

# アユは生き残るか—知られざる半生と資源保護

Early Life History of Ayu, *Plecoglossus altivelis*, and Maintenance of Natural Stock

高橋 勇夫

Isao TAKAHASHI

## はじめに

アユは我々日本人にとって最も馴染みの深い魚の一つであり、研究対象としての歴史も100年以上にも及ぶ(白石・竹谷, 1957)。そのため、アユの生態に関するものだけでもこれまで膨大な数にのぼる成果が報告されている(白石・竹谷, 1957; 横手, 1978, 1984)。しかしながら、そのほとんどは河川生活期のものであり、一生の半分を過ごす海での生態については、1980年代前半まではほとんど知られていなかった。もっともこの間研究者達は手をこまねいていたわけではなく、各地でアユ仔稚魚の追跡調査がなされてきたが、大量に捕獲することができず、得られる知見も断片的なものにとどまっていたことが指摘されている(塚本, 1988; 谷口, 1989 a)。

1980年代半ばになって土佐湾の波打ち際にアユ仔稚魚が大量に分布することが明らかにされ(木下, 1984; Senta and Kinoshita, 1985)、これが海域生活期のアユの生態解明を大きく進める引金となった。盲点というべきか、彼らの生息場所は水深がせいぜい1 m程度のごく浅海域であった。こういったごく限られた場所がアユの保育場となっていたのである。

この報告をきっかけに各地で海域生活期のアユの研究が急速に進んだ。特に塚本(1988)の報告は、海でのアユ仔稚魚の生態のかなりの部分を明らかにした。このようにして、近年まで未知であったアユの一生の前半部もかなり解明され、アユの全生活史が把握されつつある。しかし、全生活史が把握された時、全国各地でアユ資源の減少が問題となっていた。

本論文では、筆者らの行ったアユ仔稚魚の生態調査をもとにアユの半生について記述するとともに、矢作川でのアユ資源の復活に向けての提案を行う。

本論文は、1996年3月21日に行われた平成7年度豊田市矢作川研究所シンポジウムでの講演内容を取りまとめたものである。

## 1 海域生活のアユの生態

### (1) 海域での生活史

塚本(1988)の報告によると、アユは海においては一般に沿岸回遊を行い、その回遊経路はおおよそ河川→河口→沿岸表層→波打ち際→河口→河川であると考えられている。

しかし、塚本の報告の中にも不明な点が2つあった。その1つは河川から海(沿岸表層)

へと出た後、波打ち際へと接岸するまでのごくわずかの間どこにいるのかが不明な点である。この間わずか1週間程度、体長では数mm程度でしかないが、全くといってよいほど採集されていない。もう1つは相対的に早い時期に生まれたアユにおいて、波打ち際に出現した後一旦そこから姿を消すが、次に捕獲されるのは遡上のために河口に現れた時で、その間どこで生活しているのかが不明な点である。

## (2) 河口域のアユ

### ① 河口域でのアユの出現

筆者らは1985年から88年にかけて四万十川の河口域で仔稚魚の生態研究を始めた。採集は月1回、流心部と岸沿いの浅所で行った。流心部では口径0.8mの稚魚ネットを用い、表層と底層を曳網した。岸沿いでは1×4m、網目1mmの小型曳き網を用い、1m以浅を

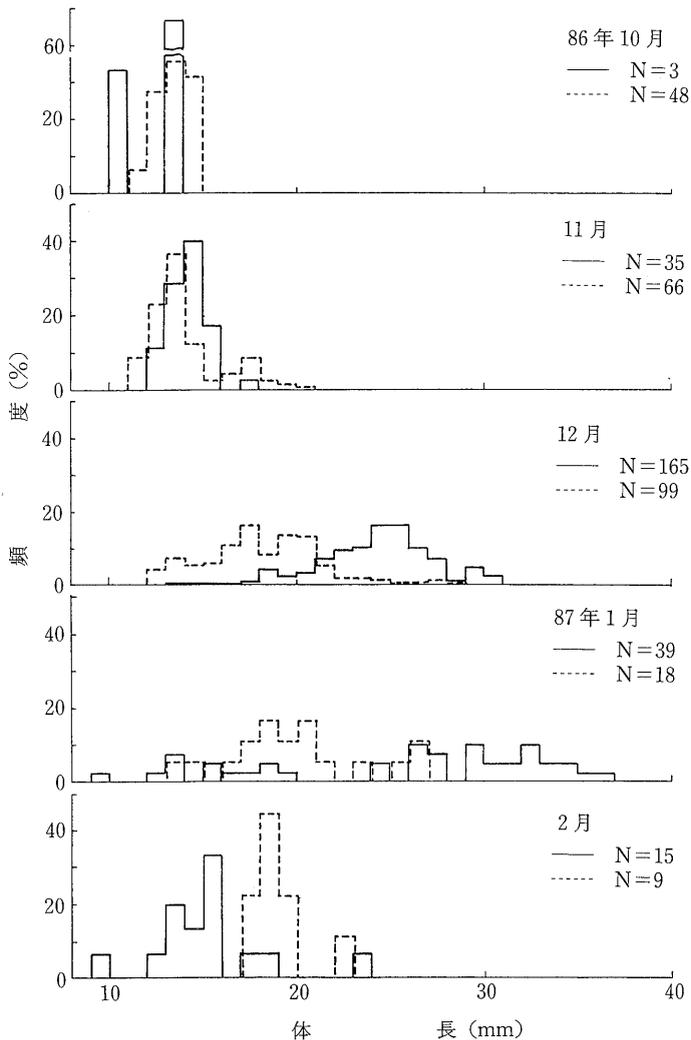


図1 四万十川河口域 (実線) と河口周辺の海岸 (破線) で採集されたアユ仔稚魚の体長組成の経月変化 (高橋ほか, 1990 を改変)

曳網した。

河口域の浅所で網を曳くと、秋から冬にかけて海の波打ち際と同様に大量のアユが採集された。対照として同様の調査を行った河口周辺海岸の波打ち際のアユと体長を比較すると、採集した月によってやや違いは認められるものの、出現期間や体長範囲は河口域と海で大きな差はなかった(図1)。つまり、海域と同時期に、同サイズのアユ仔稚魚が河口域にも生息することが明かになった。

そして、そのアユを調べていく中で、河口域のアユも海とほぼ同様の生活史を持ち、河口域へと流下した後、岸沿いの浅所に接岸することが分かった。ここは海における波打ち際と同じく、保育場的な役割を果たしていると考えられ、河口域での主たる分布域となっている。

## ㊦ 成長

近年、アユの耳石に刻まれている輪紋(図2)が日周輪であることが明かにされた(Tsukamoto and Kajihara, 1987)。これを用いて日齢査定を行うと、そのアユのふ化日、成長など様々な情報が得られることになる。

図3は河口域と海域との成長をふ化した時期別に比較したものである。河口域、海域とも早く生まれたものほど成長が速いことが判る。このようにふ化した時期によって成長に差が生じる現象は、他の海域のアユ(山崎, 1986; 塚本, 1988)のみならず、琵琶湖産のアユにおいても確認されている(Tsukamoto, *et al.*, 1987)。このような成長が良い早生まれアユは、早期に河川を遡上するいわゆる一番仔となっていると考えられる。

一方、河口域と海域の成長を比較すると、10月生まれ、11月生まれとも海域よりも河口内の成長が良好であることが明かとなった(図3)。同様の現象は熊野川河口域でも報告されており、河口域と海域の餌料環境の違いが成長スピードの差として表れたと考えられてい



図2 アユの耳石(偏平石)にきざまれた日周輪

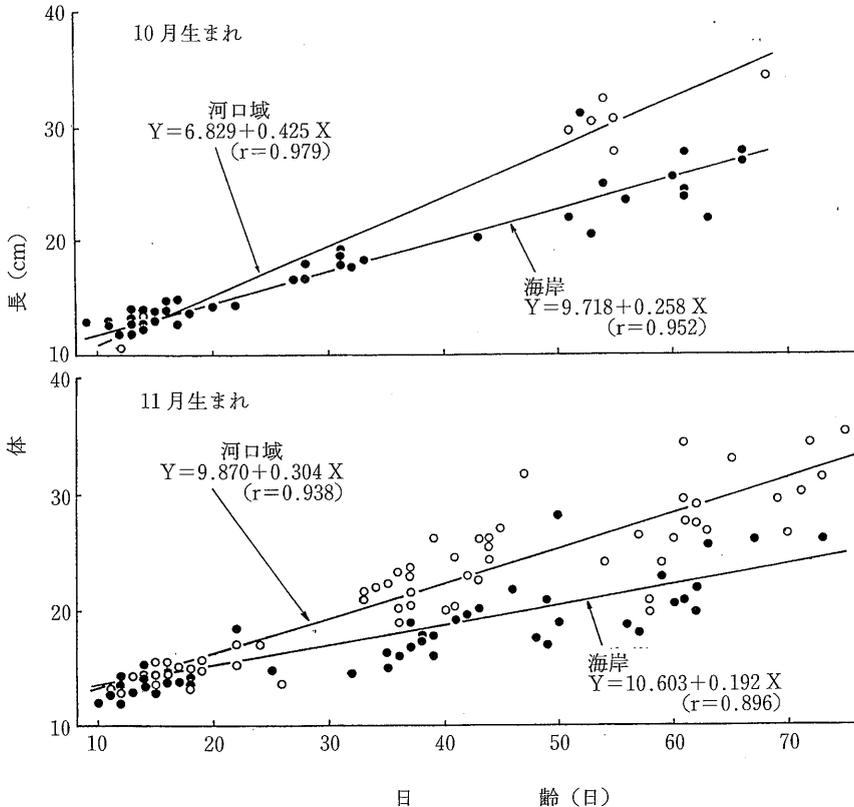


図3 四万十川河口域と河口周辺の海岸で採集されたアユ仔稚魚のふ化時期別の成長の比較 (高橋ほか, 1990 を改変)

る (塚本ほか, 1989)。四万十川河口域のアユの消化管内を調べると、汽水性のコペポーダやミズハゼ属の仔魚などの河口域独特の餌生物の存在が認められた。これら河口域独特の餌料生物がアユ仔稚魚の成長を支えている可能性がある。また、アユの飼育実験によると、海水と汽水で飼育した場合、絶食下の生残率は汽水で良好であることが報告されている (伊藤ほか, 1971)。このことは河口域のような汽水中では、アユ仔稚魚のエネルギーの消費が少ないことを暗示しており、河口域において成長が良好であることの一因となっていると考えられる。いずれにせよ河口域における良好な成長状態は、河口域の持つ生態的意義を考えるうえで興味深い。

### ③ 河口域での分布

図4は河口域の流心部と岸沿い浅所で採集されたアユの体長組成を重ね合わせたものである。流心部では体長7.0 mm以下のものが大部分で7.5 mmを越えるものはほとんど出現していない。これらは卵黄を持ったいわゆる流下仔アユである。他方、岸沿いの浅所では5-37 mmまでのものが採集され、その一部には流心部と同様流下仔アユが含まれていたが、10 mmを越えるものが多い。これら2水域の体長組成から、河口域の流心部を漂っていたもののうち、10 mm前後に成長したものから岸沿いの浅所に接岸している様子が読み取れ

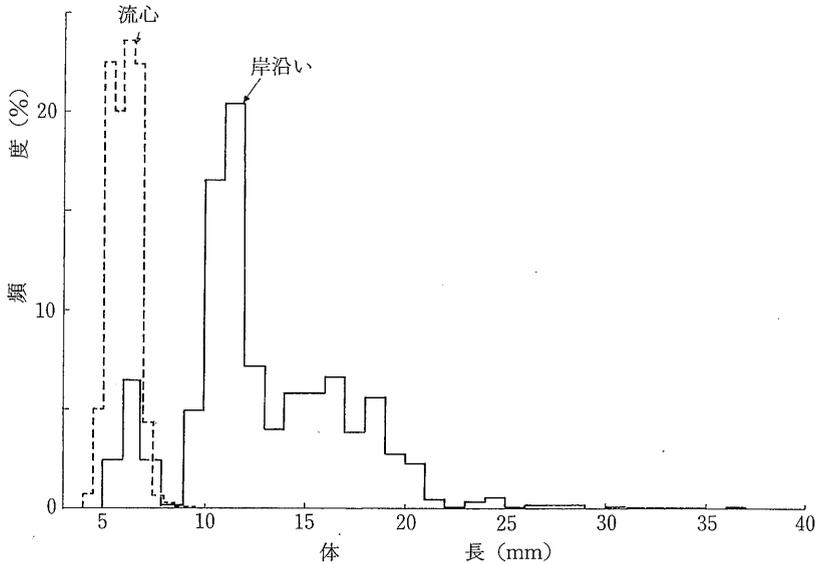


図4 四万十川河口域の岸沿い浅所（実線）と流心部（破線）で採集されたアユ仔稚魚の体長組成

る。しかしながら、接岸前の7-9 mmのものはほとんど採集されていない。サイズに若干の差異は認められるものの、前述のように海域においても接岸前のアユの生息域は不明である（塚本，1988）。

河口域において接岸直前のアユ仔魚が採集されない理由として、2つのことが想像された。その1つは、接岸前にほとんどのアユが一旦海域に出てしまい、体長10 mm前後に成長したのから河口域へと入って来るということであった。そこで海域と河口域の出入りを確認するために、1990年12月に河口部で24時間の連続採集を行った。その結果、出現量の時間的推移をみても海域に出たものが再び河口内に入ってきている状況はなかった。さらに、体長をみても接岸直前のものはほとんど出現せず、この面からも上記の仮説は否定された。このようなことから、生息域が不明である接岸直前のアユは河口域のどこかに生息していると判断された。

塚本（1988）は、海域における接岸前の不明な生息域は底層にあるのではないかと想像していた。他方、著者らはそれまでの調査では河口内でくまなく採集を行っている。また、底層についても稚魚ネットを用いて調査している。これらのことから、接岸直前のアユ仔魚はかなり特殊な分布状態をしていることが想像され、さらに、それは通常のネットでは採集できないようなごく底層部ではないかと思われた。そこで、そのようなごく底層を採集できるソリ付きのネットを作成し、四万十川の河口域で1992年11月から93年2月にかけて7回採集を実施した。その結果、アユ仔魚は卵黄を吸収し終わる頃（体長7-7.5 mm）から一旦底層へと移動し、10 mm前後に成長した段階から岸沿いの浅所に接岸すると考えられた（高橋ほか，1993）。これまで不明であった接岸前の生息域は、やはり、底層にあると言えるであろう。

どのような機構で接岸前に底層へと集まるのかは、現在検討を進めているところであるが、すでに述べたように海域生活期のアユは主に波打ち際のようなごく沿岸域に生息しているこ

とが知られている。したがって、海に流下したアユにとって接岸行動は生き残るうえで重要な課題となっていると想像される。一方、接岸を容易にするためには、海に流下した後の分散を最小限度にとどめること、言い換えれば岸からあまり遠くまで流されない手段をとる必要がある。底層への集中は遊泳力の弱いこの時期のアユにとって、潮流や河川流によって沖合いへと流され難くし、ひいては接岸を容易にするための有効な手段であると言えるのではないだろうか。

前出の図4をみると、河口域の岸沿いでは接岸を始める体長10 mm前後から20 mmまでは出現量が多く、この間はここに滞在し生息するとみなされる。しかし、体長20 mm以上のアユはあまり出現せず、特に30 mm以上はほとんど採集されていない。これらのアユが河川へと遡上するまでどこに生息するのかもこれまで不明であったが(高橋ほか, 1990)、地元の漁業者らの話から、遡上前のアユがシラスウナギを採捕するための水中燈に集まることが分かってきた。

1995年12月から96年3月にかけて集魚燈による採集を四万十川河口域の岸沿いと沖側の2箇所で行ったところ、20-50 mmのアユが多数採集された。この原稿を書いている現在、まだデータが十分まとまっていないため詳細は略すが、体長が20 mmを越える頃から河口域の岸沿いから沖合いへと分布域を広げ、特に30 mm前後からその割合が高くなることが分かってきた。

体長20 mmというのは鰭がかなり形成され(Fukuhara and Fushimi, 1986)遊泳力が増大する時期にほぼ一致し、30 mmは胃が分化する時期に対応するとともに、空胃個体の割合が0%に近くなる(山崎, 1986)。このような内的な変化に伴い、餌を求めて生活範囲が拡大するものと想像される。ただし、20-30 mmになると沖に出るといった単純なものではなく、早く生まれたものほど積極的に沖に出るようであるが、遅生まれのものは岸沿いでそのまま生活する割合が高いようである。このような現象は、早生まれのアユは遡上前に一旦波打ち際から姿を消すという海域での知見(塚本, 1988)と符合している。このようなふ化時期による回遊経路の差異がどのような機構で生じているのかについては、今後解析していきたい。

## ⑤ 海での回遊経路

ここまで述べてきた四万十川河口域での知見と海域での報告を併せてアユの回遊経路をまとめると図5のようになる。まず、河川から沿岸域(または河口域)に流下したアユ仔魚は表層付近を漂うが、卵黄を吸収し接岸するまでの間、底層に密着するような形で分布する。その後波打ち際(河口域では岸沿い)に接岸する。体長20 mmに成長した頃から生息域を拡大し始め、やや沖合いまでが生活圏となる。これは索餌行動の拡大と思われるが、生まれた時期によってはあまり沖に出ない等回遊パターンが異なり、まだ未知の理由が隠されているのかもしれない。いずれにせよ、海域生活期の大部分を波打ち際からそう遠くない沖合いまで、つまり沿岸域を中心に過ごした後、河川へと遡上して行くものと判断される。

このような回遊形態は海域でも河口域でも、サイズに多少のずれはあるもののほぼ同様と考えられる。前述のとおり、海や河口域に流下した頃(卵黄吸収直後)、分散を防止するために底層に集中すると考えられること、沿岸域を生活圏としていることから考えると、大部

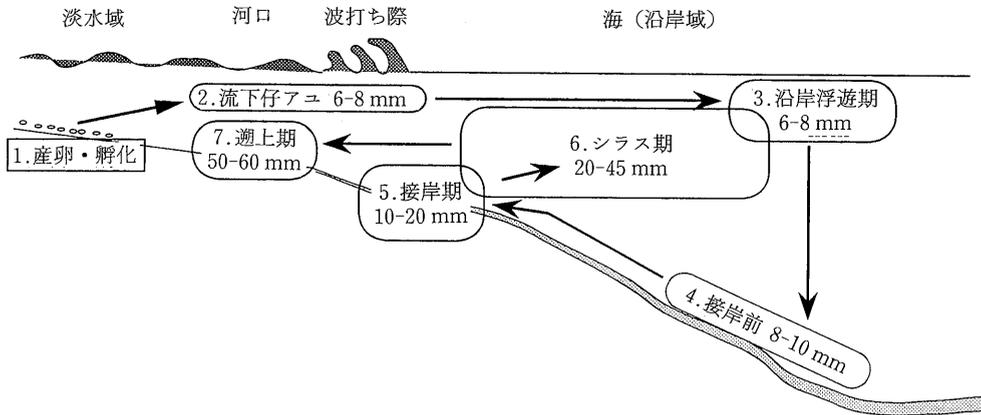


図5 海域におけるアユの回遊経路の模式図

分のアユはあまり広範囲には回遊しないのかもしれない。したがって、特殊な気象条件や地理的条件がなければ、母川への回帰率はかなり高いことも考えられる。

## 2 資源保護策

近年各地でアユ資源の減少が顕在化している。日本経済の高度成長は経済的な繁栄とともに著しい環境の悪化をももたらせたのである。戦後間もない頃、昭和22年の日本水産学会誌には東京都を流れる江戸川の遡上稚アユの研究報告が掲載されている(林・川崎, 1947)。現在の江戸川からは、かつて大量にアユが遡上していたことなど想像すらできない。

アユ資源の減少の理由は様々なものがあるが、その多くは人為的なものであることは、論を待たないであろう。ここでは、大きく河川環境の改変と漁業的影響の2つに分けて問題点と今後の課題を検討する。

### (1) 河川環境の改変による影響

アユに影響を及ぼす河川環境の改変として、水質汚濁、河川改修、横断構造物の建設、流量の減少等が挙げられる。これらのうち、水質については矢作川では流域住民の積極的な活動により改善されてきており、ここでは省略する。ただし、近年の研究でアユはごく低濃度であっても合成洗剤に含まれる界面活性剤を忌避し、遡上行動や分布に変化が見られることが報告されている(日高, 1987)。今後、水質の問題では新たな取り組みが必要とされるようになるものと思われる。また、河川改修については、河床の平坦化等アユが生息しづらい状況を作ってきたが、これについては水野(1980)など多くの改善案が提起されている。また、最近になりヨーロッパで実施されている近自然河川工法の考え方が日本にも紹介されるに至って(ゲルディ・福留, 1990)、改善の兆しが見えてきた。矢作川は日本における近自然河川工法の先進地であり、河川改修による問題も早晩解決するものと確信している。

このようなことから、ここでは横断構造物と流量の減少による影響の2つを取り上げる。

### ① 横断構造物

言うまでもなく河川に建設される横断構造物は、アユを初めとする魚の移動を阻害する。この対策として古くから魚道が設置されてきたが、その効果を疑問視せざるをえない魚道が多いことはすでに指摘されている（小山，1979）。図6はその一例であるが、魚道が堰本体よりもかなり下流側に突出したもので、全国各地に数多く見られる。このような魚道では魚道入口を魚が発見することが困難で、効果はあまり期待できない。この他にも様々な悪例が知られているが、詳しくは小山（1986）など、その方面の文献を一読されたい。

図7は上記のような突出型の魚道を改善したもので、魚道入口を堰本体にもってきている。こうすることにより、魚は入口の発見が容易になりスムーズな遡上が期待できる。図8は発想を一步進め、堰斜面を早瀬に見立てた物である。写真を見る限り流速は相当に速く、稚アユの限界遊泳力である120-130 cm/s（小山，1978）を越えていると考えられる。しかし、稚アユは簡単にこの魚道を遡上すると言われている。こういった方式は堤高が低く斜面が緩傾斜の堰堤では特に有効と思われる。

### ② 取水による流量の減少

ダムや堰はそこに水を貯えて利用することを主な目的としており、工業用水や農業用水、発電用として利用されることにより、下流側の流量は著しく減少する。このような流量の減少は、魚類の生息場の縮小、水質の悪化、夏季における水温の高温化等、様々な問題を引き起こしている。

アユに対する影響についても、流量の減少により生育状態が悪化すること（水野，1979；伊藤・水野，1979）、縄張りの形成率が低下すること（村上ほか，1989）、河川形態の変化



図6 魚道登り口が堰本体よりも突出した悪例



図7 突出型魚道の改善例（札幌市発寒川）

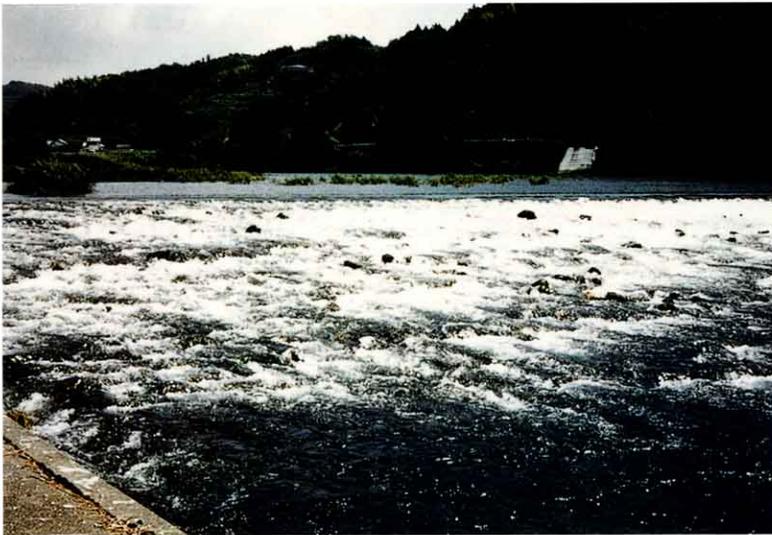


図8 堰斜面を早瀬に見立てた魚道（高知県仁淀川）

（早瀬の平瀬化など）により生息条件が悪化すること（小野寺，1957）などが挙げられている。

このほか、産卵期においても流量が少ないほど翌年の資源量が低下する傾向があることも報告されている（石田，1989；堀木，1991）。矢作川の場合、下流部は勾配が緩く流速が総体に遅いため、産卵場でふ化したアユ仔魚が海に到達するまでにはかなりの時間を要すると思われる。このような状態で流量の減少によりさらに流速が低下するとすれば、河口域あるいは海に出る前に卵黄を吸収し終え、餓死するアユの割合は高くなることが考えられる。

さらに、遡上期についても減水の影響が考えられる。一般にアユの遡上量は河川の規模が

大きいほど多い傾向がある。これは流量が多ければ河川にアユを呼び込む効果が高いということと説明されている (小山, 1978)。このことは、本来の流量が維持されなければ、海から稚アユを呼び込む効果が薄れ、遡上量が減少するという、あるいは遡上期が遅れてしまうことを予想させる。

このような取水に伴う流量の減少に対する根本的な解決策を見いだすことは、相当に困難な作業である。四万十川にある津賀ダムでは水利権の更新の際に、国のガイドラインである比流量 0.3 t に加え、アユの生息期間である 4-9 月に 0.2 t の上乘せをすることを自主的措置として決めた。このような取り組みは近年各地で広まっている。しかし、筆者らによる高知県内の河川での観察では、アユが正常な生息状態を示す流量はかなり高いレベルにあることが多く、彼らの生活権を保全するにはまだ十分な状況にあるとは言いがたい。近年、水需要の形態はかなり変化しており、それらを細かく見直すことにより、少しでも多くの生息空間 (水) を彼らに返してやるような措置が望まれる。

## (2) 漁業的影響

### ① 種苗放流の抱える問題点

アユの種苗放流の歴史は古く、大正時代から行われてきた (宮地, 1960)。また、近年の天然資源の減少、遊漁人口の増加に伴い放流量は年々増加している。放流用種苗には湖産 (琵琶湖産)、海産、河川産、人工産があるが、現在では湖産と人工産が主流となっている。このうち、人工産は近年増えつつあるものの、遡上性や採捕率等に若干の問題があり、依然として湖産種苗が放流の主体である河川が多い。

湖産アユは縄張り性が強く漁獲率が高い、放流後の歩留まりが良いなどの長所を持つ一方、成熟期が海産よりも早く漁獲期間が短いなどの欠点が指摘されていた (石田, 1988)。さらに、最近になって冷水病等の影響で放流後の減耗が激しいなどの問題点も指摘されている。

さらに近年、放流した湖産アユは再生産せず、翌年の資源には結び付かないことが報告された (関ほか, 1988; 関・谷口, 1988)。放流した湖産アユが自然繁殖しているならば、あるいは天然の海産アユと交雑しているのであれば、放流量の多寡に応じて天然海産アユの遺伝子の中に湖産アユの遺伝子が混入した形跡が認められなければならない。ところが、全国各地の天然海産アユを調べてもそのような状況は全くなく、天然遡上のアユには湖産アユの子供はいないこと、また、混血の子供もいないことが確認されたことになる。その理由として、関ほか (1988) は湖産アユは海産アユよりも 1-2 ヶ月産卵が早く、両者の交雑が起こる可能性が小さいこと、湖産アユが産卵する時期はまだ海水温が高いため、高水温に弱い (田畑・東, 1986) 湖産アユは生存できないことを挙げている。

井口 (1994) は、湖産アユの新たな問題点を 2 つ提起した。1 つは湖産と海産の間で縄張り争いが生じた場合の問題で、海産アユが不利になり、成長が遅れる。その結果産子数が抑えられ、翌年の資源量が低調になるのではないかということ。2 つ目は両者が交雑した場合の問題で、その子供は両者の中間的な特性を持つ。そうなれば、塩分や水温耐性の違いから生残率が低下すると予想されることである。実際、土佐湾で採集したアユの遺伝子を調べたところ、10 月には湖産アユの混入または交雑と考えられた集団が存在したが、それ以後そ

のような集団は姿を消した (Azuma *et al.*, 1989). また, 天然遡上のアユに湖産アユの遺伝子が全く含まれていないことはすでに述べた. このようなことを考え併せると, 湖産アユは翌年の資源に寄与しないばかりか, 本来生き残って翌年一番仔として遡上するはずの早生まれの湖産アユを交雑により減耗させている可能性も浮かび上がってくるのである. とくに交雑するとすれば, 湖産アユの中でも成長が良く春に一番仔として遡上するはずの早期産卵群であると考えられるため, その影響は特に質の面から心配される.

ここまで湖産アユの問題点ばかりを指摘したが, この項の冒頭にもその捨て難い長所を示した. 湖産アユは放流効果が高く, 一般の釣り人にも高く評価されている. また, 相対的に低水温でなわばり性が強く (渋谷ほか, 1995), 水温が低い地域に放流するには適している. このような特性を生かし, かつ先のような問題点を解消するためには, 再生産に関与せず, かつ水温が低いダム上流にのみ放流する等, 放流の際にその種苗特性を把握したうえで使い分けが重要となるう.

## ㊦ 乱獲の問題と産卵の保護の重要性

人間が獲物を捕り過ぎれば資源量が次第に減少するということは, 言うまでもないことで, 過去に様々な生物が減少, 絶滅していった. アユの場合も同様で, 資源量の低下の要因であることは否めない. アユ漁は明治時代以前から禁漁期の規制があり, 資源が保護されてきた (石田, 1988). さらに現在では漁法の制限など, 少なくとも夏季のアユについては様々な保護対策がなされている. しかし, 翌年の資源量に密接に結び付く産卵期については, 多くの河川で禁漁期間が設けられているものの, 矢作川のように何の施策もないまま, 産卵親魚を乱獲している河川もいまだに存在する.

図9は日齢査定により推定した四万十川でのアユのふ化日と産卵日の頻度分布である. 図中に記入した産卵保護のための禁漁期間の中にふ化・産卵ともピークがあり, 禁漁期間が有効に機能していることがわかる. 高知県内の多くの河川では近年さらにこの期間を2週間ほど延長して, 産卵期が遅れた場合にも対応している. しかし一方で, このような禁漁期間では早期に産卵・ふ化するアユが守られていないことも事実である (図9). 前述したようにアユは早生まれほど成長が良好である. このようなアユは早期に遡上するため (兵藤・小山, 1986; 塚本, 1988), いわゆる一番仔として質的に重要である. このようなことから, 産卵保護のための禁漁期はかなり早い時期から行うことも考える時期に来ていると思われる.

ところで, 流下仔アユ量と翌年の遡上量とは相関があるが, 産卵期の親魚の量と流下仔アユの量には相関がないと言われている (谷口, 1989b). これは, 産卵からふ化・流下までの間に存在するもの, つまり産卵環境の良否も資源量を多寡を決める重要な因子となっていることを示唆するものである. したがって, 禁漁期を設けて親魚を保護することは絶対的な必要条件ではあるが, それだけでは翌年の資源の増加には結び付きにくく, 産卵をする環境を併せて保全する必要性が浮かび上がる.

良い産卵場の条件として, 河床の礫が浮き石状態であることが重要である (白石・鈴木, 1962; 石田, 1964). アユはそのような水域で径1-10mmの礫を選んで産卵する (石田, 1961). このような浮き石状態の無い河川では, 卵の流失など, 様々な形で産出された卵が



## おわりに

アユは海と川を行き来する回遊魚である。そのため、限られた地域での対策や単一的な対策ではその資源を保全することは難しい。矢作川のアユ資源を復活させるためには、その実状を把握する必要がある、生活史全般の基礎的な調査がまず必要とされる。さらに、アユが保護すべき資源であるのか、保護しなければならない状態にあるのか、どうすれば保護できるのか、こういったことについて流域全体の理解を得るという過程が必要である。

今後、矢作川流域の人々が一体となって息の長い保全対策が取られること、アユという魚を通じて流域に一体感が生まれることを期待する。

## Summary

In the amphidromous form of ayu *Plecoglossus altivelis*, larvae hatched in rivers in autumn are drifted down into the sea, where they live throughout the larval and juvenile stages until spring. Little had been known about the details of early life history of ayu in the sea. It was recently reported that they inhabit mainly surf zone of sandy beach. On the other hand, an appreciable number of larval and juvenile ayu occurred from autumn to next spring in the Shimanto estuary. The growth rate of ayu was higher in the estuary than in the adjacent sea. These phenomena suggested that the estuary is important for ayu not only as a migration route but also as a nursery ground. I supposed the route of inshore migration of larval and juvenile ayu in the sea from the distribution pattern of them in the Shimanto estuary and other ecological studies on ayu in the sea.

Owing to the developments and utilizations of rivers and the sea all over Japan in recent years, natural stocks of ayu were decreased. The influence of human works on ayu was examined, and some countermeasures for them were considered. In the Yahagi River, the various plans for the maintenance of ayu during the spawning season are chiefly required at present.

## 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37回農業土木学会中四国支部講演会講演要旨.

Azuma, K., I. Kinoshita, S. Fujita and I. Takahashi, 1989. GPI isozymes and birth dates of larval ayu, *Plecoglossus altivelis* in the surf zone. Japanese Journal of Ichthyology, 35 (4) : 493-496.

Fukuhara, O. and T. Fushimi, 1986. Development and early life history of the ayu reared in the laboratory. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 52 (1) : 75-80.

C. ゲルディ・福留脩文, 1990. 近自然河川工法——生命系の土木建設技術を求めて——. 近自然河川工

- 法研究会, 高知, 99 pp.
- 林繁一・川崎博之, 1947. 江戸川産稚鮎の漁獲数量と水温, 気温及びその他の気象要因との関係に就いて. 日本水産学会誌, 13(3):105-107.
- 日高秀夫, 1987. カムバック・アユ計画—よみがえれ, 天然週上アユ—. 水, 29(13):18-25.
- 堀木信男, 1991. 和歌山県における海産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—. 日本水産学会誌, 57(6):1065-1070.
- 堀田秀之, 1953. 海産稚鮎の生態に就いて. 魚類学雑誌, 3(1):15-20.
- 兵藤則行・小山茂生, 1986. 海産稚仔アユに関する研究III—週上稚アユの日齢とそのふ化日について—. 新潟内水試研報, 13:1-7.
- 井口恵一郎, 1994. アユ—両側回遊から陸封へ. 川と海を回遊する淡水魚 (後藤晃・塚本勝巳・前川光司編), 東海大学出版会, 東京, pp. 128-140.
- 石田力三, 1961. アユの産卵生態—II, 産卵魚の体型と産卵床の砂礫の大きさ. 日本水産学会誌, 27(12):1052-1057.
- 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, 1988. アユの生態と釣り. つり人社, 東京, 162 pp.
- 石田力三, 1989. アユの産卵のための保全流量. 魚を育む豊かな流れ, 全国内水面漁業協同組合連合会, 東京, pp. 209-227.
- 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 LXXIV —人工ふ化仔魚の絶食生残に対する塩分濃度および水温の影響—. アユの人工養殖研究 1, 三重大学水産学部淡水増殖学研究室, pp. 143-163.
- 伊藤猛夫・水野信彦, 1979. 坂折川水系と仁淀川のアユおよびアマゴの生息数の標識放流による推定. 仁淀川水系坂折川の魚類を中心とした河川生態と漁業, 仁淀川水系河川生態調査会, 松山, pp. 37-56.
- 木下泉, 1984. 土佐湾の碎波帯における仔稚魚の出現. 海洋と生物 35:409-415.
- 小山長雄, 1978. 稚アユの章—川をのぼるアユ—. アユの生態, 中央公論社, 東京, pp. 77-168.
- 小山長雄, 1979. 魚ののぼらぬ魚道. 淡水魚, 5:1-8.
- 小山長雄, 1986. 魚道の診断と設計. 130 pp.
- 小野寺好之, 1957. 河川型の変化に応ずる漁獲努力量 (アユ) の変化について. 日本水産学会誌, 23(7・8):410-419.
- 宮地伝三郎, 1960. びわ湖のアユ苗. アユの話, 岩波書店, 東京, pp. 141-158.
- 水野信彦, 1979. 斐伊川と神戸川の魚類. 斐伊川・神戸川漁業調査報告, 日本水産資源保護協会, 東京, pp. 113-227.
- 水野信彦, 1980. 中流域 (アユ漁場) での河川改修の問題点と改善策. 淡水魚, 6:1-7.
- 村上恭祥・林譲二・加藤友久, 1989. 広島県 (アユ漁業にとって望ましい河川流量調査). 魚を育む豊かな流れ, 全国内水面漁業協同組合連合会, 東京, pp. 158-209.
- 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.
- Senta, T. and I. Kinoshita, 1985. Larval and juvenile fishes occurring in surf zones of Western Japan. Transaction of the American Fisheries Society, 114:609-618.
- 渋谷竜太郎・関伸吾・谷口順彦, 1995. 海系アユおよび琵琶湖系アユのなわばり行動の水温別比較. 水産

- 増殖, 43(4) : 415-422.
- 白石芳一・竹谷月江, 1957. アユ文献目録. 淡水区水産研究所資料, pp. 97-91.
- 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.
- 田畑和男・東幹夫, 1986. 海産, 湖産系および湖産アユ仔魚の海水飼育における生残特性. 兵庫水試研報, 24 : 29-34.
- 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.
- 高橋勇夫・東健作・藤田真二・木下泉, 1993. 四万十川河口域におけるアユ仔魚の流下から接岸までの分布様式. 平成5年度日本水産学秋季大会講演要旨集, p. 111.
- 谷口順彦, 1989 a. アユの一生, その生活史. 土佐のアユ, 高知県内水面漁業連合会, 高知, pp. 9-37.
- 谷口順彦, 1989 b. 海産アユ不漁の原因と対策. 土佐のアユ, 高知県内水面漁業連合会, 高知, pp. 209-222.
- Tsukamoto, K. and T. Kajihara, 1987. Age determination of ayu with otolith. Nippon Suisan Gakkaishi, 53 (11) : 1985-1997.
- Tsukamoto, K., R. Ishida, K. Naka and T. Kajihara, 1987. Switching of size and migratory pattern in successive generations of the land-locked ayu. Common strategies of anadromous and catadromous fishies. American Fisheries Society Symposium 1. American Fisheries Society : 492-506.
- 塚本勝巳, 1988. アユの回遊メカニズムと行動特性. 現代の魚類学 (上野輝彌・沖山宗雄編), 朝倉書店, 東京, pp. 100-133.
- 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.
- 山崎幸夫, 1986. 海産アユ仔稚魚の摂餌生態に関する研究. 東京大学修士論文, 75 pp.
- 横手方, 1978. アユに関する文献集 I. 淡水区水産研究所資料, 112 pp.
- 横手方, 1978. アユに関する文献集 II. 淡水区水産研究所資料, 82 pp.