

大水深における魚礁設置と見える化への取り組み

久富 真悟¹ 吉田 涼²

¹東洋建設株式会社 土木事業本部 海洋開発部

²東洋建設株式会社 中国支店 山陰営業所

沖合域における水産資源の回復と生産力向上のために、平成19年度から国直轄の「フロンティア漁場整備事業」が推進されている。この度、弊社は本事業における日本海西部地区の大水深(約500m)にて魚礁の設置を行った。海流による流れがある中、DPS (Dynamic Positioning System: 自動定点保持機能)を持つ自航式船にて水中音響測位システムを使用し、高い位置精度で魚礁を設置した。また、見える化への取り組みとして魚礁沈設管理システムによる目標位置へのビジュアル誘導や、ROVを用いて設置後の魚礁状況やその周辺の海洋生物の撮影を行った。

キーワード：魚礁設置、大水深、DPS、ROV、見える化

1. はじめに

(1) フロンティア漁場整備事業の概要

我が国の沖合域における水産資源の回復と生産力の向上のため、平成19年度より国直轄で沖合域において増殖場等を整備する「フロンティア漁場整備事業」(図-1)が推進されている。これまでに、

- ① 日本海西部地区の保護育成礁 (図-2)
- ② 五島西方沖地区のマウンド礁
- ③ 隠岐海峡地区のマウンド礁
- ④ 対馬海峡地区のマウンド礁
- ⑤ 大隅海峡地区のマウンド礁

の整備が推進されてきた。平成27年には五島西方沖地区が完成し、現在、残る4地区の整備が行われている。¹⁾

本稿では、日本海西部地区の500mの水深帯での魚礁設置において、高い位置精度で設置できたこと、また、魚礁設置時のビジュアル化や魚礁設置後の状況をROVにて撮影した”見える化”への取り組みについて報告する。

(2) 工事概要

工事名：平成30年度日本海西部地区魚礁据付(その2)工事

施工場所：兵庫・鳥取・島根沖合のEEZ(水深217m～497m)

工期：平成31年3月19日～令和元年9月3日

発注者：水産庁 漁港漁場整備部

施工数量：コンクリート製魚礁(43t/個) 76個

コンクリート製魚礁(20t/個) 17個

鋼製魚礁(27t/基) 24基

工事概要：本工事は、あかがれい・ずわいがにを対象とした保護育成礁を整備するため、魚礁の据付を実施するものである。

図-3に保護育成礁の魚礁配置例を示す。

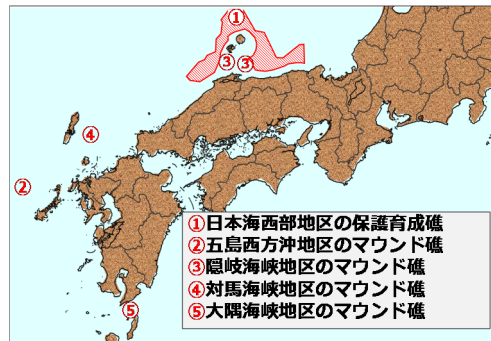


図-1 フロンティア漁場整備事業

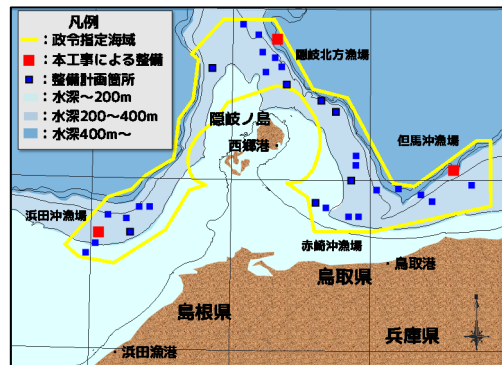


図-2 日本海西部地区の保護育成礁

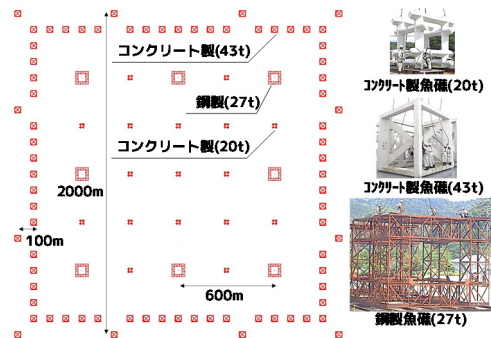


図-3 保護育成礁の魚礁配置例

2. 大水深における魚礁設置の課題

(1) 位置精度の課題

日本海西部地区は対馬海流の通り道であり、かつ、本工事での魚礁設置は最大約 500m と大水深帯での施工となるため、潮流により吊り荷（魚礁）が流され、クレーンジブ頂部の位置と水中での魚礁の位置が大ききずれの可能性があること、また、アンカー固定による起重機船の定点保持が困難なことから、安定して精度良い魚礁の設置ができない懸念があった。

(2) 施工後の出来ばえ確認の課題

これまでのフロンティア漁場整備事業では、魚礁設置後の状況を魚探やナローマルチビームによる測量で確認していたが、直接視認することが困難であったため、確実に所定の位置に設置されているか、破損や転倒なく設置されているか明確に確認することが困難であった。

3. 大水深での魚礁設置技術

(1) 位置精度の向上技術

a) DPS搭載の自航船の活用

一般的なアンカー固定方式による定点保持は、水深が深くなるほど設置、回収および転錨作業に時間を要す。また、一般的な起重機船に設置されている係留索を巻くドラム容量に限界があり、500m 水深帯に対応する起重機船の手配が困難である。

そこで今回の施工ではDPS方式の500t吊自航式起重機船を使用しこの課題に対応した。DPSによる定点保持を行うことで、アンカー固定することなく、強い潮流や強風の時でも定点保持を可能にしている。この起重機船には船尾に360°旋回する（アジマス式）スラスター（推進機）を2基、船首側には船内に格納できる昇降式アジマス式スラスター2基とトンネル式スラスター1基を有しており、GNSSによる船体測位により潮流や風速の影響を計算し、これら5基のスラスターを制御することで船体の向きや位置の自動定点保持や目的座標入力による自動転船を可能としている（図-4）。

b) 高性能な水中音響測位システムの使用

これまでの事業で多く行われていた魚礁設置管理方法は、起重機船のクレーンジブ頂部へ設置したGNSSでの管理であったが、大水深帯においては潮流の影響が大きいため魚礁水中位置の信頼性が懸念される。そのため、本工事では、水中での魚礁の動きをリアルタイムで把握しながら正確な位置に沈設を行うために高性能の水中音響測位システムを使用し水中位置を計測した。今回使用した高性能水中音響測位システムは、従来製品にないビームフォーミング（所定の方向に音波の指向性を高める技術）及び動揺センサー（ロール・ピッチ）内蔵しているため、自動補正を行い確実な水中位置計測を行うことができる。この高性能水中音響測位システムのリアルタ

イムな測位情報を用いることで魚礁位置の微調整ができるため沈設精度が向上する（図-5）。

c) 流向・流速の計測

日本海は対馬海流の通り道であるため、潮流があるが、その流向・流速は水深によって海上の波向や流速と異なる場合がある。これらを見誤り、流向の下流側から設置を行うと船底に魚礁が潜り込み、吊ワイヤーが船体に接触し危険な場合もあり、また、設置時間も要すこととなる。本工事では、起重機船に潮流計を取り付け、魚礁設置前に各水深の流向・流速を計測し、起重機船を設置位置の上流側に配置することで安全に効率よく魚礁を据え付けた（図-6）。

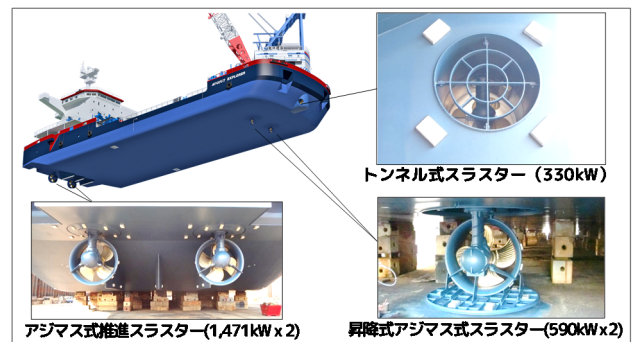


図-4 DPS搭載の自航式起重機船

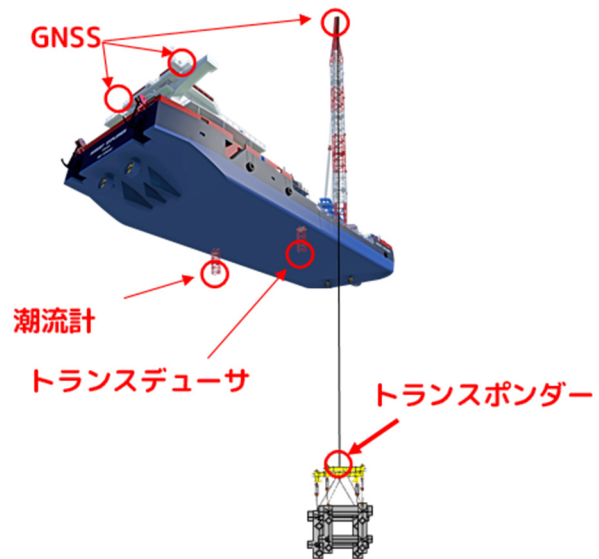


図-5 水中音響測位システム

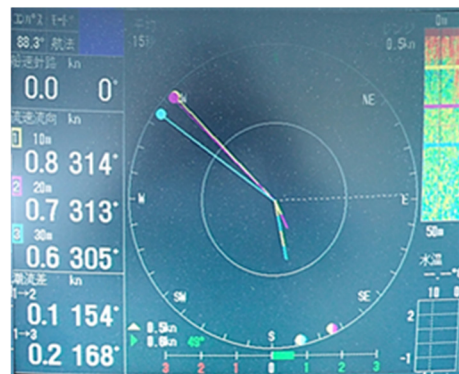


図-6 潮流計による流向・流速計測状況

(2) 施工中・施工後の見える化への取組み

a) 魚礁沈設管理システムの使用

一般的な水中音響測位システムは船体に設置したトランスデューサからの距離，方向，水深の数値のみがモニターに表示される．そのため水中にある魚礁位置と起重機船との相対位置が分かり難く，魚礁位置調整に時間を要する．本工事では，起重機船の位置・クレーンジブ頂部の位置・沈設中の魚礁の位置・目標位置を統括管理して，クレーンオペレーターがモニター画面で確認できるようにデータをビジュアル化した魚礁沈設管理システムを使用した．これによりクレーンオペレーターはリアルタイムで水中にある魚礁位置を検出し，モニター画面を基に計画位置へ誘導・設置を行なった．まず，潮流計により計測した流向・流速を基に船体位置を決定し，目標船体位置をモニター上に表示させ船体を誘導する．目標位置に到達すると画面を魚礁沈設の画面に切り替える．クレーンオペレーターはモニター画面を確認し，目標の水深まで沈設しながら魚礁の位置も目標に近づけていく．目標の水深に到達すると，最後に魚礁位置の微調整を行い切り離す．図-7に船体誘導時と魚礁沈設時のモニター画面を示す．

b) ROVによる撮影

これまで行ってきた工事では魚礁設置後の状況を目視することはできず，破損や転倒なく，確実に設置されているのかどうかを明確に確認することが困難であった．本工事では，設置後の状況を確認するため最大深度300mと1,000m撮影可能なROV（無人潜水機）を用い，魚礁設置後の状況および周辺の海洋生物を動画撮影した．ROVは一般的なものと比較して，軽量かつコンパクトな水中ドローンと呼ばれているもので，高強度の光ケーブルで接続されており，人力で着水・回収が可能な非常に取り扱いやすいものを使用した（図-8）．

対象の魚礁は，設置直後の魚礁の状態を確認するため，本工事で据え付けた鋼製魚礁を撮影し，また，過去に据え付けた魚礁の経年状況を確認するため，平成25年度に据え付けたコンクリート製魚礁を撮影した．表-1に水中ドローンの仕様を示す．

4. 魚礁設置の位置精度と撮影結果

(1) 魚礁設置の位置精度

図-9は合計117個の魚礁を据え付けた位置精度である．UCLは30mで社内管理値をUCLの50%:15mとした．計画では17個はクレーンジブ頂部による位置管理となっているが，残りの100個は水中音響測位システムによる位置管理となっている．DPSによる定点保持により設置を行った84個の位置精度の平均は1.71m($\sigma=0.86$)となり，アンカー固定による16個の平均は4.63m($\sigma=2.27$)となった．DPSによる定点保持の方が大水深にもかかわらず安定して位置精度が高い結果になった．

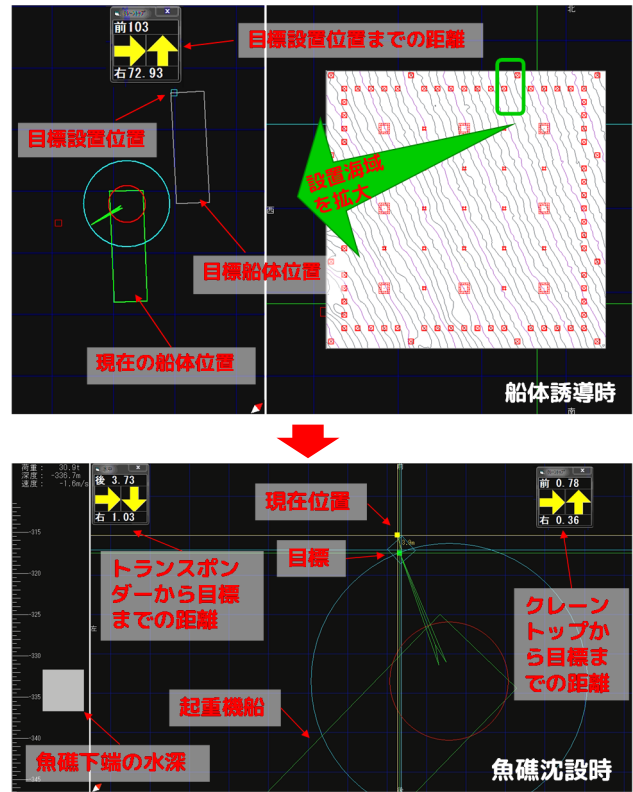


図-7 魚礁沈設管理システム

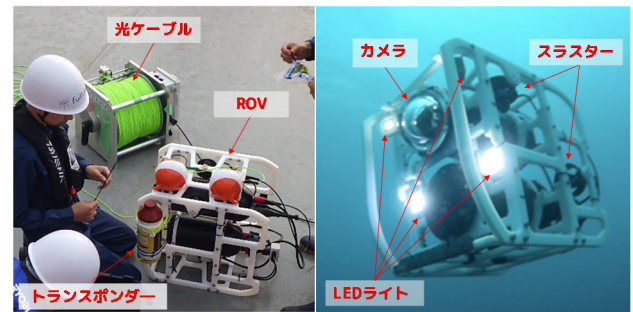


図-8 水中ドローンの概要

表-1 水中ドローンの仕様

水中ドローン	潜航可能深度(m)	サイズ(mm) W x D x H	重量(kg)	備考
FullDepth 社製 DiveUnit 300	300	430x650x363	28.5	市販品
FullDepth 社製 Tripod Finder	1000	600x420x400	22.0	実験機

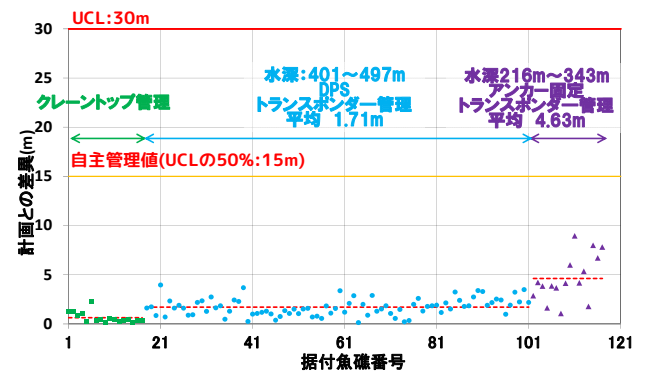


図-9 魚礁設置の位置精度

(3) 水中ドローンによる撮影結果

本工事では、水中ドローンを用い設置直後の鋼製魚礁の状況と平成25年度に据え付けたコンクリート製魚礁の状況および魚礁周辺の海洋生物を動画撮影した。

設置直後（水深約460m）の撮影では水中ドローンには小型の水中トランスポンダーを設置し、魚礁を設置した座標を基に探索した。ほぼその座標通りの位置に魚礁を発見することができ、確実に位置管理ができていたことがわかったとともに、破損や転倒なく設置されていたことも確認できた。また、周辺にはズワイガニやアカガレイなど多数の海洋生物が確認でき、豊かな漁場であるとともに今後の増殖が期待できる。

一方、平成25年度に据え付けたコンクリート製魚礁（水深約220m）の探索は、魚礁自体はほぼ座標通りに発見できたが、流れが非常に速く発見に苦労した。魚礁は約40cm海底に沈り込んでいたが、それが設置時に沈んだのか、経年により沈んだのかは定かではない。

また、流れが速く周囲の状況をあまり撮影できなかつたため多くの海洋生物は確認できなかったが、多数の動物性プランクトンやバイ貝は確認され豊かな漁場になっていることはうかがえた。図-10に水中ドローンによる魚礁撮影結果を示す。

今回の撮影では、魚礁が破損や転倒なく設置されていたことは確認できた。また周囲の水産生物も確認することはできた。今後はこの“見える化”を活用するために何らかを数値化し、評価することが必要となってくる。今後の課題にしたいと思う。

5. まとめ

本工事では水深約500mの大水深帯において魚礁の設置を行った。DPSによる定点保持、高性能な水中音響測位システム、魚礁沈設管理システムなどにより、大水深にもかかわらず計画に対し±5m以内（平均1.71m）の精度の良い設置ができた。

見える化については水中ドローンによる撮影にて魚礁に破損や転倒がなかったことや周囲の水産生物が確認できた。しかしながら、“見える化”を活かすためには何らかを数値化して評価する方法を確立しないといけないという課題も見つかった。

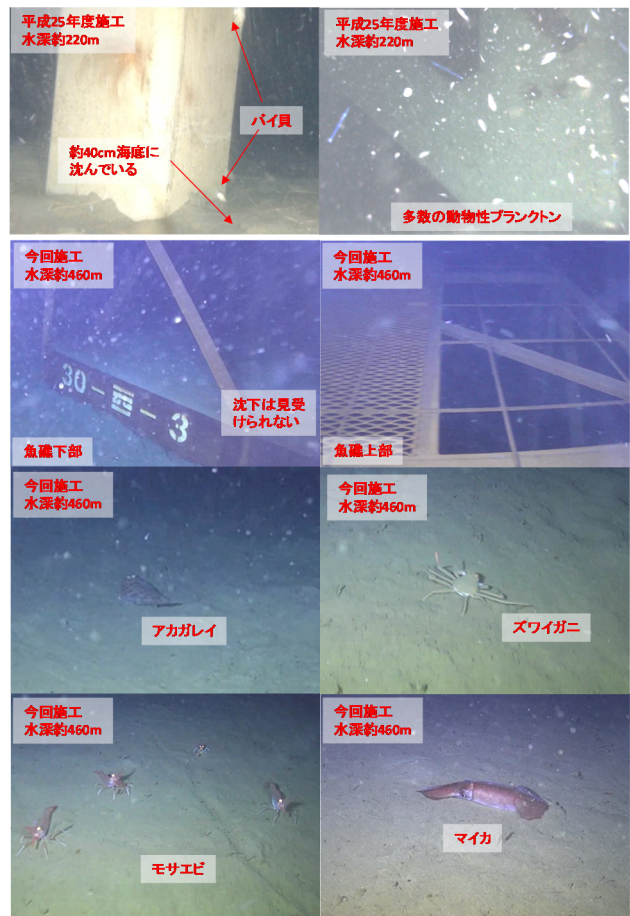


図-10 水中ドローンによる魚礁撮影結果

参考文献

- 1) 全国漁港漁場整備技術研究発表会：
排他的経済水域の500m水深帯における魚礁設置技術