

世界に貢献する港湾空港技術

PARI

VOL.25
OCTOBER 2016

Airport

Technology

Port

2 _ Front Line - 特集 -

高潮・高波災害の防止、軽減に挑む

“最大級”に対応する予測技術と被害想定、被害軽減技術の確立へ

6 _ Focus On 研究活動の最前線へ

耐波設計のための数値解析手法の研究開発

粒子法を用いた数値シミュレーションで

高度化する設計要求に応える

8 _ Close Up 現場からの報告

過去の災害に学び、進化する
高潮研究の現状と課題

10 _ Front People 研究者の広場 挑戦する研究者たち

高潮・高波予測技術の精度向上と

その利活用に取り組む

14 _ CROSS LINE 国際交流レポート

韓国 KIEST と中国 WTI の研究者を招待

「海洋環境国際シンポジウム」を開催しました

15 _ TOPICS

2016 年度「夏の一般公開」を開催しました

水中音響ビデオカメラの性能試験を実施

「フラップゲート式陸閘の開発」が

「第 18 回 国土技術開発賞優秀賞」を受賞しました

高潮・高波災害の防止、 軽減に挑む

“最大級”に対応する予測技術と被害想定、被害軽減技術の確立へ

5000名を超える犠牲者を含む、深刻な被害をもたらした1959年の伊勢湾台風。

幸いにもそれ以降、日本は高潮・高波による大きな被害を受けていませんが、

世界的にみると、アメリカでは2005年にハリケーン・カトリーナ、

フィリピンでは2013年に台風ハイянなど、

最大級の強い熱帯性低気圧の襲来によって、甚大な被害が発生。

わが国でもこれまでの想定を超える高潮・高波の発生が懸念されます。

防災・減災対策のための研究の現状と、今後の課題を取材しました。

ハリケーン・カトリーナによる被害(2005年)

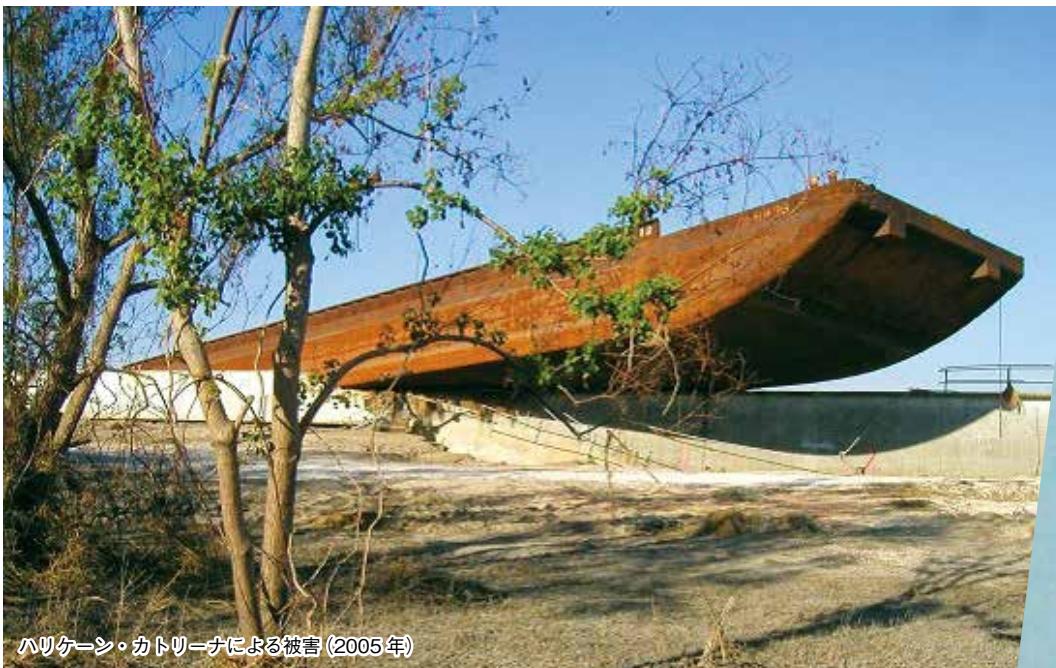
詳細な気象データを取り入れて
高潮予測の精度を上げる

地球温暖化による海面上昇や強い台風の増加などによって、今後の甚大化・頻発化が懸念されている高潮・高波災害。とくに多くの人口と資産が集積するわが国の沿岸域では、激甚災害に至る恐れも。1940年代からアメリカなどで行われてきた高潮や高波の研究。港空研でも1959年の伊勢湾台風以降、重要な研究と位置付け、取り組みが進められてきました。

「港空研では今年度から、新たな中長期計画のもと、研究計画全体が新しくスタートしているわけですが、沿岸域における災害の軽減と復旧という重点的研究開発テーマにおける1つのキーワードが『最大級への対応』。いま



下迫健一郎 特別研究主幹



ハリケーン・カトリーナによる被害 (2005年)



フィリピン高潮被害 (2013年)

高潮では人は死なせない! 適切な避難を可能にする研究を

最大級への対応というところでは二つのテーマが挙げられます。一つは、避難なども含めた広い範囲での検討。「高潮のモデルの精度がよくなれば、浸水ができるくらいまでいくかといったことがわかります。突然起こる地震とともに発生する津

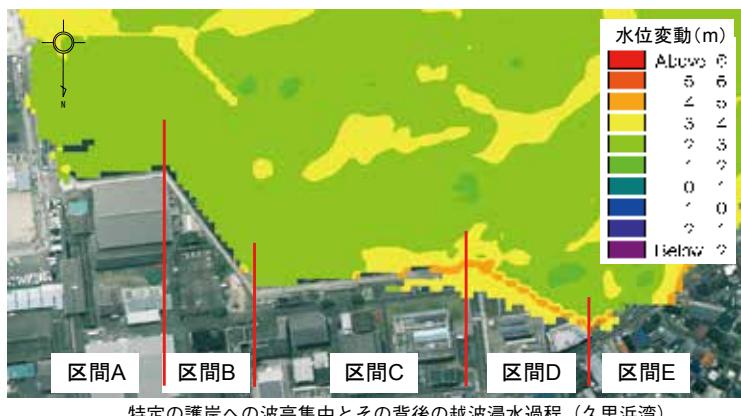
まで来たことのないような、大きなものが来たらどうなるか。実際いつ来てもおかしくないわけで、やはり真剣に考えておかなければいけません」と、下迫健一郎特別研究主幹。数値計算法を含め、高潮・高波の予測や、防波堤や護岸施設の設計法などもほぼ確立しているという現在。ただ、最大級の高潮や高波に対する備えとなると十分ではないといいます。

「1960年代頃にできたといわれる従来の

高潮の数値計算モデルは、手法としては非常に簡単なもの。台風の大きさと位置、中心からの距離をもとに気圧だけ決めて、そこに係数を掛け風を求め、その風から高潮がどれくらいになるかというのを計算していました。

でも、いまは気象庁がものすごく細かく気圧のデータなどを出している。それを取り入れることで、風ももっと細かく計算でき、より精度の高い高潮の計算というものが、もう当然できるようになっています。まずはそれを取り入れるということを、昨年くらいから始めています。高潮の予測精度、計算精度を上げるというのは一つの大きな課題ですね」

高潮のモデルの精度がよくなれば、浸水ができるくらいまでいくかといったことがわかります。突然起こる地震とともに発生する津



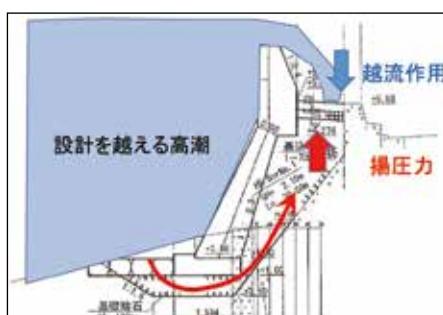
特定の護岸への波高集中とその背後の越波浸水過程（久里浜湾）

波と違つて、台風が遠くにある段階からある程度予測がつく高潮は、あらかじめ避難することができる十分可能な災害。予測がしつかりできれば、少なくとも人命を助けることは確実にできるようになると私は思います。だから、まずは避難を含めた対応という点から研究をやる。要は、浸水の範囲がわかれれば、どこに逃げればいいかといったことが示せるわけです」 東日本大震災で目の当たりにしたばかりの津波と違つて、大きな高潮災害となると、50年以上前の伊勢湾台風までさかのぼります。高潮の危険性、その怖さは、なかなか国民には伝わっていないのが現状。

「予測モデルの精度を上げて、高潮浸水モデルができるようになれば、映像で示せるようになります。これは研究の中で、たぶんすぐにできる」と。例えばスマートフォンなどのアプリなど一々技術と組み合わせたりすることで、高潮対策に対する認識が一気に広がるかな?という気がしています。津波では、いろいろ対策を講じていたにも関わらず、あれだけの人が亡くなってしまった。少なくとも高潮は、それは絶対に防ぐことができるものなので、まずは適切な避難を可能にするための研究に力を入れていきたい」

**被害を軽減し、早期復旧・復興へ
粘り強い構造設計で**

最大級への対応のもう一つのアーマーが構造物の設計。



高潮を考慮した設計



謹崖の被災（岩手県久慈港半崎地区）

能を残すというところまで、設計としてちゃんと検討できるようにしようというわけです。粘り強い構造物の設計手法の開発によって、最大級の高潮・高波に対しても被害を軽減し、早期復旧・復興が可能になりました。

人力も動力も必要としない
可動式施設の可能性を探る

もう一つ、下追特別研究室王幹が研究に取り組んでいるのが可動式の港湾施設。ベースになっているのは、2003年度から開発に携わってきたフラップゲート式防波堤です。



フラップゲート式陸閘施工例（徳島県撫養港海岸桑島瀬戸地区）

計。個人的にはそこを中心的に、今後も研究を進めていきたいですね」



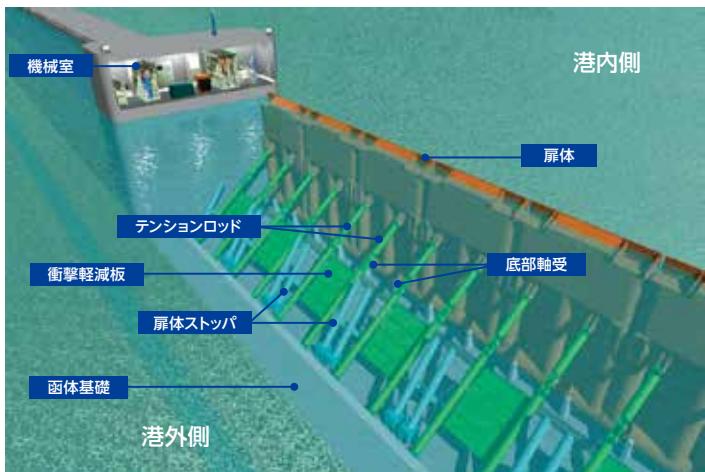
日立造船とともに技術開発したこのフラップゲート式陸閘は、今年7月、第18回国土技術開発賞の優秀賞を受賞しました。（本誌15ページ参照）

要する時間や、じざとこうときの確実性など、そのための対策は相当大変になります」
2009年から開発が開始されたフラップゲート式陸閘は、浸水時に設備自身の浮力によって起立する防潮壁。陸上に設置されたため空気を送り込む必要がなく、水が来たら勝手に起き上がる簡単なメカニズムということもあり、実用化が進んでいるのだとか。

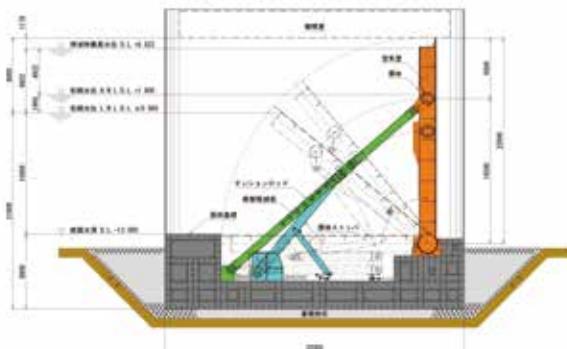
「いざというときゲートを閉めに行って人が亡くなるということがないように、自動で上がり開口部をふさぐようにしたもの。東京などでは遠隔操作が一般的になつてきていますが、全国的にはまだ手動のところも多い。そういうところにこれを使えば非常に効果的だと思います。どういう事態にも対応ができるよう、一応手動でも上げられるシステムにしてあります」

「海の中の防波堤で使うというのが最初の目標だったので、そこをぜひやりたい。実証実験までは既に終えているんです。原理はいつしょなんですよ。要是海の中なので、空気をどうするか。いまは最初から空気を入れておき、ストッパーで止めておいて、それを外せば上がるという仕組みに。海は本当に大変。本当に浮上するか、時間はどれくらいかかるのか、あとメンテナンスの問題もある。それでも私は、やはり海でやる必要があると思ってます」

津波を止めようとを考えたら、100%上がらなければいけません。少しでも隙間があつたらダメ。隙間から漏れないように別の構造



フラップゲート式可動防波堤 全体図



フラップゲート式可動防波堤 側面図



フラップゲート式可動防波堤 実海域実証試験（静岡県焼津漁港）

横の連携をさらに強め 新たな技術で防災・減災に貢献

まさにいま、防波堤・防潮堤の老朽化という問題も。

「既存の施設をうまく使って、そこにプラスして嵩上げするとか、そういうところに新しい技術を入れていけたらいいですね。港空研の強みは、いろいろな領域との連携が図ること。地盤構造や、維持管理をやっているところとも連携しなければ、高潮・高波災害には立ち向かえません。今まで以上に、横の連携が必要になると思う。さらに海技研・電子研とも。統合から数か月、たびたび意見交換会をやってきましたが、見方が違うと新鮮で。いろいろ新しいことに挑戦できそうで楽しみです。3研究所で連携して、新たな研究をやろうという話も出てきていますよ」

を造ったりと、どんどん難しくなり、その分コストもかかりそうです。

「津波でない通常の波に対してもいいと思つていて、すべてを止めなくともいいと思つています。たとえば數十年に一度というような本当に大きな波が来たときは、船は逃げていますからね。防波堤の開口部に置いて、船が出入りするくらいのそこそこ大きな波が来たときに上げてやれば、港内は静穏になり、船は安定する。そういう使い方をすれば、安くできるはず。主要な部分は既存の防波堤などである程度守るようにして、プラスαのところをこういうもので補えばいい。そういうふうにフラップ式を取り入れられないかと考えています」

耐波設計のための数値解析手法の研究開発

粒子法を用いた数値シミュレーションで 高度化する設計要求に応える

海岸構造物における耐波特性の再評価は

東日本大震災以降、より一層喫緊の課題となっています。

ますます注目を集める数値シミュレーション。

新たな解析手法として期待される粒子法の高精度化と、

その粒子法を用いた数値波動水槽での解析を両輪に研究を進める

耐波研究グループの鶴田修己研究官に取材しました。

東日本大震災の津波により甚大な被害を受けた、防潮堤・防波堤などの海岸構造物。それ以降、従来の設計想定を超える状況を対象とした耐波特性の再評価が急務に。繰り返し来襲する津波に対し、耐波性能を維持しつつ、粘り強く抵抗する構造が求められています。

「所謂、想定外、に対して、僕の考えるアプローチは二通り。一つは、動的な状況をいかに予測するか。想定以上の高さの津波に対し、壊れる前提でどこまで粘り強くできるかを検討するには、止まっている状態に加えてダイナミックな動きをどう捉えていくかが大事なんですね。もう一つは、現象が複合的に発生するとどうなるか。この二つがすごく重要なな

動的かつ複合的な現象の再現も
数値シミュレーションなり可能に



海洋研究領域
耐波研究グループ
鶴田修己 研究官

どちらも水理実験を行うこととなると大変。動的な状況の再現は、要素が一つ加わるだけでガラッと現象が変わるために、さまざまなケースで何度も実験し、統計的に検討する必要があるといいます。時間的にも予算的にも難しく、それは複合現象も同様。地盤が洗掘されたりといった複合的な災害のメカニズムを捉えるには、多くの実験ケースが必要となり、時間がかかりすぎるのだとか。

「そこをなんとかアプローチすべく、利用したのが数値シミュレーション。それまでにも下地はほぼでき上がっていましたが、東日本大震災が大きなターニングポイントになります」とした

水の挙動を直接追いかける 粒子法の持つ可能性

数值シミュレーションで水の挙動を取り扱う手法としては、古くより計算格子を用いる格子法がスタンダード。計算粒子を用いる粒子法は、水の挙動追跡を前提とした基本的な計算手法の枠組みが1996年に開発され、近年も現在進行形で高度化が進められていく、比較的新しい計算手法です。

「格子法は、例えるなら切った格子の一つひとつが窓というイメージ。その窓に、どれだけの水が入ってきて、どれだけの水が出ていくか、それぞれの境界条件を逐一見ていくような感じです。一方、粒子法はとくに、追いかけている水粒子そのものを一緒に追跡していく感じ。例えば碎波による複雑な水面の動きや飛沫などは、格子法で捉えようとするとどうしても粗くなってしまいます。でも、粒子法で水面をそのまま追いかけると、極めてシャープに捉えきることができます。それが粒子法の大きなメリットです」

計算を積み重ねると、少しずつ計算誤差が蓄積するものの、また、複雑な流れに合わせて格子が歪み、さらに計算精度は低くなります。その点、水の挙動を直接追える粒子法なら計算精度は高いまま。水の飛沫のよくな、従来なかなか対応できなかつた現象についても評価が可能」。

【例えば、高波による越波。防波堤を境に波が分断されますが、そうしてちぎれた水塊は、マウンドや地盤を洗掘してしまいます。かなり大きなダメージを与えるのですが、その評価にも上手に活用できそうです。それから、衝撃波力。波の水表面が構造物にバンツとたるインパクトの瞬間には、通常波がずっと

いま世界中で、とくに欧洲などを中心に、競い合ってこの粒子法の高精度化に取り組んでいるのだと。海岸工学にとどまらず、宇宙工学や機械工学、医学など多岐にわたる科

高精度な粒子法モデルで設計・施工に貢献

あたつている状態より何倍も大きな波ががります。また、その際に飛んだ飛沫が周囲の構造物に与えるダメージを衝撃碎波力といいます。

「耐波研究グループでも、高精度粒子法の第一人者である京都大学の後藤仁志教授との共同研究が進行中。高精度粒子法の開発では、世界でもトップクラスだと自負しています」

さらに、コンサルタントを集めて勉強会を開くなど、粒子法の適切な使い方を広める活動も。

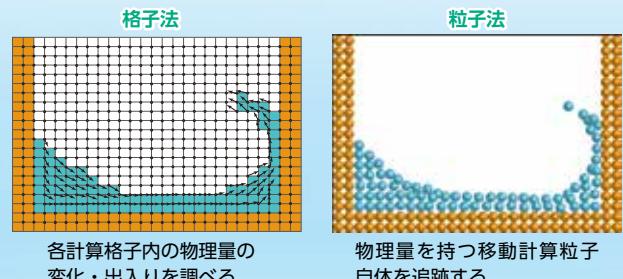
「一回計算を回せばそれらしい結果が出るので、注意深く使わないと、間違った計算結果が舞ふ可能性が高いんですよ。それは未然に防がないと。適切なモデルで、適切なアルゴリズムで、適切な使用方法で粒子法を活用していく。コンサルタントの方々に、その枠組みに入っていたら、ものすごい力

が、一つ上の段階に上がっていくはず。コンサルさんを巻き込んで、大学の先生方にフォローいただいて、その橋渡し役としてわれわれがいる。そつやつて、業界全体で盛り上げていくことが重要だと考えています」

粒子法の精度を上げていく開発と、粒子法を用いての数値波動水槽での研究、「重要なのは両方やること」と鶴田研究官。

格子法と粒子法の比較

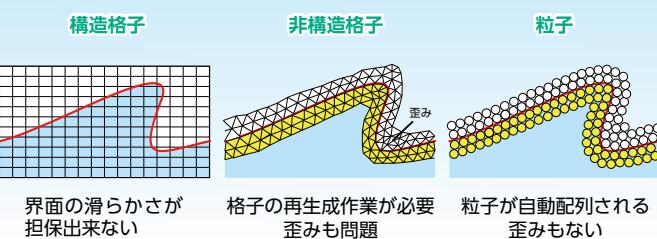
数値波動水槽例：ダムブレイク問題



各計算格子内の物理量の変化・出入りを調べる

物理量を持つ移動計算粒子自体を追跡する

異相界面の大変形問題



界面の滑らかさが担保出来ない

格子の再生成作業が必要歪みも問題

粒子

粒子が自動配列される歪みもない

学分野で、精力的に開発が進められているといいます。

「耐波研究グループでも、高精度粒子法の第一人者である京都大学の後藤仁志教授との共同研究が進行中。高精度粒子法の開発では、世界でもトップクラスだと自負しています」

さらに、コンサルタントを集めて勉強会を開くなど、粒子法の適切な使い方を広める活動も。

手段を駆使し山積する課題に挑む

一度被災し、その修復のための設計・施工案が検討されているときなど、最低限の保証ラインを示すためにも、数値シミュレーションは既に活躍しているといいます。

「いま津波の研究はある程度落ち着き始めていて、われわれの研究対象も台風・高潮・高波などのほうに移りつつあるところ。高潮と高波の複合現象といった、これまであまり検討されていなかつた課題に対しても研究も進み始めています。台風の大型化など、近年気象状況が変わってきて、研究課題がどんどん増えている。そこにアプローチするた

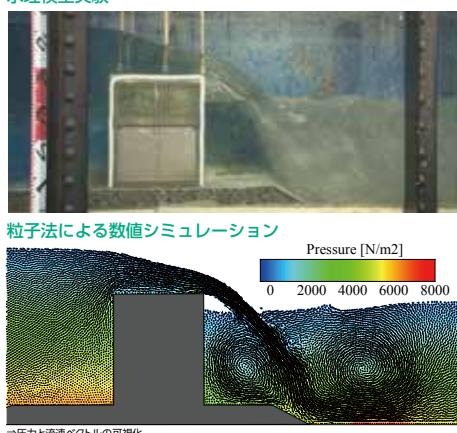
めにも、数値シミュレーションの活用が必要になります。国内全体の港湾などの設計や施工が、一つ上の段階に上がっていくはず。コンサルさんを巻き込んで、大学の先生方にフォローしていただいて、その橋渡し役としてわれわれがいる。そつやつて、業界全体で盛り上げていくことが重要だと考えています」

粒子法の精度を上げていく開発と、粒子法を用いての数値波動水槽での研究、「重要なのは両方やること」と鶴田研究官。

「一回計算を回せばそれらしい結果が出るので、注意深く使わないと、間違った計算結果が舞ふ可能性が高いんですよ。それは未然に防がないと。適切なモデルで、適切なアルゴリズムで、適切な使用方法で粒子法を活用していく。コンサルタントの方々に、その枠組みに入っていたら、ものすごい力

水理実験と粒子法シミュレーションを活用した防波堤の耐津波設計

水理模型実験



粒子法による数値シミュレーション

Pressure [N/m²]

0 2000 4000 6000 8000

というわけ。粒子法はその選択肢の一つです」

一方、碎波などが起こらない安定した条件での検討や、時間平均をとつて設計するような場合は、従来からの格子法が信頼性も高くベター。

「粒子法と格子法は、双方補填し合うもの。どちらかをとるというのではなく、両方あるとますます使い勝手がいいんですよ」

また、数値シミュレーションだけではなく、水理実験の果たす役割も重要なです。

「水理実験の結果は、いわば、答え、ですかね。数値シミュレーションの確からしさを担保するためには、水理実験との比較が不可欠。だからこそわれわれは、こういったものをきちんと世の中に出していくしかなければダメだと思っています。なにより大事なのは人命を守ること。そこに貢献できるような研究成果を上げていきたいですね」

過去の災害に学び、進化する

高潮研究の現状と課題

数々の高潮被害を契機に、現地調査や分析を経て

着実に進められてきた高潮研究。

そのあらましと、取り組むべき課題について

二人の研究者に話を伺いました。



名古屋大学大学院 環境学研究科 附属持続的共発展教育研究センター 富田孝史教授(右)と海洋研究領域 耐波研究グループ 鈴木高二朗グループ長(左)。
神奈川県横須賀市の馬堀海岸で撮影

運輸省港湾技術研究所として創成した
1960年代から、高潮・高波研究を実施
してきた港空研。「今後に備えるためにも、
現地で起こった被害を明らかにする」を

モットーに、これまでいくつもの高潮被害
を現地調査し、被害予測技術の開発などに
つなげています。その取り組みについて、
以前港空研に所属していた名古屋大学大学
院 環境学研究科の富田孝史教授と、海洋研
究領域 耐波研究グループの鈴木高二朗グ
ループ長にお話を伺いました。

「例えば、2009年の台風18号による高
潮では、三河港でたくさんのコノテナが押
し流される被害が出ました。港空研では、こ
の事例をきっかけに、高潮+強風によるコ
ンテナの漂流を計算できるモデルを開発。
また、2014年に根室で起こった低気圧
による高潮災害を契機に、気象モデルと海
水流モデルを連結し、気象変化を含めた高
潮推定を可能にしようとしています。これ
によって、まさにいま来ている台風に対し
て、リアルタイムに答えが出せるようにな
るでしょう。数値シミュレーションツールの
開発でもっとも重要なのは、現場で見てき
たことをいかに取り入れ、将来の防災につ
なげていくかということです」(富田教授)

「1999年の台風18号のとき、山口宇部
空港周辺の消波ブロック被覆護岸のバラ
ペットが倒される被害がありました。岸壁の
前に消波ブロックが一番上まで置かれてい
ればよかったです。が、当時の設計ではそこ
まで波の力が大きくなるとは想定されてい
なかつた。低めに設置してあったところにす
ごく大きな力が働いて壊れ、背後が浸水し
てしまつたのです。そういった現地調査を通
じて波の力の危険性がわかつてきて、それが
設計法に反映されていることが多くあります」(鈴木グループ長)

「2005年のハリケーン・カトリーナ然
り。事前の想定よりも高いものが来てしま
て、大きな災害になつていて。いかに上のレ
ベルを想定するか、起こり得る災害について
の想像力を膨らませるかということが、鍵に
なると思います」(富田教授)

進む海岸侵食や 構造物の老朽化が課題に

東日本大震災のあと、高潮についても、想
定を超える高潮が検討されるようになつた
といいます。それに対して構造物が本当に耐
えられるのか、壊れるとすればどのように壊
れるのかなどということを、あらかじめ知つてお
くことも重要です。

「構造物についてはこれまでずっと研究さ
れてきましたが、海底地盤が洗掘や侵食を
受けた場合に大きな波が来たときどのよう
になるかということは、意外とまだわかつて
いない。実験などをしながら、解明を進め
ているところです。例えば鉄筋コンクリート
の鉄筋の腐食などは、これまで長年研究が行
われてきて、その成果は構造物の設計にも反
映されていますが、構造物周りの洗掘や海岸
侵食でブロックが沈下するということにつ
いては反映されていません。最近いくつかの
海岸線を見ましたが、海岸侵食が激しい。近
い将来襲来するかもしれない大きな台風の
際に、ひどい被害を受ける場所もありそうで
す」(鈴木グループ長)

構造物を造つたときの状態をそのまま維
持できているかといえばそうではなく、当時
はあつた砂浜もずいぶん減つてきたのだと
か。また、護岸や岸壁の背後に発生する陷
没も、最近問題になつていています。

「構造物の造り方によつては陥没が発生し
やすいところがけつこうあります。土台と
なる捨石の上に入れた防砂シートが破れて
砂が漏れ出し、上部に空洞ができたり……。
結局は老朽化です。20~30年前に造つた護
岸で、一見強そうに見えるところも、実は
けつこう陥没穴ができるたりします。高

上：改良整備前の馬堀海岸護岸（1996年11月13日）
 中央：台風時の護岸越波状況（1996年9月22日）
 下：台風時の道路冠水状況（1996年9月22日）
 （横須賀市港湾部提供）



港空研が現地調査を行った 過去20年間の代表的な高潮災害

1999年	台風18号による八代海や周防灘の高潮災害 八代海で犠牲者12名、山口宇部空港も大被害を受けた
2003年	台風14号による釜山・馬山等の高潮災害 韓国南岸に大きな被害を及ぼした
2004年	台風16号による九州・四国・瀬戸内海の高潮災害 高松で2名の犠牲者がいた
2005年	ハリケーン・カトリーナ 米国ニューオーリンズに甚大な被害を及ぼした
2008年	ハリケーン・アイク 米国テキサス州ガルベストンに被害を及ぼした
2009年	台風18号による三河湾での高潮災害
2012年	ハリケーン・サンディ 米国ニューヨークが浸水した
2013年	台風ハイян フィリピンで甚大な被害が生じた
2014年 および2015年	低気圧による根室の高潮災害

潮のように広域な災害ではないにしても、局所的なものはかなりありますね。セメントなどを入れて固めるなど補修は行われていますが、予算的な問題も大きいと思います」（鈴木グループ長）

強靭化と持続性が 両立する道を探る

東日本大震災を受け、現在いわゆる国土の強靭化、災害に強い国づくりという流れがあり、一方で、持続性を図るというもう一つの流れがあります。

「法律的には両者はリンクしていく、土地

利用など国土開発は環境に考慮しながら進めるというふうになっていますが、現実には必ずしも両輪としてうまく回っているようには見えません。そこをいかにうまく回していくかが重要。例えば東北では高所移転を行い、高い防波堤を立てて守っていくという強靭化に向けた流れがありますが、もう一方の社会や経済とのリンクをうまくやっていかないと、地域の発展が難しくなるでしょう。いま、発災前に必要な体制をあらかじめ整えておく、いわゆる事前復興という考えがありますが、そのときに将来の発展まであわせて検討していくことも重要です」（富田教授）

高潮研究の大きなターニングポイントと

していくかが重要。そこをいかにうまく回していくかが重要。例えば東北では高所移転を行い、高い防波堤を立てて守っていくという強靭化に向けた流れがありますが、もう一方の社会や経済とのリンクをうまくやっていかないと、地域の発展が難しくなるでしょう。いま、発災前に必要な体制をあらかじめ整えておく、いわゆる事前復興という考えがありますが、そのときに将来の発展まであわせて検討していくことも重要です」（富田教授）

さらなる可能性に向けて 技術開発とその活用を

「今後の研究には、客観的に評価するようなツールが非常に重要。そういう技術開発を進めながら、全体を俯瞰的に見ることが大事になると思います。私はこの今まで港

空研にて、どちらかといえばツール開発に携わっていた。いまは逆に、それを利用する立場になつたので、いかにうまく利用していくかということも、両輪で考えていかなければ思っています。とくに日本は

海洋国家ですから、海側からいかに情報発信できるかを、常に考えていきたいです」

（富田教授）

なった1959年の伊勢湾台風の後、高い防潮ラインが造られました。
 「それがあるから、いま伊勢湾台風クラスの台風がきても、そのときほど浸水しないことになっています。しかし、老朽化の問題もある。全国の被災想定地域では、より高い防潮堤を求める住民の声の一方で、その予算を他に使えないかという声もあります。皆が納得できる答えるようにしたいですね」（富田教授）

「私たちのグループでは、高潮や津波が防潮堤を越えたとき、高波と複合的に作用するはどうなるかということを、洗掘の実験も含めて研究しています。ただし、実験と現場では砂の粒の大きさが全然違う。そこで砂の落ちる速度を現地のものと合わせるという相似則を用いて、実験を行ったりしています。その考え方を粒子法（本誌6ページ参考）に適用してみたところ、洗掘の部分がそれらしく再現でききました。現在、その検証のための実験を行っているところです。しかしたら、これまでできなかつた計算が簡単にできるようになる可能性もあるのです。ないかと期待しています」（鈴木グループ長）

◆◆ 景観に配慮した防潮壁 ◆◆

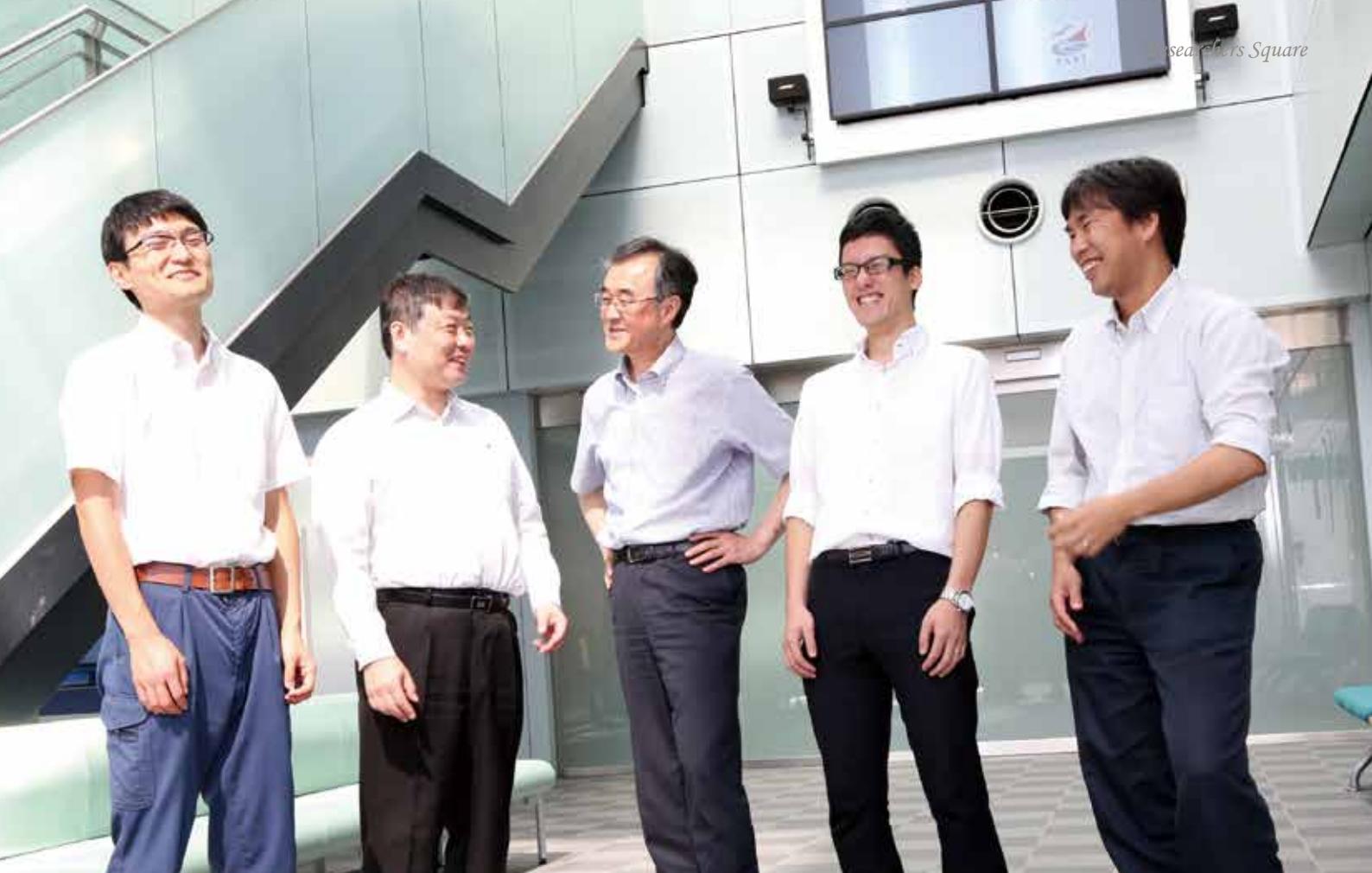


扉部分拡大図



周辺の施設と調和するよう工夫されている名古屋港にある商業施設の防潮壁。（写真手前が海側）
 入り口に設置されている防潮扉は、普段は開放されていますが、災害時には、専用のハンドルを使用して手動で閉鎖します。

名古屋港管理組合提供



港湾空港技術研究所

海洋情報・津波研究領域
海洋環境情報研究グループ

松崎 義孝
主任研究官

気象庁

地球環境・海洋部
海洋気象課 海洋気象情報室
海洋モデル開発班長
高野 洋雄 さん

九州大学 大学院

工学研究院附属
アジア防災研究センター
教授 橋本 典明 さん

国土交通省

港湾局
海岸・防災課

主査 井出 正志 さん

港湾空港技術研究所

海洋情報・津波研究領域
海象情報研究グループ
川口 浩二
グループ長

Front People

研究者の広場 挑戦する研究者たち



高潮・高波予測技術の精度向上と その利活用に取り組む

地球温暖化にともなう台風の強大化などの影響で、日本沿岸では

これまで以上に大きな高潮・高波の襲来が懸念されます。

将来の温暖化に備えるべく長期的な対策が検討され始めている一方で、

待ったなしで重要なのが、短期的（即時的）な予測。つまり、

台風がいままさに接近しようとするときの、波浪や高潮の予測精度向上です。

予測技術への取り組みや海象情報の利活用など、現状と課題について

研究者と実務者、それぞれの立場から語り合っていただきました。

高精度な予測と的確な情報提供で 高潮対策に挑む

遡上や氾濫は別々に計算していましたが、それもいまや一気通貫。さらに河川の影響なども組み込みます。また、どこにポンプ場を配置したら氾濫をどの程度軽減できるかといった計算まで可能になっているんだですよ。

川口 地球温暖化に伴つて台風の強大化・極端化が懸念されるなか、国として対策技術が検討されています。その一方で、1個1

個の高波や高潮の事象をきちんと予測する技術にも、並行して取り組んでいく必要がある。高潮・高波の予測技術の現状や、情報の活用について、今日はそれぞれのお立場から、お話をいただければと思っています。

橋本 最近とくに力を入れているのが、高潮でいかに精緻でリアルな計算ができるか。ソフトウェアはオープンソースのものを使っています。世界的に公開されているソフトをみんなが使うことで、すごい勢いで汎用化が進んでいる。個人や単体の組織がつくるものより高精度で高機能なソフトの開発が世界的なスケールで進んでいるので、大いに利用して計算していくというシステムです。ここ数年の高潮の計算で大きく変わったことはといえば、数値解析の計算格子のとり方の変化。柔軟性の高い非構造格子の採用によって、外洋から内湾さらに陸地まで一貫して解けるようになりました。以前なら、海で起る高潮と陸上への

ませんが、行政で必要な情報は港単位だけ、特定の護岸に対してのものだつたりするので、そのあたりは港空研でフォローする必要があると思っています。

高野 気象庁のメインの仕事は、常に状況をみて、危ないと思ったときに予測や注意報・警報という形で防災情報を出し、対応を促すことです。いざ情報を出すとき、予測なので必ず誤差がある。その誤差を踏まえた上で、いかにして実用的に逃げられるものにするか。専門的な知識がない人たちも十分内容を理解し、安全に逃げられる情報にしなければなりません。また、短時間で見通しを見極められることも大事。モデルを精緻化すると同時に、短時間で計算ができるということが必要です。さらに、さまざまなかかるによる予測を行い、統計的に危険度を把握するということが主体になります。

井出 高潮予測の高精度化については、行政側でもしっかりとフォローしていきたいと考えています。港湾や臨海部は物流機能が集中しているので、しっかりと対策をたてていかないと。これまでハード面での対策は、堤内地に関しては海岸保全施設を整備して人命や財産を防護する仕組みになつてきましたが、臨海部の護岸整備や嵩上げについては立地する民間企業に依存。ソフトなどの情報を企業にしっかりと提供し、対策に役立てていただくことが重要になると

いうふうなことを思っています。高精度化が進めばより正確な情報が伝えられて、企業にとってもBCP（事業継続計画）や避難計画の策定につながり、臨海部の産業活動を維持するための防災・減災対策の強化にもむすびつなっています。

今後、行政と民間企業、企業同士が連携してどういった対策を立てられるかというところまで話し合える場をつくろうといま動いているところです。

川口 港空研では、過去には、気象庁から出される台風の進路予想を入力すると約20分を目処に高潮を計算するシステムを作成。現在もそれは、一部の地方整備局で活用されています。気象庁は全国的に広いエリアをカバーして予測情報を出さなければいけ



**よりわかりやすい情報を提供
さらに情報を取り組みも**



高野 防災情報などは、受け手が活用できなければ、どんなによい情報でも意味がありません。まずは信頼性を高めるために精度の向上に努め、同時にそれを活用できるような形にすることが大事です。かつて、気象庁では高潮をあくまでも潮位偏差を主体に考えていました。でも実際には、災害になるのは堤防を越えて浸水が起きてから。ギリギリまで水位が上がつても、浸水が起きなければ危険ではないわけで、現在では堤防に対する潮位という、より直接的な情報に変わっています。気象の現象によつてどういう影響が与えられるか、より直接的なわかりやすい情報にしようという方向に動いているのは国際的な流れで、WMO(世界気象機関)でもimpact-based warnings(想定される被害など社会的な影響に踏み込んだ記述を行う警報)が推奨されています。単なる海水の上下動から、浸水情報に置き換えて評価していくというわけです。こうしたことがハザードマップなどの策定につながり、次はそのハザードマップを使った避難や避難行動の方にもわかりやすいので、計画の立案な

シミュレーションとか、そういう枠組みにつながっていくと考えます。

橋本

いまわれわれが取り組んでいるのは、そのハザードマップの一歩先。高潮氾濫の時空間変動を動画でビジュアル化し、自治体の担当者にも見せることで、いつしょになつて防災や減災の対策方法を探つていくという研究を進めています。これは、文科省のS-I-C-A-Tというプロジェクトの一環。従来の温暖化研究は影響評価が主でしたら、いまは適応策の研究に変わつてきている。各自治体で実際にすべきことをきちんと進めていくために、これまで政府主導で進めていた研究を、今度は自治体側からボトムアップ的に要求を上げていって、いっしょになつてやつて、いこうというわ

どにも役立ちます。そういう意味で、情報の見える化は重要。

川口

計算結果をいかに見せるかというのはすごく大事ですよね。数字だけ見せられてもイメージが湧かない。一般の方が相手ならなおさらです。以前、見せる技術を発表する可視化学会というのに行つたことがあって。自分に関係のない分野の発表でもうまく可視化されることでイメージでき、専門知識を持たない方に見せる技術の重要性を認識しました。JAMSTECには数值計算などの結果を可視化するための部署がある。港空研にも専門の部署があれば、もう少し情報発信ができるんじゃないかなと思つているのですが……。

井出

われわれはハザードマップの策定支援などをしていますが、正直なところ、そこにとどまってしまっている。ビジュアル化したものを応用するといったことまでは全然進んでいないというのが個人的な印象です。今後、行政としても取り組んでいきたい。研究機関ともしっかりと協力して、地方自治体や臨海部の企業などとも連携していけるよう、行政が橋渡し役になつていければと思っています。

地球温暖化はこれからが本番！
ハード・ソフト両面からの対策を



が乗つかって、気温上昇が横ばいになつたというんです。温暖化しているといいつつ、実際は今まで十数年間は停滞していたと。変動で気温が下がつていたところに温暖化が進んでいたから、このハイエイタスが終わつたと指摘している研究者もいます。つまり温暖化の影響が顕在化するのは実で、去年の年末あたりから、このハイエイタスが終わつたと指摘している研究者もいます。だから検討を進めているところです。つまづき、温暖化の影響が顕在化するのは実で、去年の年末あたりから、このハイエイタスが終わつたと指摘している研究者もいます。つまり温暖化の影響が顕在化するのは実で、去年の年末あたりから、このハイエイタスが終わつたと指摘している研究者もいます。つまり温暖化の影響が顕在化するのは実で、去年の年末あたりから、このハイエイタスが終わつたと指摘している研究者もいます。つまり温暖化の影響が顕在化するのは実で、去年の年末あたりから、このハイエイタスが終わつたと指摘している研究者もいます。つまり温暖化の影響が顕在化するのは実で、去年の年末あたりから、このハイエイタスが終わつたと指摘している研究者もいます。つまり温暖化の影響が顕在化するのは実で、去年の年末あたりから、このハイエイタスが終わつたと指摘している研究者もいます。つまり温暖化の影響が顕在化するのは実で、去年の年末あたりから、このハイエイタスが終わつたと指摘している研究者もいます。つまり温暖化の影響が顕在化するのは実で、去年の年末あたりから、このハイエイタスが終わつたと指摘している研究者もいます。つまり温暖化の影響が顕在化するのは実で、去年の年末あたりから、このハイエイタスが終わつたと指摘している研究者もいます。つまり温暖化の影響が顕在化するのは実で、去年の年末あたりから、このハイエイタスが終わつたと指摘している研究者もいます。つまり温暖化の影響が顕在化するのは実で、去年の年末あたりから、このハイエイタスが終わつたと指摘している研究者もいます。つまり温暖化の影響が顕在化するのは実で、去年の年末あたりから、このハイエイタスが終わつたと指摘している研究者もいます。つまり温暖化の影響が顕在化するのは実で、去年の年末あたりから、このハイエイタスが終わつたと指摘している研究者もいます。つまり温暖化の影響が顕在化のは



2004年台風23号による被害（香川県高松市浜ノ町）



2004年台風18号による被害（香川県高松市玉藻町）

四国地方整備局提供

はとくに難しい。国からの指示待ちでは間に合いませんから、地方にある大学として、地域に対し、どういうふうにお手伝いができるかということを考えているわけです。国がすべてをやるのは無理なので、基本は国がガイドラインをしつかりつくり、地方にきちんと伝達して、地方がそれでチェックして危ないところを認識することが大事。各地域の現状がどうなっているかを住民にきちんと知らせることが、地方の役割だと思っています。

井出 施設の維持管理に関するガイドラインはしっかりとしたもののがつくられていて、説明会などの場を通じて話をさせていただいているところです。あとは政府として、インフラの老朽化状況をしつかり公表しようという動きが出てきているところ。危ない施設がある場所にあるかなども含め、住民にもしっかりと周知を図っていくことが必要だと思います。

高野 気象庁は直接構造物には関係しませんが、実は各堤防や防波堤の高さの情報をいただいていて、それをベースに、水位が越えそうなときに高潮警報などを出すようになっています。構造物が変われば、それに応じて警報の基準も変わるという形。ただ、この先全国の堤防などをそつくり造り直すといったことは難しそうですし、今後はハードウェア防災だけではなく、ソフトウェア防災をもつと有効的にやっていくこういう流れが出ていると聞いています。つまり構造物のようなハードウェアのみに依存せず、危険を察知して迅速かつ効率的に避難したり、あるいは事前の対応措置をとったり……ということですね。どちらかだけでよいということは絶対にあり得

かということを考えているわけですが、国がすべてをやるのは無理なので、基本は国がガイドラインをしつかりつくり、地方にきちんと伝達して、地方がそれでチェックして危ないところを認識することが大事。各地域の現状がどうなっているかを住民にきちんと知らせることが、地方の役割だと思っています。

井出 施設の維持管理に関するガイドラインはしっかりとしたもののがつくられていて、説明会などの場を通じて話をさせていただいているところです。あとは政府として、

いろいろなものを整備するにも、やはりまずは外力条件がどうかというのが前提としてあると思うんです。われわれの研究グループは、港湾局の波浪観測データをとりまとめている部署なので、これまでどおり観測データの蓄積は、国との協力体制のもと坦々と行つ。その一方で、計算技術も発達してきてるので計算で補える部分は補つて、組み合わせることで、より精緻な情報を整備するということをやっていきたいですね。

松崎 いま、導入した気象モデルの精度がどれくらい担保されているかという検証を行つた感じですね。

高潮の問題はそれ単体ではなく、さまざまな複合災害として起こるもの。だから対策も行政の縦割りではなく、住民も交え、広く横にもつながりをもつて取り組む必要がありますね。課題は多く、しかも待つたなしだと認識しています。



韓国K-OOSTと中国WTRの研究者を招待

「海洋環境国際シンポジウム」を開催しました

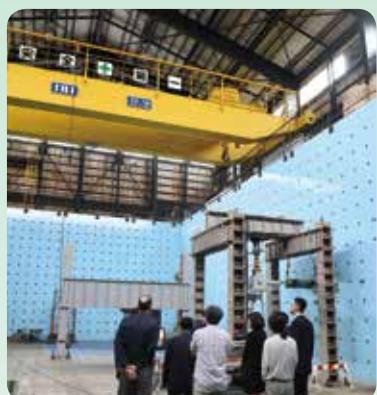
韓国沿岸技術院(K-OOST)と中国交通運輸部水運科学研究院(WTR)から研究者7名が来日し、6月13日に港空研にて「海洋環境国際シンポジウム」を開催しました。



シンポジウムの様子



干潟実験施設



大型構造実験施設

従来、港空研とK-OOSTが行っている水質・生態系モデル開発の共同研究に次年度からWTRが加わるため、今後の共同研究に関する話し合いの場を設けました。これに合わせて研究内容の紹介を兼ね、今回のシンポジウムを開催しました。3者によるシンポジウムは今回が初めてとなります。シンポジウムでは、WTR、K-OOST、港空研それぞれの研究発表が行われました。WTRは油流出に関するシミュレーションやモニタリング体制について、また環境への取り組みとして、陸電供給施設の整備や船舶からの排ガス対策、水路護岸の植生等に関する発表。K-OOSTは、3次元流動モデルの構築と、沿岸における放射性物質の拡散予測計算結果の事例などについて発表を行いました。港空研からは、海洋情報・津波研究領域 海洋環境情報研究グループ 井上徹教グループ長と、海洋研究領域 耐波研究グループ 鈴木高一朗グループ長が参加。伊勢湾シミュレーターの開発と適用事例に関する研究発表などを実行しました。

シンポジウムの前には港空研内の施設見学も行われ、大型構造実験施設や干潟実験施設など計7施設を見学。研究者たちは規模の大きさだけでなく、長期間施設を維持し研究を続けていることに高い関心を示していました。

今後は、WTRも加わることで、これまでの共同研究の成果を活かし、日中韓を含む北東アジアの港湾における環境面、生態学面から見た共通の指針の作成が進められます。



News

2016年度「夏の一般公開」を開催しました

7月23日(土)、港空研と国土交通省国土技術政策総合研究所合同で「夏の一般公開」を行いました。



毎年恒例のこのイベントは、一般の方に、普段は入ることのできない研究施設を見学していただき、日頃の研究活動や取り組みをご覧いただくために行っているものです。今年は、去年の818名を大きく上回り、ここ10年で最高となる1,271名の方々にお越しいただきました。

当日は、公開実験や体験学習などのイベントのほか、横浜市主催の「うみ博」スタンプラリー会場の1つとなったこともあり、大人からお子様まで楽しむ姿が見られました。また、今年度は新しい試みとして、ハッカソン(IT技術者が集結し、スマホのアプリなどを開発するアイディアを出してプログラミングを競う催し)を同時開催し、横須賀市の吉田雄人市長にも来場いただきました。

News

「フラップゲート式陸閘の開発」が「第18回 国土技術開発賞優秀賞」を受賞しました

港 空研が、日立造船、早稲田大学清宮理教授、京都大学間瀬肇教授、国土交通省四国地方整備局らとともに開発したフラップゲート式陸閘が「第18回国土技術開発賞優秀賞」を受賞し、7月26日に表彰式が行われました。



国土技術開発賞は、建設産業における広範な新技術を対象として、技術開発の効果、

汎用性、新規性などの観点から特に優れたものを国土交通大臣が表彰するものです。港空研が携わったものとしては、2013年に優秀賞を受賞した「2段タイ材地下施工法」に続く受賞となりました。

フラップゲート式陸閘は、津波による浸水時の浮力をを利用して防潮堤開口部を自動閉鎖するものです。高潮対策のため海底に設置する可動式防波堤として2003年から研究が始まり、基本性能や浮上時の挙動等に関する研究、実海域での実証試験を経て、高潮・津波対策としての基礎技術を確立。得られた知見を活用しつつ陸上設置に伴うさまざまな課題を克服して、実用化に至りました。2016年4月1日現在、徳島県鳴門市の撫養港海岸など全34門が完成していて、今後も整備が進められる予定となっています。

◆フラップゲート式陸閘の主な特長◆

- 操作員が危険にさらされることはなく、操作ミスや操作忘れ、操作遅れによるリスクを回避できる。
- 津波来襲前に閉鎖する必要がなく、津波の到達直前まで避難路として使用可能。
- 遠隔操作方式と比較してメンテナンスが容易で、維持管理負担を大幅に縮減。

News

水中音響ビデオカメラの性能試験を実施

港空研は、横浜港内の岸壁で、7月19日から21日までの3日間にわたり、開発中の音響ビデオカメラの性能試験を実施しました。

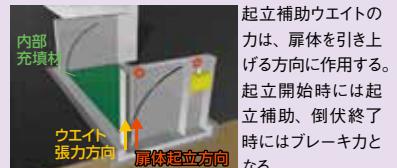
性能試験は海洋インフラ技術推進センターの松本さゆり上席研究官が責任者となって実施したもので、性能試験によって得られたデータは開発目標の解像度を達成することができました。

今後は、来年早々に予定している初号機を使用した実海域での実証試験に向け、音響映像を3次元でリアルタイムに表示するソフトの開発を進めていく予定です。



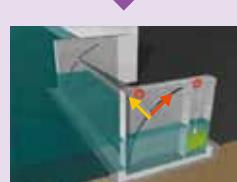
◆フラップゲート式陸閘の動作機構◆

〈起立開始時・倒伏終了時〉



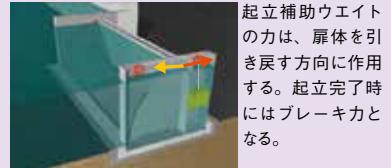
↑
起立・倒伏中

起立補助ウエイトの力は、扉体を引き上げる方向に作用する。起立開始時には起立補助、倒伏終了時にはブレーキ力となる。



↑
起立・倒伏中

〈起立完了時・倒伏開始時〉



起立補助ウエイトの力は、扉体を引き戻す方向に作用する。起立完了時にはブレーキ力となる。

もっとよく知る 港湾空港

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！



私が解説します！

海洋情報・津波研究領域
海象情報研究グループ
藤木 峻 研究官



高潮はなぜ起こる？

みなさんは「高潮」と聞いてどんなものをイメージしますか？2014年12月に北海道の根室で高潮が発生した際に、浸水した街をニュースなどで目に驚いた人も多いのではないでしょうか。根室では浸水によって人々の生活に大きな影響が出ましたが、高潮の恐ろしいところは街が水に浸かるところだけではありません。台風が非常に強い場合には、浸水しやすい海沿いの低い土地で、高潮が津波のように強い流れを伴って陸上のものを押し流してしまうことがあります。2013年にフィリピンに上陸した台風ハイянでは、そのような激しい流れを伴う高潮が家屋や船舶を押し流して大きな被害をもたらしました。日本でも1959年の伊勢湾台風で発生した高潮によって、伊勢湾沿岸の堤防が決壊し広範囲で大きな被害が発生しています（写真1）。



写真1：伊勢湾台風による高潮で決壊した堤防

台風によって高潮が発生する原因として、主に「吸い上げ」と「吹き寄せ」の2つの現象が知られています。

「吸い上げ」では台風の気圧低下と釣り合うように海面が上昇し（図1-a）、「吹き寄せ」では強風が岸に向かって吹くことで海水が吹き寄せられて海面が上昇します（図1-b）。この2つの現象のうち、「吹き寄せ」は細長い遠浅の湾で起こりやすく、沿岸の地形の影響を受けやすいことが知られています。さらに、強風によって起きた波が岸に押し寄せることで高潮を更に強めることもあります。これらの現象に天文潮（月や太陽の引力による潮汐）が加わった結果が海岸で観測される潮位となるので、場所やタイミングによって台風時の潮位にはかなりの幅が生じます。

より良い高潮の予測のためには台風の強さだけでなく、その沿岸固有の地形や天文潮、さらに波浪の影響も考慮することが重要と言えます。

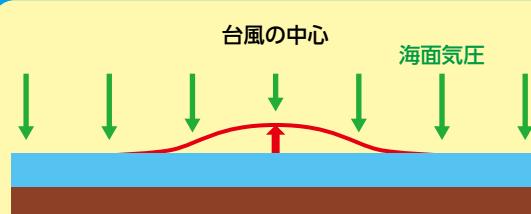


図1-a：気圧低下による吸い上げのしくみ

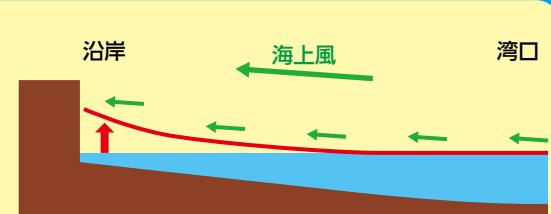


図1-b：強風による吹き寄せのしくみ

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



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。