

2023 年度 S-18 プロジェクト研究成果報告

テーマ番号	S-18-3
研究課題名	自然災害・水資源分野を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価
研究代表者	茨城大学／大学院理工学研究科 横木裕宗

本テーマでは、流域および沿岸域における気候変動による水災害の影響予測と将来の社会動態の変化を含めた総合的な予測手法の開発や高度化、適応評価を行う。影響予測ではテーマ1が用意する共通シナリオ（気候シナリオ及び社会経済シナリオ）などを活用して、海面上昇・高潮、河川・内水氾濫による浸水の影響を予測する。また、渇水に伴う水需要・供給への影響予測を行う。浸水影響予測では、物理的な浸水範囲のみならず被害額を推計する。渇水影響予測では、農業・工業・飲料水の確保にかかる経済評価を行う。適応評価では、様々な適応オプションの提示を目標とするとともに、適応費用・適応効果の経済評価も目指す。マクロ経済への影響評価手法はテーマ5と連携して開発するが、サブテーマ間でも連携して直接的な経済評価を実施する。

【サブテーマ1】○気候変動による氾濫・浸水災害の統合影響予測と適応策の経済評価

サブテーマリーダー：横木裕宗（茨城大学大学院理工学研究科（工学野））

研究分担者：田村誠（茨城大学地球・地域環境共創機構）

外岡秀行（茨城大学大学院理工学研究科（工学野））

柴田傑（茨城大学大学院理工学研究科（工学野））

増永英治（茨城大学地球・地域環境共創機構）

今村航平（茨城大学地球・地域環境共創機構）

佐藤大作（摂南大学理工学部）

熊野直子（愛媛大学農学研究科）

1-1 海面上昇による影響予測と被害額推計

本研究では、社会経済と温室効果ガス濃度の将来シナリオとして SSP1-2.6/RCP2.6-SSP1（持続可能な社会）と SSP5-8.5/RCP8.5-SSP5（化石燃料依存社会）を考慮し、海面上昇により浸水影響を受ける日本沿岸域の浸水影響（潜在的浸水面積、影響人口、被害額）を 2020 年から 2100 年まで推計した（図1、図2、図3）。

CMIP6 の MIROC6 の海面上昇予測に基づく日本全国の潜在的浸水面積は、2050 年で 2,422 km² (SSP1-2.6)、2,403 km² (SSP2-4.5)、2,421 km² (SSP5-8.5)、2100 年では、2,542 km² (SSP1-2.6)、2,589 km² (SSP2-4.5)、2,707 km² (SSP5-8.5) となった（氏家他, 2023）。2020 年でも防護構造物がなければ約 2,300km² の潜在的浸水域が計算され、2100 年までの 80 年間の増加分は 192 km² (SSP1-2.6)、262 km² (SSP2-4.5)、346 km² (SSP5-8.5) であった。地価から推計した 2100 年までにおける潜在的浸水被害額は、SSP1-2.6 で 185 兆円、SSP2-4.5（土地利用は現状固定）で 222 兆円、SSP5-8.5 で 428 兆円となると推計された。また、児玉他(2022)による治

水経済調査マニュアル(案)と氏家他(2023)の地価に基づく浸水被害推計手法は近似的に代用できる可能性があることが明らかとなった。さらに、SSP1-2.6は潜在的浸水面積、影響人口、被害額のいずれもSSP2-4.5、SSP5-8.5よりも小さくなり、緩和策の重要性が示唆された。

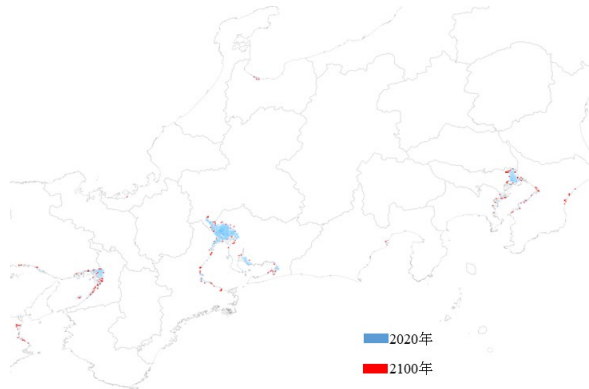


図 1 潜在的浸水域
(2020年, 2100年; SSP5-8.5)

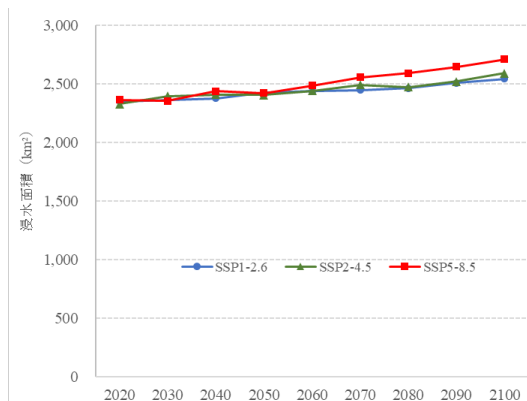


図 2 潜在的浸水面積(氏家他, 2023)

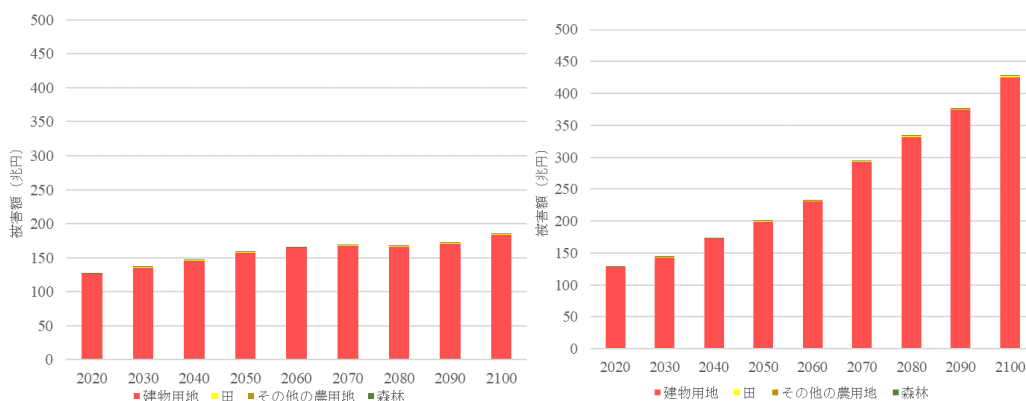


図 3 地価による潜在的浸水被害額
(左: SSP1-2.6、右: SSP5-8.5; 氏家他, 2023)

1-2 防護費用および移転費用の推計

次に、浸水影響の適応策となる防護と移転のそれぞれの費用を統一的な枠組みで推計、比較した(Tamura et al., 2023; 今村他, 2023)。海面上昇対策の費用を検討する上で、沿岸から内陸へ集団移転する場合の費用推計方法についてはこれまで研究が進んでおらず、金額の根拠となるデータの不足や、取り扱う費目が恣意的であるといった課題を抱えていた。防護費用は、Kumano et al.(2021)で構築した防護費用データベースの堤防単価(タイプ 1)、土木学会レジリエンス確保に関する技術検討委員会(2018)の嵩上げ単価(タイプ 2)の二つの方式で推計した。移転については移転先候補のグリッドの中から浸水グリッドと距離が近い順に影響世帯数を割り振る移転シミュレーションを行って移転先のグリッドを決定した。移転費用は、日本の既存制度である「防災集団移転促進事業」を海面上昇対策に応用し、土木工事費用などのデータを活用することで、既存の移転の枠組みを適用することで推計した。

その結果、浸水被害額は防護費用、移転費用よりも高くなり、さらに日本全体の防護費用は移転費用よりも安価となった(図 4、図 5)。移転シミュレーションを図 6 に示す。東京湾周辺を例にとると、浸水影響世帯の大半は利用可能な土地が多い千葉県、埼玉県、茨城県、神奈川県に移転する。

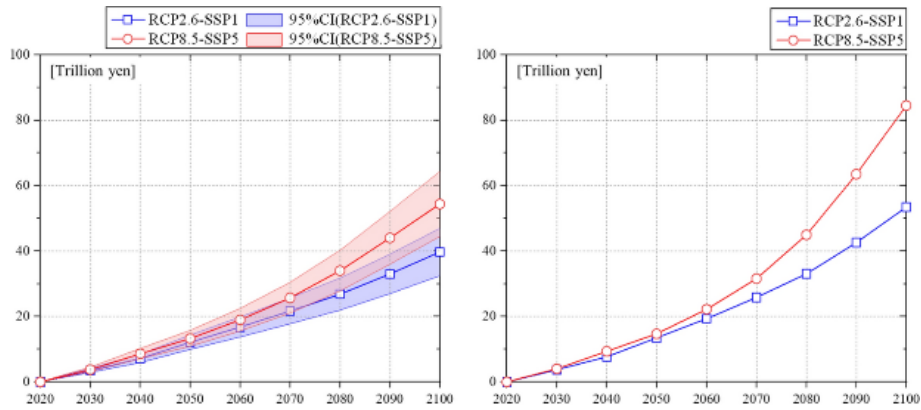


図 4 防護費用(左：タイプ1、右：タイプ2; Tamura et al. 2023)

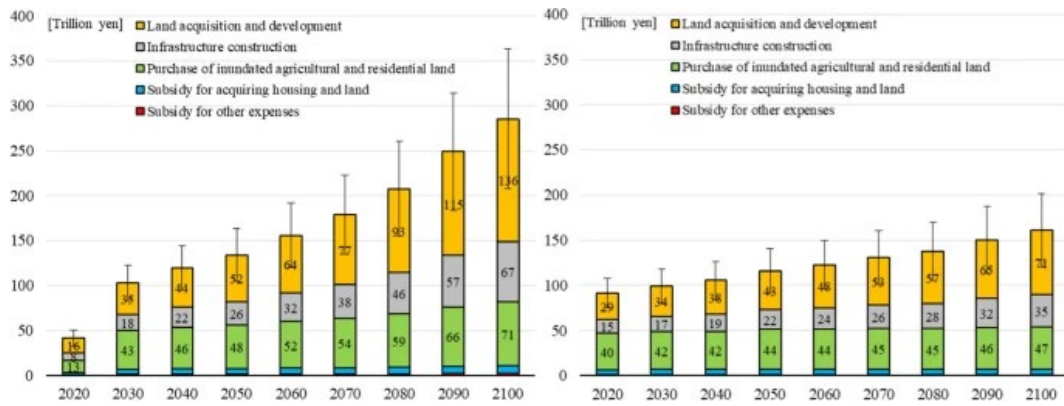


図 5 移転費用(今村他, 2023)

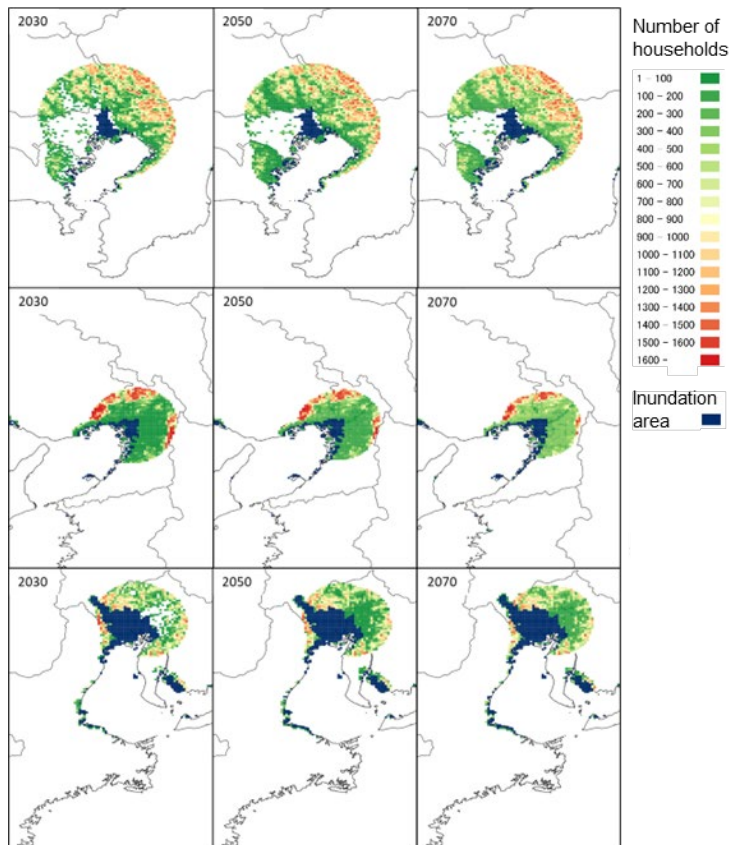


図 6 東京湾、大阪湾、伊勢湾における移転世帯の分布(RCP8.5-SSP5; 今村他, 2023)

1-3 海岸防護高の推定

佐藤・横木（2023）は浸水域評価の高度化に向けて、日本国沿岸に整備されている海岸保全施設高さの推定を行った。現状では日本全国をカバーした海岸保全施設高さの情報はとりまとめられておらず、情報の有無を含めて不明な点が多い。そこで、現状で整備が完了している海岸保全施設高さは日常的に沿岸部に作用する外力に対して防護できるだけの高さを有しているものと仮定し、潮汐、沿岸波浪、高潮の数値計算結果から海岸保全施設高さを推定した。得られた海岸保全施設高さは福井県高浜町海岸および和歌山県御坊市海岸での現地調査から得られた海岸保全施設高さと比較したところ高浜町海岸では良い一致が得られたものの、御坊市海岸では過小評価となっており、今後は津波の影響を考慮した推定が必要であることが示された。

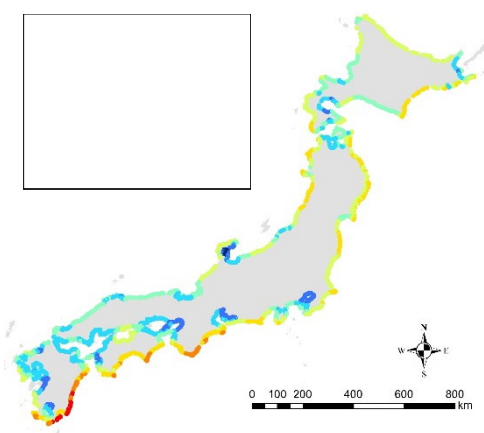


図7 海岸保全施設高さの推定結果
(佐藤・横木, 2023)

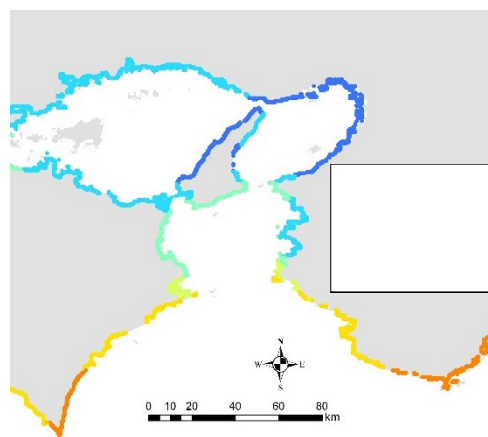


図8 海岸保全施設高さの推定結果
(大阪湾周辺) (佐藤・横木, 2023)

1-4 高潮浸水解析の評価

海岸堤防データは高潮浸水シミュレーションにおける重要な入力データであるが、全国で均一かつ正確なものは整備されていない。そこで、まず、データ入手性に優れる高分解能衛星画像プロダクト（RGB 画像、デジタル表層モデル（DSM）、DSM 画像から生成可能な斜面画像）を深層学習モデルに入力し、海岸堤防を抽出する手法を開発した。深層学習モデルはU-Net を採用し、ノイズ除去のための後処理も導入した。また、抽出した堤防ピクセルに DSM 値を与えて局所最大フィルタを適用することにより、堤防高を算出する処理も含めた。開発手法の検証は茨城県沿岸部を対象に行った。ここで学習用の堤防マスク画像は茨城県提供の堤防 GIS データをベースとしつつ、その不完全な箇所を修正するため、高分解能衛星画像と Google ストリートビューを使用して整備した。検証の結果、深層学習モデルの比較では U-Net が Pix2Pix や BBS-Net よりも堤防の識別精度が高いことが示された。また、入力画像については、(1) RGB 画像のみ、(2) RGB 画像+DSM 画像、(3) RGB 画像+DSM 画像+勾配画像、の 3 ケースを評価したところ、(3) が最も精度が高く、平均マッシュアップ相関係数は 0.674 であった（図9 参照）。また、ノイズ除去の後処理の有効性が示され、堤防高さの妥当性も示された。

以上の結果、開発手法は海岸堤防の抽出に有効であることが確認できた。今後の課題として、汎化性能の評価と実際の氾濫シミュレーションへの利用が挙げられる。

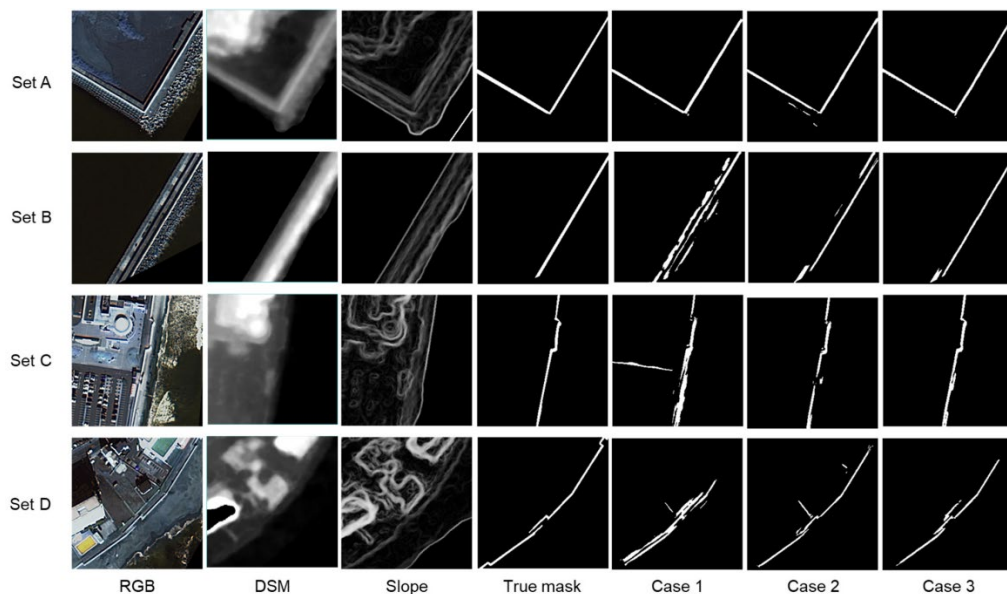


図9 入力データ (RGB、DSM、Slope)、真の堤防ピクセル、ケース1～3の出力データ (堤防ピクセル) の比較 (データセットA～Dの4例)

次に、高潮浸水シミュレーションにおける入力の一つである地表面の粗度に注目した。粗度は土地利用と密接な関係を持つことから、将来の高潮浸水リスクを評価する際には将来の土地利用予測が不可欠であると考えられる。こうした背景の下、異なる都市成長シナリオの下で将来の土地利用を予測して粗度マップを生成し、これを用いて高潮浸水リスクを評価する方法論を提案し、茨城県南部沿岸地域に適用した。使用した土地利用予測モデルは多層パーセプトロンとマルコフ連鎖モデルを組み合わせたもので、入力データは2時期の土地利用図 (2006～2011年と2018～2020年のJAXA高精細土地利用分布図) や様々な空間マップ (標高、傾斜、道路、人口、道路や鉄道までの距離、非市街地への遷移など、16種類) である。都市成長シナリオは拡大・安定・縮小の3つを考慮し、各シナリオ別に予測モデルを設計して学習した。そして2023年を予測対象年として予測モデルの有効性を確認した後、2030年を予測対象年として各シナリオ別に土地利用マップを予測して粗度マップを求め (図10)、これを氾濫流解析ソフト DioVISTA に与えて高潮浸水リスクを評価した。その結果、例えば2030年の土地利用予測と対象地域で想定される高潮の最大遡上高の下限である4mのピーク値を用いた場合、住宅地の浸水面積は、都市拡大シナリオでは4.71平方km、安定シナリオでは4.01平方km、縮小シナリオでは3.96平方kmであった (図11(a)～(c))。今回、提案した方法論は、国内外の沿岸地域において、想定される都市成長シナリオの下で高潮浸水リスクを予測し、対策を検討する際に活用できると期待される。

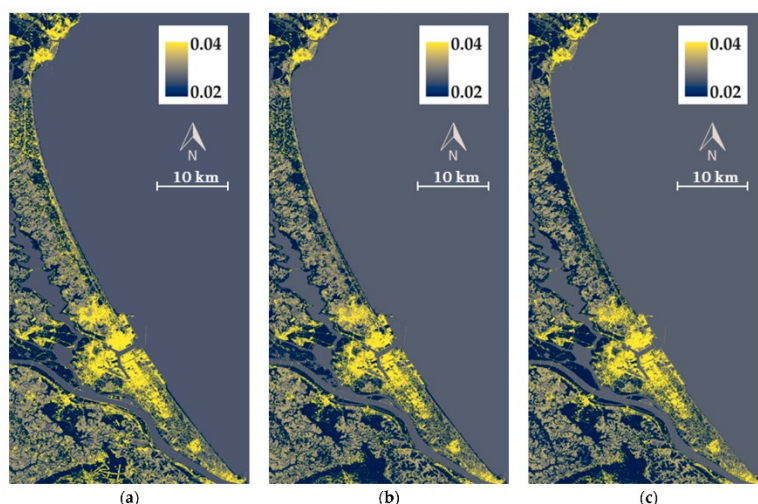


図 10 各シナリオにおける 2030 年の土地利用予測に基づく粗度マップ
(a～c はそれぞれ拡大・安定・縮小シナリオ)

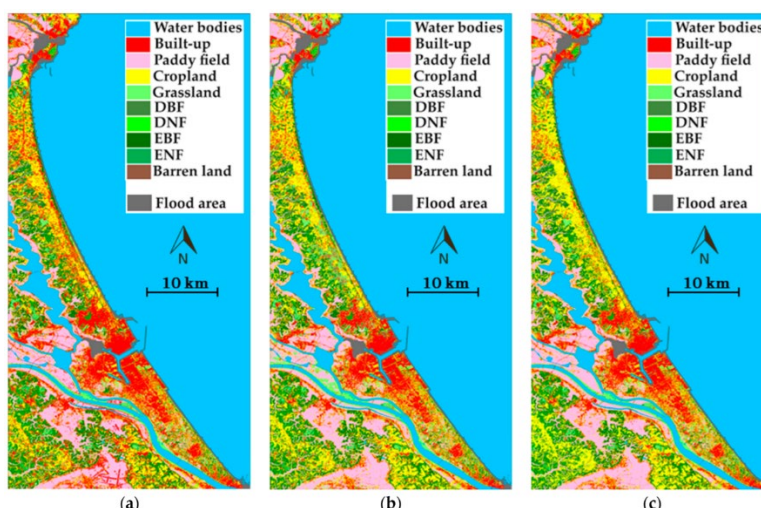


図 11 各シナリオにおける 2030 年の土地利用予測に基づく浸水域 (同)

1-5 地理情報システムの開発・評価

高潮浸水予測では堤防の位置や高さを変更した場合のシミュレーションが必要となることから、まず、3DCG 作成ソフト Blender を用いて 3D 地図データに任意高さの堤防を仮想的に配置し、その条件下で氾濫解析ソフト iRIC による高潮浸水シミュレーションが可能であるかを評価した。図 12 は数値表層モデル (DSM) を Blender で加工して堤防を追加してシミュレーションし、VR 開発環境 Vizard によって結果を可視化したものである。堤防を設置した区域では浸水が抑えられているなど、妥当な結果が得られている。

これをもとに、次に VR 開発環境の Vizard 上で高潮浸水シミュレーション結果を可視化し、一般ユーザがこれを閲覧・共有したり、対策の効果を評価できる地理情報システムを開発した。2022 年度に開発した前システムは、DSM や粗度を考慮した詳細な狭域シミュレーション

と全国規模のレベル湛水法によるシミュレーション結果をヘッドマウントディスプレイ (HMD) によってシームレスに表示するもので、仮想環境内で一人のユーザが閲覧できるシステムであった。一方、2023 年度に開発した本システムは、プロジェクションマッピング (PM) を用いてハザードマップや、3D プリンタによる立体地図などに高潮浸水シミュレーションの結果を投影するものである (図 13 参照)。本システムは、静的に設定された地図情報とシミュレーションによる動的な結果を複数人で同時に閲覧することを可能とするもので、お互いに議論をしながら高潮浸水の影響や対策に関する理解を深めることに貢献できると期待される。

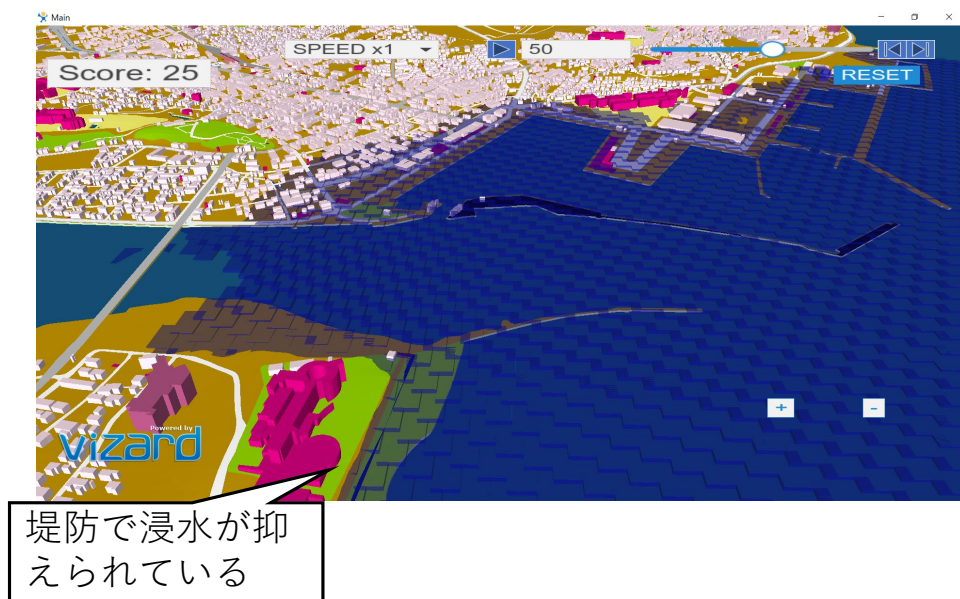


図 12 Blender で堤防を加えて iRIC により高潮浸水シミュレーションした結果を Vizard で可視化した例

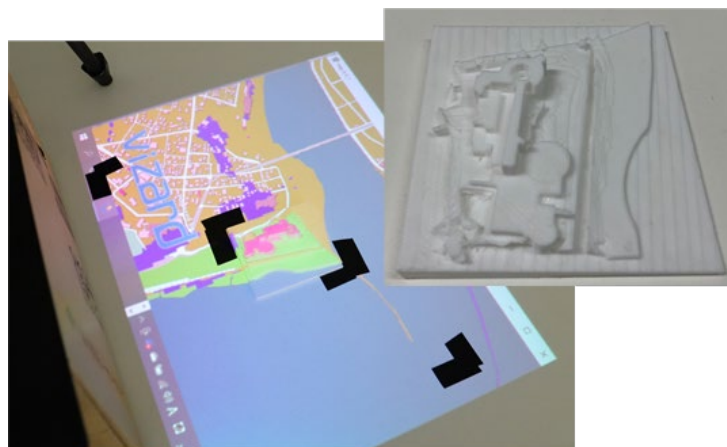


図 13 プロジェクションマッピングを用いて高潮浸水シミュレーション結果を表示・共有する地理情報システム

一方、高潮浸水解析の結果や堤防等による対策の効果を一一般の方々と広く共有することは重要であることから、高潮浸水対策の難しさの体験を目的とする地理情報システムの開発も行った。本システムは、設定されたコストの下、堤防の高さの調整と、気候変動緩和策による高潮の高さの抑制のバランスを取り、それを浸水シミュレーション結果として地理情報と合わせて提示するものである。図 14 に気候変動対策の設定画面を示す。同図下部に示す「堤防計画書」と「気候変動計画書」の「+、-」ボタンを押すことによって、設定されたコストを用いて堤防を高くしたり、緩和策によって高潮の高さを抑制したりすることができる。堤防を高くすると同図左部にあるように「景観を守れ」と市民からの意見が寄せられるようになる。ユーザは限られたコストの中で、住民の意見を取り入れながら、高潮浸水による被害を最小限にするような対策を採るよう求められる。また、高潮が押し寄せてきている様子がアニメーションで表示され、どの程度堤防を越えて街が浸水するかを把握できると共に、残り予算、浸水の程度、景観、気温、住民の声に対する考慮の程度がレーダーチャートで表示される（図 15 参照）。なお、ここでは架空の場所での例を示しているが、実在する場所を対象にすることも可能である。



図 14 気候変動対策体験システム（対策設定画面）

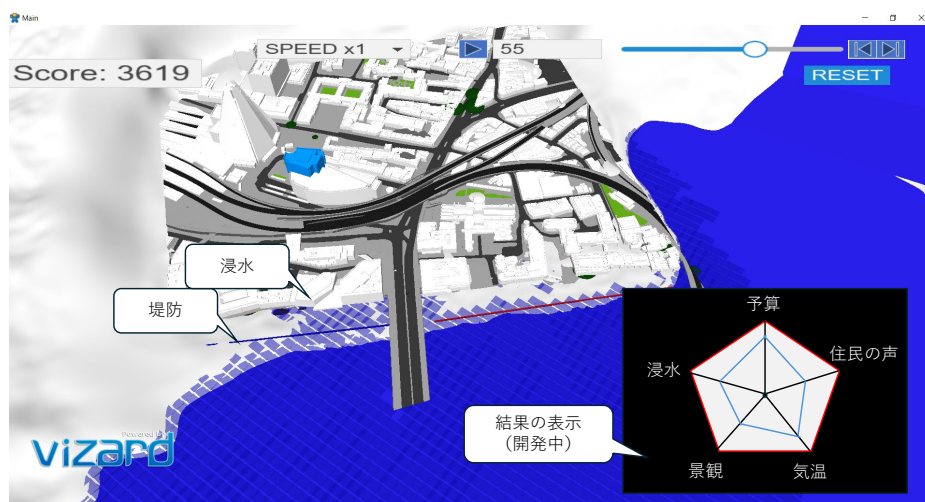


図 15 シミュレーション結果の表示画面

【サブテーマ2】高潮・高波等を対象とした沿岸域への気候変動影響予測と適応策の評価

サブテーマリーダー：森 信人（京都大学）

研究分担者：二宮順一（金沢大学）

志村智也・宮下卓也・Ho Tungcheng・今井優樹（京都大学）

安田誠宏（関西大学）

加藤史訓・本多和彦（国土技術政策総合研究所）

サブテーマ2では、海面上昇と高潮沿岸の将来予測をもとに、日本全国の高解像度地形および人口データを解析し、標高毎の影響面積および影響人口分布について評価を行った。SSP585 シナリオに従うと、東京湾、大阪湾、伊勢湾については、海面上昇のみの影響と比較して、高潮の影響を考慮すると影響面積および人口は2倍以上に拡大することが分かった。自然海岸については、全国砂浜データベースをアップデートするとともに、力学的海浜変形モデルの開発を進め、2次元場における汀線変化に加えて、沖合のバーの長期変化の過去再現計算を実施した。人工海岸については、全国の代表港湾域を取り上げ、適応オプションバリエーションと必要な対策費用について推計した。サブテーマ全体の研究概要を図16に示す。

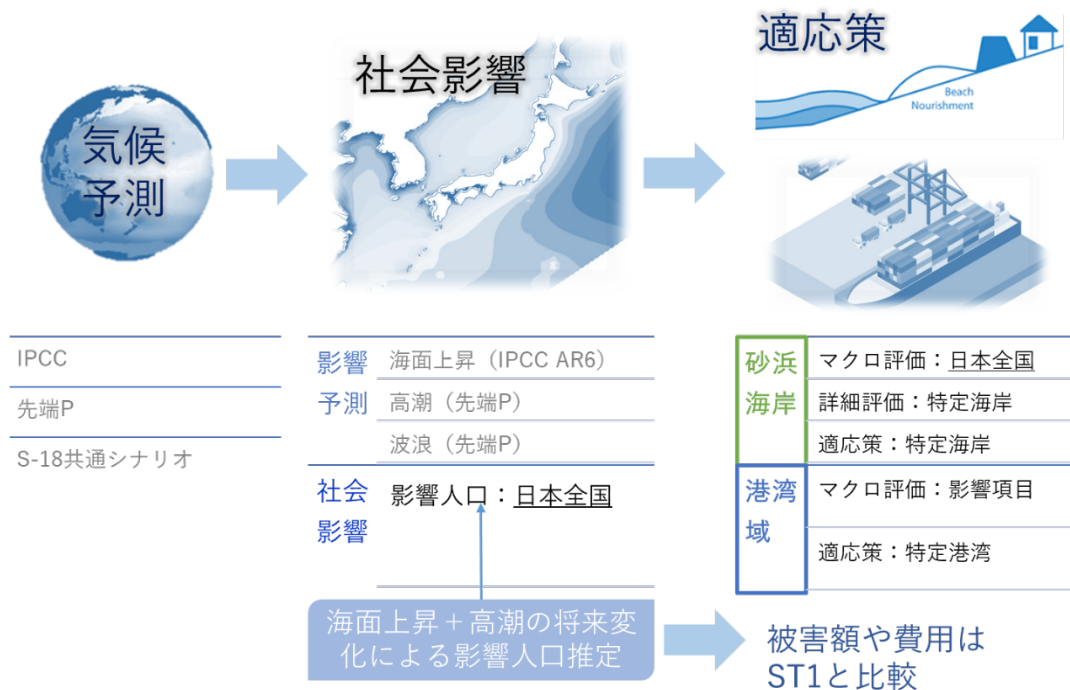


図 16 サブテーマ2の研究概要

沿岸ハザード影響予測では、IPCC (2021)の海面上昇データを解析し、日本周辺の将来変化の把握を行った。高潮については、文部科学省・統合的気候モデル高度化研究プログラムで実施された太平洋沿岸を対象とした可能最大高潮モデルを用いた高潮の予測将来データ（森

ら、2021) を解析した。さらに、地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース (d4PDF) の台風トラックデータ解析し、確率台風モデル (梅田ら、2019) に組み込み、東京湾、大阪湾、伊勢湾の 3 大湾における台風の評価を行い、力学モデルによる高潮の将来予測計算を実施した。

全国 47 都道府県を対象に、海面上昇量に加えて可能最大高潮による影響面積および影響人口の評価を実施した。曝露データとして、国土数値情報 5 次メッシュ (解像度 10m) の標高データ、国立環境研究所作成の統一人口変化予測データを用い、影響面積と影響人口の将来変化を解析した。高潮については、太平洋沿岸を対象に海面上昇と高潮偏差を加えた海面水位に対する影響面積と影響人口の評価を行った。図 17 は、東京都を対象とした海面上昇および高潮にともなう影響人口の将来変化である。図 17(a) は、海面上昇のみを考慮した場合の影響人口の変化であり、現在気候で約 120 万人が海拔 0m 以下に住んでおり、潜在的に影響を受ける人口である。図の点線は現在人口が維持された場合であり、実線は SSP 毎の将来の人口変化を考慮した場合である。東京都を対象とした海面上昇に対する影響人口の年変化は、現在人口が維持された場合は単調増加するが、SSP 毎の将来の人口変化を考慮すると 2050 年で一旦スタイリズされる。高排出シナリオでは、その後再び増加するが、SSP126 および 119 ではそのままの値を取る。一方、海面上昇に加えて可能最大高潮を考慮すると、影響人口は現在気候で 400 万人と 3 倍以上になる。この場合の影響人口の年変化は 2030~2050 年代にピークを迎え、その後減少する。海面上昇と可能最大高潮合計は単調に増加するため、この変化の要因は人口変化によるものである。SSP126 程度の将来変化でも影響人口が大幅に増加すること、海面上昇の影響人口に対して、高潮の影響人口が数倍となることが分かった。大阪湾、伊勢湾についても同様な結果を得ている。

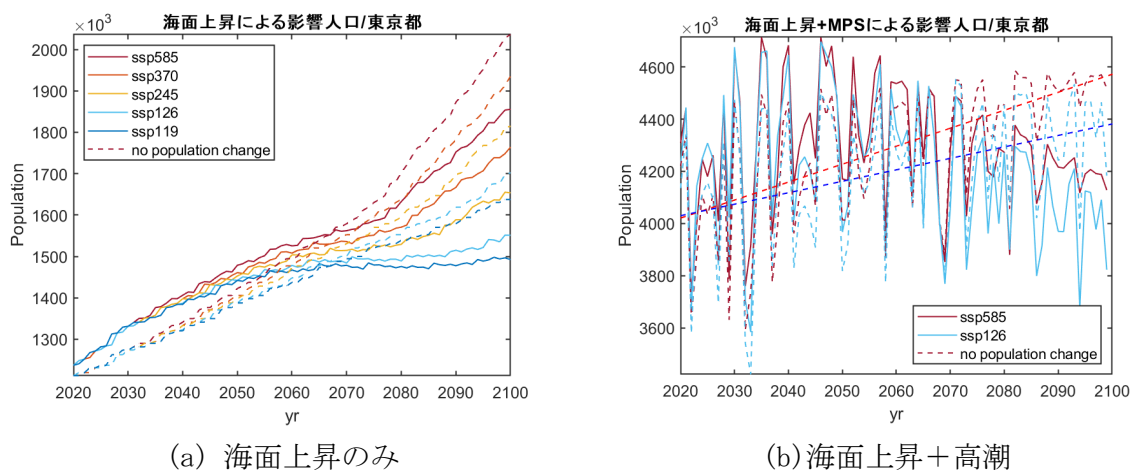


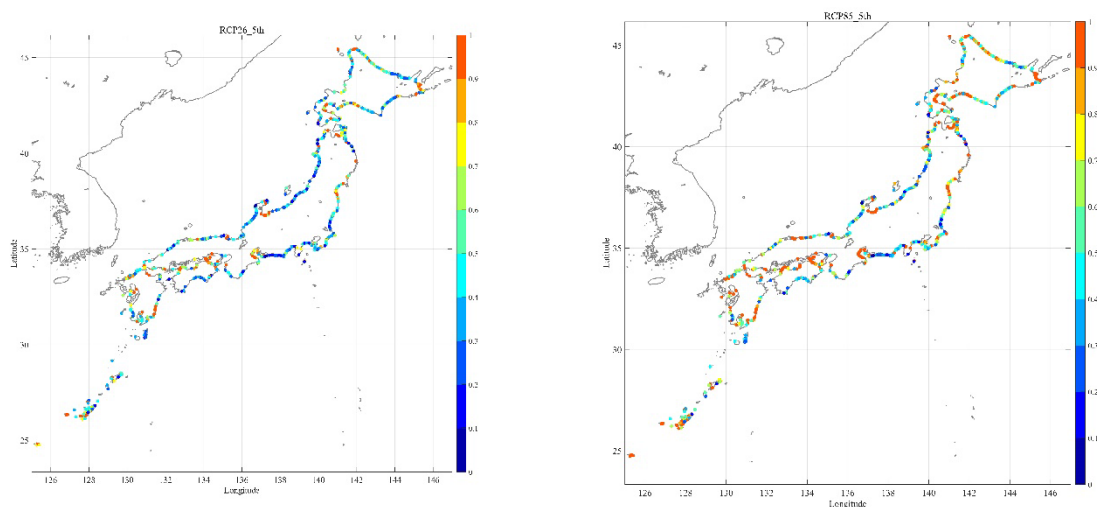
図 17 海面上昇および高潮にともなう影響人口の時間変化：東京都

自然海岸については、全国砂浜データベース (京都大学・国総研開発) をアップデートし、マクロ的な砂浜の将来変化予測を実施するとともに、力学的海浜変形モデルの開発を進め、ミクロ的な検討として汀線等の長期変化の過去再現計算を実施した。マクロ的な砂浜の将来

変化予測では、国土数値情報 5 次メッシュ（解像度 10m）の標高データと Google Earth データを組み合わせた全国砂浜データベースを用い、長さ 1km 以上の全国 806 海岸を評価対象とした。海面上昇量は IPCC AR6 日本周辺海面上昇量を用いた。図 18 は、国土数値情報 5 次メッシュの平均勾配を用いた場合の 2100 年における砂浜面積の将来変化割合である。暖色系になるほど面積変化割合が大きい海岸であるが、地域差は見られない。これは砂浜海岸の勾配の差が地域ごとに一義的に決まっていなかったためである。SSP585 の予測は、8 割以上の面積を失う海岸が多くなることを示している。表 1 は、806 海岸すべてを対象とした砂浜面積の将来変化の全国平均値である。SSP585 では 39 もしくは 66%の砂浜の面積の消失が予測され、海面上昇の砂浜海岸への影響が大きいことがわかった。また、これらの予測は基となる地形データの影響を大きく受けるため、さらなるデータ整備が必要であることも分かった。

さらに砂浜海岸については、海面上昇等が汀線変化に与える力学的効果についての評価モデルの開発を行った。できるだけ簡易な平衡勾配を導入した等深線変化モデルと 3 次元の海浜変形をシミュレートするプロセスモデル（XBeach モデル）のチューニングを実施した。図 19 は、平衡勾配を導入した等深線変化モデルによる数値実験の結果である。海面上昇に加えて、波浪の将来変化についても考慮した。等深線変化モデルに平衡勾配を導入することで Bruun 則と同等の汀線後退を予測可能とした。等深線変化モデルを用いることにより、移動限界水深周辺の地形変化も計算可能なことを確認した。一方、プロセスモデルを用いた海浜変形については、XBeach モデルを用い、静岡県浜松篠原海岸を対象とした半年の長期積分を行い、観測値を比較対象にチューニングを実施した。モデルの主要パラメータによる感度分析と重回帰分析による評価を行い、汀線位置の変化量と断面地形の再現性が最も良い組み合わせを見出した。

人工海岸については、全国の主要な港湾域の防波堤の位置・高さの DB 化、適応オプションのための港湾域の類型化を進めた。全国の主要な港湾域の防波堤の位置・高さについては整備中であるが、適応オプションのための港湾域の類型化は完了した。港湾施設への気候変動による影響メニューも整備した。



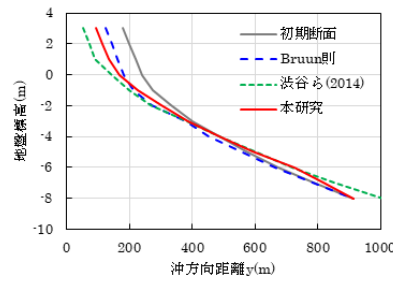
(a) SSP126

(b) SSP585

図 18 砂浜面積の将来変化：全国平均・2100 年

表 1 砂浜面積の将来変化の全国平均

	2100	2150
ssp126	-27%	-35%
	-51%	-69%
ssp585	-39%	-87%
	-66%	-96%



(上段：平均勾配 q_{mean} ，下段：5 次メッシュ勾配 $\langle q \rangle$)

図 19 砂浜地形変化の予測モデルの開発 (黒：初期断面、青：Bruun 則、緑：渋谷ら(2014)、赤：本研究)

【サブテーマ 3】 河川洪水・内水氾濫による気候変動影響予測と適応策の評価

(1) 洪水被害軽減の適応緩和策：河道植生伐採

風間聡 (東北大学工学研究科)

河道植生の伐採は洪水氾濫を減少させる効果 (適応策) と伐採した植生のバイオマス利用 (緩和策) が可能な緩和適応策である. その洪水被害軽減と安定したエネルギー確保を知るため, 伐採を上中下流の 3 つ地域のバイオマスが等しくなるよう分けた場合のそれぞれの効果を調べた (図-20. その結果, 一級水系別の年期待被害額軽減率は伐採順序によって異なること, 伐採順序によらず年期待被害額軽減率の空間傾向は概ね同じこと, 年期待被害額軽減率が最も高い伐採順序は流域で異なること, 適応・緩和策のポテンシャルが高い水系: 十勝川, 岩木川, 湧別川であることが理解された (図-21).

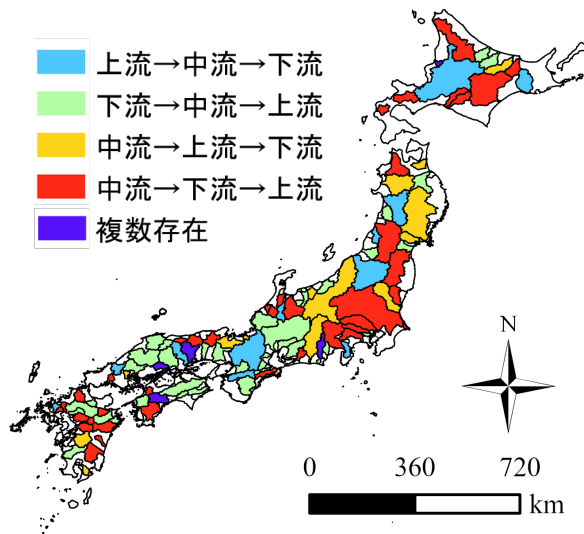


図-20 水系別の上中下流の順序による最も被害軽減率の高い伐採順序

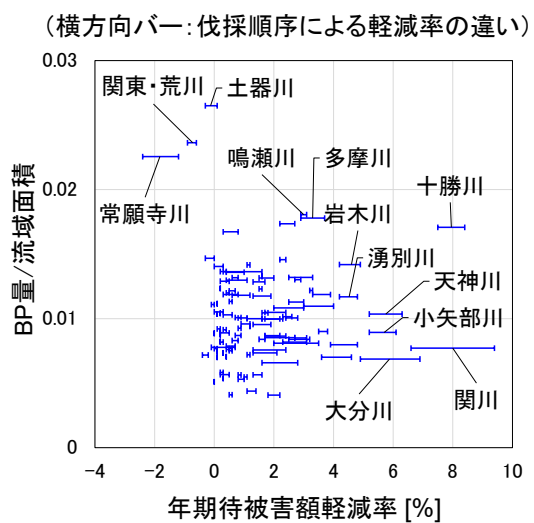


図-21 水系別緩和策と適応策の効果

(2) 洪水被害軽減の適応緩和策：ため池の洪水被害軽減

風間聡（東北大学工学研究科）

ため池は本来、灌漑用水のためのものであり、重力に応じた配水はポンプに比べて緩和の効果を持つことが知られている。また、多目的機能を持つ自然環境としても見直されている。このため池を治水に利用した際の効果を氾濫計算によって県別に調べた（図-22）。また、極端な豪雨に対するため池の効果についても調べた（図-23）。その結果、降雨に対する効果に差はあるが、香川県、滋賀県、奈良県、兵庫県、岡山県、青森県の効果が大きいことが理解された。特に香川県はため池が多いため、24%もの軽減率を持つ。関東甲信越地方は概してため池の効果は少ないことが理解された。

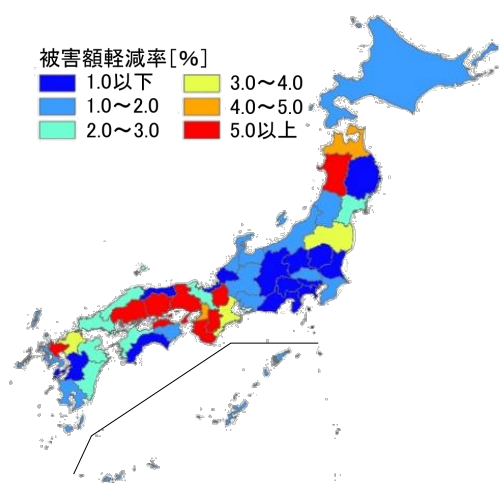


図-22 県別のため池による洪水被害額軽減率（年期待額）

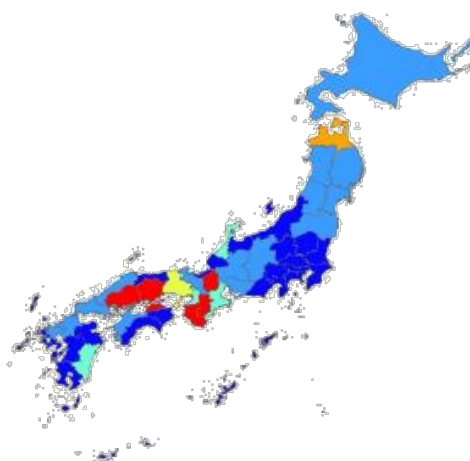


図-23 県別のため池による洪水被害額軽減率（200年の一回の豪雨）

(3) 内水氾濫適応策の評価

川越清樹（福島大学）

土地構造、地形を利用した日本列島の貯水ポテンシャルを求め、水田貯留 ($V=36.8$ 億 m^3)、公園貯留 ($V=3.4$ 億 m^3)、学校貯留 ($V=0.5$ 億 m^3) の他、窪地の貯留ポテンシャルが $V=2.2$ 億 m^3 となり、特に、秋田県、山梨県、大阪府は窪地の貯留効果が大きくなる結果を得た（図-24）。また、各都道府県の単位面積当たりの統合的な貯留ポテンシャル効果を比較すると茨城県、千葉県、佐賀県のポテンシャル量が大きくなる結果を得た。

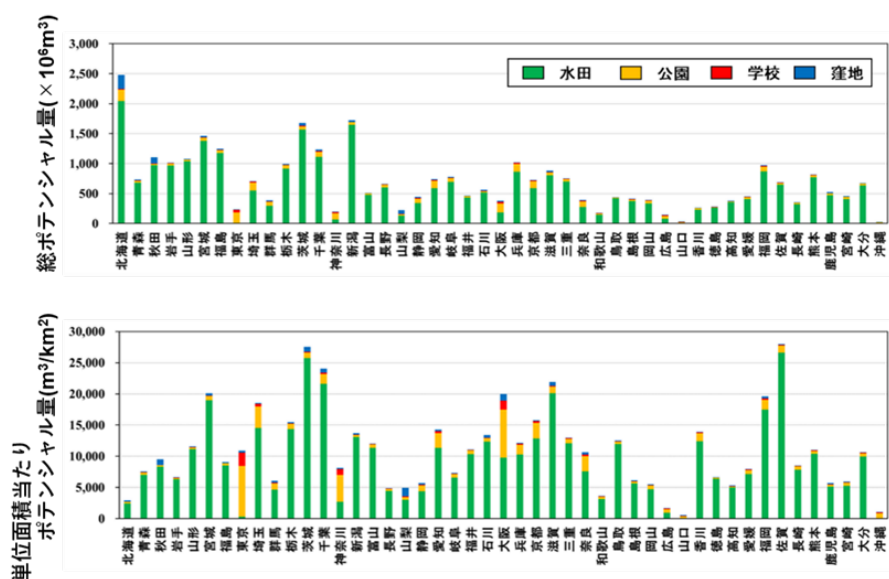


図-24 土地構造・地形による各都道府県の貯水ポテンシャル量

(4) 流域スケールにおける河道植生伐採などの適応策評価

呉修一（富山県立大学）

河道計算班は、適応策として田んぼダムを対象とし、緩和効果をも有する適応策として植生伐採、グリーンインフラ、森林保全管理の効果を評価した（図-25）。流域に多くの田んぼ（33.5%）を有する小矢部川では田んぼダムの効果が大きく、神通川、小矢部川で河道植生伐採の効果が大きい事が確認された。しかしながら、黒部川では各種適応策の効果が殆ど見られないという結果となったため、今後もその他の適応策の検討などが必要となってくる。

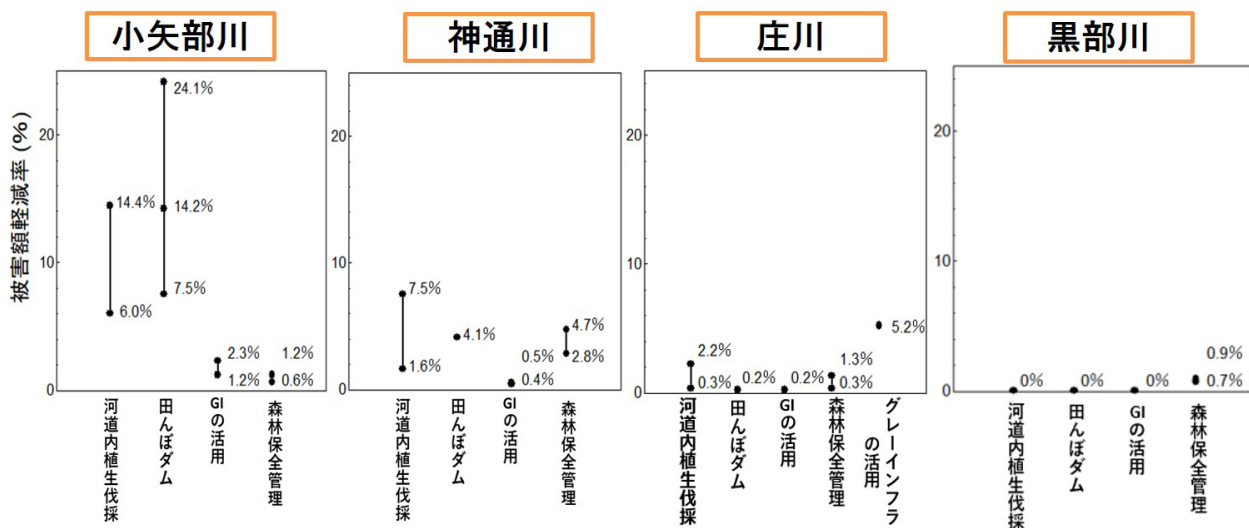


図-25 富山県河川（小矢部川、神通川、庄川、黒部川）における適応・緩和策の評価結果

【サブテーマ 4】

サブテーマリーダー：吉田武郎（農研機構農村工学研究部門）

研究分担者：角哲也（京都大学防災研究所）

堀智晴（京都大学防災研究所）

佐藤嘉展（愛媛大学農学部）

丸山篤志（農研機構農業環境研究部門）

皆川裕樹（農研機構農村工学研究部門）

高田亜沙里（農研機構農村工学研究部門）

工藤亮治（岡山大学環境理工学部）

土原健雄（農研機構農村工学研究部門）

吉本周平（農研機構農村工学研究部門）

4-1 全国高解像度の影響評価モデルの構築

水資源への気候変動影響を予測するために、河川の自然的な水循環と人為的な水利用系を一体的に解析するモデルを日本全域で構築した。本研究で用いる分布型水循環モデル（吉田ら、2012）は、流域を分割する矩形メッシュ（3次メッシュ：解像度約1km）ごとに降水量、気温、風速、短長波放射量等の気象データを日単位で与え、各メッシュでの河川流量を算定する。さらに、モデル上に貯水池や水利施設を配置し、その運用ルールをアルゴリズム化することにより、各施設での運用が河川流量に与える変化や、気候変動時の取水可能量の評価を行う。

これらの自然的なハザード（水供給・水資源）を人為的なリスク影響（水利用・渇水）に変換するため、CMIP6シナリオ群により各河川での水需給バランスの変化を月ごとに評価した。ここで、77の一級河川の利水基準点に設定された正常流量（河川管理上、利水基準点で満足すべき流量）を参考に、渇水流量の変化率を示す（図26）。ここでの渇水流量とは、灌漑期間（5-9月）の流量の3%タイル値とした。これは、灌漑期間150日のうちおよそ5日発生する流量に相当する。さらに、30年の渇水流量から3番目に小さい量を10年確率渇水量とし、現在期間（1980~2009年）の10年確率渇水量からの各期間の変化率を示す。2010~39年の期間には全国的に統一的な傾向はみられず、中央値が減少する5地域（北海道、東北、関東、信越、東海）と増加する4地域（関西、中国、四国、九州）に二分される。しかし、2040年以降は全ての地域の中央値が現在より減少する（図26）。

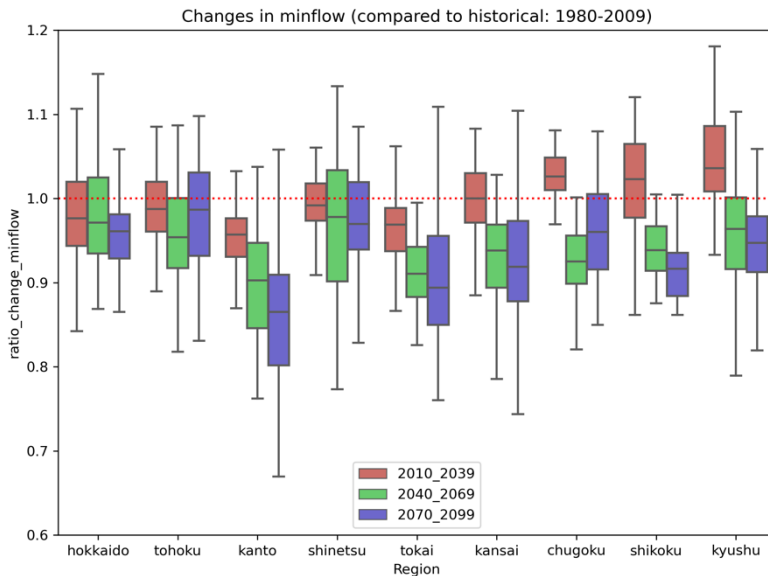


図 26 灌漑期間（5～9月）の湧水流量の変化（現在期間の湧水流量に対する変化率）

4-2 適応策の評価手法の開発：有効性と実現可能性の観点から

本課題では、サブテーマ 2-1 と連携し、水稲生産における適応策である移植日の変更の有効性や、現場の制約条件の中での実現可能性を評価する。ある分野での気候変動への適応を考える時、適応策が有効ではあるが、他の要因で適応が妨げられている状況を「ソフトな」適応限界という。一方、阻害要因がなくても、適応できない状態を「ハードな」適応限界という（IPCC WGII, 2022）。農業用水と水資源は密接に関わりがあり、両者の適応策が有効かつ相互に便益をもたらす状況であれば実現可能性は高まるが、それぞれが有効な適応策であっても互いに競合的な関係にあれば、ソフトな適応限界に直面する。

ここでは、比較的温暖な豪雪域にあり、かつ、農業用水利用が卓越している典型的な河川である信濃川において、適応策の有効性・実現可能性を評価する新たな枠組みを構築した。水稲の高温障害は、出穂期や登熟期の高温により外観品質が低下する現象で、新潟県では 2000 年代に入ってから高温障害が発生し、一等米比率の低下や農家収入の減少等の被害が生じるようになった。出穂時の高温を避けるため、水稲の移植日を 2 週間遅らせる要望が強く、現在、水利用を変更する協議が河川管理者と農業水利者の間で進められている。

構築した評価の枠組みは、分布型水循環モデル（吉田ら、2012）と水稲生育／品質推定モデル（Ishigooka et al., 2017）という二つの物理プロセスモデルから構築される。前者は水資源量・湧水指標（累積湧水量、湧水日数）、後者は収量および外観品質が良好なコメの収量を算出する。信濃川での適用においては、現在・将来気候下における水文過程および水稲の生育過程を 3 次メッシュ単位で計算する。この枠組みでは、水稲移植日（分布型水循環モデルでは取水開始日）をパラメータとして両モデルに与え、同じ移植日と気候シナリオで計算した時の累積湧水量および外観品質が高いコメの収量（以下、外観品質良好米収量）を結合することにより、農業者（有効性）および水資源管理者（実現可能性）の両者の観点から適応策を評価する。ここでは、現行の移植日から 1 週間ごとに前後 5 週間まで移動させる適応策を、現在期間（1981-2000）、将来の 2 期間（2011-2030、2031-2050）で検証した。

気候変動のみが渇水リスクに及ぼす影響をみるため、田植え日を基準日のままとした場合（適応策を実施しない場合）において、historical シナリオ（1980～2014 年）に対する、気候変動シナリオ（2015～2050 年）の渇水リスクの変化率を示す（図 27）。各利水基準点における 10 年確率渇水量のアンサンブル平均値をシナリオ毎に算出し、気候変動シナリオの値を historical シナリオの値で除したものを変化率とした。適応策を実施しない場合には、SSP1-RCP2.6 シナリオでは北陸や九州の一部の地域で渇水リスクが減少する傾向が見られたが、その他の地域では渇水リスクが増加していた。SSP2-RCP4.5 と SSP5-RCP8.5 シナリオでは、ほとんどすべての地域で渇水リスクが増加しており、特に北海道東部、東北南部、関東、近畿、中国において顕著な増加傾向が見られた。各気候変動シナリオで、降水量に関しては明確な変化が見られなかったことから、蒸発散量の増加が渇水リスクの増大に寄与したことが推察される。

水稲生産の気候変動適応策が渇水リスクに及ぼす影響を見るため、各作柄表示地帯で収量が最多となる田植え日を選択した場合の渇水リスクを計算した。水稲生育収量モデルによる計算では、田植え日の早期化による増収傾向が全国の多くの地域で見られたが、東北や北陸の一部の地域では減収傾向

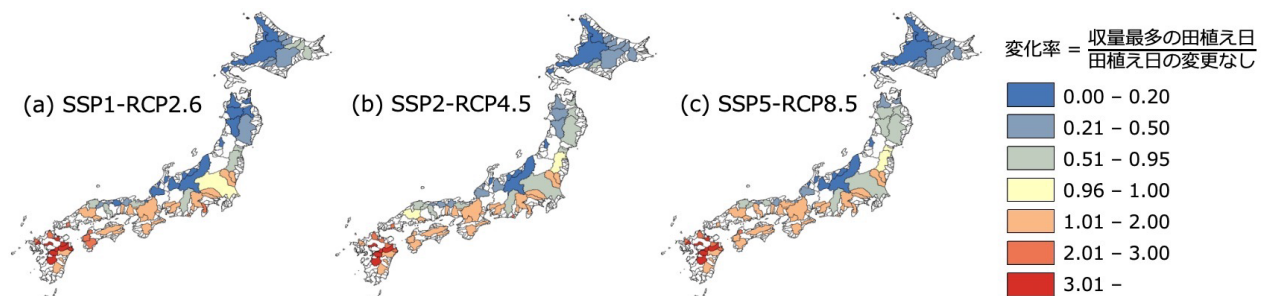


図 27 気候変動シナリオ（2015～2050 年）において、適応策を実施しない場合（田植え日の変更なし）に対する、適応策を実施した場合（各地点で収量最多となる田植え日を選択した場合）の渇水リスクの変化率が確認された。一方で、田植え日を晩期化すると全ての地域で減収傾向が見られた。図 28 には、2015～2050 年の気候変動シナリオにおいて、適応策を実施しない場合（田植え日の変更なし）に対する、適応策を実施した場合（各作柄表示地帯で収量最多となる田植え日を選択した場合）の渇水リスクの変化率を示している。いずれのシナリオとも、北海道、東北、北陸、近畿と中国の日本海側では減少傾向、関東、中部、近畿、中国の瀬戸内海側、四国、九州では増加傾向が見られた。

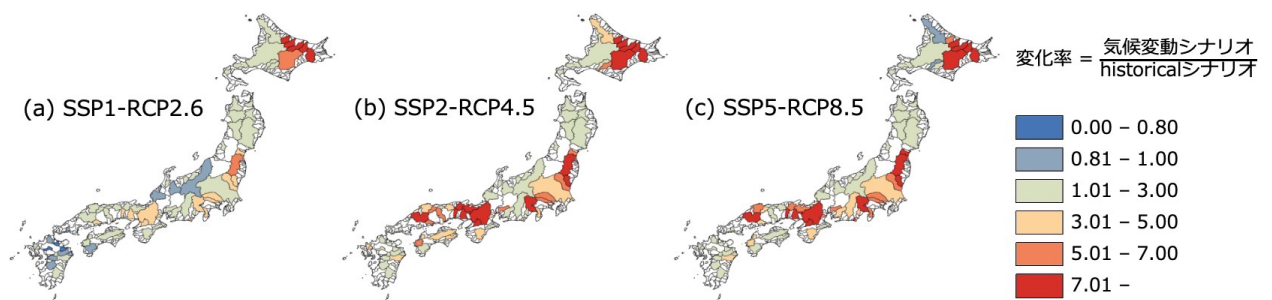


図 28 適応策を実施しない場合（田植え日の変更なし）において、historical（1980～2014 年）に対する、気候変動シナリオ（2015～2050 年）の渇水リスクの変化率

4-3 貯水池の管理/運用による適応策の検討

全国の多目的ダムの堆砂の現況データの整備を行うとともに、将来の流況変化および堆砂進行を考慮した上で、ハード的対策を実施すべきダム候補を検討した。研究対象として、1)三重県中部の安濃川流域(安濃ダム:異常堆砂が進行する濁水河川での適応策の考え方、利水専用ダムでの治水のあり方を検討)、2)栃木県の鬼怒川流域(国交省4ダム:複数の利水者(農水・発電)が存在する場合の適応策の考え方、農業水利用が卓越・濁水河川・発電・堆砂の進行による影響を検討)の二つの流域を対象とし、インパクトの精緻化(利水者ごとにCriticalな時期・量)、及び、適応策の精緻化(供給側:ハード・ダム連携運用、需要側:高度な用水管理、作付時期・品種の変更など)を検討した。

安濃ダムへの流入量・貯留量の将来変化をMRI-AGCM3.2Sによる150年シームレスデータを利用して予測した。その結果、ダムからの給水制限日数および給水停止日数は、今世紀中頃に最も多くなることがわかった。ダム流入・放流量の実績値の差分から計算した貯水量と、実績貯水量(堆砂を考慮したHVにより作成)を比較し、ダム堆砂進行量の推定を行った結果、過去10年間で有効容量が約80万 m^3 減少し、大規模な出水ごとに堆砂が進行することが明らかになった。一定規模以上の出水発生頻度は、今後も引き続き一定の頻度で発生すると予想されたため、何らかの堆砂対策を実施しなければ、利用可能な水資源量は大幅に減少する可能性があることが示唆された。

稲の成長を考慮して灌漑需要量を推定するモデルとダムから農業用水を補給するモデルを組み合わせた利水需給シミュレーションモデルを構築し、安濃ダムからの補給に依存する稲作灌漑域(中勢用水地区)において、気候変動に伴い生じうる水資源利用に関するリスク評価を試みた。RCP8.5シナリオに基づく灌漑配水シミュレーションを行った結果、対象とした中勢用水地区では冬季のうちにダムの貯水量は十分に回復することが確認でき、前年度の濁水が翌年度の灌漑操作に大きな影響を及ぼさないことが示された。将来気候下ではダムの貯水量が十分でない日が増加することが予測された一方で、田植日を適切に選択することで濁水リスクを減少させることができる可能性が見いだされた。

4-4 地下水の管理による適応策の検討

水田に地下水を利用する代表的地域として、農業用地下水利用量が全国二位の那須野ヶ原扇状地(栃木県)を選定した。水収支を再現するために、地形・地質条件を考慮して対象地を小ブロックに分割し、各ブロックの地下水流動部を連結したモデルを構築した。計算された地下水位と観測された地下水位はおおむね一致しており、良好な再現性能が確認された。また、地下水位と先行降水量の関係を整理することにより、水需要が大きく地下水の濁水リスクが高い灌漑期初期の水位には約3~5ヶ月前、つまり秋~冬季の非灌漑期の降水量が影響することを示した。将来気候下の水収支の評価のために、非灌漑期の降水量が減少した場合の灌漑期初期(4月)の地下水位低下量を推定した。11~3月の降水量が5~30%減少した場合の4月の地下水位の低下量は12~73cmと推定され、年間降水量や直近の降水ではなく非灌漑期の一定期間の降水量が少ない年に地下水の濁水リスクが高まることを明らかにした。

離島や沿岸部の地下水を利用する代表的地域として、米須地下ダムの流域(沖縄県)を選定した。南西諸島の地下ダムについては、帯水層が琉球石灰岩であるため流域にカルスト地形がみられ、洞窟を通過する速い地下水の流れ(パイプフロー)が発生している。このため、大雨時には、雨水がドリーネなどから地下に吸い込まれ、洞窟を通過して湧水から流出するが、このような地下水は地下ダムに貯留

されず海へ直接放出される。将来の気候変動によって降水が極端化すれば、パイプフローによる無効流出が増えることが予想されることから、パイプフローを考慮した貯留型モデルを構築して地下ダム流域の水収支を計算し、降水の極端化がパイプフロー流出量に与える影響を見積った。著しい降水集中化を模擬した降水パターンの計算結果では、パイプフロー流出量の増大量が有効降水量の 1 割超に相当になる年もあったことから、降水極端化に伴うパイプフロー流出量の増加が地下ダム水資源に与える影響は無視できないと考えられた。

【2023 年度成果一覧】

○学術論文 (国内誌 26 件、国際誌 11 件)

< 査読あり >

- 1) 松本大樹・増永英治・横木裕宗(2023) 「夏季の気象変化による成層の発達が及ぼす霞ヶ浦への影響の評価」 『土木学会論文集』 . 79(27), 10p.
- 2) 山本浩司・横木裕宗・田村誠・今村航平(2023) 「既設の海岸構造物を考慮した海面上昇に対する適応費用の評価」 『土木学会論文集』, 79(27), 8p.
- 3) 氏家一哉・横木裕宗・田村誠・今村航平(2023) 「日本沿岸域における地価を用いた海面上昇による浸水被害の経済評価」 『土木学会論文集』, 79(27), 8p.
- 4) 佐藤大作・横木裕宗(2023) 「日本国における現状の海岸保全施設高さの推定手法に関する研究」 『土木学会論文集』, 79(27), 7p.
- 5) 今村航平・田村誠・横木裕宗(2023) 「日本沿岸域の海面上昇に対する住宅移転のシミュレーション」 『土木学会論文集』, 79(10), 12p.
- 6) 鈴木樹, 大家隆行, 辻尾大樹, 熊谷健蔵, 加藤史訓, 森信人, XBeach を用いた海面上昇を考慮した海浜断面地形の長期予測, 土木学会論文集, 2023, 79 巻, 17 号, 公開日 2023/11/01, Online ISSN 2436-6021, <https://doi.org/10.2208/jscej.23-17082>
- 7) 柳原駿太, 池本敦哉, 風間聡, 呉修一, 藤下龍澄, 河道内植生の伐採順序による洪水適応策と緩和策の評価 土木学会論文集 (水工学), 80 巻, 16 号, 23-16121, 2024. 2. 29. DOI: 10.2208/jscej.23-16121
- 8) 柳原駿太, 池本敦哉, 風間聡, 呉修一, 藤下龍澄, 河道内植生の伐採による日本全国の潜在的な洪水被害軽減の評価, 土木学会論文集 G (環境), 79 巻, 27 号, 23-27042, 2024. 2. 14. DOI:10.2208/jscej.23-27042
- 9) 岡本彩果, 柳原駿太, 風間聡, 平賀優介, 洪水被害による市区町村の人口変動とその要因に関する統計的分析, 土木学会論文集 G (環境), 79 巻, 27 号, 23-27044, 2024. 2. 14. DOI:10.2208/jscej.23-27044
- 10) 藤下龍澄・呉修一, 地球温暖化による 1.5°C 上昇と各種適応策が富山県河川の洪水・侵食リスクに与える影響評価, 土木学会論文集 (環境), 79 巻, 27 号, 23-27034, 2024. 2. 14. DOI:10.2208/jscej.23-27034
- 11) 風間聡, 山本道, 柳原駿太, 池本敦哉, 河川氾濫を対象とした洪水リスクに対する適応策評価, 地球環境, Vol. 28, No. 1, pp. 77-84, 2023.
- 12) 梶田颯斗・小林拓矢・川越清樹, 夏井川流域の若齢就学者を対象にした防災における意識検証と課題抽出に関する検討, 土木学会論文集, 80 巻, 16 号, 23-16075, 2024. DOI:<https://doi.org/10.2208/jscej.23-16075>.
- 13) 川越清樹・中尾勝洋・大橋春香, 気候変動による複合的な要因を考慮した土砂災害リスク評価と適応計画, 地球環境, Vol. 28, No. 1, pp. 85-94, 2023.
- 14) 小笠原雅人・桑原祐史, 衛星画像を用いた堤外地バイオマス量推定に対する簡易な植生分類方法の提案, 土木学会論文集, Vol. 79, No. 22, 22-22010, 2023.
- 15) 高田亜沙里, 吉田武郎, 石郷岡康史, 丸山篤志, 工藤亮治: 土木学会論文集, 80 巻,

- 16 号 (2024) 気候変動下における水稻の作付時期の変化が農業水利用に及ぼす影響の全国評価. <https://doi.org/10.2208/jscej.23-16118>
- 1 6) 高田亜沙里, 吉田武郎, 石郷岡康史, 丸山篤志, 工藤亮治: 農業農村工学会誌, 91(5), 15-18 (2023) 水稻生産者の気候変動への適応戦略と水資源の相互影響評価.
- 1 7) 井上湧太, 堀智晴, 山田真史: 農業用ダムを利用した稲作灌漑に関する気候変動に伴う長期的な影響分析, 土木学会論文集, 2024, 80 巻, 16 号, 論文 ID: 23-16119.
- 1 8) 小林健一郎, 矢野真一郎, 伊島実咲, 角哲也, Le Duc, 川畑拓矢: 球磨川流域における最大クラス洪水も考慮した川辺川ダムの治水効果推定, 土木学会論文集, 2024 年 80 巻 16 号, 論文 ID: 23-16068.
- 1 9) 仲浩明, 大坪祐介, 有光剛, 角哲也 (2023) 実用性を考慮した黒部ダムへのアンサンブル降雨予測の活用方法検討および水系への影響評価, 土木学会論文集, 2024 年 80 巻 16 号, 論文 ID: 23-16146.
- 2 0) 木谷和大, 鈴木豪太, 松橋輝明, 田村和則, 木戸研太郎, 角哲也, (2023). 長時間アンサンブル降雨予測による事前放流の早期開始判断と回復可能性の検証, 河川技術論文集 29, 497-502.
- 2 1) 松原隆之, 角哲也, 中田有美, (2023). 長時間アンサンブル降雨予測情報を適用した天竜川水系水力発電ダム群の運用高度化, 河川技術論文集 29, 461-466.
- 2 2) 道広有理, 木戸研太郎, 曾田英揮, 角哲也, (2023). 長時間アンサンブル降雨予測を活用した多目的ダムの高度運用に関する検討, 河川技術論文集 29, 485-490.
- 2 3) 田村和則, 木戸研太郎, 小森谷哲夫, 角哲也, (2023). ダム群連携最適操作シミュレータの開発, 河川技術論文集 29, 491-496.
- 2 4) 西琴江, 岡本優希, 角哲也, (2023). 長時間アンサンブル降雨予測を用いた多目的ダムの後期放流操作に関する研究, 河川技術論文集 29, 473-478.
- 2 5) 崎川和起, 近森秀高, 工藤亮治, 丸尾啓太 (2024) : 簡略化メタ統計的極値分布を用いた確率雨量の推定, 応用水文 (論文編) , 36, 1-8.
- 2 6) 近森秀高, 工藤亮治, 丸尾啓太 (2023) : メタ統計的極値分布を用いた確率雨量の経年変化の推定, 農業農村工学会論文集, 317, 113-120.
- 2 7) Tamura, M., K. Imamura, N. Kumano, H. Yokoki (2023) "Assessing the Effectiveness of Adaptation against Sea Level Rise in Japanese Coastal Areas: Protection or Relocation?" Environment, Development and Sustainability, 17p.
- 2 8) Masunaga, E., Itoh, S., Kitamura, T. (2023) "Vertical mixing and oxygen flux caused by daily sea breezes in a shallow stratified lake," Limnology, 24(2), 95-109.
- 2 9) Xia, H., Tonooka, H. (2024). Extraction of Coastal Levees Using U-Net Model with Visible and Topographic Images Observed by High-Resolution Satellite Sensors. Sensors 2024, 24, 1444.
- 3 0) Safabakhshpachehkenari, M., Tonooka, H. (2024). Modeling Land Use Transformations and Flood Hazard on Ibaraki's Coastal in 2030: A Scenario-Based

- Approach Amid Population Fluctuations. Remote Sens. 2024, 16, 898.
- 3 1) Hayata Yanagihara, So Kazama, Tsuyoshi Tada, Evaluation of High-Floor Houses for Pluvial Floods in Japan, Proceedings of the 40th IAHR World Congress, pp.1149-1153, 2023.8.24. Vienna. DOI:10.3850/978-90-833476-1-5_iahr40wc-p0309-cd
 - 3 2) Atsuya Ikemoto, So Kazama, Takeo Yoshida, Hayata Yanagihara, Evaluation of an adaptation strategy for flood damage mitigation under climate change through the use of irrigation reservoirs in Japan, Water Resources Management, Vol.37, pp.4159-4175, 2023.6. DOI:10.1007/s11269-023-03544-7
 - 3 3) Sora Maruta, Seiki Kawagoe, Estimation of Inundation Mitigation Potential Due to Time Variability in Japan, Climate Change Adaptation from Geotechnical Perspectives (Lecture Notes in Civil Engineering), Vol.447, pp.297-307, 2024. DOI : 10.1007/978-981-99-9215-7_27.
 - 3 4) Takada, A., Yoshida, T., Ishigooka, Y., Maruyama, A., and Kudo, R.: Water Resources Research, 60, e2022WR034219 (2024) Potential barriers to adaptive actions in water-rice coupled systems in Japan: A framework for predicting soft adaptation limits. <https://doi.org/10.1029/2022WR034219>
 - 3 5) Tsuchihara, T., Yoshimoto, S., Shirahata, K. et al. Analysis of groundwater-level fluctuation and linear regression modeling for prediction of initial groundwater level during irrigation of rice paddies in the Nasunogahara alluvial fan, central Japan. Environ Earth Sci 82, 473 (2023). <https://doi.org/10.1007/s12665-023-11174-w>
 - 3 6) Bharambe, K. P., Shimizu, Y., Kantoush, S.A., Sumi, T., Saber, M. (2023). Impacts of climate change on drought and its consequences on the agricultural crop under worst-case scenario over the Godavari River Basin, India, Climate Services, Volume 32, 2023, 100415, ISSN 2405-8807.
 - 3 7) Bharambe, K. P., Kantoush, S.A., Goto, H., Sumi, T., Saber, M. (2023). Climate change impacts on spatiotemporal variation of extreme weather and its consequences on dam optimization and risk management in the Cagayan basin, Philippines, APN Science Bulletin, 13(1). doi:10.30852/sb.2023.2347

<査読なし>

- 1) 児玉康希・横木裕宗(2023)「日本沿岸域における海面上昇に起因する潜在的浸水被害への効率的防護方法法の検討」第31回地球環境シンポジウム, 滋賀県立大学, 2023年9月19日.
- 2) 竹内遼真・横木裕宗(2023)「複数の気候モデルを用いた気温上昇量と海面上昇量の関係」第31回地球環境シンポジウム, 滋賀県立大学, 2023年9月20日.
- 3) 本多和彦・成田裕也・岡本侃大・百海郁弥・平山克也・高川智博・森信人(2024): 3大

湾内の港湾における高潮・波浪への気候変動の影響評価, 国土技術政策総合研究所資料, No. 1266, 132p.

- 4) 藤下龍澄・呉修一, 富山県河川を対象としたグリーンインフラ関連適応策による洪水被害軽減効果の定量評価, 第31回土木学会地球環境シンポジウム講演集, BP4, 2023.
- 5) 吉田武郎, 相原星哉, 皆川裕樹, 高田亜沙里: 応用水文, 36, 35-44 (2024) 水利用の地域特性を考慮した気候変動影響評価手法の構築.
- 6) 星野裕輝, 吉田武郎, 高田亜沙里, 丸山篤志, 福田 信二: 応用水文, 36, 55-62 (2024) 田植え日の早期化パターンと河川流況変動に関する検討.

○学会・シンポジウム等における発表 (国内 24 件、国外 7 件)

<口頭発表>

- 1) 今村航平・田村誠・横木裕宗(2023)「日本沿岸域の海面上昇に対する住宅移転シミュレーション」JpGU2023, 幕張メッセ, 2023年5月22日.
- 2) Daiki Matsumoto, Eiji Masunaga, Hiromune Yokoki (2023) “Mixing and hypoxia influenced by global warming in Lake Kasumigaura,” JpGU2023, 幕張メッセ, 5月24日.
- 3) 大塚泰地・柴田傑(2023)「プロジェクションマッピングによる広域と狭域視点を切り替え可能な浸水シミュレーションの可視化」ヒューマンインタフェースシンポジウム2023, 青山学院大学, 2023年9月7日.
- 4) Safabakhshpachehkenari, M., Tonooka, H. (2023) 「Performance evaluation of the Neural Logistic Fuzzy Ensemble Model for Land Use/Land Cover Change Prediction in Tsukuba, Japan」, 日本リモートセンシング学会第74回学術講演会論文集, pp.21-22, 2023年6月2日.
- 5) Safabakhshpachehkenari, M., Tonooka, H. (2023) 「Dual-Scenario Projections of Land Use Transformations for 2030 in Ibaraki Prefecture’s Coastline Under Japan’s Population Contraction Using Machine Learning Paradigm」, 日本リモートセンシング学会第75回学術講演会論文集, pp.31-32, 2023年11月21日.
- 6) 橋田俊彦・竹見哲也・坪木和久・中村尚・伊藤耕介・山田広幸・佐々浩司・川瀬宏明・森信人・大津山堅介・花島誠人・黒良龍太・竹之内健介 (2023) 2023年度春季大会専門分科会「激甚化・頻発化する気象災害の軽減に気象学と関連研究はどう貢献するか?」報告, 天気, 70巻12号
- 7) 池本敦哉・風間聡・吉田武朗・新井涼允, 日本全国のため池における流況指標に応じた水力エネルギーのポテンシャル, 土木学会東北支部技術研究発表会, II-7, 盛岡, 2024年3月2日.
- 8) 柳原駿太・風間聡・岡本彩果・平賀優介, 近年の洪水被害が市区町村間の人口移動に与える影響の定量分析, 土木学会東北支部技術研究発表会, II-10, 盛岡, 2024年3月2日.
- 9) 岡本彩果・柳原駿太・風間聡・平賀優介, 差分の差分法を用いた浸水被害による人口移動の実証分析, 土木学会東北支部技術研究発表会, II-55, 盛岡, 2024年3月2日.

- 1 0) 丸田大空・川越清樹, 気候変動下における流域の潜在的雨水貯留スペースの効果検証, 令和5年度土木学会東北支部研究技術発表会, II-24, 盛岡, 2024年3月2日.
- 1 1) 梶田颯斗・川越清樹, 河道域の時系列的植生変動の空間的な特性把握に関する検討, 令和5年度土木学会東北支部研究技術発表会, II-47, 盛岡, 2024年3月2日.
- 1 2) 三原魁人・川越清樹, 中小河川の線状降水帯による被害の検証と課題, 令和5年度土木学会東北支部研究技術発表会, II-59, 盛岡, 2024年3月2日.
- 1 3) So Kazama, Flood adaptation and mitigation in Japan under climate change, India-Japan Joint Research, GP-RSS Symposium, 仙台, 2024年3月8日.
- 1 4) 藤下龍澄・呉修一, 地球温暖化が富山県河川の侵食・洪水リスクに及ぼす影響と各種適応策・流域治水オプションの評価, 水文・水資源学会, OP-P2-05, 長崎, 2023年9月5日.
- 1 5) 丸田大空・川越清樹, 気候変動に対する洪水対策としての地形資源の有効化に向けた貯留ポテンシャル量の検討, 令和5年度土木学会全国大会, 広島, CS13-06, 2023年9月15日.
- 1 6) 梶田颯斗・川越清樹, 河川監視カメラの防災活用方法の検討, 令和5年度土木学会全国大会, 広島, II-132, 2023年9月15日.
- 1 7) 高田 亜沙里, 吉田 武郎, 石郷岡 康史, 丸山 篤志, 工藤 亮治: 2023年度(第72回)農業農村工学会大会講演会(2023) CMIP6 気候モデルによる日本域の積雪水当量に対する気候変動影響評価.
- 1 8) 高田 亜沙里, 吉田 武郎, 石郷岡 康史, 丸山 篤志, 工藤 亮治: 2023年度(第72回)農業農村工学会大会講演会(2023) 水稲生産者の気候変動適応策と水資源の競合/調和関係の評価.
- 1 9) 高田 亜沙里, 吉田 武郎, 石郷岡 康史, 丸山 篤志, 工藤 亮治: 第68回水工学講演会(2023) 気候変動下における水稲の作付時期の変化が農業水利用に及ぼす影響の全国評価.
- 2 0) 吉田武郎, 高田亜沙里, 相原星哉, 皆川裕樹: 2023年度(第72回)農業農村工学会大会講演会(2023) 気候変動による日本域の渇水リスク変化の地域特性.
- 2 1) 吉田武郎, 相原星哉, 皆川裕樹, 高田亜沙里: 第36回 水文・水環境研究部会シンポジウム(2023) 水利用の地域特性を考慮した気候変動影響評価手法の構築.
- 2 2) 星野裕輝, 吉田武郎, 高田亜沙里, 丸山篤志, 福田信二: 第36回 水文・水環境研究部会シンポジウム(2023) 田植え日の早期化パターンと河川流況変動に関する検討.
- 2 3) 吉本周平, 白旗克志, 土原健雄, 中里裕臣(2023) 水温と溶存酸素の連続観測による琉球石灰岩地域のオールストレーナ観測孔での孔内流の有無の検討, 日本地下水学会春季講演会 30-33.
- 2 4) 井上湧太, 堀智晴, 山田真史: 令和5年度京都大学防災研究所研究発表講演会(2023)、ダム灌漑の供給逼迫が水稲生育に与える影響を考慮した渇水に関する気候変動影響分析
- 2 5) Odériz, I., I. Losada, R. Silva, N. Mori (2023) Inter-annual and multi-

decadal climate variability in hazard forecasting can exacerbate coastal impacts, EGU2023.

- 26) Atsuya Ikemoto, So Kazama, Takeo Yoshida, Evaluation the carbon dioxide control effect of hydropower generation using irrigation reservoirs targeting pre-discharged water, HS12-A005, AOGS, シンガポール, 2023年8月5日.
- 27) Ayaka Okamoto, So Kazama, Hayata Yanagihara, Yusuke Hiraga, Relationship between population change and regional characteristics caused by flood damage, HS12-A006, AOGS, シンガポール, 2023年8月5日.
- 28) Sora Maruta, Seiki Kawagoe, Functional Assessment of Off-channel Storage Using Existing Facilities and Topography, HS19-A009, AOGS, シンガポール, 2023年7月31日.
- 29) Fujishita, R. and S. Kure, Assessment of Impact of 1.5-degree Celsius Increase Due to Global Warming on Flood and Erosion Risk in Rivers in Toyama Prefecture, Japan, HS12-A015, AOGS, シンガポール, 2023.7.31.
- 30) Matsumoto, S. and S. Kure, New Flood Hazard Information Based on Risk Assessment of Levees of Rivers in Toyama Prefecture, Japan, HS12-A014, AOGS, シンガポール, 2023.7.31.
- 31) Nohara D, Sato Y, Sumi T. Impact of Climate Change on Seasonal Operation of hydropower Dam Reservoir in Heavy Snowfall Area in Japan Using 150-year Continuous Climate Experiment. Proceedings of the 40th IAHR World Congress. Rivers - Connecting Mountains and Coasts 21 - 25 August 2023, Vienna, Austria Edited by Helmut Habersack, Michael Tritthart and Lisa Waldenberger. doi: 10.3850/978-90-833476-1-5_iahr40wc-p0388-cd

<ポスター発表>

- 1) Safabakhshpachehkenari, M., Tonooka, H. (2023) "Modeling Land Use Transformations and Flood Impact in Ibaraki's Coastal Landscape for 2030 Amid Population Fluctuations", 気候変動国際シンポジウム「気候変動対策と未来ビジョン—適応・緩和研究の展望」, 東京大学, 2023年10月18日.
- 2) 江副樹, 柴田傑(2023) "Prototype of a Climate Change Countermeasures Game Using Storm Surge Simulation Result", 気候変動国際シンポジウム「気候変動対策と未来ビジョン—適応・緩和研究の展望」, 東京大学, 2023年10月18日.
- 3) Xia Hao・外岡秀行(2023)「深層学習による高空間分解能衛星画像からの堤防抽出(その2)」, 日本リモートセンシング学会第75回学術講演会論文集, pp.209-210, 2023年11月21日.
- 4) 岡本彩果, 柳原駿太, 風間聡, 洪水被害による市区町村の人口変動とその要因分析, 水文・水資源学会, PP-1-1-35, 長崎, 2023年9月4日.
- 5) 柳原駿太, 風間聡, 気候・人口変動に伴う河道の治水安全度向上による便益の変動評価,

- 水文・水資源学会, PP-2-1-29, 長崎, 2023年9月5日.
- 6) 池本敦哉, 風間聡, 柳原駿太, 吉田武朗, 貯水率に応じたため池の治水利用による洪水被害軽減効果の推定, 水文・水資源学会, OP-8-04, 長崎, 2023年9月6日.
 - 7) 丸田大空・川越清樹, 水文地形・河道外土地構造に基づく日本列島の貯留ポテンシャルの推計, 水文・水資源学会, PP-1-1-36, 長崎, 2023年9月4日.
 - 8) 梶田颯斗・川越清樹, 中小河川を対象にした住民視点の流況, 河道の可視化情報の整備, 水文・水資源学会, PP-1-1-37, 長崎, 2023年9月4日.
 - 9) Kure, S., D. Kikuchi, R. Fujishita, Projections of Future Flood Damage Cost and Evaluation of Adaptation Measures in River Basins of Toyama Prefecture, Japan, Japan, HS12-A013, AOGS, シンガポール, 2023.8.3.
 - 10) Takada, A., Yoshida, T., Ishigooka, Y., Maruyama, A., and Kudo, R.: 28th IUGG General Assembly (2023) Human-water interaction under changing climate: effect of rice farmers' selections of transplantation date on drought risk in Japan.
 - 11) Yoshida, T., Takada, A., Ishigooka, Y., and Maruyama, A.: 28th IUGG General Assembly (2023) Empirical analysis of water-rice coupled systems over the past 70 years of evolution in Japan.
 - 12) Yoshida, T., Takada, A., Ishigooka, Y., and Maruyama, A.: Panta Rhei Symposium(2023) Comparison of evolutionary pathways of water-rice coupled systems over the past 70 years in two contrasting watersheds in Japan.
 - 13) Yoshida, T., Takada, A., Kudo, R., Maruyama, A., and Ishigooka, Y.: AGU Annual Meeting 2023 (2023) Seventy-year evolution of water-rice coupled systems in 77 watersheds in Japan: Detecting soft-limits in climate change adaptation.
 - 14) 高田亜沙里, 吉田武郎, 石郷岡康史, 丸山篤志, 工藤亮治: 水文・水資源学会/日本水文科学会 2023年度研究発表会 (2023) 田植え期の変化が水稻生産と水資源の関係性に及ぼす影響の全国評価.

○「国民との科学・技術対話」の実施

- 1) 田村誠 (共同コンビナー), 「気候変動への適応とその社会実装」, JpGU2023, 幕張メッセ, 2023年5月22日.
- 2) 森信人, Green infrastructure for coastal disaster reduction, Summar course on ecosystem-based disaster risk reduction and climate change adaption, Gadjah Mada University, Webinar, 2023/08/25
- 3) 風間聡, 秋田, 2024.1.27. 気候変動における広域アクションプランについて, 気候変動適応フォーラム.
- 4) 風間聡, 東京, 2023.10.18. 日本における洪水の適応策と緩和策の評価, 気候変動国際シンポジウム-気候変動対策と未来ビジョン-適応・緩和研究の展望.
- 5) 風間聡, 仙台, 2023.4.26. 近年の洪水から予見する将来の洪水被害とその適応策, 第11

回震災対策技術展東北.

- 6) 風間聡, 東京, 2023. 4. 11. 気候変動下の洪水適応オプションと地域性 (土木学会), 日本学術会議公開シンポジウム/防災学術連携シンポジウム.
- 7) 川越清樹, 福島, 2023. 4. 26, 福島県の気候変動と影響の予測について(基調), 福島県温暖化会議.
- 8) 川越清樹, 福島, 2023. 5. 19, 福島県の気候変動影響と適応・緩和に向けて(基調), 福島市町村連合温暖化会議.
- 9) 川越清樹, 郡山, 2023. 10. 14, 見てみよう!ゼロカーボン化による福島県の環境のミライ!ふくくしまゼロカーボンDAY!2023.
- 10) 川越清樹, いわき, 2023. 11. 26, 見てみよう!ゼロカーボン化による福島県の環境のミライ!気候変動するミライとバーチャルな環境を見てみましょう!ふくしまゼロカーボンDAY!2023.
- 11) 川越清樹, 福島, 2024. 1. 20, ふくしまSDGS未来博パネルディスカッション, ふくしまSDGsプロジェクト推進コンソーシアム.
- 12) 桑原祐史, オンライン, 2023. 9. 17 (防災国体日本リモートセンシング学会担当セッション),
- 13) 地域の防災力向上に向けた衛星データの活用事例と地球観測の最新動向の紹介
- 14) 桑原祐史, 日立市(茨城大学工学部), 2023. 9. 8, 高度成長期から現在までの地形変化に着目した水系の変化分析, 台風13号による豪雨災害研究中間報告会.
- 15) 佐藤嘉展. 環境シンポジウム「KANKYO COLLECTION」～環境問題 愛媛と世界の今～TALK1. 2023年10月10日. 松山市総合コミュニティセンター大会議室.

○新聞・雑誌記事等

- 1) 愛媛新聞 (2023年7月8日朝刊. 佐藤嘉展. 温暖化県内にも警鐘 大雨・湧水リスク上昇 農水産物に被害)
- 2) 朝日新聞 (2023年7月12日夕刊, 角 哲也, (現場へ!)水力発電の底力:3「二刀流」ダム、柔軟に活用)
- 3) 朝日新聞 (2023年7月13日夕刊, 角 哲也, (現場へ!)水力発電の底力:4 災害に備え、ゲートから砂)

○知的財産権

特に記載すべき事項はない。

○受賞等

- 1) 第32回土木学会地球環境シンポジウム優秀ポスター賞, 土木学会地球環境委員会, 2023年9月20日, 山本道.
- 2) 第33回水工学論文奨励賞, 土木学会水工学委員会, 2023年3月, 柳原駿太.
- 3) 令和4年土木学会東北支部技術開発賞, 土木学会東北支部, 2023年5月25日, 渡部隼・

梶田颯斗・川越清樹.

- 4) 第 31 回地球環境シンポジウム優秀ポスター賞, 土木学会地球環境委員会, 2023 年 9 月 20 日, 藤下龍澄.