

人工種苗「土佐のあゆ」による資源添加技術の確立および種苗性の確保

占部敦史・隅川 和・稲葉太郎・荻田淑彦

近年、県内のアユ漁獲量は河川環境の悪化などによって減少している。そのため、各河川では、内水面漁業協同組合を中心にして、アユ資源の保全・回復を目的とした種苗放流が行われている。その放流事業においては、天然魚への魚病感染および遺伝的攪乱に配慮する必要がある。そのため、県内へ放流する人工アユについては、天然アユ資源に大きなダメージを与える冷水病やエドワジエラ・イクタルリ感染症の原因菌を持たないこと、天然アユへの遺伝的な攪乱がないように天然魚と同等の遺伝的多様性を持つことが求められる。そこで、本県では高知県内水面漁業協同組合連合会（以下、内漁連）と連携し、県内河川に遡上した天然魚を親魚とする、遺伝的多様性および安全性（病原菌を持たない）の高い県産人工種苗「土佐のあゆ」の生産・放流に取り組んでいる。本課題では、安定的な生産・放流体制を確立することを目的として、天然親魚の養成、人工種苗の疾病に対する安全性検査、人工種苗の遺伝的多様性評価を行った。また、種苗性を向上させるための取組として、人工種苗に発生する形態形質の変異についての解明に取り組んだので、それらの結果を報告する。

1. 人工種苗における遺伝的多様性の確認 および疾病に対する安全性検査

県産人工種苗「土佐のあゆ」が、放流を介して天然アユ資源に魚病感染および遺伝的攪乱を発生させないように、冷水病等の保菌検査および遺伝的多様性の評価を実施した。

材料と方法

人工種苗の疾病に対する安全性検査 2018年に放流した人工種苗（放流時期：2018年3月～5月）については、放流前に冷水病およびエドワジエラ・イクタルリ感染症の保菌検査を実施した。検査対象は、全ての生産池（9池）からそれぞれ無作為抽出した60尾（10尾ずつを1サンプルとして54サンプル）とした。検査はアユ疾病に関する防疫指針（アユ疾病対策協議会2011）に従って実施した。

人工種苗の遺伝的多様性評価 2018年に放流したF1種苗（2017年に養成した天然親魚から生産した種苗。以下、2018F1とする）とF2種苗（2017年に生産したF1種苗から生産した種苗。以下、2018F2）の2集団96個体（各48個体）を用いて、Takagi et al. (1999)の7遺伝子座（Pal 1～7）およびHara et al. (2006)の2遺伝子座（Palayu194および199）の計9遺伝子座について、マイクロサテライトDNA多型解析を行った。また、対照集団として、2016年に松田川（ $n=48$ ）、新莊川（ $n=48$ ）、仁淀川（ $n=48$ ）、鏡川（ $n=48$ ）、物部川（ $n=48$ ）および奈半利川（ $n=48$ ）、2018年に伊尾木川（ $n=48$ ）で採捕した天然遡上魚7集団についても同様の解析を行った。さらに、2017年および2016年に生産されたF1種苗（2017F1, 2016F1）およびF2種苗（2017F2, 2016F2）、他県で生産された人工種苗（HM1種苗およびHM2種苗）も比較対照にした。

得られたデータを基に、各集団の各座におけるアリルリッチネス（*Arich*）、ヘテロ接合体率

の観察値 (H_o) と期待値 (H_e) ならびに Hardy-Weinberg 平衡からの逸脱の有無を FSTAT (Goudet 2001) および ARLEQUIN (Excoffier et al. 2007) で算出し、2018F1 および 2018F2 の遺伝的多様性を評価した。

多様性が低いことが分かる。それに比べて、県産人工種苗は遺伝的多様性が明らかに高く、親魚数が十分に確保されているとともに、継代による近親交配が起きていないものと判断された。

結果と考察

人工種苗の疾病に対する安全性検査 2018 年の県産放流用人工種苗は、仔魚期の生産不調により県内の必要放流量を生産できなかった。2018 年に放流した県産人工種苗は、全ての池において冷水病およびエドワジエラ イクタルリ感染症とも陰性であった。

人工種苗の遺伝的多様性評価 各集団の遺伝的多様性を表 1 に示す。遺伝的多様性の指標となるアリルリッチネスの各遺伝子座の平均は 2018F1 および 2018F2 がそれぞれ 11.7 および 10.2, 過去に生産した人工種苗の F1 種苗および F2 種苗がそれぞれ 11.1~12.4 および 10.7~11.2, 他県産種苗 2 集団が 4.9~6.1, 天然遡上魚 7 集団が 11.5~12.5 であった。Hardy-Weinberg 平衡から有意に逸脱した遺伝子座数は、2018F1 および 2018F2 がそれぞれ 3 座および 1 座, 過去に生産した人工種苗の F1 種苗および F2 種苗がそれぞれ 0~1 座および 0~1 座, 他県産種苗 2 集団が 1 座, 天然遡上魚 7 集団が 0~1 座であった。人工種苗における遺伝的多様性の減少は、限られた親のみが生産に関与することによるボトルネック効果が大きな原因になると推察されている (Allendorf and Phelps 1980)。今回、2018 年に放流した人工種苗は、F2 種苗ではアリルリッチネスが天然遡上魚と比べてやや低いものの、F1 種苗では同等であり、県産人工種苗の遺伝的多様性は維持されていた。また、他県産種苗ではアリルリッチネスが低く、遺伝的

表1. 2018年に生産した人工種苗2集団（2018F1,2018F2）を含むアユ15集団の遺伝的多様性

遺伝子座		人工種苗							
		2018F1	2018F2	2017F1	2017F2	2016F1	2016F2	HM1	HM2
Pal1	<i>Arich</i>	17.5	15.6	15.9	14.7	17.3	15.0	6.0	10.9
	<i>HWE-P</i>	0.00*	0.16	0.37	0.77	0.08	0.64	0.04*	0.01*
Pal2	<i>Arich</i>	14.8	14.8	14.0	13.8	16.9	15.0	6.0	6.8
	<i>HWE-P</i>	0.00*	0.00*	0.16	0.54	0.07	0.11	0.19	0.86
Pal3	<i>Arich</i>	16.7	13.8	16.7	17.9	18.7	14.8	8.0	8.8
	<i>HWE-P</i>	0.64	0.55	0.12	0.01*	0.27	0.58	0.52	0.51
Pal4	<i>Arich</i>	22.7	15.7	19.6	19.8	22.2	19.8	8.0	9.0
	<i>HWE-P</i>	0.48	0.71	0.19	0.22	0.19	0.70	0.07	0.08
Pal5	<i>Arich</i>	3.0	2.9	2.0	2.0	2.8	2.0	2.0	2.0
	<i>HWE-P</i>	0.69	0.76	1.00	0.70	0.91	1.00	1.00	0.76
Pal6	<i>Arich</i>	7.0	5.9	7.9	6.9	7.6	7.0	3.0	3.0
	<i>HWE-P</i>	0.69	0.37	0.62	0.92	0.49	0.51	0.51	0.06
Pal7	<i>Arich</i>	7.9	4.9	6.8	6.0	7.7	6.9	4.0	4.0
	<i>HWE-P</i>	0.00*	0.50	0.05*	0.34	0.72	0.63	0.63	0.46
Palayu194	<i>Arich</i>	11.6	12.6	12.7	14.7	12.6	9.7	5.0	6.8
	<i>HWE-P</i>	0.53	0.29	0.91	0.16	0.88	0.07	0.07	0.54
Palayu199	<i>Arich</i>	4.0	5.8	3.9	5.0	6.1	6.0	2.0	3.9
	<i>HWE-P</i>	0.23	0.77	0.40	0.08	0.15	0.08	0.08	0.60
平均	<i>Arich</i>	11.7	10.2	11.1	11.2	12.4	10.7	4.9	6.1
	<i>H_o</i>	0.694	0.690	0.702	0.714	0.732	0.713	0.577	0.601
	<i>H_e</i>	0.750	0.720	0.730	0.730	0.740	0.740	0.610	0.600

遺伝子座		天然遡上魚						
		松田川	新莊川	仁淀川	鏡川	物部川	伊尾木川	奈半利川
Pal1	<i>Arich</i>	16.8	14.8	14.7	14.9	14.8	15.8	19.7
	<i>HWE-P</i>	0.57	0.19	0.41	0.77	0.65	0.75	0.94
Pal2	<i>Arich</i>	15.8	15.9	14.0	18.6	17.6	16.7	16.7
	<i>HWE-P</i>	0.00*	0.81	0.04*	0.73	0.35	0.59	0.29
Pal3	<i>Arich</i>	17.8	20.0	18.0	19.6	18.6	17.9	17.9
	<i>HWE-P</i>	0.61	0.01*	0.15	0.49	0.53	0.49	0.58
Pal4	<i>Arich</i>	18.8	25.2	20.9	21.6	22.6	26.3	22.8
	<i>HWE-P</i>	0.44	0.14	0.69	0.33	0.65	0.08	0.07
Pal5	<i>Arich</i>	3.0	2.9	2.9	2.0	2.9	3.0	3.8
	<i>HWE-P</i>	0.09	1.00	0.53	0.41	0.42	0.38	0.02*
Pal6	<i>Arich</i>	7.9	7.0	8.9	7.8	8.9	8.9	7.0
	<i>HWE-P</i>	0.43	0.10	0.48	0.85	0.84	0.21	0.20
Pal7	<i>Arich</i>	6.9	6.0	5.9	6.8	7.7	7.0	6.8
	<i>HWE-P</i>	0.51	0.94	0.53	0.44	0.69	0.86	0.35
Palayu194	<i>Arich</i>	11.4	11.5	11.8	11.5	11.5	10.8	8.8
	<i>HWE-P</i>	0.78	0.30	0.57	0.74	0.26	0.02*	1.00
Palayu199	<i>Arich</i>	4.9	5.8	5.9	5.8	4.9	6.0	4.9
	<i>HWE-P</i>	0.27	0.55	0.61	0.02*	0.46	0.16	0.63
平均	<i>Arich</i>	11.5	12.1	11.5	12.1	12.2	12.5	12.1
	<i>H_o</i>	0.698	0.678	0.703	0.724	0.725	0.711	0.727
	<i>H_e</i>	0.720	0.730	0.740	0.730	0.730	0.740	0.720

Arich, アリルリッチネス; *H_o*, ヘテロ接合体率の観察値; *H_e*, ヘテロ接合体率の期待値;

HWE-P, Hardy-Weinberg平衡の*p*値; *, 有意水準 ($p < 0.05$) で有意と判定されたもの

2. 人工種苗に発生する形態異常に関する研究

人工種苗では、下顎側線孔の欠損と耳石結晶化の形態異常が全国的に発生することが報告されている（占部・海野 2018）。人工種苗の種苗性を向上させるためには、これら形態異常の発生について解明することが必要となっている。しかしながら、これら形態異常が遺伝的要因ではなく、飼育条件である環境要因によって発生することまでは明らかにしたが（占部ら 2018, 占部ら 2019）、この形態異常が種苗性に及ぼす影響や形態異常を防除する方法についてはまだ明らかとなっていない。そこで、本年は形態異常である下顎側線孔の欠損が種苗性の低下を引き起こすかを検討した。

材料と方法

アユ稚魚のとびはね行動と河川放流後の遡上性との間には正の相関があり、とびはね率が高いほど上流へ遡上すると報告されている（内田 1990）。また、既報（Tsukamoto et al. 1990）でもとびはね行動を示し遡上性が強い種苗ほど放流後の成長が良く、なわばりを作る性質が強く、採捕率が高いと報告されている。そのため、種苗性の評価はとびはね検定を改良した遡上試験で行うことにした。遡上試験は、アユのとびはね検定実施要領（全国湖沼河川養殖研究会 1992）および、とびはね実験の先行研究（Tsukamoto and Uchida 1990, 田中ら 2007, 相川 2008, 田中ら 2014, 千葉県 2015）を参考に改良した。

遡上試験の概要について、5つの水槽（底面積：1m²）を連続に並べて、それぞれの水深が水槽間で5cmの水位差が生じる装置を作成した。各水槽の水深は上部から35、30、25、20および15cmとなっている（図1）。2番目に水

位が低い水槽（水槽番号：No.2, 水深：20cm）に供試魚を收容し、收容24時間後に全て取り上げて、水槽別個体数と下顎側線孔欠損の有無を確認した。評価には、下顎側線孔の正常群および欠損群におけるとびはね率および水槽移動比率を用いた。收容した水槽より上部に移動したもの（水槽番号No.5~3に移動したもの）をとびはね個体とし、定位もしくは下部の水槽に移動したもの（水槽番号No.2~1に定位・移動したもの）を非とびはね個体として、とびはね率を算出した。水槽移動比率は、正常群と欠損群の水槽別の個体数で算出した。実験は人工アユ50-100尾（人工区1-4）を用いて4回実施し、対照として天然アユ29尾（天然区）を用いた実験も1回実施した（表2）。

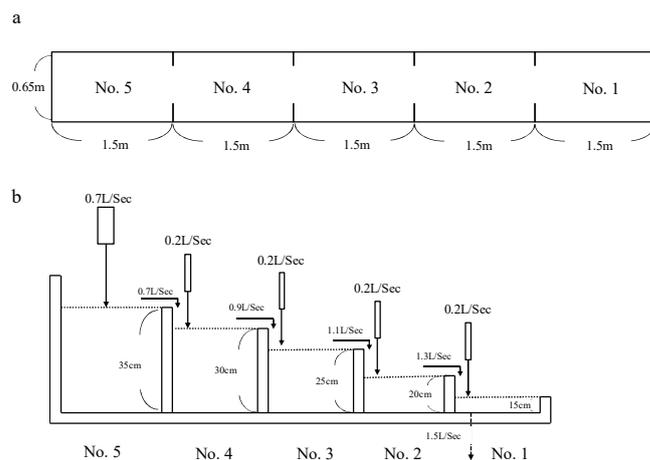


図1. 遡上試験の水槽（a：平図面，b：断図面）

結果と考察

とびはね率は人工区が 95-98%で、天然区が 100%で、有意な差は認められなかった（フィッシャーの正確確率検定, $p=0.78$; 表 2)。また、人工区のうち下顎側線孔の正常群のとびはね率は 89-100%, 欠損群は 97-100%で、いずれの人工区においても両群で有意な差は認められなかった（フィッシャーの正確確率検定, $p>0.05$; 表 3)。

水槽移動比率においても、人工区の下顎側線孔の正常群と欠損群で有意な差は認められなかった（フィッシャーの正確確率検定, $p>0.05$; 表 3)。これらのことから、人工アユで生じる下顎側線孔の欠損は遡上性に及ぼす影響が低いと推測された。しかしながら、今後は縄張り試験等により他の種苗性についても評価をしていく必要があるだろう。

表2. 遡上試験

試験区	由来	尾数	体長 (mm)	体重 (g)	とびはね率	水温 (°C)	
人工区 1	人工アユ	F1	50	93.6±13.5	10.7±4.8	98%	19.0 - 19.4
人工区 2	人工アユ	F1	61	94.9±13.0	10.3±4.8	95%	18.2 - 19.1
人工区 3	人工アユ	F2	62	92.8±8.5	11.4±3.3	98%	18.0 - 18.3
人工区 4	人工アユ	F2	100	92.5±9.7	11.1±3.9	97%	18.1 - 19.3
天然区	天然アユ	F0	29	107.7±8.7	16.0±4.0	100%	19.0 - 19.7

表3. 下顎側線孔の正常および欠損群の遡上試験結果

試験区	下顎側線孔	尾数	とびはね率 (%)	Fisher's exact test	水槽移動比率					Fisher's exact test
					No.5*	No.4*	No.3*	No.2*	No.1*	
人工区 1	正常群	15	93	$p = 0.30$	60	27	7	7	0	$p = 0.20$
	欠損群	35	100		43	34	23	0	0	
人工区 2	正常群	9	89	$p = 0.15$	67	22	0	11	0	$p = 0.43$
	欠損群	50	100		75	12	10	2	2	
人工区 3	正常群	31	100	$p = 1.00$	68	23	10	0	0	$p = 0.41$
	欠損群	31	97		52	26	19	0	3	
人工区 4	正常群	28	96	$p = 1.00$	79	14	4	4	0	$p = 0.57$
	欠損群	72	97		74	22	1	1	1	
天然区	正常群	27	100	$p = 1.00$	78	22	0	0	0	$p = 1.00$
	欠損群	2	100		100	0	0	0	0	

* , 水槽番号

3. 人工種苗の資源添加効果の把握

県産人工種苗において、より資源添加効果の高い種苗の生産・放流技術の開発につなげていくためには、河川での放流後の定着状況を明らかにする必要がある。そこで、人工種苗が河川でどのように成長し、どのように漁獲に貢献しているのかを調査した。

材料と方法

四万十川の支流である梶原川で、アユ放流後の定着状況を明らかにするために潜水調査および漁獲調査を実施した。本河川は、四万十川本流との合流点上流に津賀ダム（魚道はない）があるため、アユの天然遡上がなく、梶原町津野山魚族保護会によってアユ人工種苗を用いた放流事業が行われている。さらに、当該河川においては、陸封アユの生息は確認されていないことから、生息しているアユは全て放流された人工種苗である。

潜水調査については、5月、7月および8月で梶原川本流の上流域（越知面）および下流域（川口合流点）、梶原川支流四万川川の上流域（上成橋）、中流域（宮野々橋）および下流域（川口合流点）ならびに梶原川支流北川川（明野地橋）の計6地点で行った（図2）。生息密度は、 1 m^2 ($1\text{ m}\times 1\text{ m}$) あたりのアユの尾数を目視によって算出した。漁獲調査については、四万川川（川口合流点より上流）、梶原川上流（川口合流点より上流）、梶原川下流（北川川までの中平合流点～川口合流点まで）、北川川（中平合流点より上流）の計4区間で漁獲されたアユを購入し、魚体重を測定した。

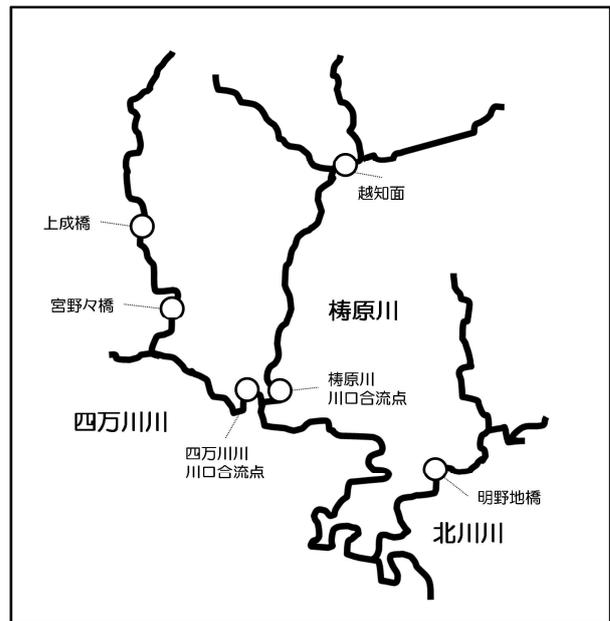


図2. 潜水調査の定点

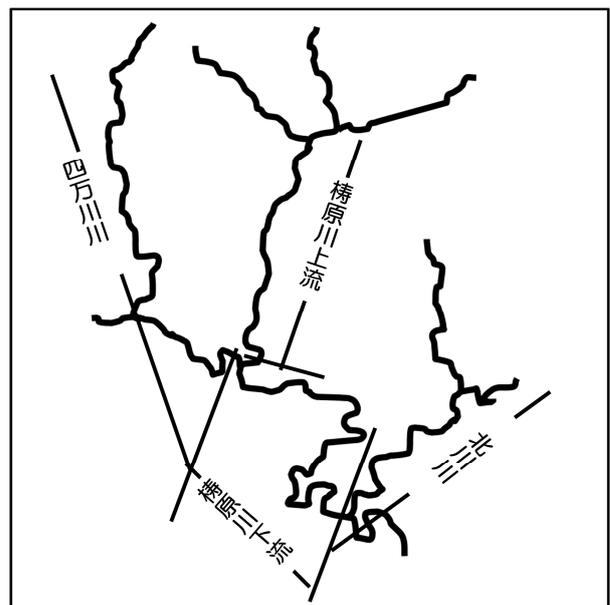


図3. 漁獲魚の採集場所

結果と考察

2018年における各月、各地点の生息密度（尾/m²）を図4に示した。5月の生息密度は四万川川の中流地点（1.8尾/m²）で高かったが、他の地点で0.2～0.4尾/m²と低く、7月以降はどの地点も0.0～0.4尾/m²と低かった。前年（2017年）の調査と比較すると、2018年の生息密度は5月で高かったものの（2018年5月：0.2～1.8尾/m²，2017年5月：0.0～0.7尾/m²），7月以降で低かった（2018年7～8月：0.0～0.4尾/m²，2017年7～8月：0.0～1.1尾/m²）。

漁獲されたアユの平均体重を図5に示した。平均体長は全ての区域で、8月または9月で最大となった。四万川川、梶原川上流および梶原川下流では、平均体重が6～7月にかけて停滞した。体重組成について、どの区域も6～7月の主体は60g未満であったのに対し（6～7月の60g未満の割合：67～100%），8～9月は70g以上に成長したものが多く出現し（8～9月の70g以上の割合：32～90%），全体の0～30%が100g以上に成長していた（図6）。

4～5月に放流した人工種苗（体重：約10g）は6月時点で四万川川、梶原川上流および北川川で平均体重36.8～47.2gに成長していた。しかし、5～8月の生息密度は全体的に低く、人工種苗の定着が十分でなかったか、または放流密度が低かったことがうかがえた。特に、7月以降で生息密度が低くなった。一方、6～7月に梶原川上流および四万川川で冷水病の罹患魚、または死亡魚が確認されはじめた。5～6月の平均体重の停滞および7月以降の生息密度の低下は冷水病の発生による影響が考えられた。その後、7月以降に平均体重が増加したことは、冷水病が7月頃に終息し、アユの摂餌等の活性が回復した可能性がある。河川放流後の人工種苗の定着状況について、冷水病等の河川条件に影響す

るが、4～5月に放流した人工種苗（体重：約10g）は6～7月に40g、8～9月に70g以上に成長していた。

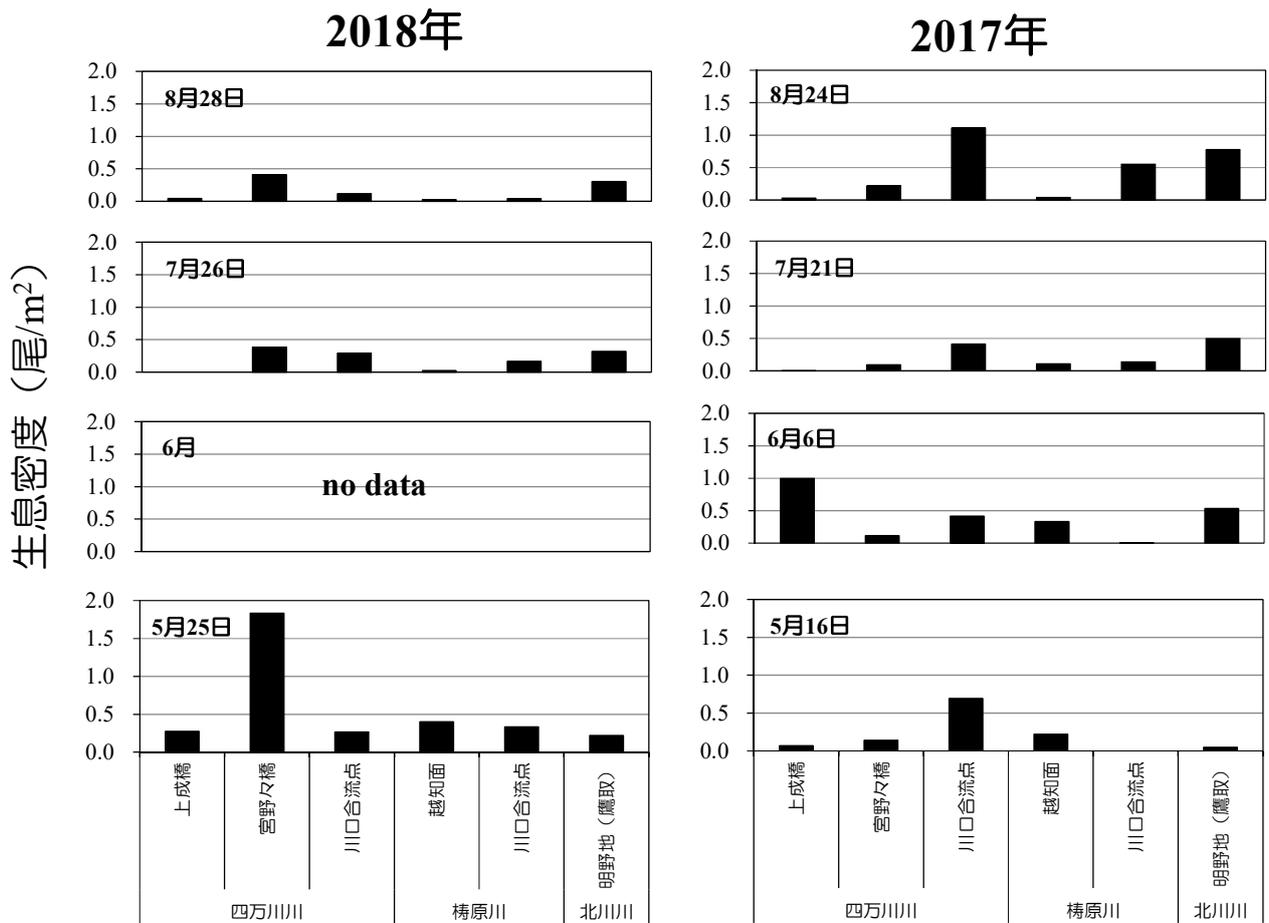


図 4. 潜水調査による生息密度

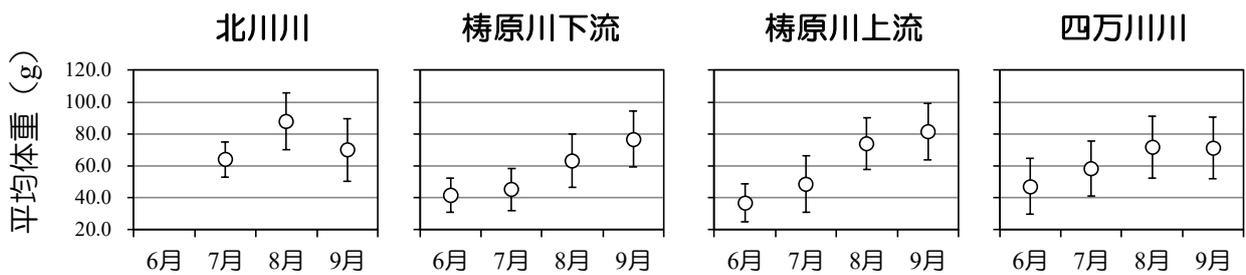


図 5. 漁獲魚の平均体重

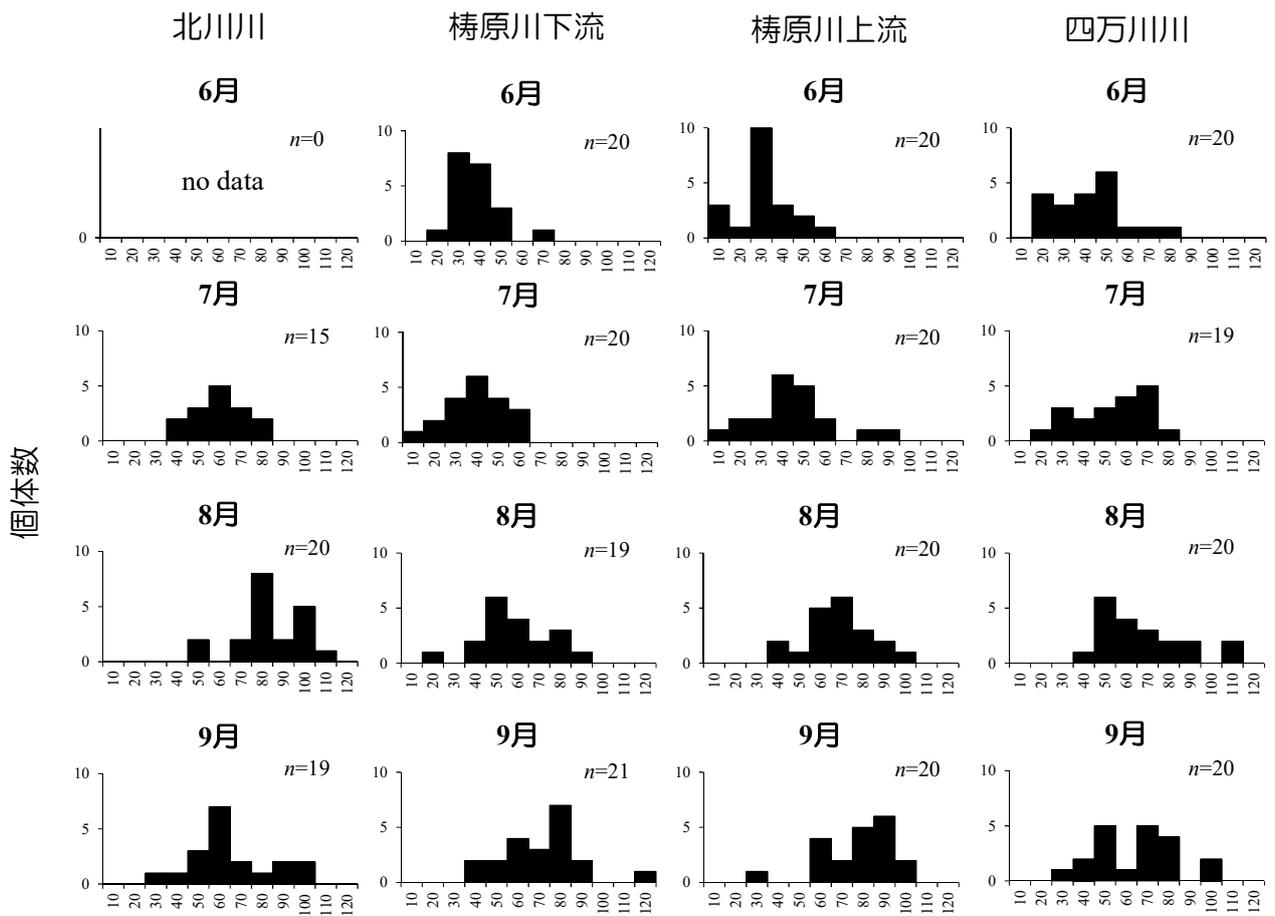


図 6. 漁獲魚の体重組成

4. 親魚における採捕・養成および保菌検査

遺伝的多様性の高い県産人工種苗「土佐のあゆ」の生産・放流に取り組むことを目的として、県内河川に遡上した天然魚を採捕し、親魚として養成した。また、安全性の高い人工種苗の生産・放流を行うことを目的として、種苗生産に供した親魚に対して病原細菌の保菌検査を実施した。

材料と方法

親魚候補となる天然遡上魚は、2018年3月2日に奈半利川田野井堰で、2018年3月7～8日に松田川河戸堰で、2018年3月14～18日に新莊川岡本堰で、のぼりうえおよびすくい網を用いて採捕した。採捕したアユは、内漁連所有の活魚車で当センターまで輸送し、直ちに屋外の50トン水槽に収容し、養成を開始した。養成した天然親魚は、内漁連に移送し、2019年に放流する人工種苗の生産に供した。また、内漁連で養成した人工親魚（系統：F1，採卵時期：2017年10月）も種苗の生産に供した。いずれの親魚も、採卵後（人工授精した卵から仔魚が孵化する前まで）に冷水病およびエドワジエラ イクタルリ感染症の保菌検査を実施した。検査対象は人工授精に使用した全数（1回の人工授精に供した雌雄数十尾の全てを1サンプルとして58サンプル）とした。検査はアユ疾病に関する防疫指針（アユ疾病対策協議会 2011）に従って実施した。

結果と考察

新莊川で1,424尾、松田川で1,701尾、奈半利川で1,730尾を採捕し、それぞれ50トン水槽に収容した。新莊川の親魚では2018年4月27日～5月23日および6月3日～6月22日、奈

半利川の親魚では3月18日～4月12日に冷水病が発生し、累積死亡数は新莊川で104尾および奈半利川で74尾であった。疾病が発生した池では、スルフィソゾールナトリウム又はフロルフエニコールを有効成分とする水産用抗菌剤を投薬したところ、冷水病が徐々に治まった。また、全ての親魚において成熟を調整するため、2018年5月29日～8月20日に、明期18時間、暗期6時間のサイクルで電照による長日処理を行った。親魚は2018年10月5～19日に内漁連へ移送した後、順次、採卵・種苗生産に供した。新莊川、松田川および奈半利川の親魚について、移送尾数、生残率、移送時の魚体重、飼料効率、GSIなどを表4に示した。前年と比べて、本年は電照期間を17日間長く行ったところ、成熟が1週間程度遅くなった。

2019年に放流する県産人工種苗の生産に供した親魚について、冷水病およびエドワジエラ イクタルリ感染症の保菌検査を実施したところ、全て陰性であった。新莊川および奈半利川の親魚では3～6月に冷水病が発生したが、採卵時の10月時点で保菌は確認されなかった。

表4. 天然親魚の養成結果

採捕河川		新荘川	松田川	奈半利川
池番号		501	502	503
収容尾数		1,424	1,701	1,730
収容時の平均魚体重 (g)		2.3	1.6	3.1
移送尾数		1,207	1,656	1,590
生残率		84.8%	97.4%	91.9%
移送時の魚体重 (g)		39.1	46.8	60.2
飼料効率		0.76	0.84	0.77
GSI	オス	12.3	10.7	11.2
	メス	19.6	23.6	19.5
排卵・放卵済み個体割合		0/4	0/4	0/3

引用文献

相川英明 (2008) 海産アユとアユ人工種苗の行動特性. 神奈川県水産技術センター研究報告書, 3, 59-63.

アユ疾病対策協議会 (2011) アユ疾病に関する防疫指針.

Allendorf F W and Phelp S R (1980) Loss of genetic variation in hatchery stock of cutthroat trout. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 109, 537-543.

内田和男 (1990) アユの種苗性と遡河行動. 水産増殖, 38, 210-211.

占部敦史, 海野徹也 (2018) 人工および天然アユにおける計数形質の比較. 日本水産学会誌, 84, 70-80.

占部敦史, 隅川 和, 荻田淑彦, 長岩理央 (2018) 人工種苗「土佐のあゆ」による資源添加技術の確立および種苗性の確保. 高知県内水面漁業センター平成 28 年度事業報告書 13-17.

占部敦史, 隅川 和, 荻田淑彦, 長岩理央 (2019) 人工種苗「土佐のあゆ」による資源添加技術の確立および種苗性の確保. 高知県内水面漁業センター平成 29 年度事業報告書 17-24.

Excoffier L, Laval G, Schneider S (2005) AREQUIN (version3.0) : An integrated software package for population genetics data analysis1. *Evol. Bioi.*, 1, 47-50.

Goudet J (1995) FSTAT (Version 1.2) : A computer program to calculate F-statistics. *J. Hered.*, 86, 485-486.

全国湖沼河川養殖研究会 (1992) とびはね検定実施要領. 「アユの放流研究 (アユ放流研究部会 昭和 63 年~平成 2 年度のとりまとめ)」全国湖沼河川養殖研究会アユ放流研究部会, 2-5.

Takagi M, Shoji E, Taniguchi N (1999) Microsatellite DNA polymorphism to reveal genetic divergence in ayu, *Plecoglossus altivelis*. *Fish. Sci.*, 65, 507-512.

田中英樹, 松岡栄一, 星野勝弘, 清水延浩, 鈴木究真, 佐藤敦彦 (2007) 人工産アユの種苗性に関する諸特性. 群馬県水産試験場研究報告, 13, 22-26.

田中秀樹, 鈴木究真, 星野勝弘, 松岡栄一 (2014) アユの冷水と濁水に対する移動性とストレス反応. 神奈川県水産技術センター研究報告

書, 21: 1-6

千葉県水産総合研究センター (2015) 人工産種
苗 2 系統の遡上性について. 「アユ資源研究
部会報告書 (平成 26 年度)」 全国湖沼河川
養殖研究会アユ資源研究部会, 11-12.

Tsukamoto K, Uchida K (1990) Spacing and
jumping behavior of the ayu *Plecoglossus
altivelis*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56,
1383-1392.

Tsukamoto K, Masuda S, Endo M, Otake T (1990)
Behavioural characteristics of ayu, *plecoglossus
altivelis*, as predictive indices stocking
effectiveness in river. *Nippon Suisan Gakkaishi*
56, 1177-1186.

Hara, M., Sakamoto, T., Sekino, M., Ohara, K.,
Matsuda, H., Kobayashi, M. and Taniguchi, N.
(2006) Characterization of novel microsatellite
DNA markers in ayu *Plecoglossus altivelis*.
Fish. Sci., 72, 208-210.