

# 沿岸海洋・防災研究部の 最近の研究について

---

令和3年12月20日

沿岸海洋・防災研究部長

森木 亮



# 沿岸海洋・防災研究部の紹介

## 沿岸海洋・防災研究部

沿岸海洋新技術研究官

津波・高潮災害研究官

## 海洋環境・危機管理研究室

沿岸海洋の環境及び危機管理に関する調査、研究

## 沿岸防災研究室

沿岸海洋の災害の防止に関する調査、研究

## 沿岸域システム研究室

沿岸域の利用、開発、保全に関する調査、研究

# 沿岸海洋・防災研究部の紹介

- ・我が国の沿岸域においては人口や産業が集積し、多様で高密な利用がなされている。この沿岸域を安全・安心、快適な環境を確保しつつ、賢明に利用してゆくため、防災、環境、社会システムについての研究をニーズを踏まえて効果的に行う。
- ・このため、以下の項目についての研究を行い、それらの成果をもとに沿岸域の開発・利用・保全のための政策立案、技術基準作成、行政活動の支援を行う。また、研究や各種活動の成果を社会に発信する。



- ①沿岸域の計画的な利用・管理・保全についての調査研究
- ②津波・高潮・高波などによる沿岸災害を防御・低減・回避するための調査研究
- ③海域環境の修復・創出・保全を行うための調査研究

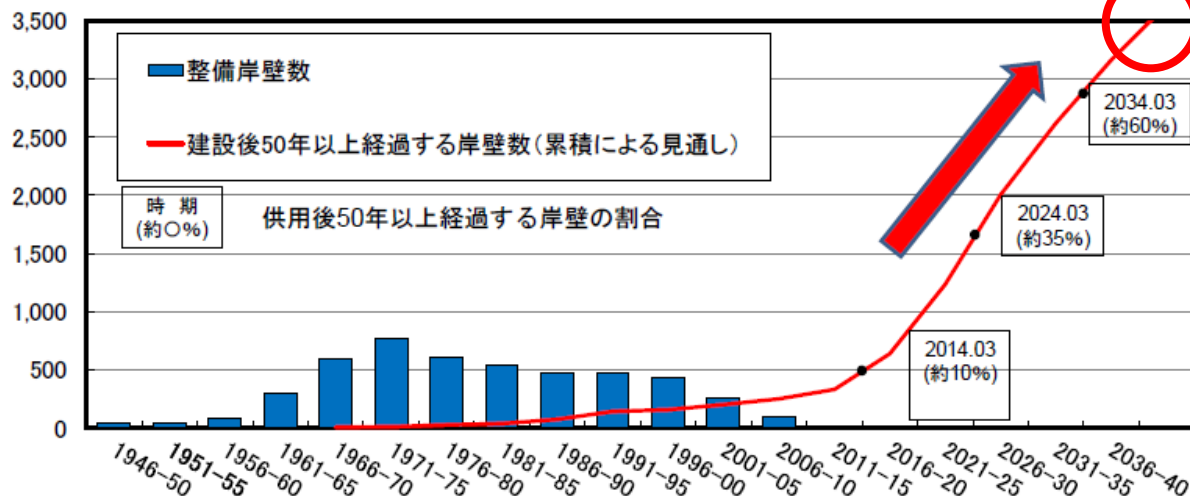
# 沿岸防災分野

---

UAVを活用した港湾施設の  
効率的な点検方法



【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】

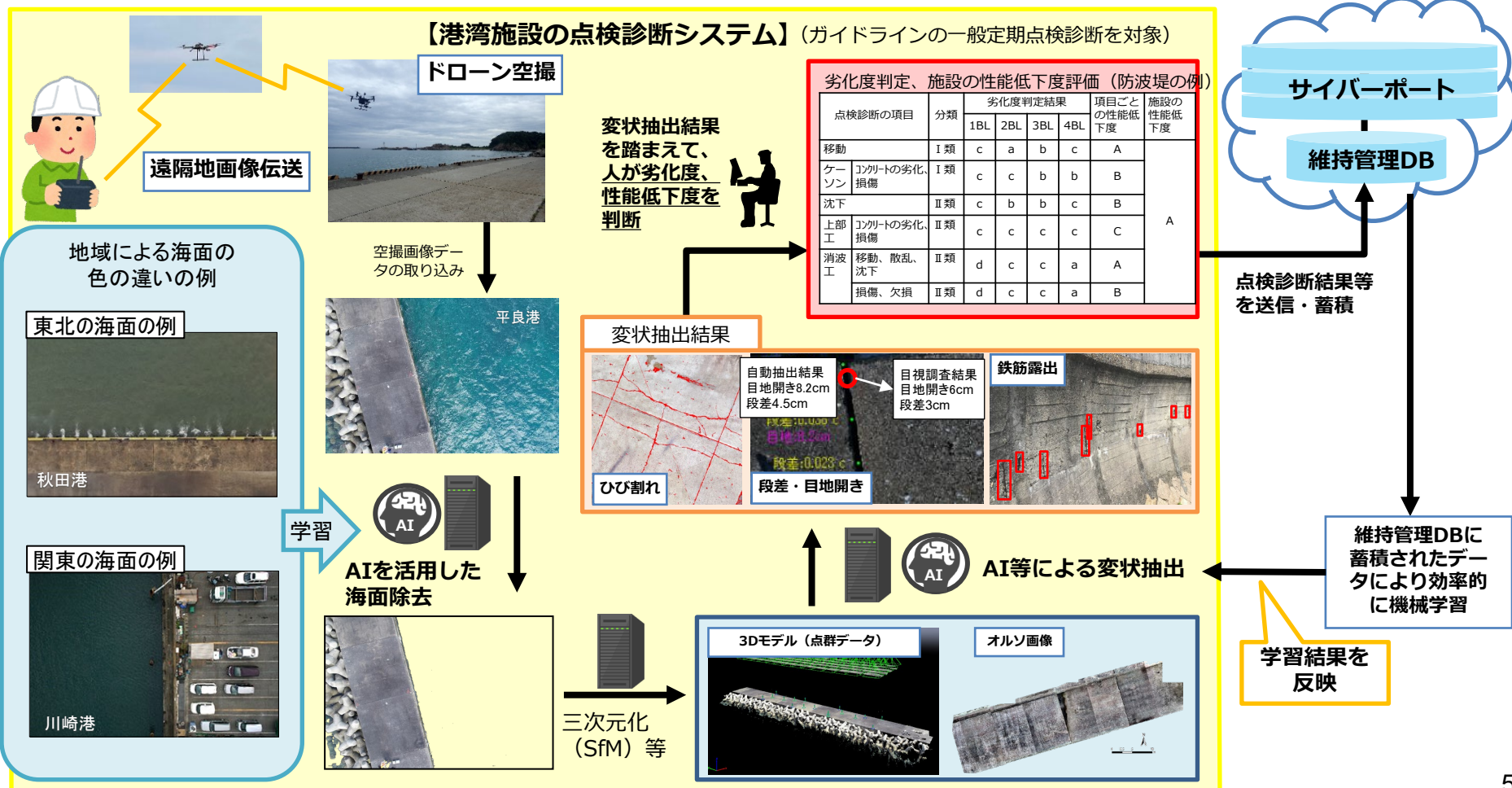


2039年には約7割

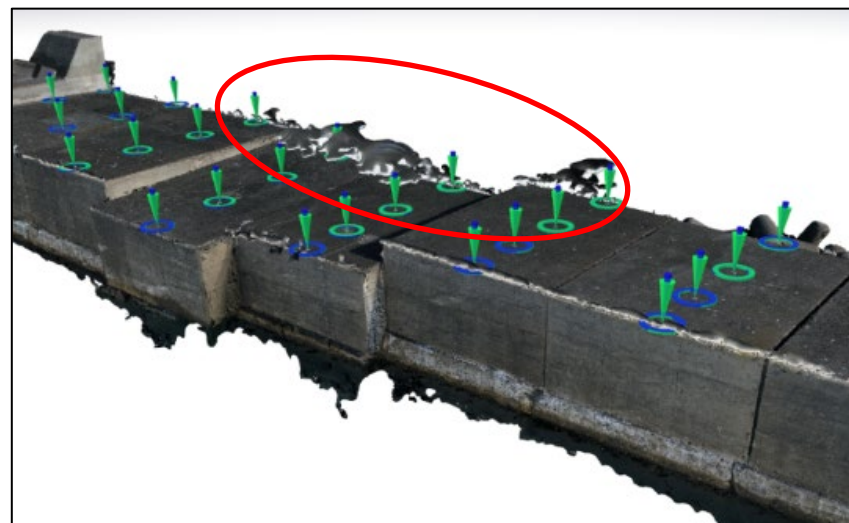
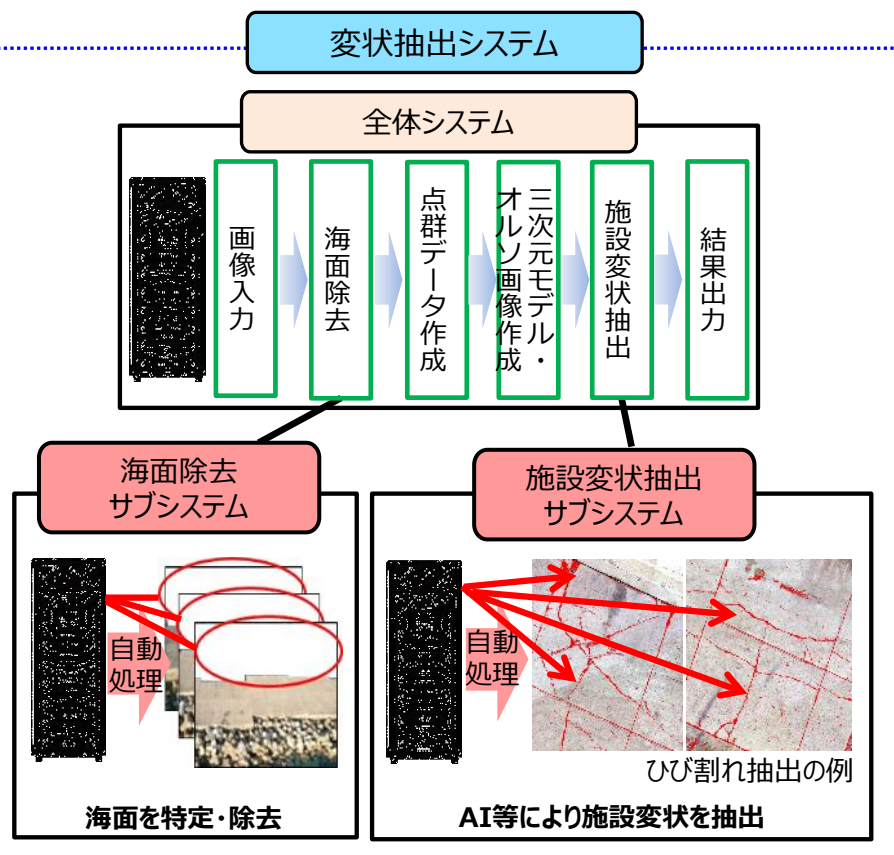
- 建設後50年以上経過する港湾の岸壁数の割合は、2039年には**約7割**になると予想されている
- 港湾管理者や民間事業者が維持管理しなければならない港湾施設は、陸域・海域の広範囲に存在するが、人的資源・財源に限られる中、より**効率的かつ的確な施設の点検・診断**の実施が求められている
- 「**港湾の施設の点検診断ガイドライン**」が令和2年3月に改訂され、目視と同等に変状把握・劣化度判定できる場合、**UAV等による点検も目視とみなす**と明示された
- UAVによる空撮画像から3Dデータを作成する技術、3Dデータや写真画像を用いた変状確認に関する技術等は開発が進んでいるものの、専門業者による画像処理や解析作業が必要となり、**港湾施設の点検への活用は進んでいない**

- 港湾管理者等の**インフラ維持管理の効率化・高度化**を図る
  - UAVの活用で、**現地作業時間を短縮**
  - 沖防波堤等の遠隔地の点検において、マルチホップ映像伝送により**リアルタイムで状況把握**
  - AIを活用し、従来人力で行っていた処理(施設変状抽出等)を**省力化・自動化**

＜港湾施設の点検診断システム 概念図＞



- 空撮画像の入力から、海面除去、点群データ作成等を行い、施設変状抽出の結果出力まで一連で行う
- ガイドラインにおける一般定期点検診断のうち、UAVにより空撮可能で目視で判断できる施設変状を対象とし、劣化度a, bに相当する施設変状を自動抽出することを目標



海面(ノイズ)により三次元モデルにエラーが起こった例

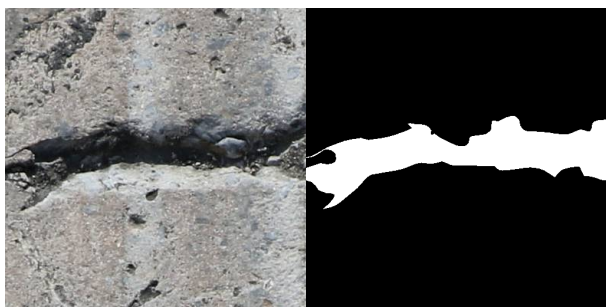
- 海面除去
  - 三次元点群データの精度を下げる要因である海面部に対し、AIを用いて画像データから海面部を特定し除去(マスク)すること
- 施設変状抽出
  - 三次元モデルやオルソ画像等から、AI等により施設変状を特定し抽出すること
  - 対象とする港湾施設: 防波堤等の外郭施設, 岸壁等の係留施設



- 海面除去
  - 手法はセマンティック・セグメンテーションを採用。機械学習モデルとしてDeepLab V3+を使用。
  - 実港湾において教師データを取得（茨城港常陸那珂港区、鹿島港、川崎港、清水港、平良港、小木港、土庄港等）。
- 施設変状抽出（ひび割れ抽出）
  - 手法はセマンティック・セグメンテーションを採用。機械学習モデルとしてFPCNetを使用。
  - 幅3 mmのひび割れを検出するため、実港湾において地上解像度(GSD)を1mmとしてUAV空撮画像を取得。実港湾での取得画像及びひび割れ抽出用データセットDeepCrackを教師データに使用した。

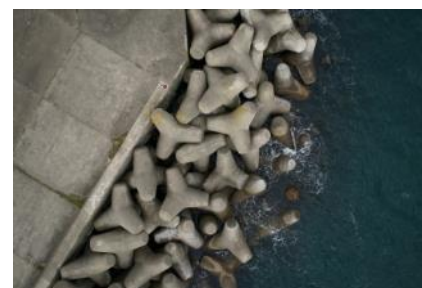


セマンティック・セグメンテーションによる領域分割の例

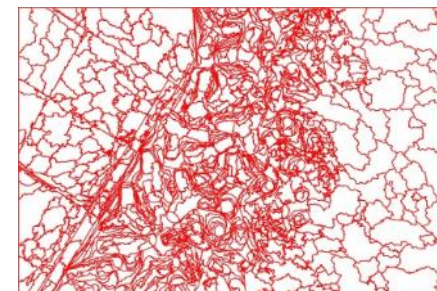


ひび割れアノテーション画像の例

## 教師データ(アノテーション画像)作成手順



①入力(元画像)



②画像分割ツールを用いて領域分割



③手作業でマージ



④タグ付けして出力



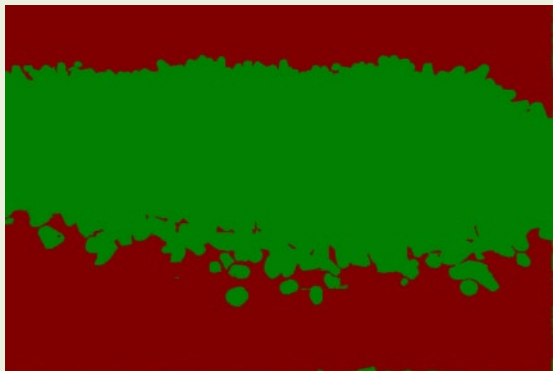
## ● 海面除去

- H30～ R2に関東、中部、四国（瀬戸内海）、沖縄の海面を対象に機械学習モデルの学習を行い、認識率96%。
- R3は北海道や東北、近畿等の未学習地域・海域でUAV空撮を行い、追加で学習を行う予定。

H30年度の結果



鹿島港



R1年度の結果

海面の色が異なる

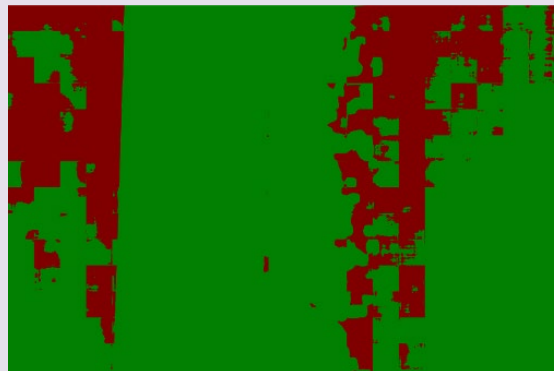
海面下が透けている



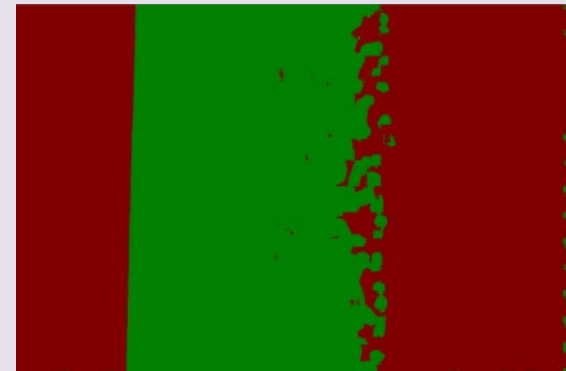
平良港

改良前モデル

改良後モデル



海面の認識が不十分



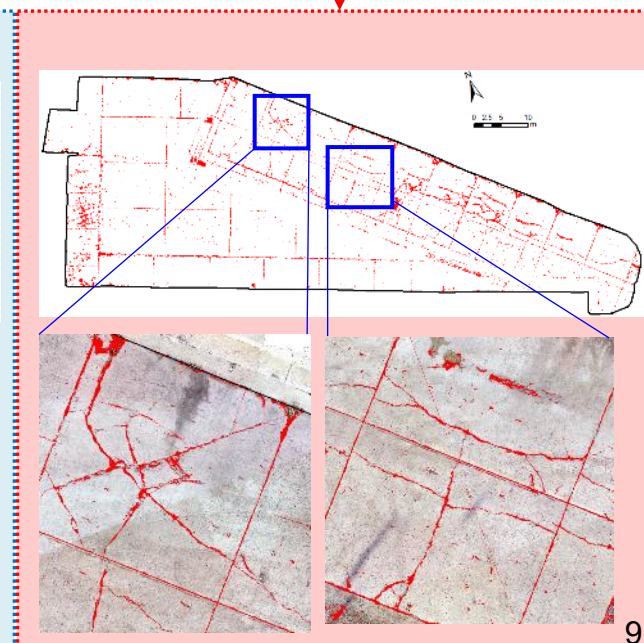
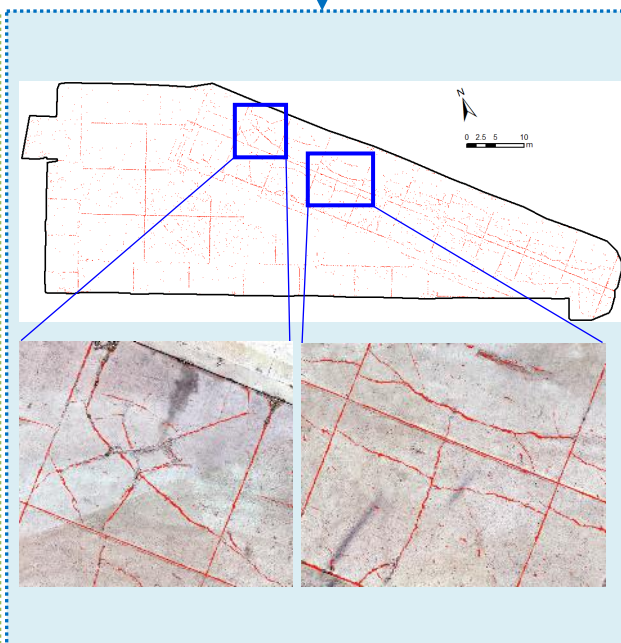
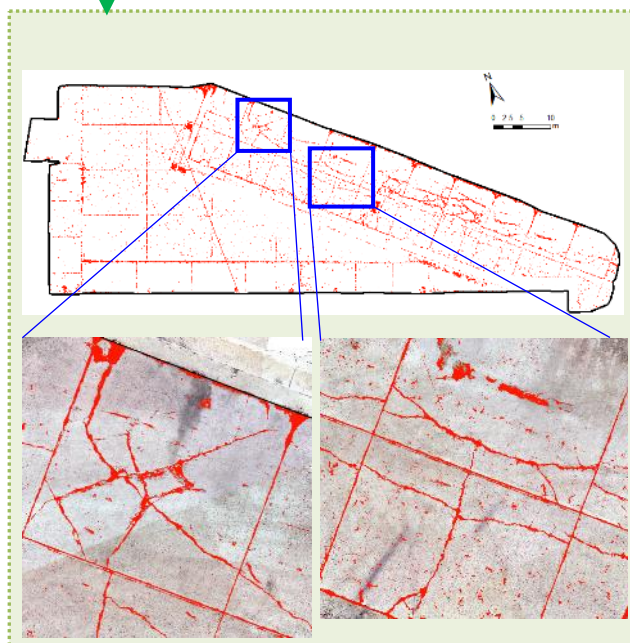
認識精度向上

- 施設変状抽出(ひび割れ抽出の例)
  - 使用する教師データ、重み調整の有無により多少異なるが、抽出率90%以上。

使用データ	重み調整	抽出率
平良港 空撮画像	有	92.2 %
	無	93.6 %
DeepCrack	有	95.5 %
	無	93.7 %
平良港空撮画像+DeepCrack	有	92.2 %
	無	94.3%

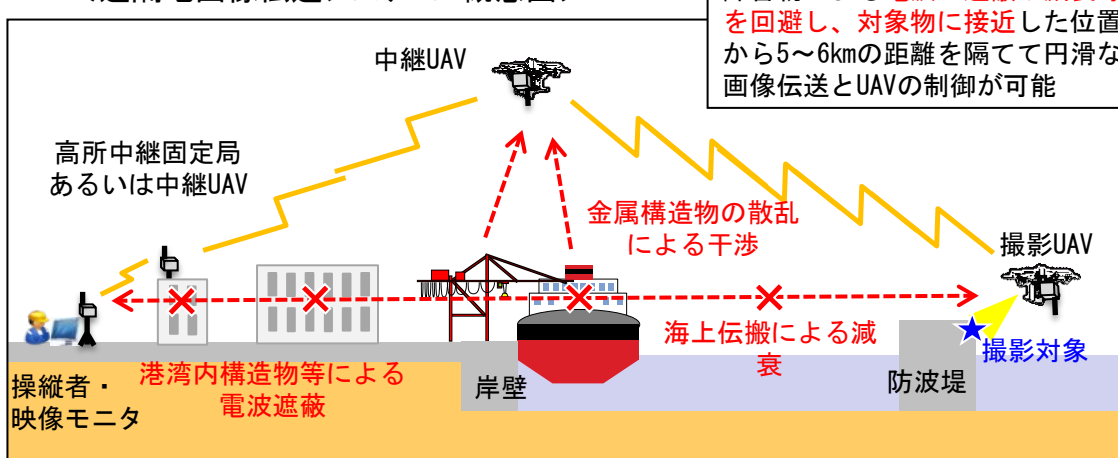


重み調整: AIの学習時に、ひび割れと無損傷の画像の重み(係数)を調整すること。「有」はひび割れのある画像の重みを大きくしている。



- 遠隔地画像伝送システムは、防波堤等の陸上から離れた施設においても安全性を確保し、かつ、リアルタイムで施設状況、異常箇所の確認・撮影を行うことで、効率的な施設点検が実施できるよう、構造物、船舶、海面等による電波の遮蔽や減衰等の影響を回避・軽減し、円滑な画像伝送を行うことを目標としている
  - 2.4 GHz帯の無線LAN等との干渉を避けるため、5.7 GHz帯の電波を使用して、マルチホップ映像伝送を行う。
  - 港湾における電波環境及び電波伝搬特性を現地調査(H30年度)
  - 開発した無線モジュールを用いて、実港湾における非見通し環境におけるマルチホップ映像伝送試験を実施(令和3年4月)

＜遠隔地画像伝送システム 概念図＞



操縦者から撮影UAVまでの直接経路では電波が切れる、あるいは減衰する

中継UAVや高所中継固定局で、安定した電波の中継を行う

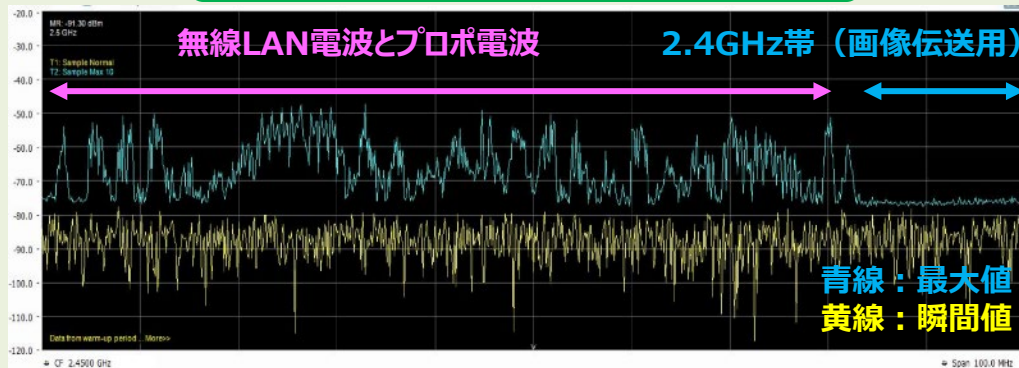


H30試験実施場所(茨城港常陸那珂港区)

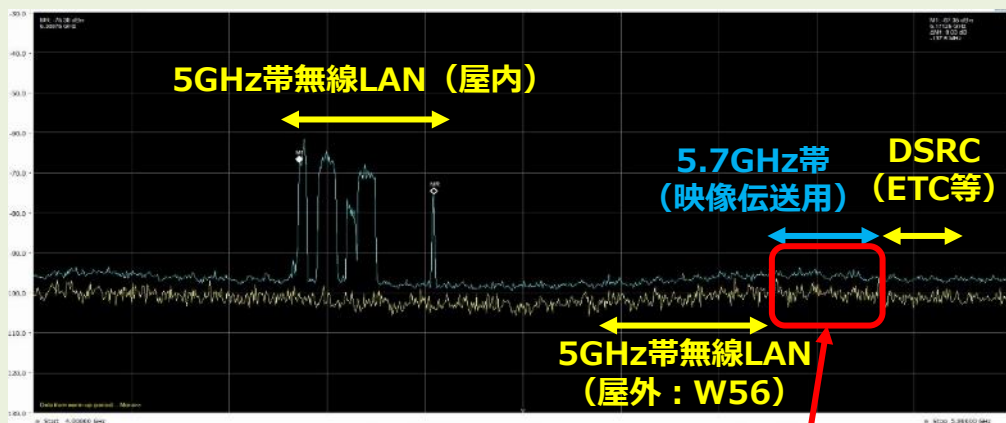


- 港湾における電波環境及び電波伝搬特性の測定結果 (H30年度)
  - 5.7GHz帯において、他の使用は確認されなかった。
  - 船舶により見通しが悪い状況では、電波の遮蔽が確認できた。

## 周辺環境雑音(電波ノイズ)測定の結果



2.4GHz帯 (2400MHz~2500MHz)



5GHz帯 (4.9GHz~5.9GHz)

他の使用は確認されず

## 電波伝搬特性測定の結果



## ■港湾での実証試験(令和3年4月)

- 船舶等の通信上の障害物による遮蔽を、無線ユニット搭載のUAVを用いたマルチホップ通信により回避する、遠隔地画像伝送システムの実証試験を行った。
- 岸壁から高度3mを飛行するカメラ搭載UAVから、高度40mでホバリングさせた中継UAVを経由して、約5km離れた地上モニター局において、フルHD(1920×1080pixel)、10fpsの映像伝送を確認した。

### 岸壁エプロンひび割れを確認



対岸に停泊していた大型船舶(障害となる)



地上モニター局

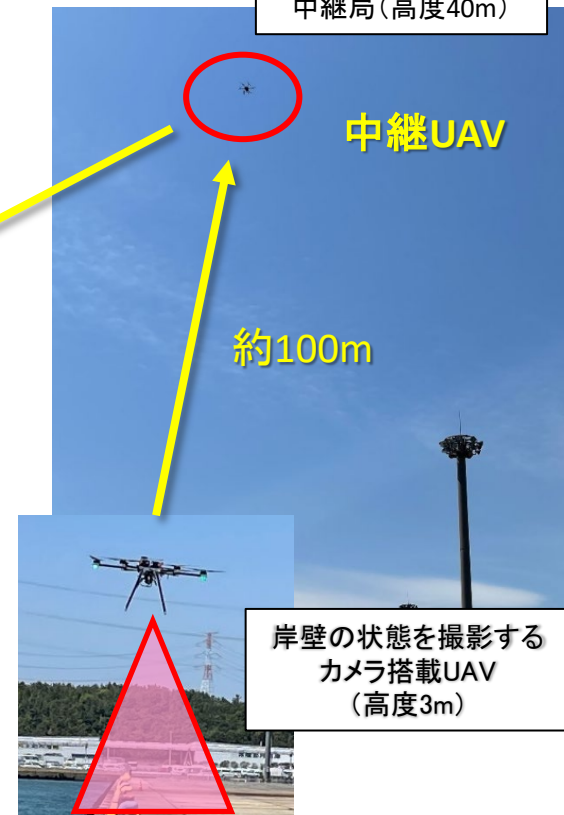
映像はPCで確認・録画

中継局(高度40m)

中継UAV

約100m

岸壁の状態を撮影する  
カメラ搭載UAV  
(高度3m)



- 港湾管理者等のインフラ維持管理の効率化・高度化を目的として、港湾施設の点検診断システムを開発している。
- ◆ **変状抽出システム**
  - **海面除去**
    - 実港湾で撮影した画像から教師データを作成し、AIモデルに学習させた
    - 海面の推定精度は96%
    - 令和3年度は、引き続き全国の海面を学習させていく
  - **施設変状抽出**
    - ひび割れ抽出の精度は90%以上
    - 令和3年度は鉄筋露出や消波ブロック沈下等について開発を進めている
- ◆ **遠隔地画像伝送システム**
  - 2.4GHz帯の無線LAN等との干渉を避けるため、5.7GHz帯においてマルチホップ通信するシステムを開発
  - 港湾において5.7GHz帯の周辺環境雑音(ノイズ)は確認されなかった
  - 船舶による非見通し環境で電波の遮蔽が確認された
  - 港湾での非見通し環境でマルチホップ映像伝送できた



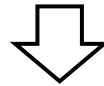
# 海洋環境分野

---

(1) 沿岸域の生物多様性と豊かさの回復を  
目指した生息場の再生手法

# 沿岸域の生息場の再生技術に関する課題

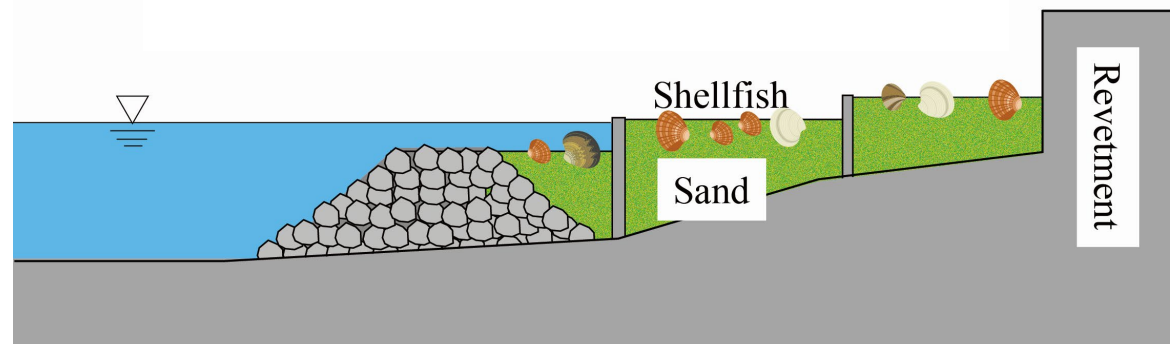
沿岸域の高度利用による生息場の減少により、生物多様性および生態系サービス(生態系が私達にもたらす恵み)は低下



生物多様性および生態系サービスの豊かな内湾を実現するためには沿岸域の生息場の再生が必要



これまでの検討により、0.1~1 kmスケールの個々の生息場に関して、海生生物に適した断面形状が明らかにされてきた。



しかし、より広い空間スケールの生息場の配置に関する検討(シースケープの観点からの検討)はほとんど行われていない。

# シースケープとは

- ・ランドスケープは、森林、竹林、草原、田畑、河川などの陸域環境で構成されるのに対して、
- ・シースケープは、干潟、藻場、砂浜、岩礁、深場などの海域環境で構成される

ランドスケープ

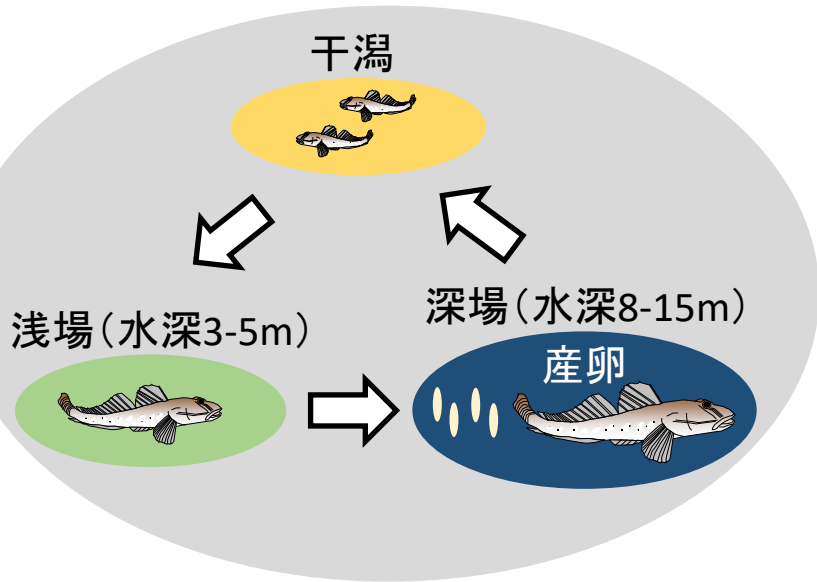


シースケープ



# 生息場間のネットワークと シースケープとの関係

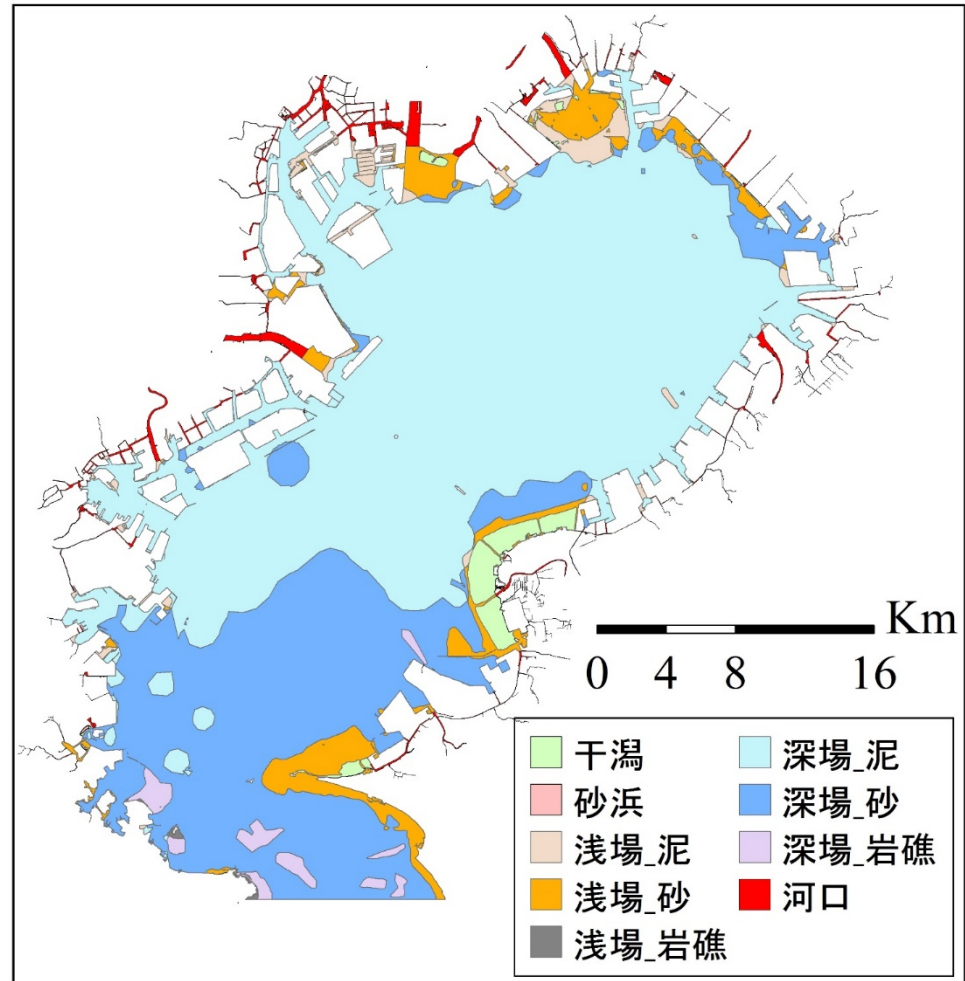
成長と共に移動して様々な生息場を利用する



生物多様性および生態系サービスを高める生息場の空間配置を新たに「**シースケープのデザイン**」として検討している。

# 東京湾のシースケープ

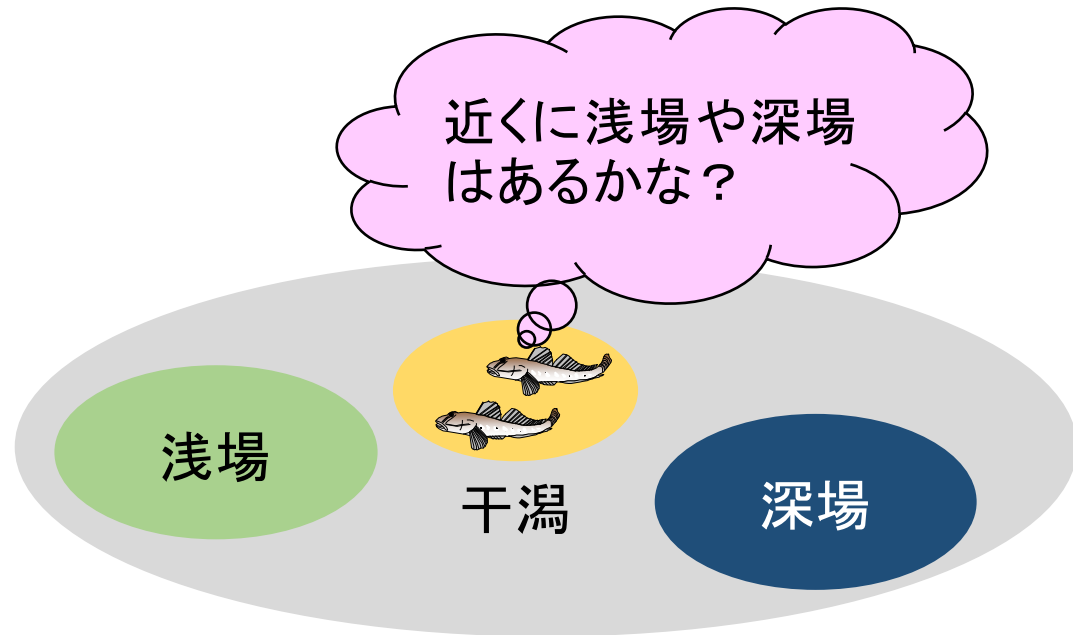
生物の組成に基づき環境が区別されている



# 魚類に着目した生息場再生のためのシースケープのデザイン

## 着眼点

干潟の生物の分布は、生息場間のネットワークと関連して干潟の周囲の多様な生息場の影響を受ける



## 目的

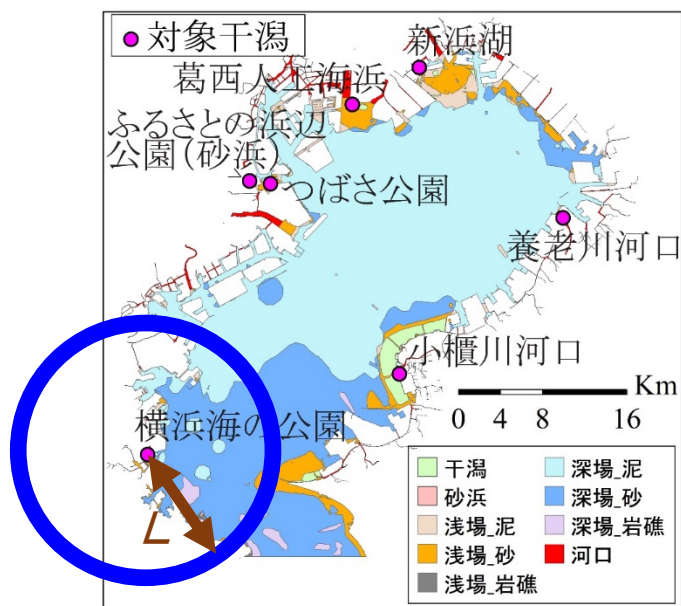
生息場間のネットワークに着目した生息場を再生する適地の選定方法を示す。

## 検討内容

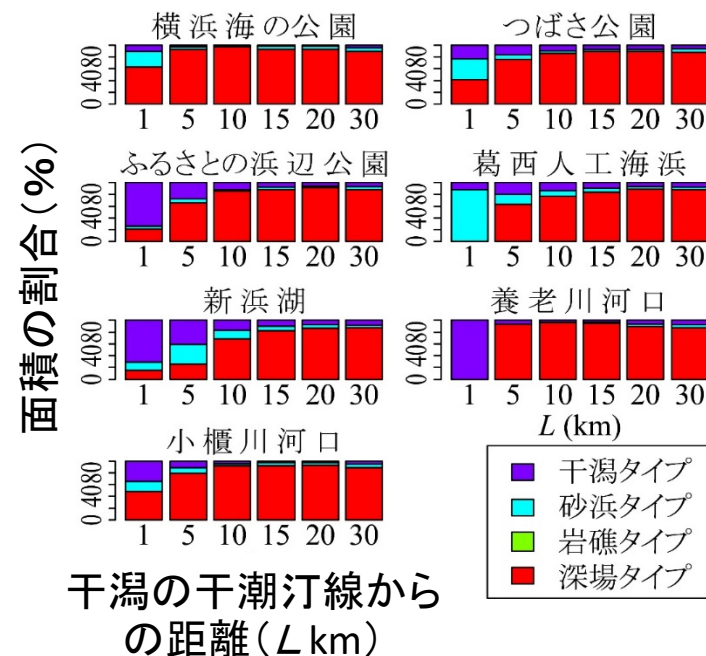
干潟の周囲の多様な生息場と干潟の魚の個体数との関係の検討

# 干潟の周囲の多様な生息場の広さ

## 1. 東京湾の生物生息場 GISマップ

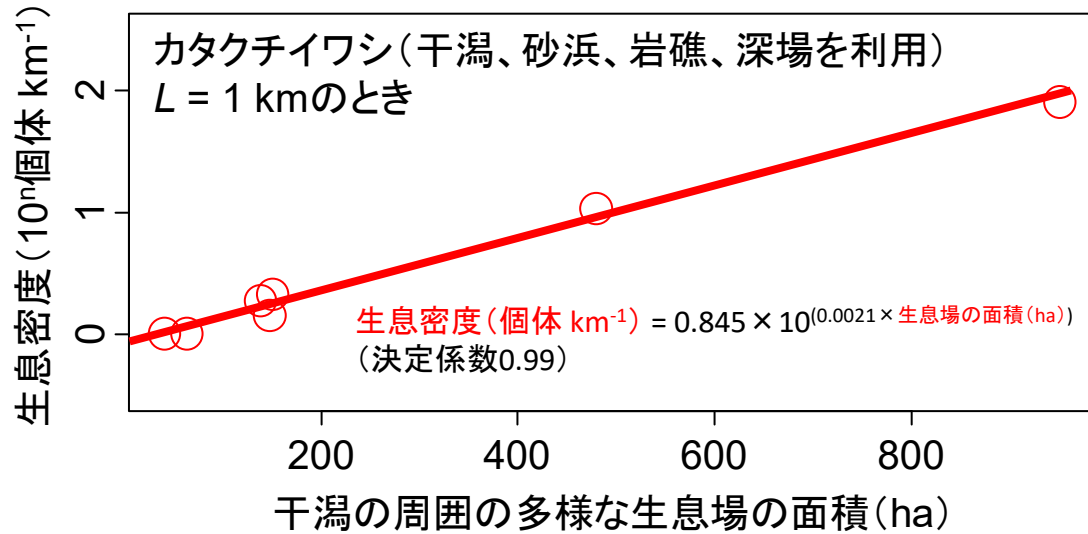


## 2. 干潟の周囲の多様な生息場の広さ





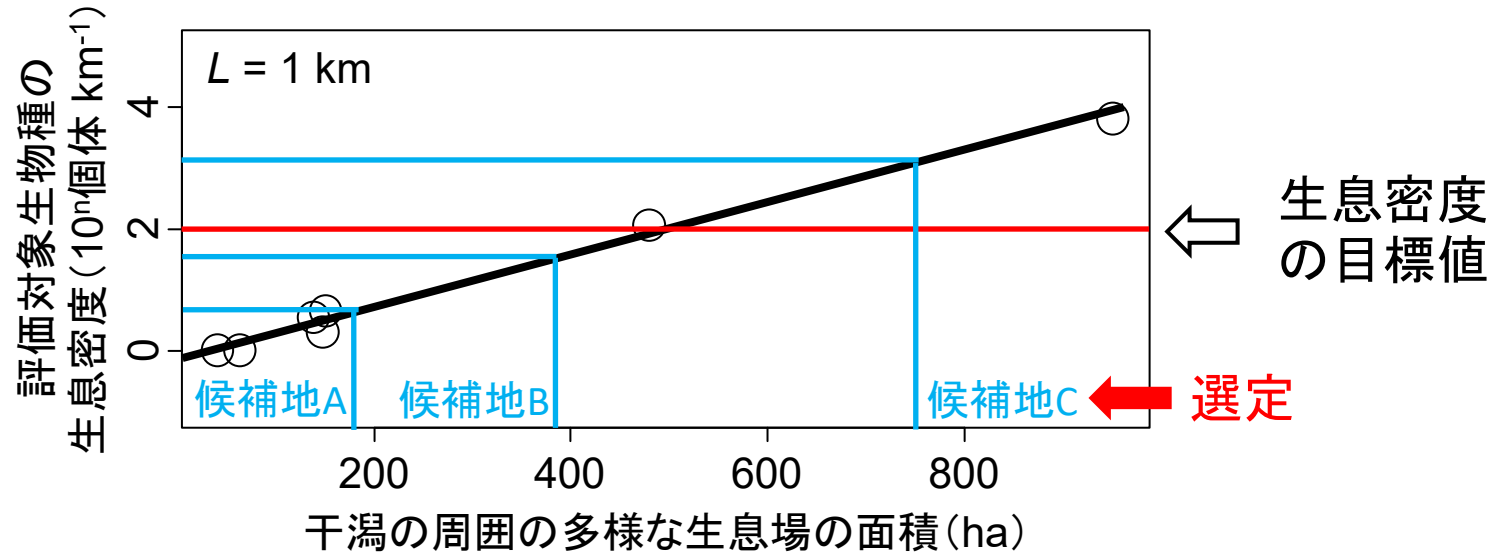
### 3. 干潟の周囲の多様な生息場の面積と魚の個体数との関係



- 干潟の周囲に広い生息場があると、干潟の生物が増えることを初めて定量的に示した
- 効率的な自然再生の実施にはシースケープを考慮することが重要である

# 本検討成果の自然再生事業への活用

干潟を再生する事業の評価対象種として、干潟を含む複数種類の生息場間を移動する生物種を選ぶと、事業の計画段階において、**生息密度の目標値**に基づく生息場再生候補地の評価・選定ができる



多様な生物種を評価対象種にすると、生物多様性の豊かな干潟の再生を目指すことができる

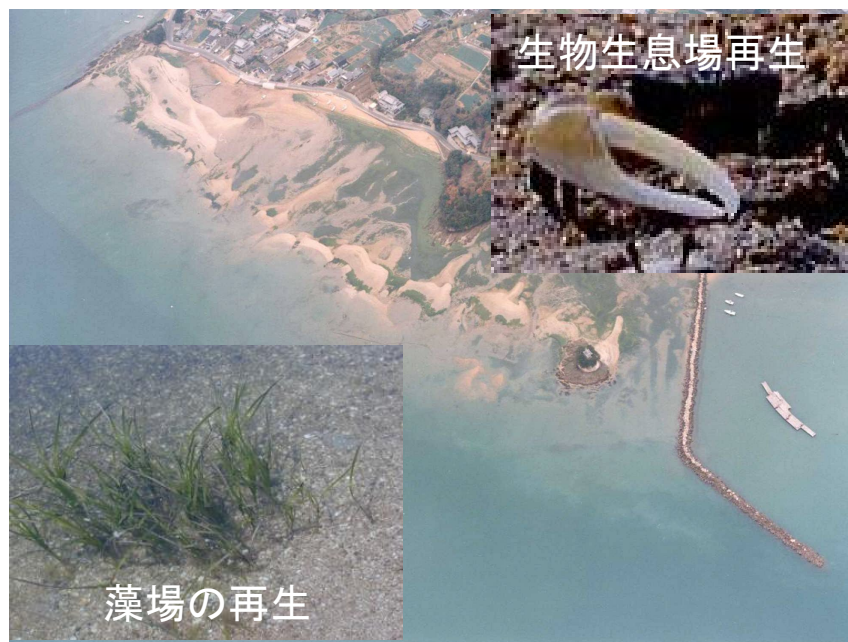
# 海洋環境分野

---

(2) 建設発生土に含まれる界面活性剤の  
分解特性の基礎的検討

# 研究背景 —沿岸域では環境改善に用いる材料が不足—

- 豊かな海の実現のため、**生物生息場や藻場の再生**が求められている。
- 底層の貧酸素水塊対策として**底質改善**が必要である。
- 底質改善対策において、**良質な土砂は、貴重な資源**である。



- 陸上で発生する**建設発生土**は、干潟・浅場造成や覆砂等による海域の環境改善に**有効利用できる可能性**がある。

## 環境改善材への利用上の課題

- 気泡シールド工法の発生土砂には、陰イオン界面活性剤の一種である**AESを主成分**とする気泡剤が含まれている。
- AESは高濃度の場合、水生生物に対して急性毒性を示すが、微生物で分解される特徴もある。下水処理ではほとんど除去される。

## 本研究の着目点

- 気泡シールド工法による発生土砂は、**AESを分解**させれば、**良質な環境改善材**として利用できる可能性があるため、AESの分解特性を把握することとした。

## 研究目的

- 土砂中における**AESの分解**の基本的な特性を把握するため、温度、細菌の有無、土質に着目した実験を行い、AESの分解特性を室内実験により**定量的**に把握することを目的とした。



# 研究方法 — 試料作製・分解実験の条件 —

## ■ 気泡材を模擬した試料

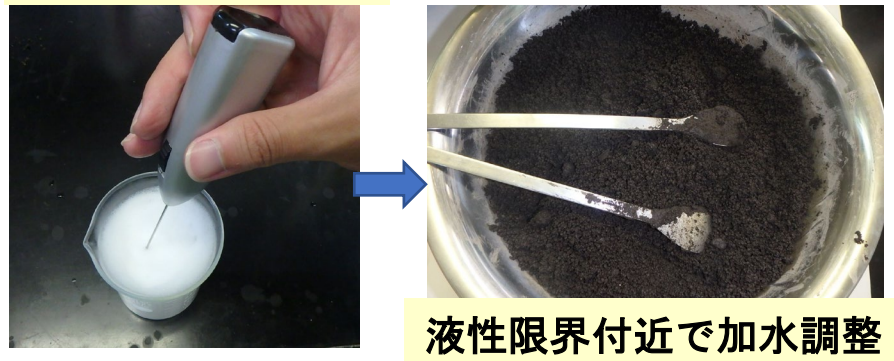
AES: (エマルル20C ;  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{O}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_3\text{SO}_3\text{Na}$ )

$$C_{AES} = \frac{m_{AES}}{W} = \frac{m_{AES}}{V} \times \frac{100 \cdot F}{R_V}$$

$$W = \frac{V \cdot R_V}{100 \cdot F}$$

$C_{AES}$ ; 添加AESの濃度  
 $W$ ; 1Lの土試料に対するAES水溶液の容積  
 $m_{AES} / V$ ; 土試料1L中のAESの量  
 $F$ ; AES水溶液の発泡時の体積増加率  
 $R_V$ ; AES水溶液, 土試料の体積比

工事と同様に発泡



## ■ 実験条件

AES添加量: 土1Lに対し400mg  
温度条件: 15°C, 20°C, 25°C (n=3)  
細菌量: 非滅菌、滅菌 (オートクレーブ)  
土質: 粘性土, 砂質土  
混合溶媒: 純水, 人工海水  
静置期間: 最大23日 (15°Cの場合)  
静置条件: 恒温槽に保管  
固液比: 固相3%, 7.5g, 液相250ml



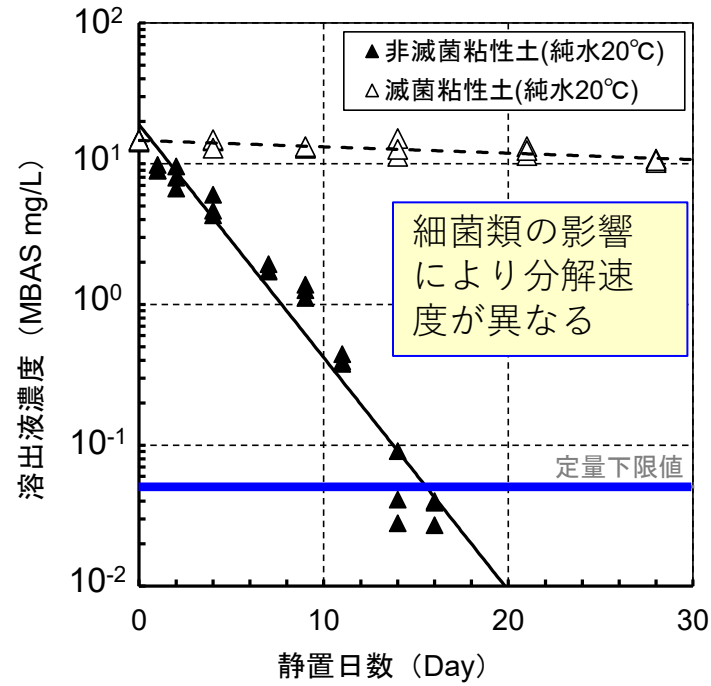
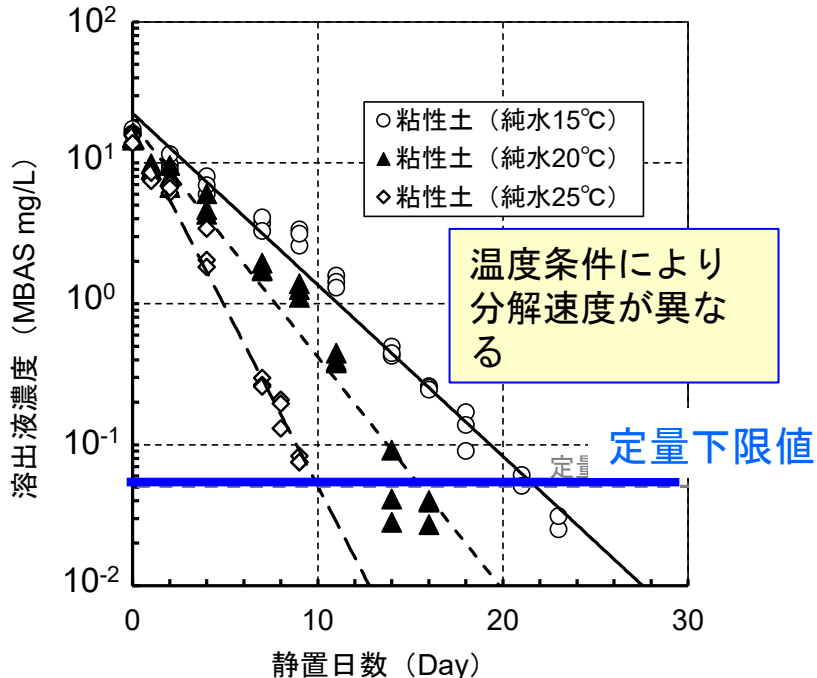


# 結果 温度条件 (15°C, 20°C, 25°C)

# 細菌量 (非滅菌・滅菌)

粘性土 (純水15°C) :  $\ln X = -0.280t + 3.11$   
 粘性土 (純水20°C) :  $\ln X = -0.381t + 2.94$   
 粘性土 (純水25°C) :  $\ln X = -0.584t + 2.86$

非滅菌粘性土 (純水20°C) :  $\ln X = -0.381t + 2.94$   
 滅菌粘性土 (純水20°C) :  $\ln X = -0.010t + 2.68$



- 分解速度定数の値は温度が高くなるにつれて大きい傾向であった。
- 定量下限値未満に達したのは、15°C:22日、20°C:16日、25°C:10日、

- 滅菌粘性土の分解速度定数は0.010
- 滅菌した粘性土の分解速度定数が、非滅菌の粘性土よりも有意に小さかった

- 非滅菌粘性土の場合， 定量下限値未満に達したのは， 15°C:22日， 20°C:16日， 25°C:10日であった。
- 分解特性を踏まえ， 適切な仮置き期間を設定すれば， 安全に陰イオン界面活性剤を含んだ建設発生土を活用できる。
- ただし， この仮置き期間は土質性状に強く依存することが分解実験の結果判ったため， 詳細な検討を現在実施中である。

# みなとまちづくり分野

---

交流拠点「みなとオアシス」の  
活性化に向けた方策

# みなとオアシスの概要

- 目的  
**地域住民の交流、観光振興による地域活性化のため、みなとを核としたまちづくりを促進する制度。平成15年中国及び四国地方整備局にて創設。\***
- 施設構成  
**施設は、そのみなとオアシスの目印になる「代表施設」と「構成施設」から構成され、登録される施設の種類としては、旅客施設、商業施設、緑地・広場等の既存施設が対象。**

※第1号登録として、平成16年1月に「みなとオアシス瀬戸田」（広島県尾道市）及び「鳥取・賀露（かろ）みなとオアシス」（鳥取県鳥取市）の2件を同時登録。



鳥取・賀露みなとオアシス




みなとオアシス瀬戸田


国土地理院地理院地図を使用し作成

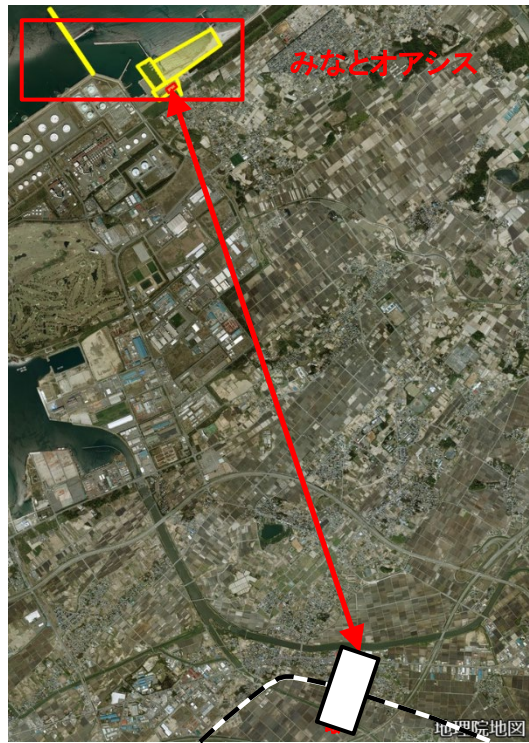
※みなとオアシスの構成施設は、各みなとオアシスにより様々であり、必ずしもこれら全ての施設を必要とするわけではない。

# みなとオアシスの課題

凡例

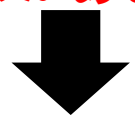
代表施設: 

構成施設: 



国土地理院地図を使用し作成

課題: 最寄り駅から登録施設まで離れているものがある。



国土地理院地図より

課題: 施設が分散して配置されているものがある



アクセス、配置に係る現状を分析

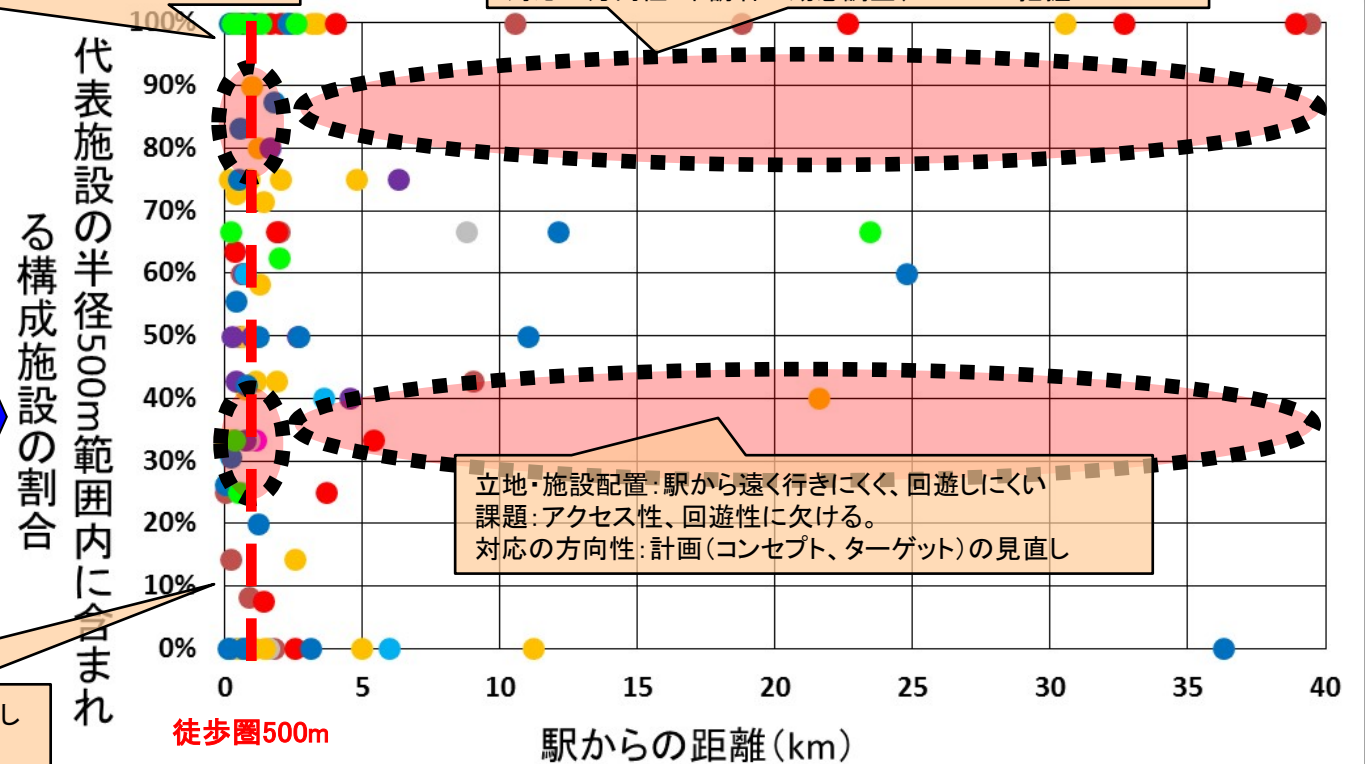


# 研究成果

立地・施設配置：駅近で行きやすく、回遊しやすい  
 課題：幹線道路等により分断され実際は行きにくい場合あり  
 対応の方向性：施設間連携、空間整備

立地・施設配置：行きにくい、回遊しやすい  
 課題：車等でのアクセスの実態把握の必要性  
 対応の方向性：来訪者の動態調査、ニーズの把握

みなとオアシスの中心である  
 代表施設から徒歩圏500m内に含まれる構成施設の割合を把握



立地・施設配置：駅近で行きやすいが、回遊しにくい  
 課題：回遊性に欠ける。  
 対応の方向性：エリア毎の機能分担

立地・施設配置：駅から遠く行きにくく、回遊しにくい  
 課題：アクセス性、回遊性に欠ける。  
 対応の方向性：計画(コンセプト、ターゲット)の見直し

- 運動施設
- 観光情報施設
- 研究・業務施設
- 商業・飲食施設
- 地域交流施設
- 文化施設
- マリーナ施設
- 旅客施設
- 緑地・海岸施設

みなとオアシスへの「行きやすさ」(駅から代表施設までの距離)、「回遊しやすさ」(代表施設から一定距離内にある構成施設の割合)について把握  
 あくまでも徒歩によるアクセスの立地、施設配置からみたポテンシャルの把握が目的。車、旅客船ターミナル利用の場合について今後の課題。



ご清聴ありがとうございました。

