

寒冷海域の水産基盤

— 水産資源の生産力向上に貢献する研究開発 —

国立研究開発法人 土木研究所寒地土木研究所水産土木チーム上席研究員 西崎 孝之

1. はじめに

わが国の漁業生産量の4分の1を占める北海道は、国民への水産物の安定供給において重要な役割を果たしている。しかし、近年では全国と同様に漁業生産量は減少傾向にあるほか、地域を支える産業である漁業の就業者が減少するとともに、高齢者割合も高い水準にあるなど多くの課題を抱えている（図－1）。

2. 寒地土木研究所水産土木チーム

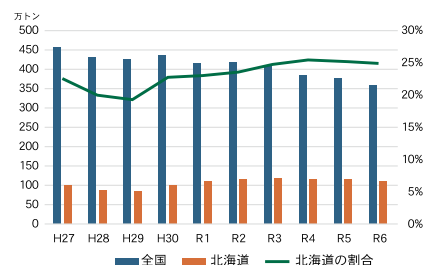
寒地土木研究所水産土木チームは、藻場や魚介類の生息場・産卵場として必要な環境条件を解明し、漁港や港湾の防波堤などの沿岸構造物をそれらの生息空間

として積極的に利用または保全する手法の開発を目指すとともに、水産有用種の生産性向上と港内等の閉鎖水域における水質・底質等の環境維持のための研究を進めることにより、港内静穏水域の増養殖場としての活用にもつながる取組を進めている。

3. 研究フィールド

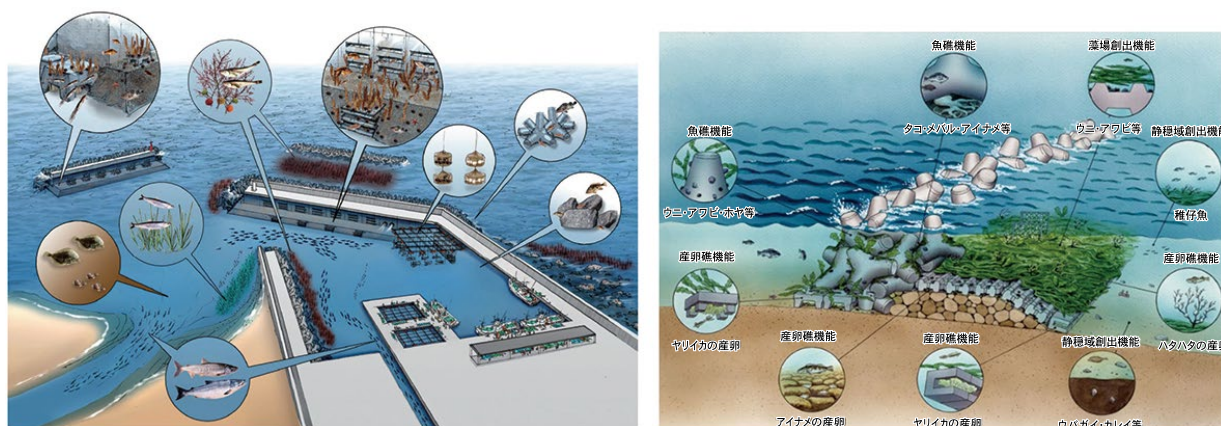
水産土木チームは、漁港・港湾水域と沖合漁場を研究フィールドとしている。漁港施設等の構造物は、円滑で効率的な漁業活動等を目的に整備されているが、他方で、防波堤等により穏やかな水域を形成することから水産生物を保護・育成する場となっている（図－2）。しかしながら、これらの構造物が有する増養殖

機能や、漁港等水域における魚や餌料生物の生態系についての知見・情報は少ない。魚介類の餌となる生物を増やす仕組みや食害生物から幼生を保護する仕組みを明らかにし、それらを強化する技術を開発することにより、漁港水域を増養殖

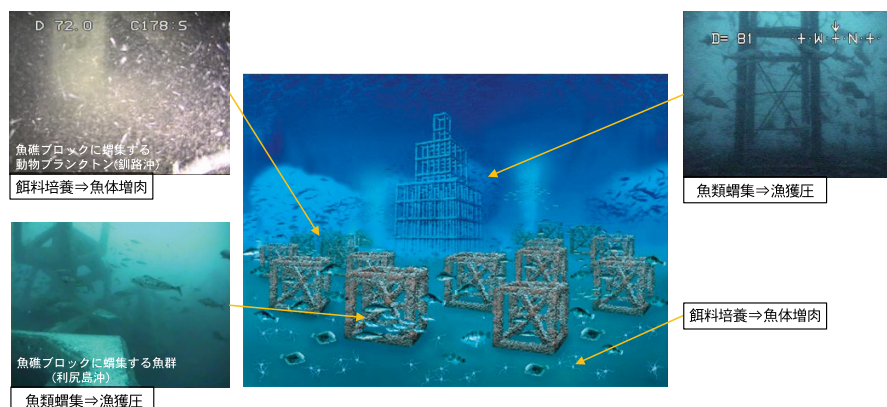


資料：北海道水産現勢

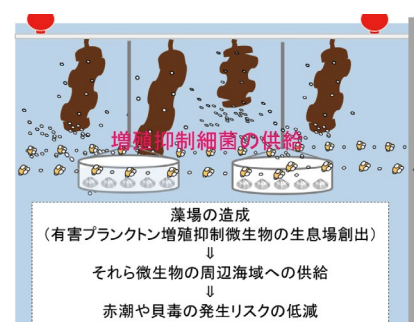
図－1 近年の漁業生産量の推移（北海道と全国）



図－2 漁港水域の活用



図－3 沖合域での人工魚礁による漁場環境改善効果のメカニズム解明



図－4 造成藻場による有害有毒プランクトン抑制

の場として活用することが可能となる。

また、わが国の沖合域における人工魚礁の増養殖機能および生態系についての知見・情報は少ない。沖合域の構造物が魚介類の餌となる生物を増やす効果（餌料培養効果）や水質・底質を整える効果などの漁場環境改善効果をもたらすメカニズムを明らかにすることにより、沖合域において、より効果的・効率的な漁場整備を行うことが可能となる（図－3）。

4. 研究内容

（1）主要な研究

寒地土木研究所では6年を1期とする計画により研究を行っている。現行の第5期中長期計画（R4～R9）では、次の3つの主要な研究課題に取り組んでいる。

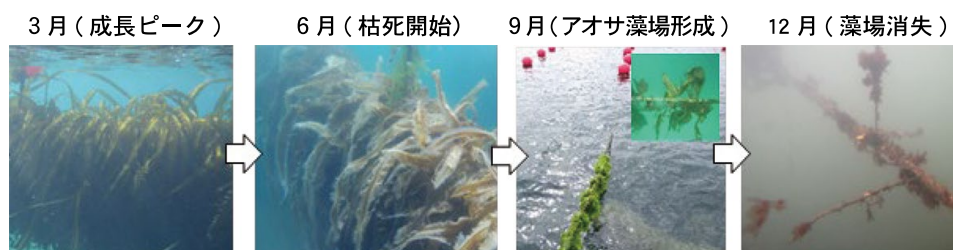
①持続可能な水産資源増養殖に資する寒冷沿岸域の漁港等施設の活用技術に関する研究

令和3年の北海道沿岸での赤潮による大規模な漁業被害は記憶に新しい。これまで赤潮被害の発生が見られなかった北海道においても地球温暖化による海水温の上昇により今後もその被害が発生することが想定される。ホソメコンブ等の海藻藻場から殺藻細菌が発生することが知られているが、漁港内でその効果を発揮させるための知見が不足していることに着目し、藻場造成により漁場環境変化による赤潮発生を抑制する研究開発を行っている（図－4）。ホソメコンブ藻場からは特に枯死過程で高密度の殺藻細菌が検出され、海水、底泥へ供給されていることがわかった。これらの時期は有害プ

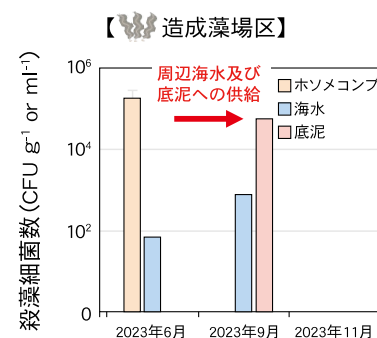
ランクトンの発生時期と概ね一致しており、ホソメコンブによる赤潮抑制効果が期待できると考えられる（図－5、6）。また、漁港は海藻の付着、生育場となる直立壁に囲まれており、藻場造成の潜在的可能性が高い。その活用には、海藻の付着と成長に適した環境・表面構造など効果的な藻場造成のメカニズム解明が必要である（図－7）。

②寒冷河口域に位置する漁港等施設の水生物の生息環境改善技術に関する研究

わが国の漁業・養殖業生産量は昭和59年をピークにその後減少し、近年で

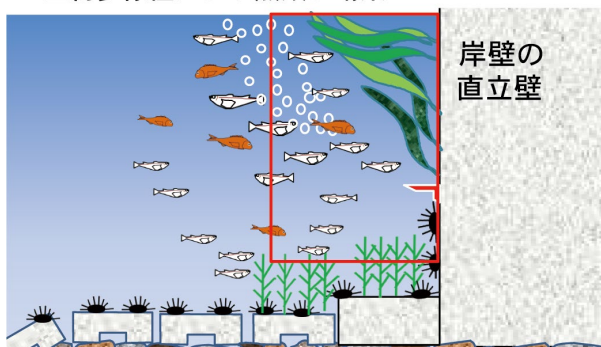


図－5 造成藻場の季節変化

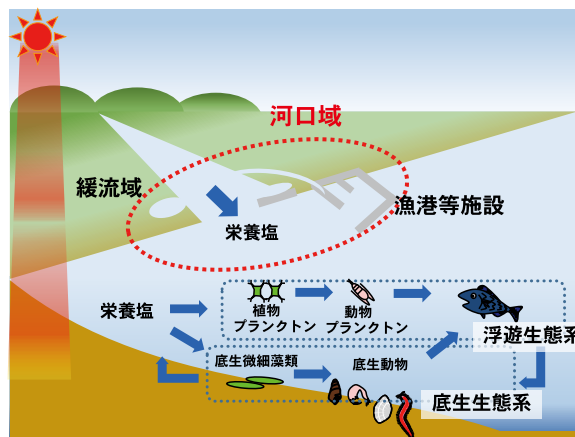


図－6 造成藻場から周辺環境へ殺藻細菌が供給

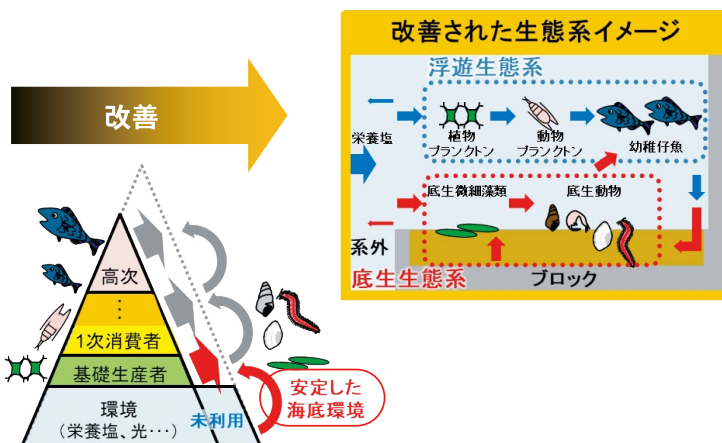
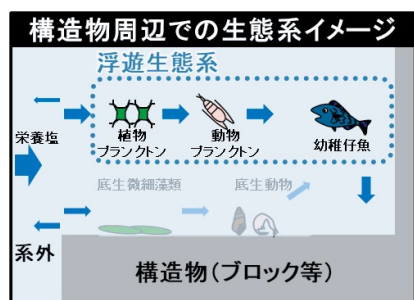
⇒生物多様性により魚類が増集



図－7 漁岸壁の直立壁に藻場造成



図－8 河口域の生態系構造のイメージ



図－9 生態系の改善イメージ

はピークの3分の1にまで落ち込んでいます。貧栄養となっている海域では河川から供給される栄養塩を効果的に活用することにより、水産資源の増大につなげることが可能である。本研究では、河口に隣接した漁港において、その特徴を活かした生息環境改善技術の開発を行っている（図－8）。河口域の生態系構造を解明し、生物の安定した生息環境を提供できるブロック等を検証、ブロック上への底生生態系創出を目指すものである（図－9）。美国漁港（図－10）において、漁港内への河川水の影響の季節変化、水生生物の生息環境等を調査（図－11）

するとともに、生息環境を安定的に提供できるブロック（形状や海底基質）等の現地実験を実施（図－12）している。

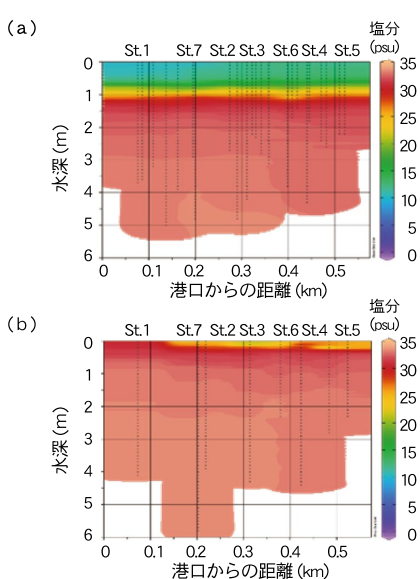
③北方海域における沖合構造物による漁場環境改善技術に関する研究

人工魚礁は餌料培養効果など魚類の増殖効果があり、漁場整備において漁業生産の維持に貢献している（図－13）。沖合構造物による漁場環境改善機能（餌料培養効果、魚類増殖効果等）に基づく沖合域における新たな漁場整備手法の開発を行い、これまで漁場整備が行われていなかった沖合域において水産資源の生産力を向上させることを目指している（図

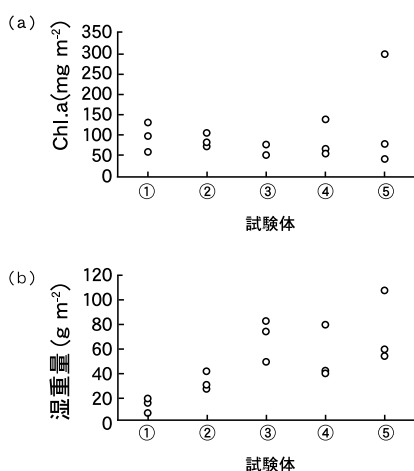
－14）。日本の沖合漁場整備における人工魚礁の増養殖機能および生態系についての知見・情報は少なく、大水深のため現地観測が困難である。大水深に対応可



図－10 調査地点（美国漁港）（小樽港湾事務所撮影）



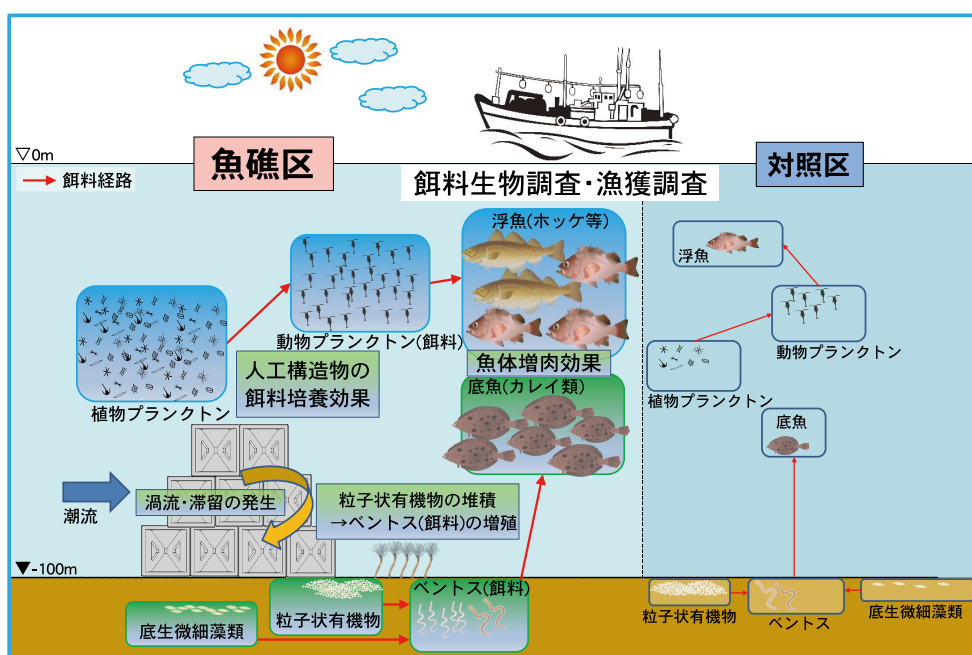
図－11 (a) 4月、(b) 9月の美国漁港における港口からの距離による塩分鉛直分布



図－12 箱型試験体設置1年後の(a)クロロフィルa現存量、(b)環形動物湿重量（試験条件：基質なし（①仕切なし、②5cm仕切）、基質あり（③砂利小、④砂利大、⑤玉石））



図－13 人工魚礁の効果



図－14 新たな漁場整備手法の開発のイメージ

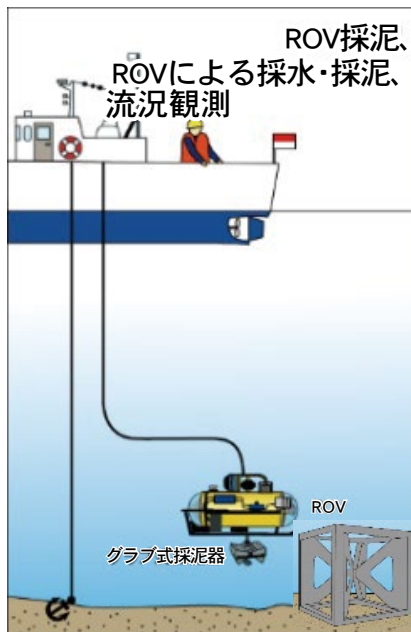


図-15 ROVによる人工魚礁へのアプローチ

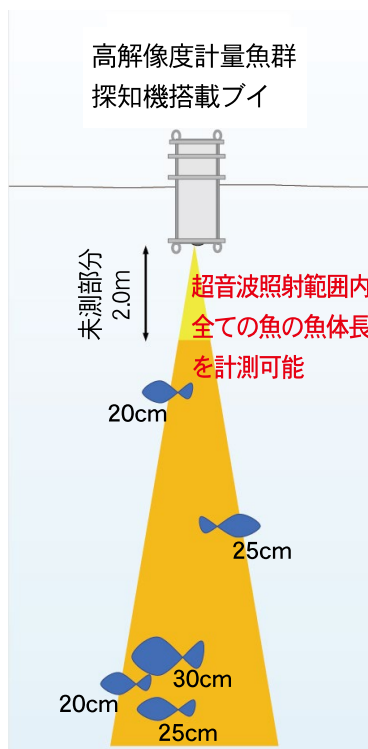


図-16 計測イメージ

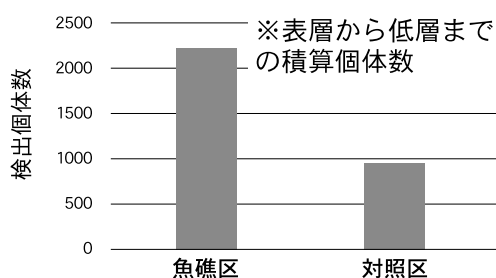


図-19 高性能魚探による魚類積算個体数の計測結果
2022年7月14日～8月10日（利尻島沖）

能な観測ツールを駆使して研究を遂行している（図-15～18）。魚礁区と対照区の魚類個体数の比較を図-19に、模型実験と数値解析による魚礁周辺での流速分布の比較を図-20に示す。

（2）漁港・港湾における新たな藻場 現存量算定手法の開発

このほか、短期間に取り組む研究として、「漁港・港湾における新たな藻場現存量算定手法の開発」を実施している。

藻場は、魚類の産卵や幼稚仔魚の成育の場を提供するほか、水質浄化や環境学

習、レクリエーションの場となるなど多様な機能を有していることで知られているが、近年では、政府が2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラルを目指す中、二酸化炭素の吸収・固定の機能を持つブルーカーボンとして注目を集めている。

これを受け、漁港や港湾では藻場機能を付加した施設整備が行われており、このような整備により造成された藻場の二酸化炭素吸収量を効果的に定量評価する手法の開発が求められている。

漁港・港湾構造物の藻場調査には、藻

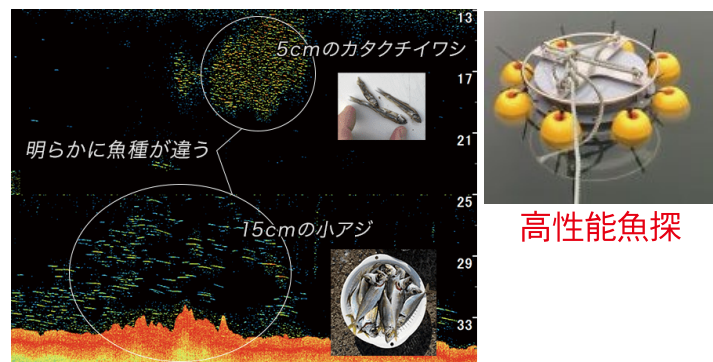


図-17 高性能魚探による魚類の匹数・サイズの解析

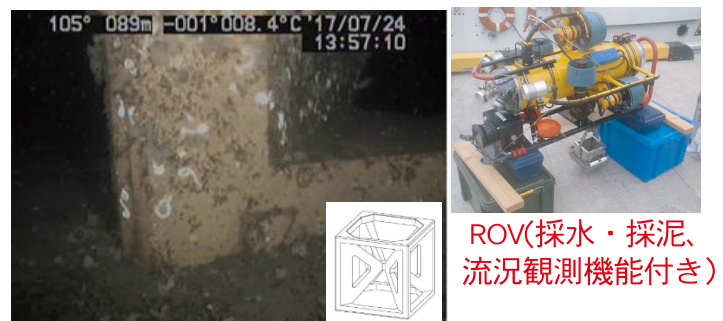


図-18 ROVによる人工魚礁構造物近傍の映像

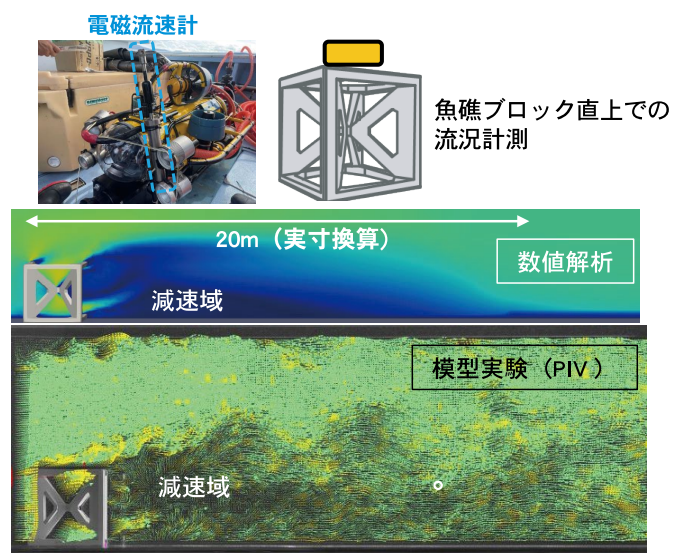


図-20 模型実験（下）と数値解析（上）の流速分布

場造成構造物は水深が浅く船の進入が困難なことが多い、漁期による調査時期の制約が発生するなどの制約が存在する(図-21)。また、現状藻場造成の効果把握は、主に潜水調査等水中での調査が中心になっているが、水中での計測機器の動揺等の影響による調査誤差や潜水資格保有者の伸びが鈍化傾向にあること、広域調査だと多大な労力・費用・時間を要することなど多くの課題がある(図-22, 23)。これら課題の解決には空中から藻場を観測する手法を開発することで広い範囲の藻場を効率的に把握することが可能となる(図-24~26)。

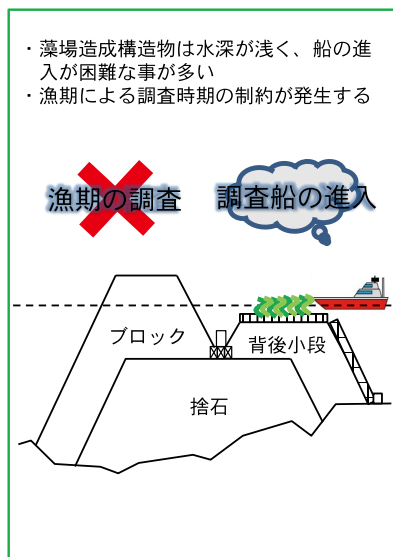


図-21 漁港・港湾構造物の藻場調査の課題

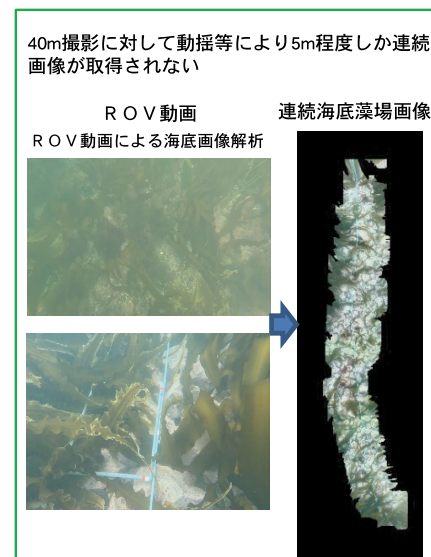
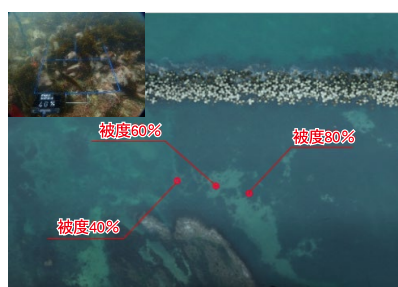
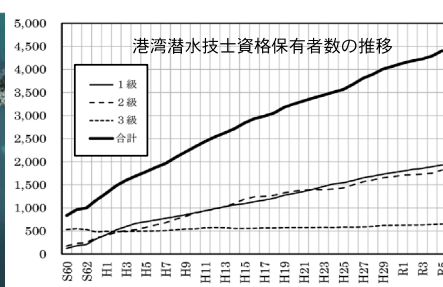


図-22 水中カメラによる藻場把握の課題

- ・水中の動揺等の影響による調査誤差
- ・水中調査ではダイバー潜水が一般的だが資格保有者の伸びが鈍化傾向、高齢化による離職者の増加
- ・広域調査だと多大な労力・費用・時間を要する



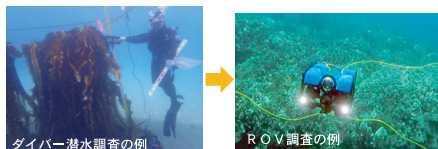
潜水調査枠の位置のズレで海藻被度が大きく異なる(誤差の要因)



令和5年現在の潜水技術士資格保有者数は、全国で延べ4,403人となっているが、近年資格保有者の伸びが鈍化傾向にあるとともに、高齢化に伴う離職者の増加が影響しており、潜水士の確保が難しい状況

図-23 従来の潜水調査の課題

- ・水中調査ではダイバー潜水が一般的だが広域だと多大な労力・費用時間を要する。
- ⇒ ROV(水中ドローン)を活用して効率化



ROVによる調査イメージ

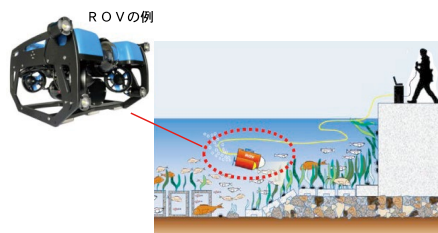
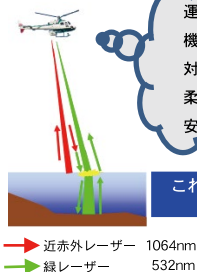


図-24 ROVの活用

- ・水面を透過して水底まで到達するため、河川・海岸・港湾等の水陸混在エリアに有効
- ・暗所や屋外でも視認しやすい
- ・波長は約532nmで可視光の中でも人間の目に見えやすい緑色領域

従来：ヘリコプター



グリーンレーザースキャナ搭載型ドローン



(出典) パスコ
グリーンレーザースキャナにより陸部と水部の密度の高い点群データの取得が可能

- ・従来は潜水作業および人力による目視で海藻の種類や被度を算定
- ⇒ 水中カメラの動画からAIにより海藻種別等の自動識別を行う

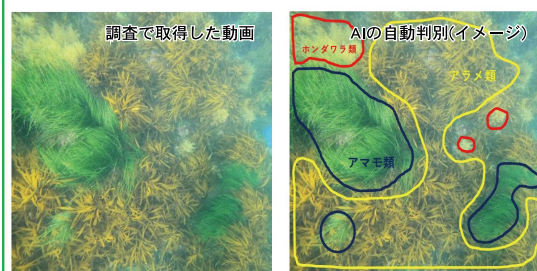
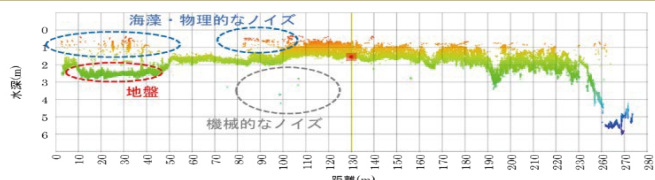


図-25 AIの活用による藻場解析のイメージ

グリーンレーザースキャナにより取得した点群データの事例



海藻のように動くものに対して、グリーンレーザースキャナで取得する点群データから、藻場現存量を算定する手法を検討

図-26 グリーンレーザースキャナの活用

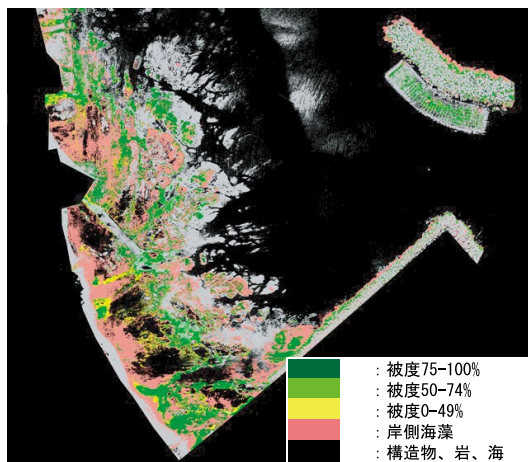


図-27 空撮データによる藻場解析の事例（寿都漁港）



写真-1 設置前の「ナマコのゆりかご」



写真-2 防護ネットの装着

図-27に空撮データによる藻場解析の事例を示す。

(3) ナマコのゆりかご

最後に、第4期中長期計画（H28～R3）での研究成果を一つ紹介する。

近年、ナマコの資源量は減少を続けており、北海道の漁獲量も平成19年をピークに下がり続けている。資源回復に向けて、各地で人工種苗放流（陸上で人工的にふ化させたナマコをある程度の大きさまで育てて海に放流する取組）が行われているが、期待された効果は十分には得られていない。

これは、これまで自然の中でのナマコの生態や分布などについての知見が少なく、どのような環境に放流すれば生き残りやすいのかという最適な方法が分かっ

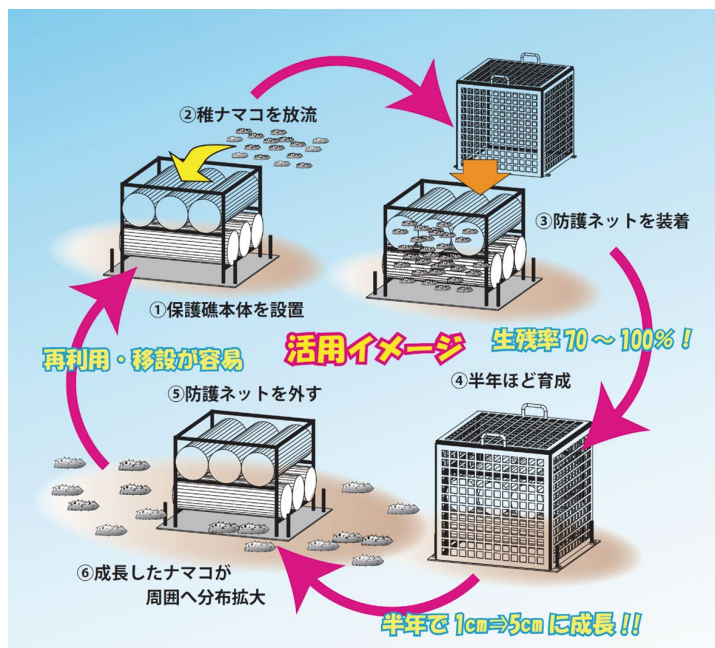


図-28 「ナマコのゆりかご」の活用イメージ

ていなかったためである。

そこで、海洋建設㈱と共同で、平成28年から6年間にわたり北海道内の漁港で現地調査や実証試験を実施した。そして、得られた結果をもとに、静穏な漁港水域を活用した、放流種苗の高い生残率を維持しつつ短期間での高成長を実現する中間育成礁「ナマコのゆりかご」を開発・製品化した（図-28、写真-1、2）。

また、調査の中で、オオヨツハモガニ（カニ類）とケブヤヒメヨコバサミ（ヤドカリ類）がナマコにとって特に危険な食害生物であることを、世界で初めて明らかにした。

開発した「ナマコのゆりかご」には、次のような特徴がある。

①生残率の大幅向上

何も対策をせずに1～2cmのナマコ種苗を漁港内に設置した基質に放流すると、半年から1年後の生残率は10%を下回る場合もあるが、防護ネットで外敵（特にカニ・ヤドカリ類）から守られることで、70～100%まで生残率を高めることができる。

②成長しやすい環境づくり

内部にはナマコが付着・生息するための基質としてホタテ貝殻を使用しており、餌となる微生物や有機物がつきやすく、成長を助ける。

③さまざまな場所に設置可能

構造を工夫しており、土砂が流れ込みやすい場所や柔らかい海底でも設置できる。

④外敵は防ぎつつ、目詰まりしにくい設計

防護ネットの目合いを調整することで、外敵の侵入やナマコの流出を防ぐ一方、浮泥や付着生物などで目詰まりしにくくしている。

⑤小型・軽量で扱いやすい

本育成礁は小さく軽いため、大型クレーンなどの重機を使わず、漁業者自身で設置できる。

「ナマコのゆりかご」を利用することで、放流後の生残率と成長を大幅に向上させることができ、漁獲量の増大が期待できる。「ナマコのゆりかご」は北海道・福島町など道内を中心に各地で導入が進んでいる。

5. おわりに

水産土木チームでは、今後も水産資源を育む漁場環境の適切な保全管理および海域の生産力の向上に係る研究成果を通じて、水産物の安定供給の確保および水産業の健全な発展に貢献してまいりたい。