

## 音響馴致マダイの放流について

鈴木 康仁<sup>1)</sup>・矢野 由晶<sup>1), 3)</sup>・池田 茂則<sup>1)</sup>・吉村 祐一<sup>2)</sup>・鈴木 聖子<sup>2)</sup>(福井県栽培漁業センター<sup>1)</sup>・福井県水産試験場<sup>2)</sup>)

音響馴致によるマダイの放流については、過去に藤谷ら(1973,1980)の基礎的研究があり、これらの結果をもとに大分県(大分県水産試験場 1979; 益田 1987; 上城 1989)や長崎県(秋永 1989; 平川 1989)など西日本で応用研究がなされてきた。本県では1987年度から2年間、基礎試験を小浜市堅海地先にて実施し、最適魚種の選定や餌料試験などについて取り組み、1989年度からマリノフォーラム21(1989)の助成を受けて美浜町丹生湾で音響馴致マダイの放流を行ってきている。今回、1989年から1991年度までに得られた結果の概要について報告する。

市場調査をとりまとめるにあたっては、福井県水産試験場の調査結果も活用した。この調査にたづさわった木下仁徳氏にお礼申し上げる。

## 材料と方法

## 1 音響馴致

馴致用の音は300Hzの断続音で、放音1分後に給餌が開始され、給餌終了1分後に放音が停止するような時間配分になっている。

種苗は、当栽培漁業センターで種苗生産・中間育成された50~60mmサイズを8月下旬に美浜町丹生湾まで船で移送し、音響馴致用生簀に収容した。馴致期間は、2週間から4か月の範囲とした。

## 2 籠調査

放流後の湾内におけるマダイの滞留状況を把握するために、湾内にほぼ均等に18定点を設定した(図1)。採集漁具は、つりがね型の籠(底面の直径90cm, 高さ

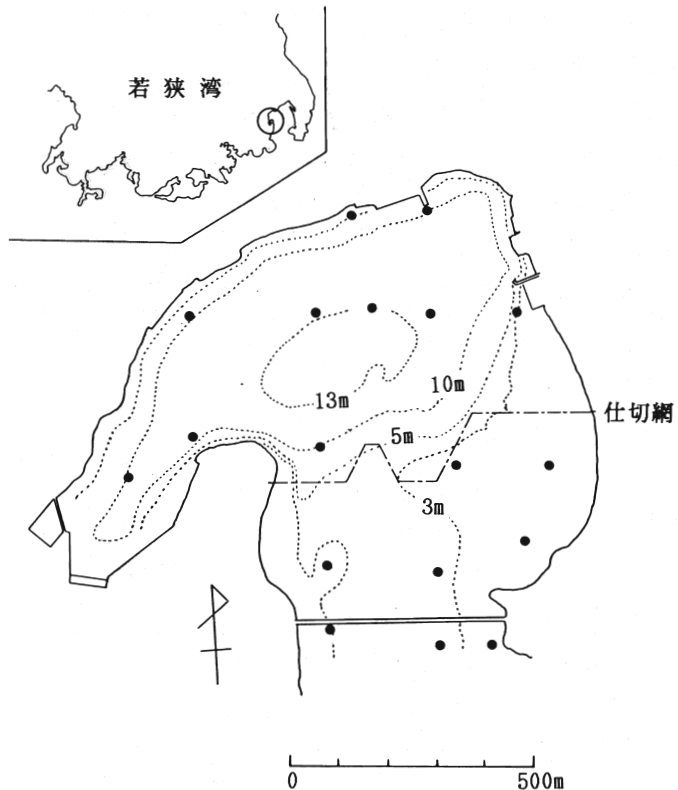


図1 籠漁獲調査定点図。

3) 現福井県農林水産部水産課

80cm) を用い、餌は冷凍マイワシを使用した。籠は1 定点につき2 個とし、その間隔は3 から5 m 程度とした。調査は、放流した翌日から1 週から4 週の間隔で2 月までとし、投籠を午後2 時頃から行い、揚籠を翌日の午前9 時頃から開始した。漁獲された放流魚は定点ごとに尾数と尾叉長を測定し、ただちに再放流した。

### 3 市場調査

90年は早瀬市場（美浜町）、日向市場（美浜町）、敦賀市場の3 か所、91年は小浜市場も加えた4 か所とした。調査回数は早瀬・日向・敦賀の3 市場において、週1～3 回とし、小浜市場については、9～11月に底曳網を対象に月1 回行った。なお、敦賀・小浜市場については水産試験場の資料を活用した。

天然魚と放流魚の識別は、放流時に実施した腹鰭抜去または背鰭カットにより判断したが、鰭の再生を想定して、両胸鰭の乱れた個体も放流魚とみなし、前者と区別して記録した。

敦賀・小浜については、調査尾数を調査重量に換算し、市場の仕切り伝票から算出したマダイ取り扱い重量と調査重量の比から全尾数を推計した。早瀬・日向市場については、調査尾数に調査日数と開場日数の比を乗じて、マダイ全尾数を推計した。

年級分離は、天然魚については、水産試験場のAge-Length-Keyを用いたが、放流魚については、堤・田中（1988）の方法により89・90年放流群の再捕魚のヒストグラムに正規分布曲線を当てはめ（図2）、Age-Length-Keyを作成して行った（表1）。

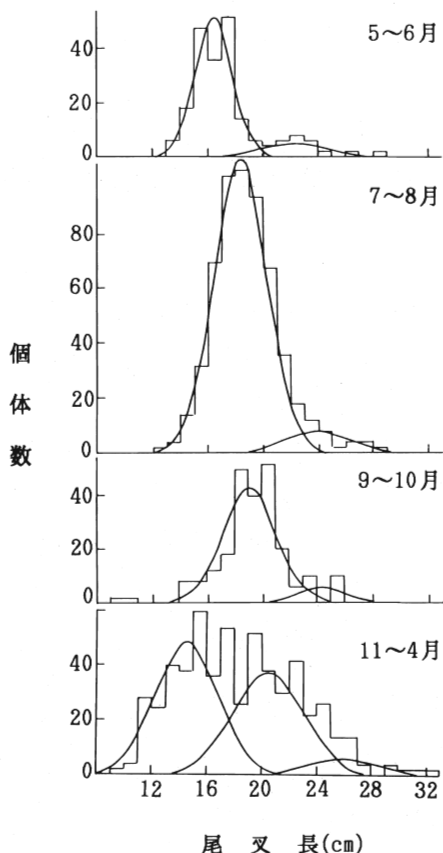


図2 再捕魚の尾叉長組成（89,90年放流群）。

表1 マダイ放流魚の尾叉長と年令との相関 (%)

尾叉長 (cm)	5, 6月		7, 8月		9, 10月		11~4月		
	1才	2才	1才	2才	1才	2才	0才	1才	2才
13							100	0	
14							97	3	
15							93	7	
16	100	0					83	17	
17	99	1					66	34	
18	96	4	100	0			41	59	
19	80	20	99	1	100	0	20	80	
20	30	70	97	3	99	1	8	92	0
21	4	96	92	8	95	5	3	94	3
22	0	100	76	24	83	17	0	94	6
23			43	57	56	44		88	12
24			16	84	23	77		76	24
25			3	97	7	93		59	41
26			0	100	1	99		38	62
27					0	100		20	80
28								8	92
29								0	100

## 結果と考察

### 1 丹生湾の地形と環境の概要

丹生湾の特徴として以下のことがあげられる。①敦賀半島先端の西側に位置し、面積は65haの小湾で、湾内の水深は中央部の最深部で10～13m、湾口部で水深3m～4mの皿状の浅い湾であるため、冬期の水温はマダイの越冬に適さない。②若狭湾のリアス式海岸内にあり、とくに、湾口が南側に開いているために冬の季節風の影響が少なく、海況は比較的静穏である。③丹生湾に隣接して関西電力の美浜原子力発電所があり、丹生湾を経て冷却水の取水を行っているため、常時湾内の海水交換が行われている。④冬期の水温低下に伴い、放流魚が湾外に逸散することを防ぐため、1990年から湾口付近に仕切網が設置されている。

### 2 湾内水温の推移

湾奥にある美浜発電所取水口で測定された午前10時の月別平均水温を表2に示した。1990年度の月別平均水温は、8月の28.5℃から2月の9.8℃の範囲にあり、日別最高水温は8月17日の29.6℃、同最低水温は2月25日の7.6℃であった。また、1991年度の月別平均水温は、8月の27.0℃から2月の10.9℃の範囲にあり、日別最高水温は8月23日の28.6℃、同最低水温は2月23日の9.8℃と、前年より年変動が少ない。

表2 丹生湾における水温の推移 (午前10時)

		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1990年度	最大	15.3	21.2	24.6	27.9	29.6	29.0	25.7	21.1	19.0	14.7	11.6	11.0
	月平均	13.4	17.6	21.2	25.0	28.5	27.2	22.7	19.6	16.4	12.6	9.8	10.1
	最小	11.9	14.5	18.1	21.4	27.3	25.4	20.8	17.8	14.2	11.1	7.6	8.7
1991年度	最大	14.8	19.1	24.1	27.3	28.6	27.5	23.1	20.3	17.6	14.1	12.3	11.8
	月平均	12.7	16.0	20.9	24.9	27.0	25.5	21.4	18.7	15.7	12.8	10.9	11.1
	最小	10.5	13.6	18.3	23.4	25.4	23.2	19.6	17.1	13.5	11.1	9.8	10.5

### 3 放 流

1989年から1991年までの放流実績を表3に示した。3年間の合計放流数は、129,200尾で、平均尾又長は67から107mmの範囲にあった。標識は右または左腹鰭抜去および背鰭カットのいずれかをすべての個体を実施した。

表3 マダイ放流実績

放流年月日	尾又長(mm)	放流数	標識方法
1989. 9. 13	80	18,500	右腹鰭抜去
1989. 9. 25	88	18,800	左腹鰭抜去
1990. 9. 11	81	17,400	右腹鰭抜去
1990. 10. 2	91	15,300	左腹鰭抜去
1991. 9. 17	67	24,700	右腹鰭抜去
1991. 10. 28-29	97	23,200	左腹鰭抜去
1991. 12. 17-18	107	11,300	背鰭カット
合 計		129,200	

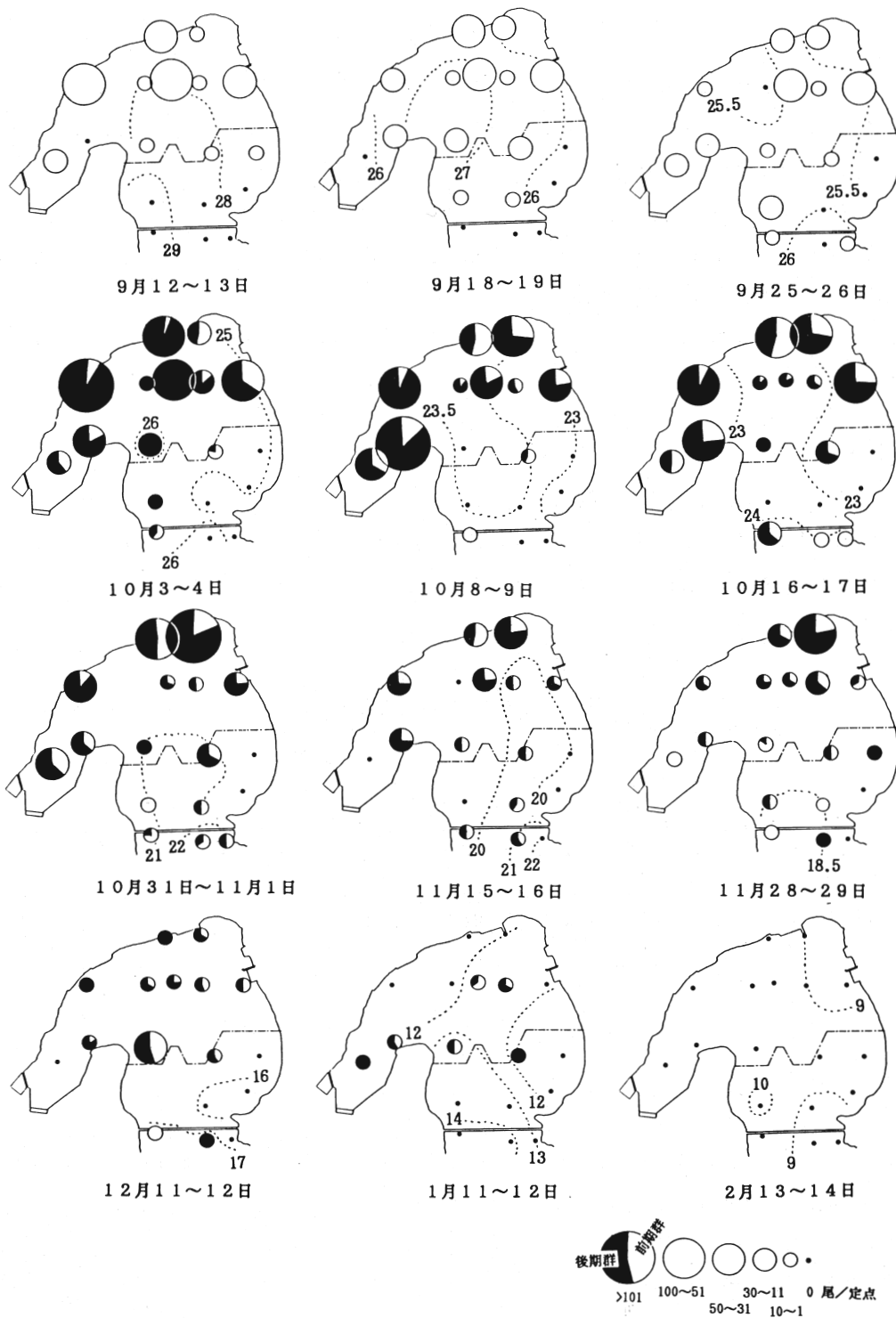


図3 籠によって漁獲された放流魚数と水温の変化 (1990)  
(図中の数字は表面水温).

#### 4 籠 調 査

1990年の定点別の再捕尾数と表面水温を調査日ごとに図3に示した。前期放流群の放流翌日（9月12-13日）の入籠数は、湾内中央より内側、とくに給餌機直下と沿岸よりの定点で多かったが、2週間後には湾口でも漁獲されはじめた。しかし、後期放流群は放流の翌日（10月3-4日）には、湾口で漁獲されており、前期放流群よりも短期間で逸散したことが予察される。表面水温が20℃まで下がった11月以降は全定点で再捕数が減少し、10℃まで下がった2月にはまったく再捕されなかった。90年は前年と比較すると、給餌機直下における入籠数が少なかった。これは、ボラ、ハマチなどが、投餌とともに給餌機に蟄集し、放流魚は海底近くで落下してくる配合飼料のみを摂餌していることが、潜水観察から認められており、大型魚の蟄集が放流魚の蟄集を妨げている原因になっているものと考えられる。

1989年と1990年の再捕数と調査日との回帰式から全減少係数を求め図4に示した。その結果、全減少係数は、1989年前期放流群0.0336、後期放流群0.0450、1990年前期放流群0.0277、後期放流群0.0364となり、90年放流群がやや低いものの、ほぼ同様の減少傾向を示した。長崎県では冬期でも給餌機周辺でマダイが確認されており、調査方法に若干の違いはあるものの、全減少係数も0.007から0.008（秋永 1989）と、本県と比較して明らかに低い。これは、給餌機周辺での冬期の最低水温が長崎県では14℃と高く、水深も30

から40mと深いことなど、生息環境の違いによるものと考えられる。

このように、90年度は仕切網が設置されていたにもかかわらず、89年度とほぼ同様の減少傾向を示し、仕切網の効果が認められなかった。この理由として、仕切網の目合が37.5mmであったため、放流初期のマダイは通り抜けが可能であったこと、仕切網の中央は水深5m、幅75mが船の出入口として開いていることなどが考えられる。

#### 5 市 場 調 査

表4に1989年から1991年まで各市場で水揚げされた放流魚の推計尾数を示した。89年の0才魚は市場調査未実施のため、丹生地先の定置網で再捕された個体数で示したが、実際の再捕尾数はもっと多

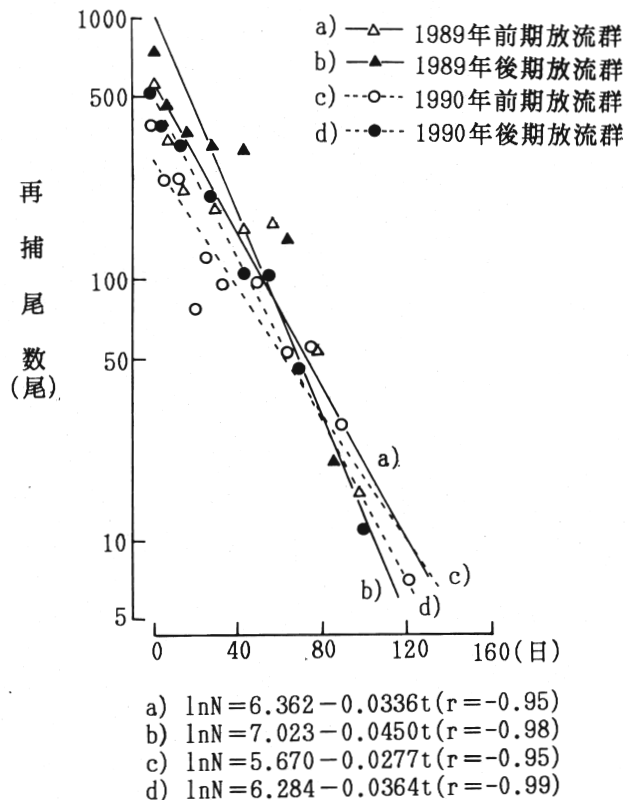


図4 丹生湾内における放流後の再捕尾数の推移。

表4 各市場に水揚げされた放流魚の推計尾数

放流年度	放流尾数	年齢別推計再捕尾数			合 計	累積再捕率 (%)
		0才	1才	2才		
1989	37,300	494 (525)	3,565 (4,470)	284 (388)	4,343 (5,383)	11.6 (14.4)
1990	32,700	1,547 (1,552)	1,442 (1,842)		2,989 (3,394)	9.1 (10.4)
1991	59,200	277 (382)			277 (382)	0.5 (0.6)

注) 89年の0才魚は丹生地先の定置網での再捕尾数を示した。  
( )の数字は両胸鰭の乱れ個体も含む。

いものと思われる。1991年までの累積再捕率は、89年放流群11.6%、90年放流群9.1%、91年放流群0.5%となった。昭和55年から61年まで福井県（1988）で行われたマダイ放流事業（放流サイズ41～160mm）における累積再捕率をみると、5%以上が2例あるのみで、その他は1%以下であり、本調査の再捕率の高さが目立つ。この理由として、放流後、音響給餌機に蝟集した馴致魚が配合飼料を摂餌することにより成長が早まったこと。音響給餌機への蝟集や、丹生湾湾口が狭く水深が浅いなど湾の形状が被食割合の高い湾外への移動時期を遅らせたことなどが、生残率の向上に結びついたものと考えられる。

1991年に市場で水揚げされた放流魚を地区（再捕した船の所属市町村）別に比較したのが図5である。再捕魚は、放流海域のある美浜町と隣接する敦賀市がそれぞれ945尾（47%）、908尾（45%）と両地区で9割以上を占め、残りの3地区が同程度の割合でそれについだ。年令別にみると、0才魚は美浜で7割を占め、ついで敦賀、河野と続くが、他の2地区では漁獲されていない。1才魚は敦賀で55%、美浜で39%と両地区で9割以上を占め、残りを三方、小浜、河野の全地区で漁獲され、0才魚より分散傾向にあった。2才魚は美浜で66%、敦賀で17%と両地区で8割を占めたものの、他地区への分散もより一層進んでいた。

年齢別（0～2才）、漁法別の漁獲割合を図6に示した。放流魚では、各年令とも定置網がもっとも多く、ついで延縄がそれに続いたが、1、2才と比較して0才の定置網の漁獲割合が高かった。天然魚でも、0才の定置網での漁獲がもっとも多く、年令が上がるにつれて、延縄の割合が増えており、これらのことから、放流、天然魚ともに、年令の増加にともなって、沿岸から沖合へ分散したことがうかがえる。

図7に丹生海域におけるマダイ再捕魚の流れを示した。敦賀および河野で漁獲された放流魚は延縄654尾、定置網283尾、刺網30尾で、これらは敦賀市場に水揚げされた。美浜湾内での漁獲は延縄54尾、定置網855尾、刺網76尾で約6割が美浜町内の日向、早瀬両市場で、残りの4割は敦賀市場に水揚げされた。小浜市場については、51尾が漁獲されているが、底曳網のみの調査であるため、実際はさらに多くの放流魚が水揚げされているものと思われる。以上の結果より、放流魚の湾外移動後の回避経路を推定すると、放流魚の南下群は沿岸沿いに拡散して、沿岸の定置網や刺網に漁獲される。いっぽ

う、北上群は、敦賀半島先端を過ぎてから敦賀地先で延縄や定置網にかかり、さらに北上した群れが河野で漁獲されると推定される。また、南下群は美浜町地先で大部分が漁獲されるが、一部が三方の定置網や小浜の底曳網に漁獲されたものと考えられる。

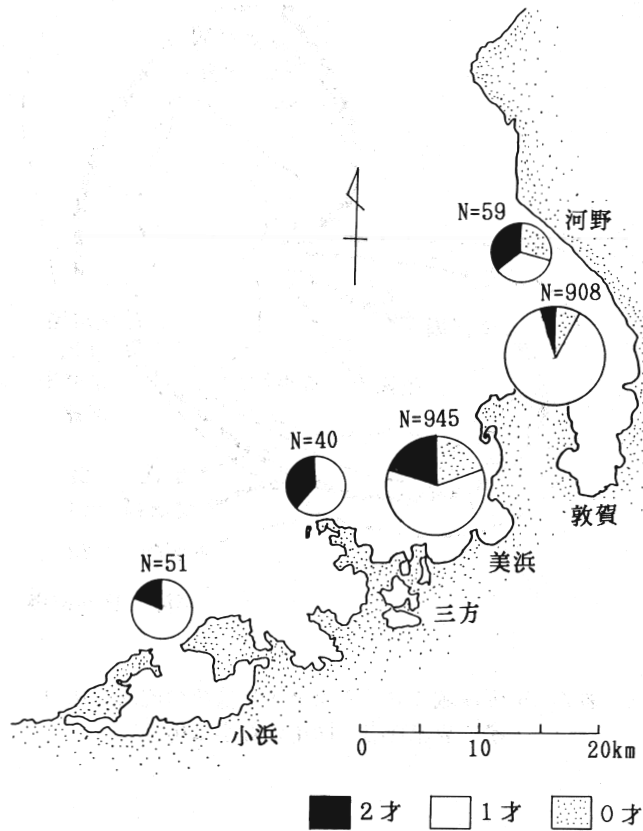


図5 地区別の推計再捕尾数 (1991).

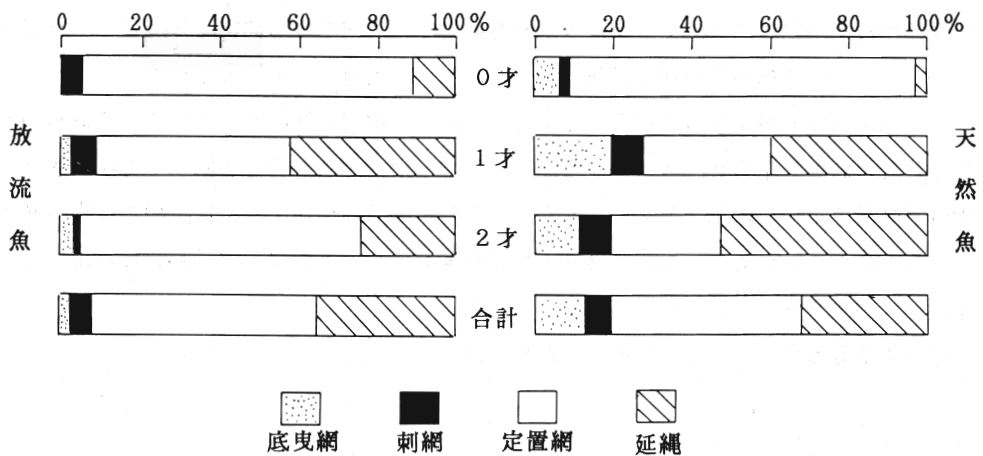


図6 年令別漁法別漁獲割合 (1991).

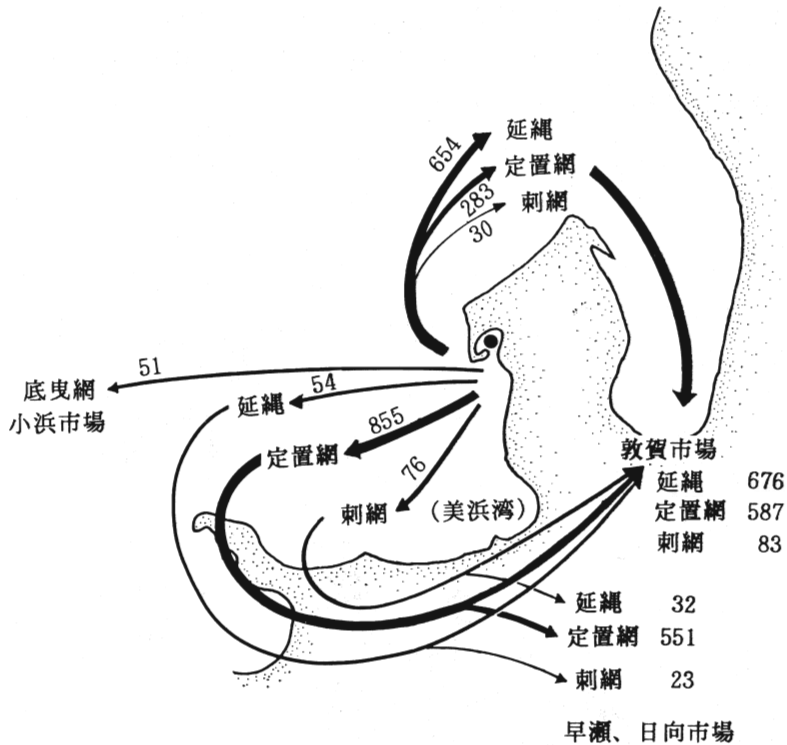


図7 美浜海域におけるマダイ再捕魚の流れ (1991)  
(●：放流地点，図中の数字は尾数)。

### 今後の課題と展望

1. 冬期の水温低下とともに，多くの放流魚が湾外に移動しており，仕切網の効果が認められていない。今後は生簀網で越冬させた大型サイズを翌春放流し，湾内での滞留状況を調査するなどの方法をとることにより，仕切網からの移動経路を明らかにし，湾内越冬を可能とさせる。
2. ボラ・ハマチなどが給餌機に蝸集した場合，放流魚の蝸集の妨げとなるので，放流魚がかからない程度の目合の刺網を給餌機周辺にかけるなどにより，ボラ・ハマチを駆除する方法を考える。
3. 湾外移動後，年令の増加とともに，沖合へ分散化する傾向にあり，2才魚の再捕率の減少につながっているものと思われる。今後は湾外への移動を制御するとともに，湾外移動後の地先での滞留を高めるための方策を探る。
4. 遊漁による放流魚の釣獲量を把握するための調査を行う。



## 文 献

- 秋永高志 (1989) 音響馴致によるマダイの滞留効果. 長崎水試研報, (15), 39-45.
- 藤谷 超・坂口清次・福原 修 (1973) マダイ種苗の音響馴致のための研究. 浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究 (備後灘周辺実験漁場), 昭和47年度別枠研究成果, 251-265.
- FUJIYA, M., SAKAGUTI, S. and FUKUHARA, O. (1980) Training of fishes applied to ranching of red sea bream in Japan. *ICLARM Conference Proceedings*, 5, 200-209.
- 福井県栽培漁業センター (1988) 昭和62年度回遊性魚類共同放流実験調査事業報告書 (日本海中部海域マダイ班), 93-94.
- 平川栄一・町田末広・細見光宏・秋永高志・堀井豊充・山本純弘 (1989) 玉之浦湾における音響馴致マダイの分布. 長崎水試研報, (15), 53-59.
- 上城義信 (1989) 昭和63年度海洋牧場開発促進事業調査報告書. 大分水試, 1-58.
- マリノフォーラム21 (1989) 昭和63年度海域開発促進条件調査報告書, 3-121.
- 益田信之 (1987) 海洋牧場試用事業-1. 昭和60年度大分水試事報, 1-113.
- 大分県水産試験場 (1979) 音響馴致による放流マダイの管理. 昭和53年度放流技術開発事業報告書.
- 堤 裕昭・田中雅生 (1988) 体長頻度分布データからの世代解析. パソコンによる資源解析プログラム集, 東海区水産研究所, 189-198.

### [質疑応答]

- 内野 (京都海洋セ) 放流効果が高い (累積再捕率が高い) が, 音響馴致の効果があったと考えていいのか. 過去のデータ等もあれば, 教えてほしい.
- 鈴木 (福井栽セ) 籠調査結果より, 11月頃まで湾内滞留の多いことから, 放流直後の初期減耗が防止され, 再捕率が高くなったものと思われる. 福井県における過去の再捕率は2-3%以下がほとんどであったと記憶している.