

技術開発の具体的な内容

- ・ビジョンの重点技術開発について、現状と課題、技術開発方針を具体的に整理しています。
- ・技術開発を行う期間について、その重要性や継続性を踏まえて、短期と中-長期に設定しています。
- ・重点技術開発項目として位置付けなかったものの、引き続き検討を進めるべきものを継続検討項目として整理しています。

目次

◆重点技術開発項目

(1) 港湾物流の生産性向上

1. 積雪寒冷港湾のターミナル自動化技術 . . . P. 1
2. 積雪寒冷地に対応した自動係留技術 . . . P. 3
3. エプロン等の凍結抑制技術 . . . P. 5

(2) 漁業の生産性向上

4. エプロン上の漁業作業の最適化技術 . . . P. 7
5. 係留施設の多様な階層の船舶への対応技術 . . . P. 9
6. 港内静穏域を活用した水産有用種の蓄養・増養殖技術 . . . P. 11
7. 施設整備による水産生物の生育環境の創出評価技術 . . . P. 13

(3) 北海道沿岸域のカーボン・ニュートラルの推進と海洋環境の保全

8. ブルーカーボンによるCO₂固定効果の定量化技術 . . . P. 15
9. 洋上風力発電施設に作用する氷力算定技術 . . . P. 17
10. 漁網等の混入によるコンクリートの靱性化技術 . . . P. 19

(4) 波浪や津波等の外力変化への適応

11. 急速に発達した低気圧による高潮・高波発生予測技術 . . . P. 21
12. 吹送流・潮位変化を考慮した漂砂現象予測技術 . . . P. 23
13. 気候変動によるマクロ的な将来海象変化の予測及び影響評価技術 . . . P. 25
14. 将来の海象変化に対応した消波機能高度化技術 . . . P. 27
15. 氷海域における津波減災技術 . . . P. 29

(5) 積雪寒冷地の施工・維持管理の生産性向上

16. 積雪寒冷地のプレキャスト化・ICT施工技術 . . . P. 31
17. 積雪寒冷地のICT施設点検技術 . . . P. 33
18. 積雪寒冷地におけるコンクリートの自己治癒技術 . . . P. 35
19. 取水施設の維持管理効率化技術 . . . P. 37

◆継続検討項目

1. 衛星を活用した北極海航路の船舶航行状況の把握技術 . . . P. 39
2. 浚渫土の処理・有効利用技術 . . . P. 40
3. 船体動揺の低減技術 . . . P. 41
4. 海氷による劣化対策技術 . . . P. 42
5. 火山灰質土の液状化判定技術 . . . P. 43

港湾物流の
生産性向上

漁業の
生産性向上

北海道沿岸域の
海洋環境の保全

波浪や津波等の
外力変化への適応

積雪寒冷地の施工・
維持管理の生産性向上

技術開発期間

短期

1. 積雪寒冷港湾のターミナル自動化技術

【現状と課題】

1) 国土交通省港湾局では、大型コンテナ船の寄港数増加による荷役時間の長期化等に対応し競争力強化を図るため、世界最高水準の生産性と良好な労働環境を有する「AIターミナル」の実現に向け、コンテナターミナルにおけるRTGの遠隔操作・自動化等の導入を進めている。

2) 先進地である名古屋港における遠隔化・自動化に向けては、RTG^{※1}を対象に、コンテナの自動積み卸し(有人シャーシとの荷役、ヤードへのコンテナ配置等)・自動走行(磁気埋設)・衝突防止対策等に、各種センサーと画像解析を併用したシステムを採用しており、荷役作業の時間短縮(55%削減)、RTG操作員の削減及び燃料使用量等の経費削減(69%削減)等の効果が確認されている。

積雪寒冷地である北海道のコンテナターミナルにRTGの遠隔化・自動化を導入するため、①積雪寒冷地仕様のセンサーの開発 ②降雪・強風等による視界不良時に対応した自動走行に関する技術開発を進める。

【技術開発方針】

①積雪寒冷地仕様のセンサーの開発

荷役作業の遠隔化・自動化のためには、コンテナ位置を正確に把握し、スプレッド(コンテナ吊具)でシャーシから荷揚げ(積卸し)し、コンテナ蔵置箇所に自動配置する必要がある。降雪・積雪時の遠隔化・自動化のため、悪天候に強いミリ波レーダー^{※2}や、降雪の影響の除去可能なLiDER^{※3}にカメラによる画像解析を^{※4}複合させたシステムを構築する。さらに、GNSS^{※5}を利用してコンテナ位置をHUD^{※6}表示させる「コンテナ位置可視化システム」を組み込むことにより、降雪時等の悪条件下でも正常にコンテナの位置を検出し、シャーシや蔵置ヤードに配置可能なシステムを開発する。

②降雪・強風等による視界不良時に対応した自動走行に関する技術開発

a) 目標位置への自動走行・位置決め制御技術

自動運転にあたっては、シャーシやコンテナ等の目標位置へ自動走行し停止する必要がある。降雪・積雪時に安全に走行するため、車両及び経路上への磁気センサーの組み込み、またはGNSSを活用したプログラム化等により自動走行及び位置決め技術を開発する。

b) 障害物検出システム

自動運転にあたっては、ヤード内を走行するシャーシとの衝突防止等のため、障害物を検出し自動的に停止する必要がある。①の技術と同様に、各種レーダー、カメラによる画像解析との複合システムにより、緊急時の停止が可能な技術を開発する。

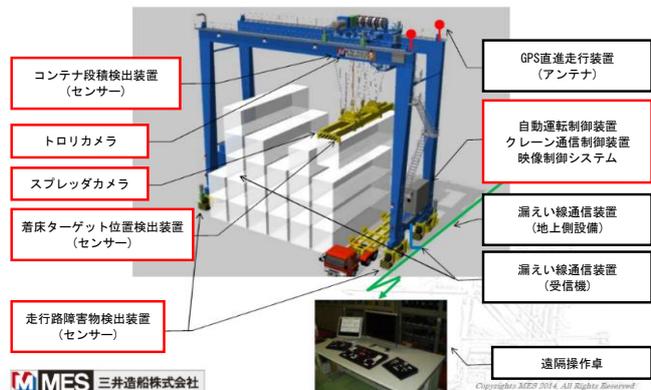
<主な効果>

- ・荷役作業時間短縮
- ・荷役作業の省力化
- ・燃料費等の経費削減
- ・労働環境の改善



写真提供：名古屋港管理組合

名古屋港におけるRTGの遠隔化・自動化及びその効果
(出典：平成29年6月15日 国際コンテナ戦略港湾政策推進委員会(第8回)資料3)



自動運転RTGの概略構成例(赤枠が積雪寒冷地での動作検証が必要な部分)
(出典：三井E&Sマシナリー)

- ※1) RTG(Rubber Tired Gantry crane) ; ゴムタイヤ式門型クレーン
- ※2) ミリ波レーダー ; 離れた対象物との距離や速度、角度を測定することが可能である。直進性が非常に強く、前方にある施設の距離を正確に把握可能である。雨や霧も通過するため悪天候にも強い特徴を持つが、降雪時には雪により電波透過性能が低下する。
- ※3) LiDER(Light Detection and Ranging、Laser Imaging Detection and Ranging) ; 光学式レーダー。方位分解能(測定する方向に並んだ2つ以上の対象物を識別する能力)が高く、周囲にある障害物の距離や位置関係も精度良く検出できる。一方で雨などの悪天候下では検出精度が下がる。ノイズフィルターにより降雪の影響除外が可能である。
- ※4) カメラ ; 周辺の障害物の色、形状を認識・検出。
- ※5) GNSS(Global Navigation Satellite System) ; 人工衛星(測位衛星)を利用した全世界測位システム。
- ※6) HUD(Head Up Display) ; 目的位置の情報等を空間上に直接投影したように見せるシステム。

【参考文献】

- 1) 国土交通省港湾局(2019) : 遠隔操作RTGの安全確保のためのモデル運用規程 報告書, 港湾局技術企画課
- 2) 国土交通省北海道開発局(2020) : 積雪寒冷地におけるコンテナターミナルへのICT導入検討業務 報告書, 港湾空港部港湾計画課
- 3) 浅井一浩(2017) : 住友の産業用クレーン, 住友重機械技報 No. 192 搬送物流特集, PP. 1-8
- 4) 小幡寛治, 内田浩二, 千蔵孝, 吉川博文, 門前唯明(2002) : 自動運転トランスファクレーン, 三菱重工技報 Vol. 39 No. 6, PP. 340-343
- 5) 小幡寛治, 宮田紀明, 小林雅人, 西岡正樹, 吉川博文(2000) : 自動運転港湾ヤードクレーンの開発, 三菱重工技報 Vol. 37 No. 5, PP. 286-289
- 6) 星野智史(2005) : 港湾物流におけるAGV搬送システムの設計に関する研究, 東京大学大学院工学系研究科博士論文, PP. 2-26

港湾物流の生産性向上	漁業の生産性向上	北海道沿岸域の海洋環境の保全	波浪や津波等の外力変化への適応	積雪寒冷地の施工・維持管理の生産性向上	技術開発期間	短期
------------	----------	----------------	-----------------	---------------------	--------	----

2. 積雪寒冷地に対応した自動係留技術

【現状と課題】

1) 国土交通省港湾局では、内航フェリー／RORO船によるシームレス輸送の効率性向上、近年の労働力不足への対応として、ターミナル内における船舶の離接岸・係留作業等の自動化技術等を実装した「次世代高規格ユニットロードターミナル」の実現を目指している。

2) 現在、自動係留装置は、関門航路、宮古港等で導入されており、宮古港のフェリー岸壁では離接岸作業の負担軽減(うねり60cmでもタグボート不要)、係留作業の迅速化(1分未満で係留)、タグボート使用の減少(85%削減)等の効果が確認されている^{※)}。

苫小牧港は国内最大の内航フェリー・RORO輸送ネットワークを有するが、離接岸・係留は人手に頼っており、今後の労働力不足が懸念されていることから、①積雪寒冷港湾における自動係留システムの性能の確認、②港内の様々な波浪に対する自動係留システムの性能の確認を進める。

【技術開発方針】

①積雪寒冷港湾における自動係留システムの性能の確認

自動係留装置は、真空パッド(MacGregor社製)や永久磁石による吸着式(Mampaey社製)等の様々なタイプが開発されているが、積雪寒冷である北海道への導入実績が無い。自動係留装置の適用気温は、タイプにより異なるが、気温-15℃程度が下限のものもあり、海外では雪氷の付着により停止した事例もある。そのため、-20℃を越える北海道において適用可能な自動係留システムの開発を行う。また、船舶の係留ロープを瞬時に外すことが可能な自動離岸装置「クイックリリース」の積雪寒冷地への適用性についても検討を行う。

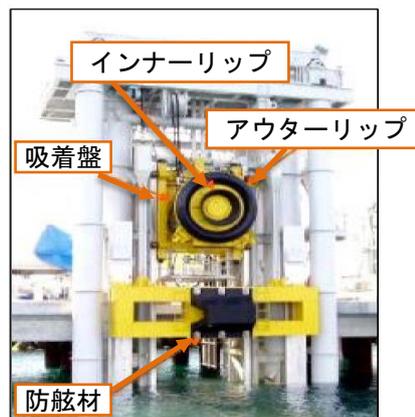
②港内の様々な波浪に対する自動係留システムの性能の確認

港内において長周期波を含む様々な周期帯の波浪により船体動揺が発生する場合がある。自動係留装置における波浪への適用範囲は、荷役限界波高程度(0.5m程度)であるが、周期帯によっては適用困難な可能性がある。そのため、様々な周期帯に対応した自動係留システムの開発を行う。



自動係留装置接岸状況

(出典：九州地方整備局 下関港湾空港技術調査事務所HP)



船体との結合を吸着盤にて行い、吸着盤の引込みをロープにて行う自動係留装置(防舷材一体化タイプ)(関門航路で導入)

(出典：自動係船及び自動陸上排送システムの開発について 九州地方整備局 下関港湾空港技術調査事務所)



宮古港で導入されている自動係留装置(ロープ牽引を自動化)

常に最適な角度で高いロープ牽引力を保ち、係船位置を着実に保持可能。そのため、係留の安全性が向上し、タグボートの出動回数も減少した。また、それにより稼働率も向上した。

(出典：MACGREGOR社HP 自動係留装置MOOREX®)



※) 本調査内容は特定船舶による宮古港での事例であり、船種や岸壁状況などの条件で変動することに留意

【参考文献】

- 1) 堀研一(2004) : 自動係船及び自動陸上排送システムの開発について, 平成16年度国土交通省技術研究会, PP. 1-4
- 2) MACGREGOR社 : Mooring and auto-mooring,
<https://www.macgregor.com/globalassets/picturepark/imported-assets/45317.pdf>
- 3) mampaey社 : intelligent Dock Locking System,
<https://mampaey.com/wp-content/uploads/2017/08/Brochure-Mampaey-intelligent-Dock-Locking-System.pdf>
- 4) 佐藤敬(2019) : 自動離着岸装置の欧州事例調査, 情報誌「港湾」, PP. 36-39

3. エプロン等の凍結抑制技術

【現状と課題】

- 1) 積雪寒冷地である北海道の港湾においては、エプロンやコンテナヤードの凍結等の対応に時間を要することがコスト増加の一つの要因となっている。また、漁港等においても高齢化や労働力不足に伴い頻繁な除雪対応や凍結による作業時の安全確保も重要な課題である。
- 2) 苫小牧港においては、荷役車両のスリップ防止及びコンテナの白線位置への正確な設置のため、融雪剤（塩化カルシウム）の散布を行っている。特に、凍結箇所は氷を除去する作業を実施しており、舗装面の凍結抑制による除雪作業の効率化も求められている（長い時には10時間以上除雪・氷除去の作業が発生）。
- 3) 道路の凍結防止対策として、北海道では凍害による破損への耐久性の面から、グルーピングへの弾性材充填等を行う物理系手法、グルーピングへ塩分と弾性材の両方を充填する物理化学系の手法が用いられている。
道路事業では、凍結による事故が発生しやすいトンネル抗口付近においてコンクリート舗装へのグルーピングによる凍結抑制を実施した例がある。港湾・漁港施設のエプロンでは凍結抑制舗装の適用事例がなく、特有の荷重条件や海水の影響下での適用性を確認する等、漁湾・漁港の利用特性を考慮した凍結抑制技術の開発を進める。

【技術開発方針】

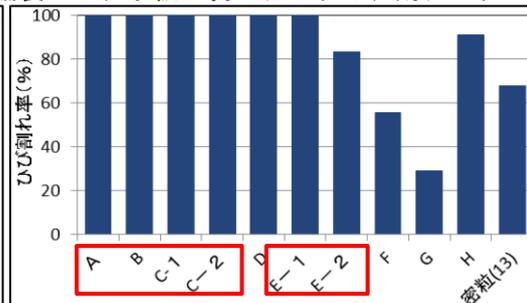
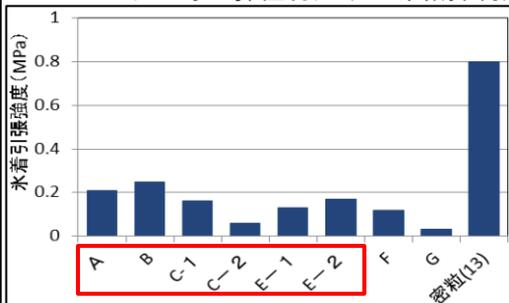
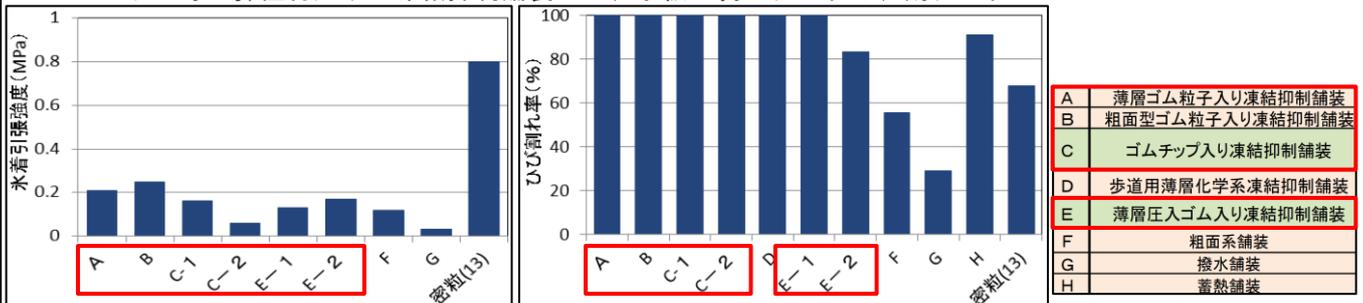
港湾・漁港の利用特性を考慮した凍結抑制技術の開発

物理系及び物理化学系の凍結抑制舗装（グルーピング・弾性材充填型）は、舗装面にグルーピング（溝）を施し、この溝の中に弾性のあるウレタン系樹脂を流し込んで仕上げる。しかし、除雪時に除雪機のブレードが弾性材に接し外れてしまう懸念がある。また、水を含むと弾性材部分が滑りやすくなる特性も有する。そのため、各弾性材について、漁湾・漁港の利用形態（除雪精度、荷役機械等の荷重条件、海水の影響等）を踏まえた冬期の環境下における各種検証を行い、最適な弾性材を研究する。



仁頃トンネルでの凍結抑制舗装（コンクリートグルーピング+ゴムチップ）
（寒地土木研究所提供）

ゴムチップ等の弾性材入りの凍結抑制舗装では、氷板が剥がれやすく、割れやすい



氷着引張強度が低いほど、氷板が剥がれやすい

ひび割れ率が高いほど、氷板が割れやすい

氷着引張試験結果

氷板WT試験結果

凍結抑制舗装別の、凍結抑制効果の評価試験結果

（物理系・物理化学系の舗装；A～Eで高い効果）

出典：久保和幸、寺田剛、川上篤史(2013)：凍結抑制舗装の性能向上に関する研究、国立研究開発法人 土木研究所 平成25年度 土木研究所成果報告書 No. 14, P. 4

【参考文献】

- 1)凍結抑制舗装技術研究会(2018):,凍結抑制舗装ポケットブック,
<http://www.touketsu-giken.com/publication/pocketbook.pdf>
- 2)早坂保則, 岳本秀人(2002):積雪寒冷地域におけるグルーピングの効果と最適なグルーピングパターンについて,北海道開発土木研究所月報 No. 590, PP. 16-27
- 3)佐藤仁司, 遠山哲次郎, 千葉政幸(1991):千歳空港誘導路へのグルーピングの試験施工に関する調査について,北海道開発局技術研究発表会(港-13), PP. 235-240
- 4)早坂保則, 高橋守人, 下道純(2001):グルーピング工法の構造形状と滑り抵抗等に関する一考察,北海道開発局技術研究発表会
- 5)田中俊輔(2018):粗面系舗装による凍結路面对策,建設工業調査会, PP. 59-62
- 6)苫小牧外貿コンテナ事業協同組合(2018):寒冷地におけるコンテナターミナルの運営について, CPC交流セミナー
- 7)藤本大生, 齊藤一之, 山崎友博(2015):縦溝粗面型ハイブリッド舗装の凍結抑制効果に関する一考察, 北陸道路舗装会議, PP. 1-4
- 8)久保和幸, 寺田剛, 川上篤史(2013):凍結抑制舗装の性能向上に関する研究, 国立研究開発法人 土木研究所 平成25年度 土木研究所成果報告書 No. 14, PP. 1-13

4. エプロン上の漁業作業の最適化技術

【現状と課題】

1) 北海道は漁業生産で全国1位を誇り、国内外に安全で安心な水産物を供給する重要な役割を担っており、港湾・漁港での水産物の輸出・衛生管理強化のため、屋根施設整備が進められている。現状の屋根施設の設計では、作業形態を現地確認し、利用者要望等も踏まえ屋根の施設規模等を設定しており、利便性重視の観点からは、柱間隔を大きくとる場合もあり、コスト増大の要因となる恐れがある。

2) 岸壁上の陸揚げ、選別、荷捌き所への搬出といった複雑な作業形態を、画像処理とAIにより定量化し、科学的に分析することで、利用者との論理的な合意形成が可能になるとともに、利用頻度が少ないオープンスペースの解消や屋根の柱間隔の縮小等も期待できる。

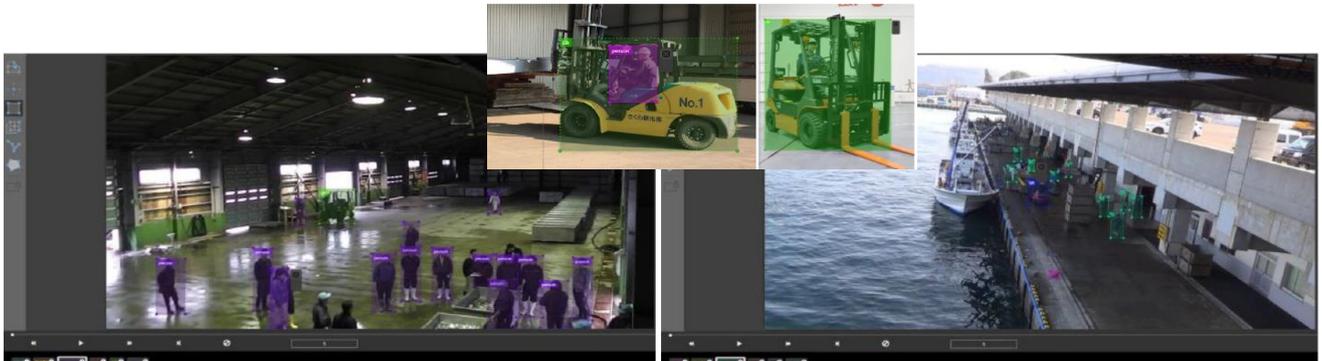
北海道港湾・漁港の衛生管理の強化は引き続き重要課題であり、より効果的・経済的な屋根施設の整備を推進するため、①AIによる岸壁上の作業形態の分析手法の開発、②コスト縮減に配慮した屋根施設構造の最適化手法の開発を進める。

①AIによる岸壁上の作業形態の分析手法の開発

現状の複雑な作業形態について、撮影した動画の画像処理とAIによる判別、GPS・ビーコン等による動線の定量化とともに、効率的な作業形態や自動化による効果を評価できるモデルを研究する。

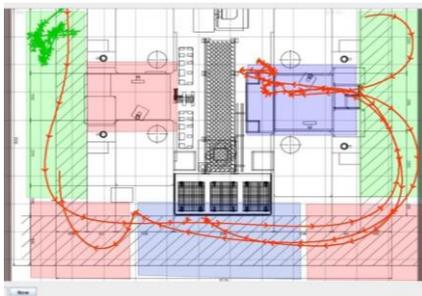
②コスト縮減に配慮した屋根施設構造の最適化手法の開発

作業形態の分析結果とCIMによる屋根施設の設計を連携させ、効率的な利用形態と施設整備コストを評価できる手法を研究する。



AIによる作業人員、作業車両の抽出例

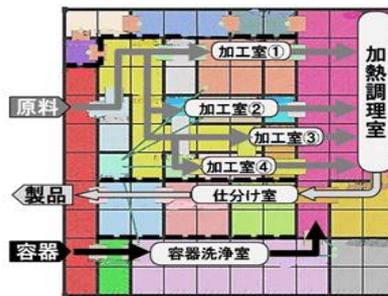
(出典；「漁港漁場整備事業費用対効果分析基礎資料作成業務 報告書」北海道開発局、令和元年12月)



製造業における工場内のビーコンによる動線分析事例

作業員の行動可視化のイメージ (Techfirm)

(出典； <https://www.techfirm.co.jp/cod/quuppamol>)



当初

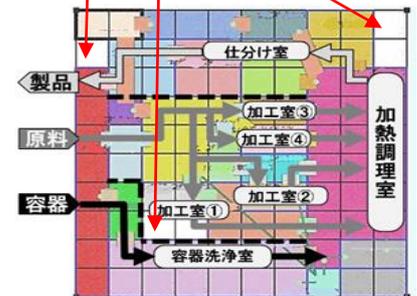
動線分析により、空間的・時間的な動線の集中・交錯状況を把握し、最適な動線計画、施設配置に反映

工場レイアウトの最適化のイメージ (日立プラントサービス)

(出典； <https://www.hitachi->

[hps.co.jp/corporate/news/20180529/index.html](https://www.hitachi-hps.co.jp/corporate/news/20180529/index.html))

スペースに余裕が発生



動線分析による最適化

【参考文献】

- 1) 国土交通省北海道開発局(2018)：岸壁附帯施設(屋根)コスト縮減化の手引き(案) 報告書, 港湾空港部
- 2) 国土交通省北海道開発局(2019)：漁港漁場整備事業費用対効果分析基礎資料作成業務 報告書, 農業水産部水産課
- 3) TechFirm株式会社：Quuppa採用 工場内向け位置情報測位の実証試験(PoC), <https://www.techfirm.co.jp/cod/quuppamol>
- 4) 株式会社日立プラントサービス：AI技術を活用した食品工場レイアウト自動作製エンジニアリングツールを開発, <https://www.hitachi-hps.co.jp/corporate/news/20180529/index.html>

港湾物流の生産性向上	漁業の生産性向上	北海道沿岸域の海洋環境の保全	波浪や津波等の外力変化への適応	積雪寒冷地の施工・維持管理の生産性向上	技術開発期間	短期
------------	----------	----------------	-----------------	---------------------	--------	----

5. 係留施設の多様な階層の船舶への対応技術

【現状と課題】

1) 北海道の漁業は、これまで主流であった大量漁獲型の沖合漁業の資源減少等に伴い、さらに漁業者の高齢化も加速的に進行したことで、磯根・養殖漁業等、つくり育てる漁業へのシフトが進んでいる。また、利便性向上及び一時避難利用等のため、前浜から漁港利用へシフトする小型漁船も増加している。

2) 既存の岸壁等では、大型船に対応して整備された施設が多く、小型の船外機船等の陸揚げ利用においては、天端高が高く労働負荷が大きい状況にあり、高齢者や女性などに配慮した就労環境改善を図るため、これまでも低天端岸壁の整備を進めてきた。一方、津波や高波等の災害による船舶の一時的な避難のため、大型船と小型船の利用の増加を想定する必要がある。

拠点的な港湾・漁港の漁船利用の増加に対応するため、多様な階層の船舶の利用可能な岸壁構造・設計手法の開発を進める。

【技術開発方針】

多様な階層の船舶の利用可能な岸壁構造・設計手法の開発

施設の老朽化改良等に合わせて、同一バースにおいて、大型船対応かつ一部を小型船も対応可能な低天端機能を合わせもつ岸壁構造について設計手法を開発する。また、低天端構造改良時に水面付近の構造物となる場合には、越水や付着藻類等が発生するため、維持管理や利用時の転倒防止等の安全性についても合わせて検討を行う。



白尻漁港の例

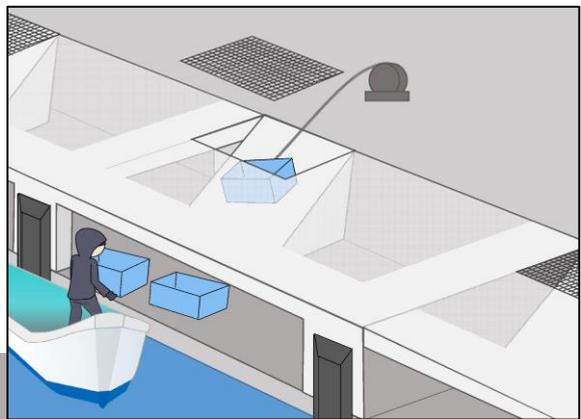
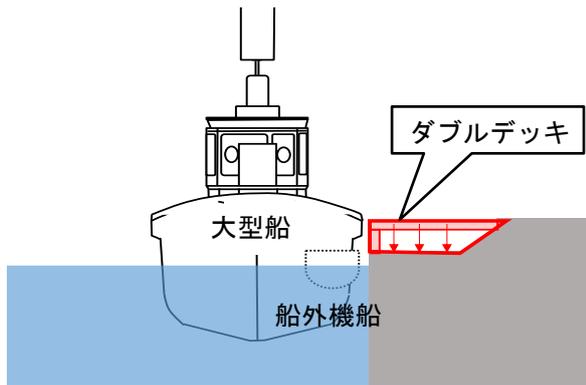
漁船から陸揚げ岸壁までの高さが1.5m以上ある



防災フロートにおける小型船係留

ダブルデッキへの改良イメージ

— 改良箇所



ウインチ等で引き上げ

【参考文献】

1) 藤田雄二, 上川浩幸, 三森繁昭(2006) : 福島漁港の就労環境改善施設の計画から施工まで-屋根付き船揚場と低天端岸壁, 平成18年度北海道開発局技術研究発表会 ふ-15, PP. 1-6

港湾物流の生産性向上	漁業の生産性向上	北海道沿岸域の海洋環境の保全	波浪や津波等の外力変化への適応	積雪寒冷地の施工・維持管理の生産性向上	技術開発期間	短期
------------	----------	----------------	-----------------	---------------------	--------	----

6. 港内静穏域を活用した水産有用種の蓄養・増養殖技術

【現状と課題】

- 1) 漁業者の減少や高齢化、漁船の減少に対応するため、港湾・漁港の水域を増養殖場として有効活用することが求められている。
- 2) 北海道においても、近年の海域環境変化により沖合で操業するサケ・イカ等の大量漁獲型魚種の生産が減少するとともに、漁業者の減少や高齢化も著しいため、港外と比較して移動距離が短く、安全で省力的に実施可能な港内静穏域(既存ストック等)を活用した「つくり育てる漁業(蓄養・増養殖)」の重要性が従前以上に高まっている。一方で、蓄養・増養殖対象となる生物の生育・成長に好適な物理環境^{※1}・餌料環境^{※2}等の境界条件^{※3}が十分に解明されていない(稲葉ら, 2018)。

港内静穏域を活用した水産有用種の蓄養・増養殖を推進するため、フィールド試験等から得られた知見をもとに①水産有用種に適した環境条件の把握、②好適環境の創出が可能な施設改良技術の開発、③蓄養・増養殖施設の運用・管理の省力化手法の開発を進める。

【技術開発方針】

①水産有用種に適した環境条件の把握

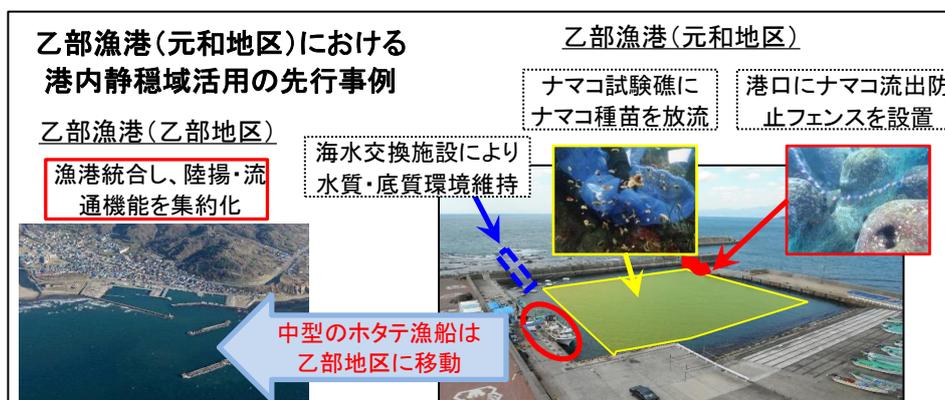
各種フィールド試験、室内試験等により水産有用種の生息に適した水深、水質・底質・流動環境等の把握に加え、現況および将来の海洋環境に対応した魚種等を把握する。

②好適環境の創出が可能な施設改良技術の開発

港内は閉鎖的であることから、水質や所定の流動確保のために、既設構造物を改良した海水交換施設を開発する。また、港内は底生生物の隠れ家も少ないことから、ナマコやソイ等の生息空間を創出(空隙確保^{※4})し、生残率の向上のため、防波堤背後盛土工や蓄養水面への投石^{※5}等における、生物に適した石の空隙率や空間の大きさ等を解明する。さらに、盛土による粘り強い防波堤整備と連携した背後小段整備等への適用手法を開発する。

③蓄養・増養殖施設の運用・管理の省力化手法の開発

上記の技術開発を踏まえた蓄養・増養殖の運用・維持管理指針(密度管理、清掃等のソフト対策)を策定する。また、赤外線カメラを搭載したUAV(ドローン)や観測ブイの導入により水質環境を把握し、管理の省力化・効率化が可能な仕組みを検討する。



(出典：水産庁(2019)：漁港の有効活用について(漁港施設に関する利用規制の緩和), P. 2)

- ※1) 物理環境 ; 水温、流速、底質、水深、生息空間等の、生物の生育に影響を与える物理的な環境要因。
- ※2) 餌料環境 ; 生物が餌とするプランクトン、動植物等の量及び摂餌する環境条件等。
- ※3) 境界条件 ; 生物の生育に好適(最適)となる、境目の条件。Ex. 流速2cm以上であれば成長率が飛躍的に高まる 等
- ※4) 空隙確保 ; 稚ナマコ・稚仔魚等は外敵から身を守るため、岩やブロックの隙間に生息する。したがって、捨石やブロックのサイズ、配置等を工夫し、空隙を確保する。
- ※5) 投石 ; 水深を浅くすることにより、流速を増加させたり、生物の餌や隠れ家となる空隙や藻場を創出する。

【参考文献】

- 1) 櫻井泉, 永井悠一朗, 森建貴, 櫻井隆丞, 山田俊郎(2019) : 北海道寿都漁港におけるアサリ垂下養殖の適地評価, 日本水産学会北海道支部大会
- 2) 井上七海, 高橋慶次, 山田俊郎, 高橋伸次郎, 石田明大, 濱松伯吉, 櫻井 泉(2019) : 北海道根室落石漁港におけるアサリ垂下養殖の可能性, 日本水産学会北海道支部大会
- 3) 水産庁(2019) : 漁港の有効活用について(漁港施設に関する利用規制の緩和), P. 2
- 4) 国土交通省 : 粘り強い防波堤・防潮堤の導入,
https://www.mlit.go.jp/page/kanbo01_hy_002327.html
- 5) 稲葉信晴, 梶原瑠美子, 伊藤敏朗, 大橋正臣(2018) : 稚ナマコの生息環境と基質選択性の検討, 寒地土木研究所月報, 第787号, PP. 50-55
- 6) 石田大和, 山本剛, 原田克哉(2018) : 漁港水面の利活用に配慮した施設配置シミュレーション手法の検討—落石漁港をモデルケースとして—, 北海道開発技術研究発表会, PP. 1-6
- 7) 山田俊郎, 櫻井泉(2017) : 漁港を活用したマナマコ中間育成試験, 日本水産学会北海道支部大会公開シンポジウム
- 8) 櫻井泉, 大野史耶, 麻島梨沙, 山田俊郎, 高橋伸次郎(2017) : 寒冷地におけるマナマコ中間育成技術に関する研究, 第33回寒地技術シンポジウム, PP. 85-90
- 9) 櫻井泉, 山田俊郎, 麻島梨沙, 大野史耶(2017) : 空気ポケットフェンスを用いた育成施設におけるマナマコ稚仔Apostichopus japonicusの成長、分散および生残, Aquacult. Sci. 65(4), PP. 395-408
- 10) 青森県産業技術センター 水産総合研究所(2010) : ナマコ種苗生産マニュアル
- 11) 青森県産業技術センター 水産総合研究所(2012) : ナマコ種苗放流マニュアル

7. 施設整備による水産生物の生育環境の創出評価技術

【現状と課題】

1) これまで、港湾・漁港の外郭施設等の配置・構造等により水産生物（天然資源）の生息に適した環境が創出され、貝類等の生息範囲が増加することが報告されている。また、魚類（ソイ類等）においても、稚仔魚及び産卵期の親魚が、港内や周辺の構造物、底質、藻場等を生活基盤とする場合がある。一方、北海道においては、漁業者の高齢化や沖合資源の減少が著しいことから、港湾・漁港近傍で漁獲できるウバガイ（ホッキガイ）・アサリ等の他、魚類（ソイ類等）の生産力向上のニーズがある。

2) 施設整備等による生物生息環境（天然資源）への影響を予測・評価する手法は確立されておらず、天然資源における生活史（浮遊幼生、稚貝、成貝）毎の好適環境の評価を既往のモデルに盛り込むことが必要である。さらに、北海道特有魚種である、ウニ類、エゾアワビ、ナマコ類、コンブ類、ソイ類等の天然資源への新たな展開も重要である。

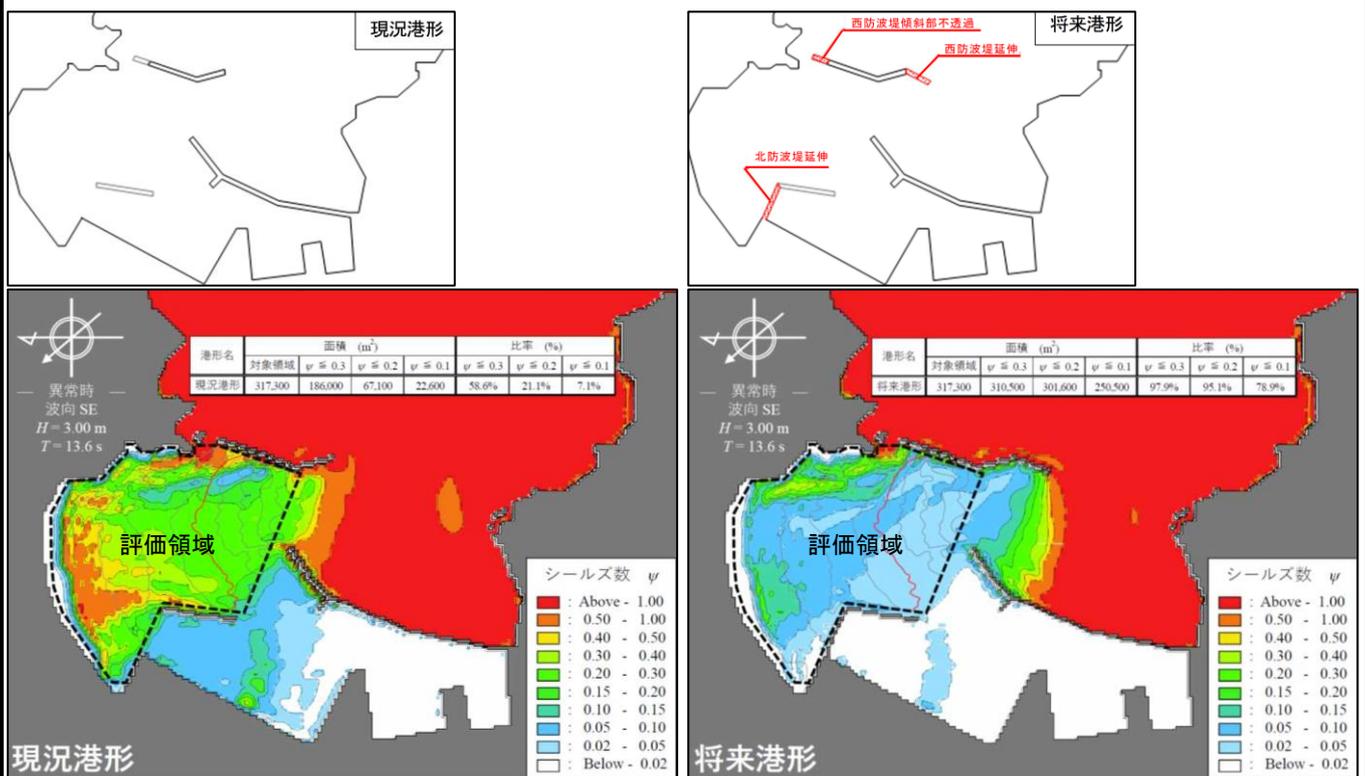
今後、施設の配置や構造の決定に考慮する要素の一つとして、水産生物の生息環境の変化に対する適応性や周辺海域の漁業資源に与える影響を検討するため、施設整備による生息環境への影響評価手法の開発を進める。

【技術開発方針】

施設整備による生息環境への影響評価手法の開発

ウバガイやアサリ等を対象とした既存評価手法（モデル）を、実際のフィールドにて再現性の高い生物生産モデルとするため、従来からの水質環境・物理環境主体のシミュレーションモデルに、対象生物の生活史や、生産サイクルの知見等を反映した新たなシミュレーションモデルを構築する。

さらに、影響評価に関する知見が不十分な生物を対象に、資源調査、生息環境調査（水質底質等）、物理環境調査（流動等）の現地観測を実施し、生息環境に影響する要因を把握した上で、影響評価のシミュレーションモデルに反映し、新たにシミュレーションモデルを構築する。



シールズ数で評価したアサリの生息適地
(凡例が青に近いほど生息に適している)

(出典: 「漁港水面の利活用に配慮した施設配置 シミュレーション手法の検討 —落石漁港をモデルケースとして—」 第62回 (平成30年度) 北海道開発技術研究発表会の発表論文)

【参考文献】

- 1) 渥美洋一, 石澤健志, 國田淳, 関口信一郎, 谷野賢二, 中村義治, 三船修司, 山下俊彦(1997) : 資源変動モデルによる港湾周辺海域のウバガイ稚貝の分布・成長特性の検討, 海岸工学論文集, 第44巻, PP. 1191-1195
- 2) 山下俊彦(1997) : 砂浜性二枚貝と港の関わり, 水産工学34(1) PP. 79-91
- 3) 【参考】 櫻井泉 : 2020~2024 ウバガイの加入量変動機構に関する研究
- 4) 丸山修治, 坪田幸雄, 竹田義則, 松山恵二(1999) : 構造物の建設による周辺藻場への影響予測シミュレーションモデルについて, 開発土木研究所月報 No. 599, PP. 2-8
- 5) 桑原伸司, 佐々木秀郎, 谷野賢二, 北原繁志, 松山恵二, 清野克徳(1998) : 藻場生産力予測シミュレーションモデルの開発, 海岸工学論文集 第45巻, PP. 1101-1105
- 6) 金川均, 谷野賢二, 北原繁志, 清野克徳, 竹田義則, 桑原伸司, 松山恵二(1999) : 藻場生産力予測シミュレーションモデルの開発 (第2報) , 海岸工学論文集 第46巻, PP. 1156-1160
- 7) 佐藤仁, 山内順, 関口浩二(2010) : 藻場生産力モデルによる磯焼け地帯の藻場造成予測に関する一考察, 北海道開発技術研究発表会, PP. 1-4
- 8) 石田大和, 山本剛, 原田克哉(2018) : 漁港水面の利活用に配慮した施設配置シミュレーション手法の検討—落石漁港をモデルケースとして—, 北海道開発技術研究発表会, PP. 1-6
- 9) 山本潤, 渡辺光弘, 牧田佳巳(2009) : 低次生態系モデルを北方の閉鎖性海域に適用する際の留意点, 寒地土木研究所月報 第670号, PP. 20-27
- 10) 牧田佳巳, 大橋正臣(2016) : 漁港整備によるアサリ生息場の創出効果について, 第60回北海道開発技術研究発表会, PP. 1-6

港湾物流の生産性向上	漁業の生産性向上	北海道沿岸域の海洋環境の保全	波浪や津波等の外力変化への適応	積雪寒冷地の施工・維持管理の生産性向上	技術開発期間	中-長期
------------	----------	----------------	-----------------	---------------------	--------	------

8. ブルーカーボンによるCO₂固定効果の定量化技術

【現状と課題】

1) パリ協定(2015年)による温室効果ガス排出削減等の国際的な枠組みを実現するための1つとして、新たな炭素吸収源としてブルーカーボン^{※1}の評価が高まっている。ブルーカーボンの検討には藻場の炭素固定量の把握が重要であり、アマモ類、ホンダワラ類等を対象とした調査が行われている^{※2}。

2) 最近では、浅海域の藻場から流出した海藻が深場に堆積し、炭素貯留に寄与するメカニズムが解明されつつある。これにより、寒冷沿岸域に優占する多年生のコンブ類、ホンダワラ類、アマモ類についても炭素吸収源としての役割が期待される。しかし、現地観測に一定の時間と労力を要することから、炭素固定量に関する調査が十分に進んでいない。

藻場造成機能を有する港湾・漁港施設の炭素固定量を把握するため、造成された藻場等を調査フィールド(釧路港、寿都漁港等)として、①藻場における炭素固定量の算定方法の開発、②効率的な藻場分布調査手法の開発を進める。

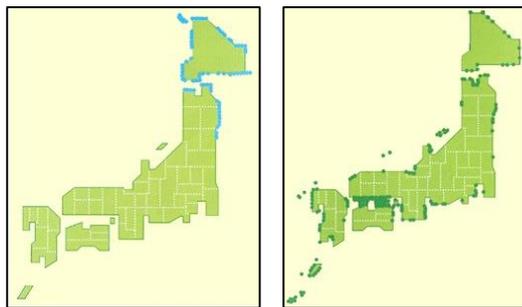
【技術開発方針】

①藻場における炭素固定量算定方法の開発

藻場(コンブ類等)の炭素固定量の把握には、純一次生産速度の算定^{※3}が必要となる。しかし、算定に利用可能な既往データが少ないことから、不確実性が高い状況にある。純一次生産速度は海藻の種類、密度、食害、水温、光量、栄養塩量、地形、時期によって大きく変動するため、現地観測を実施することによりデータを収集し、その解析を進めることで、藻場の炭素固定量を適切に把握する手法を開発する。

②効率的な藻場分布調査手法の開発

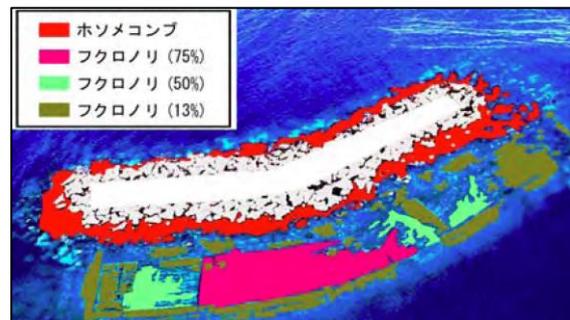
藻場は広域的に分布しているため、衛星画像解析が効率的で有効な手法とされているが、測定精度が低い課題がある。そのため、水中音響計測機器やUAVを活用した安価で簡易的・継続的に実施可能な方法を用いて、藻場分布を効率的に把握する手法を開発する。



左；コンブ類の分布、右；アマモ類の分布

(出典：水産庁HP)

https://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/tamenteki/kaisetu/moba/moba_genjou/syurui.html



UAVによる藻場分布の把握

(寿都漁港の例)

(出典：「航空写真と衛星画像を併用した藻場の定量的算定手法について」(独)寒地土木研究所,2009年)

※1) ブルーカーボン；大気中のCO₂が海洋生物により吸収・固定され、海域内で貯留される炭素化合物

※2) アマモ類等の海藻類は、沿岸域の海水中に生育する種子植物。枯死しても藻場内に堆積する量が多く、固定した炭素固定量が生態系に蓄積され続ける。ホンダワラ類等の海藻類は、岩等に固着する藻類。海藻類と異なり、藻場外に流出する量が多い。近年では藻場外への炭素固定量貯留のメカニズムに関する知見が集積しつつある。

※3) 純一次生産速度；海藻類や海藻類がCO₂を有機物として固定化する速度。生態系の純一次生産速度は、単位時間・面積あたりに生産される有機物量(炭素量等)やエネルギー量で表される。コンブ類における純一時生産速度の算定結果は、標準偏差(ばらつき)が極めて大きいため、現地実測データを収集し補正する必要がある。

【参考文献】

- 1) 国土交通省港湾局(2019)：ブルーカーボン生態系の活用による地球温暖化対策に対する報告書, PP. 1-21
- 2) 桑江朝比呂, 吉田吾郎, 堀正和, 渡辺謙太, 棚谷灯子, 岡田知也, 梅澤有, 佐々木淳(2019)：浅海生態系における年間二酸化炭素吸収量の全国推計, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 75 No. 1, PP. 10-20
- 3) 丸山修治, 伊藤敏朗, 田村友行(2018)：元稲府漁港二重堤間の藻場に関する考察～空撮画像を用いた藻場の現状把握～, 第62回(平成30年度)北海道開発技術研究発表会, PP. 1-6
- 4) 梶原瑠美子, 桑原久実, 濱田保夫, 中嶋泰(2015)：藻場や磯焼け域の把握に関わる新たな装置や技術～廉価版サイドスキャンソナー, ラジコンヘリ, 間欠撮影カメラの利用～, 水産工学, Vol. 51 No. 3, PP. 221-226
- 5) 佐藤仁, 熊谷直哉, 渡辺光弘(2009)：航空写真と衛星画像を併用した藻場の定量的算定手法について, 第53回(平成21年度)北海道開発技術研究発表会, PP. 1-6
- 6) 中部電力株式会社(2009)：大型藻類群落の拡大によるCO₂固定に関する研究, 公益財団法人国際環境技術移転センター, PP. 1-2
- 7) 浅川典敬, 石岡昇(2007)：藻場の有する二酸化炭素の固定効果の定量的な評価について, 海洋開発論文集, 第23巻, PP. 937-941
- 8) 水産庁：藻場・干潟の二酸化炭素吸収・固定のしくみ～ブルーカーボンの評価～, <https://www.jfa.maff.go.jp/j/koho/pr/pamph/pdf/21-25mobahigatahyouka.pdf>

9. 洋上風力発電施設に作用する氷力算定技術

【現状と課題】

1) 洋上風力発電は、発電コストの低減効果や経済波及効果が大きく、2050年までのカーボンニュートラルの実現に向けて、再生可能エネルギーの中で導入拡大が期待されている。

2) 2020年12月に発表された洋上風力産業ビジョン（第1次）（以下、ビジョン）では、政府は全国で2030年度までに1,000万kW、2040年度までに浮体式を含む3,000万kW～4,500万kWの案件を形成する導入目標が設定された。北海道沿岸は良好な風況条件から、洋上風力発電の高いポテンシャルを有しており、ビジョンでは北海道で全国の1/3に相当する955～1,465万kWの導入目標が示されている。

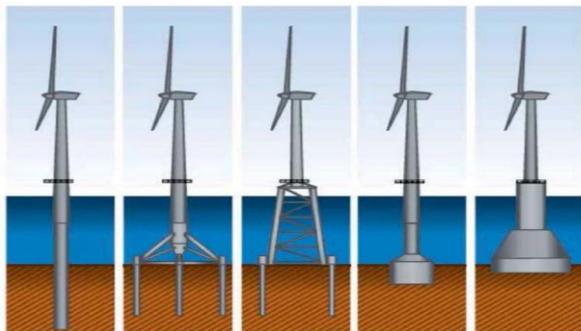
今後、流水が来襲する沿岸や結氷する港湾等での設置を検討できるよう、港湾・漁港施設等の耐氷技術の洋上風力発電施設への適応について整理を進める。

【技術開発方針】

港湾・漁港施設の耐氷技術の洋上風力発電施設への適応

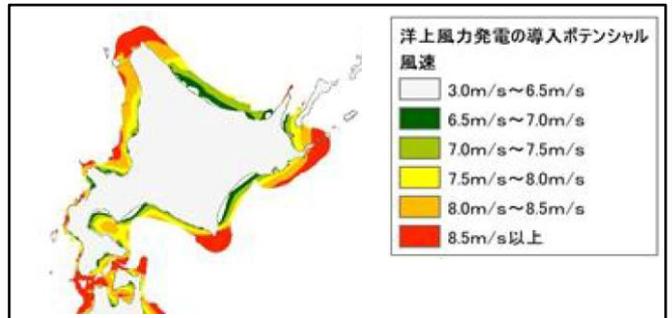
洋上風力発電施設の設計にあたっては、風、波、潮流、水位等の外力の組み合わせによる解析が必要である。さらに、海水の影響がある海域においては、施設に作用する外力としての氷力を適切に設定して評価する必要がある。また、着床式の洋上風力発電施設には、モノパイル、ジャケット、重力式等の様々な基礎構造形式があり、各構造形式に対して考慮すべき氷力が異なる。

これまでサロマ湖漁港や能取漁港で整備を行った、アイスブームの整備等により蓄積された耐氷技術について、洋上風力発電施設への適応性について整理する。



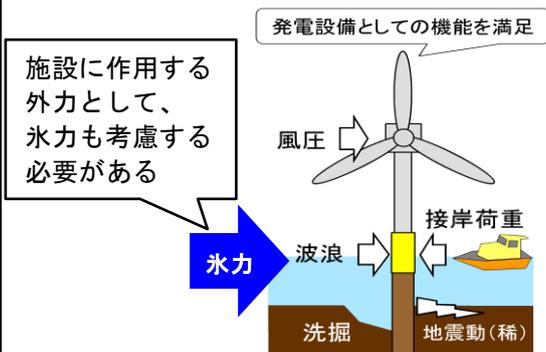
モノパイル トリポット ジャケット サクション ケーソン 重力式
(モノパイル-ジャケット)

洋上風力発電施設の基礎構造形式の例



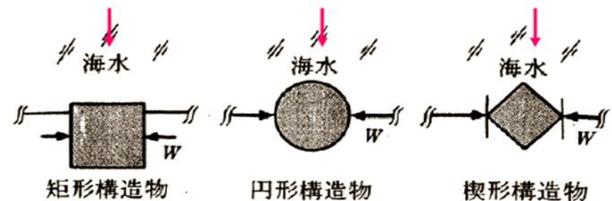
北海道沿岸は洋上風力発電のポテンシャルが高い

(出典：令和元年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報等の整備・公開等に関する委託業務報告書、環境省)



洋上風力発電施設に作用する外力の例

(出典：『洋上風力発電設備に関する技術基準の統一解説』の改訂方針』令和2年2月14日経済産業省産業保安グループ電力安全課、国土交通省港湾局海洋・環境課)



Saeki 式 1977

Saeki, H. and Ozaki, A. (1979): "Ice Force on a Pile," IUTAM Symp. Copenhagen. より(国際理論応用力学連合会編 Physics and Mechanics of Ice)

ここでは、アスペクト比(W/h) < 10 の場合に適用可能な水平氷荷重として佐伯式⁷⁵⁾(図 5.2.19)を示す。

$$F = CW^{0.5}h\sigma_c \dots (5.2.60)$$

直立型構造物（小型）に左右する水平氷荷重の算定

【参考文献】

- 1) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(2018年3月)：着床式洋上風力発電導入ガイドブック, PP. 1-371
- 2) 洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会(2020)：洋上風力産業ビジョン(第1次)(案), PP. 1-11
- 3) 環境省(2020)：令和元年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報等の整備・公開等に関する委託業務報告書, 巻末資料1, PP. 1-18
- 4) 一般社団法人 完治港湾空港技術研究センター(1996)：海岸・海洋構造物設計マニュアル

10. 漁網等の混入によるコンクリートの靱性化技術

【現状と課題】

- 1) 環境への負荷が少ない循環型社会の構築に資するため、港湾・漁港の建設工事においては、廃棄物の3Rの推進が求められている。
- 2) 既往の研究では、プラスチック短繊維をコンクリートに混入することで、靱性の強化やコスト削減効果が確認されており、ケーソン式護岸のフーチングや消波ブロックへの利用が想定されている。全国1位の漁業生産量である北海道の港湾・漁港において、プラスチック短繊維として漁網の利用が確認できれば、消波ブロックの足折れリスクの低減とともに、コスト削減に加えて沿岸の産業廃棄物の低減が期待できる。
- 漁網等を利用したコンクリートの靱性化技術を開発するため、①漁網混入コンクリートの基本的性能の把握、②現地実証実験による漁網混入コンクリートの耐久性の確認を進める。

【技術開発方針】

①漁網混入コンクリートの基本特性の把握

港湾・漁港施設の性能確保に必要なプラスチック繊維の規格や混入率等についての室内試験を行う。

②現地実証実験による漁網混入コンクリートの耐久性の確認

波浪等に対する耐久性について、現地実証実験により確認する。



現場での繊維投入状況



従来のコンクリート



繊維補強コンクリート

(出典；鹿島建設HP)

使用した繊維

繊維の種類	直径 (mm)	繊維長 (mm)	密度 (g/cm ³)	引張強度 (MPa)	ヤング率 (GPa)
タイプA	0.39	20,30,40	1.13	457.1	—
タイプB	0.35	20,30,40		424.5	—

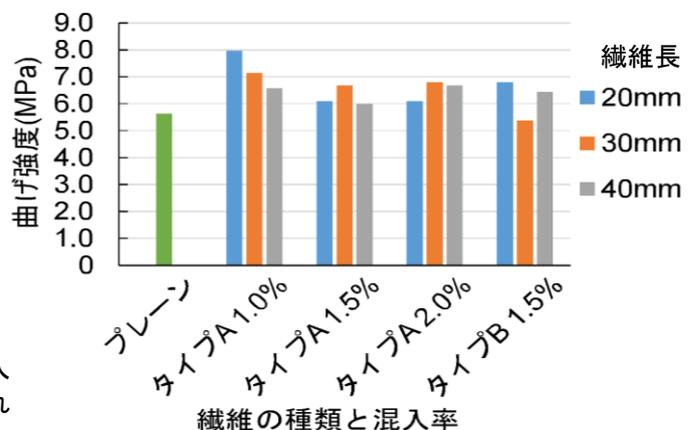
ナイロン繊維の耐アルカリ性試験結果

繊維の種類		タイプA	タイプB
引張強度 (MPa)	アルカリ浸漬前	457.1	424.5
	アルカリ浸漬後	461.9	415.4
増加率 (%)		1.0	-2.0
質量 (g)	アルカリ浸漬前	0.660	0.603
	アルカリ浸漬後	0.653	0.596
増加率 (%)		-1.1	-1.1

漁網の繊維をアルカリ性であるコンクリートに混入しても、繊維の引張強度、質量の減少はほぼ見られない

ない

(出典；海野太貴, Shanya Orasutthikul, 横田弘, 橋本勝文：漁網を利用したリサイクルナイロン繊維のモルタル補強材としての有効性, コンクリート工学年次論文集, vol. 38, No. 1, 2016)



【参考文献】

- 1) 北海道(2016年3月)：北海道海岸漂着物対策推進計画（第2次計画）, PP. 1-21
- 2) 金子佳生, 国枝稔, 金久保利之, 栗橋祐介(2012)：委員会報告 繊維補強セメント系複合材料の新しい利用法研究委員会, コンクリート工学年次論文集 Vol. 34 No. 1,
- 3) 浅野一弘(2011)：北海道における漂流・漂着ゴミをめぐる危機管理, PP. 19-40
- 4) 横田弘, 伊藤始, 岩波光保(2005年9月)：短繊維補強コンクリートの港湾構造物への適用性評価に関する研究, 港湾空港技術研究所報告, Vol. 44 No. 3, PP. 1-37
- 5) 兼広春之：漁業系海洋ごみ問題の現状と課題, <https://nippon.zaidan.info/seikabutsu/2006/00385/contents/0036.htm>
- 6) 海野太貴, Shanya Orasutthikul, 横田弘, 橋本勝文：漁網を利用したリサイクルナイロン繊維のモルタル補強材としての有効性, コンクリート工学年次論文集, vol. 38, No. 1, 2016

11. 急速に発達した低気圧による高潮・高波発生予測技術

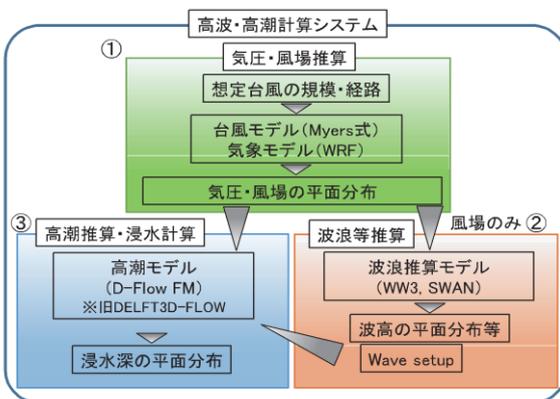
【現状と課題】

- 1) 近年、日本周辺において、急速に発達した低気圧、いわゆる爆弾低気圧^{※1}の強度が増加しており、従来以上の高波・高潮被害が生じている。2014年には、爆弾低気圧の基準を大幅に超える24時間で50hPa以上の猛烈な発達をみせた低気圧が道東に襲来し、根室港では海面の吸い上げと強風による吹き寄せによって、高潮の被害が発生した。
- 2) 爆弾低気圧は、台風と異なり1日程度で急速に発達する現象であるため、現在の数値計算モデルでは進路や発達の予測精度が低く、陸間の適切な閉鎖が困難な状況である。
精度の高い予測を行えるよう急速に発達した低気圧による高波・高潮発生機構の解明を進める。

【技術開発方針】

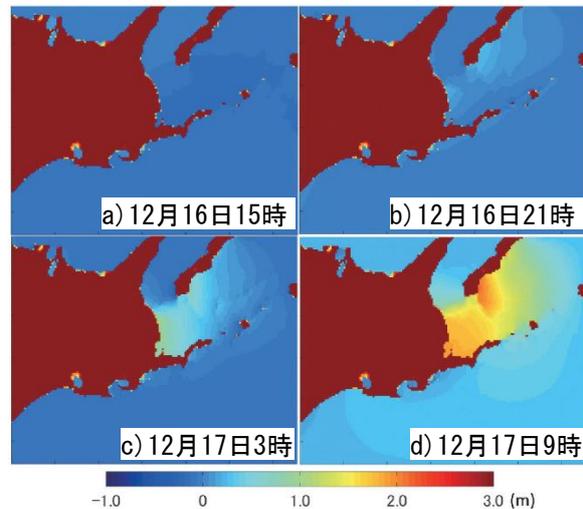
急速に発達した低気圧による高波・高潮発生機構の解明

爆弾低気圧による被害の予測は、気圧・風況・波浪・高潮浸水など現象が多岐にわたり、それぞれの現象での計算精度の確保が必要である。今後、さらなる精度向上のため、気象モデルによる気圧場・風場の推算（WRFの活用）、波浪等の推算（第3世代モデルの活用）、高潮浸水（D-Flow FM等）を高い計算精度にて連携した高潮推算・浸水計算モデルの開発が必要である。



高波・高潮計算システム

（出典：「数値モデルを用いた高波・高潮計算システムの構築～2014年12月の爆弾低気圧を例に～」寒地土木研究所技報 No. 788 2019年1月）



D-Flow FMで計算された爆弾低気圧通過時の海面水位

（出典：「数値モデルを用いた高波・高潮計算システムの構築～2014年12月の爆弾低気圧を例に～」寒地土木研究所技報 No. 788 2019年1月）



根室港花咲地区における、高潮により発生した道路浸水の状況（根室港湾事務所提供）

※1) 爆弾低気圧；中心気圧が、24時間で24 hPa以上低下した温帯低気圧（通常は24時間で5 hPa程度）

【参考文献】

- 1) 岩崎慎介, 大塚淳一(2019) : 数値モデルを用いた高波・高潮計算システムの構築 ～2014年12月の爆弾低気圧を例に～, 寒地土木研究所月報, 第709号, PP. 32-38
- 2) 寒地港湾技術研究センター(2017) : 寒冷地域における津波対策・高潮対策に関する調査研究, 海と港, No. 35, PP. 145-146
- 3) 船橋雄大, 上田裕章, 高野航(2017) : 北海道沿岸域における海象条件の変化について, 北海道開発技術研究発表会, PP. 1-6
- 4) 森信人, 千綿蒔, 二宮順一, 間瀬肇(2017) : JRA-55を用いた日本周辺の冬期低気圧の長期変動特性について, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 73, No. 2, PP. I_487-I_492
- 5) 猿渡亜由未, 渡部靖憲(2015) : 日本海上の爆弾低気圧に起因する高波の発達機構, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 71, No. 2, PP. I_1537-I_1542
- 6) 熊谷兼太郎, 関克己, 藤木峻, 富田孝史, 鶴田修己, 酒井和彦, 山本泰司, 柿崎永己(2015) : 平成26年12月17日低気圧による根室港及び周辺地域の高潮被害, 国土技術総合研究所資料, No. 854, 54P.
- 7) 川村隆一, 飯塚聡, 竹見哲也, 松浦知徳, 吉田聡, 川野哲也(2015) : 爆弾低気圧がもたらす気象・海象災害の軽減に関する総合的研究, 科学研究費助成事業 基盤研究(A), 研究成果報告書, PP. 1-6
- 8) 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門 : 爆弾低気圧情報データベースHP
http://fujin.geo.kyushu-u.ac.jp/meteorol_bomb/recentworks/03.php

12. 吹送流・潮位変化を考慮した漂砂現象予測技術

【現状と課題】

1) 北海道の港湾・漁港は、土砂の供給源となる長大な河川や湖沼等の河口部あるいはその近傍に位置する 경우가多く、航路・泊地の埋没や施設周辺の地形変化が起こりやすい状況にある。

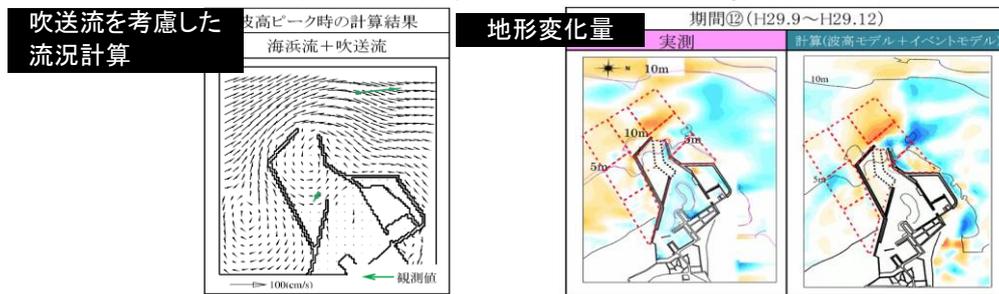
2) 従来より、港内水域の埋没に対しては海浜流^{※1}による漂砂の検討を行ってきたが、比較的大水深の場合や潮流^{※2}の影響を受ける場合は、吹送流^{※3}及び潮流等が漂砂移動の外力として作用し、海浜流モデルでは再現性が低い状況にある。

北海道の港湾・漁港における漂砂現象の再現と対策の検討を適切に行うため、①吹送流を考慮した三次元地形変化モデルの開発とともに、②潮流など時系列的な変化を考慮した三次元地形変化モデルの開発を進める。

【技術開発方針】

①吹送流を考慮した三次元地形変化モデルの開発

大水深の漂砂現象では、砕波帯内の海浜流よりも浮遊砂や河川土砂の拡散等の影響が大きい場合があり、風により生じる「吹送流」を考慮する必要がある。これまで、浮遊砂量の算定には、砕波による底面での乱れ場を評価した手法が用いられてきたが、吹送流は砕波を伴わず、また底面での流向が海面と異なる特徴がある。そのため、現地調査を進めながら、吹送流による漂砂メカニズムに対応した三次元地形変化モデルを開発する。

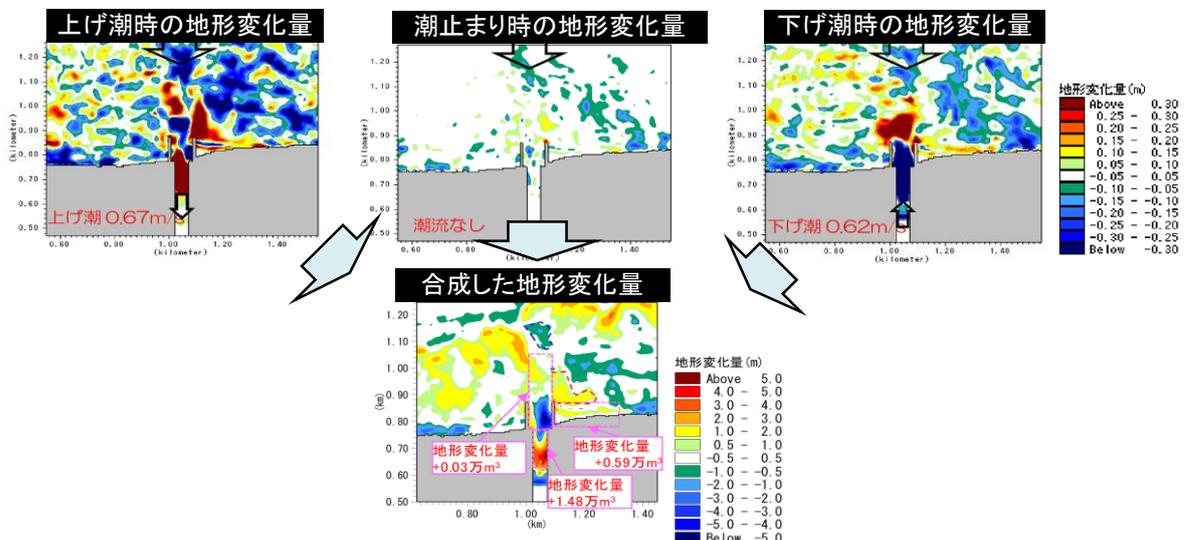


吹送流を考量した漂砂解析の例

(出典: 抜海漁港漂砂解析検討業務 報告書, 北海道開発局 稚内開発建設部, 2019年1月)

②潮流など時系列的な変化を考慮した三次元地形変化モデルの開発

サロマ湖漁港のように湖口に位置する漁港では、湖口内外の潮位差にもなつて流出入を繰り返す潮流等が、漂砂現象に対して与える影響が大きい。精度の高い地形変化の将来予測を行うため、波浪による海浜流に加えて、上げ潮・潮止まり時・下げ潮等、時系列に変化する海象条件ごとに地形変化の更新を表現できる三次元地形変化モデルを開発する。



複雑な漂砂機構を有するサイトにおける地形変化量の解析例(サロマ湖漁港第二湖口地区)

(出典: サロマ湖漁港施設整備検討報告書, 北海道開発局網走開発建設部 2020年4月)

※1) 海浜流; 海岸付近における、波浪によって発生する海水の流れ

※2) 潮流; 潮汐によって生じる海水の流れ

※3) 吹送流; 海上の風と海面との摩擦によって生じる海水の流れ

【参考文献】

- 1) 橋本茂樹, 川口勉, 大西文雄, 山下俊彦(2017) : 吹送流を考慮した大水深域航路の地形変化予測手法の開発, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 73 No. 2, PP. I_637-I_642
- 2) 近藤栞, 大西文雄, 橋本茂樹(2016) : 苫小牧港西港区外港航路における漂砂機構の検討について, 第60回(平成28年度)北海道開発技術研究発表会, PP. 1-6
- 3) 福田俊, 八柳敦, 横山慎司(2016) : 石狩湾新港における 漂砂特性と対策工法について, 第60回(平成28年度)北海道開発技術研究発表会, PP. 1-6
- 4) 山下俊彦, 押田亮祐, 富沢真一, 佐藤誠, 時沢武史, 山上佳範(2014) : サロマ湖第2湖口周辺の漂砂特性への気象変化の影響, 土木学会論文集B2 (海岸工学) , Vol. 70 No. 2, PP. I_606-I_610
- 5) 田畑真一, 川口勉, 山上佳範, 櫻井博, 山下俊彦(2013) : 抜海漁港周辺の漂砂特性への吹送流の影響, 土木学会論文集B2 (海岸工学) , Vol. 69 No. 2, PP. I_606-I_610
- 6) 作中淳一郎, 間瀬肇, 安田誠宏, 森信人, 金洙列, 馬場康之(2010) : 非定常な風と波によって生じる吹送流・海浜流の予測モデル, 土木学会論文集B2 (海岸工学) , Vol. 66 No. 1, PP. 321-325
- 7) 栗山善昭(2005) : 砂浜砕波帯における流れと地形変化, ながれ24, PP. 47-55
- 8) 佐々木崇之, 氏井健一, 沼野裕二, 佐藤勝弘(2003) : 湖口部の地形変化に関する数値シミュレーション, 漁港漁村建設技術研究所調査研究報告, PP. 120-127
- 9) 北海道開発局 稚内開発建設部(2019年1月) : 抜海漁港漂砂解析検討業務 報告書

13. 気候変動によるマクロ的な将来海象変化の予測及び影響評価技術

【現状と課題】

1) 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)による第5次評価報告書(2013年)では、“気候システムの温暖化には疑う余地はない”とされ、気温・海水温・海面水位の上昇、雪氷の減少などの観測結果から、温暖化していることが再確認されている。さらに、21世紀の間、世界全体で大気・海洋は昇温し続け、世界平均海面水位は上昇が続くと予測が報告され、各分野で気候変動への対応について検討が活発化している。

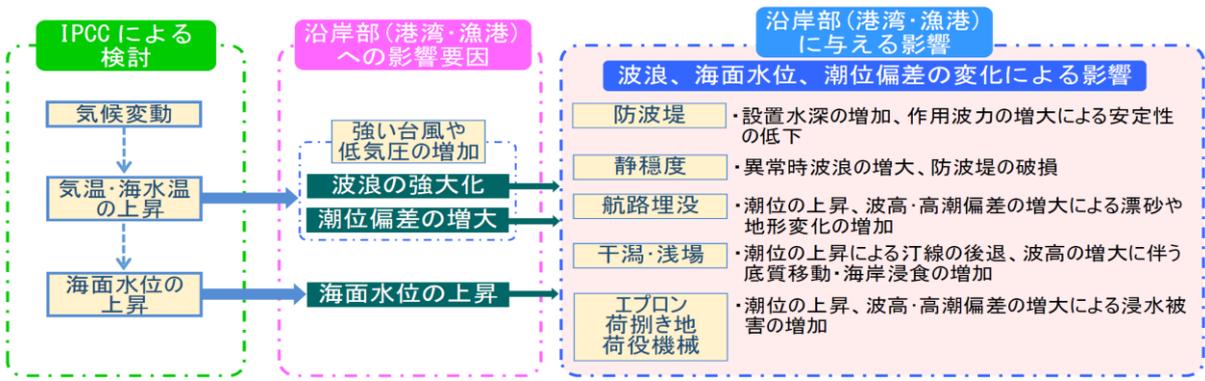
2) 北海道においても、台風の通過経路の北上にともなう上陸回数の増加、急速に発達する低気圧(いわゆる爆弾低気圧)の強大化による想定以上の高潮・高波の発生、オホーツク海沿岸での海水温の上昇と流氷の減少にともなう冬期波浪の激化等が懸念されている。

d4PDFを用いて波浪や高潮の推算を行うことにより将来の海象変化を確率的に評価できる可能性があることから、①d4PDFを用いた北海道沿岸における海象変化の予測手法の開発とともに、②海象変化による北海道の港湾・漁港への影響評価を進める。

【技術開発方針】

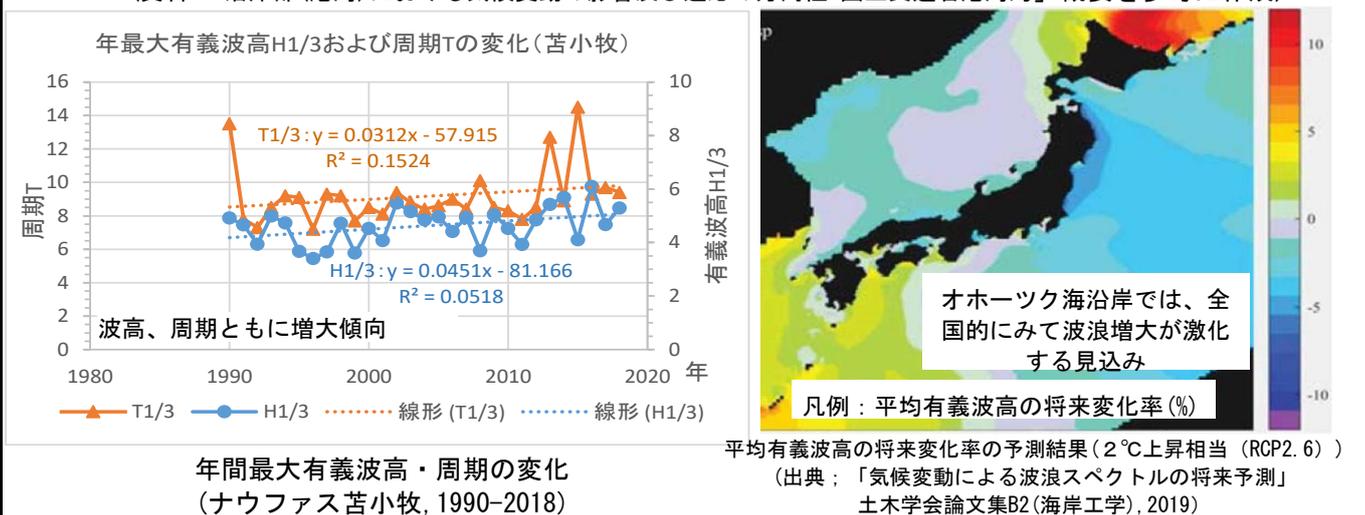
①d4PDFを用いた北海道沿岸における海象変化の予測手法の開発
 海面上昇量だけでなく、潮位偏差や波浪に対する気候変動の影響を考慮するため、多数の気象現象の計算(アンサンブル計算^{*1})を行った「d4PDF」^{*2}のデータを活用して北海道沿岸の海象変化の予測を行う。特に、北海道沿岸の海象変化に影響を与える爆弾低気圧の将来変動や流氷減少による冬期波浪の変化を十分研究する。

②海象変化による北海道の港湾・漁港への影響評価
 北海道の港湾・漁港において、ハード・ソフトの気候変動適応策をより一層具体化すべく、気候変動に伴う平均海面水位の上昇や高潮時の潮位偏差、波浪の変動などの予測結果を踏まえ、港湾・漁港の施設に与える影響(防波堤の安定、越波、静穏度、航路埋没、浸水等)を検討する。



気候変動に伴う沿岸域への影響要因とその影響

(資料:「沿岸部(港湾)における気候変動の影響及び適応の方向性:国土交通省港湾局」概要を参考に作成)



※1) アンサンブル ; 数値予測の誤差の要因として、初期値に含まれる誤差の拡散が挙げられる。この誤差を事前に把握するため、多数の初期条件を変えたシミュレーション結果から統計的手法により現象を確率的に捉えるために用意された一連のデータセット。

※2) d4PDF ; 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース、database for Policy Decision making for Future climate change(d4PDF)。全球平均気温が産業革命以降 2°C および 4°C 上昇した未来の気候状態についてのアンサンブルを行っている。文科省・気候変動リスク情報創生プログラムにおいて、構築され公表されている。

【参考文献】

- 1) 志村智也, 森信人(2019) : 気候変動による日本周辺の波候スペクトルの将来変化予測, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol.75, No. 2, PP. I_1177-I_1182
- 2) 高裕也, 二宮順一, 森信人, 金洙列(2019) : d4PDFを用いた根室における爆弾低気圧に起因する高潮の将来変化, 土木学会論文集B2(海岸工学) Vol. 75, No. 2, PP. I_1225-I_1230
- 3) 高裕也, 二宮順一, 森信人(2018) : d4PDFを用いた北海道周辺域で停滞する爆弾低気圧による高波の将来変化, 土木学会論文集B2(海岸工学) Vol. 74, No. 2, PP. I_1327-I_1332
- 4) 北海道開発局 : 2017~2018 北海道地方における気候変動予測(水分野)技術検討委員会
- 5) 山之内順, 菅原吉浩, 関口浩二(2012) : オホーツク海沿岸における流氷勢力の変動と波高の変化について, 寒地土木研究所月報, 第709号, PP. 25-30

港湾物流の生産性向上	漁業の生産性向上	北海道沿岸域の海洋環境の保全	波浪や津波等の外力変化への適応	積雪寒冷地の施工・維持管理の生産性向上	技術開発期間	中-長期
------------	----------	----------------	-----------------	---------------------	--------	------

14. 将来の海象変化に対応した消波機能高度化技術

【現状と課題】

- 1) 北海道沿岸域において、今後の気候変動により、水位上昇や高潮・高波の発生、オホーツク海沿岸での流氷の減少による冬期波浪の激化等が懸念されている。
- 2) これらの海象条件の変化により、港湾・漁港施設の設計外力が増大するため、防波堤の補強、胸壁や消波工の嵩上げ等の改良が必要となることから、コスト縮減の検討が不可欠である。また、波長依存性の高い施設については、水位上昇や周期増大に伴う波長の変化に対応する必要がある。

将来の海象変化に対応した施設の改良を経済的に進めるため、①防波堤背後盛土による抵抗力の適正な評価手法の開発、②消波ブロックの設置形状の工夫等による消波性能の確保手法の開発、③消波機能の波長依存性の高い施設の改良手法の開発を進める。

【技術開発方針】

①防波堤背後盛土による抵抗力の適正な評価手法の開発

防波堤における波圧増大への対応として背後盛土構造があり、特に、近年はコスト縮減もかねて盛土材料に浚渫固化土やリサイクル材等の活用が期待されている。現在、割石や方塊による防波堤の補強の考え方は技術基準で謳われているものの、浚渫固化土等を用いた背後盛土の評価手法が確立されておらず、設計上は受動土圧としての考慮に留まっている。そのため浚渫固化土等を用いた場合のせん断強度及び滑動抵抗力を数値解析等により把握し、防波堤背後盛土による適正な評価手法を開発する。

②消波ブロックの設置形状の工夫等による消波性能の確保手法の開発

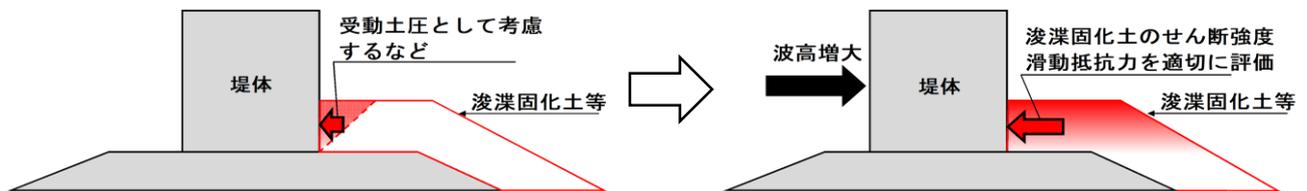
波高増大時に消波ブロック被覆堤を改良する場合には、消波工の嵩上げや堤体拡幅が必要となるケースが想定され、この場合非常に大きな改良コストが発生する。

既往の研究では、消波工を嵩上げしなくとも、消波工の拡幅により波圧や伝達波高を低減できることが確認されているが、限られた条件での水理模型実験の結果に留まっている。そのため、既往知見と数値計算等により、将来的な波高等の増大にも対応可能かつコスト縮減に資する構造を開発する。

③消波機能の波長依存性の高い施設の改良手法の開発

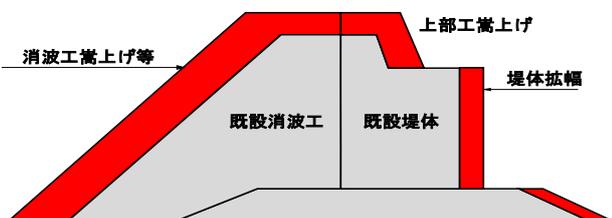
来襲波の波長により消波性能が異なる二重堤、潜堤及びスリット式構造においては、気候変動による水位上昇や周期増大により、越波量等の基準を満たさなくなる可能性がある。そのため、波長が変化した場合の改良手法を検討する。

○防波堤背後盛土による抵抗力の適正な評価

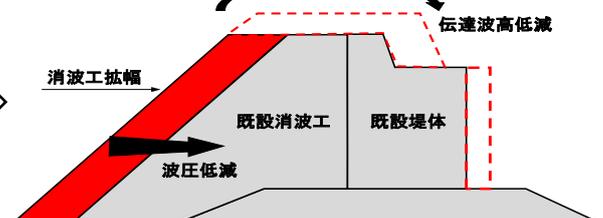


○消波性能の高度化

波高増大等に対して上部嵩上げ、堤体拡幅等により対応



消波工の設置形状を工夫し、波圧・伝達波高を低減



【参考文献】

- 1) 佐々木実歩, 櫻井博孝, 山崎啓介(2019) : 函館港若松地区泊地浚渫工事におけるカルシア改質土の施行について, 第63回北海道開発技術研究発表論文, PP. 1-6
- 2) 酒井和彦, 上久保勝美, 青井晃樹(2016) : 消波ブロック被覆堤改良手法の実験的研究について, 寒地土木研究所月報 No. 762, PP. 32-36
- 3) 酒井和彦, 上久保勝美, 青井晃樹(2015) : 既設改良時における消波ブロック被覆堤の水理特性について, 第59回北海道開発技術研究発表会, PP. 1-5
- 4) 環境省(2014) : IPCC第5次評価報告書の概要-第1作業部会(自然科学的根拠), 59P.
- 5) 押田亮祐, 山下俊彦, 安藤実津季(2014) : 太平洋・オホーツク海の北海道沿岸での波浪の経年変化特性, 土木学会北海道支部 論文報告集 第71号, PP. 1-2
- 6) 沿岸開発技術研究センター(2007) : 確立的変位量による照査, 沿岸技術ライブラリーNo. 24 「港湾構造物設計事例集(平成19年改訂版)(下巻)」, 243P.
- 7) 合田良實(1977) : 港湾構造物の耐波設計-波浪工学への序説-, 鹿島出版会, 333P.

【参考文献】

- 1) 野島和也, 桜庭雅明 (2015) : 建物および漂流物補足工の影響を考慮した実務的な津波漂流物計算手法の開発, 土木学会論文集B3(海洋開発), Vol. 71 No. 2, PP. I_713-I_717
- 2) 木岡信治, 遠藤強, 竹内貴弘, 渡部靖憲 (2015) : 海氷群を伴った遡上津波のピロティ形式の建築物への作用に関する研究, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 71 No. 2, PP. I_919-I_924
- 3) 佐藤好茂, 阿部孝章, 吉川泰弘, 伊藤丹 (2014) : 氷板混合津波が橋桁に及ぼす波力特性に関する実験的研究, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 70 No. 2, PP. I_851-I_855
- 4) 国土交通省 北海道開発局 (2013年3月) : 雪氷期の津波沿岸防災対策の検討, PP. 1-39
- 5) 酒井和彦, 丸山修治, 根本任宏 (2006) : 釧路港における津波漂流物対策施設の設計手法について, 平成18年度技術研究発表会, PP. 1-8
- 6) 伊藤義和, 西村裕毅, 鈴木浩一 (2001) : 簡易式港内砕氷装置の開発について, 平成13年度技術研究発表会 / 第45回北海道開発局技術研究発表会, PP. 1-8

16. 積雪寒冷地のプレキャスト化・ICT施工技術

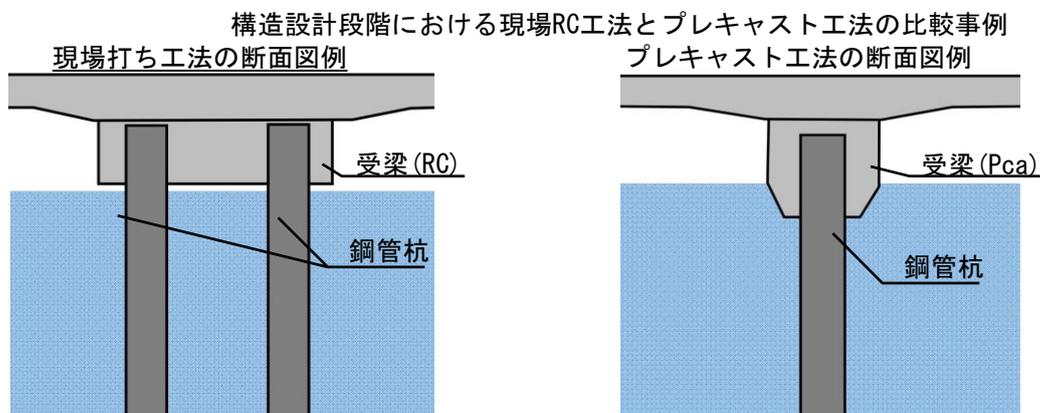
【現状と課題】

- 1) 北海道の港湾・漁港工事従事者は全国より早いスピードで減少と高齢化が進んでおり、時間外労働規制の本格運用と相まって、プレキャスト化やICT化の積極的な導入による生産性向上をより一層進める必要がある。
- 2) 北海道の港湾・漁港における冬期の工事実施の省力化を図るためには、積雪や低温環境等の現場条件を十分に考慮する必要がある。
北海道の港湾・漁港工事の生産性向上を図るため、積雪寒冷地に対応したプレキャスト化・ICT施工技術の開発を進める。

【技術開発方針】

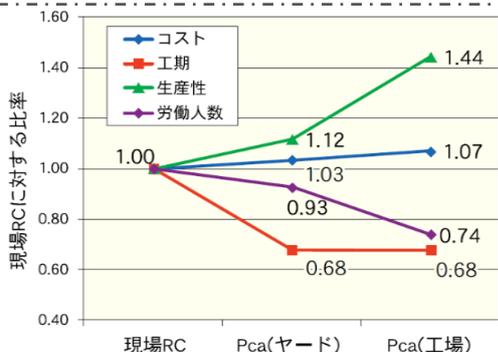
積雪寒冷地に対応したプレキャスト化・ICT施工技術の開発

低温環境下での潜水作業や降雪による視認低下等、北海道の港湾・漁港工事でICT化を進める際に特に考慮すべき現場条件があり、全国的なICT化の技術開発と並行して、積雪寒冷地に対応した技術開発を進める。また、場所打ち施工とプレキャスト工法で同一の構造断面で比較した場合、プレキャスト工法のコストが高い傾向にあり、プレキャストの優位性やコストに替わる評価項目について検討を行う。さらに、屋根施設等の北海道特有の構造についてのICT施工技術の開発を進める。



栈橋式構造（RC造）で現場施工断面とするためには、受梁下端高さをMSL程度以上とするが、杭の埋込長を確保のため鋼管杭数は増加。

プレキャスト部材の採用により、受梁が水没する構造でも施工が可能となり、鋼管杭本数も削減・工期短縮に寄与する。



・栈橋構造（水深10m）の上部工について場所打ち施工（現場RC）、ヤード製作のプレキャストコンクリート（Pcaヤード）、工場製作のプレキャストコンクリート（Pca工場）で比較した場合の事例。Pca工法の導入により生産性（コスト/労働人数）向上が見込まれる。

現場RCとプレキャストの比較例

（出典：「海上工事の生産性向上推進 一般社団法人 日本埋立浚渫協会専務理事 福田 功」ベース設計資料No180 寄稿文 建設工業調査会）

【参考文献】

- 1) 堀田雅洋, 水口陽介, 光成真也(2018) : 函館港におけるクルーズ船岸壁の早期供用に向けた取り組みについて—「マチナカ」にクルーズ船がやってくる—, 第62回(平成30年度)北海道開発技術研究発表会, PP. 1-6
- 2) 名久井責成, 波戸岡浩平, 石澤健志(2018) : 小樽港第3号ふ頭岸壁改良について—着工から現在までの経過報告—, 第62回(平成30年度)北海道開発技術研究発表会, PP. 1-6

17. 積雪寒冷地のICT施設点検技術

【現状と課題】

1) 北海道の港湾・漁港は、物流や水産業の拠点として重要な役割を果たしており、地震・津波・荒天等による災害発生時においては、多くの施設を速やかに点検し、利用可否の判断を行う必要がある。しかし、冬期の施設点検では、積雪により被害状況の目視確認が困難であり、また、管理者や北海道開発局の職員の減少により、特に、離島等の遠隔地の港湾・漁港において、その対応が困難となっている。

2) 橋梁等では、OSMOS^{※1}等を活用し、PC上で橋梁の状態を遠隔で監視するシステムを一部で導入しているが、北海道の港湾・漁港で採用する場合には、塩害等の影響や経済性を確認する必要がある。一方で、建設現場等の生産性向上を図るため、CIM^{※2}の導入が推進されており、施設全体の3次元での座標管理が可能となる。

積雪寒冷地における港湾・漁港の施設点検の効率化を図るため、ICTを活用した遠隔による施設点検手法についてCIMの活用を念頭に開発を進める。

【技術開発方針】

ICTを活用した遠隔による施設点検手法の開発

GNSS^{※3}の受信機を施設に設置し、計測データを管理者のPC端末等に送信することで、施設の挙動(変位・変形)を把握可能な遠隔監視システムが現在開発されている。さらに、点検作業の省コスト化・省力化のために、ARタグ^{※4}技術、UAVの測位機能及びUAV搭載型のLiDAR^{※5}等により3次元地図を作成し、被災施設の変位量を速やかに把握できる手法について現在開発されている。北海道の港湾・漁港でこれらの技術の普及を進めるにあたり、CIMモデルが持つ3次元座標を、ARタグと紐付けられた3次元地図と連携させるとともに、機器設置・維持管理費用等の経済性や積雪寒冷や波浪の影響下における信頼性を確認する。

また、稚内港北防波堤ドームの補修を契機に、広範囲の変状状況をエリア単位で評価することで、各エリアの補修要否が判断可能となる、「劣化度マップ^{※6}」を活用した維持管理手法が提案されている。劣化度マップを用いた施設の点検・診断を効率的に行うため、UAVによる自動撮影や画像処理と連携を進める。

【UAV空撮とARタグ技術の活用】

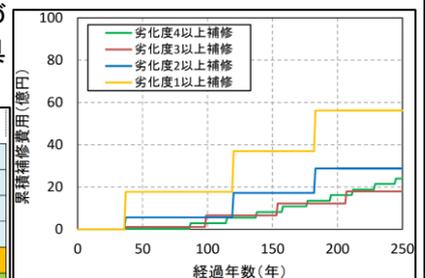


【劣化度マップの活用】

広範囲の変状状況を視覚的に把握でき、劣化度に基づいて補修箇所・時期等を具体的に設定できる。

劣化度		A	B	C	D	E	F	G	H	I
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	3	1	5	1	1	1	1	1	1	1
2	4	1	2	1	1	1	1	1	1	1
1	5	1	5	1	1	5	2	1	5	4
6	6	1	1	2	3	3	3	1	4	2
7	7	1	1	1	1	1	1	1	1	2

劣化度マップの例



劣化予測に基づく累積補修費用
劣化度3以上の箇所を補修することで費用が最も安価となる

(出典：長谷一矢、横田弘、佐藤靖彦(2020)：劣化度マップを活用した稚内港北防波堤ドームの予防保全型維持管理, 土木学会論文集E2(材料・コンクリート構造), Vol. 76 No. 4, PP. 270-282)

※1) OSMOS(Optical Strand Monitoring System) ; 光学ストランド (光ファイバーセンサー) を使用し、インフラ構造物の変位を計測し状態監視 (モニタリング) する技術。
※2) CIM ; 計画、調査、設計段階から3次元モデルを導入し、その後の施工、維持管理の各段階においても3次元モデルを連携・発展させることで関係者間の情報共有を容易にするもの。
※3) GNSS(Global Navigation Satellite System) ; GPSに代表される、人工衛星 (測位衛星) を利用した全世界測位システム。構造物の三次元的な位置情報を常時取得し、変位量を検出する。
※4) ARタグ ; デジタルコンテンツを画面上に表示するために使用される印。ここでは、ARタグを付した箇所の絶対的な座標と姿勢(角度)の情報を得るために用いる。
※5) LiDAR(Light Detection and Ranging、Laser Imaging Detection and Ranging) ; レーザー光を走査しながら対象物に照射し散乱や反射光を観測することで、対象物までの距離や性質を特定する。近年では、UAVに搭載して測量を行うことが可能となった。
※6) 劣化度マップ ; 広大な点検診断範囲を格子状のエリアに細分化し、変状を鉄筋腐食エリアにリンクさせた劣化度で各エリアを格付けすることによって、点検診断範囲の変状の状況をエリア単位で評価したマップ。広域変状の定量的な把握、鉄筋腐食状況の把握、エリア単位の合理的な予防保全のための補修が可能となる。

【参考文献】

- 1) 内閣府宇宙開発戦略推進事務局(2019年11月) : 準天頂衛星システムについて, 基本政策部会, PP. 1-13
- 2) 関東経済産業局(2012) : 平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業 準天頂衛星L1-SAIF信号を用いる高精度測位GPS-LSIの開発, PP. 1-24
- 3) 西田秀志 : 省電力化を図ったワイヤレスセンサによる橋梁の継続的遠隔モニタリングシステムの現場実証, 戦略的イノベーション創造プログラム
- 4) 西日本旅客鉄道株式会社 : GNSSの活用と課題について, PP. 1-45
- 5) 古野電気株式会社 : GNSS自動変位計測システムDANA
- 6) 長谷一矢, 横田弘, 佐藤靖彦(2020) : 劣化度マップを活用した稚内港北防波堤ドームの予防保全型維持管理, 土木学会論文集E2(材料・コンクリート構造), Vol. 76 No. 4, PP. 270-282

18. 積雪寒冷地におけるコンクリートの自己治癒技術

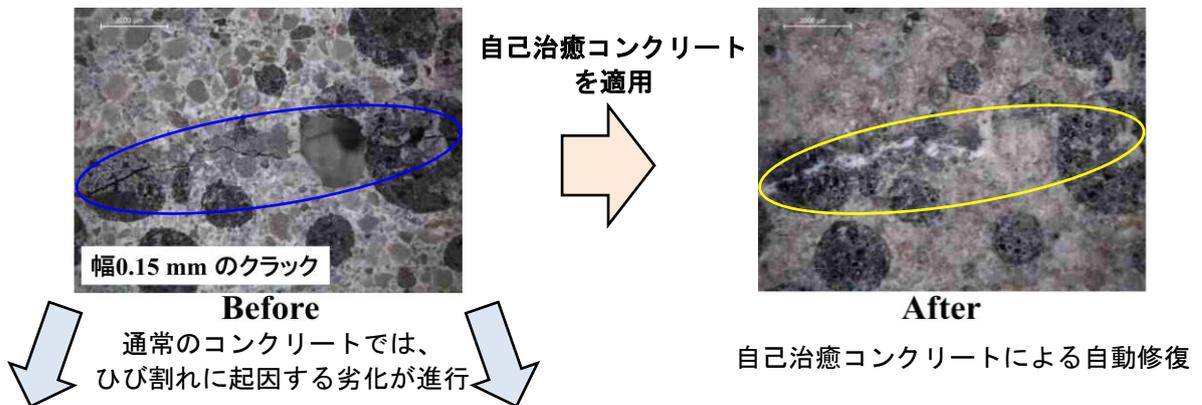
【現状と課題】

- 1) 北海道の港湾・漁港は、1990年代に集中して整備が進められ、今後は老朽化施設が急速に増加する。港湾・漁港の係留施設・外郭施設については、港湾では全体の71%、漁港では全体の82%をコンクリート構造物が占めている。特に、干満帯においては、波浪等の外力、塩害の他、潮位変動に伴う凍結融解等により、コンクリート構造物の劣化が急速に進行する。
- 2) ひび割れ箇所を自動修復させる自己治癒コンクリート^{※1}は、ひび割れの発生と同時に補修が行われ、水分等の鉄筋の腐食因子の侵入を抑止できる。
積雪寒冷地の港湾・漁港における実用例がないことから、自己治癒コンクリートの海洋構造物への適用性の確認を進める。

【技術開発方針】

自己治癒コンクリートの海洋構造物への適用性の確認

劣化が進行しやすい干満帯に位置する岸壁上部工や船揚場斜路部材等への自己治癒コンクリートの適用を念頭に、凍結融解に対する耐性等の室内試験や現地実証実験を行い、問題点・課題の把握と改善を行う。



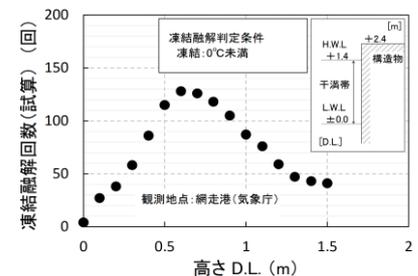
鉄筋の腐食に伴い発生する錆汁

(出典；水産庁(2020)：水産基盤施設の維持管理点検マニュアル 参考資料, P. 48)



無筋コンクリート構造物の干満帯における、凍結融解による損耗劣化

(出典；長谷一矢, 久保純一(2021)：寒冷沿岸域にある無筋コンクリート防波堤の干満帯における損耗劣化に関する一考察, 第64回(令和2年度)北海道開発技術研究発表会, PP. 1-6)



干満帯では、空气中 (D.L. +1.5m) に比べて凍結融解回数が3倍以上多い

※1) 自己治癒コンクリート；コンクリートに生じたひび割れを、人間の手による直接の補修作業を必要とせずに、コンクリートに予め用意された機構によって、自動的に塞ぐもの。炭酸カルシウムを生成するバクテリアや、補修材を封入したマイクロカプセルをコンクリートに混入するもの、コンクリート中に接着剤供給用の脆性パイプを埋設するもの、形状記憶合金を鉄筋とするもの等、様々な機構が存在する。

【参考文献】

- 1) 北海道開発局 港湾空港部 港湾建設課, 同港湾行政課, 農業水産部 水産課(2019)：北海道における港湾及び漁港施設の老朽化に関する取り組み, 第62回(平成30年度)北海道開発技術研究発表会, PP. 1-12
- 2) 長谷一矢, 久保純一(2021)：寒冷沿岸域にある無筋コンクリート防波堤の干満帯における損耗劣化に関する一考察, 第64回(令和2年度)北海道開発技術研究発表会, PP. 1-6
- 3) 岸利治(2015)：コンクリートのひび割れ自己修復/自己治癒, 日本画像学会誌, Vol. 54 No. 3, PP. 236-242
- 4) 佐藤良恵(2011)：漏水防止を目的とした自己治癒コンクリートの治癒性能, セメント・コンクリート論文集, Vol. 65 No. 1, PP. 312-318
- 5) 五十嵐心一, 細田暁, 人見尚, 今本啓一(2011)：委員会報告 セメント系材料の自己治癒技術の体系化研究専門委員会, コンクリート工学年次論文集, Vol. 33 No. 1, PP. 1-9
- 6) 細田暁, 岸利治(2007)：ひび割れ自己治癒コンクリートの国内外の研究動向, コンクリート工学, Vol. 45 No. 11, PP. 3-6
- 7) 三橋博三(2010)：自己治癒・自己修復コンクリート, 建材試験情報, Vol. 46, PP. 7-12
- 8) 中尾航(2018)：自己治癒・自己治癒修復材料の今後の展望と課題, 日本機械学会機械材料・材料加工部門ニューズレター, Vol. 56 No. 1, PP. 1-2
- 9) 五十嵐心一, 国枝稔, 西脇智哉(2009)：委員会報告 セメント系材料の自己修復性の評価とその利用法研究委員会, コンクリート工学年次論文集, Vol. 31 No. 1, PP. 37-42

港湾物流の生産性向上	漁業の生産性向上	北海道沿岸域の海洋環境の保全	波浪や津波等の外力変化への適応	積雪寒冷地の施工・維持管理の生産性向上	技術開発期間	短期
------------	----------	----------------	-----------------	---------------------	--------	----

19. 取水施設の維持管理効率化技術

【現状と課題】

- 1) 水産物の衛生管理対策として、清浄海水の確保を目的に、沖合等からの取水施設の整備（深層水含む）が鋭意進められている。
- 2) 整備推進の一方で、沖合取水管の付着物等による機能低下、取水関連設備のトラブルが顕在化している。

取水施設の効率的な維持管理を行うため、①取水管の点検・清掃手法の確立、②維持管理を考慮した取水口構造の開発を進める。

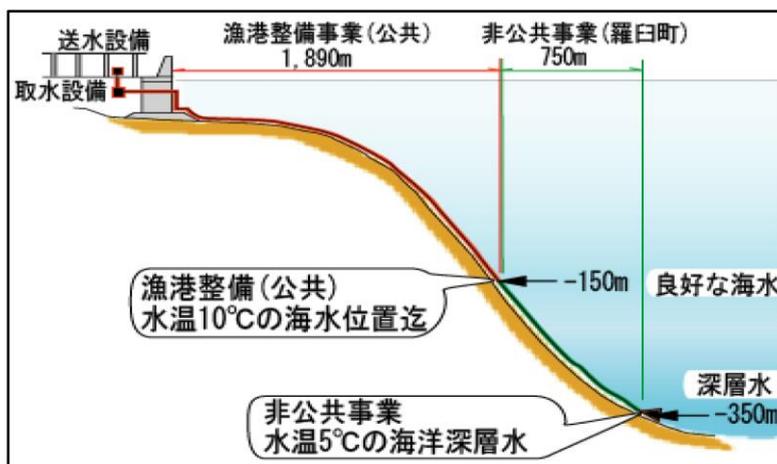
【技術開発方針】

①取水管の点検・清掃手法の確立

羅臼漁港の例では、北海道開発局と羅臼町が連携し、水深約350m、管路延長約3kmの取水管により深層水を取水している。しかし、取水機能が低下しており、マルチビーム・ROVによる取水管の外観目視等、各種調査手法を確立するとともに、真水を活用した付着物等の死滅方法や硬化PIGによる洗浄に代替する付着物除去手法（例えば、「製氷」の活用）等を検討する。

②維持管理を考慮した取水口構造の開発

取水口は、漁網の引っ掛かりや流水等による破損等が発生していることから、維持管理の負担低減を図る取水口の構造を開発する。



羅臼漁港の低温清浄海水取水施設

(出典：「羅臼漁港におけるROV工法による施工について」平成27年度北海道開発局技術研究発表会、2015年)



取水口の形状例(羅臼漁港の場合)
(漁網等が引っ掛かるトラブルが発生しており、また水深350mへの設置から洗浄等の維持管理に苦慮)

【参考文献】

- 1) 山本剛, 吉田潤, 鈴木泰弘 (2017) : 羅臼漁港における水中無人探査機 (ROV) 利用による低温清浄海水取水施設の調査等の事例報告, 第21回海洋深層水利用学会全国大会 2017北海道大会, 第18巻第2号, PP. 50
- 2) 林浩志 (2017) : 漁港等における海水取水について, 一般社団法人漁港漁場漁村総合研究所発表論文, 平成29年度調査調査研究論文集, No. 28, PP. 1-8
- 3) 釜石豊和 (2017) : 岩内町における海洋深層水の利活用と施設の維持管理について, 第21回海洋深層水利用学会全国大会 2017北海道大会, 第18巻第2号, PP. 52
- 4) 杉尾大樹, 鈴木泰弘, 鈴木誉久 (2015) : 羅臼漁港におけるROV工法による施工について, 第59回 (平成27年度) 北海道開発技術研究発表会, PP. 1-4

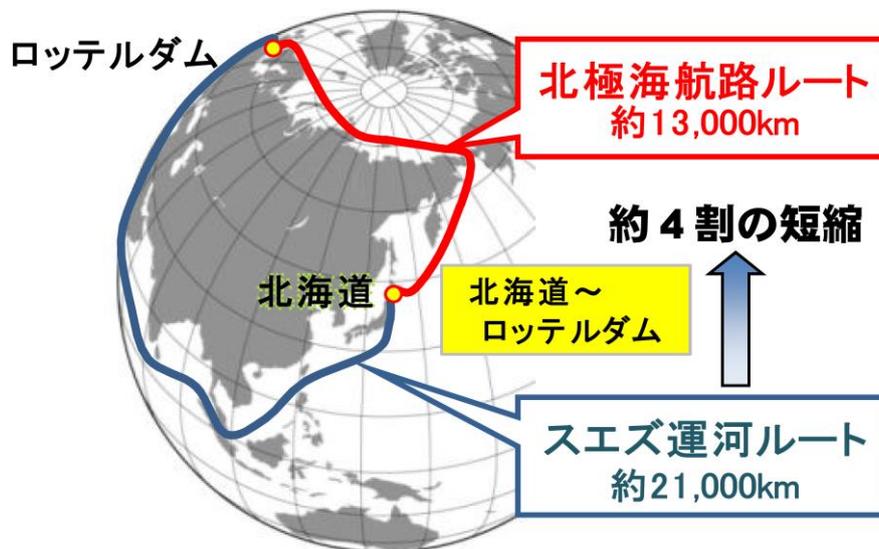
1. 衛星を活用した北極海航路の船舶航行状況の把握技術

【現状と課題】

- 1) 近年、北極圏での海氷面積の減少による夏季の航行可能時期の拡大に伴い、東アジアと欧州を最短距離で結ぶ北極海航路の商業利用への期待が世界的に高まっている。
- 2) 北海道は、平成28年に「北極海航路の利活用に向けた方針」を策定しており、その中で北極海航路における北海道の地理的優位性等を活かし、我が国の「北の拠点」としての役割を目指している。
北海道港湾が北極海航路に関する支援拠点を担うため、北極海航路を航行する船舶の航行実態・動向の把握・分析を引き続き実施する。

【検討の方針】

北極海航路は、2009年にヨーロッパ・東アジア間の商業輸送に初めて利用された。当初、限定的な利用に留まっていたが、2019年には87航行が確認され、2018年の60航行から大きく増加する等、利用が大きく増加している。衛星AIS^{※1}データを用い、北極海航路を航行する船舶の航行実態・動向の分析を引き続き行い、北極海航路利用における問題点・課題を把握する。



(出典；「北極海航路の利活用に向けた方針」北海道庁, 2016年)

※1) AIS (Automatic Identification. System) ; 船舶自動識別装置

【参考文献】

- 1) 北海道開発局 港湾空港部、寒地センター・みなと総研設計共同体(2020年3月)：北極海における船舶の航行実態調査検討業務 報告書
- 2) 一般社団法人 寒地港湾技術研究センター(2020年3月)：北極海航路における苫小牧港利用可能性検討業務 報告書

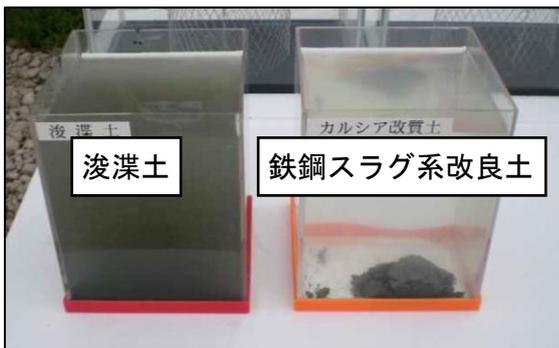
2. 浚渫土の処理・有効利用技術

【現状と課題】

- 1) 港湾・漁港の航路・泊地整備に伴い発生する浚渫土について、土砂処分を適正に行うことに加え、有効利用も考慮する必要がある。有効利用にあたり、他産業で発生したリサイクル材活用による固化処理が注目されており、これまでに浚渫土と石灰系改良土や鉄鋼スラグ系改良土の港湾構造物への適用が図られている。
- 2) 上記のリサイクル材を活用した改良土は、岸壁等の液状化対策や防波堤背後盛土への活用による、水産生物の生息に適した浅場環境の造成も可能である。特に、スラグ系改良土においては、水中への土砂投入時の濁り抑制効果も有している。
積雪寒冷地である北海道で適用するため、配合や施工方法の違いによる強度発現特性の確認を引き続き進める。

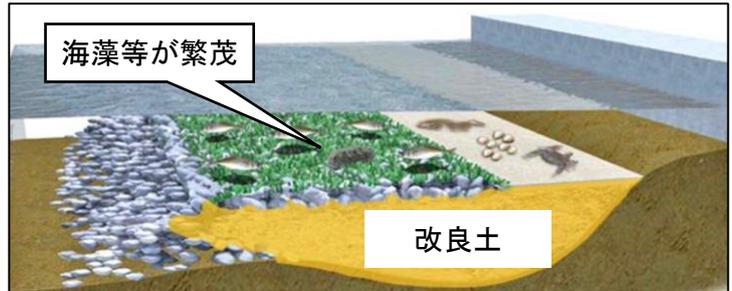
【検討の方針】

北海道ではスラグ系改良土の施工事例が少なく、改良土の強度確認のため、実証試験を行いながら各種施工基準を設定している。特に、改良土は温度により発現強度が変化するため、北海道のように気温・水温が低い場合の初期強度の確認等、施工に必要な調査を引き続き実施する。



鉄鋼スラグ系改良土の濁り抑制効果

(出典：「函館港若松地区泊地浚渫工事におけるカルシア改質土の施工について」第63回(2019年度)北海道開発技術研究発表論文)



改良土を用いた浅場環境の造成

(出典：(特非)国際環境経済研究所
HPhttp://ieei.or.jp/2013/09/special201308_02_004/.)

【参考文献】

- 1) 一般社団法人漁港漁場新技術研究会(2018)：浚渫土処理・有効活用技術の概要, PP. 1-30
- 2) 佐藤篤志, 横山大介, 今林弘(2014)：苫小牧港の係留施設における石炭灰を有効活用した改良土の強度特性について, 第56回(平成26年度)北海道開発技術研究発表会, PP. 1-6
- 3) 山崎元貴(2017)：耐震強化岸壁へのカルシア改質土適応のための検討, 四国地方整備局管内技術・業務研究発表会論文集(四国地方整備局管内技術研究会論文集), PP. I_77-I_80
- 4) 名古屋港湾空港技術調査事務所HP：既存土砂処分場の減容化技術
<http://www.meigi.pa.cbr.mlit.go.jp/work/13/15/>

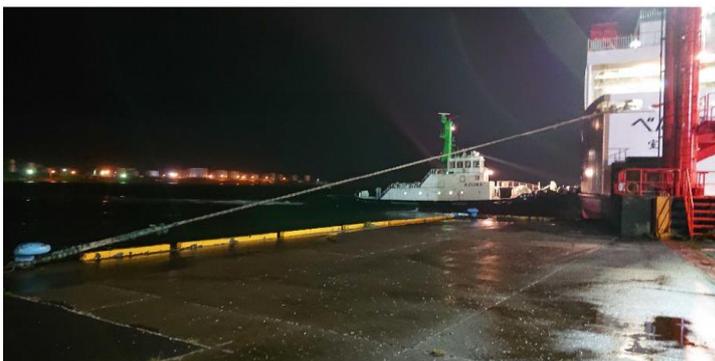
3. 船体動揺の低減技術

【現状と課題】

- 1) 北海道の港湾・漁港で、静穏度確保を目的として外郭施設の整備が進められてきたが、沖合にて発達した波浪がうねりとして来襲する太平洋側を中心に、係留船舶の動揺^{※1)}により、タグボートの出動・船舶の損傷・係船索の破断等の利用障害が発生している。
- 2) 係留中の船体動揺は船舶の安全性と荷役の効率を低下させることから、適切な対策が必要である。
船体動揺の要因は様々であり、効果的な対策のためにも船体動揺の発生メカニズムの検討を引き続き進める。

【検討の方針】

苫小牧港のフェリー岸壁における船体動揺について、簡易的な船体動揺の把握方法や予測手法について検討する。



苫小牧フェリー岸壁における船体動揺抑制のためのタグボートによる押し付け状況
(出典：「苫小牧港西港区における係留船舶の動揺について」
北海道開発局技術研究発表会, 北海道開発局(2019))

【参考文献】

- 1) 村上嘉唯, 中山 仁, 土井 善和(2019)：苫小牧港西港区における係留船舶の動揺について, 第63回(2019年度)北海道開発技術研究発表会, PP. 901-906
- 2) 室蘭民報 2019.06.24(2019)：試される航路、宮蘭フェリー就航1年(上)【室蘭・宮古】
- 3) 田中真史, 高山 知司, 惟住 智昭, 荒田 育弥(2017)：志布志港における港内静穏度向上策の検討, 沿岸技術研究センター論文集, No. 17, PP. 9-13
- 4) 城敏也, 田川人士, 今卓也(2013)：苫小牧港西港区における長周期波対策工の効果検証, 第57回(平成25年度)北海道開発技術研究発表会, PP. 1-5
- 5) 松野健, 青野奨, 矢野隆博(2009)：苫小牧港西港区における長周期波対策工の概要とその効果について, 平成21年度技術研究発表会, PP. 1-6
- 6) 平石哲也, 平山克也(2002年6月)：港湾における長周期波対策の現状と課題, 海洋開発論文集, 第18巻, PP. 143-148
- 7) 土田充, 大山巧, 平石哲也, 富田孝史(1998)：港内係留船舶長周期動揺に基づく静穏度評価法について, 海岸工学論文集 第45巻 PP. 321-325,
- 8) 渥美洋一, 若山義樹, 國田淳, 関口信一郎, 川口勉, 平石哲也, 青木伸一, 上田茂(1997)：長周期波の港内侵入過程の現地観測と長周期波高予測式の検討, 海岸工学論文集, 第44巻 PP. 221-225
- 9) 堀研一：自動係船及び自動陸上排送システムの開発について, 九州地方整備局資料, PP. 1-4
- 10) 九州地方整備局資料：菊池隆二, 津谷達彦：船体動揺シミュレーションを用いた厳密な荷役稼働率算定について, 秋田港湾事務所

4. 海氷による劣化対策技術

【現状と課題】

1) 積雪寒冷地の沿岸構造物は、低温、海氷作用などの過酷な自然環境下に曝されており、塩害

等による劣化に加えて、寒冷地特有の凍害と海氷の摩耗等による複合的な劣化が進行している。特にオホーツク沿岸等では、漂砂による摩耗に加え、海氷の移動が活発な地域において想定を超えた鋼材肉厚の減少が生じることもあり、想定を超える腐食速度を記録した事例も2) 一般的に防食対策として、ペトロララム被覆工法、モルタル被覆工法、犠牲鋼盤ライニング工法等の被覆防食工法等が用いられている。一方、氷海域においては、氷が被覆防食部分に接触することにより防食部分が剥離することが確認されており、氷による影響を考慮する必要があるが、漂砂による摩耗との相互作用については十分に解明されていない。

鋼構造物等への一般的な防食に対する流水等による影響の把握及び氷海域特有の外力を考慮した防食工法の検討を引き続き進める。

【検討の方針】

各防食対策について、現地試験を行い、劣化状況を継続的に観測することにより、氷接触による防食部（被覆材）への影響、水深による漂砂と海氷の影響度等を把握する。さらに、維持管理コストも踏まえ、氷海域におけるLCCに配慮した最適な被覆工法を引き続き検討する。



ペトロララム被覆の例



モルタル被覆の例

(出典：「氷海域における鋼構造物の腐食被害の概要と対策工法について」CPC自主研究)

【参考文献】

- 1) 名和豊春(2018)：寒冷地におけるコンクリートの長寿命化, コンクリート構造物の補修・補強に関するフォーラム, PP. 1-74
- 2) 島多昭典, 三原慎弘, 遠藤裕丈, 清野昌貴, 山田正二, 川村浩二, 横山博之, 高玉波夫, 市川清一, 藤田祐司, 高田尚人, 太田日出春, 渡辺淳, 鈴木哲(2015)：凍害の各種劣化形態が複合したコンクリート構造物の性能評価法の開発, 寒地土木研究所, PP. 1-20
- 3) 川村浩二, 遠藤裕丈, 田畑浩太郎(2012)：凍結融解と塩化物による複合作用を受けた構造物の凍害目視調査-寒冷地山間部に立地する道路橋下部コンクリートについて-, 平成24年度技術研究発表, PP. 1-6
- 4) 遠藤裕丈, 田口史雄(2010)：凍結融解と塩化物の複合作用によるスケーリング劣化の簡易予測モデルの構築, 寒地土木研究所月報, 第680号, PP. 2-11
- 5) 木岡信治, 森昌也(2010)：海氷の出現特性と構造物等への作用に関する研究, 寒地土木研究所, PP. 1-21
- 6) 寒地港湾技術研究センター(2018)：氷海域における鋼構造物の腐食被害の概要と対策工法について, CPC調査研究報告書, No. 6

5. 火山灰質土の液状化判定技術

【現状と課題】

1) 北海道は全面積の40%以上が未固結な火山噴出物で覆われている。2018年の胆振東部地震における山地崩壊は火山灰質土^{※1}の滑りが要因で、また、札幌市清田区里塚地区の造成宅地の地盤崩壊は火山灰質土による液状化が要因と報告されている。港湾・漁港においては、1993年の南西沖地震で、森港において埋立土に使用されていた火山灰質土の液状化による噴出、胆振東部地震で、苫小牧港東港区において液状化により軽石を多く含む粗粒な火山灰質土の噴出が確認されている。また、岸壁や護岸等の裏埋土に用いた場合、比重が軽く吸出しが生じやすいため、堤体の安定性に影響を及ぼす危険性がある。

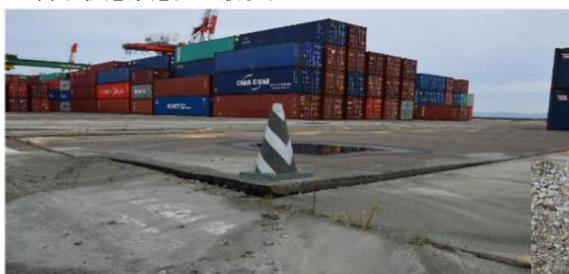
2) 火山灰質土は、砂質土とは異なる物理・力学特性を有するが、港湾・漁港及び道路等の設計指針や設計基準においては火山灰質土について特別な扱いはなく、砂質土と同様の基準で液状化判定が行われている。

北海道の港湾・漁港における火山灰質土の液状化特性等を把握し、火山灰質地盤の液状化判定法や判定に必要な火山灰質土の液状化強度特性について十分な解明を進める。

【検討の方針】

港湾・漁港における火山灰質土の液状化特性等を把握するため、既往調査データの整理を行ない、北海道の港湾・漁港における火山灰質土の分布を把握し、今後の施設整備の基礎資料とする。また、調査研究成果や既往調査データの整理を行ない、港湾・漁港における火山灰質土の問題点及び解決すべき課題を整理し、液状化判定、吸い出し防止における留意点について調査を進める。

苫小牧港東港区の液状化



白いものが軽石



苫小牧港東港区での胆振東部地震における液状化（噴砂）状況
軽石を多く含む粗粒な火山灰質土の噴出が確認されている。

※1) 火山灰質土；火山灰や火砕流を起源とする土（『地盤材料試験の方法と解説』より）。火山灰質土は、細粒分含有率（ F_c ）によって「火山灰質細粒土（ $F_c \geq 50\%$ ）」と「火山灰質粗粒土（ $F_c < 50\%$ ）」に区分される。火山灰質粗粒土は、一般に軽石を多く含む粒子が破碎しやすい性質を持っている。

【参考文献】

- 1) 江川拓也, 林憲裕, 富澤幸一 (2016) : 地震観測記録に基づく火山灰質地盤の地震時挙動の評価, 地盤工学会北海道支部技術報告集, 第56号, PP. 165-170
- 2) 江川拓也, 山梨高裕, 富澤幸一 (2016) : 火山灰質土の液状化特性に関する検討-北海道における調査事例報告-, 日本地震工学会論文集, 第16巻 第1号 (特集号), PP. 352-364
- 3) 北海道の火山灰質土の性質と利用に関する研究委員会 (2010) : 実務家のための火山灰質土～特徴と設計・施行、被災事例～, 公益社団法人地盤工学会北海道支部,
- 4) 八木一善, 三浦清一 (2004) : 破砕性火山灰地盤の力学特性の評価, 土木学会論文集, No. 757/III-66, PP. 221-234
- 5) 阿曾沼剛, 三浦清一, 八木一善, 田中洋行 (2002) : 火山性粗粒土の動的変形特性とその評価法, 土木学会論文集, No. 708/III-59, PP. 161-173
- 6) 風岡修, 楠田隆, 香村一夫, 楡井久 (2000) : 軽石質火山灰の混入が砂層の液状化強度に与える影響, 日本地質学会学術大会講演要旨 第107年学術大会, PP. 193