

はじめに

魚礁の効果調査（モニタリング調査）は、設置した人工魚礁周辺の魚の蛸集状況や生息状況を把握し、その効果を評価するための調査です。以前は、経済的な指標（漁獲量や漁獲金額）が評価項目として用いられてきましたが、人工魚礁の直接的な機能である蛸集量については、定量的な成果が継続的に把握できませんでした。

このような状況の中で魚礁の蛸集効果を定量的に評価できる手法について、研究・開発が進み、計量魚群探知機を活用した魚類の蛸集モニタリング手法を用いた効果調査が実施されるようになってきました。

また、近年はICTを活用した様々なモニタリング技術も導入されていることから、本資料において、それらのモニタリング調査技術の変遷と近年活用されている複数の技術について紹介します。

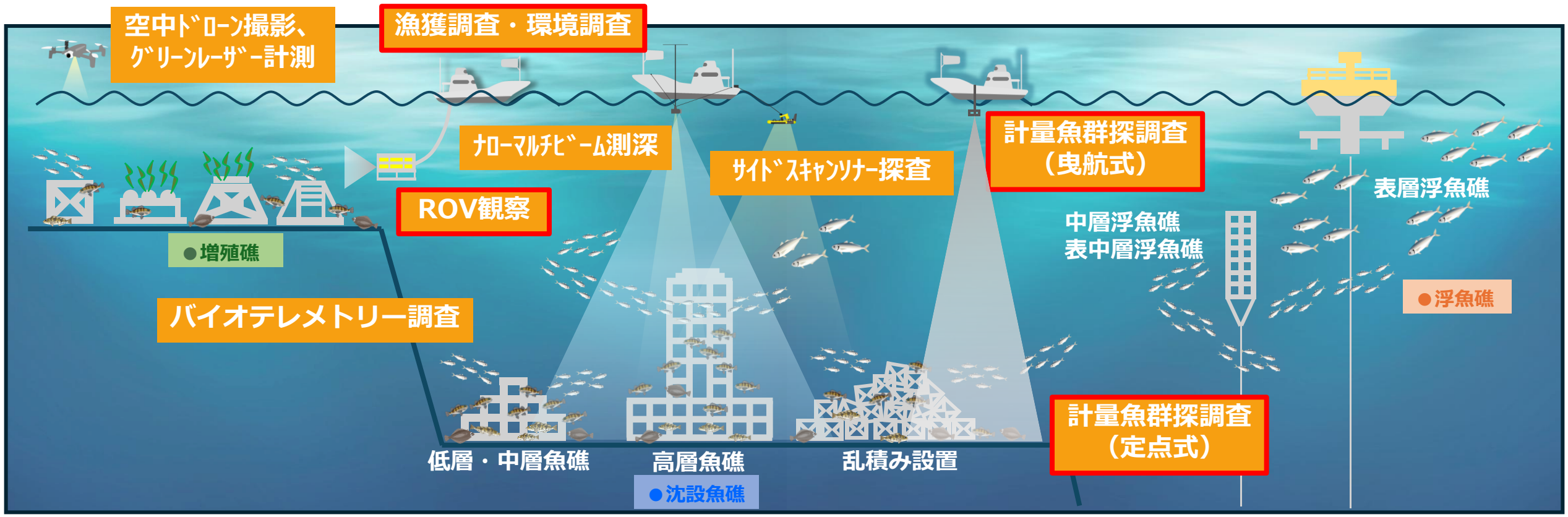
なお、紹介する主な技術は、一般社団法人漁港漁場新技術研究会魚礁漁場専門部会の会員である三洋テクノマリン(株)と海洋土木(株)が実施している沈設魚礁を対象としたモニタリング調査技術の紹介であり、全てのモニタリング調査手法を網羅しているものではないことをご了承願います。

モニタリング調査手法の変遷（魚礁漁場専門部会まとめ）

モニタリング調査手法		データの内容	～2000年	2000年代 前半	2000年代 後半	2010年代 前半	2010年代 後半	2020年代 前半	2020年代 後半	将来	備考
	漁獲調査	蛸集魚の種類、大きさ、個体平均重量、胃内容物、成熟度	■	■	■	■	■	■	■	将来のモニタリング調査のキーワードは <ul style="list-style-type: none"> ・非採捕 ・連続観測 ・低コスト ・無人化 ・リアルタイム通信 ・自動解析（AI）等 で調査のプラットフォームはAUVやASVなどが想定される	1本釣り等 併せて環境調査（他項目水質計による計測）も実施することが多い
	標本船調査	操業日誌や聞き取り情報	■	■	■	■	■	■	■		
	漁船位置情報（GPS活用）による操業実態調査	漁船の行動データ				■	■	■	■		
	潜水調査	魚礁内・魚礁近傍の魚群の視認	■	■	■	■	■	■	■		潜水調査が可能な水深帯（約20m以浅）
ROV調査	初期実用化			■	■					将来のモニタリング調査のキーワードは <ul style="list-style-type: none"> ・非採捕 ・連続観測 ・低コスト ・無人化 ・リアルタイム通信 ・自動解析（AI）等 で調査のプラットフォームはAUVやASVなどが想定される	大型・高価
	小型化、LED照明	魚礁内・魚礁近傍の魚群の視認				■	■	■	■		小型化 HD映像
	廉価版（軽量化）							■	■		水中ドローン FHD 4K映像撮影
	3Dモデリング	フォトグラメトリ解析（構造物や地形の立体形状を撮影し、3Dモデルとして画像を生成。定量化解析可能なデータの取得。）						■	■		ROVに装置搭載
魚探調査	従来の魚探	魚礁から離れた魚群情報（蛸集範囲）		■	■					電源が確保できればより長期にデータ取得ができるようになる	
	計量魚探（曳航）	魚礁近傍・魚礁から離れた魚群情報（蛸集範囲、蛸集水深、蛸集魚）、スナップショットだが広範囲に調査が可能				■	■	■	■		
	計量魚探（定点）	魚礁近傍・魚礁から離れた魚群の経時的情報（蛸集範囲、蛸集水深、蛸集魚）、範囲は狭いが1カ月程度の経時的変化の把握が可能						■	■		
環境DNA	メタバーコーディング	対象魚種のいる・いない						■	■	水中のDNAが必ずしも、今そこにいる魚種を反映していない可能性もある。特に流れの速い海域、移動性の強い魚種を対象とする場合は注意が必要。	
	リアルタイムPCR	対象魚種の量的な多少の比較						■	■		

気候変動に対応した漁場整備に係るモニタリング手法の紹介

魚礁の効果調査（モニタリング調査）には、近年ICTを活用したさまざまなモニタリング技術が導入されており、目的に応じて複数の手法を組み合わせることが一般的です。



以下に沈設魚礁を対象とした代表的なモニタリング手法を紹介します（上図の赤枠）。

- ①計量魚探調査（曳航式、定点）、②ROV調査、③漁獲調査・環境調査、

①～③：三洋テクノマリン(株)
 ②：海洋土木(株)

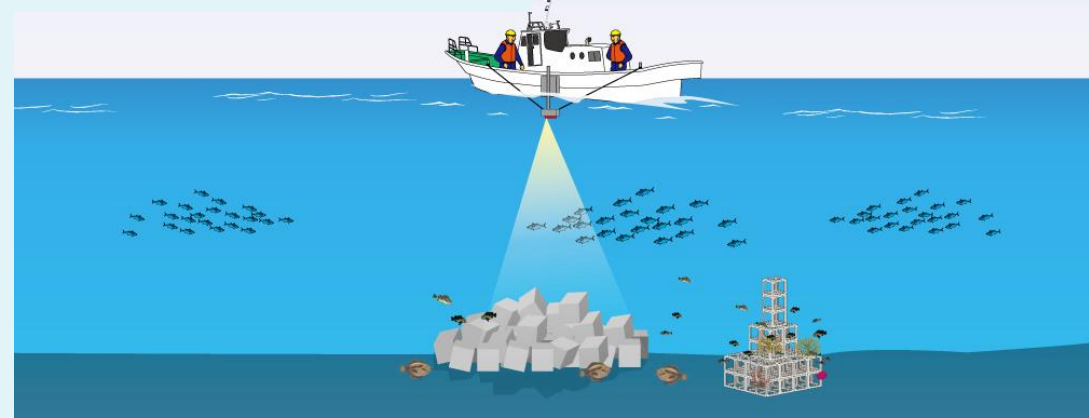
① a.計量魚探調査（曳航式）

計量魚群探知機（以下、計量魚探という）とは、較正により、定量的な魚群のデータを得ることができる魚群探知機です。較正球により、音響の反射の強さを較正することで、計量魚探で確認された魚群の音響バイオマス計算が可能になります。

広域モニタリング（平面分布）

- ・ 漁船に装備し、4-5knで航走しながらデータ収集
- ・ 海面から海底までのエコーグラム取得
- ・ 魚類のバイオマスおよび分布を推定
- ・ ROVや漁獲調査との連携による計量モニタリング
- ・ 魚礁体積等に基づくB/Cの算出可能

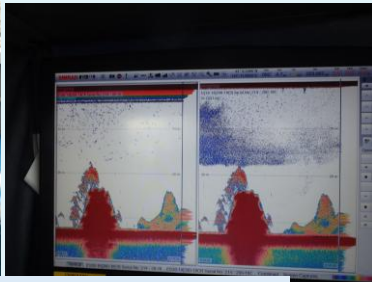
調査方法（曳航しながらの調査）



送受波機の船舷への取付状況



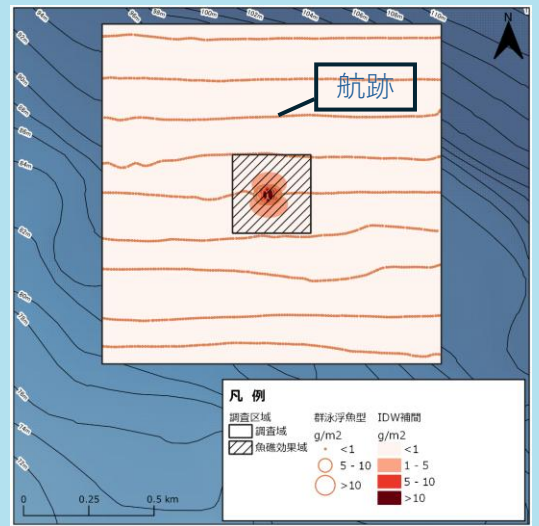
データ収録状況(左)と収録時の映像(右)



アウトプットの例

魚種別の重量（例）

グループ	魚種	区分	補間重量 (kg)	
			魚礁効果域	調査域
単独底魚型	マダイ	II	—	20
	メダイ	II	—	70
群泳底魚型	アイナメ	I	10	2
	オオクチシナギ	II	300	40
	クロソイ	II	30	3
単独遊泳型	ブリ	III	40	130
群泳浮魚型	マサバ	III	200	—
合計			580	265



魚の分布図（例）

使用機材（例）

名称	WBT Mini (EK80)
トランスデューサー	ES38-18/200-18CR
パルス種類	CW、FM（ワイドバンド）
周波数	38kHz, 200kHz
受発信様式	38kHz：スプリットビーム 200kHz：シングルビーム
ビーム幅	18°

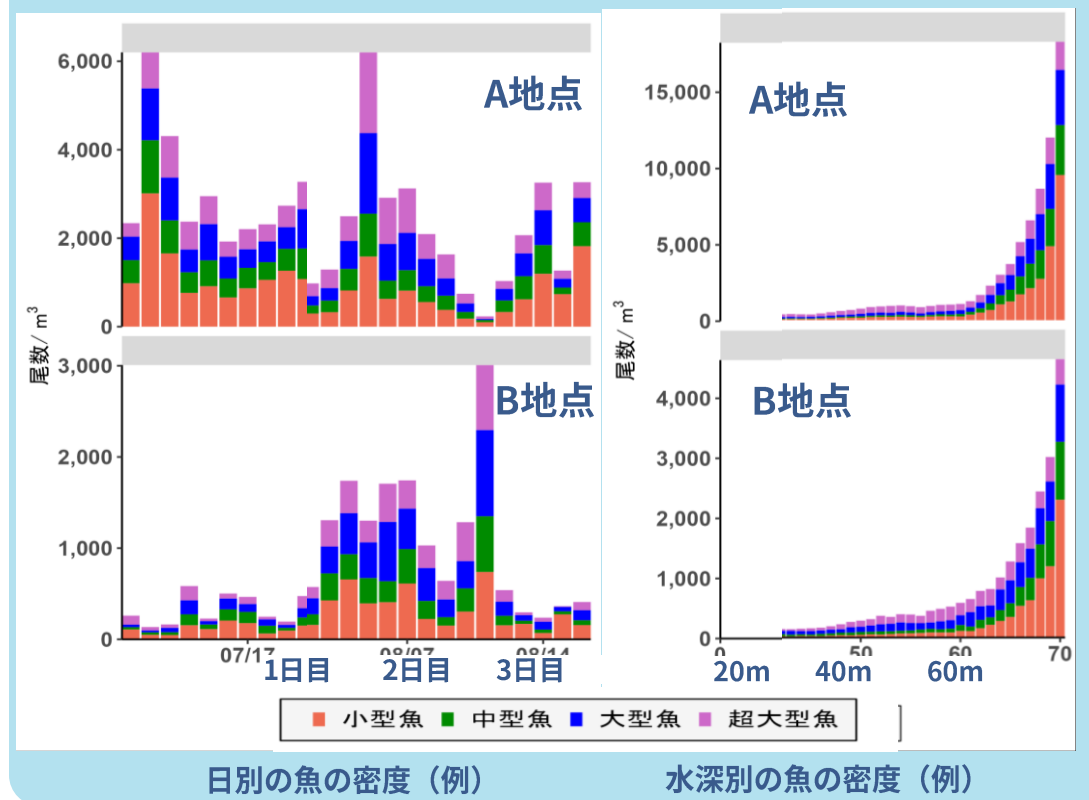


①b.計量魚探調査（定点）

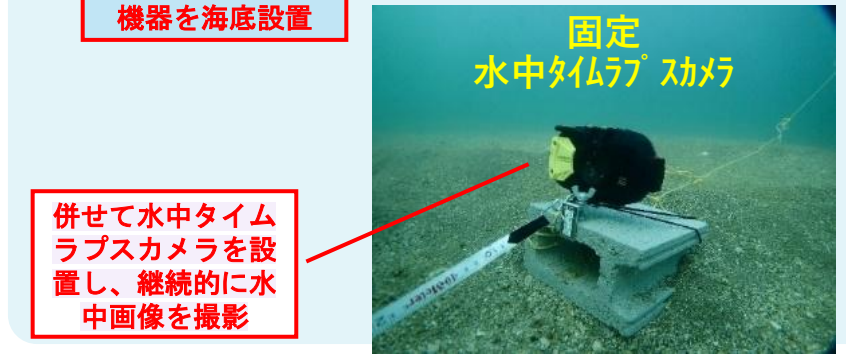
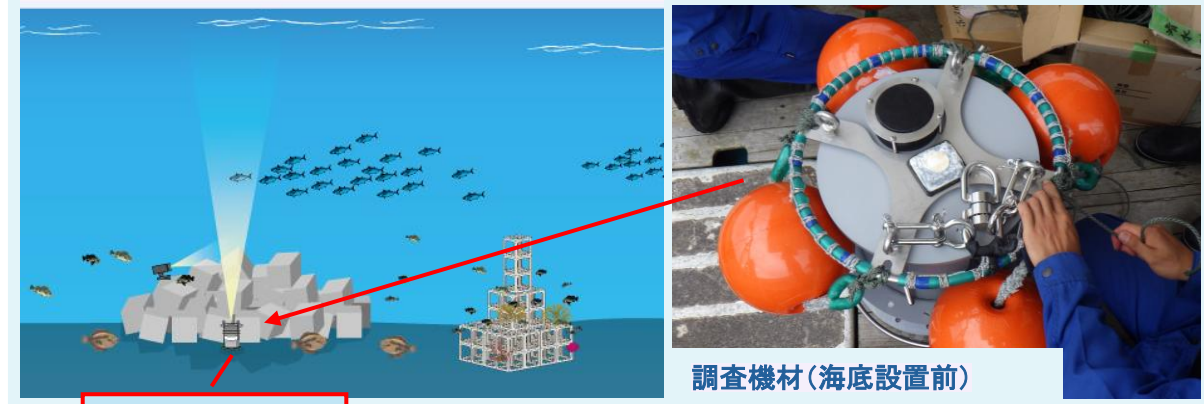
定点モニタリング（時間分布）

- 海底や水面に設置、約1ヶ月間の水柱を監視。
- 魚の出現頻度、深度、全長の分布を推定
- ROV、漁獲調査、定点カメラとの連携による主な魚種の計量モニタリング
- 魚礁体積等に基づくB/Cの算出可能

アウトプットの例



調査方法（機材を海底に設置しての調査例）



使用機材（例）

名称	AquaFusion MGB-240
周波数	240KHz
耐圧	100m
バッテリー容量	100Ah (バースト観測で約1ヶ月)
空中重量/水中重量	約38kg / 約2kg



②ROV調査

a. ROV調査概要

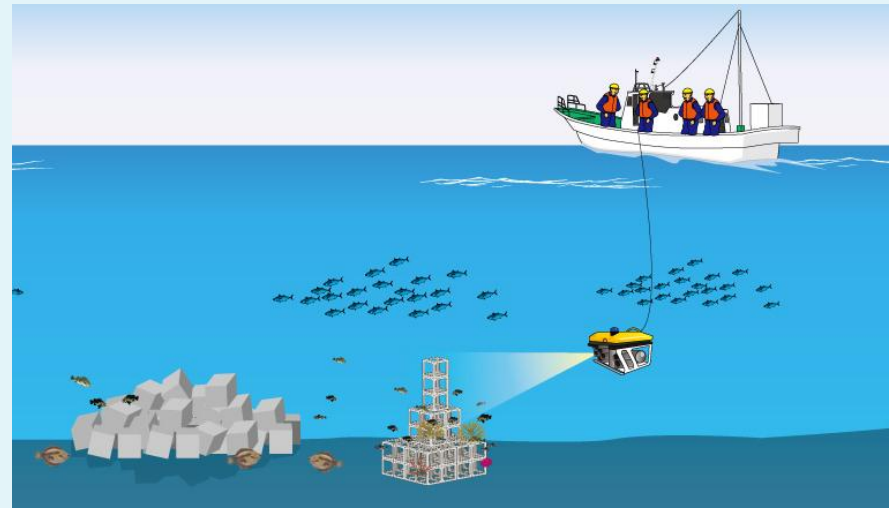
従来の潜水調査では、潜水士の到達困難な水深帯の沈設魚礁の調査ができませんでしたが、ROVの登場によりこのモニタリング調査が一般的な手法となりました。

ROV調査は、沈設魚礁周辺をビデオ撮影し、得られた映像から、魚礁内部・周辺の蠕集や生息状況（魚の数、種類、大きさ等）を読み取ります。

主な利点は、以下のものがあげられます。

- ① 安全に調査できる（無潜水調査）
- ② 低コスト・効率が高い
（無潜水調査であること含め）
- ③ 鮮明な映像で“見える化”が可能
（高解像度の映像取得可能）。
- ④ データ化しやすい
（画像のAI判別などにも活用）

調査方法



b. ROV調査によるデータ収集

魚類の蛸集状況

- 出現種 (多様性)
- 撮影体積当たりの密度 (蛸集密度)
- 魚礁内部の蛸集効果 (B/Cの算出可能)

魚礁の状態

- 魚礁構造の状態 (埋没、倒壊等)
- 付着物の状況
- 3Dモデル (フォトグラメトリー)

アウトプットの例

魚類の蛸集状況 (例)

区分	魚種	撮影魚礁体積 (空m ³)	魚礁内部の尾数密度 (尾/空m ³)	魚礁内部の重量密度 (g/空m ³)
I	アイナメ	350	0.0	20
	チゴダラ	150	0.0	3
II	ウスメバル	600	0.4	400
	オオクチイシナギ	70	0.0	200
	キツネメバル複合種群	800	0.1	200
II	イシダイ	200	0.0	1

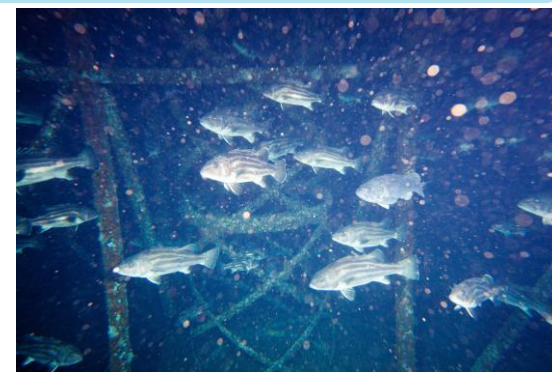
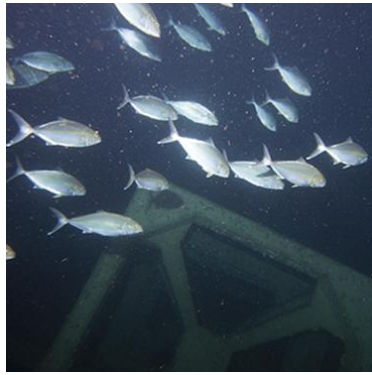
3Dモデル (例)



ROVによる魚礁の観察状況



付着動物・海藻着生状況



魚礁で観察された魚類蛸集状況

c. ROV機器

調査に使用するROVは、
 調査対象の沈設魚礁の設置水深、海況（流速や透視度等）、想定される調査時間、取得したい映像・画像の解像度等を考慮し、使い分けている。

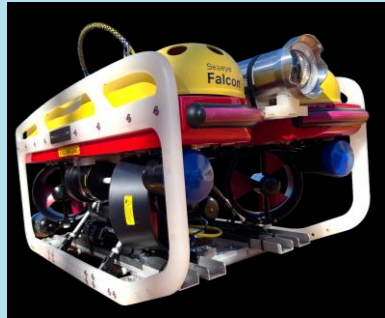
以下に一例を示す。

◎強潮流・大水深対応タイプ

水中ドローンと比較して、サイズ・重量が大きい。耐水深は300m。推進装置（大型スラスタ）により強潮流下での調査も可能。外部給電方式のため稼働時間が長い。

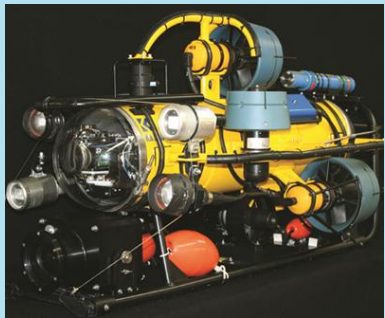
◎軽量化タイプ（水中ドローン）

ROVの中では小型サイズで軽量化されたタイプ。耐水深は150～300m。推進装置（スラスタ）は比較的小型で、強潮流下での潜行は不向き。浅海域の観察向き。搭載カメラは高性能のものが多い。バッテリー方式のものは稼働時間に限りがある。



Falcon

600×500×1000mm
 約60kg
 (FHD撮影)



RTV.N-Hyper300EXY

590×640×1190mm
 約56kg
 (HD撮影)



MOGOOL Pro

450×370×560mm
 約24kg
 (FHD撮影)



Dive Unit 300

410×375×640mm
 約29kg
 (FHD撮影)



CHASIONG m2 PROMAX

294×196×608mm
 約8kg
 (FHD,4K撮影)



FIFISH V6 PLUS

331×143×383mm
 約5kg
 (FHD,4K撮影)

③ 漁獲調査・環境調査

漁獲調査、環境調査は魚礁に生息する魚のサンプルや環境の状況を提供する。

ICTを活用したモニタリング調査データを補完し、魚礁の総合的評価には不可欠である。

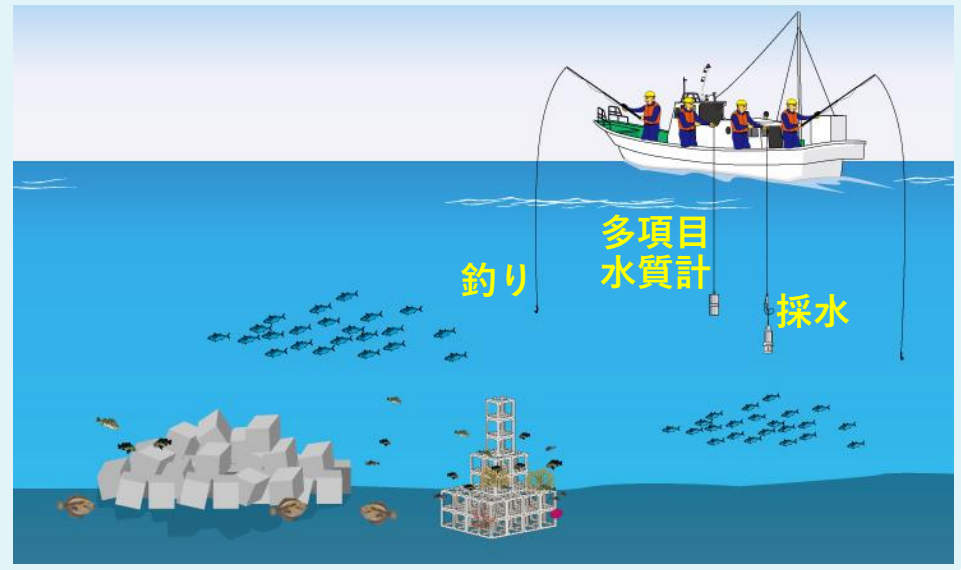
漁獲調査

- 専門家による迅速な種特定 (多様性)
- 胃内容物分析: 周辺の餌の状況を評価
- GSI (生殖状態指数): 産卵状況を把握

環境調査 (モニタリング調査時の海域環境のデータの蓄積 → 海水温等の気候変動の状況把握も含む)

- 環境評価: 多項目水質計で環境 (水温・塩分等) を調査
 - ※水温・塩分データは計量魚探調査時の音速の補正にも使用
- 生物の把握:
 - ✓ プラクトン、付着生物、底生生物を把握
 - ✓ 魚卵、稚仔魚、魚介類の採取

作業船を使った調査の一例



ROVによる採水・採泥も可能



漁獲調査 (1本釣り) 状況



採捕した試料



漁獲調査 陸上での計測作業状況

水産庁が策定した「気候変動に対応した漁場整備方策に関するガイドライン（令和4年6月）」では、漁場整備の実施手順として、①対象海域の現況把握、②気候変動の影響評価、③目標設定と合意形成、④計画策定と効果予測、⑤気候変動に対応した漁場整備、⑥モニタリング調査、⑦達成度判定とフィードバックの実施手順で進める。とされている。

そのうち、⑥モニタリング調査は、漁場造成効果を検証するために必要不可欠な項目について、環境情報（海水温等の気候変動の状況を含む）および生物情報を調査する位置づけであり、造成前、造成後共用開始時、その後の共用時で適宜、実施するものであり、その調査結果は効果の達成度判定やその後の実施計画のフィードバックに活用できる。

今回、ご紹介したモニタリング調査技術はその一助になるものと考えており、今後の気候変動に対応した漁場整備の参考にさせていただければ幸いです。

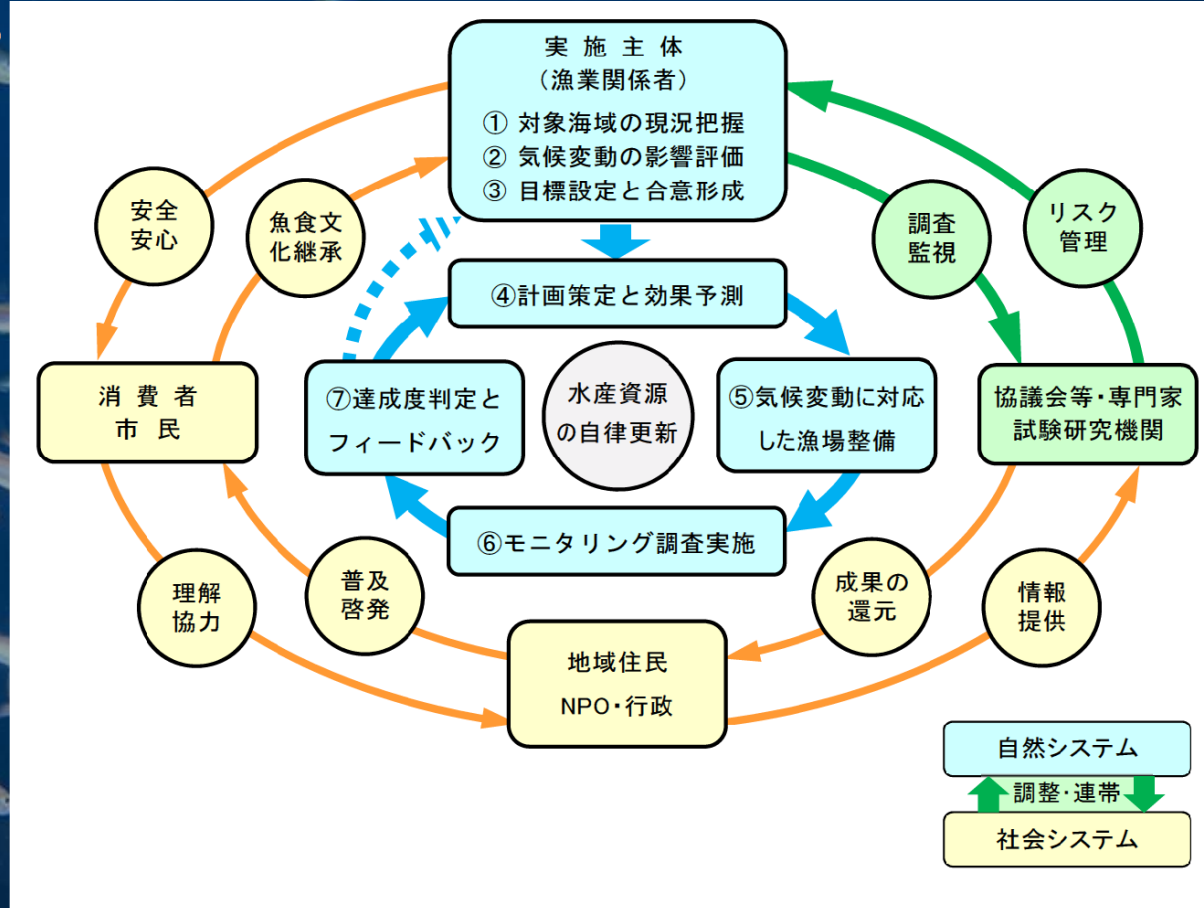


図 4.1 気候変動に対応した漁場整備の実施手順