

鹿児島市沖合に設置された人工魚礁

不破 茂, 今井健彦, 田畑静夫, 金 碩鍾, 久津輪修一, 熊澤泰生

Studies on the Artificial Reefs Offshore of Kagoshima City

Shigeru FUWA*¹, Takehiko IMAI*¹, Shizuo TABATA*¹,
Sukjong KIM*², Shuichi KUTSUWA*¹, and Taisei KUMASAWA*¹

Keywords : artificial reefs, fish fauna, dispersion, Kagoshima City, bus reef

Abstract

The fish gathering effect and setting condition of the artificial reefs were studied on the basis of field experiments off Kagoshima City. Three types of artificial reefs: one concrete block reef, two bus reefs and one lava reef were surveyed by scuba diving. Field results were analyzed with respect to the fish fauna and dispersion of reef after setting on the sea bottom. The results are as follows.

Bus reef showed the highest fish gathering effect. However, poor fish fauna was found at the reefs north of west Sakurashima pass as compared to the others. The distribution of the reefs differed from the scheduled arrangement. The difference seemed to be caused by the errors at setting due to movement of marker buoy and inaccuracy of positioning of the ship. These suggest that setting operation should also be considered in order to increase the accuracy of reef arrangement.

鹿児島湾は東西約20km, 南北約80kmで約1130km²の広さを持ち, 西桜島水道をはさんで南北に分けられた半閉鎖的な湾であり, 西桜島水道より北側では海水交換の程度は低い¹⁾。ここでは小型まき網, 小型底びき網, 刺網や一本釣りなどの漁業が行われているが, 小割生け簀による魚類の養殖も盛んである。また近年では人口約55万人の鹿児島市などからの生活廃水の流入や養殖漁場の自家汚染などによって水質の汚濁が進んでいると言われている。このような都市の前面に設置されている人工魚礁の沈設状態, 漁場環境および, そこに蛸集している魚の状況などを明らかにする調査を行ったので, その結果について報告する。

*¹ 鹿児島大学水産学部漁具学研究室 (Laboratory of Fishing Gear Science, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 50-20 Shimoarata 4, Kagoshima, 890 Japan)

*² 鹿児島大学大学院連合農学研究科 (The United Graduate School of Agricultural Science, Kagoshima University, 21-24 Korimoto 1, Kagoshima, 890 Japan)

調査方法

調査は1990年10月11, 12日の両日に潜水調査および、魚群探知機による魚礁の設置状況と近傍の海底地形の調査を鹿児島大学水産学部漁具学講座所属の調査艇『ゆめ』を使用して実施した。まず調査地点に到着し、「山あて」によって魚礁位置を求めた。その後、魚群探知機によって正確な魚礁設置状況の確認を行った。次いで魚礁直上に錨を投入して、潜水時のガイドロープとした。潜水調査はスキューバ潜水による水中観察であり、魚礁の設置状況、魚礁の埋没状況、魚群の蝸集状況、付着生物などについて調査を行い、同時に写真撮影を実施した。なお、潜水調査は二人のダイバーが約15~25分間行った。潜水調査が終了した後に、魚礁の近傍を縦横に航走しながら魚群探知機（放電破壊式記録紙）によって海底地形および、魚群の蝸集状況を調査した。

今回調査対象とした魚礁の設置場所は次の四か所であった。すなわち磯沖 (St.1), 与次郎ヶ浜沖 (St.2) 宇土港沖 (St.3), および海づり公園 (St.4) であり、それらの位置を Fig. 1 に示し、各魚礁の概要を Table 1 に掲げた。これらの魚礁はいずれも設置後1~3年経過しており、St.3 がやや陸岸から離れている以外はいずれも陸地に近接している。設置水深は海づり公園がやや浅く約26mであるが、他はいずれも約30~40mである。底質はいずれも砂質または、砂泥質であった。

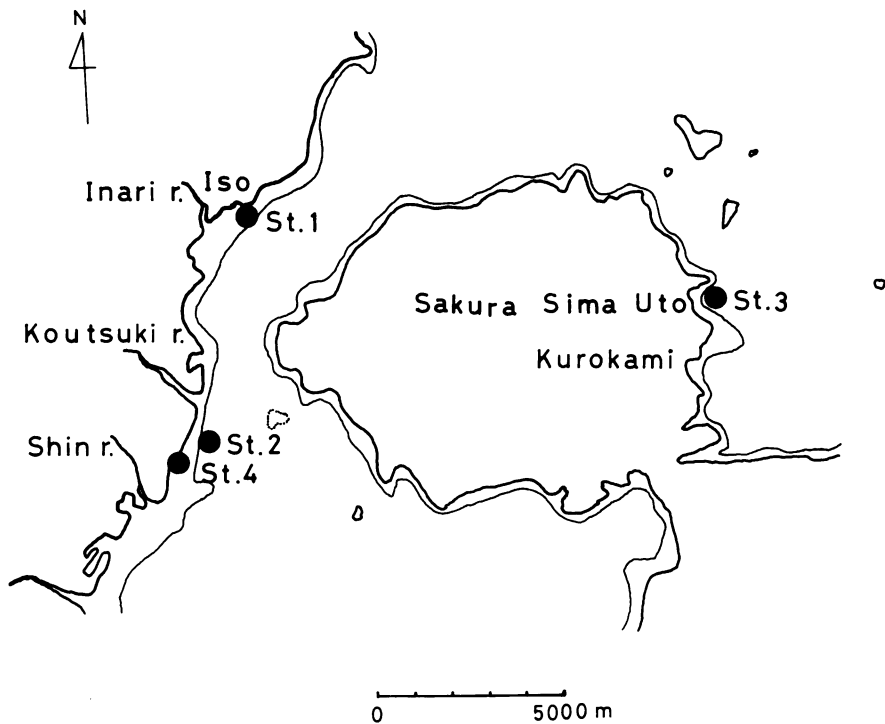


Fig.1 Map showing the position of reefs observed in this study.

Table 1. The structure of the artificial reefs.

Place	Iso (St. 1)	Yojirougahama (St. 2)	Uto (St. 3)	Public Fishing pier (St. 4)
Position	31°-36.6' N 130°-35.0' E	31°-33.4' N 130°-34.2' E	31°-35.4' N 130°-43.5' E	31°-33.3' N 130°-33.9' E
Depth (m)	38.5	33.0	34.0	26.0
Type, Number	Pyramid, 2 Concrete block, 50	Bus, 5	Bus, 10	Lava, 890m ³
Elapsed year	3	2	1~2	1

結 果

磯沖魚礁 (St. 1)

磯海水浴場沖約500m, 水深約40mに設置されている魚礁であり, 昭和62年度にピラミッド型魚礁 (L6.9m×W6.9m×H3.15m, 292空m³) 2基, 1.5m角コンクリートブロック魚礁 (L1.5m×W1.5m×H1.5m, 3.4空m³) 50個を投入して造成されたものである。魚礁の設置計画は半径10mの範囲に1.5m角コンクリートブロック魚礁を重ねることのないように散在させ, この範囲から両側へ5m離れた場所へピラミッド型魚礁各1基を配置している。ピラミッド型魚礁は水深38.5mの平坦な砂地海底に正立しており, 破損もなく海底の洗掘や底部付近の埋没は認められなかった。魚礁から北東方向約6m (水深40m) には溶岩塊が約5~10m間隔で散在し, その間にコンクリート方塊が一個あった。このコンクリート方塊は磯海水浴場整備 (昭和61, 62年度) に使用されたクレーン船の係留用錨として使用されたものと思われる。ピラミッド型魚礁の外側約10mの範囲を探索したが, コンクリートブロック魚礁は確認できなかった。

水中視程は濁りもあり約5mであった。魚礁は一面に浮泥に覆われ, 表面にはブジツボ *Balanus* sp. が付着していた。蛸集魚の状況は魚礁の直上 (0~1m) にはネンブツダイ *Apogon semineatus* 体長約10cmが数百尾の群で滞留していた。魚礁の内外をウマツラハギ *Thamnaconus modestes* 体長約10~15cmが約30~50尾の小群でゆっくりと遊泳していた。またマダイ *Pagrus major* 体長約70~80cm, イラ *Choerodon azurio* 体長約20~25cm, ササノハベラ *Pseudolaburus japonicus* 体長約10~15cmがそれぞれ魚礁の近傍で視認された。ここでは調査日より約100日前の7月6日にマダイ *Pagrus major* 稚魚 (平均体長約60mm) を30000尾放流しているが, これらは確認されなかった。確認した魚礁の配置を Fig. 2 に示し, 魚の蛸集状況を Table 2 に掲げた。

与次郎ヶ浜沖魚礁 (St. 2)

与次郎ヶ浜マリンパーク沖約1000m, 水深約33mに設置されている魚礁であり, 昭和63年度に廃バス (L9.8m×W2.4m×H2.6m, 61.2空m³) 5台を投入して造成されたものである。魚礁の設置計画は次の通りである。4台の廃バスを前後方向に約10m, 左右方向に約10mの

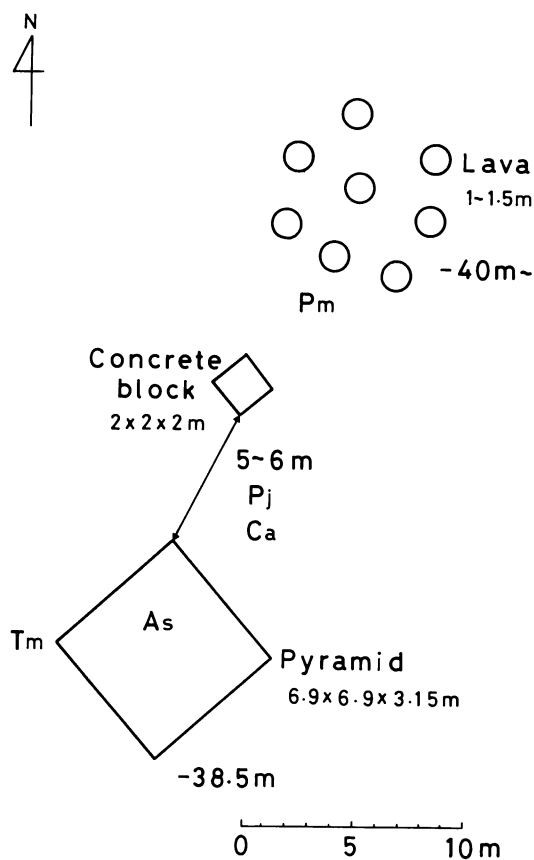


Fig. 2 Arrangement of artificial reefs and distribution of fishes observed by diving survey at St. 1 (offshore of Iso).

As: *Apogon semilineatus*, Tm: *Thamnaconus modestus*,
Ca: *Choerodon azurio*, Pj: *Pseudolabrus japonicus*, Pm: *Pagrus major*

Table 2. Fishes observed on the artificial reef at St. 1.

Species	Length (cm)	Number	State
<i>Apogon semilineatus</i>	10	500 >	Drifting
<i>Thamnaconus modestus</i>	10~15	30~50	Slowly swimming
<i>Choerodon azurio</i>	20	1	Swimming
<i>Pseudolabrus japonicus</i>	10~15	1	Swimming
<i>Pagrus major</i>	70~80	1	Swimming

間隔をとり長方形に配置し、それらの中央部に1台を配置するものである。なお、これらの廃バスには松樹(直径5 cm, 長さ5 m, 幅3 m)がバス内部に入れている。

魚礁は水深33mの平坦な砂地海底に正立しており、重なってはいない。廃バスは破損もなく海底の洗掘や底部付近の埋没は認められなかった。バスは相互に2~6 m離れており、北東~南西方向に3台がほぼ平行に並び、もう1台はやや離れて設置されている。この外側約10mの範囲を探索したがもう一台は発見できなかった。廃バス内部の松樹は腐朽せずにほぼ原形をとどめている。魚礁は一面に浮泥に覆われ、濁りもあり水中視程は約5 mだった。窓枠にはシロボヤ *Slyela plicata*, ハナヤギ *Anlho plexaura* の着生があった。

蛸集魚の状況は魚礁の直上(0~3 m)にはカンパチ *Serida purpurascens* 体長約40 cmが約1000尾以上の群で魚礁の設置範囲上方を活発に遊泳し、さらにその上方の約3~7 mにはマアジ *Trachurus japonicus* 体長約10 cmが数千尾の密群で滞留していた。魚礁周辺の海底付近ではコロダイ *Diagramma pictum* 体長約70~80 cmが4~6尾ずつ約20尾遊泳していた。

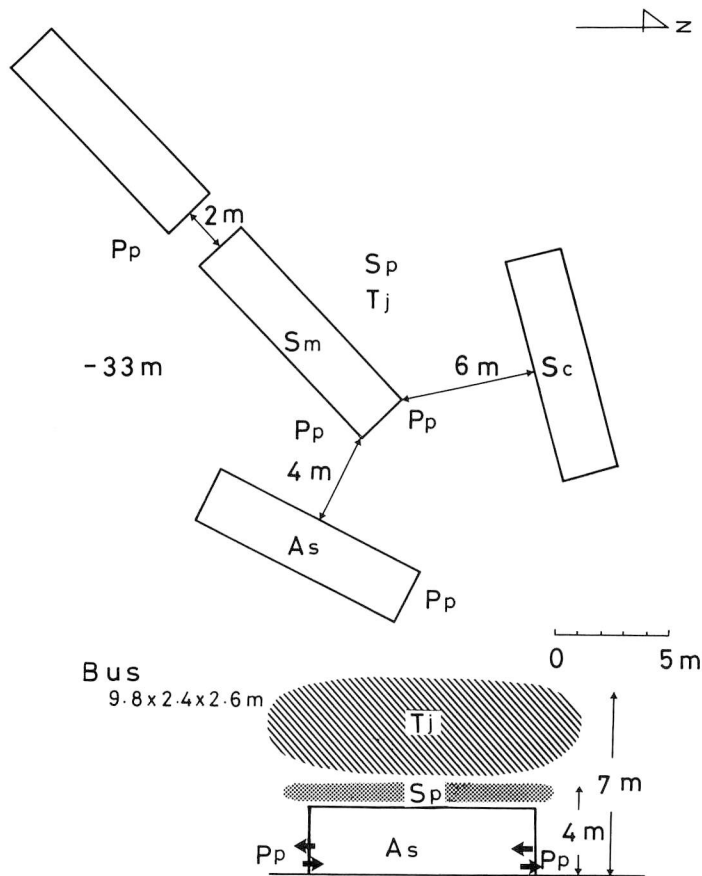


Fig. 3 Arrangement of artificial reefs and distribution of fishes observed by diving survey at St. 2 (offshore of Yojirougahama).

Tj: *Trachurus japonicus*, Sp: *Seriola purpurascens*, Pp: *Plectorhynchus pictus*, Pj: *Pseudolabrus japonicus*, Pm: *Pagrus major*, Sc: *Stephanolepis cirrhifer*, Sm: *Sebastes marmoratus*

Table 3. Fishes observed on the artificial reef at St. 2.

Species	Length (cm)	Number	State
<i>Seriola purpurascens</i>	40	1000 >	Active swimming
<i>Trachurus japonicus</i>	10	5000 >	Drifting
<i>Plectorhynchus pictus</i>	70~80	20	Swimming
<i>Apogon semilineatus</i>	10	30~50	Drifting
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	15	1	Drifting
<i>Sebastes marmoratus</i>	20	1	Stationary

ネンブツダイ体長約10cmは約30~50尾の小群が一台の魚礁でのみ見られ、内外をゆっくり出入りしていた。この他にカワハギ *Stephanolepis cirrhifer* 体長約15cm, カサゴ *Sebastes marmoratus* 体長約20cmがそれぞれ魚礁の近傍で視認された。この魚礁には今回調査した4ヶ所のうち最も多くの魚が蝟集していた。確認した魚礁の配置を Fig. 3 に示し、蝟集魚の状況を Table 3 に掲げた。

宇土港沖魚礁 (St. 3)

東桜島の宇土港沖約500m, 水深約34mに設置されている魚礁であり、平成元年度と2年度に廃バス (L9.8m×W2.4m×H2.6m, 61.2空 m^3) を5台ずつ投入して造成されたものである。魚礁の配置計画は二年度とも同じであり、次の通りである。4台の廃バスを前後方向に約10m, 左右方向に約10mの間隔をとり長方形に配置し、それらの中央部に1台を配置するものである。なお、これらの廃バスには松樹 (直径5cm, 長さ5m, 幅3m) がバス内部に入れられている。

魚礁は水深34mの砂地海底の半径約15mの範囲に6台があり、うち1台は前半部が別の廃バスに積み重っており、別の一台は横転していた。廃バスは破損もなく海底の洗掘や底部付近の埋没は認められなかった。バスは相互に約2.5~7m離れており、うち2台は東西方向ほぼ平行に並んでいる。また、約6~7mずつ離れてそれぞれ2台ずつ設置されていた。これら廃バスの外側約30mの範囲を探索したが他の4台は発見できなかった。魚礁内部の松樹はほぼ原形をとどめていた。魚礁は一面に桜島溶岩原を起源として黒神川から流入した浮泥に覆われて、その厚さは最大で約3cmあった。水中視程は約5mで他の魚礁とほぼ同じだった。魚礁には釣糸や網地等のてん落はなかった。窓枠にはイソギンチャク *Actinaria* sp. の他には着生物はなかった。

蝟集魚の状況は魚礁周辺の海底付近ではコロダイ体長約25cmが1尾遊泳していた。ネンブツダイ体長約10cmは約100~200尾の群となって魚礁の内外をゆっくり出入りしていた。この他には魚群は全く視認されなかった。1990年7月6日にマダイ稚魚 (平均体長60mm, 30000尾) を魚礁の直上で放流しているが、これらは全く視認できなかった。確認した魚礁の配置を Fig. 4 に示し、魚の蝟集状況は Table 4 に掲げた。

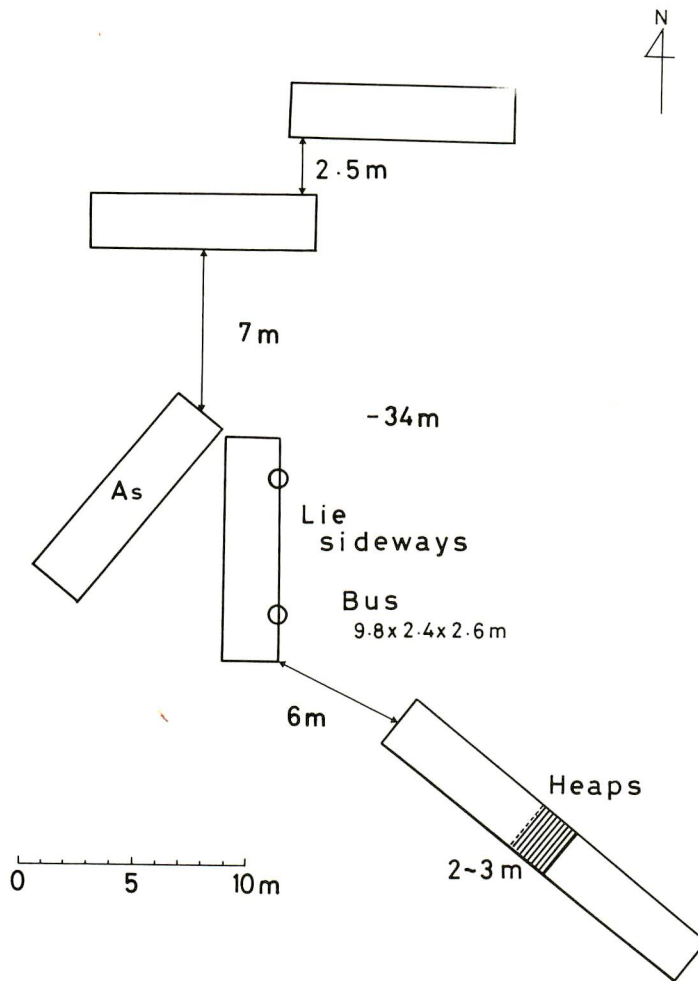


Fig. 4 Arrangement of artificial reefs and distribution of fishes observed by diving survey at St. 3 (offshore of Uto).

Pp: *Plectorhynchus pictus*, As: *Apogon semilineatus*

Table 4. Fishes observed on the artificial reef at St.3.

Species	Length (cm)	Number	State
<i>Plectorhynchus pictus</i>	25	1	Swimming
<i>Apogon semilineatus</i>	10	100~200	Drifting

海づり公園魚礁 (St. 4)

鹿児島市与次郎二丁目地先に昭和60年度に建築された鹿児島市海づり公園の釣台付近の水深約26mに設置されている魚礁である。昭和60年度から1.5m角コンクリートブロック魚礁 (L1.5m×W1.5m×H1.5m, 3.4空 m^3) および、桜島溶岩 (1個当たり約2トン, 直径1.5~2m) を毎年投入して造成されている。このうち溶岩魚礁は平成元年度には465 m^3 , 同二年度には890 m^3 が釣り台下に投入されている。溶岩魚礁は釣り台の先端部沖側 (平成二年度), 中央部岸側 (昭和63年度) および, 沖側 (平成二年度) に造成された。潜水調査は中央部分の溶岩魚礁と釣り台の橋脚基礎部に投入されたコンクリートブロック魚礁について実施した。

水中視程は2~3mと非常に悪かった。溶岩魚礁は幅約6m, 長さ約15mの楕円に近い形状であり, 中央部の高さは約4mで部分的には5~6mの高さがある。表面は一様にヘドロ状のもので覆われ, その厚さは岸側で約3cm, 沖側で約1cmであった。また底部は約25cm埋没していた。ここは鴨池川の川口直前に位置しているので, 陸上を起源とする懸濁物が多く, 浮泥が堆積しやすい漁場環境にある。ブロック魚礁の内部には松樹が合わせて設置されているが, これは腐朽することなく小枝まで残存しており, これに釣りテグスがたんで落下し, この釣りテグスに次々に釣りテグスが絡みつき, 一部では釣りテグスがクモの巣状となっていた。また海底や魚礁にも入場者が投棄したとみられる釣餌のビニール袋や空き缶などの水中で分解しないゴミ類が散乱していた。

蛸集魚の状況は溶岩魚礁の海底付近ではコロダイ体長約40cmが5~6尾, ミギマキ *Goniistius zebra* 体長約30~40cmが3~4尾で遊泳し, イシダイ *Oplegnathus fasciatus* 体長約30~40cmは単独で約20尾, イシガキダイ *Oplegnathus punctatus* 体長約15~20cmは約10尾が視認された。カンパチ体長約60cmが約30尾, 体長約30cmが約20尾の群で溶岩魚礁の側方 (海底から約2~3m) をゆるやかに遊泳していた。ネンブツダイ体長約10cmは約50~100尾の群となってブロック魚礁の内部に滞泳しており, 沖側に多く見られた。ブロック魚礁ではこの他にカサゴ体長約15~20cmが2尾, ウマヅラハギ体長約20cmが約20尾が視認された。調査実施日前後では体長約10cmのマアジが多数釣獲されていたが, 潜水観察では視認できなかった。確認した魚礁の配置を Fig. 5 に示し, 魚の蛸集状況は Table 5 に掲げた。

Table 5. Fishes observed on the artificial reef at St. 4.

Species	Length (cm)	Number	State
<i>Plectorhynchus pictus</i>	40	5	Swimming
<i>Goniistius zebra</i>	30~40	4	Swimming
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	30~40	20	Swimming
<i>Oplegnathus punctatus</i>	15~20	10	Swimming
<i>Seriola purpurascens</i>	30~60	50	Slowly swimming
<i>Apogon semilineatus</i>	10	50~100	Drifting
<i>Sebastes marmoratus</i>	15~20	2	Stationary
<i>Thamnaconus modestus</i>	20	20	Drifting

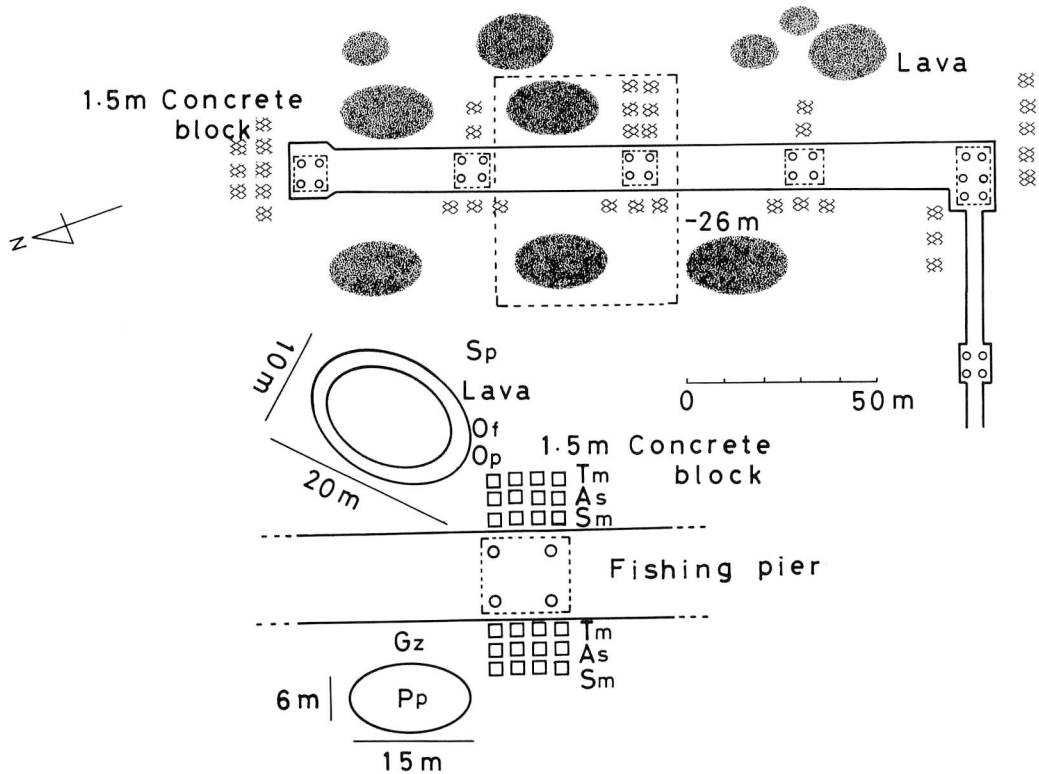


Fig. 5 Arrangement of artificial reefs and distribution of fishes observed by diving survey at St. 4 (Public Fishing pier).

Pp: *Plectorhynchus pictus*, Gz: *Goniistius zebra*, Of: *Oplegnathus fasciatus*,
 Op: *Oplegnathus peunclatus*, Sp: *Seriola purpurascens*,
 Ap: *Apogon Semilineatus*, Sm: *Sebastiscus marmoratus*,
 Tm: *Thamnaconus modestus*

考 察

スキューバ潜水による魚礁に蛸集した魚の行動生態の観察について岡本ら²⁾はダイバーの存在が魚群の行動に及ぼす影響は小さくないが、魚種相の観察については問題はなく、また魚群量についても十分な観察時間をかけて、広い範囲にわたって慎重な観察を行えば、ほとんどの魚種について誤差の少ない結果が得られると述べている。熟練したダイバーは岩の隙間や魚礁の内部にいる魚についても観察が可能で、魚種の判断や写真撮影ができる。St. 4 (海づり公園) を例にとれば、今回視認できた魚種は調査実施日の前後で釣獲されている。そこで今回行った水中での観察結果は魚礁に蛸集した魚類相をほぼ正確に表していると考えられる。

放流されたマダイ当歳魚はその地点から拡散してゆき、放流地点での個体数は指数関数的に急激に減少し、特に放流直後の個体数減少が顕著で1週間後には放流直後の約1/10に減

少することが報告されている^{3,4,5,6})。体長5~8 cmのマダイは生活拡張期⁷⁾であり、積極的に生活域を拡大していくことが急激に個体数が減少する理由の一つと考えられる。調査日は放流後約100日を経過しており、すでに生活域は放流地点から離れた場所へ移動したものと考えられる。放流されたマダイ当歳魚は摂食場所と逃避場所の両方の要求を満たすため、砂地の海底で海草や岩などの何か依存できるものの周辺に分布していることが明らかにされている⁸⁾。魚礁をマダイの放流場所として利用するならば、魚礁が設置されている場所の底質は砂質で摂食場所としての条件は十分であり、小型の人工海藻などの逃避場所となりうるものを投入してマダイが定着しやすい環境を作る必要がある。

魚礁の設置計画は魚礁漁場での生産効率や魚類の増殖効果を高める目的で決定されたものであるが、それらは海底上の位置を基準としている。しかし実際の設置作業は海面上であり、正確に設置しようとしても幾らかの誤差が生じてくる。溶岩魚礁の沈設作業は運搬船がその船体を傾斜させて、積載甲板上の溶岩全量を一度に海中へ投入する。St. 4 (海づり公園) は陸岸に近く、釣り台などの測位目標があり位置の決定は容易で魚礁設置位置の測定精度は高くなる。また、水深は約25mと比較的浅く集中して投入されるので、魚礁の形態は半楕円体状に積み上げられた形となっている。しかしコンクリートブロック魚礁や廃バス魚礁では海上に繫留したクレーン船から一個づつワイヤーで吊り降ろして海底に設置する。この方法では設置位置の測量誤差、浮標位置誤差、作業船の係留位置誤差、作業船の傾きによる誤差、海潮流によるふかれなどによる誤差などが単独または相互に影響しあって魚礁の設置誤差を生じている。このうち最も大きく影響するのは浮標のふれ回りと作業船の係留位置であると言われている⁹⁾。このような誤差のためSt. 3 (宇土港沖) のように海底地形が棚状部分から北側は急な傾斜となっている場所では投入された魚礁は計画された区域内には沈設されず、その一部は深みへ転落したと考えられる。またSt. 1 (磯沖)、St. 2 (与次郎ヶ浜沖) では比較的狭い範囲に投入されるべき魚礁が、その一部は前述した誤差によって所定の範囲から離れて沈設されたらしく、今回の調査では確認できなかった。いずれの魚礁でも沈設状況は計画された配置とは異っている。これらは前述の誤差のほかコンクリートブロック魚礁が海面から落下する際の回転運動による分散など⁹⁾も影響すると考えられる。魚礁としての生産および増殖効果を向上するため、投入場所の海底地形や投入の方法を十分に検討する必要がある。また、廃バスは形態的には大きく、内部に空間があって蝸集している魚類相も豊富で魚群量も多い。廃棄資源の有効利用の見地からも積極的に活用すればよいと考える。

今回調査した魚礁はいずれも鹿児島湾という半閉鎖的な湾の鹿児島市という都市の直前に位置するという特徴がある。また、St. 4 では鴨池川の川口の直前に位置しており、それ以外の魚礁も約500~1000mの距離があるが、St. 1 では稲荷川、St. 2 では甲突川、St. 3 では桜島の黒神川の影響を受けていると考えられる。これらの魚礁は陸上を起源とする懸濁物の堆積にさらされており、海水交換の程度が低い場所や川口までの距離が短い場所ほど魚礁へ浮泥などが厚く堆積している。海水流動の程度が低い西桜島水道より北部にあるSt. 1、St. 3では、今後浮泥などが堆積してゆく可能性が高い。また、St. 4 (海づり公園) では鴨池川の川口直前にあり日常的に浮泥が堆積しており、また降雨後の出水時には新川と甲突川からのビニール袋などの流出物等が漂着する。このためこれらの漂着物と入場者の投棄した釣りテグスやビニール袋などが漁場としての価値を低下させているのは否めない。

本研究は鹿児島市より依頼を受けて実施したものであり, 調査にあたっては鹿児島市経済局農林部畜水産課古田義朗氏, 福島誠氏, 神信弘氏, 鹿児島市海づり公園入佐健一氏および, 鹿児島市漁協組合員の方々のご協力を頂いた。潜水調査には K.M.S.代表鮫島実氏ならびに, 田麦明広氏に従事して頂いた。ここに記して深くお礼申しあげる。

参 考 文 献

- 1) 茶円正明 (1978): 錦江湾の海洋環境. “錦江湾”(岩切成郎編), pp. 15-58 (南日本新聞開発センター, 鹿児島).
- 2) 岡本峰雄, 佐藤修, 黒木敏郎, 村井徹: ダイバーが魚群行動に与える影響. 日水誌, 42, 1567-1573.
- 3) 松宮義晴, 木曾克裕 (1982): 平戸志々岐湾における人工マダイ放流後の動向と順応過程. 西水研報告, 58, 90-97.
- 4) 傍島直樹, 宗清正広, 船田秀之助 (1986): 阿蘇海におけるマダイ小型種苗放流の試み - I, 栽培技研, 15, 169-175.
- 5) 山岡耕作, 高木基裕, 山田徹生, 谷口順彦 (1991): 人工種苗放流マダイにみられるなわばり行動. 日水誌, 57, 1-5.
- 6) 山岡耕作, 前川賢夫, 谷口順彦 (1991): マダイ種苗の漁港内放流実験. 水産増殖, 39, 55-60.
- 7) 猪子嘉生, 溝上昭雄, 高場実 (1978): マダイの種苗放流・追跡 - 1. 昭和52年度野生海域における小型種苗の大量集中放流. 栽培技研, 7, 21-26.
- 8) 菊池健三 (1984): 施工技術と精度. “人工魚礁”(佐藤修編), pp. 65-80 (厚生社恒星閣, 東京).
- 9) 佐藤修 (1968): 人工魚礁研究に関する若干の問題点. 水産増殖臨時号, 7, 43-62.