

氏 名	■ (金城) そのこ
学位の種類	博士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 2792 号
学位授与の日付	平成 16 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	理学研究科生物科学専攻
学位論文題目	ナガウニ科における幼生骨格形態の多様性と進化

論文調査委員 (主 査) 教授 白山 義 久 助教授 疋 田 努 教授 堀 道 雄

論 文 内 容 の 要 旨

生物の形態は、環境への適応や系統関係、発生・遺伝学的な制約が複雑に影響しあって多様化してきたと考えられ、なぜ多様であるかを理解するためには、これらの要因を多角的に考慮する必要がある。形態形成に関する研究が盛んなウニの幼生骨格は、このような研究に適していると考え、その形態多様性の進化的な意義を理解することを目的に本研究を行った。

多様性の進化の研究には、近縁種間の比較研究が有効であるため、まず、幼生骨格形態の種間変異を明確にすることを目的に、日本に多くの近縁種がみられるナガウニ科のウニ類の幼生骨格について詳細な形態比較を行った。その結果、骨格サイズや体桿の湾曲の程度、小突起の数と長さ、後腹横桿の数及び体骨格の形状などの形態形質が種間で有意に異なる事が明らかとなった (第一章)。

次に、幼生骨格の各形質がどのような過程で進化してきたのかを推測するため、ナガウニ科15種の系統関係をミトコンドリアDNAの配列より解析した。その結果、これら15種は4つの系統にわかれた。系統樹上に幼生骨格の各形質を配置した結果、骨格サイズや後腹横桿の数、体骨格の形状など多くの収斂進化がおこっていることが示唆された (第二章)。

さらに骨格形態の生態的意義を明らかにするため、幼生の体密度、沈降及び遊泳速度を調べた結果、小突起の少ない幼生骨格をもつ幼生は、密度が小さく沈降速度が遅いことがわかった。一方、密度や沈降速度の違いが遊泳速度に与える影響は検出されなかった (第三章)。

これらの結果と生物地理学的情報を総合すると、低緯度海域では水温が高く海水の密度と粘性が低く、よりプランクトン幼生が沈降しやすいため、骨格形態を単純化して体密度をより小さくするという形態の適応があったと考えられた。骨格形態の違いが遊泳速度には影響しなかったことから、骨格形態の進化には物理的な環境要因の影響が大きい、遊泳能力は繊毛など何らかの生物学的適応によって補償されていることが示唆された。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、ウニ幼生の形態を対象として、生物の形態多様性の進化的意義を理解しようと試みたものである。ウニ幼生の形態形成に関する研究は従来から盛んに行われており、特に幼生が体内に持つ炭酸カルシウム骨格の形成機構については、その関連遺伝子に至るまで詳細に調べられているが、その骨格形態の多様性を創出する機構については、十分解明されていないといえない。

申請者は、まず形態と生息環境との関連性を見出し、その形態と進化的意義を明らかにするために、より近縁な種間を対象とした比較研究が有効と考え、日本周辺に多様な種を見いだすことができるナガウニ科を取り上げて、本科に属する9種について骨格形態を詳細に観察し、種間比較を行った。定量的な計測にもとづく比較は、従来の定性的な比較とは一線を画すものとして、高く評価できる。また、幼生の形態形質には可塑性がしられているが、考えられる多数の形態形質の中から、成長段階による変化のない形質の抽出をはじめに行うなど、慎重に研究が進められており、得られた結果の信頼性は高いと

いえる。特に体骨格に見られる小突起の数と長さ、および後腹横桿の数など、幼生の生態学的特徴に密接に関連する形態形質に、種間で有意な差があることを明らかにしたことは、幼生骨格の形態進化を考察する上で意義深い結果である。さらに各種の地理的分布から、幼生骨格の形態と海水の物理的性質の違いに注目し、低緯度海域に分布の中心を持つ種は、高水温低粘度の海水に適応している可能性を指摘した視点は、画期的と評価できる（第1章）。

次に申請者は、ナガウニ15種の系統関係をミトコンドリアDNAの配列より解析し、得られた系統樹上に幼生骨格の各形質を配置することによって、幼生骨格の各形質がどのような過程で進化してきたのかを推測することを試みている。得られた系統樹はナガウニ科に属する種の大部分を扱っており、さらにその結果から、ナガウニ科のウニ類は大きく4つの系統に分かれることを明らかにしたことは、本科の系統を考察する上で価値ある研究成果である。また、形質を配置した系統樹から、収斂進化が頻繁に起こっていることを示唆し、さらに地理的分布から予想される形態形質と実際の形質とが一致しないケースが、系統的制約によって説明できる可能性を示すなど、多様な成果をあげている（第2章）。

さらに申請者は、前章において自身が立てた仮説を検証するために幼生の密度・沈降速度・遊泳速度を測定し、地理的分布の特性との関係を考察した。これらのパラメータの測定には、極めて繊細な実験が必要であり、そのデータは貴重なものである。また、予想通り、小突起の少ない骨格を持つ種では、密度が大きく沈降速度が速いことを実証し、仮説を補強することができた。一方、遊泳速度に差がないという結果からは、繊毛の分布など形状以外の要因の重要性を指摘し、今後の研究の方向性を示している（第3章）。

以上のように、本研究はナガウニ科ウニ類にみられた幼生骨格形態の多様性には、生息環境への適応がみられる一方、発生や系統による制約などさまざまな要因も深く関わっていることを、具体的データに基づいて明らかにし、その進化的要因について、変異の創出から変異が淘汰される過程までの、進化の全プロセスに関する研究に一定の貢献をしたと評価することができる。

よって本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。

また論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。