

新潟県海川におけるアユの個体群密度と成長の関係

森 直也・野上 泰宏・本間 智晴*1・富田 政勝*2

Relationship between the population density and growth of ayu, *Plecoglossus altivelis*, in the Umi river of Niigata prefecture

Naoya Mori, Yasuhiro Nogami, Tomoharu Honma and Masakatsu Tomita

キーワード：アユの生産力、密度効果、資源豊度

河川においてアユの資源豊度を高めるには、直接的に個体数の増加を図る種苗放流のほか、成長段階に応じた生息環境を保全するなどの増殖手法がある。さらに、天然遡上魚の個体数が確保されている河川では、産卵親魚の保護等により繁殖個体数を増加をさせる手法も併せて行うことも求められる。

これまでのアユの増殖については、種苗放流に関する研究が数多く行われてきたが、今後は、各河川の環境や天然魚の遡上個体数を考慮しながら様々な増殖手法を実行する環境に調和したアユの資源管理が求められている。一般的に、資源管理を行うには、対象水域の環境収容力を把握することが重要であるが、アユを対象とした環境収容力に関する研究は数少ない。

そこで、本研究では、アユの環境収容力を推定することを目的として、新潟県海川のアユの個体群密度と成長の年変動に関する継続的な調査を行ったので報告する。

材 料 と 方 法

1. 調査河川

調査は、糸魚川市を流域として日本海に注ぐ流長21kmの海川（うみかわ）で行い、調査範囲は河口から、アユの天然遡上が見られる稲坂頭首工（河口から6.2km上流、魚道未設置）までとした。調

査範囲の平均河床勾配は、12/1000で、可児（1957）²⁾による流程区分はBb型であった。海川には第5種共同漁業権が設定されており、糸魚川内水面漁業協同組合によってアユ、ウグイ、ニジマス、イワナ、ヤマメおよびカジカの種苗放流が行われている。このほか、シロザケのふ化放流事業も行われている。2002年以降の5カ年における調査範囲内でのアユの年間放流量は、150～335kgであった。海川で放流されている種苗は、新潟県産天然遡上魚に由来し、（社）新潟県水産振興協会村上事業所で生産されたものである。糸魚川内水面漁協は、中間育成した後、主に雪解けが終わる5月中旬から6月上旬に放流を行っている。

海川におけるアユの漁法は、手釣り・竿釣りと投網で、釣りは組合員と遊漁者により、投網は組合員だけで行われている。やなについては、漁業権免許の制限又は条件で1ヵ統以内の設置が認められているが、調査期間中は行使されなかった。

アユ友釣りの解禁は、通常7月1日で、9月下旬までの3ヶ月間に組合員や遊漁者によって採捕されている。アユを対象とした遊漁者数は、年券・日券の売り上げ状況から年間延べ人数で700～1,000人と推定される。海川で漁獲されるアユの体サイズは、新潟県内の他の河川と比べて小さい傾向にあり、特に天然遡上が多い年ではその傾向が顕著になる。その一方、漁獲数が期待できること、天然遡上魚が採捕できることなどを理由に、

*1新潟県佐渡地域振興局農林水産振興部

*2長岡市在住（元新潟県内水面水産試験場専門研究員）

海川は友釣り漁場として根強い人気がある。

2. 初期資源重量および日間成長率の推定

本研究において、初期資源とは、種苗放流の終了時もしくは天然魚の遡上終了時から友釣り解禁前までの間の資源状態を指すこととした。そこで、8月1日前後に採捕された個体数データに基づいて初期資源尾数を推定した。調査日は、当河川において過去に実施したアユ放流効果試験³⁾の結果から、8月1日前後には、天然遡上魚および放流魚が分散し、調査範囲内での分布の偏りが少ないと考えられたことに基づいて設定した。採捕は、河口から上流約2～5kmの区間において、投網と電気ショッカーを用いて行った。採捕は、調査範囲内を2日にわたって投網2カ統で下流側から上流側に向かって行う方法を基本として行ったが、調査年によっては天候などの理由から必ずしもこのとおりにならないこともあった。

採捕されたアユは、試験場において魚体測定と、天然遡上魚と人工生産魚の判別を行った。1997年から2001年の放流種苗には、鰭切除法による標識が行われていたことから、これらの年では、標識の無い個体を天然遡上アユと判別した。一方、2002年から2007年の標本については、第5背鰭直下の側線上方横列鱗数⁴⁾および下顎側線孔数⁵⁾を計数し、判別を行った。判別については、第5背鰭直下側線上方横列鱗数19枚以上で下顎側線孔が4対整列している個体を天然遡上アユとし、横列鱗数が18枚以下で側線孔が2個以上欠損している個体を人工種苗アユとした。

初期資源尾数は、採捕魚中の人工種苗の混獲率を用いてピーターセン法によって推定した。それぞれの年の初期資源重量は、推定された初期資源尾数に天然遡上魚の平均体重を乗じることより算出した。そして、年毎に得られた初期資源重量と、天然遡上魚の平均体重および日間成長率との関係を統計学的手法を用いて解析した。解析は、河川水温や流量などアユの成長に影響を及ぼすと推測される環境要因に、年毎の大きな差異は存在しないという仮定のもとで行った。また、日間成長率は、調査時の平均体重と、新信濃川河口で行われ

ているアユ稚魚採捕事業から得られた平均体重を基に算出した。アユ稚魚の遡上時期や遡上時の平均体重は年ごとに異なるが、本研究では、年ごとの変動は存在しないと仮定し、全ての年で5月15日に平均体重3.1g/尾で遡上したこととし、以下の式を用いて日間成長率を算出した。

$$\text{日間成長率} = (\ln W_2 - \ln W_1) \div (t_2 - t_1)$$

上記の式のうち、 W_2 は採捕調査日 t_2 日の天然遡上魚の平均体重 (g) を表し、 t_1 は5月15日、 W_1 は3.1gとした。

なお、2003年については、採捕アユの由来判別ができなかった。そのため、天然遡上アユ個体数比率、平均魚体重および日間成長率については、便宜的に2003年を除く2000年から2005年までの5カ年間の平均値を用いた。

3. 降下仔魚数の推定

降下仔魚数の推定は、2002年から2005年にかけて行った。調査は、毎年9月から12月にかけて海川河口から上流約0.3kmにあるJR北陸本線海川鉄橋の下で行った。降下仔魚の採集には、丸型仔魚採集ネット (口径0.5m、側長1.7m、目合い0.3mm) を用いた。採集は18時台と19時台の2回行い、それぞれ5分間の連続採集を行った。採集ネット網口部の流速と網口面積から算出された濾水量を基に、単位流量当たりの仔魚密度を求めた。そして、調査時の河川の平均流量を乗じて単位時間当たりの降下仔魚総数を推定した。平均流量は、調査地点の水深と表面流速を基に算出した。24時間あたりの降下仔魚数は、24時間調査で得られた時間帯あたりの降下仔魚数データをもとに18時台および19時台の単位時間の降下仔魚数の値を引き伸ばして推定した。24時間調査は、2004年10月9日から10月10日にかけて行った。

結 果

調査河川における、1997年から2005年までの初期資源量、8月1日前後のアユ平均魚体重および日間成長率についての概要を表1に示した。

この期間中の調査範囲内におけるアユ初期資源

表1 海川の調査範囲内におけるアユの資源状況と成長

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
推定個体数(尾)	205,938	595,938	373,097	117,880	599,800	317,882	70,600	28,600	624,000
天然遡上魚(尾)	106,038	504,938	294,097	76,880	557,600	269,982	29,900	5,200	576,000
放流魚(尾)	99,900	91,000	79,000	41,000	42,200	47,900	40,700	23,400	48,000
資源量(kg)	733.9	1,916.4	1,322.1	440.5	1,959.8	1,172.2	377.6	165.9	2,073.6
天然遡上魚(kg)	328.7	1,565.3	911.7	238.3	1,728.6	836.9	92.7	16.1	1,785.6
放流魚(kg)	405.2	351.2	410.4	202.2	231.2	335.3	284.9	149.8	288.0
個体数密度(尾/m ²)	1.0	3.0	1.9	0.8	3.1	1.6	0.5	0.3	3.2
資源量密度(g/m ²)	3.6	9.5	6.6	2.2	9.7	5.8	1.9	0.8	10.3
平均体重(g/尾)	29.0	18.0	23.9	28.7	15.9	17.7	20.6	31.2	9.5
日間成長率(%/日)	3.0	3.1	2.8	4.0	1.0	2.3	2.4	3.6	1.4

尾数の最大値は、2005年の62万4千尾、最小値は2004年の28,000尾であった。最大値は、最小値の21.5倍であり、年変動が著しかった。

資源量密度の最大値は、2005年の10.3g/m²であった(表1)。2005年の天然遡上魚の個体数が最も大きかった一方、平均魚体重は9.5gで、最も小さな値を示した。それに対し、資源量密度が最も小さかった年は、2004年で、0.8g/m²であった。2004年の天然遡上魚数は極端に少なく、平均魚体重は31.2gと最大であった。

資源量密度(x)と平均魚体重(y)には、有意な負の相関関係が認められ(r=-0.8064)、 $y = -1.6224x + 30.7$ の直線回帰式が得られた(図1)。

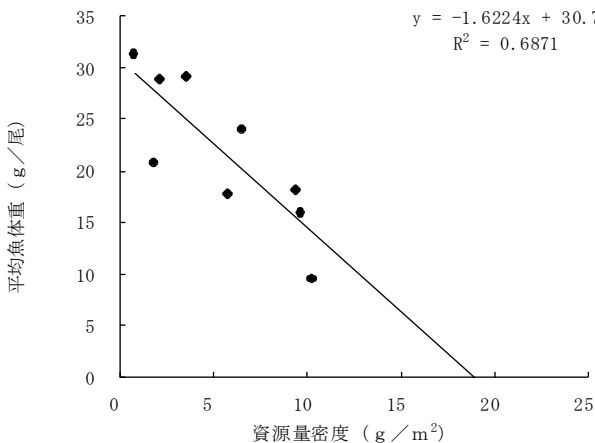


図1 資源量密度と平均魚体重の関係

得られた直線回帰式から、遡上期における海川の調査範囲内における最大資源豊度を推定した。y=0の状態では資源豊度が最大になると仮定すると、18.9g/m²という値が得られた。魚体重が3.1gとい

う平均的なサイズの稚アユが遡上した場合には、6.1尾/m²となった。

日間成長率と単位あたりの初期資源量の関係を分析した結果、初期資源量が最大もしくは最小の時に、日間成長率が最小又は最大とはならなかった(表1)。日間成長率の最小値は、2001年の1.0%/日で、最大値は2000年の4.0%/日であった。初期資源量(x)と日間成長率(y₂)には、有意な負の相関関係が認められ(r=-0.7027)、直線回帰式 $y_2 = -0.1871x + 3.6614$ が得られた。

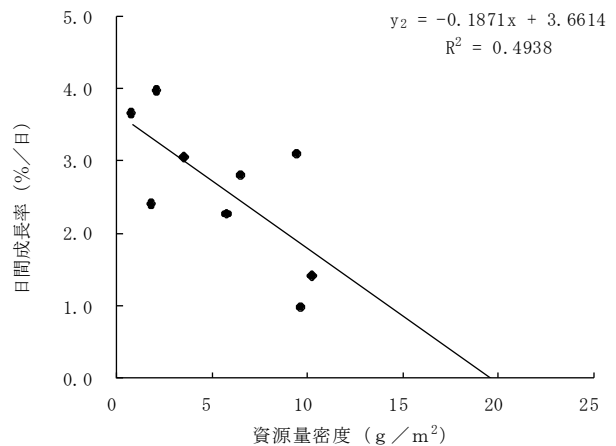


図2 初期資源量と日間成長率の関係

海川におけるアユ仔魚の流下は概ね10月から11月にかけて観察された。流下仔魚数の推定値は、年ごとに大きく異なり、2005年の流下数が29,094千尾で最も多く、流下数が最も少なかったのは、2004年の74千尾であった。

調査年ごとの初期資源尾数と仔魚流下数には、

有意な正の相関が確認された (図 4)。

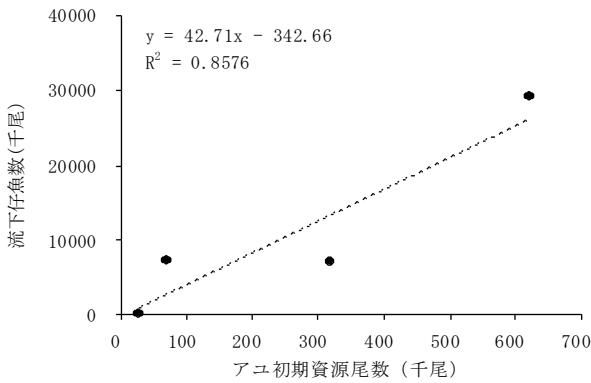


図 4 アユ初期資源尾数と流下仔魚数の関係

考 察

海川の漁獲サイズからみた望ましい資源豊度

生物では、個体数が増加すると、密度効果により、成長率が低下することが一般的に知られている。本調査によっても、初期資源が多い年では、アユの成長率が低下することが明らかになった。

一方、アユ種苗の放流密度と日間成長率の関係が、当県を含む全国 8 県の 37 事例を基にアユ放流部会 (以下、部会とする) によって解析されている⁶⁾。その結果、放流密度が 0.2~3.3 尾/m² の範囲内で、放流密度と日間成長率は負の相関にあり、生息密度が高いと成長率が低くなることが示されている (図 5)。アユ密度と日間成長率の関係には、生息地の環境が影響すると予想され、これらの回帰式は生息地ごとに異なる可能性が考えられる。そこで、本調査と部会で得られたデータに差異が存在するかを否かを分散分析によって検討した。その結果、解析と日間成長率の間には有意な交互作用は認められず (表 2, p=0.3695)、2 つ

表 2 回帰の同質性の検定結果

ソース	自由度	平均平方	F 値	P 値
解析	1	0.847	1.156	0.2884
密度	1	11.104	15.151	0.0003
解析×成長率	1	0.603	0.823	0.3695
残差	42	0.733		

従属変数：日間成長率

の回帰直線は平行であるとみなされた。しかし、解析の日間成長率に対する有意な影響は認められなかった (F=0.299, p=0.5871)。これらのことから、2 つの回帰直線は同質であると考えられた。

今回比較した部会の調査地点には、東北地方から九州地方までの河川が含まれている。このことから、部会の解析結果は、生息環境が異なっている個体群から得られたデータによるものと考えられる。それにもかかわらず、本研究と部会の直線回帰式は同質であるとみなされたことから、これまでに得られた密度と日間成長率の回帰式は、海川以外のアユ生息地でも適応できる可能性が考えられる。

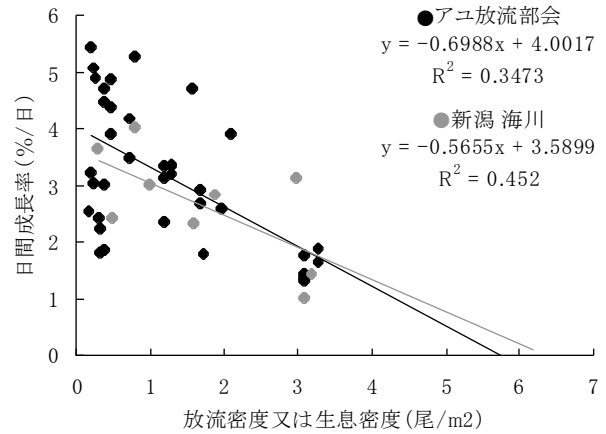


図 5 放流 (生息) 密度と日間成長率の関係

本研究は、海川を対象に行ったが、海川のアユは一般的に小型であるといわれている。それに対し、新潟県内の三面川や魚野川などでは体サイズの大きいアユが生息している。海川の平均河床勾配は大きく、一般的に急流と呼ばれる分類に属する。また、海川におけるアユの生息範囲は狭いなど、海川の生息環境はアユが生息する他の河川とは異なると考えられる。これらのことから、海川のアユの体サイズが他の河川と比べて小さいのは、本研究で得られた密度と日間成長率の関係を反映しているのか、付着藻類等の餌料などの生息環境が他の河川とは異なっていることによるのかは不明である。今後は、海川以外の河川も含めて生息密度と日間成長率の関係や生息環境を調査・比較することにより、アユの成長に関わる要因が解明されると考える。

海川のアユ資源増殖方策と管理評価

海川では、アユの初期資源尾数が多いと、その年の流下仔魚が多くなる傾向がみられた。これは初期資源尾数が多いと、親まで生き残る個体も多くなり、その結果として産卵数が多くなると考えるのが妥当であろう。一方、流下仔魚数と翌年の遡上稚魚数の関係を見ると、2002年および2003年の仔魚流下数は700万尾前後で、ほぼ同じ規模であったが、翌年の遡上数は0.5万、29.9万尾と異なった。また、前年の流下仔魚数が極端に少ない場合でも、遡上数が著しく多くなる現象が2005年でみられた。このように、仔魚流下数と翌年の天然遡上数には、明瞭な関係は見いだせなかった。

これまでの調査から、海川のアユ産卵場は調査範囲内に分布し、主な産卵場は河口から上流1 km付近にあることが明らかになっている⁸⁾。海川では、産卵水域から河口までの地理的な距離が短く、本県の信濃川のような長大河川でみられるような仔魚の飢餓⁹⁾による減耗の可能性は低いと考えられる。また、新潟県の沿岸漁業にはアユ仔魚を混獲する漁業は存在しない。これらのことから、海川へ遡上するアユ稚魚の数は、生息海域の水温、海流、餌料生物量や捕食者の量などの影響による生残性の違いや、海川近隣の姫川や早川などに由来する稚魚の移入量によって決まると推測される。

水産資源を維持・増大する一般的な考えの一つに、産卵親魚数の増大によって仔魚数の増加を図る考え方がある。海川のアユでは、6月の個体数密度が降下仔魚数に反映されることが明らかになったが、翌年の遡上稚魚数の増加に必ずしも繋がらないと考えられた。しかし、アユ資源を継続的に維持するには、一定レベル以上の新規加入量を確保していくことが重要であると考えられる。従って、海川では、適期に仔魚が流下でき、漁協経営に影響を及ぼさない漁場管理を行うことが望ましいと考えられた。

要 約

新潟県南部の海川でアユの個体群密度と成長の

関係を1997年から2005年にかけて調査した。

6月の資源量密度と、8月1日前後の日間成長率には、有意な負の相関関係が認められ、資源量密度が高くなると体サイズが小さくなることが明らかになった。

資源量密度と平均魚体重から得られた回帰直線式から、調査範囲内の初期資源尾数が概ね20万尾(約1.0尾/m²に相当)未満であれば、8月上旬頃に日間成長率で3.0~3.5%の成長を期待できると考えられた。

6月の個体群密度と流下仔魚数には有意な正の相関関係が認められたが、流下仔魚数と翌年の遡上稚魚数には相関関係は認められなかった。

謝 辞

本研究は、健全な内水面生態系復元推進事業「環境調和型アユ増殖手法開発事業」として独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所から受託して実施された。

本研究を進めるにあたり、独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所内水面研究部資源生態研究室内田和男室長から調査方法など多くのご指導賜った。また、糸魚川内水面漁業協同組合小柳義雄組合長ほか組合員の皆さまからは海川の現地調査でアユ採捕等の作業にご協力いただいた。これらの方々に感謝の意を表します。

文 献

- 1) Praker, R. A. : Some effects of thinning on a population of fishes. Ecology 39, 304-317 (1958)
- 2) 可児藤吉: 可児藤吉全集, 全一卷, 思索社, 東京, 1957, 1-17
- 3) 水産庁: 放流後の種苗特性と交雑試験 (新潟県). アユ種苗総合対策事業報告書, 2002, 137-160
- 4) 全国内水面漁連・広報室: 難しそうだけれど・・・意外と簡単! アユの横列鱗数を数えてみよう. 広報ないすいめん, 28, 25-28 (2002)

5) 熊本県水産研究センター:アユ資源増殖総合
対策試験Ⅱ(人工生産アユの標識形質について).
平成13年度熊本県水産研究センター事業報告書,
2002, 235-236
6) 全国湖沼河川養殖研究会アユ放流研究部会:
適正放流基準の検討とりまとめ. アユの放流研究
(昭和63年~平成2年度のとりまとめ) 部会報告,
12, 31-38 (1992)
7) 富田政勝・森 直也:新潟県海川におけるア
ユの生産力. 環境調和型アユ増殖手法開発事業報

告書. 2007, 106-116

8) 全国内水面漁業協同組合連合会:新潟県にお
ける産卵場造成事例(新潟県内水面水産試験場).
アユの産卵場づくりの手引きー魚類再生産技術開
発調査報告書ー, 1995, 89-132

9) 森 直也・関 泰夫・星野正邦・佐藤雍彦・
鈴木惇悦・塚本勝巳:信濃川水系を流下する仔ア
ユの日令とさいのう体積. 新潟県内水面水産試験
場調査研究報告, 15, 1-9 (1989)