

アユ資源の増殖に関する研究-V

長良川中流域におけるアユの漁獲状況

原 徹・岡崎 稔・一柳哲也

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

State of fishing for variety of Ayu on the Midstream of Nagara River

Toru HARA・Minoru OKAZAKI・Tetsuya ICHIYANAGI

前報-IV¹⁾から長良川上流域では、友釣りにおいては漁期初期には琵琶湖産アユが、7月以降は海産系アユが多く採捕されていたと推定された。また、琵琶湖産アユの放流割合が漁獲割合に反映されていないことが伺われ、この原因として琵琶湖産アユの歩留まりの問題と天然遡上アユの関与が考えられた。

そこで、天然遡上アユがより多く生息すると考えられる長良川中流部の長良川中央漁業協同組合(以下、長良川中央漁協と称する)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・Numachi²⁾、沼知³⁾に従った。

アユでは、glucosephosphate isomerase (EC.5.3.1.9, 以後GPIと称する) と mannosephosphate isomerase (EC.5.3.1.8, 以後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⁴⁾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図に示した長良川中央漁協管内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、5月27日・6月10日、6月23日、7月22日、8月19日、9月2・24日の5群、網採捕魚は、6月18日、8月26日、9月4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9日～11日の間に長良川中央漁協管内の長良川に放流され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・閔の測定データ⁴⁾を使用した。

また、混合率の推定は谷口⁶⁾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 とするとき混合率 Y_L 、 Y_M は次式で算出される。

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

結 果

長良川の長良川中央漁協管内には、1997年4月9日から5月23日の間に琵琶湖産アユ3,840kg(約47万尾)、人工産アユ800kg(約10万尾)、合計4,640kg(約57万尾)が放

第1表 友釣り採捕アユの計量形質

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*
1997.5.27,6.10	26	13.55±2.42	39.82±19.64	St.1	筋肉	MES/TEA
1997.6.23	50	15.20±2.25	58.02±26.82	St.2	筋肉	MES/TEA
1997.7.22	54	15.47±2.32	51.18±21.41	St.4	筋肉	MES/TEA
1997.8.19	30	16.11±1.86	59.73±22.55	St.2	筋肉	MES/TEA
1997.9.2,24	51	15.63±2.15	55.75±24.01	St.2	筋肉	MES/TEA

* MES/TEA, 2-(N-Morpholino)ethanesulfonic acid/triethanolamine buffer⁵⁾

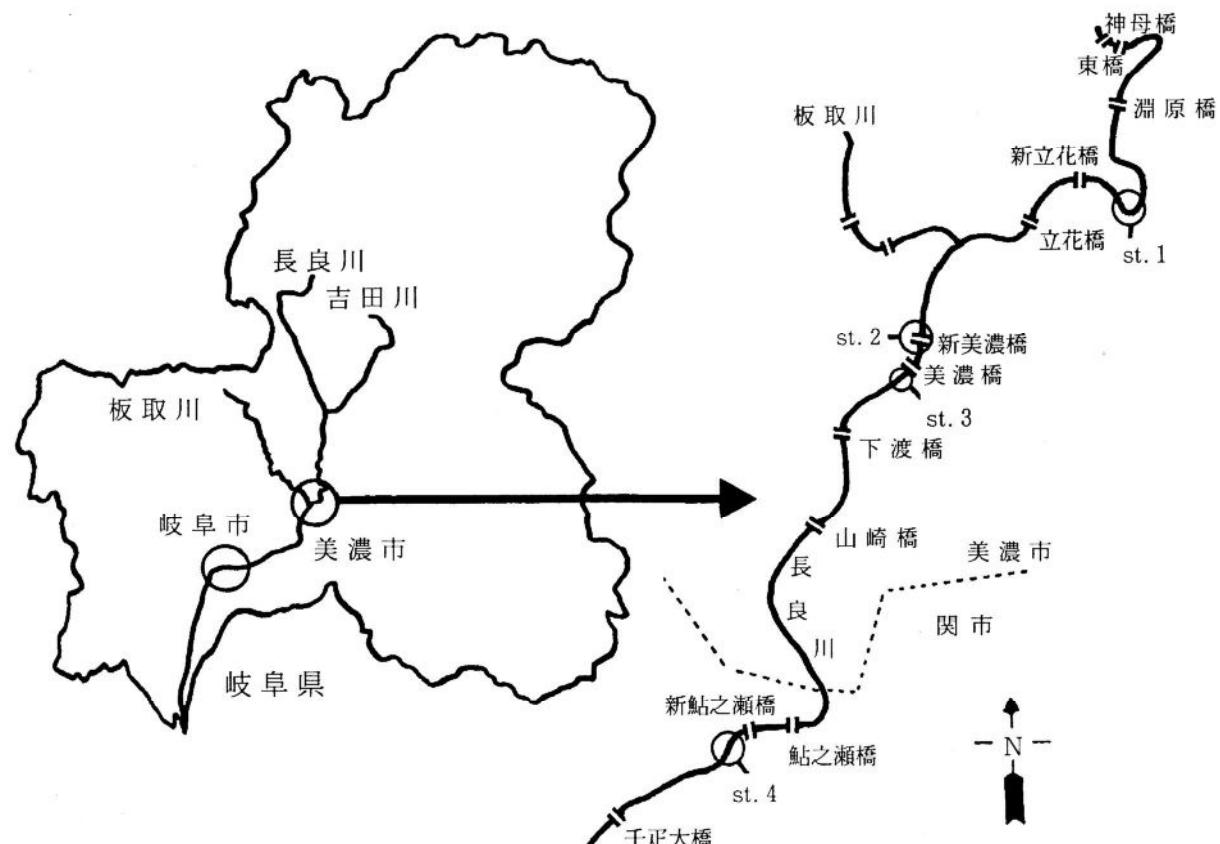
第2表 網採捕アユの計量形質

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*
1997.6.18	57	14.13±1.17	43.31±12.56	St.3	筋肉	MES/TEA
1997.8.26	53	12.39±0.92	26.07±5.80	St.3	筋肉	MES/TEA
1997.9.4	53	13.63±1.23	35.71±10.80	St.3	筋肉	MES/TEA

* MES/TEA, 2-(N-Morpholino)ethanesulfonic acid/triethanolamine buffer⁵⁾

第3表 放流された人工産アユの計量形質

放 流 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*
1997.4.9	50	8.60±0.83	7.66±2.47	筋肉	MES/TEA
1997.4.10	50	8.05±1.12	6.86±3.32	筋肉	MES/TEA
1997.4.11	50	8.78±0.88	9.41±3.20	筋肉	MES/TEA

* MES/TEA, 2-(N-Morpholino)ethanesulfonic acid/triethanolamine buffer⁵⁾

第1図 調査区間概況図

流されており、重量及び尾数とも約83%が琵琶湖産アユであった。人工産アユは約17%で、4月9、10、11日の3日間に3群が放流された。人工産アユ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4表に示した。*Gpi-1*では、AA型かAC型のどちらかが多く、*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。*Gpi-1*では、A対立遺伝子頻度が0.640～0.680と最も高く、次いでC対立遺伝子頻度が0.320～0.350となっていた。また*Mpi*では、B対立遺伝子頻度が0.880～0.900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。

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⁷⁾に従いt-検定を用いて比較したところ、人工産アユ3群と海産アユ4群の間に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3群と琵琶湖産アユ4群の間には、有意差が認められた(tの標準値は自由度∞、危険率1%)。このことから、放流された人工産アユは、3群とも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別された。よって、放流された人工産アユと選上した海産アユを併せて海産系アユとし

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	遺伝子座 遺伝子型 個体数	<i>Gpi-1</i>					<i>Mpi</i>			
		AA	AC	AD	BC	CC	AB	BB	BC	CC
1997.4.9	50	25	18	0	0	7	1	40	9	0
1997.4.10	50	22	22	0	1	5	0	39	10	1
1997.4.11	50	22	19	1	0	8	0	42	6	2
合 計	150	69	59	1	1	20	1	121	25	3

第5表 放流された人工産アユの*Gpi-1,Mpi*の遺伝子頻度

採捕日	遺伝子座 遺伝子頻度 個体数	<i>Gpi-1</i>				<i>Mpi</i>		
		A	B	C	D	A	B	C
1997.4.9	50	0.680	0.000	0.320	0.000	0.010	0.900	0.090
1997.4.10	50	0.660	0.010	0.330	0.000	0.000	0.880	0.120
1997.4.11	50	0.640	0.000	0.350	0.010	0.000	0.900	0.100
人工産アユ全体	150	0.660	0.003	0.334	0.003	0.003	0.893	0.104

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}

種類	遺伝子座 遺伝子頻度	<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⁹⁾

* 2 : 低頻度の対立遺伝子

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AC型が最も多く、次いでAA型が多くかった。また*Mpi*は、BB型かBC型のどちらかが多くかった。

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0.519～0.578と最も高く、次いでC対立遺伝子頻度が0.383～0.472となっていた。また*Mpi*では、B

対立遺伝子頻度が0.509～0.775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、AA型またはAC型が最も多く、*Mpi*ではBB型が多くかった。

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0.553～0.726と最も高く、次いでC対立遺伝子頻度が0.264～0.447となっていた。また*Mpi*ではB対立遺伝子頻度が0.667～0.821と最も高くなっていた。

第7表 友釣り採捕アユの*Gpi-1,Mpi*の遺伝子型

採捕日	個体数	<i>Gpi-1</i>						<i>Mpi</i>					
		AA	AB	AC	AD	BC	CC	AA	AB	AC	BB	BC	CC
1997.5.27,6.10	26	7	0	13	0	1	5	0	0	2	12	5	7
1997.6.23	50	15	1	25	0	1	8	0	1	1	20	20	8
1997.7.22	54	16	0	25	0	0	13	1	2	4	17	19	11
1997.8.19	30	10	0	11	3	0	6	0	2	0	13	12	3
1997.9.2,24	51	18	0	22	1	0	10	0	2	2	32	13	2

第8表 友釣り採捕アユの*Gpi-1,Mpi*の遺伝子頻度

採捕日	個体数	<i>Gpi-1</i>				<i>Mpi</i>		
		A	B	C	D	A	B	C
1997.5.27,6.10	26	0.519	0.019	0.462	0.000	0.038	0.558	0.404
1997.6.23	50	0.560	0.020	0.420	0.000	0.020	0.610	0.370
1997.7.22	54	0.528	0.000	0.472	0.000	0.074	0.509	0.417
1997.8.19	30	0.567	0.000	0.383	0.050	0.033	0.667	0.300
1997.9.2,24	51	0.578	0.000	0.412	0.010	0.039	0.775	0.186

第9表 網採捕アユの*Gpi-1,Mpi*の遺伝子型

採捕日	個体数	<i>Gpi-1</i>					<i>Mpi</i>				
		AA	AB	AC	AD	CC	AB	AC	BB	BC	CC
1997.6.18	57	21	0	21	0	15	1	0	31	13	12
1997.8.26	53	22	1	25	1	4	1	2	33	15	2
1997.9.4	53	27	1	22	0	3	0	0	35	17	1

第10表 網採捕アユの*Gpi-1,Mpi*の遺伝子頻度

採捕日	個体数	<i>Gpi-1</i>			<i>Mpi</i>		
		A	C	D	A	B	C
1997.6.18	57	0.553	0.447	0.000	0.009	0.667	0.324
1997.8.26	53	0.670	0.311	0.009	0.028	0.774	0.198
1997.9.4	53	0.726	0.264	0.000	0.000	0.821	0.179

*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、人工産アユは、*Gpi-1*のA対立遺伝子頻度が0.640～0.680、*Mpi*のB対立遺伝子頻度が0.880～0.900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0.519～0.578、*Mpi*のB対立遺伝子頻度が0.509～0.775、網採捕アユ3群は*Gpi-1*のA対立遺伝子頻度が0.553～0.726、*Mpi*のB対立遺伝子頻度が0.667～0.821に位置していた。

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⁷⁾に従いt-検定を用いて比較したところ、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%)。

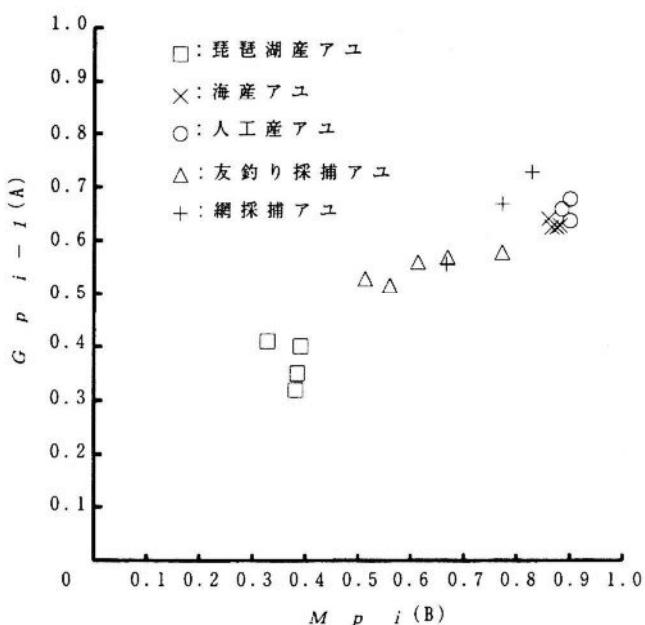
友釣り採捕アユのうち9月2・24日採捕群と余市川、浜名湖及び日高川の海産アユとの間には有意差が認められなかったが、それ以外の友釣り採捕群と海産アユとの間には有意差が認められた。また、友釣り採捕アユのう

ち9月2・24日採捕群と人工産アユの4月10日放流群の間には有意差が認められなかつたが、それ以外の友釣り採捕群と人工産アユの間には有意差が認められた(tの標準値は自由度∞、危険率1%)。

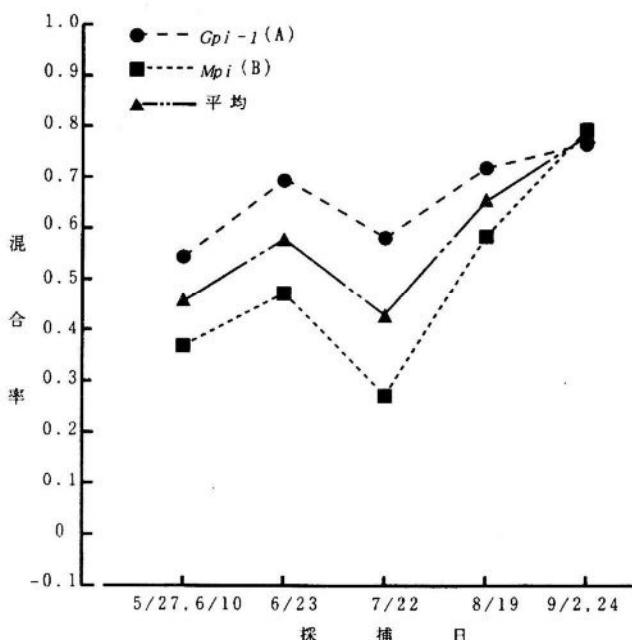
網採捕アユのうち、9月4日採捕群と海産アユ3群の間には、それぞれ有意差が認められなかつたが、それ以外の網採捕群と海産アユ3群の間には、それぞれ有意差が認められた(tの標準値は自由度∞、危険率1%)。また、8月26日採捕群と人工産アユの4月10日放流群の間に有意差が認められた(tの標準値は自由度∞、危険率1%)。

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⁶⁾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それぞれ混合率を算出し、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、5月27日及び6月10日採捕群は0.459、6月23日は0.585、7月22日は0.428、8月19日は0.654、9月2日及び24日は0.780であった。

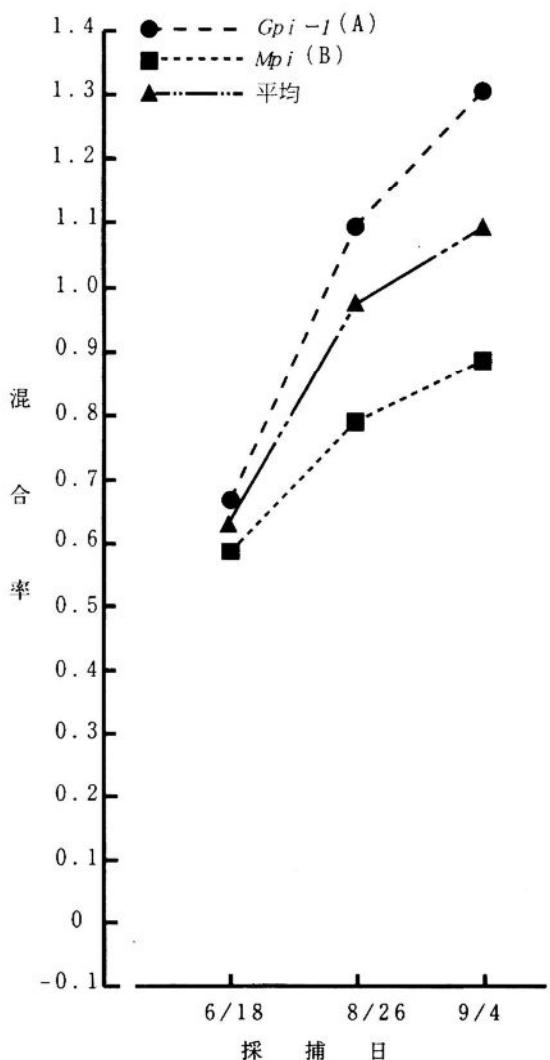
また網採捕アユ3群についても、同様にして海産系アユの混合率を推定し、その推移を第4図に示した。海産系アユの混合率は、6月18日は0.628、8月26日は0.947、9月4日は1.095であった。



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



第3図 友釣り採捕各群への海産系アユの混合率の推移(1997年)



第4図 網採捕各群への海産系アユの混合率の推移

考 察

長良川中流域で友釣りで採捕されたアユの海産系アユの混合率は、漁期初期と7月下旬に琵琶湖産アユがやや多いが、それ以外は半分以上が海産系アユで占められていたことが伺われる。漁期全体では、漁期後半に海産系アユの割合が高くなる傾向がみられた。

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している。また石田⁹⁾も、琵琶湖産アユは早い時期に集中的に漁獲され、海産アユは遅くまで漁獲される傾向があるとしており、両者が混合して生息する河川では、サイズが同程度なら琵琶湖産アユが漁期前半、海産アユが漁期後半に多く採捕されると推察され、今回の調査においてもそれを追認する結果となった。

前報-IV¹⁾の長良川上流域における海産系人工産アユの放流尾数割合は約20%、本報における中流域では17%で、両者の割合に大差はみられない。そこで採捕されたアユについて、両者の海産系アユの混合率を比較した。

友釣り採捕群については、中流域の5月27日・6月10日採捕群及び6月23日採捕群は、それぞれ0.459及び0.585で、上流域の6月11・24日採捕群の0.300よりいずれも高くなっている。この理由の一つとして、水温が考えられる。中流域の5月27日の水温は15.8°C、上流域の6月11日の水温は14.0°Cで、中流域の方が時期が早いにも関わらず上流域よりやや高くなっている。水温条件が海産系アユに有利に働いた可能性がある。またもう一つの理由として、長良川下流域における別の調査^{10) 11)}から天然遡上アユの推定遡上量は、前報¹⁾の年の遡上量は550万尾¹⁰⁾、本報の年のそれは600万尾¹¹⁾との報告があり、両年で大差はなく、両年とも上流域及び中流域には天然遡上してきたアユがかなり生息していたと考えられた。また中流域の方が漁場面積が広く、琵琶湖産アユの放流量が少ないため、縄張り形成における琵琶湖産アユと海産系アユの競合が少なくなることが推察される。さらにもう一つの理由として、放流種苗の歩留まりが近年特に不安定であり、放流種苗の健康度や河川環境条件によって大きく異なるため、放流された琵琶湖産アユの歩留まりに差があったことなどが考えられる。

また漁期後半の8月以降になると、両者とも放流尾数割合より海産系アユの混合率が明らかに高くなり、漁期終盤になるとこの傾向はさらに顕著になった。これも前述の理由と加えて、琵琶湖産アユが漁期前半に友釣りで選択的に採捕され、海産系アユより生息尾数が減少していったためではないかと考えられる。

網採捕群については、上流域では7月下旬から8月上旬にかけて3回採捕され、海産系アユの混合率は0.5前后で推移している。中流域では、6月中旬に1回と8月下旬から9月上旬にかけて2回採捕されているが、混合率は6月中旬の採捕群で0.628、8月下旬以降の採捕群は0.9以上であった。網採捕では、網目の大きさによる選択性はあるものの、縄張りアユ及び群アユに関わらず、その場所に生息しているアユの種類を反映していると考えられ、中流域においては6月中旬頃から海産系アユが多く生息していたことが伺われる。

これらの結果から、長良川の上・中流域においてはいずれも放流尾数割合を大きく上回る海産系アユが採捕されていることが明らかになった。とくに漁期後半には海産系アユの占める割合が高くなり、その傾向は中流域に

おいて顕著であった。また前報-II¹²⁾から、長良川の産卵場付近で採捕した親魚アユのほとんどが海産系アユで、琵琶湖産アユはわずかであったと推察された。これらの原因として、放流された琵琶湖産アユの歩留まりの影響及び天然遡上アユの資源への添加効果が考えられたが、両方の要因がどのように関与しているのかを明らかにするには至らなかった。

そこで今後は天然遡上アユがなく、琵琶湖産アユと海産系アユが放流される河川において同様の調査を行い、各種苗の時期別の漁獲状況を明らかにして、天然遡上アユの漁獲への関与の状況を検討する必要がある。

要 約

1. 天然遡上アユのある河川の中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い、両者の漁業への関与について検討した。
2. 1997年4月9日～4月11日に長良川中央漁協管内に放流された人工産アユ3群は、どの群も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の各種類の混合率の推定では、漁期初期と7月下旬に琵琶湖産アユがやや多く採捕されているが、それ以外は半分以上が海産系アユで占められ、漁期が進むにつれ混合率が高くなる傾向がみられた。
4. 網で採捕したアユの各種類の混合率の推定では、網解禁初期から海産系アユの割合が高く、8月下旬以降の2群はほとんど海産系アユと考えられた。
5. 今後天然遡上がなく、放流種苗の種類が明らかな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・岡崎 稔・一柳哲也,1998;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.岐水試研報No.43,1-8.
- 2) Pastene,L.,K.Numachi And K.Tsukamoto,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.

- 3) 沼知健一, 1989 ; アイソザイムによる魚介類の集団解析. 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, 社団法人日本水産資源保護協会, 28-47.
- 4) 谷口順彦・関 伸吾, 1989 ; アイソザイムによる魚介類の集団解析. 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, 社団法人日本水産資源保護協会, 113-118.28-47.
- 5) Mashiko,K.And K.Numachi,1993;Genetic Evidence for the Presence of Distinct Freshwater Prawn(*Macrobrachium nipponense*) Populations in a Single River System. ZOOLOGICALSCIENCE,10(1),161-167.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 建設省中部地方建設局・水資源開発公団中部支社, 1997;魚類等の遡上・降下状況.平成8年度長良川河口堰モニタリング年報,1-35.
- 11) 建設省中部地方建設局・水資源開発公団中部支社, 1998;魚類等の遡上・降下状況. 平成9年度長良川河口堰モニタリング年報,1-31.
- 12) 原 徹・斎藤 薫・武藤義範,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.岐水試研報No.41,7-11.