

## 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25年 5月27日現在

機関番号：82708

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22780187

研究課題名（和文）地球温暖化とサケ科魚類：水温上昇に伴う生活史変化を介した個体群過程への影響

研究課題名（英文）Global warming and salmonid fishes: impact of rising temperature on population process through life history changes

研究代表者

森田 健太郎（MORITA KENTARO）

独立行政法人水産総合研究センター・北海道区水産研究所さけます資源部・主任研究員

研究者番号：30373468

研究成果の概要（和文）：水温は変温動物である魚類の生理現象を左右する環境因子であるため、地球温暖化に伴う温度上昇は、生活史（成熟年齢、回遊行動など）の変化、ひいては個体群過程に影響すると考えられる。本研究では、(i) サケ科魚類の海洋生活期における適水温帯の選択行動、(ii) サクラマス为例として河川生活期の水温上昇に伴う生活史形質の変化と資源変動への影響について分析した。その結果、海洋生活期においては能動的に適水温帯を選択するのに対し、河川生活期においては水温変化に応じて生活史形質（降海年齢・成熟年齢）が変化した。水温上昇に伴う生活史形質の単純化は資源変動の幅を増大させる可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：Because most of the physiological processes of ectotherms are controlled by temperature, climate warming could affect a variety of population processes (e.g., age at maturity and migratory behavior). In the study, (i) the thermal habitat use by salmonid fishes during ocean life, and (ii) the effect of rising temperature on life-history traits and population dynamics of masu salmon were examined. Active migrations throughout their ocean lifespan allowed salmon to their preferred temperatures. By contrast, life-history traits of freshwater parr (age at smolting and maturity) were passively affected by temperature, which may magnify fluctuation in fish abundance.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：水産学・水産学一般

キーワード：サケ科魚類・温暖化・水温・生活史・個体群過程・シミュレーション

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 地球温暖化に伴う気温上昇が動物個体群におよぼす影響の予測について非常に多くの研究がある。一般には、対象種に特異的な適温度帯の変化から、分布域や個体数の変化を予測したものが多く。

(2) しかし、変温動物である魚類などでは、水温は全ての生理現象を左右する環境因子

であり、生活史（成熟年齢、回遊行動など）の変化を介しても個体群過程に大きく影響すると考えられる（図1）。



図1. 温暖化が魚類個体群に及ぼす影響

## 2. 研究の目的

(1) 本研究では、北日本の水産重要種である溯河性サケ科魚類について、水温上昇に伴う生息場所選択行動の変化および生活史形質の変化の定性的な予測を行ったうえで、サクラマスモデル種として、水温上昇に伴う生活史変化を介した個体群過程への影響を数値シミュレーションにより調べることを目的とした。

(2) サケ科魚類は川と海という大きく異なる二つの生息環境を利用しているが、空間的に水温が不均一な環境に棲む海洋生活期では、鉛直移動や大規模な回遊によって能動的に水温を選べる場合が多いのに対し、限られた空間に棲む河川生活期では、あまり自由に水温を選ぶことができない。そこで、太平洋サケ属魚類及びアメマス为例として海洋生活期における空間的な移動に基づく適水温帯の選択行動、およびサクラマス为例として河川生活期の水温上昇に伴う生活史形質の変化（降海年齢、早熟化など）の二点に着目することとした。

## 3. 研究の方法

### (1) 海洋生活期における水温選択行動

①北太平洋に分布する溯河性サケ属魚類を対象として、曳網水深や曳網地点の緯度を変化させたトロール調査によって得られたサケ属魚類の分布密度と生息水温、およびそれらと体サイズ（或いは年齢）との関係を分析した。

②道東沿岸域に分布するアメマスを対象として、アーカイバルタグを用いた標識放流及び河川における遡上状況を調査することにより、海洋と河川間の移動パターンと、海洋と河川間の水温の関係について分析した。

(2) 河川生活期の水温上昇に伴う生活史形質の変化

①北日本に広く分布するサクラマスを対象として、北海道から鳥取県までの22個体群を対象とした野外調査に基づき、河川生活期の水温と生活史形質の関係を明らかにしてモデル化した。

②サクラマスの野外における生活史形質と河川水温の関係を考慮した個体群動態モデルを構築し、温暖化に伴う水温の上昇がサクラマスの個体群動態へ及ぼす影響についての数値シミュレーションを行った。

## 4. 研究成果

(1) 海洋生活期における水温選択行動（サケ属魚類及びアメマス）

①調査船のトロール調査で捕獲されたサケ属魚類の平均尾叉長および海洋年齢は、分布水温との間に負の相関が認められた（図2）。サケ属魚類における成長率を最大化する最適水温は、体サイズの増加に従い低下するため、本研究で観測されたサケ属魚類の体サイズに依存した分布水温は、体サイズに依存した適水温選択性によってもたらされた可能性が考えられた。

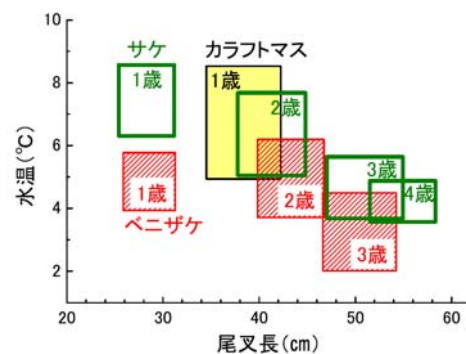


図2. 北太平洋におけるサケ属魚類の尾叉長（年齢）と分布水温の関係

②道東におけるアメマスの河川遡上は8月中旬から始まったが、8月上旬までは海洋の方が水温は低く、8月下旬以降は河川の方が水温は低かった。アーカイバルタグに記録された水温及び塩分値のデータから、8月下旬以降は海洋も利用するが水温の低い河川に滞在する時間の方が長かった（図3）。以上のことから、アメマスは8月下旬以降になると低水温の河川に頻繁に出入りすることで体温調節している可能性が考えられた。

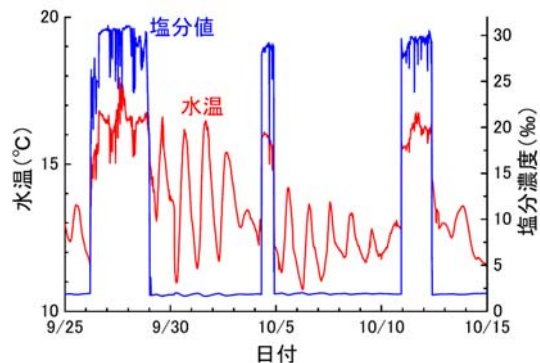


図3. アメマス（♀67 cm）に装着したアーカイバルタグに記録された水温と塩分濃度の変化

(2) 河川生活期の水温上昇に伴う生活史形質の変化（サクラマス）

①サクラマスの生活史には、川で一生活を過ごす残留型（通称ヤマメ）と海へ回遊する降海型の二型がある。野外調査の結果、川で生まれた稚魚は1+歳で海に下るものが大半であるが、水温が低い川では2+歳で降海する個体の割合が高まることが明らかになった（図4）。

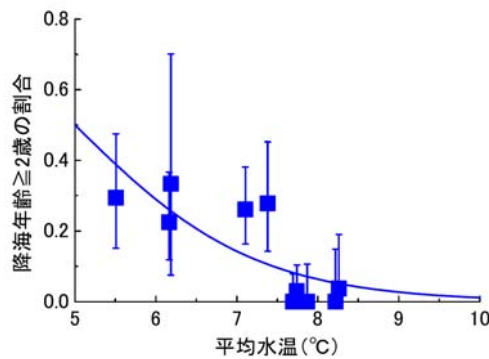


図4. サクラマス10個体群における年平均水温と降海年齢2歳以上の割合の関係

②一方、雄は海へ下らずに0+歳（当歳魚）で性成熟して残留型となる個体が多く出現し、雄の残留型の出現率は水温が高い川ほど高くなった（図5）。

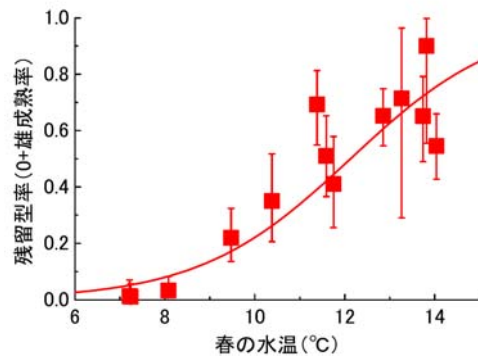


図5. サクラマス13個体群における春(5月)の平均水温と残留型率の関係

③降海年齢が2+歳の個体の割合は、降海時より海洋生活期を終えて河川に産卵遡上したサクラマス親魚の方が高く、2+歳で降海した方が海洋での相対的な生存率が高いことが示唆された。

表1. 降海時と回帰時の降海年齢組成

降海年齢	1+歳	2+歳
降海時	75%	25%
回帰時	61%	39%

④資源変動の数値シミュレーションの結果、水温が上昇するに従い、i) 残留型となる雄の割合が増えるため漁業対象となる降海型サクラマスの資源量が減る、ii) 降海年齢が単純化（1歳化）するため環境確率性の影響を受けやすくなり、サクラマスの資源変動の幅が増加する（図6）（例：極端な不漁年が生じる等）、が予測された。

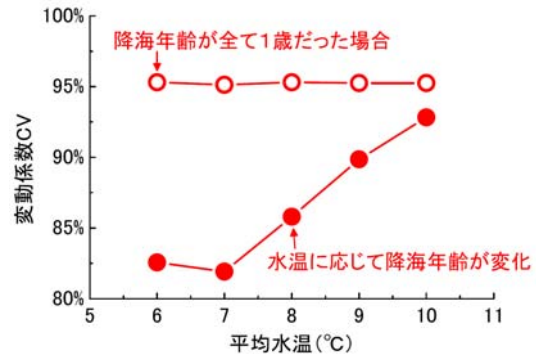


図6. 環境確率性を考慮した個体群動態モデルに基づく平均水温と漁獲量の変動係数の関係の予測

## 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5件）

- ① Tsuboi, J., Iwata, T., Morita, K., Endou, S., Oohama, H., Kaji, K. Strategies for the conservation and management of isolated salmonid populations: lessons from Japanese streams. *Freshwater Biology*, 査読有, 58巻, 2013, 908-917頁
- ② Morita, K. Thermal Habitats of Pacific Salmon: Does Climate Change Benefit Pink and Chum Salmon? *North Pacific Anadromous Fish Commission Technical Report*, 査読無, 8巻, 2012, 74-75頁
- ③ Morita, K., Morita, S.H., Nagasawa, T. Seasonal changes in stream salmonid population densities in two tributaries of a boreal river in northern Japan. *Ichthyological Research*, 査読有, 58巻, 2011, 134-142頁
- ④ Morita, K. Body size trends along vertical and thermal gradients by chum salmon in the Bering Sea during summer. *Fisheries Oceanography*, 査読有, 20巻, 2011, 258-262頁
- ⑤ Morita, K., Fukuwaka, M., Tanimata, N. Age-related thermal habitat use by Pacific salmon *Oncorhynchus* spp.

[学会発表] (計 8 件)

- ① 森田 健太郎, 玉手 剛, 黒木 真理, 永澤 亨, 水温上昇がサクラマス<sup>1</sup>の生活史と個体群動態に及ぼす影響, 第 60 回日本生態学会, 2013 年 3 月 8 日, 静岡
- ② 森田 健太郎, 森田 晶子, 永澤 亨, 黒木 真理, Migratory patterns of anadromous white-spotted charr in eastern Hokkaido, Japan. 7-th International Charr Symposium, 2012 年 9 月 5 日, ユジノサハリンスク (ロシア)
- ③ 佐橋 玄記, 森田 健太郎, 松石隆, Combination effects of interspecific competition and abiotic factors on density-dependent growth of two sympatric salmonids. 7-th International Charr Symposium, 2012 年 9 月 4 日, ユジノサハリンスク (ロシア)
- ④ 佐橋 玄記, 森田 健太郎, 松石隆, Does interspecific competition and abiotic factors change density-dependent growth of two sympatric salmonids? 第 59 回日本生態学会, 2012 年 3 月 18 日, 大津
- ⑤ 森田 健太郎, 太平洋サケ属の生息水温: 気候変化はカラフトとサケよりもサクラマスにとってより深刻? 第 5 回サケ学研究会, 2011 年 12 月 17 日, 札幌
- ⑥ 森田 健太郎, Thermal habitats of Pacific salmon: Does climate change benefit pink and chum salmon? NPAFC International Workshop on Explanations for the High Abundance of Pink and Chum Salmon and Future Trends, 2011 年 10 月 30 日, ナナイモ (カナダ)
- ⑦ 佐橋 玄記, 森田 健太郎, 松石隆, 同所的に棲むイワナとヤマメの成熟開始サイズ~釧路川水系 10 支流間で見られた多様性の謎~ 第 58 回日本生態学会, 2011 年 3 月 9 日, 札幌
- ⑧ 森田 健太郎, 坪井 潤一, 雄アマゴの成熟サイズの個体群間変異: 小さい川では小さい雄がお得? 第 58 回日本生態学会, 2011 年 3 月 9 日, 札幌

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

森田 健太郎 (MORITA KENTARO)

研究者番号: 30373468