

平成 21 年 4 月 1 日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19580199
 研究課題名（和文）サクラマス雄 2 型の繁殖成功と攻撃行動
 研究課題名（英文）Reproductive success and aggressive behaviours in life history phenotypes in male Masu salmon

研究代表者
 前川 光司（MAEKAWA KOJI）
 北海道大学・名誉教授
 研究者番号：80002301

研究成果の概要：サクラマスの産卵中、河川残留型のスニークのタイミングが残留型の繁殖成功に影響しており、ペアの産卵とほぼ同時に放精することが重要であることが明らかになった。また、残留型とペアオス（回遊型）の相対的な体サイズの大きさが繁殖成功の相対的な大きさに影響していることが示唆された。これらが個体の繁殖成功（結果として個体の適応度）のばらつきをもたらすと考えられ、生活史二型と代替繁殖戦略の進化を考察する上で重要な知見をもたらした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2008 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：水産学・水産一般

キーワード：サケ科、雄 2 型、繁殖成功、攻撃

1. 研究開始当初の背景

サケ科魚類の降海型オスは、産卵直前まではげしく残留型を攻撃することが知られているが、申請者たちは、サクラマスの産卵中に、降海型のつがいオスからの残留型への攻撃頻度が、たいへん大きいものからまったく攻撃しないものまで様ではないことを発見した (Koseki & Maekawa 2000, 2002)。回遊型が受精成功率を最大にしようとするならば残留型に攻撃しないのは奇妙である。これが事実であれば、サクラマス回遊型の攻撃行動は大きなコストをともなっていることになるという背景があった。

2. 研究の目的

サクラマス (*Oncorhynchus masou*) を含むいくつかのサケ科魚類において、メスはすべて回遊型であるが、オスは大型で二次性徴の発達した回遊型と小型で早熟な河川残留型の 2 つの生活史型があり、これらの二型はそれぞれ体サイズに合わせた異なる代替繁殖行動を用いることが知られている。産卵行動中、優位の回遊型はメスとペアとなり（ペアオス）、劣位の回遊型と残留型オスを攻撃し彼らの繁殖を妨害する

(ファイター戦術)。一方、残留型は回遊型の攻撃を避けスニーク放精によって卵を受精させようとする戦術を採用する(スニーカー戦術)。

こうした繁殖行動によって両生活史型がそれぞれの程度の繁殖成功を得るかは、これらの生活史型や代替繁殖行動の進化を考える上で重要である。これまでサケ科魚類の代替繁殖形質による集団レベル、個体レベルの遺伝学的解析を用いた繁殖成功についていくつか報告がなされている。しかし、両繁殖形質が繁殖集団において示す行動の観察と遺伝学的解析を用いた繁殖成功(父性判定)を同時に扱った研究は少なく、各個体が繁殖中に示す行動がいかに繁殖成功に結びついているかは未解明の点が多い。そこで本研究では、サクラマス¹の繁殖行動データと遺伝的な繁殖成功データ(父性解析)を組み合わせることにより、(1)回遊型の残留型に対する攻撃行動がいかに両型の繁殖成功に影響するか、(2)残留型の繁殖成功にスニークのタイミングと体サイズがどのような影響を与えるか、および(3)残留型による食卵行動が繁殖成功とどのような関係にあるか、を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

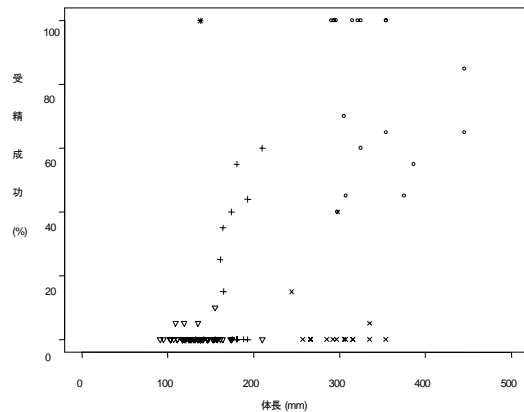
(1) <目的>回遊型ペアオスがスニーカーを攻撃する強度、頻度は種によってさまざまであり、ある種においてはスニーカーの繁殖への参加をほとんど妨害しない場合がある。サクラマスの回遊型においてもスニーカーを追い払う頻度や強さは個体間もしくは繁殖集団間でさまざまである。回遊型にとって残留型によるスニーク放精は自らの受精成功を減少させる大きな要因となる。回遊型にとって攻撃行動はエネルギーの消費、繁殖行動の中断などのコストになると考えられるので、回遊型は(ベネフィット(受精成功率)ーコスト)が最大になるように振る舞うと予想される。相対的に大きな体サイズ(精子の相対量)の残留型は大きな受精率の減少をもたらす可能性があるため、回遊型は相対的に大きな残留型をより高頻度で攻撃すると予想される。

<方法>苫小牧研究林にある人工水路において、回遊型から残留型への攻撃行動と産卵行動の観察および遺伝的解析を用いた父性判定による繁殖成功率推定を行った。回遊型オスと残留型オスの相対的な体サイズを変えて、回遊型雌

雄のペア、残留型オス1尾を水路に導入した。

(2) <目的>これまで、残留型の繁殖成功に与えるいくつかの要因が報告されてきた。繁殖行動および繁殖成功は繁殖集団の構成や繁殖集団における個体の地位に強く影響されると考えられる。しかし、繁殖行動と親子判定に基づく繁殖成功を同時に扱った研究は少なく、繁殖集団における地位や個体の行動が繁殖成功に与える影響は十分に解明されていなかった。

<方法>然別湖とその流入河川に生息する降湖型サクラマスの繁殖集団において、残留型の繁殖行動と繁殖成功の関係を分析することにより、どのような行動が繁殖成功に影響を与えるかを調べた。



(3) <目的>フィリアルカニバリズム(親による子供食い)は多くの動物、とくに魚類に多く見られる行動である。フィリアルカニバリズムには、卵など質の高いエネルギーを得ることにより将来の適応度を高める利益と、その時点での自分の子供を減らしてしまう損失をとまなう。適応度を最大にするためにはオスは自分の繁殖成功(父性)に伴って食卵行動を変化させる必要がある。産卵行動中のサクラマスにおいて、食卵行動は残留型のみみられる。また、オス親による子の保護行動がないため食卵行動と繁殖成功の関係は複雑ではない。

<方法>野外の繁殖集団(然別湖個体群)において残留型の食卵行動と繁殖成功がどのように関係しているか調べた。また、体サイズ、個体の順位および競争者の数といった繁殖集団の構成が食卵行動に与える影響についても分析した。

4. 研究成果

(1) <成果>回遊型の攻撃行動の頻度と残留型お

よび回遊型の体サイズには有意な関係はみられなかった。残留型がペアの放精・放卵中にスニークしても残留型の繁殖成功率は非常に低く(平均2.64%)、またこの繁殖成功率と攻撃行動との間に有意な関係は認められなかった。回遊型の攻撃頻度は、メスの産卵行動(求愛など)の頻度および、残留型のスニークしようとする頻度(産卵床へ突入する頻度)とともに増加していた。これらのことから、回遊型の攻撃頻度には残留型が産卵床へ近づくなどの干渉頻度が影響していたと考えられた。回遊型による攻撃頻度は低いにもかかわらず残留型の受精率が低いため、より激しく攻撃することの利益が小さいことが示唆された。

(2) <成果>繁殖集団における残留型間の個体の順位がスニークの成否に影響していたが、そのスニークのタイミング(メス放卵からの時間差)には影響していなかった。しかし、スニークのタイミングが残留型の繁殖成功に影響しており、ペアの産卵とほぼ同時に放精することが重要であることが示唆された。また、残留型とペアオス(回遊型)の相対的な体サイズの大きさが繁殖成功の相対的な大きさに影響していることが示唆された。これらが個体の繁殖成功(結果として個体の適応度)のばらつきをもたらすと考えられ、生活史二型と代替繁殖戦略の進化を考察する上で重要な知見をもたらした。特に、スニークのタイミングと繁殖成功の関係が明らかになったのは世界ではじめてである。

(3) <成果>17繁殖集団中13集団で、さらに産卵集団に参加した72尾の残留型のうち18尾が食卵行動を示した。これらの残留型は、スニークによる受精成功率とは無関係に食卵行動を示した。また、数尾の残留型は40-60%という高い繁殖成功を達成したにもかかわらず食卵行動を示した。食卵行動はスニークしようとするタイミングが影響しており、スニークするタイミングが遅れるほど食卵行動を示さない傾向にあった。体サイズ、個体の順位、および競争者の数が食卵行動に与える影響はみられなかった。食卵行動を示した残留型の胃内容に含まれていた卵の数は1-8個であった。これらの結果はそれまでサケ科魚類で一般的に考えられていた、食卵行動が放精に失敗した残留型と繁殖に無関係な未成熟個体によって行われる行動ではなく、サクラマスにおいては高い繁殖成功を得た残留

型によってもなされることが示された。また、このような繁殖成功と関係ない機会的な食卵行動は、残留型にとって食卵行動に伴うコストが相対的に小さいことを示唆した。こうした食卵行動はサケ科魚類で初めて確認されたものである。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① Watanabe M., K. Takamura and K. Maekawa, Effects of timing of nest entry and body size on the fertilization success of alternative male reproductive phenotypes of masu salmon (*Oncorhynchus masou*), *Can. J. Zool.*, (in press), 査読有
- ② Umatani Y., T. Arai and K. Maekawa, Variation in migratory history of Dolly Varden in a stream with an artificial dam in the Shiretoko Peninsula, Hokkaido, Japan, *Environmental Biology of Fishes*, (2008) 83:37-44, 査読有
- ③ 長谷川功, 前川光司, 北海道千歳川支流紋別川で起きた在来種アママス単独生息域への外来種ブラウントラウトの侵入, *日本水産学会誌*, (2008) 74:432-434, 査読有
- ④ Hasegawa, K. and K. Maekawa, Potential of habitat complexity for mitigating interference competition between native and nonnative salmonid species, *Can. J. Zool.*, (2008) 86:386-393, 査読有

[学会発表] (計 1 件)

- ① Watanabe M., K. Takamura and K. Maekawa, Effects of timing of nest entry and body size on the fertilization success of alternative male reproductive phenotypes of masu salmon (*Oncorhynchus masou*). *Evolutionary, Ecological Ethology of Fishes (EEEF)*, Univ. of Boston, (2008.6.29-7.3)

[図書] (計 2 件)

- ① 大原昌宏, 前川光司, 矢部衛, 北海道大学出版会, 沢田健ら編「地球と生命の進化学一新・自然史科学I」, 古生代前期における魚類の進化, 陸上生態系の出現と初期進化, 69~91, (2008)
- ② 渡辺勝敏, 前川光司, 北海道大学出版会, 沢田健ら編「地球と生物の変動学一新・自然史科学II」, 日本列島の形成と淡水魚類相の成立過程, 117~150, (2008)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

前川 光司 (MAEKAWA KOJI)

北海道大学・名誉教授

研究者番号：80002301

(2) 連携研究者

後藤 晃 (GOTO AKIRA)

北海道大学・北方生物圏フールド科学センター・

教授

研究者番号：30111165