

潜水観察による人工魚礁の実態について—Ⅶ

枕崎市沖合海域の場合

肥後 伸夫*・吐師 弘**・高浜 一字***
田畑 静夫*・長島美知男*・迫野 豪*
上水樽豊己*・山崎 孝久*

On the Fish Gathering Effect of the Artificial Reefs
ascertained by the Diving Observation—Ⅶ

At the Off Sea of Makurazaki City

Nobio HIGO*, Hiroshi HASHI**, Ichiu TAKAHAMA***,
Shizuo TABATA*, Michio NAGASHIMA*, Suguru SAKONO*,
Toyomi KAMIMIZUTARU* and Takahisa YAMASAKI*

Abstract

Concerning the concrete block reefs and the tire reefs set at the off sea of Makurazaki City, diving observations were carried out; with the following results obtained.

- (1) The formations of both of the reefs were ascertained to be two hillock shaped, with the similar side figures shown; as to the figures of the central parts it may be said that in case of the concrete blocks it was of a saddle shape, and in case of the tire blocks, of a concaved dish shape.
- (2) On and along the concaved parts of the both reefs, dense gatherings of the big shaped migrating as well as stationary fishes were noted; especially, *Trachurus japonicus*, *Parapristipoma trilineatum*, *Apogon semilineatus* and *Plectorhynchus pictus* were numerous.
- (3) Almost all the fish schools allured towards the concrete blocks were big sized ones; while in case of the tire reefs, small sized immature fishes were numerous, the reason why the sizes of the gathering fishes were full of variety was assumed to be due to the difference in the structural features of the respective reefs; in other words, in the former cases the open spaces are big enough to let the big sized fishes be through and in the latter cases those are too small to let them be through, only letting the small ones be in.

1. 緒 言

枕崎市沖合海域に設置してある人工魚礁のうち、類以した形態をもつ2魚礁について潜水観察を実施したので、その結果について報告する。

* 鹿児島大学水産学部漁具学研究室 (Laboratory of Fishing Gear, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima, Japan)

** 深海サルベージ株式会社 (Shinkai Salvage Co., Ltd)

*** 徳島水産高等学校 (Tokushima Fisheries High School)

2. 人工魚礁の概要

枕崎市沖合の漁場面積は、漁業権内海域 $1370 \times 10^4 \text{ m}^2$, 40 m 以浅海域 $1055 \times 10^4 \text{ m}^2$, 100 m 以浅海域 $3475 \times 10^4 \text{ m}^2$ で、漁業権内はその80%近くが海底の平坦な 40 m 以浅の海域である。従って漁業権内の海域は前面に多くの天然礁をもつ絶好の魚礁設置の適地となっている。(Fig. 1).

当海域の人工魚礁の設置は昭和39年より始まる。昭和53年度までに、大型コンクリートブロック 1487 個、並型コンクリートブロック 2206 個、タイヤ魚礁 100 組が投入されている (Table 1, Fig. 2). 本研究でとりあげた魚礁は、当海域の東方寄りの並型コンクリートブロック魚礁とタイヤ魚礁である。コンクリートブロック魚礁 (S_M-1 魚礁と呼ぶ) は 1.5 m 角のもので、その個数は昭和51年の118個、昭和52年の137個である。両年度共ほとんど同一地点より投入されている。この魚礁の東方約 400 m にタイヤ魚礁 (S_M-2 魚礁と呼ぶ) がある。外径 103.5 cm のタイヤ15本 1 組の100本よりなり、昭和53年に投入された。両魚礁とも付近に小さい天然礁が存在している。

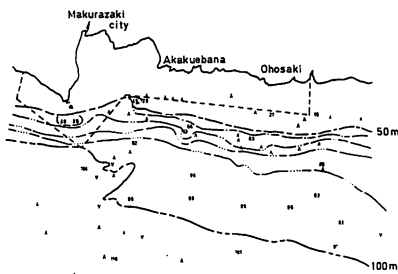


Fig. 1. Contour chart off sea of Makurazaki City.

---: The fishery rights of Makurazaki City

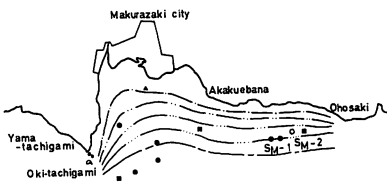


Fig. 2. Showing the position of the reefs off sea of Makurazaki City.

●: Concrete block reef ■: Natural reef
○: Tire reef ▲: Small artificial reef

Table 1. Setting progress of the artificial reefs off sea of Makurazaki City.

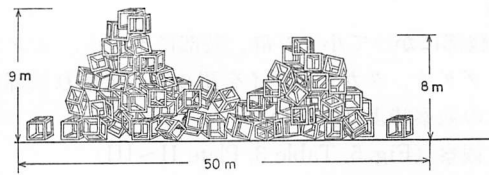
Year		37	38	39	40	43	48	49	50	51	52	53
Concrete block	Standerd type	302	130	123	172	199	311	206	248	118*	137*	—
	Large type	—	—	—	—	—	—	745	742	—	—	—
Tire		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100**

* S_M-1 reef ** S_M-2 reef

3. 観 察 結 果

3-1. S_M-1 魚礁 (Fig. 3~5)

昭和55年 3 月12日の測量によると、Fig. 5 に示すように、長さは東西方向に約 50 m, 南北

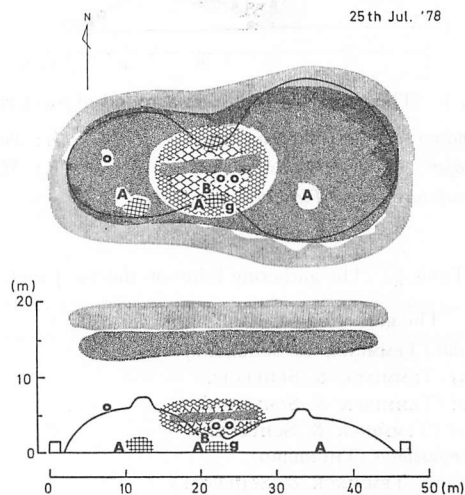
Fig. 3. Schematic drawing of S_M -1 reef.

方向に約 20 m である。約 8 m と約 7 m の 2 つの頂部を有し、中央に高さ約 2 m の鞍型の凹みを有する 2 山型である。昭和 53 年 7 月 2 日観察時に作成したふかん図を Fig. 3 に示す。ブロックの毀損状態は 1 部に圧潰と亀裂を認める程度。埋没は 10~15 cm。付着生物はフジツボが表面積の約 90% に付着している他、ウミトサカ、オニクサを認めた。

魚群の蟄集状態は次の通りである。

昭和 53 年 7 月 25 日観察 (Fig. 4, Table 2, Plate I-A~D)

認めた魚種は Table 2 に示す 11 種である。まず礁上 15~20 m の層にキビナゴ、その直下に小アジ、共に棲みわけして群泳。頂部付近にはネブツダイ群が占位し、大型魚は観察せず。鞍部は魚種・魚群量共に最も多く、主な魚種として、イサキ、ネブツダイ、小アジ、イシダイ等があげられる。いずれもブロック内からブロック上 0.5~1 m の範囲に主として群泳。イシダイは 2~3 尾ずつ群れをなし、鞍部から頂部の中程にかけて占位。裾部にはイサキ、ネブツダイ、ニザダイ、コショウダイ、ブダイが、ブロックの奥にクエの大・中型魚を認めた。鞍部付近のイサキは大群をなし、ネブツダイと共に、この部位に最も多い。なお水中テレビにより、コショウダイの大型魚がネブツダイを捕食する光景を記録した。

Fig. 4. Schematic gathering condition around of S_M -1 reef.

- | | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| ⊗: <i>Apogon semilineatus</i> | ●: <i>Spratelloides japonicus</i> | ●: <i>Trachurus japonicus</i> |
| ⊠: <i>Plectorhynchus pictus</i> | △: <i>Parapristipoma trilineatum</i> | A: <i>Epinephelus</i> sp. |
| B: <i>Chrysophrys major</i> | g: <i>Prionurus microlepidotus</i> | o: <i>Oplegnathus fasciatus</i> |

昭和53年9月27日観察

礁上5~6m付近から鞍部にかけて小アジ群、鞍部にイサキ、ネンブツダイ、イシダイ、裾部にクエ、ニザダイ、ブダイ、タカノハダイを認めた。矢張り鞍部における密度が最も高いが、その魚群量は7月の観察時より少ない。

昭和55年3月12~13日観察 (Fig. 5, Table 3, Plate II~III)

Fig. 5 に示すように、頂部より鞍部にかけてイサキの密群、鞍部付近にモンツキ、コショウダイ、カゴカキダイ、イシダイ、ブダイ、裾部にタカノハダイ、イシダイ、クエを主に観察した。このうちイサキは体長20~25cmの成魚で、密度が高く、特に鞍部で高い。ネンブツダイは頂部から鞍部までの間に占位している。ブロック内に群をなし、ほとんど移動しない。時にブロック上でイサキと混棲している。

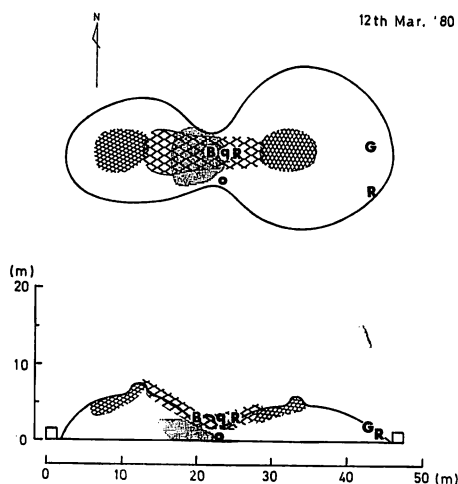


Fig. 5. The gathering condition around of S_M-1 reef.

- ※: *Apogon semilineatus* ●: *Lutjanus russelli* †: *Parapristipoma trilineatum*
 B: *Chrysophrys major* G: *Goniistius zonatus* R: *Microcanthus strigatus*
 o: *Oplegnathus fasciatus* q: *Plectorhynchus cinctus*

Table 2. The gathering fishes on the S_M-1 reef.

The gathering fishes	Fork length (cm)
<i>Apogon semilineatus</i> (TEMMINCK & SCHLEGEL)	7~10
<i>Callyodon ovifrons</i> (TEMMINCK & SCHLEGEL)	30~40
<i>Chrysophrys major</i> (TEMMINCK & SCHLEGEL)	10
<i>Epinephelus moara</i> (TEMMINCK & SCHLEGEL)	5~7
<i>Epinephelus septemfasciatus</i> (THUNBERG)	50~80
<i>Oplegnathus fasciatus</i> (TEMMINCK & SCHLEGEL)	25~30
<i>Parapristipoma trilineatus</i> (THUNBERG)	25
<i>Plectorhynchus pictus</i> (THUNBERG)	50
<i>Prionurus microlepidotus</i> (LACEPEDE)	20~25
<i>Spratelloides japonica</i> (HOULTUYN)	5~7
<i>Trachurus japonica</i> (TEMMINCK & SCHLEGEL)	10~15

Table 3. The gathering fishes on the S_M-1 reef.

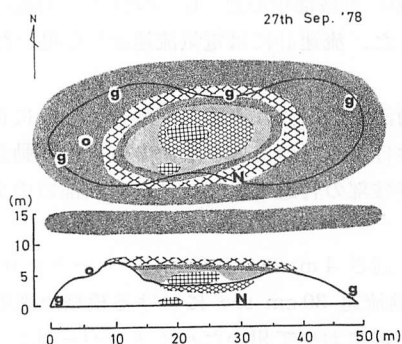
The gathering fishes	Fork length (cm)
<i>Parapristipoma trilineatum</i>	20~25
<i>Lutianus russli</i>	20~30
<i>Plectorhynchus cinctus</i>	30~40
<i>Microcanthus strigatus</i>	15
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	—
<i>Calotomus japonicus</i>	70
<i>Goniistius zonatus</i>	35
<i>Epinephelus moara</i>	40~50

3-2. S_M-2 魚礁 (Fig. 6, Table 4, Plate I~E~H)

昭和53年9月26日の測量による魚礁の形態は、Fig. 6 に示すように、S_M-1 魚礁と酷似している。長さは東西方向に約 50 m, 南北方向に約 25 m で、7 m と 5 m の高さの頂部と 2 m の高さの鞍部をもつ 2 山型である。但し鞍部の中央部付近は深さ約 1 m の皿形状の凹みとなっている。損傷はみられず、各組とも完全な固縛状態である。埋没はほとんどない。付着生物は投入後 6 ヶ月目の昭和53年9月27日で既に小型のフジツボが表面の約80%に付着していた。

魚群の蟄集状態は、昭和53年9月27日の観察で Table 4 に示す10種の魚群を認めた。まず礁上 5~10 m に小アジ群、高さ 7 m の頂部付近にインダイ、頂部から鞍部にかけて体長約 5 cm のイサキ、マダイ、アジ、ネンブツダイの各幼魚群、鞍部上にコショウダイ、裾部にはコショウダイ、アラ、フエフキダイ、タカノハダイ、ネンブツダイ等を観察した。鞍部上の空間に占位する各幼魚および小型魚は明瞭に棲みわけしているが、この中でイサキは最も密度が高くその占位空間も広い。

この魚礁の東方約 40 m に 1 本釣で利用している高さ約 1 m の天然礁がある。フジツボ、ウミトサカ、ヤギ類等の付着生物は豊富であるが、魚群はイサキの成魚の小群とハタ類を少数尾認めたに過ぎない。

Fig. 6. The gathering condition around of S_M-2 reef.

- ⊞: *Apogon semilineatus* ●: *Chrysophrys major* ⊙: *Trachurus japonica*
 ⊞: *Plectorhynchus pictus* ⊠: *Parapristipoma trilineatum* N: *Lethrinus sp.*
 g: *Prionurus microlepidotus* o: *Oplegnathus fasciatus*

Table 4. The gathering fishes on the S_M-2 reef.

The gathering fishes	Fork length (cm)
<i>Apogon semilineatus</i> (TEMMINCK & SCHLEGEL)	7~10
<i>Chrysophrys major</i> (TEMMINCK & SCHLEGEL)	7~10
<i>Girella punctata</i> (GRAY)	20~25
<i>Goniistius zonatus</i> (CUVIER & VALENCIENNES)	30~40
<i>Lethrinus haematopterus</i> (TEMMINCK & SCHLEGEL)	30
<i>Nippon spinosus</i> (CUVIER & VALENCIENNES)	—
<i>Oplegnathus fasciatus</i> (TEMMINCK & SCHLEGEL)	25~30
<i>Parapristipoma trilineatum</i> (THUNBERG)	7~10
<i>Plectorhynchus pictus</i> (THUNBERG)	50
<i>Trachurus japonica</i> (TEMMINCK & SCHLEGEL)	10~15

4. 考 察

4-1. 魚礁の形態と魚群の蟄集状態

観察した両魚礁は、いずれも 2 山型で、中央部に鞍型の凹みを有する。魚礁の頂部および鞍部に突出した単体の凸部をとり滑らかな曲面とすれば、例えば S_M-1 魚礁は Fig. 7 にみえるような双曲放物面状の形をもつ。この形態は両頂部の中間に形成される面および空間が鞍型をとるため、生物の生息密度が高くなる Théorie des Catastrophes' 的論義が可能となる。実際に潜水して観察した魚群の蟄集状態の結果を集約してみると、両魚礁共、鞍部の付近に高い密度群をみることが出来た。この現象は筆者らの行なった観察でも多くみられたものである^{1), 2), 3), 4)}。魚群の蟄集要因としては、後述する渦流説、餌料効果説、逃避目標説等もあげられるが⁵⁾、この魚礁の場合は、魚礁の形態そのものに誘引される本能的効果を第 1 次的要因としてあげることが出来よう。

4-2. 潮流と魚群の蟄集状態との関係

S_M-1 魚礁の両頂部 (A, B) と鞍部中心点 (C) の直上に潮流の測定点を設け、各水深層における流速・流向を測定した。流速計には電流速計*を用いた。測定値を Table 5 に示す。その結果、

- (1) 潮時における表層流と底層流は流速が異なり、一般に後者が遅い。
- (2) 憩流時の前後における各層の流速・流向の値には変動がみられる。
- (3) 魚礁の頂部および鞍部の付近では減速域が、鞍部の中央付近では止水域が形成されている。

以上の実測値とは別に、高さ 4 m の 1 山型コンクリートブロック魚礁の 1/10 模型について水槽実験を行ない、実験流速 30 cm/sec. における模型魚礁周辺の流速を測定し、併せて流線を観察した。なお本実験において用いたパイジンバーはレイノルズ数である⁶⁾。実験時の流速、動粘性係数、代表長さを u, ν, l 、実物の場合の夫々を u', ν', l' とすると、レイノルズ数 (N) は

* 東邦電探 KK 製, CM-2 型

Table 5. Observed values of current above the reefs.

Time of the observation Position of the observation	11 ⁰⁰ ~11 ¹⁰ B	11 ²⁰ ~11 ²⁷ A	11 ³⁰ ~11 ²⁷ B	11 ⁴⁵ ~11 ⁵⁵ C	12 ³⁸ ~12 ⁴⁵ A	12 ⁵⁰ ~13 ⁰⁵ B
Depth (m)	Dire. (°) Velo. (m/sec)	Dire. Velo.	Dire. Velo.	Dire. Velo.	Dire. Velo.	Dire. Velo.
2	174 0.008	190 0.05	— —	190 0.05	263 0.13	279 0.13
5	167 0.03	200 0.06	— —	228 0.05	266 0.13	280 0.1
10	248 0.12	246 0.07	— —	243 0.05	265 0.1	280 0.1
15	259 0.08	208 0.07	— —	258 0.09	269 0.1	280 0.1
20	217 0.06	270 0.08	— —	243 0.07	260 0.1	283 0.09
25	182 0.03	247 0.08	— —	255 0.07	260 0.1	279 0.09
30	213 0.04	148 0.09	125 0.05	256 0.06	230 0.12	276 0.09
35	185 0.03	160 0.08	143 0.05	213 0.06	190 0.8	235 0.09
36	149 0.06	157 0.08	— —	194 0.03	253 0.05	— —
40	— —	— —	— 0.0	— —	— —	— 0.0
41	— —	— —	— 0.0	— —	— —	— 0.0

A, B, C, Sec Fig. 7

$$N = \frac{l \cdot u}{\nu} = \frac{l' u'}{\nu'} \quad \text{故に} \quad u' = \frac{\nu'}{\nu} \cdot \frac{l}{l'} u$$

ここで $\nu = 1.388 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$ (清水 8°C)

$\nu' = 1.150 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$ (海水 16°C)

$l' = 4\text{m}$, $l = 0.4\text{m}$ であるので

$$u' = \frac{1.150 \times 10^{-6}}{1.388 \times 10^{-6}} \cdot \frac{0.4}{4} = 0.085 u$$

従って $u' = 2.6 \text{ cm/sec}$ となる。

実験の結果、減速域は魚礁の後方に大きく形成され、魚礁の下流側の底部では、実測の場合と同様に止水に近い状態となる。また頂部の下流側の流線は剥離状態となり、渦流が大きく生じ、魚礁より下流の減速域は渦流域でもあることを認めた。即ち魚群が多く蟄集する魚礁の減速域は渦流域であることがわかる。

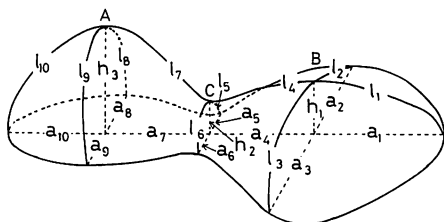
4-3. 魚礁規模と魚群の蟄集状態との関係

魚礁規模は魚礁の容積，表面積，底面積，断面積で代表される。S_M-1 魚礁について夫々の値を求めてみる (Table 6)。

(1) 魚礁容積

魚礁面は楕円面に以た曲面をとることが観察によりわかったので、Fig. 7 に示すように魚礁全体を 1/8 楕円体の集合体として考え、下式から各 1/8 楕円体の容積 (V) を求め、その総和を魚礁容積とした。

$$a = l \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - \left(1 - \frac{h^2}{l^2}\right) \sin^2 \theta} d\theta$$

Fig. 7. Schematic view of S_M-1 reef assume that smooth surface.Table 6. The volume and the area of S_M-1 reef.

Length of the ridge lines (m)	Observed value		Calculated value			
	Height (m)	Length of the bottom lines (m)	Volume (m^3)	Surface area (m^2)	Bottom area (m^2)	Lateral cross sectional area (m^2)
l_1 14.0	h_1 4.5	a_1 12.4	2034.3	849.1	605.6 (463.3)	181.1 (137.8)
l_2 14.0		a_2 12.4				
l_3 11.0		a_3 9.1				
l_4 5.0	h_2 2.0	a_4 11.6				
l_5 5.0		a_5 3.5				
l_6 13.3	h_3 6.0	a_6 3.5				
l_7 11.9		a_7 9.0				
l_8 11.0		a_8 8.0				
l_9 9.0		a_9 5.5				
l_{10} 13.0		a_{10} 10.3				

(): Tire type reef

$$V = \frac{1}{8} \times \frac{4}{3} \pi l_1 l_2 h$$

ここで a は楕円の周長, l は軸長, h は高さ, l_1, l_2, h_1 はある 1/8 楕円体の直交する夫々の軸長と高さを示す. Table 6 に示す l, h の各実測値を代入し, 夫々の 1/8 楕円体の容積を求めた結果, 魚礁容積は $2034.3 m^3$ となる. なおこの計算では, 突出したブロックの単体を頂部, 鞍部および裾部の周辺に多く認められたので, 夫々の測定値から 2 m を差引いて計算した.

(2) 魚礁表面積

S_M-1 魚礁の底面積を 20 cm 4 方に区切り, 魚礁の表面積を数値積分法により求めた.

(3) 底面積・断面積

Fig. 4 および Fig. 6 に示す 2 魚礁の形態図より, 夫々の面積を求めた. 求積にはプランメーターを用いた.

ここで以上の計算結果からみた両魚礁の規模と音響測深儀の記録による魚群の蜆集断面積を比較すると, 標準級の容積をもつ S_M-1 魚礁に比し S_M-2 魚礁は, 底面積, 断面積が共に 76% と小さい値をとるが, 音響測深儀の記録からみた魚群の収容能力* は逆に大となってい

* 魚礁上の魚群の断面積: S_M-1 魚礁 $241 m^2$, S_M-2 魚礁 $269 m^2$

る。勿論、記録より判定する魚群量の推定法および記録される魚群の種類、魚体は魚礁により一様ではないので、記録上の魚群の蛸集断面積を即魚群の収容能力の基準とするのには問題がある。しかし、水中観察により少からず上述のような判断は妥当であると考えた。

このように S_M-2 魚礁が魚群を多く蛸集させている理由は、内径 51 cm、深さ 135 m の大きな 3 個の穴をもつ単体そのものの構造にもよるものと考ええる。この単体が積み重ねられた場合、夫々の穴は方向と高さが異なり、魚にとっては恰好の逃避目標となり、また生息の場となる。近距離に設置されているコンクリートブロックの S_M-1 魚礁や天然礁より若年魚の蛸集効果の点で特に優れているのは、以上述べた単体の構造と皿型の凹みをもつ魚礁全体の形態によるためと考える。

今回の潜水観察の結果より、鞍型および皿型の凹みをもつ魚礁形態は、高い魚群の蛸集効果を発揮することを確認した。このような形態をもつ魚礁は、曳網や旋網のような漁獲性能の優れた漁具にとっては操網が困難であると同時に、仮りに漁具でもって魚礁をおおっても、魚群が逸出出来るような形となっており、種々の点で優れているものと云える。今後は鞍型の形態と魚群の蛸集状態との関係について研究の展開をはかりたい。

5. 要 約

枕崎市沖合に設置されているコンクリートブロック魚礁とタイヤ魚礁について潜水観察を実施した結果、次のような知見を得た。

- (1) 両魚礁の形態は、側面形状の酷似した 2 山型であるが、中央部分の形状が、コンクリートブロック魚礁では鞍型、タイヤ魚礁では皿型の凹みをなしている。
- (2) 両魚礁のこの凹みの部分には、回遊性、定座性の大型魚および小型魚が密群をつくる。特にイサキ、ネブツダイ、アジ、コショウダイが多い。
- (3) コンクリートブロック魚礁に蛸集している魚群はほとんど成魚が多い。特にイサキ・マダイは顕著である。このように蛸集魚の体型に差があるのは、魚礁の個体の構造が異なるためであろう。

本研究は、昭和53年度では枕崎市役所および同市漁業協同組合の依頼により、また昭和54年度では文部省科学研究費により実施したものである。実施にあたり御助力をいただいた枕崎市役所水産課長を始めとする課員各位および同市漁業協同組合の松尾組合長を始めとする職員ならびに組合員各位に対し深くお礼申し上げる。更に研究の推進に当り御協力を賜った南薩区水産業技術改良普及所の加塩所長始め所員各位に深甚なる謝意を表する次第である。また魚礁の容積および表面積の求積法については、鹿児島大学水産学部講師菊川浩行氏の指導をいただいた。併せて厚くお礼申し上げたい。

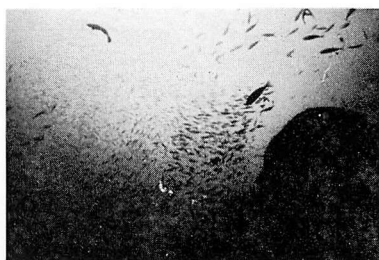
文 献

- 1) 肥後伸夫・長島美知男 (1978)：潜水観察による人工魚礁の実態について—II. 鹿児島大学水産学部紀要, 27, (1), 117~130.
- 2) 肥後伸夫・吐師 弘・田畑静夫・上水樽豊己 (1979)：潜水観察による人工魚礁の実態について—III. 鹿児島大学水産学部紀要, 28, 91~105.

-
- 3) 肥後伸夫・田畑静夫 (1979) : 潜水観察による人工魚礁の実態について—IV. **28**, 107~117.
 - 4) 肥後伸夫・吐師 弘・後藤真宏・田畑静夫・柿本 亮 (1980) : 潜水観察による人工魚礁の実態について—V. **29**, 23~35.
 - 5) 魚礁総合研究会 (1976) : 人工魚礁の理論と実際—I. 日本水産資源保護協会, 33~39.
 - 6) 江守一郎・D. J. シューリング (1973) : 模型実験の理論と応用・技報堂, 東京.



A



E



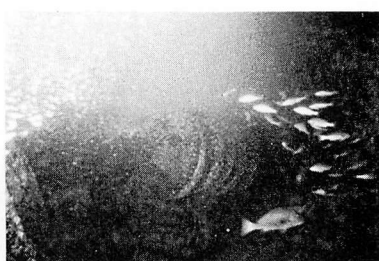
B



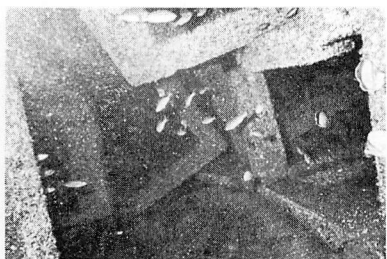
F



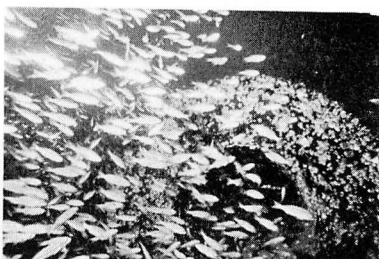
C



G



D



H

Plate I. The artificial reef off sea of Makurazaki City, Jul. '78.

A~D: S_M-1 Reef E~H: S_M-2 Reef

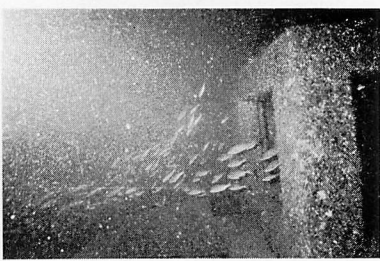
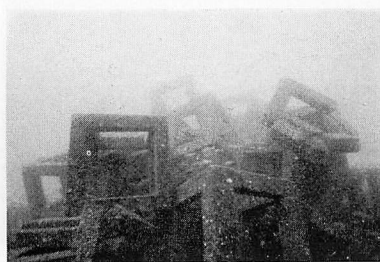


Plate II. The artificial reef off sea of Makurazaki City, Mar. '80.

S_M-1 Reef

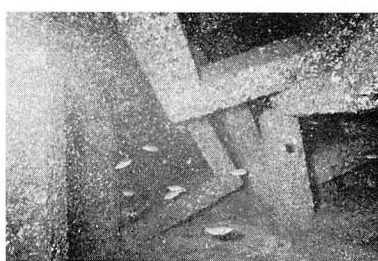
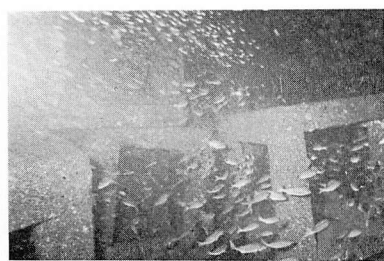
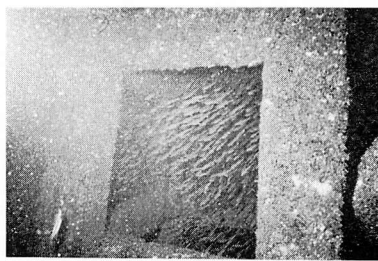
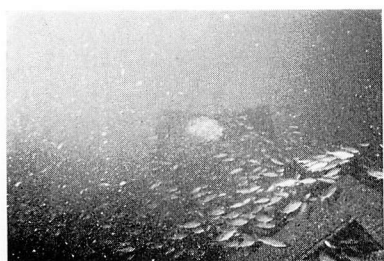
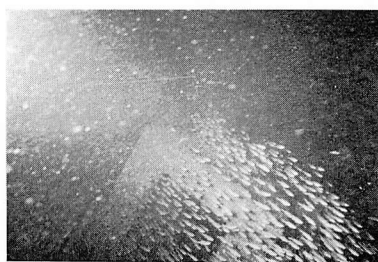
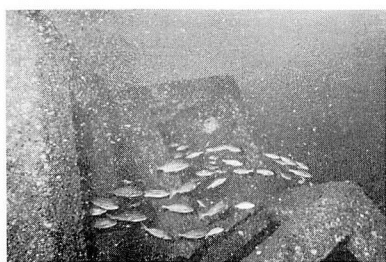
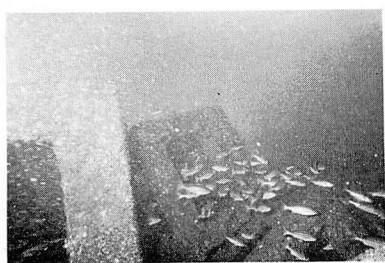


Plate III. The artificial reef off sea of Makurazaki City, Mar. '80.

S_M-1 Reef