令和６年 12 月２日（月）
国土技術政策総合研究所
グリーン社会実現研究推進本部

水技術政策に関する海外最新情報
【R６-９号】
（前号：10 月 24 日発行、本号取扱い記事：9 月 25 日以降）

＜定点観測：各国政府機関の動き＞

目次

(1)【米国陸軍工兵隊（U.S. Army Corps of Engineers）：
堤防の植生指数を用いた洪水モデルの最新化】

(2)【米国海洋大気庁（National Oceanic and Atmospheric Administration）：
NOAA の洪水と異常な降雨への備えに政府が 760 万ドルを支給】

(3)【世界気象分析グループ（World Weather Attribution）：気候変動と高い脆弱性により、
中央ヨーロッパの異常降雨に伴う洪水による人命と生活への損失と混乱増加】

(4)【世界気象分析グループ（World Weather Attribution）：
急速な都市化と気候変動がネパールの洪水被害の大きな要因】

(5)【世界気象分析グループ（World Weather Attribution）：
異常気象災害の原因を迅速に解明してきた 10 年】

(1)【米国陸軍工兵隊（U.S. Army Corps of Engineers）：堤防の植生指数を用いた洪水モデルの最新化】（2024 年 11 月 5 日）

数十年にわたり技術者や災害対策計画担当者は、堤防の植生の健全性(堤防の越水に対する耐性を示す重要な指標)を、良好、平均、不良という 3 段階評価で等級付けをしてきた。

米国陸軍工兵研究開発センターは、沿岸堤防の植生安定性をより包括的に定量化する植生指数を開発することにより、StormSim など広く使用されている洪水モデルの最新化に取り組んでいる。この指数には、根/シュート比、蒸発散率、土壌含水量、植生の剪断力、根の強度、植生の年齢、大きさ、種類などさまざまな生態学的測定値が組み込まれる。

多くの人は砂丘が海岸線を保護していると想像するが、何千マイルにも及ぶ内陸の堤防がニューオーリンズの市街地や港を含む地域を沿岸洪水から守っている。現在の評価方法は 1970 年代に水理技術者によって考案されたが、植生の全体像、つまりどのような植物があるのか、それらの健康状態、土壌の状態などを考慮していなかった。これらの要素は、植生が堤防の安定性を促進または阻害する要因になる。植生の全体像を理解することが重要で、健康な植生はそうでない植生よりも、根が土壌を固定し浸食が起こらないようにするためより越水に耐性を持つ。

米国陸軍工兵研究開発センターは、人工衛星等によるリモートセンシングも取り入れてこの指数を開発予定で、リモートセンシングデータを利用できれば洪水モデルにリアルタイムデータを組み込めるようになり、災害計画と対応に変革をもたらす可能性がある。人工衛星によりほぼリアルタイムでデータを取得できるので、嵐が来るとわかれば堤防の健全性を評価し、どこを優先的に避難させるべきかを把握することができる。

米国の堤防

米国内の 6,675 の堤防の平均築年数は 60 年である。全米の 2,375 のコミュニティに住む 2,300 万人が堤防に守られて暮らしている。堤防の安全維持は陸軍工兵隊の最も重要な任務の 1 つであり、このプロジェクトはより安全な堤防の維持と建設に役立つ。

研究所間の共同研究

このプロジェクトは、多分野にわたる研究所間の共同研究の好例であり、寒冷地研究工学研究所のほか、沿岸水理学研究所と地盤工学構造研究所が協力している。各研究所が、植生の健康状態の測定とモデル開発、USACE 地区のネットワークを通じた実験場所の選択の支援、モデル開発・地質工学・StormSim のシミュレーションを担当している。

ERDC looks to modernize flood models with levee vegetation index（ニュース記事）
https://www.erdc.usace.army.mil/Media/News-Stories/Article/3956304/erdc-looks-to-modernize-flood-models-with-levee-vegetation-index/

(2)【米国海洋大気庁（National Oceanic and Atmospheric Administration）：
NOAA の洪水と異常な降雨への備えに政府が 760 万ドルを支給】（2024 年 10 月 29 日）

商務省と米国海洋大気庁は、衛星観測データなどを、洪水や大雨への備えや復旧のために地域社会が活用できる情報に変換する研究機関に 760 万ドル(≒11 億 8,500 万円)の資金提供を発表した。これは洪水や浸水の危険性を示す街路レベルの地図の作成、国内の河川や小川の水循環モデルの改善、企業や地域社会が異常降雨の影響をよりよく理解できるようにするための時間別降水量情報の新たなデータセットの開発などに利用される。

近年、洪水、異常な降雨、その他の異常気象の頻度と深刻度が増しており、気候変動による海面上昇はこれらを悪化させ、地域社会をより大きな危険にさらしているためより優れた予測と回復力戦略の必要性が浮き彫りになっている。資金提供を受けるのは、以下の共同研究機関である。（一部抜粋）

・**メリーランド大学　衛星地球システム研究協同研究所**：170 万ドル
洪水マッピングと、土壌の含水量や樹木被覆率などの地表面の状態に関する衛星データの改善。強化された地表データは、気候変動研究、農業および森林監視、および河川や小川の流れをシミュレーションして予測する米国海洋大気庁の国家水モデルの精度向上に使用。

・**ノースカロライナ州立大学　衛星地球システム研究協同研究所**：150 万ドル
衛星および地上データを使用して洪水と降水に関する広範な気候情報を構築。洪水の継続時間、頻度、規模に関する情報は、政策立案者や一般市民が利用できる地域の洪水事象の月次、季節ごと、年次評価に使用される。評価には脆弱な人々、インフラ、農業への社会経済的影響に関する情報が含まれる。包括的で高品質な 1 時間ごとの降水情報の新しいデータセットは、企業や地域社会が極端な降水の影響をよりよく理解するのに役立つ。

・**ミシガン大学　五大湖研究協同研究所**：48 万ドル
SAR(合成開口レーダー)衛星データを利用したほぼリアルタイムの洪水マッピングシステムの開発。このプロジェクトでは、都市部、植生のまばらな地域、砂漠地帯での洪水など、対処が困難なタイプの洪水について SAR データを解釈する新しい方法をテストする。

・**ウィスコンシン大学マディソン校　気象衛星研究協同研究所**：19 万 6,000 ドル
VIIRS(可視赤外線画像放射計)および SAR 衛星機器から得られる洪水マッピング製品のテストと実装。このプロジェクトは、洪水発生時の地域管理に必要な詳細な洪水マップと、地域社会が将来の洪水に対してより適切な計画を立てられるよう予測するのに役立つ。

Biden-Harris Administration, NOAA award $7.6 million for flooding, extreme precipitation preparedness（ニュース記事）
https://www.noaa.gov/news-release/biden-harris-administration-noaa-award-76-million-for-flooding-extreme-precipitation-preparedness

(3)【世界気象分析グループ（World Weather Attribution）：気候変動と高い脆弱性により、中央ヨーロッパの異常降雨に伴う洪水による人命と生活への損失と混乱増加】

（2024 年 9 月 25 日）

2024 年 9 月中旬、中央ヨーロッパの 7 ヶ国に非常に広い地域で激しい降雨が発生し、4 日間にわたってこれらの地域および国の降雨記録を更新、約 200 万人がこの極端な降雨による洪水の直接的な影響を受けた。人為的な気候変動が、大洪水につながる豪雨の発生確率と強度をどの程度変えたかを評価するため研究者らは原因究明調査を実施した。

＜主な調査結果＞

■ヨーロッパ全土の緊急管理システムは、過去の深刻な洪水後に強化され概ねうまく機能した。より激しく大規模な洪水にもかかわらず、死者数は過去よりも少なく本記事掲載時点で推定 24 人である。これは例えば 2021 年の西ヨーロッパ洪水(死者 200 人以上)、2002 年にドイツ、オーストリアを含む 6 ヶ国を襲った洪水(死者 232 人)や、1997 年にドイツ、ポーランド、チェコを襲った洪水(死者は少なくとも 100 人)と比べてはるかに少ない。

■人為的気候変動の豪雨への影響の有無を評価するには、まず観測結果に傾向があるかを判断する。上記の地域規模で見ると、産業革命前と比べて 4 日間の大雨の発生確率は約 2 倍、降雨量は 10%増加している。

■この増加に対する人為的気候変動の役割を定量化するため、この地域で大雨をシミュレーションできる気候モデルを分析し観測に基づく評価と組み合わせた。すべてのモデルは、降雨の強度と発生確率の増加を示した。ただし新しい研究では、低解像度の気候モデルでは降水量の増加が過小評価されている可能性が示されている。

■洪水被害を受けた地域、特に大河川沿いの都市中心部は洪水に対して非常に脆弱であると特定されていた。過去の洪水から教訓を得て構築されたインフラと緊急管理システムは厳しい試練にさらされ、多くの場合、今回の洪水の規模や強さに圧倒され、数十億ユーロと推定される損害につながった。

■これらの洪水は適切に予測され、死者数は 1997 年と 2002 年の洪水に比べて大幅に少なく、予測、早期警報システム、避難、洪水対策、予防的な貯水池放流など予測に基づく行動への投資の有効性を示している。しかしそれでも人命が失われるということは、大規模な洪水対策の施行、リスクコミュニケーションと緊急対応計画の改善をする上で、気候変動を考慮したさらなる強化の必要があることを強調している。

Climate change and high exposure increased costs and disruption to lives and livelihoods from flooding associated with exceptionally heavy rainfall in Central Europe（ニュース記事）
https://www.worldweatherattribution.org/climate-change-and-high-exposure-increased-costs-and-disruption-to-lives-and-livelihoods-from-flooding-associated-with-exceptionally-heavy-rainfall-in-central-europe/

報告書　PDF：36 頁　https://spiral.imperial.ac.uk/handle/10044/1/114694

(4)【世界気象分析グループ（World Weather Attribution）：
急速な都市化と気候変動がネパールの洪水被害の大きな要因】（2024 年 10 月 16 日）

2024 年 9 月 26 日から 28 日にかけて、ネパール、特に首都カトマンズとその周辺地域を非常に激しい降雨が襲い、6 河川とその支流で壊滅的な鉄砲水、地滑り、洪水が発生、244 人が死亡した。研究者らは人為的な気候変動が、壊滅的な地滑りや洪水につながる極端な降雨の可能性と強度をどの程度変えたかを評価した。モンスーンシーズン終盤ですでに土壌の水分量は飽和状態であったため、3 日間の非常に激しい降雨が甚大な被害の主な原因となった。

＜主な調査結果＞

・カトマンズなどの首都圏は、自然の排水箇所がほとんどない谷沿いに位置しているため洪水リスクが非常に高い。カトマンズ渓谷の急速な都市化(1990～2020 年に市街地が 386%増加)と森林伐採(1989～2019 年に森林被覆が 28%減少)により、自然の水の流れが阻害され、表面流出が増加し、排水システムが圧倒され、氾濫原や川の近くに建物が建てられたことで、人々や資産が洪水にさらされるリスクが高まっている。

・人為的な気候変動の役割を定量化するために、研究対象地域の降雨量に対する山の影響を原理的にシミュレーションできる高解像度の気候モデルを分析した。1.3℃低い気候と比較して降雨強度が 10%増加し、発生確率が約 70%増加することを示した。

・降雨と気候の力学が複雑に絡み合う小規模な山岳地帯であることを考えると、結果には大きな不確実性がある。しかし 3 日間にわたる大雨の増加は、ネパールを含む温暖化が進む世界における大規模な異常降雨に関する膨大な量の科学的証拠、そして温暖化した大気はより多くの水分を保持し豪雨につながるという物理的理解と一致している。

・洪水はネパール政府水文気象局によって適切に予測されていたが、警報はカトマンズ渓谷への影響には特に焦点を当てておらず、警報がどの程度早期対策につながったかは不明である。ネパールの他の地域で高い費用対効果が証明されている予防行動システムをさらに拡大し、カトマンズ渓谷のような危険度の高い都市中心部もカバーすることが求められる。

・2015 年のネパール地震は丘陵地帯を不安定にし、排水インフラを弱体化させ、洪水や土砂崩れに対する脆弱性を高める長期的な複合要因となっている。森林伐採と急速な都市化拡大、特に河川氾濫原での都市化拡大により洪水の進路に住む人の数が増加した。カトマンズ渓谷を含むネパール中東部全域の洪水リスク軽減には、総合的な空間計画と災害リスク軽減および適応、効果的な政策の実施、国民の意識向上が不可欠である。

Rapid urbanisation and climate change key drivers of dramatic flood impacts in Nepal（ニュース記事）
https://www.worldweatherattribution.org/rapid-urbanisation-and-climate-change-key-drivers-of-dramatic-flood-impacts-in-nepal/

報告書　PDF：30 頁
https://spiral.imperial.ac.uk/handle/10044/1/115192

(5)【世界気象分析グループ（World Weather Attribution）：
異常気象災害の原因を迅速に解明してきた10年】（2024年10月31日）

この10年間で世界気象分析グループは、世界中のさまざまな異常気象を迅速に評価できる手順を開発し、気象観測、気候モデル、文献を使用して、気候変動が異常気象にどのように影響したか、地上のどの要素が異常気象を人道的災害に変えたかを分析してきた。

報告書は、2003年以降発生の最も死者数の多い10の事象に焦点を当て、異常気象を助長する気候変動の役割と、ハザードを災害に変える脆弱性と曝露要因に関する知見を示している。

＜報告書内 P.4~9「脆弱性と曝露評価からの主な結果」より一部抜粋＞

1：最も脆弱な人々を最優先にする

災害分析では、社会的脆弱性の要因により特定の人々が異常気象の影響を受けやすいことが何度も示されている。洪水や嵐による影響を不釣り合いに受けているのは、紛争や避難によって疎外されたコミュニティ、障がい者、情報へのアクセスが不十分な人々である。しかし多くの政策、計画では、最も脆弱な人々のニーズが考慮されていないか、対応できていない。災害のショックが増大するにつれて人々は取り残され、災害によって世帯の資産が枯渇し、生計が混乱して完全な回復が妨げられ、災害貧困のサイクルを引き起こす可能性がある。2022年のパキスタン洪水では、壊滅的な洪水により国の貧困率が最大4.3%増加、900万人が貧困に陥ったと推定されている。ナイジェリアでは、2022年の洪水から回復した都市部と農村部の人口はそれぞれ平均52.5%と41.5%に過ぎず、2024年の洪水はほぼ同じ場所を襲ったため、世帯の回復能力にさらに負担がかかっている。

2：対応から予防へ

早期警報と早期行動はしばしば人の生死を分ける。早期のハザード検知、タイムリーで影響に基づく警報、最も危険にさらされている人々に届く十分な警報範囲により、人々は命を脅かす異常気象の進路から避難するために必要な情報を確実に得ることができる。ある調査によると、開発途上国における早期警報システムの更新には5年間で約40億ドル(≒6,150億円)の費用がかかり、その費用便益比は4～36となった。過去10年で早期警報システムと予報は改善されてきたが、今後は対象範囲を特に開発途上国で拡大する必要があり、意思決定に役立てるには予測は影響に基づく必要がある。さらに、リスクのある人々は警報を正しく理解する必要があり、リスク認識は人々が予防措置を講じるきっかけとして非常に重要である。

3：設計による強靭な都市

都市化、特に急速で無計画な都市化は、21世紀を特徴づける傾向の1つであり、世界の都市人口は25億人増加すると予測されている。その多くがアフリカやアジアの開発途上国の中規模都市圏で見られ、こうした地域では住宅・インフラ不足のため、インフォーマルな居住地に人口が集中する傾向がある。計画者はインフラと土地保有を改善し、脆弱性を深めるだけの強制的な居住地移転でなくより安全な建築慣行の促進を求められる。(例：ゾーニング規制による高リスク地域での建設制限。湿地、屋根の緑化、都市の緑地などのブルー・グリーンインフラの保護と創出による洪水や猛暑などの極端な天候に対する回復力の向上)。都市設計では、緊急車両のための十分な道路幅、アクセスしやすい避難所、災害の影響緩和インフラとしても機能するオープンスペースの確保など、災害に対する回復力を優先する必要がある。

4：異常気象時のライフラインの確保

異常気象時に重要なインフラを維持することは、コミュニティの回復力構築に不可欠で、洪水に耐える道路、多様な交通手段、最適化された避難経路などの強化も必要である。最近の研究では水管理インフラの失敗が見られる。(例：2024年中央ヨーロッパ洪水、2023年リビア洪水)。

場合によってこれは、新たな気候で見られるような極端な降雨を想定していないインフラが原因である。インフラ等のハード面だけでなく、異常気象時の生計維持等のソフト面も重要で、人々が経済活動を維持できるようにすることで、コミュニティはより適切に対処、再建、回復が可能となる。

5：複合的かつ連鎖的な事象には、創造的かつ体系的な解決策が必要

異常気象の影響が他の地域や分野に連鎖的に広がるケースが増え、山火事や熱波、連続する嵐や極端な降雨、そして特に乾燥状態から極端な降雨への急激な変化など、異常気象の複合化が増加している。これは例えば自然災害、COVID-19、ウクライナ戦争による世界の食料・エネルギー価格への影響などの相互作用に関連する影響にも当てはまる。

これらの課題に対処するには、リスク管理の一般的な境界を超え、システム思考を包含する創造的な解決策が必要である。複数の危険に対して相乗効果をもたらす解決策、たとえばレインガーデン(rain gardens：雨水浸透緑地帯)とバイオスウェイル(bioswales：生物低湿地)は、雨水を吸収してろ過するように設計され、洪水リスク軽減と同時に周辺地域の冷却にも貢献する。ガバナンス、適応型計画、統合リスク評価に焦点を当てることで、複合リスクと連鎖リスクを軽減することもできる。

6：マルチハザード適応を復興に組み込むべき

迅速な評価を行なう性質上、研究対象である事象の災害後の復興努力は分析していない。しかし同じ地域で過去に起きた同様の事象を振り返ることが多く、歴史的記録ではなく、より良い復興のための復興の力と、将来の気候に向けて前進するための見逃されがちな機会の両方に気づく。研究対象である事象は、その破壊の広さと深刻さにおいて悲劇的であるが、一度発生すると、マルチハザード適応アプローチを復興方法に統合することで、将来の気候に対する回復力を飛躍的に高める重要な瞬間を作り出す。たとえば、壊滅的な洪水の後、将来の洪水の影響と、将来同じ地域に影響を与える極端な熱波を防ぐために再建する。

7：適応の限界が明らかになりつつある

より一般的になった極端な事象にインフラを積極的に適応させるために必要な資金、技術的実現可能性などは、適応の限界が見え始めている。先祖伝来の土地とのつながりといった社会文化的限界もある。気候変動によりこれらの限界がより頻繁に発生することが予想される中、適応の限界が拡大するにつれて、「損失・損害」基金がますます重要になる。

10 years of rapidly disentangling drivers of extreme weather disasters（ニュース記事）
https://www.worldweatherattribution.org/10-years-of-rapidly-disentangling-drivers-of-extreme-weather-disasters/

報告書　PDF：81 頁
https://spiral.imperial.ac.uk/bitstream/10044/1/115431/5/WWA%20scientific%20report%20-%2010%20deadliest%20events.pdf

【お問合せ先】
国土交通省　国土技術政策総合研究所
グリーン社会実現研究推進本部　気候変動適応研究部会　事務局
E-mail: nil-kikou@ki.mlit.go.jp