

令和5年3月29日(水)
国土技術政策総合研究所
気候変動適応研究本部

水技術政策に関する海外最新情報
【R5-3号】

(前号：3月1日発行、本号取扱い記事：2月11日以降)

< 定点観測：米蘭独その他政府機関の動き >

目次

1) 流域治水施策

- (1) 米国【海洋大気庁：ノースカロライナ州の洪水地帯：安全に発展するか、リスクを増大させるか】
～水害リスクの高い地区における開発抑制のための土地利用規制～
- (2) 欧州【欧州環境庁：気候変動適応に関する費用と便益の評価を改善】
～新たな便益の追加～

2) 災害の分析

- (1) 【世界気象分析グループ：
ニュージーランド東海岸のサイクロン・ガブリエルに関連する極端な降雨における気候変動の役割】
～23、2月洪水に関する気候変動の影響分析～

3) 具体的対策

- (1) 蘭国【王立水機構：突堤(水制)上のスムーズな流れ 明日の洪水リスク管理】
～大規模洪水を見据えた河川内の多くの突堤(水制)の改良の検討～
- (2) 独国【ラインラント・プファルツ州気候保護・環境・エネルギー・モビリティ省：
洪水レポートは、わかりやすく、最新かつデジタルでなければならない】
～新しい洪水予測システム～

1) 流域治水施策

(1)米国【海洋大気庁 (National Oceanic and Atmospheric Administration)】:

ノースカロライナ州の洪水地帯:安全に発展するか、リスクを増大させるか】
～水害リスクの高い地区における開発抑制のための土地利用規制～ (2023年2月11日)

海洋大気庁の気候適応プログラム/地域統合科学評価チームは、「Growing Safely or Building Risk? (和訳:安全に発展するか、リスクを増大させるか)」と題された論文を公開した。この論文は、ノースカロライナ州の500万区画にわたる新しい建築、および洪水リスク管理の取り組みと開発成果との関係、特に氾濫原のゾーニングを分析している。水を保持する地表面が道路や屋根などの不浸透性の地表面に置き換えられる氾濫原の宅地開発によっても洪水リスクが大きくなる可能性がある。

論文の概要とその他調査結果の一部を以下に抜粋。

問題、研究戦略、および調査結果:洪水が発生しやすい場所で住宅とインフラを制限することは、長期的なリスクを管理するために重要であると長い間認識されてきた。ただし、小さな空間規模での開発を追跡することは困難であるため、コミュニティの氾濫原の開発パターンの違いを説明するための実証的研究はほとんど行われていない。ノースカロライナ州の500万区画にわたる新しい建設物を分析して、氾濫原開発の標準化された手段を開発し、洪水リスク管理の取り組みと開発結果との関係性を評価した。州全体では、1996年から2017年までに土地買収(buyout)によって取り除かれた不動産一件に対して、10を超える新しい住宅が氾濫原に建設された。コミュニティ規模では、洪水リスク管理の取り組み(コミュニティ評価システムへの参加と土地買収の使用)の指標は、氾濫原開発の結果と全般的に一致しなかった。75,000エーカーを超える氾濫原が現在開発のためにゾーニングされていることが判明した。洪水リスクを軽減する実践例のすべてを把握しているわけではないが、この結果は、地域の開発政策が長期的なリスクを抑制する努力に反することが多いことを示している。

気候変動の激化に直面して、自然災害にさらされている人口と資産を効果的に管理することは、損害を抑えるために重要である。危険な場所から離れることの利点を認識して、世界中でますます多くのコミュニティが氾濫原からの撤退に取り組んでいる。しかし、危険な場所での新たな開発を制限するための取り組みが同時になければ、洪水やその他の異常気象にさらされる人口とインフラは増加し続ける可能性がある。コミュニティによっては、氾濫原から離れた新しい開発を奨励し、既存の浸水しやすい構造物を買収することによって洪水リスクを管理するが、一方で、意思決定において氾濫原を完全に無視するコミュニティもある。ハザード軽減計画や政策を調査する研究は増えているが、氾濫原の開発に関するデータは歴史的に見て乏しい。その結果、氾濫原の開発パターンがコミュニティ間でどのように異なるか、および政策、計画、および規制の影響について、驚くほど知られていない。

氾濫原の開発、地理的および社会経済的特性、および地域の洪水リスク管理慣行の関係に関する新しい証拠を示すために、複数の建物および区画規模のデータセットを統合した。過去20年間の氾濫原開発(100年確率で浸水する氾濫原における住宅とインフラの数)の測定値を作成し、これらの氾濫原開発がコミュニティの特性と地域の洪水リスク管理の取り組みにどのように関連しているかを評価した。評価には、氾濫原から住宅を取り除く土地買収と、地域の洪水リスク管理を促進する連邦プログラムであるコミュニティ評価システム(CRS: Community Rating System)への参加とそのスコアという2つの指標を使用した。(CRSについて詳細は「[水技術政策に関する海外最新情報【R4-9号】1\)-\(1\)](#)」を参照。)

本論文は、氾濫原の開発を管理することの利点と、米国における関連する計画と政策の展望の検討から始まり、下記の 3 つの主要な研究課題に対処するために使用したデータと方法についての説明が続く。最後に、洪水リスクを軽減する開発管理の取り組みをより強力に奨励するための推奨事項が示される。

1. 過去 20 年間に、ノースカロライナ州の氾濫原ではどの程度の開発が行われたか。
2. 氾濫原の開発は、買収の件数、CRS への参加、およびコミュニティの他の社会経済的および地理的特性がどのように関連しているか。
3. 現在のゾーニングに基づく、州全体の将来の氾濫原開発の可能性。

調査結果

<州全体の氾濫原開発成果の測定>

ノースカロライナ州の氾濫原での新しい住宅の建設は、洪水が発生しやすい地域から住宅を撤去するための集団的な取り組みをはるかに上回っている。1996 年(使用したデータでは不動産買収が行われた最初の年)から 2017 年までに、5,234 の不動産が買収され、オープンスペースに復元されたが、59,000 を超える区画が住宅用として開発された。22 年間にわたる州全体の土地買収の合計は、氾濫原における新しい建設のわずか 2~3 年分と同等である。

すべての氾濫原開発が等しく洪水リスクの影響を受けるわけではない。嵩上げやその他の洪水防止対策により、予想される洪水被害を軽減できる。全国洪水保険制度(NFIP)は、参加コミュニティの住宅を基準洪水位 (BFE : Base Flood Elevation) より上に建設することを要求しており、地方条例ではさらに高い基準を義務付けることができる。すべての氾濫原の建造物の 1 階の高さは、現在の基準洪水位と比較して時間とともに徐々に高くなり、新しい建物は古い建物よりも浸水する可能性が低いことがわかっている。しかし、この傾向はすべてのコミュニティで一貫しておらず、基準が引き上げられた後でも相当な損害が発生する可能性がある。

<氾濫原開発の成果とコミュニティの特性の関連付け>

コミュニティはさまざまな洪水の危険と開発の圧力に直面しているため、氾濫原の開発可能な土地の割合に対する氾濫原の開発の割合を考慮した。氾濫原における新しい住宅の割合が、氾濫原における開発可能な土地の割合を超えるコミュニティを、氾濫原開発の程度が高いコミュニティと呼ぶ。開発可能な土地よりも氾濫原の新しい住宅の割合が低いコミュニティは、氾濫原開発の程度が制限されたコミュニティと呼ぶ。

コミュニティ規模で氾濫原の開発パターンを調べた結果、裕福さの程度と地理的条件が氾濫原の開発パターンと強く関連していることがわかった。資産価値の高いコミュニティでは、内陸のコミュニティよりも沿岸のコミュニティの方が氾濫原の開発率が高かった。評価資産価値の中央値が 200,000 ドル(約 2 億 6,624 万円)を超える内陸のコミュニティのうち、わずか 9% が氾濫原での住宅建設率が高かったのに対し、同程度に裕福な沿岸のコミュニティでは、その割合は 44%にのぼった。

<開発成果と洪水リスク管理対策の関連付け>

土地買収が 0 件のコミュニティの 15%と、土地買収が 1~9 件のコミュニティの 19%が、氾濫原での新たな住宅建設の傾向が高いことを示した。10 件以上の土地買収をしたコミュニティでは、氾濫原への住宅建設をしていたのはそのうちわずか 6%だけだった。

CRS(コミュニティ評価システム)の分析では、2016 年の CRS スコアと、2007 年から 2016 年のスコアの変化の 2 つの尺度を使用した。CRS が氾濫原の管理に重点を置いていることを考えると、CRS の下でうまく機能しているコミュニティは、氾濫原の開発レベルも比較的低

いという仮説を立てた。ただし、調査結果はこの仮説を支持するものではなかった。CRS に参加していないコミュニティで氾濫原の開発レベルが高かったのはわずか 14%だけであったのに対し、CRS に参加のコミュニティで氾濫原の開発レベルが高かったのは 22%にのぼった。

<将来の氾濫原開発の可能性の評価>

将来的に追加の開発が許可されている氾濫原地域が数多く見つかった。ノースカロライナ州のコミュニティには、一戸建て、多戸建て、または混合用途の開発用にゾーニングされた 75,000 ユーザー以上の未開発の氾濫原があった。さらに、2,522 の氾濫原区画が一戸建て住宅として使用されたが、高密度化(集合住宅または混合使用)のためにゾーニングされた。特に、気候の変化に伴う氾濫原の拡大の可能性を考慮すると、これらの調査結果は、州全体の危険な場所で将来の責任が引き続き発生する可能性がかなりあることを示している。

考察

これらの結果は、コミュニティ全体で氾濫原の開発結果を比較するための新しい方法を示しており、どのコミュニティが氾濫原で発展しているか、またはしていないかについての洞察を提供する。我々の分析は、洪水リスク軽減の取り組みに一般的に使用される指標(CRS と土地買収)が、ノースカロライナ州のコミュニティにおける氾濫原開発の成果を一貫して反映していないことを示している。CRS と土地買収は、開発が既に行われた後のリスクに対処するが、我々の調査結果は、開発の意思決定において洪水リスクにもっと注意を払う必要があることを示唆している。

裕福度や地理的な境界線に沿った氾濫原開発の違いは、リスクがさまざまな方法で社会的に構築されていることを示しており、どの構造物が危険にさらされているだけでなく、誰が危険にさらされているかということに影響を与える。沿岸地域では、裕福な世帯がリスクを取ることを選択する可能性があるが、多くの内陸部では、個人が手頃な価格で入手できる住宅が無いため、結果として危険な場所に住むことになる。この 2 つの状況は、洪水リスク管理の観点から異なる課題を提示する。たとえば、米国政府が洪水保険の価格設定を改定し、気候災害が悪化するにつれて、洪水が発生しやすい地域に住むことはより費用がかかる可能性がある。このような変化は、住居を建てる人々にはほとんど影響を及ぼさないかもしれないが、代わりの住居の選択肢がほとんどない低所得世帯にとっては大きな負担となる。不動産の買収はまた、過小評価されたコミュニティにさまざまな懸念をもたらす。これらの世帯は移動するための安全な選択肢がほとんどない可能性があり、移転は貴重な社会的つながりや文化的つながりを混乱させる可能性があるためである。現在および将来の氾濫原の住民のさまざまな状況を考慮することは、計画立案者が住宅のニーズに合わせた気候リスク管理の取り組みを開発し、脆弱な世帯をさらなるリスクにさらすことを避けるのに役立つ。

<コミュニティ間の開発パターンの違い>

洪水リスク管理への地域のアプローチは、さまざまな戦略を採用する意欲と能力の両方が必要である。氾濫原管理のための地域協力または州レベルのサポートは、能力の制約に対処するのに役立つ、上流の開発が下流のリスクに影響を与える水文学的につながりのあるコミュニティにとって特に利点がある。

より高い能力を持つコミュニティ(より大きな税基盤、より高い収入、より高い教育)は、一般に CRS でより高いスコアを獲得し、土地買収に参加するため、これらの地域での継続的な氾濫原の開発は、能力の不足による影響が少ない。CRS と土地買収プログラムの変更により、コミュニティが「洪水リスクの懸念」と「開発の決定」をより強く統合するよう促すことができ

る。たとえば、買収物件に近い地域での開発や高密度化を制限するコミュニティに追加の報酬を提供することによって、CRS の報酬構造(洪水保険料の削減)を再検討することも、保険の手頃な価格と普及を危険にさらすことなく氾濫原の開発の促進を間接的に避けるために必要である。開発を継続するための経済的報酬を考えると、そのような取り組みは、計画立案者が、事後に買収を求めるのではなく、最も洪水が発生しやすい地域での開発を事前に防止することの経済的および生態学的利点を検討するように促す。

広範な氾濫原の開発を記録している中で、危険地域での開発を制限することの重要性を認識しているコミュニティの肯定的な例が米国内にある。ノースカロライナ州 Raleigh 市は最近、0.5 エーカーを超える氾濫原での建設を禁止する条例を可決した。ニューヨーク州スタテン島では、スーパーストーム・サンディ襲来後に部分的に買収された近隣地域のさらなる高密度化を防ぐために、専用の特別沿岸リスク地区としてゾーニングが行なわれた。計画立案者、緊急事態管理者、およびその他の利害関係者が計画の策定と許可決定においてより深く連携することで、リスク管理における土地利用の検討が強化される。

<洪水リスクを管理するための複数のアプローチ>

氾濫原での開発を回避することがリスクを軽減する唯一の方法ではなく、氾濫原で継続的に開発するためには、コミュニティが洪水リスク管理のために他の戦略を追求する必要があることを示している可能性がある。たとえば、CRS はさまざまな洪水リスク軽減活動に報酬を与えるため、スコアの高いコミュニティは、氾濫原の開発を制限するのではなく、嵩上げ、早期警報システム、または広報活動に力を注いでいる場合がある。同様に、最も厳しい建築基準を満たす氾濫原の開発を許可し続けながら、最も洪水が発生しやすい場所にある住宅を買収している場合もある。

我々が評価した FEMA 指定の氾濫原は、規制の観点から最も顕著であるが、洪水災害のすべての要因を捉えているわけではなく、洪水災害の将来の変化を反映しているわけでもない。気候が変化するにつれて、氾濫原の内外の開発を管理することは、計画担当者にとってますます重要になる。氾濫原などの危険地域での土地利用の管理は、被害とリスクの軽減に大きく貢献する。しかし、氾濫原で開発が行なわれている場所、および危険度の低い地域での開発を効果的に促進できる対策についての理解は限られている。調査結果は、州全体およびコミュニティ規模での氾濫原開発の範囲と地理に関する新しい洞察を提供する。さらに、連邦洪水リスク管理プログラムに参加している多くのコミュニティが、氾濫原で大幅に発展し続けていることを示した。

州および連邦レベルでは、既存のプログラムを通じて追加の資金を提供することで、より広範な開発管理の取り組みを可能にし、促進することができる。海面が上昇し、暴風雨がより激しくなるにつれて、米国全体で将来の損失を減らすために、氾濫原の開発を管理するための効果的な戦略を特定して普及させることが緊急に必要とされている。

North Carolina flood zones: Growing safely or building risk? (ニュース記事)

<https://www.climate.gov/news-features/feed/north-carolina-flood-zones-growing-safely-or-building-risk>

Growing Safely or Building Risk? Floodplain Management in North Carolina (論文 PDF : 13 頁)

<https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/01944363.2022.2141821?needAccess=true&role=button>

(2) 欧州【欧州環境庁 (European Environment Agency) : 気候変動適応に関する費用と便益の評価を改善】 ～新たな便益の追加～ (2023年3月3日)

欧州環境庁の資料「気候変動適応の費用と便益の評価」によると、EU全体で気象・気候関連の極端な事象による経済的損失が増加しているため、適応策の実施を加速する緊急の必要性がある。

気候条件が急速に変化する中、気候変動への適応と社会的な備えの必要性は高まっているが、政府の意思決定者が利用できる資金は限られている。これは、適応行動の費用と便益、および行動を起こさないことの費用と比較した適応策の費用について、より良い理解が必要であることを意味する。

極端な気候に対抗するための対策の便益を評価するには、自然災害の影響の軽減だけでなく、そのような対策が経済発展やその他の利益、例えば、生物多様性、大気の質、水管理、温室効果ガス排出削減、健康および人々の幸福にどのように貢献するかを考慮する必要があるが、これには困難が伴う。理由として、国および地域レベルでの適応策の支出に関する情報へのアクセスが限られていること、気候変動の経済的、社会的、環境的影響を計算することの難しさが挙げられる。資料の一部を下記に抜粋。

欧州環境庁は、再保険会社からの情報を使用して気候変動の経済的影響を推定している。これらのデータによると、1980年から2021年までの気象および気候関連事象による経済損失の総計は、27のEU加盟国で5,600億ユーロ(約80兆457億円)を超えた。これらの損失の4分の1から3分の1しか保険がかけられていなかった。適応努力の強化が必要であることは明らかであるが、適応への投資は主に公的資金によるものであるため、適応プログラムの費用とその結果として得られる便益は、何もしない場合の費用と比較して、支出を正当化し、資金を最も効率的に配分するために慎重に検討する必要がある。適応への投資が天候や極端な気候による経済的損失の削減に役立つかどうかをよりよく理解するために方法を確立し、データを収集することが重要である。

不作為の費用と適応行動の費用と便益の定義：適応効果を評価するための重要なパラメータ

① 不作為の費用(the cost of inaction)

損失と被害を防止するための不作為のコストは、緩和策の有無にかかわらず、計画された適応策がない場合の気候変動の総経済的コストである。本質的には、それは「気候変動が衰えることなく続くことを許すことから生じる損害」である。

② 適応の費用(the cost of adaptation)

適応のコストは、適応に費やされる総支出である。適応のコストは、総投資ニーズとして定義される場合があり、これは特定の適応計画(国、地方、部門別など)に記載されているすべての対策を実施するために必要な投資のレベルを指す。実際の支出は、適応策のために動員され、計画期間の開始以来毎年または累積的に政府によって追跡および分類された支出で構成される。計画支出とは、政府が適応計画遵守のために動員をすでに約束しているが、まだ支出されていない予算のことである。

③ 適応の便益(the benefits of adaptation)

適応の便益は、一般的に回避された損失を計算することで評価される。すなわち、インフラや資産に対する回避された直接的・間接的な損害、回避された死亡や幸福の損失を考慮することである。また、地域経済への影響や適応に伴う付随的な影響を把握することもできる。これには、将来のリスクの低減、影響を受けていない資源や人々の生産性の向上、新たな課題に対する解決策の模索によるイノベーションの促進、環境便益の増大、生態系サービスの向上などが含まれる。

適応の付随的な影響には、ポジティブなもの（コベネフィット：共便益）とネガティブなもの（不適応）がある。適応のコベネフィットには、生物多様性、大気質、水管理、温室効果ガス排出削減、健康・福祉に対するプラスの効果が含まれる。不適応は、特定の場所または分野を適応させることを目的とした介入が、別の場所、分野、またはターゲットに悪影響を与える可能性を高めるときに発生する。たとえば他の場所での沿岸侵食をもたらす不適切な沿岸防御などは、変更が困難で費用のかかる長期的なロックイン(固定化)を引き起こす可能性があるため、避けるべきである。

<地方レベルでの適応策の費用と便益の評価例>

早期警報システム

熱波警報システムは、暑さが人命を危険にさらすことに対処する最も費用対効果の高い方法の1つであることが判明した。ヨーロッパの首都（マドリード、ロンドン、プラハ）規模では、統計的生命価値(the value of a statistical life)と生命年価値(the value of a life-year)を用いて、熱波警報システムの便益費用比(BCR : benefit-cost ratio)が11~3,700となり、評価方法、検討期間、気候シナリオによって異なる。河川洪水については、大陸規模の欧州洪水認識システムによる便益は、1ユーロの投資に対して400ユーロと推定され、既存の洪水防御レベルが低いシナリオでは便益費用比が高くなる。

洪水管理におけるグリーンインフラとグレーインフラ

コペンハーゲン市は、2012年に策定された、降水量が多い場合に発生する地表水による洪水を防止するための「クラウドバースト(cloudburst)管理計画」の実施による財政的影響を把握するため、さまざまな対策にかかる費用と残存する被害額を評価した。この評価では、従来型の解決策(下水道網の拡張)と代替策(グリーンインフラの活用)を検討した。回避される被害額(90億DKK(デンマーククローネ)≒約1,703億円)、および不動産価格の上昇や雇用からの税効果による地方自治体への収入増を考慮すると、両解決策とも対策期間中(100年間)に160億DKK(約3,028億円)の被害を削減することが判明した。しかし、従来の下水道対策はその実施費用が200億DKK(約3,785億円)と推定されたのに対し、代替策は130億DKK(約2,460億円)と推定された。したがって、代替策では30億DKKの純益が得られるのに対し、従来型の解決策では40億DKKの純損失となる。最終的には、下水道網の拡張や、貯水・排水に焦点を当てた約300の代替策など、解決策を組み合わせることが選ばれた。

ポーランドのSandomierz市では、河川洪水のリスク軽減のために、グリーンインフラとグレーインフラ対策のハイブリッドアプローチ(貯水池の再自然化と湿地の復元、河川堤防の拡張・改築・近代化、堤防機能の回復、揚水場と放水路の改築)が適用された。これらの対策の総費用は約2億1,700万ユーロ(約305億円)であった。回避された建物への洪水被害額は、恒常的な価値で約4億4,500万ユーロ(約626億円)と推定され、建築環境だけでみても便益費用比は高い。

プラハでは、2002年の大洪水の後、1億4600万ユーロ(約205億円)の費用をかけてヴルタヴァ川沿いの運河網に固定式・移動式の防潮壁と安全弁を設置した。推定便益は500年に一度の洪水を想定して計算されたものである。回避された費用には、住宅への損害(最大19億7,100万ユーロ≒約2,775億円)、インフラや工業用建物への損害(最大6億1,300万ユーロ≒約863億円)、設備(最大2億5,400万ユーロ≒約357億円)、環境・文化資産(最大5,700万ユーロ≒約80億円)、市民の避難や清掃などの費用(7,400万ユーロ≒約104億円)が含まれる。

Improvements needed in assessing costs, benefits of climate change adaptation (ニュース記事)

<https://www.eea.europa.eu/highlights/improvements-needed-in-assessing-costs>

Assessing the costs and benefits of climate change adaptation (概要資料)

<https://www.eea.europa.eu/publications/assessing-the-costs-and-benefits-of/assessing-the-costs-and-benefits>

2) 災害の分析

(1) 【世界気象分析グループ (World Weather Attribution)】 :

ニュージーランド東海岸のサイクロン・ガブリエルに関連する極端な降雨における気候変動の役割】

～23、2月洪水に関する気候変動の影響分析～

(2023年3月14日)

2023年2月12日から14日にかけて、ニュージーランド北島の北部および東部地域は、熱帯低気圧の通過に伴う非常に激しい降雨に見舞われた。2月13日、14日の夜、コロマンデル半島の東に停滞し、多くの地域で最も激しい降雨を記録した。特に激しい雨量が観測された地点では、複数の高所雨量計で6時間以上にわたって1時間に20mmを超える降雨量が観測された。

この極端な降雨による被害が最も大きかったのは、ライフラインであるインフラ（道路、橋、水道）が複数箇所被害を受けた地域であった。225,000もの住宅がサイクロンのピーク時には停電に陥り、このサイクロンは、2011年カンタベリー地震に匹敵する数十億ドルの被害をもたらした。

人為的な気候変動がこの極端な降雨の生起確率と強度をどの程度変化させたかを分析するため、科学者らは最も深刻な被害をもたらした大雨に焦点を当て、2023年2月の48時間の雨量ピークと過去の48時間雨量の最高値を比較して要因分析を行なった。

主な調査結果

- 調査地域の主な被害は、サイクロンが停滞した2日間降雨が継続し、極端な雨になった結果発生した。
- サイクロンの進路や豪雨・強風の可能性は1週間前から予測されており、緊急通報受理機関や住民に準備期間を与えることができた。2週間前に発生したオークランドの洪水は、降雨の深刻さとその影響に対する認識を高め、警報に基づく備えを向上させた。同時に、その前に降った雨が地滑りの可能性を高めていた。
- 調査地域は山岳地帯であるため、人口のほとんどが洪水の起こりやすい谷間や海岸に面する平野(coastal plains)に住んでおり、交通や通信のインフラはそれらの地形を横断している。
- 地域内の個々の場所では、このような極端な降雨事象はまれであり、発生確率は70～320年分の1である。調査地域全体で平均すると、発生確率は10～90年分の1である。
- まず、過去の気象観測所データ(1979～2023年)と世界平均気温の関係をを用いて、より寒い気候に遡って推定したところ、調査地域の2日間の最大降雨量は、人為的な温室効果ガス排出によって気候が1.2℃上昇しなかった場合と比べて約30%も多くなっていることが分かった。これはこの規模の降雨が現在より1.2℃低かった頃に比べて、約4倍起こりやすくなっていることを意味する。
- 観測記録の増加は、温暖化した世界での大雨について基礎物理学から予想されることを示す。しかし、データがカバーする期間が短く、地域の変動が大きいため、これらの推定には大きな不確実性がある。
- 人為的な気候変動の役割を明らかにするために、気候モデルで傾向も調べた。この地域は、気候モデルで要因分析が可能な範囲よりも小さいため、この種の事象をもっともらしくシミュレートできる、既製データによるモデル数が限られている。
- 我々の評価テストに合格したモデルで予測された極端な降雨の可能性と強度の変化は、過去

の気象観測所データで見られた変化よりもずっと小さかった。この矛盾は、我々のモデルによる評価では捉えられないプロセスが重要な役割を果たしている可能性を示唆している。つまり、現時点では、人為的な気候変動の全体的な影響を定量化することはできていない。

- 将来、産業革命以前より 2°C 上昇した気候では、不確実性は大きいものの、降雨強度がわずかに増加することがモデルから示唆されている。
- モデルの結果と観測結果の不一致により、人為的な気候変動がこの事象をより起こりやすくしている主な要因であると確信を持って結論づけることはできない。しかし、モデルの結果に傾向がないことは複数の理由で説明できるが、観測結果に傾向があることは、温暖化で豪雨が増加するという予想以外に説明のしようがない。
- そのため、将来の洪水に対するコミュニティの脆弱性および曝露性を早急に軽減することが重要である。特に、ライフラインのインフラが損なわれることなく、コミュニティが洪水の警報を受け、それに従って対処できるようにすることが重要である。

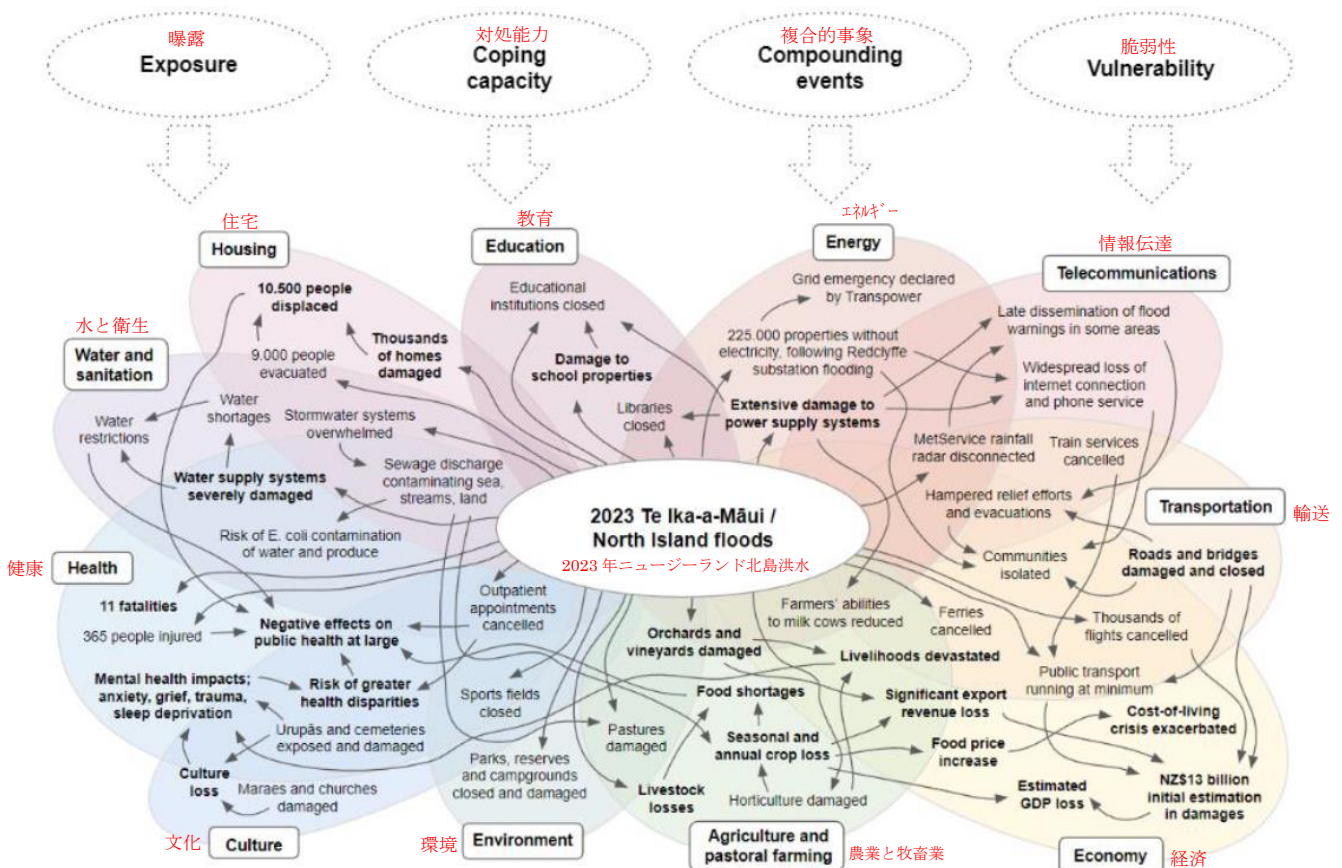


図 15：2023 年 2 月のニュージーランド北島洪水の影響を受けた部門間の影響経路（赤字は国総研で追記）

洪水が発生した背景には、曝露、脆弱性、対処能力、複合的な事象があり、本研究の要因分析の対象となる主要なハザードとともに、災害リスクを形成する。

The role of climate change in extreme rainfall associated with Cyclone Gabrielle over Aotearoa New Zealand's East Coast (ニュース記事)

<https://www.worldweatherattribution.org/climate-change-exacerbated-heavy-rainfall-leading-to-large-scale-flooding-in-highly-vulnerable-communities-in-west-africa/>

The role of climate change in extreme rainfall associated with Cyclone Gabrielle over Aotearoa New Zealand's East Coast (報告書 35 頁)

<https://spiral.imperial.ac.uk/bitstream/10044/1/102624/10/Scientific%20report%20New%20Zealand%20Floods.pdf>

3) 具体的対策

(1) 蘭国【王立水機構 (Rijkswaterstaat) : 突堤(水制)上のスムーズな流れ 明日の洪水リスク管理】 ～大規模洪水を見据えた河川内の多くの突堤(水制)の改良の検討～ (2023年2月23日)

オランダの主要な河川には、何千もの突堤(水制)がある。突堤(水制)とは、川の中に作られた流れに対して垂直な堰堤である。それらは川幅を適切に保ち、満潮時に水や氷、堆積物が流れやすくするため非常に重要である。干潮時には、突堤が川の水位を下げず水深を維持する。その結果、満潮時には川が安全に保たれ、干潮時でも航行が可能になり、川が干上がるのを遅らせることができる。

将来、さらに多くの水がオランダに到達する可能性があるため、これに備えて突堤を改良することが重要になる。そのため、洪水リスク管理に対する突堤の影響に関する研究が本格化している。デルフト工科大学と Deltares の河川モデルの知識を活用して、将来の洪水リスク管理に取り組んでいる。

突堤上の流れは、些細なことのように感じるかもしれないが、オランダの川には非常に多くの突堤が存在する。満潮時には水が突堤を越えて押し寄せ、そして水が流れる際に、巨大な渦と乱流が発生する。その結果、水位が上昇するがそれは望ましいことではない。

記事内の動画では、王立水機構の河川科学アドバイザー、Deltares 河川科学のエンジニア、デルフト工科大学教授が突堤について説明している。動画の内容についての概要は下記の通り。

突堤は、流れに対して垂直に設置される川の堰堤である。突堤について非常に興味深いのは、突堤が洪水リスク管理を大幅に促進しうることである。国内外にあらゆる形や機能を持つ突堤がある。突堤は水の流れを乱す。その流れがどのように乱され、どのような渦が作られるかは非常に興味深い。

課題としては、現在の突堤を最適化して、洪水時の安全性をさらに高められるかどうかということである。突堤に変更を加えたい場合、それが洪水時の安全性にどの程度影響するかを事前に判断できるようになる。そのためには、さまざまな形の突堤の上を流れる水の規則性をさらによく知る必要がある。満潮時には、突堤はすべて水中にあると想像する必要がある。また、水は突堤を越えて流れ、その結果、さまざまな速度とさまざまな渦が発生し、状況が非常に複雑になる。突堤は川の中にあるため、まだ最適化されておらず、より合理化する(流線形にする)ことを目的としている。それは別の形状であり、それが水位にどのように影響するかは正確にはわかっていない。そこで、新しい突堤の形状がコンピューターモデルで使用できる解析手法にどのように影響するかを、デルフト工科大学で実験を通して調べた。実験室の水路に川の一部を 1/30 の縮尺で再現し、水がどのようにして突堤の周りや突堤の上を流れ、どのような渦が作られるのか、といったことをこのミニモデルを利用して調査した。本質を理解するために多くの要素を省略した。ここでは速度と水位を非常に正確に測定できるため、その流れのメカニズムとして突堤がもたらす抵抗がどのようなものかをよく理解できる。

デジタル河川モデルにおいて水の流れを模倣する

水の速度の違いとこれらの速度が相互に影響する渦の違いにより、突堤周辺の状況が非常に複雑になる。他の形状の突堤が水位にどのように影響するかは正確にはわかっていないが、アイデアとしては既存の突堤をより合理化することにある。デルフト大学での実験結果を、川の流れを模倣するデジタルモデルに変換することで、まだ知られていない極端な状況で洪水が現在および新しい突堤でどのように流れるか、どのくらいの高水位が発生するかを示すことができる。

Vlotte stroming over rivierkribben: de hoogwaterveiligheid van morgen (ニュース記事 蘭語)

<https://www.rijkswaterstaat.nl/nieuws/archief/2023/02/vlotte-stroming-over-rivierkribben-de-hoogwaterveiligheid-van-morgen>

*Google 翻訳で機械英訳を行い解説。上記 URL を入力すると、対象ページの翻訳が可能。(Google 翻訳 : <https://translate.google.co.jp/>)

(2)独国【ラインラント・プファルツ州気候保護・環境・エネルギー・モビリティ省
(Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz) :
洪水レポートは、わかりやすく、最新かつデジタルでなければならない】
～新しい洪水予測システム～ (2023年2月23日)

ラインラント・プファルツ州環境大臣は、新しい情報サービスの発表の場で、洪水関連情報は、わかりやすく、最新で、どこからでもアクセスできる必要があると述べた。これは人々が状況の深刻さを確実に理解する唯一の方法である。情報は人命を救うことができるため、洪水予報サービスのウェブサイトの再設計はなおさら重要であった。

大規模水域（ライン川、モーゼル川、ナーエ川とその支流のグラン川、ラーン川、ジーク川）向けの実証済みの洪水早期警報サービスと小規模水域向けの洪水早期警報は、州の洪水リスク管理の中心的な要素を成し、災害防止を担当する当局、一般市民、メディアにとって最も重要な情報源の1つである。これら洪水早期警報サービスでは、水位の上昇とそれによる洪水の危険性が通知されるため、予防措置を早い段階で講じることができる。

ウェブサイトの再設計に伴い、特にスマートフォンのようなデバイスでの使用に関して、リスクコミュニケーションの表現が改訂され、使いやすさの点でも最新化された。スマートフォンの普及によりウェブサイトへのアクセス数が倍増しており、20年前には大規模な洪水のときでさえ、1日あたりのヒット数は100万未満であったが、今では最大で5,000万ヒットになることが予想されている。

ラインラント・プファルツ州全体の深刻な洪水リスクは、水位計と警報エリアを含む色分けされた警報マップによって一目で把握できる。この警報マップは拡大・縮小が可能なインタラクティブマップである。水位計などの個々の要素を選択することで、利用者は現在の洪水に関するより詳細な情報を得ることができる。

同州の水に関するポータルサイト (<https://wasserportal.rlp-umwelt.de>) に加え、データのリモート送信機能を備えた州内すべての水位計のデータが警報マップに表示されるようになった。水位計をクリックすると、現在の測定値と予測、および過去の主要な洪水時の水位やその他の水位計パラメータに関するグラフィック情報が表示される。予測水位は単一の線として表示されるだけでなく、常に予想される幅を持たせた表示になるため、臨界水位を超えるリスクを簡単に特定できる。予測の範囲は、さまざまな天気予報の展開(現在21の個別の天気予報のアンサンブル)に対する水位の展開を表している。

数字が何を意味するかを知らなければ意味がなく、具体的な行動が伴うようにしなければならないため、過去の最高水位も表示させることで現在の水位をより適切に評価することにつながる。

洪水予測サービスが開始されると、特定の川では洪水通知文が作成され、法的に規定された伝達経路を介して配信される。つまり、これらの情報が洪水予報サービスのウェブサイトに表示されるだけでなく、電子メールで対象地区または都市の報道機関等に送られることを意味する。また、ドイツ公共放送局のテレテキスト（文字多重）放送と警報アプリ「Meine Pegel」「NINA」「KATWARN」にも表示される。ラインラント・プファルツ州全体をカバーする警報マップ上の警報エリアが「中程度の洪水リスク」に達すると、電子メールおよび警報アプリによるアクティブな通知も行われる。地域の河川洪水警報等の詳細については、www.hochwasser.rlp.de/erlaeuterungen で確認可。

新しい Web サイトは継続的に開発されており、たとえばリスクコミュニケーションの専門家とともに、特定の洪水に関する明確な警報の文言が作成されており、追加の警報レベルが導入されている(www.hochwasserzentralen.de)。この Web サイトの機能は、州環境局の YouTube チャンネルに説明動画があり、動画は <https://youtu.be/-zfgigPU4HQ> で視聴可。

Katrin Eder: „Hochwassermeldungen müssen verständlich, aktuell und digital sein“ (ニュース記事 独語)
<https://mkuem.rlp.de/de/pressemeldungen/detail/news/News/detail/katrin-eder-hochwassermeldungen-muessen-verstaendlich-aktuell-und-digital-sein/>

*Google 翻訳で機械英訳を行い解説。上記 URL を入力すると、対象ページの翻訳が可能。(Google 翻訳 : <https://translate.google.co.jp/>)

ラインラント・プファルツ州 洪水予測サービス Web サイト
www.hochwasser.rlp.de

【お問合せ先】

国土技術政策総合研究所 気候変動適応研究本部 事務局

E-mail: nil-kikou@ki.mlit.go.jp