

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：15201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23740377

研究課題名(和文) 太平洋新第三系の標準浮遊性有孔虫年代尺度の確立

研究課題名(英文) Establishment of standard planktonic foraminiferal time scale for Pacific Neogene sequences

研究代表者

林 広樹 (Hayashi, Hiroki)

島根大学・総合理工学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：80399360

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円、(間接経費) 660,000円

研究成果の概要(和文)：統合国際深海掘削計画(IODP)による赤道太平洋年代トランセクト計画に参加し、東部赤道太平洋で掘削された海洋底コアの浮遊性有孔虫を分析した結果、最近の約1600万年に合計60の浮遊性有孔虫年代基準面を認定することができた。

さらに、南海トラフ地震発生帯掘削計画により掘削された熊野沖のコアで同様の分析を行い、合計43の浮遊性有孔虫年代基準面を認定した。

これらの浮遊性有孔虫年代基準面の日本周辺における有効性を検証するため、島根県久利層や宮城県旗立層など陸上に分布する地層の浮遊性有孔虫生層序を分析した。その結果、これらの地層の層序学的・古海洋学的な位置づけを明確にすることができた。

研究成果の概要(英文)：I investigated planktonic foraminiferal biostratigraphy of ocean floor sediments in the eastern equatorial Pacific region drilled by Integrated Ocean Drilling Program (IODP), as a member of the Pacific Equatorial Age Transect Project (PEAT). I determined 60 planktonic foraminiferal biohorizons from this site for the last 16 million years.

In addition, I established a synthetic planktonic foraminiferal biostratigraphy comprising of 43 biohorizons for Neogene sequences in the Kumano region, northwestern Pacific, using five drilling sites of the Nankai Trough Seismogenic Zone Experience (NanTroSEIZE) project.

To test the reliability of these biohorizons for Japanese sequences, I examined planktonic foraminiferal biostratigraphy of land sections including the Kuri Formation in Shimane Prefecture and the Hatatate Formation in Miyagi Prefecture. As a results, stratigraphic significances and paleoclimatic implications of these sequences have been improved from previous studies.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学，地質学

キーワード：生層序学 新第三紀 微化石層序 浮遊性有孔虫 統合国際深海掘削計画

1. 研究開始当初の背景

年代尺度の高精度化は、地質情報の高精度な時系列解析の基礎となるものであり、地球システムをダイナミクスとして理解する上で不可欠である。天文軌道要素校正は新第三紀における最も高精度な年代決定手法のひとつであり、最新の年代尺度は赤道大西洋の深海掘削コアや地中海の新第三系で実施された天文軌道要素校正により作成されている(ATNTS2004; Gradstein et al., 2004)。しかし、これらの地点では古地磁気極性層序のデータが無いか不完全であり、古地磁気極性と天文軌道要素との対比は生層序を仲立ちに間接的に行われている。また、その基準とされた生層序についても、世界最大の海洋である太平洋のデータがあまり反映されていないという問題点がある。したがって、古地磁気極性の年代を天文軌道要素校正によってダイレクトに決定すること、および太平洋における生層序年代尺度を確立することが、ATNTS2004を検証し次の世代の年代尺度を作成するための最重要課題と考えられる。

研究代表者は、これまで日本および周辺に分布する海成新第三系の浮遊性有孔虫生層序を分析し、生層準の同時性・異時性を議論してきた。日本列島には多くの火山が分布するため、海成層に挟在する多数の火山灰層について高精度の放射年代測定を実施することにより、生層序年代尺度の数値年代の妥当性をダイレクトに検証できるというメリットがある。研究代表者は栃木県烏山地域(Hayashi and Takayashi, 2004)や福島県棚倉地域(Hayashi and Takahashi, 2008)などの海成中新統で、浮遊性有孔虫の生層準を火山灰層の放射年代で直接制約し、少なくとも日本周辺では Berggren et al.(1995)の年代尺度が ATNTS2004 よりも妥当であることを示した。しかし、研究代表者がこれまで検討してきた地層では古地磁気極性層序が検討されていないため、認められた年代尺度との差異が年代尺度の計算方法(校正点の妥当性)に起因するものなのか、あるいは生層準そのものの異時性によるものなのかを見極めることは困難であった。

統合国際深海掘削計画(IODP)による赤道太平洋年代トランセクト計画(Pacific Equatorial Age Transect: 略称 PEAT)は、赤道湧昇が発達する東部赤道太平洋について、新生代全体にわたる連続古海洋記録を得ることを目的としている(Palike et al., 2008)。研究代表者らは、新第三系を主目的とした PEAT 後半の第 321 次航海に乗船古生物学者として参加し、得られたコアの浮遊性有孔虫生層序を分析した。船上分析の成果を以下に列記する。

(1) ごく一部(10-11Ma)の区間を除き、新第三紀全体にわたって保存良好な浮遊性有孔虫化石が検出され、それにより 43 の生層準を認定できた。同時に、石灰質ナノ化石、珪藻、放散虫の生層序、さらには古地磁気極性層序

が検討され、最新の年代尺度に基づいて相互の整合性が議論された。

(2) コンポジットホールにより欠落の無い色指数や帯磁率の周期的変動が得られ、その周期が予察的に天文軌道要素変動と一致することが示された。

したがって、PEAT で得られたコアで浮遊性有孔虫生層序を確立することにより、生層序と天文軌道要素、古地磁気極性とを同一セクションで直接対比することが可能になり、既存の年代尺度 ATNTS2004 がもつ問題点をすべて解決することができると考えられる。しかし、研究代表者らによる船上分析ではコアキャッチャー試料のみが分析されたため、ミランコビッチスケールに相当する 2~10 万年の精度で生層準の位置を決定することはできなかった。また、船上分析ではいくつかの生層準で矛盾が認められており、それらは航海の時間的制約のために未解決のまま残された。

引用文献: Berggren et al., 1995, SEPM Spec. Pub. No.54, 129-212; Hayashi and Takahashi, 2004, Newsl. Stratigr., 40, 123-135; Hayashi and Takahashi, 2008, Bull. Geol. Surv. Japan, 59, 415-422; Gradstein et al., 2004, A Geologic Time Scale 2004, Cambridge University Press, 589p; Palike et al., 2008, IODP Exp. 320/321 Scientific Prospectus, 96p.

2. 研究の目的

天文軌道要素解析による詳細な年代層序と古環境解析を目指し、東部赤道太平洋の赤道湧昇海域で前期始新世にまで及ぶ海底コアが掘削された。本研究の目的は、これらのコアで詳細な浮遊性有孔虫の生層序を確立し、新第三系の国際的な標準生層序として提示すること、およびその有効性を検証することである。具体的には、以下の通りである。

(1) PEAT により掘削された 3 地点, Site U1336, Site U1337, Site U1338 の試料を用いて、新第三系の浮遊性有孔虫生層序を明らかにする。

(2) 得られた生層準について、天文軌道要素校正に基づき数値年代を決定する。また、古地磁気極性や他の微化石層序との対応関係を解明し、浮遊性有孔虫年代尺度を確立する。

(3) 日本の陸上セクションや熊野沖掘削(NanTroSEIZE)の生層序と詳細対比し、作成された年代尺度の標準層序としての妥当性を検証する。

3. 研究の方法

本研究で中心的に用いる堆積物試料は IODP 第 320 次航海および第 321 次航海で採取された Site U1336, Site U1337, Site U1338 の試料のうち、中新世以降に相当する全セクション、約 500 個である。試料採取頻度は 1 試料 / 1 セクションであり、層厚約 1.5m 毎、年代ではおよそ 2 万年間隔に相当する。

コア試料の前処理は標準的な試料処理手順に従い、軟質な堆積物については水洗により、やや硬質な岩石については過酸化水素法とボロン法を適用して構成粒子まで分解する。

まず最も化石の保存が良好な Site U1338 の各試料について、双眼実体顕微鏡を用いて、有孔虫個体の拾い出し、同定、計数を行う。それによりこのサイトの生層序を確立し、予察的成果として公表するとともに、年代一次モデルを作成する。次に、Site U1336 および Site U1337 の生層序の検討を進める。各サイトについて詳細な生層序が確立したら、随時関連学会等で報告し、またデータレポートを執筆する。考察にあたっては、乗船堆積学者、地球化学者等と積極的に連絡を取り合い、本研究終了後の新たなテーマへの発展可能性を模索する。

研究代表者は IODP Exp. 315 および Exp. 322 (NanTroSEIZE プロジェクト, 西南日本, 熊野沖掘削) の浮遊性有孔虫分析も担当している。Exp. 315 で掘削された Site C0001 および C0002 では、酸素同位体比層序との直接対比により、更新世以降の期間について生層準年代の決定が可能であることから、本研究と同精度で対比することが可能である。本研究による生層準年代と比較し、生層準の同時性・異時性を検討する。

PEAT では乗船研究者らによって新第三紀全体にわたる天文軌道要素校正が行われ、また主要微化石の生層序、古地磁気層序、安定同位体比層序が実施される。それらすべてのデータを総合し、新第三紀における浮遊性有孔虫年代尺度の PEAT モデルを確立する。PEAT モデルを既存年代尺度 ATNTS2004、および周辺海域の生層準年代と比較し、各生層準の地理的適用限界と年代決定精度を議論する。それにより、標準的な地質年代尺度の高精度化が達成される。

4. 研究成果

(1) PEAT 関連の主要成果

東部赤道太平洋で掘削された IODP Exp. 321, Site U1338 の試料について、生層序学的分析を実施した。その結果、中期中新世から更新世までの合計 60 生層準を認め、その産出の信頼度を A-C の 3 ランクで評価した。この成果は国内学会で口頭発表するとともに (学会), 日本古生物学会の英文誌 Paleontological Research に論文を投稿し、掲載された (論文)。また、そのうち中期中新世の区間 (コア 30H ~ 40H) について浮遊性有孔虫の群集解析を実施し、18 属 58 種の浮遊性有孔虫を見出すとともに、中期中新世の南極氷床拡大イベント時に群集組成が変化していることを明らかにした。この成果については、国内学会で口頭発表した (学会)。

さらに、この区間を代表する年代指標種である *Paragloborotalia siakensis* について形態解析を行い、分類学的位置づけを明確に

した。また、長周期の殻サイズ変動パターンを明らかにし、その古海洋学的・生層序学的意義を指摘した。この成果については、指導する大学院生が国内学会および国際学会で発表した (学会 および)。

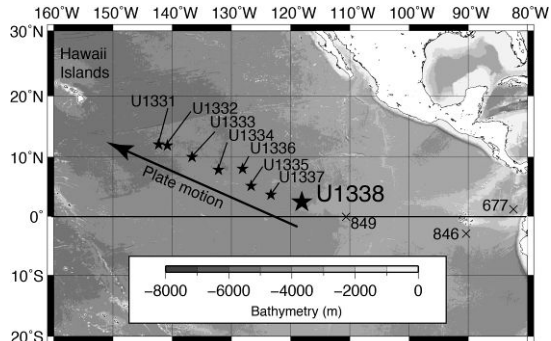


図1 PEAT サイトの位置図(論文)

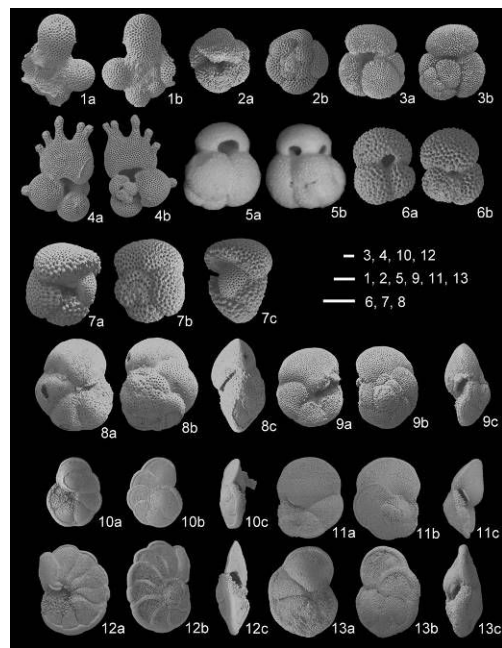


図2 Site U1338 で産出したおもな浮遊性有孔虫年代指標種の写真(論文)

(2) NanTroSEIZE 関連の主要成果

北西太平洋、熊野沖で掘削された NanTroSEIZE Stage 1 の Exp. 315 で採取されたコアについては、まず Site C0001 について浮遊性有孔虫生層序を確立し、IODP Proceedings で成果を公表した (論文)。さらに、共同研究者らと酸素同位体層序を確立し、詳細な年代モデルを作成した (論文)。また、Site C0002, Hole D の 67 試料については詳細な浮遊性有孔虫分析を行い、14 属 34 種の浮遊性有孔虫を見出すとともに、最近約 90 万年間の群集変動を明らかにした。この成果は、指導学生が国内学会で口頭発表した (学会)。

NanTroSEIZE Stage 2 のコアについては、IODP Exp. 322, Site C0012, Hole A の全 51 試料について生層序学的分析を実施した。その結果、103 種の浮遊性有孔虫を見出すとともに、中期中新世 ~ 鮮新世までの 15 生層準

を認めた。また、北西太平洋地域ではデータが少ない後期中新世について、群集変化により水塊変動を考察した。この成果については IODP Proceedings に投稿した（査読中）。

NanTroSEIZE Stage 3 については、IODP Exp. 338 のコアを試料請求し、浮遊性有孔虫による生層序を決定した。この成果の一部については IODP Proceedings として出版した（図書）。なお、高分解能の試料請求を行った Site C0002 の分析については 2013 年度に集中的に実施し、群集解析によって MPT 初期の海洋環境変動を考察した。現在は成果のとりまとめ中である。

これら Stage 1~3 の成果を総合し、熊野沖 NanTroSEIZE プロジェクト全体の浮遊性有孔虫生層序を総括した。この総括では合計 43 の生層準を認め、その信頼度を A-C の 3 ランクで評価した。この成果については国際学会で発表した（学会）。

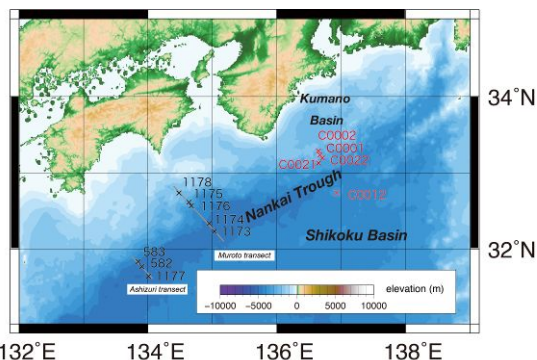


図3 NanTroSEIZE プロジェクトで総括したサイトの位置図（学会）

(3) 確立した生層準の適用および今後の展望

これまでに確立した浮遊性有孔虫生層序を日本の陸上セクションの新第三系に適用し、その有効性を実証的に明らかにした（学会）。こうした成果の内、島根県の久利層および宮城県の前立層ではその層序学的・古海洋学的位置づけが明確になり、成果が学術雑誌に掲載された（論文）。

なお、当初の研究計画のうち、PEAT サイトにおける天文軌道要素校正については、共同研究者らが鋭意進行中であるものの、まだ完了の見通しが立っていない。したがって、太平洋地域の天文軌道要素校正に基づく高精度浮遊性有孔虫生層序は今後の課題として残されている。新しく出版された年代尺度 (GTS2012; Hilgen et al., 2013) でも未解決の問題が指摘されており、今後も浮遊性有孔虫生層序のサイエンスを強力に前進させていく決意である。

また、IODP では共同研究者が続々と優れた成果をあげつつあり、そのうち一部は既にトップ雑誌論文として公表されている（論文）。今後も各国の研究者と密接に連携しつつ、新たな国際共同研究のシーズを生み出していきたいと考えている。

引用文献：Hilgen et al., 2013, in Gradstein et al., eds, The Geologic Time Scale 2012, vol. 2, Elsevier, 923-978.

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7件)

Kenji M. MATSUZAKI, Hiroshi NISHI, Hiroki HAYASHI, Noritoshi SUZUKI, Babu R. GYAWALI, Minoru IKEHARA, Takuyuki TANAKA, and Reishi TAKASHIMA, 2014, Radiolarian biostratigraphic scheme and stable oxygen isotope stratigraphy in southern Japan (IODP Expedition 315 Site C0001). Newsletters on Stratigraphy, Vol. 47, 107-130. doi:10.1127/0078-0421/2014/0044

出原祐樹・林 広樹・藤原 治・熊澤大輔・入月俊明, 2013, 仙台市名取川ルートの中中新統旗立層における浮遊性有孔虫化石群集の層位変化.化石,第94号, 5-18.

林 広樹・橋野慎平・野村律夫・田中裕一郎, 2013, 島根県大田市の模式地における中新統久利層の生層序.地質学雑誌,第119巻, 300-311. doi:10.5575/geosoc.2012.0084

Hiroki HAYASHI, ほか6名, 2013, Middle Miocene to Pleistocene planktonic foraminiferal biostratigraphy in the eastern equatorial Pacific Ocean. Paleontological Research, vol. 17, 91-109. doi:10.2517/1342-8144-17.1.91

Wilkens, R.H., Dickens, G.R., Tian, J., Backman, J., and the Expedition 320/321 Scientists, 2013, Data report: revised composite depth scales for Sites U1336, U1337, and U1338. In Paelike, H., Lyle, M., Nishi, H., Raffi, I., Gamage, K., Klaus, A., and the Expedition 320/321 Scientists, Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program, vol. 320/321, Tokyo (Integrated Ocean Drilling Program Management International, Inc.). doi:10.2204/iodp.proc.320321.209.2013.

Heiko PAELIKE, ほか全65名中28番目, 2012, A Cenozoic record of the equatorial Pacific carbonate compensation depth. Nature, vol. 488, 609-615. doi:10.1038/nature11360

Hiroki HAYASHI, ほか5名, 2011, Data report: late Neogene planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Nankai Trough, IODP Expedition 315. Proceedings of the Integrated Ocean

Drilling Program, vol. 314/315/316, 1-20.
doi:10.2204/iodp.proc.314315316.206.2011

〔学会発表〕(計 12 件)

Hiroki OKADA and Hiroki HAYASHI, 2013, Temporal size changes of Miocene planktonic foraminifer *Paragloborotalia siakensis* in the eastern Equatorial Pacific associated with Mi-events. The 46th Annual Fall Meeting of the American Geophysical Union (Moscone Center, San Francisco, USA, 12-Dec-2013).

Hiroki HAYASHI, Hiroshi NISHI, Minoru IKEHARA, Takayuki TANAKA, Kenji M. MATSUZAKI and IODP Exp. 338 Scientists, 2013, Standard biostratigraphic scheme of planktonic foraminifera for the Nankai Trough Seismogenic Zone, northwestern Pacific. The 46th Annual Fall Meeting of the American Geophysical Union (Moscone Center, San Francisco, USA, 11-Dec-2013).

林 広樹・丸岡俊樹・大平寛人, 2013, 岩手県一関地域に分布する中部中新統の浮遊性有孔虫群集と古海洋. 日本地質学会第 120 年学術大会(東北大学, 宮城県, 2013 年 9 月 15 日).

出原祐樹・林 広樹・高橋雅紀, 2013, 群馬県富岡市の中新統における浮遊性有孔虫生層序. 日本古生物学会 2013 年年会(熊本大学, 熊本県, 2013 年 6 月 29 日).

岡田博貴・林 広樹, 2013, 東部赤道太平洋 IODP Site U1338 における浮遊性有孔虫年代指標種 *Paragloborotalia siakensis* (LeRoy) の分類学的検討とサイズ変化. 地球惑星科学連合大会(幕張メッセ国際会議場, 千葉県, 2013 年 5 月 24 日).

林 広樹・ほか 6 名, 2012, 東赤道太平洋 IODP Site U1338 における中期中新世～更新世の浮遊性有孔虫生層序. 日本地質学会第 119 年学術大会(大阪府立大学, 大阪府, 2012 年 9 月 16 日).

山根大輝・林 広樹・田中章介・西 弘嗣・池原 実, 2012, 熊野沖 IODP Site C0002 における上部更新統の浮遊性有孔虫群集と古海洋. 日本古生物学会 2012 年年会(名古屋大学, 愛知県, 2012 年 6 月 30 日).

林 広樹・出光恭子・木元克典, 2012, 東部赤道太平洋 IODP Site U1338 における中期中新世の浮遊性有孔虫群集と古海洋. 日本古生物学会 2012 年年会(名古屋大学, 愛知県, 2012 年 6 月 30 日).

木元克典・山本真也・辻本 彰・林 広樹・Ed Hathorne, 2012, 赤道太平洋東部地域における中期中新世以降の生物生産

性および底層水循環変動. 地球惑星科学連合大会(幕張メッセ国際会議場, 千葉県, 2012 年 5 月 25 日).

出原祐樹・林 広樹・入月俊明・熊澤大輔・藤原 治, 2011, 仙台市名取川セクションの中部中新統旗立層における浮遊性有孔虫生層序. 日本古生物学会 2011 年年会(金沢大学, 石川県, 2011 年 7 月 2 日).

井崎雄介・林 広樹・中満隆博・小田原啓・田中裕一郎, 2011, 神奈川県西部に分布する足柄層群の浮遊性有孔虫生層序. 日本古生物学会 2011 年年会(金沢大学, 石川県, 2011 年 7 月 2 日).

東 明憲・林 広樹・金松敏也, 2011, 熊野海盆における最終間氷期以降の浮遊性有孔虫群集と古海洋. 日本地質学会西日本支部第 160 回例会(広島大学, 広島県, 2011 年 2 月 19 日).

〔図書〕(計 2 件) いずれも分担執筆

Strasser, M., Dugan, B., Kanagawa, K., Moore, G.F., Toczko, S., Maeda, L., and the Expedition 338 Scientists, 2013, Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program, vol. 338. Integrated Ocean Drilling Program Management International, Inc., for the Integrated Ocean Drilling Program.

林 広樹, 2012, 5.3. 浮遊性有孔虫の研究事例: 太平洋から絶滅したピンク色の浮遊性有孔虫. 国立科学博物館叢書 13 微化石, 東海大学出版会, 270-272.

〔その他〕

ホームページ

<http://www.geo.shimane-u.ac.jp/hayashi/kakenhi23740377.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

林 広樹 (HAYASHI, Hiroki)

島根大学・大学院総合理工学研究科・准教授

研究者番号: 80399360