

2021 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
研究代表者氏名	横木裕宗

1. 研究成果の概要

サブテーマ 3(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（代表：横木裕宗）

1-1 海面上昇による影響予測と被害額推計

日本沿岸域を対象として、海面上昇と潮汐による潜在的浸水面積、影響人口、浸水被害額といった浸水影響の定量化を試みた。大場他(2021)は、日本版 SSP の 3 次メッシュ人口シナリオに基づいて約 1km 解像度の影響人口等を全国一律で求め、EM-DAT による被害額評価を行った。特に、当時公表されたばかりの日本版 SSP の 3 次メッシュ人口シナリオに基づいて約 1km 解像度の影響人口等を全国一律で求めた。その結果、代表的濃度経路のうち RCP8.5 における全国の潜在的浸水面積は、2050 年に約 2,127 km²、2100 年に約 2,598 km²になると推計された。影響人口は 2050 年に約 461 万人-551 万人(SSP1-5)、2100 年に約 253 万人-565 万人(SSP1-5)となった（図 1、図 2）。浸水面積は現在から 2100 年まで愛知県、佐賀県が大きい、これらは潮汐による浸水影響が大きかった。海面上昇による浸水面積の増加割合が大きいのは、2050 年では大阪府、2100 年では東京都であった。

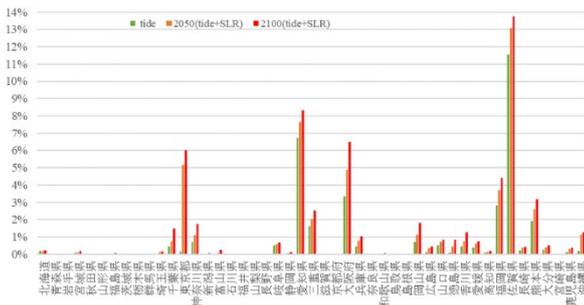


図 1 都道府県別の浸水面積比
(RCP8.5：大場他, 2021)

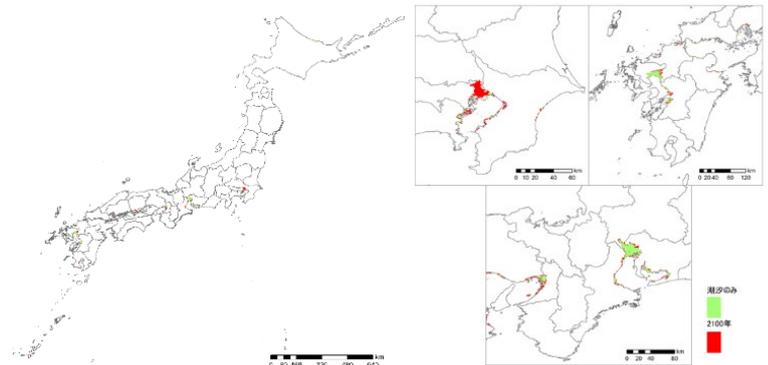


図 2 潜在的浸水域
(潮汐のみ、2100 年/RCP8.5; 大場他, 2021)

1-2 防護費用の推計

グレー・グリーンインフラによる防護評価を行った。Kumano et al. (2021)は、マングローブが分布する 112 カ国・地域の沿岸域を対象にして、海岸堤防とマングローブを活用した適応策の有効性と費用効率性を評価した。そこで①海面上昇の予測、②海岸地形、③将来の社会シナリオ（人口、GDP の変化）、④海岸防護シナリオを組み合わせた解析手法を開発し、緯度経度 2.5 分の空間解像度で世界規模の浸水リスクと防護費用の解析を行った。海岸防護シナリオとして、堤防のみ、及び堤防、マングローブ、養浜を組み合わせた多重防護を含む 3 つの防護方式を想定して、国別の浸水面積及び対策効果を推定した。そして、堤防のみと比べて堤防とマングローブを組み合わせた多重防護の費用便益比が 1.5 倍程度高くなることを示した。グリーンインフラや生態系を活用した適応 (EbA) の有効性が示唆される。

1-3 高潮浸水解析の評価

高潮浸水シミュレーションでは、標高、堤防高、粗度係数、潮位等の入力データの妥当性が重要であることから、これらのデータがシミュレーションに及ぼす影響を評価した。標高については、国内のシミュレーションで標準的に使用される国土地理院 5m 数値標高モデル (DEM) について、堤防周辺での妥当性を評価す

るため、茨城県・那珂川の河口域・中流域や日立市の海岸をテストサイトとしてドローンによる観測を実施し、3次元解析ソフトPix4Dmapperによって数cm程度の精度で数値表層モデル(DSM)を生成し、比較評価した。粗度係数については、土地被覆の経年変化の影響に着目し、入手可能な最新の土地被覆図と基盤地図情報の建築物データを組み合わせることで妥当性の高いデータを生成し、高潮浸水シミュレーションへの影響を評価した。入力潮位データについては、台風と、台風とは別の急速に発達する低気圧を考慮して作成した2種類の潮位時系列データを用いて高潮浸水シミュレーションへの影響を評価した。今後の課題は、上記以外の入力データの評価、粗度係数のさらなる最適化、妥当性の高い堤防データの広域整備などが挙げられる。

また、上述の高潮浸水シミュレーションに加え、Google Earth Engine(GEE)を利用したレベル湛水法に基づく全国スケールの高潮浸水リスク解析を行った。本解析はまだ改善の余地があるが、さらに妥当性を高めることで日本全域の高潮浸水リスク域の簡易抽出に活用できるものと考えられる。

1-4 地理情報システムの開発・評価

高潮浸水域などの地理情報を共有・可視化するシステムの開発・評価として、まず、地理情報をWeb上で共有するシステムを試作した。本システムはJavaScriptライブラリのLeafletを用いて開発したもので、地理データをアップロードするモジュールと地図上に重ね合わせる可視化モジュールから構成される。様々なプラットフォームで動作するとともに、非同期通信によって操作性の向上を図っている。図3に表示画面の一例を示す。

次に、地理情報の可視化システムについて、仮想現実(VR)ツールによる可視化と3次元可視化ツールによる可視化を評価した。前者については、VR空間構築用ソフトウェアVizardの利用性を評価した。図4は1-3のGEEを用いたレベル湛水法による浸水域をVR空間内に構築したもので、視点を低高度から見渡す位置に配置し、浸水域をポールで囲まれた範囲として可視化している。このようなVR環境での可視化により、利用者は全域と特定域の効果的な認識が可能になり、地表視点でのシームレスな可視化が可能になると思われる。なお、ここでは浸水域の例を示したが、本ソフトウェアでは他の地理情報についても同様に可視化することが可能である。一方、後者(3次元可視化ツールによる可視化)については、3次元可視化ソフトウェアAVS/Expressの利用性を評価した。図5は那珂川河口域における高潮浸水シミュレーションによって得られた時系列浸水域データを入力し、アニメーション化した動画のスクリーンショット例である。本ソフトウェアはシェーダ等の設定がないため、浸水の様子をよりリアルに表現することは難しいが、浸水域をはじめとする地理情報の時間変動を効果的に可視化することが可能である。今回、評価したVRソフトウェアや3次元可視化ソフトウェアによる地理情報の可視化は、研究者やステークホルダーの利用者間での情報共有や共通認識の醸成を図る際に有用であると考えられる。

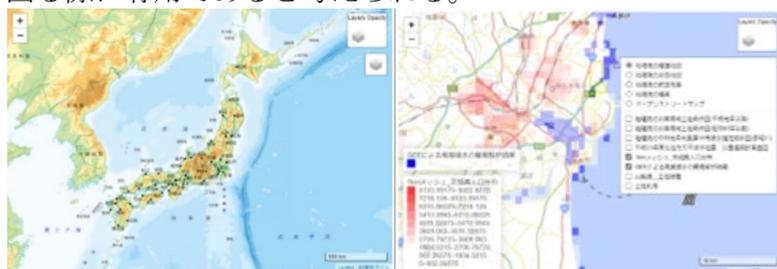


図3 地理情報 Web 共有システムの画面例

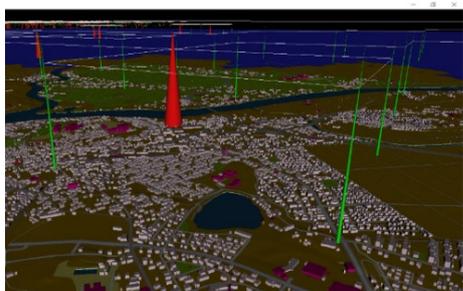


図4 VizardによるVR空間における浸水解析データの可視化例



図5 AVS/Expressによる時系列浸水解析データの可視化例(スナップショット)

サブテーマ3(2) 高潮・波浪等による沿岸部の影響手法の高度化と適応策の検討（代表：森信人）

2-1 沿岸ハザード影響予測

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、ZENRIN人口メッシュデータ2019（解像度100m）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6は、例として東京湾を対象とした海面上昇および高潮にともなう影響面積の将来変化である。図6(a)は海面上昇による海拔0m以下の面積、(b)は海面上昇+高潮による影響面積の将来変化である。用いたシナリオはSSP1-RCP2.6(ssp126)、SSP2-RCP4.5(ssp245)およびSSP5-RCP8.5(ssp585)である。東京湾の場合、最も影響が大きいのは東京都（特に江東区）であり、海面上昇に伴い、現在の約32km²からssp126でも約66km²と大幅に増加する。海面上昇に高潮偏差を加えた水位の影響面積は、現在気候で焼く約160km²と0m以下の面積に比べて影響が約5倍である。海面上昇に高潮偏差を加えた水位の影響面積は、ssp585では約200km²と40km²増加する。図7は、図6と同様に東京湾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。影響人口についての将来変化は影響面積とほぼ同様の傾向を示し、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。

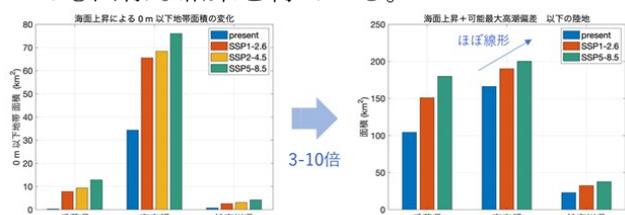


図6 海面上昇および高潮にともなう影響面積の将来変化

- (a)海面上昇による海拔0m以下の面積
- (b)海面上昇+高潮による影響面積

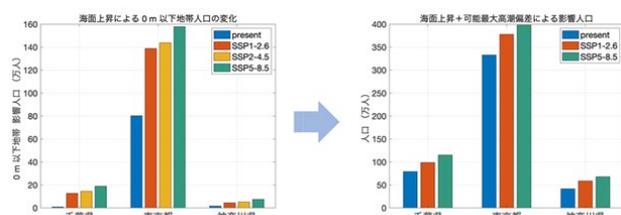


図7 海面上昇および高潮にともなう影響人口の将来変化

- (a)海面上昇による海拔0m以下の人口
- (b)海面上昇+高潮による人口

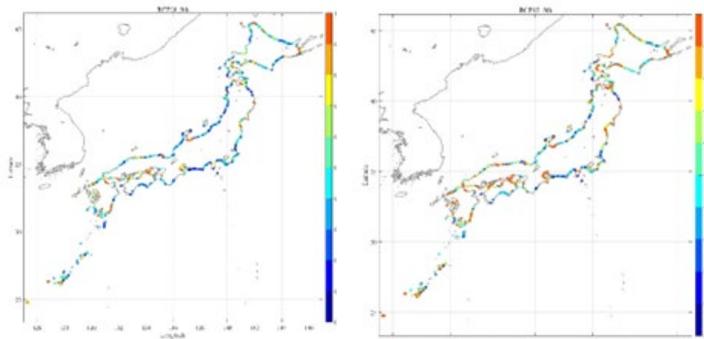
2-2 自然海岸等への影響評価

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。海面上昇量は項目2-1で解析した、IPCC AR6日本周辺海面上昇量を用いた。図8は、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。

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9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) RCP2.6-SSP1 (b) RCP8.5-SSP5
図 8 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 $\langle q \rangle$)

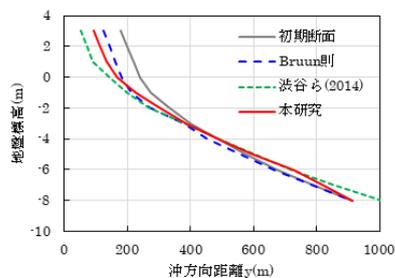


図 9 砂浜地形変化の予測モデルの開発
 (黒：初期断面、青：Bruun 則、緑：渋谷ら(2014)、赤：本研究)

2-3 適応策プロトタイプのプロ案

まずは人工海岸について適応策のバリエーションについての検討を開始した。港湾施設毎の順応的適応策メニューと適応策メニュー毎の費用単価算出を開始した。図 10 は港湾施設におけるケーソンを対象とした適応策の例である。ケーソンの場合、考えられる適応策は、ケーソン重量の増加（嵩上げおよび腹付け）とマウンド拡幅である。これら対策を、事前および事後対策に実施する場合の適応策メニュー毎の費用単価算出についても試算を行っている。これらの適応策の費用は、海面上昇、高潮および波浪の沿岸ハザードの将来変化量とそれぞれの港湾施設の現設計に依存した複雑なものになっていることを確認した。

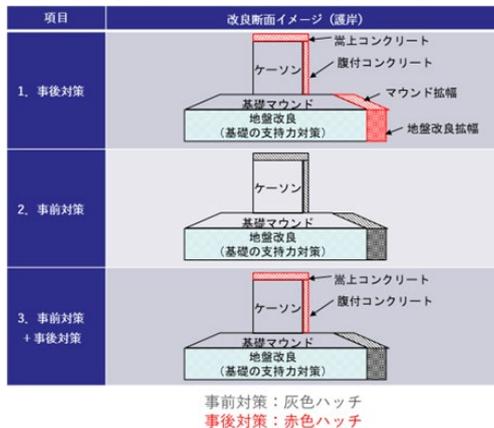


図 10 港湾施設適応策案：ケーソンの例

サブテーマ 3(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（代表：風間聡）

(1) 目的

河川氾濫と内水氾濫のモデルのバージョンアップを図るとともに、精度の検証を行う。また、内水適応策としての利水施設ならびに、日本全域のため池のデータベースと地図情報を作成する。これらを用いて S-18 共通シナリオを試行する。この際、内水氾濫計算のための都市の規模による内水減衰係数を導入し、テーマ 4 (1) 班が分析する雨水処理などを含んだインフラ整備と比較する。河道樹木伐採の適応策評価のため、樹木バイオマス量推定の検証を行い、河道樹木を考慮した河川水理モデルを開発する。

(2) 2021 年度実施内容ならびに成果

共通シナリオ NIES2020 (CMIP6) から 5 つの GCM と、2 種類のシナリオの RCP8.5-SSP5 と RCP2.6-SSP1 を入力として、3 期間の 1981 年から 2000 年 (20 世紀末)、2031 年から 2050 年 (近未来)、2081 年から 2100 年 (21 世紀末) について氾濫計算から被害額と適応策を評価した。適応策を施さない場合、20 世紀末における洪水の年期待被害額は日本全体において RCP2.6 と 8.5 それぞれ 7.7 兆円/年、6.7 兆円/年と推定された。SSP を考慮するとそれぞれ 5.0、3.9 兆円/年と減少し、現状より減額する。これは人口が減少するためである。各県でみると SSP を考慮した場合、東北地方のような人口減が大きい地域は被害額が減少するが、東京近郊の被害額は上昇する (図 11)。

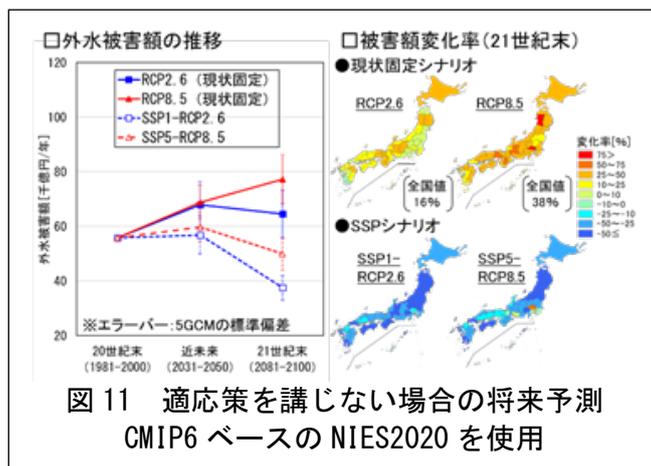


図 11 適応策を講じない場合の将来予測
CMIP6 ベースの NIES2020 を使用

(図 11)。内水についても同様の傾向を示すが、岡山、広島、福岡なども将来上昇傾向を示した。これらから 2050 年頃までは気候変動の強い影響を受けるが、今世紀末頃には社会変容の影響をより強く受けることがわかる。これらの結果の検証のため、地域中小領域 (対象事例：福島県) を対象にした高空間解像度 (10m×10m) の地形モデルを開発し、全国版モデルとの比較し、結果を可視化した (図 12)。また、昨年に続き全国河道植生量の推定手法の開発を実施するとともに、富山県河川を例にその阻害による洪水氾濫リスクを推定した。

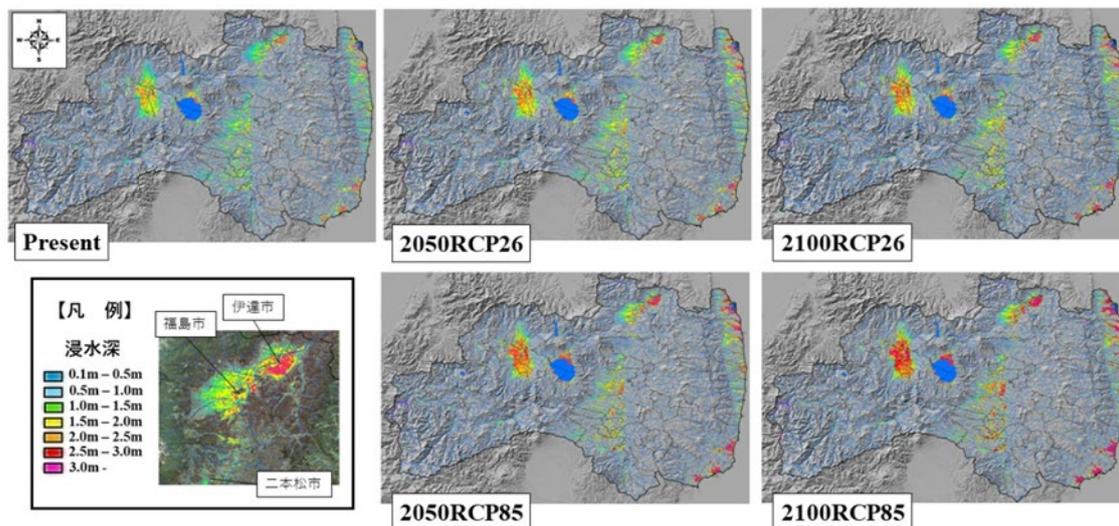


図 12 将来シナリオ毎の 50m 空間解像度による福島県の浸水深分布：3-1 の全国版の検証として利用

(3) 課題

土地利用の将来シナリオによる被害検証が十分でなかったため、今後、過去の災害実績と比較して進める予定である。合同観測や他班との勉強会が行動制限時期と重なり、思うように展開できなかった。一方、データの共有化を進めつつあるので、次年度は様々な成果が出ると期待している。

サブテーマ 3(4) 流域における水資源への気候変動影響予測と適応策の評価（代表：吉田武郎）

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、全ての河川での水需要量を現在期間で得られた5-9月の流量の1パーセンタイル値とした。渇水強度を表す指標として、5-9月における水需要量に対する河川流量の不足分の累計（累積渇水量）および不足が生じた日数（渇水日数）を用い、10年確率の渇水規模の変化を示した（図13）。

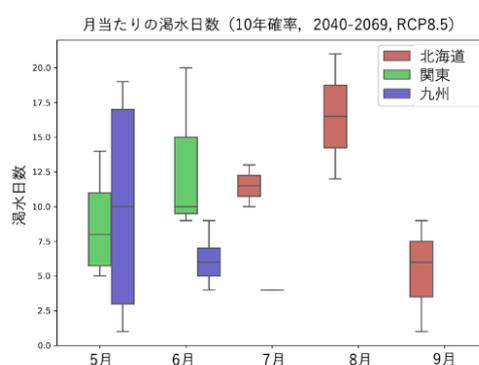


図13 月当たりの10年確率渇水日数の地域比較

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、水稻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。水稻の高温障害は、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、水稻の移植日を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）と水稻生育／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（図14）。前者は水資源量・渇水指標（累積渇水量、渇水日数）、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稻の生育過程を3次メッシュ単位で計算する。この枠組みでは、水稻移植日（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渇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。

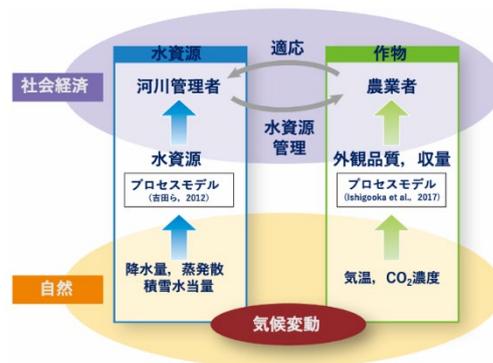


図 14 適応策の評価の枠組み

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渇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・渇水河川・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、前年度の渇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渇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渇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渇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。

2. 成果一覧（予定を含む）

○学術論文（国内誌 26件、国際誌 8件）

<査読あり>

- 1) N. Kumano, M. Tamura, T. Inoue, H. Yokoki: *Coastal Engineering Journal*, 64: 3, 263-274 (2021)
Estimating the cost of coastal adaptation using mangrove forests against sea level rise
- 2) 大場真裕子, 横木裕宗, 田村誠: 土木学会論文集 G(環境), 77 巻, 5 号, I_243-I_249 (2021)
日本沿岸域を対象とした海面上昇による浸水予測と最新の社会経済シナリオ(SSP)を用いた経済評価
- 3) 鈴木樹, 大家隆行, 辻尾大樹, 熊谷健蔵, 加藤史訓, 森信人: 土木学会論文集 B2(海岸工学), 77 巻, 2 号, I_631-I_636 (2021)
浜松篠原海岸を対象とした XBeach による海浜変形予測に与える係数最適法の検討
- 4) 宮内海峰, 森信人, 志村智也, 建部洋晶: 土木学会論文集 B2(海岸工学), 77 巻, 2 号, I_967-I_972 (2021)
全球気候モデル MIROC6 を用いた東アジア海域における海面水位の自然変動成分の評価
- 5) 森壮太郎, 森信人, 志村智也, 宮下卓也: 土木学会論文集 B2(海岸工学), 77 巻, 2 号, I_937-I_942 (2021)
気候変動による日本主要湾における可能最大クラス高潮の長期変化
- 6) 小池宏之進, 森信人, 志村智也, 宮下卓也, 二宮順一: 土木学会論文集 B2(海岸工学), 77 巻, 2 号, I_955-I_960 (2021)
MRI-AGCM150 年予測を用いた気候変動に伴う爆弾低気圧の将来変化と日本沿岸波浪への影響
- 7) T. Yamamoto, S. Kazama, Y. Touge, T. Yamashita, T. Tada, H. Takizawa, H. Yanagihara: *Climatic Change*, 165: 60, 18pp. (2021)
Evaluation of flood damage reduction throughout Japan from adaptation measures taken under a range of emissions mitigation scenarios
- 8) 柳原駿太, 山本道, 風間聡, 峠嘉哉, Y. Chai, 多田毅: 土木学会論文集 G(環境), Vol. 77. No. 5, I_33-I_42 (2021)
田んぼダムの潜在的な洪水被害軽減の国内地域別評価
- 9) 川越清樹, 丸田大空: 土木学会論文集 G(環境), Vol. 77, No. 5, I_77-I_84 (2021)
日本列島を対象とした土地構造・施設に基づく貯水ポテンシャルマップの開発
- 10) 小笠原雅人, 桑原祐史: 土木学会論文集 G(環境), Vol. 77, No. 5, I_155-I_166 (2021)
衛星画像を用いた那珂川堤外地を対象とした長期バイオマス量変化の推定
- 11) 石川彰真, 呉修一: 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 77, No. 2, I_187-I_192 (2021)
富山県河川の地球温暖化による流量と越水・侵食ポテンシャル将来予測
- 12) 柳原駿太, 風間聡, 川越清樹: 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 77. No. 2, I_1375-I_1380 (2021)
日本全域における人口変動に伴う洪水・内水氾濫・斜面崩壊の曝露人口の変化
- 13) 小島裕之, 永谷言, 川村育男, 佐藤嘉展, 角哲也: 河川技術論文集, 27 巻, 643-648 (2021)
気候変動と堆砂進行がダムの利水機能に及ぼす影響とその適応策に関する検討
- 14) 吉田武郎, 宮島真理子, 松尾洋毅, 森田孝治, 相原星哉, 皆川裕樹, 河島克久: 応用水文, 33 巻, 11-20 (2021)
少雪条件下での灌漑期水資源の統計的予測—2019-20 年積雪条件下での信濃川流域における検討—
- 15) T. Yoshida, N. Hanasaki, K. Nishina, J. Boulange, M. Okada, P. A. Troch: *Water Resources Research*, 58, e2021WR030660 (2022)
Inference of parameters for a global hydrological model: Identifiability and predictive uncertainties of climate-based parameters
<https://doi.org/10.1029/2021WR030660>.

<査読なし>

- 1) M. Tamura, H. Yokoki: *International Conference on Contemporary Issues in Sustainable Development 2021*, Science and Technics Publishing house. ISBN: 978-604-67-2128-4, 85-90 (2021)
Assessment of inundation and economic impacts of sea level rise in Japanese coastal areas via shared socioeconomic pathways of population and land use
- 2) T. Ito, M. Tamura, A. Kotera, Y. Ishikawa-Ishiwata (eds.) (2022)
Interlocal Adaptations to Climate Change in East and Southeast Asia: Sharing Lessons of Agriculture, Disaster Risk Reduction, and Resource Management, Springer.
- 3) S. Kazama: GOBESHONA Global Conference, Online (2021)
Comparison of adaptation measures for floods in Japan
- 4) 石川彰真, 呉修一: 第 29 回土木学会地球環境シンポジウム講演集, 29 巻, 67-70 (2021)
富山県河川の温暖化影響評価に向けた d4PDF のバイアス補正
- 5) 武田尚樹, 呉修一, 菊地大智, 石川彰真: 第 29 回土木学会地球環境シンポジウム講演集, 29 巻, 87-92 (2021)
NDVI と河道内植生繁茂状況の比較
- 6) 渡部隼, 川越清樹: 第 29 回土木学会地球環境シンポジウム講演集, Vol. 29, 17-20 (2021)
タイムラインの最適化に向けた河川モニタリング情報の検証
- 7) Y. Chai, Y. Touge, S. Kazama: 土木学会東北支部技術研究発表会, オンライン (2021)
Evaluating potential flood mitigation effect of paddy field dam in Naruse River Basin, II-61
- 8) 山本道, 風間聡, 峠嘉哉, 山下毅: 土木学会東北支部技術研究発表会, オンライン (2021)
田んぼダムによる洪水被害軽減潜在効果の推定, II-62
- 9) 上原優, 鈴木皓達, 川越清樹: 土木学会東北支部技術研究発表会, オンライン (2021)
流域一帯の土砂・植生分布の規則性と特徴に関する研究, II-34
- 10) 渡部隼, 鈴木皓達, 川越清樹: 土木学会東北支部技術研究発表会, オンライン (2021)
令和元年台風 19 号における阿武隈川流域自治体の防災情報と出水情報の検証, II-56
- 11) 石川彰真, 呉修一: 土木学会中部支部研究発表会, オンライン (2021)
重要水防箇所との比較による侵食危険度評価手法の課題検討, II-23
- 12) 高橋岳, 石川彰真, 呉修一: 土木学会中部支部研究発表会, オンライン (2021)
河道内樹林が洪水に与える影響評価と温暖化適応策としての管理方法の提案, II-27
- 13) S. Ishikawa, S. Kure, G. Takahashi, N. Takeda: *AOGS 2021 Virtual 18th Annual Meeting (Online)*, HS16-A006 (2021)
Regional Climate Change Impacts on Disaster Potentials of Rivers in Toyama Prefecture, Japan
- 14) 石川彰真, 呉修一, 高橋岳, 武田尚樹: 土木学会年次学術講演会, オンライン (2021)
河道内樹林が洪水に与える影響評価と温暖化適応策としての樹林伐採の影響評価, CS15-05
- 15) 菊地大智, 奥野佑太, 武田尚樹, 呉修一: 水文・水資源学会, オンライン (2021)
NDVI 値を用いた河道内樹林の粗度係数算出式の構築, PP-A-16
- 16) 柳原駿太, 風間聡, 峠嘉哉: 土木学会年次学術講演会, オンライン (2021)
GCM の不確実性を考慮した 21 世紀末における内水被害額の将来変化, CS15-11
- 17) 渡部隼, 川越清樹: 土木学会年次学術講演会, オンライン (2021)
令和元年台風 19 号における気象・河川情報と自治体対応に基づいた防災対応の検討, II-159
- 18) 柳原駿太, 風間聡, 川越清樹: 水文・水資源学会, オンライン (2021)
社会経済シナリオ SSP 別の人口変動に伴う洪水氾濫・内水氾濫・斜面崩壊の曝露人口の変化, OP-1-06
- 19) A. Takada, T. Yoshida, Y. Ishigooka, A. Maruyama, R. Kudo: *Proceedings of 24th International Congress on Irrigation and Drainage*, (2022)
Conflict between rice cultivation and water use under changing climate

○学会・シンポジウム等における発表 (国内 9 件、国外 4 件)

- 1) 大場真裕子, 横木裕宗, 田村誠: 第 29 回地球環境シンポジウム, オンライン, 2021. 9. 29.

- 日本沿岸域を対象とした海面上昇による浸水予測と最新の社会経済シナリオ(SSP)を用いた経済評価
- 2) M. Tamura, N. Kumano, H. Yokoki: *6th International Conference on Vietnamese Studies, Vietnam Institute of Economics, Hanoi, 2021.10.29.*
Economic assessment of coastal adaptation using gray and green infrastructures against sea level rise in Vietnam
 - 3) M. Tamura, H. Yokoki: *International Conference on Contemporary Issues in Sustainable Development 2021, VNU Vietnam Japan University, Hanoi, 2021.12.8.*
Assessment of inundation and economic impacts of sea level rise in Japanese coastal areas via shared socioeconomic pathways of population and land use
 - 4) K. Imamura, M. Tamura, H. Yokoki: *Hiroshima International Conference on Peace and Sustainability 2022, Webinar, 2022.3.1.*
Proposal for a Cost Framework for Residential Relocation to Adapt to Sea Level Rise
 - 5) 吉田武郎, 工藤亮治, 相原星哉, 皆川裕樹: 農業農村工学会大会講演会 (2021)
気候変動が積雪流域の灌漑期水資源へ及ぼす影響
 - 6) 吉田武郎, 相原星哉, 川本陽介, 伊藤久司, 上山泰宏: 農業農村工学会大会講演会 (2021)
農業用ダムの諸元に基づく事前放流の治水効果の定量化
 - 7) 角哲也, 西村昂輝, 佐藤嘉展, 竹門康弘: 令和2年度京都大学防災研究所研究発表講演会 (2021)
気候変動とダム堆砂を考慮した安濃川水系の利水安全度評価
 - 8) 小島裕之, 永谷言, 川村育男, 佐藤嘉展, 角哲也: 令和2年度京都大学防災研究所研究発表講演会 (2021)
気候変動と堆砂進行および利水需要変化がダムの利水機能に及ぼす影響に関する検討
 - 9) 西村昂輝, 佐藤嘉展, 竹門康弘, 野原大督, 角哲也: 土木学会関西支部年次学術講演会 (2021)
気候変動とダム堆砂を考慮した中勢用水の利水安全度評価
 - 10) 吉本周平, 白旗克志, 土原健雄, 中里裕臣, 石田聡: 農業農村工学会大会講演会, 208-209 (2021)
石灰岩溶解に関する水質指標による地下水流動状況の検討: 米須地下ダム流域での事例
 - 11) 土原健雄, 白旗克志, 吉本周平, 中里裕臣, 石田聡: 日本雨水資源化システム学会大会研究発表会, 8-11 (2021)
水田灌漑に地下水を利用する地域での浅層地下水位の長期変動の特徴—那須野ヶ原扇状地での地下水位観測結果から—
 - 12) 吉本周平, 白旗克志, 土原健雄, 中里裕臣, 石田聡: 日本雨水資源化システム学会大会研究発表会, 57-58 (2021)
塩水侵入阻止型地下ダムの貯留域における電気伝導度と溶存酸素濃度の鉛直分布の変化
 - 13) 吉本周平, 白旗克志, 土原健雄, 浅井和由, 中里裕臣, 石田聡: 日本地下水学会秋季講演会, 66-69 (2021)
六フッ化硫黄による地下水年代を指標とした地下ダム止水壁付近の地下水流動状況の検討

○「国民との科学・技術対話」の実施

- 1) 川越清樹, 阿武隈川流域治水の推進に向けて, 阿武隈川上流流域治水シンポジウム, 福島市こむこむ, 2021.6.20 (聴講者 100名+YouTube 配信).
- 2) S. Kazama, Impact and adaptation for flood in Japan under climate change, International Symposium 2021 by Ecology and Civil Engineering Society, Leading-edge research of the impact of climate change on ecosystems and infectious diseases, Online, 2021.9.23 (聴講者 50名).
- 3) 川越清樹(主催・司会), 東日本大震災から10年, 復興する福島の現在と未来, 地球環境シンポジウム一般公開シンポジウム, オンライン, 2021.9.28 (聴講者 120名).
- 4) 川越清樹, 災害に強いまちづくりに向けて 東北地方の過去の水害と今後の防災の在り方, 石川地方町村議会議員研修会, 玉川村, 2021.11.8 (聴講者 50名).
- 5) 川越清樹, 令和元年東日本台風による福島県における災害特徴について, 福島气象台, 福島地方气象台, 2021.11.18 (聴講者 25名).
- 6) 風間聡, 気候変動と水災害について, 東北都市環境問題対策協議会研修会, オンライン, 2021.11.25

(聴講者 60 名).

- 7) 風間聡, 河川洪水・内水氾濫リスクの高まりとその適応策について, 小布施町環境フォーラム, オンライン, 2022. 2. 27 (聴講者 50 名).
- 8) 吉田武郎, 農業水利施設による利水と治水の両立—気候変動への適応を目指して—, 北海道農業土木技術士会講演会, 京王プラザホテル札幌, 2022. 3. 14.

○新聞・雑誌記事等

- 1) 朝日新聞 (2022 年 3 月 1 日、Web 版、「温暖化の影響「すでに広範な損失と被害」 IPCC 報告書」)

○知的財産権

特に記載すべき事項はない。

○受賞等

- 1) 地球環境論文賞, 土木学会地球環境委員会, 2021. 9. 29, 大場真裕子, 横木裕宗, 田村誠.
- 2) 地球環境論文奨励賞, 土木学会地球環境委員会, 2021. 9. 29, 山本道.
- 3) 第 29 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, 2021. 9. 29, 石川彰真.
- 4) 水文・水資源学会優秀発表賞, 水文・水資源学会, 2021. 9. 18, 柳原駿太.
- 5) 地球環境優秀講演賞, 土木学会, 2022. 3. 18, 峠嘉哉.