

底生魚類を対象とした新型組立魚礁

森 富 男
(本社技術本部海洋開発部)
原 田 暁
(本社技術本部海洋開発部)

細 野 成 一
(本社技術本部海洋開発部)

New Artificial Fish Nest for Demersal Fishes

Tomio Mori Seichi Hosono
Akira Harada

Abstract

Artificial fish nests have recently been made larger in size. Most of the large size artificial fish nests are not made for demersal fishes but for migratory fishes. For the most part, artificial fish nests for demersal fishes are small and are of cylinder or square type. There are some drawbacks such as scattering and loss when thrown into the sea for sinking to the bottom so that the nests cannot be settled regularly spaced at their proper locations. In order to eliminate the drawbacks the authors developed a new artificial fish nest for demersal fishes based on investigations of environmental conditions of fishing grounds. This new type of fish nest whose shape is a cross is assembled of small existing artificial fish nests and precast concrete beams, and has the feature that it may be formed in any cross shape to conform to varying fishing ground environments.

概 要

魚礁の大きさは近年数空立米の規模から数百空立米の大きさと大型化されている。大型魚礁は回游性の表層並に中層魚類を対象としたものが多く、底生魚類を対象としている大型魚礁は少ない。底生魚類を対象としている魚礁には円筒型、角型の小型単体魚礁が主流をなしており、台船から投入沈設を行なうため散逸等が起こり、適度の魚礁空間が保持できないこと、所定の位置に計画沈設ができない欠点があった。今回底生魚類を対象とした魚礁を開発するのに当たり、漁場造成海域の漁場環境条件調査を実施し、調査結果に基づいて魚礁単体構造物を開発した。本組立式魚礁は既存の小型単体魚礁(角型、円筒)とPCボールを十字に組み、各種の漁場環境に応じて必要な内部空間、表面積を任意に形成できる新型組立魚礁である。

1. まえがき

魚礁投入は古くから沿岸漁場において集魚の目的で実施されてきた。最近ではコンクリート製の魚礁を中心に小型単体魚礁から大型魚礁へと規模も大きくなり、天然礁規模に匹敵するような人工礁と呼ばれる独立魚場の造成が実施されるようになった。従来から大型の魚礁で底生魚類を対象としている魚礁は少なく、ほとんど円筒形、角型の小型単体魚礁を投入している。しかし、小型単体の魚礁は台船から投入するため散逸等が

起こり、適度の魚礁空間が保持できないこと、所定の位置に計画沈設ができない欠点があった。今回底生魚類を対象とした大型魚礁を開発するのに当たり、造成海域の漁場環境調査を実施し、調査結果に基づいて単体構造物を開発した。本報告では底生魚類を対象とした新型組立魚礁並に、魚礁配置について報告する。

2. 魚場環境調査

対象魚類に最適な構造型式の開発並びに魚場設計に必要なデータを得るため、漁場環境調査を実施した。

本漁場は底生魚類を対象としていることを考え、調査は、底生生物の分布調査、底層流調査、地形・地質調査、水温・塩分・溶存酸素量調査を中心に行なった。

2.1. 海底地形・地質調査

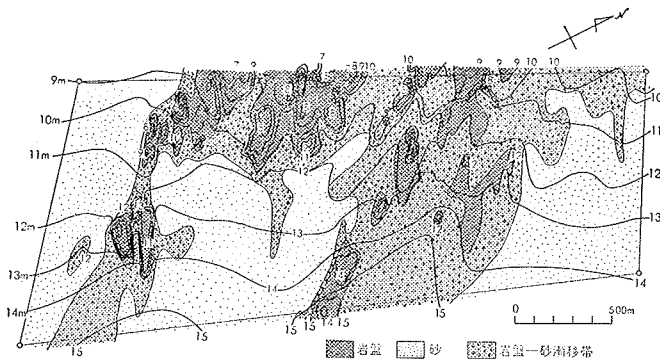
2.1.1. 人工魚礁造成海域の地形・地質 本海域は太平洋岸大陸棚のほぼ中央に属する。本大陸棚は、距岸3~9kmに-20mの平坦面、9km以遠に、勾配一様な緩傾斜面を有し、距岸約28kmまで続いている。調査の結果、人工魚礁造成海域並びに周辺は、(1)海底地形は極めて単調で、南東に僅かに傾斜(勾配1/160~1/175)していること、(2)基盤は、洪積世の平坦面で、ここには谷幅の狭い(0.5~1.0km)、比較的深い(比高約7m)侵蝕谷が4本刻まれていること、(3)侵蝕谷にはN値の小さい粘土層が埋積していること、(4)最上部には、層厚約3mのシルト質砂が全面に亘って分布していること等が判明した。

人工魚礁は、周辺に凹凸部が少ない場所に設置する方が有効であり、この観点からは、調査海域の何処でも適すと考えられる。他方、侵蝕谷では軟弱層の層厚が大きく、比較的大型、重量の構造物を設置することは避けた方がよい。

2.1.2. 天然礁海域の地形・地質 魚礁の構造型式、配置は、多くの未解決の問題も残されている。この場合、現存する天然魚礁の形状を調べ、人工魚礁の構造型式、配置に資することは有意義である。調査結果を図一1に示す。海域中央部には、新第三紀の岩盤が馬蹄形に露出している。本層は砂岩、礫岩の互層となっているため、選択侵蝕を受け、縞状に、起伏の大きい凸所が分布する。凸所の間には砂、礫が賦存する。礁の高さは2~4mで、礁の間隔は50~300mである。馬蹄形の天然礁の間には、約1km×1kmの平坦部(砂質堆積物)が存在する。

2.2. 底質

底生魚類の餌料となるベントスは底質(粒度組成)と密接な関係をもつといわれている¹⁾。調査海域(20km



図一1 天然礁海域の地形・底質

×5km)の底質は灰緑色(栄養となる有機物が多いことを示す)のシルト質砂である。砂分は海域南端で最小(50%)、北に向う程砂分が増し、北端では74%となる。このことは、潮流、水温・水質調査結果(後述)ともあわせ考えると、陸上河川の影響と考えられる。

2.3. 潮流

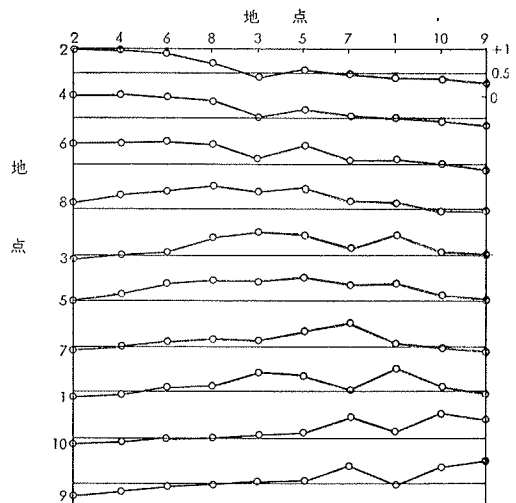
潮流調査は、漁場の水塊構造、人工魚礁の配置、大きさを決める上で重要である。調査は海面下10mの表層流と、海底面上1mの底層流を対象とした。表層流は、方向SW、平均流速20~30cm/secで、本大陸棚に流れこむ海流の影響を強く受けている。一方、底層流は卓越した方向がなく、平均流速6cm/secであることから、沿岸流(方向NE)と海流の接触域になっているものと考えられる。

2.4. 水温・塩分・溶存酸素量

水温・塩分とも表層部には有意の差は認められないが、底層に向うほど、地域差が生じる。水温は海域北部が中央部、南部に比較して高い。塩分は海域中央部が、南部、北部に比較して高い。このことは底質並びに底層の潮流調査結果ともあわせ考えれば、海域中央部においては、沖合の海流の影響を強く受け、北部、南部においては沿岸水の影響、特に北部においては陸上河川の影響を強く受けているものと推定される。

2.5. 底生生物

底生魚類の餌料となるベントスの分布調査を行ない群集型の分類を試みた。対象ベントスは各目毎に分類した後、各目毎に種の同定及び数を算定した。結果は海域全体に亘って対象魚類の餌となるゴカイ、端脚、クマ類が多い。また、生態学的群集型については、元村の相関法²⁾、森下の類似度法³⁾(図一2)の両者により検討した。その結果、(1)沖側の地点2, 4, 6, (2)岸側の地点3, 5, (3)北部の地点9, 10, (4)北部と岸側の



図一2 各地点におけるベントスの類似度曲線

漸位帯地点7, 10に分類される傾向をもつ。この傾向は、前述の各調査結果並びに別に実施した魚獲調査とも合致する。

3. 魚礁の設計

3.1. 単体魚礁の形状の検討

従来から投入、設置された単体魚礁は近年重力式の数空立米の規模から数百空立米のものへと次第に大型化されている。材質も耐久性素材を主体にコンクリート、鋼材、プラスチック等多種にわたる。単体魚礁は魚類の増集効果を高めるためには一定以上の大きさが必要である。従ってその大きさを確保するためには小さい単体魚礁を群として配置する場合と、単体魚礁をあらかじめ大きな容積を持つ構造物として組合せて設置する場合とが考えられる。一般に底生魚類は、魚礁周辺をすみ場とするため、設置する礁は天然礁に類似した形状として、平坦な海底面に変化を与え、表面積の大きい（側壁あるいは側板を持つ形状）単体魚礁をもって構成するのが望ましい。単体魚礁の形状で考慮すべき項目としては次のようなものがある。

- (1) 構造力学上安全度の高いもの
- (2) 現場製作もしくは組立が容易なもの
- (3) 表面積が大きな形状
- (4) 散逸防止のための形状
- (5) 対象漁具漁法に支障のない形状
- (6) 沈設施工が行ないやすいもの
- (7) 経済的に妥当なもの

等があげられ、単体魚礁は生物学的要求、設置海域の自然条件を踏まえて、水平方向の広がりを持ち、適当な高さを持つ単体魚礁が必要である。

3.2. 材質の検討

単体魚礁の材質として従来から使用されているものは、コンクリート、鋼、ゴム材（古タイヤ）、プラスチック等があり、特にコンクリートについては実績が豊富である。ただ漁場環境の諸条件に応じて単体魚礁の形状変化を必要とする場合、製作面において鋼材、プラスチック等は優れた材質である。単体魚礁の機能は長期間ある一定の空間を保持し、構造力学上安全性の高いこと、そして必要な単体形状を経済的に構成できる素材ということから、現時点ではコンクリートが優先する。プラスチック、鋼材については公害面あるいは防食技術の面で今後更に検討する必要がある。

3.3. 単体魚礁の強度の検討

魚礁に加わる外力としては、衝撃強度、積み重ねによる破壊強度等がある。衝撃強度には陸上での移動作業中（吊上時）、投入作業中および投入時水底における

着底衝撃が考えられる。魚礁の着底時の衝撃力は魚礁重量、衝突時の速度、着底地盤の反力係数および衝突面の形状（海底地形）等により定まり、これらの点について十分考慮する必要がある。

3.4. 新型組立魚礁

新型組立魚礁は、従来から投入されている小型単体魚礁円筒型、角型と、コンクリートのPCパイルを使用して組合せる単体魚礁である。

3.4.1. 新型組立魚礁の仕様

魚礁名称：新型組立魚礁

使用材料：鉄筋コンクリート ($\sigma_{38}=150 \text{ kg/cm}^2$)

空間容積： $8.0 \text{ m} \times 8.0 \text{ m} \times 1.8 \text{ m} = 115.2 \text{ m}^3$

全重量：34.0 t

構成部材：円筒型魚礁ブロック 9個

連結梁 ($\phi 350$, $l=8,000$) 6本

円筒型ブロック：重量 30 t

形状 $\phi 1800$, $t=150$, $H=1,800$

連結梁：重量 $W=1.21 \text{ t}$

形状 $\phi 350 \text{ PCパイル } l=8,000$

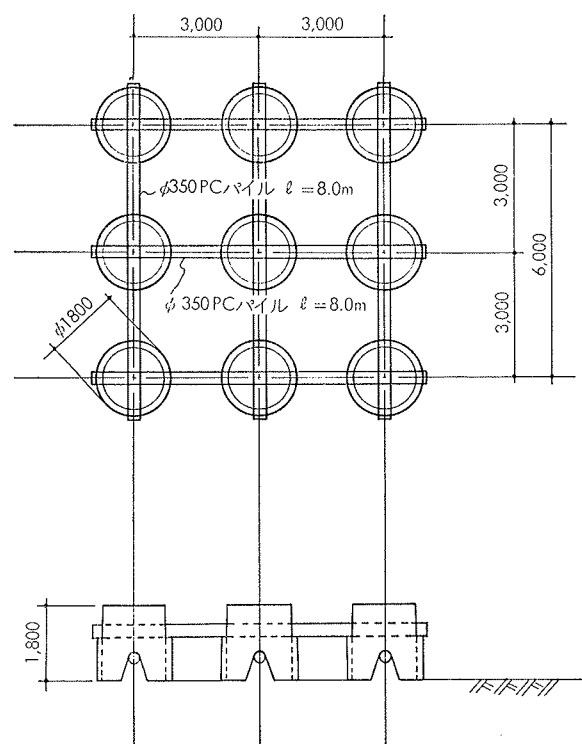


図-3 組立魚礁一般形状図（円筒型9個の例）

3.4.2. 新型組立魚礁の特長

(1) 魚礁の表面積、内部空間は使用する円筒ブロック及びPCパイルの数を変えることで任意の大きさが確保できる。魚礁の表面積を大きくすることは、餌料となる付着生物を豊富にさせ、また内部空間を確保することで、「かくれ場」、「すみか」等の生息空間を設け

ることが可能である。

(2) 従来から行なわれている魚礁の設置は、台船から投入するため散逸が起り、適度の魚礁空間が保持できないこと、所定の位置に計画沈設できない欠点があった。そのため本魚礁は陸上においてあらかじめ必要な内部空間を持たせ、クレーン船により所定の位置に沈設する散逸防止の形状である。

(3) 魚礁背後に発生する渦流は、魚類に対する刺激、餌となる浮遊幼生の滞留等魚礁の構造を考える際重要なことであり、本魚礁は設置海域の潮流、海流条件により円筒ブロック間の交点距離を変えることで、発生する渦流域の調整が可能である。

効果的に渦流域を発生するための魚礁高さ、流速の関係は(1)式の条件を満たすことが必要である。

$$Dv \geq 100 \dots (1)$$

D：魚礁または魚礁群の高さ (cm)

v：流速 (cm/sec)

本魚礁においては D=180cm

潮流調査結果による底層の平均流速 v=6cm/sec

(1)より $1080 > 100$ が成立する。

よって本魚礁背後には渦流域が発生する。

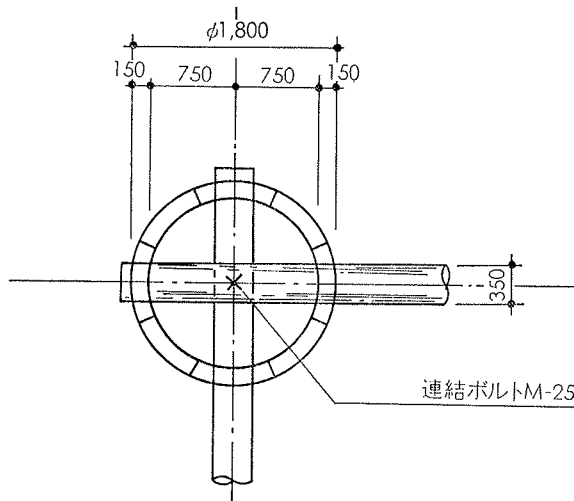
3.4.3. 新型組立魚礁の平面、側面、配筋の各図を図—4, 5, 7 に示す

(4) 本魚礁は既存のPCパイプ並に円筒ブロックを材料とし、製作は工場によるため品質管理が容易である。従来から投入されている小型単体魚礁に比べて必要容積の沈設ができる点、コンクリート量の軽減が計れ経済性も高い。また組合せに当っては新規の技術開発は必要としない。

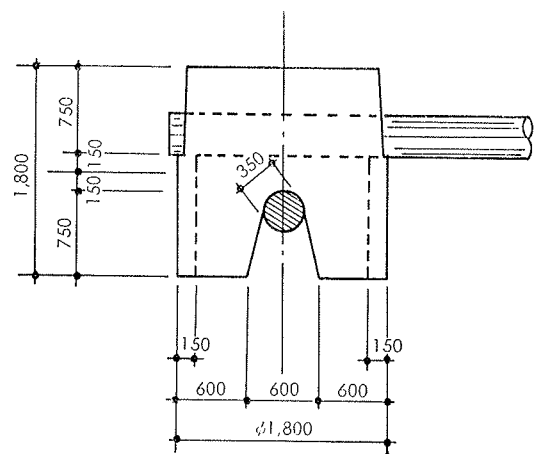
表—1 に新型組立魚礁と小型単体魚礁 (円筒型、角型) の $1m^2$ 当りのコンクリート量の比較を載せる。なお表に示した表面積は海水と接している外部表面積である。

項目	魚礁名称	新型組立魚礁	小型単体魚礁	
			円筒型	角型
表面積 (m ²)		115.0	4.45	4.05
容積 (m ³)		115.2	4.58	3.38
コンクリート量 (m ³)		81.6	7.2	3.36
コンクリート1m ³ 当りの表面積		1.41	0.62	1.21
容積1m ³ 当りのコンクリート量		0.71	1.57	0.99

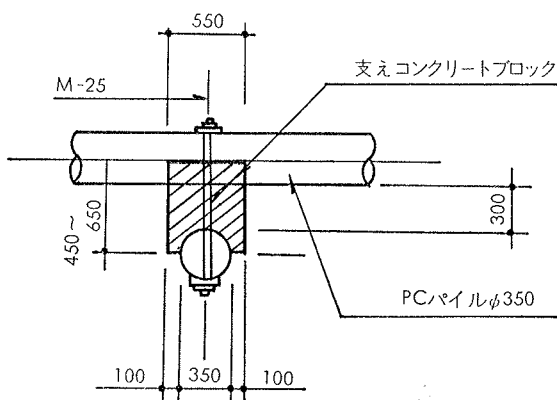
表—1 新型組立魚礁と小型単体魚礁の比較



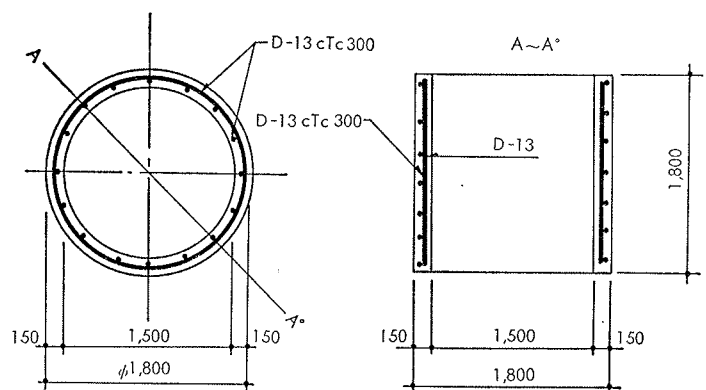
図—4 平面図



図—5 側面図



図—6 PCパイプ取合図



図—7 配筋図

4. 魚礁の配置計画

魚礁の配置計画を行なう場合、漁場環境、対象魚類の生態、海域の利用状況等を考慮する必要があるが、まず第一に対象魚類が比較的多く分布し、その集積効果が最も期待される海域で、また餌となるベントスが豊富に存在するような海域がよい。調査対象とした海域は上記の条件を満足しており好漁場と考えられる。

今回対象とした魚類は底生魚類で魚礁周辺に生息するため、ある程度高さより横への広がりをもった礁(群体礁)を間隔あをけて配置するのが望ましい。群体礁内は新型組立魚礁を複数個配置し、群体礁はそれぞれ繁殖場海域、餌場海域等の機能を持ち、群体礁間は底生魚類の季節による深浅移動を考えて配置する。また、群体礁と群体礁の間は操業海域とし深浅移動する底生魚類を捕獲する。

4.1. 魚礁間並に群体礁間の距離

魚礁間の距離及び群体礁間の距離については、明確な指標となるものは明らかにされていないが、一応流れによる渦流、光学的陰影効果等により魚類が集積するため、各魚礁の有効面積が重なり合わないような形でできるだけ魚礁効果を高めるよう設置するのが望ましく、また、施工精度を考慮して魚礁間の距離を50mとした。群体礁間の距離は深浅移動を考慮して3kmとし、海底地形調査の結果海底勾配は1/200で群体礁間の距離を3kmとすると、水深の違いは15mとなる。

4.2. 漁場造成面積

漁場造成面積は群体礁間を底生魚類が沿岸から沖合、沖合から沿岸へと深さ方向に移動すること、同一水深の平面的移動の両面を重要視して、効率的な漁場を造成する。新型組立魚礁の配置図を図-8に、群体礁を配置した造成図を図-9に示す。

5. あとがき

本報告は、海洋生物資源の増大と、漁獲の増大を図る目的で、漁場環境調査結果に基づいて漁場造成の設計を行ったものである。昨今の社会情勢から漁場、魚類に関する話題は多いが、魚と魚礁について確立された定説がないのが現状である。設計に当っては、調査海の天然礁、また現状において把握できた対象魚類の生態、これらの総合的推察によりとりまとめを行なったものである。

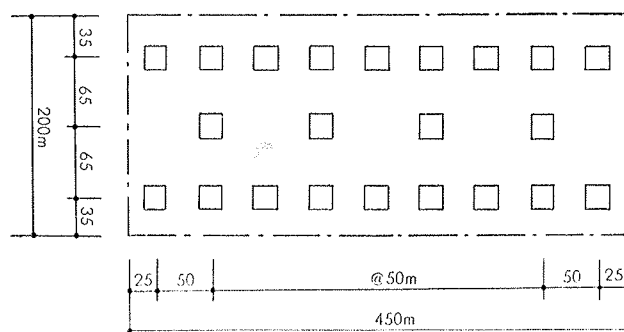


図-8 新型組立魚礁配置図

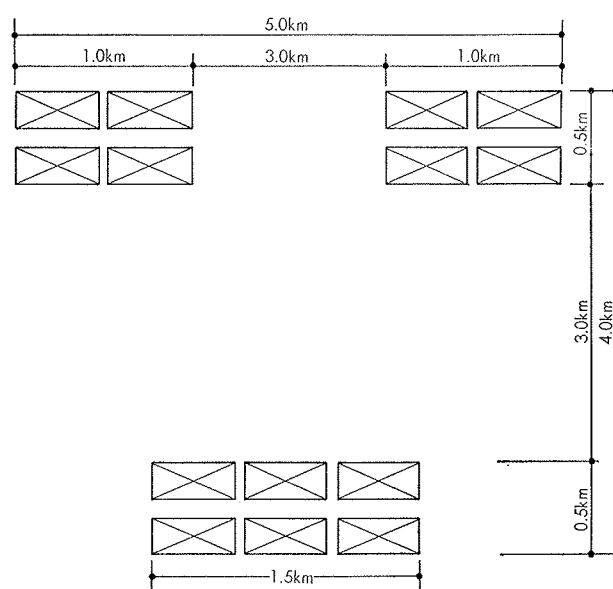


図-9 群体礁配置図

参考文献

- 1) 堀越増興他：海洋生態学(海洋学講座第9巻)，東京大学出版会，(1973.3)，pp. 61～63
- 2) 元村 勲：群集の統計法における相関係数の利用，生態学研究，1-4，(1935)，pp. 339～342
- 3) Morisita, M: Measuring of Interspecific Association and Similarity between Communities, Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. E (Biol.), 3-1, (1959), pp. 65～80
- 4) 中村 充：人工魚礁の構造設計，水産土木，水産土木研究部会，11-1，(1974.9)，pp. 13～17
- 5) 吉牟田長生：人工魚礁の配置，水産土木，水産土木研究部会，11-1，(1974.9)，pp. 9～12