

## 相模川におけるアユ降下仔魚量の推定

藁宮 敦

Estimation of Abundance of Ayu Larvae during Seaward Drifting at the Sagami River

Atsushi MINOMIYA\*

## 緒 言

アユ *Plecoglossus altivelis altivelis* は、サケ目アユ科に属する両側回遊魚である。秋に河川下流部で産みつけられた卵は、孵化後海に降下する。冬の約6ヵ月間を海で過ごしたアユは春に河川に遡上する<sup>1)</sup>。

本県河川における総漁獲量のうちで、アユの占める割合は約51.2%<sup>2)</sup>と最も高く、アユ資源の維持培養を図ることは、本県内水面水産業の振興にとって重要な課題である。

そのため、種苗放流量の決定などの漁場管理を行うために、翌年の資源量を予測することが漁業者から強く望まれている。資源量予測のための基礎資料として、降海する仔魚の降下量を的確に推定することは、極めて重要と考える。

これまで、アユ仔魚の降下状況<sup>3-11)</sup>や稚アユの遡上状況<sup>8-15)</sup>について多くの調査が行われ、相模川におけるアユ仔魚の降下生態および稚アユの遡上生態が少しずつ解明されてきた。しかし、アユ降下仔魚量と翌年の稚アユ遡上量との相関は高くはなく<sup>10)</sup>、前年のアユ仔魚の降下状況から、翌年のアユ漁況を予測するには至っていない。この原因として、正確な降下量が把握されていないことが考えられるので、本研究では、アユ降下仔魚量の推定の精度を高めるため、相模川において1998年から2002年の5ヵ年間に行った調査結果をもとに、調査方法の検討を行った。

## 調査方法

## 降下仔魚の採集地点

仔魚の採集は、神奈川県中央部に位置する1級河川である相模川の河口から、約6.5km上流の地点(以後「神川橋下流」)において行った(図1)。

## 降下仔魚の採集

仔魚の採集には角型ネット(口径25×60cm、長さ150

cm、NGG38)を1~3個使用した。採集ネットの入り口には濾水計(T・S濾水計 鶴見精機)を取り付け、濾水量を測定した。河川に採集ネットをアンカーにより固定して採集を行った。採集ネットを複数使用した場合は、河川の流心部(右岸寄り)と流れの弱い部分(中心部および左岸寄り)に設置した。1個の時(1999年調査のみ)は流心部にのみ設置した。採集ネットの設置時間は1回につき10から15分間を基本とし、潮汐により流れの弱い時は30分間とした。採集した仔魚は10%ホルマリンまたは99.5%エタノールにより現場で固定・保存して、後日、試験場で実体顕微鏡(SMZ-U ニコン)下で計数した。

## 降下仔魚尾数の推定

降下仔魚尾数の推定方法は、河川横断面を幅、水深および流速等で分割し、分割区域ごとに仔魚を採集し網口面積と区域面積の比からその横断面での単位面積当りの降下仔魚尾数を推定する面積法<sup>16)</sup>とネットを一定時間流れの中に固定し、単位流量当りの仔魚尾数を求め、それを全河川流量に乗じて全体に引き延ばす流量法<sup>16)</sup>が知られている。

ここでは、流量法を使用した。各ネットによる採集仔魚数と濾水量から単位流量当りの仔魚尾数(尾数/濾水量 $m^3$ 、以後「降下密度」)を求め、採集時刻別の平均降下密度に毎時の河川流量( $m^3$ )を乗じて降下仔魚尾数を推定した。河川流量は、神奈川県企業庁利水局城山事務所提供による、各時刻の寒川堰下流放流量( $m^3/sec$ )を1時間当たりの流量( $m^3/h$ )に換算して使用した。2時間間隔で採集を行った日については、採集を行わない時間は、前後の採集の時間において、降下仔魚尾数が直線的に変化していると仮定して算出した。

定期調査においては、次式により24時間調査における降下仔魚尾数の各時刻に対応する時刻の割合を求め、各調査時刻に対応する割合の合計の逆数を1日当たりの引き伸ばし係数として用いて降下仔魚尾数を推定した。また、24時間調査を2回以上行った年は、2回の調査の平均値を割合として使用した。

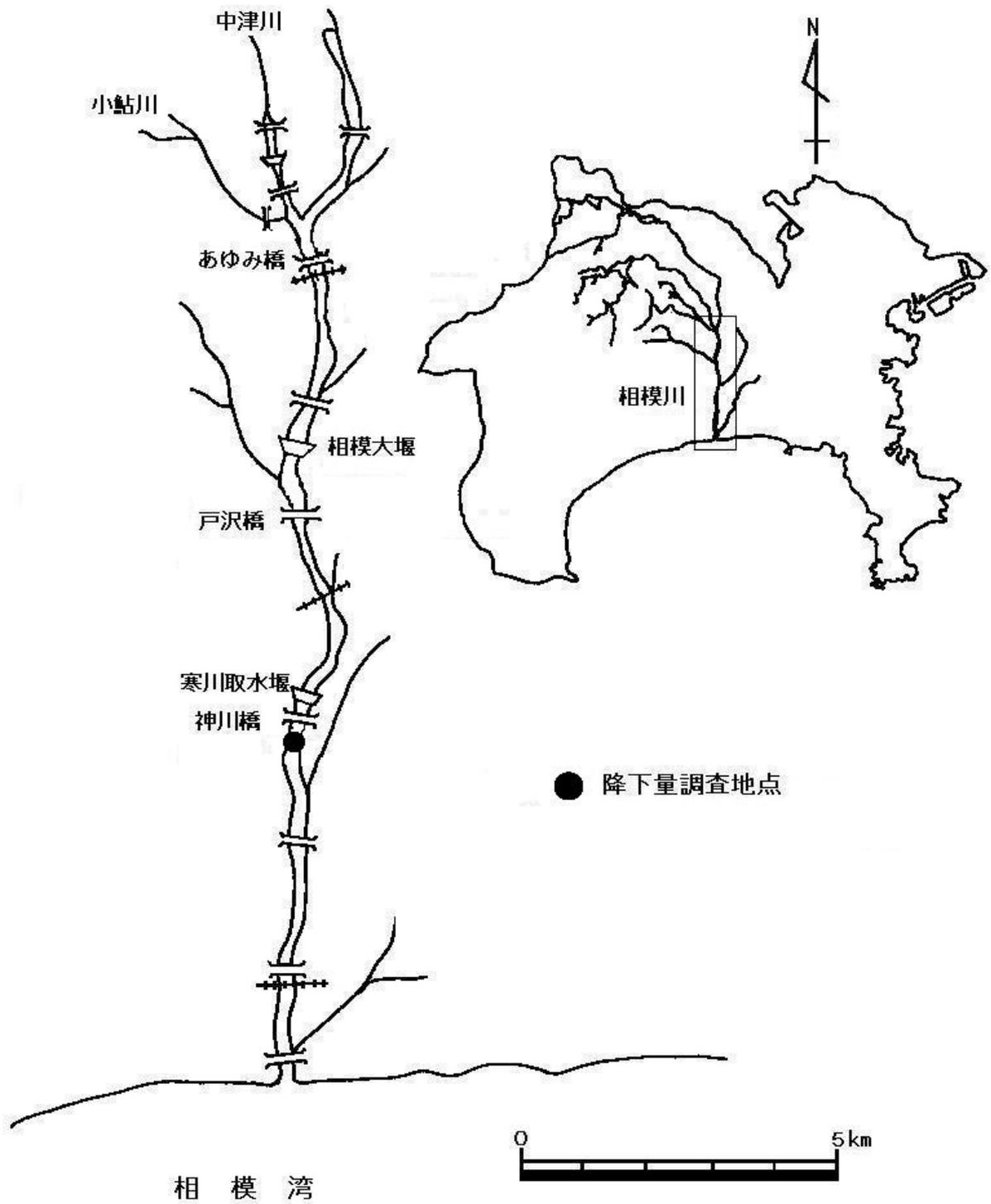


図1 相模川におけるアユ仔魚採集地点

$$\frac{(N_{17} + N_{18} + \dots + N_{23})}{(N_0 + N_1 + N_2 + \dots + N_{23})}$$

(ここで、 $N_1, N_2, \dots$ は1日の各時間の降下量を示す)

**適正な採集時間間隔の検討**

採集は、1998年(11月4～5日、11月17～18日)と1999年(12月9～10日)の11:00から翌日10:00まで、2000年(11月9～10日)と2001年(12月5～6日、12月12～13日)の17:00から翌日の16:00まで、2002年(11月11～12日、11月20～21日)の18:00から翌日の17:00までの24時間採集を行った。

各年の24時間調査は1時間間隔で採集を行ったが、採集間隔の差を検討するため、1時間毎のデータと2時間毎のデータから推定される降下仔魚尾数を求めた。

**採集ネット設置位置の検討**

河川内での降下仔魚の密度分布は、河川の河岸部と流心部で異なることが予想される。そこで、河川岸部と流心部に設置した採集ネットの濾水量と降下密度の比較を行った。採集場所の違いにより、推定される降下仔魚尾数に差があるか否かを検討した。この比較には、各年(1999年を除く)の24時間調査結果を使用した。

**適正な採集時間帯の検討**

相澤他<sup>10)</sup>の調査では、24時間調査以外の調査日(以後「定期調査」)の採集時間は、17:00から23:00に行われ、24時間調査による各調査時刻に対応する割合から1日の降下仔魚尾数を推定していた。しかし、近年の相模川で

は、降下仔魚尾数の日周変動のピークが深夜にある<sup>11)</sup>ため、この調査方法では、ピーク時の尾数を使用せずに1日の降下仔魚尾数を推定することになり、降下仔魚尾数の多い時間帯を推定値で補うことは、1日の推定降下仔魚数の精度を下げる原因となる危険性がある。そこで、定期調査における適正な採集時間帯を検討するため、17:00から翌日5:00に定期調査を行い、17:00から23:00の場合と23:00から翌日5:00の異なる採集時間のデータから推定される1日の降下仔魚尾数に差があるか否かを検討した。この比較は、2000年から2002年(2000年は8回、2001年は1回、2002年は5回)に実施した、2時間間隔の採集による定期調査結果を使用した。

**結果及び考察**

**適正な採集時間間隔の検討**

各年の24時間調査における、時刻別のネット1個当たりのアユ仔魚採集尾数を表1に示した。採集尾数の24時間の合計において、最も大きな差がでたのは、2002年11月11～12日の441尾であった。この尾数差が、1時間間隔の採集尾数の合計に占める割合は4.2%であった。また、尾数差が1時間間隔の採集尾数の合計に占める割合が最も高かったのは、1998年11月17～18日の15.7%で、逆に最も低かったのは2001年12月5～6日の0.16%であった。

1時間間隔と2時間間隔の採集により推定された降下

表1 24時間調査におけるネット1個あたりのアユ仔魚採集尾数

(尾)

採集時刻	1998年11月4-5日		1998年11月17-18日		1999年12月9-10日		2000年11月9-10日		2001年12月5-6日		2001年12月12-13日		2002年11月11-12日		2002年11月20-21日	
	1時間間隔	2時間間隔	1時間間隔	2時間間隔	1時間間隔	2時間間隔	1時間間隔	2時間間隔	1時間間隔	2時間間隔	1時間間隔	2時間間隔	1時間間隔	2時間間隔	1時間間隔	2時間間隔
17:00	2.0	2.0	5.0	5.0	3.3	3.3	56.7	56.7	76.5	76.5	34.5	34.5	238.5	238.5	7.5	7.5
18:00	2.3	3.8	5.3	6.7	4.3	4.3	97.7	75.0	-	-	55.5	48.0	56.0	136.8	134.5	182.5
19:00	5.7	5.7	8.3	8.3	5.3	5.3	93.3	93.3	126.0	126.0	61.5	61.5	35.0	35.0	357.5	357.5
20:00	7.7	28.2	18.0	16.2	3.3	4.8	172.7	219.4	133.5	158.5	32.0	42.0	55.0	24.5	631.0	404.0
21:00	50.7	50.7	24.0	24.0	4.3	4.3	345.5	345.5	191.0	191.0	22.5	22.5	14.0	14.0	450.5	450.5
22:00	234.3	144.8	41.0	20.5	2.7	3.2	729.0	473.3	369.0	560.5	23.0	23.8	54.5	71.5	263.0	376.8
23:00	239.0	239.0	17.0	17.0	2.0	2.0	601.0	601.0	930.0	930.0	25.0	25.0	129.0	129.0	303.0	303.0
0:00	159.3	172.8	70.0	35.0	5.3	17.0	1276.3	1257.5	991.5	1340.0	51.5	60.5	228.0	457.3	378.0	449.5
1:00	106.7	106.7	53.0	53.0	32.0	32.0	1914.0	1914.0	1750.0	1750.0	96.0	96.0	785.5	785.5	596.0	596.0
2:00	112.3	89.2	41.7	41.2	75.0	51.0	1261.0	1628.8	2544.0	2138.5	29.5	54.5	978.5	1206.0	545.5	575.8
3:00	71.7	71.7	29.3	29.3	70.0	70.0	1343.7	1343.7	2527.0	2527.0	13.0	13.0	1626.5	1626.5	555.5	555.5
4:00	49.7	44.3	20.0	22.3	25.0	45.5	1129.7	1101.8	1297.0	1415.3	16.5	20.5	1880.5	1647.8	49.0	288.5
5:00	17.0	17.0	15.3	15.3	21.0	21.0	860.0	860.0	303.5	303.5	28.0	28.0	1669.0	1669.0	21.5	21.5
6:00	14.7	11.2	1.7	7.8	2.0	11.0	570.3	590.7	353.0	210.5	58.0	60.0	813.5	1139.3	15.0	19.3
7:00	5.3	5.3	0.3	0.3	1.0	1.0	321.3	321.3	117.5	117.5	92.0	92.0	609.5	609.5	17.0	17.0
8:00	6.0	5.7	4.3	0.5	1.0	3.5	191.3	227.2	559.0	311.0	311.5	191.8	468.5	427.0	21.5	50.0
9:00	6.0	6.0	0.7	0.7	6.0	6.0	133.0	133.0	504.5	504.5	291.5	291.5	244.5	244.5	83.0	83.0
10:00	4.0	5.2	5.0	0.5	8.0	4.0	79.7	94.7	305.0	435.0	271.5	164.5	215.0	132.8	164.5	112.8
11:00	4.3	4.3	0.3	0.3	2.0	2.0	56.3	56.3	365.5	365.5	37.5	37.5	21.0	21.0	142.5	142.5
12:00	3.0	3.2	1.0	0.7	6.0	3.0	33.3	39.0	278.0	326.3	7.0	23.8	18.5	17.8	175.5	112.5
13:00	2.0	2.0	1.0	1.0	4.0	4.0	21.7	21.7	287.0	287.0	10.0	10.0	14.5	14.5	82.5	82.5
14:00	2.0	1.7	0.7	0.7	1.0	4.5	15.7	12.8	220.5	258.8	0.5	6.5	51.0	21.0	16.0	43.8
15:00	1.3	1.3	0.3	0.3	5.0	5.0	4.0	4.0	230.5	230.5	3.0	3.0	27.5	27.5	5.0	5.0
16:00	1.3	1.7	3.7	2.7	0.0	4.2	8.3	30.3	281.5	153.5	36.5	18.8	154.5	133.0	3.5	6.3
計	1108.3	1023.3	367.0	309.3	289.7	312.0	11315.5	11501.0	14741.0	14716.8	1607.5	1429.0	10388.0	10829.0	5018.5	5243.0

-欠測

仔魚尾数の関係を図2に示した。両者の関係は  $y=1.0004x-4270.9$  ( $r=0.999$ ) で示された。両者の尾数差の全体に占める割合が最大でも15.7%であったこと、関係式の傾きが概ね1であったことから、2時間間隔と1時間間隔では推定降下仔魚尾数に大きな差がでないと示唆された。これらのことから、相模川の神川橋下流における降下仔魚尾数の推定は、2時間間隔での採集で可能と考えられた。

#### 採集ネット設置位置の検討

各年(1999年を除く)の24時間調査において、岸部と流心部の仔魚降下密度(1 m<sup>3</sup>あたりの仔魚数)と採集ネットの濾水量を時刻別に図3に示した。1998年11月4～5日、2000年11月9～10日、2001年12月5～6日及び2001年12月17～18日では、岸部に比べ流心部は、降下密度と濾水量がともに有意に大きかった( $P<0.05$ : t 検定)。1998

年11月17～18日及び2002年11月20～21日は、降下密度及び濾水量とも有意差が見られなかった( $P>0.05$ : t 検定)。2002年11月11～12日では、濾水量に有意差が認められたが( $P<0.05$ : t 検定)、降下密度は有意差が見られなかった( $P>0.05$ : t 検定)。これらは、2002年11月11～12日を除くと、岸部と流心部で河川流量が大きく異なる場合、仔魚は河川流量の多い流心部を多く降下することを示している。したがって、採集ネットを1ヶ所のみ使用して採集を行った場合、流心部のみでは降下尾数が過大に、岸部のみでは降下尾数が過小に推定される。田子<sup>17)</sup>は富山県の庄川において、水深及び流量がほぼ一定の範囲にある河川横断面を有する地点でも、採集される仔魚の数は、時間単位で流心部と岸部が逆転すると報告している。これらのことから、降下仔魚尾数をより正確に推定するためには、複数の地点で仔魚を採集する必要がある。

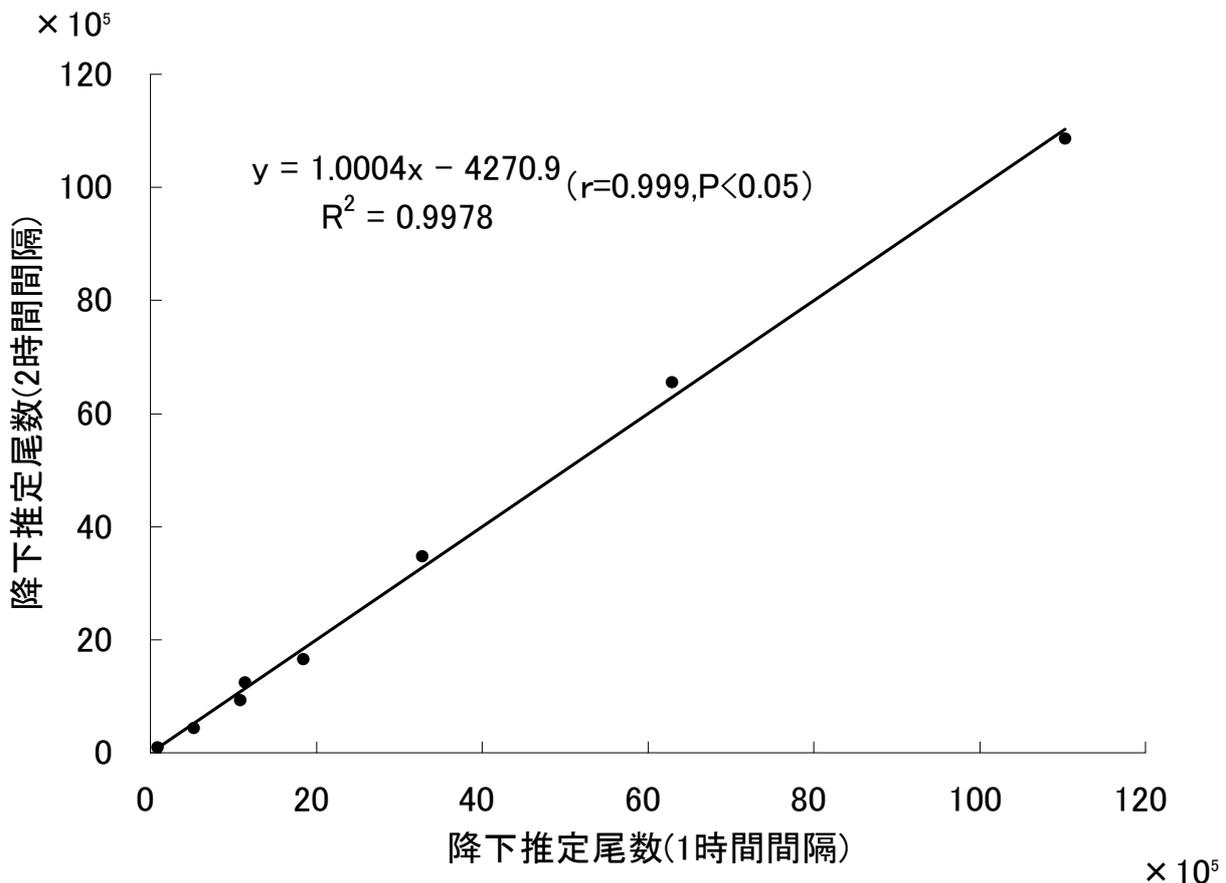


図2 1時間間隔と2時間間隔の採集による推定降下仔魚尾数の関係

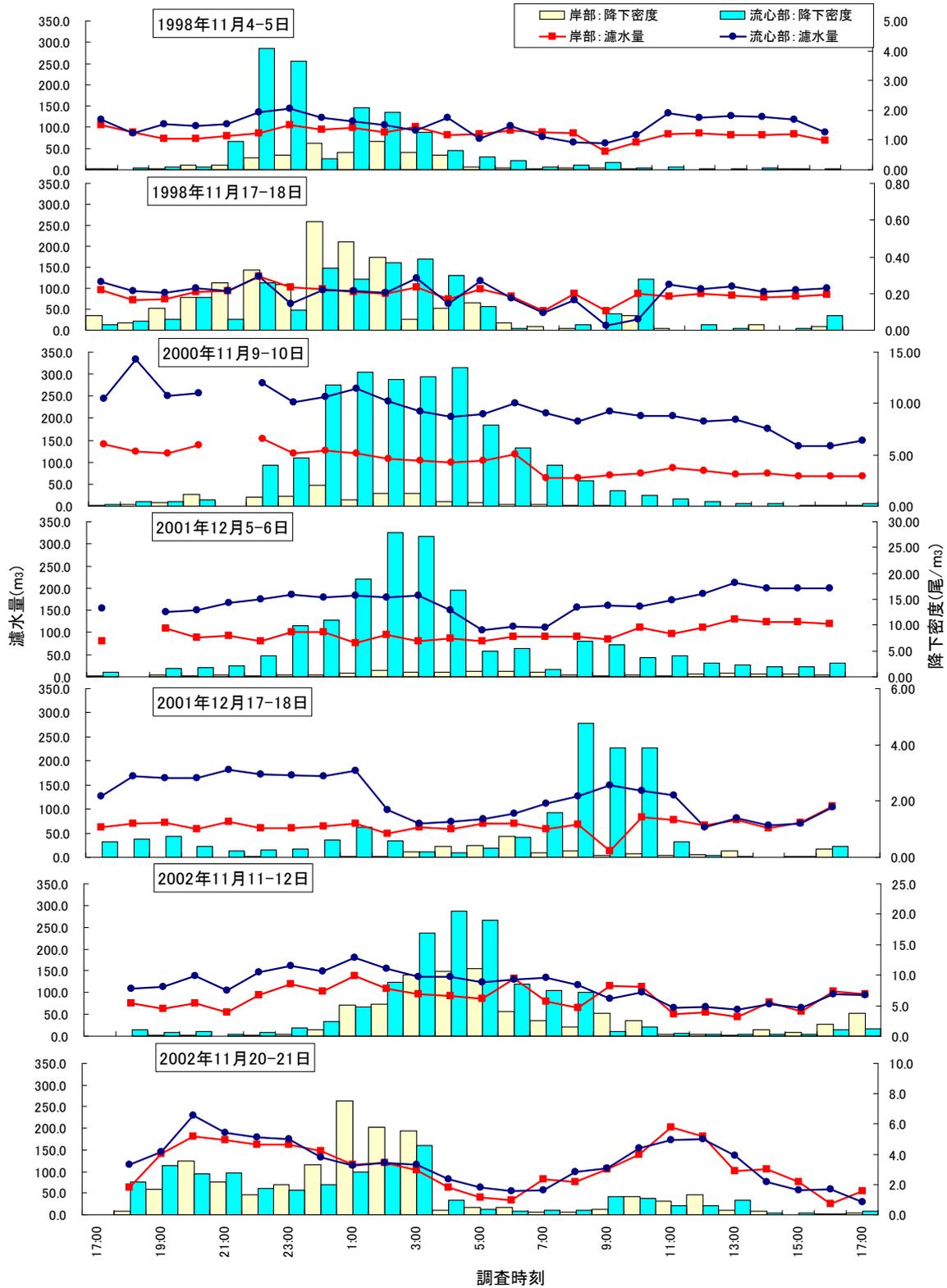


図3 採集位置別の濾水量と仔魚降下密度

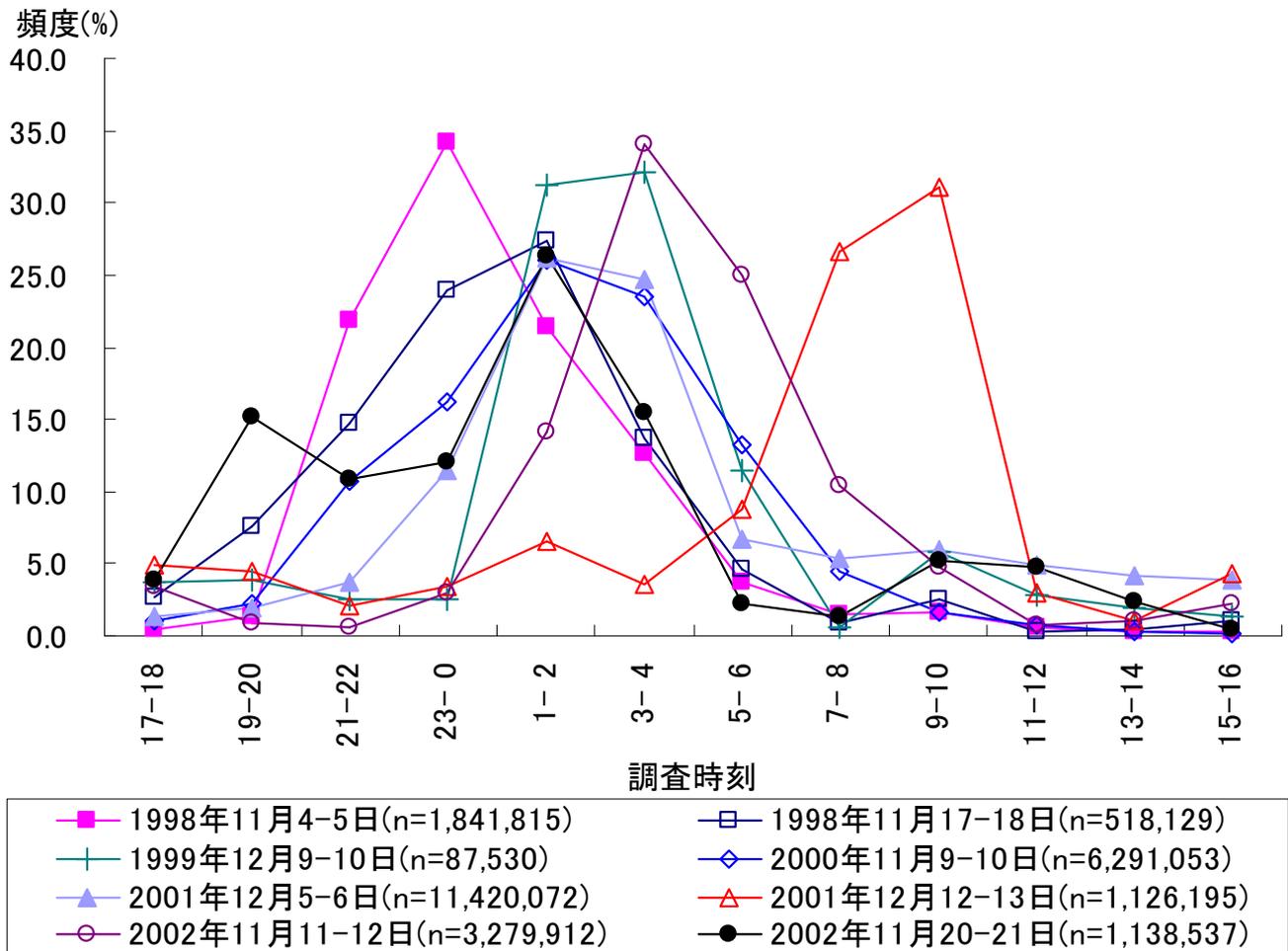


図4 24時間調査における推定降下仔魚尾数の時刻別割合

#### 適正な採集時間帯の検討

各年の24時間調査における時刻別の推定降下尾数の割合を図4に示した。2001年12月12～13日を除くと相模川の神川橋下流では、17:00から5:00の夜間に70%以上の仔魚が降下することが認められた。また、23:00～5:00に概ね60%以上の仔魚が降下していた。

17:00～5:00までの夜間中調査した14回の定期調査の結果から、採集時間別(17:00～23:00と23:00～5:00)に求めた推定値を検討した(表2)。夜間中の調査結果から推定した結果と採集時間別に求めた結果との関係を図5に示した。採集時間が17:00～23:00の推定降下仔魚尾数と実際の採集時間の推定降下仔魚尾数との関係は  $y=1.2414x-193152$  ( $r=0.995$ ) で示され、傾き1とに有意差が認められた ( $P<0.05$ : t検定)。また、採集時間が23:00～5:00との関係は  $y=1.0055x-36908$  ( $r=0.999$ ) で示され、傾き1とに有意差は認められなかった ( $P>0.05$ : t検定)。1日の降下仔魚尾数の推定を行う際には、17:00～5:00の時間帯を調査した方がより正確であるが、調査に係る

労力及び仔魚の同定・計数に要する時間を考えれば、23:00～5:00の採集でも推定は可能と考えられる。

これまでの相模川におけるアユ仔魚降下状況調査では、定期調査の採集時間帯は石崎他<sup>7-9)</sup>が17:00～22:00、相澤他<sup>10)</sup>が17:00～23:00であった。これらの調査年における降下仔魚尾数の日周変動のピーク時刻は、深夜から朝方にかけて多く確認されていることから、過去の推定降下仔魚尾数は、正確に推計されていない可能性がある。

以上、本研究では、仔魚の採集間隔、採集箇所及び採集時間帯についての検討を行うことにより、相模川における降下仔魚尾数推定の精度を高めることができたと考えられる。しかし、藁宮・戸井田<sup>11)</sup>によると、相模川では降下仔魚尾数の日周変化が季節により変化すること及び河川流量の変化により、降下仔魚尾数のピーク時刻が変化することが確認されている。また、産卵から孵化に要する時間が水温で異なる<sup>18)</sup>こと及び一般的に、産卵後期になると産卵水域が下流に移る<sup>19)</sup>ことも知られている。したがって、年間の降下仔魚尾数推定の精度を高めるた

表2 異なる採集時間帯から推定した降下仔魚尾数

調査日	(尾)		
	17:00-23:00	23:00-5:00	17:00-5:00
2000年10月5-6日	10,393.2	22,836.7	20,354.8
2000年10月12-13日	4,116.8	4,011.2	4,276.1
2000年10月19-20日	212,367.6	133,114.7	182,889.8
2000年10月26-27日	1,606,036.5	2,327,644.0	2,177,652.0
2000年11月1-2日	12,861,038.1	10,280,185.7	10,332,280.4
2000年11月30日-12月1日	3,215,535.4	2,833,728.9	2,787,193.5
2000年12月14-15日	152,815.5	107,893.1	118,054.9
2000年12月26-27日	167,380.9	60,880.1	81,442.6
2001年12月27-28日	7,900,753.8	6,589,837.9	6,523,995.8
2002年10月28-29日	545,922.3	1,184,396.9	1,080,362.8
2002年12月5-6日	1,809,614.9	1,212,278.5	1,270,965.6
2002年12月3-4日	606,815.4	369,362.1	835,605.1
2002年12月19-20日	137,016.0	155,950.0	243,053.4
2003年1月9-10日	12,470.5	77,747.3	76,476.7

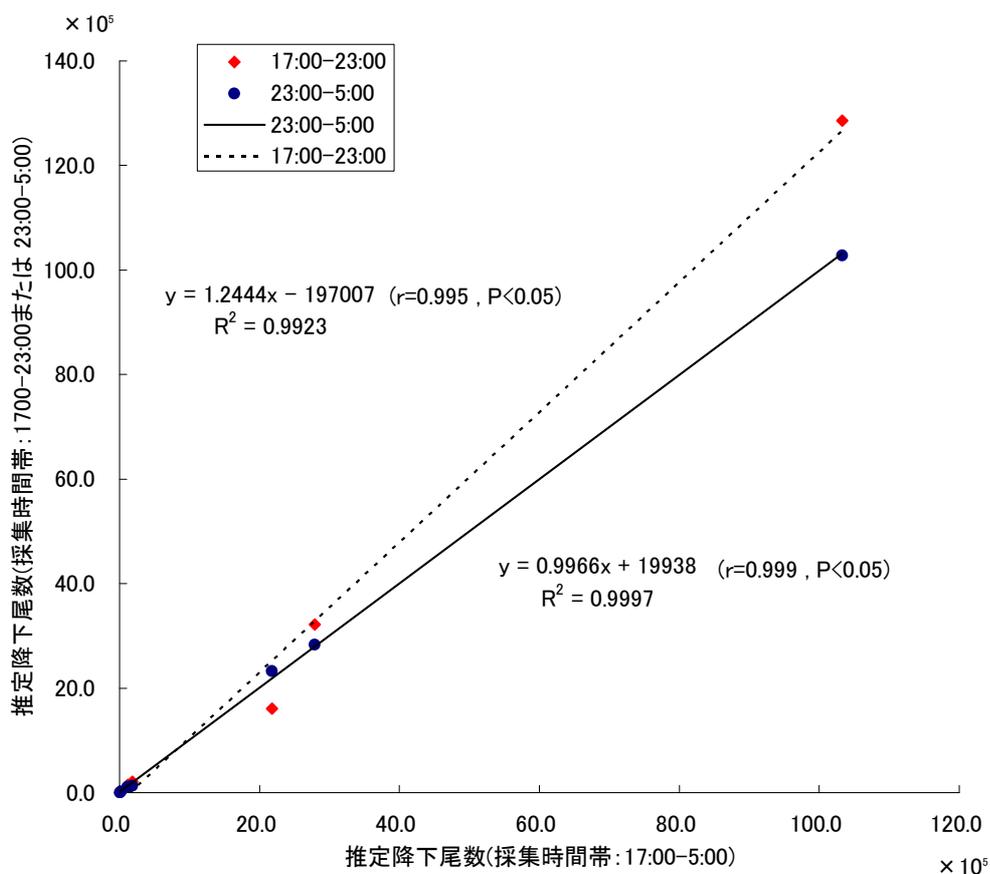


図5 夜間中の調査から推定した降下尾数と採集時刻別に求めた降下尾数の関係

めには、降下仔魚尾数の季節変動及び調査頻度についてもさらに検討を加える必要がある。

## 要 約

相模川における、アユ降下仔魚量推定の精度を高めるため、採集時間間隔、採集ネットの設置位置、採集時間帯について検討した。

2時間間隔と1時間間隔の採集から推定される降下仔魚尾数には、大きな差がなかったため、降下仔魚尾数の推定は、2時間間隔での採集で可能と考えられた。

岸部と流心部で河川流量が大きく異なる場合、仔魚は河川流量の多い流心部を多く降下するので、複数の地点で仔魚を採集する必要がある。

相模川の神川橋下流では、17:00~5:00の夜間に70%以上の仔魚が降下する。また、23:00~5:00に概ね60%以上の仔魚が降下している。1日の降下仔魚尾数の推定を行う際には、17:00~5:00の時間帯を調査した方がより正確であるが、23:00~5:00の採集でも推定は十分可能である。

## 謝 辞

今回の調査は「相模川水系魚類生息状況調査（神奈川県内広域水道企業団委託）」の一環として実施された。本論文の作成にあたって、神奈川県水産総合研究所内水面試験場 作中宏場長をはじめ歴代場長及び職員の皆様には調査にご協力いただき、また、貴重な御意見も承った。また、神奈川県企業庁利水局城山事務所には相模川の流量に関する資料についてご提供をいただき、相模川漁業協同組合連合会の皆様には調査の実施にあたり、種々のご協力をいただいた。皆様に深く感謝申し上げます。

## 引用文献

- 1) 塚本勝巳(1988):「現代の魚類学(上野輝彌・沖山宗雄編)」, 朝倉書店, 東京, 100-133.
- 2) 関東農政局神奈川統計情報事務所(2002):平成12-13年神奈川県農林水産統計年報(水産編), **49**, 67pp.
- 3) 小川良徳・松浦秀喜・山本武人(1967):相模湾における海産稚アユに関する研究-I, 木曾三川河口資源調査報告, **4(上)**, 175-189.
- 4) 村山隆夫・成岡敏夫(1967):1967年11月~1968年1月における相模川のアユ仔魚及び卵の降海状況調査, 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, **6**, 42-49.
- 5) 松浦秀喜・小川良徳(1969):相模湾における海産稚アユに関する研究-II-相模川における昭和42年の流下仔アユについて-, 水産増殖, **16(5)**, 279-284.
- 6) 松浦秀喜・柴田勇夫(1972):相模湾稚アユ資源総合調査報告書, 神水試資料, **192**, 43pp.
- 7) 石崎博美・小林良雄・作中宏・佐藤茂・小山忠幸(1986):昭和60年度指定調査研究助成事業報告書-海産稚アユの資源生態に関する研究-, 35pp.
- 8) 石崎博美・小林良雄・佐藤茂・小山忠幸(1987):昭和61年度指定調査研究助成事業報告書-海産稚アユの資源生態に関する研究-, 32pp.
- 9) 石崎博美・土屋久男・岡彬・佐藤茂・小山忠幸(1988):昭和62年度指定調査研究助成事業報告書-海産稚アユの資源生態に関する研究-, 36pp.
- 10) 相澤康・安藤隆・勝呂尚之・中田尚宏(1999):相模川におけるアユ, *Plecoglossus altivelis* の遡上生態について, 水産増殖, **47(3)**, 355-361.
- 11) 蓑宮敦・戸井田伸一(2002):相模川におけるアユ仔魚の降下生態, 神奈川県水産総合研究所研究報告, **7**, 85-95.
- 12) 作中宏・山本正一・安藤隆(1983):相模川におけるアユの天然そ上量調査, 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, **19**, 37-40.
- 13) 作中宏(1984):相模川におけるアユの天然そ上量調査-II, 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, **20**, 46-48.
- 14) 作中宏・小山忠幸(1985):相模川におけるアユの天然そ上量調査-III, 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, **21**, 45-52.
- 15) 作中宏・小林良雄・佐藤茂・山本正一・小山忠幸(1986):アユの天然そ上量調査-IV, 神奈川県淡水魚増殖試験場報告, **22**, 42-46.
- 16) 塚本勝巳(1993):「河川生態環境工学(玉井信行・水野信彦・中村俊六編)」, 東京大学出版会, 東京, 266-267.
- 17) 田子泰彦(1999):庄川におけるアユ降下仔魚量の推定, 日本水産学会誌, **65(4)**, 718-727.
- 18) Masaaki, K., Toshio, I., Hiroki, Y. and Yoshio, S. (1986): Effects of Temperature and Salinity on Egg Hatch of the Ayu *Plecoglossus altivelis*, Bull. Fac. Fish., Mie Univ., **13**, 17-24.
- 19) 白石芳一・鈴木規夫(1962):アユの産卵生態に関する研究, 淡水研報, **12**, 83-107.