

沿岸防災技術の高度化の最近の状況と課題



磯部 雅彦

一般財団法人 沿岸技術研究センター 上席客員研究員
高知工科大学 名誉教授・東京大学 名誉教授

戦後の海岸保全

戦後から1950年代までは毎年のように強大な高潮に襲われ、チリ津波も経験した。この間、1953年の13号台風をきっかけとして1956年に海岸法が制定された。1959年の伊勢湾台風の際には、海岸堤防の海側、天端、陸側をコンクリートで被覆した三面張り堤防の、越波に対する強さが実証された。また、海岸侵食に対しても離岸堤などの技術開発が行われた。

1960-1980年代の比較的静穏な時期に、この技術を含めて海岸保全施設が著しい速度で建設された。1990年代には強大な台風の来襲が始まったが、戦後に比べて被害は大きく抑えられており、防災技術に裏付けられた海岸保全事業の効果は極めて大きなものであったと言える。しかし、その後、台風の挙動の変化、巨大津波の来襲、気候変動の顕在化などにより、以下に述べるように、新たな沿岸災害の技術開発と枠組み整備が必要となった。

東日本大震災を契機とする二段防災体制

2011年の東日本大震災は、津波の最大遡上高40m、死者・行方不明者22,000人余りという、壊滅的な津波災害をもたらした。結果として防災システムを大きく進化させることとなった。この時、岩手県南部沖ではGPS波浪計によって鋭く高く立ち上がる津波波形が捉えられた。これにより大すべり（アスペリティ）によって、地震のマグニチュードにはあまり関係なく、津波の波高を2、3倍にも高くする津波の発生メカニズムが確認された。沿岸防災技術研究所では理論や技術を現場に活かすことを通じて、GPS波浪計による観測、港湾施設の被災原因や復旧、ハザードマップマニュアル、防災ステーションなどに多大な貢献をし、報告書に取りまとめてきた。

震災後の復旧・復興においては、最大クラス（レベル2）の津波に対しては（避難によって）住民等の生命を守ることを最優先し、発生頻度が高い（数十年から百数十年に一回、レベル1）津波に対しては海岸保全施設を整備して浸水を防ぐという二段防災の方針になった。前者は2011年の津波防災地域づくり法、後者は海岸法の下での海岸保全基本計画に反映されている。

その結果、レベル1津波に対して設計された構造物は、それを超える津波に遭遇する可能性があることになるので、その際にも粘り強い構造とすることとなった。これまでに海岸堤防の被覆工を強化する、洗掘防止工を施す、防波堤に腹付工を設置する、などの技術開発がなされるなど進化している。

しかし、粘り強い構造はレベル1を超過する外力に対して、どこまでどのような機能を発揮するかが具体的・定量的にはなっていない。今後は、どの程度までの超過外力に耐えるか、超過外力に対して破壊までの時間をどれだけ延ばせるか、破壊後にもどの程度の浸水阻止機能が残るのか、など減災機能の定量的評価をしなければ粘り強い化の必要性を十分に説明することができない。また、避難のためのハザードマップ作成において、超過外力に対する構造物の効果を危険側に取り、極めて限られた範囲でしか考慮できていない。正しく予測して正しく逃げるといった観点からも、新技術の開発とともに、超過外力に対する粘り強さの定量的評価が欠かせない。

津波以外の水災害についても、2015年に水防法が改正され、最大規模の高潮・洪水・内水による浸水範囲を予測し、公表して、避難態勢を整えることになった。これにより、以前からの防災施設による防護と合わせて、水災害全般が二段防災の体制になった。この体制は、レベル1を柔軟に設定することにより、我が国のみならず、開発途上国を含んで応用範囲の広いものとして今後の広がりが期待できる。

気候変動への適応

気候変動に対しては、2018年に気候変動適応法が制定されたから、適応策の実施の段階に進んだ。これを支える研究成果としてd4PDFと呼ばれる、将来の気象状況を繰り返しシミュレーションし、延べ数千年分のデータベースとして公開したものが大きく貢献している。これは、将来気候の下で極めて長期の観測データが与えられたようなものなので、気候変動後の外力を確率的に設定し実務を進めることが可能になった。これらを受けて、海岸法下の海岸保全基本方針に気候変動が取り入れられ、今年度末には、全71沿岸のほぼすべてに対して気候変動を取り込んで海岸保全基本計画の改訂がなされようとしている。

気候変動への適応において特徴となるのが、経年的に変化する外力にどう対応するかである。これまで、災害などをきっかけに外力が見直されることはあったが、それが将来変化することを前提とはしてこなかった。しかし、気候変動はそもそも地球の気圏・水圏を中心に動的に変化する現象である。加えて、現状の科学レベルでの予測の不確実性や、さらに温室効果ガスの排出シナリオに対する社会の対策の不確実性がある。このため設定外力が変動してしまう可能性が高い。

そのような将来変動性を加味して外力を設定し、沿岸防災を進めるといった状況は初めて経験する。時間を加味した合理的な外力の設定法の開発や、変化に応じて順応的に補強・改善できる構造物の開発など、新たな技術開発の余地は大きい。ポンツーンのような浮体式の施設は海面上昇に自然に適応できる。堤防や防波堤の場合には、パラベットのな付属部分を加えることで天端高を上げることができるような構造や、可動式の施設ができれば、非常に有用な技術となる。これまでにパラベットの形状や可動式構造物に関する研究成果が多く発表されている。特に、イタリアのベネチアではモーゼ計画を策定し可動式の水門によって、常時の船舶の通行と、高潮時の陸側の水位上昇抑制の両方を実現している。気候変動による外力変化に対しては柔軟な発想による適応策の技術開発が必要である。

気候変動に伴う海面上昇は海岸侵食の主要因となるが、それを阻止することは極めて難しい課題である。近年では、同位体を用いた津波堆積物の年代測定や、ルミネッセンスを用いた砂の経年数の同定などの技術が開発され、歴史的経緯を解明することができるようになってきている。モニタリングを含めて、長期的な観点から土砂管理を考えながら海岸に応じた対策を取らなければならない。

協働防護

港湾内の主要部は堤防等の防護ラインの海側（堤外地）にある。港湾では、その機能を発揮すべく利用することが優先的であることから、防災に関して十分な対策をとるのが難しい。また、港湾内には様々な企業などが立地することから、それらが協働して防災体制を構築する必要がある。ここでは共助が重要である。

港湾内においては利用を損なわないために、大きな防災構造物を建設することはできない。それでも津波・高潮などに対して被害が軽減でき、事業継続が可能となるように対策することは是非必要であり、2025年の港湾法の改正に協働防護が盛り込まれた。

協働防護といっても、企業ごとに重点項目が異なるであろう。多様な目的を達成するために、今後期待される協働防護計画の策定には、十分な意思疎通が欠かせない。また、新たな防災技術を開発して選択肢となる手段を提供する必要もあるだろう。低い胸壁や陸側でも破壊しないで浸水を軽減できるとか、胸壁・パラベットの形状を工夫するとか、港湾の広さを利用して面的な多重の防護システムを構築するとか、可動式の浸水防止施設を開発するとか、今までの防災技術に限らない考え方を導入することにより、より効果的・効率的な防災が可能になると思われる。

今後の沿岸防災のあり方

以上、沿岸防災に関する最近の社会的要請と技術開発を概観した。特に、気候変動も加味した津波・高潮災害対策としては、二段防災の枠組みができたので、レベル1と2のそれぞれに対して目的に向かって各人・各組織が努力すればよい。その際、現在の技術では実現に年数を要したり、実現不可能であることも考えられるので、新たな技術開発により不可能を可能にする努力も必要である。

また、レベル2の避難や、協働防護においては、沿岸災害の専門知識が少ない一般市民や企業が中心的な参加者となるので、防災に関する共通理解のための広報や防災学習が重要性を増す。しかし、防災教育を国や都道府県がすべてを直接行うには無理があると思われる。それを実現できるような仕組みを作り上げることも、二段防災システムを有効に機能させるためには欠くことのできない要素である。