

Biomineral and shell structural control to ornament bivalvian shell exterior

(二枚貝の殻体外部表面装飾に対する生体鉱物的および殻体構造的制御)

学位論文内容の要旨

二枚貝の表面装飾形成は、最外殻層の内部構造形成と関連するが、両者の関連についての研究はほとんどない。表面装飾と内部構造の関係を解明することは、二枚貝殻体の系統的・機能的意義を考える際に重要である。

申請者はまず個体発生の途中で放射肋から共心円肋に表面装飾が変化するムラサキインコガイの表面装飾形成機構と微小生息環境を検討した。その結果、放射肋部では肋の凸部の分だけ共心円肋部よりも各内部構造が厚く形成されていることが判明した。このことは放射肋部と共心円肋部で殻体分泌形成量が異なることを示す。また放射肋から共心円肋への変化のタイミングは中潮亜帯上部の個体ほどは早く、下部に向かうにつれ、遅滞する傾向があり、また外表に面してる個体よりも内面側の個体の方が表面装飾変化のタイミングは遅滞する傾向が認められた。本種はサスペンションフィーダーであり、生活に不可欠な物質を海水中より摂取することを考慮すると、生息場の乾燥度に起因すると推定される。本種の表面装飾形成は殻体最外殻層の分泌量に依存していると推定され、環境因子→殻層の分泌量の増減→表面装飾変化という過程の反映であることが明らかになった。

また二枚貝全般の表面装飾と殻体内部構造の関係を解明するため中新世～現生の150種を検討し、最外層の内部構造と成長線形態には、傾斜型 (ic-type) と突出型 (pt-type) が識別され、前者では表面装飾は殻皮の空間形態に、一方後者では表面装飾は最外殻層の構造ユニットの伸長方向に規制されることを明らかにした。ic-type と pt-type の違いは外套膜の殻体の分泌形成様式の違いによる。また、外套膜－殻皮の関係からみると、ic-type は厚い殻皮により殻体を分泌形成する外套膜の outer fold が完全に規制されているが、pt-type は比較的薄い殻皮で外套膜の outer fold の自由度が高い。また化石記録から、ic-type は pt-type より初源的な殻体分泌形成様式であると推定される。

個体発生に伴う殻体形成を検討すると、幼生殻では、ic-type および pt-type の殻体構造および表面装飾（平滑／成長脈）はすべての種で共通である。また個体発生に伴う表面装飾形成時期は、ic-type では、成貝殻形成直後だが、pt-type では多少遅れ、最外層の構造ユニットが殻体外表方向に伸長する時期に一致し、また pt-type は個体発生初期は ic-type と同様の特徴を示すが、徐々に pt-type に変化することを明らかにした。個体発生

の見地からpt-typeはic-typeから二次的に派生したと推定される。

マルスダレガイ科二枚貝について、絶滅種～現生種において 殻体最外殻層の内部構造と成長線形態 (ic-type, pt-type) および表面装飾タイプについて検討し、それらに密接な関連があることを明らかにした；最外層が混合稜柱構造で形成される→すべてpt-typeで表面装飾は多様である。最外層が交差板構造でpt-type→表面装飾は平滑である。最外層が交差板構造でic-type→出現以降、各亜科で一定の表面装飾のみが形成される。中新世以降の絶滅種を含むカガミガイのグループにおいて、成長線 (= 外套膜の空間形態および殻体分泌に伴う伸縮運動) は一定であるが、構築構造は多様である。表面装飾は最外層の内部構造の物理的性質によって規制されることを明らかにした。

本研究では二枚貝の表面装飾を規定する基本的要因について、①最外殻層の内部構造による制約 (生体鉱物的要因)、②外套膜の空間的配置による制約 (分泌器官的要因) また副次的要因として硬組織形成量に影響する生息環境による制約 (微小生息環境的要因) がある、と結論した。

本研究は従来、任意的・主観的な考察に基づいて行なわれることが多かった外部表面形態の形成を、硬組織 (貝殻) の形成機構の解明という側面にとらえ、これを現生種のみならず化石種を含む二枚貝全般について解明した。またそれらの結果を二枚貝の系統進化と関連づけ考察を試み、見事に成功させた。さらにある種については、貝殻形成機構と表面装飾の形成について生息環境からの影響についても明らかにした。これらの成果は、二枚貝の殻の外部形態と内部組織の関係を具体的に示したものであり、進化の中で獲得したさまざまな外部形態についての系統的・機能的意義を議論する上で、非常に重要な新しい研究方向を開拓したものといえる。また、これまで独立して議論されていた外部形態と内部構造の研究の橋渡しをし、二枚貝の形態形成について新たな視点を与えた。また二枚貝の形態の多様性および系統発生の研究に大きく寄与することが期待される。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 大 場 忠 道

副 査 教 授 南 川 雅 男

副 査 助 教 授 長 谷 川 四 郎

副 査 教 授 山 口 義 寛

(北海道教育大学岩見沢校)

学 位 論 文 題 名

Biomineral and shell structural control to ornament bivalvian shell exterior

(二枚貝の殻体外部表面装飾に対する生体鉱物的および殻体構造的制御)

二枚貝の表面装飾形成は、最外殻層の内部構造形成と関連するが、両者の関連についての研究はほとんどない。表面装飾と内部構造の関係を解明することは、二枚貝殻体の系統的・機能的意義を考える際に重要である。

申請者はまず個体発生の途中で表面装飾が変化するムラサキインコガイの表面装飾形成機構と微小生息環境を検討し、本種の表面装飾変化は殻体最外殻層の分泌量に依存し、その分泌量変化は微小生息環境によることを明らかにした。

また二枚貝全般の表面装飾と殻体内部構造の関係を解明するため中新世～現生の150種を検討し、最外層の内部構造と成長線形態には、傾斜型 (ic-type) と突出型 (pt-type) が識別され、前者では表面装飾は殻皮の空間形態に、一方後者では表面装飾は最外殻層の構造ユニットの伸長方向に規制されることを明らかにした。両者の違いは外套膜の殻体分泌様式の違いに起因する。また化石記録から、ic-type はpt-type より初源的な殻体分泌形成様式であると推定される。

個体発生に伴う表面装飾形成時期は、ic-type では、成貝殻形成直後だが、pt-type では多少遅れ、最外層の構造ユニットが殻体外表方向に伸長する時期に一致し、またpt-type は個体発生初期はic-type と同様の特徴を示すが、徐々にpt-type に変化することを明らかにした。このことからpt-type はic-type から二次的に派生したと推定される。

中新世以降の絶滅種を含むカガミガイのグループで表面装飾と内部構造の経時変化を検討し、表面装飾の違いは最外殻層の内部構造の特性の違いによることを明らかにした。

本研究では二枚貝の表面装飾を規定する基本的要因について、①最外殻層の内部構造による制約 (生体鉱物的要因)、②外套膜の空間的配置による制約 (分泌器官的要因) また副次的要因として硬組織形成量に影響する生息環境による制約 (微小生息環境的要因)

因)がある,と結論した。

本論文は従来, 任意的・主観的な考察に基づいて行なわれることが多かった外部表面形態の形成を, 硬組織(貝殻)の形成機構の解明という側面にとらえ, これを現生種のみならず化石種を含む二枚貝全般について解明した。またそれらの結果を二枚貝の系統進化と関連づけ考察を試み, 見事に成功させた。さらにある種については, 貝殻形成機構と表面装飾の形成について生息環境からの影響についても明らかにした。これらの成果は, 二枚貝の殻の外部形態と内部組織の関係を具体的に示したものであり, 進化の中で獲得したさまざまな外部形態についての系統的・機能的意義を議論する上で, 非常に重要な新しい研究方向を開拓したものと見える。また, これまで独立して議論されていた外部形態と内部構造の研究の橋渡しをし, 二枚貝の形態形成について新たな視点を与えた。また二枚貝の形態の多様性および系統発生の研究に大きく寄与することが期待される。

申請者の本論文をまとめるにあたっての精力的な野外調査と化石種および現生種を広範囲に網羅した膨大なデータの解析, そして古生物学の幅広い範囲での研究努力および同分野での新たな研究方向の開拓は高く評価できる。また大学院では原著論文を速やかに取りまとめていく実力を培ってきた。一方で申請者は後進大学院生への助言・指導にも熱心であり, さらに他大学の研究者とも研究交流および共同研究を行っており, 今後, 独立した研究者として高い能力を発揮していくことが期待される。以上から, 大学院課程における研鑽や取得単位なども併せ審査員一同は申請者が博士(地球環境科学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。