

CDIT

Coastal Development Institute of Technology

〈CDIT座談会〉

3.11 東日本大震災からもうすぐ10年

～大きく変わった沿岸防災～

今村 文彦 氏〔東北大学 災害科学国際研究所 所長〕

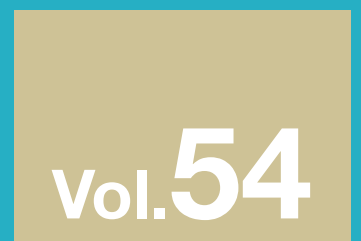
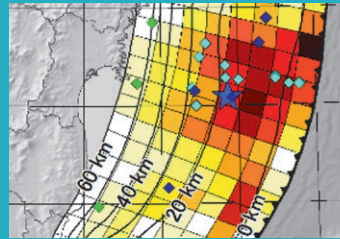
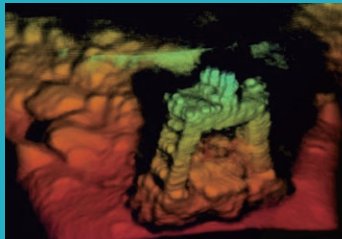
野田 武則 氏〔釜石市長〕

高田 昌行 氏〔国土交通省 港湾局長〕

高橋 重雄 (司会)〔一般財団法人 沿岸技術研究センター 代表理事・理事長〕

〈特集〉

3.11 東日本大震災からもうすぐ10年 ～大きく変わった沿岸防災～



表紙写真

読者の皆様に機関誌「CDIT」の発信する情報を、よりダイレクトにお伝えするために、毎号ご紹介する記事内容より写真等の一部抜粋・掲載しております。記事内容ともども毎号新しくなる表紙写真にもご注目ください。

○座談会 P.3	○特集 P.10	○座談会 P.3	○特集 P.18
○特集 P.33	○座談会 P.3	○座談会 P.3	○座談会 P.3
○座談会 P.3	○特集 P.28	○特集 P.14	○特集 P.23

5

CDIT座談会

3.11 東日本大震災からもうすぐ10年

～大きく変わった沿岸防災～

ゲスト

今村 文彦氏

東北大学 災害科学国際研究所 所長

野田 武則氏

釜石市長

高田 昌行氏

国土交通省 港湾局長

(司会)

高橋 重雄

一般財団法人沿岸技術研究センター 代表理事・理事長

10

特集

3.11東日本大震災からもうすぐ10年

～大きく変わった沿岸防災～

10

復旧・復興、津波等防災地域づくりの取組み

野田 武則 釜石市長

14

津波防災にかかる最新知見、予測・観測にかかる最新事情

今村 文彦 東北大学災害科学国際研究所 所長 津波工学研究分野教授

18

今後の港湾におけるハード・ソフト一体となった総合的な防災・減災対策のあり方

渡邊 佑輔 国土交通省 港湾局 海岸・防災課

23

津波防災に関する設計・研究の最新事情

鈴木 高二朗 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 耐波研究グループ長

28

「津波警報・注意報」の情報提供の改善について

福満 修一郎 気象庁 地震火山部管理課 地震津波防災対策室

33

震災後の防災強化に伴う港湾建設技術の変遷

一般社団法人日本埋立浚渫協会 東北支部 技術委員会

37

沿岸レポート

洋上風力研究室の活動状況について

～「洋上風力発電設備の設計技術・適合性確認に関する講習会」の開催～

迫 大介 一般財団法人沿岸技術研究センター 洋上風力研究室

38

CDIT News



3.11 東日本大震災から もうすぐ10年

～大きく変わった沿岸防災～



今村 文彦

東北大学
災害科学国際研究所 所長



野田 武則

釜石市長



高田 昌行

国土交通省
港湾局長



高橋 重雄(司会)

一般財団法人
沿岸技術研究センター
代表理事・理事長

— 今回初めてCDIT座談会をリモート形式により行うとともに、冒頭に東日本大震災でお亡くなりになられた方のご冥福を祈り、参加者全員で黙祷を捧げました。—

司会(高橋)▷本日はお忙しい中、沿岸技術研究センター機関誌CDIT54号の座談会にお時間をいただき、誠にありがとうございます。司会進行役を務めさせていただきます理事長の高橋です。どうぞよろしくお願ひします。

本日は、東北大学災害科学国際研究所所長の今村文彦様、岩手県釜石市長の野田武則様、そして、国土交通省港湾局長の高田昌行様をお迎えし、『3.11 東日本大震災からもうすぐ10年～大きく変わった沿岸防災～』と題しまして座談会を開催したいと思います。今回は新型コロナウイルスの問題もあることから、リモート形式とさせていただきます。よろしくお願ひします。

1. はじめに

司会▷東日本大震災では、マグニチュード9を超える巨大

地震による巨大津波により、約2万人に及ぶ犠牲者を含む甚大な被害が太平洋沿岸に発生しました。まさに想定外の津波であり、我が国の津波防災は抜本的な見直しを迫られ、マグニチュード9クラスの最大級の津波を、想定外を想定する津波防災へと大きく変容しました。この10年間、東日本大震災からの復旧・復興に歩調を合わせ、国内全域において防災から減災への転換や強靱化対策、想定外の津波に対する現実的な対処のための取り組みが進められてきました。一方、防災におけるこうした方向性は、高潮・高波などの気象災害にも拡がりを見せつつあります。東日本大震災の教訓を踏まえ、この10年で防災施策がどのように変わったのか、また、近年甚大な被害が生じている高潮・高波への防災を合わせて、沿岸防災全体としてさらなる展開はどうあるべきかをお話しいただきたいと思っております。

最初に、皆様から東日本大震災との関わりを中心に自己紹介を賜りたいと思います。それでは今村先生からお願いいたします。

今村▷2011年当時、私は首藤伸夫先生から津波工学の講座を受け継ぎまして、教授になってから10年になったとこ

ろでした。その間に海外ではインドネシアのスマトラ地震・インド洋津波、またチリでも地震・津波災害が続いておりまして、我が国でもしっかり津波防災に取り組まなければいけないということで、津波警報・避難体制や津波漂流物対策などについて関係者と検討を始めていました。しかし3月11日に東北の地で大災害が起きてしまい、本当に残念でございます。

その後は復興構想会議を始め内閣府、国交省等での様々な復興計画、ガイドライン策定などのために、多くの委員会に参加させていただきまして、当時何が起きて何が必要だったのかなどについて、皆さんと一緒に検討しました。その結果が少しずつ出てきていると思います。ただし、課題もまだ残っていますので、それについて本日、皆様とお話しできればと思います。よろしくお願いいたします。

野田▷東日本大震災から10年経ちましたが、この間皆様のご支援をいただきまして、復旧・復興に努めて参りました。10年経ってやっと復興の形が見えてきたところでございます。ここまで辿り着いたことに改めて感謝申し上げます。

ただ、10年経って終わりということではないと思います。先ほど今村先生が仰ったとおり、次の課題が押し寄せてきているところもございまして、皆様のご協力をいただいて乗り越えて、地域の皆様が安心して暮らせるまちづくりに一層取り組んでおります。どうぞよろしくお願いいたします。

高田▷始めに、令和2年7月豪雨でお亡くなりになられた方々に哀悼の意を表しますとともに、被災された方々に心からお見舞い申し上げます。東日本大震災からもうすぐ10年となりますが、発災当時、私は中国地方整備局の港湾空港部長として、被災地の支援業務にあたらせていただきました。また、前職では東北地方整備局長として被災地の復旧・復興に取り組ませていただき、今村先生、野田市長にもお世話になりました。本日もどうぞよろしくお願いいたします。

2. 東日本大震災の教訓と津波防災

司会▷ありがとうございます。改めてそれぞれのお立場から東日本大震災について、当時の状況を振り返っていただくとともに、その教訓についてお話いただければ幸いです。今村先生、お願いします。

今村▷私からは三つの要素についてお話ししたいと思います。第一が予測、二つ目が被害を推定しどのように減災するか、三つ目は安心・安全な地域づくり、になります。

一番目の予測と観測に関しては、我が国は津波観測（GPS波浪計も含めて）や警報などもありますし、また特に三陸地方では過去の経験に基づいて訓練とか啓発活動、防災教育もされておりましたが、残念ながら3.11は過去にない規模であったと言えます。そのために、警報の第一報

では過小評価になってしまいました。

それまでも個々に発生していた地震や津波が今回一気に連動しました。それについての予測評価が十分でなかった点は、反省しなければいけません。改めて歴史資料や、今は堆積物調査もかなり進んでいますので、そういう科学的なデータ、知見が必要ということで、この10年の間で学術的な研究を進めています。特に予測に関しては画期的に向上しつつあり、リアルタイムできちんと地震・津波を捉えるエスネット（S-net：日本海溝海底地震津波観測網）が整備され、海底ケーブルの多点数で詳細な実態をリアルタイムで捉えています。これは震災前に国土交通省地方整備局でGPS波浪計を設置していただいていることによるもので、3.11の当時もきちんと捉えていました。残念ながら住民に伝わったのは、津波の来襲とほぼ同時だったのですが、まずは貴重なデータが採られた。ほかにも、継続的に正しい情報をそのデータを使って出せたということがとても大きかったと思います。

二点目は津波の被害推定ですけれども、人的、家屋の被害においてもその状況は昔から伝わってきていたのですが、今回の3.11での被害像はかなり姿が違っていました。「黒い津波」という言葉に象徴されるように、泥とか砂を巻き上げ、また巨大な船舶も打ち上げられ、そして車もコンテナも漂流した。津波火災も発生しました。つまり波そのものだけではなく様々な要素が加わってしまった。これについては重要な津波の被害像ということで、しっかり評価できるようにしなければいけないと思います。

最後はまちづくりです。原点は3.11での経験や記憶を次世代にどう伝えるかということになるかと思います。高田局長が東北地方整備局におられたときに「3.11伝承ロード」の活動を始めていただいて、そのための財団が昨年8月1日に発足し、その活動も2年目に入りました。将来に対して、安全で安心なまちづくりを過去の経験や記憶に基づいて作り続けることが重要であると思います。

司会▷ありがとうございます。次に野田市長からお願いします。

野田▷震災後、ハード整備は大部分が終わりに近づいて来ましたが、被災された皆様の一人ひとりの「心の復興」というのは計り知れない部分がございます。けれどもこうして皆様が目を向けてくださる、あるいは手を合わせてくださる、その気持ちは我々にとってはありがたいことだと思っています。

振り返ってみますと、反省すべきことばかりでして、防潮堤、防波堤が高くなればなる程、その地域住民の危機意識は低くなるということが言われていましたけれど、全くその通りでした。今振り返ってみても行政側の立場として赤面の至りです。もう少し我々がそういったところに先見

の明をもって取り組んでいけば、被害を減らすことができたのではないかとことを常々反省しているところです。

復旧・復興にあたっては国と県と市町村の関わりが課題への取り組みへの原点であり、スタートの段階で東北地方整備局がいろいろな活動を展開し、早く対応できたということは大変良かったと思います。

またもう一つは、我々行政と住民との関わりです。復興計画の策定、あるいは様々な課題を協議するにしても、テーマを持ち帰りいろいろ協議しながら地域の皆様と一緒に復興計画の実現に向けて歩んできたという経緯があるのですが、そうした住民との関わりというのが、すごく大きかったと思います。

そして忘れてはならないのは、やはり復興の初期の段階では、亡くなった方との関わりでした。ご遺体とどう関わっていくのかということは大きな課題でした。国、県、自治体の方々、いろんな方にたくさん応援していただきましたので、何とか一步一步前に進むことが出来ましたが、今後、大きな災害が発生した際にはクリアしていかなければならない課題だと思っています。

このほか、先ほど「3.11 伝承ロード」の話がありましたが、我々としては明治29年、それから昭和8年に大津波を経験してきているわけですが、その当時と違うのは、今回は映像というものが残っているということです。映像で多くの方々が一緒に経験できるということはすごいものだと思います。そして、多くの先生方がいろいろな研究をされている。これは最大限に生かしていくべきです。我々の反省はここですね。10年前、もう少し先生方の意見を我々が聴いておけば、少しは防げたのではないかと思います。今、改めてこういった人文科学の先生、近代科学の成果、そうしたものを最大限生かすということを肝に命じて、これからの世代に伝えていきたいと思っています。

司会▷ありがとうございます。心の問題を含めて幅広いお話をいただきました。次に高田局長よろしくお願ひします。

高田▷発災当時、私は中国地方整備局の港湾空港部長の職にありました。八戸港から鹿島港まで11港の港湾機能が停止したということも含め、津波被害の甚大さを今でも鮮明に覚えています。そして中国地方整備局ではテックフォース（TEC-FORCE：緊急災害対策派遣隊）の即時派遣とともに管内の備蓄品の輸送や（一社）日本埋立浚渫協会に依頼して、緊急物資を陸送いたしました。またその時、災害対策本部で復旧・救援車両の燃料供給が課題だという情報が入りましたので、管内の石油精製販売会社に連絡をとり、被災地にタンクローリーなどを派遣しまして、被災地周辺で給油可能な給油所の情報を収集して、関係者に情報提供を行いつつ、テックフォース隊員などの活動に必要な燃料供給が可能となりました。そういう時、人とのネットワーク



が大事だと思いましたが、全国の地方整備局や関係機関と総力を結集することも重要なことだと思ったところです。改めて、当時の関係者の皆様に感謝したいと思います。

また、今ネットワークという話に触れさせていただきましたが、災害発生時にどうするかということを考えると、平時からの関係者間の繋がりが非常に重要だと再認識した次第です。

今村先生からお話もありましたが、地方整備局のGPS波浪計が気象庁に接続されていたことから、津波の予測に生かされました。先日、気象庁長官からも改めて感謝されました。組織として日頃から見えないところで尽力していたことが、結果的に災害時に役立っていたのだと認識したところです。また、平時からの関係者間のつながりという観点では、中国地方整備局時代に、「平時の観光、有事の防災」というキャッチコピーで、平時の観光ルートである瀬戸内の「海的路」を、災害時には人員・物資輸送ルートとして活用できるように、「瀬戸内・海的路ネットワーク推進協議会」において、瀬戸内海沿岸の首長の方々とともに、観光と防災ネットワークの構築に取り組んでいたところです。前職の東北地方整備局長の勤務では、東北6県知事、仙台市長及びNEXCO東日本東北支社長と整備局長との間で「東北地方における災害等の相互応援に関する協定」を締結させていただきました。連携を深める時に一番重要なのは災害情報の正確な発信と共有化ではないかと思います。そういう面で既存ストックとしての地方整備局の通信ネットワークと自衛隊の情報をつなぎ画像情報を最大限に活用して、自治体等に地域に提供できる形にさせていただいております。

東日本大震災からの教訓として、「備えていたことしか、役には立たなかった。備えていただけでは、十分ではなかった。」という言葉がございます。備えとして、準備・訓練したことは役立ちますが、それだけでは十分ではありません。やはり、日頃から人のネットワークは大切にしながらも、防災力の向上に努めていくことが想定外の事態にも対応する上で重要になると思っています。

また、今村先生から「3.11 伝承ロード」のお話がありました。東日本大震災の記録と記憶を風化させることがないよう、

「震災伝承ネットワーク協議会」や「震災伝承検討会」において、今村先生や首長方、産業界をはじめ多くの関係者の皆様と取り組んでまいりました。今後も引き続き、皆様とともに「3.11伝承ロード」等の活動を通じて、東日本大震災の記録と記憶、教訓を世の中に伝え、少しでもリスク軽減が図られるように応援してまいりたいと思います。

「心の復興」の大切さ

司会▷ありがとうございます。いろいろな側面からお話いただきましたけれど、野田市長からお話があった「10年経った復興」、特に「心の復興」についてお話しただけではないでしょうか。

野田▷我々も何とか10年で復興を完了したいという思いで取り組んでまいりました。ハード面は大体終わりに近づいているのですが、住宅再建は令和3年度に入ってしまう方もおられると思います。

もう一つは心の復興です。家族、あるいは知人、友人を失った人達は皆、何とかその気持ちを乗り越えようと日々頑張っておられます。そうした方々は声を大きくして伝えることはないと思います。心を抑えて静かに生活なされていますけれど、我々としてはまだまだそれを乗り越えて行くところまで皆さんが行っているとは思っておりません。そういった意味で、亡くなられた方々のお気持ちを大事にしていくことはこれからも必要だと思っています。

もう一方では、この頃の豪雨災害。例えば昨年台風19号では、山からの津波の危険性もありました。日々の生活の中で不安を抱えながらこの気象と付き合っていかなければならない。従って、復興は新たな災害の中を引き摺りながら生活していかなければならないのかなあ、という不安の中に今おります。

津波死者ゼロ —避難—

司会▷ありがとうございます。「心の復興」は非常に困難であると思います。やはり、津波の犠牲者をゼロに近づけることが最も大切ですね。「避難」は減災の基本です。ここからは、「避難」についてお話ししていただきたいと思います。今村先生は「避難」がどのように変わったと思われますか。

今村▷避難に関しては大きくいうと、避難（開始）のための情報提供と住民の方が実際に安全な避難行動ができる体制整備、という2段階の取り組みがあると思います。情報に関しては先ほどのエスネット（S-net）の様なりアルタイムに、また今はスマートフォンとかIT（情報技術）を使った地図情報などを個別に出せる様な状況になっています。しかし、我々自身がその情報を得てリスクを認知し、避難行動というものを取らなければ、最終的な安全な避難にならないのです。次に避難を開始したとしても、どこが安全な

のか、また避難場所での状況でどのくらい滞在可能なのか検討が必要です。3.11の様にそれが長期になると何日もその場所にいななければならない。そうすると夜間、また厳寒期、あるいは夏場など、どれほど長く外で避難できるか、そういうところをクリアしなければいけないという課題が残っていると思います。

司会▷野田市長、避難というのは市民にとって一番重要なことだと思いますが。

野田▷そうですね、我々の進めている防災は一言で言えば「避難をする」ということの一言に尽きるわけですが、今村先生が仰るように避難という一つの言葉の中に、課題が沢山ありまして、中々一言で解決できない。一つは危機意識というものをどう持ち続けるのか、そしてまた、危機意識というものを災害に遭遇した場合に避難行動にどう結びつけていくかという、その中身の部分ですね。これらは密接に絡んでいると思います。

我々としては3.11の教訓をしっかりと伝えていくことだと思いますが、そのためには専門の先生方の情報あるいは科学的、人文科学的な情報提供等、あらゆるものを駆使して、一人ひとりが自分の命をどう守るかということを常に意識しながら学び続けていくことが避難に繋がっていくのだと思っています。

「津波でんでんこ」という言葉が今でも生きているのですが、自分の命は自分で守るということをお互いが築いていくことが安全な避難に繋がっていくのではないかと思います。そのためには行政として最大限努めていかなければならないと思っています。

自助の大切さ

司会▷ありがとうございます。高田局長、避難についてお話しください。

高田▷「自助」、「共助」、「公助」によって災害から守るという面で、「公助」として、防潮堤や防波堤、津波避難タワーなど避難しやすい環境構築が必要であることは前提として、一番大事なものは「自助」ではないかと感じています。「自助」という意識を醸成するためにも、施設で防げない災害は必ず起こるものという認識のもとに「自助」、「共助」、「公助」一体的となった総合的な防災・減災対策を進めると対外的に説明しており、「公助」だけでは不十分だということを是非、ご理解いただくことが重要です。そうすることによって、施設によってリスクは低減するけれどまだまだ危険だ、という意識が生じ、それが結果的に避難の円滑化、迅速化にも役立つのではないかなと思っています。

早期の復旧・復興 —備え—

司会▷ありがとうございます。巨大な災害においては、早



期の復旧・復興が非常に重要になっていると思います。復旧・復興について、今村先生のお考えをお聞かせください。

今村▷災害により大きな被害を受けた地域のまちづくりでは、復旧ではなく復興するという方向に合意をしていただき、3.11で相当に実践したと思います。海外を見ますと、まだそこまでの考えに至っておらず、事前防災ということも含めて意識して備えることも十分にできていない。そういうこともありますので、我が国から復興の大切さ、ビルド・バック・ベター（Build Back Better：より良い復興）としての事前対策を含めた総合防災をしっかり発信する活動を始めてます。防災に関する世界標準化（ISO）の取り組みも今年度から始めたところです。ISOは従来、性能とか規格の標準化が中心でしたけれど、概念などについても対象でありますので、防災の考え方、復興の大切さを日本から伝えていきたいと思います。

司会▷復旧・復興について、高田局長から付け加えることはありますか。

高田▷復旧・復興という時に、今では単なる復旧ではなく改良型の復旧をすべきではないかという話が出ております。なぜかという、巨大地震はリスクが高いと認識されていますが、頻発化する高潮・高波被害が従前より遙かに激甚化している現実があります。そこを見据えて再発防止のための復旧という新たな考え方や復興に向けてどのようなインフラが必要なのかしっかり認識していかなければいけないと考えています。学識経験者の皆様等からも様々なご意見をいただき、そこで設計外力の見直しや施設の嵩上げや補強、台風接近前の直前予防対策とか、ハード対策だけではなくソフト対策も含めてハード・ソフト一体として対処していくという行政を展開させていただいています。

司会▷いろいろな教訓を学び、その結果として防災が大きく変わってきたと思いますが、さらに重要な点、いくつかご指摘ください。野田市長、お願いします。

野田▷教訓に関し、釜石市としては3つ特徴的なことがございました。一つは子供達の防災教育に大きな成果があった、命が助かったということ。もう一つは、防災センターが被害を受けてしまった、また、ハザードマップが安全マップになってしまったために、たくさんの人が犠牲になったという大きな教訓があります。さらに一つ、東北地方整備局釜石港湾事務所での話があり、津波の来る直前に所長さんが、当時GPS波浪計による沖合の観測では高さが6~7メートル、それだと20メートルくらいの津波が港に押し寄せ、防潮堤、防波堤で半減されるので自分がいる事務所の2階、3階、屋上には避難できる、と判断したそうです。しかし地域の指定された避難場所まで避難するには時間が足りないため、多くの方が犠牲になるということで、敢えてその方々の避難場所を事務所にして命を助けた、ということ

です。このことはあまり知られていないのですが、我々にとって大きな教訓になったと思います。

防災教育のことですが、我々はもっと勉強すべきだった。地域にはいろんな方がおられますから、一人ひとりがその立場の中で偏りなく知識を得ることが大事だと思います。津波に対する、あるいはその災害に対する知識を得る努力、学ぶというところは大切だと思います。

ハードの整備は必要ですが、合わせて防災意識を持ちながら学び続ける姿勢をどうすれば確保出来るか、我々にとっては一番大事なところだと思います。その結果、避難訓練とか、あるいは自主防災組織の結成とかいろいろところで繋がっていくのだと思っており、今回の東日本大震災の経験を強く生かすためには、そういったところに力を入れていきたいと思いました。ハザードマップや浸水想定図についても、一つの想定だけではなくいろいろなケースを出し、また、専門の方や行政と住民が一体となり、状況に応じて柔軟な判断が出来るよう、常に意識を持ち続ける必要があります。

高田▷頻発化・激甚化する自然災害、これが日常化しつつあると言う方がおられます。またダイヤモンド・プリンセス号で発生したように新型コロナウイルスによる感染症の拡大とか、複数の災害が同時に発生する「複合災害」を想定した備えも必要になっているのが今の状況です。

このため、昨年10月に学識経験者等からなる「港湾等に来襲する想定を超えた高潮・高波・暴風対策検討委員会」を設置し、「自助」、「共助」、「公助」一体となった総合的な防災・減災対策に係るハード・ソフト面の検討を進めました。また、同委員会を参考としつつ、交通政策審議会港湾分科会防災部会において、今後の港湾におけるハード・ソフト一体となった総合的な防災・減災対策のあり方をご審議いただき、8月中に取りまとめられる予定です（その後、8月11日に交通政策審議会答申を公表）。まずこういったことで意識を高めるとともに、どういったことをやらなければいけないかを常に認識した取り組みを進めています。

このほか、人とのネットワークという面で、ダイヤモンド・プリンセス号の事案もありましたので、7月17日には横浜港において水際・防災に係る行政機関、有識者及び関係団体が参画して情報共有や対策に係る連絡調整を円滑にするための会議を設置しました。自然災害とか感染症等のあらゆる危機的事象に対し、現場レベルで迅速かつ柔軟な対応可能な環境が構築できるような取り組みを進めています。

また、東日本大震災の時の経験を踏まえますと、実は船は港外で退避するといいいながら、かなりの船舶が避難できなかったというデータがあります。そこで今年6月に「海・船の視点から見た港湾強靱化検討委員会」を設置

し、関係者ととも到大規模地震・津波発生時に想定される海、船から見たリスクを洗い出し、港湾のBCP（Business Continuity Plan：事業継続計画）の重要性を認識しながら、海や船の関係者とともリスクをどう低減していくかということについても検討を始めているところです。

3. 高潮・高波等を含めた 沿岸防災への取り組み

司会▷近年、地球温暖化の進展も懸念されており、その対応が急務になっております。とりわけ、台風災害は頻発化・激甚化しており、津波防災の考え方は台風防災の考え方も変えてきています。ここからは最近の沿岸防災の進展についてお話しをしていただければと思います。

今村▷地球規模温暖化、また広域での気候変動、地震・津波の活発化、それらが複合的に発生してしまうと外力が非常に大きくなる。1+1が2ではなく3であったり、間接被害も入れるとその影響は4や5にもなります。そういう災害をカスケディア・ディザスター（Cascadia Disaster：連鎖災害）と言いまして、海外でもこの連鎖災害に対してどう備えるというのがホットな話題となっています。この対策のためには、例えば私は津波工学の専門家ですけど、一つの専門分野だけではとても対応できなくて、地震や気象さらには経済や社会などの分野を習得したマルチな専門家を育てなければなりません。このため大学院の中の一つの専門ではなく、人文・社会系も含めて関心も持てる人材の育成というものを今作り上げようとしています。現在は卓越大学院プログラムで、そのタイトルが「変動地球共生学」というのですが、まさに本日の様な議論がそこでのテーマになると思います。

司会▷高田局長、先ほど少しお話しいただいたのですが、追加で何かございませんか。

高田▷今村先生、野田市長のお話を伺っていて思うのですが、忘れてはならないことがたくさんあるのだな、ということを感じました。東北勤務の時も思いましたが、使い古された言葉ですけど、「百聞は一見にしかず」というのはまさにそういうことですよ。現地にお伺いして、過去の映像と今の目の前にあるものはこんなにもギャップがあるのかと、なぜこんなことになったのかな、というところを含めて、想定外というのではなく、常に想定していくことが、我々の今の責務なのかなと覚えているところです。

司会▷ありがとうございます。今村先生、津波で学んだことは高潮や高波、暴風の災害にも使えると思うのですが、どのような展開が考えられるでしょうか。

今村▷やはり同じ波動でありますので、それが巨大化した場合、波の高さだけではなくて力であったり、また漂流物であったり、いろんなものが外力としてかかります。それ

が浸水するとどうなるか、都市域での状況をきちんと評価しなければいけない。その時には、3.11のデータや様々な経験の記録がとても重要だと思います。

司会▷津波防災の経験が生かされて、沿岸防災の進展につながったという具体的な例があると良いと思いますが、国交省のお考えはいかがでしょうか？

高田▷高潮・高波に対しては全く新しい事象として注目しているところです。例えば、昨年災害を受けた東京湾の横浜港金沢地区では、10メートルもの高波が押し寄せた結果、背後の企業に約250億円の被害が発生しました。こうしたことも受け、先述の「港湾等に来襲する想定を超えた高潮・高波・暴風対策検討委員会」では、地球温暖化による巨大台風の発生を考え、これまでの想定を超える高潮・高波・暴風を想定し、その被害を予測すること、的確に避難すること、早期の復旧・復興に備えること、防災施設の強靱化を図ることなどが議論されました。特に高潮・高波から背後を守ることと、基幹的な海上交通ネットワーク機能を維持していかなければいけないということは基本です。貨物の99.6パーセントは港を通じて入ったり出たりしているということで、東日本大震災の時は海のネットワークが機能するか否かで大きく違ったと思います。その点では、全国津々浦々の基幹的な海上輸送ネットワークをしっかりと維持していくという備えをしていく必要があると感じているところです。

司会▷高潮・高波による台風防災は、釜石では大きな問題ではないのかも知れませんが。

野田▷東北地方整備局では道路啓開に取り組んで頂いて復旧に大きく貢献したのですが、海の航路啓開もいち早く取り組んでいただきまして、それで港湾を活用して様々な支援物資を輸送できるようになったということで、港湾機能の確保というのが非常に大事だと思っております。防潮堤、防波堤は今回の東日本大震災では、その反省を踏まえて強靱化された整備がなされていて、非常に我々としては安心に思っています。

湾口防波堤は海だけでなく地域も守る、防潮堤は地域を守るということなんです。実は東日本大震災の時に大きな貨物船が港湾内を漂って堤に刺さってそこで止まったということが発生しました。我々は防潮堤が津波から守っていたのですが、実は大型船が住宅地に入ると建物を壊して多くの被害を生じるということなんです。それを防潮堤でも抑えてくれたというのが印象に残っていて、言われてみれば防潮堤の役割はそれだけではないと実感させていただきました。

我々はハードである防潮堤で町を守るという選択をしましたけれど、もしそういうことであるならば、やはり強靱化、耐えられるもの、そしてまたその役割というものを



う一回認識すべきではないかなということ、是非伝えたいと思いました。

高田▷今の野田市長のご指摘はすごく重要で、国交省では現在、海・船の視点から見た港湾の強靱化を検討しているのですが、船は被害者になるとともに、実は加害者にもなるという発想ですよ。加害者になった時、どれだけそのリスクを軽減するかというのが一つの重要な要素でありまして、今の防潮堤というご指摘も一つの教訓になるかと思っています。ありがとうございます。

4. まとめ

—今後の沿岸防災に向けた展望—

学び続けなければいけない

司会▷ありがとうございます。最後に、今後の沿岸防災の展望ということで、まとめに代えて皆様からお話いただければと思います。今村先生お願いします。

今村▷東日本大震災から来年で10年を迎えます。我々はその経験から多くのことを学んでいますけども、まだ学び切れないところがあります。「実態としてこういうところがあったんだ」というところを発掘して、我々は学び続けなければいけないと思います。その一つとして我々の取り組むべきことがありまして、それが「生と死」でありそこから得られる「生存学」です。「生存学」を考えるためにはどういう状況で生と死を分けたのかを知り、次にそのような状況にならないためには何が必要かを考えたいと思います。本当に多くの犠牲者を出してしまったわけなんですけれども、どういうプロセスの中でお亡くなりになったのかというところで、我々がまだ知らない状況があるかと思っています。法医学の検死情報や県警の方の震災データから、どこでどういう死因で亡くなられたかということ进行分析しつつありまして、その実態を見ながら生存学を考えたいと思います。恐らく、最終的にはやはり避難をしなければいけないという結論になると思いますが、そこまで至る説明を十分できればと思います。大変に苦しいのですけれども、死というものを客観的に見ないと現代人の防災や避難の意識が上がらないのではないかなと思っています。10年が経ち、東日本大震災からもっと改めて学ばなければいけないと思っています。

希望ある地域づくり

司会▷ありがとうございます。野田市長、最後のまとめをお願いします。

野田▷それぞれの立場で最大限力を出していく、これに尽きるわけなんですけれども、国が国としてやるべきところを、そしてまた我々がやるべきところ、そして住民一人ひとり

が自覚を持って取り組んでいくということだと思います。先ほど、高田局長さんが仰いましたけれど、ハードだけで命は守れないというのは、まさにその通りだと思っています。ハードの最大限の努力に加え、それぞれの立場でやるべきところをお互いが理解していくということが大事だと思っています。一方では、繰り返しやってくる災害に我々はどう向き合うか、人生観と言いますか、人生設計をどう組み立てて行くかということかと思っています。

なかなか結論は出ませんが、この震災を契機に今まで都会で生活をしている方が震災復興のために安定した会社を辞めて協力したいということで、若い方々に来ていただいたという経緯もあります。多くの方々がこの震災を契機に自分の生き方というものを捉え直しているということが、これからの我々のまちづくりに大きく寄与するのではないかなと思っています。人々が希望、生きがいを持って生活できる地域づくりを目指して取り組んで行きたいと思っています。

東北の復興なくして日本の再生なし

司会▷ありがとうございます。最後に高田局長お願いします。

高田▷私の立場からすると「自助」、「共助」、「公助」のうち、「公助」をしっかりやるというのが、与えられた使命ではないかと思っています。加えまして、防災が「忘災」にならないように、今村先生が中心になっている「3.11 伝承ロード」の活動や震災遺構など、リアリティのある現場をたくさんの人に見てもらうことが、地道ですが防災教育の面で非常に有意義なものではないかと思っています。また、野田市長から心の復興というご指摘、改めて重く受け止めたところですが、それを肝に銘じながら次世代のために何を残していけるかというのが、私の責務ではないかと思っています。改めまして、「東北の復興なくして日本の再生なし」で、ともに頑張りたいと思いますので、引き続き宜しくお願いします。

司会▷本日は大変貴重なお話をいただきました。ありがとうございました。



特集

3.11 東日本大震災から
もうすぐ10年
～大きく変わった
沿岸防災～



復旧・復興、津波等防災地域づくり の取組み

野田 武則 釜石市長

復興という長い道のりを支えた市民の希望

東日本大震災から10年目を迎える今日、家々が流され、多くの尊い命が奪われ、残された瓦礫が無残に散乱するという悲惨な光景にあった釜石市も、この10年間、日本全国、世界各地からの温かいご支援とご協力、そして何より、そこで暮らす市民の皆様の復興にかける気概と努力によって、現在、ようやく復興の総仕上げを迎えているところです。

これまで皆様から賜りました心温まる数々のご支援ご協力に対し、衷心より御礼申し上げる次第です。

さて、令和が幕を開けた昨年、日本中を興奮と感動の渦に巻き込んだラグビーワールドカップ2019™日本大会が、44日間にわたるスケジュールを終え、同年11月2日に閉幕しました。

岩手県・釜石市では、9月25日、一次リーグD組、フィジー対 ウルグアイの一戦が行われ、ウルグアイが歴史的勝利を収めたところでした。

一方、10月13日に開催される予定だった、一次リーグB組、ナミビア対カナダの試合は、台風19号の影響によって中止を余儀なくされました。

しかしながら、両国代表は帰国の途につかずそのまま岩手県に残留され、カナダ代表の選手たちは釜石市内で台風ボランティア活動を、ナミビアの選手たちは宮古市内でファン交流会をそれぞれ開催されるなど、台風被害に遭われた方々を元気づけるという感動的なエピソードもございました。

この出来事は、大会公式ツイッターでも紹介され、世界中から賞賛されると同時にラグビーが長年大切に守ってきた価値の1つである「結束」を実感したところでした。

平成27年3月、ラグビーワールドカップ開催12市が選ばれましたが、あの瞬間、ラグビースタジアムを有していないのは釜石市だけの状況でした。

その後、各方面から多大なるご支援ご協力を賜りながらスタジアム建設を進めてまいりましたが、平成30年8月19日、多

数のご来賓、全国からご来場頂きましたお客様のご協力の下に、釜石鵜住居復興スタジアムのオープニングイベントを盛大に挙行することができました。

釜石におけるラグビーワールドカップの初戦、フィジー対ウルグアイの試合前には、復旧・復興に対する御礼のメッセージが書かれた、巨大フラッグシートがフィールドに広げられました。世界中に向けて、市民の募る思いを発信できたと思っております。

なお、釜石市は、東日本大震災の甚大な津波被害からの復興を通じラグビーの価値を高めたとして、ラグビーユニオンの国際統括団体であるワールドラグビーの年間表彰式で、キャラクター賞（アワード・フォー・キャラクター）を受賞しました。



世界に向けて発信された御礼フラッグシート

復旧・復興、その先の発展期を支える 社会インフラ

今から約13年前、平成19年当時の釜石市では、3本の大型公共事業であった、釜石港湾口防波堤、釜石港公共ふ頭、交通の難所を切り拓く仙人峠道路、地元では3大基盤整備と呼称されておりましたが、まちの未来を見据え、この完成に沸いておりました。

震災によって、その多くが壊滅的な被害を受けたわけですが、国、岩手県等のお力添えによって震災前を遥かに凌ぐスケール



復旧工事で蘇った釜石湾湾口防波堤

で社会基盤の復旧整備が進められてまいりました。

平成30年3月31日には、津波多重防護の核をなす湾口防波堤が、強靱化された上で復旧工事を完了、翌月4月30日、完成記念式典が挙行されたところです。

広大な面積を有する岩手県は、北上山系によって内陸部と沿岸部が隔てられておりましたが、同区間を結ぶ唯一の高規格幹線道路、東北横断自動車道釜石秋田線が、復興支援道路として加速度的に整備が進められ、平成31年3月9日、ついに全線開通を迎えました。約13年前に開通した仙人峠道路も同路線に含まれます。

長年隔てられていた岩手県内陸部と沿岸部は、今後1時間程度で結ばれることとなり、東北地方の物流体系に劇的な変化をもたらすものと期待をしております。

一方、釜石JCTを通じて東北横断自動車道釜石秋田線に接続する、青森県八戸市から宮城県仙台市までの約360km区間を結ぶ三陸沿岸道路もまた、復興道路として鋭意工事が進められているところです。

令和2年度中の全線開通が予定されておりますが、一端をお示しいたしますと、全線開通後、釜石市と宮城県気仙沼市のアクセス所要時間が92分から51分へと変化、41分もの時間短縮が図られることとなります。

震災以降、釜石港のコンテナ物流情勢が飛躍的に進展してい



三陸沿岸道路・釜石自動車道の結節点「釜石JCT」

る状況にあり、釜石市と岩手県内陸部、さらには青森県八戸市や宮城県仙台市とのアクセス性向上で、釜石港の国際貿易港化に一層拍車がかかるものと期待をしております。

T字路から十字路へと変貌する釜石市

前述のとおり、震災前を遥かに凌ぐスケールで社会インフラの復旧整備が進められてきた中で、震災前から続く国・岩手県の積年の負託に応え、果たすべき釜石市の社会的役割とは、岩手県における海運の要衝として釜石港を成長させ、もって釜石市発展の礎として地域経済の振興施策を講じていくことにあると考えております。

釜石市から青森県八戸市、宮城県仙台市、岩手県内陸部の3方向へと広がる高規格幹線道路の整備が進み、手と手を取りやすくなった今、今度は海の向こうと手を繋ぐ番です。

内陸経済圏と釜石港の流通促進は、世界共通の物流ツールである海上コンテナ輸送がその役割を担うものと確信をしております。

平成23年7月、国際フィーダーコンテナ輸送最大手、井本商運株式会社（兵庫県神戸市）が運行する国際フィーダーコンテナ定期航路が開設されました。

これと同時に、世界的海運会社、オリエント・オーバーシーズ・コンテナ・ライン・リミテッド（OOCL）による輸出入サービスも開始されております。

また、平成28年1月からは、中国の海運大手、エス・アイ・ティー・シー・コンテナラインズ（SITC）が、苫小牧、八戸、仙台に続く東日本における4番目のサービスポートとして、釜石港での輸出入サービスを開始しました。

OOCL、SITCの両船社ともに国際フィーダーコンテナ定期航路を活用し、京浜港で積み替えを行うことで釜石港発着の輸出入サービスを提供頂いております。

貿易の選択肢が増えれば増えるほど、荷主企業等へのメリットが大きいものと期待をしているところです。

コンテナ定期航路開設前の釜石港は、工業色の強い港湾として形成されてきましたため、釜石市は海に面している、釜石港もある、港湾インフラを活かしたまちづくりを、といった言葉を良く耳にいたしました。が、工業港湾であるが故に、その恩恵を受ける人・企業は、かなり限定されておりました。

しかしながら、特に岩手県内陸部に集積する各種産業群の輸出入貨物を釜石港に集積させることで、貿易の万能ツールであるコンテナ定期航路の開設を実現し、航路の維持、拡大発展に努めている昨今、釜石港は流通港湾としての利便性が格段に向上している状況にあり、現在、ボーダーレスにて、誰もがそ

の恩恵を享受することが可能な状況となっております。

また、釜石港の近隣、即ち釜石市内に物流拠点や加工貿易拠点などを構えることで、ビジネス展開上、大きな優位性を発揮していくものと考えられ、震災以降、製造業や物流業など複数社が釜石市に進出しておりますほか、これからも産業集積の呼び水になっていくものと期待しているところです。

震災を契機に空白地帯に生まれた国際貿易拠点港

震災前、海に面する39都道府県のうち、唯一岩手県だけが本格的な国際コンテナ取扱港湾が整っていない地域でありましたため、岩手県内に立地する各種産業群の輸出入行為は、他県の港湾に頼らざるを得ず、敢えて言うならば岩手県産GDPをみすみす県外に流出させている状況にありました。

また、東北地方に焦点を当てますと、どうしても他県の主要コンテナ取扱港湾の存在が気になることです。

本格的な国際コンテナ取扱港湾が不在の岩手県を除き、東北5県の主要コンテナ取扱港湾の全てにガントリークレーンが立地しておりました。

コンテナ定期航路の誘致、維持存続に向けては、大型化するコンテナ船への対応、さらには荷役スピードの向上が重要な要素となりますことから、ガントリークレーンを必須とする傾向があり、言い方を代えますとガントリークレーンが複数のコンテナ輸出入サービスを呼び寄せ、県内の荷主企業も他県の港湾においてこの恩恵を受けてきたわけです。

時代の変遷、自治体間競争の結果によって形作られた既存概念とパラダイムが、一瞬の間、震災によって瓦解しました。釜石市としてはこれを最大最後のチャンスと捉えることで逆境をバネとし、関係者の皆様と共に苦労と努力を積み重ね、釜石港のコンテナ物流情勢が、今、ようやく成長軌道に乗り始めました。

このような中、岩手県は釜石港に、岩手県下初となるガントリークレーンを整備、平成29年9月3日に稼働を開始したところです。

通常、非常に高額と言われるガントリークレーンですが、大阪府からの復興応援、無償譲渡によってついに夢が叶ったところです。

復興道路、復興支援道路の整備とも相俟って、東北6県のパワーバランスによりやく均衡が訪れようとしており、岩手県の港湾政策が新たなステージに突入したことを象徴する歴史的な出来事と受け止めております。

ガントリークレーン供用開始から2カ月後、韓国の有力船社、南星海運株式会社 (NAMSUNG) が運行する、海外と釜石港を週一便、かつダイレクトに結ぶ外貿コンテナ定期航路が開設さ



岩手県初のガントリークレーン

れ、平成29年11月17日、記念式典が挙行されました。

岩手県には、中国製の商材を大量に扱う大手ホームセンターの物流センターが複数立地しておりますほか、紙・パルプ製造業、鉄鋼業、農林・水産業、さらには裾野が広い自動車産業など数多くの企業が立地しております。

外貿コンテナ定期航路開設の翌年からは、船腹量で世界第2位の規模を誇る世界的海運会社、エム・エス・シー (MSC) の輸出入サービスも開始されております。

ついに岩手県にも、釜石港という国際貿易拠点港が誕生しました。

農林水産業の復興を物流面で支援

昨今、三陸の水揚げ不振が叫ばれておりますが、元々岩手県は世界三大漁場の1つ、三陸漁場に面しており、四季折々、旬な魚介類が豊富に水揚げされます。

水揚げされた魚介類の一部は、海外の缶詰工場や食品メーカーへ輸出されておりますが、こうした営みを釜石港が盤石に支えることによって地元水産業の復興を支えております。

釜石港における冷凍冷蔵コンテナ (リーファーコンテナ) の取扱いは、平成24年7月より開始されておりますが、1社だけの利用に留まっていた事業開始当初と比べ、現在、劇的な成長を遂げております。

事業開始当初、中には1ロット40本、分割不可といったオーダーが入ることもあり、リーファーコンテナ電源口数の問題から、みすみす他県の港湾に譲らざるを得ない状況に陥ることも多々ありました。

この状況打開に向けて、岩手県は、横浜港埠頭株式会社からの支援を受けて、リーファーコンテナ電源口数を、東北第3位の規模となる58口に増強し、令和2年3月、供用開始したところであり、今後、さらなる拡大が期待されております。



一方、国際貿易拠点港として急速に成長を続ける釜石港は、牧畜産業のメッカである岩手県にございます。

従いまして、動物検疫貨物の輸出入に係るオファーも当然のごとく受けているところですが、これまで岩手県には本格的な国際貿易上の動物検疫港はないため、動検対象貨物を取り扱うことができておりました。

このため、一刻も早い動物検疫港の指定が望まれ、官民一体となって所要の取り組みを進めてまいりましたが、令和元年8月、岩手県下初の動物検疫港として農林水産省から釜石港が指定を受けたところです。

お陰様で、令和元年暮れより、動物検疫対象のコンテナ貨物を無事に取扱い、以降、特段のトラブルも無くスムーズな輸出入が行われている状況にございます。

農林水産業の復興に向けて、釜石港がその役割を果たしていければ幸いと考えているところです。

ポート・オブ・ザ・イヤー 2019受賞

令和元年、釜石港のコンテナ取扱量は、自らが持つ県内過去最多記録を上回る9,292TEUを記録しました。また、利用企業数も定期航路開設時は8社でしたが、令和元年は84社を数えるまでに成長を続けております。

このような中、令和2年1月、公益社団法人日本港湾協会発刊の情報誌「港湾」において、全国約1,000港の中から2019年度最も優れた港湾として、釜石港がポート・オブ・ザ・イヤー2019に選定され、全国一の栄誉に輝きました。

前述のとおり、釜石港のコンテナ物流情勢は飛躍的な成長を続け、釜石鶴住居復興スタジアムの建設資材輸送も担うなど、復興の牽引役として地域経済に大きく貢献したほか、釜石港界限に建設した、魚河岸テラスが、鉄と魚とラグビーのまち釜石を発信する基盤施設として、被災沿岸部に賑わいを創出するな

ど、釜石港が様々な面で地域の未来に夢と希望を与え続けている点が高く評価されたところです。

令和2年1月22日、都内ホテルにおいて表彰式が開催され、国会議員、全国の港湾関係者ら約1,000人に見守られる中、表彰状と盾を授与されました。

海に面する釜石市の宿命

釜石市では、平成23年12月に策定した、釜石市復興まちづくり基本計画に基づき、復旧・復興事業を進めてまいりました。

被災地域の中には、歴史的に個別のコミュニティが形成されていることから地区単位にさらに区分し、地区の意向や地区がおかれている状況を踏まえ、地区ごとの復興土地利用方針に基づき、復興事業に取り組んでまいりました。

また、あらゆる状況を総合的に勘案し、復旧・復興は急を要するものの、釜石市民が一丸となってスクラムを組み、釜石の復興を進めていくため、復興支援地域が抱える課題に適切に対応を図りながら、民間活力による活性化を基本に、土地利用計画の見直しも含めた土地利活用の高度化を推進してまいりました。

平成23年度に策定された同計画も、10年間という歳月を経て、令和2年度末をもって計画期間が終了します。

復旧・復興、津波等防災地域づくりの取り組みとして、海に面する釜石市は、宿命的に「みなと」が重要なファクターとなりますことから、今回は、物流の要衝として復興を遂げつつある釜石港の話題を中心とさせて頂きました。

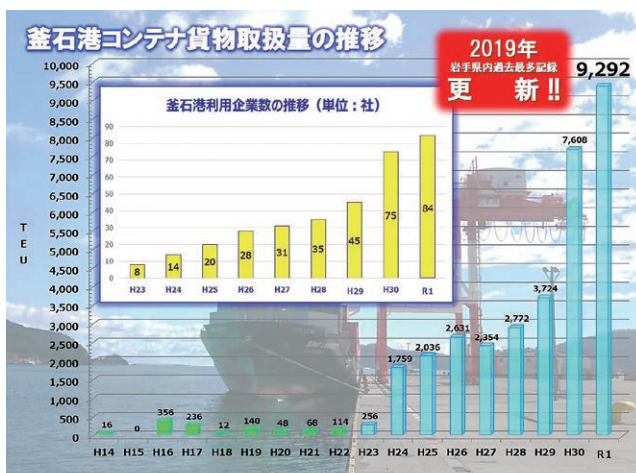
釜石港は江戸時代より、東廻海運の重要港として繁栄し、明治以降、鉄鋼及び関連貨物の取扱いを中心に港勢が発展してまいりました。

その後、オイルショックに代表される世界経済の変化の波にもまれながらも港勢を維持し続け、釜石港湾口防波堤の建設、平成に入ってから、完成自動車の陸揚げ・積出し、穀物等飼料原料の輸入、石炭火力発電所の石炭輸入などが段階的に開始され、まちの産業経済構造が、鉄鋼首都型から複合産業型へと変化していく中で、待望の公共ふ頭拡張事業がスタートするなど、近未来の釜石市にとって、港湾は大きな希望の光となりました。

時代の変化に呼応しながら、東日本大震災という未曾有の難局も乗り越えつつ、現在の釜石港が形成されております。

釜石港の国際貿易拠点港としての機能は、復興道路、復興支援道路の整備とも相俟って、自ずと釜石市に、物流上の地政学的優位性をもたらします。

復旧・復興の先の発展期は、釜石港の趨勢と歩調を合わせていきたいと考えているところです。



釜石港コンテナ貨物取扱量の推移

特集

3.11 東日本大震災から
もうすぐ10年
～大きく変わった
沿岸防災～



津波防災にかかる最新知見, 予測・観測にかかる最新事情

今村 文彦

東北大学災害科学国際研究所 所長 津波工学研究分野教授

1. M9巨大地震および津波の概要

東北地方太平洋沖地震と命名された巨大地震の震源は宮城県沖であり、事前に想定されていた地震（宮城県単独と連動）の僅か沖に位置していた。しかし、従来に宮城県沖で発生した地震と異なり、この地震の断層破壊は3分以上続き、始めは福島県・宮城県・岩手県沿岸を中心での活動であったが、北は青森、南は茨城・千葉方向に強い揺れが広がった。推定された地震マグニチュードは9.0であり、過去最大になった。現在の余震の分布も、東北・関東地方での東日本太平洋沖の広範囲に至っている。主な断層活動の範囲は、南北約500km東西約200kmにわたると推定され、断層のすべり量は最大で50mを超えたと報告されている。これによる海底変動が海面の変化をもたらし、巨大な津波が生じた。

過去、この日本海溝沿いの地域は、三陸沖、宮城県沖、福島県沖、海溝沿い（沈み込み帯）、など個別地域でそれぞれ固有的な地震発生が発生し評価されていたが、今回、一気に連動し超巨大地震が発生したことになる。津波については地域により2つの姿があった。1つは三陸沿岸で最大遡上が40mを超えるような規模であり、過去の慶長、明治や昭和三陸沖地震津波とほぼ同じような浸水範囲であった。ここでは、押し波だけでなく引き波の破壊力も甚大になっている。もう1つは、仙台平野より南側の低平地での津波であり、最大規模は15m程度の津波高さが残されている。この津波規模は2011年以前に評価されていた宮城県沖地震津波（連動）の想定を遥かに上回り、浸水範囲も10倍以上になり、広域な範囲で長期間の浸水が見られた。

巨大で破壊力を持った津波のメカニズムに加えて、2日以上継続した伝播過程、都市型と言われる黒い津波や逆流する河川津波、市街地での縮流・合流、津波火災、なども実態がすこしずつ明らかにされている（今村, 2020）。従来では経験の少ない姿であるので、その実態を踏まえたハザードマップ作成や避難のあり方、復旧・復興のあり方を再検討しなければならない。

2. 多段階の断層運動による津波の発生 —時間差破壊と動的プロセス

2.1 巨大津波の発生過程

震災から10年が経つ中で、当時の地震や津波像も新たに明らかにされつつある。500km×200kmに渡る巨大地震は過去の地震繰り返し領域（固有地震）で連動させ、数百年から1千年間蓄積された歪みエネルギーを一気に解放したと推定されている。しかも、震源から2段階の破壊過程で生じたと推定されている（長谷川, 2015）。これに伴った巨大な津波も複雑であった。時間経過と共に、断層破壊の場所つまり津波発生も変化していった。さらに、三陸北部では、地震だけでは今だ説明できない津波の姿もある。

巨大地震による広域で断層破壊が海底の変位を生み、海面変動を伴って津波が発生した。観測された地震や津波波形を利用した断層運動の推定（例えば、藤井・佐竹, 2011）が検討されているが、特徴としては、宮城・福島沖での海底変化（断層のすべり量）が大きいこと、しかも、日本海溝沿いの値が大きいことが示唆されている。深い海域で大きな海底変化が生じると、それだけ大きな規模の津波が発生する事になる。実際、各地で津波が観測されているが、海域で5m程度（釜石、海底津波計）、沿岸で10m以上の規模が記録されている。特に津波波形を利用した断層運動の推定（例えば、杉野ら, 2013；藤井・佐竹, 2011；東北大学, 2011；Satake et al., 2013）が行われているが、特徴としては、(1)段階的に各セグメント（断層）で破壊が生じたこと、(2)震源付近で初期の津波が発生しその後海溝沿いに移動していること、(3)宮城・福島沖での海底変化（断層のすべり量）が大きいこと、しかも、(4)日本海溝沿いの値が大きいことが示唆されている。

2.2 多段階での波源断層モデルと特性化モデル

図-1には代表的な津波波源モデル（根本ら, 2019）を示す。

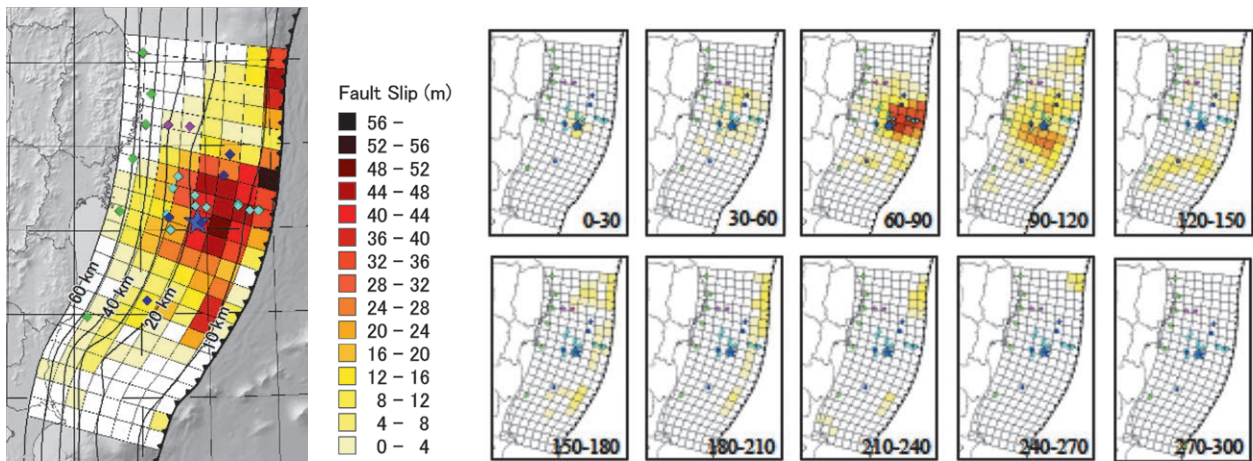


図-1 推定された断層モデル(最終変位量と30秒ごとの時間変位量)(根本ら, 2019)

30秒ごとの時間で断層の変位量を示している。60秒前後で震源を中心とした宮城県沖、150秒以降では、三陸沖北部などに移動していることが推定されている。今回の巨大地震が多段階の断層運動を伴って生じており、その結果としての津波も時間差破壊により発生し、動的なプロセスの重要性が示された。(今村, 2015)。将来において、このような複雑な津波波源を推定し評価することは大変に困難である。2011年東日本大震災も巨大津波モデルの一例に過ぎず、たとえ同じような規模のものが繰り返されたとしても大すべり域などの位置なども変化する可能性がある。そこで提案されているのが「特性化波源断層モデル」の考えである。文科省地震調査委員会津波評価部会などが、波源断層を特性化した津波の予測手法(津波レシピ)などを検討している。巨視的(基本的な波源断層)および微視的(大すべり域等の位置と個数)な波源断層モデルを提案し微視的モデルを変化させながら評価するものである。南海トラフ沿いで発生する大地震による津波に適用し、さらに確率論的津波の評価も実施している(文科省, 2020)。

2.3 リアルタイム検知・観測の充実 — S-netの整備と活用

大震災後に、防災科学技術研究所は、地震計と水圧(津波)計が一体となった観測装置を海底ケーブルで接続し、これを日本海溝から千島海溝海域に至る東日本太平洋沖に設置し、リアルタイムに24時間連続で観測データ取得を開始した。観測装置は150カ所に設置し、ケーブル全長は約5,500kmになる。海溝型地震や直後の津波を直接的に検知し、迅速かつ確実な情報伝達により被害の軽減や避難行動などの防災対策に貢献することが期待される。

また、気象庁では、沖合観測のリアルタイムで入手できるデータは、沿岸に到達する前に津波を観測できるため、迅速な

津波警報・注意報の更新や解除等の判断に有用な情報である。更に気象研究所では、観測データをリアルタイムで活用する新しい津波予測手法(tFISH)にも取り込む手法を計画している。沖合で観測された津波波形データから津波の発生場所と大きさを推定し、その結果を元に、あらかじめ計算しておいた理論的な津波波形を合成することで、沿岸での津波を予測する手法である。いち早い実現化を望みたい。

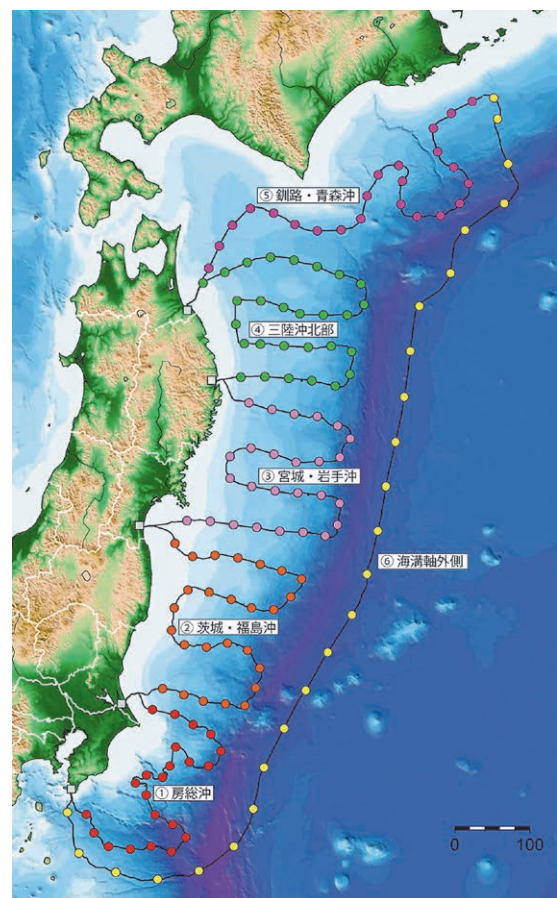


図-2 日本海溝海底地震津波観測網(S-net)の整備
<https://www.seafloor.bosai.go.jp/S-net/>

3. 津波被害発生と連鎖の過程

3.1 被害の発生過程

一般に、自然災害は、突然の自然現象の中で誘因が素因に作用することによって生じる。誘因とは災害（被害；ダメージやディザスター）を引き起こす自然力（ハザード）を、素因は地形・地盤条件など地球表面の性質にかかわる自然素因と、人口・建物・施設など人間・社会にかかわる社会的素因とに分類される。表-1には、東日本大震災で直接被害として整理した津波災害の要因を整理した。これらの要因の組み合わせと相互作用により、1つ（主な）の自然災害においても多数の災害像が見られた。主に津波の場合には、浸水・冠水、流れ、波力の3つに誘因が分類され、素因としては、海底に加えて陸上も含み沿岸地形、土地利用形態、防護施設などがあつた。

3.2 複合的災害—連鎖の過程

複数の現象がほぼ同時または時間経過の中で連続して発生することによって起こる災害がある。1つの災害事象が別の災害事象の発生誘因となって災害が拡大していく、一次災害の拡大要因となる、複数の災害事象が同時に発生する、1つの災害事象から二次災害・三次災害へと発展する、などの場合などがあり、これを総称して「複合型災害」と定義される。当に、東日本大震災で見られた災害像はまさに広域で複合的な災害になる。

東日本大震災においては、強震動、液状化、地滑り、その後、津波の浸水・冠水が発生し、沿岸構造物、防潮林、家屋・建物、インフラへの破壊、浸食・堆積による地形変化、破壊し移動された瓦礫、沖合での養殖筏、船舶などの漂流、さらには、可燃物の流出と火災、道路・鉄道（車両も含む）など交通網への被害、原子力・火力発電所など施設への影響など、現在想定される複合的な津波被害のほとんどのパターンが発生したと考えられる。

特に、図-3に示される連鎖の中で、重要であると考えているのが、強震の後、建物耐力が低下する、または液状化などにより基礎の支持力が低下する中、津波が来襲し（浸水、流れ、波力）沿岸構造物や建物などの被害拡大になったことである。さらに、船舶、車両、タンクなどに加えて、破壊された建物や構造物の一部などの漂流物による被害の拡大プロセスがあつた。さらに、浸水・冠水などによる火災の発生と瓦礫や可燃物などと関係した大規模化（今津ら、2014）などが報告されている。

その結果、同じような地形であり津波の浸水域内でも、建物や社会基盤に対する被害程度は異なっていた。無論、浸水深（または流体力）を超えると被害が増加する傾向はあつた。国交省等の調査によれば、浸水深2m前後で被災率が大きく変化する。この結果は、今後、地域の住宅や様々な建物・社会インフラを再建するときに、考慮しなければならない指標であるが複合的災害として全体を捉えて行くことが、今後の予測、評価、対策に活かせないと考える（今井ら、2014）。

表-1 津波被害の誘因・素因、影響・被害

誘因	素因	影響事例	被害事例
浸水・冠水	沿岸地形、防護レベル、避難意識、可燃物、土地利用形態	海水植物枯、火災の発生（電線・バッテリーなどによる発火）	農業被害、環境・生態影響、人的被害（主に溺死）、津波火災
流れ・流速（掃流力）	沿岸地形、土砂・堆積物、漂流物、インフラ、土地利用形態	建物・構造物への浸水・冠水、浸食・堆積	家屋・施設被害、インフラ被害、地形変化、環境・生態破壊
波力（撃波力）・静水圧力＋動波力	沿岸地形、建物・構造物、インフラ	物・構造物（特に、防波堤や防潮などの防護）破壊	家屋・施設被害、インフラ被害

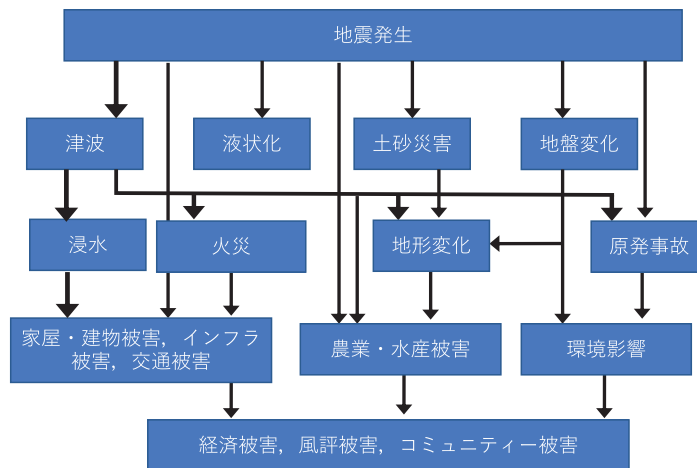


図-3 地震発生から様々な被害が連鎖している災害（東日本大震災での事例）



4. 津波防災への対応レベル

津波防災に関する2つの対応レベルが提案された。発生間隔・頻度および規模を考慮して、外力レベルを想定する事が重要である。すべての人命を守ることを前提とし、主に海岸保全施設で対応する津波のレベルと海岸保全施設のみならずまちづくりと避難計画をあわせて対応する津波対応のレベルの2つを設定する必要があった。当時、土木学会（東日本震災特別委員会、津波特定テーマ委員会）で検討され、以下の2つの考えを提案した。

✓レベル1：海岸線の津波防護レベル（海岸法2条・海岸保全計画・基本方針などに関連）、海岸保全施設の設計で用いる津波の高さのことで、数十年から百数十年に1度の津波を対象とし、人命及び資産を守るレベル

✓レベル2：地域の津波減災レベル（地域防災計画、津波対策編（災害対策基本法40条などに関連）、津波レベル1をはるかに上回り、構造物対策の適用限界を超過する津波に対して、人命を守るために必要な最大限の措置を行うレベル。対象津波は、貞観津波クラスの巨大津波で発生頻度は500年から1000年に一度と考えられる。

それに伴い、津波防災施設設計の考え方も変わった。従来の設計では1つの設計レベルに対して津波を防ぎ、壊れない設計という防災対策であるが、一方、東日本大震災からの教訓である性能設計として、複数の設計レベルに応じた機能や安定性能を決めた設計かつ重要度に応じた機能や安定性能という防災と減災対策が望ましい。

図-4では、レベル1対応の堤防が、レベル2の津波による浸水を減少させ、これにより防災・減災の効果がさらに期待される。ここで重要なのが、堤防等に粘り強い構造を持たせる事であり、東日本大震災での経験や知見が生かされると期待される。

5. おわりに

東日本大震災から10年が経とうとする中で、当時の調査・解析に加えて今日までに得られたデータ・情報、分析により新しい知見も得られている。これらは将来の津波リスクの評価や監視や予測、防災・減災対策の推進に活かされる内容である。特に重要なのは、想定されるリスクや被害に対して、現時点でどのような対策が取れるのか？ また、万が一被災した場合には、どのように復旧・復興を進めるのかを議論し計画に反映するのであると考える。津波災害は、常に我々とともに進化しているが、今できることを確実に実施することが大切な一歩である。

参考文献

今井健太郎ら（2014）、人的・物的被害軽減に向けた実用的な津波ハザード・被害予測評価手法の提案, 自然災害科学, vol.33, 特別号, pp.1-12

今津雄吾ら（2014）、東日本大震災で発生した津波火災における地形的影響の考察と津波火災危険度評価指標の提案, 自然災害科学, vol.33, No.2, pp.127-144

今村文彦（2015）、東北地方太平洋沖地震による巨大津波のメカニズムと被害予測, 地震ジャーナル, 地震予知振興会, No.60, 12月, pp.16-23.

今村文彦（2020）、逆流する津波—河川津波のメカニズム・脅威と防災—, 成山堂書店.

杉野英治ら（2013）、原子力サイトにおける2011東北地震津波の検証, 日本地震工学論文集, 第13巻, 第2号（特集号）, pp.2-21

根本信ら（2019）、2011年東北地方太平洋沖震の津波断層モデルの再検討—津波関連観測データをフル活用した推定—, 日本地震学会論文集 第19巻, 第2号

東北大モデルvers.1.1（2011）、東北地方太平洋沖地震を対象とした津波シミュレーションの実施,

長谷川昭（2015）、2011年東北沖地震の震源域で何が起きたのか？—東北沖地震の発生機構, 地震ジャーナル, 60, pp.2-15.

藤井雄士郎, 佐竹健治（2011）、2011年3月11日東北地方太平洋沖地震の津波波源

文科省の地震調査委員会津波評価部会（2020）、津波予測手法, https://www.jishin.go.jp/evaluation/tsunami_evaluation/

Satake, K., et al. (2013), Time and space distribution of coseismic slip of the 2011 Tohoku Earthquake as inferred from tsunami waveform data, Bull. Seism. Soc. Am., Vol.103, pp.1473-1492

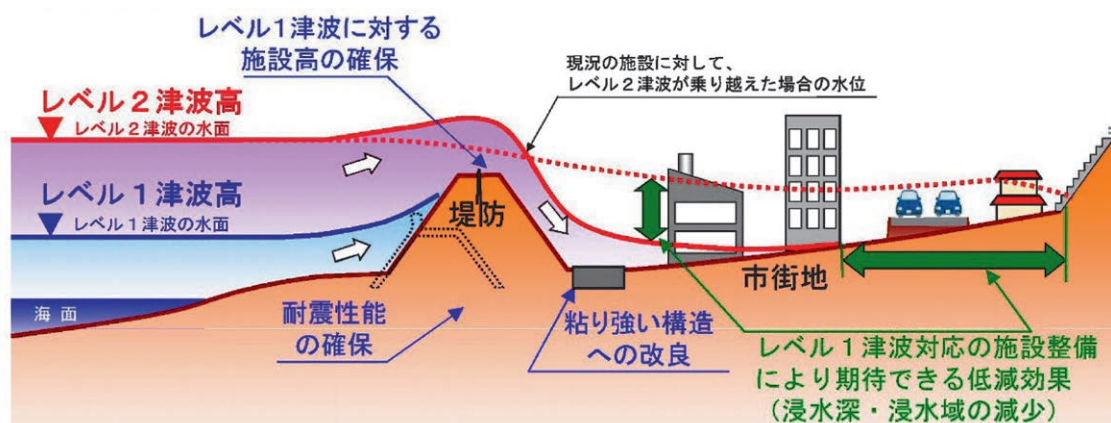


図-4 レベル1整備効果の事例(静岡県)

<http://ipej-shizu.sakura.ne.jp/saigaitaisaku/tunami-taisaku.pdf>

特集

3.11 東日本大震災から
もうすぐ10年
～大きく変わった
沿岸防災～



今後の港湾における ハード・ソフト一体となった 総合的な防災・減災対策のあり方

渡邊 佑輔

国土交通省 港湾局 海岸・防災課

1. はじめに

我が国の港湾は、近年、台風被害の頻発化や激甚化に直面しており、また、気候変動に起因する海面水位の上昇など将来の災害リスクの増大が懸念される状況である。これらを踏まえ、令和2年8月に交通政策審議会より、「今後の港湾におけるハード・ソフト一体となった総合的な防災・減災対策のあり方」を答申いただいた。本稿では、港湾における防災・減災対策の基本的考え方や施策方針について示された本答申の内容について紹介する。

2. 背景

我が国の港湾は、貿易量の99.6%を扱い、その背後地には人口と資産の約5割が集中するなど、社会経済を支える重要なインフラである。その一方で、沿岸域に存在するからこそ、地震時の津波や台風等による被害や気候変動の影響が顕在化しやすい特性がある。

近年、我が国の港湾は、台風に伴う高潮・高波・暴風による被害の頻発化・激甚化に直面しており、平成30年台風第21号や令和元年房総半島台風（以下「房総半島台風」という。）及び令和元年東日本台風（以下「東日本台風」という。）では、国際戦略港湾である阪神港、京浜港をはじめ多数の港湾で、高潮・高波・暴風により港湾及びその背後地に浸水等の被害が発生し、我が国の社会経済に甚大な影響を及ぼした。（図-1）

加えて、切迫性が指摘される大規模地震・津波災害や気候変動に起因する海面水位上昇など将来の災害リスク増大が懸念される状況である。地震調査研究推進本部地震調査委員会が公表した「今までに公表した活断層及び海溝型地震の長期評価結果一覧」¹⁾によると、今後30年以内に南海トラフ地震（M8～9）は70～80%、首都直下地震（M7）は70%、千島海溝における超巨大地震（M8.8程度以上）は7～40%の確率で発生すると想定されている。

気候変動については、「変化する気候下での海洋・雪氷圏に関



図-1 横浜港における高波による護岸倒壊事例
（令和元年房総半島台風）

するIPCC特別報告書²⁾において、温室効果ガスが高排出された場合の2100年の世界平均海面水位（GMSL）は、1986～2005年の期間と比較して0.61～1.10m上昇すると予測されている。また、「気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート 2018～日本の気候変動とその影響³⁾」では、台風の将来変化予測の研究例として、極端に強い台風の最大強度が顕著に増加し、その強度を維持した状態で日本等の中緯度帯にまで到達する可能性を示唆する予測等を紹介している。

将来の災害リスクの増大が懸念される中、平成28年（2016年）熊本地震、平成30年7月豪雨、平成30年北海道胆振東部地震では、港湾が陸上輸送の代替機能や生活支援の拠点として重要な役割を果たしており、これらの機能の更なる強化が求められている。

このような状況を踏まえ、インフラ整備による「公助」に加え、「自助」「共助」を含めたハード・ソフト一体となった今後の港湾における総合的な防災・減災対策のあり方について、令和元年11月に国土交通大臣より交通政策審議会に諮問された。これを受け、港湾分科会防災部会における5回の審議を経て、令和2年8月に答申としてとりまとめられた。本答申では、東日本大震災の教訓を踏まえた地震・津波対策にとどまらず、切迫する大規模自然災害のリスクや気候変動に伴う災害の激甚化



への対応を整理し、港湾における防災・減災対策の基本的考え方や施策方針について取りまとめたものとなっている。

3. 港湾における防災・減災対策の現状と課題

地震・津波対策における主な課題としては、耐震強化岸壁の延長等の不足が挙げられる。阪神・淡路大震災以降、耐震強化岸壁については、背後人口が多い港湾は水深10mとし、それ以外の港湾は水深7.5m程度、延長130m程度を基本とし整備を推進してきたが、近年の災害派遣で使用されている大型船舶に対して、岸壁の延長や水深が不足する耐震強化岸壁の存在が課題となっている。また、耐震強化岸壁は、昭和58年の日本海中部地震以降、全国的な整備に着手し、平成7年の阪神・淡路大震災以降、新たな設計基準を適用して強気に整備を推進してきたが、初期に整備された施設の老朽化も課題である。

台風による高潮・高波・暴風対策における主な課題としては、被災波に対する施設の高さや強度の不足が挙げられる。房総半島台風及び東日本台風では、設計波を大きく上回る高波で、パラペットの倒壊や揚圧力による栈橋の損傷が発生した。この事態を受け、全国の重要港湾以上の港湾を対象に既存施設の設計に使用している波浪（設計沖波）を調査したところ、設計沖波の設定後20年以上が経過している港湾が多数確認されており、近年の台風等に伴う波浪等に対して高さや強度の不足する施設が存在する可能性がある。この他、近年の台風では走錨による橋梁等への船舶衝突、暴風等によるコンテナ等の飛散、被災直後の情報や対応の錯綜等も生じており、それぞれの課題に対して早期の対策が必要である。

4. 災害に対して強靱な港湾機能の形成に向けた基本的考え方

国土の中央に急峻な山脈を有し、四面を海に囲まれた我が国にとって、国民生活や産業活動の多くが沿岸部で展開されており、このための物資の補給路となる港湾はまさに島国日本の生命線である。港湾の役割を踏まえつつ、大規模な自然災害の発生に備え、事前の対策により人命防護、資産被害の最小化を図ることは当然として、災害発生時の復旧・復興拠点としての機能強化、複合災害等が発生した場合であっても、国民の安全・安心で豊かな暮らしを支える基幹的海上交通ネットワークを可能な限り維持し、経済活動を支えるサプライチェーンへの影響を最低限に抑制する取組等の推進が求められている。

切迫性が指摘されている南海トラフ地震や首都直下地震では、我が国の政治・経済の中核である三大都市圏が被災地となる恐れがある。このことから、港湾背後の防護とともに、国際

的・全国的な視点から、代替輸送ルートの設定やバックアップ体制の確立を通じて、災害に強い海上交通ネットワークを構築する必要がある。

また、近年の台風では、記録的な高潮・高波・暴風により、護岸や係留施設等の損壊、コンテナターミナルや事業所の浸水、さらには走錨船舶の臨港道路等への衝突の被害が発生し、社会経済に大きな影響を及ぼした。これを踏まえ、再度災害防止の観点から現時点で発生し得る高潮・高波・暴風への対策を早急に講じるべきである。

将来の気候変動については、IPCC特別報告書の将来予測でも複数のRCPシナリオがあり、海面水位の上昇や台風への影響などの見通しに不確実性があるものの、海面水位については、世界平均海面水位、日本周辺海域の海面水位の平均値とも、近年上昇傾向にある。港湾は水際線に存在する特性上、気候変動に対して将来にわたり適応せざるを得ないことから、今後、整備する新規施設や今後とも長期にわたり供用が想定される既存施設については、供用期間中に気候変動の影響が生じる可能性が高いと考えておくことが妥当である。ハード対策は一朝一夕に完成するものではなく、厳しい財政事情のなか、新規の防災投資にも限界があることに留意し、ソフト面でとり得る対策を十分に講じつつ、計画的な対応を早期に着手すべきである。

5. 港湾における防災・減災対策の施策方針

ここでは、ご提言いただいた今後の施策方針のうち主なものを紹介する。

(1) 頻発化・激甚化する台風による被害への対応

(a) 波浪等に対する施設の安全性確保

既存施設の設計に使用している波浪（設計沖波）について、設定後20年以上が経過している港湾が多数確認されていることから、最新の観測データや推算手法により設計沖波等を更新し、主要な施設を対象に波浪や高潮に対する高さを改めて照査することが必要である。また、耐波性能が不明な施設が多数存在するため、主要な施設について更新した設計沖波等を用いて

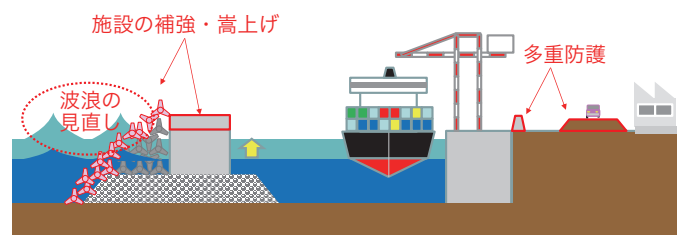


図-2 対策イメージ

波浪や高潮に対する安定性の照査を行う必要がある。これらの照査を実施した上で、被害や影響の甚大性や、過去の被災履歴などの脆弱性等を勘案し、人口や産業が集積するエリアを防護する施設、また、基幹的海上交通ネットワークや緊急物資輸送網を構成する施設など、重要かつ緊急性の高い施設について、嵩上げや補強を実施する必要がある。(図-2)

(b) 浸水発生時の被害軽減

臨海部の多くは平坦な埋立地であり、大量の越波が生じた場合、広範囲に浸水するリスクがあることから、護岸やコンテナターミナル、臨港道路等を対象に、電源喪失やコンテナ流出も含め、波浪や高潮に対する脆弱性を評価し、台風等接近前に直前予防対応が必要な箇所を、優先順位を示して、港湾BCPに明記するとともに、計画的に対策を講じることが重要である。

さらに、立地する企業や荷役機械等の機能が確保されることは、基幹的海上交通ネットワークの維持に不可欠である。このため、護岸背後への胸壁の設置、臨港道路や埠頭用地の嵩上げなどにより、陸側の施設にも防護機能を持たせる多重防護が、浸水被害の軽減に有効と考えられる。

(c) 暴風による船舶走錨やコンテナ等の飛散防止対策等

近年の暴風による走錨船舶への橋梁の衝突事故を踏まえ、港内避泊が困難な港湾や混雑海域周辺の避難港等において、防波堤の整備による広域的な視点からの避難水域の確保や船社への周知、また被害軽減に資する橋梁の防衛設備を設置する必要がある。

また、コンテナの暴風からの飛散防止対策について、コンテナの固縛等の技術検討の継続や優良事例の共有を図るとともに、暴風時の対応訓練の実施を呼びかけるなど、港湾関連事業者による取り組みの強化を促す必要がある。

(2) 気候変動に起因する外力強大化への対応

(a) 将来にわたる港湾機能の維持

気候変動に起因する外力強大化に伴う高潮・高波により、特に堤外地における浸水の頻発化が懸念される中、基幹的海上交通ネットワークを維持し、臨海部の安全性を確保するため、気候変動に起因する外力強大化に対して、計画的に対策を講じていくことが必要である。気候変動の影響による将来の海面水位の上昇等を考慮した港湾計画等の策定や、各港で将来の気候変動に対応するための計画を関係者で策定し、フェーズ毎の将来想定する外力の設定や対策を講じる優先順位等を定めることを検討する。また、施設整備が講じられるまで、台風の来襲等

の際に越波等の脆弱性が高い箇所に実施する直前予防対策を港湾BCPに明記する等の取り組みが必要である。

(b) 施設設計への反映

港湾において、気候変動に起因して強大化する外力として、「平均海面水位の上昇量」、「最大風速の増加」、「潮位偏差の極値の増加」、「波浪の極値の増加」等の影響が想定される。今後、建設又は改良する港湾施設については、将来にわたり施設を供用するため、将来の外力強大化を考慮した施設設計が必要である。このうち、平均海面水位の上昇に関しては、現時点において、世界や日本周辺海域の平均海面水位の変化について一定程度の定量化が図られている。このため、今後、建設又は改良する施設については、建設又は改良時点における最新の期望平均満潮位に、当該施設の次の更新時期までに予測される平均海面水位の上昇量を加えて設計等を行うことを基本として、必要な技術基準等の整備を検討する必要がある。

一方で、最大風速の増加、潮位偏差の極値の増加、波浪の極値の増加等については、平均海面水位の上昇量に比べて、現時点では将来予測の不確実性が高い。これらについては、今後、技術的な知見が一定程度得られた時点で、設計に反映することを検討する。(図-3)

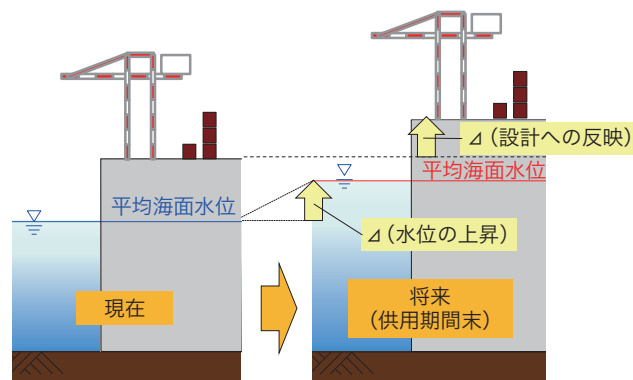


図-3 供用中の水位上昇を加味した設計イメージ

(3) 災害に強い海上交通ネットワーク機能の構築

(a) 災害発生時の基幹的海上交通ネットワークの維持

災害発生時においても、基幹的な人流・物流や緊急物資輸送網を維持し、我が国の社会経済への影響を最小限に抑制することが必要である。災害発生時の対策を講じることで、基幹的海上交通ネットワークの信頼性や港湾背後地の安全性の向上を図ることは、企業が安心して投資できる環境の整備に資するものであり、平常時における企業活動を促進し得る面があることにも着目すべきである。このため、フェリー・RORO船等の就航環境の整備による物流網のリダンダンシーの確保やネットワー



クを意識したコンテナターミナルやフェリー・ROROターミナルの岸壁・臨港道路や関連施設の耐震化が必要である。

また、近年の耐震強化岸壁の老朽化の進行や、自衛隊や海上保安庁が災害派遣に使用している船舶の大型化を踏まえ、老朽化した耐震強化岸壁の性能照査を実施し、埠頭再編等と併せて船舶の大型化も考慮した再配置を行うことが必要である。

係留施設については、設計に津波外力や津波発生時の船舶の係留等による外力が考慮されていないことや、多くの港湾では入船係留が採用されているため津波来襲時の迅速な港外避難が困難な場合があるという課題がある。このため、津波来襲時における船舶の沖合退避や係留強化、背後地の安全性確保を考慮した港湾BCPや港湾施設の機能及び整備配置について検討を行う必要がある。

(b) 災害発生時の島嶼部や半島の輸送手段の確保

生活物資が海上輸送に依存する島嶼部や、道路が寸断した場合に代替手段が港湾に限られる半島においては、災害発生後も住民が生活できるよう、交通・物流機能を維持することが求められる。このような地域では、耐震強化岸壁の確保を急ぐ必要があるほか、耐震強化岸壁に求める耐震性能を確保できない場合でも、レベル1を超える地震動に対して、応急的な対応と併せた強靱性を確保する方策等を検討する必要がある。

(4) 臨海部の安全性と災害対応力の更なる向上

(a) 津波被害の軽減

東日本大震災以降、「港湾における地震・津波対策のあり方」⁴⁾を踏まえ、発生頻度の高い津波(レベル1津波)に対しては、海岸保全施設の耐震化や高さの確保に取り組んできた。また、発生頻度は低いが大規模な被害を及ぼす可能性が高い津波(レベル2津波)に対しては、防波堤等の粘り強い構造化の推進により減災効果を向上させるとともに、住民等の避難等を軸に、施設による多重防護、土地利用、避難施設などを組み合わせたハード・ソフト一体となった総合的な津波対策等に取り組んで

きた。南海トラフ地震等の切迫性が指摘される中、さらにこれを加速する必要がある。(図-4)

(b) 災害発生時の迅速な港湾機能の復旧

地震発生直後や台風通過後等において、円滑に初動対応を行うためには、早期の状況把握が必要であるが、現実には人的資源が限られており、また、港湾に接続する道路等の被災や渋滞等により、現地に職員を迅速に派遣することが困難な場合も想定される。このため、リアルタイムで現地情報の収集が可能なライブカメラ、センサー等や、効率的な情報収集が可能なドローンを活用し、迅速に情報収集を行うとともに、IoTを活用した情報の統合・分析を行い、施設の利用可否を早期に判断して、関係者と共有する枠組みが必要である。また、港湾BCPについては、各港で策定が進められ、全国の重要港湾以上の港湾全てで策定が完了している。この実効性を確保するため、例えば、自然災害や感染症等の危機的事象を想定して港湾BCPのリスクシナリオを具体化すること、その策定を担う官民の協議会を法的な枠組みの中に位置づけることなど、関係者が港湾BCPに定められた対応を遵守する仕組みづくりを検討すべきである。さらに、災害発生時の対応や訓練結果を関係者で検証して港湾BCP等の改訂等を図ることや、国において、港湾BCPの訓練の実施状況をフォローアップして、優良事例を周知することで各主体の対処能力の向上を図るなど、継続的に運用を改善していくことが必要である。

(c) 復旧・復興の拠点としての機能強化

近年の災害発生時の港湾の活用実態を踏まえ、復旧・復興の拠点としての機能を強化することが必要である。耐震強化岸壁やその周辺の緑地等については、港湾計画にて大規模地震対策施設として位置づけられ、地域防災計画(地震災害対策編)に地震時の緊急物資輸送拠点として、その役割が明記されているが、近年では、台風被害発生後の緊急物資輸送や生活支援の拠点としても活用されていることを踏まえ、耐震強化岸壁やその

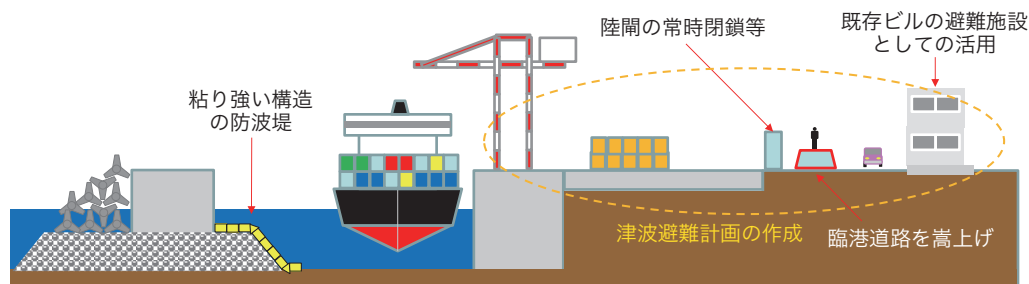


図-4 ハード・ソフト一体となった総合的な津波対策

周辺施設を、地震のみならず、台風等様々な災害に対応した防災拠点として活用することを前提として、高潮・高波等に対して脆弱性を評価し、必要に応じて浸水防止対策等を講じた上で、地域防災計画（風水害編）に、その役割を位置づけることを検討する必要がある。

また、首都直下地震や南海トラフ地震等の大規模な災害の際には、大量の災害廃棄物が発生する可能性が高く、早期の復旧・復興を行うためには円滑な災害廃棄物の処理が必要である。このため、港湾を活用した災害廃棄物の処理の円滑化に向けた、関係機関の連携体制の構築や災害廃棄物の取扱いのルール策定、港湾BCPへの仮置き場の配置・容量等の明記などに取り組む必要がある。この際、静脈物流の拠点となる港湾いわゆるリサイクルポートとの連携についても検討を行うことが必要である。

さらに、地域住民の交流や観光の振興を通じた地域の活性化の拠点である「みなとオアシス」の一部では、災害を想定した訓練等も実施されている状況を踏まえ、一定の条件を満たす「みなとオアシス」を災害発生時に復旧・復興の拠点として機能する災害対応型「みなとオアシス」として位置づけ、資機材や緊急物資の保管等を行うとともに、これらをネットワーク化して広域的な災害に対応可能とする「みなとオアシス防災ネットワーク」を構築することで、港湾の防災機能の更なる向上を図ることが必要である。（図-5）

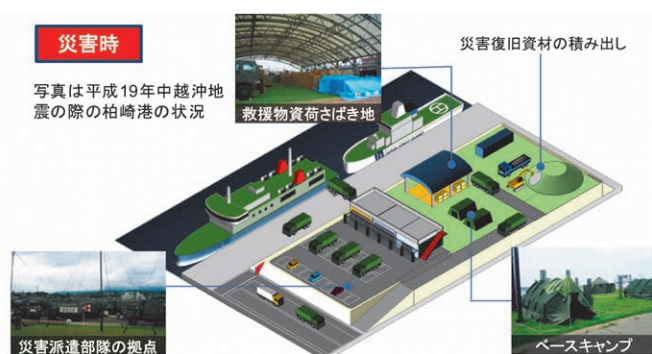


図-5 災害対応型「みなとオアシス」

(d) 複合災害や巨大災害の発生も想定した広域的な支援体制の構築

複合災害や同様に発生頻度が低いとされる巨大災害が発生

した際には、ある程度の被害の発生は許容せざるを得ない。しかし、基幹的な人流・物流や、人口・資産が集積する港湾における被害の拡大を抑制するため、被災状況の迅速かつ確かな把握・分析が重要であり、港湾工事におけるi-Construction^{注1)}の取組から得られる3次元データ等を有効活用し、港湾関連データ連携基盤^{注2)}に取り込むなど、情報の共有を円滑に行う枠組みの構築が必要である。

また、複合災害や巨大災害も視野に入れた訓練、港湾法第50条の4に定める港湾広域防災協議会等を活用した広域的な港湾BCPに基づく訓練、さらには地方ブロックを超えた訓練等を通じて、関係者の連携強化や役割分担の明確化を行い、対応能力の向上を図ることが必要である。

加えて、新型コロナウイルス感染症を例とした感染症が発生している状況下であっても、災害が発生した場合には円滑に対応できるよう必要な対策を講じることや、船内で感染者が確認されたクルーズ船の受入対応中においても港湾の物流機能を継続するため、関係行政機関や事業者との連携体制を確保するなどの取組が必要である。

6. おわりに

本答申で示していただいた港湾の防災・減災対策の施策の基本的な方向性に基づき、ハード・ソフト一体となった施策を講じることで、災害で発生する事象を「想定外」から「想定内」にすることで、社会経済への影響を極力抑制することが可能となる。施策の実施に際しては、地域の事情に即した「自助」「共助」「公助」の役割分担について、官民が連携して十分に議論を重ね、実効性ある進め方を検討することが重要である。国土交通省では、本答申にてご提案いただいた施策の具体化に取り組み、災害に対して強靱な港湾機能の形成を進めてまいりたい。

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部、活断層及び海溝型地震の長期評価結果一覧(2020年1月1日での算定)、令和2年1月24日(令和2年5月25日訂正)
- 2) Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, 25th September 2019.
- 3) 環境省・文部科学省・農林水産省・国土交通省・気象庁、「気候変動の観測・予測・影響評価統合レポート2018～日本の気候変動とその影響～」、2018年2月
- 4) 交通政策審議会、港湾における地震・津波対策のあり方(答申)、平成24年6月13日

注1) 調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までの全ての建設生産プロセスでICT等を活用し、建設現場の生産性向上を目指す国土交通省の取り組み。

注2) 港湾物流情報など港湾に関する様々な情報を連携させ、データ利活用による我が国港湾の生産性向上及び港湾行政の効率化等を目指す基盤。



特集

3.11 東日本大震災から
もうすぐ10年
～大きく変わった
沿岸防災～



津波防災に関する設計・研究の最新事情

鈴木 高二郎 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 耐波研究グループ長

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震津波の後、多くの組織によって災害復旧と外郭施設の粘り強い化が進められ、それにもなう調査研究により新たな知見と設計法が蓄積されてきた。本稿では、外郭施設の設計の観点から、主に波力や洗掘の研究および設計法について概説する。

2. 背景

2.1 東北地方太平洋沖地震津波以降の耐津波設計

昭和三陸津波（1933年）の直後から築造された田老町の津波防潮堤をはじめ、近代から現代にかけてわが国では多くの津波対策施設が築造されてきた。また、日本海中部地震津波（1983年）後の調査研究により防波堤に働く波力公式（谷本式）も整備されたほか、釜石湾口防波堤の整備ではダブルスリットを擁する新形式巨大ケーソンも築造されてきた。

東北地方太平洋沖地震津波では、設計をはるかに上回る津波が来襲し、釜石湾口防波堤をはじめ、大船渡、八戸、相馬など巨大な防波堤が破壊されたほか、田老町の津波防潮堤などの陸上構造物も甚大な被害を受けた。これらの被害の最も大きな要因の一つは、津波が対策施設の天端を乗り越える越流現象だった。その後の研究で越流時には巨大な波力が構造物に作用することが明らかになったほか、構造物の背後が破壊されていたことも明らかになってきた。東北地方太平洋沖地震津波以前は、防波堤や堤防、護岸は主に波が作用する施設の前面側が強固に設計されていたが、越流現象は設計で考慮されておらず、越流時の巨大な波力や越流による洗掘が施設倒壊の大きな要因となった。

東北地方太平洋沖地震津波以降、数多くの組織によって調査研究が進められ、越流時の波力を含む多くの波力算定式が提案されてきたほか、洗掘についても研究が進んできている。

2.2 南海トラフ巨大地震と多重防護

南海トラフ地震による巨大津波は、現在わが国で最も警戒されている津波の一つである。これまで100~200年の間隔で発生しており、1707年の宝永地震津波では2万人におよぶ犠牲者があったと推定されている。前回の南海地震は1946年に発生した昭和南海地震であり、高知県では700人近くが犠牲となっている。現在、四国地方整備局、高知県では南海地震津波への備えとして、土佐湾沿岸の津波防護施設を整備している。須崎湾や浦戸湾は過去から津波の被害を受けており、これまでに津波防波堤などが整備されてきた。なかでも高知市は浦戸湾



図1 津波に対する浦戸湾の多重防護

に面しており、現在、図1に示すような三重防護による対策が整備されてきている。まず、第1防護ラインは高知港の防波堤（南防波堤、東第一防波堤、桂浜防波堤）であり、津波の浸入を抑えるための防波堤の天端の嵩上げ等が進められている。第2ラインは高知港背後および浦戸湾口の護岸からなるもので長大な護岸の補強および嵩上げが進められている。また、第2ラインの一部として浦戸湾への津波の浸入を抑制するための津波防波堤が計画されており、その設計が進められている。そして第3ラインは浦戸湾内部の護岸の補強と嵩上げである。

高知港の耐津波設計は最新の津波対策技術を用いて実施されており、4章で現在設計が進んでいる浦戸湾口の津波防波堤とその洗掘対策工に関して詳述する。

3. 越流・遡上時の波力について

平成30年に発行された港湾の施設の技術上の基準・同解説（以降、港湾基準とよぶ）では、2段階の津波（発生頻度の高い津波、最大クラスの津波）という設計津波の考え方や、強大な津波波力に対して粘り強さが定義されるなど、多くの新しい考え方が導入された。粘り強い対策として、防波堤背後の腹付工やその被覆工の研究（三井ら、2013；佐藤ら、2017など）も大きく進展した分野である。

波力に限ってみると有川ら（2013）の実験などをふまえて越流時の波力を推定する静水圧差式が提案された。この設計式は谷本式に加えて平成30年の港湾基準に掲載されており、2011年以降の防波堤の耐津波設計ではその約半数に採用されている。

一方で静水圧差式を用いた設計が進むにつれて、オリジナルの静水圧差式だけでは評価できない現象も明らかになった。たとえば、ケーソン背後の水位が極端に低くなる場合には静水圧差式よりも波力が大きくなる場合があり、鶴田ら（2017）が背面静水圧補正係数の算定法を提案している。また、パラベットが高い場合や上部斜面堤では静水圧差式よりも大きな揚圧力が働く場合があることが明らかとなっている（Suzuki and Shimosako, 2018）。

津波遡上時の津波波力も陸上構造物の設計にあたって重要であり、数多くの研究（大村ら、2015など多数）がある。平成30年の港湾基準には非越流時の津波波力としてこれらの研究が反映されている。ただし、これらの波力算定式の中にフルード数を使う算定法があるのだが、津波遡上時のフルード数は構造物周辺の地形などによって大きく変わるため、算定に注意が必要である。

このように2011年以降、設計津波の設定、波力、粘り強さ

など、数多くの設計法が確立されてきたが、現在でも設計が難しい事象がある。一つは3次元的な複雑な構造物に働く波力であり、もう一つは構造物周囲の洗掘である。

3次元的な複雑な構造物としては、隅角部を有する防波堤などがある。隅角部が沖に突き出すような防波堤や護岸で越流が発生すると、その隅角部の背後に津波の越流が集中し、背後のマウンドや地盤、腹付工が洗掘されやすくなる（笠原ら、2016）。こうした洗掘や3次元的に複雑な現象は水理模型実験に頼らざるを得ない。

4. 洗掘

4.1 防波堤開口部の洗掘と越流洗掘

前述したように設計を実施するうえで現在も算定が困難なものは海底地盤の洗掘である。図2は八戸港で発生した洗掘の状況であり（富田ら、2012）、防波堤開口部や護岸隅角部で激しい洗掘が発生した。これらの洗掘によって防波堤堤頭部や護岸隅角部でケーソンの滑動被害が発生している。このような被害は北海道南西沖地震津波など（木村ら、1994）、かつてから問題となっており、最近では宮古湾の防波堤周囲の洗掘（近藤ら、2012）など、高橋ら（1999）のモデル等を用いた数値シミュレーションで洗掘量を評価することも行われてきている。

八戸では、このほか八太郎防波堤が越流による防波堤背後の洗掘で被災を受けた。この越流洗掘は2011年以降の研究の大きなトピックであり、東山ら（2013）、有川ら（2013）等による実験でその状況が明らかとなっており、図3のように粒子法による数値計算でもある程度再現できてきている（Tsurutaら、2016）。

このように洗掘現象は明らかになってきているものの、洗掘対策工に関する研究は限られている。その原因の一つは移

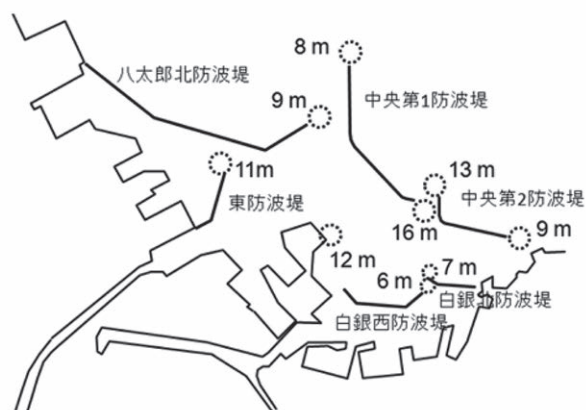
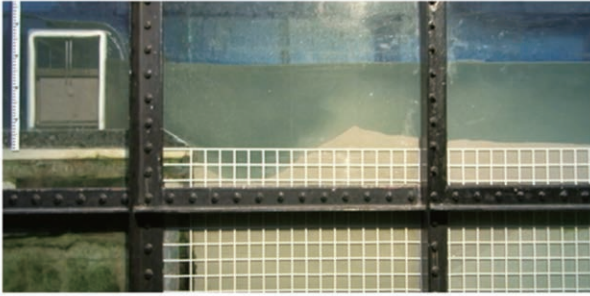


図2 東北地方太平洋沖地震津波での八戸港での洗掘発生状況

Experiment



PARISPHERE with reattachment model

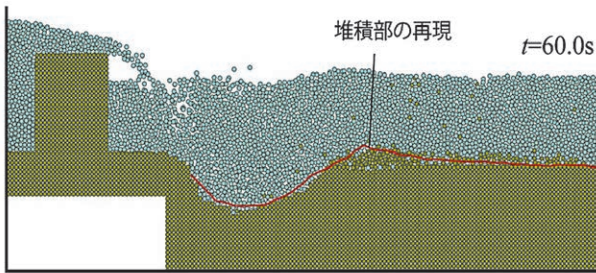


図3 粒子法(PARISPHERE)による越流洗掘の再現

動床実験の実施が固定床実験と比較すると困難だからだと思われる。

4.2 洗掘実験と相似則

洗掘現象では多くの場合、砂が激しく浮遊しており、浮遊砂の相似則が問題となる。鈴木・高橋ら(2002)は消波ブロックの洗掘による沈下に関して、現地調査、小規模・中規模・大規模実験を行い、洗掘現象の再現には沈降速度パラメータを用いた相似則の適用性が高いことを示している。津波の越流による洗掘現象についても有川ら(2014)がこの相似則の妥当性を示している。

この相似則はDean(1985)によって砂浜の波による地形変化の実験の相似則として提唱されたものである。砂の浮遊は流れによる砂の浮き上がりと重力による沈降のバランスの上でなりたっている。そこで、実験で用いる砂の粒径を決める際に、砂の沈降速度をフルード則(流れの相似則)にあわせるというのが沈降速度パラメータによる相似則である。流れによる砂のピックアップ量については相似則が不十分ではあるものの、ピックアップ量が卓越する場合には沈降速度パラメータによる相似則が現象をより再現しやすいものと考えている。

4.3 洗掘対策工に関する水理模型実験

耐波研究グループでは四国地方整備局の受託研究で現在、浦

戸湾の湾口防波堤の洗掘対策工に関する実験を行っている。津波の浦戸湾への浸入を抑制するには、湾口部に津波防波堤を設置することが効果的であり、現在、2つの突堤を設置することが計画されている。

浦戸湾は奥行き6kmの縦長の湾であり、その湾口は幅が300m弱と狭く、津波来襲時には湾口で10m/sに及び極めて速い流れが発生するものと想定されている。山下ら(2019)は高知県に最大クラスの津波が来襲した場合の数値シミュレーションを実施し、浦戸湾を含めた高知沿岸の海底地形の変化を推定している。その結果、浦戸湾の湾口では防波堤がない場合に2mに及ぶ洗掘が発生すると推定している。

防波堤を設置した場合には、流れが縮流によって速くなるなどして、防波堤周囲の砂地盤が激しく洗掘されることが想定される。そこで現在、幅10m、長さ50mの総合沿岸防災水槽で大型ポンプを用いて津波実験を実施している。実験は1/40スケールで実施しており、図4のように水路内に2つの防波堤(種崎側防波堤および桂浜側防波堤)を同時に再現している。湾口の幅、水深はそれぞれ300mと9~16m(模型量で7.5mと0.23~0.4m)である。

津波は発生頻度の高い津波(L1津波)と最大クラスの津波(L2津波)を対象としており、L1津波、L2津波の防波堤前面の最大水位はそれぞれ、TP+7.2m、TP+8.6mであり、港内側と港外側の水位差は最大でそれぞれ、6mと8.5mである。

この実験の中で最も重要なのは砂地盤の洗掘の相似則である。今回の実験では、前述した沈降速度パラメータを用いて、実験に使用する砂の粒径を決定している(図5)。浦戸湾口部は海底地盤が砂と礫で構成されており、その中央粒径は1.5mm、沈降速度は12cm/sである。フルード則で実験の沈降速度を求めると、沈降速度は $\sqrt{40}$ で割ることで1.9cm/sとなる。こ



図4 高知浦戸湾口の1/40実験模型

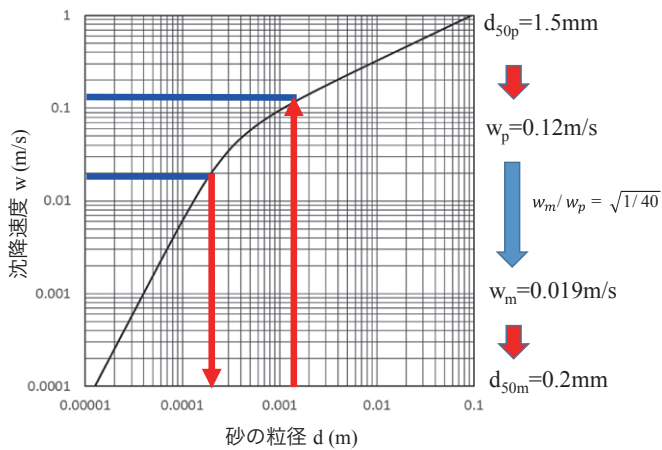


図5 沈降速度パラメータによる実験に用いる砂の選定

の沈降速度に相当する砂の粒径は0.2mmであり、実験で用いる砂の粒径として選定している。

実験では海底面をモルタルで製作した固定床実験と砂で製作した移動床実験を実施している。固定床実験ではケーソンを含め、マウンド被覆工にも変形が発生しないことが明らかとなった。一方で、移動床実験では、図6のようにL1津波のいずれにおいても激しい洗掘が発生し、ケーソンの堤頭部が大きく滑動するという現象が発生した。

このような洗掘を防ぐために、複数の洗掘防止工に関する実験を行っている。図7は、袋詰被覆工を連結した洗掘防止工を設置した事例であり、L2津波を作用させた後の実験状況である。袋詰被覆工が洗掘孔に沈みこみ連結袋詰工防波堤周囲の砂地盤を被覆している。変形しつつも全体としては倒壊しな

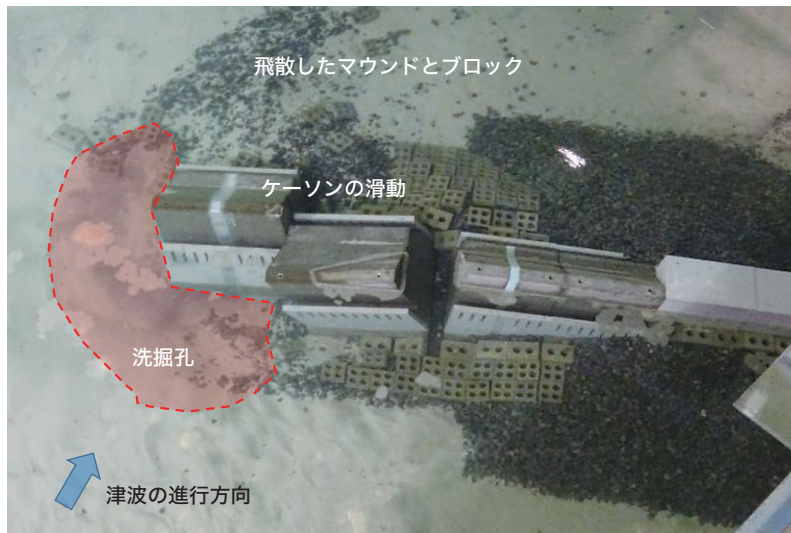


図6 L1津波による種崎側防波堤堤頭部の洗掘とケーソンの滑動状況

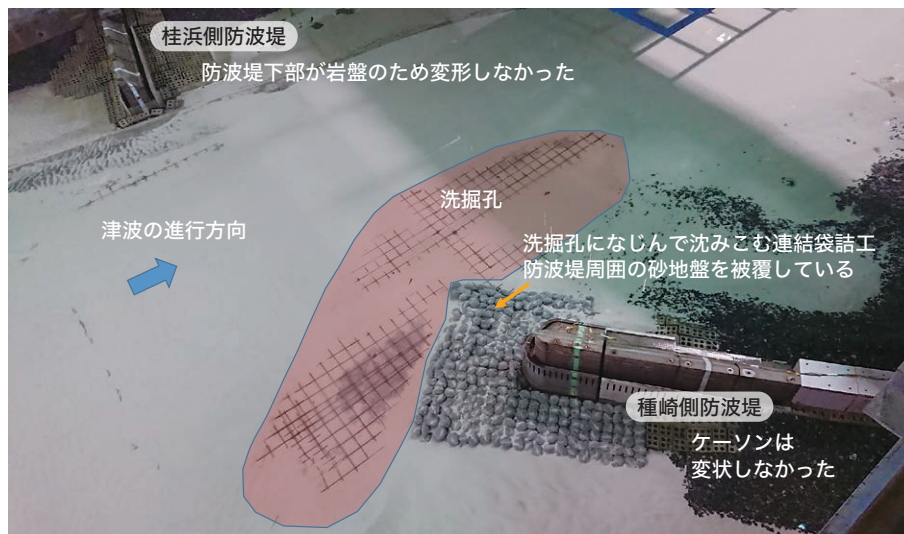


図7 洗掘対策孔によりL2津波作用でも変形しなかった防波堤堤頭部の状況

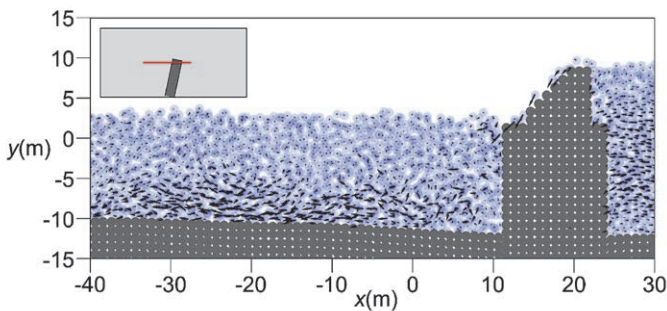
い、いわゆる“粘り強い”構造となっている。

4.4 粒子法による再現計算

図8は粒子法 (PARISPHERE) による堤頭部周囲の流れの再現計算結果である (久保田ら, 2020)。堤頭部の前後で水位が急激に変化する際、極めて速い流れが堤頭部で発生するが、この流れは図8のb) に示すようにただ単に地盤に平行に流れるだけでなく、鉛直下向きに潜り込んでより速い流れとなることが分かる。実験では堤頭部ケーソンよりやや航路側のケーソン直背後に位置する被覆ブロックが最初に飛散していたが、このような潜り込む流れもブロックの飛散を引き起こす一つの要因となっているものと考えられる。

実験では計測器を満遍なく設置することはできないため、このように数値計算で実験データを補完することで、より総合的に現象を把握することが可能となる。

a) 堤頭部ケーソン背後の流れ



b) 堤頭部ケーソンよりやや航路側の流れ

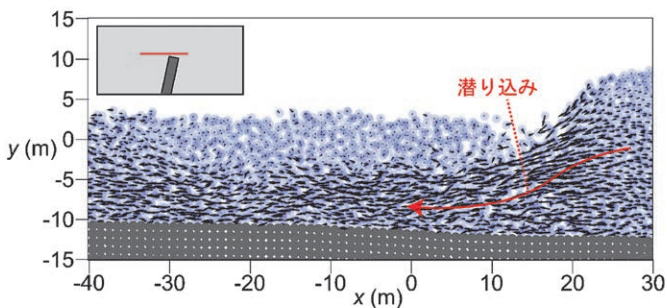


図8 粒子法(PARISPHRE)で再現された堤頭部で鉛直下向きに潜り込む流れ

5. おわりに

本稿では東北地方太平洋沖地震後の新たな設計や研究の進展について述べるとともに、現在南海トラフ巨大地震津波に対する最新の設計、研究について主に波力と洗掘の観点から述べた。洗掘現象については、現在もそれぞれの構造物に特化した検討となっているが、これまでの実験結果などをもとにして物理現象を明確化し、より汎用的な設計手法を確立したいと考えている。

参考文献

- 三井ら (2013) : 防波堤港内側マウンド被覆材の津波越流に対する安定性照査方法の提案, 土木学会論文集B2.
- 佐藤ら (2017) : 腹付工を有する防波堤の耐波設計法の提案, 国総研資料.
- 有川ら (2013) : 津波越流時における混成堤の被災メカニズムと腹付工の効果, 港空研資料.
- 鶴田ら (2017) : 津波越流時に混成防波堤ケーソンに働く波力に関する検討, 港空研報告.
- K. Suzuki and K. Shimosako (2018) : Pressure Distribution Acting on Breakwater Caisson under Tsunami Overflow, PIANC PANAMA.
- 大村ら (2015) : 胸壁に作用する津波波力に関する実験的研究, 土木学会論文集B2.
- 竺原ら (2016) : 堤体幅の不連続部を持つ防波堤の腹付被覆工に及ぼす斜め入射津波の影響について, 土木学会論文集B2.
- 富田ら (2012) : 2011年東北地方太平洋沖地震津波による八戸港の被害, 土木学会論文集B2.
- 木村ら (1994) : 1993年北海道南西沖地震津波による奥尻港防波堤の被災原因について, 海岸工学論文集.
- 近藤ら (2012) : 港湾での津波による土砂移動計算の再現性評価, 土木学会論文集B2.
- 高橋ら (1999) : 掃流層・浮遊層間の交換砂量を考慮した津波移動床モデルの開発, 海岸工学論文集.
- 東山ら (2013) : 防波堤港内側マウンドの津波による越流洗掘に関する研究, 土木学会論文集B3.
- Tsuruta, N. et al. (2016) : Particle Simulation considering the Sand-Scale-Effect for Scour behind the Breakwater due to Tsunami with Hydraulic Experiment, ICCM.
- 鈴木・高橋ら (2002) : 砂地盤の吸い出しによる消波ブロック被覆堤のブロックの沈下被災について, 港空研報告.
- 有川ら (2014) : 越流による直立型堤防背後の洗掘量に関する研究, 土木学会論文集B2.
- Dean (1985) : Physical Modelling of Littoral Processes, Physical Modelling in Coastal Engineering, A.A.Balkema.
- 山下ら (2019) : 高知県における最大クラスの津波による地形変化と潜在的影響の評価, 土木学会論文集B2.
- 久保田ら (2020) : 三次元粒子法型数値波動水槽を用いた防波堤堤頭部における巨大津波流れに関する検討, 土木学会論文集B2.

特集

3.11 東日本大震災から
もうすぐ10年
～大きく変わった
沿岸防災～



「津波警報・注意報」の 情報提供の改善について

福満 修一郎 気象庁 地震火山部管理課 地震津波防災対策室

1. はじめに

気象庁は、地震発生時に地震の規模や位置をすぐに推定し、これらをもとに地震が発生してから約3分を目標に、沿岸で予想される津波の高さと到達時刻を予想して、大津波警報、津波警報または津波注意報（以下「津波警報・注意報」とする）を、津波予報区単位（現在は66区）で発表している。

全国的な津波警報体制は、古くは1949（昭和24）年に始まり、それぞれの時代によって改善が図られてきており、「津波警報・注意報」を伝達するための手段も、その当時の通信技術を活用して、最速の方法が採用されてきた。特に1980年代以降、電子計算機等の高度情報処理技術の導入により、「津波警報・注意報」の発表の迅速化や予測精度の向上が推進されてきた。1960年代は地震発生から情報発表まで目標20分以内とされていたが、近年では3分を切るようになってきている。本稿では、最近10年ほどの津波警報・注意報の情報発表の改善に関する取組について挙げていきたい。

2. 津波警報・注意報の発表の流れ

改善の説明の前に、地震発生直後に気象庁から発表する地震及び津波に関する情報の流れを説明したい（図1）。地震が発生すると、ある程度大きな地震であれば、まず「緊急地震速報」を発表する。「緊急地震速報」は地震の発生直後に、各地での強い揺れの到達時刻や震度を予想し、可能な限り素早く知らせる情報であり、全ての

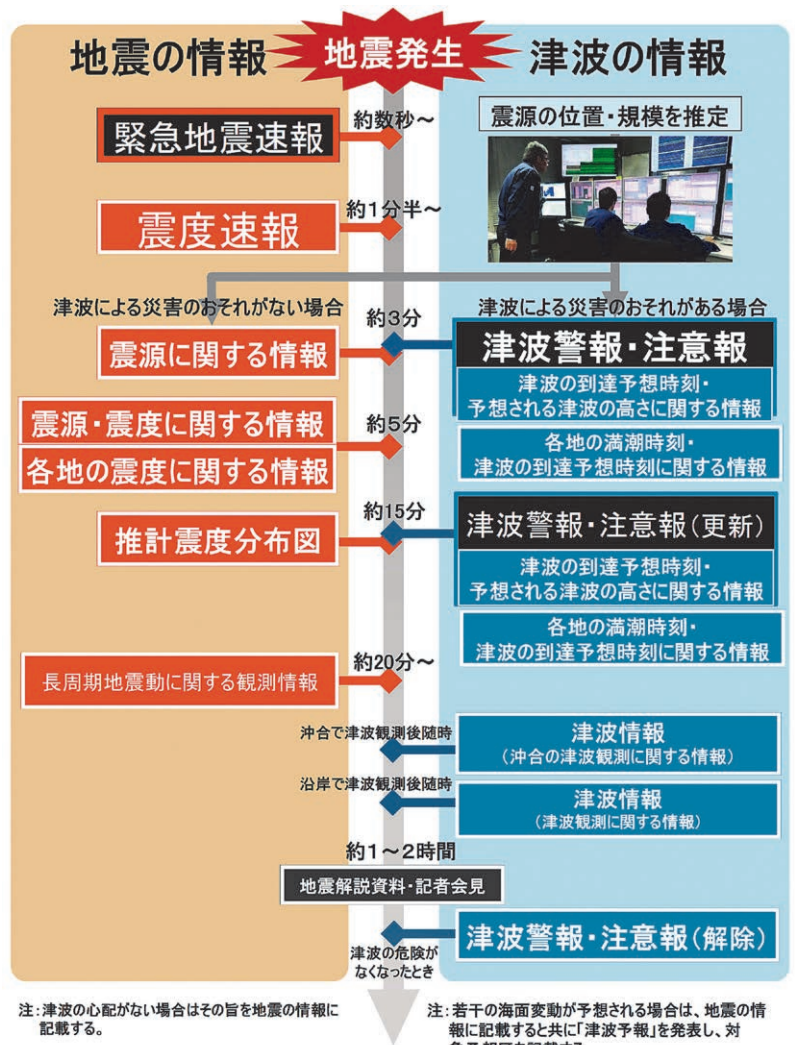


図1 地震及び津波に関する情報の流れ

処理は自動で行われる（最大震度5弱以上が予測される場合、もうすこし広範囲の予測震度4以上までの地域に発表する）。その後、揺れた地域をいち早くお知らせする「震度速報」、詳細な震源の決定や、各地点の揺れの観測データが入るに従い「震源に関する情報」、「震源・震度に関する情報」、「各地の震度に関する情報」を発表する。一方、津波被害のおそれがあると予想されれば、その時点で素早く「津波警報・注意報」を発表する。津波被害のおそれがあるかないかについての予想は、次のような手順となる。地震の発生を観測データによりシステムが検知し、次にリアルタイムで全国から収集されている観測データをもとに、気象庁オペレーションルームにて24時間体制で勤務している職員が地震の規模、震源を決定するため解析を開始し、より正確な震源を短時間で決定する。

この短時間で決定した震源について、津波があるかないかの

予想を、気象庁では、「量的津波予報データベース」を用いている（図2）。最新のコンピューターを用いたとしても、地震が発生してから津波伝播の数値シミュレーション計算を開始したのでは、津波が到達するまでに間に合わない。そのため前もって想定される地震を日本近海に配置、マグニチュードと断層の深さを変えながら、数万通りの津波の発生と伝播を数値シミュレーションで計算しておくのである。これらの地震の発生場所と規模により、いつ・どこに・どのくらいの高さの津波が来襲するか、あらかじめデータベース化しているわけである。その量的津波予報データベースからの予想が「津波あり」となれば、その予想される津波の高さによって、「大津波警報」、「津波警報」、「津波注意報」が即座に発表される。この情報発表後、引き続き「津波到達予想時刻・予想される津波の高さに関する情報」、及び「各地の満潮時刻・津波の到達予想時刻に関する情報」、またリアルタイムに観測している津波観測点からのデータを基に「津波観測に関する情報」、「沖合の津波観測に関する情報」を発表することとなっている。

3. 「津波警報・注意報」の改善に関するこれまでの取り組み

近年10年ほどの主立った改善点について、それぞれ短く解説する。表1も参照されたい。

(1) 緊急地震速報を活用した津波警報・注意報の迅速化（2006（平成18）年10月）

平成5年（1993年）北海道南西沖地震のように地震発生後、津波が5分以内に到達する場合、迅速に「津波警報・注意報」を発表する必要がある。「津波警報・注意報」に必要な震源位置

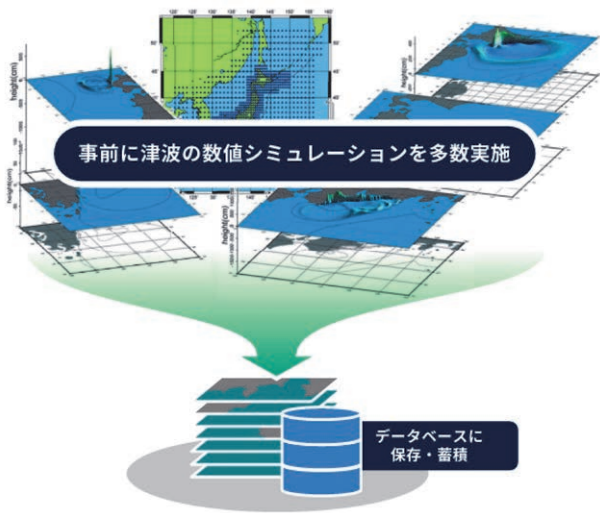


図2 津波予報データベースの概念図

表1 津波警報・注意報の情報発表の改善に関する取組 年表

1	2006（平成18）年10月2日	緊急地震速報を活用した津波警報・注意報の迅速化
2	2007（平成19）年7月2日	地震のメカニズムを活用した、津波警報・注意報の切替・解除
3	2007（平成19）年11月28日	津波予報データベースの改良
4	2008（平成20）年7月1日	津波情報に活用する観測地点の追加
5	2012（平成24）年3月9日	海底津波計の津波警報への活用開始
6	2012（平成24）年6月26日	遠地津波予測の改善
7	2012（平成24）年12月25日	ブイ式海底津波計の津波警報への活用開始
8	2013（平成25）年3月7日	東北地方太平洋沖地震を踏まえた津波警報の改善
9	2016（平成28）年7月28日	津波情報に活用する沖合の観測地点の追加
10	2019（平成31）年3月26日	沖合の津波観測から精度良く津波を予測する手法の活用
11	2020（令和2）年6月24日	津波フラッグを用いた津波警報等の伝達開始

と地震の規模を決定するため、地震観測データの確認・修正を行う時間が必要であり、この時間を気象庁では3分を目標としていた。平成18年の8月より先行提供を開始した緊急地震速報の技術を活用することにより、津波警報等をより早く発表することができるようになり、一部の地震では津波警報等発表までの時間を最速2分以内に短縮することが可能となった。

(2) 地震のメカニズムを活用した、「津波警報・注意報」の切替・解除 (2007 (平成19) 年7月)

地震発生メカニズム即時推定システムの運用開始により、地震発生から10分から20分程度で、地震の規模をよりの確に表すモーメントマグニチュード (Mw) の推定や、津波を発生させやすい逆断層や正断層か、あるいは津波を発生させにくい横ずれ断層かの識別ができるようになった。この成果を活用し、Mwと地震発生直後に推定したマグニチュードとの大小を比較して、津波警報等の早期解除や切替を早めに行うことと、横ずれ断層の場合に、津波の高さを再評価し、「津波警報・注意報」の早期解除や切替を行うことができるようになった。

(3) 津波予報データベースの改良 (2007 (平成19) 年11月)

近年の数値シミュレーション技術の進展等を取り入れ、「津波警報・注意報」の精度向上のため、従来からの津波データベースに次のような改善を行った。

- ①津波の伝播過程をより正確に計算するため、海底摩擦による津波の減衰効果を考慮。
- ②より細かい海底地形に対応するよう、現行2または4kmの計算格子を全領域緯経度1分間隔 (約1.5km) に細分化。
- ③沿岸における津波の高さの精度向上のため、平均30km沖合の予測地点を平均15km沖合に変更。

改善効果を見るために、沿岸での津波の高さの予測精度 (各地の観測値と予測値の差の平均) について、過去に発生した津波で検証したところ、2006年 (平成18年) 11月15日の千島列島東方の地震では38%、「昭和58年 (1983年) 日本海中部地震」では15%改善されることが確認された。

(4) 津波情報に活用する観測地点の追加 (2008 (平成20) 年7月)

気象庁、国土交通省港湾局、国土交通省河川局 (当時)、海上保安庁、国土地理院がそれぞれ管理している検潮所の潮位記録がリアルタイムで共有できるようになったことから、津波の観測値を発表する検潮所の数を、これまでの107ヶ所から

163ヶ所に増やした。津波は、沿岸の地形や水深の違いにより、距離がわずかに離れても高さが大きく異なることがあるため、観測地点が増えることにより、きめ細かな情報の提供ができるようになった。また、国土交通省港湾局が設置した宮城県金華山沖と岩手県釜石沖のGPS波浪計のデータの津波情報への活用も開始した。

(5) 海底津波計の津波警報への活用開始 (2012 (平成24) 年3月)

津波観測データの分析調査を進めた結果、津波発生の監視モニターに利用していた海底津波計データを津波警報の発表へ活用する技術の目途が立ったことから、これらのデータの津波警報等への活用を開始した。気象庁管理の房総沖・東海沖・東南海沖、東京大学地震研究所管理の釜石沖 (国研) 海洋研究開発機構管理の釧路沖・室戸沖に、(国研) 海洋研究開発機構管理の地震津波観測監視システム (DONET) と (国研) 防災科学技術研究所管理の相模湾海底地震観測施設を加えた計35地点となり、津波が沿岸に到達する前の、より早い段階で津波の規模を把握できるようになった。

(6) 遠地津波予測の改善 (2012 (平成24) 年6月)

2010 (平成22) 年のチリ中部沿岸の地震による津波では、予測した津波の高さが実際に観測された高さより大きく、予測精度の向上が課題となった。そこで、太平洋の遠い海域で発生し、わが国へ来襲する遠地津波において、予報の基となる津波予報データベースを見直し、津波の伝播シミュレーションに影響の大きい海底地形データの解像度を約3倍、予想値を評価する国内・海外の検潮所等の観測点を約13倍、想定地震数を約6倍に拡充した。また、日本に到達するまでに時間を要する遠地からの津波は、予め計算しておいた津波予測データベースの結果に加え、震源の位置や断層面の向き・傾き等を用いた高速化シミュレーションをその場で実施し、その予測結果も用いて、より精度の良い警報を発表することができるようになった。この津波伝播シミュレーションの高速化に伴い、例えば、チリ沖で発生して太平洋全域に伝播し日本に襲来する津波を、新しい海底地形データ解像度で36時間分計算した場合、従来の30時間程度から約2時間に短縮して実施できるようになった。

(7) ブイ式海底津波計の津波警報への活用開始 (2012 (平成24) 年12月)

平成23年 (2011年) 東北地方太平洋沖地震の震源域の周辺



で発生する津波の早期検知のため、当該海域付近へのブイ式海底津波計3機の整備を進めた。データ内容、受信状況等が良好であることを確認できた順に、これらのデータの津波警報等への活用を開始した。これにより、東北地方沖合の日本海溝付近で発生した津波の場合、地震発生後10分程度での津波の検知が可能となった。

(※平成28年7月の沖合の観測地点の追加に伴い、平成28年8月にこれら3機のブイ式海底津波計の運用は終了した。)

(8) 東北地方太平洋沖地震を踏まえた津波警報の改善 (2013 (平成25) 年3月)

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による津波被害の甚大さに鑑み、気象庁では、津波警報等の改善の検討を進め、平成25年3月より改善された津波警報等の運用を開始した。大きな改善点は次の2点である。

① 規模の早期推定と、予想される津波の高さの区分の改善

マグニチュード8を超えるような巨大地震では、観測データの確認・修正を行う時間として想定している3分程度では、正確な地震の規模を推定することができない。そこで、より巨大

な地震である可能性が疑われる場合には、その海域で想定される最大のマグニチュード等を用いて津波警報の第1報を発表する。想定される最大のマグニチュード等を用いた場合は、的確な地震規模が求まるまでは、数値ではなく「巨大」や「高い」等の定性的な表現を用いる(図3、図4)。また、予想される津波の高さを従来の8区分から5区分に変更し、高さ予想の区分の高い方の値を発表する。

② 津波観測に関する情報の改善

津波観測に関する情報では、第1波の到達時刻と初動を発表するとともに、観測された最大波を「これまでの最大波」として発表するが、観測値が予想される津波の高さより大幅に低い間は、高い津波が来ないと誤解されないよう「観測中」と発表する。

また、沖合の観測データを監視し、新たに設けた「沖合の津波観測に関する情報」の中で、沿岸の観測よりも早く、沖合で観測した津波の時刻や高さを伝えるとともに、沖合の津波観測データから推定される沿岸の津波の高さや到達時刻を、津波予報区単位で発表する。沖合で観測された津波の最大波についても、基準に達しない場合は、沖合の観測値を「観測中」、推定

情報種類		津波注意報	津波警報	大津波警報		
予想される津波の高さ	定性表現	表記しない	高い	巨大		
	数値	1m (0.2m-1m)	3m (1m-3m)	5m (3m-5m)	10m (5m-10m)	10m超 (10m-)

図3 東北地方太平洋沖地震を踏まえた津波警報等および津波の予想高さの表現

到達予想時刻・予想高さ		
大津波警報		(予想高さ)
〇〇県	津波到達中と推測	巨大
××県	10時30分	巨大
:		
津波警報		
△△県	11時00分	高い
□□県	12時00分	高い

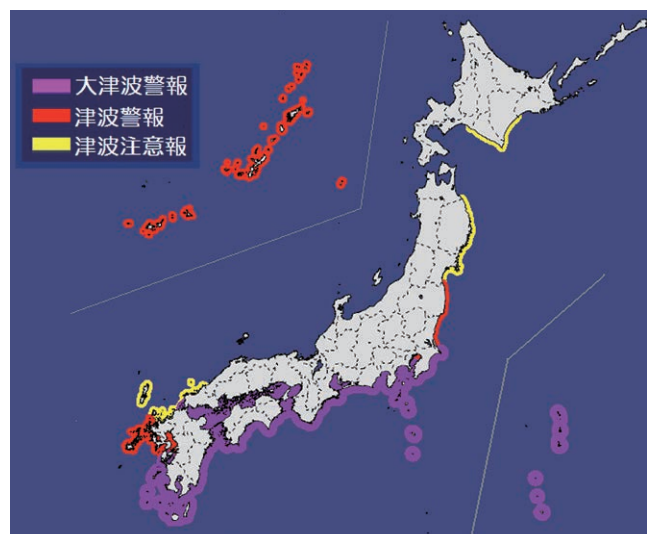


図4 巨大地震が発生した際の津波警報等の発表イメージ

される沿岸での津波の高さを「推定中」と発表する。

(9) 津波情報に活用する沖合の観測地点の追加 (2016 (平成28)年7月)

(国研) 防災科学技術研究所の日本海溝海底地震津波観測網 (S-net) 及びDONETのケーブル式海底津波計156地点のデータについて、津波情報への活用を開始した。これにより、沖合での津波の検知が最大20分程度早くなることから、津波警報等の更新及び沖合の津波観測に関する情報の迅速化や精度向上が期待される(その後、ケーブル式海底津波計の整備が進み、津波情報において津波の観測値を発表する津波観測点は令和2年現在、約400点である)。

(10) 沖合の津波観測から精度良く津波を予測する手法の活用 (2019 (平成31)年3月)

これまで、沖合の観測点で津波が観測されると、沖合と沿岸での津波の高さの関係についての経験則を用いて沿岸の津波の高さを予測し、警報等を更新することとしていた。しかし、この手法で更新できるのはその沖合観測点直近の津波予報区のみであり、また、津波は沖合から沿岸へ直進すると仮定していることから、実際の津波が海底地形の影響などにより沿岸へ直進しない場合等には予測精度が低下することがあった。

このため、複数の沖合観測点で観測される津波波形データを用いて、より精度良く津波の高さを予測する手法 (tFISH) を新たに開発し、津波警報等の更新に活用することとなった。tFISHは、沖合津波観測網により観測される津波波形データから波源を推定し、その波源から遠方まで津波が伝わる過程を、沿岸への津波の到達前に津波伝播シミュレーションによって把握し、沿岸の津波の高さを予測するものである。

(11) 津波フラッグを用いた津波警報等の伝達 (2020 (令和2)年6月)

津波警報等は、テレビやラジオ、携帯電話、サイレン、鐘等、様々な手段で伝達されるが、令和2年夏から海水浴場等で「津波フラッグ」による視覚的伝達が行われるようになった(図5)。「津波フラッグ」を用いることで、聴覚に障害のある方や、波音や風で音が聞き取りにくい遊泳中の方などにも津波警報等の発表を伝えることができるようになった。

4. 終わりに

近年行ってきた気象庁の津波警報等の改善について解説させて頂いた。1つ1つを見れば、情報の内容の改善であったり、



図5 海岸で津波フラッグを振っているイメージ (写真 公益財団法人日本ライフセービング協会提供)

伝え方の改善であったり、細かな技術的な改善であったり、実に多岐にわたる改善を行ってきていることが分かる。「改善」と聞くとTOYOTA自動車の「カイゼン」「Kaizen」を思い浮かぶ方も多いはずである。「カイゼン」とは辞書的な意味の「悪いところを改めていく」というよりも「日々の気づきの中で、少しずつでもできることを改めて良くしていく、さらに一度きりではなく継続するもの」という意味とのことである。まさしく、気象庁の津波警報等の「改善」もこの意味と同様の「カイゼン」であると思う。今後も、国民の「いのちとくらしをまもる防災減災」につながるよう、津波警報等のさらなる「カイゼン」は終わり無く続いていくのである。

参考文献

1. 津波予報業務の変遷 験震時報第74巻 2011
2. 東北地方太平洋沖地震による津波被害を踏まえた津波警報の改善 気象庁報告書 2012
3. 気象庁報道発表資料 (各改善毎に報道発表を行っている)
4. 気象庁HP <https://www.jma.go.jp/>

特集

3.11 東日本大震災から
もうすぐ10年
～大きく変わった
沿岸防災～



震災後の防災強化に伴う 港湾建設技術の変遷

一般社団法人日本埋立浚渫協会 東北支部 技術委員会

1. はじめに

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震とこれに伴う津波により、東北地方をはじめとする広域な沿岸部や港湾施設に多大な被害が生じた。日本埋立浚渫協会東北支部では、東北地方整備局との間に「災害時における東北地方整備局管轄区域の災害応急対応業務に関する協定」を締結していた。これを受けて震災直後は会員各社にてまず各港湾の航路啓開活動、すなわち水中の障害物を取り除き船が航行できるようにすることから始めた。各港湾の調査、復旧の計画および設計を経て、今日まで災害復旧工事に邁進してきたところである。

会員各社は、被災した港湾構造物を復旧するなかで、従来にはあまり経験のない工事を実施してきた。震災特有の多くの課題を解決しながら新たな建設技術を模索し導入してきた。この過程で培われた建設技術はこれからの防災強化にむけての礎と考え、これらの技術の変遷を紹介する。

2. ICTを活用した水中部の可視化技術

(1) 啓開当初（在来技術の有効性と課題）

災害支援船による緊急物資の早期の陸揚げが求められるなか、震災直後より港湾の啓開活動が開始された。津波は港湾構造物のみならず陸上の構造物や施設までも破壊し、岸壁エプロンに置かれていた荷役貨物をはじめ、生活用品に至るまであらゆるものを押し流していた。港内にはがれきや漁具等が漂流し、海底にはコンテナなどの港湾荷役物や古タイヤなどのバラ荷貨物、さらには自動車、トラック、トレーラ、沈船、フェンス、灯浮標、養殖棚などが多数散在する状態であった。これらを陸揚げするにあたっては、水中に散乱した障害物毎の正確な位置情報や形状の特定が必要となった。

そこで、ナローマルチビームソナーによる海底面の面的測量を行った。ナローマルチビームは海底面に散在しているそれぞ

れの支障物を特定できるほどの分解能を有しており、それぞれの正確な位置・座標を明らかにすることができた（図2）。

しかしながら、ナローマルチビームソナーによる深淺測量は、1つの測線で水深の2倍幅程度の細長い帯状記録であるため（図1）、測量船の軌跡に沿った幾重もの隣り合う帯状データの事後処理を行ってデータを繋ぎ合わせる解析時間を要することが課題であった。このため、前日に測量して解析を行い、支障物の揚収は早くとも翌日以降に行うこととなった。揚収途中や揚収後に確認測量を行う場合も、このタイムラグは不可避であった。

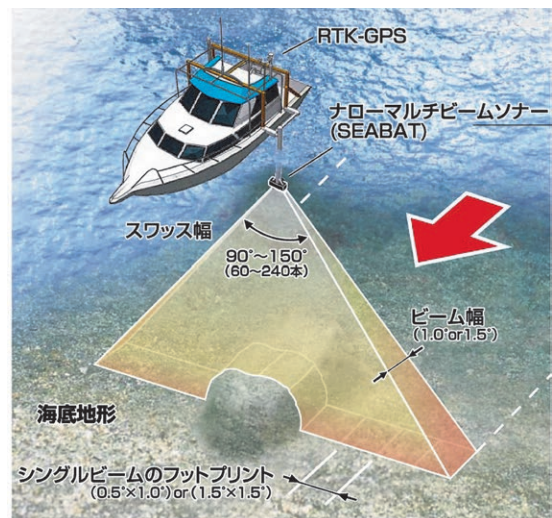


図1 ナローマルチビームソナー



● ナローマルチビーム測深機で特定した異常点(海中部)

図2 水中散乱物の特定(仙台塩釜港仙台湾区)

(2) 復旧工事 (新技術の導入)

復旧工事は津波による被災箇所を撤去することから始めた。八戸港・釜石港・相馬港・小名浜港をはじめとする各港湾では、防波堤のケーソンが滑動したり、転倒したりすることでマウンドから逸脱し水中転落したものが多く、ケーソン本体に損傷を伴うものや、津波による土砂移動もあって海底に半ば埋没するケーソンもあった。作業船の入港および航路とするための必要水深が確保されるまでケーソンを取壊し撤去する方策がとられたが、破碎に伴う濁りが生じるため水中にて破碎途中の形状を潜水士が確認しながらの作業はできず、破碎の進捗確認は困難を極めた。

そこで、水中の状況をリアルタイムかつ立体的に取得できる水中ソナーを導入した。音響測深の原理に基づいたもので、透明度、照度とも低い濁水中であっても、あたかも暗視モニターのような画像が得られるうえ、3次元データとしても測量精度を有しており、砕岩棒やグラブバケットによる破碎状況をリアルタイムに確認しながら実施することができた(図3)。

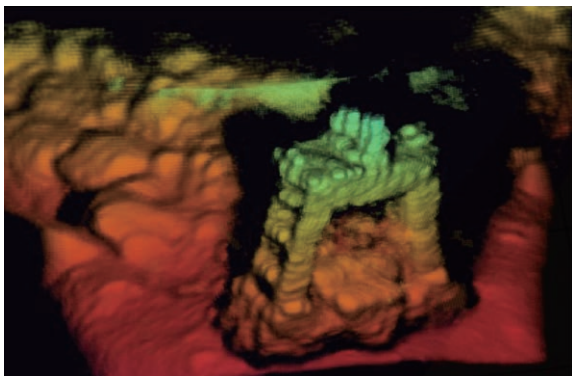


図3 ケーソン破碎時の水中ソナー画像(八戸港)

この水中ソナーはこの後多くの活用機会があった。釜石港湾口防波堤の開口部では、潜水士の作業が困難な水深-29mもの大深度における逆T型ブロックの据付に活用されその実用性が検証されたほか(図4)、水中における消波ブロックの据付も潜水士の指示に頼らず施工ができるため安全性が向上するなど(図5)、水中の監視技術として大いに貢献している。

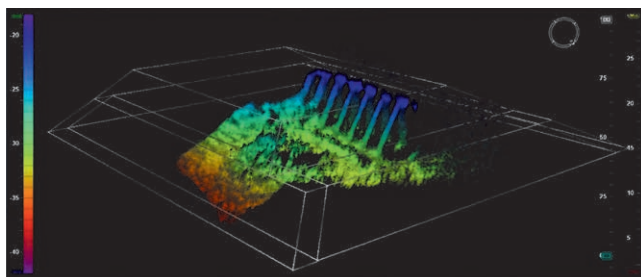


図4 大水深(水深-29m)における活用例(釜石港)

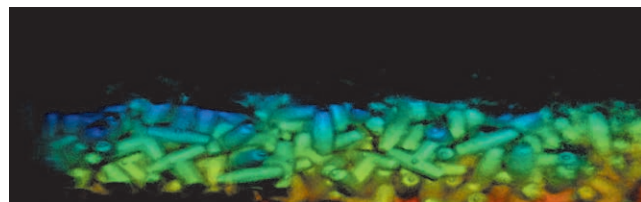


図5 消波ブロック据付時の活用例

3. プレキャストによる資材不足の緩和

復旧工事の最盛期には資材の需要が高まり、特に生コンクリートの供給がひっ迫した。外洋に面する護岸に多く採用された台形重力式防潮堤では、コンクリート使用量が大量である一方で、沿岸各地域の生コンクリートプラントが被災したほか、骨材の供給が追い付かずに出荷量が制限されるプラントも散見された。このため気仙沼や石巻近隣では新たに宮城県との協定によっていわゆる復興プラントが建設され、供給量が增強された。

(1) 粘り強い緩傾斜式防潮堤

緩傾斜式防潮堤は、津波の越流によっても堤体が洗掘されないようコンクリートブロックで被覆される構造である(図6)。沿岸各地域が生コンクリート不足の状況にあるなか、大量のコンクリートブロックの調達課題となった。

この被覆ブロックはプレキャスト部材であり、生コンクリートが安定的に供給されている地域、すなわち東北地方の内陸部や遠くは西日本で製作し、沿岸域の施工場所へ輸送する計画とした。大量の生コンクリートが必要とされていたが安定的な調達が可能となり、迅速な復旧に結び付いた。



図6 ブロックで被覆された防潮堤(中島海岸)

(2) 差し込み式防潮堤

沿岸域はリアス式海岸であり水際線と背後の山に挟まれた狭い地域もあるほか、後背地に接続した港湾施設内では用地利用の合理性から防潮堤の幅に制約がある。このような場合には、杭基礎に壁部材を差し込み構築する手法も採用された。壁部材

はプレキャストであり、被覆ブロックと同様に生コンクリートが安定的に供給されている地域で製作された。



図7 差し込み式防潮堤(釜石港)



図9 棧橋上部工のプレキャスト例(渡波漁港)

(3) 岸壁や棧橋における上部工のプレキャスト化

一日も早い復旧・復興が叫ばれるなか、港湾構造物のうち特に沿岸各地の岸壁は、経済活動の再開や復興の加速化にも密接に関連する港湾荷役のため、早期の供用開始が求められていた。このため生コンクリートの供給不足のなか、復旧工事は工程短縮が命題であった。現場打ちコンクリートに比べ若干経済性に劣るため従来は導入に消極的であった。しかしながらこのような緊急状況にあって、数々の岸壁や棧橋において上部工のプレキャスト化を導入し、生コンクリート不足の課題を解決するとともに、工程短縮の社会的要求も満足させてきた。

例として鋼管矢板護岸の上部工では、外枠のプレキャスト部材を設置して中詰めコンクリートによって下部工と一体化させた(図8)。また棧橋の上部工の例として、従来は鋼管杭に足場や支保工を組み、型枠設置したのち鉄筋組立を経てコンクリート打設となることを、棧橋の梁部材をプレキャスト化して鋼管杭間に架設したうえ、接続部にグラウトを充填して一体化する方法をとった(図9)。いずれの方法も、現場打ちのコンクリート打設量が大幅に低減したほか、足場や型枠の設置、鉄筋組立の手順を削減することで省力化と工程短縮を図った。



図8 矢板岸壁上部工のプレキャスト例(原町火力)

(4) プレキャスト化技術の進歩

震災復旧工事を通じて、港湾構造物のプレキャスト化が有効であるとの認識が広がった。従来からの課題であった杭頭部の剛結方法が確立されるなど、その後も研究が進みさらなる合理化が図られてきた。これらの成果を受け、青森港本港地区の岸壁上部工事では、棧橋上部工の梁部材についてプレキャスト化が採用された(図10)。厳冬期における海水面位置での施工という厳しい施工条件にあって、現場作業の省力化や工程短縮のみならず陸上での受梁製作による確実な品質確保が可能となる。



図10 剛結構造を有する棧橋受梁の施工例(青森港)

4. 新材料の積極的導入

(1) 人工石材

震災復旧工事では、石材についても重要が高まった。大断面の捨石マウンドの施工に際しては大量かつ急速な石材投入が求められ、近隣のみならず北海道・西伊豆・尾鷲・小豆島などといった遠方からも供給された。このような石材不足を背景に、従来技術ではあるものの、鉄鋼スラグを用いた人工石材の採用機会が増加した(図11)。天然石材に比べて一軸圧縮強度が小

さいことから、ケーソンや方塊ブロックといった荷重のかかる基礎マウンドとしての利用を避けて、裏込石や被覆石として使用することで、石材不足が補われた。



図11 人工石材の適用例(裏込石)

(2) 人工軽量材・軽量混合処理

東日本大震災では特に宮城県東端の牡鹿半島で最大およそ1.2mにも及ぶ地盤の沈降があったと報告されている。このような地盤沈下に対応するため既設岸壁のかさ上げがなされ、岸壁の背面土圧が増加し、これに伴う既設護岸の補強が必要になった。

この補強を最小限に抑えるため軽量混合処理や人工軽量材を用いたかさ上げにより、既設構造物への影響を抑制した方法も一部で採用した。将来的には地球温暖化に伴う平均海面の上昇や近年頻発する高潮への対応も期待できよう。



図12 人工軽量材による背面土圧の低減(石巻港)

5. 既設構造物の有効活用

滑動や転倒によりマウンドから水中転落したケーソンのうち、ケーソン本体に致命的な損傷がないものは有効利用を図った。水中で上部工を撤去したのち中詰土砂を排出したものの、完全

に没水しているため、従来通りの再浮上は不可能であった。

そこで、ケーソン天端に止水蓋を設置して排水することで浮力を確保し、完全没水しているケーソンを再浮上させた。止水蓋は煙突状の通気管を有しており、これを介して排水および通気がなされた。震災復旧工事とはいえ、合理的なコスト縮減が求められるなか、限られた既存ストックを有効利用することにつながった。



図13 止水蓋によるケーソンの再浮上(相馬港)

6. 人員不足への対応

各地で復旧工事が最盛期を迎えるようになると、作業人員の不足が顕著な課題となり、これを補うようICTの活用や、ドローンによる測量が普及した。また併せてARやVRの技術も進展し、遠隔検査までもが試行されている。これらの技術は人員不足を補うことのほか、品質の向上や、より一層の安全確保にも貢献するものである。

建設業の担い手確保は業界あげでの課題であるが、若手技術者の登用制度が推進されるほか、女性技術者の活躍もあわせて期待されているところである。

7. おわりに

これからの防災施設の建設にあたり、建設業にはコスト縮減を目的とした施工の効率化、労働者数の減少対応としての省力化施工や担い手確保、魅力ある業種としての働き方改革といった多くの課題への対応が求められている。

震災後の復旧から防災施設の建設を経て、この10年においてその建設技術は進歩してきている。本稿では震災後の防災強化に伴う建設技術として、復旧工事を通じて極めて一部を紹介したが、建設業全体では他にも多くの技術開発がなされている。震災特需に限られた技術というよりも、これを機会としてさらなる技術開発や発展に結び付けていくことが求められよう。

これらの技術が今後も発展的に活用され、効率的かつ効果的な防災強化が推進されることを期待して止まない。



洋上風力研究室の活動状況について

～「洋上風力発電設備の設計技術・適合性確認に関する講習会」の開催～

一般財団法人沿岸技術研究センター
洋上風力研究室 迫 大介

1. はじめに

洋上風力発電設備は、その安全性を確保するため、電気事業法・港湾法の各法が定める技術基準に適合する必要がある、これらの技術基準の統一的な解説書として、「洋上風力発電設備に関する技術基準の統一的解説」（以下「統一的解説」という。）が平成30年3月に策定された。その後、平成31年4月からは再エネ海域利用法が施行され、港湾区域に加えて一般海域においても洋上風力発電設備の導入が進められていることから、令和2年3月に「統一的解説」の改定が行われた。

また、港湾法の技術基準については、国土交通大臣又は国土交通大臣の登録を受けた者によって、技術基準への適合性を確認する適合性確認制度が平成19年度から導入されている。令和2年2月には港湾法施行規則が改正され、洋上風力発電設備が備える係留施設をはじめとする「海洋再生可能エネルギー発電設備等が備える係留施設」が、適合性確認制度の対象となる施設として追加された。

「統一的解説」の改定や適合性確認業務の開始など、洋上風力発電設備に関する最新の技術的動向を関係者と広く情報共有し、ひいては洋上風力発電の円滑な推進に寄与することを目的として、「洋上風力発電設備の設計技術・適合性確認に関する講習会」を開催したので報告する。

講習会は、第1回を令和2年5月29日（13:30～16:00）、第2回を8月26日（13:30～16:30）に開催した。第1回は、占用予定事業者の公募手続きや水域占用許可に携わる国及び地方公共団体の職員を対象とし、第2回は、民間事業者を中心に幅広く参加者を募集した。

なお、新型コロナウイルス感染拡大防止のため、沿岸技術研究センターとしては初めてとなる、オンライン・ライブ配信形式による開催とした。

2. 第1回講習会

第1回講習会は、Skype for businessを用いた双方向通信による開催形式とした。21件の申込みがあり、聴講者数は約40名であった。講習会プログラムは以下のとおりである。

占用公募制度の運用指針について （国土交通省港湾局海洋・環境課 課長補佐 針谷雅幸）
「洋上風力発電設備に関する技術基準の統一的解説」の改定について （沿岸技術研究センター 主任研究員 岡田理）
適合性確認業務について（沿岸技術研究センター研究主幹 辰巳大介）

双方向通信が可能なSkype for businessの特性を活用し、質疑応答の時間を設けることができ、活発な議論が行われた。講習会後のアンケート結果を見ると、オンラインによる講習会は遠方からでも気軽に参加でき効率的であるという、意見が多かった。

なお、第1回講習会は、国土交通省港湾局のご後援をいただいた。ここに記して、深甚なる謝意を申し上げる。

3. 第2回講習会

第2回講習会は、民間事業者を中心に幅広く参加者を募集したことから、多数の聴講者に対応できるよう一方のライブ配信形式とした。建設会社・建設コンサルタント等から、約200名の参加申込があった。講習会プログラムは、第1回講習会と異なり、早稲田大学の清宮理 名誉教授による特別講演を追加した。

（特別講演）洋上風力発電設備の設計技術について （早稲田大学 名誉教授 清宮理）
「洋上風力発電設備に関する技術基準の統一的解説」の改定概要 （沿岸技術研究センター 研究主幹 辰巳大介）
洋上風力発電設備の技術基準について （沿岸技術研究センター 主任研究員 井瀬肇）
適合性確認業務について （沿岸技術研究センター 研究主幹 辰巳大介）

講習会後のアンケート結果を見ると、第1回講習会と同様に、オンライン講習会は、会場への移動の手間もなく有益であるという意見が多かった。また、講習会当日は質疑応答の時間を設けなかったが、受講者の方は当センターホームページから講義内容について質問を提出できるようにした。ホームページによる質問受付は、発表内容の理解を深めるうえで有効であるという意見もいただいた。

4. さいごに

オンラインによる講習会は、沿岸技術研究センターにとって初めての試みであったが、大きなトラブルもなく実施することができた。新型コロナウイルス感染拡大防止に加えて、移動時間が不要であり遠方の方でも参加しやすいという長所があるので、今後もオンラインによる講習会で洋上風力発電の情報共有を推進して参りたい。

NEWS 01

民間技術評価事業・評価証授与式を挙行

令和2年7月22日(水)、沿岸技術研究センターにおいて、民間技術評価事業評価証授与式を執り行いました。

今回は、令和元年度下半期の表彰で、善功企九州大学名誉教

授を委員長とする「港湾関連民間技術の確認審査・評価委員会」にて審査・評価を行い、その結果を踏まえて、以下の4件について評価証を交付しました。

●更新(4件)



日本海上工事株式会社
摩擦増大用アスファルトマット「KAM」



五洋建設株式会社
ICタグによる水中転落者早期検知システム



東亜建設工業株式会社(上)、信幸建設株式会社(下)
基礎材投入施工支援システムー基礎材投入作業の情報化施工ー



景観技術株式会社
防潮壁用枠付き透明窓「シーウォール」





2020年度

- 「海洋・港湾構造物 維持管理 資格更新研修会」
- 「海洋・港湾構造物 維持管理士 資格認定試験」
- 「海洋・港湾構造物 設計士 資格認定試験」

2020年度の資格試験等について、下記のとおり予定しています（一部実施済み）。実施の詳細や募集の案内につきましては、当センターホームページ（URL <http://www.cdit.or.jp/>）に適宜掲載しますので、ご確認ください。

2020年度 海洋・港湾構造物 維持管理 資格更新(CPD単位不足者向け)研修会

開催時期：2020年11月13日（金）開催予定

開催場所：東京23区内を予定しています。

半日間の研修会です（オンライン方式での開催を基本とします）。

- ・CPD単位が250単位以上ある方
→受講する必要はありません。
- ・2010年度試験及び2015年度試験に合格し、2021年3月31日までの資格を有する方で、資格更新CPD単位が250単位に満たない方
→受講をお勧めします。
- ・資格失効後1年未満（資格有効期限が2020年3月31日）で更新を希望する方
→受講をお勧めします。

研修会申込みにあたっては、事務局にご相談下さい。

申込受付期間：2020年8月27日（木）～10月9日（金）

研修会前にレポートを提出していただきますが、詳細は当センターホームページでご確認ください。

2020年度 海洋・港湾構造物維持管理士 資格認定試験

開催時期：2020年11月1日（日）開催予定

開催場所：東京23区内、大阪市内、福岡市内、札幌市内の4会場にて実施を予定しています。

試験日程：13：00より択一試験及び記述試験を受けていただく予定です。

申込受付期間：8月25日（火）～9月25日（金）（当センターホームページにて募集を行います）

2020年度 海洋・港湾構造物設計士 資格認定試験

【設計士補試験及び設計士筆記試験】

申込受付期間：2020年6月8日（月）～7月17日（金）

開催日程：2020年9月6日（日）

開催場所：東京23区内、大阪市内、福岡市内

設計士面接試験

申込受付期間：2020年10月中旬～11月中旬頃

開催時期：2020年12月上旬～中旬の日曜日（1日のみ）

開催場所：東京23区内

受験資格：設計士補試験及び設計士筆記試験合格者（両試験の合格年度は同一年度の必要はありません）

その他：面接項目の一つとして、事前に「技術課題」が設定されます。詳細については、受験資格者にご案内します。

沿岸技術研究センターは、今後の誌面づくりに反映させるため、皆様のご意見ご感想をお待ちしております。詳細は沿岸技術研究センターHPをご覧ください。

URL:<http://www.cdit.or.jp/>

【編集後記】

本号はコロナ禍での執筆・編集となった。この状況下で座談会や原稿執筆にご協力頂いた方々に深く感謝したい。災害時の避難所において3密を避けることは非常に困難を伴う。それを考えると今年7月の豪雨災害時の関係者のご苦労は想像するにあまりある。今は台風来襲時期である。地震津波災害は国内いづどこで起きるかかわからない。万が一に備えるとともに、これ以上災害は起きないでくれと切に願いたい。(Y)

CDIT

Coastal Development Institute of Technology

発行 一般財団法人 沿岸技術研究センター
〒105-0003 東京都港区西新橋1-14-2 新橋エス・ワイビル5F
TEL. 03-6257-3701 FAX. 03-6257-3706
URL <http://www.cdit.or.jp/>
2020年9月発行