

沿岸防災技術の高度化 ～沿岸防災技術研究所創立20周年～



富田 孝史

名古屋大学
減災連携研究センター
副センター長 教授



大原 美保

東京大学大学院
情報学環／生産技術
研究所 教授



佐々木 規雄

国土交通省
港湾局
海岸・防災課長



栗山 善昭

一般財団法人
沿岸技術研究センター
特別研究監・
沿岸防災技術研究所長



宮崎 祥一(司会)

一般財団法人
沿岸技術研究センター
理事長

司会(宮崎)▷本日はお忙しい中、お集まりいただきありがとうございます。本日の座談会のテーマは、「沿岸防災技術の高度化」です。

沿岸技術研究センターにおいては、阪神・淡路大震災をはじめとする地震災害、台風による高潮災害、ハリケーンカトリーナによる高潮災害等を踏まえ、沿岸防災に係る喫緊の課題に対応し、国の沿岸域の防災施策・対策に適切な支援ができる体制を確保するため、2005年12月に「沿岸防災技術研究所」を設置し、沿岸防災に関する各種調査研究等を行ってまいりました。

本日は、沿岸防災技術研究所の設置20周年を機に、沿岸防災技術の進展・高度化の観点から、これまでの取組みや現状についてお話を伺うとともに、沿岸防災技術の高度化について展望したいと考えています。

1 不確実性を踏まえた津波リスク評価

司会▷富田先生は津波リスク評価、津波漂流物の挙動研究など、沿岸防災に関連した多岐にわたる研究に携わっていらっしゃいますが、それらの研究の背景や課題について

お話いただけますか。

富田▷私が研究の対象とするのはハザードとしては津波・高潮、フィールドとしては港湾です。なぜ港湾かというと、日本の国情を考えると港湾は非常に大事なインフラである一方で津波・高潮に対しては脆弱性が高く、中小規模の津波・高潮でも被害を受けてしまう。基本的に力を入れてやっているのが津波・高潮によるハザード推定です。

注目している一つは津波漂流物です。漂流物は津波が仮に一つに決まったとしても流れ方には不確実性がめちゃくちゃ高い。その不確実性をいかに評価するかが、リスク評価にもつながってきます。漂流物の運動の不確実性の研究は水理模型実験をベースにしていますが、そこに数値計算を合わせながら物理的な現象も把握していきます。

南海トラフ巨大地震や首都圏直下地震のような巨大地震が心配されている中で、災害が起きたらどうなりそうかは、被害想定という形で見えてきていると思いますが、それは必ずそうなるわけでもない。先ほど言ったように不確実性があるからです。

不確実性によってどうなるかわからないところがあるから、リスク評価をちゃんとしていかなければいけない。リスクというのは、要するに確率論です。「どれぐらいの確率

でこんなことが起こりそうだ」というところが重要だと思います。津波漂流物についても確率論的な考え方も入れながら、挙動を推定していきます。

2 中小規模の高潮の大きな影響

富田▷一方、高潮に関しては、日本は伊勢湾台風という大きな災害を経験しています。それ以降、1998年の台風18号の高潮では八代海沿岸で、2004年の台風16号では香川県と兵庫県で犠牲者が出ています。

浸水に関しては、2018年の台風21号で関西、翌2019年の台風19号で東京や駿河湾において大きな被害が起りましたが、伊勢湾台風の被害規模までには至りませんでした。とは言いながら、産業界の被害は無視できないものでした。その意味で港湾における中小規模の高潮で起きる被害も日本社会に影響を与える大きな災害であり、そうした高潮によってどうなるのかを示す必要があります。行政にとっても港湾立地企業にとっても、そういった情報が大事だと思います。

具体的には内閣府のSIPというプロジェクトの中で清水港を対象に研究開発しています。中小規模の高潮が起きたときにどうなるのか、さらには今後の気候変動で、海面上昇だけではなく台風が強くなり、高潮や高波が厳しくなることによってどう変わっていくのかということも、数値計算などを使いながら行政だけではなく民間企業も対象として災害を見える化する取り組みを行っています。

3 災害を外力×曝露×脆弱性×対応力で読む

司会▷続いて、大原先生にお伺いします。先生は災害リスク評価、リスクコミュニケーション等のご研究に取り組んでいらっしゃいますね。

大原▷1995年の阪神・淡路大震災の発生当時、私は学生でしたが、それを機に災害に関心を持つようになり、防災の研究者を志しました。私は、阪神・淡路大震災当時は研究者ではありませんでしたので、その後に被災地の復興状況を視察した際に、神戸港にある震災メモリアルパークを訪れる機会がありました。被災したメリケン波止場の岸壁が60mぐらい保存されており、実際に岸壁の被害を目にしたのは初めてでした。「こういう風に壊れるのか」、「保存す

ることで後から被害のメカニズムが理解できるんだな」と、鮮烈な印象を受けました。

震災遺構については、「見たくない」という被災者の声もありますし、東日本大震災でも、遺構を残すかどうかで様々な議論がありました。メリケンパークの遺構は、今も残されていますが、そこから伝わってくるメッセージは非常に大きいと感じています。私にとって、沿岸防災との出会いはまさにこの経験でした。

災害リスクは外力、それに曝露されている人・物、そしてその脆弱性と対応力、この4つの掛け算で決まります。私は、それを重ね合わせてリスクを評価することを研究テーマにしてみました。

最初は地震被害想定に興味があって研究していましたが、その後、地震・津波・水害のリスク評価など、対象とする災害を広げていきました。さらに、リスク評価技術の開発だけでなく、評価結果を人々がどう受け止め、どう理解するのかといったコミュニケーションの課題にも関心を持つようになりました。

2007年頃に我が国の人口が減少に転じたことは、私にとっては衝撃的でした。特に津波被災地では人口減少が著しいと見込まれていたため、「津波のリスクと人口減少」というテーマで研究するようになりました。人口が減少するのであれば沿岸部にそのまま住み続けるのではなく、もう少し内陸に人口誘導した方がいいのではないかと、沿岸で高齢化が進む中でどう避難をしたらいいのか、などの新たな研究テーマに取り組むようになりました。

司会▷災害リスクは「外力×曝露×脆弱性×対応力」で決まるというお話でしたが、この場合、外力とは具体的にどのようなものなのでしょうか。また、脆弱性や対応力についても、どういうイメージで捉えておられるのか教えてください。

大原▷外力は、地震であれば地震動、水害であれば浸水深さなどでして、我々の社会がこのような外力に晒され、建物や人々がそれに曝露されることで、被害につながります。建物や人々がいなければ、災害にはなりません。

脆弱性とは、曝露されている人・物・財産がどのくらい被害を受けやすいかという度合いですね。人口が減るとともに高齢化して、人々はどんどん脆弱になりますし、建物の耐震化対策を行えば脆弱性は下がるので、災害は減ります。

対応力は、脆弱力と反比例します。避難が困難な要介護の方は、避難行動の対応力が低いため、脆弱性が高くなります。このような4つの要素が組み合わさって、災害リスクが決まると思っています。

4 陸・海・空の総力戦

司会▷被害の想定からリスクを評価し、それをコミュニケーションへつなげて行くという一連の流れの中で、現場で感じられた課題はありますか。

大原▷能登半島地震の被災地では、道路被害により被災地にたどり着くのが難しい状況が続ぎ、陸・海・空の総力戦で被災地を支援する必要性が非常に高まっていました。今後さらに、沿岸の防御力を高めて、海から支援に入る必要性がますます高まっていくと思います。

司会▷まさしく海からの支援という話につながりますが、先生は災害時の医療船の活用についても内閣官房のお仕事で関わっていらっしゃるのでしょうか。

大原▷学内に病院があるので、地震時の病院の災害対応マニュアル作成の支援活動を行っていたことがありました。

内閣官房の船舶活用医療推進本部では、災害時に船舶をどのようにして活用できるかという検討を進めています。令和3年に、災害時等における船舶を活用した医療提供体制の整備の推進に関する法律が制定され、今年1月に船舶活用医療の運用が開始されました。今後、災害が発生した場合に、船舶を使って被災者支援を行ったり、被災地の患者さんを被災地外に運んだりする対応が行われる可能性があります。

昨年11月には、神戸港にて、防衛省の契約船を使って模擬患者さんを実際に船に搬送して医療対応をする実働訓練が開催されました。私も、船舶活用要領の作成に関わっていたため、訓練に参加させていただきました。病院から重症患者を運ぶ時には、道路が液状化したり損傷していないか、患者さんの容態を悪化させずに運べるのかなどの課題があります。また、岸壁が耐震バースの区間を活用しますが、瓦礫が流れ着いて船が停泊できない状態になっていないか、などの課題があります。

沿岸防災のニーズとして、これまで「医療に使う」という発想があまりなかったかもしれませんが、医療活動でも使えるくらい岸壁がしっかり機能することへの社会的期待は今後非常に大きくなると思います。

司会▷我が国には、災害時のためのいわゆる病院船というものがあるのでしょうか。

大原▷防衛省は、能登半島地震の際、大型民間フェリーの「はくおう」を七尾市に派遣し、被災者の方々への入浴

や宿泊の支援を行いました。病院船は、医師や看護師、医療資機材、薬などを乗せて被災地に行き、患者の治療をしたり、患者を乗せて被災地外の病院に運んだりすることが期待されています。

5 メカニズムの解明と技術開発

司会▷続いて、佐々木課長にお伺いします。

佐々木▷一昨年の6月に閣議決定された「第1次国土強化実施中期計画」は前の計画よりも、位置づけが上がり非常に重要な計画になっています。その中で技術開発が明確に位置づけられており、今回の計画では内容が大きく拡充されています。大きく分けると二つの拡充項目があります。

その一つ目は富田先生の研究分野にも関わりますが、気候変動の影響で高潮・高波の被害を直接受ける港湾の臨海部について、港湾法の改正を行い対応を強化することにしたことです。

港湾の臨海部は民間企業の施設もあれば、港湾管理者など公的セクターが整備している護岸もあります。これらが協力しなければ高潮・高波から十分な防護ができないということから、「協働防護」という考えを計画に位置付けました。

ただし、協働防護を進める上では、気候変動による海面上昇や台風の強大化に伴い高潮・高波がどのように変化するか、そのメカニズムをしっかりと解明しなければ臨海部を守るための具体的な施設整備につながりません。技術開発を進めるにあたっては、メカニズムの解明や基準づくりを進め施設整備に結びつけていくことが必要だという認識の下、技術開発の項目をしっかりと拡充しています。

もう一つの大きな拡充点は、能登半島でこれまで経験したことのないような困難に直面したことを受けて、技術開発をしっかりと進めた上で、災害時の初動対応や復旧工事につなげていく必要があるということです。具体的には、能登半島地震で発生した津波は、能登半島の先端からまっすぐ海を通過して伝わるものと、陸地に沿うように伝わるものがありました。能登の先端にある珠洲市の飯田港では、この二つの津波が同時に到達したことで、非常に大きな被害が発生しました。

過去にもそういう被害はあったのかもしれませんが、今回はカメラ映像が残っていたため、メカニズムがある程度解明できるかもしれません。また、防波堤を越えた津波が海面に叩きつけられ、港の中で「第2次津波」と呼ばれるような波が発生して防波堤の内側を壊すという被害も起きま

した。こうしたメカニズムを解明し、基準に反映し、施設整備や改良につなげていかなければ、どこか別の場所で同じような被害が起きる可能性があります。それに関連する技術開発も必要だと思いますし、さらに飯田港では、防波堤の外から津波が襲ってきた際、防波堤が外側に倒れました。当初はその理由もよくわかりませんでした。横須賀の研究所による実験や数値シミュレーションから、一番の原因は防波堤が置かれている海底地盤の液状化が先に起こり、そこに外から来た津波の反射など非常に複雑な要因が重なって被災したらしいこともある程度わかってきました。こうした知見を技術基準などに反映し施設整備に生かしていくことがこれから必要ではないかと思っています。

6 初動を左右する岸壁使用可否判断

司会▷能登半島地震に着目して沿岸防災技術上の課題を考えると、その一つに、先ほどの病院船の活用にも関係しますが、被災者救援や災害復旧を迅速に行うためには「この施設が今使えるのか使えないのか」を早期に判断することが必要だという点がクローズアップされたと思います。今後の技術開発に関してどのような課題があるとお考えでしょうか。

佐々木▷課題という意味では、大規模地震で岸壁が使えるかどうかを判断することは、国土強靱化実施中期計画の技術課題にも含まれています。大原先生もおっしゃったように能登半島の場合、七尾での水道の被害が最も大きかったです。地域に基幹病院があり、透析のための水が全く足りない状況でした。海上保安庁の船が1日2交代で支援に入りました。能登では唯一の耐震強化岸壁が七尾港にあるのですが、それが使えるかどうかの判断が非常に難しかったのです。しかし、たまたま耐震強化岸壁の設計の前に行った、地震動を入力し「この岸壁はどのように挙動するのか」「この揺れでどれくらい変位するのか」ということを検討したシミュレーションの結果が残っていました。現地で実際の変位量を測ってそのシミュレーション結果と照らし合わせたところ、海底に打ち込まれている鋼管の杭は曲がってはいるものの船が着いてもある程度は耐えられるという判断ができたので、船を受け入れることができました。

例えば南海トラフ巨大地震のように広域で被災が起きた時に使いたい岸壁はいくつもあります。しかし、岸壁が利用可能かどうかを迅速に判断しないと、宮崎理事長がおつ

しゃったように早期の初動対応ができない。そもそも現地で岸壁がどれくらい変位しているのかを素早く確認できる技術が必要で、これは一からしっかりと技術的に取り組まないといけない課題だと考えています。

7 沿岸防災技術の進展

司会▷続いて、栗山所長にこれまでの沿岸防災技術の進展という観点からお話をいただきたいと思っています。

栗山▷何点かお話ししたいと思っています。沿岸センターでは年間65から75件ほどの、国や港湾管理者、民間事業者からの調査研究の依頼を受けています。そのうちの約4分の1が沿岸防災に関するものです。

最近では、港湾の協働防護に関する検討、港湾域に台風が襲来した際の浸水リスクや構造物被害の検討、さらには気候変動への適応方策の検討などを行ってきました。それ以外の取り組みとして3点ほどお話ししたいと思っています。

8 気象海象の予測

栗山▷1つ目は通称COMEINS（カムインズ）と呼んでいるシステムで、沿岸の気象海象を予測し、その情報を発信しています。これは大きく分けると「波浪予測」と「高潮予測」があります。COMEINSは1997年にスタートしました。当初、波浪予測は港湾工事ができるかどうか、つまり「波が1mを超えるか超えないか」に注目して予測をしてきました。しかし最近では、防災体制を取るかどうかの判断にも使われるようになり、場所にもよりますが、5m、6m、7mといった高波の予測が非常に重要になってきて、そのために予測精度もかなり向上させています。波浪推算には、世界的にも使われている最新のWAVEWATCH III（ウェイブ・ウォッチ・スリー）というシステムを導入して、高精度の予測を行っています。

高潮予測は2022年から開始しました。COMEINSは現在第5世代で、台風の予測にはかなり最新の手法を取り入れています。昔は「台風は12時間後にここ、24時間はここ」と、「点」で予測していましたが、今は確率分布を伴う「円」で予測しています。確率が一番高いのが真ん中で、周りへ行くほど確率は低くなるというものです。

高潮も同様で、例えば50cmの高潮が起こる可能性が高

いが、20cmの場合もあるし70cmの場合もあるかもしれないという確率的な予測を行っています。時間が進むほどその幅がだんだん狭くなってきて、精度が上がるという最新のやり方です。

9 岸壁の変形予測

栗山▷二つ目です。地震時に岸壁がどの程度被害を受けるかを予測するプログラムがあり、FLIPと呼んでいます。液状化によって構造物がどのくらい動くかを予測するもので、阪神・淡路大震災の後に開発されました。当センターも当初から開発に関わり、プログラムの構築に貢献してきました。

10 コンピューター上で波の動きを再現

栗山▷最後にお話ししたいのが、通称CADMAS-SURFと呼ばれる数値波動水槽プログラムです。防波堤などの構造物に対して、波がどれくらい越えるか、波力がどの程度か、港内にどれくらい波が侵入するかなどを高精度で予測するプログラムです。

開発は1998年にスタートし、当センターが中心となって開発を進めてきました。2025年秋には3次元計算が可能な最新バージョン1.8のプログラムソースコードとその手引書を公開しました。当センターとしては、広く多くの分野で活用していただけるよう貢献できたと考えています。

当センターは行政と一体となって調査研究を行うことも多く、行政が新しい施策を打ち出すとそれに伴う検討をしてきました。気候変動についても、以前から研究はしていましたが、近年は本格的に気候変動にどう適応していくかを検討していますし、協働防護も行政が取り組んでいる新しいアイデアであり、当センターもいち早く対応しています。

沿岸防災技術研究所が設立された契機は、ハリケーンカトリーナと、その少し前のインド洋大津波でした。津波、高潮の被害想定、ハード対策だけではなく、ソフト面の取り組みも近年は大きく増えていると感じています。

11 今後の展望

司会▷これまでの取り組みを踏まえて、今後、沿岸防災技

術をさらに高度化していくために必要なこと、注意すべき点、工夫すべき点など皆さまそれぞれに感じていることがあると思います。そうしたご意見やご提案、今後の展望や方向性についてお話を伺えればと思います。

富田▷大原先生、佐々木課長、栗山所長のお話を伺い、どれも非常に重要な視点だと感じました。特に大原先生がおっしゃった医療船の活用は、港湾BCPにも関わるもので、緊急物資輸送における港湾の利用という観点からも極めて重要です。航路啓開して船が港に入れるようにするだけではなく、岸壁の活用や港から内陸への搬出までを一体として考えることも大事だと思います。私たちはどうしても港の中だけに目が向きがちですが、全体を一気通貫で捉える視点が重要だと改めて感じました。

また、佐々木課長がお話しされた高潮・高波のメカニズム解明は、今後ますます重要になるテーマであり、私自身も取り組んでいるところです。先ほどSIPで清水港を対象にしたプロジェクトについて触れましたが、そこでは研究者が技術開発を行うだけでなく、研究成果の利用者として国土交通省や港湾管理者、さらには民間企業にも参加いただき「どのような研究成果だと使いやすいか」といった意見を伺いながら進めています。

12 民間のニーズ —何が起るのかをわかりやすく—

富田▷その中で特に民間企業の方々からは、土地、建物などの自社の資産がどのような影響を受けるのか知りたいという強い要望があります。しかし、それは実際に被害に遭ったところでなければわからないというのが実情です。港の水域で高潮がどれほど上がるか、高波がどれくらいになるかという情報だけでは不十分で、例えば埠頭の倉庫がどの程度浸水するのか、それによって機械や商品がどのような影響を受けるのかといった情報が求められています。現状ではそうした情報がまったくなく、まさにその部分の技術開発が重要だと思います。

協働防護という観点からも民間企業と港湾管理者のニーズが一致することで港湾の強靱化につながり、それが港の競争力の向上にもつながっていきます。何が起こり得るのかをわかりやすく示すことが重要だと思います。

栗山所長からCOMEINSの話もありましたが、民間企業は浸水の状況だけではなく、今まさに襲来しようとしている台風によって自分の港や埠頭、そこにある資産がどうな

るのかを知りたいと考えています。その意味で、リアルタイムな予測情報も求められています。最大クラスのハザード、いわゆるL2や海岸保全施設設計に用いるL1といった設計上の次元のハザードだけではなく、実際に今来ている台風によってどんなことが起こるのかを知ることが重要です。

また、津波もそうです。地震発生後に自分の港にどの程度の津波が来るかを事前に知ることができれば、災害対応に大きく役立ちます。こうした即時的な予測技術は非常に重要であり最近AIも発達しているので、うまく活用していくことも有効な手段だと思います。

最後に、協働防護という考えは非常に新しいアプローチだと考えています。東日本大震災以降、L2、L1という二段階の考え方が広まりましたが、民間企業にとっては、それは国や行政が担う部分であり、もっと低いレベルのハザードに対して自分たちができることを知りたい。そうした議論を進めていくことこそが協働防護であり、港の中で新しい展開が始まっているのだろうと感じています。

司会▷災害対策の基本として、そこに住んでいる人がどうなるのかを具体的にイメージできることが重要だと思います。私が子どもの頃は、台風が来る前に雨戸に板を打ち付けるという風景がありました。風で飛んでいくということが具体的に分かっていたからです。今はその感覚があまり伝わっていないように感じます。

民間企業や港湾管理者の方々が「自分たちの資産がどのような影響を受けるのか、港がどうなるのか」をイメージし、対策ができるようにするためには、予報技術やシステム、制度の面で何が大事なのでしょう。

13 民間事業者にも届くリスクの見える化を

富田▷即時対応という点ではやはりリアルタイムの予測が重要になります。一方で事前対策のマネジメントには、例えば電気施設を2階に移す時に「どの程度の浸水がどれくらいの頻度で起こりそうか」といった、いわゆる確率論的なリスク評価ができることが重要です。そうしたリスク管理やリスク評価の仕組みを作ることが大切だと思います。

司会▷リスク評価の範囲をどこまでにするかということはありませんが、誰がそれを行うのかという点も重要です。民間企業が自力で自社工場のリスク評価を行うのか。コストの面でも難しい問題です。簡易にそういうことができる

プログラムというか、システムの開発を技術開発としてやっていく道があるでしょうか。

富田▷プログラムも大切ですが、まずはデータが重要だと思います。高潮や津波について、各港で行ったさまざまな計算結果の蓄積を国交省が持っている、そういったデータを活用できる仕組みがあると良い。しかし、国交省が港湾防災の全てを担う必要はなく、民間企業には国が関与できない、民間が対応すべき領域もあると思います。

国としては、民間企業が使いやすいシステム、プログラム、データを整備していくべきです。「松竹梅」ではないですが、簡単な評価から余裕があればより精緻な評価まで、段階的に選べるプログラムを用意しておくことが重要だと思います。

司会▷協働防護についても、私も全国の整備局を回って話を聞いていると、現場の港湾事務所の所長さんが民間企業を訪ねて協働防護の説明をしても、皆さん、被害に遭うことがイメージできていない様子らしく、一緒にやりましょうと言っても、「え？」という反応なので、「もし起きたらここがこれだけ水に浸かるんですよ」という説明から始めなければならない。そこで整備局が民間企業の理解を得るために浸水予測を行うと結構、時間と費用がかかります。整備局だからできる面もあります。民間の小規模事業者にとっては負担が大きく難しい。皆さんがすぐイメージできるような技術やシステムが開発されれば良いと思います。

続いて大原先生、ご提案、ご意見をお願いします。

14 「元に戻す」だけではない沿岸復興

大原▷今後の沿岸防災について、4点申し上げたいことがあります。

1点目。防災には原状復帰の原則があり、被害を受けたら元に戻すことを目指しています。リスク評価でも、例えば家屋の被害額は再建費用で算定するなど、原状復帰を前提にしています。しかし、人口減少時代においては、被災後に人口が流出してしまい元の状態に戻らないことが起こりえまして、原状復帰を前提とした防災からの転換期に直面していると認識しています。

都市部では人口は維持あるいは微増している例もあり元に戻す防災が成立しますが、地方の特に沿岸部では人口減少が加速化しており、今まで我々が直面してこなかった未知の課題が出現しています。被災後に、被災前と同じレベ

ルのインフラに戻ることが妥当かどうかを考えなければいけない状況になっています。

沿岸部の原状復帰には、隆起や沈下といった地盤変動の問題もあります。能登半島では最大で約5mの隆起が起り、港に船が着けられなくなり、原状復帰では対応できない状況が起こっています。東日本大震災後の気仙沼港では60cmくらい沈下した後、長期にわたって40cmくらい戻りました。沿岸防災は、今までの知見では対応できない異次元の課題に直面しており、新たな知見の構築が求められます。

司会▷佐々木課長、大原先生から1点目、「原状復帰の転換期」というお話がありましたが、その点について何かお考えはありますか。

佐々木▷原形復旧の原則は変わってはいません。大原先生のご認識の通りだと思います。ただ、能登半島地震のように外浦側が大きく隆起して原形に戻せないケースもあり、ハードの復旧だけではなく漁港の配置のあり方など、より広い観点から議論が始まっています。所管ではありませんので詳しくは申しあげられませんが、漁業は日々の生業として地域の存立に直結している面もあり、行政としても簡単に結論を出せない難しさがあるだろうと感じています。

能登では人口流出もあって、地形が大きく変わったところでは村づくりやまちづくりと連動して対応が始まっています。行政だけで旗を振るのではなく、地域の漁業協同組合の皆さんとも議論を重ねながら進めていると思います。

施設単位で見れば「液状化したものはしないように復旧しましょうね」など、工夫できるところは認められるようになっていきます。再度災害防止という言い方をしますが、同じことが起きて同じような苦しみを地域の方にさせないようにするという方向性を共有しつつ、復旧工事を進めている状況です。

15 沿岸だけでは守れない

大原▷2点目は、沿岸部だけを見ては不十分だということです。医療船で患者を搬送する場合、災害拠点病院から道路を通過して耐震バースまで来て、さらに船に乗せなければなりません。沿岸という狭いエリアだけではなく、背後地の液状化や道路などの安全性が確保されなければ耐震バースは100%使えないこととなります。沿岸とその背後地を含めてどうやって総合的に沿岸部を守っていくかが大

きな課題だと思います。

3点目は、一方で、沿岸は、過酷事象の場合の突破口になりえるということです。陸路やヘリでの輸送力は、船の輸送力に比べたら小さいです。船舶の大きな輸送力が物事の突破口になり得ると思います。

昨年12月の青森県東方沖地震では大きな被害は出まらなかったですが、寒冷期だったことが重要です。もし一帯が停電したら、極寒の中での避難生活を強いられますので、耐震バースに船を着け、船舶の中で避難生活を送るニーズは必ず生じます。寒冷期の大規模停電などの過酷事象時を考えますと、船舶活用が必ずや突破口になって、たくさんの人の命を救えると思います。

16 耐震バースの価値を伝える

大原▷4点目は、耐震バースが耐震性を有しており被害を受けづらいことを、もっとPRしたほうがいいと思います。七尾市では耐震バースに「はくおう」が停泊できたことで、多くの人に入浴していただいたり、物資を運んだりすることができました。しかしながら、耐震バースの有効性や重要性が、一般の方々にはほとんど伝わっていないと感じます。

司会▷いまのお話を聞いて思い出したのですが、私も平成の初め、当時の運輸省で耐震バースの担当をしていたことがありました。出張で港に行った時に岸壁がたくさんあってどれが耐震バースなのかわからない。耐震バースは昭和58年の日本海中部地震を契機として、昭和59年、運輸省により整備構想が策定され、それに基づき整備が始まりました。耐震バースに看板や道路の標示板をつけている港をみたこともありましたが、ほとんどの港では耐震バースの表示がなく、「救援物資を運ぶ船やトラックなどに耐震バースの場所がわかるように、また普段から、一般の人々がそこに耐震バースがあるということを認識できるように耐震バースに表示板をつけましょう」ということも言ったのですが、あまり取り上げてもらえませんでした。今でも少ないと思います。耐震バースのことを世の中に認識してもらうような取り組みを行ったほうがいいですね。

大原▷そうですね。耐震バースがなければ多くのオペレーションできないわけですから、それに税金を投入する意義がいかに大きいか、もっと考えるべきだと思います。

佐々木▷耐震バースは、宮崎理事長のお話のとおり昭和の時代からやってきていますが、あまり知られていないとい

うご指摘はその通りだと思います。

大上段から言えば、昨年6月30日に策定された南海トラフ地震の応急活動に関する計画でも、海からの輸送を行うことが明確に位置づけられています。どの港を使うかまでは決まっていますが、発災時に本当に使えるということ担保するのが我々国土交通省港湾局の役割です。今日のテーマに戻りますが、使えるかどうかの判断を技術的に担保することがまず一番大事なところです。

南海トラフ巨大地震で広域的な災害が発生した場合は、被災地に行く船が出航する港と受け入れる港、支援側と受援側と言いますが、それらがネットワークとして機能する海上輸送支援体制を構築する必要があります。その計画をこれから作っていくつもりです。

少し進展したのは、近日中に港湾法に基づく基本方針に沿ってネットワークを告示し、世の中に打ち出していきます。ホームページで、例えば東北地域での地震時に機能する海上輸送ネットワーク、耐震強化岸壁、そして、それにつながる道路も大丈夫ですということを、地域防災計画に位置づけてもらって、確認するようにしています。

宮崎理事長から耐震バースの表示板のお話がありました。私も表示板がある港を見たことがあります。そうした周知の仕方を含めて、今後検討していく必要があると思いました。

17 使える岸壁を担保する行政の責務

司会▷先ほど国土強靱化実施中期計画での技術開発や協働防護についてのお話でしたが、それらも踏まえて行政としての今後の展望や方向性についてお聞かせください。

佐々木▷大きく二つあります。一つ目は、地震時の支援ネットワークに関することです。先ほど申し上げた通りで、地震時に耐震強化岸壁やそれに近い岸壁が実際に使えるかどうかという点を、行政が防災計画を立てる際に技術的に担保する必要があります。栗山所長もおっしゃいましたが、行政と一体となった研究や技術開発を含め、我々は技術部隊として責任を持って「このネットワークは使える」ということを保証した上で計画を作ることが非常に重要です。国土強靱化実施中期計画に基づく技術開発の実施計画を作り、社会に示していくことも行政としての責務であり、一体的に進めていきたいと思っています。

18 より正確な情報を現場に伝える技術

佐々木▷もう一つは富田先生や栗山所長もご専門にされている沿岸防災と気候変動対策の分野です。特に産業が集積している港湾における中小規模の高潮対策が重要だというご指摘がありましたが、秋の臨時国会で気象業務法と水防法の改正案が可決・成立したことは大きな前進です。人命を守ることを最優先に、堤防は内側の人の避難時間を確保するためのものであり、堤防を越えるおそれがある場合には、24時間前、12時間前に注意報等を出す仕組みを整えています。

今回の改正で画期的なのは、従来は潮位のみで高潮の注意報などを出していたところを、計算技術の発達を受けて波の打上げ高を含めた予報を出すようになった点です。主眼は人が避難する時間を確保するための計算技術の活用ですが、打上げ高を考慮しても堤防を越えないような、富田先生がおっしゃった中小規模の高潮は、人命には直結しない場合が多い一方で、臨海部の産業やコンテナターミナルなど港の運用には大きな影響を与えます。そうした場合により正確な計算技術による予報を現地で活動する方々に伝える技術の確立が非常に重要だと思います。これらの取り組みも含めて、国土強靱化実施中期計画に基づき、協働防護のプログラムとして進めていきたいと思っています。

19 グリーンインフラと新しい災害への対応

司会▷続いて、栗山所長にお伺いします。

栗山▷富田先生からはCOMEINSの話、佐々木課長からは中小高潮の被害の話がありましたが、COMEINSはまだ浸水予測ができません。ただ、担当者はぜひ実現したいと考えています。プログラム自体はできていて、あとは地形などを入れ込んで行く必要があります。最初は対象となる港を絞って進めることになると思いますが、企業の方にも使っただけの形でCOMEINSを発展させたいと考えています。

最近よく聞く「グリーンインフラ」の話なんですが、防災・減災にもできるだけ使っていきたいと思っています。ただ難しいのは、人命や資産が受ける被害を考えると、そう簡単に壊れてしまっただけでは困るという点です。グリーンインフラは自然由来のものを利用するため、コンクリートに

比べて頑丈ではない。防災機能をどう評価するかがポイントで、大学などでも研究が始まっているようです。

適応策としては「高くなる高潮にどうやって対応するか」がありますが、緩和策としては「いかにCO2を減らすか」といった観点もあります。今すぐということではないですが、近い将来、グリーンインフラの整備に向けた技術開発にも沿岸防災研究所が関わっていかれたらと考えています。

進展というほどではありませんが、災害が起きると、佐々木課長がおっしゃったように「今までにないこと」が起きることが多いです。港湾空港技術研究所に勤めている頃からの感覚ですが、災害は弱いところを露わにする、あるいは新しい姿を見せるというか、「え、こんなことが起こるの」と驚かされます。大原先生もおっしゃいましたが、地形などいろいろ考えれば起こり得ることではあるものの、現実に目の当たりにすると驚きます。

少し前のトンガの海底火山の大爆発では、空気を伝わって津波が来ました。「そんなことがあるのか」と驚きますが、これを事前に予見するのは非常に難しいでしょう。

沿岸防災技術研究所としては、これまでなかったような災害が発生した時に、そのメカニズムをいち早く解明し、どのような対策が有効かということについて答えを出すことにこれからも貢献していこうと思っています。

司会▷グリーンインフラや新しい災害への対応の話も出ましたが、それと併せて先ほど大原先生の2点目のご指摘を受けて、今後は、沿岸防災技術を考えていく上で、沿岸技術研究センターや沿岸防災技術研究所の「沿岸」を、「沿岸ではない沿岸」にまでスコープを広げていく必要があると感じました。

20 まとめにかえて

司会▷最後にもう一巡、今日の補足でもかまいませんし、ご感想でもまとめでも構いません。一言ずついただければと思います。

富田▷先ほど栗山所長が触れたグリーンインフラは、これから非常に重要になると思います。特に国際展開を考えると、発展途上国では日本のようなハードの防災技術をなかなか導入しにくいところもある。そうした場面で、グリーンインフラ、Eco-DRRという概念もありますが、そういった自然由来の手法の技術開発は大きな意義があると思います。

大原▷今は人手不足が深刻で、特に漁業の方や水先案内

人のように港にとって重要な方々がどんどん減っています。人間がいなくなっても機能するスマート防災の仕組みをどう作るかが重要です。

沿岸分野では、まだスマート化が進んでいない印象があり、人手不足を解消するとともに、平常時にも災害時にも対応できる仕組みを整える余地は非常に大きいと思います。沿岸に関しては、耐震バースがあっても水先案内人や荷役作業員がいなくともうまく機能しないという課題があると聞いています。道路は自動運転などスマート化の話が出ていますが、港や船舶のスマート化の話はあまり聞かない気がします。最近、水門の自動化が進んでいるのは喜ばしいことですが、現場が高齢化して、退職者が多く出た後もうまく回るような、沿岸スマート化の取り組みがますます期待されると思っています。

佐々木▷大原先生のお話に触発されて補足します。沿岸部を直接スマート化する取り組みとは別に我々は「サイバーポート」として全国の港湾の物流情報や全国の港湾施設情報をデジタル化するところまでは進んでいます。

防災情報もサイバーポートとリンクさせることで、被災情報などもできる限り自動的に取得し、迅速に対応できる体制を整えていかなければならないと考えています。

栗山▷沿岸防災研究所を含めて沿岸技術研究センターは、行政と研究者をつなぐという重要な役割を担っています。今後もご出席の皆さんをはじめ、行政や大学の先生にご協力をいただきながら進めていきたいと思っています。引き続きよろしくお願いいたします。

司会▷本日は皆様から貴重な意見をいただき、ありがとうございました。沿岸技術研究センターとしても、本日伺ったご意見を踏まえて、沿岸防災技術の高度化、沿岸防災技術研究所の運営に取り組んでまいります。引き続きのご指導をよろしくお願いいたします。



用語説明

○Eco-DRR

生態系を活用した防災・減災 (Eco-DRR: Ecosystem-based Disaster Risk Reduction) は生態系の保全・再生を通じて防災・減災や生物多様性を含めた地域の課題を複合的に解決しようとする考え方です。

Eco-DRRには、洪水緩和に向けた湿地の保全・再生や、土砂災害の防止や水源涵養を目的とした森林整備、沿岸域の海岸防災林や河川の治水防備林の保全など、様々な自然災害を対象とした幅広い取組が含まれます。

また、Eco-DRRは防災・減災や生物多様性の保全に寄与するだけでなく、地域に自然と触れ合う場を提供するといった社会的な効果や、エコツーリズムの実施等による経済的な効果、さらには、森林や泥炭湿地などの自然生態系は二酸化炭素の吸収源にもなるため、気候変動緩和策としての効果も期待できます。

出典：環境省自然観光局 生態系を活用した防災・減災 (Eco-DRR) とは
<https://www.biodic.go.jp/Eco-DRR/index.html>

○はくおう

「はくおう」は、自衛隊の海上輸送力確保の一部を民間に委ねることを目的に、防衛省がPFI形式で高速マリン・トランスポート株式会社と契約しチャーターする貨客船です。元々は新日本海フェリーが運航していた「すずらん」で、総トン数は、17,345トン、全長199.5m、幅25.0m、航海速度29.4ノットの大型船です。

2024年1月の能登半島地震では、石川県七尾港に停泊し避難者の受け入れを行いました。

出典：ウィキペディアを参考に作成

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%81%A%E3%81%8F%E3%81%8A%E3%81%86>



○SIP (戦略的イノベーション創造プログラム Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program)

SIPは、内閣府総合科学技術・イノベーション会議が司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野を超えたマネジメントにより、科学技術イノベーション実現のために創設した国家プロジェクトです。

国民にとって真に重要な社会的課題や、日本経済再生に寄与できるような世界を先導する10の課題に取り組むものです。各課題を強力にリードする10名のプログラムディレクター(PD)を中心に産学官連携を図り、基礎研究から実用化・事業化、すなわち出口までを見据えて一貫通貫で研究開発を推進。経済成長の原動力であり、社会を飛躍的に変える科学技術イノベーションを強力に推し進めていくものです。

出典：内閣府SIPとは

<https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/sympo1412/about/index.html>

○耐震強化岸壁 (通称：耐震バース)

耐震強化岸壁とは、大規模地震に備えて耐震性を強化した係留施設です。地震が発生したとき、緊急物資の輸送や、輸出入による経済活動を維持するために活躍します。耐震強化岸壁の整備により、地震発生時に港湾機能を維持し、海上からの物資輸送や救援部隊の輸送、被災者の救援輸送、基幹的な海上物流ネットワークの確保等の重要な役割を果たすことが可能となります。

出典：国土交通省 耐震強化岸壁とは

<https://www.mlit.go.jp/common/000055600.pdf>

○第1次国土強靱化実施中期計画

第1次国土強靱化実施中期計画 (令和7年6月6日閣議決定) は、改正国土強靱化基本法 (令和5年6月16日公布・施行) に基づき、国土強靱化基本計画 (令和5年7月28日閣議決定) に基づく施策の実施に関する中期的な計画を法定計画として定めるものです。令和8年度から令和12年度までの5年間を計画期間とし、事業規模はおおむね20兆円強を目途としています。

出典：「第1次国土強靱化実施中期計画の策定について」を参考に作成

https://www.hkd.mlit.go.jp/sp/tiiki_sinkou/nk4vg6000002g1v-att/nk4vg6000002g7c.pdf

○FLIP (Finite element analysis program for Liquefaction Process)

FLIPは、旧運輸省港湾技術研究所において開発され、その後、独立行政法人港湾空港技術研究所、京都大学および沿岸技術研究センターによる共同研究やFLIP研究会において改良・機能拡張が進められている地震時の液化化による構造物被害予測プログラムです。

地盤-構造物系の有限要素法による2次元動的有効応力解析プログラムであり、地震動による地盤や構造物の残留変形、構造部材に生じる応力などを求めることができます。現在、港湾・空港をはじめとする土木構造物の耐震性能照査に広く利用されています。

出典：沿岸技術研究センター 構造物被害予測プログラム (FLIP) について

<https://www.cdit.or.jp/program/flip.php#gsc.tab=0>

○CADMAS-SURF (SUPER Roller Flume for Computer Aided Design of MARitime Structure)

CADMAS-SURF (カドマスサーフ) は、海域施設の耐波設計に適用できる数値波動水路です。

数値波動水路は、従来の断面2次元造波水路の模型実験に代わり得る手法であり、海域施設の耐波設計への適用を目的に開発され、自由表面や砕波の影響を十分考慮できるものです。

数値波動水路では、水位や流速、加速度や圧力が計算で求められます。波の遡上、リーフによる波の変形、砕波を伴う一様斜面上での波の伝播、ケーソン等の構造物への波力と越波量、反射率など様々な波動現象への適用が試みられています。

出典：沿岸技術研究センター 数値波動水路プログラム (CADMAS-SURF)

<https://www.cdit.or.jp/program/cadmas-surf.php#gsc.tab=0>