

砂浜性海岸におけるクルマエビ種苗放流時の 減耗に関する基礎的考察

安永義暢¹⁾・興石裕一²⁾・田中邦三²⁾・赤嶺達郎²⁾

Basic Studies on Mortality of Prawn Seedlings, *Penaeus japonicus*, by Predation after Being Seeded at the Sandy Beach

YOSHINOBU YASUNAGA¹⁾, YUICHI KOSHIISHI²⁾, KUNIZO TANAKA²⁾
AND TATSURO AKAMINE²⁾

Abstract

Ecological studies on the mortality of prawn seedlings, *Penaeus japonicus*, released into the sea by predation of some species of fish and crustacean were conducted in the shallow water at Igarashi-hama in Niigata City.

Remarkable predators of fish were *Paralichthys olivaceus*, *Callionymus richardsoni* and *Rhinoplagusia japonica*. It was ascertained through the feeding test of seedlings in the water tank that *Crangon affinis*, a species of Crangonidae (Crustacea), which inhabits abundantly at the release place ate the seedlings at a rate equivalent to thirty two percent of body weight per day.

Logical amounts of predation by predator fish and crustacean was calculated based on their diurnal food consumption in the water tank and density at the place of release.

前年度に引き続き直接放流方式によるクルマエビ種苗放流時の減耗状況を把握することを目的として実験放流および追跡調査を行なった。前年度の調査では放流後1日内の減耗の著しいこと、また、その減耗要因の一つとしてヒラメ幼魚による食害の顕著であることが明らかにされた(安永ほか, 1980)。

しかしながら、試算されたヒラメ幼魚の種苗捕食量は減耗量全体のせいぜい5分の1程度であり、胃内容物調査の対象生物から見落されていた食害生物の存在を考慮する必要性が認められた。本年度は魚類とともに甲殻類中で生息量の多いエビジャコを対象とし、前年度と同様にニュートラルレッドによる染色種苗を用いた食害調査を行なった。

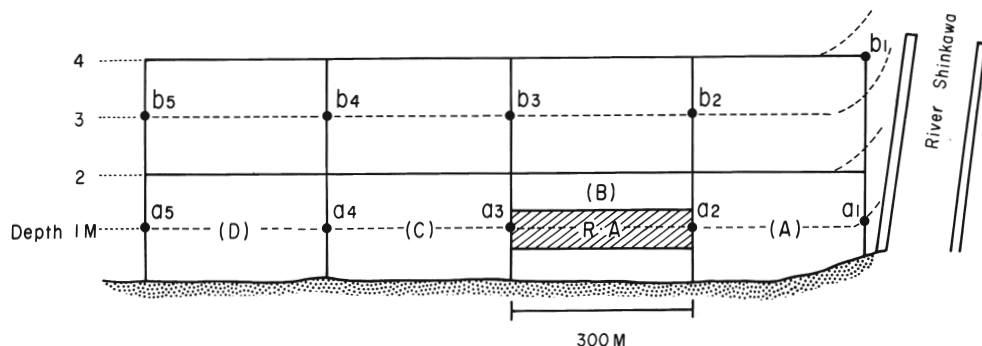
なお、本調査は新潟県栽培漁業センターとの協同研究の一環として行なわれた。

- 1) 〒314-04 茨城県鹿島郡波崎町海老台 水産工学研究所
(National Research Institute of Fisheries Engineering, Ebidai, Hazaki-cho, Ibaraki 314-04, Japan)
- 2) 〒951 新潟市水道町1丁目5939-22 日本海区水産研究所
(Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory, Suido-cho, Niigata 951, Japan)

I. 材料および方法

新潟県栽培漁業センターより分譲された56万尾の種苗（平均体長11.06mm，平均体重11.9mg）を前年度と同じ新潟市五十嵐浜地先に放流した。放流日時は8月21日午前9時，放流方法は前年度の一点放流に対し食害の集中を防ぐ意味で水深1m線での300mにわたる船上からの分散放流とした。

また，前年度の調査結果では水深1mでの放流に対し2m以深の沖合方向への分散が些少であったことにもとづき，本年度は調査域を水深2m線，新川河口堤防より1,200mの海岸線への鉛直線で囲まれる区域とした。また，同区域をA～Dまでの4ブロックに分けた。これら各ブロックについて前年度と同一の小型底曳網による300mあたりの定距離曳網を行ない，放流種苗と食害生物の採集を行つた（第1図）。



第1図 クルマエビ種苗放流水域（R・A），追跡調査水域（A～D）および環境調査定点（ $a_1 \sim a_5$ ， $b_1 \sim b_5$ ）。

Fig. 1. Searching area of prawn seedlings and fish as predators (A～D), release place of seedlings (R・A) and fixed points for observation of coastal current ($a_1 \sim a_5$, $b_1 \sim b_5$).

なお，放流種苗56万尾中16万尾にはニュートラルレッド20ppm，24時間での生体染色による標識放流を行つた。

一方，追跡調査水域内とその沖合側（基準水深3m）に水温，塩分，流向，流速等の環境調査のための定点を設け放流種苗の分散，減耗を調べる上での参考とした（第1図）。

底曳網による採集は放流2日目の事前調査を含め放流後4日までの計8回，環境調査は放流前1～2時間から放流後24～26時間までの計4回行つた。

II. 結 果

調査項目および結果は以下の通りであつた。

1. 放流種苗の再捕

再捕された種苗は放流水域にあたるB区の723尾を最大とし，次いでC区の200尾，A区の2尾の合計925尾であつた。なお，D区は放流後1，2時間を欠測しているが無再捕であつた（第1表）。

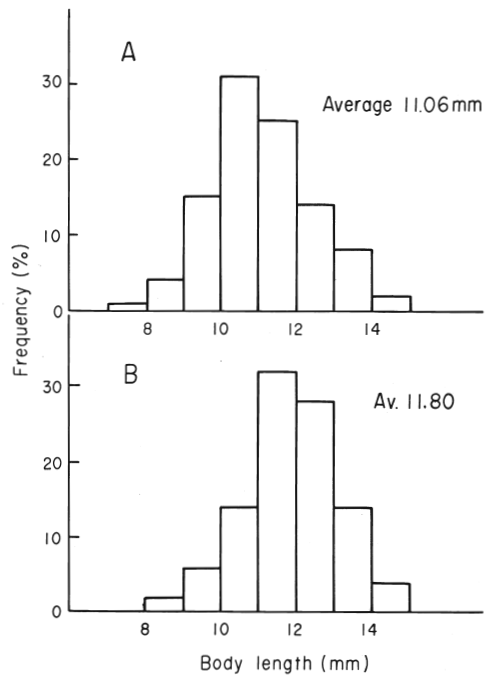
再捕種苗の平均体長は11.80mmで投入時の平均体長11.06mmより多少増加しており，小型個

体の再捕率が小さい結果となつている。この結果が網の目合いとの関係によるのか、小型個体の減耗が大きかつたためであるかは明らかにできなかつた(第2図)。

第1表 放流後経過時間別、ブロック別にみたクルマエビ種苗の再捕尾数

Table 1. Captured number of prawn seedlings at each time after release and in each block.

Time after release	Block				Total
	A	B	C	D	
1 hour	2 indiv.	695	44	—	741
2	0	16	155	—	171
5	0	5	1	0	6
8	0	3	0	0	3
12	0	4	0	0	4
20	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0
4 days	0	0	0	0	0
Total	2	723	200	0	925



第2図 投入クルマエビ種苗(A)および再捕クルマエビ種苗(B)の体長組成

Fig. 2. Histograms of body length of released seedlings (A) and of captured ones (B).

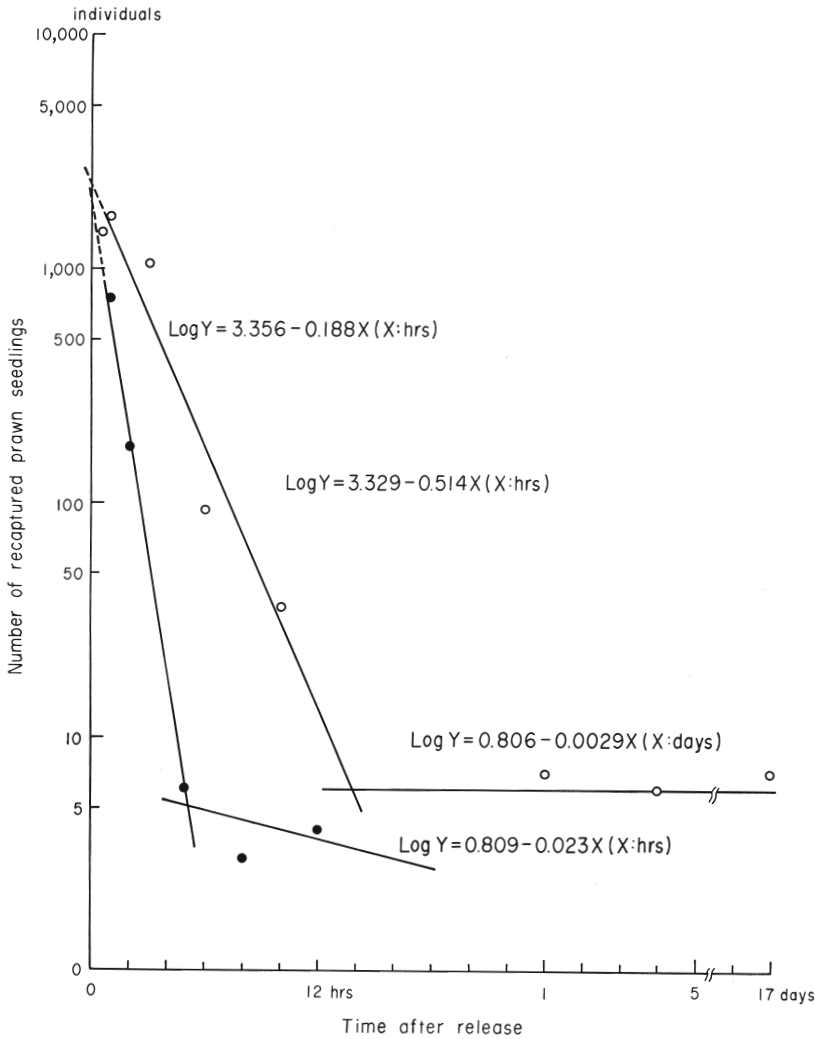
A~D区の総再捕尾数(Y)と放流後の経過時間(X)の関係を求めたところ、5~6時間を変曲点とする $\text{Log } Y = 3.3292 - 0.5135X; X \leq 5$, $\text{Log } Y = 0.8092 - 0.0227X; 5 < X$, の2本の回帰式に分けるのが妥当とみなされた(第3図)。なお、20時間以降の再捕は皆無であつたが生残尾数が大幅に減少したため同時間以前と同程度の曳網回数では確率的にみて再捕不能であつたと判断し、回帰式を求める計算から除外した。

2. 食害生物

魚類については採集された全種類(全長5 cm以上)、また、甲殻類についてはエビジヤコのみを食害生物調査の対象とし、他の生物については省略した。

まず、魚類の採集種類数は18種、うち不明1種であつた。採集尾数は事前調査を除いた全調査期間を通じて合計479尾であつた。魚種別の内訳では10尾以上の優占種が5種でネズミゴチが233尾でもつとも多く、ヒラメ134尾、クロウシノシタ48尾、マハゼ15尾、クサフグ11尾等がこれに次いだ。

採集魚全数の消化管内容物調査で種苗の捕食が認められたのはヒラメほか合計5種であつた。種苗捕食率(種苗を捕食していた尾数/採集尾数)ではアカエイが50%でもつとも大きく、以下インガレイ33.3%、ヒラメ21.6%、クロウシノシタ6.2%、ネズミゴチ5.1%の順であつた(第2表)。



第3図 B～D区における放流後経過時間とクルマエビ種苗再捕尾数の関係. 黒丸; 1980, 白丸; 1979

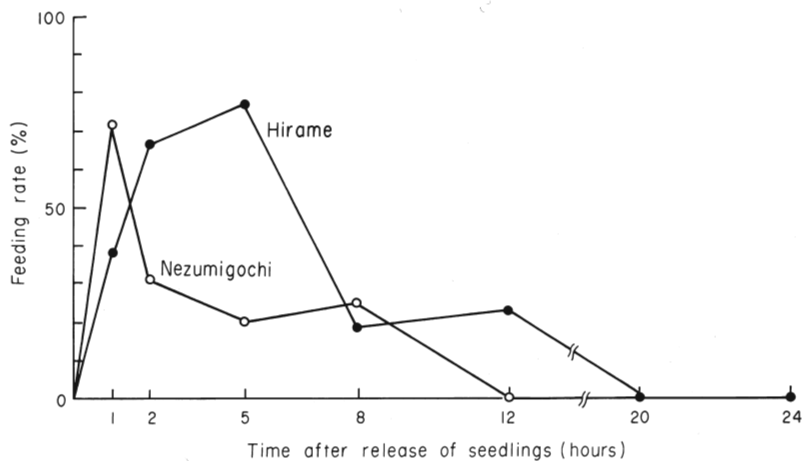
Fig. 3. Relation between captured number of seedlings and time after release in B～D block. Black circles; 1980. White circles; 1979.

これら種苗捕食魚類のうち採集尾数の多かつたヒラメ、ネズミゴチの種苗捕食率を経時的にみるとネズミゴチでは放流後1時間で52%であつたが、続く2～8時間は20～30%で推移し12時間で0%となつた。ヒラメは1～2時間で37～65%と増加、5時間で76%と最大になるが8～12時間は18～22%を推移して20時間で0%となつた(第4図)。

次いで両魚種の種苗捕食率の経時変化をブロック別に調べた。ヒラメはB区が2～5時間で100%と最大となり、8～12時間も52～60%と高い値が保たれた。C区もB区と同様5時間までは増加して100%に達したが8～12時間は0～12%と大幅に減少した。D区は5時間までは0%であつたが8～12時間に25～16%と多少増加した。A区は20時間まで通して0%で捕食個体は認められなかつた(第5図)。

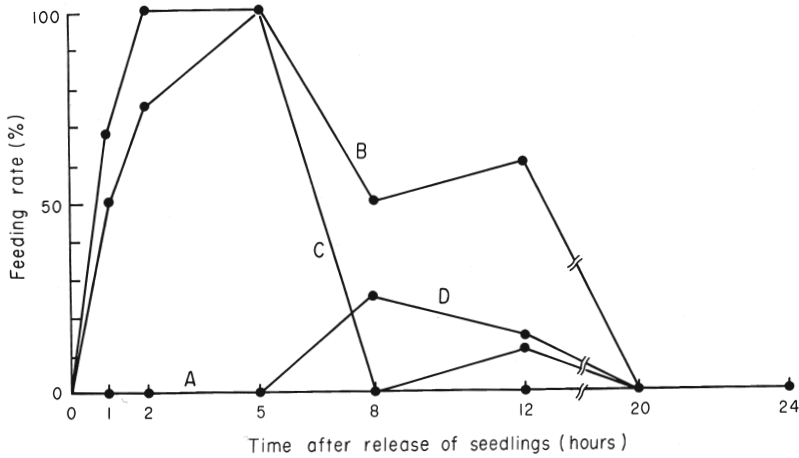
第2表 調査水域での魚類の採集個体数(a)および種苗捕食個体数(b)
 Table 2. Number of fish captured (a) and number of them which ate seedlings (b).

Species	a. Captured number	b. Number which ate seedlings	c. b/a (%)
Hirame	134 individ.	29 individ.	21.6
Nezumigochi	233	12	5.1
Kuroushinoshita	48	3	6.2
Mahaze	15	0	0
Kusafugu	11	0	0
Kisu	6	0	0
Ishigarei	6	2	33.3
Akakamasu	6	0	0
Maazi	4	0	0
Nibe	4	0	0
Kurosoi	2	0	0
Suzuki	2	0	0
Sasaushinoshita	2	0	0
Akaei	2	1	50.0
Ishidai	1	0	0
Shimaisaki	1	0	0
Katakuchiiwashi	1	0	0
Unsortable	1	0	0
Total (18 species)	479	47 (5 species)	



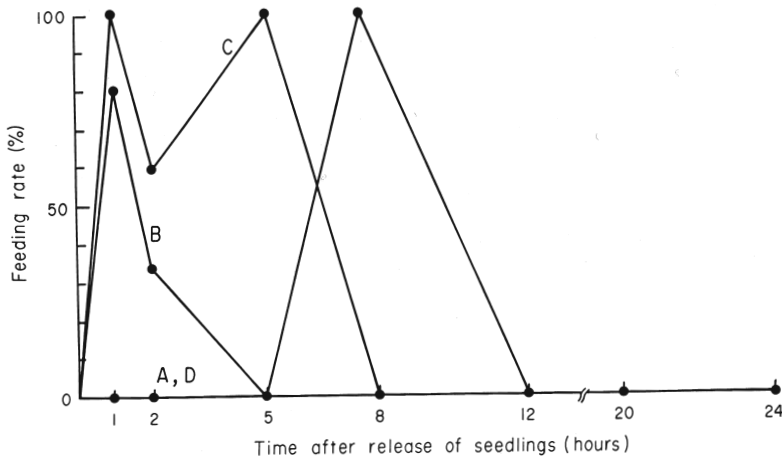
第4図 放流後経過時間とクルマエビ種苗を捕食しているヒラメおよびネズミゴチの採集尾数に対する比率の関係。黒丸；ヒラメ，白丸；ネズミゴチ

Fig. 4. Changes in percentage of number of individuals which ate seedlings among total number of each fish species captured at each time after release of seedlings in A~D block.



第5図 ブロック別 (A~D) にみた放流後経過時間とクルマエビ種苗を捕食しているヒラメの採集尾数に対する比率の関係

Fig. 5. Changes in percentage of number of individuals which ate seedlings among total number of *Paralichthys olivaceus* captured at each time after release of seedlings in each block (A~D).

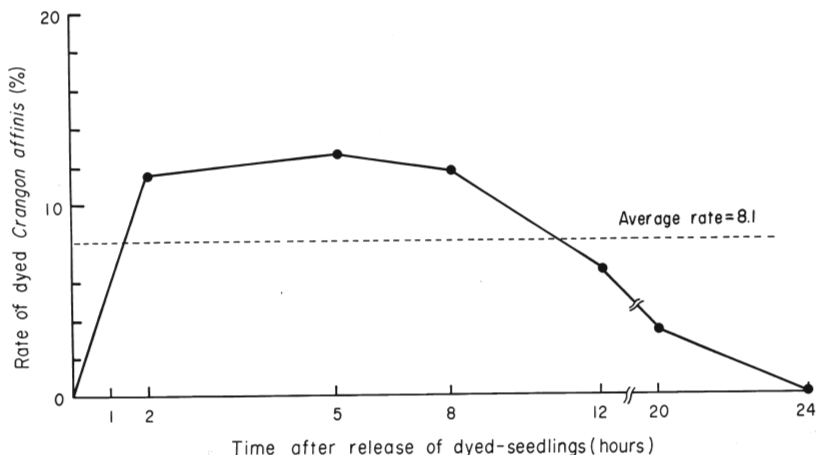


第6図 ブロック別 (A~D) にみた放流後経過時間とクルマエビ種苗を捕食しているネズミゴチの採集尾数に対する比率の関係

Fig. 6. Changes in percentage of number of individuals which ate seedlings among total number of *Callionymus richardsoni* captured at each time after release of seedlings in each block (A~D).

ネズミゴチの場合1時間でB区が80%, C区が100%に達するがそれ以後は両区とも0~100%の間を大きく変化し, B区は12時間, C区は8時間で0%となった. A区, D区はいずれも捕食個体は認められなかつた(第6図).

次にエビジャコが放流種苗中の染色標識個体を捕食したか否かを調べるため採集したエビジャコのうち体色が赤変している個体を選別し, 採集個体数との比率を経時的に求めた. 放流後1時間は欠測しているが比率は2時間から増え始め, 5時間で最大の12%に達したが以後は減



第7図 染色種苗放流後の経過時間と体色が赤変したエビジャコの採集尾数に対する比率の変化。

Fig. 7. Changes on percentage of *Crangon affinis* which were dyed red among total captured number of *Crangon affinis* at each time after release of dyed seedlings.

少して24時間で0%となつた(第7図)。

エビジャコについては消化管内容物から染色種苗の捕食を確認することが困難であつた。そこでエビジャコの赤変が染色種苗の捕食によるためか否かを、また、よるとすれば時間とともにどのように濃くなるかを調査するため、砂を敷いた容積60 lの水槽6基中に種苗放流水域から採集した体長14~25mmのエビジャコを各20尾入れ、染色種苗を各水槽100尾程度投入して捕食実験を行つた。

その結果エビジャコによる染色種苗の捕食は種苗投入直後から始まること、また捕食開始2時間後には体色の赤変することが確認された。なお、本実験中で種苗を捕食したエビジャコの最小個体は体長で16mmの個体であつた。

次いで時間別に順に水槽中のエビジャコを全個体とりあげニュートラルレッドの最大吸収波長530m μ をもとに分光光度計によつてエビジャコが体内に蓄積したニュートラルレッドの量を測定した。ニュートラルレッドの体内蓄積量の測定にあつては採集1回あたり1g相当(7~10個体)の凍結保存したサンプルを30~40倍のD. W.中でホモジナイズした。次に3,000回転で20分間遠沈したのち上澄液をシリンダーに移して約30分間放置し、混入した残渣を沈澱させ光度計への測定に供した。

体内蓄積量は染色しない種苗を与えたエビジャコを対照群とし、(赤変個体での測定値)÷(対照個体の測定値)、で表わした。

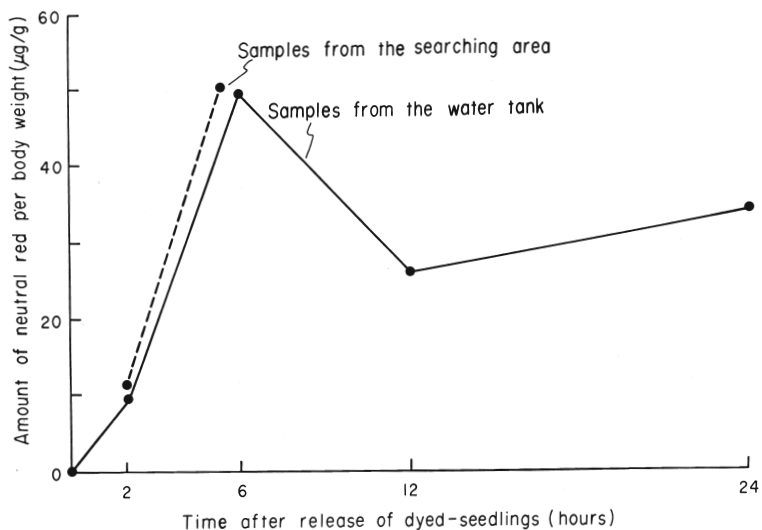
水槽実験個体では染色種苗投入後2時間で体重1gあたり9 μ g、6~24時間で26~49 μ gであつた。一方、追跡調査個体では種苗放流後2時間で11 μ g、5時間で50 μ gとなり、実験個体とはほぼ同様の値が示された(第8図)。

3. 環境調査

調査期間、調査定点を通じ水温は底層で23.5~26.3 $^{\circ}$ C、表層で25.2~25.3 $^{\circ}$ Cの変化を示し、底層の方がやゝ大きい変化幅をみせた。塩分は放流水深a₁~a₅がやや低く31.71~33.35‰、沖合側b₁~b₅は32.01~33.68‰の変化を示した。

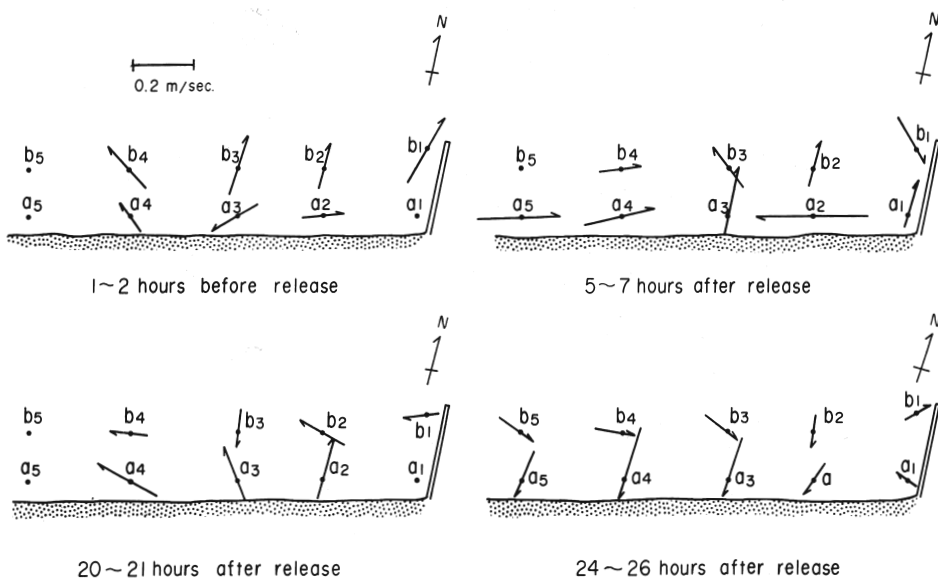
一方、流向・流速は測定時刻によつて大きく変化し、汀線域での流れの複雑さをうかがわせ

た。放流前1～2時間から放流後5～7時間までは放流水深 $a_1 \sim a_5$ では $0.13 \sim 0.36 \text{ m/sec}$ の沿岸流が、沖合側 $b_1 \sim b_5$ は $0.13 \sim 0.22 \text{ m/sec}$ の離岸流が卓越する傾向がみられた(第9図)。



第8図 染色クルマエビ種苗を摂餌したエビジャコのニユートラルレッド体内濃度、実線は水槽中の値、破線は放流水域での値を示す。

Fig. 8. Changes in neutral red density per body weight of *Crangon affinis* which ate dyed seedlings at each time after release of seedlings.



第9図 放流後経過時間別にみた調査水域での流向、流速

Fig. 9. Changes of direction and speed of the current at the searching area at each time after release of seedlings.

Ⅲ. 考 察

日本海ブロック砂浜域でのクルマエビ種苗放流に関しては放流後の追跡調査に困難な面が多く、放流種苗の生残率、漁獲率を正確に把握する方法を確立するに至っていない。生残率、漁獲率が把握されなければ放流効果も確実には把握し難い。これらの諸点が日本海ブロックでの同事業の推進、放流技術開発の展開等の障害になつていゝと言つて過言ではないであらう。

追跡調査自体が困難である原因としては内海域での干潟を中心とした放流調査の場合と異なつて通常は種苗再捕を桁網その他の船曳網によるため採集が不正確になりやすい点、放流直後の逸散・減耗が著しいため再捕そのものが多くを望めない点等が挙げられる。また、仮に減耗が少なくとしても日本海ブロックの気候的特性から越冬個体の漁獲が中心となるため、放流後数カ月で漁獲対象となり得る内海域とくらべ、漁業への効果の解析に困難さが伴うであらうことは否めない。

本研究は前年度にひき続き放流後の種苗の逸散・減耗の実態を把握することを目的とし、放流尾数の増加、分散放流方式、など実施条件を多少変化させた上で行つたが概括的には前年度とほぼ同様の結果となつていゝ。

まず、放流水域からの種苗の移動、分散はB区、C区での再捕尾数の多かつたこと(第1表)およびヒラメ、ネズミゴチの種苗捕食率がB区、C区で高かつたこと(第5、6図)から放流水域B区より同区左側C～D区にかけて行なわれたと判断される。移動、分散が河口堤防側のA区方向に少かつたのは移動そのものが種苗の遊泳、匍匐といったランダムの方に生ずるはずの活動性よりも放流時に同水域で生じていたB→D区方向への沿岸流に強く影響されたためと考えることもできる(石川増試, 1979)。

放流直後の流向、流速は測定してないが放流前1～2時間の測定では放流水域B区の右側測定点 a_2 で河口堤防方向に $0.164m/sec$ 、左側 a_3 で堤防と反対方向に $0.192m/sec$ の沿岸流が観測されており、 a_2 での流れ、すなわちB→C区方向の流れが多少卓越している(第9図)。種苗の移動はこの流れに影響されたが一応判断されようが後続の測定結果からみて全般に沿岸流の構造は極めて複雑であり、さらに調査を必要としよう。

放流後の再捕尾数の減少率は前年度とくらべて大きく、放流後12時間内の短期の減衰曲線式の傾きは前年度 -0.188 に対して今年度 -0.514 で前年度の2.7倍となつていゝ(第3図)。前年度と同様に“同一水域内での生残尾数と単位漁獲努力あたりの再捕尾数とは比例する”という前提で今年度の2本の減衰式(第3図)に基づき生残率および生残尾数を求めると以下のようなになる。

(1) 放流尾数 N_0 に対応する放流時の理論上の初期再捕尾数 $Y_0 = F(0)$

(2) 放流後の経過時間 X に対応する生残率 $= Y/Y_0$ 、生残尾数 $= N_0 \times (Y/Y_0)$

とすれば放流後6時間で生残率 $Y_6/Y_0 = 0.22\%$ 、生残尾数 $560,000 \times 0.0022 = 1,232$ 尾、同様に12時間で 0.16% 、896尾、24時間で 0.09% 、504尾が求められる。

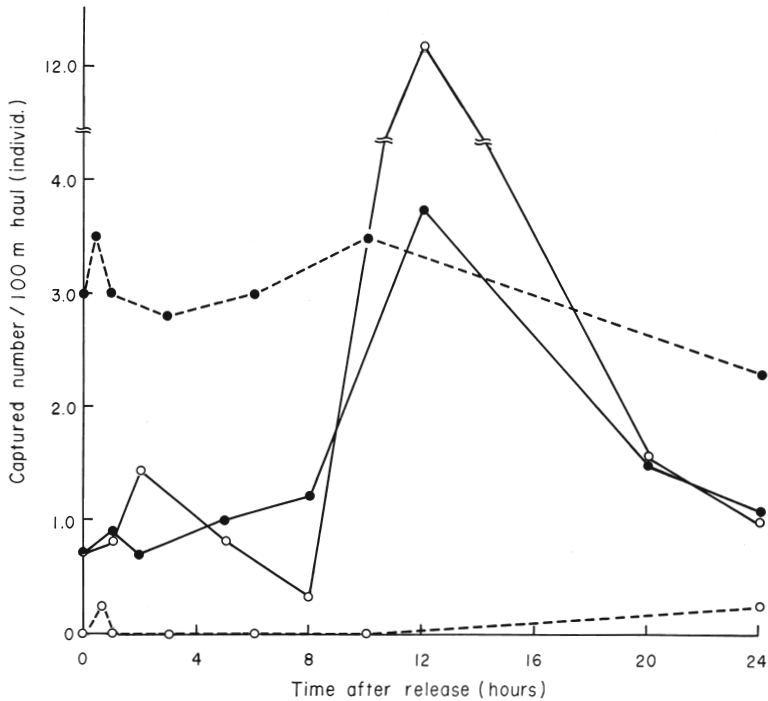
前年度の生残率が10時間で 1.3% 、24時間で 0.3% であつたのとくらべて今年度は生残率が低下していゝ。この原因としては

a. 今年度の方が食害を被むる率が高かつた。

b. 前年度は一点集中放流方式、今年度は約 $300m$ にわたる分散放流方式という放流方式の違いが影響した。

の2点が推察される。

a については食害の実態の全容が把握されている訳ではないが、たとえば食害の主要魚類であるヒラメの調査水域（0～2 m層）における採集尾数は前年度0.8～3.5，平均2.71尾/100m曳網に対し本年度0.7～3.8，平均1.31尾/100m曳網となっており，むしろ本年度の方が少ない傾向にある（第10図）。



第10図 放流後経過時間と100m曳網あたり個体数。黒丸；ヒラメ，白丸；ネズミゴチ。実線；1980年。破線；1979年。

Fig. 10. Changes of number per 100 meter haul at each time after release of seedings. Black circles; *Paralichthys olivaceus*. White circles; *Callionymus richardsoni*. Lines; 1980 Broken lines; 1979.

ヒラメ以外の魚種についてはネズミゴチ（前年度報告（安永ほか，1980）ではメゴチと誤記）が前年度0.07尾/100m，今年度2.4尾/100mと大幅に増加している点が特筆される。同種の種苗の捕食率は前年度0%に対し，今年度5.1%と増加はしているが比較的の低率であつたところから同種の増加によつて食害が増え生存率が低下したとは考えにくい。

ヒラメ，ネズミゴチ以外の魚類には採集尾数，種苗捕食率の点から前年度にくらべて特に食害に強く関与したと認め得る種類は存在しない。したがつて，使用した底曳網では採集が困難な体長5 cm以上のマアジ，クロダイ，キス，アカカマスなどの魚種についてはさらに検討を要するが概括的には今年度の方が食害を格別に強くうけたとは考え難く，aの点は棄却されよう。

bの放流方式に関して一般に船上からの放流の場合本年度行つたような航走しながらの分散放流方式をとるケースが多い。干潟での放流の場合には“分散の原理”が唱えられ（倉田，1972）なるべく低密度に広い範囲に散布し，かつ，潮汐を考慮して放流することにより食害が軽減されるとしている。

潮汐差の小さい“非干潟性水域”での直接放流では食害魚と種苗とを放流時に分離させることはほとんど不可能である。種苗を分散して放流することは放流対象域にはほぼ一様に分布するとみられるヒラメその他の食害魚との遭遇率を逆に高め、結果的に今回のような生残率の低下を招いたと理解されよう。

魚類以外では肉食性の強い甲殻類による食害が予想される。砂の敷かれていない水槽ではクルマエビ種苗でさえ激しく共喰いする。放流水域における潜砂行動が不安定な種苗に対するエビ・カニ類の攻撃は十分予測され、同類の分布量からみて食害量も無視し得ないと考えられる。

今回は調査水域に多量に分布するエビジャコを対象としたが水槽内での染色種苗捕食実験、採集個体中での体色赤変個体の出現、およびニュートラルレッドのとりこみ量の測定結果から本種が染色種苗を捕食することは確実に考えられる。

捕食量は水槽実験によれば水温25～27℃で1日体重あたり32.0%であつた。同水温下でのヒラメの17.0%とくらべ2倍近い値であり、1尾あたりの種苗捕食の強さは魚類より高いとみられる(第3表)。

第3表 B～D区における魚種別の最大種苗捕食見積量の計算例

Table 3. The example of calculation of maximum predation amounts of seedlings by predators in B～D block.

	*	**	c. Average body weight (g)	***	****	*****
	a. Density (individ./m ²)	b. Total number (individ.)		d. Maximum diurnal feeding amount of seedlings per body weight (%)	e. Maximum diurnal feeding amount of seedlings (g)	f. Maximum diurnal feeding amount of seedlings (individ.)
Hirame	0.029	3,393	10.82	17.0	6,241.1	482,682.5
Nezumigochi	0.051	5,967	1.75	19.9	2,078.0	160,712.1
Kuroushinoshita	0.011	1,287	15.50	8.1	1,615.0	124,967.4
Ebijako	1.240	145,080	0.147	32.0	6,824.6	527,808.4

- * Captured number per haul area
- ** Area of B～D block (≒900m×130m)×a
- *** Data from rearing experiments in the water tank (25～27°C)
- **** b×c×d
- ***** e/Average body weight of released seedlings

水槽実験での捕食量は意のままに種苗が捕食可能という条件下でのいわば“可能最大捕食量”であり、放流水域での捕食量と同等ではない。しかし、水槽実験での捕食量(安永, 1979)にもとづいて放流時の食害量を予測しておくことは放流水域の食害の強さを考慮する上で、ひいては放流尾数、放流方法を検討する上で必要であろう。

放流水域での食害生物の1日あたり最大食害量は基本的には下式で求められる。

$$(\text{最大食害量}) = (1 \text{日体重あたり種苗捕食量}) \times (\text{平均重量}) \times (\text{分布密度}) \times (\text{水域面積}) \div (\text{種苗平均重量})$$

上式各項中、分布密度は採集尾数/掃海面積として、また、水域面積は種苗放流水域B区に限定して300m×(水深2m線の距岸距離130m)=39,000m²とすればエビジャコおよびヒラメ、ネズミゴチ、クロウシノシタ等の主要食害生物の食害量は順に約17.6万尾、16.1万尾、5.4万

尾, 4.2万尾と計算され, エビシヤロが最大となる.

単純に上記の値を合わせると43.3万尾となり, 放流尾数56万尾の約77.3%が放流後1日以内に捕食されることになる. また, 水域面積を種苗の食害が認められたB~D区にひろげると食害量は上記B区での値の3倍129.9万尾で放流尾数の約2.3倍となる. 今回の放流においては一応43.3万尾が最小, 129.9万尾が最大の食害見積り量と考えられよう(第3表).

以上前年度にひきつづき実験放流によつて直接放流時の食害の実態把握に努めた. 種苗放流技術開発は実に食害排除技術の確立といつて過言ではない. “非干潟域”での食害防除は極めて困難な問題であり, その対応策は食害生物を物理的に避けるか, 種苗自体に食害を避けさせるしかない. 前者は放流当初種苗を囲い網, 素堀り池などで保護する方法に該当し, 後者は中間育成による種苗の大型化に該当する. いずれが日本海ブロック沿岸の大半をしめる“非干潟域”での放流に適しているかの結論を得るには一旦に“日本海ブロック沿岸”と言えども地理的条件は多様であり, なお多くの調査の継続を必要としよう.

本論を終えるにあたり, 調査遂行上種々の御助力を頂いた新潟市五十嵐浜漁協, 昨年に続き多量の種苗を御提供頂いた新潟県栽培漁業センターに深謝いたす次第である. あわせて論文作製上多大の労をお願いした日本海区水産研究所浅海開発部, 長沼典子技官並びに柴田玲子技官に感謝の意を表します.

文 献

- 石川県増殖試験場 (1979). 放流技術開発事業報告書. 日本海中部海域・くるまエビ班: 51~74
- 倉田 博 (1972). クルマエビ栽培における種苗とその播殖に関する諸原理について. 南西水研報告, (5): 33~75.
- 安永義暢 (1979). 日本海沿岸におけるクルマエビ種苗放流技術開発のための基礎的研究. 日水研報告, (30): 67~96.
- 長沼典子・興石裕一 (1980). 日本海沿岸におけるクルマエビ種苗放流追跡調査上の基礎的考察. 日水研報告, (31): 129~151.