

北海道南部の小河川における  
ブラウントラウト *Salmo trutta* の海を介した侵入後藤暁彦<sup>1</sup>・黒木真理<sup>1</sup>・森田健太郎<sup>2</sup><sup>1</sup> 〒113–8657 東京都文京区弥生 1–1–1 東京大学大学院農学生命科学研究科<sup>2</sup> 〒062–0922 北海道札幌市豊平区中の島 2 条 2 丁目 4–1  
国立研究開発法人水産研究・教育機構北海道区水産研究所

(2020年4月1日受付; 2020年4月26日改訂; 2020年4月27日受理; 2020年5月29日J-STAGE 早期公開)

キーワード: ブラウントラウト, 降海型, 移入種

魚類学雑誌  
Japanese Journal of  
Ichthyology

© The Ichthyological Society of Japan 2020

Akihiko Goto, Mari Kuroki and Kentaro Morita\*. 2020. Invasion through the sea of a brown trout *Salmo trutta* in a small river, southern Hokkaido, Japan. J. Ichthyol., 67(2): 241–245. DOI: 10.11369/jji.20-010.**Abstract** A non-native brown trout *Salmo trutta* (407 mm in fork length, 717 g in body weight) was collected from the Otsukushinai River, southern Hokkaido, Japan, in 2019. This specimen was an immature male (0.4 g in gonad weight). The otolith Sr:Ca ratio profile and annual rings suggested that the specimen had migrated to the sea at the age of 4+ years and ascended the Otsukushinai River in the year of the seaward migration. This study is the first record of invasion of anadromous brown trout through the sea in Japan.

\*Corresponding author: Hokkaido National Fisheries Research Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, 2–2 Nakanoshima, Toyohira-ku, Sapporo, Hokkaido 062–0922, Japan (e-mail: moritak@affrc.go.jp)

ブラウントラウト *Salmo trutta* は、ヨーロッパおよび西アジアを在来分布域とするサケ科魚類で、日本には 1892 年に移入されたといわれている (Elliott, 1994)。本種はゲームフィッシングの対象種であり、北海道では主に釣り人の放流により 1980 年代以降分布が拡大し、1997 年までに日高地方と石狩地方を中心に 18 水系で生息が確認された (鷹見・青山, 1999)。現在では知床半島や日本海流入河川を含む 30 水系以上で生息が確認されているほか (下田, 2012)、本州においても中部地方を中心に分布が拡大している (Morita, 2019)。

本種は餌資源や生息場所を巡る競争や捕食など、生態系への影響が報告されており (鷹見ほか, 2002; 長谷川, 2013; Morita, 2018)、国際自然保護連合 (IUCN) の種の保存委員会により「世界の侵略的外来種ワースト 100」に選定されている。現在、日本ではブラウントラウトは、ニジマス *Oncorhynchus*

*mykiss*、レイクトラウト *Salvelinus namaycush* とともに産業管理外来種に指定され (水産庁, 2017)、さらなる分布拡大を防ぐ対策が講じられており、北海道においては内水面漁業調整規則により移殖が禁止されている。

分布拡大の防止策が講じられる一方で、本種が移殖された大西洋のフォークランド諸島では、降海した個体が他河川に遡上したことで放流に依らない分布拡大が起きていることが報告されている (McDowall et al., 2001)。日本国内では、津軽海峡や北海道の日本海沿岸域および太平洋沿岸域において降海型個体が確認されているほか (Aoyama et al., 1999; 原子, 2002)、石狩川水系の千歳川や函館湾流入河川においても降海履歴のある個体が捕獲され (Arai et al., 2002; Honda et al., 2012)、海を介した移動による他河川への分布拡大が懸念されている。

著者らは北海道南部の松前半島に位置する大尽

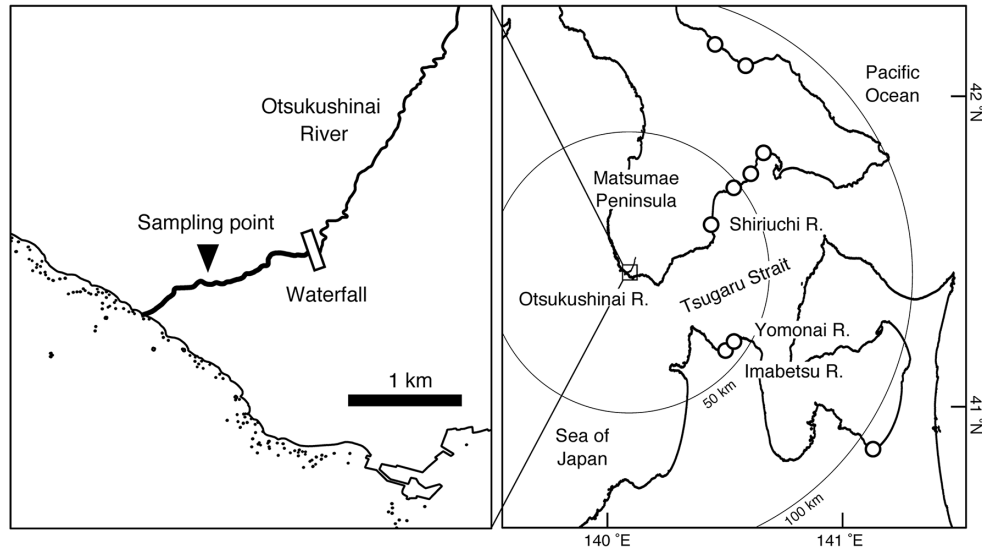


Fig. 1. Maps showing location of the Otsukushinai River, southern Hokkaido, Japan. Open circles indicate previous reports of brown trout (*Salmo trutta*) (Harako 2002; Shimoda 2012).



Fig. 2. Freshly collected brown trout (*Salmo trutta*, 407 mm FL) from the Otsukushinai River.

内川において、海を介して河川侵入したと考えられるブラウントラウト 1 個体を確認した。本研究では、採捕したブラウントラウトの形態について記載し、耳石微量元素分析による回遊履歴に基づき、その侵入経路を考察した。

### 材料と方法

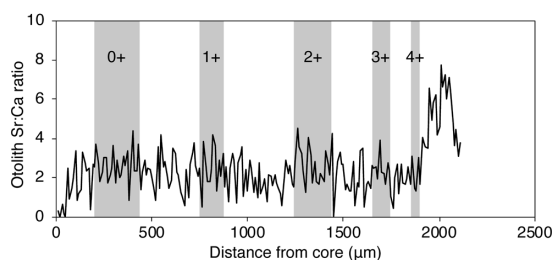
大尽内川は北海道松前半島西部を流れる流程 7 km、河口付近の川幅 3 m の小河川である (Fig. 1)。河口から 1.7 km 上流には落差約 5 m の滝があり、魚類の遡上が阻害されている。本河川はさけ・ます人工ふ化放流計画により定められる増殖河川には該当せず、過去に魚類が放流された記録はない。調査は 2019 年 8 月 25 日に、河口から 1.7 km 上流の魚止の滝までの範囲で電気ショッカー (Mod.12B, Smith-Root 社) およびタモ網 (口径 40 cm, 目合 3 mm) を用いて行った。採捕されたブラウントラウトは現地で尾叉長 (mm)、体重 (g)、生殖腺重量 (g) を計測し、耳石 (扁平石) を摘出した。

耳石は 99% エタノール中に保存し、研究室に持ち帰った。個体の成熟度は生殖腺の肉眼観察によって判定した。

耳石は実体顕微鏡下で観察し、不透明帯の数を年齢とした。その後、耳石はエポキシ樹脂 (EpoFix, Struers 社) に包埋してスライドガラスに貼り付け、研磨機 (RotoPol-35, Struers 社) を用いて核が露出するまで SiC 研磨紙 (#800–4000) で研磨し、OP-S 懸濁液で研磨面を鏡面仕上げした。洗浄・乾燥後、耳石表面にイオンスパッタ (E-1030, Hitachi 社) で白金パラジウム蒸着を施し、電子プローブマイクロアナライザ (JXA-8230, 日本電子社) を用いて耳石微量元素分析を行った。線分析の測定条件は、加速電圧 15 kV、照射電流は 1.2 nA とし、耳石核から縁辺部まで直径 9  $\mu\text{m}$  の電子ビームを 10  $\mu\text{m}$  間隔で各点 10 秒間照射した。面分析の測定条件は、加速電圧 15 kV、照射電流 5 nA とし、ピクセルサイズ 5  $\mu\text{m}$  × 5  $\mu\text{m}$  で電子ビームを各点 100 ミリ秒間照射した。分析元素は線分析、面分析ともに Sr と Ca とし、標準試料にはそれぞれ  $\text{CaCO}_3$  と  $\text{SrCO}_3$  を用いた。データ解析には、Sr と Ca の濃度比を 1000 倍した値 (以下 Sr:Ca 比) を用い、耳石 Sr:Ca 比のプロファイルから降海履歴の有無を判別した。

### 結 果

大尽内川河口から 680 m 上流地点において、ブラウントラウト 1 個体が採捕された (Fig. 1)。採



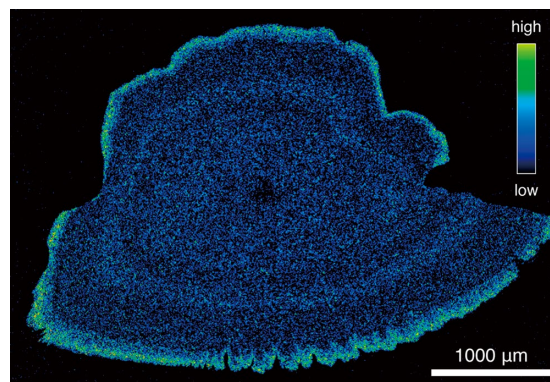
**Fig. 3.** Profile of otolith Sr:Ca ratio of a brown trout (*Salmo trutta*) from the Otsukushinai River. Gray areas indicate opaque zones.

捕されたブラウントラウトは、尾叉長 407 mm、体重 717 g のオスで、体色は銀色味を帯びており、パーマーク (parr mark) はなく鱗が剥がれやすい状態であった (Fig. 2)。筋肉は濃い橙色を呈し、胃内容物は確認されなかった。生殖腺重量は 0.4 g で、肥大がみられず紐状で未成熟であった。調査区間全体では、アユ *Plecoglossus altivelis*、ヤマメ *Oncorhynchus masou masou*、イワナ *Salvelinus leucomaenis*、およびウキゴリ属魚類 *Gymnogobius* spp. が多数捕獲されたが、ブラウントラウトは採捕された大型の 1 個体を除き、本種の幼魚や稚魚は確認されなかった。

耳石の微量元素分析の結果、耳石径に沿った Sr:Ca 比の変化が認められた (Figs. 3, 4)。耳石 Sr:Ca 比は耳石核から 1900 µm 付近までは約 0-4 の低値で推移していたことから、孵化後は淡水・汽水域の河川内に留まって生息していたと推測された。その後、Sr:Ca 比は耳石核から 1910 µm で上昇し、1950-2070 µm の範囲で Sr:Ca 比は >4 の高値を示し (最高値は 2010 µm で 7.8)、海水域に移動したものと考えられた。その後、Sr:Ca 比は耳石縁辺部で 3 付近まで低下し、再び河川に遡上したと推測された。耳石の表面観察の結果、年齢は 4+ 歳と査定され、不透明帯と Sr:Ca 比が変化した位置関係を考慮すると、本個体は 3+ 歳まで河川で生活した後、4+ 歳で降海したと推定された。

### 考 察

大尽内川で採集されたブラウントラウトは、耳石による年齢査定および微量元素分析の結果から、河川で 3+ 歳まで成長した後、同所的に生息する在来のイワナやサクラマスと比べるとやや高齢の 4+ 歳で降海し、本河川に遡上した降海型であると推察された。ヨーロッパの在来分布域における



**Fig. 4.** X-ray intensity map of Sr in a sagittal otolith of a brown trout (*Salmo trutta*) from the Otsukushinai River. Sr concentration values represented by color gradation from green (highest) to blue (lowest).

降海型のブラウントラウトは、0-3+ 歳で大半がスモルト化して降海するが、スモルト化しないまま降海する個体や高齢になってからスモルト化し降海する個体も存在することから (Birnie-Gauvin et al., 2019)、本研究で耳石微量元素分析から推定された降海履歴と矛盾しない。

大尽内川ではこれまでにサケ科魚類の採捕調査が行われてきたが (Yamamoto and Morita, 2002; Morita and Nagasawa, 2010; Yamamoto et al., 2019)、ブラウントラウトやニジマスなどの外来魚は捕獲されていない。また、本研究の調査においてもブラウントラウトの幼稚魚は捕獲されなかったことから、現時点で大尽内川において本種が定着している可能性は低く、他河川から海を介して侵入したものと推察される。大尽内川から 50 km 以内にある河川では、松前半島東部を流れる知内川や津軽半島に位置する今別川および与茂内川においてブラウントラウトが定着し、再生産していることが確認されている (原子, 2002; 下田ほか, 2017)。ブラウントラウトは降海後の沿岸回遊性が強いことが知られており (Elliott, 1994)、本研究で採捕された個体はこれら近隣河川に由来する個体である可能性が高いが、イギリスで標識されたブラウントラウトが北海を隔て 500 km 以上離れたノルウェーやデンマークで捕獲された例もあることから (Birnie-Gauvin et al., 2019)、採捕個体の回遊規模や個体の由来河川について本研究の結果のみでは断定できない。

これまで、日本国内の河川における降海型ブラウントラウトの報告は既に定着が確認された河川が主であり、他河川からの海を介した侵入を示唆

するものではなかった (Arai et al., 2002; 原子, 2002; Honda et al., 2012). ブラウントラウトの定着が確認されていなかった北海道石狩地方の厚田川において捕獲された個体 (尾叉長 375 mm) は, 2+ 歳での瞬間成長係数が高く, 降海していた可能性が指摘されているものの (青山ほか, 2002), 耳石微量元素分析などによる回遊履歴の推定は行われておらず, 食性の変化に伴う成長速度の増大の可能性も否定できない. その後, 同河川で捕獲された大型個体 (尾叉長 623 mm) について耳石微量元素分析が行われたが, 降海型ではなかったと報告されており (Arai et al., 2002), いずれも国内における降海型ブラウントラウトの河川間移動を示す確かな事例ではなかった. 本研究は, これまで本種の生息が確認されていなかった北海道の小河川において, 降海型のブラウントラウトが海を介して侵入したことを示唆する初めての報告となる.

ブラウントラウトが生態系に与える影響は, 魚食性の強い大型個体による捕食 (下田, 2012) や在来種のイワナとの交雑 (Kitano et al., 2009) など多岐にわたるが, とくにニッチが重複するイワナとの競合が懸念されている (長谷川, 2013). ブラウントラウトが侵入した北海道石狩地方の紋別川においては, 侵入時から 15 年以内に優占種がイワナから本種に置き換わった (鷹見ほか, 2002). 降海型のブラウントラウトが海を介して分布を拡大したフォークランド諸島においては, 侵入域で在来種であるガラクシアス科の *Aplochiton zebra* が減少しており, 遡上により侵入しやすい堰堤や滝の下流域で影響が顕著に現れている (McDowall et al., 2001).

今後, 日本におけるブラウントラウトの分布の拡大を防止し, 生態系に与える影響を抑えるためには, 本種の移殖放流の禁止のみならず, 海洋からの侵入も考慮した対策・監視が必要と考えられる.

## 謝 辞

本研究を実施するにあたり, 東京大学大学院農学生命科学研究科の高須賀明典氏, 山川 卓氏にはご助言とご協力をいただいた. 本稿の改訂に際し, 2 名の匿名査読者には有益なご意見を賜った. 深く感謝申し上げる.

## 引用文献

- Aoyama, T., K. Naito and T. Takami. 1999. Occurrence of sea-run migrant brown trout (*Salmo trutta*) in Hokkaido, Japan. *Sci. Rep. Hokkaido Fish Hatchery*, 53: 81–83.
- 青山智哉・鷹見達也・下田和孝・小山達也. 2002. 北海道におけるブラウントラウトの年齢と成長および性成熟. *北海道水産孵化場研報*, 56: 115–123.
- Arai, T., A. Kotake, T. Aoyama, H. Hayano and N. Miyazaki. 2002. Identifying sea-run brown trout, *Salmo trutta*, using Sr:Ca ratios of otolith. *Ichthyol. Res.*, 49: 380–383.
- Birnie-Gauvin, K., E. B. Thorstad and K. Aarestrup. 2019. Overlooked aspects of the *Salmo salar* and *Salmo trutta* lifecycles. *Rev. Fish Biol. Fish.*, 29: 749–766.
- Elliott, J. M. 1994. Quantitative ecology and the brown trout. Oxford University Press, Oxford. 286 pp.
- 原子 保. 2002. 青森県におけるサケ科魚類相. *青森県水産試験場研究報告*, 2: 23–30.
- 長谷川 功. 2013. 外来サケ科魚類の生態学～ブラウントラウトの定着要因と在来種及び生物多様性への影響～. *日本水産学会誌*, 79: 630–633.
- Honda, K., T. Arai, S. Kobayashi, Y. Tsuda and K. Miyashita. 2012. Migratory patterns of exotic brown trout *Salmo trutta* in south-western Hokkaido, Japan, on the basis of otolith Sr:Ca ratios and acoustic telemetry. *J. Fish Biol.*, 80: 408–426.
- Kitano, S., K. Hasegawa and K. Maekawa. 2009. Evidence for interspecific hybridization between native white-spotted charr *Salvelinus leucomaenis* and non-native brown trout *Salmo trutta* on Hokkaido Island, Japan. *J. Fish Biol.*, 74: 467–473.
- McDowall, R. M., R. M. Allibone and W. L. Chadderton. 2001. Issues for the conservation and management of Falkland Islands freshwater fishes. *Aquat. Conserv.*, 11: 473–486.
- Morita, K. 2018. Assessing the long-term causal effect of trout invasion on a native charr. *Ecol. Indic.*, 87: 189–192.
- Morita, K. 2019. Trout and char of Japan. Pages 487–515 in J. L. Kershner, J. E. Williams, R. E. Gresswell and J. Lobón-Cerviá, eds. *Trout and Char of the World*. Am. Fish. Soc., Bethesda.
- Morita, K. and T. Nagasawa. 2010. Latitudinal variation in the growth and maturation of masu salmon (*Oncorhynchus masou*) parr. *Can. J. Fish. Aquat.*, 67: 955–965.
- 下田和孝. 2012. 北海道における外来魚問題 (外来サケ科魚類). *日本水産学会誌*, 78: 754–757.
- 下田和孝・青山智哉・坂本博幸・大久保進一・畑山 誠・竹内勝巳. 2017. 北海道の 10 河川におけるブラウントラウトの成長と性成熟 (資料). *北海道水産研報*, 92: 65–77.
- 水産庁. 2017. 水産分野における産業管理外来種

- の管理について. <https://www.jfa.maff.go.jp/j/enoki/attach/pdf/naisuimeninfo-7.pdf>.
- 鷹見達也・青山智哉. 1999. 北海道におけるニジマスおよびブラウントラウトの分布. 野生生物保護, 4: 41-48.
- 鷹見達也・吉原拓志・宮腰靖之・桑原 連. 2002. 北海道千歳川支流におけるアメマスから移入種ブラウントラウトへの置き換わり. 日本水産学会誌, 68: 24-28.
- Yamamoto, S. and K. Morita. 2002. Interpopulation comparison of size and age at smolting of white-spotted charr, *Salvelinus leucomaenis*. Ecol. Freshw. Fish, 11: 281-284.
- Yamamoto, S., K. Morita and G. Sahashi. 2019. Spatial and temporal changes in genetic structure and diversity of isolated white-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*) populations. Hydrobiologia, 840: 35-48.