

60th
Anniversary



Annual Report 2022

港灣空港技術研究所 年次報告 2022



世界に誇れる 港湾・空港技術を目指して



2016年4月に、海上技術安全研究所、港湾空港技術研究所および電子航法研究所の3研究所が統合し、国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所(通称「うみそら研」)が発足しました。私ども、港湾空港技術研究所は、うみそら研の中で、港湾及び空港の整備等に関する調査、研究及び技術の開発等を担う研究所として、これまでの歩みをしっかり継承しつつ、役割を果たしてまいります。前身である運輸省港湾技術研究所が1962年に誕生して以来、当研究所は今年60周年を迎えるなど、研究所として大きな節目を迎えております。60年に及ぶ歴史の中で、港空研が果たしてきた役割は大きく、鹿島港開発や羽田・関西国際空港建設など数々の港湾・空港プロジェクトを技術的に支援し、世界的にも評価される研究成果をあげてまいりました。従前からの国土交通省国土技術政策総合研究所との密接な連携に加え、統合した2つの研究所との連携によって、異分野の研究の連携、融合をさらに拡大、深化させ、統合のシナジー効果の発揮により、研究開発成果の最大化を図ってまいります。



港湾空港技術研究所長
(うみそら研理事)

高野誠紀

さて、本年次報告は第一期中長期計画(2016年度～2022年度)の6年度目である2021年度の実績をとりまとめたものです。第一期中長期計画においては、「沿岸域における災害の軽減と復旧」、「産業と国民生活を支えるストックの形成」、「海洋権益の保全と海洋の利活用」、「海域環境の形成と活用」の4つの研究開発課題に重点的に取り組んでおります。

「沿岸域における災害の軽減と復旧」では、地震後に迅速に施設の供用可否判断を行うための技術、巨大津波災害発生時の早期浸水被害の推計に関する研究、ケーソンの隙間からの埋立砂の吸出し防止用のフィルター材に関する研究などを進めています。

「産業と国民生活を支えるストックの形成」では、コンテナターミナルの効率的な運用を支援する技術、海洋構造物の点検装置の改良・開発、コアレス地盤調査法の開発などの研究を進めています。

「海洋権益の保全と海洋の利活用」では、船舶の自動離着岸のための防舷材システムの開発、水中施工機械の遠隔操作など多機能化に関する研究、洋上風力発電施設の杭基礎の水平抵抗特性の解明などの研究を進めています。

「海域環境の形成と活用」では、多様な沿岸域におけるブルーカーボン(緩和効果)の定量化と「ブルークレジットの実用化、気候変動に伴う地球規模の海浜地形変化を予測するための手法開発などの研究を進めています。

これらの研究の遂行に当たっては、当研究所の二大モットーである、「研究水準が世界最高レベルであること」と「研究成果が実際のプロジェクトで役立つこと」を追い求めてまいります。また、国が進めるインフラの海外展開への貢献や海外諸国への技術支援など、戦略的な国際活動についてもあわせて推進してまいります。さらに、研究分野横断の技術課題に対応するため、5つのセンター(「国際沿岸防災センター」、「ライフサイクルマネジメント支援センター」、「海洋インフラ・洋上風力技術センター」、「港湾空港生産性向上技術センター」、「港湾空港イノベーション推進センター」)の機能を活かし、技術実装の現場を持つ国土交通省地方整備局等や民間企業との連携も一層強化してまいります。

近年、地震や高潮・高波による自然災害が激甚化・頻発化しており、国土強靱化の加速化・深化は重要課題です。今後とも、当研究所が我が国独自の厳しい自然条件の下、現場に密着した実践的な研究開発を行っている研究機関であるという強みと、当研究所が持つ知見、人材等を活用し、自然災害発生時の応急対応及び復旧に対する現場支援や防災に係る啓蒙等もしっかり取り組んでまいります。

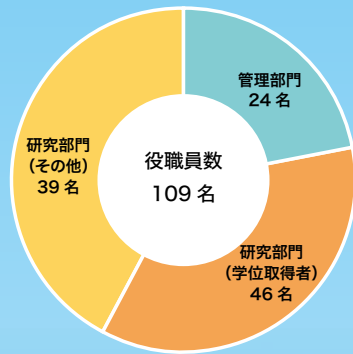
皆様には引き続きのご理解とご支援をお願い申し上げます。

CONTENTS

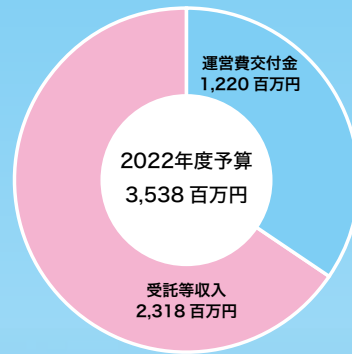
組織等の概要	2p
研究所運営の基本方針	3p
2021年度の研究体系	4p
各研究テーマの概要及び2021年度の活動	5p
基礎研究と萌芽的研究	14p
研究成果の公表	19p
高い外部評価	20p
開かれた研究所	21p
研究所の出来事	22p

組織等の概要

役職員及び予算

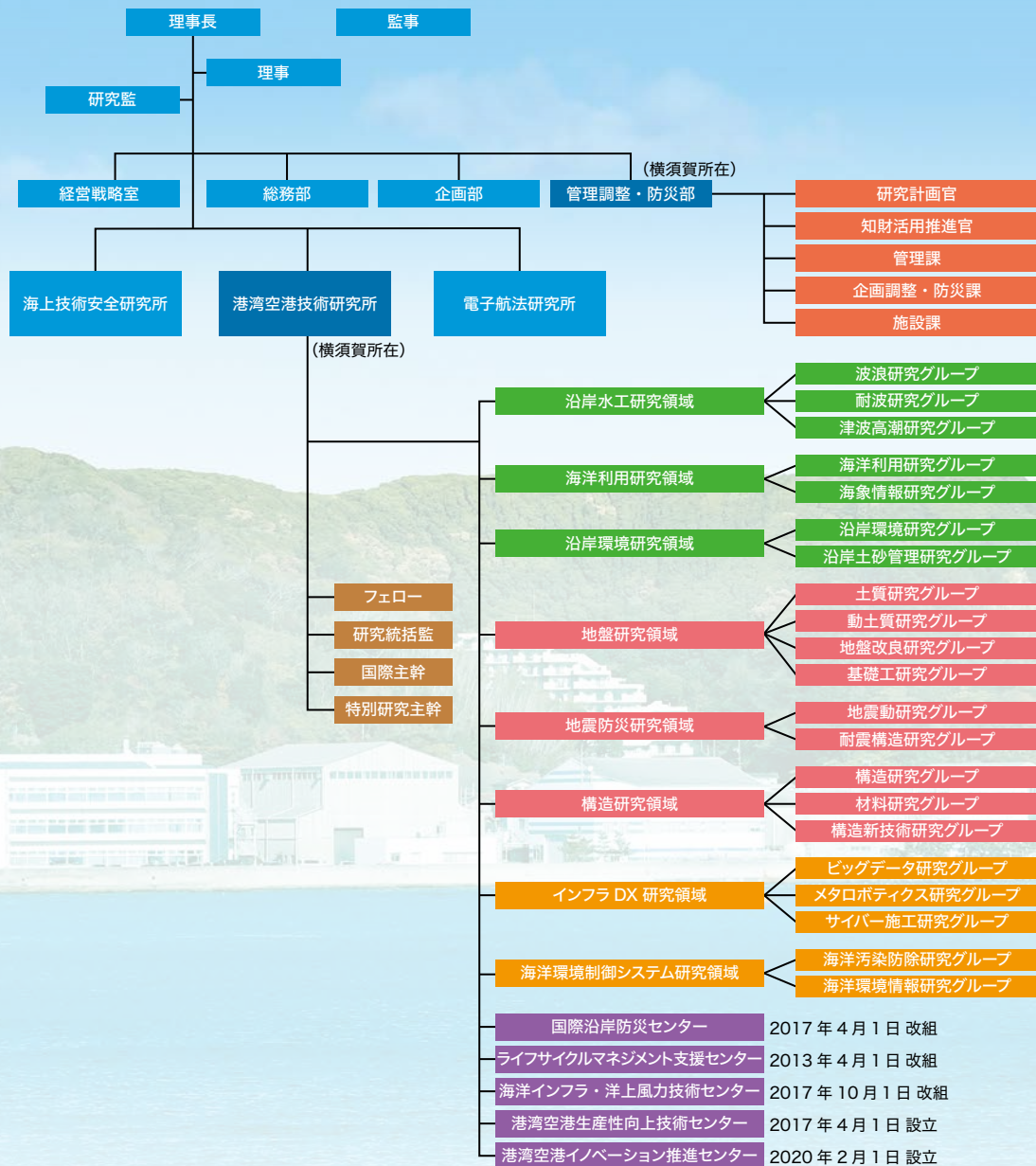


2022年4月1日時点
(横須賀所在)



※港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る
技術分野に関する予算を示す

組織構成



2022年4月1日時点

研究所運営の基本方針

中長期目標(2016年度～2022年度)

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所が達成すべき業務運営に関する目標として、国土交通大臣により中長期目標が定められており、同目標において、以下のとおりその活動が明記されている。

独立行政法人改革等に関する基本的な方針(平成25年12月24日閣議決定。以下「改革の基本的な方針」という。)を踏まえ、その政策実施機能の強化を図るべく、今般、国土交通省が所管する国立研究開発法人海上技術安全研究所、国立研究開発法人港湾空港技術研究所及び国立研究開発法人電子航法研究所を統合し、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所(以下「研究所」という。)を設立した。

通則法第2条第1項に規定されているとおり、研究所は、国民生活及び社会経済の安定等の公共上の見地から確実に実施されることが必要な事務及び事業であって、国が自ら主体となって直接に実施する必要のないものうち、民間の主体に委ねた場合には必ずしも実施されないおそれがあるものを効果的かつ効率的に行うために設立されている法人である。

各研究所それぞれが担ってきた役割の大きさに鑑みれば、研究所は、「改革の基本的な方針」に沿って、従前より培ってきた豊富な知見やプレゼンスを今後も十分に活かし研究開発を進めることが必要である。さらに、社会環境の変化に対応して研究内容の見直しと重点化を不断に行うとともに、新たな萌芽的研究に取り組むなど、各分野における政策課題の解決に向けた研究開発をより一層積極的に実施していく。

また、研究所は、このような各分野における研究開発の推進によって、技術シーズを磨き、専門的な知見を蓄積してきたからこそ、それを活用した分野横断的な研究の実施が可能となっている。このことを踏まえ、分野横断的な研究を効率的かつ効果的に実施し、例えば、国土形成計画に位置付けられた「海洋権益の保全及び海洋資源・海洋再生エネルギーの開発等の利活用の推進」等、我が国の政策の実現に貢献していく。

さらに、これらの研究開発の成果を社会に還元させるとともに、外部機関との連携、研究成果の広範な普及に努めることが重要である。加えて、国際的な基準・標準策定への積極的な参画や、国際協力を通じて我が国の技術やシステムの国際的な普及を図る等の国際活動を戦略的に実施していくことも重要である。

以上のように、我が国が直面する多様かつ重大な課題の解決のため、国土交通省技術基本計画に基づき、国土交通省が推進する政策の実現に貢献していくことが研究所のミッションである。

中長期計画(2016年度～2022年度)

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所は、国土交通大臣が定めた中長期目標を受け、それを達成するための中長期計画を策定している。そのうち、研究開発の成果の最大化その他の業務の質の向上に関する事項のポイントは、次のとおりである。

1) 分野横断的な研究の推進等

旧3研究所の研究領域にまたがる分野横断的な研究を効率的かつ効果的に実施し、海洋の利用促進、産業の国際競争力強化等の政策の実現に貢献する。

2) 港湾、航路、海岸及び飛行場等に係る技術に関する研究開発等

国土交通省で推進する港湾・空港施設等の防災及び減災対策、既存構造物の老朽化対策、海洋開発の拠点整備等の課題へ対応するため、次頁の研究体系に示す研究開発課題に重点的に取り組む。

また、基礎的な研究のうち、波浪や海浜変形等に係るメカニズムや地盤及び構造物の力学的挙動等の原理や現象の解明に向けて積極的に取り組む。

併せて、新たな研究成果を創出する可能性を有する萌芽的研究に対し、先見性と機動性を持つて的確に対応する。

3) 研究開発成果の社会への還元

技術的政策課題の解決に向けた対応、災害及び事故への対応、橋渡し機能の強化、知的財産権の普及活用、情報発信や広報の充実に取り組む。

4) 戦略的な国際活動の推進

国際基準化・国際標準化への貢献、海外機関等との連携強化に取り組む。

研究所の運営

迅速な意思決定に努め、戦略的な研究所運営に取り組む。また運営に係る多様な事項について、幅広い視点から多角的な検討を行うため、以下に示す各会議等を開催する。

- 1) 経営戦略会議：研究所の運営の根幹に係る重要な事項について審議する意思決定会議
- 2) 幹部会：部長級以上の全役職員と管理調整・防災部3課長で構成する毎週の定例会議
- 3) 評議員会：外部有識者の広くかつ高い見識から答申を得ることを目的として設置している会議
- 4) 外部評価委員会：研究所が行う研究について第三者による客観的及び専門的視点からの評価を行う外部機関

2021年度の研究体系

研究開発課題	研究テーマ	研究サブテーマ	研究の種類	研究実施項目(☆は特別研究※)
1 沿岸域における災害の軽減と復旧	1A 地震災害の軽減や復旧に関する研究開発	①最大級の地震による波形予測と被害予測に関する研究	基礎研究	港湾地域および空港における強震観測と記録の整理解析
			基礎研究	地震災害および被災要因調査
			基礎研究	震源近傍強震動の予測手法の開発
			基礎研究	液状化による沈下・流動の新たな予測手法の開発
		②最大級の地震に対する被害軽減技術に関する研究	応用研究	沿岸域施設の耐震性能早期発現のための対策技術開発
		応用研究	地震動作用後を対象とした沿岸域施設の変形予測手法の検討	
	1B 津波災害の軽減や復旧に関する研究開発	③地震・津波・高波と地盤ダイナミクスの相互作用に関する研究	応用研究	☆ 沿岸構造物の吸い出し・陥没等安定性評価と対策技術の開発
			基礎研究	波・流れに対する沿岸地盤構造物の安定性評価と補強技術の開発
			開発研究	三次元漂流物シミュレーションモデルの開発と平面二次元モデルへの適用手法の検討
	1C 高潮・高波災害の軽減や復旧に関する研究開発	①ICTによる意思決定支援システムに関する研究	開発研究	広域地殻変動を伴う巨大津波災害に対応した早期浸水被害推計技術の開発
			開発研究	外郭施設群を対象とする大規模数値波動水槽の開発
			基礎研究	マングローブに働く津波波力とその変形に関する研究
		②耐津波強化港湾の形成に関する研究	基礎研究	海象観測データの集中処理・解析に基づく海象特性の解明
			応用研究	高潮・波浪結合モデルを用いた最大級の高潮ハザードに関する研究
			基礎研究	日本沿岸域を対象とした波浪推算手法の課題整理と高度化
2 産業と国民生活を支えるストックの形成	2A 国際競争力確保のための港湾や空港機能の強化に関する研究開発	①港湾・空港のオペレーション機能の強化に関する研究開発	開発研究	岸壁の越波・排水を考慮した埠頭の浸水シミュレーション手法の開発
			応用研究	複合型越波対策工法の越波と波力に関する研究
			応用研究	吸出し防止用のフィルター材の耐波安定性に関する研究
			基礎研究	海象観測データの集中処理・解析に基づく海象特性の解明
	2B インフラのライフサイクルマネジメントに関する研究開発	②最大級の高潮・高波の被害軽減技術に関する研究	基礎研究	高潮・波浪結合モデルを用いた最大級の高潮ハザードに関する研究
			基礎研究	日本沿岸域を対象とした波浪推算手法の課題整理と高度化
			開発研究	岸壁の越波・排水を考慮した埠頭の浸水シミュレーション手法の開発
		①インフラの長寿命化技術に関する研究	応用研究	複合型越波対策工法の越波と波力に関する研究
			基礎研究	吸出し防止用のフィルター材の耐波安定性に関する研究
			基礎研究	海象観測データの集中処理・解析に基づく海象特性の解明
	2C インフラの有効活用に関する研究開発	②建設副産物等の有効活用・処理技術に関する研究	基礎研究	高潮・波浪結合モデルを用いた最大級の高潮ハザードに関する研究
			基礎研究	日本沿岸域を対象とした波浪推算手法の課題整理と高度化
			開発研究	岸壁の越波・排水を考慮した埠頭の浸水シミュレーション手法の開発
		①既存施設の改良・更新技術に関する研究	基礎研究	高潮・波浪結合モデルを用いた最大級の高潮ハザードに関する研究
			基礎研究	日本沿岸域を対象とした波浪推算手法の課題整理と高度化
開発研究			岸壁の越波・排水を考慮した埠頭の浸水シミュレーション手法の開発	
3 海洋利益の保全と海洋の利活用	3A 海洋の開発と利用に関する研究開発	①遠隔離島の保全及び利用に関する研究	開発研究	コンテナターミナルシステムへのAI、ICT等新手法導入効果の評価手法の提案
			応用研究	定量的なシミュレーションによる新型コンテナターミナル計画技術の提案
			応用研究	コンテナターミナルの運用支援技術の提案
			開発研究	水中測位システムの開発
			基礎研究	暴露試験によるコンクリート、鋼材及び各種材料の長期耐久性の評価
		②海洋の利用・開発を支援するインフラ技術に関する研究	基礎研究	海洋構造物の被覆防食工法における性能評価手法の開発
			基礎研究	海洋環境下におけるサステナブルマテリアルの適用性評価
			応用研究	☆ 港湾構造物におけるコンクリート工の生産性向上に関する検討
			応用研究	海洋構造物の性能評価の高度化に向けた点検診断技術の導入・運用に関する検討
			開発研究	点検装置の作業外乱への対応技術の開発
	3B 海洋の開発と利用に関する研究開発	③海上流出油への対応技術に関する研究	開発研究	物理探査を用いた改良地盤の品質評価方法の開発
			基礎研究	栈橋の性能規定の高精細化のための栈橋構造の破壊過程の解明
			応用研究	固化改良体の不良個所が改良地盤全体の強度に及ぼす影響の評価
			基礎研究	コアレス地盤調査法の開発とデジタル地盤工学の確立に向けた基礎的研究
			基礎研究	☆ 電気浸透脱水を用いた浚渫土の減容化に関する研究
4 海域環境の形成と活用	4A 沿岸生態系の保全や活用に関する研究開発	①沿岸生態系の活用に関する研究	開発研究	船舶の自動離着岸のための防舷材システムの開発
			応用研究	離島港湾の静穏度向上策に関する研究
			応用研究	洋上風力発電施設に働く波力と洗掘に関する研究
			基礎研究	☆ 多様な変動荷重を受ける洋上風力発電施設の杭基礎の水平抵抗特性の解明
			開発研究	マシンガイダンス技術を用いた水中施工機械の多機能化に関する研究
		②内湾域の水環境リアルタイム予測技術に関する研究	開発研究	☆ ICT施工への音響画像システムの適用に関する検討
			応用研究	波と風の同時作用下における洋上風力発電施設の荷重設定手法に関する研究
			基礎研究	☆ 深海におけるインフラ材料の力学特性と耐久性の評価
			基礎研究	☆ グリーングレーハイブリッドインフラ適用のためのグレー部材への海生生物着生手法の実験的検討
			基礎研究	☆ 浅海域における二酸化炭素吸収速度と浸水抑制効果を予測する全球動態モデルの検証
	4B 沿岸地形の形成や維持に関する研究開発	③海上流出油への対応技術に関する研究	基礎研究	減災と生態環境を両立する沿岸地形・地盤デザインの創成
			基礎研究	アマモ場生態系の機能向上技術の開発
			応用研究	流動シミュレーションとデータ同化による沿岸域の流動の数値解析
			基礎研究	環境変動に対する水圏生態系の応答に関する数値的検証
			開発研究	主要内湾の沿岸情報の収集・発信基盤強化
4C 沿岸地形の形成や維持に関する研究開発	①沿岸保全と航路・泊地維持に関する研究	開発研究	湾口における大気・海洋の環境モニタリングと解析	
		基礎研究	次世代油濁対策技術の高度化に関する研究開発	
		基礎研究	波崎海洋研究施設における観測と海岸地形変化予測モデルの開発	
		基礎研究	気候変動に伴う全球的海浜地形変化予測手法の開発	
		基礎研究	☆ 航路・泊地埋没の軽減化のための底質移動制御手法の開発	

※特別研究は、港空研が重点的に行う必要性が高い研究であり、人員及び資金の集中的な投入を図るとともに、必要に応じて港空研の基本的な組織の枠を超えた横断的な研究体制を整備して、迅速な研究の推進を図るもの

1A 地震災害の軽減や復旧に関する研究開発

研究の目的・背景

南海トラフ巨大地震や首都直下地震をはじめとする大規模災害に対して、地震後の早い段階からの所要の幹線貨物輸送機能の確保、また、復旧復興の拠点としての必要最小限の緊急物資輸送機能の早期確保が必要とされている。さらには地震・津波・高波と地盤の相互作用による沿岸災害が懸念され、その軽減が必要とされている。

そこで、最大級かつ継続時間が長い地震動に関して、地震動の予測技術、構造物の被害予測技術を確認する。さらに、既存構造物の耐震補強技術、現地被害調査における被害の評価技術や応急対策技術を開発する。また、海底地すべりによる津波現象、津波、高波、流れに対する地盤性能や対策法を解明する。

研究の概要

地震災害の軽減や復旧に関する研究開発として、次の3つのサブテーマを設け研究開発を行う。

①最大級の地震による波形予測と被害予測に関する研究

震源近傍の強震動に関して、従来から設計において考慮されている断層深部のアスペリティの破壊に伴う強震動に加え、熊本地震の際に顕在化した断層浅部のすべりによる影響も考慮できる複合型の震源モデルを開発し、その妥当性を検証する。

②最大級の地震に対する被害軽減技術に関する研究

既存施設への部材追加や地震による損傷後の交換などを通じ、沿岸域施設の機能を地震後に早期に発現させるための技術の開発を進める。

③地震・津波・高波と地盤ダイナミクスの相互作用に関する研究

多様な動的外力下の沿岸構造物の吸い出し・陥没等抑止に有効な設計・対策技術を開発する。

2021 年度の活動

最大級の地震による波形予測と被害予測に関する研究

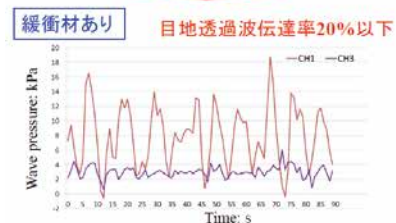
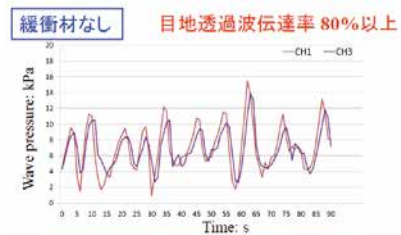
最大級の地震による波形予測と被害予測に関して、港湾地域および空港における強震観測と記録の整理解析、地震災害および被災要因調査、震源近傍強震動の予測手法の開発、液状化による沈下・流動の新たな予測手法の開発について検討を行った。震源近傍強震動の予測手法の開発について、断層深部のアスペリティの破壊に伴う強震動に加え、断層浅部のすべりによる影響も考慮できる震源モデルの開発と検証を進めた。地震災害および被災要因調査について、地震後の係留施設の利用可否判断を迅速かつ適切に行うためのシステムについて、本省・地方整備局とともに活用方策の議論を深めるとともに、現地への試験的な導入を行った。

最大級の地震に対する被害軽減技術に関する研究

最大級の地震に対する被害軽減技術に関して、地震動作用後を対象とした沿岸域施設の変形予測手法の検討、沿岸域施設の耐震性能早期発現のための対策技術開発を進めた。

地震・津波・高波と地盤ダイナミクスの相互作用に関する研究

地震・津波・高波と地盤ダイナミクスの相互作用に関して、沿岸構造物の吸い出し・陥没等安定性評価と対策技術の開発、波・流れに対する沿岸地盤構造物の変形・破壊特性評価と補強技術の開発を進めた。吸い出し・陥没抑止に有効な新たな対策技術として過年度に提示したフィルター層による吸い出し防止対策とケーソン目地透過波低減法について、より広範な土質・外力・構造条件での検討と適用範囲の検証を進めた。2021年度は、フィルター層による吸い出し防止対策が那覇空港滑走路増設護岸に、ケーソン目地透過波低減法が横浜港に、それぞれ適用された。また、いずれの工法とも、港湾の施設の技術上の基準・同解説の部分改訂(2022年4月1日)に反映された。



実用化：鹿島港、相馬港、横浜港、高知港

ケーソン目地透過波低減法による波力低減効果と陥没抑止効果

1B 津波災害の軽減や復旧に関する研究開発

研究の目的・背景

2011年の東日本大震災以降、越流を伴う津波に対しても安定な構造物の開発や、構造物が破壊されて生ずるガレキの漂流などを予測する数値シミュレーションモデルの開発等を行ってきた。しかし、陸上部を遡上する複雑な津波の挙動やそれに伴う被害は十分には明らかにされておらず、その推定方法も未開発である。また、避難等に活用が期待される浸水リアルタイム予測技術に関しても、利用しているデータはGPS波浪計のデータのみであり、他の貴重なデータは活用しきれていない。そこで、防災・減災対策を被害先行型から対策先行型へ切り替えていくため、最大級の津波に対しても強靱な(レジリエントな)沿岸域の構築、すなわち、最大級の津波に対しても人命を守り、社会経済に対して壊滅的な被害を発生させず、早期復旧復興を可能とするための研究を行う。

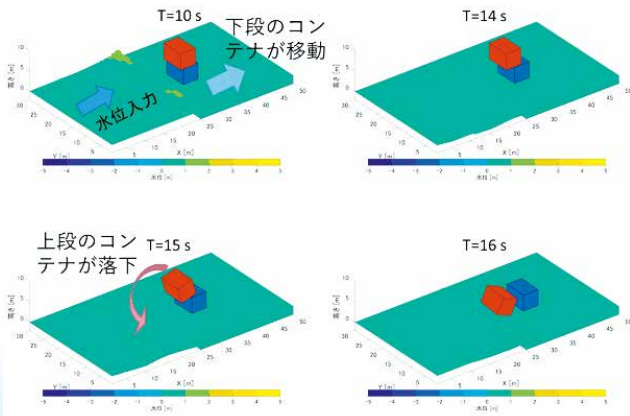
研究の概要

津波災害の軽減や復旧に関する研究開発として、次の実施項目を設け研究開発を行う。

- ・津波漂流物シミュレーションの研究では、三次元の漂流物挙動モデルの精度を検証する。
- ・広域地殻変動を伴う巨大津波災害に対応した早期浸水被害推計技術の開発研究では、地殻変動の推定を効率化する新しい計算手法を開発し、津波波形の予測精度向上を確認する。
- ・外郭施設群を対象とする大規模数値波動水槽の開発研究では、粒子法モデルの高精度化のほか、プリポスト用GUIの開発及び大量計算のための自動連続計算機能を実装する。
- ・マングローブに働く津波波力とその変形に関する研究では、過年度までに実施した水理模型実験の解析、ならびに根に関する現地調査と文献調査を行う。

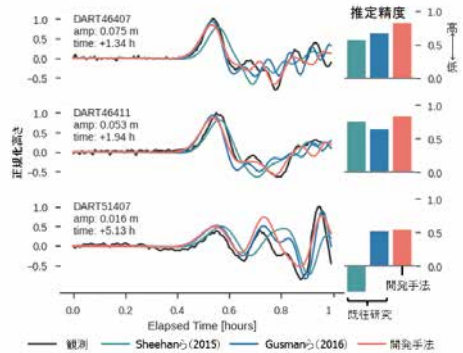
2021 年度の活動

- ・過年度までに開発した三次元漂流物シミュレーションモデルを改良し、実験結果と照合してその有効性を確かめた。また、平面二次元モデルのための漂流物の局所接触モデルを構築し、実験との比較から有効性を確認した。



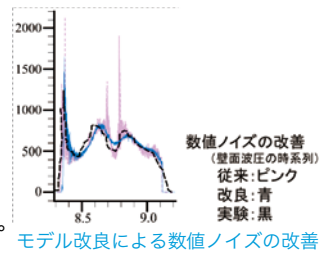
三次元漂流物モデルによる計算

- ・地殻変動の推定には地震断面の推定が不可欠であるものの、津波波形からこれを効率的に推定する方法がなかった。そこで、観測点における津波波形を瞬時に評価可能なアジョイント波形合成法を開発した。従来法では、あらかじめ断面を想定する必要があり、想定と異なる地震が発生した際には推定精度が低下したのに対し、今回開発した手法では任意の波源から生成される津波波形を合成することが可能となり、推定精度が向上した。この方法を2012年Haida Gwaii地震津波に適用したところ、速報性と精度の両面で予測性能が向上することが明らかになった。



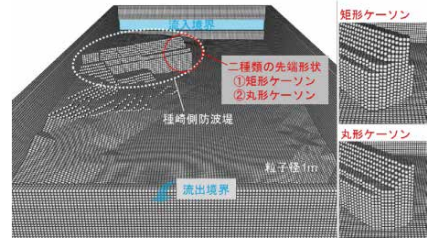
2012年Haida Gwaii地震津波の観測波形と各手法による予測波形とその推定精度

- ・粒子法型数値波動水槽において、複雑地形にも対応できるGUIを開発したほか、圧力計算や水表面境界条件の高精度化を行い衝撃水の数値ノイズを改善した。また、数値波動水槽を



モデル改良による数値ノイズの改善

- を通して実在港湾の防波堤における巨大津波に対する洗掘対策工の検討を実施した。



GUIによる防波堤堤頭部のメッシュ作成状況

- ・マングローブは多くの根を張っているため耐津波抵抗が強い。このような耐津波特性を明らかにするため、過年度に津波に対する挙動を水理模型実験で調べており、その解析を実施している。また、根による抵抗力を調べるためマングローブが息をする場所で砂の粒径などの土質特性を調べた。



マングローブ周囲の地盤調査状況

1C 高潮・高波災害の軽減や復旧に関する研究開発

研究の目的・背景

我が国では、1959年9月の伊勢湾台風以降、高潮・高波による甚大な被害は受けていないが、アメリカでは2005年9月のハリケーン・カトリナ、フィリピンでは2013年11月の台風ハイランなどで大きな被害が発生している。今後は、地球温暖化の影響により、我が国でもこれまでの想定を超える高潮・高波の発生が懸念される。そこで、防災・減災対策を被害先行型から対策先行型へ切り替えていくため、最大級の高潮・高波に対する被害をいかに軽減し、そこから迅速な復旧・復興を図るかということに重点をおいて、ハード・ソフトの対策につながる研究を行う。

研究の概要

高潮・高波災害の軽減や復旧に関する研究開発として、次の項目の研究開発を行う。

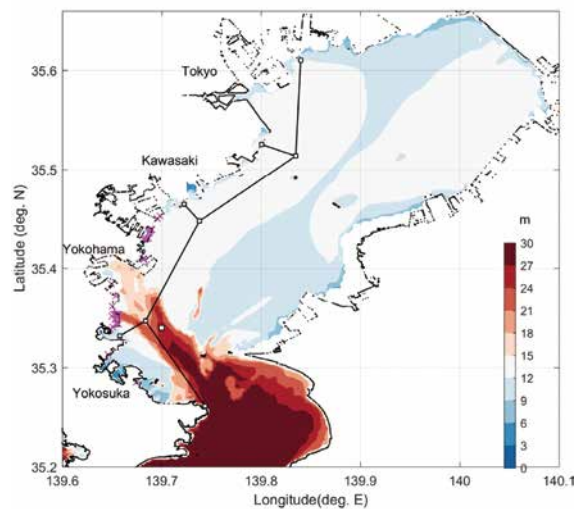
- ・ 海象観測データによる海象特性の解明に関する研究では、波浪観測データの処理・解析(速報及び確定処理、波浪統計解析)を継続して実施する。
- ・ 港内波浪による浸水シミュレーションの研究では、平面模型実験によって岸壁の浸水過程を調べる。
- ・ 波浪推算手法の研究では、モデルの問題点を踏まえた改良を行う。
- ・ 護岸の越波と波力に関する研究では、近年に提案された形式の護岸について模型実験を行う。
- ・ フィルター材の耐波安定性の研究では、フィルター材の施工時の安定性について模型実験を行う。等

2021年度の活動

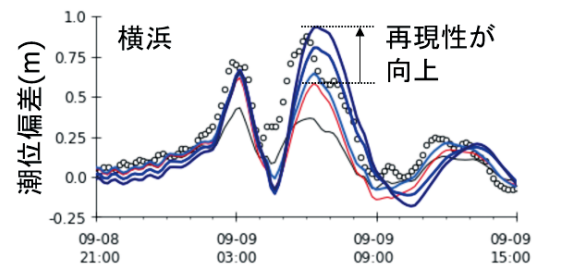
- ・ 2020年に全国港湾海洋波浪情報網で観測した波浪観測データを波浪観測年報にとりまとめた。2地点で既往最大有義波高を更新し、四国太平洋では年平均有義波高が直近10年の平均より小さいことが分かった。
- ・ 2019年台風15号の波浪をスペクトルモデルWW3で計算し、被害の大きかった横浜港には東京湾の外からうねり性の波浪が来襲していたことを示した。また、非静水圧波浪モデルSWASHで直立壁に作用する波圧を計算し、碎波帯相似パラメータIribarren Numberが最大遡上高(波圧強度)を代表する指標になることも示した。
- ・ コンテナ埠頭を対象に、高潮時の岸壁からの越波で浸水する様子を平面実験と再現計算によって調べた。その結果、痕跡調査では捉えられなかった岸壁背後の浸水深や流速の時空間分布、岸壁の法線沿いの流入・流出流量や面的な浸水過程が明らかになった。
- ・ 2019年台風15号による東京湾の高潮を海洋モデルROMSで計算し、密度場の鉛直分布や時間変化が潮位偏差に及ぼす影響を感度分析した。また、傾度風の関係に基づく気象場の新たな補正方法も開発した。
- ・ 断面実験で直立型、越波透水型、ダブルパラペット型、

フレア型護岸の越波量を計測し、換算天端高係数を算出した。緩傾斜護岸では、マウンド捨石の粒径によってマウンド内水位の上昇が確認され、数値波動水路CADMAS-SURFで粒径の設定が重要であることも分かった。

・ ほぼ実スケールで裏込石と捨石フィルターの模型に波を作用させて、捨石フィルターの安定性を調べた。その結果、波高が数十cmでも散乱し、その安定性はハドソン式で評価できることを明らかにした。



2019年台風15号通過時の波の強度指標(波高と波長の積の平方根)



○: 観測 —: WRF —: WRF補正 —: //+密度勾配(小)
—: //+密度勾配(中) —: //+密度勾配(大)

様々な条件で計算した潮位偏差の比較



ダブルパラペット型の護岸の実験

2A 国際競争力確保のための 港湾や空港機能の強化に関する研究開発

研究の目的・背景

我が国の産業の国際競争力を確保し、国民生活を支える港湾・空港等の効率的かつ効果的な整備に資するため、研究所は港湾・空港の機能強化に関する研究開発等に取り組むこととしている。当研究テーマの研究内容は、国際戦略港湾政策、首都圏空港機能強化(羽田空港整備)、インフラ輸出力など、下記研究目標に掲げる国際競争力に関連するサブテーマを構成し、研究所全体で包括的に研究開発を進めることとしている。

研究の概要

国際競争力確保のための港湾や空港機能の強化に向けて、以下の研究開発を行った。

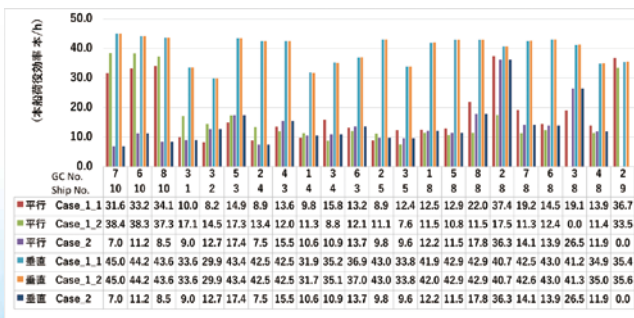
コンテナターミナルの生産性の向上のため、港湾のデジタル化、効率化、環境対応など総合的な機能の強化を図る技術として、コンテナダメージチェックシステムの開発、ICT等を導入したターミナルの数値シミュレーション評価とこれに基づいた配置計画などの研究を進める。

また、水中施工の遠隔操作化などのために、水中位置のリアルタイム計測システムの研究開発を実施する。

2021年度の活動

(1) コンテナターミナルシステムへのAI,ICT等新手法導入効果の評価手法の提案

2019年度に検討した平行蔵置方式において、150万TEU/年の取扱量では、構内のトラックの待ちが多く、MC-3、4に做ったRTGの基数では全く不足であるという結果になったが、2020年度では、自動コンテナダメージチェックシステムがある場合にゲートの効率が向上すること、垂直(縦型)配置ならば、どのレーンにも常に外来シャシ側にASC(自動トランスファークレーン)が配置されているため非常に能力が高いことが示された。2021年度は自動コンテナダメージチェックシステムが1レーン幅では設置できないことが明確になったため、最小限のゲートを別個に設け、垂直(縦型)配置と平行(横型)配置で比較した。この結果、平行(横型)配置はヤード内荷役に工夫がないと本船荷役に大きく影響するが、垂直(縦型)配置は十分な能力を示した。また、予約率が100%と50%(Case_1_1とCase_1_2)では大きな差はないが、Case_2のように位置データを利用して先に蔵置場のクレーンを準備させる場合はより工夫が必要である。このようにAutoModによるシミュレーションで未来の計画を自在に検討することができる。なお、港湾計画においては、目標



取扱貨物量が約100万TEU/年となっており、本シミュレーションによればかなりの余裕が見込めることとなる。

(2) 定量的シミュレーションによる 新型コンテナターミナル計画 技術の提案

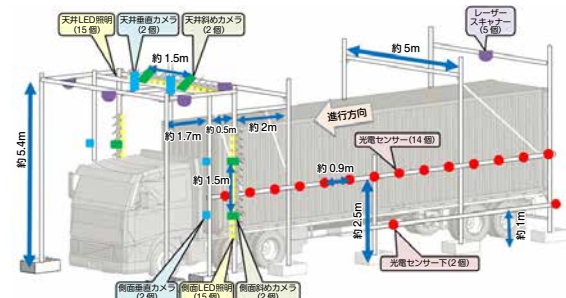
PIANCのWG208 "Planning for Automation of Container Terminals"レポートがまとめられ、2021年3月に発行された。これを受け、2021年度は邦訳版「自動化コンテナターミナルの計画策定」を民間団体と共同作成した。



また、日ASEAN WSでの基調講演など、コンテナターミナルのデジタルツインやエミュレーションとシミュレーションについて情報発信を行った。

(3) コンテナターミナルの運用支援技術の提案

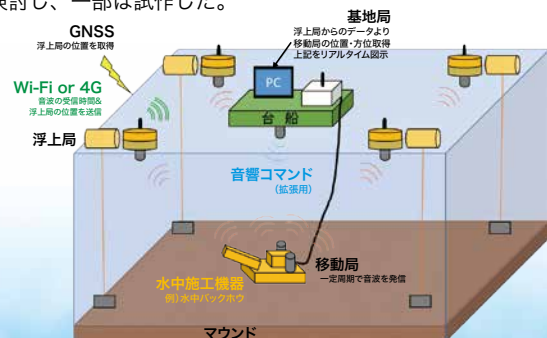
内閣府官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)を活用して、画像処理とレーザー計測の双方のデータで判定するシステムを実用化することを目標とし、2020年度は画像をAIで判定するシステムを構築し、横浜港大黒埠頭でデータ取得試験を実施した。また、神戸港ポートアイランドPC18への適用性の検討と試験マニュアルを作成した。2021年度は国土交通省の現地実証試験を支援した。



コンテナダメージチェックシステムのイメージ
(横浜港設置プロトタイプ)

(4) 水中測位システムの開発

水中の移動体の測位を、施工に必要な精度を目標にリアルタイムで取得する水中測位システムを研究開発する。2021年度はこれに用いる浮上局、移動局、基地局について検討し、一部は試作した。



2B インフラのライフサイクルマネジメントに関する研究開発

研究の目的・背景

長期間供用された港湾・空港・海岸インフラが増加するなか、施設の維持管理を行うための財源および技術者数は限られていることから、今後、維持すべき港湾・空港・海岸インフラの機能の維持を図るとともに、戦略的な維持管理・更新等を行っていくことが強く求められている。

このため、維持管理性に優れた構造や材料を適用するための設計手法の構築や、維持管理段階における各種対策に関する技術開発を行う。

研究の概要

インフラのライフサイクルマネジメントに関して、以下のサブテーマを設け研究開発を行う。

- ・ インフラの点検診断技術に関する研究。
- ・ インフラの長寿命化技術に関する研究。

2021 年度の活動

○ インフラの点検診断技術に関する研究

- ・ 海洋構造物の性能評価の高度化に向けた点検診断技術の導入・運用に関する検討

目視による点検が困難な部位があり、コンクリートの劣化進行過程やそれに対する対策の効果を評価・予測するためには、センサ等を活用したモニタリングが不可欠となる。本検討では、数値解析とモニタリングの併用により部材全体の性能を評価・予測する技術の開発を行った。具体的には、ASR（アルカリシリカ反応）による膨張劣化に着目し、有限要素解析でのASRによる膨張劣化シミュレーションを可能にするとともに、劣化状態を反映して部材の構造解析まで可能な解析プラットフォームを構築した。また、実構造物での現地モニタリングを開始した。

- ・ 点検装置の作業外乱への対応技術の研究開発

栈橋上部工点検用ROVについて、外乱への対応技術を統合するとともに、昨年度実装した定点保持機能（推力調整、当て舵等）の当て舵機能の改良を実施した。ここでは栈橋上部工点検用ROVを用いて、3港（うち1港は夜間）にて栈橋の上部工下面調査を実施し、目視の利かない栈橋下において改良を加えた当該定点保持機能を活用してその効果を確認した。また、斜杭やジャケット式等様々な形式の栈橋を調査対象とすることで、開発技術の現場への適用性を確認した。



定点保持機能を実装した点検用ROVによる栈橋下面調査の実施

○ インフラの長寿命化技術に関する研究

- ・ 暴露試験によるコンクリート、鋼材及び各種材料の長期耐久性評価
長期暴露施設を用いて、コンクリートの塩害劣化予測手法、

コンクリート中鉄筋の電気防食特性および鋼材の集中腐食メカニズム・LWL付近の電気防食特性について検討した。また、各種木質材料の耐久性に関するデータを取得した。

- ・ 海洋構造物の被覆防食工法における性能評価手法の開発

鋼構造物の被覆防食工法の劣化予測手法の確立を目的として、波崎海洋研究施設での鋼管杭の被覆防食工法に関する暴露試験（2021dで37年経過）を継続実施した。また、促進劣化試験・所内暴露試験の結果と、波崎海洋研究施設での暴露試験結果を基に、ペトロラタム被覆工法の劣化メカニズムの解明を進めた。

港湾コンクリート構造物への被覆防食（表面被覆工法）の適用性について、過年度の調査結果（表面被覆材が適用され18年が経過した栈橋上部工）を基にとりまとめを行った。

- ・ 港湾構造物におけるコンクリート工の生産性向上に関する検討

栈橋の杭頭接合部のプレキャスト化に向けて、1/2縮尺の鋼管杭-RC梁接合試験体の載荷実験および数値解析を実施した。杭頭接合方法は、道路橋杭基礎-フーチング接合方法として一般的に用いられている方法を採用した。実験の結果、過年度実験を実施した接合方法と比較して、変位の増加に対する耐荷性の保持に優れる構造であることが確認された。ただし、圧縮側は鋼管杭が、引張側は中詰補強鉄筋が主に負担する耐荷機構であることから、杭頭固定度については低下したが実用上問題ないことがわかった。

- ・ 空港コンクリート舗装設計施工面における効果に関する検討

空港コンクリート舗装には、ひび割れ発生後にその進展を防止することにより、骨材のかみ合わせ確保や異物のひび割れからの侵入防止のため鉄網が設置されているが、この設計施工面の効果が必ずしも明確でないため検討を行った。過年度に構築した試験舗装にダンブトラップによる載荷を実施し、鉄網の有無によるひび割れ発生状況の相違について比較検討を行ったが、この試験の範囲では、有意な差はなかった。

○ 海洋環境下におけるサステナブルマテリアルの適用性評価

サステナブルな社会を形成するためには、構造物（主にコンクリート構造物を想定）の建設時において、天然資源の使用量およびCO₂排出量を削減することが望まれている。また、構造物を高機能化・長寿命化させ、経年劣化や自然災害に対して安全性に余裕を持たせることも望まれている。

リサイクル材料（各種スラグ骨材、高炉スラグ微粉末、フライアッシュなど）の活用は有効な手段である。しかし、実際に使われる例は少ない。この理由として、要求性能が不明確なこと、長期の耐久性を評価する方法が確立されていないこと等が考えられる。

このため、リサイクル材料を用いたコンクリートの諸性能（施工性、耐久性等）の評価、港湾コンクリート構造物（主に無筋）の要求性能の整理および長期耐久性の評価方法の整理、環境調和性の高い材料（特にリサイクル材料）の適用性の評価（これまでの「耐久性」の評価に加えて、「環境負荷（CO₂排出量等）」も含めて、総合的に検討）等に取り組んだ。

2021 インフラの有効活用に関する研究開発

研究の目的・背景

物流量の増大や船舶の大型化への対応、空港機能の拡張、また外力増大などによる既存不適格施設への対応など、既存インフラを機能向上させて積極的に有効活用する要請が強くなっている。また、産業廃棄物や一般廃棄物を受け入れる海面廃棄物処分場などについて、高度有効利用を図ることが社会要請となっている。一方、航路浚渫土砂を受け入れる土砂処分場の用地確保が困難になっており、土砂処分場の長寿命化が求められている。

このため、既存インフラの機能向上、更新や用途変更を効率的に実施できる技術、建設発生土などを減容化や有効利用できる技術、海面廃棄物処分場を有効活用できる技術を開発する。

研究の概要

施設の効率的な更新、建設発生土の有効利用、海面廃棄物処分場の有効活用などを実現するために、以下のサブテーマを設けて研究開発を行う。

- ・ 既存施設の改良・更新技術に関する研究
- ・ 建設副産物等の有効活用・処理技術に関する研究
- ・ 海面廃棄物処分場の管理と利用に関する研究

2021 年度の活動

○ 既存施設の改良・更新技術に関する研究

・ 栈橋の性能規定の高精細化のための栈橋構造の破壊過程の解明
 栈橋の要求性能は、使用性・修復性・安全性にカテゴライズされるが、現状では残留変位量や塑性ヒンジの発生箇所・個数といった性能規定が採用されており、実際的な使用可否・修復可否に基づく規定となっていない。栈橋の実際的な使用可否・修復可否を検討するためには、栈橋の構成部材の降伏後、塑性化後の挙動を含む栈橋構造全体の破壊過程を詳細に把握する必要がある。そのため、将来的な栈橋の性能設計のコンセプト検討及び性能照査方法の課題抽出を行った。具体的には、非耐震施設の偶発状態に対する要求性能や耐震強化施設の性能規定の考え方、それぞれの性能照査方法に関する課題の抽出・整理を実施した。

・ 物理探査を用いた改良地盤の品質評価方法の開発

薬液注入工法を用いて不均質地盤へ液状化対策を実施した場合における、地盤内の改良体の形成状況を3次元的に確認する有効な手法がないため、地盤サンプルの採取が不要な物理探査による改良地盤の品質評価方法、施工管理方法の確立に向けての検討を行った。室内模型実験より、薬液注入中の地盤の変状をリアルタイムでモニタリングできる物理探査手法について適用性の検討を行った。

○ 建設副産物等の有効活用・処理技術に関する研究

・ コアレス地盤調査法の開発とデジタル地盤工学の確立に向けた基礎的研究

原位置地盤内でコアをX線CTスキャンする「原位置デジタルサンプリング法」の開発と、得られたCT画像をもとに地盤の工学特性を評価する一連の試験、解析技術の開発を行い、CT画像を

はじめとするデジタルデータを活用した地盤評価法の高度化、新たな地盤調査法の確立をめざす。

2020年度に実施した模型実験の結果をもとに、X線CTスキャナ内蔵型掘削装置の改良を行い、再度掘削実験を行った。その結果、掘削装置を所定の必要深さまで貫入し、地中でコアをスキャンすることができ、得られた画像では内部の礫粒子が確認できた。

・ 固化改良体の不良箇所が改良地盤全体の強度に及ぼす影響の評価
 健全部の強度と弱部の強度の比、弱部の大きさ、弱部の供試体内の位置をパラメータとして、弱部が一軸圧縮試験時の応力ひずみ関係に及ぼす影響を数値解析的に検討した。解析の結果、固化改良体が未改良部を弱部として含む場合、破壊ひずみはあまり増加せず、強度のみ低下するクラック型の乱れと同じ影響を示すことがわかった。

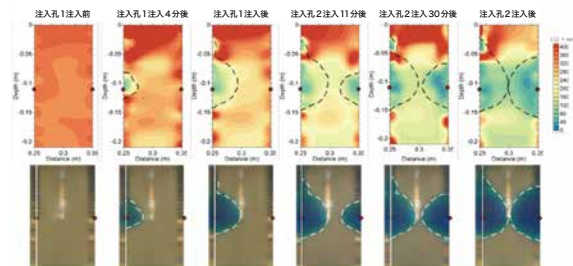
併せて、液化窒素で冷凍した粘土スラリーをモールド内に設置し、そこにスラリー状のセメント改良土を流し込んで養生することで未改良部を含む供試体を作成し、一軸試験を行った。弱部の存在割合及び存在位置を様々に変えた一軸試験結果から、弱部が分散して存在する方が一軸強度低下に及ぼす影響が小さくなることがわかった。

○ 海面廃棄物処分場の管理と利用に関する研究

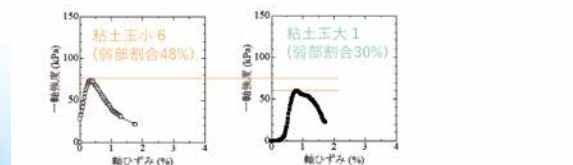
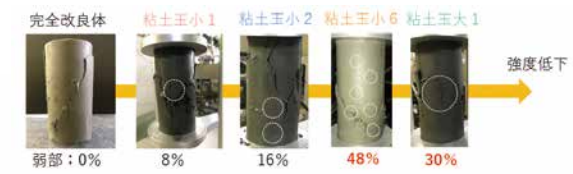
跡地利用やそれに関する課題解決に関するニーズを見極めるために、継続的に情報収集を実施することとした。



X線CTスキャナ内蔵型掘削装置と掘削実験 掘削後地中で撮影したCT画像



リアルタイム計測の結果(上段:物理探査、下段:実際の地盤状況)



弱部割合とピーク強度の比較

3A 海洋の開発と利用に関する研究開発

研究の目的・背景

海洋の利用や開発については、1960年代からその重要性が指摘され、様々な取り組みが行われてきたが、その進展は必ずしも十分ではない。その原因の1つは、海洋には拠点となるインフラがほとんどないことである。そのため、南鳥島や沖ノ鳥島等の遠隔離島に海洋拠点港湾を整備し、海洋の利用・開発を促進する必要がある。これらの離島は通常の港湾とは異なる厳しい波浪環境や施工環境にあり、船の接岸や荷役、施工を円滑に行うにはさらなる技術開発が必要になる。

そこで、これまでに蓄積してきた波浪、海底地盤、港湾構造物や港湾工事等に関する知見を最大限に活用し、遠隔離島の港湾整備を推進するとともに、海洋の利用・開発を促進する。具体的には、孤立リーフ海域の波浪場を解明するとともに、新たな係留システムを開発する。また、音響ビデオカメラの小型軽量化、海洋の利用開発に関する技術開発を行う。

研究の概要

海洋の開発と利用に関する研究開発として、以下の項目について研究開発を進める。

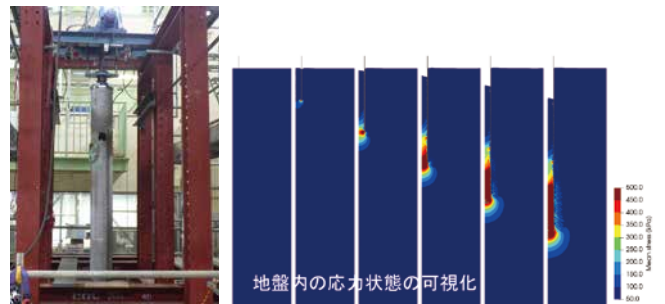
- 船舶の自動離着岸のための防舷材システムの開発では、防舷材システムの吸着機構について、スケールモデルを使用した要素実験によりその吸着効果を含めた構造安定性を検証する。
- マシンガイダンス技術を用いた水中施工機械の多機能化に関する研究では、作業情報呈示システムの他工種適応にむけた基本設計、本均しアタッチメントの実現場適応、音響測位装置の精度検証試験を行う。
- 音響画像システムに関する研究では、前年度までの床掘浚渫工および置換工での実海域実験の成果をもとに、浚渫工ICT化プロジェクトの音響機器として導入検討を行う。
- 洋上風力発電施設に働く波力と洗掘に関する研究では、前年度の波力実験データと数値シミュレーション(CADMAS-SURF)による波力算定結果の比較検証、円柱周りの洗掘防止工に関する大規模実験を行う。
- 洋上風力発電施設の杭基礎の水平抵抗特性に関する研究では、造波装置を用いた遠心模型実験や多方向載荷など、より実現に近い条件下での繰り返し水平載荷実験を行う。
- 深海におけるインフラ材料の力学特性と耐久性に関する研究では、高水圧負荷時のコンクリートの物性に関する実験を行うとともに、前年度に南海トラフ(水深約3515m)に暴露した試験体を回収し、深海での試験体中の圧力・ひずみデータや劣化状況の分析を行う。等

2021年度の活動

- 離島港湾の静穏度向上策に関して、波の多重反射のために複雑な波浪場が形成される岸壁を対象としてNOWT-PARIによる港内波浪変形計算を行うとともに、これを一方向波とみなし周波数スペクトルを与えて算定される従来法による係留船舶の動揺量と、この水面波形をCADMAS-SURF/3Dに入力して得られる新たな浮体動揺解析モデルによる算定結果とを比較し、両者の違いについて考察した。
- 船舶の自動離着岸のための防舷材システムの開発に関して、防舷材システムの吸着機構について、スケールモデルを使用した要素実験によりその吸着効果を含めた構造安定性を確認した。また、係留船舶動揺シミュレーションを用いた数値計算の結果に基づいて、船舶の荷役係留時における防舷材システムによる係留力などの有効性について検討した。
- グリーングレーハイブリッドインフラ適用のためのグレー部材への海生物着生手法に関して、表面形状等を変化させた数種類の試験体を北九州の護

岸に設置して、経時的な海生生物の付着状況についてモニタリングを開始した。また、サンゴのリスキニング技術確立のための基板素材(鋼材、SUS、アクリル)を検討し、今後、サンゴの被覆メカニズムを解明するため分析等を実施する。さらに、現在までの国内外のグリーングレーハイブリッドインフラの事例を分析し、土地空間利用と要素構造物(群)の観点におけるハイブリッドインフラのあり方を整理した。

- マシンガイダンス技術を用いた水中施工機械の多機能化に関して、作業情報呈示システムを他工種に適応させるための機能について検討を行った。また、水中マシンガイダンスおよび遠隔操作支援システムの実現場への適応について那覇港、石垣港で検証し、運用面における課題を抽出した。
- ICT施工への音響画像システムの適用に関して、浚渫船の自動運転を目指して、音響ビデオカメラを用いた施工中のリアルタイムな状況把握をするための水中可視化実験を実施した。また、マルチビームデータクラウド(AIMS)を構築するとともに、海上での通信を伴う測量試験(4G、ローカルWi-Fi)を行った。ICT潜水では、基礎捨石マウンドの天端面における計測と設計断面との比較などの計測精度の確認や、水中・船上作業の双方の可視化ツールなどの開発を行った。
- 洋上風力発電施設に働く波力と洗掘に関して、着床式洋上風力発電施設の円柱基礎周りにおける袋型根固め材を用いた洗掘防止工について、その洗掘対策としての有効性に関する大型模型実験を大規模波動地盤総合水路にて実施した。また、袋型根固め材の耐波安定性および洗掘防止効果の観点から、洋上風力発電施設の洗掘防止工としての適用性を検証した。
- 多様な変動荷重を受ける洋上風力発電施設の杭基礎の水平抵抗特性に関して、過年度と比較して杭径の大きな模型杭を用いて、大型土槽にて杭の貫入および水平載荷実験を行い、杭径が杭の水平抵抗特性に与える影響について検証を行った。また、杭の水平抵抗特性に及ぼす貫入過程の影響について、杭が地盤に貫入する様子をシミュレートできる数値解析手法を用いて検討した。



大口径杭の水平載荷実験

杭の貫入過程の数値解析

- 波と風の同時作用下における洋上風力発電施設の荷重設定手法に関して、過年度に収集した着床式洋上風力発電施設にかかる気象・海象・構造諸元のデータを利用して、FASTを用いた荷重連成解析により、波や風に対する5MW、10MWおよび15MWの実機相当洋上風車の動的応答特性の特徴について解明した。
- 深海におけるインフラ材料の力学特性と耐久性に関して、深海におけるインフラ材料の載荷実験を実施して水圧下でのコンクリートの力学特性に関する基礎データを取得した。また、低温海水によるコンクリートの耐久性を解明するために低温海水水槽を作成し、暴露試験を実施して各種セメント系材料の劣化速度に関する基礎データを取得した。加えて、前年から南海トラフに暴露していた円柱試験体等を回収し分析するとともに、新たに鉄筋コンクリートはり試験体の暴露を実施中である。

4A 沿岸生態系の保全や活用に関する研究開発

研究の目的・背景

干潟やアマモ場、サンゴ礁に代表される沿岸域には、豊かな生態系が形成されており、沿岸域は地球環境にとって貴重な場となっている。しかしながら、高度経済成長期には、活発な経済社会活動に伴い、沿岸域の特に閉鎖性内湾において水質が悪化し、生態系が劣化した。その後の対策により、水質が徐々に改善している沿岸域があるものの、生態系を含めた沿岸域環境の修復は依然として大きな課題である。一方、新たな課題として、沿岸域の機能を気候変動の緩和に役立てることが求められるとともに、臨海コンビナートなどからの大規模油流出に対する対応も必要となってきている。

このため、沿岸域環境のさらなる修復と気候変動の緩和への活用、及び大規模油流出への対応技術の確立を目標とする。沿岸生態系の温室効果ガス吸収効果(ブルーカーボン)を解明するとともに、その機能の有効活用方策を提案する。また東京湾や伊勢湾等において、赤潮や青潮の発生等の水環境をリアルタイムデータを活用して予測するシステムを開発する。さらに国土交通省保有の油回収船の次世代油回収装置、地震や津波に伴う臨海コンビナート等からの油流出への対応技術を開発する。

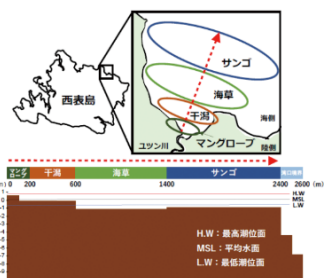
研究の概要

沿岸生態系の保全や活用に関する研究開発として、以下の項目の研究開発を行う。

- ・浅海域における二酸化炭素吸収速度と浸水抑制効果を予測する全球動態モデルの検証の研究では、各要素のサブモデル(波浪モデル・地形底質モデル・生態系モデル)の結合と改良を踏まえ、現地調査に基づく炭素動態データ等との比較を通じたモデル検証を行う。
- ・減災と生態環境を両立する沿岸地形・地盤デザインの創成では、これまでに得られた知見を統合し、沿岸域における多様な動的外力作用に対する減災効果を有しつつ多様な生物生息を実現しうる減災と生態環境を両立する沿岸地形・地盤デザインを創生・提示する。
- ・アマモ場生態系の機能向上技術に関する研究では、瀬戸内海等のモデルケースの事例を参考とし、アマモ場の維持および再生のための手法の検討を進めるとともに、アマモ場上動物の捕食実験等を通じたアマモ場の餌場としての機能評価を行う。
- ・油濁対策技術に関する研究開発では、ネットワーク対応型の油漂流予測システムの改良を行うとともに、バブルカーテンの集油特性等の機能向上に関する実験、環境整備船へのバブルカーテンの実装検討、沈船からの油抜き取り技術の検討を進める。

2021年度の活動

○浅海域における二酸化炭素吸収速度と浸水抑制効果を予測する全球動態モデルの検証に関しては、全球における炭素循環・生態系モデルならびに波浪・地形モデルの開発と検証、地



モデルサイトの生態系分布と断面地形

形・生態系データの収集とGIS解析を継続して実施した。また、大型海藻場の炭素動態に関する現地調査や現地実験と数値モデル解析を実施し、これら現地調査結果および数値計算結果をとりまとめた。さらに、技術研究組合(JBE)と国土交通省との連携による、オフセットクレジット(Jブルークレジット)の試行と手引書を作成した。

○減災と生態環境を両立する沿岸地形・地盤デザインの創成に関しては、これまでに得られた知見を統合し、沿岸域における多様な動的外力作用に対する減災効果を有しつつ多様な生物生息を実現しうる減災と生態環境を両立する沿岸地形・地盤デザインを創生・提示した。

○湾口における大気・海洋環境モニタリングと解析に関しては、大気モニタリングでは海洋研究開発機構が開発した小型センサーによる大気計測の常時観測を開始し、一方、海洋モニタリングでは流動と水質のモニタリングを継続し、これまでに蓄積された膨大なデータの解析による東京湾湾口の複雑な3次元流動・水質構造について検討した。

○環境変動に対する水圏生態系の応答に関する数値的検証に関して、過年度までに開発された数値シミュレーションモデルにより、地形や流入負荷の変化と水質変化への影響を評価するため、過去の伊勢湾・三河湾を対象とした再解析を行った。

○アマモ場生態系の機能向上技術の開発に関して、瀬戸内海等をモデルケースとし、アマモ場の環境条件と種子の加入のしやすさを整理し、より有効な再生手法(環境改善あるいは移植)の評価を行った。さらに、アマモ場の餌場としての機能の評価手法の開発として、環境DNAの手法を導入した調査を通じて、葉上動物の捕食実験および餌場としての評価を行った。

○データ同化による沿岸域の流動及び水質環境の解明に関して、伊勢湾を対象とした水温と塩分の実観測値を用いた通年のデータ同化結果の解析及び、同化の手法の違いによる同化結果の違いについて検証を行った。

○主要内湾の沿岸情報の収集・発信基盤強化に関して、4K高解像度画像による波浪モニタリングを東京湾口で開始し、また、生物多様性データベース、沿岸浸水マップ、東京湾統計情報、フェリー観測データの配信に向けたアウトプットプラットフォームの構築を開始した。

○自然災害等を含む多様な流出油防除に向けた新技術の研究開発に関して、WEBアプリケーション型とすることで、ネット接続された任意の端末によりブラウザを介して油漂流予測が行えるシステムを構築した。一方、新しい油回収装置の開発においては、水中バブルカーテンと油の吸引に先端エジェクタを採用した集油ブームレス、回収ポンプレス型の油回収装置の開発を進めている。これまでの成果は特許により権利化した。さらに、軽石漂着問題に急遽対応するため、油回収機の要素技術を活用した軽石回収装置の検討も行った。

4B 沿岸地形の形成や維持に関する研究開発

研究の目的・背景

港空研における漂砂研究は航路埋没を防ぐための移動限界水深の研究から始まり、現在では、砂のみならずシルトを対象とした航路埋没対策工法が示されている。しかし、国内においては、依然として埋没の進行している港湾があり、また、海外においては、日本に比べてはるかに多くの量の土砂の堆積が想定されている港湾があり、これら航路・泊地の埋没に対応する技術は十分とはいえない。一方、貴重な砂浜は、高度経済成長期に多く失われ、現在でも砂浜の消失は続いている。砂浜のもつ防護、環境、利用の機能が見直され、海岸の侵食対策が実施され、砂浜が回復している海岸があるものの、地球温暖化によって将来的には海岸侵食が生じることも想定されている。また、遠隔離島や海外に目を向けた場合、砂浜だけではなく、サンゴ礁海岸などの保全も重要になってきている。

ここでは砂浜、マングローブ海岸、サンゴ礁海岸などの自然な沿岸地形や物流を支える航路・泊地などの人工の沿岸地形を今後の気候変動のもとにおいても維持することを目標とする。また、地球温暖化が進行した場合の海岸侵食現象の変化、航路や泊地の埋没現象の変化を予想し、その対策を提案する。さらに、アジアの大河川河口部、マングローブ、干潟等における埋没現象の解明とその対策を提案する。

研究の概要

沿岸地形の形成や維持に関する研究開発として、以下の項目の研究開発を行う。

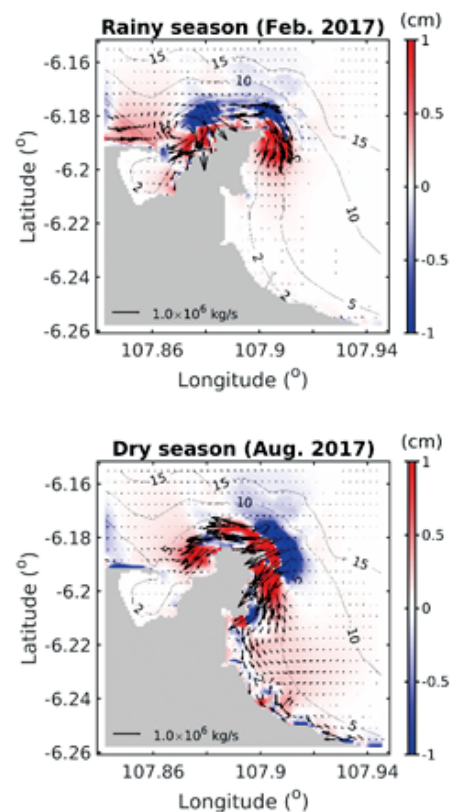
- ・ 気候変動に伴う全球的海浜地形変化予測手法の開発では、これまでに構築したモデルを一般化し、将来の気候予測シナリオを用いた各地海岸での汀線変化の予測に応用する。また、ディープラーニング型断面地形変化モデルの改良および適用性の検討を進める。
- ・ 波崎海洋研究施設における観測と海岸地形変化予測モデルの開発では、波崎海洋研究施設での現地観測を継続するとともに、現地港湾および周辺海岸の地形変化予測・対策工の検討を行う。
- ・ 航路・泊地埋没の軽減化のための底質移動制御手法の開発では、これまでに構築した砂泥混合底質モデルの実海域への応用を進め、検討対象となる海域ごとの土砂動態特性を反映したシミュレーション・システムの構築と、埋没量軽減策に関する検討を行う。

2021 年度の活動

○気候変動に伴う全球的海浜地形変化予測手法の開発に関して、ディープラーニングによる海浜地形断面変化モデルを構築し、断面地形の時間的変化と断面地形のREOF解析データの再現計算を実施した。

○波崎海洋研究施設における観測と海岸地形変化予測モデルの開発に関して、海象観測カメラの画像データを活用した波向き観測手法を開発し、また碎波による地形変化を考慮した海岸地形変化予測モデルについて検討を行った。

○河口域周辺での土砂輸送および航路・泊地への集積機構の解明に関して、インドネシア・パティンバン海岸を対象として、ジャワ海特有の風場の変化(モンスーン風、海陸風)による波浪外力の変動を考慮した底質輸送ツールを確立し、さらに港湾施設(航路浚渫地形、外郭施設等)の詳細形状を考慮可能な数値計算ツールへの改良を進めた。



熱帯域での風場の変動特性を考慮した底質輸送シミュレーション

2021 年度に実施した基礎研究

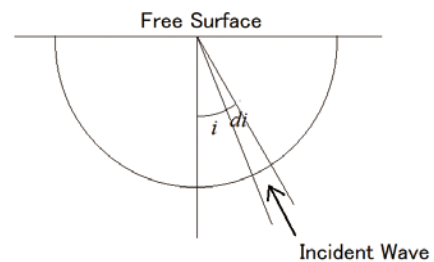
波浪・海浜・地盤・地震・環境等に関する基礎研究は研究所が取り組むあらゆる研究の基盤であることから、自然現象のメカニズムや地盤・構造物の力学的挙動等の原理・現象の解明に向けて積極的に取り組んでいる。

研究実施項目名 (基礎研究)	
1	港湾地域および空港における強震観測と記録の整理解析
2	地震災害および被災要因調査
3	震源近傍強震動の予測手法の開発
4	液状化による沈下・流動の新たな予測手法の開発
5	波・流れに対する沿岸地盤構造物の安定性評価と補強技術の開発
6	マングローブに働く津波波力とその変形に関する研究
7	海象観測データの集中処理・解析に基づく海象特性の解明
8	日本沿岸域を対象とした波浪推算手法の課題整理と高度化
9	暴露試験によるコンクリート、鋼材及び各種材料の長期耐久性の評価
10	海洋構造物の被覆防食工法における性能評価手法の開発
11	海洋環境下におけるサステナブルマテリアルの適用性評価
12	栈橋の性能規定の高精細化のための栈橋構造の破壊過程の解明
13	コアレス地盤調査法の開発とデジタル地盤工学の確立に向けた基礎的研究
14	電気浸透脱水を用いた浚渫土の減容化に関する研究
15	多様な変動荷重を受ける洋上風力発電施設の杭基礎の水平抵抗特性の解明
16	深海におけるインフラ材料の力学特性と耐久性の評価
17	グリーングレーハイブリッドインフラ適用のためのグレー部材への海生生物着生手法の実験的検討
18	浅海域における二酸化炭素吸収速度と浸水抑制効果を予測する全球動態モデルの検証
19	アマモ場生態系の機能向上技術の開発
20	環境変動に対する水圏生態系の応答に関する数値的検証
21	波崎海洋研究施設における観測と海岸地形変化予測モデルの開発
22	気候変動に伴う全球的海浜地形変化予測手法の開発
23	航路・泊地埋没の軽減化のための底質移動制御手法の開発

基礎研究の事例

震源近傍強震動の予測手法の開発

強震動の特性を決める重要な要因の一つにサイト増幅特性がある。サイト増幅特性は同一港湾内でも場所毎に大きく異なる場合がある。サイト増幅特性のゾーニングには、常時微動観測から得られる水平動と上下動のフーリエスペクトルの比(常時微動H/Vスペクトル)が用いられている。実務に欠かせぬものとなっている常時微動H/Vスペクトルであるが、その弾性論的な解釈については未だに定まっていないのが実情である。Rayleigh波の粒子軌跡を表すとする説もあったが、最近提案されている魅力的な説は、地表面に水平方向のインパルス加振を行った際の反射波と、上下方向のインパルス加振を行った際の反射波のスペクトル比が常時微動H/Vスペクトルであるとする説(Sanchez-Sesma et al., 2011)である。この説が成立するためには様々な前提条件が必要であり、その一つに、基盤内を伝播するS波とP波のエネルギー比が $2(\alpha/\beta)^3$ であるというものがある。2021年度は、この条件が成立しうるものかどうかについて理論的検討を加え、成果の一部を英文ジャーナルで公表した(Nagasaka and Nozu, 2022)。我々の検討結果によると、自由表面にS波とP波が等方的に入射して反射する現象が繰り返し起きるとき、初期条件によらずS波とP波のエネルギー比は $2(\alpha/\beta)^3$ に近づいていく。



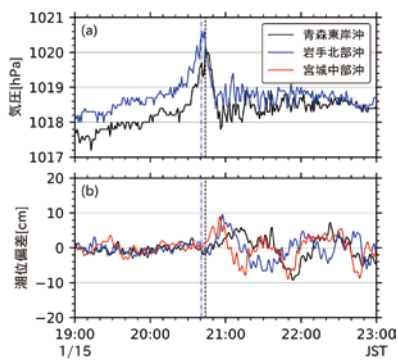
自由地盤に任意の方向から入射する平面波
(Nagasaka and Nozu, 2022)

海象観測データの集中処理・解析に基づく海象特性の解明

本研究では、全国港湾海洋波浪情報網(ナウファス)で取得された海象観測データの処理・解析を継続的に行うことで、各港湾における波浪の出現特性を解明するとともに、当該年に発生した顕著な海象事例については詳細な解析を実施している。

近年、2018年台風21号では大阪湾、2019年台風15号では東京湾において、波浪や高潮による港湾施設の被災が発生したが、本年の解析対象である2020年の波浪については、台風の発生・接近が少なかったことなどから、日本沿岸で顕著な高波の発生はなかった。

一方、波浪以外の顕著な海象事例として、2022年1月15日に発生したトンガ国の海底火山噴火に伴って、東北地方太平洋岸に襲った潮位変化(津波)の解析を行った。解析の結果、久慈港の検潮所では最大106cm程度の津波を観測するとともに、沖合に設置されたGPS波浪計では搭載された気圧計の気圧値が短時間で急激な上昇・下降した直後に潮位偏差が発生するなど、少なくとも初期の潮位偏差は大気波による空振現象によるものと示唆される貴重な観測結果を得ることができた。



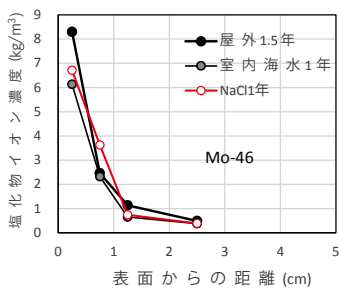
GPS波浪計の気圧(a)と潮位偏差(b)の時系列変化
(黒点線と青鎖線は青森東岸沖と岩手北部沖の気圧ピーク時)
★急激な気圧変化の直後に、潮位偏差が発生していることがわかる。

暴露試験によるコンクリート、鋼材及び各種材料の長期耐久性の評価

港湾・空港施設は、一般的に50-100年程度の耐用年数が要求される。一方、これらが位置する環境は海洋環境下という極めて厳しい環境である。このような厳しい環境下における各種建設材料(コンクリート系、鋼材、防食材料等)の長期耐久性の評価を、実環境下における暴露試験に基づいて行うことが期待されている。

本検討では、海洋環境下における各種建設材料の長期耐久性を、実環境下における長期暴露試験を基に評価し、使用材料を選択する際の有益な情報を提示する。2021年度における、主な実施内容は以下のとおりである。

- ・コンクリートの塩害劣化予測手法(塩分拡散性状等)、海水作用等によるコンクリート自体の劣化について検討を行った。
- ・海水循環水槽、実環境での暴露試験等を基に、鋼材の集中腐食メカニズム、L.W.L.付近での電気防食特性に関する検討を行った。
- ・各種木質材料の海水中および気中での耐久性について検討を行った。



モロッコで製造されたコンクリートの試験結果
(暴露1.5年後の塩化物イオンの侵入状況)

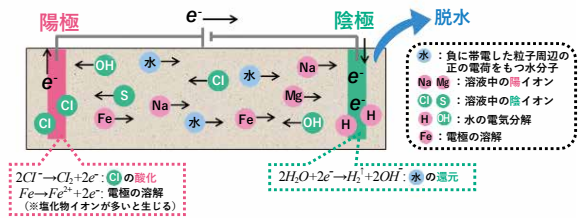
電気浸透脱水を用いた浚渫土の減容化に関する研究

船舶の大型化に伴う航路や泊地の維持整備及び岸壁前面の増深等を目的とした浚渫により、毎年多量の浚渫土が発生している。浚渫土をより多く処分する方策の一つとして、浚渫土を圧密脱水し、その容積を減少させることで減容化を図る方法が考えられている。浚渫土の減容化に適用可能であると考えられる手法として、電気浸透を用いた圧密脱水が挙げられる。これは、土中に直流電流を加えて土中水を電気浸透により強制脱水させる電気浸透脱水

を用いた圧密方法である。多くの場合、粘土粒子は水中で負に帯電している。そのため、土粒子表面付近の正に帯電した間隙水は通電により陰極側へ移動する。これにより陰極側から間隙水の脱水が生じるため、電気浸透脱水と呼ばれている。

本研究では、電気浸透脱水が浚渫土の減容化手法として適用可能かどうか検討することを研究目的としている。2021年度は、電気浸透脱水による圧密脱水効果について調べるため、通電可能な圧密試験装置を製作し、東京湾粘土及びカオリン粘土を用いた電気浸透圧密試験を実施した。

電気浸透の原理 = 水・イオンの移動 (海成粘土のため NaCl が存在)



電気浸透原理の模式図

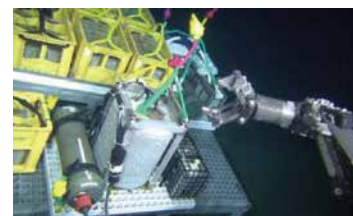


電気浸透圧密脱水試験前後の東京湾粘土供試体

深海におけるインフラ材料の力学特性と耐久性の評価

国土の周りを海に囲まれた海洋国家である日本は広大な領海とEEZを有しており、これらの多くは水深200m以上の深海である。近年、様々な分野において深海の利活用が検討されており、これらの活動に必要な深海でのインフラ基盤の必要性も認識されつつある。セメント系材料や鋼材などのインフラ材料はこのようなインフラ基盤を構築する上で重要な材料であるものの、深海という極限環境においてどのように振る舞うか、ほとんど理解されていない。特に、水深100～300mを対象として、今後浮体式洋上風力発電等の展開が期待されており、アンカーにコンクリート等が活用される可能性もあるが、基礎データの充実が求められている。

本研究では、深海におけるインフラ材料の力学特性と耐久性を評価することを目的として、2020年度に水深3500mの深海底に設置したセメント硬化体を2021年



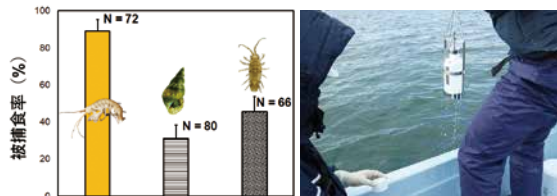
水深3500mの深海底の暴露試験体の
その場計測状況

7月に回収し、セメント硬化体の力学特性を明らかにするとともに、表面の劣化性状等を評価した。また、ひずみ挙動や内部水圧の変化のその場計測により深海でのセメント硬化体の変形挙動等を明らかにした。さらに、室内実験で、X線CT装置を活用した計測を行い、高水圧負荷状態におけるセメント硬化体の液状水の浸潤挙動とひずみ発生挙動の関係性を明らかにした。

アマモ場生態系の機能向上技術の開発

港湾事業においては浅場やアマモ場の造成等、環境への配慮が行われる。しかし、アマモ場が有する機能は場所や時間的に大きく変動することから、どのような機能が発揮されるのか、そして、それがどのように環境へ配慮できているのか、評価することは容易ではない。

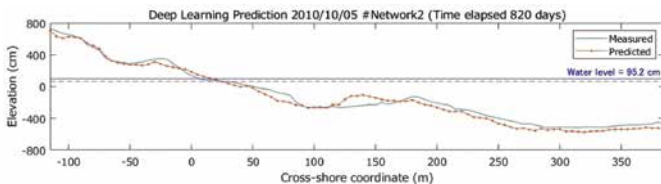
本研究では、アマモ場の魚類等の餌場としての機能に着目し、大規模な現地実験により、ヨコエビ等の甲殻類が魚類等にとっての餌となりやすい動物であることを示した。さらに、その機能の効果を低費用・低労力でモニタリングするための環境DNA技術を利用した調査手法を開発した。これらの成果より、ヨコエビ等の甲殻類の住環境を安定させたアマモ場を造成することで魚類等の餌場としての機能が期待できることを示し、さらに、その機能の効果をモニタリングできる手法を提示した。



アマモ場の機能向上に関する成果
(左)現地アマモ場における実験の結果、
(右)環境DNA技術に基づく調査手法

気候変動に伴う全球的海浜地形変化予測手法の開発

将来の海面上昇や気候の変化によって生じる海浜地形変化を精緻に予測し、それによって生じる沿岸災害リスクに基づいた適切な対策を検討する必要がある。本研究では、海浜地形の長期観測データを用い、様々な海浜において気候変動によって生じる汀線変化を予測可能なモデルを構築することを目標とし、ディープニューラルネットワークの一つであるLSTMネットワークを利用した予測モデルを構築した。本モデルに対して、波崎海岸で観測された過去18年間の海浜地形断面の日変化を用いて学習を行い、6年間の海浜地形断面の毎日の変化を予測し、検証した。本モデルによる沿岸砂州の予測精度は必ずしも十分でなかったものの、前浜地形については長期間安定して比較的高精度に予測ができた。気候変動と関連するより長期の地形変化の予測については、今後さらなる検討が必要である。



LSTMネットワークによって予測された計算開始から約2年後の
海浜地形断面(茶色)と観測された地形断面(青色)

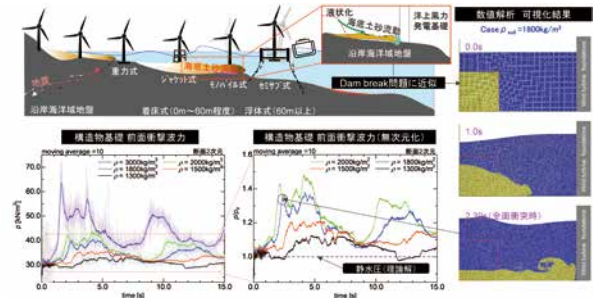
2021年度に実施した萌芽的研究

独創的な発想、先進的な発想に基づく研究であって、かつ将来の研究所の新たな研究分野を切り開く可能性を有する萌芽的研究を実施した。

海底液状化土砂流動が浮体式洋上風力・海洋構造物に及ぼすインパクト評価と非線形挙動解析

地震や波浪に伴う海底地盤の液状化・地すべり現象は、洋上風力係留チェーン切断やアンカー損失、浮体間衝突、杭基礎の損壊、周辺地盤の洗掘等の様に甚大な連鎖被害を海洋施設等に及ぼす。しかしその被害の規模や範囲、頻度等の詳細評価技術は国内外問わず未だ整備されていない。そこで本研究は、海底地すべりによって発生する土砂流動体が浮体式洋上風力や海洋構造物基礎に及ぼす一連の衝撃現象を評価可能な数値計算手法(粒子法:MPS法)を開発すると共に、実海域に導入される浮体式洋上風力や海洋構造物を対象とした本モデルの適用可能性について検討することを目的とした。

海底液状化及び地盤流動現象について、実験データや既往観測データ等との突き合わせにより、有効応力がゼロ且つ、構造骨格が完全に壊された流動過程を解析可能な数値モデルをMPS法に適用展開した。さらに、本モデルを用いて比較的水深の浅い沿岸域に設置されるモノパイル式洋上風力発電を対象とし、基礎部に作用する衝撃圧や液状化流動が海面変動に及ぼす流体場の影響を検討した。結果、基礎部に作用する衝撃圧は、土砂流動本体の衝撃圧の他、攪乱された海面変動場による変動圧も大きく影響することが確認できた。また、液状化土一流体境界面フロントや、二相混合の挙動をよく捉えられていることを確認し、本現象へのMPS法モデルの適用可能性が高いことを確認した。



海底液状化土砂流動が洋上風力発電へ
及ぼす災害連鎖概念図及び本研究結果

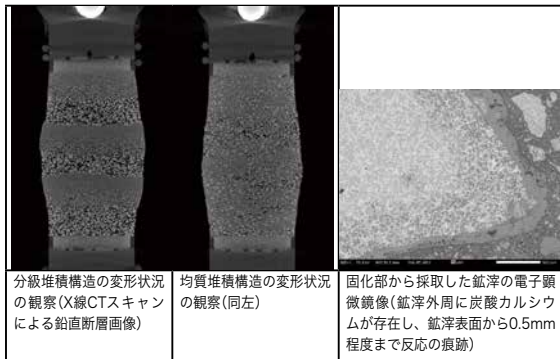
分級堆積構造を有する鈹滓の力学的・物理化学的特性に関する実験的研究

本研究は、裏込め材として利用される鈹滓に着目し、分級堆積構造を有する鈹滓の力学的および物理化学的特性を実験的に調べるものである。鈹滓に限らず粒状体地盤では、粒子配向性などの構造異方性や互層地盤など材料や密度の不均質性が地盤全体の力学特性に有意な影響を与えることが知られているが、鉄鋼スラグなどを主とする鈹滓の場合には材料自身が水硬性を持ったため、その力学特性はより複雑なものとなることが予想される。他方、

基礎研究と萌芽的研究

粒状体地盤の分級堆積構造は、均質な堆積構造に比べて、非常に高い強度(静的圧縮強度や液状化強度)を発揮することが確認されているが、そのメカニズムを明らかにした研究は非常に限定的である。また、鉱滓の長期的な反応性や固化特性を明らかにすることで、地盤材料のライフサイクルにおける挙動評価が可能になり、時間軸を考慮した新たな設計体系の構築が期待できる。

本研究では、裏込め材として既に利用されている鉱滓および比較のための地盤試料数種類を対象として、分級の程度や材料の固化反応性に着目した三軸圧縮試験による力学試験、X線回折やSEM等を利用した対象材料の化学分析を行った。三軸圧縮試験やX線CTスキャンを用いて変形特性を分析した結果、分級堆積構造のうち特に大きな粒径範囲付近において顕著な膨脹挙動が確認され、このような変形挙動の違いが分級堆積構造の高い強度に寄与していることがわかった。また、鉱滓に対する種々の化学分析の結果、固化反応性を定量的に評価し得る指標が確認された。今後、地盤の堆積構造と固化反応性の関係をさらに詳細に調べ、鉱滓の長期的な挙動評価に役立てていく。

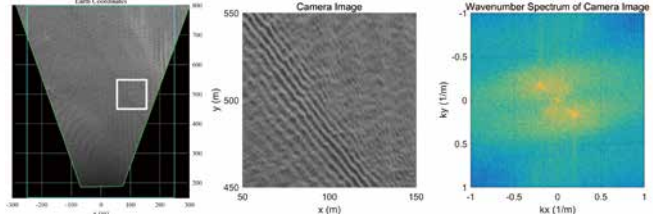


4K カメラによる沿岸災害モニタリングとビッグデータ分析

2019年台風15号による猛烈な海上風は東京湾内で観測史上最大の高波を引き起こし、横浜港では海岸構造物の崩壊と後背地の浸水など甚大な沿岸被害が発生した。高精細な監視カメラ映像をリアルタイムで確認することは被災箇所との識別と早期復旧に貢献する。また事後解析から当時の海象状況を把握することは、被災原因を解明する上で有効な研究手法となる。放送や医療分野などでの4Kカメラの急速な普及に伴い、監視・防犯カメラ分野でも技術革新が進んでいるが、カメラを沿岸災害の防災・減災に役立てるためには、1. 波浪現象をとらえるために高画素機であること、2. 夜間や暴風時でも撮影可能な全天候型であること、この2つが必要不可欠である。近年のCMOSセンサーの革新的技術開発によりこれらの条件はクリアされつつあり、沿岸防災への利用可能性が急速に高まっている。このことに着目して本研究では4Kカメラによるモニタリングシステムを開発し、港湾施設を含む沿岸域の監視情報に関係行政機関と共有することで防災・減災へ役立てることを最終的な目標とした。

高精細4Kネットワークカメラ(解像度: 3840x2160、15fps常時記録、夜間撮影可能)を用いて、沿岸災害のリアルタイム監視システム開発と多点展開によるビッグデータを取得した。得られた4K映像の海面輝度スペクトルから2次元波数ベクトルを推定し波向きの算出に成功した。波浪統計量を推定するアルゴリズムは現在も開発中であり、より広範な波浪統計量推定が可能となれば新たな波

浪観測手法としての発展性がある。構築した4Kカメラシステムは沿岸域にプラットフォームがあれば任意の個所に展開が可能である。これらのビッグデータを地方自治体等と共有することで減災や被災原因の解明に利用できるアウトプットとなることが期待される。



観音崎レーダー施設で撮影された4Kカメラ画像と海面輝度スペクトル推定結果

2次元コードを活用した水中ロボットの自動化・遠隔化に関する検討

本検討では、2次元コードを使った指示による水中ロボットの操作の実現を目標として、QRコード等の2次元コードを用いた水中ロボットの簡易な指示方法について検討と実験を行った。

そこで、2次元コードを認識し水中ドローンの動作を制御するためのアプリを制作した。また、海上、海中において常時位置が変化する水中ドローンを制御するためには、認識した2次元コードの情報を即座に制御アプリに伝送する必要があることから、安価で高速通信できるカメラを選定するとともに、専用の防水ケースを製作して水中ドローンに設置した。さらに、所内の水槽内の模擬桟橋に2次元コードを設置し、0.2m程度の造波環境下において実証実験を行い、効果や課題の抽出を行った。



使用した水中ドローン



造波環境下での実験状況

その結果、造波環境下でも水中ドローンは2次元コードを認識し、指定した位置まで自動で移動するとともに、定点保持できることを確認した。また、2次元コードの認識の頻度等についての課題が確認できた。

港湾構造物水中部の点検用水中ロボットの自動操縦手法の検討

本研究は、災害時の応急的な構造物水中部の状況確認や、潜水士による構造物水中部の目視調査を効率的に実施するための事前状況把握への水中ロボットの活用促進のため、水中ロボットの航行を一部自動化することを目的とした。市販の水中ドローンをベースマシンとした水中ロボットを用い、構造物の直立壁面水中部の画像取得を行うことを想定して、自動化を行った。



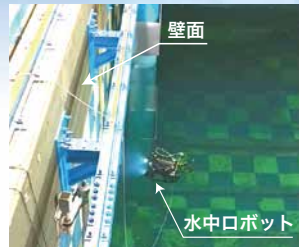
実験に使用したロボット

はじめに構造物にケーブルが絡まることを防ぐため、ベースマシンの無線化を行った。

ロボットが水面にあるときは、電波通信(無線LAN)で、陸上の操

基礎研究と萌芽的研究

作者がデータの取得、遠隔操作を行えるように無線アンテナを設置した。また、ロボットが水中にあるときは通信できないため、水中ロボット本体に取り付け外付けモジュールを製作し、自動操縦機能を付与した。さらに、点検用に機体に水中カメラを取り付けた。



実験時の状況

その後、自動航行機能の確認のため、水槽実験を実施した。その結果、自動航行により、直立壁面の方に水中カメラを向け、構造物と一定距離を保持しながら移動する自動航行が行えることを確認した。

触診感覚で評価可能なコンクリート中铁筋の腐食探査手法の開発

鉄筋コンクリート構造物中の鉄筋の腐食状態を把握する手法として交流インピーダンス法がある。交流インピーダンス法では、コンクリート表面から鉄筋に電気を流し、腐食性状を測定するが、電流印可のために鉄筋と電源を接続する必要がある。したがって、多くの場合、コンクリートの一部を削孔し、鉄筋にリード線を接続する必要があり、利便性の面で障害となる。



図1 本手法を搭載した腐食診断機

本研究では、コンクリート表面に電極を複数配置し、独自の回路を形成することで、鉄筋と電源を直接接続することなく交流インピーダンス法を適用する方法を開発した。すなわち、本手法ではコンクリートの削孔は不要である。本手法を搭載した腐食診断機(図1)を製作し、鉄筋と接続した場合(既往法)と接続しない場合(本手法)の測定結果を比較した。図2がナイキストプロットと呼ばれる交流インピーダンス法測定結果の一例である。既往法と本手法でほぼ同じナイキストプロットが得られており、コンクリートを削孔することなく、交流インピーダンス法が適用可能となったことが示された。

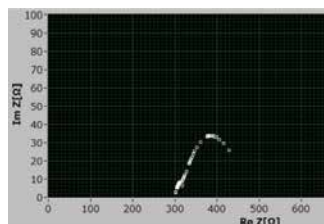


図2 本腐食診断機の測定結果

図2が既往法の測定結果

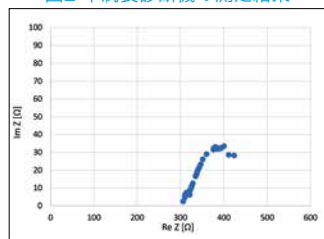


図2 既往法の測定結果

シラス発泡体を用いたコンクリート用高機能マイクロカプセルの開発

コンクリート構造物の劣化進行の起点となりやすいひび割れに対して、コンクリート自らひび割れを修復しコンクリート構造物の健全性を保つ、自己治癒コンクリートが注目を集めている。自己治癒コンクリートは無機系、有機系、微生物系の3つに大別されており、その中でも微生物系は生物代謝によりひび割れを閉塞する機構が特徴的である。

本研究では、好気性微生物である納豆菌に着目し、生物代謝によるひ

び割れ閉塞効果だけではなく、納豆菌の“呼吸”によりコンクリート中に貧酸化して鉄筋腐食抑制効果も期待する高機能自己治癒コンクリートの開発、さらに納豆菌を効率的にコンクリートへ添加するためのマイクロカプセル材の開発を実施した。マイクロカプセル材には天然ポズラン材料であるシラスバルーン、シラス軽石を選定し、これらに納豆菌を吸着させることでカプセルとしての役割を持たせるとともに、副次的効果として、シラスのポズラン反応によるコンクリートのさらなる緻密化も期待した。

下記の写真は、納豆菌とマイクロカプセルの有効性を確認するために、納豆菌を添加したモルタル試験体に対してひび割れを導入し、水中に所定の期間暴露した結果である。納豆菌未添加のモルタルではひび割れ閉塞は確認されなかったものの、シラスバルーンやシラス軽石に納豆菌を吸着しモルタルに添加したケースでは、ひび割れ部からカルシウム由来の物質が析出しておりひび割れを閉塞していることが確認された。

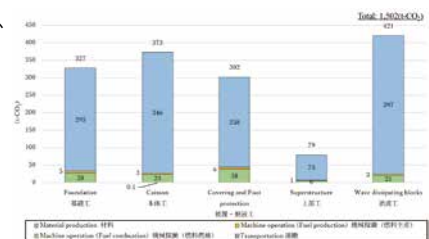


ひび割れを導入したモルタル試験体の自己治癒効果の確認

カーボンニュートラル実現に向けた港湾構造物におけるGX（グリーントランスフォーメーション）戦略の提案

脱炭素化に向けた動きが活発化する中、日本の港湾分野においてはカーボンニュートラルポート(CNP)の形成に向けた取組みが進められており、港湾構造物の建設時における低炭素化についても重要性が高まっている。低炭素化を効率的に進めるためには、港湾構造物の建設時のCO₂排出量を数値化し、CO₂排出の特性を把握した上で、効果的な低炭素化方策を検討する必要があるが、港湾構造物の建設に関するCO₂排出量の知見は十分に蓄積されていない。

本研究では、CO₂排出量の算定手法について整理するとともに、消波ブロック被覆堤の建設時のCO₂排出量の数値化を行っ



消波ブロック被覆堤の建設時のCO₂排出量

た。その結果、材料製造由来のCO₂排出量が90%近くを占め、その中でもコンクリート由来が70%程度を占めること、また、機械の稼働によるCO₂排出量としては陸上機械よりも作業船のほうが多くの割合を占めること等が明らかになった。このようにCO₂排出の特性を明確化することにより、削減目標毎に必要な技術開発の具体的な方向性等が示唆された。また、CO₂排出量の多くを占めるコンクリートについて、セメント種類を変化させる(普通、高炉B種、高炉C種)ことにより、建設時のCO₂排出量を30~45%程度削減できること等が分かり、低炭素型材料への置き換えの有効性や海洋環境において適用可能な低炭素型材料の開発の必要性が改めて示された。更に、低炭素型材料の開発に向けた検討として、CO₂ナノバブル水や浚渫土を用いた炭素固定に関する基礎的検討を行い、その効果や課題を確認しており、引き続きの検討を行っているところである。

研究成果の公表

査読付発表論文数(2021年度)

和文論文数	外国語論文数	合計	外国語論文比率
61	63	124	50.8%

※要旨査読のみのプロシーディングスも含む

2021年度に刊行された港空研報告

番号	表題	著者	和/英	刊行
60-1-1	波の遡上域における海浜地形変化に及ぼす潮汐変動の影響に関する検討	伴野雅之・栗山善昭	日本語	2021年6月
60-1-2	2019年台風15号による横浜港に襲来したうねり性の波浪	田村仁・川口浩二・岩本匠夢・藤木峻	日本語	2021年6月
60-1-3	富山湾・寄り回り波の力学機構	田村仁・川口浩二・藤木峻	日本語	2021年6月
60-1-4	仮設被覆工の耐波安定性について	鈴木高二郎・久保田博貴・田中敦	日本語	2021年6月
60-1-5	パラペット後退型護岸に働く波圧に関する検討	鈴木高二郎・久保田博貴・鶴田修己	日本語	2021年6月
60-1-6	プレート境界断層デコルマ帯におけるスロースリップ発生メカニズムに関する研究	杉山友理・橋伸也・森川嘉之	日本語	2021年6月
60-1-7	MPM-剛体シミュレーションのための最小二乗法を用いた摩擦接触アルゴリズムの開発と開端杭の地盤への貫入挙動への適用	中村圭太・松村聡・水谷崇亮	日本語	2021年6月
60-2-1	テンプレートマッチングを応用した堤体位置検出解析手法の開発	松村聡・水谷崇亮・酒井勝・崎本昌稔・松村秀佳・竹内えり	日本語	2021年9月
60-3-1	劣化したPC栈橋上部工の構造性能に関する解析的検討	田中豊・川端雄一郎・加藤絵万・鈴木良和・河邊修作・中嶋道雄・石井豪・立神久雄・小笠原哲也	日本語	2021年12月
60-3-2	MPMを用いた開端ストレート・テーパ杭の支持力特性に関する解析的研究	中村圭太・松村聡・水谷崇亮	日本語	2021年12月

2021年度に刊行された港空研資料

番号	表題	著者	和/英	刊行
No.1385	波力発電浮消波堤による波浪低減効果に関する基礎的検討	米山治男・加島寛章	日本語	2021年6月
No.1386	港湾地域強震観測年報(2018)	長坂陽介・野津厚	日本語	2021年6月
No.1387	軟弱地盤着底式防波堤の圧密沈下が水平抵抗力に与える影響	松村聡・水谷崇亮・酒井勝	日本語	2021年9月
No.1388	名古屋港飛鳥島地区における鋼管杭の打込み記録の分析と施工管理手法に関する一考察	水谷崇亮・松村聡・藤田亨・竹内泰弘・可児昌也・三枝弘幸・岸靖	日本語	2021年9月
No.1389	インドネシア・Patimban 海岸周辺海域での季節変動を考慮した土砂移動に関する現地調査	中川康之・伴野雅之・小谷大地・田村仁・A. Bagyo Widagdo・Dinar C. Istiyanto	日本語	2021年9月
No.1390	水中バックホウを対象としたマシンガイダンスシステムの構築と精度検証	喜多司・平林文嗣・高尾俊輔・吉江宗生	日本語	2021年9月
No.1391	開端ストレート・テーパ杭の支持力特性に関する大型模型実験	中村圭太・元水佑介・松村聡・水谷崇亮・大下英治・新谷聡・坂本易隆・末政直晃	日本語	2021年12月
No.1392	海洋鋼構造物に適用された電気防食の維持管理に関する検討	山路徹・原将之・能登谷健一・山廻伸充・高橋康弘・小林茂則・渡部昌治	日本語	2021年12月
No.1393	吸い出し・陥没抑止に向けたケーソン目地透過波低減法	佐々真志・石坂修	日本語	2021年12月
No.1394	港湾地域強震観測年報(2019)	長坂陽介・野津厚	日本語	2021年12月
No.1395	船舶の平行舷長さおよび受風面積に関する統計解析	米山治男・加島寛章	日本語	2021年12月
No.1396	水中バックホウによる捨石マウンド本均し作業の遠隔操作化に向けた本均しアタッチメントの提案と性能試験	喜多司・平林文嗣・高尾俊輔・上山淳・金城寛・大城尚紀	日本語	2021年12月
No.1397	各種木材の耐害虫性および耐風化性に関する実験	山田昌郎	日本語	2022年3月
No.1398	全国港湾海洋波浪観測年報(NOWPHAS 2020)	川口浩二・吉田勘一郎・田村仁	日本語	2022年3月
No.1399	港湾構造物の建設時におけるCO ₂ 排出量算定に関する基礎的検討—工事実施前でのCO ₂ 排出量推定のための手法の整理と試算—	中村董・川端雄一郎・辰巳大介	日本語	2022年3月
No.1400	実務者のためのPC栈橋上部工の維持管理の手引き(案)	加藤絵万・田中豊・川端雄一郎・小笠原哲也・渡瀬博・石井豪・河邊修作・宮沢明良・中山良直・中嶋道雄・立神久雄・米倉宣行・雨宮美子・鈴木良和・藤村立行	日本語	2022年3月
No.1401	フリグステップを考慮できる複合型震源モデルの提案	野津厚・呉双蘭・長坂陽介	日本語	2022年3月
No.1402	ペトロラタム被覆防食工の耐久性に関する検討	西田孝弘・山路徹・橋本永手・川瀬義行・志鶴真介・一瀬拓也・今井篤実・小林厚史・吉田倫夫	日本語	2022年3月

2021年度の論文賞等の受賞実績

No	氏名	役職	表彰名	表彰機関名	日付	備考
1	桑江 朝比呂	沿岸環境研究領域 沿岸環境研究グループ長	リサイクル利用促進賞	NPO法人 リサイクルソリューション	2021年5月25日	長年の浅海域環境の保全・回復に寄与及びブルーカーボン等の定量的評価と啓発・普及への貢献
2	高橋 英紀	地盤研究領域 地盤改良研究グループ長	地盤工学会論文賞 (英文部門)	公益社団法人 地盤工学会	2021年6月4日	Collapse of concrete-covered levee under composite effect of overflow and seepage (越流と浸透が複合した状況下でのコンクリート被覆堤防の破壊特性)
	森川 嘉之	地盤研究領域長				
3	森川 嘉之	地盤研究領域長	日本港湾協会技術賞	公益社団法人 日本港湾協会	2021年6月9日	組杭の杭間改良による矢板式岸壁の耐震化
	水谷 崇亮	地盤研究領域 基礎工研究グループ長				
	小濱 英司	地震防災研究領域 耐震構造研究グループ長				
	松村 聡	地盤研究領域 基礎工研究グループ 主任研究官				
4	桑江 朝比呂	沿岸環境研究領域 沿岸環境研究グループ長	土木学会論文賞	公益社団法人 土木学会	2021年6月11日	浅海生態系における年間二酸化炭素吸収量の全国推計
	渡辺 謙太	沿岸環境研究領域 沿岸環境研究グループ 主任研究官				
	棚谷 灯子	沿岸環境研究領域 沿岸環境研究グループ 主任研究官				
5	森川 嘉之	地盤研究領域長	国際活動奨励賞	公益社団法人 土木学会	2021年6月11日	海外における土木工学の進歩発展あるいは社会資本の整備において現地での土木技術の発展への寄与
6	西田 孝弘	構造研究領域 材料研究グループ 主任研究官	エンジニアリング奨励特別賞	一般財団法人 エンジニアリング協会	2021年7月12日	脱塩、再アルカリ化および着工法の新しい施工技術の開発
7	小池 賢太郎	構造研究領域 材料研究グループ 主任研究官	優秀論文賞	公益社団法人 日本材料学会 第21回コンクリート構造物の補修、補強、アップグレードシンポジウム実行委員会	2021年10月15日	鹿児島県と論島における飛来塩分特性の把握および予測に関する検討
8	佐々 真志	地盤研究領域 動土質研究グループ長	海岸工学論文賞	公益社団法人 土木学会 海岸工学委員会	2021年10月18日	マウンド透過波による吸い出しの機序・影響範囲及びフィルター材を用いた抑止法の研究
	梁 順普	地盤研究領域 動土質研究グループ 専任研究員				
9	田村 仁	海洋利用研究領域 海象情報研究グループ 主任研究官	海岸工学論文賞	公益社団法人 土木学会 海岸工学委員会	2021年11月10日	2019年台風15号による横浜港での波浪外力
	川口 浩二	海洋利用研究領域 海象情報研究グループ長				
	加島 寛章	海洋利用研究領域 海洋利用研究グループ 主任研究官				
10	村田 一城	地盤研究領域 動土質研究グループ 研究官	日本沿岸域学会研究討論会優秀講演表彰	日本沿岸域学会	2021年11月11日	
11	山路 徹	構造研究領域 材料研究グループ長	AI・データサイエンス奨励賞	公益社団法人 土木学会	2021年11月30日	
12			第5回インフラメンテナンス大賞 技術開発部門 特別賞	国土交通省	2022年1月21日	リプレイサブル床版による栈橋の維持管理の安全性・品質向上
13	野上 周嗣	インフラ DX 研究領域 メタロボティクス研究グループ 主任研究官	インフラメンテナンス優秀論文賞	公益社団法人土木学会 インフラメンテナンス総合委員会	2022年3月14日	港湾構造物の目視調査への水中ドローンの活用に関する検討
	加藤 絵万	インフラ DX 研究領域 上席研究官				

年次報告・技術情報誌・ホームページ

2020年度分の活動内容を簡潔にまとめた「年次報告2021」（日本語版）並びに「PARI Annual Report 2021」（英語版）を作成、関係機関へ配布し、研究所のホームページで公開した。

技術情報誌「PARI」については、各号ごとに研究テーマの特集記事を選定し、研究成果の活用状況、研究所の実験施設及び現地観測施設などを紹介した。約

1,600カ所へ約2,000部を送付している。

ホームページにおいて、研究所の概要、成果、施設、シンポジウム等のイベントやニュース等の様々な情報の発信をリアルタイムに行い、2021年度は約13万回のアクセスがあった。



技術情報誌「PARI」

国民向け講演会の実施

港湾空港技術講演会

研究所が実施している調査、研究及び技術開発の成果を公表し、その普及に努めることを目的に、2022年1月31日に国土技術政策総合研究所と協力して港湾空港技術講演会をweb方式にて開催した。2021年度の講演会では、「2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現」をテーマに、民間企業講師による特別講演と、両研究所から最近の研究成果を発表し、250名の方に聴講いただいた。



講演会（web方式）の様様

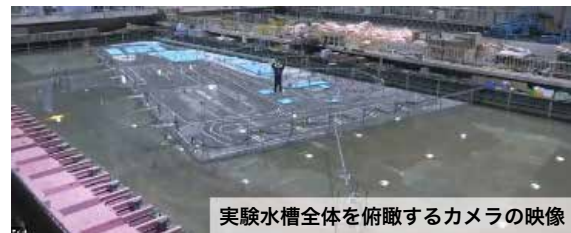
港湾空港技術地域特別講演会

研究所の研究活動や成果についての情報を幅広く提供するとともに、各地域での研究ニーズ等の情報を収集することを目的として、国土技術政策総合研究所及び地方整備局等との共催で、全国4地域においてweb方式にて開催し、全ての会場で100名以上、延べ440名の方に聴講いただいた。

研究所施設の一般公開

一般公開

2021年度については、新型コロナウイルス感染症の拡大状況を踏まえ、施設の一般公開を中止した。他方で、うみそら研ホームページ上のヴァーチャル一般公開での動画掲載や、2022年2月15日にオンラインでの公開実験（高潮時の高波による岸壁の越波浸水状況の再現実験）を行った。初の開催となった公開実験には288名が参加し、小学生を含む学校関係者にも多数で参加いただいた。



実験水槽全体を俯瞰するカメラの映像



実験水槽底面の固定カメラの映像

公開実験（web方式）の様様

その他のアウトリーチ活動

スーパーサイエンスハイスクール（SSH）事業への協力

文部科学省においてSSHに指定されている神奈川県立横須賀高等学校の生徒を対象に、研究課題作成に係る指導や研究所の施設見学等を実施し、生徒の研究所等の関心の向上を図った。



研究者の説明を聞く生徒達

研究所の出来事

国際会議やワークショップ等への積極的な取り組み

2015年12月の国連総会において、日本の津波防災の日である11月5日が「世界津波の日」に制定されたことを受け、津波防災をはじめとする沿岸防災技術分野で顕著な功績を挙げた方を対象とした「濱口梧陵国際賞(国土交通大臣賞)」を2016年に創設し、2021年11月29日に、松富英夫氏(秋田大学名誉教授/中央大学研究開発機構客員教授)、Gerassimos A. Papadopoulos氏(国際自然災害防止・軽減学会会長)、太平洋津波博物館(アメリカ・ハワイ州)の2名1団体を表彰した。



濱口梧陵国際賞授賞式及び記念講演会
(2021年11月29日 東京)

2021年4月にインドネシア技術評価応用庁(BPPT)との共同研究ワークショップを開催した。また、2021年10月には国際地盤工学会技術委員会を委員長として主催し、世界14カ国から32名の委員の参加があり、海外の研究機関と活発な技術交流を行った。

国内外の研究機関との幅広い交流

研究の品質及び効率をさらに向上させるため、国内外の研究機関との連携をより積極的に進めており、2021年度時点において、国内29件、海外27件、合計56件の研究協力協定を締結している。

教育・研究連携協定の締結

研究所と国公立大学が協定を締結し、研究所の研究者が大学院の教授等に就任し、研究所等で大学院生の指導を行う「連携大学院制度」に基づき、東京工業大学、名古屋大学、長岡技術科学大学等13大学と連携協定を締結している。2021年度においては、講師として15名を派遣した。連携大学院制度以外には、名古屋工業大学等に延べ5名を派遣した。

行政支援の推進

災害現場への研究者派遣

2021年度においては、7月に熱海市伊豆山地区の土石流災害を受け、国土交通省港湾局等と現地調査を実施した。また、

国土技術政策総合研究所との合同調査団として、11月に海底火山「福德岡ノ場」の噴火に伴う漂流軽石現況調査(沖縄県)、2022年3月に福島県沖を震源とする地震による港湾の被災状況調査(福島県・宮城県)を実施するなど、災害現場への迅速な研究者派遣を通じて、現場からのニーズに応えた災害復旧に貢献している。



漂流軽石の現況調査の状況



相馬港の被災状況調査

各種技術委員会等への委員の派遣

国、地方自治体の行う港湾・海岸・空港等の公共事業の実施に関連した技術課題解決のため国等が開催する各種技術委員会等の委員として、研究者延べ164名を派遣した。また、様々な機関が設置した港湾・海岸・空港整備に関連する技術委員会を含めれば延べ410名を派遣しており、国等が抱える技術課題解決のため精力的に対応した。

港湾等の技術基準に関する業務支援

港湾の施設の技術基準に関しては、国土交通省港湾局等が設置した委員会等に委員として参加協力した。また、国土技術政策総合研究所をはじめ学会、関係機関が開催する講習会等において、技術基準の普及等に協力した。空港施設については、空港土木施設に関する技術基準等の円滑な普及、運用に向けた各種検討委員会等に協力した。

新技術の評価業務支援

国土交通省(地方整備局等を含む)の要請に応じて、有用な新技術の活用促進を図るために「公共工事等における新技術活用システム(通称「NETIS」)」に登録する技術の現場への適用性等を評価することを目的に各機関が設置する「新技術活用評価会議」に研究者を派遣し、技術支援を行った。



P A R I

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所

港湾空港技術研究所

Port and Airport Research Institute

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1
TEL : 046 (844) 5040 / FAX : 046 (844) 5072
URL : <https://www.pari.go.jp>

Annual Report 2022 2022年7月発行

