

真国川における海産アユの適正放流密度

宇野悦央・辻村明夫・明楽公男

前年度、試験河川に19,436尾の海産アユを放流したところ成長率が低かった¹⁾ので、本年度はその約半数の10,151尾を放流し、成長、採捕率、生息密度、附着藻類量等から適正放流密度を検討した。なお、本調査は全国湖沼河川養殖研究会アユ放流研究部会の連絡試験として実施した。

調査方法

試験河川の概要 試験河川は前年度と同じ紀ノ川支流貴志川水系の真国川（図1）で、延長約34kmの小河川である。

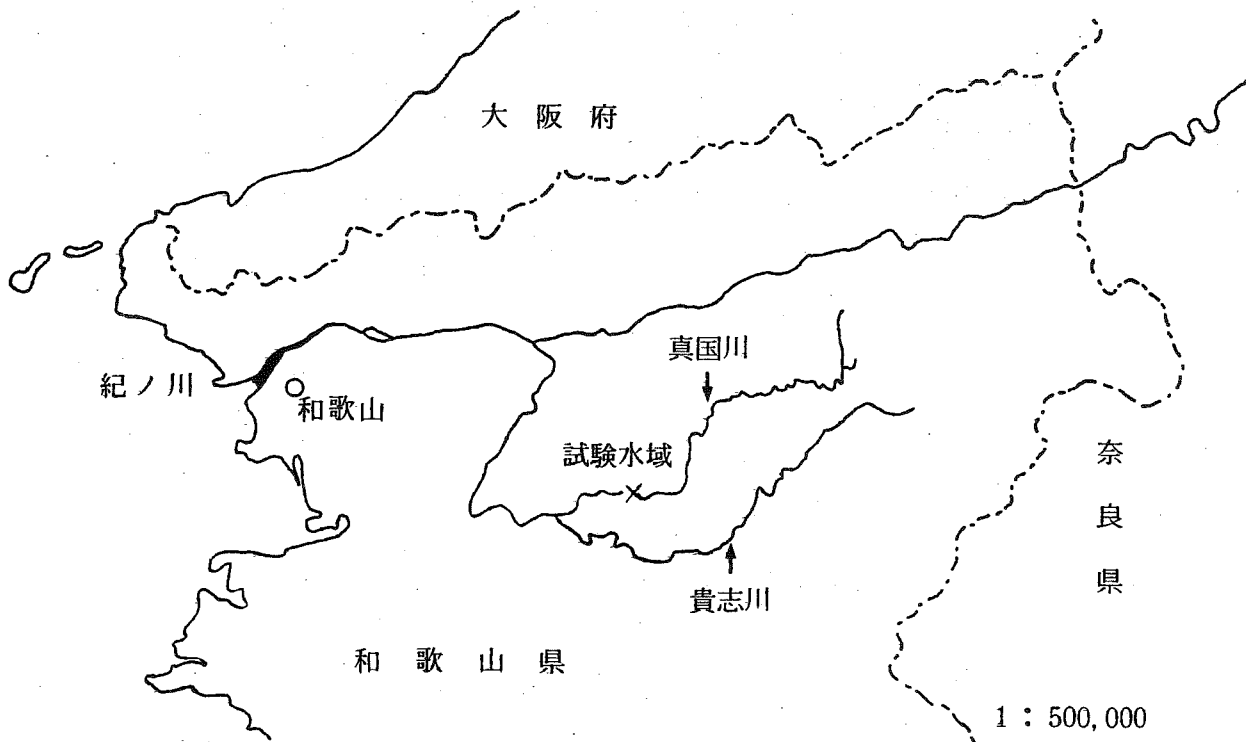


図1. 試験河川の水系図

河川勾配を図2、試験区の概要を表1、試験区を図3、試験区の水面積を表2にそれぞれ示した。生息魚種はオイカワ、カワムシ、カマツカ、シマドジョウ等で、湖産及び海産アユを貴志川漁協が毎年放流している。

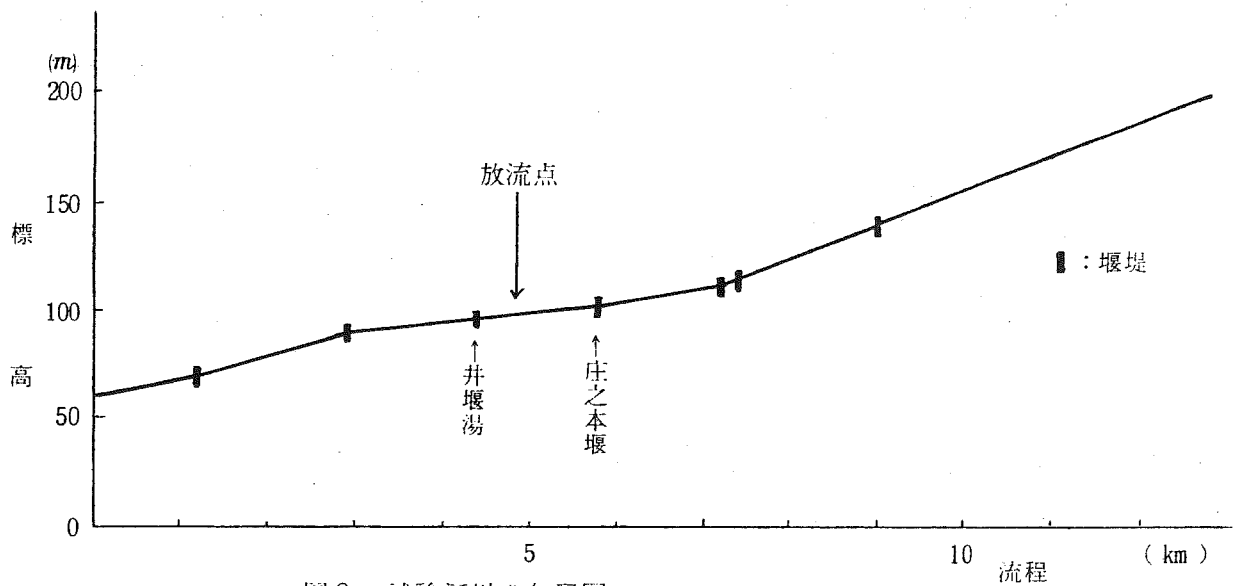


図2. 試験河川の勾配図

表1. 試験区の概要

河川名	真国川
水系	貴志川水系
河川所在地	和歌山県海草郡美里町
流程	約 1.7km
標高差	5 m (97~102m)
河川勾配	2.9/1,000
平均川幅	約 13m
総水面積	約 22,000m ²
平水時の水量	約 1.8m ³ /sec
河川型	Aa-Bb 移行型

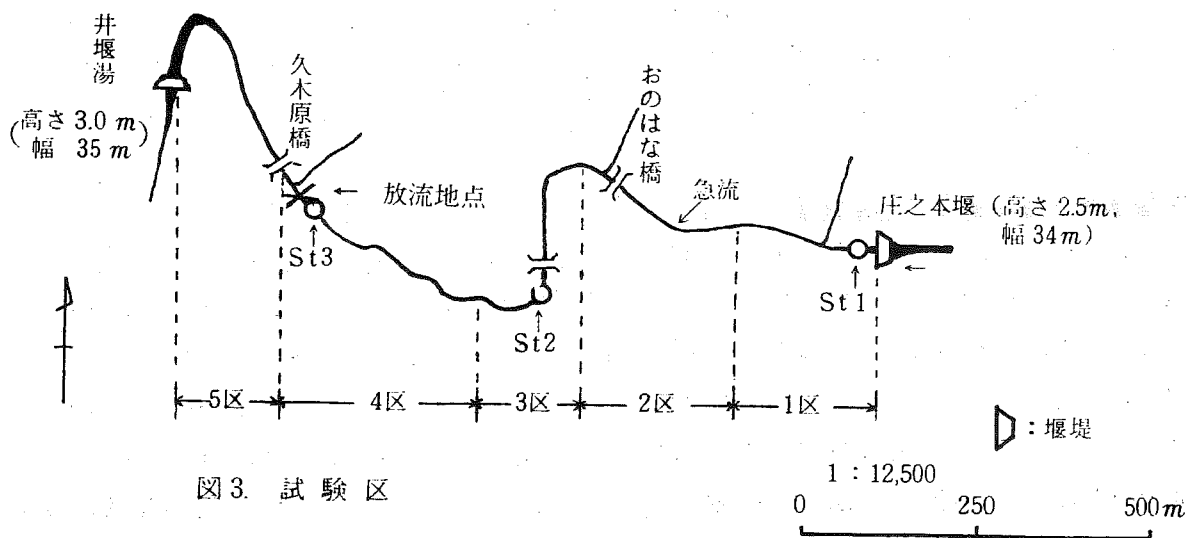


図3. 試験区

表 2. 試験区の水面積 (m²)

区	早瀬	平瀬	淵	トロ	計
1	795	1,256	936	398	3,385
2	742	303	1,204	148	2,396
3	887	1,392	868	1,124	4,270
4	1,146	174	1,670	1,121	4,411
5	0	287	1,299	6,234	7,820
計	3,870	3,412	5,976	9,024	22,282
(%)	(17)	(15)	(27)	(41)	

特別解禁日は6月12日、一般解禁日は6月26日で、その後8月28日の網漁日まで友釣が行われた。網漁は主に刺網が用いられ、川幅が狭いため1日でほとんどアユが漁獲された。

供試魚 昭和58年2月14日に日高郡日高町阿尾地先海面で採捕された海産稚アユを用いた。2月17日にガラス張りハウス内のコンクリート池(5×10m, 水深0.6m)2面に約30,000尾(体重0.86±0.57g, 体長4.7±0.7cm)を収容し、淡水馴致後市販のアユ配合飼料で養成した。馴致終了時の飼育密度は290尾/m²で、馴致後4日目頃にはハミ行動がみられた。用水は河川伏流水で、水中ポンプにより曝気し、流速は10~30cm/sec, 水温は11~15℃(平均13℃), 最高照度は75,000lxであった。3月25日に約27,000尾, 平均体重3.5gのアユを選別し、平均体重3.7gの中型魚約16,000尾を屋外の八角形コンクリート池(10×10m, 水深0.7m)に収容した。曝気は400Wスクルーレーターで行い、流速は20~60cm/sec, 水温は10~13℃(平均12℃)であった。3月31日に脂鱗切除による標識をつけ、4月19日に10,151尾(体重4.2±1.2g, 体長7.2±0.6cm, 総重量42.6kg)をSt3付近に放流した。水温は13.0℃で放流の3日前に降雨があったために水位がやや高く、早瀬や淵ではアユの観察が難しかった。

物理化学環境 水面積は距離計及び巻尺で実測し、早瀬と平瀬の石表面積は3区の代表的な河床に鉄のチェーンを沿わせ、その長さから求めた。淵及びトロのうち石のあるところの水面積率は、主に陸上(潜水も併用で)で目測により求めた。水温、水位は週1~3回、14時頃にSt2で測定した。水質は11月16日にSt2で、pH:比色法, SS:GFP法, 濁度:吸光光度法, DO:ウインクラージ化ナトリウム変法, BOD:JIS法, COD:過マンガン酸カリウム酸性法, NH₄-N:ネスラー法, NO₂-N:GR法, NO₃-N:Zn還元法, T-N:総和法, PO₄-P:モリブデン青法, T-P:モリブデン青法, SiO₂:モリブデン黄法, アルカリ度:MOアルカリ度を測定した。

附着藻類の現存量及び生産速度 放流前、解禁直前及び終漁期を主に、現存量を6回、生産速度を3回それぞれ調査し、また藻類採取場所の流速(発電水力用流速計による)及び水面照度(光電池照度計による)を測定した。現存量は各Stの早瀬と平瀬について、表面が平らで藻類量の平均的な石4個から各25cm²計100cm²当りの藻類を採取し、5%フォルマリンで固定後、沈殿量:48時間放置, 湿重量:ポリフロンろ紙(保留粒子10μ)による吸引ろ過, 乾重量:80℃4時間乾燥, 強熱減量:ガスバーナーで3時間加熱を測定した。生産速度は現存量調査時にSt2の早瀬で、13時30分頃から2時間明暗ビン法により測定した。また、これらサンプルについて附着藻類の分類群による組成及び優占種を求めた。

分散及び成長 初期分散調査は放流後10日目（4月19～28日）まで行った。放流後6日目頃まで水位がやや高かったので、移動状況は主にハミアトから調べた。また、網漁日（8月28日）に試験区外で漁獲されたアユについて、標識アユの比率と体重を測定した。

成長調査は1, 3, 4区で月1～3回友釣または投網（5分目）により行い、10%ホルマリンで固定後体重、体長を測定した。

漁獲量及び生息尾数 ビク調査は土、日曜日を主に、週1～2回行った。調査時刻は12時30分～14時で、標識の有無別尾数及び平均的なアユの全長を測った。チェック調査は6回（6月12, 26日, 7月2日, 8月2, 7, 21日）行い、入漁者数及び漁獲尾数の日変化を調べ、補正係数は最も入漁者の多かった6月26日のデータを用いて多点法²⁾により求めた。また、網漁日に漁獲されたアユについて、標識の有無別尾数及び体重を測った。

生息尾数は解禁直後の6月28日、網漁前後の8月24, 31日に潜水観察で求めた。潜水は各区の代表的な河床型を横断して尾数を数え、観察幅は各河床型について測り、観察幅と潜水後の移動距離から観察面積を求めて確認総尾数を推定した。発見率は網漁前後の生息尾数の減少とその間の漁獲尾数から次式により求めた。

$$\text{発見率} = \frac{\text{8月24日の生息尾数} - \text{8月31日の生息尾数}}{\text{8月28日の網漁による漁獲尾数} + \text{8月24日から31日までの友釣による漁獲尾数}} \times 100$$

結 果 及 び 考 察

物理化学環境 水温と水位の変化を図4に、水質を表3に示した。水温は前年度と比べ4月の上昇が早かったが、5月から7月上旬までは2～5℃低めで推移し、7月中旬以降は晴天が続いたために2～7℃高かった。水位は昨年より4, 5月に高く、増水が5月に2回6, 7月に3回みられたが、濁水が5月末から6月上旬と7月下旬から8月末まで続き水位は安定しなかった。

表3. St 2における水質

調 査 日	昭和58年11月16日
水 温 (°C)	9.8
p H	7.4
S S (ppm)	1.8
濁 度 (ppm)	1.26
D O (＼)	12.13
B O D (＼)	0.4
C O D (＼)	0.69
N H ₄ -N (＼)	tr
N O ₂ -N (＼)	tr
N O ₃ -N (＼)	0.633
T-N (＼)	0.699
P O ₄ -P (＼)	0.011
T-P (＼)	0.021
S i O ₂ (＼)	9.99
Mアルカリ度 (meq/l)	0.433

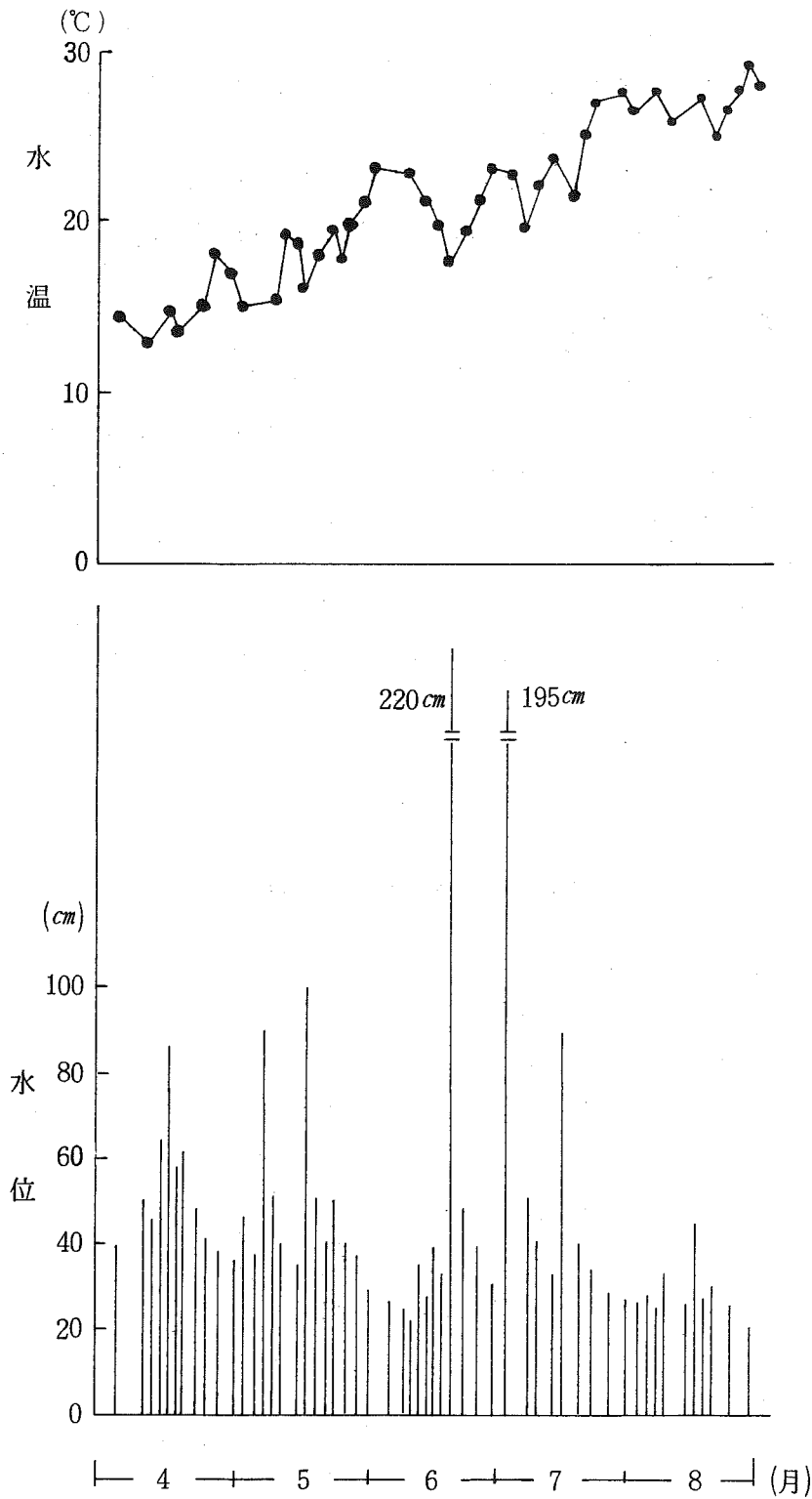


図4. St 2 の水温及び水位の変化

附着藻類の現存量及び生産速度 現存量は表4に示すように解禁前には少なかったが、終漁期が近づくにつれて増加した。乾重量は平瀬の方が早瀬より多い傾向がみられるが、強熱減量は逆に早瀬で多い場合があり、有機物量にはあまり差はないものと思われる。

表4. 附着藻類の現存量

月・日	St	水温 (°C)	照度 (lux)	流速 (cm/sec)		沈殿量 (m ^l /100cm ²)		湿重量 (g/100cm ²)		乾重量 (mg/100cm ²)		強熱減量 (mg/100cm ²)	
				S*	H	S	H	S	H	S	H	S	H
4・5	1	13.1	90,000	130	70	1.4	2.0	0.17	0.26	42	62	—	—
	2	14.2	75,000	75	40	1.2	1.7	0.13	0.27	37	57	—	—
	3	12.1	100,000	60	40	1.5	1.7	0.23	0.28	68	50	—	—
4・13	1	14.0	40,000	155	—	1.0	—	0.16	—	42	—	—	—
	2	14.5	40,000	120	80	1.5	1.7	0.32	0.43	78	88	—	—
	3	15.9	95,000	120	—	2.2	—	0.29	—	64	—	—	—
5・9	1	15.9	85,000	180	—	1.7	—	0.19	—	84	—	29	—
	2	16.2	75,000	150	120	5.5	3.2	0.35	0.34	91	98	65	53
	3	15.9	95,000	120	—	8.0	—	0.44	—	128	—	72	—
6・2	1	20.5	110,000	100	40	5.0	11.0	0.34	0.42	89	110	54	63
	2	22.7	110,000	100	50	4.0	3.5	0.22	0.29	68	78	35	44
	3	21.8	120,000	60	35	3.0	6.5	0.21	0.30	56	83	26	47
7・26	1	27.5	110,000	130	30	12.5	16.5	0.48	0.60	111	116	82	73
	2	26.9	110,000	130	60	10.5	18.0	0.46	0.54	124	141	67	76
	3	26.5	120,000	150	35	8.0	21.0	0.42	0.58	118	126	59	50
8・23	1	25.4	110,000	130	40	23.0	37.0	0.70	0.48	166	163	101	88
	2	26.7	20,000	110	60	45.0	21.5	0.80	0.59	189	146	122	79
	3	25.3	110,000	110	80	52.5	39.5	0.86	0.54	194	125	133	65

* S:早瀬 H:平瀬

生産速度は表5のように、単位石表面積当りでは96~132O₂mg/m²/hと特に差はなかったが、乾重量当りでは6.2~19.5O₂mg/m²/hで8月下旬に低く、湯水と高水温の影響からか藻類の質的低下がみられた。

表5 附着藻類の生産速度

月・日 (時刻)	4・13 (13:35~15:35)	6・2 (13:25~15:25)	8・23 (13:25~15:25)
天候	晴のち曇	晴	晴
照度 (lux)	5,000~27,000	21,000~110,000	16,000~90,000
水温 (°C)	14.2~14.5	22.7~23.1	26.5~27.0
純生産速度 (O ₂ mg/g/h)*	7.4	15.5	4.4
呼吸速度 (")	5.0	4.0	1.8
総生産速度 (")	12.4	19.5	6.2
純生産速度 (O ₂ mg/m ² /h)* ²	57.3	105.4	83.7
呼吸速度 (")	39.0	27.0	34.4
総生産速度 (")	96.3	132.4	118.1

* 藻類乾重量 *² 石表面積

分類群からみた藻類組成は表6に示したように藍藻類が優占し、4月初旬はXenococcus, その後はHomoeothrixが優占種であった。

表6. 附着藻類の組成

月・日	St	早瀬			平瀬				
		藍藻	珪藻	緑藻	優占種	藍藻	珪藻	緑藻	優占種
4. 5	1	ccc*	r	—	Xenococcus	ccc	r	rr	Xenococcus
	2	"	"	—	"	"	"	"	Homoeothrix
	3	cc~ccc	+	—	"	"	"	—	"
4. 13	1	ccc	r~+	—	Homoeothrix	—	—	—	—
	2	"	"	—	"	ccc	r	—	Homoeothrix
	3	"	+	rr	"	—	—	—	—
5. 9	1	"	"	—	"	—	—	—	—
	2	"	r~+	rr	"	ccc	r	—	Homoeothrix
	3	"	r	—	"	—	—	—	—
6. 2	1	"	"	rr	"	ccc	r	rr	Homoeothrix
	2	"	"	"	"	"	"	"	"
	3	"	"	"	"	"	"	"	"
7. 26	1	"	"	—	"	"	"	"	"
	2	"	"	—	"	"	"	—	"
	3	"	"	—	"	"	"	—	"
8. 23	1	"	r~+	rr	"	"	"	—	"
	2	cc~ccc	+~c	"	"	"	r~+	rr	"
	3	ccc	r	—	"	"	r	"	"

* ccc : 80%以上, cc : 60%, c : 40%, + : 20%, r : 10%, rr : 2%以下

分散及び成長 1) 初期分散 放流後10日間の分散状況を図5に示した。放流時に水位がやや高かったためか、放流日は放流点付近の流れのゆるやかな所にとどまる個体が多く移動距離も短かった。7日目には上限の庄之本堰直下にまで移動したが下流域への移動は遅く、10日目に300m下流域に達した程度でその上性が強かった。

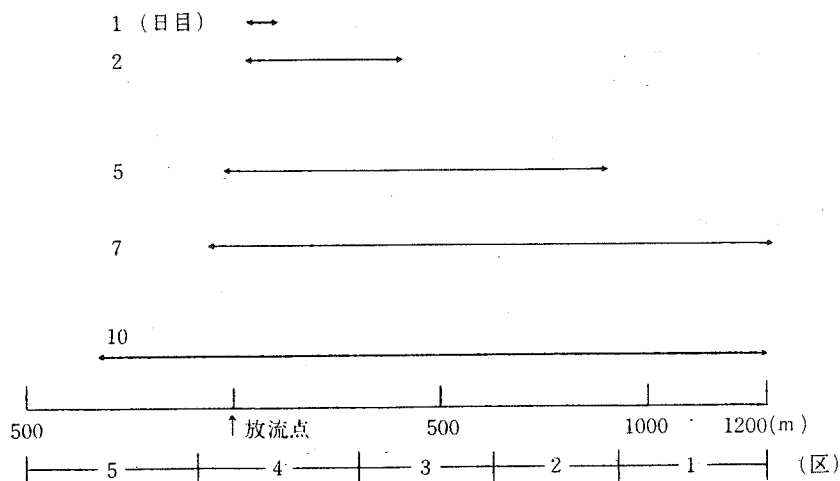


図5. 初期分散

2) 試験区外への分散 表7に示したように分散は庄之本堰上流400m地点及び井堰湯下流800m地点にまでみられ、下流域の方が移動距離が長くしかも混入率が高かった。放流アユはそ上性が強かったにもかかわらず、井堰湯下流域に多く混入していたのは、初期分散調査時に降下群が確認できなかった可能性及び大雨による降下が考えられるが、踏査によると、5、7月の大雨後に生息尾数が減っており、また7月中旬以降に漁獲尾数が急減したことから大雨によるところが大きいものと思われる。

表7. 網漁時の放流アユの分散

分散範囲	標識魚の 混入率(%)	平均体重(g)	
		標識魚	無標識魚
庄之本堰上流400m地点まで	1~2	50	67
試験区内	19~88	75	70
井堰湯下流800m地点まで	11~41	54	60

3) 成長 採捕アユの成長率を表8に、体重の推移を図6に示した。成長は区間でほとんど差がなく50日目の日間成長率は約4.6%で、昨年最も成長の良かった4区と同様の成長を示した。

表8. 採捕アユの成長率

区	月.日	体重 (g)	体長 (cm)	肥満度*	日間成長率* ² (%)	漁法
	放流日	4.2±1.2(82)* ³	7.2±0.6	11.1±0.8	—	—
1	7.11(84)* ⁴	58.5±9.2(16)	15.5±0.9	15.6±1.0	3.14	友釣
	8.2(106)	78.5±7.4(7)	16.7±0.5	16.8±0.7	2.76	"
	8.28(132)	68* ⁵ (67)	—	—	2.11	刺網
2	8.28(132)	76* ⁵ (76)	—	—	2.19	刺網
3	5.12(24)	21.9±3.2(14)	10.9±0.5	16.6±0.8	6.88	友釣
	5.13(25)	18.7±4.6(4)	10.4±0.8	16.4±0.6	5.97	投網
	6.7(50)	42.0±6.3(27)	13.4±0.6	17.5±1.0	4.61	友釣
	"	35.4±11.0(10)	12.5±1.2	17.8±0.6	4.26	投網
	7.12(85)	57.0±11.5(8)	15.1±0.9	16.5±1.2	3.07	友釣
	8.28(132)	74* ⁵ (152)	—	—	2.17	刺網
4	5.13(25)	12.4±1.9(5)	9.3±0.4	15.6±0.9	4.33	投網
	6.7(50)	41.3±9.7(22)	13.2±1.0	17.7±1.0	4.57	友釣
	7.4(77)	54.2±11.8(6)	14.8±0.9	16.6±1.3	3.32	"
	8.1(105)	67.2±10.0(8)	15.8±1.0	17.1±1.2	2.64	"
	8.28(132)	77* ⁵ (59)	—	—	2.20	刺網

* 体重×10³/(体長)³

*² $\frac{\ln \text{採捕時の平均体重(g)} - \ln \text{放流時の平均体重(g)}}{\text{放流後日数}} \times 10^2$

*³ 平均値±標準偏差(測定尾数)

*⁴ 放流後日数

*⁵ 総重量と総尾数より算出

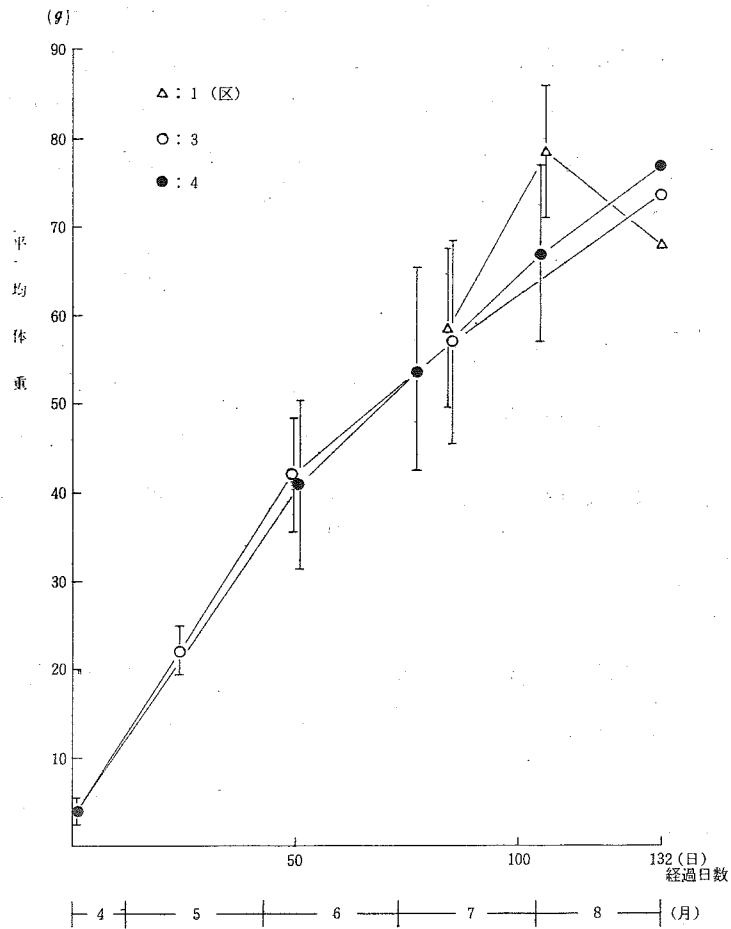


図6. 採捕アユの体重の推移

漁獲量及び生息尾数 1) 漁獲量 ビク調査結果を表9に、漁獲尾数と出漁者数の補正係数を

表9. ビク調査による漁獲量

時 期 (月.日)	6	7.1~15	7.16~31	8	計
漁 期 日 数	6	15	16	27	64
漁 獲 可 能 日 数	6	13	14	27	60
調 査 日 数	4	4	4	6	18
漁 獲 努 力 数 (人)	32	21	11	7	71
漁 獲 確 認 尾 数	85(118*)	40(71)	4(7)	1(1)	130(197)
単 位 努 力 当 り の 漁 獲 尾 数	2.7(3.7)	1.9(3.4)	0.4(0.6)	0.1(0.1)	1.8(2.8)
1 区 の 単 位 努 力 当 り の 漁 獲 尾 数	0.0(0.0)	3.0(10.5)	0.2(0.8)	0.0(0.0)	1.0(3.6)
2	2.0(3.9)	1.5(3.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	1.8(3.3)
3	1.4(2.3)	1.9(3.3)	0.6(1.0)	0.0(0.0)	1.4(2.2)
4	4.5(4.7)	1.7(2.0)	0.3(0.3)	1.0(1.0)	2.5(2.8)

* 無標識魚を含めた値

図 7に示した。出漁者数、漁獲尾数はともに7月の大雨後に急減し、8月に至ってはほとんど漁獲がみられなかった。ピク調査の値をチェック調査から求めた係数で補正すると、総漁獲努力数は176人、単位努力当りの漁獲尾数は1.9尾/人/日（無標識魚を含めると3.0尾/人/日）で、前年度の416人、7.8尾/人/日を大きく下回った。

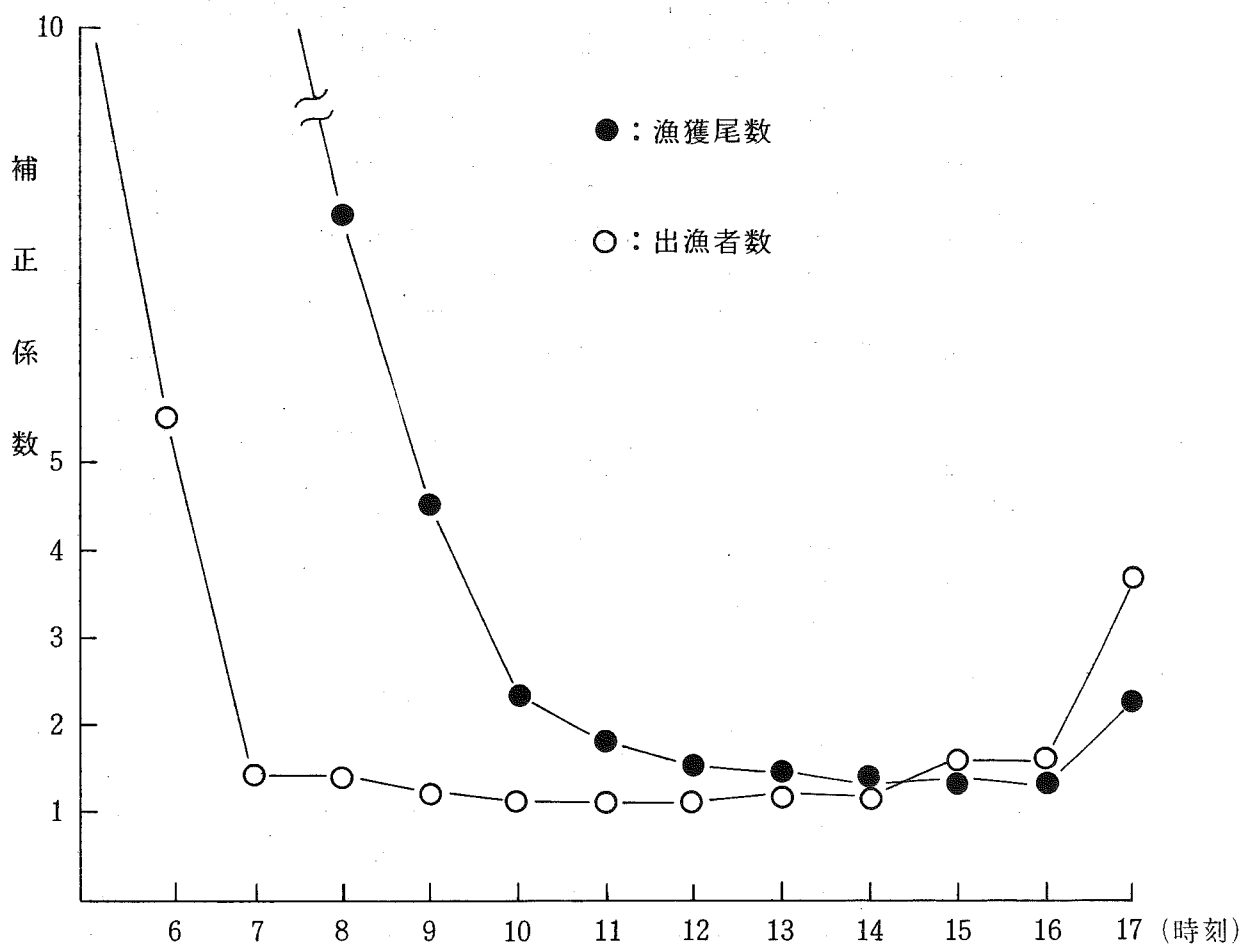


図 7 漁獲尾数と出漁者数の補正係数

表10に示したように友釣による採捕尾数は328尾で網漁による489尾より少く、試験採捕を含めた総採捕尾数は947尾で採捕率は9.3%となり、前年度（25%）の40%弱に止まった。

2) 生息尾数 アユの発見率は前述の算出式で、8月24日の生息尾数483尾、8月31日の生息尾数57尾、その間の友釣による漁獲尾数3尾、8月28日の網漁による漁獲尾数1,105尾より求めると38.4%となり、伊藤ら³⁾が求めた50%より低い値となった。

表10. 放流アユの採捕率

放流尾数	10,151
友釣による採捕尾数	325(525)
網漁	489(1,105)
試験採捕尾数	130(213)
総採捕尾数	947(1,843)
採捕率 (%)	9.3

* 無標識魚を含めた値

発見率を38.4%として生息尾数及び密度を求めたのが表11である。解禁直後の標識魚の密度は放

表11. 生息尾数の推移

月・日	区	推定生息尾数		推定生息密度 (尾/m ²)	
		標識魚	標識魚+無標識魚	標識魚	標識魚+無標識魚
6.28	1	370	1,474	0.11	0.44
	2	510	1,018	0.21	0.42
	3	549	870	0.13	0.20
	4	1,156	1,206	0.26	0.27
	5	490	510	0.06	0.07
	計	3,075	5,078	0.14	0.23
8.24	1	86	448	0.03	0.15
	2	78	253	0.03	0.11
	3	167	294	0.05	0.09
	4	208	245	0.05	0.06
	5	13	18	0.002	0.002
	計	552	1,258	0.03	0.06
8.31	1	3	18	0.001	0.006
	2	5	18	0.002	0.008
	3	21	36	0.007	0.011
	4	47	55	0.013	0.015
	5	18	21	0.002	0.003
	計	94	148	0.005	0.008

流点付近の4区と上流域の2区で高く、5区は非常に低かった。標識魚の推定生息尾数は3,075尾で調査日までに212尾の採捕があったので生残率は約32%となり、石田⁴⁾の求めた推定値約50%よりかなり低かった。しかし、試験区外から区内への加入が1,950尾あったものと推定され、また網漁時に区内で無標識魚が12~88%混入していたこと及び井堰湯下流で標識魚が11~41%混入していたことから、標識魚も加入量の半分の1,000尾程度は井堰湯から下流へ分散していたと考えられる。従って、標識魚のほとんどが区内に止まれば、生残率は40%程度になるものと思われる。表11より一般解禁直後から網漁前までの生息尾数の減少は3,820尾と推定されるが、この間の採捕尾数は443尾に過ぎず、7、8月の自然死亡率は著しく低いと考えられる⁴⁾ので約3,000尾が不明となる。その理由としては、発見率の推定値が低かったために解禁直後の推定生息尾数が多くなっ

た可能性及び大雨による降下が考えられるが明らかでない。解禁直後の河床型別の推定生息密度を表12に示した。淵の密度は底が砂泥で被われている5区を除けば早瀬と同じ位で、淵では群れアユの方が多く、早瀬と平瀬では定着アユの方が多く観察された。平瀬の密度は1, 2区では高いが、3, 4区では低く区間の差が大きかった。陸上での目視においても3区の平瀬では、生息尾数が著しく少なかった。

表12. 河床型別の生息密度 (尾/m²)

区	早瀬	平瀬	淵	トコ	計
1	0.46	0.51	0.40	0.12	0.44
2	0.50	0.53	0.39	0.15	0.42
3	0.21	0.06	0.45	0.18	0.20
4	0.38	0.05	0.30	0.12	0.27
5	—	0.13	0.12	0.05	0.07
計	0.38	0.27	0.32	0.08	0.23

適正放流密度の推定 アユ放流研究部会の申し合せにより適正生息密度を平瀬で0.6尾/m²、岩盤の側面で0.2尾/m²とし、表13に示した河床型別の水面積、石表面積及び石のあるところの水面積率から河床型別の適正生息尾数を次の式により求めた。

早瀬：0.6尾/m² × 早瀬の総水面積m² × 単位水面積当りの早瀬の石表面積m² / 単位水面積当りの平瀬の石表面積m²

平瀬：0.6尾/m² × 平瀬の総水面積m²

淵：0.6尾/m² × 淵の総水面積m² × 石のあるところの水面積率 / 100 + 0.2尾/m² × 側面の岩盤の岩盤総面積m²

トコ：0.6尾/m² × トコの総水面積m² × 石のあるところの水面積率 / 100 + 0.2尾/m² × 側面の岩盤総面積m²

前式より、適正生息尾数は早瀬3,045尾、平瀬2,047尾、淵1,137尾、トコ160尾計6,389尾で、適正生息密度は早瀬0.79尾/m²、平瀬0.60尾/m²、淵0.19尾/m²、トコ0.02尾/m²で、解禁直後の生息尾数と比べると適正生息尾数は約1,300尾多く、河床型別の適正生息密度は早瀬と平瀬で高く淵とトコで低く算出された。解禁時までの生残率は約40%と推定されるので、適正放流尾数は約16,000、適正放流密度は0.72尾/m²となる。本年度の放流密度は0.45尾/m²で河床面積から求めた適正放流密度より低く、また単位努力当りの漁獲尾数も少なかったため、本年度は放流密度が低かったものと思われる。しかし、試験区外の下流域への放流アユの降下が著しく、また試験区内においても約3,000尾の不明尾数が生じたため放流密度の高低を明らかにするには至らなかった。

表13. 河床型別の水面積

	早瀬	平瀬	淵	トロ
総水面積 (m ²)	3,870	3,412	5,976	9,024
側面の岩盤総面積 (%)	—	—	324	122
単位水面積当りの石表面積 (%)	1,407	1,073	—	—
石のあるところの水面積率 (%)	—	—	29.9	2.5

要 約

1. 海産アユの適正放流密度を検討するため、昭和58年4月19日に平均体重4.2gの海産アユ10,151尾を紀ノ川支流貴志川水系の真国川に放流した。
2. 放流アユは放流後10日目までそ上性が強かったが5,7月の増水のためか、8月末に試験区外の800m下流地点にまで降下がみられた。
3. 附着藻類の現存量は解禁直前に少なく、終漁期が近づくとつれて増加した。藻類組成は藍藻類が優占し、4月上旬はXenococcus、その後はHomoeothrixが優占種であった。
4. 放流後50日目の日間成長率は約4.6%で成長は良かったが、出漁者数と漁獲尾数は少なく総採捕尾数は947尾、採捕率は9.3%であった。
5. 解禁直後までの推定生残率は約40%で、その後網漁前までの漁獲尾数が少なかったにもかかわらず生息尾数の減少が著しく、約3,000尾が不明であった。
6. 河床面積から求めた適正放流密度は0.72尾/m²で、成長及び漁獲尾数からも本年度の放流密度(0.45尾/m²)は低かったものと思われるが、放流アユの試験区外への降下が著しく、また試験区内においても不明尾数が多かったため本年度は十分な結果は得られなかった。

文 献

- 1) 宇野悦央・辻村明夫・堀江康浩・明楽公男：昭和57年度和歌山県内水面漁業センター事業報告, 31-42 (1984)。
- 2) 小野寺好之：淡水研報, 9, 25-42 (1960)。
- 3) 伊藤猛夫・二階堂要・鮫島徳三・桑田一男：吉野川水系のアユを主とした魚類の生態と漁獲量の推定, 22-41 (1962)。
- 4) 石田力三：淡水研報, 15, 1-11 (1965)。