

広島県太田川におけるアユ親魚群の由来判別

甲田和也¹⁾・玉森千晴²⁾・合戸賢利²⁾・山本雅樹³⁾・高山 翔⁴⁾・海野徹也^{1)*}

¹⁾ 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

²⁾ 広島大学生物生産学部, 〒739-8528 広島県東広島市鏡山1-4-4

³⁾ 広島県環境保健協会, 〒730-0803 広島県広島市中区広瀬北町9-1

⁴⁾ 広島市経済観光局農林水産部水産課, 〒730-8586 広島県広島市中区国泰寺町1-6-34

要 旨 太田川下流域で採集したアユ産卵群の由来判別を外部形態および耳石 Sr : Ca 比分析で行った。太田川にて放流された人工種苗の耳石 Sr : Ca 比のチャートパターンは耳石中心から 300 μ m で減少が認められ, 耳石中心から 400 μ m 以遠で比が減少する天然型と異なっていた。耳石 Sr : Ca 比のチャートパターンに基づくと, 産卵群への人工種苗の混入率は 28% と考えられた。採集した産卵群の側線上方横列鱗数は 13~26 枚 (n=173) で, 側線上方横列鱗数が 17 枚以下を人工種苗, 18 枚以上を天然アユと仮定すると, 産卵群への人工種苗の混入率は 31% と見積もられた。太田川産卵群では概ね 3 割が放流された人工種苗であると考えられた。

キーワード: アユ, 太田川, 産卵群, 耳石 Sr : Ca 比

緒 言

太田川は広島県廿日市市の冠山を源流とし広島市中心部を経て瀬戸内海に注ぐ一級河川であり, 内水面漁業の優良種として利用されているアユの好漁場としても知られている。太田川中下流域を管轄する太田川漁業協同組合は例年, アユ資源を確保するためにアユの放流を行っており, 近年の放流尾数は 100 万尾前後を推移している (広島市経済観光局農林水産部水産課, 2014)。しかし, アユの漁獲量は 1993 年の 209 トンを盛期に減少が続き, 2005 年には 71 トンまで低迷した (農林水産省大臣官房統計部, 2008)。安定した漁獲を確保するため, 放流アユの資源添加状況を明らかにすることが急務である。

河川に放流した人工種苗と天然遡上アユを判別するためには, 側線上方横列鱗数や下顎側線孔数等の計数形質に加え, 耳石ストロンチウム:カルシウム比 (Sr : Ca 比) 分析 (清家ら, 2002; 山本ら, 2008) や DNA 分析 (久保田ら, 2008; 占部ら, 2013) が有効である。ただし, 放流種苗として天然稚アユの移植放流が行われている場合, 耳石 Sr : Ca 比分析や DNA 分析を用いても既存の天然遡上アユとの判別は容易ではない (占部ら, 2013)。人工種苗に加えて, 天然種苗や天然遡上アユが混在している河川では, 由来の異なるアユの資源組成をモニタリングする障壁になっている。

太田川漁業協同組合では, これまで人工種苗に加え, 琵琶湖産や天然種苗の放流を行ってきた。しかし, 2013 年は人工種苗が放流されたのみで, 天然種苗の移植放流が実施されていなかった。本研究では, 再生産に関与するアユ産卵親魚を供試魚とし, 耳石 Sr : Ca 比分析並びに側線上方横列鱗数により人工種苗と天然遡上アユの判別を行った。

材料および方法

放流実績と供試魚

2013年10月21日～23日にかけて高瀬堰（河口より約13.6km）の下流域（Fig.1）で、成魚173尾を採集した。採集は、竿釣り、船釣り、建網で行い、計数形質の測定並びに耳石 Sr : Ca 比分析まで -20℃で冷凍保存した。

供試魚の採集地点は太田川漁業協同組合の管轄下（下流から中流域約44km）であった。太田川漁業協同組合によると、2013年度のアユ放流実績は約89万尾であり、その種苗は広島市水産振興センターおよび樫野川で生産された（Table 1）。このうち、高瀬堰より下流の放流尾数は19.7万尾であった。なお、太田川水系の本流には太田川漁業協同組合の他、安芸太田町坪野久日市えん堤から上流を管轄する太田川上流漁業協同組合、支流には水内川を管轄する水内川漁業協同組合、三篠川を管轄する三篠川漁業協同組合があり、2013年はいずれの組合においても天然稚アユの移植放流は行われていなかった（Table 1）。

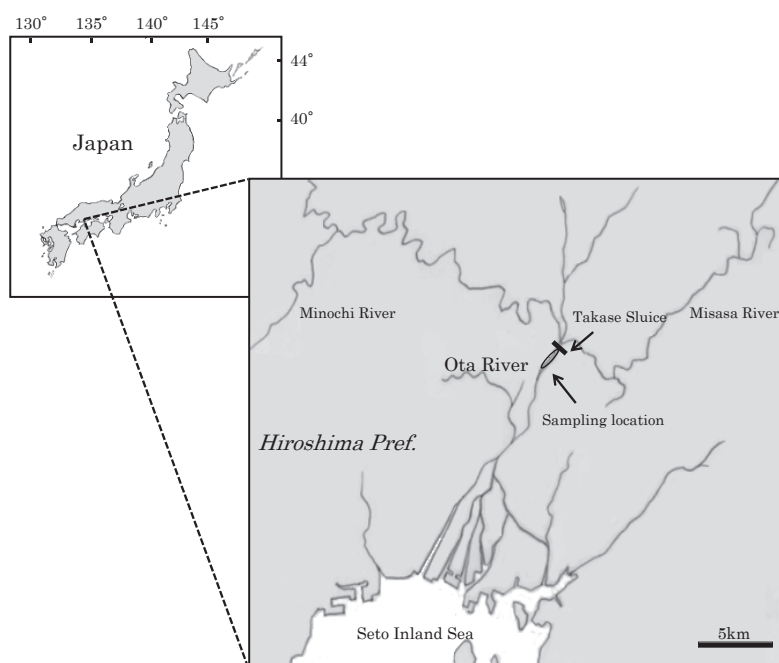


Fig. 1. Map showing sampling locations of ayu at the Ota River.

Table 1. Release number for stock enhancement of ayu at the Ota River in 2013

	Strain form	Origin	Amount
Otagawa fishery cooperative society	Hatchery	Hiroshima City Agriculture, Forestry and Fisheries Promotion Center	786,000ind.3,444kg
		Fushinogawa river	10,600ind. 700kg
Otagawa Joryu fishery cooperative society	Hatchery	Hiroshima City Agriculture, Forestry and Fisheries Promotion Center	2,800kg
Misasagawa fishery cooperative society	Hatchery	Hiroshima City Agriculture, Forestry and Fisheries Promotion Center	700kg
Minochigawa fishery cooperative society	Landlocked form	Lake Biwa	1,500kg

計数形質と耳石 Sr : Ca 比分析

高瀬堰下流で採集した173尾については、体長、体重、下顎側線孔数（左右）、側線上方横列鱗数（背鰭第1棘条基底から側線）を計数した。さらに雌雄を判別した後、生殖腺重量を測定し、生殖腺重量指数（GSI）を算出した。このうち無作為抽出した75尾については耳石（偏平石）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。広島市水産振興センター由来の人工種苗79尾（体重約2.8g）については下顎側線孔数（左右）を観察し、10尾を耳石 Sr : Ca 比分析に供した。

耳石 Sr : Ca 比分析は耳石中心から後部縁辺に至る線分析を行い、発育に伴う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 CaSiO_3 および SrTiO_3 を標準試料に用いて検量線を作成した。耳石 Sr : Ca 比は、カルシウムに対するストロンチウムの濃度比を 10^3 倍したものとした。ただし、結晶化した耳石（井塚, 2001 ; Tao *et al.*, 2008）を有する個体については日周輪や耳石 Sr : Ca 比が正常でないため（海野ら, 2005）、分析は行わなかった。

結果および考察

高瀬堰下流で採集した173尾の性比は雄が85尾、雌が88尾となり、ほとんどの個体がサビ色様の典型的な婚姻色を呈していた。また、GSI は雄の平均で7.58、雌で12.6を示した。太田川における流下仔魚調査によると、主産卵場が高瀬堰下流から安芸大橋上流に形成され、流下盛期は10月中旬～11月中旬であるという（工藤, 2006）。よって、本研究で供したアユは再生産に貢献し得る産卵群であったと考えられた。

太田川に放流された人工種苗10尾の耳石 Sr : Ca 比分析を行った結果、耳石中心から300 μm まで5～6前後を推移し、その後、緩やかに2前後まで下降するパターンを示した（Fig.2A）。一方、産卵群の75尾について耳石 Sr : Ca 比を分析したところ、発育初期のチャートパターンが先述した人工種苗と一致した個体と（Fig.2B）、中心から500～600 μm まで5～6前後を推移し、その後、2前後へ下降するパターンを示す個体が認められた（Fig.2C）。後者のようなチャートパターンは、広島県沼田川の天然アユ（山本ら, 2008）のも

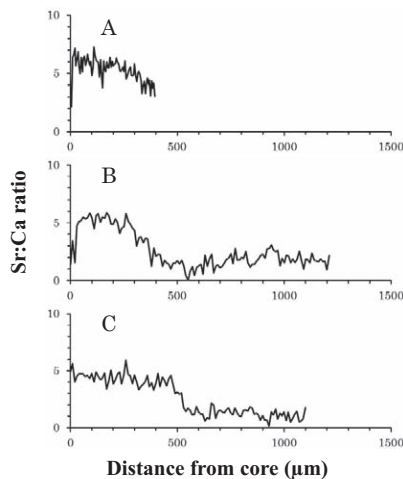


Fig. 2. Electron Probe Micro Analysis profiles of otolith Sr:Ca ratios of ayu.
 A: Hatchery-stocked (produced by Hiroshima city agriculture, forestry and fishery promotion center)
 B: Typical chart pattern of hatchery-stocked ayu in the spawning population
 C: Typical chart pattern of amphidromous form in the spawning population

のと酷似していたため、これらの個体は太田川に遡上した天然アユと断定した。耳石 Sr : Ca 比分析に基づけば、産卵群75尾は人工種苗が21尾で、天然アユが54尾で、産卵群への人工種苗の混入率は28%となった。

一般に、天然アユの下顎側線孔数はほとんどが正常であるが、人工種苗は欠損した個体が多い（清田, 2002; 廣瀬・鈴木, 2003）。太田川に放流された放流種苗79尾について、下顎側線孔数の計数を行ったところ、正常率（下顎側線孔数が4対8孔）は24%（18/74尾）であった。これに対して、太田川高瀬堰下流で採集された産卵群の下顎側線孔数の正常率は66%（115/173尾）に達した。産卵群には天然アユが半数以上含まれていることがうかがえる。

産卵群173尾について側線上方横列鱗数の計数を行ったところ、範囲は13~26枚となった（Fig.3）。人工種苗は天然アユと比べると側線上方横列鱗数は少なく（Nishida and Sawashi, 1987; 相澤・中川, 2008; 海野, 2011）、広島市水産振興センターで生産された種苗では17枚以下である（広島市経済観光局農林水産部水産課, 2013）。産卵群173尾において側線上方横列鱗数が17枚以下の個体を人工種苗と仮定すると、人工種苗が53尾、天然アユが120尾と推定され、産卵群への人工種苗の混入率は31%となった。

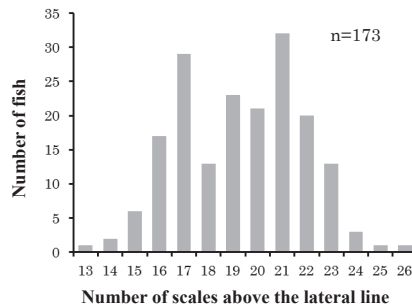


Fig. 3. Frequency in number of scales above the lateral line in the spawning population.

産卵群のうち耳石 Sr : Ca 比分析で人工種苗と断定された21個体の側線上方横列鱗数は17枚以下が17尾であったものの、19枚、21枚、22枚など、例外的な個体が4尾みいだされた。また、耳石 Sr : Ca 比分析で天然アユと断定された54個体の側線上方横列鱗数は18枚以上が50尾であったが、15枚、17枚など、例外的な個体が4尾みいだされた。側線上方横列鱗数は天然アユと人工種苗を判別するのに有用な形質であるが、測定者間で数が安定しないことも多い（海野, 2011）。耳石 Sr : Ca 比は由来判別に安定した形質であるが、遡上時期が早い天然アユが存在すれば人工種苗と誤判定してしまう可能性もある。太田川のアユ産卵群の由来を耳石 Sr : Ca 比分析や側線上方横列鱗数で推定すると、人工種苗が3割程度と考えられた。

アユ産卵群の由来判別を実施した事例については、岐阜県長良川では天然アユの割合が89%（Otake *et al.*, 2002）、島根県江の川で31%（清家ら, 2002）、島根県斐伊川では93%（海野ら, 2005）との報告がある。産卵群における天然アユと放流種苗との割合は、天然アユの豊度や放流種苗の生残などに影響されるため、単年度の研究結果が太田川のアユ産卵群を反映している確証はない。ただし、本研究は、天然稚アユの移植放流が実施されていない年に実施することができた数少ない研究例であり、今後、太田川のアユの資源管理を行う上で有益な知見となり得るであろう。

謝 辞

研究に際し、広島市経済観光局農林水産部水産課の佐々木廣治前課長並びに太田川漁業協同組合の森 正記組合長には資料提供など、多大なるご協力を頂いた。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。分析にご協力頂いた同センターの柴田恭宏技師ならびに関係者に感謝申し上げます。

引用文献

- 相澤 康・中川 研. 2008. 神奈川県早川におけるアユの生物生産と適正資源量の検討. *神奈川県水産技術センター研究報告*. **3**: 79-85.
- 廣瀬 充・鈴木 信. 2003. 側線上方横列鱗数と下顎側線孔数からの人工アユと天然アユとの判別. *平成15年度福島県内水面水産試験場事業報告書*. 47-48.
- 広島市経済観光局農林水産部水産課. 2013. 太田川の流量等と水産生物の生育環境に係る調査・解析業務報告書. 33-35.
- 広島市経済観光局農林水産部水産課. 2014. 太田川の再生推進に係る調査・解析業務報告書. 5-6.
- 井塚 隆. 2001. 海産アユと人工採苗アユの耳石形態の差異について. *神奈川県水産総合研究所研究報告*. **6**: 11-21.
- 久保田仁志・手塚 清・福富則夫. 2008. マイクロサテライト DNA マーカーによる釣獲されたアユの由来判別と種苗放流効果の評価. *日本水産学会誌*. **74**: 1052-1059.
- 清田季義. 2002. 海産系人工生産アユの下顎側線孔の欠損について. *熊本県水産研究センター研究報告*. **5**: 39-41.
- 工藤孝也. 2006. 平成16年度における太田川のアユ仔魚の流下生態. *広島県立水産海洋技術センター研究報告*. **1**: 23-26.
- Nishida, M., Sawashi, Y., 1987. Geographic Differences in the Number of Longitudinal Scales of the Ayu *Plecoglossus altivelis*. *NIPPON SUISAN GAKKAISHI*. **53**: 2089.
- 農林水産省大臣官房統計部. 2008. 平成17年度漁業・養殖業生産統計年報. 東京.
- Otake, T., Yamada, C., Uchida, K., 2002. Contribution of stocked ayu, *Plecoglossus altivelis altivelis* to reproduction in the Nagara River, Japan. *Fish. Sci.* **68**: 948-950.
- 清家 暁・二本木俊二・海野徹也・中川平介. 2002. 耳石 Sr/Ca 比による江の川アユ産卵群の由来判別. *生物圏科学*. **41**: 23-29.
- Tao, M., Kuroki, M., Miller, J. M., Ishida, R., Tsukamoto, K., 2008. Morphology and microchemistry of abnormal otoliths in the ayu, *Plecoglossus altivelis*. *Environmental Biology of Fishes*. **83**: 155-167.
- 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. 2011. 2. 人工種苗と放流. 「アユの科学と釣り—美しい川とアユを願って」. (片野 修・海野徹也・谷口順彦編著) 学報社, 東京: 17-28 pp.
- 占部敦史・谷口順彦・野口大毅・海野徹也. 2013. 広島県成羽川におけるアユの個別系統判別とその組成. *日本水産学会誌*. **79**: 840-850.
- 山本香葉子・高山 翔・海野徹也・古澤修一・柴田恭宏・中村和夫. 2008. 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. *生物圏科学*. **47**: 35-40.

Discrimination of stock origin of spawning population of ayu *Plecoglossus altivelis altivelis* at the Ota River, Hiroshima Prefecture

Kazuya KODA¹⁾, Chiharu TAMAMORI²⁾, Kento GOTO²⁾, Masaki YAMAMOTO³⁾,
Sho TAKAYAMA⁴⁾ and Tetsuya UMINO¹⁾

¹⁾*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University, 1-4-4 Kagamiyama,
Higashi-Hiroshima, Hiroshima 739-8528, Japan*

²⁾*Faculty of Applied Biological Science, Hiroshima University, 1-4-4 Kagamiyama,
Higashi-Hiroshima, Hiroshima 739-8528, Japan*

³⁾*Hiroshima Environment and Health Association, 9-1 Hirosekita-machi, Naka-ward,
Hiroshima, Hiroshima 730-0803, Japan*

⁴⁾*City of Hiroshima, the Economic Sightseeing Station, Agriculture, Forestry and Fisheries Division,
Fisheries Section, 1-6-34 Kokutaiji-cho, Naka-ward, Hiroshima, Hiroshima 730-8586, Japan*

Summary

Stock discrimination in the spawning population of ayu, *Plecoglossus altivelis altivelis* in the Ota River, western Japan was conducted using number of scales above the lateral line and otolith Sr:Ca ratio. Chart pattern in otolith Sr:Ca ratio of hatchery-stocked ayu was different in amphidromous form. Based on chart pattern of otolith Sr:Ca ratio, mixing ratio of hatchery-stocked ayu to the spawning population was estimated at 28%. Number of scales above the lateral line of spawning population marked from 13 to 26 (n=173). Based on number of scales above the lateral line (hatchery-stocked ayu ≤ 17 ; amphidromous ≥ 18), the mixing ratio of hatchery-stocked ayu was estimated 31%. Consequently, the contribution ratio of hatchery-stocked ayu to the spawning population was around 30% at the Ota River.

Key word: *Plecoglossus altivelis altivelis*, Spawning population, Ota River, Otolith Sr:Ca ratio