長良川における稚アユ遡上量の予測に関する検討

嶋田 啓一,^{1a*} 後藤 浩一,^{1b} 山本 一生,² 和田 吉弘^{3c}

(2005年3月29日受付, 2006年1月6日受理)

¹湖水資源機構長良川河口堰管理所, ²いであ環境創造研究所, ³中部学院大学短期大学部Forecasting ascending population sizes of amphidromous juvenile ayu
Plecoglossus altivelis in the Nagara RiverKEIICHI SHIMADA,^{1a*} KOICHI GOTO,^{1b} KAZUO YAMAMOTO² AND YOSHIHIRO WADA³¹Nagaragawa Estuary Barrage Operation and Maintenance Office, Incorporated Administrative Agency Japan Water Agency, Kuwana, Mie 511-1146, ²Institute of Environmental Ecology, IDEA Consultants, Inc., Ooigawa, Shizuoka, 421-0212, ³Chubu Gakuin College, Seki, Gifu 501-3993, Japan

Many surveys regarding the ascending juvenile ayu *Plecoglossus altivelis* and the descending larval ayu have been conducted, in the wake of the construction of the Nagaragawa Estuary Barrage. By statistically analyzing the relationship between those survey results and the ecological characteristics of ayu and physical environment factors, we found that the river discharge from the spawning season to the descending season of ayu and the water temperature in the sea-dwelling season of juvenile ayu affect the variation of ascending juvenile ayu in the Nagara River. Thus our regression model would be able to forecast the ascending ayu population in terms of merely environmental factors.

キーワード: アユ, 河口堰, 遡上量予測, 長良川, 両側回遊型

両側回遊型のアユ (*Plecoglossus altivelis*) は, 秋季から冬季に河川で産卵し, 孵化した仔魚は海域に降下して成長し次期の春季に遡上するが, 遡上時期や遡上量には年変動が大きいため, 漁業や遊漁の資源確保のための効率的かつ適正な種苗放流量の決定などを目的として, 変動を引き起こす環境要因に関する研究が, 栃木県那珂川,¹⁾ 富山県庄川, 神通川,²⁾ 高知県四万十川,³⁾ 新潟県沿岸,⁴⁾ 和歌山県沿岸⁵⁾ などにおいて実施されている。また, 対象水域におけるアユの生活史と環境との関係把握は, 生息場である河川環境保全の視点から, 河川管理面でも重要な情報となる。しかし, 水産資源管理の現場における遡上量の予測は, 河口海域および河川における稚魚の採捕量を基にして, 定性的に推定されている場合^{6,7)}が多く, このような採捕調査はアユの遡上群が河

口の沿岸や河川内に来遊してから実施されることから, 得られる情報は遡上が間近に迫ってからのものになる。本来は, 例えば前年の産卵期や仔魚の降下時期など, さらに早期の段階で次期遡上群の多寡を判断する手法が構築できれば, 上述のような水産資源管理等において, より有効なものになると考えられる。

ここで, 長良川では長良川河口堰の建設を契機として, 回遊性魚類の通過に対する影響の状況や設置された各種魚道の効果を把握する目的で, 様々な現地調査が継続して実施されている。⁸⁻¹⁸⁾ アユに関しては, 河口堰の運用開始前から運用後の約10年間に連続して仔魚の降下量や稚魚の遡上量が調査されている。また, 長良川の中流, 下流域では, 自動監視装置によって水文および水質が連続観測されており, そのデータはアユの調査結果

* Tel: 81-52-231-7541. Fax: 81-52-231-7540. Email: Keiichi_Shimada@water.go.jp

^a 現所属: 独立行政法人水資源機構環境室 (Environmental Dept., Incorporated Administrative Agency Japan Water Agency, Saitama 330-6008, Japan)^b 現所属: 独立行政法人水資源機構浦和技術センター (Water Resources Engineering Institute, Incorporated Administrative Agency Japan Water Agency, Saitama 330-6008, Japan)^c 現所属: 国土交通省水辺共生体験館 (Aqua Restoration Training Center, Ministry of Land Infrastructure and Transport, Kagamihara, Gifu 501-6021, Japan)

と照合することができる。さらに、河口堰建設に伴う環境調査の一環として、海域における水文等のデータもとりとめられている。

よって、本研究では、長良川河口堰建設に関連して蓄積された膨大なデータを用いて、長良川におけるアユ稚魚の遡上量をなるべく早期に予測する手法を考案することを目的とし、遡上量と降水量の関係や各種環境データとの関係を統計学的に検討した。

材料および方法

仔魚降下量および稚魚遡上量調査 長良川河口堰の建設・運用に関連して、長良川のアユ仔魚降下量については、1994年より毎年継続して現地調査が実施され、総降下量が推測されている。現地調査は、毎年、産卵期である9月から翌年の1月にかけて、河口からの距離約43 km (穂積大橋) 地点 (Fig. 1) において、調査期間

中5日毎 (盛期は2日毎) の頻度で、定時 (19時) にノルパックネット (1個) を用いた採捕調査が行われている。また、毎年の調査期間中に数回、1時間ごとに24時間連続して行う連続調査も行われ、年ごとに1日を通じた降水量の変化を把握されている。一連の調査のとりまとめでは、仔魚の総降下量は、24時間連続調査によって得られた1日の単位体積あたり平均仔魚数と定時観測時刻 (19時) における単位体積あたり仔魚数の関係を求め、毎日の単位体積あたり平均仔魚数を算定し、これと河川流量を乗じて推定されている。

稚魚の遡上量調査は、河口からの距離5.4 kmの河口堰地点および約50 km地点 (忠節橋) の2箇所において実施されている (Fig. 1)。河口堰地点における稚魚の遡上量調査は、毎年、概ね4月から6月までの期間に、遡上盛期は毎日、それ以外の期間は2~3日に1回の間隔で日の出から日の入りまでの間に実施されている。なお、1995~1999年の現地調査は、河口堰の左右岸に設置された呼び水式魚道およびせせらぎ魚道 (Fig. 2) において実施され、目視によって10分観測・10分休憩の頻度で稚魚を計数するという方法で記録されている。2000年以降は、調査方法が変更になり、左岸呼び水式魚道 (陸側) に設置されたビデオカメラの連続撮影画像を基に稚魚が計測されている。50 km地点 (Fig. 1) における稚魚の遡上量調査は1993年より実施されており、毎年、4月から概ね6月末までの間、河川横断方向に4ないし6地点の観察箇所を設定して、そこを通過する稚魚が計数されている。この観察箇所のうち、兩岸の2箇所については原則週3回、その他の箇所は遡上期間中数回の観察が実施されている。観察は、6時から

Fig. 1 Study area and observation sites (●).

Fig. 2 The fishway arrangement of the Nagaragawa Estuary Barrage and the observation site of ascending juvenile ayu.

Table 1 Method used to estimate ascending juvenile ayu and descending larval ayu populations⁸⁻¹⁸⁾

Ascending juvenile ayu		Descending larval ayu
The Nagaragawa Estuary Barrage	Mid-stream of the Nagara River (50 km, <i>Chusetsu</i>)	Mid-stream of the Nagara River (43 km, <i>Hozumi</i>)
From year 1995 to 1999 The survey was carried out at time cycle of 10 minutes measurement and 10 minutes intervals on the inducing-type fish ways, that have been built on the left and the right bank, and on the naturally shaped fish way. Therefore, the estimated total population was calculated by multiplying the measured number by 2 times. From year 2000 to 2004 The survey was carried out continually during daytime with video tape recording only on the landward side of the inducing-type fish way, built on the left bank. Therefore, the correlation equation between the river discharge and the ascending rate of each fish way was calculated from 1996–1999 results.	Every year from 1996 to 2004 The survey was carried out at time cycle of 10 minutes measurement and 10 minutes intervals on 4–6 points on the survey line of river crossing direction. The survey was carried out 3 times a week. Therefore, the survey results were converted to 12 hours a day. The ascending rate of each sampling point was calculated based on the survey results carried out for all sampling points. For those points where surveys were not carried out, the ascending population was estimated by the rate, and the total ascending population was estimated by the surveillance period.	Every year from 1996 to 2004 Two types of surveys were carried out with NORPAC net. One survey was carried out at 19 o'clock every 5 days. Another survey was carried out at 1 hour interval, 24 times a day, several times in a descending 3 season. Therefore, on the basis of survey results carried out at 1 hour interval, the descending larval ayu population rate at 19 o'clock to whole days population was determined. The descending population during the descending period was calculated on the basis of these estimated population.

18 時までの間を 10 分計測・10 分休憩の頻度で目視によって実施され、遡上稚魚の個体数が記録されている。本検討では、これらの調査結果について、調査時間、日数、観察箇所と他の範囲との通過状況の比率、河川流量との関連などを勘案して、河口堰地点については左岸および右岸呼び水式魚道並びにせせらぎ魚道の遡上数、中流の 50 km 地点では調査地点の全遡上数を Table 1 に示す方法で算定した。

水文・水質観測 長良川の河川流量は、中流から河口域にかけての 3 地点で観測されている。また、水質自動監視装置による連続的な水質観測は 7 地点で行われている。一方、海域については伊勢湾沿岸の白子地点（長良川河口から約 28 km 南南西方向に離れた岸辺の表層）で三重県漁業振興センターによる水温の測定が継続して行われている。今回の検討では、長良川におけるアユの産卵場が河口から約 40～70 km 付近にあると推定されていること¹⁹⁾および降下後の稚魚が河口近くの沿岸域で生活すると考えられていること^{20,21)}を勘案して、アユの減耗に関与すると考えられる項目ごとに、使用する観測データを以下のように選定した。

産卵や仔魚の降下時の減耗に関与すると考えられる環境要因として河川流量、河川水温および河川水の濁度が重要であると考えられる。そこで、検討では、河川域については、河口からの距離 39.2 km 地点（墨俣）における河川流量観測結果と、河口からの距離 31.2 km 地点（大藪）の水質自動監視装置による河川水温および濁度の観測結果を検討に供することとした。降下後、海域における仔稚魚の生存に関与すると考えられる項目として、既往の研究例¹⁻⁴⁾では河口域の海水温および塩化物イオン濃度が注目されている。このことから、河口から

の距離 -0.5 km 地点（城南）の水質自動監視装置による観測結果並びに白子地点における海水温の観測結果と同じく -0.5 km 地点の塩化物イオン濃度を検討に供することとした。なお、海域側のデータについては表層における観測結果を用いた。

解析方法 アユの産卵、仔魚の降下および河口域での生活期間が概ね 9 月から翌年の 3 月までの期間であることから、前述の環境データ⁸⁻¹⁸⁾については、それぞれ月単位に 1 か月間から 7 か月間の平均値を求めて、稚魚の遡上量との相関関係を検討した。また、秋季から冬季に降下した仔魚が環境要因の影響を受けて減耗、生残し、次期の遡上稚魚となると考えられることから、稚魚遡上量と仔魚降下量およびそれらと環境要因の関係について重回帰分析を行った。

結 果

仔魚降下量および稚魚遡上量の年変化 河口からの距離約 43 km 地点（穂積大橋）における仔魚降下量および河口からの距離 5.4 km 地点（長良川河口堰）、50 km 地点（忠節橋）における稚魚遡上量の経年変化は Fig. 3 に示すとおりである。仔魚降下量は、1995 年からの 12 年間では、2.6 億～81.7 億尾で推移しているとされている。このうち、最も多い 1999 年の仔魚降下量は、最少であった 1995 年の 30 倍以上の降下量が推定されている。稚魚の遡上量は、河口からの距離 5.4 km 地点においては 170 万～610 万尾（1995 年を除く）、50 km 地点では 150 万～700 万尾と推測され、こちらでも年変動がみられている。ただし、5.4 km 地点における 2000～2004 年の遡上量は、1998, 1999 年にみられたような大きな差はなく、50 km 地点においても 2000 年以降の遡

Fig. 3 Annual ascending juvenile ayu and descending larval ayu populations. The ascending juvenile ayu survey at the Nagaragawa Estuary Barrage in 1995 ended on May 20.

Fig. 4 Relationship between number of ascending juvenile ayu counted at the Nagaragawa Estuary Barrage and that counted at mid-stream of the Nagara River from 1996 to 2004.

上量の範囲は、1995年を除く1999年以前のレベルより小さい。

河口堰地点と中流地点の稚魚遡上量の関係を Fig. 4 に示す。両者には有意な正の相関が認められた ($n=9$, $r=0.82$, $p=0.007$)。ただし、5.4 km 地点で観測される稚魚の遡上量は 5.4 km 地点の遡上量よりも多く算定されることが多かった。

仔魚降下量と稚魚遡上量の関係 前年の仔魚降下量とその年の稚魚遡上量との関係 (Fig. 5) については、5.4 km 地点および 50 km 地点とも相関はみられなかった (5.4 km 地点: $n=9$, $r=0.19$, 50 km 地点 $n=11$, $r=0.37$)。ただし、稚魚遡上量とその再生産の結果である同年の仔魚降下量の関係 (Fig. 6) については、両地点

Fig. 5 Relationship between number of ascending juvenile ayu and descending larval ayu in the previous year. (A) at the Nagaragawa Estuary Barrage, (B) at mid-stream of the Nagara river.

とも正の相関が認められ (5.4 km 地点: $n=9$, $r=0.69$, $p=0.04$, 50 km: $n=10$, $r=0.61$, $p=0.05$)、遡上量が多

Fig. 6 Relationship between number of ascending juvenile ayu and descending larval ayu in current year. (A) at the Nagaragawa Estuary Barrage, (B) at mid-stream of the Nagara River.

い年には仔魚の降下量が多いという関係にあることが推定された。

稚魚遡上量と環境要因の関係 稚魚遡上量と環境要因の関係について、相関分析を行った結果を Table 2 および Fig. 7 に示す。稚魚遡上量と統計学的に有意性が認められた環境要因および期間は、39.2 km 地点で観測された前年 10～12 月の流量、31.2 km 地点で観測された前年 10～12 月の濁度および 31.2 km 地点で観測された前年 12～当年 1 月の水温の 3 項目で、いずれも正の相関であった。

環境要因間の関係についてみると、39.2 km 地点の流量と 31.2 km 地点の濁度には正の相関が、39.2 km 地点の流量および 31.2 km 地点の濁度と -0.5 km 地点の塩化物イオン濃度には負の相関がそれぞれみられた。また、31.2 km 地点、-0.5 km 地点および白子地点それぞれの水温間には有意な正の相関がみられた。

稚魚遡上量の予測 環境要因間の関係で相関がみられなかった 2 変数を説明変数としたアユの遡上量を求める重回帰分析の結果を Table 3 に示す。有意な相関がみられたのは説明変数に 31.2 km 地点の濁度と水温を用

Table 2 Results of the linear regression analysis

Dependent variable: number of ascending juvenile ayu	r^2	p
Independent variable: environmental factor		
(1) Flow discharge at 39.2 km; Oct.-Dec. of previous year	0.68	0.044*
(2) Turbidity at 31.2 km; Oct.-Dec. of previous year	0.81	0.007**
(3) Water temperature at 31.2 km; Dec. of previous year-Jan. of current year	0.67	0.047*
(4) Water temperature at -0.5 km; Jan. of current year	0.53	0.139
(5) Water temperature at <i>Shiroko</i> ; Jan.-Feb. of current year	0.45	0.228
(6) Chlorinity at -0.5 km; Oct.-Dec. of previous year	-0.51	0.164

** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

Table 3 Results of the multiple regression analysis

Independent variable (X_1)		Independent variable (X_2): water temperature		
		31.2 km Dec. of previous year-Jan. of current year	-0.5 km Jan. of current year	<i>Shiroko</i> Jan.-Feb. of current year
Flow discharge at 39.2 km	r^2	0.75	0.74	0.70
Oct.-Dec. of previous year	p	0.086	0.090	0.133
Turbidity at 31.2 km	r^2	0.85	0.84	0.83
Oct.-Dec. of previous year	p	0.021*	0.026*	0.029*
Chlorinity at -0.5 km	r^2	0.69	0.62	0.54
Oct.-Dec. of previous year	p	0.145	0.230	0.348

Dependent variable; number of ascending juvenile ayu (Y)

* $p < 0.05$.

いた次式であった。

$$P = 569,026 T + 837,116 t - 6,601,917$$

ここで P は稚魚遡上量 (尾), T は大藪地点の前年 10～12 月の濁度 (度), t は 31.2 km 地点の前年 12 月～当年 1 月の水温 ($^{\circ}\text{C}$) である。Fig. 8 にこの式を用いた稚魚遡上量の予測結果と実測の遡上量を示した。

考 察

稚魚遡上量と仔魚降下量の関係 アユには厳密な意味での母川回帰性はないと考えられている。ただ、閉鎖的水域に河口をもつ河川の場合、河口近くの海域での仔魚の分散は少なく、海におけるアユの分布は主に沿岸域に集中しているので、結果的には母川へ回帰する稚魚が多くなるといわれている。²⁰⁾ 伊勢湾奥部に位置する長良川についても、降下した仔魚は分散したとしても比較的河

Fig. 7 Relationship between the number of ascending juvenile ayu at the Nagaragawa Estuary Barrage and environmental factors.

口近くの沿岸域に分布すると推定されている。²²⁾ さらに、隣接する木曽川、揖斐川に分散して遡上したとしても、各河川への遡上量は海域での分布量の多寡に左右されるものと考えられる。遡上前、海域に分布する稚魚は前年の晩秋から当年にかけて河川を降下した仔魚の群であるから、仔魚の降下量は次期遡上量に大きく影響するものと考えられる。この仔魚降下量とその同一年級群の稚魚遡上量の関係についての他地域における研究では、本研究と同じく明瞭な相関はみられなかったという報告²³⁾や、逆に統計的に有意な相関がみられるという報告²⁴⁻²⁶⁾がある。また、過去の調査例²⁷⁾における長良川の仔魚降下量に関する検討では、1965年には約19億尾の降下があったものが、1966年には約8億尾となり、

本検討結果と同様、大きな年変動が示されている。このように大きな変動をもち、降下量と遡上量の関係が不明瞭となる原因の一つとして、近隣河川産の群との混生があげられる。すなわち、長良川から降下した仔魚は、海域で木曽川、揖斐川など近隣の河川産仔魚と混生して翌年の遡上群を構成することになるため、近隣河川産仔魚量が長良川の遡上量に影響している可能性が考えられる。ただし、長良川河口堰が運用される以前から継続して、長良川の仔魚降下量は他の河川と比較にならないほど大きいという和田¹⁹⁾の考察に従うと、木曽川、揖斐川からの仔魚降下量の変動が長良川の遡上量に大きく影響した結果とは考えにくい。また、アユには母川回帰性がないと言われていることから、木曽三川およびそのほ

Fig. 8 Number of observed annual ascending juvenile ayu (○) and number estimated by multiple regression analysis (●) at the Nagaragawa Estuary Barrage. Independent variables are turbidity at station 31.2 km of Oct.-Dec. of the previous year and water temperature at station 31.2 km of Dec.-Jan.

かの近隣河川に遡上する遡上量の比がその年々で変化していることも考えられる。しかし、漁業者等の意見によると、木曾三川における遡上量の年変動はどの河川でも概ね同様の傾向を示しているといわれていることから、遡上量の偏りの変動という理由は考えにくい。長良川における降下中の仔魚の減耗率については約53%と算定された例²⁰⁾もあるが、毎年の河川流量や水温等の物理的条件によって大きく変動すると考えられる。また、海域での生活期についても、水温や河川流量が稚魚の生残に深く関わっていることなどがこれまでの研究^{20,28)}で示されている。これらを勘案すると、長良川における稚魚の遡上量は、近隣河川の影響の可能性よりも、河川を降下する仔魚期の環境条件および海域での仔稚魚期の環境条件が大きく影響している可能性が高いと考えられる。なお、今回の検討で稚魚の遡上量とその年の仔魚降下量に正の相関関係が認められた。このことは、海域からの遡上群が産卵し、ふ化、降下する仔魚の量が全体の降下量に占める割合が高いことを示していると考えられ、このことは、既往の研究²⁹⁾において長良川の産卵親魚の多くが両側回遊型であると考えられていることを支持するものである。

稚魚遡上量と環境要因の関係 検討に用いた環境要因のうち、稚魚の遡上量と関連性が見出せた要因は、河川流量に大きく支配される要因、すなわち39.2 km地点の流量、31.2 km地点の濁度、-0.5 km地点の塩化物イオン濃度と、気温に支配される要因である31.2 km地点、-0.5 km地点、白子各地点の水温に区分することができる。このうち、河川流量関連因子についてみると、各要因とも10月から12月のデータと翌年の稚魚遡上量との間に相関がみられた。これは、一般に産卵に

関して親魚は出水をきっかけに産卵場に集合するといわれること、出水による河床の攪乱・微細土粒子の流出によって卵のふ化率が高まるといわれていることを裏付けていると考えられ、仔魚の降下には河川流量の増減が降下日数に影響している²¹⁾こと、降下日数が長くなると仔魚の減耗率も高くなると推定されることなどを勘案すると、産卵～降下期の河川流量の変動が次期遡上量に比較的大きな影響を与えるものと考えられる。なお、31.2 km地点の濁度が最も高い正の相関を示しているが、産卵～降下期の河川水の濁度が直接的に稚魚の次期遡上量に関係するとは考えられず、濁度と相関をもつ河川流量そのものが産卵から仔魚の降下に大きく影響した結果であると考えべきである。

水温に関する要因については、12～1月における31.2 km地点のデータが稚魚の遡上量と高い正の相関を示している。また、統計学的に有意性は認められなかったものの、同時期の-0.5 km地点および白子地点で観測された海域側の水温が高いと稚魚の遡上量が多いという傾向がみられる。当該時期は、仔魚から稚魚に成長する海域生活期に該当することから、河川水温が直接的に影響した結果とは考えにくい、河川水温や海水温を左右する要因である気温の影響を反映したものと考えるべきである。すなわち、仔稚魚期の生活の場である木曾三川前面の沿岸海域では、冬季に海水温が気温に影響され、冬季の河川水温が高く、その影響によって海水温が高く保たれれば、仔稚魚期の生残が高まり、逆に、河川水温が低下して海水温の低下に大きく影響した場合に仔稚魚の生残が低くなる可能性を示している。過去の実験例³⁰⁾においても10℃以下の河川水に接すると、水温が低いほど、また低水温に曝される時間が長いほど死亡率が高くなるとされており、今回の検討結果はこの実験結果と同じ傾向を示すものであると考えられる。なお、海域生活期のうち、秋季(10～12月)には、20℃以上の海水温では翌年のアユ漁獲量は海水温が高いほど減少するという負の相関関係の報告²⁸⁾があり、これらを勘案すると、海域生活期の仔稚魚は、秋季にみられる高い海水温や、冬季の極端な海水温の低下には耐性が弱いものと推察され、このような関係から次期遡上量が左右されるものと考えられる。

重回帰式を用いた稚魚の遡上量予測 重回帰分析の結果によると、統計学的に有意な相関がみられたのは31 km地点の濁度と水温の組み合わせであり、Fig. 8に示されたように、これら2要因によって長良川のアユ遡上量のある程度推定することができた。しかしながら、アユの生活史を考慮すると、産卵および仔魚の降下期の濁度が稚魚の遡上量に直接影響した結果と考えにくく、濁度が河川流量に大きく支配されていることを勘案すると、産卵および仔魚降下期の流況が次期の稚魚遡上量に

大きく影響すると考えるべきであろう。

今回の検討は、長良川河口堰の建設を契機として実施された多分野にまたがる種々の調査・観測の長期かつ継続的データの集積があったことを背景として実施された。しかし、当然、仔魚降下量など遡上量を左右すると考えられる要因と稚魚遡上量の間には明瞭な相関関係がみられない場合もあった。これについては、遡上群の挙動における近隣河川および長良川の利用比率の実態や、今回の検討に含めることができなかった餌料・天敵など仔稚魚期のアユの生残に及ぼす他の要因の状況など、更に多くの情報の組み合わせや情報の集積・検討が必要と考えられる。

引用文献

- 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**: 288-296.
- 2) 田子泰彦. 富山湾の湾奥部で育成したアユ稚魚の河川への回遊遡上. 日水誌 2002; **68**: 554-563.
- 3) 高橋勇夫, 木下 泉, 東 健作, 藤田真二, 田中 克. 四万十川河口内に出現するアユ仔魚. 日水誌 1990; **56**: 871-878.
- 4) 森 直也. 海産稚アユの漁況予測について. 新潟県内水面水試調査研究報告 1990; **16**: 1-7.
- 5) 堀木信男. 和歌山県における海産稚アユ採捕量の年変動, 特に近年における採捕量の激減について. 日水誌 1991; **57**: 1065-1070.
- 6) 長沼 広. 多摩川におけるアユの遡上生態等について2 (海産稚アユ等資源調査). 東京都水産試験場研究要報 1987: 194.
- 7) 上村信夫, 飯沼紀雄, 吉川昌之. 保護水面管理事業調査 (天竜川・アユ). 静岡県水産試験場平成 15 年度事業報告 2004: 131-134.
- 8) 建設省中部地方建設局・水資源開発公団中部支社. 長良川河口堰調査報告書 (平成 7 年 7 月) 名古屋, 1995.
- 9) 建設省中部地方建設局・水資源開発公団中部支社. 平成 7 年度長良川河口堰モニタリング年報. 名古屋, 1996.
- 10) 建設省中部地方建設局・水資源開発公団中部支社. 平成 8 年度長良川河口堰モニタリング年報. 名古屋, 1997.
- 11) 建設省中部地方建設局・水資源開発公団中部支社. 平成 9 年度長良川河口堰モニタリング年報. 名古屋, 1998.
- 12) 建設省中部地方建設局・水資源開発公団中部支社. 平成 10 年度長良川河口堰モニタリング年報. 名古屋, 1999.
- 13) 建設省中部地方建設局・水資源開発公団中部支社. 平成 11 年度長良川河口堰モニタリング年報. 名古屋, 2000.
- 14) 国土交通省中部地方整備局・水資源開発公団中部支社. 中部地方ダム・河口堰フォローアップ (堰部会) 平成 12 年次報告書. 名古屋, 2001.
- 15) 国土交通省中部地方整備局・水資源開発公団中部支社. 中部地方ダム・河口堰フォローアップ (堰部会) 平成 13 年次報告書. 名古屋, 2002.
- 16) 国土交通省中部地方整備局・水資源開発公団中部支社. 中部地方ダム・河口堰フォローアップ (堰部会) 平成 14 年次報告書. 名古屋, 2003.
- 17) 国土交通省中部地方整備局・水資源機構中部支社. 中部地方ダム・河口堰フォローアップ (堰部会) 平成 15 年次報告書. 名古屋, 2004.
- 18) 国土交通省中部地方整備局・水資源機構中部支社. 中部地方ダム・河口堰フォローアップ (堰部会), 委員会資料. 名古屋, 2005.
- 19) 和田吉弘. 「長良川のアユづくり」治水社, 東京. 1993; 38-56.
- 20) 全国内水面漁業協同組合連合会. 天然アユを川にたくさん遡上させるための手引き—海産アユ種苗回帰率向上総合検討調査報告書—. 東京, 1997.
- 21) 原 徹, 齋藤 薫, 武藤義範. アユ資源の増殖に関する研究-II 長良川における産卵親魚の種類について. 岐水試研報 1996; **41**: 7-12.
- 22) 高松史朗. 伊勢湾における海産稚アユの生態 1964 年 10 月~1965 年 5 月の分布と組成. 木曾三川河口資源調査報告. 木曾三川河口資源調査団, 1965; **2**: 1-50.
- 23) 上村信夫. アユ流下仔魚調査結果から. 静岡県水産試験場浜名湖分場. はまな, 2003; **502**: 2-3.
- 24) 石崎博美, 小林良雄, 佐藤 茂, 小山忠幸. 昭和 60 年度指定調査研究助成事業報告書—海産稚アユの資源生態に関する研究—. 神奈川, 1985.
- 25) 石崎博美, 小林良雄, 佐藤 茂, 小山忠幸. 昭和 61 年度指定調査研究助成事業報告書—海産稚アユの資源生態に関する研究—. 神奈川, 1986.
- 26) 石崎博美, 小林良雄, 佐藤 茂, 小山忠幸. 昭和 62 年度指定調査研究助成事業報告書—海産稚アユの資源生態に関する研究—. 神奈川, 1987.
- 27) 木曾三川河口資源調査団 (KST): 木曾三川河口資源調査結論報告 1968.
- 28) 高橋勇夫. 四万十川の河口域で暮らすアユ仔稚魚—知られざる生態と資源保護—. 流域圏 (四万十) 学会誌 1999: 66-72.
- 29) 塚本勝巳, 望月賢二, 大竹二雄, 山崎幸夫. 河口水域におけるアユ稚仔魚の分布・回遊・生長. 水産土木 1989; **25**: 47-57.
- 30) 小泉清明, 松浦庚一. 稚アユの低水温に対する抵抗力. 木曾三川河口資源調査報告 1, 木曾三川河口資源調査団 1964; 103-106.