

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25287130

研究課題名(和文) 白亜系における高解像度国際標準年代尺度とテフロクロノロジーの樹立

研究課題名(英文) Establishment of high-resolution Cretaceous chronostratigraphy and tephrochronology in Japan

研究代表者

高嶋 礼詩 (Takashima, Reishi)

東北大学・学術資源研究公開センター・准教授

研究者番号：00374207

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：北海道の白亜系蝦夷層群において、凝灰岩30試料からジルコンを抽出し、 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年代を測定した。得られた年代値を、化石層序・炭素同位体比層序と組み合わせることにより、白亜紀中期から後期(1億2000万年前～8400万年前)における高解像度の国際年代尺度を樹立することができた。また、凝灰岩に含まれるアパタイトの微量元素組成を測定した結果、蝦夷層群の各凝灰岩はマグネシウムと塩素含有量において明瞭に識別することが可能であることが分かった。これらの元素の含有量を基に各地の蝦夷層群の凝灰岩を対比した結果、4つの凝灰岩は北海道全域に追跡可能なことが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：In order to establish high-resolution international Cretaceous chronostratigraphic framework, we studied  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  zircon geochronology of the 30 tuff beds that occur in the Yezo Group, Hokkaido, Japan. The  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  ages of tuffs in the Yezo Group show that Aptian-Campanian interval ranges from 120 to 84 million years ago. Furthermore, we extracted apatite phenocrysts from the tuff beds, and analyzed trace element chemistry of the apatites. Based on the contents of magnesium and chlorine in the apatites of the tuffs in the Yezo Group, we found four tuff beds that are traceable throughout Hokkaido.

研究分野：地質学・層序学

キーワード：白亜紀 地質年代 凝灰岩 テフロクロノロジー

## 1. 研究開始当初の背景

白亜系の年代層序区分の基準となる各ステージ(階)境界の模式地(GSSPs)はすべて西ヨーロッパと北米内陸地域に存在し、それらの地域における各タクサの化石層序と炭素同位体比層序によって、詳細な年代対比基準面の設定がなされている。しかし、それらの地域では凝灰岩がごくまれにしか挟まらないために、各年代対比基準面(化石帯境界、炭素同位体比曲線のピークおよびステージ境界)の年代値については不確定な点が多い。近年、申請者らによって、北海道の蝦夷層群における微化石と炭素同位体比変動曲線を組み合わせた統合層序の分解能の向上に伴い、蝦夷層群と欧米の模式セクションとの詳細な相対的年代対比が可能となった(Takashima et al., 2010, 2011)。蝦夷層群は欧米地域の白亜系と異なり、多くの層準で凝灰岩を挟むため、化石・同位体ピークなどの国際的年代対比基準面に対して絶対年代の数値を高解像度で入れることが可能である。

一方、日本の白亜系堆積岩類には多くの層準で凝灰岩が挟まっているにもかかわらず、凝灰岩の広域対比の検討例はほとんど無い。国際的にも、白亜系堆積岩類の研究は、火成活動の乏しいヨーロッパ・大西洋沿岸地域が研究の中心であることから、白亜紀におけるテフロクロノロジーに関する研究は皆無である。蝦夷層群は凝灰岩を多数含むことから、日本における白亜紀の凝灰岩の標準層序を作成するのに理想的な地層である。

## 2. 研究の目的

炭素同位体比・微化石の統合層序が詳細に検討され、精度の高い国際年代対比がなされている日本の白亜系において凝灰岩の U-Pb 年代を測定し、白亜系における高精度の国際標準年代尺度の樹立を行うことを第一の目的とする。さらに、これらの凝灰岩に対して、重鉍物の化学組成を基にしたテフロクロノロジーを樹立することを第二の目的とする。

## 3. 研究の方法

日本の白亜系(北海道の蝦夷・根室層群、岩手の久慈層群、兵庫の篠山層群、九州の御船層群)において野外調査を実施し、凝灰岩試料を採取する。採取した凝灰岩試料から重鉍物を分離し、ジルコンについてはレーザーアブレーションICP-MSを用いてU-Pb年代測定を行う。アパタイト・黒雲母については波長分散型電子線マイクロアナライザーを用いて主成分・微量元素組成を測定する。

これらを基に、白亜系の各相対年代対比基準面の年代値を確定し、標準年代尺度を樹立する。また、アパタイト・黒雲母の化学組成

を基に、凝灰岩の広域対比を行う。

## 4. 研究成果

### (1) 国際標準年代尺度の樹立

北海道の蝦夷層群において、Aptian 下部～Campanian 上部にかけての区間から凝灰岩 30 試料の U-Pb 年代を測定した結果、同区間は 120～84Ma に至ることが明らかになった。このうち Albian/Cenomanian 境界(99.8 Ma)、Cenomanian/Turonian 境界(94.0 Ma)、Turonian/Coniacian 境界(89.9 Ma)、Coniacian/Santonian 境界(86.7 Ma)は従来の年代モデルと整合的であることが明らかになった。一方、Santonian/Campanian 境界については 85.0 Ma となり、従来の 83.6 Ma よりも優位に古いことが明らかとなった。さらに、OAE1a の年代については、今回 120.2 Ma という年代値が得られ、最新の Geologic Timescale で示された 126 Ma という年代値より大幅に若いことが明らかとなった。

### (2) 白亜紀のテフロクロノロジー

蝦夷層群、根室層群、久慈層群、御船層群、篠山層群から合計 100 試料の凝灰岩と、鶴岡など白亜紀の流紋岩体の試料も採取し、各試料からアパタイト・黒雲母を抽出・分析した。その結果、アパタイトについては Cl, Mg, Fe, Mn, 黒雲母に関しては Mg/(Mg+Fe), Ti において各凝灰岩を識別可能なことが明らかになった。これらの化学組成と凝灰岩の U-Pb 年代をもとに凝灰岩の広域対比を行った結果、Upper Albian の 103 Ma の凝灰岩、Lower Cenomanian の 97 Ma の凝灰岩、Turonian/Coniacian 境界の 89.9 Ma の凝灰岩、Santonian/Campanian 境界の 85.0 Ma の凝灰岩についてはアパタイト・黒雲母の化学組成が一致するものが北海道において広域に認められ、広域対比可能なものであることが明らかとなった。

### (3) アパタイト微量元素を用いたテフロクロノロジーの基礎的研究

アパタイトの微量元素組成を用いたテフロクロノロジーが有効かどうかを明らかにするために、第四紀の主要なテフラと火砕流堆積物を対象に、アパタイトの微量元素組成を測定した。その結果、阿蘇 1, 3, 4, 猪牟田ピンク, 猪牟田アズキ, 洞爺, 支笏, 屈斜路の各テフラは明瞭に識別することができ、各テフラの給源の火砕流堆積物とテフラは組成的に一致することが明らかとなった(図 1)。特に、強溶結した火砕流堆積物とテフラのアパタイトの微量元素組成は一致することから、高い熱を受けた試料であっても、この手法は有効であることが確認された(図 1)。

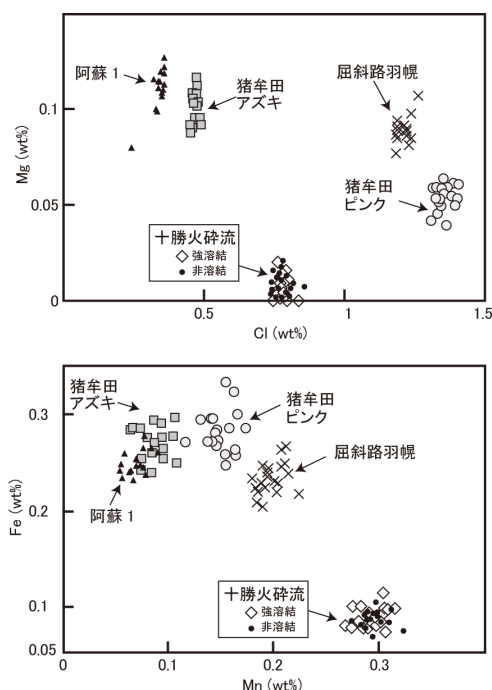


図 1 . アパタイトの微量元素組成に基づく第四紀テフラ・火砕流の識別 .

<引用文献>

- 1) Takashima, R., Nishi, H., Yamanaka, T., Tomosugi, T., Fernando, A. G., Tanabe, K., Moriya, K., Kawabe, F., Hayashi, K., 2011. Prevailing oxic environments in the Pacific Ocean during the mid-Cretaceous Oceanic Anoxic Event 2. *Nature Communications*: 2-234.
- 2) Takashima, R., Nishi, H., Yamanaka, T., Hayashi, K., Waseda, A., Obuse, A., Tomosugi, T., Deguchi, N., Mochizuki, S., 2010. High-resolution terrestrial carbon isotope and planktic foraminiferal records of the Upper Cenomanian to the Lower Campanian in the Northwest Pacific. *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 289. 570-582.

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 11 件)

- 1) 梅津慶太・平山 簾・園田哲平・高嶋礼詩, 2013 . 岩手県に分布する白亜系宮古層群および久慈層群の浅海～非海成堆積物と後期白亜紀陸生脊椎動物群 . *地質学雑誌*, 109 巻, 82-95 . (査読有)
- 2) Komatsu, T., Kato, S., Hirata, K., Takashima, R., Ogata, Y., Oba, M., Naruse, H., Ta, O. H., Nguyen, P. D., Dang, H. T., Doan, T. N., Nguyen, H. H., Sakata, S., Kaiho, K., Koenigshof, P., 2014. Devonian-Carboniferous transition containing a Hangenberg Black Shale equivalent in the Pho Han Formation on Cat

Ba Island, northeastern Vietnam. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 404, p. 30-43. DOI: 10.1016/j.palaeo.2014.03.021. (査読有)

- 3) Komatsu, T., Naruse, H., Shigeta, Y., Takashima, R., Maekawa, T., H. T., Dinh, T. C., Nguyen, P. D., Nguyen, H. H., Tanaka, G., Sone, M., 2014. Lower Triassic mixed carbonate and siliciclastic setting with Smithian-Spathian anoxic to dysoxic facies, An Chau basin, northeastern Vietnam. *Sedimentary Geology*, vol. 300, p. 28-48. DOI: 10.1016/j.sedgeo.2013.10.009. (査読有)
- 4) Matsuzaki, K., Nishi, H., Suzuki, N., Cortese, G., Eynaud, F., Takashima, R., Kawate, Y., Sakai, T., 2014. Paleooceanographic history of the Northwest Pacific Ocean over the past 740 kyr, discerned from radiolarian fauna. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 396, p. 26-40. DOI: 10.1016/j.palaeo.2013.12.036. (査読有)
- 5) Matsuzaki, K. M., Nishi, H., Suzuki, N., Kawate, Y., Takashima, R., Sakai, T., 2014. *Cycladophora davisiana* abundances as a paleoceanographic and stratigraphic tool in high latitude siliceous sediments. *Marine Micropaleontology*, vol. 106, p. 1-9. DOI: 10.1016/j.marmicro.2013.11.002. (査読有)
- 6) Matsuzaki, K. M., Nishi, H., Hayashi, H., Suzuki, N., Gyawali, B. R., Ikehara, M., Tanaka, T., Takashima, R., 2014. Radiolarian biostratigraphic scheme and stable oxygen isotope stratigraphy in southern Japan (IODP Expedition 315 Site C0001). *Newsletter on Stratigraphy*, vol. 47, 107-130. DOI: 10.1127/0078-0421/2014/0044. (査読有)
- 7) Matsuzaki, K. M., Suzuki, N., Nishi, H., Takashima, R., Kawate, Y., Sakai, T., 2014. Middle to Late Pleistocene radiolarian biostratigraphy in the water-mixed region of the Kuroshio and Oyashio current, northeastern margin of Japan (JAMSTEC Hole 902-C9001C). *Journal of Micropaleontology*, vol. 33, 205-222. DOI: 10.1144/jmpaleo2013-012. (査読有)
- 8) Zagorsek, K., Takashima, R., Hirose, M., 2015. Palaeoenvironment of a monospecific association of a new bryozoan species, *Schizoretepora tamagawaensis* sp. N. (Phiidoloporidae, Briozoa), from the Miocene Tanosawa Formation, Northern Japan. *Neues Jahrbuch Geologie Paläontologie Abhandlungen*, vol. 275, p. 115-123. DOI: 10.1127/njgpa/2015/0456. (査読有)
- 9) Matsuzaki, K. M., Suzuki, N., Nishi, H., Hayashi, H., Gyawali, B. R., Takashima, R., Ikehara, M., 2015. Early to Middle Pleistocene paleoceanographic history of

- southern Japan based on radiolarian data from IODP Exp. 314/315 Sites C0001 and C0002. *Marine Micropaleontology*, vol. 118, p. 115-123. DOI: 10.1016/j.marmicro.2015.05.001. (査読有)
- 10) Du Vivier, A. C. D., Selby, D., Condon, D. J., Takashima, R., Nishi, H., 2015. Pacific  $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$  isotope chemistry and U-Pb geochronology: Synchronicity of global Os isotope change across OAE 2. *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 428, p. 204-216. DOI: 10.1016/j.epsl.2015.07.020. (査読有)
- 11) 北川雄貴・高嶋礼詩・伊藤康人, 2016. 北海道中央部芦別地域に分布する空知層群・蝦夷層群の古地磁気学的研究. 東北大学総合学術博物館紀要, 15 巻. p. 109-125. (査読有)
- [学会発表](計 31 件)
- 1) Nishi, H., Takashima, R., Orihashi, Y., Yamanaka, T. Bio- and chemo-stratigraphy and U-Pb ages of the Cretaceous sequence in Japan. 日本地球惑星連合大会, 2013 年 5 月 24 日, 千葉.
- 2) Takashima, R., Orihashi, Y., Nagase, T., Kuwabara, S., Nishi, H. Preliminary study of the Cretaceous tephrochronology in Japan and its application to biostratigraphic study. 日本地球惑星連合大会, 2013 年 5 月 24 日, 千葉.
- 3) 安藤卓人・沢田健・岡野和貴・小刀禰宅朗・高嶋礼詩・西弘嗣. 白亜系海洋無酸素事変層準の堆積岩のケロジェン分析 - 有機物相および有機質微化石の特徴 -. 日本地球惑星連合大会, 2013 年 5 月 24 日, 千葉.
- 4) 小形優加里・海保邦夫・大庭雅寛・高嶋礼詩・小松俊文. デボン期末絶滅事変近傍の海洋酸化還元変動 - パイオマーカからの証拠 -. 日本地球惑星連合大会, 2013 年 5 月 24 日, 千葉.
- 5) 桑原里・高嶋礼詩・西弘嗣. 北海道の白亜系蝦夷層群における凝灰岩層の広域対比. 日本地質学会第 120 年学術大会. 2013 年 9 月 15 日, 仙台.
- 6) 小安浩理・鈴木紀毅・西弘嗣・高嶋礼詩. 北海道中軸部蝦夷層群における下部白亜系放散虫化石層序. 日本地質学会第 120 年学術大会. 2013 年 9 月 15 日, 仙台.
- 7) 條将太・高嶋礼詩・西弘嗣・山中寿朗・秋山文孝. 上部白亜系久慈層群の炭素同位体比層序と地質年代. 日本地質学会第 120 年学術大会. 2013 年 9 月 15 日, 仙台.
- 8) 小形優加里・海保邦夫・大庭雅寛・高嶋礼詩・小松俊文・平田健人. デボン紀末絶滅事変近傍の海洋無酸素事変: パイオマーカからの証拠. 日本地質学会第 120 年学術大会. 2013 年 9 月 16 日, 仙台.
- 9) 西弘嗣・高嶋礼詩・折橋裕二・山中寿朗・井龍康文・高柳栄子・林圭一. フランス・Vocontian Basin Sequence と北海道・蝦夷層群の浮遊性有孔虫化石・炭素同位体比統合層序と U-Pb 年代による白亜系標準年代層序の樹立. 日本地質学会第 120 年学術大会. 2013 年 9 月 16 日, 仙台.
- 10) 小川草平・高嶋礼詩・西弘嗣・井龍康文・高柳栄子. フランス南東部 Vocontian 堆積盆地における白亜紀中期・海洋無酸素事変 1b の高解像度解析. 日本地質学会第 120 年学術大会. 2013 年 9 月 16 日, 仙台.
- 11) 白井孝明・鈴木紀毅・高嶋礼詩・西弘嗣・井龍康文・小川草平・高柳栄子. フランス・Vocontian 堆積盆地における下部 - 上部白亜系境界付近の放散虫化石層序. 日本地質学会第 120 年学術大会. 2013 年 9 月 16 日, 仙台.
- 12) 高嶋礼詩・桑原里・西弘嗣・折橋裕二・林圭一. 日本の白亜系におけるテフクロロジーの予察的研究. 日本地質学会第 120 年学術大会. 2013 年 9 月 16 日, 仙台.
- 13) 藤森裕史・高嶋礼詩・西弘嗣・山中寿朗. 北海道夕張 - 三笠地域における白亜系アルビアン階の浮遊性有孔虫化石層序および炭素同位体比層序. 日本地質学会第 120 年学術大会. 2013 年 9 月 16 日, 仙台.
- 14) 今井利矩・高嶋礼詩・西弘嗣・山中寿朗. 北海道・蝦夷層群における浮遊性有孔虫化石・炭素同位体比・凝灰岩統合層序を用いた浅海・半深海堆積物の層序対比. 日本地質学会第 120 年学術大会. 2013 年 9 月 16 日, 仙台.
- 15) 尾松圭太・西弘嗣・高嶋礼詩・山中寿朗. 北西太平洋における白亜紀中期・海洋無酸素事変 2 における底生有孔虫群集からみた古環境変動. 日本地質学会第 120 年学術大会. 2013 年 9 月 16 日, 仙台.
- 16) 松井浩紀・西弘嗣・高嶋礼詩. 東赤道太平洋域における中期 - 後期中新世の浮遊性有孔虫生層序および群集の比較 (IODP Exp. 320/321). 日本地質学会第 120 年学術大会. 2013 年 9 月 16 日, 仙台.
- 17) 松崎賢史・鈴木紀毅・西弘嗣・高嶋礼詩. 下北沖における中期更新世以降放散虫生層序. 日本古生物学会例会. 2014 年 1 月 26 日, 兵庫.
- 18) 白井孝明・鈴木紀毅・高嶋礼詩・西弘嗣・井龍康文・小川草平・高柳栄子. 南東フランス・Vocontian 堆積盆地における下部 - 上部白亜系境界付近の放散虫生層序の検討. 日本古生物学会例会. 2014 年 1 月 26 日, 兵庫.
- 19) 西弘嗣・小川草平・高嶋礼詩・桑原義博. 海洋無酸素事変 1b 発生時の環境変動. 日本地質学会第 121 年学術大会. 2014 年 9 月 15 日, 鹿児島.
- 20) 高嶋礼詩・桑原里・折橋裕二・西弘嗣. 重鉍物化学組成を用いた白亜紀凝灰岩の対比. 日本地質学会第 121 年学術大会.

- 2014年9月15日，鹿児島。
- 21) 中村英人・沢田健・安藤卓人・高嶋礼詩・西弘嗣．北海道朱鞠内川セクションの Cenomanian-Turonian 境界イベント層準で見いだされた負の $\delta^{13}\text{C}$  エクスカーションにともなう陸上植生変動．日本地質学会第121年学術大会 2014年9月15日，鹿児島。
- 22) 安藤卓人・中村英人・沢田健・高嶋礼詩・西弘嗣．北海道苫前地域に分布する蝦夷層群 Cenomanian/Turonian 境界堆積岩の有機地球科学分析による堆積環境・海洋生産変動の復元．日本地質学会第121年学術大会．2014年9月15日，鹿児島。
- 23) 安藤卓人・中村英人・沢田健・高嶋礼詩・西弘嗣．南東フランス，白亜系海洋無酸素事変層準の黒色頁岩のパリのモル不分析 - 海洋基礎生産者に注目して - ．日本地質学会第121年学術大会．2014年9月14日，鹿児島。
- 24) 西弘嗣・高嶋礼詩・山中寿朗・折橋裕二・林圭一・金綱将也．北西太平洋における白亜系 - 古第三系の層序と古環境変動の復元における意義．日本地球惑星連合大会，2014年4月28日。
- 25) Nishi, H., Takashima, R., Yamanaka, T., Orihashi, Y., Hayashi, K. Integrated stratigraphy and U-Pb ages of the Cretaceous Yezo Group, exposed in Hokkaido, Japan. The 2<sup>nd</sup> International Symposium of IGCP 608, “Cretaceous Ecosystems and their responses to paleoenvironmental changes in Asia and Western Pacific”, 2014, September 4, Tokyo.
- 26) Du Vivier, A. D. C., Selby, D., Condon, D. J., Takashima, R., Nishi, H. High-resolution  $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$  isotope stratigraphy and  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  zircon geochronology reveal and verify the global occurrence of OAE 2: Yezo Group, Hokkaido, Japan. The 2<sup>nd</sup> International Symposium of IGCP 608, “Cretaceous Ecosystems and their responses to paleoenvironmental changes in Asia and Western Pacific”, 2014, September 4, Tokyo.
- 27) Ando, T., Sawada, K., Takashima, R., Nishi, H. Primary producer community during the mid-Cretaceous oceanic anoxic events (OAEs) evaluated from algal biomarkers in sediments deposited in the Vocontian Basin, SE France. The 2<sup>nd</sup> International Symposium of IGCP 608, “Cretaceous Ecosystems and their responses to paleoenvironmental changes in Asia and Western Pacific”, 2014, September 4, Tokyo.
- 28) Magtoto, C. Y., Fernando, A. G. S., Takashima, R., Nishi, H., Tomosugi, T. Calcareous nannofossil biostratigraphy of the Cenomanian-Turonian Oceanic anoxic event 2 (OAE 2) recorded in California, USA. The 2<sup>nd</sup> International Symposium of

- IGCP 608, “Cretaceous Ecosystems and their responses to paleoenvironmental changes in Asia and Western Pacific”, 2014, September 4, Tokyo.
- 29) 高嶋礼詩・桑原里・西弘嗣．アパタイト微量元素組成を用いたテフラ・火砕流堆積物の広域対比．日本地質学会第122年学術大会．2015年9月11日。
- 30) 高嶋礼詩・桑原里・西弘嗣．白亜紀前弧海盆堆積物におけるテフラの対比とテフロクロノロジー．日本地球惑星科学連合大会．2015年5月24日。
- 31) 高嶋礼詩．白亜紀の温室気候 火成活動との関係．日本古生物学会第165回例会，2016年1月29日。

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者  
高嶋礼詩 (TAKASHIMA, Reishi)  
東北大学・学術資源研究公開センター・准教授  
研究者番号：00374207

(2) 研究分担者  
西弘嗣 (NISHI, Hiroshi)  
東北大学・学術資源研究公開センター・教授  
研究者番号：20192685

(3) 研究分担者  
山中寿朗 (YAMANAKA, Toshiro)  
岡山大学・自然科学研究科・准教授  
研究者番号：60343331

(4) 研究分担者

折橋裕二 (ORIHASHI, Yuji)  
東京大学・地震研究所・助教  
研究者番号： 70313046

(5)研究分担者

黒田潤一郎 (KURODA, Jun-ichiro)  
国立研究開発法人海洋研究開発機構・生物地球化学研究分野・研究員  
研究者番号： 10435836

(6)研究分担者

松原尚志 (MATSUBARA, Takashi)  
北海道教育大学・教育学部・准教授  
研究者番号： 30311484