

## 簡易な間欠動画撮影システムの開発とアユ遡上調査への利用

高瀬智洋<sup>1</sup>

### Development of simple interval moving image shooting system and use of it to the survey on upstream migration of ayu (*Plecoglossus altivelis altivelis*)

Tomohiro TAKASE

アユ *Plecoglossus altivelis altivelis* は、友釣りを中心とした遊漁の対象種として人気があり、内水面漁業における重要魚種の一つである。両側回遊型の生態をもち、その資源管理や有効活用を図るため、例年、多くの河川で遡上調査が行われている。調査は定置網での採集（東京都島しょ農林水産総合センターホームページ <http://www.ifarc.metro.tokyo.jp/22,18159,44.html>）、目視での観測（国土交通省関東地方整備局ホームページ [http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr\\_content/content/000079973.pdf](http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000079973.pdf)）、あるいはビデオカメラでの観測（独立行政法人水資源機構ホームページ [http://www.water.go.jp/chubu/nagara/15\\_sojou/chousahouhou.html](http://www.water.go.jp/chubu/nagara/15_sojou/chousahouhou.html)）など、様々な方法で実施されている。調査方法の選定にあたっては、各々の河川環境を考慮しつつ、係る労力を最小限に抑え、精度を確保することが求められる（笹ら 2005）。

多摩川ではかつて、水質汚濁が著しく進行した1960年代以降、天然アユの遡上が一時期途絶えたが、水質が好転し始めた1975年頃になって再び遡上が確認されるようになった（小泉 1996）。東京都島しょ農林水産総合センターではアユの遡上動向を把握するため、1983年からその資源量調査を開始した（東京都水産試験場 1984, 1987）。多摩川におけるアユの推定遡上数は、2011年以降400万尾を超え、非常に高い水準にある。しかし、河川横断構造物が中・上流部へのアユの遡上を一部阻害しており（前田 2012）、その改善が求められている。

中流部では滞留するアユをより速やかに遡上させるため、魚道整備に加え簡易魚道の設置も行われ、各種の簡易魚道の効果調査ならびに中流部での遡上調査も

盛んに行われるようになってきた（前田 2012, 橋本 2013, 2014）。中流部では主に小型定置網による採捕調査が行われており、日野用水堰では簡易魚道の効果を把握するため、毎日、定置網の網上げを行い、採捕魚類を計数した。また、昭和用水堰においても同様の調査が行われている（高瀬ら 2018）。しかし、この手法による遡上数の把握は網上げおよび計数作業に多くの時間と労力を要し、精度を確保しつつ調査の効率化や合理化を図ることが喫緊の課題となっている。

多摩川ではウグイ、オイカワなど中流部の魚道を遡上する可能性のある魚種が多数生息している。魚道を遡上する魚種中に占めるアユの割合を把握することは、同種の遡上を調査する上で必要不可欠な課題である。これまでの調査で、日野用水堰の簡易魚道および昭和用水堰の魚道における採捕魚類のそれぞれ99.98%以上がアユであり、少なくともこの2か所においては魚種判別の必要性に乏しいことが明らかとなっている（橋本 2013, 高瀬ら 2018）。魚道を遡上する魚種の計数作業の効率化を図るにあたり、ビデオカメラを設置して魚影を捉え計数できれば、調査に係る負担を抑えながらも調査頻度を多くすることができ、より小さな誤差でアユの遡上数推定が可能になる。

そこで、当該2地点でのアユの遡上調査に、動画撮影による調査方法を利用できるか試験を行うこととした。なお、既製品のビデオカメラは十分に多機能ではあるが、それでも各種設定やバッテリーに規格があり、必ずしも望むような撮影プログラムを組めるわけではない。この解決策として、本研究では、フリーウェアを活用し、自由度が高く安価で、かつ、簡易な間欠動

1 東京都島しょ農林水産総合センター振興企画室 〒105-0022 東京都港区海岸2-7-104

画撮影システムを新たに開発し、その上で遡上調査の試験に供することとした。

### 材料と方法

#### 簡易な間欠動画撮影システムの開発

動画撮影の制御には、開発ボード Raspberry Pi model B+ を用いた。カメラ部位には、陸上から魚影を撮影する場合（以下陸上撮影用）は Raspberry Pi HD Video Camera Module を、水中から魚影を撮影する場合（以下水中撮影用）は DBPOWER USB 内視鏡チューブカメラ（30万画素 CMOS カメラ搭載 IP67 防水仕様 7mm レンズ）を用いた。電源には、サンワダイレクトモバイルバッテリー大容量 23,000 mAh（3.7V 換算）を用いた。記憶媒体には microSDHC カード 32 GB を用い、システムソフトウェアとして Raspbian をインストールした。開発ボードへの電源供給には USB ポート（2.1A）から行った。

動画撮影のプログラムを、アユの遡上行動における日周期ならびに観測時間と誤差の関係を検討した笹ら（2005）を参考に、6～17時台の12時間、1時間ごとに10分間の観測（動画撮影）をするという内容で組んだ。保存される動画ファイル名が、撮影を開始した年月日時刻になるようにした（実行権を付与したテキストファイルの詳細は web 付録 1 として <http://www.ifarc.metro.tokyo.jp/> に掲載）。

#### 室内での動画撮影システムの稼働試験

陸上および水中の各動画撮影システムの稼働試験を気温 20℃ 前後の室内で行った。

プログラムに従い稼働していたのかを確認するため、時計を被写体にし、保存された動画ファイル名と映っていた時計の時刻を照合した。

また、本バッテリーには、残量（%）を示す機能がついており、稼働開始から1時間ごとにバッテリーの残量を確認した。

#### 野外での動画撮影システムの稼働試験

野外での稼働試験にあたり、開発した撮影システムを梱包材、乾燥材とともに密閉容器（蝶プラ工業株式会社シールドボーイ梅型）内に収容し、簡易な防水機能を持たせた。なお、水中カメラ部位については、密閉容器の側面に穴をあけ外側に出した（図1）。

陸上撮影用システムの稼働試験を、日野用水堰に設置された土のう式簡易魚道で行った。杭を打ち、紐で機器を固定し、簡易魚道を利用して堰を上っていく魚影を背面から捉えられるようにした（図2）。簡易魚道が設置されていた2016年5月11日から6月29日までの間に、計8回の稼働試験を行った。

一方、水中撮影用システムの稼働試験については、昭和水堰の魚道で行った。2016年6月7日、15日および16日の3日間で計3回行ったが、試験時、同地点では小型定置網による採集調査も行われていたため、機器のうち、水中カメラ部位については、その採集調査の一環で魚道上流側開口部に設置された目合5mmのトリカルネット製の網壁を利用し、その水深10cm付近に結束バンドで固定した。本体部位については魚道側壁面の上面に静置した（図3）。魚道を上ってきた魚影を正面から捉えられるようにした。

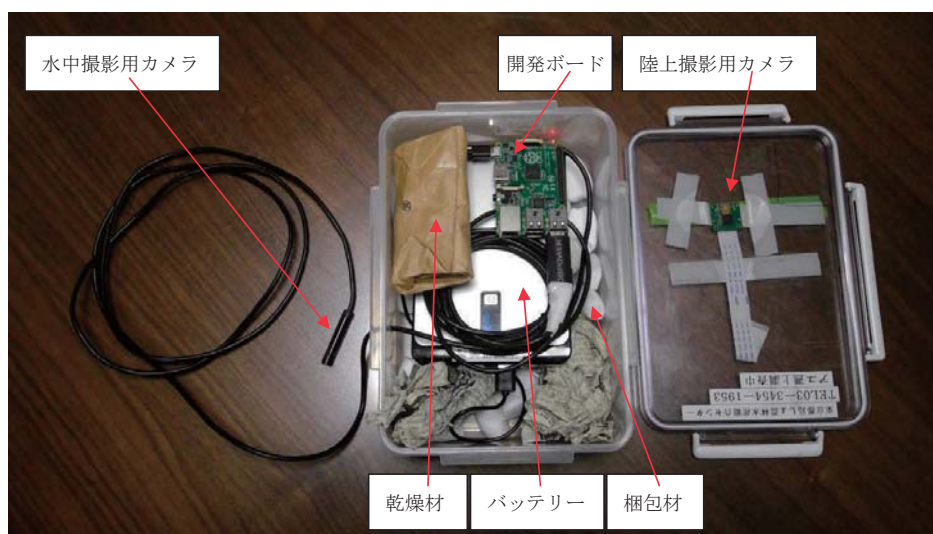


図1 動画撮影システムの構成



図2 陸上撮影用システムの固定状況

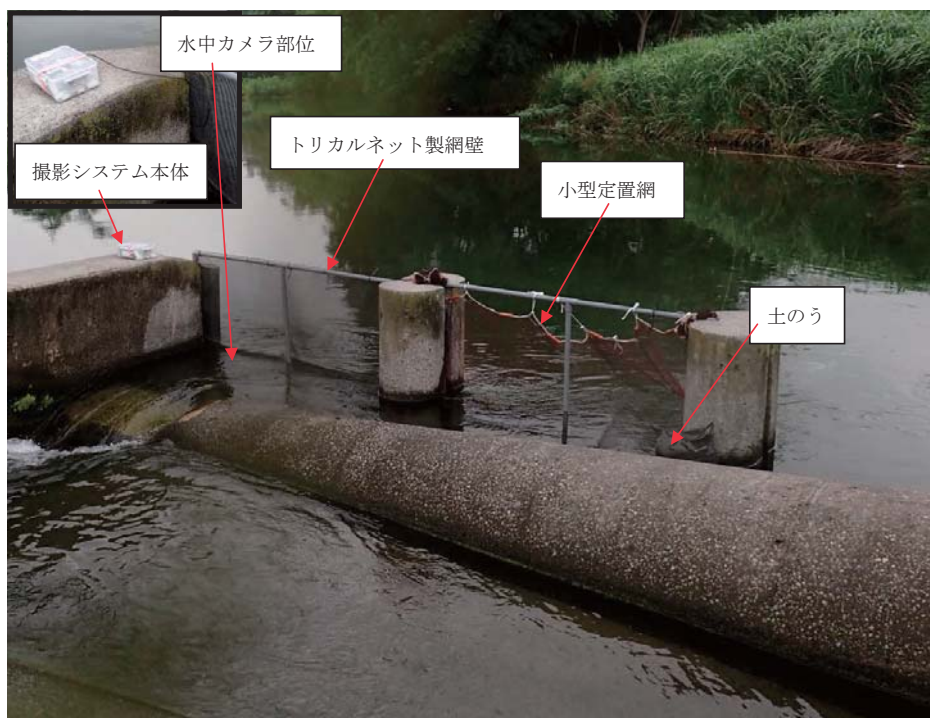


図3 水中撮影用システムの固定状況

### 魚類の計数

陸上・水中の両撮影用システムに保存された各動画ファイルを、PC上で再生し、上流側へと泳いでフレームアウトした魚影を目視により計数した。

### 結果

#### 室内での動画撮影システムの稼働試験

保存されていた動画ファイル名と映っていた時計の時刻から、6～17時台の12時間、1時間ごとに10分間の観測（動画撮影）をするというプログラムの通り稼働していたことが確認された。

バッテリーの残量（%）の変化は、陸上撮影用と水中撮影用で異なった（図4）。陸上撮影用では、開始から63時間後に0%の表示となるとともに、開発ボー

ドへの電源供給が止まり、システムは停止した。水中撮影用では、開始から46時間後に0%の表示となり、システムは停止した。

### 野外での動画撮影システムの稼働試験

陸上撮影用システムの稼働試験を、日野用水堰の簡易魚道にて計8回行った。全てにおいて、撮影年月日時刻がファイル名となった動画ファイルが保存され、野外においても本システムが正常に稼働していたことが確認された。

なお、8回目の試験では、システムが停止するまで回収せずに稼働させたところ、稼働から64時間後までは動画ファイルが保存されていた(図5)。

水中撮影用システムの稼働試験を、昭和用水堰の魚道にて計3回行った。こちらも、保存されていた動画ファイル名より、正常に稼働していたことが確認された。なお、各試験は概ね9~16時の間に行い、長くても開始から7時間後には機器を回収した。そのため、システムが停止するまでの連続稼働時間について知見

を得ることは出来なかった。

### 魚類の計数

日野用水堰の簡易魚道に固定した陸上撮影用システムに保存された動画ファイルには、水しぶきを立てながら堰を上っていく魚影(図6)が撮影されていた(動画はweb付録2として<http://www.ifarc.metro.tokyo.jp/>に掲載)。10分間に堰を上っていった魚類の数は、0~106尾であった(図5)。その他に、ハシボソガラス *Corvus corone*、アオサギ *Ardea cinerea* といった鳥類が、鳥よけとした張ったロープを掻い潜り、堰を上る魚類を捕食する様子も撮影されていた(図7)。

昭和用水堰の魚道の上流部に固定した水中撮影用システムに保存された動画ファイルには、魚道を上ってくる魚影(図8)が撮影されていた(動画はweb付録3として<http://www.ifarc.metro.tokyo.jp/>に掲載)。ただし、計数においては、水中カメラ部位の固定に利用した網壁の周りにアユが滞留し、同一個体がフレームアウトせずに何度も映っていたため、正確な計数に至らなかった。

### 考察

#### 開発した簡易な間欠動画撮影システム

多摩川の中流部で行われている簡易魚道の効果調査およびアユの遡上調査への利用を前提に、まずは開発した簡易な間欠動画撮影システムが、適正に稼働するか試験をした。結果、室内で示した稼働状況を概ね野外でも再現し、本システムが十分利用できることが示された。

用いた23,000 mAh (3.7 V 換算) のバッテリーで、

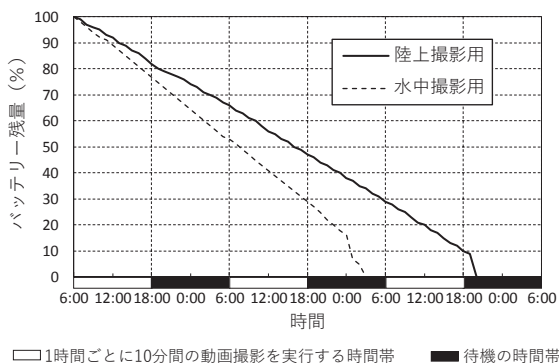


図4 動画撮影システムにおけるバッテリー残量の推移

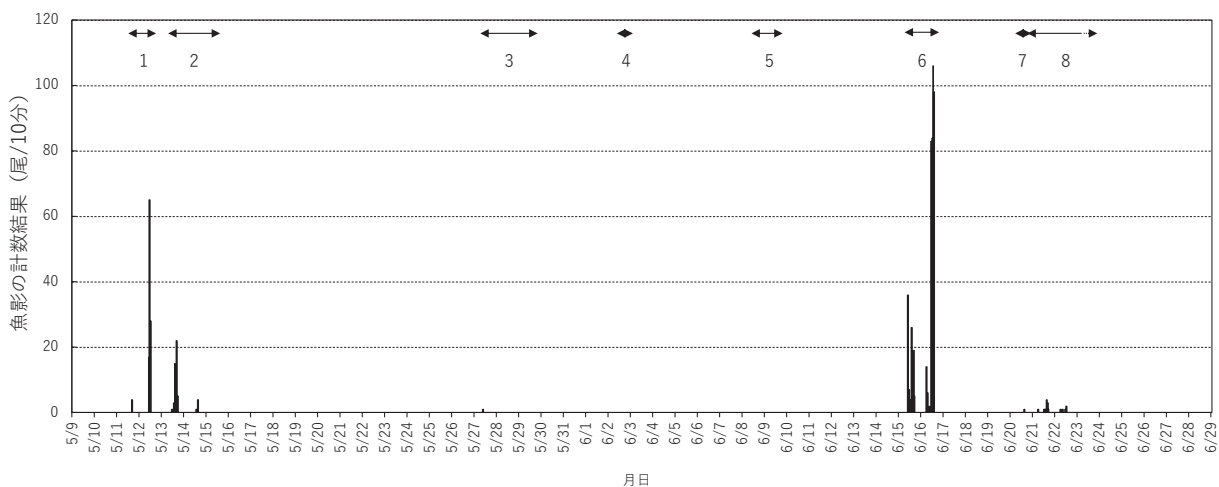


図5 野外での陸上撮影用システムの稼働試験の状況および魚影の計数結果。英数字は稼働試験の回数、始点矢印は機器の設置時、終点矢印は機器の回収時、実線はシステムが正常に稼働していた期間、点線はシステムが停止していた期間を示す。



図6 堰を上っていく魚影



図7 ハシボソガラス(上)とアオサギ(下)が堰を上る魚を捕食する様子



図8 魚道を上ってくる魚影

陸上撮影用システムにおいては、室内および野外でそれぞれ最長 63 時間と 64 時間の稼働が確認された (図 4, 5)。また、水中撮影用システムにおいては、野外での最長稼働時間の知見は得られなかったものの、室内で最長 46 時間の稼働が確認された (図 4)。気温条件、充放電回数および充電深度などバッテリーの使用環境によって常に一定の結果になるとは限らないが、開発したシステムは、室内および野外の試験で概ね同等の稼働状況を示し、陸上撮影用なら概ね 2 日半、水中撮影用なら概ね 2 日分の観測 (遡上調査) を担えたと考えられた。なお、水中撮影用システムで稼働時間がやや短いのは、USB 接続のカメラを用いたことが原因と考えられる。開発ボードの USB はデフォルトで最大 600 mA の電源供給を行える設定であり、撮影していない時間帯でも水中カメラ部位に電力を供給していたと考えられた。

稼働時間の延長は、機器の交換等の手間を省け、調査の効率化において重要な課題の一つである。より大容量のバッテリーを用いる、太陽電池等による充電を行う、あるいは電力消費を抑える等複数の対応策が考えられる。その中で、電源管理モジュール (メカトラックス株式会社 slee-Pi) は、動画撮影をしていない時間帯の開発ボードへの電源供給を制御するものであり、電力消費を抑える効果が期待される。著者は、この電源管理モジュールを後日試したところ、飛躍的にバッテリー消費を抑えられ (図 9)、50% 以上のバッテリー残量を残し、室内で陸上撮影用システムを 6 日間にわたり稼働させることに成功した。まだ、野外での稼働

試験等は未実施であるが、本研究で開発したシステムの稼働時間の飛躍的な延長が期待でき、かつ簡易性も失わないことから、電源管理モジュールについては、数ある対応策の中でも優先的に導入を検討するべきと考えられた。

#### 動画による遡上状況の観測

簡易魚道を利用して堰を上る魚影、および魚道を遡上してくる魚影をそれぞれ陸上および水中撮影用システムで捉えることができた (図 6, 8)。これらから、開発した簡易間欠動画撮影システムを利用して、当該地点におけるアユの遡上調査を行えることが示された。

陸上撮影用システムの稼働試験中であった 5 月 27 日と 6 月 16 日には、1 日合計 4.0 mm の降水量が観測されたが (気象庁ホームページ八王子観測所 <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>)、特に問題

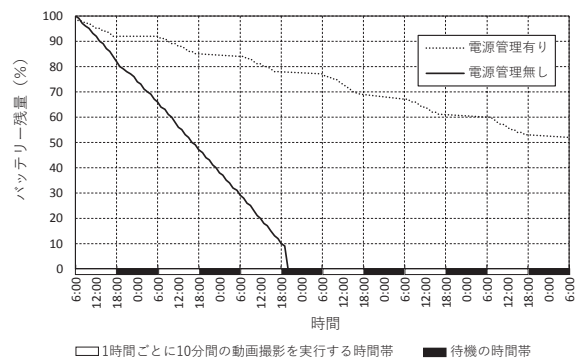


図9 電源管理モジュールを用いた場合のバッテリー残量の推移

なく魚影を計数できた。波しぶきを立てて堰を上っていく魚影のサイズは、1回目の試験時よりも、その後の試験時の方が明らかに大きく、アユが大きくなっていることも推察された。また、魚影の確認にあたっては、原則、動画ファイルを当倍速で再生することとしたが、1.5および2.0倍速で再生したとしても、容易に魚影を視認することができ、調査の効率化に繋がる有用な所見も得られた。

10分間当たりの遡上数は、6月16日13:00から13:10までの10分間で計数された106尾が最多であった(図5)。過去の定置網による調査で、この簡易魚道を利用して堰を遡上した魚類の99%以上がアユであった(前田2012, 橋本2013)ことを考慮し、仮に99%とすると106尾中105尾がアユであったと推定される。笹ら(2005)に従い、これを6倍し1時間当たりの遡上数として引き伸ばすと、推定630尾(誤差10%程度)がこの1時間の間に遡上したものと算出された。

計8回の稼働試験で、計数された魚影は計687尾にのぼった。これを上記と同じように、10分間当たり遡上魚影数の99%をアユと仮定し、1時間当たりの遡上数に引き伸ばし累積すると、本システムが稼働していた計259時間分におけるアユの遡上数は計4,081尾に達し、アユの遡上に少なからず簡易魚道が寄与していることが察せられた。

動画には、鳥よけとして張ったロープを掻い潜り、アユを捕食するハシボソガラスやアオサギの姿も撮影された(図7)。張ったロープが鳥よけの機能を十分には果たしていなかったことが明らかとなった。これは、従来の定置網による調査や人が張り付いての目視観測では得られない、本システムの利用による副産物であった。

一方、水中撮影用システムにおいては、魚影を確認することはできたが(図8)、正確な計数に至らなかった。これは別の調査で魚道上流側開口部に設置の網壁(図4)の前に、アユが滞留し、速やかにフレームアウトせず、同一個体が再三にわたって映り、正確な計数を行えなかったためである。仮に、この調査が実施されず網壁がなかったとすれば、アユが滞留することはない、計数は容易になると考えられるが、その確認は出来ておらず、課題として残った。

魚影の捉え方について、陸上撮影用システムでは水しぶきを立て堰を上る魚影を背面から捉えたが(図5)、水中撮影用システムでは魚道を上ってくる魚影を正面から捉えた(図8)。動画撮影等による遡上調査

では、画像認識による自動計数の技術も検討されている(松尾・津田1993)。将来的に、これらの技術の導入を検討するとすれば、魚影を正面から捉えた水中撮影用システムのほうが魚として視認し易く、実現の可能性が高いと考えられた。

現時点において、陸上撮影用システムは、簡易魚道における遡上調査に十分に利用できた。水中撮影用システムにおいても、計数には至っておらず課題は残るが、魚影を捉えることには成功しており、利用の可能性が示された。アユの遡上が増えた多摩川では、より上流への遡上促進に向けて、今後も各種の簡易魚道が設置され、その効果調査や今まで以上に各所で遡上調査が行われることが予想される。本システムは、簡易に製作でき、価格も安価で、自由度も高い。十分に利用を検討するに値する方法と考えられる。

## 要 約

多摩川中流部で行われる簡易魚道の効果調査およびアユ遡上調査に利用可能な簡易動画撮影システムを製作した。システムは、陸上撮影用と水中撮影用の2つ製作し、ともに1回あたり概ね2日間稼働が可能であった。

陸上撮影用システムでは堰を上る魚影を背面から捉え、十分に視認でき計数も可能であった。10分間で最多106尾の魚影を計数した。

水中撮影用システムでは魚道を上ってくる魚影を正面から捉え、視認できた。しかし、計数には至らず試みの必要性が残った。

キーワード：動画撮影、アユ、計数、多摩川中流部

## 謝 辞

本調査の実施にあたり、東京都内水面漁業協同組合連合会にご協力を頂いた。東京都島しょ農林水産総合センター振興企画室の澤崎昌子主任研究員、安齋武治技能主任および千野 力主任研究員には、現場作業にご協力頂いた。菅原正信技能主任には撮影動画からアユの計数作業にご尽力頂いた。また、駒澤一朗主任研究員、小笠原水産センター妹尾浩太郎研究員には、本稿のご校閲を頂いた。ここに厚くお礼を申し上げる。

## 文 献

小泉正行. 1996. アユの生態. 水産海洋研究, 60: 277-282.  
橋本 浩. 2013. 多摩川におけるアユの遡上と遡上促

- 進の取り組み～天然遡上アユをより上流へ～. 平成 24 年度東京都島しょ農林水産総合センター主要成果集: 15-16.
- 橋本 浩. 2014. 簡易魚道で天然アユののぼりやすい川づくり～天然遡上アユをより上流へ～. 平成 25 年度東京都島しょ農林水産総合センター主要成果集: 15-16.
- 前田洋志. 2012. 江戸前アユをスムーズに上流へ～土のうで魚道を作る!～. 平成 23 年度東京都島しょ農林水産総合センター主要成果集: 17-18.
- 松尾一郎・津田雄則. 1993. 環境情報システムのうち魚数自動計数装置の開発. 衛生工学シンポジウム論文集, 1: 137-142.
- 笹 浩司・後藤浩一・実松利朗・嶋田啓一・井口 謙・和田 清. 2005. 長良川中下流における稚アユの遡上特性と遡上量調査の効率化に関する一考察. 河川技術論文集, 11: 453-458.
- 高瀬智洋. 2018. 多摩川中流におけるアユの遡上数推定の試み. 東京都水産海洋研究, (6): 21-29.
- 東京都水産試験場. 1984. 多摩川における稚アユの遡上生態等について. 東京都水産試験場調査研究要報, (178): 47pp.
- 東京都水産試験場. 1987. 多摩川におけるアユの遡上生態等について II. 東京都水産試験場調査研究要報, (194): 76pp.