

日高川における藻類生産力*

中西 一, 辻村 明夫, 畑下 成穂, 松本 全弘

和歌山県内水面漁業センターでは、昭和57～59年度に、海産アユの適性放流基準の検討を行った。この調査では、放流基準を「なわばり」に基づいて算出した。しかし、アユの生息密度、成長を支配する大きな要因は、餌となる付着藻類量であることから、河川におけるその生産力を把握することは重要である。そこで、昭和62年度より藻類生産力に重点をおいた調査を開始した。

なお、この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。

調査河川の概要

調査を実施した日高川は、図1に示したように、和歌山、奈良両県の県境付近を水源とし、県の中央部を西流したのち御坊市で紀伊水道に注ぐ流程約115kmの2級河川で、昭和51～60年の10年間では県内河川で漁獲されるアユの38.5～59.5%（235～400トン）を占め、県下有数のアユの好漁場である。全川にわたって、日高川漁業協同組合が漁業権を有しており、アユ、アマゴ、コイ等の種苗を放流している。

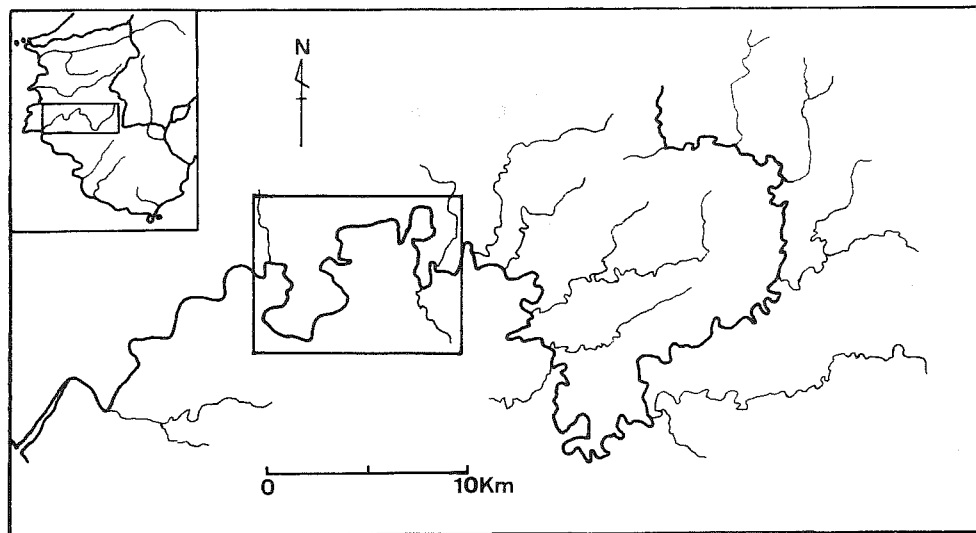


図1 調査河川の概要

* 本調査は、アユの放流研究（アユ放流研究部会、昭和60～62年度のとりまとめ）、全国湖沼河川養殖研究会アユ放流研究部会（印刷中）に概要を報告している。

調査区間は、図2に示したように、和歌山県日高郡中津村、美山村にわたる地域で、区間内2ヶ所に発電取水用堰堤（上田原堰堤、越方堰堤）があり、それより水路で取水している発電所が2ヶ所（高津尾発電所、越方発電所）ある。アユはこれら2つの堰堤を越えて行動する。試験区間の河川状況は、表1に示した。また、試験区間上流端の約1km上流では椿山ダム（堤高62m、堤長228m、コンクリート重力式、昭和63年3月完成予定）が建設中であった。

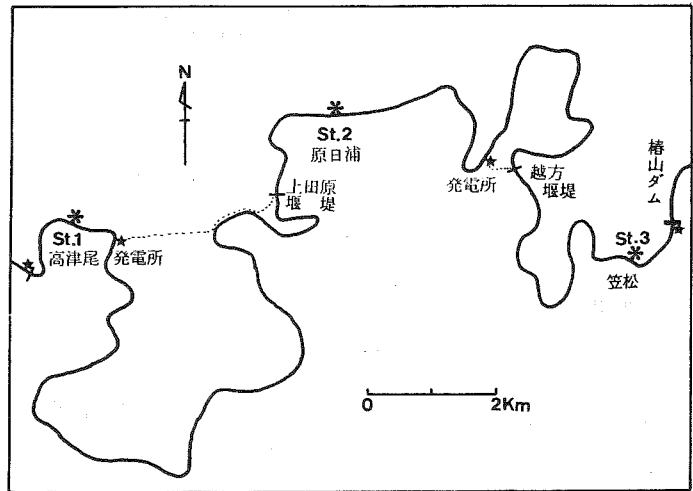


図2 調査区間

表1 調査区間の河川状況

河川名		日高川水系日高川
所在地		和歌山県日高郡中津村、美山村
試験区間	延長	32.4Km
	標高差	102m (45m~147m)
	河川勾配	3.1m/Km
	河川型	Bb型(1944可児)

調査区間内には、昭和62年5月8～9日に、漁業協同組合が湖産アユ3万尾、人工産アユ6.1万尾を放流している。また、海産アユの溯上は椿山ダムまでみられ、昭和62年は約109万尾が溯上した。

解禁は5月26日で、調査期間中のアユ漁業は友釣りのみであった。

調査研究方法

調査地点は図2に示したように、調査区間の上流（St.3、笠松）、中流（St.2、原日浦）、下流（St.1、高津尾）に各1地点ずつ設定した。

調査期間は、昭和62年4月1日から10月1日までである。

調査項目と方法および分析方法は以下のとおりである。

環境条件 水温：水銀棒状温度計により測定。

水深：各地点の早瀬、平瀬の石採取個所でものさしにより測定。

流速：水深と同じ個所で、プライス流速計により測定。

照度：水面照度を光電池式照度計により測定。

付着藻類現存量 現存量調査は、表2に示したように各調査地点の早瀬、平瀬で計11回実施した。

各地点の早瀬，平瀬で，表面が平らな石を原則として6個選び，10×10cmのコードラートを用いて，ナイロンブラシで藻類をこすり落とし，5%ホルマリンで固定した。

沈澱量：沈澱管に48時間静置後測定。

湿重量：ポリフロン濾紙（保留粒子径6.0 μ m）により吸引濾過後，藻類重量秤量。

乾重量：湿重量測定後，80℃，4時間乾燥，デシケータ中で放冷後藻類重量秤量。

強熱減量：乾重量測定後，マツフル炉で800℃，4時間加熱，デシケータ中で放冷後秤量。乾重量と灰分量との差から強熱減量算出。

クロロフィルa量：ホルマリン固定前の藻類試料より3/80～3/100量を取り，炭酸マグネシウム懸濁液1ml添加後，保冷して持ち帰り，上水道試験法，1985年版に準じて測定。

なお，St. 2の早瀬では，8月18日に人工基物（素焼き植木鉢， ϕ 30cm）を設置し，8月27日，9月16日にこれより試料を採取した。

表2 調査月日および調査項目

St.	項目	年月日 1987											
		4.14	5. 8	5.21	6. 3 6. 4	6.22	7. 9	8. 5 8. 6	8.18 8.19	8.27 8.28	9.16 9.17	10. 1	
1	現存量		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
2	現存量	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	増殖量				○			○	○	○	○		
	生産速度			○		○		○	○	○	○		
	釣獲								○	○			
3	現存量	○	○			○	○		○		○	○	

付着藻類増殖量 増殖量調査は，表2に示したように，St. 2の早瀬で計5回実施した。6月3～4日，8月5～6日，8月18～19日には，大分県内水面漁業試験場に準じた方法¹⁾（以下，直接法とする。）で，8月27～28日，9月16～17日には，直接法と透析用セルロースチューブ（ユニオンカーバイド社製，孔径24 \AA ）を用いた半透膜による方法（以下，半透膜法とする。）とで調査を実施し，増殖量測定方法を比較検討した。直接法では藻類が付着基盤に均一に分布していない場合誤差が大きくなる危険がある。これをなくすため，半透膜法では採取試料の1/2量を透析用セルロースチューブに封入し，河床に設置した網かごの中に24時間放置後回収し分析を行った。分析項目，方法は共に現存量と同一である。半透膜調査フローを図3に示した。

付着藻類種類組成 現存量用試料の17/80~17/100をとり，分類群レベルでの組成および優占種を求めた。

付着藻類生産速度 生産速度は，表2に示したように St. 2の早瀬で，明ビン，暗ビン法（2時間）により，計6回実施した。

釣獲調査 表2に示したように，St. 2の早瀬と平瀬で，2回，友釣りにより実施した。

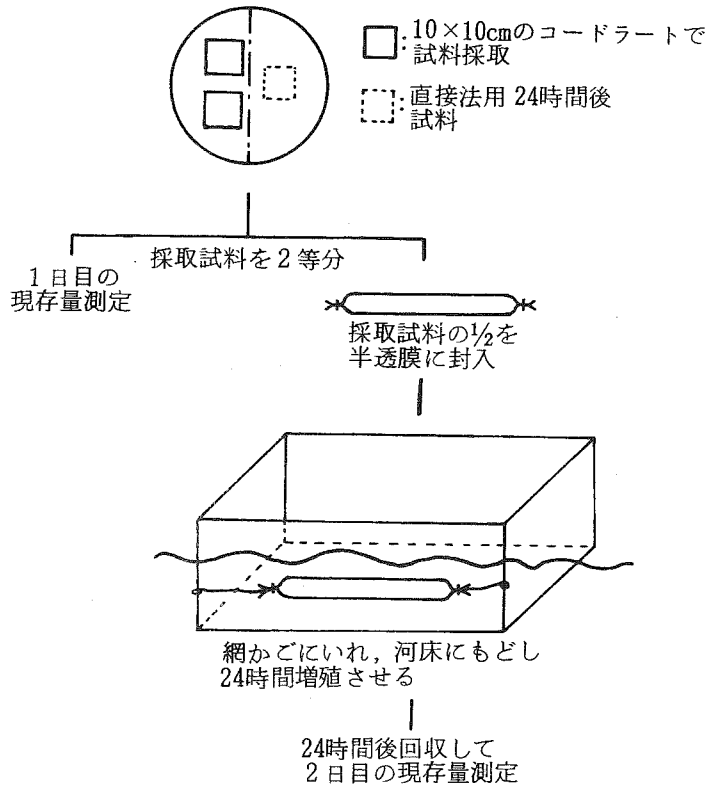


図3 半透膜法調査フロー

結果および考察

気象条件 調査期間中の日照時間，降水量²⁾を図4，図5に示した。日照時間は御坊，降水量は御坊が調査区間の下流部に位置し，調査区間内の流況に直接影響を及ぼさないのので，上流部の龍神の値を示した。

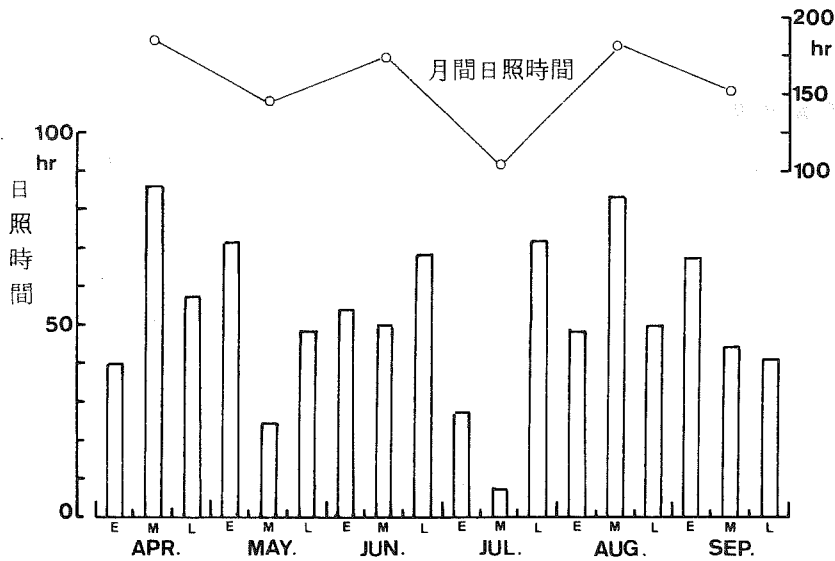


図4 日照時間

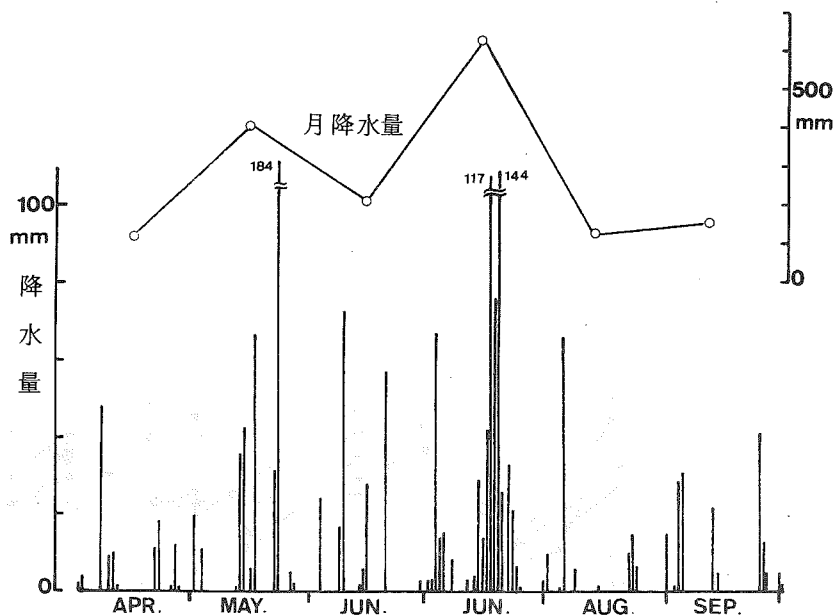


図5 降水量

旬別日照時間は、7月中旬の7.2時間から4月中旬の86.1時間で、月間日照時間は、7月の106.2時間から4月の183.7時間であった。

月降水量は、4月115mm、5月404mm、6月209mm、7月630mm、8月130mm、9月152mmで、それぞれ平年値比46.3%、148%、49.3%、151.4%、40.6%、42.8%で、5月、7月を除いて平年値より低かった。また、日降水量は、5月23日184mm、梅雨末期の7月17日117mm、19日144mmと大雨になった。5月23日の大雨で増水し、5月26日の解禁後約1週間は入漁できない状況であった。

なお、梅雨入りは昭和62年6月9日で平年より1日遅く、梅雨明けは7月24日で平年より7日遅かった。

河川環境 水温はSt. 1で19.2~27.3℃、平均22.9℃、St. 2で12.1~28.8℃、平均22.4℃、St. 3で11.7~27.6℃、平均19.7℃であった。水況の特徴は、椿山ダム工事の影響でか、濁りが強く、かつ長期化したことである。この濁りは調査区間全域に影響を及ぼし、特にSt. 3付近では河床の石の表面に浮泥がつもり、アユ漁場としての価値は著しく低下したと思われる。

藻類現存量 現存量についての表現方法は、強熱減量、クロロフィルa量のどちらか一方で代表できるようであるが^{1), 3)}、日高川での調査は今年が初年度であり、前述のように濁りの影響もかなりあったと思われるので、強熱減量、クロロフィルa量の両方で表現する。

強熱減量の変化を図6に示した。調査地点、時期により変動が大きく、全試料の平均は6.1021g/m²であった。全体の傾向として4月14日から6月3日にかけて減少し、その後増加するが8月5日に減少し、またその後増加した。4月14日から6月3日にかけての減少はアユ等による捕

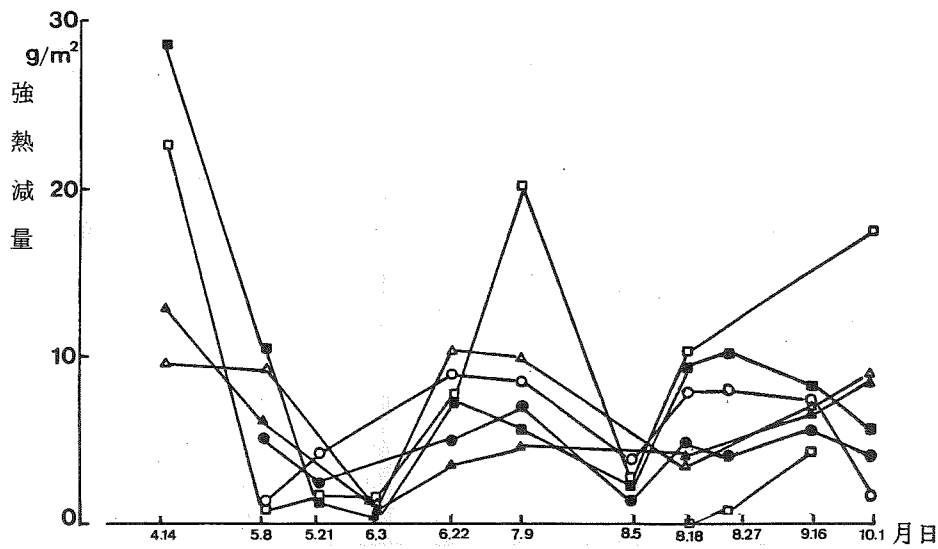


図6 強熱減量の変化

○: St.1 早瀬 □: St.2 早瀬 △: St.3 早瀬
 ●: 平瀬 ■: 平瀬 ▲: 平瀬

食，藻類の自然枯死等によるものと思われる。6月3日，8月5日の減少は，それぞれ5月23日，7月17日，19日の大雨による増水で河床の石が転倒，付着藻類が剝離流失し，まだ増殖していないためと考えられる。8月27日，9月16日にSt. 2の早瀬での低い値は8月18日に設置した人工基物から試料を採取したためと思われる。

クロロフィル a 量の変化を図7に示した。クロロフィル a 量も強熱減量と同様に地点間，時期

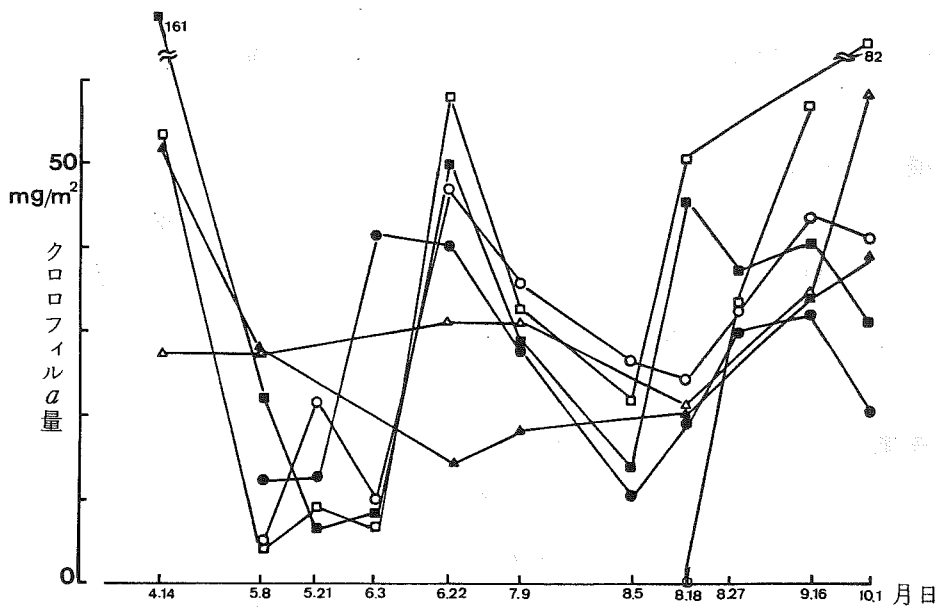


図7 クロロフィル a 量の変化

○: St.1 早瀬 □: St.2 早瀬 △: St.3 早瀬
 ●: 平瀬 ■: 平瀬 ▲: 平瀬

により変動が大きく、全試料平均は $31.7913\text{mg}/\text{m}^2$ であった。全体の傾向としては、強熱減量と同様に4月14日から6月3日にかけて減少し、その後増加したが8月5日に減少し、またその後増加した。6月3日、8月5日の減少は強熱減量と同様の理由によるものと思われる。強熱減量では6月22日と7月9日では大差はないが、クロロフィルa量では7月9日に値が低くなった。

灰分率はSt. 1の早瀬で平均36.35%、平瀬で43.78%、St. 2の早瀬で47.55%、平瀬で44.96%、St. 3の早瀬で36.29%、平瀬で53.37%となり、St. 3の平瀬で最も高かった。

沈澱量、乾重量、灰分量、強熱減量、クロロフィルa量各項目間の相関関係を図8に示した。最も相関係数が高かったのは、乾重量-灰分量で0.9248、以下乾重量-強熱減量0.8853、強熱減量-クロロフィルa量0.7291、現存量-クロロフィルa量0.6467、強熱減量-灰分量0.6418の順となった。全般に相関係数は高くなかったが、信頼限界99%以上で相関があったのは上記の他、沈澱量-強熱減量、沈澱量-クロロフィルa量、灰分量-クロロフィルa量であり、相関がなかったのは、沈澱量-乾重量、沈澱量-灰分量の2項目間のみであった。

水深、流速と現存量各項目の相関も求めたが、全て0.2以下と低い値で、相関は認められなかった。

付着藻類の現存量は気象要因にも左右される。そこで、表3に、雨量、日照時間と強熱減量、クロロフィルa量との相関係数を示した。調査7日前積算雨量と強熱減量、クロロフィルa量では正の相関となり、14日前積算雨量、7日前積算日照時間、14日前積算日照時間では、強熱減量、クロロフィルa量共に負の相関となった。

表3 気象要因と現存量相関

	7日前 積算雨量	14日前 積算雨量	7日前 積算日照時間	14日前 積算日照時間
強熱減量	0.2231	-0.2373	-0.1338	-0.2112
クロロフィルa量	0.1108	-0.1008	-0.0914	-0.1548

今年の調査では、強熱減量-クロロフィルa量の相関係数は0.7291とあまり高くなかった。しかし、昨年の子備調査⁴⁾では、0.975と高い値が得られており、川の状況によっても当然変化することから、現存量をどちらの項目で表現するかについては、今後さらに知見の積み重ねが必要である。

藻類増殖量 増殖量についても現存量と同様に強熱減量とクロロフィルa量の2つの項目で表現した。図9に1日あたりの増殖量、図10に1日あたりの増殖率を示した。

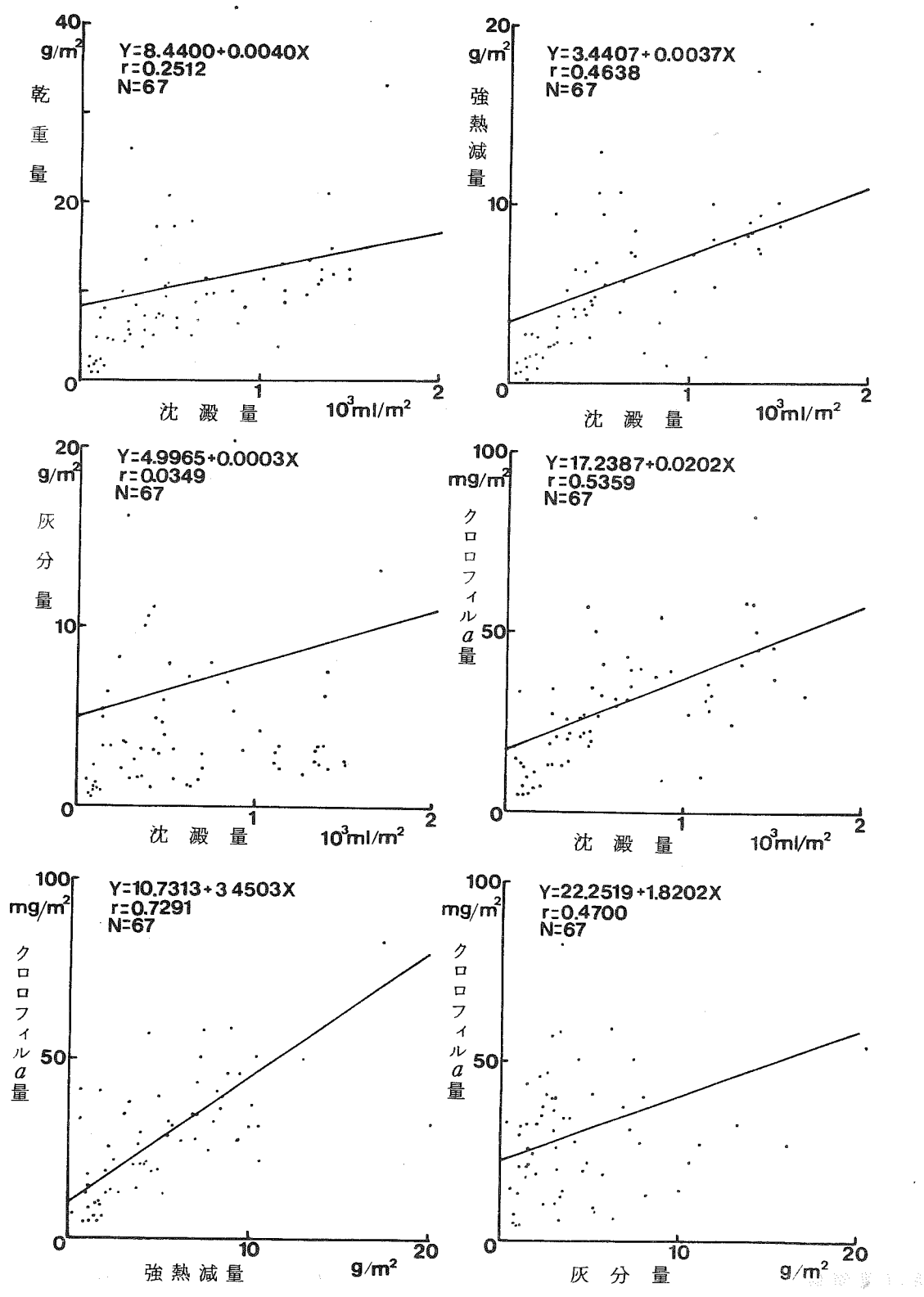


図8-1 現存量相関

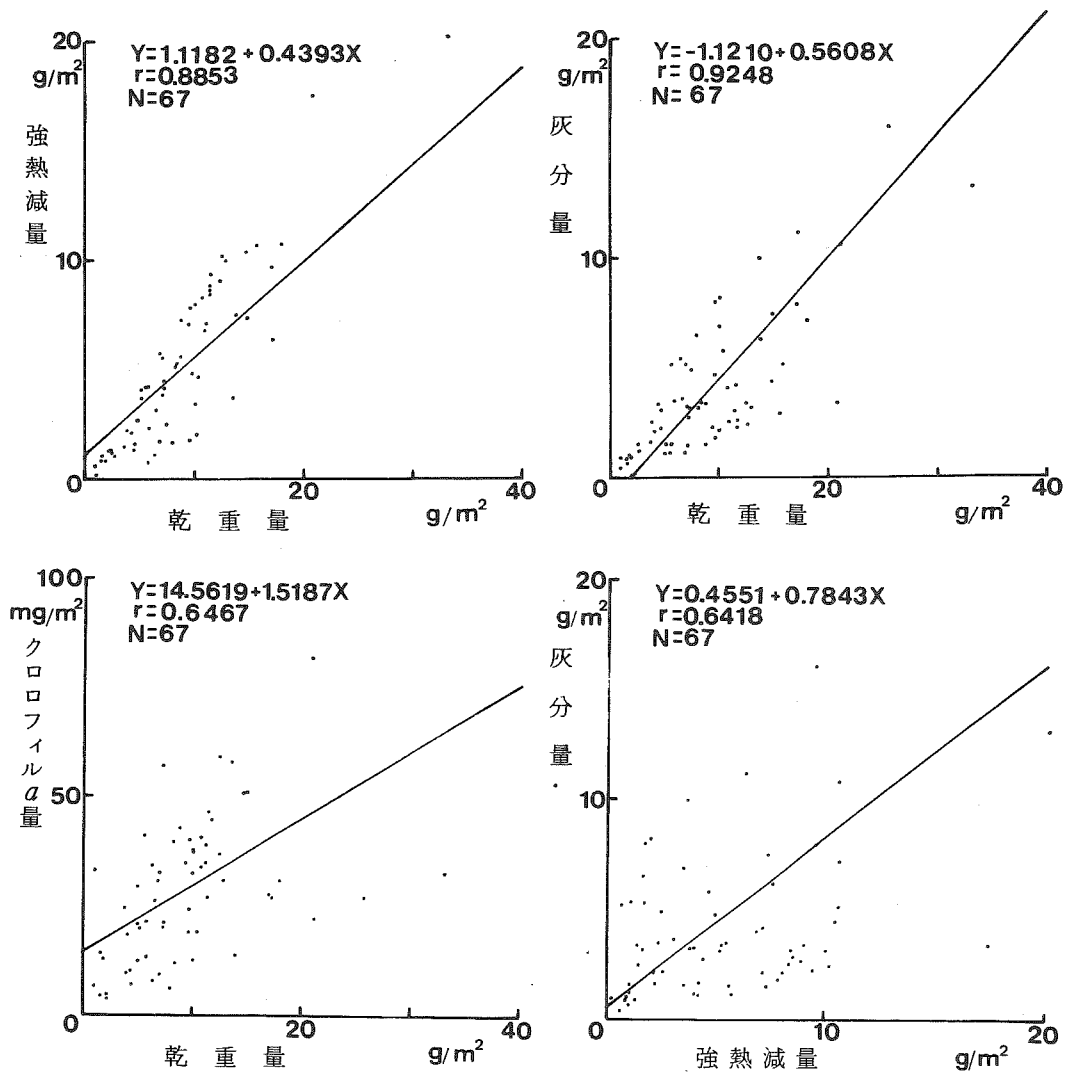


図8-2 現存量相関

6月3~4日, 8月5~6日, 8月18~19日には両項目で増殖したが, 8月27~28日のクロロフィル a 量, 9月16~17日では両項目共に減少した。直接法では, 強熱減量で $-3.3\sim 0.9\text{ g/m}^2/\text{day}$, その増殖率は $-75.0\sim 52.6\%/ \text{day}$, クロロフィル a 量で $-39.3\sim 75.1\text{ mg/m}^2/\text{day}$, その増殖率は $-68.8\sim 147.5\%/ \text{day}$ であり, 6月3~4日, 8月5~6日でクロロフィル a 量の増殖率が強熱減量のそれよりも約2倍となった。

透析用セルロースチューブを用いた半透膜による増殖量調査法は, 海洋の植物プランクトンの群成長(主に赤潮の群成長)^{5, 6, 7)}に用いられている。また, 海産付着藻類でも調査例がある^{8, 9)}。これらの調査例では, 半透膜中に封入した藻類の細胞数を計数し増殖速度を求めている。しかし, 今回は直接法と比較検討するため, 半透膜中に封入した藻類の強熱減量, クロロフィル a 量の変化を求めた。その結果を, 図9, 図10に, 直接法での結果と共に示した。増殖率でみると8月27~28日のクロロフィル a 量を除いて, 半透膜法が低くなった。これは, 付着藻類を付着

基盤からかき落として封入したための影響と思われる。9月16～17日には、直接法、半透膜法共に負の値となった。これは、直接法では人工基物に均一に藻類が付着していなかったため、半透膜法では前述の理由によるものと考えられる。

直接法と半透膜法とを比較検討したが、今年は調査が3回と少なく、また、両方法共に負の値が出ていることから、その優劣は論じられないが、半透膜法の場合、付着藻類を基盤から剝離しないで行う方法、また、その増殖量については細胞の計数が必要と思われる、来年以降も比較検討が必要であろう。

St. 2の早瀬に人工基物を8月18日に設置し、その後現存量調査を実施したが、その値は設置した日からの積算増殖量である。図11には、その

変化量を示した。8月18～27日の9日間での増殖量、1日あたりの増殖量は強熱減量でそれぞれ 0.6 g/m^2 , $0.0667 \text{ g/m}^2/\text{day}$, クロロフィル a 量で 33.3 mg/m^2 , $3.7 \text{ mg/m}^2/\text{day}$, 8月18～9月16日の29日間では、それぞれ 4.4 g/m^2 , $0.1517 \text{ g/m}^2/\text{day}$, 57.1 mg/m^2 , $1.9690 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ となった。また、8月28日の測定後人工基物をきれいに洗浄後、同様に設置したものでは19日間ですべて 2.2 g/m^2 , $0.1158 \text{ g/m}^2/\text{day}$, 25.1 mg/m^2 , $1.3210 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ となった。これらの値は、アユによる捕食圧も加味した総増殖量とみなすことができる。一般に藻類の増殖量はロジスティックカーブを描くことが知られており、1日当りの増殖量の経過日数による差は、この要

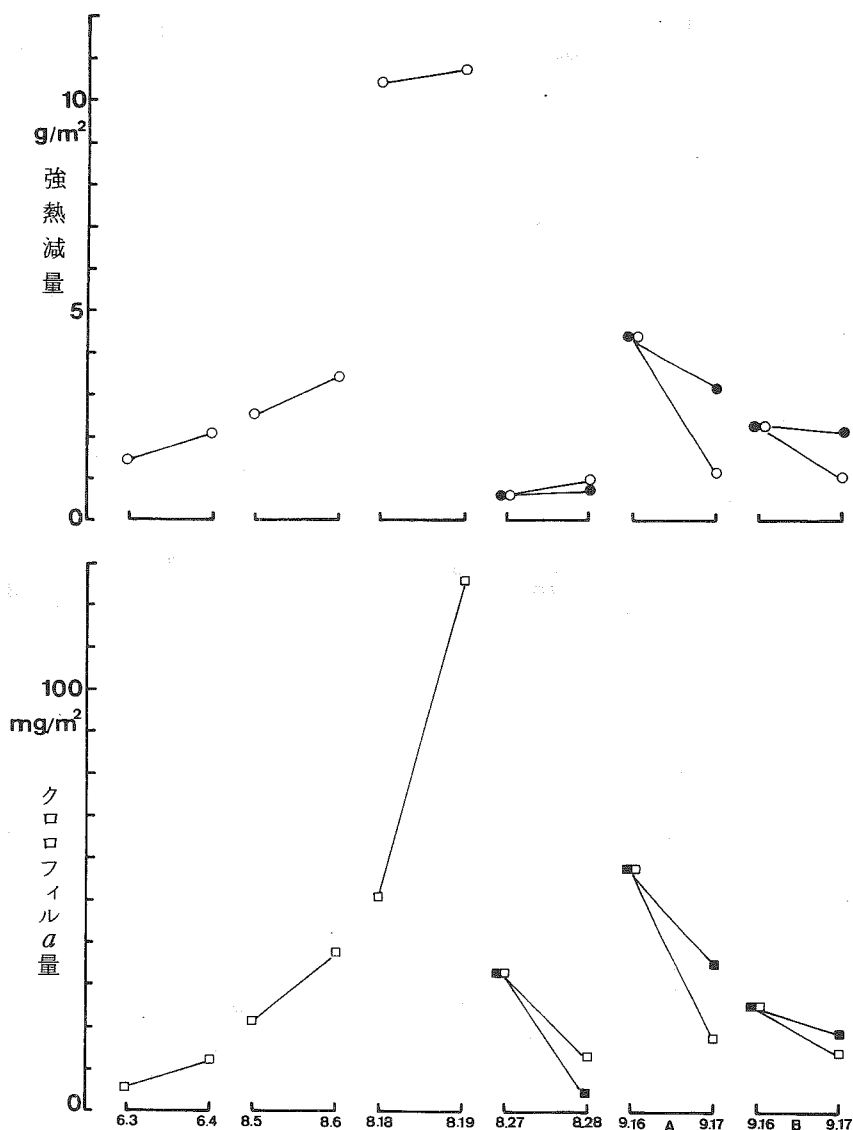


図9 1日あたりの増殖量

白：直接法 黒：半透膜法
A：人工基物 8.18-9.16
B：人工基物 8.28-9.16

因も無視できないことを示唆しているものと思われる。また、同時期の24時間での増殖量と比較すると、強熱減量で直接法の約1/2以下であった。

藻類種類組成

付着藻類の分類群組成と優占種を、表4に示した。各調査回、St.共に藍藻類が多く、珪藻類がそれに次ぎ、緑藻類は少なかった。優占種は、4月14日から7月3～4日までは*Chroococcus*属、7月22日以降は*Homoeothrix*属のことが多かった。

増殖量調査時の藻類種類組成を表5に示したが、1日目と2日目の差はあまりなかった。また、直接法と半透膜法でも大差なかった。

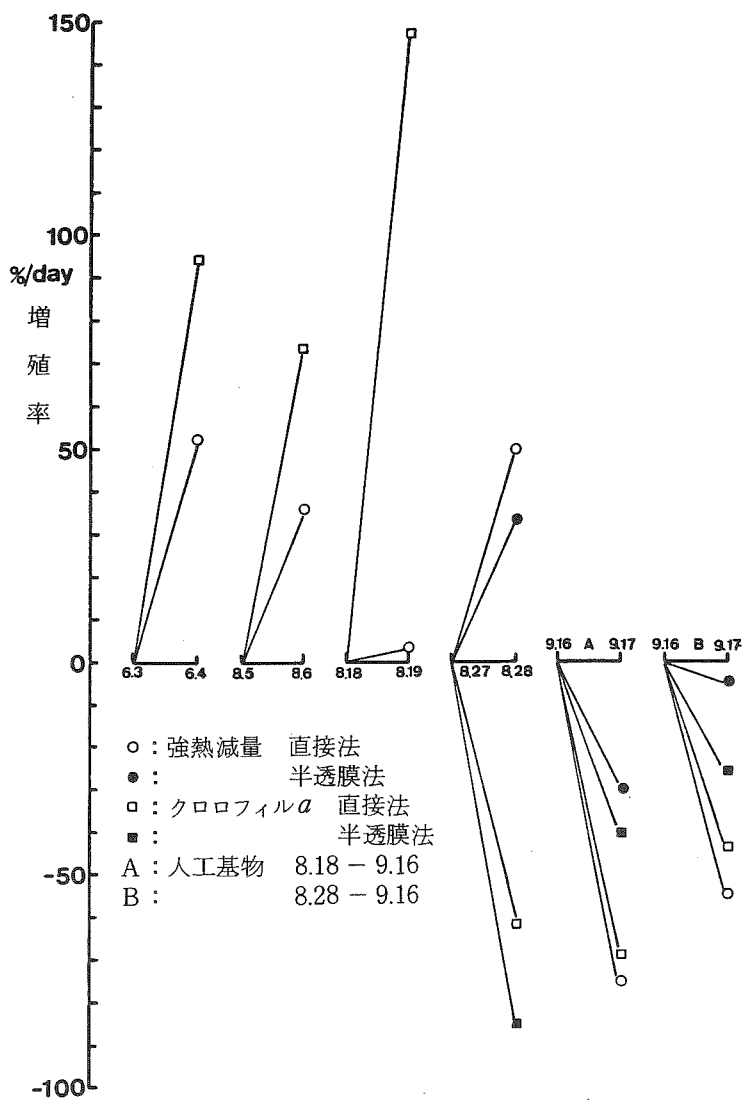


図10 1日あたりの増殖率

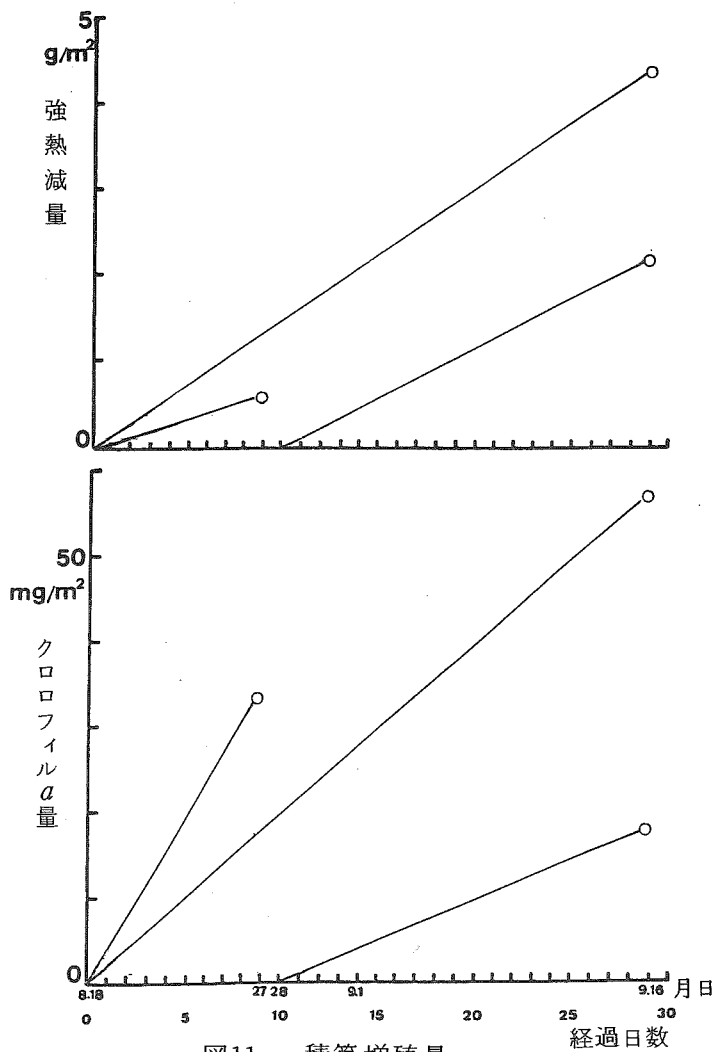


図11 積算増殖量

表4. 藻類種類組成

年月日	st.	早. 平別	藍藻類	珪藻類	綠藻類	優占種
1987	1	早 平		欠	測	
4. 14	2	早 平	CC		CC	<i>Chroococcus</i> SPP.
		早 平	CC		CC	"
	3	早 平	CC		CC	"
5. 8	1	早 平	CC		rr	"
		早 平	CC		C	<i>Homoeothrix</i> SPP.
	2	早 平	CC		C	<i>Chroococcus</i> SPP.
5. 21		早 平	CC		CC	<i>Cymbella</i> SPP.
	3	早 平	C		CC	"
		早 平	C		CC	"
6. 3	1	早 平	CC		rr	<i>Homoeothrix</i> SPP.
		早 平	CC		r	"
	2	早 平	CC		r	<i>Chroococcus</i> SPP.
6. 4		早 平	CC		r	"
	3	早 平		欠	測	
		早 平	CC		r	<i>Chroococcus</i> SPP.
6. 22	1	早 平	CC		r	"
		早 平	CC		r	"
	2	早 平	CC		rr	"
7. 9		早 平	CC		rr	"
	1	早 平	CC		rr	"
	2	早 平	CC		r	"
8. 5		早 平	CC		rr	"
	1	早 平	CC		r	"
	2	早 平	CC		rr	"
8. 18		早 平	CC		rr	"
	1	早 平	CC		rr	"
	2	早 平	CC		rr	"
8. 27		早 平	CC		rr	"
	1	早 平	CC		rr	"
	2	早 平	CC		CC	<i>Navicula</i> SPP.
8. 28		早 平	CC		rr	<i>Homoeothrix</i> SPP.
	3	早 平	CC		rr	"
		早 平	CC		rr	"
9. 16	1	早 平	CC		rr	"
		早 平	CC		rr	"
	2	早 平	CC		CC	"
9. 17		早 平	CC		rr	"
	3	早 平	CC		rr	"
		早 平	CC		rr	"
10. 1	1	早 平	CC		rr	"
		早 平	CC		rr	"
	2	早 平	CC		CC	"
10. 1		早 平	CC		rr	"
	3	早 平	CC		rr	"
		早 平	CC		rr	"

CC : 45%以上, C : 30% + : 15% r : 8% rr : 2%以下

藻類生産速度 生産速度は7回測定したが、総生産速度で51.0493~120.6302 O₂mg/m²/h, 平均77.9415 O₂mg/m²/h, 9.7038~638.1944 O₂mg/g/h, 平均156.0833 O₂mg/g/hであり、変動が大きかった。

表5 増殖量調査時の藻類種類組成

年月日	方法	藍藻類	珪藻類	緑藻類	優占種
1987					
6.3		CC	rr		<i>Chroococcus</i> SPP.
6.4	直	CC	r		"
8.5		CC	rr		<i>Homoeothrix</i> SPP.
8.6	直	CC	rr		"
8.18		CC	rr		"
8.19	直	CC	rr		"
8.27		CC	CC		<i>Navicula</i> SPP.
8.28	直	C	CC		"
8.28	半	CC	CC		"
※1					
9.16		CC	CC		"
9.17	直	C	CC		"
9.17	半	CC	CC		"
※2					
9.16		CC	CC		"
9.17	直	CC	CC		"
9.17	半		欠	測	"

直：直接法, 半：半透膜法

※1：人工基物 8.18-9.16 ※2：人工基物 8.28-9.16

CC：45%以上, C：30%, +：15%, r：8%, rr：2%以下

アユの成長 今年は濁水が長期化し、アユの成長に悪影響を及ぼしたと思われる。表6にSt.2での8月19日、28日の友釣りでの採捕結果を示した。体長で157.6±6.8mm, 155.8±18.0mm, 体重で61.6±8.6g, 57.4±32.2g, 肥満度で15.6, 15.1であった。

表6 アユ採捕結果

採 捕 月 日	8.19	8.28
漁 獲 方 法	友 釣	友 釣
採捕場所の河川型	早瀬, 平瀬	早瀬, 平瀬
なわばり, 群れの別	なわばり	なわばり
由 来	—	—
採 捕 尾 数 (尾)	8	8
全 長(mm±SD)	190.8±7.1	187.4±21.1
体 長(mm±SD)	157.6±6.8	155.8±18.0
体 重(g±SD)	61.6±8.6	57.4±32.2
肥 満 度	15.6	15.1
日 間 成 長 率 (%)	—	—

文 献

- 1) 大分県内水面漁業試験場：昭和61年度地域重要新技術開発促進事業報告書, 4-6 (1987) .
- 2) 日本気象協会和歌山県支部：和歌山県気象月報, 昭和62年4～10月 (1987) .
- 3) 群馬県水産試験場：アユの放流研究, 全国湖沼河川養殖研究会アユ放流研究部会編, 17-24 (1986) .
- 4) 辻村明夫, 中西一：昭和61年度和歌山県内水面漁業センター事業報告, 34-36 (1988) .
- 5) 飯塚昭二：文部省特定研究 (1) 海洋環境保全の基礎的研究, 14-19 (1978) .
- 6) 飯塚昭二, 平山和次：赤潮に関する近年の知見と研究の問題点(赤潮研究会編集委員会編), 日本水産資源保護協会, 東京, 1980, pp. 74-81.
- 7) 飯塚昭二：赤潮の科学(岡市友利編), 恒星社厚生閣, 東京, 1987, pp. 91-123.
- 8) N. TANAKA : *Nippon Suisan Gakkaishi*, **51**, 745-748 (1985) .
- 9) 田中信彦：養殖研究報告, 7, 83-90 (1985) .