

ISSN 0563-8461
東水試出版物通刊 No.330
調査研究要報 No.176

中層浮魚礁開發試験報告書

(昭和54～57年度)

昭和59年7月

東京都水産試験場

目 次

はじめに	1
I 目 的	1
II 中層浮魚礁の設計及び構造	2
1. 浮魚礁の構造・設計	2
2. 設置位置	13
3. 浮魚礁設置経過	15
4. 調査方法	15
III 調 査 結 果	17
1. 波浪調査	17
2. 54年度単円筒型浮魚礁の回収調査	20
3. 潜水調査	21
4. 魚群探知機による調査	26
5. 浮魚礁本体の魚探反応と目印ブイ	33
6. 漁獲試験	33
7. 漁船の水揚量調査	34
VI 考 察	37
V 要 約	38
IV 参 考 文 献	39
VII 資 料 編	41

実施機関および担当者

実施機関 東京都水産試験場 大島分場

担当区分	総括	分場長	草 苧 正 (昭和54年)
	"	"	今井丈夫 (昭和54~57年) ^{※1}
	"	"	三村哲夫 (昭和57年)
	企画・調査	主任研究員	中川政男 (昭和54~56年) ^{※2}
	"	"	斉藤鉄也 (昭和57年)
	"	研究員	岡村陽一 (取りまとめ)
	"	"	武藤光盛
	"	"	有馬多恵子
	"	"	小泉正行
	"	"	森 真朗 ^{※3}
	"	"	斉藤盛致
	"	"	斉藤 実 ^{※4}
	"	"	床枝真吉
	"	"	米山純夫
	"	"	有馬孝和
	"	"	竹之内卓夫 ^{※5}
		技能員	梅田福夫
調査船	「みやこ」 (127.32トン)		船長 青沼 勇 他15名
	「やしお」 (28.58トン)		船長 立島 昭 他6名
	「かもめ」 (3.87トン)		船長 田中 七郎

指導助言 水産工学研究所漁業生産工学部 魚群制御研究室長 三次 信輔

※1 現 東京都水産試験場技術管理部長

※2 現 東京都水産試験場技術管理部

※3 現 東京都水産試験場奥多摩分場

※4 現 東京都小笠原支庁

※5 現 東京都水産試験場技術管理部

はじめに

伊豆諸島の漁業者が浮漁礁に対して関心を持つ直接のきっかけとなったのは 日本電信電話公社が昭和48年から昭和54年まで大島千波崎沖水深180mに浮設した海洋電波中継塔¹⁾であろう。海洋電波中継塔は直径3～6m、全長135mの巨大な鋼製スパー型パイプで、昭和50年頃からヒラマサ、カツオなどの曳縄漁、一本釣漁の好漁場として利用された。

昭和52年に、漁村青壮年育成対策事業で徳島県を先進地視察した際、「クラゲ型浮魚礁」²⁾の説明を受け、その効果の大きさ、設置の容易さなどから漁業者の浮魚礁に対する関心、要望はより高まった。

本研究は昭和54年から漁業技術改良試験として4年間実施し、毎年1～2基試験的に浮漁礁を製作、投入してその耐久性・付着生物・集魚効果を調査したものである。伊豆諸島海域の気象と波浪、潮流などの海象条件は厳しく強力で、付着生物量は当初の予想を大幅に上回るなど、研究途中に思いがけない様々な困難が生じた。浮魚礁の耐用年数の実証など一部が今後の課題として残されたが、ほぼ実用化の目的を付けることができたのでここに報告書として取りまとめた。

なお、本研究を進めるにあたって水産庁水産工学研究所の三次信輔室長に、懇切な御教示をいただいた。また、離島という環境の下で、資材の運搬・組立て・投入に多くの方々の御協力をいただき、調査には、各漁協及び漁業者の方々に御協力いただいた。これらの方々には心から御礼申し上げる。

I 目 的

伊豆諸島海域は黒潮本流の流路にあたり、回遊性魚類の回遊経路となり、来遊魚種は豊富であるが、各島の島周りでは曳縄、一本釣、小型定置網等が主要な漁業で、この漁場における生産性は高いとはいえない。これは回遊性の漁業資源の多くが通過してしまい、漁業上十分活用できないためと考えられる。

従って、これら島周りの海域で人工的な魚礁を設置し、回遊性の魚類を蜻集、滞留させることにより漁場を造成することは漁業の生産性向上をはかる上に極めて重要である。

本試験は島しょという海況、地形等の特殊条件の下における回遊性魚類を対象とした中層浮魚礁の実用化をはかることを目的として実施した。

II 中層浮魚礁の設計及び構造

1. 浮魚礁の構造設計

1) 設計条件

(1) 魚礁本体の設置水深

水面下	20～25 m
設置場所の水深	38～80 m

(2) 流速

大島千波崎の西沖約5Km(水深180m)の地点に電々公社が設置した海洋中継塔の流向流速計の記録のうち、昭和50年7～12月の期間の最大流速1.2m/secを参考として、設計最大流速を1.4m/sec(2.72kt)とした。

(3) 波浪

運輸省第2港湾局が大島波浮港沖に設置している波高計の記録から、昭和54～56年度の設計波を、波高($H_{1/10}$)=9.31m、周期($T_{1/10}$)=11.78秒、波長(L)=188.31mとした。

しかし、昭和56年10月の台風24号が接近した際に、 $H_{max}=14.32m$ 、 $T_{max}=13.45$ 秒が記録されたため、昭和57年度の設計波は $H_{1/10}=13.0m$ 、 $T_{1/10}=13.45$ 秒、 $L=260.9m$ に手直した。

(4) 付着生物量

昭和54～55年度は「沿岸漁場整備開発事業構造物設計指針」⁵⁾(昭和53年度版)により、付着生物重量を $2.5kg/m^2$ (水中)としたが、後述のとおり昭和56年5月に大島筆島沖の単円筒型浮魚礁の1基が付着生物過多のため沈下したので、昭和56年度は付着生物重量を $12kg/m^2$ (水中)とした。

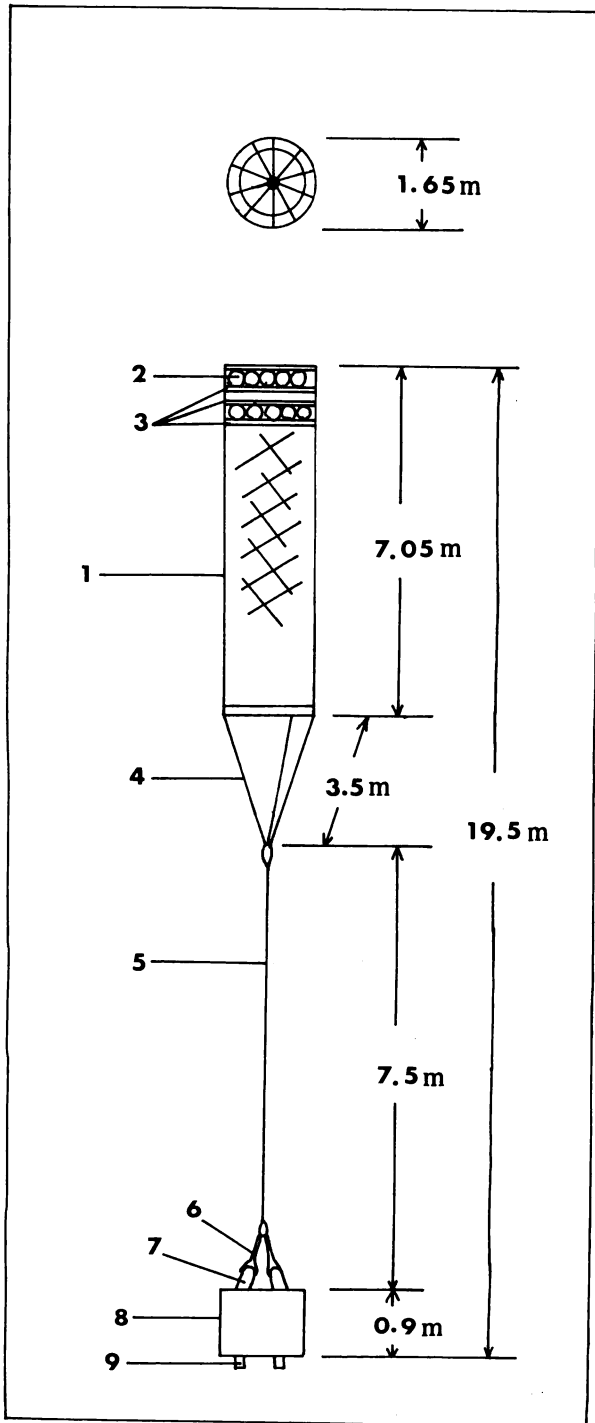
しかし、当地区では投入船の備船に限度があり、一気に投入する以外に方法がないためあまり強大な浮力とアンカーでは投入時に魚礁本体が破損するおそれがあるため、昭和57年度は付着生物重量を $9kg/m^2$ (水中)に軽減した。

2) 浮魚礁の構造

魚礁本体は旭化成工業のF.R.P.製円筒型ユニットを単体で(以下単円筒型浮魚礁という)、あるいは7本を組み合わせた(以下平型浮魚礁という)2つの型で試験を実施した。

昭和54、55年度に筆島沖に設置した単円筒型浮魚礁を図1に、55～57年度に千波崎沖に設置した平型浮魚礁を図2～4に示した。

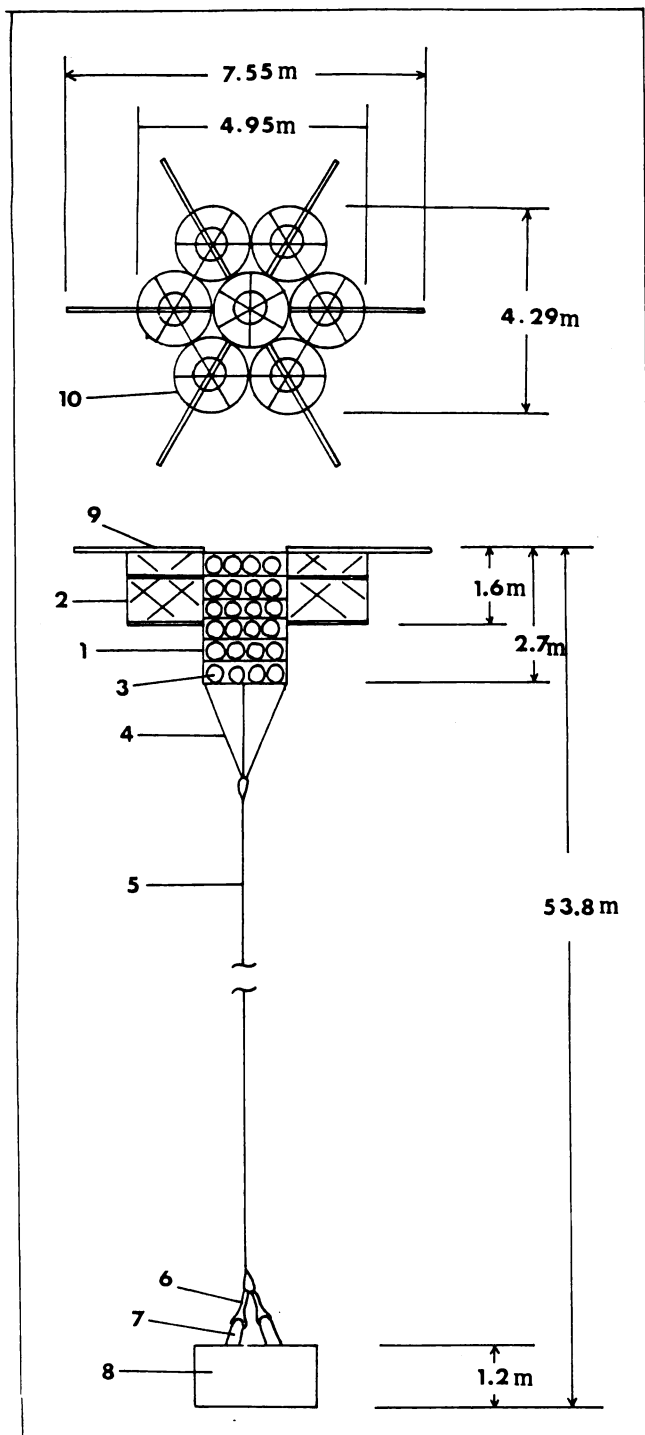
昭和56年に回収して改良し57年度に千波崎沖に設置した単円筒型浮魚礁を図5に示した。



各部の仕様

- ① 単体ユニット F.R.P
 $\phi 1,650\text{mm}$ L7,050mm
- ② 浮体
 $\phi 345\text{mm}$ 浮力20kg \times 28ヶ
- ③ 上下フタ F.R.P
 $\phi 1,520\text{mm}$ 厚さ38と25mm
- ④ 副係留索 テトロンエイトロープ
 $\phi 24\text{mm}$ 30m
- ⑤ 主係留索 テトロンパラエイト
 ロープ
 $\phi 48\text{mm}$ 6.5m
 アイスブライス処理
- ⑥ アンカー接続ロープ
 $\phi 24\text{mm}$ テトロンエイトロープを
 掛け継ぎしたもの
- ⑦ 古タイヤ
 $\phi 1,060\text{mm}$
- ⑧ アンカー コンクリート
 $1.8 \times 1.8 \times 0.9\text{m}$
- ⑨ 鉄パイプ 4本

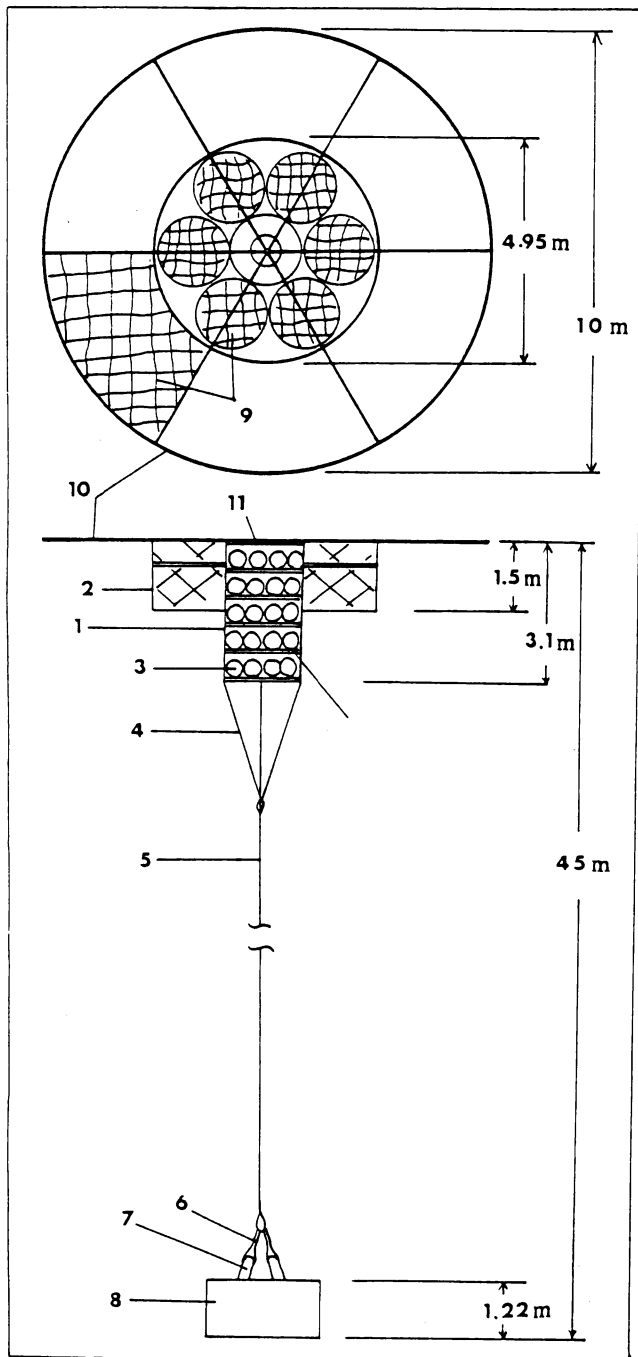
図1 54、55年度設置の単円筒型浮魚礁
 (水深38~40m)



各部の使用

- ① 単体ユニット(1) F.R.P
φ1,650mm L2,700mm
- ② 単体ユニット(2) F.R.P
φ1,650mm L1,500mm
- ③ 浮体 ガラス玉
φ364mm 浮力21kg 78ヶ
- ④ 副係留索 テトロンエイトロープ
φ24mm 36m
- ⑤ 主係留索 パラエイトロープ
φ48mm 45m
- ⑥ アンカー接続ロープ
φ24mmテトロンエイトロープ
- ⑦ 古タイヤ
φ1,060mm
- ⑧ アンカー コンクリート
2×2×1.2m
- ⑨ 集魚棒 F.R.P.
φ100mm L3,050mm
- ⑩ 上フタ F.R.P.
φ1,520mm 厚38mm

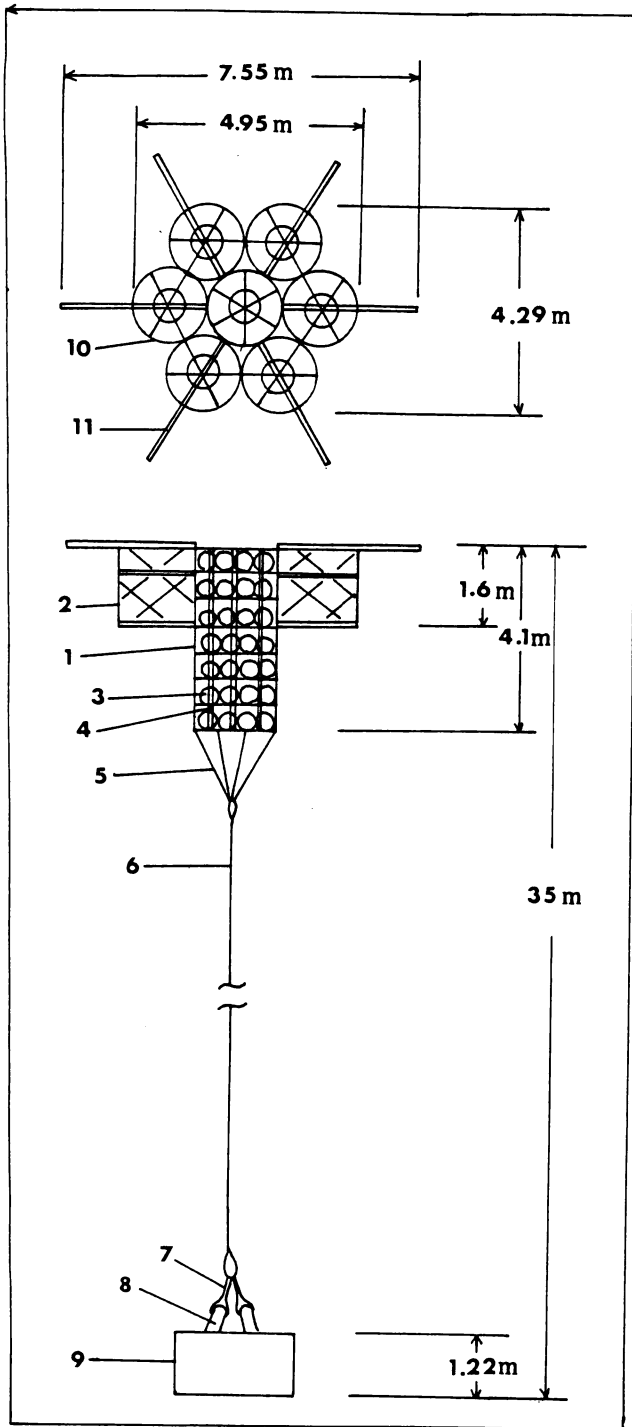
図2 55年度設置の平型浮魚礁
(水深80m)



各部の仕様

- ① 単体ユニット(1) F.R.P.
φ1,650mm L3,100mm
- ② 単体ユニット(2) F.R.P.
φ1,650mm L1,500mm
- ③ 浮体 ABS
φ345 L570mm 80ヶ
浮力41kg
- ④ 副係留索 テトロンタフレローブ
φ24mm 36m
- ⑤ 主係留索 パラエイトローブ
φ48mm 57m
- ⑥ アンカー接続ローブ
φ24mm タフレローブ 40m
- ⑦ 古タイヤ
φ1,060mm
- ⑧ アンカー コンクリート
2.4×2.4×1.22m
- ⑨ 網地
- ⑩ 上部集魚板 F.R.P.
φ10,000mm 厚30mm

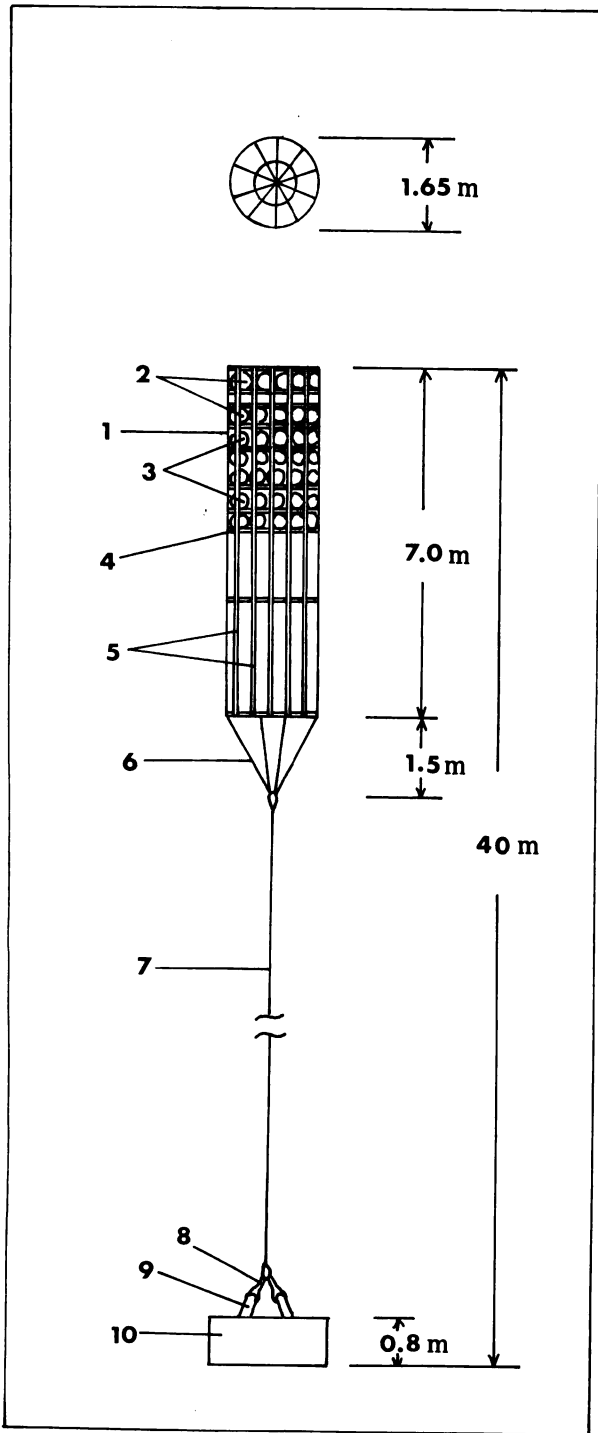
図3 56年度設置の平型浮魚礁
(水深67m)



各部の仕様

- ① 単体ユニット(1) F.R.P.
φ 1,650mm L 4,000mm
- ② 単体ユニット(2) F.R.P.
φ 1,650mm L 1,500mm
- ③ 浮体 ABS
φ 390mm 浮力30kg×84ヶ
- ④ 縦補強棒 F.R.P.
幅40×厚20×4,000mm
- ⑤ 副係留索 タフレローブ
φ 24mm 40m
- ⑥ 主係留索 パラエイトローブ
φ 48mm 27m
- ⑦ アンカー接続ローブ
φ 24mm タフレローブ 40m
- ⑧ 古タイヤ
φ 1,060mm
- ⑨ アンカー コンクリート
2.1×2.1×1.22m
- ⑩ フタ F.R.P.
φ 1,520 厚38mm
- ⑪ 集魚棒
φ 100mm L 3,150mm

図4 57年度設置の平型浮魚礁
(水深60m)



各部の仕様

- ① 単体ユニット F.R.P.
φ1,650mm L7,000mm
- ② 浮体 ガラス玉
φ345mm 浮力20kg 28ヶ
- ③ 追加浮体
ガラス玉 浮力42kg 13ヶ
ABSブイ 浮力30kg 31ヶ
- ④ フタ F.R.P.
φ1,520mm
- ⑤ 縦補強棒 F.R.P.
幅40×厚20×7,000mm
- ⑥ 副係留索 テトロンタフレローブ
φ24mm 40m
- ⑦ 主係留索 パラエイトローブ
φ48mm 39m
- ⑧ アンカー接続ローブ タフレローブ
φ24mm 40m
- ⑨ 古タイヤ
φ1,060mm
- ⑩ アンカー コンクリート
2×2×0.8m

図5 57年度設置の単円筒型浮魚礁
(水深60m)

単円筒型浮魚礁の容積は14.96空 m^3 、空中重量は363.3kg、水中重量は141.69kg、生物の付着面積は44.5 m^2 である。浮体には直径34.5cmのガラス玉を使用し、浮力は魚礁部を中層に維持するほかに、波の横方向の波力によって魚礁本体が海底に激突して破損しないように、また波の縦方向の波力によって魚礁本体が上下動して係留索が衝激を受けないよう絶えず係留索が張っているように考慮した。

そのため、必要浮力(=魚礁水中重量+付着生物重量)252.94kgに対して浮力を560kgとし、307.06kgの余剰浮力を持たせた。浮体のガラス玉は単体ユニットの上方にF.R.P.で固定したフタにF.R.P.繊維で1個ずつ固定し、浮力が一時に魚礁上面にかからないようにした。

54年度単円筒型浮魚礁には設置後、荷作りテープを束ねた人工海藻50本を50mのロープに付けたものを巻き付けた。

55年度単円筒型浮魚礁には、刺激面積を増やす目的でトリカルネット、古漁網、 $\phi 8$ mmビニール管を円筒の各部分に取り付けた。

55年度平型浮魚礁はF.R.P.製単体ユニット7本を円形に組合わせたもので、容積は25.0空 m^3 、空中重量は1,130.2kg、水中重量は440.93kg、生物の付着面積は105.14 m^2 であった。魚礁部上面に6本の集魚棒を取り付けた。浮体は前年同様のガラス玉を使用し、必要浮力703.79kgに対して浮力を1,638kgとし、934.21kgの余剰浮力を持たせた。

56年度平型浮魚礁は55年度とほぼ同様にF.R.P.製単体ユニット7本を円形に組合わせ、魚礁上面に網地で覆いをした直径10mの集魚板を取り付けた。浮体は耐久性、運送の容易さを考えてABS樹脂製の中通しのフロートを使用し、フタにロープで結えた後、結び目をF.R.P.繊維で固定した。容積は25.86空 m^3 、空中重量は1,053.3kg、水中重量は410.8kg、生物の付着面積は153.32 m^2 である。付着生物重量を12kg/ m^2 (水中)としたため必要浮力は2,250.6kgとなり、これに対して浮力を3,280kgに増大させ、余剰浮力を1,029.4kgとした。

57年度平型浮魚礁も55年度とほぼ同様だが、56年度と異なり集魚板を集魚棒にし網地をF.R.P.製フタに戻した。容積は28.9空 m^3 、空中重量は1,627kg、水中重量は777kg、生物の付着面積は151.4 m^2 である。投入時の礁本体にかかるたわみが計算できないため、付着生物重量の設計値を9kg/ m^2 に減らし、さらに中央ユニットに縦補強棒6本を取り付けた。浮体はABS樹脂製の玉ブイを使用し、56年度と同様にF.R.P.繊維でフタに固定した。浮力は2,520kgで、余剰浮力は893kgであった。

57年度の単円筒型浮魚礁は、回収した54年度単円筒礁にブイを追加して補強したものである。改良後の空中重量は873kg、水中重量は465kg、生物の付着面積82.315 m^2 であり、

浮体の浮力は2,040kgで余剰浮力は1,175kgであった。

3) 係留索の材質

浮魚礁は係留部分の切断により流失する危険が大きいため、これに備えて係留索のたわみによって受ける最大張力を大幅に上回る強度が必要である。このため主係留索は疲労、腐蝕、摩耗に対して優れたテトロンパラエイトロープを選び、単円筒型礁には8番、やや大型の平型礁には10番を使用した。

魚礁本体と主係留索を継ぐ副係留索とアンカー接続ロープには55年度までφ24mmのテトロンエイトロープをそれぞれ2重、4重に掛け継ぎして使用したが、回収した54年度単円筒礁の調査からテトロンパラエイトロープに大幅な強度低下が認められたため、56年度以降副係留索にエイトロープより約3割強いφ24mmのテトロンタフレロープを使用した。

魚礁本体下端の副係留索の留め部分と古タイヤ上部は古網を巻いた上をマグロ縄で巻いてロープの摩耗に備えた。主係留索の両端アイ部分はφ6mmのマグロ縄で積巻きした。

係留部分には金具類を一切使用しなかった。

4) アンカー

係留方式は一点係留とし、アンカーは単体のコンクリートブロックを用いた。アンカーが滑動したり転倒したりしないための安全率を考え、単円筒礁ではアンカー重量を空中重量6.88トン（水中重量3.78トン）、55年度平型礁では同1.52トン（同6.58トン）、56年度平型礁では同1.68トン（同9.59トン）、57年度平型礁では空中重量1.242トン（同7.12トン）、単円筒型礁では同7.36トン（同4.16トン）とした。

54年度単円筒型礁では滑動防止を目的として、アンカー下部に4本の足場用鉄パイプ(φ50mm)を20cm突き出したが、あまり効果的ではなかった。

5) 目印ブイ

浮魚礁設置位置の目印として54年度単円筒型礁の上部にφ34cmのハイゼックスブイ3個をφ18mmのテトロンエイトロープに連結して取り付けた。

55、56年度の平型礁ではφ60cm、長さ1mの発包スチロール製フロートをφ24mmのテトロンエイトロープを使用して魚礁本体上面に取り付けた。水面下3m付近にφ33cmの発包スチロール製中通しブイを中間ブイとして取り付けた。

57年度平型礁では、φ37cmのハイゼックスブイ2個をφ24mmのテトロンエイトロープに連結して単体ユニット(2)の上面に結び付けた。

6) 浮魚礁の安定計算

浮魚礁の安定計算の一例として、56年度平型浮魚礁の場合の計算式を以下に示した。

(1) 設計条件

II-1)と同様。魚礁本体上面の位置は水面下25m。設置海域の水深は70mとした。

(2) 余剰浮力

① 浮体の浮力	ブイ浮力 $41 \text{ kg} \times 80 \text{ 個}$	3,280.0 kg
② 魚礁水中重量		410.8 kg
③ 付着生物重量(水中)		1,839.8 kg
④ 余剰浮力		
付着生物のない場合		2,869.2 kg
付着生物のついた場合		1,029.4 kg

(3) 魚礁重量

1.5 mユニット	$75 \text{ kg} \times 6 \text{ 個} = 450 \text{ kg}$
3.1 mユニット	$167 \text{ kg} \times 1 \text{ 個} = 167 \text{ kg}$
上 プ タ 板	$25 \text{ kg} \times 1 \text{ 個} = 25 \text{ kg}$
下 プ タ 板	$17 \text{ kg} \times 5 \text{ 個} = 85 \text{ kg}$
集 魚 板	$138 \text{ kg} \times 1 \text{ 個} = 138 \text{ kg}$
接 着 材	{ ユニット間 $2 \text{ kg} \times 36 \text{ カ所} = 72 \text{ kg}$
	{ フタ取付 $1.5 \text{ kg} \times 35 \text{ カ所} = 52.5 \text{ kg}$
	{ 集魚板取付 $1.5 \text{ kg} \times 12 \text{ カ所} = 18 \text{ kg}$
	{ 係留部 $4 \text{ kg} \times 4 \text{ カ所} = 16 \text{ kg}$
ブイ固定ロープ	29.8 kg
<hr/>	
魚礁総重量	1,053.3 kg
水中重量	$1,053.3 \times 0.39 = 410.8 \text{ kg}$

(4) 付着生物量

① 表面積

1.5 mユニット	$10.11 \text{ m}^2 \times 6 \text{ 個} = 60.66 \text{ m}^2$
3.1 mユニット	$21.20 \text{ m}^2 \times 1 \text{ 個} = 21.20 \text{ m}^2$
上 プ タ 板	$2.46 \text{ m}^2 \times 1 \text{ 個} = 2.46 \text{ m}^2$
下 プ タ 板	$1.78 \text{ m}^2 \times 5 \text{ 個} = 8.90 \text{ m}^2$
集 魚 板	$10.68 \text{ m}^2 \times 1 \text{ 個} = 10.68 \text{ m}^2$
浮 体 ブ イ	$0.618 \text{ m}^2 \times 80 \text{ 個} = 49.42 \text{ m}^2$
<hr/>	
	153.32 m ²
付着生物水中重量	$12 \text{ kg/m}^2 \times 153.32 \text{ m}^2 = 1,839.8 \text{ kg}$

(5) 礁体の受ける抵抗

① 鉛直方向の波浪による最大流速

$$W_m = \frac{\pi H}{T} \cdot \frac{\sinh \frac{2\pi D/L}{2\pi h/L}}{\sinh \frac{2\pi D/L}{2\pi h/L}} = 1.034 \text{ m/sec}$$

$$(H=9.31 \text{ m}, T=11.78 \text{ m}, L=188.31 \text{ m}, h=70 \text{ m}, D=45 \text{ m})$$

② 鉛直方向の最大抗力

$$F = \frac{1}{2g} \cdot C_D W_o \cdot SW^2 \text{ m} = 0.5245 \text{ t}$$

$$[g=9.8, C_D (\text{抗力係数}) = 1.3, S (\text{面積}) = 1.5 \times 4.95, W_o (\text{海水比重}) = 1.03]$$

③ 水平方向の波浪による最大流速

$$U_m = \frac{\pi H}{T} \cdot \frac{\cosh \frac{2\pi D/L}{2\pi h/L}}{\sinh \frac{2\pi D/L}{2\pi h/L}} = 1.034 \text{ m/sec}$$

④ 水平方向の最大抗力

$$F' = \frac{1}{2g} \cdot C_D \cdot W_o \cdot S \cdot U_m^2 = 0.735 \text{ t}$$

$$(S = 1.5 \times 4.95 + 1.6 \times 1.65)$$

$$\text{余剰浮力 } 1,029.4 \text{ kg} > \text{最大浮力 } 524.5 \text{ kg} \quad (\text{安全率 } 1.96 \text{ 倍})$$

(6) ロープのゆるみにより受ける最大衝撃張力

$$G = \frac{2H\pi^2}{9.8T^2} \cdot e^{-2\pi z/L} \cdot K \cdot V = 1.576 \text{ t}$$

$$[z = 25 \text{ m}, K = 1, V (\text{魚礁体積}) = 26.87 \text{ m}^3]$$

(7) 係留ロープの破断強度

$$F = K \cdot F_o = \text{加工による係数} \times \text{ロープ強度}, \text{ さつま加工の時は } K = 0.8$$

① 主係留索の破断強度

$$F = 0.8 \times 31 \text{ t} = 24.8 \text{ t}$$

1年間の強度低下率を5% (テトロン) として

$$10年後の強度 \quad F' = 24.8 (1 - 0.05)^{10} = 14.84 \text{ t}$$

$$\text{安全率} = \frac{F'}{G} = \frac{14.84}{4.07} = 3.64 \text{ 倍}$$

② 副係留索の破断強度

$$F = 0.8 \times 9.52 \text{ t} \times 8 \text{ 本} = 60.93 \text{ t}$$

$$10年後の強度 \quad F' = 60.93 (1 - 0.05)^{10} = 36.48 \text{ t}$$

$$\text{安全率} = \frac{F'}{G} = \frac{36.48}{4.07} = 8.96 \text{ 倍}$$

(8) アンカー重量の算出

① 滑動を生じないための条件

$$F = \mu (W - F_0)$$

[μ (マサツ係数) = 0.5、 W = コンクリート水中重量]

$$F_0 = \text{鉛直方向抗力} + \text{余剰浮力} = 0.5245 + 2.869 \approx 3.39$$

$$F = \text{水平方向抗力} + \text{潮流による力 (D)}$$

$$\text{ただし、} D = \frac{1}{2\varphi} C_D \cdot W_0 \cdot S \cdot V^2 = 1.348 \text{ t}$$

$$(C_D = 1.3, S = 1.5 \times 4.95 + 1.6 \times 1.65, W_0 = 1.03, V = 1.4)$$

$$\therefore F = 0.735 + 1.348 = 2.083 \text{ t}$$

以上より

$$2.083 = 0.5 \times (W - 3.39)$$

$$W = 7.556$$

$$\text{空中重量は、} 7.556 \div 0.571 = 13.23 \text{ t (} 5.7 \text{ m}^3 \text{)}$$

安全をみて 7.0 m^3 とすると

$$13.23 \text{ t} < 16.8 \text{ t (安全率 1.27 倍)}$$

② 転倒を生じないための条件

鉛直方向のモーメント Wm は

$$\begin{aligned} Wm &= (W - F_0) \ell \\ &= (9.59 - 3.44) \times \\ &\quad 1.2 = 7.38 \end{aligned}$$

転倒させようとする潮流の水平

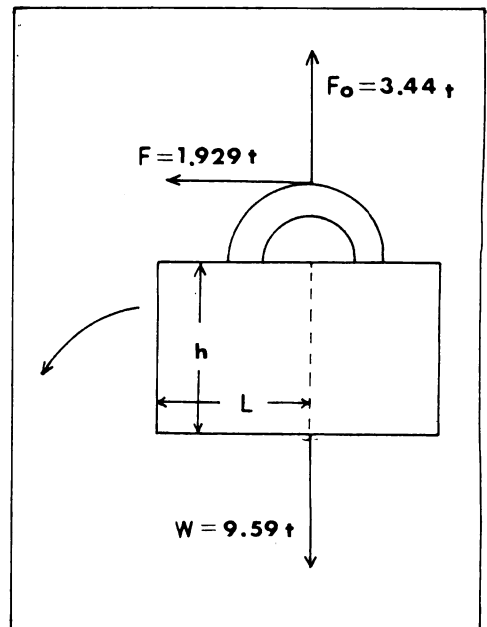
モーメント Fm は

$$\begin{aligned} Fm &= F \cdot h + Fa \cdot \frac{h}{2} \\ &= 1.92 + 0.361 \\ &\quad \times 0.61 = 2.57 \end{aligned}$$

なおコンクリートにかかる

潮流力 Fa は

$$\begin{aligned} Fa &= \frac{1}{2\varphi} \cdot C_D \cdot W_0 \cdot S \cdot V^2 \\ &= 0.361 \end{aligned}$$



$$(C_0 = 2, W_0 = 1.03, S = 4 \times 0.438, V = 1.4)$$

従って

$$Wm = 7.38 > Fm = 2.57 \quad (\text{安全率 } 2.87 \text{ 倍})$$

2. 設置位置

昭和54、55年度に製作した単円筒型浮魚礁は、水産試験場から距離が近くて調査が容易な大島筆島沖に設置した。筆島沖の海底地形は水深40mまではゆるやかな勾配で、水深40～70mではやや勾配が強まり、70m以深では急に勾配が強まり深みに落ち込んでいる。底質は岩盤の点在する砂底である。

54年度の単円筒型浮魚礁は筆島の東方、距岸約1,300mの水深38mの地点に、55年度の単円筒型浮魚礁は54年度礁の目印ブイからマグロ縄200mを南側に延ばして投入位置を決定した。水深は40mである。

両礁とも魚礁本体上面は水面下20mに位置するようにした。

昭和55～57年度の平型浮魚礁と57年度の単円筒型浮魚礁は大島の西側の千波崎沖に設置した。千波崎沖の海底地形は、水深200m以浅の島棚が沖合1,200mまで拡がり“千波沖漁場”としてスルメイカ、メダイ、イサキ、ヒラマサ、カツオ、カジキ等の漁場が形成される海域である。

55年度の平型浮魚礁は千波崎の西北西約1,900mの水深80mの地点に設置した。魚礁本体上面は水面下25mに位置していた。

56年度の平型浮魚礁は55年度礁の東側約430mの水深67m地点に設置した。魚礁本体上面は水面下22mに位置していた。

両礁を設置した海域には、昭和42～44年度の3年間に約5,000個のコンクリート製大型魚礁(1.5m×1.5m×1.5m)が直径400mの範囲にわたって投入されており、55年度礁はこの範囲のほぼ中央に、56年度礁は東端部に位置している。

57年度の平型浮魚礁と単円筒型浮魚礁は、56年度平型浮魚礁のさらに岸寄りの水深60mの海域に岸と平行になるように設置した。魚礁本体上面はそれぞれ水面下22m、25mに位置していた。浮魚礁設置位置を図6、表1に示した。

表1 浮魚礁の設置位場

		55年度単円筒型	55年度平型	56年度平型	57年度平型	57年度単円筒型
ロランC	X	36196.2	36201.4	36200.5	36198.8	36200.8
	Y	60442.8	60405.2	60406.2	60406.1	60406.7
北東	緯	34° 42. 23'	34° 42. 40'	34° 42. 46'	34° 43. 60'	34° 42. 43'
	経	139° 27. 63'	139° 20. 17'	139° 20. 39'	139° 20. 44'	139° 20. 48'

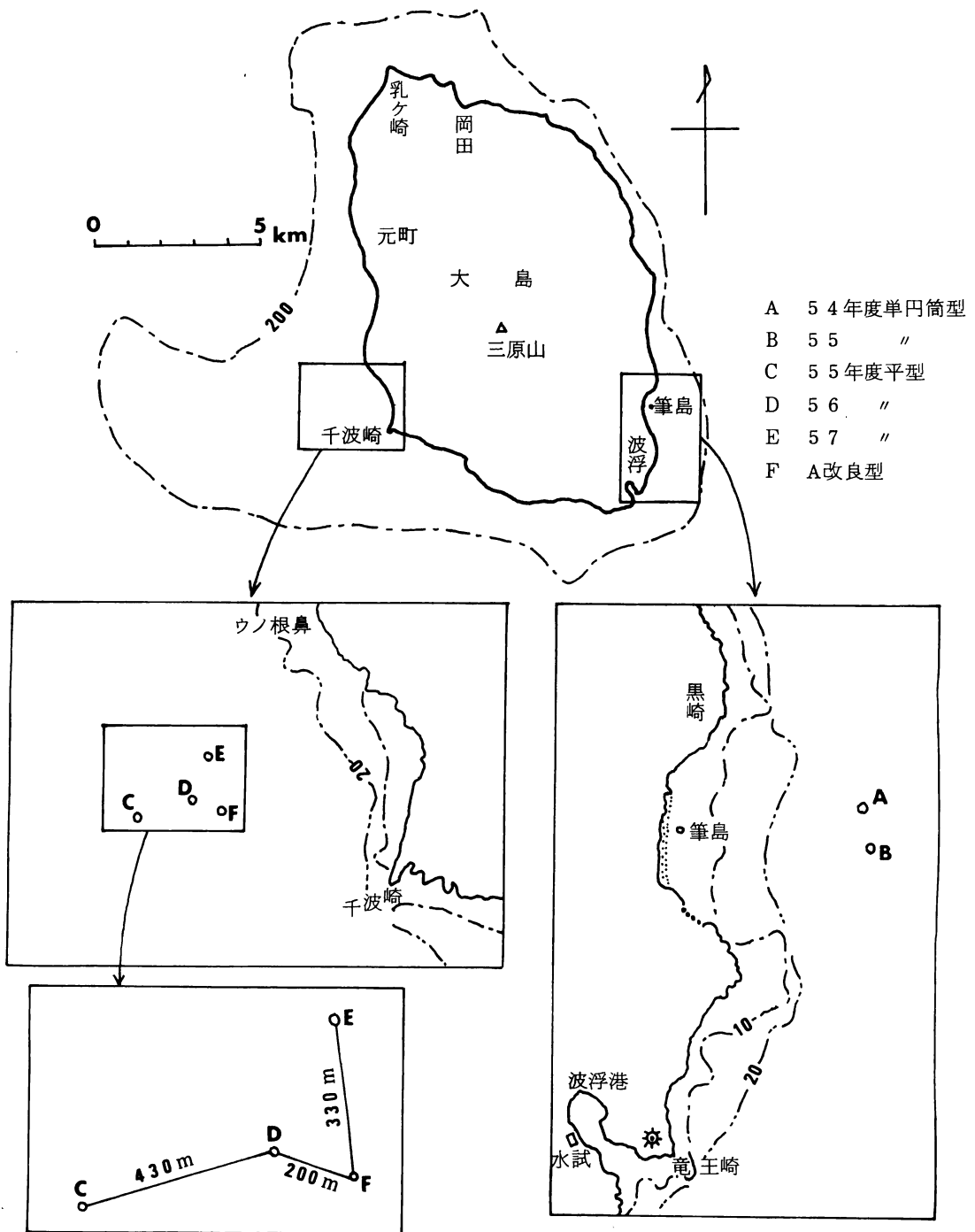


図 6 浮魚礁設置位置

3. 浮魚礁設置経過

昭和54年	7月24日	アンカーブロック打設。
	9月15日	単円筒型礁を貨物船“東海丸”で投入設置。
	9月22日	第1回潜水観察、シマアジ約100尾を視認。
	11月26日	人工海藻取り付け
昭和56年	1月18日	単円筒型浮魚礁を台船で筆島沖に投入設置。天候悪化のため平型浮魚礁の投入に失敗。副係留索を切断して回収。
	2月16日	平型浮魚礁の改修完了。
	2月28日	平型浮魚礁を“東海丸”で千波崎沖に投入設置。
	5月21日	54年度単円筒型礁の沈下を発見。
	6月16日	沈下した礁をアンカー接続ロープを切断して回収。
	6月17日	回収した礁を調査。付着生物重量 8 kg/m^2 (水中)と判明。
	10月31日	アンカーブロック打設。
	12月 3日	平型浮魚礁を台船で千波崎沖に投入設置。
昭和58年	3月19日	2基の浮魚礁を貨物船で千波崎沖に投入設置。

4. 調査方法

1) 波浪調査

伊豆諸島海域での浮魚礁の耐久性を確認するために、運輸省第2港湾建設局が波浮港の港口水深49.3mに設置している超音波波高計の記録から、台風接近時の波浪を調査し、浮魚礁への影響を調査した。

2) 54年度単円筒型浮魚礁の回収調査

昭和56年5月21日の潜水観察によって、設置後1年8カ月経過した54年度単円筒型浮魚礁が海底まで沈下していることが判明したため6月16日に回収した。

陸揚げ後に魚礁本体、浮体のガラス玉の状態を点検し、魚礁本体の浮体部側面、浮体部下部、らせん部表面、らせん部裏面の4ヶ所で約400cm²(20×20cm)の付着生物をそれぞれ3ヶ所ずつ採集して空中重量を測定した。

係留索は東京製綱繊維ロープKKに依頼して残存強度試験を行なった。

3) 潜水観察調査

浮魚礁の設置状況、付着生物の種類、魚類の集積状況を把握するため、54年度単円筒型浮魚礁周辺で、設置した昭和54年9月から回収した56年6月まで延14回、SCUBAによる潜水観察、写真撮影を行なった。

4) 魚探調査

調査指導船“やしお”、“かもめ”の魚群探知機(周波数50 KHz、200 KHz)を使用して、筆島沖で延5回、千波崎沖で延6回魚群の分布状態を調査した。

5) 漁獲試験

54年度の単円筒型浮魚礁周辺で昭和55年4月4日に天秤釣、8月26日に曳縄調査を行った。57年4月21日、58年6月14日に千波崎沖で一本釣を、57年6月21～22日には表2、図7に示した二段併せの中層三枚網を一連4反として2基の平型浮魚礁間に敷設した。

表2 中層三枚網の仕様

名称	材質	規格	数量
中網	ナイロン	6本8節100掛50間2反、縮結5割	各4反
外網	ナイロン	12本1尺2寸10掛35間4反 縮結4割	各4反
浮子網	ポリエチレン	D.M.R. 3.5mm 2本合わせ 40m	4本
仕切網	〃	〃	〃
沈子網	鉛入線	沈子コード 80g/m 41m	〃
フロート	合成浮子	浮力40g 80個	4組
錨網	ハイゼックス	φ18mm 130m	2本
ボンデン網	ミックスロープ	φ9mm 20m	7本
錨	鉄	30kg	2個
ボンデン	硬質発泡スチロール	ポリセンアバ φ40cm	7個
大浮子	発泡スチロール	長さ1m、φ60cm	2個
土表	砂	約25kg	2個

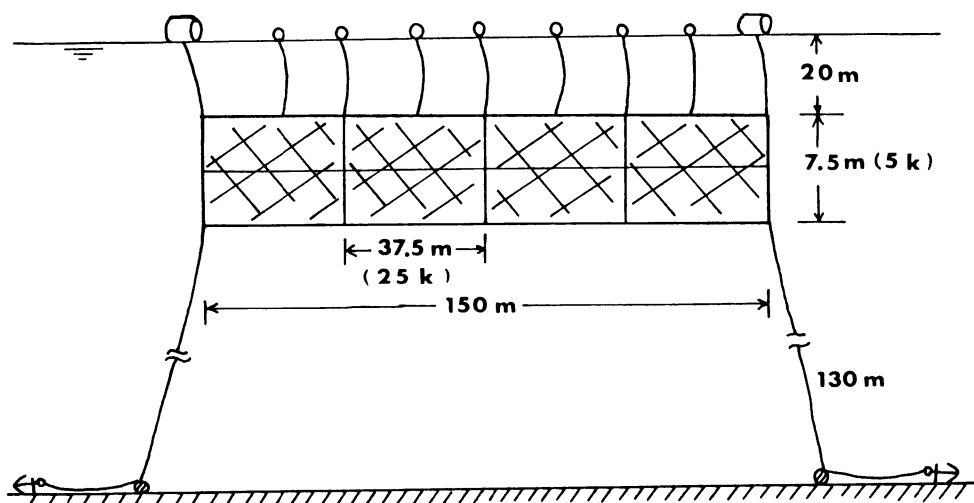


図7 中層三枚網

III 調査結果

1. 波浪調査

運輸省第2港湾建設局の昭和48年から55年までの統計³⁾によると、波浮港口での異常波浪で最大の波高($H_{1/3}$)は昭和54年5月14日の前線通過時の7.13 m、 $H_{max}=10.92$ m、 $T_{1/3}=10.71$ sec、 $T_{max}=12.5$ secであった(表3)。

第2位は昭和49年8月26日の台風14号時の $H_{1/3}=6.85$ m、 $H_{max}=10.08$ m、 $T_{1/3}=11.07$ sec、 $T_{max}=9.5$ secであった。

昭和56年に大島沖を通過した台風は15号、22号、24号⁶⁾でこれらの移動経路を図8に示した。

台風15号は、8月20日に中心気圧955 mbの大型で強い台風となった。22日には時速20 kmのゆっくりした速度で八丈島の南

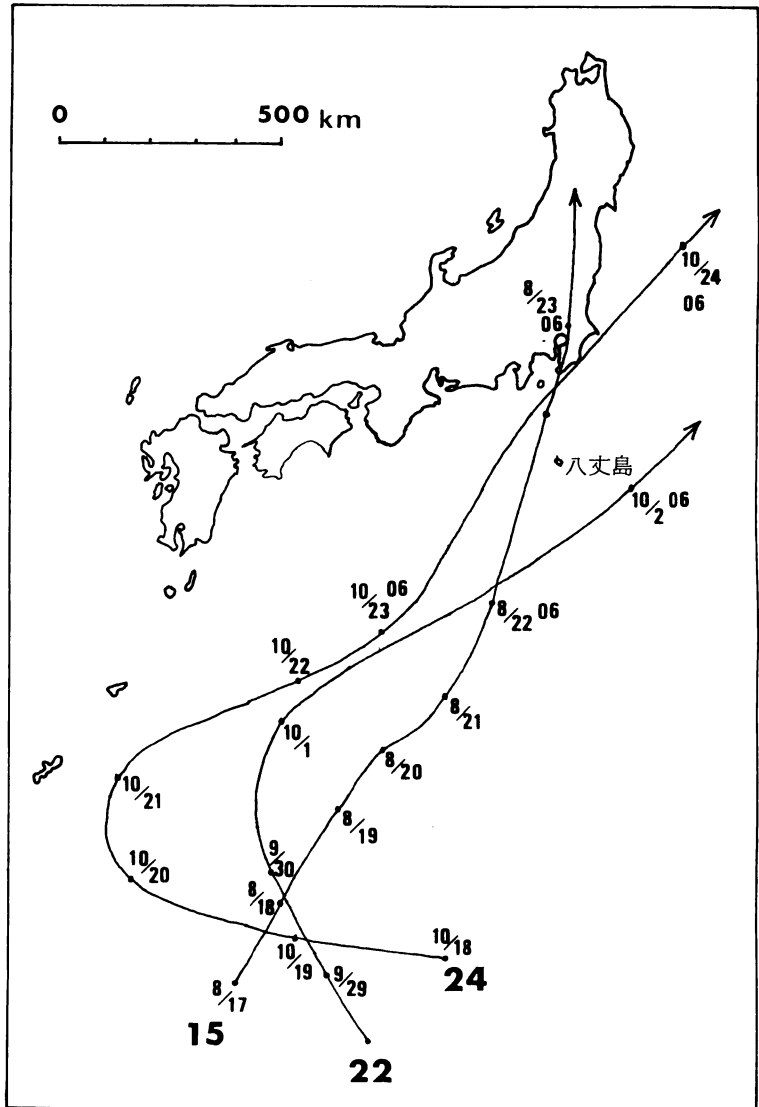


図8 昭和56年度大島近海を通過した台風移動経路

西海上に近づき、その後速度を早めて23日早朝房総半島館山付近に上陸した。8月23日02時の波高計の記録によると、 $H_{1/3} = 8.41\text{ m}$ 、 $T_{1/3} = 11.1\text{ sec}$ で、 H_{\max} は23日06時の 13.99 m 、 $T_{\max} = 13.5\text{ sec}$ であった。

台風22号は9月26日にフィリピン東方海上で台風となり、29日には中心気圧894mbの大型で猛烈な台風となった。その後勢力を弱めながら進路を北から北東に変え、10月1日の夜半に八丈島の南方180km付近を通過した。10月1日24時の記録では $H_{\max} = 12.07$ 、 $T_{\max} = 12.6\text{ sec}$ 、10月2日04時には $H_{1/3} = 4.34\text{ m}$ 、 $T_{1/3} = 10.9\text{ sec}$ であった。

台風24号は10月16日にマリアナ諸島付近で992mbの台風となり、19日には945mbに達した。21日に進路を北東に向け、23日には、時速100kmの高速で首都圏に向かい、夜半に房総半島をかすめるように北東に駆け抜けていった。10月23日04時の記録では $H_{\max} = 14.32\text{ m}$ 、 $T_{\max} = 13.4\text{ sec}$ であり、有義波は22日24時に $H_{1/3} = 9.87\text{ m}$ 、 $T_{1/3} = 10.25\text{ sec}$ を記録した。

昭和56年に大島近海を通過した3個の台風が引き起こした波浪は、 H_{\max} がいずれも昭和48～55年の異常波浪を上回り、浮魚礁の設計条件の基礎とした $H_{\max} = 11.4\text{ m}$ を上回るものであった。しかし、いずれの台風通過後も浮魚礁に被害は見られなかった。

なお伊豆諸島では冬季に西の季節風が強く吹き続けるが、この西風で引き起こされる波浪は大島近海では概ね $H_{1/3} = 4.50\text{ m}$ を越えることはなく、むしろ春秋の「二つ玉低気圧」や「前線性低気圧」の通過時に異常波浪が発生している。

表3 異常波浪一覧表(波浮) '73~'80年

	出現年月日時	H1/3 (m)	T1/3 (S)	Hmax (m)	Tmax (S)	継続時間			Hmax H1/3	発生要因
						3 m 以上	5 m 以上	7 m 以上		
1	○79- 5-14-20H	7.13	10.71	10.92	12.5	30	10	2	1.56	前線性L
2	○74- 8-26-12H	6.85	11.07	10.08	9.5	8	4		1.47	台風第7414号
3	○79-10-19-18H	6.74	11.90	9.84	14.5	10	4		1.46	台風第7920号
4	○75-11-12-18H	6.20	15.06	10.92	15.5	46	2		1.76	前線性L
5	○78- 3-10-16H	6.14	9.26	10.08	8.5	16	8		1.64	二ツ玉L
6	○77- 3-24- 6H	6.00	9.89	9.72	8.0	30	6		1.62	太平洋岸前線性L
7	75- 9- 7-12H	5.68	13.40	7.92	14.9	22	2		1.39	台風第7508号
8	○79- 4- 8-20H	5.64	8.23	8.40	8.0	16	2		1.49	前線性L
9	○74- 8-30-24H	5.42	12.66	8.76	12.0	28	2		1.62	台風第7416号
10	○80-10- 4- 8H	5.10	13.00	6.70	11.9	60	2		1.31	台風第8018号
11	○76- 3-17-24H	5.09	10.08	8.64	9.5	18	2		1.70	前線性L
12	75- 8-23-10H	5.09	9.99	7.20	19.0	22	2		1.41	台風第7506号
13	79- 3-24-22H	5.04	8.62	9.12	7.0	14	2		1.81	前線性L
14	75- 1-22-18H	4.97	8.45	6.84	8.0	12			1.38	前線性L
15	77-11-17- 2H	4.95	8.54	6.96	8.0	4			1.41	太平洋岸前線性L
16	78- 4- 6-18H	4.94	8.86	8.16	8.0	16			1.65	二ツ玉L
17	74- 3-27-24H	4.87	10.91	7.44	8.5	4			1.53	前線性L
18	75-11- 7- 8H	4.86	8.54	11.40	9.0	16			2.35	前線性L
19	73-11-10-10H	4.82	9.62	6.12	9.5	14			1.27	前線性L
20	78- 8- 1- 6H	4.81	10.90	7.44	12.5	18			1.55	台風第7807号
21	77- 9-19-14H	4.77	10.53	6.36	10.0	6			1.33	台風第7711号
22	76-11-14-10H	4.74	8.65	9.24	9.0	10			1.95	二ツ玉L
23	79-11-10-22H	4.72	9.18	8.04	8.5	12			1.70	前線性L
24	75- 3-21- 4H	4.70	9.50	9.00	10.0	20			1.91	二ツ玉L
25	79- 1-30-14H	4.68	10.85	6.24	11.0	14			1.33	二ツ玉L
26	79-10- 1- 4H	4.63	8.78	6.48	8.0	10			1.40	台風第7916号
27	76- 9-17-16H	4.61	13.70	6.48	12.5	10			1.41	台風第7619号
28	79- 2- 6- 8H	4.56	7.74	6.72	7.0	10			1.47	前線性L
29	79- 3-31- 2H	4.55	8.93	6.60	10.5	2			1.45	前線性L
30	76- 3-27-10H	4.54	8.40	7.44	10.5	12			1.64	前線性L

風に関する気象資料：東京管区気象台(1980)

2. 54年度単円筒型 浮魚礁の回収調査

昭和56年5月21日の潜水調査で、設置後1年8カ月経過した54年度単円筒型浮魚礁が南西に向かう約1.5ノットの潮流に押されて、海底すれすれまで沈下していることが判明した(図9)。

係留索は海底と平行に引っ張られており、副係留索のうち2本は張っていたが残り1本はたるんで海底の岩盤と接していた。

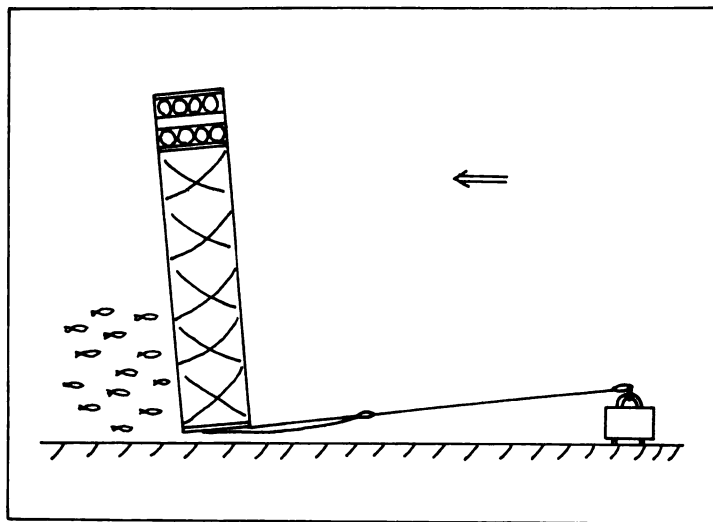


図9 沈下状況

浮魚礁本体は1人の潜水者の手で上下に動かすことが可能だった。

回収方法を検討し、潮流が弱まるのを待って6月16日に4名が潜水した。主係留索下端のアイ部分に引揚げロープを結び付けてからアンカー接続ロープを出羽庖丁で切断すると、浮魚礁本体は係留索を引きずりながら海底に沿ってゆっくり南へ流れだした。

指導船「やしお」で引き揚げロープを捲揚げると浮魚礁は途中から自力で浮上し始め、余剰浮力が残存していることが認められた。

大型発泡スチロールのフロート2個を浮魚礁下部に取付け波浮港に曳航し、クレーン車で陸揚げした。陸上げの際に浮体部のガラス玉間隙からフサカサゴ12尾、キンギョハナダイ1尾、ノコギリガニ、ヒメベニツケガニ各1尾、ショウジンガニ2尾、シモダノコギリガニ5尾を採集した。

浮魚礁各部の状態は良好で魚礁本体、係留索とも目立った損傷は無く、浮体のガラス玉も割れているものは無かった。目印ブイのロープ用に魚礁上面に取り付けた鉄製垂鉛引きのシャックルは多少腐蝕が見られる程度であった。

付着生物は大部分がオオアカフジツボであり、浮魚礁本体部分の1㎡当たり換算した各部分の平均空中重量およびフジツボ類の比重を0.23とした場合の水中重量は、

○ 浮体部 F. R. P. 側面 空中重量 40.2 kg/㎡ 水中重量 9.3 kg/㎡

○ 浮体部 F.R.P. 下部	空中重量	5 1.9 kg/m ²	水中重量	1 1.9 kg/m ²
○ らせん部外側面	"	3 3.2 kg/m ²	"	7.6 kg/m ²
○ らせん部内側面	"	1 8.4 kg/m ²	"	4.2 kg/m ²

であり、いずれの部分でも当初の付着生物重量の設計条件である水中重量 2.5 kg/m²を大幅に上回っていた。

回収直後と付着生物を除いた時の浮魚礁本体の重量が計れなかったため浮魚礁全体の 1 m²当りの付着生物水中重量を、残存浮力が存在したことを考慮して次のように推定した。

単円筒型礁の付着生物の無い時の浮力は、

$$560 \text{ kg} - 141.7 \text{ kg (魚礁水中重量)} = 418.3 \text{ kg}$$

表面積は 4 4.5 m²であるから、8 kg/m² (水中) 付着した時の残存浮力は、

$$418.3 \text{ kg} - 8 \text{ kg} \times 44.5 \text{ m}^2 = 62.3 \text{ kg}$$

同様に、9 kg/m² 付着した場合の残存浮力は、

$$418.3 \text{ kg} - 9 \text{ kg} \times 44.5 \text{ m}^2 = 17.8 \text{ kg}$$

となる。回収して浮上した際に浮魚礁上面が約 5 cm 程水面上に出たことから、全体の付着生物重量は 8 kg/m² (水中) と推定できた。

回収した係留索の残存強度は、テストの結果主係留索 (テトロンパラエイトローブ 10 号 φ 4.8 mm) では規格引張り強さ 3.1 トンに対して切断荷重は 3.20 トン、伸び率は新品 1.3 % に対して 1.35 % と試験バラツキ内で強度の低下は認められなかった。

副係留索 (テトロンエイトローブ、φ 2.4 mm) は、規格引張り強さ 8.12 トン (対象の新品は 8.97 トン) に対して 4 試料の平均切断荷重は 6.66 トンであり、新品と比較して約 2.6 % の強度低下が認められた。

荷造りテープを束ねた人工海藻は浮魚礁のらせん部の縁ですり切られて巻き付き、本来の効果があつたとは思われなかった。

3. 潜水調査

延 14 回の潜水観察の概要は下記のとおりであった。

<昭和 54 年 9 月 22 日>

浮魚礁設置後 7 日目に潜水調査を行った。潮流はゆるやかで魚礁本体は直立しており、破損箇所はなかった。

アンカーは岸側で砂底より 30 cm ほど盛り上った岩盤の縁に乗っており、沖側は砂底に着底して全体に約 10 度傾いていた。魚礁本体上部に体長 15 ~ 20 cm の小型シマアジ約 100 尾を認めた。

<昭和54年10月27日>

台風20号の通過した7日目に被害確認のため潜水調査を行なった。

北東に向かう約2ノットの速い流れがあり3個の目印ブイ(φ34cm)のうち1個は水面下に沈み、目印ブイ用ロープは潮流を切って震える状態であった。魚礁本体は約20度傾斜していたが被害はなかった。

魚礁本体周辺で体長30cmのカンパチ3尾、岩盤とアンカーのすき間にシラコダイ、ホンソメワケベラ、キンギョハナダイなどの小型磯魚類を認めた。

<同、11月26日>(表面水温19.5℃)

人工海藻取付けを行なった。取付け直後から潮上側の人工海藻が浮魚礁の内側に入り込んで戻らないのではないかと予想された。

浮魚礁上部でハギ類、カンパチ、イシガキダイ、シマアジ各1尾とオヤビッチャ3尾、アンカー部にシラコダイ2尾を認めた。

付着生物はオオアカフジツボが大部分で、殻径2cm程に成長していた。他にハネガヤ類、カルエボシが付着していた。

<同、12月1日>

人工海藻追加のため潜水調査を行なった。前回とりつけた人工海藻は浮魚礁にからみつき効果的でなかった。浮魚礁上部でオヤビッチャ3尾、アンカー部でシラコダイ3尾を認めた。

<昭和55年2月18日>(表面水温14.7℃)

目印ブイに旗を追加して発見し易くした。浮魚礁上部に体長7~8cmのタカベ200~300尾とシマアジ幼魚少数を認めた。アンカー周辺部にミギマキ多数(数百尾)とシラコダイを認めた。目印ブイ用ロープに一本釣の針が残っていた。

<同、3月31日>(表面水温16.8℃)

濁りが強く視界は全く不良。浮魚礁上方にシマアジ、マアジ稚魚が混り合い群がっていた。体長5~10cmの小型魚約200尾の群で、うちシマアジは30尾位であった。他にキタマクラ2尾、イシダイ1尾(40cm)、海底付近にシラコダイ、ミギマキを認めた。

魚礁の付着生物は、中型褐藻のアントクメが繁茂しており、上部で葉長約25cm、下部で約10cmに生長していた。動物ではオオアカフジツボとカルエボシが多かった。

<昭和55年4月4日>(表面水温16.9℃)

浮魚礁周辺にイシダイ2尾(30cm)、オヤビッチャ、タカベ多数と小型シマアジ約50尾を認めた。海底付近にミギマキ多数、シラコダイ、キタマクラ数尾、ハタ類、コスジイシモチを認めた。

付着海藻はアントクメの他アヤニシキ、シワヤハズ、ハイミル、タンバノリ、ヒトツマツな

ど大島の岩礁で一般的にみられる小型海藻が多かった。目印に旗付きの竿を取り付けた。

<昭和55年5月2日>(表面水温16.5℃)

浮魚礁上方にシマアジ100~200尾、インダイ4尾(45cm)、ニザダイが遊泳しており、アンカー部にはシラコダイ多数、ミギマキ、ハタ類が認められた。

<同、7月12日>(表面水温22.5℃)

体長60cmのヒラマサ3尾のほか、インガキダイ、ニザダイが礁上方を遊泳していた。アンカー周辺にタカノハダイ、シラコダイ数尾とヒラマサ1尾を認めた。

アントクメは、浮魚礁上部にわずかに残るのみで、オオアカフジツボの殻径は2.5~3cmのものが主体となっていた。目印ブイを新替した。

<同、8月26日>

潜水調査に向かうが南へ向かう流れが速く、曳縄調査に切換えた。

<同、10月17日>

浮魚礁周辺に体長30~40cmのカンパチ5~6尾、15~30cmのイサキ、インダイ、ニザダイがそれぞれ数十尾のほか、オオスジイシモチの大群が浮魚礁を取りまいていた。少し離れた中層にウマズラハギ数百尾とオヤビッチャの大群を認めた。

アンカー部にはアカハタ3尾とオキゴンベイ、チョウチョウウオ、ベラ類を認めた。浮魚礁本体はフジツボ類に覆われ天然の岩礁のように見えた。

<同、12月9日>

透明度15m以下。浮魚礁上部にキンギョハナダイ、小型インダイ、ハタタテダイ成魚少数があり、中~下部にオオスジイシモチの大群が分布していた。

アンカー部に、エソ、ミギマキ、タカノハダイ数尾と、ハタ類2尾、イトウダイ1尾、オキゴンベイを認めた。浮上中に体長50cm位のヒラマサ3尾が視認できた。

<同、12月18日>

前日に目印ブイが流失したため取付けに向かうが、風、流れとも速く取付けを中止した。浮魚礁周辺には、ツノダシ3尾、インダイ3尾(10cm)、ネブツダイ類20尾ほどが遊泳しており、浮魚礁からやや離れた所に、体長40cm位のヒラマサ3尾、大型のイサキ2尾を認めた。

<昭和56年1月8日>(表面水温14.9℃)

ブイの取付け作業を行なうが、透明度10m以下と視界が悪い。蛸集魚は小型のインダイ1尾のみで、他にはアンカー付近に20~30尾のハタタテダイが見られたのみであった。アントクメの幼芽は認められなかった。

<同、5月21日>(表面水温18.2℃)

透明度不良。魚礁本体はⅢ-2で述べた通り、海底すれすれまで沈下していた。浮魚礁の潮下側は8~10cmのイサキの大群とイシダイ、シラコダイ数十尾のほか、アンカー周辺にオキゴンベ、ミギマキ、コショウダイ類、ハタ類少数を認めた。

<昭和56年6月16日>

浮魚礁の回収作業を行なった。浮魚礁の潮下側にシラコダイ数十尾の群とイシダイ、カゴカキダイ少数を認めた。

(ま と め)

昭和54年度設置の単円筒型浮魚礁周辺で、魚類38種、イカ(卵)1種を確認した。種の確認は大部分目視によって行ない、イシモチ類、チョウチョウオ類については写真から判断した(表4)。

有用な魚種のうち、100尾以上の群を成して蟄集する魚種は、シマアジ、マアジ、サバ類、タカベ、イサキ、ウマズラハギの6種であった。大きな群でなく数十尾の群を成して蟄集する有用魚種はイシダイ、イシガキダイであった。

これら8種の魚類は量的変化はあるものの出現頻度の高い魚類である。

大型漁獲対象魚であるヒラマサ、カンパチは、3~6尾の群を確認しただけであったが潜水を開始すると逃げ去りしばらくして再び戻って来るような行動が見られた。魚体は40cm以上の中~大型で、潜水者の影響を受けて逃避しやすい種と言える。

表 4 調査経年別出現魚種

部 位	魚 種 名	有 要 性	S 5 4 年				S 5 5 年				S 5 6 年						
			9	10	11	12	2	3	4	5	7	8	10	12	1	5	6
礁	オ ヤ ビ ッ チ ャ	有	○		○	○			◎							◎	
	シ マ ア ジ	有	◎		○		○	◎	○	◎							
	カ ン パ チ	有		○	○											○	
	イ シ ガ キ ダ イ	有			○						○						
	ハ ギ	有			○												
	タ カ ベ	有					◎		◎							○	
	マ ア ジ	有						◎									
	イ シ ダ イ	有						○	○	○			○	○		○	○
	キ タ マ ク ラ	有					○	○	○								
	ウ マ ズ ラ ハ ギ	有							○				◎				
礁	ニ ザ ダ イ	有								○	○	○					
	ヒ ラ マ サ	有									○		○				
	シ イ ラ	有										○					
	イ サ キ	有										○	○		◎	○	
	ハ タ タ テ ダ イ	有										○	○	○			
	ツ ノ ダ シ	有										○					
	サ バ	有											◎		◎		
	カ ゴ カ キ ダ イ															○	
	フ サ カ サ ゴ															○	
	不 詳 種												○				
ア ン カ ー 部	シ ラ コ ダ イ		○	○	○	○	○	○	◎	○		○			◎	◎	
	コ シ ョ ウ ダ イ														○	○	
	ホ ン ソ メ ワ ケ ベ ラ		○				○										
	キ ン ギ ョ ハ ナ ダ イ		○										○			○	
	オ オ ス ジ イ シ モ チ		◎										◎	◎			
	ミ ギ マ キ					◎	○	◎	○				○		○		
	メ バ ル						○						○				
	ウ ミ ス ズ メ						○										
	ハ コ フ グ						○										
	ヤ ラ イ イ シ モ チ						○										
	ハ タ							○	○				○				
	コ ス ジ イ シ モ チ														○		
	タ カ ノ ハ ダ イ									○					○		
	オ キ ゴ ン ベ イ											○	○				
	ベ ラ											○					
	エ ソ												○				
イ ッ ト ウ ダ イ												○					
ア カ ハ タ												○		○			
ア オ リ イ カ (卵)						○											

◎は群で蝟集したことを示す。

その他の魚類で100尾以上の大群を成して蟻集する魚種は、テンジクダイ科のイシモチ類、オヤビッチャ、シラコダイ、ミギマキであった。数十尾の群を成して蟻集する魚種はハタタテダイ、カゴカキダイ、ニザダイ、タカノハダイであった。

蟻集魚の種類数は3月の水温上昇期から増加する傾向がみられ、潜水時には少なくとも5種以上の魚が見られたが、54年12月、あるいは冷水塊に覆われて低水温となった56年1月などには少数の魚しか認められなかった。

浮魚礁本体への付着生物は、設置後2カ月後に殻径13mm位のオオアカフジツボが付着した他ハネガヤ類、エボシガイ、イワガキが見られ、設置後3カ月でF.R.P.の全表面が、殻径20mm程のオオアカフジツボにおおわれた。

55年春季には中型褐藻のアントクメがオオアカフジツボの殻表に多数着生したが、7月から流失しはじめ、8月には消失した。

設置後13カ月目の55年10月には、浮魚礁は殻径40～50mmのオオアカフジツボにおおわれ天然の岩礁のような様相を呈した。この時期の着生海藻はアヤニシキ、シワヤハズ、ハイミル、タンパノリ、ヒトツマツなどの小型海藻が散在する状態であった。

4. 魚群探知機による調査

魚群探知機による調査(以下魚探調査という)の概要を表5に示した。

表 5 魚 探 調 査 結 果

年 月 日	水 温	海 域	概 要
昭和55年 3月13日	16.0℃	筆島沖	西への流れが速い。浮魚礁の西側(陸側)の中層に厚みはないがはっきりした反応があった。
3月31日	16.8℃	〃	流れは遅く汐は暗い。浮魚礁の西側の30～50mの底層に約10m立ち上がった反応があり、潜水の結果小アジの群と判明した。
11月12日	21.1℃	〃	南西へ0.5ktのゆるい流れ。浮魚礁の南から南西の50～80mに底層反応。北西の150m付近にイトタマガシラの反応があった。
昭和56年 4月21日	16.0℃	千波崎沖	投入2ヶ月後の平型浮魚礁周辺に反応全くなし
6月15日	—	筆島沖	54年度の浮魚礁は沈下しており、潮下側の底層にイサキの濃い反応があった。沖側には小サバカイワシと思われる濃密な反応があった。55年度の浮魚礁の間近に底層反応と大型魚と思われるばらついた反応があった(図10、11)。
9月3日	26.9℃	千波崎沖	中間ブイ、係留索の結び目ははっきり反応として出るが魚群反応はなかった。

年月日	水温	海域	概要
昭和57年 3月11日	15.9℃	千波崎沖	55年度の浮魚礁周辺の中層に大型魚と思われる単体反応があり、南側30mと東側50～100m付近に大きな底層反応があった(図12)。56年度の浮魚礁は確認できなかった。
4月12日	18.3℃	〃	56年度の浮魚礁確認。浮魚礁周辺の表層に厚さ20mの反応があり、中層にはうすい反応があった。
4月21日	18.6℃	〃	56年度の浮魚礁の間近に水深40～60mに大型魚と思われる中層反応が見られやや沖側にも同様の反応があった。浮魚礁本体周辺にも反応があった(図13)。釣獲試験実施。
5月15日	19.2℃	筆島沖	55年度の浮魚礁の設置状況を調査したところ、小サバカイワシと思われる濃密な反応が広く分布していた。浮魚礁本体の位置は確認できなかった。
6月16日	21.6℃	千波崎沖	55年度の浮魚礁周辺の中～底層に大型魚と思われる単体反応があった。56年度の浮魚礁は確認できなかった。

図10、11に、昭和56年6月15日に行なった筆島沖2基の単円筒型浮魚礁周辺での魚探調査記録の一部を示した。

54年度設置の浮魚礁は、Ⅲ-2で述べた通り付着物のために沈下しており浮魚礁本体の上面は水面下30m付近にあった。岸側(記録紙上では左側)には翌日の潜水調査でイサキと確認された底層から少し浮いた反応があり、沖側には小サバカイワシと思われる濃密な反応が見られた。表層まで達する群は、目印に投入したブイとローブに反応しつつ浮上してきたが、魚種は確認できなかった。

図11の55年度設置浮魚礁は所定の位置にあり、浮魚礁本体上面は水面下23m付近にあった。浮魚礁近傍の中～底層には54年度浮魚礁周辺と同様の小サバカイワシと思われる反応がみられたが、魚種の確認はできなかった。

昭和57年3月11日に千波崎沖の55年度平型浮魚礁周辺で行なった魚探調査記録の一部を図12に示した。浮魚礁周辺の表層から中層には大型魚と思われる単体反応が見られた。浮魚礁南側30m離れた底層には厚さ約20mの明瞭な反応があり、東側40～100mの範囲の底層にも厚さ約20mの反応があった。

昭和57年4月21日に千波崎沖の56年度平型浮魚礁周辺で行なった魚探調査記録の一部を図13に示した。浮魚礁の下方と浮魚礁本体周辺に中層反応が見られ、比較的速く移動しているように見えた。浮魚礁東側(沖側)の中層にも単体反応が見られた。

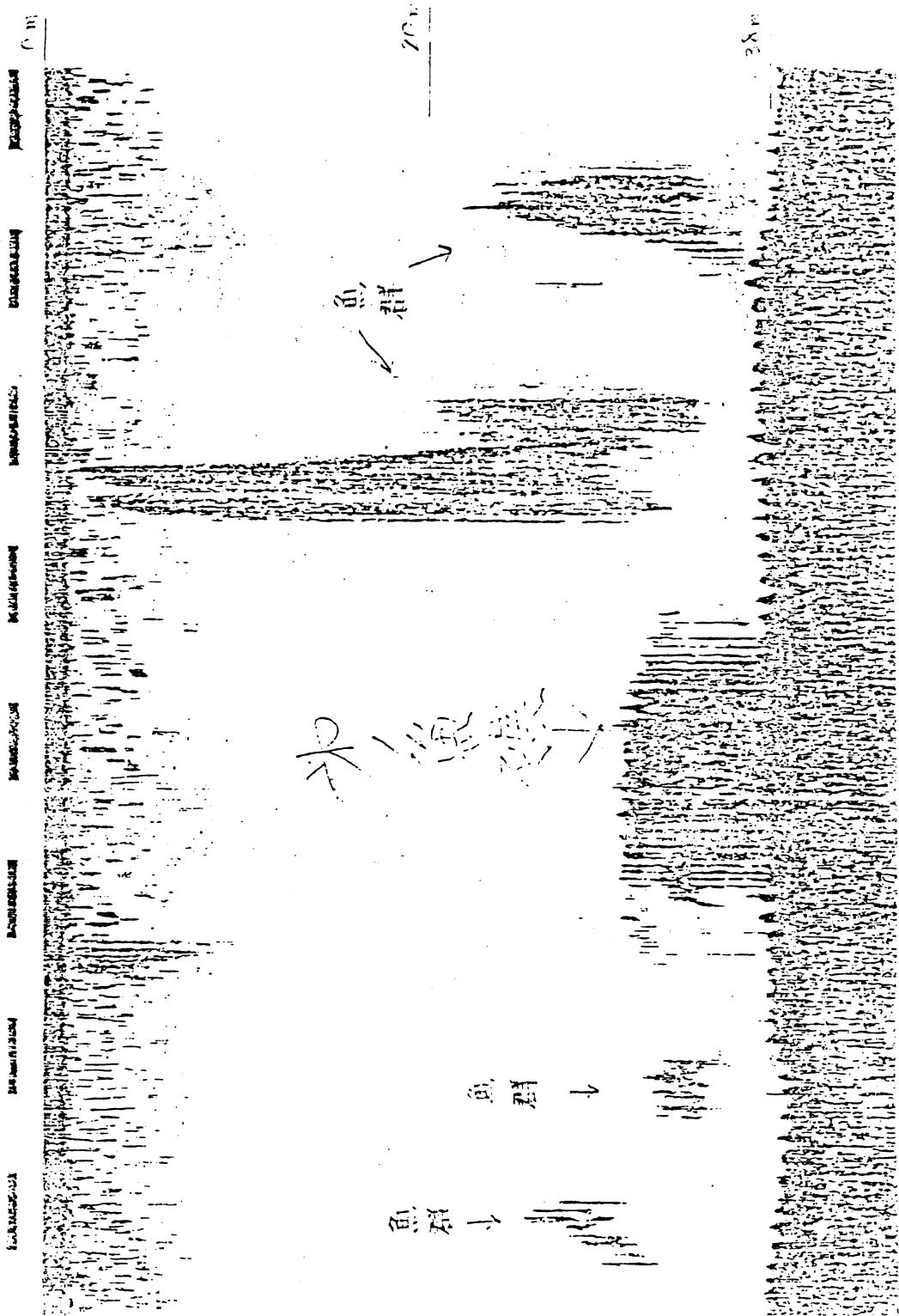


図 10 54年度設置単円筒型礁の魚探記録
 (昭和56年6月15日、「かもめ」、200 KHz 記録紙のマークは1分間)

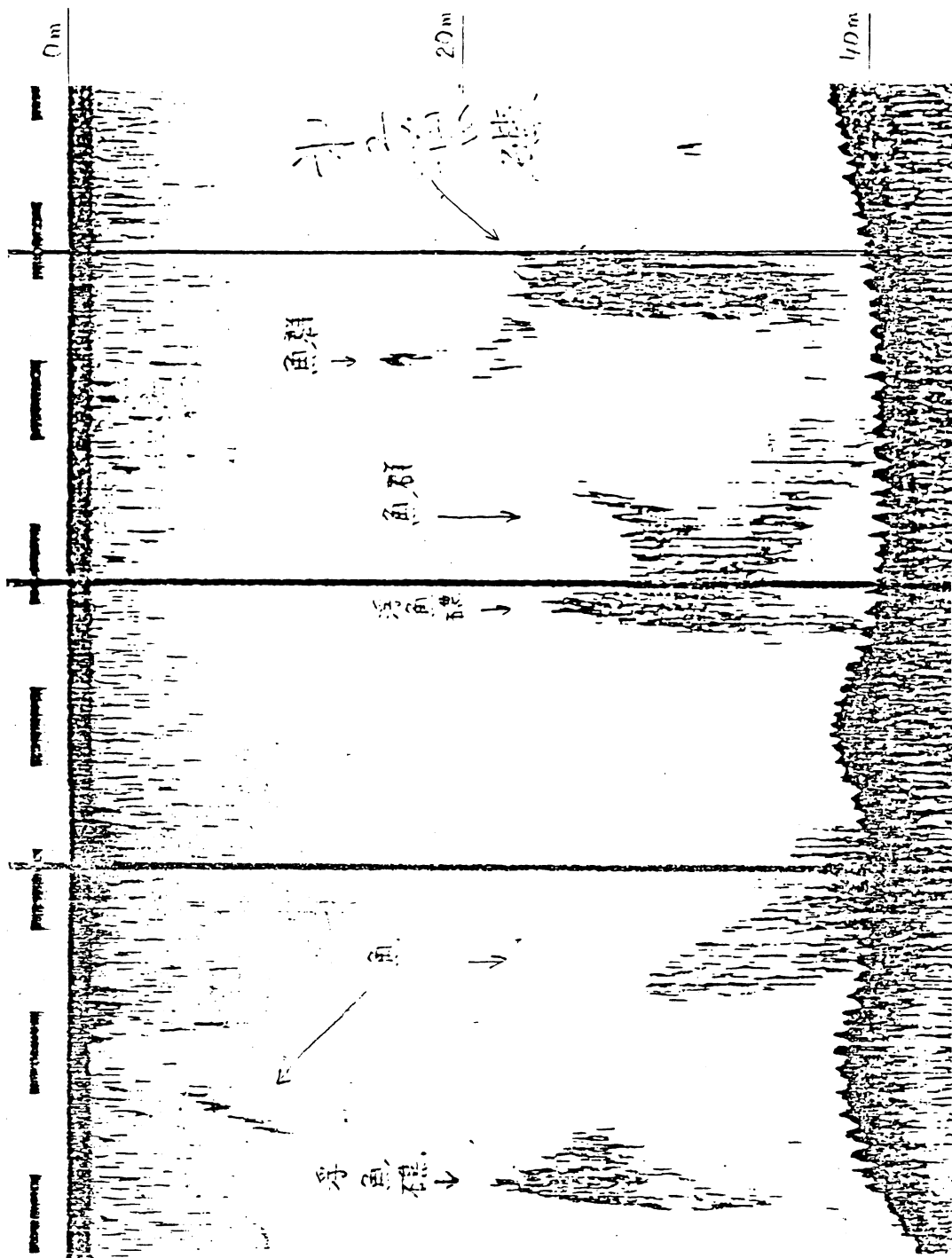


図 11 55年度設置単円筒型礁の魚探記録
 (昭和56年6月15日、「かもめ」、200KHz)

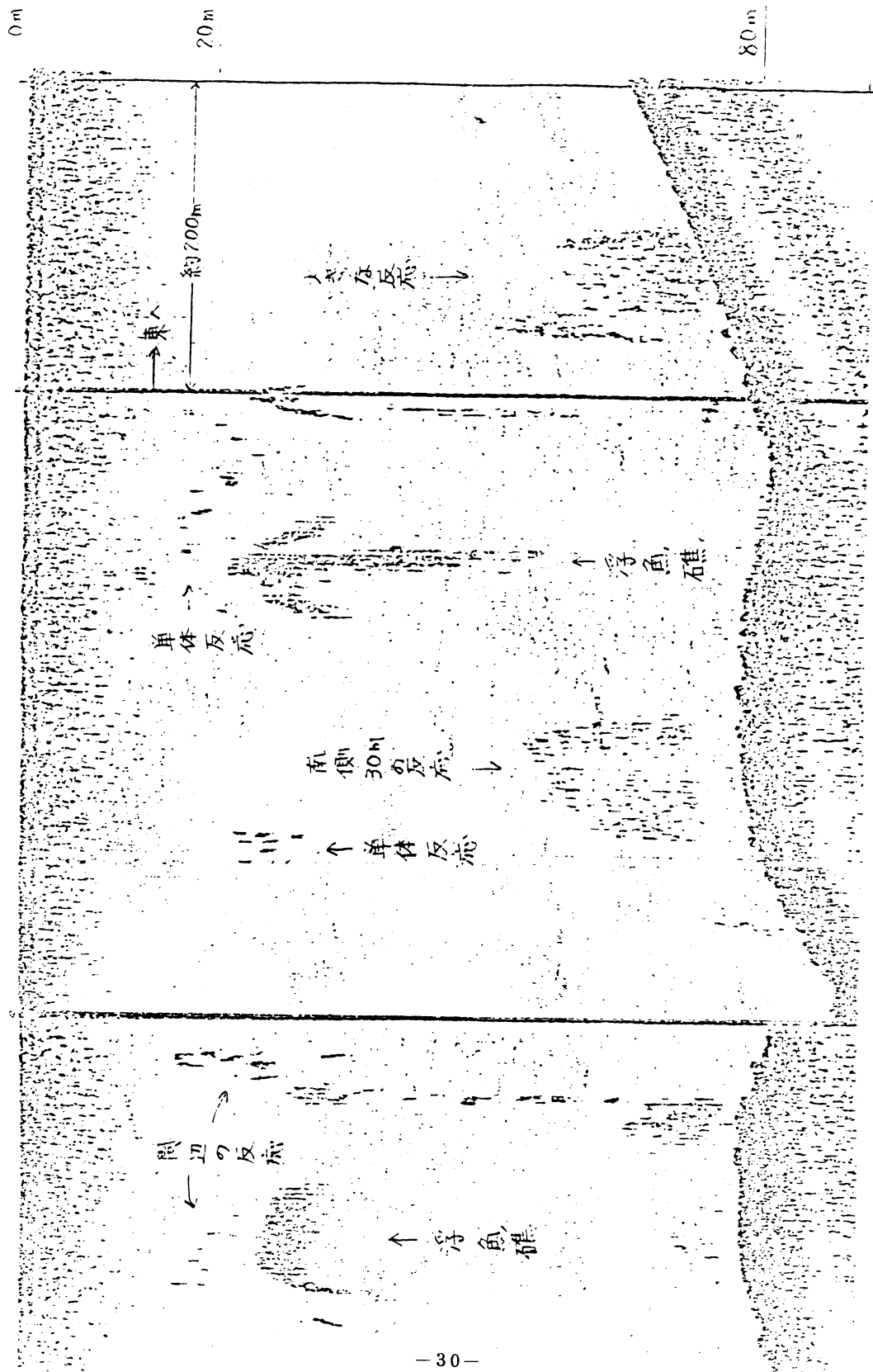


図12 55年度設置平型魚礁の魚探記録
 (昭和57年3月11日、「かもめ」、200KHz)

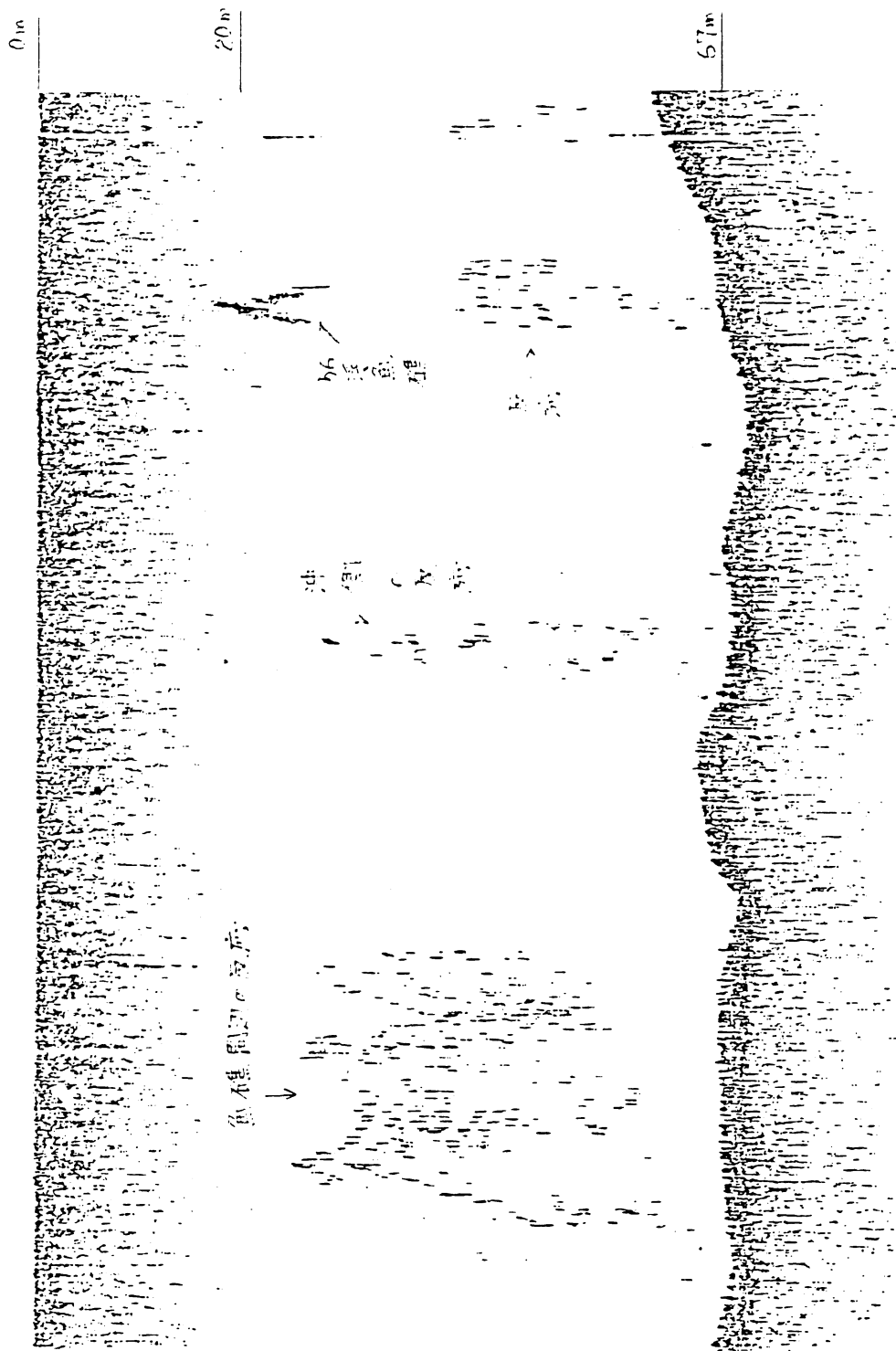
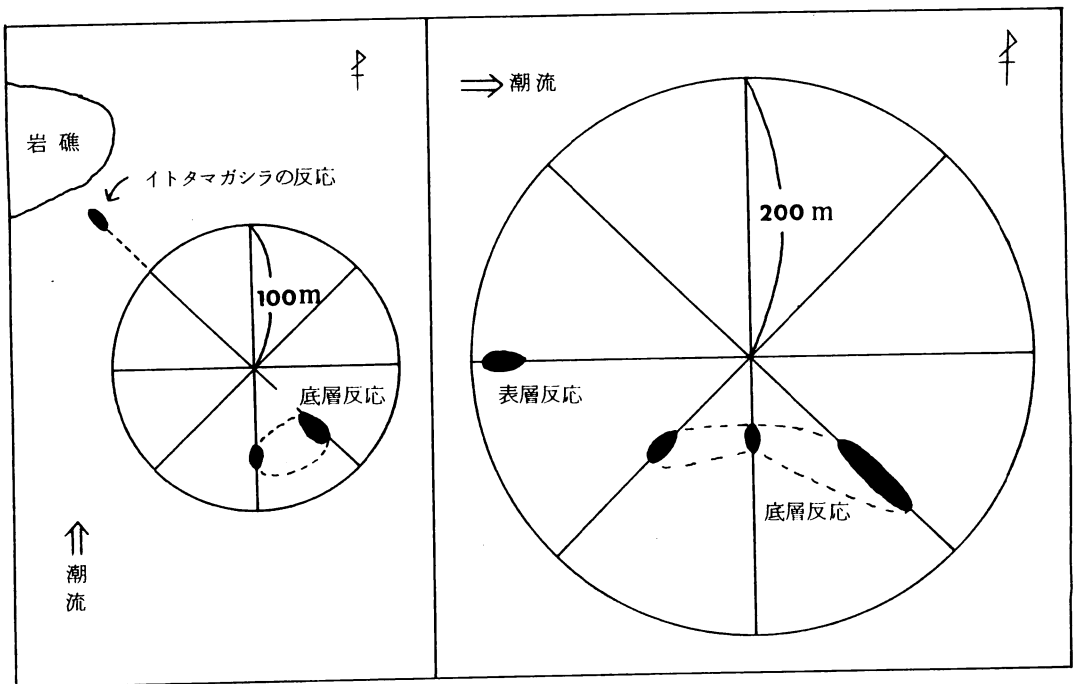


図 1 3 5 6 年 度 設 置 平 型 礁 の 魚 探 起 録
 (昭 和 5 7 年 4 月 2 1 日 、 「 か も め 」 、 2 0 0 K H z)

昭和55年11月12日筆島沖の55年度単円筒型礁周辺で、昭和56年4月21日千波崎沖55年度平型浮魚礁周辺で、それぞれ8方位航走による魚群分布調査を行なった。結果を図14に示した。

単円筒型浮魚礁(直径1.65m)の南～南東50～80mの範囲に底層反応があり、北西150m付近にも底層反応が見られた。北西の魚群は釣獲によってイトタマガシラの群と判明した。この群の近くに「黒崎」という岩礁地帯がありこの岩礁に蝟集したとも考えられた。

平型浮魚礁(直径5m)の南西～南東100～170mの底層に濃い反応があり、西側190mには表層反応があった。調査時に千波崎沖では平型浮魚礁1基だけが設置されていたため平型礁の集魚効果の及ぶ範囲は礁を中心として200m程と考えられた。



筆島沖54年度単円筒型浮魚礁
(昭和55年11月12日)

千波崎沖55年度平型浮魚礁
(昭和56年4月21日)

図14 8方位の魚探記録

5. 浮魚礁本体の魚探反応と目印ブイ

浮魚礁を利用して一本釣や曳縄漁業を操業する場合、漁具のからまりを防いだり魚群の位置を確認するために、まず浮魚礁の位置を確かめる必要がある。

単円筒型浮魚礁は設置水深が40m前後と浅いこと、浮体をつなぎとめるフタが何重にもなっていることもあって魚探反応は濃い縦長の長方形となり、位置の確認は容易である。

55年度平型浮魚礁は中心の単体ユニットに浮体と上フタが、周辺の単体ユニットにF.R.P.製のフタがあるため、魚探反応ははっきりとした横長の長方形が、テント型となって位置の確認は容易である(図12)。しかし、56年度平型礁は上面をF.R.P.製のフタでなく網地を使用したこと、集魚板が粗いことなどから55年度の浮魚礁と比較して反応が小さいため、位置の確認が困難であったので57年度の浮魚礁は55年度の浮魚礁と同様の形とした。

浮魚礁の目印ブイとして、筆島沖54年度単円筒型浮魚礁には $\phi 34\text{ cm}$ の合成樹脂製ブイ3個を $\phi 18\text{ mm}$ のナイロンローブに連結して使用した。浮魚礁への取付け方として、直接浮魚礁上面に取付ける方法と浮魚礁近くへ別個に接置する方法とがあるが、後者は伊豆諸島海域では錨がひけたり浮魚礁の係留索にからまってすれるおそれがあるため、全て前者の方法をとった。

3個のブイは、途中旗竿を追加したりしたが設置後7カ月後に流失した。再度ローブを $\phi 24\text{ mm}$ のテトロンエイトローブに変えてブイ3個を連結し、潜水作業で付け替えたが、これも8カ月後には流失した。

55、56年度の平型浮魚礁には長さ1m、 $\phi 60\text{ cm}$ の大型の発泡スチロール製浮子を使用し、ナイロンローブや古魚網で覆うなどして取り付けたがいずれとも2カ月以内に流失した。この目印ブイには $\phi 40\text{ cm}$ の発泡スチロール製ブイを中間ブイとして水面下3m付近に位置するように取り付けたが、中間ブイは1年間近く流失しなかった。

57年度の平型魚礁では、 $\phi 37\text{ cm}$ の合成樹脂製のブイ2個を $\phi 24\text{ mm}$ のテトロンエイトローブで連結して使用したが、波浪の高い海域での目印ブイとしての効果は低い。

6. 漁獲試験

漁獲試験として、天秤釣(ハリ2本、餌はオキアミ)、曳縄(1道具)、一本釣(ハリ10本、餌はサンマ)を、適宜操業した。

昭和55年4月4日に筆島沖54年度礁で潜水調査した際、底層に反応が見られたため天秤釣を行ない、体長24cmのウマズラハギ1尾を釣獲した。

昭和55年8月26日筆島沖の54年度礁周辺に濃い反応が見られ、小魚が海面を逃げはねていたため礁周辺で曳縄を行ない、体長70cmのシイラ1尾を釣獲した。

昭和57年4月21日千波崎沖の2基の平型礁周辺で一本釣を2回操業したが、魚礁に漁具がか

らまり釣獲できなかつた。

昭和57年6月21日表2と図7に示した二段合せの中層三枚網を一連4反として、2基の平型魚礁の中間海域に南北方向に敷設した。しかし夜間この海域を航行する船舶に切断されて破網が著しく漁獲できなかつた。

7. 漁船の水揚量調査

昭和54年の浮魚礁設置直後からたびたび地元漁業者が浮魚礁周辺で一本釣を操業しており、潜水調査でも浮魚礁からんだ釣針や擬似餌が見られたが、本格的な利用に至っていなかつた。

昭和56年8月17日から筆島沖に一基残った55年度の単円筒型浮魚礁周辺で、ヒラマサを主体にした漁場が形成され、台風15号接近の間にはさんで9月14日までの15日間、地元漁船と他県船によって本格的に曳縄が操業された。

浮魚礁で漁獲された魚のうち、大島波浮港と岡田港に水揚げされたヒラマサ、ハガツオ、ソーダガツオについて水揚量を調査し表6に示した。

15日間の水揚量は、ヒラマサ988.3kg、ハガツオ112.8kg、ソーダガツオ129.4kg、合計1,230.5kgであつた。延出漁船数は79隻で1日1隻平均の漁獲量は15.6kgであつた。

波浮港と岡田両漁協所属漁船以外の小型遊漁船、他県船が漁獲した分はこの集計には含まれておらず、漁期間中に浮魚礁周辺では常に10隻前後の船が操業していたことを考えると総漁獲量は少なくとも2トン以上になると思われ、この時の市場価格がヒラマサ2,000円/kg、ハガツオ、ソーダガツオが400円/kgであつたことから総水揚金額は400万円を下らないと推定できる。

地元漁船が操業中に記録した浮魚礁周辺の魚群反応を図15に示した。記録した日は、昭和56年8月28日の午前5時から6時で、この時は15隻が操業中であつた。

ヒラマサと考えられる魚群は浮魚礁の間近に大きな群をなしているほか、約250m離れた水深85m付近にも遊泳している。その反応はまばらに散在する単体反応であつた。

千波崎沖55年度の平型浮魚礁は、沈設してある大型魚礁と組み合わせることを重視したため、やや沖合に位置しすぎており島の沿岸域で操業される曳縄漁(底層曳)に利用されにくかつた面があるが、56年度平型浮魚礁を設置した57年1月以降は時折一本釣が行なわれるようになった。

昭和57年10月中旬から千波崎沖浮魚礁の位置の問い合わせが増えたため、聞き取り調査を行なつた。浮魚礁周辺では10月中旬から11月中旬にかけて漁場が形成され、初期には大型のヒラマサ、カンパチ「50~60尾を群ごと釣り揚げた」が、除々に他船に知れ渡り、操業船が増加するとともに低調になつたとのことであつた。

小型船が主体であつたため、正確な水揚量は把握できなかつた。

表 6 魚種別水揚量

月 日	波 浮 港		岡 田 港			
	隻 数	ヒラマサ	隻 数	ヒラマサ	ハガツオ	ソーダガツオ
8月17日	2隻	3.90 kg	2隻	5.0 kg	kg	20.3 kg
18日			3		65.0	11.0
19日	1	81.2	1		47.8	6.0
20日	3	41.5				
			(台 風 1 5 号)			
23日			2			14.1
24日	1	10.0	10	89.0		51.2
25日	3	54.6	3	28.8		
26日	3	35.0	2	25.8		
27日	6	74.0	3	40.1		8.6
28日	2	67.0	4	42.9		
29日	2	31.0	4	45.4		18.2
30日	5	91.0				
31日	5	64.0				
9月 1日	2	54.0				
2日	3	43.0				
3日	2	22.0				
4日	1	4.0				
合 計	45隻	713.3 kg	34隻	277.0 kg	112.8 kg	129.4 kg

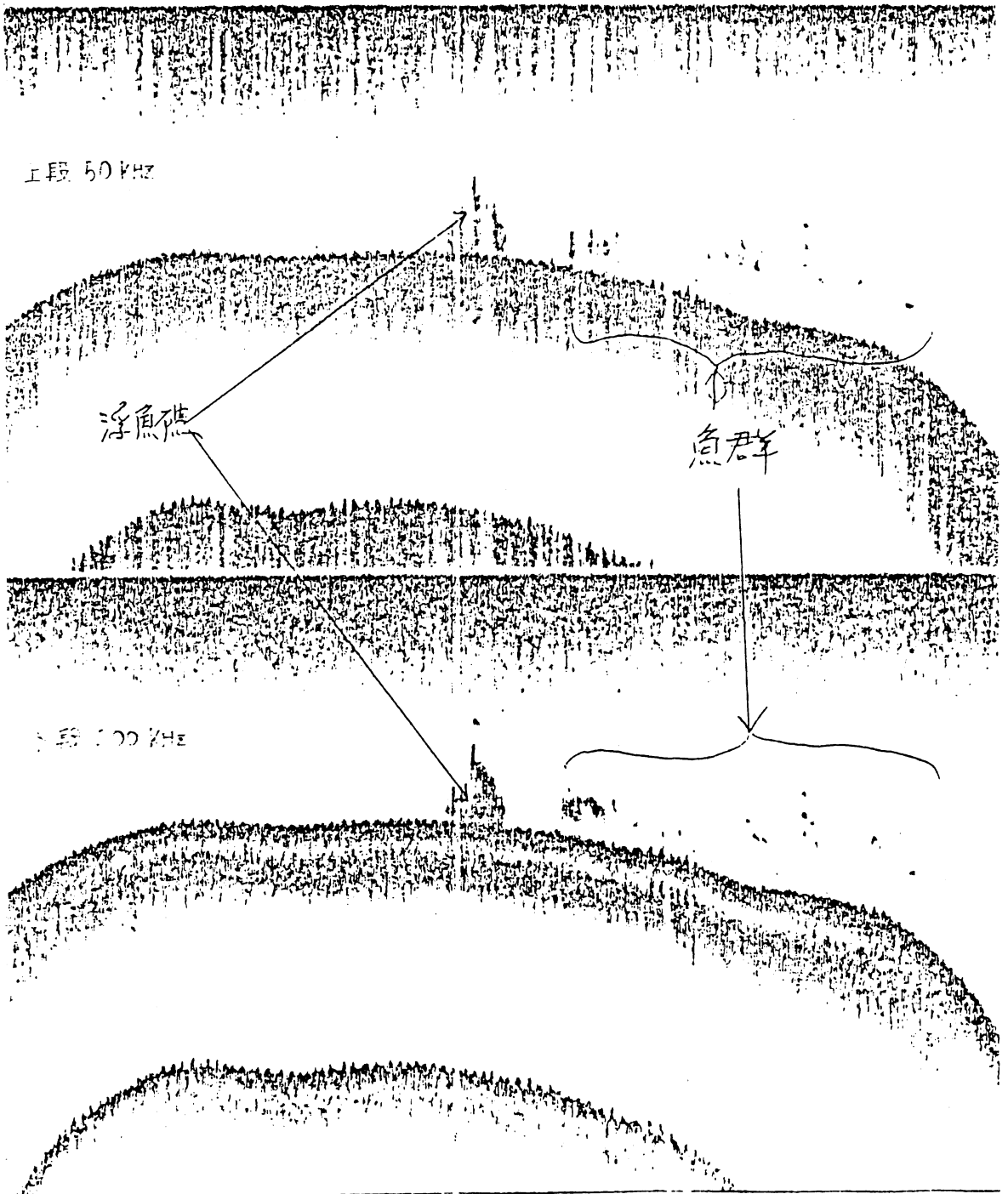


図-15 単円筒型礁周辺の魚探記録
 (昭和56年8月28日 05時~06時 操業船15隻
 今龍丸提供)

IV 考 察

海洋の中層域に設置する中層浮魚礁の開発にあたって、当初最も危惧された点は耐久性の問題であった。最大波高が14mを越え、 $H1/3$ も10m近くに達するうえに流速は3kt以上となる海象の厳しい伊豆諸島海域での浮魚礁の開発は、研究の途中で数々の改良を要する点が生じたが、一基の流失もなく経過した。

54年度単円筒型礁の回収調査で副係留索に約26%の強度低下がみられたが、沈下状態で海底の岩盤に擦すられて摩耗した可能性が高く、より強いタフレープを使用することで十分対応できると思われた。

昭和56年には設計条件を上回る波浪を発生させた台風が2個接近して通過したが、特に問題は生じなかった。コンクリートブロックをアンカーとした金属を使用しない1点係留方式の浮魚礁は、伊豆諸島海域でも実用に耐えることが証明できたと考えられる。今後は耐用年数(10年以上)の確認が必要であろう。

浮魚礁で操業するうえに必要な目印ブイは最も長くて8カ月ほどしか維持できず、その取り替えも非常に困難であった。浮魚礁の利用に当っては操業すること、あるいは漁期間中だけ設置する標識ブイ方式を取るべきであろう。

付着生物重量は当初の予測をはるかに上回り、浮魚礁開発上の最大のネックとなった。

付着生物重量を 2.5 kg/m^2 で設計した浮魚礁のうち54年度単円筒型浮魚礁は回収したが、残り55年度の単円筒型浮魚礁は昭和58年3月の時点で所定の位置に浮設しており、55年水深80mに投入した平型礁は、付着生物の重みにより水面下39mの位置で傾斜している。フジツボ類の付着期は水温の上昇期と下降期⁷⁾あり、伊豆諸島ではこれが5~7月と11月に当たり盛期は初夏と思われる。潜水調査によるとかなり付着と剝離が頻繁に起こるように見え、イシダイ等による被食で浮魚礁のある海底にはフジツボの殻の堆積が見られる。

浮力を大幅に増大させるとそれに比例してアンカー重量、係留索の強度を大幅に増加しなければならず、運搬、経費の両面から問題となるので、付着生物重量の設計値は $9\sim 12\text{ kg/m}^2$ (水中)の範囲で実用化し魚礁部の材質や細部の形状等で対処するのが実際的と考えられる。

浮魚礁の最適形状を決定する資料を得るために、縦に拡がりを持つ単円筒型(長さ7m、直径1.65m)と、横に拡がりを持つ平型(長さ2.7mと3.1m、直径5m)との比較を行なったが、形状による集魚効果の差は特に認められなかった。ヒラマサ、カンパチなどの中~底層を遊泳する魚類は、遊泳層の幅が広いうえ魚礁への接触性が強い¹³⁾ので、係留索部分にも蛸集する。極端に言えば、ブイを繋ぎ止めるロープでも小規模な集魚効果は期待できる。一方、シイラ、ソーダガツオなど表層を遊泳する魚種に対しては、横方向の拡がりを持つ「パヤオ」や表層型浮魚礁が高い集魚効果を持つ¹⁸⁾ことが知

られている。魚探記録によるとヒラマサの分布範囲は水平的にかなり広いので、水平面の刺激は無視できない。

今回は最適形状についての十分な説明はされなかったが、空立方米 $15\sim 25\text{ m}^3$ の浮魚礁では長さ $3\sim 7\text{ m}$ 、直径 5 m 程度の大きさならば、十分集魚効果を発揮すると思われる。

浮魚礁上面が位置する深さは、波浪の直接的影響を少なくするために水面下 20 m が上限であり、²⁾水面下 25 m でも設計条件として厳しい面があった。深さの下限は、対象とする魚種にもよるが、浮魚礁の機能を果すためには、水深の 40% 以上に⁸⁾する必要がある。

浮魚礁の集魚効果は潜水観察でシマアジ、マアジ、タカベ、サバ類、ウマズラハギなどの有要魚種に対して高い効果が認められた。魚探調査から浮魚礁の集魚効果の及ぶ範囲は礁を中心として半径 $200\sim 250\text{ m}$ に及ぶことが推測された。

また、昭和56年8～9月に筆島沖の浮魚礁周辺で本格的に曳縄漁が行なわれ、ヒラマサを主体に2トン以上、推定水揚金額400万円以上を漁獲した。浮魚礁一基の設置費を含めた価格の180～280万円と比較して2週間の漁期で十分投資効果があったと言える。

浮魚礁を利用する漁法として、曳縄と一本釣が操業されているが、島しょではあまり行なわれていない飼付漁業が操業されれば効率的である。イサキ、シマアジ、マアジに対してコマセで魚群を浮魚礁から離すなどの網漁法が使用できれば浮魚礁の利用が拡大、多様化できると思われる。

浮魚礁による漁場造成を実施する場合、千波崎沖の55年度の浮魚礁1基の時は漁業者の利用が遅れたこと、魚探反応も少なかったことから浮魚礁5基程度を1魚礁群単位とした方がより有効と考えられる。

V 要 約

1. 昭和54年9月15日および昭和56年1月18日に、大島筆島沖の水深 38 m と 40 m の地点に単円筒型浮魚礁1基ずつを設置した。昭和56年2月28日、12月3日に大島千波崎沖の水深 80 m と 67 m の地点に平型浮魚礁1基ずつを設置した。昭和58年3月19日に、千波崎沖水深 60 m の地点に平型浮魚礁と改良単円筒型浮魚礁を設置した。
2. 各浮魚礁間の距離は、 $200\sim 430\text{ m}$ であり、浮魚礁上面は水面下 $20\sim 25\text{ m}$ に位置している。
3. 主係留索は、 $\phi 48\text{ mm}$ のテトロンパラエイトローブを、副係留索には当初 $\phi 24\text{ mm}$ のテトロンエイトローブ、56年度以降は $\phi 24\text{ mm}$ のタフレローブを使用した。
4. 設計条件は、最大流束 2.72 kt 、 $H1/10 = 9.31\text{ m}$ 、 $T1/10 = 11.78\text{ 秒}$ 、 $L = 188.3\text{ m}$

としたが、昭和56年の台風接近時に設計波を越える異常波浪が発生したため、57年度は $H1/10 = 13.0m$ 、 $T1/10 = 13.45$ 秒、 $L = 260.9m$ とした。

5. 設置後1年8カ月経過した54年度単円筒型礁が沈下したため、回収して原因を調査した。浮体、魚礁部、係留索とも外的な損傷は無く、オオアカフジツボを主体とした付着生物が、設計値の3.2倍に当たる $8kg/m^2$ （水中）付着したため沈下したと判明した。

係留索の残存強度は、主係留索で93.8%、副係留索で74.2%であった。

6. 54年度単円筒型浮魚礁で延14回の潜水観察調査を行ない、魚類38種、イカ（卵）1種を確認した。シマアジ、マアジ、タカベ、サバ類、イサキ、ウマズラハギは大きな群を成して蟄集しており、ヒラマサ、カンパチの小群が確認された他、春期中型褐藻のアントクメが浮魚礁上に繁茂した。

7. 50KHzと200KHzの魚群探知機を使用して延11回魚探調査を実施した。直径1.65mの単円筒型浮魚礁は礁を中心として半径80mの範囲に、直径5mの平型浮魚礁では半径200mの範囲で魚群の反応があった。

魚群の反応は表層から底層にわたって広く分布し、濃密な小魚の群と思える反応や、大型魚と思えるまばらな単体反応など多様であった。

8. 筆島沖の単円筒型浮魚礁周辺で、天秤釣によりウマズラハギを、曳縄によりシイラ各1尾を釣獲した。千波崎沖の平型浮魚礁周辺で一本釣と中層三枚網を操業したが、漁獲できなかった。
9. 昭和56年8月17日から9月4日まで、筆島沖の55年度単円筒型浮魚礁周辺にヒラマサ、ハガツオ、ソーダガツオの漁場が形成され本格的な曳縄漁が操業された。大島の2漁協の水揚量を調査し、期間中の総漁獲量は2トン以上、水揚金額は400万円以上と推定した。千波崎沖浮魚礁の利用状況を聞き取り調査した。
10. 浮魚礁の実用化に向けて、いくつかの問題点について考察を行なった。

VI 参 考 文 献

1. 電々公社電気通信研究所；海洋中継所、電気通信研究所発表会論文集第29号（1976）
2. 殿谷次郎；クラゲ型魚礁（浮魚礁）の構造、設置およびその効果について、水産土木
vol 11 No. 1
3. 運輸省港湾技術研究所；10ヶ年統計資料（1981）
4. "；波浪拠点観測年報（1977～81）
5. 日本水産資源保護協会；沿岸漁場整備開発事業構造物設計指針（1978）

6. 日本気象協会；気象（1981年10～12月）
7. 梶原 武；海産汚損付着生物の生態学的研究、長崎大学水産学部研報16（1964）
8. 宮崎千博・沢田貴義；天然魚礁と人工魚礁の漁場価値判定に関する研究Ⅰ・Ⅱ
東海大学紀要海洋学部 第11号
9. 水産庁；昭和53年度浮魚礁設置技術開発試験調査報告書（1980）
10. 岩手水試；昭和54年度浮魚礁設置技術開発試験調査報告書（1980）
11. 高知水試；浮魚礁設置技術実用化試験、昭和54年度研究成果報告書（1980）
12. 三重県尾鷲水試；浮魚礁調査、第8回関東東海ブロック漁具漁法担当者会議資料（1982）
13. 鳥取水試；鳥取県沖浮魚礁の魚群集性について、第1回水産工学試験研究推進全国会議資料
（1982）
14. 静岡水試；浮魚礁技術開発調査、昭和55年度事業報告（1981）
15. 神奈川水試；浮魚礁試験調査、昭和55年度事業概要（1981）
16. 山口県外海水試；まき網漁場造成から見た漁場造成のあり方、第26回水産土木研究部会
シンポジウム資料（1976）
17. 宮崎水試；中表層魚誘集装置の開発に関する試験、第4回九州山口水試ブロック魚礁研究会
資料（1981）
18. 和歌山水試；和歌山県の浮魚礁（漬木）について、第13回漁具漁法試験研究推進全国会議資料
（1982）

資 料 編

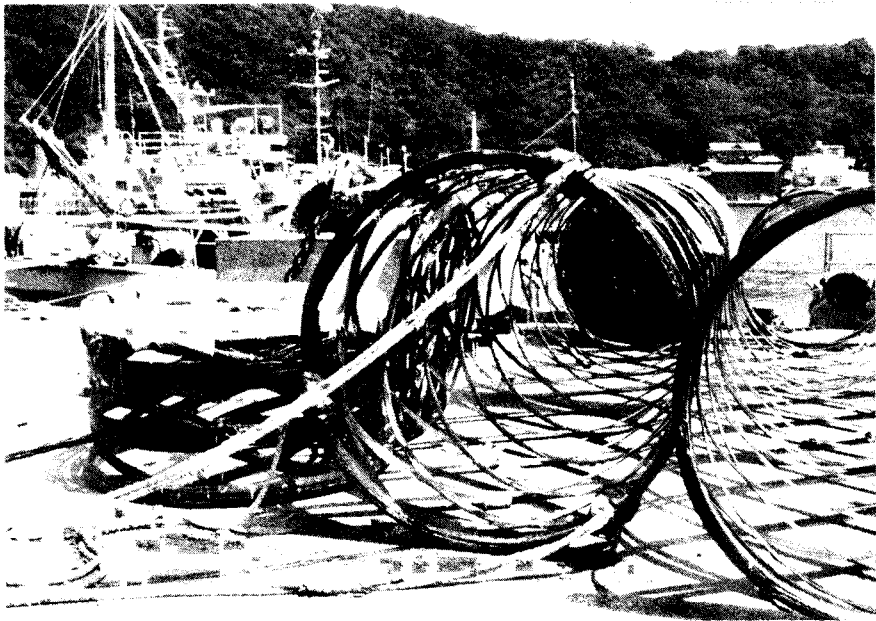


写真1. 54年度単同筒型礁 副係留索上部
(昭和54年8月)



写真2. 副係留索と主係留索の結び目

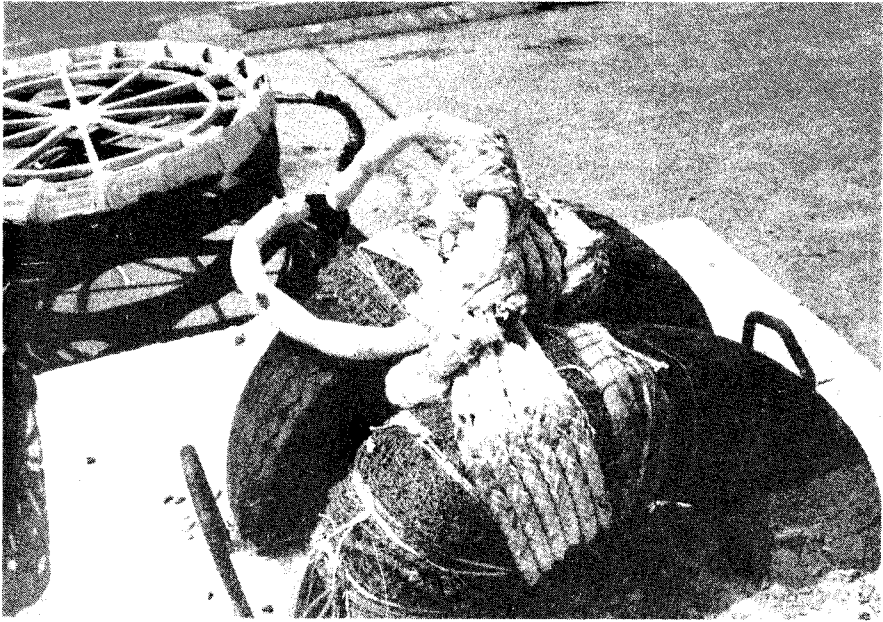


写真3. 主係留索とアンカーの結び目



写真4. 運搬船への積み込み
(昭和54年9月15日)

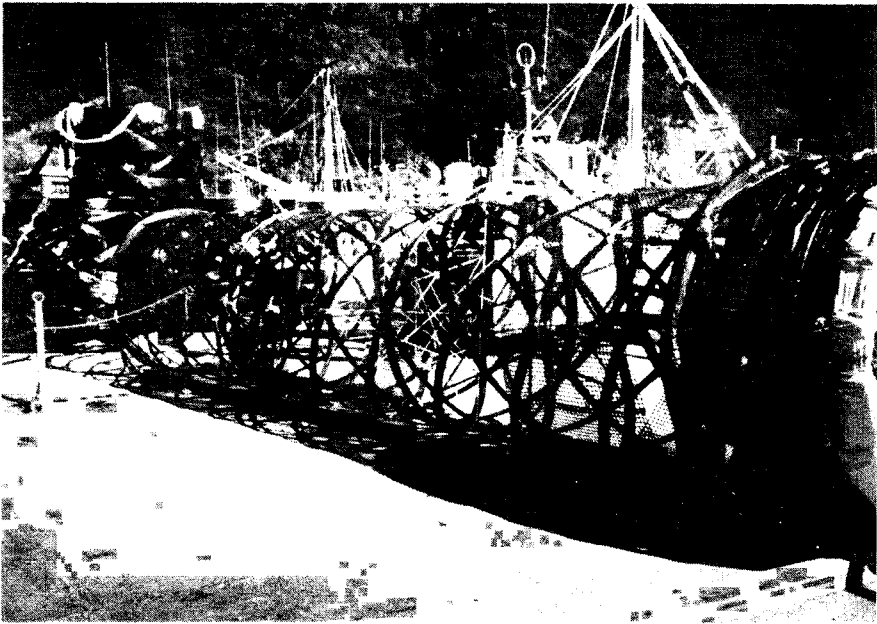


写真5. 55年度単円筒型礁
(昭和56年12月5日)

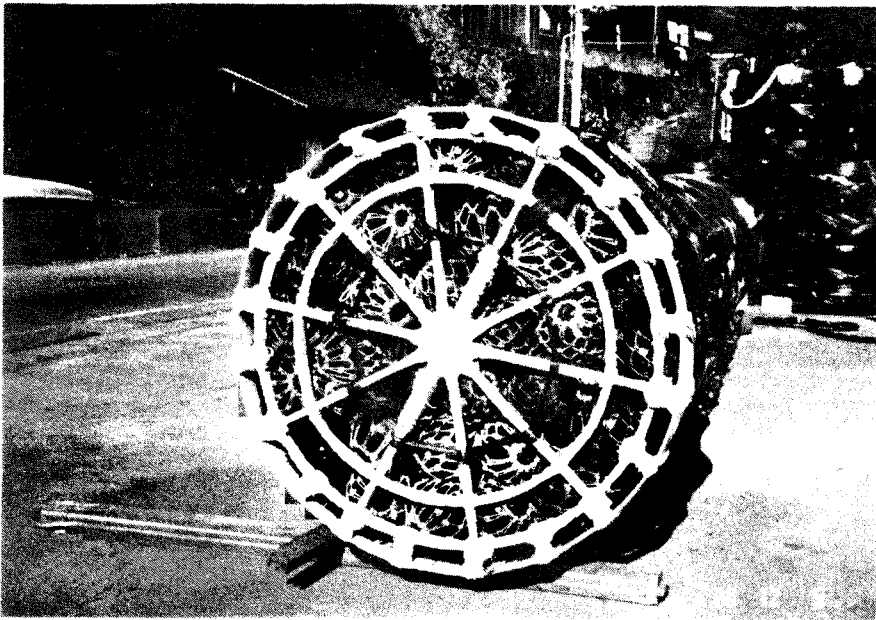


写真6. 同上、浮体部

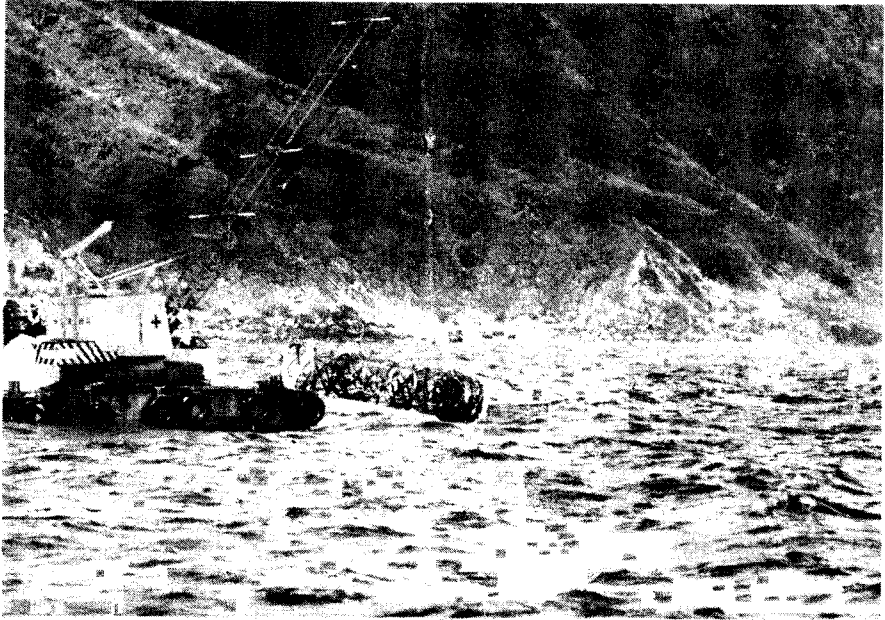


写真7. 台船による設置
(筆島沖、昭和56年1月18日)

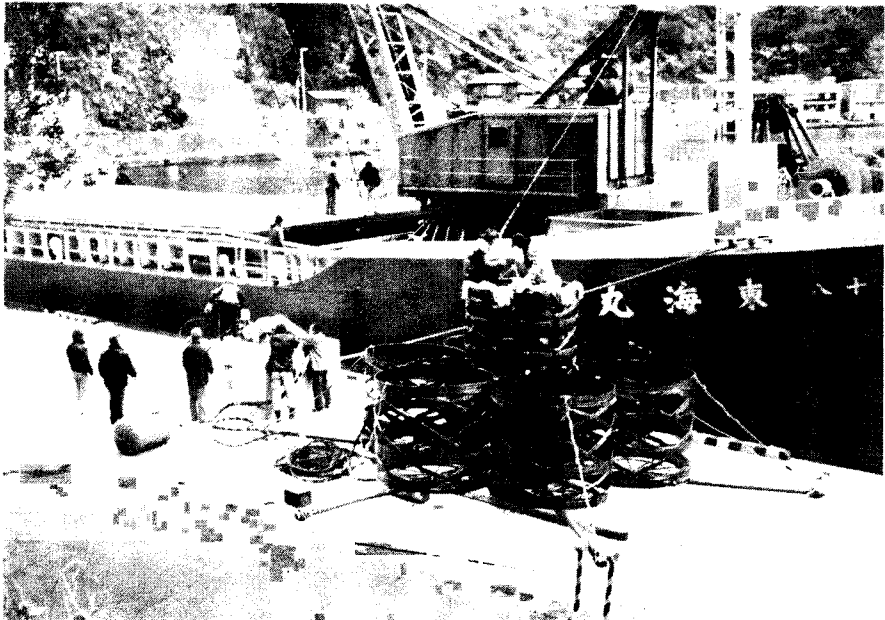


写真8. 55年度平型礁の積込み
(昭和56年2月28日)

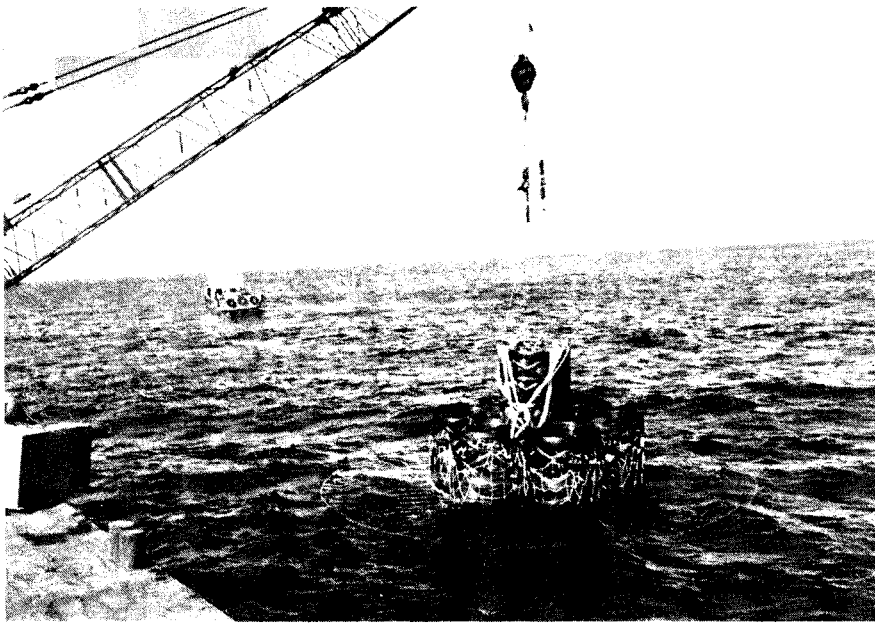


写真9. 56年度平型礁の設置
(昭和56年12月3日)

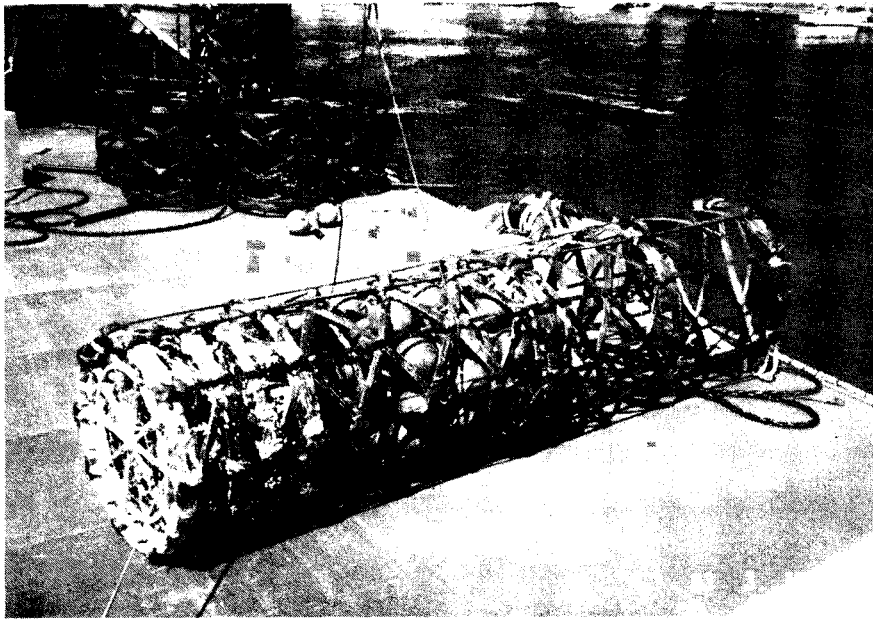
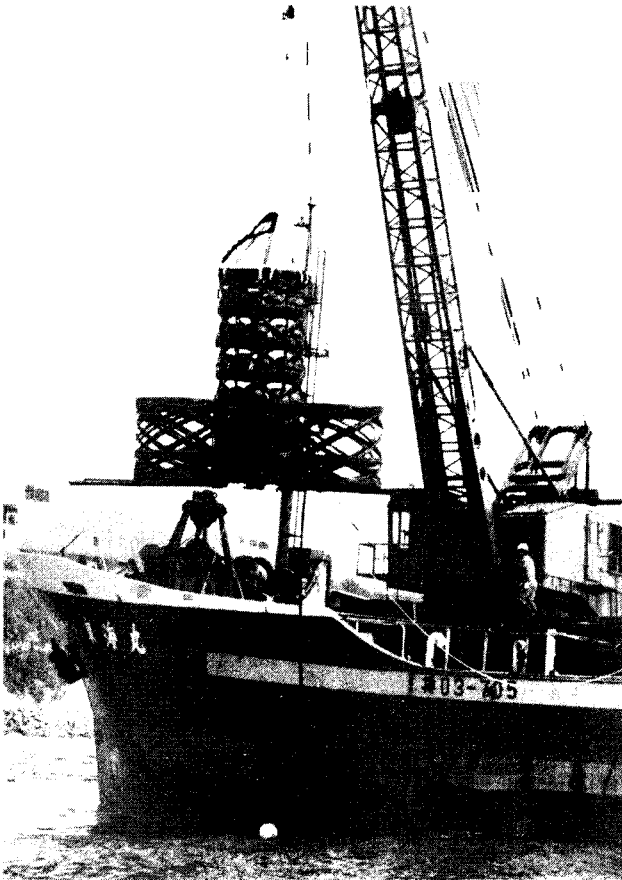


写真10. 57年度改良単円筒型礁
(昭和58年3月19日)

← 写真11.

57年度平型礁



↓ 写真12.

千波崎沖設置海域
(昭和58年3月19日)

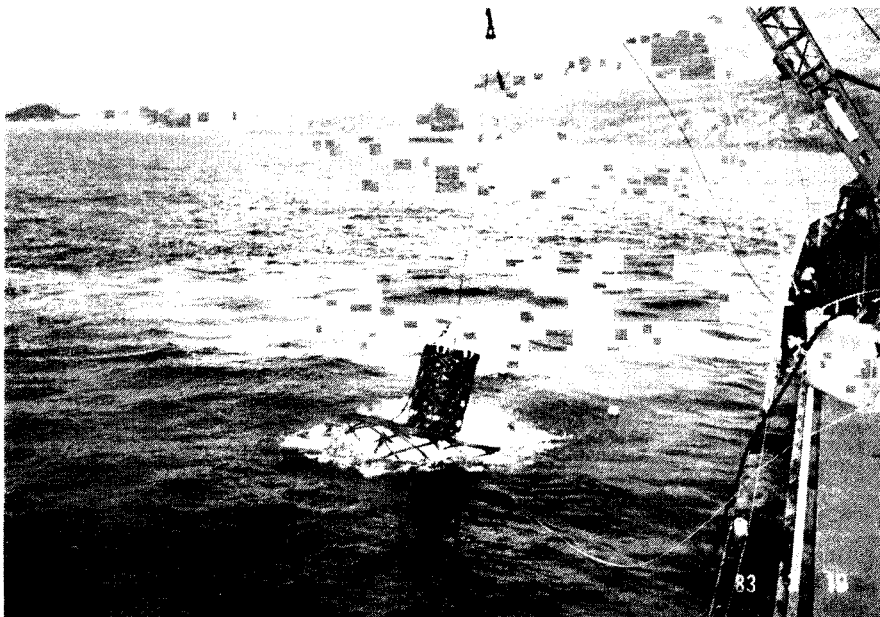


写真13～20. 筆島沖54年度単円筒型礁の魚類

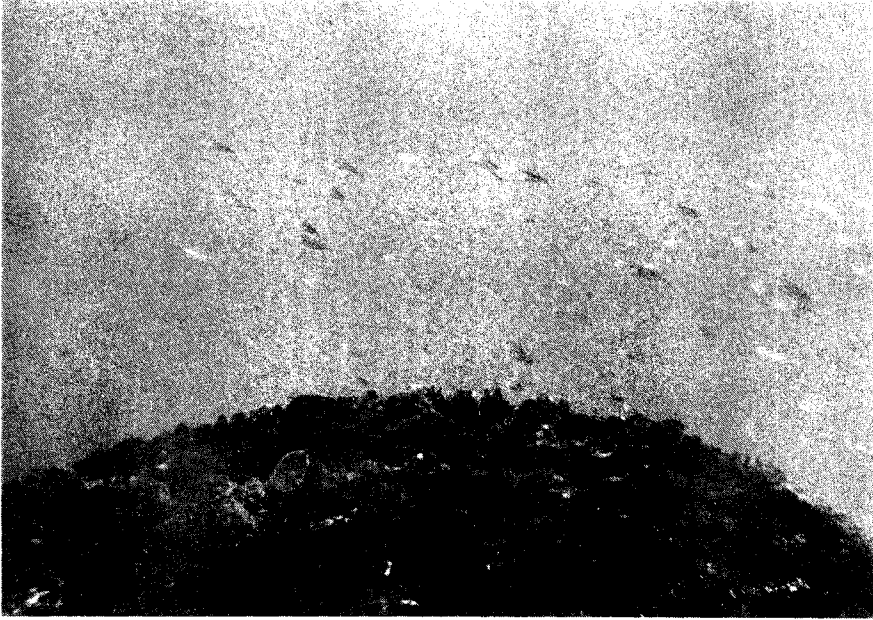


写真13. 小型のシマアジ、マアジの混群
(昭和55年3月31日)

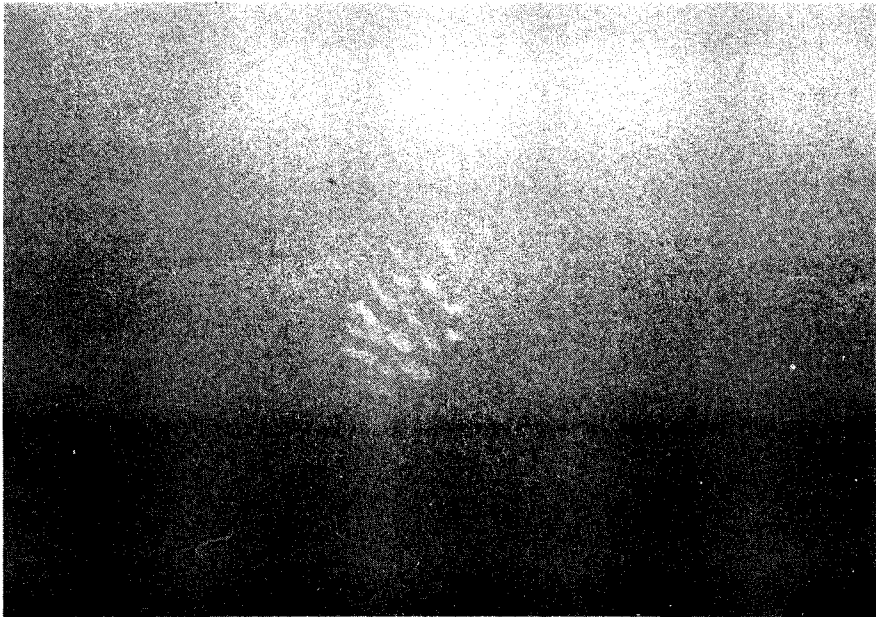


写真14. ウマズラハギ
(昭和55年10月17日)



写真15. イシダイ若令魚
(昭和55年12月9日)

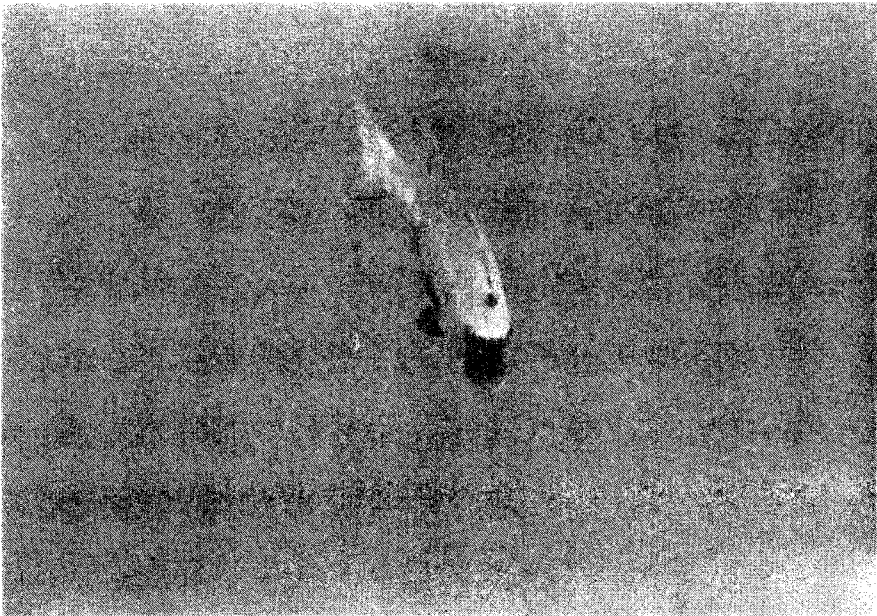


写真16. イシダイ成魚
(昭和55年10月17日)



写真17. オオスジイシモチの大群
(昭和55年12月9日)

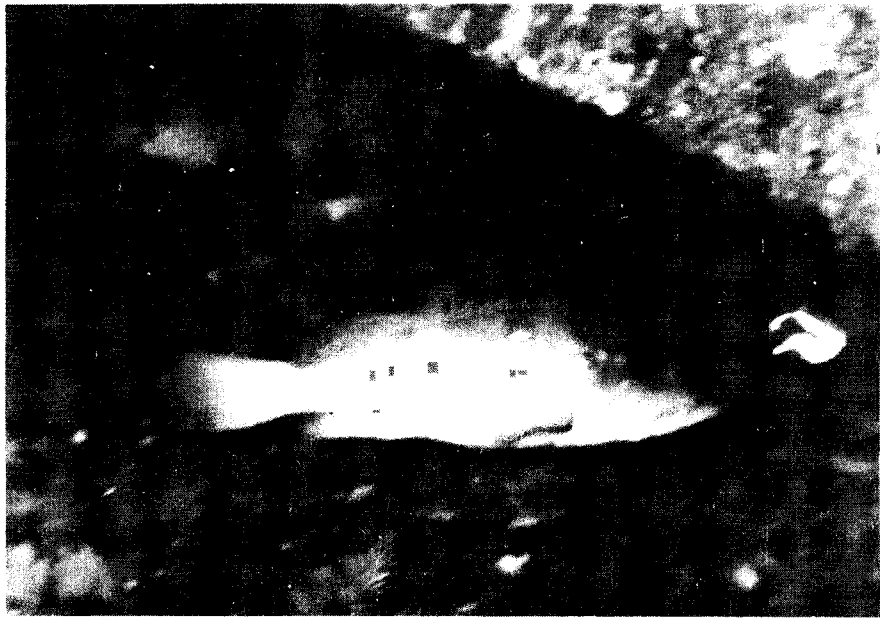


写真18. アンカー部のアカハタ
(昭和55年12月9日)



写真19. アンカー部のイカ卵とヤライイシモチ
(昭和55年3月31日)

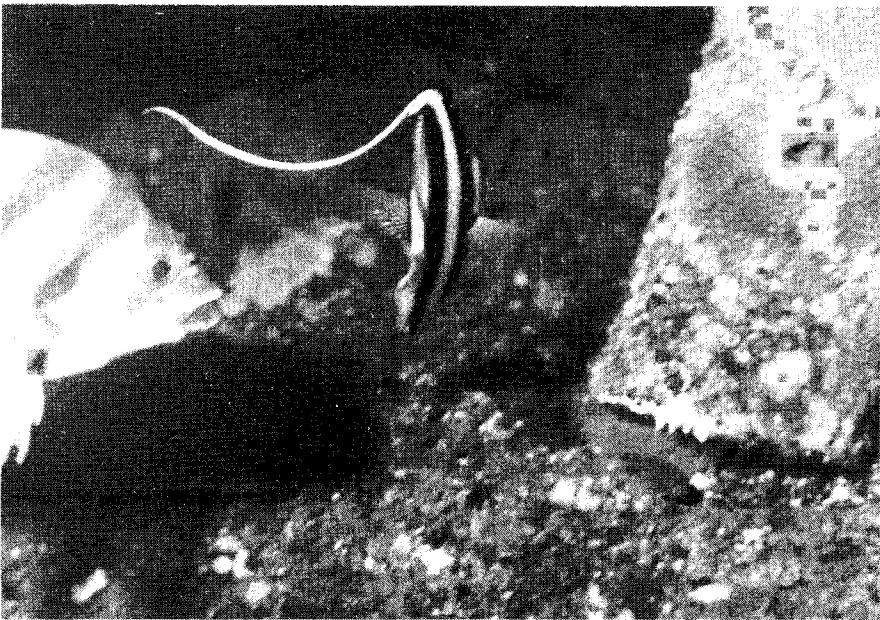


写真20. タカノハダイとツノダシ
(昭和55年12月9日)

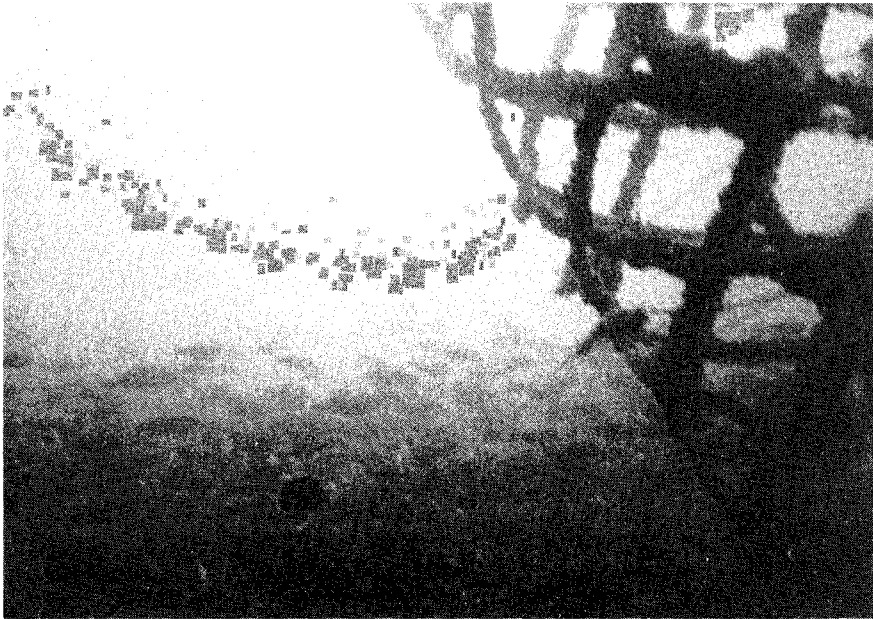


写真21. 沈下した単円筒型礁とイサキ群(昭和56年5月21日)

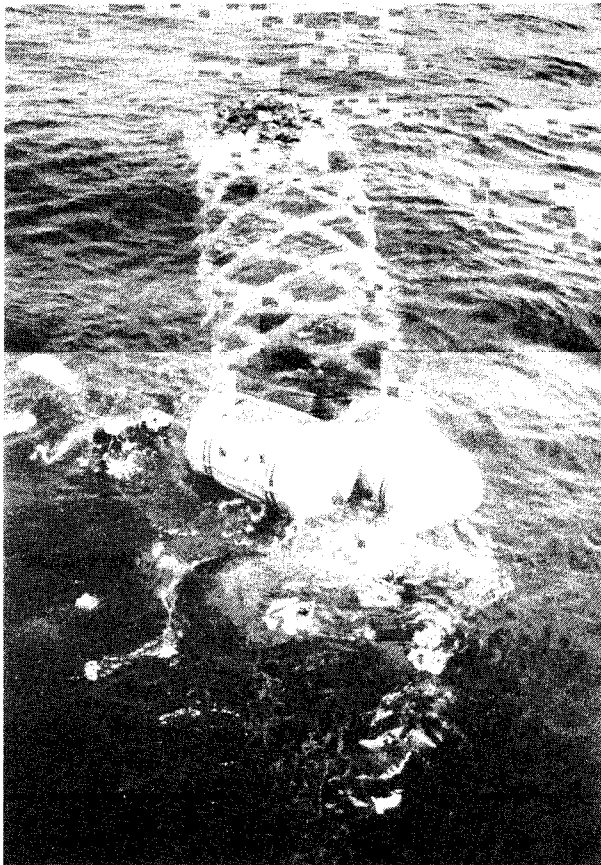


写真22.
浮上した浮魚礁
(昭和56年6月16日)

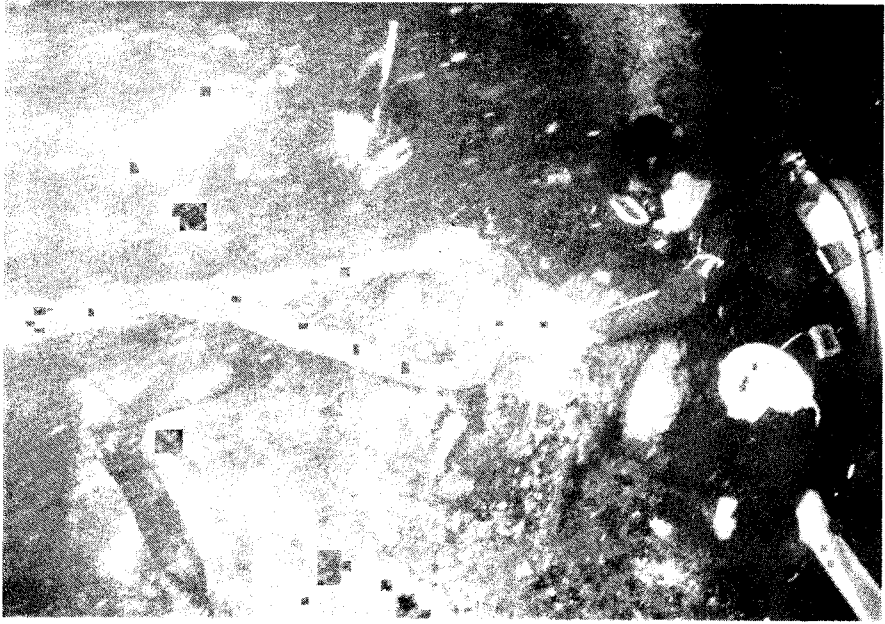


写真23. アンカー結合部の切断作業
(昭和56年 6 月16日)



写真24. 陸揚げした単円筒型礁
(昭和56年 6 月16日)

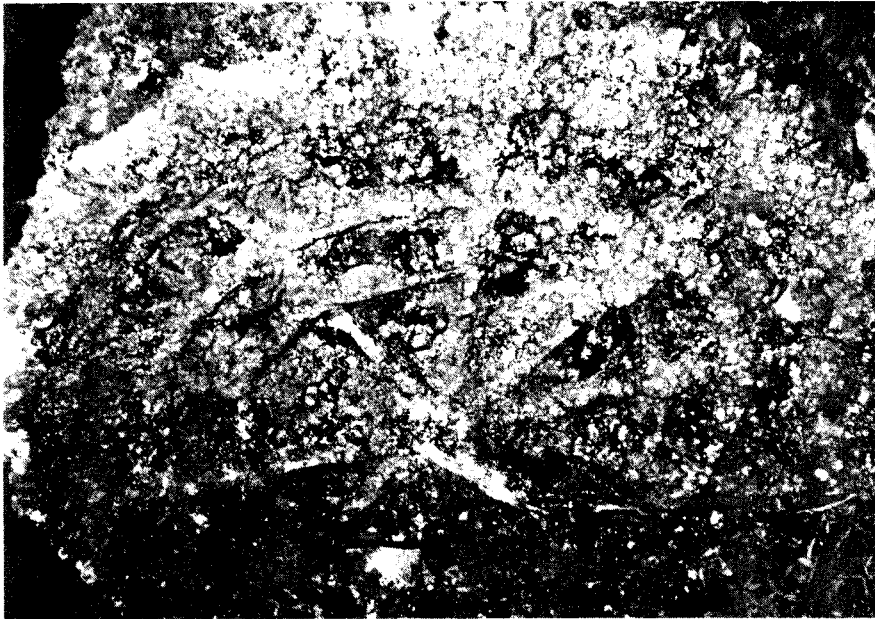


写真25. 浮体部の付着生物
(昭和56年6月18日)



写真26. 筆島沖の曳縄操業船
(昭和56年9月4日)