

帰属性解析を用いたアユの由来判別による早期種苗放流効果の評価－II

武藤義範, 本田隆博*, 荻谷哲治, 桑田知宣

Evaluation of stocking effectiveness in early-season ayu (*Plecoglossus altivelis altivelis*) fishing
by discrimination of stock origins using genetic assignment method-II

YOSHINORI MUTO, TAKAHIRO HONDA, TETSUJI KARIYA AND TOMONORI KUWADA

近年のアユ *Plecoglossus altivelis altivelis* 漁業不振の原因の一つとして、冷水病の発生が挙げられる (Iida and Mizokami, 1996)。冷水病被害の軽減には、河川に冷水病菌 *Flavobacterium psychrophilum* を持ち込まないことが重要であり (谷口, 2002)、冷水病菌を保菌していない種苗を放流することで、ある程度の期間、冷水病の発生を抑制できることが知られている (川之辺ほか, 2005; 原ほか, 2007, 2008; 桑田, 2007; 原, 2009)。また、アユの冷水病に対する耐性には系統差があり、海産系種苗は湖産系種苗よりも冷水病に対して強い耐性を持つことが知られている (Nagai et al., 2004; 鈴木ほか, 2005; 永井・坂本, 2006; 水戸ほか, 2007; 桑田, 2007, 2009)。さらに、冷水病で死亡したアユは、冷水病を発症しながらも生きているアユより、はるかに多くの冷水病菌を排出することが知られており (大原ほか, 2010)、冷水病に対する感受性の高い種苗を放流することは、単にこれらの死亡による減耗だけでなく、河川内の冷水病菌数の増大を介して河川全体の冷水病被害を助長してしまう可能性がある。そのため、冷水病被害対策に重きを置いた場合、海産系人工種苗の放流が最も効果的であると考えられる。

一方で、海産アユは琵琶湖産アユに比べ、相対的に低水温でのなわばり形成性が低く (澁谷ほか, 1995)、漁期前半の海産系人工種苗の釣獲特性は湖産系人工種苗に比べ劣ることが知られているため (原, 2009)、海産系人工種苗の単独放流は解禁当初の低水温期に不漁を招くことが漁業関係者から懸念されている。早期に放流した種苗ほど早く漁獲されることが知られていることから (齊藤ほか, 1982; 原ほか, 2007)、海産系人工種苗を湖産系人工種苗よりも早く放流すれば、海産系人工種苗の漁期前半の釣獲特性を改善できる可能性がある。実際に、海産系人工種苗と湖産系人工種苗が放流される河川において、海産系人工種苗を約 2 週間早く放流したところ、解禁前の低水温期における友釣り漁獲アユの約 80% が海産系人工種苗であったことが報告されている (武藤ほか, 2013)。この結果は、冷水病に対するリスクの大きな湖産系人工種苗に頼らなくても、海産系人工種苗によって漁期前半に友釣り好漁場を創出することができる可能性を示唆している。しかし、その有効性を判断するためには、友釣り解禁前だけでなく、友釣り解禁後の漁獲動態や冷水病の発生抑止効果などの調査が必要である。そこで、海産系人工種苗を湖産系人工種苗より早く放流した場合の有効性評価を目的として、個体毎に種苗の由来を判別できるマイクロサテライトDNAマーカーを用いた帰属性解析 (久保田ほか, 2008; 桑田, 2010; 武藤ほか, 2013) を活用し、解禁直前及び解禁後の漁獲アユに占める両系統の漁獲割合と河川で死亡したアユに占める両系統の割合について調査を行った。

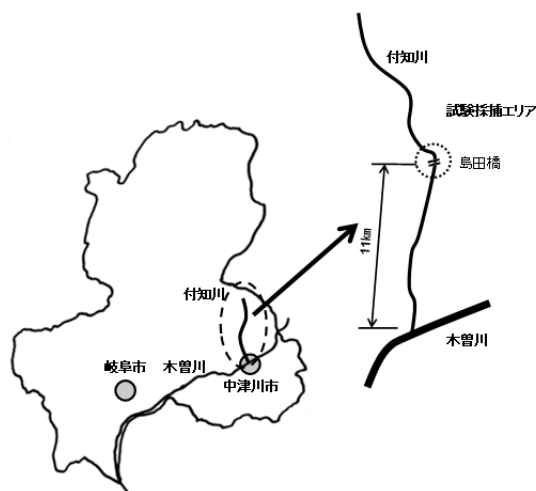
キーワード: アユ、放流種苗、冷水病、友釣り、マイクロサテライト DNA

※恵那漁業協同組合

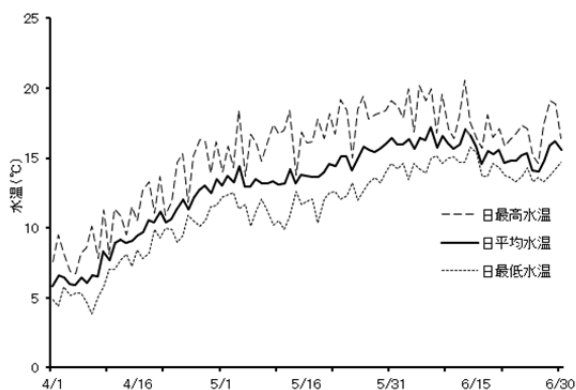
材料と方法

調査河川

調査は、木曽川支流付知川で 2012 年に実施した。調査河川の概況を第 1 図に、水温の推移を第 2 図に示した。付知川は中津川市付知町字猪谷に源を発し、中津川市苗木地先で木曽川と合流する流程約 27 km の一級河川であり(さかの, 1973)、その全域が恵那漁業協同組合の管理する漁場となっているが、河川横断工作物等の影響等によりアユの天然遡上はなく、アユの資源は種苗放流によって賄われている。



第 1 図 調査河川概況



第 2 図 付知川の河川水温の推移

放流種苗

付知川に放流されたアユ種苗は、一般財団法人岐阜県魚苗センターで生産された海産系人工種苗と湖産系人工種苗の 2 系統である。海産系人工種苗は 4 月 9 日、4 月 10 日、4 月 11 日、4 月 14 日の 4 日間に計 2,400kg (平均 14.82g (SD4.60))、湖産系人工種苗は 4 月 24 日、4 月 25 日、4 月 26 日、4 月 27 日の 4 日間で計 2,400kg (平均 13.03g (SD3.57))

が放流された。海産系人工種苗は木曽川採捕アユを起源とする非継代の種苗であり、湖産系人工種苗は阿木川ダム湖産アユを起源に作出された継代種苗 (F10) である。この阿木川ダム湖産アユとは、阿木川ダム湖内で再生産したアユで、その起源は琵琶湖産アユであると推定されている(森ほか, 1998; 原ほか, 1998)。

解析個体

マイクロサテライト DNA マーカーを用いた帰属性解析は、参照集団の DNA 情報を基に、確率的に標本の由来を推定する方法であるため、漁獲アユの由来を推定するためには放流種苗の DNA 情報を事前に把握する必要がある。そこで 4 月 10 日に放流された海産系人工種苗から 49 個体、4 月 26 日に放流された湖産系人工種苗から 49 個体を無作為に抽出し、これらを帰属性解析の参照集団とした。

帰属性解析の標本集団には、5 月 13 日と 6 月 14 日に付知川の木曽川との合流点から約 11km 上流に位置する島田橋周辺において友釣り漁獲したアユと 6 月 14 日に同地点周辺で死亡していたアユを用いた。(以下、5 月 13 日採捕群を漁獲魚 0513、6 月 14 日採捕群を漁獲魚 0614、6 月 14 日に死亡していたものを死亡魚 0614 とする。)付知川の友釣り解禁日は 5 月 19 日であり、5 月 13 日は解禁 6 日前、6 月 14 日は解禁 27 日後にあたる。漁獲調査日の平均水温は 5 月 13 日が 14.2°C、6 月 14 日が 17.1°C であった。また、解禁から 2 週間ほど経過した 5 月 23 日頃から、冷水病によるものと推察されるアユの死亡が確認されるようになったため、両系統に対する冷水病の影響を比較する目的で、6 月 14 日に島田橋周辺で死亡していたアユの由来判別を行うこととした。これら死亡アユについては「アユ疾病に関する防疫指針」の冷水病診断方法(アユ疾病対策協議会, 2011)に準じて診断を行い、死亡原因が冷水病であることを確認した。全ての参照集団及び標本集団は、それぞれ尾鰭を個体毎に採取し、分析までの間、99.5%エタノール中で保存した。

マイクロサテライト DNA の検出

参照集団である海産系人工種苗及び湖産系人工種苗、漁獲魚 0513、漁獲魚 0614、死亡魚 0614 については、採取・保存した尾鰭から、Genra Puregene Cell Kit(QIAGEN)を用いて DNA を抽出した。マイクロサテライト DNA 分析には、アユで開発された 6 マーカー座 (Pal-5、Pal-6、PalAyu-42TUF、PalAyu-191TUF、PalAyu-194TUF、PalAyu-199TUF) (Takagi et al., 1999; Hara et al., 2006) を用いた。マーカー座ごとに、5' 末端に蛍光標識したプライマーを用いた。マイクロサテライト DNA の増幅は 10 μ l の反応液で行い、その組成は 0.05 μ l (0.25unit) Taq ポリメラーゼ (TaKaRa EX Taq Hot Start Version, TaKaRa)、1 μ l 10 \times PCR Buffer、0.8 μ l 25mM

dNTP Mixture、1 μ l プライマーF (1pmol/ μ l)、1 μ l プライマーR (1pmol/ μ l)、1 μ l DNA 溶液、5.15 μ l 純水である。増幅装置には TaKaRa PCR Thermal Cycler Dice (TaKaRa)を用い、94°Cで1分間の変性後、94°Cで30秒変性、54°C (Pal-5、PalAyu-42TUF、PalAyu-199TUF)又は58°C (Pal-6、PalAyu-191TUF、PalAyu-199TUF)で30秒アニーリング、72°Cで30秒伸長のサイクルを35回行い、72°Cで7分の伸長とした。電気泳動は、CEQ™8000 (BECKMAN COULTER)により行った。泳動サンプルの調整、電気泳動条件等は添付のマニュアルに従った。CEQ サイズスタンダード 400 (BECKMAN COULTER)を同時に泳動し、CEQ™8000 Series Genetic Analysis Software Ver.9.0 (BECKMAN COULTER)によりフラグメント解析を行い、マーカー座のサイズを決定した。

データ解析

久保田ら(2008)に準じて、参照集団及び標本集団のデータ解析を行った。各集団におけるアリル頻度、ヘテロ接合体率の観察値(H_o)と期待値(H_e)の算出、及びハーディー-ワインベルグ(H-W)平衡からの逸脱の有無については GENEPOP4.2 (Raymond and Rousset, 1995; Rousset, 2008)により行った。アリル頻度の均一性の検定及び H-W 平衡からの逸脱に関する検定ではマルコフ連鎖法のパラメーターを Dememorisation: 1,000、Batches:100、Iterations per batch:1,000 に設定した。集団間の Pairwise F_{ST} 値を ARLEQUIN3.5 (Excoffier et al., 2005)により計算した。アリル頻度の均一性、H-W 平衡からの逸脱に関する検定、及び Pairwise F_{ST} 値の有意性について多重検定を行う場合には、Bonferroni の方法 (Rice, 1989)により有意水準を補正した。帰属性解析は、漁獲魚のマーカー型がそれぞれの参照集団で生じる尤度を個体ごとに計算し、もっとも周辺確率が大きかった参照集団をその個体の帰属先と推定する GeneClass2 (Piry et al., 2004)を用いた。付知川における漁獲魚の起源は、海産系人工種苗と湖産系人工種苗のどちらかであるため、これらを参照集団とし、マイクロサテライト DNA マーカー分析を行った 6 マーカー座 (Pal-5、Pal-6、

PalAyu-42TUF、PalAyu-191TUF、PalAyu-194TUF、PalAyu-199TUF)の分析結果を用いて、“Direct(No simulation)”オプションにより漁獲魚の起源の推定を行った。

漁獲魚 0513、漁獲魚 0614 および死亡魚 0614 間の海産系人工種苗であると推定された魚の割合の違いについて Fisher の正確確率検定により検定した。種苗の種類の違いや漁獲日の違いによる漁獲魚の体重への影響の検定には、帰属性解析により推定された種苗の種類と漁獲日を要因とする二元配置分散分析を用いた。同様に、種苗の種類の違いと生死の違い(漁獲魚 or 死亡魚)による6月14日の体重への影響の検定には、帰属性解析により推定された種苗の種類と生死の違いを要因とする二元配置分散分析を用いた。

結 果

各集団の遺伝的特徴

各集団の遺伝的変異性について第1表に示した。

第1表 各集団の遺伝的変異性

集団	個体数	H_o	H_e	H_o/H_e
湖産系人工種苗	49	0.575	0.545	1.055
海産系人工種苗	49	0.442	0.452	0.979
漁獲魚0513	49	0.440	0.486	0.905
漁獲魚0614	20	0.492	0.546	0.901
死亡魚0614	26	0.538	0.534	1.008

H_o は平均ヘテロ接合体率(観察値)、 H_e は平均ヘテロ接合体率(期待値)

H-W 平衡からの逸脱については、放流種苗である海産系人工種苗と湖産系人工種苗の全てのマーカー座において有意な逸脱は認められなかった ($P=0.061-0.776, k=30$)が、漁獲魚 0513 の PalAyu-42TUF ($P<0.001, k=30$)と死亡魚 0614 の Pal-6 ($P=0.002, k=30$)において H-W 平衡からの有意な逸脱が

第2表 各集団間の Pairwise F_{ST} 値

	海産系	湖産系	漁獲魚0513	漁獲魚0614
湖産系	0.11395 ※			
漁獲魚0513	-0.00218	0.09120 ※		
漁獲魚0614	0.07890 ※	-0.00277	0.06221 ※	
死亡魚0614	0.05051 ※	0.01300	0.03202	0.00143

※ $P<0.001$ Bonferroni補正後 $k=10$

確認された。また、海産系人工種苗と湖産系人工種苗について、6つのマーカー座を対象とした集団間のアリル頻度の差異に関する検定を行ったところ、両系統の間に有意差が認められた ($\chi^2 = \text{infinity}$, $P < 0.001$)。

各集団間の Pairwise F_{ST} 値を第2表に示した。

海産系人工種苗と湖産系人工種苗の間の Pairwise F_{ST} 値は0よりも有意に大きかった ($P < 0.001$, $k=10$)。海産系人工種苗と漁獲魚 0513 との間の Pairwise F_{ST} 値は0との間に有意差が認められなかったが ($P < 0.05$, $k=10$)、海産系人工種苗と漁獲魚 0614 及び死亡魚 0614 との間の Pairwise F_{ST} 値はいずれも0よりも有意に大きかった ($P < 0.001$, $k=10$)。湖産系人工種苗と漁獲魚 0513 との間の Pairwise F_{ST} 値は0よりも有意に大きかったが ($P < 0.001$, $k=10$)、湖産系人工種苗と漁獲魚 0614 及び死亡魚 0614 との間の Pairwise F_{ST} 値は0との間に有意差が認められなかった ($P < 0.05$, $k=10$)。漁獲魚 0513 と漁獲魚 0614 との間の Pairwise F_{ST} 値は0よりも有意に大きかった ($P < 0.001$, $k=10$)。また、漁獲魚 0614 と死亡魚 0614 との間の Pairwise F_{ST} 値は0との間に有意差が認められなかった ($P < 0.05$, $k=10$)。

帰属性解析による判別結果

参照集団に用いた海産系人工種苗および湖産系人工種苗の個体ごとの帰属性解析の結果を第3図に示した。

海産系人工種苗では49個体中4個体、湖産系人工種苗では49個体中8個体で、本来の帰属先とは異なる集団への誤判別が確認され、判別率は海産系人工種苗で92.0%、湖産系

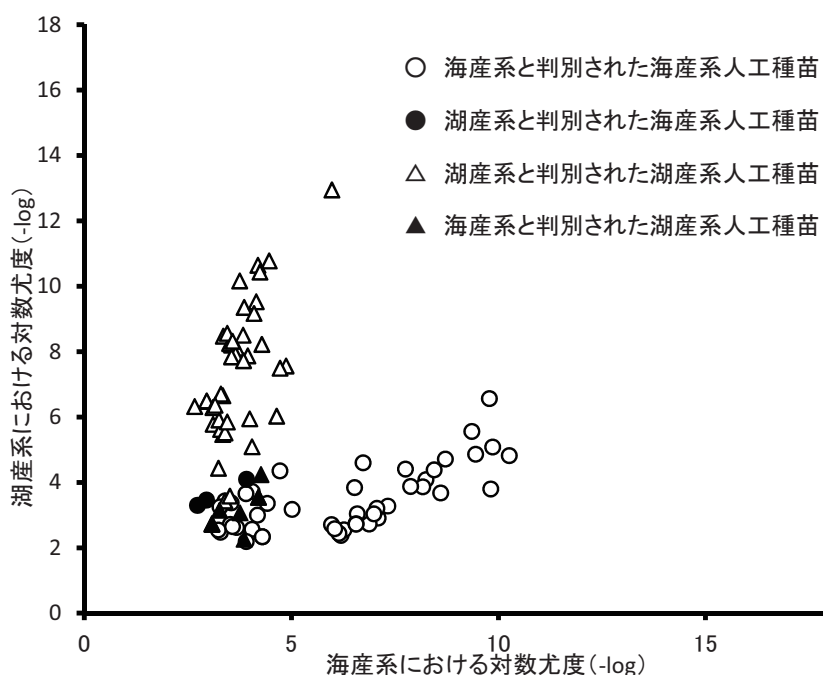
人工種苗で84.0%となった。

参照集団である海産系人工種苗及び湖産系人工種苗の遺伝情報に基づく、付知川で採集された漁獲魚及び死亡魚の帰属性解析の結果を第4図に示した。

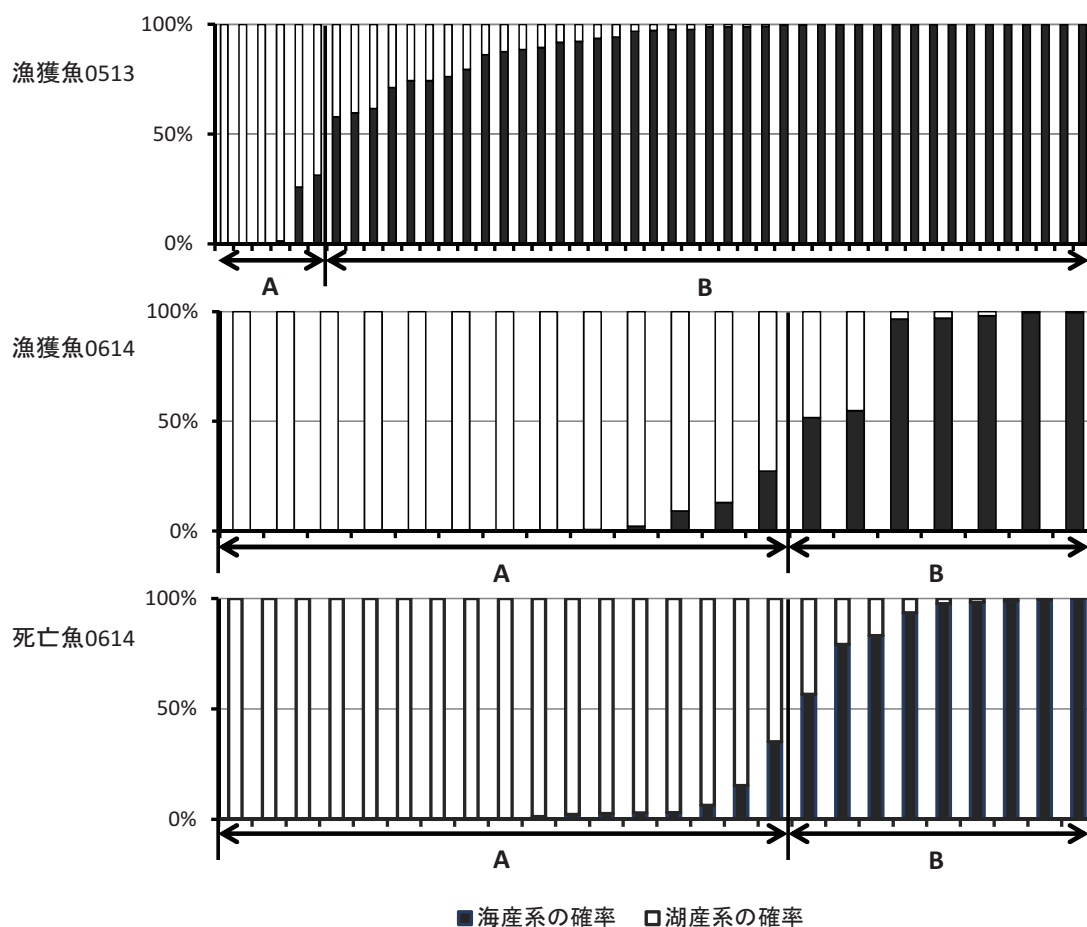
帰属性解析の結果、漁獲魚 0513 では、87.8% ($n=43$) が海産系人工種苗、12.3% ($n=6$) が湖産系人工種苗であると推定された。しかし、漁獲魚 0614 では、35.0% ($n=7$) が海産系人工種苗、65.0% ($n=13$) が湖産系人工種苗であると推定された。また、死亡魚 0614 では、34.6% ($n=9$) が海産系人工種苗、65.4% ($n=17$) が湖産系人工種苗と推定された。漁獲魚 0513 中の海産系人工種苗であると推定された個体の割合は、漁獲魚 0614 中のそれより有意に高かった ($P < 0.001$)。一方、漁獲魚 0614 中の海産系人工種苗であると推定された個体の割合と死亡魚 0614 中のそれには有意差が認められなかった ($P = 0.98$)。

漁獲魚 0513、漁獲魚 0614 及び死亡魚 0614 の帰属先別の体重組成を第5図に示した。漁獲魚 0513 中の海産系人工種苗であると推定された個体の平均体重は 58.3g (SD15.13) であり、湖産系人工種苗と推定された個体の平均体重は 31.5g (SD14.40) であった。漁獲魚 0614 中の海産系人工種苗であると推定された個体の平均体重は 35.6g (SD8.90) であり、湖産系人工種苗と推定された個体の平均体重は 22.8g (SD7.10) であった。

漁獲魚の体重について帰属性解析によって推定された種



第3図 参照集団に用いた海産系人工種苗および湖産系人工種苗の個体ごとの帰属性解析結果



第4図 帰属性解析による漁獲魚及び死亡魚の個体別アサインメント確率
 A:湖産系人工種苗であると推定された個体
 B:海産系人工種苗であると推定された個体

苗の種類と漁獲日を要因とする二元配置分散分析を行った結果、海産系人工種苗であると推定された個体の体重は湖産系人工種苗であると推定された個体より有意に大きく ($F_{(1,65)}=22.5$, $P<0.01$)、漁獲魚 0513 の体重は漁獲魚 0614 のそれよりも有意に大きかった ($F_{(1,65)}=16.3$, $P<0.01$)。しかし、帰属性解析によって推定された種苗の種類と漁獲日間の交互作用は有意ではなかった ($F_{(1,65)}=2.6$, $P=0.11$)。

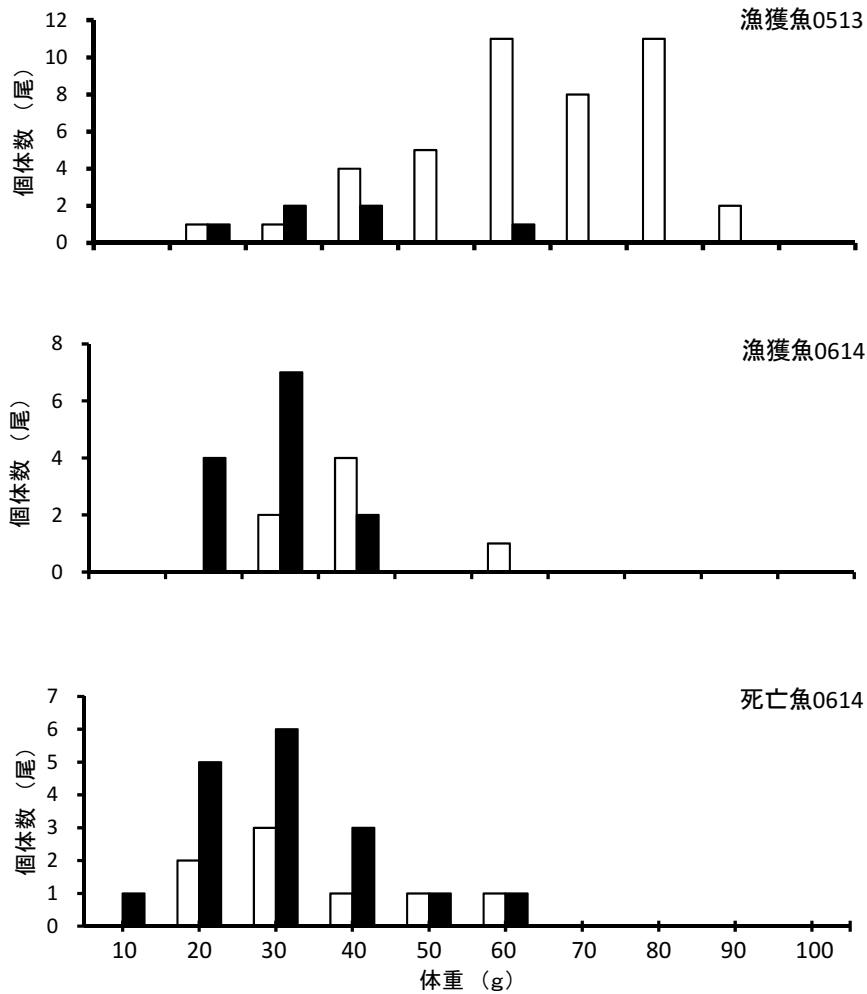
一方、死亡魚 0614 中の海産系人工種苗であると推定された個体の平均体重は 27.53g(SD1.83)、湖産系人工種苗であると推定された個体の平均体重は 25.45g(SD13.04)であった。漁獲魚 0614 と死亡魚 0614 の体重について、帰属性解析によって推定された種苗の種類と採取時の生死(漁獲魚 or 死亡魚)を要因とする二元配置分散分析を行った結果、海産系人工種苗と推定された個体の体重は湖産系人工種苗と推定された個体の体重よりも有意に大きく ($F_{(1,42)}=4.1$, $P<0.05$)、漁獲魚 0614 の体重と死亡魚 0614 の体重との間には有意差が

認められず ($F_{(1,42)}=0.1$, $P>0.05$)、帰属性解析によって推定された種苗の種類と採取時の生死(漁獲魚 or 死亡魚)との間の交互作用 ($F_{(1,42)}=2.5$, $P>0.05$) は有意ではなかった。

考 察

マイクロサテライト DNA マーカーを用いた帰属性解析の結果、5月13日に漁獲されたアユの87.8%は海産系人工種苗、6月14日に漁獲されたアユと死亡したアユのそれぞれ65.0%と65.4%は湖産系人工種苗であると推定された。

海産系人工種苗及び湖産系人工種苗の判別率はそれぞれ92%と84%であるため、海産系人工種苗に帰属すると判別されたものの中にも湖産系人工種苗が、湖産系人工種苗に帰属すると判別されたものの中にも海産系人工種苗が存在している可能性がある。これらの誤判別を考慮した場合の漁獲魚 0513 中の各人工種苗の割合は、海産系人工種苗が73-90%、



第5図 漁獲魚及び死亡魚の帰属先別の体重組成

□ 海産系人工種苗と判別された個体
 ■ 湖産系人工種苗と判別された個体

湖産系人工種苗の割合が 10-27%と推定される。同様に漁獲魚 0614 では、海産系人工種苗が 30-45%、湖産系人工種苗が 55-70%、死亡魚 0614 では、海産系人工種苗が 30-46%、湖産系人工種苗が 54-69%と推定される。湖産系人工種苗を多く見積もった場合でも、5月13日に漁獲された魚の7割以上が海産系人工種苗であると推定された。一方、6月14日に漁獲された魚および死亡魚については、海産系人工種苗を多く見積もった場合でも、半数以上が湖産系人工種苗であると推定された。

漁獲魚の一部マーカー座でH-W平衡からの有意な逸脱が認められたことは、漁獲魚が2種類の放流種苗の混合群であるとする帰属性解析の結果と整合する。また、集団間の遺伝的分化の指標である Pairwise F_{ST} 値を比較すると、5月13日漁獲魚と湖産系人工種苗間の値は、同漁獲魚と海産系人工種苗間のそれを上回っていた。また、6月14日漁獲魚また

は6月14日死亡魚と海産系人工種苗間の値は、それら漁獲魚または死亡魚と湖産系人工種苗間の値よりもはるかに大きい。これらのこともまた、5月13日の漁獲魚のほとんどが海産系人工種苗であり、6月14日の漁獲魚および死亡魚の半数以上は湖産系人工種苗であるとする帰属性解析の結果を支持している。

5月13日調査時の平均水温は14.2°Cと、一般的ななわばり至適水温(内田ほか, 1995; 澁谷ほか, 1995)より低かったが、5月13日の漁獲魚のほとんどは高温型とされる海産系人工種苗(澁谷ほか, 1995)であると推定された。この結果は、本研究と同じ調査河川で海産系人工種苗を湖産系人工種苗より早く放流した場合の5月漁獲魚の帰属先を調査した先行研究の結果(武藤ほか, 2011)と同様である。帰属性解析により海産系人工種苗と推定された漁獲魚の平均体重は湖産系人工種苗と推定された漁獲魚の平均体重より有意に大きいこと

より、2週間ほど先に放流された海産系人工種苗は5月13日までに湖産系人工種苗より大きく成長していたと考えられる。体サイズの大きな個体は優先的に友釣りで漁獲されるため(石田, 1964, 桑田, 2011)、海産系人工種苗と湖産系人工種苗間の体サイズの違いが5月13日より多くの海産系人工種苗が漁獲された原因であると考えられる。以上により、低水温型とされる湖産系人工種苗(澁谷ほか, 1995)と混在する場合でも、早期放流により海産系人工種苗がサイズの的に優位になれば、漁期前半の低水温期に高水温型とされる海産系人工種苗が友釣りで優先的に漁獲されることが再確認された。

5月13日と6月14日の漁獲魚中の海産系人工種苗と推定された漁獲魚の体重は湖産系人工種苗と推定された漁獲魚のそれより有意に大きかった。にもかかわらず、6月14日の漁獲アユの半数以上は、相対的にサイズが小さい湖産系人工種苗であると推定された。体サイズの大きな個体は優先的に友釣りで漁獲されやすい(石田, 1964, 桑田, 2011)はずなのに、なぜサイズの的に劣位である湖産系人工種苗の漁獲割合が高いと推定されたのか。前述のとおり解禁当初はサイズの的に優位であった海産系種苗が優先的に漁獲されたと考えられることから、高い漁獲圧のもとでは、河川内の海産系人工種苗と湖産系人工種苗の生息比は次第に後者に偏ると考えられる。本研究では漁獲圧を調べていないが、2005年の調査漁場における解禁後25日間の漁獲努力は2.2人/千m²/日であった(桑田, 未発表)。調査漁場は、現在でも、付知川において人気の高い好漁場であることから、6月14日までの間、高い漁獲圧がかかっていたものと推察される。高い漁獲圧のもとでは、漁獲魚の体サイズが増加しないことが知られており、馬瀬川では、川の水表面積1000m²あたり1日に1人程度の漁獲努力がかかる状況下において、漁獲魚の平均体重は友釣り解禁日から8月上旬までほぼ同じであったことが報告されている(森ほか, 1989)。6月14日の漁獲魚の体重は、ほぼ1か月にわたる成長期間があるにも係らず、5月13日の漁獲魚の体重より有意に小さかった。馬瀬川では漁獲魚のサイズが大きく減少することはなかったのに対し、本調査では漁獲魚の体重が5月13日から6月14日にかけて有意に減少したことは、2012年の調査漁場には馬瀬川以上の漁獲圧がかかっていたことを裏付けている。海産系人工種苗と湖産系人工種苗の放流尾数はほぼ同じであったこと、調査漁場には漁獲魚体重が見かけ上減少するほどの高い漁獲圧がかかっていたこと、解禁当初はサイズの的に優位であった海産系種苗が優先的に漁獲されたと考えられることから、河川内の海産系人工種苗と湖産系人工種苗の生息比は高い漁獲圧によって次第に後者に偏っていったと考えられる。そして、このようにして生じた海産系種苗と湖産系人工種苗生息割合の偏りが、6月14日にサイ

ズの劣位である湖産系人工種苗がサイズの的に優位である海産系人工種苗より多く漁獲された原因であると推察される。

海産系人工種苗放流の狙いは、冷水病に強い海産系人工種苗(Nagai et al., 2004; 永井・坂本, 2006; 水戸ほか, 2007; 鈴木ほか, 2005; 桑田, 2008, 2009)を放流することにより冷水病被害を軽減することである。その効果を確認するために冷水病により河川内で死亡したアユについて帰属性解析を行った結果、6月14日の死亡アユに占める海産系人工種苗の割合は30から46%、湖産系人工種苗の割合は54から69%と推定され、想定どおり海産系人工種苗の方が少なくなった。しかし、先述したとおり6月14日の時点で、河川内の両系統の生息割合はすでに湖産系人工種苗に偏っていた可能性が高く、実際、死亡魚に占める海産系人工種苗と湖産系人工種苗の割合と、同時期に友釣りで漁獲したアユに占める両系統の判別割合には有意な差が認められなかった(フィッシャーの正確確率検定 $P=0.978$)。したがって、本研究で推定された死亡魚中の海産系人工種苗の低い占有率は、海産系人工種苗の高い冷水病耐性によって生じた結果ではないと考えられる。

以上のとおり本研究では、海産系人工種苗であっても早期に放流すれば早期の友釣り資源に優先的に加入することを再確認した。しかし、海産系人工種苗の放流が冷水病の被害の抑制に有効であることを示す証拠は得られなかった。今回の結果は、一時期に得られた死亡アユ26個体に関するものであり、結論を得るにはデータ数が不十分である。今後は、冷水病発生時の両系統の生息比率がわかるように、解禁以降の両系統の漁獲動態を把握するとともに、死亡魚の解析例を増やす必要がある。また、冷水病による被害は、単に死亡による資源の減耗だけでなく、発症したアユが友釣りで釣れにくくなることも挙げられる。そのため、漁獲魚についても冷水病保菌検査を実施し、系統間に保菌状況の差があるのか否かを調査する必要がある。

要 約

1. 付知川において、解禁直前の5月13日と解禁後約1カ月経過した6月14日に友釣り漁獲したアユ及び6月14日に河川で死亡していたアユについて、マイクロサテライトDNAマーカーによる帰属性解析により漁獲魚の由来判別を行った。
2. 5月13日に漁獲されたアユについては海産系人工種苗が7割以上を占めており、海産系人工種苗を早期に放流することで、湖産系人工種苗よりもサイズの的に優位になれば、高水温型と言われる海産系であっても、解禁当初の低水温期の友釣りでも優先的に漁獲されることが再確認された。

3. 6月14日に漁獲されたアユについては、その半数以上が湖産系であるという結果になったが、これは海産系人工種苗が湖産系人工種苗に比べ、高い漁獲圧にさらされた結果、河川内の生息割合が湖産系人工種苗に偏ったことによる可能性が高い。
4. 河川において冷水病で死亡していたアユの判別結果は、その半数以上が湖産系人工種苗となったが、同時期の漁獲魚に占める湖産系人工種苗の割合と等しく、系統間の冷水病に対する感受性の差によって生じたものとは認められなかった。
5. 解禁後の漁獲割合の変動と冷水病死亡魚における種苗割合については、河川内のアユの生息割合に影響を受けていることが想定されるため、解禁後の漁獲動態の把握と冷水病によって死亡したアユの解析例を増やすこと、さらに漁獲魚の保菌状況について調査することが今後の課題である。

文 献

- Araguas, R. M., N. Sanz, C. Pla, and J. L. Garcia-Marin. 2004. Breakdown of the brown trout evolutionary history due to hybridization between native and cultivated fish. *J. Fish Boil.*, 65 suppl. A: 28-37.
- アユ疾病対策協議会. 2011. アユ疾病に関する防疫指針 平成23年12月, 12-19.
- Excoffier, L., G. Laval, and S. Schneider. 2005. Arlequin (version 3.5): An integrated software package for population genetics data analysis. *Evol Bioinform Online*, 1: 47-50.
- Hara, M., T. Sakamoto, M. Sekino, K. Ohara, H. Matsuda, M. Kobayashi, and N. Taniguchi. 2006. Characterization of novel microsatellite DNA markers in ayu *Plecoglossus altivelis*. *Fish. Sci.*, 72: 208-210.
- 原 徹. 2009. 環境調和型アユ増殖手法開発事業 冷水病菌を保菌していないアユ種苗の放流効果と冷水病菌の河川における感染環の解明. 平成21年度岐阜県河川環境研究所業務報告, 9-10.
- 原 徹・桑田知宣・苅谷哲治. 2008. 冷水病菌を保菌していない小型アユ種苗の放流効果. 岐阜県河川環境研究所研究報告, 53: 1-5.
- 原 徹・桑田知宣・齋藤 薫. 2007. アユの河川内での冷水病感受性および放流効果の系統差. 岐阜県河川環境研究所研究報告, 52: 5-9.
- 原 徹・森 美津雄・後藤功一. 1998. 阿木川ダム湖における陸封アユの調査-II 湖内で再生産している稚アユの種類について. 岐阜県水産試験場研究報告, 48: 25-27.
- Iida, Y. and A. Mizokami. 1996. Outbreaks of coldwater disease in wild ayu and pale chub. *Fish Pathol.*, 31: 157-164.
- 石田力三. 1964. 友釣りにかかるアユの大きさ. 淡水区水産研究所研究報告, 14(1):29-36.
- 川之辺素一・沢本良一・山本 聡. 2005. 千曲川におけるアユの放流効果と冷水病の関係. 平成17年度長野県水産試験場研究報告, 7: 10-15.
- Kubota, H., T. Doi, S. Yamamoto, S. Watanabe. 2007. Genetic identification of native populations of fluvial white-spotted charr *Salvelinus leucomaenis* in the upper Tone River drainage. *Fish.Sci.*, 73: 270-284.
- 久保田仁志・手塚 清・福富則夫. 2008. マイクロサテライトDNAマーカーによる釣獲されたアユの由来判別と種苗放流効果の評価. 日本水産学会誌, 74: 1052-1059.
- 桑田知宣. 2007. 冷水病に罹っていない健康な琵琶湖産系人工産アユによる漁獲回復実証試験河川におけるアユ冷水病の被害軽減策の模索(広域調査) 平成17年度岐阜県河川環境研究所業務報告, 16-17. 桑田知宣. 2008. 冷水病耐病性の系統差と冷水病耐病性系統の選抜. 平成18年度岐阜県河川環境研究所業務報告, 12-13.
- 桑田知宣. 2009. 冷水病耐病性に関する選抜. 平成19年度岐阜県河川環境研究所業務報告, 16.
- 桑田知宣. 2010. 冷水病に強く、良く釣れる人工産アユ種苗の開発と利用 冷水病耐病性、釣獲特性、遺伝的特性の系統間差. 岐阜県河川環境研究所研究報告, 55: 5-16.
- 桑田知宣. 2011. 新規に開発したアユ種苗の実用化評価 新規系統の釣獲特性評価. 平成21年度岐阜県河川環境研究所業務報告, 11-13.
- 水戸 鼓・村田 守・近藤正美. 2007. アユ親魚の由来による冷水病耐病性の違いについて. 平成19年度岡山県水産試験場研究報告, 22: 33-35.
- 森 美津雄・原 徹・後藤功一. 1998. 阿木川ダム湖における陸封アユの調査-I 湖内で発見されたアユ稚魚の起源について. 岐阜県水産試験場研究報告, 48: 19-23.
- 森 美津雄・森 茂壽・岡崎 稔・荒井 真・池戸 利・立川 互. 1989. アユの放流に関する研究-XII 馬瀬川におけるアユ種苗の放流方法について. 岐阜県水産試験場研究報告, 34: 1-8.
- 武藤義範・本田隆博・苅谷哲治・桑田知宣. 2013. 帰属性解析を用いたアユの由来判別による早期種苗放流効果の評価. 岐阜県河川環境研究所研究報告, 58: 1-7.
- 永井崇裕・坂本崇. 2006. 異なる系統間の冷水病感受性と免

- 疫応答. 魚病研究, 41: 99-104.
- Nagai, T., T. Tamura, Y. Iida, T. Yoneji. 2004. Difference in susceptibility to *Flavobacterium psychrophilum* among three stocks of ayu *Plecoglossus altivelis*. Fish. Pathol., 39: 159-164.
- 大原健一・景山哲史・桑田知宣・海野徹也・古澤修一. 2010. リアルタイム PCR を用いた実験感染アユにおける *Flabobacterium psychrophilum* の排菌量の推定. 日本水産学会誌, 76: 705-707.
- Piry, S., A. Alapetite, J. M. Cornuet, D. Paetkau, L. Baudouin, A. Estoup. 2004. GENECLASS2: A Software for Genetic Assignment and First-Generation Migrant Detection. J. Hered., 95(6): 536-539.
- Raymond, M., F. Rousset. 1995. GENEPOP (Version 1.2): Population Genetics Software for Exact Tests and Ecumenicism. J. Hered., 86: 248-249.
- Rice, W. R. 1989. Analyzing tables of statistical tests. *Evolution*, 43: 223-225
- Rousset, F. 2008. Genepop'007: a complete reimplementation of the Genepop software for Windows and Linux Mol. Ecol. Resource 8, 103-106.
- さかの重信. 1973. 河川辞典. 河川総合ハンドブック I. 日本河川資料調査会, 157-158.
- 齋藤 薫・臼田 博・立川 互. 1982. アユの放流技術に関する研究-IV 馬瀬川におけるアユの放流時期について. 岐阜県水産試験場研究報告, 27: 37-40.
- 澁谷竜太郎・関 伸吾・谷口順彦. 1995. 海系アユおよび琵琶湖産系アユのなわばり行動の水温別比較. 水産増殖, 43: 415-421.
- 鈴木究真・久下敏宏・新井 肇・泉庄太郎. 2005. 人工継代アユの遺伝的・形態的特性および冷水病耐病性. 平成 17 年度群馬県水産試験場研究報告, 11: 41-43.
- Takagi, M., E. Shoji, N. Taniguchi. 1999. Microsatellite DNA polymorphism to reveal genetic divergence in ayu, *Plecoglossus altivelis*. Fish Sci., 65: 507-512.
- 谷口順彦. 2002. シンポジウム「魚病研究の現状と展望」, アユの種苗放流と冷水病被害について. 魚病研究, 37: 220.
- 内田和男・井口恵一朗・木曾克裕. 1995. アユの攻撃行動に及ぼす水温の影響. 中央水産研究所研究報告, 7: 389-401.