

アユ資源の増殖に関する研究－IV

長良川上流域におけるアユの種類別漁獲状況

原 徹・岡崎 稔・一柳哲也

Investigation of Increase in Resources of Ayu *Plecoglossus altivelis* - IV

State of fishing for variety of Ayu on the upper Reaches on Nagara River

Toru HARA・Minoru OKAZAKI・Tetsuya ICHIYANAGI

前報^{1) 2)}の結果から、天然遡上アユは海産アユと遺伝的に近似した集団で¹⁾、産卵親魚についてもそのほとんどが海産アユと遺伝的に近似した集団と考えられ²⁾、放流した琵琶湖産アユが天然遡上アユ資源に関与していない可能性が示唆された。

また近年のアユの不漁の一因として、琵琶湖産種苗の健苗性等が問題視されており、放流されたアユがどの程度漁獲に関与しているのか懸念されている。

そこで、天然遡上アユのある長良川上流部の郡上漁業協同組合(以下、郡上漁協と称する)管内でアユを採捕し、アイソザイム分析からアユの種類別時期別の漁獲割合を調査した。

材料及び方法

アイソザイム分析は、水平式デンプンゲル電気泳動法で行い、デンプンゲルの作製法、諸酵素の染色法等は、Mashiko・Numachi³⁾、沼知⁴⁾に従った。

アユでは、glucosephosphate isomerase (EC.5.3.1.9, 以下GPIと称する)とmannosephosphate isomerase(EC.5.3.1.8, 以下MPIと称する)の2酵素に関与する3遺伝子座のうち、*Gpi-1*及び*Mpi*の2遺伝子座の対立遺伝子頻度で海産アユと琵琶湖産アユの間に明らかな有意差がみられるとされている⁵⁾ことから、*Gpi-1*及び*Mpi*の2遺伝子座の対立遺伝子頻度を調べた。

アイソザイム分析には、第1図に示した郡上漁協管内で、友釣り及び網で採捕したアユを供試した。友釣り採捕魚は、6月11・24日、7月2日、12・24日、8月2日、12・22日の5群、網採捕魚は、7月23日、30日、8月8日の3群を供試した。

友釣り採捕魚の計量形質を第1表に、網採捕魚の計量

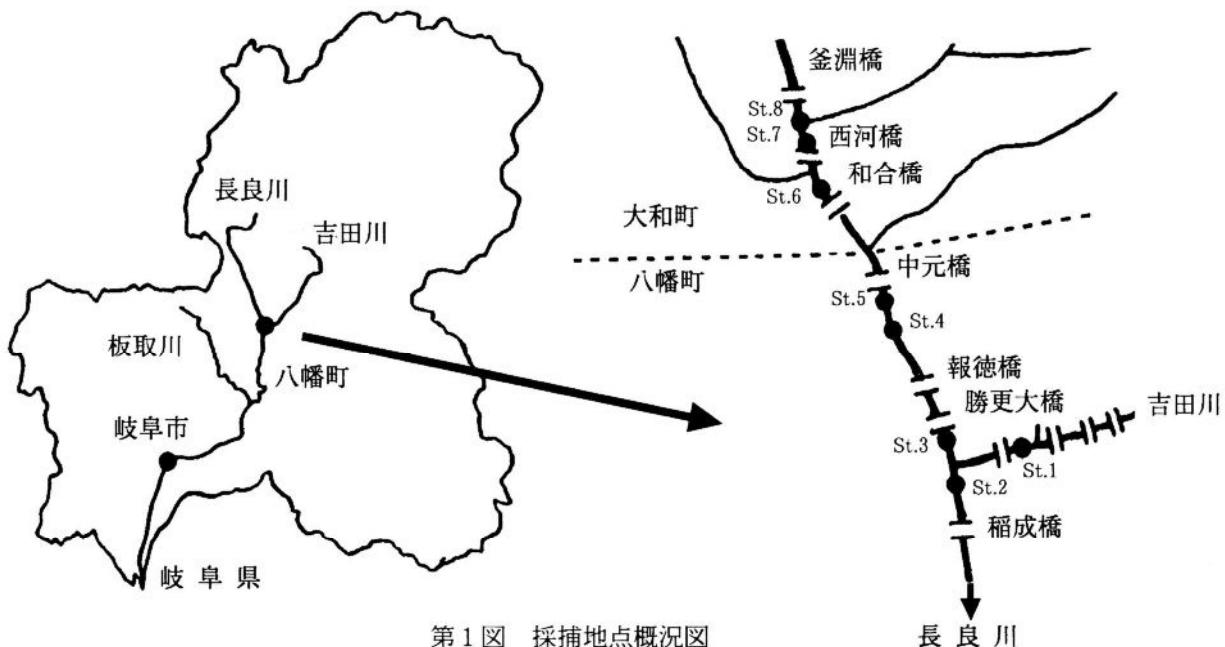
形質を第2表にそれぞれ示した。また、4月16日～5月28日の間に郡上漁協管内に放流した人工産アユについてもアイソザイム分析を行い、計量形質を第3表に示した。また、分析に供した組織及び緩衝液を第1表～第3表にそれぞれ示した。

琵琶湖産アユ及び海産アユについては、谷口・関の測定データ⁶⁾を使用した。また、混合率の推定は谷口⁷⁾に従った。琵琶湖産、海産の混合率をそれぞれ Y_L 、 Y_M 、そして琵琶湖産、海産及び採捕魚の遺伝子頻度をそれぞれ P_L 、 P_M 、 P_o とすると混合率は次式で算出される。

$$Y_L = (P_o - P_M) / (P_L - P_M), Y_M = (P_o - P_L) / (P_M - P_L)$$

結 果

長良川の郡上漁協管内には、1996年4月16日から5月28日の間に、琵琶湖産アユ16,904kg(約198万尾)、人工産アユ4,140kg(約53万尾)、合計21,044kg(約251万尾)が放流されており、重量及び尾数とも約8割が琵琶湖産ア



第1図 採捕地点概況図

第1表 長良川で手釣りで採捕したアユの計量形質

採 捕 日	個体数	平均被鱗体長(cm±S.D.)	平均体重(g±S.D.)	採捕場所	組織	緩衝液*
1996.6.11・24	50	14.36±1.66	45.33±16.26	St.1,2,5,6	筋肉	MES/TEA
1996.7. 2	44	15.14±1.51	48.54±15.24	St.3	筋肉	MES/TEA
1996.7.12・23	54	15.21±1.95	51.73±18.68	St.3,4	筋肉	MES/TEA
1996.8. 2	32	15.88±1.64	61.28±18.43	St.6	筋肉	MES/TEA
1996.8.12・22	49	16.35±1.43	63.53±16.83	St.8	筋肉	MES/TEA

* MES/TEA, 2-(N-Morpholino)ethanesulfonic acid/triethanolamine buffer^{b)}

第2表 長良川で網で採捕したアユの計量形質

採 捕 日	個体数	平均被鱗体長(cm±S.D.)	平均体重(g±S.D.)	採捕場所	組織	緩衝液*
1996.7.23	50	15.46±1.05	51.25±11.65	St.7	筋肉	MES/TEA
1996.7.30	42	15.06±1.48	50.19±12.75	St.7	筋肉	MES/TEA
1996.8.8	29	15.10±0.73	50.63± 7.81	St.7	筋肉	MES/TEA

* MES/TEA, 2-(N-Morpholino)ethanesulfonic acid/triethanolamine buffer^{b)}

第3表 放流された人工産アユの計量形質

採 捕 日	個体数	平均被鱗体長(cm±S.D.)	平均体重(g±S.D.)	組織	緩衝液*
1996.4.16	47	9.08±0.87	8.87±2.50	筋肉	MES/TEA
1996.4.16	50	9.78±0.93	12.05±3.97	筋肉	MES/TEA
1996.4.17	48	9.02±1.13	8.31±3.44	筋肉	MES/TEA
1996.4.17	50	8.69±1.16	7.73±3.59	筋肉	MES/TEA
1996.4.18	50	8.59±1.03	7.69±3.07	筋肉	MES/TEA
1996.4.19	50	8.13±1.35	8.40±4.89	筋肉	MES/TEA
1996.4.20	50	8.69±1.04	8.21±3.15	筋肉	MES/TEA
1996.4.20	50	8.89±0.75	9.76±3.08	筋肉	MES/TEA
1996.5.28	50	7.42±0.67	5.18±1.83	筋肉	MES/TEA
1996.5.28	50	8.01±0.82	6.52±2.24	筋肉	MES/TEA

* MES/TEA, 2-(N-Morpholino)ethanesulfonic acid/triethanolamine buffer^{b)}

ユであった。人工産アユは約2割で、4月16、17、18、19、20日、5月28日の6日間に10群が放流された。人工産アユ10群の*Gpi-1*及び*Mpi*の2遺伝子座についてアイソザイム分析を行い、得られた遺伝子型を第4表に示した。*Gpi-1*では、AA型が最も多く、次いでAC型が多かった。また*Mpi*ではどの群もBB型が最も多く、次いでBC型が多かった。

第4表の遺伝子型から、各遺伝子座における対立遺伝子頻度を求め、第5表に示した。10群全体としては、*Gpi-1*ではA対立遺伝子頻度が0.668と最も高く、次いでC対立遺伝子頻度が0.327となっていた。また*Mpi*ではB対立遺伝子頻度が0.818と最も高くなっていた。

第6表に琵琶湖産アユ及び海産アユ各4群の、2遺伝子座における対立遺伝子頻度を示した。*Gpi-1*では、琵琶湖産アユは、C対立遺伝子頻度が0.594～0.679と最も高いのに対し、海産アユはA対立遺伝子頻度が0.625～0.640と最も高くなっている。また*Mpi*では、琵琶湖産アユはC対立遺伝子頻度が0.560～0.653と最も高いのに対し、海産アユはB対立遺伝子頻度が0.857～0.880と最も高く

なっていた。

放流された人工産アユ、琵琶湖産アユ及び海産アユの各遺伝子座の対立遺伝子の頻度を、藤尾⁸⁾に従いt-検定を用いて比較したところ、人工産アユと海産アユ4群の間には有意差の認められる群もあったが、10群全体としては、有意差は認められなかった(tの標準値は自由度∞、危険率1%)。また、人工産アユと琵琶湖産アユ4群の間には、各群及び10群全体としても有意差が認められた(tの標準値は自由度∞、危険率1%)。

アイソザイム分析から放流された人工産アユは、琵琶湖産アユと遺伝的に異なり、海産アユと遺伝的に近似した集団と判定された。よって、両者を併せて海産系アユとして扱った。

友釣り採捕アユ5群の*Gpi-1*及び*Mpi*の2遺伝子座についてアイソザイム分析を行い、得られた遺伝子型を第7表に示した。*Gpi-1*では、採捕群によって異なっていたが、AC型かAA型のどちらかが多かった。また*Mpi*でも同様に、BB型かBC型のどちらかが多かった。

第7表の遺伝子型から、各遺伝子座における対立遺伝

第4表 放流された人工産アユの*Gpi-1*,*Mpi*の遺伝子型

放流日	個体数	G p i - I							M p i				
		AA	AB	AC	AD	BC	CC	CD	AB	AC	BB	BC	CC
1996.4.16	47	17	0	23	0	1	6	0	1	0	35	8	3
1996.4.16	50	28	0	16	0	0	6	0	0	0	39	11	0
1996.4.17	48	23	0	21	0	0	4	0	3	0	29	16	0
1996.4.17	50	30	0	19	0	0	1	0	0	0	36	14	0
1996.4.18	50	17	0	28	0	0	5	0	0	0	38	11	1
1996.4.19	50	30	0	15	2	0	3	0	1	1	31	15	2
1996.4.20	50	23	0	17	0	0	10	0	0	1	36	10	3
1996.4.20	50	19	1	23	0	0	7	0	0	0	27	20	3
1996.5.28	50	22	0	22	0	0	6	0	1	0	38	11	0
1996.5.28	50	15	0	26	0	0	8	1	0	1	24	22	3
合 計	495	224	1	210	2	1	56	1	6	3	333	138	15

第5表 放流された人工産アユの*Gpi-1*,*Mpi*の遺伝子頻度

放流日	個体数	G p i - I				M p i		
		A	B	C	D	A	B	C
1996.4.16	47	0.606	0.011	0.383	0.000	0.011	0.840	0.149
1996.4.16	50	0.720	0.000	0.280	0.000	0.000	0.890	0.110
1996.4.17	48	0.698	0.000	0.302	0.000	0.031	0.802	0.167
1996.4.17	50	0.790	0.000	0.210	0.000	0.000	0.860	0.140
1996.4.18	50	0.620	0.000	0.380	0.000	0.000	0.870	0.130
1996.4.19	50	0.770	0.000	0.210	0.020	0.020	0.780	0.200
1996.4.20	50	0.630	0.000	0.370	0.000	0.010	0.820	0.170
1996.4.20	50	0.620	0.010	0.370	0.000	0.000	0.740	0.260
1996.5.28	50	0.660	0.000	0.340	0.000	0.010	0.880	0.110
1996.5.28	50	0.560	0.000	0.430	0.010	0.010	0.700	0.290
人工産アユ全体	495	0.668	0.002	0.327	0.003	0.009	0.818	0.173

子頻度を求め、第8表に示した。*Gpi-1*では、A対立遺伝子頻度が0.420～0.578と最も高く、次いでC対立遺伝子頻度が0.409～0.580となっていた。また*Mpi*では、B対立遺伝子頻度が0.500～0.684と最も高くなっていた。

網採捕アユ3群の*Gpi-1*及び*Mpi*の2遺伝子座についてアイソザイム分析を行い、得られた遺伝子型を第9表に示した。*Gpi-1*では、どの採捕群もAC型が最も多く、

*Mpi*では採捕群により異なるが、BB型かBC型のどちらかが多かった。

第9表の遺伝子型から、各遺伝子座における対立遺伝子頻度を求め、第10表に示した。*Gpi-1*では、A対立遺伝子頻度が0.482～0.571と最も高く、次いでC対立遺伝子頻度が0.429～0.500となっていた。また*Mpi*では、B対立遺伝子頻度が0.480～0.603と最も高くなっていた。

第6表 琵琶湖産アユ及び海産アユの*Gpi-1*,*Mpi*の遺伝子頻度^①

遺伝子座 遺伝子型 種類	<i>Gpi-1</i>			<i>Mpi</i>		
	A	C	X ^②	A	B	C
余市川(海産)	0.630	0.370	0.000	0.010	0.880	0.110
浜名湖(海産)	0.640	0.350	0.010	0.014	0.857	0.129
日高川(海産)	0.625	0.375	0.000	0.000	0.862	0.138
物部川(海産)	0.626	0.369	0.005	0.000	0.874	0.126
沖アユ(琵琶湖産)	0.400	0.600	0.000	0.020	0.390	0.590
犬上川(琵琶湖産)	0.350	0.640	0.010	0.060	0.380	0.560
安曇川(琵琶湖産)	0.406	0.594	0.000	0.020	0.327	0.653
姉川(琵琶湖産)	0.321	0.679	0.000	0.031	0.378	0.592

* 1 : 谷口・関の測定値^③

* 2 : 低頻度の対立遺伝子

第7表 長良川で友釣りで採捕したアユの*Gpi-1*,*Mpi*の遺伝子型

遺伝子座 遺伝子型 放流日	個体数	<i>Gpi-1</i>							<i>Mpi</i>				
		AA	AB	AC	AD	BC	CC	CD	AB	AC	BB	BC	CC
1996.6.11・24	50	11	0	20	0	0	19	0	1	2	20	16	11
1996.7.2	44	16	0	18	0	0	10	0	1	1	13	17	12
1996.7.12・23	54	15	0	25	0	0	14	0	1	0	20	25	8
1996.8.2	32	11	0	15	0	0	6	0	0	1	16	9	6
1996.8.12・22	49	19	0	17	1	1	11	0	1	1	25	16	6

第8表 長良川で友釣りで採捕下アユの*Gpi-1*,*Mpi*の遺伝子頻度

遺伝子座 遺伝子型 放流日	個体数	<i>Gpi-1</i>				<i>Mpi</i>		
		A	B	C	D	A	B	C
1996.6.11・24	50	0.420	0.000	0.580	0.000	0.030	0.570	0.400
1996.7.2	44	0.568	0.000	0.432	0.000	0.023	0.500	0.477
1996.7.12・23	54	0.509	0.000	0.491	0.000	0.009	0.611	0.380
1996.8.2	32	0.578	0.000	0.422	0.000	0.015	0.641	0.344
1996.8.12・22	49	0.571	0.000	0.409	0.010	0.020	0.684	0.296

第9表 長良川で網で採捕したアユの*Gpi-1*,*Mpi*の遺伝子型

遺伝子座 遺伝子型 放流日	個体数	<i>Gpi-1</i>							<i>Mpi</i>				
		AA	AB	AC	AD	BC	CC	CD	AB	AC	BB	BC	CC
1996.7.23	50	15	0	27	0	0	8	0	3	2	12	21	12
1996.7.30	42	14	0	20	0	0	8	0	1	0	13	18	10
1996.8.8	29	8	0	12	0	0	8	1	1	0	14	6	8

第10表 長良川で網で採捕したアユの*Gpi-1*,*Mpi*の遺伝子頻度

放流日	遺伝子座 遺伝子型 固体数	<i>Gpi-1</i>				<i>Mpi</i>		
		A	B	C	D	A	B	C
1996.7.23	50	0.570	0.000	0.430	0.000	0.050	0.480	0.470
1996.7.30	42	0.571	0.000	0.429	0.000	0.012	0.536	0.452
1996.8.8	29	0.482	0.000	0.500	0.018	0.018	0.603	0.379

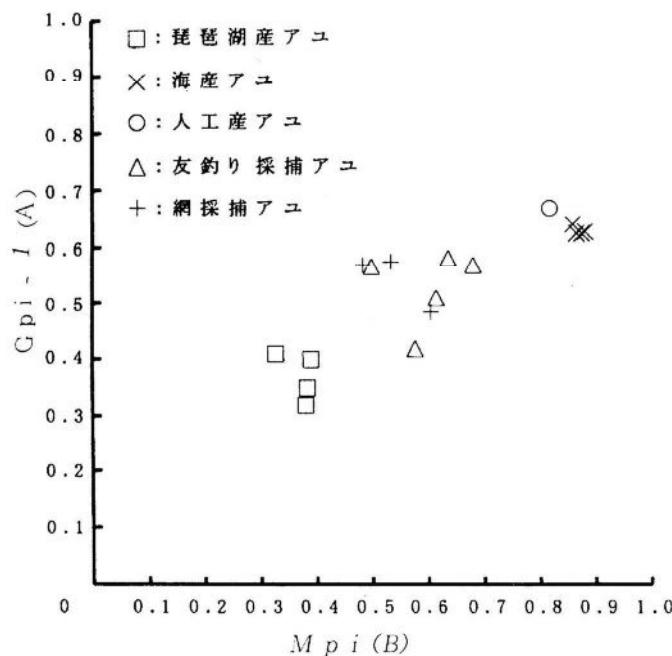
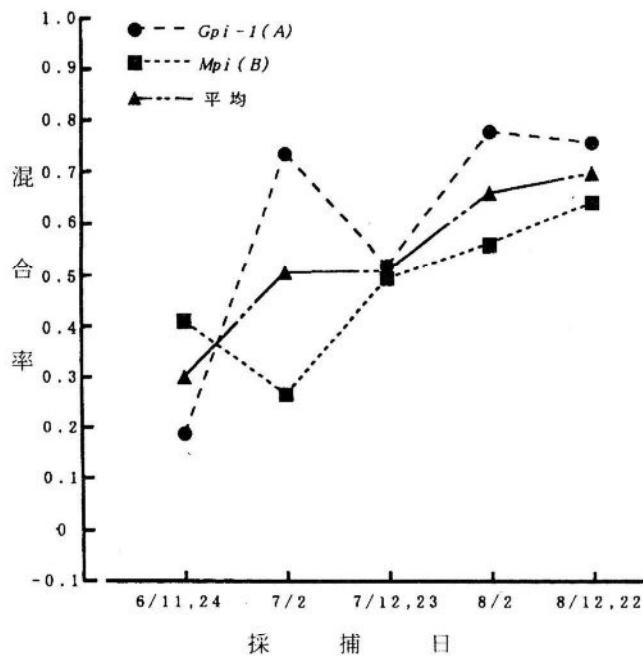
*Gpi-1*のA対立遺伝子頻度と*Mpi*のB対立遺伝子頻度について、友釣り採捕アユ5群と網採捕アユ3群、さらに人工産アユ、海産アユ及び琵琶湖産アユの関係を第2図に示した。琵琶湖産アユ4群は*Gpi-1*のA対立遺伝子頻度が0.321～0.406、*Mpi*のB対立遺伝子頻度が0.327～0.390、海産アユ4群は*Gpi-1*のA対立遺伝子頻度が0.625～0.640、*Mpi*のB対立遺伝子頻度が0.857～0.880に、そして人工産アユは*Gpi-1*のA対立遺伝子頻度が0.668、*Mpi*のB対立遺伝子頻度が0.818に位置していた。それに対して友釣り採捕アユ5群は、*Gpi-1*のA対立遺伝子頻度が0.420～0.578、*Mpi*のB対立遺伝子頻度が0.500～0.684に、網採捕アユ3群は、*Gpi-1*のA対立遺伝子頻度が0.482～0.571、*Mpi*のB対立遺伝子頻度が0.480～0.603に位置しており、友釣り及び網採捕アユと琵琶湖産アユ、海産アユ及び人工産アユの間には明瞭な対立遺伝子頻度の差がみられた。

友釣り採捕アユ5群及び網採捕アユ3群と琵琶湖産アユ、海産アユ及び人工産アユの各遺伝子座の対立遺伝子

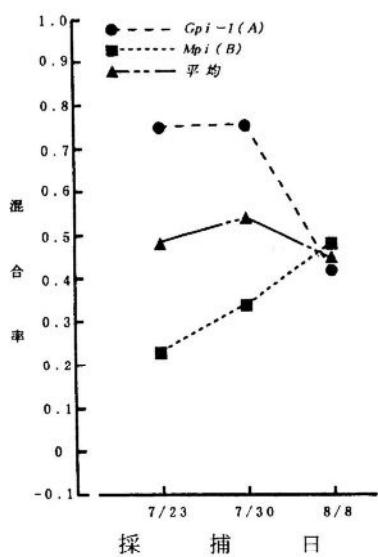
の頻度を藤尾⁸⁾に従いt検定で比較したところ、友釣り採捕アユ5群及び網採捕アユ3群と琵琶湖産アユ4群の間には、それぞれ有意差が認められた(*t*の標準値は自由度∞、危険率1%)。また、友釣り採捕アユ5群及び網採捕アユ3群と海産アユ及び人工産アユの間にもそれぞれ有意差が認められた(*t*の標準値は自由度∞、危険率1%)。

そこで友釣り採捕アユ5群、琵琶湖産アユ4群、海産アユ4群及び人工産アユの対立遺伝子頻度を用いて、谷口⁷⁾に従い海産系アユの混合率を推定し、その推移を第3図に示した。*Gpi-1*のA対立遺伝子と*Mpi*のB対立遺伝子について混合率を算出し、両値の平均値を各採捕群の混合率とした。海産系アユの混合率は、6月11・24日は0.300、7月2日は0.504、7月12・23日は0.508、8月2日は0.667、8月12・22日は0.698であった。

また網採捕アユ3群についても、同様にして海産系アユの混合率を推定し、その推移を第4図に示した。海産系アユの混合率は、7月23日は0.488、7月30日は0.547、8月8日は0.450であった。

第2図 *Gpi-1*(A),*Mpi*(B)における友釣り及び網採捕アユと琵琶湖産アユ、海産アユ及び人工産アユの関係(1996年)

第3図 友釣り採捕群への海産系アユの混合率の推移(1996年)



第4図 網採捕群への海産系アユの混合率の推移(1996年)

考 察

郡上管内で友釣りで採捕したアユの海産系アユの混合率は前述したとおりで、漁期初期に琵琶湖産アユが多く採捕されているが、7月以降は半分以上が海産系アユで占められていたことがうかがわれる。

サイズが同程度ならば、谷口⁸⁾は、琵琶湖産系と海産系では水温適性が異なり、琵琶湖産系の方がやや低い水温でもなわばり行動を示すとしている。また石田¹⁰⁾も、湖産アユは早い時期に集中的に漁獲され、天然アユは遅くまで漁獲される傾向があるとしており、琵琶湖産アユが漁期前半、海産系が漁期後半に多く採捕されると推察される。今回の調査結果でも、解禁当初(解禁日: 6月9日)の採捕群(6月11・24日)は琵琶湖産アユの混合率が高くなっている、漁期の初期には琵琶湖産アユの方が友釣りで採捕され易い傾向がうかがわれたが、7月に入ってからの採捕群では突然海産系アユの混合率が半分以上を占め、8月下旬まで混合率は増加傾向で推移している。琵琶湖産アユは人工産アユの約4倍放流されているにも関わらず、7月以降の採捕群の混合率は放流割合とは大きく異なっている。この時期の気象状況は、7月上旬までの気温及び降水量は平年並であったが、7月中旬から8月中旬までの気温は平年よりかなり高く、降水量は平年より少なくなっている^{11)~13)}、これに伴って7月中旬から河川流量が減少し、水温は高くなっていると考えられる。調査時の水温は6月11日が14.0℃、7月2日が19.7℃、12日が23℃、23日が21.3℃、8月2日が26.3℃、12日が24.7℃、22日が24.0℃であった。もし水温が高くなっ

ために海産系アユのなわばり行動が活発になったのなら、7月中旬以降の採捕群の混合率が増加するはずであるが、混合率は7月上旬の採捕群から増加しており、混合率の増加が水温上昇以外の影響を受けている可能性が推察された。

網で採捕したアユの海産系アユの混合率は、7月下旬から8月上旬の3回の採捕結果は50%前後で横並いで推移していた。網は友釣りと漁獲選択性が異なり、友釣りに比べて、生息割合が混合率に顕著に現われやすいと考えられ、放流時の割合より海産系アユの割合が高くなっている、郡上漁協管内にも天然遡上アユがあり、漁獲に関与していると考えられた。

今後天然遡上アユがより多く存在すると考えられる中流域や、天然遡上がない河川においても同様の調査を行い、各種類の放流アユ種苗の漁業への関与を明らかにし、より効果的な放流方法を検討していく必要がある。

要 約

1. 天然遡上アユのある河川の上流域で友釣り及び網でアユを採捕し、アイソザイム分析から琵琶湖産アユと海産系アユの時期別の混合率の推定を行った。
2. 1996年4月16日～5月28日に郡上漁協管内に放流された人工産アユ群は、海産アユと遺伝的に近似した集団と考えられた。
3. 友釣りで採捕したアユへの海産系アユの混合率の推定では、漁期初期に琵琶湖産アユが多く採捕されていたが、7月以降は半分以上が海産系アユで占められていた。
4. 網で採捕したアユへの海産系アユの混合率の推定では、7月下旬から8月上旬はほぼ50%で横並いで推移していた。
5. 今後天然遡上アユがより多く存在すると考えられる中流域や、天然遡上がない河川においても同様の調査を行って各種類の放流アユ種苗の漁業への関与の現状を明らかにし、より効果的な放流方法を検討していく必要がある。

文 献

- 1) 原 徹・齊藤 薫・一柳哲也, 1996; アユ資源の増殖に関する研究－I, 長良川に天然遡上するア

- ユの種類について.同誌No.41,1-5.
- 2) 原 徹・齊藤 薫・一柳哲也,1996;アユ資源の増殖に関する研究－II, 長良川における産卵親魚の種類について.同誌No.41,7-11.
- 3) L.A.PASTENE ,K.NUMATI AND K.TUKAMOTO, 1991 ; Examination of reproductive success of transplanted stocks in an amphidromous fish,*Plecoglossus altivelis* (Temmink et Schlegel) using mitochondrial DNA and isozyme makers. *Journal of Fish Biology* 39,93-100.
- 4) 沼知健一,1989;昭和61～63年度海洋生物集団の識別等に関する先導的評価手法の開発事業報告書, アイソザイムによる魚介類の集団解析, 社団法人日本水産資源保護協会, 28-47.
- 5) 谷口順彦・関 伸吾, 1989 ; 昭和61～63年度海洋生物集団の識別等に関する先導的評価手法の開発事業報告書, アイソザイムによる魚介類の集団解析, 社団法人日本水産資源保護協会,113-118.
- 6) Kazuo Mashiko And Kenichi Numachi,1993;Genetic Evidence for the Presence of Distinct Fresh-water Prawn(*Macrobrachium nipponense*) Populations in a Single River System,ZOOLOGICALSCIENCE, 10(1), 161-167.
- 7) 谷口順彦・高橋勇夫,1989;生化学的遺伝標識によるアユ種苗の追跡について.月刊海洋21(5), 270-276.
- 8) 藤尾芳久,1984;アイソザイム分析手法による魚介類の遺伝的特性の解明に関する研究,1-58.
- 9) 谷口順彦,1994;染色体操作手法を用いた有用形質の識別評価(アユ), 水産生物有用形質の識別評価マニュアル, 社団法人日本水産資源保護協会,133-198.
- 10) 石田力三,1980;琵琶湖産アユと天然アユとの違い, 動物と自然,10(6),5-11.
- 11) 岐阜地方気象台,1996;岐阜県気象月報,36(6),1-26.
- 12) —————, — ;————,36(7),1-26.
- 13) —————, — ;————,36(8),1-26.