世界に貢献する港湾空港技術

PARI

VOL.22
JANUARY 2016

Airport

Technology

Port

FRONT LINE - 特集 -

地盤改良技術の新たな形を求めて

見えない地盤を“見て”評価する技術開発

FOCUS ON 研究活動の最前線へ

地盤工学的問題への新たなアプローチ
マイクロフォーカス X 線 CT スキャナで
土の力学挙動の徹底解明に挑む

CLOSE UP 現場からの報告

小名浜港東港地区岸壁工事における
大口径杭 RS プラス工法

FRONT PEOPLE 研究者の広場 挑戦する研究者たち

地盤改良をベースに考える
これからの港湾施設の維持管理

FRONT LINE―特集―

地盤改良技術の新たな形を求めて

見えない地盤を“見て”評価する技術開発

長きに渡る軟弱地盤との闘いだった、わが国の港湾・空港建設の歴史。
関西国際空港や羽田空港などの大規模プロジェクトは、
土台となる地盤を改良する技術なくしては実現しませんでした。
これからは、おもに既存施設を維持管理しながら有効活用していく時代。
従来とは異なる地盤改良技術が必要となってきています。
いままでの研究成果を踏まえつつ、地盤研究領域が視野に入れる
さまざまな課題について伺いました。

湾の奥に厚く堆積した軟弱な粘性土地盤、あるいは地震時に液状化を起こす緩い砂質地盤……。日本の港湾・空港は、多くの場合、このような地盤の上に建設せざるを得ません。もちろん、この状態のままでは建設は困難。また、建設後の地盤沈下や地震時の液状化などで、障害が生じる可能性も。これらの問題を解決し、関西国際空港や羽田空港といった大規模プロジェクト実現のカギになったのが、地盤改良の技術です。

地盤研究領域 地盤改良研究チーム
森川嘉之チームリーダー

地盤研究領域 渡部要一 領域長
（兼 土質研究チームリーダー）

山﨑浩之 特別研究官
（地盤・構造研究担当）

世界に貢献する港湾空港技術
PARI VOL.22 JANUARY 2016

CONTENTS

2 FRONT LINE ― 特集 ―
地盤改良技術の
新たな形を求めて
見えない地盤を“見て”評価する技術開発

6 FOCUS ON 研究活動の最前線へ
地盤工学的問題への新たなアプローチ
マイクロフォーカス X 線 CT スキャナで
土の力学挙動の徹底解明に挑む

8 CLOSE UP 現場からの報告
小名浜港東港地区岸壁工事における
大口径杭 RS プラス工法

10 FRONT PEOPLE 研究者の広場 挑戦する研究者たち
地盤改良をベースに考える
これからの港湾施設の維持管理

東京理科大学 理工学部 土木工学科 教授 菊池喜昭さん
早稲田大学理工学術院 創造理工学部 社会環境工学科 教授 小峯秀雄さん
一般社団法人 日本埋立浚渫協会 技術委員会 委員長 守分敦郎さん
港湾空港技術研究所 地盤研究領域 動土質研究チーム 佐々真志チームリーダー
港湾空港技術研究所 地盤研究領域 基礎工研究チーム 水谷崇亮チームリーダー

13 CROSS LINE 国際交流レポート
韓国の「KIOST」で行われた
「第 3 回日韓沿岸技術研究ワークショップ」に出席

14 VISITOR'S FILE 来訪者の素顔
京都大学防災研究所在籍の 2 人の研究者が
港空研に来所されました

15 TOPICS
港空研の事業が
「第 11 回 JICA 理事長賞」を受賞しました！

近年、これまでのような新規プロジェクトは少なくなり、既存の施設を維持管理しながら、長く有効に活用していこうという方向に。そうした場合、施設の使用目的に変更が生じ、要求される性能も変化することがあります。新たな要求性能の水準に合わせ、追加的に地盤を改良することが必要となる場合も。そのため、従来とは異なる新たな地盤改良技術が求められてきています。今後の方向性を踏まえ、山﨑浩之特別研究官と、土質研究チームリーダーを兼務する渡部要一領域長、地盤改良研究チームの森川嘉之チームリーダーの３名にお話を伺いました。

既存構造物に要求される地盤改良の技術

関西国際空港や羽田空港の建設プロジェクトでは、圧密沈下や土圧の上昇による護岸の変形、液状化といった難題を、さまざまな技術・工法を用いた地盤改良で解決。例えば、供用開始後の圧密沈下を抑えるべく先取りで沈下の促進を図ったり、土圧軽減のため軽量盛土を使うなどの策がとられました。とくに関西国際空港の建設地は、地盤改良が不可能な深さに厚い洪積層があり、供用開始後も続く残留沈下の進行は避けられません。港空研も協力して４００ｍにもおよぶボーリング調査を実施。これによって明らかになった土の特性をもとに、沈下予測手法も確立されています。

渡部「これから先は、新規に造るというより、いまあるものをいかに長持ちさせるかという話が多くなるでしょう。地盤というのは、一度造ってしまえば永遠に動かないと思いがち。でも、沈下が落ち着かないこともあるし、護岸だって動くわけです。それをどうやって計測するか。計測し、記録に残しながら、構造物の性能をきちんと評価す

ることが、維持管理のあり方として重要になると思います」

森川「例えば既存の岸壁をどうリニューアルして使っていくか。既存の施設にはいろいろなタイプがあって、重力式でも矢板式でも画一的には取扱えないんですよ。さらに、同じような形式であっても状態はさまざま。まずは現在の岸壁がどれくらいの品質と耐力を保有しているのか、それを調査する方法と、どのような状態かを評価する方法。その2つが難しい課題としてあります。そのうえで、実際にどう補強、改良するのかという話になるわけです」

固化や置き換え、圧密排水、締固めといった地盤改良の原理自体は、この先そんなに増えることはなく、そういう意味では、斬新な工法の発明というのは難しいのだとか。

森川「新工法の開発を諦めるということではありませんが、いろいろ検証して、実際に使っていただけるまでには時間がかかります。だから、現時点で補修や補強が必要になっている既存施設については、いまある工法のなかでうまく使えるものはないかを検討するしかないわけです。あとは、供用しながら改良していくので、施工法といったことも悩みどころ」

渡部「もう新たな地盤改良原理は出てこないだろうというのは私も同感です。ただ、いまある地盤材料、人工材料がもっている性能は伸ばせるかもしれない。壊れるときも、壊滅的には壊れず、急激に強度が落ちないような材料というのは、まだ開発の余地があると思っています」

森川「あとは、いまある工法をそのまま使うのではなく、使い道を変えてみたり、ほかの工法と組み合わせてみたり。そういうやり方で対処していくのかなというふうに考えています」

既存の構造物には地盤改良の記録が残っていないことが多々あり、それも大きな壁に。

森川「例えば既存の岸壁の背後の埋立地を改良することになったとき、記録がないと、どこに何が入っているかわからない。ボーリングをどれだけ実施しても、すぐ隣でその情報が役に立たないということがいくらでも起こり得るわけです。そういった状況で、どういうふうに地盤改良していくか。例えば地震が来たときその施設のどこを守りたいかといった、要求性能を確保していくことになる。不同沈下を抑えたいというのであれば、全深度改良できないにしても未改良の層厚を揃えましょうとか。どういう性能を要求しますか？という観点で、できるだけ相談者の要求にお応えするようにしています」

渡部「修復が必要な構造物は、これからだんだん出てくるでしょう。一気にドサッと出てくるかもしれません。難しいのは、明日壊れるという問題ではないという点。いかに予算をとり、どう進めていくのか、悩ましいところです」

森川「やはり、その構造物が保有している耐力なりをどう調査し、どう評価するか。それが最大のポイントになるでしょうね」

供用しながらの施工を実現するために

設計震度の見直しによって、既存施設に問題が生じる、あるいは機能向上が求められることがあります。そのような場合にも、地盤の改良が必要に。

森川「その最たるものは液状化対策。既存施設にも必要だということで、工法の工夫や開発が行われています。シナリオ地震動が大きくなったことで、細粒分の多い土であっても、大きい地震や継続時間の長い地震では液状化するという話になって。ところが既存の工法では、細粒分の多い地盤を改良できるものがなかなかないんです。使えるものがあっても、改良した当初はなかなか強度が出ないので、供用しながらの施工というのが難しい。強度を早めに回復する工夫も必要になります。工法の開発は研究所だけではできませんし、実際の施工に関しても民間と連携しないと。各方面と話しながら検討を進めています」

山﨑「既存施設への地盤改良適用の際、強く望まれるのは、供用しながらの施工ということです。その要望に応えるために、施工法の開発も進められてきました。例えば、港空研が民間と共同研究で開発した、曲りボーリング技術を利用した薬液注入による液状化対策工法がそう。滑走路でも港湾でも、鉛直ボーリングで穴を開けると、その間、そのエリアは使えなくなってしまいます。曲りボーリングとは、それを避けるために、横から穴を開け、目的地まで水平ボーリングを行って薬液やモルタルを注入するという施工法。羽田空港で採用されているのは民間が開発したものですが、いま現在も、飛行機を飛ばしながら曲り削孔が実施されています」

曲りボーリングによる削孔作業（羽田空港）

産業副産物を有効利用 地盤材料として意外な発見も

浚渫土やスラグ、石炭灰など大量に出る産業副産物を、地盤材料として活用する研究も進められてきました。

山﨑「浚渫土などに産業副産物を混合することによって、固化による強度増加など付加価値が得られるんです」

渡部「浚渫土砂に製鋼スラグを混ぜると固化するということで、共同研究を行っているのですが、そのなかで意外なことがありました。浚渫土砂から溶出するシリカ分に製鋼スラグが反応して固まるため、浚渫土砂に砂分が多いとよくないと思っていたら、実際は逆だったんですよ。実験してみたところ、粘土分が多い土砂よりも、砂分が多い土砂を使ったほうが、強度が高かった。砂分は固化の阻害要因だと思っていたら違ったんです。そ

浚渫土を地盤材料に有効利用（SGM 軽量土工法の施工）

の延長で考えると、意外なことというのはまだまだ起こり得る。画期的なことは起こらずとも、意外なことはどこかに必ずあるはずで、それを見つけていければと思います」

現在進められている海洋鉱物資源の開発で、レアアースなどを選鉱・製錬した後に出る残渣の活用についても、これまで培ってきた技術が生かせるのではないか。その視点から、領域を跨いだ研究にも加わっているといいます。

見えない地盤をいかにして〝見る〟か

地盤は「見えないところを改良する」というのが大きな特徴。既設でも新設でも、造ったものは見えなくなります。

森川「これはもう、避けて通れないこと。ボーリングでも、得られるのは点の情報にすぎないわけです。線なり面なりの情報を得るために物理探査といった方法が出てきていますが、あまり普及しない。なぜなら、限られた技術者しか結果を判断できない、つまり属人的な技術が多いんですよ。普及させるためには汎用化が望まれます。ある程度一般的な評価ができるようになれば、ボーリングのデータと併用することで、情報を広げていくことができると考えています」

「見えない」ことの難しさはほかにも。

森川「望んだものができ上がっているのか、地盤改良の出来形を確認するのが困難なんです。現状では、施工管理のなかで、例えばセメントなりを入れた量やかき混ぜるスピードなどで判断するしかない。強度については、ある程度のボリュームを改良したところで1回ボーリングして調べることもできますが、形状ができているかは評価が難しいところです。そのあたりをどう調査し、評価するかということも課題としてあります」

渡部「固化系の材料の場合、試験室で固めるのと現場で固まるのは全然違うので、本当に設計条件を満たしているかは確認しないといけない。そういうことはやっていますが、形がしっかりできているか、深さがどうなっているかといったことは、後から確認できないんですよね。所定量が入っているか、記録がちゃんと残っているかがすべて。ただ、いまはGPSで施工箇所を記録すれば何をどこに入れたかを〝見える化〟でき、施工管理上の精度は上がっています」

新規のための技術開発と両輪で取り組む

渡部「維持管理はもちろん大切ですが、思い切って造り替えるということを、日本ももう少し考えてもいいと思うんですよ。例えばシンガポール。ものすごい港を持っているのに全部やめて、もっと沖のほうに、巨大な船を受け入れられる超巨大な港を造るそうです。そのくらいの勢いが欲しい。それに応える新たな技術を示したいですよね。空港はなかなか移転できませんが、港湾ならもう少し思い切ったことをやってもいいような……」

森川「港湾によっても状況はさまざまなので、できるところとできないところがあるとは思いますけどね。ただ、直しつつ使うとなったとき、50年延命した構造物を50年後にどうするかという問題がある。一度壊すしかないのか、あるいは新たな修理技術ができているのか。供用しながらという要望がある以上、壊すということはなさそうですが」

渡部「いつもどこかの場所では次世代型に替えるような工事をしつつ、順繰りに置き換えていくというようなことを考えていかないと。そうじゃないと、どこかで成長が止まってしまう気がするんですよ」

山﨑「これから既存施設の要求に応じる形での地盤改良が増えていくでしょうから、大きな方向性としては既存施設の地盤改良の研究だと思います。とはいえ、例えばもっと沖に出てさらに深い場所で新規プロジェクト、となった場合のことは、つねに考えておきたい。そういうこともあり得ると考えて、それに対応する地盤改良技術については先行的に開発しておかなければいけません。だから今後は両輪で。二兎を追うような形になっていくと思いますよ」

FOCUS ON 研究活動の最前線へ

地盤工学的問題への新たなアプローチ

マイクロフォーカスＸ線ＣＴスキャナで土の力学挙動の徹底解明に挑む

より精緻に地盤の挙動を予測し、効率的な設計につなげるべく、2015年に改良・更新されたマイクロフォーカスＸ線ＣＴスキャナ。基礎工研究チームの松村 聡研究官、地盤改良研究チームの高野大樹主任研究官、動土質研究チームの小林孝彰研究官の３人に、新装置への期待とこれを用いてそれぞれが取り組む研究について取材しました。

マイクロフォーカスＸ線ＣＴ装置

短時間で得られるようになった解像度の高い鮮明な画像

これまでさまざまな地盤工学研究に利用されてきたＸ線ＣＴスキャナによる内部構造の可視化技術。単なる可視化にとどまらず、得られた画像の解析によって、地盤内の変形量や構造の変化を定量的に評価するといった試みが行われています。２００３年の導入以来、港空研の地盤工学研究に大きく貢献してきたマイクロフォーカスＸ線ＣＴスキャナ。研究者たちの意見や要望が生かされる形で、２０１５年、新たな装置が導入されました。

高野「もっとも大きな違いは、Ｘ線検出システムです。旧装置では、試験体を通過したＸ線の減衰を、Ｘ線を可視光線に変換するイメージインテンシファイア装置とＣＣＤカメラを組み合わせることで、間接的に計測していました。一方、新装置のほうは、Ｘ線の減衰を直接計測できる検出器（フラットパネルディテクタ）を備えています」

カメラのレンズの収差による画像の歪みや、変換で起こる信号の劣化がなく、より鮮明な画像を得ることができるようになったといいます。また、取得できるデジタル画像の解像度も１０００×１０００×１０００ボクセル（※）から３０００×３０００×３０００ボクセルに大幅アップ。

地盤研究領域 地盤改良研究チーム
高野大樹 主任研究官

小林「解像度が上がったおかげで、よりミクロな現象にフォーカスできます。また、画像のノイズが少なくなったのもメリット。ノイズを取る処理には、これまでかなりの労力を費やしていました。そういう処理はなるべく少ないほうがいい。時間がかかるのもそうですが、人的な処理によって、誤差が蓄積する可能性があるからです」

高野「スキャンしてから３次元画像ができるまでの時間自体、段違いに速くなりました。旧装置だと１回撮影してから６～８時間を要したものが、いまでは30秒程度！　よく、土のサンプルに徐々に力を加え、壊れていく過程を撮影するのですが、以前の時間のかかり方だと４回くらいしか撮れなかったものが、いまはもう無数に撮れます。ちょっと動画に近づいたような感じですね」

３Ｄレプリカで力学挙動を究明 模型実験への適用も可能に

地盤工学問題への新たなアプローチも。

松村「Ｘ線ＣＴスキャンで得られた土（この場合は礫）のサンプルの画像をもとに、その土粒子構造を３Ｄプリンタで複製し、力学挙動を研究しています。例えば、同じ地盤のすぐ横からもう１本サンプルを採取したとしても、粒子の組み合わせが全然違うものになってしまうのが土という材料。でもこれなら、まったく同じ構造のレプリカがいくらでも樹脂でつくれるので、条件を変えて実験したとき、条件の影響だけが浮き彫りになるというわけです」

高野「土がどう壊れていくかというのは、実はまだよくわかっていません。どれくらい強

※２次元デジタル画像を構成する単位「ピクセル」に対し、３次元デジタル画像を構成する単位のこと。

土（礫）のサンプルの撮影画像から形状等によって識別された個々の土粒子を解析。それらの粒子を色分けして3D画像で確認することもできる

3D レプリカ

いかは測れても、なぜ強度が発揮されるかといったことは解明されていないんですよ。その法則がわかってくれば、今度は数値シミュレーションで同じような動きを再現できるようになります。だんだんスケールを大きくしていって、実際の構造物が壊れるところまで正確に予測できるところまでもっていく。微視的なところから発展させて、将来は、条件に関わらず正確な挙動が予測できるようになるというのが一つのゴール。最終的にはスケールの大きなものを解く、そのいちばん基礎になるところの研究です」

松村「まだ始めたばかりの研究なので、ぜひ長い目で見ていただきたいですね」

高野「例えば人間のDNAを調べると、どんな病気にかかりやすいとかがわかりますよね。土もまず、実際の地盤の成り立ちや土の特性がわかれば、どういった災害に弱いかといったことがわかるようになる。松村さんがいまやっているのは、まさに〝土のDNA解析〟。情報をたくさん蓄積して、データベースをつくるような研究なんです」

また、X線検出器の有効面積が広くなったことで、これまで困難だった模型実験への適用も可能になったといいます。

松村「模型実験を実施し、組杭に対して水平に力が作用した際の周辺の地盤変形の観察を試みました。地盤と構造物が一体となった模型実験へのX線CTスキャンの適用は、ほぼ前例のないこと。以前の装置でも、模型を何分割かにして撮れば不可能ではなかったと思いますが、画像処理にかかる時間を考えたらとてもできなかったので」

高野「これまでは10㎝角の写真しか撮れず、極めて小さいサンプルしか取り扱えなかったんです。それが新装置では40㎝角に。これなら、ある程度大きな模型でもスキャンが可能。今後ますます模型実験への利用が期待されます」

X線CT技術の進歩で研究にさらなる広がりが

小林「微視的な見地から土の挙動を解明できれば、予測の精度向上につながり、もっと経済的な設計が可能になるでしょう。X線CTスキャナを用いてのわれわれの研究は、大枠としては、そこを目指しています」

高野「私自身の研究としては、これまでは動きの速い現象が撮れなかったので、もう少しダイナミックな現象を扱ってみたいですね。土の中を水が流れる様子とか、水と土の相互作用で土の構造がどう壊れていくのか、とか。そういうところもやってみると面白そう。土の粒々の間をどう流れ、粒々の噛み合わせがどう動くのか。まだわかっていないことがたくさんあるんです」

小林「この3人はそれぞれ研究グループが違って、私の所属する動土質研究チームでは、土が時間とともに大きく動くような、地すべりや液状化を扱っています。このような動的問題に関しても、新装置で新しい発見ができるのではないかと、とても期待しているんですよ」

X線CT技術の利用については、さらなる展望への期待も。

松村「いま現場で土の強度を測りたいとなると、ボーリングを行い、実際にコアを抜いてきて、それを使って試験をしないといけません。もしX線CT装置をそれだけの深さまで差し込んで、直接データを得ることができたら、土を採取せずとも設計に生かせるんじゃないか？とか、そんなことも考えてみたり…。実現すれば、コストも手間も省けます。X線の利点は、壊さないで中の情報が得られること。それを最大限に生かせるような使い方ができたらいいですね」

地盤研究領域　動土質研究チーム
小林孝彰 研究官

地盤研究領域　基礎工研究チーム
松村 聡 研究官

わからないから面白い 見えない土の中をX線で〝見る〟

小林「地盤のもっとも特徴的なところは、土の粒々1個1個、すべて形状が異なるということ。当然、同じ組み合わせにはなり得ない。そこが金属などの人工材料との大きな違いです。現状あるものをそのまま使わないといけない以上、それがどういう性質をもっているか把握することが重要になります。まだまだ解明されていないことが多い分野で、だからこそやりがいがある。地盤の中は目では見えないから、X線で〝見る〟わけです」

松村「地盤工学は、自然材料を対象とする分野なので、予測通りにならないことが多いと思います。そのせいもあってか、挑戦する人がなかなか増えない。でも、人があまりやらないことにこそ、研究の醍醐味があると思うんですよ。今後さらに新しいアプローチで研究を積み重ね、われわれでもう少し、その魅力をアピールしていけたらいいですね」

CLOSE UP 現場からの報告

小名浜港東港地区

小名浜港東港地区岸壁工事における 大口径杭 RS プラス工法

騒音・振動などの環境問題にも配慮した大口径杭 RS プラス工法を採用している小名浜港の岸壁工事現場を訪れました。

小名浜港東港地区岸壁(-18m)(耐震)工事の現場(杭打設状況)

福島県いわき市の小名浜港は、東日本地域の経済基盤となっている電力、非鉄金属化学工業などの産業を支える物流拠点です。福島沿岸には多くの発電所があり、小名浜港はこれらの発電所への燃料供給拠点として年間約980万トンの石炭を取り扱っています。しかし大型船が接岸できる大水深の岸壁が不足しているため、船舶の沖待ち(滞船)が慢性的に発生したり、積載量を減らしての入港が余儀なくされるなど非効率な状況となっています。また、石炭を主として取り扱う岸壁は耐震強化がされていません。こうした状況を解消するため、現在水深18m岸壁(耐震)の国際物流ターミナルの整備を行っています。

この整備事業では杭打ち工事において「大口径杭RSプラス」が採用されています。「大口径杭RSプラス」は、低騒音・低振動で鋼管杭の施工が行える工法で、港空研と新日鐵住金株式会社、調和工業株式会社の3者により開発されました。

今回は、この「大口径杭RSプラス」が使われている小名浜港東港地区の施工現場を訪れ、開発・施工に携わっている方々にお話を伺いました。

お話を伺った方々

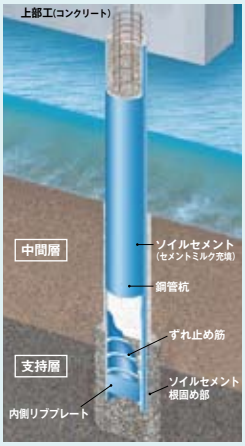
(上段左から)国土交通省 東北地方整備局 小名浜港湾事務所 第一工務課 課長 神原 晋さん、新日鐵住金株式会社 建材事業部 建材開発技術部 土木基礎建材技術第二室 主幹 久保田一男さん、技術開発本部 鉄鋼研究所 鋼構造研究部 主任研究員 森安俊介さん、(下段左から)調和工業株式会社 技術営業部 部長 中元靖英さん、工法技術部 高橋洋敬さん、港湾空港技術研究所 地盤研究領域 基礎工研究チーム 水谷崇亮チームリーダー

問題となっている騒音や振動などの環境問題にも配慮し、高い支持力を発揮！

昔は港湾地域と住宅地は比較的離れていましたが、今は港湾施設の背後地に民家や工場が隣接していることも多いため周辺環境への配慮が求められ、特に杭打ち工事では騒音と振動を低減させる工法が必要とされています。「大口径杭RSプラス」はそうした問題に応える工法で、ウォータージェット併用バイブロハンマで杭を打設するため、打撃工法に比べ騒音・振動を大幅に削減することができます。

また、ウォータージェットで所定の深度まで打設した後、水をセメントミルクに切り替えて高圧噴射し、杭先端部に根固め球根を造ります。さらにジェット用配管を回収する時に鋼管杭先端部の根固め部と杭周面部にもセメントミルクを充填することで、杭と周辺地盤との一体化を図り、より高い支持力を発揮することができるのです。

鋼管内面リブプレートの設置例



杭のイメージ

「古い話になりますが、伏木富山の岸壁工事ではセメントミルクジェットを噴きながら杭を打ち、周面をセメントで固める『CJV工法』を採用していました。実はその工法に着想を得て新たな工法開発に至ったんです。ウォータージェットだけでは支持力が得られない。通常のように最後に油圧ハンマで叩くと振動で施工ができない。それらを避けるためにまずは水で掘削し、最後にセメントミルクジェットを使うことにしたのです。ただそれだけではなく、先端に拡大根固めを造り、支持力をより大きなものにしようというのが元々の発想です。この開発は7、8年前に終わっていて、我々の先輩方が3者共同で1000㎜杭まで適用できるものを開発したのですが港湾施設ではさらに大きな支持力が求められ、新たに大口径杭にも使えるような研究をしようということで以前と同じ3者で再度共同研究を行ったのです」（港湾空港技術研究所 水谷チームリーダー）

3者がさまざまな工夫を重ね大口径杭対応の工法を実現

大口径杭対応のRSプラス工法は、杭径1600㎜までは施工の確実性や設計に用いる数式の適用性が確認済です。小名浜の岸壁で用いている杭は、施工位置により異なりますが1400㎜か1500㎜のいずれかが使われています。

「大口径化するときの課題として、きれいに穴を掘るために鋼管内にプレートを付けたり、セメントミルクがきれいに混ざっているかを確認したり、掘削ノズルの向きを検討するなど、元々の工法をかなり工夫して改良しました。1000㎜のものは既に採用実証済でしたが今回はより支持力の得られる大口径へのチャレンジだったと言えます。実際にやってみると思ったようにいかないこともたくさんあり、苦労したことも多かったですね」（港湾空港技術研究所 水谷チームリーダー）

開発にあたっては3者それぞれの専門分野における知識と経験がまさに活かされています。

「港空研の役割としては原理的な部分で、例えばウォータージェットで杭を打った時に何が起こるのか、またできあがったものがどういう特性を持っているかなど基礎的な部分を研究すること。もうひとつは、できあがったものに対しての支持力の推定手法や設計式を作ることだったんです。実際に使う杭と機械を用いて施工する実大実験などは新日鐵住金さんの研究所（千葉県富津市）で実施していただきました。また、少し短い杭を打って掘り返し、先端がきちんとできているかを確認したり、打った杭が所定の支持力を得ているかなどの載荷試験も行っています」（港湾空港技術研究所 水谷チームリーダー）

根固め球根の掘起こし事例
（杭径 1600mm、杭内面リブプレートあり）

「当社はバイブロハンマを中心として施工機械の提供や打ち止め管理の装置・システムの開発などを行っています。今回は、バイブロハンマとウォータージェットだけでは求めている支持力が得られないことから、ウォータージェットを途中でセメントミルクに切り替える方式を採用したのです」（調和工業株式会社 中元さん）

「ところが、セメントミルクを海や川に流さない、汚泥、泥水、濁水を出さないようにすることが難しく、開発の上で一番苦労しました。近辺の漁業組合や養殖に影響がないよう、泥水や濁水を処理しきれいな海水に戻してから放流するシステムを作ることが難しかったですね」（調和工業株式会社 高橋さん）

「私たちは鋼管杭の製作をしているので、特殊な形状を持つ先端部の開発を主に担当しました。支持力を保つために先端にリブプレートを付けたり、鋼管内面にずれ止め鉄筋を取り付けるなど工夫をしました。ウォータージェットで掘削する際、現場によって条件が異なるので実際にどれくらい地盤を掘ることができるのか予測するのが難しかったですね。最終的には港空研さんに指導していただき、根固め球根を作るためにジェットの噴射圧や流量などをどれくらいにすればよいかなど、現場に適したものを設計することができました」（新日鐵住金株式会社 森安さん）

実際に施工を行う立場から今後の検討課題をあげていただきました。

「最後に先端に根固め球根を作りますが、固まるまでに杭を吊っておかなければなりません。そのため鋼管杭を保持するための導材や、導材を支える導杭も堅固なものでなければなりません。そうした最終的にはなくなってしまう仮設材などは現場条件によって変わってくると思うので、港空研さんをはじめとする皆さんからお知恵をいただき、より使いやすい方法を考える必要があると思います。この工法はまだ新しいものですから、今回だけでなく今後導入される現場の情報も共有し、広く活用できるようにしたいと思います」（小名浜港湾事務所 神原さん）

「実験や解析を繰り返して今の工法に辿り着き、基本的なところはクリアできたと思います。しかし現場で使っていただくと私たちが予想できない問題が出てきたり、使ってみないとわからない部分があります。まだまだ開発の余地があると実感しました。現場の声をフィードバックしていただき、さらにいいものにしていきたいと考えています」（新日鐵住金株式会社 久保田さん）

FRONT PEOPLE 研究者の広場　挑戦する研究者たち

地盤改良をベースに考える これからの港湾施設の維持管理

港湾・空港の大規模プロジェクトや新規事業が相次いだ時代は終わり、
これからは維持管理が重要に。既存施設の改良・更新が多くなると考えられます。
軟弱地盤に打ち克つために重要な役割を演じてきた地盤改良に関する技術も、
既存施設の長寿命化を目指すという新たなステージへ。
今回、座談会にお集まりいただいたのは、大学や民間企業で、
それぞれの立場から維持管理という課題に取り組んでいる方々。
地盤の技術の現状と、今後の展望などを語り合っていただきました。

守分敦郎 さん
一般社団法人 日本埋立浚渫協会
技術委員会　委員長
（博士（工学）／技術士（建設部門））

小峯秀雄 さん
早稲田大学理工学術院　創造理工学部　社会環境工学科　教授
（博士（工学））

地道に着実に進めたい長寿命化と維持管理

菊池　地盤の技術というのは、実はとても難しい。これは、港湾基礎や軟弱地盤の研究、あるいは産業副産物の地盤工学的再利用に関する研究に取り組みながら、いつも感じていることです。いまの時代、新設構造物を造るばかりでなく、既設の構造物を長くもたせたり、その機能を強化して新しい要求に応えていくことが重要ですが、地盤の技術は小回りが利かず、小手先で対応することができません。本質的な対応をしないと、思うように長寿命化も高機能化もできないんです。そういった意味では、日進月歩といった感じで技術が進むとは考えにくい。原理原則に基づいて考えていくことが大切で、ゆっくり着実に進めていくしかないんです。場合によっては発想の転換も必要になる。そういう観点で技術開発を考えていくべきだと思います。

水谷　構造物の更新・維持に関しては、港空研でもこのところ重要な技術課題となっています。基礎工研究チームでも、船舶大型化に対応する既存岸壁の増深についての研究などを始めていて、既にいくつかは研究成果を出しているところです。一つは、菊池先生にもご指導いただきながら埋立浚渫協会と共同で進めている重力式係船岸の増深工法の開発。また、矢板式岸壁では、タイ材（繋ぎ材）を2段に増設して増深補強する工法の研究も進んでいます。それとは別に、基礎的な研究も。例えば、地震などの力を受けて杭基礎が少し変形しているとか、曲がってはいないけれど50年使用した杭であるとか、そういったものの保有耐力をどうやって評価するか。使用を続けていいのか、新しいものを造るべきか、その判断を可能にするインデックス的なものをつくる必要があると考えていて、そのための研究をいろいろやっています。地盤自体の影響はそう簡単にはわからないので、いまのところは杭と地盤の相互関係の研究ですね。

佐々　動土質研究チームのほうでは液状化対策などを。東日本大震災でも、本震の後に断続的に余震が続くという特徴がありました。大規模で断続的な揺れを含めた長い継続時間に対して耐えられるような対策が望まれているので、そのための研究に取り組んでいます。一つ、地盤でキーになっている研究は、シルト粘土層と砂の層が互層になっているような不均質性の強い地盤（互層地盤）に対しての、既存の対策効果の再評価。従来の対策工法の課題を改善し、大規模な地震動に対しても、より合理的に高い精度で液状化を防ぐことができるような、新しい工法の研究も進めているところです。

守分　東日本大震災の前から、維持管理が重要であるという話はずいぶん出ていましたね。ただ、震災で一気に壊れたことで、既存構造物を補強したり補修したりしながら長く使おうという考えが、一時期少し弱まったように感じました。しかし、いままた復興が進むなかで、造り直した構造物は長く維持しよう、強い意志を持って長寿命化を図ろうという機運が高まっています。

佐々　あの震災で大きくクローズアップされた津波災害は、地震に比べると新しい研究分野。地盤の研究も、いま大きく進展しているところです。さまざまな外力に対して総合的に機能が保持されなければいけない。新たな課題も出てきています。

小峯　私の専門は環境に関わる地盤工学なので、震災後は、災害廃棄物や津波堆積物などの有効利用についても地盤工学会でガイドラインをつくり、地方自治体をバックアップしています。なかでも大きいのは塩分の問題。何年後に農地に回復できるかを問われるわけです。被災エリアが広いので、まずはテクニカルな除塩よりも、雨だけでどこまで洗えるかということがポイントになってくる。課題として、やはり自然の修復作用を定量的に評価していくことが重要になります。

技術開発と実用化に向けた努力で「使いながら」の維持管理へ

守分　われわれ埋立浚渫協会としても、港湾空港の維持管理でいちばん多いのは、やはり国土強靭化ということで液状化対策などの地盤改良です。国交省関係では羽田空港のC滑走路の液状化対策が挙げられますし、民間から直接くる話としては、石油やガスなどのエネルギー施設の地盤改良があります。とくに民間企業からは、使いながら直す、使いながら補強するということが強く求められます。維持管理は「使いながら」がキーワードなんです。そのためには施工側の工夫が必要になる。最初から造るのとは全然違うやり方をしなければならないことが多々あります。そこが大変なところですね。先ほど出てきた重力式係船岸の増深も、既設の重力式の岸壁を増深していくというものです。日本埋立浚渫協会では各地方整備局との意見交換会のなかで、試験施工で使ってほしいと働きかけています。増深技術は実験的にはほぼ完成していますが、施工となると、いくつか確認すべき点が残っている。実証試験ができれば技術は大きくブラッシュアップされるのですが、現状ではなかなか実証に進めません。新しい技術を実用化するにあたって、実証試験は非常に大きなウェイトを占めていながら、現状ではそれがネックになっているように思います。各地方整備局には比較的前向きにとらえてもらっているので、今後に期待したいですね。これをきっかけに、もっと実証試験がやりやすい環境をつくっていただきたいと思います。そうしないと、日本の技術はなかなか広がらないと思うんですよ。

佐々真志 チームリーダー
港湾空港技術研究所
地盤研究領域
動土質研究チーム

水谷崇亮 チームリーダー
港湾空港技術研究所
地盤研究領域
基礎工研究チーム

菊池喜昭 さん
東京理科大学　理工学部
土木工学科　教授
（博士（工学）／技術士（建設部門））

佐々　実証試験の実現には、売り込みも大事。よい技術ができたら、使いながらよりよい改良ができますよということをちゃんと打ち出せればいいんですよね。そのためには人とのネットワークも重要になると思います。

菊池　新しい技術の開発に携わった人たちは、ものすごく深く勉強します。そうすることで技術者が再生産されていくんです。もっとも重要なのは、新しいアイデアを持った技術者を再生産すること。それを考えると、技術開発をいろんな形でサポートして、実現の方向に進める努力が必要です。その一方で、研究はそのまま役に立つとは限らない。実験としては可能でも、現実的には施工できないということはままあります。ただ、実はそういった研究がきっかけで、技術が他の方向へ発展することも大いにあるんですよね。典型的な例を挙げれば、気泡混合処理土の研究があったから、セメントと土を混ぜるという研究がものすごく広がった。そういう効果もあるので、技術の研究はずっと続けていかなければ。

見えないものを〝見る〟面白さを若い世代に伝えたい

佐々　地盤はすべての土台となるもの。災害のときも、地震や津波、高潮、高波の防災・減災の研究など、全部を横串で刺しているのは地盤なんですよね。いろいろな領域・分野と密接に関係しているところは面白い。そのあたりも地盤の研究の魅力です。

菊池　地面の中は見えないので非常に難しいテーマでもあります。この目に見えないものを〝見える〟ようにするのが技術者の仕事。港空研から大学に移って3年半ですが、学生たちをみていても、見えないところには興味がないんですよ。構造物の基礎がどのように造られているか、授業などで説明するとものすごく興味を示すのに、チャンスが少ない。もう少しアピールが必要です。

小峯　大学以前に、高校もしくは小中学校のうちからそういうことに触れさせなければいけないと思います。いちばん近いのは地学という学問。私も高校3年まで文系だったんですが、地学の授業がきっかけになって転向しましたからね。早い時期から教養として学んだほうがよさそうです。

菊池　災害に関わる土木のことなどは、これからは社会科で教えるべきかもしれませんよ。社会生活とも密接なので、現代社会のような形で教えるのも意味があると思います。

小峯　最初から土を学ぶことが目的でなくても、だんだん面白くなっていくのがこの学問。単位を取ることだけを目的に大学に来ている学生には、つらいでしょう。なぜなら、想像力がないとダメなので。目で見えないものを見るには、要するに、見ようとする力が必要なんです。

将来を見据えて新たな技術や研究に挑戦

守分　地盤改良にしても、例えば薬液注入工法などはかなりコスト高です。そのため、膨大な港湾施設全体をその工法で改良するわけにはいきません。できればもう少し安い工法を採用する必要がある。これは、われわれがいつも直面しているニーズでもあります。この先の全体の整備を考えると、コストダウンのために、要求性能に応じた設計法のようなものを、港空研が中心となって整備していただきたい。そのような設計法が可能になれば、それに応じた工法が採用でき、地盤改良はもっと進むだろうと思っています。

菊池　地盤の受働抵抗をもう少しきちんと利用することで、従来の構造物よりもさらに強い構造物が造れないかということは検討しています。ただ、それには一つ問題点があって。受働抵抗は構造物が少し動いてからしか

機能しない。つまり、動くことがまったく許されない構造物では受動抵抗を期待できないわけですが、多少なりとも動くことが許容される構造物であれば、受動抵抗は非常に有効です。この研究、昔は受働杭といって、斜面安定の研究として行われていました。それをさらに具体的に、どこまでの変形でどの程度抵抗できるというところをクリアにしていくことによって、使いやすくなると思います。もう一つ、課題と考えているのが廃棄物海面処分場の件。これを有効利用できないというのは、港湾の抱える致命的な問題だと思うんですよ。徐々に埋立地が沖へ広がり、処分場は内側、都市部に近いほうに残る。これを高度利用することが、今後非常に重要になります。杭を打設して構造物を支えるのが一つの方法ですが、なかなか難しい。少々お金と時間がかかっても対策することには意味があると思う。

小峯　電力関係の出身なので、より安い燃料をということで、石炭火力発電所の立地や環境のアセスメントの仕事もやっています。火力発電所で出る石炭の燃え殻を埋め立てた後、港湾施設として再利用できないかという話があって。実態をきちんと評価して、港湾内での使い方というのを提示できるようにしたい。例えば荷さばきの場所に使うとか、そういったことを力学的な特性から提示する。これも一つの技術です。もう一つの研究の売りは廃棄物。石炭の灰や製鋼スラグなど、いわゆる燃焼系の廃棄物はカルシウム分を含んでいて、空気中の二酸化炭素と反応して炭酸カルシウムが生成されます。

すると、粒子が膨張して持ち上がってしまう。メカニズムがわかっているので、あらかじめ二酸化炭素を吹きかけ、エイジングさせてから利用するのが基本です。膨張させないだけでなく、廃棄物から出てくる有害物質を閉じ込める効果も期待できる。地球温暖化の元凶となる二酸化炭素を有効利用して、環境影響が出ないようにトリートメントした上で、港湾施設の背後地盤などに埋め立ててはどうかという技術開発もしています。

佐々　最近現場から上がってくるのが、高波による液状化が原因で海岸構造物が沈下したり、地盤が流動したと考えられる事例。液状化という意味では、地震・津波に対しても高波に対しても、地盤の基準化がまだ進んでいない部分があり、対策は遅れている。今後整備していく必要があると感じています。また、岸壁や護岸の陥没については、防砂板と防砂シートの損傷が原因であることが多い。材料試験はしますが、実際に施工するのは地盤の中なので、地震や波、浸透圧などさまざまな外力を受けて損傷してしまうんです。そういった防砂板や防砂シートの地盤の中での性能評価基準もまだできていないので、整備していかないと。いわゆるフェールセーフ設計として損傷しても大丈夫な構造にしておくのも重要だし、損傷部分を固めて使ったりもするわけですが、抜本的な意味で原因やメカニズムを究明し、性能を評価して、対策を進めることも大事だと考えています。

水谷　先ほど実証実験が難しいというお話がありましたが、幸い重力式係船岸の増深などについては、他の工法では適用困難な場所というのが絶対に出てくるので、そのときがチャンスだと思っています。あと、浚渫土の有効活用についていえば、エイジングしていない製鋼スラグと混ぜて固めるといったこともやっていて。こちらは既に各地で実証試験などで使っていただいているので、これから活用が進めば、浚渫土の土捨て場の問題解決の一助になるのではないかと期待しているんです。ほかに、富山県立大学の先生と民間の複数社と共同で、微生物の機能を使って土を固めるという研究も。要は炭酸カルシウムをつくらせるのですが、やはり有害物質を吸着し、あるいは地盤を固くして、よい地盤にできるのではないかということで、基礎研究として取り組んでいます。

メカニズムを解明し地盤の技術で国土を守る

佐々　地震だけでなく津波や高波、洪水、竜巻など、これまで想定していた最大外力を超えるような超過外力が発生する可能性が、今後さらに大きくなるでしょう。想定していないレベルの外力に対し、地盤・構造物をどうもたせるか。それにはやはり、地盤のダイナミクスが重要になってくる。本質的なメカニズムがわかると、そんなに大きなコストをかけずとも有効な対策ができるという場合が往々にしてあるんですよ。研究の進展とメカニズムの解明は、研究機関としては使命。そこに立脚した新たな設計、大学や民間と連携しての新たな技術の開発というものを、具体的に進めていきたい。温暖化など地球の環境の変動が大きくなっていくなかで、その重要性はさらに高まっています。

菊池　東日本大震災の経験から考えても、極端に防波堤を高くしたり何かを強くしたりすることが、対策のゴールではありえない。均衡が崩れるような荷重が作用すると、一気に壊れ、大被害になります。とくに、補強したものが壊れるのが恐い。やはり原理原則に基づいて対策をとっていくことが重要です。

水谷　予算のことを考えると、何でもかんでも直すわけにはいかないし、造れないものは造れない。その優先順位は、これまでは政策的な話や経済的事情によって決まっていましたが、今後はそこに、もっと技術的な判断も入れていかざるを得なくなると思うんですよ。その下地となるような研究なり技術開発なりというのが、今後たぶん必要になるんじゃないかという気がしています。

小峯　維持管理に関していえば、国民のみなさんは「物は劣化していく」ということを意識すべきだと思います。安全が絶対続くということはない。だから維持管理が大事なんです。目立たないかもしれないけれど絶対に必要で、かつ非常に重要なこと。医者でいえば、健康診断のプロのようなものですよ。よく学生に「実は、社会を守る正義のヒーローなんだ」と言ってます（笑）。ぜひ、そういうことを意識できるような学問に展開していきたいですね。

佐々　維持管理は地味と思われるかもしれませんが、突き詰めれば、沿岸国土を維持管理するということですから。地盤の技術を活用することでリスクも減っていく。夢とは縁遠いように見えて、技術としては夢のある分野。これまでできなかったような、まったく新しいことにも挑戦できればと思います。

CROSS LINE 国際交流レポート

韓国の「KIOST」で行われた「第3回日韓沿岸技術研究ワークショップ」に出席

「第3回日韓沿岸技術研究ワークショップ」が10月6日に韓国沿岸技術院（KIOST、前身は韓国海洋研究院）で開催され、日本から港湾空港技術研究所（PARI）、みなと総合研究財団（WAVE）、沿岸技術研究センター(CDIT）の担当者や関係者が出席しました。

KIOSTとそれぞれの組織は、これまで個々に研究協力協定を締結※し、沿岸技術に関する研究交流を実施していましたが、2013年度からは個別に行ってきたワークショップを一本化して4者の共催となりました。

ワークショップはKIOST内の会議場で行われ、KIOSTのDr. Kwang-Soon Parkの基調講演、CDIT 高山参与の特別講演のほか、沿岸防災、沿岸管理、沿岸環境、技術開発の4つのテクニカルセッションでそれぞれ3編の発表が行われました。港空研からは沿岸防災で下迫特別研究官、沿岸管理で伴野主任研究官、沿岸環境で井上チームリーダーが発表しました。参加者との質疑応答も活発に行われ、今後もこうした研究交流をさらに進めていきたいと思いをひとつにしました。

またワークショップのほかに京仁運河、始華潮力発電所（ともに10月5日実施）、仁川港（10月7日実施）の現地視察も行われました。いずれの施設も大規模プロジェクトながら、あまり歳月をかけずに完成していることから、視察参加者からは「日本だと予算の制約などでなかなか進まないが、京仁運河などは大統領の指示などで予算が集中的に投入されて進んだという説明があり、日本との違いを感じた」という感想も聞かれました。

ワークショップは日本と韓国で交互に開催されており、2016年は港空研での開催を予定しています。

※「PARI」は2003年12月、「WAVE」は2012年11月、「CDIT」は2009年10月に締結。

◇視察施設◇

京仁運河

ソウル市内の漢江と仁川市の黄海（京畿湾）とを結ぶ運河。総延長は約18km、平均水深は6m程度。仁川港からソウル市内への運河による物流体系の改善や洪水防止効果に加え、遊覧船やサイクリングロードなども整備され観光名所にもなっている。

始華潮力発電所

ソウル市内から西南へ約40kmの位置にあり、黄海沿岸の一部を総延長12.7kmの堤防で閉め切って造られた4,380haの人工湖。満ち潮時には潮力発電、引き潮時には水門を開放して海水循環を行うという事業で2011年から発電を開始。25.4MWの発電タービン10機を備えている。

仁川港

内港、南港、北港、沿岸港、新港の5地区から成る。内港は最大10mの潮位差を克服するため大小2つの閘門があり、それぞれ最大5万トン級および1万トン級の船舶が通過できる。新港はコンテナ埠頭と一般的な埠頭合わせて29バースの大規模プロジェクト。第1段階としてBターミナルが2015年6月に開港、2016年1月にはAターミナルが開港予定で、仁川港の年間コンテナ荷役能力は合計352万TEUに増える見込み。

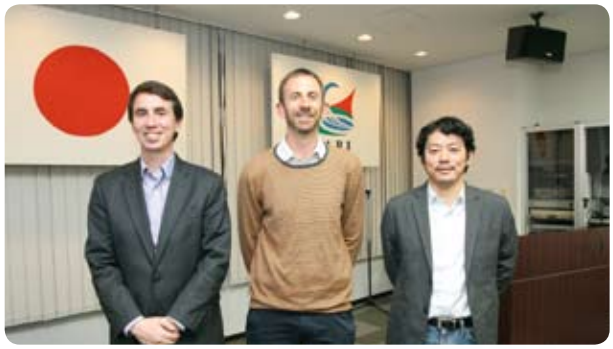
京都大学防災研究所在籍の２人の研究者が港空研に来所されました

去る11月10日、京都大学防災研究所の森 信人准教授と共にオーストラリア連邦科学産業研究機構のMark Hemer（マーク・ヘマー）主任研究員と、ノートルダム大学のAndrew Kennedy（アンドリュー・ケネディ）准教授が港空研を訪れました。HemerさんとKennedyさんは、京大防災研に在籍し共同で研究をしていました。（2015年12月まで在籍）

当日はお二人の希望により実験施設（「大規模波動地盤総合水路」「干潟実験施設」「油回収実海域再現水槽」「三次元水中振動台」）を見学し、港空研波浪研究チームの依頼により「気候変動・高潮・海洋波」をテーマにしたセミナーに参加。セミナーではお二人と海洋情報・津波研究領域 海象情報チーム田村 仁研究官による講義が行われました。

Mark Hemer 主任研究員
オーストラリア連邦科学産業研究機構

Andrew Kennedy 准教授
ノートルダム大学



京都大学防災研究所の森 信人准教授と一緒に

―― 研究内容（セミナーの内容）を教えてください。

Hemer さん　海面上昇に加え、気候変動に伴って波がどのように変化にするかということに注目しています。現在から今世紀末までの波の変化予測について発表を行いました。

Kennedy さん　台風によって高潮や高波がどのように起き、水がどのように内陸に入っていくかという最近の研究を紹介しました。台風や地域の特性によって、高潮がメインの時と高波がメインの時があり、最近のいくつかの災害を例に、それぞれどのように浸水が起きて、建物にどのような被害があったのかという事例を示しました。

―― 港空研を見学されてどのような印象を受けましたか？

Kennedy さん　津波の実験施設は今まで見たものと比べても非常に大きく印象的でした。特に津波を防ぐためのゲートが自動で起き上がる実験を見ることができたのでよかったです。研究所の規模が大きく、色々なものがあって非常に驚きました。

Hemer さん　私も津波の実験施設が印象的でした。また、鳥を飼っている干潟実験施設のようなエコシステムの施設は他では見たことがありません。セミナーにたくさんの方が参加してくれたことも印象的で、さまざまな分野の研究者がいらっしゃることにも驚きました。

―― 今後、港空研と共同で研究を行うとすれば、どのようなことが考えられますか？

Kennedy さん　高波や高潮よる構造物の被害に関する研究ですね。港空研の研究は非常に進んでいるのでぜひ協力して研究できればと思っています。

Hemer さん　オーストラリアには石油のプラットフォームがあるので、海上の油流出について一緒に研究してみたいと思いました。海洋の自然再生エネルギーについても協力できるのではないかと思います。

―― オーストラリアやアメリカでも台風による災害がありますが、災害を防ぐために一番必要なことは何だとお考えですか？

Kennedy さん　どのくらいの台風が起きると、どこがどれだけ被害を受けるなどといった正確な被害の予測が工学的には一番重要ではないかと思います。

Hemer さん　専門ではないですが、数値モデルをつくっている立場からすれば、やはり台風の風などの予測が被害の軽減に重要だと思います。

―― 今後、新しく取り組んでみたい分野はありますか？

Kennedy さん　無人飛行機（ドローン）を使って海岸の波や流れの研究をしてみたいです。

Hemer さん　波や流れの海洋再生エネルギーの予測や応用研究に興味がありますね。

セミナーの様子

TOPICS

港空研の事業が「第11回JICA理事長賞」を受賞しました！

港空研が実施している「SATREPS」（※）のプロジェクトが「第11回JICA理事長賞」を受賞し、2015年10月16日に表彰式が行われました。この表彰は国際協力機構（JICA）が行う国際協力事業に貢献・協力し、途上国の人材育成や社会発展に尽力した事業・個人・団体の功績を称えて贈られる賞で、今年度はJICA理事長賞を9事業と4名1団体、JICA国際協力感謝賞を個人12名と7団体が受賞しました。

港空研はチリ共和国を対象とした「津波に強い地域づくり技術の向上に関する研究」において受賞し、受賞式にはこの事業の日本側実施機関である港空研の代表として富田孝史 海洋情報・津波研究領域長兼アジア・太平洋沿岸防災センター 副センター長が出席しました。

※科学技術振興機構（JST）と国際協力機構（JICA）が共同で実施している、地球規模課題解決と具体的な研究成果の社会還元に向けて日本と開発途上国の研究者が３～５年間共同研究を行うプログラム。

富田孝史 海洋情報・津波研究領域長兼
アジア・太平洋沿岸防災センター 副センター長（右）

――受賞が決まったときの気持ちを聞かせてください。

多くの研究者の熱意と努力のおかげによる受賞と思います。皆さんが「チリ愛」をもって取り組んでいます。さらに、JST、JICAなど関係機関にもプロジェクトの実施を支えていただき、感謝しています。

――「SATREPS」プロジェクトにおいて、苦労した点はありますか？

「SATREPS」プロジェクトは、国際協力と科学技術の進展との両面を意識して取り組むところが難しい点だと思います。しかし対象国のチリは、このような共同研究を実施する上でとても良い国だったと思います。ラテンアメリカの国ですが、日本人と似たマインドを持っている人が多いからです。

――2015年チリで大きな地震がありました。2010年の地震では犠牲者が500名以上だったのに比べ、今回は12名と激減しました。これはプロジェクトの成果だと思いますが、今後はどのように展開される予定ですか？

プロジェクトの終了まであと半年です。プロジェクトの成果のとりまとめとして各種ガイドラインなどを作成し、関係する行政機関などから意見聴取しながら、実際の防災に役立てられるように展開していく予定です。2014年のピサグア地震、2015年のイジャペル地震では、プロジェクトの成果などにより市民の多くが津波警報を待つことなく高所に逃げることができ、防災意識がかなり高まっていることを感じました。一方、日本がチリから学ぶべきこともあり、それを今後明らかにしていきたいと思います。

「第 11 回 JICA 理事長表彰」表彰式

PARI 世界に貢献する港湾空港技術
VOL.22 JANUARY 2016 企画・発行 国立研究開発法人港湾空港技術研究所 Port and Airport Research Institute（PARI） 編集・制作 （株）ホライゾン
〒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

もっとよく知ろう

港湾 空港

研究・実験・現場調査など
港湾空港技術研究所はさまざまな
役割を担っています。
ここでは普段あまり知られていない
港湾や空港に関する豆知識を紹介します！

鉄をつくるときにできる 鉄鋼スラグって何？

私が解説します！

地盤研究領域 土質研究チーム
金子 崇 研究官

ある製品をつくる過程で、それに伴って得られる他の産物を「副産物」といいます。鉄などの金属を生産する際には、原材料に含まれる不純物を取り除くため、高温の炉で溶かしますが、そのときに取り除かれる不純物を冷やし固めたものをスラグといいます。つまり、金属を生産するときの副産物がスラグ※です。特に需要が高い鉄を生産する際にできるスラグは鉄鋼スラグと呼ばれ、それ以外の金属を生産するときにできるスラグ（非鉄金属スラグ）と区別されます。以降は鉄鋼スラグについて説明します。

副産物は廃棄物として扱われることも多く、鉄鋼スラグも1990年代までは埋立てて処分されることがありました。しかし、現在では年間約4000万トン発生する鉄鋼スラグのほぼ全てが日本各地の道路・港湾・空港等を支えるセメントなどの建設資材や、海や土壌などの環境修復・改善につながる環境資材として再利用されています。

鉄鋼スラグは、摩擦力が大きく安定した構造物を作ることが出来る、水と反応して固まる（水硬性）という特徴がありますが、炉の種類によって少し性質が異なるものができ、高炉スラグと製鋼スラグに大きく分けられます。特に、製鋼スラグは浚渫土（水底からすくい上げて取り出した土砂）と混ぜると、非常に柔らかい浚渫土を固めることができ、海で発生する赤潮や青潮の原因となるリンや硫化物を吸着して浄化するといった特徴があり、注目・期待されています。

このような性質から鉄鋼スラグは、それぞれ港湾工事において広く適材適所で使われることが期待されており、研究が進められています。

※ 本来金属を生産するときの副産物をスラグと呼びますが、ごみを燃やした時にできる灰を溶かして、冷やし固めたものもスラグ（溶融スラグ）と呼ばれます。

本紙の定期送付・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

世界に貢献する港湾空港技術
PARI

国立研究開発法人 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）5040 FAX：046（844）5072
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。