

## レーザ加熱 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法によるプレート沈み込み開始プロセスに関する研究 Application of laser-heating $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating to the studies of subduction initiation process

石塚 治<sup>1\*</sup>

Osamu Ishizuka<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所

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

Submarine volcanic rocks are known to give ages different from their true eruption ages in some cases (e.g. Seidemann 1977). This is due to the existence of excess  $^{40}\text{Ar}$  in the rapidly quenched glass or Ar loss and K remobilization caused by reaction with seawater or hydrothermal fluids. Stepwise-heating analysis in  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating is particularly useful for dating submarine volcanics because: 1) it can provide means of detecting contribution of non atmospheric component (isochron plot), 2) extensive pre-analysis sample treatment (i.e., acid leaching, pre-heating of samples at relatively high temperature before analysis) is possible to reduce contribution from alteration phases, 3) by combined with laser-heating procedure, it can be applied on very limited amount of suitable material for dating.

We are applying this dating technique to reveal time scale and timing of process of subduction initiation along the Philippine Sea Plate, i.e., initiation of Izu-Bonin-Mariana arc. Dating of forearc crustal section of this arc revealed that the first basaltic magmatism at subduction initiation was produced by decompression melting of the mantle and took place at 51-52 Ma. The change to flux melting and boninitic volcanism took 2-4 m.y., and the change to flux melting in counterflowing mantle and more normal arc magmatism took 7-8 m.y.

These dating results also provide implication about the location and cause of subduction nucleation. The 51-52 Ma age of subduction nucleation in the IBM system strongly implies that the IBM arc initiated before the onset of sea-floor spreading in the West Philippine Basin. The potential location of subduction nucleation could be along the Mesozoic-aged arc terrane that is now found along the margins of the West Philippine Basin. This implication could be significant when along-strike variation of crustal structure and geochemical characteristics of arc magma are considered.

The contemporaneousness of IBM forearc magmatism with the major change in plate motion in Western Pacific at ca. 50 Ma suggests that the two events are intimately linked. Published numerical models of subduction initiation require at least 100km of convergence before a subduction zone nucleates, and self-sustaining subduction occurs (Hall et al., 2003). During the earliest stage of subduction, rapid trench retreat causes extension and decompression melting to generate forearc basalts from asthenospheric mantle. If this is correct, then 51-52 Ma age for onset of the basaltic magmatism can be considered as the age of initiation of slab sinking followed by self-sustaining subduction.

This age nearly coincides with the best estimate of the change in motion of the Pacific Plate deduced from the age of the Hawaiian-Emperor bend (c. 50 Ma: Sharp and Clague, 2006). Because the volcanism appears to be nearly synchronous with the change in plate motion, it appears that it was the onset of subduction that changed the plate motion. But it is still too early to reach this conclusion since we need to understand the period of subduction nucleation along the entire length of western Pacific margin with better precision. Systematic chronological study of ophiolite sequence (corresponding to early arc crustal section) in this area as well as the submarine forearc section will provide critical constraints to this discussion, and could contribute to finalize the discussion about whether subduction initiation is spontaneous or induced (e.g., Stern, 2004).

Keywords:  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating, subduction initiation, Izu-Bonin-Mariana arc

## 火山岩中の軽同位体に富むアルゴン同位体質量分別作用 Argon isotope mass fractionation to light isotope enrichment in volcanic rocks

板谷 徹丸<sup>1\*</sup>, 柳 善榮<sup>1</sup>

Tetsumaru Itaya<sup>1\*</sup>, Ryu, Sunyoung<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 岡山理科大学

<sup>1</sup>Okayama University of Science

The basalt magma generated in the upper mantle must be in excess argon environment by the radiogenic  $^{40}\text{Ar}$  derived from  $^{40}\text{K}$  decay in the upper mantle as suggested from mantle-derived materials reported by Kaneoka and Takaoka (1980). In fact, the submarine basalts from the crest of the East Pacific rise give the older K-Ar ages up to 460 Ma (Funkhouser et al., 1968). The submarine pillow basalt lavas from Kilauea volcano, Hawaii give the extremely old K-Ar ages (43 Ma) in the quickly cooled rim part in comparison with the ages (1 Ma) in the slowly cooled core part (Dalrymple and Moore, 1968). Ryu et al. (2011) reported the coarse-grained olivine phenocrysts in the basalts from the central part of Korean Peninsula were extremely older (38 Ma) than the groundmass feldspar (0.5 Ma). These results suggest the source magma had the excess argon, which has remained in the quickly cooled pillow lavas and the coarse-grained olivine phenocrysts.

The island arc type magma is produced through the partial melting of mantle wedge peridotite (Tatsumi, 1986). This suggests that the magma were also in excess argon environment because the magma formed in the wedge mantle. The argon diffusion process from magma during the eruption makes more excess argon environments. However, the historical lavas have experienced the argon isotope mass fractionation to light isotope enrichment (Matsumoto et al., 1989) and the late Pleistocene volcanic rocks in Japan, New Zealand, Hawaii and China have frequently the ratios of  $^{38}\text{Ar}$  and  $^{36}\text{Ar}$  lower than the atmospheric ratio (0.187). This confirms the mass fractionation to light isotope enrichment is common in volcanic rocks.

When, where and how the mass fractionation from the atmospheric argon isotopes takes place during the magma generation and eruption process? Itaya and Nagao (1988) and Itaya et al. (1989) pointed out that the most likely location for the mass fractionation from the atmospheric argon could be in the magma reservoir in the earth crust, probably in the shallow reservoir where the magma may easily interact with the atmospheric argon transported from out of the reservoir through underground water or seawater based on Ueda and Sakai (1984) who revealed that there was a significant interaction between magma and seawater in the magma reservoir of Satsuma Iwojima volcano, south of Kyushu, Japan. We have a working hypothesis that the magma just before eruption has already the mass fractionated isotopes. Itaya and Nagao (1988) and Itaya et al. (1989) reported that the post caldera stage lava of Aso volcano has significantly different  $^{36}\text{Ar}$  content and the same ratio of  $^{38}\text{Ar}$  and  $^{36}\text{Ar}$  in the slowly cooled part and in the quickly cooled basement part. This shows that the mass fractionation did not take place during the degassing process in the lava flowing and the isotopic ratio in the magma reservoir did not change in the process. On the basis of this hypothesis, we propose a mixing model for the mass fractionation to light isotope enrichment. We interpret that the mass fractionation to light isotope enrichment takes place during infiltration of groundwater or seawater with the atmospheric argon isotopes into the magma reservoir with the mass fractionation law analyzed numerically (Ryu et al., 2010). When the water with mass fractionated argon isotopes interact sufficiently with the magma having the excess argon isotopes in the reservoir, the magma will have the argon isotopic ratios on the fractionation line. In this case, the mass fractionation correction is valid to get reliable ages. The insufficient interaction makes the isotopic ratios above the mass fractionation line, giving unreliable ages.

キーワード: 火山岩, アルゴン, 質量分別作用, 軽同位体, 質量分別補正年代

Keywords: volcanic rocks, argon, mass fractionation, light isotopes, mass fractionation correction age

## 水月湖 93 年および 06 年コアから得られた陸上の放射性炭素年代較正用データセット ト Terrestrial radiocarbon calibration dataset from Lake Suigetsu 1993 and 2006 varved sediment cores

中川 毅<sup>1\*</sup>, クリストファー ブロンク ラムジー<sup>2</sup>, リチャード スタッフ<sup>2</sup>, シャルロット ブライアント<sup>3</sup>, ゴードン シュロラウト<sup>4</sup>, マイケル マーシャル<sup>5</sup>, アヒム ブラウアー<sup>4</sup>, ヘンリー ラム<sup>5</sup>, パヴェル タラソフ<sup>6</sup>, 原口 強<sup>7</sup>, 五反田 克也<sup>8</sup>, 米延 仁志<sup>9</sup>, 多田 隆治<sup>10</sup>, 横山 祐典<sup>10</sup>, Suigetsu Varves 2006 project members<sup>11</sup>  
Takeshi Nakagawa<sup>1\*</sup>, BRONK RAMSEY, Christopher<sup>2</sup>, STAFF, Richard<sup>2</sup>, BRYANT, Charlotte<sup>3</sup>, SCHLOLAUT, Gordon<sup>4</sup>, MARSHALL, Michael<sup>5</sup>, BRAUER, Achim<sup>4</sup>, LAMB, Henry<sup>5</sup>, TARASOV, Pavel<sup>6</sup>, HARAGUCHI, Tsuyoshi<sup>7</sup>, GOTANDA, Katsuya<sup>8</sup>, YONENOBU, Hitoshi<sup>9</sup>, TADA, Ryuji<sup>10</sup>, YOKOYAMA, Yusuke<sup>10</sup>, Suigetsu Varves 2006 project members<sup>11</sup>

<sup>1</sup> ニューカッスル大学 (英), <sup>2</sup> オックスフォード大学, <sup>3</sup> NERC 放射性炭素実験施設 (環境学), <sup>4</sup> ポツダム地質学研究所, <sup>5</sup> アペリストウィス大学, <sup>6</sup> ベルリン自由大学, <sup>7</sup> 大阪市立大学, <sup>8</sup> 千葉商科大学, <sup>9</sup> 鳴門教育大学, <sup>10</sup> 東京大学, <sup>11</sup> www.suigetsu.org  
<sup>1</sup> University of Newcastle, <sup>2</sup> University of Oxford, <sup>3</sup> NERC Radiocarbon Facility (Environment), <sup>4</sup> GeoForschungsZentrum, Potsdam, <sup>5</sup> Aberystwyth University, <sup>6</sup> Free University Berlin, <sup>7</sup> Osaka City University, <sup>8</sup> Chiba University of Commerce, <sup>9</sup> Naruto University of Education, <sup>10</sup> University of Tokyo, <sup>11</sup> www.suigetsu.org

水月湖の放射性炭素年代データセットは、Kitagawa and van der Plicht によって 1998 年に最初に報告された。だが当時研究に用いられた堆積物コア (SG93) は完全な連続試料ではなく、欠落分の見積りも不正確であったため、水月湖のポテンシャルは広く認識されるようになったものの、そのデータセットは放射性炭素年代の較正用データセットとして国際的に広く用いられることはなかった。

水月湖 2006 年コアを用いた研究プロジェクトは、93 年コアから得られた教訓をすべて踏まえ、完全な連続サンプルにもとづいて実施された。絶対年代の基になる年縞の計数は、二つの研究機関で別々の方法で実施した後、数学的な手法で単一のモデルに統合した。蓄積性の計数誤差は、U-Th 年代の与えられた鍾乳石のデータに対して、ベイズ統計モデルを用いたきわめて保守的なウィグルマッチングを施すことで最小限に押さえた。この点は Bronk Ramsey et al. (2012) でも難解な部分であると思われるので、とくに丁寧に解説することを試みる。

以上のような改善の結果、水月湖の絶対年代モデルの誤差は 1 万年で 30 年弱、5 万年でも 170 年弱に押さえることができた。このデータセットは完全に陸上の試料のみから得られているため、海洋のリザーバー効果や石灰岩由来の炭素の影響を考慮する必要がなく、樹木年輪の届かない古い時代の放射性炭素年代較正データセットとして理想的である。2013 年に発表される予定の新しい IntCal には、水月湖のデータセットが中心的に採用される予定である (2013 年 2 月 3 日現在)。

キーワード: 水月湖, SG06, 放射性炭素, IntCal, 年縞

Keywords: Lake Suigetsu, SG06, Radiocarbon, IntCal, Varve

## 海底熱水鉱床の硫化鉱物のウラン - トリウム放射非平衡年代測定 - 他の年代測定法との比較 -

### U-Th dating of sulfide minerals from a hydrothermal vent -comparisons with other dating methods-

賞雅 朝子<sup>1</sup>, 中井 俊一<sup>1\*</sup>, 豊田 新<sup>2</sup>, 佐藤 文寛<sup>2</sup>, 藤原 泰誠<sup>2</sup>, 石橋 純一郎<sup>3</sup>

Asako Takamasa<sup>1</sup>, Shun'ichi Nakai<sup>1\*</sup>, Shin Toyoda<sup>2</sup>, Fumihito Sato<sup>2</sup>, Taisei Fujiwara<sup>2</sup>, Jun-ichiro Ishibashi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup> 岡山理科大学, <sup>3</sup> 九州大学

<sup>1</sup>ERI, University of Tokyo, <sup>2</sup>Okayama University of Science, <sup>3</sup>Kyushu University

海底熱水鉱床の活動の持続時間は、鉱床の規模やそこに生活する生物群集の進化に大きな影響を与える。熱水活動の年代測定はこれまで主に、<sup>210</sup>Pb(半減期 22.6 年) など <sup>238</sup>U 壊変系列の短寿命放射性核種を利用して行われてきた。例えば Lalou et al. (1985) は、放射能測定を用い、拡大速度の大きな東太平洋中央海嶺の中軸谷で採取された硫化鉱物の <sup>210</sup>Pb/<sup>210</sup>Pb 年代は 100 年以下であり、<sup>234</sup>U-<sup>230</sup>Th 系は <sup>230</sup>Th(半減期 75,000 年) が検出できなかったことを報告している。また中軸谷から外れた場所からの試料では、<sup>234</sup>U-<sup>230</sup>Th 年代を報告している。一方、拡大速度の小さな大西洋中央海嶺の TAG 地域では、You and Bickle(1998) が表面電離型質量分析計を用い硫化鉱物の、<sup>234</sup>U-<sup>230</sup>Th 年代を報告している。本研究では、比較的拡大速度の大きな南部マリアナトラフの Archaean site から採取された、熱水を放出している硫化鉱物を主体とするクラストの詳細な、<sup>234</sup>U-<sup>230</sup>Th 年代測定を ICP 質量分析計を用いて行った。得られた年代を同じクラスト中の硫酸塩鉱物の重晶石の ESR 年代と硫化鉱物の <sup>226</sup>Ra-<sup>210</sup>Pb 年代と比較した。

クラストの一部を切り取り、さらに 13 分割にしたものを、U-Th 法と ESR 法により年代測定を行った。クラストの各部分は二つの年代測定法で 270 ~ 2200 年の年代を示した。U-Th 年代と ESR 年代は多くは誤差範囲で一致する。特に U-Th 年代は連続的に分布しており、クラストが連続的に成長したことを示唆している。一方、Noguchi et al.(2011) は、同じクラスト試料(切り出し部分は異なる)を用いて、30-40 年の若い <sup>226</sup>Ra-<sup>210</sup>Pb 年代測定を報告している。この年代の不一致の原因は次のように考えられる。

クラストは連続的に成長しており、それぞれの部分の年代は一種の平均年代を示すと考えられる。1) 熱水鉱物のクラストが一定期間等速度で連続的に成長していく、2) 鉱物沈殿時に親核種の <sup>234</sup>U と <sup>226</sup>Ra を含むが、娘核種の <sup>230</sup>Th と <sup>210</sup>Pb を含まず、3) 鉱物形成後各部分は閉鎖系に保たれる、4) 分析時には各部分を均質にサンプリングするようなモデルを考える。例えば、2,000 年間連続成長した鉱物を、すべて均一に混ぜて測定した場合、<sup>234</sup>U-<sup>230</sup>Th (娘核種の <sup>230</sup>Th の半減期は 75,000 年) 法では本当の平均年代 1,000 年とほぼ等しい 997 年の結果が得られるが、<sup>226</sup>Ra-<sup>210</sup>Pb (娘核種の <sup>210</sup>Pb の半減期は 22.6 年) では 85 年となり、最後に成長した部分の年代の影響を受けやすい。地下水から沈殿したオパール年代でもこのような現象が報告されている (Neymark et al., 2000)。

本研究の結果は一つの熱水活動が数千年以上継続することを明らかにした。また成長時期の異なる部分を分離して年代測定することが難しい現状では、連続成長した試料の年代の解釈には注意が必要であることを示唆している。最後にマルチコレクター型の ICP-MS を用いることにより、U, Th 濃度によっては 50 年以上経過していれば、<sup>234</sup>U-<sup>230</sup>Th 非平衡年代が測定が可能であることを確認しており、この年代測定法は、海底熱水鉱床の形成過程や大きさの進化を考えると非常に有用であるといえる。

キーワード: 海底熱水鉱床, ウラン - トリウム放射非平衡年代測定, ESR 年代測定, 年代不一致  
Keywords: hydrothermal vent, U-Th radioactive disequilibrium dating, ESR dating, inconsistent age

## マルチ年代学による白山火山活動史研究 History of Hakusan volcano studied by multi-chronology

長谷部 徳子<sup>1\*</sup>, 中野靖幸<sup>1</sup>, 宮本光<sup>1</sup>, 東野外志男<sup>2</sup>, 田村明弘<sup>1</sup>, 荒井章司<sup>1</sup>  
Noriko Hasebe<sup>1\*</sup>, Yasuyuki Nakano<sup>1</sup>, Hikaru Miyamoto<sup>1</sup>, Toshio Higashino<sup>2</sup>, Akihiro Tamura<sup>1</sup>, Shoji Arai<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 金沢大学, <sup>2</sup> 石川県白山自然保護センター

<sup>1</sup>Kanazawa University, <sup>2</sup>Hakusan Nature Conservation Center, Ishikawa

石川県, 福井県, 岐阜県の県境に位置する白山火山では、地下にマグマだまりの存在が確認されており、将来の起こりうる噴火に警鐘を鳴らす火山性地震も報告されている(平松 2006)。白山火山は、加賀室火山、古白山火山、新白山火山、うぐいす平火山で構成され(石川県白山自然保護センター, 1992), 各火山の噴出年代は主として K-Ar 法により年代決定されている(東野ほか 1984 など)。しかし加賀室火山以外の年代は K-Ar 法が適用できる年代範囲に比較して相対的に若いため、他の年代測定法により多角的に年代を決定することは白山火山の噴出史を再構築するのに役立つはずである。本研究では、熱ルミネッセンス年代測定法の適用年代域が白山火山の噴出年代を知るのに適しているにもかかわらずこれまで試されたことがないことに着目し、石英を抽出して年代決定を行った。また加賀室火山にはフィッショントラック年代測定を適用した。さらにマグマだまりでの滞留時間について情報を得るために鉱物晶出年代を U-Th 法および U-Pb 法により見積もり、同火山下のマグマプロセスについて考察した。その結果、噴出年代はおおむね K-Ar 法による既報と一致し、晶出年代はそれよりも 5 ? 1 0 万年若いという結果となった。

キーワード: ルミネッセンス年代測定, U-Th 年代測定, フィッショントラック年代測定, U-Pb 年代測定  
Keywords: Luminescence dating, U-Th dating, Fission track dating, U-Pb dating

## サブミクロン CHIME 年代測定法の開発 Development of submicron CHIME dating

加藤 丈典<sup>1\*</sup>  
Takenori Kato<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学年代測定総合研究センター  
<sup>1</sup>Center for Chronological Research, Nagoya University

EPMA を用いた CHIME 年代測定 [1][2][3] では、数ミクロンの領域の U-Th-Pb 系の年代測定が可能である。通常 15 から 25keV のエネルギーの電子を用いるため、1 ミクロン以下の微小粒子や、累帯構造をもつ鉱物の 1 ミクロン以下の細い領域を測定することは不可能である。そこで、1 ミクロン以下の高空間分解能の CHIME 年代測定法を開発した。その結果、サブミクロン領域の CHIME 年代測定は、EPMA で入射電子のエネルギーを小さくすることで実現可能であることが明らかになった。

モンテカルロシミュレーションにより鉱物内部の X 線発生領域を求め、電子ビームの大きさを考慮した空間分解能を検討した。Kato (2007)[4] のシミュレーションモデルを用いた。その結果、入射電子のエネルギーを 5keV にすると、タングステンフィラメントでも通常の分析と同じ 200nA の照射電流で分析領域が 1 ミクロン未満になることが明らかになった。また、X 線強度のシミュレーション結果から、入射電子のエネルギーを 5keV とし、照射電流を 200nA とした場合の検出限界は閃ウラン鉱で 7Ma、モナズ石で 150 から 450Ma (化学組成に依存) であることが予想される。

次に、補正計算モデルについて検討した。5keV の条件では、発生関数の形状が 15keV の条件と大きく異なる。低エネルギーでも正確な発生関数モデルでなければ正しい化学組成を得ることができない。double Gaussian[5][6]、PAP[7]、surface-center Gaussian[8] 及び conventional ZAF について、閃ウラン鉱及び方トリウム鉱を用いて実際に X 線強度を測定して比較した。その結果、double Gaussian と PAP は 15keV と 5keV で得られる年代がよく一致しているが、surface-center Gaussian と conventional ZAF では、15keV で得られる年代と 5keV で得られる年代が大きく異なることが明らかになった。したがって、5keV の入射電子を用いたサブミクロン CHIME 年代測定では、double Gaussian 又は PAP により補正計算を行う必要がある。

[1] Suzuki, K. & Adachi, M. (1991) *J. Earth Planet. Sci. Nagoya Univ.*, 38, 11 - 37.

[2] Suzuki, K. & Adachi, M. (1991) *Geochem. J.*, 25, 357 - 376.

[3] Suzuki, K. & Kato, T. (2008) *Gondwana Res.*, 14, 569 - 586.

[4] Kato, T. (2007) *Geostandard Geoanal. Res.*, 31, 89 - 94.

[5] Merlet, C. (1994) *Mikrochim. Acta*, 114/115, 363 - 376.

[6] Merlet, C. (1995) *Microbeam Anal.*, 4, 239 - 253.

[7] Pouchou, J.L. and Pichoir, F. (1991) In: *Electron Probe Quantitation*, Heinrich, K.F.J. & Newbury, D.E. (eds), Plenum Press, New York, 31 - 75.

[8] Armstrong, J.T. (1991) In: *Electron Probe Quantitation*, Heinrich, K.F.J. & Newbury, D.E. (eds), Plenum Press, New York, 261 - 315.

キーワード: CHIME 年代測定, U-Th-Pb 年代測定, サブミクロン年代測定, EPMA 定量分析, マトリクス補正

Keywords: CHIME dating, U-Th-Pb dating, submicron dating, quantitative electron probe microanalysis, matrix correction

## 多数の U-Pb 年代測定データから明らかになった飛騨山脈での多段階花崗岩質マグマの貫入

### Incremental granitic magma emplacements in the Hida Mountain Range as revealed by comprehensive zircon U-Pb data

伊藤 久敏<sup>1\*</sup>, 山田 隆二<sup>2</sup>, 田村 明弘<sup>3</sup>, 荒井 章司<sup>3</sup>, 堀江 憲路<sup>4</sup>, 外田 智千<sup>4</sup>  
Hisatoshi Ito<sup>1\*</sup>, Ryuji Yamada<sup>2</sup>, Akihiro Tamura<sup>3</sup>, Shoji Arai<sup>3</sup>, Kenji Horie<sup>4</sup>, Tomokazu Hokada<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 電力中央研究所, <sup>2</sup> 防災科学技術研究所, <sup>3</sup> 金沢大学, <sup>4</sup> 国立極地研究所  
<sup>1</sup> CRIEPI, <sup>2</sup> NIED, <sup>3</sup> Kanazawa University, <sup>4</sup> National Institute of Polar Research

飛騨山脈は日本で最も高い山脈であるとともに第四紀の隆起・削剥が激しい地域である。飛騨山脈には花崗岩が広く分布しており、中生代から第四紀にかけての複数回の貫入イベントが知られている。これらは比較的閉鎖温度が低い K-Ar 法やフィッショソ・トラック法に基づいているため、正確な貫入年代は不明であった。

本研究では黒部川花崗岩とその周辺から採取した 34 個の花崗岩質岩試料について、LA-ICP-MS によるジルコンの U-Pb 年代を求めた。いくつかの試料についてはジルコン粒子の中心部と縁辺部での測定を行い、また SHRIMP による U-Pb 年代測定も行った。その結果、信頼性の高い U-Pb 年代が得られたことが確認できた。

年代測定の結果、飛騨山脈には 65 Ma 頃に生成した花崗岩が広く分布すること、10 Ma から複数回の貫入イベントがあることが明らかになった。そのうち最も若い貫入イベントは約 0.8 Ma であり、黒部川花崗岩が地球上で最も若い地表露出花崗岩であることが分かった。

キーワード: U-Pb 年代測定, ジルコン, 花崗岩質マグマ, 飛騨山脈  
Keywords: U-Pb dating, zircon, granitic magma, Hida Mountain Range

## 南海トラフ付加プリズムの熊野海盆泥火山噴火のメカニズム Mechanism of eruption of Kumano mud volcano, Nankai accretionary prism

西尾 嘉朗<sup>1\*</sup>, 井尻 暁<sup>1</sup>, 土岐 知弘<sup>2</sup>, 諸野 祐樹<sup>1</sup>, 稲垣 史生<sup>1</sup>  
Yoshiro Nishio<sup>1\*</sup>, Akira Ijiri<sup>1</sup>, Tomohiro Toki<sup>2</sup>, Yuki Morono<sup>1</sup>, Fumio Inagaki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構, <sup>2</sup> 琉球大学

<sup>1</sup>JAMSTEC, <sup>2</sup>Ryukyu Univ.

付加プリズムの深部流体は、海溝型地震の発生において重要な役割を演じる。前弧泥火山の流体試料は、その流体の起源や付加プリズム深部における水-堆積物の相互作用に関して有用な情報をもたらしてくれることが期待できる。しかし、海水汚染のために、水の水素・酸素同位体比といった伝統的指標を用いては、泥火山の間隙水試料から深部流体情報を探ることは難しかった。最も軽いアルカリ金属元素であるリチウム (Li) は極めて流体相に入りやすい元素の1つである。堆積物と流体が共存する系においては、流体に分配される Li 量は温度と共に増加する。加えて、一度でも高温を経験して流体に分配された Li は冷却過程においても鉱物相に取り込まれずに流体相に留まる。また、Li は <sup>6</sup>Li (92.5%) と <sup>7</sup>Li (7.5%) といった2つの安定同位体を持つため、この安定同位体比は流体の起源等において重要な指標となる。流体と堆積物等の固体が共存する場合、流体の <sup>7</sup>Li/<sup>6</sup>Li 比は、共存する堆積物の <sup>7</sup>Li/<sup>6</sup>Li 比より常に高いが、その差は温度が上昇するにつれ小さくなる。これらの特徴から、Li 同位体指標が深部流体の生成温度 (つまり生成深度) に関する情報をもたらしてくれる事が期待される。このような深部流体の優れた指標として期待される Li 同位体比であるが、これまで分析が困難であったことから、その報告例は極めて限られていた。本研究では、2009年3月に地球深部探査船「ちきゅう」を用いて採取された熊野トラフ前弧海盆の泥火山掘削コア試料 (C9004 [泥火山中央], C9005 [泥火山端]) を用いた。紀伊半島南東沖の熊野トラフは前弧海盆であり、南西方向から 4cm/yr でフィリピン海プレートが沈み込んでいる。この熊野トラフには、約 10 ほどの泥火山が確認されている。その結果、測定した熊野海盆泥火山流体の <sup>7</sup>Li 値は +5.5 ‰ から +10.6 ‰ の間であった ( ${}^7\text{Li} = \left[ \frac{{}^7\text{Li}/{}^6\text{Li}}{\text{sample}} / \frac{{}^7\text{Li}/{}^6\text{Li}}{\text{L-SVEC standard}} - 1 \right] \times 1000$ )。この <sup>7</sup>Li 値は Rb/Li 比と正の相関を示すことから、この <sup>7</sup>Li 値のばらつきは 2 成分混合の結果であって、より高温を経験した深部起源流体端成分の <sup>7</sup>Li 値は +5.5 ‰ より低いと推定される。南海トラフのデコルマ流体の <sup>7</sup>Li 値である +10 ‰ (You et al., 1995, *Geology* 23, 37-40) より有意に低い。今回測定した熊野泥火山流体も前述の南海デコルマ流体も、海水より Cl/Li 比が有意に低いことから、両者ともに得られた <sup>7</sup>Li 値に海水混入の影響はない。つまり、本研究で明らかとなった熊野泥火山流体の方が南海デコルマ流体より、高温を経験した深部に起源をもつ可能性を示唆する。Li 同位体温度計は、熊野泥火山流体が約 300 °C を経験してきた可能性を示唆する。この結果を基に、熊野泥火山噴火のメカニズムについても議論する。

キーワード: リチウム同位体, 泥火山, 南海, 地震, 付加プリズム, 深部流体

Keywords: lithium isotope, mud volcano, Nankai, earthquake, accretionary prism, deep-rooted fluid



## 32-31 億年前の海底環境復元: DXCL 掘削コアに含まれる微小球殻状黄鉄鉱の硫黄同位体局所分析

Restoration of the 3.2-3.1 Ga sea floor: Local analysis of S isotope of micro-scale spherical shell pyrite in DXCL core.

三木 翼<sup>1\*</sup>, 清川 昌一<sup>1</sup>, 高畑 直人<sup>2</sup>, 伊藤 孝<sup>3</sup>, 池原 実<sup>4</sup>, 山口 耕生<sup>5</sup>, 坂本 亮<sup>6</sup>, 佐野 有司<sup>2</sup>

Tsubasa Miki<sup>1\*</sup>, Shoichi Kiyokawa<sup>1</sup>, Naoto Takahata<sup>2</sup>, Takashi Ito<sup>3</sup>, Minoru Ikehara<sup>4</sup>, Kosei E. Yamaguchi<sup>5</sup>, Ryo Sakamoto<sup>6</sup>, Yuji Sano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>九州大学, <sup>2</sup>東京大学, <sup>3</sup>茨城大学, <sup>4</sup>高知大学, <sup>5</sup>東邦大学, <sup>6</sup>三井石油開発株式会社

<sup>1</sup>Kyushu University, <sup>2</sup>Tokyo University, <sup>3</sup>Ibaraki University, <sup>4</sup>Kochi University, <sup>5</sup>Toho University, <sup>6</sup>Mitsui Oil Exploration Co.,Ltd.

西オーストラリア・ピルバラ海岸グリーンストーン帯には 32~30 億年前の低変成度のデキソンアイランド層及びクリバービル層が露出している。この堆積岩中には初期地球の地質・生物学的進化を読み解く上で非常に重要な太古代の地球表層環境の情報と初期生命の痕跡が残されている。

デキソンアイランド層はクリバービル海岸とデキソンアイランドの北西に位置する。下位からコマチアイト・流紋岩質凝灰岩部層(約 250m), 黒色チャート部層(7~20m), 多色チャート部層(約 150m) からなり, 約 400m の層厚を持つ。多色チャート部層上部には黒色頁岩の層があり, 非常に細かなラミネーションを持つ黄鉄鉱を含む。デキソンアイランド層の南側には層序的上位のデキソン枕状溶岩が整合的に接し, さらにその南側にはクリバービル層が整合している。クリバービル層は下部の黒色頁岩部層(約 130m) 及び上部の BIF(約 300m) からなり, 約 430m の層厚を持つ。

本地域において過去の堆積環境の変化の高解像度復元を目的として 2007 年と 2011 年に DXCL 陸上掘削 (Kiyokawa et al., 2012) が行われ, 岩石コア試料 DX, CL1, CL2, CL3 の 4 本が取得された。

DX, CL1, CL2 については岩相の分類分けや生物源の痕跡を解読するための炭素, 硫黄の同位体測定がなされているが, <sup>34</sup>S は非常に重い値 (-1.9~+26.8 ‰; 坂本, MS2010) が出ており, 通常見られるような生物源の負の方向の同位体分別の様子とは異なる。特に DX コアでは値の変動が大きかった。DX の鏡下観察の結果, 数十~数百 μ m の黄鉄鉱の自形結晶の層や直径約 10 μ m で中がシリカなどで充填されている微小球殻状黄鉄鉱の層があることが分かった。自形のもは他の層を切った産状が見られることから, 微小球殻状黄鉄鉱が最も初期に形成したことが明らかになっている。

本研究ではこの微小球殻状黄鉄鉱を対象に, 空間的にどの程度細かく分別が起きているのか, またその成長のし方を類推することを目的として面的に硫黄同位体測定を行い, その局所変動の観察を行なった。

(微小球殻状黄鉄鉱の分類) 測定した黄鉄鉱はその形態により, A タイプ(1 サンプル):球殻の中にシリカのみが充填しているもの, B タイプ(7 サンプル):球殻の中にシリカが充填し, 中心部に黄鉄鉱球を含むもの, C タイプ(3 サンプル):中が黄鉄鉱で充填しているもの, の 3 つに分類した。A, B タイプの球殻の厚さはいずれも 1~3 μ m ほどであった。この形態分けから, A B C と球殻が成長していったことを推測している。

(方法) 球殻状黄鉄鉱を含む DX124.34 の薄片とスタンダードを共に包埋した樹脂を用意し, 東京大学大気海洋研究所所有の NanoSIMS を用いてイメージング分析を行なった。A タイプは内部が全てシリカなので, 測定時間の無駄を省くために球殻の一部を拡大して約 3x3 μ m の範囲を測定した。B, C タイプは粒子全体が収まるように約 10x10 μ m の範囲を測定した。領域によって測定時間が異なるが, 表示 pixel 数を 4x4, 8x8, 16x16 のいずれかに調整してどれも同じ精度で比べられるようにした。

(測定結果) スタンダード:均質な組成を持つスタンダードの測定で同位体比の絶対値は安定しなかったが, 一度の分析領域内での値のばらつきは小さく, 均質性は十分に見ることができた。そのため今回のマッピングでは, 同位体比の絶対値がどうであるかというのに特別な意味はなく, かわりに分析領域内での同位体比の差を見るのが非常に重要になる。

微小球殻状黄鉄鉱:一つの領域内で 20~50 ‰ほどの大きな同位体比の差が見られた。A タイプは球殻の内部で斑のような分布を示し, 数 μ m の差で 10 ‰もの値の差が見られた。B タイプでは全体的に外殻の内縁部の方が外縁部よりも 10~20 ‰ほど高く, 同心円のような構造が見られた。しかし一部 A タイプのような斑も見られた。また中心部が外殻よりも 4~12 ‰重いことが分かった。C タイプでは, リング状に周りより 10 ‰ほど重い領域が見られた。

(まとめ) A タイプでは 1 つの球殻の中で同位体比は斑な分布をしていた。

B タイプでは大部分で外殻の内縁部が外縁部より重くなっていた。これは球殻が形成して閉じられた空間の中でさらに重い方向に同位体分別が進み, 球殻が内側に成長したためと考えられる。また中心部に重い黄鉄鉱が存在するのも同様の理由によると考えられる。外殻に A タイプのような斑部分も見られたことは, A B と成長した可能性を示唆している。

C タイプでは中心部と外縁部が軽く, その間を埋めるリング状に重い値を示す部分が見られた。これは外殻の内縁部と中心部の双方から重い値の黄鉄鉱が成長し, ついには最も重い黄鉄鉱が球殻の内部の空間を充填してしまうためと考えられる。このことから B C と成長した可能性が示唆される。

以上 ~ をまとめた結果, 微小球殻状黄鉄鉱はその形成の後, A B C と成長していったことが推測される。

# Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SGL40-09

会場:201A

時間:5月19日 16:30-16:45

キーワード: 微小球殻状黄鉄鉱, 硫黄同位体, 局所分析, 硫酸還元菌, 太古代, ピルバラ

Keywords: micro-scale spherical shell pyrite(=MSSP), sulfur isotope, local analysis, sulfate reduction bacteria, Archean, Pilbara

## 变成碳酸塩岩における Sm-Nd 同位体組成から見る Gondwana 衝突以前の海洋の記録 Sr and Nd isotope systematics of metacarbonate rocks as proxies for extinct oceans in continental collision zones

大辻 奈穂<sup>1\*</sup>, Madhusoodhan Satish-Kumar<sup>1</sup>, 亀井 淳志<sup>2</sup>  
Naho Otsuji<sup>1\*</sup>, Satish-Kumar Madhusoodhan<sup>1</sup>, Atsushi Kamei<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 新潟大学, <sup>2</sup> 島根大学

<sup>1</sup>Niigata University, <sup>2</sup>Shimane University

Geochemistry of chemically deposited sedimentary rocks, especially neodymium isotopes, is often used as an indicator to understand paleo-oceans, its relationship with continents and so on. Because of the infinitely low concentration of neodymium in sea water than that of continental material and a very short residence time in the seawater, the Nd budget of the ocean is dominated by continental source and sedimentary rocks record its local differences. In particular carbonate rocks are good indicator for understanding the relationship between continents and surrounding oceans, because it is commonly deposited in a platform environment surrounding a continent.

The Sor Rondane Mountains, located in the Neoproterozoic to Early Cambrian East African-Antarctic collisional orogen, are the best location for understanding the Gondwana amalgamation, and recently lots of new information on these mountains have been generated in terms of its geology, lithological variations, tectonic evolution, geophysics and so on. These mountains are composed of medium- to high-grade metasedimentary, metaigneous and intrusive rocks of diverse composition (Osanaï et al., 2013 and references therein). Within the metasedimentary rocks, the metacarbonate rocks are considered to have deposited chemically in the so-called the "Mozambique Ocean" that separated the continental blocks East Antarctica and southern Africa that amalgamated to form Gondwana. It is possible that the metacarbonate rocks record geochemical signatures of contemporaneous seawater. Metasedimentary rocks distribute in Northeastern area of the Sor Rondane Mountains, and the southwestern area is dominated by metaigneous rocks that were derived from the subduction of young hot oceanic crust. Recently, Otsuji et al. (2013) reported 880-850 Ma and 820-790 Ma (late-Tonian and early-Cryogenian age) depositional ages of the metacarbonate rocks by using strontium and carbon isotopic stratigraphy. However, there exist regional variations in the Sr isotopic composition and it is necessary to understand the relation with surrounding continental blocks. To achieve this, we analyzed Nd isotopic composition in pure and impure metacarbonate rocks from the Sor Rondane Mountains, East Antarctica and discuss about the relationship with continent and depositional basin of carbonate sediments before the Gondwana amalgamation. Combining the reported Nd isotopic ratio from various rock units from the Sor Rondane Mountains (e.g. Kamei et al., 2013; Nakano et al., 2013; Shiraishi et al., 2008 and reference therein), we evaluate the possible source characteristics of Nd in the platforms that potentially surrounded the Sor Rondane Basin of the Mozambique ocean.

The epsilon values of Sr and Nd from pure carbonate rocks are lower than metaigneous rocks from the southeastern area in the Sor Rondane Mountains. A clear trend is also visible in the order from metaigneous rocks (rocks in the southeastern area), through impure carbonate to pure carbonate rocks in the Sor Rondane Mountains, suggesting a potential mixing of continental and oceanic source. Additionally, impure carbonate rocks show a narrow range, while pure ones have wide and various distributions in each region. There is also a marked variation in Nd model ages ( $T_{2DM}$ ) for pure carbonate rocks in the Sor Rondane Mountains. These imply that the age of continents that acted as sources to the surrounding sea water during timing of carbonate deposition, were possibly different. In our presentation we attempt to discuss the pros and cons of using metacarbonate rocks which can lead to review the process during continental collision, and before and after that.

### References

Kamei et al., 2013. Precambrian Research (in press); Nakano et al., 2013. Precambrian Research (in press); Otsuji et al., 2013. Precambrian Research (in press); Shiraishi et al., 2008. Geological Society, London, vol. 308, pp. 21-67.

Keywords: Sm-Nd isotopic composition, metacarbonate rocks, chemostratigraphy

## 飛騨帯及び宇奈月地域における変成作用の年代 Timing of regional metamorphism in the Hida Belt and Unazuki area

堀江 憲路<sup>1\*</sup>, 竹原 真美<sup>2</sup>  
Kenji Horie<sup>1\*</sup>, Mami Takehara<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 国立極地研究所, <sup>2</sup> 九州大学大学院理学府  
<sup>1</sup>NIPR, <sup>2</sup>Graduate School of Sciences, Kyushu University

The Hida Belt is one of crucial sites for deciphering the Permo-Triassic orogeny in East Asia and is important for discussing the eastern extension of the Triassic continental collision between North and South China Cratons in the Japanese Islands. The Hida Belt consists of granitoids and metamorphic complex which consists mainly of paragneisses, orthogneisses, amphibolite and marble with multiple episodes of metamorphism evident, as based on petrography. However, the timing and duration of the regional metamorphism is still controversial, because radiometric ages mainly determined by Rb-Sr and K-Ar methods are scattered from 240 Ma to 220 Ma. The Unazuki area, situated at the northeastern part of the Hida Belt, has experienced the kyanite-sillimanite type metamorphism characterized by a clockwise P-T path. Radiometric ages of the Unazuki schists, previously determined by Rb-Sr and K-Ar methods, are scattered from 248 Ma to 175 Ma primarily because of multi-phase metamorphism and deformation. In this study, U-Pb zircon geochronology was applied to Hida gneiss in the Kagasawa area and the Unazuki schists to discuss about timing of the regional metamorphism in the Hida Belt and the Unazuki area.

Zircon grains of the Hida gneiss sample are rounded to well-rounded in habit. Cathodoluminescence images of zircon revealed that overgrowth rim surrounds oscillatory zoning core. The oscillatory zoning core yielded ca. 251 +/- 2 Ma. U-Pb age of the overgrowth rim with low Th/U ratio is ca. 247 +/- 1 Ma, which suggests that the regional metamorphism started between 251 and 247 Ma in the Kagasawa area.

On the other hand, in the Unazuki area, U-Pb data of quartzo-feldspathic schist derived from felsic volcanics yield an eruption age of 258 +/- 2 Ma, indicating that regional metamorphism occurred after 258 Ma. U-Pb age of a granite in north part of the Unazuki area is 253 +/- 1 Ma. The granite contains some xenoliths of the Unazuki schist, in which staurolite is replaced by andalusite and cordierite due to thermal flux from granitic magma. Therefore, regional metamorphism occurred between 258 and 253 Ma, suggesting a rapid metamorphic progression. 251 +/- 1 Ma of gneissose quartz diorite containing the Unazuki schists supports the timing of the regional metamorphism.

キーワード: ジルコン, U-Pb, 飛騨帯, 宇奈月, SHRIMP  
Keywords: zircon, U-Pb, Hida Belt, Unazuki, SHRIMP

## 西南日本白亜紀花崗岩類・塩基性岩類の U-Pb 年代とその地質学的意味 U-Pb ages of Cretaceous granitic and mafic rocks of SW Japan and their geological implication

中島 隆<sup>1\*</sup>

Takashi Nakajima<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>産総研地質調査総合センター

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

The Cretaceous granitic province in Southwest Japan has been subdivided into San-yo zone in back-arc side and Ryoke zone in fore-arc side. The granitoids in the Ryoke zone are classified into Younger Ryoke granitoids and Older Ryoke granitoids.

It has been noticed since old days that the granitoids from the eastern part of SW Japan (Chubu district) give relatively young ages compared to those from the western part (Yanai district). Since 1990s, eastward younging along-arc age variation of these granitoids and a ridge subduction model has provoked hot discussion. But they are based on classical K-Ar and Rb-Sr ages because U-Pb dating had not been done in Japan, then.

After middle 1990s, U-Pb ages of the granitoids and accompanied mafic rocks using ion microprobe and ICP-MS have been documented. They gave the following results.

1) The U-Pb ages of the San-yo zone granitoids and Younger Ryoke granitoids show the polarity of eastward younging from cc.95Ma to 70Ma.

2) The ages of the Older Ryoke granitoids are nearly constant with rather broad range of 98-85Ma all the way from west to east of SW Japan.

3) The ages of mafic rocks including MMEs, synplutonic dikes and layered gabbros in the Chubu and Kinki districts are distinctly younger than the associated Ryoke granitoids. The ages of mafic rocks are similar to those of the San-yo zone granitoids of similar along-arc positions, seemingly following their along-arc polarity.

Along-arc age variation of the San-yo granitoids is clearly shown by also CHIME ages on the Chubu and Yanai districts (Suzuki and Adachi, 1998).

The results 1) to 3) above lead us to another view that we have not seen.

1. The San-yo and Ryoke granitoids should be re-categorized. The Younger Ryoke granitoids have to be re-defined or re-named in another grouping. Or it may be better to quit the name of San-yo and Ryoke granitoids at least in the meaning so far used.

2. Two types of magmatism took place at the site of the Cretaceous Japanese Islands. One is 95-85Ma plutono-metamorphism which prevailed whole SW Japan. Another one is along-arc traveling magmatism which is now exposed in the erosion level of volacano-plutonic complexes.

3. The mafic rocks now exposed in the Ryoke belt were product of the along-arc traveling magmatism.

Mafic rocks are exposed much less in the San-yo zone compared to those in the Ryoke zone. Mafic magma that intruded in the present San-yo zone may have contributed as a source material of the granitoids of the San-yo zone. Next, we need a tectonic model that allows the apparently crossing two age trends of magmatism in a single geologic site in the tectonic setting of a continental margin.

キーワード: 花崗岩類, U-Pb 年代, 西南日本, 白亜紀, 領家帯/山陽帯, 塩基性岩

Keywords: granitic rocks, U-Pb age, SW Japan, Cretaceous, Ryoke/San-yo, gabbro

## 黒雲母の閉止温度と熱履歴 Closure temperature of biotite and thermal history

兵藤 博信<sup>1\*</sup>

Hironobu Hyodo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 岡山理大・自然研

<sup>1</sup>RINS, Okayama Univ. of Sci

昨年度報告した K-Ar 系の黒雲母の閉止温度は熱履歴について考慮せず冷却速度は深成岩のような 1K/1000 yr という値を用いて 800 °C 以下の <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar レーザー段階加熱実験から得られる単結晶黒雲母の閉止温度の単純比較を行った。得られた閉止温度は 0 °C 以下から 300 °C 程度に分布し平均値は 250 °C と一般的に知られた値よりやや低めで、活性化エネルギーの平均値は 30 kcal/mol とバルクの実験で報告されている値と大きな違いは見られなかった。この結果はレーザー加熱法から得られる閉止温度でも岩体の熱履歴を考察するのに必要な情報が得られることを示した。

今回、見積もりの精度を改善するため試料数をさらに増やし計算に影響する冷却速度の小さい (1K/1000 yr) 深成岩類 (変成岩を含む) と冷却速度が大きい (1K/1 yr) 火山岩類 (凝灰岩を含む) の閉止温度、活性化エネルギーの比較を行った。その結果異なる熱履歴を経た黒雲母には基本的に活性化エネルギーには大きな差はないが、閉止温度では深成岩の 270 °C に対して火山岩では 330 °C であった。この差は一見閉止温度の計算で冷却速度の違いが反映された結果であるように見える。しかしながらこれらの火山岩に対して深成岩的なゆっくりした冷却速度を適用すると逆に閉止温度は 200 °C を切ってしまう試料が多くなるので見かけの効果ではないと考えている。100 °C を下回るような閉止温度が計算される場合がいくつかあり、その原因は主に黒雲母の変質とくに緑泥石化が強く反映されている。そのような場合は年代スペクトルにも大きく影響している場合が多い。またほとんどの場合、バルク実験で見られる脱水反応後の Arrhenius plot の変化はレーザー加熱実験の結果ではむしろ少ない。バルク実験とレーザー加熱実験の違いからレーザー加熱実験による閉止温度がやや低めに見積もられる理由について考察する。

キーワード: 閉止温度, 単結晶黒雲母, K-Ar 系, <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar, レーザー段階加熱

Keywords: closure temperature, biotite grain, K-Ar system, <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar, laser step heating

## K-Ar年代測定における試料サイズと過剰アルゴンの関係 Reduction of extraneous $^{40}\text{Ar}$ contamination for accurate K-Ar age determinations: an experimental study in various sample

山崎 誠子<sup>1\*</sup>, 磯部 翔太郎<sup>2</sup>, 佐藤 洋樹<sup>2</sup>, 田上 高広<sup>2</sup>  
Seiko Yamasaki<sup>1\*</sup>, Shotaro Isobe<sup>2</sup>, Hiroki Sato<sup>2</sup>, Takahiro Tagami<sup>2</sup>

<sup>1</sup>産業技術総合研究所, <sup>2</sup>京都大学

<sup>1</sup>Geological Survey of Japan, AIST, <sup>2</sup>Kyoto University

A fundamental assumption of K-Ar dating is that the samples initially contained no radiogenic  $^{40}\text{Ar}$ , but sometimes rocks contain radiogenic  $^{40}\text{Ar}$  called extraneous  $^{40}\text{Ar}$ . Some previous study reported argon isotopes of historical lavas had anomalously high  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  ratios, and show old apparent ages. Since extraneous  $^{40}\text{Ar}$  is likely contained in the phenocrysts and xenoliths, groundmass samples are generally prepared for analysis. Besides, Ozawa et al. (2005) showed fine-grained groundmass samples had less extraneous  $^{40}\text{Ar}$  contamination, and suggested that extraneous  $^{40}\text{Ar}$  is contained in fluid inclusions or vesicles and released during crushing. We measure argon isotopic ratios in various sizes of young lava samples, and investigated the reduction of extraneous  $^{40}\text{Ar}$  contamination. The finer samples roughly showed lower  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  ratios but more difficult to handling of the preparation such as mineral separation and wrapping in foils for isotopic measurements.

キーワード: K-Ar年代測定, 過剰 $^{40}\text{Ar}$ , 粒度

Keywords: K-Ar dating, extraneous  $^{40}\text{Ar}$ , sample size

## ベーリング海におけるバウワーズリッジ ( サイト U1342A&D ) の Ar-Ar 年代 Results of Ar-Ar dating for basaltic rocks from Bowers Ridge, Bering Sea at site U1342A&D

佐藤 佳子<sup>1\*</sup>, 川畑 博<sup>1</sup>, 兵藤 博信<sup>2</sup>, 熊谷 英憲<sup>1</sup>, David W. Scholl<sup>3</sup>, 高橋 孝三<sup>4</sup>, 鈴木 勝彦<sup>1</sup>

Keiko Sato<sup>1\*</sup>, Hiroshi Kawabata<sup>1</sup>, Hironobu Hyodo<sup>2</sup>, Hidenori Kumagai<sup>1</sup>, David W. Scholl<sup>3</sup>, Kozo Takahashi<sup>4</sup>, Katsuhiko Suzuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構, <sup>2</sup> 岡山理科大学, <sup>3</sup> U.S. Geological Survey, Menlo Park/ University of Alaska, Fairbanks, <sup>4</sup> 北星学園大学  
<sup>1</sup>IFREE, JAMSTEC, <sup>2</sup>Research Institute of Natural Sciences, Okayama University of Science, <sup>3</sup>U.S. Geological Survey, Menlo Park/ University of Alaska, Fairbanks, <sup>4</sup>Hokusei Gakuen University

Basement rocks were drilled down to ca. 42 m into the volcanic sequence directly underneath the sedimentary section at Site U1342 on Bowers Ridge during the IODP Expedition 323 to the Bering Sea. This provided us an opportunity to describe the details of the sequence and to decipher the virtually unknown origin and evolution of the Bowers arc massif. There are two contrasting hypotheses for the origin of the arc, which include formation in the Pacific Basin well to the south of its present location during the Cretaceous and in-situ formation within the Bering Sea in Eocene.

The volcanic sequence recovered from Site U1342D was divided into six major lithological units: Unit 1, vesiculated andesitic lava flow; Unit 2, interbedded volcanic sandstones and polymict volcanic conglomerates; Unit 3, monomict volcanic conglomerates; Unit 4, interbedded volcanic sandstones and polymict volcanic conglomerates; Unit 5, monomict volcanic conglomerates; and Unit 6, polymict volcanic conglomerates. Units 3 and 4 represent hydroclastic volcanoclastics, while units 2, 4, and 6 are epiclastic volcanoclastics (Kawabata et al., 2011). We used the single grain <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar dating method by step-wise laser fusion for Unit 1 basaltic andesite rocks. We distinguish for the first time two stage (age groups) of activity (34-32Ma and 28-26Ma) from our Ar-Ar data, coupled with those from Wanke et al., (2012).

キーワード: Ar-Ar 年代, ベーリング海, バウワーズリッジ, U1342A&D

Keywords: Ar-Ar dating, Bering Sea, Bowers ridge, U1342A&D



## 本州中部, 高遠地域の苦鉄質岩脈によって焼かれた母岩のフィッション・トラック年代: 中新世ジルコン年代と若いアパタイト年代 Fission track ages for baked country rocks adjacent to the mafic dikes in the Takato area, central Honshu

星 博幸<sup>1\*</sup>, 岩野 英樹<sup>2</sup>, 檀原 徹<sup>2</sup>  
Hiroyuki Hoshi<sup>1\*</sup>, Hideki Iwano<sup>2</sup>, Tohru Danhara<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 愛知教育大学, <sup>2</sup> 京都フィッション・トラック  
<sup>1</sup>Aichi University of Education, <sup>2</sup>Kyoto Fission-Track Co. Ltd

We present new fission track (FT) ages for apatites and zircons separated from baked zones of country rock (granite) adjacent to dolerite dikes in the Takato area, Nagano Prefecture. The dolerite dikes form a dike swarm with a dominant NW-SE strike and vertical or subvertical dips, from which a minimum principal stress ( $\sigma_3$ ) axis trending NE-SW is deduced. The country rock is the Takato granite of late Cretaceous age. There are a number of good exposures where the contacts between the dolerite dikes and the granite can readily be recognizable. In order to determine the age of this dike swarm by FT dating, rock samples were collected from three baked zone sites of the granite that are located adjacent to the dolerite dikes. At the baked zone sites, we carefully sampled tiny rock fragments and mineral grains within 8 mm from the contact. We determined FT ages of ca. 17-16 Ma for zircons from all the baked zone sites, compared with the zircon FT ages of ca. 55 Ma determined for granite samples far from dikes. Confined FT length measurements suggest that the zircon FT ages for the contact zones have totally been reset by the heat from dolerite dikes. These FT results indicate that the dolerite dike intrusion took place at ca. 17-16 Ma and that mafic igneous activity occurred in this area in the latest Early Miocene. This finding has an implication that the 17-16 Ma volcanic front probably lay through or close to this area of central Honshu. For apatites, consistent ages of ca. 4 Ma were determined for both the baked zone and distant sites. Such significantly young apatite FT ages can be explained by assuming (i) significant uplift and denudation in and around the Takato area after 4 Ma, or (ii) a local thermal event at that time.

キーワード: フィッション・トラック年代, ドレライト岩脈, 高遠花崗岩, 本州中部, 熱年代学, 中新世火山フロント  
Keywords: fission track age, dolerite dike, Takato granite, central Honshu, thermochronology, Miocene volcanic front

## 鈴鹿山脈から採取したアパタイトのフィッション・トラック年代および(U-Th)/He年代とその地形学的意義 Apatite fission-track and (U-Th)/He ages of the Suzuka Range, southwest Japan, and their geomorphological implications

末岡 茂<sup>1\*</sup>, 山田 国見<sup>1</sup>, 柴田健二<sup>1</sup>, 堤 浩之<sup>2</sup>, 田上 高広<sup>2</sup>, 長谷部 徳子<sup>3</sup>, 田村 明弘<sup>3</sup>, 荒井 章司<sup>3</sup>  
Shigeru Sueoka<sup>1\*</sup>, Kunimi Yamada<sup>1</sup>, Kenji Shibata<sup>1</sup>, Hiroyuki Tsutsumi<sup>2</sup>, Takahiro Tagami<sup>2</sup>, Noriko Hasebe<sup>3</sup>, Akihiro Tamura<sup>3</sup>, Shoji Arai<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 日本原子力研究開発機構, <sup>2</sup> 京都大学, <sup>3</sup> 金沢大学

<sup>1</sup>Japan Atomic Energy Agency, <sup>2</sup>Kyoto University, <sup>3</sup>Kanazawa University

鈴鹿山脈は、近畿地方と中部地方の構造境界である伊勢湾 - 敦賀湾構造線に沿って分布する断層地塊山地である。鈴鹿山脈より西の近畿地方は、逆断層の卓越と南北方向の山地と盆地の交互配列で特徴づけられるのに対し（近畿トライアングル；Huzita, 1962, Jour. Geosci. Osaka City Univ.；藤田, 1983「日本の山地形成論」）、東の中部地方は、横ずれ断層の卓越と濃尾平野から日本アルプスにかけての西傾動地塊で特徴づけられる（中部傾動地塊；桑原, 1968, 第四紀研究）。鈴鹿山脈の付近では、フィリピン海プレートが低角に沈み込んで浅い尾根状のスラブを形成しており（伊勢湾 - 湖北スラブ；三好・石橋, 2008, 第四紀研究）、このような特異な深部構造がこの地域に構造境界をもたらす原因となっていると考えられている（三好・石橋, 2008）。しかしながら、上記の深部構造が地形やテクトニクスに作用する具体的なメカニズムについては不明な点が多い。その理由のひとつとして、フィリピン海スラブの沈み込み開始以降の期間に相当する過去数 100 万年間における地殻変動量が把握できていないため、スラブの沈み込み運動と地表の変形との関係を定量的に議論することが困難な点が挙げられる。濃尾平野や近江盆地などの沈降地域では、東海層群や古琵琶湖層群といった鮮新統の分布深度や堆積年代から数 100 万年オーダーの沈降量・沈降速度の推定が可能であるが、両者の間に分布する鈴鹿山脈では、削剥量が不明であるため隆起量が正確に推定できない。

本研究では、数 100 万年以上の長期スケールの削剥速度の推定に有効な熱年代学的手法を用いて、鈴鹿山脈の削剥史の解明を試みている。用いた手法はアパタイトフィッション・トラック法とアパタイト (U-Th)/He 法であるが、これらは熱年代学的手法の中でもっとも閉鎖温度が低いグループに含まれ（それぞれ、90~120 と 55~80 ）、最近の地質時代の削剥イベントを検出するのに適している。花崗岩試料 9 点から得られたアパタイトのフィッション・トラック密度の結果から、鈴鹿山脈内で南北方向に系統的な差は見られなかった。花崗岩体内でウラン濃度がほぼ均一だと仮定すると、鈴鹿山脈内には南北方向に有意な削剥史の違いが見られないことになる。これらのアパタイトフィッション・トラック年代が過去数 100 万年の鈴鹿山脈の隆起・削剥を反映している（年代値が数 Ma まで若返っている場合で、ウラン濃度で 10 数 ppm 以上に相当）とすれば、近江盆地や濃尾平野の沈降場が過去数 100 万年にわたり北進傾向を示すこと（例えば、岡田, 1980, 第四紀研究）と不調和である。すなわち、沈降場を形成している造盆地運動と、山地と盆地を分化させた断層運動は同時進行的に南から北へと進行したのではないことになり、これらの構造運動の原因に関して重要な示唆を与える可能性がある。一方、アパタイトフィッション・トラック年代が鈴鹿山脈隆起開始以前からの過去数 1000 万年の削剥史を反映している（年代値が数 10Ma の古い値の場合で、ウラン濃度で数 ppm 程度に相当）とすれば、削剥史の均質性は広域的な準平原化作用を反映している可能性が考えられ、六甲地域（末岡ほか, 2010, 地学雑誌）、東濃地域（Yuguchi et al., in prep.）、木曽地域（Sueoka et al., 2012, Island Arc）との比較により、中部～近畿地方における準平原化時代の削剥史の検討が期待できる。発表では、アパタイトフィッション・トラック年代とアパタイト (U-Th)/He 年代から、本地域の隆起・削剥史とその地形学的な解釈についてより詳細な議論をおこなう予定である。

キーワード: フィッション・トラック法, (U-Th)/He 法, 鈴鹿山脈, 削剥

Keywords: fission-track thermochronology, (U-Th)/He thermochronology, Suzuka Range, denudation

## 重晶石中のSO<sub>3</sub>-ラジカルの線による生成効率：ESR年代測定への応用 The alpha effectiveness for formation of SO<sub>3</sub>- in barite : an application to ESR dating

磯野 祐輔<sup>1\*</sup>, 豊田 新<sup>1</sup>, 西戸 裕嗣<sup>2</sup>, 鹿山 雅裕<sup>3</sup>

YUSUKE ISONO<sup>1\*</sup>, Shin Toyoda<sup>1</sup>, Hirotsugu Nishido<sup>2</sup>, Masahiro KAYAMA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 岡山理科大学理学部応用物理学科, <sup>2</sup> 岡山理科大学生物地球学部, <sup>3</sup> 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻  
<sup>1</sup>Department of Applied Physics, Faculty of Science, Okayama University of Science, <sup>2</sup>Department of Biosphere-Geosphere Science, Okayama University of Science, <sup>3</sup>Department of Earth and Planetary Systems Science, Graduate School of Science, Hiroshima University

While Kasuya et al. (1991) first pointed out that ESR (electron spin resonance) dating of barite (BaSO<sub>4</sub>) is possible, the method was first practically applied by Okumura et al. (2010) to a sample formed by the submarine hydrothermal activity. A subsequent study by Sato et al. (2011) studied the thermal stability of the signal and concluded that the dating signal due to SO<sub>3</sub><sup>-</sup> is stable so that dating method is applicable up to at least several thousand years.

Barite crystals formed by submarine hydrothermal activities contains large amount of Ra which replaces Ba in the crystal lattice where all dose rate is due to radiation from Ra. Okumura et al. (2010) reported a concentration of 7.7 Bq/g of Ra in a hydrothermal sulfide including barite where the internal alpha dose rate in barite contributes 40 to 60 % of total dose rate. Determination of alpha effectiveness is thus the one of the essential factors for improving the precision of dating of barite by ESR.

Toyoda et al. (2012) investigated the alpha effectiveness for the ESR signal due to SO<sub>3</sub><sup>-</sup> in barite by comparing the dose responses of the signal for gamma irradiation and for He ion implantation with an energy of 4 MeV. A value 0.043 was obtained for a sample from Morocco.

However, the dose response was far from good, where the number of points is not sufficient. The experiments of He ion implantation was repeated in the present study for several samples to determine the precise alpha effectiveness.

As results, a value of 0.0012 was obtained from a sample from Morocco, and 0.00045 from one from Funaoka mine. The results of further repeated analysis will be presented.

キーワード: 重晶石, 電子スピン共鳴

Keywords: barite, electron spin resonance

## 海底熱水域の熱水性鉱石中の重晶石のESR年代測定 ESR dating of barite in sea-floor hydrothermal sulfide deposits

藤原 泰誠<sup>1\*</sup>, 豊田 新<sup>2</sup>, 石橋 純一郎<sup>4</sup>, 中井 俊一<sup>5</sup>, 内田 乃<sup>2</sup>, 賞雅 朝子<sup>6</sup>

Taisei Fujiwara<sup>1\*</sup>, Shin Toyoda<sup>2</sup>, Jun-ichiro Ishibashi<sup>4</sup>, Shun'ichi Nakai<sup>5</sup>, Ai Uchida<sup>2</sup>, Asako Takamasa<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 岡山理科大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 岡山理科大学理学部応用物理学科, <sup>3</sup> 岡山理科大学大学院理学研究科, <sup>4</sup> 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門, <sup>5</sup> 東京大学地震研究所, <sup>6</sup> 放射線医学総合研究所

<sup>1</sup>Okayama University of Science, <sup>2</sup>Department of Applied Physics, Faculty of Science, Okayama University of Science, <sup>3</sup>Department of Applied Physics Okayama University of Science, Japan, <sup>4</sup>Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University, <sup>5</sup>Earthquake Research Institute, University of Tokyo, <sup>6</sup>National Institute of Radiological Sciences

The temporal change of submarine hydrothermal activities has been an important issue in the aspect of the evolution of hydrothermal systems which is related with ore formation (Urabe, 1995) and biological systems sustained by the chemical species arising from hydrothermal activities (Macdonald et al., 1980). Dating methods using disequilibrium between radioisotopes such as U-Th method (e.g. You and Bickle, 1998), <sup>226</sup>Ra-<sup>210</sup>Pb and <sup>228</sup>Ra-<sup>228</sup>Th method (e.g. Noguchi et al., 2011) have been employed for such studies.

Okumura et al., (2010) made the first practical application of ESR (electron spin resonance) dating technique to a sample of submarine hydrothermal barite to obtain preliminary ages, while Kasuya et al. (1991) first pointed out that barite can be used for ESR dating. Toyoda et al. (2011) determined the optimum ESR condition while Sato et al. (2011) confirmed that the signal is thermally stable enough for an age range of several thousand years. Takamasa et al. (in press) obtained U-Th and ESR ages which are roughly consistent with each other.

The samples were taken by NT11-20 and NT12-06 research cruises operated by JAMSTEC. Barite (BaSO<sub>4</sub>) was extracted from hydrothermal chimney samples (HPD#1331G01, HPD#1331G03, and HPD#1333G06) taken from two sites at Okinawa Trough. Blocks of sulfide deposits were cut into pieces, and about 2.0g was crushed. The samples were soaked in 12M hydrochloric acid, left for approximately 24 hours. Then, 13M nitric acid was added. Finally, after rinsing in distilled water, the sample was filtered and dried. Impurities were removed by handpicking. An X-ray diffraction study was made to confirm that the grains are pure barite. After gamma-ray irradiation at Takasaki Advanced Radiation Research Institute, Japan Atomic Energy Agency, they were measured at room temperature with an ESR spectrometer (JES-PX2300) with a microwave power of 1mW, and the magnetic field modulation amplitude of 0.1mT. The bulk Ra concentration was measured by the low background pure Ge gamma ray spectrometer. Assuming that Ra is populated only in barite, the dose rate was calculated with the alpha effectiveness of 0.043 (Toyoda et al., 2012), where the decay of Ra (a half life of 1600 years) was also taken into account.

The ages of the pieces of HPD#1331G01 (Hatoma Knoll) were obtained to be 2600 to 4000 years, where outer pieces tend to be older. The ages of HPD#1331G03 are older to a direction, from 2.2 ka to 10 ka (Hatoma Knoll). HPD#1331G06 (Yoron Knoll) showed much younger ages around 100 years where they are older to a direction.

The results, the ages of the Hatoma Knoll is older than the Hatoma Knoll, are consistent with the landscape observation from the submarine vehicle, which gave such impression such as by number of dead chimneys and amount of sediments on the sulfide deposits, and with the diversity of the creatures inhabiting in the area.

キーワード: 重晶石, 海底熱水活動, 電子スピン共鳴, 年代測定

Keywords: barite, hydrothermal activities, electron spin resonance, dating

## 石英中の不純物中心を用いた DoseRecoveryTest と ESR 年代測定 ESR dating of tephra with dose recovery test for impurity centers in quartz

浅越 光矢<sup>1\*</sup>, 豊田 新<sup>1</sup>  
mitsuya Asagoe<sup>1\*</sup>, Shin Toyoda<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 岡山理科大学

<sup>1</sup> Okayama University of Science

Determining the age of tephra is an important issue for reconstructing the history of environmental change during the Quaternary epoch. To this end, we consider dating of quartz using the electron spin resonance (ESR) method. Quartz was first found to be useful for ESR dating of fault gouge while the mineral was also used for dating of tephra, heated flints, and sediments.

The first investigation pertaining to ESR dating of tephra using quartz was published using the Al center (a hole trapped at Al site replacing Si). Subsequently, several other successful results on tephra have been reported (e.g. Imai and Shimokawa, et al., 1988, Imai et al., 1992, Toyoda et al., 1995, and Yokoyama et al., 2004). Buhay et al. (1992) reported that the ESR age (45-49 ka) of a tephra from New Zealand is consistent with the <sup>14</sup>C age (42-44) within statistical errors.

However, in other studies, systematic discrepancies were observed between the ages obtained using the Al center and Ti-Li center (an electron trapped at a Ti atom replacing Si, accompanying a Li ion as a charge compensator). Toyoda et al. (2006) systematically investigated the ESR and RTL (red thermoluminescence) ages of tephra with a known age range of 30 to 900 ka, and found that ESR dating has problems in obtaining the equivalent doses. Using the same dose rate, the RTL ages were consistent with the expected ages while the ESR based results were inconsistent and involved large scatter in data. The scatter in ESR ages was found to increase with age. Toyoda et al. (2009) proposed a new protocol, the multiple-aliquot regenerative-additive dose method, which provides equivalent doses estimates with smaller errors than the traditional additive dose method.

In the present paper, we have analyzed the same Nm-Sb tephra and A-Fm tephra and Ikezuki tuff to check the reproducibility of dating results and to test if known doses can be recovered using the multiple-aliquot regenerative-additive dose procedure.

キーワード: ESR 年代測定, 石英, テフラ

Keywords: ESR dating, quartz, tephra

## TLとESRを用いた黒部川流域における河川堆積物の起源の推定 Estimate of the origin of the river sediment in the Kurobe River basin using TL and the ESR

吉田 真徳<sup>1\*</sup>, 豊田 新<sup>1</sup>, 蜷川 清隆<sup>1</sup>, 高田 将志<sup>2</sup>, 島田 愛子<sup>3</sup>  
Msanori Yoshida<sup>1\*</sup>, Shin Toyoda<sup>1</sup>, Kiyotaka Ninagawa<sup>1</sup>, Masashi Takada<sup>2</sup>, Aiko Shimada<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 岡山理科大学理学部応用物理学科, <sup>2</sup> 奈良女子大学文学部人文社会学科, <sup>3</sup> JEOL RESONANCE

<sup>1</sup> Department of Applied Physics, Faculty of Science, Okayama University of Science, <sup>2</sup> Department of History, Sociology and Geography, Faculty of Letters, Nara Women's University, <sup>3</sup> JEOL RESONANCE, Inc

While the ESR signals of the E1' center in quartz was used to investigate the origin of the loess in MIS 1 and 2 (Toyoda and Naruse, 2002) and these sediments in the Sea of Japan (Nagashima et al., 2007), Shimada (2008) showed that TL (thermoluminescence color image) may be useful for similar qualitative study on river sediments. In the present study, the wavelength-temperature two dimensional thermoluminescence measurement was employed, together with the ESR measurements, to investigate the origin of the river sediments quantitatively.

Sediment samples were collected from the 23 locations at the prefectural border of Nagano and Toyama and the Kurobe River basin. Eight samples of these were sieved to obtain four grain size fractions of 2-1mm, 1-0.5mm, 0.5-0.25mm, 0.25-0.125mm. Quartz grains were extracted using chemicals, heavy liquid, and an isodynamic separator. The obtained quartz grains were heated at 300 degree celsius for 1 hour to erase the inherited signals. Each sample was then separated into 9 subsample aliquots for gamma ray irradiation up to 2640 Gy, which are for ESR measurements. Another separate aliquot for TL measurement was given a dose of 857 Gy where the sample glass tube was wrapped by Al foil to prevent from giving any light.

TL measurements were performed the two dimensional TL apparatus which measures the TL emission spectra during heating up to 450 degree celsius. Red emission (538 to 658 nm) was observed between 90 and 390 and Blue emission (379 to 538 nm) was between 70 and 370. The integrated counts were taken as the intensities of the red and blue emissions. The intensities of the blue emission are roughly constant for all samples of river sediments and river terrace samples while red emission tends to increase with age, i.e., lower in higher terraces and higher in lower terraces and present river sediments. The results of ESR measurements will be given in the presentation together with the TL results.

キーワード: 電子スピン共鳴, 熱ルミネッセンス, 石英, 河床堆積物  
Keywords: ESR, TL(thermoluminescence), Quartz, river sediment

## 複数の年代測定法を用いた神鍋スコリア丘の噴火活動年代決定 Eruption age determination of Kannabe scoria cone using multi-dating method

下岡 順直<sup>1\*</sup>, 齋藤 武士<sup>2</sup>, 早田 勉<sup>3</sup>, 三好 雅也<sup>4</sup>, 石橋 秀巳<sup>5</sup>, 山本 順司<sup>6</sup>

Yorinao Shitaoka<sup>1\*</sup>, Takeshi Saito<sup>2</sup>, Tsutomu Soda<sup>3</sup>, Masaya Miyoshi<sup>4</sup>, Hidemi Ishibashi<sup>5</sup>, Junji Yamamoto<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 京都大学地球熱学研究施設, <sup>2</sup> 信州大学, <sup>3</sup> (株) 火山灰考古学研究所, <sup>4</sup> 福井大学, <sup>5</sup> 静岡大学, <sup>6</sup> 北海道大学総合博物館

<sup>1</sup>Institute for Geothermal Sciences, Kyoto University, <sup>2</sup>Shinshu University, <sup>3</sup>Institute of Tephrochronology for Nature and History Co., Ltd., <sup>4</sup>University of Fukui, <sup>5</sup>Shizuoka University, <sup>6</sup>The Hokkaido University Museum

兵庫県豊岡市に位置する神鍋単成火山群は、中国地方に分布する第四紀火山の中で最も活動時期の新しい火山の一つである(古山, 1973)。その中でも神鍋スコリア丘(神鍋山)とスコリア丘から流出した神鍋溶岩流は、神鍋単成火山群の中でも最新の活動によるものとされ(古山ほか, 1993)、広域火山灰(テフラ)との層位関係(川本, 1990)およびカリウム・アルゴン(K-Ar)年代測定やレスの堆積速度による推定(古山ほか, 1993)によって噴火活動年代が報告されてきた。しかし、これら年代値は必ずしも一致をみておらず、活動年代は決着していない。近年、神鍋単成火山群を含む山陰海岸国立公園地域周辺が山陰海岸ジオパークとして世界ジオパークに認定されたこともあり、神鍋単成火山群の火山活動を再検討することは火山学的観点のみならず、防災や観光の観点からも求められている。今回、古地磁気測定、光ルミネッセンス(OSL)年代測定およびテフラ編年学を用いて検討した神鍋スコリア丘の噴火活動年代について報告する。

古地磁気測定については、神鍋溶岩流の6地点から計23個の定方位サンプルを採取し、3つのパイロットサンプルについては段階交流消磁実験を、20個のサンプルについては段階熱消磁実験を行い、残留磁化方位を検討した。すべての試料から高消磁段階で原点に向かう安定な自然残留磁化成分が認められた。平均方向は偏角=7.5度、伏角=65.9度(95=2.7度、k=126.5度、N=23)となり、良く集中した結果が得られた。神鍋溶岩流の噴出年代と予想される年代を含み、地理的にも近い、琵琶湖堆積物コアの永年変化曲線(Hayashida *et al.*, 2007)と比較することで年代の検討を行った。琵琶湖堆積物コアからは60度を超える深い伏角が報告されていないが、50度を超えて深い値を示すピークが約21.5および25kaに認められる。偏角は、約21.5kaではほぼ0度で比較的一定した値を示し、約25kaでは約7-29度と大きく変動している。古地磁気方位では、約25kaが偏角、伏角ともに誤差の範囲で一致するため、可能性が高いと考えられる。

OSL年代測定は、地点bの露頭(図1)において、神鍋スコリア層の上位にある黄褐色-褐色土を採取して行った。採取した試料から約4-10 μmの石英を抽出し、Single aliquot regenerative-dose(SAR)法(Murray and Wintle, 2000)を用いてOSL測定を行った。その結果、 $21 \pm 1.7$ kaであった。

テフラ分析は、スコリア丘周辺2地点(地点b, c)の露頭(図1)で試料を採取して実施した。地点cでは、神鍋スコリア層のすぐ下位にある細粒テフラ層が認められ、層相や含まれる火山ガラスの特徴などから始良Tnテフラ(AT, 町田・新井, 1976; 2003)に同定された。地点bでは、神鍋スコリア層上位の黒ボク層(OSL測定した黄褐色-褐色土層より上位)の最下部で、無色透明や有色のバブル型ガラスが急増することが明らかになった。この試料に含まれる火山ガラスの多くは、南九州の鬼界カルデラから噴出した鬼界アカホヤテフラ(K-Ah, 町田・新井, 1978; 2003)起源と考えられる。

OSL年代測定とテフラ分析から、噴火活動年代は20kaよりも古く、ATの年代よりも新しいとなり、これは古地磁気方位の結果と整合する。以上より、複数の年代測定法を用いて検討した結果、神鍋スコリア丘の噴火活動年代を約25kaと見積もることができた。

キーワード: 神鍋スコリア丘, 噴火活動年代, 古地磁気測定, OSL年代測定, 火山灰編年学

Keywords: Kannabe scoria cone, eruption age, paleomagnetic dating, OSL dating, tephrochronology

SGL40-P10

会場:コンベンションホール

時間:5月19日 18:15-19:30

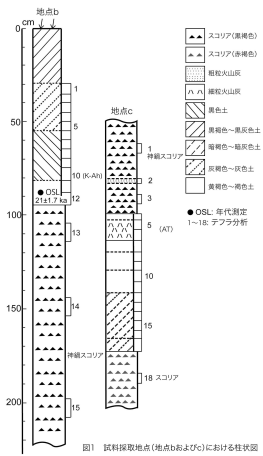


図1 試料採取地点(地点bおよびc)における柱状図



## 酸 - アルカリ - 酸洗浄法におけるアルカリ洗浄段階の有無による 14C 年代値への影響評価

### An assessment for alkaline treatment in ABA method to charcoal sample for 14C dating (AMS)

渥美 晋<sup>1\*</sup>

Shin Atsumi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 東京理科大学応用化学科

<sup>1</sup>Department of applied chemistry, Tokyo University of Sciences

酸塩基酸 (Acid-Base-Acid: ABA) 処理法は 14C 年代測定法における木炭試料の処理法の一つである。ABA 法の処理条件に関して化学的指標に基づく研究例は少ない。試料処理段階の木炭自体に対するラマンスペクトルを用いたアセスメント法が試みられているが、試料中のフミン酸の有無を確認できる可能性を示唆したのみで、14C 年代値の検討は行われていない。そこで本研究では、14C 年代測定法の問題点として、従来、詳細は未解明であった前処理起源の誤差の発生の有無を明らかにすることを目的とする。その結果、NaOH 溶液にて洗浄した試料の年代値群の中央値において、最大値と最小値の差として 57 14Cyr が得られた。一方、NaOH 溶液による洗浄を行っていない試料の年代値群のそれぞれの中央値の最大値と最小値の差は 216 14Cyr であった。この 2 つの年代値群を 2 検定によって検定すると、NaOH 洗浄済みの試料の年代値群は、 $T=0.45$  (自由度 3; 5% 危険率:  $T > 12.59$ ) と高い収束性を示すのに対して、NaOH 未洗浄試料の年代値は  $T=10.74$  (自由度 4; 5% 危険率:  $T > 9.49$ ) と発散が大きく、NaOH 未洗浄試料 5 試料の中で有意の差が現れた。また、NaOH 未洗浄試料の年代値は、NaOH 洗浄済み試料の年代値の平均値  $3701 \pm 43$  BP に対して、 $3589 \pm 41$  BP という若い年代値を示す場合と  $3805 \pm 40$  BP という古い年代値を示す場合が見られた。このことから試料の汚染には若い年代値を示すものと古い年代値を示すものがあることが判る。以上の結果から ABA 処理法の有効性が部分的に証明された。

キーワード: 放射性炭素年代測定法, 木炭, 考古試料, 酸アルカリ酸洗浄法

Keywords: radiocarbon dating, charcoal, archaeological sample, ABA method

同位体地球科学を生痕化石研究に応用する：生痕化石 *Phymatoderma* の炭素同位体  
比分析に基づく古生態復元  
Application of isotope-geology to ichnology: paleoecology of the *Phymatoderma*-producer  
based on carbon-isotope analysis

泉 賢太郎<sup>1\*</sup>  
Kentaro Izumi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 東大地惑  
<sup>1</sup>Dept. Earth and Planetary Science, Univ. Tokyo

The present study shows a case study that applies isotopic analysis to ichnology. The ichnogenus *Phymatoderma* is a subhorizontal branching burrow system consisting of radiating tunnels filled with fecal pellets. This ichnogenus has been interpreted as a product of a deposit-feeding organism, but the question of whether the *Phymatoderma*-producer was a subsurface deposit feeder or a surface deposit feeder is still a topic of controversy. Here I present evidence for the surface deposit-feeder hypothesis, based on carbon-isotope analyses, for the trace fossil *Phymatoderma granulata* from the lower Toarcian black shale in southern Germany. Carbon-isotope ratios of organic carbon in the pelletal infill of *P. granulata*, the surrounding black shale, and the overlying gray mudstone are -26.64 permil, -28.49 permil, and -26.27 permil, respectively. The difference between the pelletal infill and overlying mudstone in terms of C-isotope ratio is much smaller than that between the fillings and black shale; therefore, these data clearly indicate that the *Phymatoderma*-producer ingested the surface sediments and subsequently excreted fecal pellets into the subsurface sediments. Such a surface deposit-feeding style would be an effective way of absorbing nutrients, because surface sediments contain much fresh organic material, whereas organic matter in subsurface deposits consists mostly of refractory material that is poorly utilized by most marine benthos.

## U-Th-Pb 系年代測定法における放射非平衡の補正 Correction of initial-disequilibrium on U-Th-Pb system for Accurate Zircon Dating

坂田 周平<sup>1\*</sup>, 平川晋輔<sup>1</sup>, 岩野英樹<sup>2</sup>, 檀原徹<sup>2</sup>, 平田岳史<sup>2</sup>

Shuhei Sakata<sup>1\*</sup>, Hirakawa, Shinsuke<sup>1</sup>, Iwano, Hideki<sup>2</sup>, Danhara, Tohru<sup>2</sup>, Hirata, Takahumi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻, <sup>2</sup> 株式会社京都フィッション・トラック

<sup>1</sup>Department of Earth and Planetary Sciences, Kyoto University, <sup>2</sup>Kyoto Fission Track Co. Ltd.

During recent years, the improvement of analysing technique provides a more precision in case of dating Quaternary zircons. Major analytical problems associated with age determination of the young zircons are (1) the analytical difficulty to measure extremely low Pb/U and Pb/Th ratios (e.g.,  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} < 0.0001$ ), and (2) initial-disequilibrium in the U-Th-Pb decay systems through the crystallization of zircon in source magma. The ability to measure isotope ratios with high-dynamic ranges could be improved by the suppressor device for ion counting systems in the ICPMS instrument, in which the gain of the ion counting could be changed during the fast mass scanning, and the resulting precision and accuracy for the Pb/U and Pb/Th ratio measurements was dramatically improved. However, correction of the initial-disequilibrium is highly desired to obtain reliable age data for young (<1Ma) zircons. Because of the different distribution coefficient ( $D_{\text{zircon/magma}}$ ) between U and Th, isotope equilibrium was disturbed at the crystallization of zircons in source magma. Among the uranium series decay products, the initial disequilibrium of  $^{230}\text{Th}$  can become a major source of systematic error in the resulting ages. To evaluate and correct the contribution of the initial disequilibrium on  $^{230}\text{Th}$ , the ratio of the distribution coefficient for Th and U ( $f_{\text{Th/U}} = D^{\text{Th}}/D^{\text{U}}$ ) must be defined [2]. To achieve this, we have determined both the  $^{238}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}$  and  $^{232}\text{Th}$ - $^{208}\text{Pb}$  ages were obtained for three tephra zircon samples collected from Kirigamine rhyolite, Bishop tuff and Toga pumice ( $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  ages are  $0.945 \pm 0.005$  Ma,  $0.7589 \pm 0.0036$  Ma, and  $0.42 \pm 0.01$  Ma reported by [3], [4], and [5], respectively) using a LA-ICPMS. The resulting  $^{232}\text{Th}$ - $^{208}\text{Pb}$  ages were  $0.938 \pm 0.026$  Ma (Kirigamine),  $0.757 \pm 0.008$  Ma (Bishop), and  $0.428 \pm 0.004$  Ma (Toga), respectively, demonstrating that the resulting ages were consistent with the previously reported values. The  $f_{\text{Th/U}}$  values could be calculated based on the measured  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  ratio and the resulting  $^{232}\text{Th}$ - $^{208}\text{Pb}$  ages, and the calculated  $f_{\text{Th/U}}$  values were  $0.50 \pm 0.26$  for Kirigamine,  $0.51 \pm 0.10$  for Bishop, and  $0.55 \pm 0.07$  for Toga zircons. The resulting three  $f_{\text{Th/U}}$  values agreed well within the analytical uncertainties. The disequilibrium-corrected  $^{238}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}$  age can be calculated under the assumption that the  $f_{\text{Th/U}}$  value did not vary significantly among the zircons. To evaluate this, we have measured the  $^{238}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}$  and  $^{232}\text{Th}$ - $^{208}\text{Pb}$  ages for zircons from Sanbekisuki tephra [6]. The  $f_{\text{Th/U}}$  values used for the correction was based on the weighted mean of three  $f_{\text{Th/U}}$  values obtained here ( $f_{\text{Th/U}} = 0.53 \pm 0.05$ ). The corrected  $^{238}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}$  age was  $86.2 \pm 2.1$  ka, which agreed with the  $^{232}\text{Th}$ - $^{208}\text{Pb}$  age ( $90.1 \pm 2.6$  ka) within the analytical uncertainties. It should be noted that the  $^{238}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}$  dating after the correction of the initial disequilibrium can provide accurate and precise chronological information. To evaluate the reliability of the present correction technique for the U-Pb dating, we have developed a pseudo concordia diagram (plot of  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  ratio against the  $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$  ratio). In this diagram, most of the U-Th-Pb isotope data fall close to a concordia curve, suggesting that the Sanbekisuki zircon did not suffer from significant Pb-loss. In conclusion, we can construct more accurate and effective dating tool based on the U-Th-Pb decay systems based on the  $f_{\text{Th/U}}$  value defined in this study, especially, for the young zircons.

[1] Y. Sano, Y. Tsutsumi, K. Terada, and I. Kaneoka, J. volcano. geotherm. res, 2002, 117, 285-296.

[2] U. Scharer, Earth and Planetary Science Letters, 1984, 67, 191-204.

[3] K. Wadatsumi, N. Kitada, and A. Deino, Fission Track News Letters, 1994, 7, 7-8.

[4] A.M. Sarna-Wojcicki, J. Geophys. Res., 2000, 105, 21,431-21,443.

[5] K. Uto, K. Kano, and O. Ishizuka, Volcano, 2010, 55, 201-206.

[6] H. Machida and H. Arai, Atlas of Tephra in and around Japan, 2003.

キーワード: ジルコンウラン - 鉛年代測定法, 放射非平衡, 第四紀ジルコン, 高精度同位体分析, レーザーアブレーション, 誘導結合プラズマ質量分析計

Keywords: zircon U-Pb dating, disequilibrium, Quaternary zircon, precise isotopic analysis, laser ablation, ICPMS

## 富山県和田川地域における飛騨片麻岩の SHRIMP 年代 SHRIMP geochronology of the Hida gneiss in the Wada-gawa area, Toyama Prefecture

竹原 真美<sup>1\*</sup>, 堀江 憲路<sup>3</sup>, 外田 智千<sup>3</sup>, 清川 昌一<sup>2</sup>  
Mami Takehara<sup>1\*</sup>, Kenji Horie<sup>3</sup>, Tomokazu Hokada<sup>3</sup>, Shoichi Kiyokawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>九州大学 大学院理学府 地球惑星科学専攻, <sup>2</sup>国立極地研究所, <sup>3</sup>九州大学 大学院理学研究院 地球惑星科学部門  
<sup>1</sup>Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Sciences, Kyushu University, <sup>2</sup>National Institute of Polar Research, <sup>3</sup>Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University

The Hida belt, situated at the northern part of southwestern Japan, consists of low P/T metamorphic rocks such as paragneisses, orthogneisses, amphibolite and marble with multiple episodes of metamorphism evident, and Permo-Triassic granitoids. Previous works suggested that an earlier metamorphism occurred at ca. 350Ma under the granulite-facies conditions, and was overprinted by the amphibolite-facies metamorphism at 240-220 Ma (e. g., Arakawa et al., 2000) but these data were probably distributed by the Funatsu-type granites intrusion at about 180 Ma.

In regard to protolith, Sano et al. (2000) reported U-Pb zircon ages peaked at about 3420 Ma, 2560 Ma, 1840 Ma, 1130 Ma, 580 Ma, 400 Ma, 360 Ma, 285 Ma, and 250 Ma from the Hida gneiss at Amo area. Asano et al. (1990) also reported protolith ages of 415 +/- 189 Ma (Sm-Nd whole rock isochron) and 413 +/- 60 Ma (Sm-Nd mineral isochron) from basic metamorphic rocks and amphibolite at the Wada-gawa area, respectively. However, there is no precise geochronological data for protolith and the timing of the metamorphism. In this study, the Hida gneisses collected from the Wada-gawa area were analyzed by SHRIMP (Sensitive High-Resolution Ion Microprobe) to discuss about the protolith and the timing of the metamorphism of the Hida belt.

The Hida gneiss sample, WD090810-3, is composed of biotite, orthopyroxene, plagioclase, quartz and other minor mineral, such as prehnite, titanite, zircon, apatite and opaque minerals. Some biotite is chloritized. Most of plagioclase is also altered and fresh ones were partly observed. Zircon grains of the sample are rounded to well-rounded morphologies. Cathodoluminescence images reveal existence of overgrowth rim.

U-Pb dating of the zircon core yielded five age peaks centered at about 2526 Ma, 1864 Ma, 760 Ma, 553 Ma and 316 Ma, which indicates that the protolith is probably a sedimentary rock. Some age peaks are consistent with those reported by Sano et al. (2000). The youngest age peak suggests that the protolith was formed after 316 Ma. The overgrowth rim yielded weighted mean of <sup>206</sup>Pb-<sup>238</sup>U ages of 247.7 +/- 0.5 Ma (MSWD = 1.18), which indicates the timing of metamorphism in the Hida belt. This age is first report of precise age of the Hida metamorphism and we will discuss about thermal history of the Hida belt with U-Pb titanite ages of the Hida gneiss.

## NanoSIMS を用いた太古代ジルコンの U-Pb 年代測定 U-Pb dating of Eoarchaeon zircon using a NanoSIMS

石田 章純<sup>1\*</sup>, 高畑 直人<sup>1</sup>, Daniele Pinti<sup>2</sup>, Jean David<sup>2</sup>, 佐野 有司<sup>1</sup>  
Akizumi Ishida<sup>1\*</sup>, Naoto Takahata<sup>1</sup>, Daniele Pinti<sup>2</sup>, Jean David<sup>2</sup>, Yuji Sano<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>2</sup> ケベック大学

<sup>1</sup>AORI, the University of Tokyo, <sup>2</sup>Universite du Quebec a Montreal

太古代火成岩中の水素や硫黄などの揮発性成分の挙動を明らかにすることは、初期地球内部の進化を知る上で非常に重要である。ジルコン中のアパタイトやガラスの包有物はこうした揮発性成分を含み、かつ初生的な情報を保持していると期待されるが、そうした包有物はしばしばマイクロからサブマイクロのスケールで存在しており、分析には高感度かつ高分解能な手法が求められる。NanoSIMS はジルコンの年代測定を高精度で行いつつ、ジルコン中のマイクロスケールの包有物の揮発性成分を測定可能な装置である。

太古代のトーナル岩から分離したジルコンについて、NanoSIMS50 を用いて  $^{238}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}$  及び、 $^{207}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}$  年代測定を行った。測定手法は [1]Takahata et al.(2008) に準じた。測定にはスポット径 15 マイクロメートル (以下  $\mu\text{m}$ )、強度 5nA の酸素一次イオンを用いた。 $^{238}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}$  の年代測定では、 $^{30}\text{Si}^+$ ,  $^{90}\text{Zr}_2^{16}\text{O}^+$ ,  $^{204}\text{Pb}^+$ ,  $^{206}\text{Pb}^+$ ,  $^{238}\text{U}^{16}\text{O}^+$ ,  $^{238}\text{U}^{16}\text{O}_2^+$  の正イオンを多重検出器で同時に測定し、 $^{207}\text{Pb}$ - $^{204}\text{Pb}$  の年代測定では  $^{204}\text{Pb}^+$ ,  $^{206}\text{Pb}^+$ ,  $^{207}\text{Pb}^+$  を一つの検出器の磁場を変化させながら測定した。測定においてはまず U-Pb 分析を行い、同じスポットに対して Pb-Pb 分析を行った。標準試料には年代既知のジルコンである QGNG (Quartz- Gabbro- Norite- Gneiss, South Africa; 1842Ma) を用いた [2]。

測定は、カナダ Nuvvuagittuq supracrustal belt のトーナル岩から分離されたジルコンを対象に行った。過去の研究で報告されているこのトーナル岩の年代は、LA-MC-ICP-MS を用いた U-Pb 年代測定法で  $3661 \pm 4 \text{Ma}$  である [3]。測定に用いたジルコンには自形から半自形のものを選択した。結晶の長軸方向の長さは 50 から 200 $\mu\text{m}$  であった。いくつかのジルコンには直径 10 $\mu\text{m}$  前後のアパタイトやガラスの包有物がみられ、年代測定はこれら包有物を避けて行われた。また累帯構造をもつジルコンもいくつか見られたため、そのようなジルコンに対しては累帯構造の層ごとにスポット分析を行った。

その結果、 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  比は  $4.932\text{E}^{-1}$  から  $7.644\text{E}^{-1}$  の値をとることが分かった。これらの比は累帯構造の中心から外側に向かって減少することが分かった。 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  比は  $3.052\text{E}^{-1}$  から  $3.407\text{E}^{-1}$  の値をとることが分かった。コモン鉛の補正後、 $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}^*$  と  $^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$  を Terra-Wasserburg コンコーディア図にプロットすると、ディスコーディアがみられ、このジルコン形成後に Pb が失われるイベントがあったことが示唆された。コンコーディアとディスコーディアの交点は  $3633 \pm 35 \text{Ma}$  の年代を示し、先行研究の報告値と良く一致した。今後、ジルコン中包有物の揮発性元素の分析を進め、初期地球進化史の解明にアプローチしていく。

### References

- [1] Takahata et al., *Gondwana Res.*, 14, 587-596, 2008.
- [2] Sano et al., *Geochem. J.*, 34, 135-153, 2000.
- [3] David et al., *GSA Bulletin*, 121, 150-163, 2008.

キーワード: ナノシムス, ジルコン, ウラン鉛年代測定法

Keywords: NanoSIMS, zircon, U-Pb age, Pb-Pb age

## 東南極セールロンダーネ山地に産出する変成炭酸塩岩における化学層序学的堆積年代とジルコン年代を用いた堆積年代 Chemically estimated depositional and zircon ages from metacarbonate rocks in the Sor Rondane Mountains, East Antarctica

大辻 奈穂<sup>1\*</sup>, Madhusoodhan Satish-Kumar<sup>1</sup>, 外田 智千<sup>2</sup>, 堀江 憲路<sup>2</sup>, 亀井 淳志<sup>3</sup>, G.H. Grantham<sup>4</sup>, 土屋 範芳<sup>5</sup>, 河上 哲生<sup>6</sup>, 石川 正弘<sup>7</sup>

Naho Otsuji<sup>1\*</sup>, Satish-Kumar Madhusoodhan<sup>1</sup>, Tomokazu Hokada<sup>2</sup>, Kenji Horie<sup>2</sup>, Atsushi Kamei<sup>3</sup>, G.H. Grantham<sup>4</sup>, Noriyoshi Tsuchiya<sup>5</sup>, Tetsuo Kawakami<sup>6</sup>, Masahiro Ishikawa<sup>7</sup>

<sup>1</sup>新潟大学, <sup>2</sup>国立極地研究所, <sup>3</sup>島根大学, <sup>4</sup>Council for Geoscience, South Africa, <sup>5</sup>東北大学, <sup>6</sup>京都大学, <sup>7</sup>横浜国立大学  
<sup>1</sup>Niigata University, <sup>2</sup>National Institute of Polar Research, <sup>3</sup>Shimane University, <sup>4</sup>Council for Geoscience, South Africa, <sup>5</sup>Tohoku University, <sup>6</sup>Kyoto University, <sup>7</sup>Yokohama National University

Estimation of timing of carbonate deposition implies the presence of platform environment for the accumulation of sediments from surrounding continents. As a consequence the determination of deposition ages in metasedimentary sequences is important in understanding the tectonic history of continental collisions and closure of oceans to form supercontinents. In general, radiometric dating, such as U-Th-Pb, of key horizons or the interval between youngest protolith age and metamorphic age in zircon from metasedimentary rocks helps us to determine the sedimentation age. However, zircons in metasedimentary rocks will provide information of provenance of source rocks in a wide interval between opening and closure of ocean. For this reason, other methods have to be employed for estimating exact depositional ages. In this study we have selected a typical continental collision zone of the Sor Rondane Mountains, located in the African-Antarctic orogenic belt formed during the Neoproterozoic to Cambrian time. This region is composed of medium- to high-grade metasedimentary, metaigneous and intrusive rocks of diverse composition. Shiraishi et al. (2008) and other studies reported wide range of depositional ages that were estimated by detrital and metamorphic ages of zircon from ortho- and paragneiss. Recently, Otsuji et al. (2013), estimated the depositional ages of 880-850 Ma and 820-790 Ma (late-Tonian and early-Cryogenian age) for the metacarbonate rocks by using strontium and carbon isotope chemostratigraphy. The metacarbonate rocks are considered to have deposited chemically in the so-called the "Mozambique Ocean" that separated the continental blocks of Gondwana and possibly record geochemical signatures of contemporaneous seawater. However, according to the results by Otsuji et al. (2013), there are regional differences in their depositional timing. The determination of sedimentation ages may not be straight forward, and it has to be confirmed by the correlation with material derived from continental blocks. Here we present age information from zircon grains in impure metacarbonate rocks.

Petrographic observations of impure metacarbonate rocks, that contain relatively higher modal abundance of calc-silicate minerals, have shown that zircon is present in impure carbonate rocks from the Sor Rondane Mountains. Therefore it is possible that the zircons in impure metacarbonate rocks might be of detrital origin and record information about the provenance of pelitic components within the carbonate sediments. In contrast to the expected detrital ages, we obtained well-defined tight concordia U-Pb zircon ages of 545 +/- 1, 546 +/- 2 and 549 +/- 2 Ma, from three different layers in the Balchen region of the Sor Rondane Mountains. This age represent the latest phase of metamorphic age for this region, as reported in many recent studies. The zircons in metacarbonate rocks show hydrothermal re-equilibration texture on cathodoluminescence observations. Most of them have rounded shape, characterized by the absence of oscillatory growth texture, and shows dissolution-reprecipitation structures. Metacarbonate rocks are usually depleted in zirconium, however those in the Balchen region have abundant zircons. In general, zircon shows enriched heavy-REE pattern, whereas zircon in metacarbonate rocks from Balchen has flat REE pattern and low HREE concentrations, consistent with the rare earth pattern of zircons formed by hydrothermal activity. In addition to the high Cl-rich fluid activity around 600 Ma, our result shows that another important fluid activity was present in Balchen at around 545 Ma. Similar zircon age is reported from the matrix zircon in pelitic gneiss from Balchen (Higashino et al. 2013), implying that pelitic lithology also experienced the same fluid activity at around 545 Ma.

References; Shiraishi et al. 2008. *GSL special publications*, 308, 21-67; Otsuji et al. 2013. *PR* (in press); Higashino et al., 2013. *JpGU abstract*.

Keywords: depositional age, metacarbonate rocks, the Sor Rondane Mountains, zircon