

# 高層魚礁を利用した蛸集効果 調査手法の標準化

独立行政法人 水産総合研究センター  
水産工学研究所 水産土木工学部  
漁場施設研究室 高木儀昌・森口朗彦  
開発システム研究室 山本 潤

調査協力：鹿児島大学水産学部 井上喜洋・山中有一  
山形県、島根県、鹿児島県

調査実施年度：平成14～16年度

## 1. 調査のねらい

高層魚礁の開発によって、人工魚礁の造成海域は沖合大水深域に移行してきており、従来から実施してきた潜水調査を主体とする効果調査手法では、十分な調査結果が得られない状況となってきた。また、1魚礁単体から魚礁域全体、定性的な結果から定量的な結果へと、調査の精度の向上も求められている。

本調査では、魚礁域全体に蛸集する代表的な魚種の蛸集尾数を定量的に把握する標準的な手法を開発することを目的とし、従来から蛸集効果調査に用いられている調査技術を組み合わせた実用的かつ汎用的な手法を確立する。

## 2. 調査方法

人工魚礁の蛸集効果調査は、視認調査（潜水観察、水中ビデオカメラ観察、ROV観察）、音響調査（魚群探知機、ソナー）、漁獲調査（一本釣り、延縄、刺網など）を単独あるいは組み合わせで実施し、蛸集魚種、魚種別蛸集量（体長、尾数）を把握してきた。本調査においても、基本的な調査内容は同様であるが、既存の人工魚礁に比べて、高層魚礁は設置水深が深く、蛸集形態が魚礁近傍に限定されず、周辺にも大量に蛸集する場所があるため、魚礁規模、設置水深、蛸集量に拘わらず安定した結果が得られる手法を構築することを目的として調査を実施した。

## 3. 調査結果

14年度調査は、蛸集効果把握のために使用されている各調査手法の、高層魚礁及び大水深域への適応性を検討する目的で実施し、それぞれの手法の長所・短所及び大水深域への適応性について検討した。その結果、視認調査では魚礁単体に蛸集する魚類の魚種確認、全体尾数及び密度（1m<sup>3</sup>当たりの尾数）の把握を、魚探調査では単位魚礁近傍あるいは魚礁域全体の魚群体積（魚礁体積を除いた体積）の把握を、漁獲調査では魚礁単体別魚種組成、蛸集魚種別の体長及び体重の把握を主体とした調査とすることで、魚礁単体、魚礁域当たりには蛸集する魚群量を定量的に求める流れを構築した。

16年度の調査では、14年度調査に構築した基本的な方針は堅持した上で、15年度において抽出された問題点の解消あるいは改良のため調査を行い、適応性や妥当性に関する検討を行い、以下のような結論を得た。

### 1) 視認調査

視認調査手法として、潜水観察、ROV観察、無動力水中カメラによる観察を検討した。視認調査の目的は、音響調査では把握できない人工魚礁内部及び魚礁周辺における魚群量の把握であり、この目的に対する各手法の利点、欠点を主体に結果を示した。

潜水観察の利点は、潜水者の観察能力に左右されるところがあるが、観察できた範囲の魚群について、魚種、体長、尾数を計数できるところにある。特に、全体量を把握できる点は最大の特長である。また、各種の映像記録機器を利用できる点も大きなメリットで、映像からも観察結果の補正が可能である。短所は、水深が深くなるに従って潜水時間が大幅に制限され、場合によって特殊な機材を用いなければならないことである。また、時間的な制約から観察範囲が限られ、費用も増大することが上げられる。さらに、潜水者の能力や経験によって、確認できる魚種や計数された尾数に大きな差異が生じることも知られている。

ROV及び無動力カメラによる観察は、水深に関係なく長時間の観察ができることが大きな利点であり、潜水では不可能な水深帯では唯一の方法である。ただし、無動力カメラの場合は、船が移動しない限り、カメラを移動する手段がないため、魚礁全体を隈無く観察することは不可能なため、蛸集魚群全体を把握するにはROVを用いる必要がある。その場合でも、視認できる範囲がレンズで捉えた範囲に限られ、動力を動かした場合、蛸集魚の行動に影響を与えると場合もあり、魚礁全体を瞬時に把握することは困難である。そのため、時間的な制約がないと

この調査は、ROVの操縦者による機器の撮影による映像記録及び機器の技量と都府の漁業者の技術力による調査の精度を向上させるための鍵である。ROVの操縦者による映像記録及び機器の技量と都府の漁業者の技術力による調査の精度を向上させるための鍵である。

## 2) 音響調査

音響調査手法として、魚探調査とソナー調査を検討した。14年度の調査結果では、調査船を定位置させ、吊り下げ式のソナーにより、水深別の魚群の集積状況を把握し、それを積分することによって魚礁単体の集積量を求めることも行った。15年度調査においては実施した結果、船を定位置させ、吊り下げ式のソナーを水中に降ろすことで、集積状況の把握は可能であったが、精度の良いデータを取得するためには、海域の条件がかなり制限されることが判った。特に、海・潮流の速さで、船やソナーのヘッドが移動する状況では、定量的なデータを取得することは難しく、また機材としても特殊であり、高価なため、実用性、汎用性についての課題も把握された。

そこで、音響調査の目的は、潜水観察あるいはROV観察によって把握される魚礁内部及び極周辺域の魚群量以外に魚群の把握として、波・流れ、風の中でも実行可能で、どこでも同様の調査ができる通常魚探による調査について、再度検討を行った。その結果、GPSによって位置データ(x, y)を、魚探のデータ(Zi, i=1, n)と同時に取り込み、魚礁周辺域を基盤の目状に探査することによって魚礁周辺の魚類集積状況を把握でき、このデータをPCに取り込むことで、魚群体積を算定できることが判った。参照、文献1)

具体的には、調査対象とした人工魚礁単体を中心とする東西200m、南北200m程度の海域を、縦・横5m程度の基盤の目状に区切り、この一升一升を埋めるように船を走らせることを行った結果、魚礁単体と魚群を区別できる資料を取得でき、魚礁周辺の魚群体積を把握することができた。

このような位置データと魚探機能を組み合わせた機械は、ある程度普及しており、比較的安価に取得することが可能である。また、PCへのデータの出力についても、予め装備されている機種もあるため、実用性については問題は少ないことも判った。

課題として、測定された魚群体積を数値化するために、同一魚礁単体で通常魚探、計量魚探を行ったときに実施し、計量魚探の結果との比較によって通常魚探から得られた魚群体積の評価を試みた。その結果、完全な対応関係を得ることができなかつたが、対応関係を構築することは可能という感触を得ることができた。参照、添付資料1)

人工魚礁の集積量を正確に把握するためには、調査頻度を多くする必要があるが、通常魚探を用いた誰でも簡単にできる手法が実用的と言って良い。しかし、この手法では調査の精度に課題が残るため、節目節目で計量魚探との比較を実施し、調査結果の精度の検証を行うことで、調査結果全体の精度を確保することが必要である。

## 3) 漁獲調査

漁獲調査手法として、一本釣り、刺網を検討した。一本釣りについては、予め集積魚種に適切な仕掛けや餌種を用意しておくことが課題であったが、視認調査の結果から、集積魚類の内、量や延縄のよう数種に対しては、仕掛け及び餌を用意しておけば良いことが判った。また、刺網や釣獲することも可能なため、実用的である。ただし、視認調査などで予め集積魚種が把握されている場合には、適切な仕掛け、餌を準備することが可能であるが、観察されない魚種については、事前に考慮することは不可能である。また、同一魚種であっても、海域、季節によって仕掛けは大きく変化することが知られており、経験や感が求められることは課題である。

刺網については、漁業者が利用する場合、特定の魚種、サイズをねらいとして網目が選別されているため、結果として目的以外の魚種を漁獲することができない。このことが、魚礁調査に刺網を利用した場合の課題であった。本調査では、集積魚種すべてを漁獲することを目的とした特殊な網目構成の刺網を考案し、試験を実施した。結果として、漁業者が使用する網目に対して、小型魚種から大型魚種までの幅広い魚種を採捕することができ、少ない網長さで良いことも把握された。また、視認調査では観察されない魚種も確認され、集積魚種の把握においても有益なことが判った。問題点は、網が特殊であるため、網に掛かった魚を外すのに時間がかかることが上げられる。解決策としては、網は使い捨ての考えで利用し、網を切って魚を外すこととした。

## 4. まとめと課題

調査の結果、視認調査では大水深域を前提とする場合、ROVによる観察を主体とし、他の手法では確認できない魚礁内部及び極近傍の集積量の把握を主体とし、同時に、魚礁周辺の集積魚種の1m<sup>3</sup>あたり尾数の把握する。潜水観察が可能な水深帯においても、観察の主体は魚礁

内部の魚種別蛸集量及び1 m<sup>3</sup>当たり尾数の把握とし、その他の観察結果は参考程度の扱いとする。音響調査に関しては、波や流れ等の海域環境の影響が少ない魚探調査が実用的であることが判明し、主に魚礁周辺に蛸集する魚群の体積の把握を目的とした調査にすべきことが判った。ただし、使用する魚群探知機は、GPS等により位置データを把握しながら音響データを得ることができる機器とし、PCに出力できるものが便利であることも判った。釣獲調査は、これまでのような生産効果を把握するための調査の位置付けから、蛸集魚種別の体長、体重の把握のための調査とし、視認調査、音響調査では把握できない項目の調査を主体とすべきであり、この点から刺網と一本釣りを併用する漁獲調査とし、複数魚種の採取に主眼をおいた調査とすべきことが判った。

以上をまとめたものが表1、表2、図1、図2、図3である。また、本調査の結果をもとに、鹿児島県阿久根市沖に設置した新規高層魚礁の調査を行った結果を、資料として添付した。この結果から、従来の調査では別々に実施されていた視認調査、魚探調査、漁獲調査について、これらを総合的に実施することにより蛸集量に大きな差異が生じること、漁獲調査に刺網を使用したこと、視認調査では確認できない魚種を確認できたこと、通常魚探と計量魚探の調査を併用することにより調査精度の向上が期待できることなどが、把握された。また、課題としては、魚礁の効果範囲をどこまでにするか、言い換えれば魚探調査の範囲を如何に設定するかについて、課題となった。本調査では、これまでの指針に従った範囲(東西南北200mの範囲)を設定し、調査を実施したが、境界付近に魚探反応があった場合などについて、現場での判断が難しい状況があり、一定の基準を設定しなければならないことが認識された。

最後に本研究を実施するにあたり、現地漁業者との調整や諸手続についてご苦労いただいた、各県、各漁協関係者の方々に感謝の意を表す次第である。

## 5. 参考文献

- 1) 森口朗彦・高木儀昌(2003):魚群探知機による魚礁効果調査に関する新たな手法の提案、水産工学研究所技法 第25号、pp7~19。
- 2) (社)全国沿岸漁業振興開発協会(2000):沿岸漁場整備開発事業人工魚礁漁場造成計画指針平成12年度版。
- 3) 高木儀昌・森口朗彦・木元克則・新井健次・蓮尾泰三・中村英夫・木村光一(2000):高層魚礁の開発と効果、水産工学研究所技法 第22号、pp1~14。

表 1 調査手法の評価 I

調査手法		調査機材等	調査範囲	海象条件	1日当たりの費用	実用性と適用範囲
視 認 調 査	潜水調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>△ 経験豊富な潜水者 2 名</li> <li>○ 小型漁船</li> <li>○ 映像記録機器</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>△ 水深 50m 以浅</li> <li>○ 魚礁内部及び周辺</li> <li>△ 短時間の観察</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>波高 1.5m 程度</li> <li>流速 1ノット程度</li> </ul>	数十万円	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 水深 50 m 以浅の調査では実用性が高い</li> <li>△ 50 m 以深でも可能であるが潜水者の安全性の確保のための費用が過大となる</li> </ul>
	ROV 調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>△ 水深 150 m, 流速 2ノット以上の海域で使用できるもの</li> <li>△ 機材を設置できる作業スペースを有する船 (前後 2 点で係留できる船が望ましい)</li> <li>△ 映像記録機器は本体に組み込まれた機器のみ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 水深 100 m 程度まで</li> <li>○ 魚礁内部及び周辺</li> <li>◎ 長時間の観察が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>波高 1.5m 程度</li> <li>流速は機械の性能によって異なる</li> <li>× 水の濁りに弱い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器のグレードによって異なるが、数十万円から数百万円</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>△ 水深 50 m 以浅では調査結果と費用のバランスが悪い</li> <li>○ 水深 50 m 以深において実用性が高い</li> <li>◎ 水深 70 m 以深では唯一の手法</li> </ul>
	無動力式水中カメラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>△ 水深 200 m, 流速 2ノット以上の海域で使用できるもの</li> <li>△ 船を魚礁潮上に定位させる技術を有する熟練の船長の船</li> <li>△ 映像記録機器は本体に組み込まれた機器のみ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>△ 水深 100 m 程度まで</li> <li>△ 魚礁周辺及び内部の一部</li> <li>○ 長時間の観察が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>波高 1.5m 程度</li> <li>流速 0.5ノット</li> <li>× 水の濁りに弱い</li> </ul>	数十万円	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 水深 20 m 以浅での自然状態の生態観察に適している</li> </ul>

表 2 調査手法の評価Ⅱ

調査手法		調査機材等	調査範囲	海象条件	1日当たりの費用	実用性と適用範囲
音響調査	魚探調査 (計量魚探)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○GPSデータ、音響データ双方を取得でき、データをPCに出力できる機材</li> <li>○船速2~4ノットで航走できる小型漁船</li> <li>◎計量魚探の場合は、船速7~8ノットで航走可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○水深200m以下</li> <li>○魚礁単体の周辺及び魚礁設置域</li> <li>◎広範囲の探索</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>波高1.5m程度</li> <li>流速3ノット程度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機材の価格は百万円以下</li> <li>調査費用としては数十万円程度(ソフトウェアを含む)</li> <li>*一般的には、計量魚探の場合は、装置を装備した船として使用しなければならぬため、用船料に大きな差が生じる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○汎用機器を利用した場合でも、データ解析用のソフトを整備することで定量把握ができる</li> <li>△計量魚探を利用する場合</li> </ul>
	ソナー調査 (吊り下げ式ソナーの場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○水深200m程度まで、使用できるもの</li> <li>○機材を設置できる作業スペースを有する船(前後2点で係留できる船が望ましい)</li> <li>△流れや風で船やソナーヘッドが振れ回収できない対策が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○水深200m程度まで</li> <li>○魚礁内部及び周辺</li> <li>△半径50m程度の狭い範囲の探索</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>波高1.5m程度</li> <li>流速1ノット程度</li> <li>船が振れ回らない程度の風速</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器の価格は1千万円以上であるため、Rと同等の費用が想定され、数百万円</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>△PCにデータを収納することで、魚群の定量把握ができる。ただし、船やソナーヘッドの回傾きの補正が必要</li> </ul>

## 視認調査

- ・潜水調査  
50m未満の水深の人工魚礁に適用する。
- ・ROV調査  
50m以上の水深の人工魚礁に適用する。

## 音響調査

- ・通常魚探調査  
人工魚礁周辺に蛸集する魚群の蛸集量の変動を含めて、年間を通じて頻度多く調査する場合に適用する。
- ・計量魚探調査  
通常魚探調査と同様の頻度で調査を実施できる場合は、計量魚探による調査を主体とする。通常魚探を主体とした場合は、魚群量の多い時期に実施し、通常魚探の結果の校正に利用する。

## 漁獲調査

- ・一本釣り  
視認調査で確認された魚種を対象として実施する。
- ・刺網  
視認調査では確認されない魚礁周辺部及び海底付近に蛸集する魚種を対象として実施する。網は、幅広い魚種の漁獲が可能な特殊な刺網を使用する。

### 調査内容

- ・人工魚礁内部及び極周辺部の蛸集魚種及び尾数の把握 (Q<sub>in</sub>)
- ・1m<sup>3</sup>当たり尾数
- ・魚種別の尾数、体長の推定
- ・写真、ビデオの撮影

### 調査内容

- ・蛸集範囲や密度の把握
- ・人工魚礁周辺域の魚群体積の算定 (V<sub>f</sub>)

### 調査内容

- ・蛸集魚の種類、体長、体重の把握

$$Q_{in} = \sum (x_1 \times bw_{x1}) + (x_2 \times bw_{x2}) + \dots + (x_n \times bw_{xn})$$

Q<sub>in</sub>: 魚礁内部及び極周辺部に蛸集する魚群量

x<sub>i</sub>: 魚種別尾数、bw<sub>xi</sub>: 魚種別平均体重 i=1~n

$$Q_{out} = \sum (y_1 \times bw_{y1}) + (y_2 \times bw_{y2}) + \dots + (y_n \times bw_{yn})$$

Q<sub>out</sub>: 魚礁周辺部に蛸集する魚群量

y<sub>i</sub>: 魚種別尾数 y<sub>i</sub>=V<sub>f</sub>i (魚種別魚群体積) × d<sub>yi</sub> (1m<sup>3</sup>当たり尾数)

bw<sub>yi</sub>: 魚種別平均体重 i=1~n

$$\text{全魚群量 } Q = Q_{in} + Q_{out}$$

\* bw<sub>xi</sub>, bw<sub>yi</sub>は漁獲された結果求められた魚種別平均体重を用いることを原則とするが、漁獲されなかった場合には視認調査から求められた魚体長から既存の資料を参考に算定する。

図1 標準蛸集効果調査の考え方

# 人工魚礁調査の流れ

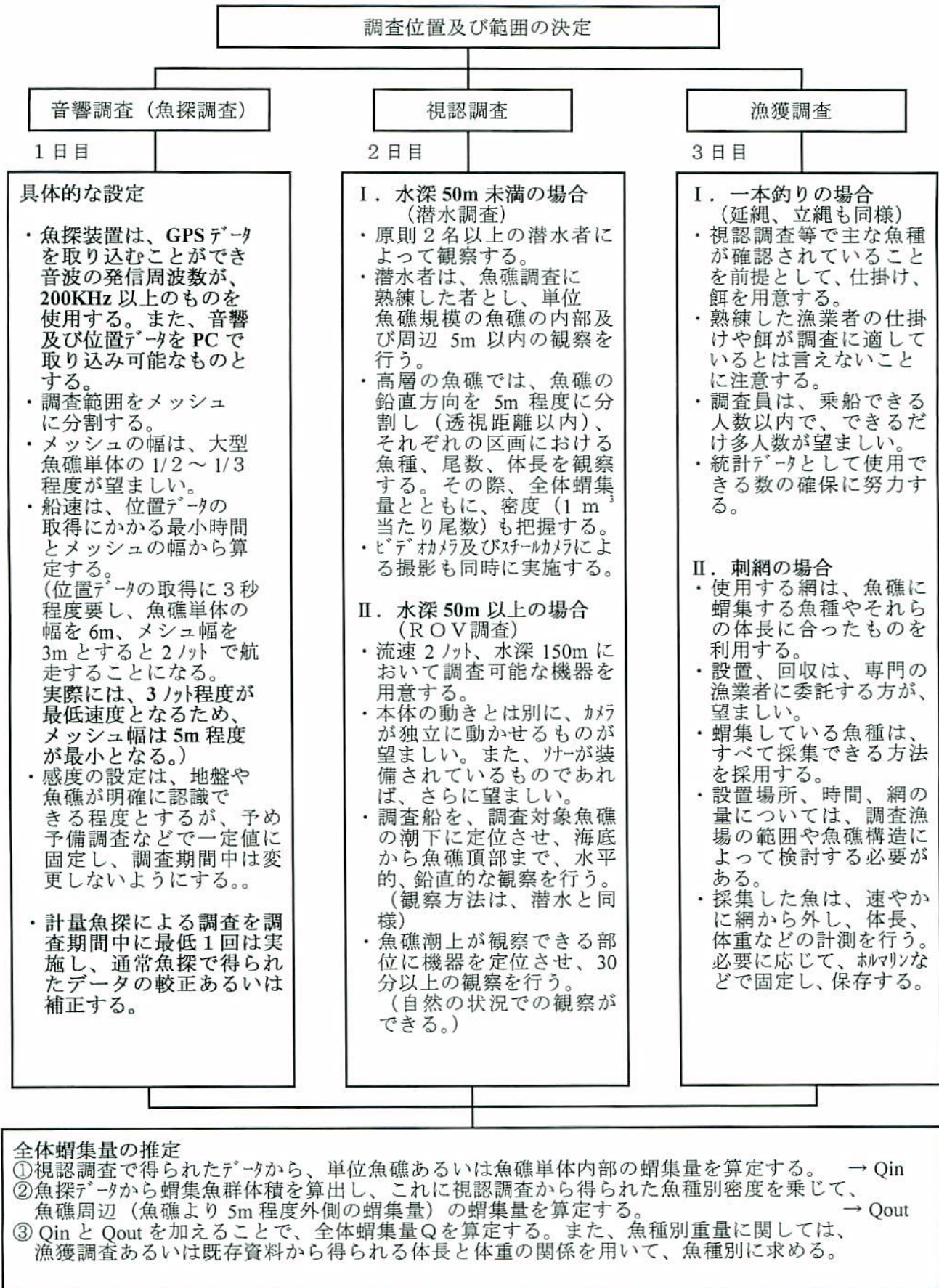


図 2 人工魚礁の蝦集量定量調査手法の流れ

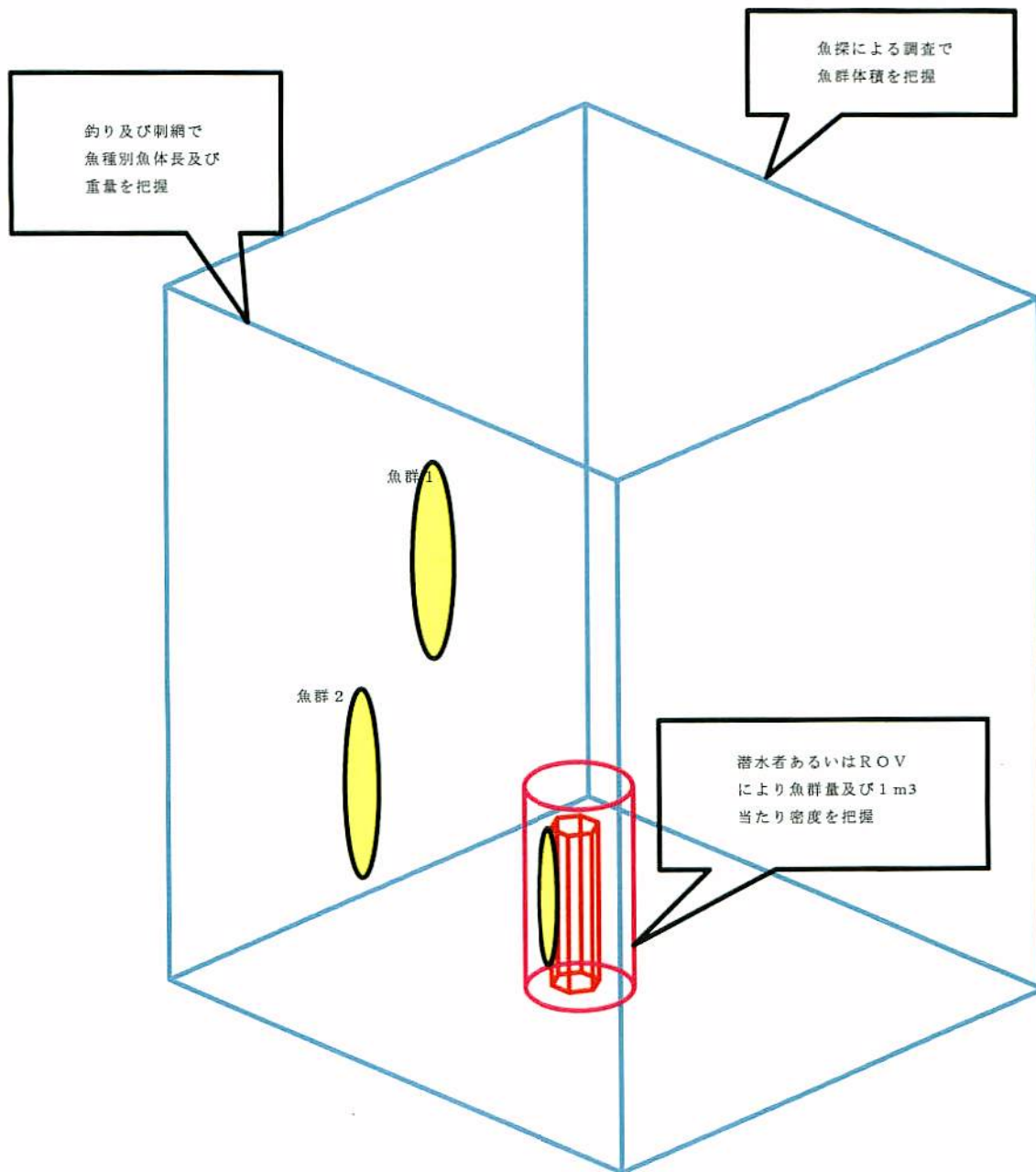


図3 調査位置別調査方法



## 資料1

### 1. 1 目的

鹿児島県阿久根市地先に試験沈設された高層魚礁に蟄集する魚類の定量的な把握を目的とし、調査内容や調査方法について指導を行いつつ、魚礁効果を正確に把握する。

### 1. 2 内容

鹿児島県阿久根市地先に設置された新規魚礁の効果調査の実施にあたり、16年度実施の標準的な人工魚礁の効果調査手法と同等の調査を行うため、潜水による視認調査、通常魚探及び計量魚探を用いた音響調査、釣り及び刺網による漁獲調査を実施した。

### 1. 4 実施期間

平成16年 7月 1日 ～ 平成17年 3月10日

### 1. 5 担当研究室及び担当者名

漁場施設研究室 高木 儀昌 森口 朗彦  
開発システム研究室 山本 潤

### 1. 7 設置海域

新規魚礁の設置海域は、鹿児島県阿久根市阿久根港西防波堤灯台の真方位260度の沖合約7.8km、水深60mの海域である。

① 試験礁設置位置 北緯32°00'27.177"  
東経130°06'28.959" (世界測地系)

② 対照礁設置位置 北緯31°58'06"  
東経130°05'42" (世界測地系)

## 2. 試験礁の仕様

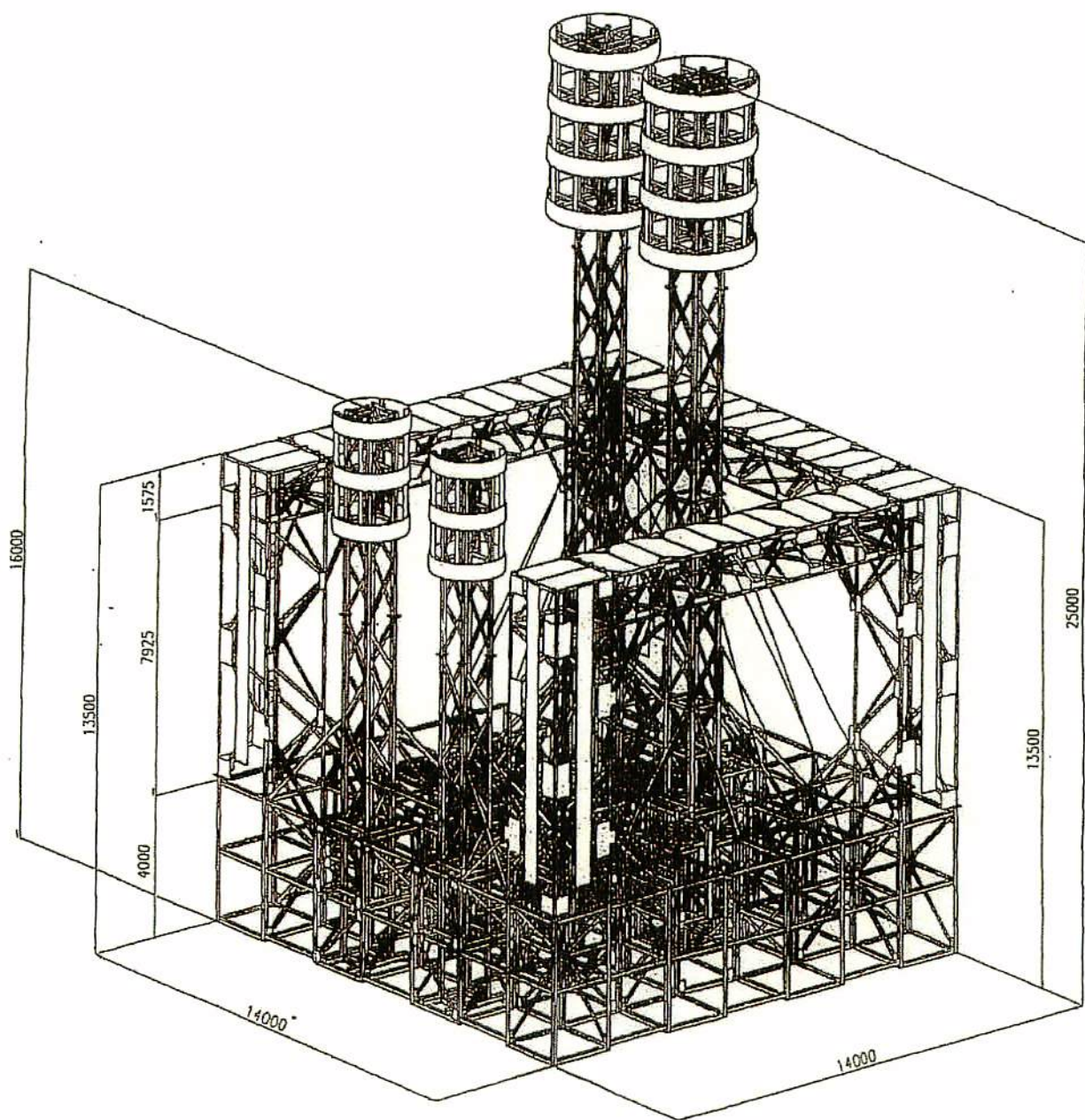
試験礁の寸法、大きさは以下のとおりで、全体形状は資料図1のようである。

① 外形寸法：14 m (幅) × 14 m (奥行き) × 25 m (全高)

② 空容積 2.875 空m<sup>3</sup>

③ 重量 : 75 t (内訳：鋼材 63 t コンクリート 12 t)

資料図1 参照



資料圖 1 試驗礁

資料表1 新規魚種で観察された魚種

種名	大きさ(cm)	沈設確認調査	第1回調査	第2回調査	第3回調査
		H16年6月	H16年8月	H16年11月	H17年2月
ウツボ <i>Gymnothorax kidako</i>	80			3	1
エソ科 <i>Synodontidae sp.</i>	25~30	2	3		
マトウダイ <i>Zeus faber</i>	20~25 35	1			2
ミノカサゴ <i>Pterois lunulata</i>	20~25			3	2
オニオコゼ <i>Inimicus japonicus</i>	25		1	1	1
マゴチ <i>Platycephalus sp.</i>	50			1	3
ワニゴチ <i>Inegocia guttata</i>	50	1	1		
アオハタ <i>Epinephelus awoara</i>	25~30 30			2	2
ハタ科 <i>Serranidae sp.</i>	30~40 40		2		
ネンブツダイ <i>Apogon semilineatus</i>	8~12	3,500	5,000	6,000.7,000	10,000.14,000
テンジクダイ科 <i>Apogonidae sp.</i>	5~8	3	3		
ブリ <i>Seriola quinqueradiata</i>	40~50			2	
カンパチ <i>Seriola dumerili</i>	40~50			40.50	
アジ類 <i>Carangidae spp.</i>	10~15 12.15 15~18	5,000	7,000 500		300
コロダイ <i>Diagramma pictum</i>	40 60 80			3	5
コショウダイ <i>Plectorhinchus cinctus</i>	15~20			5	
マダイ <i>Pagrus major</i>	20.25				5
タイ科 <i>Sparidae sp.</i>	10~15 15		5		
カゴカキダイ <i>Microcanthus strigatus</i>	15			1	3
スズメダイ <i>Chromis notata notata</i>	10			13	
イラ <i>Choerodon azurio</i>	30			1	2
ウスバハギ <i>Aluterus monoceros</i>	40				1
ウマヅラハギ <i>Thamnaconus modestus</i>	25~30			20.30	
カワハギ <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	12~15 15~20			40	130
キタマクラ <i>Canthigaster rivulata</i>	5		3		1
合計		8,507	12,524	6,646	12,463

### 3. 調査の具体的な内容

- ① 視認（潜水観察）、音響（魚探調査）、釣獲（一本釣り）の調査は、毎回の調査において必ず実施する。
- ② 潜水及び ROV 観察では、魚種別、位置別の蛸集量を算出し、これを積算することで全体量を推定する。また、魚群量が多い場合は、 $1\text{ m}^3$  当たりの密度と魚群体積から蛸集量を推定すること。
- ③ 魚探調査では、視認調査では観察できない範囲に、魚群が存在するかどうかに関して確認の手段として利用し、同時に魚群体積の推定にも利用する。
- ④ 釣獲調査は、蛸集魚の体長、体重などの推定のためのデータ収集を主たる目的とし、同時に視認、魚探では確認されない蛸集魚種の把握に利用する。

### 4. 調査結果

#### 4. 1 新規鋼製魚礁での蛸集魚種（礁高 2.5 m）

潜水及び ROV で観察された蛸集魚の結果を資料表 1 に示した。この結果は、平成 16 年 6 月から平成 17 年 2 月までに実施された調査で得られた結果をまとめたものである。結果から、数多く確認された魚種はネンブツダイとアジ類で、ネンブツダイは 6 月の調査では 3,500 尾であったものが、2 月には最大 14,000 尾まで増大した。アジ類は、6 月の調査では 5,000 尾、8 月調査では 7,500 尾と増加の傾向にあったが、水温の低下とともに減少した。その他の有用な魚種としては、カンパチ、ウマヅラハギ、カワハギが上げられ、確認された尾数は、カンパチ 50 尾、ウマヅラハギ 30 尾、カワハギ 130 尾であった。

また、時間経過とともに蛸集魚種の数も 6 月には 6 種類であったものが、2 月には 15 種類に増加した。

本調査結果は、新規魚礁に蛸集する魚類の一般的な傾向で、アジ類やカンパチの蛸集については高層魚礁の特徴であるが、魚礁規模に相当する量が蛸集しなかったことについては、今年度の資源の加入状況や設置海域の影響が窺われた。

#### 4. 2 魚礁周辺の魚群量

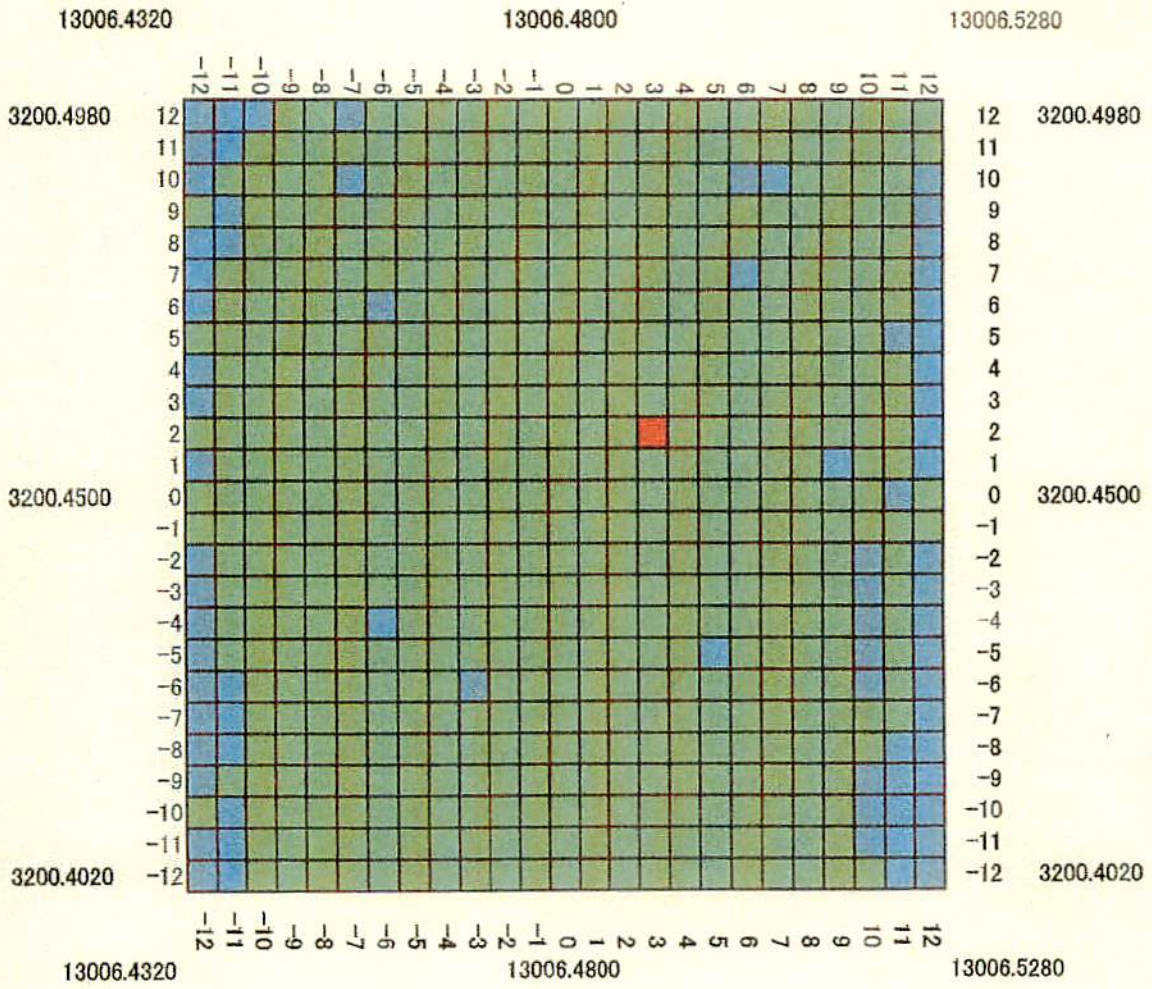
##### 4.2.1 通常魚探による調査結果

魚探調査は、新規魚礁を中心とした縦・横 180 m を 625 のグリッド（ $25 \times 25$ ）を設定し、そのグリッドを埋めるように航走することによって、それぞれのグリッドの位置データと水深方向の反応強度を PC に記憶する方式で実施した。（参照、文献 1）

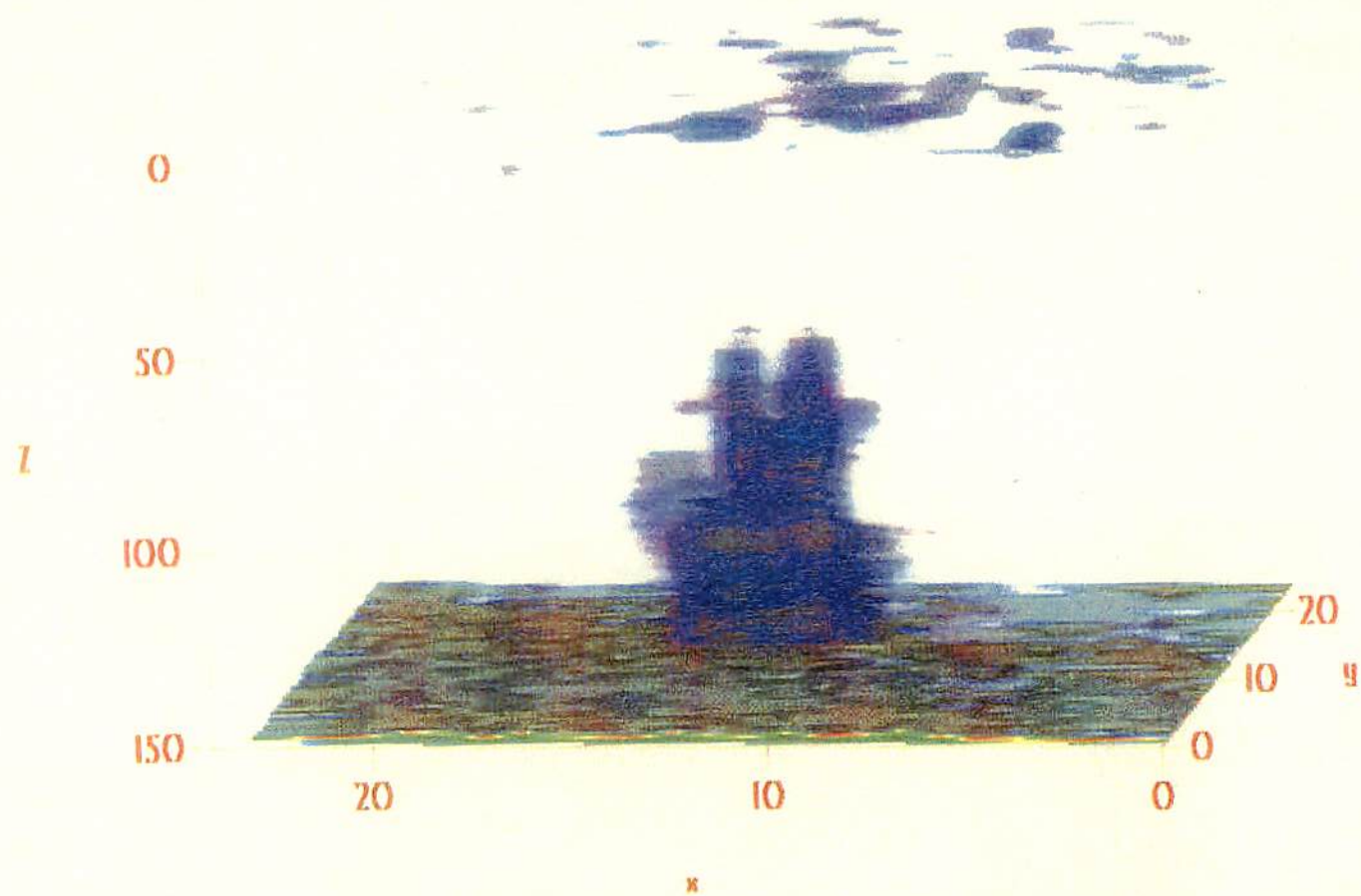
8 月調査時の航跡を示したものが、資料図 2 である。図中緑で示されている場所がデータを取得できたところで、青で示されている場所は、データを取得できなかった場所を示している。

これらのデータを用いて 8 月および 11 月の新規魚礁周辺の魚群を図化したものが、資料図 3、4 である。図中の青及び緑の濃い部分は魚礁を示しており、周辺の青の薄い部分が魚群と考えられる部分である。また、資料図 4、11 月の水面付近の反応については、波による水面の攪乱によって生じた細かい気泡の影響であろうことが推察されている。

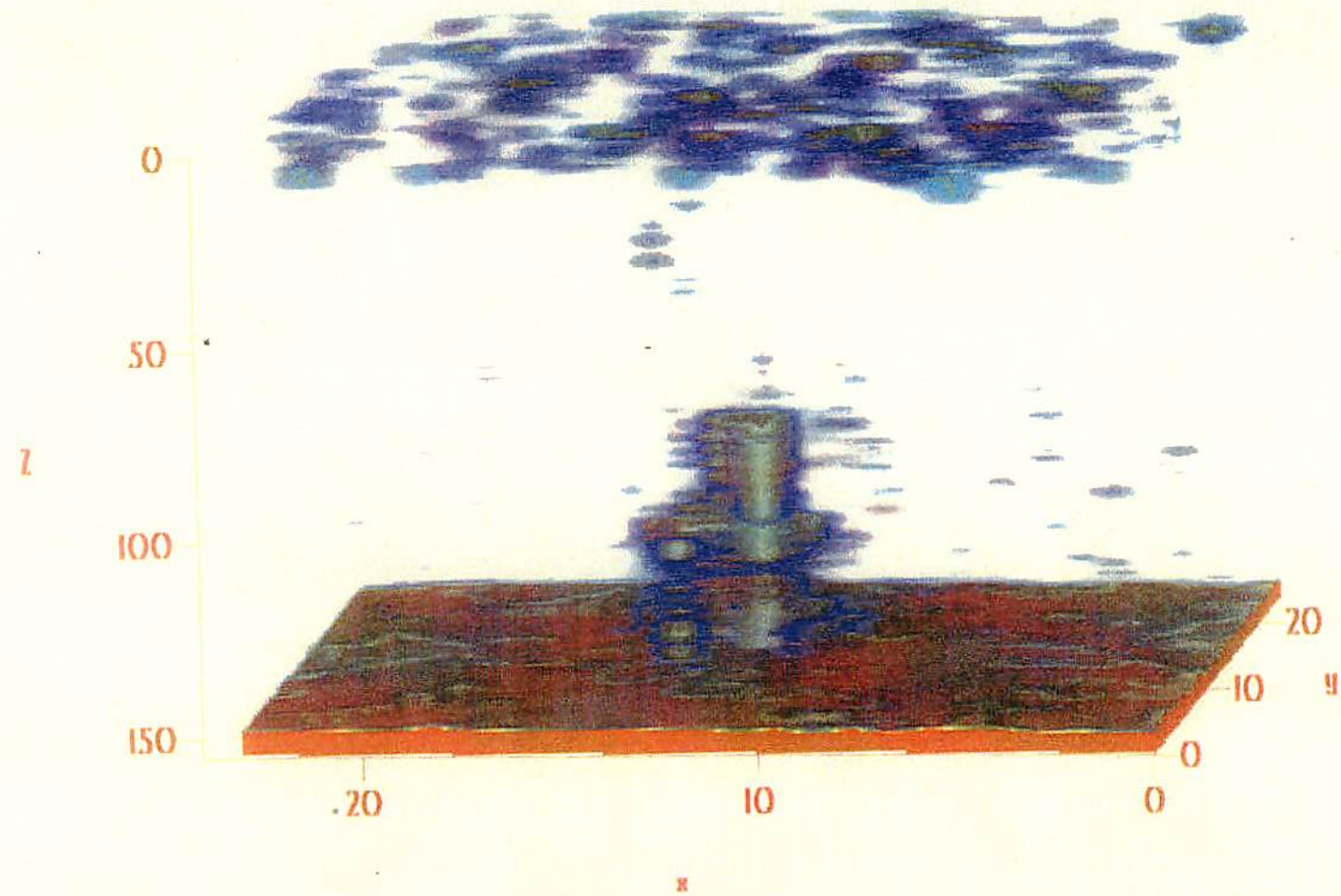
取得した場所別の反応強度から、魚礁周辺域などの視認調査で魚群量が確認できると考えられる範囲と気泡などの魚類とは判断されない反応が出ている範囲を除いて、反応が確認された場所を計数した。



資料図2 阿久根魚探調査範囲 H.16.8.



資料図3 魚探データから得られた新規魚礁周辺に蟠集する魚群 (HI6.8)



資料図4 魚探データから得られた新規魚礁周辺に蛸集する魚群 (H16.11)

表2 反応が確認されたセルの数

反 応 強 度	8 月 調 査 の 結 果	1 1 月 調 査 の 結 果
2 ～ 5	3 2 0	4 9 8
6 ～ 8	1 6 5	1 3 9
9 ～ 11	7 2	3 3
1 2 ～ 1 4	1 0 0	4 2
反応が確認された全セル数	6 5 7	7 1 2

\* 反応強度は、今回使用した魚探では魚群の反応に応じて1から15の数字で表されるが、今回の解析では1については魚類の反応とは判別できないため除外し、15についても海底などをカウントする恐れがあり、除外した。

ここで、1セルの大きさは、 $7.2 \times 7.2 \times 0.42\text{m} = 21.8 \text{ m}^3$  であり、この数値に魚群反応があったセル数を掛けることによって、新規魚礁の近傍を除く魚群体積を算定することができる。結果は、8月  $14323 \text{ m}^3$ 、11月  $15522 \text{ m}^3$  となった。

### 5.3.2 計量魚探による調査結果

通常魚探による調査結果を魚群量に換算するため、11月の調査では計量魚探による調査を新規魚礁設置海域において実施した。この調査は、鹿児島大学水産学部海洋資源環境教育研究センターの山中助教授、井上教授により実施され、参考資料のような報告がなされた。

この調査では、魚礁設置海域で3. に示したとおりの魚探航走を実施し、データの取得を行った。その結果、航走面積別に、 $10000 \text{ m}^2$ 当たりの魚群量が以下のように算定された。

航走面積  $300\text{m} \times 500\text{m}$  の場合：3 6 4尾

100m  $\times$  50m の場合：5 1 0尾

300m  $\times$  400m の場合：3 4 6尾

この結果から、魚礁周辺の狭い範囲を航走した場合と広い範囲を航走した場合では、魚群の密度が異なることや、周辺を広くとった場合には魚群密度が低くなることが理解できた。この結果を用いて魚群密度及び魚群量を算定した結果、以下のようになった。



航走面積 300m × 500m の場合：3 6 4 尾 /  $(100 \times 100 \times 61.8) = 0.00058$

180m × 180m の場合：1 1 7 9 尾

100m × 50m の場合：5 1 0 尾 /  $(100 \times 100 \times 60.8) = 0.00084$

180m × 180m の場合：1 6 5 2 尾

300m × 400m の場合：3 4 6 尾 /  $(100 \times 100 \times 62.1) = 0.000557$

180m × 180m の場合：1 1 2 1 尾

**180m × 180m の場合の平均値：1 3 1 7 尾**

魚の体長別の内訳は、以下ようになった。

体長	3 cm ~ 10 cm	8 4 8 尾
	10 cm ~ 30 cm	2 7 6 尾
	30 cm ~ 100 cm	1 6 5 尾
	100 cm 以上	2 8 尾

ここで、体長 100 cm 以上の魚に関しては、魚礁の反応から換算されている可能性があることを考慮して、全体重を修正すると、1 2 8 9 尾が魚礁を除く調査海域内に存在したことが推定された。

### 5.3.3 魚群量の算定

#### 1) 8月の魚類数の推定

11月に実施した通常魚探による結果と計量魚探による結果から、次のような前提条件を設定し、8月の通常魚探の結果から魚類尾数を推定した。

a: 通常魚探の反応強度が魚体長に相当しているものとし、尾数とセル数は対応する。

b: セル内の魚類密度は一定とする。

計量魚探の結果から、全尾数に対する体長別の尾数の割合を計算すると、

3 cm ~ 10 cm 8 4 8 尾は 1 2 8 9 尾の 6 5. 8 % に相当し、

10 cm ~ 30 cm 2 7 6 尾は 2 1. 4 %、

30 cm ~ 100 cm 1 6 5 尾は 1 2. 8 % となる。

この比率で、11月の反応強度に対するセル数を分割すると、

反応強度 2 ~ 5 4 9 8 セルは 7 1 2 セルの 7 0 % に相当し、

6 ~ 8 1 3 9 セルは 1 9. 5 %、

9 ~ 1 4 7 5 セルは 1 0. 5 % となる。

若干の差異はあるものの、その差は少ないことから、この関係を用いて8月の魚種数の算定を試みた。

反応強度 2 ～ 5    848尾×320セル／498セル = 545 尾  
 反応強度 6 ～ 8    276尾×165セル／139セル = 328 尾  
 反応強度 9 ～ 14    165尾×172セル／75セル = 378 尾

合計で、1251尾が魚礁を除く調査海域内に存在したことが推定された。

## 2) 魚群量の算定

8月の新規魚礁における視認調査結果を参考に、3 cm ～ 10 cm の魚種をネンブツダイ、10 cm ～ 30 cm の魚種をアジ類、30 cm ～ 100 cm の魚種をカンパチとして、11月も同様に3 cm ～ 10cm の魚種をネンブツダイ、10cm ～ 30cm の魚種をカワハギ、30cm ～ 100cm の魚種をカンパチとして重量を算定した。

結果は、以下のとおりである。

8月の重量	ネンブツダイ 全長 9cm	: 体重 10g (釣獲結果から)	545尾 × 10g = 5450 g
	マアジ 全長 14cm	: 体重 30g (釣獲結果から)	328尾 × 30g = 9840 g
	カンパチ 全長 45cm	: 体重 1415g (釣獲結果から)	378尾 × 1415g = 534870g
			合計 550 kg

11月の重量	ネンブツダイ 全長 9cm	: 体重 10g (釣獲結果から)	848尾 × 10g = 8480 g
	カワハギ 全長 13.5cm	: 体重 36g (算定式より)	276尾 × 36g = 9936 g
	カンパチ 全長 45cm	: 体重 1415g (釣獲結果から)	165尾 × 1415g = 233475g
			合計 252 kg

## 5.4 漁獲調査結果

### 5.4.1 刺網による結果

8月及び11月の調査において、刺網による漁獲調査を実施した。使用した網は、通常用船した刺網漁船の船長が使用している網と、今回魚礁調査用に仕立てた網である。各網の仕様は、資料表5のとおりである。

資料表3 漁獲試験に使用した網の仕様

船長網	試験網			
	3枚網	3枚大網	3枚小網	4枚大網
外網 1尺5寸	外網 1尺5寸	外網 1尺2寸	外網 1尺5寸 1尺2寸	網1 5寸 2 3寸 3 2寸
中網 2寸8	中網 3寸	中網 9節	中網 5寸 9節	4 9節

資料表 4 阿久根 刺し網別漁獲結果 H16年8月24日

魚種	事業礁		試験礁		試験礁		試験礁		試験礁		試験礁	
	尾数	総重量(g)	尾数	総重量(g)	尾数	総重量(g)	尾数	総重量(g)	尾数	総重量(g)	尾数	総重量(g)
エソ	25	4560	46	8765	1	115	51	6188	44	7715	26	2980
マアジ	3	105	7	214			13	346	26	894	40	1050
キントキダイ	1	620	2	1320	1	635	1	645	2	1315		
イサキ							4	735	1	210	2	475
カマス							1	135	1	135		
マダイ			2	1080								
ヒメジ							1	49			1	-
イトヨリ							1	38	3	959	3	170
ネブツダイ									1	21	5	52
ササウシノシタs.p.									2	11	6	31
ウシノシタs.p.							2	19			5	41
ハチ							3	110			2	50
ミノカサゴ	1	335	3	975								
コチs.p.	1	35										
イラ			2	1255								
ワニゴチ			1	440								
カワハギ			1	180								
オニオコゼ			2	239								
ムツ									1	76		
イネゴチ									2	69		
クロサハフグ							1	238				
ハモ											1	755
アオハタ											1	525
クルマエビ											1	45
テジクダイs.p.											1	4
オグロイワシ											1	76
サメ							4	330				
サメs.p.									4	359	17	2814
エビA											2	19
エビB											4	26
フサカサゴs.p.											1	8
カニ							1	360				
貝							1	606				
魚種数	5		9		2		13		11		18	
総尾数・総重量	31	5655	66	14468	2	750	84	9799	87	11764	119	9121
メーター当たりの尾数・重量	0.26	47.13	0.55	120.57	0.07	25.00	2.80	326.63	2.90	392.13	3.97	304.03
総漁獲重量	5655		45902									

資料表 5 阿久根 刺し網別漁獲結果 H16年11月18日

魚種	事業礁		試験礁		試験礁		試験礁		試験礁		試験礁	
	尾数	総重量(g)	尾数	総重量(g)	尾数	総重量(g)	尾数	総重量(g)	尾数	総重量(g)	尾数	総重量(g)
エソ									6	1060		
マダイ											4	888
マアジ											2	93
イサキ							3	333	1	34		
ホウボウ	1	476										
カワハギ	1	214										
マツカサウオ			1	106								
イトヨリ							1	16	1	192	1	32
ネブツダイ											2	42
クロウシノシタ											1	16
ヒメジ											1	6
ワニゴチ									2	68		
ハチ											1	34
テングカスベ	1	340										
シビレエイ			4	1636	2	734	1	374				
アカシュモクザメ									1	2780		
サメs.p.	1	2670	1	1030							1	2050
不明種1							1	36			1	28
不明種3							1	22				
魚種数	4		3		1		5		5		9	
総尾数・総重量	4	3700	6	2772	2	734	7	781	11	4134	14	3189
メーター当たりの尾数・重量	0.03	30.83	0.05	23.10	0.07	24.47	0.23	26.03	0.37	137.80	0.47	106.30
総漁獲重量	3700		11610									

漁獲調査には、船長網（1反：60m）、試験網（各1反：30m）を使用し、新規魚礁区には船長網2反と試験網各1反を、事業礁には船長網2反を設置した。網は、調査初日の夕方に設置し、二日目の午前中に回収した。

結果は、資料表4、資料表5に示したとおりである。資料表4から、エソとマアジが多く確認され、試験礁区では45.9kg、事業礁区では5.7kgが漁獲された。資料表5からは、エイやサメの仲間が確認され、試験礁区では11.6kg、事業礁区では3.7kgが漁獲された。船長網の結果で、試験礁区と事業礁区の比較をした場合、8月では試験礁区のほうが2.6倍と大きく上回る結果が得られた。11月では事業礁区のほうが1.3倍であった。これは、漁獲されたサメの大きさの違いによるもので、試験礁区と事業礁区では差はなかったと判断することが妥当ではないかと推察された。

また、網の仕様によって漁獲される魚種や尾数が大きく変化すること、船長網に比べて試験網は最高で7倍の漁獲があることなどが判り、魚礁調査に用いる網については、漁業者のものを利用するだけでは十分とは言えないことも認識できた。（参照、資料写真1、2）

#### 5.4.2 釣獲調査結果

8月及び11月に実施された試験礁における一本釣りによる釣獲調査結果では、8月ではマアジ、ワニエソ、ネンプツダイ、マルアジ、ゴマサバが、11月ではカンパチ、マダイが漁獲された。総重量は、8月は約3kg、11月は約1.5kgであった。

#### 5.5 新規魚礁周辺に蛸集する魚類の総量

視認調査、魚探調査、漁獲調査によって得られた結果から、8月調査及び11月調査時の新規魚礁に蛸集していた魚類の総量を算定し、資料表6に示した。

資料表6 新規魚礁周辺に蛸集する魚類の総量

	8月調査	11月調査
視認調査	237.0 kg	168.4 kg
魚探調査	550.2 kg	251.9 kg
漁獲調査		
刺網	45.9 kg	11.6 kg
釣り	3.0 kg	1.5 kg
合計	836.1 kg	433.4 kg
空m <sup>3</sup> 当たり 蛸集量	291 g/m <sup>3</sup>	151 g/m <sup>3</sup>

結果は、8月調査時の蛸集量は836.1kg（空m<sup>3</sup>当たり291g/m<sup>3</sup>）、11月調査時の蛸集量は433.4kg（空m<sup>3</sup>当たり151g/m<sup>3</sup>）であった。

## 6. まとめ

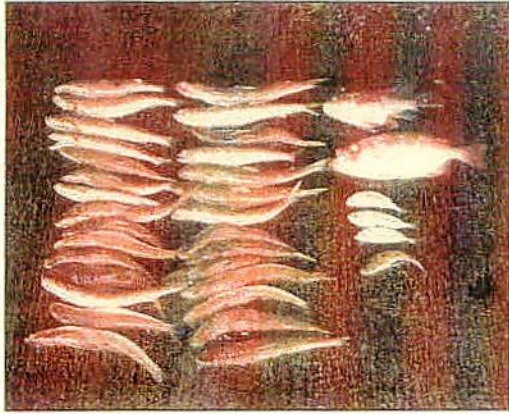
今回の調査では、魚探調査、ROV・潜水調査、漁獲調査を実施し、それぞれの結果から導き出された量を単純に加え合わせることで、魚礁周辺に蛸集する魚群量を推定した。ROV調査による結果では、試験礁設置後の時間経過に対して、蛸集魚種及び蛸集尾数は増加の傾向であったことを確認できた。しかし、蛸集魚種の主体であるネンブツダイについては時間経過に応じて尾数の増加が確認されたが、設置直後から蛸集が確認されたアジ類については、11月には確認されず、2月も量的に少なかったことで、蛸集量全体としては変動する結果となった。

魚探調査においても、魚種の判別は不明であるが、計量魚探の結果及びROV調査の結果から類推した魚種をもとに、魚礁周辺の魚群量を推定した結果、8月は550kg、11月は251kgとなり、8月に比べて11月は半分以下であったことが推察された。

漁獲調査では、一本釣りによる一般的な調査に加えて、刺網による調査を実施した。また、調査に使用する網も特殊な網を使用することで、通常漁業者が使用する網の結果に比べて、魚種としても、量的にも多くの漁獲を得ることができた。結果として、ROVによる調査では確認されなかった魚種を漁獲できたとともに、新規魚礁周辺には多くの魚種が蛸集していることが分かった。

最後に、ネンブツダイの蛸集が増加の傾向にあり、かつ大量に蛸集してきていることから、2年目以降顕著な魚種の蛸集が期待される場所である。特に、ネンブツダイなどの小魚を餌とするハタ類などの大型の魚種の蛸集が期待される場所であり、継続調査の必要性を感じた場所である。

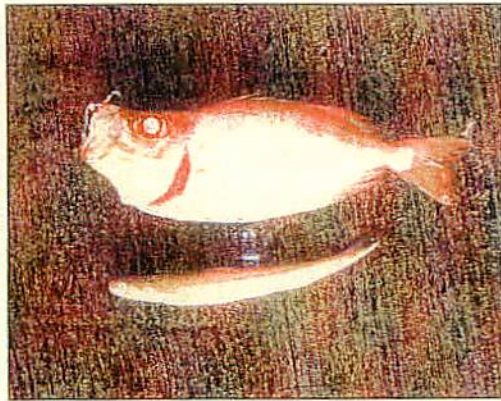
平成16年8月 阿久根



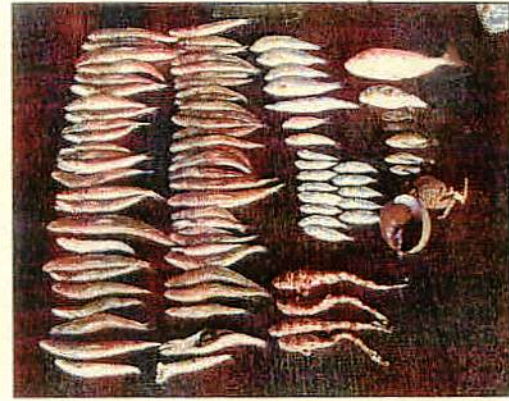
事業礁・船長網



試験礁・船長網



試験礁・3枚大網



試験礁・4枚大網

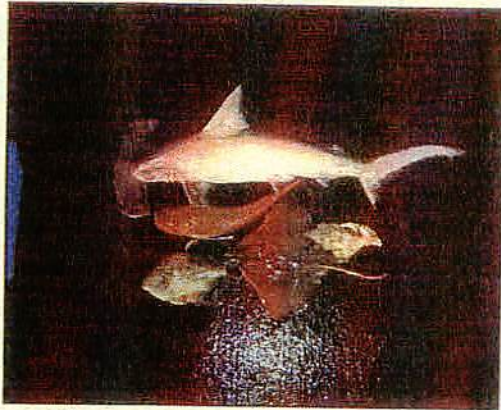


試験礁・3枚小網

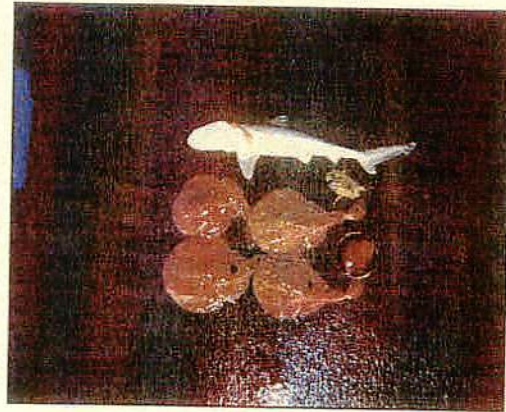


試験礁・4枚小網

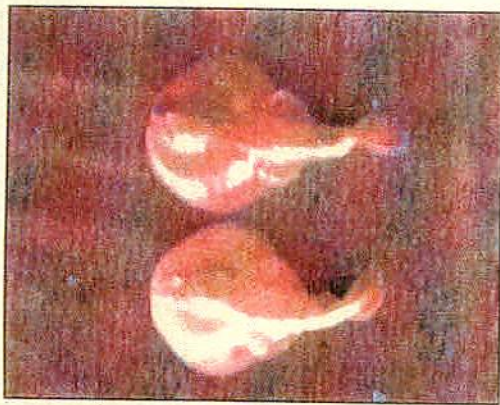
平成16年11月 阿久根



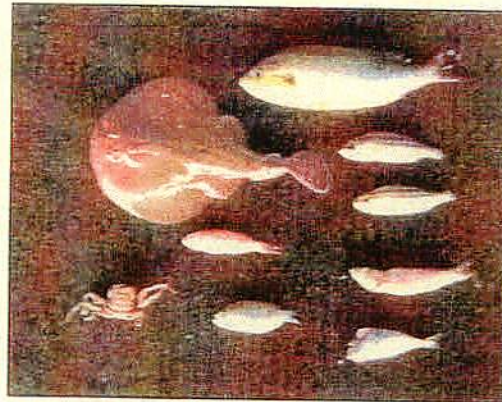
事業礁・船長網



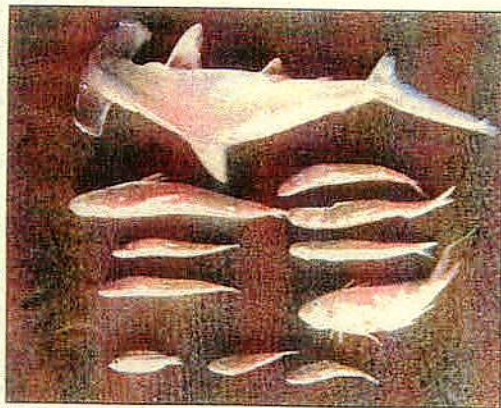
試験礁・船長網



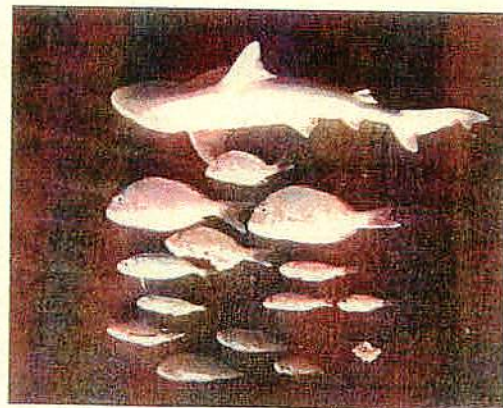
試験礁・3枚大網



試験礁・4枚大網



試験礁・3枚小網



試験礁・4枚小網



## 阿久根沖大型人工魚礁計量魚探調査結果

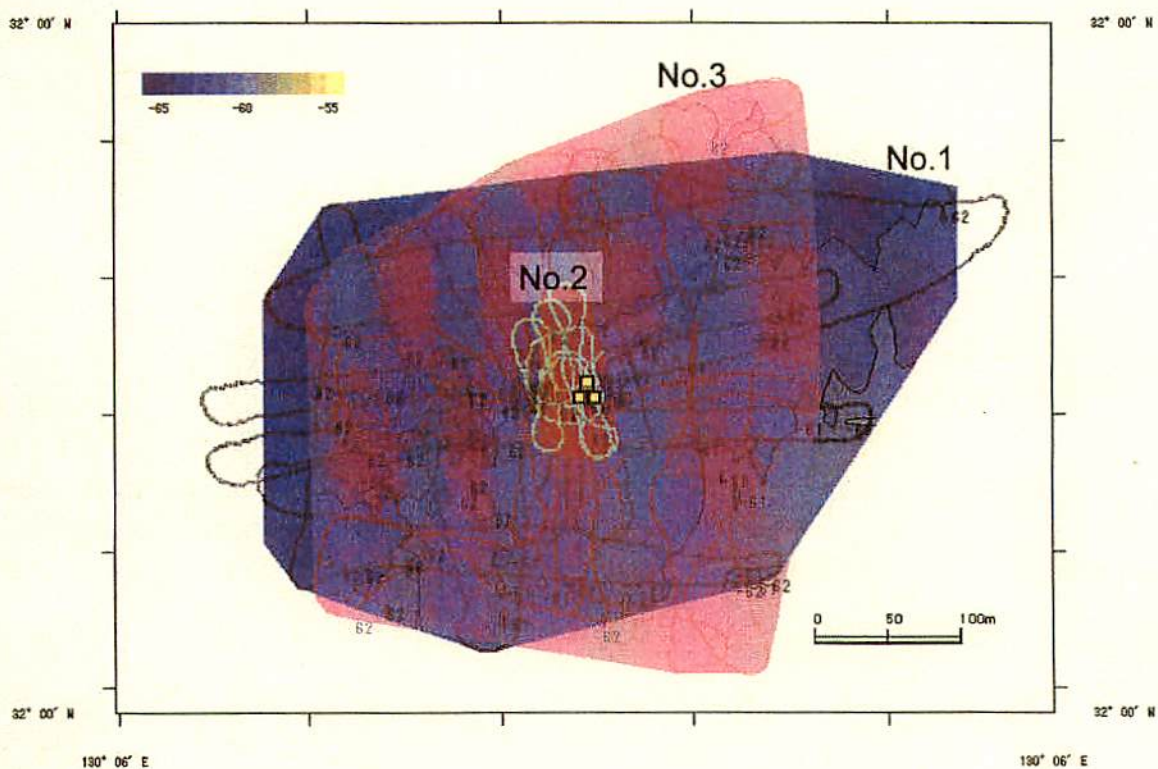
鹿児島大学水産学部海洋資源環境教育研究センター  
山中有一，井上喜洋

### 概要

阿久根港沖の大型魚礁周辺の魚群集積状況を知ることを目的とし、平成16年11月19日、26日の2日間観測を行った。小型調査船あづまに設置した Simrad EY500 計量魚群探知機を用い、魚礁周辺を航走して音響データを収集した。

本システムでは反射波形のパラメータを判定基準と比較することによって、単体の魚の後方散乱強度である TS (Target Strength) を識別し、各個体別に記録する。またすべての散乱体を含む海水 1m<sup>3</sup> の後方散乱強度である体積散乱強度 SV (Volume Back-Scattering Strength) を探知空間すべてについて収集する。今回の観測では、魚体は離散的に見られるだけであったため、TS による個体記録の分析を行った。エコーが重複したものなど、不安定な散乱波形は棄却されるので、実際より過少に評価されている可能性があることを付記する。

下図は魚礁周辺の等深線図および3回の調査の航跡図である。着色部分が解析対象海域である。



## 調査結果

以下に示す表は観測ごとの TS データの検出数を水深別、TS 範囲別に集計したもので、大きさごとの探知魚体数を示す。( )内の数値はイワシのパラメータとして報告された TS cm = -70.0dB を用いて体長範囲に換算した概略値であり、目安として付記した。体長換算で 100cm を越すものは魚礁のごく近傍に現れており、その一部は構造体の散乱を誤認している可能性がある。

### (1) 1 回目の魚礁周辺、おおむね 250m×500m の海域の調査結果

調査面積 S : 航跡を覆う多角形の面積

平均水深 D : 全計測点の水深平均値

海域総容積  $V_0$  :  $V_0 = S \times D$

1 探知体積  $V_1$  : 1 ping のパルスが作る円錐形の体積  $V_1 = (D \times \tan(5.5/2))^2 \times (\pi/3)$

総 ping 数  $P_n$  : 発射したパルスの回数 全計測点数を示す

総探知体積  $V_2$  :  $V_2 = V_1 \times P_n$

推計数 R : 100m×100m 範囲の個体数推計値を求める係数  $R = 100^2 / (V_2 / D)$

表 1-1 04/11/19 大型魚礁 1 回目の調査海域概要と推計係数

調査面積 S	平均水深 D	海域総容積 $V_0$	1 探知体積 $V_1$	総 ping 数 $P_n$	総探知体積 $V_2$	推計係数 R
123,000m <sup>2</sup>	61.8m	7,601,400m <sup>3</sup>	570m <sup>3</sup>	7,900	4,505,000m <sup>3</sup>	0.137

表 1-2 大型魚礁 1 回目の水深別、大きさ別個体数と 10,000m<sup>2</sup> (100m×100m) 推計結果

Depth	-60dB<=-50dB (3 cm ~10cm)	-50dB<=-40dB (10 cm ~30cm)	-40dB<=-30 dB (30 cm ~100cm)	-30dB < (100cm~)	total
10m=<20m	13	0	0	0	13
20m=<30m	179	1	2	0	182
30m=<40m	515	98	42	3	658
40m=<50m	666	83	51	6	806
50m=<60m	530	100	70	5	705
60m=<bottom	52	108	125	4	289
total	1955	390	290	18	2653
Estimation 100m×100m	268	53	40	2	364

(2) 2回目：おおむね中心部 100m×50m の海域を調査

表 2-1 平成 16 年 11 月 19 日 大型魚礁 2 回目の調査海域概要と推計係数

調査面積 S	平均水深 D	海域総容積 $V_0=S \times D$	1 探知体積 $V_1$	総 Ping 数 $P_n$	総探知体積 $V_2=V_1 \times P_n$	推計係数 $R=100 \times (V_0 / V_2) / S$
5,000m <sup>2</sup>	60.8m	304,000m <sup>3</sup>	543m <sup>3</sup>	1,450	787,400m <sup>3</sup>	0.772

表 2-2 大型魚礁 2 回目の水深別、大きさ別個体数と 10,000m<sup>2</sup> (100m×100m) 推計結果

Depth	-60dB<=-50dB	-50dB<=-40dB	-40dB<=-30 dB	-30dB <	total
	3 cm ~10cm	10 cm ~30cm	30 cm ~100cm	100cm~	
10m=<20m	6	0	0	0	6
20m=<30m	66	7	0	0	73
30m=<40m	100	96	44	9	249
40m=<50m	58	79	49	11	197
50m=<60m	56	27	21	7	111
60m=<bottom	2	6	14	3	25
<i>total</i>	288	215	128	30	661
<i>Estimation</i> 100m×100m	222	166	99	23	510

(3) 3回目：おおむね 400m×300m の海域を調査

表 3-1 平成 16 年 11 月 26 日 大型魚礁 3 回目の調査海域概要と推計係数

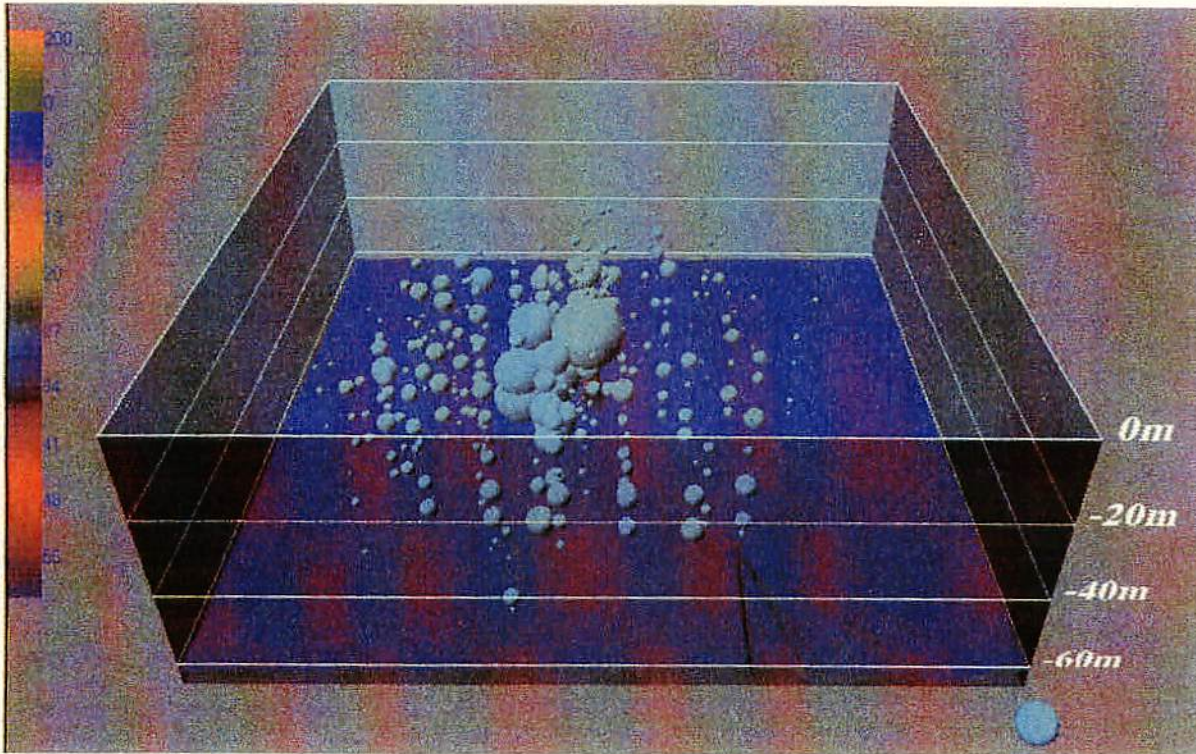
調査面積 S	平均水深 D	海域総容積 $V_0=S \times D$	1 探知体積 $V_1$	総 Ping 数 $P_n$	総探知体積 $V_2=V_1 \times P_n$	推計係数 $R=V_0 / V_2$
112,000m <sup>2</sup>	62.1m	6,955,200m <sup>3</sup>	579m <sup>3</sup>	5,850	3,384,900m <sup>3</sup>	0.183

表 3-2 大型魚礁 1 回目の水深別、大きさ別個体数と 10,000m<sup>2</sup> (100m×100m) 推計結果

Depth	-60dB<=-50dB	-50dB<=-40dB	-40dB<=-30 dB	-30dB <	total
	(3 cm ~10cm)	(10 cm ~30cm)	(30 cm ~100cm)	(100cm~)	
10m=<20m	314	11	0	0	325
20m=<30m	54	0	0	0	54
30m=<40m	176	41	33	3	253
40m=<50m	481	35	16	1	533
50m=<60m	500	7	1	2	510
60m=<bottom	75	110	25	0	210
<i>total</i>	1600	204	75	6	1885
<i>Estimation</i> 100m×100m	294	37	14	1	346

参考図

第1回調査の個体密度を3次元プロットした図である。全体的な分布傾向を知るためには有効である。



別表1 平成16年11月19日 長島沿岸の人工魚礁1回目

Depth	-60dB<=-50dB	-50dB<=-40dB	-40dB<=-30 dB	-30dB <	total
	3 cm ~10cm	10 cm ~30cm	30 cm ~100cm	100cm~	
5m=<10m	12	0	0	0	12
10m=<20m	59	17	7	0	83
20m=<30m	115	161	88	2	366
30m=<bottom	31	92	48	3	174
total	217	270	143	5	635

別表2 平成16年11月26日 長島沿岸の人工魚礁2回目

Depth	-60dB<=-50dB	-50dB<=-40dB	-40dB<=-30 dB	-30dB <	total
	3 cm ~10cm	10 cm ~30cm	30 cm ~100cm	100cm~	
5m=<10m	18	5	1	0	24
10m=<20m	67	42	15	0	124
20m=<30m	91	195	100	11	397
30m=<bottom	7	23	8	0	38
total	183	265	124	11	583