

# Analysis of paleoclimate during OAE2. with world-highest resolution

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-12-21 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: Hasegawa, Takashi メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.24517/00049418">https://doi.org/10.24517/00049418</a>

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



世界最高の解像度による白亜紀 OAE2 の古気候解析

(課題番号 18340164)

平成 18 年度～19 年度科学研究費補助金  
(基盤研究(B)一般)研究成果報告書

平成 21 年 3 月

金沢大学附属図書館



1300-05146-9

代表者：長谷川 卓  
学院・自然科学研究科・准教授

世界最高の解像度による白亜紀 OAE2 の古気候解析

(課題番号 18340164)

平成 18 年度～19 年度科学研究費補助金  
(基盤研究(B)一般)研究成果報告書

金沢大学附属図書館



1300-05146-9

平成 21 年 3 月

研究代表者: 長谷川 卓  
金沢大学大学院・自然科学研究科・准教授

著 者 寄 贈

## <緒言>

地質学的な観点で見ると、現在の地球は過去に例を見ないほどの速さで環境が変化している。過去の地球に生じた、地球環境の激変の記録としてよく知られる地質イベントのうち、明らかに現在の地球温暖化よりも速いスピードで進行したものは、白亜紀／古第三紀境界の隕石衝突による生物絶滅事件だけである。このイベントはしかしながら、巨大天体の飛来と地球への衝突という外的要因によって引き起こされたものである。地球史上はむしろ内的要因による環境激変イベントのほうが多く、その意味では現在の環境激変は、地球史上最速に進行する内的イベントといえる。この環境変化は人為的な二酸化炭素の放出が原因である可能性が極めて高いことが気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第四次報告でも示されており、人類が地球の炭素循環に強く関わり始めたことがその原因といえるだろう。

地球の炭素循環は地質時代を通じて変化してきた。2億年程度のウィルソン・サイクルに対応する周期や、数千万年程度および百万年程度の周期性も見られるが、現在の地球と同じように軌道要素に支配された周期性も存在する。そして数千年の海洋深層水循環に対応する周期や、さらに短い周期性も存在したであろうと推定される。白亜紀は顕生累代で最も温暖化した時代のひとつであり、海洋堆積物として連続的な記録が保存されている時代でもある。この時代は、現在のように氷床は存在せず、炭素循環の状態も大きく異なっていたことが知られている。さらに白亜紀の海洋の特徴のひとつとして「海洋無酸素事変（OAE）」と呼ばれる現象が10回程度生じていたことが挙げられる。大量の有機炭素が広域に及ぶ海底にて短期間のうちに堆積し、その炭素が大気海洋系の炭素循環から離脱することにより、地球表層の気候に大きな影響を与えたと考えられているイベントである。有機物が堆積した海底は、溶存酸素が全くない（無酸素）か、ごく僅かしかない（貧酸素）状態であったことにその名は由来する。本研究では白亜紀のOAEの中でも最も地球気候に深刻な影響を与えたであろうと考えられている、白亜紀中期のCenomanian/Turonian期境界付近（厳密に言えばCenomanian最後期）のOAE2（しばしばCT-OAEあるいはCTBEなどとも呼ばれる）に焦点を絞った。

OAE2を含めて、OAE研究の殆どは炭酸塩プラットフォームなどの炭酸塩シーケンスで行われている。炭酸塩の炭素・酸素同位体比という重要な環境指標が活用できる反面、堆積速度は20m/myr程度であることが多い。これは軌道要素に対応する環境変動を解読するには十分であるが、それより短い海洋の深層水循環などに対応する数千年規模の周期性を解読するには遅すぎる。一方、北海

道の蝦夷層群のような碎屑性堆積盆では、炭酸塩自体は再結晶化などの影響で環境情報を失ってしまっている場合が多いが、400m/myr という堆積速度の速さゆえ、数千年規模、条件によっては数百年規模の環境変動も解読しうる。炭素同位体比層序の材料として陸上起源有機炭素を用いることで、炭酸塩による先行研究とも年代対比できる。本研究で明らかにした数百年に対応する試料密度による炭素同位体比変動は、研究課題タイトルにもあるように「世界最高の解像度」である。この解像度で得られた諸情報を、解像度は低いものの多くの研究がなされてきたテチス域、南北大西洋域、北米ウェスタンインテリア海域と比較を行い、いくつかの特筆すべき成果が上がってきた。その一部は既に公表済みであるが、多くは公表準備中の段階にある。参考資料としてその一部を添付した。1, 2年のうちに、それらの内容のうち学術的に重要な部分を順次公表する予定である。

研究代表者：長谷川 卓

## 研究組織

研究代表者：長谷川卓（金沢大学大学院・自然科学研究科・准教授）

研究分担者：池原実（高知大学海洋コア総合研究センター・准教授）

研究協力者：守屋和佳（金沢大学・理学部・博士研究員）

## 交付決定額（配分額）

	直接経費	間接経費	合計
平成 18 年度	11,400,000	3,420,000	14,820,000
平成 19 年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
総計	15,200,000	4,560,000	19,760,000

## 研究発表

### (1) 学術論文：

1. Moriya, K., **Hasegawa, T.**, Cretaceous oceanic anoxia events in the Japanese islands. In Y. I. Lee, S. Paik, D. K. Cheong, M. Huh, Y. U. Lee (eds.), *Paleoclimates in Asia during the Cretaceous: their variations, causes, and biotic and environmental responses: IGCP Project 507 contribution no. 1*, Seoul (2007), 49-63.
2. Toshimitsu, S., **Hasegawa, T.** and Tsuchiya, K., Coniacian-Santonian stratigraphy in Japan: a review. *Cretaceous Research* (2007), vol. 28, 128-131.
3. **Moriya, K.**, Wilson, P.A., Friedrich, O., Erbacher, J., and Kawahata, H., 2007. Testing for ice-sheets during the mid-Cretaceous greenhouse using glassy foraminiferal calcite from the mid-Cenomanian tropics on Demerara Rise. *Geology*, 35, p. 615-618.
4. **Hasegawa, T.**, Yamamoto, S., Pratt, L. M., Data Report: Stable carbon isotope fluctuation of long-chain n-alkanes from Leg 208 Hole 1263A across the Paleocene/Eocene boundary. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results* (2006), vol. 208, 1-11, Ocean Drilling Program, Texas A&M University, College Station.
5. **Hasegawa, T.** and Hibino, T., Study of carbon-isotope stratigraphy of the Tetori Group, Central Japan: A trial to correlate between non-marine and marine strata of Juraso-Cretaceous. *Memoir of the Fukui Donosaur Museum* (2006), vol. 5, 15-24.
6. **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) .
7. **山本真也**・**長谷川 卓**. 北海道穂別地域に分布するセノマニアン-チューロニアン階の浮遊性有孔虫層序. *地質学雑誌* (2006) , vol. 112. 243-256.

### 報告書等

8. **山本 真也**・**富永 嘉人**・**長谷川 卓**, 蝦夷層群中部チューロニアン階の浮遊性有孔虫に基づく炭素同位体層序の国際対比：平成 19 年度深田研究助成・研究報告(2008), 147-153.

### 総説

9. **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 . (査読あり)
10. **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. (査読あり)
11. **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.

## (2) 学会等における発表

### 国際会議・国際学会等発表：

1. **Hasegawa, T., Moriya, K., Naruse, T., Seo, S., Nemoto, T. (2008)** Paleo-Kuroshio hypothesis: a possible mechanism of paleoceanographic change at off-East Asian Pacific during Cretaceous Oceanic Anoxic Event 2 (latest Cenomanian). 3<sup>rd</sup> International Symposium of IGCP507: Paleoclimates in Asia during the Cretaceous: Their variations, causes, and biotic and environmental responses (Ulaanbaatar, Mongolia)
2. **Hasegawa, T., Pratt, L. M., Kroon, D., Sluijs, A., Ikehara, M., Mori, T., Yamamoto, S. and Zachos, J. C. (2007)** Terrestrial response to the rapid greenhouse warming across the Paleocene/Eocene thermal maximum. International Conference on Paleooceanography (Shanghai, China).
3. **Hasegawa, T. and Kazuyoshi Moriya (2006)** Japan's recent contributions to "Paleoclimate of the Cretaceous in Asia". 1st International Symposium of IGCP507: Paleoclimates in Asia during the Cretaceous: Their variations, causes, and biotic and environmental responses (Quezon, Philippines).

### 国内学会等：

1. 長谷川卓・瀬尾草平・成瀬貴洋・根本俊文・守屋和佳. 白亜紀 OAE2 期の東アジア沖太平洋の古海洋環境：低塩水キャッピング仮説. 地球惑星連合学術大会(2008年5月). 幕張メッセ (千葉).
2. 長谷川卓・瀬尾草平・成瀬貴洋・根本俊文・守屋和佳. 白亜紀 OAE2 期の東アジア沖太平洋の古海洋環境仮説：浮遊性有孔虫はなぜいないのか？微化石リファレンスセンター(MRC) 研究発表会(2008年3月). 北海道大学 (札幌).
3. 守屋和佳・西弘嗣・川幡穂高. 有孔虫化石の酸素同位体比に基づく白亜紀後期の北西太平洋中緯度地域における海水温変動. 微化石リファレンスセンター(MRC) 研究発表会(2008年3月). 北海道大学 (札幌).
4. 守屋和佳・川幡穂高. 底生か，擬浮遊性か？酸素同位体比に基づく後期白亜紀イノセラムス類の生活様式. 日本古生物学会 2008 年例会(2008年2月). 栃木大学 (宇都宮).
5. 長谷川卓・根本俊文・瀬尾草平・成瀬貴洋・守屋和佳. 有機炭素同位体比層序の高解像度解析に基づく海洋無酸素事変 (OAE2) の北太平洋への影響. 高知大学海洋コア総合研究センター成果発表会(2008年1月). 高知大学 (高知).
6. 長谷川卓. 暁新世/始新世境界の温暖化極大 (PETM)：海一陸炭素同位体比記録の直接比較. 日本地質学会第 114 年学術大会 (2007 年 9 月). 北海道大学 (札幌).
7. 守屋和佳・Paul A. Wilson・Oliver Friedrich・Jochen Erbacher・川幡穂高. 白亜紀に氷床はあったのか？日本地質学会第 114 年学術大会 (2007 年 9 月). 北海道大学 (札幌).
8. 長谷川卓・瀬尾草平・守屋和佳(2007) 白亜系蝦夷層群に記録された OAE2：炭素同位体比層序に基づく高精度対比と環境変遷の地域性. 日本古生物学会 2007 年年会(2007年6月). 大阪市立大 (大阪).

9. 守屋和佳, ウィルソン・ポール, フリードリッヒ・オリバー, エルバッハー・ヨハン, 川幡穂高. 白亜紀は温暖だった! - 白亜紀中期南極氷床形成仮説の検証 -. 日本古生物学会 2007 年年会 (2007 年 6 月). 大阪市立大 (大阪).
10. 長谷川卓・棚部一成・西弘嗣. 古生物情報の高度利用による温室期の深層水循環の解明. 東京大学海洋研究所共同利用研究集会「温室地球における生命と環境の共進化: 酸化還元境界の変動と生物進化」(2007 年 6 月). 東京大学海洋研究所 (東京・中野).
11. 守屋和佳. 生物源炭酸塩の続成変質過程 - 地質時代の古水温復元に向けて. 東京大学海洋研究所共同利用研究集会「バイオミネラリゼーションと石灰化 - 遺伝子から地球環境まで -」(2007 年 6 月). 東京大学海洋研究所 (東京・中野).
12. 守屋和佳・Wilson, P.A.・Friedrich, O.・Erbacher, J.・川幡穂高. Demerara Rise から産出した極めて保存良好な有孔虫化石の同位体組成を用いた中期白亜紀における氷床形成仮説の検証. 日本地球惑星科学連合 2007 年大会 (2007 年 5 月). 幕張メッセ (千葉).

成果による産業財産権の出願・取得状況  
なし

## 研究成果 (1. 概要, 2. バイオマーカー研究に関する報告, 3. 資料)

### 1. 概要

白亜紀の海洋無酸素事変 2 (OAE2) は、世界で最も研究されている OAE であるが、本研究では北海道の前弧海盆堆積物である蝦夷層群の堆積岩を用いて、世界最高の解像度での古環境の解読を目指した。

数百年という超高解像度での解析を行うため、従来では無視できたハイエイタスや地層の欠如なども認識する必要がある。そのために 2 段階の試料採集・分析の戦略をとった。まず、研究遂行予定地 (北海道小平町達布地域) において、1/1000 ルートマップ、柱状図を作成の上、数千年の解像度を持つ炭素同位体比層序を構築し、欧米の研究先進地と同様な層序が得られるかどうかを確認した。炭素同位体比は長谷川とその学生が、高知大学コアセンターにおいて、分担者の池原とともに測定した。その結果、イギリスのイーストボーン地域 (OAE2 研究のリファレンスセクション) で認められる炭素同位体比変動の変動イベント区分が全て確認できた。すなわち、少なくとも欧米先進地と同様の解像度での研究がなしうることは確認された。

この成果により、OAE2 で最も重要視される層位範囲を達布地域の蝦夷層群に対比し、その範囲を特定することに成功した。その範囲とは、イーストボーン地域の堆積岩に見られる最も深刻な酸素欠乏の記録が存在する範囲であり、二酸化炭素の大気海洋からの除去による寒冷化現象を記録しているとされる層位範囲でもある。そこで第 2 段階として、その 70 m 程の範囲をエンジンカッターを用いて連続試料採集を行った。そこでは 1/1 スケッチを取り、それを元に 1/5 柱状図を作成した。この情報により、タービダイト縁辺相などの再堆積部分や、生物活動による上位からの混入物を分析対象から除去することができた。また、岩相としては僅かな差異ながら大きな時間的なギャップがないかどうかも確かめる必要があった。そこで炭素同位体比は 10 cm 程度の間隔で連続的に測定し、急激にシフトする層準がないことを確かめた。炭素同位体比層序を構築した結果、欧米のイベント区分を再現した上、欧米では明瞭に確認できなかった複数のイベントを確認することができた。

全体として正のエクスカージョンをもつ炭素同位体比変動曲線の中にあって、欧米では「2nd build-up」として認識される範囲の下部に見られるイベントがそのひとつである。そこに存在する 2.7‰にも及ぶ負のエクスカージョンが、本研究で確認した最も重要な炭素同位体比イベントである。このイベントは、Negative excursion of mid-OAE2 (NEMO) イベントと命名した。NEMO イベントを

境として、下位では数百～数千年程度の範囲では炭素同位体比は安定しているが、上位では同じ時間範囲で同位体比値がばらついている（微小周期変動があるのかもしれない）。この変化こそが蝦夷層群で初めて確認できたイベントの2つ目に当たる（イーストボーン地域でも類似した兆候は存在するが、これまで議論はされていない）。このことは、地球表層の炭素循環の大きな変革を示唆している可能性があり、そのような炭素循環の再構築と NEMO イベントが関連している可能性がある。3つ目のイベントは、従来から OAE2 を代表するとされてきた炭素同位体比の正エクスカージョンの立ち上がり部分に位置する。漸移的に立ち上がると考えられてきた部分であるが、そこには明瞭な「step」が存在することが明らかになった。すなわち、2度の急激な正シフトと、それに挟まれる1度の安定期が存在するということである。このイベントについては、イーストボーン地域の記録にも不明瞭ではあるが残っているようである。

さらに本研究では、OAE2 からの回復期における高解像度解析も手がけた。ここでは、イギリスやドイツで確認されている最小単位の炭素同位体比イベント（ホリーウェル、ルルワース両イベント）、までも確認することができた。また、その対比の信憑性については、大型化石の年代層序を取り入れて確認している。

このようにして、欧米の研究先進地と同レベルないしその20倍程度まで解像度を上げる研究が、蝦夷層群ではなしうることを確認できたため、浮遊性有孔虫などの浮遊性微化石と、バイオマーカーを用いた古環境の解読を進めている。浮遊性有孔虫では、欧米とは大きく異なるパターンが得られている。それは、OAE2 の炭素同位体比イベントの立ち上がり期に前後して、浮遊性有孔虫そのものが姿を消す現象が2度にわたって生じていることである。「絶滅」ではなく、一時的にいなくなるのである。この現象を100km以上はなれた2地域から確認しているため、露頭条件の良否に左右されて化石の保存性が変わるために産出／不産出が交互するのではなく、実際にその海域から後退したり、再進出したりと繰り返した結果といえる。また、バイオマーカーでは、陸上植物由来分子の量比が変化し、背後の植物相に大きな変化が生じた可能性が示唆されている。これらの分析の層序学的解像度は、炭素同位体比の高い解像度には追いついておらず、今後、層準を絞って解析を進めていく予定である。なお、以上の詳細な結果は、参考資料中として本冊子に製本した。

## 2. バイオマーカー研究に関する報告

本研究では、ガスクロマトグラフ質量分析装置を購入し、バイオマーカーに関する調査を進め、一定の成果を得た。「世界最高の解像度」に重点を置いたため、炭素同位体比層序による解像度向上に当初予定以上の時間がかかり、またマンパワーの低下（研究室学生数の減少など）もあり、バイオマーカー分析の解像度を炭素同位体比のそれと同程度まで引き上げることはできなかった。これに関しては今後の課題として残った形である。公表論文や未公表の学位論文等としては総括することができず、本報告書に独立した論文の形式で掲載することができなかったものの、バイオマーカー分析に基づく予察的な成果は既に得ているので、ここに簡単に報告する。

バイオマーカー分析は、以下の手法で抽出した。まず約 10 グラムの泥岩を粉碎、粉末化の後、乾燥させ、ジクロロメタンを用いたソックスレー還流抽出を行った。その後それらは窒素吹き付けによる蒸発乾固の後、ヘキサンに可溶なもののみをシリカゲルクロマトグラフィーによりヘキサン、ジクロロメタン+ヘキサンのフラクションとして回収した。それらは蒸発乾固させ、50  $\mu$ l のヘキサンでメスアップした後、ガスクロマトグラフ(HP-6890)およびガスクロマトグラフ質量分析装置(島津 QP2010GCMS, 本研究費で導入)で分析した。注入量は約 1  $\mu$ l である。一般的な分析プログラムを用いた。

陸上高等植物に由来するバイオマーカー類を用いて、陸域環境に関する情報を探った。まず、奇数優位性を持つ長鎖ノルマルアルカンが良く保存されていたので、セノマニアン階最上部から得た試料についての C25 から C33 までのノルマルアルカンについて総括した。その結果、CPI は全ての層準から得たものが 2.3 から 2.7 程度であり、全て陸上高等植物に由来するものと考えて問題ない。しかしノルマルアルカンの分布に顕著な変化が見られた。Figure 1 に示すように、ノルマルアルカンの平均長 (ACL) は炭素同位体比の立ち上がり（世界各地の OAE2 の開始に対応）とほぼ同時に急激に短くなり、その後やや回復する。この急激な変化を見せた層準について更に詳細に見たところ ACL は炭素同位体比の立ち上がりとほぼ連動して減少し、炭素同位体比が 1 度目のピークに達した後に徐々に回復するというパターンをとっている (Figure 2)。現在の地球上の植物では、乾燥気候では湿潤気候と比較すると、相対的に長い鎖を持つノルマルアルカンが卓越するという傾向が知られているので、OAE2 の開始と同時に、達布地域に有機物を供給した東アジア大陸では急激に湿潤化が進み、徐々に OAE2 開始前の状態に戻っていったことを示唆する。

一方、芳香族炭化水素に目を向けると、レテンとカダレンと呼ばれるバイオ

マーカーが含まれている。レテンは針葉樹に由来するバイオマーカーで、カダレンは被子植物に含まれる（被子植物以外にも由来する）バイオマーカーである。OAE2の開始（炭素同位体比の正シフト）と連動して、レテン/カダレン比の現象が見られる（Figures 3, 4）。相対的に針葉樹が減少したとすれば、陸域環境の温暖化を示唆しているのかもしれない。

OAE2の炭素同位体比の正シフトは、世界の何処かで大量の有機炭素が大気・海洋系から除去されたことを示しているが、このような現象は温室効果の減退を誘発し、寒冷化を誘発したであろう。暁新世-始新世温暖化極大では、全球的な温暖化に伴って多くの地点では湿潤化したと考えられているが、一部地域（ワイオミングなど）では逆の気候変化、すなわち乾燥化したと議論されている。OAE2の東アジア中緯度でも寒冷化・乾燥化ではなく、むしろ世界の多くの地域とは逆に温暖化・湿潤化が進んだのかもしれない。今後、様々な側面から（例えば花粉化石や粘土鉱物など）データを収集し、東アジア大陸地域の中緯度における湿潤化について立証して行けば、AGCMを用いたOAE2期の地球シミュレーションを行う上で、貴重なデータを供給することになるだろう。

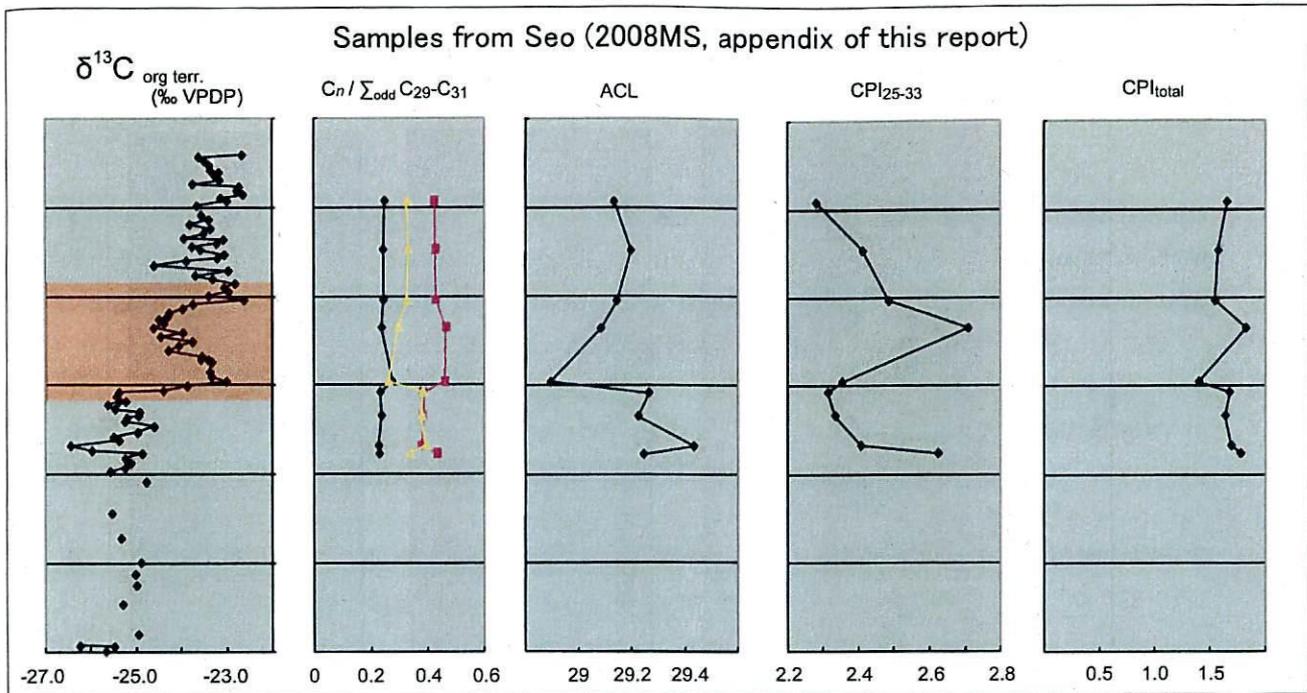


Figure 1. Parameters concerning n-alkanes and carbon isotope profiles for samples from Seo (2008MS, appendix of this report). See Figure 2 for explanation of each parameter. Highlight with brown indicates stratigraphic interval corresponding to Figure 2.

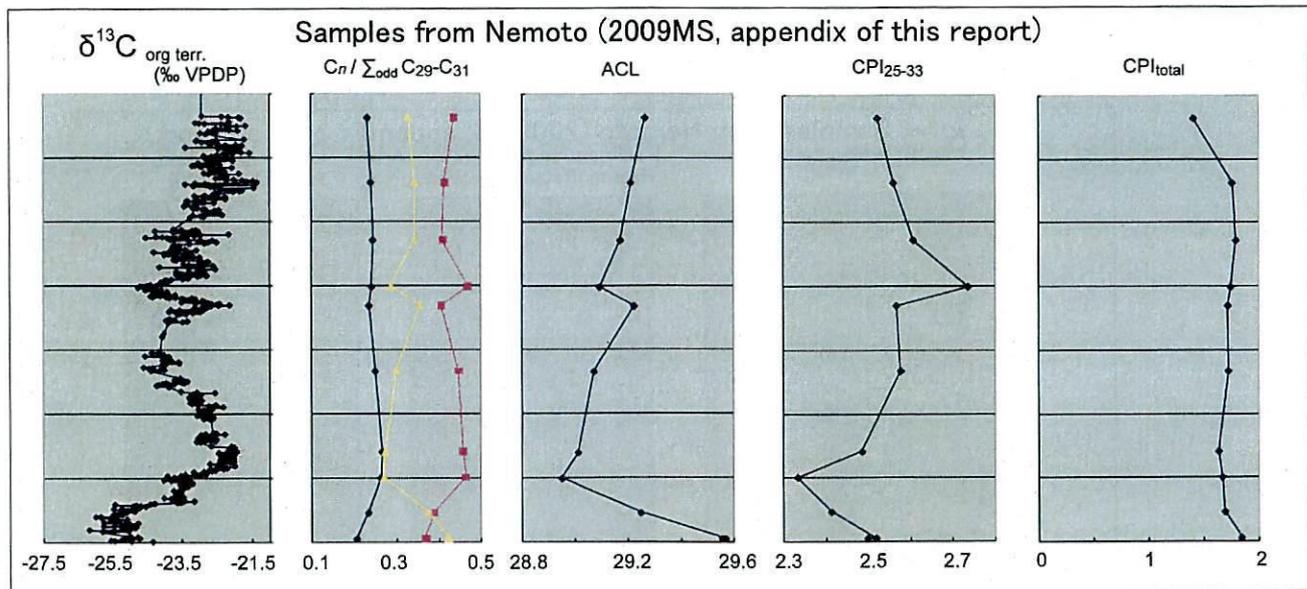


Figure 2. Parameters concerning n-alkanes and carbon isotope profiles for samples from Nemoto (2009MS, appendix of this report).

$$C_n / \sum_{\text{odd}} C_{29-C_{31}} = \blacklozenge: C_{27}/(C_{27}+C_{29}+C_{31}), \blacksquare: C_{29}/(C_{27}+C_{29}+C_{31}), \blacklozenge: C_{31}/(C_{27}+C_{29}+C_{31})$$

$$\text{ACL (Average Chain Length)} = (\sum C_n \cdot n) / \sum C_n. \quad \sum C_n \text{ denotes concentration of n-alkane containing n carbon atoms. } n: 25-33.$$

$$\text{CPI}_{\text{total}} (\text{Carbon Preference Index}) = \sum_{\text{odd}} C_n / \sum_{\text{even}} C_n.$$

$$\text{CPI}_{25-33} (\text{CPI of n-alkane in the range } C_{25}-C_{33}) = 2 \sum_{\text{odd}} C_{25-C_{33}} / (\sum_{\text{even}} C_{24-C_{32}} + \sum_{\text{even}} C_{26-C_{34}})$$

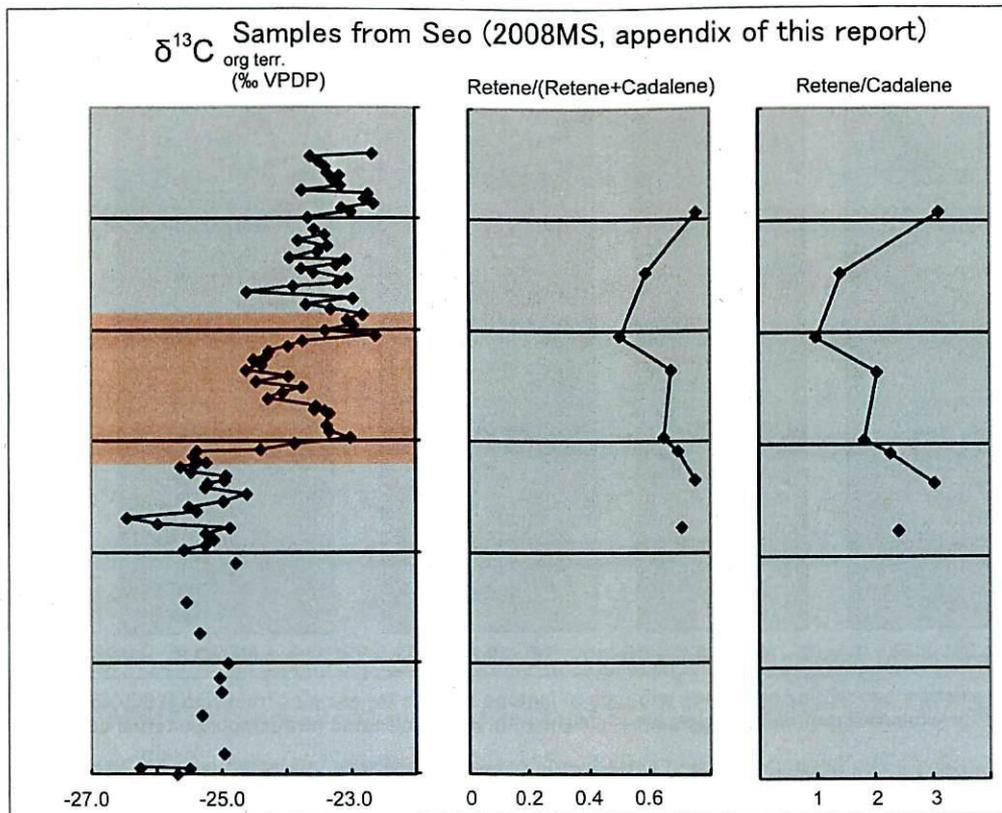


Figure 3. Stratigraphic profiles showing abundance ratio between cadarene and retene through the Kanajiri section through the uppermost Cenomanian, the Yezo Group.

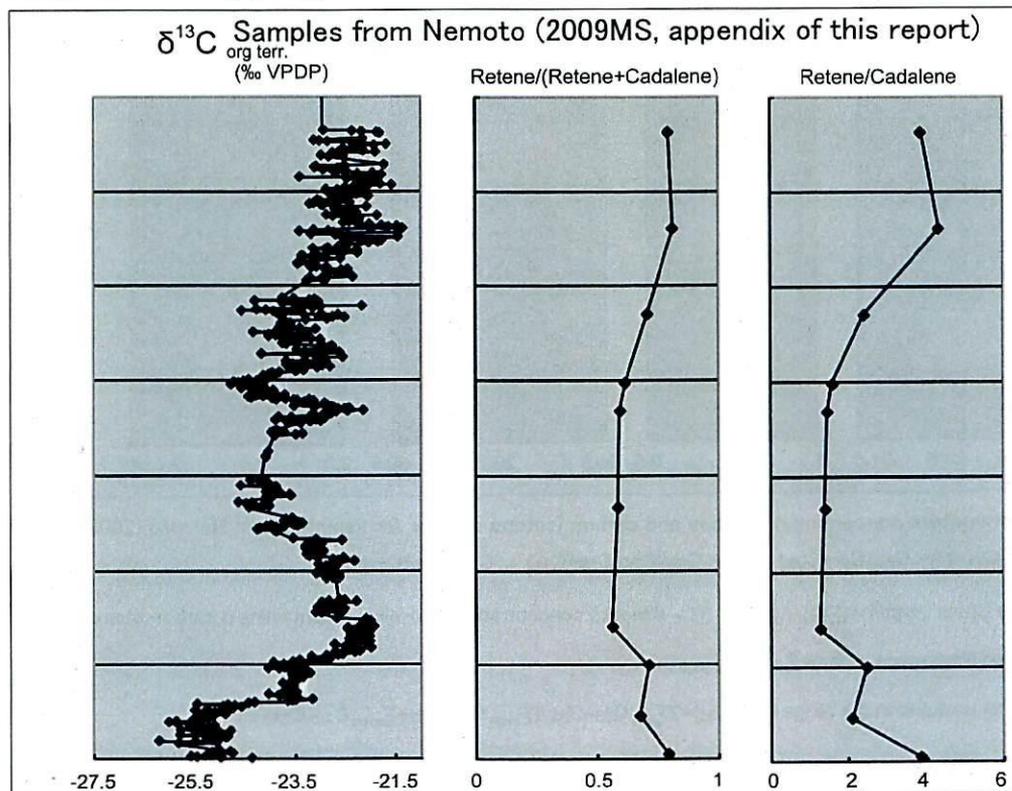


Figure 4. Stratigraphic profiles showing abundance ratio between cadarene and retene focused in early phase of carbon isotope excursion. The interval of this profile corresponds to highlighted zone of Figure 3 in the Kanajiri section.

### 3. 資料 (目次)

#### 公表論文

1. Moriya, K., **Hasegawa, T.** Cretaceous oceanic anoxia events in the Japanese islands. In Y. I. Lee, S. Paik, D. K. Cheong, M. Huh, Y. U. Lee (eds.), *Paleoclimates in Asia during the Cretaceous: their variations, causes, and biotic and environmental responses: IGCP Project 507 contribution no. 1*, Seoul (2007), 49-63.
2. Toshimitsu, S., **Hasegawa, T.** and Tsuchiya, K., Coniacian-Santonian stratigraphy in Japan: a review. *Cretaceous Research* (2007), vol. 28, 128-131.
3. 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読: 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.
4. 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 .
5. 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) .
6. 山本真也・長谷川 卓. 北海道穂別地域に分布するセノマニアン-チューロニアン階の浮遊性有孔虫層序. *地質学雑誌* (2006) , vol. 112. 243-256.

#### 未公表論文 (長谷川指導学生の卒業論文および修士論文. 投稿準備中)

1. 根本俊文(2009MS) 白亜紀セノマニアン最後期における超高解像度炭素同位体記録. 金沢大学大学院自然科学研究科・修士論文.
2. 森本このみ(2009MS) 炭素同位体比層序による白亜系蝦夷層群の国際対比. 金沢大学理学部・卒業論文.
3. 瀬尾草平(2008MS) 白亜紀の海洋無酸素事変に関する高精度地質記録の国際対比. 金沢大学理学部・卒業論文.
4. Takahiro Naruse (2008MS) Temporal context and its significance between planktonic foraminiferal events in northwest Pacific Ocean and an Oceanic Anoxic Event in the Middle Cretaceous. Bachelor's Dissertation, Faculty of Science, Kanazawa University.