

# 大型魚礁における魚礁効果範囲について

秋元 清治

Studies on the gathering effects of fish to the artificial fish reefs  
as said "Oogata Gyoshou" in Japanese

Seiji AKIMOTO\*

## 緒 言

全国沿岸漁業振興開発協会<sup>1)</sup>によれば、大型魚礁設置事業は主として魚類の蝟集、発生及び育成を効率的に行うため、沿岸海域に存在する天然礁の周辺に中規模な魚礁漁場を造成する耐久性構造物（コンクリートブロック等）を設置することにより、生産性の高い魚礁漁場を造成し、漁船漁業の生産増大を図る事業と定義されている。さらにその中では魚礁の配置計画は天然礁や既存の人工魚礁（以下、魚礁と称す）が存在する海域では相乗効果が得られるように、また、利用する漁法と海域の海象などとの関係を検討して操業性を高めるように配慮すべきと記されている。以上の観点から魚礁間の相乗効果や漁船の収容隻数などの操業性について検討する場合、魚礁の効果範囲に関する知見は極めて重要な役割を果たすこととなる。

魚礁の効果範囲については過去に多くの研究がなされ

ており、一定の知見は得られていると言えるが（全国沿岸漁業振興開発協会<sup>1)</sup>）、それらの研究はいずれも魚類の蝟集量を魚群探知機による魚群映像面積や魚礁周辺の漁獲効率から間接的に評価したものであり、魚群量を直接評価するという点では十分なものとは言えなかった。そこで本研究では、計量魚群探知機を用いて魚礁周辺の魚群量指数となる面積後方散乱係数 ( $S_a$ ) を直接計測し、魚礁距離と  $S_a$  の関係から魚礁の効果範囲について直接評価することで従来の知見と比較したので報告する。

## 材料と方法

### 1. 調査対象魚礁

調査したのは、神奈川県三浦市松輪沖に1993年度に設置された大型魚礁2949.8 $m^2$ である。当該魚礁は、天然礁（松輪瀬）から南方約1km、水深約56mの砂地に、コンクリート魚礁単体（FP3.25）86基が乱積みされたもの

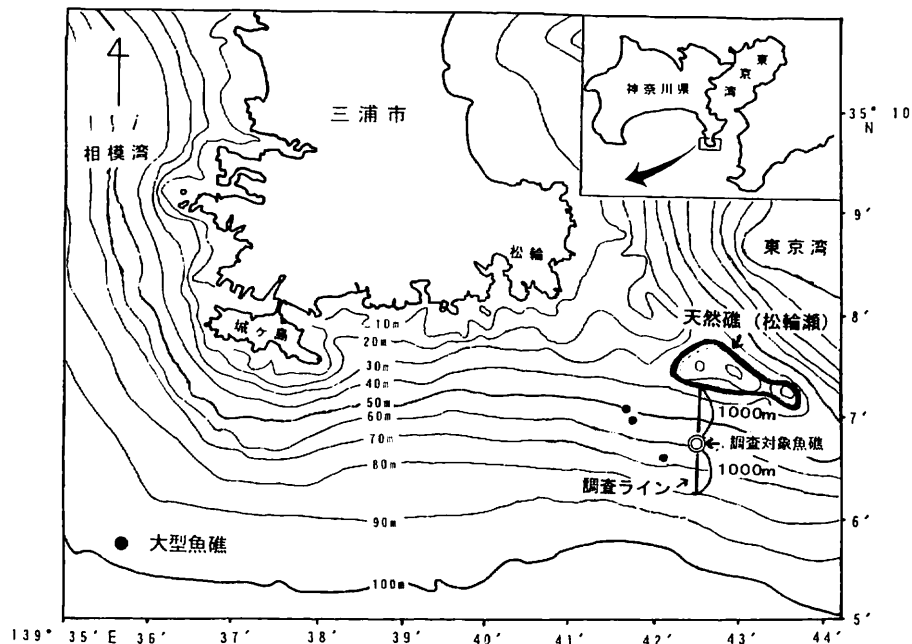


図1 魚礁設置位置図

である(図1)。魚礁の配置状況を図2に示す(秋元・鎌滝<sup>2)</sup>)。

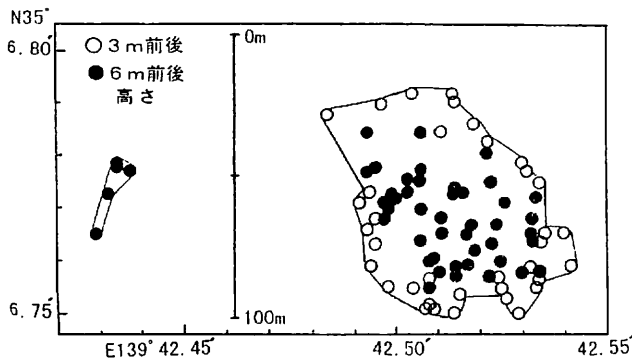


図2 魚礁配置図

2. 計量魚群探知機によるデータ収集及び解析

調査は本研究調査船さがみ(48t)を用いて行った。使用した計量魚探はスプリットビーム方式計量魚群探知器EK-500(SIMRAD社製)、周波数38kHz、ビーム幅6.8°、パルス幅1msである。魚礁の中心点(N35°6.77', E139°42.52')から南北方向に1,000mまで調査ラインを設定し、ライン上を約4ノットで航走し、0.1海里毎の水深別(海底から5m毎)  $S_A$  (m<sup>2</sup>/NM<sup>2</sup>)を計測した(図3)。なお、 $S_A$ は1平方海里当たりの総後方散乱断面積を表し、 $S_A = 1852^2 \cdot 4\pi \int_{r_1}^{r_2} S_v dr$ で定義される( $S_v$ は体積後方散乱係数、 $r_1$ 、 $r_2$ は深度方向の積分層)。測定した $S_A$ 及び船位位置(GPS情報)はプリントアウトし、後日解析を行った。なお、調査日、調査時間、航走回数、調査時の流向・流速は表1のとおりである。

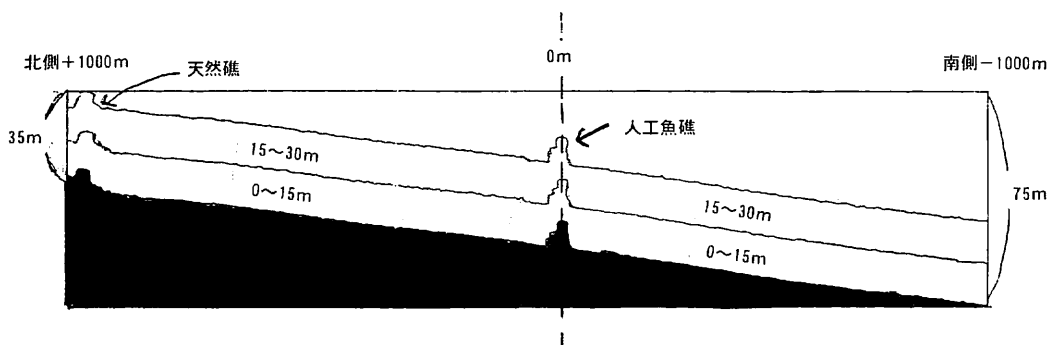


図3 調査ライン断面図(南北方向)

表1 調査詳細及び調査時における流向・流速

調査日	調査時間帯	航走回数	流向・流速
1999.3.12	12:30~13:30	2回	計測せず
1999.7.21	9:50~11:10	3回	60° 1.5ノット
1999.9.20	9:15~10:40	4回	240° 1.3ノット
2001.1.22	9:05~11:20	6回	210° 1.0ノット

解析は海底から0~15mまでを底層部、15~30mまでを中層部とし、各層における $S_A$ の合計を魚群量指標値(以下 $S_A$ 値と称す)とした。さらに、 $S_A$ の測定区間(0.1海里毎)の中間点と魚礁の中心点(N35°6.77', E139°42.52')の距離(以下魚礁距離と称す。)を算出し、前述の魚群量指数値との関係について検証した。

結 果

1. 魚礁距離と魚群量指数値について

(1) 底層部

魚礁距離と $S_A$ 値の散布図を図4に示す。各調査日で $S_A$ 値の分布状況は若干異なっているが、魚礁中心部-100~+100mの海域及び天然礁に近い+800~1000mの海域で高い $S_A$ 値が見られている点で共通している。また、ほとんどの測定区間は $S_A$ 値が100以下であり、100を越えたのは3月12日の3区間、7月21日の6区間、9月20日の11区間、1月22日の13区間だけであった。これらは-107m~114mに14点、459~990mに19点分布しており、魚礁及び天然礁周辺に集中していると言えた。また、1,000を越える高い $S_A$ 値は-96~114mに10点、-839~990mに2点分布しており、天然礁周辺よりも魚礁周辺に多かった。

(2) 中層部

魚礁距離と $S_A$ 値の散布図を図5に示す。各調査日で $S_A$ 値の分布状況はかなり異なっていた。3月12日と1月22日はほとんど $S_A$ 値は100以下であり、魚礁距離による $S_A$ 値にはほとんど変化が見られなかった。一方、7月21日には300~1000mにかけて100を越える高い $S_A$ 値が広い海域に点在していた。また、9月20日には魚礁周辺-100~100m及び900mの天然礁海域に高い $S_A$ 値がわずかに見られた。

考 察

1. 魚礁の効果範囲について

底層部では $S_A$ 値が高い測定区間が魚礁周辺-100~100m前後と天然礁周辺800~1000m付近に集中している(図4)。魚礁の北側海域は天然礁に挟まれた海域であり、この区間の $S_A$ 値は魚礁と天然礁の両方の影響を受けている可能性がある。一方、南側海域は平坦な砂地であり、魚類の蝸集効果は魚礁距離が大きくなるに従い低減すると考えられる。このことから南側の $S_A$ 値の変化から魚礁

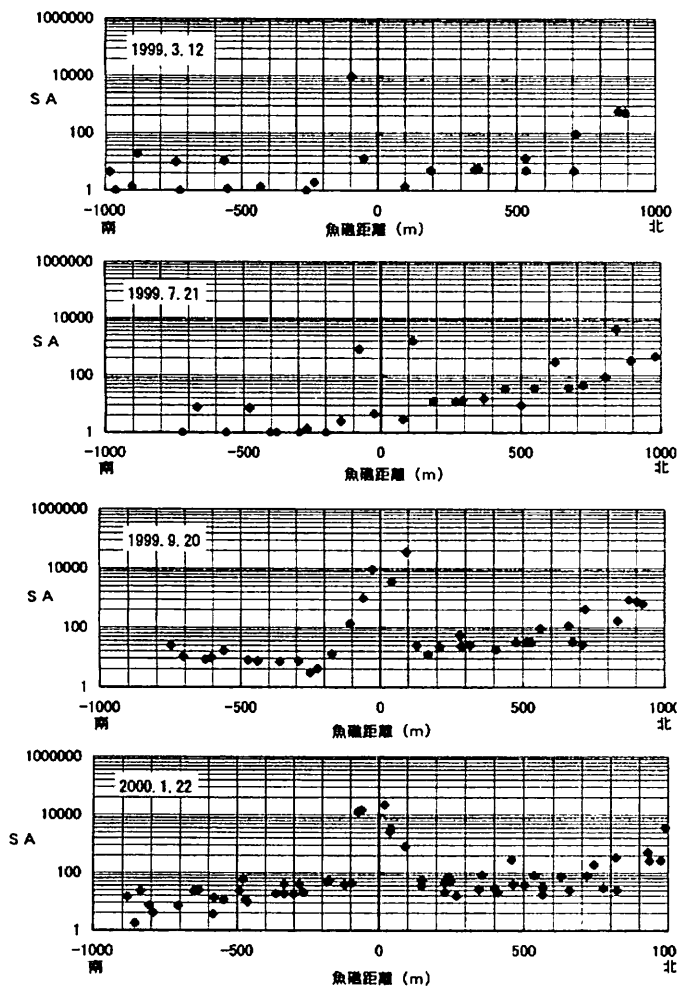


図4 魚礁距離と底層部(0~15m)におけるS<sub>A</sub>値

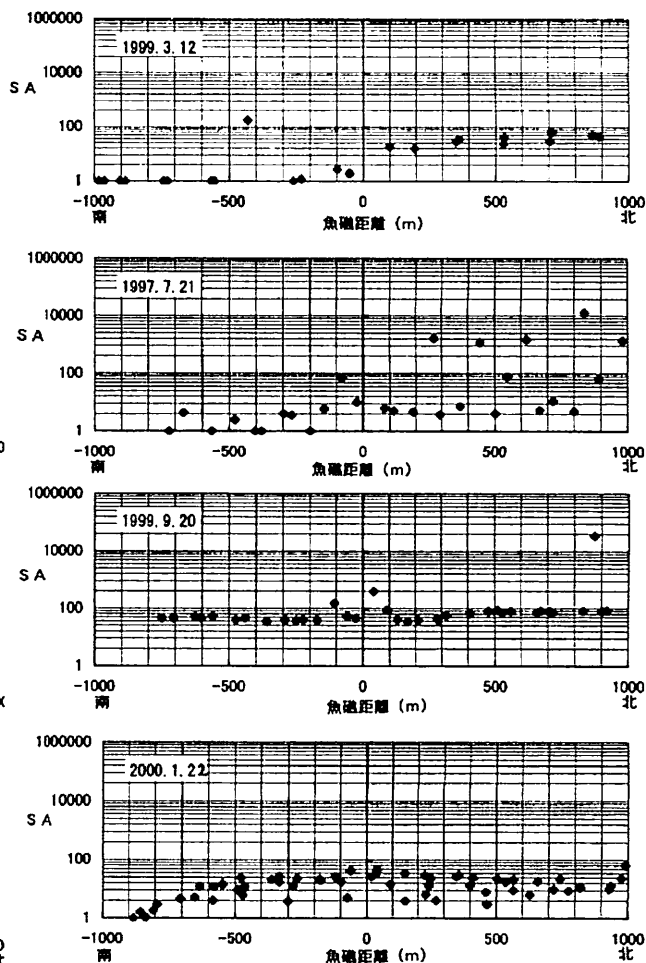


図5 魚礁距離と中層部(15~30m)におけるS<sub>A</sub>値

の有効範囲について検証することとしたい。全調査データを用いた魚礁距離100m毎のS<sub>A</sub>値の平均は、南側海域-100~0mは5408と非常に高いが、-100~-200mは49.5と1/100の水準になってしまう。さらに、-200m以南のS<sub>A</sub>値は15以下と極めて低い水準になり、高い魚群は魚礁から100mまでの海域に局在していると言えた(図6)。さらに、魚礁距離によってS<sub>A</sub>値に有意差が生じているかを南側調査ラインにおける全調査データによりマン・ホイットニー検定(帰無仮説:魚礁距離によるS<sub>A</sub>値には差はない。対立仮説:魚礁距離によるS<sub>A</sub>値には差がある。:片側検定)したところ、魚礁から最も近い0-100m間は100-200m間では5%水準で有意差が見られなかったが、その他の区間とはすべて5%水準で有意差が見られた。また、100-200m区間では300-400m、600-700m、800-900mを除き、その他の区間と5%水準で有意差が見られた。さらに、その他の区間の組み合わせでは5%水準で有意差は見られなかった(表2)。

このことから魚礁距離によるS<sub>A</sub>値に有意差がある(=蛸集効果が及ぶ)のは魚礁の中心部から概ね200mまでと考えられるが、100-200mの平均S<sub>A</sub>値は0-100m区間に比べて南側で1%、北側で3%と極端に落ち込むことか

ら(図6)、高い蛸集量が存在する範囲は0-100mまでの範囲と考えてよさそうである。

清水<sup>3)</sup>は本県長井沖の人工魚礁において魚群探知機から得られた魚群面積と魚礁距離について考察し、底層魚では魚礁から300mまでは集中分布が適合することから

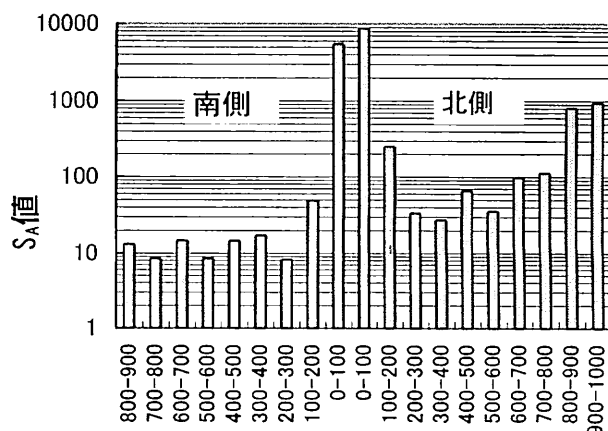


図6 底層部における魚礁距離と平均S<sub>A</sub>値

表2 魚礁距離別 $S_A$ 値におけるマン・ホイットニー検定結果表(南側調査ライン)

魚礁距離(m)	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900
0-100		x	○	○	○	○	○	○	○
100-200			○	x	○	○	x	○	x
200-300				x	x	x	x	x	x
300-400					x	x	x	x	x
400-500						x	x	x	x
500-600							x	x	x
600-700								x	x
700-800									x
800-900									

○:5%水準で有意差あり, x:5%水準で有意差なし

300mまでは集魚効果があると判断できると論じている。さらに、柿元<sup>1)</sup>は新潟県寺泊沖に設置された3,000空<sup>3</sup>の単独礁と、そこから2,200mまでの水域において、底刺網による漁獲調査を2年間繰り返し、魚礁に対する魚の羅網位置を測定した結果、アイナメ、クロソイ、ウマヅラハギなど魚礁性の強い魚種については、魚礁区の端から200mまで羅網率が高いことを報告している。これらの結果は、魚礁の効果範囲を魚礁から200~300mとしている点で概ね本研究の結果と一致していると言えるが、集中分布の範囲は本研究結果の0~100mに比べて広い評価となっている。この違いは計量魚群探知機を用いたことによる調査精度の向上とも考えられるが、魚類の集魚傾向は魚礁構造、海洋条件、生息魚種などによっても異なることから、今後魚種の確認などさらに詳細に調査する必要がある。

中層部については9月20日に魚礁周辺100~100mで100を越える $S_A$ 値が測定されているが、他の調査日には魚礁周辺で特段高い $S_A$ 値が見られないことから、当該水深については魚礁の影響があまり及んでいないと考えられた。一方、7月21日、9月20日には天然礁付近800~1000mで高い $S_A$ 値が見られているが、北側の天然礁では水深が表層付近に及んでいることから、天然礁との関係についてはさらにデータを増やして検証する必要がある。

## 2. 魚種の推定について

魚群探知機による調査では魚種の確認ができないことが常に問題となる。3月12日の調査時には遊漁船が当該魚礁で操業しており、マアジ30尾、マダイ4尾、イサキ1尾を釣り上げていることを確認しているが、その他の調査日については操業船が見られなかったことから魚種は確認できなかった。調査対象魚礁は主に一本釣り(遊漁)で利用されている。秋元・山田他<sup>5)</sup>が行った釣獲調査によれば当該魚礁ではマアジ(全釣獲魚の27.4%)、ヒメ(20.7%)、ネンブツダイ(12.8%)、トゴツメバル(9.4%)、ウマヅラハギ(6.4%)などが多く釣獲されている。さらに、釣獲魚を魚礁への集魚特性から分類するとⅡ型種(体を魚礁に接触させることは少ないが魚礁に近い位置に位置する魚:全国沿岸漁業振興開発協会<sup>11)</sup>)の割合が64.3%と高いことから本調査の魚探反応も魚礁性の強いⅡ型種が主体であると考えられる。しかし、魚礁に対する分布特性は魚種により異なるとされることから(全国沿岸漁業振興開発協会<sup>11)</sup>)、魚種別に詳細な効

果範囲を論ずるには、漁獲調査や水中カメラなどにより集魚を確認する必要がある。

## 3. 漁獲範囲と $S_A$ 値について

当該魚礁をよく利用している漁業者への聞き取り調査によれば、マアジは魚礁直上に魚群形成するため、魚礁の外縁から15m程度までの狭い範囲を操業することが多いが、マダイ釣りでは魚礁外縁から50~60mまで操業範囲を広げるということであった。魚礁総合研究会<sup>6)</sup>は、漁獲を通してみた場合の影響範囲は魚礁から60m前後と判断してよいのではあるまいかと述べており、これは前述の聞き取り調査と一致している。今回調査した魚礁は南北約80mに分布しており(図2)、 $S_A$ 値の高い0~100mの範囲は魚礁の外縁から60m前後までにあたる。つまり、魚礁性の高いⅡ型種を中心に考えた場合、高い $S_A$ 値が得られる範囲と一本釣りの有効漁場範囲はある程度一致していると考えられる。

## 4. 天然礁との相乗効果及び集魚量の特徴について

底層部の $S_A$ 値は各視測日とも南側に比べて北側で若干高くなっている(図6)。このことを確認するため、北側測線と南側測線の同一魚礁距離における $S_A$ 値について全データを用いてマン・ホイットニー検定(帰無仮説:北側 $S_A$ 値と南側 $S_A$ 値には差は無い。対立仮説:北側 $S_A$ 値と南側 $S_A$ 値には差がある。:両側検定)したところ、0~100m、200~300m、300~400m間では5%水準で有意差は見られなかったが、その他の区間では5%水準で有意差が見られた(表3)。

表3 北側及び南側測線同一魚礁距離間の $S_A$ 値におけるマン・ホイットニー検定結果表

0-100m	100-200m	200-300m	300-400m	400-500m	500-600m	600-700m	700-800m	800-900m
x	x	○	x	○	○	○	○	○

○:5%水準で有意差あり, x:5%水準で有意差なし

前述のとおり、魚礁及び天然礁の効果範囲を300mまでと仮定した場合、範囲外の300~400m、400~500m、500~600m、600~700mでは有意差が生じないはずであるが、実際には有意差が生じている。このことは大型魚礁が天然礁と生物的に相互に関連する距離内に配置されたことで魚礁の効果範囲に影響が及んだものと考えられる。この点に関しては付着生物や甲殻類などから発生されるテンプラノイズとも言われる海中生物雑音<sup>6)</sup>が、日没時頃に岩礁域で多く聞かれ、これらの海中音を聞きうる距離は数百メートルと考えられること(魚礁総合研究会<sup>6)</sup>)、バイオメトリ調査からヒラメが夜間におよそ900mはなれた単位魚礁へ流れに逆らって直線的に移動していることやヒラメ、マダイ、ブリが視界外の単位魚礁や天然礁を伝わって移動するなど、音波刺激を効率よく利用しながら魚礁を感知している(柿元<sup>7)</sup>)などの知見からも魚礁間の相乗効果について想像されるところである。

さらに、柿本、大久保<sup>8)</sup>は新潟県沿岸水域において、ほぼ同一環境下に設置されている4~5箇所の種々な構

造の人工魚礁や天然礁の蝟集生物量を調査し、魚礁の空容積あたり蝟集生物量は、天然礁がもっとも低い値を示し、次いで1辺が1~2mの小型単体が点在配置された人工魚礁が少なく、骨組構造、面構造と呼ばれる組立型魚礁の蝟集生物量は、それらの礁よりも大幅に高い値を示し、小型単体が集中沈設された魚礁やそれに近い構造を持つ組立型魚礁はさらに高い値を示したことを報告している。秋元・山田他<sup>3)</sup>は本研究における魚礁の設置面積比を20.4%と計算している。これは、上記分類では小型単体が集中沈設された魚礁に該当するが、本研究の結果においても魚礁直近(0-100m)の平均 $S_A$ 値(5000~8000)が、天然礁直近(800-1000m)の平均 $S_A$ 値(800~1000)よりも高い値となっており(図6)、柿本の知見と一致している点で興味深い。このことについては、今後、同一海域に設置された設置面積比及び配置構造が異なる魚礁の $S_A$ 値を比較していくことで、より多くの蝟集量が期待できる魚礁構造について客観的に検証してゆくことが望まれる。

#### 5. 魚礁周辺における蝟集量の試算について

前述したとおり3月12日の調査時には魚礁周辺でマアジが中心に釣獲されている。当日、魚礁距離0~±100m間で測定された $S_A$ 値を平均すると3216( $n=3$ )となる。仮にこれらを全てマアジによる反応とした場合、魚礁中心から100mまでの円内の有効漁場面積内における魚群尾数は14,242尾、3.45トンと試算される。なお、試算は平均尾叉長25.6cm、平均体重242.5g(秋元、山田他<sup>3)</sup>)及び $TS=20\log_{10}L-66.0$ 、 $\rho=S_A/\sigma$ 、 $TS=10\log_{10}\sigma/4\pi$ (Jimmie J Traynor<sup>9)</sup>)を用いた。

増沢<sup>10)</sup>は本県湯河原町福浦地先の水深55mの砂泥域に設置された人工魚礁(1.5m角型魚礁580個、1957.5 $m^2$ )において、まき網が1巻でマアジを3~5トン程度漁獲していることを報告している。さらに、この場合、まき網は人工魚礁に付いていた1群をそっくり漁獲していることから漁獲量≒蝟集量とみなせると論じている。

本研究の対象魚礁が2949.8 $m^2$ であることを考慮すれば、今回の試算値は増沢の事例より小さいと言えるが、今回の試算は魚群の魚種構成に係る情報が乏しいため十分な精度があるとは言えず、今後さらに検討していく必要がある。

#### 6. 本調査の問題点について

EK500の海底判別の正確さは定評のあるところである。本調査ではEK500のBottom Expansion(海底の凹凸面を平坦に画像処理する機能)を用い、魚礁が海底として認識されているかを紙面上で確認している。しかし、仮に魚礁本体が海底として正確に認識されず、魚礁構造物自体が $S_A$ 値に影響を及ぼしているとすれば、本研究の結果は再検証される必要がある。

残念ながら本調査ではEK500のデータ解析装置であるBI500が使用できなかったため、modify bottom(海底線を引き直す機能)による $S_A$ の補正ができなかった。

今後、これらの分析機能を利用した類似の調査が行われることにより、魚礁周辺の蝟集量についてさらに検証されることが望まれる。

#### 摘 要

1. 計量魚群探知機を用いて大型魚礁における魚礁効果範囲を検証した。
2. 底層部で魚群量指数値( $S_A$ 値)に5%有意差が生じたのは魚礁中心部から200mまでの範囲であることから底層部の効果範囲は概ね200mと考えられた。
3. 底層部において特に高い魚群指数値( $S_A$ 値)が得られたのは魚礁中心部から100mまでであり、これはII型種を主体とする一本釣りの操業範囲と概ね一致すると考えられた。
4. 天然礁周辺海域と大型魚礁にはさまれた海域では $S_A$ 値が高くなる傾向が見られた。また、天然礁周辺海域に比べて大型魚礁設置海域では高い魚群量指数値( $S_A$ 値)が得られた。
5. 蝟集魚が確認できた3月12日調査分について、魚礁周辺(0-100m円周内)のマアジ蝟集量について試算したところ、14,242尾、3.45トンと試算された。

#### 謝 辞

本研究を実施するにあたり、みうら漁業協同組合所属利一丸(氏原新一氏)及びあまさけ屋丸(鈴木正宏氏)には魚礁における漁獲データ及び操業範囲について詳細な情報をいただきました。また、調査船さがみの奥村弘幸船長をはじめ乗組員の方々にはデータの収集に関して大変お世話になりました。ここに記して感謝申し上げます。

#### 参 考 文 献

1. 社団法人 全国沿岸漁業振興開発協会(2000):人工魚礁造成計画指針,pp225.
2. 秋元清治・鎌滝裕文(2000):大型魚礁(3タイプ)における魚礁効果,神水研報,第5号,7-15.
3. 清水詢道(1981):長井沖人工魚礁漁場における魚群分布について,神水試研報,第3号,1-7.
4. 柿元皓(1967):人工魚礁の効果範囲について,水産増殖,14(3),181-189.
5. 秋元清治・山田佳昭・鶴飼俊行(2001):魚礁類型化のための魚礁タイプ別蝟集状況調査報告書,神奈川県水産総合研究所資料,資料番号36,pp12.
6. 魚礁総合研究会(1976):人工魚礁の理論と実際(I)基礎編,日本水産資源保護協会,水産増殖養殖叢書,pp118.
7. 柿元皓(1984):新潟県沿岸域の人工魚礁における魚類の行動学的研究,新潟水試,1-152.
8. 柿元皓・大久保久直(1985):新潟県沿岸域における人工魚礁の総合的研究と事業.新潟水試,pp327.
9. Jimmy J. Traynor飯田浩二訳(1999):音響資源調査法の原理,水産海洋研究,第63巻,26-33.

10. 増沢寿(1974) : 人工魚礁の規模と魚付きの問題, 水産土木, 11, 35-40.