

令和 5 年 5 月 25 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H02267

研究課題名（和文）付着藻類を食べる普通種アユが河川生物群集のなかでになう生態的役割の解明

研究課題名（英文）Ecological role of ayu, common herbivorous fish, within a riverine biological community

研究代表者

井口 恵一郎（IGUCHI, Keiichiro）

長崎大学・水産・環境科学総合研究科（環境）・教授

研究者番号：00371865

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 10,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、川床の付着藻類を削り取って食べるアユが、河川生態系で果たす役割の解明を目的とする。安定同位体比解析を通じて、温帯域にある京都市の鴨川では、アユの生息密度の増大にともなう、付着藻類の現存量は低下し、同時に、食べこぼしや未消化物を含む糞が、餌料として利用可能な微粒状有機物（FPOM）の材料として供給された。さらに、アユの摂餌行動に由来するFPOMは、水生昆虫等の底生動物の食物網にも影響を及ぼしていることが示された。一方、亜熱帯域にある奄美大島の役勝川では、温帯域に比べて藻類の生産性は低く、リュウキュウアユの摂餌とPOMに含まれる藻類由来物質のあいだに関連性は検出されなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アユは、摂餌縄張りを形成し、一定空間の防衛行動を通じて、付着藻類を排他的に利用するという見方が一般的であった。一方で、日本の淡水魚類相を代表するコイ科の魚類では、上下の顎に歯がないため、付着藻類を効率的に利用することはできない。本研究を通じて、摂餌の際のアユの食べこぼしや生きた藻類細胞を含む糞が微粒状有機物（FPOM）となり、他の魚類や水生昆虫に利用可能な餌料として供給されている実態が判明した。すなわち、アユの存在が、河川生態系における多種の共存に貢献していることになる。また、全国各地で、増殖目的で実施されてきたアユの種苗放流について、生物多様性の維持に資する新たな機能を追加することができる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to elucidate the role played by the ayu *Plecoglossus altivelis*, which scrapes and eats attached algae on riverbeds, in river ecosystems. Through stable isotope ratio analysis, in the Kamo River in Kyoto City, which is located in a temperate zone, the biomass of attached algae decreases as the population density of ayu increases while food spillage after grazing and feces containing undigested algal cells were provided as a source of the fine particulate organic matter (FPOM) that is available as feed materials. Furthermore, it was shown that the FPOM derived from the feeding behavior of ayu also affected the food web of benthic animals such as aquatic insects. On the other hand, in Yakugachi River of Amami-oshima Island, which is in the subtropical zone, algae productivity is lower than in the temperate zone, and no relationship was detected between the diet of Ryukyu-ayu and the algae-derived substances contained in POM.

研究分野：保全生態学

キーワード：生物多様性 河川生態系 アユ 付着藻類 水生昆虫 安定同位体比解析

1. 研究開始当初の背景

生物多様性が高い水準で維持される進化的な経緯に関しては、不明なところが多い。日本は地球規模的にみても生物多様性の豊かな地域であり、国際 NGO コンサベーション・インターナショナルによって、世界 34 箇所に設定された「生物多様性ホットスポット」の一つに選ばれている。とりわけ、日本の河川は小規模ながら、多種多様な淡水魚を受け入れており、高い水準で生物多様性が維持される仕組みには関心の目が向けられている。日本の急流河川では、川底の石面に付着した藻類が、食物連鎖における一次生産物となる。ところが、多くの淡水魚は、主に水生昆虫を利用しながら、雑食性の生活を営んでいる。こうした状況のなかで、全国に広く分布するアユが、付着藻類だけを食べる魚種として注目される。適度な摂餌を受けた藻類は、かえってその生産量を増加させることが知られている。このことから、「アユが元気にする日本の川の生態系」という着想を得た。

2. 研究の目的

一次生産を担う付着藻類はアユを中心としたと魚類と水生昆虫によって摂餌され、水生昆虫は魚類等によって捕食される。このとき、アユの食べこぼしや排泄物が、同所的な生物群集において、餌料として間接的に利用される可能性がある。これらのことを踏まえて、本研究では、アユの存在が、付着藻類が流下粒状有機物 (FPOM: fine particulate organic matter) 生産に与える影響、ひいては消費者である水生昆虫や魚類の餌料環境与える影響を明らかにする。結果を総合して、「生物多様性の維持に資するアユの生態的な役割」の描出を目指す。そこで本研究では、アユが生物多様性に与える影響を評価するため、温帯域 (京都府: 鴨川) および亜熱帯域 (奄美大島: 役勝川、戸口川) を流れる河川で調査をおこなった。

3. 研究の方法

【魚類】アユを含む魚類の生息密度に関する調査は、潜水目視観察により実施した。ウェットスーツとマスクを装着した観察者は、下流側から上流側に向かって、50 m 区間を匍匐しながら前進した。その際、おおむね 2 m 幅の視野範囲内に出現した魚種を判別し、その個体数をカウントした。同じ調査地点において、同様の潜水目視観察を 5 回繰り返した。

【付着藻類】2018 年 7 月～2020 年 9 月の間に、京都の鴨川 (3～6 地点)、奄美大島の役勝川 (3～4 地点) および戸口川 (2 地点) で、アユの個体数密度、付着藻類の現存量、浮遊珪藻の生細胞密度を年 1 回調査した (図 1)。なお、珪藻は、浮遊藻類の中でしばしば優占し、ガラス質の被殻 (細胞壁) 中の色素体の有無によって生死判別を容易に行うことができる。

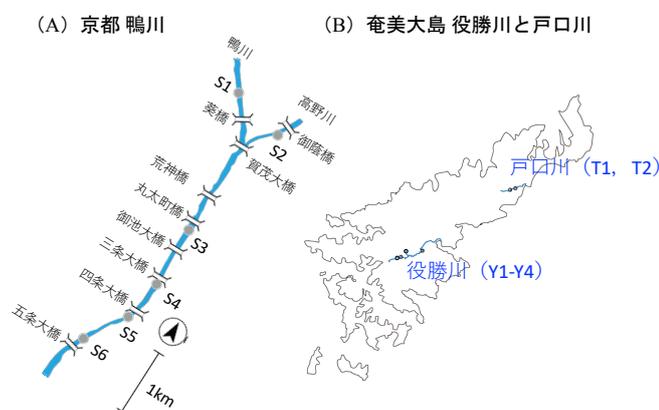


図1. 調査地点の地図. (A) 京都、(B) 奄美大島

アユの個体数密度と付着藻類現存量の関係は、ガンマ分布を仮定し、対数リンク関数を用いた一般化線形モデル (GLM) により解析した。アユの個体数密度と浮遊珪藻の生細胞密度の関係は、ポアソン分布を仮定し、対数リンク関数を用いた GLM により解析した。なお、ポアソン分布を仮定した GLM 分析で過分散が認められた場合は、疑似ポアソン分布を用いて補正した。

【流下粒状有機物 (FPOM)】 各種有機物の現存量および安定同位体比を測定するために各地点で FPOM、付着藻類および陸上植物を採取した。底生動物はコドラート付サーバーネットを用いて採集を行い、採集した底生動物群から主要な刈取食者と濾過食者を選出した。採取した有機物および生物試料は、凍結乾燥後に粉状にした後、スズカプセルに封入することで安定同位体比分析用の試料を作成した。炭素・窒素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$) は、元素分析装置と質量分析計から構成されているオンライン分析システムを用いて測定した。

4. 研究成果

【付着藻類】 温帯域を流れる鴨川では、アユの個体数密度の増加に伴い、付着藻類の現存量が減少した。一方において、亜熱帯域を流れる役勝川および戸口川では、リュウキュウアユの個体数密度の増加に伴い、付着藻類の現存量が増加した (図 2)。浮遊珪藻の生細胞密度は、鴨川、役勝川、および戸口川共に、アユあるいはリュウキュウアユの個体数密度の増加に伴い増大した (図 3)。

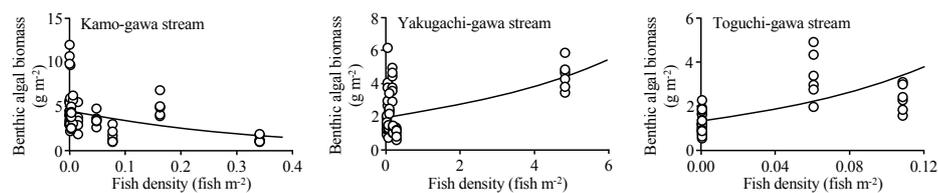


図2. 鴨川、役勝川、戸口川におけるアユ密度と付着藻類現存量の関係

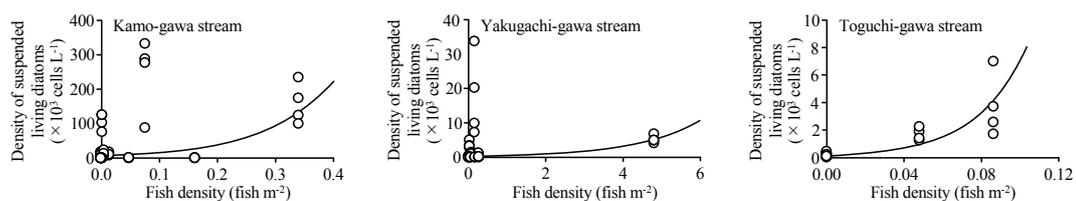


図3. 鴨川、役勝川、戸口川におけるアユ密度と浮遊珪藻生細胞密度の関係

多くの場合、藻食動物が藻類を摂餌することで付着藻類の現存量は減少する。この傾向は、温帯域を流れる鴨川でのアユの個体数密度と付着藻類の現存量の関係で認められた。しかし、亜熱帯域を流れる役勝川および戸口川では、リュウキュウアユの個体数密度が高い河川区間ほど、付着藻類の現存量が増大する傾向がみられた。藻食者は、付着藻類を摂餌してその現存量を減らすだけでなく、排泄を通して栄養塩の循環を促進し、一次生産を高めることが知られている。奄美大島を流れる 2 河川では、リュウキュウアユが付着藻類に何らかの間接的な影響を及ぼしている可能性が考えられる。一方、浮遊珪藻の生細胞密度は、いずれの河川においてもアユあるいはリュウキュウアユの個体数密度と共に増加する傾向が認められた。ただし、役勝川および戸口川の浮遊珪藻の生細胞密度は、鴨川に比べて極めて低か

った。本研究から、アユは、付着藻類だけでなく、浮遊藻類の現存量にも影響を及ぼしていることが明らかとなった。

【流下粒状有機物 (FPOM)】

鴨川では、FPOM 濃度は全期間で 1.1 ~ 2.6 mg L⁻¹ の範囲を示し、付着藻類現存量は 2018 年では下流ほど減少する傾向を示したが、2019 年および 2020 年は S3 より下流側で増加する傾向を示した。アユの個体数密度は、2018 年の S5 で 0.68 匹 / m² の最大値を示したが、2019 年は S4 および S5、2020 年は S2、S4 および S5 でアユの存在が確認されたがいずれも低密度であった。FPOM 組成の付着藻類寄与率は全体で 40.4 ± 23.1% と推定され、調査年および地点間におけるばらつきが大きかった。付着藻類量の少ない調査地点では

FPOM 中の藻類割合が増加し、アユの個体数密度も高くなった (図 4)。FPOM を餌資源とする濾過食者は、刈取食者と同等の付着藻類寄与率を示し、付着藻類由来の FPOM を主要な餌資源として利用していることが明らかになった。さらに、アユの摂餌行動は河川内の FPOM の組成を通じて底生動物の食物網にも影響を及ぼしていた。そして、その影響は底生動物の生活型によっても異なることが示唆された。

奄美では、全期間を通じて FPOM 中の付着藻類寄与率は、付着藻類現存量が多い地点ほど低い傾向を示した (図 5)。最もリュウキュウアユの個体数密度が高かった 2018 年の役勝川中流地点は、付着藻類現存量が最も多かったが FPOM 中の藻類寄与率は 35% にとどまった。また、リュウキュウアユの個体数密度と付着藻類現存量の間には有意な正の相関関係が見られたが ($P < 0.05$)、FPOM 中の藻類寄与率の間には有意な相関関係がみられなかった ($P > 0.05$)。リュウキュウアユによる付着藻類の摂餌によって藻類由来 FPOM は生産されていると考えられるが、餌となる付着藻類量およびリュウキュウアユの個体数のどちらかまたは両方が制限因子となり、生物学的な FPOM の生産の影響は小さいことが推察される。今後、河川環境の変化によって付着藻類の安定的な生産に転じ、リュウキュウアユの個体数が回復した場合、リュウキュウアユによる FPOM 生産が活発となり、有機物循環の活性化および FPOM 組成の変化が生じ、その影響は河川食物網へも波及していくことが期待される。

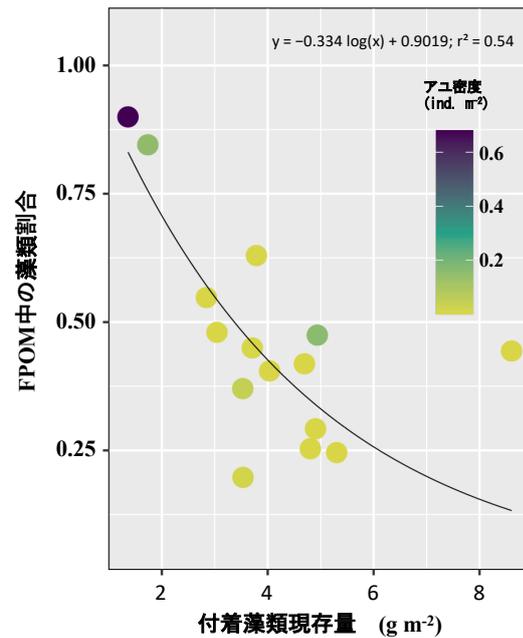


図4. FPOM中の藻類寄与率、藻類現存量及びアユ密度との関係

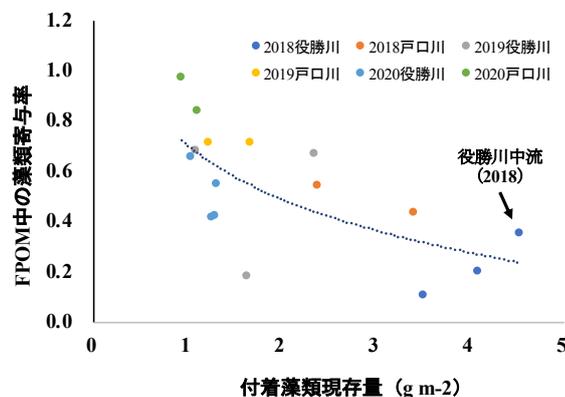


図5. FPOM中の藻類寄与率と付着藻類現存量との関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Abe S, Hoshino D, Iguchi K	4. 巻 -
2. 論文標題 Ability of grazing fish to generate particulate organic matter derived from autochthonous primary production	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Ecology of Freshwater Fish	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/eff.12715	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 井口恵一朗・合家祐国	4. 巻 -
2. 論文標題 「アユがいると他魚種も増える」仮説の検証	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 長崎県生物学会誌	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

〔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	阿部 信一郎 (Abe Shinichiro) (40371869)	茨城大学・教育学部・教授 (12101)	
研究分担者	竹門 康弘 (Takemon Yasuhiro) (50222104)	京都大学・防災研究所・准教授 (14301)	

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
---------	---------