	6.67	50,762	8.460	20,146	5.037	124	9.2 ± 4.6	
6	Int.S	4	8	5.00	65,101	8.138	20,146	5.037	120	7.2 ± 3.6	
7	Int.S	15	8	18.75	132,537	16.567	20,146	5.037	243	13.2 ± 3.5	
8	Int.S	8	6	13.33	74,764	12.461	20,146	5.037	183	12.5 ± 4.5	
9	Int.S	6	6	10.00	61,801	10.300	20,146	5.037	151	11.3 ± 4.7	
10	Int.S	22	9	24.44	197,794	21.977	20,146	5.037	323	13.0 ± 2.8	
11	Int.S	5	6	8.33	60,721	10.120	20,146	5.037	149	9.6 ± 4.3	
12	Int.S	5	6	8.33	58,341	9.724	20,146	5.037	143	10.0 ± 4.5	
13	Int.S	11	4	27.50	142,668	35.667	20,146	5.037	524	9.0 ± 2.7	
14	Int.S	6	8	7.50	64,444	8.056	20,146	5.037	118	10.9 ± 4.5	
15	Int.S	3	6	5.00	38,206	6.368	20,146	5.037	94	9.2 ± 5.3	
16	Int.S	9	6	15.00	63,121	10.520	20,146	5.037	155	16.7 ± 5.6	
17	Int.S	16	4	40.00	146,200	36.550	20,146	5.037	537	12.8 ± 3.2	
18	Int.S	5	4	12.50	42,542	10.636	20,146	5.037	156	13.7 ± 6.2	
19	Int.S	4	4	10.00	29,343	7.336	20,146	5.037	108	15.9 ± 8.0	
20	Int.S	4	4	10.00	47,940	11.985	20,146	5.037	176	9.7 ± 4.9	
21	Int.S	7	4	17.50	70,901	17.725	20,146	5.037	260	11.5 ± 4.4	
22	Int.S	21	6	35.00	173,005	28.834	20,146	5.037	424	14.2 ± 3.2	
23	Int.S	4	7	5.71	45,431	6.490	20,146	5.037	95	10.3 ± 5.2	
24	Int.S	4	6	6.67	137,515	22.919	20,146	5.037	337	3.4 ± 1.7	
25	Int.S	3	4	7.50	78,055	19.514	20,146	5.037	287	4.5 ± 2.6	
26	Int.S	6	4	15.00	60,494	15.123	20,146	5.037	222	11.6 ± 4.8	
27	Int.S	6	4	15.00	41,502	10.376	20,146	5.037	152	16.9 ± 6.9	
28	Int.S	28	4	70.00	263,588	65.897	20,146	5.037	968	12.4 ± 2.4	
29	Int.S	8	4	20.00	36,640	9.160	20,146	5.037	135	25.5 ± 9.1	
30	Int.S	6	4	15.00	32,769	8.192	20,146	5.037	120	21.4 ± 8.8	

Int.S, internal zircon crystal surfaces used for spontaneous track counting. Ext.S.: External zircon crystal surfaces used for spontaneous track counting. N_s, number of spontaneous fission tracks. ρ_s, spontaneous fission track density. N_{u-sp}, area-corrected total count of ²³⁸U on unknown samples. ρ_{u-sp}, density of area-corrected total count of ²³⁸U on unknown samples. N_{u-std}, total count of ²³⁸U on U-standard samples. ρ_{u-std}, density of total count of ²³⁸U on U-standard samples. *, excluded from age calculation.

1/20 万「野辺地」地域に分布する中新統の U-Pb 及び FT 年代 (工藤)

付表8 ジルコン粒子毎のFT分析データ (試料17083115A)

Table A8 Fission-track data of each zircon grain (sample 17083115A)

Grain no.	Method	N _s	Count area (10 ⁻⁶ cm ²)	ρ _s (10 ⁵ cm ⁻²)	N _{u-sp}	ρ _{u-sp} (10 ⁹ cm ⁻²)	N _{u-std}	ρ _{u-std} (10 ⁹ cm ⁻²)	U (ppm)	Age ± 1σ (Ma)	
Sample : 17083115A		Zeta value = 46.4 ± 2.1 (cm ² · yr ⁻¹)									
1	Int.S	32	12	26.67	242,874	20.239	45,457	5.051	297	15.4 ± 2.8	*
2	Int.S	34	16	21.25	350,170	21.886	45,457	5.051	321	11.4 ± 2.0	
3	Int.S	10	10	10.00	67,272	6.727	45,457	5.051	99	17.4 ± 5.6	*
4	Int.S	38	16	23.75	315,200	19.700	45,457	5.051	289	14.1 ± 2.4	
5	Int.S	36	16	22.50	200,708	12.544	45,457	5.051	184	21.0 ± 3.6	*
6	Int.S	51	6	85.00	59,062	9.844	45,457	5.051	144	100.5 ± 14.8	*
7	Int.S	42	4	105.00	137,013	34.253	45,457	5.051	502	35.8 ± 5.8	*
8	Int.S	27	9	30.00	223,688	24.854	45,457	5.051	364	14.1 ± 2.8	*
9	Int.S	74	16	46.25	81,135	5.071	45,457	5.051	74	106.1 ± 13.2	*
10	Int.S	17	16	10.63	123,648	7.728	45,457	5.051	113	16.1 ± 4.0	
11	Int.S	53	9	58.89	69,963	7.774	45,457	5.051	114	88.2 ± 12.7	*
12	Int.S	7	12	5.83	29,220	2.435	45,457	5.051	36	28.0 ± 10.7	
13	Int.S	114	16	71.25	108,413	6.776	45,457	5.051	99	122.1 ± 12.7	*
14	Int.S	12	9	13.33	59,062	6.562	45,457	5.051	96	23.8 ± 6.9	
15	Int.S	7	16	4.38	88,221	5.514	45,457	5.051	81	9.3 ± 3.5	
16	Int.S	4	12	3.33	71,295	5.941	45,457	5.051	87	6.6 ± 3.3	
17	Int.S	9	16	5.63	55,893	3.493	45,457	5.051	51	18.9 ± 6.3	*
18	Int.S	26	9	28.89	167,156	18.573	45,457	5.051	272	18.2 ± 3.7	*
19	Int.S	2	8	2.50	29,912	3.739	45,457	5.051	55	7.8 ± 5.6	*
20	Int.S	31	16	19.38	250,506	15.657	45,457	5.051	229	14.5 ± 2.7	
21	Int.S	40	9	44.44	246,971	27.441	45,457	5.051	402	19.0 ± 3.1	*
22	Int.S	16	9	17.78	193,026	21.447	45,457	5.051	314	9.7 ± 2.5	
23	Int.S	9	16	5.63	218,288	13.643	45,457	5.051	200	4.8 ± 1.6	
24	Int.S	39	16	24.38	363,954	22.747	45,457	5.051	333	12.6 ± 2.1	
25	Int.S	4	16	2.50	42,317	2.645	45,457	5.051	39	11.1 ± 5.6	
26	Int.S	29	16	18.13	406,841	25.428	45,457	5.051	373	8.4 ± 1.6	
27	Int.S	40	16	25.00	267,601	16.725	45,457	5.051	245	17.5 ± 2.9	
28	Int.S	6	12	5.00	23,595	1.966	45,457	5.051	29	29.8 ± 12.2	*
29	Int.S	34	16	21.25	369,908	23.119	45,457	5.051	339	10.8 ± 1.9	
30	Int.S	10	8	12.50	131,489	16.436	45,457	5.051	241	8.9 ± 2.8	*

Int.S, internal zircon crystal surfaces used for spontaneous track counting. Ext.S.: External zircon crystal surfaces used for spontaneous track counting. N_s, number of spontaneous fission tracks. ρ_s, spontaneous fission track density. N_{u-sp}, area-corrected total count of ²³⁸U on unknown samples. ρ_{u-sp}, density of area-corrected total count of ²³⁸U on unknown samples. N_{u-std}, total count of ²³⁸U on U-standard samples. ρ_{u-std}, density of total count of ²³⁸U on U-standard samples. *, excluded from age calculation.

