

## 野生動物自動行動追跡システムを用いた降下期のアユ行動特性の把握

独立行政法人土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム 正会員 ○傳田 正利  
 応用地質株式会社 エンジニアリング本部 応用生態工学研究所 非会員 額額 渉  
 日本工営株式会社 環境部 非会員 佐藤 翔  
 独立行政法人土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム 正会員 黒川 貴弘  
 独立行政法人土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム 正会員 三輪 準二

### 1. はじめに

アユ (*Plecoglossus altivelis altivelis*) は、河川生態系の保全や、水産資源の保全の観点から、全国の河川で常に保全の対象となる重要な魚種である。アユに関する研究は数多く実施され、アユの生態や個体群保全への関心の高さを示している。

既往研究を大きく分けて整理するとアユの生態や個体群保全に関する研究と魚道の開発・改良のための研究に分けられる。アユの生態については、以下の研究が挙げられる。皆川らは藻食性魚類であるアユの摂餌が河床付着膜の性状(構成や光合成速度)に及ぼす影響に関する実験結果を示した<sup>1)</sup>。川那部・水野らは、アユのなわばり行動特性と他の魚種と競争・共生関係について興味深い研究を行った<sup>2)3)</sup>。アユの物理環境選好性に関しては、瀬と淵におけるアユの生息適正相違の要因解明等がある<sup>4)</sup>。アユの個体群保全については、河川沿岸域のアユ稚魚の生態解明と遡上量予測技術の開発<sup>5)</sup>、アユ稚魚の移動と分散に関する研究などがある<sup>6)</sup>。アユ稚魚の遡上環境・魚道の改良のためのアユの遊泳能力分析の研究については、主にアユの遊泳能力、特に遊泳速度・突進速度の計測に関する研究や複数個体が集団で移動する場合の遡上成功率の向上等の研究が盛んに行われ、遡上率が高い魚道の開発に大きな寄与をした<sup>7)</sup>。

これらの既往研究の特徴は、潜水観察や実験によるものが多く、調査時間や実験条件が限定されている点が特徴的である。例えば、夜間のアユが利用する空間の物理環境特性はどうか、長期間、アユはどの程度の範囲を移動するか等の連続的かつ長期間のデータなどは実河川で調査を行わないと取得が困難である。特に遡上を終えて性成熟したアユ成魚の行動に関しては極めて知見が少ない。これは、調査方法が限定されているためである。筆者らは野生動物自動行動追跡システム (Advanced Telemetry System, 以下、ATS と記述する) を改良し、アユの行動を誤差 30m 程度で 24 時間連続して追跡できるシステムを開発した<sup>8)</sup>。ATS を用いれば、既往研究で取得していない行動圏や夜間のアユ行動特性等を把握することが出来る。また、本研究では降下期直前のアユの行動特性を把握することに焦点をあてる。これは、既往研究のアユの行動生態研究ではアユの縄張り行動が主に取り上げられるが、個体群保全を考える場合、産卵準備を整え下流へ下る準備をする時期は極めて重要であるためである。

このような背景から、本研究では ATS を用いて降下期のアユの行動特性を約 2 週間に渡り追跡し、行動圏の把握と時間帯別の空間利用特性、特に流速・水深の利用特性を把握し、アユの個体群保全に有用な情報を提供することを目的とする。

### 2. 研究の方法

#### (1) 調査地の概要

調査は、信濃川水系千曲川で行った。本河川は流域面積 7163km<sup>2</sup>、流路延長 214km の大河川であり甲武信ヶ岳 (標高 2,475m) から長野盆地を流下し新潟県境に入り信濃川と名前を変える。

キーワード アユ, 野生動物自動行動追跡システム, 瀬, 淵, 流速, 水深

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (独) 土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム TEL 029-879-6775

E-mail: [denda@pwri.go.jp](mailto:denda@pwri.go.jp)

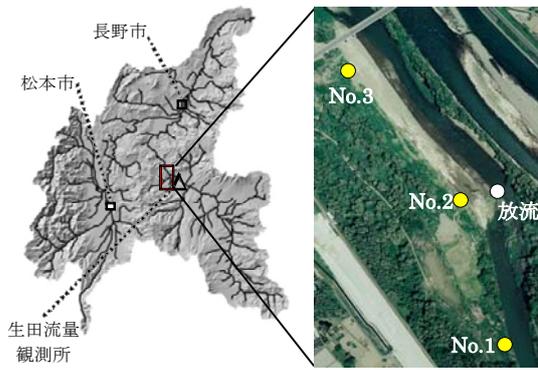


図-1 調査地概要

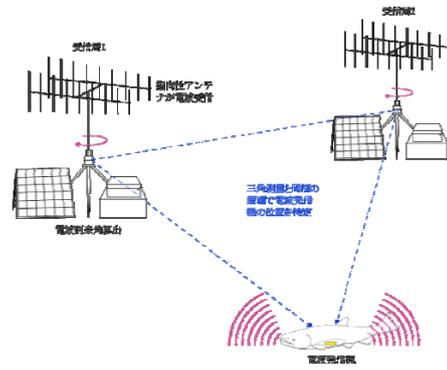


図-2 ATSの概要

調査地は千曲川の中流部に位置する鼠橋付近（長野県埴科郡坂城町，東経 138°12'4.6"，北緯 36°25'14.4"，以下，調査地と記述する）で行った．調査地の概要を図-1 に示す．調査地は長野県境から 95.6～97km 区間で，流域面積 2,560km<sup>2</sup>，河道幅約 100m，河床勾配 1/200，河道兩岸に築堤が行われている区間である

調査地の河床は，主に礫で構成され河床波形態は複列砂州で，礫の主要構成材料は 20～200mm，d<sub>50</sub>=100mm，最大粒径 200～300mm 程度である．調査地の平均流量は約 60 m<sup>3</sup>/s であり，調査地上流部には農業頭首工の六ヶ郷用水（取水期間 4～10 月，以下，頭首工）が設置され 2.48 (m<sup>3</sup>/s) を取水した後，余水約 10 (m<sup>3</sup>/s) を下流側へ流下させる．

**(2) 現地調査の方法**

**a) 野生動物自動行動追跡システムの概要と位置特定精度**

図-2にATSの概要を示す．ATSは，指向性アンテナを有した複数の受信局で構成される．各受信局は，約5分ごとに指向性アンテナを回転させ，野生動物に装着した電波発信機から発信される電波が到来する角度を計測する．その後，専用のソフトウェアで各受信局の電波到来角を分析し，三角測量の原理で野生動物の位置を算出する．調査地にATS受信局3局を設置した（図-1）．

アユの行動データの信頼性を検証するため，ATS の位置特定精度の検証を行った．両地区の瀬・淵内に各 2 点，合計 4 点の位置検証点を設置した．ディファレンシャル GPS を用いて位置検証点の座標を算出した．その後，位置検証点の河床部に電波発信機を固定後，ATS を用いて座標を算出した．ディファレンシャル GPS の座標と ATS の座標（平面直角座標系）を比較し，ATS の位置特定誤差を算出した．その結果，一部のエリアには誤差が著しく低下するエリアが見られたが，ATS は平均位置特定誤差 31.45m で位置検出が可能であった．なお，誤差が著しく低下するエリアは誤差傾向を判断して修正し，上記と同様の誤差に修正した．

**b) アユ行動追跡調査**

野生動物に装着する発信機の重量は，体重の 2%以下であることが望ましいとされている<sup>9) 10)</sup>．そのため，本研究では，電波発信機は，周波数 144MHz 帯，直径 8.2mm，長さ 19mm，水中重量約 1 g，発信寿命 14 日間のものを使用した（LOTEK 社の MCFT-3GM）．調査地近傍の築場でアユ成魚 1 個体（以下，供試魚と記述する）を購入し調査地区に運搬後，調査地内で電波発信機の装着を行った．アユの腹腔を約 15mm 開腹し，電波発信機を挿入後，縫合した．その後，調査地内の流水中に各供試魚を 20 時間程度蓄養し，2009 年 8 月 28 日の正午に調査地の中央部へ放流し，2009 年 9 月 11 日まで ATS により供試魚の行動を追跡した（図-1）．電波発信機装着が遊泳に与える影響を評価するため，放流時にアユ行動の潜水目視観察を行い，電波発信機装着がアユの遊泳行動に影響がないかを検証した．5 分程度観察を続け，岸際に停滞していたアユが上流へと遊泳する様子を確認できたことから，アユの行動は発信機装着の影響を大きく受けていなかったと推定された．



図-3 行動追跡対象としたアユ（供試魚）

### (3) データ解析

#### a) 平面流計算を用いた流況再現

行動データ取得時の流速・水深の算定、アユの流速・水深の選好性抽出を目的として、土木学会水工学委員会による平面2次元流解析プログラム<sup>11)</sup>を用いて、平面流計算を行った。計算条件は、以下の通りとした。地形データは、千曲川河川事務所が取得したレーザプロファイラデータ（以下、LPデータと記述する）と横断面測量データを合成し作成した。粗度は河道内・河川高水敷ともに $n=0.032$ とし、計算メッシュは $6 \times 6\text{m}$ とした。上流端からの流入量は、定常流量とした。設定流量は、2002～2008年の水位・流量データから、HQ曲線を作成し、調査期間の流量 $38\text{m}^3/\text{s}$ を推定した。計算結果は、現地に設置した水位計データと計算の水位を比較して検証し、良好な一致を確認した。

#### b) 野生動物自動行動追跡データの分析

ATS で得たアユの行動データを用いて、アユの行動圏分析、アユの利用した空間の流速・水深特性を分析した。行動圏分析に関しては、供試魚の位置が大きく変化した2009年9月2日を境に行動圏を把握した。なお、2009年8月28日～年9月2日を期間1、2009年9月3日～年9月11日を期間2として評価した。行動圏の特定は、最外廓法を用いて評価した。日周期ではアユが日の出前後と日の入り前後に最も活発に摂餌するという知見<sup>12)</sup>を参考に、アユの利用した空間の流速・水深に関しては、アユの行動が大きく変化すると思われる時間帯1（5:00～17:00）、時間帯2（17:00～20:00）、時間帯3（20:00～24:00）に分けて評価した。アユの行動データとa)項で得た調査地流況解析結果を地理情報システム（GIS：ESRI社 ArcGIS9.3）へ取り込み、アユ行動データに最も近接する流況解析の計算結果を関連付け、アユが利用した空間の流速・水深とした。ただし、ATSは太陽電池パネルで給電を行うため、深夜から早朝にかけ停止することがあったため、解析時は限定して解釈を行った。

## 3. 結果と考察

### (1) アユの行動特性

図-4に供試魚の行動圏を示す。供試魚の行動は2009年9月2日前後に大きく変化した。期間1では、供試魚は放流地点周辺の淵で主に生息し、1リーチ（瀬と瀬の間）で生息した（図-4中の赤丸）。その行動圏1（8月29日～9月2日の行動圏）は、約 $6,589\text{m}^2$ で、主に水深が深く流速が遅い箇所を利用した。2009年9月2日の12:00頃、供試魚は瀬の横を通過し上流側へ移動した。期間2の間、上流側の淵で供試魚は生息し、その行動圏2（8月29日～9月2日の行動圏）は約 $6,214\text{m}^2$ で期間1と同様であった（図-4中の白丸）。また、両期間ともに白波が立つ瀬よりは、河岸部の低流速域や水深が深い箇所を中心に利用した。

供試魚の追跡結果は、アユの成長及びその生活史に起因すると考えられる。一般にアユは7月～8月にかけて瀬で藻類を採餌しながら成長するが、淵等、周辺環境を利用し生息するとされる<sup>2)</sup>。本研究では、行動圏1からも分かるように

餌資源となる付着藻類が比較的少ないと考えられる範囲でも、約5日間滞留していた。調査期間中のように、十分に成長したアユは瀬等で積極的に採餌をするよりは、行動圏2にみられる通り河岸部の低流速域や水深が深い箇所（淵等）で捕食者に狙われる危険を回避しながら移動していた生息したと考えられる。一般にアユの選好する空間は、主に瀬が中心であるという印象があるが、本研究の結果が示すようにアユは淵も利用していることがわかる。本研究の結果は、アユの生息環境の保全を考慮する際には、瀬のみならず淵等、他の景観保

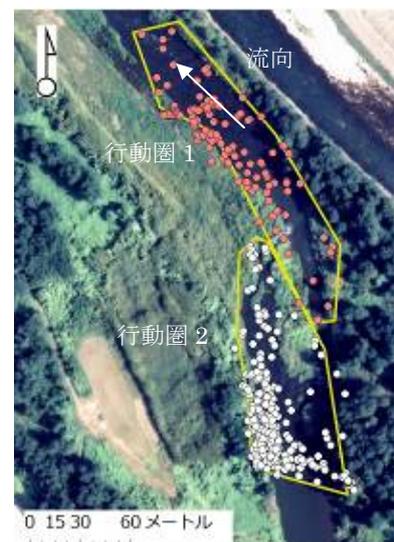


図-4 供試魚の行動圏

全とそれらのネットワーク保全を積極的に行う必要があることを示唆している。

## (2) アユの空間利用特性

図-5 に供試魚が利用した空間の流速・水深を示す。供試魚は、流速約 1.5m/s まで、水深約 0.8m までの空間を利用した。時間帯別の空間利用特性は、時間帯 1 と時間帯 2・時間帯 3 で異なる特徴があった。時間帯 1 では供試魚は、水深約 0.1~0.8m, 流速 0.25~1.5m/s の空間を幅広く利用したと推定された。一方、時間帯 2, 時間帯 3 では流速が遅く水深が深い空間を利用する特徴があり、その傾向は、時間帯 3 で顕著であると推定された。時間帯 1 では、供試魚は行動圏内の様々な空間を利用しながら採餌等、様々な行動目的に合致した空間を広範囲に利用するが、時間帯 2・3 のように採餌や休息といった目的が限定される時間帯には、水深が浅く捕食者に狙われる可能性の高い空間や流速が早く定位するのに多くのコストを必要とする空間は積極的に利用することが少ないことを図-5 は示している。データ数は限定的であるが、(1)の結果と同様に流速・水深といった物理環境もアユの生活様式に合わせて選択できる多様な空間が必要であると考えられる。

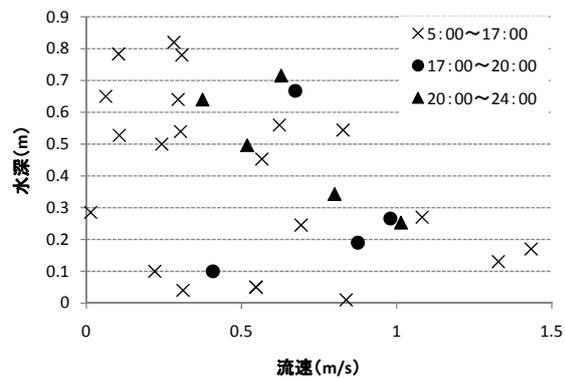


図-5 供試魚が各時間帯に利用した空間の流速・水深の散布図

## 3. まとめ

野生動物自動行動追跡システム（魚類行動を誤差約 30m, 約 5 分間隔, 2 次元で追跡可能なシステム）を用いて、降下期直前のアユ 1 個体の行動を 2 週間追跡した。その結果、アユの行動圏は平均約 6,000 m<sup>2</sup>, 主に水深が深い箇所や流速の遅い箇所を利用した。また、放流後、1 週間で上流側のリーチへ移動し、昼と夜では利用する空間の流速、水深が異なる傾向が把握できた。

## 4. 参考文献

- 1) 皆川朋子・萱場祐一：アユ、オイカワの餌資源としての河床付着膜に対する選択性，日本生態学会大会講演要旨集，Vol.57th, Page.479，2010
- 2) 川那部浩哉・森主一・水野信彦：湖上アユの生息密度と淵の利用のしかた，日本生態学会誌，Vol.7, No.1, pp. 22-26, 1957
- 3) 水野信彦・川那部浩哉：なわばりの密集した地域におけるアユの行動，日本生態学会誌，Vol.7, No.1, pp. 26-30, 1957
- 4) 永矢貴之・白石芳樹・鬼束幸樹・秋山壽一郎・畑中弘憲・中川由美子・東野誠・高見徹・大塚法晴・尾関弘：瀬と淵におけるアユの生息適正の相違およびその要因の解明，水工学論文集，Vol.50, NO.205 (2006)
- 5) 森直也：沿岸域におけるアユの生態特性の解明及び遡上量予測技術の開発(国委)-日本海側のアユの生態特性の解明-，新潟県内水面水産試験場調査研究報告，No.33, Page.40-42，2009
- 6) 玉井信行・浅枝隆・池田裕一：河川における鮎の移動と分散，水理講演会論文集，Vol.31st, Page.317-322 (1987)
- 7) 鬼束幸樹・秋山壽一郎・山本晃義・渡邊拓也・脇健樹：河川に生息する数魚種の突進速度に関する研究 -アユ,オイカワ,カワムツ,ギンブナを対象-, 土木学会論文集 B, Vol.65, No.4, Page.296-307，2009
- 8) 傳田正利・天野邦彦・辻本哲郎：魚類自動行動追跡システムの現地実証実験と魚類行動特性の把握，土木学会論文集B, Vol. 65, No. 1, pp.1-14, 2009
- 9) L.David Mech : Handbook of Animal Radio-Tracking, University of Minnesota Press, 1983
- 10) Robert Kenward : Wildlife Radio Tagging, Academic Press, London, 1987
- 11) 土木学会水理委員会編：水理公式集，(株)丸善，pp.158, 1999.
- 12) 石田力三：アユその生態と釣りアユのすべてがわかる本。つり人社，pp.66-68, 1988