

高層魚礁による沖合漁場の開発

DEVELOPMENT OF OFFSHORE FISHING GROUNDS WITH LARGE-SCAPE HIGH-RISE ARTIFICIAL STEEL REEFS

伊藤靖¹・大塚浩二²・櫻井謙³・寺島知己⁴

Yasushi ITO, Koji OTSUKA, Ken SAKURAI and Tomomi TERAJIMA

¹財団法人 漁港漁場漁村技術研究所 (〒101-0047 東京都千代田区内神田一丁目14-10)

²正会員 財団法人 漁港漁場漁村技術研究所 (〒101-0047 東京都千代田区内神田一丁目14-10)

³日鐵建材工業株式会社 海洋水産商品グループ (〒135-0042 東京都江東区木場二丁目17-12)

⁴株式会社中山製鋼所 海洋事業部 (〒551-8551 大阪府大阪市大正区船町一丁目1-66)

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 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 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 : Development of fishing ground, large-scale high-rise artificial reef, hybrid reef

1. はじめに

近年, 水産公共事業を取り巻く環境は著しく変化している。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, これまで個別の事業であった漁港漁村整備事業と沿岸漁場整備開発事業が一体化され事業再編が行われている。

このような背景の中, 平成13年度以降, 新たな漁場開発として沖合域への開発が積極的に実施されている。これまで沖合域の漁場造成は回遊性魚類を対象とした浮魚礁などが中心であった。しかし, 平成6年に山形県で試験設置された35mの人工魚礁¹⁾以降, 高層型の人工魚礁(以下, 高層魚礁と呼ぶ)の研究開発が急速に進んだ。それに伴い新たな漁場造成手法が検討されるようになり, 今後ますます沖合域, 大水深域への漁場開発が推進されると考えられる。

本報は, これまで全国で試験的に設置されている高層魚礁の効果調査結果をもとに, 漁場造成の適応性, 対象魚種, 対象漁法及び配置計画の面から沖合域での漁場造成における効果的な造成手法を提案するものである。

2. 山口県奈古海域の事例

(1) 開発経緯

これまで人工魚礁設置事業では, 魚礁の高さを概ね水深の1割²⁾としていた。高層魚礁の開発を進める上で, 人工魚礁の高さが魚礁の蝸集機能に及ぼす効果を検証することが必要となった。そこで水深の5割程度の高さを有する「汎用型高層魚礁」を開発し, 平成11年5月, 山口県阿武町奈古沖で天然礁の影響が少ない平坦な海域を選定し試験魚礁を設置した³⁾。

(2) 設置海域

設置海域は, 図-1に示す奈古漁港沖合約10kmにある水深約70mの平坦で砂泥質な海域である。

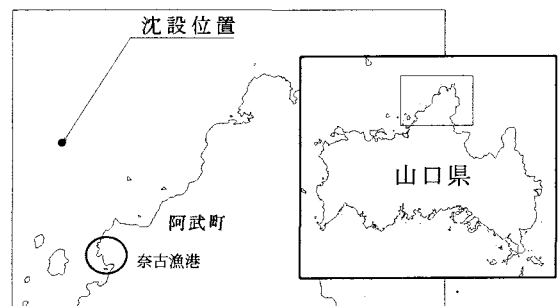


図-1 設置場所

この海域には比較対象として人工魚礁(大型魚礁)が500m離れた位置に設置されているとともに、2km離れたところには天然礁の「二島グリ」がある。

(3) 高層魚礁の概要

本魚礁は、図-2に示す高さ30m、底面幅14m×奥行14m、総重量70 t、空体積2500空m³を有した構造となっている。材料は、鋼材を使用し山形鋼を主要部材とし構成している。製作は、工場で10m程度のブロックに加工し、輸送トラックで現地ヤードへ搬入する。現地ヤードでは、下部、中段、上段と各々を地組し、それぞれ上架して完成となる。

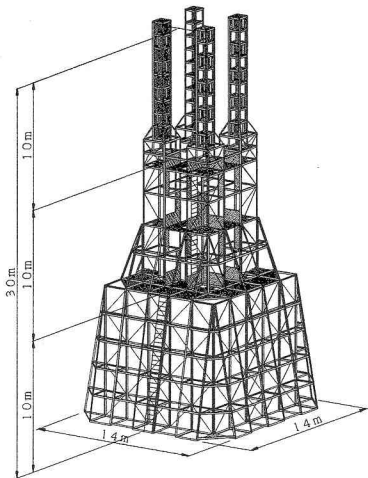


図-2 汎用型高層魚礁

(4) 効果調査の概要

表-1に年度別効果調査実施状況を示す。調査は、平成11年度から13年度に各年5回の合計15回実施した。調査方法は、①視認調査（ROV、潜水）、②音響調査（魚群探知機、ソナー）、③釣獲調査、④プランクトン調査などで、海域の状況に合わせ、各調査を組み合わせで行なった。

表-1 年度別効果調査実施状況

調 査 項 目		調 査 期 間		
		平成11年度	平成12年度	平成13年度
① 視認調査	ROV調査	○	○	○
	潜水調査	○	○	○
② 釣 獲 調 査		○	○	○
③ 音 響 調 査		○	○	○
④ プランクトン調査		○	○	○

3. 島根県浜田海域の事例

(1) 開発経緯

島根県では「まき網漁業」及び「底曳き網漁業」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、沖合域におけるまき網漁業を対象とした漁場造成の必要性が高まっていた。まき網漁業の主な操業水深帯である100～200mで利用できる人工魚礁として「振子式高層魚礁」が発案され、平成12年9月に試験魚礁を設置した⁴⁾。

(2) 設置海域

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。この海域では、アジ、サバなどの回遊魚を対象にまき網漁業が中心となっている。近隣には、天然礁もなく、人工魚礁も設置されていない。この実証試験では、同時期に設置された高さ12mの鋼製魚礁4基（約5000空m³）を比較対象としている。対象魚礁は、高層魚礁から約1.3km離れた場所に位置する。

(3) 高層魚礁の概要

本魚礁は、図-3に示す高さ40m、底面幅16.8m×奥行16.8m、総重量121 t、空体積3565空m³を有し、搭体部を振子式としている。

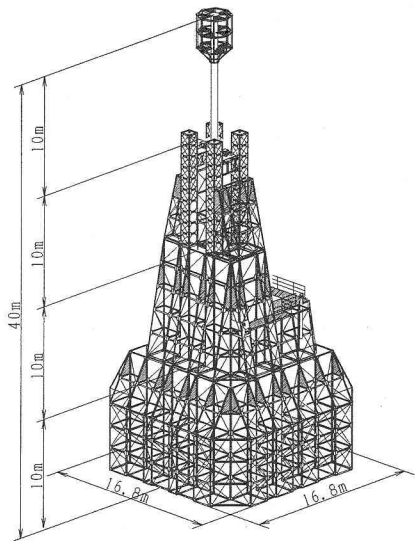


図-3 振子式高層魚礁

(4) 振子式高層魚礁の特徴

従来の構造形式と異なり、高さ30mまでを一体構造とし、30m以上の部分を振子式構造とした。これまでの高層魚礁は、一体型構造が一般的であったが、30m以上の施工を行なう場合、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、振子式の組立方法が考案された。搭体部の組立方法は図-4に示すように二台のクレーンを使用し、以下の手順で行なう。

- ①地上 30mまでを地組し一体構造とした状態で、1台のクレーンで塔体を水平に上架させる。
- ②この時、塔体下部（重錘部）にもう一方のクレーンのワイヤーを緩めた状態で取付けておく。
- ③搭体が水平状態で上架され、軸受部に取付けが完了した後、搭体下部のワイヤーを緊張させる。

- ④ 上架したクレーンのワイヤーが取外された時点で、緊張していた搭体下部ワイヤーを徐々に下げる。
- ⑤ 搭体下部の重錘で搭体が倒立しはじめ、搭体が垂直になった時点で搭体下部を本体とチェーンで接続し完了となる。
- 施工試験では、安全性や施工性に有効であることが確認された。今後、塔体部や本体部の構造を検討することで、さらに高層化が可能であると考えている。

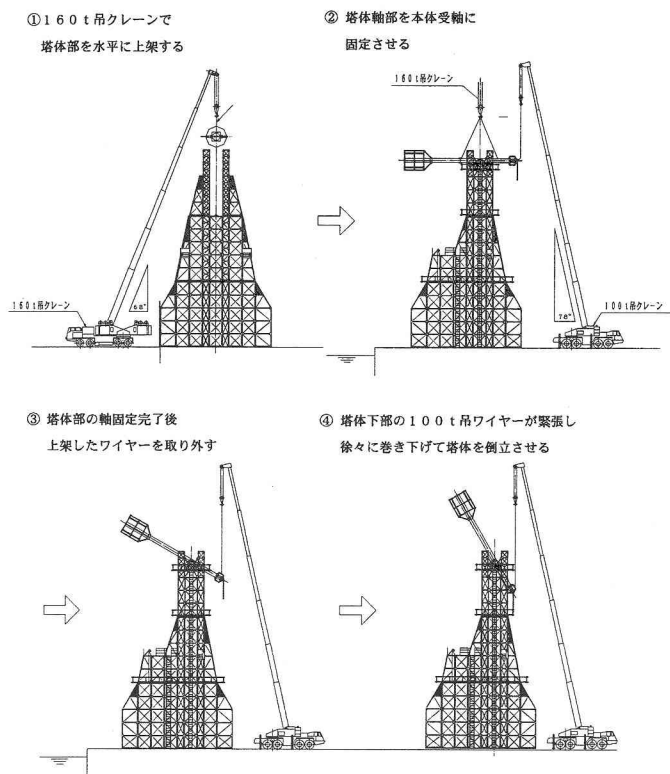


図-4 塔体部の現地組立方法

4. ハイブリッド魚礁の事例

(1) 開発経緯

従来、人工魚礁は単一材料で製作することが一般的であったが、材料特性を活かした研究開発が進み新たな高層魚礁としてハイブリッド型の高層魚礁（以下、ハイブリッド魚礁）が開発された。現在、高さ20mの試験魚礁を開発し、大分県、長崎県、島根県の3地区で実証試験を行っている。

ハイブリッド魚礁の特徴は「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」を備えた人工魚礁としたことである。ハイブリッド魚礁は、天然礁のような多様性に富んだ空間が創出できると考えている。

(2) 大分県の実証試験

a) 設置海域

設置海域は図-5に示す大分県津久見市保戸島沖の水深約50m、底質は砂質で、近隣には天然礁がある。試験魚礁は平成12年12月に設置した。

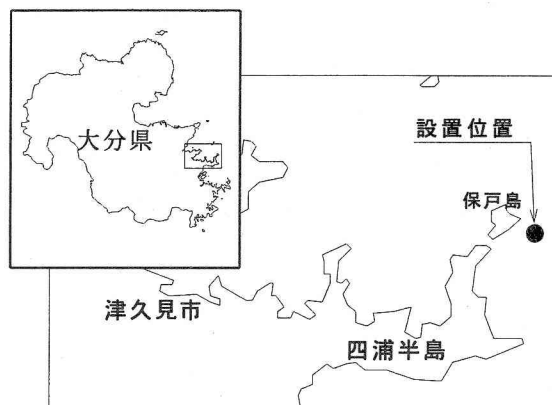


図-5 設置場所

b) 試験魚礁の概要

本魚礁は、高さ20m、幅15.5m×奥行15.5m、空体積1080空 m^3 、総重量70.92tを有し、下部をコンクリート、上部を鋼製としている。（写真-1）

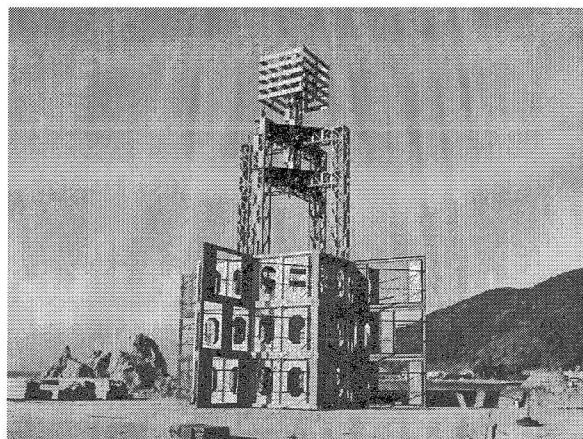


写真-1 大分県ハイブリッド魚礁

c) 効果調査の概要

表-2に年度別効果調査実施状況を示す。調査期間には、平成13年度から16年度にかけて実施した。調査方法は、①視認調査（固定カメラ、潜水）、②音響調査（魚群探知機）、③釣獲調査を海域の状況に合わせ、各調査を組み合わせで行なった。特に視認調査では、同日に潜水と固定式カメラの2方法で観察した。

表-2 年度別効果調査実施状況

調査項目		調査期間			
		平成13年度	平成14年度	平成15年度	平成16年度
① 視認調査	固定カメラ調査	○	○	○	○
	潜水調査	○	○	○	○
② 釣獲調査		○	○	○	○
③ 音響調査		○	○	○	○

(3) 長崎県の実証試験

a) 設置海域

設置海域は図-6に示す長崎県西彼杵郡野母崎町権現山西沖の水深約60m、底質は砂で北側1.6kmに4m角型魚礁が設置されている。試験魚礁は平成12年10月に設置した。

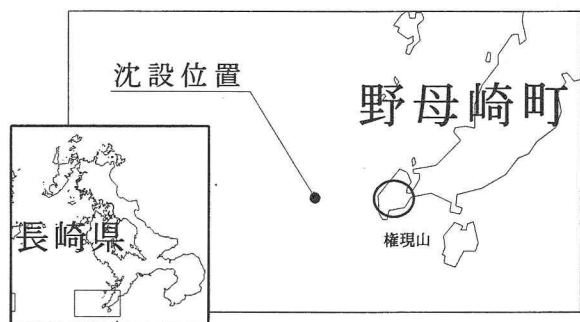


図-6 設置場所

b) 試験魚礁の概要

本魚礁は、高さ20m、幅15.05m×15.05m、空体積1360空m³、総重量 73.35 tを有し、全体を鋼製とし、内部にコンクリートを使用した。（写真-2）

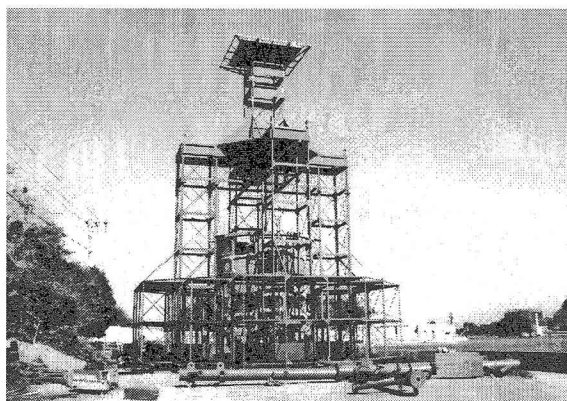


写真-2 長崎県ハイブリッド魚礁

c) 効果調査の状況

効果調査は、設置後1年間実施した。表-3に調査実施状況を示す。調査方法は、①視認調査（ROV、潜水、固定カメラ）、②音響調査（魚群探知機）、③釣獲調査、④試験操業（底刺し網）を海域の状況に合わせ、組み合わせて行なった。特に視認調査では、同日にROV、潜水と固定式カメラの3方法で観察した。また、底刺し網による試験操業を行い、漁獲量を測定した。

表-3 効果調査実施状況

調査項目		平成13年			
		3月	5月	7月	10月
① 視認調査	ROV調査		○	○	○
	潜水調査	○	○	○	○
	固定カメラ調査		○		
② 釣獲調査				○	○
③ 音響調査（魚探）		○	○	○	○
④ 試験操業（刺し網）				○	○

5. 調査結果

全国で試験展開されている高層魚礁は、地元ニーズやその目的に応じて研究開発が進められている。その中でも、天然礁に隣接していない山口県奈古海域、長崎県野母崎海域と天然礁に隣接して設置している大分県保戸島沖について特徴的な結果が得られた。

(1) 山口県奈古海域の汎用型高層魚礁

魚類の出現魚種数は、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。主な魚類の蛸集状況を以下に示す。

①平成11年度調査

- ・9、10月にⅢ型魚類のアジ類が卓越し、最大で15cmのマアジが、50000尾が視認された。
- ・10月の推定資源量が最も多く4100kgであった。

②平成12年度調査

- ・9月調査で、最大15cmのマアジ50000～60000尾が視認され、推定資源量1300kgであった。
- ・Ⅱ型魚類の初期効果指標となるネブツダイが増加した。9月に多数観察され8～12cmサイズが、30000～40000尾、推定資源量420kgであった。

③平成13年度調査

- ・全体的に蛸集量は少なく、9月にアジ類5000尾、推定資源量94kgであった。
- ・10月調査ではネブツダイが10000尾、推定資源量23kgであった。

④類型別蛸集量の傾向

図-7に示すように3ヵ年を通してⅡ・Ⅲ型魚類の2類型が優先し、特に11年度ではⅢ型魚類のマアジの出現が顕著であった。

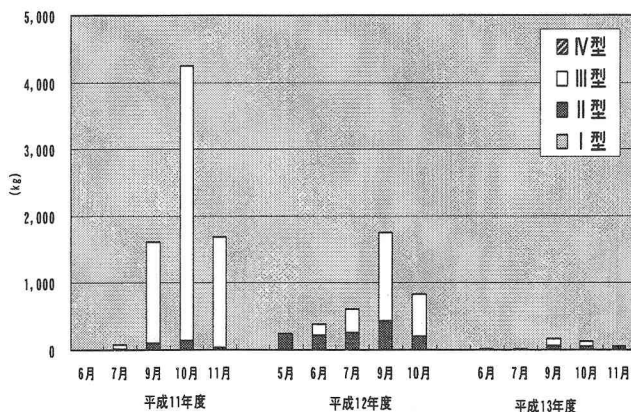
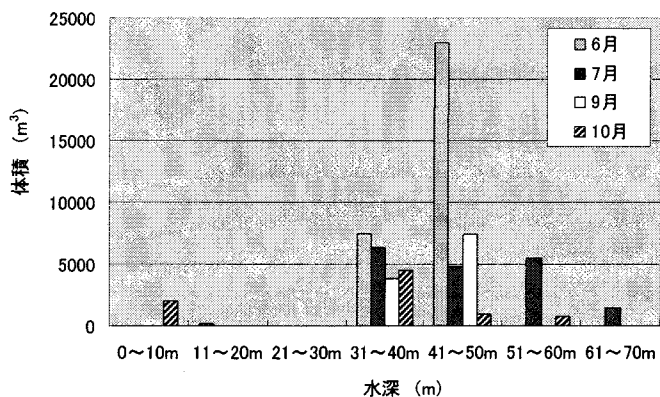
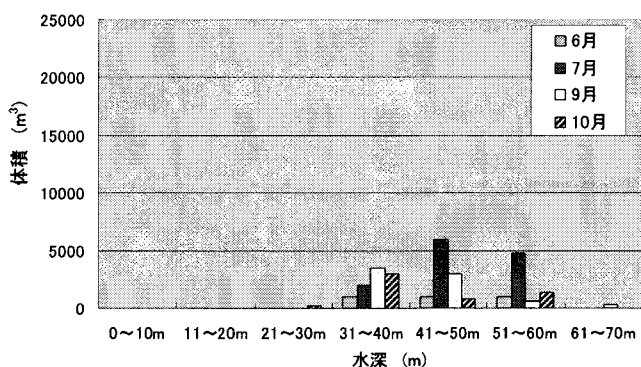


図-7 類型別蛸集量の経年変化

魚探調査結果より、試験魚礁に蛸集する魚群量および魚群分布を図-8に示す。魚群量は、魚探反応面積から魚群体積を求め算出した。魚群分布は、試験魚礁の上層部から上段部に多く、中段部、下段部にも出現している。このことから、魚群は試験魚礁を立体的に利用していることが推察された。



(a) 平成11年度調査



(b) 平成12年度調査

図-8 試験魚礁の水深別魚群体積

(2) 長崎県野母崎海域のハイブリッド魚礁

設置5ヵ月後から行った第1回(5ヵ月後)・2回目(7ヵ月後)の調査では、Ⅱ型のネンブツダイが中心であった。第3回(9ヵ月後)・第4回(11ヵ月後)調査では、カンパチ、アジ類などのⅢ型魚類が安定して確認され、当初ネンブツダイであったⅡ型魚群が大型のイサキ、ヨコスジフエダイなどへと遷移し出現魚種が増加した。第4回の潜水観察で蛸集量は1390kgと増加した。また、礁内部にあるコンクリートブロックの内部空間には、イサキ、アジなどの幼稚魚が確認され、「隠れ場」としての利用が考えられた。類型別の蛸集量における季節変化を図-9に示す。

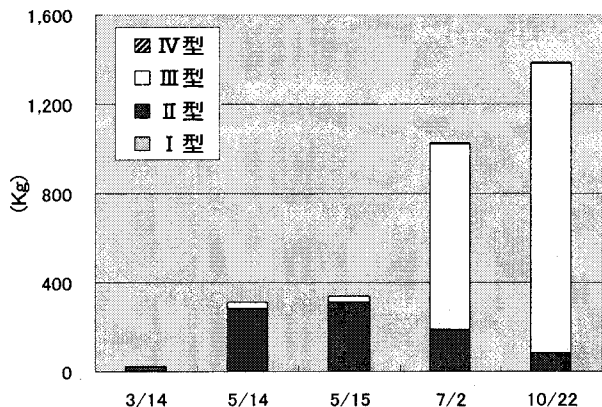


図-9 類型別蛸集量の季節変化 (H13)

(3) 大分県津久見海域のハイブリッド魚礁

平成12年12月に設置し、設置後4ヶ月を経た第1回調査では、Ⅱ型魚類のイサキを中心にⅡ型魚類の蛸集が顕著であった。また、Ⅲ型魚類ではアジ類、ブリなどが蛸集していた。

視認調査で観察された出現魚種の総数は、設置後3年を経た平成15年度まで増加し、平成16年度は、平成15年度よりやや減少した。類型別の蛸集量における経年変化を図-10に示す。

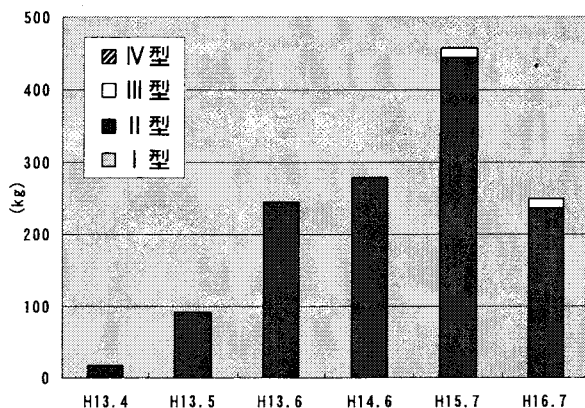


図-10 類型別蛸集量の経年変化

設置後、常にイサキの魚群量は他の種に比べ卓越しており、重量換算では平成14年で全体の6割を、平成15年で全体の約9割を、平成16年で約5割を占めている。平成16年度調査では、礁内部に小型のイサキ群が、潮上側や礁周辺に大型の個体群がそれぞれ確認された。

増殖効果について、平成15年に試験魚礁と天然礁で釣獲されたイサキの体長・体重・耳石による年齢を比較した。試験魚礁のイサキの平均体長と体重は天然礁と比較して小さく、3歳未満の未成熟個体が多かった。これに比べて天然礁のイサキは平均年齢が約4歳で、両地点に蛸集する魚群の年齢組成が異なることが明らかになった。

このことから、外敵が多い若年魚の時期まで人工魚礁を利用し、成熟した個体は天然礁に移動するという可能性が示唆された。図-11に仮説概要のイメージを示す。

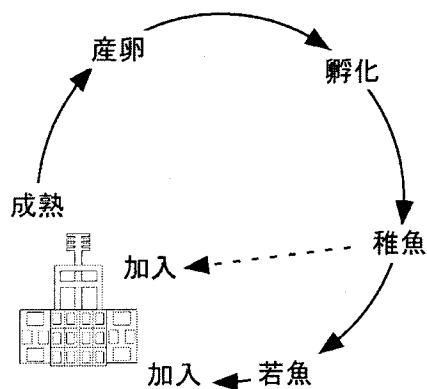


図-11 仮説概要イメージ

6. まとめ

これまでの調査結果から高層魚礁では同一の魚種が大量に鰓集する傾向が見られる。そこで今後、高層魚礁を有効に利用するための効果的な造成手法について以下の整理を行った。

(1) 対象魚種の考え方

①「天然礁と離れた海域に設置する場合」

山口県や長崎県での調査結果では、設置後比較的早い時期にⅢ型魚類のアジ類やⅡ型魚類のネブツダイが鰓集し、これらを餌料とするブリやカンパチなどの大型回遊性魚が確認されている。

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、Ⅲ型魚類を中心に、Ⅱ型魚類にも効果があると考えられる。

②「天然礁に近接する海域に設置する場合」

大分県での調査結果は、設置直後からⅡ型魚類のイサキが大量に鰓集することが確認され、平成16年度の調査までその傾向は継続している。

天然礁の影響が大きい海域では、天然礁に依存しているⅡ型魚類を中心とし、Ⅲ型魚類にも効果があると考えられる。また、Ⅱ型魚類の親魚サイズが比較的長期間鰓集し、天然礁を含めた周辺海域において魚礁がある種の役割（増殖機能）を果たしていることが示唆されており、漁場の拡大が期待される。

(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。

- ①同一の魚種が大量に鰓集すること。
- ②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。

高層魚礁は、特に鉛直方向を有効に利用できる漁法がよいと判断され、一本釣、たて縄、曳き縄、まき網などが効果的と考えられる。特に沖合域の漁場造成では、利用の対象でなかったまき網を対象とできる。

(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、操業形態など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。

- ①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。
- ②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。
- ③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。

7. 最後に

現在では、事業の沖合化に伴い、高層魚礁が事業採択されており、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。

謝辞：本報のまとめにあたり、貴重なご指導頂きました財団法人漁港漁場漁村技術研究所の柿元皓博士、独立行政法人水産総合研究センター水産工学研究所の高木儀昌博士に深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 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.
- 2) (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（昭和 61 年度版），1986.
- 3) (社)全国沿岸漁業振興開発協会：人工魚礁の高さが魚礁の鰓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.
- 4) (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.