

学位論文題名

Proximate mechanism for the growth of farmed
and wild fish in masu salmon *Oncorhynchus masou brevoort*

(サクラマスにおける天然魚と放流魚の成長に対する至近的メカニズム)

学位論文内容の要旨

多くのサケ科魚類の雄は、数年河川で生活した後、海に下り回遊し再び母川に回帰する降海型と、河川で一生を終える残留型が存在する。また、雌においても海への降下時期は様々であり、同一種の中で多様な生活史が見られる。これまでの生活史分岐に関する研究では、集団内における社会的順位と体サイズの変異が分岐の要因であることが示されている。しかしながら、集団内の社会的順位を決定する至近要因やその遺伝性を明らかにした研究は極めて少ない。本研究では、サケ科魚類の一種であるサクラマスを対象として、その社会的順位を決定する至近要因とそれらの至近要因に対する遺伝性を明らかとすることを目的とした。また、体サイズが大きくなる方向に人為選択がかかっている放流魚は、天然魚と比べて、行動特性を含めた成長に対するプロセスが大きく異なっていると考えられる。そこで本研究では、天然魚と放流魚の成長に対する至近的メカニズムの比較検討も行った。

2章では、繁殖期を中心に北海道南西部に位置する洞爺湖の流入河川でサクラマスを調査し、形態的特性から湖沼型雄サクラマスの生活史を3型に分類した（降湖型の大型群と小型群および残留型）。また、耳石サイズから成熟年齢と成長の関係を調べた。その結果、すべての生活史形質において、稚魚期の成長が良い個体ほど早熟である事が示された。また、主な成熟年齢である3年魚の降海型と1年魚の残留型間で稚魚期の成長を比較した結果、後者が有意に大きかった。すなわち、稚魚期の成長が生活史分岐あるいは成熟年齢に大きく関わっている事が示唆された。

3章では、稚魚期における社会的順位の決定要因を調べるため、3つの実験を行った。最初の実験は、用意した全兄弟の集団から2個体を選び、実験水槽に入れ、各々の個体（計74個体）の行動観察を行った。その結果、個体の優劣は、性の違いあるいは体サイズの差で決まるのではなく、個体の代謝率の高低と有意な相関が認められた。2つ目の実験では、社会的順位を決める要因の因果関係を明らかにするため、実験開始前に8個体（計3回の実験で24個体）の体長・体重・代謝率を測定し、その後実験水路に入れ、行動観察を行った。その結果、社会的順位は体長と体重には有意な相関が認められなかったが、代謝率との間には有意な相関が認められた。すなわち、代謝率の高い個体

ほど社会的順位が高くなる傾向が示された。最後の実験では、代謝率と成長率ならびに耳石の成長速度の関係を調べるため、体長・体重および代謝率を測定した個体を水槽内に30日間一定の環境下で飼育した。その結果、代謝率と30日間の成長率には有意な相関がある一方で、初期体重と成長率の間には有意な相関が認められなかった。また、耳石の成長速度と代謝率に正の相関が認められた。このことから、耳石サイズは代謝率を反映したものであり、その耳石サイズから社会的順位やその後の成長を予測できることが考えられた。

4章では、残留型・降海型雄および降海型雌を用いて交配し（計32ファミリー）、仔の耳石サイズから代謝率に対する遺伝性を調べた。交配した卵は一定の環境で蓄養し、仔魚が卵黄を吸収した90日後に、各ファミリーから15尾ずつサンプリングした。その後、サンプリングした個体から耳石を抽出し、顕微鏡を用いてそのサイズを測定した。その結果、生活史形質内では、体サイズの大きい雄から生まれてきた仔の方が、体サイズの小さな雄から生まれてきた仔に比べ大きな耳石を持っている事が示された。耳石サイズは代謝率を反映しその後の成長を予測できる指標になりうることから（3章）、体サイズが大きな雄から生まれた仔は、小さな雄から生まれた仔に比べて、稚魚期の成長が良いことが考えられた。しかしながら、本実験では降海型・残留型間で仔の耳石サイズに明確な有意差が認められなかった。この理由を生活史分岐に対する遺伝的影響から論じた。

5章では、天然魚と放流魚間で行動特性を比較し、継代飼育による本種の属性の変化を調べた。放流魚は、資源増殖を図る目的のため、体サイズの大きな成熟個体を用いて交配し、安定した環境下で飼育されている。仔の代謝率が親から遺伝する事から（4章）、放流魚における人為交配は、個体の代謝率を高めることになると考えられる。これらのことから、1）放流魚は天然魚に比べ代謝率が高く、より多くの餌を必要とし、より攻撃的になる、2）放流魚は、餌を取るに好適な場所を占める一方で、捕食者に対する回避能力が劣っていることが予測された。本章では、それらの予測を調べるため、2つの実験を行った。最初の実験は、水槽内に放流魚と天然魚を1尾ずつ入れて、1日水槽に馴致させたのち攻撃頻度・採餌頻度を10分間観察した。その結果、放流魚は天然魚に比べ攻撃的ではなかった。一方、採餌頻度は、天然魚に比べ放流魚の方が有意に高かった。また、2つ目の実験は、捕食者回避行動を調べるため一尾ずつ水槽に入れ、捕食者の臭いが含まれた水を流した際の採餌行動の変化を調べた。その結果、放流魚は天然魚に比べ、捕食者の臭いが含まれた水が流れても回避することなく採餌行動を続ける傾向にあり、捕食者に対する回避能力が劣っている事が示された。人為的選択交配と放流魚が蓄養されている環境（高密度・餌資源安定・捕食者なし）により、放流魚が上述のような行動特性へと変化したものと考えられた。

以上の結果から、成長率、社会的順位、代謝率、遺伝性などの至近的メカニズムからサクラマス在生活史分岐について総合的に論議し、また放流魚に対する問題点を示し、今後の課題を示した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 前 川 光 司
副 査 教 授 齋 藤 裕
副 査 助 教 授 上 田 宏

学 位 論 文 題 名

Proximate mechanism for the growth of farmed
and wild fish in masu salmon *Oncorhynchus masou brevoort*

(サクラマスにおける天然魚と放流魚の成長に対する至近的メカニズム)

本研究は本文83ページの英文論文で、引用文献109を含み、6章で構成されている。他に参考論文2編が添えられている。

多くのサケ科魚類の雄は、数年河川で生活した後、海に下り回遊し再び母川に回帰する降海型と、河川で一生を終える残留型が存在する。これまでの生活史分岐に関する研究では、集団内における社会的順位と体サイズの変異が分岐の要因であることが示されている。しかしながら、集団内の社会的順位を決定する至近要因やその遺伝性を明らかにした研究は極めて少ない。本研究では、サケ科魚類の一種であるサクラマスの天然魚および放流魚を対象として、その社会的順位を決定する至近要因とそれらの至近要因に関する遺伝性を明らかとすることを目的としている。

繁殖期を中心に北海道南西部に位置する洞爺湖の流入河川でサクラマスを調査し、形態的特性から湖沼型雄サクラマスの生活史を3型に分類した(降湖型の大型群と小型群および残留型)。また、すべての生活史形質において、稚魚期の成長が良い個体ほど早熟である事が明らかとなった。このことから、稚魚期の成長が生活史分岐あるいは成熟年齢に大きく関わっている事を示し、従来の研究結果を支持した。

次に稚魚期における社会的順位の決定要因を調べるため、3つの実験を行った。最初の実験では、個体の優劣は、性の違いあるいは体サイズの差で決まるのではなく、個体の代謝率の高低と有意な相関が認められた。2つ目の実験では、社会的順位を決める要因とその因果関係を明らかにした。社会的順位は体長と体重には有意な相関が認められなかったが、代謝率との間には有意な相関が認められた。すなわち、代謝率の高い個体

ほど社会的順位が高くなる傾向が示された。最後の実験では、代謝率と成長率ならびに耳石の成長速度の関係を調べた。代謝率と30日間の成長率には有意な相関がある一方で、初期体重と成長率の間には有意な相関が認められなかった。また、耳石の成長速度と代謝率に正の相関が認められた。このことから、耳石サイズは代謝率を反映したものであり、その耳石サイズから社会的順位やその後の成長を予測できることを示した。これらの耳石と代謝率の関係は、世界に先駆けて行われた研究の一つである。

また、残留型・降海型雄および降海型雌を用いて交配し（計32ファミリー）、仔の耳石サイズから代謝率に関する遺伝性を調べた。その結果、生活史形質内では、体サイズの大きい雄から生まれてきた仔の方が、体サイズの小さな雄から生まれてきた仔に比べ大きな耳石を持っている事が示された。耳石サイズは代謝率を反映しその後の成長を予測できる指標になりうることから、体サイズが大きな雄から生まれた仔は、小さな雄から生まれた仔に比べて、稚魚期の成長が良くなると予測した。この魚類における代謝率の遺伝性の発見は、世界で初めての事例の一つである。

また、天然魚と放流魚間で行動特性を比較し、継代飼育による本種の属性の変化を調べた。人為交配は、個体の代謝率を高めることになると考えられることから、1) 放流魚は天然魚に比べ代謝率が高く、より多くの餌を必要とし、より攻撃的になる、2) 放流魚は、餌を取るに好適な場所を占める一方で、捕食者に対する回避能力が劣っていることが予測される。これらの予測を調べるため、2つの実験を行った。最初の実験では、放流魚は天然魚に比べ攻撃的ではなく、採餌頻度は、天然魚に比べ放流魚の方が有意に高いことを示した。2つ目の実験では、放流魚は天然魚に比べ、捕食者の臭いが含まれた水が流れても回避することなく採餌行動を続ける傾向にあり、捕食者に対する回避能力が劣っている事を示した。これらの結果から、人為的選択交配と放流魚が蓄養されている環境（高密度・餌資源安定・捕食者なし）によって、放流魚が上述のような行動特性へと変化したものと考察した。この研究は、応用的にも貴重な情報を提供するものである。

以上の結果から、成長率、社会的順位、代謝率、遺伝性などの至近的メカニズムからサクラマス在生活史分岐について至近的観点から総合的に論議している。

以上のように、成長率、社会的順位、代謝率、遺伝性などの至近的メカニズムからサクラマス在生活史分岐について総合的に明らかにしたこれらの成果は学術的、応用的に貴重なものであり、高く評価される。よって、審査員一同は、山本俊昭が博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認めた。