世界に貢献する港湾空港技術

PARI

VOL.9

OCTOBER 2012

Airport

Technology

Port

FRONT LINE - 特集 -

対談　山﨑登 NHK解説主幹×高橋重雄 理事長

“防災”から“減災”へ 東日本大震災から学ぶ

FRONT PEOPLE その一歩先へ 挑戦する研究者たち

藤田　勇 チームリーダー
松﨑義孝 研究官

FOCUS ON ファシリティーの最前線へ

世界最大級の耐波実験施設に水中振動台をプラス！
大規模波動地盤総合水路

災害発生後の被害状況を再現する総合的実験施設
総合沿岸防災実験施設

CLOSE UP 現場からの報告

港湾の早期復興に向けて
八戸港・釜石港の復旧への道のり

対談　山﨑登 NHK解説主幹×高橋重雄 理事長

“防災”から“減災”へ 東日本大震災から学ぶ

2011年3月11日の東日本大震災。沿岸一帯を襲った大津波。
長年、沿岸防災の研究を続けてきた港湾空港技術研究所にとっても、
研究の根幹を揺るがすような、大きな災害となりました。
この教訓をどう生かしていくか。問われるのは今後の取り組みです。
今回、対談をお願いしたのは、
日本放送協会（NHK）の解説委員として長年、自然災害と防災を担当し、
中央防災会議でも複数の専門調査会で委員を務める山﨑 登氏です。
今回の災害で明らかになった反省点や、今後の津波対策のあり方などについて
報道の視点をふくめて、貴重なご示唆をいただきました。

日本放送協会
山﨑登 解説主幹

独立行政法人 港湾空港技術研究所
高橋重雄 理事長

世界に貢献する港湾空港技術
PARI

CONTENTS

2 FRONT LINE－特集－
対談
山﨑登 NHK解説主幹×高橋重雄 理事長
“防災”から“減災”へ
東日本大震災から学ぶ

6 FRONT PEOPLE
その一歩先へ
挑戦する研究者たち
藤田　勇 チームリーダー
松﨑義孝 研究官

8 FOCUS ON
ファシリティーの最前線へ
世界最大級の耐波実験施設に
水中振動台をプラス！
大規模波動地盤総合水路
災害発生後の被害状況を再現する
総合的実験施設
総合沿岸防災実験施設

10 CLOSE UP
現場からの報告
港湾の早期復興に向けて
八戸港・釜石港の
復旧への道のり

13 Cross Line
国際交流レポート
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム
津波に強い地域づくり技術の
向上に関する研究

14 VISITOR'S FILE
来訪者の素顔
イングリッド・シャーベット
博士が港空研の研究施設
を訪問

15 Topics
平成23年度土木学会賞に
おいて港空研の研究者が
「論文賞」「吉田賞」を受賞

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

高橋理事長（以下理事長）　本日は〝防災〟から〝減災〟というテーマで対談させていただきたいと思います。3・11の津波災害で得られた反省と教訓、今後の沿岸防災のあり方、さらには私たちの研究のあり方などについても、ご意見を頂ければ幸いです。

想定外を想定する

山﨑解説主幹（以下山﨑氏）　あの日、私は渋谷のNHK放送センターにいて、揺れが収まった後すぐにラジオのスタジオに入って放送したんです。持ち込んだテレビのモニターを見ると、ヘリコプターからの映像が仙台平野を遡ってくる津波を映していた。今でも背筋が寒くなります。ラジオで「早く逃げてください。とにかく高いところへ逃げてください。」と避難を呼びかけていたのですが、その間に2万人近い方がお亡くなりになったのかと思うと、いまも考えてしまいます。「自分は30年近く、災害の現場や津波の被災地を見てきたけれど、これまで見たこともない状況になっている」と、「ラジオなんか聴いている暇はないんだ！とにかく一刻も早く逃げろ！」と、もっと強い口調で言うべきだったのではないかと。奥尻島やスマトラなど、いろいろな津波の被災地に足を運び、その怖さはわかっていたつもりでした。でも、リアルタイムで津波が押し寄せてきて被災する状況を目の当たりにしたのは初めてでした。津波というのはこんなにも怖い、威力のあるものなのだと、打ちのめされる思いでした。

理事長　私たちも、市民の方々向けに『津波は怖い！』という本を出版するなど、津波の怖さを訴えてはきましたが、あの日のNHKの映像を見て、その本当の怖さが手に取るようにわかった気がします。奥尻島地震（北海道南西沖地震）や日本海中部地震では確かに甚大な津波災害がありましたが、10mクラスの津波というのは非常に限られた地域だけでした。今回のように、岩手県と宮城県の沿岸のほとんどの部分に、10mを超える、15mクラスの津波が来るというようなことは、正直、考えていませんでした。想像力が十分でなかったことをすごく反省しています。今回の津波は、まさに最大級の巨大津波でした。

山﨑氏　震災の直後から、地震の研究者や土木の関係者を含め〝想定外〟という言葉をずいぶん使われましたね。初めのうち私たちは、この言葉が「こんな津波が来るとは考えていなかった」「びっくりした」という意味で使われているのだと思っていたのですが、時間が経つにつれ〝想定外〟ということがもたらした実際面での影響がわかってきました。例えば気象庁の津波予報を出している人たちも、三陸でマグニチュード9を超えるような地震は起こらないと思っていました。自然が相手だから起こり得ることは一般論としては理解していたものの、日本の周りでは起こらないだろうと考えていました。その考えに縛られて、10m以上の津波が三陸から関東まで全体に来るという予報を直ぐに出すことができなかったそうです。土木の関係者にお話を伺っても同じです。例えば堤防を造るときに、波そのものがドドドドッと大きく堤防を越えてくるということは、最初の設計段階からまったく考慮されていない。ですから、越えてきた波が堤防の土台を洗掘してしまうようなことは、そもそも考えていなかったわけですよね。何かを想定して構造物を造るということは、それを超える外力に対しては意識の外に追い出しますから、設計も当然そうなってしまう。〝想定〟に縛られるということは、たいへん大きなことだなあと思いました。

理事長　非常に大事な点を指摘されたと思います。私たちも、その点は大きな反省点だと認識しています。まさにその〝想定外〟の外力を想定して設定しなければいけないのだということを、今回の教訓として考えています。山﨑さんも参加された内閣府の委員会の議論などの結果、「100年に一度程度の津波」だけでなく「最大級の津波」を考えることに大きく変わりました。

市民の参加によって〝防災〟から〝減災〟へ

山﨑氏　今回、震災後にいろいろな人たちを取材していてよくわかったのですが、土木や地震の研究者など専門家の知見は、一般の人には伝わっていないですよね。

理事長　そうなんです。私もそう思います。災害は、市民に降りかかるものです。災害の知識は、市民に活かされることが最も大切です。でも、そうした観点がこれまでは少なく、防災施設を造って「防災」を達成すれば、市民が深く関与する必要がないとも考えられていました。これまでは〝防災〟主流であり、〝減災〟は言葉だけが先行していました。防災は、外力を設定して、それを防ぐ構造物を造るという比較的単純な対策でした。ところが〝減災〟となると、市民に被害が及び、市民が深く関係する話になってきます。ただし、

背景写真：海上保安庁提供（仙台空港周辺）

〝減災対策〞は簡単ではありません。〝防災〞のレベルを超えた津波に対して、もちろん避難によって人命は守るのですが、さらにどこまで減災するのかが問題となります。経済的な損失だけでなく、二次災害、さらには復旧・復興まで考えるとなると、話はさらに複雑になります。そうしたことを予測する技術は十分ではなく、減災を実現する技術や行政的な制度も十分ではありません。

東日本大震災を経て「最大級を考える」だけでなく、「最大級については減災を考える」ということが国の方針となりました。今後はそれを本気でやらなければなりません。山﨑さんがご指摘されるように、市民とともに〝減災〞を考えなければならなくなっています。

山﨑氏　どのようにして専門家と市民の双方がコミュニケーションをとっていくかということは、これからの大変に難しい課題ですね。

理事長　市民に避難をしてもらわなければならない。また市民に災害を理解してもらわなければならない。市民にどこまで減災するかを考えてもらう必要があります。大きな津波が来襲した時に、具体的にどうなるかということを市民に示せる技術は不十分です。行政的な制度も不十分と思います。

山﨑氏　いま技術といわれましたが、技術だけでなく、言葉もないと思います。要するに、市民に対して明確に説明するコミュニケーションツールもいままではなかった。専門用語と数字だけです。数字の意味合いや専門用語の背景を丁寧に説明して頂かないと、一般の人にはわかりません。それに、例えば堤防を造るにしても、公聴会などでみなさんが説明されるのはメリットばかりです。出来ることと解ることしか、これまで説明してきませんでした。お話しのような減災の時代になると、「この堤防にはこのような限界があります」「それを越えて波が来たらこうなります」というところまで説明してもらわないと。私は、こと防災に関して言えば、もう〝離れ小島の専門性〞ではやっていけない時代だと思います。

理事長　私たちのいままでの専門性は〝物を造る〞〝防ぐ〞だけの専門性でした。その防災施設が壊れたときにどうなるのかについては十分には検討していませんでした。直接的な被害だけでなく、社会的・経済的な被害や、復旧復興を含めた、減災というレベルでの専門性が十分ではなかったと反省しています。そうした専門性がないと、市民とコミュニケーションも不十分となり、本当の減災も図れないと思います。

市民とのコラボレーションで〝避難の文化〞をつくる

山﨑氏　それと同時に、市民の側も「自分たちの安全を人任せにしてはいけない」という文化を造る必要があると思います。そのためにも、専門家の皆さんには、解っていることだけでなく、解らないこと、出来ないことも話して頂き、それを受けて市民が「じゃあどうするか」と、そういうコミュニケーションをしながら、この国に〝避難の文化〞というものを作っていかなければなりません。そうしなければ、どこまでいっても保護と依存の関係から抜け出せない市民のままでいる気がします。

理事長　そのためには、正しい知識・情報が、きちんと市民にわかるように伝わって、市民がどのように行動するかということまで考えていくことが必要です。山﨑さんがあの3・11の前日に行われた、気象庁の講演会で話された〝避難の文化〞という言葉に、私はとても感動しました。それを当たり前の言葉にしなければいけないと思っています。そのためにも、私たち技術者としては、正確に予測するとか、あるいは正確な警報を出すとか、そういうことを可能にするよう沖合での津波観測などの技術開発に努めなければならないと考えています。

山﨑氏　私たちもそれを期待しており、技術レベルや予測レベルをより高める努力をして欲しいのですが、同時に、いまのレベルについても明確に伝えて欲しいのです。つまり、いまの科学で解る範囲、いまの技術で出来る範囲を明確に示して、それを基に、安全や避難を考えてくださいと言ってもらいたいのです。

理事長　確かに、コラボレーションを図るためには大事なことだと思います。そのような基本姿勢のもと、技術を進歩させるのは研究所の役割。これから多くの人々と協力して、がんばらなくてはいけませんね。

土木技術と情報部門の協力で犠牲者を減らしてきた歴史に誇りを

山﨑氏　地震の研究者や土木の研究者、技術者のみなさんは、東日本大震災でずいぶん自信を失っておられるように見えます。でも、私たちはやはり多くのことを期待しているわけで、そこは自信をもって頂きたいと思います。研究には、基礎研究のようなものと、それ

をアウトプットして社会に分かるようにする研究の両方がありますよね。それを、どちらも疎かにすることなく、車の両輪のように進めてほしい。とにかく分かりやすいものが良いとか、すぐ役に立つもの以外はやらなくていいとか、それではダメだと思うんです。

理事長　本当にそう思います。例えば1896年の明治三陸大津波のときと現在とでは全然違います。土木技術も警報システムも、かなり進歩しています。明治三陸大津波の犠牲者は2万人といわれますが、地震や津波の規模としてはもっと小さかったし、沿岸の人口も少なかった。もし、今回と同じような状況だったら、犠牲者は一桁多かったかもしれません。技術的な進歩によって救われた人数は、すごく多いはずです。私たちは、そういうことも踏まえ、より高度な技術の研究開発に努力することが大事だと思います。

山﨑氏　そうですね。日本も戦後の一時期は、大きな台風が来るたびに千人単位の人々が亡くなられましたが、いまはそんなに犠牲者が出ることはありません。一つは、荒れ果てた国土に一生懸命インフラを整備した技術、例えば堤防を造ったりダムを造ったりしてきた技術です。もう一つは、私たちNHKもそうですが、台風の位置や勢力、進路予測などを提供する情報です。この二つの部門が、力を合わせてきたことで、これだけ犠牲者を減らすことができるようになったと思います。私は、これからもその関係は変わらないと信じています。ところが最近、専門家のみなさんが「これからは減災だ」といって、市民の避難のほうに防災を丸投げしようとしているのではないかと、そんなニオイを嗅ぐときがあるのでとても心配しています。

理事長　それは私も危惧しています。「避難すればいい」とか「避難だけでいい」とか、あるいは「みんな高台に住めば、それで済む」という意見をよく聞くようになりました。でも、海辺は豊かなところであり、命はもちろん大事ですが、海辺の生活も考える必要があると思います。これまでも危険な海と共生しながらやってきたはずです。そのために技術面からそれをサポートしてきました。ところが最近は、最大級の津波が「1000年に一度のクラス」から更に大きくなる傾向にあります。そして、そうした巨大な最大級の津波については「避難だけすればいい」という声が大きくなっています。防災のレベルの津波から最大級の津波の間の減災については、いつの間にか忘れられています。海辺の人々の命だけでなく生活を守るためには、減災を本気になって考えないといけないと思います。

地道に研究を積み重ね 技術の力で減災をサポート

山﨑氏　とにかく「後は避難にお任せ」みたいな風潮になっていることは大変に問題だと思います。やはり避難をサポートする技術とか、避難のリードタイムを稼ぐための堤防のあり方とか、避難をスムーズに進めるためにどういうふうに街づくりをしていけばいいのかとか、そういう議論を積み重ねていかなければ、また同じことになります。また、最近いろいろな被害想定が出てきますが、〝被害想定のインフレ化〟が進んでいます。東海・東南海・南海地震が三連動して、最大級の津波になるとこのくらいとか、マグニチュード9・0になるとか想定されています。もちろん最大級を考えて防災・減災を考えるのは必要なことですが、その数値だけを出して丸投げされても、住民は何をやっていいかわからない状況です。もう途中から、これはあきらめるしかないのではないかと……。

理事長　確かに、あきらめるしかないような最大級の津波想定が出ています。本当に住民の命や生活を考えたら、いろいろな津波のケースについて考えて、その想定される発生の確率や予測される被害を具体的に示して、「こう対策するのがベターですよ」と示すことが、本来の行政だと思います。

山﨑氏　そのとおりだと思います！

理事長　それを可能にするような技術の開発・改良が、私たち研究所の仕事であり、責任ですね。さらにいえば、わかりやすく説明するツールというのも不可欠です。例えば動画によって災害シミュレーション結果をビジュアルに見せる技術も必要と思います。減災というのは社会との接点が大切です。市民にわかってもらわないと意味がありません。市民とコミュニケーションができる技術者の育成も含め、喫緊の課題だと考えています。

山﨑氏　過酷な被害想定は、ややもすると、やるべき地道な対策を見えにくくすることがあります。東日本大震災から得られた技術的な教訓、情報面での教訓、その他さまざまな教訓を、できるところから、できる範囲で実現していく、地道にやっていくことが、いま、とても大事なことだと思います。港湾空港技術研究所の皆さんには〝技術がサポートできる減災〟ということを、もっともっと考えて頂きたいと思います。そこは是非、進めて下さい。

理事長　ありがとうございます。今日は、さまざまな点で貴重なご意見を伺うことができました。研究所は、津波だけでなく高潮・高波など種々の沿岸の防災の研究も行っています。今日のお話は、すべての災害の研究に共通したお話であり、今後の研究に大きな示唆を頂きました。お礼申し上げます。

大学院ではコンクリートを研究しているというインタビュアーの和久田さん。取材時は構造研究チームでの実習期間の真っ最中。油濁対策研究という、彼女にとっては未知の分野に取り組む、二人の研究者にインタビューしました。

熊本大学大学院 自然科学研究科
社会環境工学専攻 博士前期課程1年
和久田倫代

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
1983年　岩手県生まれ
2006年　岩手大学工学部建設環境工学科卒業
2008年　岩手大学大学院工学研究科建設環境工学専攻修士課程修了
2008年～現職

新技術研究開発領域 油濁対策研究チーム
藤田　勇 チームリーダー
1965年　静岡県生まれ
1988年　東京大学工学部機械工学科卒業
1990年　東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻修士課程修了
1990～1994年　住友電気工業（株）勤務
1998年　東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻博士課程修了
1998年　東京大学ポストドクター
1999年～現職

さまざまな分野を総合し油流出という難題に挑む

お二人の研究内容を教えてください。

藤田　原油を運ぶタンカーが事故を起こすと、海洋に油が漏れます。流出事故が起こったとき、環境に与える被害を最小限に食い止めるためには、漏れた油を回収するなど、いろいろな方法で対応していかなければならない。その対応の手法を研究開発しているんです。漏れた油がどう広がっていくかをシミュレーションして、漂着する危険性のある海岸線を予測し、対応を考えたりも。概要としては、そういうことですね。

松﨑　私はそのなかで、海上に流出した油の漂流予測などをメインに。おもにコンピュータを使った数値シミュレーションの開発ですね。あとは、水槽（油回収実海域再現水槽）を使ったり、実際に海に出て実験したりすることで、油の広がりを予測するためのモデルの開発などを行っています。

研究が役立っていると実感するときは？

藤田　油濁対策という観点からいえば、本当は役立つ機会がないのがいちばん嬉しいこと。1997年に起こったナホトカ号重油流出事故以来、いまに至るまで、幸い大きな油流出事故はありません。ただ、東日本大震災では油流出もありましたからね。そういった事故のとき、自分たちが開発した技術が油濁の対応に使われて、役に立った、被害が小さく抑えられたということがあったら嬉しい。小規模な油流出に対しては成果を上げてきた

藤田 勇チームリーダー
「富士登山に挑戦しています。二度目で登頂に成功したのに証拠写真が撮れなくて（笑）。来年こそリベンジ！」

と自負していますが、いずれ起こるかもしれない大きな事故に対してはどうかというと、まだ十分ではないように思います。東日本大震災を受け、タンクなどからの油漏れといった事象についても鋭意研究に取り組んでいるところです。

油流出事故のとき、いちばん大切なのは？

藤田　油の種類や、事故の起こった海域、そのときの天気や風、そういったものをすべて考慮して、ケースバイケースで対処法を考えないといけません。それは本当に難しいこと。原油やガソリンが漏れているとき、不用意に近づくと火災を引き起こし、人命に関わります。専門家の視点で考えて、もっとも妥当な手法を採るので、そこを任せてもらいたい。そのためには日頃の備えが大切なんです。コンティンジェンシープランっていうんですけど、ここで油の流出事故が起きたらこうなるだろうというものを想定し、あらかじめ対応策を考え、訓練を重ねておくということが最重要。それに使う技術を開発しているわけです。

大学での研究とはつながりが？

松﨑　私の場合は、大学院でも数値計算とかコンピュータを使った計算をしていたので、いまの研究とちょっと似ています。

藤田　私は機械工学科で熱流体系の研究をしていたので、油濁対策の分野の研究は研究所に入ってから。大学にはそういう分野はないですからね。油濁対策で使う技術というのは、コンピュータによるシミュレーションはもちろん、機械のほうなら流体の技術、船舶付帯関連の技術、あるいは油の付着などをみるケミカルな分野など、さまざまな分野に跨っている。総合して対処していく必要があります。学生時代に培ったものが直接つながるということはないけれど、そこで興味をもったことや得た知識は、いろんなところで役に立ったりしますよ。

山積する研究テーマに各自のスタイルで挑戦を

研究者になったきっかけを教えてください。また、研究者に必要な資質とは？

松﨑　修士課程1年の頃、学会で賞をいただいたのがきっかけ。研究でなら、何か一つでも二つでも、自分でこういう仕事をしたということが残せるんじゃないかと思ったんです。そのときの研究は、氷の下に油が流れたときの移動や広がりを数値計算で再現するというもの。ただ、それは実験室の中で再現したレベルの話。実海域で使える技術を目指すのは難しい。研究所に来てからは苦戦しています。

松﨑義孝 研究官
「休日はバイクに乗ったり走ったり。長距離選手だったので、走るのは趣味とは違う感覚。私にとっては特別なんです」

藤田　私は修士課程修了後、いちど民間企業に勤めたんです。でも、もっと研究に打ち込みたくて大学に戻り、博士号を取ってここに来た。思えば、あれが人生の決断でしたね。

松﨑　研究者に必要な資質というのは、正直わかりません。研究所に入ってみて、いろんなタイプの研究者がいるなあと思いました。自分が研究者に向いているのかも、ちょっとわからない（笑）

藤田　こうでなきゃいけないということはないと思いますよ。松﨑くんは寡黙で粘り強い。決めたらそれをやり通す頑固さがある。そういうところは向いていると思う。各人いろいろなスタイルを持っていて、それを守るとか、そういうことなのではないでしょうか。私のスタイルですか？　机上の研究だけでなく、トータルでものづくりに取り組みたいという姿勢かな。実験室に工作機械を置いているし、実験に必要な溶接も自分たちでやります。

今後はどのような研究を？

松﨑　油回収や被害予測などに、シミュレーションが実際に活かされるよう態勢を整えていくのが課題です。あとは、少しでも従来のシミュレーションより予測できるようになったというところを見つけて、結果としてまとめていきたい。

藤田　津波のときの油の流れ方なども含め、テーマは山積しているので、一つひとつ地道に問題解決を図っていきたいですね。そうだ、和久田さんもいかがですか？　いまからでも油のほうに（笑）

実はいま、工業高校の教員採用試験を受験中なんです。工業土木の先生になりたくて。

藤田　先生になられるんだったら、油濁対策という技術もあるというところを、ぜひ学生さんに広く伝えていただきたいなあ（笑）

和久田倫代さん

熊本大学大学院 自然科学研究科 社会環境工学専攻 博士前期課程 1 年

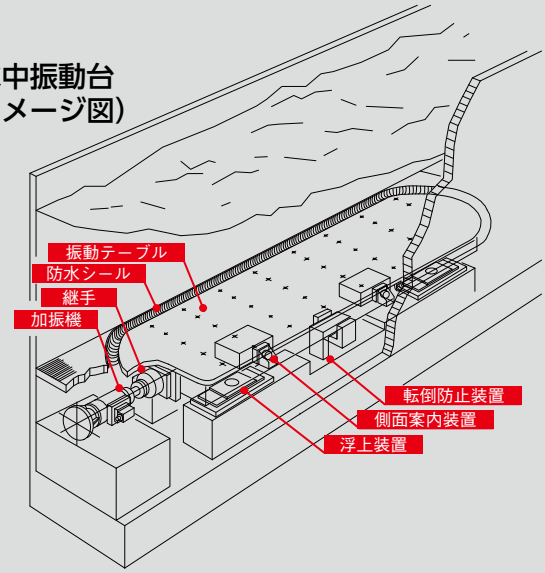
今まで油濁については学習する機会がなく、今回のインタビューを通して新たな知識を得ることができました。研究者その人その人の信念があることを実感するとともに、柔軟な対応も大切であることがわかりました。油濁は土木分野のなかでは比較的新しいもので、お二人ともゼネラリストとスペシャリストの二つの面を持ち合わせた方々であるとの印象を受けました。研究に対する直向きで熱い想いはもちろんのこと、趣味や休日の過ごし方など普段の生活についてのお話もお聞きでき、これまで遠い存在であった研究者の方を少し身近に感じることのできる良い機会となりました。ありがとうございました。

世界最大級の耐波実験施設に水中振動台をプラス！

大規模波動地盤総合水路

高波や津波を人工的に起こして破壊実験ができる、
世界でも類を見ない巨大な施設が、
東日本大震災の教訓を得て、改修工事に入る。
水路の底に埋め込まれるのは水中振動台。完成後は、
地震と津波の相互作用をほぼ実寸で再現可能に！

水中振動台
（イメージ図）



右から海洋研究領域 耐波研究チーム 佐藤昌治研究官、有川太郎上席研究官、
（左お二人は実験準備をお願いしている研究所外の方々）

地震と津波の相互作用を詳細に検証し、対策につなげる

本誌1号のFOCUS ONでも紹介した大規模波動地盤総合水路。長さ184mの巨大水路において最大3・5mの風波と2・5mの津波を人工的に起こし、構造物の壊れる過程や、その際の地盤の動きまで、ほぼ実寸で再現できる施設です。ここでの破壊実験にも、東日本大震災を経て変化が。さらに、これから大規模改修が行われるとのことで、再びお話を伺いました。

「水路の下に、地震を再現するための水中振動台を造って埋めるという改修工事です。来年3月頃までの予定。完成すれば、地震と津波の相互作用を、ほぼ実寸に近いスケールで実験できるようになります。これは、地震の多い日本ならではの発想だと思います」と、耐波研究チームの上席研究官、有川太郎さん。

「まず振動台で揺らし、構造物が少し変形した状況で津波をかけるんです。地震と津波の相互作用の実験といえば、大規模地震津波実験施設（本誌5号で紹介）がありますが、あちらはスケールは小さいですが地盤の相似則をしっかり合わせ、全体を見ようという目的。こちらはスケールを大きくすることで、細部をより詳細に見ようというものです。そうすることにより、データ計測の精度が高くなり、いままで気づかなかった細かいところがどんどんわかってくる。より合理的な対策を講じられると思うんです」

小さい模型ではわからない、わずかな傾き。それが、ほぼ原寸で行う実験では、致命傷になることもあるといいます。「ちょっと傾いたり、わずかにヒビが入った影響で、津波をかけると思わぬところが壊れてしまう。そのような想定しない出来事が生じるということが、たいへん勉強になります。何より、ここでの実験では人間よりも大きなものが壊れるので、危険がともないます。毎回そのような実験を見ることで、詳細な計算をすることがなくても、構造物が波や津波によってどのようになるかという感覚が身についてくるようになるんです」

実験のやり方から変えて挑んだ震災後の研究

今回の改修計画とは別に、東日本大震災が起こってから、ここで行われる実験はかなり変化したといいます。

「震災前は、防波堤や防潮堤を津波が越えた後、どういうふうに構造物を破壊するのか、よくわかっていなかった。想定していなかったんですよ。震災から1年半近く、そのメカニズムを解明することが最大のテーマでした」

多くの研究者にとって、もっとも衝撃的だったのは、津波が作用している時間の長さだったのだとか。「津波が作用している時間が長いので、それだけ、一旦ものが壊れると、構造物の移動する距離も長いんです。津波が越えてくると、水位は構造物の前で高くなり、後ろが低い状態になることが多い。その状況をいかに定常的につくるかが、今回の実験のポイントでした。この施設にもともと備わっている環流ポンプを用いて再現を試みました。水槽で波を起こすだけでは再現できないので、実験のやり方そのものを変えたわけです。もちろん外力条件や構造物の条件によって壊れ方は違ってきますが、何らかのルールがあって、分けていくことができそうだという手応えが、これまでの研究で得られています。それは、今後の〝粘り強い〟構造の研究につながると思います」

取材した日は、これから行われる実験の準備で、1個6トンもあるコンクリートブロックが水路に運び込まれているところでした。

「ここでの実験は、いまも毎日が発見の連続。地震と合わせ、今後、より精進して研究しないといけませんね」

災害発生後の被害状況を再現する総合的実験施設

総合沿岸防災実験施設

大規模水理模型実験水槽での実験と、
高性能コンピュータを活用した
数値シミュレーションで、
長周期的うねりの被害を精度よく再現。
迅速なメカニズム解明の鍵に！

左から海洋研究領域
耐波研究チーム
有川太郎上席研究官、
窪田幸一郎研究官、
宇野勝哉依頼研修員

大規模水理模型実験水槽。水槽には構造物の模型が配置されている

数値シミュレーションを行うスーパーコンピューター

水槽の幅の広さを活かして構造物への影響を平面的に検証

大規模波動地盤総合水路（8ページ参照）に続いて、有川さんの案内で向かったのが総合沿岸防災実験施設。まず目に飛び込んできたのは、短辺10m、長辺50mもある大規模水理模型実験水槽です。ここで行われているのは、防波堤や防潮堤、護岸などの破壊・変形の過程を再現する実験。

「防潮堤の内側は基本守られますが、とくに港湾で作業している方は、その外側で働いていらっしゃることが多いです。津波対策をどのように立てていくかという問題がある。現在は、コンテナが港湾施設に当ったらどれくらいの力になるか、どのような影響があるのかといったことも実験しています」

近年多発している長周期的うねり。頻発する高潮・高波災害に対して、早急にメカニズムを解明し、然るべき対策を打ち出す必要があり、この水槽では実験の精度を上げるため、造波機や環流装置の更新やコンクリートの強化といった改修がなされました。昨年の3月に完成。そのすぐ後に、東日本大震災が起こったのだとか。「なので、震災の後すぐに、万全の状態で使うことができました。釜石湾口防波堤などの被災状況を調べるのにも役立てられました。津波を想定しての改修ではありませんでしたが、このタイミングで更新しておいて本当によかったです」

幅が10mと広いため、構造物を平面的に配置して実験できるというのが大規模波動地盤総合水路とのいちばんの違いであり、この施設最大のメリットだといいます。

「例えば防波堤の堤頭部周辺とか、防潮堤背後への平面的な影響などを見ることができるんです。長さが短いのと水深が浅いのとで、そのぶん模型の縮尺は小さくなってしまいますけどね。波も起こせるし、流れによって水位を上昇させることもできる。実に使い勝手のいい施設です」

実験と数値シミュレーションの両輪でメカニズム解明に挑む

水槽の隣にはコンピュータルームがあり、数値シミュレーションを行うスーパーコンピュータが並んでいます。いわば、こちらは「数値水槽」。

「実験と連動させたり、あるいは実験水槽とまったく同じ計算をコンピュータで行ったりして、計測で足りていないところをシミュレーションのほうで検証します。このコンピュータは、場合によっては大規模波動地盤総合水路での実験にも使います。二つの施設をうまく使って、いろいろな実験を行っていきたいです。水路のほうに振動台が入れば、さらに実験の幅が広がるでしょう」

いま、必死に目指すべき課題は「信頼性の回復」だと有川さん。「東日本大震災以来、土木構造物は圧倒的に信頼性を失っている。これは逃れようのない現実ですから。そこをいかに回復していくか。もちろん〝信頼性がある建造物＝逃げなくていい〟というのではありませんが、もう少しみなさんに安心して暮らしていただけるようにしていくことは非常に大事。われわれは、実験施設と数値シミュレーションを駆使しての研究で、精一杯それに貢献していきたいです」

碎岩棒によるケーソン破砕

港湾の早期復興に向けて
八戸港・釜石港の復旧への道のり

東日本大震災による大津波で
甚大な被害を受けた八戸港と釜石港。
早期復旧に向けて急ピッチで作業が進められている
復旧工事の現場を訪ねました。

八戸港

復旧工事が進む北防波堤

2011年3月11日に発生した東日本大震災から1年半が経ちました。被災地の港湾でも、防波堤の転倒や水没、港湾施設の損壊など甚大な被害を受けました。今回は、復旧工事が行われている青森県・八戸港と岩手県・釜石港を訪ね、復旧作業現場を取材しました。

ナローマルチビームによる八戸港の被災状況調査

八戸港は地震による被害は軽微だったものの津波により、防波堤に被害が集中しました。特に八太郎地区の北防波堤の被害が大きく、ケーソンの倒壊や水没、航路泊地の埋没などもみられました。取材時には北防波堤の壊れたケーソンを巨大な砕岩棒で粉砕する工事が行われていましたが、こうした復旧工事のために、地震直後から調査が行われていたのです。

「震災の翌日より調査を実施し、どのような手順で復旧作業を行えば早期供用できるかなどを話し合う技術会議を開きました。3月16日には港湾空港技術研究所の調査団が現場入りし、地震と津波被害の調査をしていただきました」（東北地方整備局 八戸港湾・空港整備事務所長　神山豊さん）

東北地方整備局 八戸港湾・空港整備事務所長 神山豊さん（左）、企画調整課長 小杉宜史さん（右）

調査の第一段階として、短時間で広範囲・高密度のデータ収集を行うことができるナローマルチビームを用い、海底の測量を行いました。これにより、被災したケーソンの状態やマウンドの被災状況がはっきりとデータに示され、どこが洗掘されているかなど海中の地形を知ることができるのです。

北防波堤は陸側から「基部」「中央部」「ハネ部」で構成されていますが、このうちの約4割が転倒・水没し、いずれも港内側に崩れ落ちたことがわかりました。転倒ケーソン以外でも消波ブロックの飛散、沈下、基礎マウンドの洗掘が発生。さらに、津波来襲時の映像情報により「中央部」と「ハネ部」で被災メカニズムが異なっていることも確認されました。

港空研と協力して行われた北防波堤の復旧対策

「地元の期待に応えるため、いかに早く北防波堤を復旧できるかを目標に、復旧断面の検討に取りかかりました。被災から18日目には仙台港湾空港技術調査事務所や東北地方整備局も合同で検討会議を行い復旧断面案を提案。港空研さんにも設計のチェックやアドバイスをいただきました。地元からは、防波堤がなくなったことで港内の波が高くなりうねりが発生しているため、船の接岸や係留が難しく、静穏域を早急に確保してほしいという要請がありました。そこで、既存防波堤の位置よりも港外側に消波ブロック堤を造り、静穏域確保のための応急復旧を早急に行いました」（企画調整課長　小杉宜史さん）

北防波堤の復旧手順は、港内側に移動（転倒）したケーソンをそのまま存置した状態で、港外側にブロック堤を築堤し、港内側が静穏になった段階でケーソンを原地盤まで粉砕・撤去。その後、ケーソンヤード等で製作した新規ケーソンを据付し、上部コンクリート打設後、最後に消波ブロックを移設します。（P11「北防波堤の復旧施工フロー図」参照）

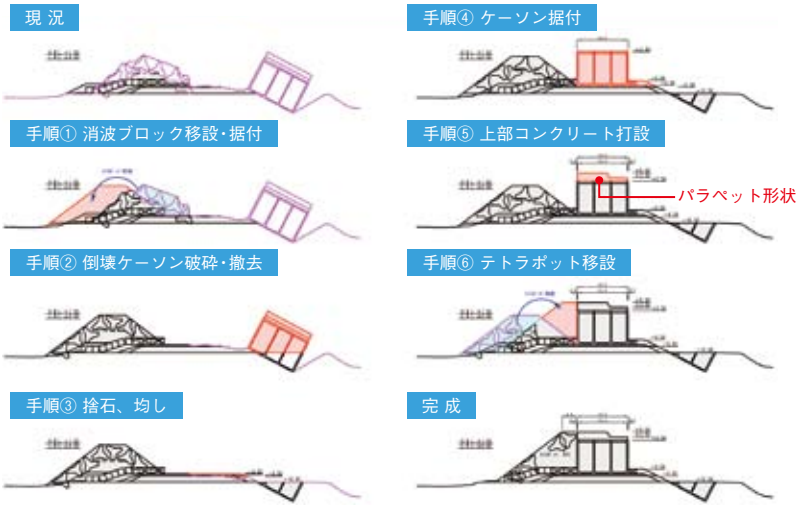
北防波堤の被災ケーソンは全部で102函、そのうち中央部は60函、ハネ部は42函です。工期や経済性など効率面を考慮し、ケーソンのサイズを変え、中央部で40函、ハネ部で34函を作り据え付けることにしました。

また、中央第1、第2防波堤では先端のケーソンが1函倒壊・水没したものの、ケーソンがパラペット形状だったため越流洗掘による被害がほとんど見られず粘り強く持ちこたえていたことから、北防波堤のケーソン上部工の断面構造をこのパラペット形状に変更し、港内側マウンドへ被覆材を設置するなど越流対策を行っています。

「ケーソン据付は今年4月から始まり、既に31函が終了しています。工業港、国際貿易港でもある八戸港の復興は、漁業やフェリー運航など人々の生活と直結しているので、一日も早い復旧が望まれています」（神山豊所長）

八戸港

北防波堤の復旧施工フロー



新設ケーソンの上部工

釜石港

北堤がほぼ全壊した世界最大水深の釜石港湾口防波堤

本誌1号でも紹介した世界最大水深（63m）の「釜石港湾口防波堤」は、津波高を低減し、沿岸への到達を遅らせて避難のための時間をかせぐ効果を発揮しました。しかし、防波堤南堤は約360m、北堤はほぼ全域倒壊という甚大な被害を受けました。港内の岸壁やふ頭用地も地震と津波によって損壊、港湾利用企業や周辺施設も被災しています。

八戸港と同じようにナローマルチビームを用いて面的に海底を測量したところ、湾口防波堤の南堤側は波のさまざまな条件が重なって残った箇所がありますが、北堤はほぼ全域にわたってケーソンが港内側に押し流されていました。

「なぜこのような事象になったのか、港湾空港技術研究所にお願いをして原因を突きとめていただきました。水理模型実験で現況再現などを行って破壊メカニズムを解明していただき、ケーソンが押し流された事象については原因を解明することができました」（東北地方整備局 釜石港湾事務所 副所長 及川隆さん）

東北地方整備局 釜石港湾事務所 副所長 及川隆さん（左）、企画調整課長 尾﨑幸男さん（右）

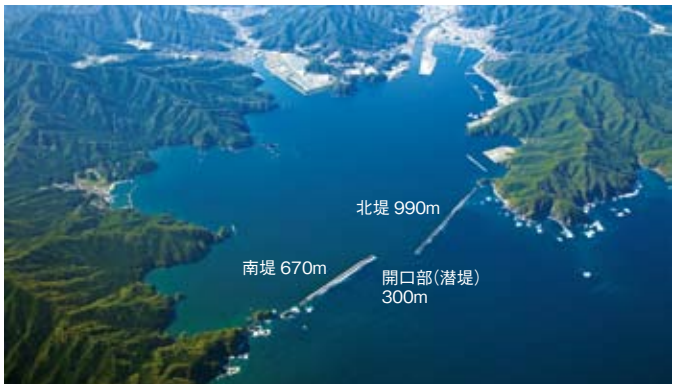
工期短縮のためにハイブリッドケーソンを採用

港空研による調査・解析により津波の事象や破壊メカニズムが明らかになり、それを基に復旧工事が進められています。防波堤は港内側の基礎マウンドを嵩上げしてケーソンの滑落に抵抗するとともに、ブロックで覆うことで基礎マウンドの洗掘を防止するなどの工夫を行い、粘り強い構造に改良されることになりました。

現在は、津波によって押し流されたケーソンの撤去作業と、新しいケーソンの製作が行われています。ケーソン製作には、急速施工を目的として、一部にハイブリッドケーソンを採用しました。ハイブリッドケーソンは鉄筋コンクリートに鋼材や鋼板を組み合わせた構造で、通常のケーソンに比べて堤体幅を狭くし、また施工延長方向に長尺にすることができるなど施工性に優れています。長尺にしてケーソンの据付函数を減らすことで、急速施工が可能になるのです。また、ケーソンが大き過ぎると製作工程に時間を要するため、高さを一部小さくしている部分があります。以前は高さ30mのケーソンが必要でしたが、ケーソンの下に石を入れてマウンドの嵩上げを行いケーソンの高さを抑えることで製作サイクルを短くする工夫がされています。

「港空研には被災後すぐに現地調査をしていただき、防波堤による減災効果が明らかになりました。もしも防波堤がなければ津波の遡上高が20m以上になり、さらに多くの生命と財産が奪われていたと考えられます。一方で、この防波堤があったので安心して避難しなかったという住民の声もありました。過去に経験したことのない津波も起こりうること、避難することがもっとも大切だということをもっと強く伝えなければならなかったと思っています」（企画調整課長 尾﨑幸男さん）

釜石港湾口防波堤被災前

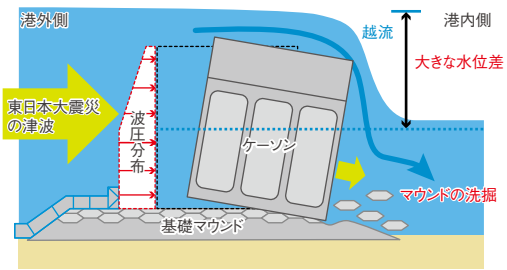


被災後

湾口防波堤倒壊状況（北堤）

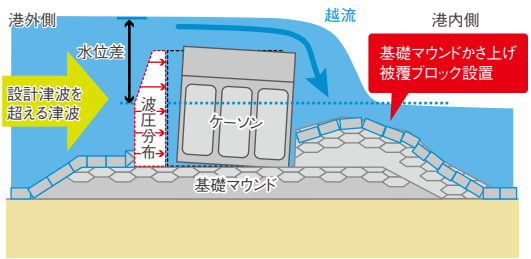
ケーソン製作現場

湾口防波堤の被災原因



防波堤が津波を堰き止めたことにより、港内外に極端な水位差が発生し、ケーソンが港内側に押されたことが主な原因。港内側の基礎マウンドが越流により洗掘されたこと等も影響し、ケーソンが滑落した

粘り強い構造



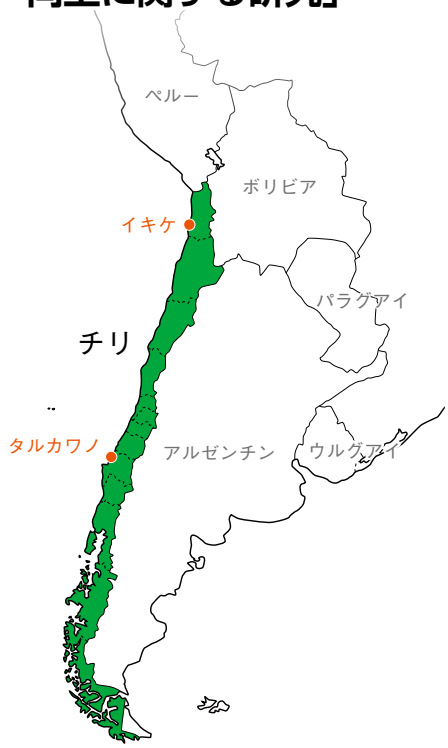
港内側の基礎マウンドをかさ上げしてケーソンの滑落に抵抗するとともに、ブロックで覆うことにより基礎マウンドの洗掘を防止するなどの工夫を行う

CLOSE UP 現場からの報告

Cross Line 国際交流レポート

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム

「津波に強い地域づくり技術の向上に関する研究」



1. イキケにおける津波浸水予測地図を使った津波ハザードに関する検討
2. 海岸に人口の集まるイキケの市街地
3. イキケ港における現地調査

科学技術振興機構（JST）と国際協力機構（JICA）による地球規模課題対応国際科学技術協力（SATREPS）プログラムにおいて、港湾空港技術研究所が日本側の代表機関となりチリと実施する「津波に強い地域づくり技術の向上に関する研究」が本格的に始まりました。

このプロジェクトは、2010年のチリ地震、および昨年の東日本大震災に伴う津波の教訓を踏まえ、津波に強い地域づくりや、市民の防災力向上を図るための研究を行い、チリと日本、さらに世界の津波脆弱地域の津波災害を軽減する技術を開発することを目標としています。

プロジェクトの主な取り組み

① 津波被害を推定するための技術開発

② 今後両国で発生する津波による被害予測やその被害への対策の提案

③ 地震や津波の観測情報を活用した高い精度の早期津波警報手法の開発

④ 津波に強い地域や人づくりのためのプログラムの提案

今年の1月26日には、港湾空港技術研究所とチリ側代表機関の公共事業省（MOP）およびカトリック教皇大学（PUC）との間で覚書（MOU）に署名がされました。その翌日に約100名の参加者が集まってキックオフシンポジウムを開催し本格的にプロジェクトが始動しました。

チリ北部では、近い将来に海溝型巨大地震とそれによる津波が起こることが懸念されています。このためチリ北部のアントファガスタ、イキケ、メヒジョーネスで現地調査を行い、地域の人達とともにこのプロジェクトを進めるパイロットサイトとしてイキケを選択しました。さらに2010年の津波被害を対象として被害推定モデルの開発を行うため、タルカワノがもう一つのパイロットサイトに選ばれています。

本プロジェクトには、日本側では港湾空港技術研究所に加えて、関西大学、海洋研究開発機構、山口大学が主要機関として参画しており、さらに8つの大学（※1参照）と気象研究所、国土技術政策総合研究所の研究機関、国土交通省や気象庁の行政機関から総勢38名の研究者および技術者が参加しています。チリ側では公共事業省やカトリック教皇大学に加えて、大学や海軍水路・海洋部、内務省国家緊急対策室など国の津波警報や防災情報にかかわる機関から研究者や技術者が参加しています。

大きな津波被害を受けた日本とチリの研究者らの強い連携のもとで活発に議論され、研究される津波防災技術に世界中から注目が集まりそうです。

※1 東北大学、筑波大学、防衛大学校、群馬大学、静岡大学、名古屋大学、京都大学、徳島大学。

キックオフシンポジウムに参加したプロジェクトメンバー

イングリッド・シャーベット博士が港空研の研究施設を訪問

去る6 月25 日（月）、ユニヴァーシティ・カレッジ・ロンドン（University College London,UCL）の助教であるイングリッド・シャーベット博士が港湾空港技術研究所を訪れました。
シャーベット博士は、主に海岸工学を専門に研究されています。今回の訪問では、港空研内の「大規模波動地盤総合水路」、「総合沿岸防災実験施設」、「デュアルフェースサーペント水槽」、「干潟実験施設」、「三次元水中振動台」、「大規模地震津波実験施設」の研究施設を視察され、津波の数値計算モデルについて情報交換を行いました。
視察後、シャーベット博士にお話を伺いました。

――今回の訪問のきっかけは？

大学のアルソップ先生の紹介で、港湾空港技術研究所のことを知りました。私は今、津波による構造物の挙動やその脆弱性などをテーマに研究を行っています。研究を進めるには大規模な実験施設のデータが必要になります。この研究所には大規模な実験施設がたくさんあるので、実際にどのような性能を持っているのか大変興味がありました。

――実際に研究施設を視察されていかがでしたか？

まず施設の大きさに大変驚きました。特に「大規模地震津波実験施設」はとてもユニークで、水中で地震を起こすことができ、なおかつ津波を起こす機能が非常に興味深かったです。また、「大規模波動地盤総合水路」によって、津波による衝撃実験ができることもとても興味深いですね。「大規模波動地盤総合水路」は今までに見たこともない大きさでしたし、「大規模地震津波実験施設」のような設備は見たことも聞いたこともありませんでした。これは新しい発見でした。

――なぜ海岸工学を研究しようと思ったのですか？

元々私は津波や高潮だけではなく、大雨による洪水なども含めて、水によって引き起こされる災害に興味があり研究していましたが、2004 年にインド洋大津波が起こり、津波というものにとくに興味を持つようになりました。津波が海から伝播し陸上に上がって、建物等と干渉していく現象について、より深く研究したいと思ったのです。イギリスでも、私の出身地であるフランスでも津波は起こりませんが、イギリスやフランスに限らず、世界における津波の防災というものを進めていきたいと思っています。

Ingrid Charvet PhD Researcher

Topics

平成23年度土木学会賞において
港空研の研究者が「論文賞」「吉田賞」を受賞

栗山善昭 特別研究官

平成23年度土木学会賞において、栗山善昭特別研究官（海洋・水工研究担当）が「論文賞」を、岩波光保構造研究領域長と加藤絵万構造研究チーム主任研究官が「吉田賞（論文部門）」を受賞。去る6月24日にホテルメトロポリタンエドモントで開催された第98回土木学会定時総会の土木学会賞授与式において表彰されました。

「論文賞」に選出された栗山特別研究官の論文は『沿岸砂州の周期的沖向き移動に関する断面変化モデル』。数値計算による再現が非常に困難であった“砂州の発生”、“沖向き移動”、“消滅”、そして“新たな砂州の発生”から構成される砂州移動の１サイクルを再現する断面変化数値シミュレーションモデルを初めて開発した、先駆的な研究が高く評価されました。

加藤絵万 主任研究官

岩波光保 構造研究領域長

「吉田賞」は日本のコンクリート技術の基礎を築かれた吉田徳次郎博士のご功績を称え、コンクリート技術の進歩向上に寄与することを目的として創設されたものです。受賞した論文は、『断面修復を施したコンクリート床版の鉄筋腐食性状に関する検討』で、断面修復による部分的な補修がコンクリート床版全体の腐食回路の形成にどのように影響するのかを検討したものです。今後のコンクリート構造物の断面修復技術の発展のみならず、コンクリート構造物の適切な維持管理の実施に繋がる有益な知見が得られたことから、吉田賞（論文部門）に値すると認められました。

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/

PRINTED WITH SOY INK
●この印刷物は環境にやさしい
植物性大豆油インキを使用しています。
グリーン購入法に基づいた用紙を使用しています。