

機関番号：13301

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20403016

研究課題名（和文） 白亜紀海洋無酸素事変に対する顕著な負のフィードバック：南西太平洋域の証拠

研究課題名（英文） Remarkable negative feedback against Cretaceous Oceanic Anoxic Event: evidence from Southwestern Pacific region

研究代表者

長谷川 卓 (HASEGAWA TAKASHI)

金沢大学・自然システム学系・教授

研究者番号：50272943

研究成果の概要（和文）：従来 Cenomanian/Turonian 境界であると考えられていた層準は Cenomanian であり、同境界は従来 Coniacian に近いと考えられていた層準であった。その層準は特異な赤色層により構成されており、同時代のテチス海、古大西洋において海洋無酸素事変(OAE2)が生じて黒色泥岩が堆積した状況とは正反対である。このことは OAE2 のメカニズム解明に、南太平洋高緯度域が重要な意味を持っている（おそらく寒冷深層水の形成による）ことを示唆している。

研究成果の概要（英文）：The horizon previously interpreted to be Cenomanian/Turonian boundary was not the boundary. We found that the real boundary located at horizon that believed to have been near Coniacian. The horizon was composed of remarkable red beds. Such condition is opposite to the contemporaneous proto-Atlantic and Tethyan oceanic condition. This finding suggests that Southern Pacific has significant importance for elucidating mechanism of OAE2. Cooler deep water formation near this region during OAE2 could explain the red beds formation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2009年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2010年度	1,900,000	570,000	2,470,000
年度			
年度			
総計	9,700,000	2,910,000	12,610,000

研究分野：地質学・古環境学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・層位・古生物学

キーワード：古環境学，海洋無酸素事変，ニュージーランド，白亜紀，炭素同位体比，OAE

## 1. 研究開始当初の背景

ニュージーランドの白亜系は、アンモナイトが産出せず、イノセラムス類も地域的なものが殆どであることから、域内での相対年代区分はできても、それを国際的な年代層序区分に対応させることが難しかった。一方、研究代表者の長谷川は、ニュージーランドの白

亜系大陸斜面堆積物と非常に岩相的に類似する、北海道やサハリンに分布する蝦夷層群堆積岩について、炭素同位体比層序を化石層序と組み合わせることにより、非常に高精度の国際対比を実現することに成功していた。2002年にニュージーランド側の招きにより現地の地層を調査する機会があり、この手法はニュージーランドの地層に応用すること

が可能であることに気づいた。

Cenomanian/Turonian 期境界に生じた海洋無酸素事変 2 (OAE2)は有機炭素の埋没を伴い、二酸化炭素を大気・海洋系から除去するため、寒冷化の気候パルスがあることが予期されていた。南緯 70 度近い高緯度にあった同地は、そのような兆候として酸素に富む水が形成されると考えた。以上が本研究の作業仮説となった。

## 2. 研究の目的

上述の作業仮説を証明することが目的である。具体的には (1) 酸素に富む水の証拠があるか? (2) その「証拠」は OAE2, そして世界で「寒冷化が生じた」とされるタイミングと一致するのか? (3) この時代の炭素同位体比曲線には正エクスカーションがみられ、その中に短い 1%程度の負エクスカーションが存在するが、これが寒冷化に関連すると推定されている。「証拠」のタイミングは負エクスカーションと一致するか? 以上を検証することが本研究の目的であった。

## 3. 研究の方法

炭素同位体比層序と生層序を組み合わせた手法により、Cenomanian/Turonian 階境界を検出し、詳細な同位体比層序に基づいて国際対比を行うことを、まず目指した。ニュージーランド側の協力研究者はニュージーランド地質・核科学研究所のジェームス・克蘭プトン博士、ブラッド・フィールド博士およびポール・シオラー博士である。

まずニュージーランドの相対年代対比の模式地 (マンガオタニ A・セクション) の詳細な調査を行い、詳細なルートマップを作成し、同時に大型化石の採集および同位体分析用の泥岩試料を採集した。全ての試料採集地点については写真を撮影している。このセクションを補うために、他に 4 つのセクション (グレンバーン海岸セクション、マンガオタニ B セクション、カバーハム・セクション、ソウピットガリー・セクション) でも同様な調査と試料採集を行い、合計 200 個以上の試料を採集し、現地の研究所で分割を行った。有機物の期限同定のためのロックエバル分析などは同研究所に依頼した。日本 (金沢大学) では、炭素同位体比と有機炭素含有量の分析を行ったが、有機物の起源同定のため、炭素と窒素の元素比の測定、および落射型蛍光顕微鏡による有機岩石学的な観察などを行った。

炭素同位体比測定に関しては、まず酸処理後に元素分析を施し、有機炭素含有量を見積もってから、3 回測定を行ってその平均を分析値として出した。機器の再現性は  $\pm 0.1\%$

程度である。

## 4. 研究成果

従来より Cenomanian/Turonian 階境界だと現地の研究者により目されていた層準を詳細に調査した結果、その層準は同境界ではないことが明らかになった。一方、その上位数十メートルに位置する顕著な赤色泥岩の層準に、奇異な炭素同位体比の負のスパイクが見つかった (図 1)。ただし、この層準では有機炭素含有量が低く、かつ有機岩石学的観察により測定対象としていた陸上高等植物由来有機物が殆ど含まれていないことが判明したため、地域的化石層序で対比されるほかのセクションの同層準でも炭素同位体比を詳細に調べた。

その結果、マンガオタニ B セクションでも赤色層を確認し、その層位範囲にはマンガオタニ A セクションと同様の負のエクスカーションを発見した (図 1 a, b)。極度に負の値をとる層準は、有機炭素含有量が著しく低い層準と対応していた。予察的にバイオマーカーによる検討を行ったところ、有機炭素量が低い層準では、陸上植物由来バイオマーカーが欠如している以外は、有機炭素量が高い層準と同様のフィンガープリントを持っていた。

以上のことから、マンガオタニの 2 セクションの負エクスカーションは次のように形成されたと考えた。まずエクスカーションの前後の有機炭素量の高い層準は、陸上高等植物由来有機物が多量に含まれるため、全岩分析によって得られる炭素同位体比値は、体積場に近い陸上の高等植物の炭素同位体比を反映する。しかし、エクスカーション層準では陸上植物がないため、前後の層準でもごくわずかに含まれている藻類やバクテリア由来有機物の有機物全体に対する相対的な寄与度が増加したため、全岩分析の結果は、それら藻類やバクテリアの炭素同位体比を反映する。藻類は陸上高等植物よりも 3~4% 負の炭素同位体比を持つことが一般的に知られている。有機物の起源がエクスカーション層準で入れ替わったために負エクスカーションとして現れたと考えた。

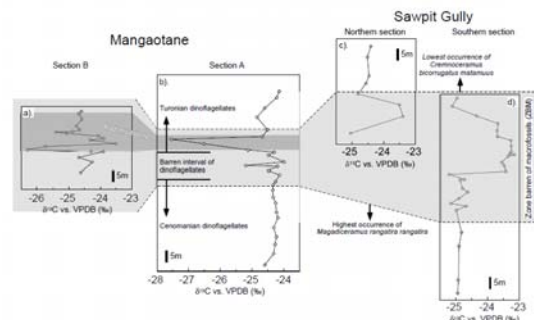


図 1 : ニュージーランドの各セクションの炭素同位体比層序対比

マンガオタニBでは負エクスカージョンの範囲でも、有機炭素含有量が増える層準もあり、そこでは前後の地層と比較して明らかに高い炭素同位体比を持っていた。これが世界で広く見られる Cenomanian/Turonian 境界の正エクスカージョンに対応する可能性があったので、マンガオタニよりも更に浅海の堆積物であるソウピットガリー・セクションの炭素同位体比層序を構築した。

その結果、赤色層と同じ大型化石帯に正の約 2‰のエクスカージョンを検出した。その形状は、日本を含む世界の他地域のものとよく一致していた(図 2d)。更に研究協力者のポール・シオラー博士がマンガオタニAセクションの赤色層付近で渦鞭毛藻化石を検討した結果、赤色層付近に Cenomanian/Turonian 境界があることが明らかになった。ソウピットガリーの正エクスカージョンは生層序学的にも同境界のものであることが立証された。これにより、炭素同位体比層序の模式地である英国・イーストボーンセクションや、GSSPである米国国のプエブロ・セクションとも図 2 のように詳細な対比ができた。

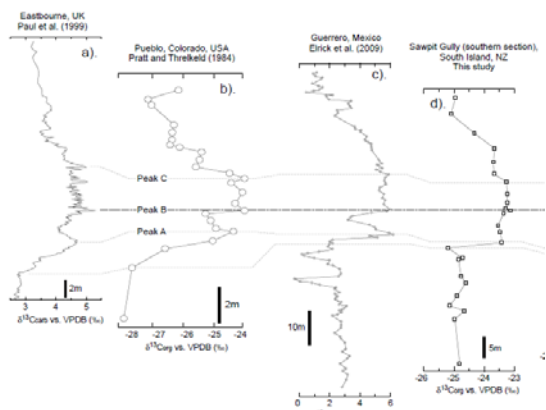


図 2：世界の研究先進地との炭素同位体比層序による Cenomanian/Turonian 境界の対比

この対比によると、赤色層は炭素同位体比のエクスカージョンで対比される欧米の OAE2 主要フェーズよりも前から始まっており、もっとも顕著な赤色層はその主要フェーズよりも後に生じていることになる。赤色層は、酸素に富む中層水の発達により形成されたと考えているが、OAE2 の発達との時間的前後関係に基づく因果関係は、今後更に検討する必要がある。

以上の成果は 2009 年に熊本で行われた IGCP507 (アジアにおける白亜紀の古環境進化に関する国際プロジェクト) のシンポジウムや 2010 年の日本古生物学会年会での講演を通じて公表を進めてきたが、高い評価を得るに至り、研究代表者である長谷川が、「白亜紀の古環境学のおよび層序学的研究」によ

り日本古生物学会学術賞を受賞するに当たっての重要な要素となった。また、最終的な成果は、現在 Cretaceous Research に投稿中である。

また、海洋環境の指標とする手法 2 種類について、北陸地域に分布する手取層群を利用して開発、応用を行い、ニュージーランドの地層への適用を模索中である。

## 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 10 件)

- ① Nemoto, T. and Hasegawa, T. Submillennial resolution carbon isotope stratigraphy across the Oceanic Anoxic Event 2 horizon in the Tappu section, Hokkaido, Japan. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* (2011) vol. 309, 271-280. (査読有)
- ② Hasegawa, T., and Hibino, T., Polycyclic aromatic hydrocarbons in the Jurassic-Cretaceous Tetori Group, central Japan. *The Island Arc* (2011), vol. 20, 23-34. (査読有)
- ③ Hasegawa, T., Hibino, T. and Hori, S., An indicator of paleosalinity: sedimentary sulfur and organic carbon in the Jurassic-Cretaceous Tetori Group, central Japan. *The Island Arc* (2010), vol. 19, 509-604. (査読有)
- ④ Yamamoto, S., Hasegawa, T., 他 8 名 (掲載順 2 位), Environmental and vegetational changes recorded in sedimentary leaf wax n-alkanes across the Cretaceous-Paleogene boundary at Loma Capiro, Central Cuba. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* (2010), vol. 295, 31-41. (査読有)
- ⑤ Hasegawa, T., Seo, S., Moriya, K., Tominaga, Y., Nemoto, T., Naruse, T., High resolution carbon isotope stratigraphy across the Cenomanian/Turonian boundary in the Tappu area, Hokkaido, Japan: correlation with world reference sections. *The Science Report of Kanazawa University* (2010), vol. 54, 49-62. (学内査読有)
- ⑥ McCarren, H., Thomas, E., Hasegawa, T., Röhl, U., and Zachos, J.C. Depth Dependency of the Paleocene-Eocene Carbon Isotope Excursion: paired benthic and terrestrial biomarker records (ODP Leg 208, Walvis Ridge) *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*

(2008), doi:10.1029/2008GC002116.  
(査読有)

- ⑦守屋和佳, 長谷川 卓, 成瀬貴洋, 瀬尾草平, 根本俊文, 鈴木崇章, 森本このみ. 白亜紀中期・セノマニアン/チューロニアン境界の絶滅事変時における有孔虫化石群組成の超高解像度解析. 地学雑誌, 117, 878-888 (2008). (査読有)
- ⑧長谷川 卓, 暁新世-始新世温暖化極大事件(PETM)研究の最前線: 炭素同位体比層序学の貢献. 長谷川卓・沢田健編 特集: 顕生代の環境擾乱イベントとその解析. Researches in Organic Geochemistry (2008), 23/24, 43-52. (査読有)
- ⑨山本真也・長谷川 卓, 白亜紀/第三紀境界における炭素循環擾乱イベント. 長谷川卓・沢田健編 特集: 顕生代の環境擾乱イベントとその解析. Researches in Organic Geochemistry (2008), 23/24, 33-41. (査読有)
- ⑩長谷川 卓, 棚部一成, 西 弘嗣, 温室地球期の海洋鉛直循環の解説: OAE 堆積物を利用する新視点. 特集: 温室地球における生命と環境の共進化-月刊地球 (2008), Vol. 30, 372-377. (査読無)

[学会発表] (計12件)

- ①Hasegawa, T., Crampton, J., Field, B., Poul Shioler, Unique paleoenvironmental change in southern high latitude across the Cretaceous Cenomanian/Turonian boundary, 6<sup>th</sup> International Symposium of IGCP507, 15 August, 2011, China University of Geosciences, Beijing, China.
- ②長谷川 卓, 特別講演 (学術賞受賞講演) 白亜系層序と国際対比: 温室地球子環境の理解に向けて. 日本古生物学会 2011 年会, 2011 年 7 月 2 日, 金沢大学 (石川県)
- ③沖野遼, 長谷川 卓, James Crampton, 南半球高緯度地域から得られた上部白亜系の有機炭素同位体比変動. 日本古生物学会 2011 年会, 2011 年 7 月 2 日, 金沢大学 (石川県)
- ④長谷川 卓, 根本俊文, 柿崎喜宏, 富永嘉人, 化学層序による白亜系国際対比と古環境評価. 日本古生物学会第 160 回例会, 2011 年 1 月 28 日, 高知大学 (高知県)
- ⑤富永嘉人, 長谷川 卓, 利光誠一, 上部白亜系のイノセラムス帯年代の検証: 国際指標種と炭素同位体比層序の統合的応用. 日本古生物学会第 160 回例会, 2011 年 1 月 29 日, 高知大学 (高知県)
- ⑥富永嘉人, 長谷川 卓, 利光誠一, 蝦夷層群における千年規模の解像度で求めた炭素同位体比変動とその意義. 日本地質学会第 117 年学術大会, 2010 年 9 月 18 日,

富山大学 (富山県)

- ⑦Moriya, K., Nishi, H., Kawahata, H., Evolution of ocean thermal structure in the Cretaceous greenhouse: meridional temperature distribution and putative glaciation in the supergreenhouse. The 75<sup>th</sup> Anniversary symposium of the Palaeontological Society of Japan "The Mesozoic Revolution: a global biological transformation", 2010 年 6 月 11 日, つくば国際会議場 (茨城県).
- ⑧長谷川 卓, 福士圭介, Crampton, J., Field, B., 独特な古環境変化を示す南半球高緯度域における白亜紀 Cenomanian/Turonian 境界, 日本古生物学会 2010 年会, 2010 年 6 月 12 日, 筑波大学 (茨城県)
- ⑨富永嘉人, 長谷川 卓, 千年規模の解像度で求めた蝦夷層群の炭素同位体比変動とその意義. 日本古生物学会第 159 回例会, 2010 年 1 月 30 日, 滋賀県立琵琶湖博物館 (滋賀県)
- ⑩根本俊文, 長谷川 卓, 白亜系蝦夷層群 OAE2 相当層における超高解像度炭素同位体比層序の重要性. 日本古生物学会第 159 回例会, 2010 年 1 月 30 日, 滋賀県立琵琶湖博物館 (滋賀県)
- ⑪森本このみ, 長谷川 卓, 守屋和佳, 炭素同位体比層序による白亜系蝦夷層群の国際対比. 日本古生物学会 2009 年会, 2009 年 6 月 27 日, 千葉大学 (千葉県)
- ⑫成瀬貴洋, 長谷川 卓, 守屋和佳, 瀬尾草平, 白亜紀中期の海洋無酸素事変 (OAE2) と北太平洋域の浮遊性有孔虫イベント. 日本古生物学会 2009 年会, 2008 年 7 月 6 日, 東北大学 (宮城県)

[その他]

ホームページ等

[http://earth.s.kanazawa-u.ac.jp/Paleo\\_Lab/index.html](http://earth.s.kanazawa-u.ac.jp/Paleo_Lab/index.html)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

長谷川 卓 (HASEGAWA TAKASHI)  
金沢大学・自然システム学系・教授  
研究者番号: 50272943

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

福士 圭介 (FUKUSHI KEISUKE)  
金沢大学・環日本海域環境研究センター・助教  
研究者番号: 90444207

守屋 和佳 (MORIYA KAZUYOSHI)  
早稲田大学・教育・総合科学学術院・助手  
研究者番号：60447662

(4) 研究協力者

James Crampton, Brad Field, Poul Shioler  
(GNS Science, New Zealand)