

# アユ産卵場造成とその効果に関する研究—I

中西 一，藤井久之，辻村明夫，見奈美輝彦

和歌山県では、近年アユ資源（海産稚アユ，河川そ上アユ）の減少が著しく，その対策として昭和62年度よりアユ産卵場造成事業が主要河川において実施されている。造成された産卵場では，産着卵も多数認められるなど効果もあがっているが，造成は過去の経験的知見にもとづいて行われることが多い。

そこで，アユの再生産を促進するため，河川の実態に適応した産卵場の選択，造成・管理の方法および効果等について調査を実施したのでその結果を報告する。報告に先だち，調査にご協力いただいた日高川漁業協同組合，同アユ種苗センターの方々に御礼申し上げます。

## 方 法

### 1. 調査河川

調査は日高川において行い，概要を図1に示した。日高川は，県の中央部を流れ紀伊水道に注ぐ流程約115kmの県下最大の2級河川である。生息する魚類は，ウナギ・アマゴ・アユ・ウグイ・オイカワ・コイ等であり，他にはモクズガニ・テナガエビ・スジエビ類等の甲殻類が生息している。

1985～89年(5ケ年)では，漁獲量は137～281t(平均210t，以下同じ)で，そのうちアユは131～261t(195t)と，漁獲量の約91～96%(93%)を占めている。アユの漁獲量は県全体の約21～41%(30%)を占め，日高川は県下有数のアユの好漁場である。また，アユの放流量は5.0～11.1t(8.3

t)で，県全体の約14～28%(20%)となっている。

### 2. 産卵場の造成・管理

日高川にはアユの産卵場は河口からほぼ12kmまでのところに7ヶ所あり，造成はそのう

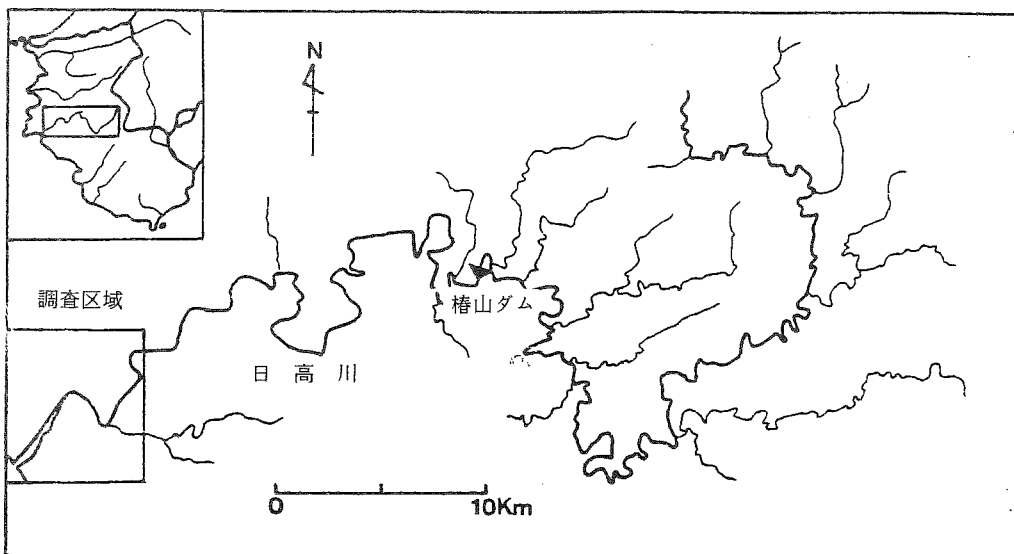


図1 調査河川の概要

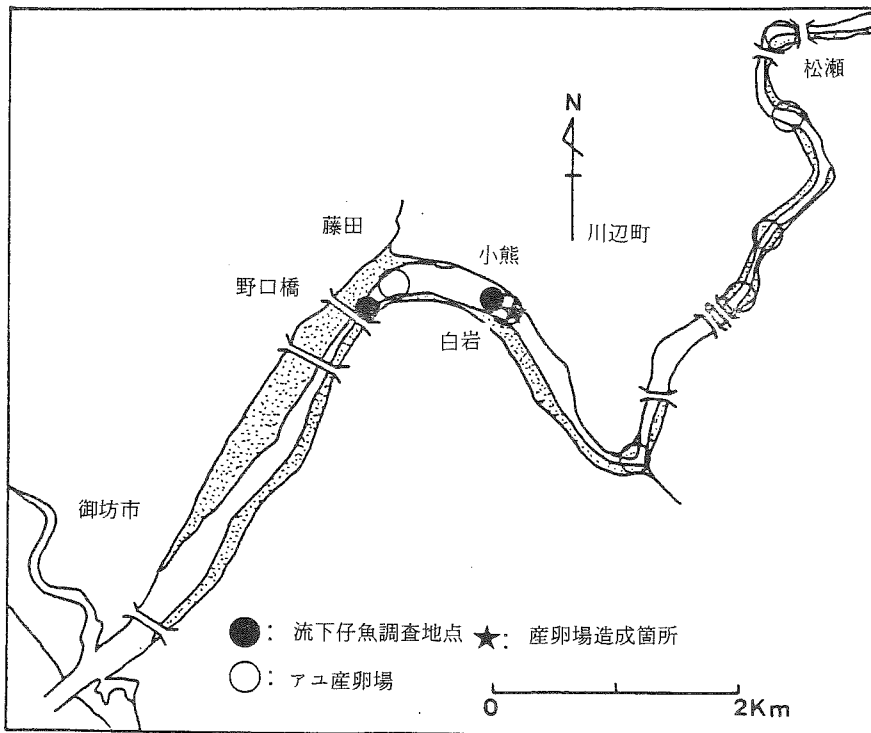


図2 調査区域の概要

この白岩地点（日高郡川辺町小熊地先）で実施された。この地点は河口から約5km上流にあり、下流より数えて2番目の産卵場で、川幅約80m、河床型B b～B c型である。調査区域の概要を図2に示した。ここは近年河床が変化し岩が露出してきたため、産卵場を補完・拡大することも含めて造成が行われた。

造成は当初、1990年10月初めに実施する計画であったが、相次ぐ台風来襲により川が増水したため、遅れて10月16

～20日に実施された。

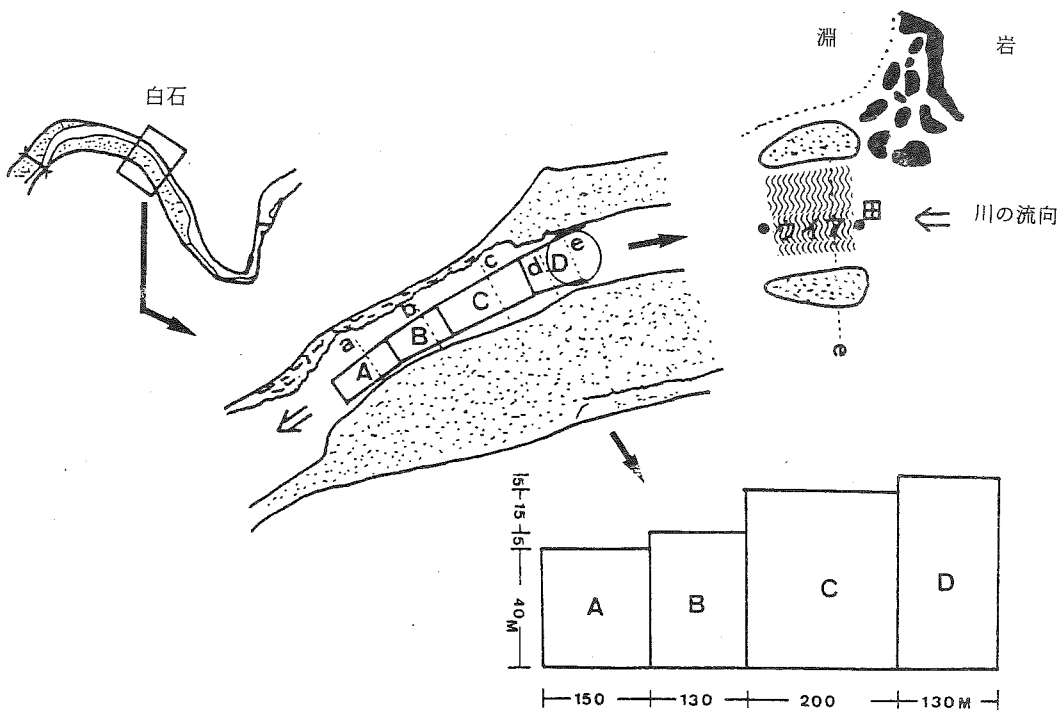


図3 産卵場造成の概要

日高川では産卵場の造成は1987年より行われており、その方法は以下のとおりである。ブルドーザーにより、先ず川の流れに対し横方向に耕運し、次いで流れの状況を勘案しつつ縦方向（上流→下流）に耕運する。水深は30～50cmとし、ところどころ白波が立つようにする。造成の概要を図3に示し

た。今回もその方法でD→A区の順に実施した。造成面積は合計32,300㎡であり、産卵場造成に要した経費は450千円、造成面積1㎡当りの単価は13.9円である。造成された産卵場の形態等について、10月16日～26日に調査を実施した。底質の粒度組成は、粒度試験（JIS A 1204<sup>1)</sup>によるふるい選こう法）により求めた。

### 3. 産卵状況

産着卵が認められた区域で10月～翌年1月まで、1～2週間間隔で調査を実施した。

#### (1) 産卵場の環境

水温:水銀棒状温度計により測定。pH:ガラス電極式pHメーターにより測定。水深:e測線(図3)に沿って、左岸に設けた基点杭より5m毎にものさしで測定。流速:プライス流速計により測定。底質の粒度組成:産着卵測定に用いた砂礫の1/2量について測定。卵付着砂礫径:卵が付着して

いる砂礫20個を無作為に抽出し、その長径をノギスで測定。

また、11月29日に産着卵存在区域を5×5m毎のメッシュに区切り、各メッシュの水深・流速を詳細に調査(精密調査)。

#### (2) 産卵状況

産着卵存在面積:産着卵が認められた区域を平面測量。

産着卵数:産着卵が認められた区域内に3定点(上流からア、イ、ウとする)を設け、ジョレン(22×23cm,上部を金網で覆い砂礫がこぼれないようにしたもの)を用いて砂礫を採取し10%ホルマリンで固定保存し、砂礫に付着している卵を計数。

#### (3) 産卵場造成効果測定手法の検討

11月29日に産着卵存在区域の直上流(未造成区域)に、図4に示した試験区(6×6m、3×3mの河床を耕耘した処理区と未耕耘の対照区を設定)を設け、産着卵数・環境条件(水深・流速・底質の粒度)を測定した。また、アユは、付着物(土粒子、付着藻類等)がついた石が多い場所では産卵しないことが経験的に知られているので、付着藻類の現存量を指標として、造成された産卵場が有効に機能する期間を判定できるかどうかを検討した。未造成区域1地点と造成区域2地点(表面が白い石と黒い石の地点)において、石に付着した藻類の沈澱量・湿重量・乾重量・強熱減量を測定した。

### 4. 仔魚の流下状況

流下仔魚調査は、図2に示した野口橋直上流および白岩(産卵場造成地点)で実施した。野口橋地点は最下流の産卵場の直下流に位置し、感潮域の最上流部(河口から約3.8km上流)にあたる。

調査は10月～翌年1月まで、計9回実施した。このうち12月の2回(13～14日、25～26日)は、産卵場造成効果を検討するため産卵場所(D区)の直上流と直下流で同時に行い、その他は野口橋

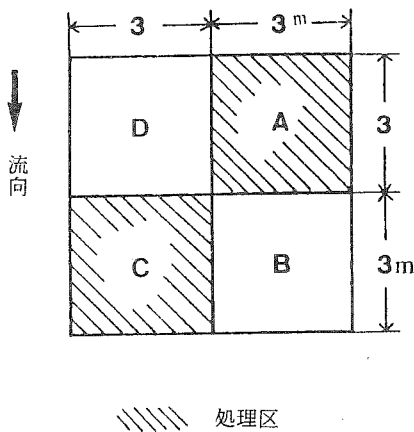


図4 造成効果測定試験区

地点で実施した。調査時間帯は、11月20～21日は12時から翌日の12時まで（24時間調査）、その他は16時から翌日10時までとし2時間毎に行った。

流下仔魚の採集は、流心1箇所においてネット（口径60cm，側長150cm，網地GG54，濾水計取り付け）により，各回5分間行った。採集した仔魚は5%ホルマリンで直ちに固定し分析に供した。調査地点での流量の把握は，各回断面測量を行い，仔魚採集時に断面内3箇所で水位と流速を測定した。流下仔魚数の算出は，滋賀県水産試験場の方法<sup>2)</sup>に準じて行い，24時間調査の引き延ばし係数を用いて1日当たりの流下仔魚数を算出し，さらにそれを基に調査日以外の流下仔魚数を求めた。また，産卵場造成効果は，造成箇所の下流地点の仔魚数から上流地点のそれを差し引いた値がそこでふ化した仔魚数に当たるとした。

## 結果および考察

### 1. 産卵場の造成・管理

a～eの各測線における断面測量（10月19，16日実施）は，左岸に基点を設けて行ったが，両日とも流量が多く右岸に到達できない測線もあった。底質はa測線が岩からコブルに変化し，b～e測線では一部を除いてアユの産卵に最適な粗礫以下の大きさの石になった。水深と流速をみると（付図1），水深は両日とも増水状態であったためか，産卵場としてはやや深い50cm以上のこともあった。流速は10～120cm/s（19日），10～160cm/s（26日）とかなり幅があり，アユ産卵場としてはやや早すぎる箇所もあった。

表1に造成箇所の底質の粒度組成を示した。造成を開始した10月16日は，最大粒径85.8～162.3mm，通過質量60%相当粒径33～92mm，30%相当粒径22～62mmと，粒径はアユの産卵場としてはやや大きかった。造成後の26日は，最大粒径61.4～102.0mm，通過質量60%相当粒径21～22mm，30%相当粒径12～14mmと，アユの産卵に適当な大きさとなった。なお，造成地点はアユ産卵親魚および産卵場保護のため，毎年10月11日～11月15日まで，和歌山県内水面漁業調整規則により禁漁区域に

表1 造成箇所の底質の粒度組成

年.月.日	St.	最大粒径 (mm)	60%粒径 (mm)	50%粒径 (mm)	30%粒径 (mm)	10%粒径 (mm)
1990.10.16	a	94.8	66	60	51	29
	b	153.0	92	80	62	40
	c	162.3	85	72	52	14
	d	85.8	33	28	22	12
	e	72.5	18	14	8	3
1990.10.26	c	61.4	22	19	14	8
	d	83.9	21	19	14	8
	e	102.0	21	17	12	4

指定されている。

### 2. 産卵状況

造成された産卵場（A～D区）のうちで産着卵が認められたのは，D区の上流端付近のみであった。

(1) 産卵場の環境

e 測線における水深と流速をみると (付図2), 水深は10月19日は造成中のため75cmであったが, 造成後は概ね40cm以浅であった。流速は左岸側で強く右岸側にゆくにしたがって弱くなる傾向にあり, 降雨による増水等により変動したが概ね100cm/s以下であった。アユの産卵場は河川

表2 産卵場所の環境

年. 月. 日	St.	水温 (°C)	pH	水深 (cm)	流速 (cm/s)
1990.10.24	ア	18.7			
26	ア	18.0		20	115
	イ			25	95
	ウ			32	70
11.2	ア	17.6		18	75
	イ			22	55
	ウ			30	100
9	ア	16.1		20	100
	イ			25	70
	ウ			33	70
21	ア	14.9		20	125
	イ			35	105
	ウ			35	100
29	ア	14.9	7.1	22	100
	イ			27	50
	ウ			28	65
12.6	ア	12.2	7.8	18	75
	イ			17	100
	ウ			22	85
14	ア	10.7	7.4	23	75
	イ			20	75
	ウ			24	100
26	ア	9.2	7.6	18	75
	イ			25	80
	ウ			25	85
1991.1.11	ア	7.6	7.8		

の合流点・湾曲部・河中構築物 (橋等) の周囲に多く<sup>3)</sup>, 地形的にみると深瀬型と浅瀬型に大別され, さらに後者は本流型と支流型に区別できる<sup>4)</sup>。浅瀬本流型は水深30~60cm・表面流速60~120cm/sのところが多いとされており<sup>4)</sup>, 造成箇所は調査結果からそれにほぼ当てはまる。産卵場所の環境を表2に示した。水温は10月末は18℃台であったが徐々に低下し, 11月末には14℃台, 12月末には9℃台, 1月には7℃台となり, 調査終了時には産卵適温<sup>5)</sup>よりも低い値となった。pHは7.1~7.8であった。

産卵場所の底質の粒度組成を表3に示した。多少の変動はあるものの, 最大粒径66.6~109.8mm, 通過質量60%相当粒径21~50mm, 30%相当粒径12~32mmで, 他の河川での調査結果<sup>6-8)</sup>と比較してやや大きかった。表4に産着卵が付着した砂礫の長径を示した。最大は

8.3~85.6mm, 最小は2.5~10.4mm, 平均は8.0~28.9mmであり, また20mm未満の砂礫の割合は35~100% (平均74%) となっている。アユは大きい石の下手などの小さな砂礫が多数動きやすい状態のあるところで産卵するためであると考えられ<sup>9)</sup>, 今回の結果も同様である。アユ産卵場適地の重要条件として, 白石ら<sup>9)</sup>は掃流力が働く限界付近の流速と砂礫の大きさの相互関係によって現出される微環境を, また石田<sup>3,4)</sup>は周囲から際だった水の動きと河床の浮き石状態をあげている。造成

箇所では調査終了時まで浮き石状態が維持されており、例年になく好条件であったと判断される。これは、季節の深まりと共に例年河川流量は減少傾向にあるが、今年台風による降雨量が多く、その結果河川流量もそれ程減少しなかったことも一因と考えられる。

表3 産卵場所の底質の粒度組成

年 . 月 . 日	St.	最大粒径 (mm)	60%粒径 (mm)	50%粒径 (mm)	30%粒径 (mm)	10%粒径 (mm)
1990.10.26	eア	102.0	21	17	12	4
11.2	eア	79.7	34	27	17	6
9	eア	108.8	48	43	32	14
21	eア	109.8	47	38	23	10
29	eア	101.3	40	34	22	10
12.6	eア	66.6	21	20	14	6
14	eア	88.1	50	42	27	9
26	eア	88.1	27	23	16	8

表4 産着卵付着砂礫の長径

年 . 月 . 日	St.	最大 (mm)	最小 (mm)	平 径 (mm)	20mm未満の 割合(%)	10mm未満の 割合(%)
1990.10.24	ア	42.6	4.9	17.9	70	15
26	ア	40.4	5.1	20.8	50	5
	イ	46.2	5.0	18.0	75	30
	ウ	27.1	5.7	12.1	85	40
11.2	ア	73.0	7.2	15.8	85	10
	イ	67.1	9.9	28.9	35	5
	ウ	70.1	9.7	27.4	60	5
9	ア	74.9	6.3	24.9	55	10
	イ	30.2	2.5	10.2	90	65
	ウ	81.7	4.2	20.9	70	45
21	ア	50.8	6.5	15.7	75	35
	イ	41.3	4.4	17.4	60	35
	ウ	42.3	9.2	19.5	70	35
29	ア	85.6	6.3	14.0	90	55
	イ	66.5	3.8	14.4	85	45
	ウ	46.1	3.8	14.2	80	50
12.6	ア	21.4	4.2	10.7	95	55
	イ	73.4	10.4	25.2	55	0
	ウ	21.1	3.7	9.0	95	65
14	ア					
	イ	8.3	7.6	8.0	100	100
	ウ	74.6	3.1	15.6	75	65

表5 産着卵の状況

年. 月 .日	St.			産着卵存在 面積(m <sup>2</sup> )
	ア	イ	ウ	
1990.10.24	48,893(89)*			100
26	22,648(95)	10,316(86)	7,905(100)	665
11.2	187,035(96)	20,103(90)	29,683(91)	630
9	63,557(95)	256,917(91)	14,347(85)	660
21	25,256(86)	89,486(85)	50,988(89)	745
29	14,782(95)	3,873(91)	29,683(96)	745
12.6	9,565(96)	6,873(96)	43,320(98)	745
14	0(0)	118(96)	7,035(94)	
26	0(0)	0(0)	0(0)	
1991.1.11	0(0)	0(0)	0(0)	

\* 1m<sup>2</sup>当たりの卵数 ( ):有効卵数(%)

精密調査における水深と流速の状況を見ると(付図3),水深は2~48cmで左岸側で深く右岸側で浅く,産着卵は水深8~40cmのところと存在した。流速は左岸側で早く右岸側では遅く,産着卵は流速25~100cm/sのところと存在した。この値は前述の浅瀬本流型の値に比べると共にやや小さいが,これは調査時期が11月末とやや遅く,例年に比べ流況は好条件を保っていたもののそれでもやや減水状態にあったためと考えられる。左岸側の岸よりの部分は,水深がやや深く流速も早かったためか産着卵は認められなかった。

## (2) 産着卵の状況

表5に産卵状況を示した。産着卵は造成後4日目の10月24日にア付近の約100m<sup>2</sup>の範囲で初めて確認され,卵数(1m<sup>2</sup>当り,以下同じ)は約4.9万粒であった。産着卵は以後12月14日まで,630~745m<sup>2</sup>の範囲でみられた。卵数は12月6日までは約0.4~25.7万粒であり,12月14日は0.01~0.7万粒と少なかった。産着卵数は同時期でも場所により大きく異なっているが,これはアユの産着卵がパッチ状に偏在するためであると考えられる。なお,採取した卵のうちで正常な卵の割合(有効卵率)は,85~100%であった。産着卵の卵径の推移(付図4)は,平均卵径は1.05mm以上のことが多い。

産着卵数・産着卵存在面積の推移から見て,アユの産卵は産卵場造成直後から始まり,11月上旬~中旬にピークとなり,12月上旬以降終息に向かったものと考えられる。

## (3) 産卵場造成効果測定手法の検討

試験区における底質の粒度組成と環境を表6,7に示した。粒径は耕耘を手作業でしたためか,処理区と対照区とではあまり差は生じなかった。水深・流速も同様であった。産着卵は調査時が11月末と産卵のピークを過ぎており,また,試験区の直下流に大規模な産卵場が造成されていたためか全くみられなかった。有効期間判定のための付着藻類の現存量を表8に示した。造成(白・

黒)と未造成との間では強熱減量に差がみられ、指標として利用できることが示唆された。

表6 試験区の底質の粒度組成

St.	最大粒径 (mm)	60%粒径 (mm)	50%粒径 (mm)	30%粒径 (mm)	10%粒径 (mm)	備考
A	95.6	38	30	15	4	処理区
C	98.3	21	18	14	6	"
B	112.7	38	32	18	7	対照
D	104.5	27	22	14	4	"

表7 試験区の環境、産着卵の状況

項目	St.	月 日				
		11.29	12.6	14	26	1.11
水深 (cm)	A	31	32	25	28	29
	C	27	25	25	25	28
	B	25	25	22	25	24
	D	29	30	29	30	27
流速 (cm/sec)	A	50	55	50	50	45
	C	45	55	45	45	45
	B	50	50	45	45	50
	D	40	45	45	50	45
産着卵	A	—	—	—	—	—
	C	—	—	—	—	—
	B	—	—	—	—	—
	D	—	—	—	—	—

表8 付着藻類の現存量

St.	造成(白)	造成(黒)	未造成
天候	曇り	曇り	曇り
水温	(°C) 14.9	14.9	14.9
水深	(cm) 18	17	32
流速	(cm/s) 75	100	40
pH	7.1	7.1	7.1
採取石数	2	2	2
採取面積	(m <sup>2</sup> ) 0.01	0.01	0.01
沈澱量	(ml/m <sup>2</sup> ) 60	2,640	4,040
湿重量	(g/m <sup>2</sup> ) 2.54	78.92	154.73
乾重量	(g/m <sup>2</sup> ) 0.95	18.52	25.58
強熱減量	(g/m <sup>2</sup> ) 0.83	12.3	18.57
灰分量	(g/m <sup>2</sup> ) 0.12	6.22	7.01

#### 4. 仔魚の流下状況

##### (1) 河川環境

降水量の推移を河口の御坊地域で見ると、降水量は6~8月は少なかったが9月には台風のため豪雨となり、10月以降やや少ないか平年並みで推移した。流量の推移を上流の松瀬地点で見ると、流量は9月の台風により増加して10月10日頃まで増水状態で、その後はほ

ぼ30トン台で推移した。水温の推移を松瀬地点で見ると(日高川アユ種苗センター資料, 付図5), 水温は9月の台風来襲以前は高かったが、その後降雨による影響のためか低下した。

流下仔魚調査時の水温・pHの変化を表9に示した。水温は19°C台より季節の推移と共に下降し、1月は6~7°C台となった。pHは6.9~7.8であった。

##### (2) 流下仔魚数

1日当たりの流下仔魚数の変化を図5に示した。仔魚は10月11~12日は、全く採集されなかった。以後は10月23~24日約200万尾, 11月1~2日約480万尾, 8~9日約3,140万尾, 20~21日約1,910万尾, 12月5~6日約1,300万尾, 13~14日約350万尾, 25~26日約230万尾, 1月10~11日約160万尾であった。これより、仔魚の流下開始時期は10月中旬, ピークは11月上旬~12月上旬, 終了時期は1月中旬以降と考えられる。調査期間中の累計流下仔魚数は、約8.4億尾, また総流下仔魚数は約9~10億尾程度と推定される。



仔魚数が最多である11月8～9日および24時間調査した11月20～21日について経時的变化をみると（付図6），そのパターンは類似しており20時に大きなピークがあり単峰型である。20時にピークがあるということは，アユのふ化時間および日高川での産卵場の位置関係から考え，ふ化仔魚は調査地点よりそれ程遠くないところに多いことを示している。また，仔魚の流下は日中でも多少みられるが，その割合は16時～翌朝10時までの間に比べ2%と小さいものであった。

表9 流下仔魚調査時の水温・pH

年・月・日	水温(°C)	pH	時刻(時)
1990.10.11～12	17.8～19.1	7.0～7.3	16～10
23～24	16.7～18.1	7.1～7.6	16～10
11.1～2	16.0～17.9	7.3～7.6	16～10
8～9	15.9～17.4	7.3～7.5	16～10
20～21	14.6～15.8	7.0～7.6	12～12
12.5～6	10.2～12.3	7.4～7.6	16～10
13～14	10.7～11.7	7.2～7.6	16～10
25～26	8.8～9.4	7.0～7.6	16～10
1991.1.10～11	6.9～7.9	7.5～7.6	16～10

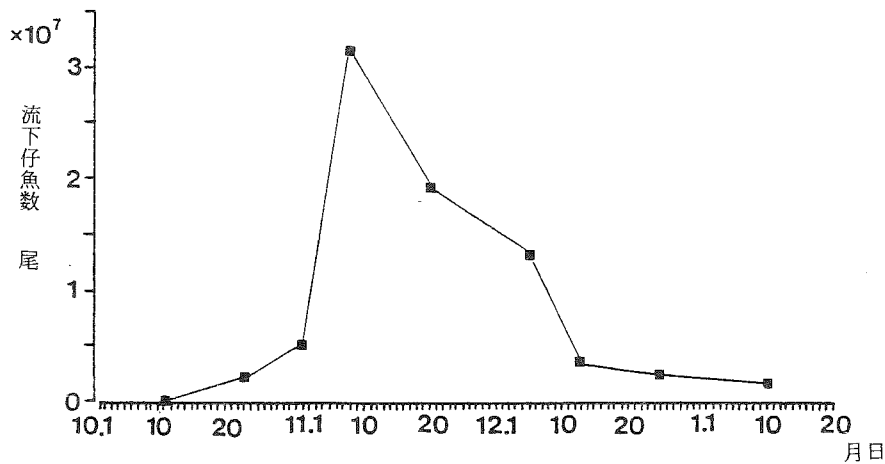


図5 アユ流下仔魚数の推移

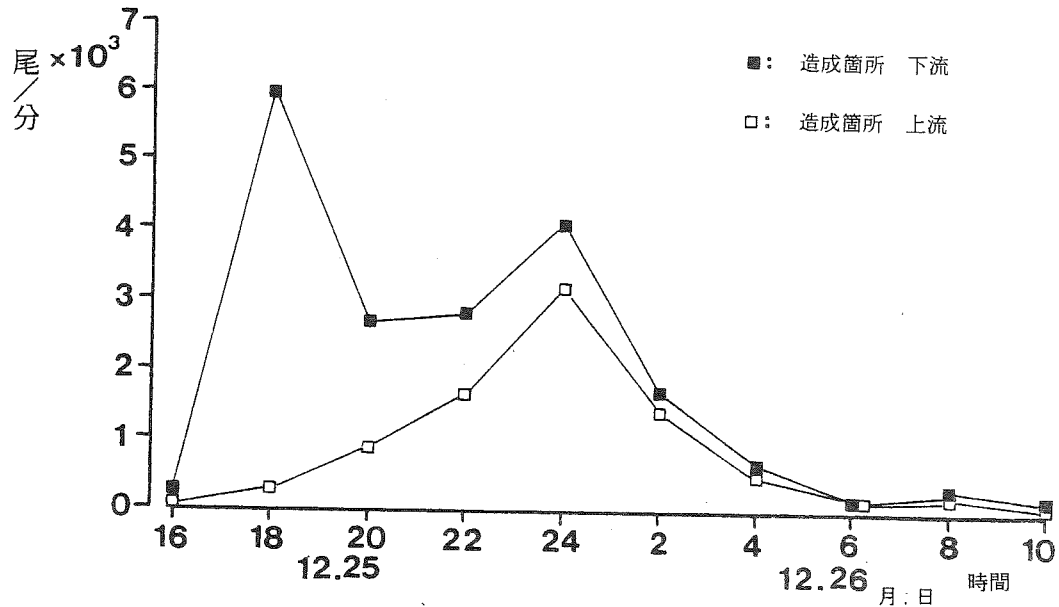
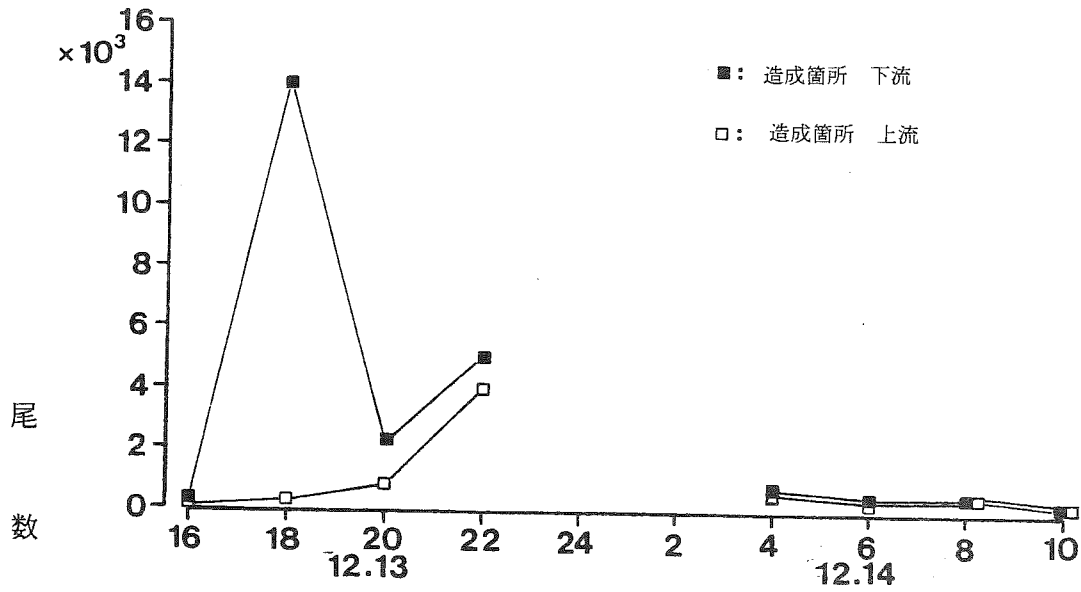


図6 アユ流下仔魚の経時的変化

### (3) 産卵場造成の効果

産卵場所における上流と下流とでの流下仔魚数の変化を図6に示した。両回共上流と下流とでは、流下仔魚数はアユのふ化時間帯に大きな差がみられた。1分間当たりの仔魚数は、13日の18時で上流288尾、下流13,989尾と下流が上流の約48倍、また25日の18時で上流292尾、下流5,959尾と下流が上流の約20倍となり、産卵場造成の効果が認められた。

流下仔魚の経時的変化をみてみると、ピークは下流側ではふ化時間帯にあり、上流側では下流側より数時間遅れるとみられる。これより、下流側の第2のピークは、上流から流下してくる仔魚によることがわかる。流下仔魚数の変動パターンは、造成場所より上流に存在する産卵場の規

模，ふ化仔魚数，調査地点までの距離および流速の関係等により変動するものと考えられるが，いずれにしても基本的にはこのような調査手法で効果測定ができると思われる。

効果測定は今年度は時期的に遅くなって行ったが，今後は調査開始時より実施すれば，より明確な造成効果の測定ができるものと考えられる。

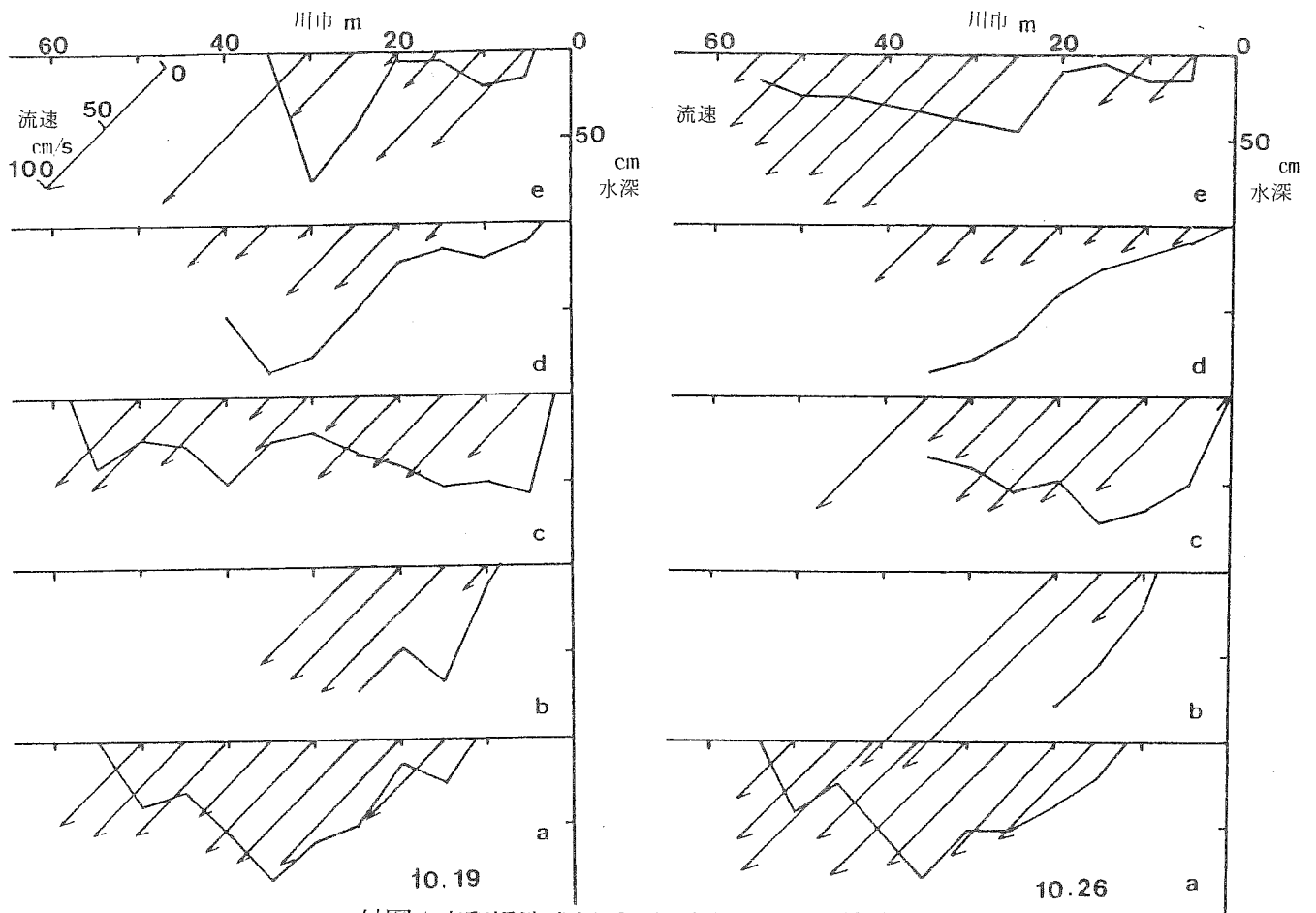
## 要 約

和歌山県の内水面漁業の主要魚種であるアユの再生産を促進するため，日高川において造成された産卵場等についての調査を行った。

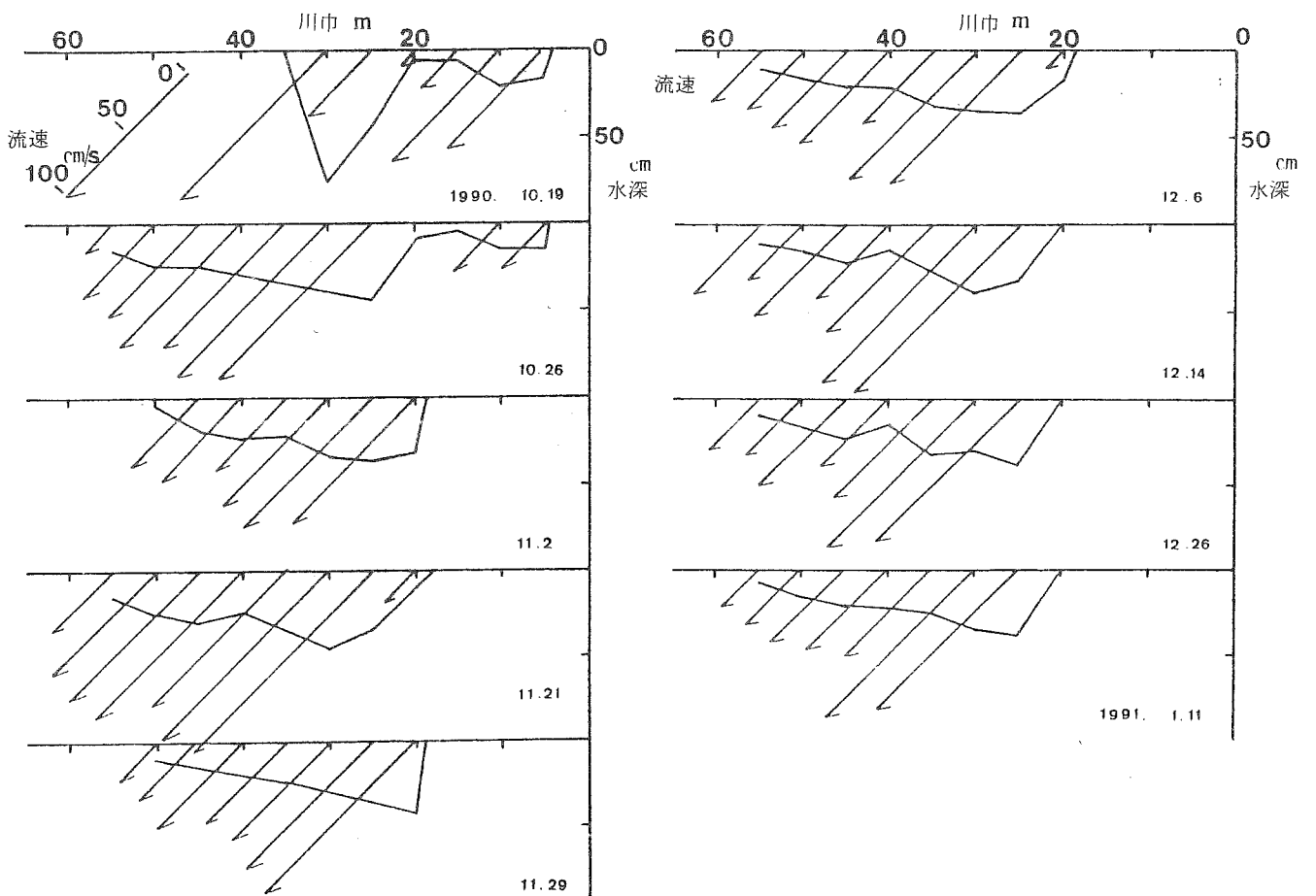
- 1) 造成は1990年10月16～20日白岩地点で，産卵場を補完・拡大するように河床を耕耘し行われた。
- 2) 造成箇所ではアユの産着卵は10月24日にみられ，11月上～中旬にピークとなり，12月上旬以降終息に向かった。
- 3) アユ仔魚の流下開始時期は10月中旬，終了時期は翌年1月中旬以降で，ピークは11月上旬～12月上旬であった。
- 4) 産卵場所の上流と下流とでは，流下仔魚数に20～48倍の差がみられ，産卵場造成の効果が認められた。

## 文 献

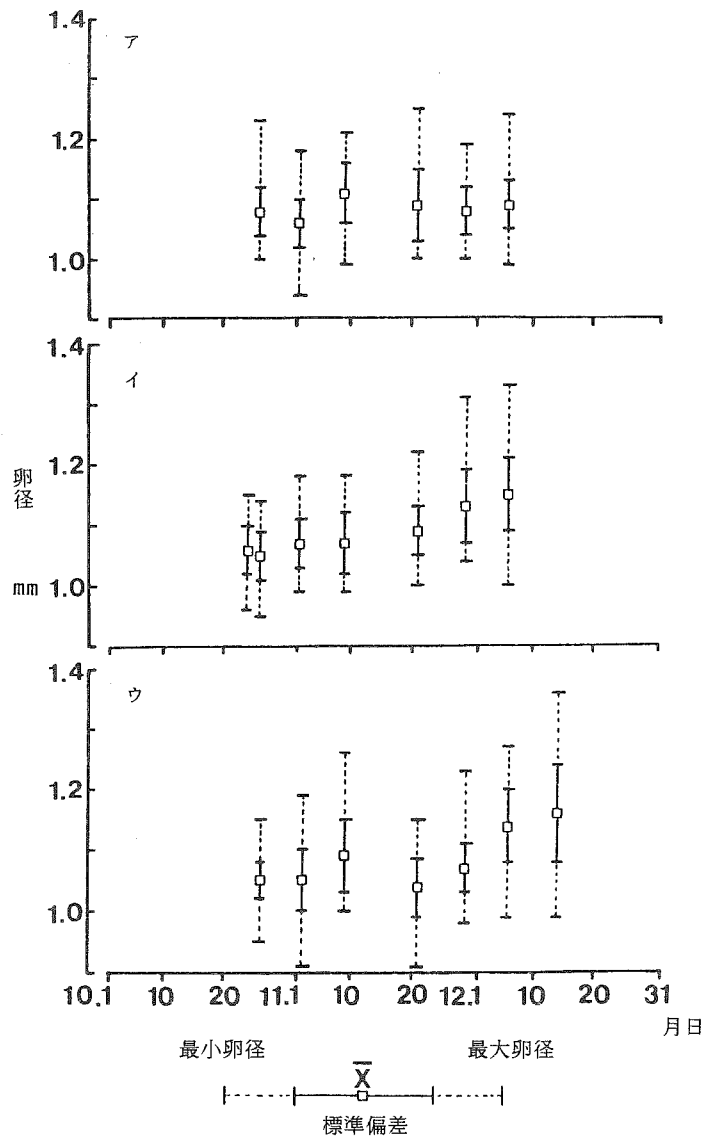
- 1) 日本規格協会:土の粒度試験方法 . J I S A 1204, 1-7 (1980).
- 2) 滋賀県水産試験場:流下仔アユ・卵数の算出方法. 滋賀県水産試験場研究報告, 32, 14-16 (1979).
- 3) 石田力三:アユの産卵生態-IV 産卵水域と産卵場の地形. 日水誌, 30, 478-485 (1964).
- 4) 石田力三:アユの産卵生態-V 産卵場の構造. 淡水区水産研究所研究報告, 17, 7-19 (1967).
- 5) 白石芳一, 鈴木規夫:アユの産卵生態に関する研究. 淡水区水産研究所研究報告, 12, 83-107 (1962).
- 6) 石田力三:アユの産卵生態-II 産卵魚の体型と産卵床の砂礫の大きさ. 日水誌, 27, 1052-1057 (1961).
- 7) 山本正一:酒匂川におけるアユの産卵場調査. 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, 21, 71-79 (1985).
- 8) 延岡市:アユの産卵及び流下仔魚. 昭和56年度五ヶ瀬川水系魚族実態調査報告書, 93-100 (1982).



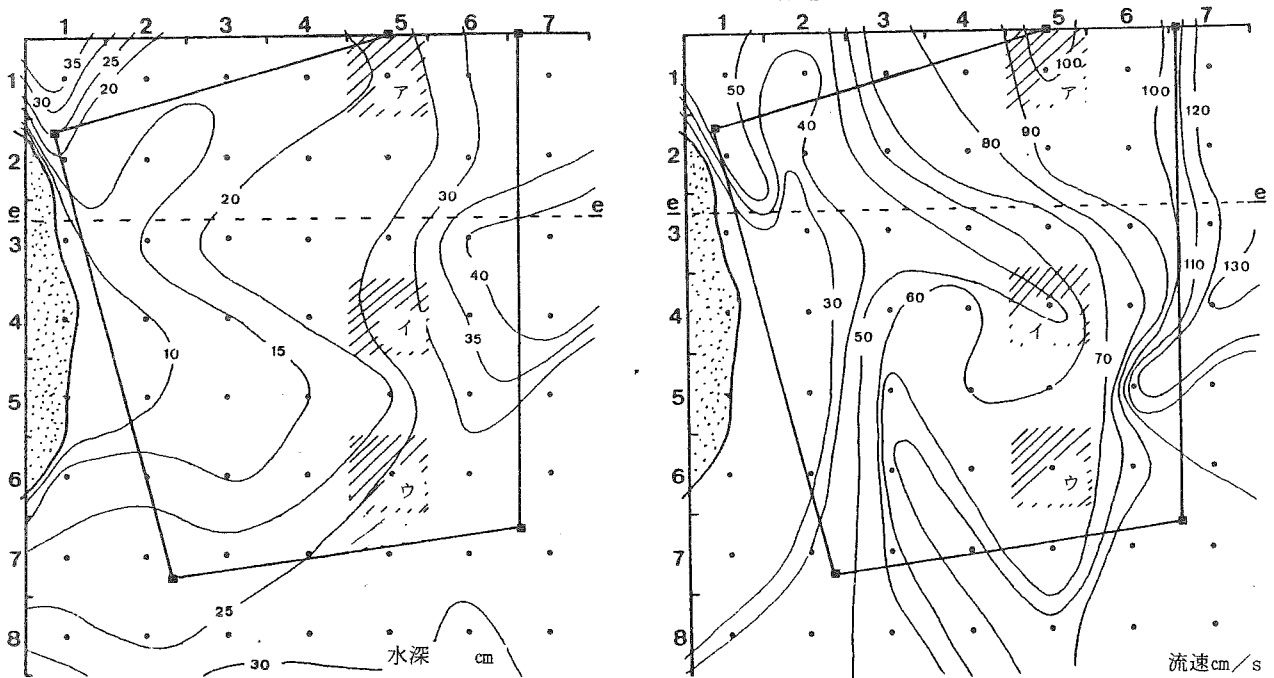
付図1 産卵場造成個所の河床断面および流速



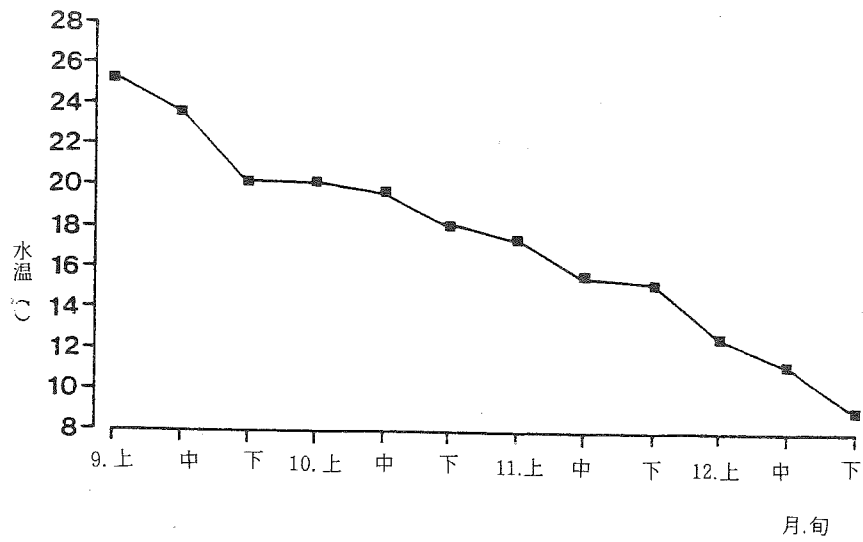
付図2 産着卵付着区域の河床断面および流速



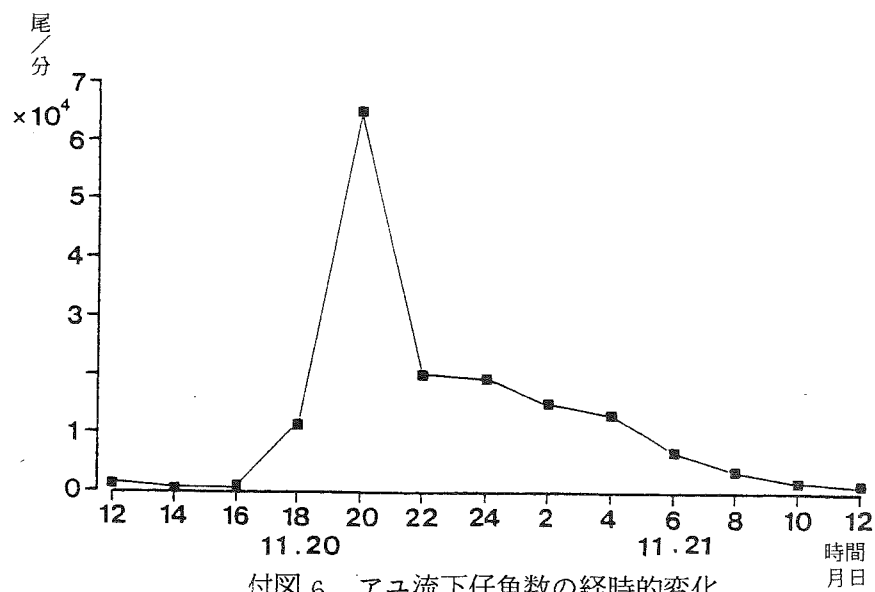
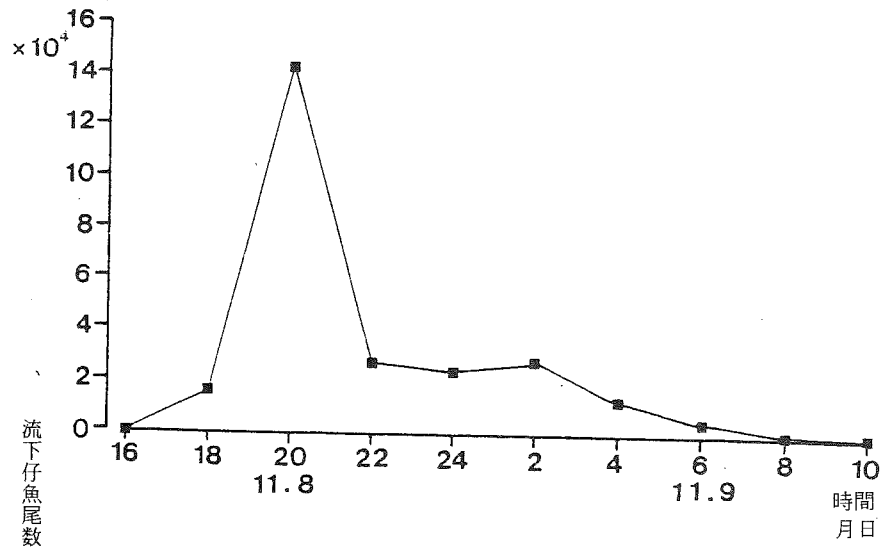
付図4 産着卵の卵径の推移



付図3 精密調査時の水深と流速



付図5 松瀬地区における水温の推移



付図6 アユ流下仔魚数の経時的変化