

2026年度（第61回） 水工学に関する夏期研修会講義集

B コース

Lecture Notes of the
61st Summer Seminar on Hydraulic Engineering, 2026
Course B

土木学会
水工学委員会・海岸工学委員会
Committee on Hydrosience and Hydraulic Engineering,
Coastal Engineering Committee,
JSCE

2026年8月
August 2026

2026年度（第61回）

水工学に関する夏期研修会講義集

Bコース（海岸・港湾コース）

総合テーマ

頻発・激甚化する流域・沿岸災害に関する調査・解析と防災を考える

B-1	水災害予測を目的とした降雨流出・洪水氾濫の統合解析	京都大学 教授	佐山 敬洋 Takahiro SAYAMA
B-2	流域の特徴を俯瞰した流域治水に向けて	政策研究大学院大学 教授	知花 武佳 Takeyoshi CHIBANA
B-3	非地震性津波ハザード評価の現状と課題～海底地すべり津波の解析から実務への適用まで～	防衛大学校 教授	鳴原 良典 Yoshinori SHIGIHARA
B-4	アジョイント津波解析	港湾空港技術研究所 グループ長	高川 智博 Tomohiro TAKAGAWA
B-5	海岸・海洋デジタルツインの開発と展望	東北大学 教授	越村 俊一 Shunichi KOSHIMURA
B-6	高潮・洪水による複合災害解析とその適用例	豊橋技術科学大学 准教授	豊田 将也 Masaya TOYODA
B-7	爆弾低気圧による沿岸災害とその将来変化予測	金沢大学 准教授	二宮 順一 Junichi NINOMIYA
B-8	多数の台風シナリオを用いた災害リスク評価に関する課題と試み	大阪公立大学 准教授	中條 壮大 Sota NAKAJO

水災害予測を目的とした降雨流出・洪水氾濫の統合解析

Integrated Analysis of Rainfall-Runoff and Flood Inundation for Water-Related Disaster Prediction

佐 山 敬 洋

Takahiro SAYAMA

1. はじめに

1.1 頻発・激甚化する豪雨災害

台風や前線性の豪雨による洪水災害が毎年のように生じている。なかでも、2015年関東・東北豪雨による鬼怒川水害、2018年西日本豪雨による小田川水害、2019年東日本台風による千曲川水害、2020年7月豪雨による球磨川水害など、2010年代以降、主要河川において堤防決壊を伴う甚大な洪水災害が相次いで発生した。また、2017年九州北部豪雨や2024年能登半島豪雨のように、集中豪雨により多数の中小河川が同時に氾濫し、集落の孤立や広域的な被害が発生した事例も報告されている。都市部では、下水道や排水系の処理能力を超える集中降雨によって、地下街や低地が浸水する内水氾濫も発生している。近年の気候変動の研究は、こうした極端降雨現象に対して、地球温暖化が既に影響を及ぼしている可能性を示唆している^{1), 2), 3)}。

このような豪雨災害では、堤防越水や破堤を伴う外水氾濫、都市域における内水氾濫、農地や交通インフラの浸水、長期間にわたる社会・経済活動の停滞など、多様な被害が複合して生じる。また、多数の中小河川が同時に氾濫する事例や、外水と内水が同時に氾濫する事例も報告されており、災害の様相はますます複雑化している。このため、特定の河道地点を対象とした洪水の解析だけでは、流域全体で進行する災害の実態を十分に把握することが難しい。そのため、降雨から流出、河道流下、氾濫拡大、さらには被害発生までを一体的に取り扱う統合的な水災害予測技術の重要性が高まっている。

1.2 水災害予測とは何か

従来の降雨流出解析は、主として河川計画や洪水予測を目的とし、どの程度の水が河川に流出するかを対象としてきた。一方、洪水氾濫解析では、想定された破堤地点や越水条件を与えた上で、氾濫原における浸水の挙動を高精度に解析することを主な目的として発展してきた。

近年求められているのは、どこで氾濫が発生し、どのように広がり、どのような被害をもたらすかを、事前に、もしくはリアルタイムで予測する技術である。降雨や気象条件を所与として、流域内における洪水氾濫の発生・拡大過程を時空間的に推定し、被害やリスクの評価につなげる一連の技術として水災害予測が求められている。その目的は多岐にわたり、リアルタイムの洪水予測や避難判断支援はもとより、気候変動下の水災害リスク評価、流域治水の計画、保険制度やリスクファイナンスの設計などにもつながっている。

水災害予測を実現するためには、降雨から流出、河道流下、越水・破堤、氾濫拡大に至る一連の過程を統合的に扱う必要がある（図-1）。その基盤となるのは、流出機構の理解に基づく降雨流出解析と、河川・氾濫原における流れを表現する洪水流下、氾濫解析である。これらの技術は長年にわたって独自に発展してきたが、近年では水災害予測を目的として統合された解析が行われるようになっている。

流域の特徴を俯瞰した流域治水に向けて

Toward “River Basin Disaster Resilience and Sustainability by All” Based on a Holistic View of Watershed Characteristics

知 花 武 佳
Takeyoshi CHIBANA

1. はじめに

現在、様々な流域において流域治水に関する取り組みが進められている中、流域治水に関わる施設や施策の提案および効果検証といった研究成果も蓄積されつつあり、活発な議論が続いている。そうした最新の研究成果は学会論文集を見ていただくとして、ここでは「流域治水」に関わる概念および歴史を整理しつつ、筆者が関わった土木学会の提言についても紹介することで、これからの流域治水、あるいはさらに利水や環境まで含めた流域総合水管理を進める上で、流域の特徴を俯瞰した方策を検討するための一助としたい。

2. 用語の意味について

2. 1. 流域に関わる用語

まず、「流域」に関わる用語の定義について確認しておく（図－1）。

流域（集水域）：流域あるいは集水域という言葉の定義としては、「川のある地点を流下する水のもととなる雨や雪の降下範囲」ということになり、その範囲の境界線が流域界または分水界と呼ばれる。この「ある地点」として特定の地点を指定しないときは河口で考え、「雨や雪がその河川に流れ込む範囲」が定義となる。なお「地下水流動系が生起する循環の場合」を「地下水域」と呼び、涵養域、流動域、流出域からなる¹⁾が、この地下水域は表流水の流域とは必ずしも一致しない。

氾濫域（洪水氾濫域）：氾濫域というのは、「その川の氾濫水が到達する範囲」である。ある地点が複数流域にまたがることはないが、複数河川の氾濫域にまたがることは多々ある。

利水域（水利用域）：上述した流域と氾濫域の二つの概念が流域治水にとって特に重要ではある^{2),3)}が、後述する流域総合水管理を考える上で必要なのが利水域である³⁾。利水域は「その川の水を利用している範囲」という意味で使われることが多く、流域外の導水先や水道の配水区域も含めるという考え方である。

「水源域と利水域の交流」といった使われ方をすることも多い。一方で、「（その河川流域の外にあって）流域内の上水・工水・農水の給水元となる河川流域」が含まれることもある。例えば阿賀野川流域に属する猪苗代湖の流域は、安積疏水で郡山へ導水しているため、阿武隈川流域の利水域に含まれている^{3),4)}。

排水区域：下水道で使われる用語であり、「公共下水道により下水を排除することができる地域」（下水道法第2条第七号イ）のことをいう。排水区域は、排出先河川の流域外にも広がっていることがあり、環境面で水質等について考えたり、治水面で集まる雨水の量を考えたり、あるいは河川へ雨水が放流できないことに起因する内水氾濫について考えたりする上では重要になる。そのため、後述する特定都市河川浸水被害対策法においては、「特定都市河川の流域と特定都市下水道（当該特定都市河川に雨水を排除する下水道）の排水区域を合わせて特定都市河川流域として指定」することとなっている⁵⁾。逆に、当該特定都市河川の流域内にあっても、当該河川以外に排水する下水道の排水区域は特定都市河川流域から除外する⁵⁾。

（図－2）また、「流域」という名の付いた「流域下水道」という言葉が存在するが、これは「専ら地方公

非地震性津波ハザード評価の現状と課題

～海底地すべり津波の解析から実務への適用まで～

Current Status and Challenges in Non-Seismic Tsunami Hazard Assessment: From Analysis of Submarine Landslide Tsunamis to Practical Applications

鳴 原 良 典

Yoshinori SHIGIHARA

1. はじめに

津波は、プレート境界型地震などに伴う断層運動（地震性津波）を波源として発生することが広く知られているが、その発生要因は断層運動に限定されない。海底地すべりや沿岸地すべり、噴火に伴う山体崩壊や火砕流流入、カルデラ陥没、あるいは大気波動による気象津波など、非地震性の要因によって引き起こされる海面変動も存在し、これらを総称して「非地震性津波」と呼ぶ（近貞（山本），2022）。これらは現象の幅が極めて広く、発生プロセスごとに独自の波動特性を有するため、統一的な評価が困難な対象として扱われてきた。

本稿では、その中でも近年国内外で実務上の脅威として認識されている「海底地すべり津波」に焦点を当てる。実際、図-1に示すように、世界の歴史的な津波イベントの発生要因をみると、地すべりは地震に次いで2番目に多く、地震等との複合要因を含めると全体の約13%に関与していることが報告されている（Roger et al., 2024）。海底地すべりは比較

的小さな規模の地震でも誘発されることがあり、沿岸の住民が強い揺れを感じず津波の発生を認知できないまま急襲されるなど、到達前に避難行動をとることが極めて難しい現象である。さらに、火山噴火や陸域の地すべりとは異なり、海底という広大かつ直接的な視認が困難な領域で発生するため、その発生位置や規模、発生頻度に関する直接的な情報が限られている（Shigihara et al., 2025）。とりわけ、海底地すべりの分布や規模は地域の地質構造に大きく依存するため、現象の体系的な理解を困難にしている。

このような突発的かつ局所的に壊滅的な被害をもたらす特性と、予測にかかわる極めて高い不確実性の組み合わせが、将来の津波ハザード評価において海底地すべりを無視できない最大の要因となっている。こうした予測困難な現象に対して適切に評価するためには、単一の波源のみを想定する従来の決定論的なアプローチには限界があり、近年では様々な不確実性を網羅して発生確率との関係性を評価する確率論的アプローチ（PTHA: Probabilistic Tsunami Hazard Assessment）を組み合わせる枠組みの構築が求められている。

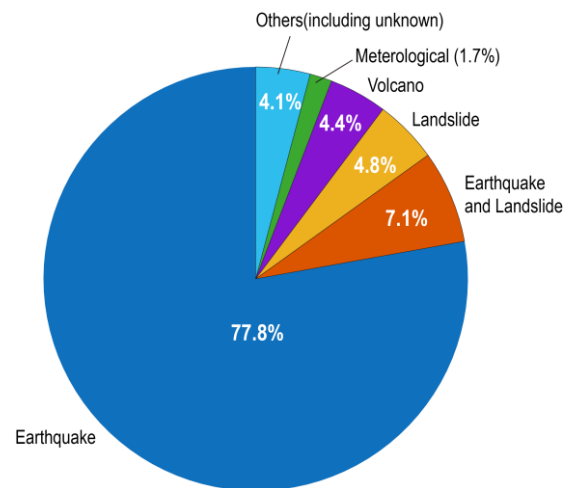


図-1 NOAA/NGDC/WDS Global Historical tsunami Databaseに報告されている紀元前1610年から2023年2月20日までの計1426件の事例における津波の発生要因の割合（Roger et al., 2024のデータに基づき筆者作成）

アジョイント津波解析

Adjoint Analysis of Tsunami

高 川 智 博
Tomohiro TAKAGAWA

1. はじめに

2010年チリ・マウレ地震津波および2011年東北地方太平洋沖地震津波の際に、沿岸地形の影響を受けにくいDARTブイで高精度な津波波形を複数地点で観測できたことにより、津波の伝播に関する知見が大きく更新された。とくに、海水の圧縮性、津波荷重に対する地殻・マン托ルの弾性変形 (Tsai et al. 2013)、重力場の変化 (Watada et al. 2014) を考慮することで遠地津波の計算精度が格段に向上することが明らかになった。さらに、平面的な津波伝播計算に海水の圧縮性や固体地球の弾性変形の効果を考慮する方法が Allgeyer & Cummins (2014) によって開発され、Baba et al. (2017) はこれに重力場の変化とブシネスク型の分散項を組み込んだ平面伝播モデルを構築し、遠地津波の計算精度を飛躍的に高めた。このモデルはJAGURSと呼ばれ、オープンソースソフトウェアとして公開されている (JAMSTEC, 2016)。

Takagawa et al. (2024) は、このJAGURSで用いられる上に上げた種々の効果を考慮した高精度な津波方程式を出発点とし、非線形項を除いた線形方程式に対してアジョイント方程式を導出した。そして、アジョイント方程式に基づくモデルが高解像度な津波のグリーン関数のデータベース構築に極めて有効であることを示した。これにより、遠地津波の波源を高精度かつ高解像度に逆解析することが可能となった。このモデルはTANDEMとしてオープンソースソフトウェアとして公開されている (Takagawa, 2024)。本稿ではこのアジョイントを活用した津波解析の原理をできるだけ平易に説明し、適用例を紹介する。

アジョイント合成法を提案したTakagawa et al. (2024)では連続関数としてアジョイント・オペレーターを扱うため、やや敷居が高い。ここでは数値シミュレーションのような離散系では、アジョイントが「行列の転置」に対応することを足掛かりに、単純な1次元線形長波方程式の差分モデルに基づく説明を試みる。具体的には、アジョイント合成法の大きな動機付けであるグリーン関数合成とデータベースの高解像度化について触れ (2章)、アジョイント合成を理解するために必要なベクトル・転置・内積の基本を整理 (3章) する。その後、1次元線形長波方程式を離散化した最小モデルを用いて、数値シミュレーションが行列と状態ベクトルの積に対応すること (4章)、シミュレーションから観測値を抽出する操作が状態ベクトルと単位ベクトルの内積に対応すること (5章) を示す。これらの対応を基礎として、初期条件から時間を順方向に進めながら計算する通常のシミュレーションと、観測点から時間を逆方向に進めて最後に初期条件を考慮するアジョイント合成法が等価な計算であることを示す (6章)。そして、実際の津波解析へ適用例として2012年Haida Gwaii地震津波と、2024年能登半島地震津波の事例を紹介し (7章)、最後にまとめる。

海岸・海洋デジタルツインの開発と展望

Digital Twin Paradigm for Coastal Disaster Risk Reduction and Resilience

越 村 俊 一

Shunichi KOSHIMURA

1. はじめに

近年の環境・社会動態のセンシング手法の高度化、モニタリングデータの大規模化とリアルタイム流通、計算機性能・シミュレーション手法の高度化、機械学習を核とするデータ駆動科学の進展を背景に、多様な分野で「デジタルツイン」の有効性が実証されている。デジタルツインとは、物理世界の情報・データのデジタルコピー（ツイン）を仮想空間上に作成し、仮想空間上でのデータ分析や将来予測などのシミュレーションを実行、その結果に基づく最適な政策、施策、方針、行動を物理世界にフィードバックすることで、社会の問題解決やビジネスを向上させる技術体系であり、先進的な分野では既に実用化されている。例えば機械系分野では、航空機エンジンのデータを仮想空間に展開して部品の劣化を予測し、トラブル発生前に先回り整備を行うなど、産業界での実用化が見られる。社会基盤の分野では、シンガポールは国土全体を3Dバーチャルツイン化してリアルタイムで都市情報を可視化、我が国でも国土交通省がプロジェクト PLATEAUを先導し、東京都で「デジタルツイン実現プロジェクト」が開始されるなど、世界的にも新たな潮流が生まれている。

陸と海が相接する地帯としての「海岸」には、人口、財産、社会資本等が集積していると同時に、地震、津波、高潮、風浪等の厳しい自然条件に曝されている。海岸の諸問題は、高波、高潮、津波などの短期的なハザード予測・評価に加えて、海岸侵食、水質汚濁など長期的なモニタリングに基づく分析と対応・適応策の検討が必要であり、さらに気候変動による海面上昇や海水温、生態系の変化等が対策や適応策の不確実性を高めている。これら諸問題に対するリスク評価、対策、対応、適応の検討、政策決定という社会の課題に対して、共通の基盤となり得るのがデジタルツインの枠組みであり、分野横断的な協働によって海岸・海洋デジタルツインの基盤を構築する必要がある。

本稿では、沿岸環境を対象に物理世界と仮想世界（コンピュータ上）を連携させたサイバー・フィジカルシステム（Cyber-physical systems）を構築し、物理世界では時間的・コスト的に不可能といえるような様々な検討、設計、最適解探索を仮想世界で実行しそれを物理世界にフィードバックするという「デジタルツイン」のパラダイムを、海岸・海洋工学に導入することを目的として、2022年6月～2025年5月の期間で活動した土木学会海岸工学委員会「沿岸災害デジタルツイン研究小委員会」、2025年6月～2028年5月の期間で活動中の同「海岸・海洋デジタルツイン研究小委員会」での成果を報告するとともに、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第3期「スマート防災ネットワークの構築」（プログラムディレクター：楠浩一 東京大学教授、研究推進法人：国立研究開発法人防災科学技術研究所）で実施している「津波災害デジタルツインの構築とスマート・レジリエンスの実現」の研究開発と社会実装の展望について述べる。

高潮・洪水による複合災害解析とその適用例

Analysis of Compound Hazards Induced by Storm Surges and River Floods and Their Practical Applications

豊 田 将 也

Masaya TOYODA

1. はじめに

勢力の強い台風の襲来は高潮の河川遡上や河川の増水を発生させ、これらのハザードが同時または連続して発生することで、河口付近において大規模な複合氾濫を引き起こすことが懸念されている。現在、温暖化後の台風に伴う高潮および大雨に起因する洪水災害について事象毎に取り上げた研究事例は多数あるものの（例えばMori and Takemi 2016）、複合氾濫を対象に一体的かつ力学的に解く数値モデルの開発・研究・運用した事例は依然として限られている。これは、大気・海洋・河川の各イベントの時空間スケールが異なることや、各要素モデル間における境界条件の設定が複雑であること、そして複合氾濫を引き起こすような既往事例が少ないことに起因する。しかし、今後甚大化する台風災害の対策には、これら時空間スケールが異なるマルチハザードを包括的に考慮することが必要と考えられる。

高潮・洪水による複合氾濫の発生可能性は近年高まりつつある。それに呼応して、世界各国でも研究が進められるなど、研究トピックとしての機運も高まっている。本講では、まず複合氾濫に関する概要を紹介する（2節）。次いで、複合氾濫に関連する既往研究事例を整理しつつ、当該研究の現状を述べる（3節）。そして、著者がこれまでに実施した解析を元に適用例を紹介する（4節）。

2. 「複合氾濫」の概要

本講で述べる「高潮・洪水による複合氾濫」とは、大別すれば「複合災害」の一種と考えることができる。複合災害については多様な考え方・定義があるが、本講では国土交通省の「能登半島での地震・大雨を踏まえた水害・土砂災害対策検討会」における定義を引用し、「先発の自然災害の影響が残っている状態で、後発の自然災害が発生することで、単発の災害に比べて被害が拡大する事象」とする。この複合災害について簡潔に紹介する。日本において実際に発生した複合災害として、2024年1月に発生した能登半島地震および同年9月に発生した大雨災害が例として挙げられる場合が多い。この災害では、先発災害としてマグニチュード7.6、最大震度7を観測した大規模な地震、後発災害として同年9月20日から23日にかけて発生した観測史上最大の豪雨災害があげられる。先発災害による影響が残る状態で後発災害が発生したことで、先述した通り、国土交通省による検討会の中で「複合災害」として言及されている（https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/kentoukai/noto_kentoukai/index.htm, 2026年5月25日閲覧）。実際に、輪島市を流れる塚田川では、能登半島地震により山地部に流出した土砂や流木が、洪水により更に河川の下流まで流下し、被害が発生・拡大した。日本では、この災害よりも前に内閣府による「事前防災・複合災害ワーキンググループ提言」が発表されており（<https://www.bousai.go.jp/kaigirep/teigen/index.html>, 2026年5月25日閲覧）、その中では地震以外にも、スーパー台風による高潮への対策についても触れられている。上記のように複合災害に対しては、対策が急務となっているといえる。

「複合氾濫」については、気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC）

爆弾低気圧による沿岸災害とその将来変化予測

Coastal Hazards Due to Explosive Cyclones and Their Future Projection

二 宮 順 一

Junichi NINOMIYA

1. はじめに

近年、流域・沿岸の災害は頻発・激甚化の傾向にあり、気候変動の進行に伴ってその外力がさらに強まることが懸念されている。本研修会のテーマ「頻発・激甚化する流域・沿岸災害に関する調査・解析と防災を考える」も、こうした問題意識に立つものである。沿岸災害をもたらす気象擾乱としては台風がよく知られているが、日本周辺ではもう一つ、冬季から春季にかけて急速に発達する温帯低気圧（爆弾低気圧）が、毎年のように高波・高潮・暴風（雪）による深刻な被害を引き起こしている。とりわけ日本海側や北日本では、富山湾の寄り廻り波や2014年の根室高潮に代表されるように、爆弾低気圧が冬季沿岸災害の主要な要因である。

本研修会では台風による災害リスク評価や、高潮と河川洪水の複合災害も別途扱われる。本講はそれらと相補的に、冬季に急発達する温帯低気圧（爆弾低気圧）による沿岸災害に焦点を当て、台風災害とは外力の構成・季節・海域の異なる「高波・高潮・越波の複合」という観点から論じる。対象は主として日本海・北日本であるが、太平洋側（南岸低気圧）も含めた全国的な視点からまとめる。

本講のねらいは、爆弾低気圧による沿岸災害の実態を把握したうえで、気候変動の下でそれが将来どう変化するかを、最新の研究成果に基づいて示すことにある。以下では、まず爆弾低気圧の基礎と世界の中での位置づけ（2章）、それがもたらす沿岸災害の実態を過去の統計と海外との対比から俯瞰する（3章）。次に、将来変化を評価するための解析手法の要点を述べ（4章）、本講の中心として高波・高潮の将来変化予測の知見を述べ（5章）、最後に減災・適応への示唆と残された課題をまとめる（6章）。実務者や学生にとっての見通しのよさを優先し、結果の意味と減災上の含意を重視して記述する。

本講の要点は、次の3点に集約される。

1. 爆弾低気圧は台風とは異なる冬季の沿岸外力である（広い強風域・長い継続時間・うねり性の高波）。
2. その被害は高波・高潮・越波が複合する形で、日本海側・北日本に集中する。
3. 将来変化では、「平均」よりも「極端値」が増えることに注意する必要がある（設計外力には極端値が重要）。

2. 爆弾低気圧の基礎

本章では爆弾低気圧の定義と基本的な特徴、台風との違い、および世界の中での日本の位置づけを簡潔にまとめる。気象学の講座ではないため、発達の気象学的な詳細には深入りせず、沿岸災害を理解するうえで必要な範囲にとどめる。

2.1 定義と一般的な特徴

爆弾低気圧（explosive cyclone, bomb cyclone）とは、急速に発達する温帯低気圧を指す呼称で、Sandersにより提唱された[1]。おおまかには「中緯度で24時間に約24 hPa以上も中心気圧が急低下する低気圧」と理解できる。正確には、中心気圧の24時間あたりの低下量が $24 \text{ hPa} \times \sin\phi/\sin60^\circ$ （ ϕ は緯度）以上となるもの、と定

多数の台風シナリオを用いた災害リスク評価に関する課題と試み

Challenges and Approaches in Disaster Risk Assessment Using Numerous Typhoon Scenarios

中條 壮大

Sota NAKAJO

1. はじめに

台風、ハリケーン、サイクロンなどと総称される熱帯低気圧は、毎年のように世界各地で甚大な被害をもたらしている。しかし、防災・減災の観点から、どの程度の規模の災害を想定して対策を講じるべきかについては、いまだ十分な知見が得られていない。

1899年には、オーストラリア・クイーンズランド州に、中心気圧が914 hPa¹⁾あるいは880 hPa²⁾と推定されるサイクロンMahinaが上陸し、約9 mに達する高潮を発生させた。これは南半球で観測された史上最大級の熱帯低気圧とされている。さらに、1900年にはカテゴリー4のGalvestonハリケーンが米国・テキサス州Galveston周辺に壊滅的な高潮被害をもたらした。その15年後の1915年にも、同じくカテゴリー4のGalvestonハリケーン（同名）が同地域を襲った。また、1926年にはカテゴリー4のMiamiハリケーンがフロリダ半島を襲来し、Weinkleら³⁾による経済被害の正規化評価では、歴代最大の被害をもたらしたハリケーンとされている（1900年のGalvestonハリケーンが第2位、2005年のカテゴリー5のハリケーンKatrinaが第3位）。

このような甚大な災害の経験を契機として、米国では1950年代後半以降、ハリケーン災害に対する備えが本格的に進められた。1954年にはSchloemer⁴⁾がOkeechobee湖周辺を対象とした経験的ハリケーンモデルを提案し、風速分布のモデル化を行った。さらに1959年には、設計用ハリケーンを検討するStandard Project Hurricane (SPH) が開始され⁵⁾、高潮防災や沿岸構造物設計の基礎となる設計ハリケーンの検討が進められた。

日本では、1959年に伊勢湾台風が甚大な被害をもたらした。これを契機として災害対策基本法をはじめとする法制度の整備が進められた。これと並行して、全国で伊勢湾台風級の外力を想定した設計台風シナリオ（標準台風）や、それに基づく設計高潮シナリオをもとに、防潮ラインの設定や防潮施設の整備が進められてきた。

その結果、高潮災害によって1000人を超えるような多数の人命が失われる事例は大きく減少した。例えば大阪では、室戸台風や伊勢湾台風の教訓を踏まえた防災対策が講じられ、第2室戸台風においては災害による死者は0人であったとされている。こうした事実は、台風高潮災害に対して、防潮堤や水門などの防護施設を中心としたハード対策に加え、防災知識の普及、避難訓練、ハザードマップの整備といったソフト対策を組み合わせていくことが、人的被害の軽減に極めて有効であることを示している。

ただし、今後の災害リスクへの対応を考えるうえでは、ハード対策とソフト対策のバランスを適切に図ることも重要である。一般に、災害の被害（Damage）は災害規模（Hazard）のみならず、被害対象の量（曝露：Exposure）と質（脆弱性：Vulnerability）に依存する。沖積平野や沿岸部の埋め立て地に形成されたゼロメートル地帯では、資産の集積が進み、後背地への浸水被害はますます許容しがたいものとなっている。

このような地域において、完全防護を前提とした将来計画のみに依拠することは、「見たくないものに蓋をする」かのように、潜在的なリスクを解消しないまま抱え込むことになりかねない。顕著な災害を経験していない地域であっても、短期的には避難訓練や防災教育の充実を通じて、また長期的には土地利用の誘導や見直しを通じて、よりレジリエントな社会へと移行していくことが求められる。