

平成30年 8月27日現在

機関番号：16401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K21095

研究課題名(和文) 年縞湖成層から探る白亜紀中期および始新世前期“超温室期”の年スケール気候変動

研究課題名(英文) Reconstruction of annually-resolving climatic changes during the mid-Cretaceous and early Eocene "greenhouse" periods

研究代表者

長谷川 精 (Hasegawa, Hitoshi)

高知大学・教育研究部自然科学系理学部門・講師

研究者番号：80551605

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、モンゴル・シネフダグ層と米国・グリーンリバー層を対象とし、白亜紀中期および始新世前期“温室期”における年～万年スケール気候変動の実態解明を試みてきた。シネフダグ層に対して蛍光顕微鏡を用いた夏季藻類生産量変動の復元と、 μ XRFコアスキャナーを用いた降水量指標変動の復元を行った結果、約11年、90～125年、210～240年、400～500年、1000～1450年、2000～2300年といった太陽活動変動と類似した周期性で変動していた。またグリーンリバー層の堆積相解析と採取試料の主要・微量元素組成の分析を行った結果、湖生物生産量が始新世前期の日射量変動を反映して変動していた。

研究成果の概要(英文)：In order to reconstruct annual- to orbital-scale paleoclimatic changes in the mid-Cretaceous and early Eocene “greenhouse” periods, the present study examined two of lacustrine varve records of the Shinekhudag Formation in Mongolia and the Green River Formation in Utah, USA. Based on annually-resolving analyses of lake algal productivity and decadal- to millennial-scale climatic oscillations (ca. 11, 90-125, 210-240, 400-500, 1000-1450, 2000-2300 years cycle) were existed during the mid-Cretaceous “greenhouse” period. Based on the sedimentary facies analysis and major and minor elemental composition analysis from the Green River Formation, we found that the lake productivity changes were controlled by orbital insolation changes during the early Eocene “greenhouse” period.

研究分野：古気候学

キーワード：年縞 白亜紀 始新世 温室期 気候変動 湖成層

1. 研究開始当初の背景

白亜紀中期(約1億2千万年前)と始新世前期(約5千万年前)は、顕生代の中でも最も温暖化が進んだ時期であり、大気CO₂濃度が現在の4~10倍に達し、極端な温室効果を受けた“温室期”として知られる。両時期には、緯度方向(赤道~極域)の温度勾配が著しく小さく、赤道から極域へ熱を輸送する大気循環システムが現在とは大きく異なり、ハドレー循環の低緯度側への縮小と中緯度域の著しい湿潤化が起こっていた可能性も指摘されている(Hasegawa *et al.*, 2012; *Climate of the Past*)。白亜紀中期や始新世前期のような“温室期”における地球の気候システムの応答について理解を進めることは、温暖化が進行しつつある地球環境の未来像を予測する上でも重要である。

代表者はこの白亜紀中期“温室期”においてアジア中緯度域が広域的に湿潤化していたことを示す地質証拠である、モンゴル南東部に分布する湖成層(シネフダグ層)に着目し、そこに記録される環境変動情報を解析することにより、白亜紀中期“温室期”におけるアジア中緯度域の数年~数万年スケールの気候変動及び大気循環システムの復元を試みてきた(平成25~27年度・若手研究Bなど)。

2. 研究の目的

本研究では、これまでの研究によって年縞が保存されていることを確認した湖成層である、モンゴルの白亜系シネフダグ層と米国の始新統グリーンリバー層を対象とし、白亜紀中期と始新世前期の“温室期”における年~万年スケール気候変動の実態解明を試みることを目的としている。これまでの研究で、モンゴル・シネフダグ層は白亜紀中期における太陽活動に起因した十年規模気候変動が記録されている可能性が明らかになってきたので、モンゴル・シネフダグ層と米国・グリーンリバー層の両方を対象として、次の2つの手順で研究を進めた。

3. 研究の方法

(1) 白亜紀中期の年スケール気候変動

モンゴル・シネフダグ層に対して詳細な年代決定を行い、地球軌道要素変動を反映した降水量変動を記録すること、そして年縞を保存することが明らかになった(Hasegawa *et al.*, 2018; *Island Arc*)。そこで本研究では、蛍光顕微鏡による年縞ラミナ画像の解析と、SEM-EDX(@名古屋大学)による微小領域化学組成分析を併せて行うことにより、年~百年スケールの湖藻類生産量の変動を詳細に復元した(図1)。さらに走査型X線顕微鏡(@名古屋市工業研究所)や μ XRF コアスキャナー(@高知大学)を用いて、百年~千年スケールの降水量指標(Ca/Ti)の変動を詳細に復元した。

(2) 始新世前期の万年スケール気候変動

米国・グリーンリバー層にも年縞が保存されるのに加え、地球軌道要素変動を反映した岩相変化が見られることがわかった。そこで本研究では、ユタ州北部のIndian Canyonにおいて詳細な地質調査と試料採取を行い、堆積相解析と採取試料の無機・有機地球化学分析(XRF, ICPMS, Elemental Analyzer@名古屋大学)を組み合わせることにより、地球軌道要素変動(数万~数十万年規模)の日射量極大期・極小期において、北半球中緯度の陸域環境がどのように変動していたのかを詳細に解明することを試みた。さらにグリーンリバー層で採取されたコア試料の観察と試料採取をコロンビア大学ラumont地球研究所で行い、年~千年スケールの気候変動がどのように記録されるかの解析を行った。

4. 研究成果

(1) 白亜紀中期の年スケール気候変動

蛍光顕微鏡とSEM-EDXを用いたラミナレベルの解析により、モンゴル白亜系の湖成年縞は、春~夏に堆積する藻類起

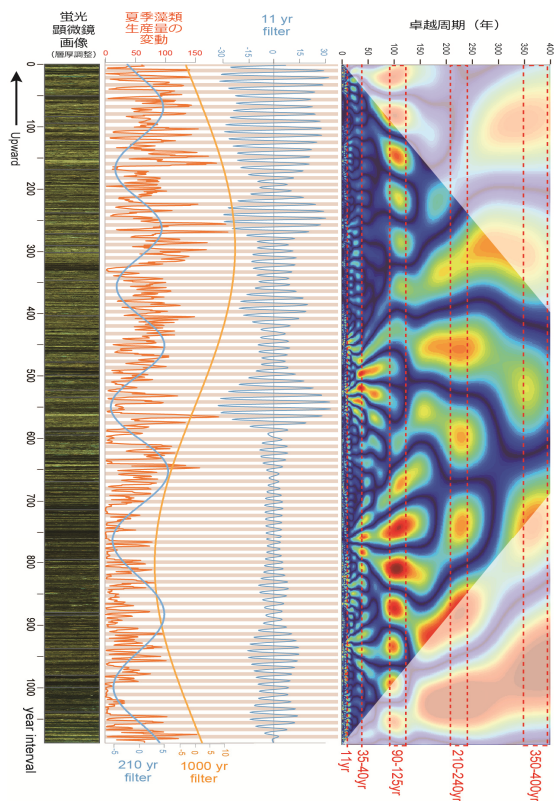


図1 モンゴル白亜紀年縞に記録された太陽活動周期(約11年, 90~125年, 210~240年, 350~400年)で変動する夏季の藻類生産量

源有機物の層と、秋~冬に堆積する碎屑物の層からなり、季節変動の情報も記録していることが明らかになった。そこで蛍光顕微鏡を用いた画像解析により、白亜紀中期における1090年分の夏季の藻類生産量の変動を復元し、その変動を周期解析した結果、約3~5年, 11年, 35~40年, 90~125年, 210~240年, そして350~400年の周期性が検出された(図1)。検出された周期のうち、約11年, 90~125年, 210~240年の周期性は、太陽黒点数の変動や宇宙線生成核種(^{14}C や ^{10}Be)の変動に見られる太陽活動周期(約11年のSchwabe cycle, 約88~105年のGleissberg cycle, 約210年のde Vries cycle)と一致している。

また走査型X線分析顕微鏡を用いて25000年分の降水量指標(Ca/Ti)の変動を約10年の解像度で復元した結果、約400~500年, 1000~1400年, 2000年, 3200~5200年の周期性が検出された。さら

に、 μXRF コアスキャナーを用いて74000年分の降水量指標(Ca/Ti)の変動を約50年の解像度で復元した結果、ほぼ同様な、約400~500年, 1000年, 1450年, 2000~2300年, 3500年, 5000年の周期性が検出された。この約1000年, 2000~2300年の周期性も太陽活動の長周期(約1000年のEddy cycleや約2300年のHallstatt cycle)と一致する。したがって、年縞解析による夏季の藻類生産量の結果(図1)と、蛍光X線分析による降水量指標の結果の両者から、白亜紀中期“温室期”には太陽活動の変化が中央アジア地域における夏季の日照量や、降水量の変動に影響を及ぼしていたことが明らかになった。本成果は1編の筆頭著者論文として国際誌に公表し、6件の学会発表を行った他、2編の筆頭著者論文として国際誌に投稿準備中である。

(2) 始新世前期の万年スケール気候変動

H28-29年夏に、米国ユタ州Indian Canyonに露出するグリーンリバー層の露頭調査と試料採取を行った。露頭の連続性の良い約250m層厚のセクション(約250万年区間に相当)を詳細に調査して、堆積相解析に基づいて湖水位変動を復元した結果、約2mおよび10mの周期で岩相が変動しており、モンゴル白亜系の湖成層と同様に、地球軌道要素変動を反映した湖水位変動を記録していることが明らかになった(次ページ図2)。そこで、グリーンリバー層に記録される古気候変動を定量的に復元するため、CNSおよび主要元素組成の分析を行った(計356試料を分析)。その結果、湖生物生産量を反映すると考えられる全有機炭素と過剰シリカ量が離心率変動周期の約10万年・40万年周期でしていることが明らかになった。さらに、復元された湖生物生産量変動は、始新世前期における日射量変動の40万年周期を反映して増減していることが示唆された(図2)。

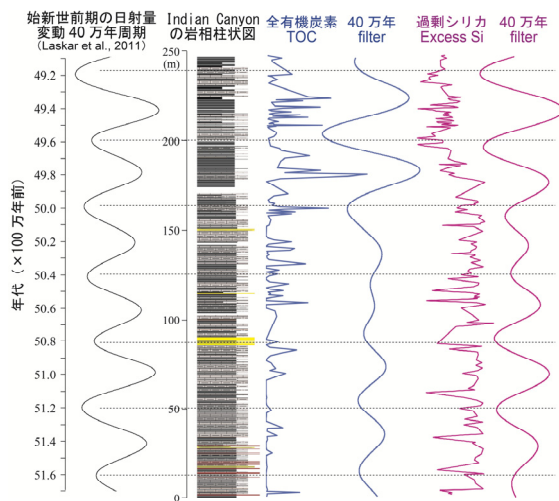


図 2 米国湖成層に記録された始新世前期の
日射量変動を反映した湖生物生産量変動

H29 年 2 月には、Indian Canyon 露頭に比較的近い場所で掘削されたグリーンリバー層のコア試料 (P4 コア) が保管されているコロンビア大学ラumont地球研究所を訪問し、コア試料の岩相変化観察や、試料採取も行った。またラumont地球研究所保有の μ XRF コアスキャナーで、同コアの詳細な主要・微量元素組成の測定を行った (依頼分析)。さらに、同コア試料の一部の層準では、ラミナが非常に良く発達した頁岩が見られ、岩石薄片試料を作製して蛍光顕微鏡で撮影し、画像解析を行った結果、約 100 年周期で藻類生産量が増減している可能性が明らかになった。同コア試料を用いたこれらの詳細な分析結果は、現在解析を進めているところである。本成果の一部は研究協力者の隈隆成氏の筆頭で 3 件の学会発表を行い、日本堆積学会 2018 年秋田大会では最優秀口頭公演賞を受賞した。また隈氏の筆頭著者論文 (代表者は第 2 著者) として国際誌に投稿準備中である。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

1. Hasegawa H., Ando, H., Hasebe, N., Ichinnorov, N., Ohta, T., Hasegawa, T., Yamamoto, M., Li, G., Erdentsogt, B., Heimhofer, U., Murata, T., Shinya, H., Enerel, G. Oyunjargal, G., Munkhtsetseg, O., Buyantegsh, B., Enkhbat, D., Suzuki,

N., Irino, T., Yamamoto, K. (2018) Depositional ages and characteristics of Middle–Upper Jurassic and Lower Cretaceous lacustrine deposits in southeastern Mongolia. *Island Arc* v.2018;e12243., doi.org/10.1111/iar.12243. (査読有)

2. Oji, T., Dornbos, S.Q., Yada, K., Hasegawa H., Gonchigdorj, S., Mochizuki, T., Takayanagi, H., Iryu, Y. (2018) Penetrative trace fossils from the late Ediacaran of Mongolia: Early onset of the agronomic revolution. *Royal Society Open Science* v.5, doi.org/10.1098/rsos.172250. (査読有)
3. Nagashima, K., Nishido, H., Kayama M., Kurosaki, Y., Ohgo, S., Hasegawa H. (2017) Composition of Asian dust from cathodoluminescence spectral analysis of single quartz grain. *Geology* v.45, p.879-882. DOI:10.1130/G39237.1. (査読有)

[学会発表] (計 10 件)

1. 長谷川精, 安藤寿男, 勝田長貴, 村木 綏, Ichinnorov N., 村山雅史, 山本鋼志, 太田亨, 長谷川卓, 山本正伸, 長谷部徳子, Heimhofer U., 池田昌之, 西本昌司, 山口浩一, 阿部文雄, 多田隆治, モンゴルの年縞湖成層から読み解く白亜紀中期“超温室期”の十年～千年周期の気候変動と太陽活動の気候影響, 日本地球惑星科学連合2018年大会, 幕張メッセ, 2018年5月 (口頭発表)
2. 隈隆成, 長谷川精, 山本鋼志, 池田昌之, Whiteside J., 北米グリーンリバー湖成層に見られるチャート層の成因と始新世前期“温室期”の湖生物生産量変動, 日本地球惑星科学連合2018年大会, 幕張メッセ, 2018年5月 (口頭発表)
3. 長島佳菜, 西戸弘嗣, 鹿山雅裕, 大郷周平, 東久美子, 藤木徹一, 長谷川精, 石英個別粒子のカソードルミネッセンス分析を用いたアジアダスト識別と供給源推定: 氷床コアおよび海洋・セジメントトラップ試料へ

- の応用, 日本地球惑星科学連合2018年大会, 幕張メッセ, 2018年5月(口頭発表)
4. 長谷川精, 安藤寿男, 勝田長貴, 村木綏, Ichinnorov N., 村山雅史, 山本鋼志, 太田亨, 長谷川卓, 山本正伸, 長谷部徳子, Heimhofer U., モンゴルの年縞湖成層に記録される白亜紀中期“超温室期”の太陽活動周期の気候変動, 日本堆積学会2018年秋田大会, 2018年3月 (口頭発表)
 5. 隈隆成, 長谷川精, 山本鋼志, 北米グリーンリバー湖成層に見られるチャート層の成因と始新世前期“温室期”の湖生物生産量変動, 日本堆積学会2018年秋田大会, 2018年3月 (口頭発表) **最優秀講演賞 (SSJ Best Talk Award) 受賞**
 6. 長谷川精, 白亜紀温室期の気候: 氷床はどこまで必要か?, 研究集会「気候科学と古気候プロキシ研究の接点創出」, 2017年9月(口頭発表)
 7. 隈隆成, 長谷川精, 山本鋼志, Whiteside J., 池田昌之, グリーンリバー湖成堆積物から始新世の古気候指標の抽出, 日本地球惑星科学連合2017年大会, 幕張メッセ, 2017年5月 (ポスター発表)
 8. 長谷川精, 安藤寿男, 勝田長貴, 山本鋼志, 村木綏, 太田亨, 山本正伸, 長谷川卓, 長谷部徳子, Ichinnorov N. (2016)「年縞湖成層から探る白亜紀中期の年～地球軌道要素スケールの気候変動」『第2回地球環境史学会』早稲田大学, 2016年11月, (口頭発表, [招待講演](#))
 9. Hasegawa H., Yamamoto K., Mimura K., Ando H., Ichinnorov N. (2016) Millennial- to orbital-scale paleoclimatic changes in the mid-Cretaceous from Mongolian lacustrine records, Goldschmidt2016, Yokohama, June 29, 2016 (ポスター発表)
 10. 長谷川精, 山本鋼志, 勝田長貴, 三村耕一, 安藤寿男, 太田亨, 山本正伸, 長谷川卓, 長谷部徳子, Ichinnorov N., Heimhofer U., Enerel G., Oyunjargal G., 西本昌司, 山口浩一, 鈴木徳行, 入野智久, 阿部文雄, 村木綏 (2016)「モ

ンゴル湖成層から読み解く白亜紀中期“超温室期”の十年スケール～地球軌道要素スケールの気候システム変動」『日本地球惑星科学連合2016年大会』幕張メッセ, 2016年5月, (口頭発表, [招待講演](#))

〔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

<https://sites.google.com/site/hitohasewebsite/home>

<http://science.cc.kochi-u.ac.jp/?course=2005>

6. 研究組織

(1)研究代表者

長谷川精 (HASEGAWA, Hitoshi)

高知大学・教育研究部自然科学系理工学部
部門・講師

研究者番号: 80551605

(4)研究協力者

隈隆成 (KUMA, Ryusei)

名古屋大学・環境学研究科博士前期課程