

耳石 Sr/Ca 比による江の川アユ産卵群の由来判別

清家 暁・二本木俊二*・海野 徹也・中川 平介

広島大学大学院生物圏科学研究科, 東広島市鏡山 739-8528

2002年8月30日 受付

要旨 鳥根県江の川において産卵期のアユ42個体の由来判別を耳石 Sr/Ca 比を用いておこなった。放流実績からすれば江の川水系には天然アユの他、琵琶湖産、人工海産アユが生息している。産卵群42個体の由来を判別した結果、天然アユは13個体、人工海産が26個体となり、湖産アユは皆無であった。したがって、江の川においては湖産アユが海産系アユの産卵行動に関与している可能性は低いと考えられた。

キーワード：江の川, 産卵期, アユ, 耳石, Sr/Ca 比, 放流

緒 言

アユ (*Plecoglossus altivelis*) は我が国を代表する淡水有用魚で、秋に孵化した孵化仔魚は川の流れとともに海に運ばれ、沿岸で仔稚魚期を過ごした後、春に再び河川に遡上し成長する両側回遊魚である。一方、琵琶湖には一生を淡水で過ごす陸封型のアユ、いわゆる湖産アユが存在する。両側回遊型の海産系アユと湖産アユとは遺伝的に分化した地理的集団 (谷口ら, 1983, IGUCHI *et al.*, 1997) であるが、湖産アユは縄張り形成力が強く (関ら, 1984, 井口1994), 「友釣り」に適していることから主に遊魚目的で全国各地に放流されている。ただし、アユの遺伝資源の保全という面から見れば、湖産アユと両側回遊型アユの交雑による遺伝的攪乱は憂慮すべき問題であろう。

一般に、湖産アユの産卵盛期は9月中旬で、両側回遊型より早いため繁殖交流は起こりにくく (東, 1980; 関ら, 1984), 湖産アユの両側回遊型アユへの大規模な遺伝的浸透は生じていないことがアイソザイム分析で示唆されている (布川ら, 2000)。その一方で、田子 (1999) はわずかではあるが両側回遊型の産卵群に湖産アユが混入していることを湖産アユの標識放流によって明らかにした。同様の事例は産卵群の由来を耳石元素分析で識別した OTAKE *et al.* (2002) によって報告されている。これらの事実は、湖産アユと両側回遊型アユの遺伝的錯乱が生じる可能性が皆無でないことを暗示しており、アユ遺伝資源の保全のためには産卵群組成のモニタリングが必要である。

江の川は中国山脈を貫流し日本海に注ぐ中国地方最大の河川で、天然遡上アユも豊富である。同河川を管轄する江川漁協 (鳥根県邑智郡) は産卵場で捕獲したアユを親魚とし種苗生産を行うことで放流種苗の確保と海産系アユの資源増大を図っている。また、江の川における1998年のアユの漁獲量は151トンに達し中国地方で最も多いことから、著者らはアユ資源の保全と増大のためのモデル河川として注目している。ただし、江の川水系では湖産アユも放流されたため、産卵群への湖産アユ混入も懸念されている。そこで本研究では、鳥根県江の川において産卵場で捕獲した42個体のアユの由来判別を、電子線マイクロアナライザーによる耳石元素分析で調査した。

材料および方法

江の川は鳥根県と広島県の貫流する流路延長 194km, 流域面積 3900km² の一級河川である。同河川は鳥根県邑智郡羽須美村の両国橋を境界として、下流は江川漁協 (鳥根県邑智郡川本町), 上流は江の川漁協 (広島県三次市) の管轄下にある。両漁協の間の主な河川横断建造物としては浜原ダム (河口から 60km 幅270

* 江川漁協 696-0003 鳥根県邑智郡川本町大字因原567-1

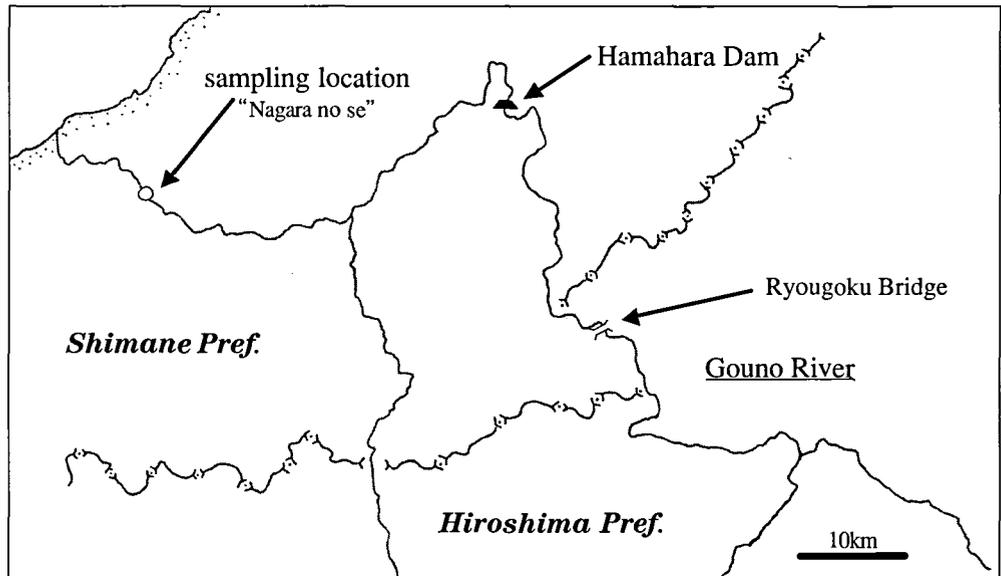


Fig. 1. Map showing sampling locations of the Gouno River.

Table 1. Stock enhancement record of ayu at the Gouno River in 1998.

	Stock-origin		
	hatchery-reared	Landlocked	Amphidromous*1
Gougawa fishery cooperative society (Kawamoto Ohchi-gun Shimane)	1874000*2	477500	0
Gounokawa fishery cooperative society (Miyoshi Miyoshi Hiroshima)	550000*3	1290000	387500
total	2424000	1767500	387500

*1 Amphidromous ayu transplanted at Kagoshima and Miyazaki Pref.

*2 Hatchery-reared by Gougawa fishery cooperative society

*3 Hatchery-reared by Hiroshima fish farming society

メートル 高さ19メートル)がある (Fig. 1)。浜原ダムの一端には魚道が設置されており、アユの往来が可能である。

1998年の江の川水系におけるアユの放流実績を Table 1 に示す。江川漁協管轄下では同漁協で種苗生産された人工海産アユ約187万尾と湖産アユ約48万尾が、江の川漁協管轄下では(社)広島県栽培漁業協会が生産した人工海産アユ約55万尾、湖産アユ約129万尾、鹿児島県および宮崎県産の天然アユ約39万尾が移植放流されている。したがって、江の川水系には天然遡上アユの他、他県産の天然アユ、琵琶湖産、種苗生産場所の異なる二種の人工海産アユ、計5種の由来の異なるアユが生息していることになる。

由来判別のための分析に供したアユは、1998年10月14日に島根県江の川の長良の瀬で捕獲した42個体である (Fig. 1)。長良の瀬はアユの産卵場の一つとして知られており、捕獲されたアユは江川漁協が実際に種苗生産に供した親魚の一部である。また、由来判別の一助として、同年に江川漁協で生産された人工海産アユ10個体と(社)広島県栽培漁業協会が生産された人工海産アユ3個体を耳石元素分析に供した。

-20℃で凍結保存した標本より摘出した耳石を用い、前報(海野ら, 2001)に従い耳石 Sr/Ca 比を分析した。摘出した耳石を100%エタノールで洗浄・乾燥した後、耳石の凸面が上になるように樹脂に包埋後、包

埋試料を市販のエポキシ系接着材によりスライドガラスに貼り付けた。耳石の中心が露出するまで凸面から耐水研磨紙 (#200~2000) で研磨し、1 および $0.25\mu\text{m}$ のダイヤモンドペーストで研磨面を鏡面仕上げし、さらに表面にカーボン蒸着を施し波長分散型電子線マイクロアナライザー (JCMA-733 II, 日本電子, 広島大学機器分析センター) の試料とした。全ての耳石について耳石中心から縁辺に至る線上で線分析を行い、発育に伴う耳石のカルシウムとストロンチウムの濃度変化を調べた。線分析は、1ポイント当たりの分析時間を10秒、ビーム径 $5\mu\text{m}$ 、加速電圧および照射電流値はそれぞれ 15kV および 10nA とし、測定間隔は $5\mu\text{m}$ とした。カルシウムとストロンチウムの X 線強度の濃度変換 (重量%) は、それぞれ CaSiO_3 および SrTiO_3 を標準試料に用い、カルシウムに対するストロンチウムの濃度比を 10^3 倍し表記したものを Sr/Ca 比とした。

結 果

江の川で捕獲された産卵群の耳石 Sr/Ca 比を分析した結果、耳石 Sr/Ca 比チャートパターンは3タイプに大別された。その典型例を Fig. 2 の A~C に示す。チャートパターン A の特徴は Sr/Ca 比が8付近から緩やかに減少する事である (Fig. 2A)。チャートパターン B は中心から $500\mu\text{m}$ 付近まで Sr/Ca 比が10前後を推移し、その後、急激な減少が認められた (Fig. 2B)。チャートパターン C は中心付近の Sr/Ca 比がチャートパターン B と同様に10前後を示すが、中心から $250\mu\text{m}$ 付近で急激な減少を示すのが特徴である。

以上の示した3つのチャートパターンの特徴を考慮し、パターンの類型化を行った。すなわち耳石中心から $250\mu\text{m}$ までの Sr/Ca 比の平均値が7.0以下のものをパターン A (Fig. 2A)、 $250\mu\text{m}$ までの Sr/Ca 比の平均値が8.0以上で $300\sim 500\mu\text{m}$ の Sr/Ca 比の平均値が5以上のものをパターン B (Fig. 2B)、 $250\mu\text{m}$ までの Sr/Ca 比の平均値が8.0以上で $300\sim 500\mu\text{m}$ の Sr/Ca 比の平均値が5以下のものをパターン C (Fig. 2C) とした。

結局、産卵群42個体の耳石 Sr/Ca 比チャートパターンを上述した類型化に基づき分類すれば、パターン A を示したのは25個体、パターン B は13個体、パターン C は4個体となった。

一方、江川漁協で生産された人工海産アユのチャートパターンを Fig. 2D に、(社) 広島県栽培漁業協会 で生産された人工海産アユのチャートパターンを Fig. 2E に示す。江川漁協で生産された人工海産アユのチャートパターンは耳石中心付近の Sr/Ca 比が8前後で、縁辺にかけてその比が緩やかに減少するのが特徴であった。(社) 広島県栽培漁業協会 で生産された人工海産アユのチャートパターンは、中心付近の Sr/Ca 比が10前後を示すが、中心から $250\mu\text{m}$ 付近で急激な減少を示すのが特徴であった。

考 察

島根県江の川において産卵期のアユの耳石 Sr/Ca 比のチャートパターンを調査した結果、3つのパターンに類型化が可能であった。このうちパターン A を示した個体は、江川漁協で生産された人工海産アユのチャートパターンと酷似していた。従って、パターン A を示した個体は江川漁協で生産され、同河川に放流された人工海産アユと断定できよう。江の川漁協により放流された人工海産アユは (社) 広島県栽培漁業協会 で生産されたものである。これらのアユのチャートパターンは、産卵群でみられたパターン C とほぼ一致する。従ってパターン C を有する個体は同協会 で生産された人工海産アユと断定できる。産卵群でパターン B を示した個体については新潟県信濃川、高知県物部川および伊尾木川産の天然遡上アユのものと酷似していることから (OTAKE and UCHIDA, 1998; 清家ら, 2002)、これらの個体は江の川に遡上した天然アユもしくは他県からの移植天然アユと考えられる。したがって、耳石 Sr/Ca 比のチャートパターンから産卵群42個体の由来を判別すれば、江川漁協で生産された人工海産アユが25個体、天然遡上もしくは移植天然アユが13個体、(社) 広島県栽培漁業協会 で生産された人工海産アユが4個体となる。

産卵群の耳石 Sr/Ca 比を分析した結果、全個体で耳石中心から縁辺にかけて Sr/Ca 比の減少が認められたことになる。これは、飼育水もしくは生息水域の塩分濃度の違いが反映されたものである。これに対して、常に淡水中で生活していた湖産アユの耳石 Sr/Ca 比は耳石中心から縁辺部にかけて低レベルでほぼ一定の値を推移することから (OTAKE and UCHIDA, 1998; 清家ら, 2002)、海産系アユとは容易に識別できる。従って、江の川産卵群42個体の中には湖産アユは含まれていないことが明らかとなった。

放流実績からすれば、江の川水系には江川漁協と (社) 広島県栽培漁業協会 で生産された人工海産アユが

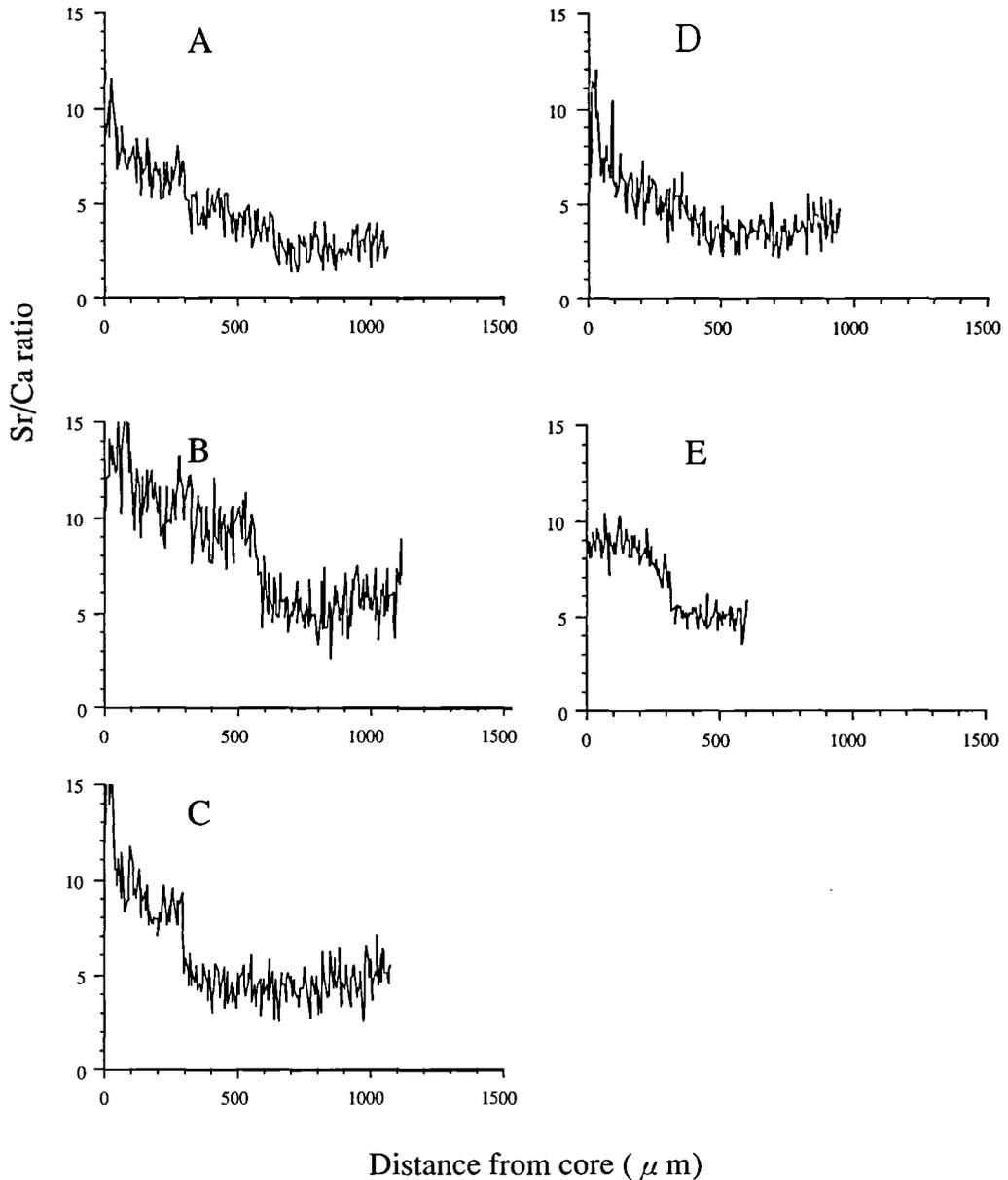


Fig. 2. Electron Probe Micro Analysis profiles of otolith Sr/Ca ratios of ayu in the Gouno River.

A~C: A typical chart pattern of ayu captured in the spawning ground.

D: hatchery-stocked (produced by Gougawa fishery cooperative society)

E: hatchery-stocked (produced by The Hiroshima fish farming society)

約242万尾、湖産アユが約177万尾放流されていた。本研究で10月の産卵群の由来を調査した結果、人工海産アユが7割を占めていたのに対して湖産アユは皆無で、明らかに放流実績が反映されていない。湖産アユが混獲されなかった主な要因としては、まず、捕獲時期が10月中旬であり、湖産アユと海産系アユの産卵時期の違いが考えられよう（関ら、1984；関・谷口、1988）。また、湖産アユ6割以上が上流域を管轄する江の川漁業区域で放流されていたことも主な原因ではなかろうか。他の要因としては湖産アユの漁獲による

選択的な減耗が考えられる。一般に湖産アユは強い縄張り形成能が強いため友釣りにより釣獲されやすく(関ら, 1984; 井口1994), 網などの通常の漁法でも再捕率が高い (TSUKAMOTO *et al.*, 1990)。事実, 高知県下の河川では放流後の湖産アユの割合が経時的に減少することが認められており, (関・谷口, 1988; SEKI *et al.*, 1994) また, 岩手県下の河川でも同様に減少することが認められている (KAWSANGK *et al.*, 2000)。その他の要因としては湖産アユに特徴的な移動分散があげられる。放流後の湖産アユは, 放流地点より上流域に移動分散する傾向が強いことから (TSUKAMOTO *et al.*, 1990), 主に上流域に放流された湖産アユはさらに上流域へと移動・分散し, 減耗による相乗効果もあり, 結果的に下流の産卵場に出現しなかったであろう

産卵親魚を自河川から採取している江川漁協では, その親魚組成が海産系アユの保全と資源増大に重要な意味を持つ。江の川水系に放流された湖産アユが海産系アユの産卵に関与していないという事実は, 極めて幸いなことであろう。また, 江の川のような大型河川は複数の行政区間, 漁協管轄区域を貫流している。本研究で産卵群のアユの中に, 上流域を管轄する江の川漁協によって放流されたアユが混入していた点に注目すれば, 河川管理は行政的な枠をこえて統括されることが望ましいであろう。

謝 辞

耳石微量元素分析に際し, X線マイクロアナライザーの使用の機会を与えていただいた広島大学機器分析センター並びに分析にご協力を頂いた広島大学理学部地球惑星システム学講座の柴田宏宏技官に深く感謝いたします。また, 貴重な試料をご提供していただいた太田川漁業協同組合にこの場を借りて御礼申し上げます。なお, 本研究の一部は(財)河川環境管理財団の河川整備基金助成事業によって実施した。

引用文献

- 東 幹夫 (1980): コアユ—一代限りの侵入者。日本の淡水生物 (川合禎次・川那部浩哉・水野信彦 編), 東海大学出版会, 東京, 154-161.
- 井口恵一郎 (1994): アユ—両側回遊から陸封へ。川と海を回遊する淡水魚 (後藤晃・塚本勝巳・前川光司 編), 東海大学出版会, 128-140.
- IGUCHI, K., Y. TANIMURA and M. NISHIDA (1997): Sequence divergence in the mtDNA control region of Amphidromous and Landlocked forms of Ayu. *Fisheries Sci.*, 63(6), 901-905.
- KAWSANGK, K, K. HAYASHIZAKI, T. ASAHIDA and H. IDA (2000): An evaluation of the contribution of stocks in the Tohoku area, using allozyme markers. *Fisheries Sci.*, 66, 915-923.
- 布川誠・池田実・谷口順彦 (2000): アイソザイム分析による東日本におけるアユの集団構造。水産育種, 29, 61-68.
- OTAKE, T., C. YAMADA and K. UTIDA (2002): Contribution of stocked ayu (*Plecoglossus altivelis altivelis*) to reproduction in the Nagara River Japan. *Fisheries Sci.*, 68, 948-950.
- OTAKE, T. and K. UCHIDA (1998): Application of otolith microchemistry for distinguishing between Amphidromous and Non-amphidromous stocked ayu, *Plecoglossus altivelis*. *Fisheries Sci.*, 64, 517-521.
- 清家暁・岡部正也・佐伯昭・海野徹也・大竹二雄・中川平介: 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。日水誌., 印刷中
- 関伸吾・谷口順彦・村上幸二・米田実 (1984) 湖産アユと海産アユの成長・成熟および行動の比較。淡水魚, 10, 101-104.
- 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。日水誌., 54(5), 745-749.
- SEKI, S., N. TANAGUCHI, N. MURAKAMI and A. TAKAMICHI (1994): Seasonal changing in the mixing rate of restocked Ayu-juveniles and assessment of native stock using an allozyme marker. *Fisheries Sci.*, 60(1), 31-35.
- 田子泰彦 (1999): 庄川における放流湖産アユの生残, 水産増殖, 47(1), 111-112.
- 谷口順彦, 関伸吾, 稲田善和 (1983): 両側回遊型, 陸封型および人工採苗アユ集団の遺伝変異保有量と集団間の分化について。日水誌., 49, 1655-1663.
- TSUKAMOTO, K., S. MASUDA, M. ENDO and R. ISHIDA (1990): Influence of Fish Stocks on Recapture Rate of Ayu

Released in River Tsubusa. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56(8), 1169-1176.

海野徹也・清家暁・大竹二雄・西山文隆・柴田恭宏・中川平介 (2001) : 耳石元素分析による広島県太田川のサツキマスの回遊履歴の推定. 日水誌., 67(4), 647-657.

Stock separation for spawning population of ayu at Gouno River using otolith Sr/Ca ratio

Satoru SEIKE, Syunji NIHONGI*, Tetsuya UMINO and Heisuke NAKAGAWA

*Graduate School of Biosphere Sciences, Hiroshima University, Kagamiyama,
Higashi-hiroshima, 739-8528, Japan*

Summary

Stock separation for spawning population of ayu *Plecoglossus altivelis* in the Gouno River was conducted using otolith Sr/Ca concentration ratio. Based on stock enhancement record, coexistence of amphidromus, hatchery-reared and landlocked ayu can be expected in the spawning population. In case of stock separation in the spawning population carrying out the otolith Sr/Ca ratio, 29 and 13 out of 42 individuals were categorized as the hatchery-reared and amphidromus ayu, respectively. The result of no landlocked ayu in the spawning population suggests that the contribution of the landlocked ayu to spawning and reproduction can be neglected at the Gouno River.

Key words: Gouno River, spawning, ayu, otolith, Sr/Ca ratio, stocking

* Gougawa fishery cooperative society, Kawamoto Ohchi-gun Shimane 696-0003 Japan