

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：10101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23540542

研究課題名(和文)植物由来有機分子分析による白亜紀温室期の古植生変動の高精度復元

研究課題名(英文)Precise reconstruction of variation in paleovegetation during Cretaceous hot period by analyses of terrestrial plant-derived organic molecules in sediments

研究代表者

沢田 健 (Sawada, Ken)

北海道大学・理学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：20333594

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：北海道、白亜系蝦夷層群の堆積岩に含まれる陸上植物由来の生物指標分子(バイオマーカー)と高分子有機物(ケロジェン)の分析から、長時間スケールの古植生変動を高精度に復元し、さらに植生情報を介して陸域環境変動を復元した。特に植物テルペノイドバイオマーカー分析から、急激な被子/裸子植生比や針葉樹植生の変化を見出した。また、植物起源ケロジェンから得られる長鎖アルカノールを用いて、新たに落葉広葉樹植生指標を開発・提案した。この結合態アルカノール指標から得られた結果は、植物バイオマーカーによる被子/裸子植生比の変動パターンとよく同調することがわかり、新たな古植生指標としての高い適用性を確認した。

研究成果の概要(英文)：The objective of this study is to reconstruct long time scale variations in paleovegetation and terrestrial paleoenvironment by analyses of terrestrial plant-derived biomarkers and kerogens in sedimentary rocks from the Cretaceous Yezo Group, Hokkaido, Japan. In particular, we found rapid changes in angiosperm / gymnosperm vegetation ratio and coniferous vegetation evaluated by analysis of terrestrial plant terpenoid biomarkers. Moreover, we suggest that composition of long chain n-alkanols released from resistant macromolecule in kerogen can be useful as an indicator of deciduous broad leaf plant vegetation. Variation in the paleovegetation using the long chain n-alkanols released from kerogen is almost synchronous to that in angiosperm / gymnosperm vegetation using terrestrial plant biomarkers, confirming high applicability of the released n-alkanol proxy for reconstructing paleovegetation from ancient sediment.

研究分野：数物系科学

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：古植生解析 陸域環境変動 植物バイオマーカー ケロジェン 抵抗性高分子 白亜紀 植物化石 熱化学分解分析

1. 研究開始当初の背景

白亜紀は、地球温暖化が著しく進行した時代であり、その時代の温室環境下での気候変動や生態系の進化を明らかにすることは、将来おこりうる地球温暖化での環境・気候変動や生態系動態を予測する上での有用な情報・知見を与える重要なテーマである。また、白亜紀は陸上植物を中心とした陸域生物圏が劇的に変化したことで注目すべき時代である。白亜紀初期に出現した被子植物が、白亜紀を通して爆発的に多種多様化して、全地球的に植生域を拡大したと考えられている。しかし、白亜紀に限らず地質時代オウダーの陸域の環境や生態系の年代変動史は研究例が少なく、いまだ不明瞭なことが多い。それは陸域には連続的に記録を残す媒体が乏しく、かつ環境・気候変動の指標となる化石や化学物質も少ないからである。陸域には湖沼堆積物や土壌などの記録媒体があるが限られた短い年代の記録をとどめているに過ぎない。花粉や大型植物化石を用いた研究も白亜紀の地層では限定的に行われているだけである。しかし、この約 10 年間に陸上植物に由来する生物指標分子(バイオマーカー)を白亜系堆積層から検出・同定して、それらを使った指標から陸上植生を復元する研究が報告されるようになった(van Aarssen et al., 2000, *Geochim. Cosmochim. Acta.* 64, 1417; Hauteville et al., 2006, *Org. Geochem.* 37, 610)。

研究代表者は、白亜紀における植物の進化、特に被子植物の進化・拡大とそれによる陸域生態系の変化を明らかにするために、植物由来バイオマーカーを用いて研究を行ってきた。その研究では、白亜系から採集した植物化石試料を用いて、被子植物と裸子植物の古植生比を推定するバイオマーカー指標(芳香族テルペノイド被子/裸子植生指数: ar-AGI)を設定・検討し、確立した(Nakamura et al., *Org. Geochem.* 41, 975, 2010)。一方で、バイオマーカーとは異なる、植物体を形成する抵抗性高分子に着目して、それから古植生・古環境解析に応用できる新しい指標の開発を試みた。北海道大夕張地域の白亜系砂岩中に挟まる植物化石片を採集し、それを構成する抵抗性高分子をおもにアルカリ加水分解により低分子量の化学部位(ユニット)に切断し、生体分子の構造をよく残している分子ユニットの検出・同定に成功した。そして、分解成分として得られる脂肪酸ユニットと脂肪族アルコールユニットの化合物分布が化学分類指標になりうるポテンシャルを見出した(中村・沢田, 2007, *ROG*, 22, 31)。さらに研究代表者の研究室において、福島県に分布する白亜系双葉層群石炭層の同一層準中に含まれる複数の植物化石を用いた調査で、抵抗性高分子の分解成分の化合物分布が木本植物と草本植物で有意に異なることを発見した。この抵抗性高分子の分子ユニット組成分布を体系的に指標化することによ

り、木本/草本植生を復元できる可能性がある(Ikeda and Sawada, 準備中)。これら先行研究の成果等から、植物由来バイオマーカー分析と植物抵抗性高分子分析によって、白亜紀の古植生変動を高精度に復元するという着想を得た。

2. 研究の目的

本研究では、おもに北海道白亜系蝦夷層群の堆積岩を対象に、バイオマーカーと高分子有機物(ケロジェン)の抵抗性高分子の分析により、白亜紀における長時間スケールの古植生の年代変動を復元する。具体的な目的は次のとおりである。(1)先行研究で提案した被子/裸子植物比指標(ar-AGI)などの陸上植物バイオマーカー指標を、連続的に堆積した白亜系堆積層に応用して体系的な古植生解析を行い、長時間スケールの古植生、さらには白亜紀の東アジア域の陸域古環境の年代変動を復元する。(2)陸域生態系の環境・気候変動に対する応答と、それ自体が駆動する長時間スケールの物質循環システムの解明という観点からも、体系的で定量性の高い古植生の年代変動記録の復元を目指す。(3)植物抵抗性高分子による古植生指標の開発・検討をさらに進めて、白亜紀のような地質時代オウダーの古植生復元を可能とする、実用レベルまで発展させる。

3. 研究の方法

(1)地質調査・試料:北海道大夕張および苫前地域の白亜系の現地調査と露頭の地層から堆積岩を採取した。大夕張地域に分布する蝦夷層群のシューパロ川層奥境ノ沢砂岩泥岩部層(Aptian 相当)、日陰の沢層(Albian ~ Cenomanian 相当)の堆積岩を分析した。

(2)陸上植物テルペノイドバイオマーカー分析:粉砕試料を有機溶媒で抽出し、分離・精製した画分を、当研究室に設置されているガスクロマトグラフ質量分析計(GC/MS)を使って化合物の同定、定量を行った。おもに Nakamura et al. (2010)で確立されている芳香族テルペノイドを用いた被子/裸子植物比指標(ar-AGI)を解析する。本研究では、通常の GC/MS 測定では検出限界以下の微量成分を選択イオンモニタリング(SIM)測定によって検出する測定法で、1 試料に対して 10~15 回の測定を繰り返す。この方法により超微量分析が可能になる。

(3)陸上植物起源ケロジェンの抵抗性高分子分析:植物化石体および植物起源ケロジェンの抵抗性高分子の単量体やそれに類似する単位の分子ユニット、または生体分子の構造をよく残している比較的分子量である化学部位を、化学分解法により切断して分解物を分析する。具体的には、堆積岩溶媒抽出残渣からケロジェンを Sawada (2006; *Island Arc* 15, 517)に従いを分離した。はじめに高温

reflux 抽出処理後, KOH/メタノールでアルカリ加水分解を行った。分解抽出された成分を GC/MS で分析・定量した。また, ケロジェンを透過および蛍光顕微鏡下で観察し, 有機物組成を解析した。

(3) 熱分解 (pyrolysis) および熱化学分解 (thermochemolysis) 分析: 本科研費で購入した熱分解分析装置 (Curie point injector) を用いて加熱を行い, GC/MS によって化合物の同定を行った。Curie point injector は強磁性金属の誘導熱と、金属が磁性を失う温度である curie point を利用し加熱を行う。試料を直接加熱する金属としてパイロfoilと呼ばれる金属シートを用いる。9mm 幅のパイロfoilに約 500 μg の凍結乾燥させたケロジェンを包んだ。パイロfoilは含まれる磁性元素の割合によって温度が調節されておりそれぞれ、F423、F590、F670 の示す 423、590、670 で 5 秒間加熱を行った。熱化学分解分析には誘導体化試薬として水酸化テトラメチルアンモニウム (TMAH)、水酸化トリメチルサルファイド (TMSH) メタノール溶液とヘキサメチルジシラザン (HMDS) を用いた。ケロジェンに各誘導体化試薬を添加し、乾燥させ熱分解測定を行った。内部標準試料として 1,3,5 tertiary butyl benzene を 3 μg 添加した。

4. 研究成果

(1) 陸上植物テルペノイドバイオマーカー分析による古植生変動の復元: 北海道大夕張地域天狗ノ沢セクション、苫前地域朱鞠内・大曲沢セクションに分布する蝦夷層群の堆積岩試料のバイオマーカー分析を行い、植物テルペノイドを用いた被子/裸子植生指標 (ar-AGI) と針葉樹植生指標 (HPP) の解析から古植生変動を復元した。特に天狗ノ沢セクションにおいて、Aptian ~ Albian に被子植物の割合が徐々に上昇し、それとともに針葉樹植生が減じていく傾向を見出した。また、ar-AGI 値と HPP 値の各々急激な増加、減少スパイクが認められた。これは乾燥/湿潤などの陸域環境変化に関連した植生変化のイベントである可能性が高い。また、苫前地域の、特に Cenomanian/Turonian 境界付近の層準において高分解能での変動データを得て、被子/裸子植生および針葉樹植生の急激な変動を復元した。これらの結果は、これまでほとんど植生や陸域環境の研究報告がなかった蝦夷層群を含む日本の白亜系において、はじめて体系的な古植生変動および陸域環境変動を提示した成果である。

(2) 植物起源ケロジェンの抵抗性高分子分析による古植生変動の復元: 蝦夷層群堆積岩中のケロジェンの顕微鏡観察の結果、おもに陸上植物に由来する無蛍光アモルファス有機物 (NFA)、木質 (wood) が卓越し、草本質有機物の植物表皮 (cuticle)、樹脂 (resinite)、

花粉・胞子 (sporangium) も主要成分として占めることがわかった。つまり、蝦夷層群のケロジェンはほぼすべて陸上植物に起源をもつことが確認できた。

陸上植物起源ケロジェンを加水分解した後には得られたおもな化合物は、短鎖 (C_{14} - C_{18}) 脂肪酸と短 ~ 長鎖 (C_{10} - C_{30}) *n*-アルカノールである。脂肪酸、*n*-アルカノールともに強い偶数炭素優位性を示し、ケロジェンの高分子に生体成分に直接由来する構成要素がよく保存されていたといえる。陸上植物起源ケロジェンの加水分解によって得られるアルキル脂質は、おもに生体抵抗性高分子であるクチン、スペリンに起源すると考えられる。植物化石の抵抗性高分子を加水分解して得られる結合態脂肪酸の C_{18}/C_{16} 比を RFA-18/16 と設定した。この指標を天狗ノ沢の堆積岩試料のケロジェンに応用すると、RFA-18/16 値の変動は後背地から運ばれた植物組織の木質/草本比を示していると考えられ、木本性/草本性植生比を示すものと提案した。

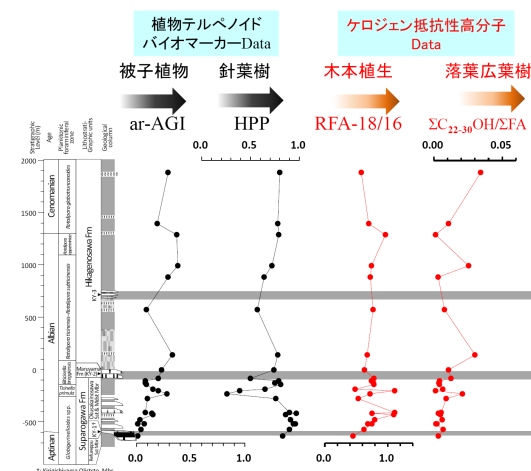


図1 北海道大夕張地域・天狗ノ沢セクションの堆積岩中のケロジェンの結合態分子ユニット組成の変動。Aptian ~ Cenomanian の被子/裸子植生比、針葉樹植生、草本/木本植物植生比、落葉広葉樹植生の変動の復元。

さらに、陸上植物起源ケロジェンから得られる長鎖 *n*-アルカノールを用いて、新たに落葉広葉樹植生指標を開発した。近年、植物のポリエステルを構成する長鎖 *n*-アルカノールは落葉広葉樹にのみ顕著にみられ、針葉樹からはほとんど検出されないことが報告されている (Mueller et al., 2012, Org. Geochem. 52, 130)。本研究で得られたケロジェンの加水分解成分のうち、長鎖 *n*-アルカノールと脂肪酸との比 ($C_{22-30}OH/FA$) で設定した値の変動は、陸上植物バイオマーカー分析から得られた被子/裸子植物比の変動パターンとよく同調することがわかった (図1)。この結合態 *n*-アルカノール指標からの古植生データは、古植生指標としての適用性が高いことが確認できた。白亜系のような古代堆積岩中のケロジェンを用いて、そ

れを構成する抵抗性高分子の結合態アルキル分子ユニット組成により古植生解析を行うことは、世界ではじめて開発・提案された斬新な方法である。さらなる方法論の検討も必要であるが、このケロジェン高分子分析により、ほとんど未解明であった古代の古植生および陸域古環境に関する新しい体系的なデータが加わっていくと期待できる。

(3)ケロジェンの熱分解および熱化学分解分析の基礎研究：蝦夷層群堆積岩から分離したケロジェンの熱分解分析と熱化学分解分析を行った。熱化学分解分析ではケロジェン構造中の脂肪酸ユニットを脂肪酸として分析できるため、簡便的なRFA-18/16分析法になり得る。さらに、標準的なケロジェン試料を用いて、各種の誘導体化試薬による熱化学分解分析を行い、ケロジェンの構造解析のための分析の最適条件を検討した。特に HMDS 試薬を用いた熱化学分解分析が、ケロジェンの構造中に含まれているメトキシ基の同定に有用であることがわかった。今後さらなる検討により、効率的かつ簡便なケロジェン高分子分析が開発されるであろう。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計20件)

Matsuzaki, K. M., Nishi, H., Suzuki, N., Cortese, G., Eynaud, F., Takashima, R., Kawate, Y. and Sakai, T. (2014) Paleooceanographic history of the Northwest Pacific Ocean over the past 740 kyr, discerned from radiolarian fauna. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 396, 26-40. 査読有. doi: 10.1016/j.palaeo.2013.12.036

Matsuzaki, K. M., Nishi, H., Suzuki, N., Kawate, Y., Takashima, R. and Sakai, T. (2014) *Cycladophora davisiana* abundances as a paleooceanographic and stratigraphic tool in high latitude siliceous sediments. *Marine Micropaleontology*, 106, 1-9. 査読有. doi: 10.1016/j.marmicro.2013.11.002

Ogata, S., Miyata, Y. and Sawada, K. (2013) Compositions of *n*-alkanes and *n*-alkanoic acids released by thermochemolysis with tetramethylammonium and trimethylsulfonium hydroxides of a type II kerogen. *Researches in Organic Geochemistry*, 29, 37-47. 査読有.

Sawada, K., Nakamura, H., Arai, T. and Tsukagoshi, M. (2013) Evaluation of paleoenvironment using terpenoid biomarkers in lignites and plant fossils from the Miocene Tokiguchi Porcelain Clay Formation at the Onada mine, Tajimi, central Japan. *International Journal of Coal Geology*, 107, 78-89. 査読有.

doi.org/10.1016/j.coal.2012.10.013

安藤卓人, 沢田健 (2012) 堆積岩中における A 環メチルステロイド (ステランおよび三芳香環ステラン) の GC/MS 解析. *Researches in Organic Geochemistry*, 28, 31-41. 査読有.

Sawada, K., Kaiho, K. and Okano, K. (2012) Kerogen morphology and geochemistry at the Permian - Triassic transition in the Meishan section, South China: implication for paleoecological variation. *Journal of Asian Earth Sciences*, 54/55, 78-90. 査読有. doi.org/10.1016/j.jseas.2012.04.004

新村龍也, 沢田健 (2011) 骨化石中のコレステロールの炭素同位体組成を用いた海生哺乳類の古食性解析の研究. *Researches in Organic Geochemistry*, 27, 23-32. 査読有.

小城祐樹, 小松俊文, 岩本忠剛, 高嶋礼詩, 高橋修, 西弘嗣 (2011) 天草上島東部に分布する上部白亜系姫浦層群の層序と詳細な地質年代. *地質学雑誌*, 117, 398-416. 査読有.

Quidelleur, X., Paquette, J.L., Fiet, N., Takashima, R., Tiepolo, M., Desmares, D., Nishi, H. and Grosheny, D. (2011) New U-Pb (ID-TIMS and LA-ICPMS) and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronological constraints of the Cretaceous geologic time scale calibration from Hokkaido (Japan). *Chemical Geology*, 286, 3/4, 72-83. 査読有. doi.org/10.1016/j.chemgeo.2011.03.009

[学会発表](計112件)

Yuma Miyata, Hideto Nakamura, Ken Sawada, Paleovegetation changes reconstructed by new proxies for *n*-alkyl lipids released from terrestrial plant-derived kerogens by hydrolysis in Cretaceous sediments, Hokkaido, Japan. Bremen University, National Taiwan University, Vietnam National University Hanoi University of Science and Hokkaido University Joint Workshop 'Recent developments in Paleo-environmental studies', 14-17 February 2014, Hokkaido University, Sapporo.

Takuto Ando, Ken Sawada, Shuji Ogata, Reishi Takashima, Hiroshi Nishi, Kunio Kaiho, Fluorescence property of Paleozoic and Mesozoic acritarchs: diagenetic and taxonomic variability. The International Biogeoscience Conference 2013, 1-3 November 2013, Nagoya University, Nagoya.

Satoshi Furota, Ken Sawada, Application of degraded higher plant triterpenoid to evaluation for

sedimentary process in the turbiditic sequence. 18-19 September 2013, Costa Adeje (Tenerife), Spain.

Takuto Ando, Ken Sawada, Reishi Takashima, Hiroshi Nishi, Paleo-productivity of dinoflagellate and cyanobacteria during the mid-Cretaceous Oceanic Anoxic Events in the Vocontian Basin, SE France. 18-19 September 2013, Costa Adeje (Tenerife), Spain.

Shuji Ogata, Ken Sawada, Kunio Kaiho, Pyrolysis and thermochemolysis of kerogens from sedimentary rocks of the Permian / Triassic transition in the Meichan section, South China. 18-19 September 2013, Costa Adeje (Tenerife), Spain.

安藤卓人, 沢田健, 西弘嗣, 高嶋礼詩, 南東フランス白亜系海洋無酸素事変 1b 層準の堆積岩中のアリルイソプレノイドからみた海洋生態系変動. 日本地球化学会第 60 回年会, 2013 年 9 月 11 日, 筑波大学, つくば市.

宮田遊磨, 沢田健, 中村英人, 池田慧, 北海道白亜系堆積物中の陸上植物由来ケロジェンの加水分解性脂肪酸・アルカノール組成比による古環境変動の復元. 日本地球化学会第 60 回年会, 2013 年 9 月 11 日, 筑波大学, つくば市.

緒方秀仁, 沢田健, メチル化剤 (TMAH, TMSH)、シリル化剤 (HMDS) を用いたケロジェンの熱化学分解分析. 日本地球化学会第 60 回年会, 2013 年 9 月 11 日, 筑波大学, つくば市.

中村英人, 沢田健, 根本俊文, 長谷川卓, 北海道達布地域の白亜紀海洋無酸素事変 OAE2 相当層における陸上植物バイオマーカー分析. 日本有機地球化学会 2013 年会, 2013 年 8 月 19 日, 倉敷市芸文館, 倉敷市.

安藤卓人, 沢田健, 西弘嗣, 高嶋礼詩, 南フランス・白亜紀海洋無酸素事変 (OAE) 1b 層準の堆積岩中における特殊なアリルイソプレノイドの同定とその起源の推定. 日本有機地球化学会 2013 年会, 2013 年 8 月 19 日, 倉敷市芸文館, 倉敷市.

緒方秀仁, 沢田健, 各種反応試薬を用いたケロジェンの熱化学分解分析. 日本有機地球化学会 2013 年会, 2013 年 8 月 20 日, 倉敷市芸文館, 倉敷市.

安藤卓人, 沢田健, 岡野和貴, 小刀禰宅朗, 高嶋礼詩, 西弘嗣, 白亜系海洋無酸素事変層準の堆積岩のケロジェン分析: 有機物相および有機質微化石の特徴. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 2013 年 5 月 24 日, 幕張メッセ, 千葉市.

Ken Sawada, Hideto Nakamura, Shinya Yamamoto, Madoka Kobayashi, Variations in sea surface temperature reconstructed by algal biomarker thermometry in the Neogene equatorial Pacific sediments.

AGU Fall Meeting 2012, 3-7 December 2012, Moscone, San Francisco.

安藤卓人, 沢田健, 西弘嗣, 高嶋礼詩, 南フランス, ボコンティアン堆積盆における白亜紀海洋無酸素事変 (OAE) 2 時の海洋生態系変動の復元. 日本地球化学会第 59 回年会, 2012 年 9 月 13 日, 九州大学, 福岡市.

緒方秀仁, 沢田健, 海保邦夫, 中国煤山ペルム紀/三畳紀境界堆積岩のケロジェンの熱分解および熱化学分解分析. 日本地球化学会第 59 回年会, 2012 年 9 月 13 日, 九州大学, 福岡市.

宮田遊磨, 沢田健, 中村英人, 池田慧, 北海道中部、白亜系堆積物中の陸上植物由来ケロジェンの抵抗性高分子分析: 新しい古植生指標の提案. 日本地球化学会第 59 回年会, 2012 年 9 月 13 日, 九州大学, 福岡市.

沢田健, バイオマーカーによる環境擾乱期古環境の復元. 日本古生物学会 2012 年年会, 2012 年 6 月 29 日, 名古屋大学, 名古屋市. (招待講演)

中村英人, 沢田健, 池田慧, 高橋正道, 双葉層群芦沢層より産出した植物小型化石のテルペン類組成からみた化石化初期過程. 日本古生物学会 2012 年年会, 2012 年 6 月 30 日, 名古屋大学, 名古屋市.

安藤卓人, 沢田健, 西弘嗣, 高嶋礼詩, ステロイドバイオマーカーを用いた中期白亜紀海洋無酸素事変時の渦鞭毛藻生産の復元. 日本古生物学会 2012 年年会, 2012 年 6 月 30 日, 名古屋大学, 名古屋市.

中村英人, 沢田健, 高嶋礼詩, 夕張地域下部白亜系、海洋無酸素事変相当層準の堆積岩のバイオマーカー分析. 日本堆積学会 2012 年年会, 2012 年 6 月 17 日, 北海道大学, 札幌市.

⑲ 安藤卓人, 沢田健, 岡野和貴, 小刀禰宅朗, 横山龍, 西弘嗣, 高嶋礼詩, 中期白亜紀海洋無酸素事変 (OAE) 層準における堆積岩のケロジェン分析: 陸源有機物輸送の評価. 日本堆積学会 2012 年年会, 2012 年 6 月 17 日, 北海道大学, 札幌市.

⑳ 緒方秀仁, 沢田健, 海保邦夫, ペルム紀後期、生物大量絶滅層準 (G/L および P/T 境界) 堆積岩のケロジェン分析. 日本堆積学会 2012 年年会, 2012 年 6 月 17 日, 北海道大学, 札幌市.

㉑ 沢田健, 池田慧, 中村英人, 高橋正道, 白亜紀植物化石の抵抗性高分子を構成する分子ユニット組成からの化学分類. 2012 年度日本地球惑星科学連合大会, 2012 年 5 月 23 日, 幕張メッセ, 千葉市.

㉒ 安藤卓人, 沢田健, 岡野和貴, 西弘嗣, 高嶋礼詩, 南東フランス・ボコンティアン堆積盆における中期白亜紀海洋無酸素事変 1b 時の海洋基礎生産の増大と有光層ユーキシニアの発達. 2012 年度日本地球惑星科学連合大会, 2012 年 5 月 23 日, 幕張メッセ,

- 千葉市。
- ②⑤ 宮田遊磨, 沢田健, 中村英人, 池田慧, 北海道白亜系堆積物中の陸上植物由来ケロジェンの結合態分子組成: 陸域古環境指標の検討. 2012年度日本地球惑星科学連合大会, 2012年5月23日, 幕張メッセ, 千葉市。
- ②⑥ Hideto Nakamura, Ken Sawada, Reishi Takashima, Long-term variations of palaeovegetation recorded by angiosperm and gymnosperm biomarkers in the Late Cretaceous sequence of Kotanbetsu, Hokkaido, Japan. The 25th International Meeting of Organic Geochemistry, 18-23 September 2011, Interlaken, Switzerland.
- ②⑦ Kei Ikeda, Ken Sawada, Masanichi Takahashi, Search for chemotaxonomic indicator by analyses of resistant macromolecules in plant fossils from the Cretaceous Futaba Group, Japan. The 25th International Meeting of Organic Geochemistry, 18-23 September 2011, Interlaken, Switzerland.
- ②⑧ Takuto Ando, Ken Sawada, Hiroshi Nishi, Reishi Takashima, Paleoenvironmental variations recorded by marine algal and terrestrial plant biomarkers in black shales deposited during the mid-Cretaceous Oceanic Anoxic Event 1b in the Vocontian Basin, SE France. The 25th International Meeting of Organic Geochemistry, 18-23 September 2011, Interlaken, Switzerland.
- ②⑨ 池田慧, 沢田健, 高橋正道, 中村英人, 北海道白亜系函淵層群富内層の炭層から産出した植物化石のバイオマーカーおよび抵抗性高分子分析. 第58回日本地球化学会年会, 2011年9月16日, 北海道大学, 札幌市。
- ③⑩ 安藤卓人, 沢田健, 岡野和貴, 西弘嗣, 高嶋礼詩, 中期白亜紀海洋無酸素事変における渦鞭毛藻の海洋基礎生産への寄与 芳香族ジノステロイドによる評価. 第58回日本地球化学会年会, 2011年9月15日, 北海道大学, 札幌市。
- ③⑪ Hideto Nakamura, Ken Sawada, Reishi Takashima, Terrestrial biomarker analysis and its significance for reconstructing palaeovegetation and palaeoclimate in the Cretaceous Yezo Group, Hokkaido, Japan. The 2nd Annual Symposium of IGCP-581, 'Evolution of Asian River Systems: Tectonics and Climates', 12-13 June 2011, Hokkaido University, Sapporo.
- ③⑫ Takuto Ando, Ken Sawada, Kazuki Okano, Hiroshi Nishi, Reishi Takashima, Enhanced primary productivity triggered by excess terrestrial input in the

- mid-Cretaceous Oceanic Anoxic Event 1b (the Paquier) in the Vocontian basin, SE France. The 2nd Annual Symposium of IGCP-581, 'Evolution of Asian River Systems: Tectonics and Climates', 12-13 June 2011, Hokkaido University, Sapporo.
- ③⑬ 沢田健, 澤井健之, 関宰, 北海道の河川懸濁粒子中のテルペノイドを用いた陸上植物由来有機物の輸送・続成過程の研究: 植生記録の伝播の検討. 日本地球惑星科学連合2011年大会, 2011年5月27日, 幕張メッセ, 千葉市。
- ③⑭ 中村英人, 沢田健, 高嶋礼詩, 北海道白亜紀中期堆積岩中の陸上植物バイオマーカーを用いた古植生変動復元. 日本地球惑星科学連合2011年大会, 2011年5月27日, 幕張メッセ, 千葉市。
- ③⑮ 池田慧, 沢田健, 中村英人, 高橋正道, 白亜系双葉層群産の植物化石の抵抗性高分子分析による化学分類指標の探索. 日本地球惑星科学連合2011年大会, 2011年5月23日, 幕張メッセ, 千葉市。
- ③⑯ 安藤卓人, 沢田健, 岡野和貴, 西弘嗣, 高嶋礼詩, ボコンチアン堆積盆における白亜紀海洋無酸素事変 1b パキール層準堆積岩のマルチバイオマーカー分析: 古海洋環境変動の復元. 日本地球惑星科学連合2011年大会, 2011年5月22日, 幕張メッセ, 千葉市。

〔図書〕(計1件)

沢田健 (2012) 第1編 藻類の基礎 第2章 代謝と物質 1 エネルギーと物質代謝 10 アルケノン. 渡邊信 監修「藻類ハンドブック」, エヌ・ティー・エス, 東京. pp. 196-201.

〔その他〕

ホームページ等
 沢田研究室 HP :
<http://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~mmgc/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

沢田 健 (SAWADA, Ken)
 北海道大学・大学院理学研究院・准教授
 研究者番号: 20333594

(2) 研究分担者

高嶋 礼詩 (TAKASHIMA, Reishi)
 東北大学・学術資源研究公開センター・准教授
 研究者番号: 00374207

(3) 連携研究者

なし