

## 白亜系双葉層群の炭化小型植物化石の抵抗性高分子分析：結合態アルキル脂質組成による植物化石の化学分類 Chemotaxonomy of plants by resistant macromolecular analysis in charred mesofossils from the Cretaceous Futaba Group

宮田 遊磨<sup>1\*</sup>; 沢田 健<sup>1</sup>; 池田 慧<sup>1</sup>; 中村 英人<sup>1</sup>; 高橋 正道<sup>2</sup>

MIYATA, Yuma<sup>1\*</sup>; SAWADA, Ken<sup>1</sup>; IKEDA, Kei<sup>1</sup>; NAKAMURA, Hideto<sup>1</sup>; TAKAHASHI, Masamichi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>北海道大学大学院理学研究院, <sup>2</sup>新潟大学理学部 自然環境科学科

<sup>1</sup>Faculty of Science, Hokkaido University, <sup>2</sup>Faculty of Science, Niigata University

陸上高等植物の生体組織を構成する抵抗性高分子は微生物分解や続成作用に対して抵抗性があり、植物化石や陸上植物由来の堆積有機物の主要な成分を占めていると考えられている。また、それらの構成モノマーは植物の分類群や生育環境、器官、続成作用などによって特徴的に変化することが知られている。したがって、これらの高分子の分析を行うことで古植物学的な研究のための新たな手法の確立が期待される。しかしながら、特に中生代や古生代のような古い地質時代の堆積物においては、これらの高分子を研究した例は限られている。本研究では、化石高分子の化学分類的な特徴を評価するため、白亜紀の炭質物濃集層から産出した植物化石の分析を行った。

試料は白亜紀コニアシアン群の双葉層群芦沢層から産出した炭化した小型化石を用いた。分析した小型化石は *Hironoia fusiformis* や *Archaeofagacea futabensis* を含む被子植物の花および果実の小型化石、裸子植物の種子・シュート・材の小型化石など 16 試料を用い分析を行った。粉末化した試料を有機溶媒で抽出後、残渣を高温 reflux 抽出処理し、さらにその残渣を KOH/メタノールを用い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、SPSS を用い多変量解析を行った。植物の部位や種類において似たような脂質組成をもつ化石をグループ化するため階層クラスタ分析を行った。

遊離態の抽出成分として *n*-アルカン、ステラン、ホパンおよび芳香族炭化水素が主に検出された。芳香族炭化水素はジテルペノイドおよびトリテルペノイドの種々の誘導体が含まれ、一般的に、これらはそれぞれ裸子植物および被子植物の化学分類マーカーとして知られている。しかしながら、裸子植物化石の抽出成分から多量のトリテルペノイドが検出された。これは遊離態の脂質が堆積物中を移動していることを示唆していると考えられ、これらの成分が化石植物の化学分類には不向きであることがわかった。一方、加水分解性成分からは C6-C28 の飽和脂肪酸および C8-C28 の *n*-アルカノールが主として検出された。それぞれの化石試料におけるこれらのアルカリ加水分解性アルキル脂質の炭素数分布を多変量解析によって詳細に分析した。階層クラスタ分析によって、化石種によるアルカリ加水分解性脂質の炭素数分布の違いがみられることが明らかとなった。すべての木質組織の化石は非木質組織の化石を含まない一つのクラスターに分類された。さらに、*Juniperus* を除けば、被子植物化石と裸子植物化石もそれぞれ別のクラスターに分かれ、分類群によって脂質組成に明瞭な差があることが示された。これらの結果から、エステル結合態のアルキル脂質を含む様々な脂質を網羅的に解析し、総合的に評価することで化石植物の paleolipidomics ともいえる詳細な化学分類的情報が得られる可能性があることを指摘する。

キーワード: 化学分類, アルキル脂質, 植物化石, 白亜紀, 抵抗性高分子, 多変量解析

Keywords: chemotaxonomy, alkyl lipid, plant fossil, Cretaceous, resistant macromolecule, multivariable analysis

## Foraminiferal psuedopodial observation during chamber formation Foraminiferal psuedopodial observation during chamber formation

TOYOFUKU, Takashi<sup>1\*</sup> ; NAGAI, Yukiko<sup>1</sup> ; Y. MATSUO, Miki<sup>1</sup> ; OHNO, Yoshikazu<sup>2</sup> ; FUJITA, Kazuhiko<sup>2</sup>  
TOYOFUKU, Takashi<sup>1\*</sup> ; NAGAI, Yukiko<sup>1</sup> ; Y. MATSUO, Miki<sup>1</sup> ; OHNO, Yoshikazu<sup>2</sup> ; FUJITA, Kazuhiko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>JAMSTEC, <sup>2</sup>University of Ryukyus

<sup>1</sup>JAMSTEC, <sup>2</sup>University of Ryukyus

Foraminifera, marine unicellular organism, have been considered as one of the major carbonate producer in ocean. Their calcareous tests are broadly utilized as paleo-environmental indicators in various studies of earth science because their tests have been archived as numerous fossil in sediment for long time and various environmental information are brought by population, morphology and geochemical fingerprints. The knowledge about the cytological process on carbonate precipitation has been described for couples of decade using by OM, SEM and TEM. Foraminiferal management of shell formation from ambient seawater are of great interest. Our study shows the potential to understanding the function of psuedopodial network for biomineralization by optical microscope.

キーワード: Foraminifera, Calcification

Keywords: Foraminifera, Calcification

## 軟体動物の比較解剖学 Comparative anatomy of molluscs

佐々木 猛智<sup>1\*</sup>  
SASAKI, Takenori<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 東京大学総合研究博物館

<sup>1</sup>The University Museum, The University of Tokyo

軟体動物はボディプランの多様性によって特徴づけられる。現在生き残っている軟体動物は、(1) 殻の無い虫状の無板類、(2) 8枚の殻板を持ち軟体部に繰り返し構造を示す多板綱、(3) 殻は一枚であるが軟体部には繰り返し構造を持つ単板綱、(4) 殻が左右2枚に分かれた二枚貝綱、(5) 蓋と体のねじれによって定義される腹足綱、(6) 足が腕や触手に変化した頭足類、(7) 前後に牙のように長くなった掘足類、の7つに類型化される体制を示す。化石では現生には見られない構造を示す種が発見されており、それらは進化の途中段階を表していると思われるか、軟体動物であるか疑問なものも含む。これらの体の構造の成り立ちを理解する上で鍵となるのは器官形成の過程の比較である。さらに、発生段階を制御する遺伝子の研究が必要であり、本セッションの中心課題である地球ゲノム研究へとつながっていく。

キーワード: 比較解剖, 軟体動物

Keywords: comparative anatomy, Mollusca

## 巻貝における貝殻獲得の遺伝的基盤 Molecular basis of shell formation and shell evolution in gastropods

清水 啓介<sup>1\*</sup>; 遠藤 一佳<sup>2</sup>; 工藤 哲大<sup>3</sup>  
SHIMIZU, Keisuke<sup>1\*</sup>; ENDO, Kazuyoshi<sup>2</sup>; KUDOH, Tetsuhiro<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 京都大学・院理, <sup>2</sup> 東京大学・院理, <sup>3</sup> エクセター大学  
<sup>1</sup>University of Kyoto, <sup>2</sup>The University of Tokyo, <sup>3</sup>University of Exeter

カンブリア紀前期に軟体動物は石灰化した外骨格として貝殻を獲得し、節足動物に次ぐ大きな分類群にまで繁栄してきた。しかし、環境から身を守るために重要な形質である貝殻の獲得を可能とした遺伝的基盤に迫る研究はこれまでにほとんど行われていない。本研究では動物の形態形成に重要なホメオティック遺伝子を制御することで知られるレチノイン酸経路に着目した。カサガイの仲間であるクサイロアオガイ (*Nipponacmaea fuscoviridis*) のトロコフォア幼生期・ベリジャー幼生期においてレチノイン酸分解酵素である *cyp26* の発現解析を行った結果、貝殻腺と外套膜の縁辺部での発現が確認された。さらに、レチノイン酸の機能解析を行なった結果、貝殻腺で発現するホメオティック遺伝子の1つである *engrailed* の発現が抑制され、貝殻が小さく、石灰化が起こらない表現型が観察された。これらの結果は、レチノイン酸経路が発生初期の形態形成を上流で制御する *engrailed* を制御することで、軟体動物における貝殻という新奇形質の獲得に重要な役割を果たした可能性を示唆する。

キーワード: 貝殻進化, レチノイン酸経路, 軟体動物  
Keywords: Shell evolution, RA pathway, Mollusca

## 貝殻の立体らせんをつくる座標系 A possible coordinate system in the 3D coiling of molluscan shells

遠藤 一佳<sup>1\*</sup>; 新宮 茜<sup>1</sup>; 清水 啓介<sup>2</sup>  
ENDO, Kazuyoshi<sup>1\*</sup>; SHINGU, Akane<sup>1</sup>; SHIMIZU, Keisuke<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東大・理, <sup>2</sup> 京大・理

<sup>1</sup>Dept. Earth & Planetary Sci., Univ. Tokyo, <sup>2</sup>Div. Biol. Sci., Kyoto Univ.

A vast variety of forms have evolved in the molluscan shells since the Cambrian, all basing on the single and simple rules of growth, or the logarithmic spiral. Yet the biological realities underlying this mathematical regularity remained elusive except that the signal transduction protein Dpp has been demonstrated to be involved at least in the two-dimensional coiling of the shells. Here we show that another signal transduction protein is involved in the shell coiling, based on the results obtained from chemical treatments of the embryos of the pond snail *Lymnaea stagnalis*. We argue that those two 'morphogens' may form a coordinate system, which grows like a moving frame of the theoretical 'growing tube', enabling the mantle epithelial cells to form secretory three-dimensionally coiled structures.

## Lymnaea stagnalis の貝殻形成における Wnt の役割 Genetic mechanisms of shell growth and shell coiling

新宮 茜<sup>1\*</sup>; 清水 啓介<sup>2</sup>; 遠藤 一佳<sup>1</sup>  
SHINGU, Akane<sup>1\*</sup>; SHIMIZU, Keisuke<sup>2</sup>; ENDO, Kazuyoshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東大・理, <sup>2</sup> 京大・理

<sup>1</sup> Faculty of Science, University of Tokyo, <sup>2</sup> Graduate School of Science, Kyoto University

軟体動物の貝殻は炭酸カルシウムで形成されているため化石として残りやすく、地球環境の変遷のプロキシや生物進化の直接的証拠として研究が続けられている。貝殻形態の進化を明らかにする上では、貝殻の発生や成長に関する知見は欠かすことができない。巻貝類の貝殻成長については、理論モデルについては様々な研究が進んできたが、実際に貝殻成長に関わる遺伝子などの生物学的実態については長年解明されておらず、近年になってようやく研究が進められてきた。その中の重要な研究として、脊椎動物の *bmp2/4* の相同遺伝子である *decapentaolegic (dpp)* の転写産物である Dpp 分子について研究がある。軟体動物では、トロコフォア期に背側に形成される貝殻腺で貝殻形成が開始される。Dpp は貝殻腺で発現する遺伝子の 1 つであり、カサガイでは左右対称に、モノアラガイでは左右非対称に発現することが知られており (Iijima et al., 2008)、初期発生時と後期成長時での *dpp* の発現は貝殻が巻くことに必要で (Shimizu et al., 2011)、Dpp の濃度勾配も貝殻の螺旋成長について関与している (Shimizu et al., 2013) ことから、*dpp* が貝殻形成について重要な因子の 1 つであることが知られている。本研究では、Dpp と並んで重要なシグナル伝達因子である Wnt ファミリーに注目した。脊椎動物において、背腹軸形成に関与する *Bmp2/4* に対し、直交する前後軸に沿って Wnt の濃度勾配が見られ、Wnt シグナルが形態形成に重要であることがすでに知られている (Niehrs, 2010)。この Wnt も貝殻形成の制御に何らかの働きをしているのではないかと推測し、検証することを研究目的とした。研究材料として、軟体動物腹足綱有肺類基眼目の *Lymnaea stagnalis* (ヨーロッパモノアラガイ) を用いた。この卵を 5 つの発生段階 (2 細胞期・胞胚期・原腸胚期・トロコフォア期・ベリジャー期) 毎に、Wnt の阻害剤 inhibitors of Wnt response-1 (IWR-1) と促進剤 6-bromoindirubin-3'-oxime (BIO) を多様な濃度で使用して機能阻害・促進実験を行い、*L. stagnalis* の発生過程を観察した。その結果より、*L. stagnalis* の発生において、Wnt シグナルが阻害され活性化されないと、貝殻形成は正常に起こるものの体内組織の形成が正常に開始されないことが観察された。また、反対に Wnt シグナルが促進されて活性化されると、殻は正常にまかず、平巻になることが判明した。さらに必要以上に活性化されすぎると分化がうまくできず、殻を含めた体全体の組織の形成が正常に起こらなくなかった。以上のことから、Wnt は発生そのものに大きく関与している可能性が高いと考えられる。特に貝殻形成については、ベリジャー期に促進させた場合に観察できた貝殻形態の違いから、殻が巻く速度と成長していく速度に対して Wnt シグナルの活性度が重要である可能性が示唆される。