

世界に貢献する港湾空港技術

PARI

港湾空港技術研究所

VOL.54

JANUARY 2024

Airport

Technology

2 __ Front Line - 特集 -

気候変動にともなう
海面上昇や波高増大から
経済活動の要、港湾施設を守るために

6 __ Focus On 研究活動の最前線へ

岸壁における越波浸水現象に関する研究
計算と実験の精度を高め
越波浸水過程の把握に挑む

高潮の解析を高度化する研究
複雑な数値モデルを駆使し
波の影響を含めた高潮予測を

8 __ Close Up 現場からの報告

～横浜港金沢区福浦・幸浦地区～
2019年の台風による被災と護岸復旧工事

10 __ Front People 研究者の広場 挑戦する研究者たち

増大する越波を防ぐ設計実務に
使いやすい数値シミュレーションを

14 __ CROSS LINE 国際交流レポート

「第9回 日韓沿岸技術研究ワークショップ」に参加しました

Port

15 __ もっとよく知ろう 港湾 空港 - 海や空の豆知識 -

気候変動の用語

今号の見どころはコチラ



スマートフォンでアクセス



国土交通省 港湾局
技術企画課 技術監理室
室長 宮田正史 さん

国土交通省
国土技術政策総合研究所
港湾・沿岸海洋研究部
港湾・沿岸防災研究室
室長 本多和彦 さん

気候変動にともなう 海面上昇や波高増大から 経済活動の要、 港湾施設を守るために

港湾空港技術研究所
沿岸水工研究領域
鈴木高二郎 領域長
(耐波研究グループ長)

IPCC※1（気候変動に関する政府間パネル）の第6次報告の中で、
明確な傾向として示された、気候変動と海面水位の上昇。
どのように検討を進め、リスク評価を行い、対策を講じていくべきか。
これから起こり得る問題への懸念と、各分野の研究の現在地、
そして、港湾技術基準への反映を含めた今後の展望を取材しました。

港湾空港技術研究所
沿岸水工研究領域
津波高潮研究グループ
高川智博 グループ長

港湾空港技術研究所
沿岸水工研究領域
波浪研究グループ
平山克也 グループ長

※1 Intergovernmental Panel on Climate Changeの略。1988年に世界気象機関（WMO）と国連環境計画（UNEP）によって設立された気候変動を評価する政府間組織で、2023年11月時点における参加国と地域は195。

気候変動の現況とこれからのすべきこと

既に2018年と2019年には、実際に大規模な台風が襲来し、甚大な被災が発生するなど、いよいよ現実味を帯びてきた気候変動。

鈴木「一番わからないのが、二酸化炭素排出量の推移によって、海面上昇がどこまでいくか。海面上昇が2100年には1mに達するというような予測もあるんですね。どうやってこれを解決していくべきなのか。2030年までに排出量を半分以上にしないとグリーンランドと南極の水が溶けるのを抑えられず、不可逆的にどんどん進行するともわれています。不確実なところはたくさんあると思いますが、いまから計画を立てていかないと」

本多「二酸化炭素の排出を抑える緩和策というのはもちろん必要ですけど、排出を抑制したところで、カーボンニュートラル実現目標の2040年までにも、どうしても出てしまう二酸化炭素の量というのがあり。それに付随して、気温だけでなく、海面水位の上昇であったり台風の強大化にももう高潮偏差・波高の増大といったものが出てくるのは明らかだと考えると、やはり緩和策だけでなく適応策もしっかり見据えてやっていかないとけないというのが、いま現在の状況だと考えています」

平山「波に関しては、今後台風の強大化によって波高が大きくなるといわれて

いる一方で、平常時の波に関しては、むしろ若干穏やかになるんじゃないかという話もあります。なので、波に対して適応策を考えると、今後は平常時と異常時を分けて考える必要があるのかなと。現状でも港湾の利用や防災という観点で平常時と異常時を分けて検討しているところではあります。気候変動の影響についても、きちんと区別しながら対応していくことになるでしょう。とくに異常時については、台風がどれくらい大きくなるかという予測自体が非常に難しいのですが、台風がどこを通るか、そのコースも問題で、台風による波の影響って局所的なことが多くて、どこを通るかによって被害が出る場所と出ないところの差が激しくなりやすいんですよ。だからおしなべて考えるのは難しい。例えば「東京湾の波が将来どうなるか」を考えるだけでは不十分で、今後はもっときめ細かな対応をしていく必要があるのかなという気がしています」

宮田「日本の場合にはとくに、海の近くに工場や産業が多く立地し、人もたくさん住んでいる。低い土地だけでも使いやすい、そういう場所を経済を進展させてきたので、その周辺の海面水位が上がっていくというのは脅威ではないんですよ。何かあれば浸水被害が発生しやすくなりますから、そうなると工場が停止したり物流が止まってしまう。産業への影響が大きくなるし、人へのリスクも当然高くなります。これは港湾だけでなく低いところにある土地の宿命で、そういったことが、現実には一番問題になると思う。もちろん、日本に限らず、世界の港湾で起こり得る問題です」

海面上昇を考慮した港湾構造物の設計へ

高川「現在、2℃上昇を見込んで設計しましょうというのが基本線になっていますが、実際にはもうちょっと危ない方向にいつているので、本当に2℃前提で議論を続けているのかなという思いは漠然とあります。あと一つ、この気候変動という大きなトレンドに、伊勢湾台風が来ていた頃のような数十年スケールの自然変動が、同じくらい大ききで重なってくる可能性もある。わからない部分が結構あるんですよ。そのあたりが気になって。いまそういうのがない前提でいろんなことが議論されているんですけど、そういう二つの不確実性もいかなものも考えていく必要があるように思います」

宮田「起こるかどうかわからないことを設計条件に入れて施設を造れば、当然コストが高くなってしまいます。そこに対する説明ができないので様子見だったわけです。いまはIPCCの報告書等で確実に上がっていることがデータとして示されたので、それがエビデンスになります。将来これくらい波高なり潮位なりが上がるので、施設を新しく造る場合にはそこを指し示しましょう。既存の構造物に対しても、できるだけ将来起こり得る条件に合わせて防護レベルを決めて改良していく、そういう方向に変わっていく必要があります。また、設計だけでなく、港全体の土地の高さといったことも50年とか30年オーダーで決めていくという方向があるべき姿で、それに向かっています」

本多「設計するうえでは、どうしても将来波高がどうなるかとか高潮偏差がどうなるかを評価しないと、設計には落とし込まないですよ。各地方整備局や港湾管理者がそれを自前でやるのは大変なので、港空研と国総研で連携して取り組んでいます。私のほうでは、将来の高潮偏差と波高がどれくらい上がるのかという試算をしています。やり方としては、現在はd4PDF(地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース)(※2)を使って、全国の高潮と高波の解析を。それで、将来何倍になるのかというのを計算しているところですよ」

高川「いまは最先端の気候のデータセットとしてd4PDFがあります。おそろく5年10年おきに、もっと高解像度になったものがどんどん出てくるはず。それに素早く対応しながら、港湾で実際にどういった高潮になるか、波浪になるかといったことを、定期的に検討し直さなければいけないような世界になってくるでしょう。そう

※2 database for Policy Decision making for Future climate changeの略。詳細は裏表紙を参照。

いったときに効率的に検討できるような方法をつくりたい。そういう研究を進めています」

鈴木「私は構造物の立場なので、例えば水位が50cm、1m上がったとき何が起こるかを調べています。一番厳しいのは越波と越流。合田先生(※3)がつくった越波流量算定図表から推定しても、50cm程度の水位上昇では越波量はさほど大きく変わらないのですが、条件によって1mとなると急に上昇する場合があります。2倍、3倍になるわけではなさそう。そのあたりをしっかりと見ていかなければいけないと思います」

港湾技術基準への反映に向けて

現在の目標は、2024年4月の「港湾の施設の技術上の基準(港湾技術基準)」の改正と、同解説の部分改訂。

宮田「国総研と港空研に取り組んでいた成果が積みあがってきて、データが揃いつつあるので、これなら実務に落とし込んでいこうと。設計の基礎となる材料ができてきたので、このタイミングでの改訂を考えています」

高川「高潮偏差や波高は上がるかもしれないし、上がらないかもしれない。でも上がったときには、工事し直すのが難しい基礎だけは大きめに造って、いざ大きくなっ

てきたとき対応できるような工事をするというのは、一つ考えられますね」

宮田「気候変動がどういう幅で起こっても適切なレベルにもっていかれるように。必要があれば改良できるしそのままでもいいというようなことを、設計の中に取り込んでいかないといけないと思います」

平山「将来気候(※4)において台風がどうなるか、それによって高潮偏差や波高がどうなるかという検討は、われわれ波の分野でいえば外力になる。潮位がこれだけ上がって波高もこれくらい大きくなった、そういうときに何が起こるのかというのをシミュレーションしたり実験したりして、必要な対策を検討していくというのが、いままさにやっていることです。設計外力が一番厳しくなるのは普通はピーク時なので、これまではこの状況を中心に検討していたんですが、浸水現象が対象となると時間的な変化というのも重要で。先にここまで浸



ような実験施設の整備を進めているところ。完成すれば、シミュレーションと模型実験がセットになった形でそういった検討ができるようになる。その成果を、基準に順次反映していければと考えています」

平山「昔は断面の検討しかできなかったのが、平面の検討も可能になり、時間変化まで捉えようとするようになってきた。ただ、できることが増えてくると、その先の欲も出てくるんですね。シミュレーションに必要な計算容量もより大きくなっていくので、現実的に対応できる範囲はどこまでか、その時々で見極めて、できることをやるしかない。そうして到達できる地点が決まってくると思います」

既存構造物の補強を含めたバランスのよい計画を

これから造る場合は新しくなる基準をもとに設計できますが、防波堤にしても護岸にしても、ほとんどの港湾構造物が既設です。

宮田「そこをどうするかというのが一番大変で。気候変動が進んだとき、既存の施設についても脆弱性評価といいますが、どこが弱いのか、その弱いところが壊れたら物流・経済などにどのような影響があるのかといったことを考えないといけない。補強の順番を考えて、どこから手を付けてい

※3 元港湾技術研究所所長・合田良美氏。1973年に提案した波の不規則性を考慮した波力式は「合田式/合田の式」と呼ばれ、世界中で広く用いられている。

※4 将来の大気と海洋の状態を指す。

くかを港単位である程度合意し、新規もやりつつ補強も一緒にやっていくというよう
な、大きなプランニングがどうしても必要
になるでしょう。なかなかすぐ法律を変え
たりはできませんが、そちらへ誘導できる
ように、そのことは基準の解説にしっかり
書き込んでいく予定です。新しい構造物を
一カ所だけ強く造っても、他の部分が大打
撃を受けて物流・経済活動に影響が出たら
本末転倒ですから。既存構造物のバランス
をみながらやっていくというのが、今後重
要なところだと考えています」

本多「港湾計画の中に気候変動をどう位
置付けるかというところが、まだ詰め切れ
ていないと思うんですけど、みなさんその
認識は持っている。まずは2024年4月
1日の部分改訂に向けて、港湾計画や維持
管理計画などの整合がとれるようにマス
タープランをつくってやっていくという
写真真を打ち出し始めている形です」

宮田「まずはその設計条件がどうなるかと
いう設定方法と、最低限の設計の基本的考
え方を今回の部分改訂で示す。それ以降の、
港湾を面全体としてどうやって防御してい
くかとか、優先度といったことは、また次
の基準になると思います」

東日本大震災の後、防波堤の粘り強い構
造に向けての設計体系をまとめ、基準を改
訂したときに続く大仕事。

宮田「2011年の津波による防波堤の被
災は、ターゲットが明確だったので一直線
に検討が進んだ感じです。ところが気候変
動はというと、今回は平均海面水位と高潮

偏差、波浪というふうに限定していますが、
風も強くなるとクレーンの安定性の低下に
繋がったり、雨が強くなって冠水して、道路
も通れなくなったりと、実はいろいろな
ところに影響を及ぼすもの。全体を見なが
ら、一度に全部は網羅できませんから、で
きることから進めている感がありますね。

明確にエビデンスができたところから、少
しずつやっていこうと。だから2024年
4月1日にある一定の方向で基準を改訂し
ますけど、これで終了ではなくて、そこか
らが本当のスタートかなと、そんなふう
に考えています。全球的にものを考えないと、
考え続けないといけない。そういう時代
になったんだと感じますね」

**正確なリスク評価のために
技術要素の統合化を目指す**

本多「とくに日本では貿易の貨物量の99%
以上が港湾を経由しますから、その港湾で
リスクが上がるといえるのは、そこから先の
経済活動にかなり大きく響いてくるん
ですね。ですから本来、もっと脆弱性
みたいなものを検討していく必要があ
る。そこはま
だ、国総研、港空研ともあまり手
を付けていない部分であり、今後の研究課題
です。例えば、ある程度の浸水でガ
ントリークレーンが動かなくなること
があります。港湾は土施設だけでなく
有機的に動いているものなので、浸
水などが起きてもすぐリカバリーが
できるのか、港全体としての脆弱性



は下げなければいけないと思います」

高川「中心シナリオが海面上昇50cm
から50cmに対応するのではなく、もし1m
になったら、2mになったらということ
も知った上で計画を立てるとか、そうい
うのが必要かなと思うんですよ。やつ
ぱりこれだけ不確実性の高い時代なので」

宮田「ストレテストということなら、
一部のコンテナターミナルでトライした
ことはあります。今後は港湾全体でや
っていくべきかもしれませんね」

本多「いま私のほうでは、どれだけの浸
水深を起こす作用が何年確率なのかを
評価するということをやっていて。そこ
を組み合わせることで、対策の優先順
位の判断基準にもなっていくと思
うんです。いまはまだ個別の要素とし
てそれぞれが取り組んでいますが、い
ずれそれを統合してリスク評価がし
ていくことができるようになれば、港
としても脆弱性を下げることができ
るのではないのでしょうか」

宮田「まさにこれから、5年10年か
けて、しっかりやっていく話ですね。設
計技術も将来の予測の精度もそうす
し、対策のシミュレーション技術も
そう。それぞれまだまだ、基準を改訂
してもやることはあります。その延長
線上で、最終的には面的にしっかりと
リスク評価ができるようにしたい。技
術要素についてはみなさんしっかりと
研究を進めていただいて、これから
しっかりと統合化していくというのが、
気候変動への対応として、今後実施
すべき内容になると思います」

岸壁における越波浸水現象に関する研究

計算と実験の精度を高め
越波浸水過程の把握に挑む

本誌43号（2021年4月発行）のFocus Onで岸壁を乗り越える波を数値計算で解くという挑戦を紹介してからおよそ2年半。

越波浸水に対する岸壁の機能維持を目指す計算と模型実験の両輪で取り組む研究の進捗について、波浪研究グループの平山克也グループ長に取材しました。

護岸は、高潮や高波による浸水を防ぐべく、海と陸との境界に胸壁などを立てた海岸保全施設。護岸の場合、越波してきた水は基本的に外には出て行きません。一方、防波堤に守られた岸壁では、船の係留作業や荷役の妨げとなるような壁は普通設けられないので、越波により岸壁上に乗せられた水の一部は、引き波時に海へと戻って行きます。

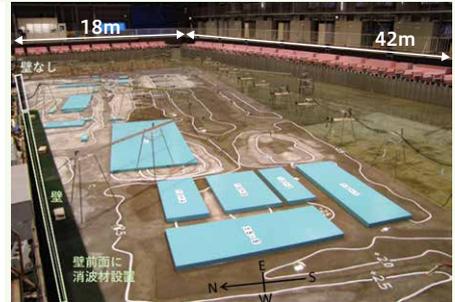
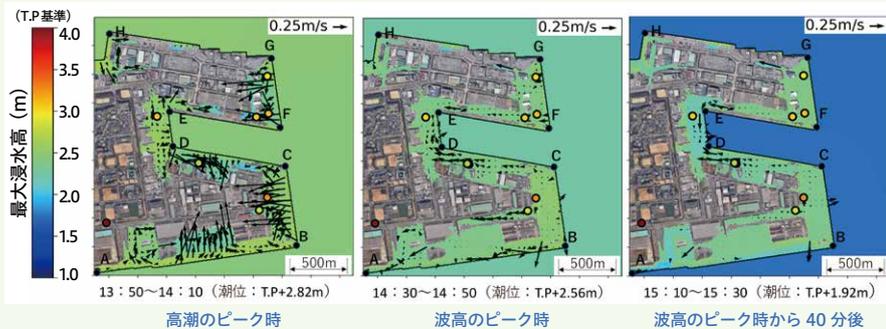
「だから岸壁の場合、浸かる一方というわけではないんです。越波というわけでは考えられていないんです。これまでは護岸での越波状況のイメージでしか考えていなかった。岸壁での越波浸水現象は、2018年に大阪湾で起こった高潮・高波災害を機に新たに浮上した検討課題です」と、平山克也グループ長。

数値シミュレーションで
岸壁の浸水を段階的に再現

押し波時に岸壁上に乗せられる越波水塊の流入流量については、護岸で用いられている従来の算定法が適用可能。引き波時の流出流量は別途、水が流れるときの流量の式を使って見積もることに。

高山知司先生が2018年に提案された、流入流量と流出流量がバランスすると仮定したときの式を使って、岸壁の浸水深を計算しました。これによると、護岸での許容越波流量0.02立方メートル毎秒に対応する岸壁の浸水深は約8cm。このとき、岸壁法線上の越波流量はというと、平衡状態で流入流量と流出流量が等しいので時間平均するとゼロになります。つまり、岸壁の必要な高さは越波流量では決めようがない。なので今後は、どれくらいの浸水まで許容するか、限界値を浸水深のほうで考えていくことも検討しています。

NOWT-PARIによる神戸港六甲アイランドのコンテナバスにおける浸水被害の再現（左）と平面模型実験の状況（右）



このモデル自体の妥当性を確かめ、かつ当時の越波浸水状況をより詳細に調べるために実施したのが、港空研が所有するデュアルフェースサーベント水槽を用いた平面模型実験です。縦18m×横42mの水槽の中に、六甲アイランド

模型実験で浸水状況を再現し
確認できたモデルの精度

「原因はまだ定かではありませんが、計算では考慮できていない建物の影響なども考えられます」

「2018年の被災後に、土木学会と国総研、港空研による合同調査チームが現地調査した浸水高の痕跡記録と比較してみると、今回のシミュレーションの結果は、各地点とも全体的に1mほど過小。まだ痕跡高を説明するまでには至っていないと思います。」

「2018年9月の台風襲来時の神戸港六甲アイランドのコンテナバスでの浸水被害の再現を、NOWT-PARIで試みました。浸水現象は、当然高潮または波浪のピーク時が一番厳しいのですが、履歴も効いてくる。時々刻々と変化する状況の再現を、まずは数値シミュレーションで行ったわけです。ただ、もともとフィネスモデルは、時間的に変化していく高潮・波浪条件のもとで計算することは想定していません。なので、段階的に条件設定ができるようにモデルを改良しました。その際、潮位や水面波形の変化が不連続にならないように、滑らかにすることが重要で、そのプログラムは、うちの研究グループの濱野有貴主任研究官が担当しました」

「このことは、実験で実際に確認した浸水状況がNOWT-PARIのコンテナバスを縮尺1/50模型で配置。当時の浸水状況を再現するとともに、それとまったく同じ高潮・波浪及び地形条件で計算して、各地点の浸水深がどれくらい合うのかを検証するというもの。」

「実際は沖に防波堤があるので、水槽の中にその模型を設置するスペースがとれなかった。でも、その防波堤による波の遮蔽効果をあらかじめ計算して造波できる機能を、この水槽の造波装置が数年前に獲得していたんですよ。その機能を使うことで、越波実験に必要な模型縮尺を確保することができました」

「このことは、実験で実際に確認した浸水状況がNOWT-PARIのコンテナバスを縮尺1/50模型で配置。当時の浸水状況を再現するとともに、それとまったく同じ高潮・波浪及び地形条件で計算して、各地点の浸水深がどれくらい合うのかを検証するというもの。」

「43号の取材の段階で目指していた、時系列で浸水状況を追う模型実験こそまだ実現していませんが、実験水槽の準備が整えば、それも可能になるはず。」



沿岸水工研究領域
波浪研究グループ
平山克也グループ長

沿岸水工研究領域
波浪研究グループ
濱野有貴主任研究官

高潮の解析を高度化する研究

複雑な数値モデルを駆使し 波の影響を含めた高潮予測を

2018年の台風21号で大阪湾でも生じた高潮被害を契機に、より関心が高まりつつある、気候変動による高潮の将来変化。港湾ごとの特性を踏まえた対策が必要だ。

求められるのは、より高度な数値計算手法の確立。台風の移動速度に着目し、高潮に対する波の影響評価に取り組み津波高潮研究グループの岩本匠夢主任研究官に取材しました。



沿岸水工研究領域 津波高潮研究グループ 岩本匠夢 主任研究官

港湾において、過去に発生した高潮や将来発生する恐れのある高潮を計算する際は、数値モデルを用いることが一般的です。ただ、従来の計算で考慮してきたのは、おもに風や気圧による潮位の上昇。それに比べ、高潮に対する波の影響というものは、これまであまり考慮されてこなかったといえます。

「台風で非常に大きな波が岸に打ち寄せると、波頭が砕けて崩れる。砕波というのですが、この砕波によっても水位が上がるということがあるんです。これをウェーブセットアップ(波浪による潮位上昇)と呼びます。私のほうでは、過去に起こった高潮にどれだけこのウェーブセットアップが効いていたか、また、台風の移動速度が変わること、ウェーブセットアップの影響がどう変化するかといった検討を行っています」と、岩本匠夢主任研究官。

今後気候変動が進むと、日本周辺では、台風の移動速度が遅くなるという予測がされています。「海上をまとまって伝わる波に対して台風が同程度の速度で移動すると、波はどんどん大きくなっていくんですよ。例えば、和歌山県日高湾で発生した高潮についての検討によれば、伊勢湾台風(その移動速度が実務でよく用いられる)よりも遅い台風のほうが波が発達し、高潮も1m以上大きくなる可能性があります。みなさんの関心が高いのは、今後気候変動が進むことで、将来的に高潮がどれくらい大きくなるかということだと思いますが、そういう予測をするとき、1つ1つ波の影響

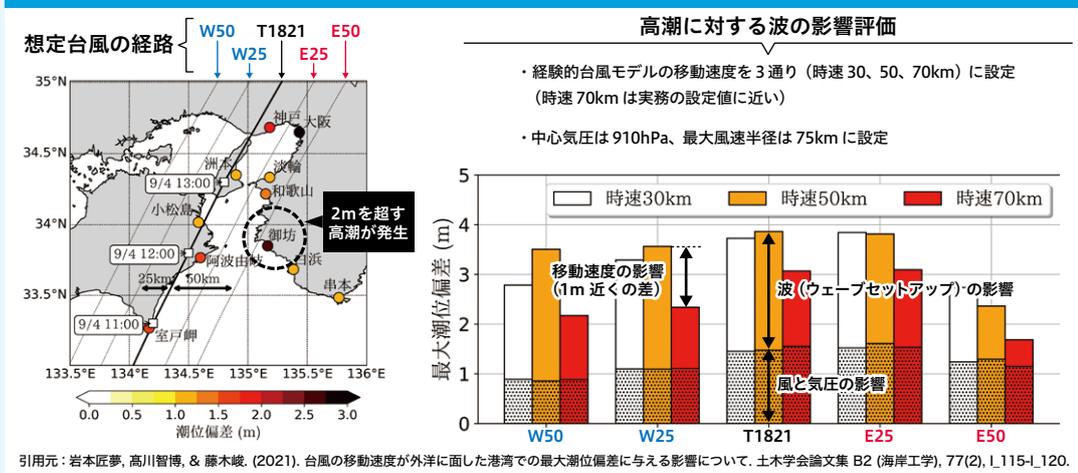
を含めた予測はまだほとんど行われていないですね。もし波の影響も含めて計算したら、例えば太平洋に面した港湾では、現状の予測と異なる結果が得られる可能性は大いにあります」

100年に1回の高潮を 複雑なモデルでも計算可能に

高潮を風と気圧だけで考えるのであれば、計算に使う数値モデルは海の流れや水位の変化を解く高潮モデルのみ。実務的に使われているモデルです。ところが波の影響も含めるとなると、そこに波浪モデルと呼ばれる別のモデルを組み合わせる必要があるのだとか。

「2つのモデルは用途がまったく異なります。これらを組み合わせることで、技術的に容易ではない。それが、海岸工学の分野で波の影響の検討がなかなか進まなかった理由の一つではないかと思えます」 近年、気候変動が高潮にどういった影響を与えるかを検討する際、使われるようになったのが「d4PDF(地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース)」。地球全体を1辺数十kmのマス目で区切り、数千年分の風や気圧を仮想的に計算したビッグデータです。これを使えば、1000年に1回起こるような高潮も、数値モデルで計算した結果から直接推定することが可能に。

波の影響を含めた検討事例 (2018年和歌山県日高湾(御坊)で台風21号により発生した高潮を対象)



「波の影響を含めると、どうしても計算に時間がかかるので、現時点では簡単な高潮のモデルを使って計算するというのが限界。しかし簡単なモデルではどうしても実際の現象を再現できませんから、高度なモデルを使ってどうにかして、1000年までいかずとも100年とか、それくらいに1回生じるような高潮の計算をしたいと考えています。そのために工夫しながら頑張っています」

「波の影響を含めると、どうしても計算に時間がかかるので、現時点では簡単な高潮のモデルを使って計算するというのが限界。しかし簡単なモデルではどうしても実際の現象を再現できませんから、高度なモデルを使ってどうにかして、1000年までいかずとも100年とか、それくらいに1回生じるような高潮の計算をしたいと考えています。そのために工夫しながら頑張っています」

港湾ごとにリスクを評価 実務へのフィードバックを目指す

高潮の研究をしようというとき、やはりどうしても三つ大湾(東京湾・大阪湾・伊勢湾)などといった、メジャーな港湾に関心が向かいがち。

「日本全国を見たとき、こういった場所が高潮のリスクがあるのか、見落としはないかということが気になっていて。なので三つ大湾以外の港湾においても、生じ得る高潮の特性を、港湾ごとに、いま使っているモデルで評価していきたい。実務に携わる方も参照できるように形で知見を創出したいと思っています」 研究の目標に応じて複数の数値モデルを組み合わせるため、複雑なモデルになるのは避けられないこと。

「仮に、実務の方が直接そのモデルを使うことがなくても、得られる結果が従来のモデルとどれくらい違ってくるかという、相場感(は持つておく必要があると思うんです。例えば波の影響を入れた場合と入れなかった場合とはこれくらい結果が変わってくる、という知見を、論文などであらかじめ公表しておく。そうすれば、現場で簡単なモデルを使ったとき、複雑なモデルで計算した結果との間にどれほどの差がありそうか見当はつけられますよな」

港空研の研究実施項目として取り組んでいる波の影響を含めた高潮の予測は、終了期限まであと2年ほど。 「ただそこに、他にもまだ考慮されていない海水の密度成層(※)の影響や、潮汐などさまざまな要素を入れていくとなると、また先は長そうです。土木だけでなく海洋物理など、いろいろな分野にも視野を広げ、学際的に取り組む必要がある。相乗効果で新しい知見や知識を得ながら、着実に研究を進めていきたいですね」

※ 河川からの淡水の流入や日射などで海水が暖められることにより、浅い部分の海水が軽く、深い部分が重くなって安定する状態のこと。



横浜港金沢区福浦・幸浦地区

2019年の台風による被災と護岸復旧工事

2019年の台風15号・19号により被災した横浜港金沢区福浦・幸浦地区の復旧工事についてお話を伺いました。

2019年、9月の台風15号(房総半島台風)

と10月の台風19号(東日本台風)の2つの台風が関東地方を直撃し、各地で記録的な降水量や最大瞬間風速を観測しました。東京湾の各港も高潮・高波・暴風により被災し、横浜港でも複数の被害が相次ぎました。背後に約650社の産業団地を抱える金沢区福浦・幸浦地区では、広範囲で浸水するなどの甚大な被害が出たほか、護岸延長約2.7kmのうち約800mの上部工(パラペット)が倒壊しました。

今回は、当時の現地調査にも参加し、その後の護岸復旧に関わる検討会のメンバーでもあった港空研の鈴木高二朗 沿岸水工研究領域長とともに現地を訪ね、金沢区福浦・幸浦地区の復旧に向けての調査・設計・工事、その後の護岸の活用などについて、横浜市港湾局のみさんにお話を伺いました。

台風15号による高波被害の現地調査

台風15号が通過した5日後、横浜港湾空港技術調査事務所、港空研、国土技術政策総合研究所などから成る「IECFORCE(緊急災害対策派遣隊)」と、横浜市による合同現地調査が行われました。

そしてこれを踏まえ、国土交通省は「東京湾における高波対策検討委員会」を設置。また横浜市は、委員会での検討内容を踏まえて被災した護岸の復旧工法等を検討するため「横浜港護

岸復旧工法検討会」を設置し、合同会議を開催しました。各種データなどにより状況を解析した結果、強風と急激な風向きの変化により二方向からの波(重複波)が発生し、さらに重複波と護岸から戻る波が重なり合い10m程の高波が生じていたことがわかりました。

3重の防護で高潮・高波から守る

台風15号が襲来した約1か月後、次の台風19号が迫っていました。

谷「かなり大型の台風が接近する予報でしたが、台風15号の被災から約ひと月後だったため、できることは限られました。まず倒壊した護岸部分を第1防護ラインとし、その背後の道路との境界付近を第2防護ラインとして大型土のうを設置し応急復旧を行いました。また、さらにその背後の各事業所内にも民間の方々によって土のうが設置されました。その結果、第1防護ラインの土のうの一部が崩壊しましたが、第2防護ラインで産業団地への浸水被害を防ぐことができました」

11月には国土交通省の委員会において新たな設計波の考え方が示されました。これに基づき、横浜市の検討会では護岸復旧方針を取りまとめ、被災から約3か月後の12月に福浦・幸浦地区の護岸復旧方針を策定。これにより、今後15号クラスの台風が大潮の満潮時に襲来し、想定し得る最大の高潮・高波が発生しても被害を防止できるように、同地区の護岸延長約2.7kmを現地盤から約3mの高さまで高上げすることが決まりました。

復旧対象地区の前面水域の一部は区画漁業権が設定されている区域であったため、2つの復旧断面で整備が行われました。エリアAは約1.1kmで、既存護岸前面に直立消波ブロックとパラペットを設置。エリアBは約1.6kmで、既存護岸前面に異形消波ブロックを設置しました。既設のパラペットも高上げし、後背地に防潮堤を設置して3重の防護となるよう設計されました。

谷「エリアAの前面には区画漁業権が設定されているので、漁業活動に影響がないよう直立消波ブロックを採用しました。また、もし波が第1防護ラインであるパラペットを越えた場合でも、水はその背後の問詰石による透水層を通り、



横浜市 港湾局
みなと賑わい振興部
整備推進課長
加藤裕隆 さん



横浜市 港湾局
みなと賑わい振興部
整備推進課 担当係長
谷 政史 さん



横浜市 港湾局
みなと賑わい振興部
賑わい振興課 担当係長
大山高司 さん



横浜市 港湾局
政策調整部
政策調整課長
洞澤 実 さん



横浜市 港湾局
建設保全部
建設第二課長
浅野善広 さん



港湾空港技術研究所
沿岸水工研究領域
鈴木高二朗 領域長
(耐波研究グループ長)

海に排水される構造となっております」
鈴木 「この透水層の構造は、横須賀市の馬堀海岸や別府港の海岸に採用されたものを応用しています。港空研では復旧断面の検討にあたって実験を行いました。それにより、さまざまな護岸形式のなかでも、この二重パラベットの構造形式と透水層構造の効果は非常に高いことがわかっていきます」



復旧対象地区



台風15号による護岸の倒壊



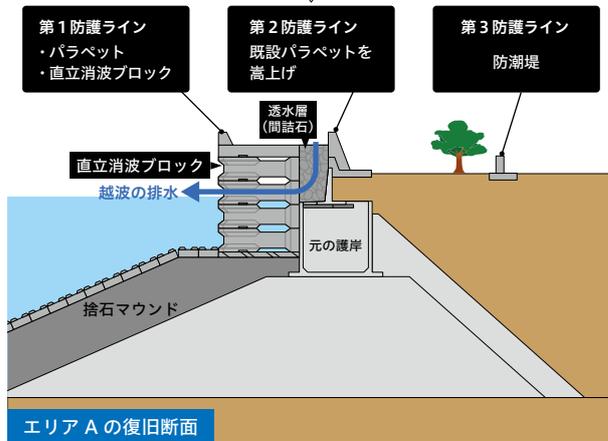
台風15号による浸水被害状況



台風19号通過直後の状況。土のうによる浸水防止

急ピッチで完了した復旧工事

3重の防護



エリアAの復旧断面

浅野 「護岸の背後地は産業団地になっていて約650社の企業が立地しているため浸水による損害も大きく、一刻も早い復旧が望まれました」
谷 「翌年の台風シーズンまでには第2防護ラインとなる既設パラベットの高上げを完了させよう」と進めました。当時はコロナ禍の真っ只中で

したが、請負業者の皆様には、頑張ってもらって進めていただきました。また、工区分けを適切に行ったことで、複数の工事を同時施工で進めることができました。予定通り復旧工事を進めることができたのは、地元をはじめ、関係者のみなさんのご協力のおかげだと思います」
加藤 「国土交通省の力強い後ろ盾もあり、復旧方針に必要な潮位・波浪などの基本条件の設定や国庫補助金の交付など、スピード感を持って対応していただいたことも大きかったですね」
 2020年の8月末には既設パラベットの高上げ工事が完了。その後、消波ブロックの製作・据付、隣接区間のパラベット上部工と捨石マウンドの被覆工、緑地の道路側の第3防護ラインとなる防潮堤などの整備が行われ、被災から約2年後の2021年8月に3重の防護すべてが完了しました。
谷 「消波ブロックは海上で据付が行われました。大きなヤードがなかったので6つのヤードで製作していましたが、それぞれのヤードから据付場所までの積み出しや運搬の調整に苦労しましたね」
鈴木 「今回の浸水被害の対策や護岸の復旧検討を通じて新たな知見を得ることができ、私の研究グループでは土のうの安定性やパラベット後退防護岸についての論文を発表しました。今後



直立消波ブロック据付状況

は、気候変動にもなう海面上昇により台風の強度が増し、高潮や高波への影響も変化するかもしれません。それらの被害を軽減し、被災した場合も有効な復旧方法を提案できるよう、引き続き研究に取り組みたいと思います」

新たな憩いの場を創出

新しくなった護岸の一部は、2023年4月に遊歩道(延長約1km、幅約5m)として開放され、背後の金沢水際線緑地に新しく設けられた休憩所などとあわせて市民の憩いの場となっています。
谷 「このエリアはもと『海辺の散歩道』として散歩や釣りを楽しむ方がたくさんいて、復旧後も以前のようにしてほしいという要望を多く受けていました。最終的に、直立消波ブロックの上に海を眺めながら散歩ができる遊歩道を整備し、安全に利用いただけるよう転落防止柵や夜間照明、階段やスロープなども設置しました」
大山 「護岸背後に整備された広いスペースは、イベントを開催することができるようになっていきます。すでにスポーツ関係のイベントなどで使用したいという話もいただいています。散歩や海釣りだけでなく、たくさんの方で賑わう場所にしていけたらと考えています」



直立消波ブロック設置後

増大する越波を防ぐ設計実務に 使いやすい数値シミュレーションを

今後、海面上昇によって増加が危惧される越波量。

改良型護岸などの新工法で、それをどの程度低減できるか実験と計算による検討が進められています。

その際、有用になってくるのが、沿岸技術研究センターの支援で1998年から開発を進めてきた数値計算ツール「CADMAS-SURF（数値波動水路プログラム）」。

より幅広い実務での活用を目指して、2023年には「CADMAS-SURF実務設計研究会」も発足しています。

今回は、関連する研究業務に携わる面々に、現状報告と意見交換を行っていただきました。



【オンライン参加】

一般財団法人

沿岸技術研究センター
調査役

藤原隆一さん

パシフィックコンサルタンツ株式会社

国土基盤事業本部
港湾部 港湾海岸室

技術主任 高橋武志さん

一般財団法人

沿岸技術研究センター
審議役

下迫健一郎さん

一般財団法人

沿岸技術研究センター
調査役

津田宗男さん

復建調査設計株式会社

沿岸・地震防災部
沿岸技術課

阿部洋士さん

港湾空港技術研究所

沿岸水工研究領域
耐波研究グループ

小林千紘 研究員

港湾空港技術研究所

沿岸水工研究領域

鈴木高二郎 領域長
(耐波研究グループ長)

パシフィックコンサルタンツ株式会社

国土基盤事業本部
港湾部 港湾防災室

技術主任 鈴木樹さん

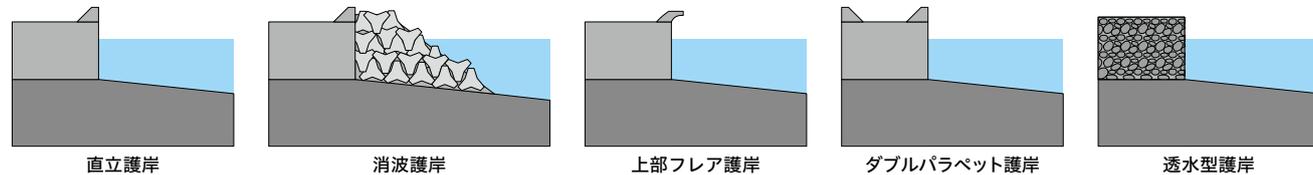
実験と数値シミュレーションで 改良型護岸の効果を検討

鈴木（高） 高橋さんと阿部さんは昨年度まで2年間、依頼研修員として港空研で、改良型護岸にするほどの程度越波量が低減されるのかといった検討をしてこられたわけですが。

阿部 いまの港湾技術基準だと、直立護岸と消波護岸については越波流量算定図があるのですが、改良型護岸についてはそういった手法がなく、実験や計算で越波流量を求めるしかないんです。昨年、実際に一般的な護岸形状である直立護岸と消波護岸、改良型護岸（上部フレア型、ダブルパラペット型、透水型）を対象に実験を行ってみて、改良型護岸は越波低減に有効な断面だということがわかった。ただ一方で、越波流量算定図のような設計に使えるものを出そうとすると、まだいろいろ検討すべき改良型護岸特有の課題があって、実験と計算、両方を使って今後もやっていく必要があると思っています。

高橋 私が担当したのは、CADMAS-SURFによる数値シミュレーションの観点からの再現計算です。実感としては、数値計算だとまだあまり合わない条件がありますね。例えば、激しく碎波するような複雑な流れになるときは合にくい。でも、そういった条件であっても改良型護岸の越波流量などを算定することは必要で、数値計算が求められていることは重々理解しています。また、改良型護岸には、例えばダ

ブルバラベット式であれば排水性能で前後のバラベットの高さの違いなど、考えなければならぬことが普通の護岸よりもたくさんある。パラメータが多様なんです。それらすべてを実験で検討するのは難しいので、そういったところに数値シミュレーションを使っていくということは、今後の重要な要素になるでしょう。そんななかで、再現性があまり高くないというのは問題なので、これからその再現性をどう上げていくかというところが重要だと思っています。



直立護岸、消波護岸および改良型護岸（上部フレア護岸、ダブルバラベット護岸、透水性護岸）の簡略図



CADMAS-SURFによる計算結果の例

小川 港空研の耐波研究グループでは、いま、越波流量算定図を用いて、海面上昇が起こった場合の越波流量を算定しているところなんです。条件としては30cm・60cm・90cm。内湾と外洋でみていたのですが、内湾のほうがグラフィ化したとき顕著に変化があらわれて。だいたい90cm上がったところから、越波量の値が大幅に変わったんです。

海面上昇にともなう越波流量の変化を探索

あと、その計算にも結構時間がかかる。実際の実務はかなり短時間で行うことが求められますから、そこは問題になると思います。

とも波がそれほど大きくないところほど、その傾向が強いんです。消波ブロックと被覆護岸も同様に検討しているのですが、やや近い傾向がありそうだと思います。わかってきて。これはもう、場当たりの対策ではうまくいかないかもしれない。天端高（部位・部材の頂点の高さ）をある程度高くしないとイケないということかなと思っています。

藤原 内湾だと相対的に無次元の越波流量が小さくなる。なので、算定図のもとになっっている実験値自体のばらつきがけっこう多いんです。そういうところではとくに、潮位が変わると大きく影響が出るんだと思いますよ。計算だと波群を変えない限りばらつきは出ません。いま、波群を変えた計算などもやって取りまとめている最中。まとまったらお渡しできると思うので、それでも検討してみてください。

鈴木（高） 鈴木さんは、高橋さんから引き継ぐ形で、いま依頼研修員として港空研に。

鈴木（樹） 私が研究しているのは、改良型護岸の上部フレアやダブルバラベット、透水性の付与といった越波低減工法を一つにまとめた複合型護岸。それによって、越波流量がどれくらい低減するのかを検証しています。簡単に実験した結果をお伝えすると、既設の直立護岸に比べ、複合型護岸では2〜3桁も低減されるという効果を確認。海面上昇に対する越波流量の低減効果という観点からいえば、現地（対象にしている空港護岸）の設計潮位をベースにして気温4℃上昇くらいの潮位を見込むと、かなりの低減効果があることがわかりました。

CADMAS-SURFの積年の課題に挑む

ただ、4℃上昇でだいたい1m程度上がるのですが、それ以上、例えば1.5mとかになつてくると、複合護岸というのはあまり効かなくなってしまうんです。まだ研究途中ですが、現在そういったところが知見として得られています。

鈴木（高） 海面上昇を受けて、今後ますます数値シミュレーションが有用になっていくと思います。新たに立ち上げられた「CADMAS-SURF実務設計研究会」では、こういった課題に取り組むことには、どういった課題に取り組むことには、藤原 CADMAS-SURFが開発されて25年。どんな使っているという流れにはなっているのに、なかなか使えていないんですよね。属人的なところでノウハウが止まっているところが多く、いざ使おうとすると難しい。開発当時、私は建設会社において、研究会のメンバーとして一緒にプログラムをつくっていたんですが、20年以上経ってこの春から沿岸技術研究センターへ。そうしたら高橋重雄前理事長に、もっと使いやすいツールにするために標準的なメッシュ（計算格子）みたいなものができないかと振られました。で、半年くらいかけて検討を。現地のスケールで考えて、変な形のメッシュにならないようにというのが基本。あまりルートを枝分かれさせず、ある程度分類分けしたら、あとは波の周期と水深を入力すればいけるというコンセプト



の特性みたいなものが、徐々に見えてくるのではないかと。そうすると、設計でもほとんど使いやすくなって、自信を持って設計できるようになると思います。

津田 高橋前理事長からは2、3年前に、CADMASURFをもっとみなさんに使ってもらえるようにしたいという話を受けて、準備会という勉強会を始めたのですが、そのときは力及ばずで……。いまでも事務的なサポートをさせていただいています。私も研究職であり、以前CADMASURFを使っていたこともありませんので。会のみなさんの検討や議論を、非常に興味深く聞かせていただいています。

鈴木(高) この研究会は津田さんとしては回らない。現在、設計に関わっている人を中心に、会員30人ほどの大きな会になっています。会社の数としては16社くらいでしょうか。1社から2人ずつくらいです。

藤原 今回は知識の有無を問わず、広く門戸を開いています。いまは研究所も人が少なく、技術や知見の伝承がままならない時代。例えば、海面が上昇すると、波が大きくなるので波力も大きくなるということもあります。逆に天端が相対的に低くなるため波力が小さくなるという現象も起きてくるんです。そのあたりのことは知見として発表されていますが、今後どう設計していくかというときに、経験の浅い方々がそのあたりの知見を幅広く持ち合わせているかといったら、そうではない場合が多いと思います。こういう研究会で、検討するなかで自然に共有できれば。これまでの知見を使っていける場にできればいいのかなとも思っています。

実務の現場に知ってほしい 計算に要する時間の長さ

小林 私は地方整備局から港空研に来ていのですが、地方整備局では実験というのがほぼできないに等しいんです。私自身計算を回すとかはまだ経験がありませんけど、それぞれが抱えている課題に対してCADMASURFのような計算ツールが気軽に使えれば、それが浸透していけば、それこそ自分たちで解決できる問題っていうのも増えていくんじゃないかなと期待しています。

藤原 小林さんに聞きたい。地方整備局にいて、計算機を回すのに1時間かかりますと言われたら、どう思います？

小林 普通どのくらいの時間がかかるものなのかわからずに答えてしまいますが、1時間となるとちょっと……。

藤原 ノートパソコンでちょっとした伝達波の軽い計算をしても、1時間2時間かかるんですよ。越波の計算となると、速いコンピュータを使っても3日かかったりします。20年前なら1週間かかりました。みなさんそういうスケールで計算を回している。でも実験をやることを考えたらトータルでは「短い」という感覚なんです。普及させるとき、やっぱりそのあたりの感覚にずれが出てきますね。

高橋 積算でも計算時間を見積もられる際、実際かかる時間よりも全然少ないことがありますよ。今後、研究会などで計算時間の実情が見える形で溜まっていったら、それ

トで考えました。いま私が計算している中では、斜面上の波の変形や越波流量、波高伝達率など、直立堤・混成堤ともほとんど実験値と変わらない値が出ているので、メッシュとしてはほぼ大丈夫かなというところ。データ入力のベースになるプログラムまでつくられたので、ある程度の知識があれば使えるものになったと思う。2024

年以降、広く使っていただけのような形で配布できるようになると期待しているんです。

阿部 CADMASURFを使うとき、一番手間だなと思うのが、やはりメッシュをつくるということですね。初学者の方でもボタン一つ押せばメッシュができるようなものがあれば、設計者としては非常にやりやすいと思います。

鈴木(高) CADMASURFについて、設計実務で誰でも使えるという観点で

は、いままであまり検討できていなかった気がします。そういう意味で、今回の取り組みで、一つステップが上がった感じがしますよ。

高橋 これまでは、おもに研究を主体とした使われ方をしていた気がします。研究となると、水理模型実験と一緒にいい、その再現性を確認することになりますよね。でも、実務では実験ができない。答えがわからないなか、CADMASURFで設計するしかないという状況では、設計する人は不安だったと思うんです。せめて結果にどれくらい誤差があるか把握したいのだけれど、その知見は十分に集積されていない。それが、CADMASURFの課題だったんじゃないかと思っています。そんななかで、実務設計研究会ができて。さまざまな設計業者が集まって、計算がたくさん蓄積されるので、CADMASURF

は、いままであまり検討できていなかった気がします。そういう意味で、今回の取り組みで、一つステップが上がった感じがしますよ。

が積算などを取りまとめている方に伝わって、少しでも反映されればと願いますね。そうすればこちらとしても、もっと研究がしやすくなるんじゃないかと思います。

残る課題の検討を続け よりよい数値シミュレーションに

鈴木（樹） いま藤原さんにプログラムをつくらせていただいたものを使っています。が、入力には本当に簡単で、うまくいけば30分足らずで終わるような感じ。非常に使いやすいプログラムをつくってくださいかなと思います。ただ、設計って条件や範囲が広がって。外力がすごく強い状態とか、そういうところではまだ微調整が必要だと思うところがありますね。将来の気候変

動などで、外力なども少しずつ変わっていくでしょうから、そういう条件の傾向なども踏まえたうえで、標準プログラムを少しずつバイスしていくような、柔軟に対応できるような管理の方法がいいと思う。設計実務委員会が未永く続いて、そこで少しずつバージョンアップされていくというのが理想ですね。

藤原 構造物がない状態で通過波が正しく再現できるかというのが一番重要で、そこまでできるようにと考えて、いまつくっているところなんです。そこから先、構造物ができた後のそれぞれ特殊な条件については、そこまですべてプログラミングするのは難しいので、その場その場で合わせてメッシュを組んでいくしかない。ある程度わかっちゃらできると思うんですよ。あとは、消波構造物でブロックなどを扱うところのパラメータをどうしようかというあたりが、研究的



に少し残っている部分。ある程度まではできているのですが、本当に設計を始めたとき、もう少しいろいろな検討が必要になるでしょうね。

鈴木（高） 結構まだまだ課題があるかなと思っていて。実際、細かいところを計算しようとする、先ほど高橋さんが言ったように、越波した後の排水とか、そのあたりはまだできていないし、ほかにもいろいろ解けないことがある。それらを今後、どういうふうにつぶしていくかということだと思っています。あと、もう一つ大きな課題は、10年くらい前は世界の先端を行っていた日本の数値シミュレーション技術が、だんだんヨーロッパに追いつかれ、抜かれたりあるようにみえること。それを挽回するよくな取り組みをしていかなければいけないんじゃないかって。挽回せずとも、国際的に協力し合うということもあり得ますけど。

下迫 確かに、昔はヨーロッパの研究者と一緒にワーキンググループなどもやっていました。最近なくなってきたかもしれないですね。防波堤に関していうと、これにはヨーロッパと日本とは少し構造が違うという理由もあるでしょう。ヨーロッパには傾斜堤が多く、日本やアジアが混成堤が主流。追い抜かれるというより、あまり付き合いがなくなってきたのではないかと気がします。もちろんいまも盛んに外国と共同研究をしている研究者はいますよ。

鈴木（高） 国際的な競争の中で埋もれていけないように、技術力を高め、情報発信していくというのは、日本の技術者全体として取り組むべきことではないかと思っています。

「第9回 日韓沿岸技術研究ワークショップ」に参加しました



研究発表の様子

2023年9月22日、韓国海洋科学技術院 (KIOST) 本部のある韓国・釜山にて、港空研、沿岸技術研究センター (CDIT)、みなと総合研究財団 (WAVE)、KIOSTの4者共催による「第9回日韓沿岸技術研究ワークショップ」が行われました。この合同ワークショップは2013年に第1回が韓国で開催され、以降、毎年韓国と日本で交互に開催し、沿岸防災、沿岸域管理、沿岸環境、技術開発など沿岸の幅広い技術課題に対する情報交換や議論を行っています。2020年、2021年は、新型コロナウイルス感染拡大の影響により中止、2022年はリモートでの開催となったため、今回が2019年の第7回以来、4年ぶりの対面での開催となりました。

今回、港空研からは平山克也グループ長、田村仁上席研究官、藤木峻主任研究官、大倉翔太研究官が研究発表を行い、一部、河合弘泰所長、中川康之特別研究主幹、キムキョンミン客員研究員も参加。そのほか日本側からは、CDITから宮崎祥一理事長ほか5名、WAVEから津田修一理事長ほか4名が参加しました。

ワークショップはKIOSTの会議室にて開催され、日本・韓国それぞれの研究発表内容に対する質疑応答など、活発な議論が行われました。(港空研の研究者による発表題目は右のとおり)

ワークショップの中では、KIOST内の最新の設備が導入された造波施設の見学も行われました。翌日には、釜山港湾公社 (BPA) に訪問し、釜山港の現況や今後の整備計画について説明を受けるなど現地見学会も行われました。



記念撮影の様子

発表題目

- 沿岸水工研究領域 波浪研究グループ 平山克也グループ長
特別講演「高潮・高波による岸壁越波浸水過程の解明とその対策」
※沿岸災害のセッションの司会も担当
- 海洋利用研究領域 田村仁 上席研究官
「2019年台風15号による沿岸被害はなぜ横浜港に集中したのか？」
- 海洋利用研究領域 海象情報研究グループ 藤木峻 主任研究官
「波浪観測網による日本沿岸の海象観測について」
- 海洋環境制御システム研究領域
海洋環境情報研究グループ 大倉翔太 研究官
「東京湾周辺の SST 長期変動」



造波施設見学の様子



気 候 変 動 の 用 語

近年、気候変動に対する社会的な関心が高まっています。

しかしながら、専門的な用語が多く、内容を理解することに難しさを感じるかもしれません。そこで、ここでは港湾分野に関連する用語の一部を簡単に紹介します。

研究者が解説します!



沿岸水工研究領域
津波高潮研究グループ
岩本 匠夢 主任研究官

気 候

地球上の大気や海はさまざまな要因によって常に変化していますが、場所に応じて、1か月あるいはより長い時間をかけて生じる変動があります。その平均的な状態を「気候」といいます。日本の四季が身近な例です。こうした気候を知るために、長期間にわたって大気や海がどのように変化するかを調べる必要があります。例えば、ある月の平均気温や湿度は年によって異なりますが、数十年分の観測値があれば、日本の7月から9月は他の月と比べて平均気温や湿度が高いことがわかります。「気候変動」とは、こうした平均的な状態が何らかの要因によって変化することを意味します。

温室効果ガス

地球には、太陽から日射が常に降り注いでいます。この日射の一部が、地球の大気を通過して地表面を暖めたのち、別の電磁波として地表面から放射されます。この電磁波が宇宙に逃げ出すまで、大気中の水蒸気や二酸化炭素などが吸収・放射を繰り返し、結果として大気が熱を閉じ込めることになります。こうした働きをする気体を「温室効果ガス」といいます(図1)。産業革命後、二酸化炭素といった温室効果ガスの排出量が大きく増えており、平均気温の上昇や豪雨、干ばつが発生しやすくなるといった気候への影響が懸念されています。



図1 地球のエネルギー収支。数字は現在の気候におけるエネルギーの流れの大きさ (W/m^2)、薄黄色は日射、濃黄色は放射を示す。

放射強制力

現在の気候では、太陽から供給されるエネルギーのうち、地球に取り込まれる分と宇宙に逃げ出す分はほぼ釣り合っています(図1)。しかしながら、例えば温室効果ガスが増加すると、地球に取り込まれる分が増すことになります。こうした変化量を「放射強制力」と呼び、単位面積当たりのエネルギー (W/m^2) として表されます。放射強制力が正だと地球の温暖化、負だと寒冷化が進むと考えられています。近年では、温暖化の進み具合を示す指標として用いられることがあります。

シナリオ

将来に向けて気候変動がどのように進むか、その筋書きを「シナリオ」といいます。国際的な研究プロジェクトである結合モデル相互比較プロジェクト (Coupled Model Intercomparison Project, CMIP) によって提案されているものが代表的です。温室効果ガスの排出量や地球上の土地がどのように利用されるか、といった要因のほか、最近では各国の政策や教育といった社会的な影響も含むようになってきました。シナリオの具体的な名称には、放射強制力を示す数字が付いています(例:SSP5-8.5)。

裏表紙につづきます



前ページのつづき

気候変動の用語

港湾分野に関連する気候変動の用語の一部を簡単に紹介します。

研究者が解説します!

異常気象

“100年に一度の豪雨”のように、これまで経験してきたものから大きく逸脱した現象のことを「異常気象」といいます。温室効果ガスが増すことで気候変動が進み、異常気象にも何らかの影響が及ぶ可能性があります。例えば、強い勢力を持つ台風が発生しやすくなるといわれています。こうした台風ほど気圧が低く強風が吹きやすいため、規模の大きな高潮が発生する傾向にあります。さらに、気候変動によって氷床の融解や海水の熱膨張による海面の上昇が進むと、これまでの想定を上回るような高潮が発生する恐れがあります。



沿岸水工研究領域
津波高潮研究グループ
岩本 匠夢 主任研究官

気候モデル

地球上の大気や海を碁盤の目状に区切り、そのマス目ごとに、風速や水温などが長い年月でどのように変化するかを計算し、気候を再現するプログラムを「気候モデル」といいます。物理法則というルールに従って、ある時点での大気や海の状態を起点に、それよりも先の状態がさながら“ドミノ倒し”のように定まります。こうしたモデルでは、現在の温室効果ガスの濃度を2倍にするなどして放射強制力を増したときに、気候にどのような変化が生じるかを計算することができます (図2)。

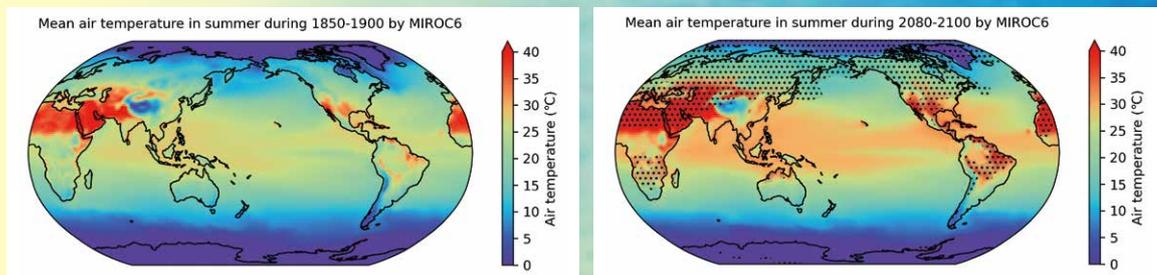


図2 気候モデルMIROC6で計算された夏期の平均気温 (左:産業革命前、右:温暖化シナリオの一つであるSSP5-8.5)。ハッチ部は平均気温が5度以上上昇した地点を示す。

d4PDF

過去と将来の気候を模した条件のもと、気象研究所の気候モデルによって得られた数千年分の計算結果が「d4PDF」と呼ばれています。数ペタバイトに達するビッグデータです。例えば、地球の平均気温が4度上昇した場合では、90通りの条件×60年=5400年分の計算を行っており、風速などが数時間おきに提供されています。この結果には“1000年に一度の台風”のような異常気象も含まれているため、港空研では海沿いでの高潮のリスク評価のためにd4PDFを活用しています。

前ページもご覧ください

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 : <https://www.pari.go.jp>

