

# 中層浮魚礁造成技術の開発研究

実施機関名 : 社団法人 マリノフォーラム21  
 担当者 : 開発部 松原 茂樹  
 調査実施年度 : 平成10年度～平成12年度

## 1. 目的

平成6年度から3カ年にわたり島根沖で実施した効果調査では、ブリ類に対する優れた蝸集機能があることが確認されており、ブリ類等の回遊魚の資源が豊富な海域では、一本釣りや引き縄の操業で十分経済効果が期待出来るという結果が得られている。しかしながら、礁体が海面に出ないため位置確認が困難であり、比較的水深の浅い海域に設置された場合、漁具等による外力が原因と推定される係留索の切断事故が発生しやすいことが判明した。また耐用年数経過後の対応も懸念されている。従って本調査では、中層魚礁設置の際の漁法との調整、位置確認手法、流出時の検討とともに耐用年数経過後の施設の取り扱いについて検討・実施し、併せて蝸集効果についても把握することを目的とした。

## 2. 実施項目および内容

実施項目及び内容は以下のとおりであった

- (1) 既存調査結果のとりまとめ
- (2) 設置場所の決定
- (3) 設計条件の検討
- (4) 検討海底起伏・地質調査
- (5) 設計
- (6) 礁体の製作
- (7) 流失警報製作
- (8) 係留索製作
- (9) アンカー製作
- (10) 礁体・流失警報設置
- (11) 流失警報陸上局設置
- (12) 効果調査
- (13) 回収方法の検討・回収工事
- (14) 回収部材の強度試験
- (15) 施工・積算に関する検討

## 3. 実施スケジュール

調査実施スケジュール

|              | 98    |   |       |    |       |   | 99    |   |       |    |       |   | 00    |   |       |    |       |   | 01    |   |       |    |       |   |
|--------------|-------|---|-------|----|-------|---|-------|---|-------|----|-------|---|-------|---|-------|----|-------|---|-------|---|-------|----|-------|---|
|              | H10年度 |   | H11年度 |    | H12年度 |   | H10年度 |   | H11年度 |    | H12年度 |   | H10年度 |   | H11年度 |    | H12年度 |   | H10年度 |   | H11年度 |    | H12年度 |   |
|              | 4     | 6 | 8     | 10 | 12    | 2 | 4     | 6 | 8     | 10 | 12    | 2 | 4     | 6 | 8     | 10 | 12    | 2 | 4     | 6 | 8     | 10 | 12    | 2 |
| 設置場所の決定      |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |
| 設計条件の検討      |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |
| 海底起伏の検討・地質調査 |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |
| 設計           |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |
| 係留索の設計       |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |
| 礁体の設計        |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |
| 調査           |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |
| 礁体製作         |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |
| 流失警報製作       |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |
| 係留索製作        |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |
| アンカー製作       |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |
| 礁体・流失警報設置    |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |
| 効果調査         |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |
| 流失警報陸上局設置    |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |
| 回収方法の検討・回収工事 |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |
| 回収部材の強度試験    |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |
| 施工・積算に関する検討  |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |
| 効果調査         |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |       |   |       |    |       |   |

#### 4. 実施体制

以下のメンバーにて検討会を開催し、方針を決定し事業を推進した。

- 1) 専門家
- 2) 参加会員  
浮魚礁協会中層部会

旭化成株式会社  
東京製綱株式会社  
泰東製綱株式会社  
サカイオーベックス株式会社

- 3) 宮崎県
- 4) 水産庁
- 5) 社団法人マリノフォーラム21

#### 5. 施設の設計

##### (1) 事前調査

中層型浮魚礁2基の設置予定海域決定後、宮崎県水産試験場調査船“たちばな”の協力を仰ぎ、設置予定海域の調査を行いました。設置予定海域は既設表層型浮魚礁マリノフォーラム21-6号付近C、D点となりました。主な調査項目及び調査結果は以下3項目でした。

##### 1) 設置予定場所の水深

設置予定海域付近の魚探による測深を行い以下の2点に決定しました。

C点 N31°'44.0' E131°48.0' 水深475m

(後日中層1号とした)

D点 N31°'44.0' E131°50.0' 水深667m

(後日中層2号とした)

##### 2) 設置予定海域付近海底傾斜

測深と同時に海底傾斜度を調査しました。

施工精度上からは海底傾斜は1/30以下が望ましいと判断されます。

今回の調査では等水深線はほぼ南北に走っており、東西方向の傾斜は約1/10程度でしたが、定常的な潮流がほぼ南から北へ流れているので、予定地点付近に設置可能と判断しました。

##### 3) 設置予定海域の底質

海底土の資料を採取しました。シルト質であり、重力式アンカーを使用した場合十分な摩擦係数が期待できることが判明しました。

以上3項目であった。

(2) 海域条件等

海域条件は表層型浮魚礁 MF21-6号機の値(社団法人マリノフォーラム21浮魚礁システム研究会実証実験グループ、平成元年度実証実験に関する報告書、平成2年3月)を用いた。

1) 最大条件

潮流速: 2.5m/sec, 最大波高: 12.5m, 波周期: 17.0sec

2) 操業条件

操業時の条件を下記のとおりとした。

潮流速: 1.0m/sec, 波高: 3.0m/sec, 波周期: 10.0sec

3) 底質: 砂質

4) 耐用年数: 3年

(3) 設置場所

事前調査の結果表層型浮魚礁 MF21-6号機の周辺1マイルの地点1水深47.5m、地点2水深66.7mに決定した(4頁参照)。

(4) 施設の全体図

地点1、地点2の施設の全体図を5頁に示した。地点1の中層魚礁には流出時に陸上局で警報をキャッチする流出警報装置発信器をとりつけた。

(5) 施設の仕様、特徴および設計計算

1) 設計基準

沿岸漁場整備開発事業施設設計指針(平成4年度版)

MF-21 浮魚礁設計、施工技術基準

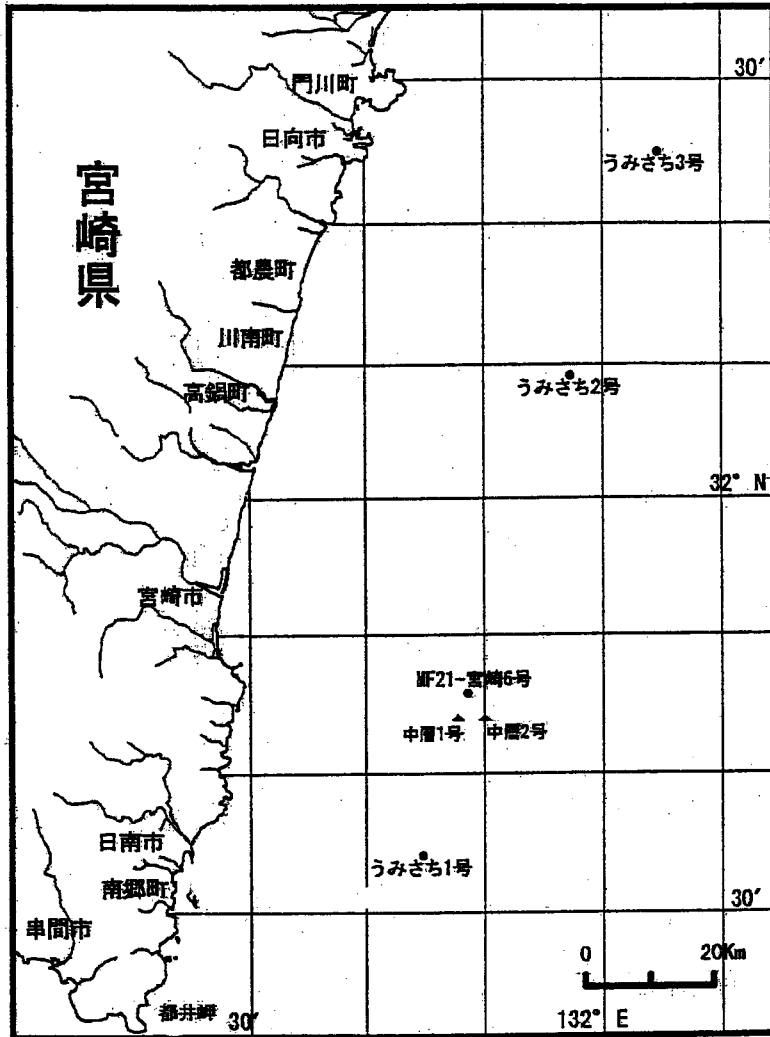
2) 施設の仕様

|       | 中層1号                       | 中層2号                           |
|-------|----------------------------|--------------------------------|
| 礁体諸元  | 外径1.5m×長さ7m                | 外径1.5m×長さ7m                    |
| 礁体材料  | FRP,ABS フロート               | FRP,ABS フロート                   |
| 礁体重量  | 1.176t(礁体部のみ)              | 1.176t(礁体部のみ)                  |
| 礁体浮力  | 付着物あり                      | 0.942t                         |
|       | 付着物なし                      | 1.535t                         |
| 係留系   | 副係留索                       | ペトラントエロープ φ16mm6m 6本           |
|       | 上部主係留索                     | CBCエイトロープ φ32mm100m 1本         |
|       | 下部主係留索                     | ダンライエイトロープ(鉛入)<br>φ38mm336m 1本 |
| アンカー部 | コンクリート 10.1t(2.0×2.0×1.1m) | コンクリート 9.1t(1.9×1.9×1.1m)      |
| その他   | ソナー、レーダー、反射器、流出警報装置        | ソナー、レーダー、反射器                   |

(6) 設計計算

礁体部に働く力及び安全性に関し、6頁の表にまとめた。

宮崎県の浮魚礁及び中層浮魚礁の設置位置

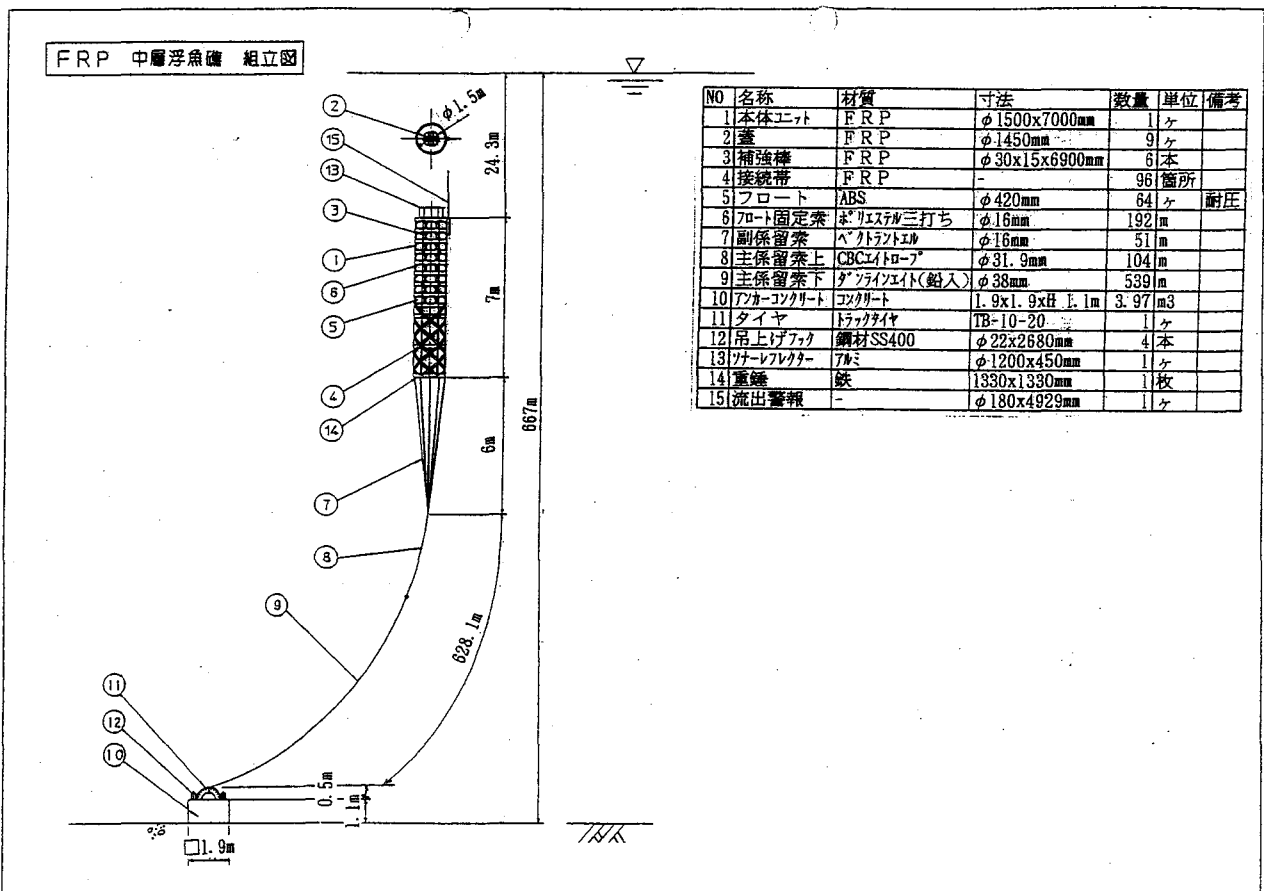
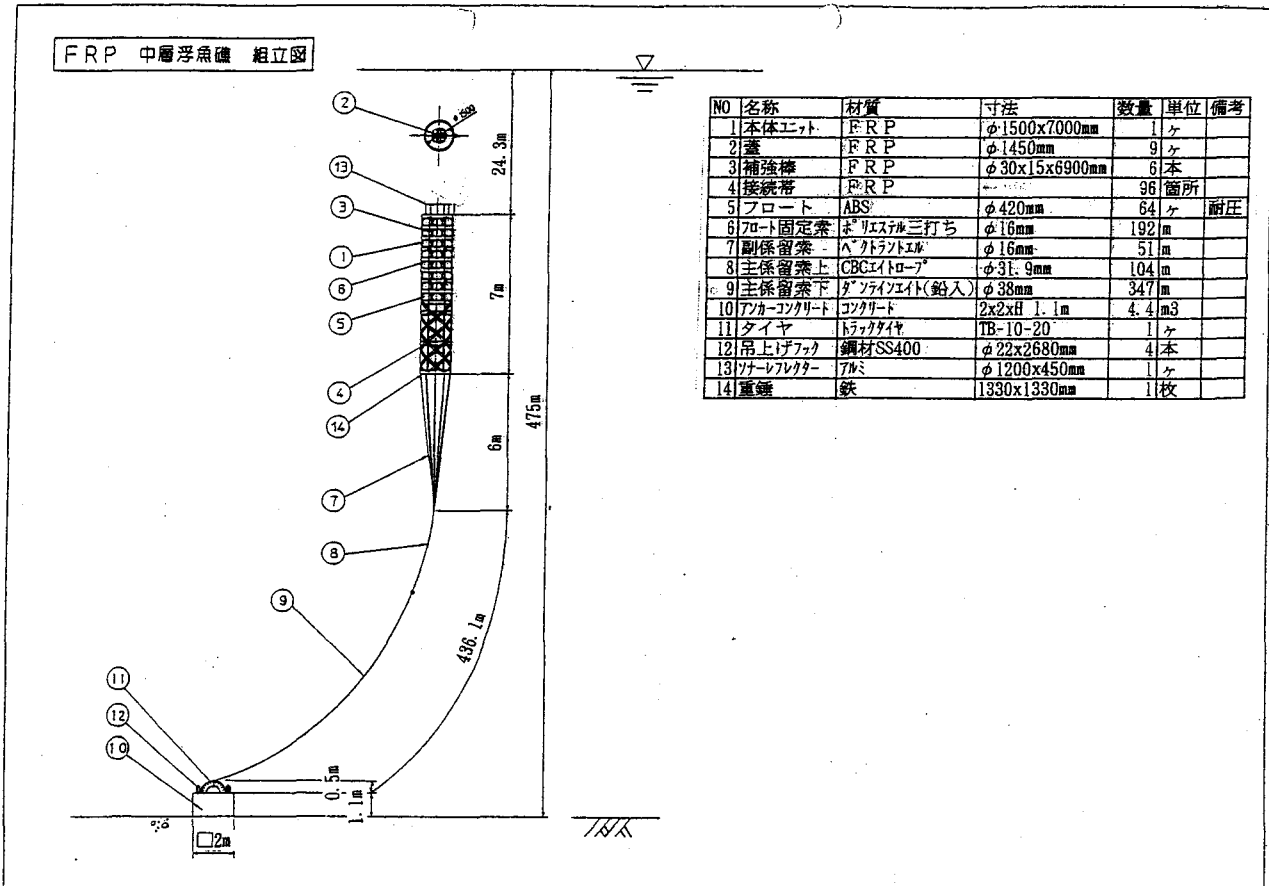


N : 緯度 E : 経度

- |   |                             |                                  |                                     |
|---|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | マリノフォーラム6号機<br>(H2.5.10 設置) | 宮崎市戸崎鼻の東方約31km<br>水深 570m        | N : 31° 45' 24"<br>E : 131° 48' 48" |
| 2 | うみさち1号<br>(H7.4.8 設置)       | 日南市油津港の東方約30km<br>水深 508m        | N : 31° 34' 52"<br>E : 131° 44' 23" |
| 3 | うみさち2号<br>(H9.2.14 設置)      | 川南町川南漁港南防波堤灯台の東方約37km<br>水深 900m | N : 32° 09' 50"<br>E : 131° 56' 45" |
| 4 | うみさち3号<br>(H10.3.23 設置)     | 日向市細島港細島灯台の東方約37km<br>水深 825m    | N : 32° 25' 10"<br>E : 132° 04' 50" |

中層浮魚礁設置位置

- |       |  |         |                                 |
|-------|--|---------|---------------------------------|
| 中層1号機 | 戸崎鼻灯台より真方位角 100° (約30km)<br>(H11.6.15 設置)    | 水深 476m | N : 31° 44.0'<br>E : 131° 48.0' |
| 中層2号機 | 戸崎鼻灯台より真方位角 99° 30' (約33km)<br>(H11.6.15 設置) | 水深 670m | N : 31° 44.0'<br>E : 131° 50.0' |



中層浮魚礁全体図

設計計算のまとめ (中層1号)

|                         | 最大(設計)条件時 |       | 操業時   |       |
|-------------------------|-----------|-------|-------|-------|
|                         | 付着物あり     | 付着物なし | 付着物あり | 付着物なし |
| 流れによる水平方向の力             |           |       |       |       |
| 磯体部 $F_M(t)$            | 0.813     | 0.924 | 0.301 | 0.276 |
| 係留索部 $F_K(t)$           | 0.271     | 0.451 | 0.154 | 0.195 |
| 水平方向 $F_M+F_K(t)$       | 1.084     | 1.375 | 0.455 | 0.471 |
| 波流れによる水平方向の力 $F_f(t)$   | 1.054     | 1.341 | 0.375 | 0.451 |
| 波による鉛直方向の力 $F_w(t)$     | 0.123     | 0.173 | 0.065 | 0.142 |
| 磯体の位置(ヘッド水深)(m)         | 179.2     | 139.1 | 69.0  | 44.0  |
| 余剰浮力の検討                 |           |       |       |       |
| 設計余剰浮力 $N(t)$           | 0.942     | 1.535 | 0.942 | 1.535 |
| 必要余剰浮力 $F_{wmax}(t)$    | 0.123     | 0.173 | 0.065 | 0.142 |
| 安全性( $N>F_{wmax}$ )     | 弛緩しない     | 弛緩しない | 弛緩しない | 弛緩しない |
| 固有周期の検討                 |           |       |       |       |
| 固有周期 $T_0(sec)$         | 101       | 63    | 101   | 63    |
| 波の周期 $T(sec)$           | 17.0      | 17.0  | 10.0  | 10.0  |
| 安全性( $T_0>T$ )          | 共振しない     | 共振しない | 共振しない | 共振しない |
| 副係留索の安全性の検討             |           |       |       |       |
| 係留張力 $T_m(t)$           | 1.70      | 2.47  | 1.14  | 1.79  |
| 5年後の破断荷重 $T_{n1}(t)$    | 16.6      | 16.6  | 16.6  | 16.6  |
| 安全率 $Sf1(T_{n1}/T_m)>3$ | 9.8       | 6.7   | 14.6  | 9.3   |
| 主係留索の安全性の検討             |           |       |       |       |
| 係留張力 $T_m(t)$           | 1.70      | 2.47  | 1.14  | 1.79  |
| 5年後の破断荷重 $T_{n2}(t)$    | 8.4       | 8.4   | 8.4   | 8.4   |
| 安全率 $Sf2(T_{n2}/T_m)>3$ | 4.9       | 3.4   | 7.4   | 4.7   |
| シンカー一部の安全性の検討           |           |       |       |       |
| 必要重量 $W_f(t)$           | 6.66      | 9.29  | 3.64  | 5.01  |
| 設計重量 $W_s(t)$           | 10.1      | 10.1  | 10.1  | 10.1  |

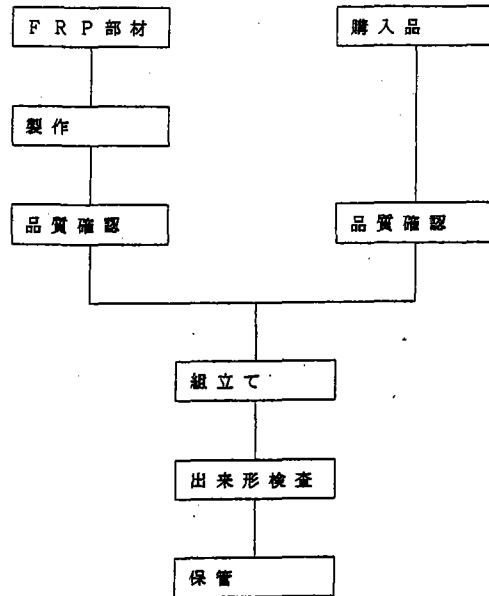
設計計算のまとめ (中層2号)

|                         | 最大(設計)条件時 |       | 操業時   |       |
|-------------------------|-----------|-------|-------|-------|
|                         | 付着物あり     | 付着物なし | 付着物あり | 付着物なし |
| 流れによる水平方向の力             |           |       |       |       |
| 磯体部 $F_M(t)$            | 0.779     | 0.872 | 0.293 | 0.276 |
| 係留索部 $F_K(t)$           | 0.349     | 0.581 | 0.205 | 0.268 |
| 水平方向 $F_M+F_K(t)$       | 1.128     | 1.453 | 0.498 | 0.544 |
| 波流れによる水平方向の力 $F_f(t)$   | 0.837     | 1.026 | 0.300 | 0.365 |
| 波による鉛直方向の力 $F_w(t)$     | 0.041     | 0.071 | 0.018 | 0.070 |
| 磯体の位置(ヘッド水深)(m)         | 258.0     | 202.5 | 101.1 | 61.7  |
| 余剰浮力の検討                 |           |       |       |       |
| 設計余剰浮力 $N(t)$           | 0.924     | 1.517 | 0.924 | 1.517 |
| 必要余剰浮力 $F_{wmax}(t)$    | 0.041     | 0.071 | 0.018 | 0.070 |
| 安全性( $N>F_{wmax}$ )     | 弛緩しない     | 弛緩しない | 弛緩しない | 弛緩しない |
| 固有周期の検討                 |           |       |       |       |
| 固有周期 $T_0(sec)$         | 102       | 64    | 102   | 64    |
| 波の周期 $T(sec)$           | 17.0      | 17.0  | 10.0  | 10.0  |
| 安全性( $T_0>T$ )          | 共振しない     | 共振しない | 共振しない | 共振しない |
| 副係留索の安全性の検討             |           |       |       |       |
| 係留張力 $T_m(t)$           | 1.53      | 2.26  | 1.07  | 1.71  |
| 5年後の破断荷重 $T_{n1}(t)$    | 16.6      | 16.6  | 16.6  | 16.6  |
| 安全率 $Sf1(T_{n1}/T_m)>3$ | 10.9      | 7.4   | 15.5  | 9.7   |
| 主係留索の安全性の検討             |           |       |       |       |
| 係留張力 $T_m(t)$           | 1.53      | 2.26  | 1.07  | 1.71  |
| 5年後の破断荷重 $T_{n2}(t)$    | 8.4       | 8.4   | 8.4   | 8.4   |
| 安全率 $Sf2(T_{n2}/T_m)>3$ | 5.5       | 3.7   | 7.9   | 4.9   |
| シンカー一部の安全性の検討           |           |       |       |       |
| 必要重量 $W_f(t)$           | 6.03      | 8.61  | 3.54  | 4.99  |
| 設計重量 $W_s(t)$           | 9.1       | 9.1   | 9.1   | 9.1   |

## 6. 施設の製作

### (1) 礁体の製作

礁体製作のフローを下記に示す

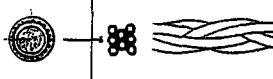


### (2) 係留索

係留索は延縄等の漁法及び未知のバンドリズム対策として、礁体直下100mの係留索について、新型ロープを提案した。またそれ以深の係留索については流失等により海中に残された場合、浮上しないように比重を海水より大きく調整したロープ（鉛線の入ったポリプロピレン系ロープ）を使用した。

係留索上部 ワイヤ外装アラミドパラエイトロープ φ38

係留索下部 ダンラインプラスチックロープ φ38 比重1.15

|               |   |
|---------------|---|
| ロープ名          | ワイヤ外装アラミド<br>パラエイトロープ   |
| 構造            | ストリット芯：アラミド<br>ストリット被覆：<br>PE(厚さ0.5mm)<br>+ φ0.5mmストリット<br>+ PE(厚さ0.5mm)            |
|               |  |
| 直径(mm)        | φ38   |
| 引張強さ(t)       | 19  |
| 単位重量<br>(g/m) | 空中 87.0<br>海水中 26.8   |

### (3) アンカー

アンカーは重力式とし、設置にあたり重量・大きさ等の制限は無いと判断したので方塊（コンクリートブロック）を使用することとした。

## (4) 流出警報装置

### 1. 概要

本システムは、中層浮魚礁の流失監視を主目的とし陸上側監視機器を捜索船へ移設し、方向探知機として使用することにより回収することが可能な監視システムである。

#### 1. 1 中層浮魚礁側機器

中層浮魚礁が流失し浮上した場合に、装備したラジオブイから電波を発射する。

#### 1. 2 陸上側における監視

陸上側に設置した方向探知機で指定の周波数を常時受信し、中層浮魚礁に装備したラジオブイの電波を受信した場合にラジオブイの自局符号を解読することにより礁体を識別し、内蔵したLCDに表示するとともに付属のスピーカから警報音を出力する。

#### 1. 3 船舶による捜索

陸上側に設置した方向探知機及び付属のループアンテナを船舶に移設することにより、中層浮魚礁に装備したラジオブイの電波を受信、方位測定を行い中層浮魚礁を回収することが可能である。

### 2. 要求性能及び仕様検討

#### 2. 1 要求性能

##### (1) 客先要求性能

|      |                               |
|------|-------------------------------|
| 耐水圧  | 22 kgf/cm <sup>2</sup> (220m) |
| 耐流速  | 2.5 m/SEC (海面)                |
| 通達距離 | 80 km                         |
| 耐用年数 | 10年                           |

##### (2) 予想される要求性能

|         |   |
|---------|---|
| 浮上時自動送信 | 礁体浮上時、ラジオブイに内蔵した浮上センサーにより電源を投入し電波を発射する。 |
| 電池持続時間  | 200時間                                   |
| 耐蝕性・耐汚性 | 10年                                     |
| 耐温度     | 0℃～40℃                                  |
| 耐湿度     | 温度+35℃・湿度95%                            |
| 耐振動     | 全振幅 3mm 0～500回/分<br>全振幅 1mm 500～1800回/分 |

#### 2. 2 仕様検討

上記要求性能を受けて、本システムを設計・製造するにあたって特に問題となると予想される性能は通達距離と耐用年数である。

##### (1) 通達距離

###### (中層浮魚礁側機器)

電池の持続時間を考慮して送信出力を3Wと仮定するとアンテナの全長は4m程度は必要である。予想される問題点

- ・生物付着によってアンテナ効率が大幅に劣化する恐れ有り。
- ・中層浮魚礁浮上時にアンテナ直立性を確保できるか。

###### 対策案

- ・アンテナ表面に非スズ系特殊塗料を塗布し、ジョイント部分は特殊テーピング等で保護する。
- ・礁体浮上時、礁体に取り付けたアンテナが垂直から45度以内を確保すること。

###### (陸上側監視機器)

流失の有・無を常時監視する場合、要求する通達距離を加味するとアンテナ感度の面で受信専用高利得ホイップアンテナを採用することを提案する。

\*無線局に設置された高利得受信アンテナの使用可能

##### (2) 耐用年数

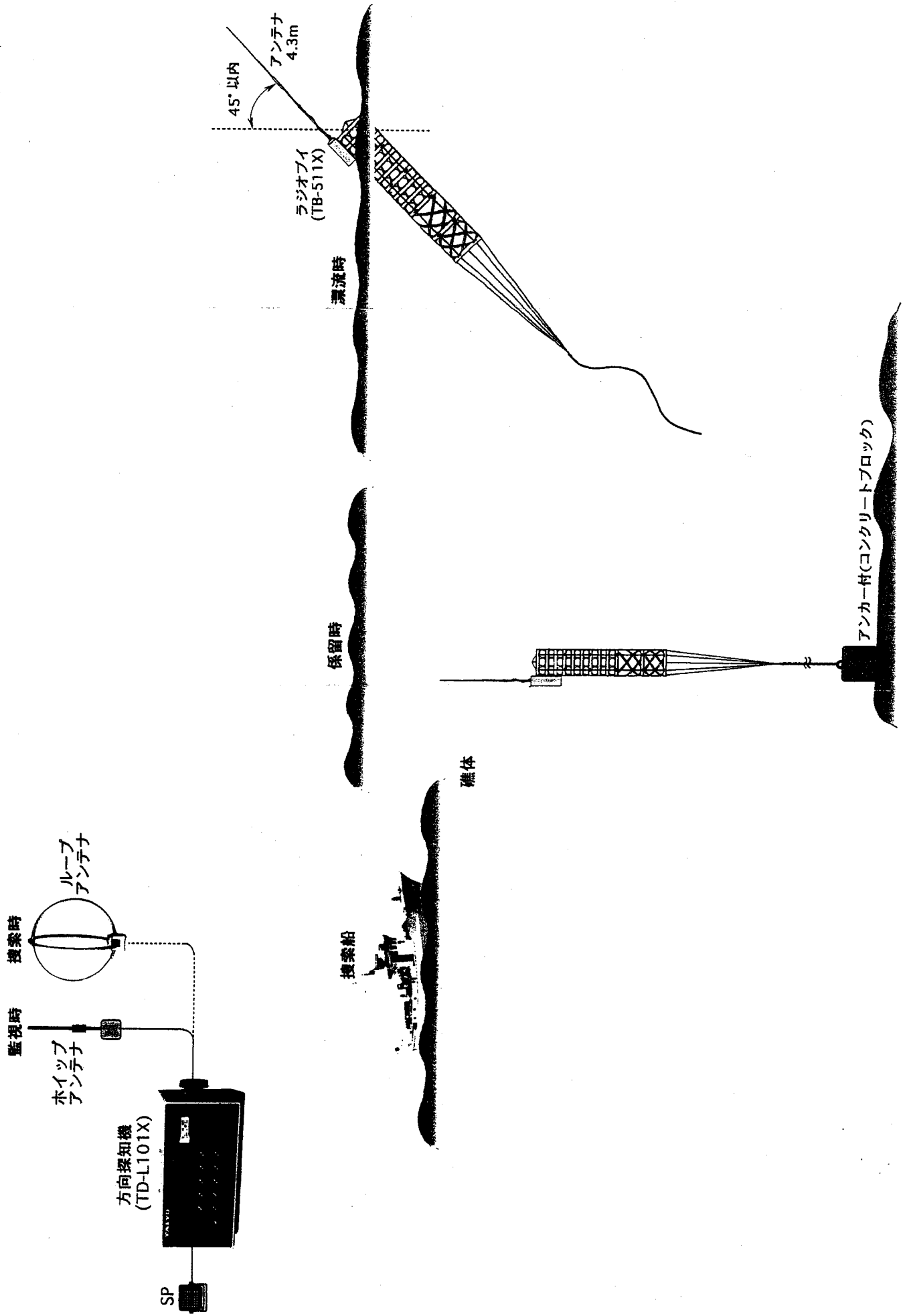
###### (中層浮魚礁側機器)

長期間海中に沈めて装備し通常非動作であるため耐蝕性・耐汚性を考慮し、電池は自己放電の極力少ない種類を選定するとともに浮上センサー、可動部分、配線、電機部品等の経年変化に充分配慮しなければならない。

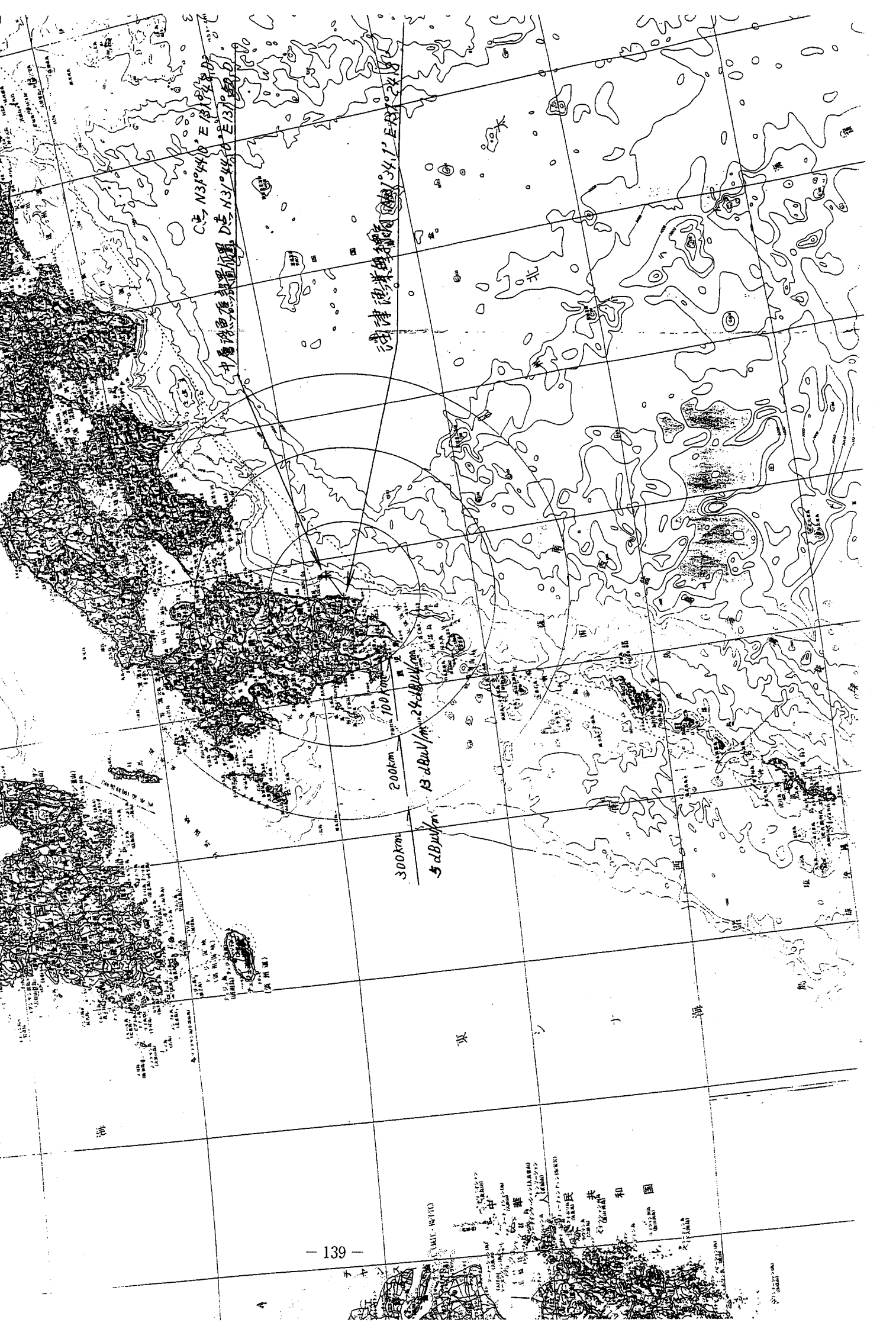
###### (陸上側監視機器)

長期間連続通電で運用するため発熱対策、定期点検等の保全性、故障時の保守性に配慮しなければならない。





付図1 中層浮魚礁監視システム構成図



中層漁魚標置位置  
 北緯  $N31^{\circ}44'0''$  E 經  $E137^{\circ}42'0''$   
 北緯  $N31^{\circ}44'0''$  E 經  $E137^{\circ}42'0''$

天津漁業標置  
 北緯  $N34^{\circ}1'0''$  E 經  $E117^{\circ}22'0''$

100 km  
 200 km  
 300 km  
 5 dBu/km  
 13 dBu/km  
 24 dBu/km

東 海

UNITED KINGDOM  
 中 華 人 民 共 和 國  
 中 華 人 民 共 和 國  
 中 華 人 民 共 和 國

## 7. 施設の設置

### (1) 事前届・作業届

流失警報装置の無線局解説にあたり九州電気通信監理局に対し、無線標定移動局の申請を行い、平成11年6月7日に無線局免許状が交付された。

設置作業を行うにあたり、宮崎県水産振興課から関係漁協に対して工事に関する周知を行い、併せて工事に関する同意を取り付けた。

工事前油津海上保安部長に対し作業届の提出を行った。

### (2) 設置要領

#### 1) 礁体の設置

##### a. 積み込み

予め設置後の長さで測長された係留索、礁体、アンカーを油津港にてクレーン付き台船に積み込んだ。係留索はコイル状で搬入されたので、台船上でほどこきながら絡まないように甲板に敷き並べた。

##### b. 現場回航

油津港から宮崎沖設置予定海域まで作業船を回航した。

##### c. 現場での再測深、係留索接続

設置予定海域到着後、魚探にて設置予定場所の水深を確認し、礁体・係留索・アンカーの接続を行った。

##### d. 魚礁投入

設置予定場所の近傍から設置予定地点に向かい作業船を潮流に逆らって低速で曳航しながら、接続が終了した浮魚礁を作業船船尾から

礁体→係留索→アンカー

の順番に繰り出した。

礁体と係留索全てを繰り出した後、アンカーが設置予定地点上に来たときにレッコフックにてアンカーを切り離し設置した。

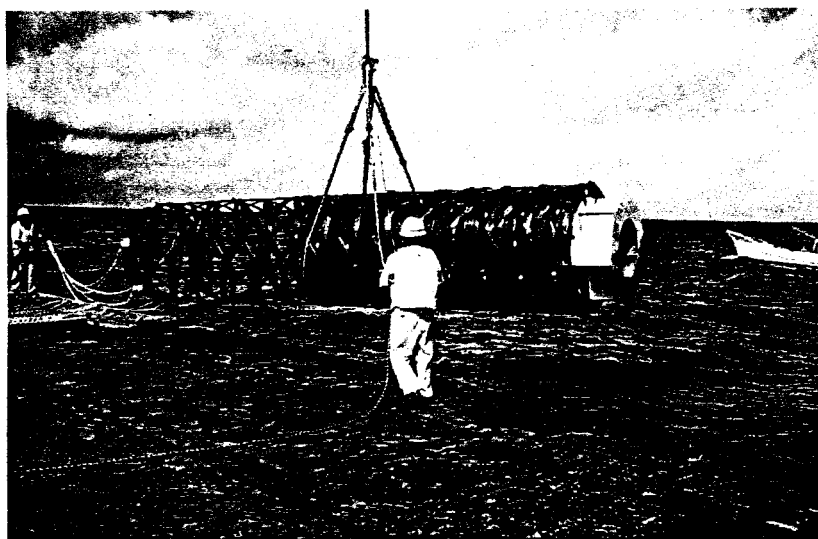
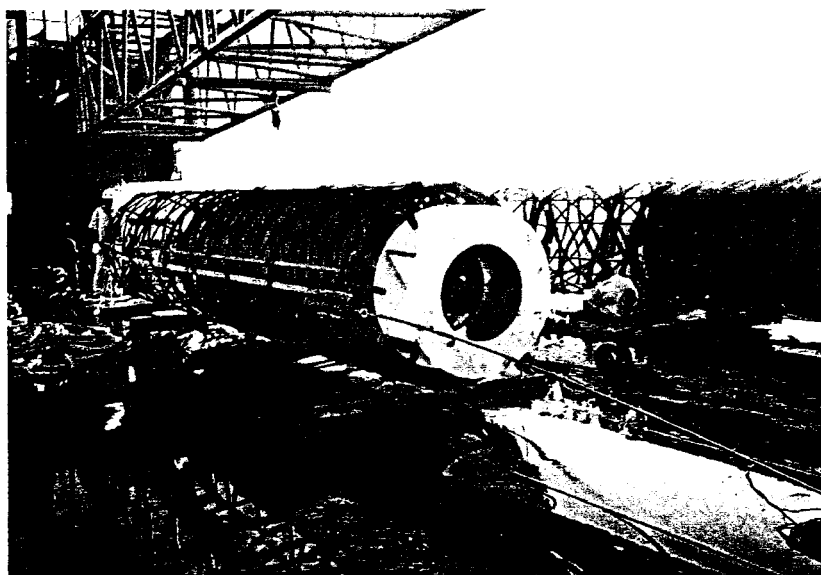
### (3) 設置結果

設置直後水深確認を行った魚探にて確認作業を行ったが、魚探の探知範囲が狭いため設置直後の確認を行うことが出来なかった。

後日宮崎県水産試験場調査船“たちばな”備え付けのソナーにて確認を行うことが出来た。

### 中層浮魚礁の設置

中層浮魚礁は平成11年6月5日に設置された。  
設置状況の写真を示す。

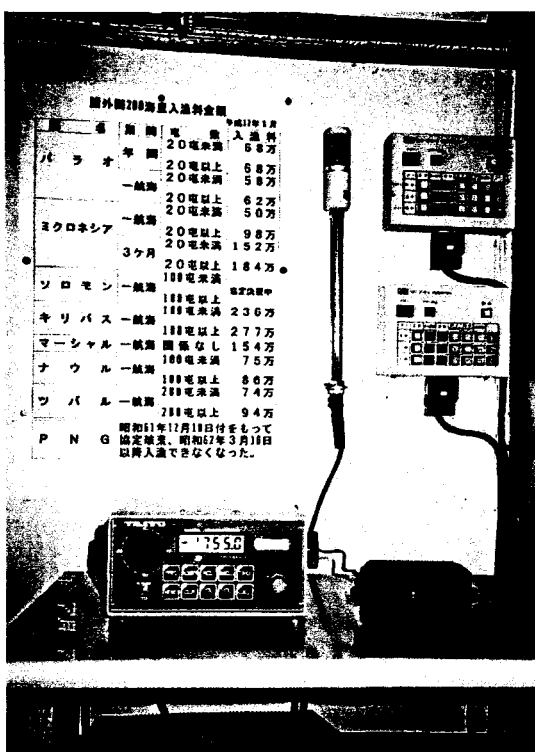


中層魚礁設置状況

陸上局の設置

陸上局は平成12年7月7日に設置された。

設置状況の写真を示す。



流出警報装置陸上局



中層魚礁探索船(宮崎県たちばな)に取りつけられたループアンテナ

## 8. 施設の管理

### (1) 管理体制

施設の管理委託は社団法人マリノフォーラム21と宮崎県との間で取り交わされ、宮崎県油津漁業無線局が流失警報装置陸上局の管理を行った。

### (2) 管理要領

管理要領所を作成した（添付省略）。

## 9. 施設の回収

### (1) 回収方法の検討

- a. 網掛かり除去ROV使用による切断回収法
- b. 二艘の船による引っ掛け巻き上げ方法
- c. 深海潜航可能なROVによる切断回収方法
- d. 一艘の船による掃海による礁体確保・巻き上げ回収方法

以上4種類の回収方法について技術内容・費用・実現性等について比較検討を行い、その結果1艘の作業船にて掃海を行いアンカーまで回収を試みた。

### (2) 回収結果

平成12年年度末中層1号・2号の回収作業を行い以下の様な結果となった。

- 1) 中層2号，中層1号の順番で回収作業を行った。
- 2) 流失警報装置を取り付けた中層2号は，礁体下約10mの位置で係留索の切断に成功し，強制浮上させることが出来た。
- 3) 流失警報装置はアンテナが折れた状態で浮上し，作動の確認は出来なかった。折れた切り口は新しく回収作業中に破損した可能性が高いと考えられる。
- 4) 続いて作業効率を上げるために次ページ概念図のように複数本のスマルを曳航して回収を試みた。
- 5) 左右両舷2本のアンカースマルが同時に掛かり，礁体を海面まで引き揚げられたものの，絡まっており船内取り込みが出来なかった。
- 6) そのため中層1号をアンカーごと吊り下げたまま設置場所（水深475m）から浅い海域（水深315m）に曳航し，アンカーを着底，礁体を浮上させてから回収を試みることにした。
- 7) 浅海域で作業中引っかけたアンカースマルから魚礁が外れ魚礁を再度海中に落とした。また作業中潮の流れが速く水深が深い場所（450m）に船が流され，礁体は浮上しなかった。
- 8) このまま回収作業を続行すると日没となるので礁体を魚探で確認（水深70m）し，GPSで位置をおさえてから翌日回収作業を行うこととした。
- 9) 翌朝宮崎県調査船“たちばな”のソナーを使用して終日搜索したが発見出来なかった。見失った位置を中心に潮流下流方向を重点的に搜索した。
- 10) 曳航したことにより係留索が損傷し流失した可能性が高いと判断しました。
- 11) 宮崎県・マリノフォーラム21・油津海上保安部へ助況報告を行い，海上保安部から流失した可能性があるなら航行警報を出すように指導があった。
- 11) 保安部の指導に従い航行警報を出すとともに，流失警報を出して頂く手続きを行い，同時に流失していった可能性が高い土佐湾に探索船を出した。
- 12) 以後10日間宮崎沖で搜索を行い発見出来ず，海上保安部へ報告の上搜索を打ち切り，流失したと判断した。
- 13) 以上の結果礁体回収が作業手順を整備すれば技術的には十分可能であることが判明した。

### (3) 回収後の試験

#### 1) 目的

平成11年6月5日に宮崎県沖に設置された中層浮魚礁を約2年経過後の平成13年3月21日に回収し、部材の強度、付着物量および流出警報装置の作動確認を把握した。

#### 2) 試験方法

##### 2) - 1 外観試験

目視により外観を調査した。

##### 2) - 2 付着物試験

回収された中層浮魚礁1号機の礁体部側面外、側面内、フロートより各1箇所の付着物を剥ぎ取り質重量、体積を測定した。

##### 2) - 3 残存強度試験

###### 2) - 3 - 1 FRP 部材

中層1号よりFRP補強棒4箇所(試料NO.1~4)、パター部3箇所(試料NO.5~7)、バンド部3箇所(試料NO.8~10)、蓋部2箇所(試料NO.11,12)の計12試料を切り取った。切り取った試料は曲げ強度、弾性係数、ガラス含有率の測定を行った。

試験実施者：旭化成株式会社人工魚礁開発部

###### 2) - 3 - 2 フロート

中層1号の中段部より3個のフロートをとりはずし、内1個を試料とし、破壊圧の測定を行った。

試験実施者：株式会社鶴見精機

###### 2) - 3 - 3 ロープ

中層1号より副係留索、主係留索を持ちかえり、ロープの引っ張り強度を測定した。

試験実施者：東京製綱繊維ロープ株式会社

###### 2) - 4 流出警報装置動作確認

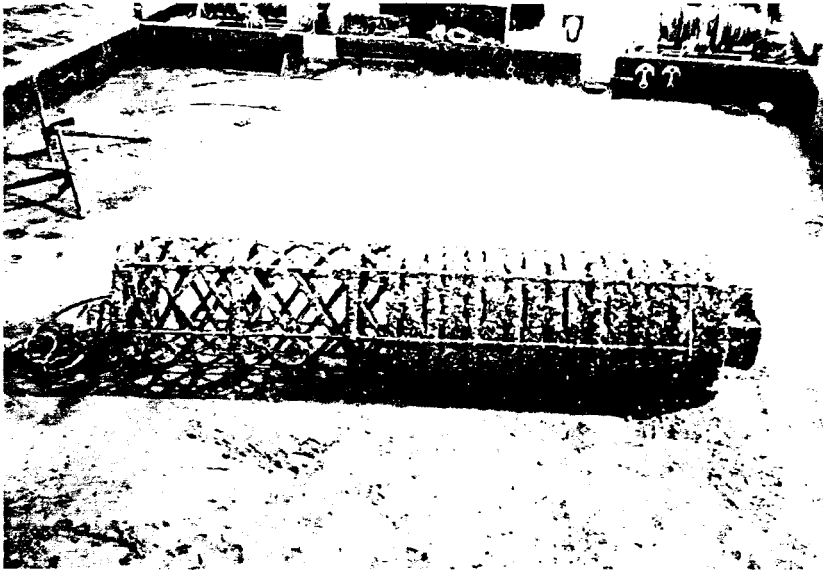
中層1号に取り付けられた流出警報装置(ラジオブイ)を取り外し、下記にて動作の確認を実施した。

動作確認者：太洋無線株式会社

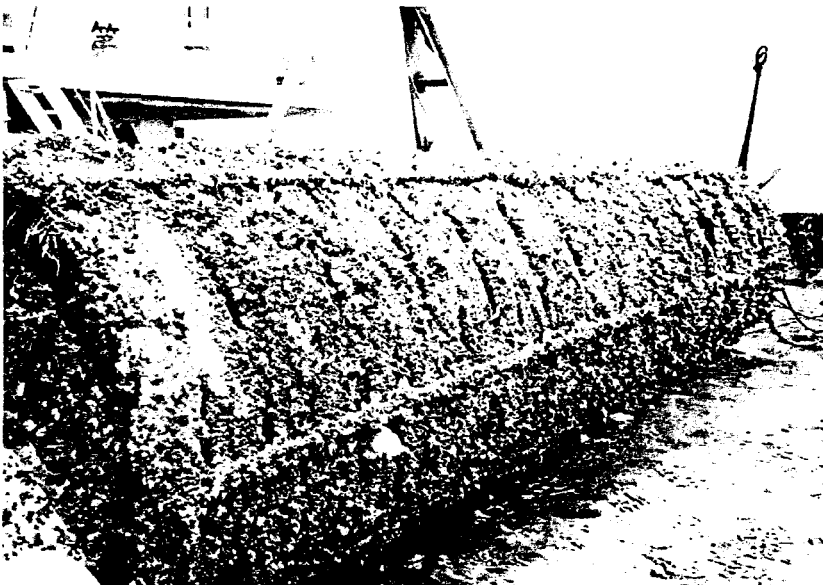
#### 3) 試験結果

##### 3) - 1 外観

回収された中層浮魚礁の外観は正常であり、部材上には付着物が全面付着していた。



回収された中層浮魚礁1号



付着物の状況(ほぼ全面付着)

### 3) - 2 付着物試験

目視観察によると①カーネルクラーおよび礁体側面外部と蓋外部が同様の付着状況、②側面内部と蓋内部が同様の付着状況、③フロート表面のほぼ3種類に分けられたため、下記3種類の測定を行った。

また、側面格子、蓋部格子ではパターン部のみに付着し、パターン間隔を連続的に付着物で覆ってしまうことはなかった。

付着物の種類は各部ともシロスジフジツボ、アカフジツボであった。



| 側面外部 (蓋外部)          |                    | 側面内部 (蓋内部)          |                     | フロート表面              |                     |
|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 測定面積                | 0.28m <sup>2</sup> | 測定面積                | 0.28m <sup>2</sup>  | 測定面積                | 0.55m <sup>2</sup>  |
| 湿重量                 | 1.0kg              | 湿重量                 | 1.43kg              | 湿重量                 | 2.5kg               |
| 体積                  | 300cm <sup>3</sup> | 体積                  | 1100cm <sup>3</sup> | 体積                  | 1300cm <sup>3</sup> |
| 水中重量/m <sup>2</sup> | 2.47kg             | 水中重量/m <sup>2</sup> | 1.06kg              | 水中重量/m <sup>2</sup> | 2.10kg              |

オレンジブックでは8kg/m<sup>2</sup>であるため、かなり少ない。

これらの結果より中層浮魚礁1基あたりの付着量を算出し、現設計で使用している付着物量、付着面積の妥当性を検討した。

|                           | レリクター、側面、蓋外部 | 側面、蓋内部 | フロート表面 | 合計    |
|---------------------------|--------------|--------|--------|-------|
| 1基当たりの面積(m <sup>2</sup> ) | 32.98        | 17.06  | 35.47  | 82.09 |
| 1基当たりの水中重量(t)             | 0.082        | 0.018  | 0.074  | 0.174 |
| 現設計水中重量(t)                | —            | —      | —      | 0.59  |

現設計水中重量0.59/実際の水中重量0.174=3.4倍

となり、海域の違いによる付着物量の差を考慮すると現設計はほぼ妥当と考えられる。

### 3) - 3 残存強度

#### 3) - 3 - 1 FRP 部材

曲げ強度、弾性係数、ガラス含有率とも強度劣化はほとんどなかった。測定結果は別紙添付した。

#### 3) - 3 - 2 フロート

今回使用した宇部樹脂加工株式会社製のフロート 径420mm、メーカー使用水深350mのものは、初期瞬間破壊圧は6.62Mpaであり、今回測定した結果は6.6Mpaとほとんど強度低下は見られなかった。測定結果は別紙添付した。

#### 3) - 3 - 3 ロープ

係留索及び副係留索の外観観察及び残存強度試験を行い、別途報告書を作成した。

### 3) - 4 流出警報装置動作確認結果

動作確認を行い、別途結果報告書を作成した。

## 10. 効果調査結果

### (1) 調査方法

1) 調査海域：宮崎県宮崎市～日南市沖合海域（図1）

2) 調査内容：中層浮魚礁の位置確認と魚群分布調査

標本船及び市場調査による漁獲状況調査

3) 調査方法：中層浮魚礁の位置確認と魚礁周辺の魚群の蝟集状況・分布状況は、県の調査船「たちばな」により、魚礁の位置確認にはスキヤニングソナーを、魚群分布状況は、計量魚探及びカラー魚探により浮魚礁の設置位置を通過するように0.5マイル間隔に調査定線を設定して調査を実施した。

漁獲効果調査は、操業日誌（漁獲魚種、漁獲位置、漁獲量等）の記帳を依頼した浮魚礁を良く利用する曳縄船11隻と沿岸かつお

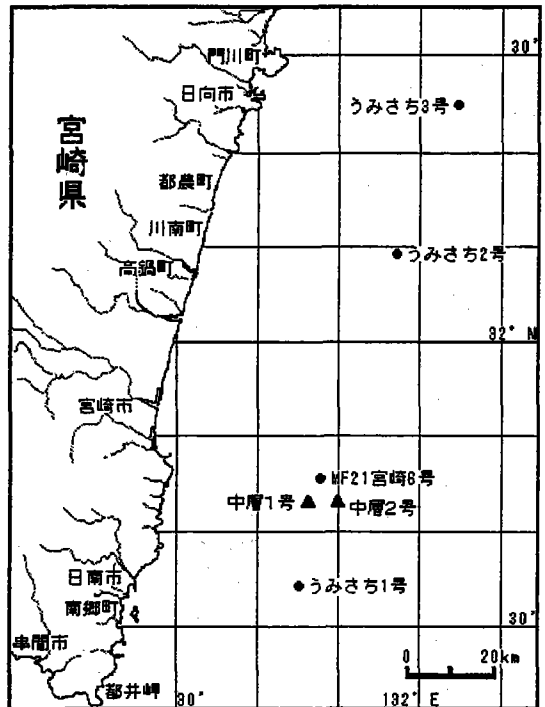


図1 宮崎県の浮魚礁及び中層浮魚礁の設置位置

一本釣船2隻を標本船調査し、

また、標本船の所属する漁協等に水揚げされる浮魚礁での漁獲量調査を依頼し、魚種及び漁獲量を把握した。

ただし、浮魚礁での漁獲量は、表層型浮魚礁のMF21-6号基と中層1、2号基が約1.8マイル程度しか離れていないことから漁獲効果を分離することが難しいため周辺を一体として考え集計した。

### (2) 調査結果及び考察

#### 1) 中層浮魚礁の位置

平成11～12年度の調査では、潮流0.3～3.0ノットで水深40～118mの位置に確認された。

操業時の流速約2ノットの時、100m以浅であることという設計条件の範囲内であった。

#### 2) 魚群分布調査

平成11年度6回の調査でいずれも魚群が確認された。特に1回目の6月では魚礁周辺に大きな魚群反応が認められた。そのうち大きなものは、水深40～110mまで広がる魚群であった。この頃の市場調査や標本船調査の結果からカツオ、キハダ等が蝟集していたものと考えられた。

平成12年度6回の調査でいずれも魚群が確認された。特に10月では魚礁を取り囲むような反応が認められた。

#### 3) 漁獲効果調査（標本船調査・市場調査）

中層浮魚礁周辺（MF21-6号基を含む。）の漁獲量等は、平成11・12年度とも設置する前の10年度と比較すると延べ有漁隻数が減少し、魚群の来遊が少なかった。

11年度の曳縄漁船の標本船調査では、1日1隻当たりの漁獲量はMF21-6号基付近で79.3kg、日向灘全体の浮魚礁では61.5kgと表層型浮魚礁のみと比べ若干C P U Eが高い傾向が認められた。

12年度も11年度と同様にMF21-6号基付近のCPUEが標本船で65.0kg、浮魚礁全体では60.3kgと同様な傾向がみられた。

4) 中層浮魚礁周辺での月別・魚種別漁獲状況について

中層浮魚礁周辺における曳縄漁業の標本船による月別・魚種別漁獲状況を、図2に示した。

月別漁獲状況は、6月が5トン、10月が4トン及び8月が2.7トンの漁獲を示していた他は、2トン未満と低調であった。

また、漁獲状況は、キハダ、シイラ、カツオを主体に漁獲しているが、漁獲組成を見ると、カツオが漁獲されたのは、黒潮を北上する4、6、7月と下りカツオの10、11月の時期に600～1,150kg/月程度の漁獲が見られた。キハダは、6、7、10月に1,000kg/月以上の漁獲が見られた。シイラも6、8月に1,500kg/月以上の漁獲が見られた。(図2)

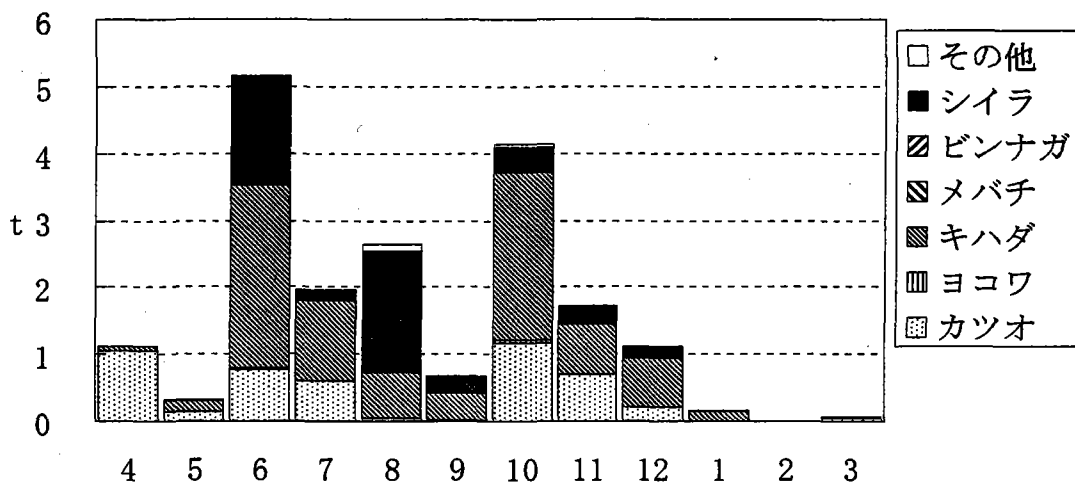


図2 中層浮魚礁周辺における曳縄漁業の漁獲量の推移 (標本船調査)

月別のCPUEを見ると、4、8、10、11、12月が100kg/隻の漁獲を示しており、その魚種組成も4、11月はカツオが40kg/隻以上、8月はシイラが70kg/隻程度、9月から1月にかけてはキハダが40kg/隻以上の漁獲が見られた。(図3)

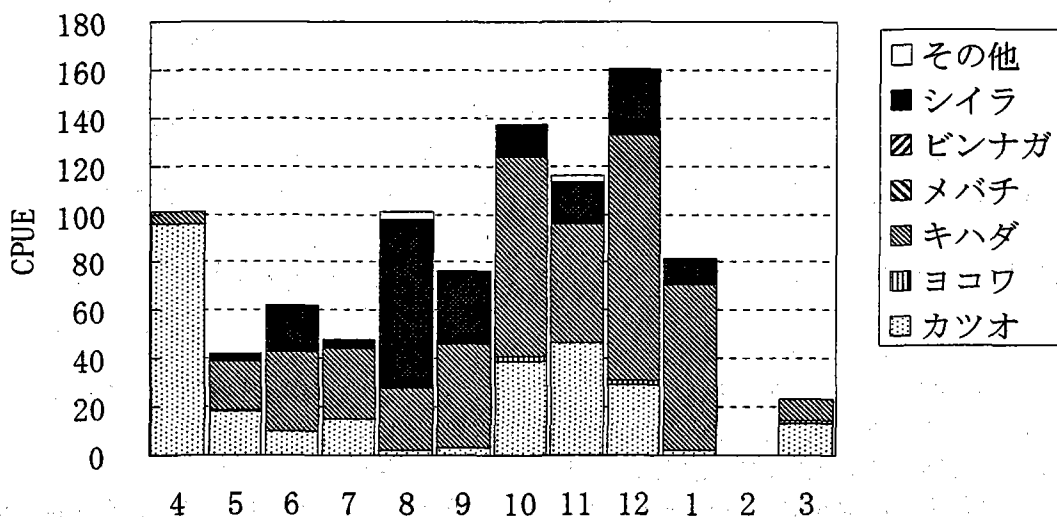


図3 中層浮魚礁周辺における曳縄漁業のCPUEの推移 (標本船調査)

以上のことから、浮魚礁周辺での曳縄漁業では、カツオは春の登りカツオ及び秋の下りカツオの2シーズン、シイラは8月の夏時期に、また、キハダは冬場の2月から4月を除き周年見られるが、特に9月から1月にかけての秋から冬にかけて漁獲対象となっている。

中層浮魚礁付近における沿岸かつお一本釣漁業の漁獲量の月別推移についてみると、6月から8月が多く他の時期は少ないか全くない。これは沿岸かつお一本釣漁業は、魚群がある程度蛸集していなければ操業せず他の漁場に変更するためである。魚種はカツオが主体であり、他にキハダとシイラが主に漁獲されている。(図4)

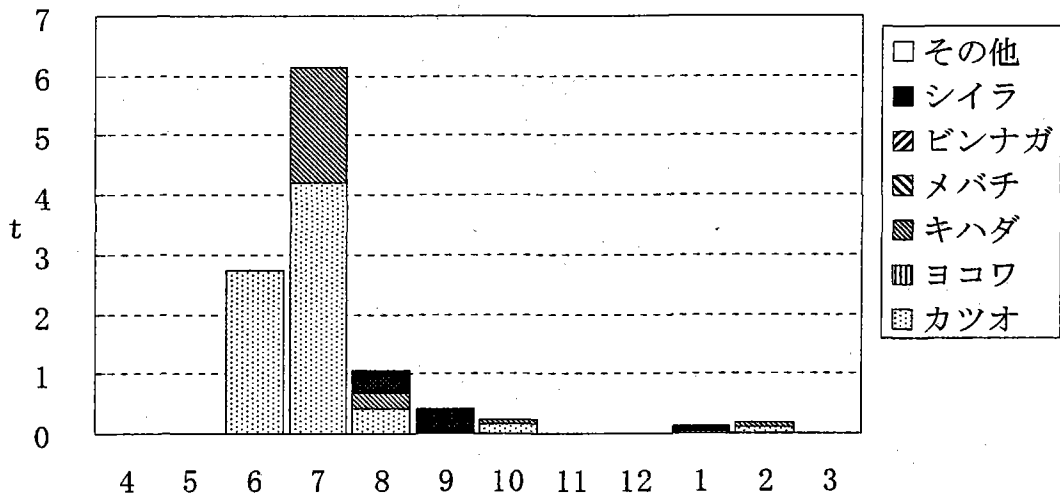


図4 中層浮魚礁周辺における沿岸かつお一本釣漁業の漁獲量の推移 (標本船調査)

CPUEについてみると、6月にカツオが約800kg漁獲されているが、7月には約500kgと減少し、キハダが約200kg漁獲され計700kgとなっている。8月になると漁獲量が減少し、魚種の組成が変わってきており、シイラが一時的に漁獲され9月はシイラのみであった。10月になるとCPUEは上がっているが、漁獲量そのものは減少しており、その後操業はされていない。なお、平成12年度は潮流の関係で中層浮魚礁付近には魚群の蛸集が少なかったため沿岸かつお一本釣漁業の操業が少なかった (図5)。

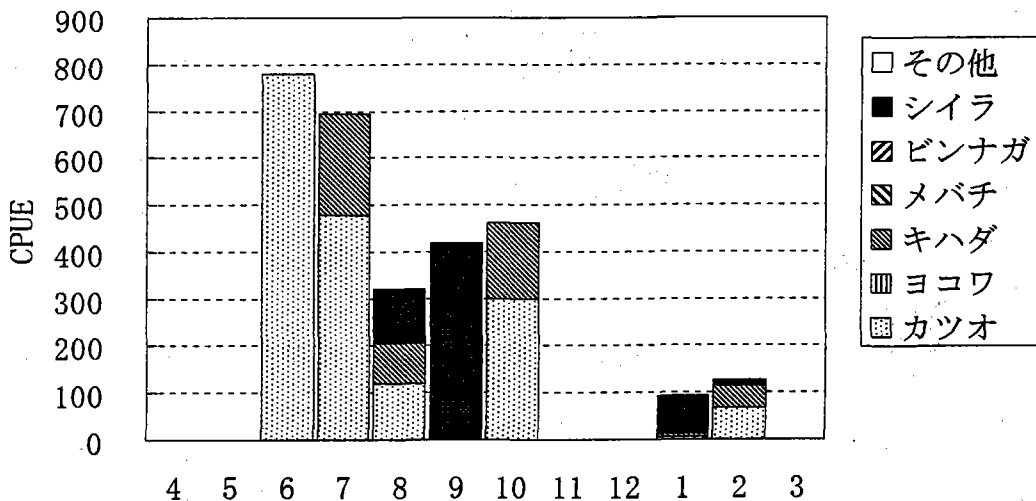


図5 中層浮魚礁周辺における沿岸かつお一本釣漁業のCPUEの推移 (標本船調査)

5) 中層浮魚礁周辺での漁場形成位置について

中層浮魚礁周辺の漁獲位置の状況について、図6～7に示す。

中層浮魚礁付近における漁場の形成位置をみると、曳縄漁業では南西側が最も多く35%、ついで南、南東方向が多くなっており、これらの位置で約75%を占めていた（図6）。

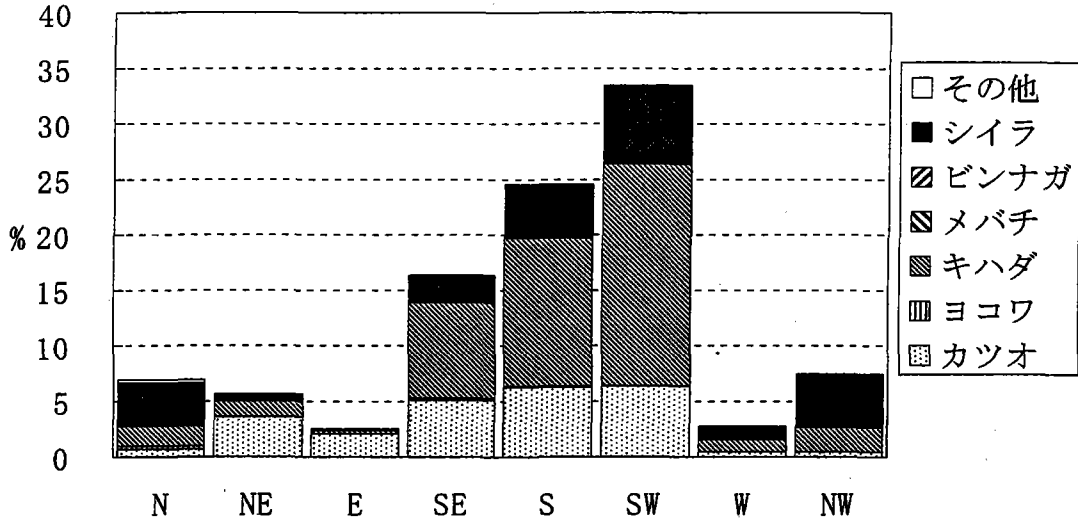


図6 中層浮魚礁付近における曳縄漁業の操業位置（標本船調査）

また、沿岸かつお一本釣漁業では南側が最も多く約50%を占めていた。ついで南東方向、北東方向、南西方向が多くなっており、曳縄漁業と同様北東方向を除いた3方向で約80%を占めていた（図7）。中層型の浮魚礁が表層型の南側に設置していることから、中層浮魚礁への蛸集等により操業位置が南側に形成されたことが考えられるが、詳細については、今後の調査により明らかにする必要がある。

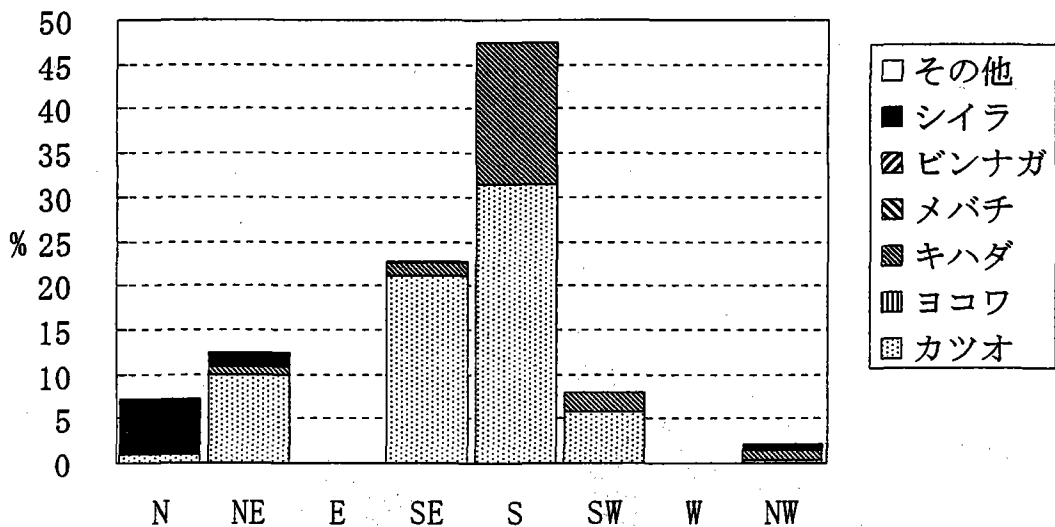


図7 中層浮魚礁付近における沿岸かつお一本釣漁業の操業位置（標本船調査）

6) 中層浮魚礁の効果について

中層浮魚礁の効果、中層浮魚礁設置以前と設置後のCPUEで比較検討した。

設置以前の平成8～10年度3カ年の日向灘全体及びMF21-6号基周辺のCPUE及び設置後の平成11～12年度2カ年間の日向灘全体及びMF21-6号基周辺（中層浮魚礁1、2号基を含む）のCPUEの比較結果を表1に示した。

MF21-6号基周辺で設置前は65.5kg/隻・日、浮魚礁全体の59.4kg/隻・日に比べて約10%高く、設置後のMF21-6号基周辺は66.3kg/隻・日で、浮魚礁全体の55.8kg/隻・日に比べ18%程度高くなっていた。時期的に漁場形成場所が異なるために一概には言えないが、今回の調査により確認されたCPUEの増加が中層浮魚礁による効果と推定できるが、表層型のMF21-6号基と中層型との効果の区分は明確ではないため、今後とも数値化に向けた調査に取り組む必要がある。

以上の結果から表層型浮魚礁周辺に設置したために中層浮魚礁単体での魚礁効果を数値化することはできなかったが、魚群の蝟集状況及びCPUEから中層型浮魚礁の効果が確認できた。

表1 中層浮魚礁設置海域の操業結果（曳縄漁業）

|                  |                     | 日向灘全浮魚礁                          | 中層浮魚礁設置付近                     | 備考 |
|------------------|---------------------|----------------------------------|-------------------------------|----|
| 設置前<br>3年間<br>平均 | 漁獲量<br>操業隻数<br>CPUE | 214,768.0kg<br>3,614 隻<br>59.4kg | 17,494.3kg<br>267 隻<br>65.5kg |    |
| 設置後<br>2年間<br>平均 | 漁獲量<br>操業隻数<br>CPUE | 239,803.2kg<br>4,296 隻<br>55.8kg | 18,226.1kg<br>275 隻<br>66.3kg |    |

備考：中層浮魚礁付近には、平成2年度に設置した表層型浮魚礁(MF21-6号基)が1基設置されている。

CPUE：1日・1隻当たりの漁獲量