

那珂川のアユで見られる遡上の遅れが釣れ具合に及ぼす影響

誌名	栃木県水産試験場研究報告
ISSN	13408585
著者名	高木,優也
発行元	栃木県水産試験場
巻/号	58号
巻号補足	
掲載ページ	p. 5-12
発行年月	2015年2月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



那珂川のアユで見られる遡上の遅れが釣れ具合に及ぼす影響

高木 優也

目 的

那珂川は、栃木県那須岳に源を発し茨城県ひたちなか市で太平洋に注ぐ、幹線流程約150kmの河川である。上流の約100kmが栃木県内を流れ、そのうち下流約80kmと各支流が主なアユ漁場として利用されている。県内の那珂川におけるアユの漁期は、6月1日から11月10日までの163日間である。

県内では那珂川を管轄する4漁協により、毎年約140万尾の人工種苗が放流されているが、¹⁾ 漁獲の大部分を占めるのは天然遡上アユであることが示されている。²⁾ 当場では、那珂川のアユ資源の動向を把握し、適正な漁場運営に寄与するため、天然遡上アユの遡上群数調査³⁾と釣りによるアユ漁獲量⁴⁾の調査を継続的に行っている。群れごとに尾数が異なるため、遡上群数は遡上尾数を直接表すものではない。しかし、河川規模の大きい那珂川では、遡上尾数の直接計数や推定が困難であるために、天然遡上アユの遡上量の把握方法として遡上群数の計数を採用している。これまで、遡上群数は全体の遡上量を良く反映するとされており、⁵⁾ 遡上群数と釣れ具合も良く一致してきた。³⁾ しかし近年、遡上群数から期待したほど釣れないという声が漁業者からあがるようになった。

遡上群は、"带状の群れ"または"だんご状の群れ"として観察される。带状の群れはだんご状の群れよりも群れを構成するアユの尾数が多いと考えられる。遡上群数の調査では、どちらも1群として計数されるので、だんご状の群れの割合が高い年には遡上尾数を過大評価する可能性がある。また、那珂川では早い時期から遡上が見られる年は豊漁になることが経験的に知られている。近年、带状の群れが少なく、遡上も遅くなったという漁業者も多い。

そこで、带状の群れの数や遡上時期の推移を整理し、近年の特徴を明らかにするとともに、それらと釣れ具合の関係について検証した。

材料および方法

1. 遡上データの収集 遡上群の観測は、県内の那珂川の最下流部にあたる茂木地区の2地点で毎年3月1日から6月30日までの122日間行われる。³⁾ 観測時間や観測回数の違いによる影響を除くため、同日に同地点で観測された群れは、まとめて1群として計数される。

つまり、観測群数は最大で1日2群（1群×2地点）、シーズン全体で244群である。

観測日誌が現存する1995年以降のデータについて、初遡上日、带状の群れの数、および各月旬（上旬・中旬・下旬）ごとの遡上群数を集計した。各年の群れが初めて観測された日を初遡上日とした。同日に同地点で带状の群れとだんご状の群れが両方観測された場合には、带状の群れとして集計した。

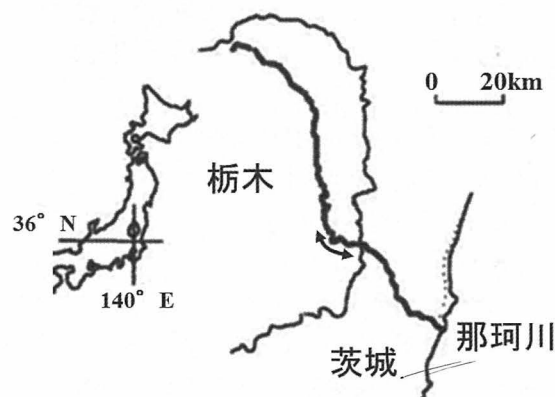


図1 遡上観測地点
(両矢印の範囲内の2地点で観測を行った)

2. 釣獲データの収集 1995年から2013年までの漁獲量調査の結果^{4,6)}から釣りによる年間の漁獲状況を集計した。また、1人1日あたりの平均釣れ具合（総釣獲尾数／総出漁日数）を各月旬（上旬・中旬・下旬）ごとに算出した。

3. 遡上群数と釣れ具合の関係 経年的な傾向について検証するために、遡上群数あたりの釣れ具合（年間平均釣れ具合／遡上群数）について順位相関を求めた。年間平均釣れ具合と遡上群数、および带状の群れの数と遡上群数の関係を回帰分析により解析した。带状の群れをだんご状の群れの1.1倍から100.0倍まで0.1刻みで換算した場合の遡上群数（以降、「換算遡上群数」）と年間平均釣れ具合の相関を求め、最も相関が高くなるときの回帰式を算出した。

4. 遡上パターン 各年の遡上パターンを分類するために、各月旬ごとの遡上群数をパラメータとして年度間のユークリッド距離を求め、クラスター分析（Ward法）を行った。

5. 釣れ具合の予測式 釣れ具合に影響を与える要因について検討するために、重回帰分析を行った。応答変数を年間平均釣れ具合、従属変数を換算遡上群数、

初遡上日、遡上パターン、アユ種苗放流尾数⁶⁾、アユ種苗放流サイズ⁶⁾および調査年とした。総当たり法 (MuMIn パッケージのdredge関数) で変数選択を行い、AIC (赤池情報量基準) が最少となるモデルを最良重回帰式とした。初遡上日と換算遡上群数に有意な正の相関、調査年とアユ種苗放流尾数に有意な負の相関関係が認められた。多重共線性を回避するために、それぞれの組合せの一方を除いた4通りの解析を行った。

6. 遡上パターンと釣れ具合の季節変化および平均魚体重の関係 遡上パターンが釣れ具合の季節変化に与える影響について検討するために、重回帰分析を行った。応答変数を各月旬ごとの平均釣れ具合、従属変数を換算遡上群数および遡上パターンとした。1995年から2013年のアンケート回答者数の平均値 (範囲) は、118人 (98~136人) であった。特に漁期後半について、出漁者数が少ない場合に釣れ具合のばらつきが大きくなる傾向が見られたため、出漁率 (アンケート回答者の各旬の総出漁日数/各旬の日数) が1人/日を下回る旬についてはデータから除外して解析を行った。

遡上パターンがアユの成長に与える影響について検討するために、重回帰分析を行った。応答変数を年間平均魚体重、⁶⁾従属変数を換算遡上群数、初遡上日、遡上パターン、アユ種苗放流尾数、アユ種苗放流サイズおよび調査年とした。5と同様に4通りの解析を行った。

これらの統計解析には R. version 2.15.2を使用した。

結 果

1995年以降の那珂川におけるアユの遡上、放流および釣獲状況の推移を付表1に示した。

遡上状況 平年 (1995~2013年の平均値) の初遡上日は4月12日で、遡上が最も早かった年は2008年 (3月22日)、最も遅かった年は2012年 (5月13日) であった。4月1日を基準として各年の初遡上日を集計し (例えば、3月31日:-1, 4月3日:+2)、順位相関を求めたところ、5%水準で有意とは言えないものの、年々初遡上日が遅くなる傾向が見られた (Spearmanの順位相関係数: $r=0.443(n=19)$, $p=0.058$, 図2)。

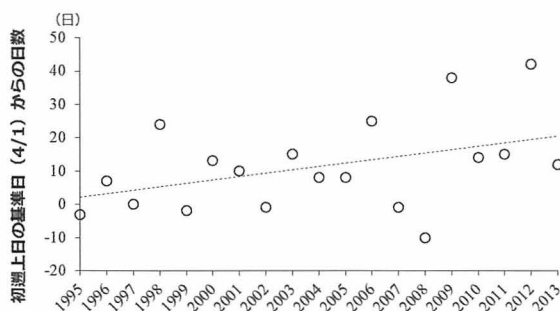


図2 初遡上日の推移

平年の遡上群数は44群で、群数が最も多かった年は2003年 (68群)、最も少なかった年は1998年 (16群) であった。平年の帯状の群れの数には16群で、最も多かった年は2003年 (58群)、最も少なかった年は2013年 (0群) であった。

遡上群数に占める帯状の群れの割合は、0%から85% (平均35%) と年によって大きく変動した。遡上群数の推移に一貫した傾向は見られなかったが (Spearmanの順位相関係数: $r=0.097(n=19)$, $p=0.691$)、帯状の群れの数には有意な減少傾向が見られ (Spearmanの順位相関係数: $r=-0.563(n=19)$, $p<0.05$)、近年帯状の群れの割合が減少していることが示された (図3)。

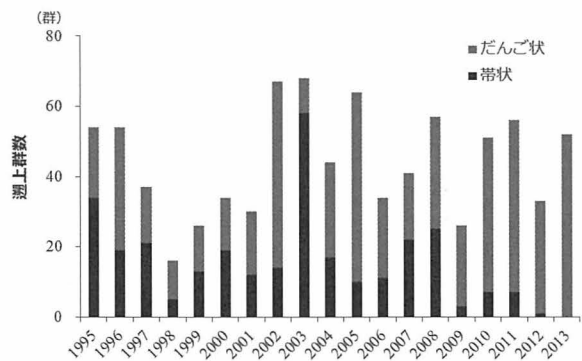


図3 遡上群数の推移

放流状況 放流尾数は減少傾向にあり、1990年代は平均170万尾のアユ種苗が放流されていたが、2000年代は平均128万尾、2010年代は平均112万尾となっていた。アユ種苗の平均放流サイズは、8.4gから18.1gであった。

釣獲状況 平年の釣れ具合は、釣り人1人1日あたり9.8尾で、最も良かった年は1995年 (14.2尾)、最も悪かった年は2012年 (5.1尾) であった。釣れ具合の推移に一貫した傾向は見られなかった (Spearmanの順位相関係数: $r=-0.335(n=21)$, $p=0.161$, 図4)。また、平年の釣獲尾数は434万尾 (218トン)、釣獲魚の平均魚体重は57gであった。

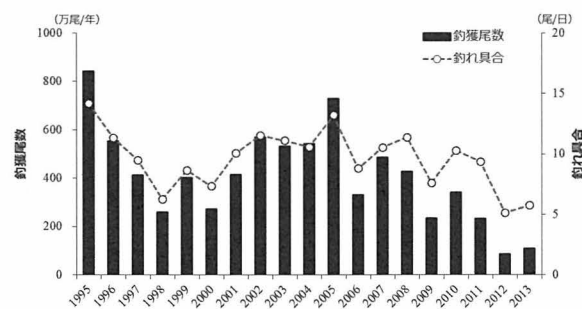


図4 釣獲尾数と釣れ具合の推移

遡上群数と釣れ具合の関係 年間平均釣れ具合と遡上群数および帯状の群れの数について、ともに有意な回帰式が得られた（図5(a), (b)）。釣れ具合の変動の35.5%が遡上群数のみで説明され、帯状の群れの数のみでも32.2%が説明された。だんご状の群れの数を加えることによる上昇は、わずか3.3%であり、釣れ具合には帯状の群れの数の影響が大きいことが示された。また、帯状の群れをだんご状の群れの1.8倍の群数として換算したときに、換算遡上群数と年間平均釣れ具合の相関が最も高くなった（Pearsonの相関係数： $r=0.718(n=19)$, $p<0.001$ ）。このとき、釣れ具合の変動の51.5%が換算遡上群数のみで説明された（図5(c)）。

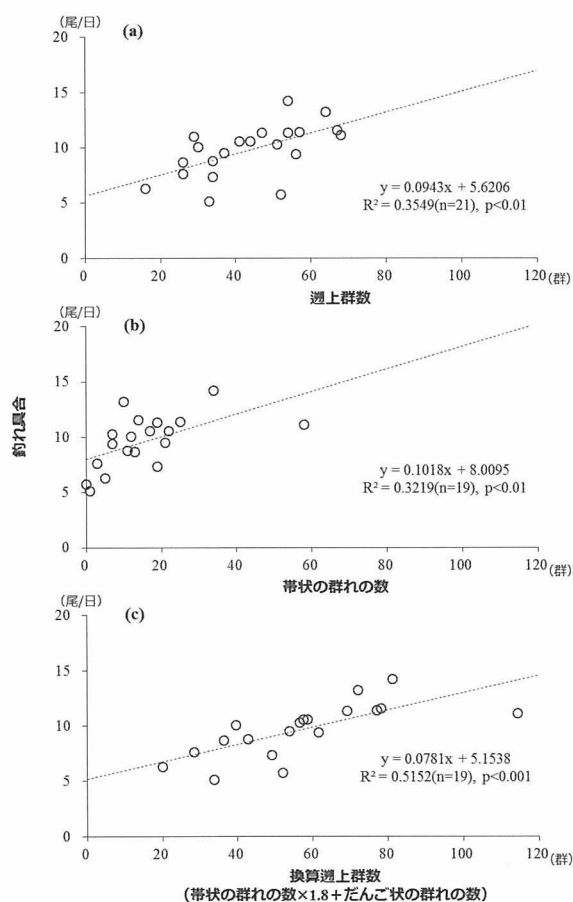


図5 群数と釣れ具合の関係

((a)：遡上群数と釣れ具合，(b)：帯状の群れの数と釣れ具合，(c)：換算遡上群数と釣れ具合)

遡上群数あたりの釣れ具合には、有意な減少傾向が見られ（Spearmanの順位相関係数： $r=-0.595(n=19)$, $p<0.01$ ），近年遡上群数に対する釣れ具合が低下していることが示された（図6）。

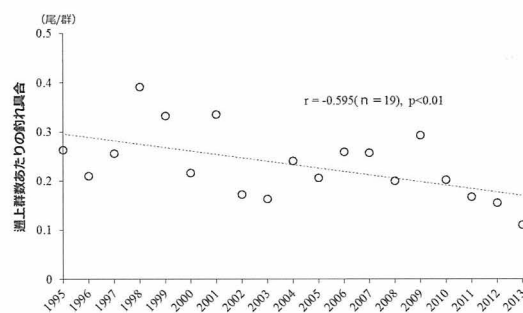


図6 遡上群数あたりの釣れ具合の推移

遡上パターン 各月旬ごとの遡上群数による各年の分類結果とそれぞれの特性を図7に示した。

遡上パターンA（1995年，1997～1999年，2005年，2007年）は4月，遡上パターンB（1996年，2000～2002年，2004年，2008年）は5月，遡上パターンC（2003年，2006年，2009～2013年）は6月に遡上のピークを持つ特性が見られた。遡上パターンごとの初遡上日の平均値（A：4/5±10，B：4/6±9，C：4/24±12，（平均±標準偏差））を比較したところ，遡上パターンCで有意に遅くなる傾向が見られた（Welch's t-test： $p<0.05$ ，Holm補正）。遡上パターンごとの換算遡上群数（A：53.7±22.6，B：61.8±15.6，C：55.7±28.5，（平均±標準偏差））に差は見られなかった（oneway-test：F=0.718，df=2，p=0.512）。

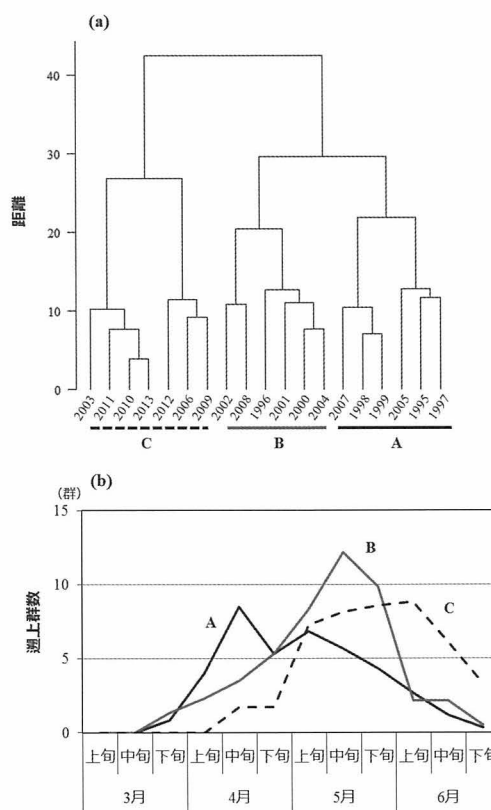


図7 遡上パターンの分類と特性

((a)：遡上パターンの分類，(b)：パターンごとの平均値)

釣れ具合の予測式 初遡上日と換算遡上群数には、有意な負の相関関係が見られ（Spearmanの順位相関係数： $r=-0.537(n=19)$, $p<0.05$, 図8), 初遡上日が遅いほど換算遡上群数が減少することが示された。

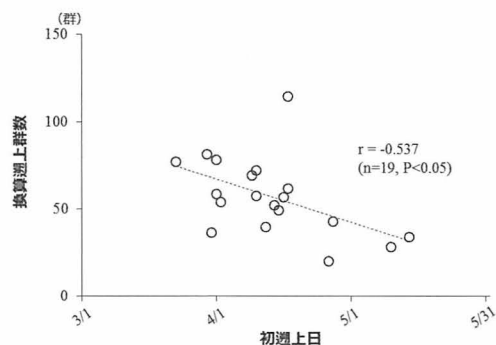


図8 初遡上日と換算遡上群数の関係

初遡上日と調査年, または初遡上日とアユ種苗放流尾数を除いて重回帰分析を行ったところ, 換算遡上群数と遡上パターンを従属変数とする有意な最良重回帰式が得られた(表1(a), 遡上パターンAの係数を0として算出される)。このとき, 換算遡上群数と遡上パターンで年間平均釣れ具合の変動の68.1%が説明された。偏回帰係数の符号から, 換算遡上群数が多いほど釣れ具合が上昇することが示された。また, 換算遡上群数を同じと仮定した場合, 遡上パターンCでは約2.3尾釣れ具合が低下することが示された。遡上パターンAとBの間では有意な違いは見られなかった。

表1 年間平均釣れ具合を予測する最良重回帰式の諸元

	偏回帰係数	標準誤差	t	p
(a)				
換算遡上群数	0.078	0.02	4.85	***
遡上パターンB	-0.685	0.87	-0.78	0.44
遡上パターンC	-2.270	0.83	-2.72	**
切片	6.213	1.06	5.86	***
F		10.7		***
R ²		0.681		
AIC		74.8		
(b)				
初遡上日	-0.117	0.03	-3.62	***
切片	10.926	0.56	19.39	***
F		13.1		**
R ²		0.436		
AIC		81.7		

(a): 換算遡上群数, (b): 初遡上日を用いたときの最良重回帰式。

***: <0.001 , **: <0.01

換算遡上群数と調査年, または換算遡上群数とアユ種苗放流尾数を除いて重回帰分析を行ったところ, 初遡上日を従属変数とする有意な最良重回帰式が得られた(表1(b))。このとき, 初遡上日のみで釣れ具合の変動の43.6%が説明された。偏回帰係数の符号から,

初遡上日が早いほど釣れ具合が良くなることが示された。

AIC値の比較から, 換算遡上群数と遡上パターンを従属変数とする重回帰式が最良重回帰式として選択された(表1)。この重回帰式による釣れ具合の予測値は, 実測値と良く一致した(図9)。アユ種苗放流尾数やサイズ, 調査年の影響は見られなかった。

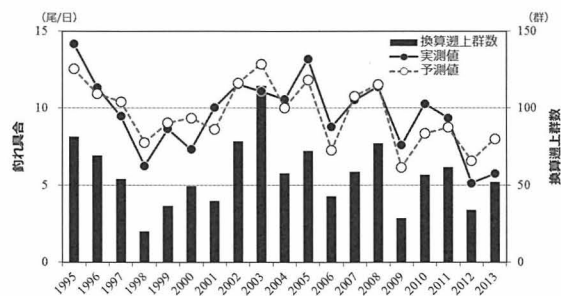


図9 換算遡上群数の推移および釣れ具合の実測値と最良重回帰式に基づく予測値の比較

遡上パターンと釣れ具合の季節変化の関係 遡上パターンごとの旬別釣れ具合の平均値を図10に示した。

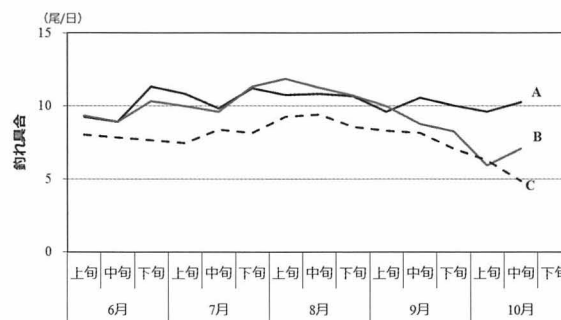


図10 遡上パターンごとの旬別釣れ具合の平均値

年間平均釣れ具合は換算遡上群数と遡上パターンで良く説明され(表1, 図9), 換算遡上群数が多いほど釣れ具合が上昇することが示された。したがって, 遡上パターンが釣れ具合の季節変化に及ぼす影響を評価するためには, 年による換算遡上群数の違いを考慮する必要がある。

そこで, 旬別釣れ具合を応答変数, 換算遡上群数と遡上パターンを従属変数として重回帰分析を行った。その結果, 6月上旬から9月中旬について有意な重回帰式が得られ(表2(a)), 釣れ具合の変動の43.7%から71.4%が説明された。遡上パターンが釣れ具合に有意に影響していたのは, 6月下旬, 7月上旬, 7月下旬であった(表2(b))。換算遡上群数を同じと仮定した場合, 遡上パターンCでは約3.2尾から3.8尾釣れ具合が低下することが示された。遡上パターンAとBの間では有意な違いは見られなかった。

表2 旬ごとの釣れ具合を予測する重回帰式の重寄与率(a)と遡上パターンの偏回帰係数が有意であった旬の諸元(b)

旬	R ²	F	p
(a) 6月上旬	0.662	9.8	***
6月中旬	0.677	10.5	***
6月下旬	0.675	10.4	***
7月上旬	0.714	12.5	***
7月中旬	0.488	4.8	*
7月下旬	0.619	8.1	**
8月上旬	0.437	3.9	*
8月中旬	0.449	4.1	*
8月下旬	0.538	5.8	**
9月上旬	0.545	6.0	**
9月中旬	0.556	5.8	**
9月下旬	0.405	3.2	0.06
10月上旬	0.317	2.2	0.17
10月中旬	0.670	4.1	0.07

旬	偏回帰係数	標準誤差	t	p
(b) 6月下旬				
換算遡上群数	0.072	0.02	3.88	**
遡上パターンB	-1.618	1.00	-1.62	
遡上パターンC	-3.825	0.95	-4.01	**
切片	7.506	1.21	6.19	***
7月上旬				
換算遡上群数	0.084	0.02	4.76	***
遡上パターンB	-1.539	0.96	-1.60	
遡上パターンC	-3.518	0.91	-3.85	**
切片	6.291	1.16	5.41	***
7月下旬				
換算遡上群数	0.069	0.02	3.45	**
遡上パターンB	-0.431	1.09	-0.40	
遡上パターンC	-3.201	1.04	-3.09	**
切片	7.506	1.32	5.70	***

***: <0.001, **: <0.01, *: <0.05

遡上パターンと平均魚体重の関係 換算遡上群数と平均魚体重の関係には、高い相関が見られ（Pearsonの相関係数： $r=-0.716$ ($n=19$), $p<0.001$), 密度効果が働いていることが示された（図11）。

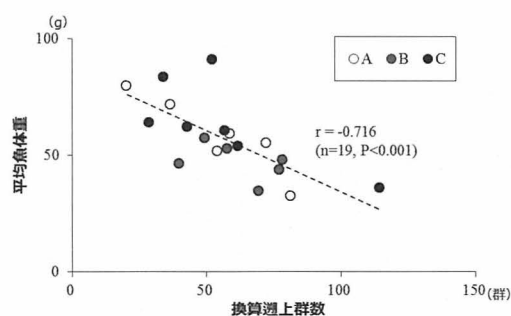


図11 換算遡上群数と平均魚体重の関係

したがって、遡上パターンが平均魚体重に及ぼす影響を評価するためには、年による換算遡上群数の違い

を考慮する必要がある。また、近年の放流量の減少は天然遡上アユを大型化させている可能性がある。そこで、年間平均魚体重を応答変数、換算遡上群数、初遡上日、遡上パターン、アユ種苗放流尾数、アユ種苗放流サイズおよび調査年を従属変数として重回帰分析を行った。

AIC値の比較から、換算遡上群数と調査年を従属変数とする有意な重回帰式が最良重回帰式として選択され（表3）、平均魚体重の68.7%が説明された。遡上パターンによる平均魚体重の違いは見られなかった。また、アユ種苗放流尾数やサイズの影響も見られなかった。一方で、調査年は平均魚体重に有意な影響を与えており、偏回帰係数の符号から、調査年が遅いほど平均魚体重が大きくなることが示された。

表3 平均魚体重を予測する最良重回帰式の諸元

	偏回帰係数	標準誤差	t	p
換算遡上群数	-0.486	0.10	-4.76	***
調査年	1.196	0.4015	2.98	**
切片	-2310.902	805.27	-2.87	*
F		17.5		***
R ²		0.687		

***: <0.001, **: <0.01, *: <0.05

考 察

遡上の遅れによる釣れ具合の低下 遡上パターンは、A（4月が最盛期）、B（5月が最盛期）、C（6月が最盛期）の3つに分類され、2009年以降の遡上は全てCであった。Cでは初遡上日も約20日遅くなっており、近年遡上時期が遅れる傾向があることが確かめられた。換算遡上群数と遡上パターンで年間平均釣れ具合の変動の68.1%が説明され、この重回帰式による釣れ具合の予測値は実測値と良く一致した。換算遡上群数が多いほど釣れ具合は上昇（約13群で1尾）したが、遡上パターンCは、換算遡上群数を同じと仮定した場合、釣れ具合を約2.3尾低下させた。これを換算遡上群数の増加で補うには約30群が必要であるが、換算遡上群数の平年値は57群である。したがって、近年遡上パターンCが多くなっていることは、釣れ具合を大きく低下させていると考えられた。

遡上の遅れによる釣獲盛期の遅れ 旬ごとの釣れ具合を遡上パターンごとに比較したところ、換算遡上群数を同じと仮定した場合、遡上パターンCでは6月下旬、7月上旬、7月下旬の釣れ具合が約3.2尾から3.8尾低下していた。これは、遡上パターンCでは、遡上パターンAやBで見られる6月下旬の釣れ具合の上昇が約20日遅れることと、7月下旬に見られる釣れ具合の

上昇が約10日遅れることによると考えられる。釣れ具合の上昇は、尾数の多い遡上時期のアユが釣獲対象サイズにまで成長したことを示していると考えられる。つまり、釣れ具合の上昇の遅れは、遡上時期の遅れによって釣獲対象サイズまで成長する時期が遅れていることを示唆する。アユは体長の大きな個体ほど優位に縄張りを形成し、縄張りを形成した個体は良好な餌場を独占するため、縄張りを形成できなかった個体に比べて早く成長するとされている。⁷⁾1回目の釣れ具合の上昇時期の遅れに比べて、2回目の釣れ具合の上昇時期の遅れが小さいのは、遡上パターンCでは早期の遡上が少ないために、遅く遡上した個体についても相対的に多くが縄張りを形成でき、早く成長したためと考えられる。このように、遡上時期の遅れによる河川生活期間の短縮が、釣獲盛期の遅れを招き、遡上パターンCでの年間平均釣れ具合の低下につながっていると考えられた。

遡上群数から期待したほど釣れないという現象の要因

遡上群数あたりの釣れ具合が年々低下していることが示された。この要因として、近年は帯状の遡上が減少傾向にあることと、遡上パターンCが多くなっていることが考えられる。かつては、帯状の群れが多かったために、実際の群数よりも換算遡上群数が多かった。また、遡上パターンCは換算遡上群数で約30群に匹敵するほど釣れ具合を低下させる。これらから、近年は漁業者が遡上群数から期待する釣れ具合を実際の釣れ具合が下回ることが多くなっていると考えられた。

遡上の遅れの要因 近年、複数河川でアユの小型化傾向が報告されており、⁸⁻⁹⁾その要因として遡上時期の遅れの影響が指摘されている。⁹⁾大きな個体ほど早く産卵に参加することが知られており、¹⁰⁾遡上時期の遅れによる河川生活期の短縮によって体サイズが小型化することは、産卵時期を遅らせる。このようにして遅生まれ群が多くなると、河川への遡上時期も遅くなる。¹¹⁾つまり、遡上時期の遅れは体サイズの小型化を通じて、一過性の現象ではなく個体群に維持されると考えられている。⁹⁾

そこで、遡上時期の遅れが体サイズに及ぼす影響を検証するために、遡上パターンごとに平均魚体重に換算遡上群数が及ぼす影響を比較した。しかし、遡上パターンによる換算遡上群数あたりの平均魚体重の違いは見られなかった。つまり、少なくとも年間の平均魚体重で比較した場合、遡上時期の遅れが体サイズの小型化を招いているとは言えない。

ただし、調査年が遅いほど換算遡上群数あたりの平

均魚体重が大きくなる傾向が見られた。調査期間中で河川の環境収容力が増大したとは考えにくい。一方で、近年漁業者からは、カワウやコクチバスが増加しているという声がある。また、エドワジエラ・イクタルリ感染症や細菌性冷水病によるアユの死亡も確認されている。したがって、これらによる河川生活期の生残率の低下によって換算遡上群数から期待されるよりも実際のアユの生息尾数が減少している可能性がある。また、体長の大きな個体ほど優位に縄張りを形成するため、友釣りでは大型個体ほど漁獲されやすいという特徴がある。¹²⁾那珂川における年間入漁者数は減少傾向にあることから（付表1）、漁獲圧の減少によって大型個体の割合が増加した可能性も考えられる。

体サイズの小型化傾向は確認されなかったことから、少なくとも遡上時期の遅れによる産卵時期の遅れは生じていないと考えられる。したがって、近年遡上時期が遅れているのは、それ以外の要因による産卵時期の遅れ、または、産卵後のステージで早生まれ群が減耗することが多くなった可能性が考えられる。アユの成熟には体サイズのほかに、日長時間や水温などの環境条件が影響を与えることが知られている。¹³⁾日本の年平均気温は、長期的には100年あたり約1.14℃の割合で上昇しており、特に1990年代以降は高温となる年が頻出している。¹⁴⁾このことは、沿岸域の海水温や河川水温も上昇していることを意味する。水温が高いほど成熟は遅れるので、¹⁵⁾河川水温の上昇は産卵時期を遅らせる可能性がある。また、水温が高いほどエネルギー消費が大きくなるので仔魚が飢餓状態に陥るまでの日数は短くなる。¹⁵⁾つまり、河川流量に変化がない場合、水温が高くなるほど有効（海域まで到達可能）な産卵場面積は減少すると考えられる。また、10月から11月に海水温が20℃を超えるような高水温であると、アユ仔稚魚の海域での生残率が低下する可能性が指摘されている。¹⁶⁾

このように、近年の温暖化傾向は沿岸域の海水温や河川水温の上昇を通じて早生まれ群を減少させている可能性が考えられる。今後は、これらの環境条件の影響についても検証していく必要がある。

遡上群数による遡上尾数の推定 年間平均釣れ具合は、釣獲対象となるアユの資源量を反映していると考えられる。河川生活期（遡上後～産卵）での減耗があるため、これは遡上期のアユの尾数とは一致しない。しかし、天然遡上アユの河川生活期の生残率の年変動は比較的小さいことから、¹⁷⁾釣獲対象となるアユの尾数は遡上期のアユの尾数を良く反映していると考えら

れる。つまり、換算遡上群数はその年の遡上尾数を良く代表していると考えられる。

換算遡上群数の推移に一貫した傾向は見られなかった (Spearmanの順位相関係数: $r=-0.132$ ($n=19$), $p=0.592$)。つまり、近年帯状の群れは減少しているものの、遡上尾数が減少傾向にあるとは言えない。しかし、近年河川生活期の生残率が低下している可能性が推察された。したがって、遡上パターンCでの釣れ具合の低下には、遡上時期の遅れによる釣獲盛期の遅れのほかに、遡上尾数に対する生息尾数が減少している可能性も考えられる。帯状の群れの減少要因とともに、前述した外的要因によるアユの被害量についても検証していく必要がある。

アユ種苗放流による遡上の遅れの補填 遡上パターンCは、換算遡上群数を同じと仮定した場合、年間平均釣れ具合を約2.3尾低下させる。これをアユ種苗放流によって補填可能かどうかを検討する。

2010年代の那珂川では、おもに4月下旬から5月中旬にかけて平均13.3gの種苗を平均112万尾放流している。しかし、5月に15g規格の種苗を放流するのに比べて、4月に5g規格の種苗を放流すると、放流金額あたりの放流尾数は約1.8倍にすることができる。¹⁸⁾したがって、放流尾数は202万尾 ($112\text{万尾} \times 1.8$) 程度までは増加させられる可能性がある。この場合、2010年代の入漁者数の平均は23万人なので、釣獲による回収率が26%以上 ($23\text{万人} \times 2.3\text{尾} = 202\text{万尾} \times 26\%$) ならば、遡上の遅れによる年間平均釣れ具合の低下を補填することが可能である。

今回、アユ種苗放流の尾数やサイズが年間平均釣れ具合に与える影響は検出できなかった。これは、平年の放流尾数 (139万尾) が釣獲尾数 (434万尾) に対して少なく、また、放流尾数の変動が遡上尾数 (換算遡上群数) の変動に比べて小さいためと考えられる。したがって、限られた放流尾数で年間平均釣れ具合を向上させるためには、遡上の遅れによって釣れ具合が低下している6月下旬から7月上旬の釣れ具合を向上させることが効果的だと考えられる。遡上パターンAでは、遡上群数のピークが4月中旬で、釣れ具合のピークは6月下旬である。これは、平均的には約2カ月で釣獲対象サイズにまで成長していることを示していると考えられる。4月の天然遡上アユの平均魚体重は約4.0g (2013年の4月の天然遡上アユ ($n=310$), 未発表データ) である。したがって、放流アユと天然遡上アユの成長に差がないとすれば、4月に5g規格の種苗を放流しても6月下旬には釣獲対象として漁場へ加入してくと

考えられる。

また、4月に放流することは、遡上の遅れによって使われなくなった河川の生産力を有効活用することにつながると考えられる。逆に、遡上パターンCの年であっても5月にはかなりの遡上があることから、5月以降に放流を行った場合、天然遡上アユとの競合によって放流アユの成長率が低下する可能性が考えられる。

釣獲による回収率を向上させる方策としては、カワウやコクチバス対策、畜養放流や放流時の温度合わせなどを実施することで放流後の残存率を高めることがまず考えられる。また、良く釣れるアユ漁場にするためには、2.1尾/ m^2 以上の放流密度が必要とされている。¹⁹⁾天然遡上アユの多い那珂川では、必ずしも放流アユのみでこの密度を達成する必要はないが、放流範囲を狭めることで放流密度を高めることは、回収率を高めることにつながると考えられる。

引用文献

- 1) 吉田豊・高木優也. 那珂川アユ遡上・放流状況調査. 栃木県水産試験場研究報告2014;57:4-5
- 2) 久保田仁志・手塚清・福富則夫. マイクロサテライトDNAマーカーによる釣獲されたアユの由来判別と種苗放流効果の評価. 日水誌2008;74(6): 1052-1059
- 3) 石嶋久男. 1976年からの那珂川におけるアユ資源調査とアユ資源量予測の可能性に関する考察. 栃木県水産試験場研究報告2011;54:4-8
- 4) Kitada S, Tezuka K. Longitudinal logbook survey designs for estimating recreational fishery catch, with application to ayu (*Plecoglossus altivelis*). Fish.Bull. 2002;100:228-243
- 5) 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2001;70:288-296
- 6) 栃木県水産試験場研究報告 第39号~第57号
- 7) 川那部浩哉. アユの社会構造と生産Ⅱ—15年間の変化を見て—. 生態学会誌 1970;20(4):144-151
- 8) 間野静雄・淀太我・石崎大介・吉岡基. 長良川におけるアユの由来別の成長特性. 水産増殖 2014;62(1):89-97
- 9) 井口恵一朗・間野静雄・安房田智司・淀太我・田子泰彦. 最近の庄川で観察されたアユの小型化. 水産増殖 2011;59:459-464
- 10) Iguchi, K. and M. Yamaguchi. Adaptive s

ignificance of inter-and intrapopulation egg size variation in ayu *plecoglossus altivelis*. Copeia 1994;1:184-190

- 11) 塚本勝巳. アユ回遊のメカニズムと行動特性. 現代の魚類学 1988, 朝倉書店, 東京, pp100-133
- 12) 石田力三. 友釣りにかかるアユの大きさ. 淡水研報 1964;14:31-36
- 13) 伏木省三. アユ. 水産学シリーズ41 魚介類の成熟・産卵の制御. 1982, 恒星社厚生閣, 東京, pp104-114
- 14) 日本の年平均気温. 気象庁HP
http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn.html
- 15) 坂野博之・内田和夫. 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. 2011;77(2):237-239
- 16) Takahashi I, Azuma K, Hiraga H, Fujita S. Different mortality in larval stage of ayu *plecoglossus altivelis* by birth dates in the Shimanto estuary and adjacent coastal. Fish sci.1999;65:206-210
- 17) 高澤俊秀・内田和夫. 鼠ヶ関川におけるアユの生命表. 水産総合研究センター成果情報2008
- 18) 栃木県漁業協同組合連合会「平成26年度アユ価格表」
- 19) Osamu Katano. Experimental analysis on the relationship between the population density of ayu *Plecoglossus altivelis altivelis* and fishery catch by "Tomozuri" angling. Fish Sci 2014;80:897-906

付表1 1995年以降の那珂川におけるアユの遡上、放流、および釣獲状況の推移

年	遡上				放流				釣獲			
	合計	遡上群数	遡上時期	遡上日	放流尾数	放流サイズ	入漁者数	平均出漁日数	釣獲尾数	釣獲重量	平均魚体重	
		帯状の群れ	遡上日	タイア	(万尾)	(g)	(万人)	(日)	(尾/人/日)	(万尾)	(トン)	(g)
1995	54	34	81	3/29	173	14.3	60	24.7	14.2	840	274	33
1996	54	19	69	4/8	170	14.6	49	19.4	11.3	552	197	35
1997	37	21	54	4/1	165	15.3	43	22.0	9.5	411	160	52
1998	16	5	20	4/25	160	15.7	37	15.4	6.3	257	209	80
1999	26	13	36	3/30	161	15.2	47	16.9	8.7	400	286	72
2000	34	19	49	4/14	147	16.6	37	18.7	7.3	271	156	58
2001	30	12	40	4/11	118	15.9	41	21.5	10.0	413	193	47
2002	67	14	78	3/31	135	14.3	49	25.2	11.5	569	274	48
2003	68	58	114	4/16	110	17.2	51	23.6	11.1	531	192	36
2004	44	17	58	4/9	128	14.7	51	26.6	10.6	542	287	53
2005	64	10	72	4/26	157	10.8	55	28.9	13.2	727	398	55
2006	34	11	43	4/26	152	10.2	37	19.7	8.8	329	195	62
2007	41	22	59	3/31	120	16.6	46	24.3	10.5	485	288	59
2008	57	25	77	3/22	109	18.1	38	20.5	11.4	425	185	44
2009	26	3	28	5/9	109	15.1	31	18.3	7.6	233	149	64
2010	51	7	57	4/15	112	14.8	32	20.8	10.3	339	197	61
2011	56	7	62	4/16	90	16.6	25	16.6	9.4	231	126	54
2012	33	1	34	5/13	134	8.4	16	15.0	5.1	84	70	84
2013	52	0	52	4/13	113	13.6	20	17.3	5.7	106	92	91
年平均値	44	16	57	4/12	135	14.6	40	20.8	9.6	408	212	57

年平均値：1995～2013年の平均値、遡上群数換算値：帯状の群れの数×1.8+だんご状の群れの数

(指導環境室)

〔研究報告〕

那珂川のアユで見られる遡上の遅れが釣れ具合に及ぼす影響（p5-12）

アユの遡上パターンはA（4月が最盛期）、B（5月が最盛期）、C（6月が最盛期）の3つに分類され、近年はCが多くなっていました。遡上群数と遡上パターンによる年間平均釣れ具合の推定値は実測値と良く一致（68%）しました。群数が多いほど釣れ具合は上昇しましたが、Cの年ではA、Bの年と比べて平均2.3尾釣れ具合が低下しました。これは、遡上の遅れによって釣獲対象サイズにまで成長する時期が遅くなっているためと考えられました。ただし、遡上の遅れによってアユの体サイズが小型化している傾向は見られませんでした。