

# 論文審査の結果の要旨

氏名 佐久間 啓

本論文は、Abstract, General Introduction, 第1章から第4章および General Discussion からなり、第1章でマユガジ亜科魚類の分子系統解析、第2章で日本海南西部におけるマユガジ亜科魚類の分布様式、第3章で種内の遺伝的分化過程、第4章で姉妹種間の遺伝分化と種分化過程を報告している。

更新世の氷期間氷期サイクルに伴う気候変動が、陸上や沿岸の生物種の種多様性や地理分布、集団構造の形成に大きな役割を果たしてきたことが近年の分子系統学や系統地理学的研究により明らかになっているが、深海については、そうした知見がまだ乏しいのが現状である。日本海やオホーツク海などの多くの縁海の存在で特徴づけられる北西太平洋では、氷期に様々な程度で近隣海域から分断された縁海が気候変動の影響をより強く受け、深海生物進化の主要な場となったことが予想される。本論文は北西太平洋で高い種多様性を持つマユガジ亜科の深海性底生魚類をモデルとして、分類群の形成、種分化、種内の遺伝的分化など様々な時空間スケールでの進化現象を解明し、海洋環境変動との関係性を議論したものである。

第1章では、北西太平洋に生息するマユガジ亜科 18 種を含むゲンゲ科魚類 23 種を対象として、4つのミトコンドリア遺伝子と1つの核 DNA 領域(計 2.9 kbp)の塩基配列に先行研究のデータも含めて、系統関係を分析した。その結果、マユガジ亜科の単系統性は支持されたものの、先行研究で支持されていたマユガジ属の単系統性が否定された。これは、先行研究が地理的に偏った標本採集のため、誤った結論に達していたのに対し、新たに本亜科の多様性の中心である日本列島周辺の種を加えることで、より精度の高い系統解析が可能になったことによる。最節約法に基づく祖先形質推定から、マユガジ属の標徴とされる下顎骨軟骨組織が複数回、独立に獲得されたことが示されたが、この組織は深海の泥底環境での姿勢保持や摂餌に適しているとされており、マユガジ亜科魚類の深海底生環境への適応が平行的に起こったことが示唆された。また、マユガジ亜科内に日本海と近隣海域のそれぞれに分布する3組の姉妹種群の存在を示し、広範囲に分布していた祖先種が、海水準の低下に伴い分断されることで、そうした姉妹種群が形成されたと推定している。

第2章では、日本海南西部において、141か所(水深 179-497m)という、かつてない規模でマユガジ亜科魚類の分布を調査し、採取された6種、約7500尾のマユガジ亜科魚類の情報に基づき、分布を規定する環境要因を解析した。最も大型のタナカゲンゲを除く5種に限られた海域にのみ分布していることを明らかにし、群集構造解析

(Distance-based linear model 解析)の結果、各地域群集の種組成の72%が水深、水温および塩分で説明されることを示した。

第3章では、日本海およびオホーツク海南部に生息するマツバラゲンゲについて集団遺伝学的解析をおこない、両海域の地域個体群が遺伝的に分化しており、その分岐年代が最終氷期に遡ることを示し、海水準低下に伴って宗谷海峡が陸化したことで、集団が分断されたと推定した。また、ベイズ法に基づく解析により、本種の日本海集団が最終氷期後に急速な集団拡大を経験したのに対し、オホーツク海の集団は最終氷期を通じて安定的に維持されていたが、最終氷期後に急速に縮小したことを示した。

第4章では、第1章で明らかになった姉妹種群のひとつである日本海固有のアシナガゲンゲと東北沖太平洋に分布するクロホシマユガジの集団遺伝学的解析をおこない、両者が更新世中期に分化したことを示し、海水準が低下した氷期に津軽海峡の水深が極めて浅くなったことで、種分化が起きた可能性を指摘した。また、ベイズ法に基づく解析により、アシナガゲンゲは最終氷期後に、クロホシマユガジは最終氷期中に集団サイズの拡大を経験したことを示した。

本論文は、北西太平洋の縁海の中でも、最終氷期に最も大きな環境変動が起きたことが知られている「日本海」と浮遊性の卵や稚仔魚期を欠くため分散能力が低い「マユガジ亜科魚類」に着目することで、地球規模の環境変動が深海生物の分布や多様性に及ぼす影響について総合的に考察することを可能とした点に高い新規性を有している。分子系統解析に基づく進化過程の復元に、第2章で明らかにしたマユガジ亜科種間の分布特性の多様性と環境要因との関係性の情報を加えることで、更新世の氷期間氷期サイクルに伴う気候変動が同海域の縁海ごとに異なる環境変動を引き起こしたことが、マユガジ亜科魚類に様々なレベルで多様性を生じさせたという結論に説得力を与えている。本研究は、科レベルから種内の遺伝的多様性のレベルまで様々な時空間スケールで、深海生物の多様化と環境変動の関係性を俯瞰的にとらえた他に類を見ないもので、海洋における生物多様性研究の発展に大きく貢献することが期待される。また、地球温暖化などの将来の人為的な地球環境変動が深海の生態系や生物多様性に及ぼす影響を評価する上でも、貴重な情報を提供するものである。

本論文の調査および実験は全て論文提出者本人が主体的に行ったものであり、本論文の全ての研究において論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上より、博士（理学）の学位を授与できると認める。