

**Vol.20** | 2020.8発行

**エネルギー・環境**

- ブルーカーボン事業の展開に向けて
- ダム貯水池・湖沼の水環境保全・管理技術
- 3次元海浜変形モデルによる漂砂対策検討

**維持・管理**

- 橋梁点検業務における新技術の活用事例
- 水力発電所におけるゲート設備の維持管理に資するFEM解析

**防災・減災**

- RTK搭載GNSSポールを用いた砂防調査・管理効率化ツール
- 無人航空機・ICT技術を活用した調査効率化支援1/2
- 無人航空機・ICT技術を活用した調査効率化支援2/2
- 無線設備設計のパッケージ化

**その他(ヘルスケア)**

- 高齢者健診(お達人健診PLUS)の事業化検討
- 家庭の電力データのヘルスケア分野への活用

**Vol.19** | 2019.7発行

**エネルギー・環境**

- ダム・湖沼の水環境保全・管理技術
- ブルーカーボン技術の開発

**維持・管理**

- 海面処分場跡地の高度利用化を実現

**防災・減災**

- 3次元解析による構造物の耐震設計
- グリーンレーザ(ALB)を活用した数値計算の精度向上
- 実河川の流れの特性に適応した準3次元解析

**ICT活用**

- ICTを活用した調査効率化支援
- ローコストGNSS受信機を使用したRTK測位技術の利用
- 3次元CADを活用した建築設計
- 通信型ITSによる公共交通優先型スマートシティ構築への取り組み

**その他(地方創生)**

- 地域の自立に向けた切り札「観光」に注目!

**Vol.18** | 2018.10発行

**エネルギー・環境**

- 下水道資源の有効活用による地域貢献

**維持・管理**

- 360°カメラによるコンクリート劣化状況調査
- ダム管理設備リニューアル設計
- 河川の流域を対象とした地下水解析

**防災・減災**

- 大型台風を想定した住民主体のタイムラインづくりの取り組み
- 3次元数値波動水槽を用いた3次元流れ場の解析

**ICT活用**

- AR技術を活用した道路施設点検の効率化
- ダム湖におけるマルチビーム音響測深機の活用方法
- 産業廃棄物処理業関連システムの紹介

**Vol.17** | 2017.10発行

**エネルギー・環境**

- 流砂系における総合的な土砂管理への取り組み
- 水中音響機器を活用した調査・解析技術の紹介
- 再生エネルギー導入による道の駅の機能高度化
- 廃棄物リサイクル・省エネ施設など補助金申請支援

**維持・管理**

- トンネル維持管理における施工時地盤情報の活用方法

**防災**

- 地震津波の複合災害に備えたBCP策定
- 斜面崩壊・土石流の発生危険度評価
- 地震時残留変形解析手法を用いた盛土安定解析

**ICT活用**

- CIM/BIMの取り組み
- 位置情報を用いた案内アプリの開発・実証

**Vol.16** | 2016.8発行

**維持・管理**

- 画像解析技術の取得による点検等の高度化
- ダム用ゲート設備等の長寿命化計画
- 海底ケーブル調査設計

**エネルギー・環境**

- 河川事業における遺伝情報の活用

**高度情報化**

- CCTV画像処理技術の高度化による河川管理への適用
- AIS(船舶自動識別装置)データ等ビッグデータの解析
- ICT技術を活用したトンネル事業の効率化
- ICTを活用した駐車場の円滑な誘導の実現
- スマートメーターの電力使用量データを用いた高齢者見守り

**Vol.15** | 2015.7発行

**維持・管理**

- ダムの長寿命化計画
- 火山災害や大規模土砂災害における統合型UAV災害調査システムの現場検証について
- マルチビーム測深機およびサイドスキャンソナーによる高精度調査

**環境・エネルギー**

- トンネル照明設計支援システムの開発

**防災**

- 早期警戒・避難による土砂災害からの人的被害防止をサポート

**情報通信技術**

- ビーコンを用いた移動者支援システム
- 防災支援から行政事務効率化まで幅広くICT(情報通信技術)でサポート

事業所案内

**本社** 〒734-8510 広島市南区出汐二丁目3番30号  
 TEL (082) 255-5501 (代) FAX (082) 251-0302

**中部事務所** 〒460-0003 名古屋市中区錦一丁目4番25号  
 TEL (052) 218-7354 FAX (052) 218-7355

**関西事務所** 〒532-0003 大阪市淀川区宮原四丁目1番45号  
 TEL (06) 4807-7361 FAX (06) 4807-7362

**九州事務所** 〒812-0038 福岡市博多区祇園町1番28号  
 TEL (092) 577-9705 FAX (092) 577-9706

**東京支社** 〒104-0031 東京都中央区京橋一丁目17番1号  
 TEL (03) 3538-3422 FAX (03) 3538-3455

**東北事務所** 〒980-0802 仙台市青葉区二丁目14番15号  
 TEL (022) 397-8173 FAX (022) 748-7763

**山陰支社** 〒690-0011 松江市東津田町長通392番地8  
 TEL (0852) 22-0781 FAX (0852) 27-4022

**鳥取事務所** 〒680-0812 鳥取市新品治町1番地2  
 TEL (0857) 27-7944 FAX (0857) 27-7988

**浜田事務所** 〒697-0024 浜田市黒川町129番地5  
 TEL (0855) 25-2107 FAX (0855) 25-2108

**岡山支社** 〒700-0983 岡山市北区東島田町一丁目8番10号  
 TEL (086) 234-3530 FAX (086) 234-3560

**広島支社** 〒734-0001 広島市南区出汐二丁目3番29号  
 TEL (082) 256-3344 FAX (082) 256-6198

**福山事務所** 〒720-0056 福山市本町4番5号  
 TEL (084) 932-6831 FAX (084) 932-6832

**三次事務所** 〒728-0014 三次市十日市南一丁目5番30号  
 TEL (0824) 65-0641 FAX (0824) 65-0642

**山口支社** 〒754-0002 山口市小郡下郷1225番地9  
 TEL (083) 972-2530 FAX (083) 972-6266

**周南事務所** 〒745-0801 周南市大字久米宇東神女3196-1  
 TEL (0834) 36-1554 FAX (0834) 36-1550



CEC技術レポート Vol.21 2021年8月 中電技術コンサルタント株式会社発行 〒734-8510 広島市南区出汐二丁目3番30号 TEL 082-255-5501

# CHUDEN ENGINEERING CONSULTANTS TECHNICAL REPORT

## Vol.21 CEC技術レポート

# 技術を磨き、技術を競い、技術で選ばれる 「技術創造企業」

**CEC 中電技術コンサルタント株式会社**  
<https://www.cecnet.co.jp/>

中電技術コンサルタント(株)は、土木、建築、電気・通信、情報および各種調査部門を擁する総合建設コンサルタントです。

## 会社概要

当社の技術戦略は、重点有望分野(エネルギー・環境、維持・管理、防災・減災)を柱として推進しています。2021年4月には、先進技術センターを本部組織に改組し、「AI・IoTプロジェクト室」「BIM/CIMプロジェクト室」を新設しました。また、企画本部の中には、3つのプロジェクト「海外プロジェクト」「イノベーションプロジェクト」「DXプロジェクト」を発足し、全社横断的に新業務・新事業開拓を推進しています。ここでは、当社の技術開発・研究開発の取り組みの一部をご紹介します。

## 先進技術

- 1 BIM/CIMによる建設プロセス改善検討 ..... 2
- 2 UAVを活用した調査・点検事例 ..... 4

## エネルギー・環境

- 3 リサイクル土による液状化被害の軽減対策 ..... 6
- 4 ダム貯水池・湖沼の水環境保全・管理技術 ..... 8

## 維持・管理

- 5 3次元データを活用した河川維持管理 ..... 10
- 6 社会インフラ設備(鋼構造物)の維持管理に資する非破壊検査技術 ..... 12
- 7 特別高圧変電所におけるRTKの実証検討 ..... 14

## 防災・減災

- 8 AIを用いた洪水予測技術 ..... 16
- 9 堤体PSアンカー工法による堤体補強(耐震化)設計 ..... 18
- 10 海浜変形予測計算の高精度に向けた取り組み ..... 20
- 11 3次元動的解析によるダムの耐震性能照査 ..... 22

## ICT活用

- 12 通信型ITSによる公共交通優先型スマートシティ構築への取り組み ..... 24

## AI活用

- 13 AIを活用した画像解析技術の開発 ..... 26

社外への論文発表などを通じ、日々の技術研鑽や情報発信にも努めるとともに、高度な専門技術と技術シナジーを発揮し、地域社会のニーズに合ったサービスをご提供します。

- 主な社外投稿・発表論文一覧(2020年度) ..... 28
- 近年の表彰実績(2021年度) ..... 29
- 主な資格の有資格者数 ..... 29

# 会社概要

## 会社概要

設立：1965年7月15日  
 代表者：代表取締役社長 坪井 俊郎  
 資本金：1億円  
 株主：中国電力株式会社ほか  
 従業員数：445名(2021年7月1日現在)  
 売上高：103億円(2020年度)

## 事業種目

- 1 土木建築の調査、測量、計画、設計および工事監理
- 2 発電、送電、変電、配電、通信等設備の調査、計画、設計および工事監理
- 3 地域開発、環境評価に関する調査、企画および立案
- 4 上記にかかる情報システムの企画、開発、販売、運用およびコンサルテーション
- 5 労働者派遣事業

## 登録資格

- 建設コンサルタント登録(建01第378号)  
 ・建設コンサルタント登録部門  
 河川、砂防及び海岸・海洋/港湾及び空港/電力土木/道路/上水道及び工業用水道/下水道/農業土木/水産土木/廃棄物/造園/都市計画及び地方計画/地質/土質及び基礎/鋼構造及びコンクリート/トンネル/施工計画、施工設備及び積算/建設環境/電気電子
- 測量業者登録(第14)-1390号)
- 地質調査業者登録(質29第375号)
- 一級建築士事務所登録(広島県知事登録18(1)第1252号)
- 一級建築士事務所登録(山口県知事登録F第1380号)
- 補償コンサルタント登録(補30第535号)  
 ・補償コンサルタント登録部門  
 土地調査/物件/事業損失
- 計量証明事業登録(広島県知事K-40[音圧レベル])
- 計量証明事業登録(広島県知事K-80[振動加速度レベル])
- 土壌汚染対策法に基づく指定調査機関(2003-6-2029)
- 労働者派遣事業許可(許可番号 派34-300562)

## ISO9001

登録日：1999年6月15日  
 登録番号：MSA-QS-247  
 取得事業所：全事業所：本社、全支社(東京・山陰・岡山・広島・山口)

## ISO14001

登録日：2005年8月23日  
 登録番号：MSA-ES-459  
 取得事業所：全事業所：本社、全支社(東京・山陰・岡山・広島・山口)

## ISO27001 (ISMS)

登録日：2005年6月23日  
 登録番号：MSA-IS-5  
 取得事業所：全事業所：本社、全支社(東京・山陰・岡山・広島・山口)

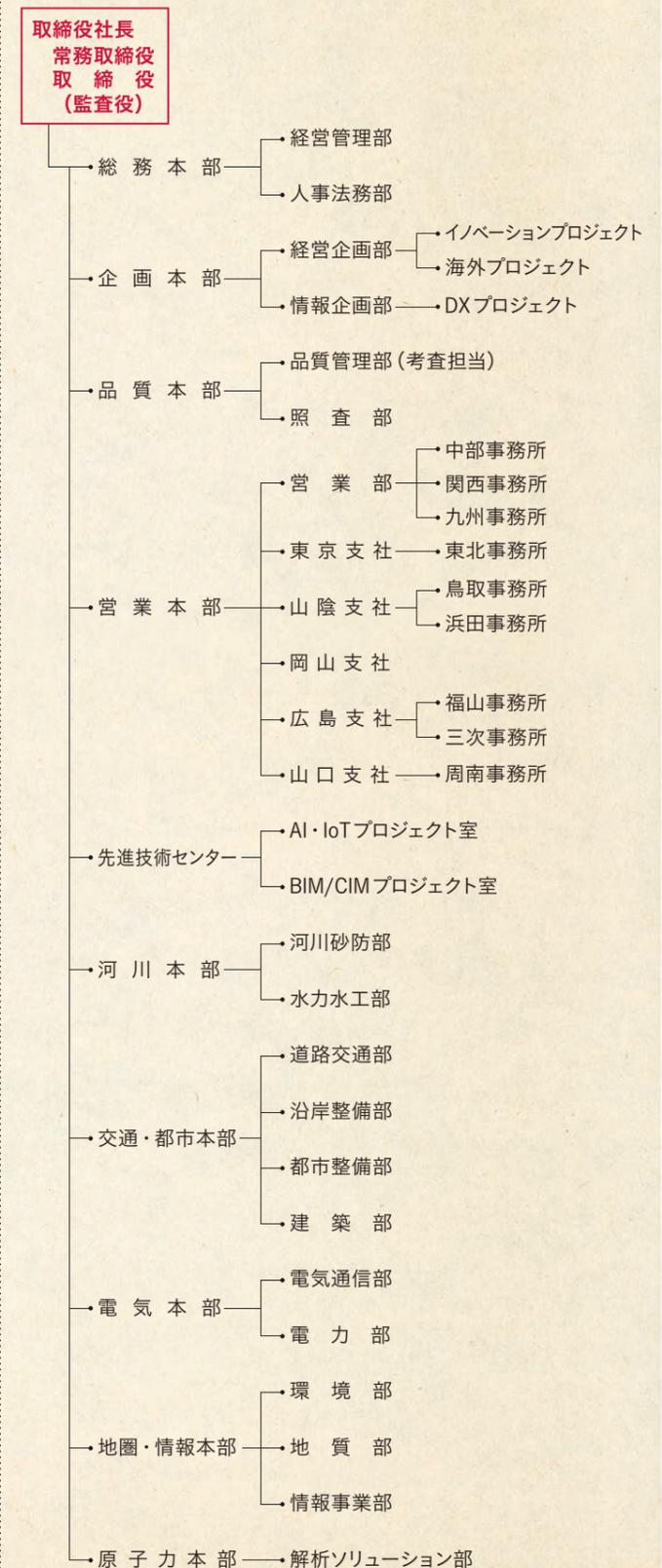
## ISO27017

登録日：2020年6月26日  
 登録番号：MSA-IS-5-CL  
 取得事業所：本社(情報企画部・情報事業部)

## ISO55001

登録日：2020年7月29日  
 登録番号：MSA-AS-26  
 取得事業所：本社(交通・都市本部 道路交通部)

## 組織図



# BIM/CIMによる建設プロセス改善検討

## BIM/CIMの推進

### 1. はじめに

BIM/CIMとは、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、情報を充実させながらこれを活用し、あわせて事業全体にわたる関係者間で情報を共有することにより、一連の建設生産システムにおける受発注者双方の業務効率化・高度化を図るものです。

中電技術コンサルタント(株)では、「BIM/CIMによる建設プロセス改善実証業務」(国土交通省 近畿地方整備局)において、既往のBIM/CIM活用業務・工事より建設プロセス改善の課題検証や活用効果を把握する検討を実施しました。本稿では、建設プロセス改善検討の結果を紹介します。

### 2. 技術の適用場面

BIM/CIM活用業務・工事は、2023年度の一般土木、鋼橋上部については小規模を除く全ての詳細設計・工事で、原則適用に向け適用範囲が段階的に拡大されていきます。効率的かつ効果的に展開していくためには、各業務や工事で生じた課題に対応していくことが重要です。

本業務では、プロセス間でのモデル連携、連携促進に着目した課題抽出と検証を実施しました。この取り組みは、2023年度の原則適用に向けたBIM/CIM活用業務・工事等の建設プロセス改善に適用できます。

### 3. 技術紹介

#### (1) アンケート調査による課題の抽出

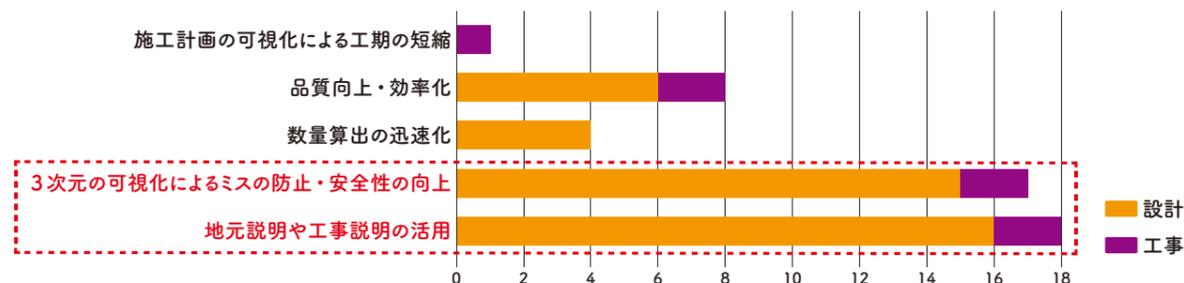
アンケートは、2017年～2019年度のBIM/CIM活用業務(41件)・工事(10件)を対象として、①CIMモデル作成の目的と成果概要について、②BIM/CIM導入・活用に関する課題について、③BIM/CIM活用による効果について、④事業段階をまたいでの情報連携について、⑤BIM/CIMのリクワイヤメントについて、⑥BIM/CIMについての意見、⑦i-Constructionについてアンケートを実施しました。

以下に、アンケート結果の一部を掲載します。

#### ② BIM/CIM導入・活用に関する課題について

- ◆ BIM/CIMへの理解や活用に対する受発注者の人材育成(「リテラシー」・「スキル」の向上)
- ◆ 基準類、ガイドライン類の充実
- ◆ 具体的な活用方法の事例の充実
- ◆ BIM/CIMを含む建設DXの実現に向けたハード・ソフトの環境整備
- ◆ CIM活用業務で実施したリクワイヤメント結果のレビューとフィードバック
- ◆ CIM導入による「可視化」の効果は分かり易いが、設計業務・工事での効率化検討
- ◆ 適正な業務工期の確保と標準歩掛の設定

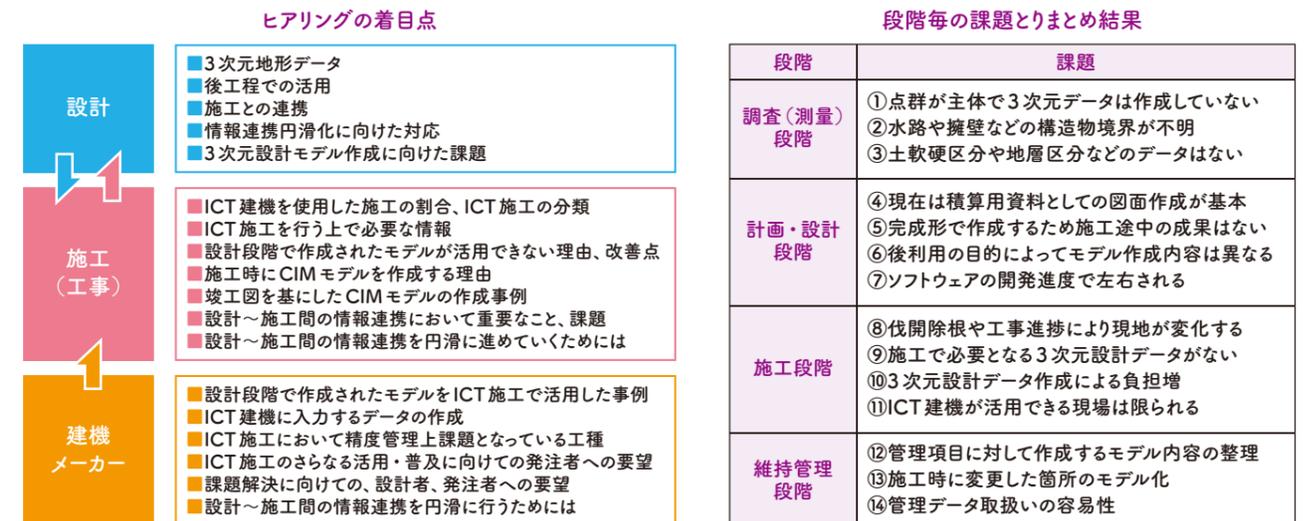
#### ③ BIM/CIM活用による効果について



- ◆ 3次元の可視化により、「ミス防止」「安全性の向上」「地元説明・工事説明」に対する効果が高い。
- ◆ 「品質向上」「効率化」「工期短縮」等の本質的なCIM導入による効果までは実感できていない。

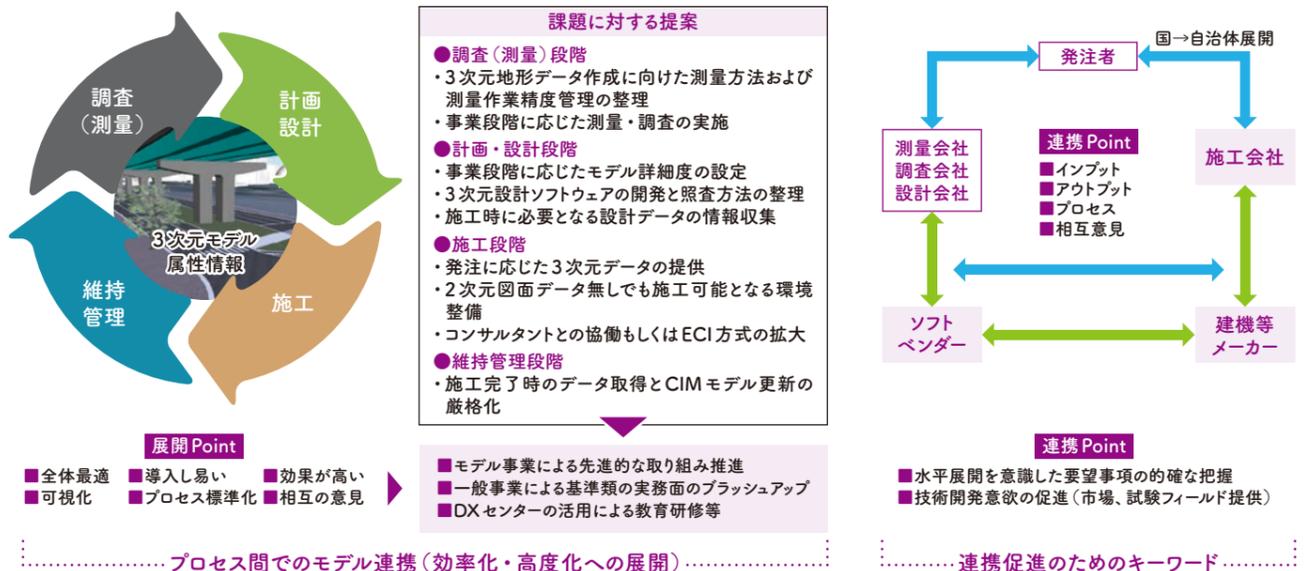
#### (2) ヒアリング調査による課題の抽出

ヒアリング調査は、アンケート調査結果を踏まえ、「設計～施工間の情報連携」(後工程に向けた3次元設計成果作成)における課題の明確化を目的として、設計会社6社、施工会社5社、建機メーカー3社に対して実施しました。ヒアリングの着目点および段階毎の課題は以下のとおりです。



#### (3) 改善策の提案

アンケートならびにヒアリングによって抽出された課題について、調査(測量)段階、計画・設計段階、施工段階、維持管理段階に分類し、課題、対応策、建設プロセス改善に向けた提案と対象となる規則(作業規定、ガイドライン、発注方式他)について整理しました。



### 4. 業務事例・論文発表・研究実績など

- BIM/CIMによる建設プロセス改善実証業務【2020年度国土交通省 近畿地方整備局】

### 5. おわりに

中電技術コンサルタント(株)では、今後、BIM/CIM活用を推進するためには、人材育成が最も重要だと考えています。先進技術センターでは、BIM/CIMに対応したハード・ソフト(教育プログラム含む)の整備を推進することで社内体制を強化し、BIM/CIM活用やプロセス改善に向けた業務に積極的に取り組んでいきます。

問い合わせ先 先進技術センター(BIM/CIMプロジェクト室) TEL 082-256-3370

# UAVを活用した調査・点検事例

## 大規模災害調査・砂防施設点検の効率化

### 1. はじめに

近年、様々な分野において、UAVの技術が活用されています。災害調査や砂防施設点検においても、これまで人が歩いて行っていた作業の飛躍的な効率化が期待できます。

本稿では、「UAVの自律飛行による天然ダムおよび砂防関係施設の点検・調査業務」(国土交通省 近畿地方整備局 紀伊山系砂防事務所)において、UAV2機(撮影用・中継用)を併用した電波中継を行い、山間部でのUAV調査・点検の効率化について実証実験を行った結果を紹介します。

### 2. 技術の適用場面

災害発生後は、出水等による二次災害の危険性があり、人が近づけない場面では、UAVによる調査・点検が有効な手段になります。しかしながら、携帯電波受信圏外の山間部において、地形に遮られ機体の制御電波が届かない場所では、調査・点検箇所までUAVを飛行させることができず、制御電波の通信距離が問題になります。このような場面において、UAV2機を併用した電波中継を行うことで、UAVの適用が困難な山間部においても、調査・点検が可能になります。

### 3. 技術紹介

上記の適用場面を踏まえて、2011年の紀伊半島大水害による大規模崩壊を伴う河道閉塞箇所内の、最も崩壊規模(崩壊幅:600m,長さ:960m,高さ:450m)の大きい栗平地区を対象に、UAV調査・点検の実証実験を行いました。

#### (1)実施概要

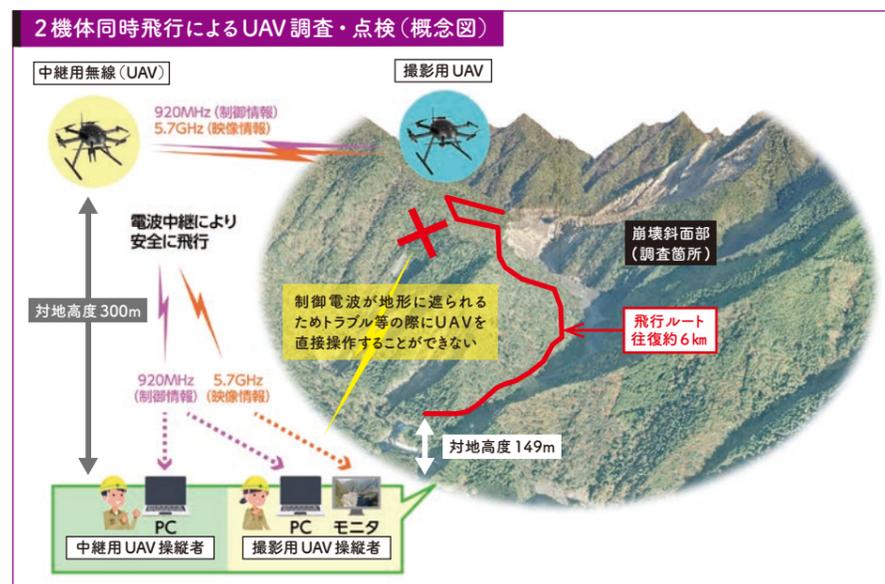
実証実験では、河道閉塞形成後、出水等により、繰り返し発生する斜面の土砂流出状況や対策施設の被災状況把握を目的としました。1機体による調査・点検では、土砂流出時に調査員が立ち入れる箇所が山に囲まれており、機体の制御電波が届く範囲が狭いことから、UAVによる調査・点検が困難です。

そこで、安全な箇所、2機のUAV(撮影用、中継用)操縦者を配置し、撮影用UAVと操縦者間の見通しが取れる箇所に、中継用UAVを飛行させ、電波中継を行いました。これらの技術により、崩壊斜面部(調査箇所)まで、長距離にわたって、UAVによる調査・点検が可能になりました。

#### (2)実施結果

##### 1) 目視外補助者無し飛行(レベル3飛行)

安全な箇所から長距離の飛行を行う場合は、離陸地点から機体の目視監視や、飛行範囲内への補助者(機体の飛行状況等を目視で監視する者)配置が困難です。航空法では、操縦者の目視範囲外で機体を飛行させ、補助者を配置しない場合、航空局の承認が必要になり、技術的・法的に高いハードルとなります。そこで、2機体同時飛行による電波中継を行うことで、機体の飛行位置やカメラ映像を離着陸地点で常に監視できることから、航空局に承認を得ることができ、安全な調査・点検が可能となります。



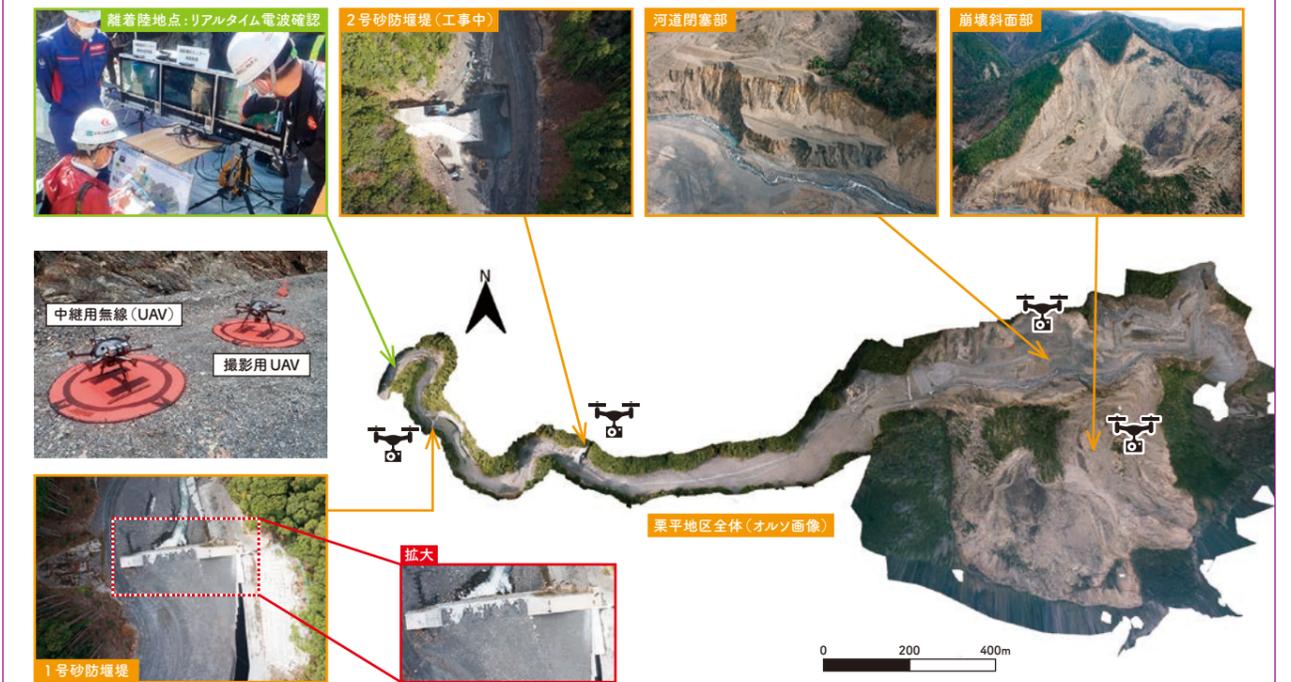
#### 2) 大規模災害調査・砂防施設点検

2機体同時飛行により、1フライト約15分で、往復約6kmの飛行ができ、崩壊斜面部の土砂流出状況や、河道部にある対策施設の被災状況について把握可能です。

また、離着陸地点では、撮影状況をリアルタイムで確認できるため、迅速な被災状況の把握が可能です。

本技術を活用することで、調査員が調査・点検箇所に入り込む必要がないため、従来の方法では人力による調査に多くの時間を費やしていたのに対し、迅速な状況把握が可能となり、調査・点検の効率化に繋がります。

#### 調査・点検結果



#### 3) 撮影データの活用

飛行ルートに沿って撮影した連続写真より、SfM (Structure from Motion) 解析を行い、約2時間で栗平地区全体のオルソ画像、3次元モデルを作成しました。砂防施設に着目すると、3次元モデルでは、任意の視点から被災状況を確認でき、視覚的にも分かり易くなるため、砂防施設点検へ活用が可能です。



1号砂防堰堤の3次元モデル

#### 4. 業務事例・論文発表・研究実績など

- UAVを用いた2機体同時飛行によるレベル3(目視外補助者無し)自律飛行の実証実験について【2021年度砂防学会研究発表会概要集】

#### 5. おわりに

中電技術コンサルタント(株)では、山間部におけるUAVを活用した災害調査・砂防施設点検に取り組んでいます。今後も、UAVの最新動向を踏まえながら、UAV技術や取得データの活用に向けた取り組みを通じて、お客さまのニーズに対応したサービスを提供します。

問い合わせ先 先進技術センター(AI・IoTプロジェクト室) Tel. 082-256-3370

# リサイクル土による液状化被害の軽減対策

## 建設リサイクル材の利用促進に向けた取り組み

### 1. はじめに

循環型社会の構築へ向けた建設リサイクルの推進にあたり、建設汚泥の再資源化が進められています。建設汚泥を用いたリサイクル土は、陸上の埋戻し材や道路の路体、路床、盛土等に締め固めて使用した事例が多い一方、水面下での埋立材としての利用は進んでいません。これは、水中では締め固めができなため、リサイクル土が緩く堆積することにより、土圧の増大、地震時における液状化の懸念が大きいためです。本稿では、中電技術コンサルタント(株)が広島大学との共同研究をもとに、水中投入を目的とした、改良リサイクル土の活用について紹介します。

### 2. 技術の適用場面

#### (1) リサイクル土の利用促進

埋立には、膨大な土砂が必要になります。建設発生土のみでなく、改良リサイクル土によって適用可能範囲を広げることにより、建設汚泥のリサイクル促進に寄与します。

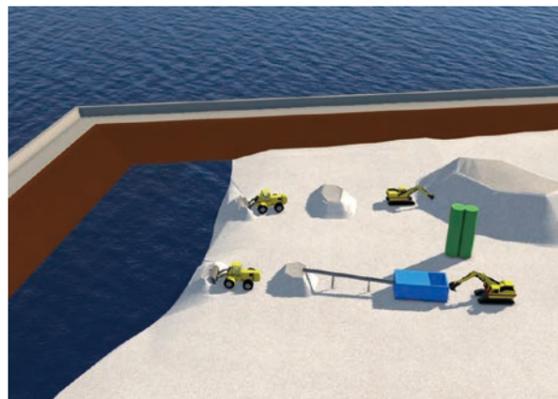
#### (2) 埋立地の耐震性向上

埋立地は、大規模地震時に液状化等の大きな被害をもたらす一方で、十分な耐震対策が施されていれば、避難者や緊急物資の輸送を確保するための広域防災拠点として活用できます。しかしながら、埋立地の液状化対策は多くの費用を要するため、安価な改良リサイクル土を使用することにより、コストを抑えた埋立地の耐震性の向上を図ることができます。

#### (3) 既存の陸上の埋立材の品質向上

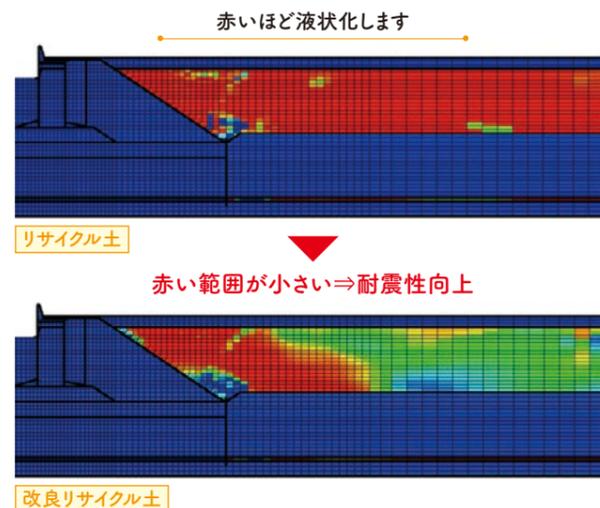
リサイクル土は雨水などによる水浸や浸透流が発生することにより、粒子が細粒化され、土砂の流出等により、将来的に発生が想定される空洞や沈下を抑制する効果が見込まれます。

#### 改良リサイクル土の埋立イメージ

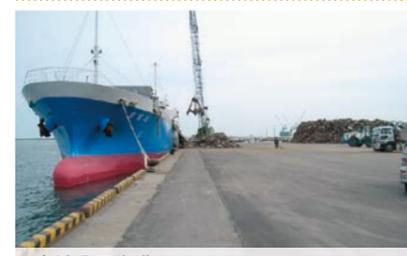


リサイクル土と固化材を混合するだけの簡易な施工

#### 護岸背面埋立地の液状化



改良リサイクル土



宮城県石巻港(撮影:中電技術コンサルタント(株))

#### 東日本大震災で復興に寄与する岸壁

東日本大震災では、耐震性がある岸壁は、緊急物資の輸送だけでなく、復興に向けた資材の搬出入に利用されることの必要性がクローズアップされました。左の写真は、宮城県石巻港にあるふ頭の一部で、東日本大震災で被災が軽微であったため、地震と津波により大量に発生しがれきの広域処理のために、搬出している状況です。

### 3. 技術紹介

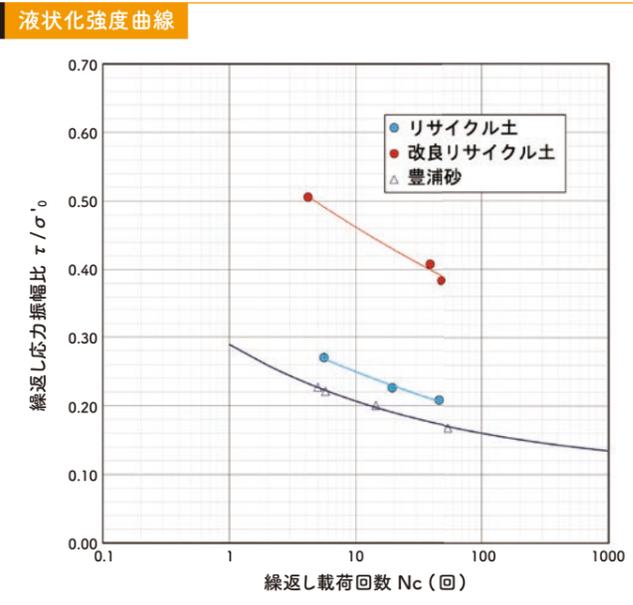
#### (1) リサイクル土の性状を把握

水中投入を想定して、リサイクル土を水浸させて材料変化による性状の変化を、粒度試験、三軸試験等により確認しました。リサイクル土は水浸すると、団粒がほぐれ細粒化することで、粒度構成が大きく変わることが分かりました。



#### (2) 繰り返し中空ねじり試験による液状化強度試験

リサイクル土の液状化強度を確認しました。さらに、団粒のほぐれによる細粒化を抑制する目的で、3%程度のセメントを添加した改良リサイクル土の液状化強度を確認しました。リサイクル土は砂と同程度の液状化強度ですが、改良リサイクル土では、液状化強度が大きく増加することが分かりました。



#### 試験機全景



#### ねじり荷荷状況



#### 中空ねじり試験機とは

供試体をねじることによってせん断変形を与える試験であり、3軸試験よりも地盤の応力ひずみ状況を比較的忠実に再現できます。

### 4. 業務事例・論文発表・研究実績など

- 建設汚泥と建設発生土を原料としたリサイクル土の港湾埋立材としての利用に関する研究【土木学会論文集B3(海洋開発), 2021.6】

### 5. おわりに

中電技術コンサルタント(株)では、循環型社会の形成のために、建設リサイクルを取り巻く社会情勢に対応する一環として、建設汚泥の利活用増大の方策を提案しました。併せて、2011年東北地方太平洋沖地震の復旧の一翼を担わせていただき、巨大地震に対する防災・減災の重要性を改めて認識しています。これまで培った技術や経験を生かして、将来高い確率で発生が予測されている巨大災害に対して早急な対策を支援します。

問い合わせ先 交通・都市本部 沿岸整備部(設計解析グループ) TEL 082-256-3351

# ダム貯水池・湖沼の水環境保全・管理技術

## 水環境保全事業をサポート

### 1. はじめに

ダム貯水池・湖沼においては、アオコに起因する景観阻害や異臭味発生、底層の貧酸素化に伴う金属溶出による着色水現象等が問題となっており、選択取水設備や曝気循環施設等の運用による流動循環制御、底層への高濃度酸素供給等が湖内対策手法として適用されています。

汽水湖沼においては、塩分濃度や底泥質の変化に伴う利水や水産生物への影響が問題となっており、堰や水門の運用の工夫、覆砂等による対策が講じられています。

これらの対策を具現化していくためには、対策の効果予測とそれに基づく対策導入計画、及び、効果検証とそれに基づく運用最適化の検討が求められます。そのためには、数値解析モデルによる予測技術や、様々な対策手法の適用・運用に関する技術が鍵となります。

中電技術コンサルタント(株)では、水質予測モデルの高度化や水環境改善対策技術導入に関する取り組みを続けています。

### 2. 技術の適用場面

#### (1)ダム貯水池・湖沼のアオコ・カビ臭の発生原因の究明、対策検討

原因種特定と特性把握、対策手法検討、対策施設の計画・設計、効果検証調査・運用最適化検討

#### (2)ダム貯水池・湖沼の底層貧酸素化、鉄・マンガン溶出に起因する着色現象等の対策検討

酸素供給施設の計画・設計、効果検証調査・運用最適化検討

#### (3)汽水湖沼の塩分濃度調整、塩分躍層形成・貧酸素化に対する対策検討

堰・水門の運用最適化検討、覆砂・浚渫等の底泥環境改善の計画・効果検証調査

### 3. 技術紹介

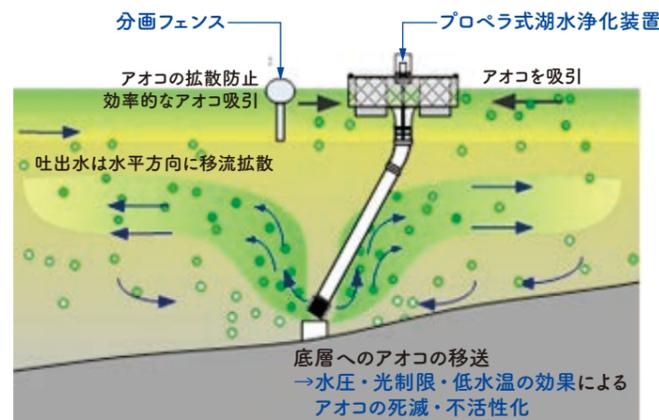
#### (1)ダム貯水池・湖沼における対策検討・水質解析

##### 1) アオコ低減対策

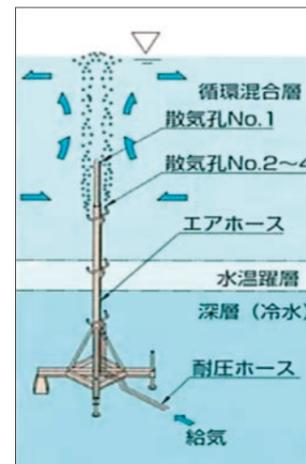
アオコ問題は依然として水環境管理の主題です。

例えば、プロペラ式湖水浄化装置は表層のアオコを底層に移送し水圧効果等によりアオコを死滅・不活性化させるものです。装置の水質改善メカニズムや設置の考え方に関するマニュアルが策定されており、これらの最新情報をもとに、対策の適応性について検討・提案します。

#### アオコ低減のための湖内対策手法(左:プロペラ式湖水浄化装置、右:曝気循環施設)



一般財団法人水源地環境センター提供による



#### 2) 貧酸素層残存対策

深層曝気施設を稼働しても底層と中表層との境界に当たる二次躍層周辺に貧酸素層が残存し、二次躍層レベルの湖底からの金属溶出が無視できない場合には、深層曝気施設の施設規模の見直しや運用の最適化について検討します。

#### 3) 底層内流動による貧酸素改善

高濃度酸素の供給が底層内の流動を生じさせない一方、従来型の深層曝気は底層内に流動を生じさせ、これが底層全体に貧酸素改善効果を及ぼします。

両装置の特性把握に基づく施設計画により、対策効果の最適化を図ります。

#### (2)汽水湖沼における水質解析

##### 1) 植物プランクトンのモデル化

汽水湖では、植物プランクトンについて淡水性～海水性まで評価対象とする必要があります。

植物プランクトンを水温適合性で高～中～低温藻類に分けるとともに、塩分適合性から淡水性・海水性に分類し、モデル化して予測・評価します。

##### 2) 底質内部の物質収支モデル

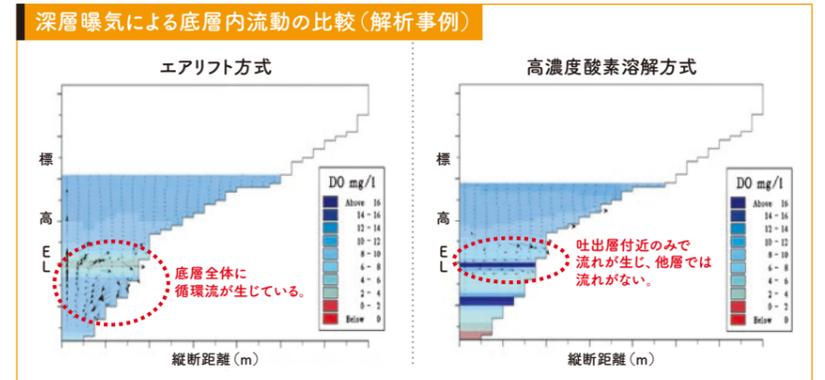
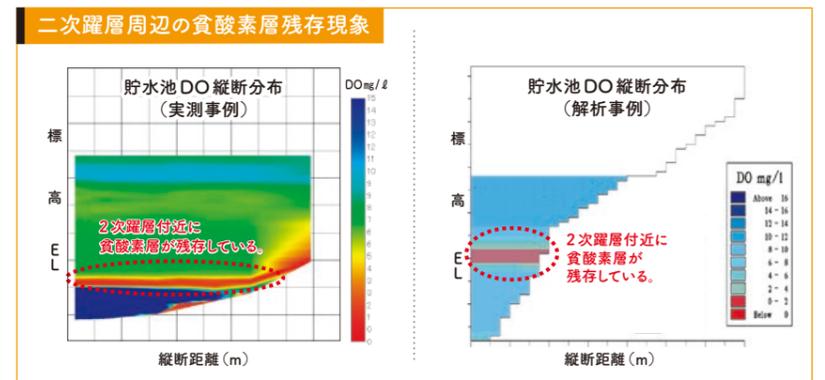
浚渫や覆砂効果を評価する場合、塩類溶出速度や酸素消費速度を条件として与える手法が一般的ですが、その状況は不変であるとは言えず、将来予測の精度を担保できません。

水中～底泥表面～底泥内～底泥表面～水中再帰の物質循環をモデル化した底質モデルを追加することで、実現象に即した予測・評価が可能になります。

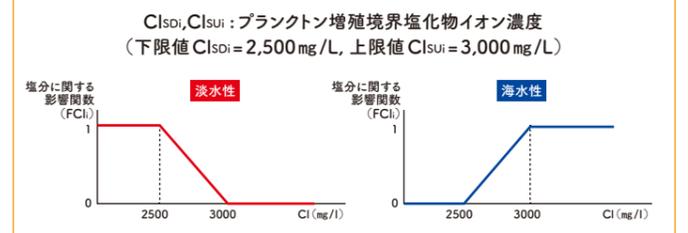
### 4. おわりに

中電技術コンサルタント(株)では、ダム貯水池・湖沼の水質保全を通じて、水道事業・農水産業・観光業等に寄与する安全・安心・快適な水環境の創造に向けて、水環境保全事業を支援します。

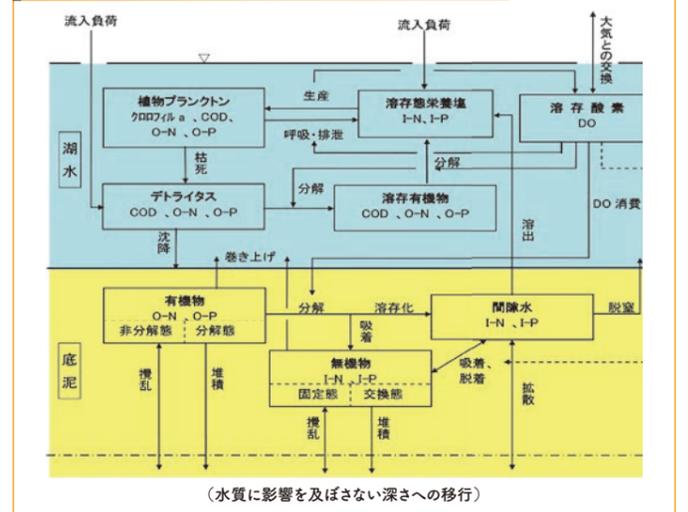
問い合わせ先 地図・情報本部 環境部(建設環境グループ) TEL 082-256-3356



#### 植物プランクトンに関するモデル化(汽水湖解析事例)



#### 水質+底質モデルの基本構造(汽水湖解析事例)



# 3次元データを活用した河川維持管理

## 河川 CIM モデルの構築による維持管理の高度化・効率化

### 1. はじめに

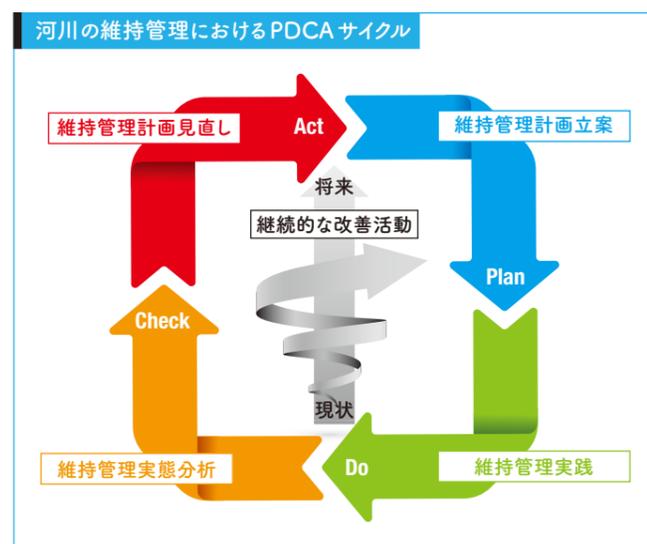
近年、3次元計測技術の高度化により、水中を含む3次元点群データの取得や、UAVを活用した洪水等のイベント毎のデータ取得が容易になってきています。しかし、得られた3次元データは、状況の把握としての使用に留まっており、更なる高度化・効率化に向けた評価・分析時の活用方法の確立が求められています。

河川の維持管理分野における3次元データの活用にあたっては「管理延長が長い」「対象が自然物と人工物の複合構造であり図面がない部分が多い」「変状情報を常に収集・把握する必要がある」といった河川の維持管理ならではの特徴を考慮する必要があります。中電技術コンサルタント(株)では、こうした河川の維持管理特有の視点を踏まえた河川 CIM モデルを作成し、高度化・効率化に向けた取り組みを実施しています。

### 2. 技術の適用場面

河川の維持管理は、PDCAサイクルの流れに沿って継続的な改善活動が進められます。その一環として、河川管理施設の点検が実施されており、この結果に基づき、変状の把握と、変状箇所における対策の優先度決定がなされています。この評価は、「調査地点(点情報)のみの評価であり、周辺状況等を踏まえた総合的な判断が十分とは言えない」「同列の評価となった箇所について、その優先度を判断するための指標が明確でない」といった課題が存在します。

河川 CIM モデルは、3次元モデルに優先度の判断材料となる指標をランク分けしたものを組み合わせ可視化したもので、総合的な判断ができ【高度化】、周辺状況や被害想定等を踏まえた判断のしやすさにも配慮した【効率化】評価・分析が可能となります。

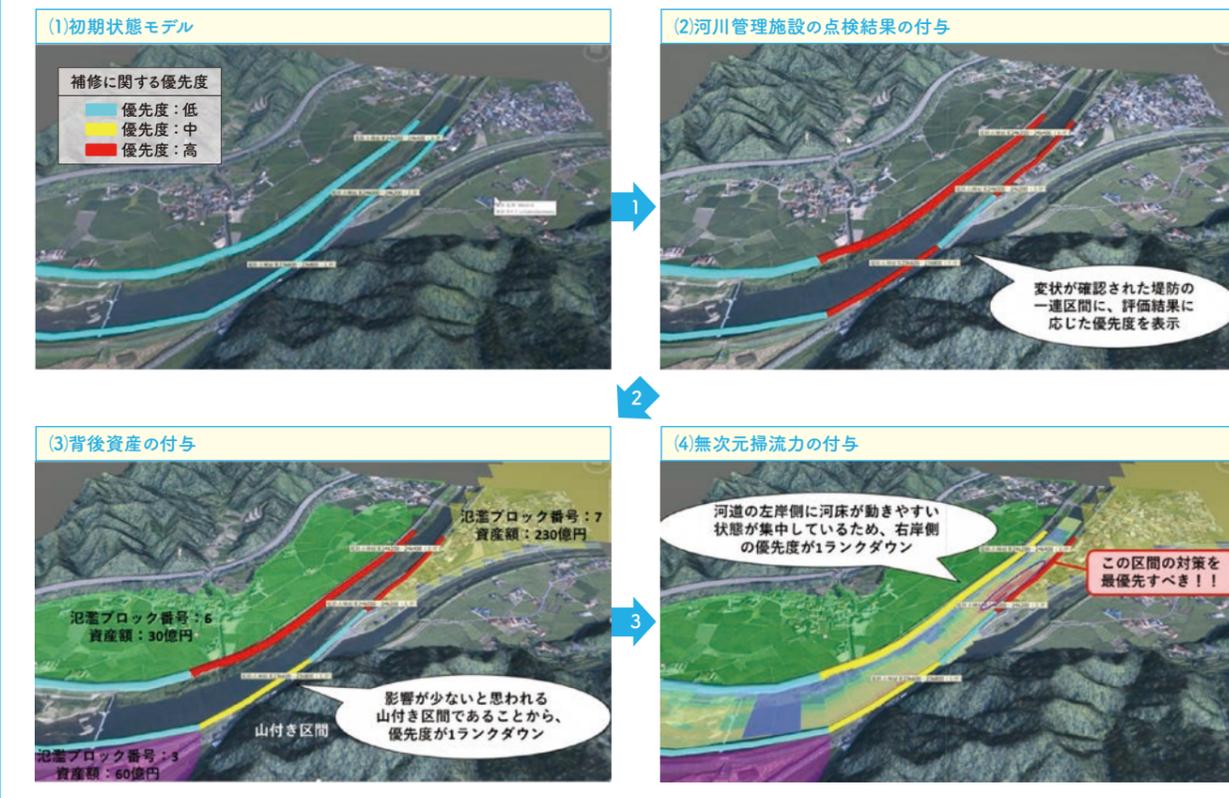


### 3. 技術紹介

本モデルを活用した評価・分析の一例を以下に示します。ここでは、評価する上で必要と考えられる指標として「河川管理施設の点検結果」「背後資産」「無次元掃流力」を属性情報に使用しました。

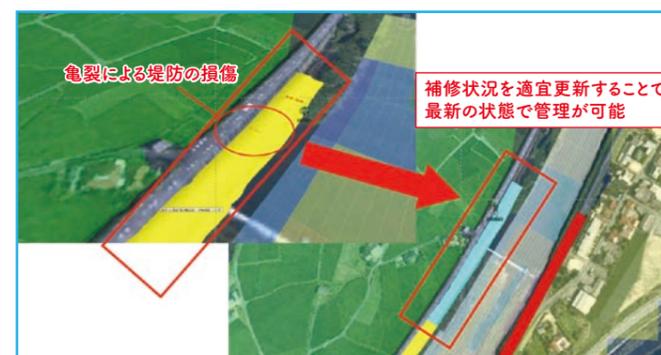
- (1)初期状態モデル：河川及び背後地を含む広域的な3次元モデルを初期状態モデルとして作成します。
- (2)河川管理施設の点検結果の付与：点検区毎の堤防モデルを作成し、点検結果を属性として外部リンクさせます。変状が確認された堤防の一連区間には、評価結果に応じた優先度を表示させます。
- (3)河川管理施設の点検結果+背後資産の付与：(2)で作成したモデルに、氾濫ブロックごとの背後資産データを追加します。影響が少ないと思われる山付き区間は、優先度を1ランクダウンさせます。
- (4)河川管理施設の点検結果+背後資産+無次元掃流力の付与：(3)で作成したモデルに無次元掃流力計算結果を追加します。河道の左岸側に河床が動きやすい状態が集中しているため、右岸側の優先度を1ランクダウンさせます。

### 河川 CIM モデルによる評価・分析手順



以上のように、複数の属性情報を踏まえた対策箇所の優先度設定が可能となる他、このモデル画面を評価者全員で共有し、共通認識を図ることで評価を効率的かつ効果的に実施することが可能となります。

また、堤防モデルを作成することで、出水による変状や補修状況を適宜更新しながら、視覚的に整備状況を管理することが可能となります。また、UAV計測ルートや定点撮影位置をモデル上に表示することで、今後の計測にも役立てることが可能となります。



堤防の最新状況への更新例



UAV計測ルートの表示

### 4. おわりに

3次元データを活用した河川維持管理では、日々進展する計測技術への対応や、地形条件等の河川特性に応じた対応が求められます。中電技術コンサルタント(株)では、こうした技術の進展や河川特性に応じた最適な提案ができるよう、維持管理の更なる高度化・効率化に向けて取り組んでいきます。

# 社会インフラ設備（鋼構造物）の維持管理に資する非破壊検査技術

## ライフサイクルコスト削減のための非破壊検査

### 1. はじめに

近年、社会インフラ設備の多くは老朽化が進んでおり、重大事故のリスクが高まっています。これにより、社会インフラ設備における修理等の必要性が増し、維持管理に関わるコストの増大への対応が課題となっています。

中電技術コンサルタント(株)では、主に電力関連を中心に、社会インフラ設備（鋼構造物）の各種非破壊検査、診断、対策検討までを一貫して行い、ライフサイクルコストを考慮した補修、修理、取替え等を適正に提案することにより、設備の維持管理に関わるコストの削減に貢献しています。

### 2. 技術の適用場面

非破壊検査とは、「物を壊さずに」その内部や微細な表面のきず、あるいは劣化の状況を調べる検査技術のことです。中電技術コンサルタント(株)では主に、水力発電所における水車・発電機の非破壊検査を実施しています。

#### (1)適用例①：鉄塔等（鋼構造物）の割れ調査

鉄塔（鋼構造物）では、外力等様々な要因で割れが発生し、それが進行することで倒壊等の危険があります。このような施設は目視で定期的な調査が行われていますが、非破壊検査を実施することで、目視で確認できない微細な割れ等の早期発見・処置が可能です。

#### (2)適用例②：タンクや配管等の腐食調査

タンクや配管は、内部物質や水等が原因で腐食が発生し、それが進行することで貫通孔が発生する危険があります。特に埋設タンクの外側や配管の内面等は目視が困難ですが、非破壊検査を実施することで、腐食の早期発見・処置が可能です。

#### (3)適用例③：熱交換器の伝熱管等（非磁性体\*金属）の減肉調査

熱交換器の伝熱管は、冷却水等が原因で減肉が発生し、進行することで貫通孔が発生する危険があります。目視では、減肉を定量的に測定することは困難ですが、非破壊検査を実施することで、減肉を定量的に測定し、早期に取替等の対策が可能です。

※非磁性体：磁性を持たない材質（アルミや銅等）

### 3. 技術紹介

中電技術コンサルタント(株)で実施している非破壊検査として、磁気探傷試験 [MT]、浸透探傷試験 [PT]、金属組織試験 [スンプ法]、超音波探傷試験 [UT]（超音波フェイズドアレイ探傷試験 [UPA]）、放射線透過試験 [RT]、渦電流探傷試験 [ET] の概要を紹介いたします。

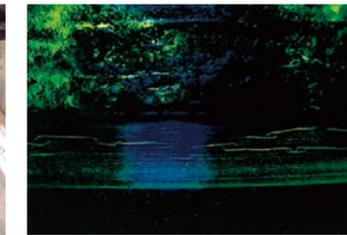
非破壊試験の実施においては、現場に各種非破壊検査資格を所持した技術者が赴き、検査員と相互チェック体制を確立することで、検査の信頼性を確保しています。また、検査結果を第三者として中立的かつ客観的に考察することで、最適なライフサイクルコストを考慮した「補修、修理、取替え」を提案します。

#### 磁気探傷試験 [MT] 適用例①

磁気探傷試験 [MT] は、試験体を磁化し、きずから漏洩磁束を発生させ、そこに磁粉を散布することにより、きずから磁粉を集め、きずを検出する方法です。  
鉄鋼製品（強磁性体）において、表面近傍の微細なきずが検出できます。



MT 状況



MT きず検出状況

#### 浸透探傷試験 [PT] 適用例①

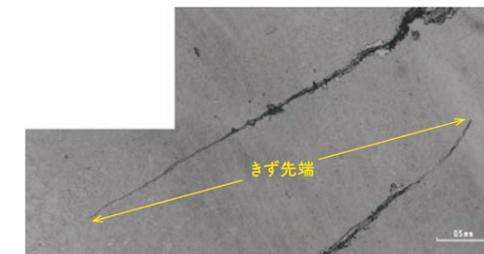
浸透探傷試験 [PT] は、表面が開いたきずに浸透性の優れた赤い液体を浸透させ、現像剤を散布することにより、きずから浸透液がにじみ出て、きずを検出する方法です。  
鉄鋼製品（強磁性体）、ステンレス、アルミ等（非磁性体）において、表面が開いた微細なきずが検出できます。



PT きず検出状況

#### 金属組織試験 [スンプ法] 適用例①

金属組織試験 [スンプ法] は、きずの凹凸をフィルムに転写し、顕微鏡で観察する方法です。  
きずの組織をマイクロ視野で観察することにより、きずの種類、進展性の有無を判断できます。



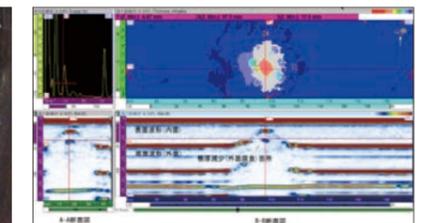
きず先端マイクロ写真

#### 超音波探傷試験 [UT]（超音波フェイズドアレイ探傷試験 [UPA]）適用例②

超音波探傷試験 [UT] は、試験体に超音波を入射し、きずからの反射波を得ることにより、きずを検出する方法です。  
その中でも、超音波フェイズドアレイ探傷試験 [UPA] は、従来の超音波探傷試験 [UT] と比較して、一度に広範囲の探傷が可能で、鋼板裏面の腐食状況等を画面上で確認できます。



UPA 状況



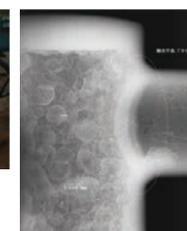
UPA 画面

#### 放射線透過試験 [RT] 適用例②

放射線透過試験 [RT] は、放射線を試験体に透過させることにより、内部の空洞や異物を検出する方法です。  
配管を分解することなく、配管の板厚や内面の腐食状況等をフィルム上で確認できます。



RT 状況



RT 現像フィルム



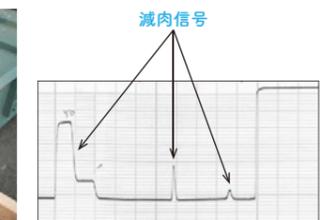
同左 腐食状況 (内面目視)

#### 渦電流探傷試験 [ET] 適用例③

渦電流探傷試験 [ET] は、交流を流したコイルを試験体に近接させて、金属内部に渦電流を誘導し、割れ等で渦電流が変化することにより、きずを検出する方法です。  
冷却用細管等（非磁性体金属）の減肉等が検出できます。



ET 状況



ET チャート

### 4. 業務事例・論文発表・研究実績など

- 新成羽川（発）1号水車・発電機細密点検に伴う非破壊検査工事 [中国電力株式会社]  
その他、発電所や鉄塔等実績多数

### 5. おわりに

中電技術コンサルタント(株)では、これまで培ってきた各種非破壊検査、診断、対策検討の技術や経験を生かして、社会インフラ設備の維持管理に貢献していきます。

# 特別高圧変電所におけるRTKの実証検討

## 作業者の安全管理

### 1. はじめに

RTK (Real Time Kinematic) とは、人工衛星を用いた衛星測位システムの一手法です。移動局とは別に固定局を用いることで測位の誤差を補正し、誤差数センチメートル程度の高精度で位置情報を得ることができます。特別高圧変電所など危険作業を伴う箇所において、作業者の安全管理を目的に、作業者の位置測定にRTKを活用する検討をしました。

### 2. 技術の適用場面

中国電力株式会社エネルギー総合研究所と共同で行った検討結果と、今後の開発の方向性について紹介します。変電所、プラント、土木作業現場や現地調査などにおいてRTKを用いた測位を実施することにより、作業者の安全管理および作業車や重機などによる事故防止の一助となります。



現状の変電所鉄構上での昇塔作業風景



工事現場での架空線防護状況

### 3. 技術紹介

作業者の位置測定にRTKを活用する際に想定された課題と実施した検証実験を以下に示します。

#### 【課題1】電磁界の影響

電流が流れる時には電界、磁界にそれぞれ変化が現れます。人工衛星が発する電波も電磁波であることから、変電所などでは電磁界の変化がノイズとなり測位精度が低下すると想定されます。

#### 【検証1】高磁界下・高電界下でのRTK作動検証

磁界発生装置は、単相ケーブルに最大400Aの電流を流して磁界を発生させ、そのケーブル上1.7mを横断することで磁界の変化する環境下での測位を実施しました。電界発生装置は絶縁電線に最大300kVの電圧を加えて電界を発生させ、安全な位置から徐々に近づけて電界が高くなっていく環境下での測位を実施しました。

結果的に両環境下でのRTKの作動は無事確認されましたが、高電界下での作動検証時にはコロナ放電現象によってノイズが発生し、衛星電波受信機と測定結果を表示する端末を繋ぐBluetooth接続が不安定となるトラブルが発生しました。



磁界発生装置



電界発生装置

#### 【課題2】衛星電波を受信できる環境であることが必要

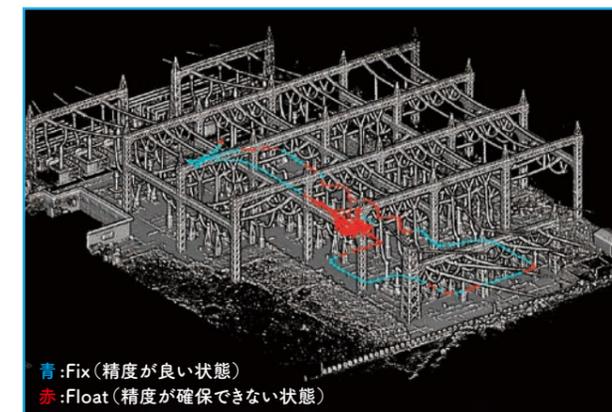
RTKも衛星測位システムであることから、人工衛星が発する電波を受信することが必要となります。GNSSアンテナの上空に電波を遮蔽するものが多ければ測位精度が低下します。

#### 【検証2】中国電力ネットワーク株式会社 特別高圧変電所でのRTK作動検証

実際に運転中の特別高圧変電所(最大電圧500kV)にてRTKの測位を実施しました。RTK測定結果で赤く示した箇所、鉄構および断路器が周辺に多く設置された中央部では、測位精度が低下してしまうことが確認されました。【検証1】の際にトラブルになったBluetooth接続は、Class3→Class1に電波出力を強くすることで問題なく作動しました。



特別高圧変電所遠景



RTK測定結果

青:Fix(精度が良い状態)  
赤:Float(精度が確保できない状態)

### 4. 業務事例・論文発表・研究実績など

2021年度より中国電力株式会社エネルギー総合研究所との共同研究として、技術開発を実施していきます。中国電力ネットワーク株式会社では屋内変電所や地下変電所なども所有しているため、屋内測位システム、各種センサー(電界測定器・磁界測定器など)との連携や測位精度の向上を目的に技術開発を進めていきたいと考えています。

### 5. おわりに

中電技術コンサルタント(株)では、測量、災害調査やインフラ点検など土木分野の他、電気通信部門においてもRTKの活用について検討や実証を進めています。

GISや自動車の自動運転、ドローンの自律飛行など様々な分野において測位技術は基本となる技術であるため、精度、スピード、確実性、コストについて、今後も積極的な技術開発に取り組んでいきます。

問い合わせ先 電気本部 電力部 TEL 082-256-3323

# AIを用いた洪水予測技術

## AIの学習機能による予測精度の向上

### 1. はじめに

近年、局所的な集中豪雨の影響を受けやすい中小河川における水害が相次いでおり、住民の避難判断等の水防体制を取るためには、河川水位の将来予測が必要不可欠です。

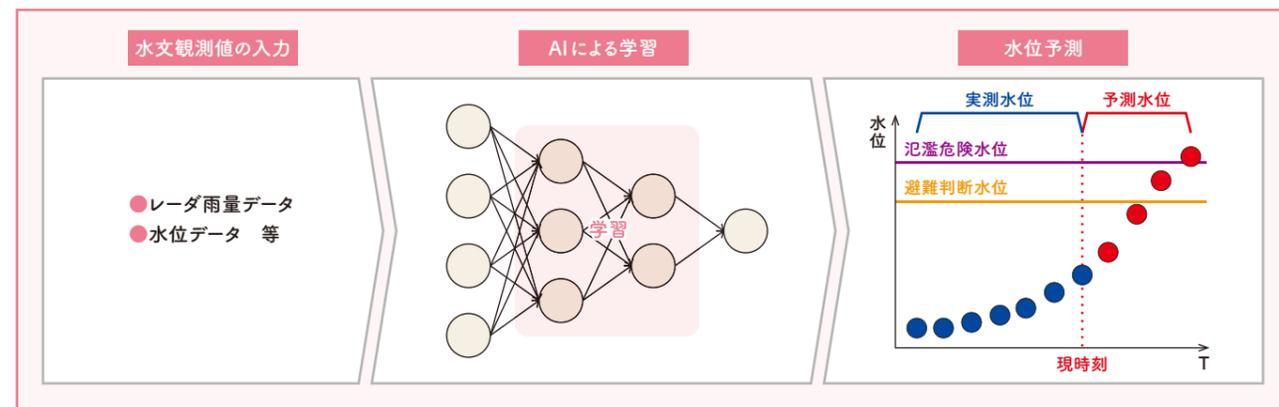
大規模な河川では、貯留関数法や分布型モデルを用いて河川の流出状態をモデル化し、水位予測を行っています。しかし、適切なモデルパラメータを同定するためには、十分な経験を有する技術者による試行錯誤を含む高度なパラメータ解析を行う必要があり、高コストであるため、都道府県が管理する中小河川では、十分なパラメータのメンテナンスが行われていないのが実態です。そのため、住民の適切な避難判断には水位の予測精度が不十分な場合が多く、避難情報等の情報発信が遅れる場合があります。

そこで、中電技術コンサルタント(株)では、AI (Deep Learning) を用いた洪水予測技術を開発し、予測精度向上およびモデルパラメータのメンテナンスの省力化に取り組んでいます。

### 2. 技術の適用場面

貯留関数法や分布型モデルによる洪水予測においては、流量から水位に換算するH-Q式が重要です。国土交通省が管理する大規模な河川では定期的な河川縦横断測量が実施され、河川の変化を把握した上で管理されていますが、都道府県が管理する中小河川では、定期的な河川縦横断測量が実施されておらずH-Q式が適切に管理できていません。また、流域からの土砂流出が多い場合には、河床の変動が大きく、水位の予測が難しいことが課題です。現時点の観測所地点の河道状況が適切に把握できていない場合、流量から水位に変換する際の誤差が大きくなります。

一方、AIによる洪水予測技術は、流量観測を実施していない河川や河床の変動が顕著な河川において、水位と流量の関係を把握しなくても、リアルタイムのレーダ雨量や水位等の水文観測値を入力データとし、ニューラルネットワーク等の人工知能技術を活用することで、少ないコストと労力で将来の水位を簡便かつ自動的に探索・決定することが可能となります。



### 3. 技術紹介

都道府県が管理する実際の河川を対象として、AIを用いた洪水予測を適用しました。

AIの訓練用および検証用の洪水として、過去に対象水位観測所の水位が水防団待機水位を超過した洪水から、上位20洪水ほどを抽出し、これらの洪水のうち、近年の洪水で水位が高いものを検証用として使用し、その他を訓練用として使用しました。

入力データには、観測所水位や上流観測所の水位、残流域メッシュ雨量等を採用しました(A水位観測所)。なお、上流に水位観測所がない場合の水位予測の検証のため、観測所水位と観測所上流域のメッシュ雨量等を使用した水位予測を実施しました(B水位観測所)。

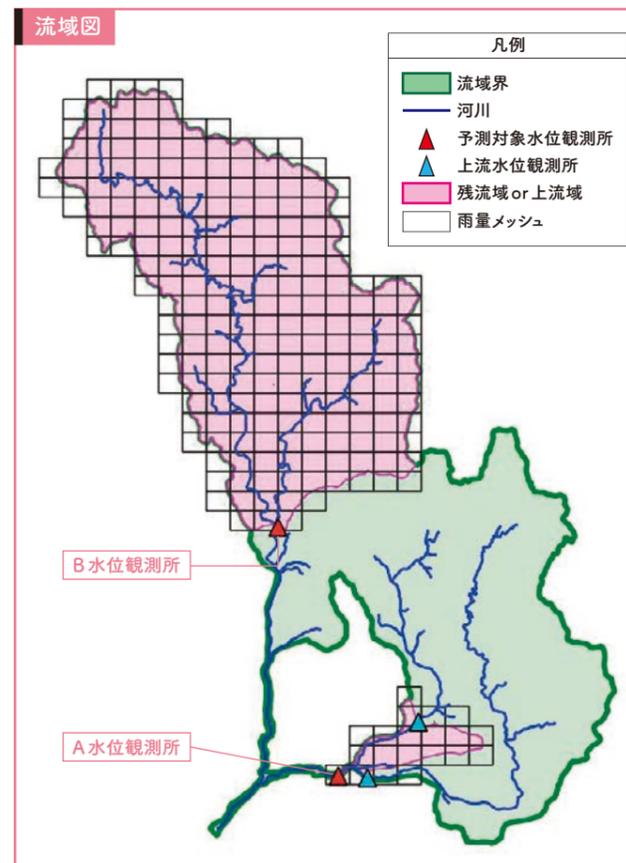
#### 入力データ

データ	時間分
観測所水位	現在時刻のみ
上流観測所水位 <sup>※1</sup>	6時間前～現在時刻
残流域雨量	6時間前～3時間先
残流域24hr合計雨量	6時間前～3時間先
残流域土壌雨量指数	6時間前～3時間先 <sup>※2</sup>

※1 上流観測所がある場合のみ採用

※2 土壌雨量指数は残流域メッシュの最大値

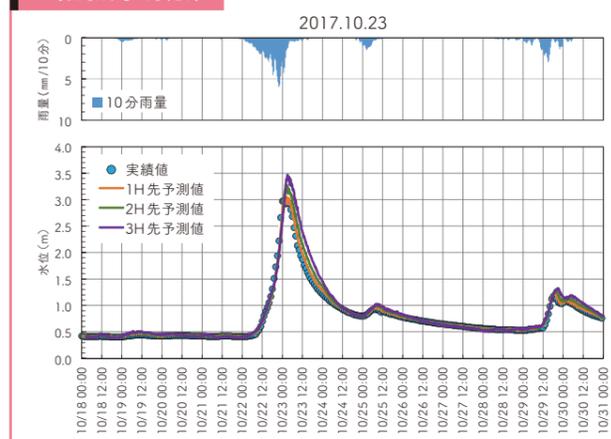
訓練用の洪水以外の検証用洪水を対象に、3時間先までの予測を実施した結果、ピーク付近で予測水位がやや高めに出了ものの、水位の立ち上がり部や水位減減部の波形は一致しているため、良好な予測結果となりました。また、上流水位観測所の情報を使用しないB水位観測所においても、A水位観測所に比べてピーク水位や水位減減部で実測水位との差が生じているものの、水位の立ち上がり部は概ね一致しており、良好な予測結果となりました。



#### A 観測所予測結果



#### B 観測所予測結果



### 4. おわりに

中電技術コンサルタント(株)では、災害時の避難行動等の水防体制に対して安全・安心な情報発信に貢献するべく、AIによる水位予測の精度向上のために検討・検証に取り組んでいきます。

問い合わせ先 河川本部 河川砂防部(計画グループ) TEL 082-256-3348

# 堤体PSアンカー工法による 堤体補強（耐震化）設計

## 安定性に課題のある小～中規模のダム対策工法

### 1. はじめに

建設年代の古い重力式コンクリートダム（以下：ダム）は、現行基準で定められた安定性を満たしていないことが考えられます（安定上の課題）。このため、順次堤体の補強が検討されています。

安定を確保するための対策工としては、堤体の下流面もしくは上流面にコンクリートを腹付けする増厚工法（以下：増厚工法）が一般的です。

一方で、建設年代の古いダムは堤体表面が石積みで、景観がすぐれていることもあり、増厚工法の採用に制限がかかることもあります（対策工法の課題）。

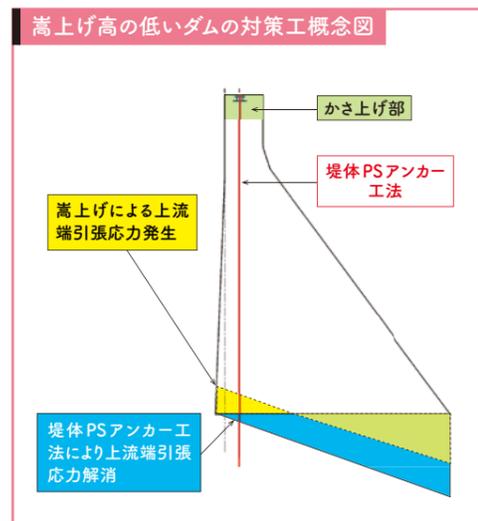
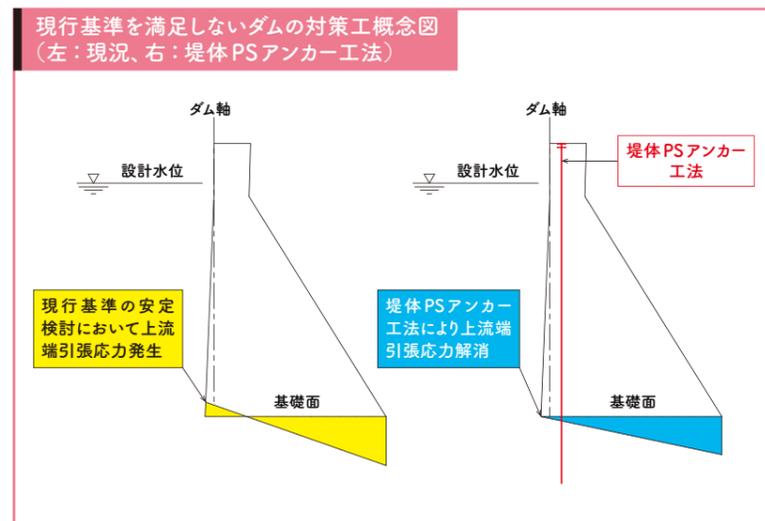
また、貯水池の運用が必要な場合、上流面への増厚工法は困難となります。（施工上の課題）

堤体PSアンカー工法とは、堤体表面からの岩盤定着によってダム堤体を固定することで転倒や滑動に対する安定性を向上させる工法であり、上記の課題を解決するための工法の一つです。

### 2. 技術の適用場面

堤体PSアンカー工法は、以下の状況の小～中規模のダムへの適用が考えられます。

- 現行基準（河川管理施設等構造令等）の安定性を満たしていないダム
  - 建設年代の古いダム
  - 特殊な解析（3次元設計）により設計したダム
- 嵩上げ高の低いダム計画



### 3. 技術紹介

中電技術コンサルタント(株)では、一般財団法人ダム技術センターの指導の下に、松江上下水道局所有の千本ダムの堤体補強を堤体PSアンカー工法で設計しました。設計概要を以下に示します。

島根県松江市の千本ダムは、1918年に完成した堤高15.8m、堤頂長109.1mの粗石コンクリートによる重力式の水道専用ダムで、現在も島根県松江市の水道用水の1/4を供給しています。また、2003年に日本土木学会選奨土木遺産に指定され、2008年に国の「登録有形文化財」に登録されています。

ダムの安定性を検討すると、地震時に堤敷き上流端に引張り応力が生じ、堤体が浮き上がるリスクがあることが判明しました。このため、抜本的な対策として堤体の耐震補強対策工を検討しました。水道用水の供給と文化財としての景観の維持が対策工の条件となりました。

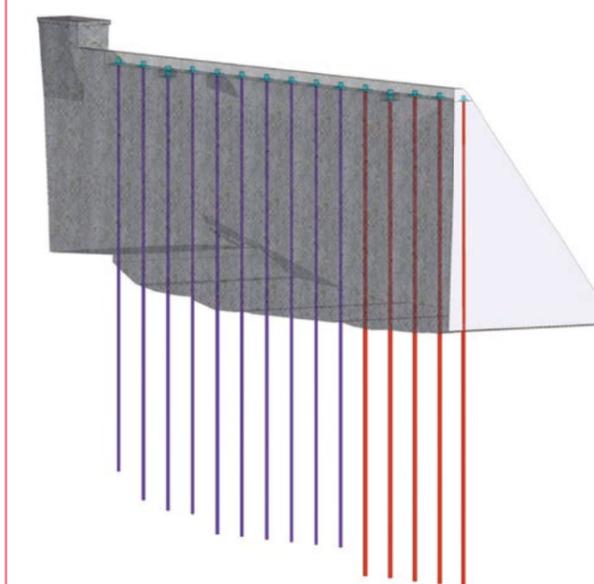
堤体の補強対策工としては、上流面の増厚工法と堤体PSアンカー工法と比較し、貯水池をドライにする必要のない堤体PSアンカー工法が、経済性、工期で有利となり採用しました。

アンカーは、最大削孔径216mm、最大長さ30.5m、1孔あたり最大緊張力1,702kNとし、概ね2.5m間隔で38孔をダム天端から基礎岩盤に向けて鉛直方向に計画しました。地震時の荷重集中を避けること、防食性能を高めることを目的に、フルボンド型としました。

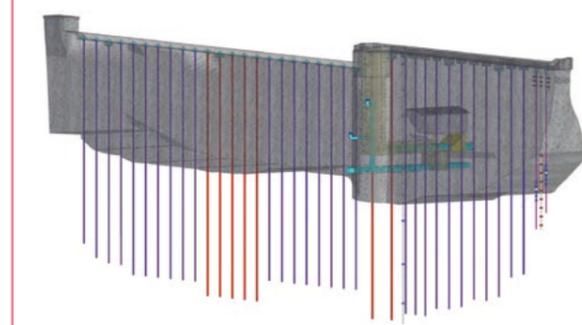
	堤体PS【アンカー工法】	上流面【増厚工法】
経済性	1.0	2.5
工期	1.0	4.0

※経済性と工期は堤体PSアンカー工法を1.0とした場合の比率

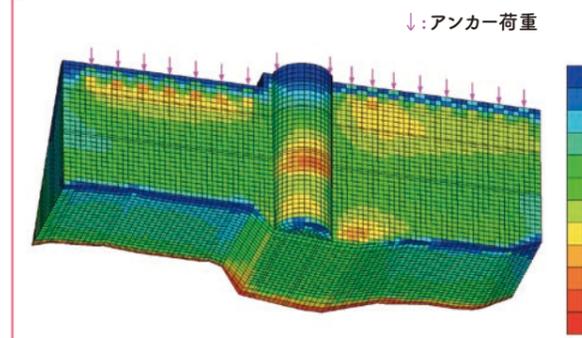
### 堤体PSアンカー配置3次元モデル図（越流部）



### 堤体PSアンカー配置3次元モデル図（全体図）



### アンカー荷重を考慮した3次元FEM応力分布図



### 4. 業務事例・論文発表・研究実績など

- 業務事例：千本ダム堤体補強概略設計資料整理業務（発注者：ダム技術センター）  
千本ダム堤体補強詳細設計資料整理業務（発注者：ダム技術センター）
- 発表論文：堤体PSアンカーによる千本ダムの耐震補強に関する静的解析
- その他：令和2年度土木学会賞 技術賞（IIグループ）「千本ダム堤体補強工事」共同受賞  
令和2年度ダム工学会賞 技術賞「千本ダム堤体補強工事」共同受賞

### 5. おわりに

中電技術コンサルタント(株)では、安定性に課題のあるダム、ダム再生を検討しているダムに対して、堤体PSアンカー工法を活用し、お客様のニーズに対応した提案を行います。

問い合わせ先 河川本部 水力水工部（空間・水工第2グループ） Tel. 082-256-3361  
原子力本部 解析ソリューション部

# 海浜変形予測計算の高精度に向けた取り組み

## 皆生海岸を対象とした波浪予測に関する研究

### 1. はじめに

CEC技術レポートVol.20(2020年8月発行)では、海浜変形予測計算の実施事例(3次元海浜変形モデルによる予測計算)を紹介しましたが、本稿では、計算精度の向上に向けた取り組みとして、皆生海岸を対象に行った波浪予測に関する研究(鳥取大学との共同研究成果)を紹介します。

### 2. 技術の適用場面

対象の皆生海岸は、古くから海岸侵食が問題となっており、海岸保全対策の検討において、より精度の高い海浜変形予測が求められています。海浜変形予測計算では、まず外力条件として波浪変形計算が必要ですが、波浪を的確に設定しなければ、いくら精度の高い海浜流や漂砂量モデルを用いたとしても、海浜変形予測の精度向上に繋がりません。

特に、皆生海岸は弓ヶ浜半島により遮蔽されており、回折波と湾曲した海岸線の影響で波向きと波高分布が一様にならないため、各工区個々の海岸施設周辺における3次元海浜変形予測計算においては、沖側境界の波浪条件となる波高や波向の的確な設定が必要になります。そこで本研究では、皆生海岸全体を対象とした広域における波浪予測モデルの適用性と波浪条件設定のための手法を検討しています。

### 3. 技術紹介

#### (1)波浪予測手法の概要

皆生海岸全体の概要を図1に示します。図中に示す①は富益海象観測所、②は日吉津海象観測所、③は沖波条件として使用したデータ(気象庁55年長期再解析データセット(JRA-55)の海上風を外力に計算された再解析波浪データ(JRA-55-wave<sup>1)</sup>)の計算点を示しています。地点③の波浪を沖の境界条件として美保湾全体の波浪計算を行い、両観測点①②における波浪と比較し、モデルのキャリブレーションを行うことで、美保湾全体の波浪予測結果としています。波浪場計算では間瀬ら<sup>2)</sup>の回折を考慮した波作用量平衡方程式を用いています。

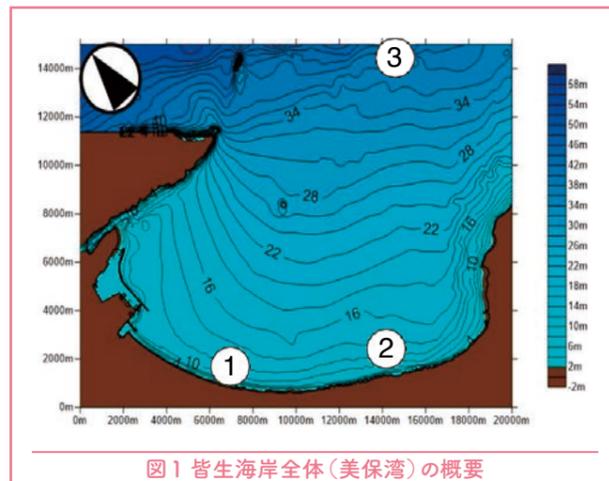


図1 皆生海岸全体(美保湾)の概要

#### (2)台風通過前後における波浪及び計算条件の設定

本研究では、2014年10月に襲来した台風19号(以下、台風1419号)の通過前後の波浪について再現計算を行っています。図2に台風通過前後の10月12日0時~16日6時までの富益観測所、日吉津観測所及びJRA-55-waveの波浪時系列を示します。JRA-55-waveによる再解析値は観測値と非常に近い傾向を示しており、JRA-55-waveの再解析値を用いて皆生海岸の波浪計算を試みました。計算では、波高のピーク前後で台風通過前と通過後に分け、波高0.5mごとに階級分けした諸量を平均したものを計算条件としています(表1)。計算領域は図1に示すとおりです。

表1		JRA-55-waveを用いた計算条件			
	Case	波高(m)	周期(s)	波向(°)	計算波向(°)
通過前	1	0.97	6.9	31.9	8.1
	2	1.18	6.9	34.3	5.7
	3	1.72	5.9	46.2	-6.2
	4	2.24	6.7	42.6	-2.6
	5	2.75	7.5	39.4	0.6
	6	3.25	8.2	34.9	5.1
	7	3.83	9.1	28.2	11.8
通過後	8	4.02	9.6	24.9	15.1
	9	3.79	9.7	22.3	17.7
	10	3.21	10.2	23.5	16.5
	11	2.75	10.5	26.0	14.0
	12	2.25	10.3	27.2	12.8
	13	1.73	9.9	27.6	12.4
	14	1.22	9.0	27.7	12.3
	15	0.82	7.5	54.6	-14.6



図2 JRA-55-waveと観測結果の比較

#### (3)計算結果及び考察

図3は富益海象観測所及び日吉津海象観測所付近における計算結果と観測結果を比較したものです。富益及び日吉津における波高の計算結果は、両観測点ともに観測結果を過少評価していますが、定性的には一致しています。周期の値は両観測点ともに定性的、定量的に観測結果と一致していることがわかります。また、波向きは両観測点とも定量的には差が生じていますが、皆生海岸における沿岸漂砂の卓越方向となる東寄りの波向を再現していることがわかります。日吉津海象観測所付近では波高が過少に評価され、富益海象観測所付近では波高に大きな差があり、台風襲来による高波浪時の観測結果の再現には検討の余地があります。特に、富益海象観測所付近における観測結果との差は、島根半島による回折の影響が十分に計算されていないことが原因として考えられます。

以上のことから、回折波の計算において検討の余地が残されていますが、皆生海岸における海浜変形予測計算に用いる波浪条件の設定手法の方向性を示すことができたと考えます。

- 1) Tomoya Shimura and Nobuhito Mori (2019): High-resolution wave climate hindcast around Japan and its spectral representation, Coastal Engineering, Vol.151, pp.1-9.
- 2) 間瀬肇, 由比政年, 雨森洋司, 高山知司 (2004): 波, 流れ共存場における碎波および回折効果を考慮した位相平均波浪変形予測モデルの構築, 海岸工学論文集, 第51巻, pp.6-10.

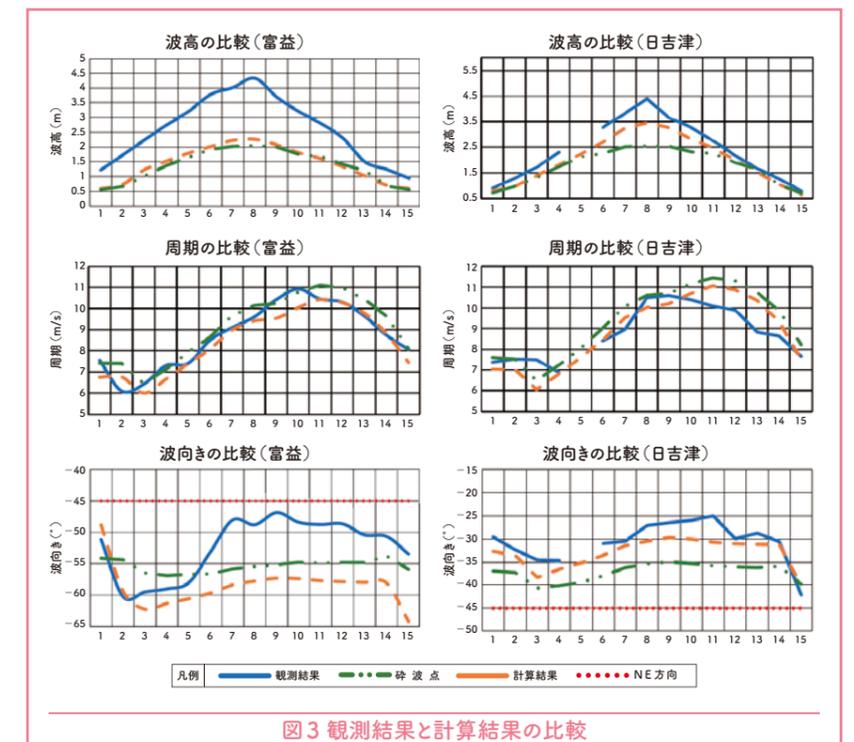


図3 観測結果と計算結果の比較

### 4. 業務事例・論文発表・研究実績など

- 皆生海岸を対象とした波浪予測に関する研究【第73回令和3年度土木学会中国支部研究発表会】

### 5. おわりに

中電技術コンサルタント(株)では、漂砂現象による問題に対し、これまで蓄積した漂砂の数値シミュレーション技術を活用することで、お客様のニーズに応じた漂砂対策検討をご提案します。また、更なる技術の向上を図るため、長期的・広域における汀線変化を含む海浜変形予測モデルや、離岸堤や人工リーフ周辺の詳細な地形変化予測モデルの構築等について、引き続き鳥取大学と共同研究を進めていきます。

最後に、波浪モデルの検証において波浪データを提供していただいた国土交通省日野川河川事務所へ感謝の意を表します。

問い合わせ先 交通・都市本部 沿岸整備部(設計解析グループ) TEL 082-256-3351

# 3次元動的解析によるダムの耐震性能照査

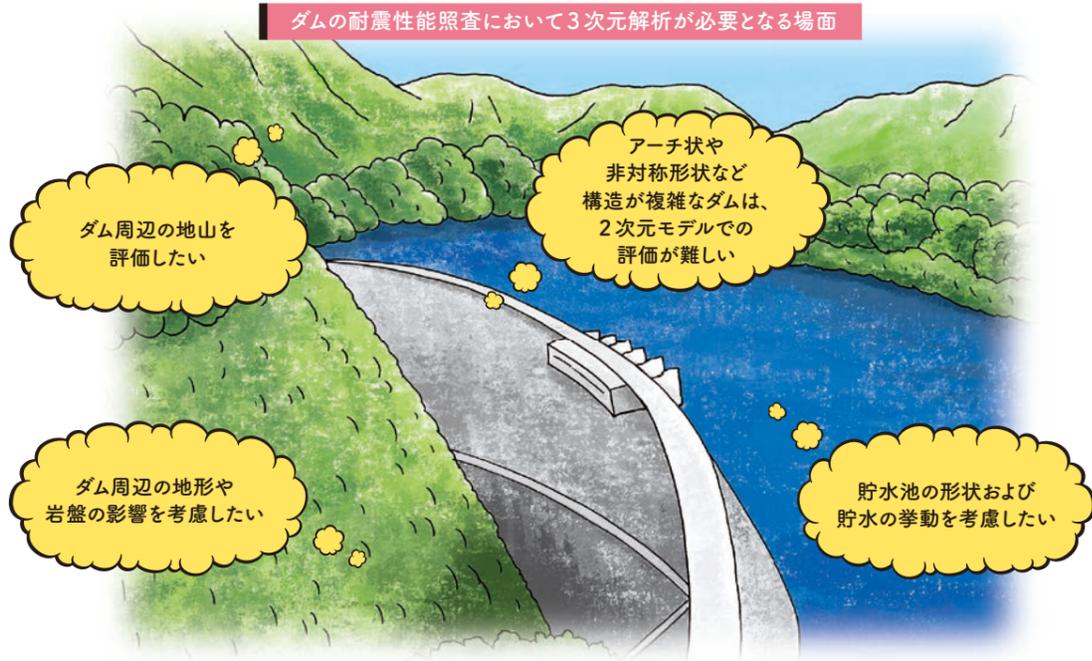
## 大規模地震への対応

### 1. はじめに

国土交通省では、これまでの設計基準で設計されたダム本体および関連構造物（門柱、取水塔他）を対象に、将来にわたって発生が想定される最大級の地震動（以下、レベル2地震動）に対する照査を、『大規模地震に対するダム耐震性能照査指針（案）・同解説（以下、指針（案））』に基づき実施しています。また、各自治体においても、指針（案）に基づいた既設ダムの耐震性能照査が行われており、中電技術コンサルタント(株)では、耐震性能照査に関する一連の解析に対応しています。ここではその一例として、3次元動的解析によるレベル2地震動に対する既設ダムの耐震照査に関する技術を紹介します。

### 2. 技術の適用場面

下図のように、より実態に近いダムの地震時挙動を評価したい場合は、3次元モデルによる解析が必要になります。本技術は、このようなニーズに対応するものです。



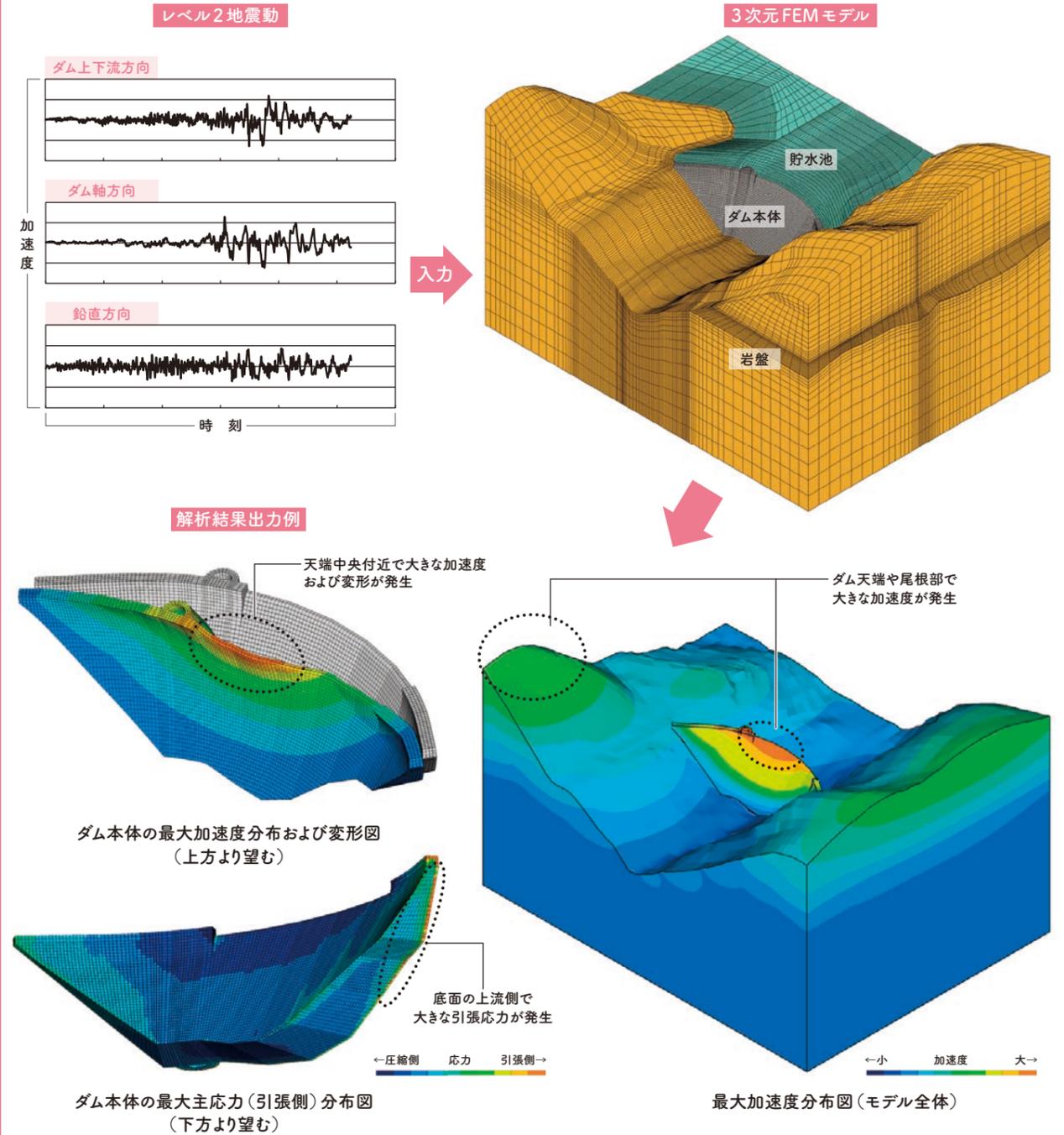
### 3. 技術紹介

本技術は右記のような流れで行います。また、ダム本体の3次元解析のイメージは次のとおりです。

#### 3次元解析によるダムの耐震性能照査の流れ



#### ダム本体の3次元解析のイメージ



### 4. 業務事例・論文発表・研究実績など

- 水源池堰堤耐震診断検討業務(令和2年度)他

### 5. おわりに

中電技術コンサルタント(株)では、ダムに限らずその他の構造物に対しても、お客さまのニーズに応じた耐震性能照査方法や対策を提案します。

問い合わせ先 原子力本部 解析ソリューション部 Tel. 082-256-3416

# 通信型ITSによる 公共交通優先型スマートシティ構築への取り組み

## 『ひろしまサンドボックス』の取り組み紹介

### 1. はじめに

広島県では、AI/IoT、ビッグデータ等を活用して、様々な産業・地域課題を解決するための実証実験の場「ひろしまサンドボックス」を2018年度からスタートしています。「ひろしまサンドボックス」は、「砂場(サンドボックス)」のように何度も試行錯誤できる実証プロジェクトの場です。この中で、中電技術コンサルタント(株)は産学官6者で構成するコンソーシアム(広島大学、東京大学、自動車技術総合機構交通安全環境研究所、広島電鉄、マツダ)の代表者として「通信型ITS※による公共交通優先型スマートシティ構築事業」に、2018年度～2020年度の3カ年取り組みました。

本稿では、760MHz帯域を活用した路面電車、路線バス、自動車間の車車間通信(V2V: vehicle-to-vehicle)と、信号機、各車両間の路車間通信(V2I: vehicle-to-infrastructure)の公道実証実験の概要についてご紹介します。

※ITS(Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム)

### 2. 技術の適用場面

広島市都心部の交通は、路面電車、路線バス、タクシー、一般車両等多様な交通手段がありますが、様々な種類の車両が道路空間を共有し、特に軌道敷のある交差点では交通の輻輳が見られます。交通の輻輳場面で、公共交通の運転手を支援する目的で、国内でITS専用周波数として割り当てられている760MHz帯域の車車間通信、路車間通信を活用した各種支援システムの公道実証実験を広島市内で行いました(図1、2、3)。「通信型ITSによる公共交通優先型スマートシティ構築事業」では、短期ビジョンを「広島市の都心部でITSスマートシティの礎を構築すること」として、公共交通を安全で便利にする3つのソリューション開発に取り組みました(図4)。



図1 路車間通信実験交差点位置図



ひろしまサンドボックスのロゴマーク



図2 路面電車への実験用車載器設置状況



図3 路線バスへの実験用車載器設置状況

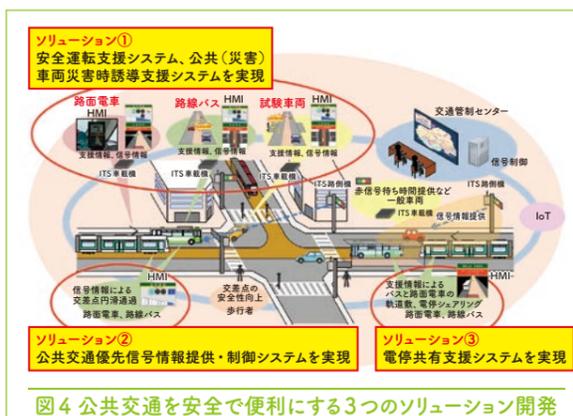


図4 公共交通を安全で便利にする3つのソリューション開発

### 3. 技術紹介

#### (1)安全運転支援、公共(災害支援)車両災害時誘導支援～見えないリスクを知らせ安全で快適な街へ～

車車間通信と路車間通信を利用して路面電車、路線バス、自動車の運転手に目に見えない危険と信号現示の残り時間を事前通知する支援を開発し、実証実験を行いました。図5は、交差点で右折車が存在する場合の車車間通信による支援情報、路車間通信による信号情報のイメージです。また、クラウド通信を利用して、非常時に公共車両、災害支援車両を優先走行させることを目的として経路誘導支援を開発しました。図6は、道路上に仮定の障害を設定し、路線バスを軌道敷に経路誘導する支援のイメージです。

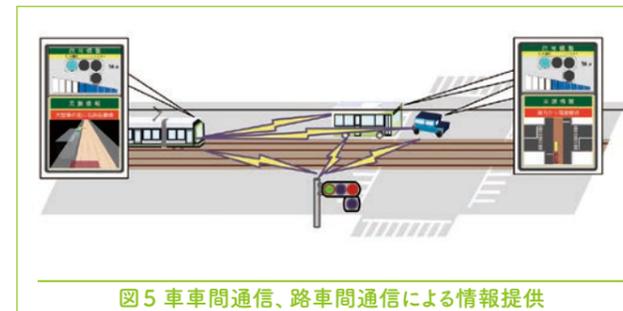


図5 車車間通信、路車間通信による情報提供

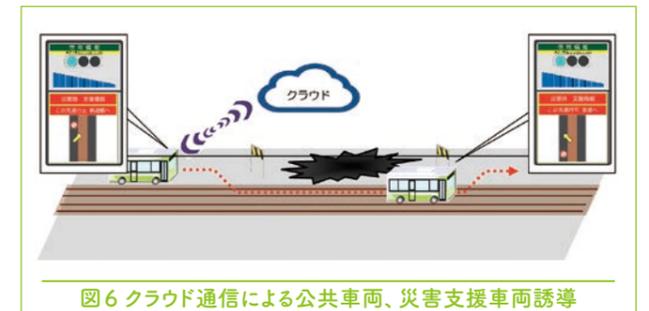


図6 クラウド通信による公共車両、災害支援車両誘導

#### (2)公共交通優先信号情報提供・制御～公共交通サービスを優先しマイカーなしでも移動しやすい街へ～

路車間通信を利用して、信号待ちによる運行遅延解消を目的とした路面電車、路線バスの信号交差点優先通過制御を開発し、実証実験を行いました。図7は、優先信号制御を開始する仮想地点を路面電車が通過したことを路車間通信で確認し、青信号延長、赤信号短縮の信号制御を行い、その信号情報を路面電車に表示するイメージです。

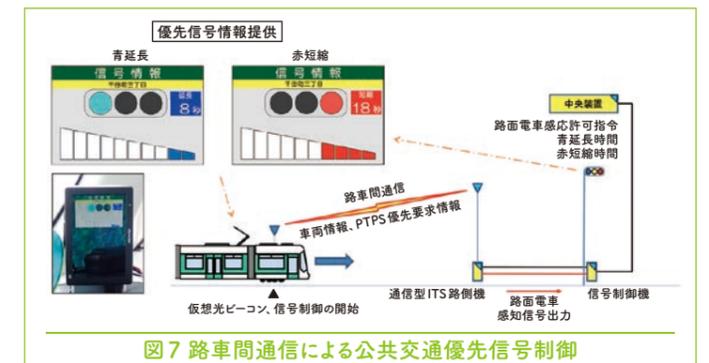


図7 路車間通信による公共交通優先信号制御

#### (3)電停共有支援～公共交通サービスが移動空間をシェアリングして誰もが便利で渋滞のない街へ～

車車間通信、路車間通信を利用して路線バスの安全な軌道敷内走行と、路線バスと路面電車の安全な電停共有を目的とした電停共有支援を開発し、実証実験を行いました。また、軌道敷走行と路面電車電停共有時には車車間、路車間通信による運行支援を路線バスと路面電車に行いました。



電車とバスの電停共有(試乗会)

### 4. 業務事例・論文発表・研究実績など

- 業務事例: AI/IoT実証プラットフォーム事業実施業務(広島県商工労働局、2018年度～2020年度)
- 論文発表: 760MHz帯域を活用した路面電車と路線バスの車車間および路車間通信実証実験(第41回交通工学研究発表会)

### 5. おわりに

中電技術コンサルタント(株)では、通信型ITS普及促進に関する調査・計画・設計をサポートし、安全・安心な交通社会、高齢者等が安心して暮らせる社会の実現に向け、地域に貢献する技術を提供していきます。

問い合わせ先 交通・都市本部 道路交通部 TEL 082-256-3353

# AIを活用した画像解析技術の開発

## 海上交通実態調査での省力化・効率化に向けた適用事例紹介

### 1. はじめに

インフラ整備において、施設の安全性を確保するには現況調査や維持管理といった作業が必要となります。しかし、近年、建設コンサルタント従事者の高齢化が進み、人手不足や技術継承といった点が問題になっています。そこで、その問題解決策として注目されているのが、AIの活用であり、従来ヒトが実施していた作業を機械に判断させることにより、人手不足の解消や作業の効率化が期待されます。

中電技術コンサルタント(株)では、AIを活用した画像解析技術で大規模な海上工事や新規大型船の受入時等に必要となる海上交通実態(交通量や航行経路、輻輳状況等)調査に適用し、自動で船種情報を判別することに特化したシステムを開発しました。システム構築の流れから現状の開発状況までの内容について紹介します。

### 2. 技術の適用場面

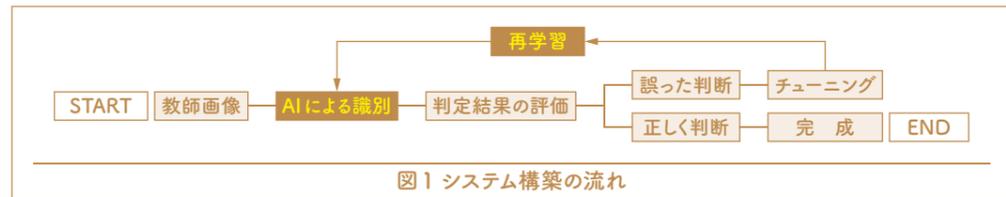
AIを活用した画像解析技術は、以下のような分野において活用できます。

現地調査への適用	監視業務への適用
・海上交通実態調査	・海域工事における他船監視
・工作物の維持管理・点検調査	・立ち入り禁止箇所での侵入者の監視

### 3. 技術紹介

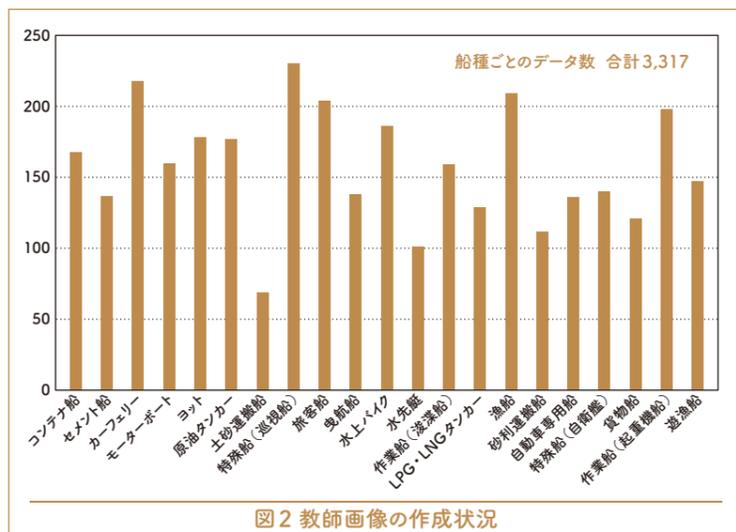
#### (1) AIシステム構築の流れ

- ・システム構築の流れは図1に示すとおりであり、まずは判別させるための学習作業として、教師画像を作成します。
- ・次に教師画像を学習させたAIに未知の画像を識別させ、判定結果を確認します。
- ・誤った判断の割合が高い場合は、チューニング作業・再学習を繰り返し、正答率を高めていきます。



#### (2) 教師画像の作成

- ・正答率を高めるには、AIに学習させる教師画像の作成が最も重要です。
- ・開発中の船舶識別システムでは、図2に示すとおり船種別に教師画像を収集しています。
- ・正答率の高いシステムを構築するためには、多数のバリエーションをもった更なる教師画像の収集が必要となります。



#### (3) 現状の正答率

- ・構築したシステムで船舶画像を識別させた結果を表1に示します。実際の船種(縦軸)に対してAIが予測した船種(横軸)の正答率が交差部に表示されています。全体で平均すると正答率は7割程度となっています。
- ・船の形状に特徴のあるコンテナ船やタンカー船では9割程度の正答率を示していますが、形状では区分ができない漁船と遊漁船といった船種では正答率が5割程度となっています。
- ・本システムに期待することは、AIS※を搭載していない500GT未満の小型船舶を自動で識別することであるため、この漁船・遊漁船の正答率の改善は今後の課題です。
- ・正答率を高めるためには、良質な教師画像の収集(現地での取得画像を基に作成)、再学習が必要です。

※AIS (Automatic Identification System) : 船舶自動識別装置

表1 画像識別システムの正答率

	予測クラス																			
	コンテナ船	セメント船	フェリー	モーターボート	ヨット	原油タンカー	土砂運搬船	漁船	観光船	水先船	渡漕船	液化ガス船	漁船	砂利運搬船	自動車専用船	自衛艦	貨物船	起重機船	遊漁船	
コンテナ船	91.8	0	0	0	0	1.2	0.6	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
セメント船	0	76.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
フェリー	0.9	0.5	65.9	2.3	0	0	0	2.7	26.8	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0
モーターボート	0	0	0.6	78.1	0	0	1.2	0	3.1	0	4.4	0	0	0	0	0	0	0	0	7.5
ヨット	1.1	0	0	0	96.1	0	0	0	0	0	1.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
原油タンカー	1.2	1.1	0	0	0	88	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0	0	2.9	5.7	0	0
土砂運搬船	4.3	0	0	10	1.4	17.2	25.7	0	1.4	15.7	1.4	7.1	2.8	0	1.4	10	0	1.4	0	0
漁船	0	1.8	1.7	0	0	0	0	88.3	2.2	0	0	0	2.2	0	0	2.6	0	0	0	0
観光船	1	1.9	21	0.5	0	0	0	0	73.6	0	0	1	0	0	0	0	0.5	0	0	0
水先船	0	0.7	5.7	0.7	0.7	3.6	0.7	0.7	67.8	0	6.4	0.7	1.4	0	3.6	0.7	3.6	2.9	0	0
渡漕船	0	0	0	7	1.6	0	0	0	0	0	87	0.5	0	0	0	0	0	0	0	2.7
液化ガス船	0	1	0	3	0	0	4	0	8	16	0	57	0	0	0	5	1	0	0	3
漁船	0	0	0	0	0.6	0	6.9	0	0	0	0	57.5	0	1.2	6.2	0	1.2	0	23.2	0
砂利運搬船	0	1.5	0	0.8	0	10.8	1.5	0	0	2.3	0	0	76.9	0	0	3.8	0.8	1.5	0	0
自動車専用船	0	0	2.9	0.5	3.8	0	0	5.2	2.4	0.5	0.5	2.4	1	0	46.2	0.5	0	1.9	0.5	31.4
自衛艦	0	4.5	0	1.8	0	9.1	10.9	0	0.9	0	0	0	0.9	0	0	60	0	10.9	0.9	0
貨物船	0	0	0	0.7	0	1.5	0	0	4.4	0	0	0	0	2.2	0	0	89.6	0	1.5	0
起重機船	0	0	0	0	0	0	3.6	0.7	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	90	0	2.9
遊漁船	0	0	0	0	0	5.8	0.8	0	0	1.7	0	0	0	0	0	0	0	0	85	0
遊漁船	0	0	0	0	0	2.5	0	0	0	0	0	0	9	0	2.5	1	0	0	0	53.1
遊漁船	0	0	0	10.3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

正答率の高い船種 (赤枠) 正答率の低い船種 (青枠)

#### (4) 現地での活用イメージ

- ・実際の現地では図3に示すとおり、高解像度ビデオカメラとAI解析用PCを持参し、リアルタイムで識別を行います。
- ・船舶の識別イメージは図4に示すとおりで、船の周りが四角で囲まれ、AIで判定した船種情報が表示されます。



図3 現地での活用イメージ



図4 船舶識別イメージ

### 4. 業務事例・論文発表・研究実績など

- 令和2年度四国西南航路施設保全対策検討業務  
【国土交通省 四国地方整備局 松山港湾・空港整備事務所】の航行実態調査で活用
- 山口大学とAIを活用した画像識別システム構築に関する共同研究を実施

### 5. おわりに

中電技術コンサルタント(株)では、建設分野の調査・計画・設計業務等へのICT技術の活用に取り組んでおります。今後も本システムを一例としたAI技術を活用し、業務効率化を図ってまいります。

問い合わせ先 交通・都市本部 沿岸整備部(保全計画グループ) TEL 082-256-3351

## 🏠 主な社外投稿・発表論文一覧(2020年度)

分野	学会・委員会/論文集	論文名
防災	2020年度砂防学会研究発表会概要集	RTK搭載GNSSポールを用いた砂防調査・管理効率化ツール(SMART SABO)の活用について
	第10回土砂災害に関するシンポジウム論文集	大規模土砂災害における無人航空機を活用した緊急調査の試行的研究
	砂防学会誌	地震後の降雨による土砂災害事例に関する統計分析
交通	第18回ITSシンポジウム2020論文集	LRT起動を利用した自動運転バスの予備実験と検証
	日本都市計画学会中国四国支部研究発表会 都市計画研究講演集	自動運転バスの軌道敷内走行実証実験
トンネル	第11回維持管理セミナー トンネル点検実務の現状と課題	施工時および点検時情報を利用したトンネル維持管理の新技術
海岸	土木学会論文集B3(海洋開発) Vol.76, No2	成層を考慮したアマモ場における溶存無機炭素鉛直分布の推定
	土木学会論文集B2(海岸工学) Vol.76, No2	分岐を有するSubmerged Aquatic Vegetationモデルの開発
	港湾空港技術研究所報告 Vol.59, No1, June2020	浅海域における海水中二酸化炭素分圧の観測と統計解析モデルの適用
	Ecological Modelling	Modeling dissolved inorganic carbon considering submerged aquatic vegetation
	Water Resources Research	Integration of Submerged Aquatic Vegetation Motion Within Hydrodynamic Models
電力土木	ESREL2020/PSAM15	A Framework of RI-PB Seismic Design Part2:Evaluation of seismic diversity of SSCs focusing on response spectrum characteristics of ground motion
	日本原子力学会 2020年秋の年会	RI-PBに基づく新しい耐震設計体系のフレームワーク その5:原子力発電所の耐震多様性とロバストネスの評価
	日本原子力学会 2021年春の年会	RI-PBに基づく新しい耐震設計体系のフレームワーク その8:強震動波形計算に基づいた周期間相関の評価
岩盤	第72回土木学会中国支部研究発表会	衛星データによる大規模地盤変動への適用性について
	第15回岩の力学国内シンポジウム講演集	不連続性岩盤を模擬した金属六角棒積層の斜面模型の動的挙動評価(5) —等価線形解析による評価—
	第15回岩の力学国内シンポジウム講演集	3次元有限要素法による1984年長野県西部地震の強震動シミュレーション
	第15回岩の力学国内シンポジウム講演集	SARデータを活用した斜面モニタリングに関する基礎的検討 —沖縄県中城村の斜面を事例として—
	第15回岩の力学国内シンポジウム講演集	不連続性岩盤を模擬した金属六角棒積層の斜面模型の動的挙動評価(7) —複合降伏モデルによる評価—
	地盤工学会 中国支部論文報告集「地盤と建設」	激甚化する地盤災害の技術課題と展望
	地盤工学会 中国支部論文報告集「地盤と建設」	2018年7月豪雨により崩壊した傾斜30度未満の崩壊斜面の機構解明

## 🏆 近年の表彰実績(2021年度)

年度	対象業務	発注機関	表彰内容
2021年表彰	岡山三川流量観測効率化検討業務	国土交通省 中国地方整備局 岡山河川事務所	局長表彰 (優良業務履行団体、優秀建設技術者(業務))
	太田川河道計画外検討業務	国土交通省 中国地方整備局 太田川河川事務所	局長表彰 (優良業務履行団体、優秀建設技術者(業務))
	室津港室津地区基本設計	国土交通省 四国地方整備局 高知港湾・空港整備事務所	局長表彰(優良業務、優秀建設技術者(業務))
	令和2年度地震時斜面崩壊危険地域 評価検討業務	国土交通省 四国地方整備局 四国山地砂防事務所	局長表彰(優秀建設技術者(業務)) 所長表彰(優良業務)
	四国西南航路施設保全対策検討業務	国土交通省 四国地方整備局 松山港湾・空港整備事務所	所長表彰(優良業務、優秀建設技術者(業務))
	瀬戸内海航路計画に係る基礎調査業務	国土交通省 四国地方整備局 港湾空港部	部長表彰(優秀業務、優秀業務技術者)
	令和2年度桜島土砂変動量調査解析業務	国土交通省 九州地方整備局 大隅河川国道事務所	所長表彰(優良施工業者(業務部門))
	温井ダム・高瀬堰管理フォローアップ検討業務	国土交通省 中国地方整備局 温井ダム管理所	所長表彰(優良業務履行団体)
	安芸南部山系矢野東地区砂防堰堤 予備詳細設計外業務	国土交通省 中国地方整備局 広島西部山系砂防事務所	所長表彰 (優良業務履行団体、優秀建設技術者(業務))
	空自那覇(30)土木工事監理業務	防衛省 沖縄防衛局	部長表彰(優秀業務、優秀業務技術者)
	今後の防災・減災対策の推進に向けた 整備方針検討業務	広島県土木建築局 砂防課	優良建設コンサルタント、優秀技術者
	一級河川 芦田川水系 吉野川外広域河川改修事業に伴う業務委託	広島県東部建設事務所	優良建設コンサルタント、優秀技術者
	二級河川 野呂川水系河川整備基本方針及び 野呂川ダム再生計画検討業務委託	広島県西部建設事務所 呉支所	優良建設コンサルタント、優秀技術者
	福山沼隈線道路改良事業に伴う業務委託 (2工区)	広島県東部建設事務所	優良建設コンサルタント、優秀技術者
	本郷地区土地造成事業(1期)における 確定測量及び開発申請図書作成業務	広島県企業局 土地整備課	優良建設コンサルタント、優秀技術者
	国際拠点港湾 広島港宇品地区 港湾改修事業に伴う岸壁改良調査設計業務委託	広島県広島港湾振興事務所	優良建設コンサルタント、優秀技術者
	農山漁村地域整備交付金 林道比和・新庄線(君田・布野区間)環境調査業務No1	広島県北部農林水産事務所	優良建設コンサルタント、優秀技術者

2021.7.21現在

## 📋 主な資格の有資格者数

資格名	資格者数	資格名	資格者数	資格名	資格者数
博士(工学)	16名	電気工事施工管理技士(1級、2級)	11名	公害防止管理者(水質、騒音、振動)	8名
博士(理学)	1名	第1級陸上特殊無線技士	6名	非破壊検査技術者(2種)	14名
博士(学術)	2名	空間情報総括監理技術者	1名	環境アセスメント士	1名
技術士	255名	一級土木施工管理技士	114名	生物分類技能検定(1級)	2名
(上記のうち総合技術監理部門)	67名	地質調査技士	14名	補償業務管理士	7名
RCCM	70名	コンクリート主任技士	3名	宅地建物取引士	6名
測量士	107名	コンクリート診断士	12名	工事担任者(アナログ、デジタル)	9名
環境計量士	4名	土木鋼構造診断士	4名	エネルギー管理士	4名
一級建築士	17名	1級造園施工管理技士	5名	CGエンジニア検定(エキスパート)	3名
構造設計一級建築士	1名	土壌環境監理士	1名	特定行政書士	1名
設備設計一級建築士	3名	海洋・港湾構造物維持管理士	5名	ITストラテジスト	1名
建築設備士	1名	海洋・港湾構造物設計士	1名	システム監査技術者	5名
電気主任技術者(第1種、第3種)	14名	応用地形判読士	2名	システムアーキテクト	5名
電気工事士(1種、2種)	13名	河川維持管理技術者	2名	応用情報技術者	11名

2021.7.1現在