世界に貢献する港湾空港技術

PARI

VOL.11

APRIL 2013

Airport

Technology

Port

FRONT LINE - 特集 -

海洋土木技術のフロンティアへ

異種分野を統合し土木に活かす挑戦

FRONT PEOPLE その一歩先へ 挑戦する研究者たち

田中敏成 研究官
平林丈嗣 研究官
松本さゆり 研究官

FOCUS ON ファシリティーの最前線へ

大型水中施工機械を投入して実験できる
国内唯一の水槽
水中作業環境再現水槽（水中ロボット水槽）

世界に３つしかない
油回収機器類実験用大型造波回流水槽
油回収実海域再現水槽

CLOSE UP 現場からの報告

水中構造物の維持管理を向上させた
非接触肉厚測定装置

世界に貢献する港湾空港技術
PARI

独立行政法人　港湾空港技術研究所
Port and Airport Research Institute（PARI）
〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1
TEL：046（844）5010　FAX：046（841）8307
URL：http://www.pari.go.jp/

VEGETABLE OIL INK
グリーン購入法に基づいた用紙を使用しています。

世界に貢献する港湾空港技術
PARI

CONTENTS

2 FRONT LINE－特集－
海洋土木技術の
フロンティアへ
異種分野を統合し
土木に活かす挑戦

6 FRONT PEOPLE
その一歩先へ
挑戦する研究者たち
田中敏成 研究官
平林丈嗣 研究官
松本さゆり研究官

8 FOCUS ON
ファシリティーの最前線へ
大型水中施工機械を投入して実験できる
国内唯一の水槽
水中作業環境再現水槽
（水中ロボット水槽）
世界に３つしかない油回収機器類実験用
大型造波回流水槽
油回収実海域再現水槽

10 CLOSE UP
現場からの報告
水中構造物の
維持管理を向上させた
非接触肉厚測定装置

13 Cross Line
国際交流レポート
計測・システム研究チームが
韓国のワークショップに参加

14 VISITOR'S FILE
来訪者の素顔
「第二回海岸工学特別講演会」
にてデラウェア大学の
小林信久教授が講演

15 Topics
関東地方整備局と港空研が
「災害時の相互協力に
関する協定」を締結

企画・発行　独立行政法人 港湾空港技術研究所
編集・制作　㈱ホライゾン

海洋土木技術のフロンティアへ
異種分野を統合し土木に活かす挑戦

たとえば深海における資源開発など、未来に向けての海洋土木技術の開発には従来の土木技術とはまったく異なる新技術による支援が必要です。海洋土木施工技術の新たな地平を切り拓くべく挑戦するエンジニア集団、新技術研究開発領域の吉江宗生領域長に取材しました。

一歩先の社会資本整備等の技術支援がミッション

新技術研究開発領域 吉江宗生領域長

東日本大震災の後でとくにクローズアップされてきたのが、想定を超える災害への備えと土木構造物の維持補修。昨年12月に起きた笹子トンネル天井崩落事故が警鐘を鳴らしたように高度成長期に整備されたインフラは、次第に老朽化しつつあります。それは港湾構造物も例外ではありません。

「技術的には、新しい設計の考え方や新しい施工方法、さらに優れた調査のやり方が必要になってくるでしょう。なかでも新しい施工の仕方や新しい調査のやり方を提案していくのが、われわれの領域の重要な役割です」と、吉江宗生領域長。

「いわゆる伝統的な土木工学の技術に対し、超音波やメカトロニクス、情報技術（ICT）を適用していきたい。ほかの領域とは異なり、新技術研究開発領域は、それら土木工学以外の分野の専門家の集まりなんですよ」

電波が通らない海中では、音波は必須のセンシングデバイス。メカトロニクスというのは、わかりやすく言えばプログラム制御で動く装置類のこと。ICTは、大量のデータを取得しシェアしたりするばかりでなく、ユーザーインターフェイスとして、ユーザーに情報をわかりやすくリアルタイムに見せるAR（拡張現実）やVR（仮想現実）技術も含みます。

「いずれも、土木工学のなかではまだ馴染みが薄い分野。そういうものを足していくと、新しいイノベーションが起きます。例えば自動車などでは、既にICTや電子工学という異分野を取り入れて大きな変化を遂げているわけで、それを思えば〝ちょっと遅れてきたイノベーション〟なんですけどね。メカトロニクスやICTを入れることで相当便利になるでしょう。土木技術と異分野とのゲート機能やインストラクターとしての役割も果たして、異分野の技術を紹介しながら土木分野への適用性を研究開発することで、新たな問題解決と提案を行い、未来の技術開発につないでいければと考えています」

さらに海洋開発も視野に。海洋基本法によって、海洋の積極的な利活用や海底資源の開発が、次の世代の経済活動を支える重要な事項になってきています。新エネルギーの場としても注目されている海。シェールガスが実用化し、エネルギー物流についても新たな局面を迎える可能性があります。

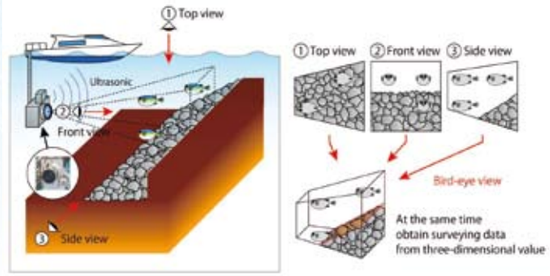
「しかし、これらの作業現場、施工現場は、これまでの現場とは異なり、水深が１００ｍ以上になる可能性も。風波も強く、従来の海洋土木施工技術のみで検討すれば、実現が難しいものも多くなりがちです。いずれにしても、一歩先の社会資本整備等には、これまでとまったく異なる技術による支援が必要になってきていると思うんですよ」

調査・探査する技術の研究開発に自信

新技術研究開発領域が世界に先駆けて開発したものに、水中音響カメラがあります。土木施工の水中での作業は、現状ではまだ潜水士によるものが一般的。

「とはいえ現実には、東京湾などは濁りのため、通常の水中カメラではごく近くまでしか鮮明な画像は写せません。現場の全体を俯瞰したくても、一部しか写らない。通常の施工自体はポイントの測量値で十分管理できますが、仮に現場が被災したり、何かが落下、沈没したりした場合には、どうしても全体の様子を見る必要が出てきます。現在はナローマルチビームソナーなどで探査する技術を活用していますが、それで見られるのは静止画像のみ。対象物が動いていると写すことができないんです。独自に開発した水中音響カメラは、濁った水中の様子をリアルタイムにモニターし、その時間データに加えて三次元の座標データを取得する装置。現在は視認距離25ｍまで、画角33度、分解能は10ｍ先で０・１ｍ程度の画素というスペック。本体が大きく重量もあるので、今後ブラッシュアップして実用性をより高めるつもりです」

水中音響カメラ



また、非接触で鋼構造物の肉厚を計測できる超音波センサの開発も（10ページ参照）。

「現在は潜水士が、貝殻や海藻など表面の付着物を掻き落とし、塗装を剥がして表面を磨いたうえで、超音波センサをぴったりあてがってデータをとっているんです。なので、大量の測定箇所が求められるようなときは膨大な作業量に。そのため開発したのが、この非接触肉厚測定装置。表面の付着物を剥がす必要はなく、ある距離まで対象物に近づけばデータを取得できるので、遠隔操作式ロボット（ＲＯＶ）などに取り付けても計測できると考えられます」

さらに、ＧＰＳ波浪計の維持管理用に、ＲＯＶによる係留索点検システムも研究開発。東北地方整備局で実証実験中なのだとか。これはＲＯＶが係留索にしがみついた状態で水深２００ｍまで降下し、鎖のすり減り具合を写真画像解析で自動計測するもの。これら探査技術の研究開発では、実に多くの成果を生み出しています。

遠隔操作式ロボット（ROV）

特殊な状況に柔軟に対応

東日本大震災で港湾施設がこうむった被害のなかに、コンテナクレーンの基礎杭が地中で曲がるというものがありました。このとき、現場で地中の杭の変形具合を詳しく計測できる装置を開発。これを原型に、和歌山下津港の浮上式津波防波堤のさや管の真円度を計測する装置の開発も（８ページ参照）。

「これらはほんの一例。ほかにも、遠隔操作でなければ危険であるとか汚染されているとかで施工ができない状況が水中にあれば、もう10年以上研究開発を続けている遠隔操作式水中バックホウを適用できます。これは災害時に限ったことではなく、今後増えると考えられる港湾施設のリニューアル工事などでも、遠隔操作システムはどんどん適用されていくはず。たとえば、対岸の係留施設の供用を中止せずに工事を行いたいときなどは、この水中バックホウを使えばコンパクトな施工が可能です」

遠隔操作式水中バックホウ

環境を保全する技術を磨く

いまだ記憶に新しい、２０１０年にメキシコ湾で起こった水深１５００ｍの海底油田からの原油流出事故。このとき海底の漏油を止めたのは、ＲＯＶによる作業によるものだったといいます。海上に広がった原油はその行方が注目され、さまざまな漂流シミュレーションや観測が行われ、大量の回収資機材が投入されて収束しました。

「国土交通省では、3隻の大型油回収兼浚渫船と11隻の海面清掃船を持ち、油濁対策に当たっています。われわれのミッションは、油の行方をできるだけ早く、精度よく予測するシミュレータの研究。そのための海象データ取得用簡易ブイ、回収船などから周辺の海面の状況を広く見るための気球システムや、夜間でも監視できるＸ－ｂａｎｄレーダーによるモニタリングシステムの試用など、油回収のための技術を磨いているんです。１９９７年に起こったナホトカ号重油流出事故以降、喫緊の課題といわれたエマルジョン化（乳化）した高粘度油を回収する装置については、既にいくつかの装置を発表し、それらは実際に国土交通省の船に搭載されています」

これにとどまらず、大阪大学と共同で、流出油を追跡するロボットブイの研究も。独自のセンサで油を感知して追いかけ、油膜から離されると潜航。水面の画像から油膜位置を計算して、浮上しながら戻るというもの。油を追いかけ続けるブイは世界中どこにもないもので、現在、その実現に向けて改良型と発展型の研究開発中とか。

また、海底の沈木が漁業者の底引き網に引っかかり、漁船が立ち往生するなどの問題に対処するため、これら海底ゴミを拾上げる装置の開発も行っているといいます。

「これらの作業のベースとなる国土交通省の船のキャパシティは必ずしも大きくないので、限られた条件下で最高のパフォーマンスが得られるような工夫が必要です」

油を追跡するブイの実海域試験

港湾・空港インフラの未来を見据えて

新しいイノベーションは、新しい社会的な要請から出てくるもの。制御システムや機械的なシミュレーションノウハウを駆使しての高規格コンテナターミナルのシミュレータの開発も、この領域が取り組むテーマの一つです。

「範囲が広く、あまりに多岐にわたっているように思われるかもしれませんが、全部つながっているんですよ。もともと土木工学自体、守備範囲が広い。コンテナターミナルのシミュレーションも毛色が変わって見えますが、交通工学や信号制御みたいなもの。大都市の信号は中央で制御されていますから、外れてはいないんです」

少子高齢化社会を迎える日本の都市インフラや交通・エネルギーインフラが、今後どうなっていくべきかは大きな課題。

「いま、超小型モビリティを活用した街づくり、コンパクトシティが注目されています。港湾や空港の周辺地域は都市機能が高く、交通の結節点。これらを高次に結合した社会インフラを整備すべき。リンクさせるのは物流・交通と情報。これまでと同じ、船や車や人が行き来するリアルリンクと、ＩＣＴによるヴァーチャルリンクが合理的に結合したものになるでしょう。必要となるインフラは、海上、海中、海底、陸上、地下、空中のそれぞれの空間を活用して高密度に配置。ＩＣＴ技術をコンクリートの中に入れ込むなどして、インフラそのものにセンサやロボット的な判断力を持たせることが必要になるかもしれません。街自体が自ら災害を検知して知らせるとか……。私としては、いつの日か、そういうユビキタスコンピューティングのようなことを港湾に活かせないかと考えているんです」

チャレンジするエンジニア集団

「キープコンセプトではなく、チャレンジするためにある部署だと思っている」と吉江領域長。

「未来に向けてのキーになる技術、センサや遠隔操作、自動化システムなどの〝種〟を、この領域のメンバーは持っている。使える専門技術がこれだけ多種多様にある、それはつまり、外側に、そこからつながる広いネットワークがあるということ。それらを有機的に統合し、新しい未来型プロジェクトを立ち上げていきたいんですよ。港は街の一部だから、ずっと同じであり続けることが善かというとそうではなくて、街の発展にあわせて変えて行かなければいけませんよね。それは自治体が考えることではあるけれど、自分たちは精一杯、技術的な支援をしていきたい。その発想がキープコンセプトにならないように、柔軟な発想をさらに柔軟にして、何でもできるんだと思っていただけるように。たとえば、これまでの潜水士さんと従来の施工法の組み合わせではあきらめていたようなことも可能にしていく。そう、何でもできるし、何でもやります！」

新技術研究開発領域 計測・システム研究チーム
平林丈嗣 研究官

1972年　長野県生まれ
1995年　東京工科大学工学部機械制御工学科卒業
1995年　運輸省 第二港湾建設局 横浜機械整備事務所 施工技術課
1998年　運輸省 港湾技術研究所 機械技術部ロボティクス研究室
2009年　筑波大学大学院システム情報工学研究科知能機能システム専攻博士後期課程修了
2011年　新技術研究開発領域 計測・システム研究チームへ組織名変更

新技術研究開発領域 計測・システム研究チーム
田中敏成 研究官

1971年　栃木県生まれ
1993年　帝京大学理工学部機械・精密システム工学科卒業
1995年　奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科情報処理学専攻博士前期課程修了
1995年　運輸省 港湾技術研究所 機械技術部ロボティクス研究室
2010年　大阪大学博士（工学）取得
2011年　新技術研究開発領域 計測・システム研究チームへ組織名変更

新技術研究開発領域 計測・システム研究チーム
松本さゆり 研究官

1970年　東京都生まれ
1994年　東海大学海洋学部海洋工学科卒業
1999年　東海大学大学院　博士（工学）取得
1999年　東海大学海洋学部海洋工学科　専任助手
2001年　同志社大学工学部　研究員
2002年　防衛庁技術研究本部第五研究所　技官
2005年　神奈川大学工学部　ポストドクトラルフェロー
2006年　独立行政法人 港湾空港技術研究所 施工・制御技術部 計測・制御研究室
2011年　新技術研究開発領域 計測・システム研究チームへ組織名変更

インタビュアーの前川さんは、取材時は沿岸環境研究領域 沿岸土砂管理研究チームの実習生。卒業後、いよいよ技術者としての道を歩き始めます。未知の分野はもちろん、人生の先輩の声にも興味津々！

豊橋技術科学大学 建設工学課程４年
前川茉弥

海の中での土木施工にイノベーションを

それぞれの研究内容を教えてください。

平林　建設機械の遠隔操作について研究しています。もともとは、潜水士さんの手作業を機械に置き換えようというところから始まった研究。そのなかでも重作業が私の担当です。

田中　いっしょにやることもありますが、私はどちらかといえば軽作業のほうを。広範囲で展開する調査のような作業、つまり現状では潜水士さんが泳ぎ回って、場合によっては危険なところにも入って行って作業しなければならないことを、機械に置き換えたい。安全性と確実性、さらにいえば経済性の向上が目的ですね。

松本　私の専門は超音波でのセンシング。例えば（前出の）建設機械にセンサがついていると、もっと情報が集められますよね。目では見えないし、光も遠くまで届かない海の中のようすを、超音波を使ってセンシング、あるいは計測する部分が私の担当。「こういうことできない？」といった相談も多いですよ。学生時代から水中音響というかなり特殊な分野を専攻しましたが、いままでやってきたことを使う場所があることに、毎回驚かされます。

田中　新技術研究開発領域には、土木専門のメンバーは少ないんですよ。私も機械と情報工学専攻だったし、平林くんも機械で熱力学が専門。それぞれがほかの分野でやってきた経験を土木に活かすのがミッションです。

海中ならではの難しいところは？

田中　水深にもよりますが、潜水士さんが行う作業も時間が限られる。陸上のように何時間も続けてというわけにはいきません。

みなさんの研究の今後の展望は？

田中　さっきも言ったように、出自が土木工学ではないわれわれは、この研究所の中では異質な部隊。いろんな専門分野があるなかで、その学際的な部分で、それぞれの専門技術を導入して新しいことをやろうとしている。土木技術という伝統的な技術に対して、違う観点からさまざまなアプローチができるんじゃないかなと思っています。自分たちの持っている専門知識や技術を使って、海洋土木技術に貢献したい。私たちも、土木技術のほうからインスピレーションを得てやっているところもあるので、これからますます新しいことができると期待しています。

もしかすると将来、仕事でお世話になることがあるかも！　今日はお話が伺えて嬉しかったです。どうもありがとうございました。

前川茉弥さん

豊橋技術科学大学　建設工学課程４年

視界が悪い、重機が使えないなど、海の中ならではの作業の難しさについて考えたことがなかったので、新鮮で驚くことばかりでした。また、土木工学だけではできなくても、土木の可能性はさまざまな分野によって広がるのだと、たいへん勉強になりました。土木の面白さや魅力など、今日のインタビューで感じたことを、これからの私自身に活かしていきたいです。

異なる分野の知識や技術で海洋土木に貢献

開発で苦労したことは？

松本　私の開発した水中音響カメラを例にとれば、技術的なハードルはもちろんたくさんあったけど、本当に苦労したのは、何の数値を成果として出せば土木の世界ではゴールなのかが理解できなかったこと。土木構造物がどういうふうに測定されると満足できるかわからなくて。ああ、この数字を測ればいいのねというところにたどり着くのに、資料を調べたり、教えをいただいたり、ものすごく時間がかかりました。実際に形にしてくれるメーカーさんに伝えるまでの、自分の中で消化するところがいちばん難しかった。この研究所に来る前はもう少し学問寄りの研究をしていたので、ものを形にして実用するというところに階段があったんですね。いまとなれば良い経験をさせてもらったと思うんですけど、当時はもがき苦しんでいました。

平林丈嗣 研究官
「６歳と９歳の子どもの相手で、オフなんてありません（笑）。今年のバレンタインデー、出張から帰れなくて怒られちゃいました」

女性の場合、家庭との両立は難しいですか？

松本　パートナーになる人が、技術者であることもひっくるめてまるごと受け入れてくれることがものすごく重要！　子育ては、子どもの年齢に応じたサポートシステムがたくさんあるから、そういうところを上手に利用すればいい。子育ても家庭も、合わせられるところは自分を合わせて、「絶対こうだ」と決めつけず、「ルールはそのときどきで変えるわ」くらいに柔軟にしていけば、必ず方法は見つかります。そうやって、私もなんとかここまできました。楽勝って感じではなかったけどね（笑）。前川さんも、いま将来のことを考えると不安でワーッってなっちゃうだろうけど、心配はたくさんしておいてもいいけど、そんなにナーバスになることはないと思いますよ。

それを聞けてよかった！　逆に男性ばかりの土木業界で活躍する女性をどう思いますか？

田中　あまり女性だから男性だからっていうふうには考えたことないですね。待遇にも差はないし。出張先で、雑魚寝の大部屋しかとれないようなときは気を使いますが（笑）

松本　ふだんの仕事の上では、自分でもまったく意識しませんよ。実験で船に乗るとき、トイレは個室かどうかだけ一応聞くけど（笑）

松本さゆり 研究官
「休日は中１の娘にプールに連れ出されます。大人びたようで、まだまだ子どもっぽいところもある。ちょうど面白い時期ですね」

どんなとき研究者でよかったと思いますか？

松本　大なり小なり自分しか知らない事実がわかったとき。「私しか知らないんだ」って、ちっちゃな喜びをかみしめる（笑）

田中　それまで世の中になかった新しいものができ上がるというのは嬉しいですね。

松本　現場で使う新しい道具をつくったとか、道具をうまく動かすためのソフトウェアができたとか、開発ものが多いんですよ。現場でしっかり動いて、一つ形になると、やってよかったな、ちゃんと社会貢献できたと実感できます。

平林　たぶん研究者に必要な素質は真面目さだと思う。なぜかというと、研究っていろいろなことやらなきゃいけなくて、何かを「これはいいや」と切り捨てられない。それらが全部統合されて、一つの結果になってくるというところがあるから。それぞれに対して、真摯に向き合うことが必要なんですよ。

どんなとき研究者でよかったと思いますか？

平林　なによりもまず、水の中って怖いんですよ。陸上はクレーンや重機が使えますが、水中ではどうしても手作業になる。クレーン台船などを使う場合でも、クレーンオペレータは潜水士のいる場所が見えないから声だけが頼り。見えないながらも右に左に、言われたとおりに動かすしかありません。安全確保がとても難しい。そういうところから考えると、人の手で行う水中作業は、できるだけ軽作業のほうに移行すべき。重作業は機械に……、という方向に向かうべきなんです。

田中　私たち研究者の仕事でつらいことといえば、船上でモニタを見ていると酔う（苦笑）。体が感知している揺れと、目で見ているものの揺れが合っていないからですね。こればかりは遠隔操作の技術開発が進んでも、改善は難しいでしょう。自動にしてしまうとか、陸から操作可能にするとかしないとね。

田中敏成 研究官
「ピアノなど鍵盤楽器を弾くのが趣味。忙しくてウィンタースポーツに行けないので、夏場に体を絞れなくなってしまいました（笑）」

大型水中施工機械を投入して実験できる国内唯一の水槽

水中作業環境再現水槽（水中ロボット水槽）

水深、波高、波長を変えて、
水槽内に各種水中作業の現場環境を再現。
2006年度に供用開始されたこの水槽を駆使し、
以前は困難だった水中作業機械の
自働化に関する研究が、いま着々と進行中！

海中の現場環境を再現し実機規模で研究開発

長さ30m、幅10m、そして水深が6mまで設定できる巨大な水槽。実際の工事に使用されている大型の作業機械を投入し、水中で動かして実験が行える、国内最大規模の水槽です。

「港湾工事で行われる水中作業は、潜水士の人力によるものから水中作業機械によるものに変わりつつあります。でもその研究は、陸上用と違ってかなり困難なものでした」と、計測・システム研究チームの主任研究官、白井一洋さん。まず縮尺模型の製作が難しく、また、仮に小型模型をつくって実験しても、水中という特殊な条件下では水の抵抗などが加わるため、相似則が成り立たないのだとか。「一方で、実験用の実機をいきなり実海域に投入してもダメ。環境条件の任意設定が不可能なので、プログラムに与えたどの情報が、どの結果につながっているか分析できないんですよ」

通称「水中ロボット水槽」と呼ばれるこの実験水槽なら、水深、波高、波長などをそれぞれ独立して変えられ、また、水槽壁面や底面を利用して、作業対象となる水中構造物などの模型を設置することも可能。門型クレーンや計測用の台車、水中カメラも備えています。実際の海中の現場環境を再現した上で、その状況下での水中作業機械の作業特性や性能を検証することができるわけです。

新技術開発や性能確認実験で港湾での水中作業の進歩に貢献

昨年12月に、ここで性能実験が行われたのは、和歌山下津港で建設が進められている浮上式津波防波堤のさや管の形状検査用装置。

「さやになる外側の鋼管を最初に海底に打設し、その内側にもう1本、上から鋼管を差し込みます。津波が来たとき空気を送ると、内側の管が浮き上がって防波堤になるというもの。現在設置が進んでいるさや管の口径は3m。それが、3cm以内の精度を保っているか調べる必要がある。歪んでいたり、内径が小さかったりすると、いざというとき内側の管が動かないわけです。検査は、さや管の中に台車を吊り下げ、超音波とレーザーのセンサーを回転させて行います。実物大の鋼管を用い、水深6mの水槽で実際に動かして測ってみて、きちんと測定できるかを検証しました」

ほかに、水中に傾斜面を造っての水中音響カメラの実験なども。また、白井さんがとくに力を注いでいるのが非接触肉厚測定装置、つまり、センサを直接あてがうことなく鉄の構造物の厚さを測ることができる装置の開発実験。これは、維持管理に役立つ新しい技術です。

「鉄の構造物が錆びて厚みが減ってくると危険なので、厚さを測る必要があります。現在行われている海中の鋼管杭の肉厚測定の方法は、潜水士さんが、まず表面に付着した貝殻などを落として磨いてから、直接センサを鉄の表面に密着させて測定しています。ところが、実験を繰り返すなかで偶然捉えた鋼板内部で反響している音（多重反射）を、検出できることがわかって。これを使えば、貝殻などはついたまま、離れた位置からの測定も可能になります」

現在、遠隔操作式の水中バックホウの先端に装置を取り付けて移動させながら測ったり、潜水士が持って入って測るなどして実験中。今後、この装置の自働化を考えていくにあたり、水槽を使っての実験は、ますます重要になるといいます。

「これが実用化できて、みなさんに使っていただけるようになれば、検査の時間が非常に短くなりますし、全体を詳しく測れるので見逃しがなくなる。あと1年か2年のうちには、ぜひ製品化したいですね」

新技術研究開発領域 計測・システム
研究チーム　白井一洋 主任研究官

世界に3つしかない油回収機器類実験用大型造波回流水槽

油回収実海域再現水槽

油流出事故の際に求められるのは、
海上作業による迅速な対応。
リアルな条件を再現できるこの実験水槽で、
日本の沿岸域を油濁事故から守るべく、
油回収技術の研究開発に日々尽力！

油の流出を水槽に再現し、多角的な実験で対策を検討

2004年に供用が開始された、日本唯一の油回収機器類実験用の大型造波回流水槽。幅6m、長さ20m、水深2.5mを有する海水仕様の水槽です。

取材時は船体汚染防除の実験中。油のにおいが強烈なので気分が悪くなってはいけないと、頑丈な使い捨てマスクを渡されました。水槽の中を見下ろすと、真っ黒な水。「もともとはきれいな海水だったんですよ。8年ほど使っているうちに、油はもちろん、装置に使っている鉄骨の錆びなども流れ出すので、こういう色になってしまいました。水を換える見積りをとったこともありますが、あまりにも莫大な費用がかかるので難しくて……」と苦笑するのは、油濁対策研究チームの研究官、松﨑義孝さん。

ここでは海上で実験を行う代わりに実際の重油を流し、波や流れを起こしたり、風を発生させたり、ときには水温を変えたりしながら、機器類の性能試験などを実施。これまでにも、真空吸引式等の油回収装置や、油回収船以外の船舶を活用した油回収システムなど漂流油回収技術の開発、あるいは海上流出油の漂流予測精度の向上に関する実験など、さまざまに活用されているといいます。また、油回収船の持ち帰った高粘度の油をタンクから抜き取る作業の難しさを解決する注水潤滑など、要素技術の開発も。これは、管路に10%程度の注水を行うことで油と管壁の間に水膜をつくって摩擦損失を低減させるシステムです。

新技術研究開発領域 油濁対策研究
チーム　松﨑義孝 研究官

「実験環境は過酷で体力も要りますが、やりがいはある。いま行っている実験は、ジェットによって、どれだけの大きさのウォータージェットバリアが海表面にできるかをみるというもの。この実験のためにつくった装置で、水量や水圧、ノズルの口径、吹き出す角度を変えたりしながらデータをとっているところです。上流から来た油は、水膜の縁を通って下流へと流れますから、油回収船の船体の汚れを防いだり、重油そのものを船体に寄せ付けなくしたりと、いろいろ応用が利くはずなんです」

目下の課題は船体汚染防除環境被害を抑える研究も視野に

実際の油回収船では現在、承認をうけた油処理剤を、出港する前に塗っておくといった工夫が行われている場合もあるものの、とくに船体に油がつかなくなるような装置は使われていないのだとか。

「なので、油回収から戻ってドック入りしたとき、とんでもない額の洗浄料がかかるんです。それをなんとかしたい。そのためにわれわれは、この水ジェットと、例えば加水分解型船体塗料など防汚効果のある塗料との組み合わせで、防油効果を発揮させることを研究しています。研究成果は国交省が持っている油回収船のほうに提案していきます。船はもともとポンプを装備していますから、ちょっとした改造で実現可能だと思うんですよ。ジェットでなくても、船体表面につねに水が流れている状態にしておけば、その周辺の油汚れはかなり防げるでしょう」

施設内には溶接機なども備えてあり、実験を進める過程で必要になるちょっとした改良は、研究者自ら行えるのも強み。特殊な実験が多いため、ほとんどのメンバーが溶接免許などの資格を持っているそうです。

「昨年度から要請を受けて始まった船体汚染防除の研究は、来年度までの3年計画。一方で、数値計算に必要なモデルを開発するための、油の漂流・拡散実験などにも意欲的に取り組んでいく予定です」

水中構造物の維持管理を向上させた非接触肉厚測定装置

港空研が開発した非接触肉厚測定装置が試験導入された
川崎市浮島２期処分場を取材しました。

四方が海に面している日本には、数多くの港湾構造物が存在しています。これらの構造物にはコンクリートと並ぶ主要な構造部材である鋼材が多く使われています。低コストで高い信頼性が得られるため、高度経済成長期にはたくさんの鋼矢板岸壁や鋼管杭式桟橋等の港湾構造物が建設されました。

そして今、こうした構造物の老朽化が問題となっています。海水・砂・波浪に直接さらされる厳しい環境下に置かれているため、腐食から免れることはできません。健全な状態を保ち、施設を安全に利用していくためには、適切な時期に点検・診断を実施して、必要に応じた補修等の対策施工を施さなければならないのです。

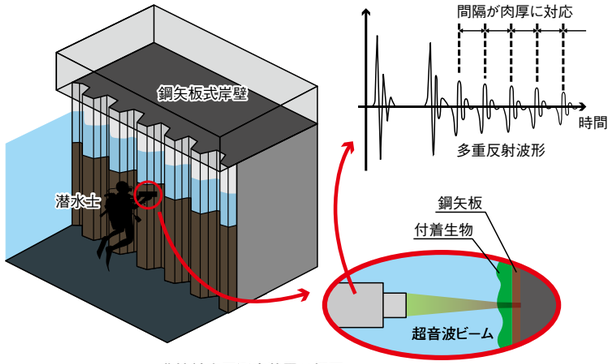
港湾鋼構造物の維持管理において画期的な装置を港空研が開発

老朽化の進む港湾構造物の点検・診断を効率的に、そして安全に行うために、港空研の計測・システム研究チームが開発に取り組んできたのが「非接触肉厚測定装置」です。

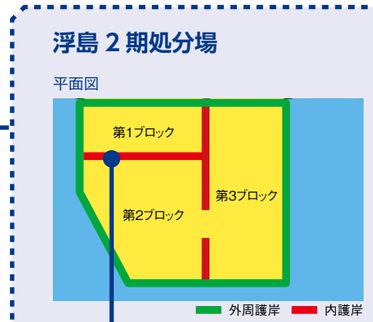
非接触肉厚測定装置は、水中の付着物を除去しなくても、離れた位置からある距離まで近づけば鋼構造物の肉厚が測定ができます。超音波を鋼板に当て、中に入って反響している音（多重反射）を捉えて測定しているのです。周波数帯域の広い音を出して、その相関を取り肉厚を検出しやすくしています。測定時間は1点が1秒もかからないので、センサを動かせば連続的なデータを取ることができます。

これまで、海中の鋼板の肉厚の測定をするためには、まず鋼構造物の表面に付着している貝類や海草等を除去して磨く作業（ケレン作業）の必要がありました。この作業は多くの時間と労力を必要とするので、作業効率が悪く、測定できる範囲が限られているためサンプル測定によって構造物の健全度を診断するしかありませんでした。しかし非接触で測定できる装置を開発したことで、効率面、安全面などあらゆる面で飛躍的に改善することができたのです。

たとえば、ケレン作業による構造物の損傷の恐れがなくなり、海を汚すことなく測定することができます。測定時間も短縮できるので、例えばコンテナバースの場合に岸壁の占有時間を短くすることができ、経済活動への影響も少なく抑えることができます。また、従来技術のような限られた範囲での測定ではなく、広い範囲での連続測定が可能になったことで、より多くの信頼度の高いデータを得られるようになりました。さらに、これまでのように潜水士が海中で作業する必要がなくなったため、安全性も高まり、また機械化することで迅速な作業が可能となったのです。



非接触肉厚測定装置の概要



測定時の様子。
打設された鋼管杭のコンクリートを外し、中に測定装置を設置する

川崎市の処分場で試験採用された非接触肉厚測定装置

今回はこの非接触肉厚測定装置を試験的に導入した川崎市の浮島2期処分場を訪ね、川崎市港湾局の港湾経営部整備計画課 事業計画担当 課長補佐 小松正さん、川崎港管理センター 整備課 担当係長 江藤喜則さん、港湾経営部 整備計画課 鶴巻剛さんにお話を伺いました。

川崎市では現在、一般廃棄物や産業廃棄物の処分を行うため、浮島1期処分場の前面の海域に浮島2期処分場の整備を進めています。浮島2期地区には外周護岸と内護岸があり、非接触肉厚測定装置は内護岸で採用されました。

浮島2期処分場は第1ブロック、第2ブロック、第3ブロックに分かれていて、第1ブロックは焼却残灰等の一般廃棄物を入れる管理型の処分場、残りの第2・第3ブロックは浚渫土砂や建設発生土を入れる安定型の処分場となっています。管理型と安定型の区分けには鋼管矢板が二重に設置されています。その鋼管矢板の維持管理のため、5年に1度の頻度で肉厚を測定して、健全度を評価する調査が行われています。

安定型の第2ブロック、第3ブロックは、潜水士が潜って直接外から測定装置のセンサを当てて測定しますが、第1ブロックは管理型処分場であることから潜水士が潜ることができず、第1ブロックに面した方の鋼管杭の外側からは厚さが測れませんでした。

「これまで第1ブロックに面した方の鋼管杭の肉厚を測定する場合は、潜水士が鋼管杭の中に潜って内側から厚さを測っていました。今回は、これまでと同じ測り方に加え、潜水士を使わずに鋼管杭の中に非接触肉厚測定装置だけを入れて測る方法も試験的に行いました。また、鋼管杭の外側、第1ブロックの中にも装置だけを入れて測り、比較検討しました。これまでは測定装置の存在を知らなかったのですが、私達が港空研に『潜水士を使わずに測る方法はありませんか』と相談したところ非接触肉厚測定装置を紹介していただいたのです。今回はテストを兼ねた形で採用させていただきましたが、鋼管杭の中に人が入らずにすむので安全性の確保の面からみてもいいですし、貝殻の処分をしなくてもすむことは環境的にも工期的にも非常にいいと思います」（川崎市港湾局 港湾経営部整備計画課 事業計画担当 課長補佐 小松正さん）

（左から）川崎市港湾局の港湾経営部 整備計画課 鶴巻剛さん、港湾経営部整備計画課 事業計画担当 課長補佐 小松正さん、川崎港管理センター 整備課 担当係長 江藤喜則さん

無人化によって安全に正確にデータを測定

非接触肉厚測定装置を使うメリットはケレン作業が不用なことから環境に優しいことなどいくつかありますが、水中作業を無人化することで安全な作業が可能になることも大きな利点となっています。

「直径90ｃｍくらいしかない鋼管杭の中に人が入らずにすむので、安全に作業できるのがいいですね。10ｃｍピッチで細かく測るので、人が潜るとなるとかなり大変な作業になります。通常は1～2ｍピッチになるので、今回のように連続して測れて全体を見ることができるのは大きな利点です。今回の測定時には港空研の計測・システム研究チームの方も現場にいらして、一緒に見ていただきました。これからの課題をひとつ上げるとすれば、計測したデータの解析がとても複雑なので、誰にでも簡単にわかりやすくなればもっと使いやすくなるのではないかと思います。この点については改善していただけるとおっしゃっていたので期待しています」（港湾経営部 整備計画課 鶴巻剛さん）

港湾構造物の維持管理に重要な役割をもたらす測定装置

浮島2期処分場における内護岸は、最終的に埋立が進み土中環境となるまで、腐食により壊れてしまうことがないように、詳細な維持管理計画が必要となってきます。

「当初の設計の腐食スピードと違うかどうかというのを定期的に調査をして、腐食が進み過ぎている場合はそこに手当を施します。ここは設計のものより腐食が早かったので、防錆塗料の処置をしました。当初の設計では、建設から約10年が経った現在はもっと埋め立てが進んでいる計算で考えていましたが、現在は、建設発生土や一般廃棄物の量がかなり抑えられていて、現在の状況だと私達が考えていた対応年数よりも延命化させなければなりません。今、港湾構造物等の維持管理に世間の関心も高まっていますし、今後ますます重要になっていくと思いますので、港空研さんにもご協力をいただきながら、技術を駆使して行っていきたいと思います」（川崎港管理センター 整備課担当係長 江藤喜則さん）

鋼管杭の外側に測定装置を当てて計測

Cross Line 国際交流レポート

計測・システム研究チームが韓国のワークショップに参加

Workshop on Ultrasonics and Underwater Acoustics in Korea, 2012

日　時：2012年8月27日、28日
場　所：大韓民国 釜山広域市 釜慶大学
主　催：電子情報通信学会超音波研究会（日本）
共　催：海洋音響学会（日本）、日本音響学会超音波研究委員会、韓国音響学会、韓国音響学会嶺南支部、釜慶大学音響振動工学研究所、IEEE UFFC Society Japan Chapter

昨年8月、港空研の新技術研究開発領域 吉江宗生領域長と、同・計測・システム研究チーム 白井一洋主任研究官、松本さゆり研究官の3名が、韓国の釜慶大学（釜山）で行われたワークショップ「Workshop on Ultrasonics and Underwater Acoustics in Korea, 2012」に参加し、それぞれ論文を発表しました。

電子情報通信学会の分科会である超音波研究会は、ほぼ毎月研究会を行っていますが、特に例年8月は、水中音響特集として海洋音響学会と共催しているところです。

港空研も賛助会員となっている海洋音響学会ですが、平成25年度に40周年を迎えることを契機に国際化の方針が打ち出されたことから、そのプレイベントとして本ワークショップが初めて、日韓共同開催されたもので、今後の定期開催も期待されます。

新技術研究開発領域
吉江宗生領域長

新技術研究開発領域
計測・システム研究チーム
白井一洋 主任研究官

新技術研究開発領域
計測・システム研究チーム
松本さゆり研究官

吉江宗生 領域長
常陸那珂港の基礎杭の曲りを計測する装置の開発と、現地試験の結果を発表しました。

白井一洋 主任研究官
非接触鋼構造物肉厚測定装置の開発と現地試験、およびその結果の紹介を発表しました。

松本さゆり 研究官
4－DWISS（水中音響カメラ）の開発とその成果について発表しました。

Topics

関東地方整備局と港空研が「災害時の相互協力に関する協定」を締結

（左から）国土交通省関東地方整備局 和才義光総括調整官、松永康男港湾空港部長、吉永清人副局長、
港湾空港技術研究所 高橋重雄理事長、荒井修治企画管理部長

2013 年2月26 日、国土交通省関東地方整備局と独立行政法人港湾空港技術研究所が、「災害時の相互協力に関する協定」を締結しました。

この協定は、地震、津波、台風などによる自然災害対策、災害応急対策、災害復旧対策を相互協力していくことで、災害の拡大防止や円滑な業務の継続、被災施設の早期復旧を目的としています。また、従来の協力体制をより万全なものにして、災害が起きた場合に迅速で適確な復旧支援を行うためでもあります。

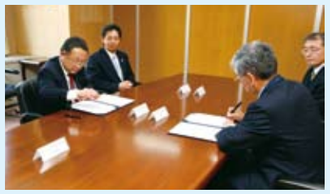
締結式では、国土交通省関東地方整備局 吉永清人副局長と港空研 高橋重雄理事長から次のような挨拶がありました。

国土交通省関東地方整備局 吉永清人副局長

「昨年の意見交換の場で、このような協力関係が作れたらいいのではないかという話が出たのが締結の発端になりました。東日本大震災においても、早期に復旧・復興していくために技術的な知見を多く持っている港湾空港技術研究所に支援していただきました。今後、また直下型の地震等があるのではないかと言われている中で、防災対策強化が我々の課題となっています。同じ関東の中にある素晴らしい研究所としっかりとした協力関係を築くことができれば、我々としては非常にうれしいです。いざ震災が起こった場合には、羽田空港や港湾の復旧要請が非常に早い段階でくることが想定されます。そうした時にご協力いただければありがたいと思っています。研究所の方にとっても、我々が持っている資源を研究活動に生かしていただくことができるのではないかと思っています。お互いの資質を生かしていくために、このような協定を結ぶことになりました。これからも、色々な面で協力していきたいと思います」

港湾空港技術研究所 高橋重雄理事長

「こうした協力協定を結ぶことができましたのは、吉永副局長をはじめ皆様方の特別のご配慮だと思っており、本当に感謝しております。関東地方というのは、地震・津波だけではなくて、高潮や高波、特に私は台風の巨大化による高潮が陸を襲う懸念があると思っています。そうした大きなハザードがある上に、人も多くて、経済的集積も非常に高い。そういう意味でもリスクが高く、やはり脆弱な環境にあるのではないかという心配があります。我々の研究所自体も、こうした被害を受ける危険性がある場所にあります。そうした中で、この地方にさまざまな災害が起こった時に、緊急に対応する、そして復旧に力を尽くすためには、皆様との協力が不可欠だと思っていますので、この協定は本当に大切だと思います。この協定をただの協定で終らせずに、復旧・復興だけではなくて、“Preparedness”――災害に対する準備も皆様と一緒に行い、様々な検討を進めていければと思っています」



小林信久教授
1976 年 京都大学大学院修士課程卒
1979 年 Massachusetts Institute of Technology Ph. D

平成 24 年度 第二回 海岸工学特別講演会

「第二回 海岸工学特別講演会」にて デラウェア大学の小林信久教授が講演

1月15日、デラウェア大学教授で港空研の客員フェローでもある小林信久教授が港空研を訪問。「平成24年度 第二回 海岸工学特別講演会」にて、ハリケーン・サンディの被害状況や木杭を用いた海岸侵食の対策などについての講演をされました。また、この会では熊本大学大学院 自然科学研究科 附属減災型社会システム実践研究教育センターの山田文彦教授や、港空研の研究者の講演も行われました。

講演会の前に小林教授にお話を伺いました。

――海岸工学の研究をされているとのことですが、具体的にはどのような研究ですか？

主に海岸侵食、養浜、海岸構造物、海岸防災（高潮災害）です。アメリカの高潮災害は、2005年のハリケーン・カトリーナ、2012年のハリケーン・サンディがありました。西海岸では津波の心配もありますが、日本ほどの人口密度ではないので、津波が起きても人命・資産の損害は2011年の東日本大震災ほどにはならないと思います。

――日本では津波が起きたときに逃げることが重要と言っていますが、アメリカのハリケーンなどはどのようにインフォメーションしているのですか？

とにかく逃げることが重要というのは万国共通ですね。高潮の場合は3日くらい前から「危険だから避難してください」という情報が出ます。ただ、恐らくアメリカのほうが避難勧告が出されても避難しない人が多いです。特にハリケーン・サンディの場合、ニューヨークの少し南のあの辺が高潮の被害を受けたのは40年以上前で、今の住民で昔の災害を覚えている人が少なかった。テレビなどのメディアでも、そういう災害があったことを伝えるということをあまりしていなかったんです。災害が起きても国が大きいから自分には関係ないと思う人も多いし、災害に対する対策が十分に取れていないのです。

――海岸ではどのような対策がされていますか？

アメリカには日本のような堤防はあまりありません。砂浜海岸の場合は、養浜といって砂を沖から浚渫して5mほどの高さの小さな砂丘を作り、その陸側に個人の家などがあります。ただ、家から海が見えなくなります。アメリカ人にとっては海岸の近くに家を建てて、夏はそこからそのまま海岸に行けるということが理想的なので、反対している人が多かったのです。ところが実際にハリケーンが起きると、砂丘の大きさをずっと保っているところは被害が少なかった。砂丘は構造物と違って砂浜が侵食されるので、高さを維持するために常に補修をしなければならないのです。20～30億くらい予算がないと維持できませんが、そのお金を誰が払うか。国が65%、州と市が35%として、住民のなかにはそんなものはいらないからお金は出したくないという人もいます。今回は維持補修しながら養浜をしているところは被害が少なかったという、いい実例になったわけです。その辺を住民に理解してもらえるよう、専門家が一般の人にわかりやすく説明し、定期的に情報を流して思い出させることが大切です。

――日本の災害対策と似ているところはありますか？

ハリケーン・サンディの災害は3.11と似ているところがあります。地震のかわりに風で停電になって、津波のかわりに高潮と波で海岸線がやられている。過去50年くらいこのようなことが同時に起こることがなかったので、「もしもそうなったらどうすればいいか」という発想がなかったのです。起こる確率が非常に小さくても、それが起こることを想定して対策をした方がいいわけです。

――海岸工学において、いま最も重要なことは何ですか？

重要なのは気候変動。海面上昇と冬の季節風や台風の巨大化などにどう対応するかということですが、単に工学的にだけではなく、避難とか社会学とか色々なものがあります。それらを全部絡めて限られた予算でどのように対応していくか。もうひとつはいかにして自然を最大限に使って将来を守っていくか。環境保全かつ災害の軽減化ですね。単純に言うと、海岸工学の研究者が社会に何が必要かということを先取りして研究しなければならない。そのためには社会のことも知っておかなければいけない。研究は後回りになるとだめです。そういうふうにものを考える人が必要だと思います。ものの考え方を変え、社会的な見方でものを見て、その中で新しい製品を作って、将来に対応できるような海浜保全を行っていかなければならないと思います。

――港空研の研究者にメッセージをお願いします。

日本は海岸工学において技術力はある。だからあとは夢を持って、世界で一流の研究者になってください。自分の枠を決めてしまうとそれ以上は大きくなりません。港空研なら海外援助もあるし、その国の発展に貢献できることもあると思います。私も最近は台湾や韓国、スペインやイタリアの研究者に刺激を与えて研究所と同じようなことをしています。他の国と比べて港空研は元気がある。いい雰囲気もある。いい意見の交換もできている。一番重要なことはそういうものを育てる体制があるかどうかです。