

陸封アユの種苗の増殖に関する研究 I *

アイソザイムによる種苗放流効果の判定

中 賢治・田沢 茂・岩崎治臣・氏家宗二

大野喜弘・佐藤良三^{*1)}・石田力三^{*2)}

陸封アユは種苗として重要であり、需要は多いが、その供給は時期的に不安定であり、特に河川放流通期の種苗ではこの傾向が強い。

本研究は陸封型アユの資源の増殖に関して、産卵期との関連、湖中での稚仔アユの分散、漁獲時期、漁獲場所および資源の推定等について究明し、種苗放流の効果判定しようとするものである。

本県のアユ資源増殖対策は、天然および養成親魚による天然河川、人工河川での自然産卵、自然ふ化の方式であるので、その効果を知るためには、大量のふ化仔アユに標識処理をしなければならない。

その手法として群馬産人工種苗生産アユ (F6) のリンゴ酸脱水素酵素 (MDH) アイソザイムの mdh-B^F 遺伝子頻度が他の天然アユと比べて有意に高い¹⁾ことを利用することとした。そして群馬産人工種苗生産アユのアイソザイムの遺伝的多型現象を琵琶湖で標識として利用する場合の検討をしたところ、利用できる可能性が認められた²⁾³⁾ので、天然水域で応用することを試みた。

群馬産アユの産卵場所としては、親魚の養成、産卵、ふ化仔アユの計数等管理の容易な新設の人工河川を使用し、併せて人工河川の増殖効果も評価したいと考えた。

群馬産人工種苗アユの飼育、成熟等

群馬産人工種苗アユ (利根川産と琵琶湖産アユの F₁₁、以下群馬産アユと記す) を、1981年5月29日に300kgを群馬県水産試験場より本県びわ町南浜の姉川人工河川飼

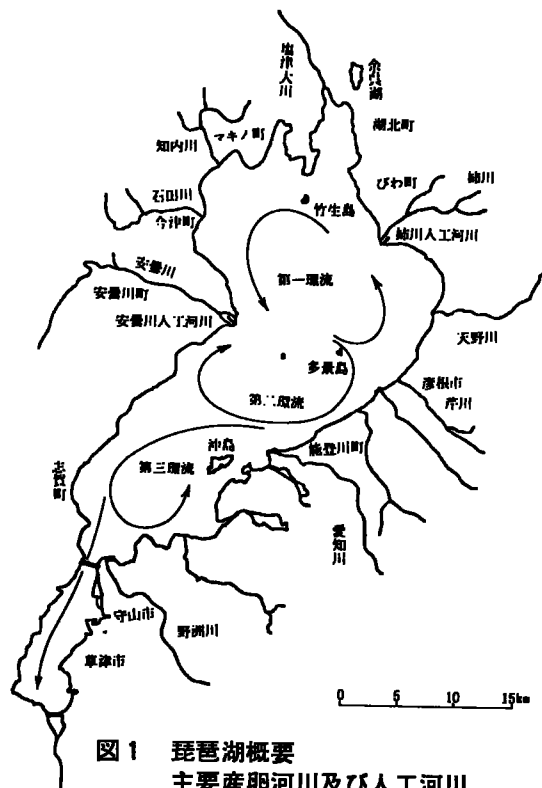


図1 琵琶湖概要
主要産卵河川及び人工河川
湖流

育池に輸送し飼育した。その後の成長、生残率等は表1に示した。

表 1 群馬産アユ飼育結果

池番号	入荷日	苗放養量		親魚取揚量			生残率%
		重量kg	平均体重g	重量kg	平均体重g	尾数	
1	5月29日	75	7	341	48	7,048	70
2	"	75	7	286	42	6,769	68
3	"	75	7	327	44	7,413	74
4	"	75	7	264	38	6,864	69

* 本研究は昭和56年度～58年度指定調査研究総合助成事業によるものである。

*¹⁾ 養殖研究所

*²⁾ 東海区水産研究所

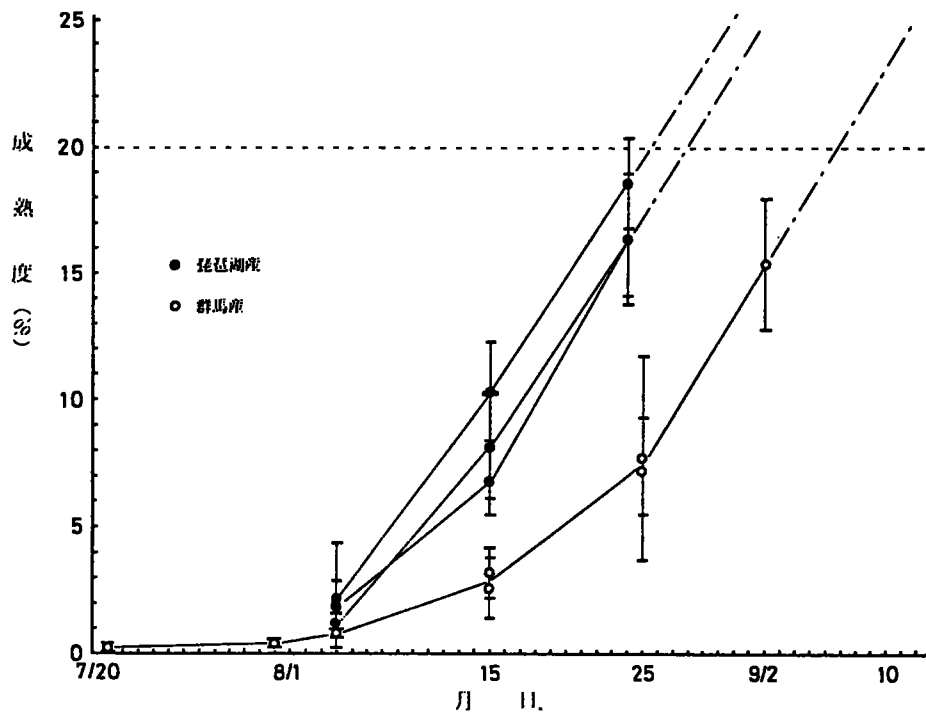


図2 電照後の成熟(♀)

養成後の平均体重70gを目標としたが、増重量が伸びなかったのは、湖水温の変動と疾病による摂餌不良が大きな原因であった。産卵親魚として安曇川人工河川への放流量は1,218kgであった。雌雄比は279尾(12kg)で♀100:♂123であった。

成熟促進のため春季の長日処理⁴⁾を行った。その結果は、図2に示した。長日処理は、6月15日から7月15日の1か月間行い、処理時間は17:00~23:00であった。長日処理後は自然日長に戻した。同時に琵琶湖産アユ(以下湖産アユと記す)も長日処理を行った。成熟の進みは、湖産アユの方が約1週間早く、群馬産アユは遅れた。原因は不明であるが、稚仔魚期の光の前歴が影響しているのかもしれない。

なお、自然日長で湖産アユと群馬産アユを池中養殖した場合、両者の成熟度は変わらず、9月中旬に成熟度19.0~19.8%で、9月中旬には完熟又は放卵中、放卵後の状態であった(1980年飼育時)。

アユのリンゴ酸脱水素(MDH)アイソザイム

アユの白筋中のMDHアイソザイムの変異については、SATO & ISHIDA (1977) 及び NISHIDA & TAKAH

ASHI (1978) に発表されている。これらの変異と、その後に検出された変異を加えて図3に示した(佐藤・中未発表)。

これらの変異の内、現在までに湖産アユで検出されたのは、表現型の記号A、B、G、群馬産では、A、B、Dである。

湖産アユのMDHアイソザイムの遺伝子頻度

1981年4月及び7月に、湖周辺11~12か所(図1参照)で採集したアユ11,120尾についてMDHアイソザイムの変異を調べたところ、表2の通りであった。各採集地の各漁具について、採集日を含む11~13日間の漁獲量を漁獲尾数に換算し、遺伝子頻度を補正したのが表3である。

表2の4月及び7月の各採集地間の遺伝子頻度の差に対応する χ^2 は、 $\chi^2 = 12.701$ ($\chi^2 \cdot 99$ (22) = 40.289)で、各採集地間に遺伝子頻度の差がなく、同一集団のアユとみなしても間違いではない。

群馬産アユのMDHアイソザイムの遺伝子頻度

1981年10月8日、安曇川人工河川の産卵後の群馬産ア

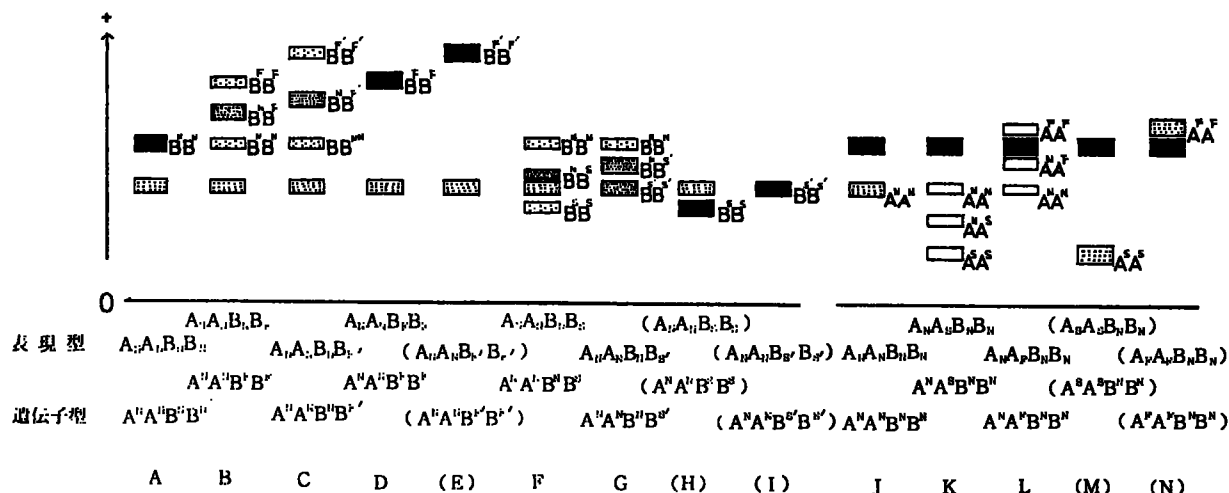


図3 アユ白筋中のMDHアイソザイムの泳動図と表現型、遺伝型、サブユニット構造の模式図。カッコはまだ検出されていない型(佐藤・中未発表)

表2 琵琶湖産アユのMDHの表現型と遺伝子頻度

採集 番号	月日 1981	採集場所	漁具	泳動 尾数	表現型(記号)				遺伝子頻度		
					B ⁺ B ⁺	B ⁺ B ⁻	B ⁻ B ⁺	B ⁻ B ⁻	mdh-B ⁺	mdh-B ⁻	mdh-B ⁺
1	4.27	志賀町 小松	追又手	500	498	2	0	0	0.998	0.002	0
2	4.28	守山市 吉川	エリ	499	497	2	0	0	0.998	0.002	0
3	4.25,26	マキノ町 知内川	ヤナ	498	496	1	1	0	0.998	0.001	0.001
4	4.28	彦根市 犬上川	ヤナ	500	499	1	0	0	0.999	0.001	0
5	4.28	能登川町 栗見新田	エリ	500	498	2	0	0	0.998	0.002	0
6	4.28	草津市 志那	エリ	500	496	1	3	0	0.996	0.001	0.003
7	4.27	志賀町和邇-小松	エリ	500	498	1	1	0	0.998	0.001	0.001
8	4.27	湖北町 尾上	エリ	500	497	3	0	0	0.997	0.003	0
9	4.28	安曇川町 安曇川	ヤナ	499	498	1	0	0	0.999	0.001	0
10	4.26,27	“ 北舟木	エリ	500	499	1	0	0	0.999	0.001	0
11	4.26,27	今津町 石田川	ヤナ	500	498	1	1	0	0.998	0.001	0.001
12	5.6	びわ町 姉川	四手	500	499	1	0	0	0.999	0.001	0
13	7.2	志賀町和邇-小松	エリ	500	498	2	0	0	0.998	0.002	0
14	7.2	安曇川町 安曇川	ヤナ	500	500	0	0	0	1.000	0	0
15	7.3	“ 北舟木	エリ	499	499	0	0	0	1.000	0	0
16	7.3	今津町 石田川	ヤナ	500	498	2	0	0	0.998	0.002	0
17	7.3	マキノ町 知内川	ヤナ	499	497	2	0	0	0.998	0.002	0
18	7.3	湖北町 尾上	エリ	500	497	2	1	0	0.997	0.002	0.001
19	7.7	びわ町 姉川	四手	500	499	1	0	0	0.999	0.001	0
20	7.7	“ 南浜	エリ	496	496	0	0	0	1.000	0	0
21	7.3	能登川町 栗見新田	エリ	500	498	1	1	0	0.998	0.001	0.001
22	7.3	守山市 吉川	エリ	300	298	2	0	0	0.997	0.003	0
23	7.2	草津市 志那	エリ	330	328	1	1	0	0.997	0.0015	0.001
計				11,120	11,081	30	9	0	0.9982	0.0014	0.0004

$$\sigma = \pm 0.00028 \pm 0.00025 \pm 0.00013$$

ユ2009尾のMDHアイソザイムの変異の結果を表4に示した。

標識としてのMDHアイソザイムの変異について

湖産と群馬産アユのMDHアイソザイムの遺伝的変異を、資源学的調査に標識として用いる場合、能勢⁷⁾は、遺伝学的多型質の遺伝子頻度の異なる2つの集団が、さまざまな割合で混合しているとき、ハーディ・ワインベルグの法則を用いて、これを検知するには、標本数と遺伝子頻度の差がかなり大きいことが必要であるとのべて

いる。

SATO & ISHIDA¹⁾により群馬産アユのMDHアイソザイムに遺伝的変異がみられ、mdh-B⁻が全く存在しないアユ群を使えば、MDHアイソザイムが放流効果試験の指標として利用し得ることが明らかとなった。この時点では、湖産アユ(65尾)には全くmdh-B⁻は検出されなかった。NISHIDA & TAKAHASHI⁵⁾も湖産アユ(165尾)では、MDHに変異はないとしている。これらの結果は、標識の指標として群馬産アユの可能性を示

表 3 漁獲量で補正した遺伝子頻度

採集 番号	採集日近くの漁獲量 (11~13日間) (kg)	平 均 体 重 (g)	漁 獲 尾 数	補正した遺伝子頻度		
				mdh-B ^N	mdh-B ^F	mdh-B ^S
1	1,219.0	1.92	634,896	0.9984	0.0015	0.0001
2	128.0	0.47	272,340			
3	4.0	4.61	869			
4	257.0	4.08	63,021			
5	1,066.0	0.47	2,268,085			
6	14.5	0.47	30,851			
7	285.7	0.82	349,266			
8	174.5	0.66	264,394			
9	246.0	4.14	59,420			
10	7.1	1.36	5,213			
11	3.0	4.65	644			
12	1,173.6	3.24	362,222			
13	149.9	3.85	38,904			
14	2,018.0	3.13	645,760			
15	246.5	3.52	70,028			
16	1,967.0	3.20	615,072			
17	1,054.5	3.33	316,666			
18	418.0	1.17	357,265			
19	2,367.6	3.11	761,286			
20	344.5	2.72	126,654			
21	1,915.0	4.58	418,122			
22	247.0	3.49	70,774			
23	63.9	3.49	18,308			
計			7,750,060			

表 4 群馬産アユのMDHアイソザイムの表現型と遺伝子頻度

月 日	泳動尾数	表 現 型 (記号)			遺 伝 子 頻 度	
		B ^N B ^N	B ^N B ^F	B ^F B ^F	mdh-B ^N	mdh-B ^F
1981.10.8	2,009	1,317	625	67	0.8111 ± 0.0062	0.1889 ± 0.0062

すものであるが、いずれも標本数が少ないことから、1979年、1980年に群馬産と併せて湖産について調べた所、少数ながらMDHアイソザイムに変異のあるものが生息することが判った。これは、大きな野性集団では、標本数を十分大きくする必要性を確認する結果となった(表5参照)。

1981の結果も、湖産に僅かながらmdh-B^Fが存在するが、両群のmdh-B^N、mdh-B^Fの均質性の検定では、mdh-B^Nの $\chi^2=8,373,661$ 、mdh-B^Fの $\chi^2=4,111$ ($\chi^2 \cdot 99(1)=6.635$)で両群は同一の集団といい難く、群馬産アユを標識として使用できるものと思われる。標識としては、遺伝子頻度に差の大きいmdh-B^Fを用いる方が効果的である。

次に、両群が湖中で均一に混合したとして、漁獲アユの採集を1地点について、1,000尾³⁾とすると群馬産アユと湖産アユが、どの程度の割合で混合していれば、標識

として検出可能であるかについては、両群の遺伝子頻度から、種々の割合で混合した場合の、混合集団のmdh-B^Fの遺伝子頻度と95%信頼限界を求め、この値が湖産アユのmdh-B^Fの遺伝子頻度の95%信頼限界に接しない範囲であれば検出可能となる。1981年の結果からは、1,000尾の標本中に3.45%以上の群馬産アユが混合していればよいことになる。

産 卵 調 査

琵琶湖に流入する天然河川及び人工河川における産卵量は、表6に示したとおりで、天然河川の有効産着卵が $1,389 \times 10^6$ 粒、両人工河川で $1,511 \times 10^6$ 粒総計 $2,900 \times 10^6$ 粒であった。群馬産の有効産着卵が 304×10^6 粒で総有効産着卵の10.5%であった。調査期間は、1981年9月2日~11月7日であった。調査河川は図1に示した。

表 5 1979年、1980年の湖産、群馬産のMDH遺伝子頻度

年	産地	泳動尾数	表現型(記号)				遺伝子頻度		
			B ⁺ B ⁺	B ⁺ B ⁻	B ⁻ B ⁺	B ⁻ B ⁻	mdh-B ⁺	mdh-B ⁻	mdh-B ⁺
1979	湖産	1,848	1,845	2	1	0	0.9992 ±0.00047	0.0005 ±0.00037	0.0003 ±0.00028
	群馬	1,046	732	293	0	21	0.8399 ±0.00802	0.1601 ±0.00802	0
1980	湖産	6,329	6,302	18	9	0	0.9979 ±0.00041	0.0014 ±0.00033	0.0007 ±0.00024
	群馬	544	407	128	0	9	0.8658 ±0.01033	0.1342 ±0.01033	0

表 6 1981年、河川別調査次別産卵状況

(×1,000 粒)
(上段総産卵量、下段有効産卵量)

調査次 河川名		第 1 次 9/3~4	第 2 次 9/16~18	第 3 次 9/29~10/2	第 4 次 10/14~16	第 5 次 11/4~6	計
天 然 河 川	安曇川南流	— ※	— ※	44,331 44,331	4,076 4,076	0 0	48,407 48,407
	“ 北流	— ※	— ※	— ※※	285 285	0 0	285 285
	石 田 川	0 0	27,387 26,101	89 89	0 0	0 0	27,476 26,190
	知 内 川	0 0	67,967 64,441	160,628 159,802	10,192 10,192	0 0	238,787 234,435
	塩 津 大 川	— ※※	72,646 72,289	18,083 18,083	5,760 5,648	0 0	96,489 96,020
	姉 川	0 0	40,797 39,786	133 133	0 0	1,274 1,274	42,204 41,193
	天 野 川	0 0	49,395 46,134	10,214 9,989	6,200 5,919	0 0	65,809 62,042
	芹 川	0 0	9,015 8,747	9,784 8,561	0 0	2,568 2,568	21,367 19,876
	犬 上 川	0 0	477,729 475,814	9,315 9,315	316,905 316,905	11,186 10,958	815,135 812,992
	愛 知 川	0 0	5,457 4,851	21,195 21,195	11,649 11,649	796 796	39,097 38,491
	野 洲 川	0 0	9,511 9,511	— ※※	— ※※	— ※※	9,511 9,511
	小 計	0 0	759,904 757,674	273,772 271,498	355,067 354,674	15,824 15,596	1,404,567 1,389,442
人 工 河 川	安 湖 産	599,679 511,240	134,797 67,701	392,194 365,086	28,095 26,639	— —	1,154,765 970,666
	群 馬 産	0 0	136,801 127,441	182,384 165,523	18,998 11,070	— —	338,183 304,034
	南 浜	133,889 129,075	76,380 64,274	17,141 16,381	26,981 26,388	— —	254,391 236,118
	小 計	733,568 640,315	347,978 259,416	591,719 546,990	74,074 64,097	— —	1,747,339 1,510,818
合 計		733,568 640,315	1,107,882 1,007,090	865,491 818,488	429,141 418,771	15,824 15,596	3,151,906 2,900,260

注. — ※ 濁水、— ※※ 増水のため調査不能

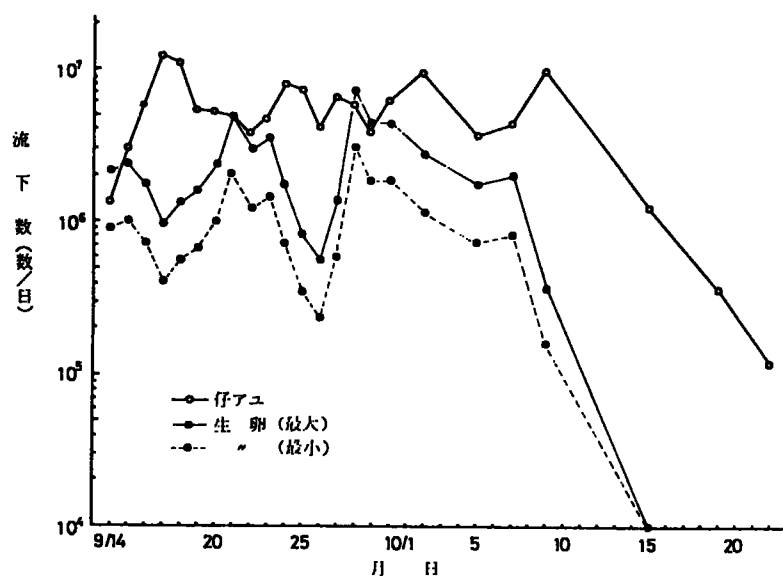


図4 群馬産アユの流下仔アユ・生卵の経日変化

表 7 群馬産アユの流下
仔アユ数 ($\times 10^3$)

月日	仔アユ	月日	仔アユ
9. 14	1,340	10. 4	5,781
15	3,170	5	3,681
16	5,870	6	3,956
17	12,721	7	4,231
18	11,509	8	6,958
19	5,490	9	9,685
20	5,371	10	8,272
21	4,986	11	6,859
22	3,632	12	5,446
23	4,792	13	4,034
24	7,938	14	2,621
25	7,578	15	1,208
26	4,298	16	997
27	6,816	17	786
28	5,980	18	575
29	3,685	19	364
30	6,064	20	281
10. 1	8,023	21	198
2	9,982	22	115
3	7,882	計	193,175

表 8 群馬産アユの流下生卵数 ($\times 10^3$)

月日	生卵 最小 最大	月日	生卵 最小 最大
9. 14	876 - 2,082	10. 4	861 - 2,046
15	995 - 2,365	5	720 - 1,711
16	724 - 1,721	6	769 - 1,828
17	397 - 944	7	818 - 1,944
18	544 - 1,294	8	488 - 1,159
19	657 - 1,561	9	158 - 375
20	980 - 2,330	10	132 - 313
21	1,979 - 4,703	11	107 - 252
22	1,212 - 2,880	12	82 - 190
23	1,438 - 3,418	13	56 - 129
24	708 - 1,682	14	31 - 67
25	336 - 799	15	6 - 6
26	235 - 559	16	4 - 5
27	573 - 1,362	17	2 - 3
28	305 - 7,241	18	1 - 2
29	1,802 - 4,284	19	0 - 0
30	1,795 - 4,267	20	0 - 0
10. 1	1,469 - 3,492	21	0 - 0
2	1,143 - 2,718	22	0 - 0
3	1,002 - 2,382	計	26,148 - 62,114

群馬産アユの流下仔魚数の推定

群馬産アユを、9月2日に姉川人工河川飼育池から安曇川人工河川へ輸送し放流した。放流量1,218kgを750㎡の産卵床に放した。放流後は連日産卵調査を実施したところ、9月3日には放卵後の雌を見たが、産着卵は確認出来なかった。9月5日に初めて未発眼卵 $8,124 \times 10^3$ 粒の産着卵を確認した。

流下仔アユの調査は、人工河川水温が $18.2 \sim 19.0^\circ\text{C}$ であったので、ふ化日数を11日～13日として、9月14日か

ら始めた。調査方法は、定量採集ネットを使用し、毎時刻、河川横断面の3採集点において各1分間の採集を行った。調査時間帯と回数は、9月14日～10月22日の間に、17時～23時の時間帯調査を23回、17時～09時の時間帯調査を2回、24時間調査を1回行った。流下仔アユ・卵の採集物は、全数を計数した。その他流下仔アユ・卵の採集方法、流下数の算出は中・伏木他(1979, 1980)に倣った。その結果は図4、表7、表8に示した。この他に、総流下死卵数は、 $9,232 \sim 35,623 \times 10^3$ 粒であった。

人工河川での群馬産アユの親魚から流下仔アユ等の比率

群馬産アユの産卵、流下仔アユ・卵数に関する資料を取りまとめると次のようであった。

(安曇川人工河川)

- a. 親魚量 1,218kg
- b. 雌雄比 100:123 (♀546kg, ♂672kg)
- c. 孕卵数 800粒/体重g
- d. 総産着卵数 $338,183 \times 10^3$ 粒
- e. 有効産着卵数 $304,034 \times 10^3$ 粒
- f. 流下仔アユ数 $193,175 \times 10^3$ 尾
- g. 流下生卵数 $26,148 \sim 62,114 \times 10^3$ 粒
- h. 流下死卵数 $9,232 \sim 35,623 \times 10^3$ 粒

前記の数値から

- i. 推定産卵数 (b/c) $546\text{kg} \times 800\text{粒/g} = 436,800 \times 10^3$ 粒
- j. 有効産着卵率 (e/i) $304,034 \times 10^3 \text{粒} / 436,800 \times 10^3 \text{粒} = 0.696$
- k. 流下仔アユ率 (f/e) $193,175 \times 10^3 \text{尾} / 304,034 \times 10^3 \text{粒} = 0.635$
- l. 流下仔アユ・卵数の捕捉率 $[(f + g + h) / e] (228,555 \sim 290,913) \times 10^3 / 304,034 = 0.752 \sim 0.957$

水谷他(1976)の実験人工河川では次のようであった。

- j'. 有効産着卵率 0.695
- k'. 流下仔アユ率 0.906
- l'. 流下仔アユ・卵数の捕捉率 0.975

群馬産流下仔アユの比率の検討

琵琶湖周辺の天然河川及び人工河川の産卵調査及び群馬産アユの流下仔アユ調査結果から、本年の流下仔アユ数の総数及び群馬産アユの流下仔アユ数の比率を推定した。

天然河川での流下仔アユ数は、中・伏木他(1979、1980)により有効産着卵数の2.01~2.44倍で、ほぼ2倍

とされている。両人工河川における琵琶湖産養成アユ及び天然アユについて、両人工河川の性状がやや異なることから、安曇川人工河川では、本年の群馬産アユの資料を用い、姉川人工河川については、姉川人工河川が、実験人工河川であった当時の値は水谷他(1976)を用いた。

1981年9月14日から10月22日の間に、安曇川町に新設された人工河川において、養成した群馬産人工種苗生産アユに自然産卵をさせた。その結果、群馬産人工種苗生産アユ卵からのふ化流下仔アユ数は、1億9,300万尾で、琵琶湖産アユ卵からのふ化仔アユ数は、天然河川・人工河川を含めて、36億800万尾であった。11月上旬に天然アユの産卵調査を終えた時点で、琵琶湖に流入した全ふ化流下仔アユ数に占める群馬産ふ化流下仔アユ数の比率は4.38~5.08%となり、ふ化流下仔アユの段階で標識としての検出限界の3.45%を上まわったので、1981年11月以降の追跡調査は可能なものと考えられた。

ふ化アユの絶食生残率の比較

湖産コアユ(天然産卵週上、9月16日採卵)、湖産池

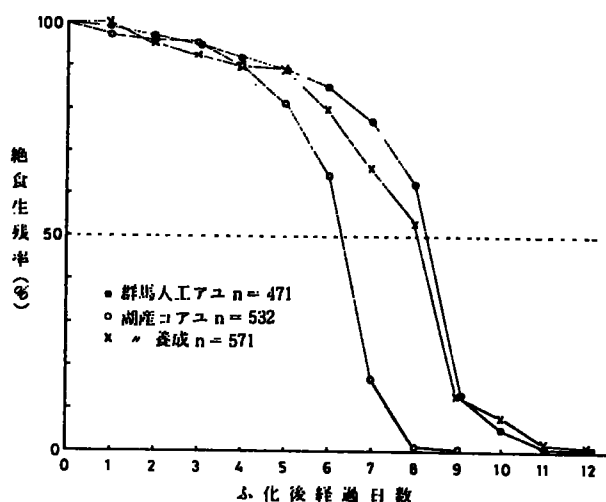


図5 絶食生残率の比較
(水温18.8—19.4℃)

表 9 流下仔アユ数の推定

河 川	有効産着卵数(10^3)	仔アユ流下率	流下仔アユ数(10^3)
湖産アユ			
天然河川	1,389,442	2.01-2.44	2,792,778-3,390,238
姉川人工河川	236,118	0.9	212,506
安曇川人工河川	970,666	0.635	616,373
小 計			3,621,657-4,219,117
群馬産アユ			
安曇川人工河川			193,175

絶食生残率が50%となる日数は、池中養成した群馬産及び湖産アユとも変わらず、生残率曲線もよく似た傾向を示した。湖産コアユは、前二者に比べ、2日短かった。絶食生残率において、湖産、群馬産に差はないものと思われる。

琵琶湖にふ化流下した後の仔稚アユの採集は、安曇川人工河川に近い漁場では、他の水域よりもやゝ採集地点数を多くした。採集地点は図6に示したように、琵琶湖北湖を主に湖辺に13地点、主要天然河川を8河川とし、漁具の種類は10漁具であった。採集地の決定は、主要な漁獲地、漁具の分布と共に調査に協力を得られることを主とした。

採集計画は、1981年12月、1982年1月中旬、3月中旬、4月中旬、6月中旬、7月中旬、9月中旬、又採捕期間

採集アユの電気泳動分析結果

電気泳動法は、トリス・クエン酸 (pH 8.0) を緩衝液とするデンブング電気泳動法である。結果は表11に示した。

群馬産人工種苗生産アユ（以下標識アユと記す）を親とするふ化仔アユが湖に流下した後、琵琶湖産ふ化仔アユと混合した混合率は、佐藤・中・石田（1982a）から算出した。

$$N_s / (N_w + N_s) = \frac{P - P_w}{P_s - P_w}$$

P_w : 天然集団のA遺伝子頻度

標識アユの混合の評価について検討したところ、次の2つの基準にもとづいて判定を行った。

X: 1981年の標識アユ放流前の琵琶湖産アユのmdh-B^Nとmdh-B^Fの遺伝子の数と、標識アユ放流後の混合集団のそれぞれの遺伝子の数を、 χ^2 検定(2×2表)して、5%の有意水準で有意である場合。



表 10 漁獲アユの標本採集状況

採集年月		採集地									
魚	採集地	12月	1	2	3	4	5	6	7	8	9
鰻	北小松(磯田)	16日	14日		19日	15日		2日	12日		
	北舟木(河崎)				19	16		4	12・14・16		
	“(新堀)		13		19	16		4	12・13		
	“(駒井)		11~12		18	16		4	12		
	海津(組合)				15	16		3	15		
	尾上(中村)		18		11	13		1	12		
	南浜(川瀬)					14		1	12		
	能登川(田井中)				19	15		4	16		
	守山(永尾)	16	12		19	15		3			
	志那(中島)	28	8・14		24	17		3	12・13		
刺網	三和(組合)			3	10	13		2	14		
	今津(組合)		28		12	17					
	海津(組合)			8	17	14					
	尾上(松本)			8	17	14		2			
	南浜(寺田)				5	14		1	14		
	磯(川北)					30		5	13		
築・四ツ手・投網・ピン潰け	安曇川					15		2	15		7
	石田川					1~13		2	26	30	
	知内川				24	3~5・16		4	15		7
	姉川					13		1	15	31	
	天野川					1・27		1	12		8
	犬上川					1・18		4	21		6
	愛知川						6				8
	日野川						9				
	沖曳	沖島			9・26						
地曳	知内(古川)						8	5	27		
	沖島(組合)							4	26		
追又手	北小松							8			
	尾上							8			
沖スクイ	堅田	6月/15、16、18、20、22、24、26、28、30日 7月/2、4、6、8、10、14、18、22日									
	尾上	6月/15、17、19、21、23、25、28、29日 7月/1、3、5、7、9、13、18、21、25日									

*北小松の網罟、**知内の罟、***海津の地曳

標識アユ放流後の漁獲アユのMDHアイソザイムの遺伝子頻度等について

1981年9月の標識アユ放流後に初漁獲のあった12月から1982年9月の産卵期までの、漁獲アユの標本151,882尾の電気泳動分析の結果にもとづく、混合率と混合の評価を表11に示した。

標識アユの混合率の評価の結果は、標識アユの混合がほぼ間違いないと考えられたのは、164標本中、29標本

であった。

また、混合率が0以上で標識アユの混合の可能性を否定できないと考えられるものは125標本であった。

しかし、ふ化流下時の標識アユの混合率の4.38~5.08%と比べると、採集標本中の標識アユの混合率は平均で0.63%とかなり低い値となっている。今後、漁獲量調査の結果をまって補正が必要であるが、標識アユの混合率は低いものと思われる。

表 11 標識アユ放流後の漁獲アユのMDHアイ
ソザイムの遺伝子頻度と標識アユの混合率

No	採集 月 日	採集場所	漁具	泳動 尾数	遺 伝 子 型				遺 伝 子 頻 度			混 合 率	混 合 の 判 定 [*]
					B ⁺ B ⁺	B ⁺ B ⁻	B ⁻ B ⁺	B ⁻ B ⁻	mdh-B ⁺	mdh-B ⁻	mdh-B ⁺		
1	1981 12/16	北 小 松	エリ	1,000	980	0	17	3	0.9885	0	0.0115	5.41	F X
2	12/16	守 山	"	1,000	983	1	16	0	0.9915	0.0005	0.0080	3.55	X
3	12/28	志 那	"	1,000	997	1	2	0	0.9985	0.0005	0.0010	-	
4	1982 1/8	"	"	1,000	999	0	1	0	0.9995	0	0.0005	-	
5	1/14	"	"	799	795	0	4	0	0.9975	0	0.0025	0.61	
6	1/11 -12	北 舟 木 1	"	998	989	0	9	0	0.9955	0	0.0045	1.68	X
7	1/13	" 2	"	1,000	985	2	13	0	0.9925	0.0010	0.0065	2.75	X
8	1/12	守 山	"	999	995	0	3	1	0.9975	0	0.0025	0.61	F
9	1/14	北 小 松	"	1,000	985	1	14	0	0.9925	0.0005	0.0070	3.01	X
10	1/18	尾 上	"	1,000	982	0	17	1	0.9905	0	0.0095	4.35	F X
11	1/28	今 津 刺網	1,000	994	994	0	6	0	0.9970	0	0.0030	0.88	
12	2/3	三 和	"	1,000	997	0	3	0	0.9985	0	0.0015	0.08	
13	2/8	海 津	"	1,000	996	2	2	0	0.9980	0.0010	0.0010	-	
14	2/8	尾 上	"	1,000	998	1	1	0	0.9990	0.0005	0.0005	-	
15	2/9	沖 ノ 島 沖曳	1,000	994	994	0	5	1	0.9965	0	0.0035	1.15	F X
16	2/28	"	"	1,000	992	0	8	0	0.9960	0	0.0040	1.41	X
17	3/5	南 浜 刺網	1,000	995	995	0	5	0	0.9975	0	0.0025	0.61	
18	3/10	三 和	"	1,000	997	0	3	0	0.9985	0	0.0015	0.08	
19	3/12	今 津	"	1,000	998	1	1	0	0.9990	0.0005	0.0005	-	
20	3/17	尾 上	"	1,000	997	0	3	0	0.9985	0	0.0015	0.08	
21	3/17	海 津	"	1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0020	0.35	
22	3/11	尾 上 エリ	1,000	975	975	1	23	1	0.9870	0.0005	0.0125	5.95	F X
23	3/15	海 津	"	1,000	984	1	14	1	0.9915	0.0005	0.0080	3.55	F X
24	3/18	北 舟 木 (1)	"	1,000	987	2	11	0	0.9935	0.0010	0.0055	2.21	X
25	3/19	" (2)	"	1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0020	0.35	
26	3/19	" (3)	"	789	787	1	1	0	0.9987	0.0006	0.0006	-	
27	3/19	能 登 川	"	1,000	993	1	6	0	0.9965	0.0005	0.0030	0.88	
28	3/19	北 小 松	"	973	969	0	4	0	0.9979	0	0.0021	0.38	
29	3/19	守 山	"	1,000	994	2	4	0	0.9970	0.0010	0.0020	0.35	
30	3/24	志 那	"	599	597	0	2	0	0.9983	0	0.0017	0.17	

* F : 遺伝子型 B⁺ B⁺ が出現した場合

X : χ^2 検定で 5 % 以下の有意水準で有意差のある場合

No	採集 月 日	採集場所	漁具	泳動 尾数	遺伝子型				遺伝子頻度			混合 率	混合 の判 定*
					B ^N B ^N	B ^N B ^S	B ^N B ^F	B ^F B ^F	mdh-B ^N	mdh-B ^S	mdh-B ^F		
31	3/24	知内川	ヤナ	461	461	0	0	0	1.0000	0	0	-	
32	4/1	犬上川	"	1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0020	0.35	
33	4/1	天野川	"	1,000	996	1	3	0	0.9980	0.0005	0.0015	0.08	
34	4/3 -5	知内川	"	1,000	996	1	3	0	0.9980	0.0005	0.0015	0.08	
35	4/1 -13	石田川	"	1,000	998	0	2	0	0.9990	0	0.0010	-	
36	4/13	姉川	"	1,000	994	2	4	0	0.9970	0.0010	0.0020	0.35	
37	4/15	安曇川	"	1,000	994	0	6	0	0.9970	0	0.0030	0.88	
38	4/16	知内川	"	950	946	0	4	0	0.9979	0	0.0021	0.40	
39	4/18	犬上川	"	1,000	996	1	3	0	0.9980	0.0005	0.0015	0.08	
40	4/13	三和刺網	"	1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0020	0.35	
41	4/14	南浜	"	1,000	994	1	5	0	0.9970	0.0005	0.0025	0.61	
42	4/14	海津	"	1,000	995	0	5	0	0.9975	0	0.0025	0.61	
43	4/14	尾上	"	1,000	993	0	7	0	0.9965	0	0.0035	1.15	X
44	4/17	今津	"	1,000	989	1	9	1	0.9940	0.0005	0.0055	2.21	F X
45	4/30	磯	"	1,000	996	2	2	0	0.9980	0.0010	0.0010	-	
46	4/13	尾上	エリ	1,000	991	0	9	0	0.9955	0	0.0045	1.68	X
47	4/14	南浜	"	1,000	995	2	3	0	0.9975	0.0010	0.0015	0.08	
48	4/15	能登川	"	1,000	992	2	6	0	0.9960	0.0010	0.0030	0.88	
49	4/15	北小松	"	799	794	0	5	0	0.9969	0	0.0031	0.95	
50	4/15	守山	"	1,000	998	0	2	0	0.9990	0	0.0010	-	
51	4/16	海津	"	1,000	984	1	14	1	0.9915	0.0005	0.0080	3.55	F X
52	4/16	北舟木	1	"	993	0	7	0	0.9965	0	0.0035	1.15	X
53	4/16	"	2	"	997	1	2	0	0.9985	0.0005	0.0010	-	
54	4/16	"	3	"	500	498	1	1	0.9980	0.0010	0.0010	-	
55	4/17	志那	"	1,000	984	2	13	1	0.9915	0.0010	0.0075	3.28	F X
56	4/27	天野川	ヤナ	1,000	997	1	2	0	0.9985	0.0005	0.0010	-	
57	5/6	愛知川	"	894	891	0	3	0	0.9983	0	0.0017	0.18	
58	5/9	日野川	"	1,000	993	1	6	0	0.9965	0.0005	0.0030	0.88	
59	5/8	知内地曳	"	1,000	990	0	10	0	0.9950	0	0.0050	1.95	X
60	6/1	天野川	ヤナ	1,000	994	2	4	0	0.9970	0.0010	0.0020	0.35	

* F : 遺伝子型 B^F B^F が出現した場合

X : χ^2 検定で 5 % 以下の有意水準で有意差のある場合

No	採集 月 日	採集場所	漁具	泳動 尾数	遺 伝 子 型				遺 伝 子 頻 度			混 合 率	混 合 の 判 定 [※]
					B ^N B ^N	B ^N B ^S	B ^N B ^F	B ^F B ^F	mdh-B ^N	mdh-B ^S	mdh-B ^F		
61	6/1	姉川人工河川	ヤナ	1,000	993	1	6	0	0.9965	0.0005	0.0030	0.88	
62	6/1	姉 川	"	1,000	997	0	3	0	0.9985	0	0.0015	0.08	
63	6/2	安 曇 川	"	1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0020	0.35	
64	6/2	石 田 川	"	1,000	995	0	5	0	0.9975	0	0.0025	0.61	
65	6/4	知 内 川	"	1,000	995	0	5	0	0.9975	0	0.0025	0.61	
66	6/4	犬 上 川	"	1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0025	0.35	
67	6/1	尾 上	エリ	1,000	997	1	2	0	0.9985	0.0005	0.0010	-	
68	6/1	南 浜	"	1,000	997	0	3	0	0.9985	0	0.0015	0.08	
69	6/2	北 小 松	"	1,000	991	1	8	0	0.9955	0.0005	0.0040	1.41	X
70	6/3	海 津	"	1,000	994	1	5	0	0.9970	0.0005	0.0025	0.61	
71	6/3	守 山	"	1,000	993	0	7	0	0.9965	0	0.0035	1.15	X
72	6/3	志 那	"	1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0020	0.35	
73	6/4	北 舟 木 (1)	"	1,000	991	2	6	1	0.9950	0.0010	0.0040	1.41	F X
74	6/4	" (2)	"	1,000	994	0	6	0	0.9970	0	0.0030	0.88	
75	6/4	" (3)	"	699	696	0	3	0	0.9979	0	0.0021	0.42	
76	6/4	能 登 川	"	1,000	993	0	7	0	0.9965	0	0.0035	1.15	X
77	6/1	南 浜	刺網	1,000	997	0	3	0	0.9985	0	0.0015	0.08	
78	6/2	三 和	"	1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0020	0.35	
79	6/2	尾 上	"	1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0020	0.35	
80	6/5	磯	"	1,000	994	0	6	0	0.9970	0	0.0030	0.88	
81	6/4	沖 ノ 島 地曳	"	1,000	995	1	3	1	0.9970	0.0005	0.0025	0.61	F
82	6/5	知 内	"	1,000	992	0	8	0	0.9960	0	0.0040	1.41	X
83	6/8	北 小 松	追又手	1,000	992	0	8	0	0.9960	0	0.0040	1.41	X
84	6/8	尾 上	"	1,000	998	0	2	0	0.9990	0	0.0010	-	
85	6/15	四 津 川 ~ 沖ス 安 曇 南 流 クイ	"	1,000	998	0	2	0	0.9990	0	0.0010	-	
86	6/15	尾上(マキ1)	"	787	782	0	5	0	0.9968	0	0.0032	0.97	
87	6/15	" (マキ2)	"	309	309	0	0	0	1.0000	0	0	-	
88	6/15	" (マキ3)	"	361	356	0	5	0	0.9931	0	0.0069	2.97	X
89	6/15	" (マキ4)	"	1,000	999	0	1	0	0.9995	0	0.0005	-	
90	6/15	" (マキ5)	"	379	375	2	2	0	0.9947	0.0026	0.0026	0.69	

※ F : 遺伝子型 B^F B^F が出現した場合

X : χ^2 検定で 5 % 以下の有意水準で有意差のある場合

No	採集 月 日	採集場所	漁具	泳動 尾 数	遺 伝 子 型				遺 伝 子 頻 度			混 合 率	混 合 の 判 定*
					B ^N B ^N	B ^N B ^S	B ^N B ^F	B ^F B ^F	mdh-B ^H	mdh-B ^S	mdh-B ^F		
91	6/16	四津川沖(1)	沖スクイ	781	780	0	1	0	0.9994	0	0.0006	-	
92	6/16	" (2)	"	771	770	0	1	0	0.9994	0	0.0006	-	
93	6/16	沖愛知川(1)	"	948	946	0	2	0	0.9989	0	0.0011	-	
94	6/16	" (2)	"	849	844	2	3	0	0.9971	0.0012	0.0018	0.22	
95	6/16	" (3)	"	916	914	0	2	0	0.9989	0	0.0011	-	
96	6/16	姉川沖(1)	"	926	921	1	4	0	0.9973	0.0005	0.0022	0.43	
97	6/16	" (2)	"	591	589	1	1	0	0.9983	0.0008	0.0008	-	
98	6/16	" (3)	"	444	442	1	1	0	0.9977	0.0011	0.0011	-	
99	6/16	" (4)	"	893	888	0	5	0	0.9972	0	0.0028	0.77	
100	6/17	杉鼻内側(1)	"	625	622	2	1	0	0.9976	0.0016	0.0008	-	
101	6/17	" (2)	"	321	319	0	2	0	0.9969	0	0.0031	0.94	
102	6/17	塩津湾	"	1,000	994	0	6	0	0.9970	0	0.0030	0.88	
103	6/18	小松沖	"	1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0020	0.35	
104	6/19	西野隧道沖	"	1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0020	0.35	
105	6/20	塩津湾	"	1,000	994	0	6	0	0.9970	0	0.0030	0.88	
106	6/21	西野隧道沖	"	1,000	991	4	5	0	0.9955	0.0020	0.0025	0.61	
107	6/22	野洲北流～アヤメ沖	"	1,000	998	0	2	0	0.9990	0	0.0010	-	
108	6/23	塩津湾	"	970	965	0	5	0	0.9974	0	0.0026	0.65	
109	6/24	木戸沖	"	1,000	997	1	2	0	0.9985	0.0005	0.0010	-	
110	6/25	早崎沖	"	937	931	0	6	0	0.9968	0	0.0032	0.99	
111	6/26	和邇沖	"	1,000	996	2	2	0	0.9980	0.0010	0.0010	-	
112	6/28	四津川～高島沖	"	1,000	998	0	2	0	0.9990	0	0.0010	-	
113	6/28	長浜沖	"	1,000	996	1	2	1	0.9975	0.0005	0.0020	0.35	F
114	6/29	沖島西側	"	1,000	1,000	0	0	0	1.0000	0	0	-	
115	6/30	南浜沖	"	939	937	0	2	0	0.9989	0	0.0011	-	
116	7/1	木戸沖	"	1,000	998	0	2	0	0.9990	0	0.0010	-	
117	7/2	菅浦沖	"	1,000	996	1	3	0	0.9980	0.0005	0.0015	0.08	
118	7/3	南愛知川	"	1,000	994	1	5	0	0.9970	0.0005	0.0025	0.61	
119	7/4	南浜沖	"	1,000	994	3	3	0	0.9970	0.0015	0.0015	0.08	
120	7/5	南浜沖	"	773	769	0	4	0	0.9974	0	0.0026	0.66	

* F : 遺伝子型 B^F B^F が出現した場合

X : χ^2 検定で 5 % 以下の有意水準で有意差のある場合

No.	採集 月 日	採集場所		漁具	泳動 尾数	遺 伝 子 型				遺 伝 子 頻 度			混 合 率	混 合 の 判 定 [※]	
						B ^N B ^N	B ^N B ^S	B ^N B ^F	B ^S B ^F	mdh-B ^N	mdh-B ^S	mdh-B ^F			
121	7/6	和木	瀬戸	沖ス	1,000	994	1	5	0	0.9970	0.0005	0.0025	0.61		
122	7/7	南	浜	沖	1,000	995	1	4	0	0.9975	0.0005	0.0020	0.35		
123	7/8	蓬萊	出崎	沖	1,000	996	2	2	0	0.9980	0.0010	0.0010	-		
124	7/9	月早	出崎	沖	802	797	1	4	0	0.9969	0.0006	0.0025	0.61		
125	7/10	蓬萊	出崎	沖	1,000	999	0	1	0	0.9995	0	0.0005	-		
126	7/13	飯の	浦	沖	1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0020	0.35		
127	7/14	木小	戸松	沖	1,000	996	1	3	0	0.9980	0.0005	0.0015	0.08		
128	7/18	和比	瀬良	沖	1,000	998	2	0	0	0.9990	0.0010	0	-		
129	7/18	竹	生	島	1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0020	0.35		
130	7/21	南	浜	沖	883	876	1	6	0	0.9960	0.0006	0.0034	1.09		
131	7/22	青	柳	沖	1,000	994	0	6	0	0.9970	0	0.0030	0.88		
132	7/25	南	浜	沖	907	901	1	5	0	0.9967	0.0005	0.0028	0.75		
133	7/12	北	小	松	エリ	1,000	995	2	3	0	0.9975	0.0010	0.0015	0.08	
134	7/12	尾		上	1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0020	0.35		
135	7/12	南		浜	1,000	993	1	6	0	0.9965	0.0005	0.0030	0.88		
136	7/12	志		那	500	498	0	2	0	0.9800	0	0.0020	0.35		
137	7/13				871	868	1	2	0	0.9983	0.0006	0.0011	-		
138	7/12	北	舟木	(1)	1,000	993	2	5	0	0.9965	0.0010	0.0025	0.61		
139	7/12			(2)	687	681	1	5	0	0.9956	0.0007	0.0036	1.22		
140	7/13			(2)	435	432	1	2	0	0.9966	0.0011	0.0023	0.51		
141	7/12			(3)	398	394	1	3	0	0.9950	0.0013	0.0038	1.29		
142	7/14			(3)	363	360	0	3	0	0.9964	0	0.0036	1.22		
143	7/16			(3)	340	339	0	1	0	0.9985	0	0.0015	0.06		
144	7/15	知		内	1,000	996	2	2	0	0.9980	0.0010	0.0010	-		
145	7/16	能	登	川	1,000	995	0	5	0	0.9975	0	0.0025	0.61		
146	7/12	天	野	川	1,000	991	3	6	0	0.9955	0.0015	0.0030	0.88		
147	7/21	犬	上	川	1,000	994	0	6	0	0.9970	0	0.0030	0.88		
148	7/13		磯	刺網	1,000	992	2	6	0	0.9960	0.0010	0.0030	0.88		
149	7/14	三		和	1,000	993	2	5	0	0.9965	0.0010	0.0025	0.61		
150	7/14	南		浜	1,000	993	1	6	0	0.9965	0.0005	0.0030	0.88		

※ F：遺伝子型 B^F B^F が出現した場合

X： χ^2 検定で5%以下の有意水準で有意差のある場合

No	採集 月日	採集場所	漁具	泳動 尾数	遺伝子型				遺伝子頻度			混合 率	混合 の判 定※
					B ^N B ^N	B ^N B ^S	B ^N B ^F	B ^F B ^F	mdh-B ^N	mdh-B ^S	mdh-B ^F		
151	7/15	姉川	ヤナ	1,000	991	3	6	0	0.9955	0.0015	0.0030	0.88	
152	7/15	知内川	"	1,000	992	1	7	0	0.9960	0.0005	0.0035	1.15	X
153	7/15	安曇川	"	988	986	1	1	0	0.9990	0.0005	0.0005	-	
154	7/26	"	"	1,000	994	0	6	0	0.9970	0	0.0030	0.88	
155	7/26	石田川	"	1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0020	0.35	
156	7/26	沖ノ島	地曳	731	727	0	4	0	0.9973	0	0.0027	0.74	
157	7/27	海津	"	1,000	997	0	3	0	0.9985	0	0.0015	0.08	
158	8/30	石田川 ヤナ	川場 投網	747	744	0	3	0	0.9980	0	0.0020	0.35	
159	8/31	姉川	"	1,000	995	0	5	0	0.9975	0	0.0025	0.61	
160	9/6	犬上川	"	1,000	997	1	2	0	0.9985	0.0005	0.0010	-	
161	9/7	知内川	"	1,000	997	0	3	0	0.9985	0	0.0015	0.08	
162	9/7	安曇川南流	"	1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0020	0.35	
163	9/8	天野川	"	1,000	995	1	4	0	0.9975	0.0005	0.0020	0.35	
164	9/8	愛知川	"	1,000	996	1	3	0	0.9980	0.0005	0.0015	0.08	
1～164				151,882	151,018	108	744	13	0.9971	0.0004	0.0025	0.63	

※ F：遺伝子型 B^F B^F が出現した場合

X： χ^2 検定で5%以下の有意水準で有意差のある場合

漁具別、漁獲時期別、漁場別の標識アユ の混合率

漁具別、漁獲時期別、漁場別の標識アユの混合率につ
いて図7、図8、図9、図10、図11、図12、図13に示し
た。

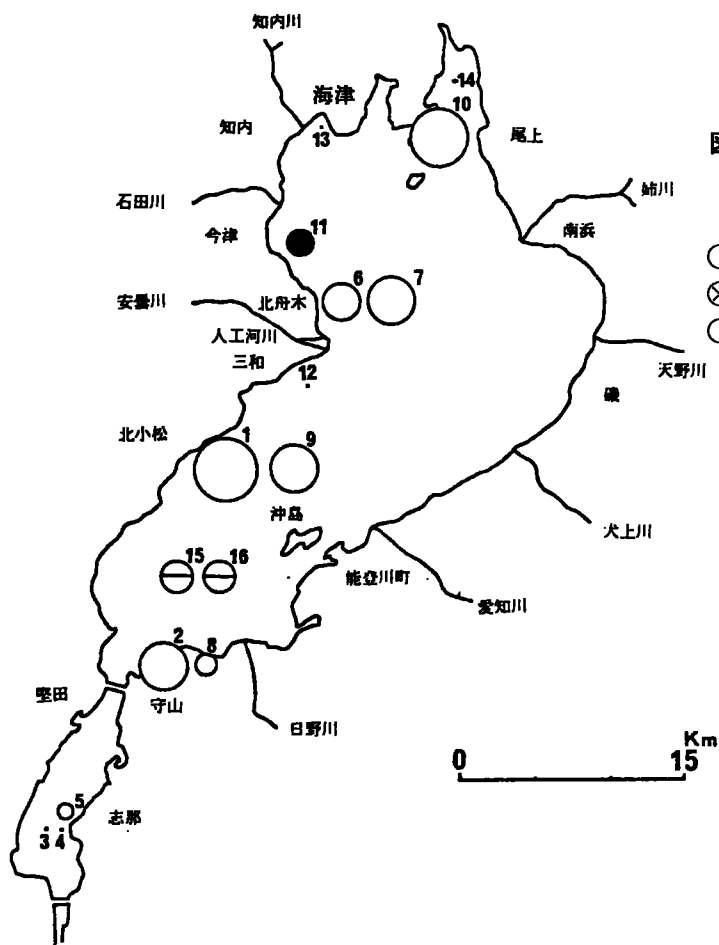
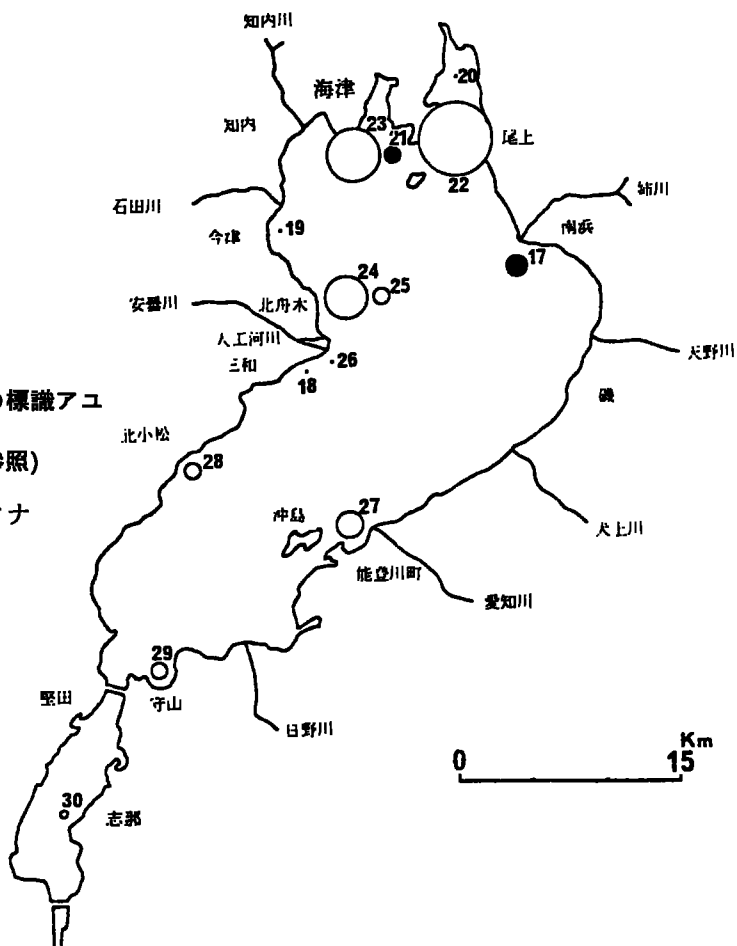


図7 1981年12月16日から1982年2月28日の期間
の標識アユの混合率
(図中の数字は採集No.を示す。表11参照)

- | | | | |
|-----|------|-----|-----|
| ○エリ | ●刺網 | ⊖沖曳 | ⊙ヤナ |
| ⊗地曳 | ⊕追又手 | | |
| ○1% | ○5% | | |

図8 1982年3月5日から3月24日の期間の標識アユ
の混合率
(図中の数字は採集No.を示す。表11参照)

- | | | | |
|-----|------|-----|-----|
| ○エリ | ●刺網 | ⊖沖曳 | ⊙ヤナ |
| ⊗地曳 | ⊕追又手 | | |
| ○1% | ○5% | | |



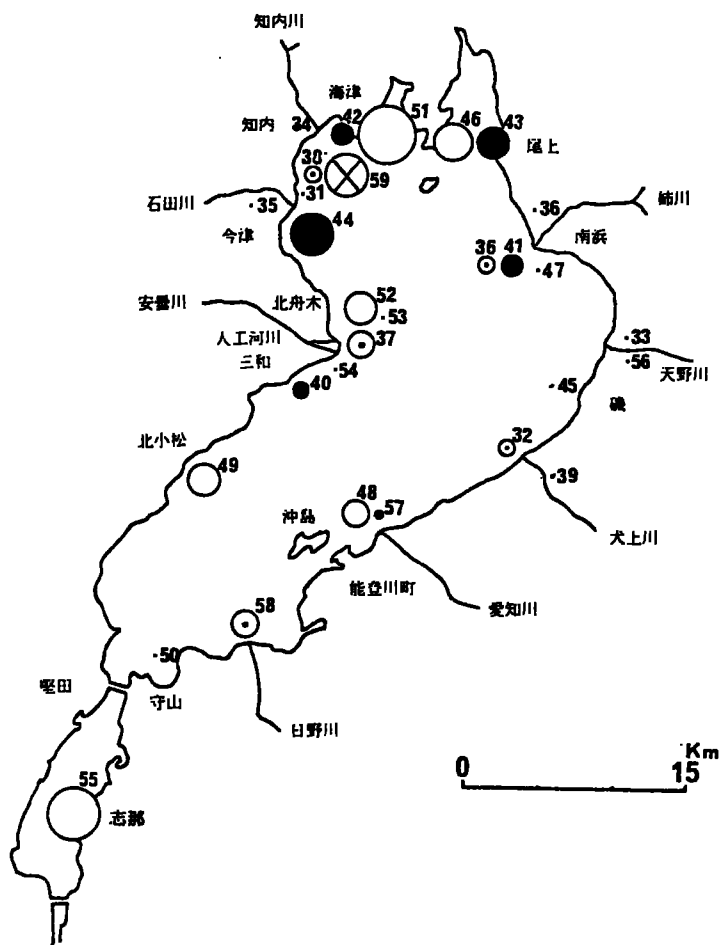
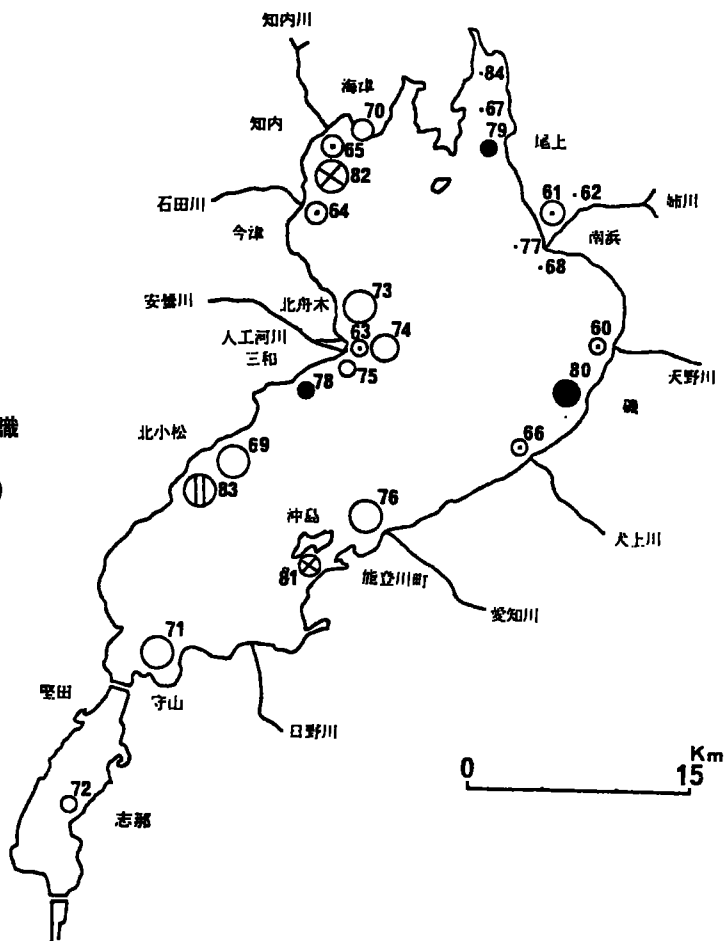


図9 1982年4月1日から5月9日の期間の標識
アユの混合率
(図中の数字は採集No.を示す。表11参照)

- | | | | |
|-----|------|-----|-----|
| ○エリ | ●刺網 | ○沖曳 | ○ヤナ |
| ⊗地曳 | ⦶追又手 | | |
| ○1% | ○5% | | |

図10 1982年6月1日から6月8日の期間の標識
アユの混合率
(図中の数字は採集No.を示す。表11参照)

- | | | | |
|-----|------|-----|-----|
| ○エリ | ●刺網 | ○沖曳 | ○ヤナ |
| ⊗地曳 | ⦶追又手 | | |
| ○1% | ○5% | | |



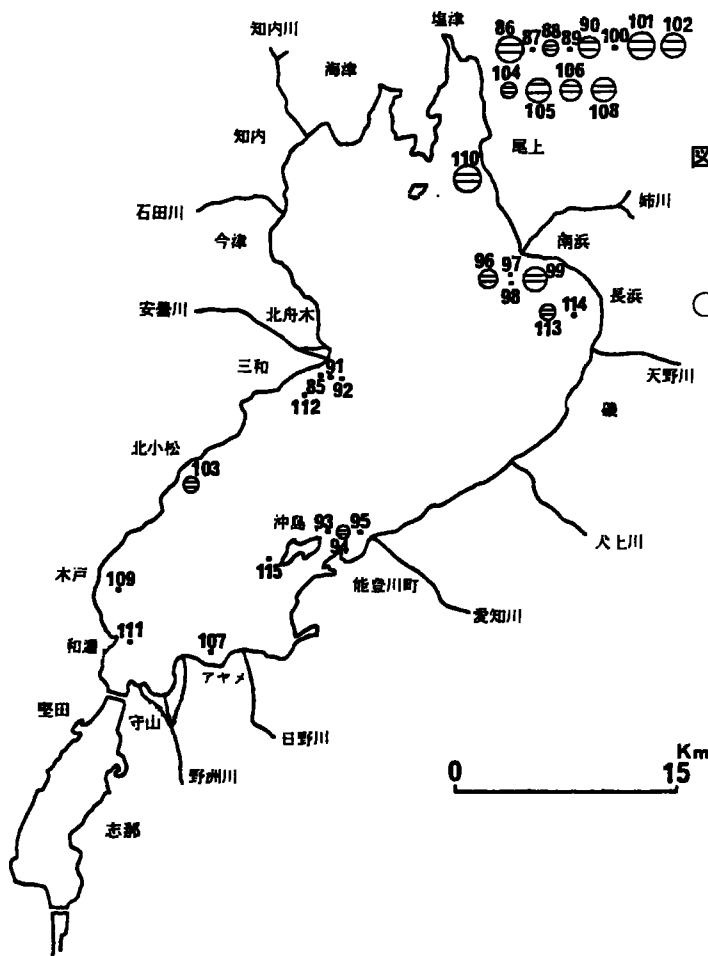
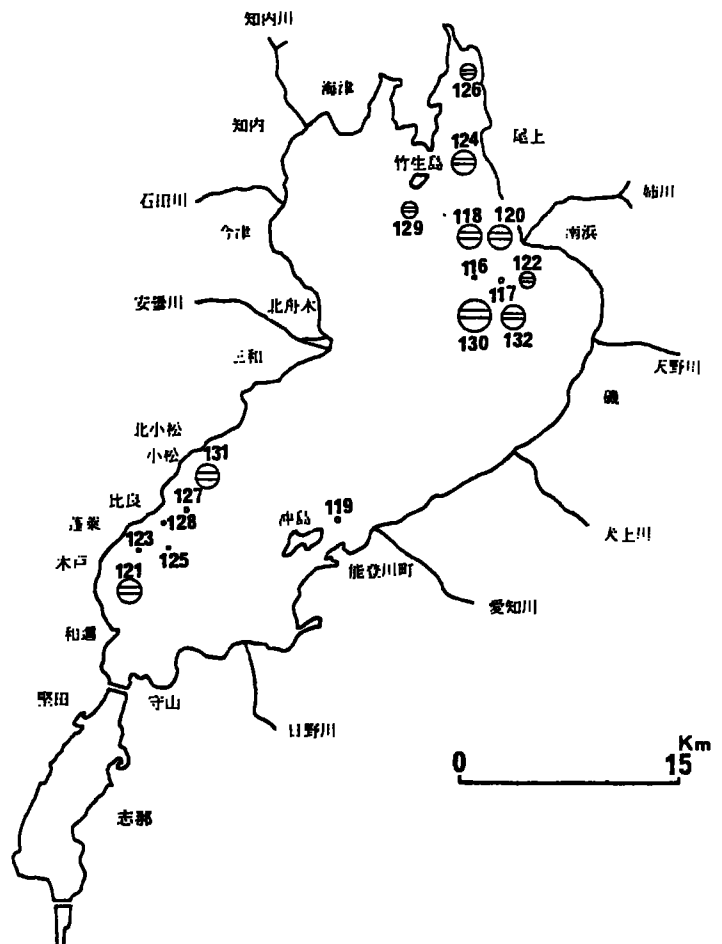


図11 1982年6月15日から6月30日の期間の沖スクイ網漁における標識アユの混合率
(図中の数字は採集Noを示す。表11参照)

○ 1% ○ 5%

図12 1982年7月1日から7月25日の期間の沖スクイ網漁における標識アユの混合率
(図中の数字は採集Noを示す。表11参照)

○ 1% ○ 5%



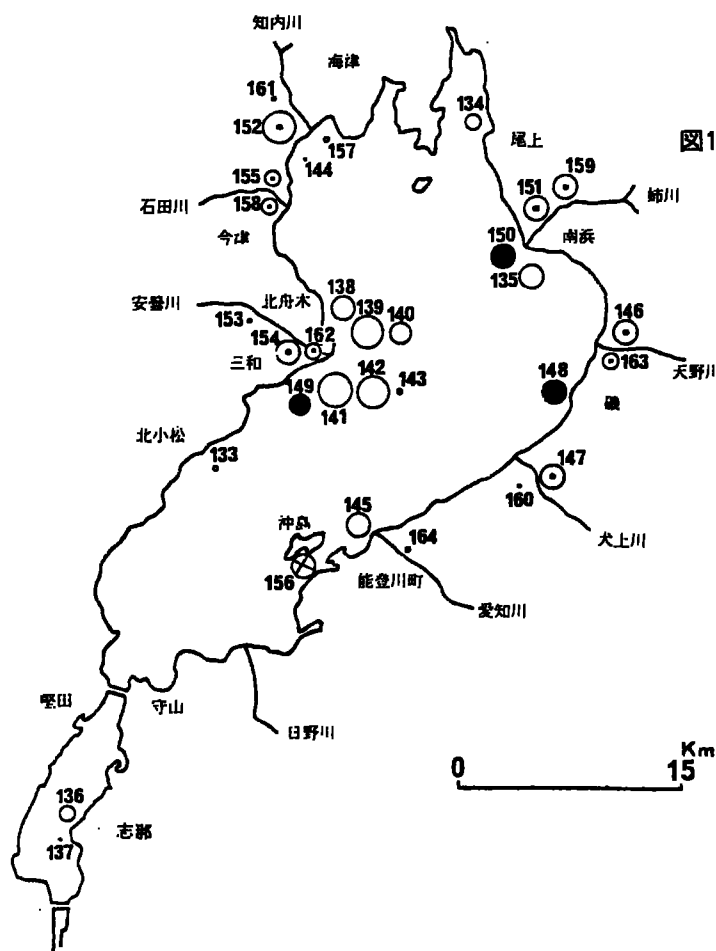


図13 1982年7月12日から27日および8月30日から9月8日の期間の標識アユの混合率
(図中の数字は採集Noを示す。表11参照)

- エリ ●刺網 ⊖沖曳 ⊙ヤナ
 ⊗地曳 ⊕追又手
 ○1% ○5%

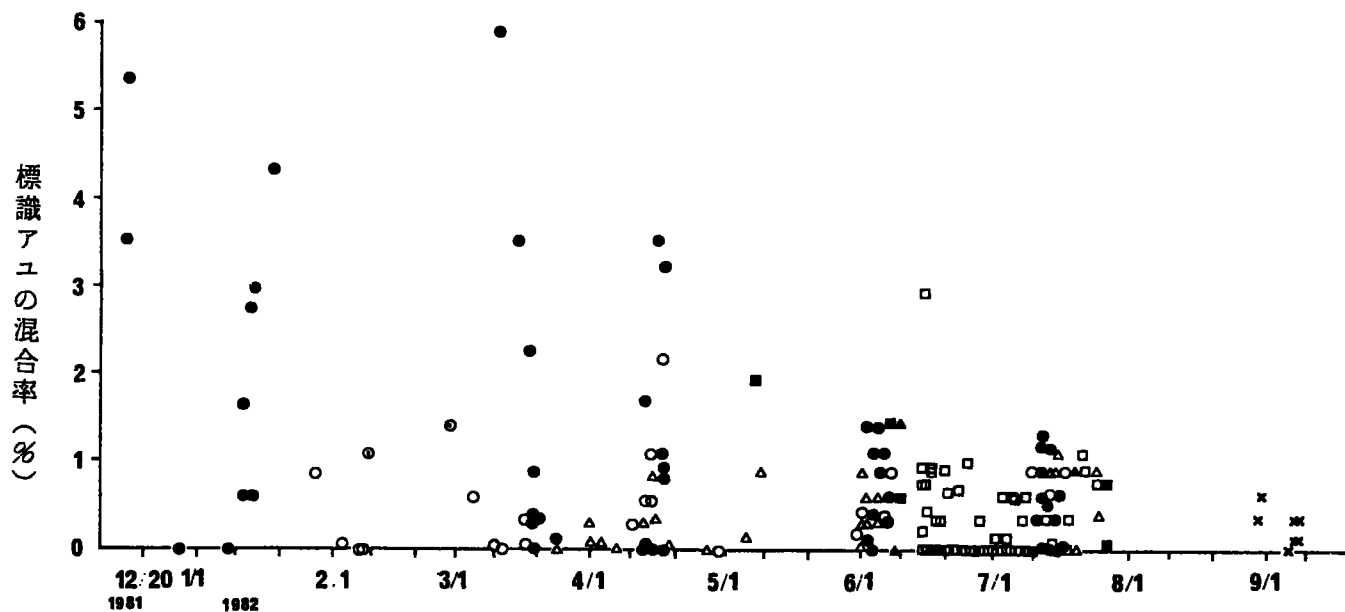


図14 1981年12月から1982年9月の期間の
標識アユの混合率の推移

- ⊙エリ ○刺網 △ヤナ □沖スクイ
 ×投網 ⊙沖曳 ■地曳 ▲追又手

漁具別の混合率の推移を図14に示した。各漁具は漁業調整規則又は漁法上の制約から操業期間が違っている。図示されている漁具は、その時期が主な操業期間である。8月1日以降は例年産卵親魚保護のため禁漁となる。9月の投網は、産卵遡上アユを河川内で獲ったものである。

主要な漁具の混合率についてみると

エリ： 漁期は、禁止期間を除く12月1日から7月31日の全期間操業する。東岸の天ノ川から愛知川にかけては、季節風の関係でエリの統数が極端に少ない。漁期初めから1月中旬では、北小松、守山、尾上の水域では流下仔アユ時の混合率又は、それに近い値の3.55～5.41%であったが、他の水域では混合率は低く、南湖の志那では、まだ標識アユの混合はなかった。3月中旬、下旬では、尾上、海津の水域では、3.55～5.95%であったが、他の水域では混合率はいづれも低かった。南湖の志那でも混合がみられた。4月中旬では、海津、志那では、3.28～3.55%であったが、他の水域では混合率は低く、エリ全体としては、時期を追って、混合率が低くなる傾向にある。6月上旬では、混合率は全体に低い値でまともっており、0～1.41%の範囲であった。7月中旬では、混合率はさらに低くなり、0～1.22%の範囲であった。

刺網： 漁期は1月中旬から6月下旬が主である。漁期を通じて混合率が高かったのが、4月中旬の今津の2.21%で、次いで同期の尾上の1.15%で、他の時期、他の水域ではいづれも0～1%の範囲と低かった。全体の傾向としては、漁期初めよりは、漁期の終りにかけて、混合率の上昇がみられる。

ヤナ： 漁期は3月中旬～7月31日である。県内河川は河川水が伏流しやすく、減水が早く漁期を通じて、漁獲に適した通水の期間が少ない。漁期を通じて混合率ももっとも高かったのは、7月中旬の知内川の1.15%で、他の期間、他の水域では、いづれも0～1%の範囲であった。全体の傾向としては、漁期初めよりは、漁期の終りにかけて、混合率の上昇がみられるが、その傾向は刺網とほぼ同様である。

沖曳： 漁期は2月8日から28日の20日間のみ操業する。漁期の初めと終りで混合率は1.15～1.41%と変わらなかった。1月～3月のエリに比べては混合率が低かったが、刺網よりはやや高めであった。

沖スクイ： 例年6月中旬から7月下旬の40日間のみ操業する。この時期湖上に浮上する群をすくい取る漁法で、湖中アユの混合率の状況をよく表していると思われる。期間を通じて混合率の最高は2.97%であるが、その他は0～1.09%の範囲であった。40日間の操業期間中の混合率は、ほぼ同じで、特に傾向らしきものはない。

投網： アユの採捕禁止期間中であるので、産卵に湖中

から河川の産卵場へ遡上してきたアユを投網で採捕した。混合率は、最高で0.61%、平均では0.26%で、流下仔アユ時の混合率のわずか6%に減っていた。

標識アユの時期的な分布をみると、安曇川の人工河川から流入したふ化仔アユは、漁獲の初期から湖に広く分散しており、本標識法による放流効果の判定が可能であることが明らかとなった。また、湖（琵琶湖、面積674km²）でのアユ資源の増殖対策に、人工河川による自然産卵自然ふ化方式の有効性も認められた。

漁具による混合率の差

1981年12月26日から翌年3月24日の漁期の主要な漁獲漁具であるエリと刺網について混合率を比較してみると、表12、表13に示したように差があり、2月上旬までの混合率では表のように有意差が認められた。他の時期、他の漁具ではこのような有意差はみとめられなかった。この時期では、刺網では大型のアユ（平均体重2627～3140mg）、エリでは小型のアユ（平均体重650～1245mg）が漁獲されることから、成育状況と何らかの関連があるのかもしれない。

標識アユの混合率の検討

標識アユの混合率について、全漁具をまとめて、漁獲時期による混合率を表14に示した。

1981年10月22日に流下を終わった標識アユ仔魚は、流下仔アユ時の当初の計算どおりとすると全流下仔アユ数の4.38～5.08%を占めていたが、101日後の57年1月31日までには、2.05%に減じ、160日後の3月31日までには1.00%、251日後の6月30日までには0.52%、320日後の9月8日までには0.26%にまで低くなった。

この標識アユの混合率の時期を追っての低下については、不明であるが、この点について考えられることをとりまとめて表15に示した。

これらの問題点の中で最も可能性があるとすれば3.の累代飼育による標識アユの天然水域での適応に関するものではなかろうかと考えられるが、この点については今後の検討を待たなければならない。

次に、混合率の推移の検討の一つとして、混合率をmdh-B^F 遺伝子頻度で考えてみた。主要な漁具と全漁具について、そのmdh-B^N 遺伝子頻度から回帰式を求め図15、図16に示した。

回帰式を求める時に、1つのサンプルについて、サンプル尾数が900尾以下のものについては、前述の適正なサンプル数からみて不適当とみて除いた。産卵期の投網による漁獲は、各漁具に加えた。1日を0.1として計算した。

回帰式を求めたのは、流下仔アユ時の標識アユの混合

表 12 漁具別・時期別の標識アユの混合率(%)

月 日	漁 具					具			
	エ	リ	刺 網	沖 曳	ヤ ナ	地 曳	追又手	沖スクイ	投 網
12/16~12/28	N = 3 2987	-	-	-	-	-	-	-	-
1/8~1/18	N = 7 1864	-	-	-	-	-	-	-	-
1/28~2/26	-	N = 4 0240	N = 2 1280	-	-	-	-	-	-
3/5~3/24	N = 9 1538	N = 5 0224	-	N = 1 0	-	-	-	-	-
4/1~5/9	N = 10 1157	N = 6 0822	-	N = 11 0298	N = 1 1.950	-	-	-	-
6/1~6/8	N = 10 0746	N = 4 1660	-	N = 7 0461	N = 2 1.010	N = 2 0.705	-	-	-
6/15~6/20	-	-	-	-	-	-	N = 21 0450	-	-
6/21~6/30	-	-	-	-	-	-	N = 10 0260	-	-
7/1~7/10	-	-	-	-	-	-	N = 10 0300	-	-
7/12~7/27	N = 13 0552	N = 3 0790	-	N = 6 0690	N = 2 0.410	N = 1 0.880	N = 7 0500	-	-
8/30~9/8	-	-	-	-	-	-	-	N = 7 0260	-

表 13 漁具による混合率の相違

期 間	漁 具	漁 具 数	混 合 率 (%)	
			平 均	不 偏 分 散
12/16-1/18	エ リ	10	2.201	3.621
1/28-2/8	刺 網	4	0.240	0.183

$$t = 2.985^* \quad t(10.900, 0.05) = 2.255$$

表 14 全漁具の混合率

期 間	12/16 ~1/31	2/1 ~2/28	3/1 ~3/31	4/1 ~4/30	5/1 ~6/30	7/1 ~7/31	8/30 ~9/8
混合率 %	2.08	0.53	1.00	0.75	0.52	0.52	0.26

表 15 標識アユの混合率の低下についての検討

問	題	点	解 明 の 手 が か り	予 測 さ れ る 結 論
1.	流下仔アユ時にすでに標識アユの混合率が低かった。		A. 標識アユの流下仔アユ数の過大評価 a. 親魚置からみて、流下仔アユ数はほぼ妥当である。 b. 成熟促進による仔アユの死亡率を乗じる。(0.15) B. 湖産アユの流下仔アユ数の過小評価 a. 1977, 1978 年の調査状況、1981年の産卵調査の状況からみて、過小評価はないと考えた方が妥当である。 b. 過小評価があるとしても、補正する資料の取捨選択が難しい。	① 混合率 4.38 ~ 5.08% ② 混合率 3.86 ~ 4.32% 混合率は上記の①か②になる。 結論が得られない。
2.	生化学的多型の中立性		A. 生化学的多型は一般には中立である。 B. 生化学的多型が、希な例として中立でないのではないか。	皆無ではないが、むしろ考えない方がよい。天然水域への数延に問題が残る。
3.	果代飼育による標識アユの天然水域での適応		A. 飼育環境に順応し易いものが飼育される。 B. 天敵に対する適応。 C. 漁具による混合率の違いは、生長、行動に違いがあるのではないか。	天然水域への数延に問題が残る。 遺伝的な形質には疑問。 何らかの違いがあるかも知れない。 両アユの成長曲線を得る。
4.	混合率と漁獲量		A. 混合率の低い水域での漁獲量が多い場合、それが原因で、さらに混合率が低くなったのではないか。	調査実施中。

率を平均で4.73%とすると、均一に混合した場合の混合集団の $mdh-B^F$ 遺伝子頻度は、0.0102となるから、12月16日以降の漁獲アユの混合率（ $mdh-B^F$ 遺伝子頻度）の低下の傾向から、逆に推定して、回帰式の $mdh-B^F$ 遺伝子頻度が0.0102になる月日を求め、実際の流下時期と合うかどうかを確かめるためである。

全漁具では、流下仔アユ時の遺伝子頻度となるのは、産卵期より8か月も以前になるためこの式からは、流下後の一時期に急激に標識アユが減耗したか、流下時に標識アユが約1/2の尾数でないといけなことになる。

エリでは、産卵期の投網の漁獲アユを加えない場合も

回帰式は、殆ど変わらず、遺伝子頻度が流下時に近いのは、10月中旬～11月上旬と推定され、実際の流下時期とよく合う。

刺網では、産卵期の投網による漁獲アユを加えなければ、1月下旬から遺伝子頻度は増える傾向にあるが、産卵期のアユを加えると、回帰式に意味がなくなる。

ヤナでは、産卵期の投網による漁獲アユを加えなければ、3月下旬から遺伝子頻度はやや増える傾向にあるが、産卵期のアユを加えると、刺網同様に回帰式に意味がなくなるとともに、増減の傾向もなくなる。

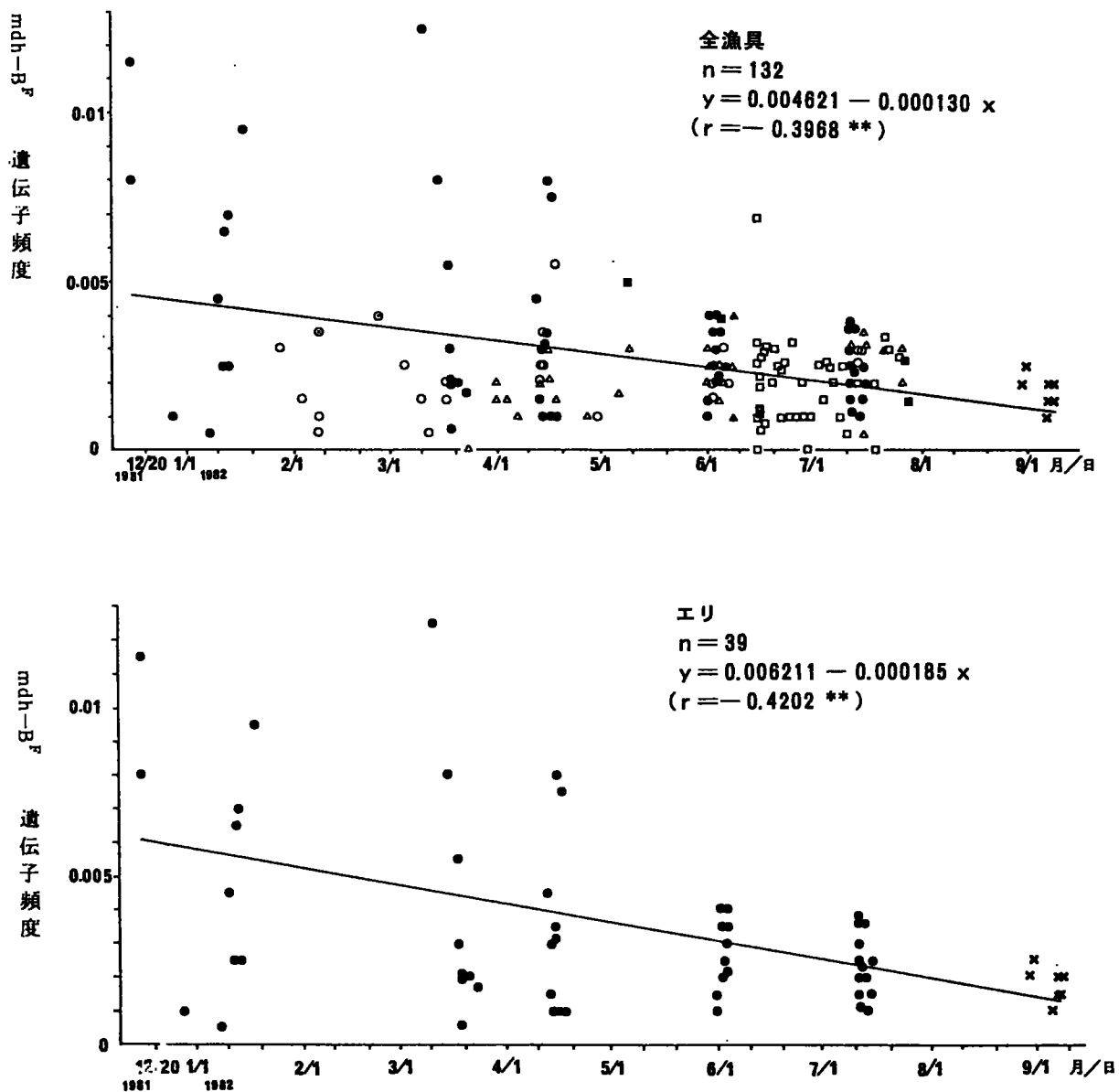


図15 漁獲アユの $mdh-B^F$ 遺伝子頻度の変化

●エリ ○刺網 △ヤナ □沖スクイ
×投網 ⊙沖曳 ■地曳 ▲追又手

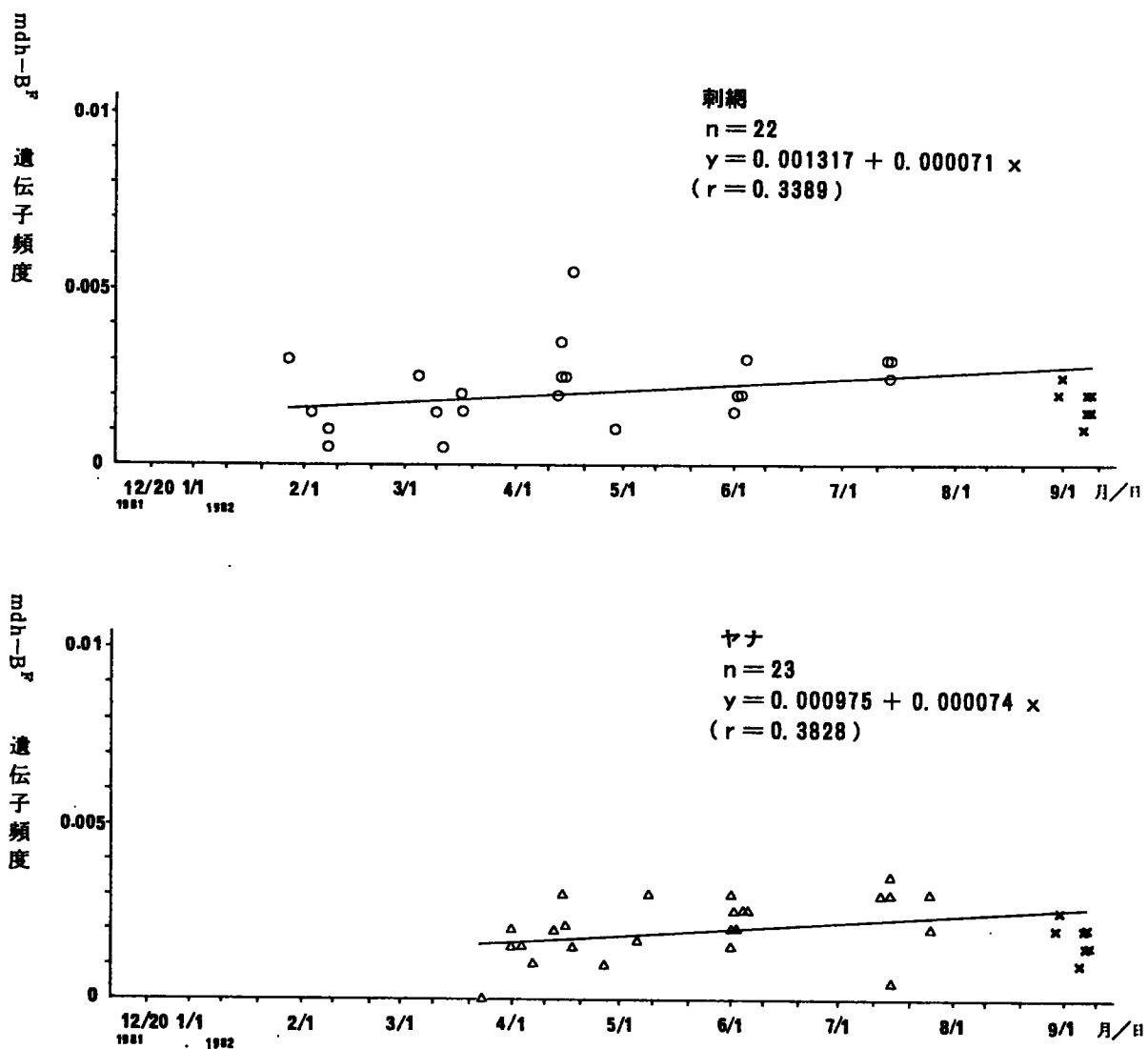


図16 漁獲アユのmdh-B* 遺伝子頻度の変化

●エリ ○刺網 △ヤナ □沖スクイ
 ×投網 ⊙沖曳 ■地曳 ▲追又手

電気泳動分析時のアユの体型

アユの白筋の浸出液をろ紙に吸収させて電気泳動を行う方法では、魚体の小さい時（70mg以下）には、分析は困難である。

漁獲魚の中から電気泳動分析用（以下分析と記す）のアユをランダムに採る場合、分析時に不可能と思われる個体については、その個体に近い少し大きめの個体に代える事がある。取り代えた数は、多くても50尾までであった。

このような時に、分析結果に何らかの影響があるのではないかと考え、漁獲時に分析した結果と、その時分析不可能な魚体重のものを含めて、池中で分析可能な体重

にまで養成した後に分析した結果を比較したところ、表16に示したように両者に差は認められなかった。漁獲初期には、体重約70mg以下の個体を除くことがあっても、50個体ぐらいであれば、ほとんど影響はないといえる。

標識アユの再生産への貢献および再生産後の遺伝子頻度

1981年9月～10月に、安曇川人工河川において、標識となる群馬産人工種苗生産アユに自然産卵させた。群馬産人工種苗生産アユ卵からのふ化仔アユは、琵琶湖産のアユのふ化仔アユと混合し、同年の12月の漁獲初期から漁獲された。

漁獲アユへの群馬産人工アユの混合の状況については

表 16 漁獲時と飼育後のmdh-B^F遺伝子頻度 (尾上 エリ)

月 日	泳動 尾数	体 重 (g)			遺 伝 子 型				遺 伝 子 頻 度 mdh-B ^F
		最 小	平 均	最 大	B ^N B ^N	B ^N B ^S	B ^N B ^F	B ^F B ^F	
1982. 1/18 (漁獲時)	1000	0.05	0.37	2.27	981	0	18	1	0.0100 ± 0.0022
3/4 (養成後)	997	0.19	3.13	13.19	975	0	20	2	0.0120 ± 0.0024
3/11 (漁獲時)	1000	0.20	0.85	3.46	975	1	23	1	0.0125 ± 0.0025
4/2 (養成後)	1000	0.13	2.87	8.03	977	2	20	1	0.0110 ± 0.0023

表 17 1982年、河川別産卵状況 (有効産着卵数 10⁶粒)

天 然 河 川	調査次 月日 河川名	第 1 次 9/1~ 2	第 2 次 9/16~18	第 3 次 9/29~30	第 4 次 10/13~15	第 5 次 10/27~28	第 6 次 11/17~18	計
	安曇川南流	6,507	672	61	50	43	—	7,333
	“ 北流	工事中 濁 水	工事中 濁 水	工事中 濁 水	工事中 濁 水	工事中 濁 水	工事中 濁 水	0
	石 田 川	287	86	30	—	0	0	403
	知 内 川	3,764	970	30	18	3	—	4,785
	塩津大川	0	89	23	3	1	0	116
	姉 川	7,016	1,421	31	22	7	0	8,497
	天 野 川	8	187	20	1	12	—	228
	芹 川	6	187	56	13	6	—	268
	犬 上 川	11	3,496	120	3	6	1	3,637
	愛 知 川	379	246	253	31	106	1	1,016
	野 洲 川	0	262	15	40	工 事 中 調 査 不 能	0	317
	小 計	17,978	7,616	639	181	184	2	26,600
人 工 河 川	調査次 月日 河川名	第 1 次 8/23~24	第 2 次 9/3	第 3 次 9/14	第 4 次 9/27	第 5 次 10/8	第 6 次 10/20	計
	安 曇 川	1,799	720	651	573	152	0	3,894
	姉 川	30	213	452	281	0		976
	小 計	1,829	933	1,103	854	152		4,871
	計	1,829	18,911	8,719	1,493	333	184	2

前に述べたとおりであるが、群馬産人工アユは、その混合率が低下したとはいえ、少なくとも1982年の秋に、産卵に参加したことは否定できないので、再生産に参加した後の湖産アユの mdh-B^F の状況を知るため調査を実施した。

1982年（9月～11月）の産卵状況

1982年の産卵調査の結果は表17に示した。琵琶湖へ流入する天然河川及び人工河川における産卵量は、天然河川の有効産着卵が $26,600 \times 10^6$ 粒、人工河川で $4,871 \times 10^6$ 粒と合わせて $31,471 \times 10^6$ 粒と昭和46年の $51,300 \times 10^6$ 粒に次ぐ調査開始以来2番目の大量産卵であった。

流下仔アユ数は 594×10^6 尾と推定された。流下後も湖水の環境条件が良好であったため、漁期初めの12月から豊漁であった。

漁獲アユの標本採集

1982年12月以降の漁獲アユの標本採集は、漁具の操業状況によって多少の変更はあるが、前年の標識アユ放流

時と同地点同時期に行った（図6参照）。

採集地点は、湖辺に13地点、主要天然河川6河川、漁具の種類は9漁具であった。採集尾数も前年同様、1回の採集を1,000尾とした。漁獲アユの標本採集状況は表18に示した。

漁具別、漁獲時期別の mdh-B^F 遺伝子頻度

漁具別、漁獲時期別、漁場別の mdh-B^F 遺伝子頻度を表19、図17、図18、図19に示した。

1982年12月～1983年1月下旬の漁獲初期では、エリよりも刺網の方がやや高く、前年とは逆の様相を呈しているのが特徴的である。

2月の沖曳網では、標識アユ放流前に近い値であった。漁獲盛期中の3月中旬～4月中旬においても、前年とは異なり、エリよりもヤナ、刺網に高いものがあった。

同じく漁獲盛期中の5月下旬～6月上旬のエリでは、一部の漁場でやや高かったのが、ヤナでは3、4月とほぼ変わらなかった。刺網では漁獲初期の12月よりも、やや高かった。

表 18 漁獲アユの標本採集状況

採集年月		12月	1	2	3	4	5	6	7	8	9
エリ	北小松(網エリ)	21	19		17	13		2			
	北舟木(河崎)		21		17	14		3			
	"(新堀)	23	20		17	14		3			
	"(駒井)	22	21		17	14		3			
	海津(組合)	20	20		17	15		1			
	尾上(中村)	21	18		15	12	31		16		
	南浜(川瀬)				23	12	31		19		
	能登川(田井中)	21	19		16	13		2			
	守山(永尾)	21	19		16	13		2			
小糸網	志那(中島)		19		16	13		2			
	三和(組合)	22	20		17	18		7			
	今津(組合)				28						
	尾上(松本)		17		15	14	31				
	南浜(寺田)				18	12	30				
ヤナ・四ッ手・投網	磯(川北)	21	28		22	18	30				
	安曇川				16	14		24	29		
	石田川				18	15		24	21		
	知内川				18	15		1	20		13
	姉川				22	12	31		19		9
	天野川				23	11	30		19		9
沖曳	犬上川				18	13		9			
	沖島(休村水産)										
地曳	知内(古川)					14		1			
	沖島(組合)							1			
追手	北小松				16	13		2			
	尾上					11					
沖スクイ	堅田	6月/13、20、27 7月/4、13、20									
	尾上	6月/15、20、27 7月/4、13、20									

表 19 標識アユの再生産後のMDH
アイソザイムの遺伝子頻度

No.	採集 月日	採集場所	漁具	泳動 尾数	遺 伝 子 型				遺 伝 子 頻 度			
					B ^N B ^N	B ^N B ^S	B ^N B ^F	B ^S B ^F	mdh-B ^N	mdh-B ^S	mdh-B ^F	
1982												
1	12/20	海 津 エ リ	1,000	995	0	5	0	0.9975	0	0.0025		
2	12/21	北 小 松 網エリ	1,000	999	0	1	0	0.9995	0	0.0005		
3	12/21	尾 上 エ リ	1,000	999	0	1	0	0.9995	0	0.0005		
4	12/21	守 山 "	1,000	999	1	0	0	0.9995	0.0005	0		
5	12/21	能 登 川 落 網	1,000	995	0	5	0	0.9975	0	0.0025		
6	12/22	北 舟 木 (1) エ リ	1,000	997	0	3	0	0.9985	0	0.0015		
7	12/23	北 舟 木 (2) "	1,000	998	1	1	0	0.9990	0.0005	0.0005		
8	12/21	磯 刺 網	1,000	991	2	7	0	0.9955	0.0010	0.0035		X
9	12/22	三 和 "	1,000	994	0	6	0	0.9970	0	0.0030		
1983												
10	1/18	尾 上 エ リ	1,000	995	1	4	0	0.9975	0.0005	0.0020		
11	1/19	北 小 松 網エリ	1,000	997	1	2	0	0.9985	0.0005	0.0010		
12	1/19	守 山 エ リ	1,000	997	1	2	0	0.9985	0.0005	0.0010		
13	1/20	北 舟 木 (2) "	1,000	995	1	4	0	0.9975	0.0005	0.0020		
14	1/17	尾 上 刺 網	947	943	1	3	0	0.9979	0.0005	0.0016		
15	1/20	三 和 "	1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0020		
16	1/28	磯 "	1,000	994	1	5	0	0.9970	0.0005	0.0025		
17	2/1	沖 ノ 島 沖 曳	1,000	997	3	0	0	0.9985	0.0015	0		
18	2/22	野 洲 川 沖 "	1,000	995	2	3	0	0.9975	0.0010	0.0015		
19	3/16	北 小 松 追又手	1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0020		
20	3/15	尾 上 エ リ	1,000	998	0	2	0	0.9990	0	0.0010		
21	3/16	守 山 "	1,000	994	2	4	0	0.9970	0.0010	0.0020		
22	3/17	北 小 松 網エリ	1,000	999	0	1	0	0.9995	0	0.0005		
23	3/17	北 舟 木 (2) エ リ	1,000	998	0	2	0	0.9990	0	0.0010		
24	3/15	尾 上 刺 網	1,000	993	1	6	0	0.9965	0.0005	0.0030		
25	3/17	三 和 "	1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0020		
26	3/18	南 浜 "	1,000	992	2	6	0	0.9960	0.0010	0.0030		
27	3/22	磯 "	1,000	993	2	5	0	0.9965	0.0010	0.0025		
28	3/28	今 津 "	1,000	997	0	3	0	0.9985	0	0.0015		
29	3/16	知 内 川 ヤ ナ	898	892	0	6	0	0.9967	0	0.0033		X
30	3/16	安 曇 川 "	1,000	993	1	6	0	0.9965	0.0005	0.0030		

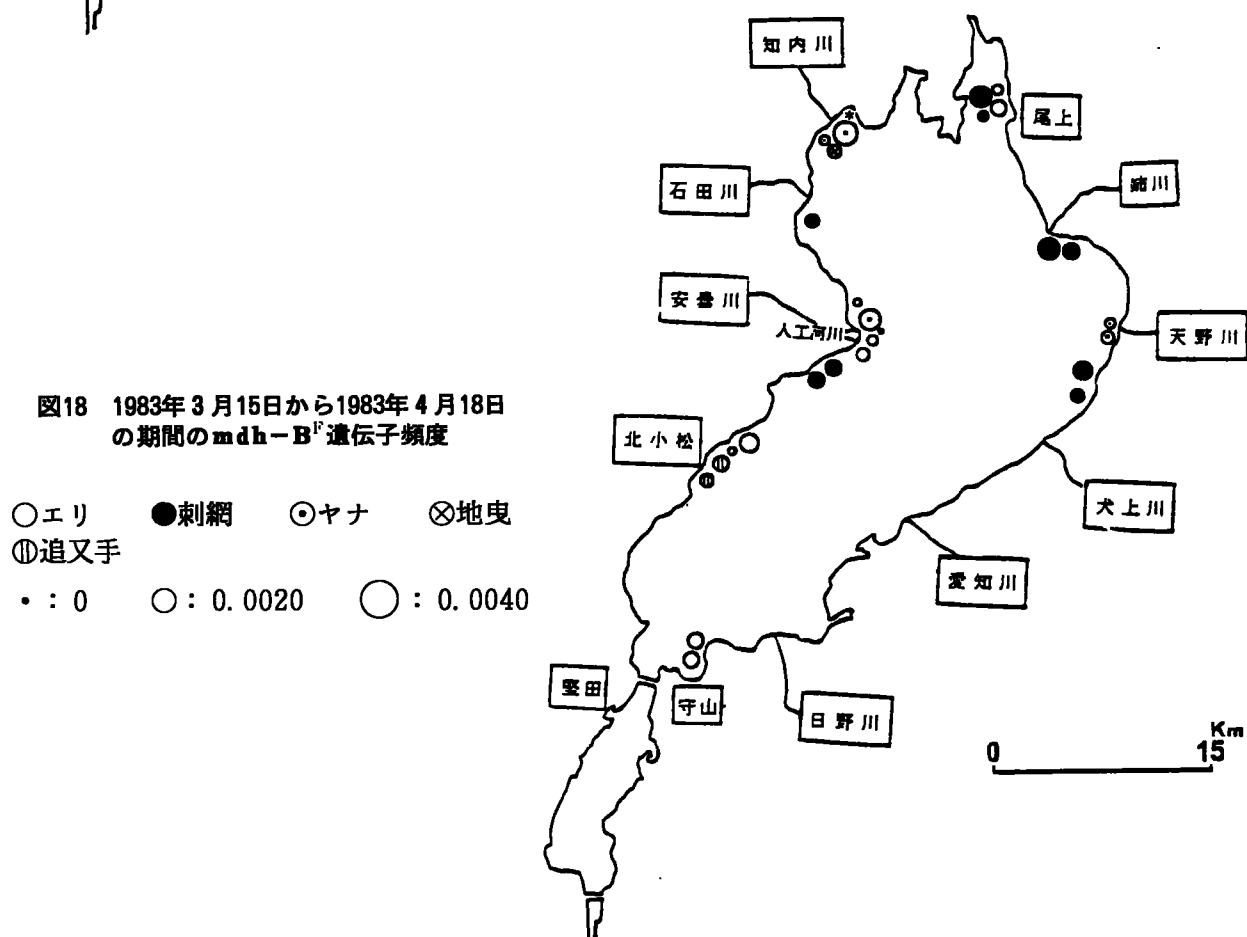
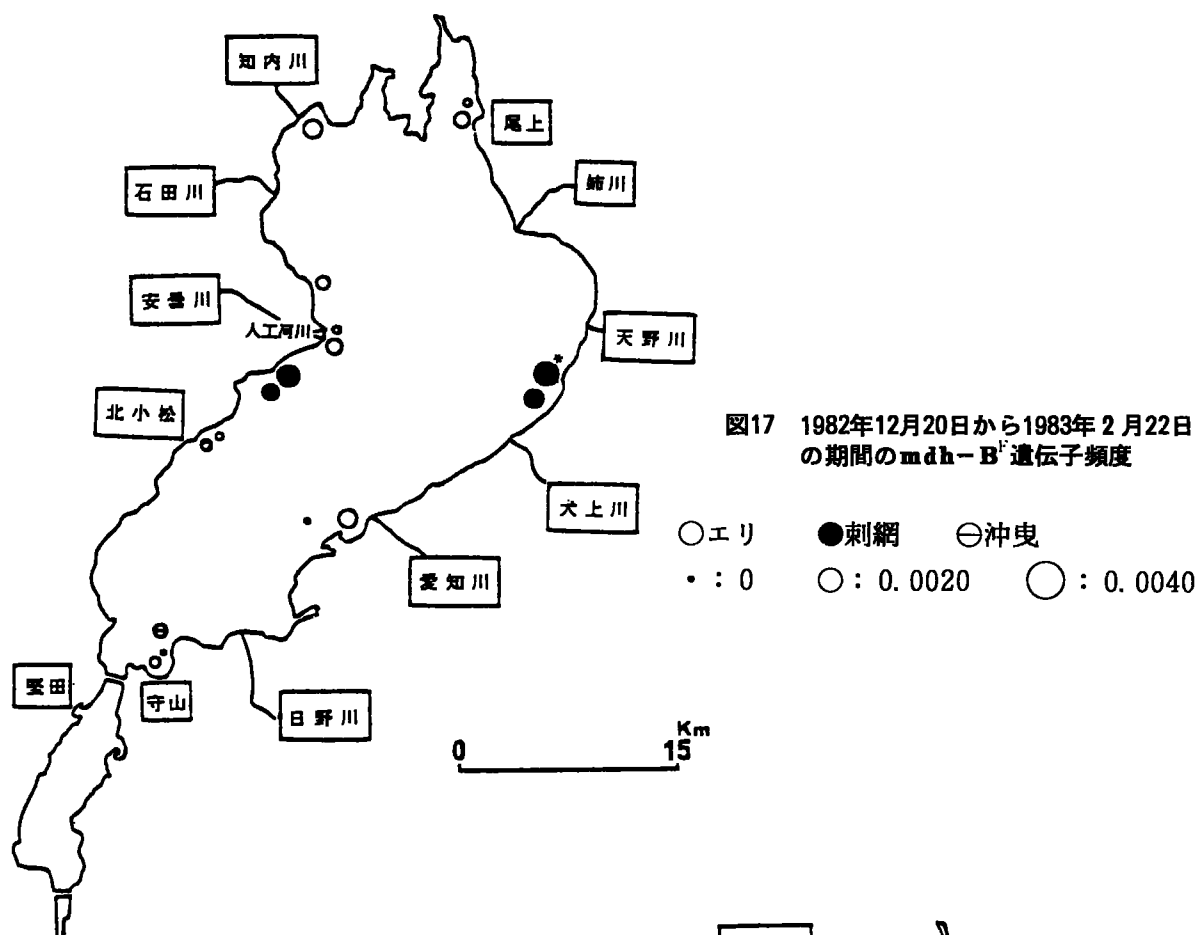
X : 標識アユ放流前のmdh-B^Nとmdh-B^Fの遺伝子の数と χ^2 検定で5%以下の有意水準で有意な場合

No	採集 月日	採集場所	漁具	泳動 尾数	遺 伝 子 型				遺 伝 子 頻 度		
					B ^N B ^N	B ^N B ^S	B ^N B ^F	B ^F B ^F	mdh-B ^N	mdh-B ^S	mdh-B ^F
31	3/23	天 野 川	ヤ ナ	1,000	995	3	2	0	0.9975	0.0015	0.0010
32	4/13	知 内 地 曳		1,000	993	4	3	0	0.9965	0.0020	0.0015
33	4/13	北 小 松 追又手		1,000	997	0	3	0	0.9985	0	0.0015
34	4/12	尾 上 エ リ		1,000	995	1	4	0	0.9975	0.0005	0.0020
35	4/13	守 山 "		1,000	995	1	4	0	0.9975	0.0005	0.0020
36	4/13	北 小 松 網エリ		1,000	995	0	5	0	0.9975	0	0.0025
37	4/14	北 舟 木 (1) エ リ		1,000	998	1	1	0	0.9990	0.0005	0.0005
38	4/14	北 舟 木 (2) "		1,000	997	0	3	0	0.9985	0	0.0015
39	4/12	南 浜 刺 網		1,000	995	1	4	0	0.9975	0.0005	0.0020
40	4/14	尾 上 "		1,000	998	0	2	0	0.9990	0	0.0010
41	4/18	三 和 "		1,000	995	1	4	0	0.9975	0.0005	0.0020
42	4/18	磯 "		1,000	997	0	3	0	0.9985	0	0.0015
43	4/10	天 野 川 ヤ ナ		1,000	996	1	3	0	0.9980	0.0005	0.0015
44	4/14	安 曇 川 "		1,000	998	2	0	0	0.9990	0.0010	0
45	4/15	知 内 川 "		933	929	2	2	0	0.9978	0.0011	0.0011
46	5/30	磯 刺 網		1,000	996	1	3	0	0.9980	0.0005	0.0015
47	5/30	南 浜 "		1,000	990	3	7	0	0.9950	0.0015	0.0035 X
48	5/31	尾 上 "		1,000	992	0	8	0	0.9960	0	0.0040 X
49	5/30	天 野 川 ヤ ナ		1,000	995	1	4	0	0.9975	0.0005	0.0020
50	6/1	知 内 川 "		1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0020
51	6/1	知 内 地 曳		1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0020
52	6/1	海 津 "		1,000	995	0	5	0	0.9975	0	0.0025
53	5/31	尾 上 エ リ		1,000	990	3	7	0	0.9950	0.0015	0.0035 X
54	6/2	北 小 松 網エリ		1,000	999	0	1	0	0.9995	0	0.0005
55	6/2	守 山 エ リ		1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0020
56	6/3	北 舟 木 (1) "		1,000	995	2	3	0	0.9975	0.0010	0.0015
57	6/3	北 舟 木 (2) "		1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0020
58	6/2	北 小 松 追又手		1,000	992	5	3	0	0.9960	0.0025	0.0015
59	6/7	三 和 刺 網		1,000	997	1	2	0	0.9985	0.0005	0.0010
60	6/24	安 曇 川 ヤ ナ		1,000	993	1	6	0	0.9965	0.0005	0.0030

X : 標識アユ放流前のmdh-B^Nとmdh-B^Fの遺伝子の数と χ^2 検定で5%以下の有意水準で有意な場合

No	採集 月日	採集場所	漁具	泳動 尾数	遺 伝 子 型				遺 伝 子 頻 度			
					B ⁺ B ⁺	B ⁺ B ^s	B ^s B ⁺	B ^s B ^s	mdh-B ^N	mdh-B ^S	mdh-B ^F	
61	6/13	北小松沖(1)	沖スクイ	732	730	1	1	0	0.9986	0.0007	0.0007	
62	6/13	" (2)	"	1,000	996	0	4	0	0.9980	0	0.0020	
63	6/13	" (3)	"	1,000	997	0	3	0	0.9985	0	0.0015	
64	6/13	" (4)	"	855	848	3	4	0	0.9959	0.0018	0.0023	
65	6/13	" (5)	"	368	367	0	1	0	0.9986	0	0.0014	
66	6/13	和 迹 沖	"	1,000	990	1	9	0	0.9950	0.0005	0.0045	X
67	6/15	八木浜沖(1)	"	1,000	991	5	4	0	0.9955	0.0025	0.0020	
68	6/15	" (2)	"	1,000	995	3	2	0	0.9975	0.0015	0.0010	
69	6/19	" (3)	"	1,000	994	1	5	0	0.9970	0.0005	0.0025	
70	6/15	" (4)	"	1,000	994	2	4	0	0.9970	0.0010	0.0020	
71	6/15	" (5)	"	893	890	1	2	0	0.9983	0.0006	0.0011	
72	6/15	" (6)	"	882	878	1	3	0	0.9977	0.0006	0.0017	
73	6/15	" (7)	"	455	454	0	1	0	0.9989	0	0.0011	
74	6/15	" (8)	"	283	279	0	4	0	0.9929	0	0.0071	X
75	6/15	" (9)	"	531	529	0	2	0	0.9981	0	0.0019	
76	6/20	早 崎 沖	"	1,000	994	1	5	0	0.9970	0.0005	0.0025	
77	6/20	小松一和迹	"	1,000	992	1	7	0	0.9960	0.0005	0.0035	X
78	6/27	四 津 川 沖	"	1,000	998	0	2	0	0.9990	0	0.0010	
79	7/4	八 木 浜 沖	"	1,000	998	1	1	0	0.9990	0.0005	0.0005	
80	7/4	安 曇 川 沖	"	1,000	998	1	1	0	0.9990	0.0005	0.0005	
81	7/20	塩 津 湾	"	1,000	998	1	1	0	0.9990	0.0005	0.0005	
82	7/20	西野遂道沖	"	1,000	998	0	2	0	0.9990	0	0.0010	
83	7/16	尾 上 エ リ	1,000	995	3	2	0	0.9975	0.0015	0.0010		
84	7/18	天 野 川 ヤ ナ	1,000	996	2	2	0	0.9980	0.0010	0.0010		
85	7/20	知 内 川	"	1,000	998	0	2	0	0.9990	0	0.0010	
86	7/26 -28	安 曇 川	"	700	699	1	0	0	0.9993	0.0007	0	
87	9/9	姉 川 投 網	96	96	0	0	0	1.0000	0	0		
88	9/9	天 野 川	"	40	40	0	0	0	1.0000	0	0	
89	9/13	知 内 川	"	33	33	0	0	0	1.0000	0	0	
90	10/3	姉 川	"	924	918	2	4	0	0.9967	0.0011	0.0022	
1~90				83,570	83,171	88	291	0	0.9977	0.0006	0.0017	

X : 標識アユ放流前のmdh-B^Nとmdh-B^Fの遺伝子の数と χ^2 検定で5%以下の有意水準で有意な場合



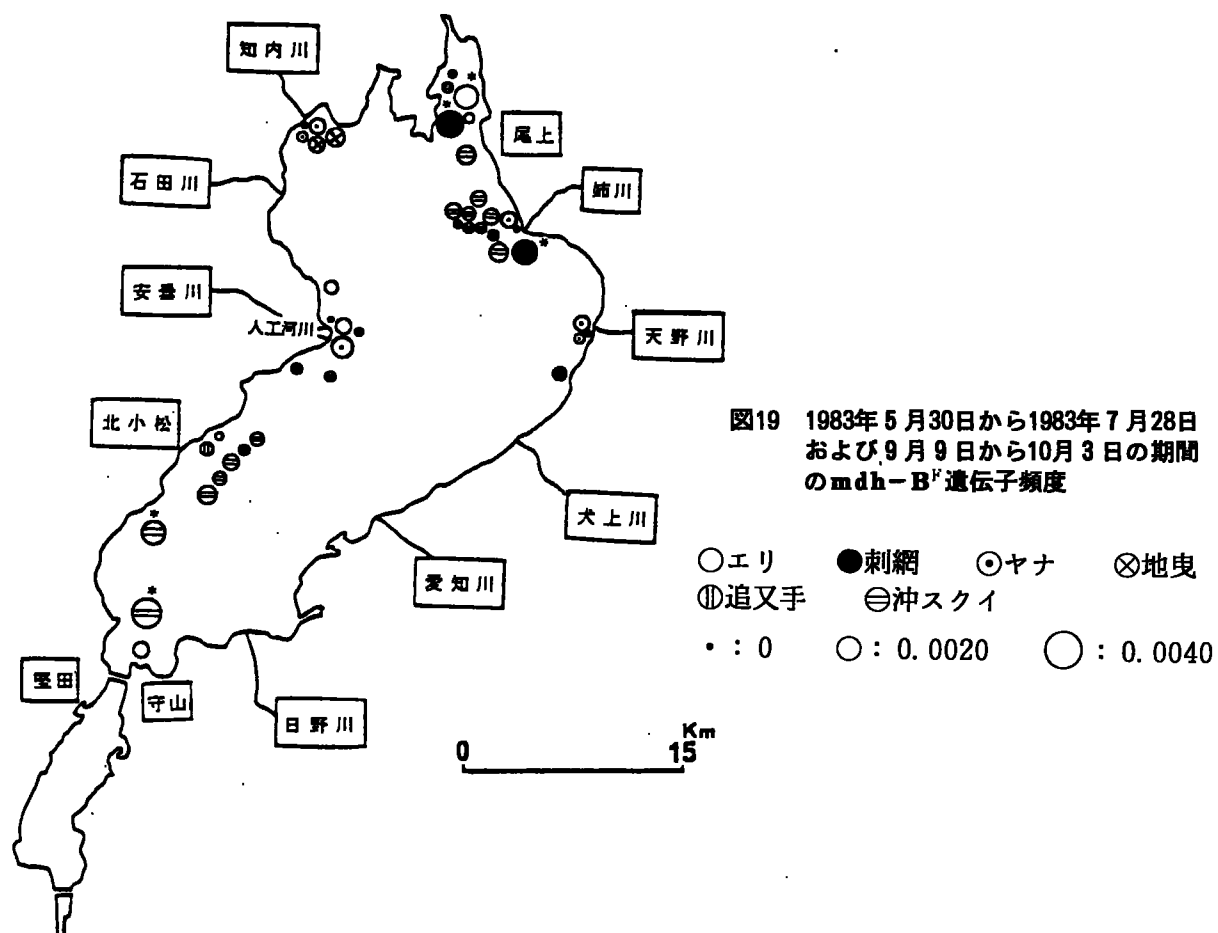


表 20 再生産後のmdh-B*遺伝子頻度

漁 具	採 集 期 間	採 集 回 数	採 集 尾 数	遺 伝 子 頻 度
	1982 1983			
エ リ	12.20— 7.16	26	26,000	0.0014 (0 — 0.0035)
刺 網	" "	18	17,947	0.0020 (0.0010 — 0.0040)
沖 曳	2.1— 2.22	2	2,000	0.0008 (0 — 0.0015)
ヤ ナ	3.16— 7.26~28	12	11,531	0.0016 (0 — 0.0033)
追 又 手 網	4.13— 6.2	3	3,000	0.0017 (0.0015 — 0.0020)
沖スクイ網	6.13— 6.27	22	18,999	0.0018 (0.0005 — 0.0071)
地 曳 網	4.13— 6.1	3	3,000	0.0020 (0.0015 — 0.0025)
投 網	9.9—10.3	4	1,093	0.0018 (0 — 0.0022)
全漁具	1982 1983 12.20—10.3	90	83,570	0.0017 (0 — 0.0071)

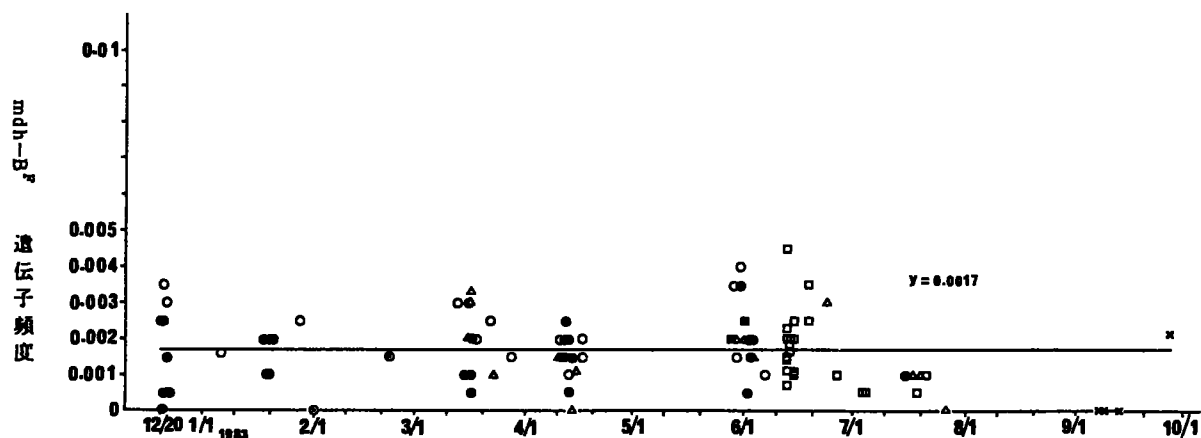


図20 漁獲アユの $mdh-B^F$ 遺伝子頻度

●エリ ○刺網 △ヤナ ◎沖曳
▲追サデ □沖スクイ ■地曳
×投網

漁獲時期を追っての $mdh-B^F$ 遺伝子頻度の変化を図20に示した。この中で特徴的であったのは、エリと刺網のアユであった。再生産後の漁具別の $mdh-B^F$ 遺伝子頻度を表20に示した。

エリでは、前年は漁獲初期に遺伝子頻度が高く、その後減少傾向を示したが、本年は12月から7月中旬まで遺伝子頻度は、ほぼ変わらず、12月～6月のエリでの標本26,000尾の $mdh-B^F$ 遺伝子頻度は 0.00144 ± 0.0017 で、標識アユ放流前に近い値である。

刺網では、前年は漁獲初期に遺伝子頻度が低く、時期を追って漸増の傾向であったが、本年は漁期初期にも高いものがありその後もエリよりもやや高めであった。12月～6月の刺網の標本18,000尾の $mdh-B^F$ 遺伝子頻度は、 0.00203 ± 0.00024 でエリよりも高い。

このエリと刺網について、前年との相違を説明できる資料はないが、漁況では前年とは違って本年は、かつてない大豊漁で漁獲初期から成育がよく大型で、刺網漁は1か月早く、追又手網漁は3か月早く、いずれも12月から始まった。アユの体型は3月には例年並みになった。前年の標識アユは成熟促進を施したが、本年は全くの自然産卵であった。アユの成育状況が漁具による遺伝子頻度の違いになっているかもしれないが、この点については、今後の課題としたい。

標識アユの再生産への寄与

標識アユ放流の初年は、人工河川内の一区画で標識アユの間での任意支配をし、そのふ化仔アユが湖へ流入したが、第2年目の1982年秋の産卵時には、湖に放流された標識アユと湖産アユの間で天然河川、人工河川におい

て任意交配することになるので、標識アユがどのように再生産に寄与するかについても知ろうとした。

再生産へ参加時の河川での標識アユの混合率が0.22%であったので多くは期待できなかった。

再生産以後、漁獲の始まった12月から終漁期の1983年7月までの漁獲アユの電気泳動分析の結果をすべてまとめると、その遺伝子頻度は $mdh-B^F = 0.00165$ で、前述の式から混合率は0.16%となる。今回は再生産時に予測されたように、再生産後の混合率が小さなため、はっきりとしたことは言えないが、標識アユが再生産に参加したことが否定できないとすれば、その割合は0.16%程度であると考えられる。この結果は、遺伝子頻度が小さいため、不明確なものとなったが、アイソザイムによる標識試験では、再生産後の検討も可能である点で他の標識と異なった特長をもっている。

再生産後の遺伝子頻度の検討

再生産後の90標本の $mdh-B^F$ 遺伝子頻度については8標本に標識アユ放流前と比べて、 $mdh-B^N$ と $mdh-B^F$ の遺伝子数を χ^2 検定(2×2表)の5%有意水準以下で有意差がみられた。このことについて、1標本の採集尾数が900尾以下を除いて6標本に有意差が認められることから、再生産時に標識アユが任意交配しなかったか、標識アユが何らかの理由でまともな獲られるのか、また全体として $mdh-B^F$ 遺伝子頻度が小さいことから標識アユ放流前の遺伝子頻度と差があるのかの2点について統計学的に検討した。

1) 標識アユ放流前と有意差のある標本について

標識アユ放流前の湖産アユの23標本と再生産後の1標

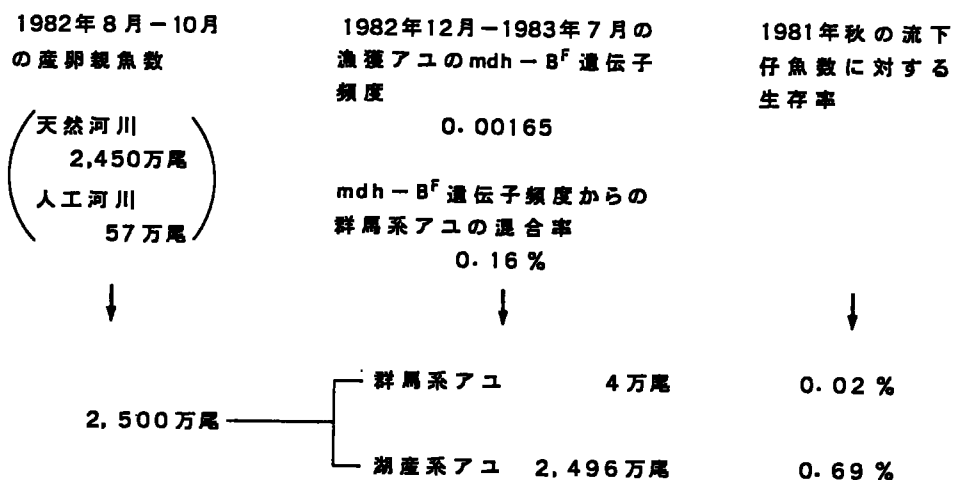


図21 生存率の試算

本900尾以上の77標本をこみにした各遺伝子頻度の母集団から1,000尾のサンプリングをしたとき、 $B^N B^F$ 型が出現する確率の理論分布をつくり、再生産後の $B^N B^F$ 型の率と比較検討した。その結果、再生産後の理論分布と観測度数はよく適合しており、両理論分布から標本に有意差のある $B^N B^F$ 型が7個体以上出現する頻度は、いづれも5%以下で、出現の可能性があり $B^N B^F$ 型が7~8個体出現することが理論分析から異常に多いとは考えられず、したがって完全な任意交配、混合をしていないとはいえない。

2) 標識アユ放流前の遺伝子頻度との差について

標識アユ放流前の23標本、再生産後の77標本の個々のmdh-B^F遺伝子頻度から、平均値の検定を行ったが差があるとはいえなかった。また、両者について $B^N B^F$ 型の出現率についても同様に差があるとはいえなかった。よって、再生産後の方が $B^N B^F$ 型が増加したとも言えないので、統計学的には標識アユが再生産に寄与した証拠はないという結果になった。

再生後の遺伝子頻度からみた標識アユの生存率

標識アユの混合率の低下に関連して、生存率についての試算を図21に示した。

1982年の再生産時の産卵親魚数は、産卵調査結果と親アユの平均体重から約2,500万尾と推定された。再生産時のmdh-B^F遺伝子頻度は0.0018であったが、この時の採集時期が産卵初期の8月末から9月上旬のみであったので、再生産後の漁獲アユの遺伝子頻度から、再生産時の標識アユの混合率を求めて、再生産時の産卵親魚数

を群馬系アユ（標識アユ）と湖産系アユに分けると、群馬系アユ4万尾、湖産系アユ2,496万尾となる。そして標識アユ放流時の、天然河川、人工河川を含めた総流下仔アユ数381,483~441,229万尾に対する生存率は群馬系アユが湖産系アユに比べて著しく小さな値になっている。

遺伝子頻度の低下について漁獲量からの検討

図22に放流後のmdh-B^Fの推移を示した。

標識アユ放流初年から翌年については、全漁具をこみにして、 $r = -0.333$ と低い相関係数であるが、漁期が進むにつれて遺伝子頻度が低くなる傾向がみられた。この点についての検討は表15に示したが、その中の混合率と漁獲の項で混合率（mdh-B^F遺伝子頻度）の高い水域での漁獲量が多い場合、それが原因で混合率の低下があったのではないかということについて検討を加えてみた。

混合率の高い水域の北小松、守山、尾上等はいづれも、漁獲量の多い水域であることから、特に水域を限定せずに、また漁獲初期に標識アユの指標に使ったmdh-B^F遺伝子頻度から推定される $B^N B^F$ 型、 $B^F B^F$ 型のアユが多く漁獲された可能性があるかどうかについて検討を試みた（表19参照）。

月毎の遺伝子頻度はエリでは回帰直線から、他の漁具では月毎の平均値を用いた。またサンプリングのない月は、隣接する月から推定した。その他、漁法上、近接した漁場で、類似した体型のアユを漁獲している場合、他漁具の値も推定値として用いた。

漁獲尾数も月毎の平均体重のない場合は、遺伝子頻度

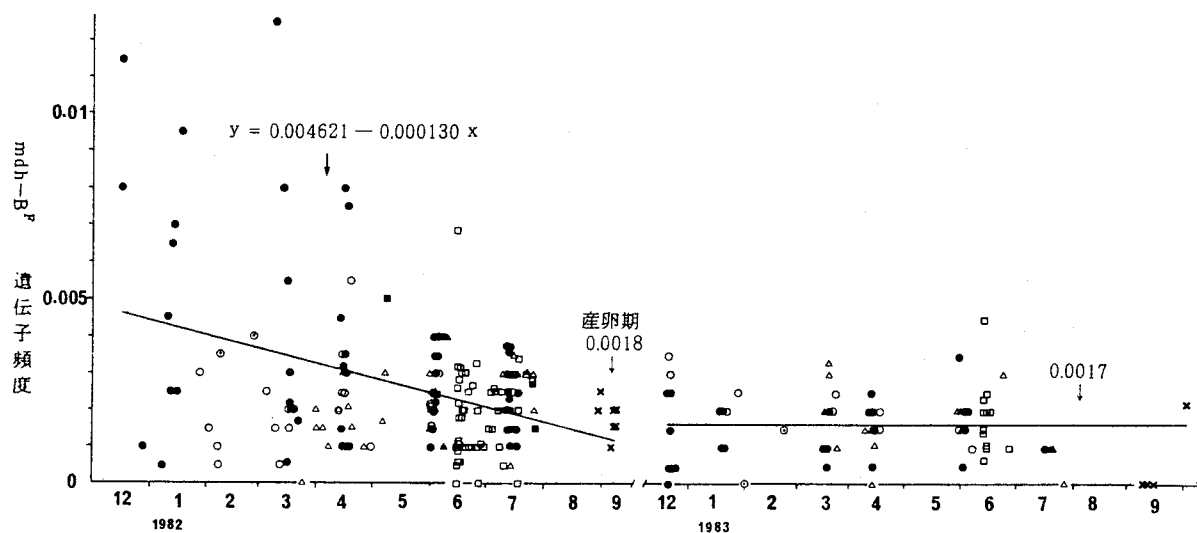


図22 標識アユ放流年から再生産後までのmdh-B^F遺伝子頻度の変化

●エリ ○刺網 △ヤナ □沖スクイ
×投網 ⊙沖曳 ■地曳 ▲追又手

表 21 漁具別・月別の漁獲尾数のB^FB^F型、B^NB^F型の期待数

漁獲量は森林統計による。
〔 〕内は他の月、他の漁具からの推定値

項 目	12月	1	2	3	4	5	6	7	計	
(a) 平均遺伝子頻度 (mdh-B ^F)	エリ	0.006072	0.005647	0.005101	0.004555	0.003991	0.003427	0.002863	0.002437	
	沖曳			0.00375						
	刺網		0.0030	0.0010	0.0016	0.002833	0.002479	0.002125	0.002833	
	ヤナ				0.001732	0.001732	0.002009	0.002286	0.002406	
	地曳						0.0050	0.00325	0.002022	
	追又手				0.001732	0.001732	0.002009	0.0025	0.00300	
	沖スクイ							0.001709	0.001864	
(b) 漁獲尾数 (10 ⁴)	エリ	3,047	1,969	3,402	3,908	3,528	5,153	4,604	1,118	26,729
	沖曳			5,075						5,075
	刺網		56	176	328	472	1,076	675	776	3,559
	ヤナ				10	405	1,176	697	679	2,967
	地曳						1,053	605	340	1,998
	追又手				173	388	632	465	104	1,742
	沖スクイ							4,186	3,821	8,107
	計	3,047	2,025	8,653	4,419	4,773	9,090	11,232	6,936	50,177
集計値		6.1	10.1	27.4	36.2	45.7	63.8	86.2	100.0	
(c) B ^F B ^F 型の期待数 (10 ⁴)	エリ	1.1	0.6	0.9	0.8	0.6	0.6	0.4	0.3	5.3
	沖曳			1.3						1.3
	刺網		0	0	0	0	0	0	0	0
	ヤナ				0	0	0	0	0	0
	地曳						0	0	0	0
	追又手				0	0	0	0	0	0
	沖スクイ							0	0	0
	計	1.1	0.6	2.2	0.8	0.6	0.6	0.4	0.3	6.6
(d) B ^F B ^F 型の期待数 (10 ⁴)	エリ	368	221	345	354	280	410	263	224	2,465
	沖曳			515						515
	刺網		3	4	10	27	53	29	44	170
	ヤナ				0	14	47	32	33	126
	地曳						105	30	14	158
	追又手				6	13	25	23	6	73
	沖スクイ							143	146	289
	計	368	224	864	370	334	640	529	467	3,796
(c) (d)の集計値		9.7	15.6	38.4	48.1	56.9	73.8	87.7	100.0	

と同様の推定値を用いて算出した。これらの値から B^N B^F 型、 B^F B^F 型の期待数を求めた。

漁獲尾数はエリが圧倒的に多く、単月では沖曳網が最大であった。漁獲尾数の累積％では、12月～2月の漁獲初期に約28％が主にエリと沖曳網で漁獲されているが、12月～7月の8か月間に平均して漁獲されるよりも低い率で、12月から2月に多く獲られているとはいえない。 B^N B^F 型と B^F B^F 型の漁獲期待数は、2月が最大で、12月～2月の累積％は約38％であるが、この値も8か月間の平均値に近い値である。

標識アユ放流時の湖への総流下仔アユ数は $3,800,938 \times 10^3 \sim 4,412,292 \times 10^3$ と推定されており、流下時点で均等に混合したとすると $mdh-B^F$ は0.01219となり、流下尾数中には、 B^N B^F 型が $98,915 \times 10^3$ 尾、 B^F B^F 型が 611×10 尾が期待される。

漁獲尾数は総流下仔アユ尾数の12％であるが、漁獲で期待される B^N B^F 型は流下時の3.8％、 B^F B^F 型は1.2％しか獲られていないので漁獲よりも他の原因での減耗があったとしても誤りではないであろう。

よって、漁獲尾数、 B^N B^F 型、 B^F B^F 型の漁獲期待数のどちらにおいても、漁獲初期の影響でその後の遺伝子頻度が低下していったりする仮説は棄ててもよいと考えられる。

最後に、本研究にあたって終始ご指導をいただいた東京大学海洋研究所田中昌一教授に深く感謝いたします。

また、群馬産人工種苗生産アユを提供していただくについて、ご理解とご協力をいただいた群馬県水産試験場国峯一声場長と場員の方々、およびアユ活魚標本の採集について多大のご協力をいただいた本県の漁業協同組合、漁業者の方々に対して深く感謝いたします。

要 約

琵琶湖産陸封アユの資源の増殖に関して、自然産卵、自然ふ化方式の増殖についての知見を得るため、人工河川を利用して、ここから湖中へ流入するふ化仔アユにMDHアイソザイムに遺伝的多型現象のある群馬産人工種苗生産アユの仔アユを混入させて、その分散、漁獲時期、漁獲場所、資源量等を究明しようとした。しかし、結果的には原因は不明であるが、群馬産アユの混合率が時期を追って減少したので、ふ化流下仔アユの漁獲初期の分布については成果を得たが、他の項目については究明できなかった。

1. 1981年群馬産アユの F_{11} の $mdh-B^F$ 遺伝子頻度は0.1889で湖産天然アユの $mdh-B^F$ 遺伝子頻度は0.0013で両群は同一の集団とはいえず (χ^2 検定)、MDHアイソザイムの遺伝的多型は標識として使用可能であった。
2. 1981年秋に群馬アユの F_{11} を親魚として人工河川を

使って、自然産卵自然ふ化させ、琵琶湖へ流入した仔アユ数は 193×10^6 尾であった。一方群馬産以外の天然アユ、養成アユの流入仔アユ数は 3608×10^6 尾と推定され、湖に流入した全仔アユ数に占める群馬産仔アユの比率は4.38～5.08％となり、標識としての検出限界の3.45％を上まわった。

3. 標本尾数は、1標本当り1000尾が適当である。
4. 湖産天然アユ、群馬産アユの両養成親魚からのふ化仔アユの絶食生残率に差はなかった。

5. 湖へ流入後の標本採集場所は、湖辺の13漁場と、主要8河川で行った。漁獲漁具は10種類とした。

6. 1981年12月のアユ漁開始から1982年9月の産卵期の間に約15万尾のアユを電気泳動分析した。

7. 群馬産アユの混合の評価は、琵琶湖では理論上殆ど出現しない (2尾/100万尾) B^F B^F 型が出現した場合と、群馬産アユ放流前と放流後の $mdh-B^N$ と $mdh-B^F$ の遺伝子の数の検定 (χ^2) で有意 (5％有意水準) な場合にほぼ間違いなく混合しているとした。

8. 1982年12月から1982年9月の期間で混合率をみると、混合がほぼ間違いのない標本が164標本中29標本、混合の可能性を否定できないものが164標本中125標本であった。ふ化流下時の混合率4.38～5.08％に比べて、期間を通じての混合率は平均0.63％とかなり低い値となった。しかし、1981年12月から1982年2月末までの漁期初めの琵琶湖北湖の14標本中9標本は混合の確実性があり、混合の可能性を否定できないものも含めると12標本となる。これを標本採集水域からみると9水域中8水域で混合の確実性が認められることから、安曇川人工河川から流下したふ化仔アユは、流下後早い時期に北湖全域へ分散してゆき、人工河川由来のアユが一部水域でのみ漁獲されるのではないことが明らかになった。

9. 1982年2月上旬までの群馬産アユの混合率が漁具 (エリと刺網) によって差 (t検定) が認められた。他の時期、他の漁具では認められなかった。

10. 標識アユの混合率の低下の要因について、その可能性を検討したが、検討の範疇では累代飼育された群馬産アユの天然水域での適応性に関して問題があるのではないと思われた。

11. 群馬産アユの再生産への参加については、僅かではあっても参加したと考えられるが、再生産後の湖産アユの $mdh-B^F$ 遺伝子頻度と B^N B^F 型の出現率から統計学的な検討をした結果では、 $mdh-B^F$ 遺伝子頻度、 B^N B^F 型の出現率の両者とも、群馬産アユ放流前と差があるとはいえず、群馬産アユが再生産に寄与した証拠はないと判断された。

また、再生産後の標本の中に群馬産アユ放流前と $mdh-B^N$ と $mdh-B^F$ の遺伝子数に有意差が認められるものが

あったが、このことが再生産時に任意交配したかどうかについても否定的な結論になった。

12. mdh-B^F 遺伝子頻度の低下について漁獲初期に混合率の高い水域で大量の漁獲が原因するものかどうかについて検討した。総漁獲尾数に期待される。B^NB^F型、B^FB^F型の漁獲尾数を推定したが、流下仔アユの時点で湖産アユと均一に混合した場合の mdh-B^F 遺伝子頻度から期待される湖中の B^NB^F型、B^FB^F型の総尾数のそれぞれ3.8%、1.2%しか漁獲されていないことになり、漁獲よりも他の原因による mdh-B^F 遺伝子頻度の低下があったと考えられた。

文献

- 1) R.SATO and R.ISHIDA (1977) : Genetic variation in malate dehydrogenase and other isozymes in white muscle of ayu (*Plecoglossus altivelis*). Bull.Freshwater Fish.Res.Lab. (27), 75-84.
- 2) 佐藤良三、中賢治、石田力三 (1982 a) : アイソザイムの魚類放流試験への適用の可能性、養殖研報(3)、11-19.
- 3) 佐藤良三、中賢治、石田力三 (1982 b) : アイソザイムの増養殖研究への適用、水産育種 7
- 4) 伏木省三 (1979) : アユの成熟への春期長日処理の効果に関する研究、滋水研報 (31)、1-56
- 5) M.NISHIDA and Y.TAKAHASHI (1978) : Enzyme variation in populations of Ayu *Plecoglossus altivelis*, Bull.Japan.Soc.Sci.Fish., 44 (10), 1059-1064.
- 6) 佐藤良三、中賢治 (未発表) : 琵琶湖産アユの MDH アイソザイムの変異について
- 7) 日本水産学会編 (1975) : 魚類種族の生化学的判別、水産学シリーズ 9、恒星社厚生閣、東京、120
- 8) 中賢治、他 8 名 (1979) : 琵琶湖へ流入する仔アユ量 (1977) の推定-I、滋水試研報 (32)、1-193
- 9) 中賢治、他 8 名 (1980) : 琵琶湖へ流入する仔アユ量 (1978) の推定-II、滋水試研報 (34)、1-165
- 10) 水谷英志、田沢茂、大野喜弘 (1974) : アユの産卵から流下仔魚までの生残率について、滋水試研報 (25)、26-30
- 11) 水谷英志、他 5 名 (1976) : アユの産卵から流下仔魚までの生残率について、滋水試研報 (28)、15-20
- 12) 伊藤隆 (1967) : アユ種苗の人工生産に関する研究 XXXVII、びわ湖産アユの人工授精卵とふ化仔魚の特性、木曾三川河口の資源調査報告 (KST) (4)、625-649
- 13) 向井輝美 (1978) : 集団遺伝学、講談社、東京
- 14) 東幹夫 (1970) : びわ湖における陸封型アユの変異性に関する研究 I、日生態会誌、20 (2)、63-76
- 15) 東幹夫 (1973) : びわ湖における陸封型アユの変異性に関する研究 II、日生態会誌、23 (3)、126-139
- 16) 東幹夫 (1973) : びわ湖における陸封型アユの変異性に関する研究 III、日生態会誌、23 (4)、147-159