

静岡水技研研報(43) : 7-12, 2008
Bull. Shizuoka Pref. Res. Inst. Fish. (43):7-12, 2008

都田川におけるアユ産卵水域の上流側への移動

鈴木邦弘^{*1}・羽田好孝^{*2}

The shift to the upstream on the spawning area of Ayu,
Plecoglossus altivelis in the Miyakoda River

Kunihiro Suzuki and Yoshitaka Haneda

キーワード：アユ *Plecoglossus altivelis*, 産卵, 発眼率, ダム, 河床低下, 都田川

まえがき

夏の間、河川の上中流域で成長したアユ *Plecoglossus altivelis* は、日長条件の変化を契機に性成熟が進行し、秋になると産卵場を目指して下流域へ移動する。アユの産卵場についてはこれまでに多くの知見が集積され、“波立っている浮石河床の瀬”が産卵場になることなど、その地形や構造等が明らかにされてきた^{1~6)}。また静岡県内では、狩野川⁵⁾、興津川⁵⁾、安倍川⁵⁾、大井川⁵⁾、天竜川^{5,7)}、都田川⁸⁾の各河川における 1957~1965 年の産卵水域や産卵状況等が報告されている。

しかしながら、狩野川と天竜川を除いては、各々の産卵場に関する知見は必ずしも十分ではなく、また報告から數十年が経過し、河川改修や河川横断物の設置さらには流域の開発等により、各河川の様相は大きく変貌した。特にダムの設置は、河川環境を大きく改変しあつアユの回遊を物理的に遮断することから、アユの産卵に多大なる影響を与えていると予想される。

そこで本研究では、1984 年に湛水が開始され 1986 年にダムが完成した都田川において、1996~1998 年の各年ににおけるアユ産卵場の位置や規模等を調査し、1965 年の産卵状況⁸⁾と比較することで、ダム設置によるアユの産卵水域等の変化について検討した。また、ダム上流域での再生産や放流種苗に由来すると思われる早期産卵が確認された

ので併せて報告する。

材料及び方法

1 調査場所

都田川水系は、流域面積 524km²、流路延長 166km、流域内の 2 級河川数は 29 河川を数え、河口部には浜名湖を有する大きな水系である⁹⁾。この内、本研究では浜松市北区細江町中川に位置する茂塚橋周辺から上流の都田川本流を調査範囲とし、この間で水深 50cm 以浅の浮石河床の瀬^{5,6)}を中心に調査した。(第 1 図)

また、確認されたアユの産卵場について、浜名湖に最も近い細江大橋（以下、河口と記す）からの距離と標高並びに河床勾配を確認するため、フリーソフトウェアのカシミール 3D Ver8.7.2 (<http://www.kashmir3d.com/>) により、国土地理院発行の 5 万分の 1 地形図と 50m メッシュ標高データを利用して都田川河川縦断図を作成した。

2 調査頻度及び回数

アユ卵の孵化日数は「 $10^{2.8623} / \text{水温}^{1.4068}$ 」¹⁰⁾ と報告されており、これによると水温 23°C で 8.8 日、15°C で 16.1 日と推定される。そこで、調査回次間のダブルカウントやデータ採取漏れを最小限にするため、アユの産卵期である秋の水温を考慮して調査を計画した。実際の調査は、一部増水

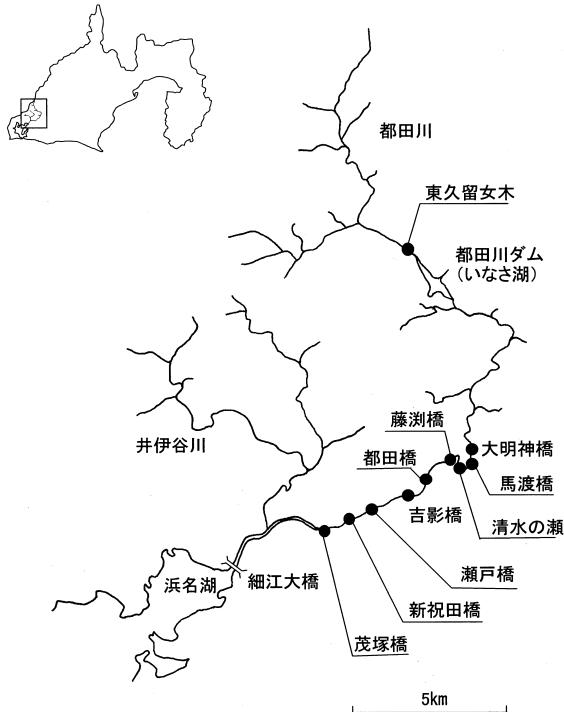
2007年11月20日受理

静岡県水産技術研究所浜名湖分場業績第 145 号

*¹静岡県水産技術研究所浜名湖分場

*²静岡県水産技術研究所浜名湖分場 現静岡県水産流通室

の影響もあり、1996年に3回（9月26日、10月7日、10月21日）、1997年に6回（9月25日、10月7日、10月20日、11月4日、11月17日、11月28日）、1998年に7回（9月28日、10月5日、10月9日、10月30日、11月9日、11月18日、12月1日）実施した。



第1図 アユ産卵場の主要調査地点

3 産着卵の確認と計数

各調査区域について、上流から下流に踏査してアユ産着卵の有無を確認した。産着卵が認められた場合には、産卵面積を測定し、産着卵が付着した砂利を塩化ビニール製パイプ（口径11.5cm）により深さ10cmまで採取した。採取した砂利は予め8区分に分けられたバット上に均一に広げ、このうち2区分について発眼卵、未発眼卵、死卵（1996年は未調査）を区別して卵数を数えた。この作業を産卵場ごとに箇所を変えて3~6回繰り返し、その平均値を産卵面積で引き延ばして各調査日の産着卵数を推定した。最後に、各調査日の産着卵数を合算することで産卵場ごとの総産卵数を推定した。

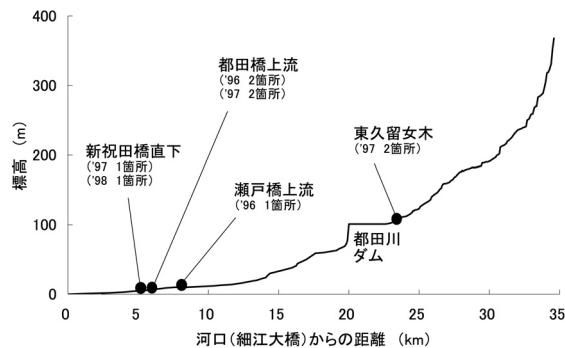
結 果

1 産卵場の位置

1996~1998年の3カ年で確認されたアユの産卵場の位置、年及び箇所数を、都田川河川縦断図上に示した（第2図）。確認された産卵場は、新祝田橋直下に2箇所、都田川橋上流に4箇所、瀬戸橋上流に1箇所、東久留女木に2

箇所の合計4地点9箇所であった。これら産卵場のうち新祝田橋直下の産卵場は1997年と1998年の両年とも同一の場所に形成されたが、他の産卵場は年により形成場所が異なった。

また、産卵水域は河口から上流5.0~8.5kmの河床勾配1/1000~1.2/1000の範囲と、河口から上流23.0kmで都田川ダム上流の河床勾配2.5/1000~4/1000の範囲にあった。



第2図 都田川河川縦断面に示したアユ産卵場の位置

2 産卵面積

産卵面積の年別地点別推移を第3図に示した。1996年は10月上旬で調査を終了しているため産卵面積の増減を捉えることは出来なかった。1997年は、東久留女木で10月7日に75m²、都田橋で10月20日に18m²、新祝田橋で11月4日と17日に108m²でそれぞれ最大面積になり、時期を追って上流から下流へ産卵場が移る様子が確認された。1998年は、新祝田橋のみで72~96m²の大規模な産卵場が長期間継続した。

3 産着卵数の推移と総産卵数

産着卵数の年別地点別推移を第4図に示した。産卵面積の増減（第3図）に伴って産着卵数も増減する傾向にあったが、東久留女木では面積の割に産着卵数は少なかった。産着卵数のピークは、東久留女木で1997年10月7日に909万粒、新祝田橋で1997年11月4日に3,533万粒、1998年10月30日に1,249万粒であった。

総産卵数は、東久留女木1,131万粒、都田橋281~503万粒、瀬戸橋262万粒、新祝田橋4,480~5,397万粒であり、最下流に位置した新祝田橋直下で最も多かった。

4 発眼率及び死亡率の推移

第5図に1997年と1998年の産着卵の発眼割合の変化を示した。発眼率（=発眼卵数/（産着卵数-死卵数））については、東久留女木と都田橋では10月中下旬のみに高率であったのに対し、新祝田橋では10月上旬と11月下旬

～12月上旬の2回高率であった。

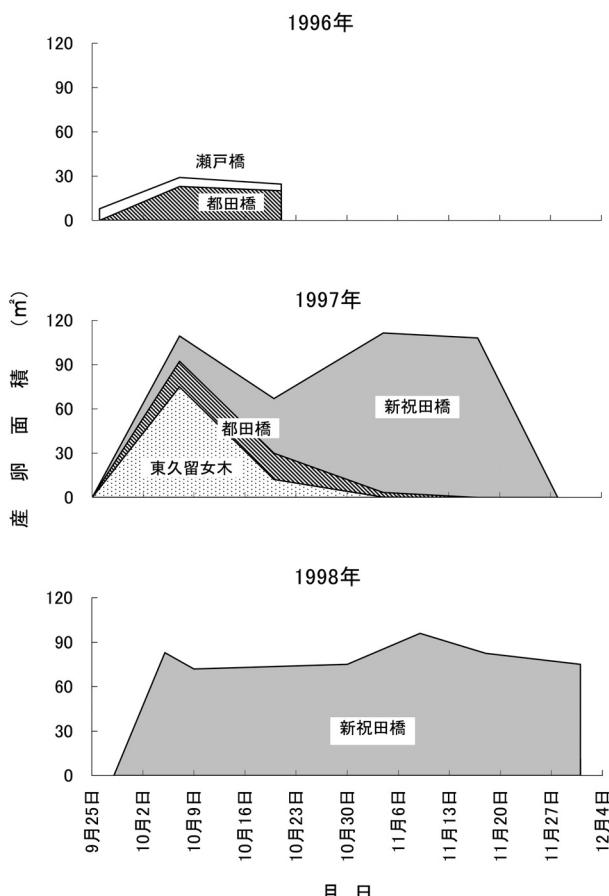
死亡率については、東久留女木で10月下旬～11月上旬に8.8～14.3%と高率であったのを除き、その他では0～2.8%と低率であった。

5 1965年の産卵状況との比較

1965年⁸⁾と1996～1998年の産卵時期及び総産卵数を第1表に示した。1965年の産卵は一色（現在の潜竜橋下流付近）、祝田（現在の新祝田橋付近）、茂塚地区で確認されており、産卵水域は河口から4.0～7.2kmの範囲にあった⁸⁾。これに対し1996～1998年のダム下流における産卵水域は5.0～8.5kmの範囲にあり、上限下限共に約1km上流側へ移動していた。また、河口から23km付近のダム上流部には新たな産卵水域が出現していた。

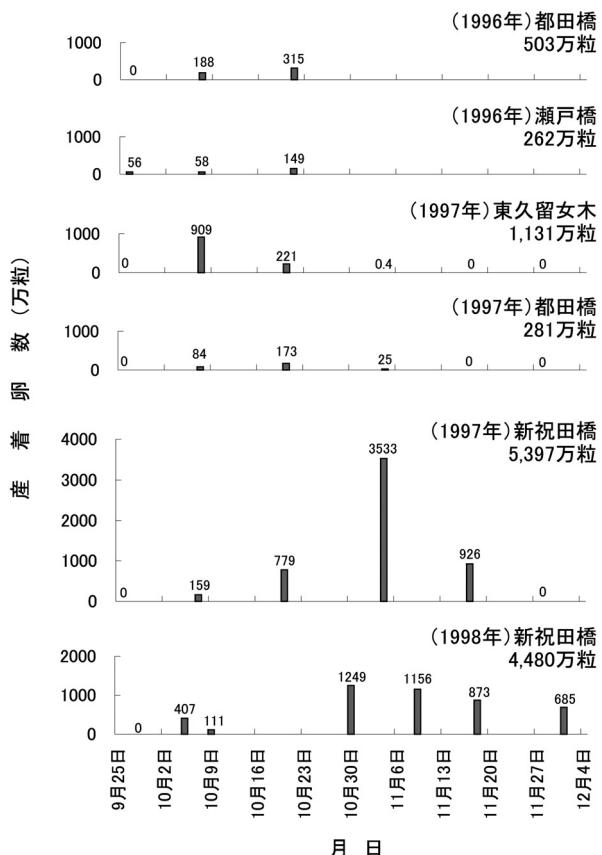
産卵時期については、1965年では9月下旬と10月下旬～12月中旬であったが、近年では9月下旬～11月下旬であった。

総産卵数については、1965年の2,635万粒（報告書⁸⁾）では2,700～3,000万粒と概算値を記載）に対し、1997年は6,809万粒、1998年は4,480万粒であり、調査不十分であった1996年を除いてその数は増加していた。また、地点別

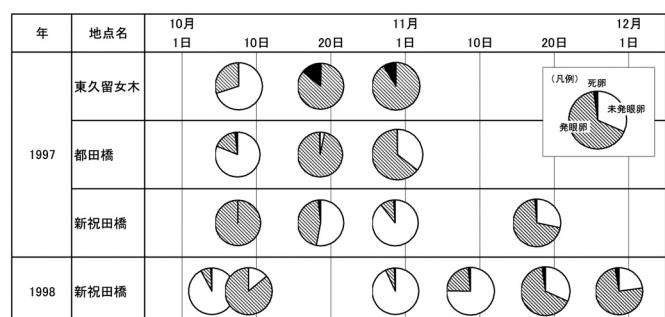


第3図 産卵面積の年別地点別推移

には産卵水域の下限が最大の産卵場となっていることで共通していたが、1965年の総産卵数の7割以上を占めた茂塚橋付近では1996～1998年には産着卵が確認されなかった。



第4図 産着卵数の年別地点別推移



第5図 産着卵の発眼割合の変化

考 察

1 総産卵数の推移

本研究では、調査回次間のダブルカウントやデータ採取漏れを最小限にするため、アユ卵の水温と孵化日数の関係¹⁰⁾を考慮して調査を実施した。しかしながら、1998年は降雨に伴う増水が頻発し¹¹⁾10月中旬のデータが欠測し

第1表 1965年と1996～1998年の産卵時期及び総産卵数の比較

| 地点 | 河口からの距離(km) | 1965年 ⁸⁾ | | 1996年 | | 1997年 | | 1998年 | |
|-----------------------------|-------------|----------------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| | | 産卵時期 | 総産卵数(万粒) | 産卵時期 | 総産卵数(万粒) | 産卵時期 | 総産卵数(万粒) | 産卵時期 | 総産卵数(万粒) |
| 東久留女木 | 23.0 | | | | | 10月上～下旬 | 1,131 | | |
| 都田橋 | 8.5 | | | 10月上旬～(未調査) | (503) | 10月上旬～11月上旬 | 281 | | |
| 潜竜橋下流 (一色 [*]) | 7.2 | 9月下旬 | - | | | | | | |
| 瀬戸橋 | 5.8 | | | 9月下旬～(未調査) | (262) | | | | |
| 新祝田橋 (祝田 [*]) | 5.0 | 9月下旬、 10月下旬～12月中旬 | 635 | | | 10月上旬～11月中旬 | 5,397 | 10月上旬～11月下旬 | 4,480 |
| 茂塚橋 (茂塚 [*]) | 4.0 | 10月下旬～12月中旬 | 2,000 | | | | | | |
| 合計 | | | 2,635 | | (765) | | 6,809 | | 4,480 |

※1965年報告書⁸⁾内の表記名

たことで、総産卵数は過少推定になったと考えられる。この過少分について、1997年の新祝田橋産卵場における産卵の推移（第4図）により500～1,000万粒程度とすれば、1998年の新祝田橋産卵場における総産卵数は前年並みの5,000～5,500万粒であったと推定される。

一方、鈴木¹²⁾は都田川において1997～2000年の毎年10月中旬に24時間降下仔魚調査を実施し、孵化したアユ仔魚が新祝田橋上流を通過するピークの時刻は18～21時と深夜～朝方の2回であると報告している。アユの孵化は日没後数時間に集中して起こる¹³⁾ことから、2回のピークは産卵場から降下仔魚調査地点までの距離の違いにより生じていると考えられ、このことから新祝田橋よりも上流に2箇所の産卵場の存在が示唆される。ところが、1998年には新祝田橋直下以外には産卵場が確認されておらず、これら未確認の産卵場は調査対象外であった水深50cm以深に形成されていたと推察される。なお、1965年の調査⁸⁾においても水深40cm以浅の産卵場のみが調査、報告されている。

以上をまとめると、本調査及び1965年の調査結果は、都田川における浅瀬型産卵場⁶⁾のデータを示しており、その産卵数は1965年の約3,000万粒に対し近年は約5,000～7,000万粒に増加していると考えられた。

2 下流産卵水域の変化とダム建設との因果関係

石田⁵⁾は、アユの産卵場の形成条件は「水底の砂礫組成と水の動きとの一定のからみあいであり、その具体的な現われが波立っている浮石河床の瀬」であると述べている。よって、本結果で得られたアユの産卵水域の上流側への移動は、産卵適地の上流側への移動と理解される。

都田川には、洪水防止、畑地かんがい用水、水道用水の

水源確保の目的で、1986年に都田川ダムが完成した¹⁴⁾。辻本¹⁵⁾は、河川環境の物理基盤に与えるダムの影響を河川工学的視点から考察し、ダムによる土砂のかん止や出水規模及び頻度の低下は、ダム下流の河床低下とそれに伴う粗粒化（アーマー化）、濁筋の固定化、河川敷や中洲の陸化、植生繁茂、樹林化などの河相変貌へと繋がるおそれがあると指摘している。実際、本調査期間中の1998年には、都田橋や新祝田橋付近の河川敷や中洲の陸化及びそれに続く植生繁茂が急速に進み、瀬戸橋から茂塚橋間の河床では粘土層の露出箇所数の増加が観察された。同様のことは漁業権者である都田川非出資漁業協同組合関係者も述べており、同時期には橋脚周辺の潜掘に対する補強工事も増加したとの証言もあった。

以上のことから、都田川ではダム完成後約10年で下流域の河床低下が著しく進行し、アユの産卵水域の下限では1965年当時最大であった茂塚橋付近の産卵場は消滅し、上限では浮石河床の瀬が新たに形成されたことで、産卵水域全体が上流側へ移動したものと推察された。

また、富山県の神通川でも下流域の砂礫帯が数km上流側へ後退（衰退）しアユの産卵場が喪失した¹⁶⁾と報告されており、全国でも同様の事象は発生していると思われる。

3 ダム上流域での再生産

1997年10月上～下旬に、都田川ダム上流の東久留女木において、1,131万粒の産卵があった（第4図）。このことは、ダムの存在で都田川下流域への産卵回遊が遮断された上流域のアユが、ダム上流側への堆砂により形成された新たな産卵適地を利用したことを意味している。

そして、これら産着卵が正常に孵化し、都田川ダムを海の代替として成長し、翌春遡上し再生産を繰り返している

か否か、即ち陸封の可否については生物学的あるいは漁業資源の有効利用の面で大変興味深い。この点について、漁業権者である都田川非出資漁業協同組合では、ダム上流域において放流種苗とは明らかに体長を異にする稚アユの存在を確認しており、都田川ダムでのアユの陸封は確実に起こっているものと推察される。

一方で、人工湖におけるアユの陸封化の条件は、堪水面積1km²以上、最大水深20m以上、肢節量4以上、満水標高400m以下、最低水温4°C以上、pH8以下（年間最高値）、栄養型は中栄養型以下であると言われている¹⁷⁾。都田川ダムの場合、堪水面積0.74km²、最大水深49.5m、満水位標高110.5m、肢節量は3.2（湖周長7.1kmとして計算）であり、必ずしも陸封の条件を満たしているとは言えず、資源が不安定である可能性も考えられる。

本県には多数のダムが建設されており、天竜川の船明ダムにおいても陸封アユが確認されている¹⁸⁾。ダムにより漁場が制限され生産力が低下している現状においては、これらダムの積極的利用も検討すべき課題であり、そのためには本県の陸封アユに関する資源生態的研究の推進が必要である。

4 初期の発眼率の高さと親魚の由来

新祝田橋における発眼率は、1997年と1998年の両年とも10月上旬と11月下旬～12月上旬の2回その値が高くなっていた（第5図）。石田¹⁹⁾は、産卵盛期以前には産着卵の大半は未発眼卵であり、盛期に達して以後、産卵量の減少につれて発眼率が高くなることを報告している。このことから、新祝田橋では2回の産卵盛期があったものと推察され、同様のことは1998年新祝田橋の産着卵数の推移（第4図）からも支持された。

都田川水系では人工産や琵琶湖産の種苗が放流されているものの、それらの放流は都田川ダム上流や支流に限定されており、本流では浜名湖から遡上した海産アユが多く生息し、産卵の主体は海産アユであると考えられる（都田川非出資漁業協同組合、私信）。また、琵琶湖産アユの産卵期が海産アユに比べ1～2ヶ月早く¹⁹⁾、人工産アユでも継代することにより産卵期が早くなることが報告されている²⁰⁾。さらには、1998年新祝田橋の産着卵数は前期の盛期では後期に比べ非常に少なかった（第4図）。これらのことから、前期の産卵盛期は琵琶湖産や人工産アユの産卵に由来する可能性が高いと考えられた。同様に、1965年⁸⁾（第1表）の新祝田橋においても9月下旬と11月上旬の2回の産卵盛期が報告されているが、当時の放流種苗は琵琶湖産のみであったことから、9月下旬の産卵は琵琶湖産アユに由来した可能性が高いと思われる。

野田ら²¹⁾も、都田川におけるアユの放流状況とアユ流下仔魚の全長組成の推移から、9月下旬～10月上旬に出現した小型の仔魚は琵琶湖産アユの産卵に由来し、その後の大型仔魚は海産アユ等に由来すると報告している。

近年、生物多様性の確保を重視した放流のあり方が議論されるようになり、アユについては「アユの遺伝的多様性保全から見た放流指針」²²⁾が策定された。これによると、琵琶湖産アユの放流による大きな遺伝的影響は見つかっておらず、人工産についてはその影響は不明であるとされている。また、放流のあり方については、放流先河川の天然集団と遺伝的な違いがない、あるいはそれと類似した種苗の放流が基本であり、放流前後や遡上期の遺伝的調査の定期実施が望ましいとされている。今後は、マイクロサテライトDNA分析等で都田川における早期産卵群の由来を突き止めその影響評価を行い、放流のあり方について議論する必要があると思われる。

5 今後のアユ増殖対策

以上、本研究により、都田川ではダム完成後約10年でアユの産卵水域の上流側への移動が明らかとなった。このことは、河川内におけるアユの生息範囲の減少、つまりは河川生産力の低下をも意味している。

しかしながら、現在もダムによる土砂のかん止等は続いている、産卵水域がさらに上流側へ移動する危険性も否定できない。従って、河川形状や底質の変化、アユの再生産動向を十分に注視し、アユの産卵場造成や産卵保護区域の変更等の対策を講ずると共に、河川環境を復元させるような中長期的な取り組みの推進が必要である。

さらには、ダム上流域の陸封アユについて、その資源を増大安定させるための試験研究の推進が望まれる。

要 約

1986年にダムが完成しアユの生活域が分断された都田川において、1996～1998年の各年におけるアユ産卵場の位置や規模等を調査し、1965年の産卵状況と比較することで、次の結果を得た。

- 1) 3カ年の調査で、新祝田橋直下に2箇所、都田川橋上流に4箇所、瀬戸橋上流に1箇所、東久留女木に2箇所の合計4地点9箇所で産卵が確認された。
- 2) 産卵水域は、河口から上流5.0～8.5kmの河床勾配1/1000～1.2/1000の範囲と、河口から上流23.0kmで都田川ダム上流の河床勾配2.5/1000～4/1000の範囲であった。この内、下流部に位置する産卵水域は、1965年と比べ約1km上流側へ移動していた。

- 3) 産卵面積は、新祝田橋付近が最大であり、1997年に108m²、1998年に96m²でそれぞれ最大であった。
- 4) 総産卵数は、東久留女木1,131万粒、都田橋281～503万粒、瀬戸橋262万粒、新祝田橋4,480～5,397万粒であり、最下流に位置した新祝田橋直下で最も多かった。
- 5) 発眼率は、東久留女木と都田橋では10月中下旬にのみに高率であったのに対し、新祝田橋では10月上旬と11月下旬～12月上旬の2回高率であった。
- 6) 卵の死亡率は、東久留女木で10月下旬～11月上旬に8.8～14.3%と高率であったのを除き、その他では0～2.8%と低率であった。

謝 詞

本研究を進めるにあたり、静岡県水産技術研究所浜名湖分場の職員の方々には冷たい河川でのデータ採取にご協力をいただいた。鳥居前組合長や藤崎組合長をはじめとする都田川漁業非出資協同組合の皆様方には、アユの生態や都田川の環境変化等について貴重なご意見を伺った。

本研究の一部は、アユ種苗総合対策事業(水産庁)によった。ここに記して感謝申し上げます。

文 献

- 1) 石田力三 (1959) : アユの産卵生態-I 産卵群の構造と産卵行動、日本水産学会誌, 25(4), 259～268.
- 2) 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.
- 3) 石田力三 (1962) : アユの産卵生態-III 産卵場の水深と産卵魚の体型、日本水産学会誌, 28(4), 399～404.
- 4) 白石芳一・鈴木規夫 (1962) : アユの産卵生態に関する研究、淡水区水産研究所研究報告, 12(1), 83～107.
- 5) 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.
- 6) 石田力三 (1967) : アユの産卵生態-V 産卵場の構造、淡水区水産研究所研究報告, 17(1), 7～19.
- 7) 大上皓久 (1968) : 天竜川におけるアユの産卵について、静岡県水産試験場研究報告, 1, 37～41.
- 8) 大上皓久 (1966) : 都田川におけるアユの産卵について、昭和40年度静岡県水産試験場事業報告, 151～153.
- 9) 静岡県土木部河川課 (1993) : 静岡県の河川便覧 平成4年度版, 495pp.
- 10) 伊藤隆・岩井寿夫・古市達也・堀木信男 (1971) : アユ種苗の人工生産に関する研究-LXXI アユの人工授

- 精卵のふ化に対する水温の影響、アユの人工養殖研究, 1, 57～98.
- 11) 鈴木邦弘 (1999) : 平成10年度のアユの再生産状況について～流下仔魚調査結果から～、はまな(静岡県水産試験場浜名湖分場), 462, 1～4.
- 12) 鈴木邦弘 (2002) : 海産遡上アユの資源生態に関する調査(静岡県)、アユ種苗の放流の現状と課題－琵琶湖産、人工産、海産の特性を考慮した増殖事業－(全国内水面漁業協同組合連合会), 27～71.
- 13) 田子泰彦 (1999) : 庄川におけるアユ仔魚の降下生態、水産増殖, 47(2), 201～207.
- 14) 静岡県西部農林事務所・都田川ダム管理事務所 (2000) : 都田川ダム、A2版リーフレット4つ折.
- 15) 辻本哲郎 (1999) : ダムが河川の物理的環境に与える影響－河川工学及び水理学的視点から－、応用生態工学, 2(2), 103～112.
- 16) 田子泰彦・横越淳 (2005) : 神通川中下流域周辺における河川形状の長期的な変化、富山県水産試験場研究報告, 16, 17～30.
- 17) 全国湖沼河川養殖研究会 (1968) : 第9回人工湖利用部会要録, 35～36.
- 18) 鈴木邦弘 (2003) : 天竜川アユ流下仔魚中に見られた大型仔魚の由来、アユ資源研究部会報告書(平成12年度から14年度までのまとめ), 63～67.
- 19) 東幹夫 (1980) : コアユ一代限りの侵略者?－、日本の淡水生物 侵略と搅乱の生態学(川合禎次・川那部浩哉・水野信彦編), 東海大学出版会, 東京, 154～161.
- 20) 神奈川県水産総合研究所 (2003) : アユ資源対策研究、平成14年度業務概要, 53～54.
- 21) 野田浩之・青島秀治 (1993) : 都田川アユ流下仔魚調査、平成3年度静岡県水産試験場事業報告, 266～268.
- 22) 独立行政法人水産総合研究センター養殖研究所 (2005) : アユの遺伝的多様性保全から見た放流指針、健全な内水面生態系復元推進事業報告書(アユの遺伝的多様性保全指針作成調査), 141～156.