

特集 海生動物行動実験装置

傾斜流を利用する水温・塩分勾配水槽  
- アユ稚魚が選好する水温・塩分について -

島 隆夫<sup>\*1§</sup>・伊藤康男<sup>\*2</sup>・土田修二<sup>\*1</sup>

Dip Current Test Tank with a Horizontal Temperature and Salinity Gradient  
- Temperature and Salinity Preference of Juvenile Ayu (*Plecoglossus altivelis*) -

Takao Shima<sup>\*1§</sup>, Yasuo Itoh<sup>\*2</sup>, and Shuji Tsuchida<sup>\*1</sup>

**要約:** 傾斜した底面に沿って水を流すことにより, 水温・塩分勾配が水流に対して左右に形成され, かつ試験槽内に生物の動きを妨げる障害が存在しない試験水槽を開発し, 遡上期のアユ稚魚の水温・塩分選好について検討した。アユ稚魚は海水中での選好温度は19~20°Cであるが, 20°C海水よりも13°C淡水に強い選好を示したことから, 遡上するために接岸したアユ稚魚は一過性に温排水に蝟集するが, 河川水温が遡上に適した水温になると海水中での高水温選好に優先して河川へ移動するものと考えられた。

**キーワード:** 水温・塩分勾配水槽, 傾斜流型水槽, 塩分, 水温, 遡上, 選好温度, 発電所温排水, アユ

まえがき

本水槽は遡上期のアユ *Plecoglossus altivelis* 稚魚の発電所温排水に蝟集する環境条件の推定を目的に開発したものであり, 水平に水温・塩分勾配を設定することができる。既往の水平的な水温・塩分勾配装置は, 水流に対して前後に勾配が形成されるもの (Despatie *et al.*, 2001), 水槽内に仕切り板を設けることにより水温・塩分が異なる水が密度差による移動をしないようにするもの (Fivizzani, 1978; Iwata *et al.*, 1986; 高橋, 1986) などがある。しかし, 前者ではアユのような走流性の強い生物では下流側に選好温度帯があると水流の影響でそこに到達できない可能性があり, 後者では試験装置内に水流が無く, また, 仕切り板が生物の移動を制限するため, 選好温度帯に到達できない, 非選好温度帯に迷入した場合そこから

出られない, 等の懸念がある。そこで, 水温・塩分勾配が水流に対して左右に形成され, かつ試験槽内に生物の動きを妨げる障害が存在しない水槽の開発を行い, 遡上期のアユ稚魚の水温・塩分選好と日齢の関係について検討した。

装置

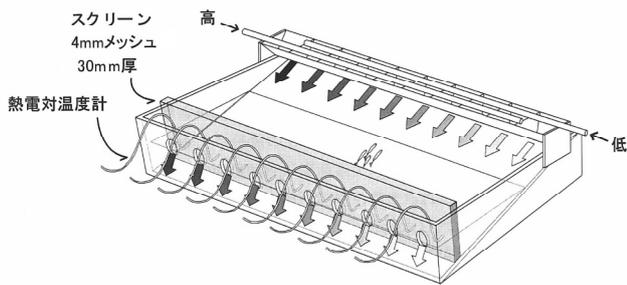
本試験水槽は内寸100cm×50cm×15cmの塩化ビニル製であり, 内側はスロープになっている (第1図)。スロープ上部には10室に分かれた給水槽が設置してある。給水槽上部に設置した2本の給水管には給水槽の各室に対応した位置に0~9個の穴 (直径1mm) が開けられている (第2図)。温度選好試験では2本の給水管の穴の数の和が給水槽の各室に9個ずつになるように設定した。この場合2本の給水管にそれぞれ毎分3Lの温海水 (25°C) と冷

(2013年12月25日受付, 2014年2月17日受理)

\*1 公益財団法人海洋生物環境研究所 中央研究所 (〒298-5105 千葉県夷隅郡御宿町岩和田300番地)

§ E-mail: shima@kaiseiken.or.jp

\*2 公益財団法人海洋生物環境研究所 実証試験場 (〒945-0017 新潟県柏崎市荒浜4-7-17)



第1図 試験水槽の概要。

海水(9℃)を供給すると10段階の温度の海水が水槽内に供給される。水温・塩分選好試験では2本の給水管にそれぞれ3L/minの淡水(塩分 0)と海水(塩分 33)を供給することにより、給水槽両端の各3室からは淡水および海水が、間の4室からは4段階の塩分の海水が水槽内の試験エリア(1,000mm×100mm)に供給され、スクリーン(4mmメッシュ)を経て水槽外に排水される。

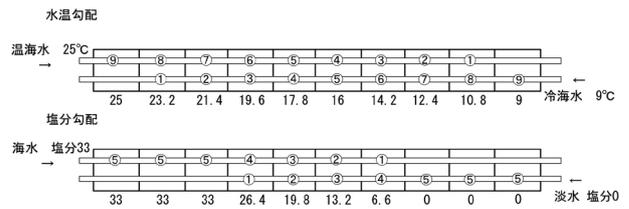
### 方法

供試魚には公益財団法人愛知県水産業振興基金栽培漁業部で生産された木曾川産アユ稚魚を公益財団法人海洋生物環境研究所中央研究所に移送し、13℃海水で飼育したアユ稚魚を用いた。選好温度試験には142日齢～227日齢のアユ稚魚を用い、12回試験を行った。選好塩分試験には163日齢～225日齢のアユ稚魚を用い、11回試験を行った。供試魚は前日に1水槽当たり4個体収容し、翌日から水温または塩分勾配を設定した。試験は勾配を設定してから26時間後まで行った。

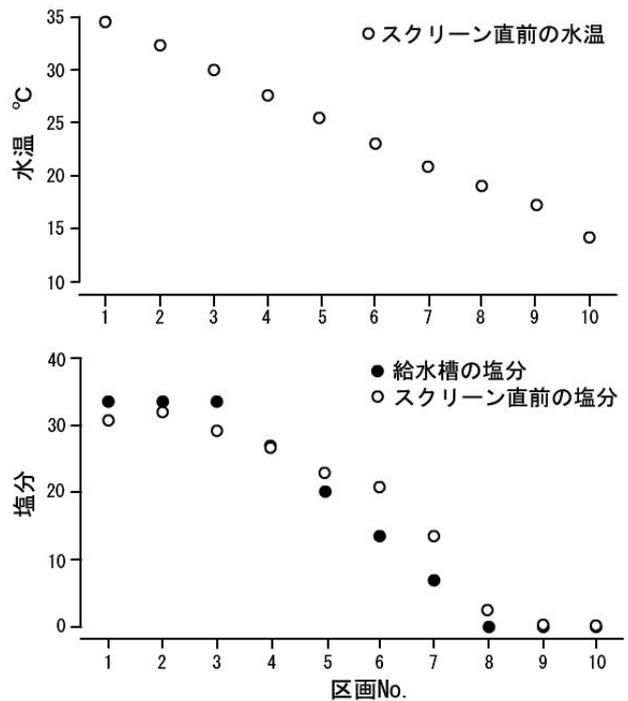
アユの行動は各水槽の上部に設置したビデオカメラ(パナソニック, WV-CL9920)で撮影し、タイムラプスレコーダ(パナソニック, AG-DTL1H)によって記録した。記録した画像の解析は、アユ頭部の位置座標を滞泳位置とし、1分ごとに区画毎の滞泳頻度を求めた。アユ稚魚の選好温度試験および選好塩分試験では、勾配設定後0～2時間後と24～26時間後のそれぞれ2時間を解析した。選好温度試験では、滞泳位置が含まれる区画のスクリーン中央で測定した水温の平均を選好温度とした。

### 結果

水温・塩分勾配の形成 温度勾配(15～35℃)設



第2図 給水管および給水槽の概要。図中の○で囲んだ数字は開放されている穴の数を示す。



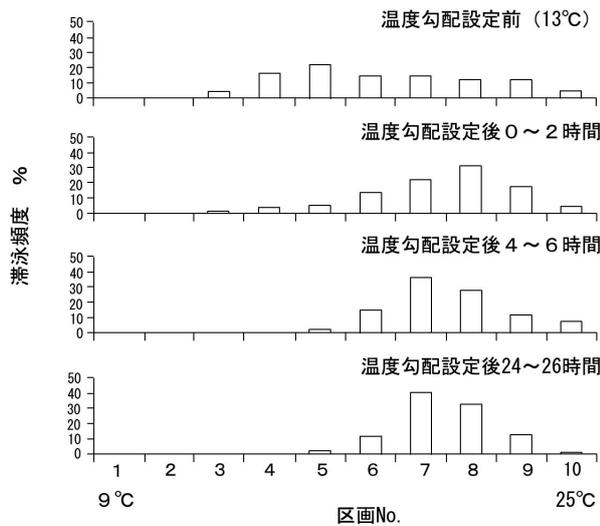
第3図 本試験水槽で形成した温度および塩分勾配。

定時の試験水槽内には直線的な水温勾配が形成されていることが確認できた(第3図)。塩分勾配(0～33psu)設定時の水槽内の塩分は、給水槽とスクリーンの各区画のスクリーン直前で若干の差があるが、区画1～3および区画8～9にはそれぞれ淡水および海水のエリアが、区画4～7の間には塩分勾配が形成されていることが確認できた(第3図)。

アユ稚魚の選好温度 試験水槽内の海水に9～25℃の温度勾配を設定すると、アユ稚魚は速やかに飼育水温よりも高い水温帯に移動し、24時間後も同様の位置に滞泳している傾向が認められた(第4図)。142日齢(全長56.6±2.9mm)～227日齢(全長108.3±6.8mm)のアユ稚魚では水温勾配設定直後と24時間後の選好温度と日齢間に有意な相

関は認められなかった（第5図，線形回帰，0～2時間： $r^2=0.04034$ ， $P=0.3357$ ，24～26時間： $r^2=0.06076$ ， $P=0.2349$ ）。また，水温勾配設定直後と24時間後の選好温度に有意な差は認められなかった（Student  $t$ -test， $P=0.1615$ ）。水温勾配設定直後と24時間後の選好温度の平均はそれぞれ $19.8 \pm 1.3^\circ\text{C}$ と $19.1 \pm 1.5^\circ\text{C}$ であった。

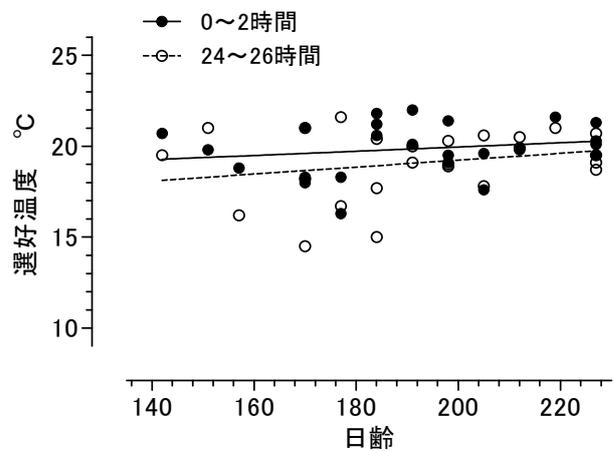
アユ稚魚の選好塩分 試験水槽内に13°C海水と



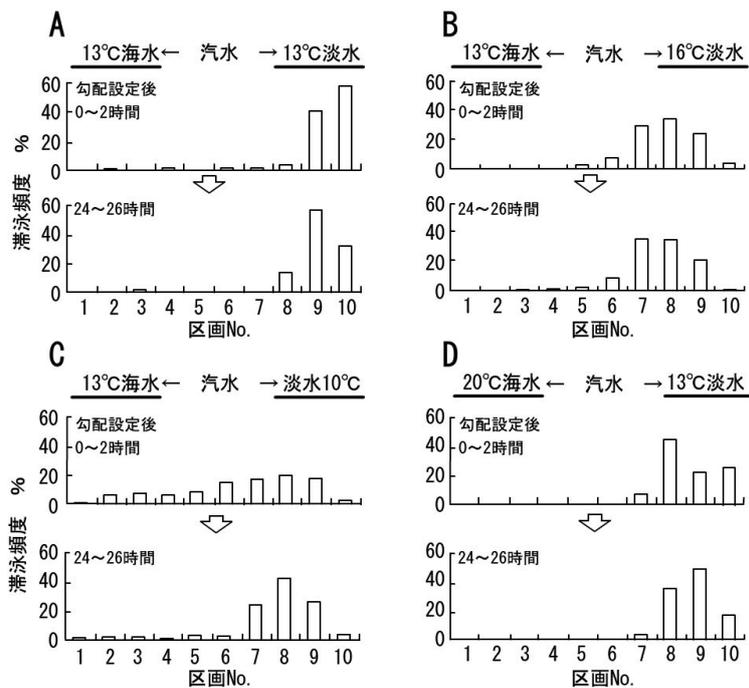
第4図 水温勾配を設定した試験水槽内でのアユ稚魚の滞泳位置の径時変化。177日齢の例。

13°Cまたは16°Cの淡水で塩分勾配を設定すると，アユ稚魚は速やかに淡水エリアに移動し，24時間後も同様の位置に滞泳していた（第6図）。13°C海水と10°C淡水による塩分勾配設定直後では，アユ稚魚の淡水区への謂集は認められず，24時間後では淡水エリアに謂集している例も見られたが，ほとんど海水区に留まっている例もあった。

20°C海水と13°C淡水による塩分勾配設定直後ではアユ稚魚は速やかに淡水エリアに移動し，24時



第5図 温度勾配設定後0～2時間および24～26時間におけるアユ稚魚の選好温度と日齢の関係。



第6図 塩分および水温勾配を設定した試験水槽内でのアユ稚魚の滞泳位置の径時変化。225日齢の例。A: 13°C海水と13°C淡水，B: 13°C海水と16°C淡水，C: 13°C海水と10°C淡水，D: 20°C海水と13°C淡水。

間後も同様の位置に滞泳していた。このような傾向は163日齢（全長61.3±3.6mm）～225日齢（全長85.0±2.7mm）のアユ稚魚で同様であった。

### 考 察

本試験水槽を用いて求めたアユ稚魚の海水中での選好温度は142日齢～227日齢の個体（全長56.6±2.9mm～108.3±6.8mm）で19～20℃であり、これは土田（2002）の報告にある体長5.7cmのアユ稚魚の選好温度（18.6℃）と近い値であった。遡上期のアユ稚魚の最小体長は40～46mm（鈴木，1942；楠田，1963a；田子，2002a）と報告されており、本試験の結果は遡上期に見られるアユ稚魚のサイズをカバーしていると考えられる。

選好塩分試験の結果、アユ稚魚は海水中での選好温度である20℃海水よりも13℃淡水を選好することが示された。また、淡水の水温が10℃の場合では淡水区での滞泳頻度が低くなる傾向がみられた。このことは、アユが遡上する最低水温が10℃であり（田子，2002b）、大規模な遡上を始める頃の水温が13℃であること（楠田，1963b）とよく一致する。以上の結果から、遡上するために接岸したアユ稚魚は一過性に温排水に蟄集するが、河川水温が遡上に適した10℃以上になると海水中での高水温選好に優先して河川へ移動するものと推測される。濱田（2007）は、矢作川河口に近い碧南火力発電所温排水放水口に蟄集するアユ稚魚は2～3日程度の滞留で入れ替わることを報告しており、この結果はアユ稚魚の淡水選好が海水中での高水温選好に優先することを裏付けている。

本試験水槽は水温および塩分、またはその両方の勾配を水平に設定できることが確認された。しかしながら、本試験水槽は比重差のある水を平行に流して水平勾配を設定しているため、下流側ほど垂直方向の勾配が顕著となり、水流方向の長さの設定に制限がある。それゆえ、本試験水槽は大型の生物を対象とした試験には不向きであるが、水流に対して左右に水平勾配を設定できることから、魚類ではアユやハゼ科魚類等、甲殻類ではテナガエビ *Macrobrachium nipponense*、モクズガニ *Eriocheir japonica* 等、生活史初期に海から河川上流に向かって遡上するステージを持つ生物の水温・塩分反応を検討する際に、本試験水槽が有効であると考えられる。

### 謝 辞

本研究を実施するにあたり供試魚を提供して頂いた（公財）愛知県水産業振興基金栽培漁業部、飼育して頂いた（公財）海洋生物環境研究所箕輪康氏および吉野幸恵氏に感謝の意を表します。なお、本研究は中部電力株式会社エネルギー応用研究所より委託された平成15～18年度遡河性魚類の温度・塩分生理に関する研究として実施された成果の一部である。

### 引用文献

- Despatie, S.P., Castonguay, M., Chabot, D. and Audet, C. (2001). Final thermal referendum of Atlantic cod: effect of food ration. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **130**, 263-275.
- Fivizzani, A.J. (1978) Modified Staaland device with automatic recording techniques for determining salinity preference in fish. *J. Fish. Res. Board Can.*, **35**, 910-912.
- 濱田 稔 (2007). 海域におけるアユの生態把握と発電所温排水との関係解明. 中部電力技術開発ニュース, **No.124**, 19-20.
- Iwata, M., Ogura, H., Komatsu, S. and Suzuki, K. (1986). Loss of seawater preference in chum salmon (*Oncorhynchus keta*) fry retained in fresh water after migration season. *J. Exp. Zool.*, **240**, 369-376.
- 楠田理一 (1963a). 海産稚アユ遡上生態 - I 大雲川における遡上群の日周変化. 日水誌, **29**, 817-821.
- 楠田理一 (1963b). 海産稚アユ遡上生態 - II 大雲川における遡上群の季節変化. 日水誌, **29**, 822-827.
- 鈴木 順 (1942). 静岡県吉田村地先のシラスアユに就いて. 水産研究誌, **37**, 459-463.
- 田子康彦 (2002a). 富山の砂浜域波砕帯周辺におけるアユ仔魚の出現. 日水誌, **68**, 144-150.
- 田子康彦 (2002b). 富山湾で生育したアユ稚魚の河川への回遊遡上. 日水誌, **68**, 554-563.
- 高橋清孝 (1986). 各種濃度海水に対するシロサケ *Oncorhynchus keta* 稚魚の反応. 宮城水産研報, **11**, 59-80.
- 土田修二 (2002). 沿岸性魚類の温度選好に関する実験的研究. 海生研研報, **No.4**, 11-66.