

1. 調査課題名：原単位把握のための調査 - 魚礁効果調査手法の検討 -

2. 実施機関及び担当者：財団法人漁港漁場漁村技術研究所 第一調査研究部 伊藤 靖

協力機関：独立行政法人水産工学研究所 漁場施設研究室 高木 義昌

行動生態情報工学研究室 赤松 友成

機械化研究室 高橋 秀行

3. 調査の狙い

これまでの人工魚礁事業は、公共事業の観点から経済的な指標(漁獲量(kg/空³) = 漁獲金額に換算)を評価指標として実施されてきた。しかし、近年の漁業者の高齢化や減少による漁獲努力量の低下から、資源量(実際に魚礁に蛸集する量)と漁獲量の乖離が大きくなっている可能性が生じてきた。また、人工魚礁自体は漁獲の効率化(いわゆる副漁具の観点)を目的とするとともに、それ自身が生態系の「礎」となり、資源の保護培養機能(産卵場、幼稚仔育成場、過剰漁獲の防止等)を有すると考えることができる。さらに近年では、資源水準の低下などから人工魚礁に人為的に増殖機能を付加する等、人工魚礁の持つ資源保護培養機能が重視されるようになってきた。

本調査は、魚礁のポテンシャルを示す指標として、これまでの経済的な指標(漁獲量)だけではなく、資源状態(ストックの変化等)の観点から評価することも重要な視点であるとの認識に基づき、人工魚礁の直接的な機能である「蛸集量」の把握手法及びその効果評価の考え方を検討することを目的として、平成13年度～15年度までの3年間に渡って調査を実施してきた。

4. 平成13年度

平成13年度は、既往の調査データの収集整理を行った。

1) 魚礁における蛸集状況評価手法の検討について

既往の調査データの収集・整理を行った結果、これまでの魚礁の効果調査は、散発的、断片的に実施されたものが多く、一定期間継続して魚類の蛸集状況を把握した事例は少なかった。本調査では「魚類の蛸集量」に時間変化の概念を盛り込んで、一定期間内の継続的な「蛸集量の評価方法」を3案に整理した(表1)。各案を検討した結果、年間漁獲量との対比が可能となる「年間実蛸集量(C案)」で評価することが望ましいとなった。

5. 平成14年度

平成13年度の見解を受け、既存資料の収集と現地調査により、魚群の滞在期間・来遊回数についての検討を行った。

1) 既往資料の収集

浮魚類の「来遊回数」、「滞留時間」等について、既存の文献や定置網漁業の漁獲データ等を収集・整理した。その結果、沿岸漁場への浮魚類の移動は、同一要素個体群の場合、主として漁場とその周辺における同じ時間スケールでの水塊の移動・交替、あるいは流況の変動によって起きると考えることができた。これに基づいて考えれば、浮魚類の同一漁場内での滞留時間は3～5日程度(長くても9日程度)と推察された。

2) 現地調査

(1) 現地調査の考え方

現地調査は平成14年度より開始した。本調査では、これまでの既存の調査手法を組み合わせた現地調査を実施し、魚礁への魚類蛸集状況を把握することについて検討した。

(2) 調査海域の設定

調査対象とした魚礁は、平成11年5月に山口県奈古沖(水深65m)に沈設した「汎用型高層魚礁(礁高30m)」(図1)とした。同礁は「魚礁の礁高(水深への比率)」を検討するために、別途水産庁直轄調査により沈設されており、複数年にわたって効果調査が実施されていることから、現地調査の対象礁として設定した。

(3) 調査の方法及び期間

対象礁への蛸集量を把握するために必要な現地調査手法を検討するに当

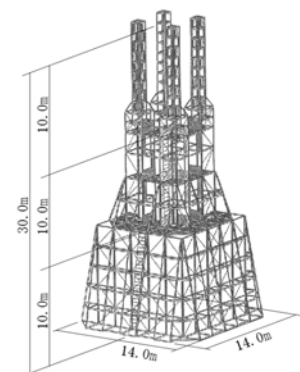


図1 対象礁概観

たり、本調査では、一般観測、視認調査（潜水観察：1回10分程度、ROV撮影：1回数時間程度）、魚探調査（1回数分程度）、魚類蝟集モニタリング調査（定期記録式据付型のカメラ及び魚探）及び漁獲調査を組み合わせ、平成14年9月～11月の間に5回の現地調査を実施した。

(4)調査手法

一般観測

調査当日の気象、波浪等の目視観察と、対象礁近傍の水面から海底付近までの水温・塩分濃度を測定した。

視認調査

対象礁において潜水観察、ROV撮影を実施した。潜水観察の結果は蝟集魚の種名、大きさ、個体数、観察場所等について整理した。ROV撮影は記録した映像から、潜水観察の方法に準じて蝟集魚を整理した。また、観察魚は類型化し、体長・体重換算式により重量に換算した。

魚探調査

対象礁を中心に、距離約400mの測線を6方位または8方位を設定し記録した。記録した魚探映像は静止画とし、航走速度、GPS位置情報から作成した航跡図と併せて魚群の蝟集位置を明らかにした。

また、魚群反応面積（計測値）、魚探のビーム幅等から「魚群体積（ m^3 ）」を推算し、視認（ROV）調査のVTRから蝟集魚の「 $1m^3$ あたりの個体数」＝「魚群密度（kg）」を求め、「魚群体積」×「魚群密度」＝「魚群重量」により蝟集魚群重量を推定した。

モニタリング調査

「定期撮影式据付型カメラ」と「定期記録式据付型魚探」を対象礁上部に設置し、2週間程度記録（記録間隔は30分）した。カメラからは画像を、魚探からは反応強度をそれぞれ整理した。

漁獲調査

地元漁協所属漁船に依頼して7月以降毎月1回程度漁獲調査を実施した。基本的に使用する漁具は一定として、漁獲量をCPUEとして整理した。

(5)調査結果

一般観測

調査期間初期においては、水温、塩分濃度ともに中下層に躍層が認められたが、これらは時間の経過とともに表層から下層までの変化が少なくなり、混合期へ移行したことが伺われた。

視認調査

調査の結果は、潜水、ROVともに重量に換算し類型種毎（～型）に整理した（表2）。潜水で観察された主な魚種は、9月21日、10月11、18日ではブリ、ウマヅラハギであったが、10月31日、11月6日はウマヅラハギ、カワハギとなった。

ROVで撮影された主な魚種は、9月23日、10月11、17日ではウマヅラハギ、ブリであったが、10月31日にはウマヅラハギ、カワハギとなった。

推定魚群重量は、潜水観察、ROV撮影ともに100～200kgを推移した。

魚探調査

魚探調査は、9～10月に5回実施し、各回ともに高層魚礁の近傍に、魚群反応が確認された。記録した魚探の画像の魚群反応面積（計測値）から魚群体積を推算し、これに視認調査（ROV）から求めた魚群密度を乗じて全体の魚群量を推定した。9月21日は7群の魚群反応が認められ、推定魚群重量は8,387kg、10月11日は1,768kg（7群）、10月17日は1,276kg（6群）、10月31日は504kg（3群）、11月7日は709kg（5群）であった（表2）。

なお、これら魚群反応の主な構成魚種は、視認調査の結果から、9月21日、10月11、17日はウマヅラハギ、ブリの2種、10月31日、11月7日はウマヅラハギ、カワハギ、イシダイの3種によるものと推測した。

モニタリング調査

「定期撮影式据付型カメラ」では、調査期間の前半にはブリ等が、後半はウマヅラハギ、カワハギが撮影されており、視認調査の蝟集魚種に対応していた。「定期記録式据付型魚探」では、調査期間中に断続的に魚探反応が得られていたが、装置の性能上20m以内のデータは記録されなかった。

また、モニタリング機器の設置期間が短かったため、魚群の来遊回数については把握できなかった（図2）

漁獲調査

漁獲調査は7～10月の間に8回実施した。各調査時の釣獲量は、1.2kg～19.3kgで、主にアジ類、ブリ、ウマツラハギ等が釣獲された。これらの結果を～型に類型しCPUEで整理した（表2）

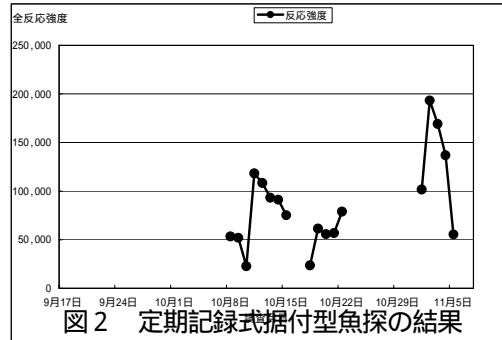


図2 定期記録式据付型魚探の結果

(6) 現地調査のまとめ

ROV 調査の精度の評価

潜水観察と ROV 撮影を、同日、あるいは数日以内に実施した場合、それぞれの観察結果に大きな差異は無く、ほぼ同様の傾向を示していた。ROV による調査の精度は、熟練者の操縦・観察によれば、潜水観察とほぼ同水準のデータ収集が可能であることが示唆された（表2）

ROV 調査及び魚探調査

ROV 調査と魚探調査を併用することで、簡便な魚群量推定の可能性が示唆されたが、仮定する要素が多く、その精度には問題があると考えられた。

据付型魚探によるモニタリング調査（魚群来遊回数等）

モニタリング調査は設置期間が短かったため、魚群来遊回数などの傾向の把握は難しかったが、1日の魚群の反応強度の総量を把握することが出来る等、長期間観察する調査手法として利用することが可能であると考えられた。

3) 魚群来遊回数の検討

(1) 魚群来遊回数の考え方

魚礁における「年間実蛸集量」を正確に把握するには、一定期間内（1年間、あるいは盛漁期等）に魚礁に蛸集・来遊した魚類の蛸集量を全て累積する必要があるが、本調査では次のように簡略化して検討することとした。

「定着性魚種」年間蛸集量(kg/年) = 年間最大蛸集量 (魚群の来遊回数 = 1回)

「回遊性魚種」年間蛸集量(kg/年=漁期) = 来遊魚群の1回あたりの平均的な蛸集量 × 魚群の来遊回数

ここでの「魚群の来遊回数」とは、「1年間において、異なった魚群が来遊する回数」を意味している。

6. 平成 15 年度

平成 14 年度の結果を受け、引き続き現地調査の手法および魚群の来遊回数についての検討を行った。

1) 現地調査

(1) 現地調査の考え方

平成 15 年度の調査目的および現地調査手法としては、昨年度に準じた形で実施した。モニタリング調査については、その期間がやや短かったため期間を延長し、浮魚を主とした蛸集魚の滞留時間、来遊頻度等を検討し、魚礁の蛸集量の把握を試みた。

(2) 現地調査海域の設定

本年度は、調査対象を山形県西田川郡温海町沖に沈設された鋼製高層礁（縦 17.5m × 横 17.5m × 高さ 35m、3,947 空³・図3）へ移した。同礁は、効果調査事例も多く、海域の魚類蛸集傾向等も把握されているため、本年度の現地調査対象として設定した。

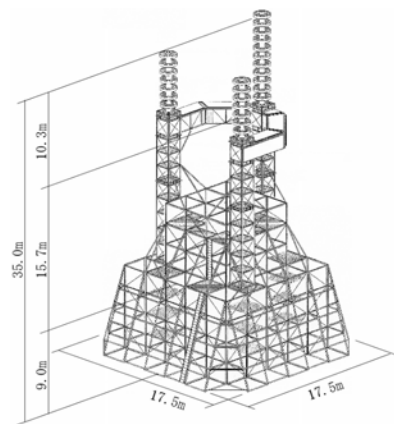


図3 対象礁概観

(3) 現地調査の方法及び期間

調査手法は、基本的には平成 14 年度に準じた。調査期間は、モニタリング期間を 9 月 18 日～10 月 17 日の 30 日間とし、この間に視認調査等を 3 回実施した。

一般観測

平成 14 年度と同様。

視認調査

平成 14 年度と同様。

魚探調査

昨年度の課題を踏まえ、航走は魚群の幅と奥行きを把握するよう航走した。

モニタリング調査

モニタリング装置は、カメラ部分の精度を向上させ、魚探とカメラを同一容器に収容した。この装置（記録間隔はそれぞれ 1 時間・図 4）1 台を、対象礁上部に設置した。計測方向は、対象海域が海流の影響を強く受けるため、通常潮上側となる南側を向けた。また、流向流速水温計も同所に設置した。

漁獲調査

平成 14 年度と同様。

(4) 調査結果

一般観測

各調査時に実施した水温・塩分濃度測定の結果、9 月下旬には、水温、塩分濃度ともに中層付近から下層にかけて躍層が認められた。10 月にはそれぞれの躍層は徐々に下層へと移り、水温、塩分濃度ともに混合期に移行しつつあった。

視認調査

蛸集量：潜水観察（9 月 27 日、10 月 17 日）では、対象礁上段付近にウマヅラハギが群泳し、中段部ではマダイやヒラマサの回遊が見られたほか、アジ類の蛸集が顕著であった。このほかイシダイ、ウマヅラハギ、クロソイ等、特に下段内部にはウスメバル、スズメダイ等が蛸集していた。潜水観察を実施した両日において、出現種に大きな変化は見られず、魚群重量は釣獲調査の結果と体長・体重換算式により、9 月 27 日で約 380kg、10 月 17 日で約 600kg と推定された。ROV 撮影（9 月 18 日、10 月 6、19 日）でも、観察された魚種については潜水観察と概ね同様で、9 月 18 日：約 444kg、10 月 6 日：約 1,108kg、10 月 19 日：約 1,320kg と推定された（表 3）。

潜水・ROV の観察精度：潜水観察、ROV 撮影の観察魚種については、調査期間を通して概ね同様の結果が得られた。蛸集量については、10 月のアジ類において、潜水観察の結果が ROV 撮影の結果より低い値を示した（10 月 6 日 ROV：約 797kg、10 月 17 日潜水：282kg、10 月 19 日 ROV：約 986kg）。これは、観察時間の短い潜水観察は、長時間の観察が可能な ROV に比べ、脚の速いアジ魚群に遭遇するチャンスが少ないことに起因すると考えられ、数値の違いは調査時の偶発的なアジ蛸集量の変化等によるものと推察された。アジ類以外の魚種の蛸集量については、潜水観察、ROV 撮影ともにほぼ同様の結果が得られており、過去の同時期（9～10 月）の調査事例（表 4）と比較しても値は近似しているため、両手法の蛸集量把握の精度はいずれも高いものと考えられた。

魚探調査

魚探調査は調査期間中に 4 回実施し、魚礁近傍から潮上にかけて魚群反応が確認された。魚群体積の推算については、魚礁から離れて蛸集する魚群が確認された場合に行うこととしたが、いずれの調査時も、魚礁から離れて独立した蛸集魚群は無く、蛸集魚は視認調査時に視認できたものと判断し、今回は魚探及び ROV からの魚群量の推定は行わなかった（図 5）。

モニタリング調査

モニタリング装置のバッテリーは、当初 1 回の充電で 10 日程度作動する予定であったが、データの

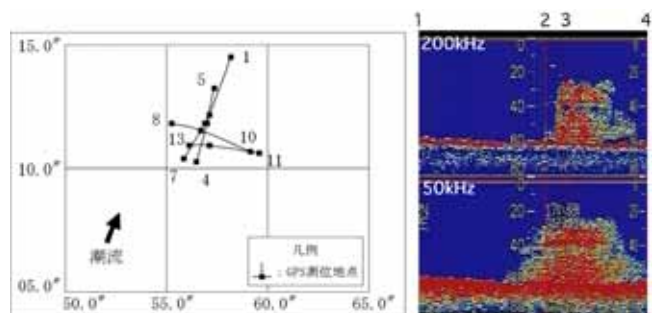


図 5 魚探航跡および画像

記録は6~7日であった。このため、モニタリング期間中2回のバッテリー交換を行なったものの、合わせて1週間程度の欠測があった。連続して記録されたのは9月18日~24日、9月26日~10月3日、10月7日~10月13日で、ここではそれぞれを順に前期、中期、後期と称す。全期間の定期撮影式据付型カメラ・魚探、流向・流速、および視認調査の結果を図化し、整理した(図6)。

定期撮影式据付型カメラ(以下モニタリングカメラと称す)には、アジ類、ウマヅラハギをはじめ、ブリ、イシダイ、メジナ、マダイなどが確認された。

定期記録式据付型魚探(以下モニタリング魚探と称す)では、装置から距離70mまでの反応強度を取得し、その推移を指標(単位なし)として整理した。その結果、全期間を通して距離20mまでに反応が集中しており、蜻集魚の大部分が魚礁近傍に存在していたことが伺われた(図7)。

流向は前期では時計回りに変化し、中期では概ね南へ流れる登り潮、後期では北へ流れる下り潮であった。流速は中期の数日間において50cm/sに達することもあったが、このほかの期間では概ね30cm/s以下であった。

前期は、潮流の変化が多く、流向も日々変化していたが、主にモニタリング装置の測定方向と潮流の流軸が重なる場合に、モニタリングカメラでアジ類、ウマヅラハギ、ブリ等が撮影された。撮影個体数とは比例しないが、魚類の撮影傾向(カメラ)とモニタリング魚探の反応量の増減傾向はほぼ同調した。また、時間経過による反応量の変化は、昼に多く夜間に少ないという、魚類の一般的な日周行動がみられた。

中期は、潮流の向きが、モニタリング装置の測定軸を離れていた場合が多かったため、モニタリングカメラで撮影された魚類は少なかったが、測定軸と流軸が重なった場合はアジ類などがまとめて撮影された。測定軸と流軸がずれていた場合でも、アジ類は少数ながら撮影はされており、魚礁近傍にはアジ類が蜻集していることが伺えた。モニタリング魚探の、時間の経過による反応量の変化は、前期とは逆に昼に少なく夜に多い傾向を示した。

後期は、潮流の向きは測定軸とほぼ重なっていたが、アジ類がまとめて撮影されたのは10月13日のみで、他はほとんどがウマヅラハギであった。魚探の反応量も少なく、また、撮影傾向と魚探の反応量の傾向も同調しなかった。

回遊性魚種の来遊回数、滞留時間

上記のモニタリング調査と、視認調査の結果から、回遊性魚種の来遊回数、滞留時間について以下の3つの仮説が考えられた。

仮説 モニタリング調査・視認調査の結果から、前期および中期には6,000尾程度のアジ類が、中期終了時から後期開始時までには、45,000尾程度のアジ類が視認されている。しかし、後期開始時にはモニタリング装置でアジ類がほとんど確認されなかったことから、後期では、アジ類の蜻集は減少したまま推移したと考えた。後期終盤からはアジ類がふたたび来遊し、55,000尾程度に達したと考えられた。

この場合のアジ類に代表される浮魚類は、調査期間中に3群が存在したと考え、来遊回数は3回となる。

仮説 モニタリング調査の後期における水温躍層の下方への移動、魚探調査結果(10月17日)における中層から下層にかけてみられる魚群の蜻集状況、視認調査(10月19日)の下層部に広がって蜻集するアジ類の蜻集状況等を考えると、後期のほとんどの期間にアジ類が撮影されなかったのは、アジ類魚群がモニタリング装置の記録範囲外にあたる魚礁の中下層部に蜻集していたと推察される。したがって、前期及び中期には6,000尾程度のアジ類が滞在し、後期以降は蜻集量が増加したと考えられた。

この場合は、アジ類魚群は前期・中期の1群、その後の1群の計2群と考え、来遊回数は2回となる。

仮説 小川³⁾は、沿岸漁場への浮魚類の移動が、同一要素個体群の場合、漁場とその周辺における同じ時間スケールでの水塊の移動・交代、あるいは流況の変動によって起き、浮魚類の同一漁場内での滞留時間は3~5日程度、長くても9日程度と推測した。

この考えに基づけば、前期から中期にかけて魚群が2週間滞在したとは考え難く、この期間

内にアジ類魚群は2~5群が存在すると考えた。また、これらのほかに中期と後期の間の1群、後期終盤以降の1群が存在したと考え、来遊回数は4~7回となる。

2) 蛸集量の検討

(1) 蛸集魚群量の推定方法

表5の通りとした。

(2) 蛸集魚群量の試算

回遊性魚種の滞在期間・来遊回数については、3つの仮説がたてられたため、仮説をモデルとして、蛸集魚群量を試算した。

回遊性魚種

仮説では、調査期間30日の間に、浮魚類が3群存在したと見られ、来遊回数は3回と考えた。3回の浮魚類蛸集量は110kg(9月18日)、806kg(10月6日)、1090kg(10月19日)であるから(表3)、これらの平均の蛸集量は630kgとなる。先に述べた算定式より、平均の蛸集量に来遊回数を乗じ、

$$\begin{aligned} \text{回遊性魚種の調査期間の蛸集量} &= 668.7(\text{kg}) \times 3(\text{回}) \\ &= 2,006.1 \text{ kg} \end{aligned}$$

よって、調査期間(9月18日~10月17日)30日間における回遊性魚種の蛸集量は、約2,006kgと推定された。

定着性魚種

各調査時の蛸集量から底魚を抽出し、魚種別に各回で比較し、そのうちの最大値をその魚種の蛸集可能量とみなした。先に述べた算定式より、各魚種の蛸集可能量の合計値を定着性魚種の調査期間の蛸集量とした(表6)。

$$\begin{aligned} \text{定着性魚種の調査期間蛸集量} &= 409 \text{ kg} \times 1(\text{回}) \\ &= 409 \text{ kg} \end{aligned}$$

よって、調査期間(9月18日~10月17日)30日間における定着性魚種の蛸集量は約409kgと推定された。

調査期間の蛸集量

(1)および(2)より求められた回遊性魚種と定着性魚種の蛸集量を合計して、対象礁における調査期間の蛸集量とした。

$$\text{回遊性魚種の蛸集量 } 2,006(\text{kg}) + \text{定着性魚種の蛸集量 } 409(\text{kg}) = 2,415(\text{kg})$$

よって、対象礁における調査期間(9月18日~10月17日)の蛸集量は2,415(kg)と推定された。

7. まとめ・今後の課題

平成15年度調査結果総括表を表7に示した。

1) 調査手法について

(1) ROV調査の精度の評価

ROV調査は、熟練者が操縦・観察した場合、潜水と同水準で蛸集状況を把握できると考えられた。ただし、浮魚など、蛸集状況にばらつきが見られる魚種を対象とするなら、視認調査の頻度を上げるなどして、その精度を高める必要がある。

(2) ROV調査および魚探調査

今回の調査では、蛸集魚が魚礁から独立して蛸集していなかったため、ROV調査および魚探調査からの魚群量推定は行わなかった。しかしながら、普通魚探の画像から魚群体積を求めることについては、いくつかの問題点があり、その精度についても潜水観察、ROV撮影に比べれば低いと言わざるを得ない。したがって、現時点では普通魚探による魚群量の推定は、参考値として扱うのが妥当と考えられた。

(3) モニタリング装置によるモニタリング

今回、モニタリング装置は1台、1層1方向のみの記録だったため、流向の変化に伴い、滞在パターンを変えるアジ類など蛸集魚の存在を確認しにくい場合があった。この問題を解決するためには、基本的に装置は複数方向に設置し、魚礁の規模によっては複数層にも設置するなど、手法を改

善する必要がある。また、モニタリング装置は期間中2回のバッテリー交換を行っているが、調査効率から見れば、バッテリーには改良の余地があると考えられた。

2) 蛸集量の推計について

魚礁に一定期間蛸集する魚群量を推定する方法として、一般的に魚礁の効果調査で行なわれている視認調査や魚探調査、及び新たに開発された魚群モニタリング調査など複数の調査を組み合わせることで、一定期間の魚群の蛸集量を推定することが可能であることが確認された。

また、定着性魚類（底魚）では、平成15年度の秋季30日間の現地調査において、過去の調査事例に近似した結果が得られたことから、一定期間の蛸集量の推定が可能と判断された。しかし、回遊性魚類（浮魚）では、調査データに一部欠測があったことや、モニタリング装置が1台、一層一方向であったことから、その滞留期間や来遊回数に関してはいくつかの仮説を立てるにとどまった。

したがって、回遊性魚種（浮魚）の滞留期間や来遊回数を把握するために、適正なモニタリング調査の実施をすることで、より正確に一定期間の蛸集量の把握が可能と考えられる。さらに、有用魚種毎の盛漁期の確認と、その盛漁期に調査を実施することで、年間の実蛸集量の把握が可能と考えられる。

表 1 魚礁における蛸集状況評価手法の検討

評価方法と基本算定式	方法の評価・問題点
<p>A 案 時間断面蛸集量で評価 時間断面最大蛸集量は、魚礁の収容力(魚礁の時間収容可能量を表し、そのままこのキャパシティを評価する。</p> <p>A-1 時間断面最大蛸集量で評価(kg) 調査時の最大蛸集量で評価 調査時の魚種類別最大蛸集量の和で評価</p> <p>A-2 時間断面最大蛸集量を漁獲率等で補正して評価(kg) ・補正時間断面最大蛸集量 = A-1()の時間断面最大蛸集量 ÷ 漁獲率等</p>	<p>1) 当該魚礁の収容力(kg/空³m³等)を評価しているが、時間の単位がなく、天然礁との比較、魚礁間の比較等の相対比較で評価する以外に評価の基準がない。</p> <p>2) 時間断面蛸集量(kg/空³m³)をそのまま年間蛸集量(kg/空³m³)とした場合には蛸集魚群(個体)の重複は無いが過小評価になる。</p> <p>A-1 は魚種類型により蛸集場所が異なるとして、別個にキャパシティを計算。 A-2 は、調査の蛸集量(現存量) + 漁獲量を本来の蛸集量と考えて補正。</p>
<p>B 案 年間延べ蛸集量で評価 時間断面蛸集量を 1 日当たり最大漁獲可能量(kg/日)と考え、これに出現期間日数(又は漁労日数)を乗じたり、調査時の蛸集量を積分する形で年間延べ蛸集量(kg/年)を評価する。</p> <p>B-1 年間延べ蛸集量(kg/年) = 出現盛時の時間断面平均蛸集量(kg) × 出現盛期日数</p> <p>B-2 年間延べ蛸集量(kg/年) = 調査時の時間断面蛸集量(kg)を積分する形で年間蛸集量を計算。</p>	<p>1) 基本的に計測された時間断面蛸集量があれば、容易な計算で時間を分母とする蛸集量を算定でき、貨幣化と費用対効果の算定(年間可能漁獲金額)が可能である。</p> <p>2) 漁獲・散逸しない個体は繰り返し算定されるため、実際の資源量とは異なり、過剰評価になる。また、漁獲量との比較は出来ない。</p> <p>1 尾が実意終了で漁獲・散逸しない場合、年間蛸集量は 365 尾と計算されるが、実際の漁獲可能資源は 1 尾である。</p>
<p>C 案 年間実蛸集量で評価 蛸集魚群の来遊回数等により、重複して蛸集している魚群を除外した年間実蛸集量(kg/年)で評価する。</p> <p>・年間蛸集量(kg/年) = 時間断面平均蛸集量(kg) × 来遊回数(回/年)</p> <p>算定は魚種別又は魚種類別(~ 型)を行う。 来遊回数は、当該魚種(魚種類型)の出現盛期間における異なった魚群の回数を表し、出現期間日数 ÷ 魚礁滞在日数などで算定する。 来遊回数は全国共通データとして標準化して使用する。</p>	<p>1) 年間蛸集量は漁獲対象魚種資源量に当たり、データの精度の問題はあるが、貨幣化と費用対効果の算定(年間可能漁獲金額等)が可能である。 また、当該魚種の年間漁獲量や魚礁での漁獲量との比較が可能である。 理論的には、漁獲対象サイズに区分し、漁獲量を加算した量が漁獲対象資源量に当たる。</p> <p>2) 魚礁での滞留日数や来遊頻度等はほとんど不明であり、来遊回数が把握できるかが疑問である。 ・類型は魚礁との位置関係で類型化されており、滞留日数は類型を特定魚種で代表させる(型はマダイとメバル等)などにより既往知見や聞取り調査、DNA 調査などの短期の実証調査で一定の標準化が可能か。</p>

表2 平成14年度調査結果総括

調査方法	類型	7月25日	8月29日	9月21日	9月23日	9月28日	10月11日	10月17日	10月18日	10月31日	11月6日	11月7日
潜水調査 観察魚群量(kg)	型			79.5			124		72.2	192.9	187.7	
	型			103.2			9.8		19.9	7.1	0.0	
	、型			0.5			1.8		2.9	1.7	3.7	
	合計			183.2			136		95.0	201.7	191.4	
ROV調査 観察魚群量(kg)	型				176.0		91.1	88.6		103.4		
	型				20.2		21.0	11.2		2.6		
	、型				4.4		2.8	6.6		2.5		
	合計				200.6		114.9	106.4		109		
魚探調査 + ROV調査 推定魚群量(kg)	型			5,292			903	702		504		709
	型			3,095			865	574		0		0
	合計			8,387			1,768	1,276		504		709
釣獲調査 CPUE(g/hr・人)	型	0.0	0.0	65.5	136.4	447.3	361.8	71.0	217.6			
	その他 型	2,543.0	1,200.0	0.0	0.0	122.8	200.0	0.0	0.0			
	アジ類	343.0	0.0	40.6	827.6	544.2	0.0	34.1	823.0			
	ブリ類	0.0	0.0	177.5	0.0	0.0	135.1	0.0	58.4			
	、型	0.0	0.0	283.5	0.0	39.5	0.0	97.8	191.0			
	合計	2,886.0	1,200.0	567.1	964.0	1,153.8	696.9	202.9	1,290.0			
水温()	最大、水深			24.3 , 0m			24.1 , 0m		23.5 , 0m	22.0 , 0m		
	最低、水深			23.3 , 65m			23.8 , 65m		23.5 , 65m	21.8 , 65m		
	温度差			1.0			0.3		0.0	0.2		
塩分濃度(psu)	最大、水深			34.06 , 5m			33.95 , 5m		33.96 , 0m	34.05 , 0m		
	最低、水深			34.18 , 6m			33.99 , 35m		33.99 , 65m	34.10 , 30m		
	濃度差			0.08			0.04		0.03	0.05		

表3 各調査時の時間断面蛸集量

単位：kg

区分	種名	全長 (cm)	9月18日	9月27日	10月6日	10月17日	10月19日
			ROV	潜水	ROV	潜水	ROV
浮魚	ヒラマサ	50～70	2	5	8	1	104
	アジ類	5～15	108	102	797	282	986
底魚	ウスメバル	5～25	43	49	55	40	14
	クロソイ	20～45	12	7	7	3	2
	キツネメバル	20～30	2	1	1	+	+
	アイナメ	25～40		1	4	1	
	マハタ	30～50	+		1	3	2
	キジハタ	35		+			
	マダイ	30～40	+	2			+
	オキタナゴ	5～10	+	+	+	+	+
	スズメダイ	10～15	47	27		34	
	イシダイ	15～30	6	13	43	8	18
	メジナ	25～40	11	4	6	2	5
	コブダイ	15～60	+	4		+	
	ササノハベラ	5～20	+	+		+	+
	ウマヅラハギ	15～35	211	162	184	223	187
浮魚合計重量			110	107	806	283	1,090
底魚合計重量			334	272	302	314	230
浮魚・底魚合計重量			444	379	1,108	597	1,320

表4 調査海域で実施された過去の蛸集量調査結果

単位：kg

経過月	調査年月	型	型	型	型等	計
13	H8.5	4,682	3	0	4,461	9,146
15	H8.7	2,396	6	278	18	2,698
16	H8.8	16	9	904	68	997
18	H8.10	5	1	2	70	78
25	H9.5	3,388	3	1	17	3,409
26	H9.6	2,717	2	0	44	2,763
27	H9.7	344	2	435	173	954
28	H9.8	58	6	2	300	366
36	H10.4	5,363	33	17,370	1,167	23,933
37	H10.5	5,405	34	17,370	1,063	23,872
38	H10.6	3,255	16	10,422	1,632	15,325
39	H10.7	529	27	19	667	1,242
41	H10.9	102	8	0	30	140
42	H10.10	81	44	13	146	284

資料：高木・森口「天然魚礁の拡大手法の開発（事業調査担当者会議資料）
り引用。型=ウスメバル、型=マアジ、型=ウマヅラハギ・ホッケに
られている。

表5 蛸集量評価の考え方

現地調査手法		現地調査から得られるもの	調査結果	蛸集量の評価手法	蛸集量の評価・検討
魚礁内部・近傍に蛸集する魚群 a	視認（潜水）調査	調査時の魚類蛸集状況	蛸集魚群量(kg) a の推定	「定着性魚種」の時間断面最大蛸集量(kg) A 「定着性魚種」来遊回数 c を1回とし 時間断面最大蛸集量をそのまま 蛸集量(kg/期間)とする	調査期間中の 蛸集魚群量(kg/期間)
	視認（ROV）調査	調査時の魚類蛸集状況	時間断面蛸集量(kg)		
魚礁から離れ独立して蛸集する魚群 b	視認（ROV）調査	1m ² あたり魚群密度(kg/m ²)	蛸集魚群量(kg) b の推定	「回遊性魚種」の時間断面蛸集量(kg) A' モニタリング魚探の結果と併せ 「回遊性魚種」の時間断面平均蛸集量(kg) d d に来遊回数 c を乗じ「回遊性魚種」の 蛸集量(kg/期間)とする	年間実蛸集量 e の検討
	魚探調査	蛸集範囲(m ²)	時間断面蛸集量(kg)		
漁獲調査		蛸集魚の種類、大きさ、 個体平均重量(kg)	時間断面蛸集量(kg)		
魚類蛸集モニタリング調査 (定期記録式据付型魚探)		一定方向の継続的魚群量の変化	「回遊性魚種」の 滞留時間、来遊周期等 の把握		
魚類蛸集モニタリング調査 (定期撮影式据付型カメラ)		モニタリング魚探に反応した 魚類の映像			
一般観測 (水温塩分・流向流速)		経時的な水温、流向などの変化	来遊回数 c		

調査は、主要魚種毎に蛸集量の多い期間（盛漁期等）に調査を実施し、評価する。

a 視認調査による時間断面蛸集量(kg) = 観察個体数(尾) × 漁獲調査で得た個体平均重量(kg) 或いは
= 観察個体数(尾) × 体長体重関係式より求めた個体重量(kg)

b 魚探（体積）とROV（密度）による推定魚群重量(kg) = 魚群体積(m³) × 1m²あたり魚群密度(kg/m²)
観察された魚種を底魚と浮魚に区別し、底魚を「定着性魚種」、浮魚を「回遊性魚種」と考え、
底魚の蛸集魚群量を抽出し、魚種毎に比較したうちの最大値を「定着性魚種」の時間断面最大蛸集量(kg) A とする。
また、浮魚の蛸集魚群量を抽出し、「回遊性魚種」の時間断面蛸集量(kg) A' とする。

c 「回遊性魚種」の来遊回数(回/調査期間) = 調査日数 ÷ 魚礁滞在日数等。

A 「回遊性魚種」の時間断面蛸集量 A' とモニタリング調査（魚探）の結果を照らし合わせ、「回遊性魚種」の魚礁滞在時において適性と判断される時間断面平均蛸集量 d を推定する。

調査期間における蛸集魚群重量(kg/調査期間) は以下のような算定式で評価する

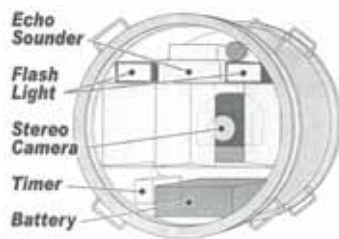
「定着性魚種」の調査期間蛸集量(kg/調査期間) = A 時間断面最大蛸集量(kg) (魚群の来遊回数 = 1)

「回遊性魚種」の調査期間蛸集量(kg/調査期間) = d 時間断面平均蛸集量(kg) × c 来遊回数

e 年間の実蛸集量について検討する。

表6 定着性魚種の鯖集量(9月18日~10月17日)

種名	大きさ (cm)	魚種毎の鯖集可能量
ウスメバル	5~25	55,254
クロソイ	20~45	12,258
キツネメバル	20~30	1,852
アイナメ	25~40	4,476
マハタ	30~50	2,542
キジハタ	35	696
マダイ	30~40	1,868
オキタナゴ	5~10	192
スズメダイ	10~15	46,954
イシダイ	15~30	43,435
メジナ	25~40	11,141
コブダイ	15~60	4,375
ササノハベラ	5~20	888
ウマヅラハギ	20~35	223,200
合計(鯖集量)		409,131



FISCHEMの特徴

- 1) 定量的な情報の取得
(魚群密度、魚種構成、魚体サイズ、鯖集範囲、etc...)
- 2) 長期間の無人定点観測
- 3) 鯖集魚群に及ぼす影響が少ない
- 4) ローコスト

図4 魚類鯖集モニタリングシステムFISCHEM (Fish School Monitoring system) の概要

鯖集魚の分布域(平成15年9月18~24日)

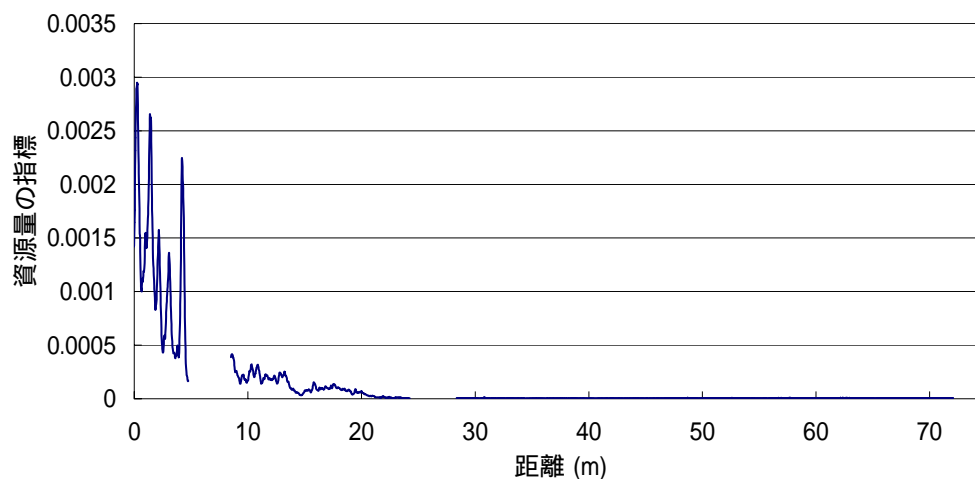


図7 鯖集魚の分布域(9月18日~9月24日)

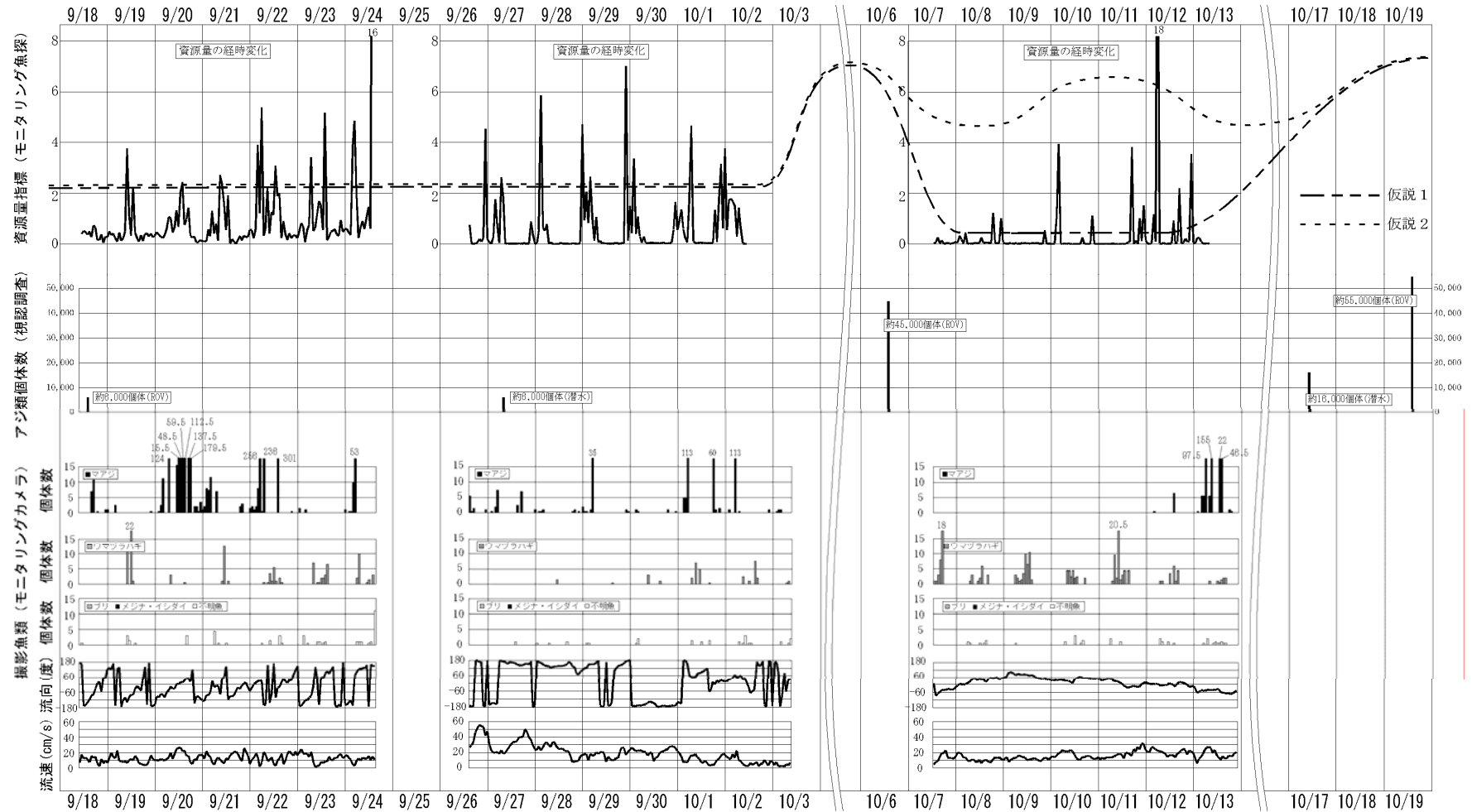


図6 モニタリング調査結果

表7 平成15年総括表

調査方法	種 別	9/18	9/19~25	9/26	9/27	9/28~10/5	10/6	10/6	10/8~16	10/17	10/19
魚礁近傍に蝸集する魚類											
潜水調査 観察魚群量(kg)	回遊性魚種(浮魚)				107					283	
	定着成魚種(底魚)				272					314	
	合 計				379					597	
ROV調査 観察魚群量(kg)	回遊性魚種(浮魚)	110					806				1,090
	定着成魚種(底魚)	334					302				230
	合 計	444					1,108				1,320
魚礁から離れて分布する魚類											
魚探調査(kg)	魚群の分布状況	独立せず:0		独立せず:0		独立せず:0		独立せず:0		独立せず:0	
視認調査補助として											
釣 獲(kg)	回遊性魚種(浮魚)	0.4			0.4		4.2			3.0	0.1
	定着成魚種(底魚)	2.4			1.9		0.6			2.8	1.0
	合 計	2.8			2.3		4.8			5.8	1.1
回遊性魚種の滞在期間・来遊数											
視認調査 + モニタリング調査 + 流向流速	仮説 群:最大尾数	1:6,000		1:45,000		魚群来遊なし		1:55,000			
	来遊数:3 滞在期間	約2週間		3日程度				5~9日			
	仮説 群:最大尾数	1:6,000				1:55,000					
	来遊数:2 滞在期間	約2週間				約2週間					
	仮説 群:最大尾数	2~5:6,000		1:45,000		魚群来遊なし		1:55,000			
	来遊数:4~7 滞在期間	3~5日		3日程度				5~9日			
蝸集量											
平成16年秋季1ヶ月間 (9月18日~10月17日)	回遊性魚種(浮魚)	2,006kg (時間断面平均蝸集量 668.7kg × 魚群来遊数 3回・・・仮説)									
	定着成魚種(底魚)	409kg (時間断面最大蝸集量 409kg × 魚群来遊数 1回)									
	合 計	2,415kg (回遊性魚種蝸集量 2,006kg + 定着性魚種蝸集量 409kg)									
海域環境											
水温() (モニタリング)	正午(25m)	24.0	21.8~23.8	21.7	22.3	21.5~22.5	22.3	21.8	21.0~21.7	20.9	19.7
水温() (一般観測)	最大,水深			23.1, 0m				22.0, 0m		21.0, 0m	
	最低,水深			18.7, 60m				19.6, 60m		19.9, 60m	
	温度差			4.4				2.4		1.1	
塩分濃度(psu)	最大,水深			32.77, 1m				33.03, 5m		32.96, 0m	
	最低,水深			34.22, 60m				34.12, 60m		33.87, 60m	
	濃度差			1.45				1.09		0.91	

: 空白はデータなし