

平成 21 年 5 月 22 日現在

研究種目：基盤研究(A)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18204045
 研究課題名(和文) 新生代の大陸基礎生産と地球気候変動
 研究課題名(英文) Global climate change and increased primary production on land during the Cenozoic.

研究代表者

鈴木 德行 (SUZUKI NORIYUKI)
 北海道大学・大学院理学研究院・教授
 研究者番号：00144692

研究成果の概要：

高等植物バイオマーカーの安定水素同位体比と菌類バイオマーカーの存在度に注目して地質時代における陸域の水循環を評価する方法を提案した。新生代始新世・漸新世の一連の堆積岩に適用した結果、同時期中緯度陸域は著しく多雨湿潤であり、顕著な基礎生産と炭素固定が行われていたと考えられる。新生代始新世から現在までの長期的な地球気温の低下は草本質植物の進化拡大や大陸基礎生産による生物フォーミングが重要な役割を果たしたと考えられる。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	27,900,000	8,370,000	36,270,000
2007年度	5,600,000	1,680,000	7,280,000
2008年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
年度			
年度			
総計	38,200,000	11,460,000	49,660,000

研究分野：有機堆積学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：植物バイオマーカー、水素同位体比、新生代、始新世、大陸基礎生産、水循環、湿潤気候

1. 研究開始当初の背景

中生代のジュラ紀・白亜紀、そして新生代初期の暁新世(約5500万年前)まで超温暖期が継続するが、その後現在まで、新生代は大局的に寒冷化の時代である。とくに始新世・漸新世(約5500万年～2400万年前)では継続した気温低下傾向が顕著に認められる。長期的な地球気候変動は、主に大気二酸化炭素分圧の変動によるものと考えられている。炭酸塩岩や古土壤中の無機・有

機炭素の安定同位体比や炭素循環のモデリングから、超温暖期には現在の数倍の大気二酸化炭素分圧があったものと推定されている。その後の新生代における大気二酸化炭素分圧の低下は、アルプス・ヒマラヤ造山運動にともなって盛んになった風化作用による大気二酸化炭素の消費と炭酸塩鉱物の形成と堆積によって説明されてきた。しかし、近年の研究ではヒマラヤ造山運動の場合には炭酸塩岩の風化量が大きく、逆に

多量の二酸化炭素が大気にもたらされる可能性がある。新生代における炭素循環や地球システムの進化についてはいまだ不明な点が多い。

新生代は大陸衝突の時代である。衝突のテクトニクスによる広域的な山脈の成長によって、活発な水循環が誘発され、同時代には広大な平野・デルタ域と巨大な陸上湖沼が多数出現した。その結果、C3被子植物のうちとくに草本質植物の進化により、草原や湿原の出現と広域的な拡大が顕著に進行した。その結果、ナイジェリアのニジェールデルタ、東南アジアのマハカムデルタ、カナダマッケンジーデルタ、メキシコ湾に見られる膨大な量の炭質泥岩、石炭、陸成石油根源岩の形成、北米のユインタ湖沼堆積盆におけるオイルシェール（グリーンリバー頁岩）の形成が促された。新生代、とくに始新世・漸新世の主要な石油根源岩は陸成の石炭、炭質頁岩、湖沼成黒色頁岩であり、中生代のそれが主に海成の炭酸塩岩や黒色頁岩であることと大きく異なる。このように、新生代には大陸の基礎生産力が著しく増大した。新生代、とくに始新世・漸新世には莫大な量の有機炭素が大陸と大陸縁辺域に固定された可能性が高い。

新生代における地球気候変動は主に地殻変動にともなうマントル起源二酸化炭素の放出や風化による消費によって説明されてきた（テクトニクスフォーシング）。しかし、同時期の陸上植物進化や湖沼、デルタ環境での石油根源岩の形成を考えると生物進化や大陸における基礎生産が地球気候の長期的な変化に本質的な影響を与えている可能性がある。

2. 研究の目的

始新世・漸新世における草本質植物の繁栄と広大な湿原形成、湖沼における高い基礎生産による有機質堆積物の形成によって大量の大気二酸化炭素が固定されたこと（生物フォーシング）が、この時期の長期的な寒冷化傾向を促してきた最も重要な要因である可能性がある。本研究の目的は、新生代の古第三紀（特に始新世・漸新世）における、大陸での陸上高等植物による基礎生産とその炭素固定を適切に評価し、それが大気二酸化炭素分圧の変化や気候変動に与えた影響を明らかにすることである。

3. 研究の方法

大陸における基礎生産を直接評価することは容易ではない。一般に陸上での基礎生産は降水量や平均気温と密接に関係しているため、陸上水循環を復元し、それから間接的に大陸基礎生産を評価することを試みた。そのためにガスクロマトグラフ同位体比質量分析計（申請設備備品）を導入し以下の研究を実施した。（1）陸上植物バイオマーカーの安定水素同位体比（D/H比）の続成変化、（2）D/H比による水循環の復元、（3）菌類バイオマーカーによる大陸湿潤性の評価、（4）新生代における中緯度地域の水循環と大陸基礎生産。

4. 研究成果

（1）陸上植物バイオマーカーの安定水素同位体比（D/H比）の続成変化：類似した堆積環境の熟成度が異なる堆積岩について各種炭化水素のD/H比の変化を検討した結果、*n*-アルカンのD/H比が最も続成作用の影響を受けず生育期のD/H比を保存している。

（2）D/H比による水循環の復元：基礎試錐「三陸沖」の堆積岩試料や露頭試料（東北日本、北海道の白亜紀～新第三紀）について *n*-アルカンD/H比を測定した結果、始新世・漸新世の試料が最も小さい（-220～-200‰）ことが明らかになった。白亜紀、新第三紀のものは30～50‰ほど大きい。始新世・漸新世の中緯度地域は顕著に多雨高湿潤であった。

（3）菌類バイオマーカーによる大陸湿潤性の評価：基礎試錐「三陸沖」の始新世・漸新世堆積岩は著しく多環芳香族炭化水素のペリレンに富んでいる。この炭素同位体比を測定したところ、被子植物・裸子植物のバイオマーカーよりも明らかに大きく、菌類由来を示していることを示している。菌類由来のバイオマーカーであるペリレンの存在度の違いはD/H比と調和的で始新世・漸新世が顕著に湿潤であったことを示している。

（4）新生代における中緯度地域の水循環と大陸基礎生産：今回は北日本の中緯度地域を例に始新世・漸新世が多雨高湿潤で高い大陸基礎生産が行われていたことを明らかにした。今後は全地球規模での炭素固定速度を見積もり、大気二酸化炭素濃度の減少や地球気候変動に与えるインパクトを数値論的に見積もることが必要である。

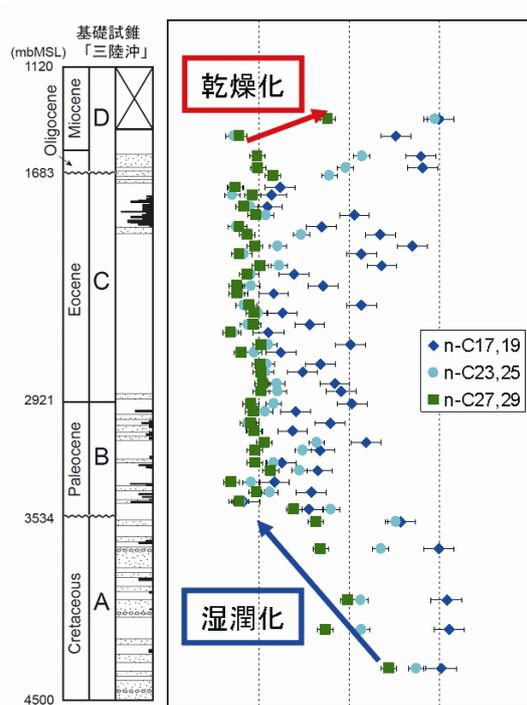


図1 基礎試錐「三陸沖」で得られた白亜紀後期から第三紀中新世の熟成した堆積岩中に含まれる高等植物ワックスの安定水素同位体比の変化。古第三紀中緯度地域の植物ワックスは-200‰以下の小さい水素同位体比によって特徴づけられており、活発な水循環と高い基礎生産性を示している。

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 25 件)

- 1) 齋藤裕之, 鈴木德行, 海洋堆積物に含まれるホパノールの GC/MS による解析. *Researches in Organic Geochemistry*, 23/24, p139-146, 2008 年, 査読有
- 2) Shiine, H., Suzuki, N., Motoyama, I., Hasegawa, S., Gladenkov, A.Y., Gladenkov, Yu. B., and Ogasawara, K., Diatom biomarkers during the Eocene/Oligocene transition in the Il'pinskii Peninsula, Kamchatka, Russia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 264, p1-10, 2008, 査読有
- 3) Amo, M., Suzuki, N., and Takahashi, K., Diagenesis and distribution of acyclic isoprenoid hydrocarbons in Late Miocene to Pliocene marine siliceous rocks from Horonobe (Hokkaido, Japan), *Organic Geochemistry*, 39, p387-395, 2008, 査読有
- 4) Saito, H. and Suzuki, N., Anhydrobacteriohopanetetrol in deep subsurface sediments from Nankai Trough and Gulf of Mexico. In: *Origin and Evolution of Natural Diversity*, H. Okada, S. Mawatari, and N. Suzuki (eds.), Proceedings of the International Symposium, 1-5 October 2007, Sapporo, pp. 227-231, 2008, 査読無
- 5) Amo, M., Suzuki, N., Kawamura, H., Yamaguchi, A., Takano, Y., and Horiguchi, T., Biomarker compositions of dinoflagellates and their applications for paleoenvironmental proxies. In: *Origin and Evolution of Natural Diversity*, H. Okada, S. Mawatari, and N. Suzuki (eds.), Proceedings of the International Symposium, 1-5 October 2007, Sapporo, pp. 223-226, 2008, 査読無
- 6) Sawada, K., Arai, T. and Tsukagoshi, M. Compositions of resistant macromolecules in fossil dry fruits of Liquidambar and Nyssa (Pliocene, central Japan). *Organic Geochemistry*, 39, 919-923, 2008, 査読有
- 7) Okano, K., Sawada, K., Takashima, R., Nishi, H. and Okada, H. Further examples of archaeal-derived hydrocarbons in mid-Cretaceous Oceanic Anoxic Event (OAE) 1b sediments. *Organic Geochemistry*, 39, 1088-1091, 2008, 査読有
- 8) Okano, K. and Sawada, K. Heterogeneities of hydrocarbon compositions in mudstones of a turbiditic sequence of the Miocene Kawabata Formation in Yubari, central Hokkaido, Japan. *Geochemical Journal*, 42, 151-162, 2008, 査読有
- 9) Okano, K., Sawada, K., Takashima, R., Nishi, H. and Okada, H. Depositional environments revealed from biomarkers in sediments deposited during the mid-Cretaceous Oceanic Anoxic Events (OAEs) in the Vocontian Basin (SE France), In: *Origin and Evolution of Natural Diversity - Proceedings of International Symposium* (eds. Okada, H., Mawatari, S.F., Suzuki, N. and Gautam, P.), pp. 233-238. 21st COE in Hokkaido University, Sapporo. 2008, 査読無
- 10) Sawada, K., Akimoto, S., Tsukagoshi, M., Nakamura, H. and Suzuki, D. K. Plant Polymer Palaeobiology- Aphidoidea (PL3-A) project: Geochemical and morphological studies on gall (-like) fossils. In: *Origin and Evolution of Natural Diversity - Proceedings of*

International Symposium (eds. Okada, H., Mawatari, S.F., Suzuki, N. and Gautam, P.), pp. 171-174. 21st COE in Hokkaido University, Sapporo. 2008, 査読無

- 11) 岨康輝, 渡邊 剛, 鈴木徳行, サンゴ骨格中の有機物分析による古環境解析の新展開. *地球化学* 42. 55-67, 2008 年, 査読有
- 12) Shirai, K., Kawashima T., Sowa, K., Watanabe, T., Takahata, N., Amakawa, H., and Sano, Y. Minor and trace element geochemistry of a branching coral *Acropora* sp. skeleton. *Geochimica. Cosmochimica. Acta*, 72, 5386-5400, 2008, 査読有
- 13) Shimamura, M. Hyeong, K. Yoo, C.-M. Watanabe, T. Irino, T. Jung, H.-S. (2008) High resolution stable isotope records of scleractinian corals near Ishigaki Island: Their implication as a potential paleoclimatic recorder in middle latitude regions, *Geosciences Journal*, 12, 1, 25-31, 2008, 査読有
- 14) Hyeong, K., Shimamura, M., Watanabe, T. Yamano, H., Sugihara, K. Kim, J. Evaluation of Jeju/Tsushima Hermatypic Corals as Sea Surface Temperature (SST) Recorders, *Ocean and Polar Research*, 30(3):351-359, 2008, 査読有
- 15) 渡邊 剛, 岨康輝, 白井厚太郎, 石村豊徳, 坂井三郎, 横山一己, 角皆潤, 佐野有司, シャコガイの同位体比, 微量元素分析- シャコガイ殻は日単位の環境変動を記録しているのか-, *月刊地球*, 348, 316-321. 月刊地球, 2008 年, 査読無
- 16) Saito, H. and Suzuki, N., Terrestrial organic matter controlling gas hydrate formation in the Nankai Trough accretionary prism, offshore Shikoku, Japan. *Journal of Geochemical Exploration*, 95, p88-100, 2007, 査読有
- 17) Saito, H. and Suzuki, N., Distributions and sources of hopanes, hopanoic acids and hopanols in Miocene to Recent sediments from ODP Leg 190, Nankai Trough. *Organic Geochemistry*, 38, p1715-1728, 2007, 査読有
- 18) Amo, M., Suzuki, N., Shinoda, T., Ratnayake, N. P., and Takahashi, K., Diagenesis and distribution of steranes in Late Miocene to Pliocene marine siliceous rocks from Horonobe (Hokkaido, Japan), *Organic Geochemistry*, 38, p1132-1145, 2007, 査読有

19) Kitamura, A., Yamamoto, N., Kase, T., Ohashi, S., Hiramoto, M., Fukusawa, H., Watanabe, T., Irino, T., Kojitani, H., Shimamura, M., and Kawakami, I.: Potential of submarine-cave sediments and oxygen isotope composition of cavernicolous micro-bivalve as a late Holocene paleoenvironmental record. *Global and Planetary changes*, 55(16), 301-316, 2007, 査読有

20) 天羽美紀, 鈴木徳行, 鮮新世珪質堆積岩中の $\Delta 4$, $\Delta 5$, $\Delta 4,22$, $\Delta 5,22$ ステレン類の GC-MS 解析, *Researches in Organic Geochemistry*, 21, P59-66, 2006 年, 査読有

21) Yessalina, S., Suzuki, N., Nishita, H., and Waseda, A., Higher plant biomarkers in Paleogene crude oils from the Yufutsu oil and gas field and offshore wildcats, Japan. *Journal of Petroleum Geology*, 29, p327-336, 2006, 査読有

22) Yessalina, S., Suzuki, N., and Saito, H., Geochemical characteristics of Tertiary Sagara oil from active forearc basin, Shizuoka, Japan. *Island Arc*, 15, p292-303, 2006, 査読有

23) Ratnayake, N. P., Suzuki, N., Okada, M., and Takagi, M., The variations of stable carbon isotope ratio of land-derived n-alkanes in deep sea sediments from the Bering Sea and the North Pacific Ocean during the last 250, 000 years. *Chemical Geology*, 228, p197-208, 2006, 査読有

24) Watanabe, T., Reynaud, S., Cuif, J. P., and Dauphin, Y., Variation of geochemical signals in coral skeletons: Environmental changes or biological processes, *Paleontological Research*, 10, 359-374, 2006, 査読有

25) 渡邊 剛, 白井厚太郎, 島村道代, サンゴのバイオミネラリゼーション. *地球化学*, 40, 221-229, 2006 年, 査読有

【学会発表】 (計 75 件)

1) 鈴木徳行, 深海堆積物高等植物ワックスの炭素同位体比時系列変化が示唆する堆積時差. 日本地球化学会第 55 回年会, 2008 年 9 月 17 日, 東京都目黒区

2) 三橋 順, 鈴木徳行, 北海道北部, 下サロベツ湿原の形成時期と過去 6000 年間の環境変化. 日本地質学会第 115 年学術大会, 2008 年 9 月 22 日, 秋田市

- 3) 菊地 徹, 鈴木徳行, 中新世珪質堆積岩炭化水素安定水素同位体比の続成変化. 第26回日本有機地球化学会シンポジウム, 2008年7月24日, 名古屋市
- 4) 菊地 徹, 鈴木徳行, 熟成作用にともなう珪質堆積岩中の炭化水素安定水素同位体比の変化. 日本地球化学会第55回年会, 2008年9月17日, 東京都目黒区
- 5) 齋藤裕之, 鈴木徳行, IODP Exp 315 南海トラフにおける有機地球化学的研究(序報). 第26回日本有機地球化学会シンポジウム, 2008年7月24日, 名古屋市
- 6) 稲場土誌典, 鈴木徳行, 八橋原油と女川層泥質岩のバイオマーカー組成の階層的クラスター分析. 石油技術協会平成20年度春季講演会, 2008年6月12日, 新潟市
- 7) Saito, H., Suzuki,N., Distribution of microbial biomarkers in deep subsurface sediments from Nankai Trough, Japan, ISSM 2008 7th International Symposium for Subsurface Microbiology, 18 November 2008, shizuoka
- 8) 小竹敦子, 鈴木徳行, 後期中新世北海道望来層珪質堆積物の珪藻化石年代と堆積リズム. 日本地質学会第115年学術大会, 2008年9月22日, 秋田市
- 9) 中村英人, 沢田 健, 北海道白亜系堆積岩虫の被子植物バイオマーカーを用いた古植生指標の検討, 第26回日本有機地球化学会シンポジウム, 2008年7月24日, 名古屋市
- 10) 中村英人, 沢田 健, 被子植物バイオマーカーを用いた北海道下部白亜系における被子植物の出現年代の検討, 日本地質学会第115年学術大会, 2008年9月22日, 秋田市
- 11) Miki Amo, N. Suzuki, Biomarker Compositions of Dinoflagellates and Their Applications for Paleoenvironmental Proxies. International Symposium on "The Origin and Evolution of Natural Diversity", 2-3 October 2007, Sapporo.
- 12) 天羽美紀, 鈴木徳行, 表現型の異なる円石藻 *Emiliana huxleyi* の長鎖アルケン組成とその古海流プロキシシーとしての可能性. 第25回日本有機地球化学シンポジウム, 2007年7月26日, 金沢市
- 13) Amo, M., Suzuki,N., Biomarker of motile cell and resting cyst of autotrophic and heterotrophic dinoflagellate. September, 2007, 23th International Meeting on Organic Geochemistry, 13 September 2007, Torquay, England
- 14) 天羽美紀, 鈴木徳行, 「円石藻 *Emiliana huxleyi* の長鎖アルケン組成を支配する遺伝学的・植物生理学的因子の検討」日本地球化学会年会, 2007年9月20日, 岡山市
- 15) 菊地 徹, 鈴木徳行, 北海道渡島半島中新世八雲層珪質頁岩の石油地化学的特徴. 平成19年度石油技術協会春季講演会, 2007年6月6日, 東京都渋谷区
- 16) 菊地 徹, 鈴木徳行, 北海道の後期中新世～鮮新世珪質頁岩の全有機炭素濃度とSiO₂濃度の関係. 第25回日本有機地球化学会シンポジウム, 2007年7月26日, 金沢市
- 17) Okano, K., Sawada, K., Paleooceanographic change recorded by biomarkers in sediments deposited during oceanic anoxic event 1a and 1b in southeast France. 23rd International Meeting on Organic Geochemistry, 10 September 2007, Torquay, England
- 18) Saito, H., Suzuki, N., Distribution of bacterioplanepolyols in deep subsurface sediments from Nankai Trough and Gulf of Mexico, the regions of active fluid circulation. International Symposium on The Origin and Evolution of Natural Diversity, 2-3 October 2007, Sapporo
- 19) Saito, H., Suzuki, N., Distribution of bacterioplanetetrol and fluid circulation in slope sediments, Gulf of Mexico, IODP Exp 308. 23rd International Meeting on Organic Geochemistry, 10 September 2007, Torquay, England
- 20) 齋藤裕之, 鈴木徳行, IODP Exp 308 メキシコでの陸源有機炭素の固定速度. 第25回日本有機地球化学シンポジウム, 2007年7月26日, 金沢市
- 21) 齋藤裕之, 鈴木徳行, IODP Exp 308 メキシコ湾地下深部堆積物中のホパンテトロール-バクテリアライフマーカーの可能性-. 日本地球惑星科学連合2007年大会, 2007年5月24日, 千葉市
- 22) 椎根 大, 鈴木徳行, 西太平洋高緯度地

域の始新世／漸新世境界期堆積物に含まれる珪藻バイオマーカー. 日本地質学会第114回学術大会, 2007年9月11日, 札幌市

23) 鈴木徳行, 後期中新世望来層珪質泥岩の地質年代と堆積リズム. 日本地質学会第114回学術大会, 2007年9月10日, 札幌市

24) Noriyuki Suzuki, Increased Primary Production and Terrestrial Carbon Fixation on Land During the Cenozoic. International Symposium on The Origin and Evolution of Natural Diversity. 2 October 2007, Sapporo

25) 高野淑識, 鈴木徳行, IODP Exp308 によるメキシコ湾海底下の過剰圧流体移動と地下生物圏の掘削調査. 日本地球惑星化学連合2007年大会, 2007年5月23日, 千葉市

26) 沢田 健, 新第三紀植物化石の抵抗性高分子中のフェニルプロパノイド二量体の高分子地球化学的特性, 2007年度日本地球化学会第54回年会, 2007年9月21日, 岡山市

27) Amo, M., Suzuki, N., Pristene, phytene, and sterenes in immature Horonobe diatomaceous sediments as potential indicators of paleo-temperature and depositional environment. 17th International Sedimentological Congress, 28 August 2006, Fukuoka

28) Saito, H., Suzuki, N., Distribution of deep subsurface bacteria as suggested by hopanetetrol in the accretionary prism of Nankai Trough, Japan. 17th International Sedimentological Congress, 1 September 2006, Fukuoka

29) 齋藤 裕之, 高野 淑識, 鈴木 徳行, IODP Exp308 で得られたメキシコ湾堆積物のバクテリアバイオマーカー, 日本地球化学会第53回年会, 2006年9月13日, 東京都世田谷区

30) Shiine, H., Suzuki, N., Biomarkers in mudstones from the Circum-North Pacific showing the changes in oceanographic conditions during the Eocene-Oligocene transition. 17th International Sedimentological Congress, 1 September 2006, Fukuoka

31) 高野 淑識, 齋藤 裕之, 鈴木 徳行, メキシコ湾海底下の過剰圧流体移動と地下生物圏の深層掘削調査, 日本地球化学会第53回

年会, 2006年9月13日, 東京都世田谷区 (他44件)

〔図書〕(計3件)

1) 鈴木徳行, コロナ社, 「天然ガスのすべて」第2章 天然ガス資源の開発, 2.1 在来型天然ガスの成因と資源量, P26-28 (分担執筆), 2008年,

2) 鈴木徳行, 石油根源岩の予測—石油の起源生物の起源物質. ICEP (石油開発情報センター) ニュース.No.59, 10-14, 2007年

3) 鈴木徳行, 写真で見る石油開発. ICEP (石油開発情報センター) ニュース.No.59, 26-27, 2007年

6. 研究組織

1) 研究代表者

鈴木 徳行 (SUZUKI NORIYUKI)
北海道大学・大学院理学研究院・教授
研究者番号: 00144692

2) 研究分担者

沢田 健 (SAWADA KEN)
北海道大学・大学院理学研究院・講師
研究者番号: 20333594

渡邊 剛 (WATANABE TSUYOSHI)
北海道大学・大学院理学研究院・講師
研究者番号: 80396283

3) 連携研究者

なし