

淀川の流量が天然海産アユ個体群に及ぼす影響

INFLUENCE OF FLOW DISCHARGE ON WILD AMPHIDROMOUS AYU FISH POPULATION IN THE YODOGAWA RIVER

瀬口 雄一¹・竹門 康弘²・角 哲也³・稲垣 茂人⁴

Yuichi SEGUCHI, Yasuhiro TAKEMON, Tesuya SUMI and Shigeto INAGAKI

¹正会員 京都大学 博士後期課程 防災研究所水資源環境研究センター (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)
(所属: 株式会社建設技術研究所 〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町1丁目6-7)

²正会員 理博 京都大学准教授 防災研究所水資源環境研究センター (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

³正会員 博士(工) 京都大学教授 防災研究所水資源環境研究センター (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

⁴非会員 国土交通省近畿地方整備局淀川河川事務所 調査課 (〒573-1191 大阪府枚方市新町2丁目2-10)

We conducted field survey on larval drift of Ayu-fish, *Plecoglossus altivelis altivelis*, in the lower Yodo River. Most of the larvae flowed down through the Kema-suimon Floodgates to the Kyu-Yodogawa River (the Okawa River), and the rest of them through the Yodogawa-ozeki Weir to the Shin-Yodogawa River accounting for only a small proportion of the whole population. We also found some Ayu-fish of land-locked type in the backwater area of the Yodogawa-Ozeki Weir. Correlation analyses between a set of flow parameters and the annual total number of upstream migration of Ayu-fish at the Yodogawa-Ozeki Weir resulted in a positive correlation with time duration the Regulating gate discharge in December of the previous year. This indicates that the total number of upstream migration of Ayu-fish is determined by the total the number of drifting larvae to the Shin-Yodogawa River in the previous year. Therefore, it can be concluded that increasing the discharge of the Yodogawa-Ozeki Weir in December is necessary for increasing the population of Ayu-fish in the Yodogawa River.

Key Words : wild amphidromous Ayu-fish, *Plecoglossus altivelis altivelis*, larval drift, upstream migration

1. 背景と研究目的

アユ *Plecoglossus altivelis altivelis* は日本で最も馴染みの深い川魚であるが¹⁾, その漁獲量は1990年頃をピークに減少傾向にある²⁾. アユ資源量の増加のためには, 産卵に適した河川環境, 仔魚の降下促進, 冬期の沿岸域の環境改善, 春季の遡上促進の一連の再生産サイクルを総合的に改善していくことが重要であるが, 特に海域からの天然遡上, いわゆる天然海産アユを増加させる必要があることが指摘されている³⁾. 天然海産アユの個体数は, 前年の流下仔魚数に依存しているため, 多くの河川で流下仔魚数の把握と翌年の天然海産アユの遡上数の推定が試みられている⁴⁾. また, アユ仔魚は遊泳力をほとんど持たないことから河川の流れに委ねて流下する. そのため河川流量が多いほど, すなわち河川流速が大きいほど, アユ仔魚は早期に海域へ到達し, 生存率が高まると予想されている⁵⁾⁶⁾. 淀川では, 淀川大堰の左右岸にある魚道から毎年3~160万個体のアユが遡上することが国土交通

省により確認されているものの(図-1)⁷⁾, 流下仔魚の状況についてはほとんど把握されていないのが現状である. そこで, 本研究では, 毛馬水門ならびに新淀川河口までに区間において, 流下仔魚調査を行うとともに, 淀川大堰の流量と淀川大堰魚道のアユ遡上数との関係を分析し, 天然海産アユ個体群を増加させるための流量条件について検討した.

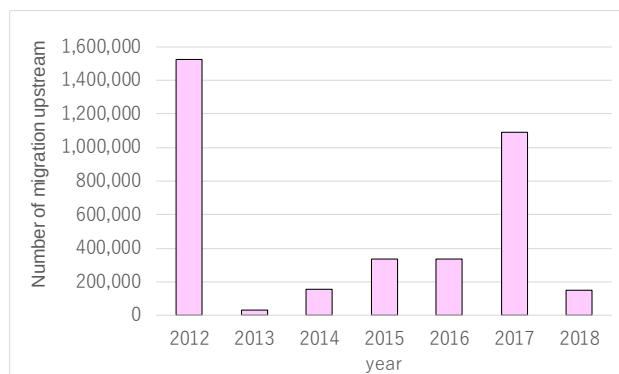


図-1 淀川大堰魚道におけるアユの遡上数

2. 研究手法

(1) 流下仔魚の把握

アユの流下状況を把握するため、2018年10月下旬から12月上旬にかけて概ね1週間に1回の頻度（全5回）で淀川大堰の左岸側と毛馬水門の直下流部において（図-2）、アユの流下仔魚の採集を行った。採集は主として日没前から未明にかけての時間帯で直径20cmのプランクトンネットを1～2時間毎に10～20分間垂下させて行った（図-3）。採取物はホルマリンで固定した後、室内に持ち帰り採集尾数を計数し、濾水量（プランクトンネットを通過した水の量）から $1\text{m}^3/\text{s}$ あたりの個体数密度を求め、各地点の流量を乗じて1時間あたりのアユの流下仔魚数の推定を行った。なお、各地点の流量は、後刻、国土交通省から提供を受けた。また、全長の計測も行った。

(2) 流下仔魚の追跡

淀川大堰と毛馬水門を通過した流下仔魚が、その後、どのような分布と成長をするのを把握するため、2018年11月から2019年1月にかけて月1回の頻度（全3回）で下流域の新淀川と旧淀川（大川）において、縦断的にアユの仔稚魚の採集を行った（図-4）。ただし、11月の旧淀川での採集と12月以降の毛馬水門の直下での採集は備船の都合上、実施していない。採集は主として夕方から夜間にかけての時間帯で船舶から直径1.2mの稚魚ネットと前項の流下仔魚で用いた直径20cmのプランクトンネットを約10分間、距離にして約250～300mを曳航して行った（図-5）。採取物は前項と同様に取扱った。

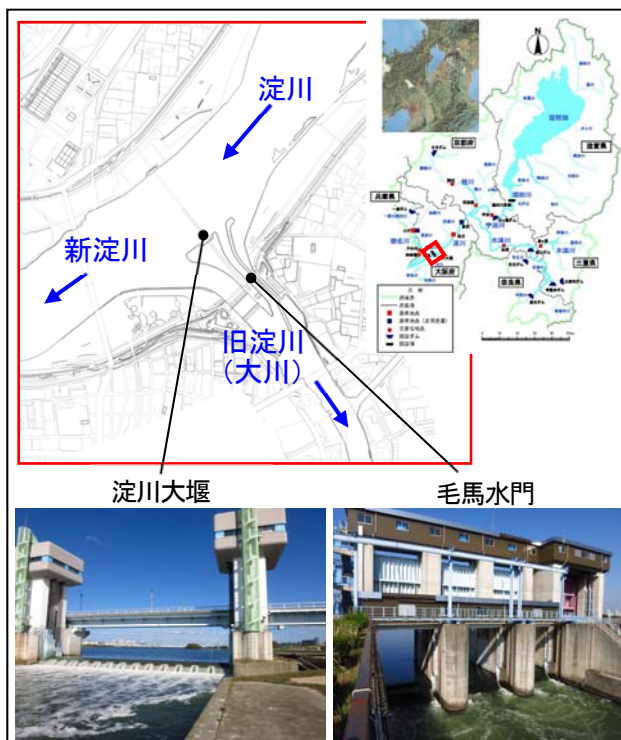


図-2 流下仔魚の調査地点（淀川大堰・毛馬水門）の位置

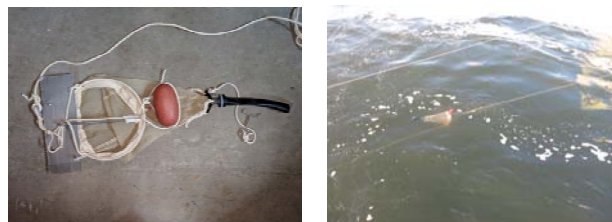


図-3 プランクトンネットとその垂下状況



図-4 流下仔魚の追跡調査地点（新淀川・旧淀川）の位置



図-5 稚魚ネットとその曳航状況

表-1 アユの生活史を考慮した集計期間

区分	期間
産卵全期	前年10/1～12/31
前期	前年10/1～ 10/31
中期	前年11/1～11/30
後期	前年12/1～12/31
仔稚魚全期	前年11/1～当年3/31
稚魚期	1/1～3/31
遡上全期	3/1～7/31
初期	3/1～4/30
盛期	4/1～6/30

(3) 流量と遡上数の関連性の把握

流量が天然海産アユである淀川大堰を遡上するアユの資源量に及ぼす影響を検討するために、上述の国土交通省が調査した淀川大堰におけるアユの遡上数と、アユの生活史に応じた月別・期間別（表-1）に集計した淀川大堰の水理データ（淀川大堰上流水位・下流水位・上下流水位差・流入量・総放流量）との単相関分析を行った。なお、アユの遡上数は、毎年3月頃から6月15日の期間で淀川大堰の階段式魚道の最上部にCCDカメラを設置し、その録画動画の解析によって得られたもので、その年に淀川を遡上するアユの大半であると考えられている⁷⁾。

3. 研究結果

(1) アユ仔魚の流下状況

期間中に採集された流下仔魚は、淀川大堰で49個体、毛馬水門で541個体、合計590個体で（表-2）、全ての個体が卵黄を消化していた。また、毛馬水門にもおける採集個体の大半は多くの個体で眼球の消失や体躯の一部の消失等の損傷が見られ（図-6）、全長が計測できた個体の比率は33%（180個体）で淀川大堰の84%と比較して圧倒的に少なかった。これは、毛馬水門の落差と流量による水圧による物理的な損傷と想定され、さらにプランクトンネット内でも同様の水圧に曝されることが要因と考えられた。また、毛馬水門で確認された流下仔魚には、全長が12mmを超え明らかに孵化後成長している個体が10個体確認された（図-7・図-8）。これらの個体は淀川大堰の湛水域で成長したと考えられることから、淀川の湛水域における陸封個体群が存在する可能性も示唆された。これらの大型の個体を除いた淀川大堰と毛馬水門で採集された流下仔魚の全長は、各々平均が6.58mmと6.57mmで有意な差は認められなかった（t-test・ $p=0.84>0.05$ ）。しかし、同様に大型の個体を除いた淀川大堰と毛馬水門を合わせた10月・11月・12月の流下仔魚の全長の平均は、各々6.3mm・6.7mm・5.6mmで、11月が最も大きくなり10月と12月に比べて有意に大きかった（各々t-test・ $p=0.001<0.05$ ・ $p=0.01<0.05$ ）。ただし、10月と12月には有意な違いはなかった（t-test・ $p=0.11>0.05$ ）。

採集数と濾水量から推定された地点別のアユの流下仔魚数は時間変化が大きく明確でないものの、総じて期間前半の10月下旬や11月上旬で多く、12月にかけて減少した（図-9）。また、調査時の1時間あたりの流下仔魚数の合計は、淀川大堰で43,890個体、毛馬水門で1,543,846個体となり、全体の大半が毛馬水門、すなわち旧淀川へ流下していることが伺えた。さらに、1m³/sあたりの流下仔魚数は、図-9に示した流下個体の経時変化も含んでいるため明確ではないものの、各地点ともに流量に従って増加する傾向が見られた（図-10）。

表-2 アユの流下仔魚の地点別・月別の全長

地点	期間	全数	測定数	最大	最小	平均
淀川大堰	10月	8	8	8.34	5.57	6.58
	11月	40	32	7.62	5.22	6.60
	12月	1	1	-	-	6.29
	合計	49	41	8.34	5.22	6.58
毛馬水門	10月	223	64	28.63	5.11	7.35
	11月	316	114	28.74	5.02	7.47
	12月	2	2	5.67	4.83	5.25
	合計	541	180	28.74	4.83	7.41
毛馬水門 12mm以下	10月	219	60	7.86	5.11	6.30
	11月	316	108	8.24	5.02	6.74
	12月	2	2	5.67	4.83	5.25
	合計	537	170	8.24	4.83	6.57

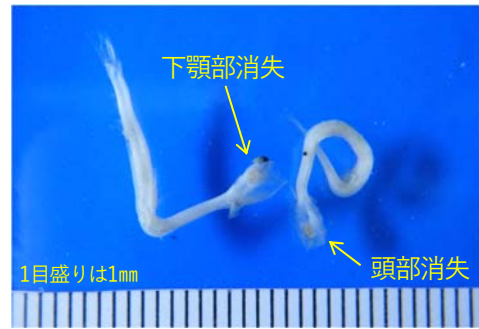


図-6 損傷がある流下仔魚（2019/11/11・毛馬水門）



図-7 大型の流下仔魚（2019/10/29・毛馬水門）

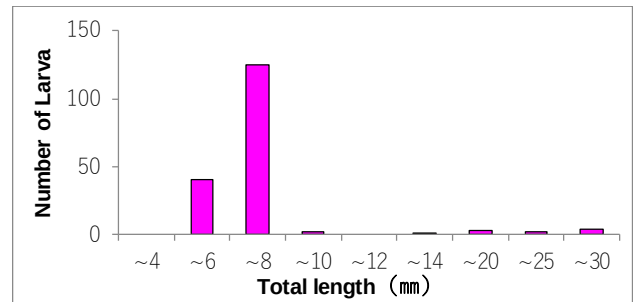


図-8 毛馬水門におけるアユの流下仔魚の全長分布

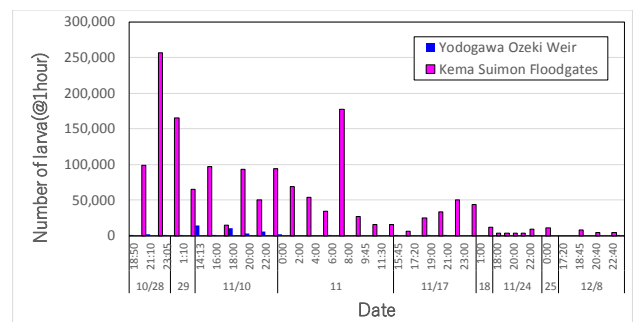


図-9 アユの流下仔魚の推定流下数の変化

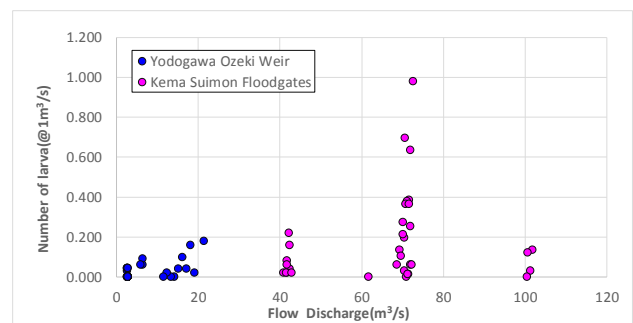


図-10 アユの流下仔魚密度と放流量の関係

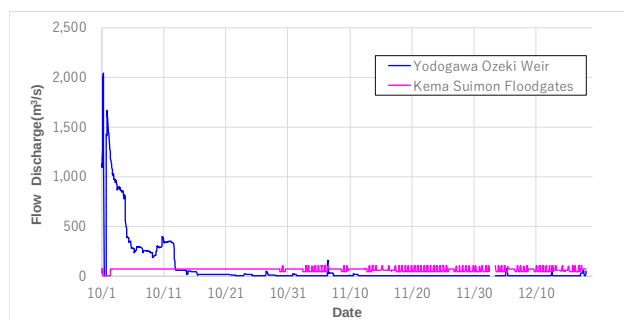


図-11 淀川大堰と毛馬水門の放流量の変化



図-12 淀川大堰調節ゲートの越流・閉塞状況

2018年10～12月の淀川大堰と毛馬水門の流量は、10月13日以前の出水時を除くと、総じて毛馬水門の水量の方が多く、淀川大堰からの放流量は、多くの時間帯で左右岸の魚道とその呼び水水路の合計流量に相当する3m³/s未満であった（図-11）。なお、淀川大堰からの放流量が概ね7m³/sを超えると、調節ゲートからの放流が発生した（図-12）。

(2) 流下仔魚の追跡

新淀川では上流から下流にかけての全ての地点で仔魚が確認されたものの、確認は全て11月のみで12月と1月は確認されなかった。また、確認個体数は最下流部の河口が最も多かった。旧淀川については、12月と1月に確認はあったものの、最下流部で各々1個体のみであった（表-3）。なお、上述のとおり、旧淀川では11月に調査が実施できていないため、11月における旧淀川でのアユの流下状況は不明である。いずれの地点においても、仔魚の全長は淀川大堰で捕獲した流下仔魚の全長の平均値（6.58mm）よりも大きく、下流部で捕獲した全ての仔魚の全長の平均値（7.05mm）は有意に大きかった（t-test・ $p=0.001<0.05$ ）。これは、淀川大堰や毛馬水門を流下後に成長したことを示している。なお、各地点における仔魚の捕獲個体数が少ないため、地点間の全長の違いは統計的に明確な違いとは言えないものの、新淀川の仔魚の全長は、河口から2～7km区間の伝法橋・JR鉄橋・十三で7.35～7.39mmであったのに対し、最も下流に位置する河口域では6.87mmと小さかった。

この結果から、淀川大堰を通過したアユ仔魚は成長しながら下流の河口へ移動するのではなく、下流区間の各所に留まりながら成長することが示唆された。なお、新淀川と旧淀川の違いについては、計測個体数が少ないため分析を行っていない。

表-3 下流部のアユ仔魚の地点別・月別の全長

河川	地点	期間	全数	測定数	全長（単位mm）		
					最大	最小	平均
新淀川	大堰直下	11月	2	0	N.D.	N.D.	N.D.
	十三	11月	2	2	7.57	7.12	7.35
	JR鉄橋	11月	5	5	7.87	6.76	7.37
	伝法橋	11月	2	1	-	-	7.39
	河口	11月	17	15	7.76	6.19	6.87
	合計		28	23	7.87	6.19	7.05
旧淀川	ふとう前	12月	1	0	N.D.	N.D.	N.D.
	ふとう前	1月	1	1	-	-	0.81
	合計		2	1	-	-	0.81

表-4 遡上数と有意な相関が確認された水理データ

目的変数	水理データ（説明変数）	データ期間	相関係数
遡上数	下流水位	1/1～3/31：稚魚期	0.80
	下流水位	2月	0.77
	上下流水位差	3月	-0.85
	流入量	4月	0.78
翌年遡上数比	上流水位	3/1～4/30：遡上初期	-0.76
	上下流水位差	3/1～4/30：遡上初期	-0.78
	上流水位	3/1～7/31：遡上全期	-0.88
	上下流水位差	3月	-0.78
	上流水位	4月	-0.79
	調節ゲート放流時間	12月	0.93

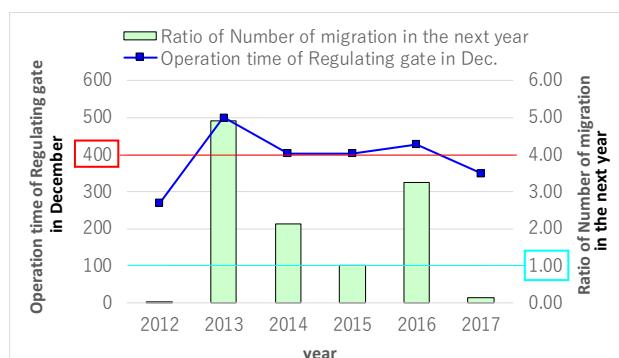


図-13 12月の淀川大堰調節ゲートの操作時間とアユの翌年遡上数比の関係

(3) 淀川大堰の放流量が遡上数に及ぼす影響

淀川大堰における遡上数や翌年と遡上比と淀川大堰の各水理データとの関係を相関分析した結果、 p 値が5%以下で統計的に有意な相関が認められたのは、水位に関するものがほとんどで、流量については4月の流入量と12月の調節ゲートからの放流時間だけであった（表-4）。そこで、流下仔魚の生存やそれに伴う遡上数の増減に関係がありそうな12月の調節ゲート放流時間と翌年との遡上数比を整理すると、前年12月に調節ゲートからの放流が400時間（12月の53%程度の時間）を上回ると、翌年の遡上数が前年の遡上数を上回るという傾向が確認された（図-13）。なお、この期間で放流量が増えると翌年の遡上数比は増加する傾向があるものの、放流量との相関は統計的に有意ではなかった。

4. 考察

(1) 淀川におけるアユ仔魚の流下状況

アユ仔魚は遊泳力が劣り河川の流に委ねて流下する。また、孵化後のアユ仔魚は約4日で卵黄を消化し⁹⁾、それまでにプランクトン等の餌が豊富な海域到達しないと餓死することが報告されている。そのため、河川流量が多いほど、すなわち河川流速が大きいほど、アユ仔魚は早期に海域へ到達し、生存率が高まると予想される⁵⁾⁶⁾。淀川におけるアユの産卵場は、淀川大堰より27km上流の三川合流点よりさらに上流の桂川や木津川とされており、仮に流速0.5m/sで流下したとしたら流下に15時間（約半日）程度を要する計算となる。しかし、今回、淀川大堰と毛馬水門において確認された全てのアユ仔魚は卵黄を消化していたことから、実際にはさらに遅い速度で流下しているものと想定され、淀川大堰周辺に到達する前に多くのアユ仔魚の多くが餓死している可能性も示唆された。また、下流部に到達したアユ仔魚の多くは分派流量が大きい毛馬水門へ流下することが確認された（図-9）。しかも、毛馬水門を流下する個体の多くが毛馬水門の落差により物理的な損傷を受ける可能性が示唆された（図-6）。これらのことから、淀川のアユ仔魚は下流部に到達する前の餓死による減耗、毛馬水門を通過する際の物理的な損傷による減耗があることが推測された。また、一部の個体は淀川大堰の湛水域等で陸封成長することが示唆された。これらの陸封アユの存在は、淀川においてアユ資源を検討していく上で重要な知見になると考えられる。

(2) 河口部におけるアユ仔魚の生息状況

アユ仔魚は河口部付近に到達すると、塩分躍層や成長に応じて生息する水深や場所を変えることが報告されており³⁹⁾、今回の調査で12月以降にアユ仔魚がほとんど採集できなかった理由は、淀川においても四万十川等と同様に、成長した稚魚が河床付近に集積していたため、水面付近を曳航した丸稚ネットでは採集されなかった可能性がある。11月に新淀川の各地点において確認されたアユ仔魚は淀川大堰を流下した個体と想定され、新淀川で成長していることが確認された。これらの個体は、翌春、淀川大堰の魚道を遡上するものと推測された。

一方で、12月と1月に新淀川と旧淀川の間地点に位置する「ふとう前」で確認した仔魚は、淀川大堰を流下した個体なのか、毛馬水門を流下した個体なのか、あるいは近傍の他河川由来の個体なのかは不明である。

(3) 淀川大堰の流況がアユの遡上数に及ぼす影響

上述のとおり、河川流量の増加は仔魚の生存率を高め、ひいては翌年の遡上数を増加させると考えられる。しかし、アユ仔魚の流下期に淀川大堰からの放流量に応じて翌年の遡上数を増加するという明瞭な傾向は確認されなかった。これは、アユの遡上数が単純に前年の仔魚の流

下時の生存率だけでなく、海域での水温や捕食者の存在等にも影響を受けて増減するためと考えられるが、なによりも遡上数は流下仔魚の総数以上になるはずもなく、単純に流量を増加させたら遡上数が増加するという考え方は的を射ていない。つまり、前年の流下仔魚の総数は、それを規定する産卵数、言い換えると親魚数、ひいては親魚の源泉となる前年の遡上数に比例することとなり、流下期に流量を増やしても、それに比例して流下仔魚数や遡上数が増加しないことは道理である。そのため、流量と流下仔魚数や遡上数そのものを目的変数にして相関を求める考え方自体が誤っている可能性があり、今回、前年12月の調節ゲートからの放流時間が翌年の遡上数比と相関が強いという事実を提示したように、流量等の相関は個体数の前年比に着目して考えるべきであろう。

四万十川等では遡上個体の大半が12月に孵化する後期産卵個体群であることが報告されている³⁾。今回提示した、前年12月の調節ゲートからの放流時間が、翌年の遡上数比に影響を及ぼすという事実は、淀川の遡上個体についても後期産卵個体群が寄与している可能性が示唆された。しかし、今回の調査では12月の採集が十分にできていないものの、淀川においても12月の流下仔魚数が流下仔魚の全体に占める割合は少ないと想定された（図-9）。また、翌年の遡上数比は前年12月の調節ゲートからの放流量と相関はあるものの、統計的に有意な結果が得られなかった。淀川大堰の操作規則では淀川大堰への流入量の内70m³/sは常に毛馬水門へ分流されるため¹⁰⁾、流入量が少ないと、淀川大堰の調節ゲートは閉塞される（図-12）。例年の12月の淀川大堰へ流入量は概ね100m³/s程度であるので、淀川大堰からの放流量は約30m³/sとなる。しかし、調節ゲートから常時30m³/sが常時流れている訳ではなく、実際には毎年12月の半分程度の時間で調整ゲートは頻繁に閉塞している（図-13）。上述のとおり、12月の流下仔魚数は少ないため、淀川大堰の調節ゲートから放流がある時に、流下仔魚が存在しない場合が多いと考えられる。この場合、流下仔魚の生存、すなわち翌年の遡上数の増加には全く寄与しない。そのため、12月に一時的に流量が多い時間帯があつて月間の平均流量が大きくなることよりも、調節ゲートからの放流が生じる7m³/s程度の流量が恒常的に調節ゲートから流れていることの方が積算的に仔魚の流下量増加に寄与する可能性があると考えられる。

また、淀川大堰では上流側の水位が低い場合や淀川大堰の上下流水位差が小さい時に遡上数や翌年遡上数比が増加するという傾向があつた（表-4）。そのため、現在、毛馬水門からアユの遡上促進を図るために、大潮の期間中に淀川大堰の水位を低下させている取り組みを行っているが¹⁰⁾、これらの取り組みは淀川大堰からの遡上を促進することにも効果があることが示唆された。

5. 今後の課題

(1) アユ仔魚の流下・生息状況の詳細な把握

淀川のアユ資源を増大させるためには、天然海産アユの増殖させることが必須であり、天然海産アユを増加させるためには、淀川の河口部において、多くの流下仔魚を生存させる必要があると考えられる。そのため淀川大堰や毛馬水門を流下したアユ仔魚が、どのような過程を経て河口部で成長し、淀川上流へ遡上するのか、またその増減の要因を把握する必要がある。一方で、今回の研究で確認した淀川大堰の湛水域等で陸封成長する個体群についても、これらがどの程度アユ資源に寄与しているかを把握する必要がある。淀川大堰湛水域で多くのアユ仔魚が生息し、それらの大半が上流へ遡上するのであれば、アユ資源を天然海産アユに頼らず、すなわち淀川大堰や毛馬水門から流下させず、アユ資源を増加させることができるかもしれない。そのために、これらの陸封アユが、どの程度存在しているのか、個体群サイズと流量との関連も把握する必要がある。

しかし、これらのアユ個体群を定量的に把握することは困難と考えられる。そのため、環境DNA等を利用した定量調査も検討する必要がある。

(2) 淀川のアユ資源を向上させる方策の検討

今回の研究において、天然海産アユの個体群を増加させる方策として、12月に7m³/s以上の流量を淀川大堰の調節ゲートから恒常的に流し続けることが有効であることが示唆された。また、河川流量が多いほど、すなわち河川流速が大きいほど、アユ仔魚は早期に海域へ到達し、生存率が高まると予想され、今回の調査でも流量が増加すると、流下仔魚数が増える傾向が確認されたことから、淀川においても河川流量の増加はアユ仔魚の流下を促進し、生存率を高めることができると考えられる。一般的に河川流量は降雨量に左右され、容易に調整することができないものの、淀川においては上流に琵琶湖やダム群等の水源が多く存在することから、これらの水源からの流量融通ができれば、アユの流下促進が図られ、天然海産アユの資源量の増加をもたらす、ひいては淀川水系のアユ資源増加に結びつけることができると考えられる。今後は、このような流量融通の余地・手法についても検討する必要がある。

一方で、毛馬水門へ流下したアユ仔魚は落差等の物理的衝撃で減耗する可能性が示唆された。毛馬水門を流下して生存したアユ仔魚についても、上述のとおり、どのような過程を経て遡上するかは、現時点では不明である。毛馬水門では下流側の水位が潮汐に応じて上昇するタイミングで淀川大堰水位を低下させてアユを遡上させる取り組みが行われているものの¹⁰⁾、現時点では淀川の上流域に遡上できるアユは、淀川大堰の魚道を通過した個体が大半を占めていると考えられる。これらを勘案すると、

淀川大堰に到達した流下仔魚を、新淀川の方へ流下させる方が、翌春の遡上数の増加に寄与すると考えられる。また、単純な流量増だけでアユ仔魚の流下が促進される訳ではないし、上述のような上流の琵琶湖やダム群からの流量融通は多方面の調整が必要となり困難が予想されることから、淀川大堰への分流量を増やし、淀川大堰からの恒常的な放流を確保することで、より多くのアユ仔魚を淀川大堰下流へ流下させる方策を検討する方が先決であると考えられる。

謝辞：本研究の実施にあたり、国土交通省近畿地方整備局淀川河川事務所には淀川大堰の水理データの提供や、調査に際しての便宜を図っていただいた。また、プランクトンネットの調達に際してはNPO法人全日本釣り技術振興評議会の、稚魚ネットについては日本ミクニヤ株式会社の米花正三氏の援助を頂いた。さらに各種の調査、特に流下仔魚の追跡調査では大阪市漁協からは船舶の便宜を図っていただき、京の川の恵みを活かす会のメンバーである澤健次氏と藤林幸次氏には3回の流下仔魚の追跡調査に全て参加頂き、多大な協力を得た。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 秋道智彌：アユと日本人，丸善，1992。
- 2) 農林水産省：内水面漁業生産統計調査確報（統計表一覧），http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/naisui_gyosei，2019。（2019.3.27閲覧）
- 3) 高橋勇夫：四万十川河口域におけるアユの初期生活史に関する研究，海洋生物教育研究センター報告書23，113-173，2004
- 4) 向井哲也・山根恭道・寺門弘悦・村山達朗：アユ資源管理技術開発，島根県水産技術センター事業報告，71-74，2011
- 5) 田子泰彦：庄川におけるアユ仔魚の河口域への到達時間の推定，水産増殖47(2)，215-220，1999
- 6) 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，日本水産学会誌69(3)，352-358，2003
- 7) 国土交通省淀川河川事務所：第40回淀川環境委員会 資料-3，https://www.kkr.mlit.go.jp/yodogawa/activity/comit/kankyo_iinkai/bd083b0000000rq5-att/03.houkoku.pdf（2019.3.27閲覧）
- 8) 塚本勝巳：長良川・木曾川・利根川を流下する仔アユの日齢，日本水産学会誌57(11)，2013-2022，1991
- 9) 田子泰彦：富山湾の河口域およびその隣接海域表層におけるアユ仔魚の出現・分布，日本水産学会誌68(1)，61-71，2002
- 10) 瀬口雄一・竹門康弘・稲垣茂人・角哲也：淀川水系のアユ資源量を増加させるための淀川大堰の運用改善方策の検討，河川技術論文集 第24巻，349-354，2018

(2019. 4. 2受付)