

## 耳石Sr/Ca比による広島県沼田川水系の天然遡上アユと陸封アユの判別

山本香菜子<sup>1)</sup>・高山 翔<sup>1)</sup>・海野徹也<sup>1)</sup>・古澤修一<sup>1)</sup>  
柴田恭宏<sup>2)</sup>・中村和夫<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 広島大学大学院生物圏科学研究科, 〒739-8528 広島県東広島市鏡山1-4-4

<sup>2)</sup> 広島大学技術センター, 〒739-8524 広島県東広島市鏡山1-1-1

<sup>3)</sup> 沼田川漁業協同組合, 〒729-1101 広島県東広島市河内町中河内569-3

**要 旨** 6~8月にかけて主に沼田川中流域で採集したアユ30尾の耳石Sr/Ca比を調べ、由来判別を行った。その結果、30尾中12尾が天然遡上アユであることが判明した。また、支流の椋梨ダム湖（白竜湖）より上流の椋梨川で採集した13尾は、全ての個体で耳石Sr/Ca比の変動が認められなかったことから、これらはダム湖で再生産した陸封アユと考えられた。

**キーワード**：アユ, Sr/Ca比, 沼田川, 椋梨ダム湖, 天然遡上アユ, 陸封アユ

### 緒 言

広島県のほぼ中央に位置する沼田川は主に東広島市を貫流し、三原市街地を経て瀬戸内海に注ぐ二級河川であり、アユが豊富な河川として知られている。アユの漁場や生息状況などのから判断された漁場評価では、沼田川水系は広島県内の主要河川で最も良好なアユ漁場と評価され（広島県水産試験場, 2005）、豊富な付着藻類によって育まれたアユは中上流域を占める東広島市で特産品として重宝されている。また、このような貴重なアユ資源を維持するため、同水系では例年、アユの放流が実施されているが、下流域では天然遡上アユも認められている（広島県三原土木建築事務所, 1999；広島県尾三地域事務所, 2003）。沼田川には上流に福富ダムが建設されているものの、下流から中流にかけてはアユの遡上を完全に遮断するような河川横断建造物はなく、天然アユの遡河はある程度可能である。しかしながら、実際に天然遡上アユが資源として利用されているかは不明である。また、沼田川の支流である椋梨川にある椋梨ダム湖（白竜湖）では聞き取り調査によって陸封アユが生息することが報告されているが（立原, 1994）、その後、陸封アユの生息は確認されていない。

本研究では、沼田川水系において漁獲されたアユについて耳石カルシウム/ストロンチウム比（Sr/Ca比）分析を行うことで、天然遡上および陸封アユと人工放流アユの識別を行った。

### 材料および方法

#### 供試魚

沼田川は流路長47.8 km、流域面積540 km<sup>2</sup>の二級河川で、主な支流である椋梨川の上流には椋梨ダム湖（白竜湖）がある（Fig. 1）。同水系には沼田川漁業協同組合と本郷沼田川漁業協同組合によりアユの放流が行われているが、調査地域である中上流域を管轄する沼田川漁業組合による2007年の放流尾数は約17万尾であった。このうち、1万尾は椋梨ダム湖より上流に放流されている。

耳石Sr/Ca比分析に供したのは、放流が実施される以前の2007年4月19日に河口より約5 km上流の沼田川頭首工（七宝橋付近）で投網により採集したアユ15尾（平均体長75.7±16.8 mm）で、このうち無作為抽出し

た11尾を天然遡上アユとして分析した。また、沼田川に放流された人工放流種苗は、単一施設で種苗生産されたもので、2007年4月24日に放流直前の種苗5尾（平均体長 $62.4 \pm 6.4$  mm）を入手し、分析に供した。以上の、天然遡上アユおよび人工放流アユの耳石中心から縁辺部にかけてのSr/Ca比の変動パターン（チャートパターン）は、実際に解禁日以降に採集されたアユの由来を判別するための照合に用いた。

一方、人工放流アユと天然アユの判別に用いたアユは、沼田川中流域および支流の椋梨川において、6~8月にかけて友釣りもしくは投網によって採集された30尾であった。また、陸封アユの存在を調査するために、9月14日に椋梨川の和木橋付近（椋梨ダム湖より3 km上流）において投網で13尾を採集し、以下の分析に供した。

### 耳石Sr/Ca比分析

供試魚は体長および下顎側線孔数を測定し、分析までアルコールもしくは凍結保存した。それらの個体より扁平石を摘出し、波長分散型マイクロアナライザー（日本電子製 JXA-8200型、日本電子）によるSr/Ca比分析に供した。分析は耳石中心から後部縁辺に至る線上で線分析を行い、発育に伴う耳石上のカルシウムとストロンチウムの濃度変化を調べた。分析条件は海野ら（2001）に準じ、カルシウムとストロンチウムのX線強度の濃度変化（重量%）は、それぞれ $\text{CaSiO}_3$ 及び $\text{SrTiO}_3$ を標準試料に用いて検量線を作成した。カルシウムに対するストロンチウムの濃度比は10<sup>3</sup>倍したものをSr/Ca比とした。

### 結果および考察

一般に、天然遡上アユの下顎側線孔数は左右4対であるのに対して、人工種苗では4対未満である個体が多

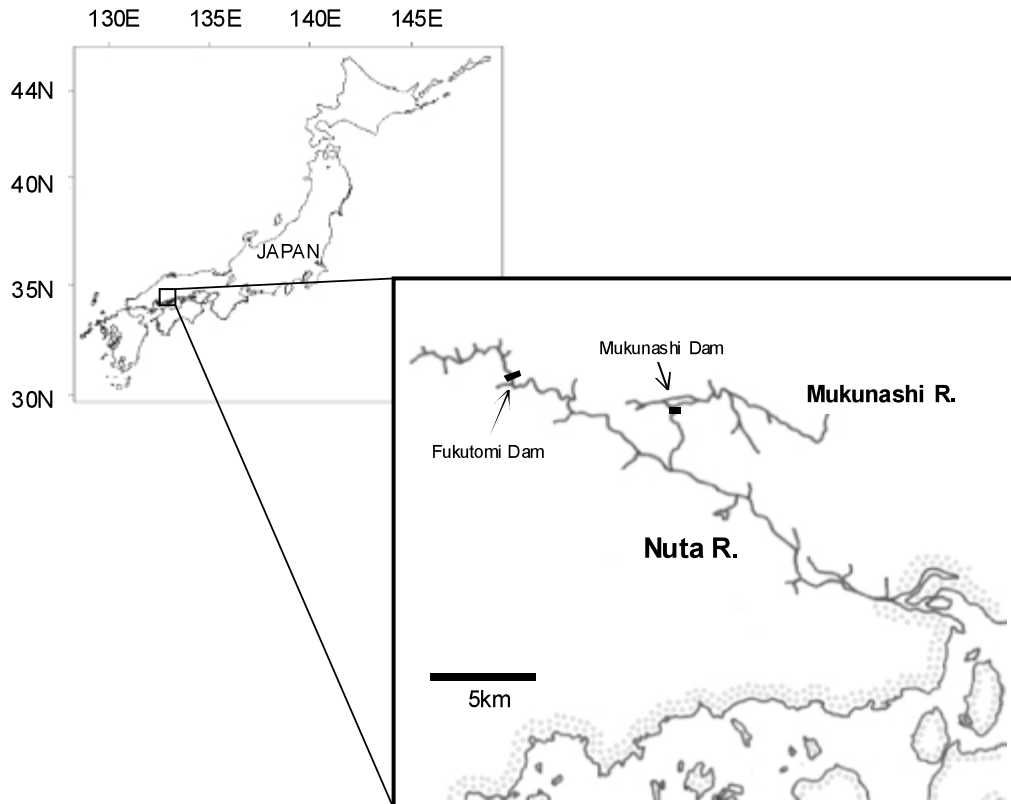


Fig. 1. Map showing sampling locations of ayu, *Plecoglossus altivelis altivelis* in the Nuta and Mukunashi Rivers, Hiroshima Prefecture.

いことから、下顎側線孔数は天然遡上アユと人工放流アユを判別するための目安となる。そこで沼田川に放流された人工放流アユ23尾の下顎側線孔数を観察した結果、正常個体は7尾で、欠損個体は16尾であった。これに対して4月19日に下流で採集した天然遡上アユ14尾では、正常個体が12尾であったが、欠損個体も2尾確認できた。したがって、沼田川において下顎側線孔数による天然アユと人工アユの完全な判別は不可能である。そこで本研究では天然遡上アユと人工放流アユの耳石Sr/Ca比分析を用い、両者の判別を行った。

まず、4月19日に下流で採集した天然遡上アユ11尾の耳石Sr/Ca比を分析したところ、中心から500~600  $\mu\text{m}$ までSr/Ca比が6~7前後を推移した。一方、人工放流アユも中心付近で高いSr/Ca比を示した後、減少するパターンを示した。ただし、人工放流アユにおいてSr/Ca比が減少する耳石半径は、解析した5尾で300  $\mu\text{m}$ 前後であった (Fig. 2)。Sr/Ca比が減少する耳石半径に注目すれば、天然遡上アユでは半径は500~600  $\mu\text{m}$ の範囲であるのに対し、人工放流アユで300  $\mu\text{m}$ 前後である。したがって、チャートパターンを照合することにより、両者の判別は可能であると判断した。

実際に、解禁日以降から漁獲盛期 (6~8月) に沼田川中流域および椋梨川で採集したアユの30尾の耳石Sr/Ca比を分析した。その結果、チャートパターンは天然遡上型および人工放流型の他、陸封型が認められ (Fig. 3)、結局、12尾が天然遡上アユ、14尾が人工放流アユ、4尾が陸封アユと断定できた。

耳石Sr/Ca比分析によって明らかにされた天然遡上アユの割合は、岐阜県長良川の9~11月産卵群では89% (Otake et al., 2002)、高知県物部川および伊尾木川の5~8月のアユでは63% (清家ら, 2002a)、鳥根県江の川の10月産卵群では31% (清家ら, 2002b)、鳥根県斐伊川の5~10月のアユでは74% (海野ら, 2005) という報告がある。ただし、これまで瀬戸内海に注ぐ河川において耳石Sr/Ca比分析によって由来判別が行われた例はなかった。分析数は少ないものの、沼田川でも40%の天然遡上アユが放流魚と混獲されていることが本研究で明らかになった。したがって、今後は、瀬戸内海側の河川において天然アユの混獲状況を調査し、場合によっては天然アユ資源の増大が可能となるような環境を整備することで一代回収型からの脱却も可能と思われる。

9月14日に椋梨川 (椋梨ダム湖より上流3 km) で採集した13個体の耳石Sr/Ca比を分析したところ、全ての個体が耳石中心から縁辺部に到るまではほぼ一定で、かつ、低レベルの1~2前後を推移した (Fig. 3)。Sr/Ca比

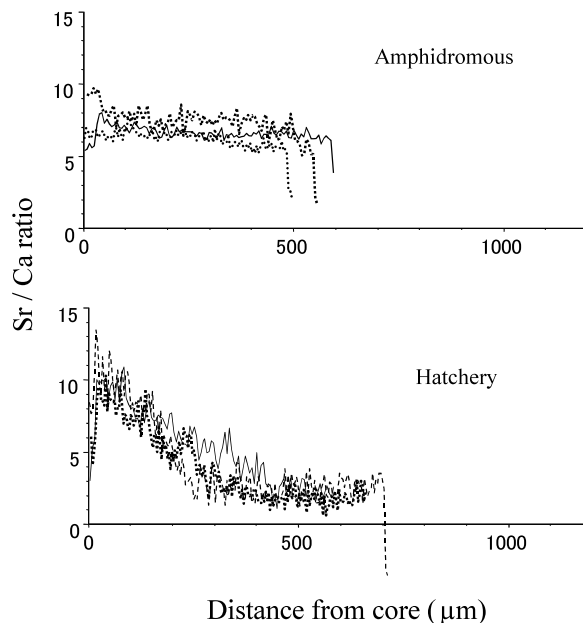


Fig. 2. Life history scan using the otolith Sr/Ca concentration ratio from the core to the edge of a sagittal otolith of amphidromous ( $n=3$ ) and hatchery stock ( $n=3$ ) ayu from the Nuta River. The ratios were multiplied by  $10^3$  for presentation.

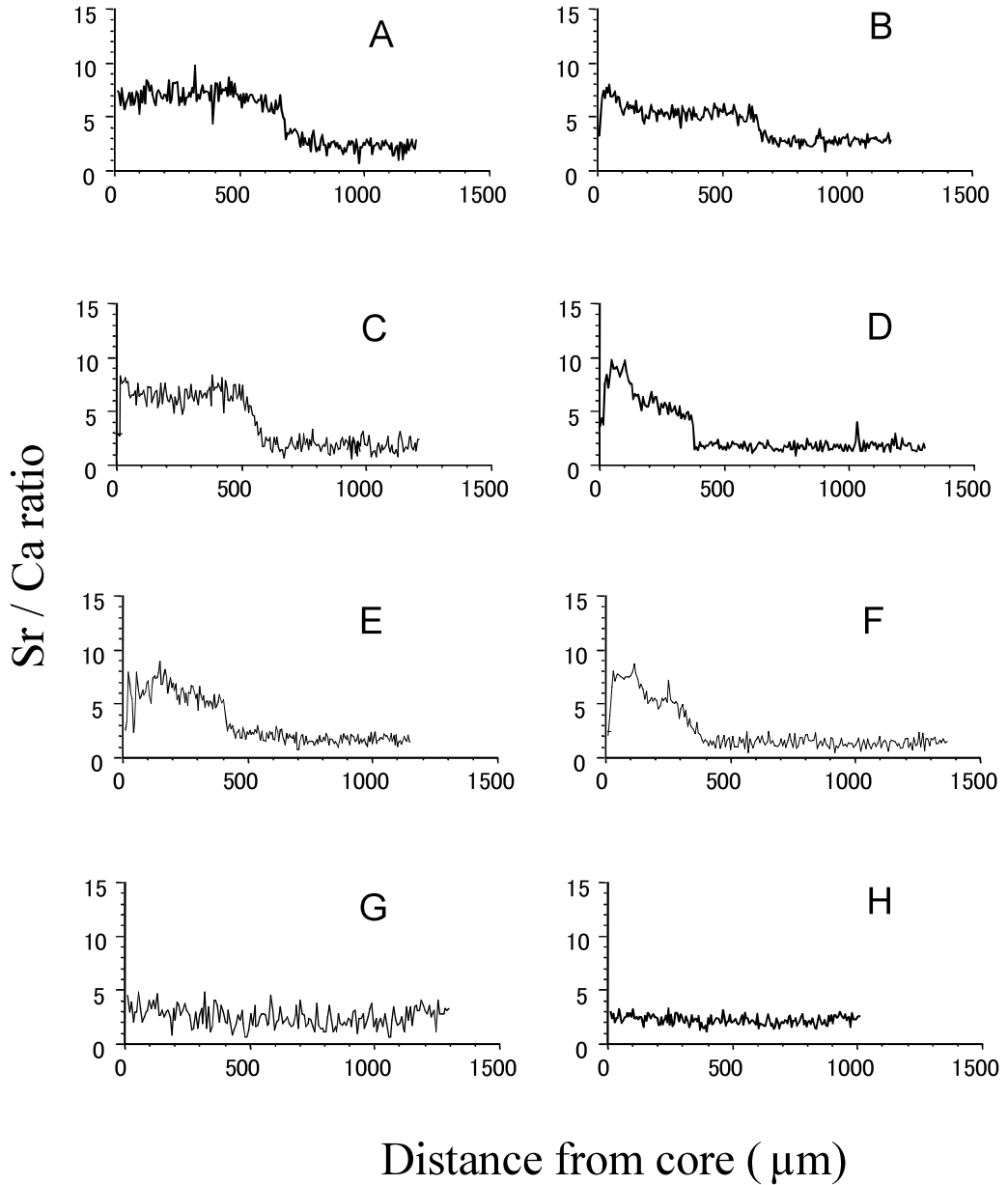


Fig. 3. Chart patterns of amphidromous (A-C), hatchery stock (D-F) and landlocked ayu (G&H) captured in June-September 2007 from the middle-reaches of the Nuta and Mukunashi Rivers.

分析からこれら13尾は一生を淡水で過ごした陸封型アユであるが、調査した2007年に沼田川水系には琵琶湖産アユの放流は実施されていない。したがってこれらは椋梨ダム湖（白竜湖）で再生産した陸封アユと断定できる。調査を行った2007年には椋梨川で約1万尾の人工放流アユが放流されたが、13尾の中に人工放流アユは認められなかったことになる。この結果は、椋梨ダム湖で相当量の陸封アユが再生産されていることを暗示している。

椋梨ダム湖でのアユの陸封化は立原（1994）によって既に報告されているが、聞き取り調査ではダムが竣工した1968年ころから陸封アユが生息していたという。ダム湖でのアユの陸封化は、広島県灰塚ダム湖や広島県八田原ダム湖（海野ら、2007）の事例にあるように、ダムの完成後直後に顕著である。これはダム完成時には底質や流出河川より供給される栄養塩類が豊富で、高い基礎生産力が維持されているためと考えられている（森ら、1998）。しかし、椋梨ダム湖は竣工から40年が経過した後でも陸封アユが生息していることが判明した。そうした意味で椋梨ダム湖は陸封アユの再生産や資源変動のメカニズムを解明するための格好の人造湖であるかもしれない。

## 謝 辞

本研究に際して、東広島市沼田川漁業協同組合の理事並びに役員の方々には試料収集など、多大なるご協力を頂いた。また、研究をまとめるにあたり、広島県尾三地域事務所より貴重な資料のご提供を、中電技術コンサルタント株式会社河川環境本部環境部の若尾拓志氏並びに復建調査設計株式会社水工技術部の竹下邦明氏からは貴重なご助言を頂いた。記して感謝の意を表する。

本研究は平成19年度広島大学地域貢献研究において、東広島市沼田川漁業協同組合より課題提案された「東広島市沼田川におけるアユの資源保全と有効利用」の一環として行った。また、耳石の元素分析は広島大学自然科学研究支援開発センターの電子プローブマイクロアナライザーを使用した。この場を借りて御礼申し上げる。

## 引用文献

- 広島県三原土木建築事務所 (1999): 沼田川水系沼田川広域基幹河川改修に伴う業務委託報告書, pp. 43.
- 広島県尾三地域事務所 (2003): 沼田川水系沼田川河川維持修繕に伴う業務委託一沼田川魚道利用状況調査 (片山頭首工), pp. 28.
- 広島県水産試験場 (2005): 河川漁場生息実態調査一平成13~15年度報告書, pp. 10-11.
- 森 美津雄, 原 徹, 後藤 功 (1998): 一阿木川ダム湖における陸封アユの調査一1. 湖内で発見されたアユ稚魚の起源について. 岐阜県水産試験場研究報告, **43**: 19-23.
- Otake T., Yamada C., Uchida K. (2002): Contribution of stocked ayu (*Plecoglossus altivelis altivelis*) to reproduction in the Nagara River, Japan. *Fisheries Sci.*, **68**: 948-950.
- 清家 暁, 岡部正也, 佐伯 昭, 海野徹也, 大竹二雄, 中川平介 (2002a): 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.
- 清家 暁, 二本木俊二, 海野徹也, 中川平介 (2002b): 耳石Sr/Ca比による江の川アユ産卵群の由来判別. *広島大学大学院生物圏科学研究科紀要*, **41**: 23-29.
- 立原一憲 (1994): アユの陸封化, 「琉球の清流リュウキュウアユがすめる川を未来へ」(池原貞雄・諸喜田茂充編著). 沖縄出版, 沖縄, pp. 169-171.
- 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.
- 海野徹也, 清家 暁, 高塚 順, 平野美穂, 中川平介, 大竹二雄, 石井紀明, 後藤悦郎 (2005): 耳石Sr/Ca比およびアロザイムによる島根県斐伊川産アユの生態学的研究. *水産増殖*, **53**: 175-180.
- 海野徹也, 柴 智久, 検崎仁美, 柴田 恭宏, 長澤和也 (2007): 耳石Sr/Ca比による広島県芦田川水系における陸封アユの確認. *広島大学大学院生物圏科学研究科紀要*, **46**: 35-42.

**Discrimination of amphidromous and landlocked ayu, *Plecoglossus altivelis altivelis* (Teleostei: Plecoglossidae) in the Nuta River, Hiroshima Prefecture, using the otolith Sr/Ca ratio**

Kanako YAMAMOTO<sup>1)</sup>, Sho TAKAYAMA<sup>1)</sup>, Tetsuya UMINO<sup>1)</sup>,  
Shuichi FURUSAWA<sup>1)</sup>, Yasuhiro SHIBATA<sup>2)</sup>, and Kazuo NAKAMURA<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University, 1-4-4 Kagamiyama,  
Higashi-Hiroshima, Hiroshima 739-8528, Japan

<sup>2)</sup> Technical Center, Hiroshima University, 1-1-1 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima,  
Hiroshima 739-8524, Japan

<sup>3)</sup> Nutagawa Fishermen's Association, 569-3 Nakakouchi, Kouchi, Higashi-Hiroshima,  
Hiroshima 729-1101, Japan

**Abstract** Ayu, *Plecoglossus altivelis altivelis*, is a commercially important species of amphidromous fish. Thus it is being targeted for stock replenishment to sustain harvest numbers. Stock identification between amphidromous and hatchery fish was conducted using the otolith Sr/Ca concentration ratio on fish taken from the Nuta River in Hiroshima Prefecture, where 170,000 hatchery ayu had been previously released. Of 30 fish sampled from the middle-reaches, 12 were identified as an amphidromous form. Of the 13 fish sampled from the Mukunashi River, a branch of the Nuta River, all were identified as landlocked fish that would have completed their life cycle between the Mukunashi River and the artificial lakes formed by the Mukunashi Dam.

**Key words:** ayu, otolith Sr/Ca ratio, amphidromous form, landlocked form, Nuta River, Mukunashi River