

論文内容の要旨

論文題目 Response of daily and annual shell growth patterns of an intertidal bivalve
 Phacosoma japonicum to the Holocene coastal climate change in Japan
 (日本の完新世沿岸気候変動に対するカガミガイの殻成長特性の応答)

氏名 宮地 鼓

近年、二酸化炭素の増加に伴う全球規模の地球温暖化が危惧され、生態系の変化や気温の上昇などの環境変動を引き起こす可能性が指摘されている。その将来の予測および解決に向けて、最も新しい地質年代である完新世の地球環境変動の実態とそれに対する生物の応答を明らかにすることが、人類共通の重要な課題の一つとなっている。そこで、本研究では北西太平洋における微細成長縞研究のモデル生物であるマルスダレガイ科二枚貝の 1 種であるカガミガイ (*Phacosoma japonicum*) を対象として、現生・化石貝殻の貝殻成長特性の解析と生物地球化学分析を行ない、①現生貝殻から化石に応用できる指標を探ることと、②化石貝殻から過去 1 万年間の日本列島周辺における沿岸気候変動に対する貝類の応答様式を高時間精度・高分解能で明らかにすることを目指した。

本論文の第 2 章では、先行研究を基礎として、成長履歴のわかった現生個体を対象として、微細成長縞の成長パターンを解析し、それと成長期間を通じての生息場での環境パラメーターを比較し、成長を主にコントロールする要因を考察した。解析の結果、瀬戸内海の干潟から採集され

た標識個体の観察から、追跡期間に形成された微細成長縞数と朔望日数が一致することが確認され、本種における最小オーダーの微細成長縞（2本の数 μm の狭い層と2本の数 $10\mu\text{m}$ の幅広い層のセットで形成）は1朔望日（24時間50分）ごとに形成されることが明らかになった。これらの事実に基づき、東京湾で採集した個体について各年齢での微細成長縞付加パターンに日レベルで時間目盛りを入れ、微細成長縞幅の時系列的変化と採集地点付近での海水の環境データ（表層水温、塩濃度、溶存酸素量、植物プランクトン量など）の経時的変化との比較を試みた。その結果、本種では、殻成長最適海水温（ $21\text{-}25^{\circ}\text{C}$ ）を超えると、微細成長縞幅が減少する傾向があることが判明し、朔望日輪の成長と表層海水温の関係は、温度と生物代謝の関係式であるアレニウスモデル（多項式）で近似できることがわかった。この研究によって、カガミガイの貝殻微細成長縞を用いて日精度の成長履歴とそれに関与する環境要因を特定することができた。

第四紀のグローバルな氷河の消長に伴って日本列島においても陸域および沿岸の気候が周期的に変化し、貝類相もこれに対応して分布域や構成種を変えたことがわかっている（松島, 1984; Kitamura et al., 1994; 2000）。しかし、特定種の時空分布域での生息環境の変化に対する応答などは明らかとなっていない。そこで第3章では、二枚貝類の硬組織に観察される微細成長縞を用いて過去1万年間の日本列島周辺における沿岸気候変動に対する貝類の生活史特性の応答様式の変遷を日から年スケールの高時間精度で検討した。

研究に用いた化石貝殻試料は全国各地の自然貝層や考古遺跡（貝塚）から得られた計29個体である。加速器質量分析によってこれら貝殻試料の ^{14}C 年代を測定し、生息年代が明らかになった個体について蝶番部での年輪解析を行うとともに、殻外層の性成熟以前の3齢での結果微細成長縞プロフィールに時間目盛りを入れて、日輪成長量の年変動パターンの解析を行った。その結果、東京湾周辺から得られた化石貝殻の生活史特性は約7000-5000 cal yr BP, 1350-1010 cal yr BPの年代値が得られた個体では、5齢時の蝶番部のサイズが小さく、年間形成微細成長縞本数が多く、日平均微細成長縞幅は狭いことがわかった。これに対して2140-1270 cal yr BP, 510-450 cal yr BPの年代値が得られた個体は上記傾向とは逆の成長様式を示すことが明らかになった。これらの生活史特徴とこれまでの研究から明らかになっているそれぞれの時代の古気候復元結果と比較した

ところ、約 7000-5000 cal yr BP, 1350-1010 cal yr BP はそれぞれ縄文海進時期 (Holocene Climatic Optimum), 中世の温暖期 (Medial Warm Period) の温暖であったとされる時代に、そして 140-1270 cal yr BP, 510-450 cal yr BP は古墳寒冷期, 小氷期 (Little Ice Age) の寒冷であった時代に、それぞれ対応することが判明した。これらのことから、カガミガイの生活史特性は温暖であった時代では同湾の現生貝殻集団よりも低緯度地域集団 (瀬戸内海, 鹿児島湾) と類似し、これに対して寒冷期においては高緯度地域集団 (函館湾, 石狩湾) と類似することが明らかとなり、貝殻の成長様式は、完新世の陸域および沿岸域の気候変動に応答して変化したことが強く示唆された。また、貝殻の酸素同位体比の値から温暖期, 寒冷期の化石貝殻の日輪成長の年変動パターンは水温の年変動や夏季のモンスーンの強度を反映していることが推定された。

近年、成長履歴や環境要因を記録したアーカイブスである軟体動物、サンゴや有孔虫などの付加型硬組織を用いた微量元素組成分析が精力的に行われ、古環境復元の指標としての有効性が議論されている。しかしながら、これまでの二枚貝類を用いた研究 (例えば Stecher et al. 1996; Gillikin et al. 2005) では、個々の種によってその結果が異なり、未だに元素組成比の環境プロキシとしての有効性についての一般的なコンセンサスが得られていない。

そこで第4章では現生カガミガイ殻体における微量元素組成の古環境解析指標としての有用性を検討した。具体的には、東京湾西部横浜市野島海岸より採集した個体を用いて、貝殻断面に見られる微細成長縞観察および超微小領域での化学組成分析 (NanoSIMS による定量分析および EPMA による定性面分析) を行ない、さらに生息場での水温や塩濃度などの海洋環境データとの比較から、日レベルでの古水温や古塩濃度等の環境因子の抽出を試みた。NanoSIMS および EPMA での分析結果より、Sr は微細成長縞に沿って、Mg は貝殻結晶構造に沿って、それぞれ濃集していることがわかった。さらに、有機物由来と考えられる S も微細成長縞に沿って濃集しているが、明瞭な暗色成長縞においてはその濃度が低いことが観察された。分析範囲に時間目盛りを入れて、その期間での東京湾の海洋環境データ (日平均) と比較を行った結果、短期間におけるカガミガイの微量元素組成の変動パターンには海水温よりも朔望日輪における有機質層 (微細成長線) と石灰質卓越層 (微細成長縞) の違いやメソスコピックな殻体構造が強く関与していることが示された。