

地震と沿岸技術

～これまでの地震防災と喫緊の課題への対応～

関東大震災から100年が過ぎましたが、それ以降も近年では、平成7年の阪神・淡路大震災、平成23年の東日本大震災、平成28年の熊本地震など、多くの地震災害が発生し、多くの犠牲者を出しただけでなく、港湾を含む多くのインフラが被災し、経済活動への多大な影響をもたらしました。

これらを受け、港湾においては、港湾施設の強靱化対策などのハード施策、港湾BCP作成などのソフト施策を併せて行うなど見直しも図られてきたところです。

一方、本年1月1日に最大震度7の能登半島地震が発生し、甚大な被害が生じたところであります。

特集では、南海トラフ地震対策など喫緊の課題に対し、港湾施設の耐震設計をはじめとしたハード面にも着目した港湾・沿岸地域への対応の現状と課題について、一般の方にも分かりやすく、紹介・解説します。

● 地震はどのようにして発生するのか

地震とは、地下の岩盤が周囲から押される、もしくは引っ張られることによって、ある面を境として岩盤が急激にずれる現象のことをいいます。

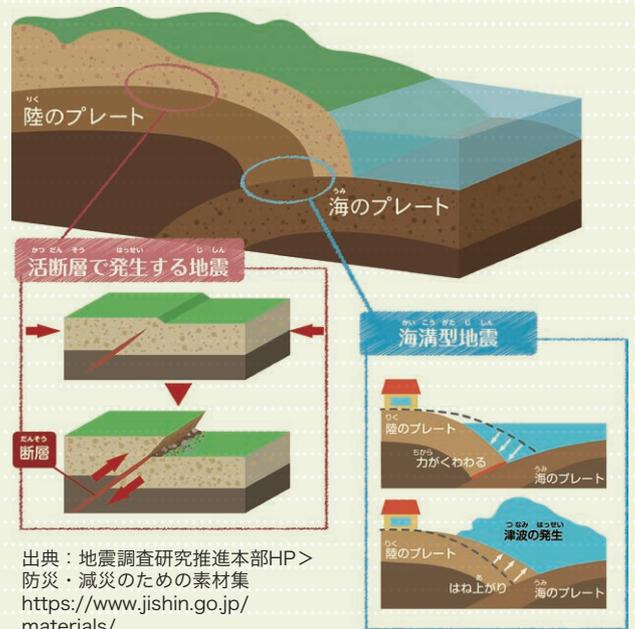
日本周辺にはプレートと呼ばれる岩盤が複数存在し、海のプレートである太平洋プレート、フィリピン海プレートが、陸のプレート（北米プレートやユーラシアプレート）の方へ1年あたり数cmの速度で動いており、陸のプレートの下に沈み込んでいます。陸のプレートが引きずりに耐えられなくなり、跳ね上げられるように起こるのが海溝型（プレート境界型）地震です。東日本大震災が代表的な例です。

また、プレートの内部に力が加わって発生する地震が、プレート内の地震です。プレート内の地震には、沈み込むプレート内の地震と陸のプレートの浅いところで発生する地震（陸域の浅い地震）があります。

陸域の浅い地震は、プレート境界で発生する地震に比べると規模が小さい地震が多いですが、人間の居住地域に近いところで発生するため、大きな被害を伴うことがあります。

阪神・淡路大震災が代表的な例です。

出典：気象庁HP>知識・解説>地震発生のおしくみ
https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/jishin/about_eq.html を元に作成



出典：地震調査研究推進本部HP>防災・減災のための素材集
<https://www.jishin.go.jp/materials/>

● 過去の主な大規模地震

【関東大震災、阪神・淡路大震災及び東日本大震災による被害状況等の比較】

近年では、関東大震災をはじめ多くの大規模災害が発生しておりますが、社会の経済規模等の違いがあるものの、経済、社会等への影響が特に大きいと考えられる関東大震災、阪神・淡路大震災及び東日本大震災の被害状況等をまとめたものが、右表となります。

災害の発生を契機に様々な防災対策の拡充・強化が図られてきており、今後においても防災対策の更なる強化が図られていくものと考えております。

	関東大震災	阪神淡路大震災	東日本大震災
発生日月日	1923年(大正12年) 9月1日土曜日 午前11時58分	1995年(平成7年) 1月17日火曜日 午前5時46分	2011年(平成23年) 3月11日金曜日 午後2時46分
地震規模	マグニチュード7.9	マグニチュード7.3	モーメント マグニチュード9.0
直接死・行方不明	約10万5千人 (うち焼死約9割)	約5,500人 (うち窒息・圧死約7割)	約1万8千人 (うち溺死約9割)
災害関連死	—	約900人	約3,800人
全壊・全焼住家	約29万棟	約11万棟	約12万棟
経済被害	約55億円	約9兆6千億円	約16兆9千億円
当時のGDP	約149億円	約522兆円	約497兆円
GDP比	約37%	約2%	約3%
当時の国家予算	約14億円	約73兆円	約92兆円

表出典：「令和5年版防災白書」(内閣府)
https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/r05/zuhyo/zuhyo_t01_01.html

注：「当時のGDP」のうち、関東大震災については粗国民生産の値
 出典：諸井・武村(2004)『日本地震工学会論文集』第4巻第4号、東京市役所(1926)『東京震災録：前編』、一橋大学社会科学統計情報研究センター『長期経済統計データベース』、気象庁、警察庁、消防庁、復興庁、国土庁、内閣府、財務省及び兵庫県資料を基に内閣府作成

地震と沿岸技術

～これまでの地震防災と喫緊の課題への対応～



上原 修二

国土交通省港湾局
海岸・防災課長



小野 憲司

国立大学法人京都大学
経営管理大学院
客員教授



柄谷 友香

名城大学都市情報学部
都市情報学科 教授



大矢 陽介

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
耐震構造研究グループ長



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

1 地震対策の進歩

宮崎(司会)▷今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。これまで本機関誌CDITでは災害というと津波と高潮災害に注目することが多かったのですが、今回は揺れとか陸上のビヘイビアに軸足を置きたいと思っています。

地震をテーマにした本日の座談会の日取り(令和6年1月22日)は昨年のうちに決まっていたのですが、年が明けるとすぐ、1月1日に能登半島地震が発生しました。お亡くなりになられた方々、被災された方々に、心よりお悔やみとお見舞いを申し上げます。

昨年は、関東大震災から100年の節目の年を迎え、近年では平成7年の阪神・淡路大震災、平成23年の東日本大震災、平成28年の熊本地震がありました。最近でも鳥島の地震の頻発や、発生が懸念されている南海トラフ、日本海溝、首都圏直下の地震対策が喫緊の課題になっています。このような大地震の発生では関係者がいろいろな形で取り組み、いろいろな対策を進められていますが、新年早々に先ほど述べました能登半島地震が発生し、港湾において

も大きな被害が発生しています。

多くの震災は港湾、施設そのものが壊れるだけではなく、復旧までに大きな時間を有して経済活動に多大な影響を与えています。物流の他にも、産業、産業構造にも影響が出ています。

一方で阪神・淡路大震災を契機として、行政機関、研究機関等においていろいろな政策や技術の研究が進められ、地震防災は大きく進んできました。港湾構造物の被災メカニズムの分析、設計基準の変更などがこれまで進められてきました。

東日本大震災においては、いろいろな法令の改正や技術革新なども進められました。沿岸技術研究センターは昨年、創立40周年を迎えましたが、創立された1983年は日本海中部地震が発生した年です。その後、定款を改正し、業務に防災も付け加えました。いろいろな地震に対する技術、耐震、液化化対策の調査研究等を進めたり、技術的なマニュアルの整備なども進めてきました。

本日は日本の防災のあり方を大きく変えた阪神・淡路大震災以降、沿岸域における地震防災政策、技術の変遷、復旧・復興への取り組みを振り返りつつ、今後懸念される大規模地震の沿岸域における影響、その対策について、さら

に今回の能登半島地震についてもお気づきの点がありましたら、それも含めてそれぞれの立場からご発言をいただきたいと思います。

最初に上原課長に、これまで行われてきた政策はどのように進展してきたかお話いただければと思います。

2 教訓を政策へ

上原▷まず、阪神・淡路、東日本、熊本の三つの大きな地震について、振り返ります。

阪神・淡路大震災は直下型の地震で、神戸を中心に非常に大きな被害が出ました。構造物被害として岸壁そのものが大きく壊れ、ガントリークレーンも倒壊しました。また、緊急物資を輸送するにあたって陸路を使えないところも多く、なかなか緊急物資を運び込めないという課題もありました。これに対する防災政策としては、大きな考え方としては災害発生後の物流機能をしっかりと維持するということです。具体的には、岸壁の倒壊等を防ぐよう耐震強化岸壁をしっかりと整備していこうということ、加えて緊急物資を海上からも運び込もうということで、臨海部に防災拠点をしっかり整備していくこと。耐震強化岸壁と臨海部の防災拠点、この二つの考え方を導入したことが阪神・淡路大震災の教訓かと思えます。

東日本大震災はプレート境界型でしたが、津波の被害が非常に大きかった。食料もそうですが燃料が足りないと言われ、広域、特に日本海側の港を通じて運び入れたこともありました。

また、津波で防波堤が倒壊しました。湾口防波堤も非常に派手に倒壊した。加えて、航路にコンテナや自動車が流出したり沈んだりして、航路、道路が閉塞する被害もありました。このため、緊急物資や燃料の代替輸送に新潟港、酒田港等が使われたわけです。すなわちリダンダンシーの確保が重要であろうということで、そのための政策、具体的にはBCPがつけられるようになりました。

さらに津波による越波で防波堤背後がえぐられ、防波堤が倒壊しました。これに対しては、今では当たり前のように使われている言葉である防波堤の「粘り強い化」ということで、津波が越流しても防波堤が簡単には倒れないようにする工法が導入されました。加えて、航路の閉塞に対しては、緊急確保航路の指定をしています。東日本大震災を受け、リダンダンシー、防波堤の粘り強い化、緊急確保航路の三つの政策をとり入れました。

28年の熊本地震は直下型でしたが、どちらかと言うと内陸で被害が大きく、港湾の被害はそこまでではなかった。逆に港湾がある程度使えたので、そこからの緊急物資輸送が非常に多くて、港湾利用が非常に混乱、錯綜した事案が教訓かと思えます。これに対しては、被災地の要請を待たず支援物資を入れるプッシュ型支援、これが政府全体の動きとして出てきたのは、熊本地震の頃からだと思います。それを受けて、船によって海上輸送ルートから物資や水を支援する、船による入浴支援を行うといった取り組みがなされました。大きいのは支援船による岸壁の利用を調整するために、港湾法を変えて、港湾管理者の要請に応じて、国が代わって岸壁等を含めた港湾管理を代行する制度ができたという点です。

こういった過去3回の大きな地震を踏まえた防災政策として、耐震強化岸壁やプッシュ型支援、岸壁の利用調整といった取り組みは、今回の能登半島地震でも非常に効果を発揮しており、もしこれらをやっていなかったらもっと大変だったなと思います。

3 阪神・淡路大震災をきっかけに 海岸工学から防災へ

司会▷ありがとうございます。続いて、柄谷先生にお伺いします。

柄谷▷私事で恐縮ですが、阪神・淡路大震災の当時、工学部の土木工学科、海岸工学研究室で、ハード整備を中心に学んでいました。前年の同月にアメリカでノースリッジ地震がありましたが、その状態を見ても、日本の設計基準や技術力の高さがあればまず日本ではありえないと、学生ながら信じていました。

ちょうど1年後、1月17日に阪神・淡路大震災が起きました。兵庫県在住で、病气入院中でした。搬送される患者さんの姿、道路、橋梁、港湾施設といったインフラ施設の壊滅的な被害を見るにつけ、ハード整備の限界を感じたのを覚えています。立ち並ぶ仮設住宅を窓越しに見ながら、被災地にいるけれども何もできないなという気持ちにさいなまれました。そのふがいなきみたいなのが、海岸工学の研究から防災の研究に移ったきっかけかと思えます。

今回の能登半島地震もそうですが、巨大災害によって著しい環境の変化を経験します。被災前の生活、さらにはもっといい生活を再建していこうという力を私たちは持っているのです。そういう力強さや被災された方々のレジリエンスに注目して、先を見据えてどんな知識、資源、能力

を備えればいいのかを研究してきました。

4 被災することを共感する

柄谷▷これまで取り組んできたことを二つご紹介します。一つは、堤防、防潮堤などインフラ整備の技術者、プロの人たちと住民とのリスクコミュニケーションを追求してきました。例えば2006年7月、鹿児島県北部豪雨がありましたが、現地に入ると被災者の方々が「今般の水害はダムによる人災である」と言われていました。訴訟を含めた原因追求のための被災者協議会が現場で発足し、被災住民が河川管理者を訴える形で進んでいました。裁判は、判決が出るまで費用や時間を要します。地域内でこれからの復興にあたって公平感の歪みとか、その後の住民と行政との関係性を変えてしまう可能性があります。ところが、結果的には原告、住民自らが訴訟を回避して、住民と行政が手を取り合ってまちづくりに取り組んでいったのです。

その背景にあったのは、河川管理者と被災住民との度重なるコミュニケーションでした。もちろん被災者支援に関する法制度を学ぶこともそうですが、すごいなと思ったのはダムの構造や操作に関わる知識も、いわゆる素人である住民の方々が共有していったということです。

土木工学やインフラ整備に関わる技術者と、安全を享受して暮らしたい人々との知識のギャップを埋め、インフラの効用、併せて限界を正しく住民の方々に理解していただき、自助や共助で補っていただく。それがリスクコミュニケーションと考え、実践してきました。

もう一つは災害現場に被災することへの理解と共感を学ばせていただき、それを次の教訓につなげる仕掛けづくりをやってきました。東日本大震災直後から3年ぐらい被災地に暮らす形で調査研究を続けました。宮古市の田老地区に入った時に、壊れてしまった防潮堤の上に立ち、阪神・淡路大震災以降、防災研究や教育に従事してきたのに、何もできていないではないかと、無力感みたいなものにさいなまれたのを今でも覚えています。その時に、被災された方々に寄り添いながら被災すること自体を理解、共感し、その後それを活かす仕組みを作れないかを考え、岩手県の陸前高田市という壊滅的な被害を受けた自治体の避難所や仮設住宅で、被災者の方と一緒に暮らそうと決めました。

被災された方々と、被災しておらず研究者である私、異なる境遇にある者同士が災害現場という厳しい環境を共有する。互いの主観をぶつけ合いながら、被災するというこ

とを客観的に、リアリティを持って描き出すことができないかといったことを続けてきました。

こうした記録を発信して、被災地の現場で活かす。今後の災害に備えて研修などの教材として、被災経験のない方々にいかに災害感やイメージを共有してもらえるか。こうした考えをもとに教育や研修に努めてきました。

5 3回にわたる技術基準の改訂

司会▷港湾空港技術研究所の大矢グループ長にお伺いしたいと思います。阪神・淡路大震災以降、耐震関連の実験施設の整備や地震観測網の整備が進められ、レベル1地震動、レベル2地震動という考え方も導入されました。また、性能設計法が導入され、耐震工学や耐震設計の考え方や取り組みも災害の経験を経て変わってきたと思います。

大矢▷神戸の地震が1995年に発生し、99年に港湾技術基準が改訂され、その後は約10年間隔で、7年、18年とこれまで3回改訂されています。その中で、99年に今の耐震設計の基礎になるものができました。それだけ神戸の震災はインパクトがあって、すべての土木構造物の設計の概念を変えたようなものです。地震動が巨大だったことが大きかったと思います。99年の改訂では、性能設計の本格的な導入が一つのポイントになります。耐震設計においては、設計地震動の変更、いわゆるレベル1地震動、レベル2地震動、2段階の地震のレベルを使った設計が導入されました。これは現在も使われている考えです。それぞれの地震のレベルに応じた要求性能のレベルを設定し、施設の変形量といった性能規定の限界値に収まっているか評価するものです。

それまでの設計法は震度法と言われるもので、設計地震力に対する十分な抵抗力を施設が持っているか評価する設計法で、抵抗力を超えた外力が働いた際の施設の挙動を評価することができません。そこで導入されるのが、地震が発生した時に施設の変形がどのくらいになっているか評価する変形照査手法です。

震度法で外力と抵抗力の釣り合いを評価するのと比べると、施設の変形を調査するのは計算の難易度が非常に高くなります。地震動の加速度波形を入力して時々刻々と地震応答を計算することに加えて、神戸港の被害のように施設被害の要因のひとつである地盤の液状化を評価することも必要です。私が所属している耐震構造の前身の地盤震動研究室では、阪神・淡路大震災の前から数値解析手法、FLIP

というプログラムの開発に取り組んでいました。これは97年に沿岸技術研究センターと連携して公開されましたが、プログラムのコアとなる論文は90年に発表されており、実際は80年代から取り組みが行われています。

83年の日本海中部地震、93年の釧路沖地震という港湾が被害を受けた地震で神戸の地震の前から検証されていたものが準備されていて、神戸の地震があって、その被害と地震動をもとにプログラムがチェックされ、そのあと97年に公開されました。神戸のあと、99年に設計が大きく変わる段階で変形照査が組み込まれますが、それに対応したプログラムは実はすでに研究所で準備されていて、地震のあと、港湾の技術基準の改訂の前に公開したという、非常に先進的な取り組みをしていました。

そのあと、2007年の基準で現在のサイト特性を用いたレベル2地震動の考え方、港ごとに地震動を作成して使うという概念が本格的に導入されました。これで照査の方法と地震動の考え方がセットになって、今の体系ができました。

設計に関しては、その体系をベースに、新しい形式の施設や耐震技術に対してどういったことをやるか。例えば、杭の評価をもう少し詳細にできないかということで杭の耐力評価の考え方を改良したりなどのマイナーな変更を行ってきました。耐震分野では、それが現在まで、継続されています。

6 「設計」から「利用可否判断」へ

大矢▷話は変わりますが、2016年の熊本地震で港湾の利用調整が非常に大変だったということで、2017年に港湾法が改正されました。それが今回の能登半島地震でよく聞く港湾法第55号の3の3の規定です。港湾管理者に代わって国が港湾施設の点検、利用可否判断、応急措置等の管理を実施することが可能になった。その中の「利用可否判断」が、研究面で非常に重要なワードで、利用可否判断をどうするかという取り組みを、われわれの研究グループでずっとやってきました。

現場は「この施設は使えるかどうか」を判断しなくては行けない。判断するために必要なデータを現地で調査したり、施設の変形計算をしたりします。港湾施設は矢板や杭が海面や地面の下にあるので、現地にいっても様子がわからない。それをどうやって評価するかということで、具体的には施設が地震によってどれだけ動いたか、RTK-GNSSという衛

星測位で測るシステムをつくり、その変位から施設が壊れているか、壊れていないかを判定する機能を持ったスマートフォンのアプリケーションを当研究グループが開発しました。バースサーベイヤーという名前です。こういった技術開発に取り組んでいて、各地方整備局で導入してもらえるように頑張っている途中で今回の地震が起きたという状況です。「設計」としては神戸のあとに大きく変わって、それ以後はあまり大きな変更はありませんでしたが、設計とは違う「利用可否判断」が現在の研究課題として大きなウエートを占めるようになっていきます。

司会▷他の土木構造物、たとえば道路などの耐震設計に比べて港湾ならではの耐震設計の特徴、あるいは注意しないといけないところはあるですか。

大矢▷FLIPについては現在では原子力分野をはじめ、他分野でも使ってもらっています。99年に導入された港湾の耐震設計は最先端を進んでいたと思います。この変形照査は、計算の難易度が非常に高く、計算結果は計算者の技量に依存するようなものです。ある土木構造物のコードライターからは「そんな難しい手法を設計では入れられない。我々の構造物は全国でたくさんの方が設計されるので、誰もが使えるような方法を考えなければならない」と言われたことがあります。港湾の設計は難しい方法でも、港湾のコンサルタントはそれほど多くないので、知っている方に使ってもらい、きちんと使ってもらっているんで、別分野とはパイの大きさが違うと言うのでしょうか。耐震の分野でそういったところが違いであり、注意しているところでもあります。

7 阪神・淡路大震災が契機となったBCP

司会▷ありがとうございます。次に、小野先生にお伺いします。

小野▷くしくもなんですが、阪神・淡路大震災の直後まで行政官でした。その頃何があったかと言うと、柄谷先生も言われた自助・公助・共助の話や、防災から今後は減災、防御一辺倒から徐々に、ハードで防御しつつも足りない部分をソフトで補おうという発想が強くなってきた時代だったと思います。東日本大震災がそれにとどめを刺したというか、迷いをなくさせたと思います。あれだけの規模の津波が沿岸域を襲うことはなかったわけですし、地区によっては阪神・淡路大震災に相当する大きな揺れ、構造物に危険な波形の地震動が襲ったわけです。



海辺から離れると港湾機能が成り立たないので、港湾において自然災害をシャットアウトすることはもはや不可能である。守れるところまで守り、それを補うものとして迅速な復旧・復興の備えをやろうと明確に方針を変えたのは、阪神・淡路大震災が契機だと思います。

備えということで事業継続マネジメント、日本ではBCP（事業継続計画）の発想が出てきたのは、阪神・淡路大震災以降、東日本大震災の前かなと思います。その後2012年以降ですが、京都大学の防災研究所で、港湾物流BCPの研究をさせてもらう機会に恵まれました。

事業計画マネジメントの国際基準であるISO22301を内閣府事業継続ガイドラインでは日本的に翻案し、これに基づいて港湾においてもBCPが策定されるようになったのが2011年から2〜3年の間です。地方港湾1港を含む全国126港で港湾BCPの策定が2014年の3月末までに達成されました。BCPの考え方は、こののちの国土強靱化計画にも生かされています。

この時期の港湾BCPの特徴ですが、個々の港のBCPでは対処できない事態が起こった際に、広域的なリダンダンシーの話を上原課長がされましたが、国主導で広域的な対応をする、例えば、東北広域港湾BCPのようなものが各地にできました。東日本大震災の時に日本海側の港湾経由で燃料や飼料穀物を入れた経験から、東北広域港湾BCPでは、日本海側と太平洋側の港がお互いにバックアップをしようという計画になっています。同じような発想で、北陸地方においても相互バックアップの広域港湾BCPが作成され、協議会が設置されています。

広域港湾BCPでは、BCP協議会を中心に港湾関係事業者、関係官庁、それから協力団体として海洋調査会社、設計コンサルタント、建設会社が集まって、大震災が起きた

あとの復旧・復興に向けてどう行動するかという計画をつくり、実際にそれに基づいた訓練をしています。

8 防災訓練は平時に具体性を

小野▷訓練で感じるのは、平時に、いかに具体的な検討を行い計画に盛り込んでおけるかということです。人間には、平時に考えることには限界がありますが、そうは言いながらいろいろな可能性を考えて、なるべく書き出しておく。これは手順書と呼んでいます。ISO22301の記述の中にも「～を検討して書いておく」という表現が多用されています。手順書はその言葉のとおり、発災時に備えてあらかじめ手順をまとめておくことです。災害時にはなかなかそのとおりにはできないものですが、それでも手順書にまとめておくことが備えになるという発想です。手順書はどちらかというと専門的になるので、たとえば官庁の場合と、近くに宿舍などがあって地方整備局に参集できた専門外の人にもすぐ行動手順がわかるように、一枚紙にまとめたものをアクションカードと言います。アクションカードをつくる活動も、最近、各地方整備局で活発になっています。

もう一例だけ付け加えると、防災研究所時代の私の研究テーマで、ERL（Emergency Relief Logistics：緊急支援輸送）という分野がありますが、これは海からの支援物資の供給です。阪神・淡路大震災の時は海路で人流輸送をしました。東日本大震災では本格的に大型フェリーによって北海道の自衛隊の部隊が東北の被災地に展開しました。自衛隊は、演習時に、重車両を遠隔地の演習場へ持って行かなければいけないのですが、一般街路を通過すると騒音はある、舗装は傷むということで、日頃からフェリーを使っていました。東日本大震災時にフェリーが活用されたのは画期的で、2016年の熊本地震の時もフェリーが活躍しました。

今回の能登半島地震ではなかなか難しかったようですが、海路からの支援輸送が定着したのがこの10年の特徴かと思います。海路での緊急支援輸送は、大量の物資を一気に送れるメリットがありますが、逆に、量がうまくまとまらなると輸送のタイミングを逸してしまうので、いかに輸送量と輸送のタイミングをうまく調整するか、マネジメント能力が問われます。そういった点で、今後は国が指導力を発揮しなければいけないのかなと思います。

司会▷柄谷先生は、リスクコミュニケーションの研究や被災を経験された立場から、緊急物資の輸送についてお気づ

きの点はありますか。

柄谷▷小野先生が言われたように、海路など輸送方法にリダンダンシーを持たせることが大切です。また、国からプッシュ型の支援あるいは、さまざまな方々からの支援物資等を送る時に、行政ではなく平時から運送のプロである民間運送事業者へ委託し、目的地まで必要なものを運ぶ協定も進んでいます。能登半島地震では災害後に民間運送事業者と契約をしようとして苦労しているケースもあります。今後一層、広域巨大災害を見据えた事前の訓練や連携などが求められます。

9 オールフェイズの視点で計画・設計を

小野▷もう一つは、オールフェイズの視点というのがあります。今回の能登半島地震を見てみると、災害関連死をいかに少なくするかという点に大きな関心が集まっています。東日本大震災の時は、悲しいことにそういう声はむしろ少なく、結局2000人余りが災害関連死で亡くなったという統計が出ています。初動は人命救助ですが、そのあとは被災した方の心身の健康を守る活動で、海外ではヒューマンタリオン・ロジスティクスと言っています。「人道物流」ですが、そう言ったことが次の段階です。その後被災地インフラを復旧し、生活再建、自立に結び付けてゆくといった一貫性を持った災害対応活動が要るし、そういったことを意識した港湾の計画と設計があるだろうと思います。

たとえば港湾施設の性能設計にあつては、港湾施設の要求性能は強度や荷役などの機能ですが、支援船が岸壁に着けるかどうか、どのぐらいの変状なら支援物資の荷役ができるのか、どうやって被災者に送り届けるのかをトータルでもっと議論すべきではないでしょうか。岸壁だけではなくてエプロン、野積み場、道路等がトータルシステムとして働けるかどうかと言ったことを考えないと、オールフェイズを支えるインフラにならない。沿岸技術研究センターには、そういった議論も、これから進めていただければと期待しています。

10 能登半島地震の対応

司会▷国においては、これまでの地震に対する取り組みを踏まえて、これから行政として取り組んでいくこと、考えていくことがあるかと思っています。

上原▷まず今回の能登半島地震の状況をお話ししたいと思います。今回の地震では、新潟から福井までの日本海側の港湾に広域に被害が生じていますが、特に能登半島地域に厳しい被害が集中しているのが特徴です。能登半島地域の港のうち特に被害が厳しい輪島港、七尾港、飯田港、小木港、宇出津港、穴水港の6港において、先ほどご紹介した港湾法55条の3の3に基づく権限代行で国が港湾管理を代行しています。自衛隊等の支援船のバース調整と、その前提となる港の利用可否判断や応急復旧をやっていきます。

現時点（座談会当日）で能登地域の水深4.5m以上の岸壁16のうち9つの岸壁が、利用制限付きではありますが使える状況です。利用環境等は港湾局のホームページで公表しています。今回の地震で過去の教訓と、それに応じた対応を照らし合わせて考えると、耐震強化岸壁が非常に有効だったと思います。具体的には七尾港、金沢港に耐震強化岸壁があり、支援物資の輸送等に使われています。

次にプッシュ型支援ですが、冬の日本海は海象条件が厳しくて必ずしも100%できてはいないのですが、しっかり取り組んでいます。

加えて権限代行、港湾法55条の3の3は非常に有効で、これがなかったら大変なことになっていると思います。国が自衛隊、海上保安庁を含めた支援船の岸壁の利用調整をしています。加えて、強調したいのは利用可否判断です。「この岸壁は使える」「これは制限が必要」というのを早期に判断した上で、ホームページでも公表する。これは非常に重要で、利用者からも非常にありがたがられています。研究所の技術力も非常に素晴らしいものがあると感じたところです。現在まだ震災対応の途上で、これから応急復旧から本格復旧のステージに入っていきますが、今回の地震では岸壁の利用可否判断、利用調整が上手く機能したと思います。

11 能登半島地震の教訓

上原▷今後に向けた課題について少し触れておきます。まだ役所としての総括をしたわけではないのですが、個人的な気づきの点を述べます。

利用調整の権限代行はさらに工夫の余地はあろうかと思っています。今の利用調整の制度は被害があった港湾管理者からの申し出に応じて権限を代行しますが、自衛隊や海上保安庁の船は、給油などをしますから被災港湾以外の港も使

います。富山や新潟の港も含めた調整が求められる事案が結構あったので、東日本大震災の時のリダンダンシーとしての日本海側港湾のように、被災地以外の港も含めて、もう少し広い範囲での代行が必要かもしれません。そうなる、港湾管理者からの申し出にのみ頼るのではなく、国から能動的に働きかける制度があってもいいかもしれないと思います。

もう一つは、現在、堺泉北港と川崎港に基幹的広域防災拠点整備されていますが、もう少し地域毎にというか、こういった被害があった時に広域的な物資支援の拠点として使えるような、液状化や耐震被害にも強い準基幹的広域防災拠点的なものが必要ではないかという気がします。

三つ目は、制度の提案ではないのですが、状況が日々刻々変わることを痛感しました。最初は被災状況把握と緊急物資輸送に追われていましたが、3日目ぐらいからは、もうプッシュ型の緊急物資輸送ではなく、復旧・復興をどうするかという議論をしています。まさに組織のBCPをしっかりとつくっておくことが大事です。港湾局のBCPもバージョンアップを重ねていますが、時間軸も含めた組織のBCPをしっかりとつくって、日々訓練して、みんなが頭に入れておかないと、対応が後手後手に回ることになります。

司会▷港湾の利用調整を国が権限代行で行っているとのことですが、施設の復旧にあたって、県の施設を国が代行して復旧工事を行うことはあるのでしょうか。

上原▷港湾法55条の3の3は利用可否判断、バース調整、そのための応急復旧を念頭に置いた制度です。他方、東日本大震災後にできた法律で大規模災害復興法という法律があります。これに基づいて自治体からの要請に応じて本格復旧を国が代行する制度があるので、本格復旧は大規模災害復興法に基づいて国が代行して行うことは可能で、そういった方向へ行きつつあると思います。

12 「利用可否判断」の課題

司会▷先ほど利用可否判断が非常に重要というお話がありましたが、直轄で国が整備している港は設計の図面やデータがあらかじめ国に蓄積されています。今回、県が整備している港湾施設の利用可否判断をされたと思いますが、もとななる図面やデータはどうされたのですか。

上原▷台帳の図面などを研究所で取り寄せて、あるいはわれわれから送って、地方整備局と港湾空港技術研究所がタグを組んで利用可否判断をやっていただきました。

司会▷大矢グループ長は、国で整備した港湾ではなくてそれ以外の港からの要請でも判断に行ったり、いろいろなアドバイスをする立場だと思いますが、いかがですか。

大矢▷利用可否判断で大事なものは、地震の時にどれだけ施設が動いているかという変位の評価と、その変位から施設がどの程度損傷しているか評価することです。そのために、まず地震の前の座標と地震の後の座標が必要です。私が調査へ行った段階では、地震後の座標は未だなくて、地震前の座標については維持管理用の基準点の座標はありましたがそれをどれぐらい信頼して使ったらいいかどうか、今そのへんを議論しています。われわれが希望するのは、地震前後で施設の同じ箇所をRTK-GNSSより測った座標です。その他いろいろな方法で座標や地震による変位を評価することができますが、利用可否判断で施設の10cm、20cmぐらいの変位を評価する精度に関しては十分ではない可能性があります。

施設がどの程度損傷したかについては、設計での変形照査で使われたFLIPのデータを用いて、変位と施設の損傷の関係を予めシミュレーションで計算して求めておく場合が多いです。今回、唯一データがあったのは七尾港の耐震強化岸壁で、設計段階で変位と損傷の関係が分かるシミュレーション結果がきちんと残っていました。そういったデータをいただいて、座標のデータはなかったのですが見た目、施設が20cmぐらい動いているのではないかという時に、現場の値とシミュレーションの値を比べて危ないのかどうかの比較をすることができました。耐震強化施設であればそういう準備がありますが、残念ながら県の施設はそういったデータがなかったので、一番いい方法を使った利用可否判断ができなかったのが実情です。

司会▷今後の大規模な地震に備えて耐震工学の分野で今後重要と考えられる取り組み、それから今、いろいろな分野でDX、ITの導入が言われていますが、そういうものの耐震工学分野への導入についてのお考えがあればお話しただけですか。

13 IT技術の活用

大矢▷今回は、国総研と港空研の研究者を中心に現場で利用可否を判断しました。半島の陸路が寸断されているところで、現地に入るのが非常に大変でした。

結果的に、石川県から委託を受けた施設のすべての利用可否判断ができたのが1月10日なので8日間かかりまし

た。非常に時間がかかってしまったことと、陸路が寸断されているので、ひどい時は帰りに12時間かかったりしました。そういうところで調査をするのは、今後の本当の意味の広域災害に向けてまずいのではないかという意見が出ています。

対応としては、久里浜にいる研究者ではなく被災地に近い方に現場に入ってもらって、映像や画像を久里浜に送ってもらう。その情報を基に久里浜で使えるかどうか利用可否判断ができないかとかいったニーズが出てきました。今まさに研究所として今回の地震被害を踏まえた研究課題としてリモートによる利用可否判断を提案している状況です。

司会▷被災地の研究者だけではなく直轄事務所の職員なども現場の写真を撮ることはできますね。

大矢▷おそらく事務所の方と現地の調査会社の方が支援してくれると思います。オール港湾というのでしょうか。みんなで現地を歩いてもらう。

司会▷そういう仕組みづくりが今後の課題ですね。

大矢▷そうですね。いくつかの整備局と沿岸センターで取り組んできた港湾防災情報システムがそれに適用できるかなと思っていて、そのまま使えるのか、今後発展させていくのかは、わかりませんが、今後のニーズとしてあるのではないかと思います。

司会▷県の港湾施設のデータをあらかじめ国が持つのは難しいですか。

上原▷そういうものがあらかじめ国に備えてあれば、もっと迅速な対応ができたと思います。

大矢▷今回使用したデータは別の用途であったもので、きちんとデータベース化されたものではありません。断面図とか維持管理用の座標はありますが、われわれが開発している地震後の利用可否のシステムは座標の数、計測のタイミングや基準点の設定など、精度を高めるために少し要求レベルが高いです。

14 港湾防災情報システム

上原▷港湾防災情報システムは、いわゆるサイバーポートの一環として構築されていますが、これが充実してくれば、活用できると思います。

小野▷防災におけるICTの視点ですが、サイバーポート構築の今後の発展形態として、サイバーポートに集まっていくいろいろな情報を災害対応にどう活用するかと言う視点が重要かと思っています。港湾の施設や利用に関する情報を

的確に災害対応の現場に提供できれば、情報を集める労力は最小化され、現場での被災状況の評価や分析にかかる時間が増えます。サイバーポートを使ったインフラ情報の収集、利活用が重要です。

その延長で、各港をデジタルツイン化していったら如何でしょうか？ 電子情報として港がサイバー空間に再現できれば、災害シミュレーションも行いやすいと思います。都市防災の分野では既に都市のデジタルツイン化が進んでいますが、港湾でもそういうことはあり得ると思います。可能な限り数値化された港湾構造物の目に見えない内部で何が起きてるかと言った評価も可能になりますので、利用可否の判断に大きな進展があるかなという期待が持てます。

今はいろいろな港湾関係者がバラバラに情報を保管しているので、災害時にこれらの情報を保全することも容易ではありません。平成30年に神戸港、大阪港を襲った台風21号の時は、六甲アイランドが浸水しました。コンテナターミナルではすべてのコンテナを一元管理していますので、実際はコンテナの流出は発生しませんでした。仮に流出が起こったとしてどのコンテナがなくなったが容易にわかります。しかし、在来バースに置いてあったコンテナは、それらを保管する現地事務所も浸水し管理書類などが失われたため、いったいコンテナが何個あったのか、どれが流されたのは分からなくなって困ったと海上保安部の方から聞きました。コンテナが沈んでいるかもしれないので航路の復旧が遅れたという苦い経験になりました。港湾の現場情報の保全がいかに重要かという教訓です。その意味でも、サイバーポートは非常に大きな期待が持たれます。

今回の能登半島地震発災当日の港湾の被災状況は、リモートセンシングの結果で状況報告がされました。国土交通省が被災情報を速やかに収集する試みの一環が生かされたのだと思います。何が起きているかを常に把握するためのリモートセンシング技術、すなわち衛星、航空機、ドローンによる観測技術をさらに強化することと、そこで取れたデータを的確にサイバーポートに集約し、生かしてゆくことが重要かと思っています。その過程で、沿岸センターで開発された防災情報プラットフォームが生きてくると考えます。

15 被災現場を体験すること

司会▷柄谷先生の被災の状況を共感する研究にも通じますが、リモートによる利用可否判断が実現しても、研究者には被災の現場を見てもらって、被災の規模、すごさを感じ

じてもらうことは大切ですよ。

大矢▷この座談会のお話をいただいたのが12月で、その時に思ったのは、われわれは神戸の震災を知らない世代だということです。設計を担当していますが、神戸のあと設計を変えるところには参加していないので、次の直下型地震、南海トラフがどんな被害になるのか。考えなければいけないのですが実際に体験していないので、「被害は大きいのだろう」、「大変なんだろう」ともやもやした気持ちで日々研究をしています。

そういった状況なので、若い人には地震があれば被災地へ行って自分の目で見てもらう。私も3.11以降の被害調査には何度も行っていますが、地震被害としては神戸と比べると被害程度は小さい。私は第1班として現地に入って、被害をよく見てきました。ところどころ、今まで写真で見たような、神戸と同じような被害を見ることができて、非常にいい体験ができました。

今回は被災地調査というよりも利用可否判断が目的で行きましたから、使えるところだけを見て評価する仕事だったので被害が大きいところはあまり時間を掛けて見られなかったのですが、「是非若手を調査団へ入れてほしい」とお願いしました。他のシニア研究者からも同じ要望が出て、調査団のトップは室長クラスの利用可否判断できる人がついて、その下は若手研究者がついて現場を見てもらう機会を得ることができました。

柄谷▷私が被災者の方々と東北に暮らしながらやってきたことの一つは、建設関係の方や若い職員の方に被災地に来ていただく機会を設けたことです。仮設住宅などで被災者の方々と車座になって、今何が問題で、これからどんな課題があるかを対等に語り合う機会を持ちたかったのです。その場でできることを模索するだけでなく、将来に活かせる技術や研究シーズに気づいたり発見したりする。将来を担う若手の技術者や研究者にはとても大切な機会であったと考えています。

16 顔の見える関係を築く

司会▷柄谷先生は、港湾以外の分野の委員会や防災訓練にも参加されていますが、それらの取り組みについてお気づきの点がありましたらお伺いしたいと思います。

柄谷▷南海トラフ地震に備えて、南海トラフ地震対策中部圏戦略会議という大きな会議があります。2011年の東日本大震災の教訓を踏まえて、南海トラフ地震のあとでどん

な総合的かつ広域的な課題があるのかを洗い出し、それを関係機関で重点的に、戦略的に取り組むことをやってきています。その一委員として参加していて一番大きな効用は、まさに多様なステークホルダー、関係者が一堂に会す機会なのです。海岸工学、沿岸防災、ライフライン工学、いろいろな専門家、国交省を始めとする国の機関や経済団体、自治体、報道関係者といった方々が135も集まっています。こうした方々が、時間に即したハード・ソフト、重点政策の目標をみんなで共有する意味で非常にいいと思います。

能登半島地震後、広域支援のための自治体応援派遣職員の方々へのヒアリングを始めています。その中で共通して言われることは、現地に入って応援支援をする際に、その町長さんや副町長さん、職員の方々や顔の見える関係を築くところから始めているということです。災害が起きたあとに関係づくりをするのはもちろん大切ですが、災害が起きる前に互いに何ができる人なのか、あるいは信頼できる人なのかをしっかりと構築しておくことが重要です。南海トラフ地震対策中部圏戦略会議は同じ目標に向かう者同士が活動や課題を共有するとともに、平時より顔の見える関係を築くよい機会と捉えています。

机上で議論したり計画をつくったりはもちろんですが、大規模地震津波防災総合訓練といった協働を通じて計画の実効性を確認することも重要と考えています。この訓練では、上空、海上、陸上、それ以外に市民等も巻き込んで避難訓練をされたり、災害対策本部、情報通信訓練を実践しています。上原課長の話にもありましたが、災害が起きて時間経過とともにどんなプロセスが起きて対応しなければいけないのかを実践を通じて見直す機会を設けています。この結果を踏まえて計画をブラッシュアップする、見直す非常によい機会を考えています。

小野▷人が集まることの価値ということでは私も経験があります。国際共同研究プロジェクトの一環で港湾BCPを試験的につくろうとしていた海外の港があり、議論の最中に大地震が起り、津波も起こりました。大きな港湾被害があったのですが、現地の方に「港湾BCPの議論をしてきたが、結局間に合わなかった。意味がないのではないか」と言われるのが一番怖かったのですが、BCPの議論に参加した関係機関や地元自治体の皆さんがお互いに顔見知りになっていて、相互の信頼醸成につながったので復旧が早かったとあとで聞きました。ソーシャルキャピタル形成の効果です。そういう形で地域のレジリエンスが高まることあるのかなと思います。

17 次世代へ繋ぐには

司会▷南海トラフをはじめ今後起こりうる大規模地震に備えて、どういう視点やアプローチが必要でしょうか。次世代へどう繋げていけばいいでしょう。

柄谷▷災害対応経験を次世代に引き継いでいくポイントの一つは、経験や暗黙知をきちんと記録しておくことです。それを教材として研修などの学ぶ場をつくっていく。

災害対応の中核を担う方々に長らくインタビューしているのですが、共通するのは過去の経験を真摯に学んでおられることです。例えば東日本大震災だと阪神・淡路大震災や新潟県中越沖地震といった地震の後の対応、災害対策本部の立ち上げや運営、インフラの復旧や被災者支援といったことを学んで現地に入られています。

南海トラフ地震対策中部圏戦略会議メンバーの方々は、今回の能登半島地震でもこれまでの知恵や経験を踏まえた上で広域支援に入っている方がたくさんおられると思います。私は経験や暗黙知、ノウハウ、スキル、うまくいかなかったことも含めて、インタビューをずっと続けています。それを動画や音声、テキストとして、次の方々に学んでいただく機会をつくってきました。

次世代の方にまったく同じ災害が起きるとは言い切れませんが、被災を乗り切るための大きなヒントの一つと考えていて、先人の知恵やノウハウを学べるのではないかと考えています。大矢さんや上原さんのように現場で陣頭指揮を取られたり調査をされている方のご経験やご苦労もきちんと記録させていただきたいと考えています。

18 まとめにかえて

司会▷最後に一言、まとめや補足でも結構ですし、今後の沿岸防災のあり方や、沿岸センターへの期待でも結構です。

上原▷沿岸センターに期待することですが、利用可否判断が非常に大事だという観点からは、誰でもできる簡易プログラムのものを用意して頂いたらすごくいいと思います。

今後の私の立場上の取り組みでは、今は能登半島地震の対応の真っ最中なので、この対応をしっかりと最後までやり切りたいと思います。いろいろな知見が得られたので、これを後世にきちんと伝えることも大事です。加えて、こういった知見を基に、制度を改善する。この「やり切る、伝える、改善する」、の三つをやっていききたいと思います。

大矢▷われわれはいろいろと技術を開発して全国展開を目指して頑張っていますが、先ほどのご質問で、県管理の施設では利用可否に必要なデータがないと言ってしまいましたが、そもそも国管理の施設でも多くはデータがないのが現状です。今後の地震災害へ向けて、技術をどう広めていくか、どう多くの人に使ってもらえるか、考えていきたいと思っています。

柄谷▷能登半島地震規模でこれだけ現場が混乱して、その中で南海トラフ地震に本当に立ち向かえるのかと思った時に、ちょっと想像を超えます。地道なことかもしれませんが、能登半島地震で経験したことをきちんと記録し、次に継ぐ。こういった経験は同じ組織、あるいは他組織間で共有して継いでいくことを一層やっていかなければいけないと思います。

小野▷浮上式防波堤という、実現はしませんでした、一時期研究、実証していたものがありますね。それを横で見ている時に、あの防波堤はどこまでもって、どういう状態になったら周りの人はどう避難すればいいのかをセットで考えたらどうかと考えていました。ハードの取説みたいなものです。これから取説なしにハードはつくってはいけない。取説のない電化商品はないですね。港空研の中にあるハードの設計、施工管理、復旧といったものの中に、ソフトとセットでどうやって考えるのかという設計思想が次の次あたりで出てきたらいいのではないのでしょうか。

司会▷今日は、沿岸技術研究センターの今後の地震防災への取り組みの参考ともなる非常に貴重なお話を伺いました。長時間にわたり、どうもありがとうございました。

