

令和元年5月17日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K07549

研究課題名(和文) 個体モザイク説に基づいた河川性魚類の餌資源分割の解明

研究課題名(英文) Estimation of food source partitioning in riverine fishes considering on inter- and intra-specific individual difference

研究代表者

淀 太我 (YODO, Taiga)

三重大学・生物資源学研究所・准教授

研究者番号：00378324

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：個体の長期的な食性を解析できる炭素・窒素安定同位体比分析を用いて河川中流域3地点の魚類群集の食物網構造を解析した。当初予想していた、複数種からなる資源分割は認められなかった。種単位で見ると、アユの出現に伴いオイカワの食性が劇的に変化した。また、上流2地点では遊泳魚の炭素同位体比が底生魚より低く、これは陸生昆虫への依存度の違いと考えられた。最下流地点ではその傾向は認められなかったが、それは餌の炭素同位体比の変異が小さかったためと考えられた。また、国内外来魚オウミヨシノボリと在来魚カワヨシノボリの餌をめぐる競合が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで主として目視観察によって、渓流域や飼育実験下の限られた条件下で行われてきた、魚種でなく個体に着目した餌利用研究について、安定同位体比分析を用いることで、多数の魚種が生息し、規模や透明度から目視観察が難しく研究が進んでこなかった河川中流域での解析に成功した。本邦では河川中流域の同位体比分析による食物網構造自体知見に乏しく、学術的意義は大きい。また、国内外来魚の餌の競合による影響について、視覚的にわかりやすく提示することができ、理解の得られにくい国内外来魚問題の啓発手法として有効と考えられる。

研究成果の概要(英文)：Food web structure of fish community at middle reach of a stream was analyzed by carbon and nitrogen stable isotope analysis (SIA). We success to estimate food web structures based on fish individuals. However, contrary to expectations, food resource partitioning with species-mixed groups was not observed. Stable isotope signatures were related within each species. It seems that the period which inter-individual relationships keep may too short to detect by SIA. In two of three study stations, carbon SI signatures were lower in water-column-dwelling fishes than bottom-dwelling fishes. It can be explained by the results of digestive tract contents analysis that water-column-dwelling fishes feed terrestrial insects but bottom-dwelling fishes do not. In the last station, the result was different because carbon SI signatures of producers were closer than those of the other two stations. In all stations, competitive relationships between a native goby and an alien congener were observed.

研究分野：魚類生態学

キーワード：炭素・窒素安定同位体比分析 外来魚 食物網 河川中流域

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 本邦の河川において、魚類は各々の種に特異的な食性を示し種の単位で資源分割が生じている場合もあるが、多くの場合は、種ごとではなく、似通った基本ニッチとしての食性を有する複数種内において、個体レベルでの強弱や生息場所、餌要求量の違い等によって餌をめぐる競合が生じていると考えられている(片野, 1987; Sawara, 1978 等)。その場合、種レベルでまとめて餌利用を解析すると、複数種間で利用する餌の種類や比率が類似していても、実際にはそれらの種を超えたグループ内での個体間関係によって餌資源が分割されていると考えられ、それは個体モザイク説と呼ばれている(片野, 1987)。このような種を超えた個体間関係を考慮した餌利用に関する研究は、渓流域の肉食性のサケ科魚類については進んでいるが(Nakano, 1995; Fausch et al., 1997 等)、中流域ではほとんど行われていない。河川中流域には、我が国の河川魚類群集の主要な構成要素となっているコイ科魚類やハゼ科魚類が多く生息しており、また遊泳性の雑食魚、底生性の雑食魚など、餌に関する基本ニッチを共有する複数種が同所的に生息していることから、個体モザイク、すなわち種を超えた個体間関係に基づく餌資源分割が想定される。渓流域よりも種数が多く、水域規模が大きく、透明度が低く直接目視観察ができないことなどが、研究が進んでいない大きな理由と考えられる。

(2) 一方で、河川中流域には国内外からの外来魚も多く侵入しており、生態系被害が懸念されている。このうち、オオクチバスなど外来魚を直接捕食することで被害を与えている種については胃内容物分析等で個体群レベルでの食性を把握することで被害を評価できるが、餌をめぐる競合によって被害を与えている種については、上述の個体モザイクが生じている場合、個体レベルでの食性を把握する必要がある。このように、河川中流域における魚類の個体ベースでの餌利用の網羅的な把握が求められていた。

2. 研究の目的

従来の胃内容物分析や目視観察とは異なる手法を用いて、河川中流域における魚類群集の餌利用を個体ベースで把握し、基本ニッチの類似した複数種内での個体間での餌資源分割や、外来魚が在来魚に与える餌の競合による影響評価を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 個体ベースでの長期間の餌利用履歴を把握する手法として、炭素・窒素安定同位体比分析に着目した。これは、ある生物種の炭素同位体比が所属する食物連鎖の起源となる生産者の種類(陸生の C3 植物, C4 植物, 植物プランクトン, 河床の付着藻類等)によって大きく異なり、窒素同位体比が群集内での栄養段階を反映することを利用し、対象生物の食物網上の位置を数値として評価する手法である。生物組織の安定同位体比は、代謝回転によって置換されるまでの

比較的長期間の平均的な食履歴を反映するため、食性の個体差を把握するために有用である。

(2) 一方で、安定同位体比分析によって餌利用を解析するにあたり、放流種苗の存在は放流前の給餌成分が反映されてしまうことから問題となる。そこで、漁業協同組合が無く種苗放流の行われていない安濃川(三重県津市)を調査河川とし、中流域3地点において、周年にわたる魚類および環境生物を採集し、炭素・窒素安定同位体比分析を行うことでそれらの地点における食物網構造を解析した。

(3) 同時に、魚類の消化管内容物分析を行い、安定同位体比分析の結果の解釈に使用した。

4. 研究成果

(1) 3地点で採集された生物について、魚類を「底生性」と「遊泳性」の2生活型および「デトリタス食」「肉食」「雑食」の3食性型の組み合わせにより6つに類別した。ただし本研究では遊泳性デトリタス食者は採集されなかった。また、生産者はリター(陸上植物)、付着藻類、糸状藻類の3区分に類別した。水生昆虫を主とする水生無脊椎動物は食性によって「付着藻類・デトリタス食者」「リター・付着藻類・デトリタス・市場藻類食者」「雑食者」「肉食者」「付着藻類・デトリタス・市場藻類・肉食者」「リター・付着藻類・デトリタス・市場藻類・肉食者」の6区分に類別した。

(2) 3地点とも、安定同位体比分析の結果から、個々の種が複数の同位体比のグループに分かれ、かつ複数種でグループを形成するような明瞭な個体モザイクは検出されなかった。これは、餌利用に関する種内変異(個体差)が生得的なものではなく、餌環境や他個体の状況に応じた相対的なものであることを意味している。この個体レベルでの餌利用の変化の頻度が、ある一定レベルより低く、一定期間安定する場合に個体モザイクが成立すると考えられる。本研究では、安定同位体比分析が反映する食履歴の期間が個体モザイクの持続時間より長かったために、個体モザイクを検出できなかった可能性があり、河川中流域において個体モザイクが生じているか否かを明らかにすることはできなかった。そのため、以後は種ごとにデータをまとめて解析を進めた。

(3) 3地点中で最上流に位置する St.1 では、生産者において、リター(陸上植物落葉)の ^{13}C が低く、付着藻類の値が高いという典型的な結果が得られた。なお、アユとオイカワにおいて安定同位体比に季節による有意差が認められたため、アユは5月と8月に、オイカワは5月と8-11月に区別して解析した。その結果、アユは5月には炭素同位体比(^{13}C)が極端に低く窒素同位体比(^{15}N)が高いが、8月には ^{13}C が極端に高く、 ^{15}N が低くなった。これは、アユが稚魚期までは動物プランクトン食であるがその後河川に遡上するとともに付着藻類を主とする食性に变化することを如実に表していると考えられた。一方で、オイカワは5月には ^{13}C は

高い値を示したが、8-11月には低くなった。オイカワはアユが遡上してきて同所的に生息するようになると、流心部から追い出されて食性を変化させることが知られており（川那部，1960），アユの出現に伴う空間的および質的な食性の変化が改めて示された。

また、肉食性および雑食性の種について、種を超えて底生魚の ^{13}C が高く、遊泳魚の ^{13}C が低い傾向が認められた。これは雑食あるいは肉食魚において、動物性餌料として底生魚は水生昆虫のみを利用するのに対し、遊泳魚は ^{13}C の低い陸上植物に由来する陸生昆虫が水面に落下したものも利用することが要因として考えられ、消化管内容物分析でも支持された。

国内外来魚であるオウミヨシノボリは、在来のカワヨシノボリと値が大きく重複し、餌の競合による影響が示唆された。

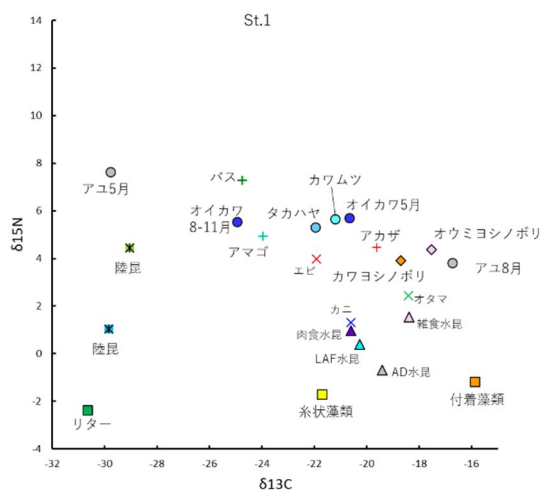


図1 St.1の食物網 (CN マップ)

(4) 3地点の中間に位置する St.2 でも、リターの ^{13}C が低く、付着藻類や糸状藻類の ^{13}C が高い傾向は St.1 と同様であった。St.2 では、安定同位体比に季節による有意差のある種はなかった。雑食魚および水生昆虫食の肉食魚については、St.1 と同様に、底生魚で ^{13}C が高く、遊泳魚で ^{13}C が低い傾向が認められ、St.1 同様生活型による陸生昆虫への依存度が反映しているものと考えられた。例外として、雑食性の底生魚であるドジョウの ^{13}C が低い傾向を示したが、本種は通年で1個体しか採集されなかったことから、この個体の生息場所は周辺の水路や水田等異なる生態系

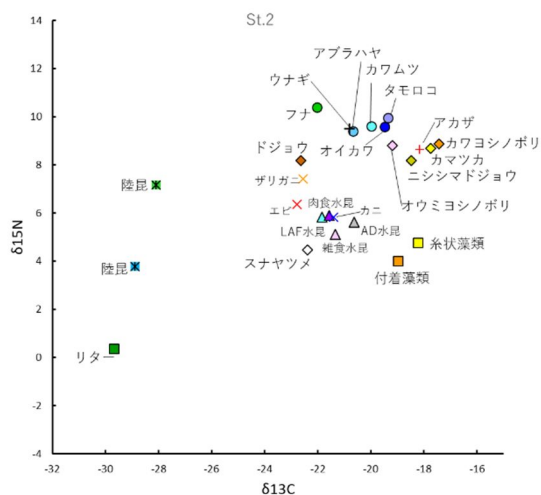


図2 St.2の食物網 (CN マップ)

であり、偶発的に流下した際に採集されたと考えられた。また、肉食性底生魚であるニホンウナギの ^{13}C は他の底生魚より低く雑食性遊泳魚と同等の値を示したが、これはニホンウナギの主食が水生昆虫ではなく、陸生植物への依存度の高いアメリカザリガニなどであることを反映していると考えられた。また、デトリタス食底生魚であるスナヤツメは、他の魚類と比較して極端に ^{15}N が低い傾向を示した。国内外来魚オウミヨシノボリと在来魚カワヨシノボリの同位体比は、オウミヨシノボリの値に個体差が大きいため、やや離れた値を示した。

(5) 3 地点中で最も下流に位置する St.3 では、上流 2 地点と比べてリターの ^{13}C はほぼ同じだったが、付着藻類や糸状藻類の ^{13}C が低くリターに近い値を示した。魚類についても、St.1 や 2 でみられた、底生魚の ^{13}C が高く遊泳魚が低いという傾向は認められなかった。これは、この地点では藻類とリターの ^{13}C に差が無く、遊泳魚が陸上植物由来の陸生昆虫も利用しても付着藻類や水生昆虫を主とする底生魚との ^{13}C が生じなかったためと考えられ、むしろ上流 2 地点における仮説を支持すると考えられる。生産者の安定同位体比が近いために、魚類全体の同位体比が極めて

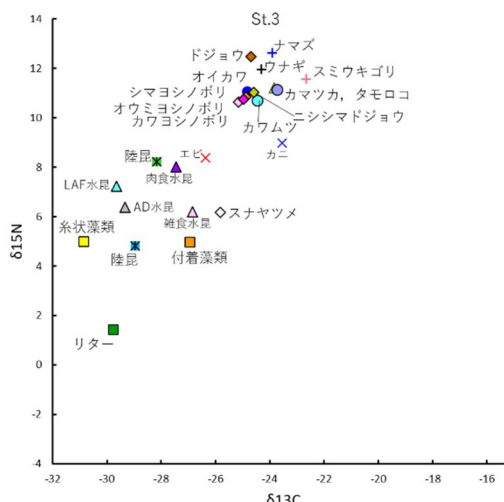


図 3 St.3 の食物網 (CN マップ)

て近い範囲に集中しており、国内外来魚のオウミヨシノボリと、在来魚のカワヨシノボリおよびシマヨシノボリの値も大きく重複したが、これが St.1 や 2 よりも餌における競合が激しいことを示すかどうかは不明である。デトリタス食底生魚のスナヤツメは、ここでも極端に低い ^{15}N を示した。これは、本種がデトリタスのなかでも植物性のものを選択的に摂食あるいは消化しているためか、あるいは本種が他の魚類と系統的に大きく異なる無顎綱に属する生物であることから、体内での代謝システムが大きく異なり、濃縮係数が異なるためなのかは不明である。

(6) 以上から、自生生有機物 (藻類等) と他生生有機物 (陸上植物等) に由来する複雑な食物網が予想される河川中流域の生物群集について、安定同位体比分析を用いることで端的に食物網構造を把握し、解釈することに成功した。当初の目的の一つである個体モザイクは実証できなかったが、本研究で使用した筋肉よりも短期間で代謝回転する組織、例えば肝臓や血液などを用いることで検出できる可能性はある。もう一つの目的である、外来魚と在来魚の個体レベルでの餌の競合については、3 地点で共通して出現したオウミヨシノボリとカワヨシノボリで観察され、本手法の有効性が示された。以上から、本研究課題は一定の成果をあげられたものと考えている。

< 引用文献 >

- Fausch, K.D., S. Nakano, and S. Kitano. 1997. Experimentally induced foraging mode shift by sympatric charrs in a Japanese mountain stream. *Behav. Ecol.*, 8: 414-420.
- 片野 修 . 1987 . コイ科雑食性魚類の生態に関する“個体モザイク説” . *淡水魚* , 終刊号 : 55-62 .
- 川那部裕哉 . 1960 . 川の動物群集をどうとらえるか 食物関係にもとづく群集理解の試み . *生理生態* , 9 : 1-10 .
- Nakano, S. 1995. Competitive interactions for foraging microhabitats in a size-structured

interspecific dominance hierarchy of two sympatric stream salmonids in a natural habitat.
Can. J. Zool., 73: 1845-1854.

Sawara, Y. 1978. Ecological studies on the common freshwater goby, *Rhinogobius brunneus*, especially on the growth, food habits and feeding activity. J. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sec. IV, 14: 201-236.

5 . 主な発表論文等

[学会発表](計3件)

淀 太我・渡邊 暢 .2018 .炭素・窒素安定同位体比を用いた三重県安濃川中流域における魚類群衆の食物網構造解析 .2018 年度日本魚類学会年会 ,10 月 5 日 ~ 8 日 ,国立オリンピック記念青少年総合センター ,東京 .

Yodo, T. and Watanabe, I. 2017. Food web structure analysis of riverine fish community in middle stream of the Ano River, central Japan. 10th Indo-Pacific Fish Conference, October 2-6, Tahiti, French-Polynesia.

淀 太我・渡邊 暢 .2017 .三重県安濃川のダム湖上流地点における魚類群集の食物網構造 .2017 年度日本魚類学会年会 ,9 月 15 ~ 18 日 ,北海道大学 ,函館 .

6 . 研究組織

(1) 研究分担者 無し