

大和川のアユ *Plecoglossus altivelis altivelis* の 耳石 Sr/Ca 比を用いた天然遡上の確認

うえ の ひろ あき なが い しゅんすけ まつ い もも え まつ おか たく ろう かめ い てつ お なが た よし かず
植 野 裕 章*・永 井 俊 輔*・松 井 百 恵*・松 岡 拓 郎*・亀 井 哲 夫**・長 田 芳 和***

*教員養成課程理科教育専攻卒業・**元追手門学園大手前中高等学校・***本学名誉教授

(平成24年3月30日 受付)

大和川には1960年代中ごろまで大阪湾から遡上した天然遡上アユ（海産アユ）が生息していた。しかしその後の水質の悪化のために姿を消した。近年水質が改善され、時折、大和川でアユが捕獲されたが、海産アユか琵琶湖産の放流アユ（湖産アユ）かの区別が困難であった。そこで我々は2004年と2005年に大和川で採集したアユについて、耳石中のカルシウムに対するストロンチウム濃度比を用いた方法により海産アユか否かを解析した。その結果、分析できた18個体（2004年3個体、2005年15個体）のすべてが海産アユであったので報告する。さらに今回の分析から大和川の海産アユの遡上時期と遡上体長の推定を試みた。

キーワード：大和川，アユ，耳石，Sr/Ca濃度比，回遊履歴

I はじめに

アユ *Plecoglossus altivelis altivelis* は、日本各地に生息し、日本を代表する両側回遊魚である。秋に川の下流域で産卵され、孵化した仔魚は川の流れとともに海に降り、沿岸海域で仔漁期を過ごした後、翌年の春に再び川に遡上し、石に生える付着藻類を食べて成長する。

奈良県に発し大阪府を西流して大阪湾に注ぐ大和川においても、1960年代中頃まではかなりの海産アユが遡上していた[1, 2]。その後、大和川は日本で最も汚い川の1つであるといわれたように水質の悪化がひどく、海産アユの遡上は絶望視されてきた。

しかし、本川8地点の平均のBOD75%値は1970年の31.6mg/ℓを最高に、以後急速に低下して2004年には4.6mg/ℓ、2008年に3.7mg/ℓと、水質が改善されている。

アユの推定生息可能水質（アユが生息可能だが、再生産を行うことができない）はBOD値5.0～10.0mg/ℓであり、推定適正水質環境（アユが生息し、再生産可能な水質）はBOD値が5 mg/ℓ以下であるといわれていて[2]、近年、海産アユの再遡上が期待されていた。

1990年以降に大和川の奈良県域や大阪府域で時折アユが捕獲されたが、上流や支川に琵琶湖から放流されたアユ（以下、湖産アユ）か海産アユかの識別がなされていない[2]。1992年にも大阪陸水生物研究会によってアユが捕獲されたが、「体長分布組成の様子から海から遡上したものと考えるのが妥当である」と報告されているだけである[3]。

これまでに海産アユと湖産アユを識別するために、いくつかの外部形質、なわばり形成能力や成長、成熟など生態的差異 [4] あるいはアイソザイム[5]やミトコンドリアDNAなどの遺伝マーカー [6]を用いての比較研究がなされてきたが、いずれも個体レベルで確実に判別できる可能性は得られていない。

近年、アユの耳石には日周輪が形成されることが判明し、これを計測することでアユのふ化後の日齢を推定することができる。耳石半径と体長の間には正の相関関係があり、輪紋間隔と体成長率の間には密接な関係がある。つまり日周輪を計測することにより、回遊経歴を知ることができる[7, 8, 9]。

さらに耳石中のカルシウムに対するストロンチウム濃度比から両側回遊魚の履歴を推定する技術が急速に発展しつつある。耳石中のカルシウム含量は生息場所に関係なくほぼ一定である。一方で、ストロンチウム含量は海に生息していた場合は高く、淡水中では激減する。このことを用いて、耳石Sr/Ca濃度比から海産アユと湖産アユが個体レベルで判別できるとされている[10, 11, 12, 13]。

本研究では、2004年と2005年に大和川で採集されたアユの各個体の回遊履歴を把握するため、EPMA (Electron Probe Micro Analyzer) 分析を用いて耳石の日周輪およびSr/Ca濃度比の変化を計測した。それにより大和川に海産アユが生息することを確認するとともに、大和川においての海産アユの遡上時期などを検討することを目的にした。

II 方法

2004年5月に大和川の河口から4 km付近で採集したアユ15個体と、2005年5月中旬から7月中旬の11日間をかけて河口から17 km地点で採集した32個体をエタノール固定または冷凍保存した。その後、各個体の体長を計測し、耳石を摘出してサンプルを作成し、三重大学資源生物学部の協力のもとに、輪紋解析装置を用いて中心から縁辺までの耳石半径、中心から縁辺までの日周輪紋数と輪紋間の距離を計測した。さらにEPMA分析機 (JAX-8900R) を用いて、耳石の中心から縁辺までを5 μm ごとにSrとCaの強度を直線分析し、その後、ソフトを用いてSr/Ca濃度比に変換した。

遡上時期は、耳石の中心付近のSr/Ca濃度比が減少したときの中心からの距離を遡上耳石半径、そのときの日周輪数を遡上日齢とした。また採集日と日周輪数から遡上日と孵化日を逆算した。また個体ごとの日齢と体長との関係や耳石の大きさと体長との関係から遡上体長を算出した。この際、長良川産、木曽川産、利根川産アユで推定された孵化体長7.2 mmを用いた[9]。

III 結果と考察

1. EPMA分析による耳石中のSr/Ca濃度比の変化

2005年に採集された32個体 (標準体長55.5~183.2 mm) のうち、サンプルを作成する段階で破損などもあり、残りの15個体 (体長65.0~149.9 mm) のサンプルを使用してEPMA分析を行った。各個体の分析結果をまとめたものが図1である。15個体すべての個体において、耳石の中心から概ね350 μm から550 μm より前半部分ではSr/Ca濃度比がおおよそ2.5から5.5の値を推移しているのに対し、後半部分では1.5から0.5の値に激減して推移する。つまり2005年に採集し分析を行ったすべての個体が海産アユと言える。また、2004年に採集された15個体 (体長57.4~139.3 mm) のうち分析ができた3個体 (体長59.9~81.2 mm) にもSr/Ca濃度比が激減する部分が見られ (図4)、これらの個体も海産アユである。

信濃川の遡上アユでは、耳石中心から約400 μm まではSr/Ca濃度比が8.0~10前後を推移した後、緩やかに減少し、その後、約420 μm ~600 μm にかけてSr/Ca濃度比は2.0~3.0に落ち込む[11]。大和川の遡上アユの耳石中のSr/Ca濃度比は信濃川のそれに比べてかなり低い。その原因は不明であるが、耳石中のSr/Ca濃度比と環境水中の塩分濃度に正の相関があるという報告がある[10]。

なお今回の分析結果は大和川の少数のサンプルについてであり、他河川との比較や大和川の海産アユ個体群としての考察は無理があるように思われたので省略した。

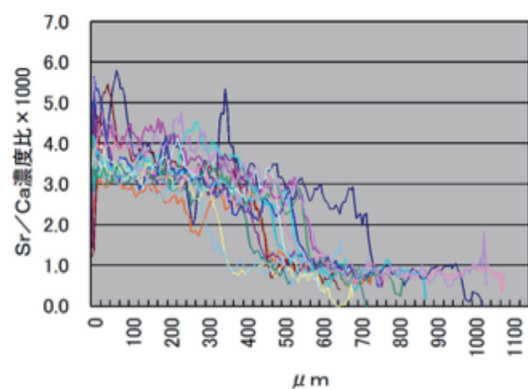


図1 2005年に採集したアユの耳石の中心からの距離とSr/Ca濃度比の変化の関係

2. 輪紋数解析による遡上日齢と推定遡上日

2005年に採集したアユ15尾の日周輪数（日齢）と Sr/Ca濃度比の関係を示したものが図2である。その結果、11尾（73%）が遡上日齢125～155日であり、その他は175～200日を超えているものもあった。つまり、概ね孵化後125日から155日で淡水域に遡上したことになる。

信濃川産海産アユは孵化後160～210日に Sr/Ca濃度比が激減しているため、この時期に遡上すると報告がある[11]。

各個体の遡上日齢を採集日から逆算すると推定遡上日となる（図3）。2005年に採集したアユの推定遡上日は11尾が4月5日から4月30日の間である。残りの4尾は5月8日から5月28日の間であった。

2004年に採集された3個体の Sr/Ca濃度比は4月12日までは2.5から4.5を推移し、4月8日より濃度比が減少しはじめて、その後の濃度比は1.0から1.5を推移していた（図4）。

つまり、両年に大和川において採集されたアユの遡上時期の大方は4月5日から4月30日であることが分かった。

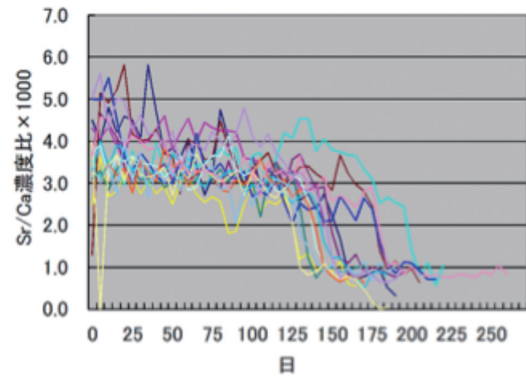


図2 2005年に採集したアユの日齢と Sr/Ca濃度比の変化

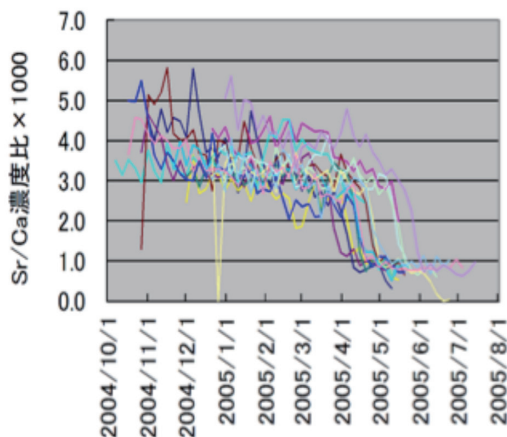


図3 2005年に採集したアユの回遊履歴。線の左端が孵化日とその時の耳石の Sr/Ca濃度比を、Sr/Ca濃度比が低いレベルに激減する月日が淡水域に遡上した日を示す。

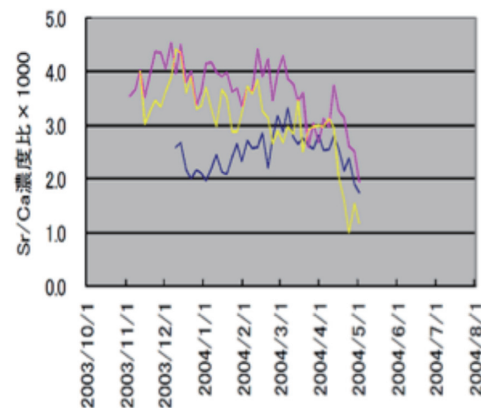


図4 2004年に採集したアユの回遊履歴

3. 遡上体長について

遡上体長は2005年の採集時の体長と耳石輪紋半径および孵化時の体長と輪紋半径そして遡上時輪紋半径から算出した。15尾中14尾（93%）が60.0mmから87.5mmであった。残りの1尾は分析個体中最大（体長149mm）の個体で、推定遡上体長は110mmを超えていた（図5）。このアユは遡上時期が4月5日と最も早いと推定された個体である。

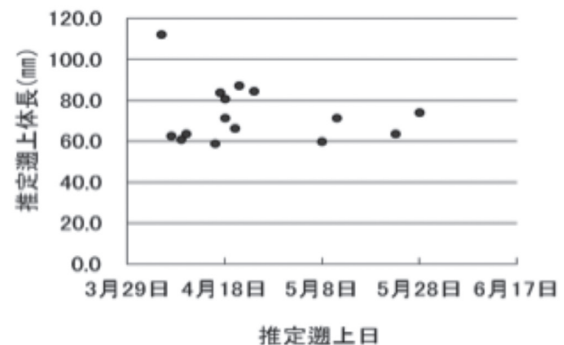


図5 2005年に採集したアユの推定遡上体長

4. 大和川における海産アユの確認の歴史

本研究では、2005年に柏原市大和川および支流の石川においてアユの放流は行われていないため、採集されたアユは天然遡上の可能性が極めて高かった。採集した個体をEPMA分析することにより、予想した通り大和

川に海産アユが生息し遡上していることが明らかとなった。

文献によると、1962年にはかなりの海産アユが遡上しているのが確認されているが、1965年には海産アユの量が急激に減少した。1967年と1968年に奈良県王寺付近（河口から約25km）に琵琶湖産アユ約1万匹（約40kg）づつ放流されたが、漁獲はなかったとされている。この年以降は大和川本流中・下流域へのアユの放流は行われておらず、海産アユの確認もできなかった[2]。

また大阪陸水生物研究会によって1992年に柏原市付近においてアユが捕獲されているが[3]、1954年から支流の石川において放流行事が行われているため海産アユという明確な確認はできなかった。1998年、2000年から2004年まで平山良一氏によって、中・下流域に湖産アユが放流されている。

今回、2004年と2005年に海産アユの遡上が確認されたことは、1960年代中ごろまで大和川において海産アユの遡上が確実視されていた時以来、実にほぼ40年ぶりに天然アユの遡上が明らかになったわけである。

なお、PMA分析を行うにあたって、三重大学生物資源学部海洋個体群動態学研究室の原田泰志教授、鈴木隆史氏にご指導とご意見をいただいた。ここに厚く感謝の意を表す。

引用文献

- [1] 水野信彦. 1962. 河川漁業権漁場の実態調査（大和川）. 大阪府水産課, pp.1-9.
- [2] 御勢久右衛門. 1999. 大和川の自然環境と水産・その辺遷. 奈良産業大学『産業研究所報』, (2) : 35-53.
- [3] 大阪陸水生物研究会. 1993. 大阪府の川と魚.大阪府農林水産部水産課, pp.1-136.
- [4] 谷口順彦・池田 実. 2009. アユ学. 築地書館.
- [5] 関 伸吾・谷口順彦. 1988. アイソザイム遺伝標識による放流湖産アユの追跡. 日本水産学会誌, 54 : 745-749.
- [6] Pastene LA, Numachi K, Tsukamoto K. 1991. Examination of reproductive success of transplanted stock in an amphidromous fish, *Plecoglossus altivelis* (Temminck et Schlegel) using mitochondria DNA and isozyme markers. Journal of Fish Biology, 39 (Suppl.A) : 93-100.
- [7] Tsukamoto K,T Kajihara. 1991. Age determination of ayu with otolith. Nippon Suisan Gakkaishi, 53 : 1985-1997.
- [8] 梅澤彰馬・塚本勝巳. 1990. 耳石微細構造による湖産・海産アユの判別法. 日本水産学会誌, 56 : 1919-1926.
- [9] 塚本勝巳. 1991. 長良川, 木曽川, 利根川を流下する小鮎の日齢. 日本水産学会誌, 57 : 2013-2022.
- [10] Secor DH, A Henderson-Arzapalo, PM Piccoli. 1995. Can otolith microchemistry chart patterns of migration and habitat utilization in anadromous fishes? Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 192 : 15-33.
- [11] Otake T, Uchida K. 1998. Application of otolith microchemistry for distinguishing between amphidromous and non-amphidromous stocked ayu, *Plecoglossus altivelis*. Fisheries Science, 64 : 517-521.
- [12] 海野徹也・清家 暁・大竹二雄・西山文隆・柴田恭宏・中川平介. 2001. 耳石微量元素分析による広島県太田川サツキマスの回遊履歴の推定. 日本水産学会誌, 67 : 647-657.
- [13] 清家 暁・岡部正也・佐伯 昭・海野徹也・大竹二雄・中川平介. 2002. 耳石Sr/Ca比による高知県伊尾木川および物部川産アユの由来判別. 日本水産学会誌, 68 : 852-858.

Confirmation of the Going Up of Ayu *Plecoglossus altivelis altivelis*
to the Yamato River Using Otolith Sr/Ca Ratio Method

UENO Hiroaki*, NAGAI Shunsuke*, MATSUI Momoe*, MATSUOKA Takuro*,
KAMEI Tetsuo** and NAGATA Yoshikazu***

* *Finished the Course of Science Education*

** *Former Otemon Gakuen Otemae Junior and Senior High School*

*** *Honorary professor of Osaka Kyoiku University, Kashiwara, Osaka 582-8582, Japan*

The ayu fish had been going up to the Yamato River until the middle of the 1960's from the Osaka Bay. Thereafter, it became extinct due to the water pollution. Recently, the quality of water was improved and the ayu fish was sometimes caught in the river. However, it was not clear that it was going up from the Osaka Bay or not. We examined samples caught in the river in 2004 (n=3) and 2005 (n=15) by using otolith Sr/Ca ratio method. As a result, we concluded that all samples were going up to the Yamato River. We also estimated the date and size of the fish when going up in the river.

Key Words: Yamato River, ayu fish, otolith, Sr/Ca ratio, migratory history

