

機関番号：16401

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2007～2010

課題番号：19540494

研究課題名 (和文) 新生代における沿岸システムの高精度復元と生痕相モデルの構築

研究課題名 (英文) Detailed reconstruction and ichnofacies modeling of Cenozoic coastal systems.

研究代表者

奈良 正和 (NARA MASAKAZU)

高知大学・教育研究部自然科学系・准教授

研究者番号：90314947

研究成果の概要 (和文)：

本研究では、古第三紀～第四紀に形成された沿岸域の堆積物（例えば、ひわだ峠層、芦屋層群陣ノ原層、都井岬オリストストローム、備北層群、三崎層群、久万層群、田辺層群、下総層群、など）において、シーケンス層序、堆積システム復元にくわえ、化石群や生痕化石群の観察をおこない、種々の新知見を得た。また、成果の一部は、9編の査読付き原著論文のほか、8件の国際学会講演（うち一件は基調講演として招待）を含む、30件超の学会講演として公表された。

研究成果の概要 (英文)：

In order to make accurate reconstructions of Cenozoic paleo-coastal systems, Paleogene to Quaternary strata, e.g., the Ashiya, Misaki, Kuma, Tanabe, and Shimosa groups, were studied based on sedimentological, paleontological and ichnological viewpoints. The results were publicized through over 30 talks in academic congresses including 8 international ones, 9 refereed papers, and so on.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

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：古生態、古環境、進化・多様性、生痕化石、化石

1. 研究開始当初の背景

沿岸域は、岩石圏、水圏、気圏、そして生物圏のすべてが会う場であり、地球表層環境において最も多様かつ激しい変化が見られる場のひとつである。そこには特徴的で多様な環境が見られ、それぞれの環境に適応した多様な生物が、ダイナミックな環境変化に強い影響をうけながら暮らしている。こうした環境と生物群集とは、相互に作用を及ぼ

しつつ沿岸システム (coastal system: Haslett, 2000) を形成する。現在、各地に見られる多様な沿岸システムは、水圏や生物圏の誕生以降、30億年以上にわたる長い歴史の上に成立してきたものである。したがって、現在見られるこれら様々な沿岸システムの現状そして行く末をより良く理解するためには、その歴史を詳しくたどることは大きな助けとなる。

こうした特徴を有する沿岸域で形成された地層は、多様な堆積環境を記録している。そしてその多様性を反映して、堆積相解析にもとづく古環境復元の精度がきわめて高い。さらに、従来から広く研究されてきた体化石に加え、生痕化石を解析することで高い精度で生物群集を復元できる。つまり、地層、化石そして生痕化石を解析することで、地質時代の沿岸システムを高い精度で復元する事が可能となるのである。しかし、このような発想に基づく研究は、申請者による一連の研究をのぞいてほとんどなされてこなかった。

ところで、堆積環境とそこに産する生痕化石との間には強い関連性が見られる。この関連性を整理した生痕相モデル (Ichnofacies model) は、堆積岩コアの環境解析に有効なことから、国際的には地下地質調査にもとづく石油探鉱に広く活用されてきた。しかし、従来の沿岸域生痕相のモデルは、主に北米白亜系の研究事例に基づいて構築されてきた。海棲生物の群集構造は中生代に生じた海洋変革に代表されるように、地質時代を通じて大きく変化している。こうしたことにより、従来のモデルは、新生代堆積物の解析には必ずしも適用できないことが申請者の検討によりわかってきた。したがって、新生代型の生痕相モデルが構築されれば、各地の新生界が胚胎する水溶性天然ガスなどの地下資源の探査に大きく貢献することとなる。くわえて、都市における地震災害の軽減や地下水管理等を目指して行われている地下地質調査の精度向上にも多大な寄与をあたえる事が期待される。

ところで、本申請の研究をとり行う本邦には、新生代の沿岸堆積物が広く露出している。そこでは同時空間面が多数認定されるなどして、シーケンス層序の解析精度が極めて高い。さらに、保存の良い生痕化石群あるいは体化石群を豊富に含み、生物群集ならびにその時間的、空間的広がりを高い精度で復元できる。こうしたことから、本邦の新生界は、本研究を行う上で世界的に見ても有数の水準にある。これらの地層群は、さらに、中新世における島弧形成や第四紀の氷河性海面変動など、地球史的に見ても特異な環境変動をも良く記録していることが期待される。そこから得られる沿岸システムの歴史は、現在に最も近い地質時代の記録集でもあり、地球温暖化とそれに伴う海面上昇の様に、今まさに劇的な環境変化を迎えようとしている現在の沿岸システムとその行く末を知る上でも興味深い対象である。

申請者は、こうした問題意識のもとに従来から本邦第四系や新第三系を対象に研究を続けてきた。しかし、新生代沿岸システムの全貌を明らかにし、その生痕相モデルを構築するためには、新第三系-第四系のさらなる調

査だけでなく、古第三系をも含めた研究の積み重ねが欠かせない。本研究は、以上をふまえて計画されたものである。

2. 研究の目的

本研究では、中生代型生物群の絶滅に引き続いて新たな生物群の放散が生じた古第三紀、日本列島弧が形成され、日本列島が広く亜熱帯化したこともある新第三紀、そして、氷河性海水準変動の活発化した第四紀など、地球史において様々なイベントが起こり、なおかつ現代に直結する地質時代である新生代の沿岸システムを高い精度で復元することを第1の目的とする。つづいて、その成果を応用することで、新生代の沿岸域生痕相モデルを世界に先駆けて構築することを第2の目的とする。具体的には、申請者が従来対象としてきた本邦の新第三系、第四系のうち未調査の地域と層準だけでなく、山陰や九州の日置層群、芦屋層群、日南層群など西南日本に点在する古第三系の沿岸成層にまで調査範囲を広げ、かつ、従来蓄積してきた新第三紀以降のデータも統合して新生代を通じた沿岸システムの歴史を描き尽くしたい。そして、その成果を応用し、新生代の沿岸域生痕相モデルを構築していきたい。ただし、得られた結果は、逐次、国内外の学術誌や学会で積極的に公表することで批判を仰ぎ、研究精度をより高めていく予定である。

3. 研究の方法

本研究では、従来から申請者が研究対象としてきた沖縄県の八重山層群、高知県の三崎層群、和歌山県の田辺層群、房総-常総地域の上総、下総層群といった新第三系から第四系の未調査部分に加え、山口県の日置層群、福岡県の芦屋層群そして宮崎県の日南層群の浅海成オリストリスといった古第三系に調査対象を広げ、そこに見られる生痕化石群、化石群の野外調査を行うことで新生代をとおした沿岸システムの高い精度での復元を目指す。

4. 研究成果

まず、古第三紀における沿岸システムの特徴を知るためにおこなった古第三系における主要な研究成果を挙げる。四国山地西部に分布する始新統ひわだ峠層からは、扇状地三角州システムの堆積物を認定し、一部の層準から生痕化石 *Phycosiphon?* を見いだした。

漸新統芦屋層群陣ノ原層の調査では、この地層の大部分が陸棚-外浜システムで形成されたこと、そして、それらは周期の異なる相対的海水準変動に応答して形成されたコンポジット・シーケンスをなすこと、さらに、そこには *Thalassinoides suevicus* や *Ophiomorpha nodosa* から構成される複数の生

痕化石群集が産することを観察した。

宮崎県の都井岬オリストストローム（漸新統）では、それが波浪卓越型の陸棚-外浜システムの堆積物であること、そして、*Diplocraterion*, *Rosselia*, *Thalassinoides*, *Phycosiphon* などの生痕化石を包含することを観察した。

つづいて、新第三系における代表的成果に関して述べると、広島県北部の中新統備北層群では、カキ類”*Ostrea gravitesta*”の殻片を多数含む特徴的な角礫岩が存在し、それが津波堆積物である可能性がきわめて高い事を見いだした。

高知県西部の中新統三崎層群養老層では、それが時おり波浪の影響をうける沖浜（外側陸棚）の堆積物であること、そして、全層準を通じて生物攪拌の程度がきわめて低く、生痕化石の頻度や多様度もきわめて低い特異な岩相を示すことを観察した。また、スランピングに代表される未固結変形も高い頻度で見られることもわかった。

中新統久万層群では、それが半地溝を埋積した堆積物であることを明らかにした。その基底部は、半地溝を形成した成長断層の活動時に発達した沖積扇状地システム堆積物であり、それを覆う主部は、その断層が活動を停止し、急傾斜部が剝された後に発達した網状河川システム堆積物であると考えられる。

上記の様な特徴を有する中新世の地層群は、この時代に生じた背弧拡大に伴う伸長テクトニクスの強い影響を受けて成立していた可能性が高い。これらについて、さらなる調査をおこなうことで、今後、背弧拡大期の島弧における表層環境や古生態系の高精度復元に発展する可能性がある。

上記の調査の他、愛媛県西条市の現世干潟ならびに房総半島に分布する下総層群藪層において調査を行い、甲殻類の巣穴やその化石には、クシケマスオガイやヒメマスオガイ類が付着していること、甲殻類とこれらの貝類は、前者の巣穴を介した共生関係にあることを明らかにした(図1)。

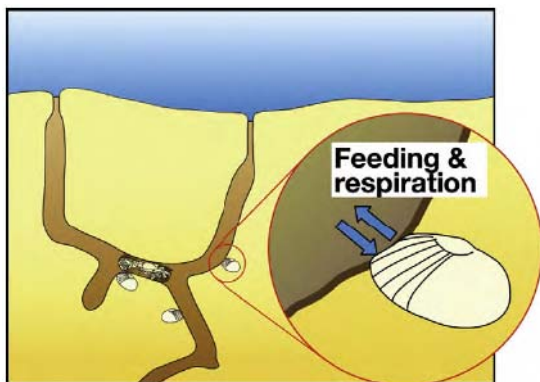


図1. *Cryptomya* 属二枚貝類とアナジャコ類

の共生関係をあらわす模式図 (Nara et al., 2009 を改変)。

さらに、生痕化石研究の基礎とも言える分類学に関する成果としては、かつて *Schaubcylindrichnus formosus* として Loewemark and Hong (2006) によって記載された生痕種は、Nara (2006) が再定義した *Schaubcylindrichnus coronus* に包含される事を明らかにし、責任著者 (corresponding author) として国際誌上に公表した (図2)。

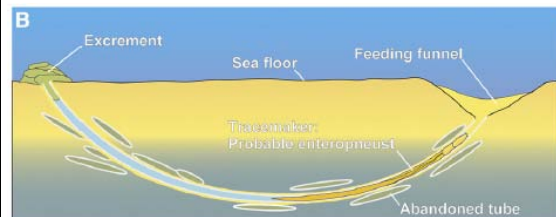


図2. 生痕化石 *Schaubcylindrichnus coronus* と形成者を示す模式図 (Loewemark and Nara, 2010 を改変)。

本邦各地の新生界のほか、ヨーロッパ、北米の新生界や南米の古生界浅海堆積物に産する、密集した *Rosselia socialis* からなる特徴的な生痕ファブリックについて文献調査やブラジルにおける現地調査を行い、それが海進期の陸棚環境を特徴づける示相構造である可能性がきわめて高いことを明らかにした。

以上の成果の一部は、9編の原著論文として公表したほか、8件の国際学会講演を含む、30件超の学会講演として公表された。とくに、ブラジル連邦共和国で開かれた第1回ラテンアメリカ生痕学シンポジウム (SLIC2010: Symposio Latinoamericano de Ichnología) では、生痕学の先進地である欧米以外からは唯一の基調講演者として招待され、本研究課題の主題である沿岸域における特徴的な生痕ファブリックについて講演する機会を得た。

さらに、国内学会では、日本地質学会第114年学術大会優秀講演賞、日本地質学会四国支部ポスター賞、日本古生物学会第160回例会優秀ポスター賞を受賞する栄誉を授かった。これらの招待講演歴や受賞歴は、本研究が国際的、国内的に十分に評価され得ることを示す客観的事実と言えよう。

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9件)

①Nara, M. and Ikari, Y., 2011: “Deep-sea bivalvian highways”: An ethological

interpretation of branched *Protovirgularia* of the Palaeogene Muroto-Hanto Group, southwestern Japan. Submitted to Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 査読有, 305 250-255.

② Loewemark, L. and Nara, M.*, 2010: Morphology, ethology and taxonomy of the ichnogenus *Schaubcylindrichnus*: notes for clarification. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 査読有, 297, 184-187.*Corresponding author.

③ Arai, K., Inoue, T., Matsuda, T., Machiyama, H., Sasaki, K., Iryu, Y., Sugihara, K., Fujita, K., Nara, M., 2009, Shallow seismic profiling survey on postglacial fore-reef near the present-day northern limit of coral reef formation in the northwestern Pacific. Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium, Ft. Lauderdale, Florida, 査読有, 49-52.

④ Nara, M., Akiyama, H. and Itani, G., 2008: Macrosymbiotic association of myid bivalves *Cryptomya* with thalassinidean shrimps: examples from modern and Pleistocene tidal flats of Japan. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 査読有, 261, 100-104.

⑤ Seike, K. and Nara, M., 2008: Burrow morphology of the ghost crabs *Ocypode ceratophthalma* and *O. sinensis* among the foreshore, backshore, and dune subenvironments of a sandy beach of Japan. Journal of the Geological Society of Japan, 査読有, 114, 591-596.

⑥ Nara, M. and Haga, M., 2007: The youngest record of trace fossil *Rosselia socialis*: Occurrence in the Holocene shallow marine deposits of Japan. Paleontological Research, 査読有, 11, 21-27.

⑦ 小嶋瑞穂・奈良正和, 2007: 愛媛県野忽那島沖の「貝原」砂堆に見られる生砕物の特徴と供給源. 堆積学研究, 査読有, 65, 3-13.

⑧ 秋山紘胤・奈良正和, 2007: 「引き起こし法」: 現世干潟における未固結堆積物断面の観察法. 堆積学研究, 査読有, 65, 33-37.

⑨ Seike, K. and Nara, M., 2007: Occurrence of bioglyphs on *Ocypode* crab burrows in a modern sandy beach and its palaeoenvironmental implications. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 査読有, 252, 458-463.

[学会発表] (計 34 件)

① Nara, M., Sedimentological significance of the crowded *Rosselia socialis*.

Geological Society of Japan, 2010 年 12 月 11 日, 日本地質学会四国支部会, 愛媛大学.

② Nara, M., Palaeoecological Ichnology: Bringing trace fossil producers to life. SLIC2010 (Symposio Latinoamericano de Ichnología), 2010 年 11 月 4 日, UNISINOS, Brazil.

③ Nara, M. and Ikari, Y., Deep-sea molluscan palaeoecology of the Palaeogene Muroto-hanto Group, southwestern Japan: An ethological interpretation of *Protovirgularia*. Joint Meeting of Korean and Japanese Geological Societies, 2010 年 8 月 24 日, National Muroto Youth Outdoor Learning Center, Japan.

④ Nara, M., Linking the Present with the Past: Bridges between modern and fossil crustacean burrow studies. Workshop on Crustacean Bioturbation - Fossil and Recent, 2010 年 6 月 2 日, Lepe City Hall, Spain.

⑤ Seike, K. and Nara, M., Burrow morphology of two ghost crabs, *Ocypode ceratophthalma* and *O. sinensis* in foreshore, backshore, and dune subenvironments of the Irino Coast, southwestern Japan. The Crustacean Society Summer Meeting & 47th Annual Meeting of Carcinological Society of Japan, 2009 年 9 月 22 日, 東京海洋大学.

⑥ Nara, M. Cretaceous vs. Neogene to Quaternary shorefaces: Comparative ichnology of wave-dominated shallow marine settings. 4th International Symposium of the IGCP507, 2009 年 12 月 5 日, 熊本大学.

⑦ Loewemark, L. and Nara, M., The ichnogenus *Schaubcylindrichnus*: split or lump? ICHNIA08 (The Second International Congress of Ichnology), 2008 年 9 月 4 日, Jagiellonian University, Poland.

⑧ Nara, M., Ichnofaunal replacements of a Pleistocene wave-cut platform to shelf succession under the influence of glacioeustatic sea-level rise. ICHNIA08 (The Second International Congress of Ichnology), 2008 年 9 月 5 日, Jagiellonian University, Poland.

⑨ Nara, M., Paleocology of a transgressive coastal platform: an example from a middle Pleistocene high-frequency sequence of Japan. Ninth International Ichnofabric Workshop, 2007 年 8 月 15 日, University of Calgary, Canada.

⑩ 奈良正和, 更新統下総層群に発達する海進期波食台-陸棚システムの古生態学. 日本地

質学会第 114 年学術大会, 2007 年 9 月 11 日,
北海道大学. (日本地質学会優秀講演賞受賞
講演)

[図書] (計 2 件)

① Nara, M., and Ikari, Y., 2010: Deep-sea
ichnology and palaeoecology of the
Palaeogene Muroto-hanto Group,
southwestern Japan. In: Takeshita, T.,
Hashimoto, Y., Hirose, T., Matsuda, T. and
Takagi, H., (eds.) Field Excursion Guide
book for the Joint Meeting of Korean and
Japanese Geological Societies, 35-47.

② 奈良正和, 2010: 古生物学事典, 分担執筆,
日本古生物学会 編, 朝倉書店, 54-526p.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

奈良 正和 (NARA MASAKAZU)

高知大学・教育研究部自然科学系・准教授
研究者番号: 90314947