

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31日現在

機関番号：32607

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22580209

研究課題名（和文） シロザケ増殖事業の安定同位体レトロスペクティブ解析による再評価

研究課題名（英文） Evaluation of the stock enhancement of chum salmon in Japan using stable isotope retrospective analysis.

研究代表者

林崎健一（KEN-ICHI HAYASHIZAKI）

北里大学・海洋生命科学部・准教授

研究者番号：80208636

研究成果の概要（和文）：年齢査定のために保存されている鱸の安定同位体を分析することにより、海洋生活期の生活履歴の評価を試み、岩手産シロザケの回帰率減少要因を検討した。筋肉と鱸縁辺部の炭素窒素安定同位体比に正の相関が見られたことから、鱸には海洋生活年ごとに餌の履歴をとどめている可能性が示唆された。岩手と北海道に回帰したシロザケで個体間のばらつきが大きく集団間、海洋生活年間で炭素・窒素安定同位体比に有意な差は見られなかったが、両集団で炭素窒素安定同位体比の低下が共通して海洋生活2年目に起こっていた。このことから生活史の比較的早い時期に餌の質が悪い環境を経験する可能性があるものと推察された。

研究成果の概要（英文）：Chum salmon population in Iwate prefecture has declined in catch for these years, although the numbers of juvenile release remained constant. To elucidate the cause of such decrease, stable isotope ratios of fish scales of chum salmon were measured. As results, carbon and nitrogen stable isotope ratios of muscle and marginal parts of fish scales are positively correlated. This finding suggested fish scales remain stable isotopic signature of pray items. The carbon and nitrogen stable isotopic signatures of second year in oceanic life stage were lower for both Iwate and Hokkaido populations. This finding suggested Japanese chum salmon might have depended on lower level of food web as food items at relatively early stage in its life history.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

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：水産資源、資源変動、環境変動、安定同位体、サケ

1. 研究開始当初の背景

魚類の増殖事業は、天然界では成功率と生残が極めて低い繁殖から仔稚魚期までの過程を、人間の関与により生残を高めるもので

ある。サケ増殖においては、1960年代終わりからの本格化によりふ化放流技術は飛躍的に進歩し、北海道では10億、岩手では4億の稚魚が放流されるようになった。しかし、

1970年代後半からの資源の急激な増加の後、小型化・高齢化といった質的变化がみられるようになった。これは、1976年のレジームシフト後に、環太平洋で海洋の生産構造がサケマスに好転したため、密度増加による成長低下とその結果としての成熟の遅れが起こった。これが小型化高齢化であったと説明されている。

ところが、詳しく見るとこのサケ高水準期においても、放流年級ごとに見ると回帰率が低いものも出現していたのである。平成11年度には回帰尾数の急激で大幅な減少を北海道、岩手とも経験している。その後、北海道の回帰尾数はV字回復し過去最高を更新したが、岩手では低位安定のままであった。それゆえ、岩手の資源回復事業はふ化場の改善・指導に集中した。しかし、平成20年度のサケ回帰では北海道ではかつてないほどの減少を示した。一方、岩手を含めた東北地方の集団では回帰に大きな変化はみられなかった。このことは、サケの生残は放流種苗の質のみによらず、また、生残率も地域によって異なることがあることを示している。申請者らは、岩手県シロザケの小型化高齢化の実態を報告し、成長変動を評価した。その原因として、同種内の密度、他種との競合、環境、遺伝の4要因を想定した。これらは、資源の増大を伴った質的变化である。密度が主因との考えを否定する兆候はみられなかったため、同種内の密度が主因と考えている。しかし、資源の高密度による小型化高齢化に対して、回帰尾数が減ってしまう回帰率の減少はこれと反対の現象である。しかも、年度単位の急激な変化なので、段階的な変化に原因を求めるのは困難である。前述のように放流種苗の劣化に原因を求めるのは困難なので、小型化高齢化と同様な要因が想定される。しかし、遺伝的劣化も変化に長い時間がかかるため、短期間の急変である今回の現象と直接の因果関係を想定しにくい。

突発的な要因としては環境要因が挙げられる。しかし、レジームシフトのように環北太平洋といった規模の解析は可能であっても、個々の集団に関して既存の方法論で検討するのは困難であろう。なぜなら、生活史の中で死亡率が高いと考えられるのは幼魚期である。ところが、わが国のシロザケが沿岸を離れてからその後の移動回遊に関しては十分な蓄積がない。現在では、シロザケ幼魚がオホーツク海にいったん入るとされている。しかし、これまで沿岸をはなれてからある程度時間が経ったと考えられる大型サイズのサケ稚魚は、オホーツク海に出現するまで捕らえられていないのである。ここで、申請者は所属研究室に保存されている、30年以上の鱗標本を活用することを思いついた。これまで、ベニザケやタラで過去に収集保存されて

いた鱗を安定同位体分析に用いた例が知られている。よって、有機物がある程度含まれている鱗を用いれば、食性の変化を追跡することが可能であると思われる。一方、環境要因としてはレジームシフトに伴う水温の変化が耳石の酸素安定同位体比により検出された例がある。よって、保存されている鱗を用いて炭素・窒素安定同位体比分析により食性の解析を行う。また、鱗に含まれる無機炭酸の酸素安定同位体比から生息環境の水温を推定する。もし、本手法の適用により、硬組織を用いて食性と環境水温の同時推定が可能となれば、他魚種への応用も期待される。岩手県において資源回復の最重要魚種であるアワビについて本手法が適応可能か検討を行う。

2. 研究の目的

わが国のサケふ化放流事業の本格的な立ち上がりから30年近くが経過した。この間、資源の急速な増加、高位安定期、減少期といったサイクルを経験した。この間に起こった小型化・高齢化といった質的变化は、シロザケ自身の密度効果によると考えられている。この資源高密度化はレジームシフトにより、環太平洋規模のサケ生残好転がもたらされたためとされている。ところが、この高水準期にわが国のシロザケは回帰数の急激な落ち込みを2度経験している。この現象の原因は不明である。安定同位体分析により、海洋生活期中の生活史を過去に振り返って検討することで、シロザケ不漁の原因究明の一助としようというのが本研究の目的である。

3. 研究の方法

(1) 資源状態の評価

北海道、岩手県、岩手県以外の東北地方各県でのシロザケ漁獲統計をもとに、経年的な資源動態を検討した。さらに、岩手県の各河川に回帰したシロザケの鱗を用いて年齢査定を行い、岩手県全体の年齢組成を推定した。その一部の河川において現場計測によりサイズと年齢のデータを得た。

(2) 鱗の炭素・窒素安定同位体比は餌の履歴を反映するか？地域・年代で差はあるのか？

まず、シロザケ回帰魚に関して、比較的最近の餌の安定同位体比を反映する筋肉と、その時期に対応する鱗の縁辺部分を炭素・窒素安定同位体分析に供し、その相関を検討することにより鱗が餌の履歴を反映するかを検討した。

岩手および北海道の河川に遡上したシロザケの鱗を用い、年輪帯ごとに切り出し、炭素・窒素安定同位体分析に供して地域間・年間の差異を検討した。

(3) 鱗の酸素安定同位体比で水温履歴を知ることは可能か？

シロザケ稚魚を一定水温下で飼育し、その鱗の酸素安定同位体比を計測することにより、酸素安定同位体比と水温の変換式を求めた。また、鱗に含まれる炭酸塩は微量であるため、微量な二酸化炭素ガスであっても測定可能な手法を開発した。

(4) 他魚種への応用

アワビの殻を成長に沿って多数点ドリリングすることにより粉末試料を得た。これに酸を滴下し、生じた二酸化炭素の酸素安定同位体比を測定し水温変化との対応を検討した。

4. 研究成果

(1) 資源状態の評価

年度ごとの回帰尾数をみると 70 年代に指数関数的に増加し、80 年代後半から 90 年代前半にかけて高水準で推移し、回帰率は 3% 超であった。90 年代中盤に急激に減少した。最近ではさらに回帰率が低下し、70 年代と同程度となった。地域間で変動傾向を比較すると、岩手とその他東北地方は似通っているが、北海道は異なっていた。近年の資源減少に関して南北差が大きいことが明らかとなった (図 1)。

年齢組成は上昇しその後の減少期にも元に戻っていない。年齢別の体長に関して、データに欠ける年があるが小型化したサイズが元に戻っていない。現在も田集団からの、密度効果が続いている可能性が考えられた。

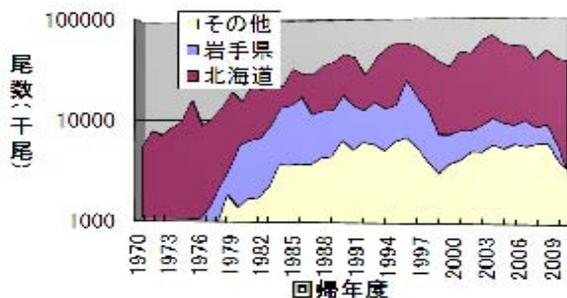


図 1. 日本のシロザケ回帰尾数の経年変化

(2) 鱗の炭素・窒素安定同位体比は餌の履歴を反映するか？地域・年代で差はあるのか？

2011 年に岩手県沿岸に回帰したシロザケの体側筋と鱗の縁辺部分の炭素・窒素安定同位体比を測ったところ、ともに正の相関があった。比較的最近の餌の安定同位体比を反映する筋肉と、その時期に対応する鱗の縁辺部分を炭素・窒素安定同位体比に正の相関があったことから、鱗には各海洋生活年の餌の履歴を留めていることが示唆された。

2012 年に岩手県気仙川、および北海道千

歳川に回帰したシロザケ両集団において、年輪帯ごとに鱗を切り抜き個体ごとに安定同位体比を測定した。その結果年輪帯間で安定同位体比に明瞭な差は認められなかったが、海洋生活 2 年目において安定同位体比が低くなる共通の傾向が認められた。このことは、この時期に日本系シロザケの餌の質が変化することを示唆するものである (図 2)。

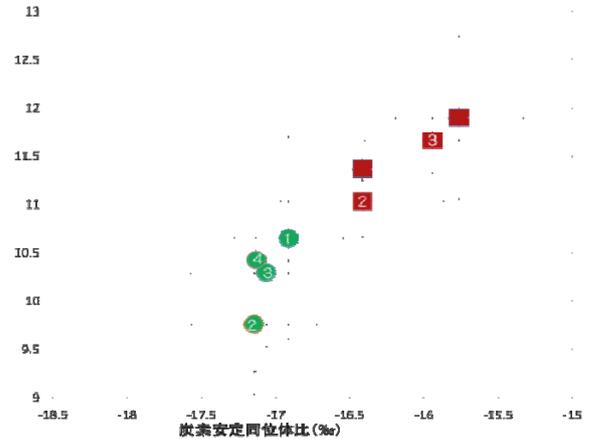


図 2. 岩手県気仙川 (赤) と北海道千歳川 (緑) に回帰したシロザケの炭素・窒素安定同位体比。マーク内の数字は海洋生活年を表す

(3) 鱗の酸素安定同位体比で水温履歴を知ることは可能か？

① 水温をコントロールした水槽実験

東日本大震災により飼育稚魚および飼育装置を喪失した。キャンパスの移転に伴い水温をコントロールした飼育実験は断念せざるを得なかった。

② 酸素安定同位体比測定法の開発

鱗を粉砕して密閉容器におさめ、ヘリウムガスで容器内の大気を置換し酸を滴下することにより二酸化炭素をガスとして生じる。それを質量分析計に導くことに測定が可能である。しかし、数枚の鱗を使っても計測に十分な二酸化炭素ガスを得ることはできなかった。そのため、ガスラインを液体窒素に浸漬しライン中で二酸化炭素ガスを濃縮することによりガス量を増やすことを試みた (コールドトラップ法)。鱗 3~6 枚を 1 検体とすることにより測定可能なガス量が得られることが明らかとなった。しかしながら、本実験に関しても東日本大震災の影響によりこれ以上の詳細な実験を行うことができなかった。

(4) 他魚種への応用

アワビの殻を成長に沿って多数点ドリリングすることにより得られた粉末試料の二酸化炭素の酸素安定同位体比を測定したと

ころ、周期的な増減が見られた。しかし、測定間のばらつきが大きかった。これは後日機械の不調によるものであることが判明した。震災後、分析装置の設置の都合上酸素安定同位体比測定を断念せざるを得なかったため本研究では水温変化との対応を検討することはできなかった。

まとめ

東日本大震災により飼育実験に関しては成果を得ることができなかった。また、キャンパスが移転し、安定同位体分析装置も2度にわたって移動する必要があったため、それを利用した分析にも制限があった。

しかしながら、本研究で得られた環境履歴復元手法開発の成果をまとめると、(1) 鱗の安定同位体比を用いた餌環境の評価に関しては、海洋生活年ごとに大まかな値を得ることができたと推察される。(2) 鱗の安定同位体比を用いた水温環境の評価に関しては、機器開発を行い鱗に含まれる微量な炭酸塩でも計測可能となった。

しかしながら、鱗の構造を考えると成長により横方向に伸びるのみならず、厚みも増してくる。そのため、水平的に切り出した今回の結果は、多少の偏りがあるかもしれない。今後はこの偏りを補正する方法を開発する必要がある。

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)

[学会発表] (計1件)

- ① 林崎健一、水圏の生産力解析：漁業による復興に向けて、東京大学大気海洋研究所沿岸国際研究センター研究集会、2011年8月27日、北里大学三陸キャンパス

[その他]

○講演 (計3件)

- ① 林崎健一、平成 21 年度来遊秋サケの年齢査定結果、さけ増殖技術検討会 (岩手県さけます増殖協会主催)、2010 年 9 月 1 日、宮古市
- ② 林崎健一、平成 22 年度年齢組成結果について、さけ増殖技術検討会 (岩手県さけます増殖協会主催)、2011 年 9 月 1 日、宮古市
- ③ 林崎健一、平成 23 年度年齢組成結果について、さけ増殖技術検討会 (岩手県さけます増殖協会主催)、2012 年 9 月 7 日、宮古市

6. 研究組織

(1) 研究代表者

林崎健一 (KEN-ICHI HAYASHIZAKI)
北里大学・海洋生命科学部・准教授

研究者番号：80208636

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし