

潜水観察による人工魚礁の実態について—VIII

鹿児島県北薩海域の場合

肥後伸夫*・西鉢幹夫*・柿本 亨**・吐師 弘***
田畑静夫*・新門道範*・橘井 猛*

On the Fish Gathering Effect of the Artificial Reefs
ascertained by the Diving Observations—VIII

At the Sea-Fronts off the Northern Districts of Kagoshima Prefecture

Nobio HIGO*, Mikio NISHITAI*, Makoto KAKIMOTO**,
HIROSHI HASHI***, Shizuo TABATA*,
Michinori SHINKADO* and Takeshi KITSUI*

Abstract

During the period from August to September in 1980, diving observations were carried out on the eight Artificial reefs set at the sea-fronts off Akune city and Izumi city, both of which were situated in the Northern districts of Kagoshima Prefecture; with the following results obtained.

(1) In both of the reefs set at the two sea-fronts, the method adopted by us, was the one in which the chief attention was paid to make the total bottom-area as wide as possible.

And in case of those set at the sea-front off Akune, the mean bottom-area per one Concrete block was noted to be 190 m²; and in case of those at the sea-front off Izumi, it was 54 m²; and in both the places the distances among the respective blocks were fixed to be uneven.

(2) At the sea-front off Akune, the mean valued rate in which the Concrete blocks are made to be submerged in to the sea-bottom was 9 cm/year.

(3) Comparing the densities of the fish schools gathering around the reefs, we noted that in case of the sea-front off Akune, the densities of the middle and small size fishes were depending upon the school of *Apogon semilineatus* while in case of the sea-front off Izumi, the density of the school of *Apogon semilineatus* was thin and those of the middle and small size ones were thick.

(4) Comparing the compositions of the sand grain diameters on the bottom grounds of the two places, those of the sea-front off Akune were noted to be more complicated than those of the sea-front off Izumi, both of which were made of sand and silt mixed, or, of silty materials only.

As to the size of the sand grain diameter of the bottom ground, a propensity was noted that the smaller is the distance from the reef, the larger is the size of the sand grain diameter.

* 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)

** 鹿児島大学水産学部練習船南星丸 (Training ship Nansei Maru, Faculty of Fisheries, Kagoshima University)

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

1. 緒 言

鹿児島県川内川口以北の北薩海域は、南方の西薩海域の吹上浜沖合と比較して、海岸線がより複雑であり、その沿岸沖合には、島嶼、干出し、天然礁が数多く存在している (Fig. 1). この中で、長島及び黒ノ瀬戸を隔てて近接している阿久根市沖合と出水市沖合の両海域は海岸線の様相が対照的に異なっているため、夫々の漁業構造や人工魚礁の利用法には差があるようである。今回両海域において人工魚礁の潜水観察と採泥を実施し、人工魚礁の実態と周辺海域の底質分布について比較したのでその結果について報告する。

2. 阿久根市沖合の人工魚礁

2-1. 設置の概要

漁業権内地先海面に設置されている人工魚礁（以下魚礁と呼ぶ）は16箇所 (Table 1, Fig. 2) で、種類別にみた個数累計は、1 m 角正六面体コンクリートブロック2542個、1.5 m 角正六面体コンクリートブロック 126個、タイヤ 15本×100組、その他10個で、コンクリートブ

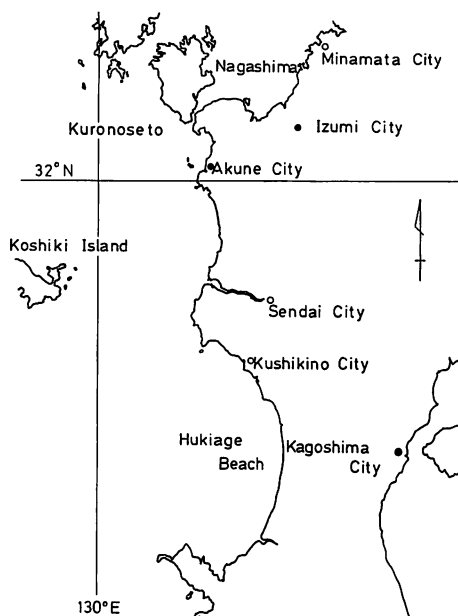


Fig. 1. The map of southeastern Kyushu Island showing the site of Akune City and Izumi City where observations on artificial reefs were made.

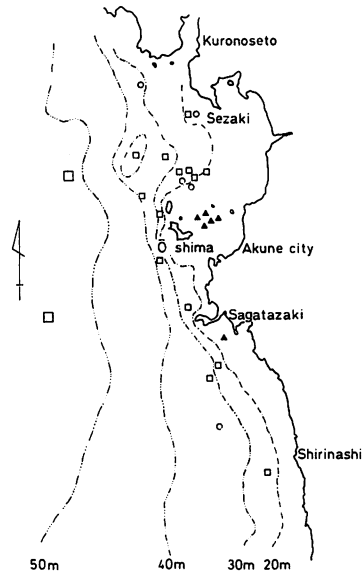


Fig. 2. The map showing the research points of artificial reefs at the coast of Akune City.

□: Large type reef. □: Ordinary type reef. ○: Tyre reef. ▲: Stone reef.

Table 1. The state of artificial reefs at the coast of Akune City.
(Large scale of N_A-0 reef excluded.)

Reef No.	Type of reef	Amount	Setting year	Depth (m)	Setting point	Date observed
	Concrete block (1.0×1.0×1.0 m)	137	62	26	Coast of Sagatazaki	
	"	140	63	25	Coast of Shirinashi	
	"	70	64	30	NNW of Kuwajima	
	"	88	65	40	NNW of Kuwajima	
	"	193	66	40	NNW of Kuwajima	
N _A -5	"	215	69	27	1700 m off Kojima bearing 313.5°	1980, 23rd Aug.
N _A -2	"	197	70	18	1150 m off Kojima bearing 317.5°	1980, 21st Aug.
N _A -4	"	563	71	27	1900 m off Kojima bearing 329.5°	1980, 21st Aug.
	"	533	73	28	Coast of Okawajima	
N _A -1	"	406	73	22	1300 m off Kojima bearing 304°	1980, 20th Aug.
	"	—	74	—	Coast of Ushinohama	
	Tyre (15 pieces 1 set)	66 sets	77	22	1300 m off Kojima bearing 304°	1980, 20th Aug.
	"	34 sets	"	34	Coast of Okawa	
	Concrete block (1.5×1.5×1.5 m)	126	78		N of Kuwajima	
	Turtle block	10	79	43	2480 m off Kojima bearing 263°	1980, 9th Sept.
N _A -3	Tyre (2 pieces 1 set)	about 10 sets	80	27	1850 m off Kojima bearing 314.5°	1980, 23rd Aug.

ロック魚礁（以下ブロック魚礁と呼ぶ）がその主体を占める。設置の特徴は、30 m 以浅の等深線が略直線であるためか複雑な海岸線を利用した形式をとっており、大島周辺に数多く設置されている。特に大島の北方の至近距離には5魚礁が集中しており、小規模の人工礁漁場を形成している。これらの魚礁とは別に、大島の西方約5 湊付近には1.5 m 角ブロック1733 個よりなる2 個所の大型魚礁が設置されている。

2-2. 研究方法

対象とした魚礁は、上述の5 魚礁（N_A-1～N_A-5 魚礁）と大島西方沖合の大型魚礁（N_A-0 魚礁）である（Fig. 3）。研究は潜水観察、音響測深儀（JRC 製、NJA-171 Z 型、略称魚探及び海底面超音波探査装置、NEC 製、NE-70 B 型、略称ボトムソナー）により魚礁の形態、埋没、付着生物、蛸集魚の状態及び周辺の海底地形を、また魚礁付近とその周辺の海底で採泥を実施し、その粒度組成を求めた。期間は昭和55年8 月20日より8 月23日迄と、9 月3日より9 月8 日迄の間である。なお8 月20日より23日にかけての沿岸沖合の観測点11点における水温は、表層で26.1～27.5℃、水深19～20 m 層で25.07～26.42℃であった。

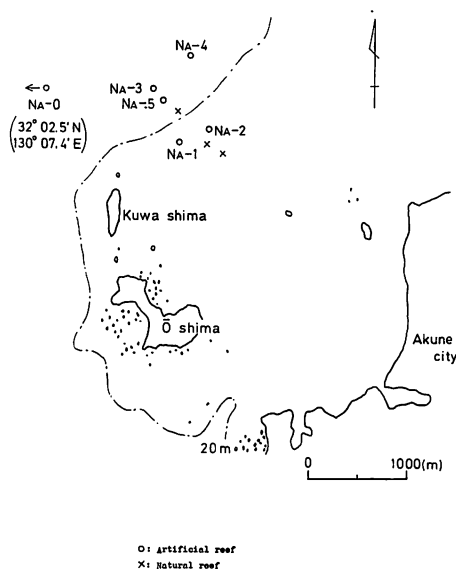


Fig. 3. Showing the observed stations of the artificial reefs by means of scuba diving.

○: Artificial reef ×: Natural reef

2-3. 魚礁の観察結果

NA-1 魚礁 (Fig. 4, Table 2, Plate I)

この魚礁は昭和48年投入のブロック魚礁406個と昭和52年度投入のタイヤ魚礁の1部との組合せのものと推定される。付近の海底は平坦、水深22mである。潜水して測量した結果によると、この魚礁は2個のタイヤ群と1個のブロック群に分かれており、夫々の群間隔は30~60mである。個体間隔は3群共2~10mでかなり広範囲に分散した形をとっており、2段積みはタイヤ群に1個所みられるだけである。ブロックの埋没は大部分のものが10~15cmであるが、上部を約15cm残し、正立の状態ではほとんど埋没しているものも1部認められた。フジツボの付着状態はブロックに大型のものが豊富にみられた。タイヤに付着するものは小型で量も少ない。蛸集魚の状態は、タイヤ魚礁では、密群を形成するものとして、礁上7~8mの層の小アジ、礁内から礁上約1m迄の空間をゆっくり移動するイサキ、礁付近に占位するネンブツダイが、また50~60尾程度の群として、礁上のウマヅラハギ、海底から礁上約2m迄の空間で個々にかんりの速さで遊泳するチダイが夫々認められた。大型魚としては、礁上のメジナ、礁付近のイシダイ、ブダイ、礁側方の海底上のヒラメ等がある。ブロック魚礁にはアジ、ネンブツダイ、キューセン等がみられた。

NA-2 魚礁 (Fig. 5, Table 2, Plate I)

昭和45年度投入のブロック魚礁で付近の海底は平坦、水深18mである。魚礁の形態は、南北約50m、東西約25mで2段積みは1個所だけである。毀損したブロックが1部みられる。この魚礁でも正立の状態ではほとんど埋没しているブロック2個を認めた。蛸集魚は礁上

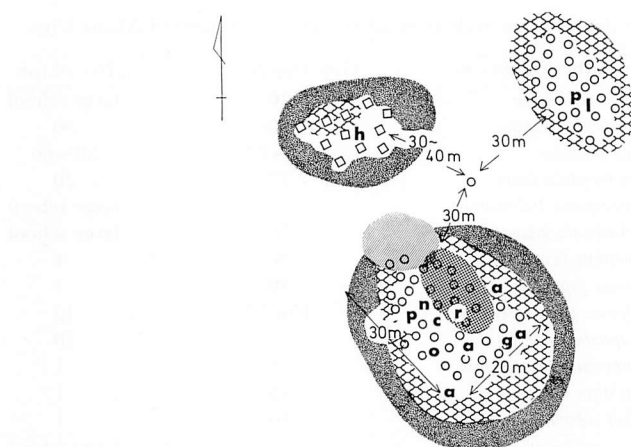


Fig. 4. Schematic gathering condition around reefs (NA-1 Reef).

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| □: Concrete block | ○: Tyre |
| a: <i>Parapristipoma trilineatum</i> | c: <i>Calotomus japonicus</i> |
| g: <i>Girella punctata</i> Gray | h: <i>Halichoeres poecilopterus</i> |
| l: <i>Platycephalus indicus</i> | n: <i>Panulius japonicus</i> |
| o: <i>Oplegnathus fasciatus</i> | p: <i>Pseudupeneus chrysopleuron</i> |
| r: <i>Paralichthys olivaceus</i> | ⊗: <i>Apogon semilineatus</i> |
| ●: <i>Trachurus japonicus</i> | ⊠: <i>Stephanolepis cirrhifer</i> |
| ⊙: <i>Euvynnus japonica</i> | |

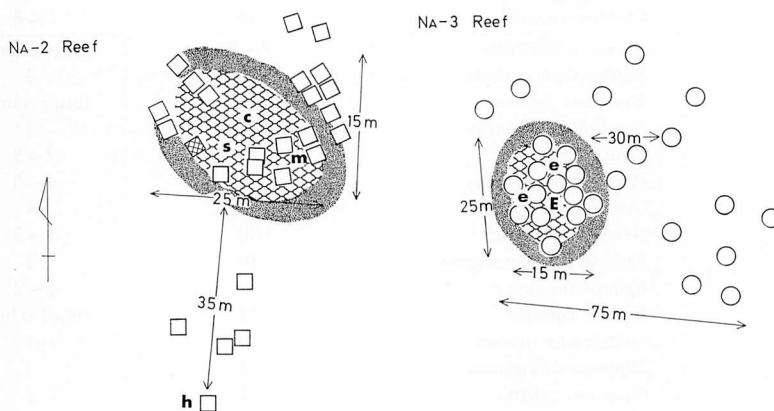


Fig. 5. Schematic gathering condition around reefs.

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| □: Concrete block | ○: Tyre |
| c: <i>Calotomus japonicus</i> | e: <i>Plectorhynchus cinctus</i> |
| E: <i>Epinephelus septemfasciatus</i> | h: <i>Halichoeres poecilopterus</i> |
| m: <i>Microcanthus strigatus</i> | s: <i>Saurida undosquamis</i> |
| ⊗: <i>Apogon semilineatus</i> | ●: <i>Trachurus japonicus</i> |

Table 2. The gathering fishes on each artificial reef at the off shore of Akune City.

Reef	The gathering species	Fork length (cm)	No. of fish
N _A -1	<i>Apogon semilineatus</i>	10	large school
	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	20	50
	<i>Eymnis japonica</i>	15~17	50~60
	<i>Girella punctata</i> Gray	25	20
	<i>Parapristipoma trilineatum</i>	15	large school
	<i>Trapistipoma japonicus</i>	10	large school
	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	30	1
	<i>Calotomus japonicus</i>	40	7
	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	10~15	16
	<i>Platycephalus indicus</i>		10
	<i>Pseudupeneus chrysopleuron</i>	25	1
	<i>Paralichthys olivaceus</i>	40	1
	<i>Panulius japonicus</i>	30	1
N _A -2	<i>Apogon semilineatus</i>	10	large school
	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	20	10
	<i>Calotomus japonicus</i>	40	1
	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	15	10
	<i>Platycephalus indicus</i>		10
	<i>Microcanthus strigatus</i>	15	2
	<i>Saurida undosquamis</i>	20	10
	<i>Pseudupeneus chrysopleuron</i>	25	10
N _A -3	<i>Apogon semilineatus</i>	10	large school
	<i>Trachurus japonicus</i>	5	large school
	<i>Plectorhynchus cinctus</i>	40~45	5~6
	<i>Nippon spinosus</i>	40	1
N _A -4	<i>Apogon semilineatus</i>	10	large school
	<i>Gymnothorax kidako</i>	35	1
	<i>Choerodon azurio</i>	30	7~8
N _A -5	<i>Apogon semilineatus</i>	7~8	large school
	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	20	1
	<i>Trachurus japonicus</i>	7~8	large school
	<i>Paralichthys olivaceus</i>	68	1
	<i>Goniistius zebra</i>	35	2~3
	<i>Plectorhynchus cinctus</i>	40	4~5
	<i>Gymnothorax kidako</i>	8	1
	<i>Seriola aureovittata</i>	80	4~5
	<i>Epinephelus chlorostigma</i>	40	1
	<i>Epinephelus moara</i>	52	1~2
	<i>Eymnis japonica</i>	15	small school
	<i>Canthigaster rivulata</i>	15	1
	<i>Diplorion bifasciatum</i>	15	1
	<i>Goniistius zonatus</i>	25	1
	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	15	1
	<i>Evistias acutirostris</i>	15	10
N _A -0	<i>Apogon semilineatus</i>	10~15	large school
	<i>Trachurus japonicus</i>	20	large school
	<i>Goniistius zebra</i>	40	3
	<i>Plectorhynchus cinctus</i>	40	2

2~10 m の層の小アジ群、礁全体を覆うネンブツダイの密群、その他、ブダイやカゴカキダイ等があげられる。

N_A-3 魚礁 (Fig. 5, Table 2, Plate II)

昭和55年度投入のタイヤ魚礁で、後述する N_A-5 魚礁と隣接している。魚礁の形態は南北方向に長く、その長さは約 75 m で、西側の部分に多くまとまっている。個体間隔は 2~10 m である。タイヤは直経約 2 m の大型のもので、2 本ずつ固縛されている。埋没は約 30 cm、表面には小型のフジツボが付着していた。蛸集魚は礁上約 1 m より上方に小アジ群、礁付近にネンブツダイ群と大型のコショウダイ及びハタを認めた。

N_A-4 魚礁 (Fig. 6, Table 2, Plate II)

昭和46年度投入された個数563個のブロック魚礁で、ボトムソナーの記録 (Fig. 9) によると、東西方向約 100 m、南北方向約 200 m の範囲内に5個の群にわかれて設置されている。付近の海底は平坦、水深 27 m である。Fig. 6 は潜水観察したその1部分を示す。その形態は1段ながらブロックが密集した形をとっている。埋没は 40~50 cm のものが多いが、なかには頂部の1部を残し正立の状態に埋没したものもある。付着生物は大型のフジツボの他、ウミトサカ、ホヤ、カイメン、ウミシダ、褐藻類を、蛸集魚は礁全体を覆うネンブツダイの他、イラ、ウツボ等を認めた。

N_A-5 魚礁 (Fig. 6, Table 2, Plate III)

昭和44年度投入された個数 215 個のブロック魚礁と昭和52年度投入されたタイヤ魚礁の1部との組合せのものである。付近の海底は水深差約 2 m の起伏をもつ傾斜地で水深は 27 m である。その形態は略東西方向に細長い形をとり、Fig. 6 にみるように、ブロック群とタイヤ群が交互に連なっている。ブロックの埋没量は 30 cm 程度のものが多いが、所々 60~90 cm のものもみうけられた。タイヤはほとんど埋没していない。付着生物は N_A-4 魚礁とほとんど同様に豊富である。蛸集魚の状態は、タイヤ魚礁では、礁上 7~8 m の高さまでの小アジ、礁上 2~3 m 層のヒラマサ、礁全体を覆うネンブツダイが夫々密群を形成している他、タイヤの側方約 1 m の海底上のヒラメ（水中測定で約 70 cm）とコチ、礁付近のコショウダイ、クエ、ホウセキハタ等を認めた。ブロック魚礁ではネンブツダイ群とチダイの若年魚群を認めた。

N_A-0 魚礁 (Fig. 7, Table 2, Plate III)

昭和43年度投入された個数 901 個の 1.5 m 角ブロック魚礁である。潜水した場所の水深は 57.5 m、付近の海底は略平坦であるが、魚礁の南面にあたる部分には長さ約 2 m、深さ約 1 m の洗堀がみられる。魚礁は Fig. 7 に示すように、1 m から 3 m の間隔をおいて広範囲に設置されており所々に2段積み部分が見られる。埋没は約 20 cm。魚礁付近には浮遊物が多くみられ、その堆積物で魚礁の表面は厚く覆われている。付着生物は豊富で、大型のフジツボが全面に付着している他、ウミトサカ、ヤギ、ウミシダ、ホヤ等を多く観察した。蛸集魚は魚礁周辺に体長 10~12 cm のネンブツダイの密群、その上方に体長約 20 cm のアジ

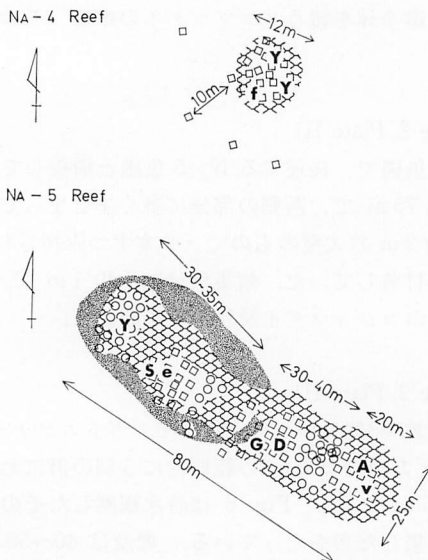


Fig. 6. Schematic gathering condition around reefs (N_A-4 , N_A-5 Reef).

- | | |
|------------------------------------|--------------------------------|
| □: Concrete block | ○: Tyre |
| D: <i>Epinephelus chlorostigma</i> | A: <i>Epinephelus moara</i> |
| v: <i>Erynnis japonica</i> | G: <i>Goniistius zebra</i> |
| e: <i>Plectorhynchus cinctus</i> | S: <i>Seriola aureovittata</i> |
| Y: <i>Gymnothorax pictus</i> | f: <i>Choerodon azurio</i> |
| ☆: <i>Apogon semilineatus</i> | ●: <i>Trachurus japonicus</i> |

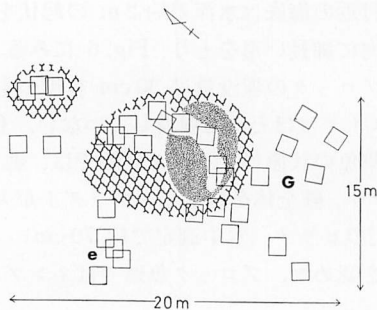


Fig. 7. Schematic gathering condition of fishes around the large reef (N_A-0 Reef).

- | | | |
|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| □: Concrete block. | G: <i>Goniistius zebra</i> . | ☆: <i>Apogon semilineatus</i> . |
| e: <i>Plectorhynchus cinctus</i> . | ●: <i>Trachurus japonicus</i> . | |

の群を認めた。ネブツダイは魚礁の内部に密度が高く、アジは礁上 1.5 m から 6 m の空間に群をつくる。確認出来た大型魚はコショウダイ、ミギマキだけである。なお魚礁に羅網した網漁具を認めた。

2-4. 音響測深儀による魚礁の記録結果

音響測深儀の記録 (Fig. 8) よりみた各魚礁の側面形態及び蛸集魚群の状態は、魚礁の高

さが1~2m, 魚群の高さが, 底魚で礁上0.5~2m, 中層魚で礁上2~12mであった。これらの値はいずれも潜水観察の結果と略一致する。魚礁周辺の海底形状は N_A-5 魚礁を除いて全く平坦である。ボトムソナーの記録 (Fig. 9) よりみた各魚礁の平面形態は, いずれも個体間隔の広い分散の大きいもので, $N_A-3, 5$ 魚礁のように細長い形をとるもの, また $N_A-1, 2, 4$ 魚礁のように広範囲にちらばったもの等様々である。魚礁周辺の海底面は砂紋がよく発達しているが, この現象は潜水観察でも確認した。

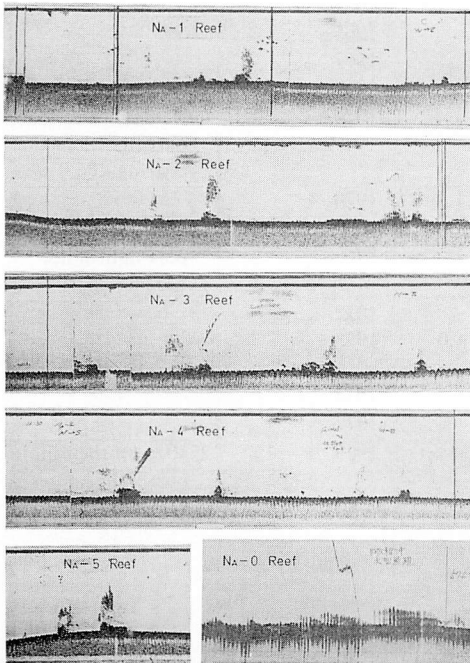


Fig. 8. Records of the Echo Sounder (JRC) about the artificial reefs off shore of Akune City.

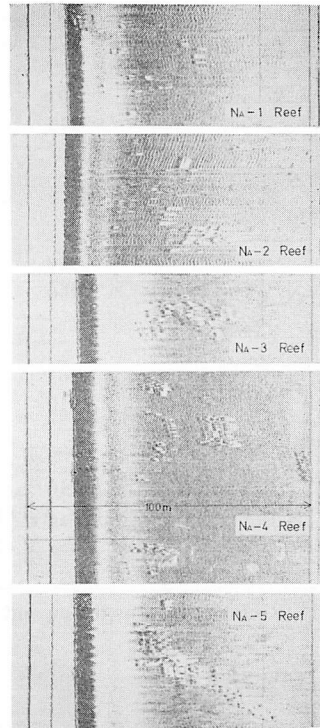


Fig. 9. Records of the Bottom Sonar about the artificial reefs off shore of Akune City.

3. 出水市沖合海域の人工魚礁

3-1. 設置の概要

当海域における魚礁の設置は昭和31年度より始まっており他海域の場合よりその歴史は古い。設置箇所は18箇所 (Table 3, Fig. 10) で, 種類別にみた個数累計は, 1m 角ブロック2522個, 1.5m 角ブロック274個, タイヤ52組で, 阿久根市沖合と同様にブロック魚礁がその大半を占めている。設置場所は西部の黒ノ瀬戸東口沖合と, 水俣市寄りの東部沖合の2箇所集中している。

Table 3. The state of artificial reefs at the off shore of Izumi City.

Area	Reef	Material	Amount	Size (m)	Setting year	Depth (m)	Position
Western area		Concrete block	80	1.0×1.0×1.0	1956	30	9490 m off the fishing port light house bearing 285.0°
			133		1957		
			120		1958		
			90		1959		
			84		1960		
			90		1961		
			105		1962		
			72		1963		
			72		1964		
			91		1965		
			212		1967		
			202		1968		
			200		1970		
	N _{IW} -5*						
Eastern area	N _{IE} -1*	Concrete block	128	1.5×1.5×1.5	1978		
			290	1.0×1.0×1.0	1971	16	2910 m off the fishing port light house bearing 25.2°
			263		1972		
			210		1973		
			208		1974		
			146		1977		
	N _{IE} -3	Tyre	52 sets	1.5×1.5×1.5	1979	15	2740 m off the fishing port light house bearing 27.8°
				15 pieces per 1 set			

* Reefs observed by diving and the Echo Sounder

3-2. 研究方法

本研究の対象とした魚礁は、西部のブロック魚礁 (N_{IW}-5 魚礁) 及び東部のブロック魚礁 (N_{IE}-1 魚礁) とタイヤ魚礁 (N_{IE}-3 魚礁) の3魚礁である (Fig. 10). 研究方法は阿久根市沖合の場合と同じ方法に加えて水中テレビ (カメラヘッド: SONY 製, TRINITORON, HVC-80 型) による撮影を実施した. 観察は昭和55年8月25日より8月30日に至る期間に実施した. なお8月26日より29日にかけての19点の観測点における水温は, 表層で26.3~27.3°C, 水深17~22 m 層で24.98~25.29°C であった.

3-3. 魚礁の観察結果

N_{IW}-5 魚礁 (Fig. 11, Table 4, Plate IV)

この魚礁は昭和42年度もしくは昭和43年度に投入されたブロック魚礁で, その個数は約200個である. 水深は30 m で, 西方の至近距離に水深25 m の浅所が存在している. 魚礁の形態は東西方向に長い2段積み为主要部分があり, これより2方向にブロック群が分散した形で伸びている. 埋没は30~40 cm で洗堀はみられない. 魚礁上に堆積した泥状の物質は

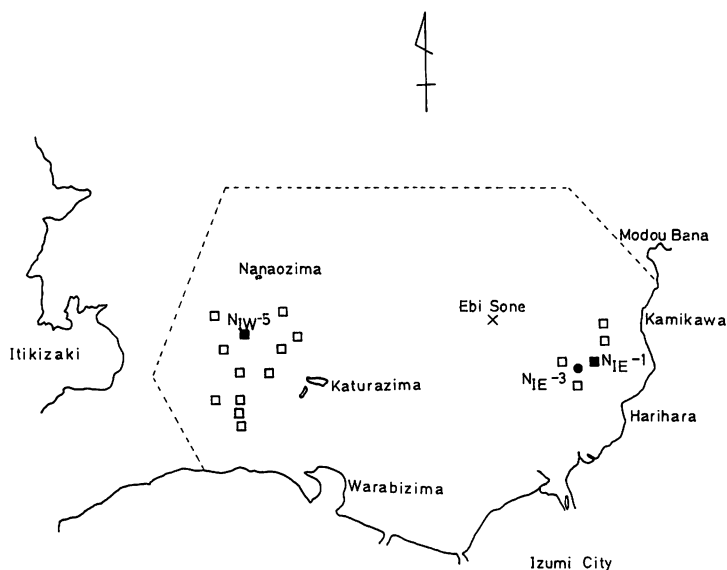


Fig. 10. The map showing the research points of artificial reefs at the coast of Izumi City.

□: Concrete block ---: Fishing right ■, ●: Observed reef ○: Tyre

かなりの量である。付着生物は大型のフジツボが豊富に付着している他、ヒトデ、イソギンチャク、ホヤ等が認められた。蛸集魚の状態は、まず礁上 5~7 m の層に小アジの大群、魚礁周辺にイサキ、クロダイ、マダイ、メバル、ウマヅラハギの中型魚群とネンブツダイ、カサゴ、ハゼ等の小型魚群及び礁内のイラ、ホウセキハタの大型魚を認めた。なおこれらの魚群は潜水者の存在にかなり敏感に反応し、いずれも逃避行動をとった。

N_{IE}-1 魚礁, N_{IE}-3 魚礁 (Fig. 12, Table 4, Plate-IV)

出水漁港より北方の茂道鼻にかけての沖合には、ブロック1117個とタイヤ52組が6年間に亘って投入されている。この魚礁群の占める範囲は南北方向に約 500 m, 東西方向に約 120 m という県下でも有数の広大な規模をもつもので、N_{IE}-1 魚礁と N_{IE}-3 魚礁はいずれもこの魚礁群の南部に位置している。

Fig. 12 の N_{IE}-1 魚礁は 35×60 m の範囲を観察したもので、この範囲内のブロックは分散の大きい状態で設置されている。1 部に 2 段積みの部分がみられる。付近の海底は平坦、水深 16 m, 埋没 20~30 cm, 洗堀はない。礁の上面及び周辺の海底上には泥状の物質が厚く堆積しているが、その量は鹿児島市谷山沖¹⁾ の場合より多い。水中における浮泥状の物質による濁りも甚だしく、特に海底付近で顕著である。水中視程は魚礁付近で約 5 m であったが、20~30 cm と濁りの顕著な場所も存在する。付着生物は大型のフジツボとイソギンチャクがブロックの全面にみられる。蛸集魚は比較的豊富で、その魚種は礁の直上から水面近くまで占位する小アジの大群、魚礁付近のネンブツダイ、クロホシイシモチ、ハタタテ等の小型魚群及びウマヅラハギ、メバル、イサキ、チダイ等の中型魚群である。なおネンブツダイは尾数少なく、その占位場所は魚礁周辺のごく限られた範囲内である。

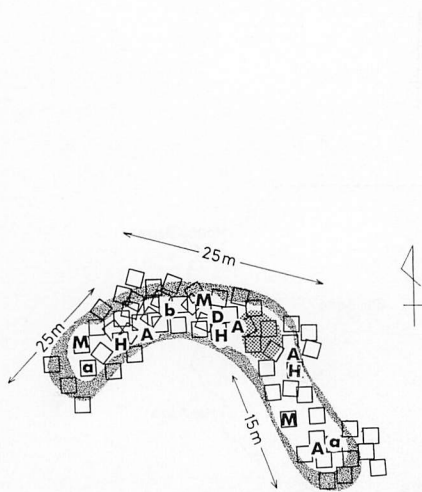


Fig. 11. Schematic gathering condition around the reef (N_{IW-5} Reef).

- : Concrete block
- A: *Apogon semilineatus*
- b: *Plectorhynchus cinctus*
- H: *Chrysophrys major*
- : *Navodon modestus*
- a: *Parapristipoma trilineatum*
- D: *Epinephelus chlorostigma*
- M: *Myllo macrocephalus*
- : *Trachurus japonicus*

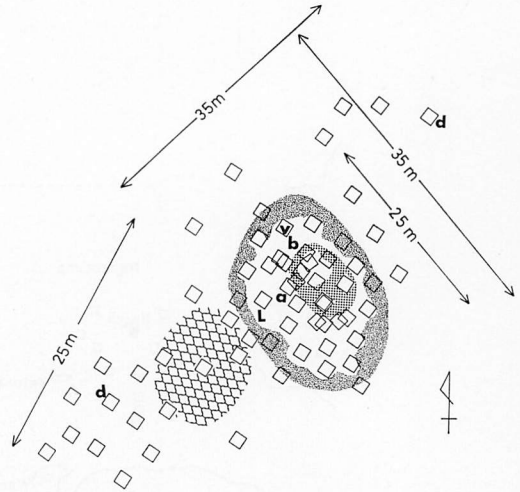


Fig. 12. Schematic gathering condition around the reef (N_{IE-1} Reef).

- : Concrete block
- a: *Parapristipoma trilineatum*
- d: *Seriola purpurascens*
- v: *Evynnis japonica*
- : *Trachurus japonicus*
- b: *Plectorhynchus cinctus*
- L: *Lateolabrax japonicus*
- ✕: *Apogon semilineatus*
- : *Stephanolepis cirrhifer*

N_{IE-3} 魚礁は昭和54年度投入の1組15本の52組からなるタイヤ魚礁で、上述の魚礁に隣接している。付近の海底は平坦、水深15mである。形態は2~6mの個体間隔をもつ分散の大きいものである。埋没は5~6cm、付着生物の状態は小型のフジツボが付着し始めた程度であるが、その他褐藻類を多く認めた。蛸集魚はネンブツダイを小数尾認めたに過ぎない。

3-4. 音響測深儀による魚礁の記録

音響測深儀の記録 (Fig. 13) によると、 N_{IW-5} 魚礁では、周辺の海底上より多くの反応がみられた。小アジの群とみられる記録は海底上7mで、潜水観察の結果と略一致している。 N_{IE-1} 魚礁付近の記録によると、魚礁上の小アジ群の反応は水面迄達しており、その資源量の豊かなことを示している。また陸岸寄りでは、潜水観察の結果で判明したカタクチイワシの濃密な群を記録した。

ボトムソナーの記録 (Fig. 14) によると、東部海域の魚礁群は広範囲にばらつきの大きい状態で設置されていることがわかる。中央部のエビ曽根から西部海域にかけての海底形状は、起伏は多いが、いずれもその海底面はなだらかな曲面状を呈し、漁民の云う凸凹の多い天然礁はみられないようである。エビ曽根において潜水観察した結果によると底質は軟泥であり、上述の現象を確認した。

Table 4. The gathering fishes on the each artificial reef at the off shore of Izumi City.

Reef	The gathering species	Fork length (cm)	No. of fish
N _{1W} -5	<i>Trachurus japonicus</i>	10	large school
	<i>Mylio macrocephalus</i>	30	50~60
	<i>Chrysophrys major</i>	30	50~60
	<i>Choerodon azurio</i>	45	5~6
	<i>Plectorhynchus cinctus</i>	15~20	5~6
	<i>Parapristipoma trilineatum</i>	25~30	50~60
	<i>Navodon modestus</i>	15~20	40~50
	<i>Sebastes inermus</i>	20	30~40
	<i>Epinephelus chlorostigma</i>	40	2
	<i>Apogon semilineatus</i>	7~10	small school
	<i>Scorpaenodes guamensis</i>	10~15	small school
N _{1E} -1	<i>Trachurus japonicus</i>	10	large school
	<i>Apogon semilineatus</i>	7~10	small school
	<i>Apogon lineatus</i>	7~10	small school
	<i>Pempheris umbrus</i>	7~10	small school
	<i>Apogon niger Doderlein</i>	7~10	small school
	<i>Pempheris xanthoptera</i>	7~10	small school
	<i>Apogonichthys carinatus</i>	10~15	small school
	<i>Evynnis japonica</i>	30~35	2~3
	<i>Navodon modestus</i>	20	20~30
	<i>Choerodon azurio</i>	40	1
	<i>Parapristipoma trilineatum</i>	25~30	small school
	<i>Plectorhynchus cinctus</i>	15~20	5~10
	<i>Hemiochus acuminatus</i>	10	20
	<i>Scorpaenodes guamensis</i>	10~15	5~10
	<i>Sebastes inermus</i>	15~20	20~30
	<i>Lateolabrax japonicus</i>	80	1
N _{1E} -3	<i>Apogon semilineatus</i>	5	5~10

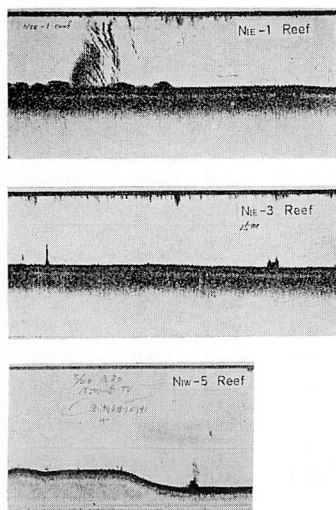


Fig. 13. Records of the Echo Sounder (JRC type) about the artificial reefs off shore of Izumi City.

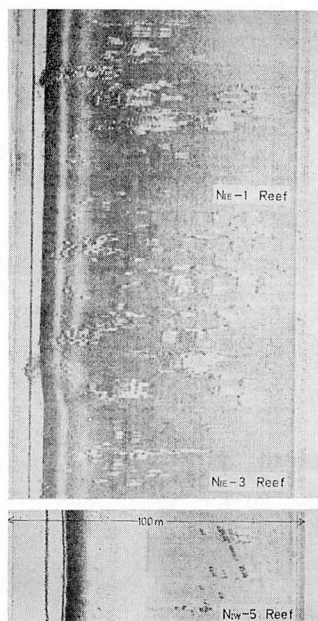


Fig. 14. Records of the Bottom Sonar about the artificial reefs off shore of Izumi City.

4. 底 質

阿久根市沖合に33点，出水市沖合に20点の採泥点を設け，表層約 3 cm の資料をエクマンバージ採泥器により採取し，砂質部はエミリー管法により，泥質部はピペット法により，夫

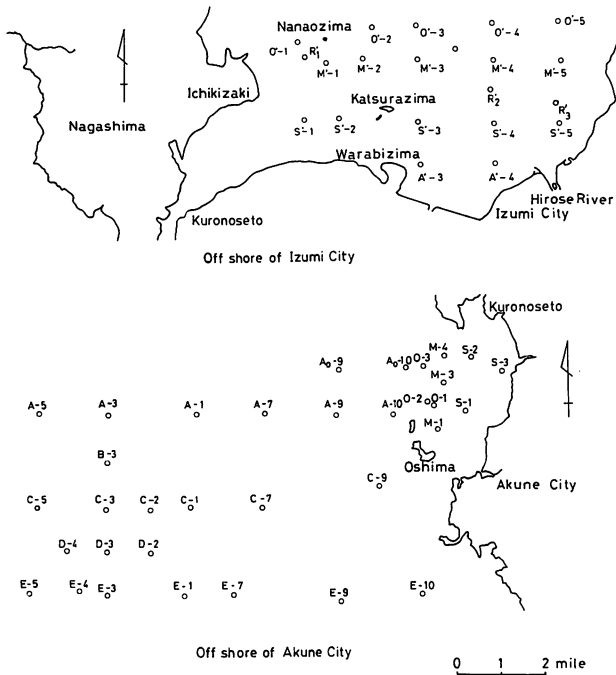


Fig. 15. Research points.
○: Sampling points.

Table 5. Particle size measurements of bottom sediments.

Area	Station No.	Depth (m)	Median Di- ameter <i>Mdφ</i>	Sorting (Inman) <i>σφ</i>	Skew- ness (Inman) <i>Skφ</i>	Gravel, Sand, Silt and Clay ratio (%)			Velocity (m/s)	
						Gravel	Sand	Silt and Clay= mud	Surface	Bottom
Off sea of Akune City	S-1	13	—	—	—	100.0	0.0	0.0		
	S-2	16	2.56	0.27	−0.22	0.04	97.2	2.8	0.05	0.05
	S-3	3	3.44	0.32	−0.09	0.1	96.3	3.6		
	M-1	9	2.16	0.50	−0.04	1.4	96.4	2.5	0.3	0.1
	M-3	22	0.80	0.80	0.30	0.0	100.0	0.0	0.35	0.05
	M-4	23	3.07	0.47	0.09	0.3	95.0	4.7	0.05	0.05
	O-1	27	−0.13	0.66	0.29	5.2	93.7	1.1	0.1	0.2
	O-2	23	—	—	—	—	—	—	0.2	0.08
	O-3	30	−0.45	0.89	0.04	29.4	70.6	0.0	0.1	0.05

Off sea of Akune City	A-1	71	2.80	0.73	0.07	2.0	89.5	8.5		
	A-3	76	2.95	0.78	-0.08	0.5	90.7	8.8		
	A-5	78	2.48	0.75	-0.75	1.4	91.5	7.1		
	A-7	59	2.29	1.10	-0.02	2.4	87.8	9.5	0.05	0.06
	A-9	54	-2.55	2.24	0.62	60.4	35.5	4.1	0.08	0.08
	A-10	36	0.80	0.54	0.26	4.0	93.0	3.0	0.04	0.04
	A ₀ -9	49	1.48	0.94	0.11	3.9	83.7	12.4	0.1	0.11
	B-3	72	2.68	0.94	0.06	0.5	90.2	9.3		
	C-1	70	2.24	0.89	-0.03	1.0	91.8	7.2		
	C-2	76	2.44	0.83	0.04	0.7	89.7	9.5		
	C-3	70	2.64	0.69	-0.16	0.3	94.4	5.3	0.13	0.1
	C-5	74	2.20	0.75	-0.07	0.5	92.1	7.4		
	C-7	66	2.32	0.75	-0.01	1.0	92.4	6.6	0.15	0.11
	C-9	45	—	—	—	100.0	0.0	0.0	0.1	0.06
	D-2	75	2.68	0.74	0.01	0.2	93.2	6.6		
	D-3	76	1.72	0.74	0.08	2.9	92.3	4.8		
	D-4	78	2.42	0.21	0.24	0.3	93.9	5.9		
	E-1	65	2.32	0.70	0.20	1.1	94.3	4.6		
	E-3	68	2.11	0.61	0.13	0.6	94.6	4.8		
	E-4	72	2.34	1.32	0.01	0.2	93.3	6.5		
	E-5	78	2.44	0.40	-0.10	0.0	95.9	4.1		
	E-7	72	2.91	0.63	0.70	0.4	90.7	8.9	0.05	0.05
	E-9	59	2.63	0.95	-0.05	2.3	87.7	10.0	0.03	0.11
	E-10	40	1.98	0.54	0.0	0.7	95.6	3.7	0.05	0.05
Off sea of Izumi City	S'-1	20	2.16	0.68	-0.18	1.7	93.4	4.9	0.05	0.2
	S'-2	21	3.68	1.47	0.27	3.6	62.0	34.4	0.15	0.1
	S'-3	18	4.32	1.92	0	0.2	43.9	55.9	0.1	0.07
	S'-4	14	2.16	3.01	-0.54	31.5	56.2	12.3	0.07	0.1
	S'-5	13	3.95	3.08	0.43	2.1	49.0	48.9	0.15	0.05
	M'-1	29	2.29	1.09	0.08	3.2	84.0	12.9	0.35	0.2
	M'-2	27	3.05	1.21	0.44	2.8	77.7	49.3	0.03	0.08
	M'-3	25	4.2	2.84	0.39	4.4	39.9	55.6	0.15	0.12
	M'-4	23	3.02	0.80	-0.18	1.1	89.4	9.5	0.15	0.15
	M'-5	17	2.08	1.82	0.08	9.2	81.1	9.7	0.2	0.09
	O'-1	32	3.00	1.82	0.07	1.0	86.1	12.9	0.28	0.03
	O'-2	30	5.16	2.88	0.26	0.5	35.9	63.6	0.25	0.14
	O'-3	29	2.82	1.66	0.29	0.5	72.4	27.1	0.15	0.15
	O'-4	29	3.99	2.54	0.39	0.5	50.2	49.3	0.03	0.08
	O'-5	24	3.81	3.66	-0.29	6.8	44.8	48.4	0.2	0.2
	A'-3	10	4.24	1.77	0.16	2.0	38.7	59.3	0.17	0.12
	A'-4	10	2.16	3.99	0.003	24.9	49.7	25.5	0.2	0.1
	R' ₁	25	1.88	1.12	-0.18	5.7	86.8	7.5	0.2	0.05
	R' ₂	18	2.08	1.64	0.27	6.8	76.6	16.5	0.22	0.05
	R' ₃	16	1.64	2.09	-0.33	17.4	76.0	6.6		

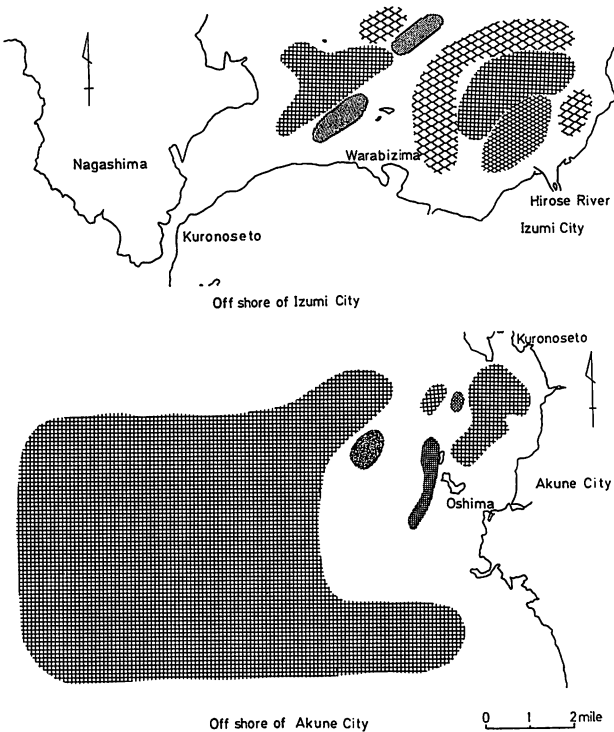


Fig. 16. The bottom materials at the off sea of Akune City and Izumi City.

●: Rock, Gravel ▨: Sandy gravel ●: Gravely sand ▩: Sand
 ▩: Mixture ●: Silty sand ▨: Sandy silt

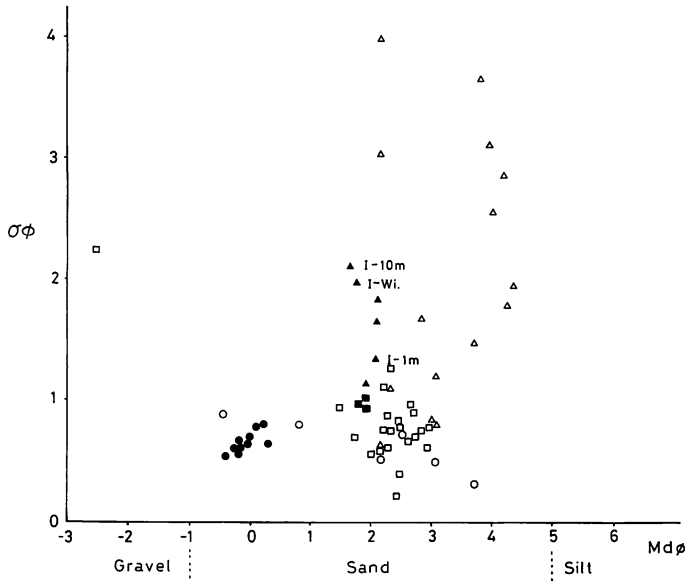
Table 6. Particle size measurements of bottom sediments near reefs at the off sea of Akune City and Izumi City.

Reef No.	Depth (m)	Sampling point	Median Diameter $Md\phi$	Sorting (Inman) $\sigma\phi$	Skewness (Inman) $Sk\phi$	Gravel, Sand, Silt and Clay ratio (%)		
						Gravel	Sand	Silt and Clay = Mud
N _A -0	57	a	1.88	1.00	0.06	2.3	86.9	10.8
		b	1.79	0.98	0.08	2.0	88.6	9.4
		c	1.84	0.94	0.08	2.7	88.6	8.6
N _A -1	22	a	-0.20	0.65	0.23	8.9	91.1	0.0
		b	0.04	0.77	0.10	9.4	90.6	0.0
		e	-0.40	0.52	0.23	9.9	90.1	0.0
N _A -2	18	a	0.08	0.79	0.27	3.4	96.6	0.0
		b	-0.23	0.58	0.09	10.4	89.6	0.0
		c	-0.20	0.61	0.25	8.1	91.9	0.0
		a	-0.18	0.67	0.22	8.3	91.7	0.0

N _A -3	27	b	-0.04	0.70	0.20	5.5	94.5	0.0
		c	-0.03	0.63	0.25	2.5	97.5	0.0
		d	-0.22	0.56	0.18	8.0	92.0	0.0
N _A -4	27	d	0.32	0.66	0.11	3.2	96.6	0.2
		a	1.76	1.98	-0.39	16.2	74.9	8.9
N _{IE} -1	16	b	2.08	1.32	-0.03	6.1	82.0	11.9
		d	1.64	2.09	-0.33	17.4	76.0	6.6

Reference:

- a: Within the block of the reef. b: 1 m out of the reef.
c: 5 m out of the reef. d: 10 m out of the reef.
e: Center of groups of the reef.

Fig. 17. Relationship between median diameter ($Md\phi$) and sorting ($\sigma\phi$).

- △: Sampling by Ekman-Birge sampler (Izumi).
▲: Sampling by the diver (Izumi).
I-Wi.: within the block of Izumi reef.
I-1m: 1 m out of the block of Izumi reef.
I-10 m: 10 m out of the block of Izumi reef.
○: Sampling by Ekman-Birge sampler (Near the coast of Akune).
●: Sampling by the diver (Near the coast of Akune).
□: Sampling by Ekman-Birge sampler (Far from the coast of Akune).
■: Sampling by the diver (Far from the coast of Akune).

夫粒度分析を行なった (Fig. 15). 分析結果より INMAN 法 (1956) により粒径中央値 ($Md\phi$), 淘汰度 ($\sigma\phi$), 歪度 ($Sk\phi$) 及び礫・砂・泥の含有率を求めた (Table. 5). 更にその含有率からグルーピングをし, 底質を分類して両市沖合海域の底質図を作成した (Fig. 16). なおここで云う礫・砂・泥という粒径尺度は WENTWORTH の区分によった. 底質図によると, 阿

久根市沖合の場合では、沿岸部の浅所で砂質、研究の対象とした5魚礁付近は砂質礫、更にその沖合は砂質の分布と変わり、魚礁設置域が底質の不連続部分になっていることがわかる。大島の沿岸沖合は礫の底質であるが、これは波浪及び潮流により島の岩石が細粒化し堆積したものと推定される。50 m 以深の沖合一帯は広く砂質の分布域となっている。

出水市沖合ではより複雑な底質分布を示している。即ちこの海域で最も広い面積をもつ砂質の分布域は、黒ノ瀬戸の東口部から七尾島と桂島の間域にかけ舌状に北東方に張り出している。またエビ曾根の南東方の広い範囲に互って同じく砂質部がみられる。砂質シルトの分布域は、蔵島から茂道鼻にかけてくの字型に長く伸びている他狭い範囲ではあるが、東部海域の魚礁設置域である茂道鼻の南方と七尾島の東方海域に夫々形成されている。また広瀬川河口沖の底質は、礫・砂・泥の混合域となっており、様々の粒径のものがかなり等しい割合で構成されている。このように複雑な底質分布を示しているのは、黒ノ瀬戸を流過する潮流、広範囲に設置されている魚礁帯、広瀬川により搬入される豊富な河川水等種々の影響によるものと考えられる。

エクマンバーge採泥器による採泥の他に、魚礁周辺において、潜水者により、表層約3 cmの資料を採泥し、同じ手法により粒度分析を行なった (Table 6)。採泥点は表に示す6魚礁について、夫々の魚礁を基点として、魚礁内、魚礁の側方1 m, 5 m, 10 m の場所とした。また時に2魚礁群の中間点をその点とした。次に Table 5, 6 より、 $Md\phi$ と $Sk\phi$ との関係及び

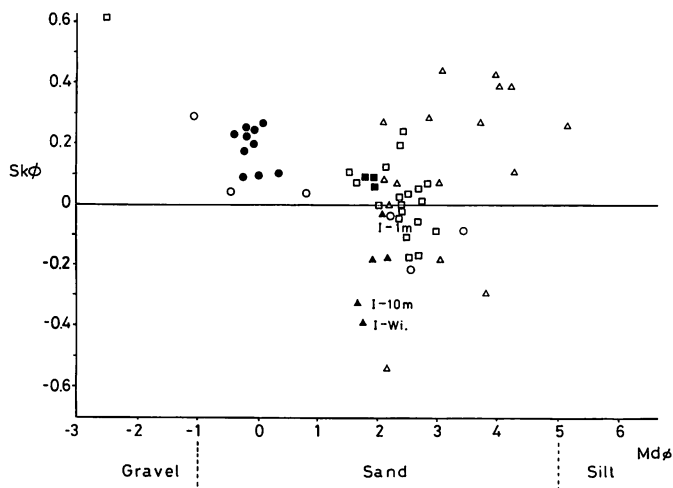


Fig. 18. Relationship between median diameter ($Md\phi$) and skewness ($Sk\phi$).

△: Sampling by Ekman-Birge sampler (Izumi).

▲: Sampling by the diver (Izumi).

I-Wi.: Within the block of Izumi reef.

I-1 m: 1 m out of the block of Izumi reef.

I-10 m: 10 m out of the block of Izumi reef.

○: Sampling by Ekman-Birge sampler (Near the coast of Akune).

●: Sampling by the diver (Near the coast of Akune).

□: Sampling by Ekman-Birge sampler (Far from the coast of Akune).

■: Sampling by the diver (Far from the coast of Akune).

$Md\phi$ と $Sk\phi$ との関係を示す図を求めた (Fig. 17, Fig. 18). Fig. 17 によると, 阿久根市沖合では淘汰が良いのに対し, 出水市沖合では淘汰不良の点の多く存在することが指摘出来るようである. また Fig. 18 によると, 魚礁付近の底質は, その沖合周辺の底質よりも比較的粗い粒径へ移行している傾向がみられる.

5. 考 察

今回潜水観察した阿久根市沖合海域の5魚礁は, 漁港に極めて近く, また広大な天然礁や多くの島嶼を至近距離に擁するなど立地条件に恵まれ, しかも各魚礁が 150~500 m の間隔をおいて設置され, 小規模ながら人工礁漁場的な好条件を有しているため多くの魚群を娯集させており, 1 本釣, 刺網及び簗等の沿岸漁業者にとって恰好の漁場となっている. この魚礁群の外廓線で囲まれる総海底面積は約 $2.6 \times 10^4 \text{ m}^2$ でブロック 1 個当りの所要平均海底面積は約 190 m^2 となっている.

一方, 出水市沖合海域の場合は, その半閉鎖的な内湾海域のもつ立地条件のためか, 魚礁設置の歴史は古く, 従ってその規模も大きい. 魚礁の利用法は慣習的に半ば確立された形をとっている. 即ち黒ノ瀬戸寄りの西部海域では吾智網漁業, 東部海域では1本釣, はえなわ, 刺網等の比較的小規模の漁業に専ら利用されている. 魚礁の設置形態をみると, 西部海域では小さい魚礁群を適当な間隔をおいて数多く設置されているのに対し, 東部海域ではブロックを1個所に集中させ広い底面積をとるように設置されている. 東部海域における魚礁の総海底面積は約 $6 \times 10^4 \text{ m}^2$, ブロックの1個当りの所要平均海底面積は 53.7 m^2 となり, 阿久根市沖合の場合より密度が高い. 両海域の魚礁形態の共通点は, ブロックの個体間隔を広くとっていることと, 2段積み部分が極めて少なく高さの低いことであろう.

このような設置形態は, 1つの良策として勧められているが^{(2), (3), (4), (5)} 両海域共, ウルメイワシ, アジ, カタクチイワシ等の中層魚やイサキ, タイ, ハタ, ヒラメ等の底魚の豊富な海域であるので, 諸説^{(5), (6)} にもあるように, ある程度の高さ, 即ち少なくとも3段積みの形式をとることが必要である. この場合, 両海域の魚礁群はほとんど広い底面積を有するので, その上に新しい魚礁を追加設置することが効果的であろう. 今回の研究では底質も併せ検討したが, 前述したように, 外海と内海という条件の相違から, 両海域の底質はその粒度分布にかなりの差がみられた. 底質の面から魚礁をみた場合, 底質の粒度組成を変化させることもあり得ることを出水市沖合の魚礁群は示唆しており興味深い. 今後は魚礁周辺の底質の構造についても研究を進めたい考えである.

6. 要 約

昭和55年8月より9月に至る期間, 阿久根市と出水市の沖合海域に設置してある8個所の人工魚礁において潜水観察及び採泥を実施した結果下記のような結果を得た.

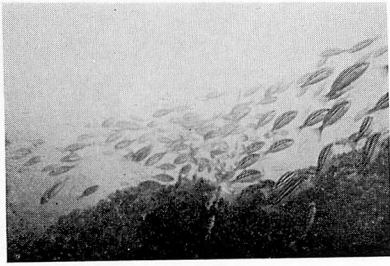
- 1) 両海域の魚礁はいずれも設置底面積を広くとる方式を採用している. コンクリートブロック 1 個当りの平均所要海底面積は, 阿久根市沖合が 190 m^2 , 出水市沖合が 54 m^2 となり, いずれも分散が大である.

- 2) 阿久根市沖合のコンクリートブロック魚礁の埋没の速さを推算すると、平均 9 cm/年となる。
- 3) 阿久根市沖合の魚礁には、ネンブツダイと大型魚が多く蛸集しているが、出水市沖合の魚礁には、ネンブツダイと大型魚が少なく、中型魚が多く蛸集している。
- 4) 底質の粒度組成を比較すると、出水市沖合は阿久根市沖合より複雑な分布を示し砂・泥及び泥の底質部が広い。また魚礁周辺の底質は魚礁に近づく程粒径が大きくなる傾向がみられる。

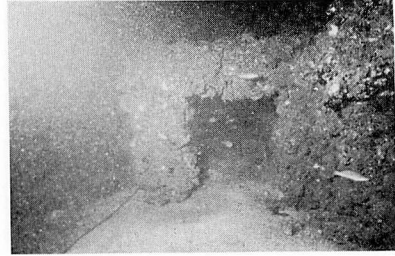
本研究は鹿児島県、阿久根市及び出水市の委託により実施したもので、底質の分析について鹿児島大学理学部地学科 大木公彦教官の御指導をいただいた。厚くお礼申し上げます。また、研究調査に当り御協力をいただいた鹿児島県水産課、阿久根市水産課、出水市水産商工課、北薩水産業技術改良普及所並びに阿久根市漁業協同組合、出水市漁業協同組合の関係者各位に対し深甚なる謝意を表するものである。

文 献

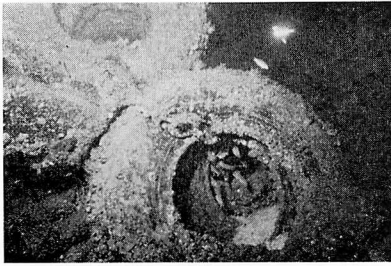
- 1) 肥後伸夫・吐師 弘・田畑静夫・上水樽豊己 (1979) : 潜水観察による人工魚礁の実態について-III. 鹿児島大学水産学部紀要, **28**, 91-105.
- 2) 大島泰夫 (1964) : 人工魚礁. 水産増養殖叢書, **8**, 18-22.
- 3) 水産庁研究二課 (1965) : 魚礁の研究報告. 30-34.
- 4) 増沢 寿 (1968) : 人工魚礁におけるブロックの配置構造と生産効果. 水産増殖, **15**, (4), 51-57.
- 5) 魚礁総合研究会 (1976) : 人工魚礁の理論と実際 (I). 水産増養殖叢書, **26**, 55-59.
- 6) 増沢 寿 (1966) : 人工魚礁の潜水調査について. 人工魚礁研究, **6**, 2-6.



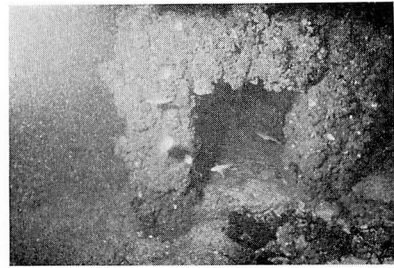
A



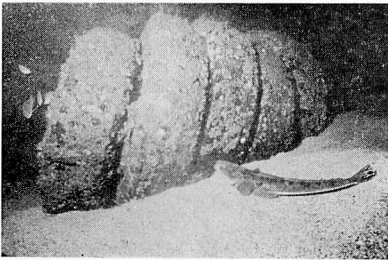
E



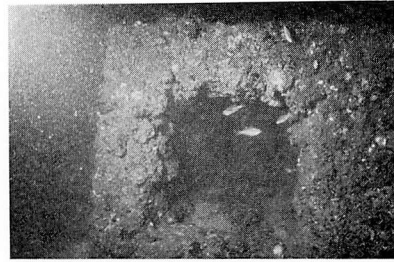
B



F



C



G



D



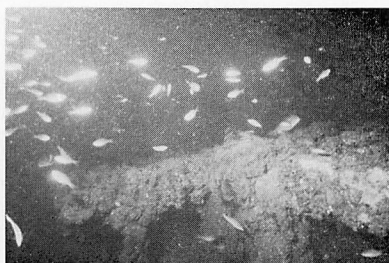
H

Plate I. The artificial reefs at the off shore of Akune City.

A~D: N_A -1 reef E~H: N_A -2 reef



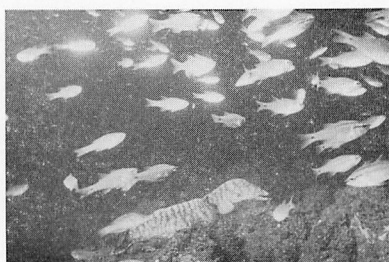
A



E



B



F



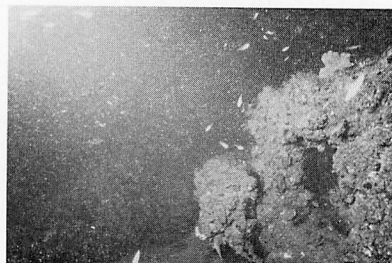
C



G



D



H

Plate II. The artificial reefs at the off shore of Akune City.

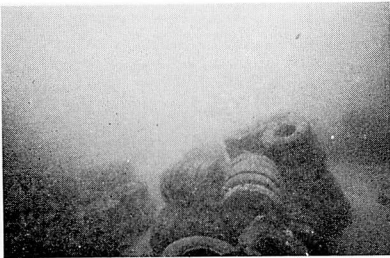
A~D: N_A -3 reef E~H: N_A -4 reef



A



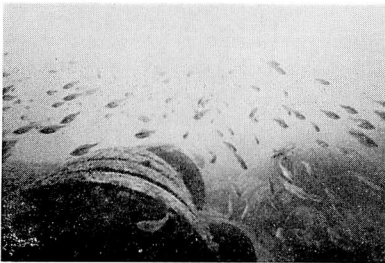
E



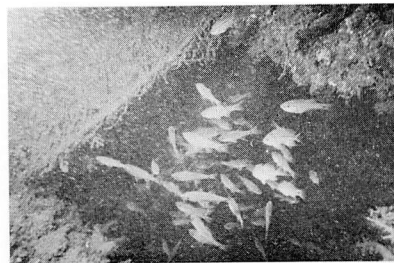
B



F



C



G



D



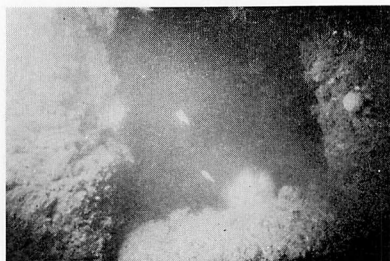
H

Plate III. The artificial reefs at the off shore of Akune City.

A~D: N_A-5 reef E~H: N_A-0 reef



A



E



B



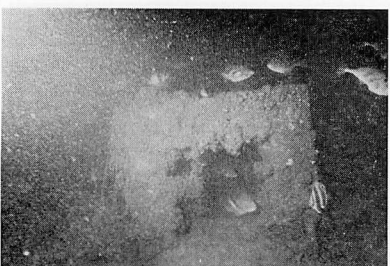
F



C



G



D



H

Plate IV. The artificial reefs at the off shore of Izumi City.
 A~D: N_{IW}-5 Reef E~G: N_{IE}-1 Reef H: N_{IE}-3 Reef