

Online ISSN : 2186-490X  
Print ISSN : 1346-4272  
CODEN : CCKHA7

# 地質調査研究報告

BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Vol. 65 No. 1/2 2014



独立行政法人  
産業技術総合研究所  
地質調査総合センター



平成26年

論文

- 富山県南砺市法林寺地区のボーリングコアにおける火山ガラスを含む大山倉吉テフラ (DKP) の認定とその北陸地域の活断層の活動性評価における意義  
丸山 正・齋藤 勝 ..... 1

概報

- 日本列島における年代未詳岩石の K-Ar 年代測定 — 地質図幅作成地域の火成岩 (平成 24 年度版) —  
松本哲一・高橋 浩・星住英夫 ..... 11

短報

- Zircon U-Pb age of the Triassic granitoids at Nui Phao, northern Viet Nam  
Shunso Ishihara and Yuji Orihashi ..... 17

---

表紙の写真

花崗岩の風化物, 希土類含有サプロライト

華南からベトナム北部にかけて花崗岩が深部まで風化し, 粘土鉱物に富む軟岩 (サプロライト) が発達し, 数千 ppm に達する希土類元素 (REE) を含むことがある。これがイオン吸着鉱と呼ばれるもので, 華南を中心としてハイブリッド車に必要な重希土類元素を供給している。江西省最南部の龍南地区が最も著名であるが, その周辺域, 更にはベトナム北部の花崗岩地域でも写真で示すような厚い風化殻, サプロライトが REE 異常を伴っている。源岩の時代は今回, 三畳紀であることが確定したが, サプロライトの生成年代は現世をかなり遡る可能性もあり, その年代論は興味深い。

(写真・文: 石原舜三)

Cover photograph

Weathered crust of the Triassic granites, REE-bearing saprolite

Ion-absorption-type REE ores occur widely in weathered crust of the various granites of mainly Yanshanian (Jurassic- Cretaceous) age in southern China. The same possibility is seen in the granitoids of northernmost Vietnam, because the weathering is also well-developed. The host granite was here dated to belong to Triassic in age. REE-bearing clay-rich saprolite has been developed so thick that the age could be older than Quaternary.

(Photograph and caption by Shunso Ishihara)

## 富山県南砺市法林寺地区のボーリングコアにおける火山ガラスを含む 大山倉吉テフラ (DKP) の認定とその北陸地域の活断層の活動性評価における意義

丸山 正<sup>1,\*</sup>・齋藤 勝<sup>2</sup>

Tadashi Maruyama and Masaru Saito (2014) Identification of volcanic glass bearing Daisen-Kurayoshi tephra (DKP) from borehole core at Horinji, Nanto City, Toyama Prefecture, and its implications for estimating long-term slip rate on active faults in the Hokuriku region, *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol.65(1/2), p1-9, 8 figs, 2 table.

**Abstract:** We report occurrence and petrological characteristics of the Daisen-Kurayoshi tephra (DKP;  $\geq 55$  ka), a late Pleistocene widespread tephra in Japan, identified from borehole cores at Horinji, Nanto City, Toyama Prefecture, drilled for defining shallow subsurface geometry of the Horinji fault. DKP found from the cores contains abundant volcanic glasses compared with the heavy minerals such as orthopyroxene and hornblende, whose occurrence is very rare because the glasses are commonly altered into clay minerals. Range of refractive index of the volcanic glass, reported for the first time in and around Hokuriku region including Toyama, as well as that of orthopyroxene and hornblende, is similar to that of the source area. Result of pollen analysis of organic silt just below DKP suggests that the silt was accumulated under cool climatic condition correlated with the period of marine oxygen isotope stage (MIS) 3. Identification of intact DKP from downthrown side of the Horinji fault implies that the precise correlation of the strata or terrace surfaces of MIS 3 separated by faulting might be possible through detailed examination of the strata with tephra and pollen analyses, which provides basis for determining more reliable long-term slip rate of active faults in the Hokuriku region.

**Keywords:** Daisen-Kurayoshi tephra, volcanic glass, late Pleistocene, Toyama Prefecture, Hokuriku region, active fault

### 要 旨

北陸地域でこれまでに確認されている大山倉吉テフラ (DKP) については、重鉱物の屈折率が報告されている一方、火山ガラスは風化変質により粘土化しているため屈折率が報告されていなかった。富山県南砺市法林寺地区において採取されたボーリングコア中に新鮮な火山ガラスを多数含む軽石質テフラが検出された。この軽石質テフラの火山ガラス、斜方輝石及び普通角閃石の屈折率は、いずれも給源地付近でのDKPの値とほぼ一致している。北陸地域におけるDKPの火山ガラスの屈折率が初めて明らかにされたことにより、DKPの同定がより確実になった。さらにDKPが挟在する有機質シルト層の花粉分析により、海洋酸素同位体ステージ (MIS) 3を示唆する植生相が認められた。火山ガラスを含むDKPは法林寺断層の下盤側 (低下側) の砺波平野地下から検出された。砺波平

野をはじめ北陸地域の盆地を限る活断層の下盤側断層近傍では、DKPが広く保存されている可能性がある。同テフラを指標として、断層両側におけるMIS 3の段丘面及び同面を構成する地層の分布高度を明らかにすることにより、下盤側の埋積による影響も考慮した過去およそ5.5万年前以降の長期的な正確な把握が可能になると期待される。

### 1. はじめに

火山灰 (テフラ) は、地質学的時間スケールではきわめて短時間に降下堆積することから貴重な同時間面となる。日本列島及びその周辺地域では、とくに更新世以降に広域的に分布するテフラに関して、記載岩石学的特徴、分布や噴出年代などの情報がカタログ化されている (町田・新井, 2003)。

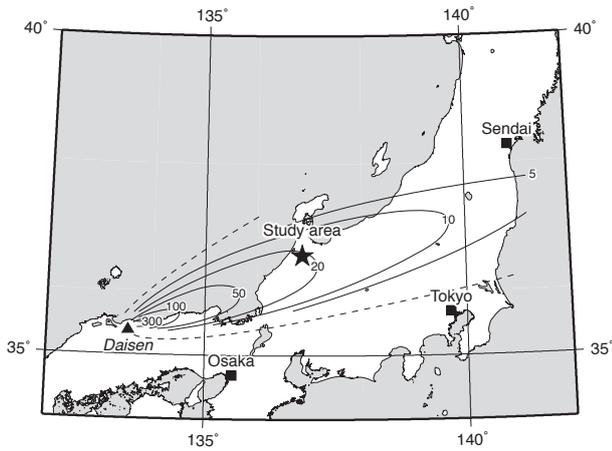
大山倉吉テフラ (DKP) はおよそ5.5万年前以前の大山

<sup>1</sup> 活断層・地震研究センター (AIST, Geological Survey of Japan, Active Fault and Earthquake Research Center)

[現所属] 活断層・火山研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Institute of Earthquake and Volcano Geology)

<sup>2</sup> 株式会社ダイヤコンサルタント (Dia Consultants, Co., Ltd., 2-272-3 Yoshino-cho, Kita-ku, Saitama, Saitama 331-0811 Japan)

\*Corresponding author: T. Maruyama, Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: tadashi-maruyama@aist.go.jp



第1図 大山倉吉テフラ(DKP)の等層厚分布(単位はcm)と調査地点(★印). 等層厚線図は町田・新井(2003)による.

Fig. 1 Map showing isopach of Daisen-Kurayoshi tephra (DKP) in centimeter and study area (shown in star). Isopach map is after Machida and Arai (2003).



第2図 富山県南砺市法林寺地区で実施した群列ボーリング調査位置図. 調査地点(★印)とその座標を図中に示す. 活断層の分布は, 中田・今泉編(2002)による. 断層沿いの▲印は断層上盤側を示す. 基図は国土地理院発行1:25,000地形図「福光」を使用.

Fig. 2 Map showing location of borehole transect (shown in star with its coordinates) across the Horinji fault at Horinji, Nanto City, Toyama Prefecture. Distribution of active fault is after Nakata and Imaizumi (2002). Triangles denote hanging wall side. 1:25,000 topographic map “Fukumitsu” published by Geospatial Information Authority of Japan is used as a base map.

火山の噴火により給源地から東北地域南部にかけて広範囲に堆積した降下軽石層を主体とするテフラである(山陰第四紀研究グループ, 1969; 町田・新井, 1979, 2003) (第1図). 北陸地域においてもDKPは多くの地点で報告されており, 海洋酸素同位体ステージ(MIS) 3の地層や地形面の認定において貴重な役割を果たしている(例えば, 神嶋ほか, 1989; 吉澤, 2009). さらに, DKPとの層位関係により形成年代が推定された地形面の変位量に基づいて同地域に分布する活断層の活動性が検討されている(例えば, 中村, 2002; 松浦ほか, 2006; Nakamura *et al.*, 2008).

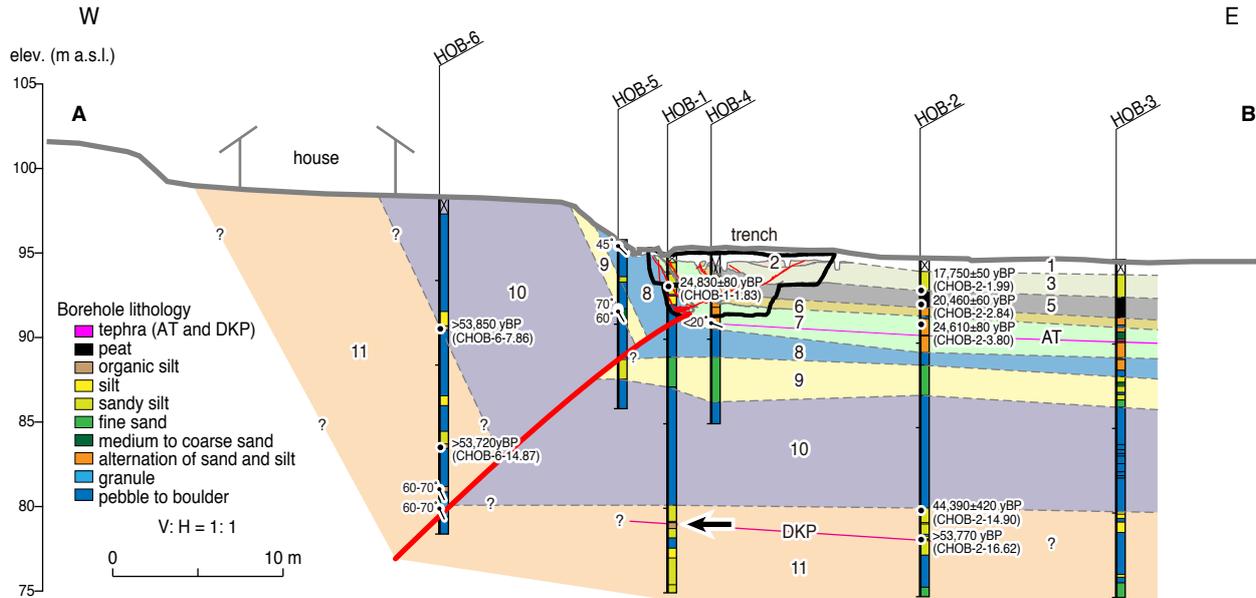
北陸地域でDKPとされたテフラについては, 保存されやすい斜方輝石及び角閃石の屈折率は測定されている. しかしながら, 火山ガラスは風化, 変質により粘土化しているため, これまで火山ガラスの屈折率は測定されていなかった. そのため, 「新編火山灰アトラス—日本列島とその周辺」(町田・新井, 2003)では, 北陸・立山・北信地域におけるDKPについて火山ガラスの屈折率が示されていない. 同地域においてDKPとされているテフラの同定をより確実なものとするうえで, 火山ガラスの屈折率の測定は重要である.

筆者らは, 文部科学省の委託調査事業「活断層の補

完調査」として平成23年度に実施した<sup>とみなみ</sup>砺波平野断層帯(西部)の活動性及び活動履歴調査において, 富山県南砺市法林寺地区で採取したボーリングコアから大量の新鮮な火山ガラスを含むDKPとみられる純層テフラを見いだした. ここでは, その産状とともに火山ガラス, 斜方輝石及び普通角閃石の屈折率の測定結果を報告する. また, DKPが挟在する有機質シルト層のうちDKP直下の試料について花粉分析を行い, 同テフラ降下堆積当時における調査地点周辺の古環境を推定した.

## 2. 調査地点の概要及び試料の産状

調査地点は富山県西部に広がる砺波平野の南西部に位置する. 砺波平野南西縁には北北東—南南西に延びる西傾斜の逆断層である法林寺断層が分布し, 大局的には砺波平野と西方の医王山山地との地形境界をなしている. ただし, 新期の地形面を累積的に変位させる断層は山地東縁よりも平野側に分布している(例えば, 中村, 2002; 中田・今泉編, 2002; 独立行政法人産業技術総合研究所, 2012) (第2図). 法林寺断層の上下方向の平均変位速度は, 段丘面の変位から0.1–0.4m/ky程度以上と見積もられている(中村, 2002; Nakamura *et al.*, 2008).



第3図 群列ボーリングから推定された法林寺地区における法林寺断層を横切る地質断面図(独立行政法人産業技術総合研究所, 2012に加筆). コアHOB-1中のテフラ分析試料及び花粉試料採取位置を黒矢印で示す. 図中のアラビア数字は層序ユニット, 太い赤線は断層を示す. 詳細は独立行政法人産業技術総合研究所(2012)を参照

Fig. 3 Geologic section across the Horinji fault at Horinji based on borehole transect (modified from National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2012). Sampling position for tephra and pollen analyses from core HOB-1 is shown by black arrow. Arabic numerals denote stratigraphic units. Bold red line denotes the fault. See National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (2012) for detailed explanation.

独立行政法人産業技術総合研究所(2012)は, 法林寺地区において群列ボーリング調査を実施し, 法林寺断層の地下浅部の形状を把握する(第3図)とともに, トレンチ調査を行い, 更新世後期以降複数回の西側上りの断層活動を明らかにした. 今回報告するDKPが検出されたボーリングコアは, 第3図に示す群列ボーリングのうち法林寺断層の活動により形成された低断層崖の基部付近において掘削したコアHOB-1(掘削深度20m, 掘削地点の地盤高は94.91m)と断層下盤側(低下側)のコアHOB-2(掘削深度20m, 地盤高94.68m)である. 第4図にDKPが確認された部分周辺のコアHOB-1のコア写真を示す. コアHOB-1でのDKPは, 深度15.76–15.85mにおいて層厚約20cmの有機質シルト中に挟在する軽石質テフラの純層として認められた. テフラの層厚は約9cmである. 一方, コアHOB-2でのDKPは, 深度16.58–16.61mにおいて層厚約10cmの有機質シルト中に挟在する軽石質純層テフラとして認められ, その層厚は約3cmとコアHOB-1に比べて薄い. 本テフラは黄白色を呈し, 粗粒砂~中粒砂サイズの粒子からなる.

テフラ分析及びテフラが挟在する有機質シルトの花分析は, テフラが厚いコアHOB-1を対象とした. 試料名は, テフラ分析試料がHOB-1-15.76, 花粉分析試料が

HOB-1-15.86であり, それぞれ最後の4桁の数字は試料の採取深度を指す.

コアHOB-2では, 本テフラ出現位置から約1cm下位にあたる深度16.62mの有機質シルトが>53,770 yBP, 約1.68m上位にあたる深度14.90mから採取された植物片が44,390±420 yBPのAMS <sup>14</sup>C年代(いずれもδ<sup>13</sup>Cを補正したConventional <sup>14</sup>C年代: 1σ年代範囲)を示す(独立行政法人産業技術総合研究所, 2012)(第3図). このうち, 前者の測定値については, 測定時のバックグラウンド値と同レベルであるため, 測定時の<sup>14</sup>C濃度の誤差範囲内において可能性のある最大の<sup>14</sup>C濃度に相当する年代値(最も新しい年代値)を示している. したがって, 実際の年代は得られた年代値よりも古い可能性が高い. 一方, 後者の暦年較正年代は48,950–46,260 cal BP (2σ暦年代範囲: IntCal09データベース(Reimer *et al.*, 2009)を用い, 較正プログラムOxCal 4.2 (Bronk Ramsey, 2009)を使用)を示す. また, コアHOB-2及びコアHOB-3(地盤高94.63m)ではそれぞれ地表からの深度約4.5m, 約4.8mにおいて, 厚さ6–8cmの始良Tnテフラ(AT) (26–29 ka; 町田・新井, 2003)の純層が確認されている(独立行政法人産業技術総合研究所, 2012)(第3図).



第4図 コアHOB-1の深度13.0–18.0mのコア写真及びテフラ分析試料(HOB-1-15.76)、花粉分析試料(HOB-1-15.86)採取位置。コアHOB-1の位置は第3図参照。

Fig. 4 Photograph of core HOB-1 in depth from 13.0 m to 18.0 m showing the sampling positions for tephra analysis (HOB-1-15.76) and pollen analysis (HOB-1-15.86). For location of core HOB-1 see Fig. 3.

### 3. 分析結果

#### 3.1 テフラ分析

テフラ分析試料HOB-1-15.76について、砂粒子組成及び火山ガラス、斜方輝石及び普通角閃石の屈折率の測定を行った。なお、これらの測定は(株)パリーノ・サーヴェイに依頼した。砂粒子組成は、粒径0.63–2mmの砂粒子を対象とした。屈折率は古澤(1995)に従い、株式会社古澤地質製MAIOTを使用した温度変化法により測定した。

砂粒子組成は軽石質火山ガラスが卓越し、軽鉱物を少量程度、重鉱物をわずかに含む(第1表)。火山ガラスは無色透明を呈し、その形態は多孔型で特徴付けられる(第5図)。軽鉱物は斜長石が多量を占め、石英が微量に含まれる。重鉱物組成は、普通角閃石を主体とし、斜方輝石、不透明鉱物も多く含む(第1表)。また、計測粒子数を200に限定した表1では計測されていないものの、試料中には少量の黒雲母も確認された。なお、カミングトン閃石は検出されなかった。斜方輝石は清澄な短冊状の晶癖を呈するものが大部分を占める(第6図)。

火山ガラス、斜方輝石及び普通角閃石の屈折率の測定

結果を第7図に示す。火山ガラスの屈折率は、 $n=1.500-1.516$ のレンジを示し、モードは $n=1.510$ 前後である。斜方輝石の屈折率は、 $\gamma=1.702-1.707$ のレンジで、モードは $\gamma=1.704$ 前後である。普通角閃石の屈折率は、 $n_2=1.677-1.682$ のレンジで、モードは $n_2=1.678$ 前後である。

#### 3.2 花粉化石分析

テフラが挟在する有機質シルト層のうち、テフラ直下から採取した試料HOB-1-15.86に対して実施した花粉化石の分析結果を第2表及び第8図に示す。なお、分析は(株)パリーノ・サーヴェイに依頼した。

試料からは花粉化石が豊富に産出した。保存状態はやや悪く、花粉外膜が破損あるいは溶解しているものも多く認められた。

木本花粉では、コナラ属コナラ亜属、カバノキ属が多産し、モミ属、ツガ属、トウヒ属、ハンノキ属、コナラ属アカガシ亜属、ニレ属ケヤキ属が産出した。草本花粉ではイネ科が多産し、ミズバショウ属、カヤツリグサ科、カラマツソウ属、キンボウゲ科、ワレモコウ属、セリ科、ヨモギ属、キク亜科などを伴う。

## 4. 議論

#### 4.1 DKPの同定

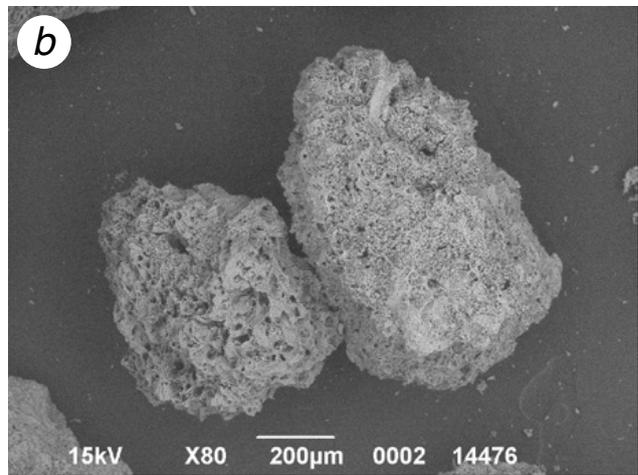
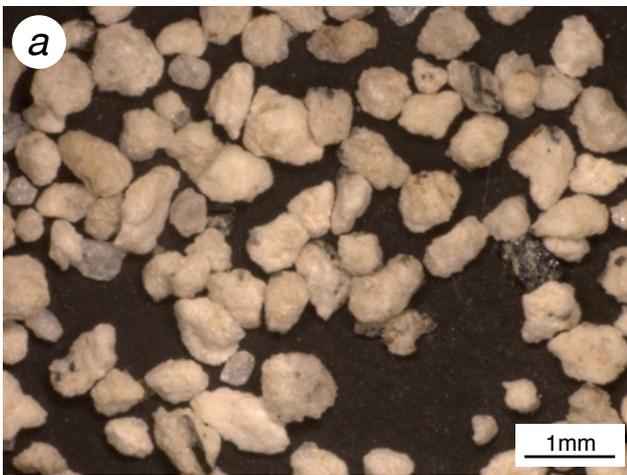
今回採取された試料HOB-1-15.76の鉱物組み合わせ及び斜方輝石が清澄な短冊状の晶癖を示す点やカミングトン閃石を含まない点は、いずれも町田・新井(1979, 2003)に記されたDKPの特徴と一致している(第6図)。また、斜方輝石( $\gamma=1.702-1.707$ (モード1.704))及び普通角閃石( $n_2=1.677-1.682$ (モード1.678))の屈折率についても、町田・新井(2003)によるDKPの値( $\gamma=1.702-1.708$ (モード1.704)、 $n_2=1.673-1.680$ (モード1.678))とほぼ一致している。さらに、火山ガラスの屈折率( $n=1.500-1.516$ )は、給源地付近での測定値(下部 $n=1.506-1.512$ 、上部 $n=1.503-1.507$ :古澤・梅田, 2002;  $n=1.508-1.514$ :町田・新井, 2003)よりもややレンジが広いものの、おおむね一致している。

テフラ試料直下の有機質シルト試料HOB-1-15.86の花粉分析の結果、冷温帯性落葉広葉樹の構成要素であるコナラ亜属やカバノキ属が多産し、その他にもハンノキ属、ニレケヤキ属等の落葉広葉樹が多く認められる。また、モミ属、ツガ属、トウヒ属、マツ属等の針葉樹も産出する。このように亜寒帯性針葉樹と冷温帯性落葉広葉樹が多産し、かつ混生していることから、当時は氷期の中でもやや冷涼期にあたと推定される。こうした気候環境は、中部地域及び北陸地域の後期更新世花粉層序や大型植物遺体に基づきDKP堆積当時の気候が著しい寒冷期(MIS 4)直後の冷涼期(MIS 3)を示すとの報告(酒井, 1987; 古澤, 2009)ともおおむね調和的である。なお、本試料か

第1表 テフラ試料の砂粒子組成

Table 1 Grain composition of the tephra sample

Sample name	Grain composition <i>upper: number, lower: %</i>					Heavy mineral <i>upper: number, lower: %</i>				
	Volcanic glass	Light mineral	Heavy mineral	Lithic fragment	Total	Orthopyroxene	Hornblende	Opaque mineral	Other	Total
HOB-1-15.76	122	58	18	2	200	36	141	22	1	200
	61.0	29.0	9.0	1.0	100.0	18.0	70.5	11.0	0.5	100.0



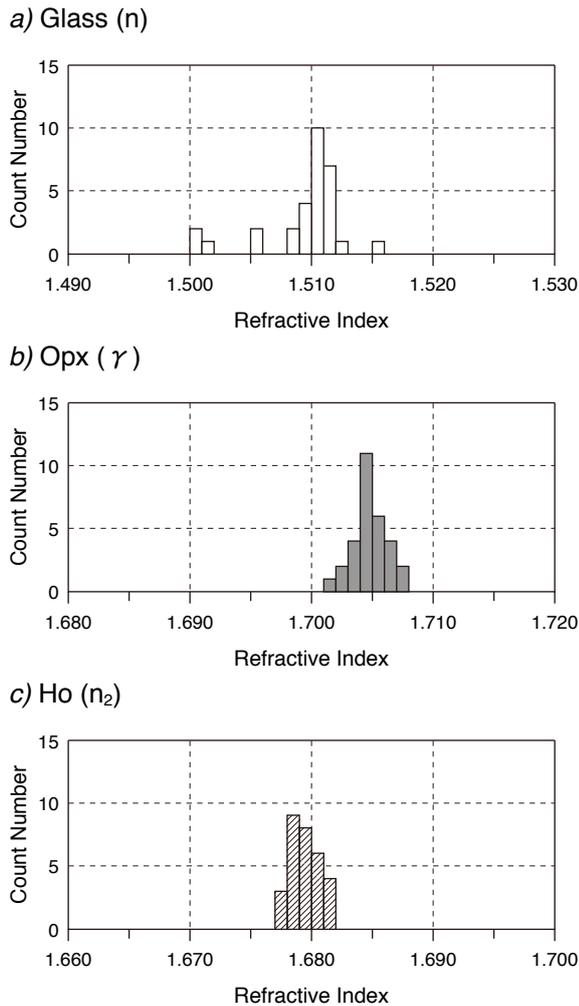
第5図 試料HOB-1-15.76から検出された火山ガラスのa)顕微鏡写真及びb) SEM画像.

Fig. 5 a) Photomicrograph and b) SEM image of the volcanic glasses from sample HOB-1-15.76.



第6図 試料HOB-1-15.76から検出された斜方輝石の顕微鏡写真.

Fig. 6 Photomicrograph of the orthopyroxene from sample HOB-1-15.76.



第7図 試料HOB-1-15.76から検出された a) 火山ガラス、b) 斜方輝石及び c) 普通角閃石の屈折率。

Fig. 7 Refractive indices of a) volcanic glass, b) orthopyroxene and c) hornblende from sample HOB-1-15.76.

らは温暖帯性常緑広葉樹の構成要素であるコナラ属アカガシ亜属も産出するが、これ以外に温暖帯性常緑広葉樹はほとんど含まれない。コナラ属アカガシ亜属については、本調査地点と同じく日本海に面した盆地内に位置する福井市水切町で確認されたDKPの直下に分布する泥炭層からもわずかではあるが産出することが報告されている(吉澤, 2009)。

ところで、大山から噴出したテフラのうち、ATよりも層位的に下位に位置し、本試料の砂粒子組成と同様に主な鉱物として角閃石と斜方輝石を含み、カミングトン閃石を含まない後期更新世テフラとしては、層位的に上位のものからDKP、大山関金テフラ(DSP)、大山生竹テフラ(DNP; >80ka)、大山荒田1テフラ(DAP1)が知られている(町田・新井, 2003)。また、大山別所テフラ(DBP)、大山淀江テフラ(大山檜谷テフラ)(DYP; 170 ± 60 ka)な

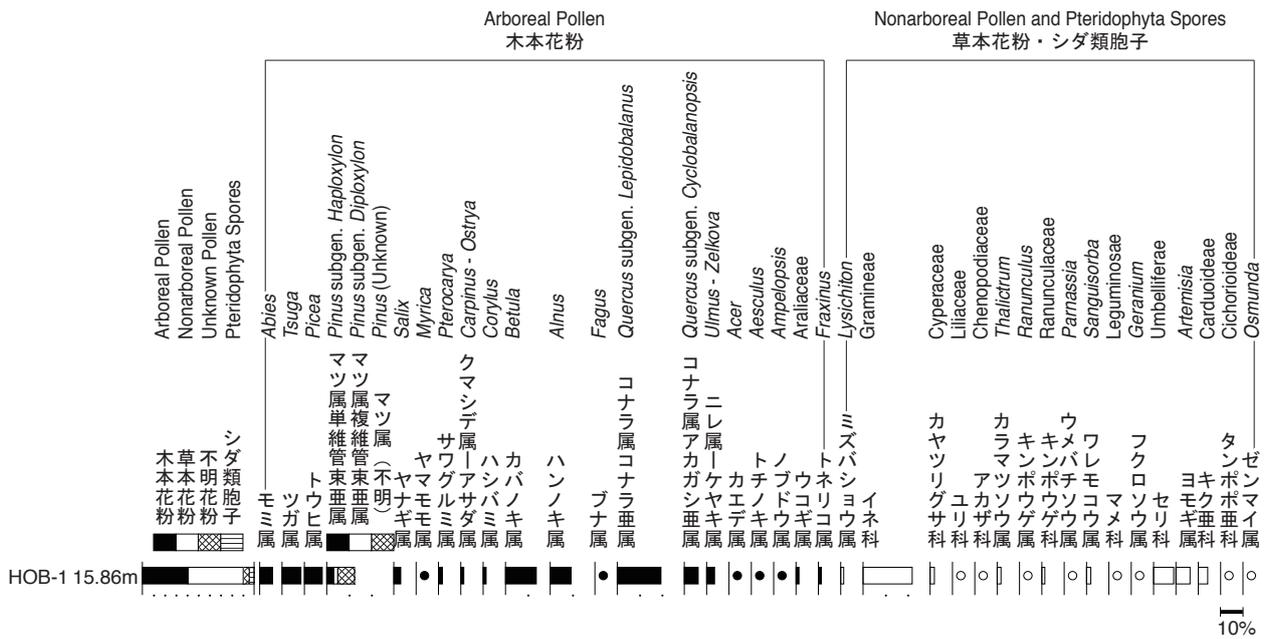
ど中期更新世に大山から噴出したテフラでも同様の鉱物組合せが報告されている(町田・新井, 2003)。しかしながら、それらの分布範囲、火山ガラス、斜方輝石及び角閃石の屈折率や斜方輝石の晶癖に加えて、上述の花分析結果から推定されるテフラ降下堆積当時における古気候環境と噴火年代との関係、ATとの層位関係及び上下の試料から得られた<sup>14</sup>C年代値から総合的に判断すると、今回法林寺地区におけるボーリングコアHOB-1試料の深度15.76mから採取したテフラはDKPに同定される可能性が高いと考えられる。

一般にDKPの軽石型火山ガラスは風化が進み粘土化している(町田・新井, 2003)。本調査により検出された火山ガラスを含む新鮮なDKPは、1) 法林寺断層の下盤側断層近傍で確認される(第3図)、2) 断層下盤側のボーリングコアには顕著な堆積間隙を示す土壌層の発達や不整合が認められない、3) DKPの分布深度から推定されるボーリングコアHOB-1地点及びHOB-2地点における過去およそ5.5万年間の平均堆積速度が約0.3m/kyと見積もられる、4) DKPが挟在する有機質シルト層には、水湿地に生育するイネ科、カヤツリグサ科、セリ科、ミズバショウ属などの草本花粉が検出される(第2表, 第8図)ことで特徴付けられる。こうした特徴から、本地点のDKPは法林寺断層の活動に伴い断層下盤側断層近傍に形成された凹地を埋める湿地的な静水環境下に降下堆積した後、速やかに埋積され、それ以降の断層活動の繰り返しによる累進的な沈降により安定して地下水面以下に位置したことで風化を免れたものと考えられる。

#### 4.2 北陸地域の活断層研究における意義

砺波平野をはじめとして、北陸地域でこれまでに実施された変動地形的手法に基づく活断層の調査研究では、主として断層の相対的隆起側に分布する段丘面の構成層及びその被覆層中からDKPやATをはじめとする広域テフラの検出に基づいて編年を行い、断層崖あるいは撓曲崖の比高を上下変位量として上下方向の平均変位速度を見積もられてきた(例えば、中村, 2002; Nakamura *et al.*, 2008)。ただし、断層低下側は新しい地層に埋積されている場合が多く、こうして見積もられた平均変位速度は実際の値を過小評価している可能性がある。こうした指摘は松浦ほか(2006)などでもなされている。

今回試料を採取した法林寺地区周辺において、中村(2002)はDKP及びATとの層位関係から約4万年前及び約2万年前に形成されたとする段丘面の法林寺断層による上下変位量に基づき、0.22-0.30m/kyの上下平均変位速度を報告している。なお、中村(2002)は断層の両側で同一の段丘面が地表に分布するとして変位速度を見積もっているが、富山県(2000)及び独立行政法人産業技術総合研究所(2012)により法林寺地区で実施された群列ボーリング及びトレンチ調査結果は、断層下盤側では段丘面が新



第8図 花粉化石群集. 出現率は、木本花粉は木本花粉総数、草本花粉・シダ類孢子は総数から不明花粉を除いた数を基数として百分率で表す。●、○はそれぞれ木本花粉、草本花粉・シダ類孢子について出現率が1%未満を示す。

Fig. 8 Percentage diagram of pollen taxa from organic silt sample HOB-1-15.86. For Nonarboreal pollen-Pteridophyta spores, percentage was shown with respect to the number subtracting unknown pollen from the total. ● and ○ in the diagram show less than 1% for Arboreal pollen and Nonarboreal pollen-Pteridophyta spores, respectively.

期の地層により埋積されていることを示している。今回断層下盤側で検出されたDKPの分布深度が断層活動の累積によるものであり、また圧密の影響が無視できるものと仮定すると、上述した過去およそ5.5万年間の平均堆積速度は下盤側の沈降速度に置き換えることができ、下盤側の埋積の影響を考慮した実際の平均変位速度の上下成分は0.5–0.6m/ky程度となる可能性がある。

今回の調査により、砺波平野の地下には火山ガラスを含むDKPの純層が分布していることが確認された。砺波平野をはじめとする北陸地域の盆地を限る活断層の下盤側断層近傍では、DKPが広く保存されている可能性がある。今後、断層の相対的隆起側でDKPとの層位関係が明らかな段丘面について、断層を挟んだ低下側でボーリング掘削調査を実施してDKPの分布を確認することにより、埋没した一連の段丘面との正確な対比が可能となり、断層低下側の埋積の影響を考慮したMIS 3以降における北陸地域の活断層の平均変位速度の上下成分をより正確に把握することができると考えられる。

謝辞：本報告をまとめるにあたり、富山大学の神嶋利夫氏には、富山県内でこれまでに確認されているDKPの産

状についてご教示いただきました。産業技術総合研究所地質情報研究部門の水野清秀氏による丁寧な査読ならびに編集を担当していただいた同部門の工藤 崇氏によるコメントにより原稿は大きく改善されました。本調査は、平成23年度文科省委託調査事業「活断層の補完調査」の一環として実施したものです。

第2表 花粉分析結果

Table 2 Result of pollen analysis

和名 Japanese Name	学名 Scientific name	カウント数 Count number
木本花粉	Arboreal Pollen	
モミ属	<i>Abies</i>	13
ツガ属	<i>Tsuga</i>	19
トウヒ属	<i>Picea</i>	18
マツ属単維管束亜属	<i>Pinus</i> subgen. <i>Haploxyton</i>	7
マツ属複維管束亜属	<i>Pinus</i> subgen. <i>Diploxyton</i>	4
マツ属 (不明)	<i>Pinus</i> (Unknown)	17
ヤナギ属	<i>Salix</i>	7
ヤマモモ属	<i>Myrica</i>	1
サウグルミ属	<i>Pterocarya</i>	4
クマシデ属-アサダ属	<i>Carpinus</i> - <i>Ostrya</i>	3
ハシバミ属	<i>Corylus</i>	3
カバノキ属	<i>Betula</i>	31
ハンノキ属	<i>Alnus</i>	21
ブナ属	<i>Fagus</i>	1
コナラ属コナラ亜属	<i>Quercus</i> subgen. <i>Lepidobalanus</i>	44
コナラ属アカガシ亜属	<i>Quercus</i> subgen. <i>Cyclobalanopsis</i>	14
ニレ属-ケヤキ属	<i>Ulmus</i> - <i>Zelkova</i>	8
カエデ属	<i>Acer</i>	1
トチノキ属	<i>Aesculus</i>	1
ノブドウ属	<i>Ampelopsis</i>	2
ウコギ属	Araliaceae	2
トネリコ属	<i>Fraxinus</i>	3
草本花粉	Nonarboreal Pollen	
ミズバショウ属	<i>Lysichiton</i>	7
イネ科	Gramineae	115
カヤツリグサ科	Cyperaceae	10
ユリ科	Liliaceae	1
アカザ科	Chenopodiaceae	1
カラマツソウ科	<i>Thalictrum</i>	9
キンポウゲ属	<i>Ranunculus</i>	3
キンポウゲ科	Ranunculaceae	7
ウメバチソウ属	<i>Parnassia</i>	1
ワレモコウ属	<i>Sanguisorba</i>	10
マメ科	Leguminosae	1
フクロソウ属	<i>Geranium</i>	5
セリ科	Umbelliferae	47
ヨモギ属	<i>Artemisia</i>	33
キク亜科	Carduoideae	22
タンポポ亜科	Cichorioideae	2
不明花粉	Unknown	
不明花粉	Unknown	30
シダ類孢子	Pteridophyta Spores	
ゼンマイ属	<i>Osmunda</i>	1
他のシダ類孢子	other Pteridophyta	23
合計	TOTAL	
木本花粉	Arboreal Pollen	225
草本花粉	Nonarboreal Pollen	274
不明花粉	Unknown Pollen	30
シダ類孢子	Pteridophyta Spores	24
合計 (不明を除く)	Total Number of Pollen and Spores	523

## 文 献

- Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, **51**, 337-360.
- 独立行政法人産業技術総合研究所 (2012) 砺波平野断層帯・呉羽山断層帯(砺波平野断層帯西部)の活動性および活動履歴調査. 「活断層の補完調査」成果報告書No. H23-1, [http://www.jishin.go.jp/main/chousakenkyuu/tsuika\\_hokan/h23\\_tonami.pdf](http://www.jishin.go.jp/main/chousakenkyuu/tsuika_hokan/h23_tonami.pdf) (最終参照日2013年9月30日).
- 古澤 明(1995)火山ガラスの屈折率測定および形態分類とその統計的な解析に基づくテフラの識別. *地質学雑誌*, **101**, 123-133.
- 古澤 明・梅田浩司(2002)新期大山テフラDNP, DSP, DKPの岩石記載的特徴の再検討. *第四紀研究*, **41**, 123-129.
- 神嶋利夫・西田史朗・宇津川 徹(1989)富山県に分布する広域火山灰—主にDKPとATについて—. *富山県地学地理学研究論集*, **9**, 23-34.
- 町田 洋・新井房夫(1979)大山倉吉軽石層—分布の広域性と第四紀編年上の意義. *地学雑誌*, **88**, 313-330.
- 町田 洋・新井房夫(2003)「新編火山灰アトラス—日本列島とその周辺」. 東京大学出版会, 336p.
- 松浦旅人・吉岡敏和・宮脇理一郎・横田 裕・古澤 明(2006)魚津断層帯の第四紀断層運動と地下地質. *活断層研究*, **26**, 127-150.
- 中村洋介(2002)富山県砺波平野, 高清水断層および法林寺断層の第四紀後期における活動性. *第四紀研究*, **41**, 389-402.
- Nakamura, Y., Okada, A. and Takemura, K. (2008) Late Quaternary activity of faults and recurrence interval of earthquakes in the eastern Hokuriku region, northern central Japan, on the basis of precise cryptotephra analysis of fluvial terrace sequences. *Geomorphology*, **99**, 59-75, doi:10.1016/j.geomorph.2007.10.004.
- 中田 高・今泉俊文編(2002)「活断層デジタルマップ」. 東京大学出版会, DVD-ROM 2枚・付図1葉・60p.
- Reimer, P. J., Baillie, M. G. L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey C., Buck, C. E., Burr, G. S., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Hajdas, I., Heaton, T. J., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kaiser, K. F., Kromer, B., McCormac, F. G., Manning, S. W., Reimer, R. W., Richards, D. A., Southon, J. R., Talamo, S., Turney, C. S. M., van der Plicht, J. and Weyhenmeyer, C. E. (2009) Intcal09 and marine09 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, **51**, 1111-1150.
- 酒井潤一(1987)中部地方における後期更新世の古気候. *第四紀研究*, **25**, 269-275.
- 山陰第四紀研究グループ(1969)山陰海岸地域の第四系. *地団研専報*, no. 15, 354-376.
- 富山県(2000)砺波平野断層帯に関する調査. 平成11年度地震関係基礎調査交付金成果報告書, 173p.
- 吉澤康暢(2009)福井県水切町における大山倉吉テフラ(DKP)と直下の泥炭層から得られた化石. 福井市自然博物館研究報告, no. 56, 1-10.

( 受 付 : 2013年10月3日 ; 受 理 : 2014年3月13日 )



## 日本列島における年代未詳岩石の K-Ar 年代測定 — 地質図幅作成地域の火成岩 (平成 24 年度版) —

松本哲一<sup>1\*</sup>・高橋 浩<sup>1</sup>・星住英夫<sup>1</sup>

Akikazu Matsumoto, Yutaka Takahashi and Hideo Hoshizumi (2014) K-Ar age determinations of age-unknown rocks in the Japanese Islands -igneous rocks in the areas associated with Geological Map Project (fiscal 2012 version)-, *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol.65 (1/2), p11-16, 6 figs, 1 table.

**Abstract:** In order to construct accurate geological maps of Japan, K-Ar ages of five plutonic rocks have been determined during fiscal 2012 by the geochronological laboratory of Geological Survey of Japan, AIST. The crystals of biotite in five plutonic rocks were isolated by using an isodynamic separator and tapping processes. Each data of rock samples determined is associated with rock name, locality, collector, geological setting, K-Ar age, analytical data and geological interpretation.

**Keywords:** K-Ar age, geological map of Japan, Takahagi District, Abukuma Granites

### 要 旨

産業技術総合研究所の陸域地質図プロジェクトで作成される地質図幅の正確さを向上するため、平成 24 年度内に 5 個の深成岩試料に対して K-Ar 年代測定を行った。これら深成岩試料については、粉碎・粒径揃えを施した後にアイソダイナミック・セパレーターおよびタッピング処理にて分離・精製した黒雲母濃集フラクションを K-Ar 年代測定に用いた。K-Ar 年代が得られた試料ごとに、岩石名と簡単な記載、産地、試料提供者、周辺の地質状況、K-Ar 年代、分析データ、測定結果の地質学的意義を記述した。

### 1. はじめに

産業技術総合研究所の陸域地質図プロジェクトでは、1/5 万および 1/20 万地質図幅を作成する際に必要となる岩石の放射年代測定の大部分を外部分析機関に依頼してきた。しかし、平成 17 年度からは、K-Ar 法による放射年代測定が可能な火成岩試料については、所内の放射年代測定従事者が依頼分析を引き受けることを開始した。本報告では、平成 24 年度内に K-Ar 年代測定が終了した 5 試料の結果を公表し、関係者の利用に供する。

各試料の測定結果については、

1. 試料名および測定番号 (KA No. : 産総研 K-Ar 年代測定室の Serial No.)
2. 試料提供者

3. 岩石名および簡単な記載
  4. 産地 (緯度・経度 : 世界測地系で表示)
  5. 地層岩体名
  6. 地質状況
  7. K-Ar 年代 (誤差は 1  $\sigma$  水準で表示), 測定対象試料
  8. 分析データ : カリウム含有量 ( $K_2O$ ; %), 放射起源  $^{40}Ar$  量 (Rad.  $^{40}Ar$ ; ml STP/g), 非放射起源  $^{40}Ar$  混入率 (Non rad.  $^{40}Ar$ ; %)
  9. 測定結果の地質学的意義
- を記載した。

本報告の著者のうち、松本は K-Ar 年代測定における一連の分析操作を担当した。高橋は試料調製を行うとともに、各試料の岩石記載と測定結果の地質学的意義を記述した。星住は、高橋が調製した黒雲母濃集フラクションにおける変質の有無や不純物の混入率等の最終評価を担当した。

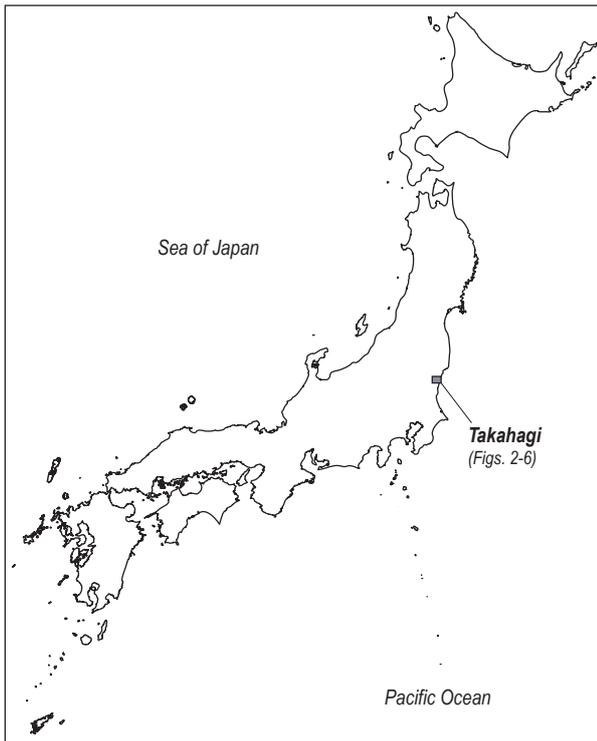
なお、今回公表した各試料の測定結果を引用する際には、KA No. を記入し、「測定結果の地質学的意義」の部分引用する場合は、解釈者の氏名も併せて明記していただきたい。

### 2. K-Ar 年代測定方法

K-Ar 年代測定用試料の調製は以下の手順で行った。深成岩試料をステンレス製乳鉢にて粉碎し、ふるいで 0.15 ~ 0.25 mm 径 (60 ~ 100 mesh size) に揃えた後に、アイソダイナミック・セパレーターとタッピング処理にて

<sup>1</sup> 地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Institute of Geology and Geoinformation)

\* Corresponding author: A. Matsumoto, Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. E-mail: aki.matsumoto@aist.go.jp



第1図 K-Ar年代測定対象地質図幅地域(1/5万「高萩」図幅地域)の位置図

Fig. 1 Index map of the 1:50,000 Takahagi Quadrangle associated with K-Ar dating in Geological Map Project.

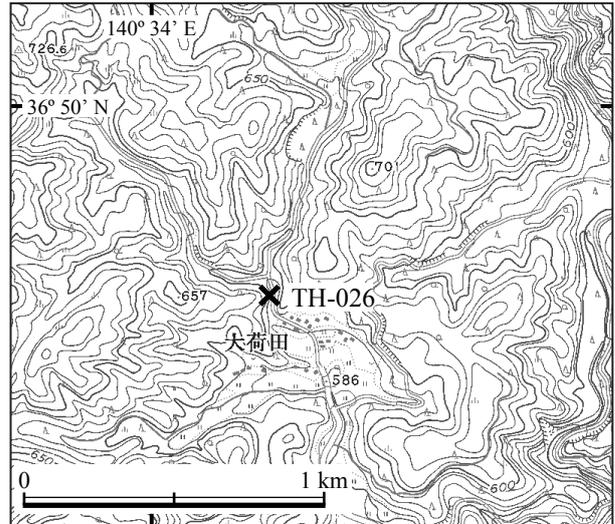
分離・精製した黒雲母濃集フラクションを K-Ar 年代測定用試料とした。黒雲母濃集フラクション中の目的鉱物の濃集度は、概ね 95%以上になるように調製した。

K-Ar年代測定におけるアルゴン同位体測定は、VG Isotopes 1200C型希ガス質量分析計を用いて、<sup>38</sup>Ar濃縮スパイクによる同位体希釈法で行った。アルゴン同位体測定の手順および年代誤差の算出方法は、宇都ほか(1995)とMatsumoto and Kobayashi (1995)に従った。カリウムの定量は、アサヒ理化学製作所FP-33D型蛍光光度計を用い、内部標準としてリチウムを添加する蛍光光度法(松本, 1989)で行った。K-Ar年代の計算に用いた定数は、 $\lambda_{\beta}=4.962 \times 10^{-10}/y$ ,  $\lambda_{\epsilon}=0.581 \times 10^{-10}/y$ ,  $^{40}K/K=0.01167$  atom %である(Steiger and Jäger, 1977)。

### 3. 年代測定結果とその地質学的意義

本報告にてK-Ar年代測定を実施した1/5万「高萩」図幅地域をFig. 1に示すとともに、各試料の分析データをTable 1にまとめた。以下、各試料に関する簡単な岩石記載を行い、測定結果の地質学的意義について述べる。

試料名および測定番号：TH-026 (KA4067)



第2図 K-Ar年代測定試料採取地点位置図：1/5万「高萩」図幅地域—1. 国土地理院発行1/25,000地形図「里美牧場」の一部を使用。

Fig. 2 Sampling points for K-Ar dating in the 1:50,000 Takahagi Quadrangle-1. Plotted on a part of topographic map “Satomibokujo” at 1:25,000 in scale by Geospatial Information Authority of Japan.

試料提供者：高橋 浩(地質情報研究部門)

岩石名：細粒黒雲母角閃石閃緑岩

主成分鉱物：石英(半自形～他形, 最大粒径1.2 mm), 斜長石(自形～半自形, 最大粒径2.8 mm), 普通角閃石(自形～半自形, 緑色, 最大粒径3 mm), 黒雲母(半自形, 褐色, 最大粒径2 mm). 副成分鉱物：不透明鉱物, 燐灰石, スフェーン, ジルコン.

産地：茨城県高萩市大荷田大北川支流河床(36° 49' 39" N, 140° 34' 16" E; Fig. 2)

地層岩体名：細粒閃緑岩(仮称)

地質状況：本岩体は鳥曾根花崗閃緑岩中の捕獲岩体として産し、試料採取露頭においても鳥曾根花崗閃緑岩中の暗色包有岩として産する。また、上君田花崗閃緑岩中に普遍的に存在する暗色包有岩と岩質が同様である。

K-Ar年代：98.7 ± 1.1 Ma (黒雲母)

分析データ：K<sub>2</sub>O: 6.28%, Rad. <sup>40</sup>Ar: (20.5 ± 0.2) × 10<sup>-6</sup> ml STP/g, Non rad. <sup>40</sup>Ar: 5.94%

測定結果の地質学的意義(解釈：高橋 浩)：1/5万「高萩」図幅地域周辺に分布する南部阿武隈山地の花崗岩類は、貫入関係から古い順に細粒閃緑岩、入四間花崗閃緑岩、上君田花崗閃緑岩、鳥曾根花崗閃緑岩および優白質花

第 1 表 1/5 万「高萩」図幅地域に分布する深成岩の K-Ar 年代.  
Table 1 K-Ar ages of plutonic rocks in the 1:50,000 Takahagi Quadrangle.

KA No.	Sample I. D.	Rock type	Fraction	Weight of sample (g)	K <sub>2</sub> O (%)	Rad. <sup>40</sup> Ar (10 <sup>-6</sup> ml STP/g)	Non rad. <sup>40</sup> Ar (%)	K-Ar age (Ma)
4067	TH-026	Diorite	Biotite	0.0106	6.28	20.5±0.2	5.94	98.7±1.1
4069	TH-014	Granodiorite	Biotite	0.0108	8.29	28.7±0.3	5.21	104.1±1.1
4070	TH-223	Granodiorite	Biotite	0.0104	8.26	27.4±0.3	5.69	100.1±1.1
4068	TH-007	Granodiorite	Biotite	0.0108	8.23	27.6±0.3	7.24	101.1±1.1
4066	YZ-127	Granite	Biotite	0.0111	7.08	20.8±0.2	7.67	89.1±1.0

The decay constants used in the present study are  $\lambda_p=4.962 \times 10^{-10}/y$ ,  $\lambda_c=0.581 \times 10^{-10}/y$  and  $^{40}K/K=0.01167$  atom % (Steiger and Jäger, 1977). Errors are at the 1 $\sigma$  uncertainty level.

崗岩に区分される。これら花崗岩類に対して得られた放射年代は、細粒閃緑岩では 98.7 ± 1.1 Ma (黒雲母 K-Ar 年代: 本報告), 入四間花崗閃緑岩では 98.9 ± 3.1 Ma (角閃石 K-Ar 年代: 柴田・内海, 1983), 104.1 ± 1.1 Ma (黒雲母 K-Ar 年代: 本報告) および 90 Ma (黒雲母 K-Ar 年代: 河野・植田, 1965), 上君田花崗閃緑岩では 108 ± 3 Ma (角閃石 K-Ar 年代: 柴田・内海, 1983), 100.1 ± 1.1 Ma (黒雲母 K-Ar 年代: 本報告), 鳥曾根花崗閃緑岩では 101.1 ± 1.1 Ma (黒雲母 K-Ar 年代: 本報告), 優白質花崗岩では 89.1 ± 1.0 Ma (黒雲母 K-Ar 年代: 本報告) である。

今回測定した細粒閃緑岩は、1/5 万「高萩」図幅地域周辺の花崗岩類の中では地質学的に最も古い岩体であり、上君田花崗閃緑岩中に普遍的に分布する暗色包有岩に対比され、鳥曾根花崗閃緑岩に貫入される。今回得られた黒雲母 K-Ar 年代 (98.7 ± 1.1 Ma) は、上君田花崗閃緑岩の黒雲母 K-Ar 年代 (100.1 ± 1.1 Ma: 本報告) および鳥曾根花崗閃緑岩の黒雲母 K-Ar 年代 (101.1 ± 1.1 Ma: 本報告) に対してほぼ誤差の範囲内で重複しており、地質学的状況と矛盾しない。

**試料名および測定番号:** TH-014 (KA4069)

**試料提供者:** 高橋 浩 (地質情報研究部門)

**岩石名:** 角閃石黒雲母花崗閃緑岩

主成分鉱物: 石英 (半自形~他形, 最大粒径 6 mm), 斜長石 (自形~半自形, 最大粒径 5 mm), カリ長石 (他形, 粒間充填状), 普通角閃石 (自形~半自形, 緑色, 最大粒径 3.5 mm), 黒雲母 (自形~半自形, 褐色, 最大粒径 2.5 mm). 副成分鉱物: 不透明鉱物, スフェーン, ジルコン.

**産地:** 茨城県日立市十王町古田西方約 200 m, 十王川左岸道路 (36° 40' 24" N, 140° 38' 02" E; Fig. 3)

**地層岩体名:** 入四間花崗閃緑岩

**地質状況:** 日立変成岩類および大雄院花崗岩の北方に広く分布する入四間花崗閃緑岩の主岩相である。本岩は、日立変成岩類および大雄院花崗岩に貫入し、北側は鳥曾根花崗閃緑岩に貫入される。

**K-Ar 年代:** 104.1 ± 1.1 Ma (黒雲母)

**分析データ:** K<sub>2</sub>O: 8.29%, Rad. <sup>40</sup>Ar: (28.7 ± 0.3) × 10<sup>-6</sup> ml STP/g, Non rad. <sup>40</sup>Ar: 5.21%

**測定結果の地質学的意義 (解釈: 高橋 浩):** 今回測定した入四間花崗閃緑岩は、日立変成岩類および大雄院花崗岩に貫入し、鳥曾根花崗岩によって貫入されている。今回得られた黒雲母 K-Ar 年代 (104.1 ± 1.1 Ma) は、岩体南西部から得られた角閃石 K-Ar 年代 (98.9 ± 3.1 Ma: 柴田・内海, 1983) および黒雲母 K-Ar 年代 (90 Ma: 河野・植田, 1965) よりも有意に古かったが、本試料は岩体東部から採取され、角閃石および黒雲母 K-Ar 年代が既知の岩体南西部からは 8 km 以上離れており、岩体東部における冷却速度が南西部よりも有意に速かった可能性が考えられる。また、本試料の黒雲母 K-Ar 年代 (104.1 ± 1.1 Ma) は、本岩に貫入する鳥曾根花崗閃緑岩の黒雲母 K-Ar 年代 (101.1 ± 1.1 Ma: 本報告) よりも古く、地質学的状況と調和的である。

**試料名および測定番号:** TH-223 (KA4070)

**試料提供者:** 高橋 浩 (地質情報研究部門)

**岩石名:** 角閃石黒雲母花崗閃緑岩

主成分鉱物: 石英 (半自形~他形, 最大粒径 6 mm), 斜長石 (自形~半自形, 最大粒径 8 mm), カリ長石 (他形, 粒間充填状), 普通角閃石 (自形~半自形, 緑色, 最大粒径 4 mm), 黒雲母 (半自形, 褐色, 最大粒径 4 mm). 副成分鉱物: 不透明鉱物, 燐灰石, スフェーン, ジルコン.

**産地:** 茨城県高萩市下君田宿南南西方約 1 km, 滝山溪谷沿い林道 (36° 47' 33" N, 140° 35' 54" E; Fig. 4)

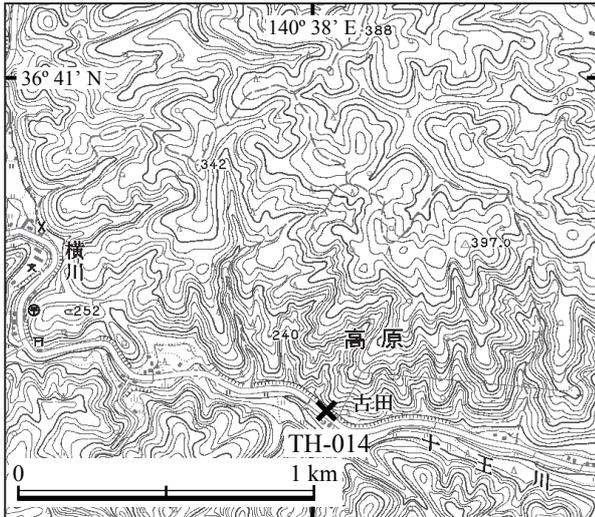
**地層岩体名:** 上君田花崗閃緑岩

**地質状況:** 採取試料は上君田花崗閃緑岩体西部に位置する。上君田花崗閃緑岩体は、北方の田人岩体に連続する。

**K-Ar 年代:** 100.1 ± 1.1 Ma (黒雲母)

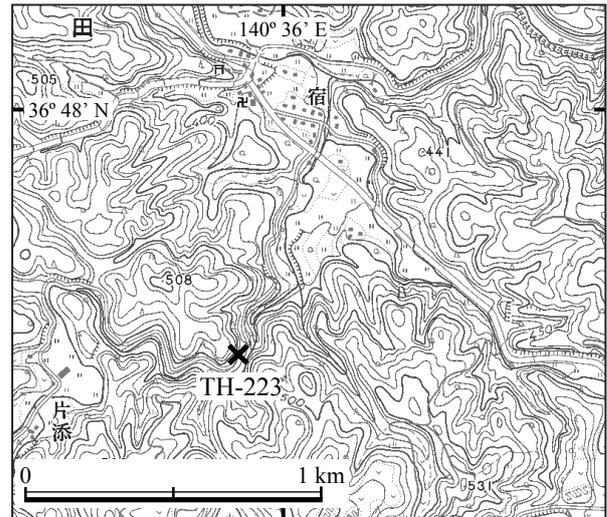
**分析データ:** K<sub>2</sub>O: 8.26%, Rad. <sup>40</sup>Ar: (27.4 ± 0.3) × 10<sup>-6</sup> ml STP/g, Non rad. <sup>40</sup>Ar: 5.69%

**測定結果の地質学的意義 (解釈: 高橋 浩):** 今回測定し



第3図 K-Ar年代測定試料採取地点位置図：1/5万「高萩」図幅地域-2. 国土地理院発行1/25,000地形図「高萩」の一部を使用。

Fig. 3 Sampling point for K-Ar dating in the 1:50,000 Takahagi Quadrangle-2. Plotted on a part of topographic map "Takahagi" at 1:25,000 in scale by Geospatial Information Authority of Japan.



第4図 K-Ar年代測定試料採取地点位置図：1/5万「高萩」図幅地域-3. 国土地理院発行1/25,000地形図「里美牧場」の一部を使用。

Fig. 4 Sampling point for K-Ar dating in the 1:50,000 Takahagi Quadrangle-3. Plotted on a part of topographic map "Satomibokujo" at 1:25,000 in scale by Geospatial Information Authority of Japan.

た上君田花崗閃緑岩は、細粒閃緑岩を捕獲岩として含み、鳥曾根花崗閃緑岩によって貫入される。今回得られた黒雲母 K-Ar 年代(100.1 ± 1.1 Ma)は、鳥曾根花崗閃緑岩の黒雲母 K-Ar 年代(101.1 ± 1.1 Ma：本報告)および細粒閃緑岩の黒雲母 K-Ar 年代(98.7 ± 1.1 Ma：本報告)と誤差の範囲内で重複しており、これらの花崗岩類がほぼ同時期に活動したことを示している。

試料名および測定番号：TH-007 (KA4068)

試料提供者：高橋 浩(地質情報研究部門)

岩石名：黒雲母花崗閃緑岩ないし黒雲母花崗岩

主成分鉱物：石英(他形, 最大粒径 4.8 mm), 斜長石(自形~半自形, 最大粒径 3.5 mm), カリ長石(他形, 粒間充填状), 黒雲母(自形~半自形, 褐色, 最大粒径 2 mm). 副成分鉱物：不透明鉱物, ジルコン.

産地：茨城県高萩市鳥曾根北西方約 2 km, 花貫溪谷沿い道路(36° 44' 08" N, 140° 37' 02" E; Fig. 5)

地層岩体名：鳥曾根花崗閃緑岩

地質状況：鳥曾根花崗閃緑岩体は主に黒雲母花崗閃緑岩からなり、黒雲母花崗岩を伴う。本試料は鳥曾根花崗閃緑岩体の中央部に位置する黒雲母花崗岩である。

K-Ar年代：101.1 ± 1.1 Ma (黒雲母)

分析データ：K<sub>2</sub>O: 8.23%, Rad. <sup>40</sup>Ar: (27.6 ± 0.3) × 10<sup>-6</sup> ml STP/g, Non rad. <sup>40</sup>Ar: 7.24%

測定結果の地質学的意義(解釈：高橋 浩)：今回測定し

た鳥曾根花崗閃緑岩は、細粒閃緑岩および上君田花崗閃緑岩に貫入し、優白質花崗岩に貫入されている。今回得られた黒雲母 K-Ar 年代(101.1 ± 1.1 Ma)は、本岩体に貫入される上君田花崗閃緑岩の黒雲母 K-Ar 年代(100.1 ± 1.1 Ma：本報告)と細粒閃緑岩の黒雲母 K-Ar 年代(98.7 ± 1.1 Ma：本報告)のいずれに対しても誤差の範囲内で重複した。また、最も若い岩体である優白質花崗岩の黒雲母 K-Ar 年代(89.1 ± 1.0 Ma)よりも有意に古く、地質学的状況と矛盾しない。

試料名および測定番号：YZ-127 (KA4066)

試料提供者：高橋 浩(地質情報研究部門)

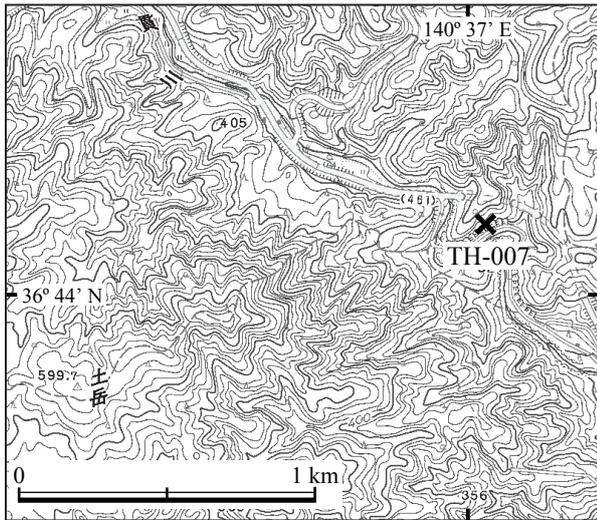
岩石名：ざくろ石黒雲母花崗岩

主成分鉱物：石英(他形, 一部リボン状に伸張), 斜長石(自形~半自形, 最大粒径 2.5 mm), カリ長石(他形, 粒間充填状), 黒雲母(自形~半自形, 褐色, 最大粒径 2 mm), ざくろ石(自形~半自形, 最大粒径 1.5 mm). 副成分鉱物：不透明鉱物, ジルコン.

産地：茨城県常陸太田市里美町三ツ目西南西方約 0.5 km の道路沿い(36° 48' 46" N, 140° 30' 27" E; Fig. 6)

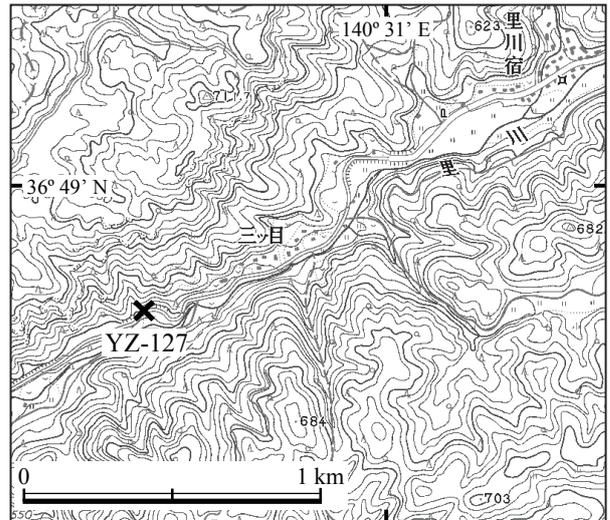
地層岩体名：優白質花崗岩(仮称)

地質状況：優白質花崗岩体は、南部阿武隈山地に分布する阿武隈花崗岩類の西部に位置する小規模岩体(約 10 × 3 km)である。本試料は優白質花崗岩体の北端部から採取した。



第 5 図 K-Ar 年代測定試料採取地点位置図：1/5 万「高萩」図幅地域－4. 国土地理院発行 1/25,000 地形図「豎破山」の一部を使用.

Fig. 5 Sampling point for K-Ar dating in the 1:50,000 Takahagi Quadrangle-4. Plotted on a part of topographic map “Tatsuwaresan” at 1:25,000 in scale by Geospatial Information Authority of Japan.



第 6 図 K-Ar 年代測定試料採取地点位置図：1/5 万「高萩」図幅地域－5. 国土地理院発行 1/25,000 地形図「里美牧場」の一部を使用.

Fig. 6 Sampling point for K-Ar dating in the 1:50,000 Takahagi Quadrangle-5. Plotted on a part of topographic map “Satomibokujo” at 1:25,000 in scale by Geospatial Information Authority of Japan.

**K-Ar年代**：89.1 ± 1.0 Ma (黒雲母)

**分析データ**：K<sub>2</sub>O: 7.08%, Rad. <sup>40</sup>Ar: (20.8 ± 0.2) × 10<sup>6</sup> ml STP/g, Non rad. <sup>40</sup>Ar: 7.67%

**測定結果の地質学的意義**(解釈：高橋 浩)：今回測定したざくろ石黒雲母花崗岩は、優白質花崗岩の一岩相であり、「高萩」周辺の花崗岩類の中では地質学的に最も若い岩体である。今回得られた黒雲母 K-Ar 年代(89.1 ± 1.0 Ma)は、鳥曾根花崗閃緑岩の黒雲母 K-Ar 年代(101.1 ± 1.1 Ma：本報告)よりも若く、本岩体よりも先に形成した上君田花崗閃緑岩の黒雲母 K-Ar 年代(100.1 ± 1.1 Ma：本報告)よりも若く、地質学的状況と調和的である。

#### 4. まとめ

産総研地質調査総合センターが発行する地質図幅の正確さを向上するため、平成 24 年度内に 5 個の深成岩試料について K-Ar 年代測定を実施した。それらの測定結果から、以下のことが明らかとなった。なお、これら新たな知見の詳細については、まもなく出版予定の 1/5 万「高萩」図幅を参照されたい。

1) 1/5 万「高萩」図幅地域周辺に分布する 5 種類の南部阿武隈花崗岩から分離した黒雲母の K-Ar 年代は、お互いの貫入関係に基づいて区分された岩体ごとに、細粒閃緑岩が 98.7 ± 1.1 Ma、入四間花崗閃緑岩が 104.1 ± 1.1

Ma、上君田花崗閃緑岩が 100.1 ± 1.1 Ma、鳥曾根花崗閃緑岩が 101.1 ± 1.1 Ma、優白質花崗岩が 89.1 ± 1.0 Ma という値が得られた。

2) 細粒閃緑岩の黒雲母 K-Ar 年代(98.7 ± 1.1 Ma)と上君田花崗閃緑岩の黒雲母 K-Ar 年代(100.1 ± 1.1 Ma)および鳥曾根花崗閃緑岩の黒雲母 K-Ar 年代(101.1 ± 1.1 Ma)は、お互いにほぼ誤差の範囲内で重複した。また、当該地域に分布する 5 種類の南部阿武隈花崗岩類の中で地質学的に最も若い優白質花崗岩の黒雲母 K-Ar 年代は 89.1 ± 1.0 Ma と最も若く、地質学的状況と矛盾しなかった。

3) 今回得られた入四間花崗閃緑岩の黒雲母 K-Ar 年代(104.1 ± 1.1 Ma)は、岩体南西部から得られた既報の黒雲母および角閃石 K-Ar 年代(90 Ma および 98.9 ± 3.1 Ma)よりも有意に古かった。今回の測定試料が岩体東部から採取され、年代既知の岩体南西部からは 8 km 以上離れていることから、入四間花崗閃緑岩体の東部における冷却速度は南西部よりも有意に速かった可能性が考えられる。

**謝辞**：本報告をまとめるにあたり、査読者の地質情報研究部門シームレス地質情報研究グループの内藤一樹主任研究員には、本原稿の内容を改善するための的確なコメントをいただいた。ここに感謝いたします。

文献

- 河野義礼・植田良夫 (1965) 本邦産火成岩の K-Ar dating (III)―阿武隈山地の花崗岩類―, 岩鉱, **54**, 162-172.
- 松本哲一 (1989) K-Ar 年代測定におけるカリウム定量法の改良. 地調月報, **40**, 65-70.
- Matsumoto, A. and Kobayashi, T. (1995) K-Ar age determination of late Quaternary volcanic rocks using the “mass fractionation correction procedure” : application to the Younger Ontake Volcano, central Japan. *Chem. Geol.*, **125**, 123-135.
- 柴田 賢・内海 茂 (1983) 南部阿武隈山地花崗岩類の角閃石 K-Ar 年代. 岩鉱, **78**, 405-410.
- Steiger, R. H. and Jäger, E. (1977) Subcommittee on Geochronology: Convention on the use of decay constants in geo - and cosmochronology. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **36**, 359-362.
- 宇都浩三・R. M. コンレー・平田岳史・内海 茂 (1995) 地質調査所における同位体希釈法K-Ar年代測定システムの精度向上―質量分析計自動計測制御及びピペット方式スパイク導入法の適用―. 地調月報, **46**, 239-249.

( 受 付 : 2014年1月20日 ; 受 理 : 2014年3月13日 )

# Zircon U-Pb age of the Triassic granitoids at Nui Phao, northern Viet Nam

Shunso Ishihara<sup>1,\*</sup> and Yuji Orihashi<sup>2</sup>

Shunso Ishihara and Yuji Orihashi (2014) Zircon U-Pb age of the Triassic granitoids at Nui Phao, northern Viet Nam. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 65 (1/2), p. 17-22, 3 figures, 1 table, 1 photograph.

**Abstract:** Rock-forming zircon was separated from so-called Triassic granitoids at Nui Phao in the northern Viet Nam, and the contained zircons were dated by LA-ICPMS U-Pb method, as the earliest Triassic of ca. 250 Ma. These new results are suggestive to identify the formation ages of Sn-W and REE ore deposits hosted in the granitoids.

**Keywords:** North Viet Nam, granitoid, Triassic, Permian, Ion-absorption REE deposit, tin, tungsten, Nui Phao

## 1. Introduction

Both calc-alkaline and alkaline granitoids of the Phanerozoic age are distributed in the northernmost part of Viet Nam. The calc-alkaline granitoids occur in sedimentary terrains in the northeastern part of the Red River (Song Hong) Fault (Chu *et al.*, 2006), while the alkaline granitoids with younger ages (Hayashi *et al.*, 2009; Trung *et al.*, 2007) predominate in the southwestern part from the Red River fault (Fig. 1). In the Nui Phao Tam Dao tin-tungsten mineralized district of the sheet map F-48-XXII “Tuyen Quang” in North Vietnam (Long *et al.*, 2001), three stages of Phanerozoic granitoids are described, namely Devonian, Triassic and Cretaceous. Yet, there is no age dating on these granitoids.

Recently, scheelite-fluorite mineralized ores were discovered at Nui Phao of the sheet map (Richards *et al.*, 2003), and the ore deposits were identified to be a zoned skarn type around the Da Lien granite (Someya, 2012). Mica minerals are abundant in this ore body and were dated by Ar-Ar method to have Cretaceous in age (81.5-83.7 Ma, Sanematsu and Ishihara, 2011). Yet no age dating has been performed on the other “Triassic” Nui Phao granitoids. This paper describes the U-Pb age determination on zircon separated from the Nui Phao granitoids.

## 2. Geologic Outline

In the studied region, the oldest rock unit is Precambrian gneisses and intrusive rocks, which are distributed in the western

part of the studied area (Fig. 2). The other wider part of the area is essentially Paleozoic-Mesozoic sedimentary terrain, which are composed of Cambrian crystalline schist, phyllite and limestone, Ordovician sandstone-bearing chert, limestone and shale, and Devonian calcareous sandstone and shale. Two

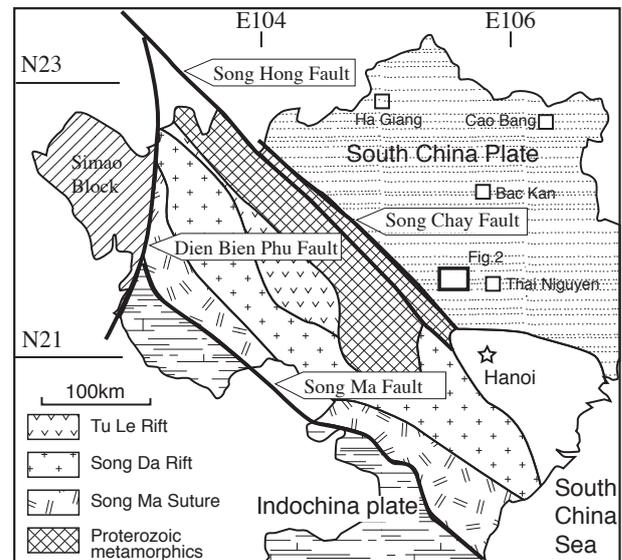


Fig. 1 Geological setting of the northern Viet Nam.

Triassic sedimentary units, (a) coal-bearing sandstone, shale and conglomerate, and (2) shale and sandstone alternation, are present in the eastern part of the studied area (Fig. 2).

Granitoids are classified as Devonian, Triassic and Cretaceous, among which the Triassic one is most widely exposed in

<sup>1</sup> AIST, Geological Survey of Japan

<sup>2</sup> Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

\*Corresponding author: S.Ishihara, Central 7,1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: s-ishihara@aist.go.jp

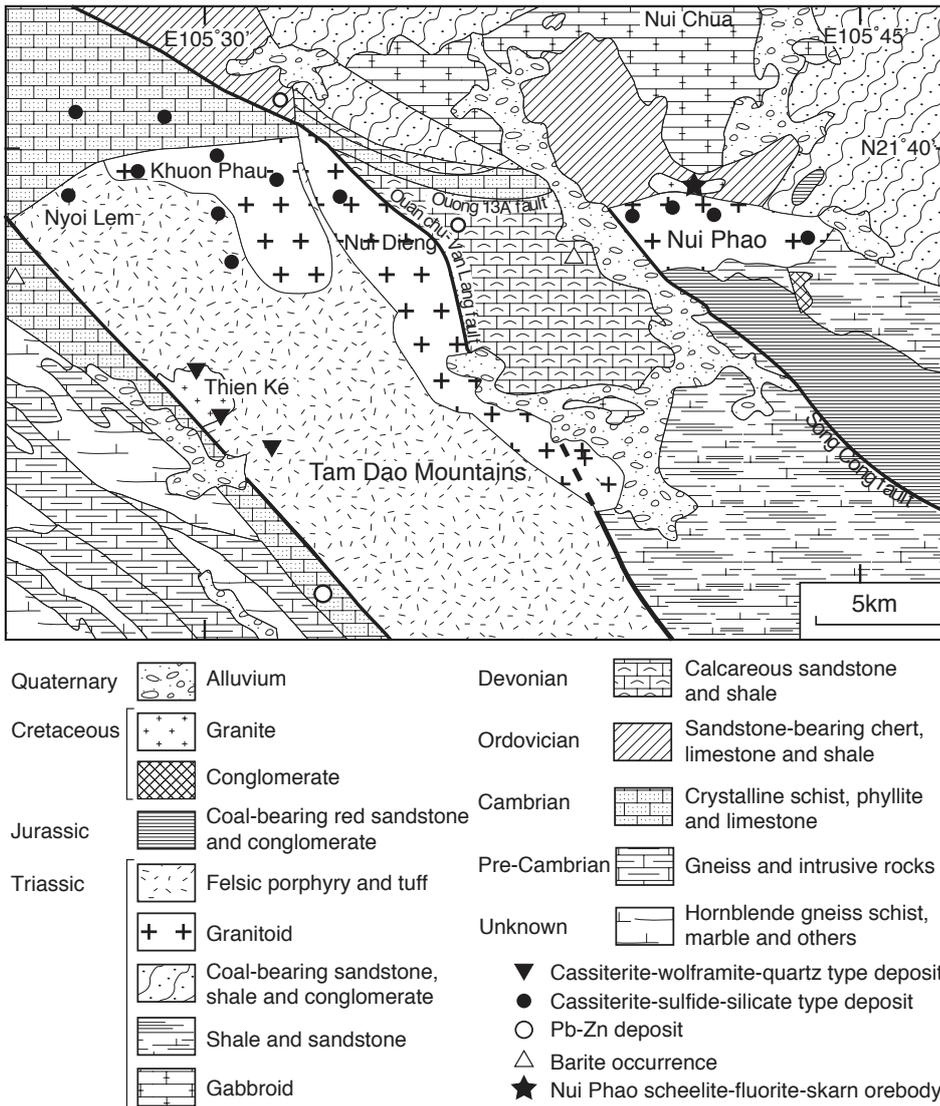


Fig. 2 General geology of the Tam Dao Sn-mineralized district (after Kiem and Luyen, 1991).

the studied area (Long ed., 2001), as Nui Dieng, Khuon Phau and Nui Phao plutons (Fig. 2). Coeval Triassic volcanic unit of felsic porphyry and tuffs occurs together with the Nui Dieng and Khuon Phau granitoids in the middle southern part of the area (e.g., Tam Dao Mtn., Fig. 2). Thus, they can be considered as a volcano-plutonic complex. The Nui Phao granitic complex is associated with no volcanic equivalent and is intruded by Cretaceous Da Lien granitoids.

The Triassic granitoids here are stock in size (<100 km<sup>2</sup>), intruding into the Cambrian to Devonian strata (Fig. 2). Around the Nui Phao body, it is said that the granitoid intrudes into middle Triassic Na Khuat Formation and is covered by basal conglomerate of Jurassic Ha Choi Formation (Long ed., 2001, p. 66). This field observation implies that the examined granitoids should be dated younger than the middle Triassic in age.

In the Nui Phao area, the Triassic granitoids are generally called Nui Phao Granite by mining geologists. This is composed of coarse-grained porphyritic biotite granite with relatively high

color index as granite, but with low magnetic susceptibilities (i.e., ilmenite series). Intruding into the Ordovician calcareous sediments and Triassic granite, very small Cretaceous granitic body, called as Da Lien Granite, occurs together with cassiterite-quartz greisen, cassiterite-dissemination and scheelite skarnization at the northern margin of the Triassic Nui Phao granitoids (Fig. 2). This Cretaceous granite is a muscovite and/or biotite granitic body containing tourmaline and fluorite in highly leucocratic phases.

A total of 88 million tons of the ores containing 0.19 % WO<sub>3</sub>, 0.18 % Cu, 0.09 % Bi, 0.19 g/t Au and 7.95 % CaF<sub>2</sub>, are known in the skarn ore deposit (Richards *et al.*, 2003). Someya (2012) studied the skarn orebody and clarified zoning of the skarn minerals; i.e., garnet, clinopyroxene, and amphibole skarns, formed from the granite to the wall rock side, and the formation temperature of the ore minerals under the strongly reducing conditions around 400°C.

As Quaternary ore deposits, cassiterite placer has been mined

in many places by local people. The Nui Phao granitoids are heavily weathered to thick saprolite in the Nui Phao area (Photo. 1A). Thus, it may contain the ion-absorption-type REE deposits in the saprolite, and its possibility was studied in details by Omura (2008) and Mentani (2011). This kind of the ore deposits are common in the Early Yanshanian granite region in the southern China (Murakami and Ishihara, 2008), and similar weathering condition is expected in the northern Viet Nam during the past geologic time.

### 3. The Nui Phao Granitoids and Analyzed Samples

In the studied area, the Nui Phao Triassic granite is a coarse-grained biotite granitic stock with many cassiterite and wolframite anomalies (Fig. 2), and with no radiometric age data. The Cretaceous Da Lien granite is tourmaline-bearing two-mica variety, occurring as small cupola genetically related to the tungsten skarn mineralization.

Biotite and muscovite of the altered and mineralized granite were dated by  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  method (Sanematsu and Ishihara, 2011). All the four biotite and muscovite samples showed Cretaceous ages between 81.5 and 83.7 Ma, even including one Triassic-looking coarse-grained granite sample. Thus, the Cretaceous age for the mineralization was confirmed, but the age of the Nui Phao granite remained unknown.

#### 3.1 Examined samples

Two samples were selected; one from the largest outcrop of the Nui Phao granitoids at the community of Nui Phao (Photo. 1A), while the other from nearby abandoned drill core for the

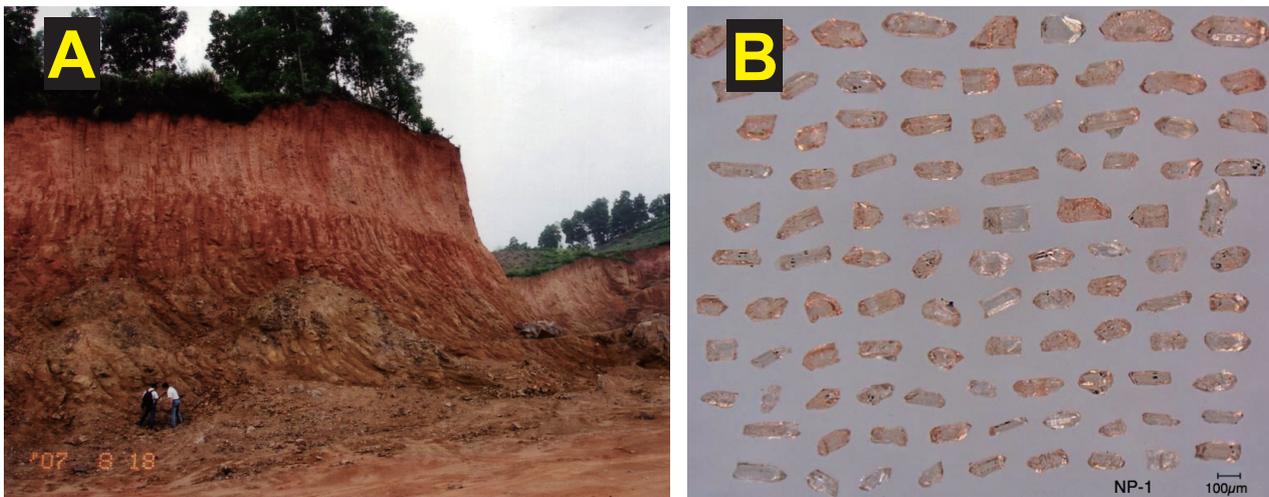
construction of the mine facility. The analyzed sample of NP-1 was taken from the fresh block remaining in the huge reddish outcrop (Photo. 1A), and NP-2 was taken from abandoned drill cores for the mine construction. Both granite samples have a high color index as granite, containing no hornblende but biotite. Mafic enclaves are rare but some sedimentary enclaves are present. The magnetic susceptibility is measured in field is low, below  $3.0 \times 10^{-3}$  SI unit, which means that the rock belongs to the ilmenite-series granitoid of Ishihara (1977).

Under the microscope, the rock is coarse-grained, relatively unaltered. Quartz is most abundant, often rounded in form and sometimes occurring as microveinlets. It shows weak wavy extinction, meaning local stress effect during high temperature stage, and the following substages. Plagioclase is dusty and alkali feldspar contains rarely perthite flakes. Biotite has two modes of occurrence: one euhedral crystals having clear cleavage and greenish brown in the Z-axis, while the other is irregular in shape with reddish brown in color. The latter could be recrystallized variety.

Separated zircon crystals are shown in Photograph 1B. They are mostly euhedral forms, and are considered magmatic in origin.

#### 3.2 Analytical results and age of mineralization

U-Pb ages for the obtained zircons are analyzed by LA-ICPMS set in the Earthquake Research Institute, the University of Tokyo. The analytical method is the same as those described in Orihashi *et al.* (2008). The results on the two samples are listed in Table 1, The Tera-Wasserburg Concordia diagrams are shown in Fig. 3. Both the examined rocks showed the earliest Triassic age around 250 Ma, in assuming that the Permian and



Photograph. 1A Weathered outcrop of the Triassic granite at Nui Phao. The weathered crusts often exceed 10 meters in thickness.

Photograph. 1B Separated zircon grains used for the age dating (Sample NP-1).

Table. 1 U-Pb isotopic data for zircon crystals from the samples NP-1 and NP-2, determined by LA-ICP-MS.

Spot no.	Th/U	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	Error 2 $\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	Error 2 $\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	Error 2 $\sigma$	Disc <sup>**</sup> (%)	$^{238}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}$ age (Ma)	Error 2 $\sigma$	$^{235}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}$ age (Ma)	Error 2 $\sigma$
<b>1) Sample: NP-1</b>												
1	0.23	0.0499 ± 0.0023		0.0408 ± 0.0015		0.281 ± 0.017			258 ± 10		251 ± 15	
2	0.39	0.0513 ± 0.0025		0.0411 ± 0.0016		0.291 ± 0.018			260 ± 10		259 ± 16	
3	* 0.23	0.0522 ± 0.0023		0.0432 ± 0.0016		0.311 ± 0.018			273 ± 10		275 ± 16	
4	0.31	0.0528 ± 0.0024		0.0403 ± 0.0015		0.293 ± 0.017			254 ± 10		261 ± 15	
5	0.32	0.0507 ± 0.0024		0.0401 ± 0.0015		0.280 ± 0.017			253 ± 10		251 ± 15	
6	0.28	0.0518 ± 0.0024		0.0401 ± 0.0015		0.287 ± 0.017			254 ± 10		256 ± 15	
7	* 0.26	0.0518 ± 0.0024		0.0466 ± 0.0018		0.333 ± 0.020			294 ± 11		292 ± 17	
8	0.29	0.0506 ± 0.0023		0.0410 ± 0.0016		0.286 ± 0.017			259 ± 10		255 ± 15	
9	0.33	0.0526 ± 0.0025		0.0405 ± 0.0015		0.294 ± 0.018			256 ± 10		261 ± 16	
10	* 0.17	0.1184 ± 0.0066		0.1067 ± 0.0043		1.74 ± 0.12		-42	654 ± 26		1,024 ± 71	
11	* 0.30	0.0620 ± 0.0038		0.0375 ± 0.0015		0.321 ± 0.024		-6.1	237 ± 10		282 ± 21	
12	0.27	0.0575 ± 0.0036		0.0421 ± 0.0017		0.334 ± 0.025			266 ± 11		293 ± 22	
13	0.13	0.0498 ± 0.0030		0.0410 ± 0.0017		0.282 ± 0.020			259 ± 11		252 ± 18	
14	0.29	0.0496 ± 0.0031		0.0399 ± 0.0016		0.273 ± 0.021			252 ± 10		245 ± 18	
15	* 0.11	0.0786 ± 0.0044		0.1680 ± 0.0068		1.82 ± 0.13			1,001 ± 41		1,053 ± 73	
16	0.25	0.0522 ± 0.0033		0.0401 ± 0.0016		0.289 ± 0.022			254 ± 10		258 ± 19	
17	0.25	0.0535 ± 0.0033		0.0377 ± 0.0015		0.278 ± 0.021			239 ± 10		249 ± 19	
18	0.20	0.0520 ± 0.0032		0.0409 ± 0.0017		0.293 ± 0.021			258 ± 11		261 ± 19	
19	0.14	0.0523 ± 0.0019		0.0395 ± 0.0010		0.285 ± 0.013			249.9 ± 6.4		255 ± 11	
20	* 0.50	0.0566 ± 0.0020		0.0400 ± 0.0010		0.312 ± 0.014		-1.6	253.0 ± 6.5		276 ± 12	
21	0.23	0.0514 ± 0.0019		0.0402 ± 0.0010		0.285 ± 0.013			253.9 ± 6.5		254 ± 11	
22	0.25	0.0519 ± 0.0018		0.0382 ± 0.0010		0.273 ± 0.012			241.9 ± 6.2		245 ± 11	
23	0.33	0.0539 ± 0.0021		0.0394 ± 0.0010		0.293 ± 0.014			248.9 ± 6.4		261 ± 12	
24	0.29	0.0535 ± 0.0017		0.0394 ± 0.0010		0.291 ± 0.012			249.3 ± 6.4		259 ± 11	
25	0.26	0.0532 ± 0.0019		0.0388 ± 0.0010		0.285 ± 0.012			245.3 ± 6.3		254 ± 11	
26	0.28	0.0529 ± 0.0018		0.0383 ± 0.0010		0.279 ± 0.012			242.2 ± 6.2		250 ± 11	
27	* 0.34	0.0642 ± 0.0019		0.0668 ± 0.0017		0.591 ± 0.023		-6.2	417 ± 11		472 ± 18	
<b>Weighted average of <math>^{238}\text{U}</math> - <math>^{206}\text{Pb}</math> age (N=20)</b>									<b>250.7 ± 3.1</b>	<b>(95% conf.; MSWD = 2.6)</b>		
<b>2) Sample: NP-2</b>												
1	0.19	0.0538 ± 0.0034		0.0398 ± 0.0015		0.296 ± 0.022			251.8 ± 9.3		263 ± 19	
2	0.29	0.0518 ± 0.0030		0.0392 ± 0.0014		0.279 ± 0.019			247.6 ± 9.1		250 ± 17	
3	* 0.75	0.1220 ± 0.0066		0.0435 ± 0.0016		0.732 ± 0.048		-86	275 ± 10		558 ± 36	
4	0.32	0.0541 ± 0.0033		0.0393 ± 0.0015		0.293 ± 0.021			248.3 ± 9.2		261 ± 19	
5	* 0.24	0.0546 ± 0.0033		0.0374 ± 0.0014		0.282 ± 0.020			236.7 ± 8.7		252 ± 18	
6	* 0.27	0.0711 ± 0.0038		0.0579 ± 0.0021		0.568 ± 0.037		-14	363 ± 13		457 ± 30	
7	* 0.10	0.0760 ± 0.0042		0.0710 ± 0.0026		0.743 ± 0.050		-15	442 ± 16		564 ± 38	
8	0.32	0.0528 ± 0.0034		0.0394 ± 0.0015		0.287 ± 0.021			249.4 ± 9.3		256 ± 19	
9	* 0.58	0.0571 ± 0.0034		0.0589 ± 0.0021		0.464 ± 0.032			369 ± 13		387 ± 26	
10	* 0.19	0.0538 ± 0.0027		0.0457 ± 0.0016		0.339 ± 0.021			288 ± 10		296 ± 18	
11	0.24	0.0525 ± 0.0027		0.0401 ± 0.0014		0.291 ± 0.018			253.7 ± 8.8		259 ± 16	
12	0.27	0.0504 ± 0.0027		0.0391 ± 0.0014		0.272 ± 0.017			247.2 ± 8.6		244 ± 16	
13	0.25	0.0488 ± 0.0028		0.0396 ± 0.0014		0.266 ± 0.018			250.5 ± 8.7		240 ± 16	
14	0.27	0.0506 ± 0.0028		0.0392 ± 0.0014		0.273 ± 0.018			247.9 ± 8.6		245 ± 16	
15	* 0.02	0.1164 ± 0.0049		0.2232 ± 0.0076		3.584 ± 0.194		-9.2	1,299 ± 44		1,546 ± 84	
16	0.28	0.0503 ± 0.0029		0.0385 ± 0.0013		0.267 ± 0.018			243.2 ± 8.5		240 ± 16	
17	0.29	0.0502 ± 0.0027		0.0390 ± 0.0014		0.270 ± 0.018			246.9 ± 8.6		243 ± 16	
18	0.11	0.0540 ± 0.0022		0.0397 ± 0.0012		0.296 ± 0.015			251.1 ± 7.5		263 ± 13	
19	0.16	0.0508 ± 0.0022		0.0390 ± 0.0012		0.273 ± 0.014			246.7 ± 7.4		245 ± 13	
20	0.30	0.0548 ± 0.0024		0.0407 ± 0.0012		0.308 ± 0.016			257.3 ± 7.7		272 ± 14	
21	* 1.20	0.1463 ± 0.0057		0.0427 ± 0.0013		0.861 ± 0.042		-120	269.3 ± 8.0		631 ± 31	
22	* 0.18	0.0608 ± 0.0024		0.0540 ± 0.0016		0.452 ± 0.023		-3.3	339 ± 10		379 ± 19	
23	* 0.42	0.0724 ± 0.0029		0.1064 ± 0.0032		1.063 ± 0.053		-4.2	652 ± 19		735 ± 36	
24	* 0.35	0.0540 ± 0.0022		0.0502 ± 0.0015		0.374 ± 0.019			315.9 ± 9.4		322 ± 16	
25	0.27	0.0542 ± 0.0024		0.0396 ± 0.0012		0.295 ± 0.016			250.1 ± 7.5		263 ± 14	
26	* 0.33	0.0524 ± 0.0024		0.0412 ± 0.0012		0.298 ± 0.016			260.2 ± 7.8		265 ± 15	
<b>Weighted average of <math>^{238}\text{U}</math> - <math>^{206}\text{Pb}</math> age (N=14)</b>									<b>249.5 ± 2.2</b>	<b>(95% conf.; MSWD = 0.72)</b>		

\* Because the data are either statistically rejected or discordant, the data are not included calculating the weighted average of  $^{238}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}$  age.

\*\* Degree of discordance (%); negative numbers and blanks show normal discordant and concordant within 2 $\sigma$  of the analytical error, respectively.

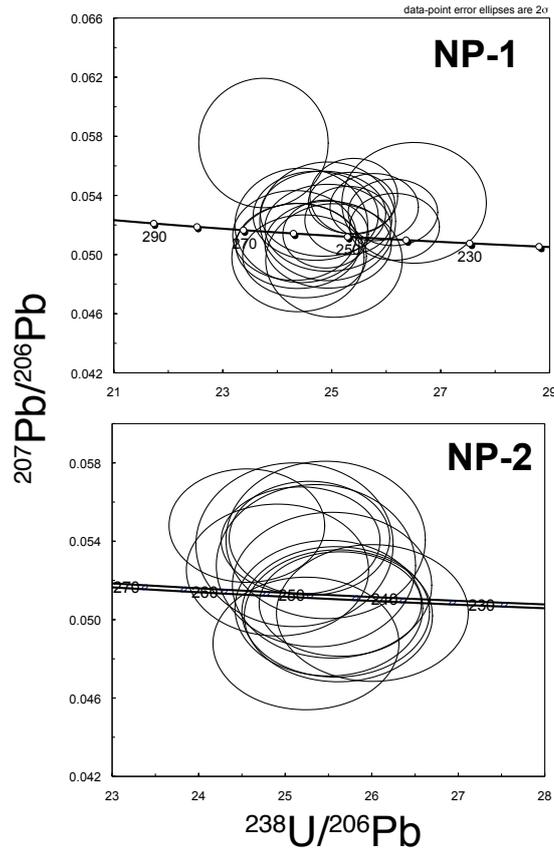


Fig. 3 Tera-Wasserburg concordia diagrams of U-Pb SHRIMP zircon data.

Triassic (P-T) boundary is 252.2 Ma (The Geologic Time Scale 2012, Gradstein *et al.* eds., 2012).

There are many Sn and W showings described in the studied region (Fig. 2). Age of the showings is yet unknown except for the Nui Phao W-Cu-F deposits, which were identified genetically related to the nearby Cretaceous granite. A coarse-grained granite looking similar to the Triassic granite (NP161), showed no plateau but the total fusion age of a Cretaceous as 78.8 Ma (Sanematsu and Ishihara, 2011). This granite must have been originally the Triassic in age, but re-equilibrated when it was captured as a xenolith by the Cretaceous granite magma. It is interesting to know if the other Sn and W showings are associated with Triassic or Cretaceous granites.

#### 4. Correlation to Other Region

In the sedimentary terranes of northern Vietnam, there are a few sporadic intrusive bodies of granitic composition described in the same age group (i.e., Chu Bien ed., 2006). About 100 km north of our studied area, similar ages were reported recently by Roger *et al.* (2012), as Triassic Phia Bioc Granite as 245 Ma, whose intrusion was considered related to the nappe tectonism of

the sedimentary rocks. This age is very close but slightly younger than our result of 250 Ma.

Roger *et al.* (2012) also reported 87.3 Ma for the Cretaceous Phia Oac Granite. We have only  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  ages of 81.5-83.7 Ma on mica minerals related to W-F mineralization. Zircon age needs to be examined on the Cretaceous granite, hosting the W-F skarn deposits.

#### 5. Concluding Remarks

Tin and tungsten deposits in northern Viet Nam are generally known to have Cretaceous age (Anh *et al.*, 2010; Sanematsu and Ishihara, 2011), and are related often to leucogranites (e.g., Nui Phao and Thien Ke, Fig. 2). Within the earliest Triassic granite in question, many occurrences of the cassiterite-silicate-sulfide association are described in Fig. 2 by Kiem and Luyen (1991) and Long ed. (2001). It is interesting to know whether or not these mineralizations are related to the host Triassic granitoids or Cretaceous leucogranites still hidden close to the cassiterite-sulfide ore deposits.

There are questionable subject on saprolite REE deposits. The best host rock for the ion-adsorption-type REE deposit

seems to be two-mica granite, as seen in the Longnan area in southern China (Wu *et al.*, 1990). This type of granite has not been reported widely in the studied area. However, detailed petrographical studies are necessary for the Triassic granite in order to evaluate a resource potentiality of REE saprolite, as well as cassiterite and/or tungsten ore deposits.

## References

- Anh, P. L., Vladimirov, A. G. and Kruk, N. N. (2010) Staniferous granites of Vietnam: Rb-Sr and Ar-Ar isotope age, composition, sources, and geodynamic formation conditions. *Doklady Earth Sci.*, **432**, 839-845.
- Chu Bien, ed. (2006) Mineral resources map of Viet Nam. 1/1,000,000 scale, Dept. Geology & Minerals, Ministry Industry, Hanoi.
- Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M. and Ogg, G. M. eds. (2012) *The Geologic Time Table 2012*, Elsevier, 1144 p.
- Hayashi, T., Machida, S., Fukasawa, H., Takahashi, K., Nguyen, B. M., Ninh, Q. T., Tran, V. M. and Nguyen, D. T. (2009) Age of carbonatite and alkaline magmatism in North Vietnam and its rare earth mineralization. Abstract with Programs, Annual Mtg. Sym.: Geology and Mineral Resources of Vietnam and Surrounding Region, 21p.
- Ishihara, S. (1977) The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks. *Mining Geol.*, **27**, 293-305.
- Kiem, D. D. and Luyen, P. V. (1991) Geology of tin deposits in Vietnam. 117 p., Hanoi.
- Long, P. D. ed. (2001) Geology and mineral resources map and text of Vietnam: Tuyen Quang sheet. Scale 1:200,000, Dept. Geol. Miner. Res., Hanoi, 47-88.
- Mentani, T. (2011) So-called "Ion-adsorption type" REE deposits found in weathered crust of ilmenite-series granite in northern Vietnam. M.S. Thesis, Univ. Tokyo, 107p.
- Murakami, H. and Ishihara, S. (2008) REE mineralization of weathered crust and clay sediment on granitic rocks in the Sanyo Belt, SW Japan, and the southern Jiangxi Province, China. *Resource Geol.*, **58**, 373-401.
- Omura, T. (2008) Enrichment of rare earth elements in weathered granites of northern Vietnam. Graduation Thesis, Univ. Tokyo, Text 2 p., Figs. 12, Tables 2 (in Japanese).
- Orihashi, Y., Nakai, S. and Hirata, T. (2008) U-Pb age determination for seven standard zircons using inductively coupled plasmas-mass spectrometry coupled with frequency quintupled Nd-YAG ( $\lambda = 213$  nm) laser ablation system: Comparison with LA-ICO-MS zircon analyses with a NIST glass reference material. *Resource Geol.*, **58**, 101-123.
- Richards, J. P., Dang, G., Dudka, S. F. and Wong, M. L. (2003) The Nui Phao tungsten-fluorite-copper gold-bismuth deposit, northern Vietnam: An opportunity for sustainable development. *Explor. Mining Geol.*, **12**, 61-70.
- Roger, F., Maluski, H., Lepvier, C., Van, T. V. and Paquette, J. -L. (2012) LA-ICPMS zircons U/Pb dating of Permo-Triassic and Cretaceous magmatism in Northern Vietnam – Geodynamical implications. *Jour. Asian Earth Sci.*, **48**, 72-82.
- Sanematsu, K. and Ishihara, S. (2011)  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages of the Da Lien granite related to the Nui Phao W mineralization in northern Vietnam. *Resource Geol.*, **61**, 304-310.
- Someya, N. (2012) Geology and genesis of the Nui Phao W-skarn deposit, northern Viet Nam. M.S. Thesis. Univ. Tokyo, 54p.
- Trung, N. M., Nuong, N. D. and Itaya, T. (2007) Rb-Sr isochron and K-Ar ages of igneous rocks from the Samnua Depression Zone in northern Vietnam. *Jour. Miner. Petrol. Sci.*, **102**, 86-92.
- Wu, C.-Y., Huang, D.-H. and Guo, Z. X. (1990) REE geochemistry in the weathered crust of granites, Longnan area, Jiangxi Province. *Acta Geol. Sinica*, **3**, 193-210.

Received December 2, 2013

Accepted March 25, 2014

## ベトナム北部、ヌイパオにおける三畳紀花崗岩類のジルコン U-Pb 年代

石原舜三・折橋裕二

### 要 旨

ベトナム北部のレッドリバー断層以東には“三畳紀”花崗岩が古生層中に広域的には南北方向に貫入する。ヌイパオ産試料から造岩鉱物のジルコンを分離し、U-Pb法で年代測定を試み、250 Ma前後の三畳紀最早期の年代であることを確認した。この花崗岩には錫・タングステン鉱微地が多数記載されており、また最近、その風化部にイオン吸着REE鉱床が発見されているので、今後はそれぞれの鉱化年代を明らかにする必要がある。

地質調査総合センター研究資料集

- 586 日本列島の地殻温度構造と粘弾性構造の3次元モデルおよび地殻活動シミュレーションに関する数値データ 長 郁夫・桑原保人
- 587 地質情報店 2013 みやぎ 一第値を知って明日を生かすー 吉田清香・澤井祐紀・川畑 晶
- 589 海溝型地震および貞観地震・津波の解説 澤井祐紀・宍倉正展・行谷佑一・岡村行信
- 590 北海道長沼町南長沼で掘削された180mボーリングコアのテフラ分析 木村 克己
- 592 富士山地質図 第2版 (Ver.1) 高田 亮・山元孝広・石塚吉浩・中野 俊
- 595 GSJ コア須崎大谷観測点資料 板場智史・梅田康弘・小泉尚嗣・渡辺 寛・中山伸朗・酒井誠志
- 596 GSJ コア新居浜黒島観測点資料 佐藤隆司・佐藤 努・木口 努・小泉尚嗣・渡辺 寛・酒井誠志・鈴木悠爾
- 597 GSJ コア西尾善明観測点資料 北川有一・高橋 誠・小泉尚嗣・伊藤 勉・堀 信雄・長藤亮輔
- 598 南海トラフ巨大地震予測のための地下水等総合観測点の孔井における物理検層資料 木口 努・桑原保人・小泉尚嗣・塚本 齊・板場智史・佐藤 努・佐藤隆司・関 陽児・梅田康弘・北川有一・重松紀生・高橋 誠
- 599 南海トラフ巨大地震予測のための地下水等総合観測点整備における地下構造調査(反射法地震探査)資料 山口和雄・伊藤 忍・加野直巳・小泉尚嗣

地質調査総合センターの最新出版物

---

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)
20 万分の 1 地質図幅	伊勢・静岡及び御前崎 (第 2 版)・与論島及び那覇・八代及び野母崎の一部・新潟 (第 2 版)
5 万分の 1 地質図幅	足助・京都東南部・新居浜・青森西部・今庄及び竹波・早池峰山
海外地球科学図	アジア地質図 (1:500 万) 中央アジア鉱物資源図 (1:300 万)
海洋地質図	No. 81 日高舟状海盆表層堆積図 (1:20 万) No. 82 奥尻海盆表層堆積図 (1:20 万)
構造図	No. 14 全国主要活断層活動確率地図
火山地質図	No. 1 桜島火山地質図 (第 2 版) (1:3 万) No. 16 十勝岳火山地質図 (1:3 万) No. 17 諏訪之瀬島火山地質図 (1:3 万)
鉱物資源図	No. 7 南西諸島 (1:50 万)
特殊地質図	No. 39 千葉県清和県民の森周辺の地質図
重力図	No. 29 姫路地域重力図 (ブーゲー異常) No. 30 徳島地域重力図 (ブーゲー異常) S3 甲府地域重力構造図 (ブーゲー異常)
空中磁気図	No. 44 岩手火山地域高分解能空中磁気異常図 No. 45 福井平野地域高分解能空中磁気異常図
水文環境図	No. 7 熊本地域
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 FR-2 燃料資源地質図「東部南海トラフ」 GT-4 全国地熱ポテンシャルマップ S-2 海陸シームレス地質情報集「新潟沿岸域」 DVD 版 S-3 海陸シームレス地質情報集「福岡沿岸域」 DVD 版 V-3 口永良部島火山地質データベース P-2 日本重力データベース DVD 版 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 E-5 表層土壌評価基本図 ～富山県地域～
その他	日本の熱水系アトラス 海と陸の地球化学図

---

地質調査研究報告編集委員会

委員長	佐脇 貴 幸
副委員長	片山 肇
委員	大谷 竜
	長森 英 明
	鈴木 淳
	澤井 祐 紀
	月村 勝 宏
	川邊 禎 久
	神宮 司 元 治
	内野 隆 之 恵
	森尻 理 浩
	高橋 崇 俊
	工藤 崇 俊
	中野 俊

事務局

独立行政法人 産業技術総合研究所  
地質調査情報センター  
地質・衛星情報サービス室  
Tel : 029-861-3601  
<http://www.gsj.jp/inquiries.html>

---

地質調査研究報告 第65巻 第1/2号  
平成26年3月31日 発行

独立行政法人 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  
つくば中央第7

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

---

©2014 Geological Survey of Japan, AIST  
<http://www.gsj.jp/>

Bulletin of the Geological Survey of Japan Editorial Board

Chief Editor: Takayuki Sawaki  
Deputy Chief Editor: Hajime Katayama  
Editors: Ryu Ohtani  
Hideaki Nagamori  
Atsushi Suzuki  
Yuki Sawai  
Katsuhiko Tsukimura  
Yoshihisa Kawanabe  
Motoharu Jinguuji  
Takayuki Uchino  
Rie Morijiri  
Yutaka Takahashi  
Takashi Kudo  
Shun Nakano

Secretariat

National Institute of Advanced Industrial  
Science and Technology  
Geological Survey of Japan  
Geo-information Center Geoinformation Service Office  
Tel: +81-29-861-3601  
<http://www.gsj.jp/inquiries.html>

---

Bulletin of the Geological Survey of Japan  
Vol.65 No.1/2 Issue March 31, 2014

National Institute of Advanced Industrial  
Science and Technology  
**Geological Survey of Japan**  
AIST Tsukuba Central 7, 1-1, Higashi 1-chome,  
Tsukuba, Ibaraki 305-8567 Japan

All rights reserved.

---

©2014 Geological Survey of Japan, AIST  
<http://www.gsj.jp/>

# BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Vol. 65 No. 1/2 2014

## CONTENTS

- Identification of volcanic glass bearing Daisen-Kurayoshi tephra (DKP) from borehole core at Horinji, Nanto City, Toyama Prefecture, and its implications for estimating long-term slip rate on active faults in the Hokuriku region  
Tadashi Maruyama and Masaru Saito..... 1
- K-Ar age determinations of ageunknown rocks in the Japanese Islands  
-igneous rocks in the areas associated with Geological Map Project(fiscal 2012 version)-  
Akikazu Matsumoto and Yutaka Takahashi and Hideo Hoshizumi..... 11
- Zircon U-Pb age of the Triassic granitoids at Nui Phao, northern Viet Nam  
Shunso Ishihara and Yuji Orihashi..... 17

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

1-1, Higashi 1-chome, Tsukuba, Ibaraki, 305-8567 Japan

地 調 研 報  
Bull. Geol. Surv. Japan  
Vol. 65, No. 1/2, 2014