

【論文】

## 手取川におけるアユの遡上量予測

増田 泰隆<sup>1\*</sup>

アユの河川遡上尾数は年変動が大きいいため、資源を安定して確保するためには、遡上尾数に応じた適正な規模の種苗放流を行うことが重要である。そこで、アユの遡上尾数の予測手法を検討する目的で、石川県最大の河川である手取川における遡上量調査、産卵量調査の結果と、河川・沿岸環境データを用いて相関分析を行った。推定遡上尾数と相関がみられたのは前年の主群降下時の河川流量および前年10月の沿岸水温であり、この二つの環境要因がアユの遡上に大きく影響していることが示唆された。また、上記の2変数を説明変数、遡上尾数を目的変数とした重回帰分析を行ったところ、有意な重回帰式が得られ遡上尾数を早期に見積もることが可能となった。

アユは地域の人々の生活に結びついた重要な内水面漁業資源に位置づけられる。石川県加賀地方では、藩政時代に武士の特権であった伝統的なアユの毛針釣りが現在に受け継がれて、初夏の風物として親しまれている。アユ資源を増殖するため、多くの河川では種苗放流と併せて再生産の促進を目的とした禁漁区・禁漁期の設定、産卵場造成、親魚放流などが行われている。しかしアユの河川遡上尾数は年変動が大きいいため、安定した資源を確保するためには早期に遡上尾数を予測して、適正な規模の種苗を放流する必要がある。アユの遡上尾数はこれまでに、稚魚降下期の海水温<sup>1-2)</sup>、産卵期の河川水温と濁度<sup>3)</sup>、産卵期の河川流量と稚魚降下期の海水温<sup>4)</sup>、稚魚降下期の海水温、餌料生物量<sup>5)</sup>、稚魚降下期の海水温、餌料生物量、カタクチイワシの仔魚数<sup>6)</sup>を用いて推定されているが、これらの多くは太平洋側の河川を対象としたものであり日本海側の河川を対象とした報告はほとんどみられない。本研究では、石川県最大の河川である手取川において、アユの遡上尾数を推定し、産卵数及び河川・沿岸環境データとの関係を調べるとともに、これらのデータを用いた遡上尾数の予測方法を検討した。

### 材料および方法

手取川でのアユの産卵期は10月上旬～11月中旬、降下期は10月中旬～11月下旬であり、翌年4月上旬～6月下旬に河川に遡上する。このことから、2000～2013年の10月～翌年6月の期間に、図1に示す手取川下流と河口周辺海域で、産卵数、河川・沿岸環境、遡上尾数のデータを収集した。

**産卵数の推定** 手取川河口から手取川橋まで約4 kmの区間(図1)を対象に、目視で産卵場を探索し、形状をメジャーで計測して産卵場面積を算出した。次に、各産卵場の1点または2点に調査枠を設置し、枠内の卵を砂礫ごと採取して持ち帰り卵数を計数した。調査枠は2000年は方形枠(10×10 cm)を用いたが、採集効率を高めるため2001年は直径13 cmの円形枠、2002年以降は直径8 cmの円形枠を用いた。産卵場内の産卵数は、枠取り結果を産卵場面積に引き延ばして求めた。産卵場調査は、10～11月に旬1回の頻度で実施し、一度確認された産卵場は重複を避けるため孵化が完了する2旬後まで調査対象から除外した。調査期間に確認されたすべての産卵場の産卵数の合計を、その年の産卵数の指標として用いた。なお、2005年は産卵期の出水のため調査データが得られなかった。

**河川流量** 各年の産卵量調査結果を基に、産卵数が最も多い旬を主産卵期として、それらの降下時期の河川流

2018年7月12日受理

キーワード: 手取川, アユ, 遡上量予測

<sup>1</sup> 石川県水産総合センター内水面水産センター (〒922-0134 石川県加賀市山中温泉荒谷町口100)

\* Tel: 0761-78-3312, Fax: 0761-78-5756, Email: y-masuda@pref.ishikawa.lg.jp

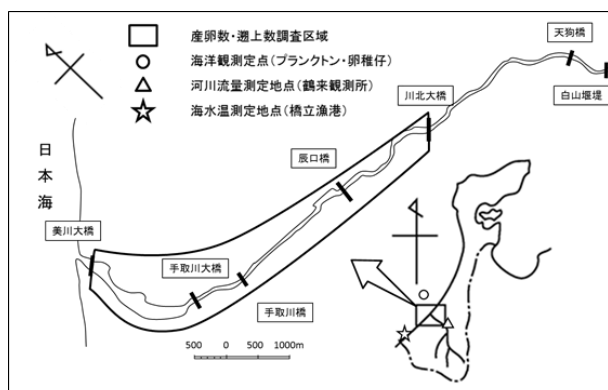


図1. 調査位置図

量(以下主群降下時河川流量)を指標に用いた。主群の降下時期は、ふ化までの積算水温(250°C)<sup>7)</sup>と10月の手取川下流の水温(15°C前後)から、産卵から降下に約20日を要すると見積られること、産卵場から河口までの距離が10 km以内と近く、ふ化後1日以内に降下すると考えられることから、主産卵期から2旬後とした。流量データは、国土交通省水文学データベースより提供される金沢河川国道事務所鶴来観測所(図1)の日流量を用いた。**沿岸水温およびプランクトン量** 沿岸水温は、10~3月の毎9時に加賀市橋立漁港内(図1)に設置したデータロガー(㈱ティアンドデイ RTR502/TR5530)で計測した水面下1.5 mの水温の月平均値を用いた。また、資源評価調査委託事業により、手取川河口北北西約17 km 沖合の定点(稚治二春-6b線, 定点34)で4~6月に各月1回行われた改良型ノルパックネットによる海底直上から海面までの鉛直曳きの調査結果から、単位ろ水量あたりプランクトン重量(動物プランクトンと植物プランクトンの合計重量)とイワシ類卵稚仔数(マイワシ・カタクチイワシ・ウルメイワシ

シの卵と仔魚の合計数)の平均を求め、それぞれ餌料生物量と餌料競合生物量の指標として用いた。

**遡上尾数の推定** 手取川では河口から約14 km上流の白山堰堤まで天然魚が遡上する。この区間では平成28年5月まで河口から約10 kmの地点から上流域に漁業権が設定されていたが、平成28年6月以降河口まで漁業権区域が延長されている。天然魚の遡上尾数は、図1に示す河口から川北大橋まで約10 kmの区間(以下調査区間)で行われた標識放流調査結果<sup>8)</sup>を用いて、ピーターセン法により推定した。ピーターセン法の適用には、個体群の加入や移出が無視できること、人工生産魚が天然魚と同じ確率で採捕されることが必要条件となる。手取川での天然アユの遡上は6月下旬まで続くが、ピークは4月下旬から5月上旬<sup>9)</sup>であり、当調査における標識魚の主再捕日である解禁日(6月16日)には、遡上による加入は無視できるとした。一方で調査区間と漁業権設定区間の間では放流魚や天然魚の移出入が予想される。しかし、ここでは標識魚が遡上区間全域で天然魚と均等に混じりあい同じ確率で採捕されるものとして、調査区間の捕獲データを用いて天然魚の遡上尾数を推定した。

**遡上尾数の変動要因とその予測** 当年のアユの推定遡上尾数と、前年の産卵数、前年から当年の河川・沿岸環境データ(主群降下時河川流量、月平均沿岸水温、河口沖合での餌料生物量と餌料競合生物量)の相関分析を行い、遡上尾数に影響する要因について調べた。得られた相関関係をもとに重回帰分析を行って遡上尾数の予測を試みた。統計解析には、統計ソフトウェアRを用いた。

表1 推定遡上尾数・産卵数・環境データ

年	推定遡上尾数 (千尾)	産卵数 (千粒)	主群降下時河川 流量 (m <sup>3</sup> /s)	沿岸水温 (°C)						イワシ類卵 稚仔 (個/m <sup>3</sup> )	プランクトン (g/m <sup>3</sup> )
				10月	11月	12月	1月	2月	3月		
	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>
2001	1,898	22,687	156.9	21.6	17.2	13.5	10.2	9.4	10.0	0.1	0.7
2002	1,633	64,789	89.7	20.5	17.0	13.5	11.4	10.5	11.2	6.4	1.2
2003	1,304	51,419	207.1	21.3	16.3	13.0	10.6	10.0	9.9	1.0	0.6
2004	605	136,630	29.2	20.5	17.3	13.9	11.2	10.2	10.7	29.2	0.5
2005	1,436	-	-	20.9	18.4	14.7	11.9	10.1	10.3	1.7	3.9
2006	1,795	46,044	69.8	20.8	17.0	12.7	9.7	9.1	9.6	7.2	0.9
2007	1,670	177,236	72.4	20.5	17.2	13.4	11.5	11.0	10.9	55.9	0.6
2008	5,249	140,348	328.2	21.6	17.1	13.4	10.7	9.3	10.2	8.3	4.6
2009	1,363	298,099	57.4	21.2	17.4	14.7	11.0	10.7	11.0	3.8	0.4
2010	2,628	275,138	341.8	20.6	17.2	13.5	11.1	9.3	10.0	25.4	1.1
2011	5,455	289,313	421.6	22.6	17.1	14.3	11.0	10.1	10.0	10.3	0.9
2012	2,238	242,657	84.7	21.2	18.8	13.9	10.8	9.3	10.2	0.5	2.2
2013	2,579	917,512	96.8	22.8	17.3	13.2	10.4	9.3	10.3	12.8	6.0

産卵数,主群降下時河川流量,10~12月水温は前年の値

表2 推定遡上尾数・産卵数・環境データの相関行列

	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>
Y	—	0.183	0.823**	0.604*	0.006	0.134	-0.045	-0.305	-0.339	-0.146	0.446
X <sub>1</sub>		—	-0.015	0.633*	0.221	0.103	-0.028	-0.165	0.054	0.073	0.701*
X <sub>2</sub>			—	0.407	-0.264	0.076	0.041	-0.270	-0.468	-0.118	0.118
X <sub>3</sub>				—	0.001	0.125	-0.355	-0.319	-0.351	-0.388	0.586*
X <sub>4</sub>					—	0.407	0.096	-0.202	0.117	-0.064	0.172
X <sub>5</sub>						—	0.511	0.451	0.463	-0.053	-0.249
X <sub>6</sub>							—	0.736**	0.754**	0.549	-0.240
X <sub>7</sub>								—	0.786**	0.458	-0.493
X <sub>8</sub>									—	0.349	-0.111
X <sub>9</sub>										—	-0.144
X <sub>10</sub>											—

表中の略号は表1を参照

結果および考察

推定遡上尾数と産卵数および河川・沿岸環境データを表1に示した。推定遡上尾数は605~5,455千尾、産卵数は22,687~917,512千粒と推定され、いずれも大きな年変動を示した。主群降下時の河川流量は29.2~421.6 m<sup>3</sup>/sの範囲で年によって大きく変動した。沿岸水温はいずれの年も10月から1月に約10°C前後低下し、1~3月は10°C前後で横ばいに推移した。イワシ類卵稚仔数は大部分をカタクチイワシが占め、0.1~55.9個体/m<sup>3</sup>の範囲にあった。プランクトン重量は1 g/m<sup>3</sup>前後の値が多くみられた。

推定遡上尾数・産卵数・環境データの相関行列を表2に示した。推定遡上尾数と有意な相関があったのは主群降下時の河川流量 (r = 0.823, p < 0.01) と10月の沿岸水温 (r = 0.604, p < 0.05) の2つであった。その他には、産卵数と10月の沿岸水温 (p < 0.05) および翌春のプランクトン重量 (p < 0.05) ,10月の海水温と翌春のプランクトン重量 (p < 0.05) ,1月の沿岸水温と2月の沿岸水温 (p < 0.01) ,1月の沿岸水温と3月の沿岸水温 (p < 0.01) ,2月の沿岸水温と3月の沿岸水温 (p < 0.01) にそれぞれ有意な正の相関がみられた。

以上の相関分析により、手取川においてアユの遡上に影響すると考えられる主群降下時の河川流量および10月の沿岸水温の2つを説明変数(それぞれF,T)とし、推定遡上尾数を目的変数(Y)として重回帰分析を行ったところ、以下に示す有意な重回帰式が得られた。これらの統計量を表3に示した。

$$Y = -11,997 + 7.9 F + 614.9 T$$

( R<sup>2</sup> = 0.763, p = 0.002)

表3 重回帰分析結果

変数	係数	標準誤差	t値	p値
切片	-11,997.0	7,090.8	-1.692	0.125
10月海水温 (T)	614.9	339.3	1.812	0.103
主群降下期河川流量(F)	7.9	2.0	3.897	0.004

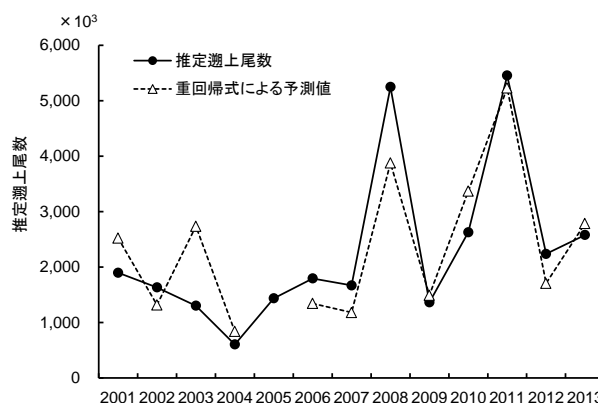


図2. 推定遡上尾数と重回帰式による予測値の比較

重回帰式による予測値と推定遡上尾数を比較すると2003年、2008年は両者の開きが大きくなっているが、2009年以降は予測値が推定遡上尾数の変動をよく表していた(図2)。河川流量の変動は孵化直後の遊泳力の弱いアユ仔稚魚の降海や、河口域での残留・分散に関与することが報告されており<sup>6,10)</sup>、手取川では主群降下時の河川流量の増加が仔稚魚の生残に有利に働いた可能性が考えられる。一方、アユの初期生残率は飼育水温の影響を強く受け、海産系アユ仔魚の海水飼育試験では23°C以上で生残率が低下するとされている<sup>11-13)</sup>。10月の沿岸水温は23°C未満の適水温内にあったが、この期間の高めの水温分布は降下直後、海洋生活初期の稚魚の成長を促し生残を高めた可能性が考えられる。また、11~3月の沿岸水温よりも10月の沿岸水温の影響が大

きいことは、早期に生まれた稚魚の初期生残が資源形成に大きく影響する可能性を示唆していると考えられる。

今回帰式によって翌年の遡上尾数を早期に見積もることが可能となった。遡上尾数の予測結果は、適正な放流規模の決定に重要な役割を果たすと期待される。今後は標識放流による遡上尾数推定を再開して、今回求めた予測式の検証を行うとともに、変数に用いるデータの精度向上や他の要因の探索によって予測式の改善に努めたい。

12) 坂野博之, 内田和男: 異なる給餌と水温条件が汽水環境下で飼育したアユふ化仔魚の成長に与える影響. 日水誌, 2011, **77**, p.237-239.

13) 岸野 底, 四宮明彦, 寿 浩義: リュウキュウアユ仔魚の水温・塩分耐性に関する生残実験. 魚類学雑誌, 2008, **55**, p.1-8.

## 文 献

- 1) 中村智幸, 糟谷浩一: 栃木県那珂川における両側回遊型アユの遡上日と遡上群数の予測. 日水誌, 2004, **70**, p.288-296.
- 2) 山本祥一郎: アユの遡上量を予測する. 中央水産研究所主要成果集, 2008, **6**, p.19..
- 3) 嶋田啓一, 後藤浩一, 山本一生, 和田吉弘: 長良川における稚アユ遡上量の予測に関する検討. 日水誌, 2006, **72**, p.665-672.
- 4) 吉村研人, 高橋陽一, 山口和好: 長良川における稚アユ遡上量予測に関する一考察. 平成29年度中部地方整備局内事業研究発表会, 2017.
- 5) 浦部真治, 竹門康弘, 角哲也: 淀川におけるアユ遡上尾数の変動要因解析に基づいた将来予測モデルの検討. 京都大学防災研究所年報, 2016, **59(B)**, p.557-569.
- 6) 岐阜県農政課水産振興室: 長良川における天然アユの遡上量予測について. 平成24年度長良川河口堰調査検討会岐阜県資料, 2013.
- 7) 川本信之: 養魚学各論 改訂三版, 厚生社厚生閣, 1978, p.238-239.
- 8) 石川県水産総合センター: 平成13~25年度石川県水産総合センター事業報告書 手取川遡上アユ資源量調査, 2001-2015.
- 9) 石川県水産総合センター: 平成22~25年度石川県水産総合センター事業報告書 手取川アユ初期遡上状況調査, 2012-2015.
- 10) 東健作, 平賀洋之, 木下泉: 降下仔アユの海域への分散に及ぼす降水量の影響. 日水誌, 2003, **69**, p.352-358.
- 11) 田畑和男, 東幹夫: 海産,湖産系および湖産アユ仔魚の海水飼育における生残特性. 兵庫県水産試験場研究報告, 1986, **24**, p.28-36.