

令和 4 年 4 月 25 日現在

機関番号：10101

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2020～2021

課題番号：20K21439

研究課題名(和文)河川性魚類の行動と生活史の統合戦略：PITタグシステムを駆使した探索的研究

研究課題名(英文) Integrative strategy in behavior and life history: explorative study using PIT tag systems

研究代表者

岸田 治 (Kishida, Osamu)

北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・准教授

研究者番号：00545626

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：動物個体の移動は、動物の生き様や生態を研究するうえで不可欠である。本研究では、移動中の動物はいかなる死亡圧にさらされているのか、死亡圧を逃れるためにどのような行動や生活史の戦略があるのかについて、PITタグを用いたサクラマスの子体追跡研究により探索的に調べた。その結果、降海型サクラマスは降河中に下流で小さな個体ほど死にやすいサイズ依存の死亡圧にさらされることが明らかになるとともに、河川下流や海洋でのサイズ依存の死亡圧から逃れるための戦略として、降海型では小さな個体ほど冬季の成長が良く、降河が遅いことで、より大きなサイズになってから川を下ることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

回遊する動物種では、回遊中の死亡から逃れるために回遊前に急成長することが知られていたが、個体が自身の状態に依存してどのような戦略をとるかまではわかっていなかった。本研究では、個体が自身のサイズに応じて、成長速度や回遊のタイミングを変えていることが明らかとなり、回遊する動物種の巧妙な行動と生活史戦略の実態が明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：Movement of animals is a key for deepening our understanding of ecology of animals. In this study, we explored what kind of mortality pressure operate on the individuals during their movement, and what tactics animals take against the mortality pressure. We addressed these issues by focusing migration of masu salmon juveniles by conducting individual survey using a PIT tag system. First, we found that river-descending migrants were exposed to size-dependent mortality, in which smaller individuals suffer higher mortality pressure. Second, we showed that smaller migrants exhibited higher growth rate in the pre-migration period and descend the river in later timing than larger migrants. Because the faster growth and later start of migration of smaller migrants allow them to become into larger size before migration, these life history and behavioral patterns represent tactics under size-dependent mortality in the migration.

研究分野：動物生態学

キーワード：回遊 サケ科魚類 生活史 多型 サイズ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

他の生物と違い、動物の多くは自らの意思で生息場所を変える。このことは、動物個体の生息場所の選択に注目することが、動物の生き様や生態を研究するうえで重要なポイントになることを意味する。個体にとって生活空間は一樣ではない。捕食者が少なく生存に有利な場所があれば、餌が多く成長に適した場所もある。どんな状態にある個体が、どのような条件の場所にいるのか？ どんな場所にいた個体の成長や繁殖が良いのか？ 過去の生息場所や成長の履歴は、その後の生息場所の選択や生活史にどう影響するのか？ 一連の疑問に取り組み「生活史の種間・種内の変異パターンを、個体の生息場所選択と関連付けて明らかにすること」は動物の生活史戦略と生態系機能の多様性を理解するうえで不可欠である。しかし、このような着眼点での研究はほとんどない。これは、広域を移動する動物を、十分な個体数、長期にわたって追跡することが実に困難なためである。

2. 研究の目的

本研究では、河川にすむサケ科魚類を対象に、最新の個体追跡技術 (PIT タグシステム, 図1) を駆使した大規模フィールドワークと、ベイズ統計によるビッグデータ分析で、1. 研究開始当初の背景に記した課題に挑戦した。河川性魚類は川という回廊に移動が制限されるため、個体の移動 (生息場所の選択) を研究する上で最適なモデルである。本研究では、河川の 5.4 km にわたる流程にすむサケ科魚類を個体識別し、追跡した。条件依存的に表れるであろう個体の生息場所選択と生活史の相互関係を探索的に調べ、動物における行動と生活史の統合的戦略の実態を明らかにすることを試みた。

3. 研究の方法

研究は、北大苫小牧研究林を流れる幌内川の自然流域 (5.4 km) で実施した。流域を 10m ごとに区画化し、全 540 区画で魚を調査した。

大規模な捕獲調査：2020 年、2021 年ともに、春 (4 月) と秋 (10 月) に電気ショッカーを用いて、川の魚を徹底的に捕獲した。個体はサイズと成熟を調べ、形態分析用の写真を撮影するとともに、DNA 情報を得るためヒレの一部を採取した。個体数の多い 3 魚種 (サクラマス、アメマス、ニジマス) については、尾叉長 60mm 以上の個体すべてに PIT タグを装着し個体識別した (総数約 1 万尾)。

全域での行動調査：個体の生息場所と移動を、2 つの形式の PIT タグ読み取りアンテナで調べた。一つは個体の生息場所を特定するための携帯型のアンテナである。毎月 1 回、この携帯型アンテナを使って全区間を踏査し個体の位置を特定した。もう一つは、個体の移動を調べるために 5 か所に設置した固定式のアンテナである。PIT タグがアンテナを通過すると時間と ID が記録されるため、年中、昼夜を問わず移動をモニタリングできる。固定アンテナは河川を横断するように設置されるため「関所」のごとく機能し、通過する個体を網羅的にチェックできる。

データ分析：サケ科魚類 4 種のうち、総数の約 8 割を占めるサクラマスの行動と生活史の関係を分析した。

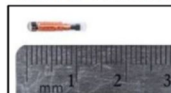
4. 研究成果

河川下流域における降海型サクラマスのサイズ依存選択
降海型サクラマスが降河中に捕食魚の多い下流域においてサイズ依存的な死亡圧にさらされるかを調べた。降河中のサクラマスを捕獲し、サイズを測ったのち再放流し、最下流に設置した PIT アンテナで通過するかを確認した。その結果、捕獲時に小さかった個体ほど、最下流に設置した PIT アンテナを通過する確率が低いことがわかり、下流域でのサイズ依存選択が明らかとなった (図 2a)。同時期に河川下流において大型のブラウントラウトの胃内からサクラマスが見つかったことや、河川上流域での採捕調査では、残留する個体 (残留型) には有意なサイズ依存選択が作用していないことが確かめられたことから (図 2b)、回遊型の降河はサイズ依存の捕食圧にさらされる危険な行動であることが示唆された。回遊種において回遊コリドーでのサイズ依存選択を初めて証明した成果である。

図1. PITタグ - アンテナシステム

PIT (Passive Integrated Transponder) タグ

電池不要の受動無線標識



体長60mm以上の魚に装着

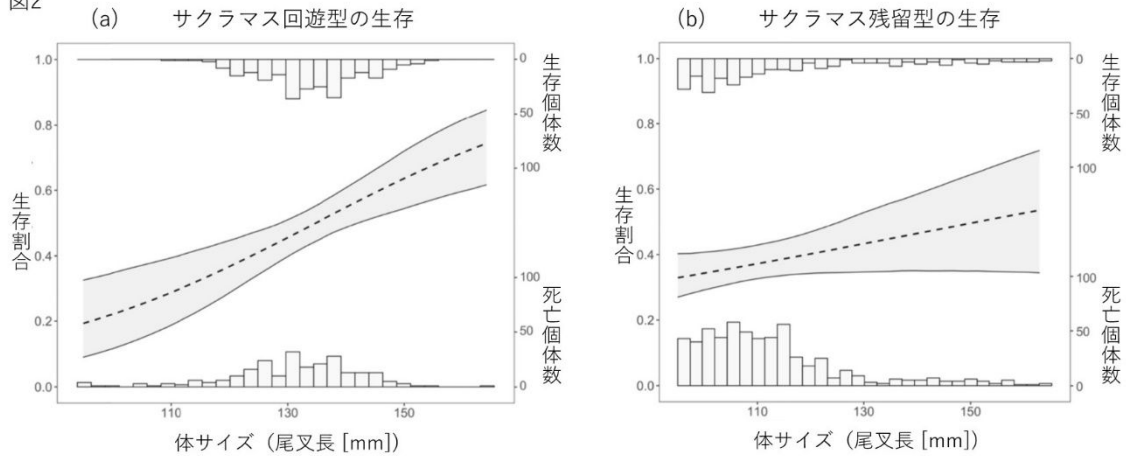
固定式のアンテナ



河川5か所に、河川を横断するよう設置

PITタグがアンテナを通過すると時間とIDがボックス内の端末に記録される

図2



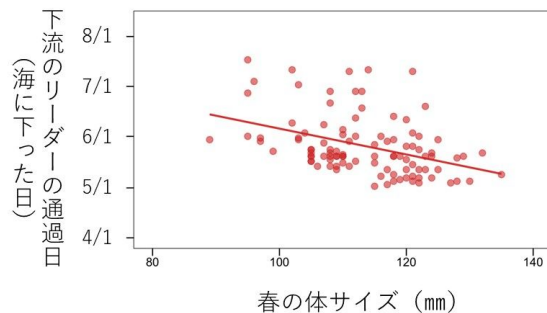
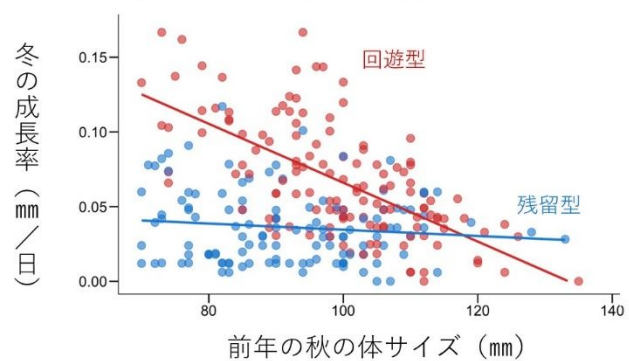
降海型サクラマスにおけるサイズ依存の成長戦略

降海型サクラマスは河川の下流域や海洋回遊中に小さな個体ほど死にやすいサイズ依存選択にさらされる。このサイズ依存の死亡要因を逃れるための行動・生活史の戦略を、PIT タグ装着個体の成長や行動の様式を分析し調べた。その結果、降河の約半年前の時点（秋）で小さな個体ほど冬季の成長が良く、その傾向は残留型よりも強いことが明らかとなった（図3）。

さらに、春になっても小さな個体は降河が遅いことも確かめられた（図4）。詳細な分析の結果、小さな個体はもとの生息場所での滞在が長いわけではなく、降河行動を開始した後に、河川をゆっくりと下っていることも示された。以上の結果から、降海型個体は、十分に大きくなってから海に降る行動と生活史の戦略を保持していることが示唆された。過去の研究では、回遊する生物種において、回遊前の急成長が知られていたが、そこにサイズ依存的な様式があるかまでは調べられてこなかったため、本研究は、回遊する生物種では回遊前戦略が個体の状態に応じていることを初めて示した重要な成果といえる。

図3

サクラマス幼魚の冬季の成長率



春季におけるイワナの精子排出

半年に1度の採捕調査により、想定外の発見があった。一般にイワナの産卵時期は秋とされ、春の成熟は知られていなかったが、本プロジェクトの春の採捕調査において、捕獲した複数のイワナが精子を排出することを発見した（図5）。

図5 . イワナから排出された精子



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Futamura Ryo, Morita Kentaro, Araki Koume, Ayumi Masato, Kumikawa Shoji, Matsuoka Yuichi, Okuda Atsushi, Sugiyama Hiroshi, Takahashi Hiroyuki, Takahashi Taro, Uchida Jiro, Kishida Osamu	4. 巻 69
2. 論文標題 Occurrence of mature male white-spotted charr (<i>Salvelinus leucomaenis</i>) in spring, an unusual season	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ichthyological Research	6. 最初と最後の頁 194 ~ 196
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10228-021-00823-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Futamura Ryo, Morita Kentaro, Kanno Yoichiro, Kishida Osamu	4. 巻 Online Early
2. 論文標題 Size-selective mortality occurs in smolts during a seaward migration, but not in river residents, in masu salmon (<i>Oncorhynchus masou</i>)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Environmental Biology of Fishes	6. 最初と最後の頁 In press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10641-022-01213-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Futamura Ryo, Morita Kentaro, Kanno Yoichiro, Kumikawa Shoji, Matsuoka Yuichi, Okuda Atsushi, Sugiyama Hiroshi, Takahashi Hiroyuki, Uchida Jiro, Kishida Osamu	4. 巻 198
2. 論文標題 Size-dependent growth tactics of a partially migratory fish before migration	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Oecologia	6. 最初と最後の頁 371 ~ 379
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00442-022-05111-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 二村凌, 森田健太郎, 菅野陽一郎, 岸田治
2. 発表標題 サクラマス以降海時の行動様式
3. 学会等名 第37回個体群生態学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 二村凌, 菅野陽一郎, 照井慧, 森田健太郎, 奥田篤志, 岸田治
2. 発表標題 サクラムスの降河行動におけるサイズ依存性
3. 学会等名 日本生態学会第69回全国大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	森田 健太郎	北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・准教授	
	(Morita Kentaro) (30373468)	 (10101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------