

平成 22 年 6 月 1 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2009

課題番号：19540482

研究課題名（和文）全三畳系海洋イベントの解析-繰り返される深海無酸素事変-

研究課題名（英文）Analysis of whole Triassic oceanic events -OAEs repeated in deep-sea-

研究代表者

堀 利栄 (HORI S. RIE)

愛媛大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：30263924

研究成果の概要（和文）：三畳紀は、古生代末の大量絶滅後に海洋環境が大きく中生代型へと変換した時代と考えられている。本研究では、本邦とニュージーランドにおける三畳系の深海堆積物を検討し、従来提唱されている数より多くの海洋貧酸素事変(OAE)が起こっていたことを突き止めた。それらは、三畳紀初期では少なくとも3回、三畳紀後期に1回、発生していた事が明らかになった。また、OAEの発現と持続期間は、同じ海洋でも場所によって異なり、炭素同位体比に記録された炭素循環変動と関係がある事が判明した。

研究成果の概要（英文）：Oceanic environmental changes of whole Triassic interval have been examined on deep-sea sedimentary rocks from SW Japan and New Zealand. Through the geochemical, paleontological and paleomagnetic studies, we have obtained the following results, 1) Oceanic Anoxic Event (OAE) of early Triassic did not occur uniformly, and their magnitude depended on depositional areas. 2) A Late Triassic OAE has been detected, which is strongly related to fluctuation of Carbon cycle in ocean, and 3) isotopic profiles such as C-isotope for whole Lower Triassic and Upper Triassic to Lower Jurassic have been clarified.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
2009年度	300,000	90,000	390,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

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：地質学・三畳系

## 1. 研究開始当初の背景

三畳紀は、顕生代最大の大量絶滅を示す P/Tr 境界イベントに始まり、恐竜時代の幕開けである Tr/J 境界イベントで終了する地質時代

である。Tr/J 境界イベントに関しては、IGCP458そしてIGC506に引き継がれ世界的な検討がなされている段階である。また P/Tr 境界イベントに関しては多数の学際プロジ

エクトが組織されると共に多くの研究論文が公表されている。それに対し、三畳系の各々のステージに記録されたイベントに関する研究は、非常に少ないのが現状である。近年では、三畳紀前期 Induan 半ばにおける海洋無酸素イベント (以下 OAE と略す) が、ニュージーランドの三畳系で発見され、P/Tr 境界の OAE より規模が大きい可能性が示されており (研究代表者: Hori et al. 2007)、P/Tr 境界イベント後の三畳系下部の詳細な層序学的、地球化学的検討が必要とされている。また、三畳系上部 Carnina/Norian 境界では、石灰質殻プランクトン円石藻が地球上の海洋にはじめて出現し (e.g. von Salis 1998)、加えて $\delta^{13}\text{C}$  の値が著しく変動するほどの大きな海洋イベントの存在が示唆されているにも関わらず、十分な検討がなされていないのが現状であった。

## 2. 研究の目的

本研究では、

(1)  $\delta^{13}\text{C}$  値変動の検討を中部三畳系を除く全三畳系で行い、Carnina/Norian (C/N)境界における変化が本邦深海堆積層にも検出できるのか? OAE は深海三畳系に何度記録され、その分布域はどれほどの広がりをもっていたのか?

(2) また Tr/J 境界における $\delta^{13}\text{C}$  値の負のシフトと正のスパイクの要因は何なのか?

C/N 境界も含めての同位体比の変動や微量元素組成の検討と詳細な微化石層序・群集組成解析、および古地磁気解析と共に行うことによって解明していくことを目的とした。

## 3. 研究の方法

三畳系深海堆積物の地質調査および試料採取をニュージーランド北島および西南日本各地で、堀 (研究代表者) が行った。それらの試料における微化石層序の検討および堆積岩の全岩主成分および微量元素については愛媛大学で分析した。炭素同位体比の検討に関しては、前処理を愛媛大学で行った後、高知大学海洋コア総合研究センターで池原氏 (分担者) の協力で分析を行った。古地磁気用試料に関しては、測定用試料の加工を愛媛大学で行った後、高知大学海洋コア総合研究センターで測定した。その際には、研究分担者である小玉氏の協力と共に同センター PD 研究員の Alexandra Abrajevitch 女子の研究協力を得て行った。当初愛媛大学で予定していたチャートの Pb 分析は、時間的な制約のため、海洋開発研究機構の黒田氏との共同研究として進め、上部三畳系から下部ジュラ系の Tr/J 境界を挟む連続層序の Os 同位体比の分析を行った。

## 4. 研究成果

本研究では、以下のような成果が得られた。

- 1) 三畳紀前期の世界的な OAE (海洋貧酸素事変) は、ニュージーランドの 2 層序断面での検討の結果、その発現と持続時間には明らかな地域差がある事が判明した (図 1)

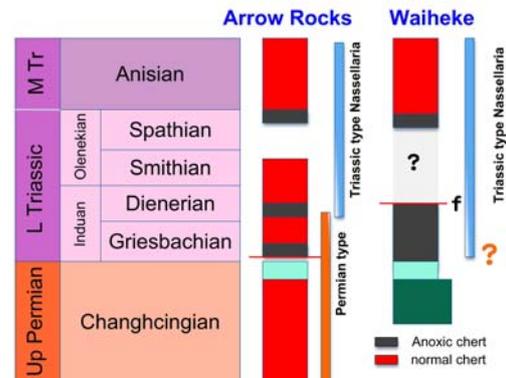


図 1 : Arrow Rocks と Waiheke における OAE (黒色部分) 発現層準。

図中にあるように、同じ南半球パンサラッサ海における深海堆積物でも、OAE の発現は異なる。Waiheke 島の深海堆積物に代表される南緯 34° と北半球低・中緯度の遠洋域では、OAE が P/T 境界から Spathian まで継続しているが、南半球の Arrow Rocks section の堆積場では、長期間の OAE は発現せず、3 度の短期 OAE が繰り返し訪れている事が判明した。よって、Arrow Rocks に分布する深海堆積岩層の古堆積場を復元することがより重要になってきている (図 2 参照)。

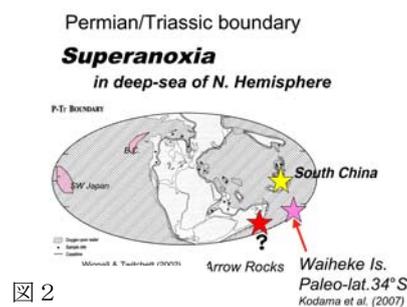


図 2

現在、Arrow Rocks の堆積場を古地磁気学的アプローチで再度検討中である。Arrow Rocks 堆積場の緯度が確定できれば、より精度の高い海洋環境の復元が可能になると思われる。

- 2) 下部三畳系有機炭素同位体比プロファイルの構築。

本研究では、南半球に分布する下部三畳系深海堆積物 (上記の Arrow Rocks と Waiheke 島

の層序 section)において炭素同位体比変動の研究を行った。Arrow Rocks の P/T 境界付近の検討は予察的に行っていたが、本研究により、全下部三畳系における変動が明らかとなった。Arrow Rocks における有機炭素同位体比変動曲線は、南中国の下部三畳系から報告されている変動曲線とよく一致した。また Waiheke 島の層序断面では、P/T 境界が存在している可能性が示唆された (図 3)。

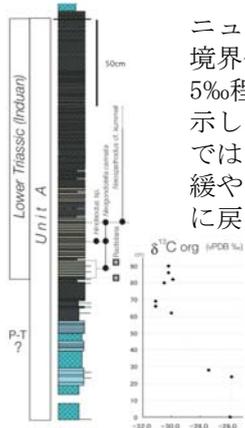


図 3

ニュージーランドの P-T 境界付近では、両地域とも 5‰程度の負へのシフトを示し、Arrow Rocks の検討では、再び重い値を示し、緩やかに定常的価 (-27‰) に戻った後、再び下部三畳系上部で変動を示すことが観察された。今後は、Waiheke に於けるより上位層準と負へのフト層準の検討が必要である。

3) 三畳紀の OAE の発達は、古世のみにとどまらず、三畳紀新世 Carnian 前期と中期の境界において顕著な OAE が起こっている事が、西南日本の深海堆積物の検討で明らかとなった。遠洋堆積物の詳細な微量元素および有機炭素同位体比変動の検討と放散虫の生物相の解析により、その原因は、海洋表層域での生物生産量の急激な増加が考えられる。つまり、有機物の多量供給によって、溶存酸素の消費が促進され海洋酸欠状態になり、OAE が発現した可能性が高い。このような三畳紀新世の OAE は、これまで報告されておらず世界ではじめての知見となる。今後、新たに識別された Carnian OAE が世界的規模での現象がどうかを、様々な地域における同年代の地層で検討する必要がある。

4) 上部三畳系から下部ジュラ系における有機炭素同位体比変動曲線が明らかになった。西南日本における層状チャートを連続層序断面で分析し、放散虫やコノドント化石層序を詳細に検討することにより、高解像度の検討が可能となった。その結果、上部三畳系 Norian-Rhaetian における漸次的な炭素同位体比の減少と T/J 境界における正への急激なシフト、および下部ジュラ系における正負への 3‰程度の変動が検出された。さらに層序対比の精度をあげるため、古地磁気層序の検討も行ったが、データ解析が未完了である。

以上の結果を図 4 にまとめた。微量元素の分

析により、新たに識別された Carnian と Sinemurian の炭素同位体比変動の原因として OAE が示唆されている。

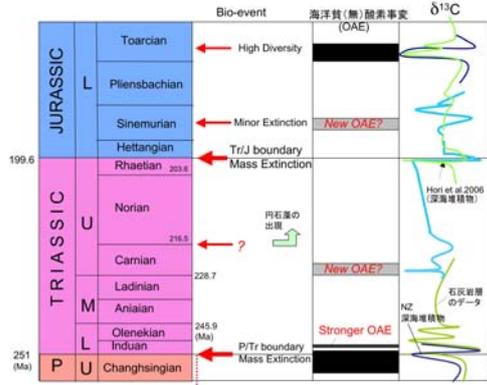


図 4 全三畳系〜下部ジュラ系における炭素同位体比層序と生物相および OAE イベント。濃い黒色はすでに提唱されている OAE。灰色のものは、本研究で新たに識別された OAE。T/J 境界層準以外では、炭素同位体比の変動と OAE の発現とにより相関がみられる。

5) 上記のように T/J 境界において著しい炭素同位体比変動が見られるにもかかわらず OAE の痕跡が微量化学組成分析では得られなかった。そこで、T/J 境界変動の原因を探るため、三畳紀末期の Os 同位体比変動を JAMSTEC の黒田氏との共同研究で検討した。その結果、三畳紀末期に大西洋のオープニングに伴う洪水玄武岩の大規模な噴火の記録が遠洋堆積物中に記録されている事が明らかになったが、そのピークは、海洋生物の絶滅層準と一致せず先行していることが判明した (投稿中)。よって、洪水玄武岩 (ここでは CAMP) の噴火は、三畳紀末の海洋生物の絶滅には直接関与していない可能性が高くなった。

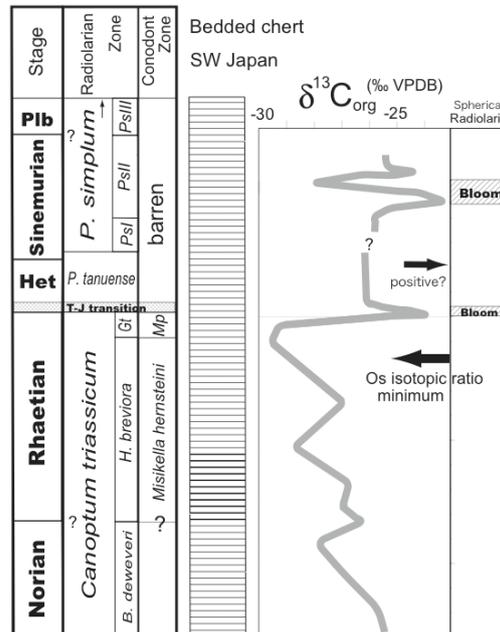


図 5 T-J 境界付近の C & Os- 同位体比変動と微化石層序

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 12 件)

- ① R. S. Hori, K. Akikuni, K. Nanbayashi, J. Kuroda, M. Ikehara, D. Gröcke, Multidisciplinary study on the Triassic-Jurassic boundary sequences from SW Japan. *Earth Science Frontiers*, 査読有, 2010, 掲載確定
- ② Kenichi Akikuni, Rie S. Hori, Vivi Vajda, Jack A. Grant-Mackie, Minoru Ikehara, Stratigraphy of Triassic-Jurassic boundary sequences from the Kawhia coast and Awakino gorge, Murihiku Terrane, New Zealand. *Stratigraphy*, 査読有, 2010, 掲載確定
- ③ 庵谷奈津子・堀 利栄・池原 実, 四万十帯白亜系層状チャートにおける OAE1a 無酸素水塊の深度予測と  $d^{13}C_{org}$ ・微量元素変動. *大阪微化石研究会誌*, 特別号. 査読有, 2009, 297-315. *大阪微化石研究会誌*, 特別号
- ④ Rie S. Hori, Yasushi Higuchi, Toru Fujiki, Tomoko Maeda and Minoru Ikehara, Geochemistry of the Oruatemanu Formation, Arrow Rocks, Northland, New Zealand. *GNSScience Monograph*, 査読有, 2007, 24, 123-156.
- ⑤ Kazuto Kodama, Mani Fukui, Yoshiaki Aita, Toyosaburo Sakai, Rie S. Hori, Atsushi Takemura, Hamish J. Campbell, Christopher J. Hollis, Jack A. Grant-Mackie and K. Bernhard Spörl, Paleomagnetic results from Arrow Rocks in the framework of Paleomagnetism in Pre-Neogene Rocks from New Zealand. *GNSScience Monograph*, 査読有, 2007, 24, 177-196.

[学会発表] (計 10 件)

- ① 黒田 潤一郎, 堀 利栄, 鈴木 勝彦, 大河内 直彦, 三畳紀-ジュラ紀境界の海水オスミウム同位体変動 ～古太平洋遠洋性堆積物から得られた新知見～. 古海洋シンポジウム. 2010 年 1 月 8 日. 東京大学海洋研究所
- ② 堀 利栄・小玉一人・池原 実・山北 聡・相田吉昭・酒井豊三郎・竹村厚司・鎌田祥仁・鈴木紀毅・高橋 聡・K. Bernhard Spörl, ニューゼaland 深海堆積物における三畳紀古世海洋環境イベントの解析. 海洋コア共同利用発表会. 2010 年 1 月 6 日. 東京大学海洋研究所
- ③ 堀 利栄・秋國健一・南林慶子・工藤薫子・村上由記・池原 実, 上部三畳系～下部三畳系層状チャートの有機炭素同位体層序. 日本地質学会第 116 年学術大会.

2009 年 9 月 4 日, 岡山理科大学.

- ④ Rie S. Hori, Satoshi Yamakita, Minoru Ikehara・Kazuto Kodama, Yoshiaki Aita, Toyosaburo Sakai Atsushi Takemura, Yoshihito Kamata, Noritoshi Suzuki, Satoshi Takahashi, K. Bernhard Spörl, Jack A. Grant-Mackie, Early Triassic (Induan) Radiolarian fossils and C-isotope excursion of a deep-sea sequence from Waiheke Island, North Island, N. Z. The 12<sup>th</sup> Meeting of the International Association of Radiolarian Paleontologists, 2009 年 9 月 15 日, 南京(中国).
- ⑤ 堀 利栄・南林 慶子・池原 実, ジュラ紀古世海洋環境変動～繰り返す OAEs～. 日本地質学会第 115 年学術大会, 2008 年 9 月 21 日, 秋田大学.
- ⑥ 堀 利栄・山北 聡・池原 実・小玉一人・相田吉昭・酒井豊三郎・竹村厚司・鎌田祥仁・鈴木紀毅・K. Bernhard Spörl・Jack A. Grant-Mackie, ニューゼaland・ワイヘケ島産三畳紀放射虫とその古生物地理学的意義. 日本古生物学会第 157 回例会, 2008 年 2 月 1 日, 宇都宮.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.sci.ehime-u.ac.jp/~shori/>  
現在上記アドレス HP を更新準備中 (2010 年 8 月までに日本語 version の本研究成果を Up する予定。英文 version については、成果の論文投稿・受理を待つて Up する予定)

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

堀 利栄 (HORI S. RIE)  
愛媛大学・理工学研究科・准教授  
研究者番号: 30263924

(2) 研究分担者

小玉 一人 (KODAMA KAZUTO)  
高知大学・海洋コア総合研究センター・教授  
研究者番号: 00153560  
池原 実 (IKEHARA MINORU)  
高知大学・海洋コア総合研究センター・准教授  
研究者番号: 90335919

(3)連携研究者

なし

\*研究協力者

黒田 潤一郎 (KURODA JUNICHIRO)  
海洋研究開発機構・研究員

Alexandra Abrajevitch  
高知大学・海洋コア総合研究センター・  
PD 研究員

ニュージーランド北島における地質調査および試料採取においては以下の研究者の協力を得た。

K. Bernhard Spörli  
University of Auckland

J. A. Grant-Mackie  
University of Auckland