

気候変動および社会変化を踏まえた洪水リスク評価手法の概要

洪水は世界各国の河川流域で最もよく見られる水関連災害であり、人的被害はもとより、インフラ、資産などに深刻な損害をもたらしています。近年では、気候変動や社会的変化の影響により、洪水の発生頻度と規模がさらに増大しています。極端気象の頻発といった気候変動の影響に加え、都市化、人口増加、不十分なインフラ整備などによる社会的脆弱性の高まりにより、洪水被害は一層深刻化しています。これらの要因が複合的に作用することで、特に洪水管理のための資源が限られている開発途上国の洪水多発地域では、生命を脅かし、甚大な経済損失を引き起こす破壊的な洪水が発生しやすくなっています。

気候変動や社会的変化によって将来の洪水被害がどのように変化し得るかを把握することは、効果的な洪水リスク管理にとって極めて重要です。そのため、将来の気候変動や社会変化の影響を考慮しつつ、洪水多発地域における潜在的な被害やリスク水準を評価できる、堅牢な洪水リスク評価手法の構築が不可欠です。こうした評価は、予防策および適応策の導入や土地利用規制を含む洪水管理戦略の高度化を支える基盤となるからです。

将来の社会運営をより良くしていくために、ICHARM では、気候および社会条件の変化を踏まえた洪水リスク評価のための堅牢で革新的な手法の開発に積極的に取り組んでいます。ここでは、こうした変化を考慮した洪水リスク評価を実現するために 構築したリスク評価方法枠組みの概要を紹介します。この枠組みは、水文・水理モデルと洪水被害推定モデルを統合し、防災・減災に資する、科学的根拠に基づいた実践的な情報を提供することを目指しています。ICHARM は、すでに本枠組みをインドネシアのソロ川流域に適用し、気候変動および社会変化を考慮した洪水リスク評価を実施しています。その成果について、以下で詳述します。

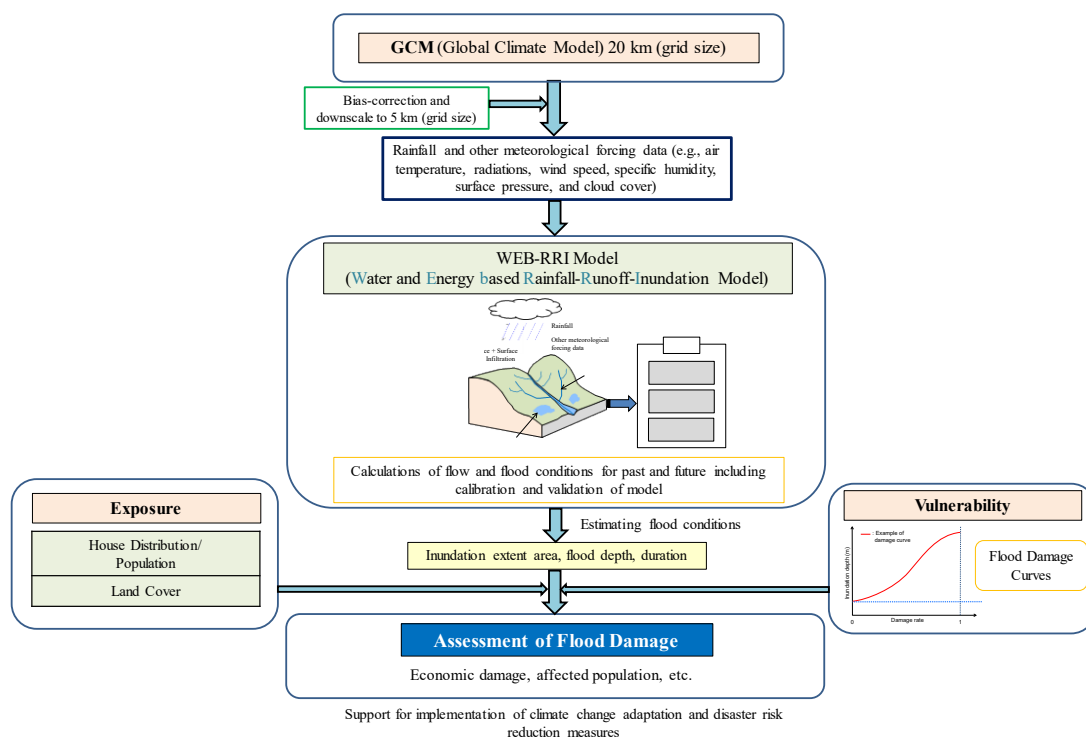


図1 定量的洪水被害評価方法の概要

本評価枠組みは、気候モデルからの出力、水・エネルギー収支に基づく降雨—流出—氾濫モデル、そして洪水被害モデルを結合して構築しました（図 1）。本手法は、気候および社会の変化（本研究では、社会変化とは土地利用、土地被覆、人口を指す）を考慮したシナリオの下で、農業部門および住宅地域における洪水被害を定量的に評価することを目的としています。被害量を算定するため、農作物および住宅建物・家財を対象とした洪水被害曲線を作成しました（図 2）（Shrestha et al., 2025a, b）。その後、インドネシアのソロ川流域を対象に、気候・社会変化シナリオ下での農作物および住宅世帯の洪水被害評価を実施しました。図 3 は研究対象地域の位置を示しています。

本研究では、過去（1979–2002 年）および未来（2075–2098 年）を対象とした MRI-AGCM 気候モデル出力を使用しました。農業分野の洪水被害評価において将来の水田面積の変化を考慮するため、過去の土地被覆図を用いて土地利用および土地被覆（LULC）の変化を分析し、さらに過去データと静的変数を用いた学習プロセスに基づいて将来の LULC 変化を推定しました。住宅世帯の洪水被害に対する将来の人口増加や開発の影響については、共有社会経済経路（SSP）に基づく人口予測を用いて分析しました。開発した手法では、まず過去の大規模洪水事例を対象に、計算結果と報告された被害データを比較して検証し、その後、過去および未来の対象期間について、洪水曝露と被害の評価を実施しました。

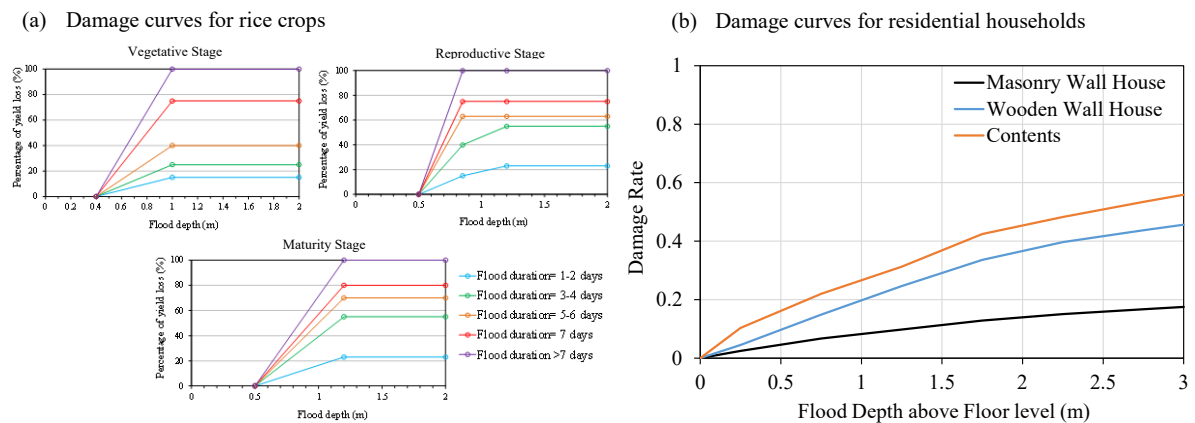


図 2 作成した洪水被害曲線:(a)農作物(水稻)、(b)住宅世帯.

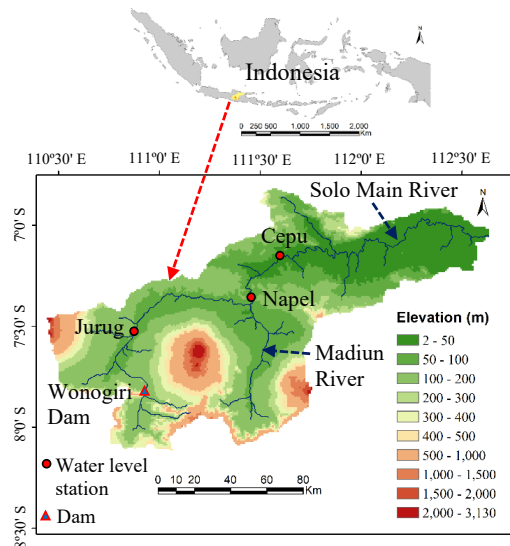


図3 インドネシア・ソロ川流域の位置

図4は、過去および未来期間における計算された洪水氾濫域と最大氾濫水量（浸水深 >0.5 m）を示しています。結果から、気候変動の影響により、将来は氾濫域、最大氾濫水量のいずれも増加することが示唆されました。過去期間と比較すると、未来期間ではより広い範囲が浸水し、ピーク時の氾濫水量も大きくなることが確認され、将来はより深い浸水を伴う洪水がより頻繁に発生し、より広い土地が洪水曝露を受ける可能性が高いことが示されています。

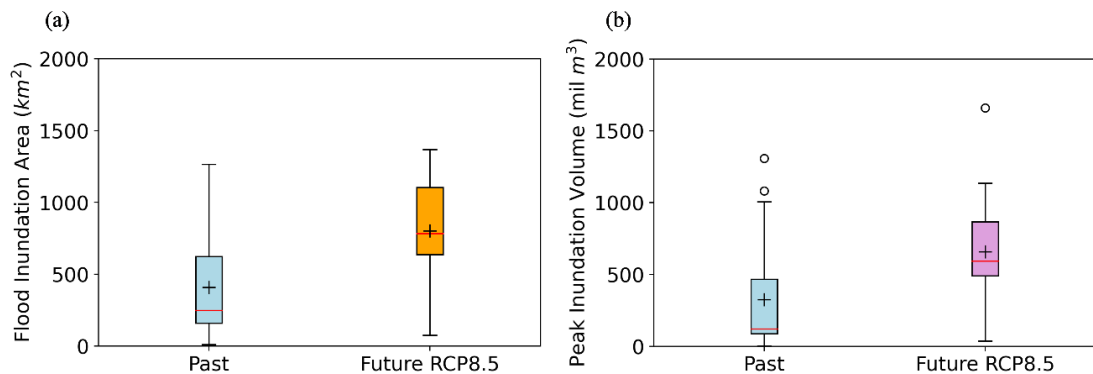


図4 過去(1979–2002)および未来期間(2075–2098)の(a)推定氾濫域および (b)ピーク時氾濫水量

図5は、過去および未来期間における水稻、住宅建物および家財の洪水被害額です (Shrestha et al., 2025a, b)。計算結果によると、水田面積の変化を考慮しない場合、気候変動の影響のみで将来の平均年間被害額は 93.7% 増加する可能性があります (Shrestha et al., 2025a)。一方、気候変動の影響に加えて将来の水田面積の変化も考慮すると、平均年間被害額の増加率は 50% 超に留まりますが、これは将来の水田面積の減少が被害額の増加を抑制するためです。これらの結果は、将来の水稻生産量が気候変動の影響だけでなく、水田面積の減少によっても低下する可能性を示唆しています。水田面積の減少のみを考慮した場合でも、将来の水稻生産量は 24.6% 減少する可能性があります (Shrestha et al., 2025a)。

また、計算結果から、将来の住宅被害額の増加幅は、将来人口シナリオによって大きく異なる

可能性があることも分かります。未来期間における建物および家財の推定被害額は、いずれの将来人口シナリオにおいても、基準年人口を用いた過去期間の被害額より高くなる傾向を示しました。基準年人口を用いた場合、将来の平均年間住宅被害額は 146% 増加する可能性があります (Shrestha et al., 2025b)。また、未来期間における平均年間住宅被害額の増加率は、過去期間と比較して、SSP1、SSP2、SSP3、SSP4、SSP5 の各シナリオでそれぞれ 150%、193%、259%、121%、146% と推定されました (Shrestha et al., 2025b)。これらの結果から、SSP3 シナリオ の場合に、住宅被害が最も深刻になる可能性が高いことが示唆されています。

気候モデル出力、水文・水理モデル、洪水被害推定モデルを統合して開発した洪水被害評価手法は、他地域にも適用可能であり、気候および社会的条件が変化する状況下での洪水被害を定量的に評価し、既存または計画中の洪水防御対策の有効性を検討するのに有効です。気候および社会経済条件が変化する将来の洪水被害を評価し、定量的な結果を得ることは、将来の洪水被害の状況を理解するうえで有用であり、気候変動や社会変化に対応した実践的な緩和策・適応策の実施に役立ちます。さらに、この手法を用いて得た洪水ハザードおよび関連する被害に関する情報は、政策立案者や意思決定者が防災・減災に向けた政策や戦略を策定する際に重要な基礎資料となります。

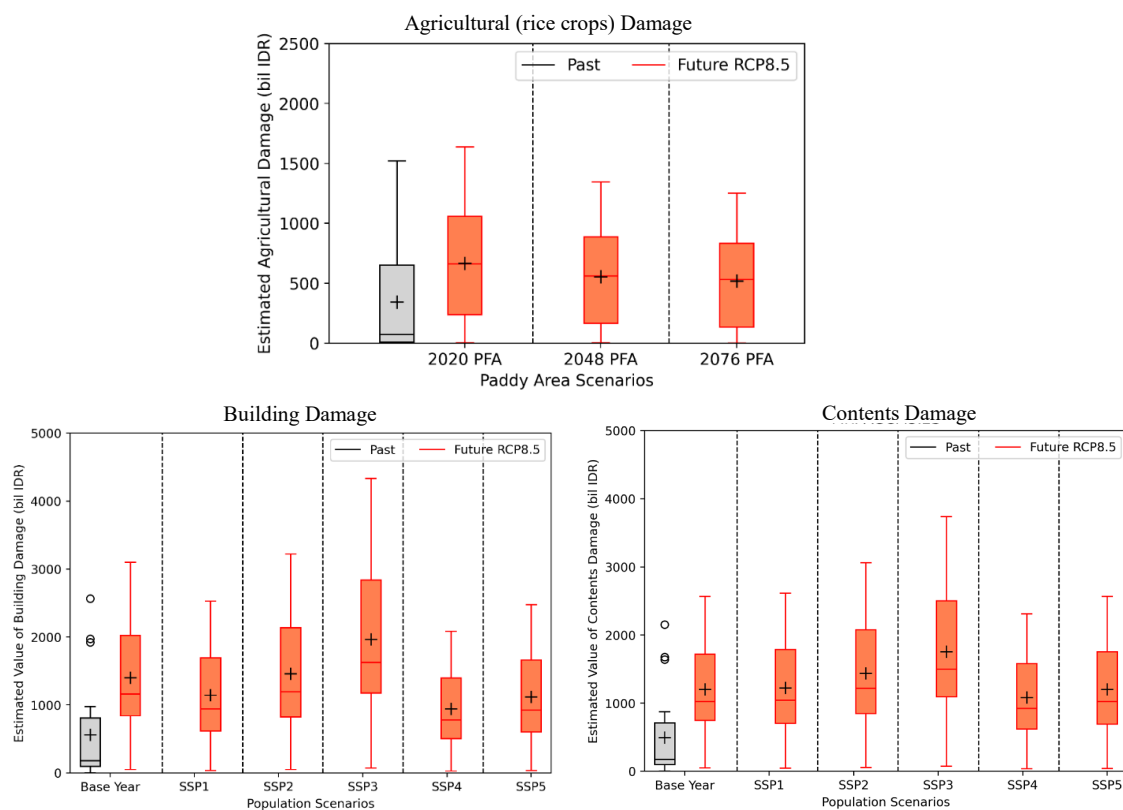


図 5 過去(1979–2002)および未来期間(2075–2098)の農作物、住宅建物および家財の推定被害額 (Shrestha et al., 2025a, b)

References:

- Shrestha B.B.**, Rasmy M., Ushiyama T., Acierto R.A., Kawamoto T., Fujikane M., Shinya T., Kubota K.: Assessment of future risk of agricultural crop production under climate and social changes scenarios: a case of the Solo River basin in Indonesia. *Journal of Flood Risk Management*, 18 (1), e13052, 2025a. <https://doi.org/10.1111/jfr3.13052>
- Shrestha B.B.**, Rasmy M., Ushiyama T., Acierto R.A., Kuribayashi D., Kubota K.: Assessing climate change-driven social flood exposures and flood damage to residential areas in the Solo River basin of Indonesia. *Modeling Earth Systems and Environment*, 11, 144, 2025b. <https://doi.org/10.1007/s40808-025-02330-1>