

## 広島県太田川下流域におけるカジカ中卵型 *Cottus* sp. (middle-egg type) の回遊履歴の推定

津行篤士<sup>1)</sup>・岡崎隆真<sup>1)</sup>・海野徹也<sup>1)\*</sup>・竹下邦明<sup>2)</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> 復建調査設計株式会社, 〒732-0052 広島市東区光町2-10-11

**要 旨** 広島県太田川下流の高瀬堰周辺で採集されたカジカ中卵型の回遊性を、耳石 Sr:Ca 比分析によって確認した。高瀬堰周辺で採集した24個体の耳石 Sr:Ca 比は発育初期に高く、成長に従って減少した。よって、これらの個体は回遊型であると断定できた。一方、高瀬堰の上流に生息していた1個体は陸封型であった。カジカ中卵型は、回遊パターンに対して柔軟性を有することで環境に適応していると考えられた。

**キーワード**：太田川, 回遊履歴, カジカ中卵型, 耳石 Sr:Ca 比

### 緒 言

カジカはカサゴ目カジカ科カジカ属に分類される日本固有種で、沖縄県、九州の一部を除く日本各地の河川に広く生息している（後藤, 2001）。広島県下の一級河川においては、小瀬川、太田川、芦田川および江の川で生息が確認されている（比婆科学教育振興会, 1990；太田川水系生物相学術調査委員会, 2005；吉郷, 2015）。カジカには生活史および卵の大きさにより、両側回遊性の小卵型 small-egg type と中卵型 middle-egg type および河川残留型の大卵型 large-egg type の3種が存在する（後藤, 2001）。

カジカ属魚類の遊泳力はアユなどに比べ劣っているため、河川横断構造物によってその生息域は制限される（高木・谷口, 1992；大友ら, 1999；藁田, 2011）。そのため両側回遊性のカジカ中卵型の生息数は全国的にも著しく減少しており（藁田, 2011）、環境省のレッドリストでは絶滅危惧 IB 類、広島県のレッドリストでは絶滅危惧 I 類に指定されている（環境省, 2012；広島県, 2012）。

近年、通し回遊魚の耳石ストロンチウムとカルシウムの比率（耳石 Sr:Ca 比）を分析することで通し回遊魚の回遊履歴を再構築する技術が発達した（大竹, 2010）。この技術によって、カジカ属でも近縁種間で回遊生態の一部が異なっていることや、同一種内で回遊個体群と非回遊個体群がいることなどが明らかになっている（Goto and Arai, 2003；Goto and Arai, 2006；岡部ら, 2011；海野ら, 2015）。また、耳石 Sr:Ca 比の分析によって回遊性が証明されれば、堰に付設された魚道や河川の連続性などの客観的評価が可能である（海野ら, 2015）。

本研究では、広島県太田川におけるカジカ中卵型の保全のための基礎的知見を得るため、本種の耳石 Sr:Ca 比分析によって太田川下流域における回遊履歴を確認した。また、河川横断構造物が太田川に生息するカジカ中卵型に与える影響を考察した。

### 材料および方法

#### 供試魚

広島県を貫流する太田川は幹川流路延103km、流域面積1,710km<sup>2</sup>の一級河川である。供試魚の採集は2014

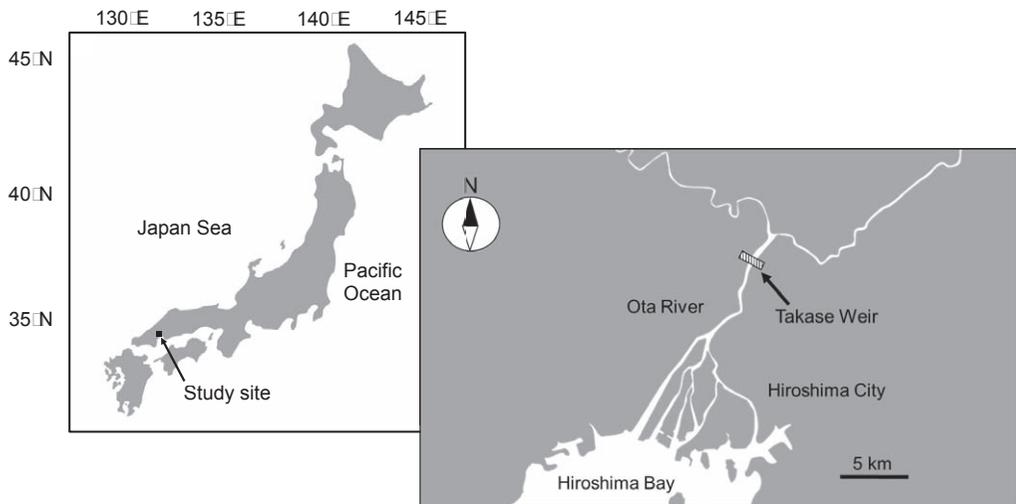


Fig. 1. Map of study site. Sampling site and Takase Weir located on lower reach of the Ota River.

年11月11日に、太田川河口から約13.6 km の地点にある高瀬堰の上流（広島市安佐南区八木地区）および下流（広島市安佐南区川内地区）にて実施した（Fig. 1）。高瀬堰は河口から約13.6kmの地点に、治水・利水・発電放流水の調整を目的に建設された多目的堰で、階段式の魚道が2ヶ所に常設されている。

供試魚を採集するにあたり、高瀬堰の上流に長方形（75 m<sup>2</sup>）、堰下流には三角形（16 m<sup>2</sup>）の調査区を設けた。採集には投網を用い、それぞれの調査区において4人で1時間30分間の採集を行った。調査面積当たりの採捕個体数をもとに、カジカ中卵型の生息密度（採捕個体数 / m<sup>2</sup>）を算出した。採捕個体は直ちに標準体長および体重を測定した後に、エタノールで固定し、耳石 Sr:Ca 比分析に供した。

### 耳石 Sr:Ca 比分析

採集したカジカ中卵型25個体より扁平石を摘出し、耳石の凸面が上になるようにスライドグラス上にエポキシ樹脂（Epofix, Struers 社製）で包埋した。包埋後、耳石の核が露出するまで耐水研磨紙（#1200～2400）で研磨し（Struers S5629）、最終的に1μmのダイヤモンドペーストで研磨面を鏡面仕上げた。表面にカーボン蒸着を施した試料を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上で線分析を行い、發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。分析条件は既報、海野ら（2001）に準じ、CaSiO<sub>3</sub>および SrTiO<sub>3</sub>を標準試料に用いて濃度（重量%）を求めた。

### 結果および考察

高瀬堰上流で5個体、高瀬堰下流で20個体、合計25個体のカジカ中卵型を採集した。採集された25個体の標準体長（平均値 ± 偏差）は56 ± 18 mm であり、範囲は37～120mmであった（Table 1）。採集した個体数をもとに生息密度を算出した結果、高瀬堰より上流では0.07尾 / m<sup>2</sup>、高瀬堰の下流では1.21尾 / m<sup>2</sup>となった。

高瀬堰より下流で採捕された20個体（個体番号 D1-20）の耳石 Sr:Ca 比は、耳石中心部で3.0～4.0を推移し、縁辺部では2.0前後まで減少するパターンを示した（Fig.2）。既報（Goto and Arai, 2003）によれば、カジカ中卵型の耳石 Sr:Ca 比は、海水域で2.4～3.4、淡水域で1.3～1.8を示すという。また、同属のカマキリ *Cottus kazika* では海水から淡水への移行時において2.1前後の値を示す（岡部ら, 2011）。よって、高瀬堰下流で採捕されたカジカ中卵型20個体は回遊型であることが確認された。

Table 1. Fish I.D. with sampling environments for the *Cottus* sp. (middle-egg) type used for otolith Sr : Ca analyses

Fish ID	Standard length (mm)	Body weight (g)	Sampling environments			Life mode estimated from Sr : Ca ratio
			Sampling site	Depth (m)	Velocity (m/s)	
D1	46	1.8	down stream of the Takase Weir	0.3	0.8	Amphidromous
D2	50	0.2	-	0.3	1.2	Amphidromous
D3	57	3.5	-	0.3	1.3	Amphidromous
D4	77	8.7	-	0.3	0.8	Amphidromous
D5	72	8.7	-	0.3	1.0	Amphidromous
D6	55	3.2	-	0.3	1.1	Amphidromous
D7	53	2.6	-	0.3	1.1	Amphidromous
D8	38	0.9	-	0.2	1.3	Amphidromous
D9	44	1.7	-	0.2	1.0	Amphidromous
D10	53	2.5	-	0.2	1.0	Amphidromous
D11	40	1.4	-	0.2	1.0	Amphidromous
D12	42	1.2	-	0.2	1.5	Amphidromous
D13	38	0.9	-	0.2	1.5	Amphidromous
D14	37	1.1	-	0.2	1.5	Amphidromous
D15	43	1.5	-	0.3	1.0	Amphidromous
D16	53	3.0	-	0.2	1.1	Amphidromous
D17	63	4.3	-	0.2	1.3	Amphidromous
D18	59	4.9	-	0.2	1.2	Amphidromous
D19	46	1.8	-	0.2	1.3	Amphidromous
D20	61	5.2	-	0.3	1.2	Amphidromous
U1	62	4.4	upper stream of the Takase Weir	0.3	1.1	Amphidromous
U2	120	36.8	-	0.2	0.6	Amphidromous
U3	89	18.8	-	0.3	0.8	Amphidromous
U4	49	2.5	-	0.1	0.5	Landlock
U5	63	4.6	-	0.2	1.2	Amphidromous

高瀬堰より上流で採捕された5個体のうち、U4を除く4個体の耳石 Sr:Ca 比は、200 - 300  $\mu\text{m}$  において3.0以上を推移した後、減少し、縁辺部にかけて2.0前後で推移した (Fig.2)。これら堰上流で採集された4個体は回遊型であることが確認できた。堰の上流で採集された5個体のうち、U4の耳石 Sr:Ca 比には発育初期から大きな変化が認められず、終始、2.0前後で推移した。そのため、U4は陸封型であると判断された。

太田川下流域で採捕されたカジカ中卵型25個体の耳石 Sr:Ca 比分析の結果、24個体は回遊型の生活史を持っていることが示唆された。ただし、発育初期の耳石 Sr:Ca 比の減少パターンは個体によって異なった。例えば、多くの個体 (D2, D3, D5, D7-10, D13-17, D19, D20) は、耳石径100 - 420  $\mu\text{m}$  付近で比が減少し始めたが、個体番号 D1, D12, D18は耳石径50 - 300 $\mu\text{m}$  にかけて緩やかな減少を示した。個体番号 D4, D6, D11は耳石径200 - 300 $\mu\text{m}$  付近で一時的に2.0以下に減少した後、再び3.0付近まで増加し、耳石径400 $\mu\text{m}$  から縁辺部にかけての2.0前後で推移した。発育に伴う耳石 Sr:Ca 比のチャートパターンからすれば、海水生活期間は個体変異に富むことが示唆された。

堰より上流で採集された個体のうち、唯一 U4だけは海水域まで降海していなかった。両側回遊型とされてきたカジカ中卵型には陸封型の個体群が存在するという (Goto *et al.*, 2002 ; Goto and Arai, 2003)。また、カジカ中卵型と同じく両側回遊魚とされるオオヨシノボリでは、重信川水系でダム陸封個体群が確認されている (高木ら, 2011)。本研究において堰上流で採捕された U4は、高瀬堰の湛水域で初期生活を送った陸封型である可能性がある。

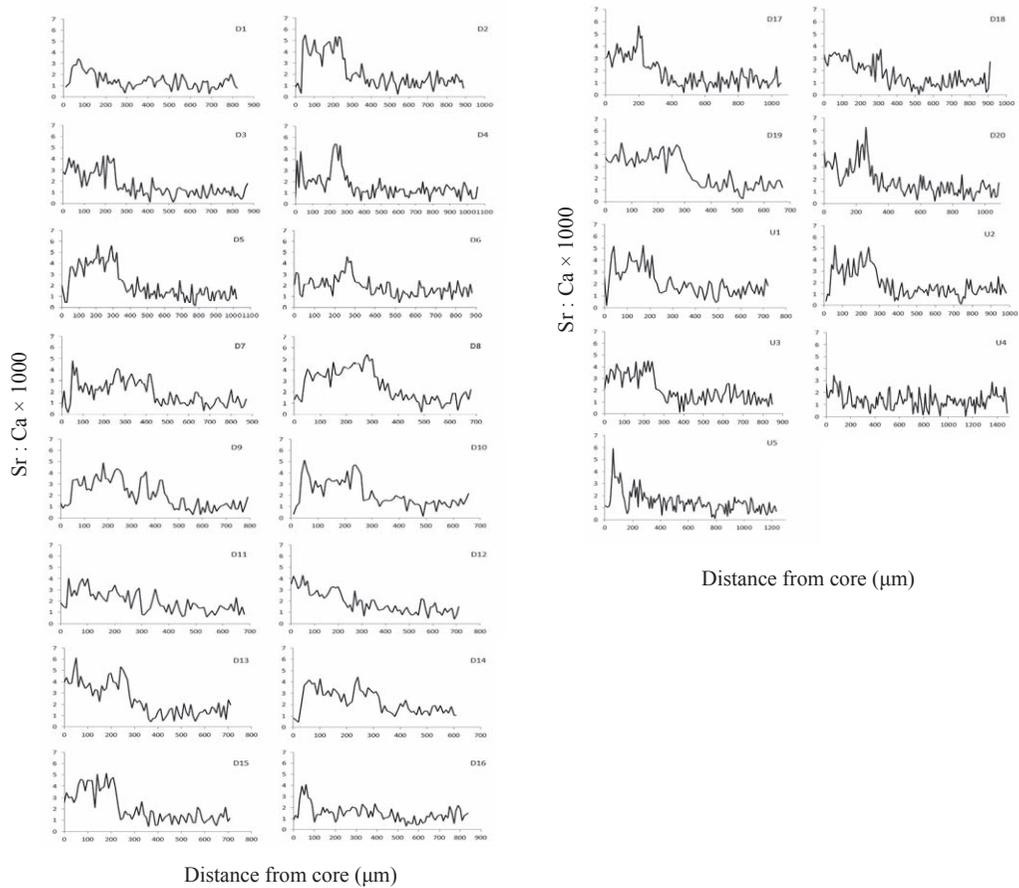


Fig. 2. Changes in the Sr:Ca ratio between the core and the edge of the sagittal otolith of *Cottus* sp. (middle-egg type) from the Ota River.

遊泳力の乏しいカジカ類をはじめとする通し回遊魚は、河川横断建造物に付随する魚道の機能を評価する指標となる(藁田・瀬谷, 2012)。高瀬堰の上流で採集されたカジカ中卵型の多くは、耳石 Sr:Ca 比分析によって河口から遡河した回遊型であることが証明された。この結果は、河口より遡河したカジカ中卵型が高瀬堰を通過した傍証になる。ただし、陸封(河川残留)型の個体が存在する種では、回遊性も吟味する必要がある(海野ら, 2015)。事実、高瀬堰の上流で採捕されたカジカ中卵型には河川陸封型の個体も認められた。今後、高瀬堰より上流に生息するカジカ中卵型については生息数や生息密度だけでなく、耳石 Sr:Ca 比分析によって回遊型を確認することで正確な魚道の評価が可能になるだろう。

高瀬堰には階段式の魚道が2ヶ所設置されている。しかし、この魚道はアユなど遊泳力の高い魚類を対象として設計された(国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所, 2012)。そこで、遊泳力の乏しい底生魚の遡上を促進するため、同堰に設置されている舟通しの魚道としての改修運用が平成24年度より開始され、平成25年度以降のモニタリング調査では堰の上流においてもカジカ中卵型の生息が確認されるようになった(国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所, 2015)。しかしながら、高瀬堰上流のカジカ中卵型の生息密度は堰下流よりも極端に低く、今後の太田川におけるカジカ中卵型の保全のためには生息域の拡大が望まれる。さらに、多様な生活史を持つカジカ中卵型については、遡河履歴を推定するだけでなく、親魚の移動や仔魚の流下の実態の解明など、多角的に回遊生態の解明に取り組む必要があるだろう。

## 謝 辞

耳石 Sr:Ca 比分析は広島大学自然科学研究支援センターの電子線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広島大学技術センターの柴田恭宏技官に心より感謝する。

## 引用文献

- 後藤 晃. 2001. カジカ「日本の淡水魚」(川那部浩哉・水野信彦編), 山と溪谷社, 東京: 666-667 pp.
- Goto, A., Arai, T., 2003. Migratory histories of three types of *Cottus pollux* (small-egg, middle-egg, and large-egg types) as revealed by otolith microchemistry. *Ichthyological Research*, **50**, 67-72.
- Goto, A., Arai, T., 2006. Diverse migratory histories of Japanese *Trachidermus* and *Cottus* species (Cottidae) as inferred from otolith microchemistry. *Journal of Fish Biology*. **68**, 1731-1741.
- Goto, A., Yokoyama, R., Yamada, M., 2002. A fluvial population of *Cottus pollux* (middle-egg type) from the Honmyo River, Kyushu Island, Japan. *Ichthyological Research*, **49**, 318-323.
- 比婆科学教育振興会. 1990. カジカ. 「広島県の淡水魚」. 中国新聞社, 広島: 256-257 pp.
- 広島県. 2012. レッドリスト, 汽水・淡水魚: <https://www.pref.hiroshima.lg.jp/site/tayousei/j-j2-reddata2-index2.html>. (参照 2015-9-1).
- 環境省. 2012. レッドリスト, 汽水・淡水: <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=16264>. (参照 2015-3-1).
- 国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所. 2015. 平成26年度底生魚遡上に関する調査結果. [http://www.cgr.mlit.go.jp/oitagawa/topics/news/takasezeki/PDF/04\\_kankyou-torikummi/01\\_teiseigyonosojyou/H26\\_chousakekka.pdf](http://www.cgr.mlit.go.jp/oitagawa/topics/news/takasezeki/PDF/04_kankyou-torikummi/01_teiseigyonosojyou/H26_chousakekka.pdf). (参照 2015-9-1)
- 国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所. 2012. Gogi 通信, Vol. **118**.
- 森田孝晴. 2011. 河川性カジカにおける繁殖・生態多様性と保全「カジカ類の多様性」(宗原弘幸・後藤 晃・矢部 衛編). 東海大学出版会, 神奈川: 158-175 pp.
- 森田孝晴・瀬谷政貴. 2012. 利根川最下流域に流入する感潮河川最下流部の堰が魚類相に及ぼす影響. *応用生態工学*, **15**, 187-195.
- 太田川水系生物相学術調査委員会. 2005. カジカ. 「太田川生物誌」. 国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所, 広島: 138-139 pp.
- 大竹二雄. 2010. 耳石解析「魚類生態学の基礎」(塚本勝巳編). 恒星社厚生閣, 東京, 100-109 pp.
- 大友芳成・鈴木 栄・鈴木邦雄. 1999. カジカの生息環境について. *埼玉県水産試験場研究報告*. **57**, 6-16.
- 岡部正也・佐伯 昭・芥川健二・清家 暁・海野徹也. 2011. 耳石 Sr/Ca 比による高知県四万十川および物部川産カマキリ当歳魚の遡上履歴の推定. *生物圏科学*. **50**: 33-42.
- 高木基裕・谷口順彦. 1992. 高知県におけるカマキリ, *Cottus kazika* の分布. *水産増殖*. **40**. 329-333.
- 高木基裕・矢野 諭・柴川涼平・清水孝昭・大原健一・角崎嘉史・川西亮太・井上幹生. 2011. 愛媛県・重信川水系の石手川ダムにおけるオオヨシノボリの陸封化と遺伝的分化. *応用生態工学*. **14**. 35-44.
- 海野徹也・山本雅樹・笹田直樹・大原健一. 2015. 江の川における通し回遊魚の耳石 Sr:Ca 比と回遊履歴. *応用生態工学*. **18**. 1-7.
- 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.
- 吉郷英範. 2015. 広島県の陸水魚類. *比和科学博物館報告*. **56**. 150-151.

## The migratory histories of the *Cottus* sp. (middle-egg type) in the Ota River

Atsushi TSUYUKI<sup>1)</sup>, Ryuma OKAZAKI<sup>1)</sup>, Tetsuya UMINO<sup>1)</sup>, Kuniaki TAKESHITA<sup>2)</sup>

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

<sup>2)</sup>*Fukkenn co. Ltd, 2-10-11 Higashi, Hiroshima, Hiroshima 732-0052, Japan*

### Summary

The migratory histories of *Cottus* sp. (middle-egg type) were insighted from ontogenetic changes in otolith Sr:Ca ratios. We sampled 25 fish in the upstream and downstream of the Takase Weir in the Ota River. Twenty-four fish were categorized as amphidromous form whereas one individual caught in the upstream, showed landlocked life mode. Intraspecific variations in the migration pattern recorded for *Cottus* sp. (middle-egg type) suggest a plasticity strategy for diadromous behaviors.

**Key words:** *Cottus* sp. (middle-egg type), Migratory history, Ota River, Sr:Ca ratio