

## Contents

## 新たな取り組み

- 06 水中可視化技術のインフラ点検への展開
- 04 水中粘性土層の分布調査と河床変動計算モデルの開発
- 02 風力発電施設におけるバードストライク対策の検討

## Working Report

- 10 滑走路増設事業における環境保全技術の活用
- 08 環境DNA分析による魚類相把握



人と地球の未来のために——

いであ株式会社

写真:沖縄県ヨナラ水道に当社が設置した着床具上で大きく育つサンゴ(環境省業務)

## Column

## 70年ぶりの漁業法の改正とスマート水産業の推進

漁業法が70年ぶりに改正され、2020年12月に施行されました。この漁業法は、2018年6月に国が示した「水産政策の改革」を推進するための法律です。新たな漁業秩序と求められる技術を概説します。

「水産政策の改革」の背景は漁業生産の低迷です。わが国の漁業・養殖業生産量は、1984年に1,280万トンのピークを迎えた後、1990年代に激減し、2019年には1/3以下の420万トンまで減少しています。資源評価対象種の約半数の資源水準も低位と評価されています。また、気候変動、海洋環境、人口減少、外国漁船の活動等、漁業を取巻く環境も大きく変化しています。このような水産業の厳しい現状に対して、水産資源の適切な管理と水産業の成長産業化を両立させ、漁業者の所得向上と年齢バランスのとれた漁業就労構造の確立を目指して、資源管理措置、漁業許可、免許制度等の漁業生産に関する基本的制度を一体的に見直したのが「漁業法の改正」です。

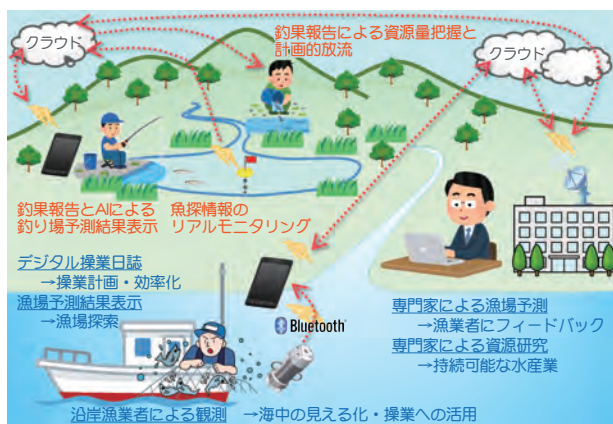
「漁業法の改正」のポイントは、(1)新たな資源管理システムの構築、(2)漁業許可制度の見直し、(3)漁業権制度の見直し、(4)漁村の活性化と多面的機能の発揮、(5)海区漁業調整委員の任命制や密漁の罰則強化です。中心的な(1)と(3)について説明します。

(1)は資源評価にもとづき最大持続生産量(MSY)が得られる資源水準を目標として漁獲可能量(TAC)による管理を行い、持続可能な資源水準に維持・回復させる仕組みづくりです。2023年度までに資源評価対象種を約200種に拡大し、漁獲量ベースで8割の魚種をTAC管理し、順次、漁獲割当て(IQ)方式を導入する数量管理化の計画です。漁業者が自主的に行う資源管理もTAC管理と組み合わせて漁獲量の回復を目指します。(3)は沿岸漁業・養殖業の漁業権や漁場管理の課題です。漁場を適切かつ有効に活用している既存漁業者の漁場利用を確保し、利用されなくなった漁場は協業化や地域内外からの新規参入を含めた水面の総合利用が図られるよう、

海面利用制度や漁業権制度を見直すものです。

新たな資源管理システムで資源評価対象種の拡大を図るには、漁獲情報収集体制の充実に加え漁業者の理解とインセンティブが不可欠です。漁業者が操業状況とともに環境変化を把握し活用できれば、省力化、生産性、計画性の向上、さらに技術継承や資源管理につながります。操作が容易で頑強で安価なデータ収集システムが重要です。国は、ICT、IoT、AI、UAV、ロボット等の技術を活用して沿岸漁業、養殖業、定置網漁業、沖合漁業、遠洋漁業、加工流通の現場へ導入する「スマート水産業」を推奨し、「水産新技術の現場実装推進プログラム」で上記6つの漁業種別に将来像や最新技術の現状と課題を示し、現場実証と社会実装を促進しています。

当社では、「スマート水産業」の現場実証の観点から沿岸漁業の漁業者参加型漁場形成予測や内水面における釣果報告を用いた資源量把握・釣り場予測等に着手しています。また、漁獲物の画像センシング、3Dスキャナによる漁港の可視化・長寿命化、海のドローン等による漁場の見える化や、環境DNA分析等にも取り組んでいます。水産業は地域に裾野を広げる中核産業です。持続可能な地域づくりという観点からも「スマート水産業」を進めてまいります。



当社で展開中のスマート水産業のイメージ

## Point

風力発電事業において問題になっているバードストライクの多くは「夜間」に発生していますが、これまで夜間のバードストライク対策について検討されたことはほとんどありませんでした。ここで紹介する対策により、夜間に起こるバードストライクの約8割を防止できる見込みです。

# 風力発電施設におけるバードストライク対策の検討

国土環境研究所 自然環境保全部 小村 健人、西川 正敏、益子 理、田悟 和巳

## はじめに

わが国では、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする「2050年カーボンニュートラル」を目指すことが宣言され、温室効果ガスの排出量を2030年度に2013年度比46%削減することが表明されました。風力発電事業の拡大はグリーン成長戦略の一つであり、今後、風力発電施設の建設が急速に進むことが想定されます。

風力発電施設の建設ではバードストライク(鳥類が人工構造物に衝突し死傷する事故。風力発電施設では風車のブレードへの衝突が問題となる)が大きな問題です。スピード感をもって風力発電の導入を実現するためには、建設の際に行う環境影響評価の短縮化が求められますが、そのためにはより低予算で効果的な保全対策が必要不可欠となります。

当社では、さまざまな環境影響評価業務に携わってきた経験を生かし、バードストライクに関する調査および保全対策の検討を行っています。本稿では当社で開発した「いであバードストライク対策システム」について紹介します。

## バードストライクの現状と対策

アメリカの研究<sup>1)</sup>では、風車に衝突して死亡する鳥の個体数は全米で年間573,000羽と推定されています。この値と風力発電量をもとに日本のバードストライクの数と推定すると、全国の風力発電施設で年間約39,000羽の鳥が風車に衝突して命を落としていることになります。

バードストライクの発生形態は大きく2種類に分けることができます。一つは日中に猛禽類等の大型の鳥が衝突するケース、もう一つは夜間に渡り途中の渡り鳥が衝突するケースです。一つ目についてはノルウェーの研究<sup>2)</sup>により、風車のブレードを1枚黒く塗装することで視認性が上がり、バードストライクの約70%を削減できることが報告されています。しかしこの対策で効果があるのは、風車を視認できる日中のみであり、夜間のバードストライクには効果がありません。さらに、アメリカの研究<sup>1)</sup>では、バードストライクで死亡する鳥の約85%が小鳥類であり、その多くが夜間の渡り鳥であると考えられます。このことから、夜間のバードストライク対策の開発が重要となります。

夜間のバードストライク対策としてはこれまでに、ブレードを発光させ夜間の風車の視認性を上げるという方法が考えられています。しかし、渡り鳥は悪天候の際に光に誘引されることが知られており、かえって風車に衝突する危険性がありました。また、夜間には目視調査ができないため、対策を実施しても、その効果を定量的に評価することができないという問題もありました。

そこで、当社では鳥類が嫌がる音声を使って渡り鳥に風車を回避させる保全対策を検討しました。スピーカーとアンプに特殊な音声を自動再生するようプログラムしたシステムを技術開発し、鳥の回避率をレーダを使うことで定量的に検証しました。

## バードストライク対策の効果の検証

### (1)夜間における対策の検証

調査は、秋の渡り期(2020年9月および10月)に北海道北部地域において、夜間に行いました。渡り鳥を対象に、鳥が嫌がる音声を鳴らし、その時の飛翔の変化により回避の状況を検証しました。

渡りの多くは目視観察が困難である夜間に行われるため、当社が開発した船舶レーダを用いた手法で調査をしました。また、指向性のあるスピーカーを使用することで、音声は主に上空方向に流れるようにし、地上付近に生息する生物への影響を最小限にしました(写真1)。



写真1 効果検証に使用したスピーカー(左)と船舶レーダ(右)

検証実験では、まず鳥が飛翔してくるルートレーダにより把握し、その進行方向が保全対策を実施している範囲(音声の届く範囲。具体的には風車のブレードの回転域を想定し、幅200m程度、高度50~200mとした)を通過すると予測される飛跡を選別しました。これを調査対象の母数とし、その飛跡が保全対策範囲に入った直後に



進行方向と違う方向に100m以上移動した場合に回避行動があったとしました。

検証実験の結果、回避行動の有無が確認できた飛跡は計66飛跡であり、その約80%である53飛跡において回避行動の種類が確認されました(図1)。回避行動としては、東西に移動、引き返し、高度の上昇、もしくは組み合わせ合わせて回避する行動等が確認されました。レーダにより記録された鳥の飛跡例を図2に示します。この例では、鳥は風車を回避するのに十分な高度まで上昇しています。

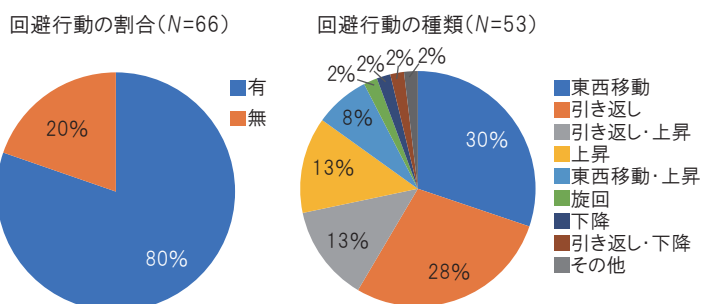


図1 音声による回避行動の割合(左)と回避行動の種類(右)

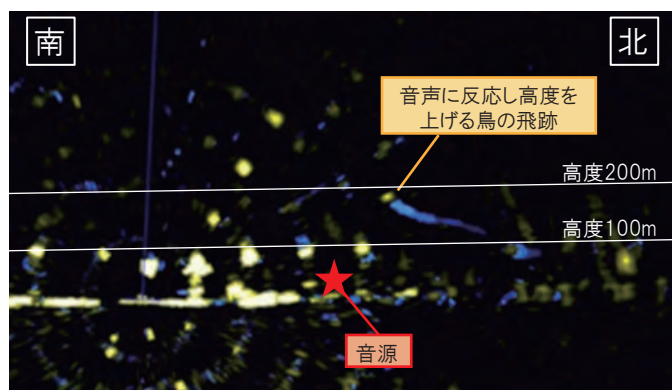


図2 音声により回避行動をとる鳥の飛跡

この検証実験により、風車周辺に渡り鳥が嫌がる音声を流すことで、夜間の風車への衝突率を大幅に軽減できることが明らかとなりました。

## (2)対策を実施した場合の効果予測

前述のようにバードストライク対策の対象は、夜間の渡り鳥と日中の猛禽類等に分けることができます。夜間の渡り鳥に対しては当社が開発した「いであバードストライク対策システム」を使用し、日中の猛禽類等については既存の対策(ブレード塗装)を併用することで、バードストライクを大きく減らす効果が期待できます。私たちの試算では、全国の施設で対策を実施した場合、対策が未実施な場合に発生すると推定されるバードストライクによる死亡個体数を78%減少させることが可能であると予測しています(図3)。

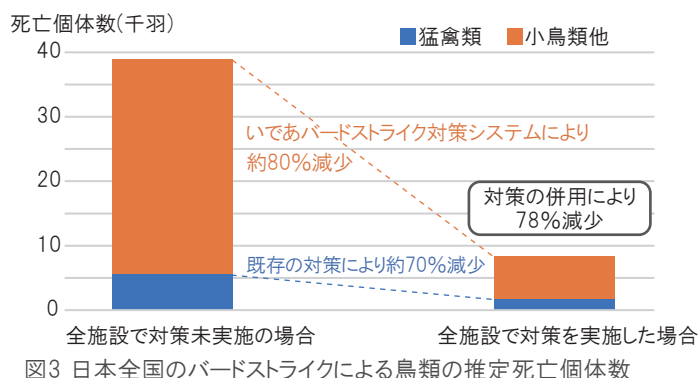


図3 日本全国のバードストライクによる鳥類の推定死亡個体数

## (3)保全対策の特長

当社開発の保全対策には3つの特長があります。

一つ目は、保全対策の効果が定量的に実証されていることです。バードストライクの対策はさまざまな方法が検討されてきましたが、その効果を定量的に証明した事例はほとんどありません。今回、対策の効果を定量化できたことにより、環境影響評価のより実用的な保全対策として活用できると考えられます。

二つ目は、継続的な効果が期待できることです。音声を使って鳥を回避させる対策は農家等で古くから行われている方法です。しかし、この方法の問題は鳥がすぐに慣れてしまい、対策の効果が継続できないことにありました。しかし、渡り鳥は、一時的に風力発電施設周辺を通過するだけであるため、慣れによる効果の減衰がなく、長期的な効果が期待できます。

三つ目は、システムがシンプルで安価なことです。導入に高価な機材や特殊な技術は必要ありません。そのため、事業者への負担が少なく、より実現性が高いと考えられます。

## おわりに

本稿で紹介した「いであバードストライク対策システム」は、その効果が定量的に評価されており、長期的な効果の継続を期待することができ、安価であるため事業者への負担も少ないという特長があります。

本システムを用いることで、再生可能エネルギーの促進とバードストライクの低減の両立に大きく貢献できると考えます。今後、風力発電事業者と協力して、バードストライクの低減に努めます。

### 【参考文献】

- 1) Smallwood, K. S. (2013), Comparing bird and bat fatality-rate estimates among North American wind-energy projects, Wildlife Society Bulletin, 37(1), 19-33.
- 2) May, R., Nygård, T., Falkdalen, U., Åström, J., Hamre, Ø., & Stokke, B. G. (2020), Paint it black: Efficacy of increased wind turbine rotor blade visibility to reduce avian fatalities, Ecology and evolution, 10(16), 8927-8935.

## Point

水中の粘性土層分布を把握する手法を検討するとともに、砂礫層・粘性土層の構造を考慮した河床変動解析手法を開発しました。粘性土層の露出に伴う問題が懸念される河川の調査・解析において活用が期待されます。

## 水中粘性土層の分布調査と河床変動計算モデルの開発

大阪支社 河川水工部 加藤 陽平、馬場 宥樹、森 友佑、大阪支社 環境調査部 西林 健一郎、九州支店 河川水工部 田中 雄介

※本業務は、国土交通省近畿地方整備局淀川河川事務所からの委託で実施しました。

### はじめに

日本の平野部の地下には、数千年かけて堆積した粘性土層や砂礫層が混在しています。粘性土層が河道に露出していると洪水時に徐々に削られ侵食が生じます。橋梁等構造物の周辺で侵食が進むと構造物が不安定になり、倒壊等が生じる可能性があります。

水中の粘性土層は、陸上からの視認が難しく、また粘性土層の侵食を考慮したシミュレーション法も確立されていません。当社では上記に対応した調査・解析手法の開発を行いました。

### 対象河川の概要

本業務では、淀川水系宇治川を対象として調査・検討を行いました(図1)。宇治川を含む京都盆地南部は縄文時代には湿地帯であり、昭和初期に干拓が行われるまでは巨椋池という大規模な湖沼を形成していました。洪水時に湿地帯に砂礫や粘性土が流入することにより、宇治川河床の地質が形成されたと推定されます。



図1 宇治川位置

宇治川46.6km地点の横断形状と堤防付近のボーリング調査結果を図2に示します。下部には洪積礫質土層があり、その上に沖積砂礫質土層、沖積粘性土層が堆積し

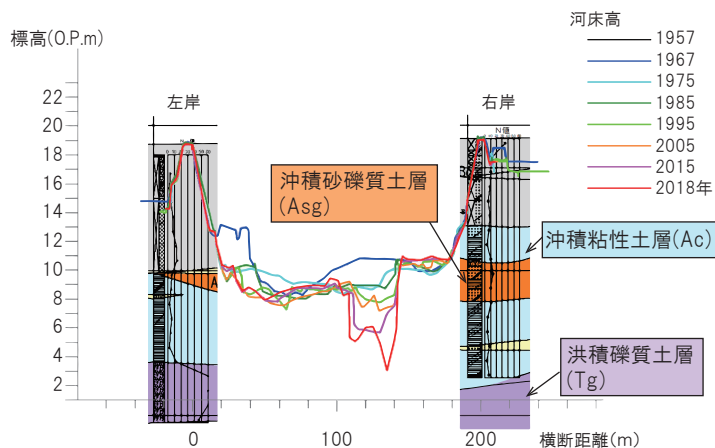


図2 宇治川46.6km地点の横断形状

ています。河床が低くなっている箇所は粘性土層(水色の凡例)で、侵食が生じていると考えられます。

### 粘性土層の分布調査手法

#### (1)調査手法

水中の粘性土の分布を面的に把握する手法として、サイドスキャンソナー(図3)を使用しました。この機器は、水中で超音波を発生させ、河床面からの反射波を測定することで河床の状況を調査します。宇治川では水深が浅い箇所があり一般的なサイドスキャンソナーは使用できないため、本業務では小型サイドスキャンソナー(機種: Blueprint Subsea社, Star Fish)をボートで曳航しました。

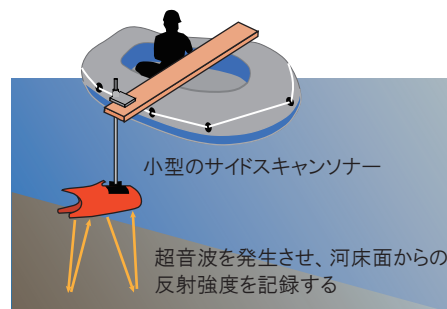


図3 調査イメージ

#### (2)調査結果

粘性土の面的分布の調査結果を図4に示します。画像には反射強度により色の明暗が現れ、暗い部分は粘性土層、明るい部分は砂礫層と推定されました。ただし、サイドスキャンソナーのみでは相対的な底質性状(柔らかい、固い)の把握となるため、潜水作業や船底につけた水中カメラにより河床の状況を確認し、画像の色調と実際の底質の状況が整合していることを確認しました。

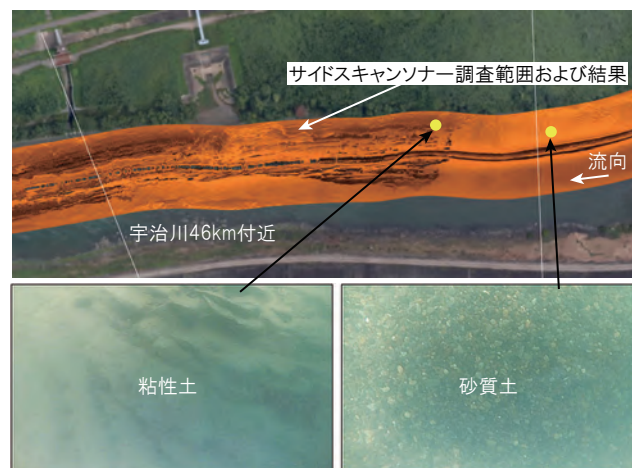


図4 小型サイドスキャンソナーによる調査結果

## 土層構造を考慮した河床変動計算手法の開発

### (1)解析手法

構造物の倒壊等が生じる可能性のある箇所を予測するため、土層構造を考慮した河床変動計算を用います。本業務では、既往の研究で開発した準二次元河床変動モデル<sup>1)</sup>をもとに、粘性土の侵食特性や鉛直土層構造を考慮できるように改良しました。

砂や礫の移動には一般に用いられる流砂量式があり、本業務でもこれを適用しました。粘性土層の侵食速度は、西森・関根<sup>2)</sup>の研究成果をもとに摩擦速度 $u_*$ の3乗に比例する式を採用しました。

### (2)モデルの精度検証

開発したモデルの精度を検証するため、1975年の河床を初期として、2018年までの河床変動の再現計算を行いました。

土層の設定について、既往のボーリング調査結果をもとに粘性土層・砂礫層の互層構造を左右岸ごと、200mピッチの測量断面ごとに反映しました(図5)。粘性土の侵食について、侵食速度 $E = \alpha u_*^3$ としました。再現計算の

結果を図6に示します。侵食速度係数 $\alpha = 2.1 \times 10^{-5}$ とすることで、1975年から2018年の河床変動傾向を概ね再現できました。

### (3)河床変動の将来予測

今後の河川管理を考えるうえでは、現在の河床地形からの変化を予測することが重要です。そこで、最新の測量である2018年の横断形状を初期とし、再現計算と同じ洪水が再来するものとして、43年後の河床低下を予測しました。低水路部の平均河床高の予測結果を図6に示します。脆弱な粘性土層を有する区間において今後も河床低下が進むことが予想されました。

## 開発の成果

宇治川は水深の深い部分・浅い部分が混在していますが、小型サイドスキャンソナーを使用することにより、宇治川の水底粘性土層の分布を面的に把握することができました。

また、粘性土層の空間分布を考慮した準二次元河床変動モデルを構築し、長期的な河床低下を再現することで粘性土層の侵食速度式を逆算できました。さらに、この侵食速度式をモデルに反映することで、今後の河床低下を定量的に予測できました。

これにより、構造物の倒壊等が生じる可能性のある箇所を抽出できました。ただし、河床変動予測にはさまざまな仮定条件を設定しており、予測結果の精度向上にはさらなる検討が必要です。

## 今後の展望

粘性土層は宇治川だけではなく、全国の河川にみられます。粘性土層による問題がある河川の調査・解析において、本業務で開発した調査・解析手法の活用が期待できます。

#### [参考文献]

- 1)加藤陽平(2014)、透過型砂防堰堤を有する流域の土砂流出予測に関する研究、鳥取大学大学院学位論文(博士)
- 2)西森研一郎、関根正人(2009)、粘性土の侵食過程と侵食速度式に関する研究、土木学会論文集B, Vol.65 No.2, 127-140

#### [用語]

沖積層: 約2万年前以降に堆積してきた層  
一般的に洪積層よりも軟らかい  
洪積層: 約2万年前までに堆積してきた層

粒径が小さい順に  
粘性土(c) < 細粒砂(sf) < 砂礫(sg) < 礫(g)

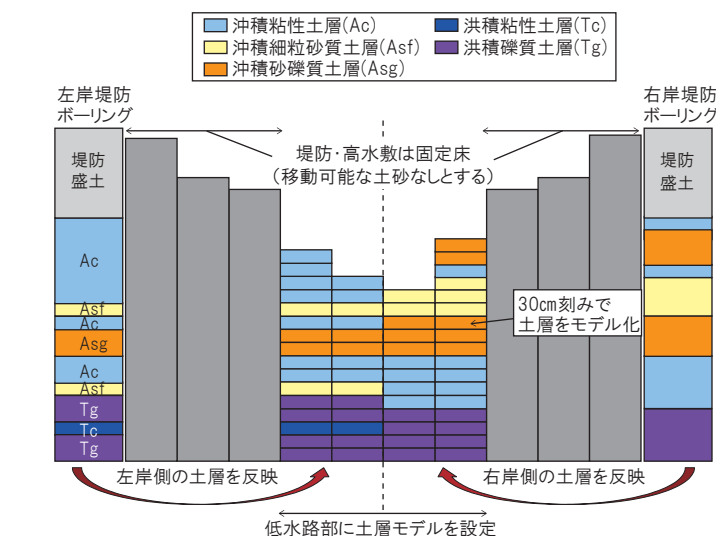


図5 土層構造のモデル化イメージ

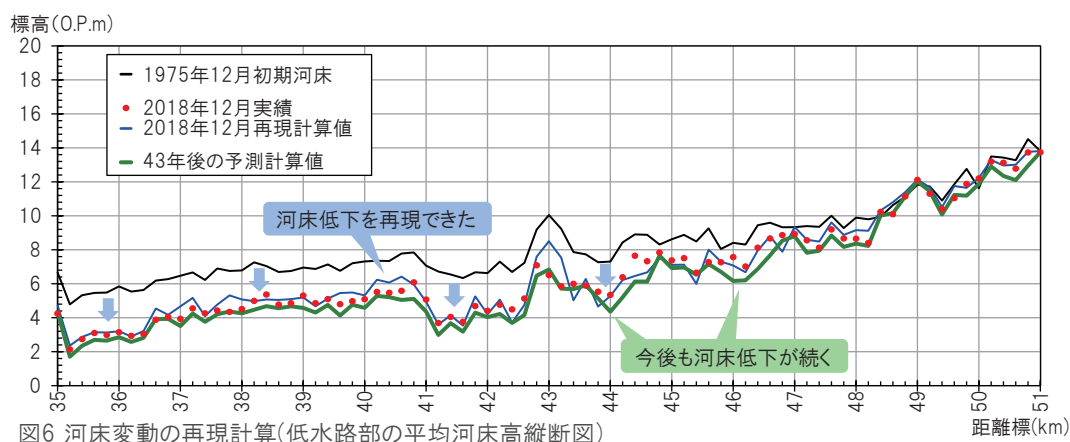


図6 河床変動の再現計算(低水路部の平均河床高縦断面図)



## Point

当社は水中3Dスキャナを活用した水中可視化技術を開発しました。この技術はインフラ点検に活用可能で、国土交通省の「新技術情報提供システム(NETIS)」や「点検支援技術性能カタログ」、水産庁の「漁港施設の点検の手引き」に掲載されました。

## 水中可視化技術のインフラ点検への展開

環境調査事業本部 技術開発室 古殿 太郎

### はじめに

港湾、河川護岸や道路・橋梁、漁港・漁場の施設等のインフラの多くは高度経済成長期に建設され、老朽化が進んでいることから、維持管理・点検が必要とされる施設は膨大な数にのぼります。さらに地震や地球温暖化に伴う大規模災害によるインフラの破損も増加傾向にあり、高濁度による視界不良や高流速などの過酷な状況下における速やかな点検・復旧が求められています。インフラの点検は、主に調査員や潜水士が目視観察するため、結果に個人差によるバラツキが生じやすく、また、濁水や高流速、大水深のなかでは目視できません。人口減少・少子高齢化による熟練調査員、潜水士の不足も深刻な問題です。

このような問題に対して、国土交通省は2012年度より3Dモデルを設計・施工・維持管理に活用するBIM/CIMを、さらに2016年3月には「国土交通省生産性革命本部」を設置してi-Constructionを展開し、現在はAIや5G、クラウド等も活用したインフラ分野のDXに取り組んでいます。水産庁では、漁港施設機能の適切な発揮、施設の長寿命化、将来の維持管理費用の縮減を図るため、水産基盤ストックマネジメント事業を創設するとともに、各種手引きやガイドラインを策定し、対策を進めています。

当社は2013年度から音響・レーザー機器を順次導入し、効率的なインフラ点検技術を開発してきました(i-net Vol.40、Vol.42、Vol.45、Vol.48、Vol.49掲載)。特に音響機器の一種である水中3Dスキャナ(写真1)をROVや調査船に搭載して水中インフラの形状を効率よく計測する水中可視化技術は、インフラ関連業務をはじめ環境調査や学術研究にも活用しており、2019年には国土交通省などが主催する第3回インフラメンテナンス大賞で、優秀賞を受賞しました。本稿では水中可視化技術のインフラ点検への展開事例を紹介します。



写真1 水中3Dスキャナ  
(左: 本体、右: 三脚で固定した状態)

### 新技術情報提供システム(NETIS)への登録

新技術情報提供システム(NETIS)<sup>1)</sup>とは、国土交通省が新技術活用のため、新技術に関わる情報の共有および提供を目的として整備したデータベースシステムです。NETISに登録されることにより技術情報が広く提供されるため、活用される機会が増加します。NETISに登録されるためには新技術による成果や費用、効率性を客観的に評価し、従来技術との比較による優位性を示す必要があります。当社の水中可視化技術は国土交通省の実証試験や共同研究に参画して開発したものであり、その結果(図1)を活用することで2018年にNETIS登録されました(水中3Dスキャナーによる水中構造物の形状把握システム KT-180031-A)。

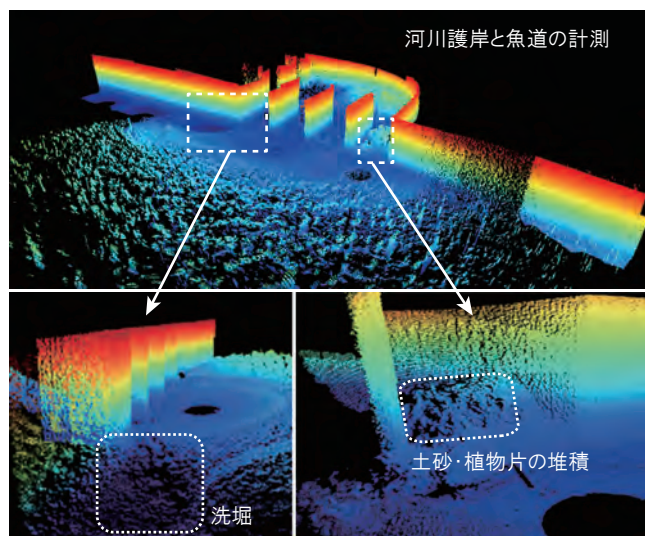


図1 国土交通省実証試験の計測結果例

### 港湾の定期点検への活用

岸壁や防波堤等の港湾施設は目視による定期的な点検が義務付けられていますが、ICT機器の発達により、2020年に国土交通省港湾局から目視点検の代替技術が公募されました。当社の水中可視化技術はNETISでの技術評価とインフラメンテナンス大賞の受賞実績が審査され、新しい点検技術として「港湾の施設の新しい点検技術 カタログ(案)<sup>2)</sup>」に掲載されました。計測と結果のイメージを図2に示します。

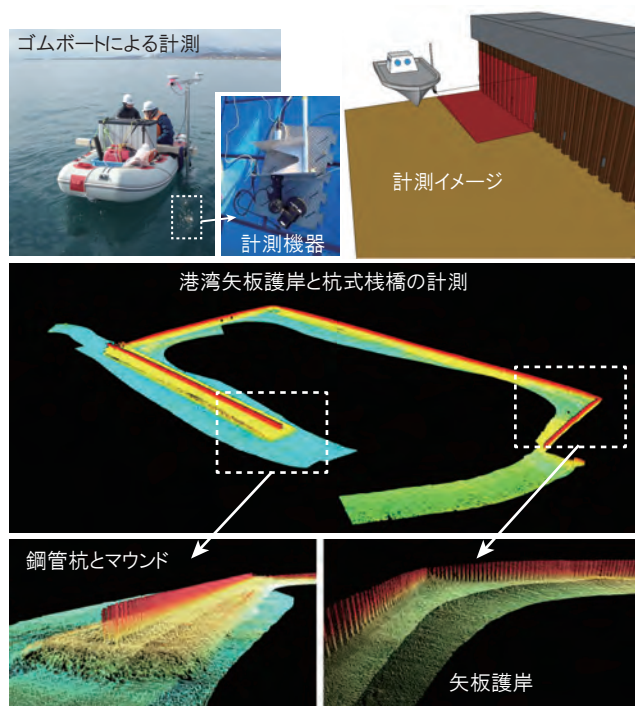


図2 水中可視化技術による港湾の計測事例とイメージ

### 橋脚の定期点検への活用

港湾施設と同様に、道路やトンネル、橋梁も目視による定期点検が義務付けられていますが、2019年に定期点検要領が改定され、近接目視を支援する「点検支援技術」の活用が可能となりました。

国土交通省道路局より橋梁水中部基礎の洗堀をモニタリングする技術が公募され、当社の水中可視化技術が書類審査や現地実証試験(図3)、有識者による評価を経て、「点検支援技術性能カタログ(案)(2020年6月)<sup>3)</sup>」に掲載されました(計測・モニタリング技術 橋梁 BR030024-V0020)。この技術は橋梁の定期点検で橋脚洗堀の計測に活用されます。

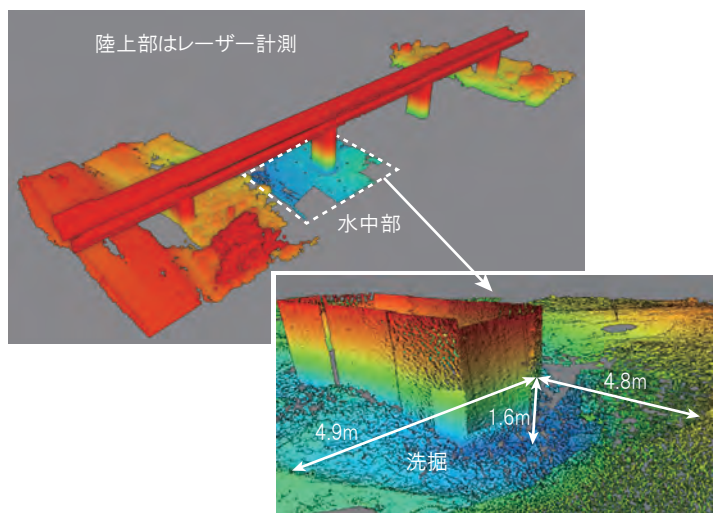


図3 橋脚計測の実証試験結果例

### 漁港長寿命化への展開

漁港の岸壁や防波堤等の施設も5～10年に1回の目視による定期点検が規定されており、水産庁は2017年度から「漁港漁場施設の長寿命化対策検討調査」の一環としてセンシング技術を活用した点検手法を検討しています。センシング技術として水中3Dスキャナとマルチビームソナーを選定し、漁港で実証試験を実施して両者の使い分けを検討しました(図4)。その結果、水中3Dスキャナは水面～水深15m、マルチビームソナーは水深2m以深の計測に適していました。対象インフラの形状や水深、点検目的を踏まえた具体的な活用方法を「センシング技術を活用した漁港施設の点検の手引き<sup>4)</sup>」として取りまとめました。

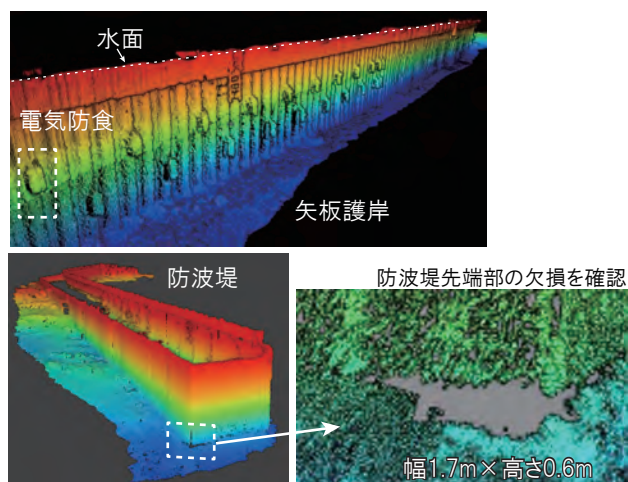


図4 漁港施設計測の実証試験結果例

### 今後のインフラ点検の展望

水中可視化技術は水中インフラの点検に非常に有効ですが、すべての点検項目に対応することはできません。例えば、0.1m未満の破損・変状や矢板護岸の変色・発錆は音響機器では計測できず、鋼製構造物の肉厚も計測できません。そのため、従来の潜水目視も含めた複数の手法を組み合わせ、効率的で精度の高い点検を実施することが重要となります。さらに、発注者のニーズもフロントローディング(計測・設計段階に費用・時間・労力を投入し施工時の手戻りを防止する)を前提としたBIM/CIMと、コストを抑えた潜水目視代替技術に分かれます。そのため、ニーズに合った可視化技術の活用が求められます。

今後は水中可視化技術だけではなく、潜水目視の代替として水中ドローンを活用すること等も検討し、インフラ点検の更なる効率化に貢献してまいります。

〔参照サイト〕

- 1) <https://www.netis.mlit.go.jp/netis>
- 2) [https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan\\_tk5\\_000040.html](https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_tk5_000040.html)
- 3) <https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/inspection-support>
- 4) [https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko\\_gyozyo/g\\_guideline/index.html](https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_guideline/index.html)



# 環境DNA分析による魚類相把握

大阪支社 生態・保全部 村山 泰明、国土環境研究所 環境技術部 早坂 裕幸、環境創造研究所 遺伝子解析室 白子 智康

環境DNA分析は汲んだ水の中に含まれるDNAの配列を調べることで、そこに生息している生物を把握する技術で、その利便性や将来性から注目を集めています。ここでは、捕獲調査と合わせて環境DNA分析を実施し、精度を検証した結果とそこから得られた課題等について紹介します。

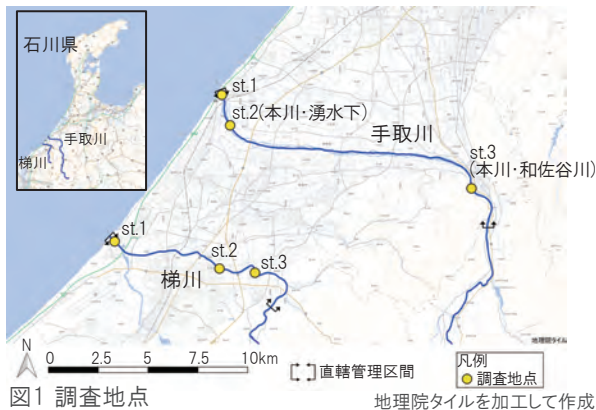
※本事例は、国土交通省北陸地方整備局金沢河川国道事務所発注の委託業務のなかで実施した内容の一部です。

## はじめに

従来の魚類調査では、専門的な知識を持った複数の調査員が投網、タモ網、刺網等のさまざまな手法を用いて魚類を捕獲し、種類や個体数を確認することにより魚類相を把握していました。環境DNA分析(メタバーコーディング※による魚類の網羅的解析)は、魚の体からはがれ落ちた鱗や粘液、糞便に由来すると考えられている水中に漂うDNA断片を分析することにより、魚類相を把握する新しい手法です。本技術は調査の効率化・高度化を可能にするものとして期待されています。

一級河川では河川水辺の国勢調査の一環として、5年ごとに魚類の捕獲調査が行われています。図1に示す手取川・梯川の調査地点で、夏季と秋季の捕獲調査に合わせて環境DNA分析を実施しました。その精度を検証した結果と、環境DNA分析を捕獲調査の代替として実施する際の課題について紹介します。

※メタバーコーディング：サンプル中に存在する多様な種のDNAをまとめて検出する方法



## 結果を整理するにあたっての考え方

各調査地点で確認された種のうち、環境DNA分析のみで確認された種をαエラー(偽陽性)、捕獲調査のみで確認された種をβエラー(偽陰性)、両手法で確認された種を合致として整理しました(図2)。

捕獲調査と環境DNA分析には、それぞれ種まで同定できるもの、その上位の属等の分類群までしか同定できないものが存在するため、結果を比較する際は同定精度を統一しました。

合致率＝両手法で確認された種数／全確認種数

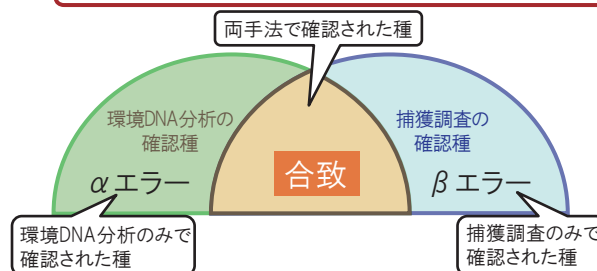


図2 環境DNA分析と捕獲調査の合致状況のイメージ

## 環境DNA分析と捕獲調査結果との比較

### (1)確認種の合致状況

各地点の確認種のうち両手法で確認された種の割合(合致率)は21.4～66.7%となり、地点によってばらつきがみられました(図3)。流れの緩やかな調査地点(写真1)で合致率が低く、αエラーが高い傾向がみられました。このような環境では調査実施時より前に来遊した魚種のDNAが滞留している可能性が考えられました。

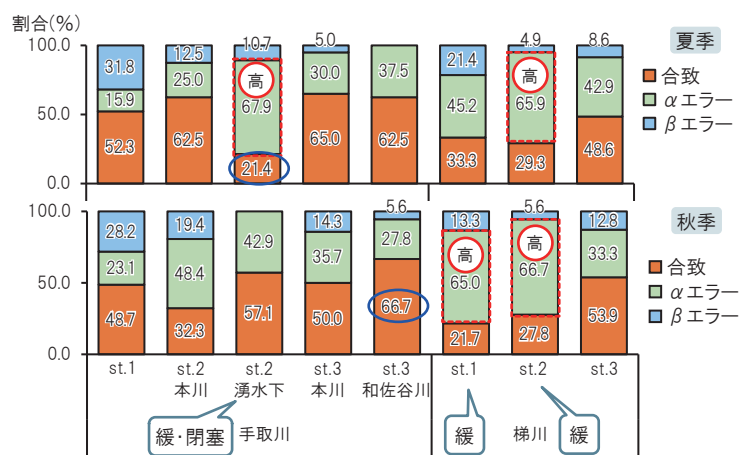


図3 各地点の合致率



写真1 合致率が低かった流れが緩やかな調査地点



## (2)αエラーの精査

環境DNA分析のみで確認されたαエラーには、「生息していてもおかしくない種」と、サンマやブリ等の「生息している可能性が極めて低い種」が含まれていました。そこで、今回の調査でαエラーとなった種のうち、過去の捕獲調査において同地点で確認されていない種を「生息可能性が低い種」として除外し、同地点で確認されている種を「過去に記録がある種」として、再度集計しました。

その結果、「合致」と「αエラー(過去に記録がある種)」を合算した割合は全地点で60%を上回りました。特に夏季の手取川st.3和佐谷川、秋季の手取川st.2湧水下で合算値が100%となりました(図4)。この2地点は本川と区別された水域であること、周辺に集落が少なく生活排水の影響が少ないことが共通しています。地点外からのDNA混入が少ないことが合致率が高い要因である可能性が考えられました。

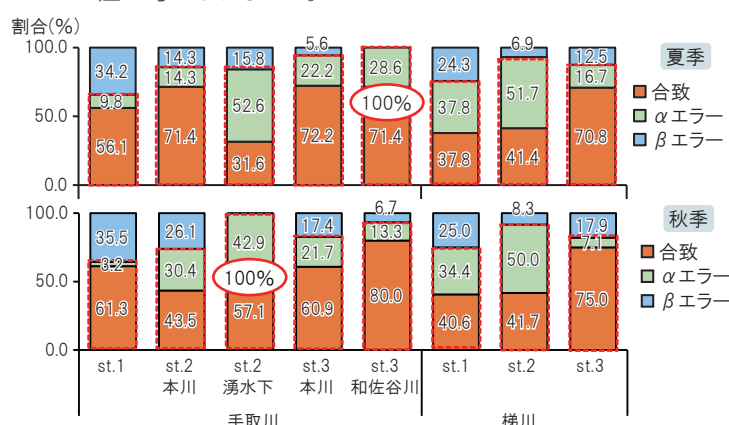


図4 αエラー精査後の各地点の合致率

## (3)βエラーの精査

捕獲調査のみで確認されたβエラーは、最下流の地点(手取川st.1、梯川st.1)で特に高く、そのうち汽水・海水魚、回遊魚の割合が夏季、秋季とも80%以上を占めていました。一般的に、潮汐差の小さい日本海に流入する河川は上層の淡水と下層の海水が混合しにくいとされます。今回、環境DNA分析用の試料は水面付近から採水しました。これら汽水・海水魚のDNA断片は河床付近にあったと思われることから環境DNA分析では確認されず、主に河床付近を対象に実施した捕獲調査では汽水・海水魚が捕獲されたことからβエラーが生じたと考えられます(図5)。

また、βエラーとなった種の多くは捕獲数が10個体未満であったことから、個体数が少ないと環境DNA分析で検出しにくいと考えられました。

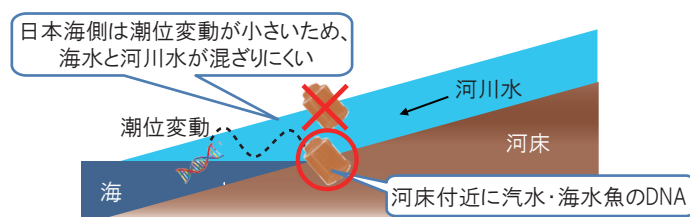


図5 河川水と海水の混合状況と採水イメージ

## 環境DNA分析を捕獲調査の代替とするための課題

環境DNA分析結果は捕獲調査結果と完全に一致するものではなく、現時点で環境DNA分析が捕獲調査に代わるものとはなりません。しかし、今回の結果から以下の課題とその対応方針がみえてきました。

### (1)αエラーへの対応

αエラーには生息可能性が低い種が含まれています。そのため、環境DNAの分析結果をそのまま使用するのは、文献や既往の捕獲調査結果等からデータの精査が必要です。なお、今回は捕獲調査の代替とする観点から、過去に同地点で確認された種もαエラーとして扱いましたが、捕獲から漏れても環境DNA分析だからこそ検出できた種であり、環境DNA分析の有用性を示す結果であったことを補足します。

### (2)βエラーへの対応

個体数が少ない種は環境DNA分析でも確認が難しいことが示唆されましたので、そのことに留意してデータを扱う必要があります。なお、βエラーを減らすための対応としては、採水回数を増やすこと、汽水域では河床付近からも採水すること等が考えられました。

## おわりに

現在、環境省や国土交通省等が主体となり、魚類を対象とした環境DNA分析を調査手法として採用する試みが進められていますが、従来の調査手法である捕獲や目視による調査と比較した事例は十分ではありませんでした。そのため、本稿の内容の一部を発注者との連名で「応用生態工学会第4回北信越事例発表会」で発表し<sup>1)</sup>、将来的な発展性、応用性、有効性等が高く評価され、最優秀論文賞を受賞することができました。

今後もこのような事例を積み重ね、環境DNA分析の更なる実用化に向けた検討を進めていきたいと考えています。

【参考資料】

1) 谷茂行, 魚津伸悟, 山里なつ子, 村山泰明, 白子智康 (2019), 環境DNA手法を用いた手取川・梯川における魚類相把握の試行, 応用生態工学会第4回北信越事例発表会

## 滑走路増設事業における環境保全技術の活用

沖縄支社 西田 弘之、斎藤 信之、沖縄支社 生態・保全部 田端 重夫、鳥居 高志、平中 晴朗、毛塚 大輔、  
 沖縄支社 環境技術部 菅野 絵理

那覇空港では、混雑解消と将来需要に対応するため滑走路が増設され、2020年3月に供用開始されました。この滑走路増設事業は、大規模な公共事業で包括的に環境保全に取り組んだ先進的な事例です。事業を円滑に進めるために、当社のさまざまな技術が活用されました。

※本業務は、内閣府沖縄総合事務局開発建設部からの委託で実施しました。

### はじめに

那覇空港は、滑走路1本の空港としては国内で2番目に利用度が高い状態でした。需要に適切に対応するため、那覇空港の沖合に埋立地を造成し、2本目の滑走路を増設する事業が実施されました(図1、写真1)。

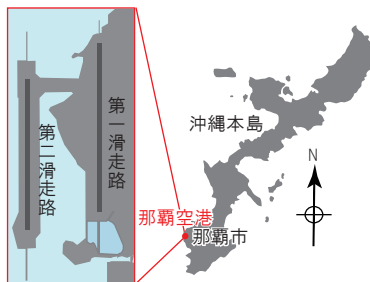


図1 那覇空港位置



写真1 那覇空港滑走路増設事業の現況

本事業は環境影響評価法の対象事業(公有水面埋立、飛行場)です。法に基づく環境影響評価手続きに先立ち、2000～2007年度にかけて国と沖縄県が連携しながら「総合的な調査」を実施しました。

当社は、「総合的な調査」実施前の初期段階から、環境現況調査などに携わりました。環境に配慮しながら事業を進めるために、当社のさまざまな技術が活用されました。ここでは、工事段階(2014～2019年度)で活用された環境保全技術を紹介します。

### 環境保全技術の活用

#### (1)サンゴ移植

本事業実施区域では、礁縁部を中心に多種多様なサンゴが分布しており、サンゴの高被度域が埋立地によって

消失することから、保全措置として第二滑走路西側のサンゴ生息域に移植を行いました。

サンゴ移植の手法は、大きく2種類に分けられます。天然の群体や群集を人為的に移動する「無性生殖移植」と、海域に着床具を設置して幼生を着床させ、成長したサンゴ群体を移植する「有性生殖移植」です。

本事業では「無性生殖移植」と「有性生殖移植」の2つの手法を合わせて検討し、双方のメリットを生かしたサンゴ移植を行うことができました。無性生殖移植では、サンゴを群集ごと大規模に移植するコーラル・バギー(i-net Vol.42掲載、特許番号:特許第5270711)を、有性生殖移植では、天然サンゴを傷つけない連結式サンゴ幼生着床具(i-net Vol.29等掲載)を用いました(写真2、3)。

移植後はモニタリングを行い、複数種類の移植サンゴの産卵等の再生産について確認しました(写真4)。

本事業のサンゴ移植は、種類、生活史、その後の回復状況を体系づけて実施した国内初の事例であると考えています。



写真2 サンゴ幼生着床具

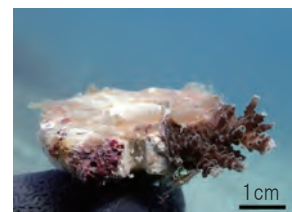


写真3 着床したサンゴ(ミドリイシ)



写真4 移植したサンゴの産卵(有性生殖移植)



## (2)クビレミドロの移植

クビレミドロは、沖縄本島固有の小型藻類であり、環境省レッドリストおよび沖縄県レッドデータブックにおいて絶滅危惧Ⅰ類に指定されています(写真5)。本事業により生育地の一部が消失することから、保全措置として移植を行いました。

国内では本種のような小型藻類を大規模に移植した事例がなく、当該海域では軟弱な崩れやすい砂泥底に生育しており、移動が難しいという問題がありました。そこで、当社が生育状況や生態の特徴を踏まえて移植手法の開発(写真6)および移植先の検討を行い、生育域ではなかった場所への移植に成功しました。

移植後のモニタリングにおいて、移植3年後には周辺にまで生育が拡大し、生育域の面積は移植直後の約8倍となりました。



写真5 クビレミドロ



写真6 クビレミドロ専用移植容器

## (3)カサノリの保全

カサノリは、小型藻類で、奄美諸島から八重山諸島の亜熱帯域にかけて分布する日本固有種です。環境省レッドリストおよび沖縄県レッドデータブックにおいて準絶滅危惧種等に指定されています。1～4月頃に藻体がみられ、その後、配偶子嚢(シスト)の状態<sup>はいぐうしのう</sup>で休眠します。

カサノリは環境が変化すると予測された閉鎖性海域に生育しており、事業者の実行可能な範囲内で順応的管理を行っています。

カサノリの保全対策の事例がなかったことから、当社がPP(ポリプロピレン)ロープやサンゴ礫等を使った人工着生基盤を開発し、着生実験を行いました。海域に人工着生



写真7 人工着生基盤(PPロープ)に着生したカサノリ

基盤を設置し、カサノリを着生させることに成功しました(写真7)。

## (4)島嶼部生態系に配慮した緑化<sup>とうしょ</sup>

環境影響評価において、赤土等流出防止対策などのため、保全対策として緑化を行うこととしていましたが、島嶼部特有の生物多様性の保全に十分配慮するよう意見があり、在来種を用いた緑化工法の検討を行いました。

通常は、早期緑化が可能な外来種の種子吹付による緑化を行います<sup>通常</sup>が、本事業では在来種であるハイキビ(写真8)へ遷移させるため、種子吹付前にハイキビの根を緑化する場所に撒き出し、土に混ぜ込む工法を検討しました(図2)。



写真8 ハイキビ

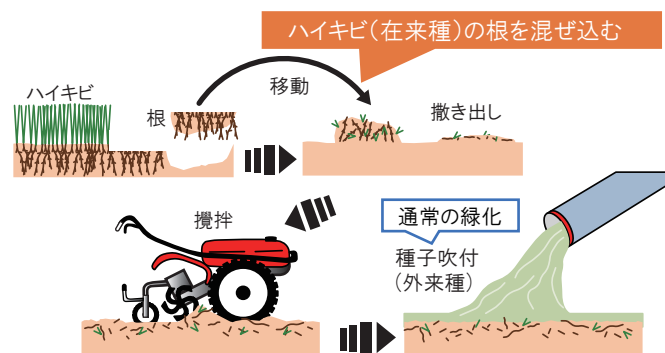


図2 開発した緑化工法

工法検討にあたって実施した緑化試験では、複数の試験区で施工1年後にハイキビの植被率が外来種を上回りました(図3)。この工法により「早期緑化」と「島嶼部生態系への配慮」の両方を実現しました。

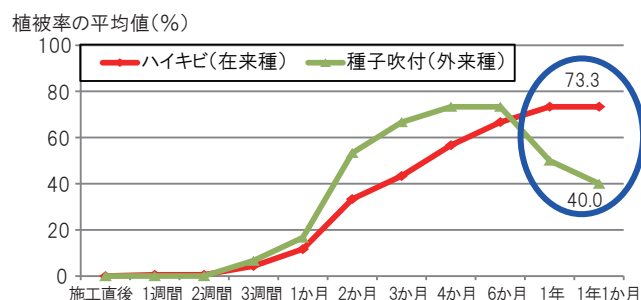


図3 試験区の植被率の変化

## おわりに

本事業は、貴重種の特徴や地域特性等を考慮し、包括的に環境保全に取り組んだ先進的な事例です。サンゴやクビレミドロの移植技術、カサノリの保全対策、島嶼部生態系に配慮した緑化工法、また環境影響評価の考え方は、今後の沖縄県内外事業にも活用できると考えています。



## CORPORATE DATA

### 社会基盤の形成と環境保全の総合コンサルタント

|           |                                 |
|-----------|---------------------------------|
| 商 号       | いであ株式会社                         |
| 創 立       | 昭和28年5月                         |
| 本 社 所 在 地 | 東京都世田谷区駒沢3-15-1                 |
| 資 本 金     | 31億7,323万円                      |
| 役 員       | 代表取締役会長 田畑 日出男<br>代表取締役社長 田畑 彰久 |
| 従 業 員 数   | 1,013名(2021年4月1日現在、嘱託・顧問を含む)    |

### 事業内容

- 建設コンサルタント事業  
河川・海岸・港湾・道路・橋梁の整備・保全、交通・都市・地域計画、防災・減災対策
- 環境コンサルタント事業  
環境調査、環境評価・環境計画、自然環境の保全・再生・創造、環境化学分析、環境リスク評価、廃棄物・有害化学物質対策、食品分析、衛生検査、生命科学
- 情報システム事業  
情報基盤の構築支援、防災・減災システム開発、気象・健康・生活情報の提供・配信
- 海外事業  
インフラマネジメント、環境保全・創出



社屋外観(北面より撮影)



社屋外観(南東面より撮影)



社屋入口

### 新社屋 二子玉川ビルのご紹介

2021年6月に、東京都世田谷区玉川に新社屋「いであ株式会社二子玉川ビル」が完成しました。

この地は、“いであ”の前身である新日本気象海洋株式会社の旧本社跡地です。

この社屋には、社会基盤本部(国土保全事業部、道路橋梁事業部)が移転し、8月から営業を開始しています。

|                           |               |                                          |                                                                                                                                           |                 |
|---------------------------|---------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 本 社                       | 会 基 盤 本 部     | 〒154-8585                                | 東京都世田谷区駒沢 3-15-1                                                                                                                          | 電話:03-4544-7600 |
| 社 会                       | 環 境 研 究 所     | 〒158-0094                                | 東京都世田谷区玉川 3-14-5                                                                                                                          | 電話:03-6805-7997 |
| 環 境                       | 創 造 研 究 所     | 〒224-0025                                | 神奈川県横浜市都筑区早渕 2-2-2                                                                                                                        | 電話:045-593-7600 |
| 食 品                       | 生 命 科 学 研 究 所 | 〒421-0212                                | 静岡県焼津市利右衛門 1334-5                                                                                                                         | 電話:054-622-9551 |
| 産 業                       | 熱 帯 環 境 研 究 所 | 〒559-8519                                | 大阪府大阪市住之江区南港北 1-24-22                                                                                                                     | 電話:06-7659-2803 |
| 大 阪                       | 支 社           | 〒905-1631                                | 沖縄県名護市宇屋我 252                                                                                                                             | 電話:0980-52-8588 |
| 沖 縄                       | 支 社           | 〒559-8519                                | 大阪府大阪市住之江区南港北 1-24-22                                                                                                                     | 電話:06-4703-2800 |
| 札 幌                       | 支 社           | 〒900-0003                                | 沖縄県那覇市安謝 2-6-19                                                                                                                           | 電話:098-868-8884 |
| 東 北                       | 支 店           | 〒060-0062                                | 北海道札幌市中央区南二条西 9-1-2                                                                                                                       | 電話:011-272-2882 |
| 福 北                       | 支 店           | 〒980-0012                                | 宮城県仙台市青葉区錦町 1-1-11                                                                                                                        | 電話:022-263-6744 |
| 名 古 屋                     | 支 店           | 〒960-8011                                | 福島県福島市宮下町 17-18                                                                                                                           | 電話:024-531-2911 |
| 中 国                       | 支 店           | 〒950-0087                                | 新潟県新潟市中央区東大通 2-5-1                                                                                                                        | 電話:025-241-0283 |
| 四 国                       | 支 店           | 〒455-0032                                | 愛知県名古屋市中区入船 1-7-15                                                                                                                        | 電話:052-654-2551 |
| 九 州                       | 支 店           | 〒730-0841                                | 広島県広島市中区舟入町 6-5                                                                                                                           | 電話:082-207-0141 |
| 山 陰                       | 支 店           | 〒780-0053                                | 高知県高知市駅前町 2-16                                                                                                                            | 電話:088-820-7701 |
| シ ス テ ム 開 発 セ ン タ ー       | 支 店           | 〒812-0055                                | 福岡県福岡市東区東浜 1-5-12                                                                                                                         | 電話:092-641-7878 |
| I D E A R & D C e n t e r | 支 店           | 〒690-0012                                | 島根県松江市古志原 2-22-31                                                                                                                         | 電話:0852-21-4032 |
| 富 士 研 究 所                 | 支 店           | 〒370-0841                                | 群馬県高崎市栄町 16-11                                                                                                                            | 電話:027-327-5431 |
| 海 外 事 務 所                 | 支 店           | Klong Luang, Pathumthani 12120, Thailand | 山梨県南都留郡山中湖村山中茶屋の段 248-1 山中湖畔西区 3-1                                                                                                        |                 |
| 連 結 子 会 社                 | 支 店           | 〒401-0501                                | 青森、盛岡、秋田、山形、いわき、茨城、群馬、北関東、千葉、神奈川、相模原、富山、金沢、福井、山梨、伊那、長野、岐阜、恵那、静岡、富士、菊川、豊川、磐江、三重、名張、滋賀、神戸、奈良、和歌山、鳥取、岡山、下関、山口、徳島、高松、北九州、佐賀、長崎、熊本、宮崎、鹿児島、沖縄北部 |                 |
|                           | 支 店           |                                          | ボゴール(インドネシア)、ロンドン(英国)                                                                                                                     |                 |
|                           | 支 店           |                                          | 新日本環境調査株式会社、沖縄環境調査株式会社、東和環境科学株式会社、以天安(北京)科技有限公司                                                                                           |                 |

i-NET

SEPTEMBER 2021 Vol.59 (2021年9月発行)

編集・発行:いであ株式会社 経営企画本部企画広報部

〒154-8585 東京都世田谷区駒沢3-15-1

TEL. 03-4544-7603, FAX. 03-4544-7711

ホームページ: <https://ideacon.jp/>

人と地球の未来のために —  
いであ株式会社

お問い合わせ先

E-mail: [idea-quay@ideacon.jp](mailto:idea-quay@ideacon.jp)

