



海上・港湾・航空技術研究所第1期中長期研究報告会

—うみそら研の7カ年の研究成果総括と今後の展望—

港湾・空港等の整備を支える 現象研究から技術開発まで —港空研研究総括—

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長

河合 弘泰

港(空)研の歴史

- ・ 大正15年（1926年）：内務省土木試験場
- ・ 昭和21年（1946年）：内務省鉄道技研第7部港湾研究室
- ・ 昭和25年（1950年）：運輸省運輸技術研究所
- ・ 昭和37年（1962年）：**運輸省港湾技術研究所（港研）**
- ・ 平成13年（2001年）：**独立行政法人**港湾空港技術研究所（港空研）
- ・ 平成28年（2016年）：**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（うみそら研 港空研）
第1期中長期計画（2016～2022年度）を開始



港研設立の頃（昭和38年、1963年）



最近

主要な研究施設



大規模波動地盤総合水路（高さ3.5mの波）



三次元水中振動台

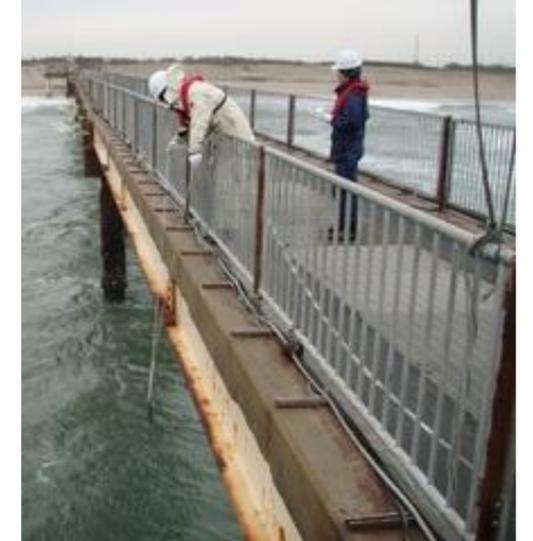


海水シャワー暴露試験場



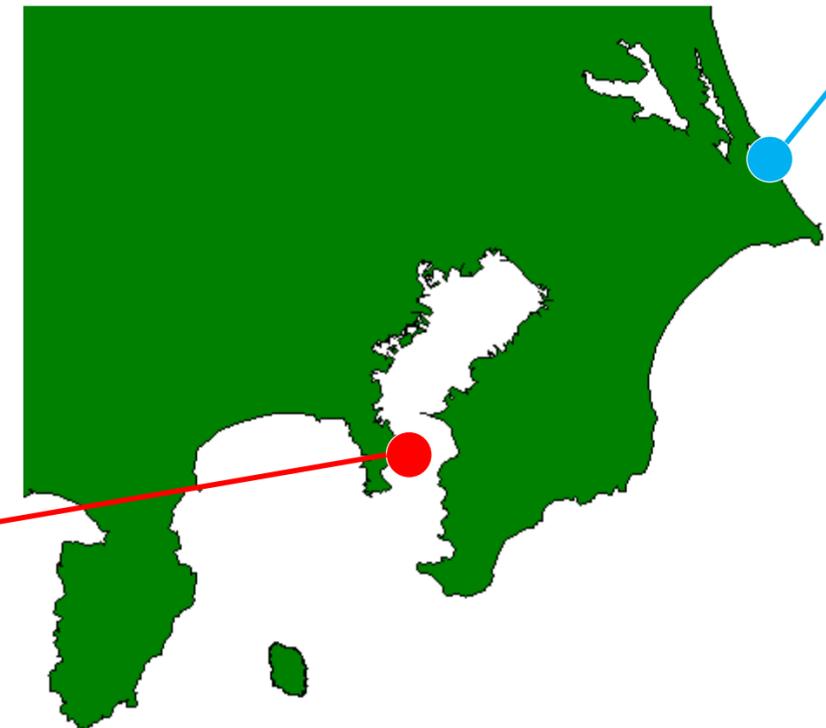
油回収実海域再現水槽

神奈川県横須賀市



波崎海洋研究施設（長さ427mの栈橋）

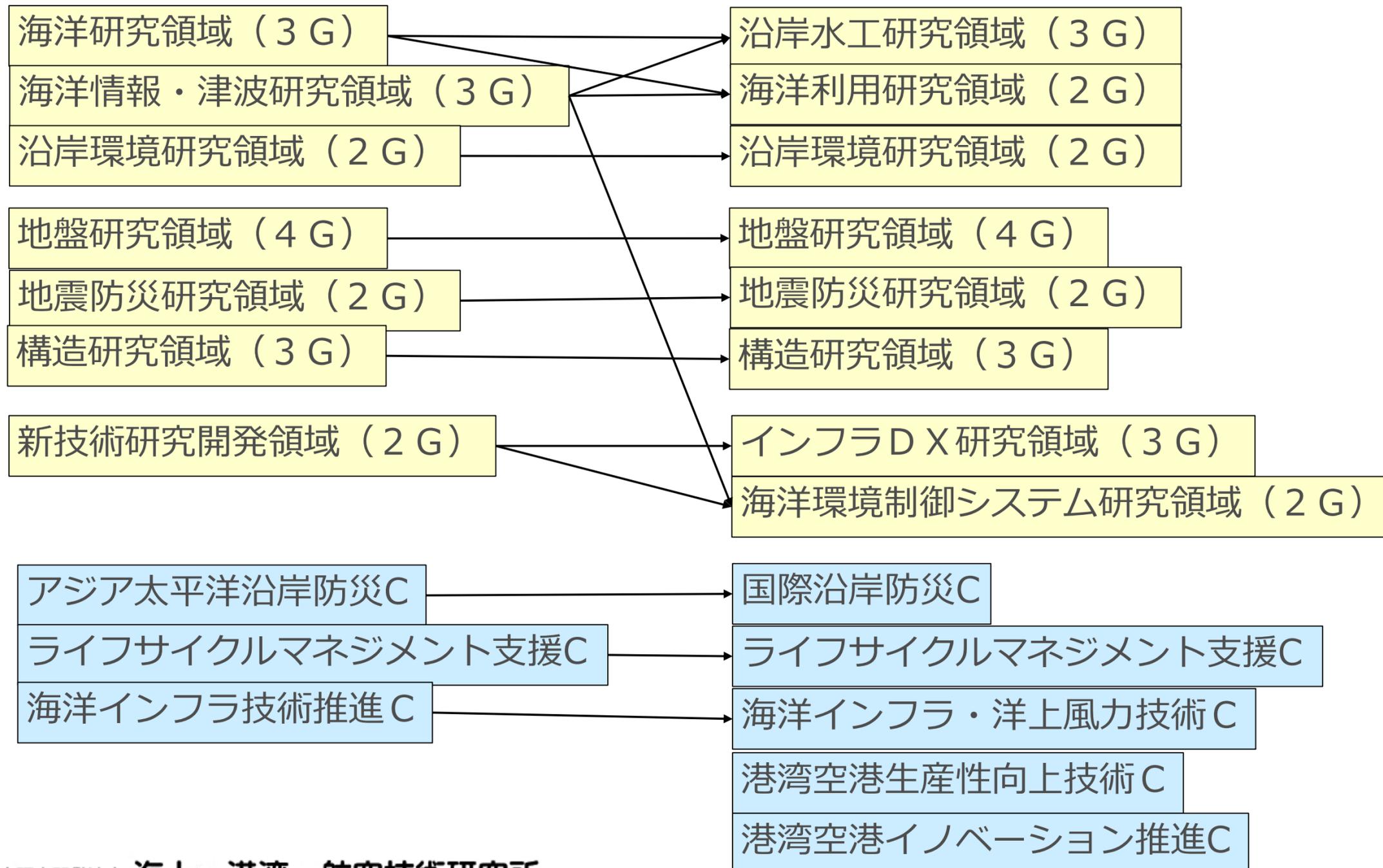
茨城県神栖市



研究領域・グループとセンター

第1期中長期計画の開始（2016年4月）

現在（2022年12月）



G : 研究グループ（縦の柱）

C : センター（横串）

基本的には、

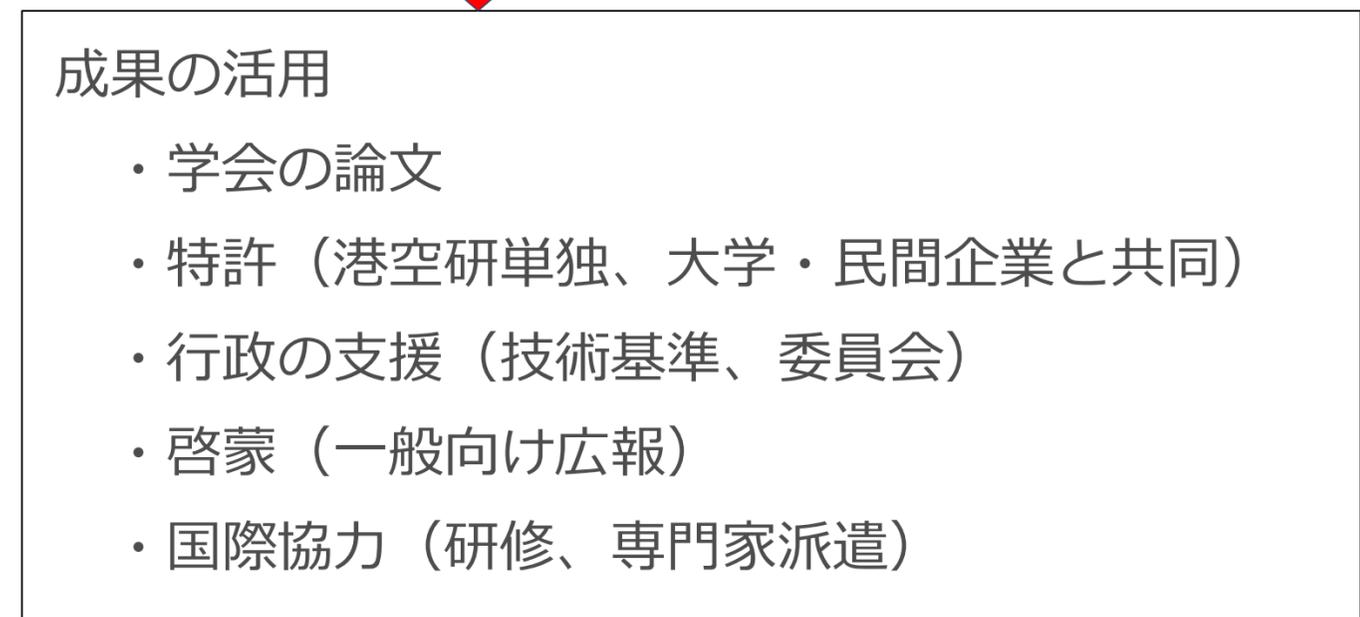
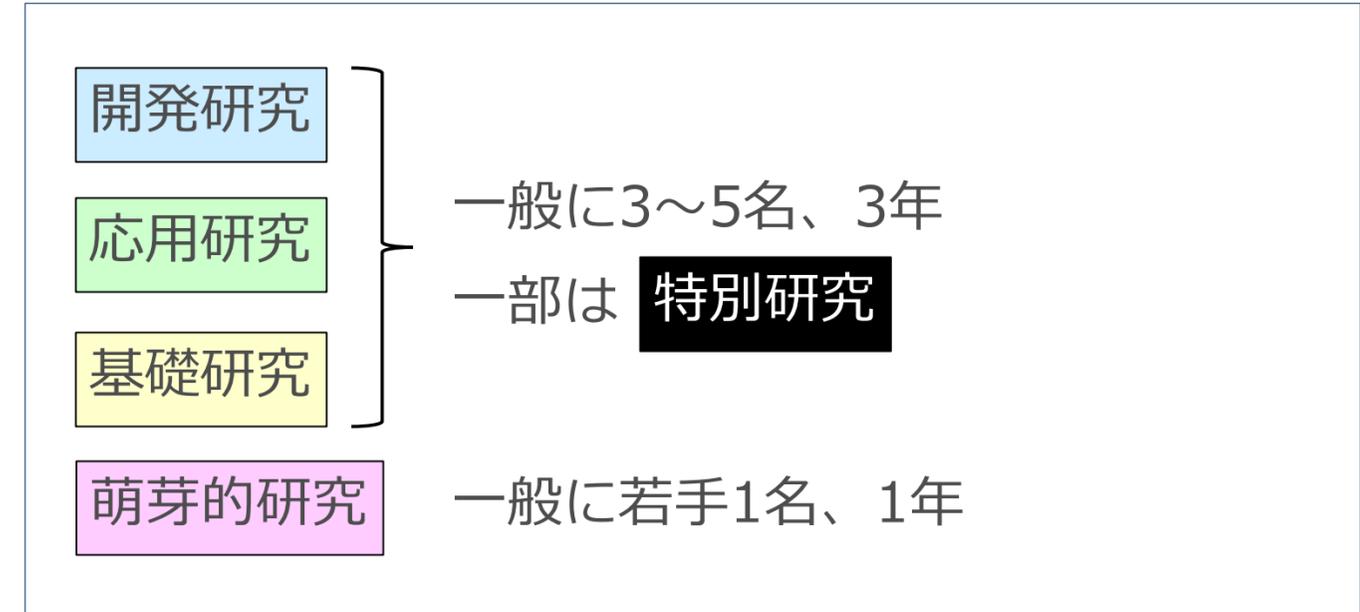
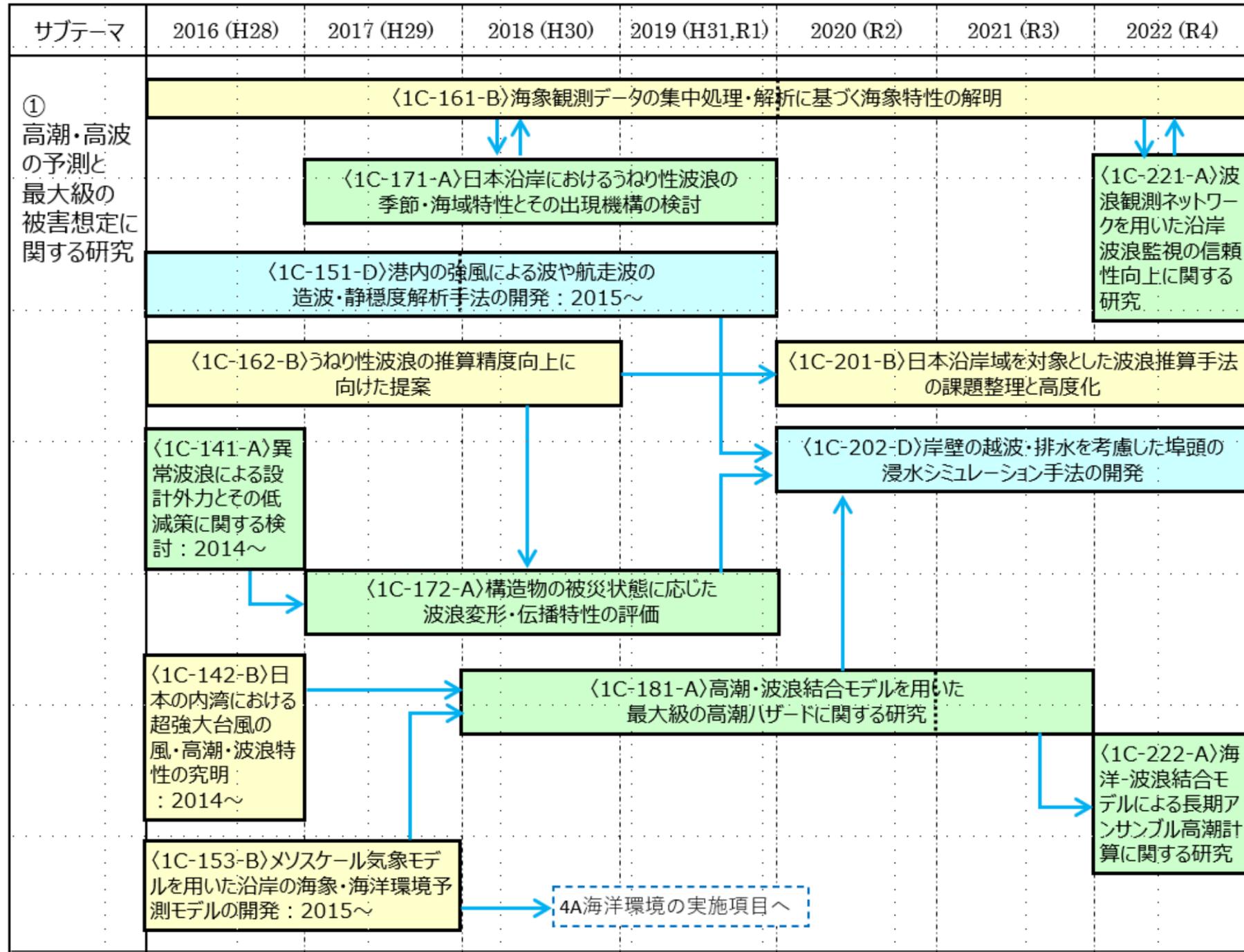
Gに配属、Cに併任

第1期中長期計画のテーマとサブテーマ

テーマ	サブテーマ
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
	1B 津波災害の軽減や復旧に関する研究開発
	1C 高潮・高波災害の軽減や復旧に関する研究開発
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
	2B 施設の長寿命化や新たな点検診断システムの開発など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
	2C 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インフラの有効活用に関する研究開発
3. 海洋権益の保全と海洋の利活用	3A 遠隔離島での港湾整備や海洋における効果的なエネルギー確保など海洋の開発と利用に関する研究開発
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
	4B 沿岸地形の形成や維持に関する研究開発

今回は を中心に説明

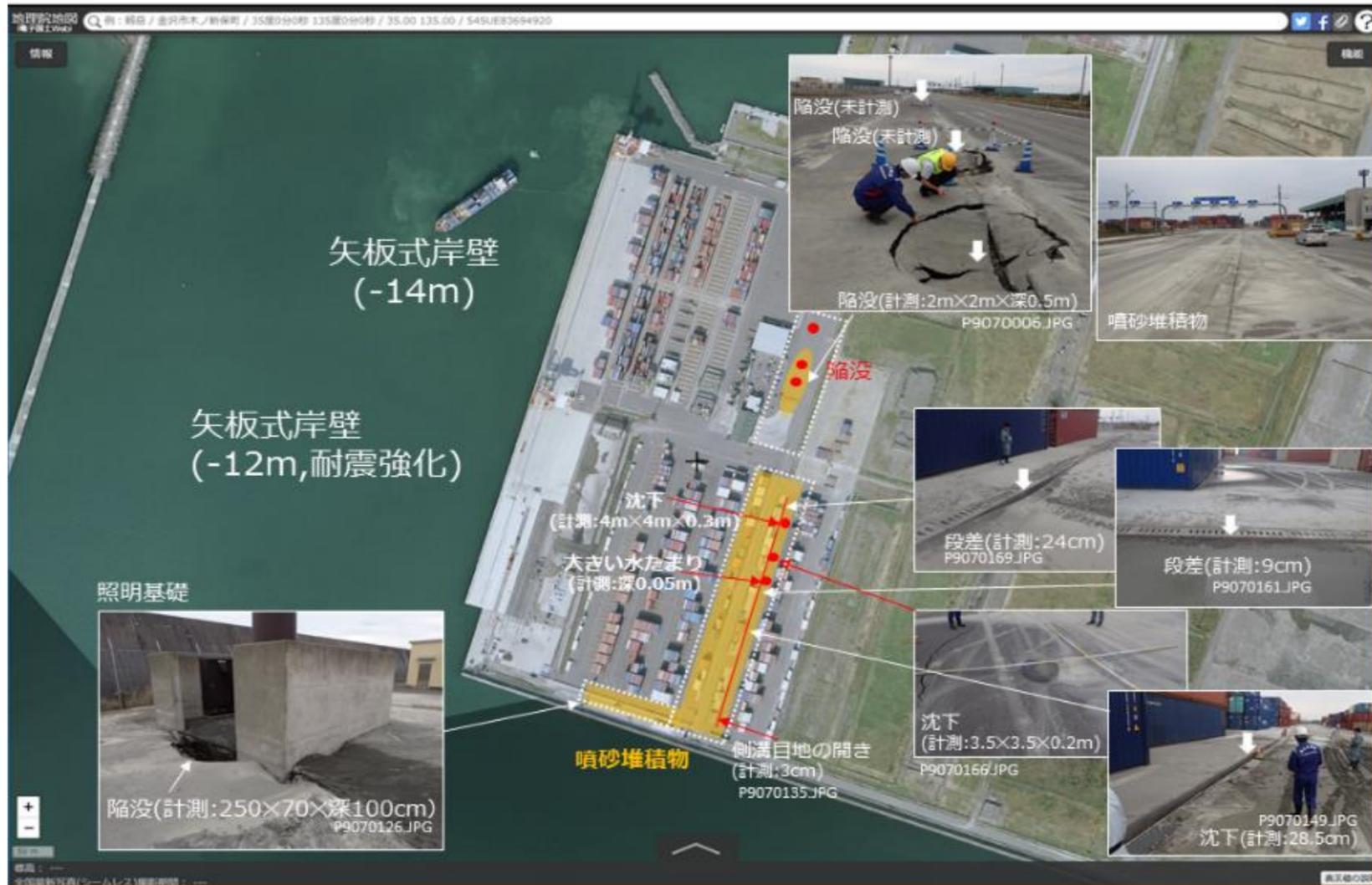
研究実施項目の種類と成果の活用



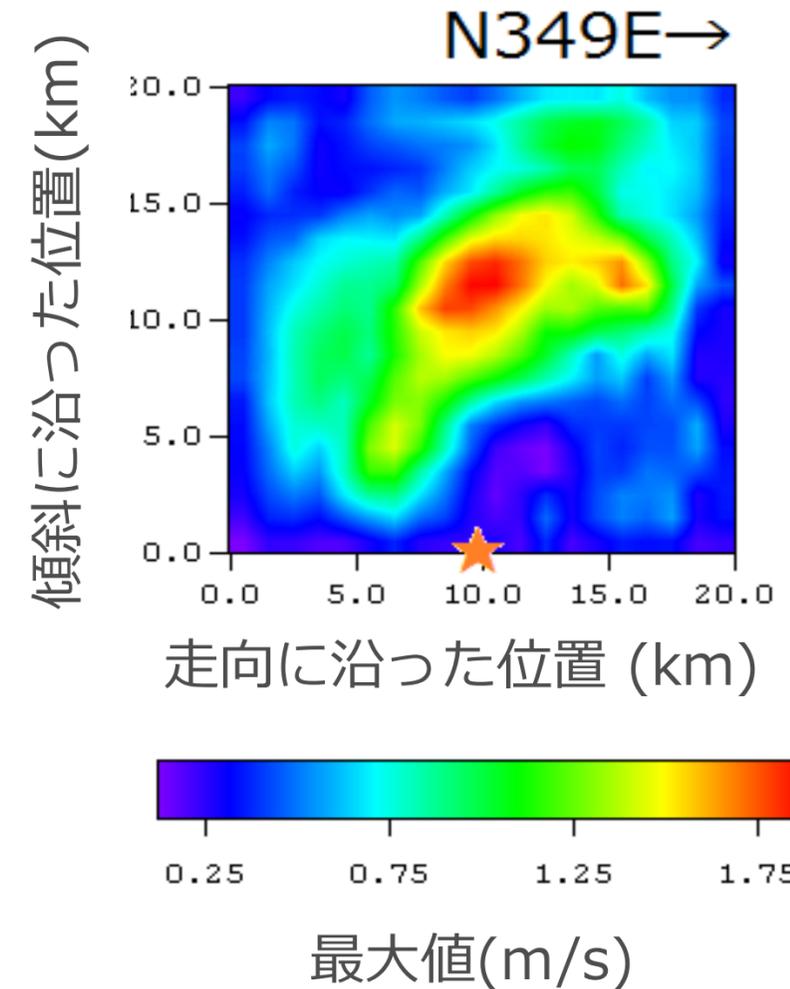
1A 地震災害の軽減や復旧に関する研究開発

1A-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

苫小牧港 東港区 コンテナターミナル



【苫小牧港での被災調査】

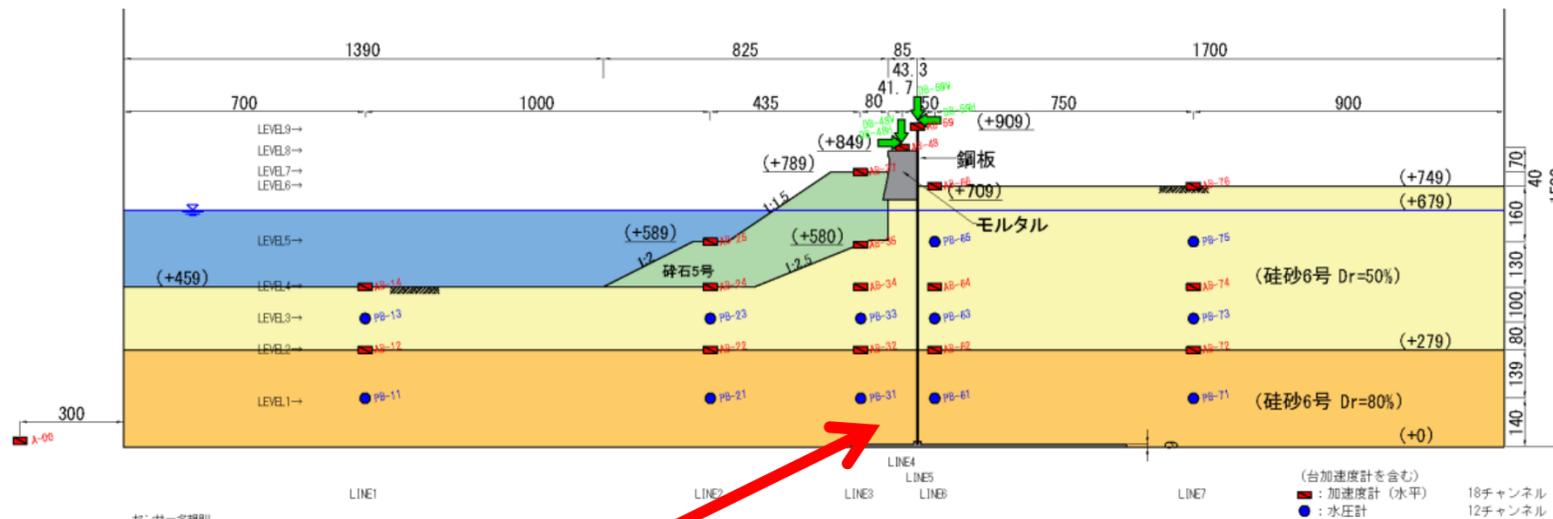


【震源断層の破壊過程】
(すべり速度の分布)

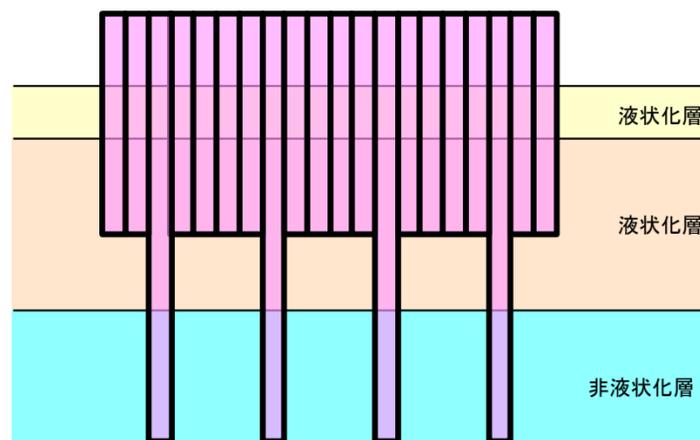
- 強震観測記録の整理解析、地震災害と被災要因の調査、震源近傍の強震動の予測手法の開発、液状化による沈下・流動の新たな予測手法の開発を推進。
- 2018年の北海道胆振東部地震に際しては、苫小牧港で被災調査、強震計のない地点の揺れを推定など、復旧の技術的支援。この派遣で防災功労者内閣総理大臣表彰。

1A 地震災害の軽減や復旧に関する研究開発

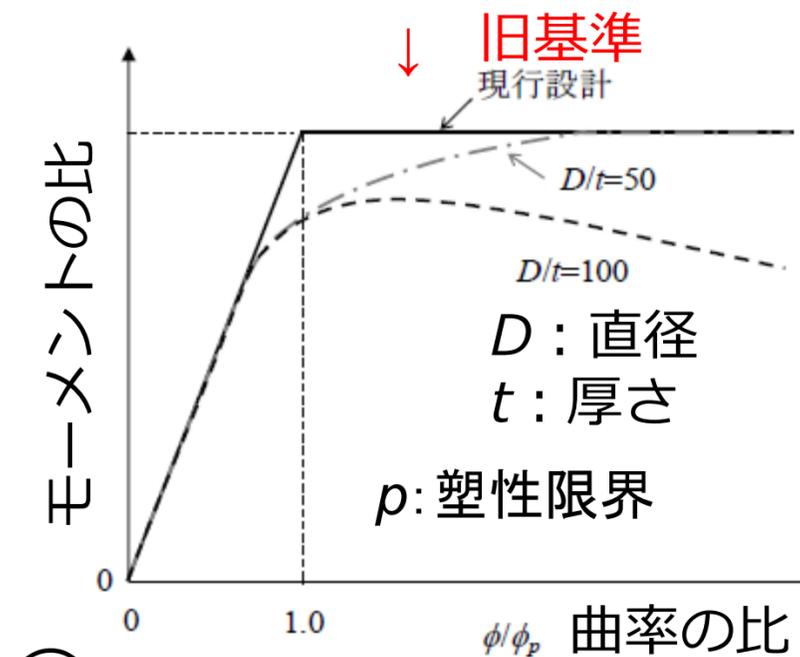
1A-②最大級の地震に対する被害軽減技術に関する研究



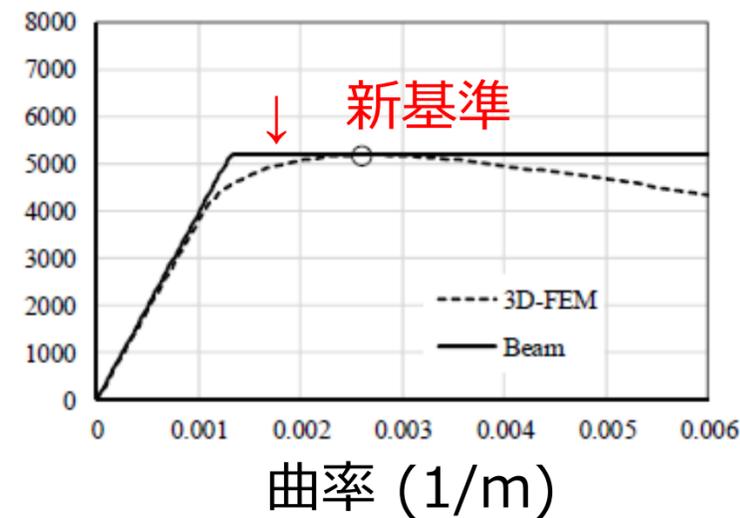
く形鋼矢板の設置



【櫛形鋼矢板工法による経済的な地震・津波対策】



曲げモーメント(kN・m)

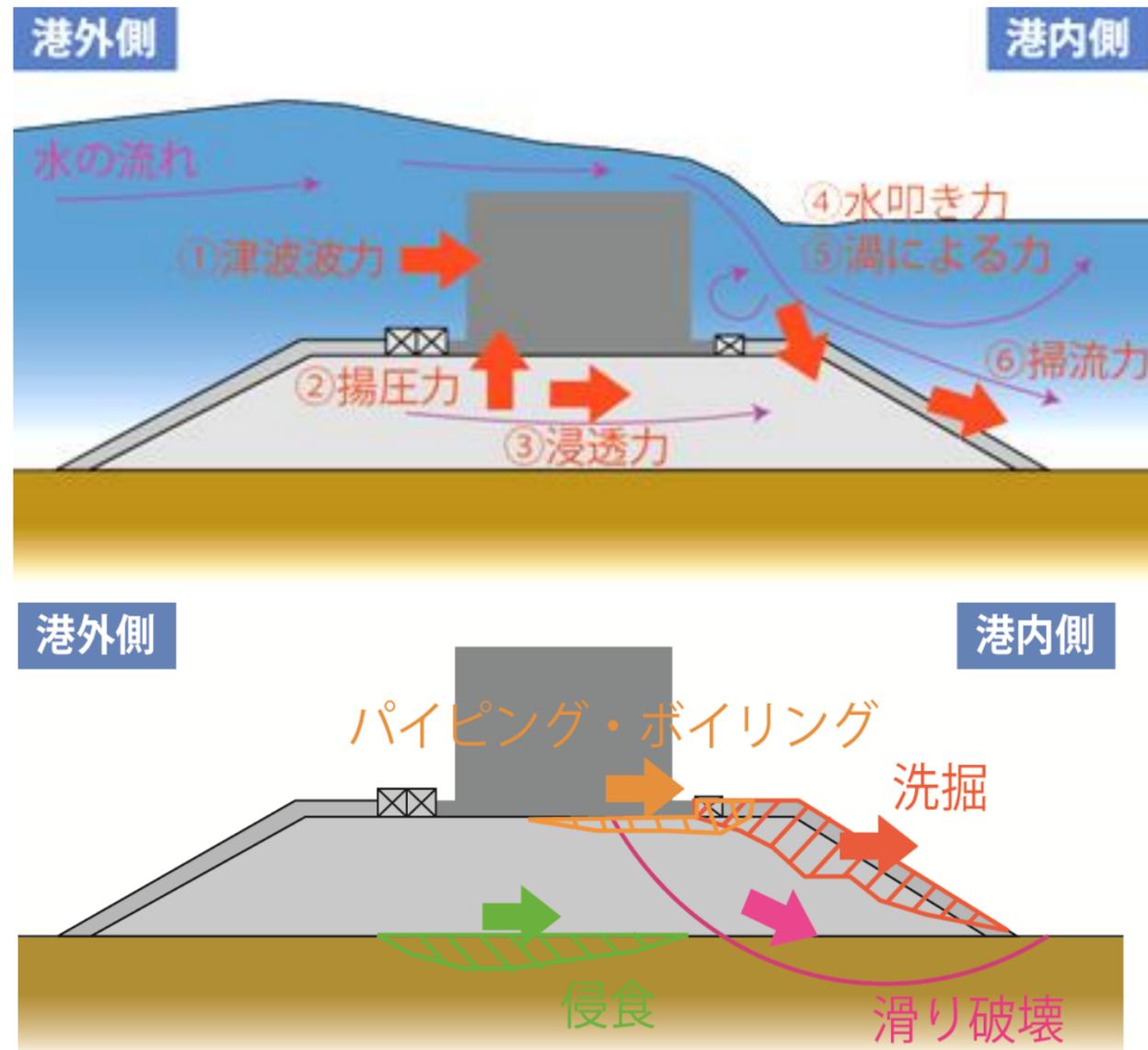


【鋼管部材の新たなモデル化】

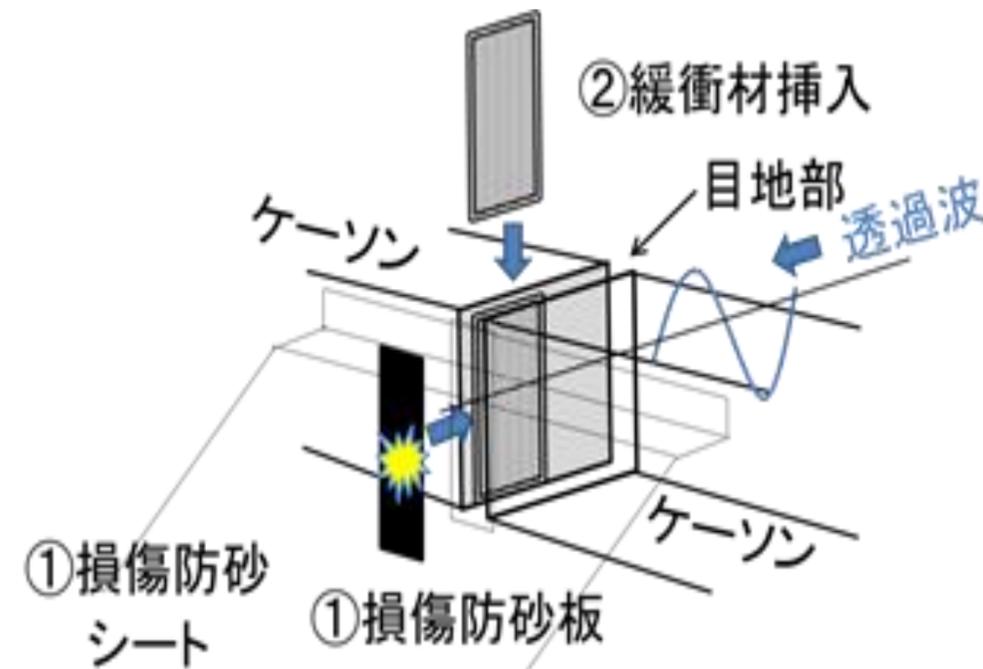
- 構造物の特性を考慮した対策、地震後の施設の供用可否の迅速な判断方法を検討。
- 経済的な海岸保全施設として櫛形鋼矢板工法を開発、模型振動実験で効果を確認、国土交通省の事業に採用。
- 栈橋杭等の鋼管部材で板厚・杭径比に依存する地震時挙動を適切に表現する手法を開発、港湾施設技術基準に掲載。

1A 地震災害の軽減や復旧に関する研究開発

1A-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



【津波・地盤・構造物の相互作用】

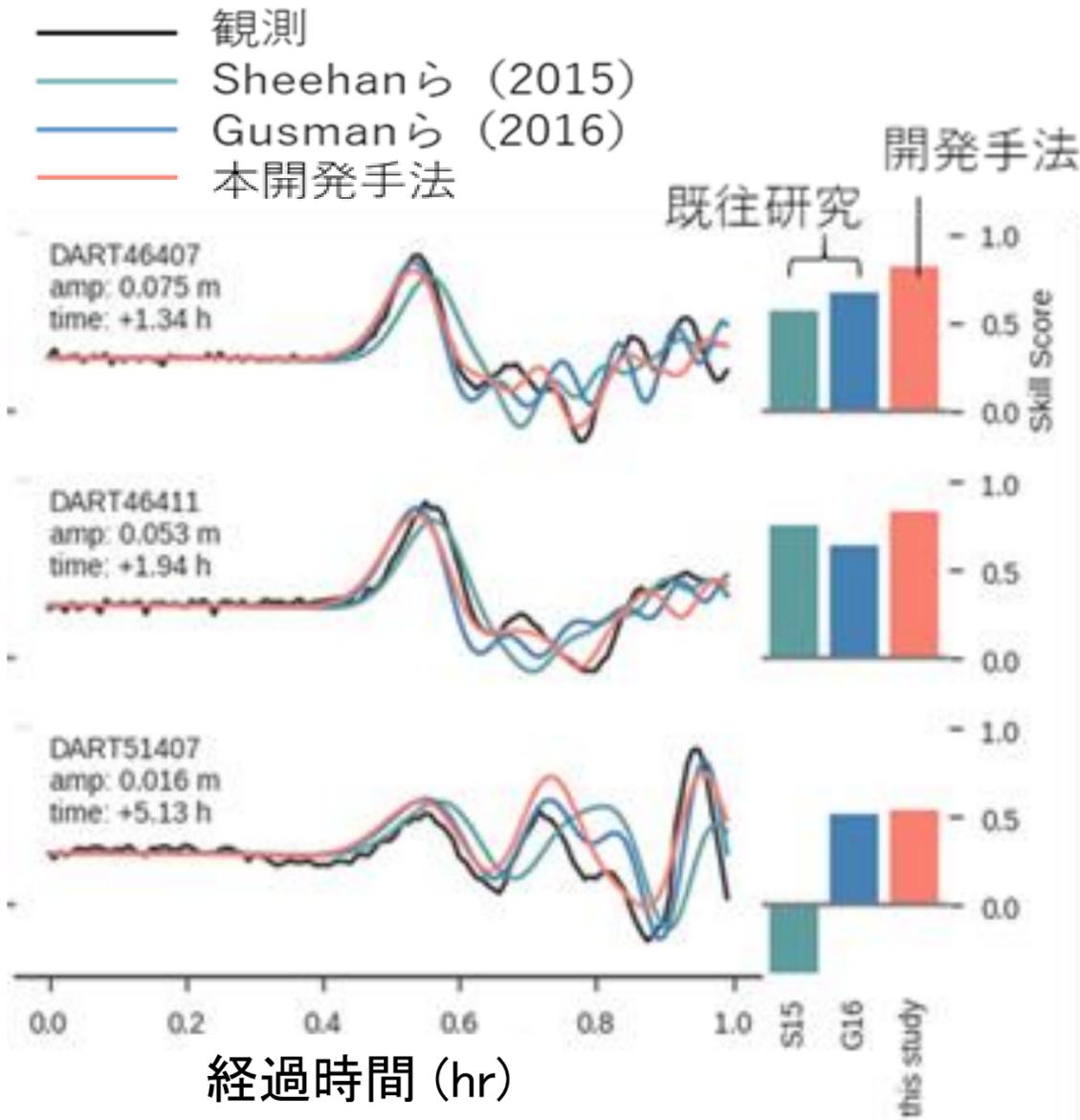


【吸い出し・陥没を抑止する新技術】

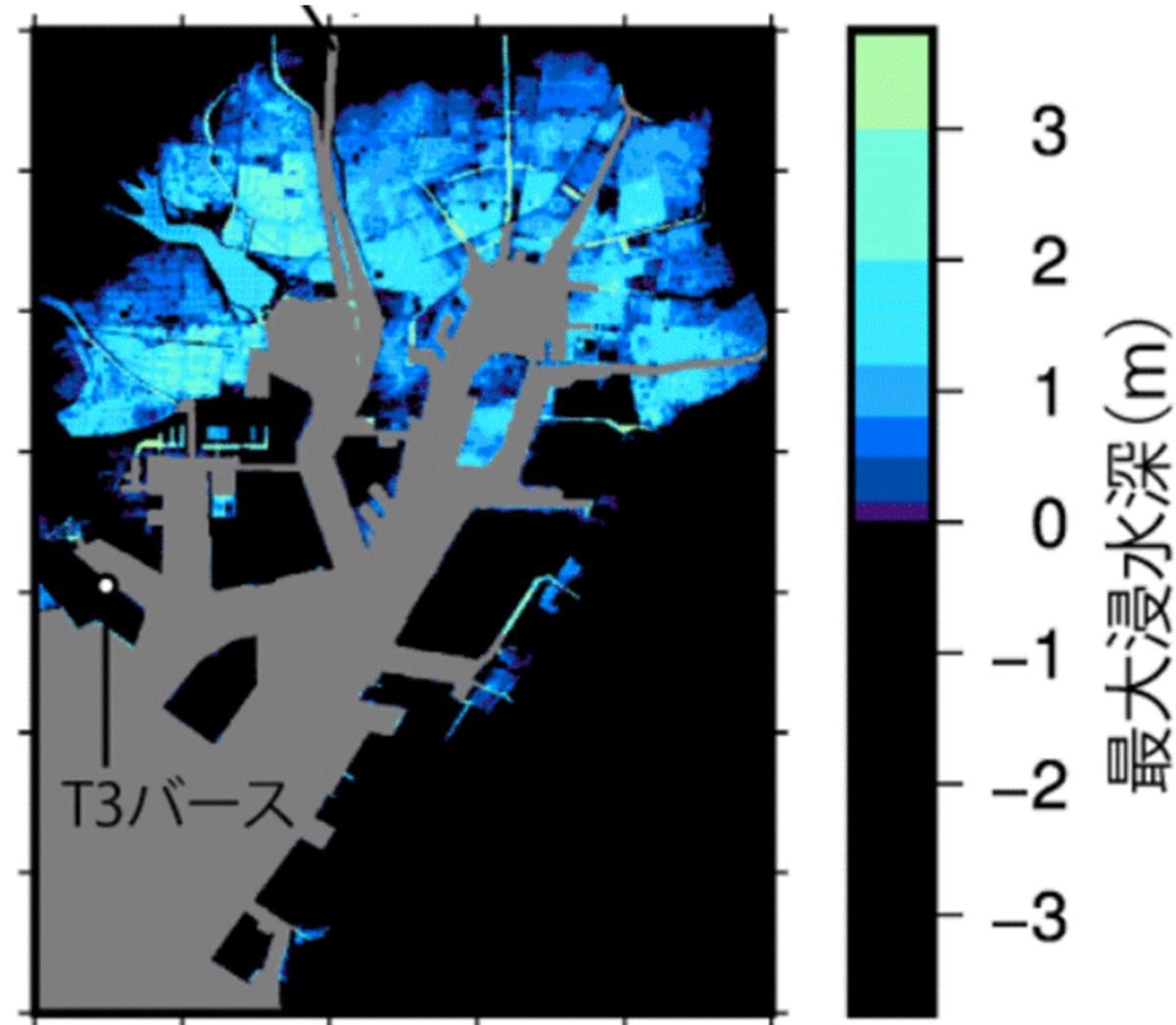
- 防波堤の基礎の相互作用ダイナミクスを遠心力場で実験、技術基準に掲載、現場の設計・施工技术で活用。
- 地震・高波・流れによる吸い出し・陥没を抑止する新技術（二層構造のフィルター層、ケーソン目地透過波低減法）を開発、国土技術開発賞、インフラメンテナンス大賞、海岸工学論文賞、特許を取得、実用化。
- 地震液状化、沿岸・海底地すべりによる津波の発生機構を世界に先駆けて究明。

1B 津波災害の軽減や復旧に関する研究開発

1B-①ICTによる意思決定支援システムに関する研究



【遠地津波の推定精度の改善】

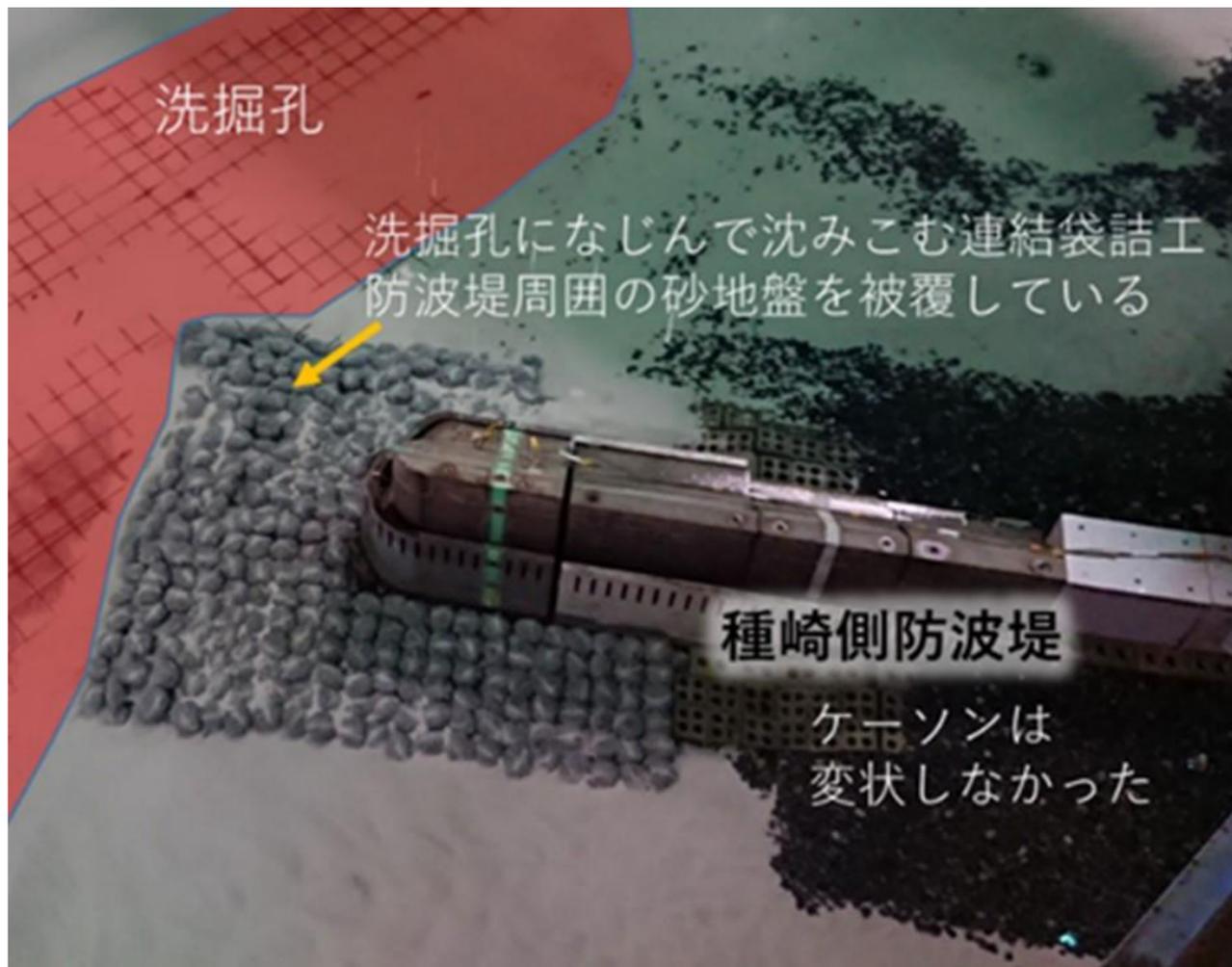


【浸水情報のイメージ】

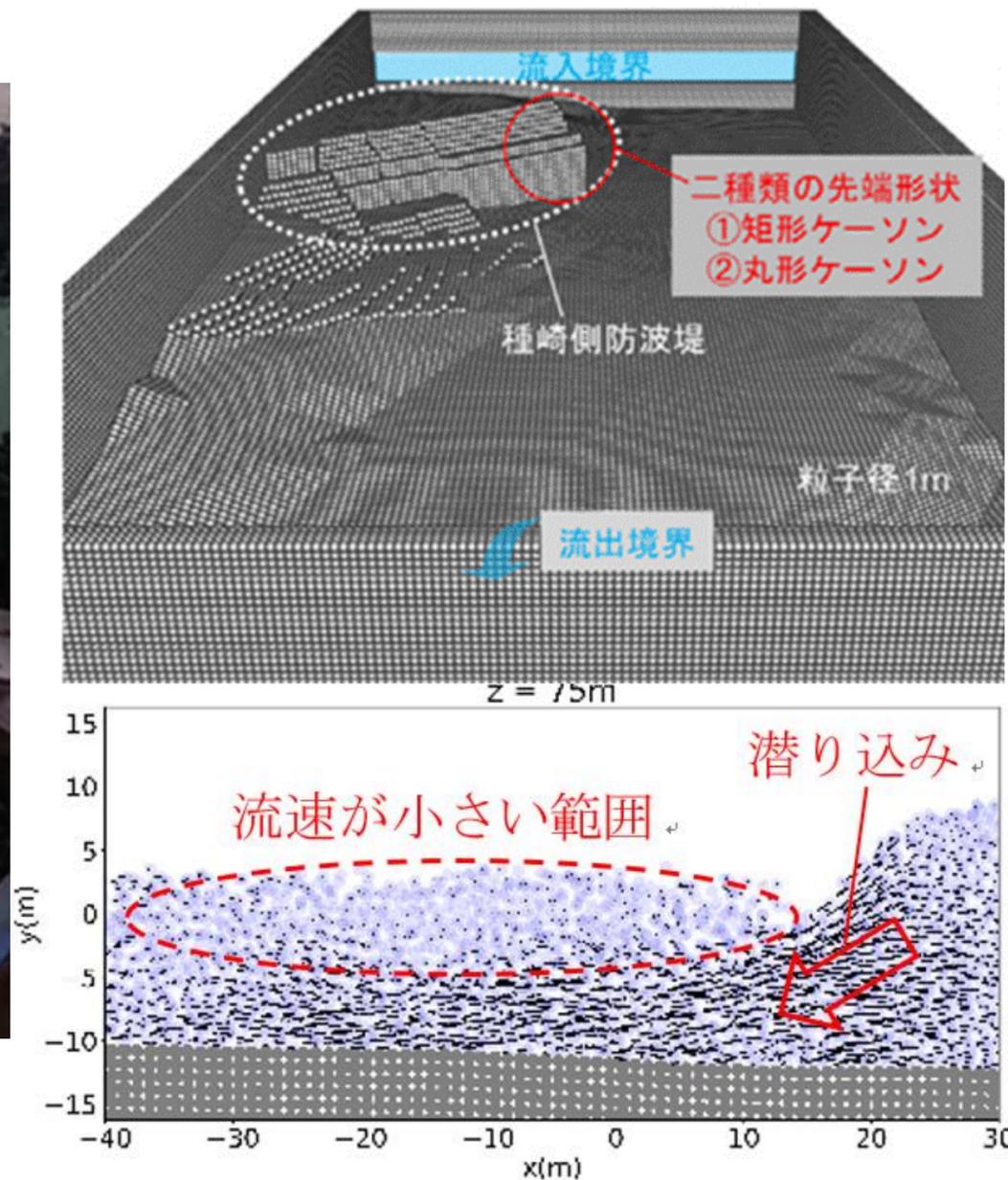
- 津波の伝播や漂流物の挙動の計算モデルを改良。
- 地殻変動と津波波形を早期に安定して推定する計算手法（アジョイント波形合成法）を開発。演算は2分程度、場所によっては津波到達の数時間前に推定可能。
- 発災時に津波浸水被害を推計し、その情報を提供するシステムの検討にも着手。

1B 津波災害の軽減や復旧に関する研究開発

1B-②耐津波強化港湾の形成に関する研究



【高知県浦戸湾の湾口防波堤の洗掘対策に関する大規模移動床実験】

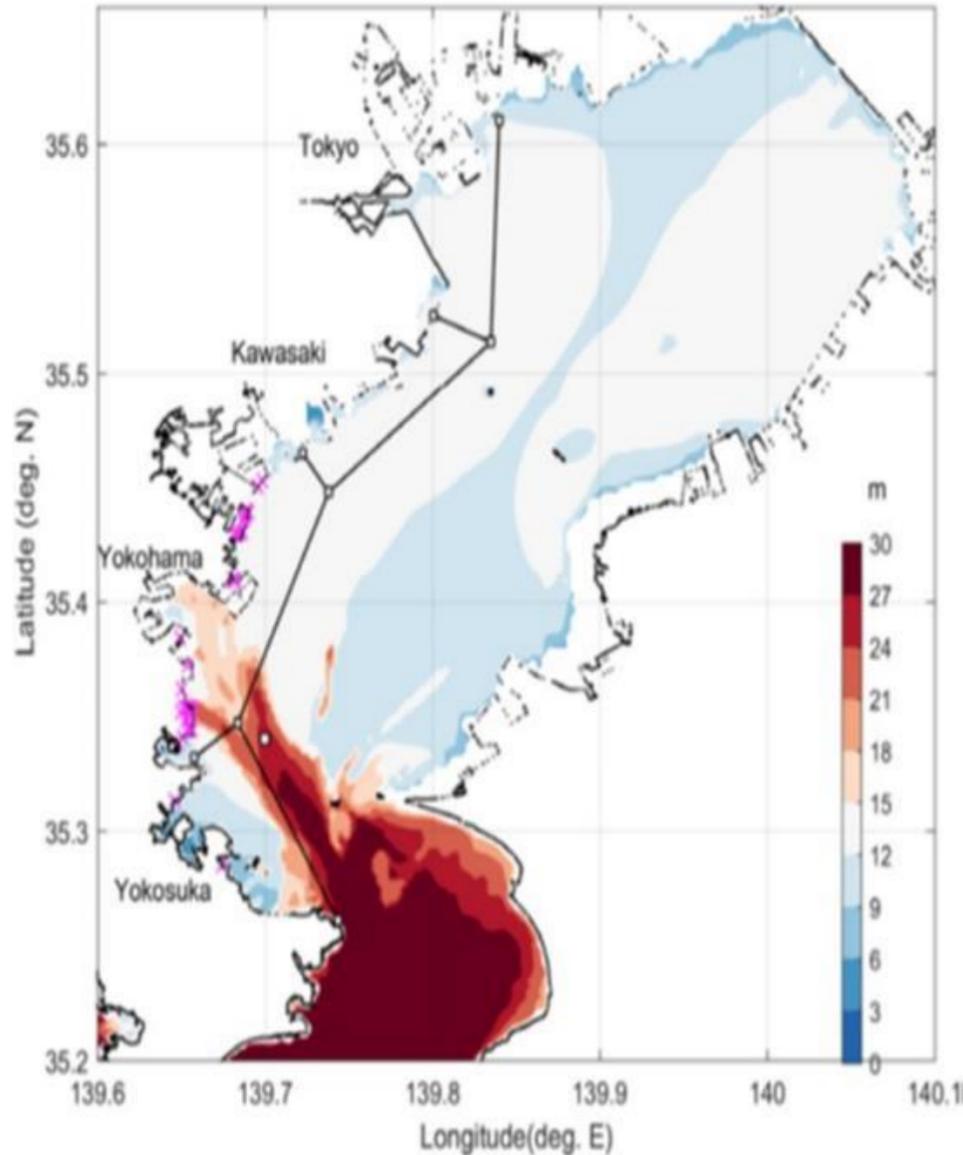
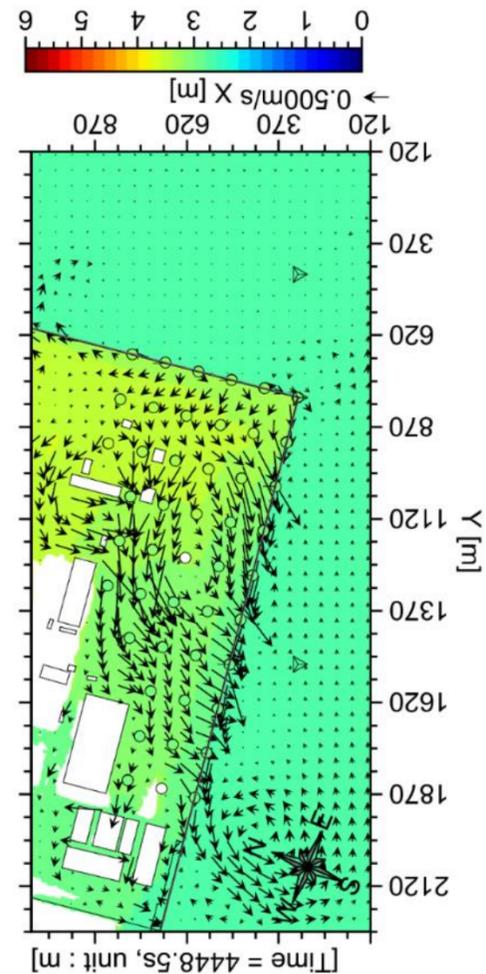


【粒子法による流況の再現】

- 最大級の津波に対しても粘り強く防災機能を発揮する施設の設計手法を開発。
- 高知県浦戸湾の湾口防波堤の周囲の流れによる洗掘を実験、粒子法で3次元の流況を再現。新しい洗掘対策工法（連結した袋詰め被覆工）を開発、特許を取得。これら成果は設計に反映。

1C 高潮・高波災害の軽減や復旧に関する研究開発

1C-①高潮・高波の予測と最大級の被害想定に関する研究



- 最大級を含む高潮・高波の推算モデルの改良、設計・危険度評価に使う条件の検討。
- 台風1821号による埠頭の浸水を実験、NOWT-PARI拡張モデルで再現。
- 台風1915号による横浜港周辺の高波をWW3で再現、「波の強度指標」で整理、土木学会海岸工学論文賞。

【台風1821号による埠頭の模浸水実験とNOWT-PARI拡張モデルによる再現計算】

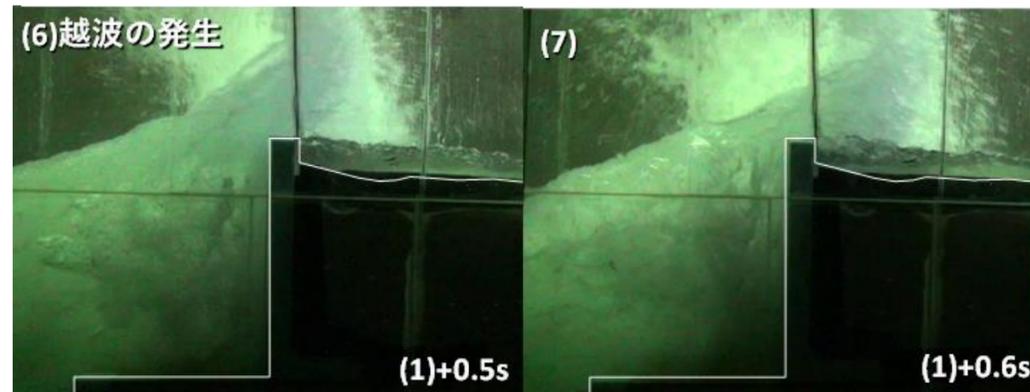
【台風1915号襲来時の波の強度指標】

1C 高潮・高波災害の軽減や復旧に関する研究開発

1C-②最大級の高潮・高波の被害軽減技術に関する研究



【台風1915号による護岸の被災】



【水理模型実験による被災原因の究明】

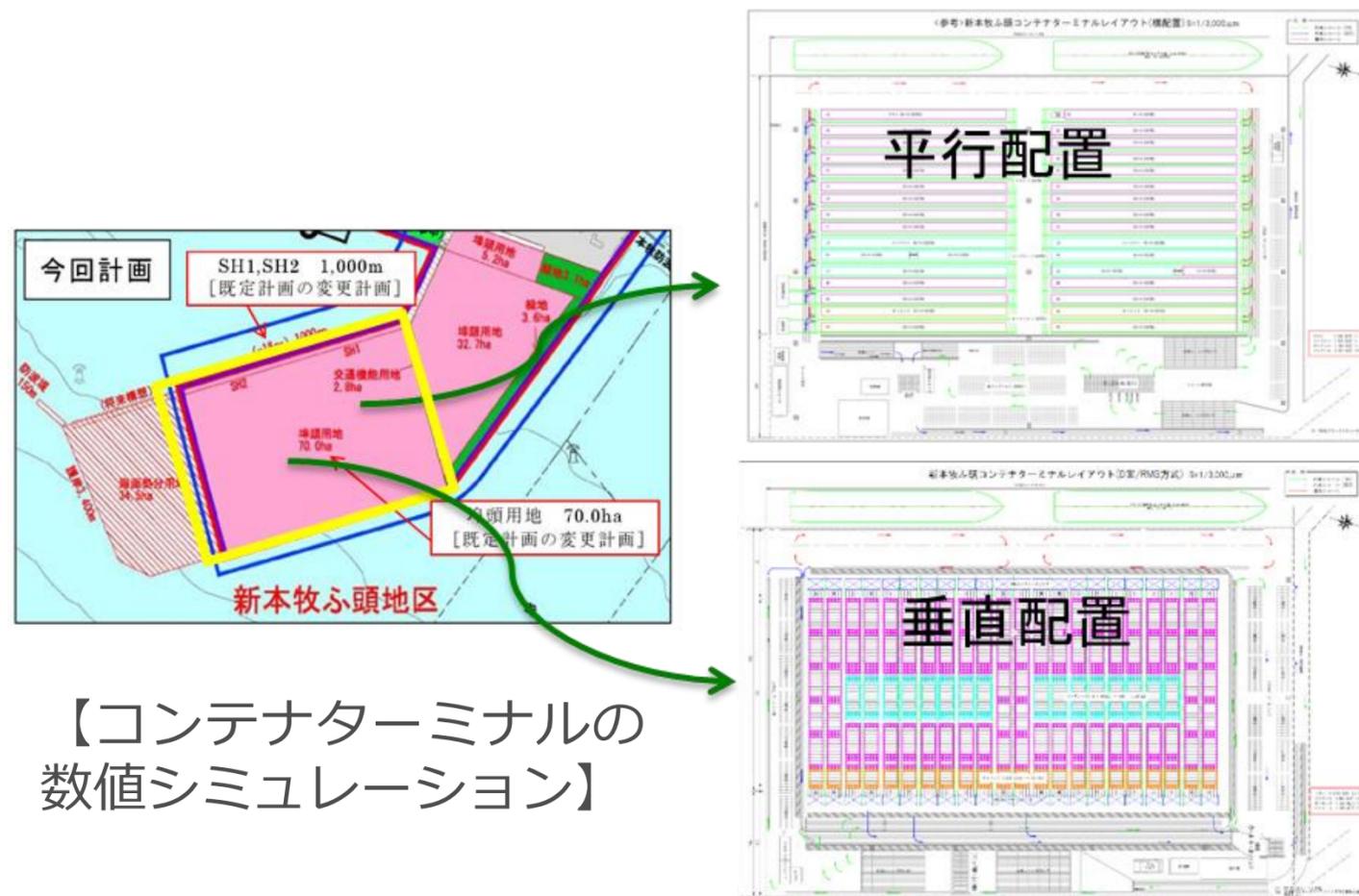


【応急対策工法の実験】

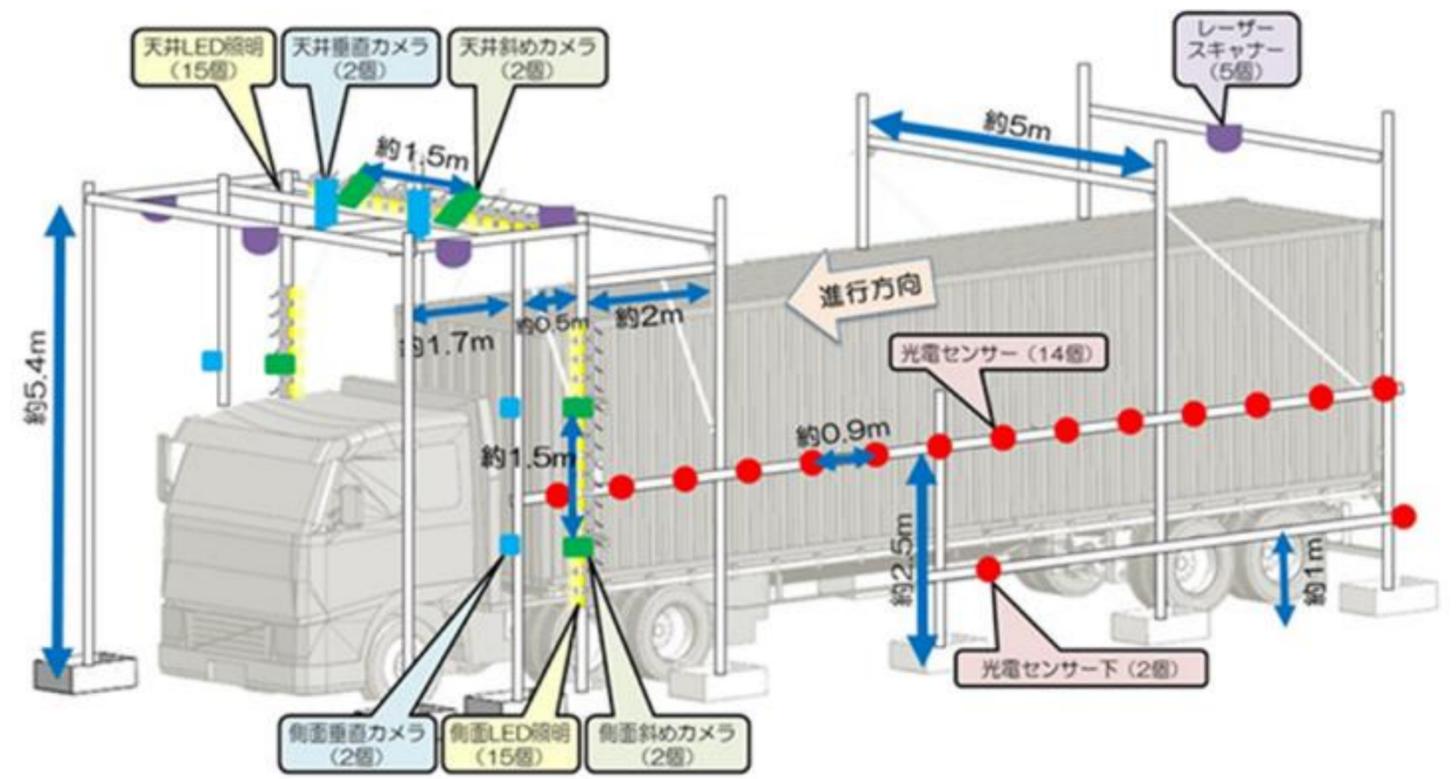
- 設計を上回る外力に対しても粘り強く抵抗する防波堤や護岸を開発。
- 2018年と2019年の台風による施設の被災の調査、変形のプロセスを大規模水理模型実験で究明、数値波動水路CADMAS-SURFで再現、その成果は災害復旧に反映。
- 護岸が倒壊した時の応急復旧対策としての「土のう」の安定性も実験。

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

2A-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



【コンテナターミナルの
数値シミュレーション】



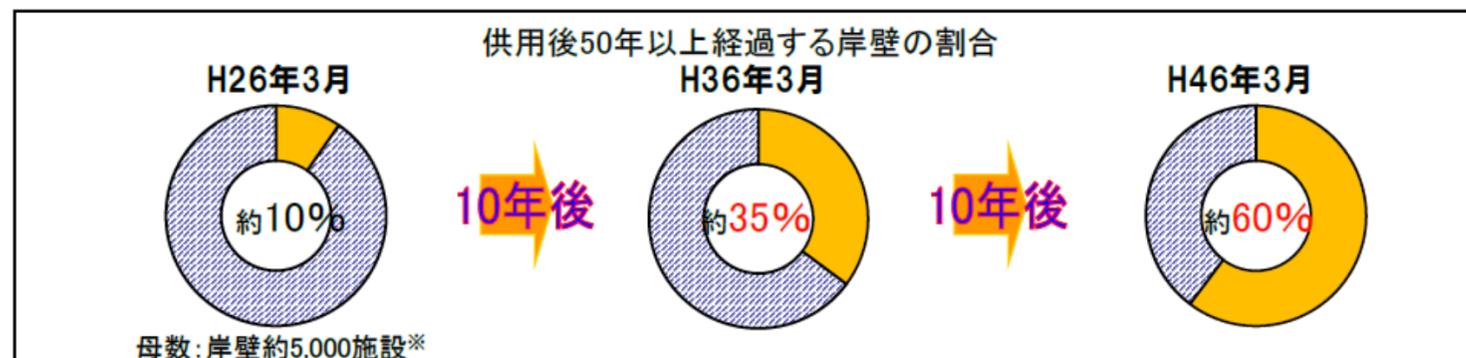
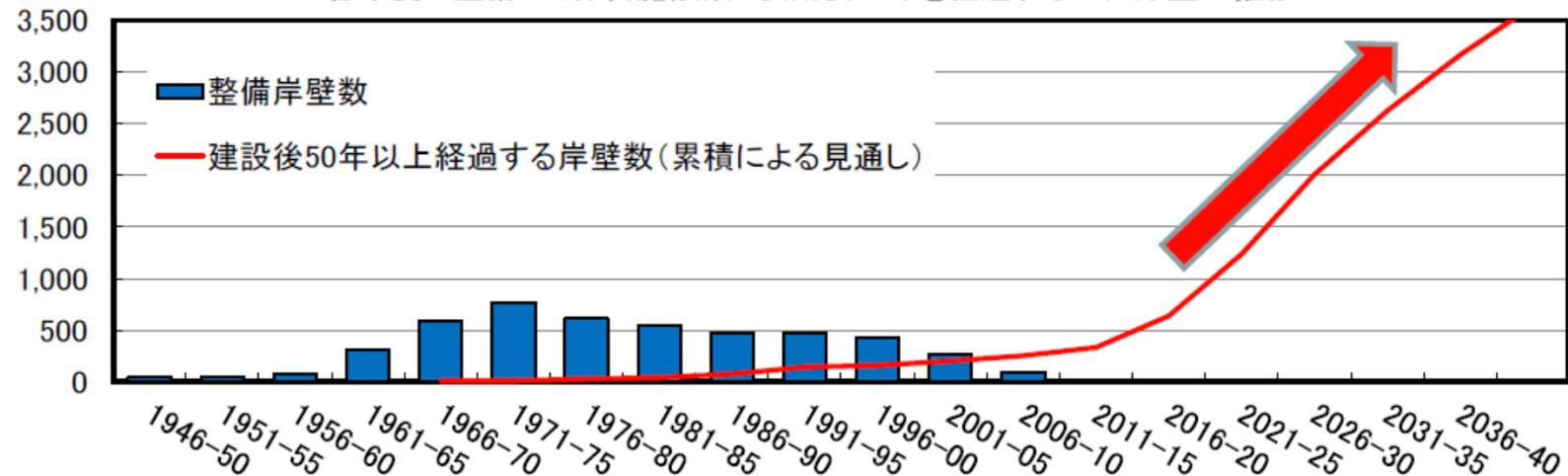
【コンテナダメージチェックシステム】

- 横浜港南本牧の楕円形4バースの連続ターミナルとしての活用方法を検討、新本牧ターミナルのICTの導入効果を検討、蔵置方法による機能を比較。コンテナ・ダメージ・チェック・システムを開発、その効果の数値シミュレーションによる評価。
- PIANC WG208（自動コンテナターミナルの計画ガイドライン）に貢献。国立シンガポール大学とMOU（コンテナターミナルのデータ、シミュレータ等のコンテンツの共有や将来のデジタルツイン化の推進）を締結。

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

2B-①インフラの長寿命化技術に関する研究

各年度に整備した係留施設数と供用後50年を経過する公共岸壁の推移



※国際戦略港湾、国際拠点港湾、重要港湾、地方港湾の公共岸壁数(水深4.5m以深):国土交通省港湾局調べ

【岸壁の老朽化】



【材料の長期暴露試験】

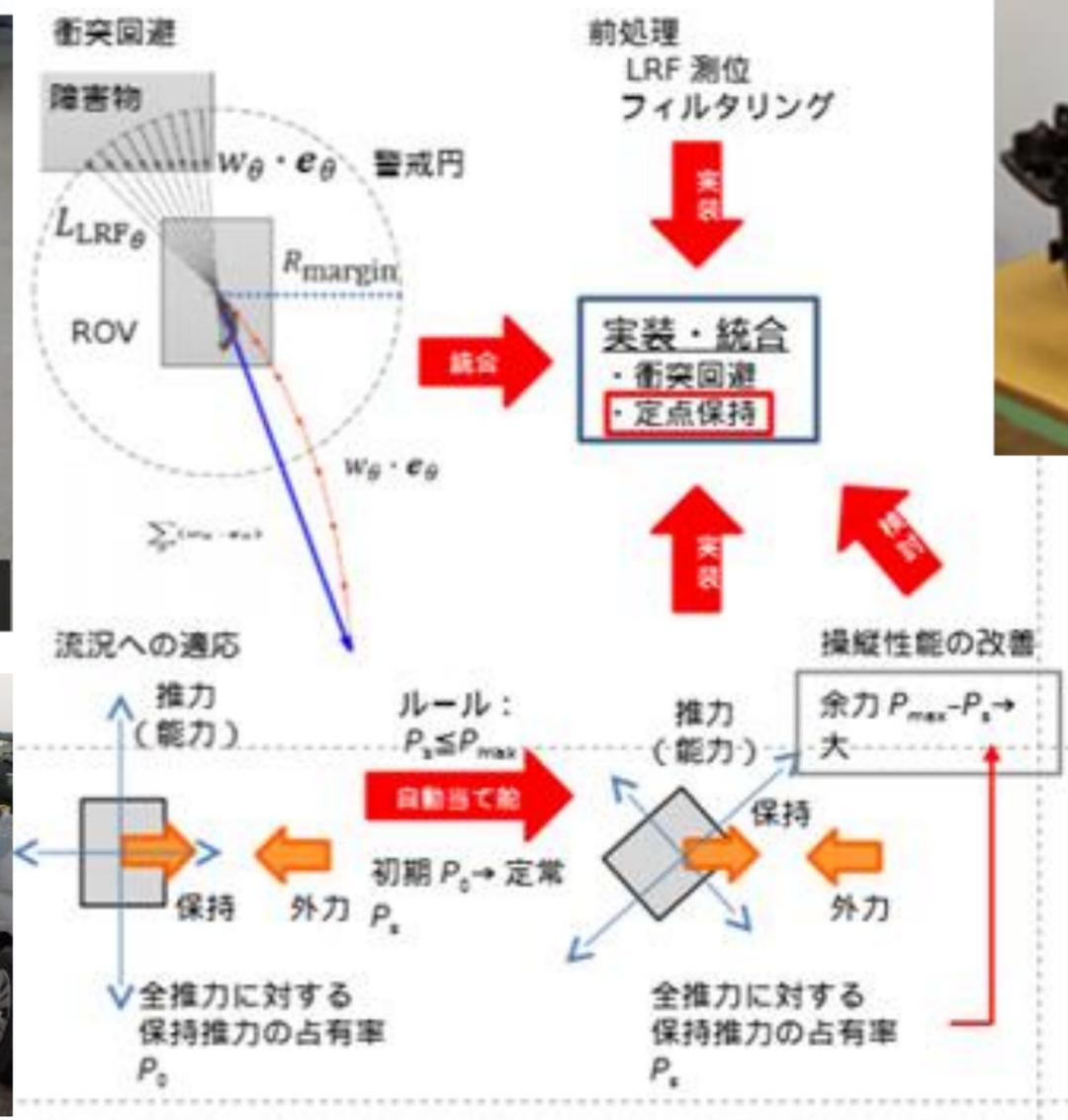


【鋼管のペトロラタム被覆】

- 多くの港湾・空港インフラが老朽化して更新・維持管理業務が増加する一方で、少子高齢化等による技術者の不足が懸念。
- 鋼材、コンクリート、木材、波崎海洋研究施設の棧橋の鋼管柱の被覆防食について、暴露実験を継続中。

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

2B-②インフラの点検診断技術に関する研究



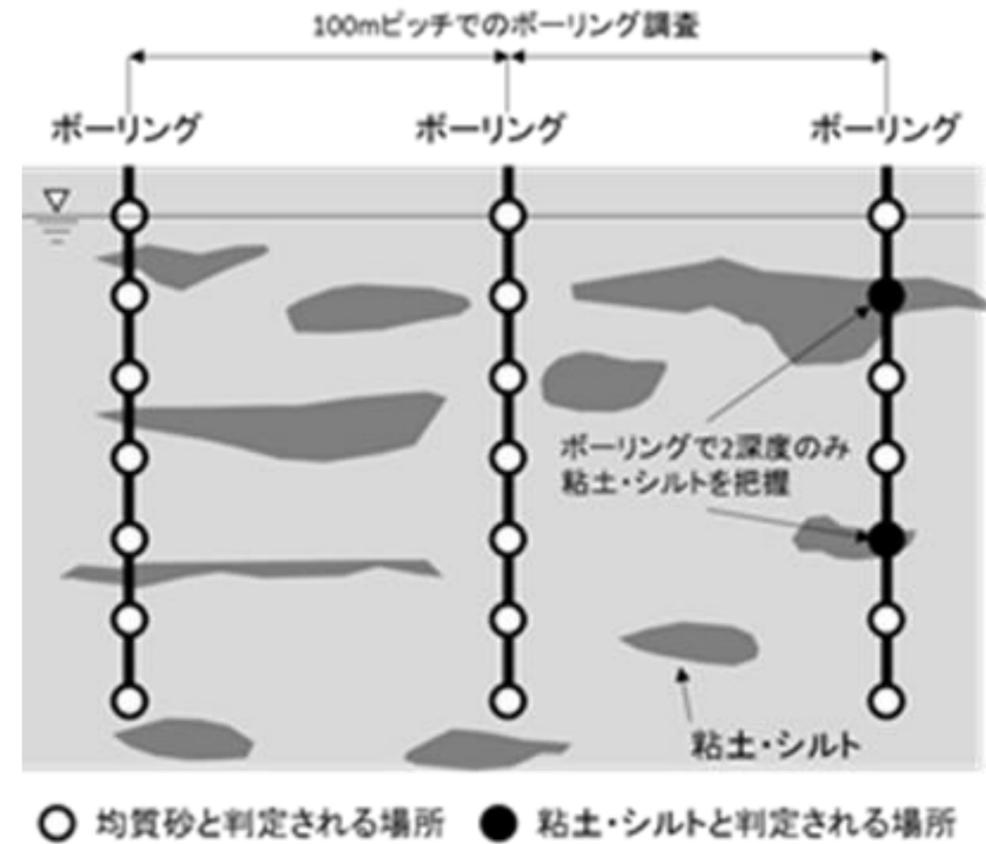
【水中ドローンによる計測】

- 港湾施設の効率的な点検を目指し、棧橋上部工点検用ROV（遠隔操作型の無人潜水機）を開発。定点保持機能を改良し、衝突許容機構を実装し、現地実証試験。
- 港湾構造物の防食のために取り付けた陽極の消耗量を水中ドローンで計測する実験。

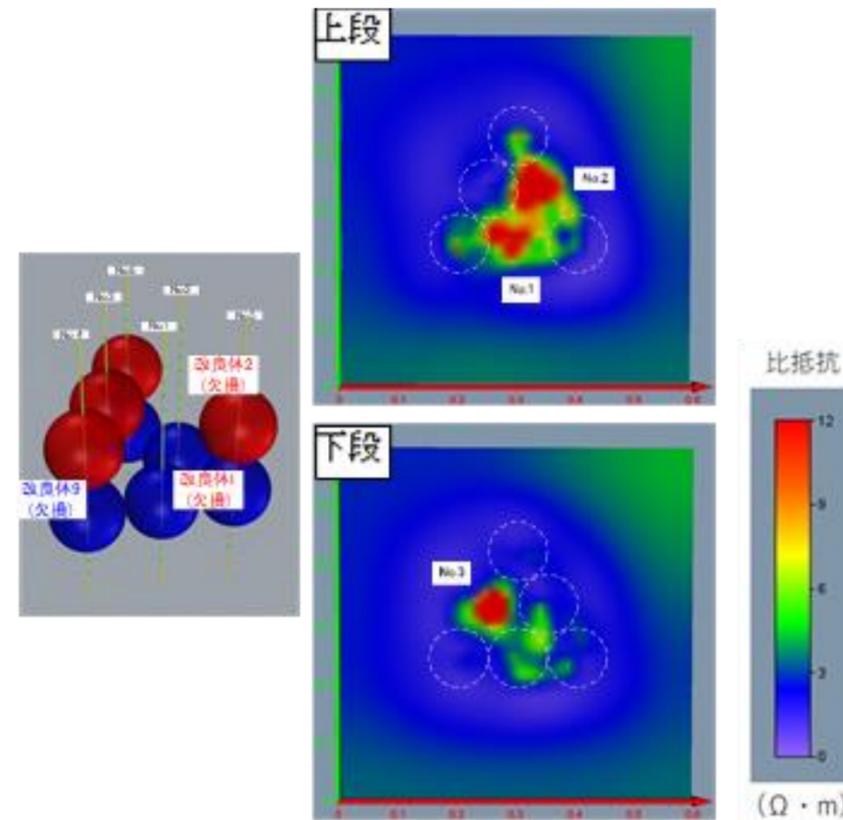
【棧橋上部工点検用ROVの開発】

2C インフラの有効活用に関する研究開発

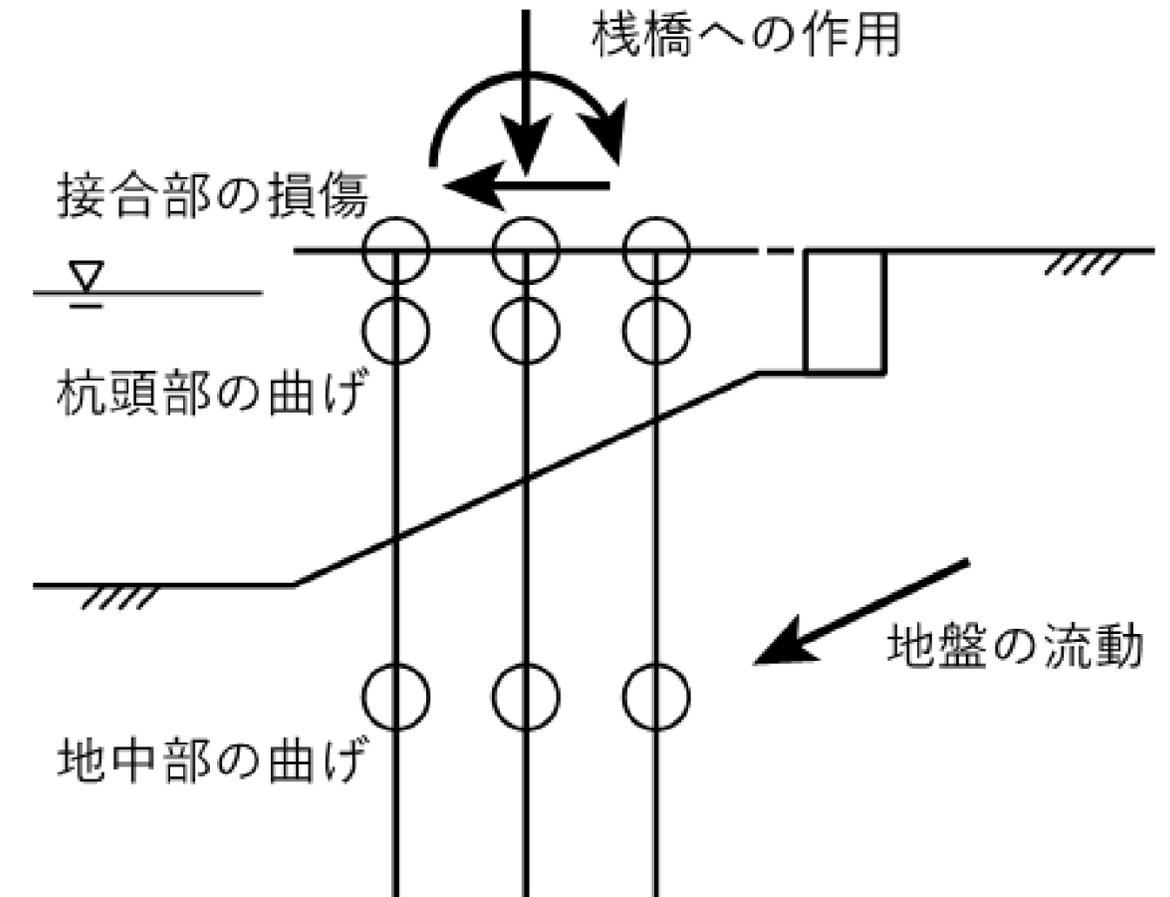
2C-①既存施設の改良・更新技術に関する研究



【改良体の分布】



【室内実験で得た比抵抗の分布】



【栈橋の構造と破壊モード】

- 不均質地盤に薬液を注入した後の改良体の分布を、チェックボーリングやPDCによる点または線での確認ではなく、三次元の比抵抗の分布として計測する手法を開発。
- 多くの部材で構成される栈橋について、各部材の降伏や塑性化による全体系としての破壊過程を考え、要求性能を満たすための性能規定を検討。

2C インフラの有効活用に関する研究開発

2C-②建設副産物等の有効活用・処理技術に関する研究

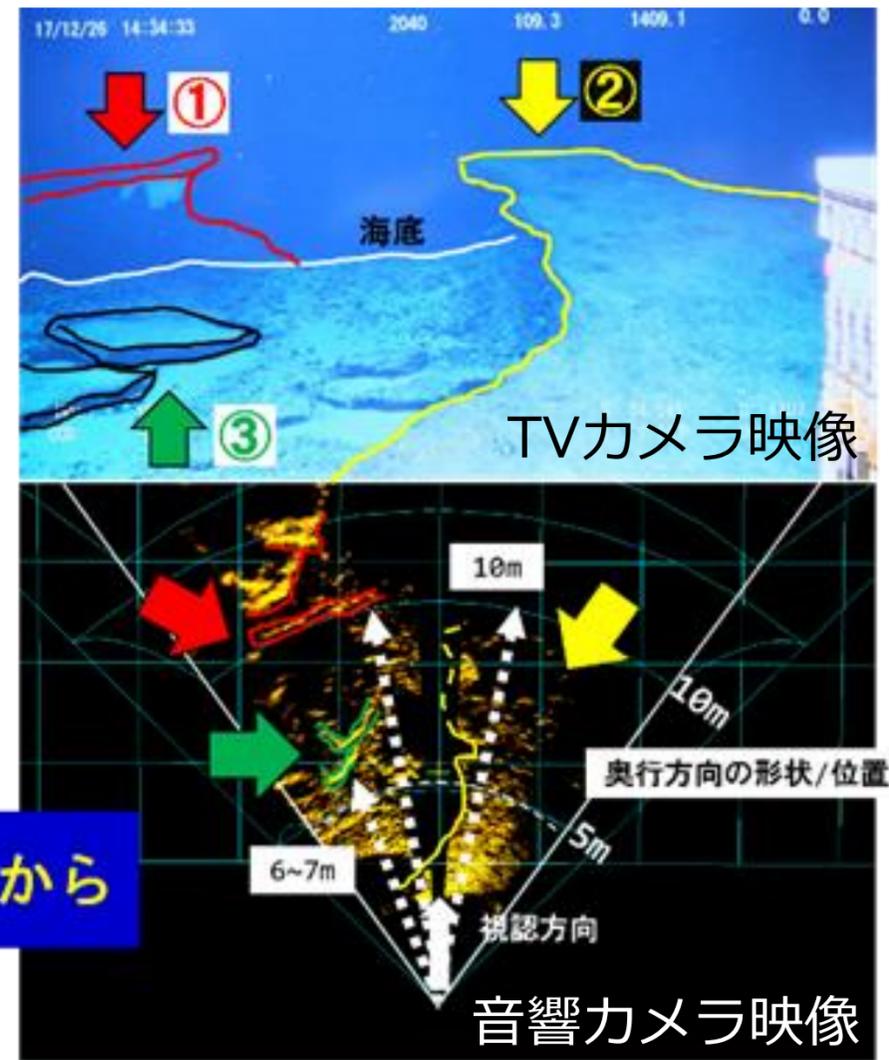


- 粘着性の低い砂礫地盤は乱れないサンプル採取が難しい。大粒径を多く含む地盤は粒子の形状や堆積構造が力学特性に影響する。
- 地盤を攪乱せずそのまま、X線CTスキャンで細部まで拡大して見る、ユニークな装置を開発。礫地盤の掘進力の計測などに使用。

3A 海洋の開発と利用に関する研究開発

3A-①遠隔離島の保全及び利用に関する研究

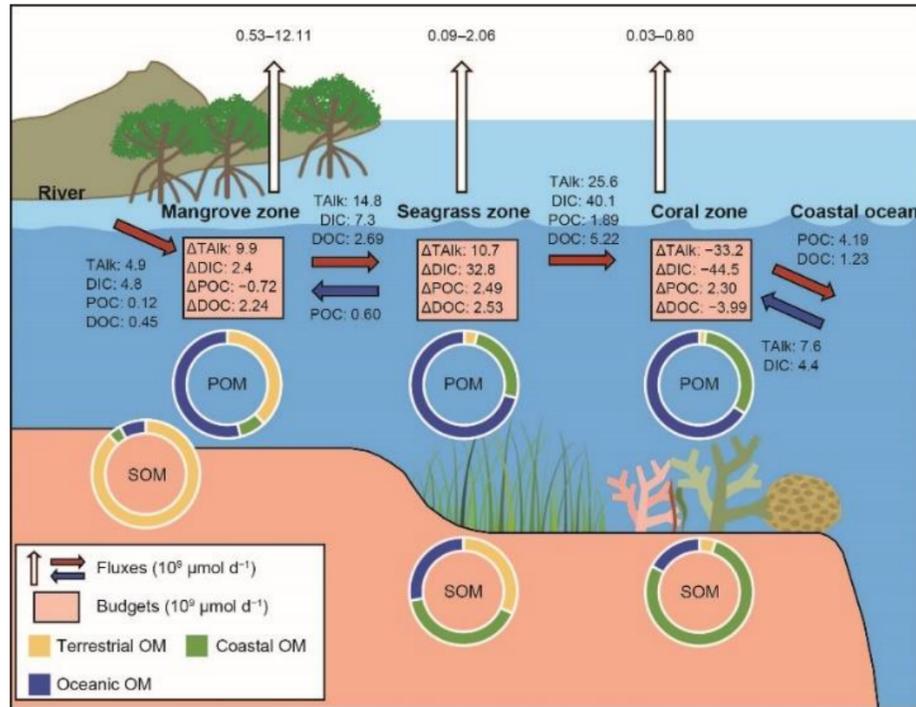
3A-②海洋の利用・開発を支援するインフラ技術に関する研究



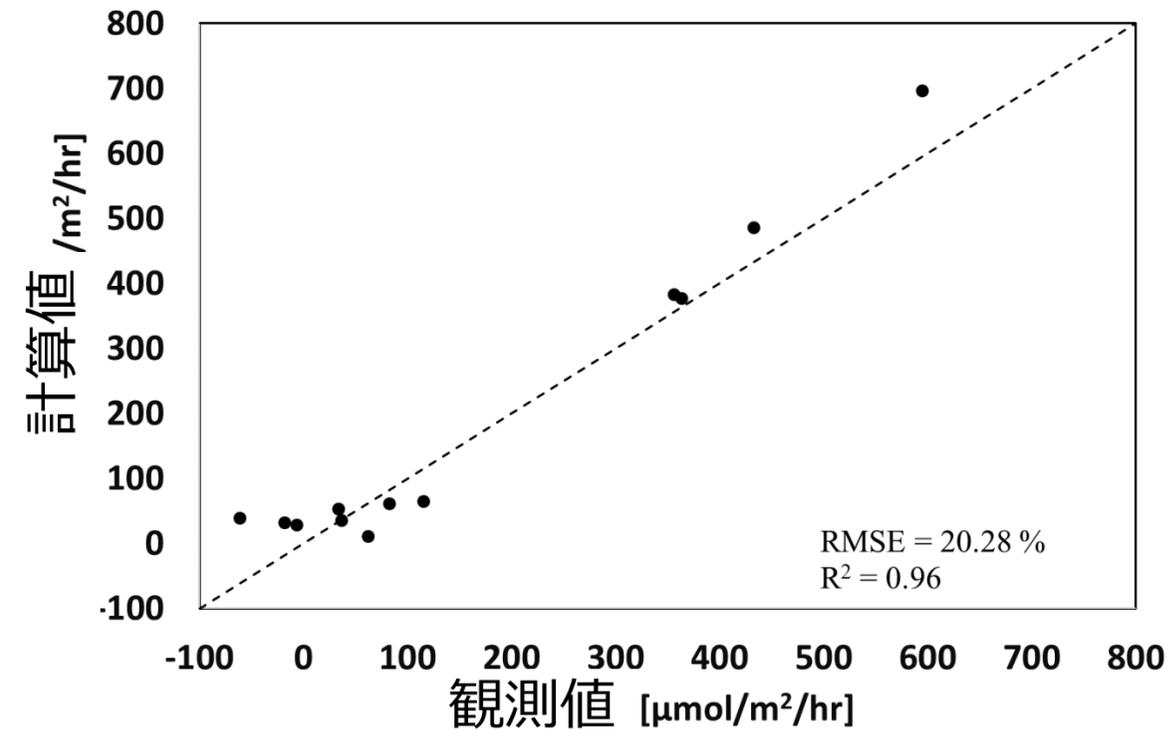
- 孤立リーフ周辺海域の波浪特性を解明、離島ならではの船舶の新型係留装置を考案、港湾整備の推進に寄与。
- 水中音響ビデオカメラを小型軽量化、無人水中施工システムを開発、海底調査や港湾施工を効率化。
- 水中音響ビデオカメラは、戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 次世代海洋資源調査技術 (海のジパング計画) の一環で、南鳥島周辺の水深1500mで明瞭な映像を取得、海洋音響学会の業績賞。

4A 沿岸生態系の保全や活用に関する研究開発

4A-①沿岸生態系の活用に関する研究



【マングローブ・海草・サンゴの複合生態系での炭素フローの定量化】



【CO₂フラックスの観測値と計算値】

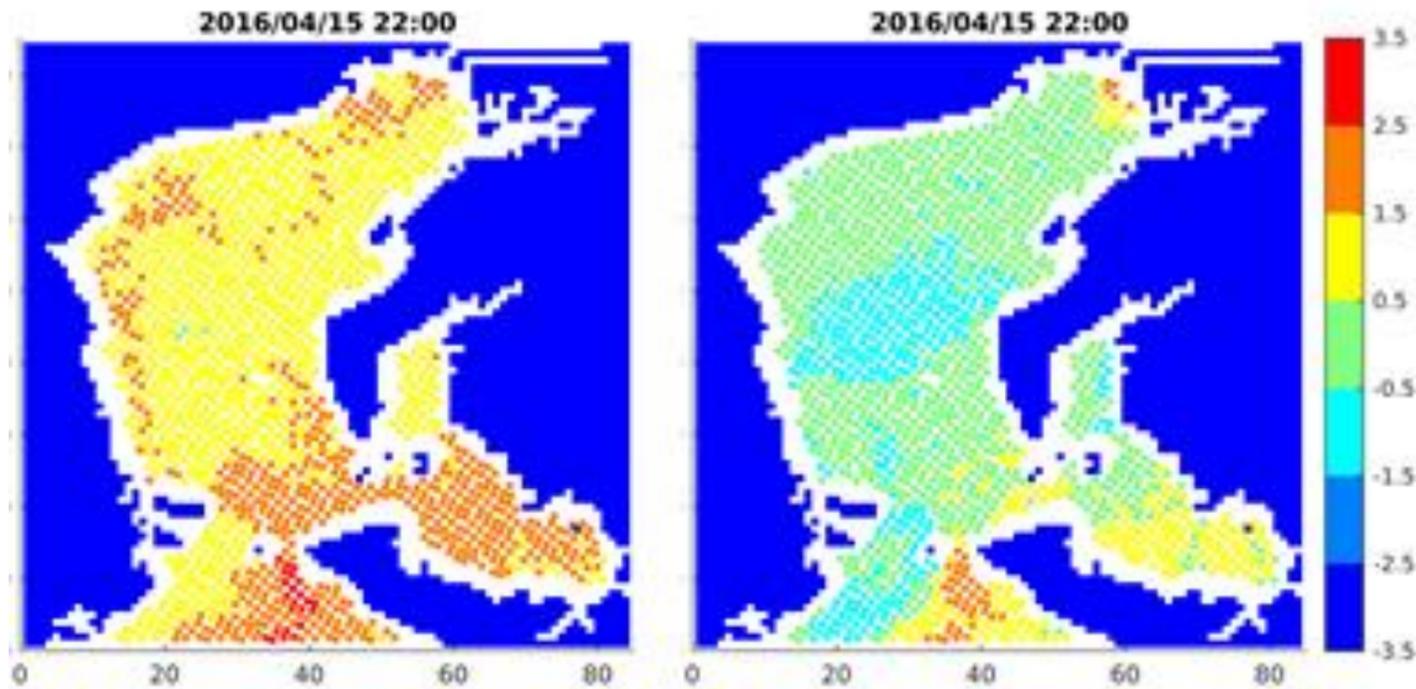


【様々な図書を出版】

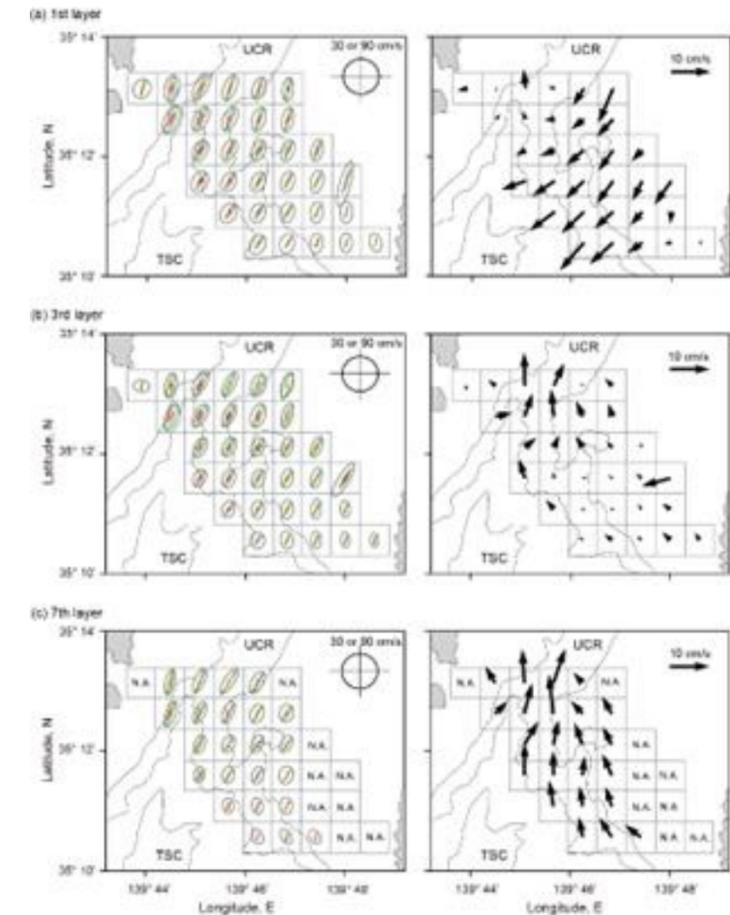
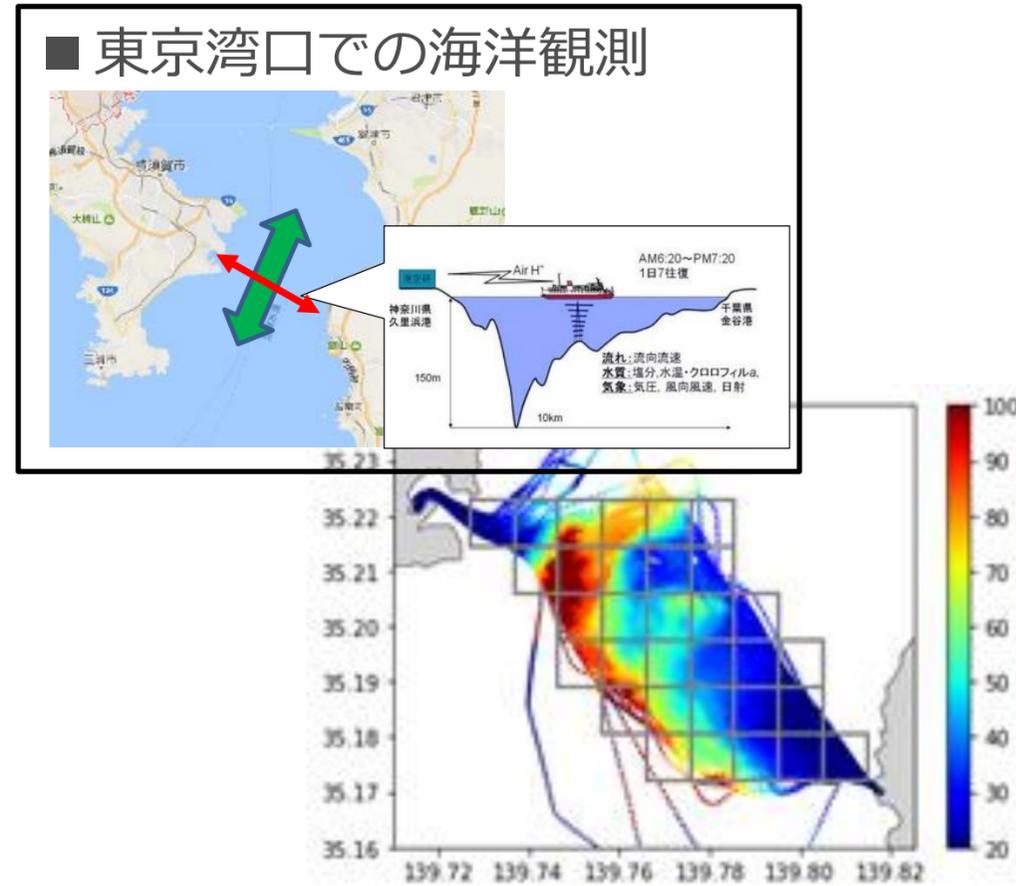
- マングローブ, 珊瑚礁, 藻場, 干潟など様々な条件下で、沿岸生態系による炭素隔離貯留や大気中CO₂の吸収（ブルーカーボン）といった気候変動の緩和に資する研究を展開。
- 多くの成果を、Nature Communicationで発表、英文書籍で編集・出版、気候変動適応計画、第五次環境基本計画、第3期海洋基本計画、港湾の中長期政策（PORT2030）に反映、気候変動枠組条約（UNFCCC）締結国会合（COP24）でも発表。
- 技術研究組合（JBE）と国土交通省との連携による、オフセットクレジット（Jブルークレジット）の試行準備。

4A 沿岸生態系の保全や活用に関する研究開発

4A-②内湾域の水環境リアルタイム予測技術に関する研究



【水温：データ同化した計算と衛星観測】



【水深別の残差流の解析】

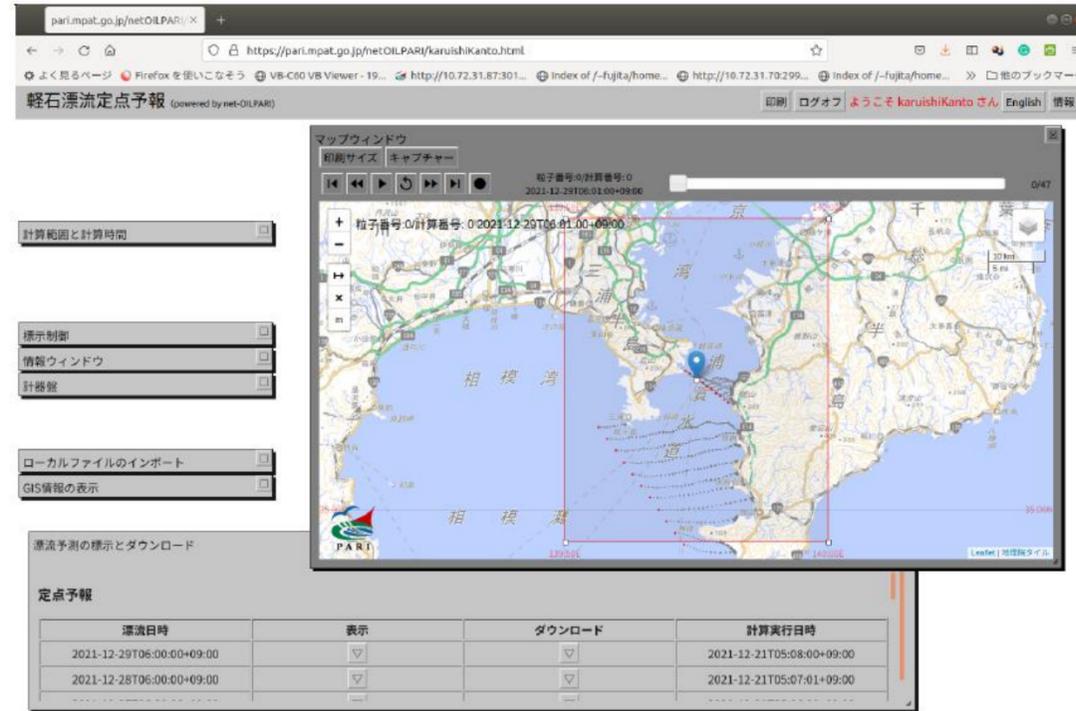
- 伊勢湾・東京湾の湾口フェリー、各地のモニタリングポストで得た海洋モニタリングデータの新しい解析手法を開発。
- 既存の環境データの再解析やGPS波浪ブイの多機能化による環境データ空白水域での連続観測。
- 赤潮，青潮，貧酸素水塊等内湾で頻発する問題を総合的に予測するシステムを開発

4A 沿岸生態系の保全や活用に関する研究開発

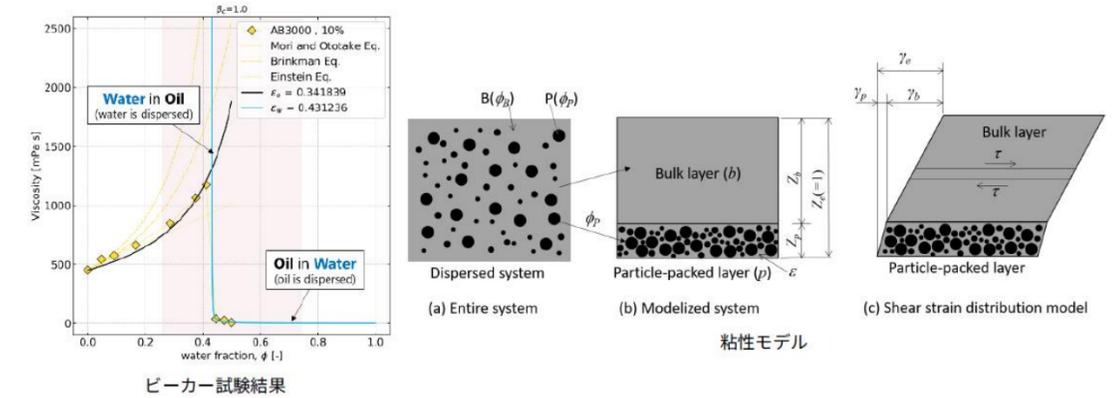
4A-③海上流出油への対応技術に関する研究



【次世代型油回収機実験模型】



【クラウド型油漂流予測システム】
軽石漂着予測にも活用

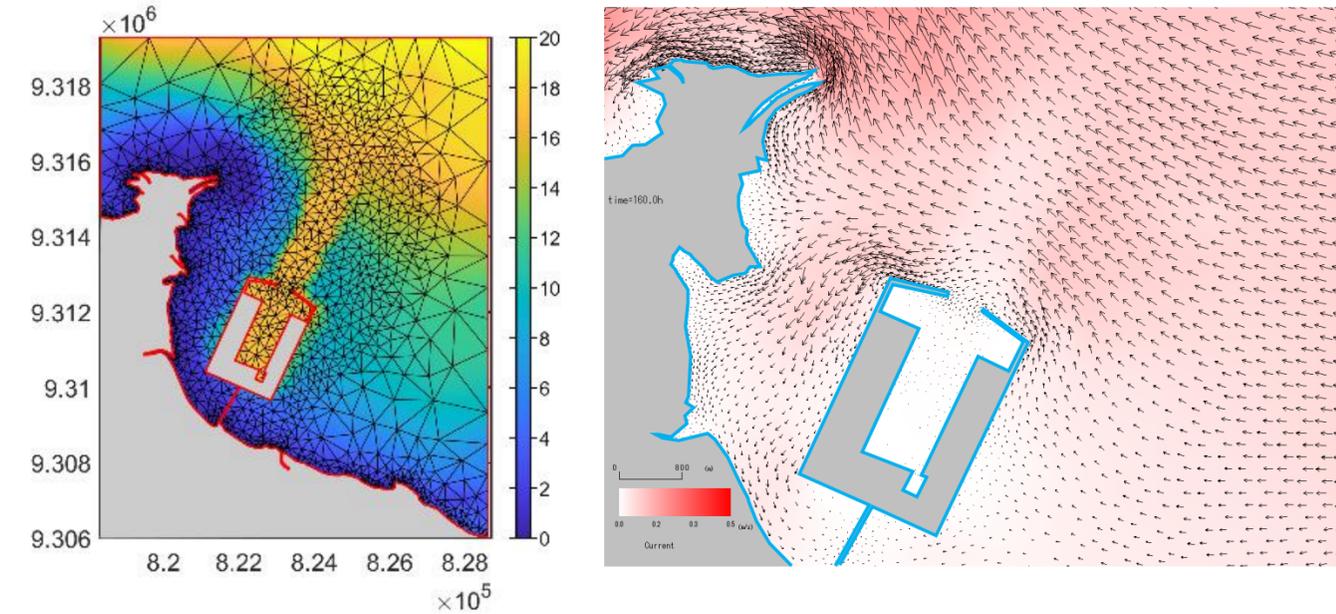
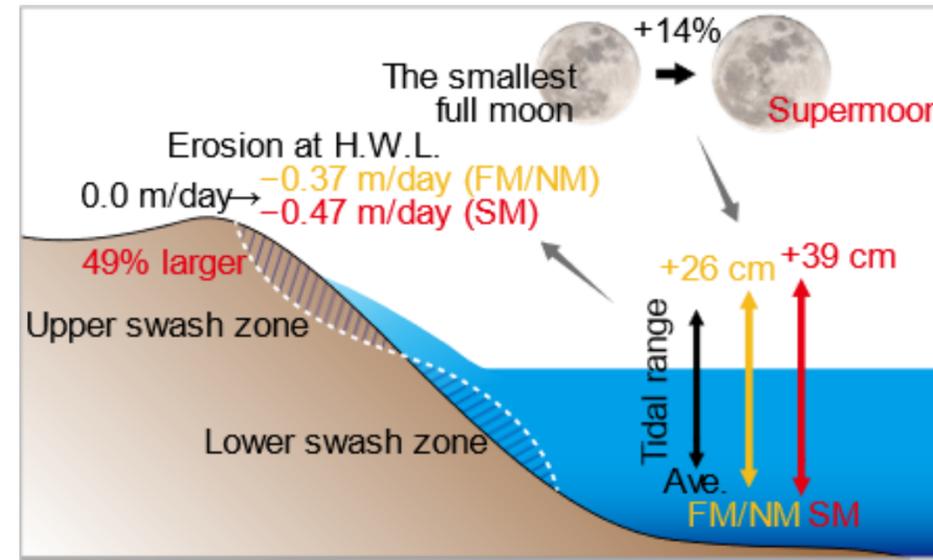
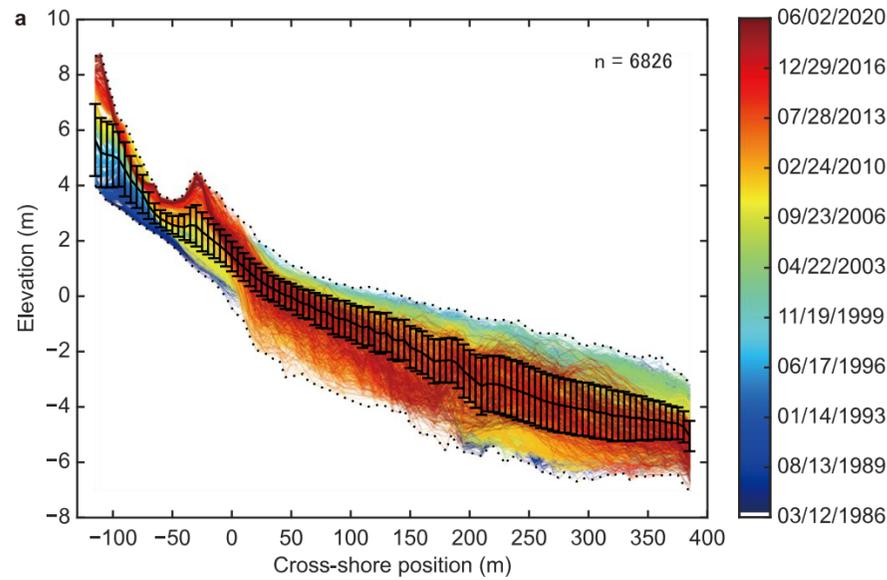


【沈船からの油の抜き取り技術】

- 次世代型油回収船搭載油回収装置として、大規模油流出事故にも対応可能な一括油回収あるいは処理システムの開発
- シミュレーション技術をコアとした油濁対応危機管理情報システムの構築（軽石の漂着予測でも活躍）
- 沈船からの油抜き取り技術の開発（海技研と共同）。

4B 沿岸地形の形成や維持に関する研究開発

4B-① 海岸保全と航路・泊地維持に関する研究



【波崎海洋観測施設で観測した34年間の海浜地形断面】

【潮汐変動に伴う海浜地形の変化プロセス】

【航路埋没予測への非構造格子の取り込み】

- 気候変動に伴う自然砂浜海岸，離岸堤や潜堤などの構造物で防護されている各種海浜の長期変動の推定方法の開発（長期データを持つ海外の研究者とも連携）。
- 東南アジアなどの海外港湾も対象に、広範囲の自然条件の下でのシルテーション（航路埋没）の高精度定量的予測法を開発（インドネシア技術評価応用庁の研究者とは長年の付き合い）。



Front Line - 特集 -

防波堤を越える黒い津波 (2011年3月11日 岩手県宮古市) 出典: 宮古市

測る新しい解析システム「FISH」を開発。これには、港空研の高川グループ長(津波高潮研究グループ)が、気象庁の研究グループに参加する形で貢献しているんですよ。

② 数値計算の進歩
河合「東日本大震災以前は、津波が来ても堤防で防ぐという考えで、そういう計算しか行われていなかったんです。ところが津波の越流で堤防は決壊。さらに、壊れかけた堤防によるせき止めや、海底の土砂を巻き込んだ、黒い津波など、さまざまな現象が起こりました。研究者たちは、そういった現象を細かく解く必要に迫られたわけです」

港空研では、津波シミュレータ「STOC」のスコッドをオープンに。これは港湾局の業務や大学等での研究において、スタンダードの一つになっています。また、波源から陸の浸水まで、構造物の変形も含めて一気通貫で計算できる統合的な数値計算モデル「MMICST」(※1)も開発し、公開しました。

河合「数値計算が緻密になればなるほどパラメータが増えるので、それを検証するための大型の模型実験も重要になります。大規模波動地盤総合水路を持っているのは港空研の強み。きちんと検証を行い、信頼性が高くかつ実用的なモデルをつくることができました。そのモデルは既にコンサルタントの実務にも浸透しています」

③ 沿岸防災施設の整備
河合「先ほども述べたように、以前はそもそも津波が堤防を越流するという意識があまりなかった。だから当然、堤防の内側の地盤が洗掘されて倒れるといった発想がありませんでした。災害のイメージが足りなかったんですよ」

要に迫られたわけですが、港空研では、津波シミュレータ「STOC」のスコッドをオープンに。これは港湾局の業務や大学等での研究において、スタンダードの一つになっています。また、波源から陸の浸水まで、構造物の変形も含めて一気通貫で計算できる統合的な数値計算モデル「MMICST」(※1)も開発し、公開しました。

河合「数値計算が緻密になればなるほどパラメータが増えるので、それを検証するための大型の模型実験も重要になります。大規模波動地盤総合水路を持っているのは港空研の強み。きちんと検証を行い、信頼性が高くかつ実用的なモデルをつくることができました。そのモデルは既にコンサルタントの実務にも浸透しています」

津波の怖さと備えの必要性を説く
一方では、港空研では河合特別研究主幹を筆頭に、津波防災の啓蒙活動への意欲的な取り組みも。
河合「各地方整備局などが主催する技術講演会でお話しさせていただくのはもちろん、広く市民に向けても講演を重ねてきました。最近では国際海洋・極地工学会(ISOPE 2021)で、理事兼津波安全工学委員長として基調講演を、あと、国際航路協会(PIANC)オーストラリア・ニュージーランド支部の危機管理・自然災害セミナーでは招待講演を行いました」

※1 津波解析プログラム(T-STOC)、数値波動水櫃(CADMAS-SURF/3D)、構造解析(STR)、避難シミュレータ(AGENT)を連携したプログラム。

3 PARI VOL.46 JANUARY 2022

Front Line - 特集 -

東日本大震災から10年
津波の研究が遂げた進歩と
今後目指すべき方向とは？

この10年間で大きく進展した日本の津波防災の取り組み。港空研の研究も、そのなかで重要な役割を果たしてきました。南海トラフ地震津波への備えが喫緊の課題とされるいま、研究し尽くされたかに見えた分野にも、また新たな展開が。これまでを振り返っての総括と、最近の研究の状況、今後の展望を取材しました。

※ 本誌は2021年10月~11月に取材しました。

港空研が支えてきた日本の津波防災の取り組み
東日本大震災以降の10年間を振り返ると、港空研のみならず国交省を含めた日本全体の津波防災への取り組みには、3つの柱があったといえます。

① 津波観測体制の強化
河合「あの日、GPS波浪計が沖合でとらえた東北津波の第一波は気象庁の津波観測の更新に役立ちましたし、その後のデータもすべて港空研が処理して国交省のホームページで公開し、世界中で使っていたいただいています。震災当時GPS波浪計の配置は東北の太平洋から四国まででしたが、港湾局はその後も日本海側と九州にも拡充。陸上局から衛星経由の通信回線を追加するとともに、津波で流された沿岸潮位計も復旧させました」

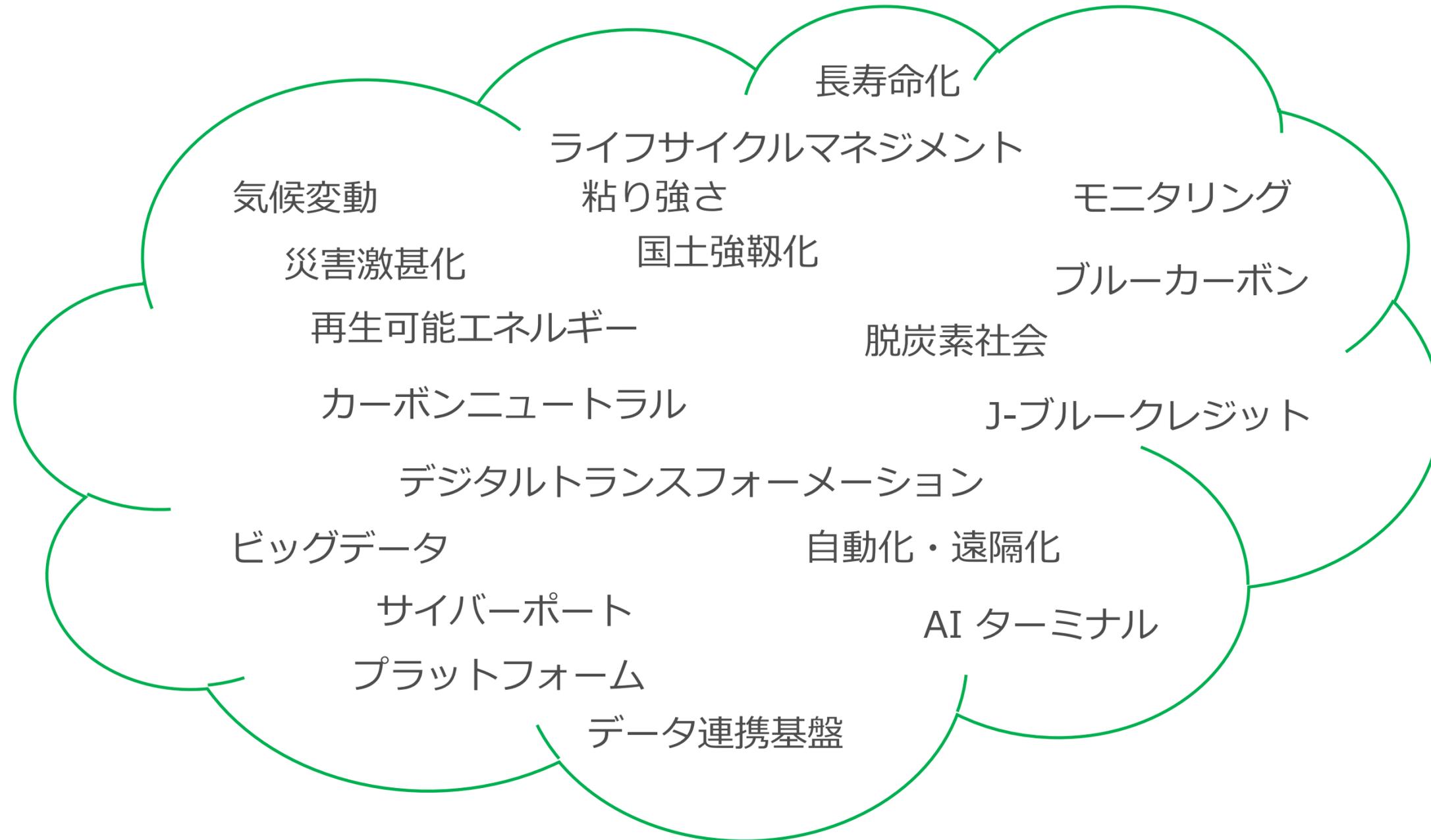
また、防災科学技術研究所(NIED)は、東日本太平洋沖深海域に、地震計と水圧計が一体になった観測装置を海底ケーブルで繋いだ「S-net」(日本海溝海底地震津波観測網)を整備し、24時間連続で観測データを取得。さらに、南海トラフ地震の想定震源域では、海洋研究開発機構(JAMSTEC)が構築した、通信用海底ケーブル技術を用いた信頼性の高い基幹ケーブルシステム「DONET」(地震・津波観測監視システム)を防災科学技術研究所が運用管理しています。河合「それらのデータが全部、気象庁に集まっていますから、いまや日本の津波観測網は世界トップクラスです。さらに気象庁では、いざ津波が発生したとき、沖合の観測データから精度良く津波を予

GPS 波浪計

河合弘泰 特別研究主幹
(沿岸・海洋研究担当)

PARI VOL.46 JANUARY 2022 2

第2期中長期計画で想定されるキーワード



永遠に続くであろう、港空研のモットー

「国の内外で高く評価される質の高い研究」と
「研究成果が実際のプロジェクトで役立つ研究」の
二兎を追う