

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 20 日現在

機関番号：82708

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：20770011

研究課題名（和文） 降海性サケ科魚類における死亡率と体サイズの性差に関する進化生態学的研究

研究課題名（英文） Sex-biased mortality and adult body size in an anadromous salmon: investigation from the viewpoint of evolutionary ecology

研究代表者

玉手 剛 (TAMATE TSUYOSHI)

独立行政法人水産総合研究センター・東北区水産研究所資源生産部・任期付研究員

研究者番号：30374200

研究成果の概要（和文）：動物種一般にみられる生活史の雌雄差の進化要因・過程をよりよく理解するために、降海型サクラマス（*Oncorhynchus masou*）を対象として、死亡率と体サイズの性差がどのように進化的に関連しているのかを野外データから検証した。結果、北海道の2個体群において、メスの成魚サイズが大きい個体群ではメスの海洋生活期の死亡率が高いことが示された。このような死亡率と体サイズの性差の共在は、繁殖期の体サイズにはたらく淘汰の雌雄差により進化した性特異的な摂餌戦略の産物なのかもしれない。

研究成果の概要（英文）：Relationships between sex-biased mortality and adult body size were evolutionary-ecologically examined in anadromous masu salmon (*Oncorhynchus masou*) to better understand evolutionary causes and processes of sex-differences in animal life histories. In two tested populations, as predicted, female-biased mortality and sexual size dimorphism co-occurred. Such a co-occurrence of sex-biased traits found here might result from sex-specific feeding strategy that is due to sex-differences in breeding selection on adult body size.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生態・環境

キーワード：性特異的、摂餌戦略、生活史、淘汰、雌雄差

1. 研究開始当初の背景

多くの動物種において、成熟時の体サイズには性差がみられる。例えば、哺乳類では一般に成体におけるオスの体サイズはメスより大きく、多くの魚類では逆にメスの方が大

きい傾向にある。このような性差の進化要因として、繁殖期の（成熟時の）体サイズに働く選択圧の雌雄差が挙げられている（例えば Andersson 1994, Sexual selection, Princeton Univ. Press; Tamate & Maekawa 2006,

Evolution)。一方、繁殖期(成熟時)の体サイズに働く淘汰圧の雌雄差は他の生活史形質にも性差をもたらすため、体サイズの性差を含む複数の性差形質がセットで進化する可能性が指摘されている(Holtby & Healey 1990, *Ecology*; Tamate & Maekawa 2004, *Ecol. Freshw. Fish*)。しかし、このような性差形質間の進化的関連性については、性特異的な生活史の進化を理解するうえでの重要な課題であるにもかかわらず、十分な検証がなされていなかった。

2. 研究の目的

降海性サケ科魚類の場合、一般にオスの成熟体サイズには同性内競争を通じて性淘汰という正方向淘汰が働き、メスの成熟体サイズには卵数淘汰に代表される正方向淘汰が作用するので、成熟体サイズにより強い淘汰圧が働く方の性は、より広範囲に餌を探し回るなどのアクティブな摂餌戦略を進化させ、結果として成熟時により大型の体サイズを獲得すると考えられる(Holtby & Healey 1990, *Ecology*; Tamate & Maekawa 2004, *Ecol. Freshw. Fish*)。しかし、このような摂餌戦略には、外敵の高い捕食圧(Mittelbach & Chesson 1987, *Predation risk*. In: *Predation*, Univ. Press of New England)や大きなエネルギーロス(Nicieza & Metcalfe 1999, *Funct. Ecol.*)といったコストも伴う可能性が指摘されている(Holtby & Healey 1990, *Ecology*; Tamate & Maekawa 2004, *Ecol. Freshw. Fish*)。したがって、降海性サケ科魚類の個体群では大きい方の性の死亡率が他方の性より高く、また、体サイズに雌雄差がなければ死亡率の性差もないことが予測される。本研究では降海型サクラマス(*Oncorhynchus masou*) 個体群を対象に上記の予測を検証し、死亡率と体サイズの両性差がセットで進化しうるかどうかを推考する。

3. 研究の方法

降海型サクラマスにはメスの方が大きい個体群、オスの方が大きい個体群および雌雄の体サイズ差がない個体群といった3タイプの個体群が存在する(Tamate & Maekawa 2006, *Evolution* 参照)。このため、本研究では下記の3つの予測が立てられる：①メスの方が大きい個体群では、メスの死亡率がオスより高い、②オスの方が大きい個体群では、オスの死亡率がメスより高い、③体サイズの雌雄差がない個体群では、死亡率の性差もない。これらの3つの予測を検証し、死亡率の性差と体サイズの性差の進化的関連性ならびに性特異的な生活史の進化について考察する。なお、降海性サケ科魚類では、海洋生活期という生活史ステージにおいて死亡率に性差が生じうると考えられているため(例えば Holtby & Healey 1990, *Ecology*)、死亡率

の性差に関する検証は当ステージにおいて行う。

【野外調査】北海道における野生(在来)のサクラマス個体群を調査対象とする。海洋生活期における死亡率の性差は、降海直前の幼魚(スモルト)の性比と降海してから1年後に母川(生まれた川)へ回帰する降海型親魚の性比を比べ検証する。サクラマスの降海盛期は、北海道では5月から6月である(例えば、杉若・小島 1984, 道立水産孵化場研報; 真山 1992, 北海道さけ・ますふ化場研報)。その時期に調査個体群において、スモルトを電気ショッカー等を用いてサンプリングし、生殖腺を直接観察することにより捕獲個体の性を調べる。一方、サクラマスの繁殖盛期は、北海道では9月である(例えば、長内・大塚 1967, 道立水産孵化場研報)。この時期に主に電気ショッカーを用いて降海型親魚を捕獲し、性比を調べる。繁殖時期の降海型親魚の性は、外観等から容易に判別できる。また、スモルトおよび降海型親魚の体サイズ等も調べる。

4. 研究成果

本研究では北海道の8程度の河川(個体群)において調査を行ってきたが、サクラマスの生息密度や天候等の理由で統計解析に堪えうるサンプル数を揃えられた(または今後揃えられそうな)河川は、奥津内川(道南太平洋側)、別々川(道央太平洋側)、茂初山別川(道北日本海側)のみにとどまった。以下、各河川の主要な調査結果を概説し、今後の展望等について述べる。なお、回帰親魚のオスの体サイズは、メスの体型に換算した場合の値である。

(1) 奥津内川の2008年降海群(2009年に親魚として回帰・繁殖)における降海時(スモルト)のメスの割合(以下、雌率)は94.9% ($N = 59$)、回帰親魚の雌率は76.2% ($N = 21$)、回帰親魚の体サイズは雌で507 mm ($N = 16$)、オスでは446 mm ($N = 5$)であった。2009年降海群のスモルトの雌率は89.9% ($N = 89$)、回帰親魚の雌率は70.6% ($N = 17$)であり、回帰親魚の体サイズはメスで490 mm ($N = 12$)、オスでは399 mm ($N = 5$)であった。両降海群のデータを用いて統計解析を行った結果、回帰親魚の雌率はスモルトより有意に低下している一方で、回帰親魚の体サイズはメスの方が有意に大きいことが明らかとなった。つまり、奥津内川の結果は、予測①どおりであった。

(2) 別々川の2008年降海群におけるスモルトの雌率は71.3% ($N = 87$)、回帰親魚の雌率は52.7% ($N = 55$)、回帰親魚の体サイズ(平均尾叉長)はメスで488 mm ($N = 29$)、オスで

は 435 mm ($N = 26$)であった。2009 年降海群のスマルトの雌率は 75.0% ($N = 48$), 回帰親魚の雌率は 62.1% ($N = 58$), 回帰親魚の体サイズはメスで 491 mm ($N = 36$), オスでは 441 mm ($N = 22$)であった。両降海群のデータを用いた統計解析は, 奥津内川個体群と同様の結果を示した。つまり, 別々川個体群のデータも予測①を実証するものである。

(3) 茂初山別川の 2010 年降海群におけるスマルトの雌率は 74.3% ($N = 35$), 回帰親魚の雌率は 66.7% ($N = 30$), 回帰親魚の体サイズ(平均尾叉長)はメスで 493 mm ($N = 20$), オスは 407 mm ($N = 10$)であった。2011 年降海群のスマルトの雌率は 53.7% ($N = 41$), 回帰親魚のデータは 2012 年の産卵期(秋)に別の研究予算を使用して得る見込みである。なお, 2010 年降海群のデータは, 死亡率に性差はないがメスの方が有意に大きいという結果を示しており, どの予測にもあてはまらない。

奥津内川および別々川個体群における予測①どおりの結果は, 海外では Holtby & Healey (1990, *Ecology*)や Spidle ら(1998, *J. Fish Biol.*)のギンザケ (*Oncorhynchus kisutch*) を対象とした研究, 国内でも Tamate & Maekawa (2004, *Ecol. Freshw. Fish*)の降湖型サクラマスを対象とした研究で得られており, 回遊性のサケ科魚類では「メスの体サイズが大きい個体群では, メスの死亡率が高い」という現象は珍しいものではないかもしれない。本研究ではそのような性差の究極要因を繁殖期の体サイズにはたらく淘汰の雌雄差に求めたが, 予測②および③(少なくともどちらか)が検証されないかぎり, その考え(仮説)の真偽を確かめるのは難しい。その意味で茂初山別川のデータは重要と思われ, また, 調査体制を整えるのは簡単ではないが, 体サイズに雌雄差がない, もしくはオスの体サイズが大きいサクラマス個体群が多いロシアでの調査は有益になるであろう。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① Yamamoto, T., Kitanishi, S., Tamate, T. and Suzuki, N. (online publication) Spatial distribution of female masu salmon, *Oncorhynchus masou*, with male-specific marker growth hormone pseudogene in Hokkaido. *Environmental Biology of Fishes* DOI: 10.1007/s10641-012-0013-6 (査読有)
- ② Tamate, T. (2012) A concise review of geographic variation in adult body size in

anadromous masu salmon, *Oncorhynchus masou*. *Environmental Biology of Fishes* 94: 527–532. DOI: 10.1007/s10641-009-9552-x (査読有)

- ③ Morita, K., Tamate, T., Sugimoto, Y., Tago, Y., Watanabe, T., Konaka, H., Sato, M., Miyauchi, Y., Ohkuma, K. and Nagasawa, T. (2009) Latitudinal variation in egg size and number in anadromous masu salmon *Oncorhynchus masou*. *Journal of Fish Biology* 74: 699–705. DOI: 10.1111/j.1095-8649.2008.02150.x (査読有)

[学会発表] (計 3 件)

- ① 黒木真理・近藤祐史・吉永龍起・森田健太郎・玉手 剛 (ポスター発表) 北海道におけるサクラマス幼稚魚のハビタットシフト. 平成 24 年度日本水産学会春季大会, 2012 年 3 月 28 日, 東京海洋大学.
- ② Tamate, T. (Poster presentation) Interpopulation variation in adult body size and secondary sexual traits of sea-run male masu salmon: a preliminary study. Joint Meeting of the 59th Annual Meeting of Ecological Society of Japan (ESJ59) and the 5th EAFES International Congress (EAFES5). Ryukoku University, Otsu, Japan. March 19, 2012.
- ③ 玉手 剛 (口頭発表) 降海型サクラマスにおける死亡率と体サイズの性差の個体群間比較: 地理的パターンに関する予測. 2009 年度日本魚類学会シンポジウム「日本在来魚における適応的分化: その実態とエコゲノミクスへの展望」, 2009 年度(第 42 回)日本魚類学会年会. 2009 年 10 月 12 日, 東京海洋大学.

[図書] (計 1 件)

- ① 玉手 剛 (2010) 月刊海洋 日本在来魚における適応的分化(「極東固有サケ科魚類(サクラマス, アメマス)における生活史形質の地理的変異について」執筆), 海洋出版株式会社, 323–329.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

玉手 剛 (TAMATE TSUYOSHI)

独立行政法人水産総合研究センター・東北
区水産研究所資源生産部・任期付研究員
研究者番号: 30374200

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし