

論文審査及び最終試験結果報告書

論文提出者氏名：白鳥史晃

論文題目：多摩川水系におけるウグイ属魚類の遺伝的多様性と生活史多型

審査の概要：

生物多様性は生態系の維持に必須である。しかし、開発や乱獲などの人間活動により、多くの種や地域個体群が絶滅の危機にある。魚類では、資源の増殖を目的とした移植が古くから行われてきたが、これにより在来の個体群に悪影響が生じることも知られている。

都市型河川が多摩川は、1960年代の高度経済成長期に深刻な汚染が起り、多くの水生動物が消滅した。その後、1970年に水質汚濁防止法が制定されて下水処理施設が整備され、現在では多くの種からなる生態系が取り戻されている。しかし、この現在の生態系は多摩川水系にもともと生息していた種に加えて、他の地域から移植された種や個体群から構成されているものと考えられる。生物の多様性を維持するためには、地域個体群が持つ固有の遺伝的特性および表現型を包括的に把握して管理していくことが望まれている。

ウグイ属 *Tribolodon* は淡水魚類の主要なグループであるコイ科に属し、科内で唯一の降海型を示す種を含む。多摩川にはウグイ *T. hakonensis* とマルタ *T. brandtii maruta* の2種が生息している。放流の記録より、多摩川水系のウグイ属は在来と移入個体群、さらにはこれらが交雑した個体群が混在しているものと考えられる。また、ウグイには河川残留型と降海型の多型がある一方で、マルタは全て降海型である。一方、降海型のウグイの生活史変異が遺伝的もしくは環境のいずれかによって生じるのかは不明である。

本論文は、複雑な遺伝的背景および生態的特性を持つ多摩川水系のウグイ属魚類を対象として、河口域から源流域までを網羅した調査地点より得た標本を用いて、遺伝子と表現型の両面から本属魚類の生物多様性の実態を明らかにすること試みたものである。

本論文は四つの章によって構成されている。

第1章（序論）では、生物多様性を失わせる要因と生態系破壊の歴史を俯瞰し、それに科学的に対処する必要性と方策について述べている。また、研究対象のウグイ属を含めた回遊魚の特性に関する科学的知見を整理し、分類の再検討や表現型の変異性および遺伝的な地理的特性の解明が生物多様性の評価に必須であることを示している。さらに、都市型河川である多摩川の環境変化と生息魚類変化の歴史を整理すると共に、ウグイ属魚類を研究対象とした意義について説明し、本研究の目的と重要性を示している。

第2章では、多摩川水系の全域から採集したウグイ属魚類を遺伝子解析により厳密に分類して分布状況を明らかにするとともに、遺伝的特性の比較を行った。その結果、下流域ではウグイとマルタがほぼ同じ比率で出現したのに対し、上流および源流域ではウグイのみが認められた。また、ウグイとマルタが同所的に採集された下流域では少数の標本(17/450 個体)

において遺伝形質と形態形質による分類の不一致が確認され、2 種間に交雑が生じている可能性を示した。

ウグイのミトコンドリア DNA 調節領域のハプロタイプ比較では、下流域のほぼ全ての個体が2つの優占ハプロタイプのいずれかに属していたことから、遺伝的多様性が低くなっていることを明らかにした。また、下流域で優占した2つのハプロタイプは上流および源流域では検出されなかった。さらに、下流域と上流および源流域の間でハプロタイプの重複は見られなかったことから、多摩川水系のウグイは下流域と上流域で遺伝的に分化していることを明らかにした。

多摩川水系のウグイの地理的特性では、*cytb*ハプロタイプ解析により、下流域では在来の個体群と日本海側を中心とした地域の個体群からなること、源流域では在来個体群に加え、西日本の個体群が混在していることを明らかにした。源流域ではウグイ属の放流が行われていないため、非意図的な放流による個体が定着したものと考察した。一方、上流域ではすべてが本水系の在来個体群からなっていることから優先的に保護すべき対象であることを見出している。

マルタの調節領域ハプロタイプの比較では、ほとんどの標本が単一の群に属し、遺伝的多様性は、極めて低くなっていた。一方、地域間の遺伝的変異が乏しいマルタの由来を明らかにするには至らず、より感度の高い核 DNA マーカーを用いた集団構造解析を行う必要性を示した。

第3章では、前章で遺伝的特性を明らかにした標本について形態形質の観察による生物学的特性、および耳石の微量元素解析による回遊履歴の推定を行い、生活史特性を詳細に比較した。その結果、性成熟したウグイは、下流域では7-12歳、上流域と源流域ではそれぞれ3-9歳と5-9歳であったことを明らかにした。また、下流域の個体の最大孕卵数は上流域や源流域のそれらと比べて著しく多く、かつ平均卵径も下流域の個体は上流域と源流域のそれらと比べて大きいことが分かった。以上の生活史特性の違いより、多摩川水系の下流域に分布するウグイはより高齢まで大きく成長してから成熟して多くの大型の卵を産むのに対し、上流域の個体群は若齢で少量の小型卵を産む対照的な繁殖生態を有することを明らかにした。

下流域において、マルタの最大孕卵数は同所的に生息するウグイのそれらの約3倍も多かった。一方、マルタの平均卵径はウグイのそれらよりも小型であった。この理由として、2種が同所的に生息する下流域においては次世代の生存と成長を巡る種間競争が生じており、それぞれ異なる繁殖戦略を採った結果と考察した。





耳石の微量元素解析により、下流域のウグイ個体群は全てが海洋生活期を有するのに対し、上流域と源流域のそれらは全てが河川残留型であることを明らかにした。また降海後のSr:Ca比は、ウグイよりもマルタの方が高いことから、後者は降海後により塩分の高い環境を利用している可能性を示した。さらに、ウグイが最初に降海する時期は0-6歳、マルタでは0-3歳と推定された。以上より、ウグイの方がより大型に成長するまで河川に留まるものと考察し、不明な点が多いウグイ属の降海生態の一端を初めて明らかにした。

第4章の総合考察では、まず中流域において下水処理場から排出される温排水が移動や生息域を制限している可能性を示した。次に、単一河川内で見られた生活史特性の変異より、ウグイ属の種分化と分布域の拡大は、ウグイが柔軟に生活史を変化させた結果であると考察した。本論文は都市型河川における魚類の多様性の実態を遺伝子と表現型から解明したものであり、環境変動や河川の人為的な環境改変が生態系におよぼす影響の予測や具体的な保全策の立案に貢献し得る画期的な研究であり、博士論文にふさわしい内容であると判断される。

2020年（令和2年）8月26日に実施した最終試験において、論文の内容ならびに関連分野について、本人が学位を受けるために必要十分な学識ならびに学力を持つことを認め、合格と判定した。

以上の結果から、審査員一同は本受審者を北里大学・博士（水産学）の学位を授与するに値すると判定した。

論文審査担当者

主査	北里大学	教授	朝日田卓	
副査	東京大学	教授	青山潤	
副査	神奈川県水産技術センター	専門研究員	勝呂尚之	
副査	北里大学	教授	奥村誠一	
副査	北里大学	准教授	三宅裕志	