

潜水観察による人工魚礁の実態について—I

沖縄県勝連半島周辺海域の場合

肥 後 伸 夫*

On the Fish Gathering Effect of the Artificial Reefs ascertained by the Diving Observation—I. At the Off Sea of the Katsuren Peninsula in Okinawa Prefecture

Nobio HIGO*

Abstract

The outline of the observation carried out the three sorts of materials, by diving about the artificial reefs for fishes made of concrete block, sunken boat and drum, laid out at the sea bottom in the neighborhood of the Katsuren Peninsula in Okinawa Prefecture, is as follows.

1) As the natural reefs are low, the concrete block reefs, which are general piled, are set low and flatly crowded here. And as the result of the repeated observations the effective area of the reefs are calculated to be 193.2~272.9 m².

2) It was ascertained that the wider is the effective area the better is the fish school gathering-effect, while the quantity of the attached marine life, such as sea-weeds, aystor, urchn e. t. c., is not necessarily in tune with the gathering effect.

3) The fish-school-gathering-effect in drum reef is superior to that in concrete reef. In case of the sunken boat reef, the number of the gathered fish is artificial larger than in case of the other reefs, but the size of the fish is small.

1. 緒 言

人工魚礁については数多くの研究発表があるが、それらの研究内容は集魚機構 (1966)¹⁾ 他、水理構造 (1965)²⁾ 他、魚礁力学 (1965)³⁾ 他、生産効果 (1967)⁴⁾ 他など多岐に亘っている。また潜水観察も各県水産試験場を始めとして外国 (1968)⁵⁾ でも盛んに行なわれ、その利用と効用について、また魚族の生態について可成り詳細な報告がなされている。しかし魚族の集魚効果は設置箇所の環境条件や材料等の相違により、相当に異なってくるので、人工魚礁の諸々の基本設計については、いずれも未だその核心にふれていないようである。

本研究は、多くの人工魚礁の水中観察により、法則性をもった魚礁設置に関する材料と構成の選択方法を見出すため計画したもので、手始めに、沖縄県の金武湾と中城湾の境に位置する勝連半島周辺海域に設置されている多くの人工魚礁の中からコンクリートブロック、ドラム缶、沈船を材料とした3種の人工魚礁について直接潜水し、魚礁の構成、生物の付着度および魚群の集魚状況などについて比較検討した。

* 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)

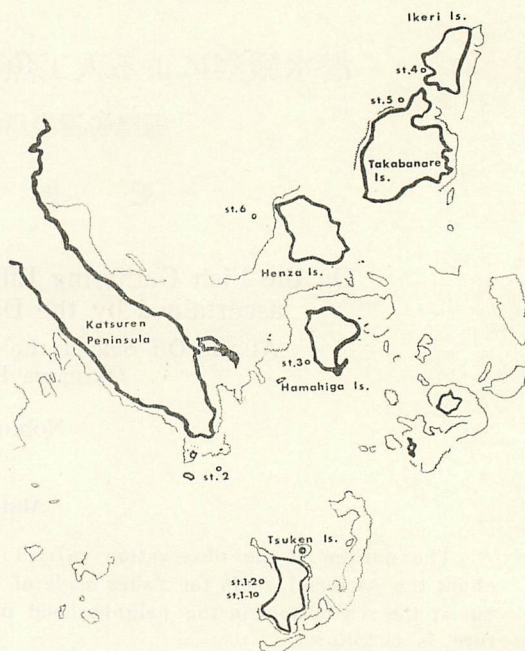


Fig. 2. The outline of the position of the artificial, laying reefs at the sea bottom in the neighborhood of the Katsuren Peninsula.

Table 1. Showing the state of the artificial reefs laying at the sea bottom and the date of the diving observation to that reefs.

Reef St.	Position		Depth	Year of	Material	Number	Date of Observation h : m	
	N (°—′—″)	E (°—′—″)	(m)	Setting	of reef	of reef		
1-1	26-14-50	127-56-05	12	1964	Concrete block	200	14 Apr.	1974 15:00
1-2	26-15-07	127-56-10	10	1964	Drum	67	14 "	" " 10:30
2	26-16-57	127-55-30	8	1966	Concrete block	76	15 "	" " 10:00
4	26-23-09	127-59-33	9	1966	Concrete block	74	6 May	" " 10:00
5	26-22-38	127-59-00	8	1964	Sunken boat	1	6 "	" " 14:50
6	26-20-56	127-56-18	7	1967	Concrete block	54	7 "	" " 12:30

当海域には 10 箇所及以上の人工魚礁が設置してあるが、今回はそのうち 7 箇所（1 箇所は天然礁）を観察した。人工魚礁の場所及び観察日時を Table 1 に示す。これらの人工魚礁は夫々 Fig. 1, 2 に示すように、サンゴ裾礁内の略同一環境条件下にあるとみてよい。魚礁の材料が 3 種類と異なっており、また同じコンクリートブロック魚礁（以下ブロック魚礁と呼ぶ）でも設置状況が異なっている点、比較するのに好都合に出来ている。観察した内容は設置状況（箇数、長さ、高さ、埋没状況）、付着度（サンゴ類、カキ、ガンガゼ等）、魚群の蟄集状況（魚種、魚体、蟄集密度等）で、写真撮影（ニコノス使用）と水中テレビ撮影（日本コロンビア製 DHS-5 型）を併用した。魚礁の

探索には魚群探知機（古野電気製，FG-11-3-A 型）を用いた。

3. 観 察 結 果

(1) コンクリートブロック魚礁

観察の対象としたこの種の魚礁は4箇所で、大型のものと並形のものとが用いられている。大型は1.2 m 角で0.6 m 平方の角窓を、並形は1 m 角で0.4 m 平方の角窓を夫々各面に1箇所ずつ計6箇所を有するブロック魚礁である。前者は Fig. 3 に示した St. 1-2, St. 2 に、後者は St. 4, St. 6 に夫々設置されている。各魚礁の立地条件はこれらの設置図でもわかるように、いずれも入江の沖合か、リーフや島嶼に囲まれた陸岸近くに設置されており、水深10 m 以浅である。設置形状は夫々の水中写真図の Fig. 4 に示すように比較的密集した形をとり、その全長は37~70 m の範囲である。St. 1-2 のものは2段積みの塊状であり (Plate 1), その他は St. 2 が逆L型, St. 4 がS型といずれも略直線状に並ぶが、St. 6 は図示するようにU型と略2列に配列されている。St. 1-2 を除いて2段積みは少ないが他は比較的密集した形となっている (Plate 2)。しかし St. 6

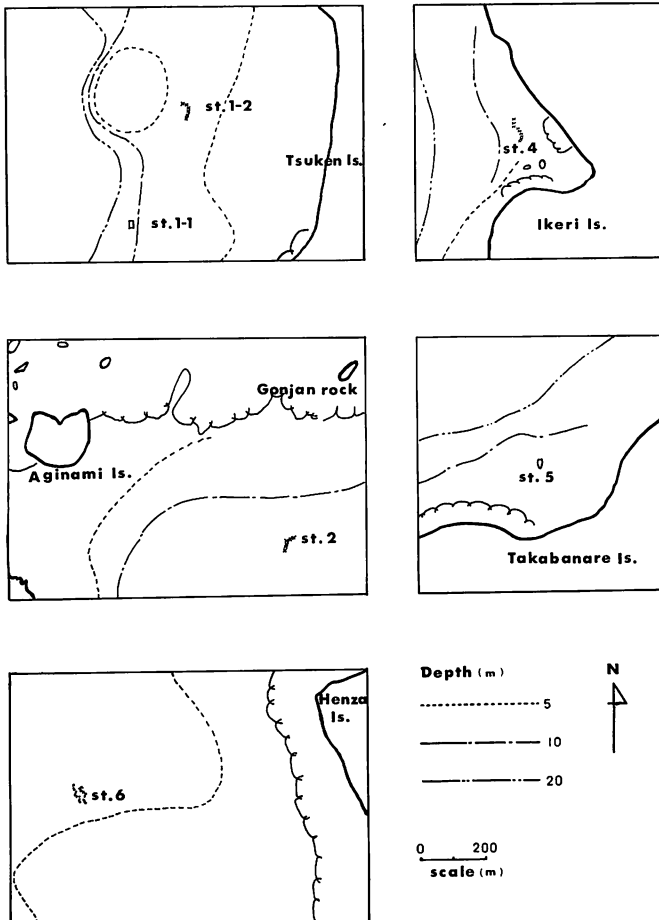


Fig. 3. Showing the condition and the scale of the reefs.

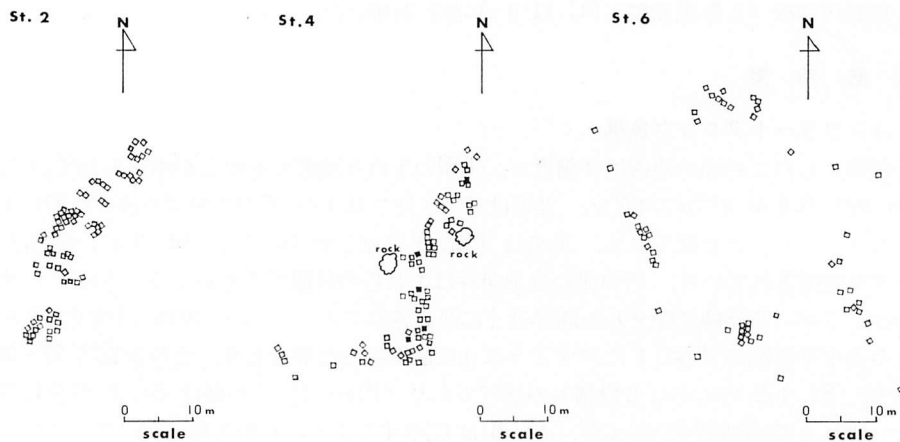


Fig. 4. Setting configuration of the concrete block reefs (St. 2, 4, 6).

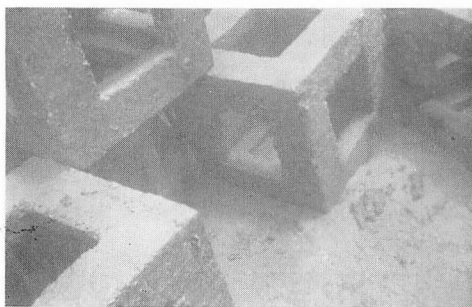


Plate 1 The state of a piling of the concrete block reef (St. 1-2).



Plate 2 Arrangement of the concrete block reef (St. 4).



Plate 3-1 Showing the Oyster and the Comatulid attached the surface of the concrete block reef (St. 6).



Plate 3-2 Showing the Coral attached the concrete block reef (St. 2).

は全て単体で並び、単体間隔は他に比し広い。埋没の深さは St. 2 の場合を除いて少なく、最も深いもので 15~20 cm 程度で、むしろ全く埋没していない状態が多い。これは底質が堅い砂であることと、潮流が遅いことによるものであろう。St. 2 は底質砂で1部が 30 cm 程度埋没して傾斜したものがあ、現在埋没進行中とみてよい。生物の付着状態は Table 2 に示すサンゴ類、カキ類が殆

んどで、藻類は少ない。前二者については、いずれも側面に多いが、上面には殆んどなく、平滑な観を呈している。これは設置経過年数が6～7年と短いためであろう。しかし魚礁によってこれらの付着度に顕著な差が認められ、カキでは St. 2 が最も多く、St. 1-2 が最も少なかった (Plate 3)。この他ウミシダ類 *Comatulid* も付着しており、またガンガゼ *Dladema setosum* (LESKE) が側面から魚礁至近の海底上に多く群棲していた (Plate 4)。Table 2 は魚礁に付着したサンゴ類とカキ類の種類と付着状況を示したものである。

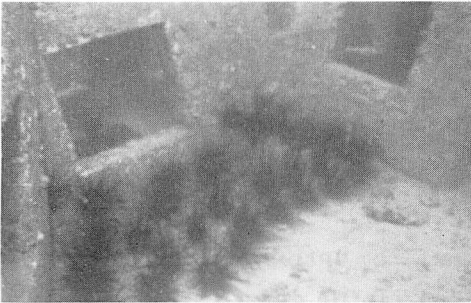


Plate 4 The School of the *Diadema setosum* in the concrete block reef (St. 4).

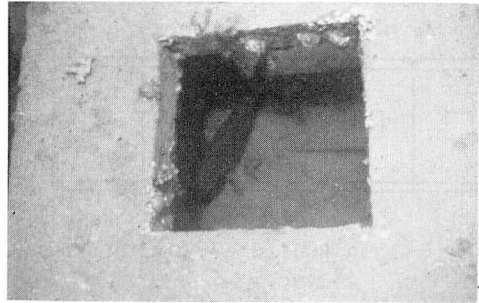


Plate 5 The concrete block reef and a *Epinephelinae* sp. in the concrete block reef (St. 4).

魚群の集結状況は St. 1-2 にヤマトカマス *Sphyræna japonica* (CUVIER *et* VALENCIENNES) の可成りの群 (推定 200 尾以上) が、St. 4 に小アジ *Carangidae* sp. の密群が礁上 2～3 m 層を群泳し、いずれもゆっくりした速さで移動しているのを認めた。また尾数は少ないが、大型のハタ類、カワハギ類が時折、魚礁に接近し、また St. 4 のように礁内に潜んでいる場合もあった (Plate 5)。小型魚は比較的多く、スズメダイ *Chromis notatus* (TEMMINCK *et* SCHLEGEL)、チョウチョウウオ *Chaetodon collar* (BLOCH)、ハタタテダイ *Heniochus acuminatus* (LINNE)、フグ類等が認められた。

Table 2. Showing the species of the attached marin life to the artificial reefs

Coral		Oyster	
Specise	Degree of the amount	Specise	Degree of the amount
<i>Acropara</i> sp.	1 (Max)	<i>Lopha cristagalli</i> (LINNE)	1
<i>Millepera lenera</i>	2	<i>Saxostrea echinata</i>	
<i>Favia</i> sp.	3	(QUOY <i>et</i> AIMARU)	2
<i>Poriles</i> sp.	4	<i>Pleria penguin</i> (RODING)	3
<i>Millepora</i> sp.	5		
<i>Pachyseris rugosa</i>	6		
<i>Fungia taria</i> (LAMARCK)	7		
<i>Stylophora pistilata</i> (ESPER)	8		
<i>Goniopra planulata</i> (EHRENBERG)	9 (Min)		

(2) ドラム缶魚礁

この魚礁は Fig. 3 に示すように津堅島の西方、水深 12 m にあり、St. 1-2 のブロック魚礁の

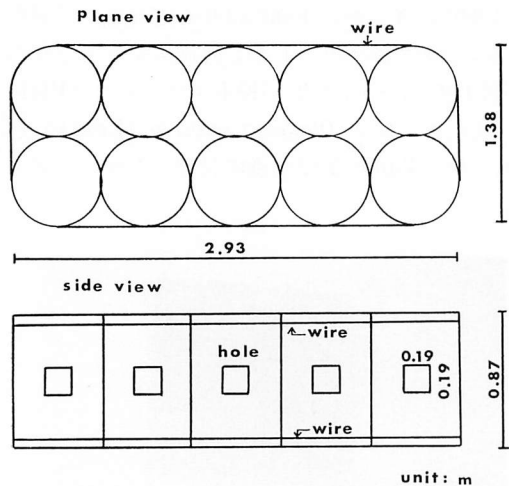


Fig. 5. Main dimension of the drum reef.

南方に位置している。Fig. 5~6 に示すように、ドラム缶 10 本を 1 組としたもの 20 組計 200 本よりなり、個々のドラム缶は胴部の略中央に 19 cm 平方の 1 箇の窓があり、上部の蓋はない。各組とも 5 本ずつ 2 列に並び、全体を 2 本の鋼線で熔接緊締してある。Plate 6 のように、殆んど密集し、直立した状態に設置されているが、1 組だけは他の魚礁に倒れかかって、2 段積み形となったものもあり、また 1 組は 6 本と 4 本に分離していた。投入時はドラム缶の中に米糠 1/3、割石 2/3 をつめた記録にあるが、現在は小石 1~2 箇をみるだけである。埋没は全くなく、軽量の割に安定した状態で直立していた。略五角形をなすこの魚礁の長

さは最も長い対角線で 20 m ある。ドラム缶は錆びてはいるものの腐蝕はさほど進行していない。カキおよびサンゴ類の付着がみられるが、カキは外面より内面に多く、その最も多いものでドラム缶 1 箇当り 20 箇程度である。ガンガゼはドラム缶の内部にみられる他は 1 部魚礁至近の海底上に群棲していた。魚群の娯集状態はヤマトカマスの大群が礁の周囲 20~30 m を、また魚礁上にはタカサゴ *Caesiiochrysozonus* (CUVIER et VALENCIENNES) 500 尾以上の群が塊状または帯状に群泳していた。この他ニザダイ *Prionurus microlepidotus* (LACEPEDE), アマミスズメ *Chromis isharae* (SCHMIDT) の小型群が多数認められた。

(3) 沈 船 魚 礁

Fig. 3 に示すように高離島北西方の入江の略中央に位置し、距岸約 250 m、水深 8 m の砂地に設置されている。Plate 7 はその航空写真である。沈船は Fig. 14 に示す全長 17 m の木船で、船首を略南にむけ、船上にはさし渡し 30~40 cm の割石が山状に積まれ、その高さは約 2.5 m で

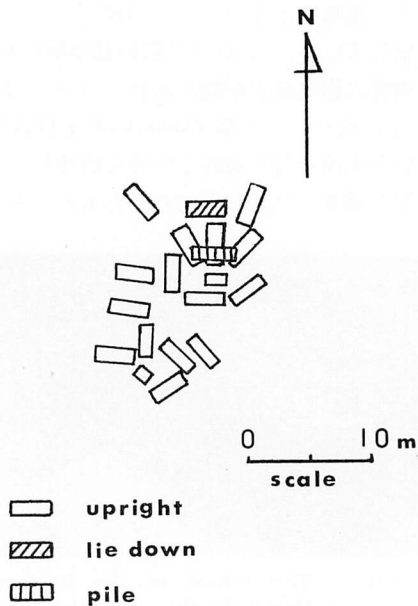


Fig. 6. Setting configuration of the drum reef.



Plate 6 Showing the dram reef (St. 1-1)

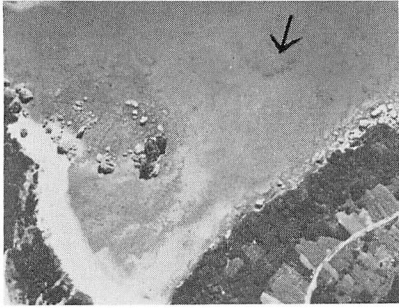


Plate 7-1 An air photograph of the concrete block reef (St. 4)

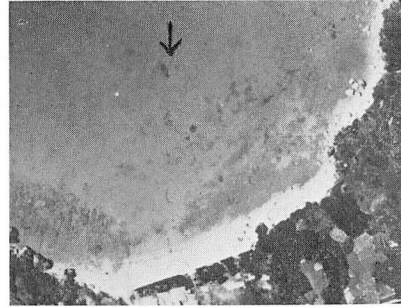


Plate 7-2 An air photograph of the sunken boat reef (St. 5)

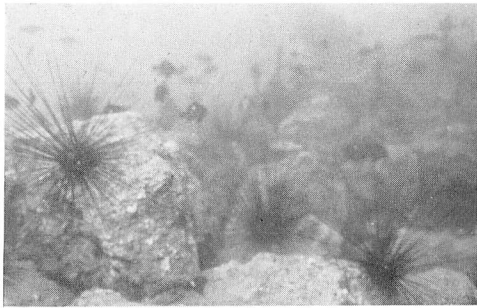
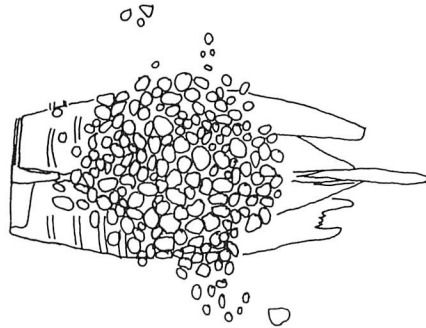


Plate 8 A school of fish on the sunken boat reef (St. 5).

plane view



side view

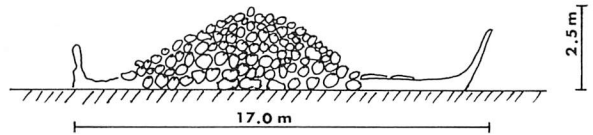


Fig. 7. Setting configuration of the sunken boat reef.

ある。魚礁は船首尾の2箇所に船首尾線に直角方向にワイヤーで固定してある。沈船は船首尾材の1部が佇立している他は木板の腐蝕が甚しく、底肋骨、船底外板、縦通材を1部残すのみである。そのため山積みされた割石の1部が船外に溢出していた。

付着生物は沈船にはほとんどみられないが

割石上に多くのガンガゼと少数のカキ類、とサンゴ類がみられた。ガンガゼは割石上にちらばった形で棲息しており、沈船の周囲にもみられた。魚群の蜆集状態は、小型魚が非常に多く密集群泳し、目視では1m平方当り約10~15尾で、将にお花畑のような観を呈していた (Plate 8)。チョウチョウオ、アブラヤッコ *Centropyge tibicen* (CUVIHR *et* VALENCIENNES), ヘラルドコガネヤッコ *Centropyge heraldi* (WOODS *et* SCHULTZ), イシモチ *Apogonichthys Carinatus* (C. *et* V.), ミツホシクロスズメ *Tetydrachmum trimaculatum* (RÜPPEL) 等が多く、体長は約5~15cmであった。これらの魚は割石上30~50cm、時には1m位の高さまで遊泳し、割石間を出入するものも多い。大体魚種別に棲み分けしているようであるが、目立つ程顕著でない。時折魚礁に接近する体長20cm以上のハタ類を認めた。

(4) 各魚礁の比較

既述のように材料の異なる3種の人工魚礁について潜水観察した結果、設置状態は勿論のこと、

Table 3-1. Results of the diving observation on the artificial reefs

Item Reef st.	Shape of laying	Length of reef (Max. m)	Height of reef (Max. m)	Depth of burry in ground (Max. m)	Effective area of reef (m ²)	Effective capacity of reef (m ³)
1-1	Pentagon	20	0.87	0	238.7	446.5
1-2	Mass	37	2.4	—	—	—
2	L (inverse)	36	2.4	0.35	193.2	386.5
4	S	52	2.0	0.20	272.9	545.8
5	—	17	2.5	0	119.0	416.5
6	U	70	2.0	0.15	166.4	332.9

Table 3-2. Continued ◎: above 500 of number ○: 200~500 of number

Item Reef St.	Degree of the amount of the marine Life			Gathering degree of fish	Species of fish
	Coral	Oyster	Urchin		
1-1	6 (Min)	5	6 (Min)	1 (Max)	◎ <i>Sphyraena japonica</i> (CUVIER et VALENCIENNES), ◎ <i>Caesio chrysozonns</i> (C. et V.), ○ <i>Prionurus microlepidotus</i> (LACEPEDE), <i>Upeneus villatus</i> (FORSKAL), <i>Zanclus cornutus</i> (LINNE), <i>Chromis isharai</i> (SCHMIDT)
1-2	4	4	1	4	◎ <i>Sphyraena japonica</i> (C. et V.), <i>Abudefduf vaigienis</i> (QUOY et GAIMARD), <i>Platax pinnatus</i> (LINNE), <i>Heniochus acuminatus</i> (LINNE), <i>Eleotriodes longipinnis</i> (LAY et BENNET), <i>Epinephelinae sp.</i>
2	1 (Max)	1 (Max)	1 (Max)	5	○ <i>Chromis isharai</i> (SCHMIDT), <i>Heniochus acuminatus</i> (LINNE), <i>Tetyadrachmun trimaculatum</i> (RÜPPELL), <i>Plectorhynchus pictus</i> (THUMBERG), <i>Pterois radiata</i> (C. et V.), <i>Inimicus japonicus</i> (C. et V.)
4	5	3	3	3	◎ <i>Carangidae sp.</i> , ○ <i>Chromis notatus</i> (TEMMINCK et SCHLEGEL), <i>Chaetodon collare</i> (BLOCH), <i>Girella mezina</i> (JORDAN et STARKS), <i>Amphiprion bicinctus</i> (RÜPPELL), <i>Apogonichthys carinatusd</i> (C. et V.), <i>Prionurus microlepidotus</i> (LACEPEDE), <i>Heniochus acuminatus</i> (LINNE), <i>Pterois radiata</i> (C. et V.), <i>Aeoliscus strigatus</i> (GÜNTHER), <i>Epinephelinae sp.</i>
5	2	6 (Min)	2	2	◎ <i>Chaetodon collare</i> (BLOCH), ◎ <i>Tetyadrachmun trimaculatum</i> (RÜPPELL), ○ <i>Centropyge tibieen</i> (C. et V.), <i>C. heraldi</i> (WOODS et SCHULTZ), <i>Acanthnrus sp.</i> , <i>Apogonichthys carinatusd</i> (C. et V.), <i>Chilomycterus affinis</i> (GÜNTHER), <i>Heniochus acuminatus</i> (LINNE), <i>Eleotriodes longipinnis</i> (LAY et BENNET), <i>Inimicus japonicus</i> (C. et V.), <i>Epinephelinae sp.</i>
6	3	2	5	6 (Min)	<i>Heniochus acuminatus</i> (LINNE), <i>Acanthnrus sp.</i> , <i>Chilomycterus affinis</i> (GÜNTHER), <i>Eleotriodes longipinnis</i> (LAY et BENNET), <i>Inimicus japonicus</i> (C. et V.)

生物の付着度および魚群の蟄集状況が夫々異なることが認められたが、これらの魚礁の実態を比較してみると Table 3 のようになる。

魚礁の規模を代表するものとして、従来から高さ、長さ、広さが用いられ、これらは魚礁の良否を左右する条件とされているが(1964)⁶⁾、本論では、広さおよび空間を代表する値として、有効面積と容積を求めて比較してみた。有効面積は魚礁の外縁から外方 1 m の範囲内とし、同容積は有効面積×有効高さ(魚礁上 1 m)とした。但しブロック魚礁の単体の場合は魚礁の底面の外接円で占める面積を有効面積とした。このような算出法をとった理由は、魚礁に付いた魚が、それより凡ね 1 m の空間内で棲みつき、単体の場合はその空間が多少小さくなることを潜水観察より認めたからである。かくして求めた有効面積はドラム缶魚礁が最も大で、沈船魚礁が最も小である。有効容積はドラム缶、沈船の各魚礁の場合が比較的大で、ブロック魚礁の場合は可成り差がある。生物の付着度、魚群の蟄集密度の表値は、各密度の相対的な度合を表わす値で、数値の小さな程密度の高いことを表わす。

魚礁の広さと魚群の付きの状態を対比してみると、有効容積の広いドラム缶魚礁が最も良く、次いで沈船魚礁、ブロック魚礁の順となっている。ブロック魚礁の場合は有効容積の大なる程、魚群密度が大となっている。しかしこれら魚群密度と生物の付着度との間には明確な関係は見出せなかった。魚礁に集まる魚種は Table 3 に示す通りで、回遊性のヤマトカマスや小アジ、底棲性のハタ類、タカサゴ、チョウチョウウオ等多くの種類が認められた。しかしこれらの魚群は魚礁の種類によって魚種、体型および密度を異にしており、この現象は注目に価する。即ち沈船魚礁には小型魚が、ドラム缶魚礁には可成り大型魚であるヤマトカマスやタカサゴの密群から相当尾数の小型魚に至るまで、ブロック魚礁には場所によっては回遊性の密群が認められたが、その他は小型魚が少数認められたに過ぎない。なお沈船魚礁の場合は小型魚が多く蟄集していたが、これは逃避目標となる割石間の間隙が狭いため間隙に応じた体型の魚群が集まったものと考えられる。以上の他、St. 3 を含めた各点の人工魚礁至近の天然礁(最深 22 m)を潜水観察したが、いずれも人工魚礁に類似した魚種が認められた。しかし一般に天然礁の方が魚群の規模および密度で人工魚礁にまさっていた。このことから調査の対象とした海域の魚族は、天然礁を基点として交番的に群の 1 部が至近の人工魚礁との間を往復しているか、又は順次に礁を伝わって移動して行くという想定がなされる。

4. 考 察

ブロックを 2 段に塊状に積み重ねた場合と、ドラム缶魚礁の場合の魚群の蟄集効果を比較してみると、後者がはるかに効果的である。当海域でのこの対比はブロックを 2～3 段から 4～5 段に積み重ねるブロック魚礁の有効性を否定する結果となったが、魚礁の高さが 1 m で充分であるという意見(1964)⁷⁾、(1965)⁸⁾、或いは高さより魚礁の広さが重要な決め手となるとする説(1970)⁹⁾、構造の複雑なもの程強く魚群は反応するという実験結果(1966)¹⁰⁾を立証することにもなった。確かに水深が浅く、高さの低い天然礁が人工魚礁の周囲に多く散在している当海域では必ずしも魚礁は高くなくてもよいが、より集魚効果を高めるためには、材料をコンクリートより有効であると言われている鉄製のものとするとか(1966)¹¹⁾、ブロックを幾つかの群に分散し、群間の距離を全体の有効面積を出来るだけ広くするように長くとるべきである(1968)¹²⁾とする従来の研究結果を尊重する方が得策であろう。更に今回の観察により、鉄製魚礁がコンクリート魚礁に比し集魚効果に差がないとする説(1966)¹³⁾を確認し得たが、また魚礁の形状の相違によっては鉄製魚礁の優れている

ことのあり得ることも立証した。このような観点にたてば、St. 1-1 のドラム缶魚礁や St. 4 のブロック魚礁の場合は、一応効果的な魚礁として選択され設置されているものとみてよいであろう。しかし有効容積の拡大が果して生産効果につながるかどうか、また決め手となる魚礁の単体間の有効距離はどの程度か等の問題が残っているので、今後更に潜水観察を実施し検討したい考えである。

5. 要 約

沖縄県勝連半島周辺海域に存在しているコンクリートブロック魚礁、沈船魚礁、ドラム缶魚礁を潜水観察した結果、下記のような結論を得た。

(1) コンクリート魚礁は2段積みของものは少ないが、一般に密集した形で設置されており、その有効面積は $193.2 \sim 272.9 \text{ m}^2$ である。

(2) コンクリート魚礁では有効面積の広い程、魚群の蝟集効果が良いが、その効果と生物の付着度とは必ずしも比例的でない。

(3) 鉄製魚礁はコンクリート魚礁より魚群の蝟集効果が良好である。沈船魚礁は魚群は非常に多く付いているが、逃避目標となる割石間の間隙が狭いためか、ほとんど小型魚である。

終りに本研究の実施に当り奨励金の支出をいただいたバシフィック航業株式会社に対し深く謝意を表するものである。また実施に当っては同社北原敏雄氏、鹿児島大学水産学部講師今井健彦氏、川村軍蔵氏、文部技官田畑静夫氏、大学院生不破茂君、毛利公朗君の御協力をいただき、また資料の整理には後藤俊子嬢、平原和子嬢の御助力をいただいた。深く御礼申し上げる次第である。

文 献

- 1) 小川良徳：人工魚礁の集魚機構に関する実験的一考察，水産土木，**2**(2)，37-40，1966.
- 2) 吉良八郎，秦英樹：人工魚礁の水理構造に関する実験的考察(2)，水産土木，**2**(1)，25-29，1965.
- 3) 酒井信一：人工魚礁ブロックに対する力学的考察，水産土木 **2**(1)，31-37，1965.
- 4) 宇野寛：人工魚礁，つくる漁業，178-190，1960.
- 5) D. J. SCARRAT: An Artificial Reef for Lobsters (*Homarus americanus*), *Juvrnl Fisheries, Research, Board of CANADA*, **25**(12), 2684-2690, 1968.
- 6) 大島泰雄：人工魚礁，水産増養殖叢書，**8**，18-26，1964.
- 7) 東海区水産研究所，魚類研究室：鋼製魚礁の集魚効果，東水研魚類研究室資料，**4**，2-13，1966.
- 8) 菅野嘉彦：漁場改良造成事業効果調査中間報告，山形水試，1964.
- 9) 増沢 寿：並型魚礁効果認定指定調査，神戸水試，資料 No. **35**，62，1965.
- 10) 長崎県水産試験場：昭和44年度人工魚礁効果認定特別調査報告書，長崎水試登録第**315**号，13-21，1970.
- 11) 竹村嘉夫：鋼製魚礁の構造について，水産土木，**2**(2)，41-48，1966.
- 12) 増沢寿：人工魚礁におけるブロックの配置構造と生産効果，水産増殖，**15**(4)，51-57，1968.
- 13) 京都府水産試験場：魚礁設置環境研究，京都水試業績 No. **23**，1965.