

矢作川におけるアユの生活史— I

産卵から流下までの生態

Life History of Ayu, *Plecoglossus altivelis*, in the Yahagi River-I

Spawning of Ayu and Downstream Migration of Their Larvae

高橋勇夫¹⁾・新見克也^{1,2)}

Isao TAKAHASHI, Katsuya NIIMI

はじめに

アユは矢作川を代表する魚の一つであり、古くから流域住民に親しまれてきた。流域住民の環境意識が高まる中、アユは単なる水産資源にとどまらず、最近では地域活性化に寄与する資源としても期待されている。

本調査は、矢作川におけるアユの河川生活史を把握し、現在抱える問題点を摘出した上で、アユ資源の保全対策を検討するために実施した。矢作川の河川環境をアユを通して複数の側面から分析することにより、矢作川の環境の保全に寄与すること、さらには流域住民が一体となった新たな取り組みへの足がかりとなることを期待する。

本報告では、平成8年度に実施したアユの産卵から流下までの現状分析をとりまとめた。調査は豊田市矢作川研究所、矢作川天然アユ調査会、西日本科学技術研究所が合同で行った。

1. 産卵場

1) 調査方法

1996年秋にアユの産卵場の位置と産卵の期間について聞き取り調査を行った。また、その中で代表的な2つの産卵場（高橋と葵大橋）を選定し（図1）、産卵環境（水深・流速・底質の粒度組成）と産卵状況（産卵密度・死卵率・産着深度）について調査した。

2) 結果と考察

(1) 矢作川におけるアユの産卵場

1996年秋において、河口から9.8 km 付近～49 km 付近までの約40 km の範囲に、7ヶ所の産卵場が確認された（図2）。産卵場の位置を他河川（石田, 1964）と比較すると、河口から遠くかつ範囲が広い部類に入る。これは、下流の河床勾配が緩いことによると考えられるが、高橋から上流の3つの産卵場はいずれも湛水域の少し上流側に形成されており、人為的な影響を受けているのかもしれない。

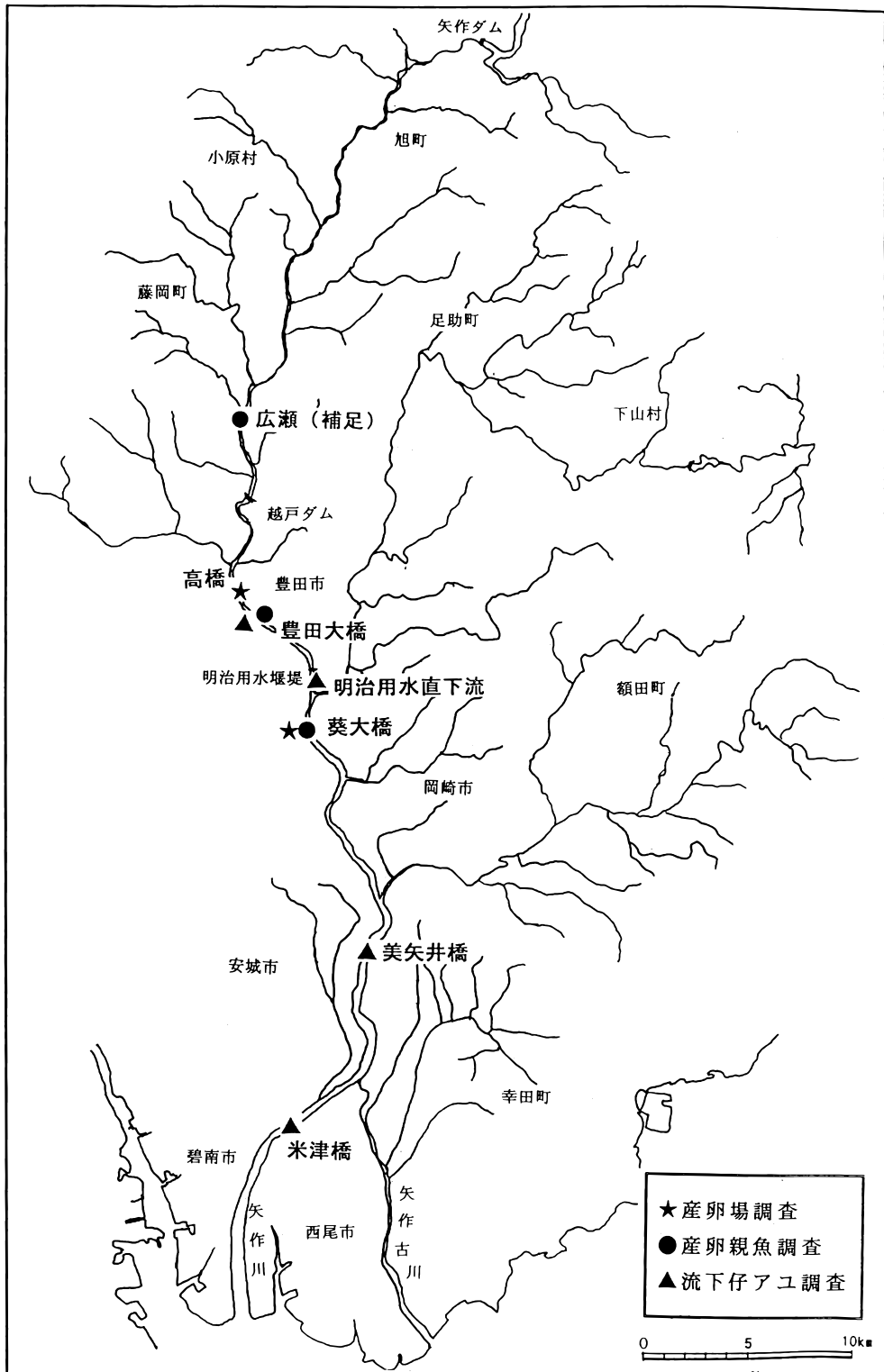


図1 調査地点

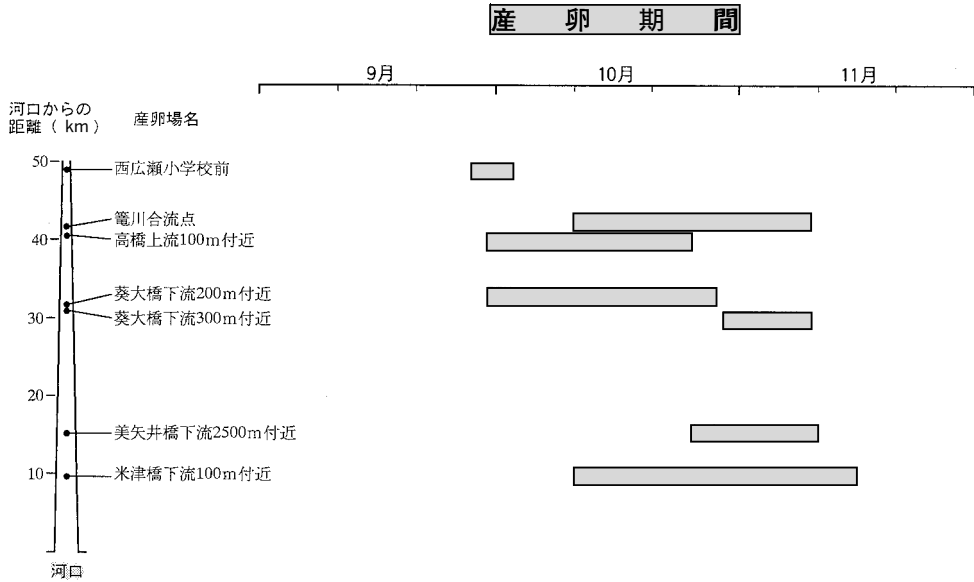


図2 矢作川におけるアユの産卵場と産卵期間

産卵期間は9月下旬から11月中旬の間にあり、時期が進むにつれて産卵場は下流に移る傾向にあった(図2)。同様な傾向は長良川など多くの河川で一般的にみられている(白石・鈴木, 1962; 和田・稲葉, 1967 a)。

アユの産卵場は、川の合流点・蛇行部・橋の周辺等に形成される「浮き石」状態の瀬に形成されることが多い(石田, 1964)。矢作川の産卵場の河床状態をみると、西広瀬小学校前・籠川合流点の産卵場では浮き石状態であるものの(表1)、高橋上流100m付近・葵大橋下流200m付近・同300m付近の産卵場の河床は固く締まっており、産卵に適した河床状態であるとはいえない。また、美矢井橋下流2500m付近および米津橋下流100m付近における河床は砂が主体であり、産卵に適した場所とはいえない。

表1 矢作川における産卵場の環境

産卵場名	河口からの距離	河床状態	産卵場の型
西広瀬小学校前	49.0 km	浮き石	深瀬型
籠川合流点	41.6 km	浮き石	浅瀬型
高橋上流100m付近	40.5 km	固い	浅瀬型
葵大橋下流200m付近	31.5 km	固い	浅瀬型
葵大橋下流300m付近	31.4 km	固い	浅瀬型
美矢井橋下流2500m付近	15.2 km	砂	浅瀬型
米津橋下流100m付近	9.8 km	砂	浅瀬型

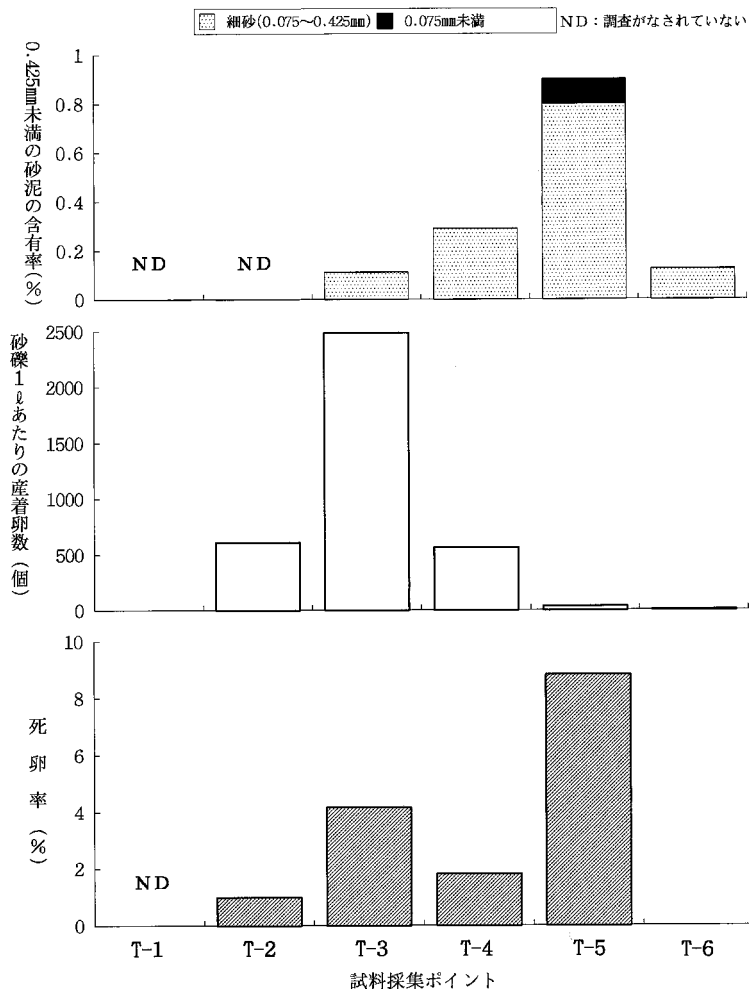


図3 高橋産卵場における砂泥の含有率(上段)と産着卵数(中段)・死卵率(下段)の関係

(2) 産卵状況

高橋付近の産卵場における粒径 0.425 mm 以下の砂泥の含有率と産卵量, 死卵率の対応関係をみると(図3), 0.425 mm 以下の砂泥が多い所(例えば T5)では, 産卵量が少なく死卵率が高い傾向があり, 0.425 mm 以下の砂泥が産卵の妨げになっていることが示唆された. 同様な傾向は葵大橋でも確認された.

産着深度(卵が河床に埋没した深さ)は産着卵数が多い場所ではやや深い傾向にあったが, 高橋・葵大橋の産卵場とも平均的には3~6 cm と, かなり浅く, 卵の流失等が懸念された.

(3) 矢作川における産卵環境の評価

アユの産卵場の条件として, 河床が「浮き石」状態であることが, 多くの調査から知られている(白石・鈴木, 1962; 石田, 1967; 岡村・為家, 1977; 上森・高橋, 1984). このような浮き石状態の産卵場では卵の産着深度は 15 cm 以深にも達する一方で, 産卵に不適な固く締まった河床では砂泥に卵の進入が妨げられるために 10 cm 以浅となる(岡村・為家, 1977).

今回調査を行った矢作川の2つの産卵場は、いずれも河床が固く締まっており、産着深度は3~6 cm と非常に浅かった。このことは、矢作川の産卵場はアユの産卵に好ましくない河床となっていることを示している。上森・高橋(1984)は、産卵に好適な浮き石状態は粒径0.5 mm以下の砂泥の沈積がない状態であるとし、同様のことを白石・鈴木(1962)、石田(1967)、岡村・為家(1977)も述べている。また、矢作川においても粒径0.425 mm以下の砂泥が多い場所では産着卵数が少なく、死卵率が高い傾向が認められた。

矢作川においてアユの産卵条件を改善するためには、産卵に不適な砂泥分を除去し人工的に「浮き石」状態の河床を造成することが必要と考えられる。

2 産卵親魚

1) 調査方法

1996年の9月~11月に各月2回(計6回)、矢作川の主産卵場である葵大橋と豊田大橋付近(図1)において親アユの採集を行った。採集には原則として刺網を使用し、補足的に投網も用いた。採集尾数は1回・1地点あたり50尾をめどとし、雌雄比が1:1になるよう配慮したが、調査後期には目標の試料数および雌雄比は得られなかった。なお、10月15日には広瀬(ヤナ)においても試料を採集した。

得られた試料については、体長(標準体長)・体重・生殖腺重量の測定ならびに雌雄の判別を行った。また成熟度の指標とするために生殖腺指数を求めた。

$$\text{生殖腺指数} = (\text{生殖腺重量 (g)} / \text{体重 (g)}) \times 100$$

さらに、尾柄部の側線上部から鱗を採集し、鱗紋形状による海産と湖産の判別を関ほか(1991・1997)に従って実施した。

2) 結果と考察

(1) 産卵親魚の海産・湖産比

矢作川で漁獲されるアユには海産系と湖産系の2系がある。前者は、いわゆる天然の両側回遊型アユと放流された人工アユの2つが含まれる。後者は琵琶湖産の陸封型アユで、これも放流されたものである。

葵大橋と豊田大橋における海産アユと湖産アユの混入割合を図4に示した。葵大橋では湖産アユと判定されたものは、9月17日の1個体のみで、9月26日以降は全て海産アユであった。これらはサイズが8-16 cm と小さいことから、天然の海産アユ(後期遡上群)と思われる。豊田大橋では9月中旬から10月中旬にかけて湖産アユが混入していた。湖産の混入割合は4.3-18.8%で、時期を追って低下する傾向にあった。これは、湖産アユの産卵期間が海産よりも早いため(松原, 1965)、産卵後の死亡による減少と判断される。10月下旬以降は全て海産アユであった。なお、補足調査地点である広瀬(10月15日採集)での湖産アユの混入率は、39.4%と高く、上流ほど湖産アユの混入率が高くなる傾向が認められる。

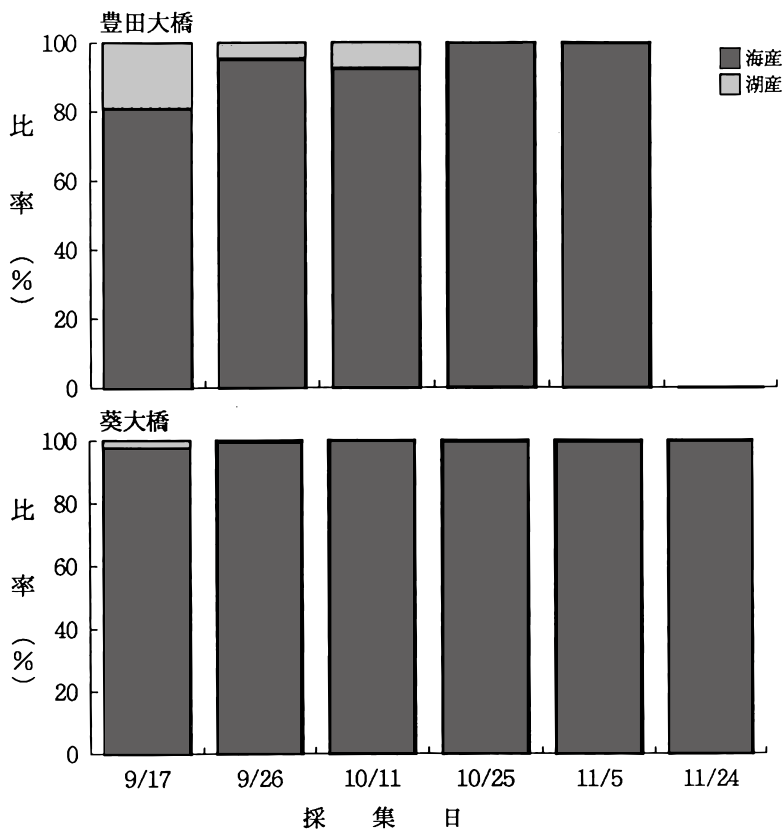


図4 海産アユと湖産アユの混入割合の推移

(2) 産卵親魚の体長

葵大橋では体長7.8-15.6 cmのアユが採集され、体長のモードは概ね10-12 cmであった(図5)。9月中旬から10月下旬にかけてはサイズの小型化が認められた。産卵親魚の大きさは、産卵の初期に大きく後期に小さくなることが知られており(白石・鈴木, 1962; 十川ほか, 1980)、サイズの小型化はこれらの報告と一致する。その後、11月上旬にはわずかにサイズが大型化し、産卵群の入れ替わりがあったことを示唆するものと考えられた。

豊田大橋では体長9.6-20.3 cmのものが採集された。そのモードは14-16 cm付近にあり、葵大橋に比べかなり大きい。親魚が採集された9月中旬から11月上旬にかけてサイズの変化は認められなかった。湖産アユは海産に比べやや小型であったが、大きな差はなかった。

越戸ダム上流の広瀬では15.3-18.4 cmのアユが採集され、モードは16-18 cmにあった。海産と湖産ではサイズに大きな差はなかった。

(3) 産卵親魚の量的推移

図5に示した頻度分布から採集量の多寡、ひいては産卵群の大きさも読み取ることができる。産卵群は、葵大橋では11月上旬以降、また豊田大橋では10月中旬あるいは10月下旬以降に急激に減少している。これらの時期はそれぞれ産卵が終わった時点で概ね対応している

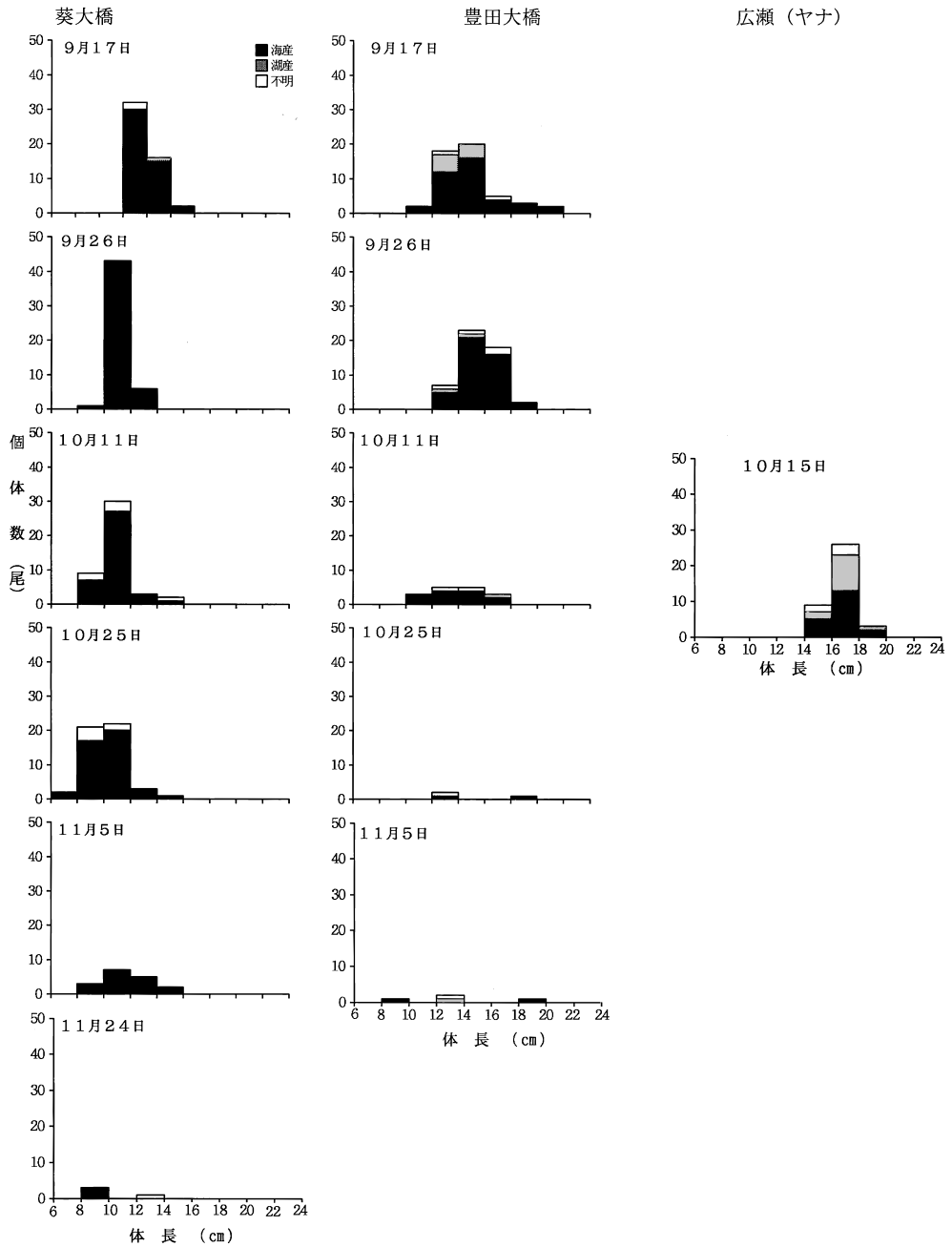


図5 産卵親魚の体長の頻度分布

ものと考えられる。しかし、10月下旬から11月上旬における産卵場付近の水温は16°C程度で、海産アユの産卵の適水温である14-19°C(松原, 1965)の範囲にある。このことは、少なくとも産卵の終期には人為的な影響が及んでいることを示唆する。つまり、矢作川においては産卵期間中の親アユの保護対策(禁漁等)は取られておらず、産卵期を人為的に短縮していることが考えられる。親アユの保護がなされておれば、産卵量を増加させるとともに産卵期間をもう少し長くすることが可能と考えられる。

(4) 産卵親魚の成熟度

親魚の成熟度の目安となる生殖腺指数を求め、その推移を図6に示した。成熟したオスの生殖腺指数は10前後、メスのそれは26前後とされている(松原, 1965)。また、メスよりもオスの成熟が早いことも確認されている(白石・武田, 1961)。

葵大橋における海産のオスの生殖腺指数は9月下旬から10月中旬に、またメスではやや遅れ10月中旬にそれぞれ最高値を示し、その後値は低下している。この低下は精子・卵の放出によるものと推察される。したがって、産卵のピークは大部分のメスが放卵を終えたと推定される10月中・下旬であったと考えられる。また、産卵の開始時期についてはメスの成熟個体が採集され始めた9月下旬頃と判断される。

葵大橋のメスでは10月下旬に生殖腺指数が低下し、その後11月下旬にかけて再び上昇した。この理由として、小型のアユは2回の産卵を行う(Iguchi and Yamaguchi, 1994)こと、産卵群が入れ替わったことの2つのことが考えられるが、本地点において親アユの体長が11月上旬にやや大型化したこと(図5)を考え合わせると、産卵群が入れ替わったことにより

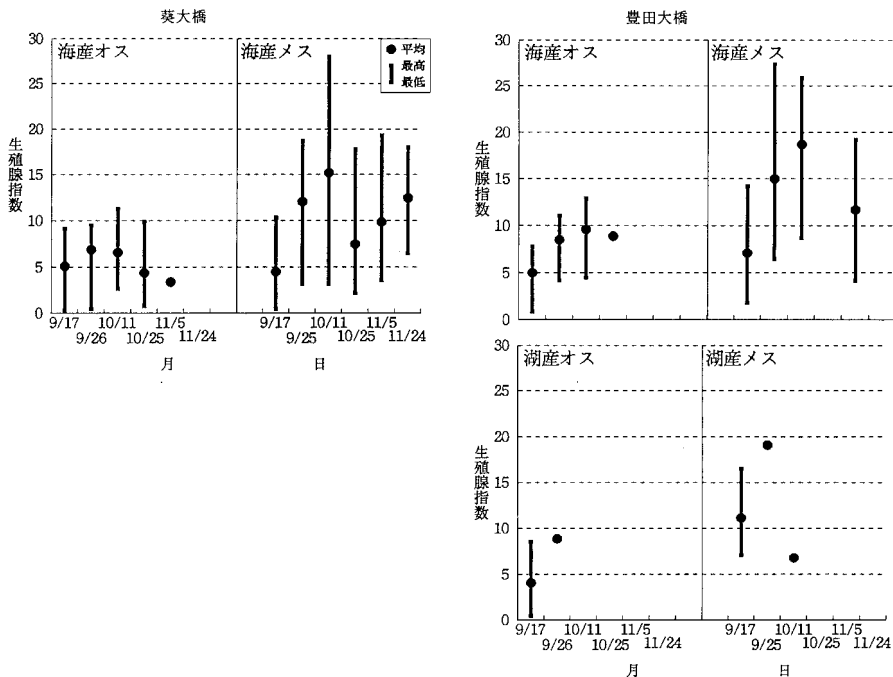


図6 産卵親魚の生殖腺指数の推移

生じた現象とみなすことが妥当と思われる。メスは11月下旬においても生殖腺指数が高い個体がみられるが、同時期にオスが採集されなくなっていることを考えると、11月中旬頃には産卵は終了したものと判断される。

豊田大橋では海産のオス・メスとも10月中旬に生殖腺指数の平均値が最高を示し、以降低下した。また、メスの成熟個体が採集され始めたのは9月下旬であった。したがって、豊田大橋での海産アユの産卵開始は9月下旬頃、盛期は10月上・中旬、終了は採集個体数が激減した10月下旬と判断される。湖産アユは個体数が少なく、産卵状況が明確には把握できないが、メスの生殖腺指数からみて、少なくとも9月下旬頃までは産卵したものと考えられる。なお、この時期には海産アユが産卵を開始していることから、海産アユと湖産アユの交雑の可能性も否定できない。

(5) 産卵親魚の状態から推定した産卵期の推定

ここまで産卵親魚の状態から産卵期について検討した。それらをまとめると葵大橋と豊田大橋での1996年における産卵期は次のようになる。

葵大橋 産卵の開始時期は、生殖腺指数から判断して9月下旬と考えられた。10月5日に実施した産卵調査において、産着卵が確認されていることから考えても概ね妥当であろう。産卵の盛期は判断が難しいが、生殖腺指数からみる限り10月中・下旬と想像される。終期は雌雄比および親魚量から判断すると11月上旬となるが、生殖腺指数からは11月下旬まで産卵が続いた可能性もある。11月下旬には河川水温が10°C程度に低下し産卵適水温をかなり下回ること、親アユの数が著しく少なくなることから判断すると、産卵終了は11月上・中旬とみなすのが妥当であろう。なお、この地点では調査年の産卵親魚は海産アユのみであった。

豊田大橋 海産アユの産卵の開始時期は、生殖腺指数から判断して9月下旬と考えられた。10月5日に実施した産卵調査において、ふ化間近の産着卵が確認されていることは、これを支持している。産卵の盛期は生殖腺指数から判断して10月上・中旬と思われる。産卵終期は雌雄比および生殖腺指数から判断すると10月下旬、採集個体数の減少傾向から判断すると10月中・下旬となる。判断材料によって多少幅があるが、10月下旬とみなすのが妥当であろう。

湖産アユについては産卵開始時期、盛期とも不明である。終期については雌雄比あるいは生殖腺指数から判断して9月下旬から10月上旬とみなされる。

以上のように、産卵親魚の状態から推定された矢作川の葵大橋と豊田大橋におけるアユの産卵期間は、聞き取り調査等から把握された産卵期間(図2)ともほぼ一致しており、妥当なものであると考えられる。

(6) 産卵親魚保護の必要性

アユの天然資源を回復させるためには、まずその源となる産卵量を増加させることが不可欠となる。産卵量の増加に直結する対策は、産卵親魚の保護であり、少なくとも産卵の盛期前後は禁漁期にするなどの保護対策を早急に実施する必要がある。

矢作川における1996年のアユ産卵期間は、産卵場によって多少異なるが、9月下旬から11月中旬に及び、その盛期は10月上旬から下旬にあると推定された。保護期間はこれを参考に

設定されるべきであるが、アユの産卵期はその年の気象条件によって多少変動する。そのため、ある程度前後に余裕をもって保護期間を設定することが必要となる。

今回の調査から豊田大橋付近では放流した湖産アユが産卵していることが示唆されたが、湖産アユの子供は翌年まで生き残らないことが知られている(関ほか, 1988; 関・谷口, 1988)。したがって、産出された湖産アユの卵は全く無効となる。釣りの対象として人気のある湖産アユではあるが、放流地点の選定にあたっては、翌年の資源への結び付きという観点からも十分な検討が必要である。

3 流下仔アユ

1) 調査方法

1996年10月~12月に各月2日(計6日)、豊田大橋、美矢井橋、米津橋付近(図1)において河川を流下する仔アユを採集した。各調査日の採集時刻は、原則として9:00, 13:00, 18:00としたが、12月上旬には夜間採集(23:00, 3:00)をあわせて実施し、日周変化を見るための24時間調査とした。採集には口径0.5 m, 網目0.3 mmの円錐形のプランクトンネットを用い、鉄柱等で流心付近の中層にこれを固定した。ネットの設置時間は6分(3分×2回)とした。採集時の濾水量は、網口面積、流速、設置時間およびネットの濾水率(0.48)から算出した。濾水率は濾水計を用いて求めた。また、明治用水直下流(以下明治用水頭首工直下に流れる部分に対し、この語を用いる)および明治用水の水路内の2ヶ所においても、同様の調査をそれぞれ3~5回実施した。

得られた試料については、各地点・各採集時間ごとに個体数を計数した。採集個体数とネットの濾水量から流下密度を算出するとともに、調査日における最寄りの流量観測所の流量データ(暫定値)から、調査地点の相対流量(豊田大橋の10月6日9時の流量を1とした場合の相対流量)と流下量指数(密度を相対流量で重みづけした指数)を求めた。

さらに各地点とも原則として1日あたり最高60個体を無作為に抽出し、体長(脊索長)と卵黄指数を測定した。なお、卵黄指数の判定基準は塚本(1991)に従った(図7)。

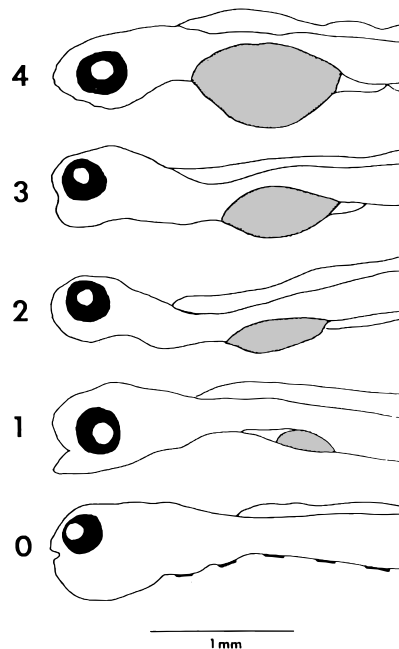


図7 仔アユの卵黄指数(塚本, 1991)

2) 結果と考察

(1) 流下量

① 流下量の日周変化

流下仔アユの採集は、原則として朝(9:00)、昼(13:00)、夜(18:00)の3回実施した。各調査時の流下量指数をもとに、時間ごとの流下量の日組成をみた(図8)。

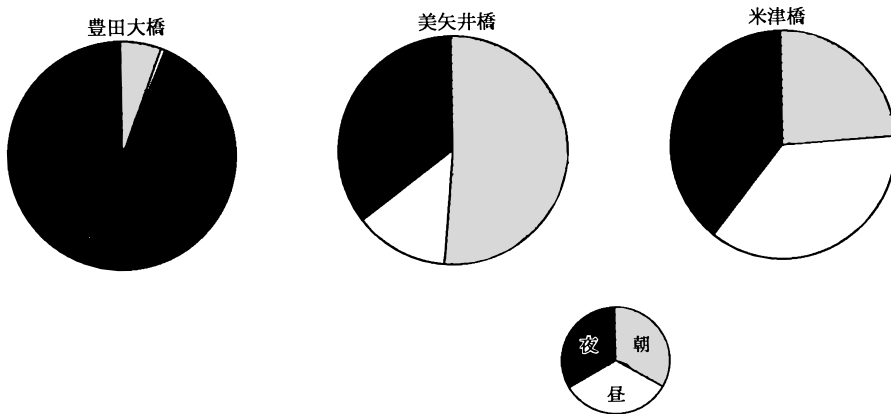


図8 流下量の日組成

組成は地点によって大きく異なり、豊田大橋では夜間に集中し、美矢井橋では朝に多い。また、米津橋では朝にやや少ないものの、時間帯による差は小さい。このような傾向は、供給源となる産卵場からの距離、言い換えると到達時間の違いによって生じるものと考えられる。

アユ仔魚のふ化は18:00~20:00に集中し、昼間には行われない(松原, 1965)。そのため、産卵場の近くで流下仔アユを採集すると夜間に集中して採集される傾向にあり、逆に産卵場から離れた所で採集した場合には、主群の到達に時間がかかり、出現のピーク時間が遅れる(和田・稲葉, 1967b; 兵頭ほか, 1984)。さらに流下の過程で緩流部に滞留する個体も多いうえに、昼間は流速の遅い底層に分布するため(小山, 1978; 兵頭ほか, 1984)、流下時間には個体によって大きなばらつきが生じると考えられる。したがって、産卵場から離れるほど流下のピーク時間は不明瞭となるものと推察され、矢作川のように距離が離れたいくつかの産卵場から供給がある場合には、調査地点によって出現傾向が異なるのが当然であろう。ただし、12月上旬に行った24時間調査では、美矢井橋や米津橋でも夜間の流下量が卓越した。このことは、図8に示した日組成は夜間の比率が過小評価されている可能性があることを示唆する。流下量の日周変化を正確に把握するには、24時間調査を重ね精度を上げる必要がある。

② 流下量の季節変化

流下量(流下量指数)の季節的变化を図9に示した。アユ仔魚の流下は、調査期間中の10月上旬~12月中旬にかけて確認された。流下時期は明治用水頭首工付近を境にその上下で大

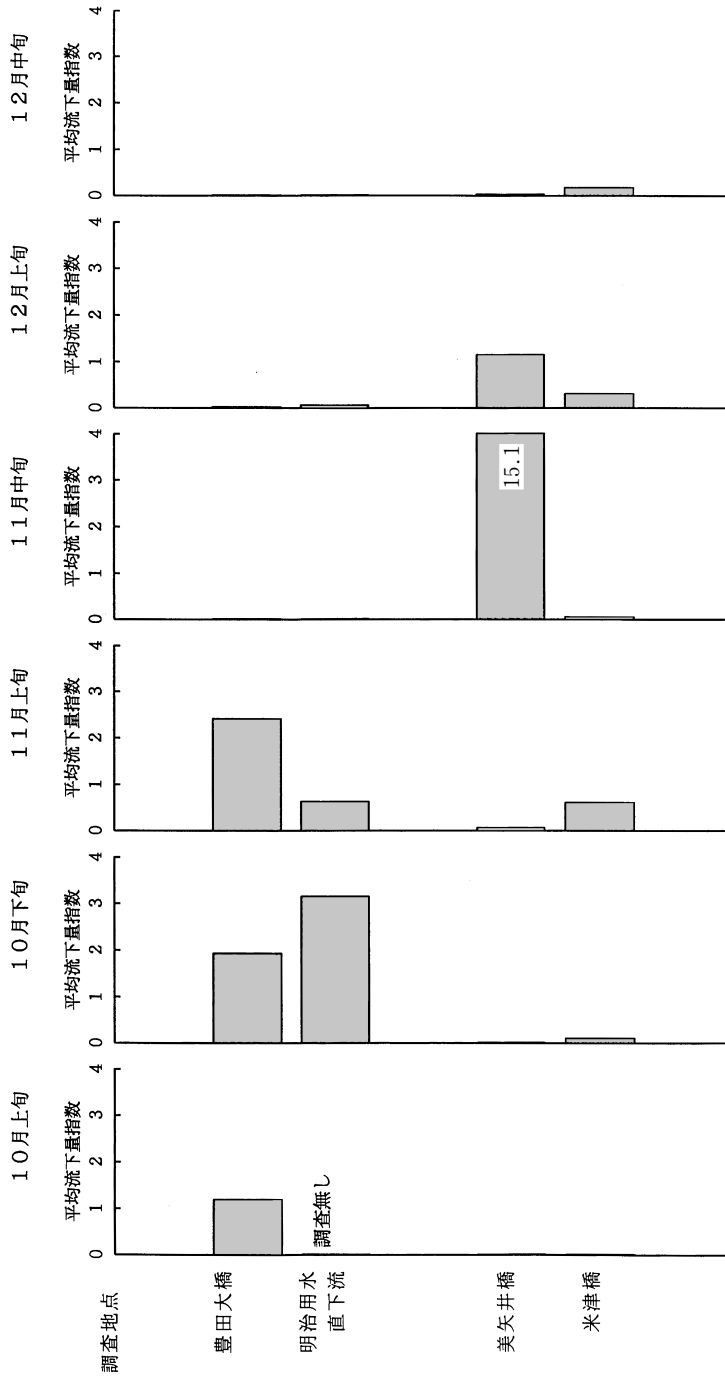


図9 仔アユの流下量の季節変化

大きく異なった。上流の豊田大橋と明治用水直下流では、10月上旬～12月上旬に仔アユの流下が確認されたが、10月上旬～11月上旬の間に多く、以降は激減した。これらの地点でのふ化は11月下旬にはほぼ終了していると判断してもよさそうである。一方、下流の美矢井橋と米津橋では10月下旬～12月中旬の間に流下が確認されたが、11月上旬～12月上旬に多く、その前後ではかなり少なかった。

このような各地点の流下時期のずれは、それぞれの地点を流下する仔アユの供給源となっている産卵場でのふ化時期の違いに起因している。矢作川の産卵場は時期が進むにつれて下流側に移行する傾向が見られたが(図2)、流下時期もこれと対応して下流側ほど遅くまで流下が続いていた。

10月上旬および下旬では、上流側の豊田大橋や明治用水直下流での流下量はかなり多いにもかかわらず、その下流の美矢井橋と米津橋ではこの期間仔アユはほとんど採集されていない。このことは、明治用水直下流を通過した仔アユは、美矢井橋まで流下する過程で飢餓や被食によって、そのほとんどが死亡してしまうことを意味していると思われる。なお、明治用水へ仔アユが迷入することも考えられたため、明治用水においても採集したが、全く採集されなかった。アユ仔魚の流下期間は非灌漑期となり取水量が少ないため、用水への迷入はほとんど無いと判断される。

下流側の美矢井橋と米津橋の流下量は、時期によってばらつきが大きく一定の傾向は見出し難いが、総量で比較すると上流側の美矢井橋の方がかなり多い。美矢井橋の流量は、美矢井橋より10 km程上流の岩津観測所のデータを使用したため、実際には美矢井橋の流下量指数はもう少し多いと推察される。また、仮に自然減耗がほとんどないのであれば、この間にある産卵場(美矢井橋下流の産卵場: 図10)からふ化した仔アユが追加されるため、美矢井橋よりも米津橋で多くなるのが自然である。したがって、上流側の美矢井橋で流下量が多いということは、米津橋へと流下する間にもかなりの量が減耗することの証左とみなされる。ただし、美矢井橋と米津橋の間で矢作古川へ分流しており、流下仔アユの一部は矢作古川へと運ばれるため、ここで一部は減少することになる。矢作古川の小島堰の流量データ(月1回計測; 建設省豊橋工事事務所資料)によると、96年10～12月の矢作古川の流量は2～3m³/sである。一方、米津観測所の流量は、13～17 m³/sで、その比はおおよそ1:6となる。流下仔アユが河川水と同じ割合で矢作古川に取り込まれると仮定すると、約1/7が本川から減少することになるが、美矢井橋から米津橋の間の流下仔アユ量の減少は、これをはるかに上回っている。したがって、この間の流下仔アユ量の減少は自然減耗によるところが大きいと考ええてよいと思われる。

以上のように、矢作川においては、アユ仔魚は流下中に相当減耗してしまうことが強く示唆された。ただし、日周変化の項でふれたように、今回の調査はアユの流下量が多い夜間の調査データが十分とは言えない。そのため、減耗の実態をより正確に把握するためには、24時間調査を繰り返し実施することが望まれる。

10月19日と11月1日の2回の調査において、豊田大橋と明治用水直下流の流下量を比較すると、10月19日では両地点に大きな差はないが、11月1日は明治用水直下流で著しく少ない。調査時間帯が異なるため厳密な比較はできないが、このような両地点間の流下量の変動は、明治用水頭首工での放水量と対応しているように思われる。10月19日以前3日の放水

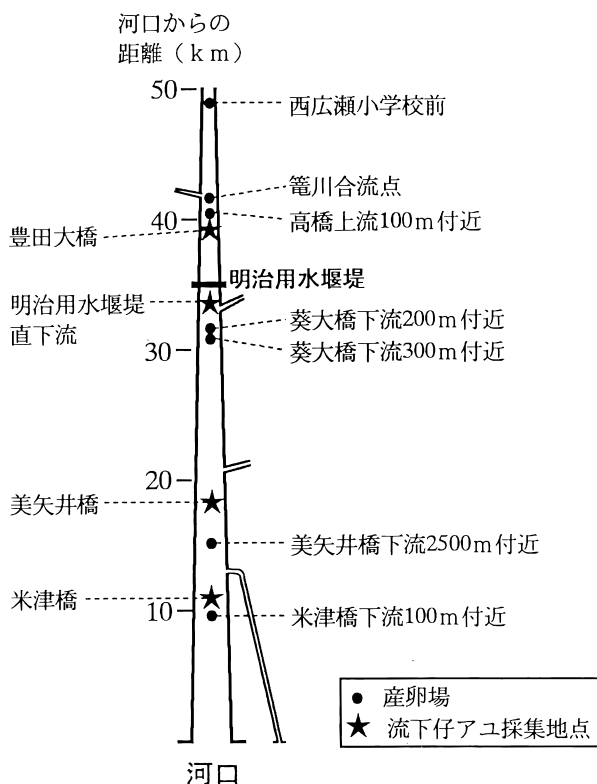


図 10 アユの産卵場と流下仔アユ調査地点の位置関係

量の平均は $50.5 \text{ m}^3/\text{s}$ であるのに対して、11月1日以前3日は $14.3 \text{ m}^3/\text{s}$ とかなり少ない。このような放水量の減少は湛水域でのアユ仔魚の滞留時間を長くし、下流へと流下する個体を減少させたものと想像される。明治用水頭首工からの放水量の減少時に、湛水域内に取り残されたアユ仔魚がその後生き残るのかについては判断する材料に乏しいが、後述するように明治用水直下流で体長 9.6 mm のアユ仔魚が採集されたことは、その一部は少なくとも一定の段階までは生き残ることを示している。

(2) 流下仔アユの体長

採集した流下仔アユの体長組成を図 11 に示した。各地点とも体長範囲は、概ね $5.0\text{--}7.5 \text{ mm}$ で、モードは $6.0\text{--}6.5 \text{ mm}$ あるいは $6.5\text{--}7.0 \text{ mm}$ にあった。

時期別にみると、明治用水直下流を除いては、時期を追ってサイズが大きくなる傾向がみられた。ふ化仔魚のサイズは卵の大きさと正の相関があるが、大卵を産む小型メスほど産卵が遅い傾向がある (Iguchi and Yamaguchi, 1994)。その結果としてふ化仔魚のサイズは、今回みられたように時期を追って大きくなったものと考えられる。

塚本 (1991) は、アユ仔魚は流下の過程でも成長するため、下流ほど流下仔アユのサイズが大きくなる傾向があることを報告している。しかしながら、今回の調査では各調査時期ごとにサイズを比較しても地点間に明瞭なサイズの違いは認められなかった。この理由として

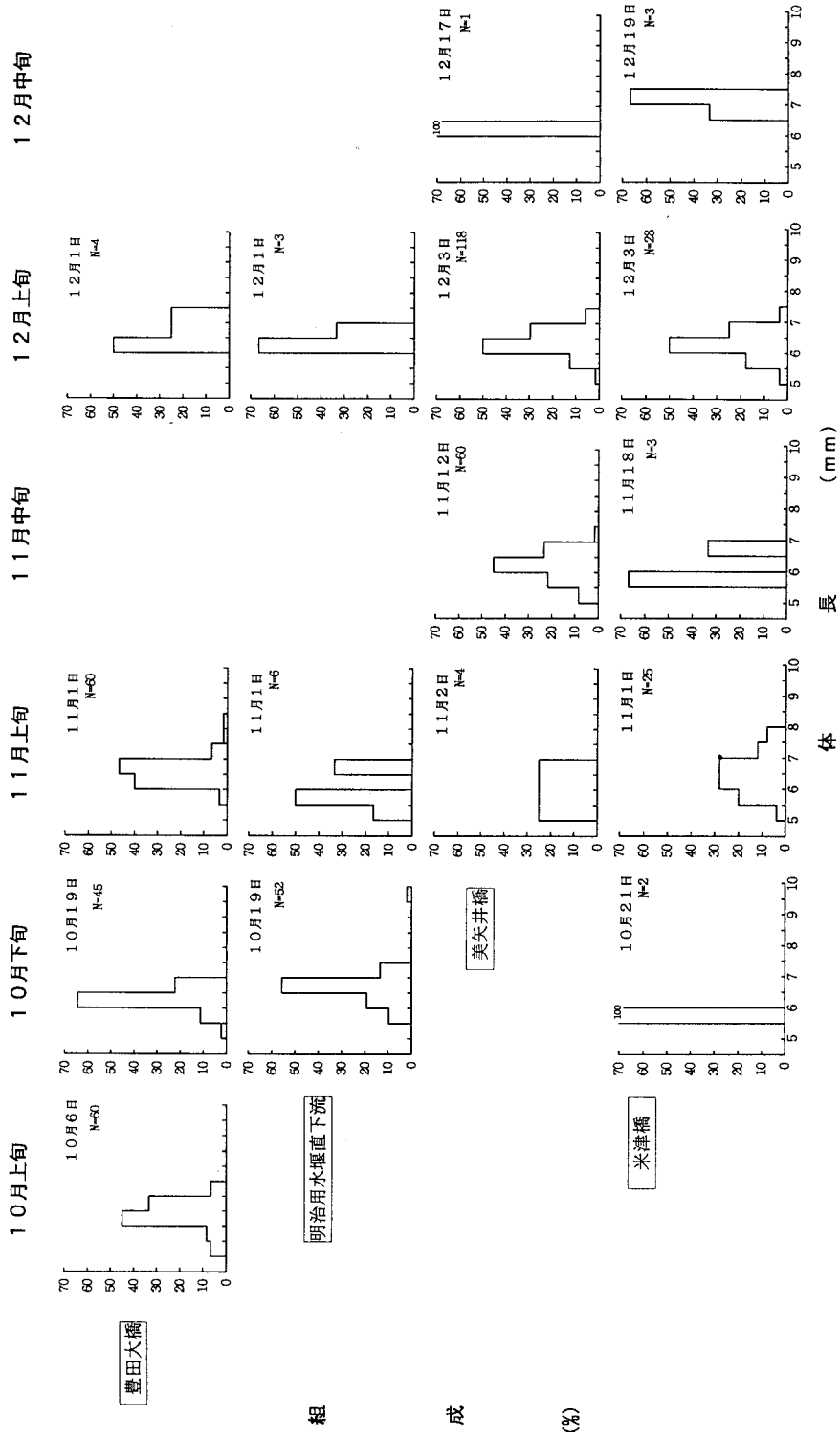


図11 流下仔ユの体長組成

は、豊田大橋付近でふ化した仔魚は美矢井橋や米津橋付近まで流下していないためと考えることが妥当なように思われる。

明治用水直下流において、10月19日に体長9.6mmのアユ仔魚が1個体採集された。この仔魚は10日齢程度と推定され、ふ化仔魚の絶食生残日数5～8日(和田・稲葉, 1968; 兵藤・関, 1985)を越えている。このことは、明治用水頭首工の湛水域内で摂餌を開始し、成長するアユ仔魚が存在することを意味している。これらの個体がその後も生き残るのかについては興味を持たれるが、漁協関係者の話によると過去に湛水域で成育したと思われる稚アユが確認されたことはない。

(3) 流下仔アユの発育段階

矢作川を流下するアユ仔魚の発育段階をみるための目安として、地点別の卵黄指数の組成を求めた(図12)。なお、卵黄の吸収速度は水温によって大きく異なるため(森ほか, 1989)、ふ化後の日数と卵黄指数との間には明瞭な対応関係は得られないが、大まかには卵黄指数4で0日齢(ふ化後1日未満)、3で1日齢、2で2日齢、1で2～5日齢程度である。

豊田大橋の卵黄指数は、ふ化後間もない4のものから、卵黄をかなり吸収した2までのものが多かった。豊田大橋の下流に位置する明治用水直下流では、卵黄がほとんど残っていない指数1のものが6割を占めた。この2地点を比較すると、豊田大橋から明治用水直下流の間でかなり発育段階が進むことが分かる。明治用水の湛水域で長時間滞留することが原因と思われる。

美矢井橋では指数4～1までのものが同程度出現するが、ふ化後間もない4のものが最も多い。このように明治用水直下流と組成が全く異なることは、明治用水直下流から美矢井橋の間の産卵場からふ化仔魚が新たに供給されることと、明治用水直下流を通過したアユ仔魚はほとんど美矢井橋まで到達していないことを示唆している。明治用水直下流に出現する仔魚は、ほとんどが卵黄指数1であるため、その後の流下過程での餓死による減耗が大きいと推察される。

米津橋では4～1のものまでが同程度出現した。美矢井橋と比較すると大きな差はないが、より発育段階の進んだ個体の割合が高い。このような卵黄指数の組成は美矢井橋を通過した集団に、美矢井橋の下流にある産卵場から供給されるふ化仔魚が新たに加わって形作られたものと推定される。

(4) 海への流下状況の推定

仔アユの流下速度は河川の流心部の流速よりもかなり遅く、信濃川のような大河川では絶食による減耗がかなり大きいと考えられている(兵藤・関, 1985)。また、長良川では20kmを流下する過程の減耗率は53%と推定されている(和田・稲葉, 1967c, 1968)。矢作川における流下仔アユの減耗率は不明であるが、海に到達するまでの減耗率は上流でふ化したものほど高いと言える。ここでは、流下量、体長、発育段階等の分析結果をもとにして、海への流下状況、言い換えると翌年の天然資源への結び付きについて検討する。

明治用水頭首工上流 上流の豊田大橋や明治用水直下流での流下の盛期が10月にみられるのに対して、下流の美矢井橋や米津橋では10月にはほとんど仔アユが出現していないこ

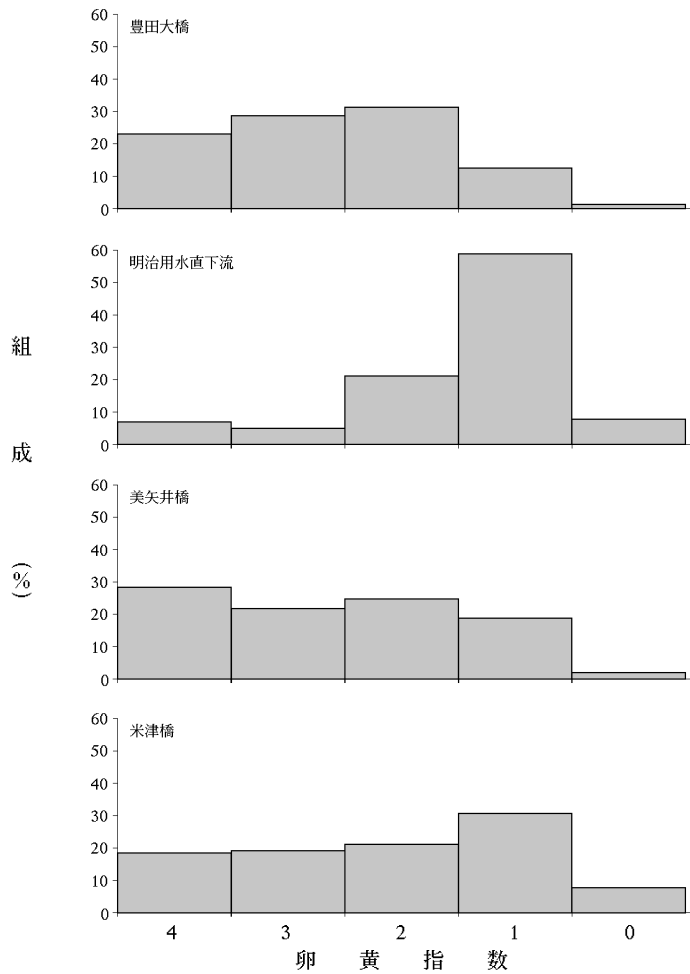


図 12 卵黄指数の地点間比較

と、明治用水直下流を通過するアユ仔魚のほとんどは卵黄を吸収直前であること等を考慮すると、少なくとも平水・低水時においては明治用水頭首工より上流でふ化した仔魚の大部分は、流下の過程で絶食などにより減耗し、海にはたどり着けないと判断される。

矢作川における産卵期およびふ化時期は上流ほど早い傾向にあり、上流の産卵場ほど高水温時にふ化することになる。一方、アユ仔魚の絶食生残日数は水温が高いほど短いことが知られている（伊藤ほか, 1971）。したがって明治用水堰堤よりも上流における産卵・ふ化の早期傾向は仔魚の生残をより困難にする方向に働いていることになる。

明治用水頭首工下流 明治用水頭首工より下流でふ化した仔魚については、当然海域まで流下するものの割合は高くなるものと思われるが、美矢井橋では卵黄指数が1以下のものが20%程度含まれており、さらに下流の米津橋ではその割合が40%に近い（図12）。これらのことは、明治用水頭首工より下流でふ化したものについても絶食等による減耗がかなりの程度あるということを想像させる。美矢井橋と米津橋の流下量を比較した場合も、矢作古川へ

も分かれて流下するとはいえ、米津橋がかなり少なく、上記のことを支持する結果となっている。

米津橋を通過した仔アユは、間もなく汽水域へと入ることになる。熊野川や四万十川では海にまで下らず河口内の汽水域で生活するアユ仔・稚魚が多数いることが知られており(塚本ほか, 1989; 高橋ほか, 1990), 汽水域まで到達したアユ仔魚については、流下過程での飢餓による減耗は免れるものと考えられる。したがって、米津橋を通過した仔アユについては翌年の資源に結びついているものと考えられる。

(5) 流下仔アユの減耗の軽減

1996年の調査では、明治用水堰堤よりも上流でふ化したアユ仔魚は、海までたどり着くことができず、翌年の天然資源への加入は期待できないと推定された。また、明治用水堰堤下流においてふ化したものについてもかなりの割合で減耗しているものと考えられた。

流下仔アユの減耗は、流下中の飢餓と他動物の捕食によるところが大きいと考えられる。人為的に捕食圧を軽減することは困難であるが、飢餓による減耗は海までの流下時間を短縮することにより軽減される。流下時間を短縮させる方策としては、以下の2点が有効な手段と考えられる。

① 河川の流速を上げる

② 産卵場を下流側に移す

まず、①については河川流量の増加を図ることが必要となる。矢作川は高度な水利用がなされており、河川流量の確保は困難な面も多いが、利水の見直し、流域住民の節水など多方面からのアプローチが望まれる。

②については、下流部に好適な産卵場を造成するなど方策が考えられるが、1996年の調査結果をみる限り、親アユが下流側に降下せずに産卵することが現状での大きな問題点であると思われる。矢作川のように河川勾配が緩いうえにダム等によって流れが分断される河川では、産卵場が上流に形成されることはいたしかたない面はあるが、これについても河川流量の増加を図ることによって改善される。親アユの降下は河川流量と結びついていることが多く、秋季に出水が無い年は上流で産卵することがある(宮地, 1960)。また、筆者らは四国の吉野川で渇水の年に産卵が遅れるとともに、主産卵場が上流側に移った事例も観察している。このような事実は、河川流量を増加させることにより、産卵親アユをより下流側に降下させることができることを示唆している。

謝辞

本研究を行うにあたって、豊田市矢作川研究所、矢作川天然アユ調査会、矢作川漁協のご協力を得た。心から厚くお礼申し上げる。建設省豊橋工事事務所からは解析に不可欠な流量データの提供を賜った。試料の分析にあたっては、西日本科学技術研究所の藤田真二博士、田井野清也氏、森本益世氏にご協力頂いた。ここに感謝の意を表する。

Summary

Ecological studies on spawning of ayu and downstream migration of their larvae in the Yahagi River from September to December 1996.

1. Spawning grounds of ayu

- 1) Seven spawning grounds of ayu were found in the Yahagi River (10-50 km from the river mouth).
- 2) Spawning of ayu were observed from late September to mid November. Main spawning grounds were shifted downstream during this period.
- 3) Few eggs of ayu clung to gravel of spawning ground containing much fine sand and mud, where the rate of died egg was high.
- 4) In the Yahagi River, some treatments, such as washing away fine sand and mud, are required to maintain the spawning grounds of ayu.

2. Ecology of spawner

- 1) Spawners of ayu were collected at two stations (Aoi-ohashi and Toyota-ohashi) in the Yahagi River from September to November 1996. The samples were measured standard length, body weight, and gonad weight.
- 2) The sizes of spawners ranged from 7.8 to 15.6cm SL with a mode at 10-12cm SL at Aoi-ohashi. At Toyota-ohashi, they ranged from 9.6-20.3cm SL with a mode at 14-16cm SL.
- 3) The number of spawners decreased in early November at Aoi-ohashi, and in mid-October at Toyota-ohashi.
- 4) Mature females first appeared in late September both at Aoi-ohashi and Toyota-ohashi. The peak of gonadosomatic index of females was observed in mid-October at both stations.
- 5) The spawning period was estimated from late September to mid- November with a peak in early or mid-October at Aoi-ohashi. On the other hand, that was estimated from late September to late October with a peak in early or mid-October at Toyota-ohashi.
- 6) The conservations for the spawner were quickly required in the Yahagi River, for example, closed season and sanctuary.

3. Ayu larvae during downstream migration

- 1) Ayu larvae during downstream migration were collected at four stations (Toyota-ohashi, Meiji-yosui, Miyai-hashii and Yonezu-hashii) in the Yahagi River from October to November 1996.
- 2) Larval ayu occurred from early October to early December at Toyota-ohashi and Meiji-yosui which are located at the middle reaches of the river. They occurred from late October to middle December at Miyai-hashii and Yonezu-hashii which are located

- at lower reaches of the river.
- 3) Larval ayu occurred abundantly in October at Toyota-ohashi and Meiji-yosui. At Miyai-hashii and Yonezu-hashii, however, few larvae occurred in this month.
 - 4) Most of the individuals which were collected at Meiji-yosui absorbed the yolk, but yolk-sac larvae just after hatching were collected abundantly at Miyai-hashii which is located below Meiji-yosui.
 - 5) These phenomena indicate that larvae hatched above Meiji-yosui died during downstream migration without reaching to the sea.
 - 6) We think that increasing the volume of flowing water is an effective in reducing the mortality rate during their downstream migration.

参考文献

- 上森千秋・高橋勇夫, 1984. アユの産卵場について 河川の正常流量に関連して. 第39回農業 土木学会 中四国支部講演会講演要旨.
- 兵藤則行・関泰夫・小山茂生・片岡哲夫・星野正邦, 1984. 海産稚仔アユに関する研究—I, 仔アユの降下状況について. 新潟県内水面水産試験場調査研究報告, 11: 41-50.
- 兵藤則行・関泰夫, 1985. 海産稚仔アユに関する研究—II, 流下仔アユの生残に及ぼす絶食の影響(1). 新潟県内水面水産試験場調査研究報告, 12: 15-22.
- K. Iguchi and M. Yamaguchi, 1994. Adaptive significance of inter-and intrapopulation egg size variation in ayu *Plecoglossus altivelis*. *Copeia*, 1994(1): 184-190.
- 石田力三, 1964. アユの産卵生態—IV (産卵水域と産卵場の地形). 日本水産学会誌, 30(6): 478-485.
- 石田力三, 1967. アユの産卵生態—V (産卵場の構造). 淡水研報, 17(1): 7-19.
- 伊藤隆・富田達也・岩井寿夫, 1971. アユ種苗の人工生産に関する研究 LXXII—人工ふ化仔魚の絶食生残に対するふ化水温と飼育水温との温度差の影響, アユの人工養殖研究, 第1号: 99-118.
- 小山長雄, 1978. 仔アユの章, アユの生態. 中公新書, 東京, 39-75.
- 松原喜代松, 1965. アユ, 魚類学(下). 恒星社厚生閣, 東京, 494-505.
- 宮地伝三郎, 1960. アユの生活史, アユの話. 岩波新書, 東京, 77-140.
- 森直也・関泰夫・星野正邦・佐藤雍彦・鈴木惇悦・塚本勝巳, 1989. 信濃川を流下する仔アユの日齢とさいのう堆積. 新潟県内水面水産試験場調査研究報告, 15: 1-7.
- 落合明・田中克, 1986. アユ, 新版魚類学(下). 恒星社厚生閣, 東京, 465-474.
- 岡村収・為家節弥, 1977. 四万十川の魚類, 四万十川水系の生物と環境に関する総合調査. 高知県, 179-202.
- 白石芳一・武田達也, 1961. アユの成熟に及ぼす光周期の影響. 淡水研報, 11(1): 69-81.
- 白石芳一・鈴木規夫, 1962. アユの産卵生態に関する研究. 淡水研報, 12(1): 83-107.
- 関伸吾・谷口順彦・田祥麟, 1988. 日本及び韓国の天然アユ集団間の遺伝的分化. 日本水産学会誌, 54(4): 559-568.
- 関伸吾・谷口順彦, 1988. アイソザイム遺伝標識による放流湖産アユの追跡. 日本水産学会誌, 54(5): 745-750.
- 関伸吾・村上直澄・高道昭・谷口順彦, (1991). 鱗相による海産アユおよび湖産アユの判別法. 平成3年度日本水産学会中国・四国支部大会講演要旨.
- 関伸吾・若木裕貴・野口弘一, 1997. 伊尾木川上流域におけるアユ2系統の鱗相による判別と成長・形態比

- 較. 平成9年度日本水産学会春季大会講演要旨集.
- 十川重喜・城泰彦・殿谷次郎, 1980. アユ産卵場造成事業について. 徳島水産試験場事業報告, 昭和40-53-追補, 14-25.
- 高橋勇夫・木下泉・東健作・藤田真二・田中克, 1990. 四万十川河口内に出現するアユ仔魚. 日本水産学会誌, 56 (6) : 871-878.
- 塚本勝巳・望月賢二・大竹二雄・山崎幸夫, 1989. 川口水域におけるアユ仔稚魚の分布・回遊・成長. 水産土木, 50 : 47-57.
- 塚本勝巳, 1991. 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.
- 和田吉弘・稲葉左馬吉, 1967 a. 長良川におけるアユの産卵から仔アユの降下まで II—産卵場. 木曾三川河口資源調査報告, 3 : 5-12.
- 和田吉弘・稲葉左馬吉, 1967 b. 長良川におけるアユの産卵から仔アユの降下まで IV—仔アユの降下量. 木曾三川河口資源調査報告, 3 : 17-23.
- 和田吉弘・稲葉左馬吉, 1967 c. 長良川におけるアユの産卵から仔アユの降下まで VIII—生産率と損耗率. 木曾三川河口資源調査報告, 4 : 7-11.
- 和田吉弘・稲葉左馬吉, 1968. 長良川におけるアユの産卵から仔アユの降下まで XII—衝撃に対する抵抗性および生存時間について. 木曾三川河口資源調査報告, 5 : 10-15.

- [1) 西日本科学技術研究所 : 〒 780-0812 高知市若松町 9-30]
[2) 現所属 矢作新報社 : 〒 470-0372 豊田市井上町 1-73]