

# マウンド漁場、高層魚礁による沖合漁場の開発

Development of offshore fishing grounds with mound fishing grounds  
and large-scale high-rise artificial steel reefs

伊藤靖\*・寺島知己\*\*

yasushi ITO and tomomi TERAJIMA

\* (財) 漁港漁場漁村技術研究所 主席主任研究員

\*\* 漁港新技術開発研究会

Since national projects have changed, the development of offshore fishing grounds has become notable in recent years. Meanwhile, you will find the results of research on mound fishing grounds and large-scale high-rise artificial steel reefs, which are new methods to develop offshore fishing grounds.

In this paper, we compile and analyze those results based on their experiments, then suggest points of planning for development of offshore fishing grounds. We especially note the adaptability of mound fishing grounds and large-scale high-rise artificial steel reefs in terms of target fishes, fishing methods and the layout when they are used in offshore area.

*Key Words : fly-ash, up-well structures ,development of fishing ground, large-scale high-rise artificial reef*

## 1. はじめに

水産基盤整備事業は、平成 13 年度に制定された「漁港漁場整備法」に基づく「漁港漁場整備事業の推進に関する基本方針」に沿い、漁港漁場整備長期計画（平成 14 年度から平成 18 年度の 5 カ年計画）の中で、その整備が進められている。これに伴い、これまで個別事業として行われてきた漁港漁村整備事業と沿岸漁場整備開発事業が一体化して行われることとなった。

このような背景の中、新たな漁場開発として平成 13 年度より沖合域での漁場開発が積極的に実施されはじめた。これまで沖合域での漁場造成は、浮魚礁などが中心であった。しかし、近年マウンド漁場造成技術や高層型の人工魚礁等の研究開発が進み、新たな漁場造成手法が考案され、今後ますます沖合域・大水深域に漁場整備が進められていくものと考えられる。

本論文では、現在、沖合域で進められている漁場開発手法を総合的に整理し、沖合域での造成技術の考え方について報告する。

## 2. マウンド漁場造成

### 2.1 開発の経緯

マウンド漁場造成は沖合の大水深域で人工湧昇流を発生させ、生産性の高い漁場を開発することを目的に、平成 7 年度から 12 年度まで（社）マリノフォーラム 21 を事業主体として長崎県と共同で行なわれた。なお、実証実験は長崎県生月島沖、北 5km、水深 80m の平坦な海域で

実施された。

この実証実験では石炭灰を利用した高強度の大型ブロックが使用された。人工海底山脈は、一基 6ton、1 辺 1.6m の立方体ブロック約 5000 個で設置されている。

人工海底山脈は、図-1 に示めす高さ 12m の山を 2 つ持ち、底面延長 120m、幅 60m からなる山脈で、法線が潮流の流軸に対して直角になるように設置されている。

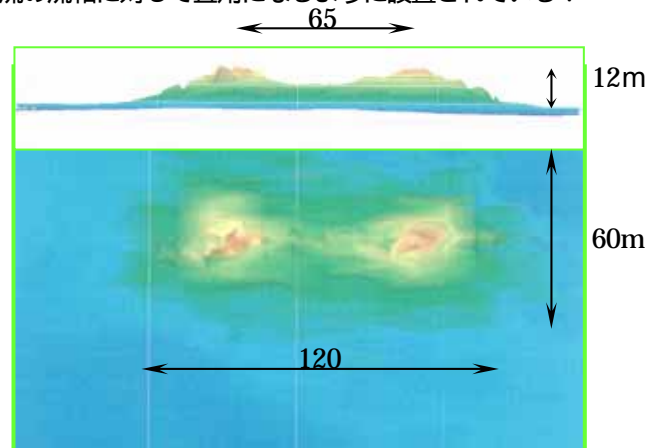


図-1 長崎県生月沖に構築された人工海底山脈

### 2.2 調査目的

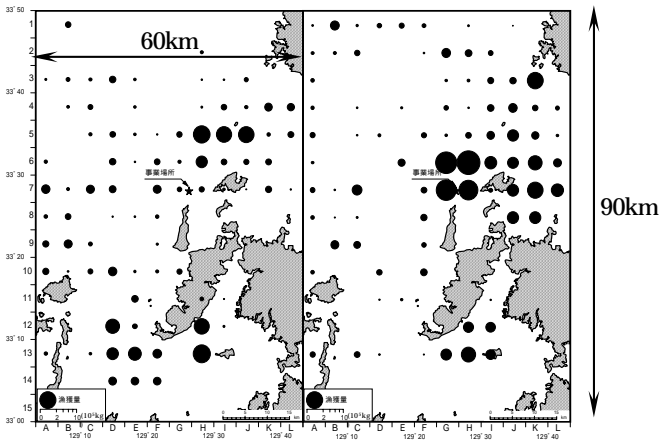
海底山脈の設置前後における一次生産の変化を確認するため、漁獲量、魚種変化による漁場変化、人工衛星や採水による植物プランクトン量、栄養塩濃度等の水質変化、動物プランクトン、ベントスの個体数、種類の分布変化、水中テレビや刺網の試験操業による蛸集量の変化等を調査した。また、湧昇流の状況を把握するため、流況変化

や内部波の調査も実施した。

## 2.3 調査結果

### (1) 漁獲量の変化

まき網、曳網、釣獲等により、東西 60km、南北 90km の海域を 5×6km の格子に分割し、漁法別の漁獲量を調査した。その結果、標本船として抽出したまき網 3 船団による漁場の変化は、図-2 に示すように造成前では、250 t/年であった総漁獲量が造成後 1500 t/年に増加した。漁獲組成では、プランクトン食性のカタクチイワシの漁獲量が 1100 t/年と全漁獲量の 70%を占めるようになった。造成前には少なかった漁獲が、人工海底山脈を中心に増加し、5×6km の格子では 20 倍～40 倍に増加した。



(左：造成前，右：造成後)

図-2 標本まき網漁船による漁獲量の変化

### (2) クロロフィル a 濃度比の経時変化

NASA の衛星 SeaWiFS のデータから海底山脈周辺のクロロフィル a 濃度の定量化を行った。その結果、海底山脈の設置位置近くでは、次第に濃度比が大きくなった。海底山脈の上部海域 14km 四方という広大な面積で、造成前に比べて植物プランクトン量が 1.52 倍に増加した。

### (3) 付着生物の変化

設置 10 ヶ月後の付着生物調査では、ブロック表面を大量の餌料生物となるフジツボ、ゴカイ類が覆った。付着生物量として 50 t/10 万㎡におよぶと推定された。

### (4) 内部波発生の確認

海底山脈近傍の流況を把握するため、数値解析を行った結果、山脈上部から下流側に移動しない内部波の発生が示唆された。

## 3. 高層魚礁

### 3.1 山形県大瀬海域での実証実験

大瀬礁は、山形県温海町沖合約 20km に位置し、東西約

2km、南北約 4km の広がりを持ち、大瀬礁北部には離れ瀬である「太夫礁」がある。本海域はマダイを主体とした好漁場となっているが、地元漁業者から「太夫瀬が狭く、このこと同じ機能を持った人工魚礁を造ってほしい」という要望があった。これを受け水産工学研究所を始め、山形県、魚礁開発メーカーが共同し高層魚礁を開発した。試験魚礁は、平成 7 年 5 月に水深約 60m の位置で設置された。

### (1) 高層魚礁の概要

高層魚礁は、鋼材とコンクリートの複合構造で鋼材を主体とした骨組構造で、高さ 35m、底面幅 17.5m×奥行 17.5m、総重量は約 90ton を有する。また、大きな特長として、写真-1 あるいは図-3 の中段部を「コの字型」の形状とした。このことで、起重機台船への積込みの際、魚礁とクレーンブームとの接触を防止し、起重機の吊り能力不足を解消した。これにより、特殊な起重機船を使用しなくても十分施工できることが確認された。

### (2) 効果調査の概要

効果調査は、平成 7 年度から実施され平成 9 年度には大瀬北部海域に事業礁が設置されたことから、これらを含め調査した。調査方法は、視認調査（スキューバ潜水）、音響調査（魚群探知機、ソナー）、釣獲調査、水中テレビ調査等の組み合わせで行なっている。



写真-1 設置海域まで回航中の高層魚礁

### (3) 調査結果

平成 8 年度から 10 年度にかけ、潜水調査で確認された出現魚種にはあまり変化がなかった。蛸集量では、ウスメバル、ホッケ、マアジ、ウマヅラハギ、キツネメバルの 5 種が多く、図-3 に示すように 型魚種は毎年安定して確認されている。

特に 型のウスメバルは春に蛸集が多く、夏にかけて減少し秋に増加する傾向が見られる。また、型のマアジは 8・9 年度では夏期、10 年度は春期に多かった。

この調査から判断される重要な点は、時間経過と共に蛸集量が増大した点を除くと、ウスメバルが毎年一定の

パターンで高層魚礁に蜻集していた点である。

この実証試験から天然礁に隣接して設置された高層魚礁の機能として、以下のような成果が得られた。

回遊魚から底棲魚まで有用魚類が蜻集し、大瀬礁に類似する漁場が形成された。

着底直後と考えられるウスメバル幼稚魚が確認され、増殖機能が推察された。

ツルアラメの着生が確認された。

ウスメバルが大量にかつ長期的に蜻集した。

大型化、高層化することで、単位体積（空 $m^3$ ）当たりのコストが低減された。

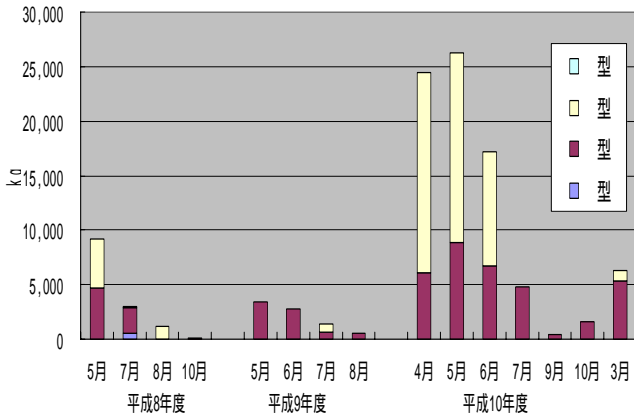


図-3 類型別蜻集量の経年変化

### 3.2 山口県奈古海域での実証事件

これまでの魚礁設置事業では、魚礁の高さを水深の概ね1/10としていた。このため高層魚層を進める中で、魚礁の高さについての効果を把握することが重要となった。これにより「汎用型高層魚礁」を開発し、平成11年5月に山口県奈古海域に設置した。この実証試験では、天然礁の影響の少ない平坦な海域で効果を検証することとした。

#### (1) 設置海域及び試験礁の概要

設置海域は、奈古漁港沖合約10kmにある水深約70mの平坦で砂泥質な海域である。この海域には比較対象として人工魚礁が500m離れた場所に設置されていると共に、2km離れたところには天然礁の「二島グリ」がある。

試験魚礁は、図-4に示めた高さ30m（水深の45%）、底面幅14m×奥行14m、総重量70ton、空体積2500空 $m^3$ を有した構造である。

#### (2) 効果調査の概要

調査期間は、平成11年度から13年度にかけて各年5回の合計15回を実施した。調査方法は、潜水調査、音響調査（魚群探知機、ソナー）、釣獲調査、水中テレビ調査、プランクトン調査等の組み合わせで海域の状況に合わせ、調査方法を組み立てて行った。

### (3) 調査結果

総出現数は、平成11年度18種類、12年度24種、13年度24種が確認され、年々増加し徐々に多様化が進んでいる。主な魚類の蜻集量状況を以下に示した。

#### 平成11年度調査

- ・9、10月にアジ類が卓越し、最大で15cmのマアジが、50,000尾が視認された。
- ・10月の推定資源量が最も多く4,100kgであった。

#### 平成12年度調査

- ・9月にアジ類、ネンブツダイが卓越して見られた。
- ・最大15cmのマアジ50,000~60,000尾が視認され、推定資源量1,300kgが確認された。
- ・ネンブツダイは、9月に多数見られ8~12cmサイズが、30,000~40,000尾、推定資源量420kgが確認された。

#### 平成13年度調査

- ・全体的に蜻集量は少なく、9月にアジ類5,000尾、推定資源量94kgが確認された。
- ・10月の調査ではネンブツダイが10,000尾、推定資源量23kgが確認された。

#### 類型別出現量の傾向

図-5に示すように3カ年を通して、型の2類型が占めており、特に11年度では型のマアジの出現が顕著であった。

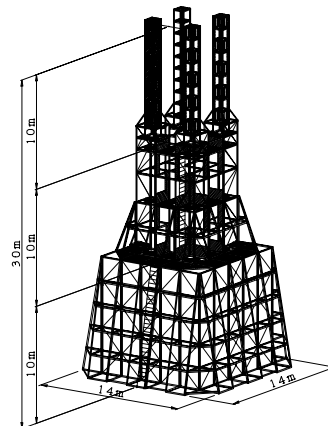


図-4 山口県奈古海域に設置された汎用型高層魚礁

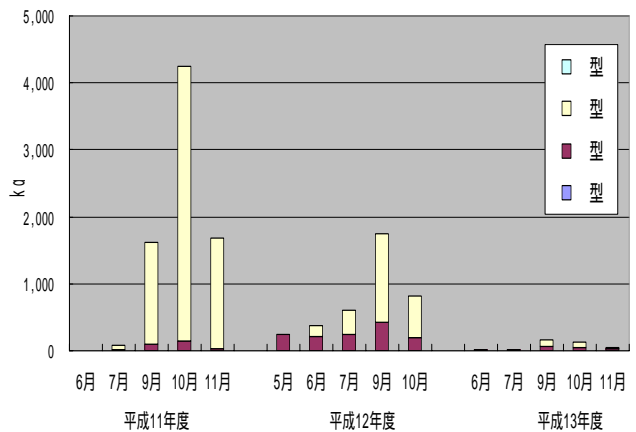


図-5 蜻集量の経年変化

### 3.3 島根県浜田海域での実証事件

島根県では、「まき網漁業」及び「底びき網漁業」が基幹漁業となっている。近年、アジ、サバなどの漁獲量が減少する中、地元漁業者から沖合域におけるまき網漁業の漁場造成が望まれていた。そこで、まき網漁業が利用できる高層魚礁として「振子式高層魚礁」を、平成12年9月に設置した。

#### (1) 設置海域及び試験魚礁の概要

設置海域は、島根県浜田漁港沖合約10kmにある水深約100mの平坦な砂質海域である。この漁場は、アジ、サバ等の回遊魚を対象にまき網漁が中心となっている。この海域は、水深が深く、付近に天然礁もないことから人工礁は殆ど設置されていない。この実証試験では、同時期にほぼ同海域に設置された高さ12mの鋼製魚礁4基(約5,000空m<sup>3</sup>)を比較対象としている。

この試験魚礁は、高さ40m、底面幅16.8m×奥行16.8m、総重量121ton、空体積は3,565空m<sup>3</sup>を有し搭体部は振子式構造となっている(写真-3)。

#### (2) 「振子式高層魚礁の特長

この構造の特長は、高さ30mまでを従来の高層魚礁と同じ一体型とし、30m以上の部分を振子状に可動できる構造としたことである。これまでの高層魚礁では、30m以上の施工を行う場合、現地で施工能力の高いクレーンを調達することが非常に困難であった。このような問題を解決するため、図-6に示す振子式組立方法を考案した。

実際に組立を行った結果、振子式組立方法の有効性が認められ、低コストで安全性、施工性に優れた高層魚礁の製作が可能となった。今後、塔体部の強度限界や構造・

形状等を検討することで、更に高層化が望めると考えられる。

## 4. ハイブリッド魚礁への取り組み

### 4.1 開発の目的

高層魚礁の研究開発が進む中、新たな魚礁開発として「ハイブリッド魚礁」の開発を行った。これは人工魚礁の主な材料である「コンクリート」と「鋼材」を組み合わせることで、「高層化」と「高密度化」を備えた人工魚礁を開発することを目的としている。この魚礁は、互いの材料特性を合理的に発揮することで、多様性に富んだ複雑な空間が容易に創出できると期待している。

### 4.2 実証試験の概要

#### (1) 大分県での実証試験

##### 試験海域

大分県津久見市保戸島沖800m、水深約50m、底質は砂で、天然礁が近くに位置している。試験魚礁は平成12年12月に設置した。

##### 試験魚礁の仕様

幅15.5m×奥行15.5m、高さ20m、空体積1080空m<sup>3</sup>、総重量70.92ton(写真-4)。

##### 効果調査の状況

調査方法は、潜水・固定式カメラの2方法により観察した。平成13年5月から成魚サイズのイサキ(体長25~30cm)が半年以上蟄集していることが確認された。その他、アジ類も確認され、イサキをはじめとする型魚類を中心に蟄集効果を確認した。類型別の蟄集量における経年変化を図-7に示した。



写真-3 組立完了時の振子式高層魚礁

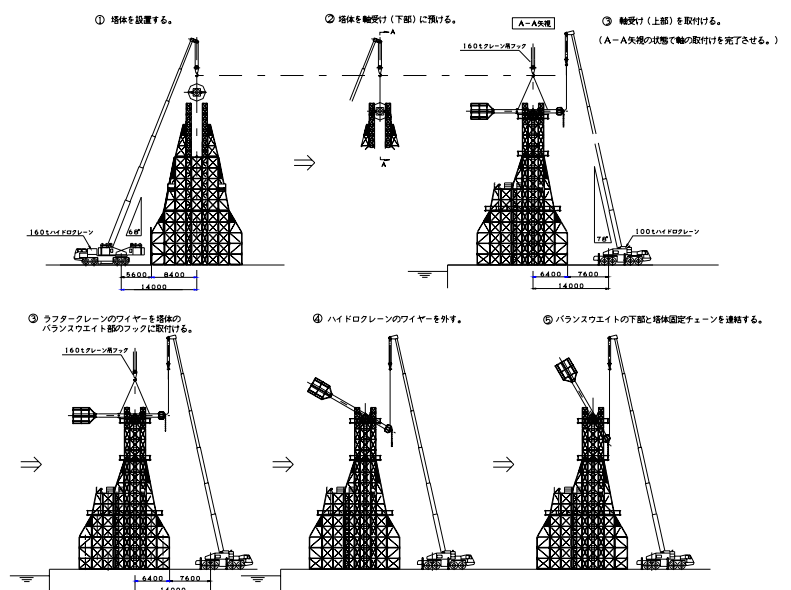


図-6 搭体部の現地組立方法

(2) 長崎県での実施試験

試験海域

長崎県野母崎町権現山西沖 800m, 水深約 60m, 底質は砂で, 北側 1.6km に 4m 角型が設置されている。試験魚礁は平成 12 年 10 月に設置した。

試験魚礁の仕様

幅 15.05m × 奥行 15.05m, 高さ 20m, 空体積 1360 空<sup>3</sup>, 総重量 73.35ton(写真-5)。

効果調査の状況

調査は, 潜水・ROV・固定式カメラの 3 方法で行った。1・2 回目の調査ではネブツダイが中心であった。3・4 回目では, カンパチ、アジ類等の 型魚とイサキ・ヨコスジフエダイ等の 型魚種が確認され増加傾向を示している。また, 下段部にあるコンクリート内部空間に, イサキ, アジ類の幼稚魚が大量に蛸集し「隠れ場」としての利用が考えられている。類型別の蛸集量における経年変化を図-8 に示した。

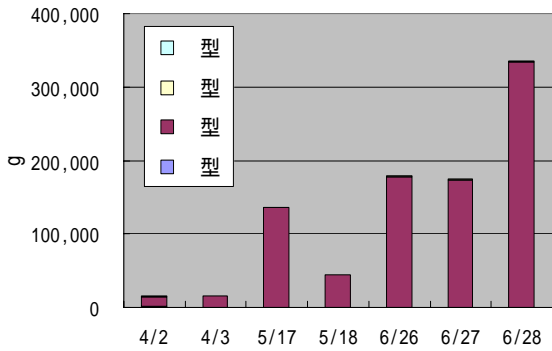


図-7 類型別蛸集量の経年変化 (大分県)

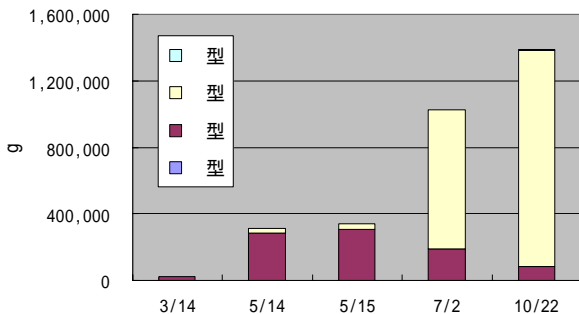


図-8 類型別蛸集量の経年変化 (長崎県)

(3) 島根県での実施試験

試験海域

島根県浜田市沖, 水深約 90m, 底質は砂で, 付近に天然礁はない。試験礁は平成 12 年 9 月に設置された。試験魚礁の仕様

幅 10.0m × 奥行 10.0m, 高さ 20m, 空体積 1140 空<sup>3</sup>, 総重量 64.63ton(写真-6)。

効果調査の状況

調査は水深が深い為 ROV を中心に行った。平成 12 年 10 月から実施し, 1・2 回目の調査では, 上部にアジ類, 内部にはネブツダイが大量に観察された。3・4・5 回目では, ウマヅラハギ、クロソイなどの 型魚類が増加し, 5 回目ではブリ類等 ( 型) の蛸集が確認され, 多様性が見られ始めている。

5. 今後の沖合域における漁場造成の考え方

これまで漁場の沖合化・大水深化に伴い高層魚礁を利用した漁場造成について検討してきた。また, 増殖事業として行われているマウンド漁場造成事業の有効性についても検討してきた。これらを踏まえ, 今後期待される沖合域の漁場造成の考え方について以下にまとめた。

5.1 高層魚礁による漁場造成の適応性

(1) 対象魚種の考え方

「天然礁に近接する海域に設置する場合」

山形県の事例では, 全体の蛸集量には大きな変化があるものの, 3 歳魚以上の親魚サイズのウスメバル ( 型) が初年度から蛸集し, 調査期間中を通じて同様の傾向が見られている。また, 大分県でのハイブリッド魚礁は, 設置後早期に 30cm 程度の親魚サイズのイサキが長期間大量に蛸集することが確認されている。

このことから, 天然礁の影響が大きい海域では, 天然礁に依存している 型の魚類を中心とし, 型の魚類にも効果があると考えられる。また, 型魚類の親魚サイズが比較的長期間蛸集することから, 魚類の増殖効果についても期待される。



写真-4 試験魚礁 (大分県)



写真-5 試験魚礁 (長崎県)



写真-6 試験魚礁 (島根県)

「天然礁と離れた海域に設置する場合」

山口県の事例や長崎県でのハイブリッド魚礁では、設置後比較的早い時期に型のアジ類や型のネブツダイが蝸集し、これらを餌料とするブリやカンパチ等大型回遊性魚が確認されている。

これは天然礁の影響を受けない海域では、季節変動や海域環境の影響は受けるものの、型の魚類を中心に、型の魚類にも効果があると考えられる。

## (2) 対象漁法の考え方

これまでの実証試験から以下の特徴が見られた。

同一の魚種が大量に蝸集すること。

水平的な拡がりも見られるが、基本的には鉛直的な分布を示すこと。

沖合域での漁場造成ではこれまで利用の対象で無かったまき網等を対象とすることが可能である。その結果、高層魚礁は鉛直方向の効果を有効に利用する漁法が良いと判断される。このことから特に一本釣、たて縄、曳き縄、まき網等が有効であると考えられる。

## (3) 造成計画の考え方

漁場造成は、事前調査によって海域の環境特性や地形、操業形態等を十分把握し決定することが望ましい。特に高層魚礁を利用する場合には、以下に配慮することが重要である。

対象魚種の生態的特性、海域の環境特性を配慮し、天然礁や既存の人工魚礁との関係についても、十分相乗効果が得られるように考慮すること。

利用する漁法と海象の関係を検討して必要な漁場面積を確保し、操業性を高めること。

配置間隔については漁場面積の確保よりも、漁獲対象魚種と操業形態に視点を置くこと。

## 5.2 マウンド漁場造成と高層魚礁の組み合わせ

マウンド漁場の目的は、低層の豊富な栄養塩を表層近くまで上昇させることで植物プランクトンをより増殖させ、植物連鎖を通して海域の生産力を上げることである。

長崎県の事例では、植物プランクトンが増殖すると共にそれ餌料とするカタクチイワシ、マアジ、マサバ等が増加した。また、付着生物起源による岩礁性生態系が形成されたことにより増殖効果も確認されている。

マウンド漁場と規模の違いはあるが、従来から角型魚礁の乱積等は、天然礁と類似し周年を通して一定の効果があることがわかっている。

一方、高層魚礁では設置後早期からアジ類等の回遊性魚種に大きな効果を発揮している。

これらを総合的に検討すると、マウンド漁場と高層魚礁を効果的に配置すれば、型の回遊性魚種に加え型魚種など、周年を通じて安定的な漁場形成が可能となる。

## 6. おわりに

事業の沖合化に伴い、マウンド漁場や高層魚礁等が採用されるようになり、これまで対象でなかった漁業種類まで受益対象とすることが可能となった。このことは漁場利用の面から重要な問題を含んでいる。

今後、漁場造成の計画にあたり、基本計画の段階で、利用者のコンセンサスを十分に踏まえ計画策定することが非常に重要と考えられる。

本論文は、当財団法人漁港漁場漁村技術研究所技術委員の柿元皓先生のご指導をはじめ、水産工学研究所漁場施設研究室高木儀昌室長の発表された資料、マリノフォーラム 21 マウンド漁場研究会の関連資料及びハイブリット魚礁研究会の調査資料等を参考として作成したものである。資料の引用等について快諾いただいた関係各位に謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 鈴木達雄: マウンド型人工湧昇流漁場造成システムの開発について, 全振協平成 12 年度現地研修会資料 pp.77-79, 1990.
- 2) (社)マリノフォーラム: マウンド漁場造成事業に係る技術資料(No.41 2001), 2001.
- 3) (社)マリノフォーラム: 石炭灰コンクリート設計・製作マニュアル, 1989.
- 4) 長瀬重義, 大賀宏行, 谷口公一, 染谷健司: フライアッシュを用いた新硬化体の海洋構造物への適用性, コンクリート工学年次論文報告集 Vol.9(No.1), pp.211-216, 1987.
- 5) 鈴木達雄: 三次元物体背後の湧昇渦に関する研究, 水産工学 Vol 29 no2, pp.23-30, 1992.
- 6) 鈴木達雄: 石炭灰硬化体の開発と漁場施設への適用, 水産工学 Vol 36 no1, pp.61-69, 1999.
- 7) 鈴木達雄, 高橋正征: 石炭灰を利用した人工湧昇流漁場の造成, 海洋開発論文集 Vol 13, pp.747-752, 1997.
- 8) 高木儀昌, 蓮尾泰三, 花井正次, 木村光一: 高層魚礁の開発と実用化, 水産工学 Vol 38 no2, pp.139-144, 2001.
- 9) 柿元皓, 大久保久直: 新潟県沿岸域における人工魚礁の総合的研究と事業, 新潟県水産試験場, 1985.
- 10) (社)全国沿岸漁業振興開発協会: 人工魚礁の高さが魚礁の蝸集機能に及ぼす効果の証明調査報告書, 平成 13 年度水産基盤整備生物環境調査, 2002.
- 11) (社)全国沿岸漁業振興開発協会: 島根県沖合海域における多機能性漁場造成技術の開発調査報告書, 平成 13 年度水産基盤整備新技術開発調査, 2002.
- 12) (社)全国沿岸漁業振興開発協会: 沿岸漁場整備開発事業人工魚礁漁場造成計画指針(平成 12 年度版), 2000.