

琵琶湖産アユの仔稚魚期における分布

田中秀具・片岡佳孝*・井出充彦・太田滋規・氏家宗二・酒井明久

Studies on the distribution of Ayu
(*Plecoglossus altivelis*) larvae in LAKE BIWA

Hidetomo Tanaka, Yoshitaka Kataoka*, Atsuhiko Ide,
Shigeki Ota, Muneji Ujiie and Akihisa Sakai

キーワード：アユ、仔稚魚、分布、琵琶湖、水温躍層

アユ (*Plecoglossus altivelis*) は琵琶湖漁業にとって最も重要な魚種の一つであることはいままでの間でもない。滋賀県水産試験場（以下、滋賀水試と略記）では、古くから、産卵調査・流下仔魚調査・ヒウオ生息状況調査（通称、ヒウオ曳き調査）・魚探映像解析・漁獲物の標本調査等を実施し、アユ資源の漁況予測や状況把握に努めてきた。しかし、アユの初期生活期については、相対的資源量把握（年度間比較）を目的としたヒウオ曳き調査があるものの、その調査水域は概ね沿岸周回コースに限られ、曳網水深等の方法は、内藤ら¹⁾により曳網水深が検討されて以降、水深7m層付近のみに限って調査されており、仔稚アユの分布構造に関する資料を得ることはできない。また、河川で孵化し琵琶湖へ流入した後の、湖内での初期分散と分布（ヒウオ曳き調査までの時期）については、滋賀水試では、澤田ら²⁾による姉川人工河川の河口域を中心とした研究以外には行われていないのが現状である。

一方、琵琶湖産アユは、陸封現象とそれに伴う多様な生活型を有するユニークさや、その日本の内水面漁業における重要性から、過去に様々な立場で、多くの研究者によって研究対象とされてきたが、その中でも、東³⁾による発育初期の分布に関する研究は特筆すべきものであり、調査の規模・緻密性からしても、これを超えるものは無い。しかし、この研究は琵琶湖総合開発以前に行われたものであり、その頃とは琵琶湖の状況（地形、漁法、漁獲量、漁獲時期等）は、大きく様変わりしている。また、その内容は多岐にわたり、総論的であるため、この結果を用いて、琵琶湖産アユの水産資源的解析調査を実施するための、水域や水深

等の調査方法を決定するのは困難である。

我々は、今後、琵琶湖産アユの適正な資源管理をしていくためには、初期生活期の解明が根本であるとの観点から、アユの初期生活期における生息の舞台を特定し、資源予測調査のルーチン・ワークに適用することを目的として、1997年9月～12月に、琵琶湖産アユにとって代表的な産卵河川である安曇川と姉川の河口域周辺およびその沖合で、稚魚ネットによる仔稚アユの採集調査を実施し、アユの初期分布に関する若干の知見を得たので報告する。

研究方法

琵琶湖産アユの産卵は、8月下旬から11月にかけて行われ、その主産卵期は9月中旬から10月にかけてである。また、産卵場は、琵琶湖へ流入する河川下流域で、孵化後、仔魚は河川の流れによって琵琶湖に運ばれる。

筆者らは、琵琶湖へ流入したアユ仔魚が河口から沖にかけてどのように分布あるいは分散するのかを知る目的で、代表的な琵琶湖流入河川の安曇川と姉川の河口域周辺および沖合で、同時多層曳き稚魚ネットの水平曳きによる仔稚アユの採集を行い、水深別分布状況を調査した。調査地点を図1に示す。

調査地域の概要

安曇川は、琵琶湖の西岸にあり、北湖のほぼ中央付近で琵琶湖に流入する。河口部は急峻な地形で、特に本流（南流）河口部から北側は、沖合に向けて急激に

脚注

現所属

* : 滋賀県健康福祉部生活衛生課 (Environmental Health Division, Department of Public Health and Welfare, Agency of Shiga Prefecture, Kyomachi 4-1-1, Otsu, Shiga 520-8577, Japan)

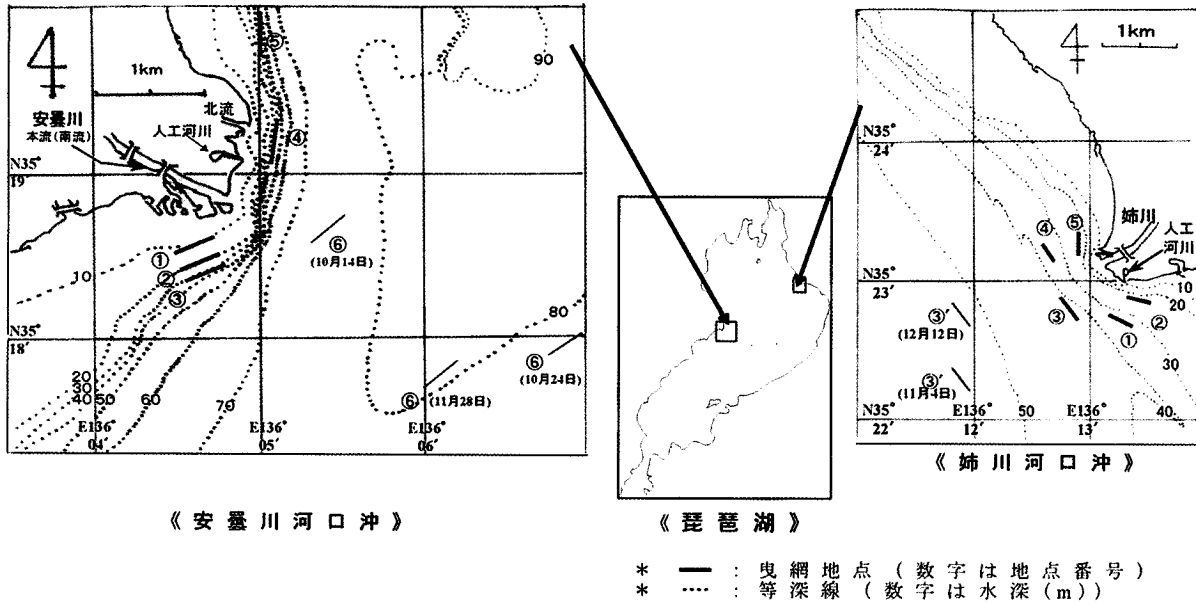


図1. 調査地点

水深を増し、距岸500mで既に水深60mを越える。沖合北方向には琵琶湖最深部がある。本流河口南側は比較的遠浅である。なお、約700m北には安曇川北流河口があり、南北両流の間にアユ増殖用施設「安曇川人工河川」がある。一方、姉川は琵琶湖北東側を流れ、北湖の北東部に流入する。河口部は、全体的に遠浅であり、南北に地形的違いは少ない。河口の南側にはアユ増殖用施設「姉川人工河川」がある。

調査方法

安曇川河口周辺およびその沖合においては、1997年9月26日、10月14日、10月24日および11月28日の4回、調査を実施した（以下、安曇川河口周辺調査と記す）。

姉川河口周辺およびその沖合では、1997年9月29日、10月17日、11月4日および12月12日の4回、調査を実施した（以下、姉川河口周辺調査と記す）。

稚魚ネットは元田式MTD多層ネット（口径56cm、ネット地NXX8）である。曳網は等深線に沿って岸に平行に近い方向を基本とし、一曳網は7分間で約400m（平均曳網速度1.85ノット）とした。河口南側、河口北側および河口正面で行った。曳網地点を図1に赤線で記す。また、曳網地点の番号を赤の丸囲み数字で記す。

曳網した水深層は、10m等深線付近では1m、3.5m、7mの3層、20m等深線付近では1m、7m、14mの3層、30m等深線付近では、1m、10m、21mの3層、40m等深線付近では、1m、14m、28mの3

層、50m以上の水深地点では、1m、10m、25m、35mの4層とした。曳網水深は自記深度計（MDS-D、アレック電子株式会社製）を網口に取り付けて、曳網速度にあわせて予め測定したデータに基づき、曳網時のワイヤの長さを決定した。なお、曳網地点、曳網方向の確認はGPS受信機により行った。また、調査期間中には、滋賀水試で従来から行われているヒウオ生息状況調査（通称、ヒウオ曳き調査）と比較するため、角型幼生網（滋賀水試オリジナル、通称「ヒウオ曳網」、口径1×2m、採集部のネット地GG30）を用いて、7m層を10分間で約1km曳網（平均曳網速度3.2ノット）する補完調査を適宜実施した。曳網地点は、安曇川河口沖では河口正面の水深30～60m付近、姉川河口沖では、河口正面の水深40～50m付近で、概ね岸に平行な方向とした。

各回の調査は、昼（14時30分～17時頃、日没前までに終了）と夜（18時～20時30分頃、肉眼的に夜の暗さとなってから実施）の2回で、昼と夜はほぼ同一地点で同一方法によった。

また、昼と夜の調査中に各1回、調査地点付近において、深度別自記水温計（ABT-1、アレック電子株式会社製）により水温の鉛直分布を調べた。

採集したアユは、3～5%中性ホルマリンで固定して持ち帰り、採集尾数を計数後、一部の標本を無作為に抽出し、万能投影機で標準体長（以下、体長と言う）を測定し、東⁴⁾の方法に準じて（一部簡略化、改変）

発育段階を判定した。本研究における発育段階の基準を表1に示す。

発育段階の一般名称	発育段階の分類基準 [東 ¹⁾ の分類を簡略化、一部改変]	形態
前期仔魚期	A1 ふ化直後から河川流下まで	
	A2 ふ化後1日～卵黄吸収完了直前	
後期仔魚期	B1 卵黄囊がなく、背鰭・尻鰭の鰭条がない状態	
	B2 背鰭・尻鰭に鰭条が出現～腹鰭原基出現（ヒゲ状で、鰭条がない）	
シラス型仔魚（後）期	C1 腹鰭形成（鰭条がある）。腹鰭が背鰭より前にある。	シラス型
	C2 腹鰭の前端が背鰭前端と一致する。	
	C3 腹鰭が背鰭前端より後ろに位置する。胸鰭鰭条が13に達しない	シラス型～シラスとアユの中間型
稚魚期 ～ （未成魚期）	D 各鰭の鰭条数が定数に達する（胸鰭鰭条は13以上）。鱗はない	シラスとアユの中間型
	E 鱗がある（1枚以上）。	アユ

結 果

調査時・調査地点付近における水温の鉛直分布

調査時・調査地点付近における水温の鉛直分布を図2に示す。安曇川調査地点では、9月26日から11月28日までの調査期間を通じて、水温躍層が存在した。その水深は、9月26日は、昼：15m～26m、夜：15m～24m、10月14日は、昼夜とも19m～29m、10月24日は、昼：18m～28m、夜：19m～30m、11月28日は、昼：18m～23m、夜：16m～21mと判定できた。

姉川調査地点では、9月29日から11月4日まで水温躍層が存在した。その水深は、9月29日は、昼：20m～30m、夜：17m～27m、10月17日は、昼：18m～28m、夜：17m～28m、11月4日は、昼：18m～25m、夜：20m～28mと判定できた。12月12日は表層～深層間の水温差は小さく、明瞭な水温躍層は見られなかった。

以上のことから、秋から冬に向かう両調査地点の期間中の水温は、9月から11月までは、高水温（9月には22℃以上、10月には20℃前後、11月には15℃前後）の表水層帯（15m～20m以浅）と、低水温（10℃以下）

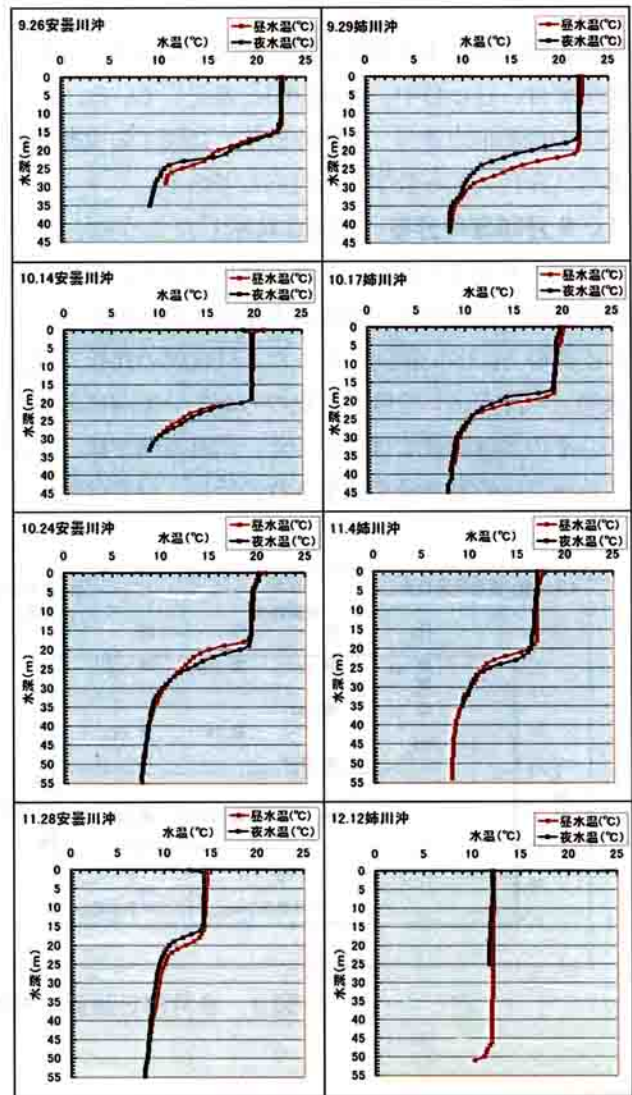


図2. 調査地点付近の水温の鉛直分布

の深水層帯（25～30m以深）が存在し、その間に、明瞭な水温躍層が水深幅10m程度にわたって存在するという安定した正列成層となっていたといえる。しかし、11月28日（安曇川河口）には表水層と深水層の温度差は小さくなり（4℃程度）、12月12日（姉川河口）には明瞭な水温躍層は消滅していた。

なお、主要産卵河川の水温は、各河川によって差はあるものの、9月下旬で21℃前後、10月上旬で16.8～20℃、11月上旬でも12℃以上で、琵琶湖に水温躍層が存在する期間中、流入河川水温が水温躍層水温を上回っていた。

安曇川河口沖における仔稚アユの分布

安曇川河口周辺およびその沖合では、9月26日、10月14日、10月24日および11月28日の4回、採集調査を実施した。各調査回時毎の網毎の採集尾数を曳網水深と水深（湖底深度）、水温躍層の水深とともに、昼夜

別に、模式的にまとめて、図3～図6に示す。なお、図中では、昼は日中、夜は夜間と表記している。また、図中の曳網地点番号(丸囲み数字)は図1の曳網地点番号(赤色丸囲み数字)と対応している。

1. 9月26日の分布 図3に示したように、アユは昼夜とも全ての地点、水深で採集された。採集尾数の地点間の比較では、地点③と地点④の比較から、河口南側の方が高い傾向にあった。昼夜間の比較では、表層(水深1m)を除き、夜の方が高い傾向にあったが、その差は顕著ではなかった。鉛直方向では、水深7m～21mの層で多く採集され、特に、昼では地点②

の水深14m、地点③の水深21mで、それぞれ2510尾、15900尾、夜では地点②の水深14m、地点③と地点④の水深21mで、それぞれ20938尾、10350尾、1450尾が採集され、これらが全調査地点・期間を通じての桁外れの大量採集地点であった。

以上のように、この時期の仔アユの分布の中心は、昼夜とも水深14～21mの層であった。

2. 10月14日の分布 図4に明らかなように、昼夜とも、全曳網地点、多くの水深でアユは採集された。採集尾数は、全体的に9月26日調査よりかなり少なかった。昼夜間で比較すると、夜の方が多く採集される傾

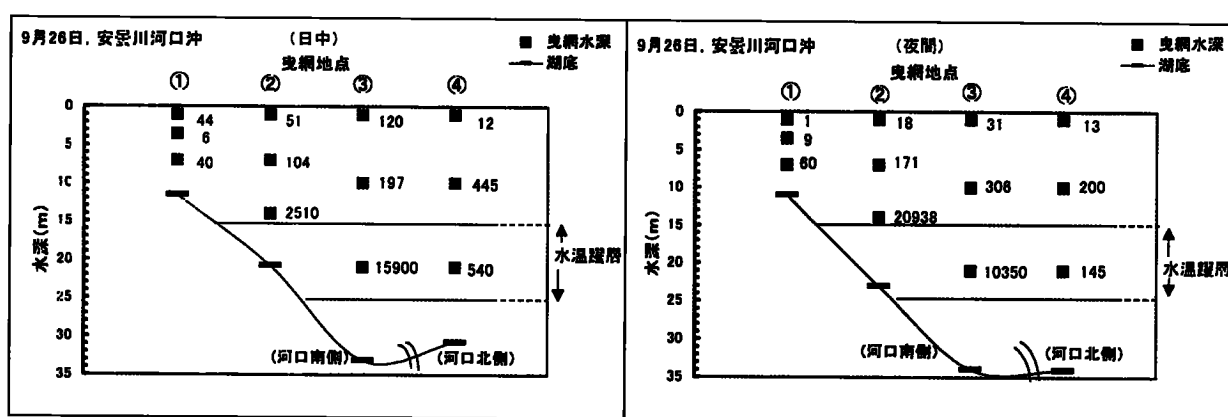


図3. 9月26日調査における曳網地点・水深別採集尾数

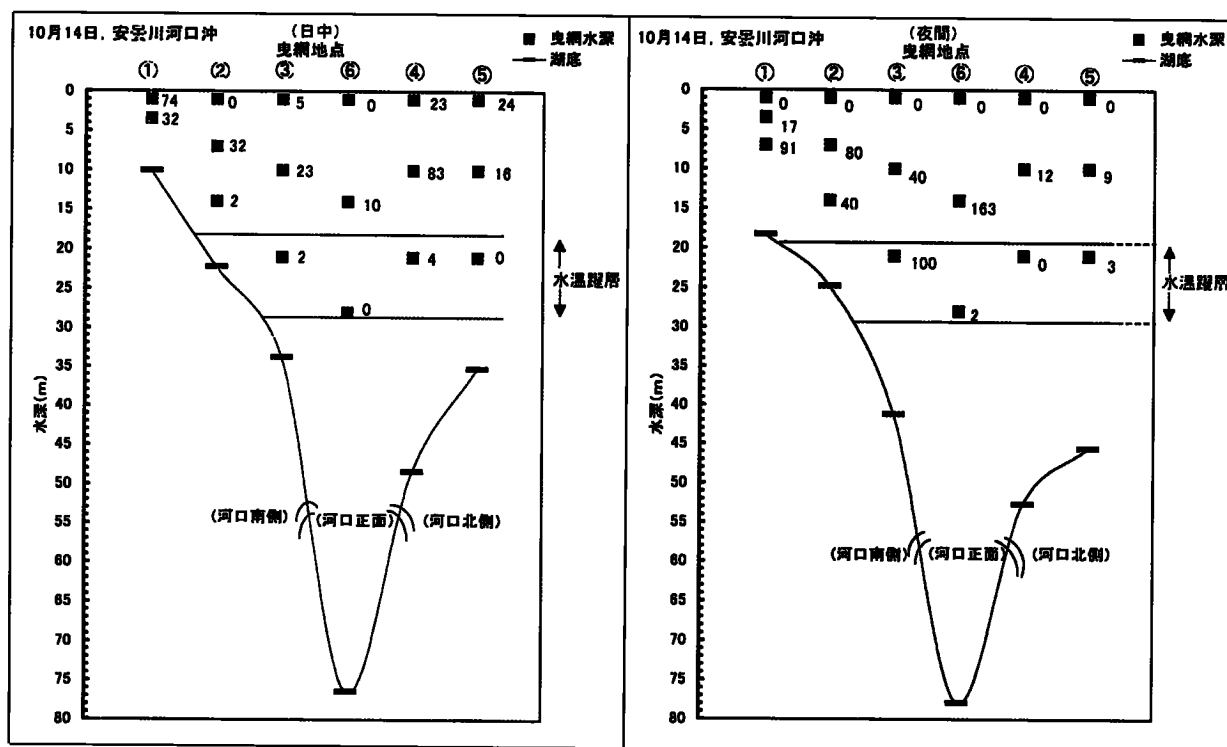


図4. 10月14日調査における曳網地点・水深別採集尾数

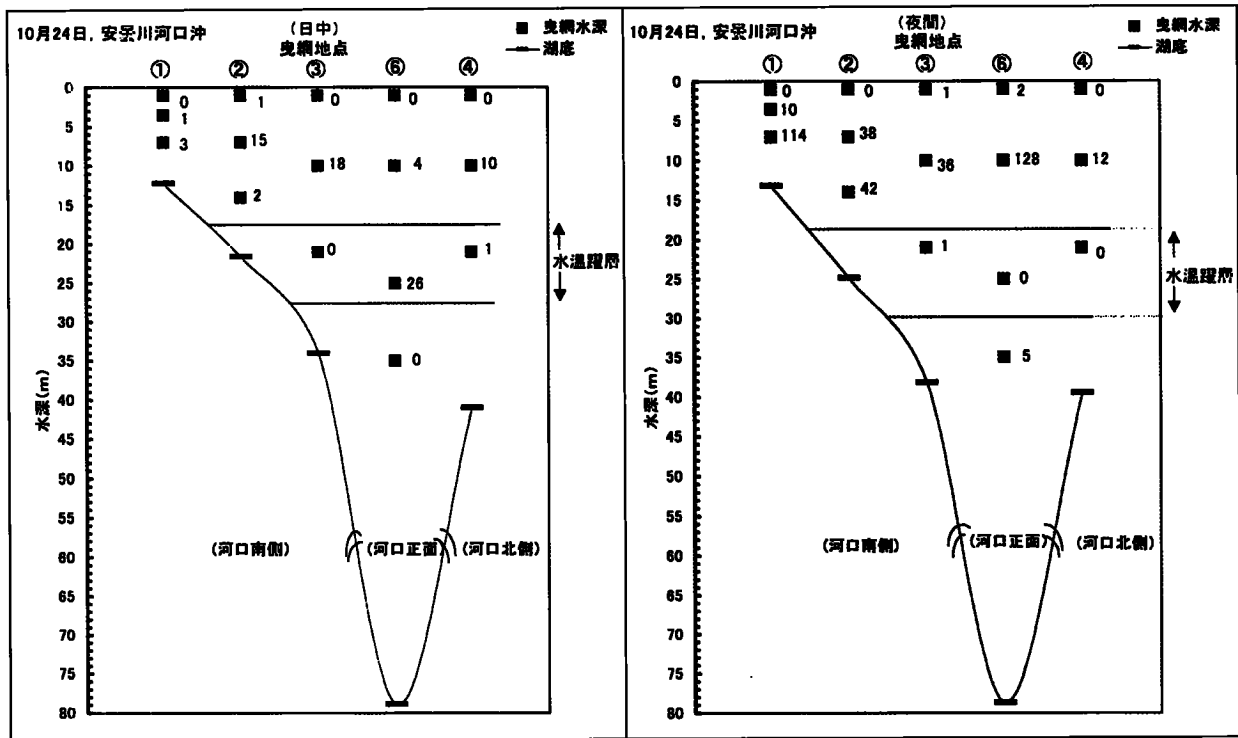


図5. 10月24日調査における曳網地点・水深別採集尾数

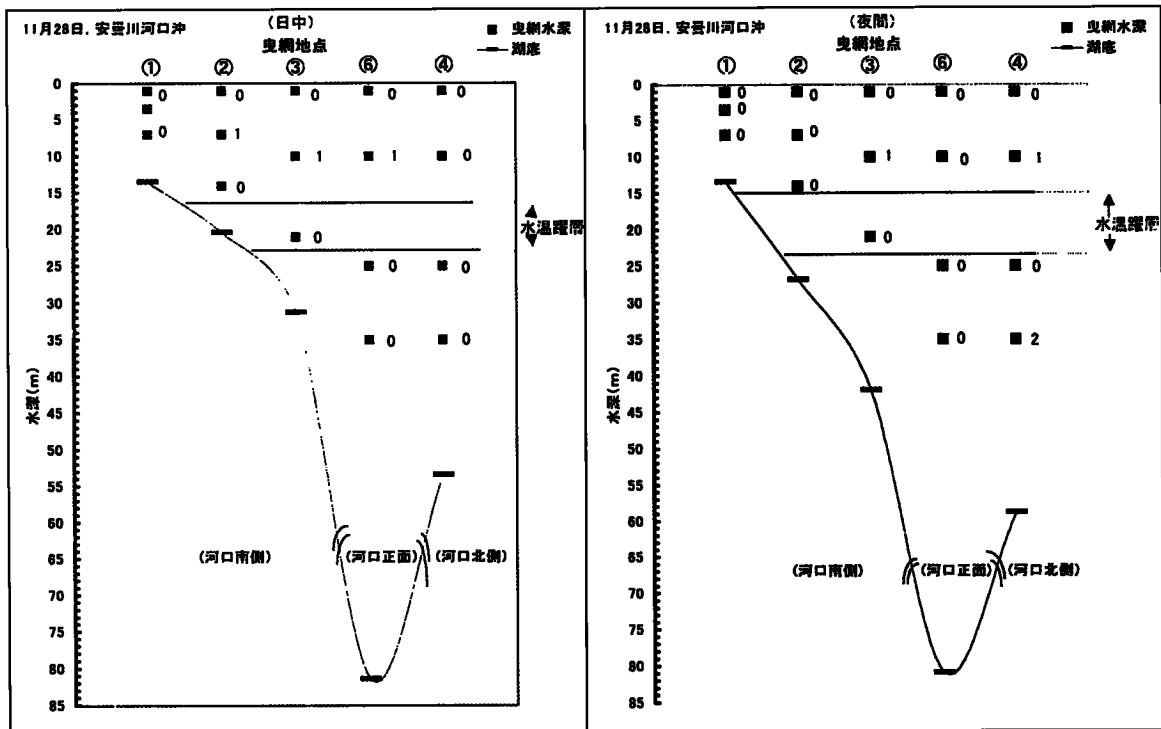


図6. 11月28日調査における曳網地点・水深別採集尾数

向があった。また、昼は1 m層でも採集されたのに対し、夜は1 m層では採集されなかった。鉛直方向を比較すると、昼は水深1 m~14m、夜は水深7 m~21mで多く採集され、昼より夜の方が深い方で多い傾向があった。曳網地点間の分布の偏りはみられなかった。

以上のように、この時期、仔アユは昼夜を通じて水深21m以浅の層に分布し、その分布の中心は7 m~14 m層であった。

3. 10月24日の分布 図5に示すように、昼夜とも全曳網地点、多くの曳網水深で採集された。採集尾数は、昼が少なくなった他は前回とほぼ同様であった。昼夜間の比較では、前回同様、夜の方が多く採集された。鉛直方向の比較では、昼は7 m~25m、夜は7 m~14mで多く採集され、1 m層では昼夜ともごく少ししか採集されなかった。また、昼夜とも曳網地点間の分布の偏りは、みられなかった。

以上のように、この時期の仔アユの分布の中心は、昼夜を通じてみれば、水深7 m~14mの層であった。

4. 11月28日の分布 図6に明らかなように、昼夜を通じて、採集地点、採集尾数ともごく僅かとなった。採集された層は3.5m、7 m、10mに限られ、しかも各網1尾づつであった。その他、例外的に深水層(35m)で2尾採集された。即ち、この回の調査による仔稚アユの鉛直分布の中心は、明瞭ではなかったが、水深3.5 m~10m層には仔稚アユは分布していた。

姉川河口沖における仔稚アユの分布

姉川河口周辺およびその沖合では、9月29日、10月17日、11月4日および12月12日の4回、調査を実施し

た。各調査回時毎の網毎の採集尾数を曳網水深と水深(湖底深度)、水温躍層の水深とともに、昼夜別に、模式的にまとめて、図7~図10に示す。なお、図中では、昼は日中、夜は夜間と表記している。また、図中の曳網地点の番号(丸囲み数字)は図1の曳網地点番号(赤色丸囲み数字)と対応している。

1. 9月29日の分布 図7に示したように、昼夜とも河口南側での採集尾数は非常に少なく、河口北側の地点④と⑤、特に岸よりの地点⑤で多く採集された。鉛直方向では、昼は1 m層~14m層、特に地点⑤の1 m層(78尾)と7 m層(93尾)で、夜は1 m層~21m層、特に14m層(地点⑤、235尾)で多かった。昼夜間の比較では、夜の方が採集尾数がやや多く、分布の中心が昼よりやや深い方にある傾向がみられたが、昼夜間の差は顕著ではなかった。

以上のように、この時期の姉川河口域周辺の仔アユは、河口北側に偏って分布しており、鉛直方向では、水深1 m~21mの層に分布し、その中心は昼夜を通じて7 m~14m層であった。

2. 10月17日の分布 図8に示したように、昼夜とも、すべての曳網地点、多くの曳網水深で採集された。河口周辺の地域間(南、北、正面)で分布の偏りは認められなかった。鉛直方向の比較では、昼夜とも1 m~25m層で採集され、特に7 m層~14m層で多く採集された。昼夜間の比較では、同一地点、同一水深間の比較から、夜の採集尾数が多かった。

以上のように、この時期、仔アユは7~14m層を中心に分布した。

3. 11月4日の分布 図9に示したように、昼夜

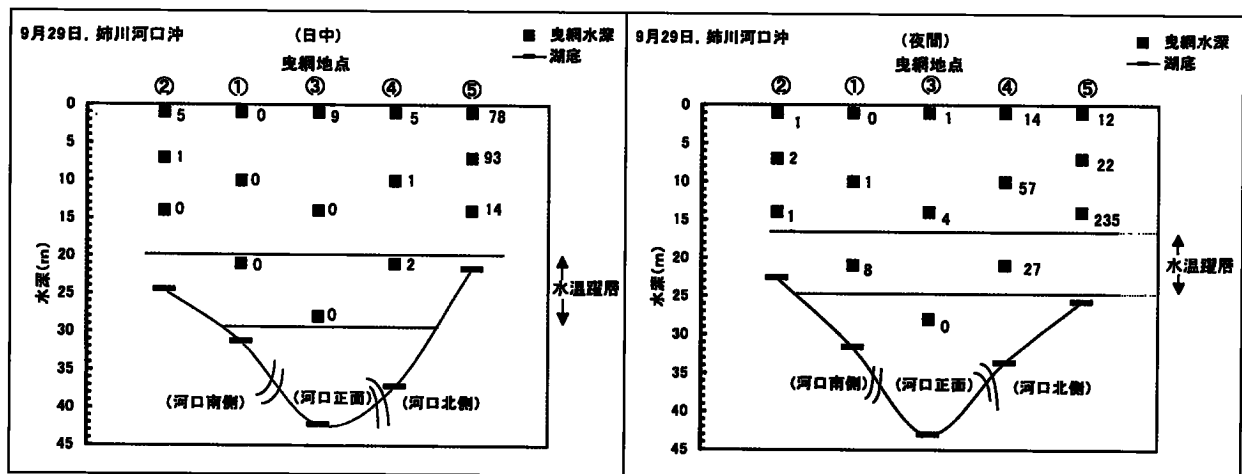


図7. 9月29日調査における曳網地点・水深別採集尾数

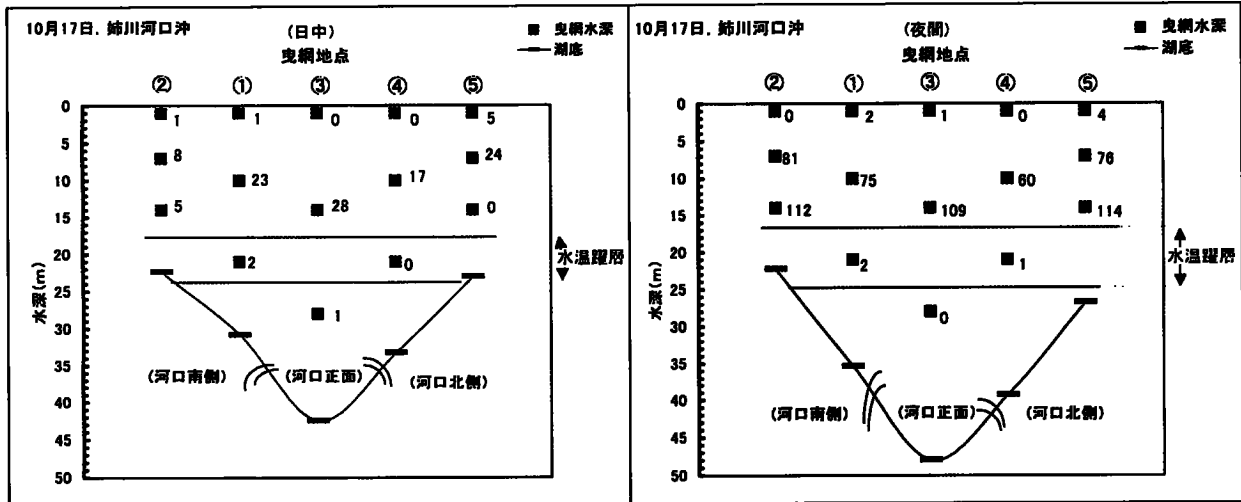


図8. 10月17日調査における曳網地点・水深別採集尾数

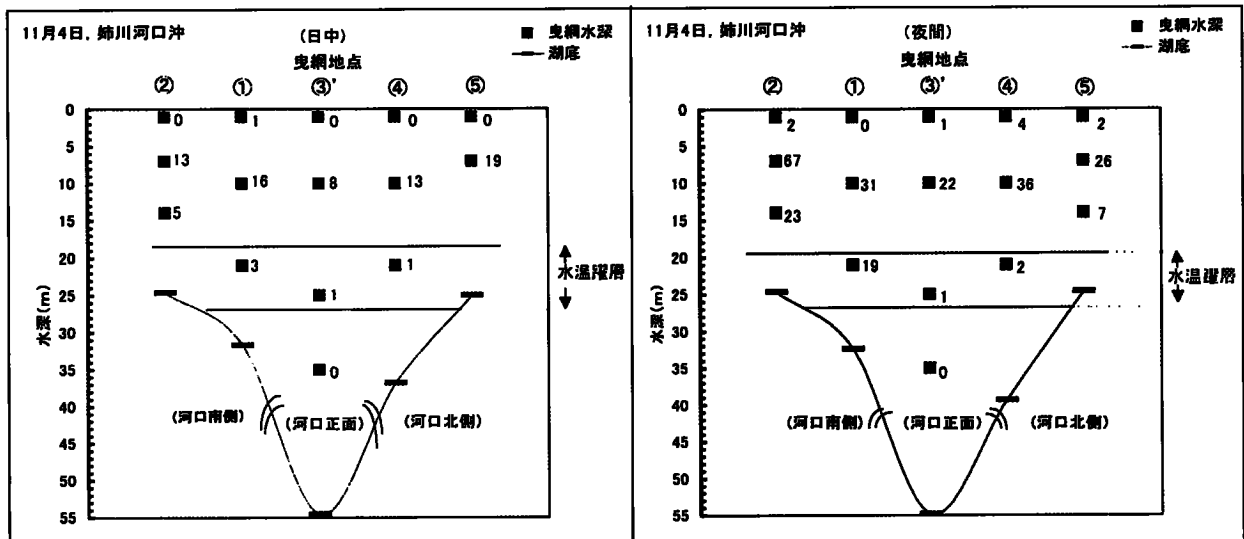


図9. 11月4日調査における曳網地点・水深別採集尾数

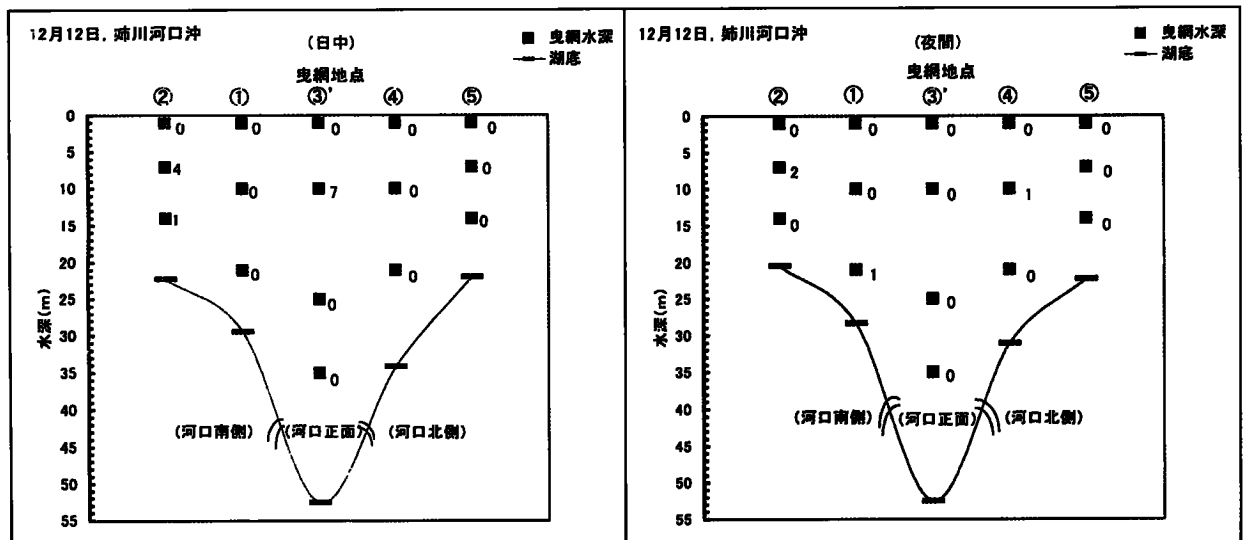


図10. 12月12日調査における曳網地点・水深別採集尾数

とも、すべての曳網地点、多くの曳網水深で採集された。昼夜の比較では、全体的に夜の方が採集尾数が多かった。河口周辺の地域間（南、北、正面）で分布の偏りは認められなかった。鉛直方向の比較では、昼夜とも主に7m～21m層で採集され、特に7～10mでは、昼夜・地点に関わらず採集された。

以上のように、この時期には、アユは7～10m層を中心として、7～21mの範囲に分布した。

4. 12月12日の分布 図10に示したように、昼夜を通じて、採集地点、採集尾数ともごく僅かとなった。採集された層は7m、14mおよび21mに限られ、しかも各網1尾～7尾であった。

この回の調査による仔稚アユの鉛直分布の中心は、明瞭ではなかったが、7m～21mには仔稚アユは分布していた。

採集アユの体長および発育段階

安曇川河口周辺調査及び姉川河口周辺調査で採集したアユの体長及び発育段階を、時期別にまとめて述べる。

1. 9月下旬採集アユの体長・発育段階 9月26日の安曇川河口周辺および9月29日の姉川河口周辺の調査では、採集されたアユの体長や発育段階は、地点や昼夜の別、水深に関わらず同じ傾向を示した。その体長・発育段階組成例を一括して図11に示す。図に明らかなように4～6mmの前期仔魚（A2）が圧倒的に多く、混在する後期仔魚も6～11mmの小型個体（B1）

のみであった。

2. 10月中旬採集アユの体長・発育段階 10月14日の安曇川河口周辺および10月17日の姉川河口周辺の調査における採集アユ標本の体長・発育段階組成をそれぞれ図12、図13に示す。

安曇川河口周辺調査では、図12に示すように、昼夜とも、後期仔魚（B1とB2）が殆どを占めたが、場所、水深、昼夜別に見られた傾向・特徴を簡条書きに記す。

- (1) 採集標本の体長範囲は4mm～22mmであった。
- (2) 図12のA、B、Cから昼の水深間を比較すると、水深1mと3.5mでは前期仔魚（A2）と小型の後期仔魚（体長10mm以下のB1）が殆どで、体長5mmにモードがあるのに対し、水深7mでは大型（体長13mm以上）の後期仔魚（B1・B2）で占められ、体長のモードも16mmにある。即ち、昼は水深1mと3.5mに比し、水深7mには大型の発育段階の進んだ個体が多かった。
- (3) 図12のD、E、Fで、夜の水深間を比較すると、水深7mでは体長のモードは16mmで、B2が多く、水深10mでは体長のモードは13mmで、B1（8～16mm、特に11mm以上）が多く、水深21mでは体長モードは6mmで、B1の小型（8mm以下）が多く、A2も少々混在した。即ち、夜は浅い層に発育の進んだ大型個体が多く、特に7～10mと水深21mではその差が顕著である。
- (4) 昼夜間を、水深7mで比較すると（図12のCとD）、範囲は昼が6～18mm、夜が8～21mmで、発育段階組

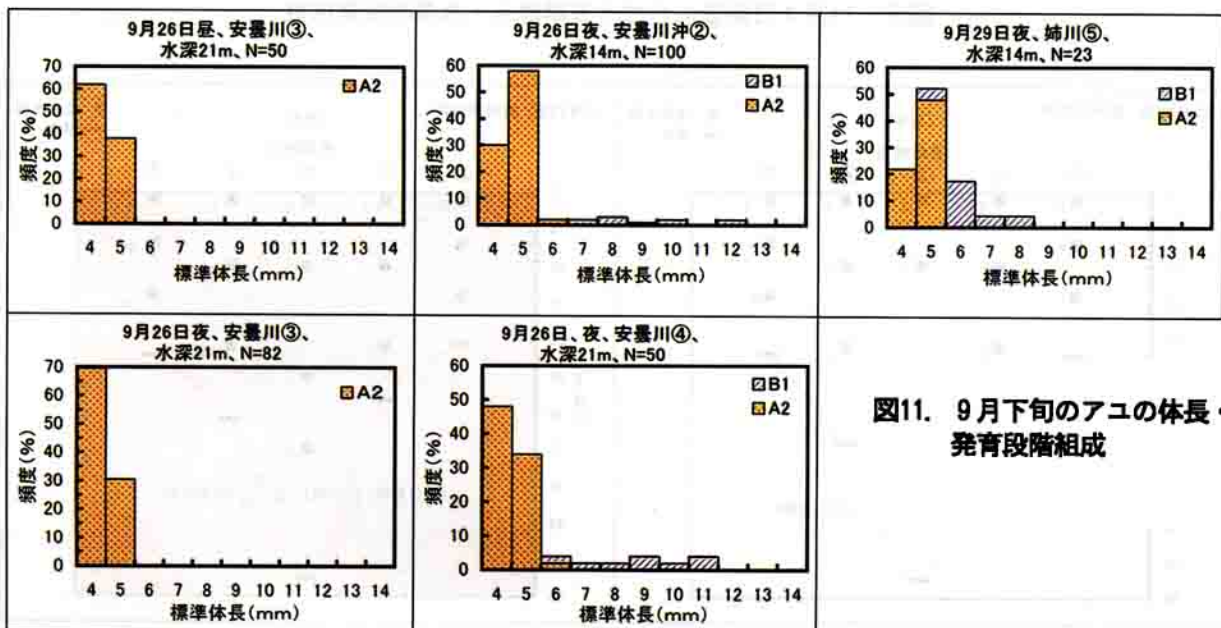


図11. 9月下旬のアユの体長・発育段階組成

成も夜の方が発育段階の高い後期仔魚 (B2) が多い傾向はあるが、モードは昼夜とも体長16mmで一致しており、その差は明瞭ではなかった。

姉川河口周辺調査でも、安曇川河口周辺調査と同様、図13に示すように、昼夜とも、また、どの地点・水深でも後期仔魚 (B1とB2) が殆どを占めたが、場所、水深、昼夜別に見られた傾向・特徴を簡条書きに記す。

- (1) 採集標本の体長範囲は6mm~26mmであった。
- (2) 同一地点、水深で昼と夜の比較をすると (図13、昼:A・B、夜:C・E)、体長の範囲、モードとも昼夜間で大きな差はないが、シラス型仔魚 (C1) が夜のみ採集された。
- (3) 採集数の多い夜の標本について、地域間を水深毎に比較すると (図13、水深7mはDとG、水深10mはEとH、水深14mはC・F・

I)、河口南側 (D、E、F) 及び、河口正面 (C) の方が発育段階の高い後期仔魚 (B2) が多く、河口北側 (G、H、I) では、発育段階の低い後期仔魚 (B1) が多い傾向があるが、その差は顕著ではなかった。

- (4) 水深別の出現組成について、採集数の多い夜の標本 (図13、水深7m:D・G、水深10m:E・H、水深14m:C・F・I) について比較すると、水深7m~14mの範囲では、水深10mと14mで、シラス型仔魚 (C1・C2) が出現した地点もあるほかは、水深と分布するアユの体長組成に特徴ある関係は認められなかった。また、昼の標本 (図13、AとB) についても水深間の違いは見られなかった。

この時期の姉川河口周辺の調査を総括すると、全般的には、採集アユは、後期仔魚 (B1とB2) が殆どを占め、昼夜の比較では、夜の方が昼より、やや大型の仔魚が採集されたこと、地域別では河口南側がやや大きいこと、水深間の差は7~14mの間ではあまり明確ではないが、深い方でシラス型仔魚が僅かながら混獲されたことなどの若干の特徴が見いだされた。

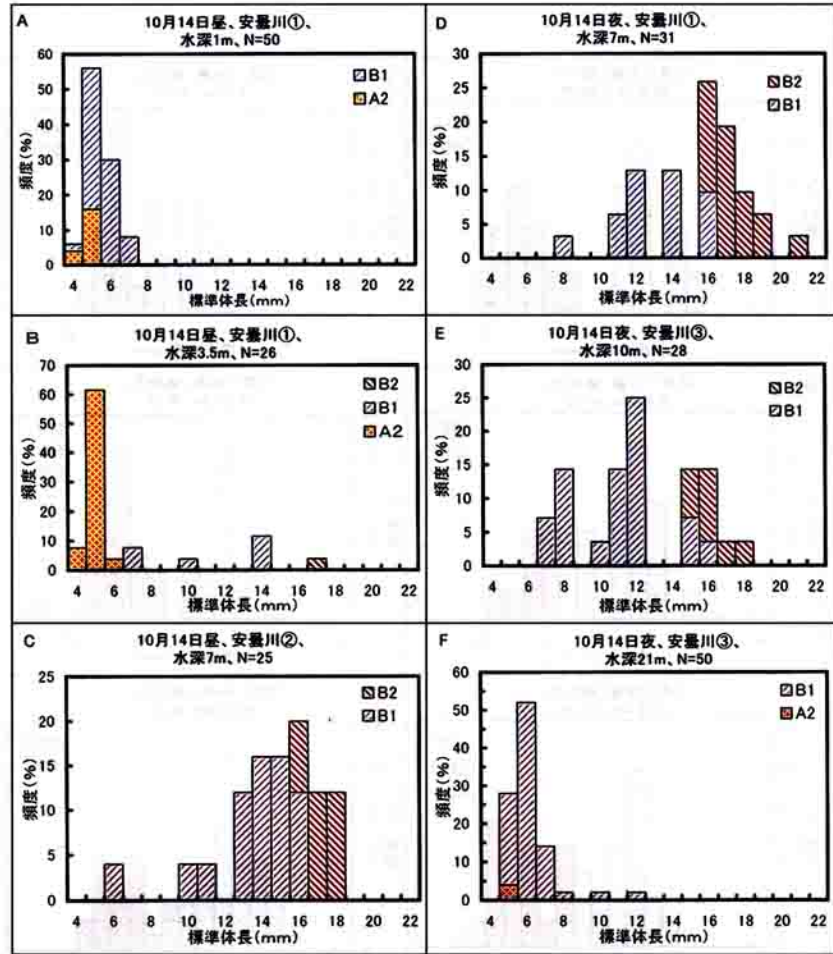


図12. 10月中旬のアユの体長・発育段階組成 (安曇川沖)

安曇川河口沖と姉川河口沖を比較すると、図12と図13で明らかのように、ともに、後期仔魚 (B1とB2) が主であることは共通しているが、安曇川では前期仔魚 (A2) が混獲されたのに対し、姉川ではシラス型仔魚 (C1、C2) が混獲された。全体的に、姉川河口周辺の方が安曇川河口周辺より、大型のアユが分布した。

3. 10月下旬採集アユの体型・発育段階 10月24日の安曇川河口周辺調査における採集アユ標本の体長・発育段階組成を採集尾数の多い地点を中心に図14に示す。図に明らかのように、採集されたアユの体長範囲は10mm~27mmで、発育段階構成は後期仔魚 (B1・B2) とシラス型仔魚 (C1・C2) であり、10月中旬との違いは、前期仔魚 (A2) や体長10mm未満の小型の後期仔魚が採集されなくなり、シラス型の占める割合が増加したことである。昼夜の比較では、昼 (図14のAとB) は夜 (図14のC~G) に比べて、体長16mm以上のB2の割合が少なく、更に大きいシラス型 (C1) の採集数が少なかった。即ち、昼の方が採集個体が小さい傾向があった。

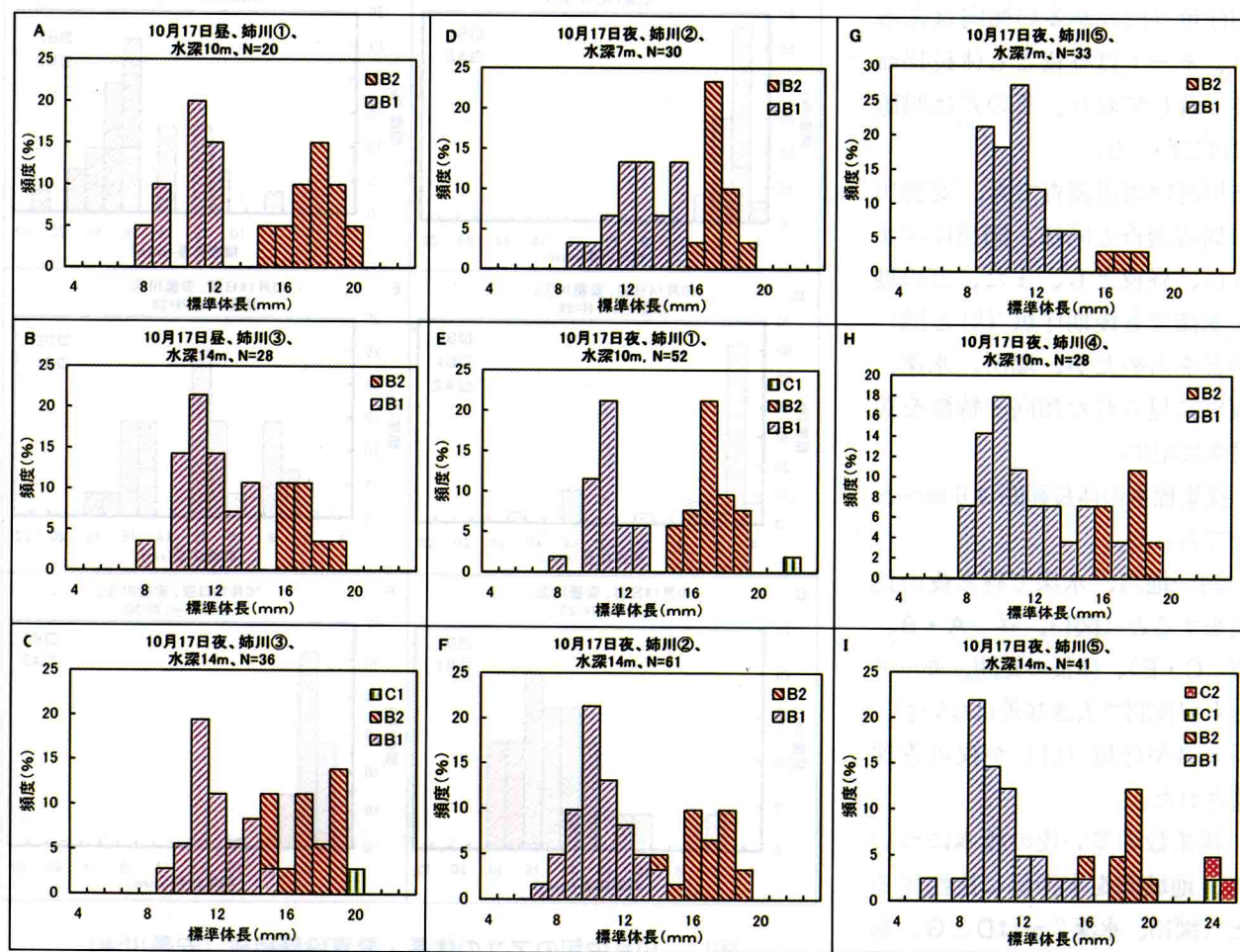


図13. 10月中旬のアユの体長・発育段階組成 (姉川沖)

夜について水深別に比較すると、7 m～14 m (図14のC～G) では深い方がやや大きい個体が採集され、発育段階もシラス型仔魚 (C1, C2) の割合も高い傾向があった。

地域間の差については、地点⑥ (図14のBとG) とその他の地点との比較から、岸の方がやや大きく、高い発育段階のものが多く見られた。

4. 11月上旬採集アユの体型・発育段階 11月4日の姉川河口周辺調査における採集アユ標本の体長・発育段階組成を採集尾数の多い地点を中心に図15に示す。図に明らかなように、採集されたアユの体長範囲は8 mm～32 mmで、発育段階構成は後期仔魚 (B1・B2) とシラス型仔魚 (C1・C2・C3) であり、10月との違いは、シラス型仔魚の占める割合が増加し、採集個体が大型化したことである。

昼夜の比較では、昼 (図15のA) は、後期仔魚 (B1・B2) のみが採集されたのに対し、夜 (図15のBおよびC～H) は、シラス型仔魚が採集されたという違いが

あった。

採集数の比較的多い夜について、水深別に比較すると (図15、水深7 m : B・C、水深10 m : E・G・H、水深14 m : D、水深21 m : F)、7 m～10 mでは後期仔魚 (B1, B2) 個体が採集され、14 mと21 mではシラス型仔魚が多く採集された。即ち、発育段階の高い、大きい個体は深い方に多かった。

地域間の差については、図15のE・H (岸より) とG (沖側) で比較 (いずれも曳網水深10 m) したが、岸-沖間で違いは見いだせなかった。

5. その後の採集アユの体型・発育段階 11月28日の安曇川河口沖調査と12月12日の姉川河口沖調査では、ともに採集尾数が少ないため、それぞれ、全採集個体を一括して体長組成を作成し、図16に示した。

11月28日の安曇川河口沖調査では、体長14 mm～34 mmのアユが採集され、発育段階はB1～C3であった。12月12日の姉川河口沖調査では、体長17 mm～25 mmのアユが採集され、発育段階はB2～C2であった。採集数が少な

琵琶湖産アユの仔稚魚期における分布

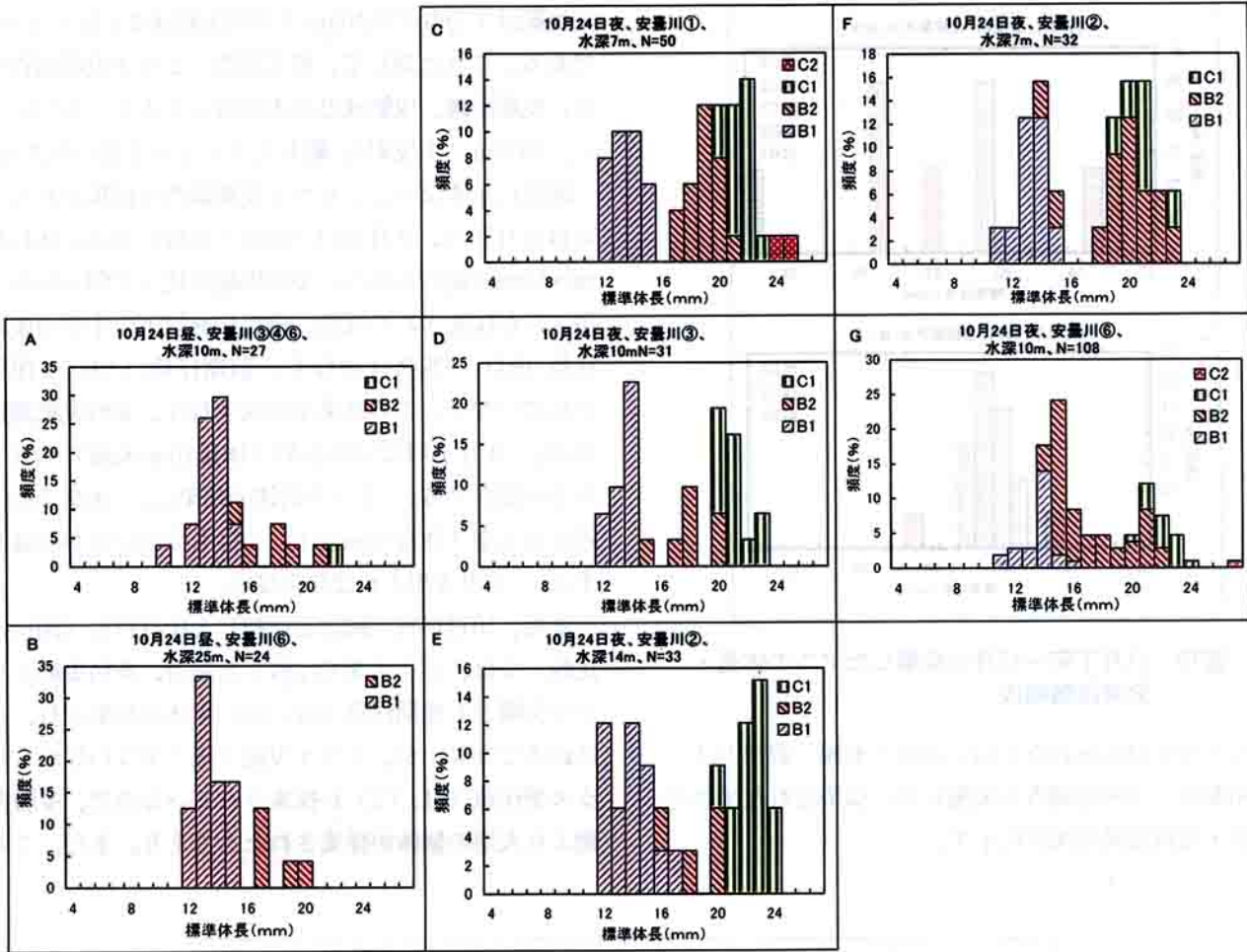


図14. 10月下旬のアユの体長・発育段階組成 (安曇川沖)

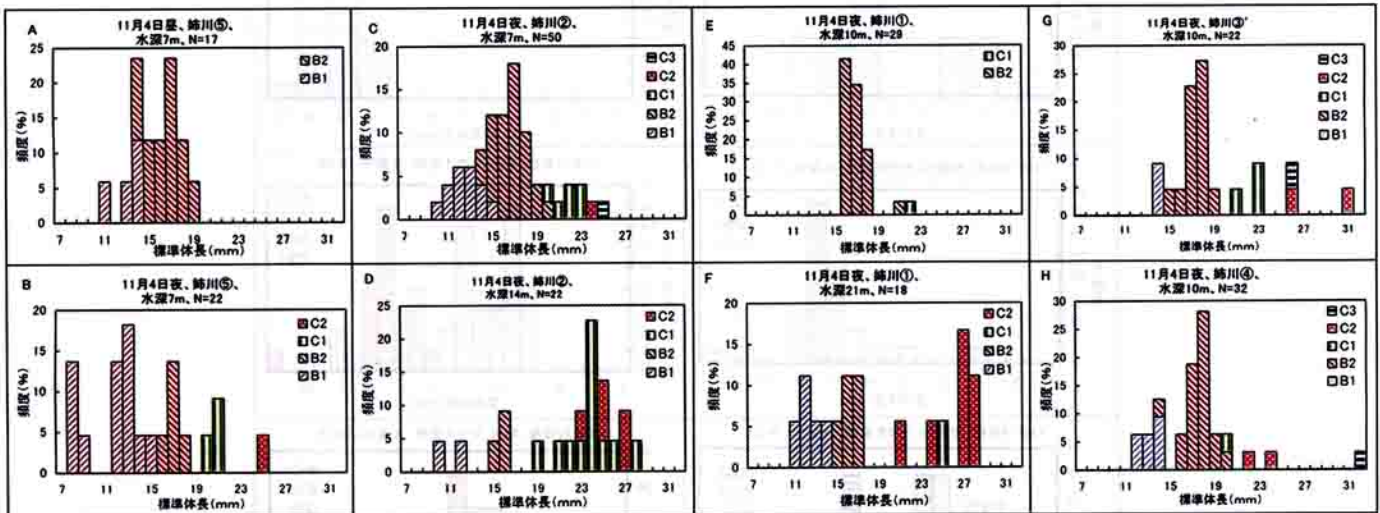


図15. 11月上旬のアユの体長・発育段階組成 (姉川沖)

いため、昼夜、地域、水深等の違いによる分布比較は
できなかった。

補完調査 (ヒウオ曳網との比較)

9月26日、10月14日、および11月19日には、安曇川
河口正面沖で、9月29日と10月17日、および12月22日
には姉川河口正面で、滋賀水試で従来より実施してい

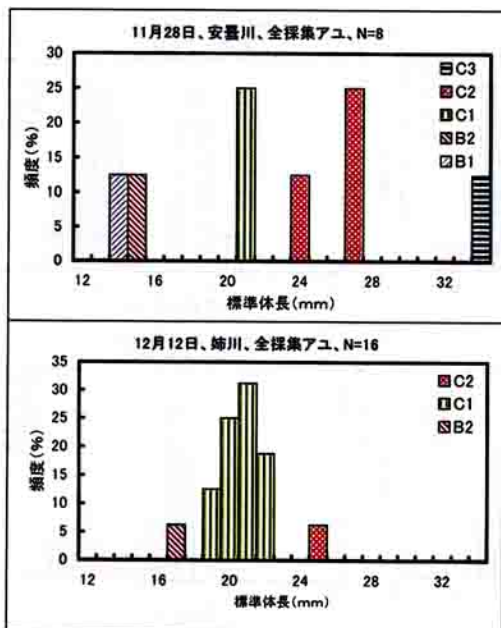


図16. 11月下旬～12月に採集したアユの体長・発育段階組成

るヒウオ生息状況調査と同じ方法（本報「調査方法」の項参照）で補完調査を実施した。採集されたアユの体長・発育段階を図17に示す。

本調査は元田式多層曳稚魚ネットを用いて行った。1曳網は7分間で約400m（平均曳網速度1.85ノット）である。これに対して、補完調査（ヒウオ曳網調査）は、曳網距離、曳網速度が本調査より大きく（3.2ノット、1000m/1曳網）、網も大きいという違いがある。

図17に示すように、ヒウオ曳網調査で採集されたアユは9月26日、9月29日（図11と比較）では、体長6mm～15mmの範囲にあり、多層曳網に比べて明らかに大型アユが採集された反面、体長10mm以下の小型の後期仔魚（B1）の割合は少なく、前期仔魚（A2）は採集されていない。この結果を加味すれば、多層曳網調査では、「9月下旬はA2に小型（体長10mm未満）のB1が少々混在する。」という前述の結果に、「水深7m付近には大型（体長10mm以上）のB1も少ないながら混在する。」と書き加えねばならない。

また、10月14日（図12と比較）と10月17日（図13と比較）では、同じ水深で比較した場合、多層曳網とヒウオ曳網とも後期仔魚（B1、B2）主体に採集され、差は顕著ではないが、ヒウオ曳網で極く少ないながらシラス型仔魚（C1、C2）が採集されている点で、多層曳網より大型の個体が採集されたと言える。また、この

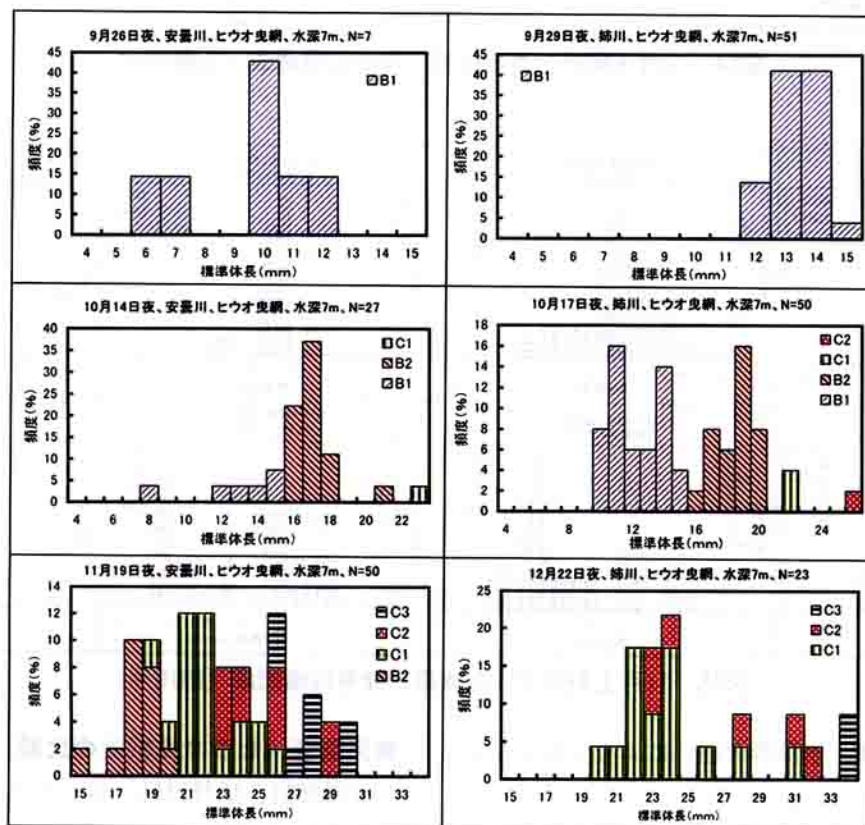


図17. ヒウオ曳網採集アユの体型・発育段階組成

時期、水深7m付近にもシラス型仔魚は少ないながら分布していたことを書き加えなければならない。

さらに、図16に示した11月28日（安曇川河口沖）と12月12日（姉川河口沖）の採集個体を、図17の11月19日（安曇川河口沖）と12月22日（姉川河口沖）のヒウオ曳網採集個体と比較すると、多層曳網の採集尾数が非常に少なく、体長組成や発育段階の組成については言及できないが、体長範囲と発育段階の範囲については、多層曳網とヒウオ曳網で概ね一致していた。

時期別にみたアユの分布、体型・発育段階の特徴（総括）

これまで述べてきた安曇川と姉川の河口周辺における採集調査の結果について、水温の鉛直分布とアユの分布の関係および採集アユの体長、発育段階との関係について時期を追って総括する。

9月下旬のアユは、鉛直方向では、水深1～21mの間に分布し、その中心は、安曇川河口沖では14～21m、姉川河口沖では7～14mである。これは水温の鉛直分布から見れば、表水層下部（水温約22℃）から、水温躍層の中層（水温約15℃～16℃）にかけての水深に相当する。また、採集アユの発育段階は前期仔魚（A2、体長4～6mm）が殆どを占め、小型の後期仔魚（B1、体長6～11mm）が少し混在するという組成である。

10月中旬のアユは、鉛直方向では、水深21m以浅の層、特に7～14m層を中心に分布し、これは水温の鉛直分布から見れば、表水層中部（水温約19℃～20℃）から、水温躍層（水温約17℃）にかけての水深に相当する。アユの体長は4～26mmの範囲にあり、発育段階は、全体的に後期仔魚（B1とB2）が多く、沖側あるいは深い層にシラス型仔魚（C1,C2）が出現する一方、岸側では場所によっては前期仔魚（A2）の河川からの加入もあるという組成である。また、後期仔魚に限ってみれば、体長10mm未満の小型仔アユは、水深1m～21mまで出現し、体長10mm以上の大型仔アユ（7m～14m層を中心に分布）に比し幅広い水深層に分布した。

10月下旬のアユは、鉛直方向では、昼夜を通じて水深7m～14mを中心に分布し、これは水温の鉛直分布から見れば、表水層中部（水温約19℃）から、水温躍層直上（水温約19℃）にかけての水深に相当する。採集アユの体長範囲は10～27mm、発育段階は後期仔魚（B1・B2）とシラス型仔魚（C1・C2）で、前期仔魚（A2）が採集されなくなったことと、シラス型仔魚

の増加がこの時期の特徴である。

11月上旬のアユは、鉛直方向では、主に水深7m～21mに分布する。これは水温の鉛直分布から見れば、表水層中部（水温約17℃）から、水温躍層上部（水温約16℃）にかけての水深に相当する。採集アユの体長範囲は8mm～32mmで、発育段階構成は後期仔魚（B1・B2）とシラス型仔魚（C1・C2・C3）であり、小型の後期仔魚（B1）の減少、シラス型仔魚の割合の増加および大型シラス型仔魚の混獲がこの時期の特徴である。

それ以降の時期については、大型仔稚魚の逃避に起因すると思われる採集尾数の激減により、分布の特徴を十分には捉えられなかった。

全期間を通じてみれば、琵琶湖産アユの産卵期～初期生育期に当たる9月下旬から12月にかけて、アユは表水層から水温躍層、水深にして概ね21m以浅に分布し、特に水深7m～14mが分布の中心であった。採集されたアユは、体長4mm～34mm、発育段階は前期仔魚（A2）～シラス型仔魚（C3）で、時期を追って大きく、発育段階も高くなった。ただ、採集されたアユの分布は、数や大きさ等について均一ではなく、部分的特徴として、（1）9月下旬と10月中旬の岸よりではA2～B1（体長概ね10mm以下）が深い層に多い、（2）10月中旬（岸寄りを除く）以降の時期には、B1（体長概ね10mm以上）やB2以降の個体は深い層の方が大型個体が多い、（3）昼より夜の方が数多く、しかも大型個体が採集された、などの傾向があった。

考 察

以上述べてきた本研究の結果を、東³⁾や澤田ら²⁾と比較すると、調査方法・論点等が異なるため、詳細な比較はできないが、秋から冬にかけての仔アユの分布水深、各発育段階の出現状況あるいは発育段階による分布水深の偏りの傾向、初期分散と水温の関係等、主な部分については、概ね矛盾しないと判断できる。

本研究の結果から琵琶湖におけるアユの仔稚魚期における分布・分散について発育段階を追って整理すると次のようになる。

前期仔魚は9月下旬～10月中旬に採集された。9月から10月中旬にかけて、産卵河川から水温躍層の水温より暖かい（軽い）河川水に運ばれ流下した仔アユ（A2）は、水温躍層より上の表水層中に入り、水温

躍層によって深水層への拡散を遮られながら、水温躍層～表水層中下部（水深14m～21m）を中心に分布し、水平方向に分散する。分散の方向は湖底の地形や湖流によって定められるのであろう。

なお、10月下旬以降は、前期仔魚は全く採集されていないことから、この頃以降は産卵河川からの仔魚の流下（琵琶湖への加入）は無い、あっても少ないものと思われる。

後期仔魚は9月下旬～11月下旬に採集された。分布水深は表水層の中層（7m～14m）を中心としながらも広範囲の層に分布した。特に体長10mm未満の小型仔アユは、水深1m～21mまで出現し、体長10mm以上の大型仔アユ（7m～14m層を中心に分布）に比し幅広い水深層に分布した。

シラス型仔魚は10月中旬から出現し始め、12月まで、その出現頻度を増しつつ发育段階も進んだ。出現水深は表水層中層～水温躍層（7m～21m）で、深い層ほど大型で发育段階も高い個体が多かった。

ところで、伊藤ら⁹⁾は、飼育実験によってアユの前期仔魚からシラス型仔魚までの发育過程における光に対する反応や行動について検討し、发育段階によって、反応する照度や行動特性（群泳か否かなど）は異なるものの、アユ仔魚は昼活動し、夜は分散分布・静止・無摂餌であるとしている。

また、坂本⁶⁾はカタクチイワシ、ヒラメ等を例に浮遊期の仔稚魚の分散機構を考察している。

伊藤ら⁹⁾が検討した各发育段階の仔アユの光に対する反応や行動特性と、上記の发育段階毎の分布状況とから、坂本⁶⁾の浮遊期の仔稚魚の日周活動・分散機構に関する考察を参考に、仔アユの琵琶湖における分散過程を次のように推測した。

鰾が発達するまでの前期仔魚や小型の後期仔魚は、夜明けから正の走行性により上昇し、昼は索餌・遊泳活動を行い、夜、暗くなって遊泳活動を停止すると、これらは鰾が未発達であるが故に、水温躍層（水深21m付近）までの範囲で、徐々に沈降するのではないかと考えられる。積極的な昼の上昇と夜の活動停止後の緩やかな沈降を繰り返しながら、徐々に上昇し、小型の後期仔魚は表水層中に広く分布する（水深1m～21m）ようになる。大型の後期仔魚以降、鰾が発達してからは、昼夜に関わらず表水層の中層～下層（水深7～14m）を中心に分布するが、光の強さに対する嗜好性からか、大型個体、特にシラス型仔魚はより深い方、

水深14m以深、水深21m（水温躍層上部）まで分布を広げるものと思われる。

また、昼より夜の方が採集個体が多いことと、夜の方が大型個体が採集できたことについては、昼夜の分布差ではなく、アユが昼行性であることから、昼は仔アユに、特に大型個体に逃避される確率が高かったものと思われる。

いずれにしても9月下旬～12月の全調査期間を通じて、仔アユは水温躍層より表層側に分布しており、孵化した河川から琵琶湖へ流下した仔アユは水温躍層を底とする水塊中を分散するものと考えられる。このことについて、西野ら⁷⁾は、スジエビ浮遊幼生の分布を水温躍層および躍層底を中心とする表層側と述べており、スジエビ幼生も发育初期のアユ仔魚と同様、浮遊生物であり遊泳力がごく弱く、受動分散をすれば、これら浮遊生物にとって、水温躍層は、深水層との強固な境界となっているものと思われる。

また、水温躍層を底とする水塊に生息するとすれば、アユは9月下旬～11月上旬には水温約16℃～約22℃、12月でも約12℃の水に生息していることになる。全国のアユ人工種苗生産施設での飼育水温が概ね10℃～22℃であり、飼育初期の適水温は14℃～19℃で、12℃以下では殆ど摂餌しなくなり、生残率が低下し、成長も悪くなるとされている⁸⁾ことと比較すると、琵琶湖では、アユは適正水温の中でも比較的高水温中で仔魚期を過ごしていることになる。このことがふ化体型が小さく、水温が12℃以下となる越冬期を迎えねばならない琵琶湖産アユの高成長を支えているのかもしれない。

最後に、本研究に用いた多層曳網の仔アユ採集能力について、ヒウオ曳網による補完調査との比較により考察する。

調査期間を通じてみると、多層曳網で採集されたアユの体長は4mm～34mm、ヒウオ曳網（補完調査）で採集されたアユの体長は6～34mmで、前期仔魚がヒウオ曳網で採集されなかった他は両網に大きな差はない。しかし、各調査回次毎に見てみると、体長組成に差が出ている。即ち、9月下旬においては、多層曳網では、前期仔魚や10mm以下の後期仔魚が多く、ヒウオ曳網では体長10mm以上の個体が多い。また、10月中旬では、両者に大きな差はなかったが、ヒウオ曳網で大型個体がやや多く採集された。さらに、11月下旬以降は、多層曳網の採集個体の体長範囲、发育段階の範囲はヒウ

オ曳網と大きな差はないが、多層曳網の採集尾数の少なさがその採集能力の限界を示している。

以上のように、多層曳網では、ヒウオ曳網に比べて、調査前半、前期仔魚や後期仔魚が採集できた反面、調査後半、シラス型仔魚には逃避された可能性が高い。従って、前期仔魚や後期仔魚を対象に採集調査を行うには多層曳網が効果的で、後期仔魚～シラス型仔魚を対象とする採集にはヒウオ曳網を使用の方がよいと思われる。

謝 辞

本研究を実施するに当たり、滋賀県水産試験場調査船びわこ丸の町田六男船長(当時)には、曳網時の船位・船速の調節や網の脱着等に多大なるご苦労をかけた。また、標本の計数・資料の整理には高桑良子囑託(当時)の手を煩わせた。ここに記して深甚なる謝意を表す。

摘 要

- 琵琶湖産アユの初期分布を知るために、1997年9月から12月にかけて、安曇川と姉川の河口域周辺で稚魚ネットによる採集調査を実施した。
- 採集されたアユは前期仔魚～シラス型仔魚で、体長範囲は4mm～34mmであった。採集アユは、9月下旬には前期仔魚主体、10月中旬には後期仔魚主体、10月下旬以降には後期仔魚とシラス型仔魚が主体で、前期仔魚が採集されなくなるなど、時期を追って小型から大型へ、発育段階も高い方へと推移した。
- アユの鉛直分布は、9月下旬～12月の全調査期間を通じて、昼夜に関わらず、概ね水温躍層より表水層側に分布しており、河川から琵琶湖へ流下した仔アユは水温躍層を底とする水塊中を分散すると考えられた。鉛直分布には、発育段階ごとに特徴がみられ、前期仔魚と小型の後期仔魚は1～21mに分布するが、10～21mに多く、中型以上の後期仔魚は7～14mを中心に分布し、さらに成長してシラス型仔魚になると14～21mまで深い方へ分布を広げる傾向があった。昼夜の比較では、全体的に、昼は夜より採集尾数が少なく、大型が採集されにくい傾向があった。
- 調査後半では、アユの採集尾数が減少したが、こ

れは、シラス型以上の仔アユに逃避されたことによるものと推測された。

文 献

- 内藤慎二・橋詰彌一郎(1957):こあゆ資源予測調査. 滋賀県水産試験場研究報告, 第8号, 26-33.
- 澤田宣雄・中賢治・里井晋一・田沢茂・水谷英志・橋本佳樹(1992):湖産アユ稚仔魚の生態に関する研究. 滋賀県水産試験場研究報告, 第42号, 15-26.
- 東幹夫(1970):びわ湖における陸封型アユの変異性に関する研究I. 発育初期の分布様式と体形変異について. 日本生態学会誌, 第20巻(第2号), 63-75.
- 東幹夫(1964):びわ湖におけるアユの生活史. 生理生態, 第12巻(第1・2合併号), 55-71.
- 伊藤隆・岩井寿夫・古市達也・鈴木惇悦(1965):飼育池におけるアユ仔魚の分布・行動・摂餌活動および消化管内食物量の日週変化. 木曾三川河口資源調査報告, No. 2, 971-1022.
- 坂本亘(1988):仔稚魚の日周活動リズムと生残り過程. 水産動物の日周活動(羽生功・田畑満生編), 101-116. 恒星社厚生閣, 東京.
- 西野麻知子・原田英司(1991):湖沼におけるスジエビ浮游幼生の分散、回帰過程. 月刊海洋, 第23巻(第10号), 646-649.
- 全国湖沼河川養殖研究会アユ人工種苗生産部会(1981):アユ人工種苗生産研究報告(神奈川県淡水魚増殖試験場編), 全国湖沼河川養殖研究会, 神奈川, 99.

