

矢作川の矢作ダム湖および越戸ダム湖における アユ陸封化の現状とその可能性

Ascertainment and possibility of land-locked Ayu in the Yahagi-dam and Koshido-dam lakes across the Yahagi River

山本敏哉¹⁾・藤田真二²⁾・平賀洋之²⁾・白金晶子¹⁾・内田良平¹⁾・木戸規詞³⁾

Toshiya YAMAMOTO¹⁾, Shinji FUJITA²⁾, Hiroyuki HIRAGA²⁾,
Akiko SHIRAGANE¹⁾, Ryouhei UCHIDA¹⁾, and Noriji KIDO³⁾

要 約

矢作川水系におけるダム湖の新たな有効利用を目指す一環として、矢作ダム湖と越戸ダム湖を対象にアユの陸封化の現状とその可能性を検討するための調査を実施した。その結果、矢作ダム湖では12月まで陸封アユ仔稚魚の成育が確認された。ここでは、湖内のほぼ全域にアユ仔稚魚が分布し、その12月中旬までの成長は天然海域のそれと大差ない速度を示した。しかし、その後の1月の調査では仔稚魚が確認されず、さらには流入河川への稚アユの遡上も認められなかったことから、12月まで生存していた陸封アユ仔稚魚は1月以降に死滅したと判断された。一方、越戸ダム湖内では2ヶ年の調査を通じ、アユ仔稚魚は確認されず、陸封化に関して否定的な結果を得た。

アユ仔稚魚の調査結果、ならびに水温、湖水の滞留時間、餌生物環境等の諸条件からこれら両ダム湖におけるアユ陸封化の可能性について検討した。

キーワード：ダム湖、陸封アユ、水温条件、湖水滞留時間、餌生物環境

はじめに

矢作川本川（流程118km）には堤高15m以上に達する矢作ダム、矢作第2ダム、越戸ダムの3基が建造され、この他、堤高15m以下ながら笹戸ダム、阿摺ダム、百月ダム、明治用水頭首工の取水堰堤が4基存在する。このように中流域の計7箇所には横断構造物が連続する矢作川では、これらダム群を通じて農、工、上水として年間約5億m³の河川水が取水され、その量は総流量の40%にも達する日本有数の高い利用率となっている（野場，2014）。

一方、回遊魚であるアユがダム湖において陸封される現象が各地で確認されるようになり、陸封アユが生息する水体数は近年増加傾向にある（海野ほか，2007）。アユは、矢作川においてもとりわけ重要な水産資源であり、このようなダム湖でのアユの陸封化は、当河川に多数存在するダム湖に新たな水産的価値を与える貴重な資源となる可能性を持つ一方、在来の海産アユ集団の資源の減少や劣化を招くことも懸念されている。

このような背景のもと、矢作川水系に建設されたダム湖群の有効活用を目指す取り組みの一環として、ダム湖におけるアユ陸封化の実態把握、およびその可能性を検討するための基礎情報の収集、整備を目的とし、同水系内での最大規模にある矢作ダム湖と豊田市近郊に位置す

る越戸ダム湖を対象に、アユの湖内生活期調査および生息環境評価として物理、化学、生物学的視点からの現地調査・情報分析を行った。

材料と方法

河口から上流約80 kmに位置する矢作ダム湖（湛水面積2.7 km²、堤高100 m）と、同約45kmにある越戸ダム湖（湛水面積0.46 km²、堤高22.8 m）においてアユの湖内生活期、および生息環境に関する各種現地調査を実施した（図1）。

湖内生活期調査および遡上稚アユ調査

矢作ダム湖および越戸ダム湖での湖内生活期調査は、原則として流入部、湖心部、入江部の3地点（図1）において、以下の時期に実施した。

矢作ダム湖：2013年11月7日、11月28日、12月12日、2014年1月17日の4回。

越戸ダム湖：2013年11月6日、11月28日、2014年11月4日、11月30日、12月18日の5回。

各地点において、日没後に水中灯（集魚灯）を垂下し、それに集まるアユ仔稚魚をタモ網によって採集した。得られたアユ仔稚魚は直ちに約10%ホルマリン水溶液で固定して持ち帰り、選別、計数した後、約80%エタノー



図1 調査対象とした矢作ダム湖と越戸ダム湖における調査地点.

ル溶液中に保存した。得られた全てのアユ仔稚魚の体長測定ならびに耳石による日齢査定を実施した。日齢査定の方法はTsukamoto and Kajihara (1987) に従い、計数された耳石輪紋数を日齢とした。

また、湖内においてアユ仔稚魚の生息が確認された矢作ダム湖では（後述）、アユ稚魚の遡上期に当たる2014年4月22、23日に矢作ダム湖流入本川（名倉川含む）と段戸川のそれぞれ4箇所、2箇所において、潜水目視観察により遡上稚アユの生息状況を確認した。

湖内生活期の生息環境調査

矢作ダム湖での調査は、湖心部（表層、5m, 10m層）及び入江部の湖岸域（表層）と沖帯（表層、5m, 10m層）において2013年11月5日、12月10日、2014年1月10日、3月4日、4月11日の計5回実施した。また、越戸ダム湖では2013年度の調査は、上記の5日の流入部及び湖心部の湖岸域（表層）と沖帯（表層）の2地点、2014年度は、11月4日と12月10日に入江部を加えた3地点の湖岸域（表層）と沖帯（表層）において実施した。これら各地点においてバンドン採水器により採水し、pH、溶存酸素、栄養塩、懸濁態物質（SS：Suspended solid）、強熱減量、クロロフィルa量及び動植物プランクトンの種組成の分析に供した。このうち、pH、溶存酸素、NO₃-N、NH₄-N、PO₄-Pの4項目は、共立理化学研究所のパクテスト（WAK-pH、K-7512、WAK-NO3、WAK-NH4、WAK-PO4）を用いて測定した。また、SSはあらかじめ450℃で2時間燃焼して秤量したWhatman GF/Fガラスフィルターで試水を吸引ろ過し、60℃で48時間乾燥後

に再び秤量して得た。これをさらに550℃で3時間燃焼した後に秤量し、強熱減量を求めた。クロロフィルa量はWhatman GF/Fガラスフィルターを用いて吸引ろ過した試料を90%アセトンで抽出し、蛍光法（Holm-Hansen et al., 1965）で測定した。

植物プランクトンは、250 mlの試水をホルマリンで固定し、濃縮した上で分析した。動物プランクトンは20μmメッシュのプランクトンネットで濃縮し、ホルマリンで5%の濃度になるよう固定した試料を用いて同定と計数を行った。

この他、水温・流量などの物理環境に関する各種情報を整理した。

結果

1. 矢作ダム湖

1) アユの湖内生活期調査

アユ仔稚魚の採集数

矢作ダム湖では、計96尾のアユ仔稚魚が採集された。これらアユ仔稚魚の30分当たり採集数の変動をみると、入江部での11月7日調査時における115尾が突出して高かった（図2）。しかし、当地点ではその後の11月28日には6.5尾まで急減した。一方、湖心部では11月7日調査時の12.7尾から28日には14.7尾まで微増した。また、流入部では11月調査時には採集されなかったが、12月12日には4.0尾のアユが採捕され、これは同時期における湖心部の採集数を上回った。このように、12月12日には、陸封アユ仔稚魚が矢作ダム湖のほぼ全域に分布している実態が確認された。ただし、3地点平均の採集数は季節とともに一貫して減少し、その変動傾向は水温のそれとほぼ同調していた。

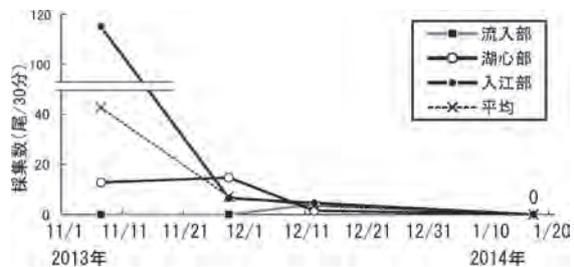


図2 矢作ダム湖におけるアユ仔稚魚の採集数の推移.

アユ仔稚魚の体長と日齢

矢作ダム湖で採集されたアユ仔稚魚の体長と日齢の頻度分布をそれぞれ図3、4に示した。

得られたアユの体長は5.9~32.6mmの範囲にあり、全個体の平均体長は14.3mmであった。これらの各調査時

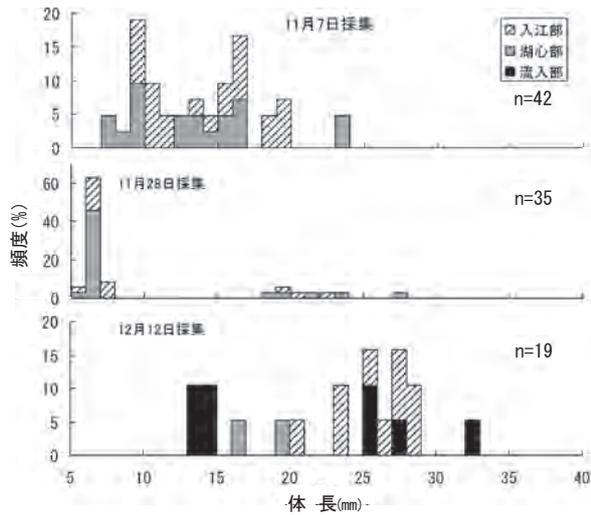


図3 各調査時に得られたアユ仔稚魚の体長組成。

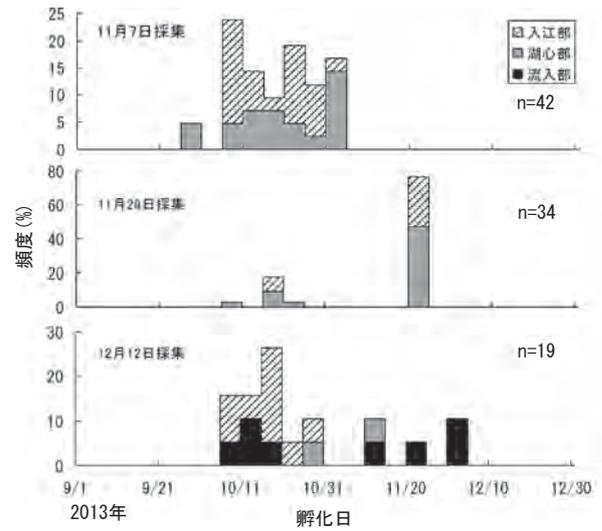


図5 各調査時に得られたアユの孵化日組成。

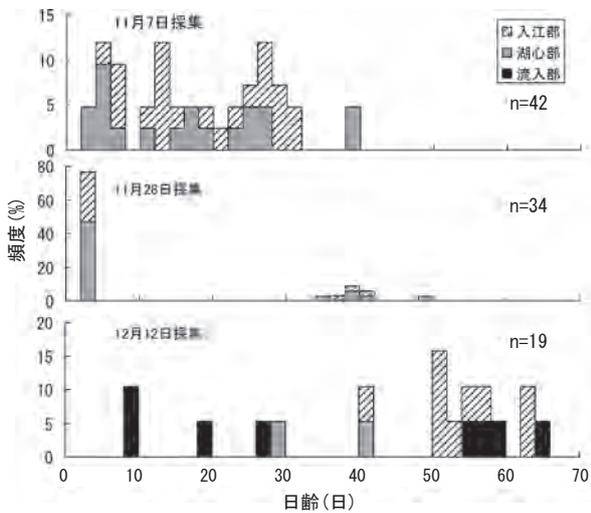


図4 各調査時に得られたアユ仔稚魚の日齢組成。

における体長組成をみると、11月7日と11月28日の体長は大きく異なり、11月28日に孵化後間もない体長6～7mmの小型個体が多く出現した点は、調査時の水温（6.8 - 9.1℃）が落合・田中（1986）による産卵適水温を10℃以上下回ることを考えると、特異な現象であったといえる。12月12日には、11月7日に出現した個体が成長したとみられる体長20～30mmの個体が多くを占め、この間の成長が確認された。

日齢組成の推移も体長と同様11月28日調査時のそれが特異的な様相を示し、孵化後3日未満の個体が8割近くを占めた一方、5～35日齢の個体が全く出現しなかった。その後の12月12日調査時には、日齢が10～66日に亘る広範囲な個体が採捕され、これらには11月7日、28日の各調査時に出現したアユ仔稚魚の成長個体が混在していると推察された。

アユ仔稚魚の孵化日

各調査時に得られた個体の採集日から日齢を減じて孵

化日を求め、その組成を図5に示した。

各調査時に得られた個体の孵化日は、11月7日調査時が9月23日～11月3日、11月28日調査時では10月9日～11月25日、12月12日調査時には10月7日～12月2日にあり、この期間の孵化日組成は、概ね順次後期に移行した。それぞれの調査時において、孵化日が重複した期間に着目すると、10月中旬～下旬に孵化した個体が、各調査時とも確認されており、この間に孵化した個体が概ね継続的に出現していたと判断できる。

一方、11月28日調査時に優占的に出現した孵化後間もない個体は、その後の12月12日調査時には主体とはならず、その大半が斃死した可能性が示唆された。その要因等は不明であるが、前述したとおり、11月後半に孵化した集団はかなり特異な存在であったといえる。

アユ仔稚魚の成長

日齢と体長の間には高い正の相関関係が認められ、10日齢で約10mm、40日齢で約20mm、65日齢で約30mmに成長する状況が確認できた（図6）。また、図中の一

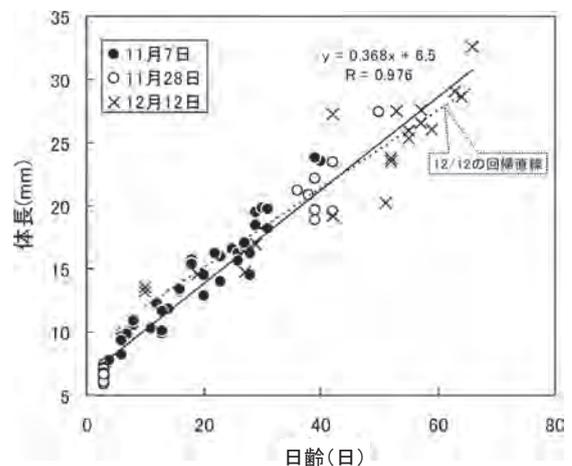


図6 日齢と体長との関係。

次相関式の傾きに相当する日成長量は0.368mm/日であった。

2) 遡上稚アユの確認

矢作ダム湖では、上記のとおり12月12日調査時まで確認された陸封アユ仔稚魚がそれ以降に死滅した可能性が示唆された。しかしながら、全滅せずの一部が生残している可能性も否定できなかったため、生残個体の有無を確認する目的で、同年4月22日と23日に流入河川において潜水調査を行い、陸封アユの遡上状況を精査した。その結果、オイカワ、カワムツ、アブラハヤ、ウグイ等の9魚種が確認されたものの、流入本川と段戸川とではアユは確認されなかった。また、アユの「ハミアト」らしき食痕も全く確認できず、12月12日調査時以降において陸封アユは全て死滅した可能性が高いと判断された。

3) 湖内生活期の生息環境調査

水温

ダム湖等での陸封化が可能とされる水温条件は4℃以上とされている（藤林，1994）。本項では、陸封アユの生息環境条件の一つとして、矢作ダム湖における水温条件について評価した。

陸封アユに関する調査を実施した2014年冬季（1月）の矢作ダム湖（ダム堤体近傍の選択取水地点水深3.0m層）における水温の経日変化を図7に示した。これによると、期間中の水温はほぼ一貫して低下し、1月19日には日最低、日平均水温ともアユの陸封化が困難となる

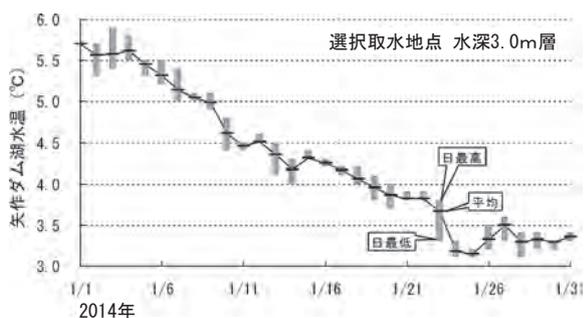


図7 矢作ダム湖における2014年1月の水温変化。

4℃以下となった。これ以降、1月中には水温4℃を上回る日はなく、最低水温は3.1℃まで低下した。なお、水温の日較差は最大でも0.5℃と小さく、日周変化が非常に小さい点が特徴的である。

同地点における2014年1月～2月10日での水温の鉛直変動をみると（図8）、1月初旬には水温が下層に向かって低下する傾向が顕著であったが、当傾向は日増しに不明瞭となり、1月中旬頃にはほぼ全層が同一水温となった。特に、1月20日以降になると、全層が4℃以下となっ

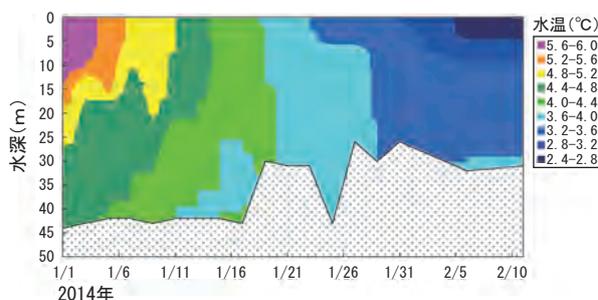


図8 矢作ダム湖での2014年1～2月中旬における水温の鉛直変化。

た。その後、2月に入ると、1月上旬とは対照的に表層近くの水温が低い傾向を示し、2月11日には1～3m層の水温が期間中最低となる2.5℃まで低下した。

矢作ダム湖の選択取水地点（水深3m層）における過去10ヶ年の12～3月の水温が4℃を下回った日数を図9に示した。これによると、12月に4℃以下となる年は見られず、4℃以下となる日は1、2月に集中していた。また、3月にも4℃以下となる年が散見された。一方、

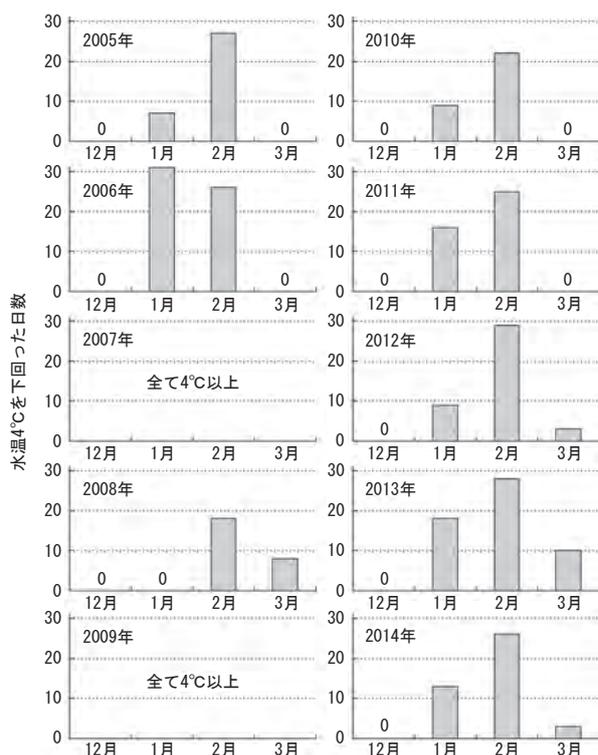


図9 矢作ダム湖において水温4℃を下回った月別日数（12月は前年値）。

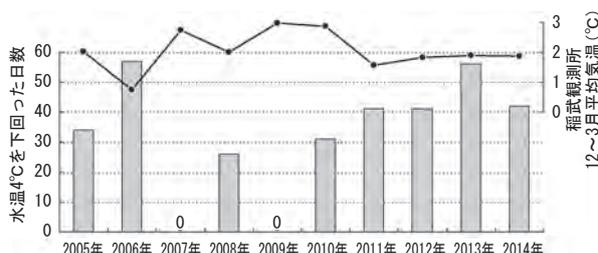


図10 矢作ダム湖において水温4℃を下回った合計日数。

2007年と2009年には4℃以下となった日は確認されず、期間を通じ、比較的高い水温が維持されていた。

各年の4℃以下となった日数の合計をみると(図10)、2006年や2013年では50日以上と多く、2007年と2009年では、4℃を下回る日はなかった。また、2014年は42日が4℃以下となっており、やや多い年であったといえる。

懸濁物質(SS)の組成

矢作ダム湖内の各水域で観測したSSと、強熱減量から求めた無機物・有機物構成を図11に示した。矢作ダム湖水でのSSは、各水域とも2014年4月11日調査時が概ね4mg/l以上と高く、その主体は湖心部では無機物であ

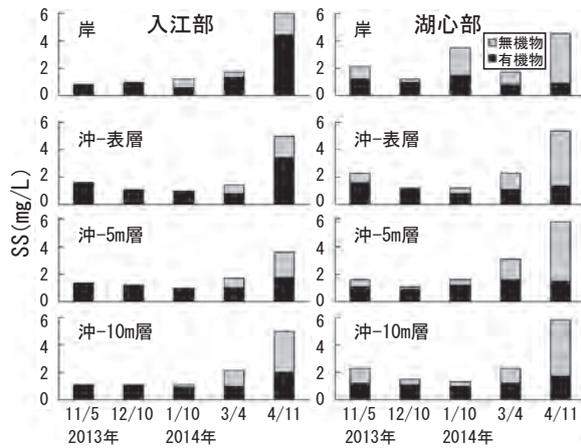


図11 矢作ダム湖におけるSS。

た。一方、入江部では5m以深においては無機物が多いのに対し、表層付近では有機物が大半を占め、当水域周辺に有機物が偏在していた状況が認められた。また、4

月11日以前の調査時のSSの多くは有機物であり、概ね2mg/L以下と低い値を示した。

クロロフィルa量

植物プランクトンの現存量の指標であるクロロフィルa量は、2014年4月11日の入江部における表層(岸、沖部)を除き、2mg/m³より低い値を示した(図12)。一方、4月の入江部でのクロロフィルa量は湖岸域(表層)において12mg/m³と突出して高く、沖部の表層も6mg/m³

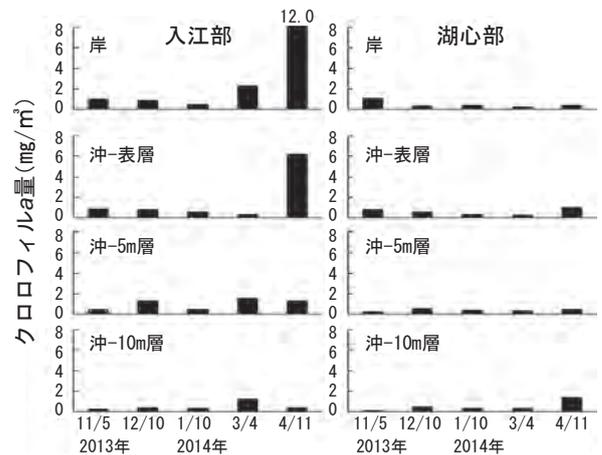


図12 矢作ダム湖におけるクロロフィルa量。

以上に達した。この値の上昇は懸濁態有機物のそれと一致しており、当水域周辺に植物プランクトンを主体とした有機物の集積が生じていたと考えられる。

動物プランクトン

動物プランクトンの個体数密度は、13~2896個体/Lの範囲で変動し、その個体数密度は水域により異なるが、

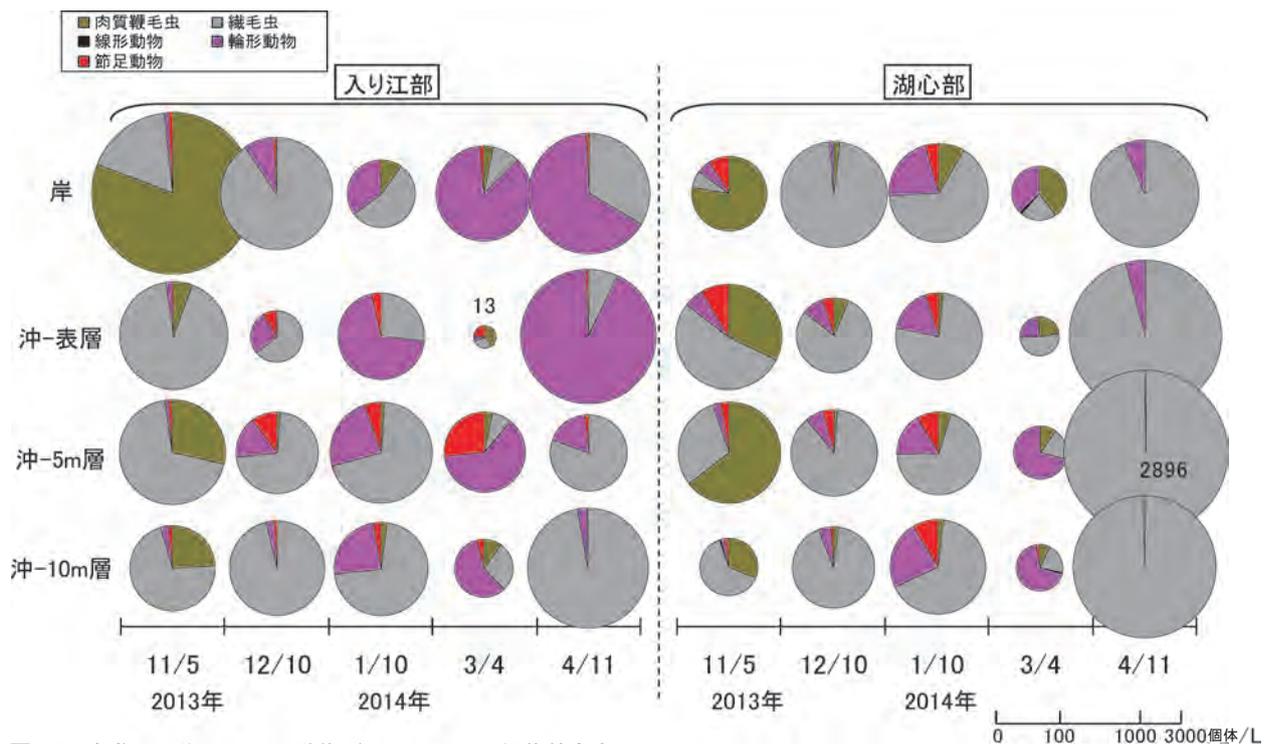


図13 矢作ダム湖における動物プランクトンの個体数密度。

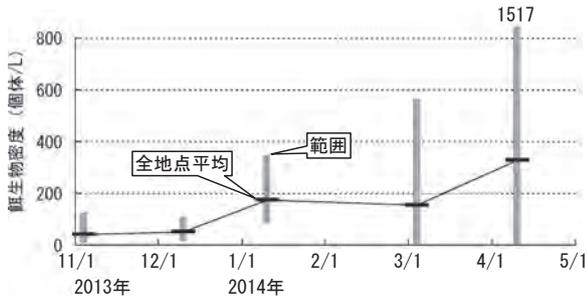


図14 矢作ダム湖における動物プランクトン（輪形+節足動物）の個体数の推移。

3月の調査時に少ない傾向を示した（図13）。このうち、アユ仔稚魚の主な餌料となる輪形動物と節足動物に着目すると（図14）、その個体数密度は湖心部に比べ入り江部で高く、特に2013年12月10日の調査時以降の5m層以浅においてその傾向が顕著であった。また、これら両分類群の季節変動をみると、調査時の全平均個体数は11、12月の41~50/Lから、1月調査時に175/Lに増加し、4月には325/Lに達した。

なお、出現した主な餌生物種は、輪形動物門ではワムシ目ドロワムシ科の種が多く、節足動物門では枝角目のゾウミジンコ、カラヌス目やキクロプス目に属する橈脚類が卓越した。これら動物プランクトンは、他水域においても陸封アユ仔稚魚の餌料となる事が確認されており（立原・木村，1991；小泉，1992）、矢作ダム湖でもこれらプランクトン種が陸封アユ仔稚魚の主餌料と考えられる。

2. 越戸ダム湖

1) アユ仔稚魚の出現状況

越戸ダム湖内の2~3地点で、2013年11月及び2014年11~12月に行われた5回の集魚灯調査では、アユ仔稚魚の生息は確認できなかった。当結果から、越戸ダム湖では両年ともアユの陸封化は生じなかったと判断された。さらに、前節で述べたとおり、矢作ダム湖では少なくとも12月中旬まで陸封されたアユ仔稚魚が生息していたものの、これら個体が放水等によって流下し、越戸ダム湖に到達している可能性も極めて低いと判断された。

2) 湖内生活期の生息環境調査

水温

越戸ダム湖（ダム堤体近傍水深1.6m層）における2014年1月の水温変化を図15に示した。

越戸ダム湖の水温は、数日周期で変動し、概ね1月中旬まで低下傾向を示し、以降、徐々に上昇した。この間、1月15~25日の日最低水温は概ね4℃を下回り、最低水温は3.7℃（17日）まで低下した。一方、日最高水温は全て4℃以上にあり、日平均水温は1月中旬の数日を除

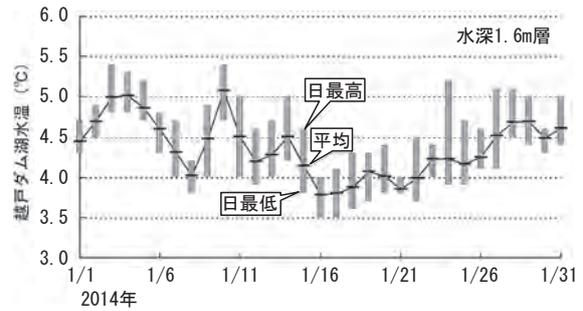


図15 越戸ダム湖における2014年1月の水温変化。

き、4℃以上であった。水温の日較差は最大1℃に達し、矢作ダム湖に比べ大きかった。

越戸ダム湖水温が4℃を下回った月別日数を図16に、この間の年間合計日数の経年変化を図17にそれぞれ示した。当ダム湖においても水温が4℃以下となる日数は、気温が最低となる1月ないし2月に多い傾向を示し、前述の矢作ダム湖と同様であった。ただし、2006年や2013年では12月に4℃以下となった日が確認されており、こ

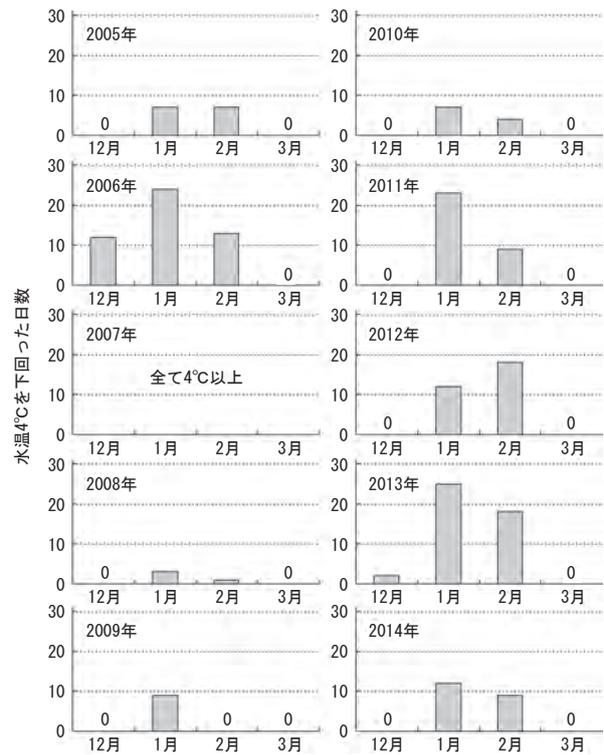


図16 越戸ダム湖において水温4℃を下回った月別日数（12月は前年値）。

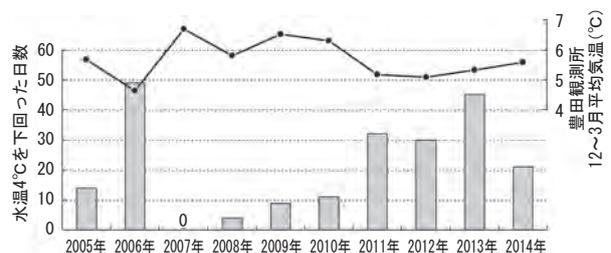


図17 越戸ダム湖において水温4℃を下回った合計日数。

の点は矢作ダム湖と異なる。また、越戸ダム湖では3月になると、4℃を下回る日が出現しない状況も矢作ダム湖とは異なった。水温4℃を下回った合計日数をみると、2006年が49日と最も多く、2013年の45日がこれに続いた。一方、矢作ダム湖と同様、2007年では4℃を下回った日は確認されなかった。

懸濁物質 (SS), 強熱減量

越戸ダム湖の各調査地点における懸濁態無機物量と有機物量を、SSと強熱減量から求めた (図18)。越戸ダム湖

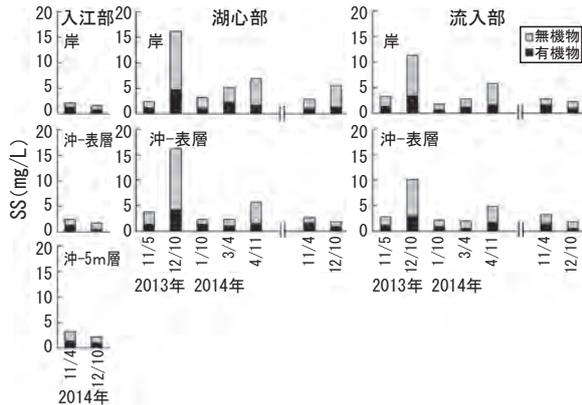


図18 越戸ダム湖におけるSS。

のSSは、12月調査時に高く、湖心の湖岸域で、16mg/Lに達した。その濁りの主組成は無機物で、降雨等による陸域からの濁質の負荷がその要因であったと推察された。これを除く調査時のSSは概ね5mg/L以下と低く、各調査水域とも同様の季節変動を示した。また、SSの主組成は無機物であり、SSの大半が有機物であった矢作ダム湖とは異なっていた。

クロロフィルa量

越戸ダム湖におけるクロロフィルa量の季節変動は、SSのそれと概ね対応し、各水域とも12月調査時に最大となった (図19)。また、SSと同様、クロロフィルa量も水域間で大差はなく、水平分布に一定の偏りは認めら

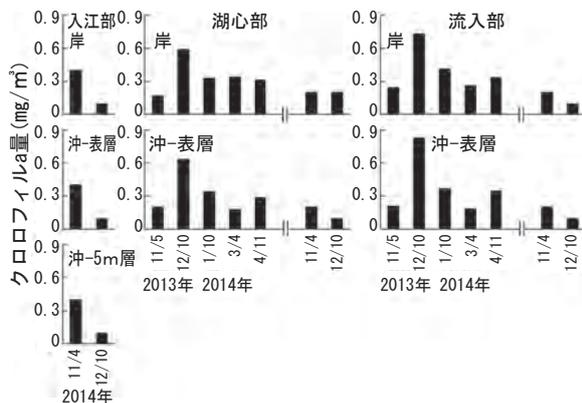


図19 越戸ダム湖におけるクロロフィルa量。

れなかった。なお、越戸ダム湖におけるクロロフィルa量は全観測値の平均が0.31mg/m³で (調査期間中の変動範囲0.10~0.83 mg/m³)、これは矢作ダム湖 (平均1.06mg/m³) の1/3に過ぎなかった。当値から、越戸ダム湖は極貧栄養湖と評価されるものの (OCDE, 1982)、一般に透明度が高いとされる貧栄養湖 (少なくとも6m以上) に比べると明らかに濁りが強く、湖沼よりもむしろ河川に近い水質特性にあると推察された。

動物プランクトン

越戸ダム湖の各水域で観測された動物プランクトンの個体数密度とその構成を図20に示した。動物プランクト

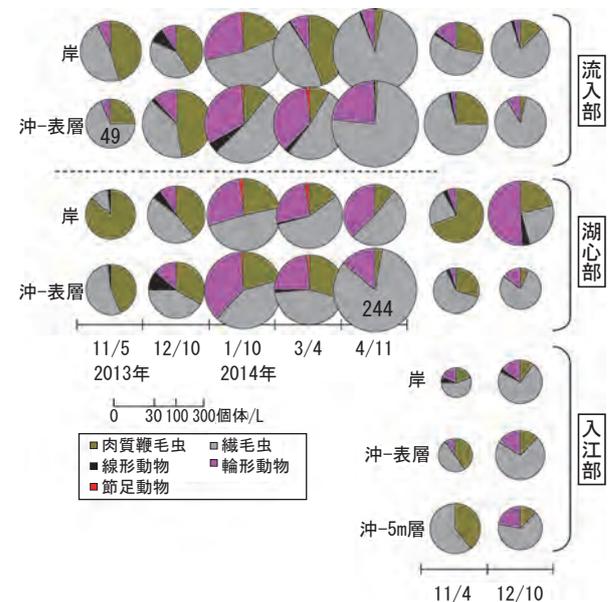


図20 越戸ダム湖における動物プランクトンの個体数密度。

の個体数密度は、各水域とも1月以降に増大する傾向を示し、最大は4月の湖心部で観測された244個体/Lであった。ただし、当値は矢作ダム湖での最大値 (2896個体/L) の10%以下に過ぎず、密度が上昇した1月以降の個体数も多いとは言い難い状態にあった。

動物プランクトンの主体は繊毛虫、肉質鞭毛虫あるいは輪形動物から成る群集であった。この分類群構成については矢作ダム湖と大きな違いはなかった。しかし、ア

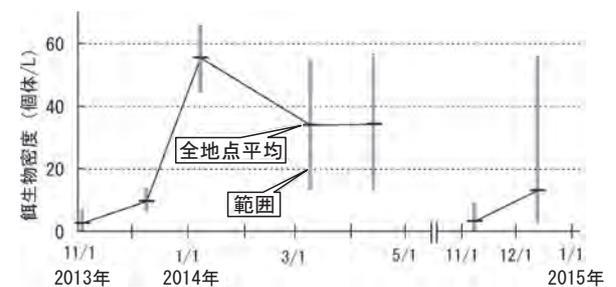


図21 越戸ダム湖における動物プランクトン (輪形+節足動物) の個体数の推移。

ユ仔稚魚の餌生物量（輪形動物・節足動物）をみると（図21）、最大となった1月の平均密度が55個体/Lで、それ以前の2013年11月と12月ではそれぞれ3個体、10個体と僅かであった。2014年11月、12月もそれぞれ3個体、13個体と低密度であった。また、越戸ダム湖における2013年4月までの平均密度は27個体/Lで、これは同時期における矢作ダム湖での20%以下であった。さらに、餌資源としての動物プランクトンにもアユの初期餌料とされる輪形動物がほとんどを占め、主餌料となる節足動物はゾウミジンコや橈脚類幼生が僅かに（1～3個体/L）出現したに過ぎなかった。

考察

1. 矢作ダム湖

アユ仔稚魚の出現

矢作ダム湖では2013年11～12月の調査時にアユ仔稚魚が確認されたが、1月調査時にはいずれの地点ともアユ仔稚魚は確認できず（図2）、12月調査時以降に死滅した可能性が唆された。2014年1月17日の水温は1.5～2.5℃の範囲にあり、一部の湖面は結氷していた。アユ仔稚魚は、水温3.8℃以下になると、摂餌を含めた活動をほぼ停止する事が知られており（柏木、1990）、ダム湖等での陸封化が可能とされる水温条件は4℃以上とされている（藤林、1994）。矢作ダム湖における1月17日の調査時の水温は、この条件を大きく下回っており、矢作ダム湖では1月以降における低水温が陸封化の大きな制限要因になっていると推察される。

採集された全てのアユの孵化日から求めた孵化日組成を図22に示した。これによると、孵化日は9月23日～12月2日の範囲にあり、このうち10月6日～10月11日および10月21日～10月26日に孵化日を持つ個体が多く、さらに11月20日～11月25日にも小さなピークが確認された。

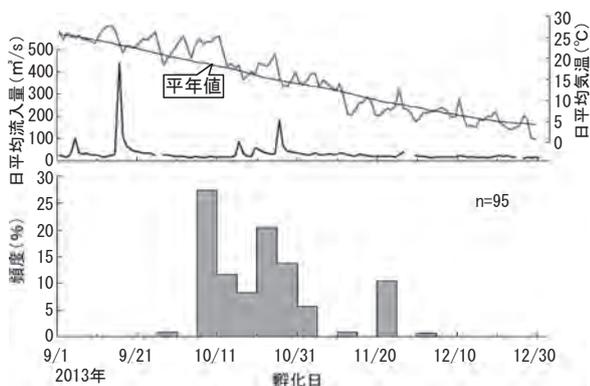


図22 全個体から求めた孵化日組成。気温は気象庁豊田観測所データより

このような孵化日の組成と矢作ダム湖への流入量等の環境条件との関係に注目すると、矢作川では2013年9月16日に400m³/sを越える大規模出水が生じ、採捕されたアユ仔稚魚は全てこの出水後に産卵、孵化した個体であったと判断できる。おそらく、9月16日以前に産卵された個体は全て当出水によって流失、斃死したと推察される。上記の第1回目の孵化のピークは、当出水後に流況が安定し始めた時期に産卵された個体が一齐に孵化し始めた時期に相当する。これに次ぐ孵化のピークとなった10月21日～10月26日には、これ以前に小出水と、それに伴う気温の急激な低下が生じている。このように、当水域でのアユの産卵、孵化の変動には、気象条件との関連が示唆され、この点は、海産アユの産卵生態（谷口、1989）と同じであるといえる。

図6に示した日齢と体長の関係を各調査時で比較すると、2013年11月7日と28日両調査時の日齢と体長の関係は概ね同一直線上にあり、成長量等に大差はないと判断できる。一方、2013年12月12日調査時の回帰直線の傾きはやや小さく、水温の低下とともに成長量も低下傾向にあった状況が考えられる。他水域（海域）でのアユ仔稚魚の日成長量をみると、高知県浦戸湾では0.36～0.44mm/日（藤田、2010）、紀伊半島西部海域では0.35～0.49mm/日（吉本ほか、2007）等の報告がある。矢作ダム湖での12月中旬までの陸封アユ仔稚魚の成長量（0.368mm/日）は前述の他水域の成長量を大きく逸脱する値ではない。矢作ダム湖と太平洋沿岸海域との水温差（おそらく10℃以上）を考えると、比較的高い成長速度を維持していたと評価できる。

湖水の滞留時間

アユ仔稚魚が湖内で生活するためには餌資源が必要である。それには、湖内での植物プランクトンの生産とそれを摂餌する動物プランクトンの存在が不可欠となる。また、藤林（1994）は輪形動物の分布をアユが陸封される条件の一つとして指摘している。一方、プランクトンが増殖・維持されるためには、水が一定時間滞留しなければならない。例えば、平均滞留時間が1週間より短くなると、植物プランクトンの現存量が減少するとの報告がある（Thornton et al., 2004）。つまり、湖内でアユ仔稚魚が動物プランクトンを摂餌し、成長するためには、湖水が一定時間（7日以上を目安と仮定）滞留する必要がある。そこで、矢作ダム湖におけるアユの湖内生活期に相当する10～3月の湖水の滞留時間を貯水容量と流入量との関係から求め、その過去5ヶ年（2008～2012年）での平均と範囲を図23に示した。

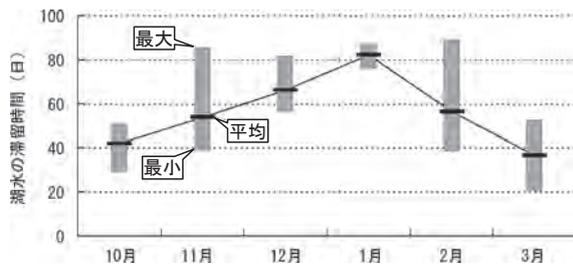


図23 矢作ダム湖における湖水の滞留時間(2008~2012年).

これによると、アユ仔魚が湖内生活を始める10月の滞留時間は平均42日、1月には平均82日に達した。その後、滞留時間は短くなるが3月においても平均40日を維持した。当季節変化は、ほぼ雨量の多寡を反映した変動と考えられる。

このように、矢作ダム湖における湖水の滞留時間は動植物プランクトンが増殖・維持するために必要な期間(例えば7日間)を十分に満足していると判断される。

矢作ダム湖にアユが陸封される可能性

矢作ダム湖では、2013年度に実施した湖内生活期調査により、12月調査時までには陸封されたアユ仔稚魚の生息が確認され、その最大個体は体長32.6mm、66日齢に達していた(図3、4)。しかし、2014年1月17日の湖内生活期調査ではアユ仔稚魚が確認されず、さらに4月下旬に流入河川で実施した潜水調査においても陸封アユの遡上は確認できなかった。これにより、当年に産卵・ふ化した陸封アユは1月以降に死滅したと推察された。

先述したとおり、矢作ダム湖の湖水の滞留時間は動植物プランクトンが十分に増殖・維持できる状態にあり、12月中旬までアユ仔稚魚が生息していた点も、餌生物の存在を裏付けている。また、同時に実施した餌資源としての動物プランクトンの調査においてもワムシ目、枝角目、キクロプス目等の動物プランクトンが平均50~300個体/Lの密度で確認されており(図14)、これは土佐湾(八木ほか、2006)や三河湾(山本ほか、未発表)などの海域における動物プランクトン密度を上回っている。この他、矢作ダム湖では、その規模(湛水面積1.97km²、肢節量4.3)についても、藤林(1994)によるアユが陸封可能なダム湖の条件(湛水面積1km²以上、肢節量4.0以上)を満足しており、これら諸点からは、アユの陸封化を制限する要因は見あたらない。

一方、矢作ダム湖における2014年1~2月の水温は、湖面の一部が結氷するなど、アユの陸封化の限界値とされる4℃を大きく下回っていた。この1月以降の水温低下によって、12月まで湖内に生存していたアユ仔稚魚も死滅した可能性が高いと考えられる。また、過去5ヶ年

の1、2月の最低水温も全て4℃以下であった。さらに、過去10ヶ年のうち、8ヶ年において水温4℃以下となった日数が20日以上あり(図10)、このような既往データから判断しても矢作ダム湖の水温はアユが陸封化できる条件にはない。ただし、2007年や2009年等のように冬季の気温が特異的に高い年には湖内の水温が4℃を下回らない場合もある(図10)。その際にはアユ仔稚魚が翌春まで生残する可能性はあるものの、ごく希な現象であり、現在の気候条件下ではアユの仔稚魚が生息できる環境ではないと考えられる。

矢作ダム湖では、湖の規模や餌資源としての動物プランクトン量においてはアユ仔稚魚の生存に大きな支障はないと考えられるが、冬季の低水温により、アユの陸封化が安定的に生じる可能性は低いと判断される。

2. 越戸ダム湖

湖水の滞留時間

矢作ダム湖同様、アユ仔稚魚の重要な餌資源である動物プランクトンの増殖と密接に関係する湖水の滞留時間を分析した。

2008~2012年における越戸ダム湖水の滞留時間は、0.4

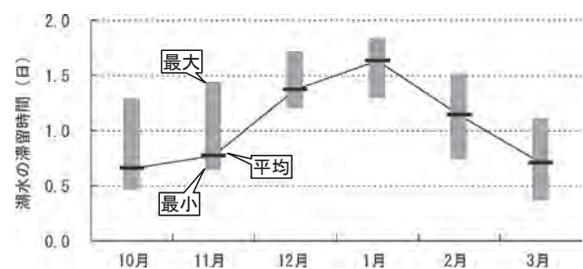


図24 越戸ダム湖における湖水の滞留時間(2008~2012年).

(3月)~1.8日(1月)の範囲で変動した(図24)。平均滞留時間は、最長の1月においても1.6日と短く、湖内生活期の初期に相当する10~11月は殆ど1日以下であった。この滞留時間は、アユ仔稚魚の餌資源である動物プランクトンの増殖に必要な日数(7日)に及ばず、陸封アユ仔稚魚の餌料生産が困難な環境であることを示唆している。

一方、越戸ダム湖上流の矢作川本川には、矢作ダムまでに堤高が15m近くかまたはそれ以上に達する阿摺ダム湖、百月ダム湖、矢作第2ダム湖が存在し、河川水はそれぞれのダム湖で滞留した後、越戸ダム湖に到達している。そこで、越戸ダム湖とこれら上流の3ダム湖での滞留時間を合算し、その結果を図25に示した。これを見ると、降水量が多い4~9月の滞留時間は、動植物プランクトンの増殖に必要な最低日数の7日に満たず、4ダ

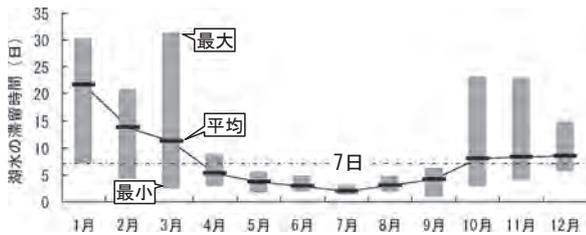


図25 越戸ダム、阿摺ダム、百月ダム、矢作第2ダムの4ダム湖を合算した湖水の滞留時間（2008～2012年）。

ム湖が連携しても動・植物プランクトンの増殖は期待できない。しかしながら、アユ仔稚魚の湖内生活期（10～3月）における滞留時間は、各月とも平均7日以上であり、動・植物プランクトン増殖の可能性は高い。

越戸ダム湖単独では湖水の滞留時間が短いため、動・植物プランクトンが増殖できる環境にはないと思われる。しかし、当ダム湖と上流の3ダム湖を合わせた水系を考えれば、気象条件等によっては、最下流に位置する越戸ダム湖で十分量の動植物プランクトンが増殖できる可能性がある。

越戸ダム湖にアユが陸封される可能性

越戸ダム湖では、2ヶ年に亘る調査を実施したものの、アユ仔稚魚は確認できなかった。当結果から、少なくともこの間、越戸ダム湖においてアユの陸封化は生じなかったと判断された。

越戸ダム湖は湛水面積が0.46km²、肢節量3.4であり、ダム湖の規模は藤林（1994）による陸封可能な条件に比して狭小である。ただし、湛水面積0.25km²、肢節量3.5のダム湖においてもアユの陸封化が確認された事例もあり（高津，2003）、越戸ダム湖の規模はこれと大差ない。したがって、ダム湖の規模からは当湖にてアユが陸封される可能性はある。

一方、先に越戸ダム湖の水温をみると、冬季の水温は矢作ダム湖に比べ相対的に高く、2014年1月での日最高水温は全て4℃以上であった（図15）。また、日平均水温も1月中旬の数日を除き、4℃以上であり、年間に4℃以下となる日数も矢作ダム湖に比べ少ない（図17）。水温条件からみれば、越戸ダム湖においてアユが陸封される可能性は矢作ダム湖に比べ高いと考えられる。しかし、最低水温がほぼ例年4℃以下となる点では矢作ダム湖と同様であり、越戸ダム湖もアユ仔稚魚が容易に越冬できる水温条件にはないと思われる。

越戸ダム湖では湖水の滞留時間が1日前後と短く、そのため当ダム湖単独ではアユの餌資源となる動物プランクトン類が増殖できる環境にはないと判断される。ただし、当ダム湖とその上流に位置する3ダム湖を連続した

水域として求めた滞留時間は最長30日以上に達し、動物プランクトンの増殖可能な環境であるといえる。今回の動物プランクトンの調査によって僅かながらワムシ目等の存在が明らかにされ、上流3ダム湖との連携によって動物プランクトンの生産が確認された。しかし、当ダム湖において主餌料となり得るゾウミジンコや橈脚類幼生の個体数密度は1～3個体/Lと、先述の土佐湾等の天然海域に比べ明らかに乏しく、矢作ダム湖の餌料密度と比べても20%程度に過ぎない。

このように、越戸ダム湖では、水温条件に加え、餌資源としての動物プランクトン量がアユ仔稚魚の生息にとって十分とはいえず、陸封アユが生育できる環境ではないと考えられる。ただし、越戸ダム湖では、秋季～冬季の気候が相対的に少雨で、かつ温暖な特異年においては、アユの陸封化が生じる可能性がある。この点は矢作ダム湖も同様であり、地球温暖化に伴う水温の上昇が予想される中、温暖な年に生産された陸封アユがその年のアユ資源を補完する重要な集団となる可能性も十分にあり得る。ダム湖の有効活用を長期的な視点で考える上で、これらダム湖群におけるアユの陸封化の動向を今後も注視して行く必要がある。

おわりに

冒頭述べたとおり、矢作川は本川に7箇所ものダム群があり、さらに支川も含めると実に37箇所に横断構造物が設置されてきた。これら構造物は築造されてから既に半世紀から古いものでは一世紀に達しようとしている。矢作川に一年間に流れる水は約13億m³、そのうち陸上に持ち出される水量は、農、工、上水として約5億m³、河川の水利利用率は実に40%と日本でも高い利用率となり、もはや河川生態系、生物生息環境の視点からすれば危険ゾーンの範囲に入る。このようなダム群による強度な利水状況下にある矢作川では、それでもなお美しい河川環境の創造を目指し、中部電力、矢作川漁業協同組合、豊田市矢作川研究所の3団体が母体となって、2013年に「矢作川ダム研究会」が設立された。本調査・研究は、このような矢作川の住民で構成される「矢作川ダム研究会」が、今後のダムとの共存を現実的な課題として捉え、将来に亘り健全に存続し得る矢作川を目指す取り組みの一環として企画・実行し、2016年3月で終了した。次の半世紀において、本研究成果が当目的達成のために少しでも役立てれば幸いである。これは、矢作川の住民として、あるいはここに生きる生物たちの代弁者としての願いで

もある。

なお、本論文で詳細に記載しなかった両ダム湖の植物プランクトンの種組成・細胞数や学名に関する情報は矢作川研究所ホームページに掲載されている。

謝辞

本調査・研究の端緒から終始懇篤なるご指導，ご助言を賜った中西正己博士に衷心よりお礼申し上げる。また，現地調査，試料分析，ならびに水文データ等の収集・整理等に際してご協力を頂いた豊田市矢作川研究所，中部電力株式会社の方々に深く感謝する。

引用文献

Holm-Hansen, O., C. J. Lorenzen, R.W. Holmes and J. D. H. Strickland (1965) Fluorometric determination of chlorophyll. *J. Cons. Cons. Int. Explor. Mer.* 30 : 3-15.

藤林剛 (1994) リュウキュウアユの復元. 琉球の清流 リュウキュウアユがすめる川を未来へ, 池原貞雄・諸喜多茂充 (編著) : 153-176. 沖縄出版, 沖縄.

藤田真二 (2010) 浦戸湾・鏡川におけるアユの生態について. 「第21回「高知みず工学研究会」テキスト」: 46-57.

柏木正章 (1990) 水温が魚類へ及ぼす影響. 三重大学環境科学研究紀要, 14 : 79-113.

小泉善嗣 (1992) 野村ダム湖における陸封アユの研究. 愛媛県水試研報, 5 : 71-95.

野場嘉輝 (2014) 矢作川における平成24年水収支の概要.

矢作川研究, 18 : 63-66

OCDE (1982) Eutrophication of waters monitoring assessment and control. OCDE, Paris.

落合明・田中克 (1986) 魚類学 (下). 恒星社厚生閣, 東京.

谷口順彦 (1989) アユの一生, その生活史. 土佐のアユ, 谷口順彦・依光良三・西島敏隆・松浦秀俊 (著) : 9-38. 高知県内水面漁業協同組合連合会, 高知.

立原一憲・木村清朗 (1991) 池田湖産陸封アユ仔・稚魚の成長に伴う分布と食性の変化. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57 : 797-804.

高津公明 (2003) 中筋川ダムにおける陸封アユの生態調査. 平成15年度 国土交通省国土技術研究会プログラム.

Thornton, K. W., B. L. Kimmel, F. E. Payne (2004) ダム湖の陸水学. 生物研究社, 東京.

Tsukamoto, K. and Kajihara T. (1987) Age determination of ayu with otolith. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53 : 985-1997.

海野徹也・柴智久・検崎仁美・柴田恭宏・長澤和也 (2007) 耳石Sr/Ca比による広島県芦田川水系における陸封アユの確認. 広島大学大学院生物圏科学研究科紀要, 46 : 35-42.

八木裕太・美藤千穂・船越徹・木下泉・高橋勇夫 (2006) 土佐湾沿岸域におけるアユ仔魚の分布および食性. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 72 : 1057-1067.

吉本洋・藤井久之・中西一 (2007) 紀伊半島西岸域における稚アユの成長. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 73 : 1057-1064.

- | |
|-----------------------|
| 1) 豊田市矢作川研究所 : |
| 〒471-0025 豊田市西町2-19 |
| 2) 西日本科学技術研究所 : |
| 〒780-0812 高知市若松町9-30 |
| 3) 矢作川漁業協同組合 : |
| 〒470-0331 豊田市平戸橋町波岩87 |