

漁業がアユ資源に与える影響の解明

長良川のヤナで採捕されたアユの種類

原 徹, 松田宏典*

Probe of effect on resources of ayu (*Plecoglossus altivelis*) by fishery
Group of ayu for caught on 'Yana' trap in Nagara River

TORU HARA AND HIRONIRI MATSUDA*

産卵期に降下するアユをとらえる漁法(ヤナ、瀬張り網等)は、大量の(産卵)親魚を漁獲するため天然資源の増殖に影響を与えている可能性がある。また、天然資源に悪影響を及ぼす要因として遺伝的に遠縁なものや、多様性の消失した集団との交配が考えられる。

そのため、それら漁法によりどの程度の海産系アユが漁獲され、上流域中心の放流魚(琵琶湖産系)がどの程度下流まで降下し、どの程度の割合で漁獲されてくるかを把握することにより、天然アユ資源保全のための基礎資料とする。本調査は2003年に実施した。

調査河川の概況

調査は長良川で実施した。調査河川の概況図を第1図に示した。長良川は、郡上郡高鷲村に源を発し、白鳥町、大和町を流下し、八幡町で吉田川や亀尾島川、美濃市で板取川を合わせて南流し、伊勢湾に注ぐ流程160km、流域面積1,052km²の河川である。



第1図 採捕場所概況図

方 法

放流種苗および天然遡上アユはアロザイム分析を行うとともに背鰭第5条から側線までの側線上横列鱗数(以降、側線上横列鱗数と称する)を計数し、各種苗の判別について検討した。また、群馬系人工産アユで多く見られるとき

れている背鰭前方の陥没や背鰭第1条の形成異常を各種苗で確認した。

友釣り採捕魚及びヤナ採捕魚はアロザイム分析するとともに側線上横列鱗数を計数した。またヤナ採捕魚についてはGSI(生殖腺体重比:(生殖腺重量/体重)×100)の推

* 現在、岐阜県農林商工部県産品振興室

移も調査した。

アロザイム分析は Mashiko *et al.*¹⁾、沼知²⁾に従い、海産アユと琵琶湖産アユの間に明瞭な差がみられるとされている*Gpi-1*及び*Mpi*の2遺伝子座の対立遺伝子頻度³⁾を調べた。

供試魚は、放流種苗、天然遡上アユ、友釣り採捕魚およびヤナ採捕魚である。

放流種苗として、長良川上中流域の郡上漁業協同組合(以降、郡上漁協と称する)管内に放流された飼育前歴の異なる5群を用いた。また、天然遡上アユは長良川河口堰の魚道に遡上したものを採捕して用いた。友釣り採捕魚は、吉田川合流点(河口より約109km)から八幡観光ヤナ(河口より約108km)の間で採捕したものをを用いた。ヤナ採捕魚は、白鳥観光ヤナ(河口より約126km)、杉ヶ瀬ヤナ(河口より約116km)、八幡観光ヤナ(河口より約108km)、高原ヤナ(河口より約97km)の合計4統のヤナで採捕したものをを用いた。

結果および考察

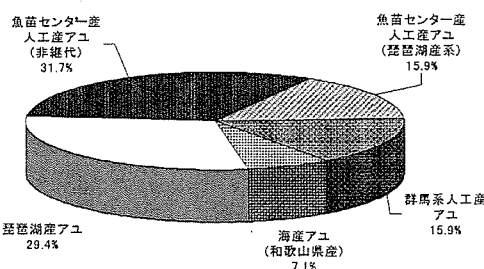
1 放流種苗

郡上漁協管内に放流された種苗の放流尾数および放流量を第1表に、各種苗の放流尾数割合を第2図に示した。放流尾数で最も多いのは(財)岐阜県魚苗センター(以降、魚苗センターと称する)産人工産アユ(海産系非継代)で、次いで琵琶湖産アユであった。

これらの放流種苗と天然遡上アユをアロザイム分析お

第1表 郡上漁協管内に放流された種苗の放流尾数および放流量

種 苗	放流尾数(尾)	放流量(kg)
琵琶湖産アユ	519,090	5,755
魚苗センター人工産アユ(非継代)	559,555	6,000
魚苗センター人工産アユ(琵琶湖産系)	279,778	3,000
群馬系人工産アユ	279,467	1,500
海産アユ(和歌山県)	125,000	1,000



第2図 郡上漁協管内に放流された各種苗の放流尾数割合

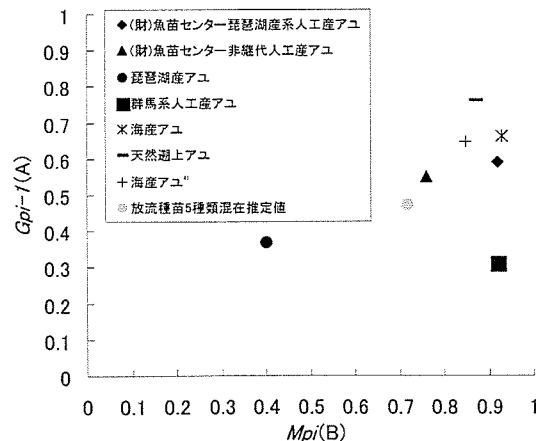
よび側線上横列鱗数の計数に供試した各種苗50尾の計量形質を第2表に示した。また、得られた各遺伝子頻度を第3表に示し、*Gpi-1*(A)および*Mpi*(B)における各放流種苗及び天然遡上アユ、海産アユ⁴⁾の関係を第3図に示した。また、5種類の放流種苗が放流尾数割合と同じ割合で混入した場合の推定値を算出し、第3図に示した。

第2表 放流種苗の計量形質

種 苗	サンプリング日	供試尾数	平均成体体長 (cm±SD)	平均体重 (g±SD)
琵琶湖産アユ	5月19日	50	9.0±0.40	10.3±1.54
海産アユ	4月14日	50	8.3±1.25	7.5±3.52
魚苗センター産人工産アユ(非継代)	4月16日	50	10.9±0.84	16.8±4.03
魚苗センター産人工産アユ(琵琶湖産系)	4月16日	50	11.3±0.67	18.7±3.76
群馬系人工産アユ	4月28日	50	8.2±0.64	6.6±1.67
天然遡上アユ	3月27日	50	7.5±0.60	4.5±1.16

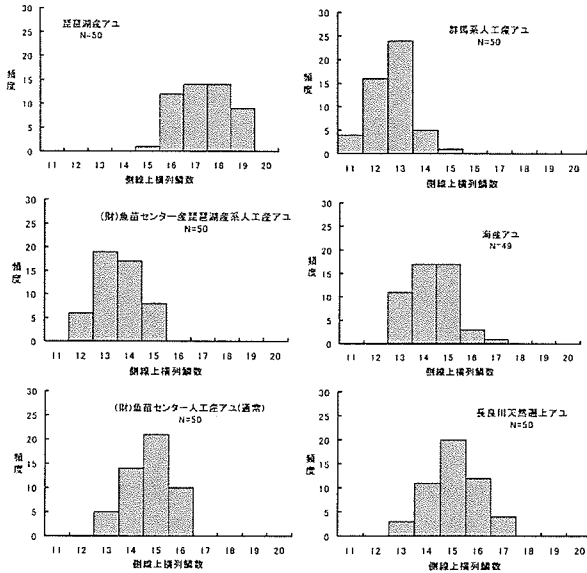
第3表 放流種苗、天然遡上アユおよび海産アユ⁴⁾*Gpi-1*および*Mpi*の遺伝子頻度

供 試 魚	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
琵琶湖産アユ	50	0.370	0.000	0.620	0.010	0.030	0.400	0.570
海産アユ	50	0.660	0.000	0.320	0.020	0.010	0.930	0.070
魚苗センター産人工産アユ(非継代)	50	0.550	0.030	0.420	0.000	0.120	0.760	0.120
魚苗センター産人工産アユ(琵琶湖産系)	50	0.590	0.000	0.410	0.000	0.000	0.920	0.080
群馬系人工産アユ	50	0.310	0.000	0.690	0.010	0.010	0.870	0.120
天然遡上アユ	50	0.760	0.000	0.240	0.000	0.010	0.870	0.120
海産アユ ⁴⁾	300	0.647	0.000	0.346	0.007	0.017	0.848	0.135



第3図 *Gpi-1*(A)および*Mpi*(B)における各放流種苗及び天然遡上アユと海産アユ⁴⁾の関係

海産アユ⁴⁾と各放流種苗及び天然遡上アユの対立遺伝子頻度の違いを検定した結果(G検定)、海産アユ⁴⁾と天然遡上アユ、魚苗センター人工産アユ(海産系非継代)の間にはそれぞれ有意差が認められなかったが($p=0.07\sim 0.47$)が、その他4種苗の間にはそれぞれ有意差が認められた($p=7.5\times 10^{-10}\sim 0.77$)。



第4図 各種苗の側線上横列鱗数

各種苗の側線上横列鱗数を第4図に示した。群馬系人工産アユと魚苗センター産人工産アユ(琵琶湖産系継代)、海産アユと魚苗センター産人工産アユ(海産系非継代)および天然遡上アユの側線上横列鱗数は同様であり、さらしどの種苗の側線上横列鱗数の値も重なっている部分がある。このため、放流種苗5群と天然遡上アユの合計6群の種苗が混在している場合、11枚以下が群馬系人工産アユ、18枚以上が琵琶湖産アユと推定できるものの、12枚~17枚のものについては種苗の判別はできなかった。

群馬系人工産アユで多く見られるとされている背鰭前方の陥没や背鰭第1条の形成異常を確認したところ、群馬系人工産アユでの出現頻度が80%であったが、その他の種苗ではこのような形成異常は確認されなかったため、群馬系人工産アユを推定することが可能と考えられた。

2 友釣り採捕魚

友釣り採捕魚の採捕日毎の計量形質を第4表に示した。各採捕日とも50尾を目標にサンプリングを行ったが、郡上漁協管内はシーズンを通して友釣りの釣果が芳しくない状況であったため、各採捕日とも目標としていた尾数を採捕できなかった。

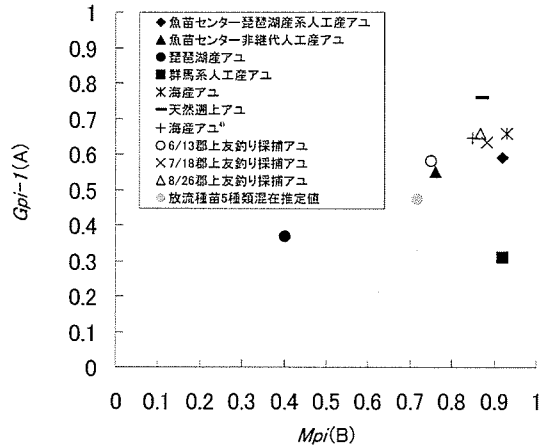
アロザイム分析から得られた各遺伝子頻度を第5表に

第4表 友釣り採捕魚の計量形質

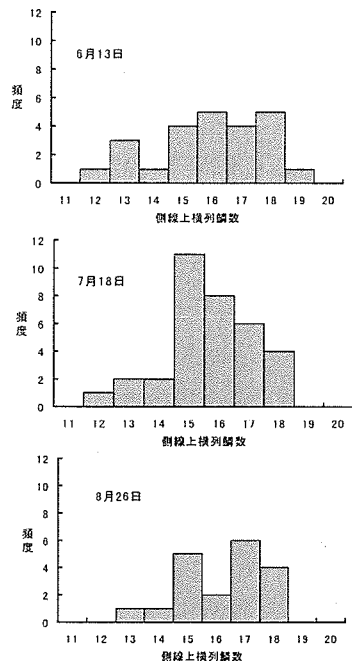
採捕日	供試尾数	平均体長(cm±SD)	平均体重(g±SD)
6月13日	24	13.4±2.10	37.6±19.0
7月18日	34	14.0±1.52	42.2±16.19
8月26日	19	16.2±1.61	65.8±22.44

第5表 友釣り採捕魚のGpi-1およびMpiの遺伝子頻度

採捕日	個体数	Gpi-1				Mpi		
		A	B	C	D	A	B	C
6月13日	24	0.583	0.000	0.417	0.000	0.750	0.250	
7月18日	34	0.760	0.000	0.240	0.000	0.010	0.870	0.120
8月26日	19	0.632	0.000	0.368	0.000	0.015	0.882	0.103



第5図 Gpi-1(A)およびMpi(B)における友釣り採捕魚と放流種苗、天然遡上アユおよび海産アユの関係



第6図 友釣り採捕魚の側線上横列鱗数

示し、Gpi-1(A)およびMpi(B)における友釣り採捕魚と各放流種苗及び天然遡上アユ、海産アユ¹⁾との関係を第5図に示した。また、友釣り採捕魚3群は、放流種苗5種類が放流尾数割合と同じ割合で混入した場合の推定値よりも海産アユ¹⁾等に近い値になっていた。

第6表 各ヤナ採捕群の計量形質

	採捕日	供試尾数	平均被鱗体長 (cm±SD)	平均体重 (g±SD)
白鳥観光観光ヤナ	10月14日	50	19.23±15.15	79.5±29.39
杉ヶ瀬ヤナ	9月10日	49	14.3 ± 0.84	37.2± 6.51
	9月26日	50	15.3 ± 1.08	52.9±12.34
	10月15日	50	14.7 ± 1.29	50.3±11.39
八幡観光ヤナ	8月31日	50	18.4 ± 0.92	89.3±13.71
	9月10日	50	18.0 ± 0.60	82.5± 8.85
	9月24日	50	17.5 ± 0.88	76.3±12.79
	10月13日	30	17.6 ± 0.79	86.1±11.40
	10月15日	37	16.7 ± 1.08	67.9±15.00
高原ヤナ	9月25日	37	16.3 ± 1.08	58.5± 9.59
	10月14日	49	16.4 ± 0.95	60.7±10.09

第7表 各ヤナ採捕群のGpi-1およびMpiの遺伝子頻度

ヤナ名	採捕日	遺伝子座 遺伝子頻度 個体数	Gpi-1				Mpi		
			A	B	C	D	A	B	C
白鳥観光ヤナ	10月14日	50	0.660	0.000	0.330	0.010	0.030	0.820	0.150
杉ヶ瀬ヤナ	9月10日	49	0.653	0.020	0.317	0.010	0.000	0.867	0.133
	9月26日	50	0.590	0.010	0.400	0.000	0.010	0.870	0.120
	10月15日	50	0.620	0.010	0.360	0.010	0.000	0.880	0.120
八幡観光ヤナ	8月31日	50	0.610	0.000	0.360	0.030	0.010	0.750	0.240
	9月10日	50	0.717	0.000	0.283	0.000	0.000	0.950	0.050
	9月24日	30	0.590	0.010	0.400	0.000	0.010	0.870	0.120
	10月13日	37	0.621	0.014	0.351	0.014	0.000	0.838	0.162
	10月15日	37	0.662	0.000	0.338	0.000	0.027	0.865	0.108
高原ヤナ	9月25日	49	0.520	0.000	0.480	0.000	0.000	0.837	0.163
	10月14日	50	0.740	0.000	0.230	0.030	0.010	0.810	0.180

海産アユ^①と各友釣り採捕群の対立遺伝子頻度の違いを検定した結果(G検定)、海産アユ^①と各友釣り採捕魚との間にはそれぞれ有意差が認められなかった(p=0.21~0.92)。これにより、アイソザイム分析からは、琵琶湖産アユが混入している可能性が低いと推察された。

各友釣り採捕魚の側線上横列鱗数の頻度分布を第6図に示した。側線上横列鱗数が18枚以上の個体は、6月13日採捕群に6尾(25%)、7月18日採捕群に4尾(11.8%)、8月26日採捕群に4尾(21.1%)見られたため、琵琶湖産アユが混入していた可能性が推察された。

また、背鰭前方の陥没や背鰭第1条の形成異常について確認したところ、7月18日採捕群に2尾(5.9%)、8月26日採捕群に1尾(5.3%)見られたため、群馬系人工産アユが混入していたと推定された。

3 ヤナ採捕魚

(1) アロザイム分析

各ヤナで採捕してアロザイム分析に供試した各群の計量形質を第6表に示した。

アロザイム分析から得られた各遺伝子頻度を第7表に示し、Gpi-1(A)およびMpi(B)における各ヤナ採捕群と各

放流種苗と琵琶湖産アユおよび海産アユ^①との関係を第7図に示した。また、ヤナ採捕魚11群は、放流種苗5種類が放流尾数割合と同じ割合で混入した場合の推定値よりも海産アユ^①等に近い値になっていた。

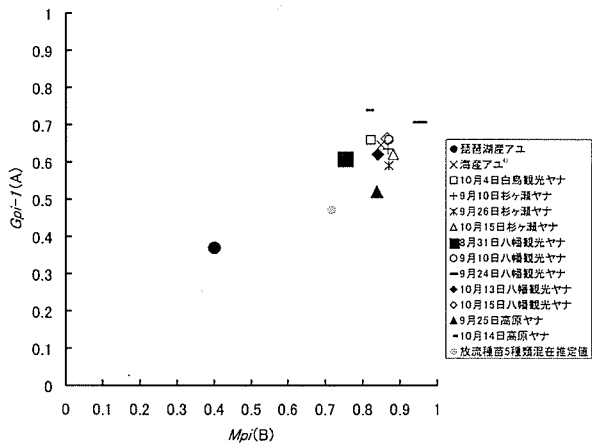
海産アユ^①と各ヤナ採捕魚の対立遺伝子頻度の違いを検定した結果(G検定)、海産アユ^①と八幡観光ヤナ9月24日採捕群の間に有意差が認められたが(p=0.018)、その他10採捕群との間には有意差が認められず(p=0.08~0.94)、琵琶湖産アユが混入している可能性が低いと推察された。また有意差が認められた八幡観光ヤナ9月24日採捕群についても、頻度が琵琶湖産アユと大きく異なるため、琵琶湖産アユの混入の可能性は低いと推察された。

(2) 側線上横列鱗数調査

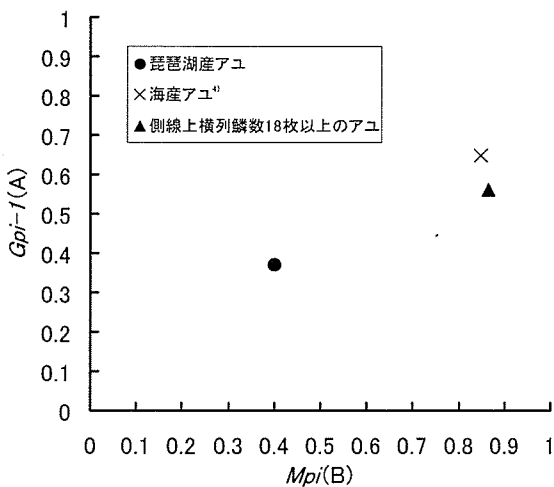
各ヤナ採捕群の側線上横列鱗数の頻度分布を第8図に示した。

白鳥観光ヤナでは18枚以上の個体が2尾(4.0%)見られたため、琵琶湖産アユが混入していた可能性が推察された。また、11枚以下の個体が1尾(2.0%)見られたため、群馬系人工産アユが混入していたと推定された。

杉ヶ瀬ヤナでは、18枚以上の個体は、9月10日採捕群に2



第7図 $Gpi-1(A)$ および $Mpi(B)$ における各ヤナ採捕魚と琵琶湖産アユおよび海産アユ¹⁾ の関係



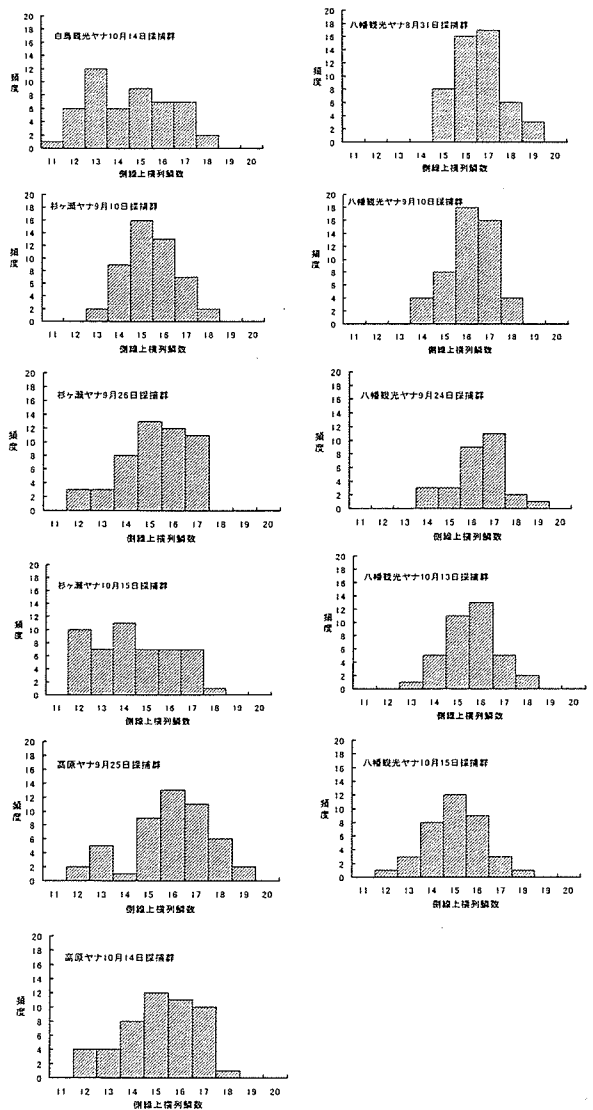
第9図 $Gpi-1(A)$ および $Mpi(B)$ における側線上横列鱗数18枚以上のアユと琵琶湖産アユおよび海産アユ¹⁾ の関係

尾(4.0%)、10月15日採捕群に1尾(2.0%)見られたため、琵琶湖産アユが混入していた可能性が推察された。

八幡観光ヤナでは18枚以上の個体は、8月31日採捕群に9尾(38.0%)、9月10日採捕群に4尾(8.0%)、24日採捕群に3尾(10.0%)、10月13日採捕群に2尾(5.4%)、15日採捕群に1尾(2.7%)見られたため、琵琶湖産アユが混入していた可能性が推察された。

高原ヤナでは、18枚以上の個体は、9月25日採捕群に8尾(16.3%)、10月14日採捕群に1尾(2.0%)見られたため、琵琶湖産アユが混入していた可能性が推察された。

4統のヤナで採捕された502尾のうち側線上横列鱗数が18枚以上の33尾の対立遺伝子頻度を第8表に、 $Gpi-1(A)$ および $Mpi(B)$ における側線上横列鱗数が18枚以上のアユと琵琶湖産アユおよび海産アユ¹⁾ との関係を示した。海産アユ¹⁾ との対立遺伝子頻度の違いを検定した結果



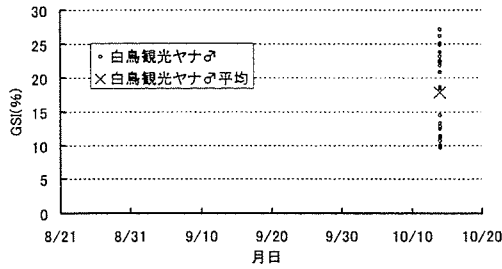
第8図 各ヤナ採捕群の側線上横列鱗数

第8表 側線上横列鱗数が18枚以上のアユの $Gpi-1$ および Mpi の遺伝子頻度

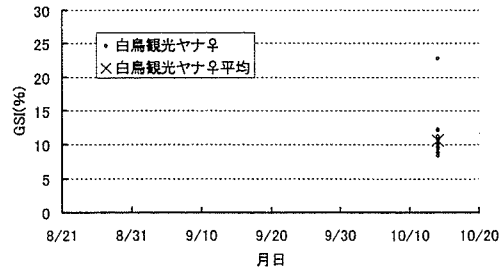
遺伝子座 遺伝子頻度 個体数	$Gpi-1$				Mpi		
	A	B	C	D	A	B	C
33	0.561	0.000	0.394	0.045	0.015	0.864	0.121

(G検定)、側線上横列鱗数が18枚以上のアユと海産アユ¹⁾ との間に有意差は認められなかった ($p=0.34\sim 0.35$)。このことから、側線上横列鱗数が18枚以上であっても、必ずしも琵琶湖産アユでない可能性が考えられた。

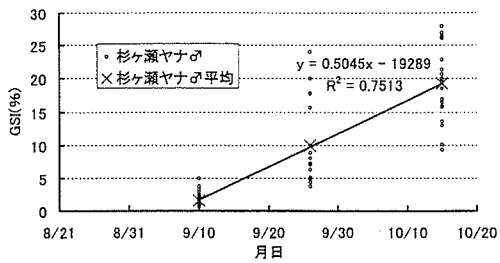
また、各ヤナ採捕群の背鰭前方の陥没や背鰭第1条の形成異常を確認したところ、白鳥観光ヤナでは1尾も見られなかったが、杉ヶ瀬ヤナでは10月15日採捕群に3尾、八幡観光ヤナでは9月10日採捕群に1尾、10月13日採捕群に1尾、高原ヤナでは9月25日採捕群に1尾見られたため、合



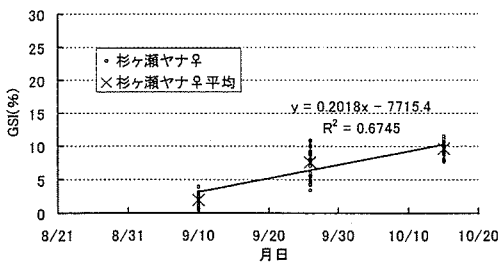
第10図 白鳥観光ヤナ採捕魚(雄)のGSIの推移



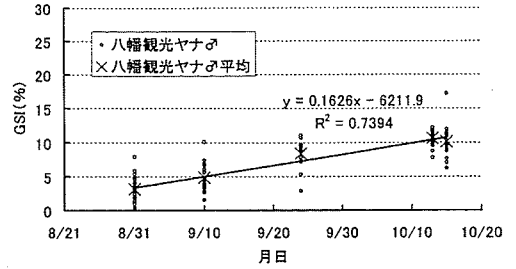
第11図 白鳥観光ヤナ採捕魚(雌)のGSIの推移



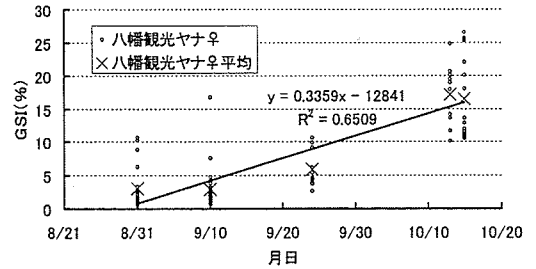
第12図 杉ヶ瀬ヤナ採捕魚(雄)のGSIの推移



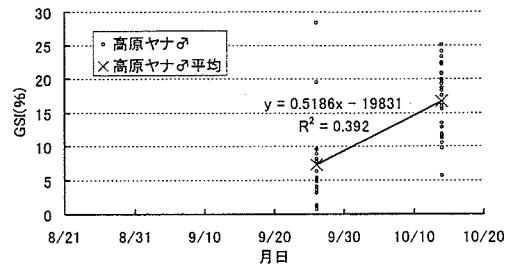
第13図 杉ヶ瀬ヤナ採捕魚(雌)のGSIの推移



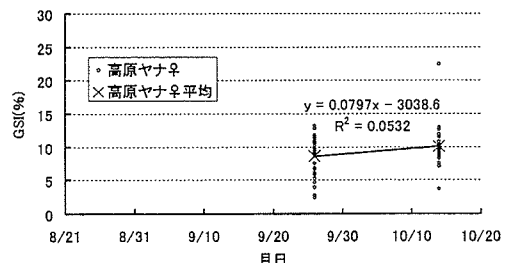
第14図 八幡観光ヤナ採捕魚(雄)のGSIの推移



第15図 八幡観光ヤナ採捕魚(雌)のGSIの推移



第16図 高原ヤナ採捕魚(雄)のGSIの推移



第17図 高原ヤナ採捕魚(雌)のGSIの推移

計6尾の群馬系人工産アユが混入していたと考えられた。

(3) GSIの推移

白鳥観光ヤナ採捕魚の雄のGSIの推移を第10図、雌のGSIの推移を第11図に示した。白鳥観光ヤナは10月14日採捕群1群であったため、GSIの推移は明らかでないが、雄はほとんどが10%以上、雌はほとんどが10%前後で、雄の方が雌より成熟が進んでいたことがうかがわれた。

杉ヶ瀬ヤナ採捕魚の雄のGSIの推移を第12図、雌のGSIの推移を第13図に示した。雄は9月10日採捕群は成熟が進んでいなかったが、26日採捕群は多くが完熟個体、10

月15日採捕群はほとんどが完熟個体であった。しかし雌は、10月15日採捕群でも完熟個体はほとんど見られず、雄が雌より早く成熟することがうかがわれた。

八幡観光ヤナ採捕魚の雄のGSIの推移を第14図、雌のGSIの推移を第15図に示した。雄は8月31日採捕群から僅かではあるが成熟の進んだ個体が見られたが、上流の杉ヶ瀬ヤナと比較すると成熟の進み具合は緩やかであった。また雌も雄同様に8月31日から成熟の進んだ個体が見られ、10月中旬の2採捕群の多くは完熟個体であった。

高原ヤナ採捕魚の雄のGSIの推移を第16図、雌のGSIの

推移を第17図に示した。雄は9月26日採捕群は非常に成熟の進んだ個体が2尾見られたが、その他は10%以下であった。また10月14日採捕群はほとんどが完熟した個体であった。雌は9月26日採捕群から10月14日採捕群までほとんど成熟は進んでいなかった。

長良川の産卵場付近で採捕されたアユ親魚調査⁹⁾では、10月上旬以降の雄のGSIは10%前後、雌のGSIは15~20%で推移してほとんどが完熟個体であった。

ヤナで採捕されたアユのGSI調査から、ヤナの位置に関係なく、雄は9月下旬から産卵に参加可能なものが採捕された。一方、雌は八幡観光ヤナの10月中旬の2採捕群以外は、産卵までもう少し時間のかかるものが採捕され、雄は雌より早く成熟し、雄は成熟したものが降下するが、雌は降下しながら成熟が進む可能性が推察され、これは昨年と同様の傾向であった。

(4) 聞き取り調査

聞き取り調査は、3統のヤナから回答が得られた。白鳥観光ヤナでは8月12日~10月14日の間に約6,000尾、杉ヶ瀬ヤナでは9月10日~10月15日の間に約14,500尾、八幡観光ヤナでは8月31日~10月15日の間に約61,000尾のアユがそれぞれ漁獲され、3統の合計は約81,500尾で、下流のヤナほど漁獲尾数が多い傾向であった。

総合考察

2003年に長良川の郡上漁協管内に放流されたアユ種苗は5群であった。琵琶湖産アユを除く4群の種苗の対立遺伝子頻度と天然遡上アユの頻度は比較的近い値であったため、これを加えた6群が混在している場合、採捕魚をアロザイム分析によってそれぞれの種苗に判別することはできなかった。しかし、琵琶湖産アユの対立遺伝子頻度は他の種苗のそれと大きく異なるため、琵琶湖産アユが多く混入した場合は、対立遺伝子頻度から混入割合の推定まではできないものの、混入の可能性については論議できると考えられる。また、放流種苗の側線上横列鱗数の計数結果より、側線上横列鱗数が18枚以上の個体は琵琶湖産アユであると考えられる。しかし、ヤナ採捕魚で側線上横列鱗数が18枚以上の集団の対立遺伝子頻度は、琵琶湖産アユよりむしろ海産アユに近く、側線上横列鱗数による推定結果とアロザイム分析によるそれは矛盾していた。この結果は、側線上横列鱗数が18枚以上のものを単純に琵琶湖産アユと判断することの危険性を示していた。

1996年に郡上漁協管内で行った友釣り採捕魚のアロザ

イム分析⁹⁾では、友釣り解禁当初は琵琶湖産アユの割合が高く、7月中旬にその割合は琵琶湖産アユと海産系アユが半々になり、漁期後半は海産系アユの割合が高くなる傾向であった。友釣り採捕魚のアロザイム分析結果は、どの採捕群も琵琶湖産アユの混入の可能性が低いことを示しており、同様の傾向はみられなかった。また、ヤナ採捕魚のアロザイム分析結果からもヤナの位置や時期に関係なく琵琶湖産アユの混入の可能性は低いことが示された。2003年に郡上漁協管内には琵琶湖産アユが519,090尾放流され、放流尾数割合は29.4%であったが、友釣り採捕魚およびヤナ採捕魚の対立遺伝子頻度は、5群の放流種苗が放流割合と同じ割合で混在した場合の推定値より海産アユ¹¹⁾に近い値となっており、琵琶湖産アユの放流効果が現れていないことが伺われた。郡上漁協からの聞き取りでは、5月20日頃から河川において死亡魚が確認されるようになり、6月上旬から6月中旬の間に管内で大量のアユの死亡が見られ、外観症状から死亡の原因は冷水病によるものと推察されている。以前と比べて琵琶湖産アユの放流効果が現れなくなった原因を特定することは困難であるが、考えられる原因の一つとして、6月中旬までに放流された琵琶湖産アユの多くが死亡していた可能性が推察された。また、琵琶湖産アユはもっと早い時期に郡上漁協管内より下流に流下している可能性も推察されるため、今後は同時期にさらに下流域において採捕したアユを分析し、放流された琵琶湖産アユの河川での動向を調査する必要があると考えられる。

要 約

1. ヤナによりどの程度の海産系アユが漁獲され、琵琶湖産系アユがどの程度下流まで降下し、どの程度の割合で漁獲されてくるかを把握するために本調査を行った。
2. 友釣り採捕魚、4統のヤナ(白鳥観光ヤナ、杉ヶ瀬ヤナ、八幡観光ヤナ、高原ヤナ)で採捕したものを供試した。
3. 放流種苗5群と天然遡上アユの合計6群をアロザイム分析で判別することは困難と考えられた。
4. アロザイム分析では、対立遺伝子頻度の違いから琵琶湖産アユの混入の可能性については論議できると考えられた。
5. 側線上横列鱗数では、放流種苗5群と天然遡上アユの合計6群が混在している場合、11枚以下が群馬系人

文 献

- 工産アユ、18枚以上が琵琶湖産アユと推定できるものの、12枚～17枚のものについては種苗の判別はできないと考えられた。
6. ヤナ採捕魚の側線上横列鱗数が18枚以上の集団の対立遺伝子頻度は海産アユに近く、側線上横列鱗数による推定結果と矛盾しており、18枚以上のものを単純に琵琶湖産アユと判断することの危険性を示していた。
 7. 放流種苗で群馬系人工産アユには、背鰭前方の陥没や背鰭第1条の形成異常が高頻度で見られたため、採捕魚にこれらが確認された場合は、群馬系人工産アユと推定することが可能と考えられた。
 8. 友釣り採捕魚3群のアロザイム分析からは、琵琶湖産アユが混入している可能性が低いと推察された。
 9. ヤナ採捕魚のアロザイム分析結果から、ヤナの位置や採捕時期に関係なく琵琶湖産アユの混入の可能性が低いことが示された。
 10. 放流した琵琶湖産アユが友釣り解禁前に多くが死亡している可能性と早期に降下している可能性が考えられたため、今後は同時期にさらに下流域において採捕したアユを分析する必要がある。
- 1) Mashiko K ,Numachi K.Genetic evidence for the presence of distinct fresh-water prawn (*Macrobrachium nipponense*) population in a single river system.*Zool.Sci.*1993;10(1):161-167.
 - 2) 沼知健一. 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, 日本水産資源保護協会, 東京. 1989;28-47.
 - 3) 谷口順彦, 関 伸吾. 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, 日本水産資源保護協会, 東京. 1989;113-118.
 - 4) 原 徹, 斉藤 薫, 武藤義範. 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. 岐水試研報 1996;41:1-6.
 - 5) 原 徹, 斉藤 薫, 武藤義範. 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 1996;41:7-12.
 - 6) 原 徹, 岡崎 稔, 一柳哲也. 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について. 岐水試研報 1998;43:1-7.