

博士論文

人工アユの計数形質および種苗性に関する研究

(要約)

平成 31 年 3 月

広島大学大学院生物圏科学研究科

生物資源科学専攻

占部 敦史

アユ *plecoglossus altivelis altivelis* は日本の内水面漁業の最重要種で、漁業、遊漁および観光の資源として多面的に利用されている。近年、アユの漁獲量は全国的に減少しており、内水面漁業協同組合（以下、内水面漁協）が実施する増殖活動は欠かせないものになっている。内水面漁協が第 5 種協同漁業権の免許を受けるためには、対象種の増殖義務を果たさなければならない。アユ漁業における増殖義務は、ほとんどの河川で種苗生産された人工アユの放流事業によって履行され、2017 年には約 826 t、1 億 1,800 万尾（7 g/尾）が全国各地に放流されている。しかしながら、全国アユ漁獲量は 2000 年以前には 10,000 t 以上あったのに対し、2015 年には約 2,000 t まで減少し、資源の維持・回復に至っていない。また、種苗放流が漁獲に反映されなければ内水面漁協組合員や遊漁者が減少し、漁業行使料および遊漁料収入が減る。そのため、アユの放流事業には採算性が求められており、放流効果の高い人工アユの生産や放流技術の改善が必要となっている。

こうした課題解決に向け、近年は人工アユの河川定着状況や漁獲貢献の実体解明が重要視されようになった。しかし、これら実体解明には放流種苗の由来判別が不可欠で、全国規模で実施するための内水面漁協が現場で対応可能な、簡便、かつ低コストな由来判別手法が必要となっている。一方、放流事業では人工種苗の質の良否、すなわち種苗性が放流効果に影響する。放流した人工アユが河川で生き残るためには、逃避能力、遡上性、縄張り形成などを指標とした種苗性の向上が強く望まれている。

近年の人工アユは遺伝的に天然アユに近いものが生産されるようになり、遺伝的な質は改善されつつある。ところが、人工アユは天然アユと比較して特徴的な形質差異があり、その形質差異が種苗性に及ぼす影響については未知である。人工アユによる放流事業を推進する上で、形質差異が種苗性や放流後の河川定着に及ぼす影響を把握することは重要な課題となっている。さらに、アユの放流事業では、放流時期や場所、放流時の体サイズ、放流した河川環境などが放流効果に影響する。そのため、河川に適した放流手法が望まれているものの、関連した研究事例は非常に乏しい。また、最適な放流手法の検討は一世代回収を焦点にした知見が多く、放流アユの次世代資源への添加を目的とした次世代回収型を見据えた放流方法を検討することも重要な課題である。

本研究は人工アユと天然アユの簡便、かつ低コストな由来判別方法を確立することを目的に、全国の人工アユと天然アユの計数形質を比較し、各形質における由来判別マーカーの有効性を検討した。また、人工アユの種苗性向上に必要な知見収集を目的に、人工アユで特徴的に発生する下顎側線孔の欠損について、その発生過程や条件および種苗性への影響を検討した。さらに、人工アユによる次世

代回収を見据えた放流方法を検討するため、ダム湖産アユが生息する小規模河川を研究フィールドとして、ダム湖産アユおよび放流アユの漁獲貢献および再生産機構を調査した。

第2章で、日本国内の7カ所の生産施設で生産された人工アユ7集団、天然海産アユ5集団、陸封アユ2集団の計数形質を比較した。その結果、天然アユ集団と人工アユ集団で胸鰭と臀鰭の鰭条数、側線上方横列鱗数、脊椎骨数に違いが認められた。脊椎骨数や胸鰭および臀鰭の鰭条数は、集団間で重複が多かったことから、由来判別マーカーとしての有効性は低いと考えられた。一方、側線上方横列鱗数は、人工アユ集団と天然アユ集団の頻度分布が明瞭な二峰性を示したことから、由来判別マーカーとしての有効性は高いと考えられた。下顎側線孔の欠損や耳石結晶化は天然アユで発生率が非常に低く、人工アユに特異的であった。本研究において、計数形質の中でも側線上方横列鱗数の由来判別マーカーとしての有効性が全国規模の検体で確認され、判別ツールとしての有効活用を促すことが可能となった。しかしながら、人工アユに特異的に発生している形質差異が放流後の河川定着に及ぼす影響は不明である。そのため、形質差異を有する人工アユの種苗性を客観的に評価する必要があった。天然アユと人工アユの側線上方横列鱗数の差異は鱗の枚数に起因するものであり、同じ天然アユでも琵琶湖産アユと天然海産アユの間にも差異が認められることから、種苗性への影響は低いと考えられる。しかしながら、下顎側線孔は側線の一部で、感覚器官の役割を果たしている。そのため、人工アユにおいて下顎側線孔の欠損が種苗性に影響している可能性は否めない。

第3章は発育初期の人工アユを供試魚とし、下顎側線孔の欠損過程を組織学的に精査した。人工アユの下顎側線孔の形成は孵化後110日齢以降に完了した。下顎側線管内には管器感丘が観察され、管器感丘と側線孔には位置的規則性と数的関連性がみられた。例えば、側線孔が欠損している個体は管器感丘も欠落している場合が多かった(44~86%)。アユの管器感丘は側線孔の形成以前に遊離感丘として表在していた。発育初期に遊離感丘が欠落することにより側線孔の欠損を誘発し、結果的に両者の間に数的関連性が認められたと考えられる。ただし、感丘が存在するにも関わらず側線孔が欠損する場合もあり(7~33%)、単に側線管の形成異常によって下顎側線孔の欠損が発生していることもあると考えられる。下顎側線孔の欠損は、感覚受容体である感丘や感覚刺激を取り込む側線孔が欠落していることを意味し、こうした人工アユでは感覚機能が低下している可能性がある。

第4章は遺伝的背景および飼育環境が人工アユの下顎側線孔の欠損に及ぼす影響を明らかにした。家系関係にある天然親魚群とF1種苗で下顎側線孔の欠損率を

比較したところ、天然親魚群では極めて低いのに対して(3.4%), F1 種苗では 58.3% に達した。この時、F1 集団の遺伝変異は天然アユと同等であったことから、遺伝要因は下顎側線孔の欠損に関与していない可能性が示唆された。一方、種苗生産で生じた仔稚魚の初期成長差が下顎側線孔の欠損率に及ぼす影響を明らかにするため、サイズ選別を実施したロット間で欠損率を比較した。その結果、初期成長が最も良好なロットで欠損率が低くなった。この結果から、人工アユにおける下顎側線孔の欠損は仔稚魚期の初期成長と関連があることが示唆された。本研究結果から、人工アユでは初期成長の遅れが発育に影響を及ぼし、遊離感丘の欠落や側線管の形成異常をもたらすことで下顎側線孔が欠損している可能性がある。天然アユでは下顎側線孔の欠損がほとんどみられないことから(第2章)、人工アユは天然アユより初期成長が遅いと考えられる。

第5章は人工アユの下顎側線孔の欠損が種苗性に及ぼす影響について評価した。放流後の人工アユは遡上性、縄張り形成、捕食者からの逃避能力などが高い種苗で生残が高いと考えられ、これらの特性は種苗性の指標に用いられている。そこで、人工アユにおいて下顎側線孔の正常群と欠損群で、遡上、縄張りおよび逃避行動を比較したところ、両群の間に差は確認されなかった。これらの結果から、下顎側線孔が欠損している人工アユの種苗性は低下しておらず、その欠損が人工アユの放流後の河川定着に影響を及ぼしている可能性は極めて低いことが示された。

第6章は、陸封アユが自生する鏡ダム湖上流の鏡川において、放流した人工アユの資源貢献を明らかにした。2017年5~9月に友釣りで採捕したアユについて、側線上方横列鱗数および耳石 Sr:Ca 比による由来判別を行ったところ、人工アユが 8~83%、陸封アユが 17~92%となった。採捕比率から、人工アユ(放流時魚体重; 10 g)は放流後1ヶ月程度で河川に定着(縄張り形成)したと推察された。また、放流した人工アユはダム湖に自生する陸封アユより大型だったことから、縄張りを形成し易く、早期の友釣り資源となり、結果的に陸封アユの漁獲圧軽減につながったと考えられた。一方、マイクロサテライト DNA による多型解析で、2016年の産卵親魚群と2017年の遡上群に含まれた陸封アユ集団は、琵琶湖系統と海産系統の交雑集団であることが明らかになった。尤度分析では、遡上群は琵琶湖系統と中間系統に起源を持つ個体がほとんどであったことから、陸封アユの繁殖貢献が主体であったと考えられた。しかし、2017年遡上群では異集団の混在が遺伝分析で検出され、11~12月の産卵に由来する遡上魚は海産系統に起源を持つ個体が10月より多くなった。これは、人工アユが繁殖に参加することで翌年の陸封アユの資源に貢献した可能性を示しており、放流後の人工アユが次世代資源に寄与

したという傍証を得た。放流した人工アユは早期の漁獲資源や天然アユの漁獲圧軽減にも貢献しており、アユ資源の維持または増大には欠かせないことが示された。河川の上流域では、天然アユが遡河していない時期に人工アユを放流することで、漁場を有効活用できる可能性も示唆された。資源寄与の高い放流事業にするためには、次世代資源の根幹となるアユの再生産を促すような放流に努めることと、河川上流域など、アユにとって好適な余剰環境を有効活用することが望ましい。