

### 3. ヒラメ栽培漁業事業化促進事業（県指導事業）

古田晋平・西田輝巳・山田英明・宮永貴幸

#### 事業目的

調査、技術開発によって得られた知見を基に、ヒラメ栽培漁業事業化促進事業（事業主体：鳥取県栽培漁業協会）が効率的に実施されるように事業主体と漁業者を指導する。また、より効果的な栽培手法の開発のための調査を行い、事業へのフィードバックを図る。

#### 実施結果

昨年度までの調査結果に基づいて、本年度の放流事業は、従来の放流時期（6、7月）より高い効果が期待できる早期（5月）に実施された<sup>1)</sup>。また、それに伴って、従来に比べて放流サイズが小さくなり、放流水深も深くなった。さらに、このような放流を海面から行うことによる人工種苗の逸散、流失および活力の低下を懸念して、新たに考案された放流器が使用された。そこで本事業では早期の放流環境を把握し、適切な放流手法を指導するとともに、放流された人工種苗の追跡調査と天然魚の調査を行い早期放流の効果の把握に務めた。以下に調査結果を概説する。

#### 調査結果

##### 1. 放流海域の環境調査

##### (1) 地理的環境

放流場所に選定された4海域を対象に測深と底質の採取を行い図1、図2、図3に示した等深線と図4に示した底質の粒度分布を得た。これより、各海域とも水深5mから20mの範囲における底質の平均粒径はほぼ100 $\mu$ mから260 $\mu$ mの範囲だった。また、粒度の分布は水深10mから12.5mで低くなる傾向を示した。ヒラメ稚魚の潜砂能力は全長5cm以上で完備すること、ヒラメ

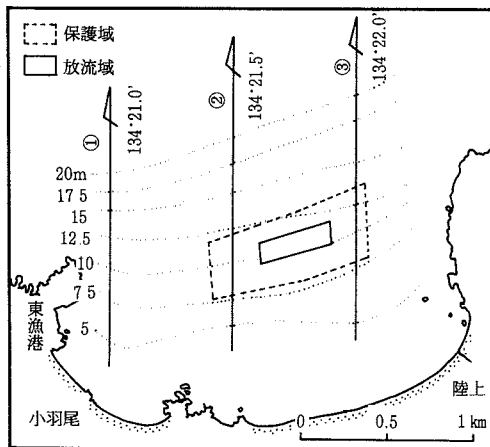


図1 東浜海域の放流位置と底質調査ライン

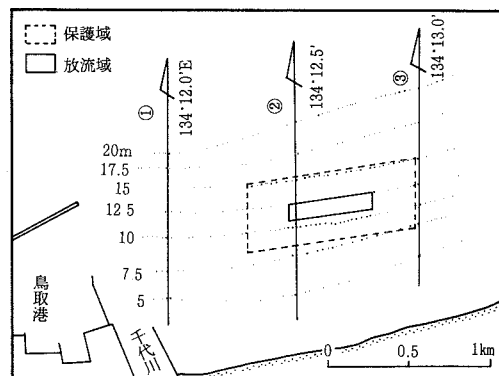


図2 賀露海域の放流位置と底質調査ライン

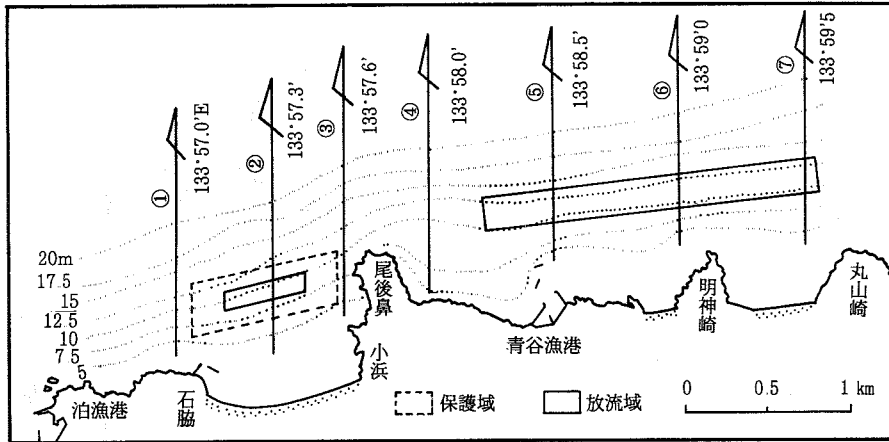


図3 青谷海域と泊海域の放流位置と底質調査ライン

稚魚の潜砂機能は底質粒径に大きく影響を受け、小型魚ほどより小さい粒度を必要とすること<sup>2)</sup>、外海波浪の影響を判断する基準として底質粒径は適当と考えられることから、より小型に放流サイズを設定した本年度の放流位置としては10m以深が好ましいと考えられた。

(2) 餌料生物の分布環境

4月16日から5月11日にかけて行った調査の結果、ヒラメ稚魚の重要な餌料となる遊泳性のアマミ類の分布量は従来の放流時期（6月中旬）に比べてこの時期の方がはるかに多いことが判った。ただ、その分布量は海域によって大きく異なり、岩美海域と青谷西部海域に多く、淀江海域に少なかった。また、その分布位置は図5に示したとおり各海域とも水深10m付近を中心としていることから、この時期の放流位置としては水深10mが好ましいと考えられた。

(3) 捕食動物の分布環境

刺網（三重網）を用いた調査を行った結果、何れの海域とも、従来、放流魚に無視できない被害を及ぼしていると考えられてきた魚食性魚類（ヒラメ、マゴチ、スズキ）の浅海域（水深15m以浅）における分布量は4月、5月には6月、7月に比べてごく少ないことが判った。た

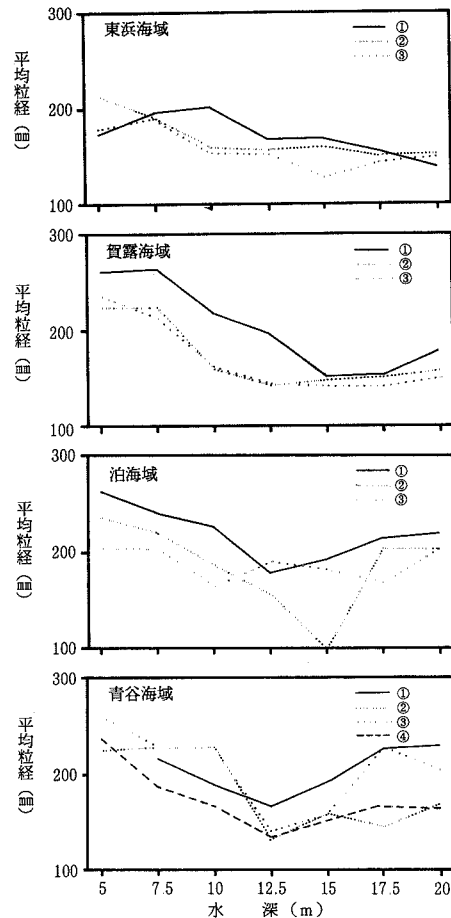


図4 放流海域における水深と底質平均粒径の関係

だ、何れの海域にも水深10m以浅にはヒラツメガニとキンセンガニが大量に分布していることから、これら大型甲殻類による放流魚の捕食について調査する必要があると考えられた。

## 2. 放流種苗の追跡調査

### (1) 放流直後の人工種苗の動向

放流直後の人工種苗は各海域とも直ちに着底し、その後10分以内に遊泳性のアミ類に対して盛んに摂食行動を示すのが潜水によって観察された。また、放流翌日の人工種苗の胃内容からアミ類が出現したことから、直後より摂餌が成功していたことが判った。ところで、比較のために海面から放流した人工種苗の多くが着底までに浮遊行動を示したことが観察されたことから、当放流のように、より小型の人工種苗をより深い場所（水深10m）で放流するためには、何らかの方法で人工種苗を海底付近まで届ける必要があると考えられた。その点、本年度の放流については新たに考案し、使用された放流器の効果が示されたものと考えられる。一方、放流海域に設置した刺網に羅網した魚食魚類の胃内容調査の結果、従来、問題視されていた放流初期の被食による量的な減耗の影響はこの時期には少ないと考えられた。ただ、羅網したヒラツメガニの胃内容からヒラメ稚魚の耳石が出現したことから、これら砂浜性カニ類による被食に注目する必要があると考えられた。

### (2) 放流初期の人工種苗と天然0才魚の動態

放流後に行った桁網（網口幅3m、袋目合い30節）を用いた追跡調査によって得られたヒラメの計数結果を基に人工種苗と天然稚魚の分布密度と水深の関係を図6に示した。これより、水深10mに放流した人工

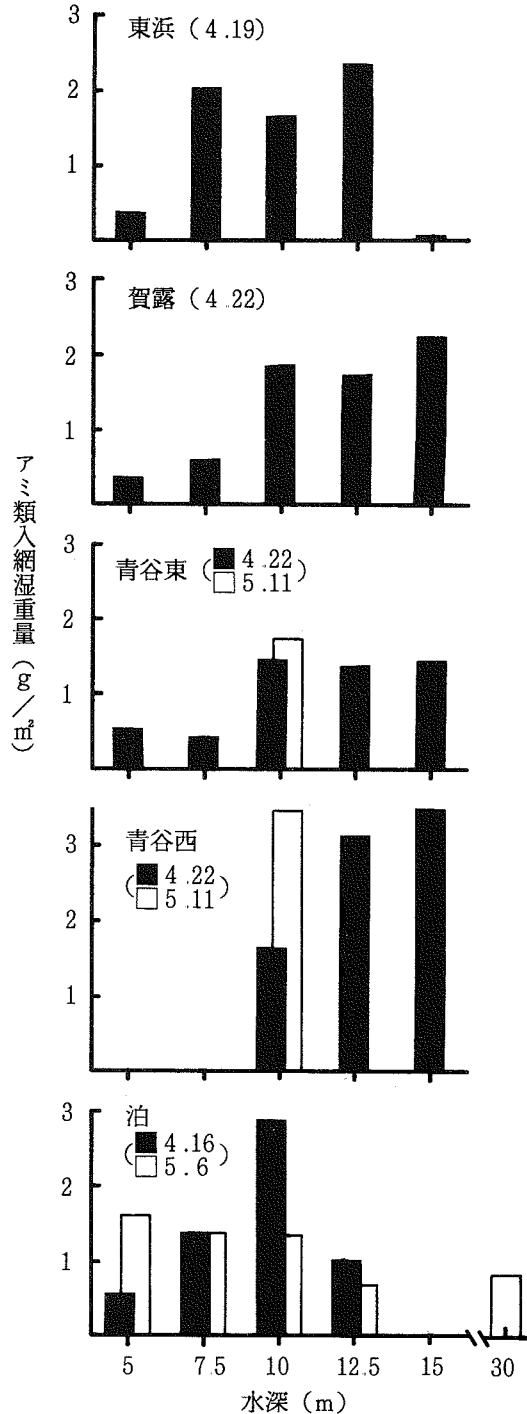


図5 放流海域におけるアミ類の水深別分布量

種苗はその後7日から13日の間に、より浅所（7.5m以浅）に移動したことが判る。また、その時の分布傾向は同海域に分布する天然稚魚とは異なってより浅所に片寄っていたことが判る。これは、同標本の測定結果を基に水深と分布個体のサイズの関係を現した図7に、この時期（5月下旬）の天然稚魚には、より大型の個体ほど浅所に片寄って分布する傾向があることが示されていることから、放流初期の人工種苗は、これら天然の大形個体に近い分布傾向を示していたと考えられる。なお、放流海域における人工種苗の全長組成は図8、図9、図10に示したとおり、同海域に分布する天然0才魚のごく大型の部分に位置し、その推移から、その後の成長もより小型

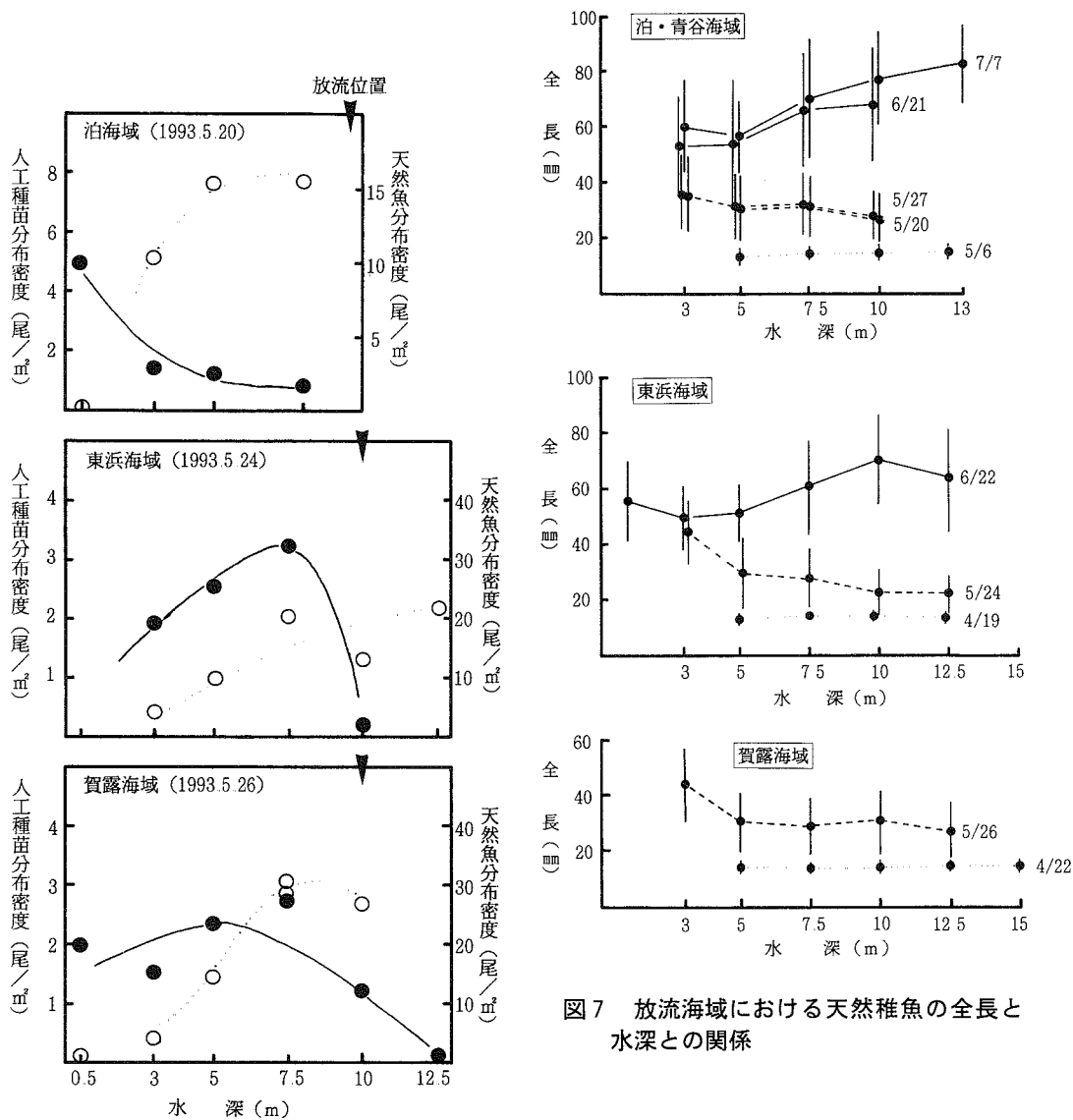


図6 放流海域における人工種苗と天然魚の放流後の分布密度と水深の関係

図7 放流海域における天然稚魚の全長と水深との関係

の天然稚魚に比べて速かったと考えられる。このことは放流後の肥満度を現した図11からも推定できるが、乾燥重量で計算した放流後7日から19日間に抽出した値は放流時と比べて変化はなく、また、同海域に分布する同サイズの天然稚魚に劣っていない。ただ、湿重量で計算した値は、放流初期に大きく減少を示していることから、種苗生産過程の人工稚魚の水分含量には、放流後一定期間を経た人工種苗や天然稚魚に比べて多い特性がある可能性が考えられる。ところで、5月下旬までの間、放流海域内における分布量の大きな変化もなく比較的順調に経過した人工種苗が6月中旬以降、天然稚魚とともに当海域から著しく減少したことが同図には示されている。この

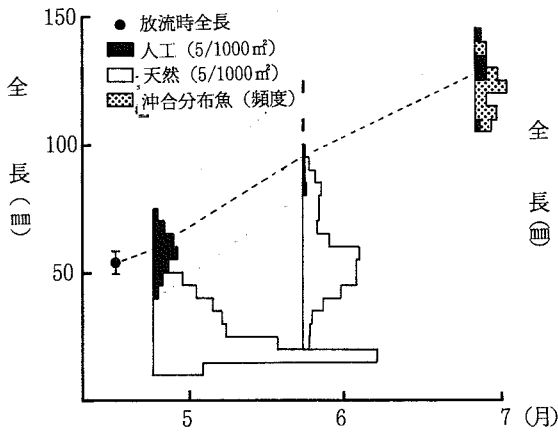


図8 賀露海域における人工種苗と天然0才魚の全長組成と分布量の比較

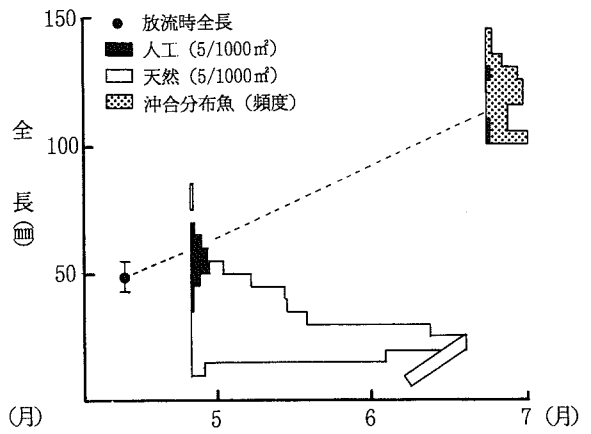


図9 東浜海域における人工種苗と天然0才魚の全長組成と分布量の変化

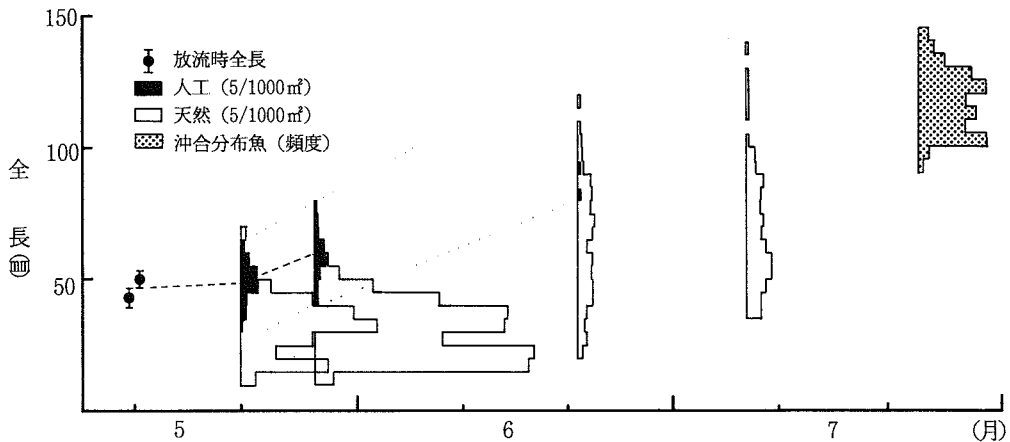


図10 泊・青谷海域における人工種苗と天然0才魚の全長組成と分布量の変化

時期の、量的な減少要因として従来、捕食魚類による被食が大きく関わっていることが知られている。しかし、各放流海域における水深とそこに分布する天然稚魚の全長との関係を現した図7からは、人工種苗は大型の天然稚魚とともに沖合いに移動したことが、その主要な減少要因となっていることが示唆されている。即ち、同海域では5月下旬には大型の稚魚ほど浅所に分布する傾向が強いが、6月下旬にはこれが逆転して、大型個体ほど深所に分布する傾向が強くなっている。なお、7月23日から10月15日までの間に桁網（網口幅10m、袋目合30節）を用いて行った各放流海域沖合い（水深20mから30m）での調査では、採集個体は少ないものの、入網したヒラメ0才魚に占める人工種苗の割合は表1のとおり、その平均値は東浜海域で25.0%、賀露海域で4.9%、青谷海域で7.6%と従来にない高い値となったことから納得できる。さらに、9月以降、水深30m以深で操業する鳥取港と泊漁港所属の小型底曳網に全長15cmから23cmの人工種苗が混獲され始めたことから、早期放流による人工種苗の若魚期の資源に対する添加効果は従来の放流に比べて大きく向上したことが予測される。

表1 桁網（網口幅10m、袋目合30節）を用いた放流海域沖合いにおける人工種苗の混獲調査結果

海 域	調 査 日	曳網水深 (m)	入 網 個 体 数		人 工 魚 混獲率(%)
			天然魚	人工魚	
東 浜	1993.7.26	30	18	6	33.3
	8.26	28	3	2	66.7
	9.20	28	2	0	0.0
	10.14	28	9	0	0.0
	計	28-30	32	8	25.0
賀 露	7.23	20	66	0	0.0
		30	38	3	7.9
	9.21	20	12	3	25.0
		30	11	0	0.0
	10.15	20	6	1	16.7
		30	9	0	0.0
計	20-30	142	7	4.9	
青 谷	8.16	30	35	5	15.2
	9.22	28	25	0	0.0
	10.15	28	6	0	0.0
	計	28-30	66	5	7.6

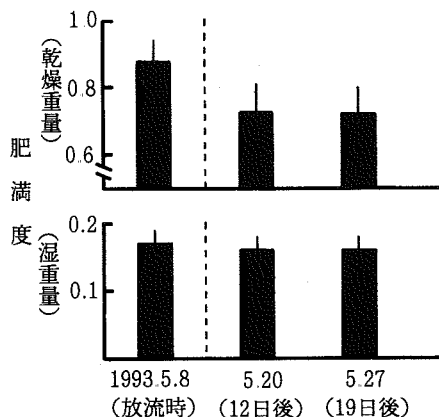


図11 放流後の人工種苗の肥満度の比較（青谷海域）

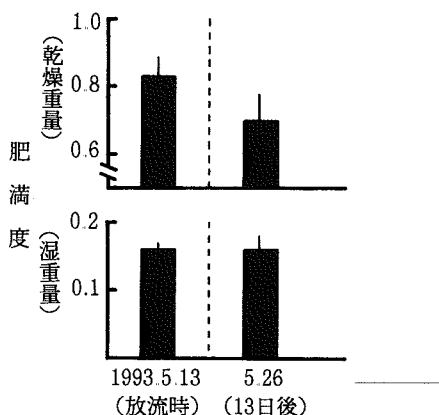


図12 放流後の人工種苗の肥満度の比較（賀露海域）

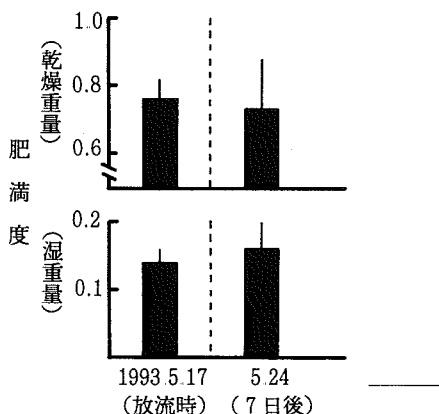


図13 放流後の人工種苗の肥満度の比較（東浜海域）

### (3) 天然稚魚の動態

放流海域（浅海）における天然0才魚の全長組成と分布量を示した図8，図9，図10より，各海域とも放流後7日から13日を経た5月下旬にも，まだ稚魚の加入が続いていることが推定される。ただ，この時期，既に全長5cmを越える稚魚も同海域に分布していることから，天然0才魚のこのような幅広い加入時期によって，その後の育成時期と環境条件にも大きな差が生じることが予測される。さらに，5月下旬と6月下旬の比較から，この間，同海域における0才魚の分布量が大きく減少していることが推定される。この理由の一つとして成長に伴う沖合い拡散が考えられるが，7月中旬以降，それぞれの海域の沖合い（水深30m）に分布する0才魚と浅海域に分布する0才魚の全長組成を比較すると，後者の組成の内，より小型の部分は沖合い拡散後の組成に継がり難いことが考えられる。

ところで，放流海域における水深とそこに分布する天然0才魚の全長との関係を現した図7より，天然稚魚の成長に伴う分布位置の変化を把握することができる。この内，稚魚の全長が何れも20mm程度しかない4月下旬から5月上旬には水深に伴う全長の変化は認められないが，5月下旬には浅所に，より大型個体が分布する傾向が強くなり，水深3m以浅ではそれ以深に比べて明らかに大型個体が集中していることが判る。しかし，これも6月下旬までには逆転し，深所ほど大型個体が分布する傾向に転じ，その後7月上旬に入ってもこの傾向は続いている。当放流海域を含めた本県の砂浜浅海域ではヒラメ稚魚の主要な餌料となるアミ類の分布量が6月以降，急減することが知られている<sup>3)</sup>。このような外的要因が大型個体の沖合いへの拡散を促す一つの要因となっていることも考えられるが，この時期，浅海域に大量に分布する小型個体（全長10cm以下）の分布が，その後，沖合い域に認められないことから，6月下旬以降，浅海域で示された天然稚魚の減少要因にこのような小型個体の減耗が関わっている可能性が示唆される。

### 総合考察

本県浅海砂浜域では，従来の放流時期（6，7月）に比べて早期（5月）にはヒラメ稚魚の主要な餌料となる遊泳性のアミ類が豊富で，これをめぐって競合する天然稚魚の分布量も少なく，また，人工種苗に重大な食害を及ぼすヒラメ未成魚やマゴチといった魚食性魚類の分布も少ないことが判っていた<sup>3)</sup>。しかし，従来の放流時期は種苗生産の行程に委ねる部分が大きく，従って6月以降に設定することが余儀なくされていた。これに対し，種苗生産技術の進展に伴って，本県で初めて試みられた早期（5月）放流の試みには，従来の放流に比べて高い生残効果が示されたと考えられる。

ところで，本年度の調査によって，放流海域に分布する天然稚魚は加入時期の幅広さから，その全長組成の位置によっては育成時期に大きな差が生じることが予測された。さらに，天然ヒラメには稚魚期においても全長組成のより小型の部分に量的な減耗がある可能性が当調査の結果から示唆された。これに対して，より大型の個体は6月に入ると集中的に沖合いへと分布域を拡散すると考えられた。また，こうして沖合い拡散した大型（全長10cm以上）個体は餌料の対象をそれまでのアミ類から魚類に変えて成長を続けることは従来から知られている<sup>4)5)</sup>。一方，ヒラメ稚魚期の主要な餌料である遊泳性のアミ類の本県浅海砂浜域における分布量は例年，5月に最も

豊富となるものの、6月に入ると急激に減少し、7月には皆無に近い状態となることが知られている<sup>7)</sup>。従って、餌料環境の悪化した浅海域に滞留するこれらの稚魚には、その後、飢餓が進み、それが起因した減耗が生じる可能性が考えられる。即ち、幅広い時期をもって大量加入してくる本県のヒラメ稚魚の多くが地先資源に加わっていない可能性もある。とすれば、天然稚魚の全長組成のこのような部分に人工種苗を添加する放流を行っていた従来の放流手法には大きな効果は期待できないことになる。本年度行った早期における放流の試みは、その意味において大変重要な放流技術的改良と考えられるが、餌料環境の季節的变化との適合性、や小型0才魚の減耗要因について詳細な検討を行い、より効果的な放流のタイミング（時期・サイズ）を把握する必要がある。

さらに、早期放流に関わる浅海砂浜域の環境要因についてまだ十分把握できているとは言い難い。例えば、砂浜性のカニ類による食害の実態については懸念が示されているものの、その実態は未だ明かではない<sup>8)</sup>。また、早期により厳しい波浪の条件について、その影響を定量的、定性的な面から検討し、より効率的な放流手法を模索する必要がある。また、早期放流の効果を最終的に判断する指標として、市場調査を主体とした漁獲量への加入実態について信頼できる調査を実施することが重要となる。

## 文 献

- 1) 浜田文彦・桜井則広（1995）：平成5年度ヒラメ栽培漁業事業化促進事業。平成5年度鳥取水試年報，204-208。
- 2) 本藤 靖（1994）：人工生産ヒラメと天然ヒラメの潜砂行動の発現と発達過程について。平成6年度水産養殖研究推進全国会議資料。
- 3) 古田晋平・西田輝巳・山田英明・宮永貴幸・渡部俊明・平野誠師（1992）：鳥取県中西部砂浜域におけるヒラメ放流稚魚と天然稚魚の追跡調査結果に基づく放流技術的考察。鳥取水試報（33）61-82。
- 4) 今林博道（1980）：生物群集内における稚魚期および若魚期ヒラメの摂餌生態-I。個体群の種内関係。日水誌，46，61-435。
- 5) 興石裕一・野口昌之・田中邦造（1985）：外海砂浜域におけるヒラメ幼稚魚の分布と成長。昭和57，58年度近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究（マリーンランチング計画）プログレスレポート，ヒラメ，カレイ（1），11-24
- 6) 西田輝巳・野沢正俊・網尾 勝（1978）：鳥取県砂浜沿岸域におけるアミについて-I。鳥取水試報（19）1-52。
- 7) 古田晋平（1994）：ヒラメ人工種苗の夜間の被補食。日本海ブロック試験研究収録（30），43-51。



## 4. ヒラメバイオテクノロジー試験

(ヒラメのバイオテク魚の種苗量産および養殖システム開発に関する研究－Ⅲ\*)

山本栄一

### 研究目的

1. バイテク魚大量作出技術の開発：ヒラメの雌性化技術等の量産規模での改良を行ない、成長の速い雌性化種苗等の量産化と実用化を推進する。
2. 優良クローンの作出と利用技術の確立：ヒラメの完全同型接合体とクローンの作出、利用、および保存方法について検討し、より有利なヒラメの養殖用種苗の生産手法を確立する。
3. バイテク魚の飼育マニュアルの作成：作出魚を用いた養殖試験によって、バイオテクヒラメの飼育特性についての資料を蓄積する。これをもとに、バイオテク魚の特性を生かした飼育マニュアルを作出し、合理的な養殖システムを確立する。

### 結果の概要

#### 1. バイテク魚大量作出技術の開発

##### 1) 性転換雄の効率的作出方法

ヒラメの性転換雄の効率的な作出方法を明らかにする目的で、遺伝的雌を雄に性転換させるための $17\alpha$ -メチルテストステロン (MT と略記) の有効な経口処理濃度を求めた。その結果、0.01ppmから10ppmの広い範囲のMT投与濃度が、ヒラメの遺伝的雌の雄への誘導に有効であることが判明した。なお、投与期間は、変態後から全長60mm代までで有効であった。

##### 2) 雌性化卵の大量作出方法

性転換雄による自然産卵実験を1例実施し、雌性化卵の大量作出例を蓄積した。産卵群は、通常の飼育群に出現した第2極体放出阻止型雌性発生2倍体 (G1 と略記) 雄27個体と、通常雌7個体 (いずれも1986年生まれ魚) からなる群で、3月23日 (11.9℃) から6月13日 (18.8℃) までの期間に産卵が計76日に渡って確認され、得られた卵数は計4,702万粒 (浮上卵数：1,067万、胚形成卵数：512万) であった。

##### 3) 雄への性転換阻止方法

雌性化種苗生産実験 (1.8t水槽使用、日齢80まで) を2例実施し、準量産規模での種苗生産例における性分化の制御手法に知見を蓄積した。上述の産卵群から3月28日 (卵数：32,000、胚形成率：92.3%) に得られた卵を用いた。性分化時期 (日齢41～80) に、雄への性分化の転換阻止を目的とした20℃程度の一定水温飼育を行なった。その結果、日齢80で、全長60mm程度の種苗を水槽面積1㎡あたり、2,000～3,000個体生産することができた。生産種苗の雌の割合は、91.1

\*：詳細を「平成5年度バイオテク利用魚類養殖システム開発事業報告書」に記載した。

% (No.1, 生産数:5,184) および84.0% (No.2, 7,495) であり, より高密度な生産群で雄の出現が多かった. 作出した雌性化種苗の常温飼育の対照群では, 45.2%の雄の出現がみられており, 一定水温飼育による雄への転換阻止効果は明らかであった.

#### 4) 親魚の成熟制御の応用

親魚の成熟制御のバイテク種苗生産への応用の基礎資料を収集する目的で, 雌親魚の個別産卵群を材料に光周期の制御による催熟実験を2例行なった. 1992年11月1日に長日条件(明期15時間, 暗期9時間)下での飼育を開始した. 12月初旬より産卵が開始され, 約半年間産卵が継続した. このように, ヒラメの雌の成熟を誘導する主な環境要件は長日の光周期であることが確認されるとともに, 同一雌親魚が, 早期の産卵誘発時期から, 通常の産卵期の終了時期と同様な6月初旬に至るまで, 長期に渡って成熟状態を維持し, 卵形成を継続することが可能であることが判明した.

### 2. 優良クローンの作出と利用技術の確立

#### 1) クローンの作出と特性

[平成3年作出の第1卵割阻止型雌性発生2倍体を親魚とするホモ型クローンの作出]

新たなホモ型クローン(完全同型接合体のクローン)の作出を目的に, 平成3年度に作出し, 成長特性調査を実施した第1卵割阻止型雌性発生2倍体(G2と略記)の成長優良個体を親魚として育成し, 次世代のG1の誘導を試みた. その結果, 2群のホモ型クローンが得られた. 作出の過程で, 仔稚魚の生育は順調であった. 作出群は組織移植実験によって遺伝的に同質なクローンであることが示された. 作出群の一つは, G2世代の成長特性調査において0~1歳時に最も高い成長度を示した雌親魚に由来し, 高成長のクローンを作出する素材としてとくに期待される.

[平成3年作出のホモ型クローンを親魚とするホモ型クローン第2世代の作出]

一度作出したホモ型クローンの維持および増殖の可能性を検討する目的で, ホモ型クローン第2世代の作出を試みた. その結果, クローン世代の雌雄の成熟は正常であり, ホモ型クローン内雌雄の個別の交配によって, クローン第2世代を作出することができた. 作出されたクローン第2世代は順調に生育し, 組織移植実験によって群内の遺伝的均質性が確かめられた. これによって, ホモ型クローンの継代増殖が可能であることが確認され, その育種素材としての活用が有効であることが判明した.

[ホモ型クローン第2世代と同朋のヘテロ型クローンの特性比較]

ホモ型クローンとヘテロ型クローン(異なるホモ型クローン間の雑種で, ヘテロ接合の遺伝子座を多数有する)の作出時から仔稚魚期の成長と生残を比較する目的で, ホモ型クローン第2世代と同朋のヘテロ型クローン(2群)を作出し, 生後半年間に渡って, その成長および生残特性の比較を行なった. その結果, 成長および生残ともヘテロ型クローンがホモ型クローンを上回る成績を示した. このことから, 完全同型接合体であるホモ型クローンの弱勢と, 仔稚魚段階にお

けるヘテロ型クローンの強健性が示された。ホモ型クローンは、G2による形質の遺伝的固定と、その保存のために有用であるが、近交の弊害が現れ易い。一方、ヘテロ型クローンは、ヘテロシスが生じ、強健であり、実際の養殖用種苗としてより優れていることが示唆された。

## 2) クローンの種苗生産方法

### [自然産卵によるクローンの増殖]

クローン世代の雌雄の産卵行動の正常性について調査し、クローン卵の大量作出方法を検討する目的で、自然産卵実験を行なうとともに、作出卵によるクローン第2世代の作出を試みた。その結果、ホモ型クローンの雌雄による産卵群から胚形成卵が得られ、その産卵行動の正常性が証明された。さらに、産出卵をもとにクローン第2世代を作出することができた。このことから、クローン世代の雌雄の自然産卵によってクローン卵が大量作出でき、これがクローン種苗の量産に利用される可能性が示された。

## 3) 完全同型接合体を利用したヒラメの品種改良

平成4年に作出したG2を育種素材とみなし、ピットタグで個体識別を施し、成長特性調査を実施した。これには同じく個体識別したヘテロ型クローンも対照として混合飼育を行なった。その結果、G2の41個体について、7カ月齢から19カ月齢までの個別の成長経歴を記録することができた。これには個体によって著しい変異が認められ、このことはG2世代の各個体の遺伝的特性のバラツキの反映であると考えられた。一方、クローン群では、G2の場合とはきわめて対照的に、個体ごとの成長がよく似たパターンを示し、これはクローン魚における遺伝的均質性を反映しているものと考えられた。

## 3. バイテク魚の飼育マニュアルの作成

### 1) 事業規模での飼育試験によるバイテク魚の飼育特性の把握

平成4年に作出した雌性化種苗（雌の割合：85.8%，親魚群＝本年度のA群と同一）を米子市漁協ヒラメ養殖場での養殖に供し、50日毎の魚体測定（日齢100から600まで）および給餌量調査を行ない、生育過程を調査した。日齢100（7月）から400（5月）までの飼育魚の成長は良好であった。日齢350（3月）で、すでに雌雄の成長差は明らかであり、体重で雌（平均485.3g）は雄（354.8g）の1.4倍に達していた。日齢400で、飼育群の平均体重は561.8gに達した。しかし、日齢400頃から日齢550にかけて（5～9月）の満1歳時の成長が必ずしも良好ではなかった。過密飼育とともに、イクチオボド症およびトリコジナ症の発生によって摂餌が不活発となったことがその要因であった。日齢400以降は1日当りの給餌率が魚体重の1%以下で推移し、体重の増量も低レベルで推移した。日齢550（10月）以降はやや成長の改善がみられた。飼育を終了した日齢600（11月）で平均体重は916.7gに達した。なお、本年作出種苗による漁協ヒラメ養殖場における試験も実施中である。