事例研究 CASE STUDY

江の川における通し回遊魚の耳石 Sr : Ca 比と回遊履歴

海野 徹也^{1)*}・山本 雅樹¹⁾・笹田 直樹²⁾・大原 健一³⁾

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) 株式会社ウエスコ 〒700-0033 岡山県岡山市北区島田本町 2-5-35

3) 岐阜県農政部 〒500-8570 岐阜県岐阜市藪田南 2-1-1

Tetsuya UMINO^{1)*}, Masaki YAMAMOTO¹⁾, Naoki SASADA²⁾, Kenichi OHARA³⁾: Life history scan using otolith Sr : Ca ratios of diadromous fish in the Gouno River, western Japan. *Ecol. Civil Eng.* 18(1), 147-154, 2015

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

2) Wesco co., ltd., Okayama, Okayama 700-0033, Japan

3) Department of Agricultural Policy, Gifu, Gifu 500-8570, Japan

Abstract: Otolith Sr : Ca ratios of eleven diadromous species in the Gouno River were analyzed to reconstruct their migratory histories. *Tridentiger obscurus* from the river estuary migrated only brackish water throughout life history. Amphidromous life mode for *T. brevispinis*, *Rhinogobius nagoyae*, *R. fluviatilis*, *R. giurinus*, *Gymnogobius opperiens*, *G. urotaenia*, *Cottus kazika* and *Cottus* sp. (middle-egg type) from the middle-reaches (down stream of Hamahara Dam) was supported by the ontogenetic changes in the Sr : Ca ratios. *G. urotaenia* and *T. brevispinis* from upper stream of Hamahara Dam were categorized as non-diadromous life mode by the constantly low Sr : Ca ratios. Also, non-diadromous life mode was found at *Rhinogobius* sp. OR (Sinjiko type) from downstream of Hamahara Dam. Intraspecific variation in the migration pattern recorded for *G. urotaenia*, *T. brevispinis* and *Rhinogobius* sp. OR (Sinjiko type) suggest a plasticity strategy for diadromous behaviors.

Key words: Cottidae, diadromous fish, Gobiidae, Gouno River, otolith Sr : Ca ratio

はじめに

広島県芸北山地を源流域とする江の川は三次盆地で馬洗川、西条川および神野瀬川と合流し、島根県を縦流した後、江津市で日本海に注ぐ。流路長は 194 km、流域面積は 3,870 km² に達し、中国地方の河川としては、唯一、中国山地の脊梁部を貫流する一級河川である。江の川は魚類相も豊富で、1993～2013 年にかけて国土交通省が行っている河川水辺の国勢調査（魚類調査）では、これまでに 93 種の魚類が確認されている。2013 年の調査結果によると 71 種が確認され、生活型別の構成では、

純淡水魚が 37 種、次いで汽水・海水魚が 19 種であり、回遊魚は 15 種であった（国土交通省浜田河川国道事務所 2014）。また、同河川を代表する通し回遊魚としてはアユ *Plecoglossus altivelis altivelis* があげられるが、天然アユも豊富で（清家ほか 2002）、鵜飼漁は観光資源になっている。回遊性の希少種も分布しており、環境省の定めるレッドリストでは絶滅危惧Ⅱ類および絶滅危惧ⅠB 類に指定されているカマキリ *Cottus kazika* やカジカ中卵型 *Cottus* sp. (middle-egg type)（環境省 2012）、島根県のレッドデータで準絶滅危惧種に区分されているオオヨシノボリ *Rhinogobius fluviatilis*（島根県 2014）も生息している。

近年、通し回遊魚の耳石ストロンチウムとカルシウム

2015 年 3 月 8 日受付, 2015 年 7 月 5 日受理

*e-mail: umino@hiroshima-u.ac.jp

の比率（耳石 Sr : Ca 比）を分析することで海水生活履歴の有無を明らかにし、研究対象種の回遊履歴を再構築する技術が発達した（大竹 2010）。この技術によって通し回遊魚の生態解明や河川横断構造物に付随する魚道などの客観的評価の可能性を示唆した事例もある。例えば、従来、通し回遊魚と考えられた魚種でも、近縁種間で回遊パターンが異なっていることや、同一種内においても回遊性個体群と非回遊性個体群の両方が含まれることが明らかになっている（Goto & Arai 2003；酒井ほか 2004；海野ほか 2007；Tsunagawa & Arai 2008；Ohara et al. 2009；高木ほか 2012）。また、利根川河口から約 200 km に生息するサクラマス *Oncorhynchus masou masou* は非回遊性（陸封型）個体の可能性もあったが、耳石 Sr : Ca 比分析によって海水生活履歴を有する回遊型であることが証明され、利根川河口堰、利根大堰、板東大堰を通過したことが間接的に確認できた（新井ほか 2014）。

本研究は、堰堤などの工作物の設置により生息域が制限される可能性がある通し回遊魚（高木・谷口 1992；竹下ほか 2004；Ito et al. 2006；高木ほか 2011）に着目し、江の川の 3 科 11 種について耳石 Sr : Ca 比分析を行い、回遊生態を明らかにした。さらに、得られた通し回遊魚の回遊履歴情報と河川環境との関連について考察した。

材料および方法

採集の概略

本研究に供した通し回遊魚は、平成 25 年度国土交通省中国地方整備局浜田河川国道事務所による江の川水辺現地調査（魚類）の一環で採集されたものを活用した（国土交通省浜田河川国道事務所 2014）。採集は 2013 年 7 月 17～24 日（夏期）および 10 月 6～14 日（秋期）に実施され、江の川水系（神野瀬川および馬洗川を含む）の 13 地点を対象に、投網、タモ網、刺網、延縄および電撃捕魚器によって採集が行われた。採集された魚類の総個体数は 9,599 個体、30 科 71 種で、このうち通し回遊魚は目視されたサケ *Oncorhynchus keta* を含め 6 科 15 種であった。本研究は江の川水辺現地調査（魚類）の 13 地点のうち、支流の 2 地点を除く 11 地点を対象に供試魚の選定を行った。

本研究に供した通し回遊魚の分布確認のための調査地点は、河口から 2.2 km～176.6 km までの計 11 地点（St. 1～St. 11）であった。各地点の河口からの距離は、

St. 1 が 2.2～2.6 km（感潮域）、St. 2 が 24.6～25.0 km、St. 3 が 30.6～31.0 km、St. 4 が 57.2～57.6 km、St. 5 が 60.6～61.0 km、St. 6 が 85.8～86.2 km、St. 7 が 122.4～122.8 km、St. 8 が 137.4～137.8 km、St. 9 が 149.8～150.2 km、St. 10 が 172.2～172.6 km、St. 11 が 176.2～176.6 km であった。河川横断構造物としては、St. 4 と St. 5 の間に浜原ダム（河口から 58.2 km、堰長 269.4 m、1954 年完成）、St. 7 と St. 8 の間には江の川取水堰（河口から 133.1 km、堰長 100.7 m、1994 年完成）、St. 9 と St. 10 の間には高樋堰（河口から 167.2 km、堰長 73 m、1952 年完成）、St. 10 と St. 11 の間には常友堰（河口から 173.8 km、堰長 148 m、1957 年完成）、St. 11 の上流には入江床止工（河口から 176.8 km、堰長 124 m、1976 年完成）が存在する（Fig. 1）。

このうち階段式魚道を備えているのは浜原ダム（幅 2.5 m、魚道延長 215 m）、江の川取水堰（魚道幅 3.64 m、魚道延長 125 m）、高樋堰（魚道幅 3.0 m、魚道延長 4.7 m）、入江床止工（魚道幅 4.0 m、魚道延長 33.1 m）で、常友堰は粗石付き斜路式魚道および階段式魚道（魚道幅 3.0 m、魚道延長 14.9 m および魚道幅 2.5 m、魚道延長 15.2 m）が設置されている。

供試魚

耳石 Sr : Ca 比分析には、通し回遊魚とされている 3 科 5 属 11 種を用いた。具体的にはハゼ科チチブ属のチチブ *Tridentiger obscurus*、ヌマチチブ *T. brevispinis*、ウキゴリ属のウキゴリ *Gymnogobius urotaenia*、スミウキゴリ *G. opperiens*、ヨシノボリ属のゴクラクハゼ *Rhinogobius giurinus*、シマヨシノボリ *R. nagoyae*、オオヨシノボリ、トウヨシノボリ（宍道湖型）*Rhinogobius* sp. OR、カジカ科カジカ属のカマキリおよびカジカ中卵型、コイ科ウグイ属のウグイ *Tribolodon hakonensis* を選定した。なお、本研究で用いた供試魚の和名ならびに学名は中坊（2000, 2013）および後藤（1998）に準じた。

分析に供した個体の選定は、基本的に生息が確認された最上流地点で採集された個体とし、必要に応じて河川横断構造物の設置位置を考慮した。浜原ダムより下流のみで生息確認されたのは、チチブ、スミウキゴリ、ゴクラクハゼ、シマヨシノボリ、オオヨシノボリ、カマキリおよびカジカ中卵型で、これらの魚種は最上流地点で採集された個体を分析対象とした。すなわち、チチブは St. 1 のみで生息が確認されたため、同地点から採集した 1 個体を分析対象とした。スミウキゴリおよびゴクラクハゼは St. 1～St. 3 まで生息が確認されたため、最上流生息域となる St. 3 で採集した 1 個体を分析した。シ

Fig. 1. Sampling locations in the Gouno River.
江の川における採集定点

マヨシノボリ, オオヨシノボリ, カマキリは St. 2 および St. 3 で生息が確認されたため, St. 3 から採集した各種 1 個体を分析した. カジカ中卵型については St. 2 および St. 3 からそれぞれ 1 個体ずつを分析した.

次に, 浜原ダムより上流でも生息が確認されたものは, ウキゴリ, ヌマチチブ, トウヨシノボリ (宍道湖型), ウグイで, これらは生息域に加え, ダムや堰を考慮して分析個体を選定した. ウキゴリは St. 2 および St. 3 と, 浜原ダム湛水域の St. 5 で生息が確認された. よって, St. 5 の 1 個体と, ダムより下流の St. 3 で採集した 1 個体を比較対照として分析した. ヌマチチブの生息状況は典型的な分断型で, St. 2 ~ St. 4 と St. 10 および St. 11 で生息が確認された. よって, 浜原ダムより下流の St. 4, 高樋堰上流の St. 10 および常友堰上流の St. 11 より得た各 1 個体, 計 3 個体を分析対象とした. トウヨシノボリ (宍道湖型) の生息は St. 1, St. 5 および St. 8 を除く地点

で確認された. ダムや堰が地点間にみられることを考慮して, St. 4, St. 7, St. 9, St. 10 および St. 11 から各 1 個体, 計 5 個体を検体とした. ウグイの生息は St. 4, St. 5 および St. 11 を除く地点で確認されたため, St. 3, St. 6, St. 8, および St. 10 の各 1 個体, 計 4 個体を検体とした (Table 1).

耳石 Sr : Ca 比分析

各サンプル個体から偏平石を摘出し, 耳石の凸面が上になるようにスライドガラス上に置き, これをエポキシ樹脂 (Epofix, Struers 社製) で包埋した. 包埋後, 耳石の核が露出するまで研磨機 (Struers S5629) で研磨し (#1200~2400), 最終的に 1 μ m のダイヤモンドペーストで研磨面を鏡面仕上げした. 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 (EPMA: 日本電子製 JXA-8200 型, 日本電子) に供した. 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

Table 1. Specimens of eleven diadromous species for life history scan by otolith Sr : Ca ratios
回遊履歴再構築に用いた 11 種の通し回遊魚

Species	和 名	Distribution	Sampling locality with sample size	Sampling date in 2013	S.L range (mm)	Migration patterns inferred from Sr : Ca ratio
Gobiidae						
<i>Tridentiger obscurus</i>	チチブ	St.1	St.1 (n = 1)	July 23	72	Amphidromous
<i>Tridentiger brevispinis</i>	ヌマチチブ	St.2, 3, 4, 10, 11	St.4, 10, 11 (n = 3)	July 20	77-81	Amphidromous, non-amphidromous
<i>Gymnogobius urotaenia</i>	ウキゴリ	St.2, 3, 5	St.3, 5 (n = 2)	July 20, 22	55, 77	Amphidromous, non-amphidromous
<i>Gymnogobius opferiens</i>	スミウキゴリ	St.1, 2, 3	St.3 (n = 1)	October 18	56	Amphidromous
<i>Rhinogobius giurinus</i>	ゴクラクハゼ	St.1, 2, 3	St.3 (n = 1)	July 22	59	Amphidromous
<i>Rhinogobius nagoyae</i>	シマヨシノボリ	St.2, 3	St.3 (n = 1)	July 22	52	Amphidromous
<i>Rhinogobius flaviatilis</i>	オオヨシノボリ	St.2, 3	St.3 (n = 1)	October 18	63	Amphidromous
<i>Rhinogobius</i> sp. OR (Sinjiko type)	トウヨシノボリ (宍道湖型)	St.2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11	St.4, 7, 9, 10, 11 (n = 5)	July 17-20, October 13	52-63	Non-amphidromous
Cottidae						
<i>Cottus kajika</i>	カマキリ	St.2, 3	St.3 (n = 1)	July 22	135	Amphidromous
<i>Cottus</i> sp. (middle-egg type)	カジカ中卵型	St.2, 3	St.2, 3 (n = 2)	July 22	65, 68	Amphidromous
Cyprinidae						
<i>Tribolodon hakonensis</i>	ウグイ	St.1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10	St.3, 6, 8, 10 (n = 4)	July 18, 21, October 8, 10	35-103	Non-amphidromous

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。分析条件は既報（海野ほか 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。カルシウムに対するストロンチウムの濃度比は 10^3 倍したものを Sr : Ca 比とした。

結果および考察

本研究は江の川に生息する通し回遊魚について網羅的に耳石 Sr : Ca 比分析を行った。そのため対象とした通し回遊魚は、ハゼ科、カジカ科、コイ科の 3 科 5 属 11 種に達した。ただし、各種の分析個体数は生息確認域や河川横断建造物を考慮し、必要最小限（1～5 個体）としたため、分析個体数の制約を考慮した論議にとどめた。

St. 1 で採集されたチチブの耳石 Sr : Ca 比は、中心から縁辺にかけて 3～7 の間を推移したまま変化は認められなかった（Fig. 2）。このことから、分析に供したチチブは汽水域を主な生活領域にしていたと考えられた。江の川においてチチブは河口近くの感潮域（St. 1）で採集されたものの、それより上流の淡水域では生息が確認されていない。今後は、より多くのチチブの耳石 Sr : Ca 比を精査することで、本種の回遊様式を明らかにする必要がある。

チチブと近縁種のヌマチチブは St. 2～St. 4 および St. 10 および St. 11 で生息が確認された。浜原ダム下流の St. 4 で採集したチチブの耳石 Sr : Ca 比は、発育初期に 5 前後を示したものが、その後、減少に転じていることから、回遊型と断定できる。ヌマチチブは St. 4 より下流の St. 2 および St. 3 にも分布するが、これらも回遊型の可能性が高いであろう。これに対して、高樋堰より上流の St. 10 および常友堰上流の St. 11 で採集されたヌマチチブの耳石 Sr : Ca 比は、2 個体ともに、終始、淡水レベルの 1 前後を示したことから非回遊型と考えられ、浜原ダムの上下に連続して生息していたヌマチチブは回遊型と非回遊型に分かれることが示唆された。

ウキゴリの生息は浜原ダムより下流の St. 2、St. 3 および同ダム上流の St. 5 で確認された。St. 3 で採集された個体の耳石 Sr : Ca 比は典型的な回遊型を示した。浜原ダム湛水域である St. 5 に生息していた個体の耳石 Sr : Ca 比は、耳石中心部で高い値を示したものの、終始、淡水レベルの 1.5 前後を推移していた。耳石中心部の Sr : Ca 比の一過性の上昇は、回遊履歴とは関係なく、

親由来のストロンチウムや有機物の影響であることが知られている（海野ほか 2001）。よって、この St. 5 の個体は浜原ダム湛水域で再生産した非回遊型個体の可能性が極めて高い。

耳石 Sr : Ca 比を分析することで、江の川のヌマチチブやウキゴリには回遊型と非回遊型が存在する事が明らかになった。浜原ダムより上流に生息していたヌマチチブやウキゴリについて耳石 Sr : Ca 比分析を実施しなければ、これら個体を海水域から浜原ダムの魚道を遡上した回遊型個体と誤判定する可能性もある。今後は、ヌマチチブやウキゴリの種分布域だけでなく、両種の回遊型を対象に、上流域への遡上状況をモニタリングすることで、河川の連続性が評価できると思われる。

スミウキゴリは St. 1～St. 3 まで生息が確認された。St. 3 から入手した本種の耳石 Sr : Ca 比は、発育初期に 4 前後を示したものが減少に転じていることから、回遊型と断定できる。

ゴクラクハゼの生息は St. 1～St. 3 で確認された。St. 3 で採集された個体の耳石 Sr : Ca 比を分析したところ、発育初期に 5 前後を示した比が 2 前後に減少したことから、回遊型と推定された。

江の川におけるシマヨシノボリおよびオオヨシノボリは、いずれも浜原ダムより下流の St. 2 および St. 3 で確認され、両種とも St. 3 の個体は回遊型であった。シマヨシノボリやオオヨシノボリはトウヨシノボリ類に比べると遡上能力が高い（Ito et al. 2006）。実際に回遊型のオオヨシノボリが河川上流域で確認された例もある（高木ほか 2011）。今のところ、これら 2 種については浜原ダムより上流で生息が確認されていないが、魚道などの機能性が向上することによって生息域が拡大する可能性がある。

江の川のトウヨシノボリ（宍道湖型）はダムや堰に関係なく、中流域全般に生息が認められた。浜原ダム下流 St. 4 で採集されたトウヨシノボリ（宍道湖型）の耳石 Sr : Ca 比は終始、1.5 前後を推移した。Fig. 2 には St. 4、10、11 から得られたトウヨシノボリ（宍道湖型）のデータを示したが、分析した 5 個体の耳石 Sr : Ca 比は、いずれの個体も海水生活の痕跡が認められなかった。よって、江の川のトウヨシノボリ（宍道湖型）は非回遊型が存在していると考えられる。Ohara et al. (2009) は、兵庫県円山川のトウヨシノボリ（宍道湖型）は移動阻害構造物が無いにも関わらず非回遊型個体が存在していることを明らかにした。トウヨシノボリ（宍道湖型）は回遊パターンに対して高い柔軟性を有しているものと考え

Fig. 2. Profiling of otolith Sr : Ca concentration ratio from the core to the edge of an otolith for each species. The ratios were multiplied by 10^3 for presentation.
各サンプル個体の耳石 Sr : Ca 比 (Sr : Ca 比は 10^3 倍して表記)

られた。

カジカ科のカマキリおよびカジカ中卵型は、ともに St.2 および St.3 で生息が確認された。生息最上流部 St.3 に由来する個体の耳石 Sr : Ca 比は発育に伴って減少した。このようなプロファイルは降河回遊するカマキリ (Goto & Arai 2006) と酷似し、回遊型と考えられた。ただし、今回、分析したカマキリの発育初期、すなわち海水生活時の耳石 Sr : Ca 比は 3.5 前後であり、この値は半海水 (15 psu) で飼育されたカマキリの耳石 Sr : Ca 比 (=4.4) より、若干、低い (岡部ほか 2011)。江の川のカマキリは発育初期に沿岸まで降海せず、河口の低塩分域を主な生活領域としている個体も存在するであろう。一方、カマキリ同様、カジカ中卵型は、St.2 および St.3 で生息が確認された。St.3 より採集した個体の耳石 Sr : Ca 比はカマキリと類似し、耳石中心から 400 μm 付近で減少が認められるようなパターンを示した。その一方、St.2 で採集された個体は耳石中心 100 μm 付近のみ 4 近くを示すパターンであった。このような耳石 Sr : Ca プロファイルは富山県庄川で認められているが (Goto & Arai 2003)、江の川のカジカ中卵型の海水生活期間は個体レベルで異なる可能性がある。

ウグイはトウヨシノボリ (宍道湖型) と同様、ダムや堰に関係なく、中流域全般に生息が認められた。浜原ダムより下流の St.3 で採集された個体を含め、4 個体について耳石 Sr : Ca 比分析を行った。Fig.2 には St.3 と St.6 で採れた 2 個体の分析結果を示すが、いずれの個体にも海水生活履歴は確認できなかった。三重県賀茂川のウグイの降海時期には個体変異があり、最大で体長 10 cm (当歳魚) まで河川に残留している可能性もある (石崎ほか 2010)。この点、本研究で分析に供したウグイの体長は 35~103 mm と小型であり、降海前の個体の可能性も否定できない。三重県賀茂川におけるウグイ産卵群はほぼ全個体が汐留堰堤を通過した降海型であるという (石崎ほか 2009)。今後、江の川のウグイについては中流域に生息する成魚を分析することで本種の回遊履歴や魚道の利用状況を明らかにする必要がある。

概括すれば、江の川の浜原ダムより下流にのみ生息するシマヨシノボリ、オオヨシノボリ、スミウキゴリ、ゴクラクハゼ、カマキリ、カジカ中卵型は回遊型と考えられた。浜原ダム上流側で非回遊型の個体が認められたのはウキゴリ、ヌマチチブ、トウヨシノボリ (宍道湖型) で、このうちウキゴリとヌマチチブについては浜原ダムより下流の個体は回遊型であった。ウキゴリやヌマチチブの浜原ダムや堰より上流の非回遊型個体については、既

存集団の生息域が河川横断工作物、もしくは、付随する魚道の機能低下によって分断された可能性がある。ただし、トウヨシノボリ類はシマヨシノボリやオオヨシノボリに比べると遡上能力が低いとされており (Ito et al. 2006)、江の川のようにトウヨシノボリ (宍道湖型) がシマヨシノボリやオオヨシノボリより上流域に生息しているのは不自然である。江の川のトウヨシノボリ (宍道湖型) は、アユやオイカワなどの移植放流に伴って定着した可能性も否定できない。一方で、浜原ダムより下流のトウヨシノボリ (宍道湖型) には海水生活履歴を有していない非回遊型の生息が確認できた。トウヨシノボリ (宍道湖型) の場合、環境への適応度が高く、個体レベルで非回遊型と回遊型を選択できる柔軟性を有していると考えられた。

以上、江の川に生息する通し回遊魚の分布と回遊履歴を明らかにしたが、ウキゴリ、ヌマチチブ、トウヨシノボリ (宍道湖型) は非回遊型の存在も明らかになった。今後、河川の横断建造物に付随する魚道の評価には、通し回遊魚の分布域を調査するだけでなく、耳石 Sr : Ca 比分析によって回遊性を確認することで評価の精度が飛躍的に向上するであろう。最後に、本研究は江の川に生息する通し回遊魚の回遊性について網羅的スクリーニングを行ったが、より効果的な魚道評価のためには最適な魚種を絞り込むことも一案である。

謝 辞

本研究における通し回遊魚は国土交通省中国地方整備局浜田河川国道事務所による平成 25 年度江の川水辺現地調査 (魚類) の一環で採集されたものである。貴重な検体を快くご提供頂き、この場を借りて御礼申し上げる。

本研究で行った耳石 Sr : Ca 比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。分析に際してご指導頂いた広島大学技術センターの柴田恭宏氏に深く感謝する。

摘 要

江の川で採集された通し回遊魚 (3 科 11 種) の耳石 Sr : Ca 比を分析し、回遊履歴を検証した。耳石 Sr : Ca 比のプロファイルより、河口付近で採集されたチチブは、終始、汽水域を主な生息域としていたと考えられた。浜原ダムより下流の中流域で採集されたスミウキゴリ、ゴクラクハゼ、シマヨシノボリ、オオヨシノボリ、カマキ

り、カジカ中卵型は回遊型と考えられた。ヌマチチブやウキゴリについては中流で採集された個体は回遊型であったが、浜原ダムより上流で採取された個体は非回遊型であった。浜原ダムより上流への回遊型のヌマチチブ、ウキゴリ、シマヨシノボリ、オオヨシノボリの移動は、同ダムの魚道評価の指標となり得る。トウヨシノボリ（宍道湖型）は浜原ダムより下流の個体にも非回遊型が存在することが明らかとなった。ヌマチチブ、ウキゴリ、トウヨシノボリ（宍道湖型）は、回遊パターンに対して柔軟性を有するとことで環境に適応していると考えられた。

キーワード：カジカ科、江の川、耳石 Sr : Ca 比、ハゼ科、通し回遊魚

引用文献

- 新井肇・神澤裕平・清水延浩・松岡栄一・海野徹也（2014）利根川で釣獲された大型ヤマメの耳石微量元素分析。群馬県水産試験場研究報告 **20**: 22-28.
- 後藤晃（1998）日本の淡水カジカ類。日本動物大百科 6. 魚類（中坊徹次・望月賢二編），pp.92-93. 平凡社，東京.
- 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.
- 石崎大介・大竹二雄・佐藤達也・淀太我・吉岡基・柏木正章（2009）耳石微量元素分析を用いた三重県加茂川におけるウグイの回遊履歴の推定。日本水産学会誌 **75**: 419-424.
- 石崎大介・淀太我・吉岡基（2010）三重県加茂川におけるウグイの降海時期と降海時の体長。日本水産学会誌 **76**: 920-925.
- Ito S., Koike H., Omori K. & Inoue M. (2006) Comparison of current-velocity tolerance among six stream gobies of the genus *Rhinogobius*. *Ichthyological Research* **53**: 301-305.
- 環境省（2012）レッドリスト，汽水・淡水魚：<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=16264>.（参照 2015-3-1）.
- 国土交通省浜田河川国道事務所（2014）平成 25 年度江の川水辺現地調査（魚類）業務報告書.
- 中坊徹次（2000）日本産魚類検索 全種の同定，第二版。東海大学出版会，東京.
- 中坊徹次（2013）日本産魚類検索 全種の同定，第三版。東海大学出版会，神奈川県秦野市.
- Ohara K., Hotta M., Takahashi D., Asahida T., Ida H. & Umino T. (2009) Use of microsatellite DNA and otolith Sr : Ca ratio to infer genetic relationships and migratory history of four morphotypes of *Rhinogobius* sp. OR. *Ichthyological Research* **56**: 373-379.
- 岡部正也・佐伯昭・芥川健二・清家暁・海野徹也（2011）耳石 Sr/Ca 比による高知県物部川および四万十川産カマキリ当歳魚の遡上履歴の推定。広島大学大学院生物圏科学研究科紀要 **50**: 33-42.
- 大竹二雄（2010）耳石解析。魚類生態学の基礎（塚本勝巳編），pp.100-109. 恒星社厚生閣，東京.
- 酒井治己・新井崇臣・今井千文・杉山秀樹・佐藤仁志・田祥麟（2004）ルリヨシノボリ *Rhinogobius* sp. CO の自然陸封個体群。魚類学雑誌 **51**: 175-180.
- 清家暁・二本木俊二・海野徹也・中川平介（2002）耳石 Sr/Ca 比におけ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.
- 島根県（2014）レッドリスト，汽水・淡水魚：<http://www1.pref.shimane.lg.jp/contents/rdb/rdb2/>.（参照 2015-3-1）.
- 高木基裕・谷口順彦（1992）高知県におけるカマキリの分布。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.
- 高木基裕・関家一平・柴川涼平・清水孝昭・川西亮太・井上幹生（2012）愛媛県加茂川・中山川におけるヨシノボリ類個体群のダム隔離による遺伝的影響。応用生態工学 **15**: 161-170.
- 竹下直彦・鬼倉徳雄・松井誠一・木村清朗（2004）降河回遊型カジカ科魚類ヤマノカミとカマキリの初期生活史の比較。水産大学校研究報告 **52**: 83-92.
- Tsunagawa T. & Arai, T. (2008) Flexible migration of Japanese freshwater gobies *Rhinogobius* spp. as revealed by otolith Sr : Ca ratios. *Journal of Fish Biology* **73**: 2421-2433.
- 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測定。日本水産学会誌 **67**: 647-657.
- 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.