世界に貢献する港湾空港技術

PARI

VOL.42
JANUARY 2021

Airport

Technology

Port

2 __ Front Line - 特集 -

海底の砂や泥の動きを把握し沿岸域の地形変化の予測・管理に挑む

6 __ Focus On 研究活動の最前線へ

世界初！ 月の周期が海浜地形変化におよぼす影響を実証
スーパームーンによって高まる
海岸侵食リスクを明らかに

河口沿岸域の底質条件を考慮した土砂輸送モデルの開発
砂と泥が混ざり合って変化する
複雑な現象の予測を可能に

8 __ Close Up 現場からの報告

新潟西海岸事業のその後と
西港地区での航路整備

10 __ Front People 研究者の広場 挑戦する研究者たち

世界を舞台に挑む！
航路・泊地の埋没という
最重要にして最難関の課題

14 __ CROSS LINE 国際交流レポート

スマートポート国際標準化に向けた
研究アライアンスに係る覚書を締結

15 __ TOPICS

地盤研究領域 土質研究グループ 杉山友理研究官が
英国土木学会の Telford Premium を受賞

地盤研究領域 土質研究グループ 高野大樹主任研究官が
「Soils and Foundations 2019 Editorial Board Member Award」を受賞

海底の砂や泥の動きを把握し 沿岸域の地形変化の予測・管理に挑む

海岸・海底の土砂移動による地形変化の問題について
本誌18号（2015年1月発行）で特集してから約6年が経過。
港空研では継続して、海岸侵食や航路埋没といった
宿命的ともいえる課題に挑んでいます。
沿岸土砂管理研究グループの近年の取り組みや研究成果、
今後の展望について取材しました。

沿岸環境研究領域
沿岸土砂管理研究グループ
中川康之 領域長・グループ長

沿岸環境研究領域
沿岸土砂管理研究グループ
中村聡志 上席研究官

海岸や港湾における土砂移動に関連する重要な課題として、海岸の侵食と航路・泊地の埋没が挙げられます。海岸侵食とはつまり〝土砂がなくなる〟ということ。国土保全はもちろん、防災機能の向上、海岸環境の向上のためにも対策は必須です。航路・泊地の埋没は、それとは逆に〝土砂が溜まる〟という問題。こちらは航行船舶の安全性の確保や、合理的な港湾運営のために対策をとらねばなりません。

海岸研究の進化を目指し新しい測量技術の導入を検討

まず、海岸侵食対策のほうの研究トピックスとして、波崎海洋研究施設（HORS）での取り組みから。

中村「茨城県神栖市にあるHORSは、通常では観測が難しい桟橋付近の砕波帯での砂の動きを観測するための施設。30年以上にわたり、波の自動観測と、海底地形断面と流れの人力計測を続けています。その目的は、海岸侵食防止のためのシミュレーション構築や、現象の解明。これだけ長期にわたって蓄積された詳細な波と流れ、地形変化の観測データは、世界でも唯一無二のものです。この観測桟橋で、2017年と2018年に行ったのが航空レーザー測量。飛行機など空を飛ぶものを使って、上空から海底地盤高を測るということを、砕波帯の中でやってみた。桟橋を含む4、5㎞の範囲で飛んでグリーンレーザーで測量を行い、それを、レッド（おもり）を使った海底断面測量の結果と比較したんです」

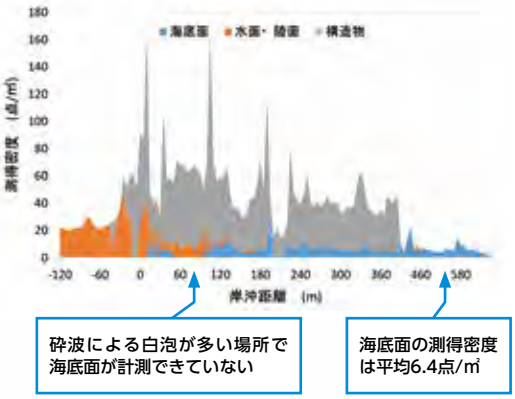
波崎海洋研究施設（HORS）

近年になって小型化・汎用化が進んだ水中を透過するグリーンレーザーですが、果たして波が砕けるような場所でも海底測量が可能なのか否か。行われたのは、つまりその適用性の検討。

中村「結果としては、精度自体は良いものの、砕波による白い泡が立っているような場所や、砂の巻き上げによって濁りが出ている場所では欠測が多く見られました。砕波帯で使うためには、今後、機器自体の改良や解析手法の改良が必要になってくると思います。レーザー測量機器メーカーや測量会社にも、機器開発や測量検証のために、ぜひHORSを使ってほしいですね」

こうした課題をクリアし、航空レーザー測量によって、砕波帯でも正確な海底地盤高が得られるようになれば、海岸研究は飛躍的に発展するはずだといいます。

中村「いまは波崎海岸の桟橋直下だけの計測なので、長期的にデータをとっているものの、範囲としてはものすごく狭い。それ以外の場所の海底がどうなっているのかはわからないんです。ドローンなどを飛ばして海岸を測るということが定期的に手軽にできれば、日本全国の海岸侵食の状況や、波打ち際だけでなく海の中までどれくらい侵食されているのかといったことがわかってくるんじゃないかと。実際には侵食傾向にあるけれど残っているような場所は、突然大きな波で削られることがある。事前に危険な海岸だとわかれば、対策も立てられると思います」



グリーンレーザーによる海底面測量結果

中川「波崎海岸でも何測線かで測量していますが、あくまでも線でとっているデータ。航空レーザー測量になると、面的な情報が一気にとれるので、ものすごく視覚的に、これまで見えていなかった部分も見えてくるわけです。非常に革新的な情報が得られることになる。まさに鳥瞰図のような形で海の底が見えますからね。それを台風の前と後などで面的に比較できれば理想的です」

ドローンを用いたグリーンレーザーによる計測（波崎海岸での検証状況）

河口航路の土砂移動に新たなメカニズムを発見！

もう一つの課題である航路・泊地の埋没については、港湾での土砂堆積のメカニズム解明への取り組みが進められてきました。

中川「個別具体的なフィールドということで、新潟港西港地区での研究事例をご紹介します。新潟港は、日本で一番長い川、信濃川の河口部に位置。開港150年を超える歴史があり、現在も本州日本海側随一の物流拠点として機能している港です。河口にありますから、当然、川から土砂が運ばれてくる。治水・利水のための放水路がいくつか設けられているので洪水の全部が港の中に入ってくるわけではないのですが、それでも上流から濁りや削られた土砂が流れてきて、どうしても溜まるということが現象としてあります。国の直轄事務所の浚渫船などを使って航路整備が続けられているわけですが、実際、どういうメカニズムで溜まって、それに対してどんな工夫ができるか、もう一度見直そうということで、数年前から新潟港湾・空港整備事務所と協力して調査をさせていただいたんです」

新潟港西港地区

2年半にわたって3回観測を行い、3回目にしてようやく、新たな事象を見つけたのだとか。

中川「上流から運ばれてきたものが河口域で溜まるというのは当然ですが、その溜まり方が複雑だったんですよ。川の水というのは淡水、つまり真水で、海水はというと塩分が入っているので重い水。それが出合う河口域は、両者が混ざってもともと現象が複雑になる場所なのですが、新潟の場合は信濃川からきた真水が、海水の上を滑るように出ていくんです。これは、船が入れるように途中から浚渫して、階段状の地形になっているため。潮位差があれば混ざるのですが、日本海側なので潮位差が非常に小さく、大潮期でも30㎝程度なので混ざりにくい。出水があって真水が来ると、運ばれてきた土砂や濁りともども、掘り込んだ場所の重い海水の上をスーッと滑っていくという特徴があります。ところが、そうやって港を通り過ぎて全部が沖まで出ていってくれるわけではなくて。掘り込まれた海底付近には、濁りで海水よりも重くなった水の層があるんですね。密度が大きい、ほとんど泥水。それが海水の下に落ち込んで、三層構造になっていることがわかりました」

出水時、陸上からは全部が濁っているように見えるのですが、実はそうではないことを、現地調査による水質計測やダイバーによる目視観察で確認。

中川「真水が流れている上層だけ濁っていて、ちょっと潜ると海水なので透明度が上がる。で、さらに潜ると泥水があるんですよ。こういう、とくに海底付近の泥水の現象は静穏なときに行っても起きていません。上流から流れてくるものの量が多いとき、初めて発生する。いろいろな条件がうまく重なった日に、かなりの濁りの中で調査ができたことで、ついに捉えられた現象です」

溜まる底泥にどう対策を？国内外で可能性を探る

泥水が落ち込んでいるとすれば、どのような対策が考えられるか、海底流動実験水槽を用いて水理実験も。

中川「泥水の濃度を、航路に落ち込む前

海底流動実験水槽を用いた水理実験（高濁度水の水槽内への投入の様子）

に薄められれば、海水の上を滑っていく他の濁りと一緒に遠くに飛ばせるのではないかという仮説を立てて実験を行いました。もちろんどこかには落ちるわけですが、掘り込んだすぐの場所にドロッとしたものがたくさん溜まるのと、遠くまで運ばれて広く薄く落ちるのとでは、その後の対応の仕方が変わってくる。仮に遠くのほうに落とせれば、新潟の場合は浚渫船『白山』があるので、それで取ればいい。工夫次第で、溜まる場所を制御することができるのではないかという提案ですね。薄める方法としては、落ちてきたものを攪拌してあげる。海水の下に泥水となって落ちるのは、粒子の細かい所謂シルト・粘土で、混ぜれば巻き上がるもの。川の中でも、大きな岩などゴツゴツした物を置くことで流れを湧昇させるというのがありますが、そういうものをヒントに、何か突起物を置くことで持ち上げられないかとか、まだ苦戦しているところです。船舶が航行する場所なので、実際に何かを置くことについては現実的な制約もあると思いますが、現時点ではそういう条件は抜きにして、一つの可能性として検討を進めています」

大型浚渫兼油回収船「白山」

こういった事例も踏まえ、国内のみならず、インドネシアやミャンマー、ベトナムなど、海外の海岸や港湾にも研究フィールドを拡張。

中川「どちらかというと日本より東南アジアのほうが、河川が大陸性で大きく、細かい土砂の排出量も多いんですよ。なので、その近くに港を造る際にはそういったことにも気をつけなければなりません。自然条件が日本とはまったく異なり、とくに雨季と乾季の差が激しい。雨季には川から土砂が出やすくなり、実際に測ってみると、河口付近からはｆｌｕｉｄ ｍｕｄ（流動する泥）が検出されます。より顕著な航路埋没に対応すべく、今後も各国の関係機関と連携して研究を進めていきたいですね」

インドネシアにおける底泥密度の測定の様子

さらに高精度かつ具体的な数値シミュレーションを

沿岸の土砂移動の現象の把握に基づく予測技術の開発にも注力を。

中川「数値シミュレーションを使って、防波堤などの構造物周りの地形変化や、浚渫後の土砂の堆積を予測するといったことに取り組んでいます」

中村「港はなくてはならないものだし、港を造れば、中が砂や泥で埋まることは避けられない。われわれが数値計算モデルをつくっているのは、溜まる砂をどれだけ少なくできるか、その砂をどうしたら海岸のほうに戻してあげられて、周辺での海岸侵食を防ぐことができるのかという、おそらく最初に港を造ったときから続くテーマに答えを出すため。シミュレーションの精度を上げて、海岸がなくならないような形にしていきたいですね。いま日本の港は拡張され、より深い場所へと移動している。沖側に港が出ていくような状況にあるんです。そうなると、周辺の海岸への影響というのはかなり大きく、広くなる。広い範囲で海岸侵食が起きる可能性が出てきます。そういったリスクをできるだけ少なくするためにも、予測技術を高めていかなければ」

中川「目標にしているのは〝数値土砂輸送水槽〟の実現です。波の数値計算プログラムとして『数値波動水槽』もあるのでこう呼んでいるのですが、シミュレーション内で水槽をイメージした再現をするというもの。コンピュータの中で、港湾の形や航路の水深の特徴などを考慮してシミュレーションを行い、その地形変化を評価する。これまでもやってきたことですが、それを確立したいと考えています。例えば港というのは静穏度が重要で、大きな波を遮るためにまずは防波堤を造りますが、ちょっとした波でも砂は動くので、場合によっては逆に、港内に砂を溜め込む方向にも働きかねない。バランスをみながら最適解を見つけなきゃいけないということも、状況によっては起こり得ます。そういった検討に役立つものにしたい。それを端的に一つのワードで示すとすれば〝数値土砂輸送水槽〟がぴったりかと。実現に向け、継続してトライアルしていきます」

世界初！ 月の周期が海浜地形変化におよぼす影響を実証

スーパームーンによって高まる海岸侵食リスクを明らかに

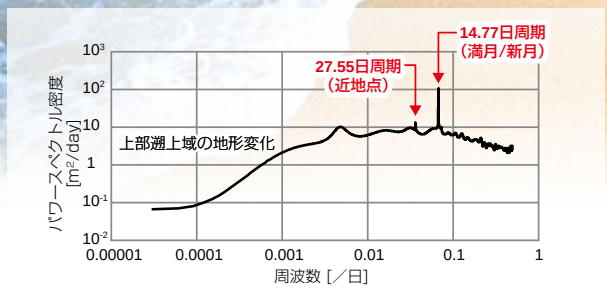
近年話題のスーパームーン。いつもより大きく明るい満月の日、それに応答し、砂浜では侵食が起こりやすくなります。伴野雅之主任研究官が中心となって、世界で初めて突き止めたこの現象。研究成果は、2020年11月18日付のアメリカの科学誌「Geophysical Research Letters」電子版にも掲載されています。研究のあらましやその意義、今後の展望を取材しました。

沿岸環境研究領域
沿岸土砂管理研究グループ
伴野雅之 主任研究官

約27・5日周期で楕円軌道を描く月が近地点（地球にもっとも近いところ）を通るタイミングと、約14・7日周期でやってくる満月または新月。この2つの周期が重なったとき、満月は通常よりも大きく見えます。見えない新月の場合も含めて年に1、2回ほど。それが「スーパームーン」。

「単に大きく見えるだけでなく、地球にもさまざまな影響を及ぼしているのではないかと。そういう研究は、これまで海洋の分野ではほとんどされていなかったんですよ」と、伴野雅之主任研究官。

「きっかけは偶然。波崎海洋研究施設（HORS）のデータを用いて汀線のスペクトル解析（※1）を行っているとき、季節変動などの年周期でみられるエネルギーのピーク以外に、ノイズのように現れるスペクトルを見つけて。気になってその周期を調べたら、これが満月・新月の周期に合致。細かくみていくと、はっきりとエネルギーを持って地形変化を起こしているのがわかったんです」



海浜地形の変動の周波数別エネルギーから分かった月に関連した周期

波崎海岸の波の遡上域

スーパームーンが拍車をかける砂浜の地形変化に注目！

「波崎海岸の長期間にわたる観測データには、満月・新月のときはもちろん、月が近地点にきたとき、場合によってはスーパームーンのときの地形変化も、しっかりとらえられています。砂浜の長期の地形変化を細かく解析することで、月の2つの周期に対する砂浜の応答を調べたのがこの研究です」

スペクトル解析の結果、新月・満月周期と近地点周期で海浜地形は変動し、周期が重なるスーパームーンの際に、海岸の波の遡上域（※2）の上部で侵食が生じやすくなることが明らかに。また、過去のスーパームーンの際に起こった地形変化のみ取り出して統計解析したところ、通常の地形変化に比べ、海岸線が1日あたり0・47m大きく後退することがわかったのだとか。

「もちろん侵食の最大の原因は波ですが、波の条件が同じであれば、スーパームーンのときに侵食されやすい。今回とらえた地形変化は、もちろん海岸工学的にも重要な現象だと思いますが、もう一つ、生物への影響も。沿岸部に生息する底生生物、貝やゴカイ、あるいはごく浅瀬に棲む魚などの産卵を含めた活動にも、もしかしたら関連しているんじゃないかと考えています」

沿岸域のリスク管理に役立つ高精度な長期予測を目指して

満月・新月のときには大潮が起こり、干満差が大きくなります。月が地球に近づけば、さらに強い重力が働き、より大きな干満差に。

「スーパームーンのときの潮汐は『kingtide』と呼ばれ、場所によっては深刻。例えばカリフォルニアなどアメリカ西海岸ではとても警戒します。満潮時の水位が高くなるので、そのタイミングでサイクロンが近づくなどすれば、沿岸域の浸水リスクが増大するわけです。今回わかったスーパームーンによる海浜の地形変化もまた、浸水リスクを考えるうえで重要な情報といえるでしょう」

スーパームーンは天体運動によるものなので、事前に日付まで知ることが可能。高波や高潮の予報などとあわせ、沿岸災害に関するアラートを出すこともできるかもしれません。また、この現象を数値シミュレーションに取り込むことで、長期的な地形変化予測の大幅な精度向上が期待できます。

「そのためにはメカニズムの解明が必須。砂浜の地下水位が関係していると考えているのですが、まだ仮説の段階なので。高頻度な現地観測と数値モデル内での検証、その両方に取り組んでいかなければ。私の中での一番の目標は、将来の気候変動によってどのくらい砂浜が侵食され、どういうところでリスクが高いかをしっかり示していくこと。より正確な長期予測を目指していくという大きな研究の、過程の一つだと思っています」

※1　周波数に着目した信号解析手法。周期的なエネルギーの分布が明らかになる。
※2　海と陸の境界線（海岸線）付近の波が駆け上がる場所。一般に、干潮時の引き波から満潮時の遡上限界までの領域を指すが、波の状態によっても変化する。

河口沿岸域の底質条件を考慮した土砂輸送モデルの開発

砂と泥が混ざり合って変化する複雑な現象の予測を可能に

航路・泊地の埋没対策と、多様な機能を持つ干潟・浅場の維持。二つの課題を有する河口沿岸域において、土砂動態および地形変化の精緻な予測は不可欠です。「砂と泥の混合底質」をキーワードに数値シミュレーションモデルの開発に取り組む小硲大地研究官に取材しました。

沿岸環境研究領域
沿岸土砂管理研究グループ
小硲大地 研究官

シルトや粘土、すなわち泥分が多く流入する河口周辺の港湾では、昔から細粒土の堆積（シルテーション）が問題に。航路・泊地が埋没し、船舶の航行に支障をきたすということがしばしば起こります。

「具体的に場所を挙げるなら、有明海の東部に位置する熊本港など。まずは現象の理解のため、そして、実際に埋没対策の検討をするために、シミュレーションモデルの構築が必要なんです」と、小硲大地研究官。

そこにはもう一つ、生態系や環境の保全といった目的も。

「河口域は、生物多様性の維持や水質浄化、さらに近年注目されているブルーカーボンの貯蔵など、多様な機能を持つ干潟・浅場を含む海域でもあります。干潟・浅場の形成においては土砂輸送が重要な役割を果たすため、その機能を維持するためにも、土砂動態や地形変化を精緻に予測しなければなりません」

砂と泥の混合に着目して土砂輸送をモデル化

キーワードは「砂と泥の混合底質」。一般には泥が溜まっているという印象を持たれがちな有明海ですが、実際には泥と砂が混ざった状態で堆積している海域も。泥と砂、両方の輸送現象を考慮したシミュレーションを行うことが重要なのだといいます。

「砂と泥の両方を考慮した輸送シミュレーションの手法としては、砂のモデルと泥のモデルでそれぞれ侵食量を計算し、その場の砂と泥の比率に応じて単純に足し合わせるという方法が考えられます。でも実際はそれで計算できるような単純な話ではなくて。砂に泥が入ると、砂の持つ侵食に対する抵抗に泥の粘着性が効いてきて、かなり侵食量に影響するんですよ。そういう部分が非常に大事になるのでそこをモデル化しているというのが、いまの私の研究です」

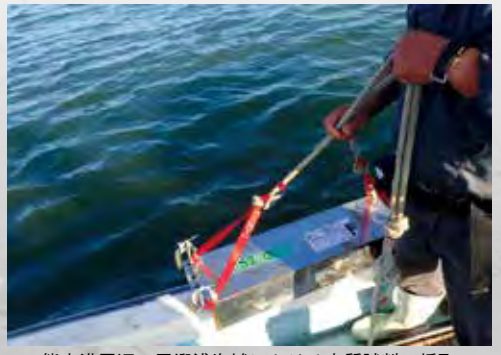
泥の種類によって変わるものの、底質が砂だけの場合に比べて、侵食に対する強度（限界底面せん断応力）は最大10倍まで増大するケースもあるのだとか。注目するのは砂と泥の混合割合（含泥率）。ただし堆積が多い場所では、底質の密度など他の要素もかなり影響してきます。

「なので、一概に泥が多いところのほうが侵食されにくいという判断はできません。国内でも場所によって砂の粒径も異なり、泥の特徴も鉱物の種類などで違う。それによって侵食の特徴も大きく変わってきますから、現場に応じたモデル化と、モデルの調整が重要になってくると思います」

現地適用性の検証を急ぎ埋没予測に活かせるモデルに

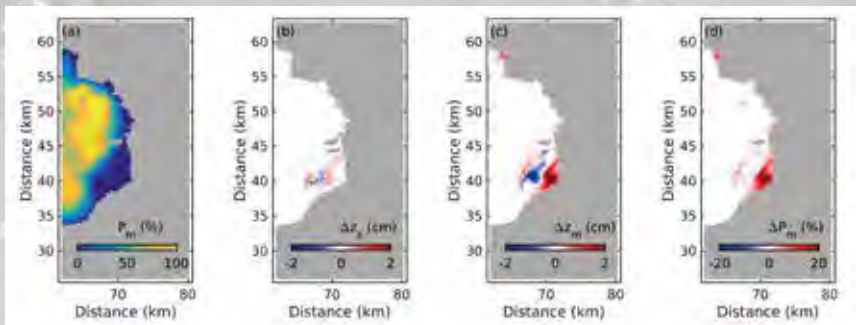
熊本港周辺で採泥した現地土砂を用いて、港空研の海底流動実験水槽で水理実験を実施。取得したデータをもとに今回構築したモデルでは、そのときどきの砂と泥の割合に応じて決まる底質移動量や、それによる実海域の地形および含泥率の時間変化を適切に評価することができます。

「現時点で、実海域で計算できるというところまでは確認済み。これから港湾の埋没予測への活用に向け、定量的な観点でのモデルの妥当性の評価が必要になります。今後、早い段階で、現地の深浅測量結果や地形変化の状況と照らし合わせて検証に取り組む予定。さらに、底質条件の鉛直分布を考慮するなど、実海域の底質の特徴をより正確に反映した予測ができるよう、このモデルのさらなる高度化を図っていくつもりです」



熊本港周辺の干潟浅海域における底質試料の採取

採取された試料(左：砂質土、右：泥質土)



砂泥混合輸送モデルによる有明海東部海域を対象とした地形変化予測シミュレーション
(a) 初期含泥率、計算開始から 15 日経過後の (b) 砂分の移動による地形変化、(c) 泥分の移動による地形変化、(d) 含泥率変化の空間分布

Close Up 現場からの報告

新潟西海岸事業のその後と西港地区での航路整備

2012年に取材した新潟西海岸の整備事業のその後と、新潟西港で行われている航路浚渫事業を取材しました。

国土交通省 北陸地方整備局
新潟港湾・空港整備事務所
海岸課長 **清水利浩**さん

国土交通省 北陸地方整備局
新潟港湾・空港整備事務所
工務課長 **廣木智秀**さん

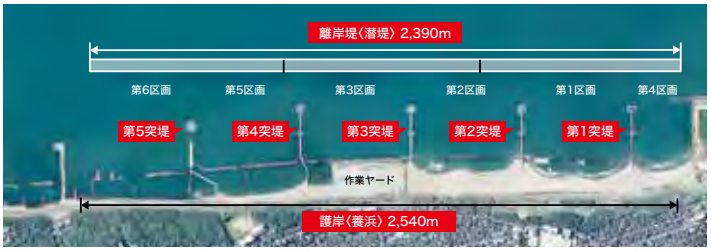
港湾空港技術研究所
沿岸環境研究領域 沿岸土砂管理研究グループ
中川康之 領域長・グループ長

今回は港空研の中川康之沿岸環境研究領域長とともに新潟西港に訪れ、新潟西海岸の整備事業の現状を国土交通省 北陸地方整備局 新潟港湾・空港整備事務所の清水利浩海岸課長に、また新潟西港の航路整備について同事務所 廣木智秀工務課長に、それぞれお話を伺いました。

面的防護工法を導入した新潟西海岸の整備事業

新潟西海岸は、信濃川が運ぶ土砂が日本海に流出して堆積した砂浜海岸です。明治以降、上流から運ばれる土砂量が減少したことで汀線が徐々に後退し、測量を開始した1889年から最大350mもの後退を余儀なくされました。背後は教育機関や文化施設、企業や官公庁などが立ち並ぶ新潟市の中心市街地で、周辺には住宅も密集しています。海抜ゼロメートル地帯のため、海岸の侵食が進むと高波浪が発生したときに常に浸水してしまう危険があります。

このため、1983年に「新潟西海岸技術検討委員会」が作られ、新しい侵食対策として「面的防護工法」を導入した整備事業が行われています。面的防護工法とは、沖合の潜堤や突堤などの構造物を複合的に配置し、砂浜を造成することで波のエネルギーを徐々に衰退させる方式です。海岸地形を安定的に維持することが可能で、広く穏やかな水域と砂浜が創れるので親水空間としての利用もできます。港空研は、この事業の開始当初から海岸安定化に向けての対策や検証など、技術的課題への支援を行ってきました。



新潟西海岸整備事業の概要

本誌8号（2012年7月号）で取材した際は、漂砂を抑制するための5つの突堤のうち第1～3が完成し、第3区画での養浜が行われていましたが、現在は第4突堤と養浜工も完了し、第5突堤を整備中で、順調に完成に近づいています。

「養浜の砂は新潟東港の浚渫で発生した砂を使用しています。技術的に一番難しいのは、この養浜した砂がどのように安定するかという長期予測です。砂の粒径などによっても安定する勾配が変わりますから、どういう砂が適しているのかというところを含め、港空研の栗山前所長をはじめ中川領域長などにも審議していただきながら進めてきました」（清水海岸課長）

「養浜後は自然外力に対して沿うように地形が変わっていきますが、これはシミュレーションでの予測が難しいことも多く、モニタリングを行い経年的な変化の状況が把握されているところです。今後、人工海岸でこうした事例が増えていくことも考えられますから、大事なデータが蓄積されたことになりますね」（中川領域長）

取材時の現場では、利用者の安全対策を図るための陥没対策工事が行われていました。

突堤の水締め工法に使用するポンプ

「突堤の基付け部は捨石の上にコンクリートを設置して造られますが、その捨石の中に砂が入り込み陥没が起こってしまうことがあります。石と石の中に水の圧力で砂を強制的に入れて締め固め、陥没を抑える方法（水締め工法）で対策しています。この方法も港空研さんに検討していただきました」（清水海岸課長）

この工事は国が直轄事業として行い、完成後は新潟県が管理することになります。

「海岸の利用については検討会を行い、ビーチスポーツゾーン、多目的ゾーン、環境教育ゾーンというようにゾーニングして利用していくことを考えています。また、2014年から『海岸協力団体制度』が創設され、自発的に海岸の保全や維持などを行う民間団体等を支援する制度ができましたが、西海岸では『新潟下町（しもまち）をよくする会』に手を上げていただき、指定されました。海岸の美化活動や連休前の安全点検など、積極的にご協力い

海岸の利用状況

新潟港西港区

ただいています」（清水海岸課長）

完成すれば延長約3・4㎞の砂浜が広がる新たな親水空間として生まれ変わり、市民の安全を守るだけでなく憩いの場としても活躍することが期待できます。

新潟西港の航路浚渫事業

また、新潟西港の航路浚渫事業についてもお話を伺うことができました。

新潟港西港区は信濃川河口に位置する河川港で、長距離フェリーや離島航路が発着し、人や物流の拠点となっています。上流には二つの分水があり、大量の水を分水に流すことで新潟平野を水害から守っていますが、それでも信濃川上流から運ばれてきた土砂が新潟西港に運ばれ、土砂を堆積させています。土砂が堆積すると船が安全に航行できず、人の移動や物資輸送量の減少など大きな影響がでます。

航路水深を確保するためには年間約80万㎥の浚渫が必要で、現在、直轄浚渫事業を行うとともに、浚渫で発生した土砂を処分する直轄土砂処分場の整備も行われています。

通年の浚渫作業には、主要航路の航行船舶の支障とならないよう、大型浚渫兼油回収船「白山」によるドラグサクション浚渫（航行しながら海底に下ろした掃除機のようなアームで土砂を吸い上げる方式）を実施。浚渫した土砂は環境省の許可を得て海洋投入（沖捨て）しています。ドラグサクション浚渫を実施できない区域では、請負工事でグラブ浚渫、ポンプ浚渫を行います。

「溜まる土砂の高さは場所やその年ごとに違いますが、例えば佐渡汽船のターミナル前面付近は、年間約1・5～2mの高さの土砂が溜まり、半年程掘らないと船底を擦ってしまいます。これまで継続して浚渫作業を行っていて大体の埋没傾向はわかりますので、予測しつつ浚渫しなければいけません。2019年の台風19号の際は、部分的に20日間位で1m溜まったところがあり、佐渡汽船の運航を止めないよう緊急的な浚渫への対応も行いました。浚渫区域は毎月測量していますし、白山にはレーダーが付いていて土砂が溜まって底が高くなっているところがあればわかるようになっています」と、廣木工務課長。

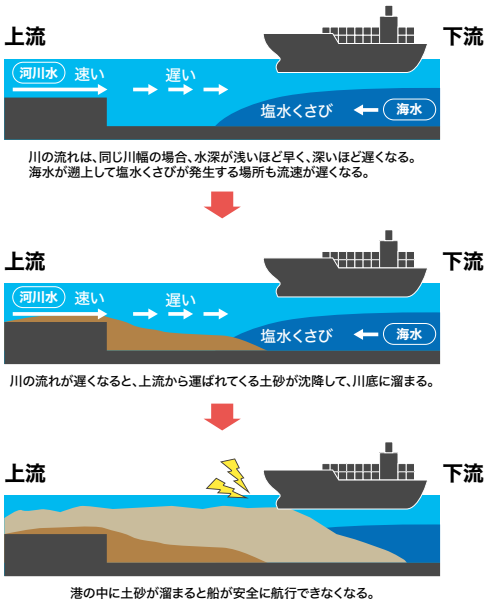
同じ川幅の場合、川の流れは水深が深いほど遅くなります。淡水より比重が重い海水が遡上して発生する「塩水くさび」も流速が遅くなる一因で、流れが遅くなるほど土砂が溜まりやすくなります。

「塩水くさびの発生する河口域での土砂の動きは複雑で、新潟港湾・空港整備事務所と数年間調査して発見した事象もあります。洪水が起きた時に調べてみると、川の水面に近い部分を河川水と濁った土砂がスーッと抜ける一方で、深い部分には海水よりも重い泥水が溜まり込む現象が起きているということがわかりました。この対策のひとつとして、私たちは濃い泥水が沈み込まないように工夫して、白山が浚渫できるところまで飛ばす方法を検討しています。まだ実施には至っていませんが、どれくらいの効果があるか研究所で実験を行ったところです」（中川領域長）

取材時は港湾業務艇「あさひ」に乗船し、浚渫した土砂の処分場まで案内していただきました。ここでは今年度より、グラブ浚渫土の投入が開始されています。

また、途中で浚渫作業中の白山も見ることができました。白山は、通常時は新潟西港の浚渫を行っていますが、大規模な油流出事故が発生した際は外洋での油回収を実施します。また、東日本大震災、熊本地震および北海道胆振東部地震の際には緊急支援物資の輸送なども行いました。

航路整備は海の中での作業なので気に留める機会が少ないですが、港の機能を維持するために継続的に、しかも船舶の航行に支障をきたさないように行わなければならない、港を支える重要な整備なのです。



航路埋没のしくみ

大型浚渫兼油回収船「白山」

世界を舞台に挑む！

航路・泊地の埋没という最重要にして最難関の課題

政府のインフラ輸出戦略が官民連携で進められるなか、
港湾の分野でも、海外への技術協力が盛んに行われています。
港湾開発においてもっとも重要なのは、航路・泊地の維持管理。
これは世界が共通して抱える課題であり、
とくに大河川を有する東南アジアでは、埋没問題はより深刻です。
今回は、長年それぞれの立場で海外案件に携わってきた5名が集結。
港湾開発支援の現状や、現地の気象条件の特殊性、
航路維持の技術的課題などについて、意見を交わしていただきました。

東京大学
工学系研究科 社会基盤学専攻
教授 **田島芳満**さん

港湾空港技術研究所
沿岸環境研究領域
沿岸土砂管理研究グループ
中川康之 領域長・グループ長

独立行政法人 国際協力機構（JICA）
社会基盤部
次長兼運輸交通グループ長
小泉幸弘さん

一般財団法人
国際臨海開発研究センター（OCDI）
理事長 **三宅光一**さん

国土交通省 港湾局
産業港湾課 国際企画室
室長 **山本大志**さん

海外にアピールしたい緻密な〝日本クオリティ〟

山本　日本政府がインフラシステム輸出戦略を打ち出したのが2013年。そこから官民連携での海外展開が本格的に動き始めました。もともと2010年に10兆円だったインフラ受注を、2020年に30兆円、3倍にしようという計画。2017年の統計等に基づく受注実績が約23兆円ですから、悪いペースではないですよね。とくに港湾分野は2010年に1000億円ほどだったのが約3000億円まで増加した。3倍という目標はその時点で達成されているんです。コロナ禍に見舞われた2020年の数字は保留するとして、流れとしては着実に増えています。以前の港湾の技術支援というと現地調査から整備までで、運営は相手国側にしてもらっていましたが、いまはなるべく日本企業が運営にも参加するという方向に。〝造って終わり〟ではなく、その後の運営においても日本の技術力や運営能力を活かし、同時に収益も上げていただくというところを目指しています。

小泉　日本の技術協力の原則となる考え方として、相手国側が自立的に発展できるよう、持続性ということをとても大事にしています。施設を造るだけでなく、その後の運営維持管理が持続的に行われるような支援をセットで行うというのが基本スタンス。そこが日本の強みであり、緻密さという点でも日本クオリティということで売りになっているんです。一方で、課題は何かというとスピードの遅さ。それは、複数回にわたる調査の実施など意思決定までのプロセスを丁寧に行っていくとか、環境への配慮をしっかり行うことの裏返しなんですが、途上国が期待している時間軸とのズレはよく指摘されます。

山本　その代わり、信頼性が高い。きちっとした情報を得たうえで判断を求めるとなると、どうしてもスピードは遅くなります。

三宅　変えていかないといけない部分はあると思いますけどね。

小泉　二つ問題があって。一つは日本という国において、行政手続きが以前と比べても間違いなく増えている。プロセスを経ないとなかなか次に進めないというところがあります。もう一つは、技術的な検討を十分に行わないまま意思決定をしてしまうことの危険性。とくに港湾の場所を決めるとき、埋没リスクを考えたら、拙速に意思決定をするのは絶対にやめたほうがいい。然るべき調査をしっかりやらないと、リスク診断を先送りにすることは、後に問題を大きく発生させるだけなんじゃないかと思います。何に時間をかけるべきか、見極めが大切ですね。

データとその蓄積の重要性を浸透させるのも役目

田島　検討委員会などでいつも思うのは、圧倒的なデータ不足です。国内プロジェクトに比べると、年平均波高とか土砂がどうなっているのかとか、長期的にどう変わるか、事象がきたときどうなるのかといった情報がないなかで決めないといけなくて、そこはすごく難しい。現地調査をしても、わかるのは自分たちが計測機を入れている間のことだけで、長期的・広域的な視点での情報は得られません。観測網がある程度整うと、だいぶやりやすくなるんじゃないかと思います。

小泉　基礎的なデータも10年、20年と経てばかなりの蓄積になりますよね。全世界、少なくとも日本がこれまでに協力してきた港湾には、そういうのを本当は求めていきたいという思いはあるのですが、現実的にはなかなか難しい。その重要性を、いろんな場でお伝えするくらいしかなくて。

三宅　データ不足は自然条件に限りません。貨物の需要予測をするにしても、その港にコンテナがどこから来ているかとか、そもそも統計データの蓄積がない場合が多い。日本が技術移転を行うなかで、需要予測したり設計したり、航路の水深の維持管理もそうですが、データの蓄積をベースにして組み立てるということを学んでほしい。それを延々と日本の支援で続けることは難しいところもありますが、統計をとったり、モニタリングも続けてほしいというところはあります。昔に比べたら、だいぶデータも蓄積されるようになりましたけどね。

小泉　日本の専門家が継続して長く協力している国は、比較的意識が高い。例えばカンボジアのシハヌークビル港。20年以上協力を続けているので、日本の考え方というのが、データの重要性の認識を含め、かなり浸透してきているんじゃないかなと思います。

山本　ミャンマーで港湾EDI（入出港届などの行政手続きの電子化）というのをやっているんですが、その中に、例えば貨物のデータとかも入るようになっていて。稼働して3年目なんですけど、ある程度効果がありそうです。一方で、データをとるにもお金がかかる。予算が少ない途上国で、そこに優先して配分できるかというと難しいですよね。データはそれだけでは何にもならない。解析し、何かに活かして初めて効果が出るものですから、長い目で見ないと。われわれとしては、そういったデータが結果的に全体としてのコストを下げることにつながるとか、そういうことをきちんと伝えていく必要があると思うんです。

シハヌークビル港

中川　東南アジアは自然条件も日本とは異なる。雨季と乾季では水位そのものが何mも変わってしまうし、さらに年によって変化することもあります。気象の変動の幅を身をもって知ることは、港を造ったり航路を掘ったりしたとき何が起こるかというアタリをつけるための基礎情報になるんです。私もまだまだそこまでの情報は持っていないのですが、そういった基礎情報を蓄積するやり方として、例えば現地の大学など気象データを整理しているような公的機関とのネットワークづくりをしつつ、かつ日本の専門家がそういった情報を継続的に得られるような体制づくりをしていくということがすごく大事だなと感じています。ミャンマーではいまさに、海事大学とのネットワークを構築しつつあるところ。実際に会って現地を一緒に見て、議論を交わすなかで、向こうの先生や学生たちも研究者や技術者として育っていけば、そこでかなりの体制が組める。将来的に港を造るにしても、アタリをつけるための情報がある程度揃うような環境をつくれるんじゃないでしょうか。

海外の現場だからこそできるスケールの大きな挑戦

田島　海外では土木はまだまだ人気ですが、日本の学生は、いわゆる土木というところからは離れつつある。社会基盤へのマインドはすごく持っていると思うのですが……。

小泉　海外の現場は国内よりもっとアクティブに動いているし、規模も大きい。例えば国内では100万TEU（※1）クラスの港湾の開発なん

※1　20フィートコンテナで換算したコンテナ個数を示す単位。コンテナ船の積載能力やコンテナターミナルの貨物取扱数などを示すために用いられる。

てもうそんなに多くはないでしょうけど、海外では今後もたくさんできていく。10年後にそれくらいのスケールになる事業に携われることには非常に価値があります。そこに、いかに学生の目を向けさせるか。ところがそれ以前に、海外をテーマに研究している先生が非常に少ない。道路系では土木学会とJICAが協定を結び、JICAのプロジェクトに若手の助手の方や准教授の方などに入ってもらって、研究しつつ技術協力もしていただくという取り組みを始めています。港湾でも同じようなことはできそうですよね。

三宅　港空研の研究フィールドも、近年の海外での技術開発ニーズを受けてすごく拡がっていますよね。その先端を行っているのが、この埋没問題ではないかと。港湾の抱えているさまざまな課題のなかでもこの問題は極めて特殊だし、非常にチャレンジングで、かつ難解。どこの国でも困っている。日本の存在感を示せる分野だと思います。

小泉　日本国内で困っているところの年間埋没量ってどれくらいですか？

中川　多くても70万～80万㎥の規模だと思います。

小泉　それが、例えばバングラデシュでは年間500万㎥くらいの規模。エルサルバドルでも、予測に幅はありますが500万～1000万㎥。日本より遥かにスケールの大きいものを相手にできる。これは魅力的だと思うんですよね。

中川　自然条件のスケールも桁違いだし。

田島　ミャンマーでヤンゴン港のすぐ東側にあるシッタン川で見たタイダルボア（※2）には驚きました。本当に津波のようにバーッと来て、数日でみるみる100mくらい侵食するんですよ。

中川　私は逆に、そういう極端な事象は見られていなくて。ある程度の短期のデータを見て、雨季と乾季の差から埋まる量を予想するんですが、それ以上のものが来たりとか。その過程がわからないのが苛立たしい。一番埋まるときにはどれくらいの濁りが来ているんだろうか。その尻尾を捕まえてみたいですね。長期間その場にいるのが一番単純な方法ですが、でなければ、長期モニタリングしてデータを記録できるようなシステムをつくりたい。

三宅　私が驚いたのはヤンゴン港。日々の潮差が6mもあるんですよ。そういう自然条件の中で、ヤンゴン港がちゃんとオペレーションしているというのが驚きなんです。水深5～6mと3～4mという2つの浅瀬があるところを、喫水9mとかの船が入ってくる。うまく潮位差を利用して入れているんですよ。

中川　自然条件の特性がわかっていれば、それをうまく利用したオペレーションができる。そういうのも含めて技術だと思います。

時間的ジレンマを抱えつつ解決の道筋を探る

三宅　ただ、船が大型化したので、ヤンゴン港でも埋没問題は避けて通れなくなった。日本の埋没とは桁が違いますからね。どうやって埋没を減らすか、そもそもどれくらいのスピードで埋まるのか。

小泉　いま掘って、1年かけて調査したほうがいいのか。いやそこまで時間はかけられないぞと。そういう問題も出てくるわけです。

山本　最近は中国や韓国も支援を行うようになってきて。日本も急いで提案をしないといけないとき、なかなか1年もかけて調査していられない状況っていうのは、これから増えていくんじゃないかな。それでも日本を信用してくれといってやる方法もあると思いますが、相手国側の政治的な任期もあるし、どうバランスをとるか難しいというのが実態です。

三宅　とくに埋没問題っていうのは、港湾の位置や航路をどこに計画するかという、プロジェクトの極めて上流段階の話なので、そこは頭が痛いですよね。

中川　そこを科学者として精緻に積み上げていこうとすると、雨季と乾季の流れの条件も知らないといけないし、土砂がどれくらい出てくるかわかったうえでないと予測できない。

三宅　いろんな技術課題を解決してきた港湾の歴史のなかで、これだけ解決の道筋がまだ見えないというのは、まさにラストフロンティアだと思いますよ。

田島　ブレイクスルーはありそうですけどね。

ヤンゴン港のコンテナバース

潮流をうまく使うとか。

三宅　浚渫するのではなくスクリューでかき回すというのは、ヨーロッパでは対策の一環としてやっているところもあります。沈降して固まると船が航行できなくなるから、常にかき回しておく。

中川　かき混ぜて濁らせて、潮汐を使って出してしまうというのも手ですよね。濁りの問題は環境の観点から慎重になる必要はあるけど、もともと濁っているような場所でなら、自然の力を利用することもできるかもしれません。ある程度それが技術的に確立してくれれば、もうちょっと濁りを抑えたものに変えての逆輸入もあり得る。そういった、いまの日本ではできないけど海外でならできるという挑戦もあるでしょうね。

組織的な人的ネットワークの構築を目指して

小泉　海外との人的ネットワークの強化というところでは、2年ほど前に立ち上げた港湾アルムナイ（※3）があります。JICAが研修などで日本に招聘した港湾関係者の帰国後のケアというのが、それまでなかなかできていなかった。彼らは潜在的に日本贔屓で、日本に対して親和性もある。せっかくのつながりを活かせないかと思って、港湾局やOCDIに関わっていただき、一つのプラットフォームのような形で組織して、定期

港湾アルムナイネットワーキングセミナーの様子

※2　大潮の日、満ち潮に際して潮汐波の先端が切り立った壁のようになり、まるで津波のように河川に進入、逆流すること。潮位差の大きな海域の、河口が広い三角江で起こる。
※3　アルムナイは「卒業生」「同窓生」の意。その場を巣立った人の集まりを指す。

的に〝同窓会〟として集まる仕組みをつくったんです。継続の重要性というところにも関係しますが、研修を核とした協力というものに、付加価値をつけていきたいというのがありますね。

山本　長年研修をやっているので、かつての研修生のなかにも政府の幹部になって政策決定できるような立場の人も出てきています。そのネットワークは大事にしたい。

中川　東南アジアの航路埋没の問題は、けっこうヨーロッパが強いんですよね。歴史的にも古くから関係を持つ国も多いので、技術者も入っているし、脈々とつながりが続いている。われわれ日本人としても、このエリアでのつながりを強くしていくことが大事だと思います。

JICA 研修生と地方整備局職員との合同研修

JICA 研修生の港湾視察

山本　いま、インフラの売り込み方としてパッケージ化というのを意識しているんです。とくに港湾に関しては、単体ではなく工業団地をつくるなかで港として機能していくものを考えていて。港だけでなくアクセス道路や発電所といった必要なものを日本仕様で造り、できればそこに日本企業が入って運営する。日本企業を誘致しやすくするということで売り込んでいこうという方針があります。

田島　そうやって長く関わっていけるといいですよね。

中川　日本が技術基準づくりを支援してきたベトナムでも今度浚渫というテーマで基準を検討しようというステージにきたのですが、航路の問題はなかなか基準には載りにくい。泥の動きを計算する式はいくつもありますけど、この場所にどれを使ったらいいかというのは、自然条件にもよるし泥の種類にもよる。一律に基準を定めると、逆にそれが足枷になりかねません。まさにそこのサイトの特徴を知ったうえでないと、効率的な維持管理ができないという難しさがあります。

三宅　埋没は水と泥の境界領域的なところを扱う話なので、非常にチャレンジングな研究テーマ。実務側からいってもすごく求められている。その割に、研究者の層が薄いんですよね。インドネシアやベトナム、ミャンマーにも、そこに携わっている研究者や技術者が少数ですがいますから、やっぱりネットワーク化したいところ。そういうネットワークで解決できるような仕組みづくりが、この問題では重要になると思うんです。そこにもっと力を入れていったほうがいいし、データベースの構築とか、そのプラットフォームをぜひつくってほしい。

中川　いまは個別にネットワークづくりをやっていますが、それを組織的かつ継続的な体制づくりにまで展開できれば理想的。それこそ留学生とかを巻き込んでできるといいですね。

予測精度の向上はもちろん維持管理のフォローまでを視野に

中川　われわれはどちらかというと自然条件を知ることに主眼を置いていますが、いざ埋まるという事象が起きたとき、どんな機械で対応していくかによっても対策の仕方は変わる。なので、そういった業務に携わる人たちとも組んでいかないと最終的な対策までいかないと最近よく感じています。それこそ浚渫工事の方と話したり、そういう意味でのグループづくりも大事かなと。

三宅　埋没の問題が厄介なのは、現場を見てもわからないこと。汚れや濁りはわかるけど、埋まっているのは見えないですから。だけど、これは最重要課題だと思う。

小泉　港を造る場所は本当にここでいいのかというところがまず問われるでしょうし、とくに海外の仕事をするときには慎重に考えないといけない。そのために、技術者的な立場からすると、少しでもリスクを下げるような形で、ある程度の根拠をもって説明したい。そのためには当然、時間をかけなくちゃいけない部分は出てくるので、そこを主張したいですね。これは港湾だけの話ではなく、マスタープランってとても大事なんですよ。そもそもどこが適地なのかといった検討、計画が重要で、それを政策決定者も尊重するような、そういう環境をつくらないといけないと思うんです。

山本　埋没に関しては、やっぱり予測の技術がすごく重要。われわれはそれに基づいて判断しないといけませんから、その精度の向上には期待しています。日本政府全体としての支援のスピードというのは、私の感覚としてはだいぶ上がってきていると思うんですよ。中国や韓国との競争もあって早くせざるを得なくなっているという面もあるので、そういったなかで埋没で問題が起きないように、これからも技術力向上に努めないといけない。埋没の予測についても、現地とのネットワーキングについても、われわれも一緒に力を入れていきたいです。

田島　私はアフターケアが手厚いところが日本の価値だと思っていて。なかなか評価されないそのアフターケアの大事さが、相手国の要職に就いている方にちゃんと伝わっていくことが重要なのではないかと。長い目で見ることで、データも蓄積され、予測精度も向上する。今日お話しするなかで、やっぱり長く見ていくことが大事なんだなと感じました。

中川　研究者に求められるのは、まず予測技術の精度の向上ですね。これはもう重々承知のうえ。一方で、その場所ごとの現象の特徴や変動幅なども踏まえ、維持管理においてどれが一番合理的な方法かというところまで含めて検討していきたい。単に年間維持浚渫量がどれだけかというのではなく、溜まっているのが砂なのか緩い泥なのか、その質によっても対策の仕方は変わってきます。それに対していかに技術者としてフォローしていけるかも、今後の研究課題になると思う。ネットワークの構築まで含めて、鋭意取り組んでいきたいです。

スマートポート国際標準化に向けた研究アライアンスに係る覚書を締結

港湾空港技術研究所における覚書の締結

港湾荷役機械システム協会先端荷役技術研究所における覚書の締結

国際臨海開発研究センター国際港湾政策研究所における覚書の締結

2020年10月1日、港湾空港技術研究所は、港湾荷役機械システム協会先端荷役技術研究所、国際臨海開発研究センター国際港湾政策研究所と連名で、シンガポール国立大学と、スマートポート（※1）の国際標準を目指した研究アライアンス立ち上げに係る覚書を締結しました。新型コロナウイルス感染対策のため一堂に会しての調印式や講演は行われませんでしたが、10月22日に行われたシンガポール海事研究所が主催したフォーラム「FORUM 2020 ―港湾と海運の未来―」において発表され、港空研もオンラインで参加しました。

この研究アライアンスは、シンガポール国立大学のほか、シンガポール海事研究所やオーストラリア、中国、ドイツ、韓国、オランダの研究所・大学などともグローバルパートナーとして連携したもので、港湾関係者による相互連携や情報の共有（PortML：port mark-up language）が国際標準化されます。これにより、革新的なデジタルツイン技術（※2）の開発が可能になり、港湾や海事関係者の国際競争力を強化することができるようになります。

※1 スマートポート…AIやIoT、情報通信技術などを活用し、港湾の建設や維持管理、運営サイクルを効率化（スマート化）した港。日本では、世界最高水準の生産性や、良好な労働環境を備えた「AIターミナル」の実現に向けて、AIやIoTを実装した取り組みが進められている。

※2 デジタルツイン技術…さまざまなデータを用いて、現実世界に実在しているものをデジタルの仮想空間でリアルに表現したもの。デジタル空間に実際の仕組みや稼働状況などを構築することで、リアルタイムでの状況把握や高度なシミュレーションが可能になる。

フォーラム「FORUM 2020 ―港湾と海運の未来―」のオンラインによる参加の様子

画面に表示された覚書締結の様子

地盤研究領域 土質研究グループ 杉山友理研究官が英国土木学会のTelford Premiumを受賞

2020年6月、土質研究グループ 杉山友理研究官が、連名著者として執筆した論文 “Extension of unsaturated soil mechanics and its applications”において、英国土木学会（ICE）のTelford Premium（論文賞）を受賞しました。この賞は、ICEの初代会長Thomas Telford氏の遺産により設立された賞で、ICEに投稿された優れた論文に対して授与される論文賞です。

――受賞した研究について教えてください。

海洋海底地盤の安定性の評価技術は、レアメタル採掘などの海底資源エネルギー開発の要となります。安定性を評価するには、強度把握のために海底地盤の土試料をサンプリング（採取）し、室内試験を行います。サンプリングする時、土試料はサンプラーの抜き差しなどによる機械的な乱れだけでなく、圧力の低下によっても影響を受けます。拘束圧低減といいますが、例えば炭酸飲料のペットボトルの蓋を開けたときに圧力が下がって泡が出るように、海底で採取した試料を引き上げる時に、間隙水（土中水）に溶けている気体が気化して乱れてしまうのです。高水圧の深海底地盤から地上に土試料を持ち出すとさらに乱れが大きくなり、室内試験で得られる強度が変わってしまいます。連名著者として掲載した受賞論文の中で私は、大深度海底地盤のサンプリングから室内試験までの数値シミュレーションを行い、サンプリング時の拘束圧の変化によって採取試料の飽和度や応力状態が変化することで、地盤の強度を誤って評価してしまうことを明らかにしました。

――今後の意気込みは？

受賞を大変うれしく思うと同時にモチベーションも上がりました。大深度海底地盤サンプリング試料の強度評価手法の研究に、より一層励みたいと思っています。

地盤研究領域 土質研究グループ 高野大樹主任研究官が「Soils and Foundations 2019 Editorial Board Member Award」を受賞

公益社団法人地盤工学会が発刊している国際論文集「Soils and Foundations」は、1960年に創刊された英文による国際学術論文誌です。地盤工学分野においては主要国際ジャーナルの一つとして数えられ、地盤工学会の黎明期から、日本の地盤工学に係る学術の国際的な地位向上に重要な役割を果たしています。

高野主任研究官は地盤工学会に会員として所属しており、2017年より3年間、編集委員を務めていました。今回受賞した「Soils and Foundations 2019 Editorial Board Member Award」は、「Soils and Foundations」の編集委員のうち、企画、編集、発行および論文集の国際的地位の向上に多大な貢献をした者に贈られる賞です。

高野主任研究官コメント

「編集委員の主な役割は、まず投稿された論文の内容を精査し、論文の内容を適切に評価できる査読者を複数選定して査読依頼を行います。そして査読者より提出された査読意見をもとに、幹事委員等と協議しながら、掲載する論文としてふさわしいか、その論文が読者にとって有益なものかどうかで採用を判定します。3年間の任期中に約100編の投稿論文を担当しました。なかには自分の専門分野と異なる論文も多数ありましたが、著者や他の委員とのディスカッションを通じて、より良い論文が掲載されるよう尽力しました。また、国際学術誌の投稿からアクセプト（採用）までの編集の内側を知ることができたのは大きな経験になりました。編集委員は退任となりましたが、これからは論文投稿など別の形で『Soils and Foundations』の学術誌としての地位向上に貢献したいと考えています」

PARI 世界に貢献する港湾空港技術
VOL.42 JANUARY 2021
企画・発行 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 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:046-844-5040 FAX:046-844-5072 URL:http://www.pari.go.jp
編集・制作 （株）ホライゾン

もっとよく知ろう 港湾空港 海や空の豆知識

研究者が解説します！

海底の砂は動いている？

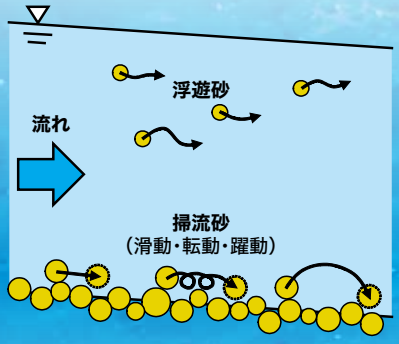
沿岸環境研究領域
沿岸土砂管理研究グループ
小硲大地
研究官

海水浴のとき、海底に波のような凹凸ができているのを見たことがありますか。それは砂漣（されん）またはリップルといい、波や流れによって海底の砂が動くことで形成される地形です。

海底に形成された砂漣（リップル）

今回は、**海底に堆積する砂の動きと地形変化**についてご紹介します。

海底に堆積する土砂は、土粒子の大きさ（粒径）によって粘土、シルト、砂、礫（れき）に分類され、砂の粒径は0.075mm～2mm（地盤工学会の基準）とされています。海底の砂は、波や流れによって海底面に一定以上の力が作用した時に動き始めます。水中での砂の移動形態は大きく２つに分類され、海底面を滑ったり転がったり跳ねたりして移動（滑動・転動・躍動）する砂粒子のことを**掃流砂**（そうりゅうさ）、水中を浮遊状態で移動する砂粒子のことを**浮遊砂**と呼びます。



海水中の砂の移動形態

砕波によって生成された浮遊砂
（2018 年 12 月 19 日に撮影された波崎海洋研究施設上空からの航空写真）

実際の海では、このような砂の動きによって絶えず海底の地形が変化しています。波や流れが穏やかな時には、主に掃流砂によって波長が数cm～数十cm程度の砂漣が形成されます。一方、砕波帯内では強い乱れによって多量の浮遊砂が生成され、大きな地形変化が生じます。また、台風通過時には、高波浪の影響で海底地形が1m以上変化する（侵食される）こともあります。

海域によっては砂ではなく泥（粘土・シルト）が多く堆積していたり、砂と泥が混合している場合もあり、堆積土砂の条件に応じて土砂移動や地形変化の特徴も異なります。こうした海底土砂の移動現象は、海浜における侵食問題や港湾の埋没問題、閉鎖性の内湾での水質問題の原因になります。私たちは、これらの原因解明と対策のため、現地観測や水槽実験を通じてさまざまな底質条件の土砂移動特性を調べたり、地形変化や港湾の埋没量を高精度に予測するための数値モデルの開発に取り組んでいます。

本誌の定期送付・送付中止・送付先変更のご依頼、ご意見・ご感想などはこちらまで

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 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）5040　FAX：046（844）5072　URL：http://www.pari.go.jp

グリーン購入法に基づいた用紙を使用しています。