

1. 研究課題名： 課題3 : 気候変動の影響評価等技術の開発に関する研究
サブ課題名： (i) 気候変動に関する分野別影響・適応策評価技術の開発
a-①： 適応策評価のための水災害リスクマップの高度利用技術開発
(担当機関： 国立大学法人東北大学 担当責任者： 風間 聡)

2. 成果概要

(1) 研究開発の目的・目標・概要

洪水氾濫、高潮、土砂侵食、ダム湖水質障害評価モデルの精緻化、高分解能化を行った。斜面災害や森林火災、高潮のデータも取りこみ、総合的・複合的なデータ解析、出力を実装した評価システムを構築し、相乗効果や相殺効果を考慮した複合被害を推計した。他の技術開発機関及び社会実装機関から提供される気候・社会経済のシナリオを用いた適応策解析を実施した。

洪水・高潮計算においては、河道の河川整備率50%とした水系規模の堤防高さ、海岸堤防高さに基づいて地形データを低くすることによって、氾濫・高潮の複合被害額算定を250m格子で行った。

豪雨の発生による貯水池内の濁度の上昇や高濁度現象の長期化の問題について、災害と水資源利用の観点を踏まえ、気候変動が貯水池の洪水時濁質挙動に及ぼす影響を数値解析によって把握した。

気候変動に伴う海面上昇や降水特性の変化によって砂浜に多大な影響を及ぼすことが懸念されている。予測を行う海岸区分の分解能を向上させることによって砂浜消失モデルを高度化し、砂浜の防災・環境・利用価値を評価した費用便益分析により適応策を提示した。

(2) 研究開発の成果

開発した数値モデルをもとに複数の将来シナリオ、適応シナリオを適用し、洪水被害、複合水災害、砂浜消失、河川土砂供給量、ダム湖水質、乾燥害等の将来展望を求め、数値地図情報システムによって自治体毎の形で将来の経済損失(被害額等)分布を提供すると同時にデータベースに格納した。

洪水、高潮、洪水高潮の複合の各災害の年平均期待被害額を都道府県ごとに比較すると、31都道府県において洪水単独災害による被害額が最大、14都府県において高潮単独災害による被害額が最大、千葉県のみにおいて複合災害による被害額が最大となった。洪水の被害額の緩和策による効果をRCP8.5とRCP2.6の差から県別に被害軽減額を求めた。土地利用制限による適応策と比較した結果、適応策のほうが洪水の被害額軽減に効果があることが理解された。

ダム湖内の濁水挙動を知るために、鉛直一次元水理解析モデルを用いて全国多数のダム貯水池を対象に解析を行い、ダムの諸元や湖水環境による気候変動の影響を評価した。全ダム平均では、気温・日射量変化により、懸濁物質の放流負荷量は1割強の増加が見込まれた。夏期成層時における水温構造の変化が放流SSに影響するためである。ただし、年間湖水回転率のようなダムの諸元と、気象条件が変化した将来期の年間濁水放流日数の間に単純な相関は見られず、ダム湖や発生洪水の個別的な性質に強く依存する。

全国の流域の長期データを用いて過去の砂浜侵食要因について明らかにした。また、RCPシナリオに対する砂浜消失の将来予測を行うとともに、解像度の影響について明らかにした。潮位・波浪データが長期的に取得されている地域において、将来の砂浜条件に対する高潮災害リスク評価を行ったところ、維持する砂浜幅により被害額が異なり、適応策において適切な砂浜幅の維持が必要であることが示された。

これらの成果をとりまとめ、著名な国際雑誌に投稿するとともに、一般市民向けの情報についてインターネットを通して公開した。また、継続的に福島県などと一緒に啓発活動や情報交換を行い、情報発信方法の改良ならびに付加情報の検討を行い、プロジェクト終了後も更新する予定である。

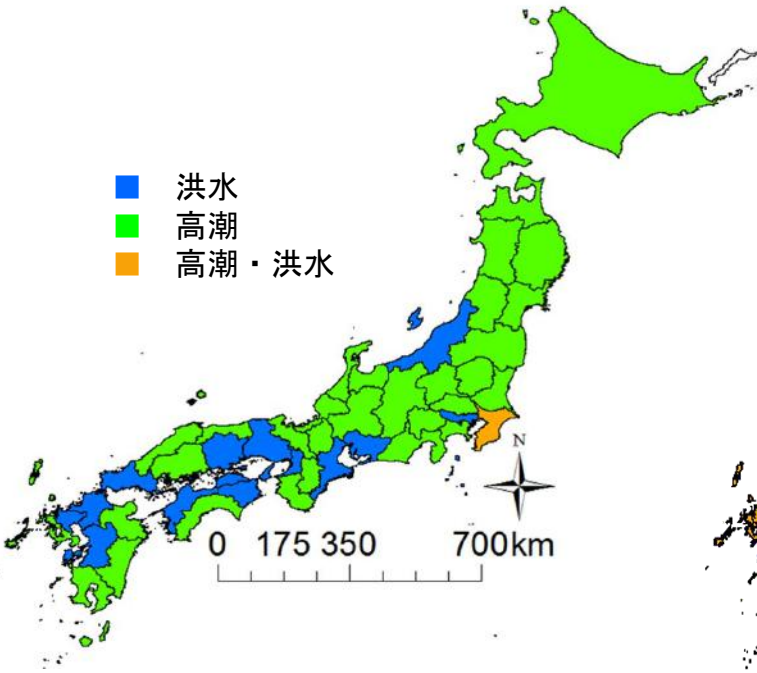
(3) 研究成果による波及効果

a-②班と協同で国土交通省福島河川国道事務所、福島県、福島市と毎年、気候変動に対する適応を考えるシンポジウムを開催した。長野県と宮城県には洪水氾濫に対する水災害のデータ提供を、国土交通省東北地方整備局に貯水池の水質に関する情報提供を行った。砂浜消失の将来予測手法がタイにおけるSATREPSプロジェクトやエジプトにおいても利用されている。本研究で開発した適応策に関する経済評価手法を各地域の事情に合わせて適用していく予定である。

(4) 研究結果を踏まえた今後の展望、予想される効果・効用

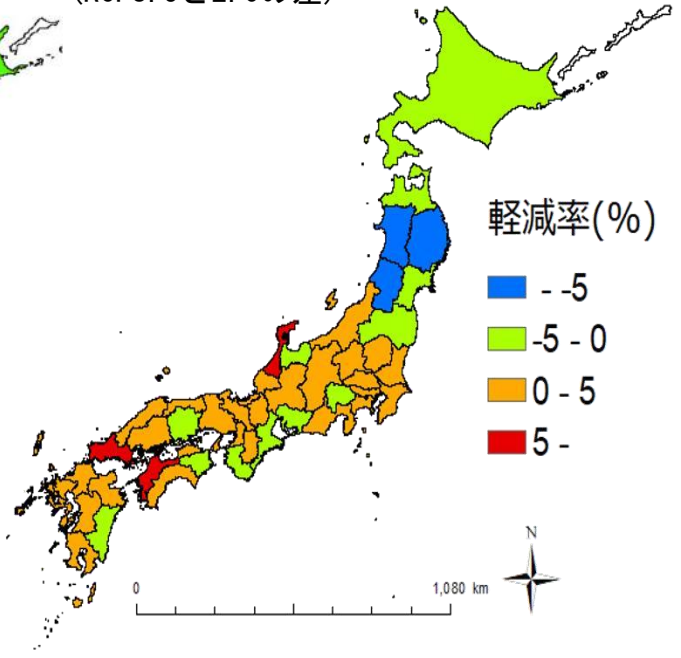
各自治体への将来の氾濫リスク情報に基づいた、水害への適応計画策定が進められている。ダム貯水池における水環境管理の基礎的な情報として、ダム管理者が水道水源となる貯水池での水質管理やダム下流の河川環境管理において利用する。行政機関において気候変動を踏まえた海岸保全のあり方の検討において、将来の砂浜への影響評価や適応策の経済評価が、委員会資料として使用される。

最大被害をもたらす都道府県別水害種類



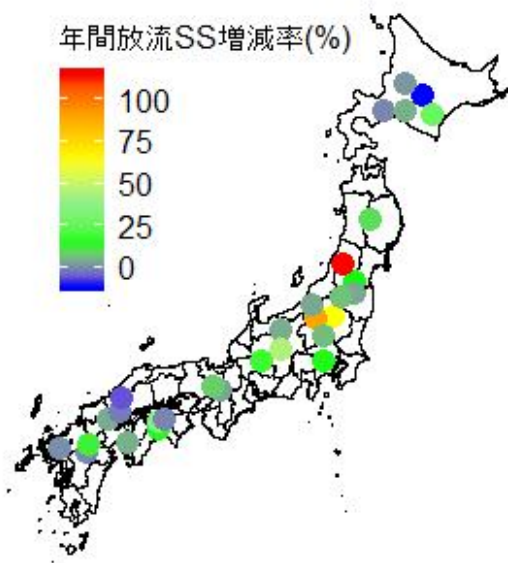
田中，風間ら，土木学会論文集B1（水工学），75(2)，I_109-I_114，2019.

緩和策による被害軽減額の都道府県別分布 (RCP8.5と2.6の差)



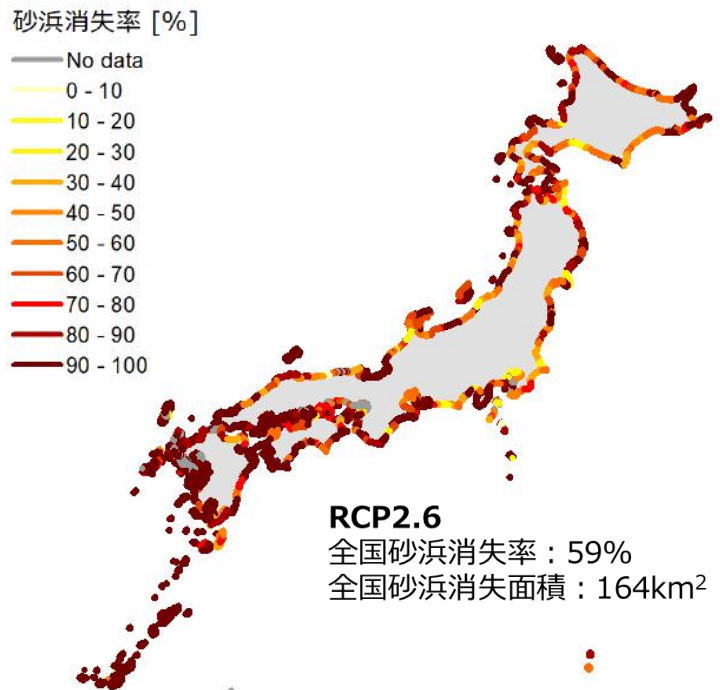
山本道，風間聡ら，土木学会論文集G（環境），75(5)，I_15-I_24，2019.

ダム貯水池におけるSS放流負荷量の変化



安松，梅田，土木学会論文集B1（水工学），75(2)，I_763-I_768，2019.

RCP2.6の海面上昇量に対する砂浜消失率の全国分布



Takeda and Udo, Journal of Coastal Research (in press)

1. 研究課題名： 課題3：気候変動の影響評価等技術の開発に関する研究
サブ課題名： (i) 気候変動に関する分野別影響・適応策評価技術の開発
a-② 適応策評価のための土砂災害リスクマップの高度利用技術開発
(担当機関：国立大学法人福島大学 担当責任者： 川越 清樹)

2. 成果概要

(1) 研究開発の目的・目標・概要

本課題は、既開発の全国の土砂災害リスクを一律で評価できる斜面崩壊発生確率モデル、および現行の対策進捗に基づいた適応策の検討も可能なモデルに改良することで、地域のニーズの適応策検討にも対応できるモデルにグレードアップしてシミュレーションの精緻化と空間スケールの詳細化を図ること、斜面崩壊現象から波及して生じる影響を推計することを研究開発の目的とする。

土砂災害課題の取り組みを行うことで、豪雨に伴い多発で発生する甚大な自然現象との相互関係を見積もることのできる研究、技術向上にも利用できる影響予測、適応策のマップデータの整備を進め、他の技術開発機関および社会実装機関から提供される気候・社会経済・適応シナリオの利用より気候変動に伴う災害に対する適応策の精緻化及び詳細を検討できるようにすることを研究開発の目標とする。

研究開発として、斜面崩壊発生確率モデルに対し、地質の多様性に応じたモデルの向上化とともに、地域活用性を考慮した空間解像度の緻密化(空間解像度1km×1kmから250m×250mに評価解析単位を改良)を図った。また、適応策を検討するために、モデル自治体(長野県)と協働し、実務上で緊急の対応も必要とされる土砂災害警戒区域に対する気候変動リスクの空間情報化を図り、将来の適応策の実施手順の効率化に資する情報を整備した。これらのモデル改良と適応策検討より、全国の土砂災害リスクを一律で評価できる情報を整備した。なお、評価に関しては、気候モデルアウトプットデータの他、可能最大降水量(PMP: Probable Maximum Precipitation)の解析も用いて気温上昇に対する降水のポテンシャル量も含めた土砂災害のリスク解析を行い、マップデータを整備した。

(2) 研究開発の成果

モデル自治体である長野県を対象に、斜面発生確率モデルの地質の多様性に応じたモデル向上化と評価空間解像度の緻密化を図るとともに、適応策の実施手順の効率化に資することのできる土砂災害警戒区域の評価を進め、モデルの改良を行った(参考文献1, 適応策評価のための土砂災害リスクマップスライド①参照)。並行して、この評価モデルの適用性と将来の日本列島の気候変動性を推計するため、日本列島以南の土砂災害と降水状況の研究も進めて(参考文献2-4, 適応策評価のための土砂災害リスクマップスライド①参照)、可能最大降水量PMPによるポテンシャル量のデータ整備を行った(参考文献5, 適応策評価のための土砂災害リスクマップ スライド①参照)。モデル自治体、日本列島以南の亜熱帯地域の土砂災害リスク情報の結果を基に、既開発の全国の土砂災害リスクを一律で評価できる斜面崩壊発生確率モデルを改良し、気候モデルアウトプット、および可能最大降水量PMPを用いて日本列島の斜面崩壊発生確率マップを開発するとともに、土砂災害の適応策に活用できる土砂災害警戒区域の発生確率リスクマップも整備した(適応策評価のための土砂災害リスクマップ スライド②参照)。なお、土砂災害警戒区域整備の1次スクリーニング基礎調査終了予定が令和元年度のため、現段階まで整備された区域情報による評価までとする。

(3) 研究成果による波及効果

土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律(以降、土砂災害防止法と記載)が2000年に施行され、従来より進められてきたハード対策のほかにソフト対策も重視する土砂災害対策が展開されてきた。土砂災害防止法では、土砂災害のおそれのある区域(土砂災害警戒区域、土砂災害特別警戒区域)の明示のもと、危険の周知、警戒避難態勢の整備、住宅等の新規立地の抑制、既存住宅移転のソフト対策の促進が定められている。ただし、区域指定の基礎調査より対象区域が相当数になることが見込まれ、従前のソフト、ハード対策の整備方針では現行のリスク回避にも対応できる急速な災害軽減効果が期待できない状況にある。また、区域指定の基礎調査は地形、地質、社会背景を重点化しており、降水状況は含まれていない。気候変動、および降水情報も含めた本研究課題の土砂災害警戒区域の成果は、地域に応じた区域間のリスク序列を明確にできる情報であり、自治体の将来展望も見据えて、効率的に災害軽減の適応策を展開化できる効用を持つものである。将来に対する災害軽減のための方法論や方策を改善、工夫に汎用できる成果であるため、地域防災計画の素案、災害に対して強靱な地域を開発、計画する上での波及効果が期待できる。

(4) 研究結果を踏まえた今後の展望、予想される効果・効用

改良開発された土砂災害リスクモデル、およびモデルより求められるリスクマップとその高度利用技術により、地域防災計画の素案や強靱な地域を開発、計画する波及効果が期待される一方で、斜面崩壊現象発生の降水の極限値の条件と気候変動に応じたリスクの推移の関係、地域に応じた人口減少や高齢化、防災インフラ寿命などの社会環境条件を求めることができれば災害回避のための整備のタイミングや住宅移転のなどをより具現化できる可能性をもつ。また、本課題で求められた成果は、気候変動に対する区域の危険性を分類することを主旨とするものであるが、この情報をリアルタイムの危険性情報と重ね合わせできるシステムまで構築すれば、甚大な降水により被災しうる住民自身が日常の動向との比較から自主的に家屋移転等の行動を選択できる展開も図れる可能性がある。

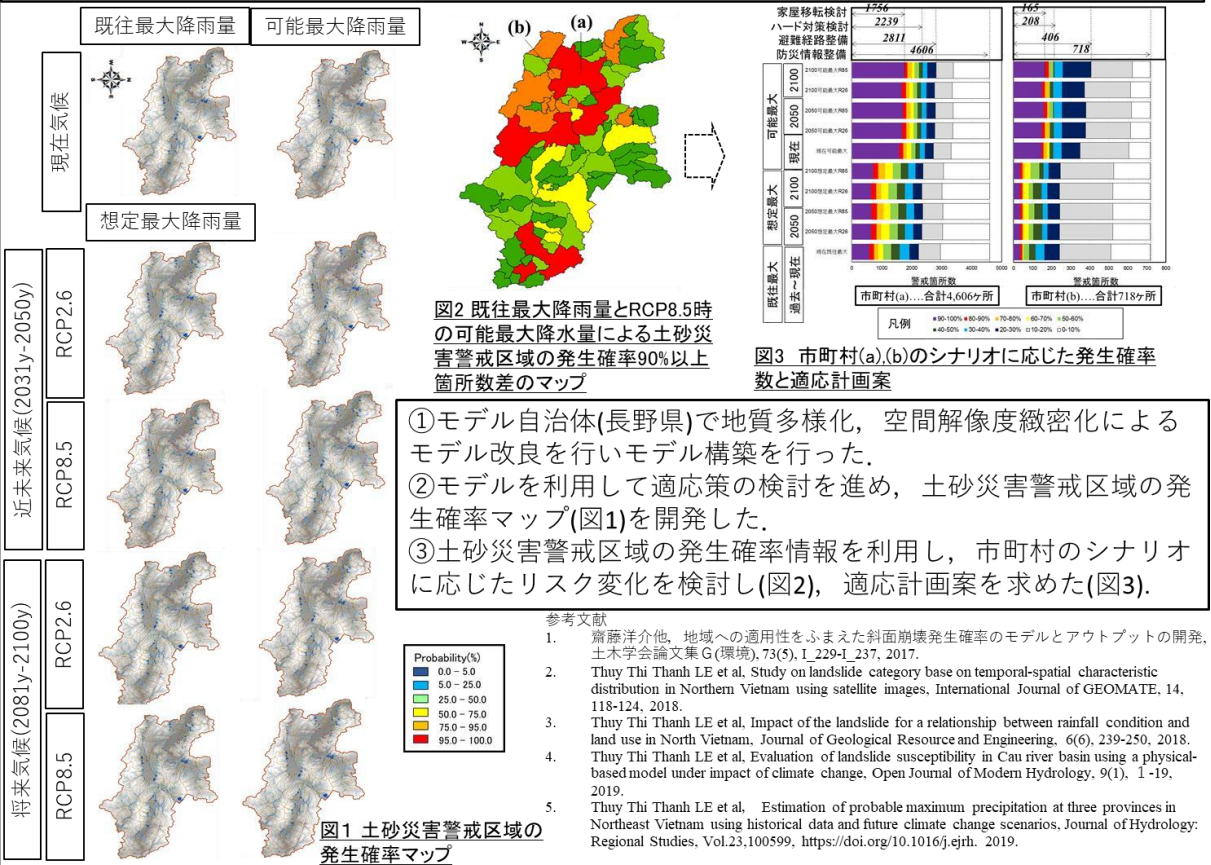


図2 既往最大降雨量とRCP8.5時の可能最大降水量による土砂災害警戒区域の発生確率90%以上箇所数差のマップ

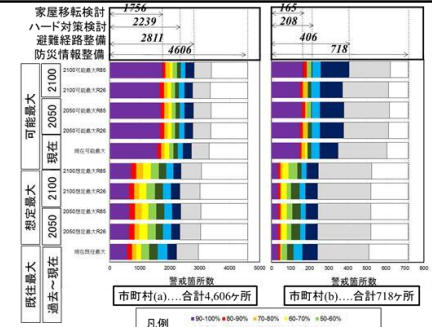


図3 市町村(a),(b)のシナリオに応じた発生確率と適応計画

- ①モデル自治体(長野県)で地質多様化, 空間解像度緻密化によるモデル改良を行いモデル構築を行った.
- ②モデルを利用して適応策の検討を進め, 土砂災害警戒区域の発生確率マップ(図1)を開発した.
- ③土砂災害警戒区域の発生確率情報を利用し, 市町村のシナリオに応じたリスク変化を検討し(図2), 適応計画案を求めた(図3).

参考文献

1. 齋藤洋介他, 地域への適用性をふまえた斜面崩壊発生確率のモデルとアウトプットの開発, 土木学会論文集G(環境), 73(5), 1-29-1-237, 2017.
2. Thuy Thi Thanh LE et al. Study on landslide category base on temporal-spatial characteristic distribution in Northern Vietnam using satellite images, International Journal of GEOMATE, 14, 118-124, 2018.
3. Thuy Thi Thanh LE et al. Impact of the landslide for a relationship between rainfall condition and land use in North Vietnam, Journal of Geological Resource and Engineering, 6(6), 239-250, 2018.
4. Thuy Thi Thanh LE et al. Evaluation of landslide susceptibility in Cau river basin using a physical-based model under impact of climate change, Open Journal of Modern Hydrology, 9(1), 1-19, 2019.
5. Thuy Thi Thanh LE et al. Estimation of probable maximum precipitation at three provinces in Northeast Vietnam using historical data and future climate change scenarios, Journal of Hydrology: Regional Studies, Vol.23,100599, https://doi.org/10.1016/j.ejrh. 2019.

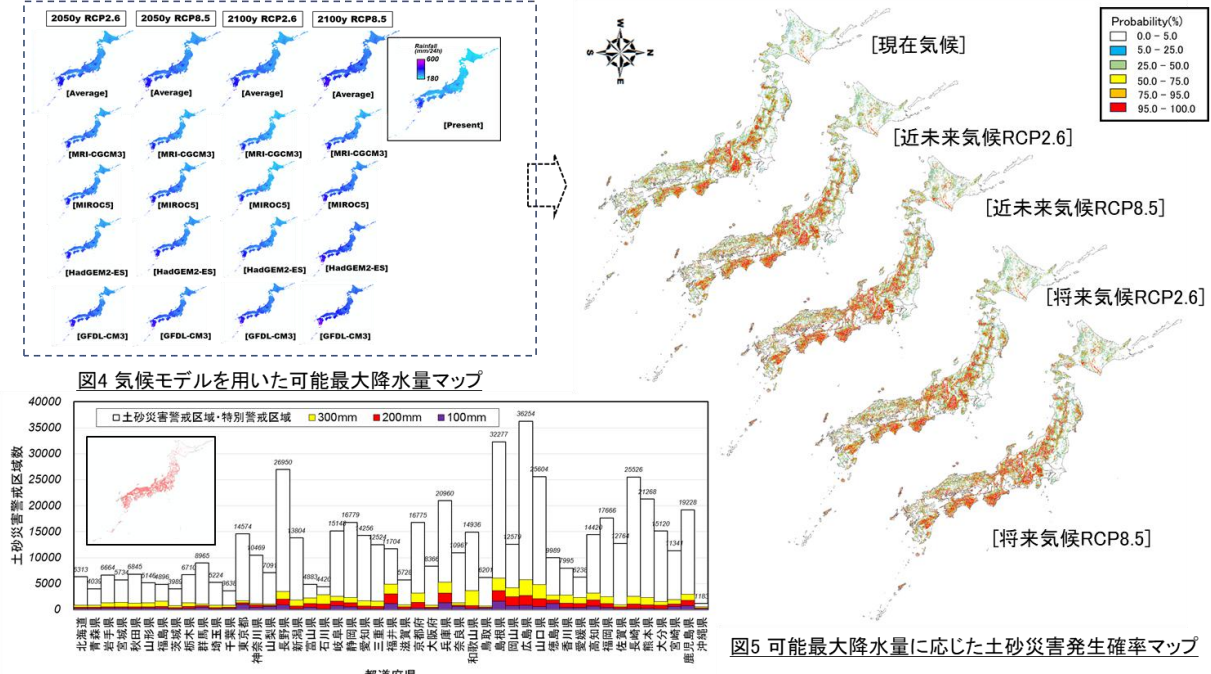


図4 気候モデルを用いた可能最大降水量マップ

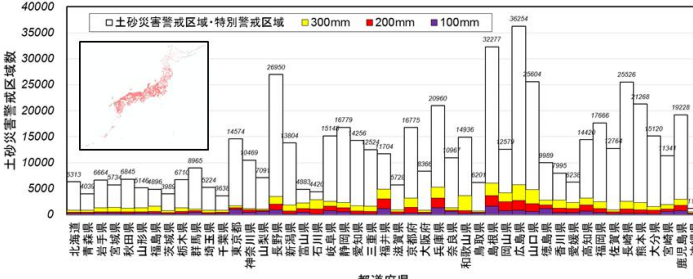


図5 可能最大降水量に応じた土砂災害発生確率マップ

図6 降雨感度に応じた発生確率90%以上の推移

- ①気候モデルに応じた可能最大降水量マップを求め(図4), この結果を利用して気候変動に応じた土砂災害発生確率マップを求めた(図5).
- ②参考値として, 土砂災害発生確率モデルを利用して降雨感度に応じた土砂災害警戒区域の高発生確率(90%以上)の箇所数推移結果を求めた(図6).

1. 研究課題名：課題3：気候変動の影響評価等技術開発に関する研究

サブ課題名：(i) 気候変動に関する分野別影響・適応策評価技術の開発

a-③ 地域詳細型高潮・水砂災害適応策評価モデル開発

(担当機関：国立大学法人九州大学 担当責任者： 杉原 裕司)

2. 成果概要

(1) 研究開発の目的・目標・概要

洪水制御影響評価：防災分野の内、特に近年の気候変動により災害の様相が変化している河川流域の洪水問題について検討を行う。具体的にはダムを活用した治水適応策について研究開発を実施するとともに、流木災害のリスクについても検討する。流域氾濫影響評価：外水氾濫解析モデル及び内水氾濫解析モデルの高精度化に取り組むとともに、d4PDFデータ等を用いた影響評価の予測計算を実施する。また適応策を行った場合についても、d4PDFデータ等を用いた計算を試み、影響評価を行う。高潮氾濫影響評価：高精度な高潮氾濫計算が可能で、適応策の効果の検討を行うことができる高潮氾濫シミュレーションモデルの開発・改良を実施する。構築したモデルの有用性を確認するために、例として低平地である有明海湾奥部沿岸の佐賀平野を対象とした詳細な高潮氾濫状況および複数の適応策の効果について検討する。土砂災害影響評価：今後の降雨形態の変化によって、基礎地盤のパイピングに起因した越水なき破堤が想定される河川堤防の弱面を抽出する。また、深層崩壊による土砂災害を防止するために渓流水や湧水の水文情報を活用して深層崩壊の発生場所と発生時期を予測する。

(2) 研究開発の成果

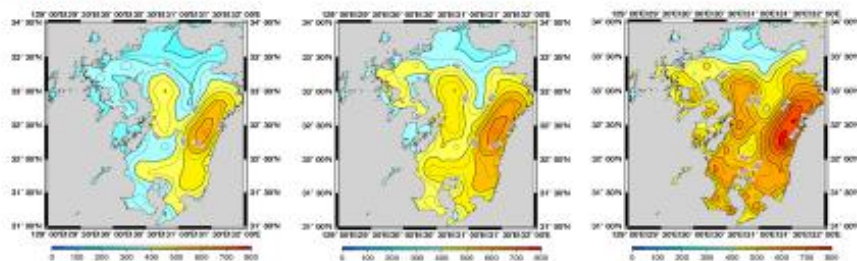
洪水制御影響評価：d4PDFの4°C昇温実験および2°C昇温実験結果より、将来の降雨量の変化および流出モデルを用いて洪水時の九州北部の河川の流量を評価した。また、それらの結果を用いて気候変動の影響を適切に考慮した上で、嘉瀬川に既設の利水専用の北山ダムと多目的の嘉瀬川ダムの事前放流を併せた連携運用による治水適応策の効果について明らかにした。さらに、気候変動による降雨の変化に応じた流木流出量への影響を定量的に評価した。流域氾濫影響評価：福岡県那珂川流域の外水氾濫解析の結果から、d4PDFによる将来予測3時間積算降雨の上位1~3位の降雨イベントでは、流量基準点において計画高水流量を上回る結果となることを示した。そのため、那珂川下流域では適応策として河道掘削を実施した場合（計画河道）でも氾濫する恐れがあることを示した。さらに氾濫による被害額の試算を可能とした。大阪梅田地区の内水氾濫解析の結果から、d4PDFによる将来ワースト降雨イベントでは、中心部において浸水深が1mを超える甚大な被害となり、地下への流入量も非常に多い。対象エリア内の1つの地下街を対象に適応策としての止水板設置の効果を検証したところ、地下への流入量を約70%削減できる効果があることを示した。高潮氾濫影響評価：複雑な地形や構造物を精度良く表現でき、高精度な計算が可能な高潮氾濫シミュレーションモデルを構築した。さらに様々な適応策の検討を行えるように改良した。本モデルを用いて、佐賀平野における高潮氾濫時の浸水過程やいくつかの適応策の効果を検討した。これにより、低平地を対象とした適応策の検討を行うにあたって、有用な高潮氾濫シミュレーションモデルが構築できたことを確認した。土砂災害影響評価：河川堤防および基礎地盤の地盤情報を活用して、豪雨によりパイピング破壊を誘発する地盤特性を考察するとともに、河川堤防弱面を抽出するための知見を示した。また、深層崩壊発生要因のひとつである地下水集中箇所を渓流水の流量と電気伝導度から抽出する方法と湧水を指標にして深層崩壊発生の危険度を評価する方法を開発した。

(3) 研究成果による波及効果

洪水制御影響評価：温暖化後の洪水制御計画の検討の際の基準となる洪水ハイドログラフ、平成29年九州北部豪雨の被災地における流木リスク軽減のための情報などが提供可能になった。また、嘉瀬川のダム研究は所管の異なる既存施設を有効利用した治水適応策の検討であり、他流域の適応策を検討する際の指針となる。流域氾濫影響評価：内水氾濫による地下空間の浸水被害を軽減する短期的な対策として、止水板の効果が再確認できた。また、外水氾濫による被害額および浸水被害に対する適応策の費用の試算を可能とした。高潮氾濫影響評価：本研究で構築したモデルは地形条件を変更することで、海域を選ばずに適用可能な汎用性の高いモデルである。したがって、本検討で対象とした佐賀平野以外の低平地に対しても、様々な適応策の検討が可能である。構築したモデルおよび検討結果は、学会や論文およびシンポジウムなどを通じて周知しており、本研究で得られた知見が広く活用されることを期待している。土砂災害影響評価：多量の雨が降る頻度が増す時代に向けて、河川堤防やため池といった人工の土構造物に対する脆弱性評価や、土砂災害の防災・減災対策に新しい視点で貢献できる。

(4) 研究結果を踏まえた今後の展望、予想される効果・効用

洪水制御影響評価：温暖化後の豪雨・流量の増加が示されたので、今後は降雨に関するより詳細な検討が必要となる。一方、降雨の短期予測精度は今後も高まり、事前放流による利水容量の一時的な治水利用なども可能になることから、ダムの連携運用は効果的な温暖化適応策として期待できる。また、気候変動の影響を加味した河川計画立案において、流量と同等な確率表示を用いた流木リスクの考慮が可能となった。流域氾濫影響評価：内水氾濫による地下空間を含む浸水被害を軽減する中長期的な対策としての増補幹線の建設や流域対応を段階的に実施していく必要がある。d4PDFを用いた2級河川の外水氾濫に対して費用対効果が最適な適応策を検討したケーススタディとなり得る。高潮氾濫影響評価：本研究で構築したモデルが様々な地域を対象として広く使用されることで、地域特有の適応策を考慮できるように改良されるなど、モデルのさらなる高度化が期待される。これにより、今後の高潮防災対策を考えるための汎用性の高い有用なツールとして発展していくと思われる。土砂災害影響評価：河川堤防の弱面抽出に向けた取り組みは、今後の豪雨に対する粘り強い河川堤防補強技術の確立に活かすことができる。また、土砂災害に対して開発した予測手法は、日本の他地域や同様の山地が分布する台湾などの諸外国へも応用できる。



過去実験データ
(領域平均雨量値
371.2mm)

2°C上昇実験データ
(領域平均雨量値
418.1mm)

4°C上昇実験データ
(領域平均雨量値
476.7mm)

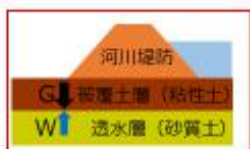
48時間最大降水量
(再現期間50年)
の雨量分布図を作
成。九州南東部お
よび西部で急激に
増加するが、九州
北部ではそれほど
変わらない。

土砂災害影響評価:

堤防基礎地盤のパイピング破壊に対する安全率

裏尻付近でのG/Wで評価
G/W<1でパイピングの可能性あり

G:被覆土層重量
W:被覆土層底面に作用する揚圧力



G/W<1になると、堤防尻付近の地盤の浮き
上がり(飽ぶくれ)が発生し、堤外からの水道
が形成される危険性が高まる。

GIS

水文調査

(1) 深層崩壊発生危険斜面の抽出

- ・ 渓流水の流量と電気伝導度(EC)の測定
- ・ 渓流水ECが高くて無降雨時の比流量が多い流域抽出
- ・ 小流域内の湧水調査
- ・ 危険斜面の抽出

地形地質調査

従来からの調査

- ・ 深層崩壊発生の前兆現象
- ・ 微地形、地質構造など

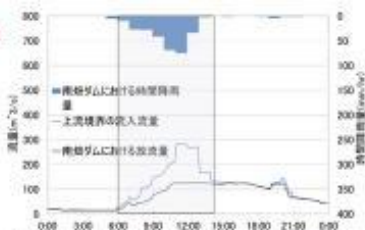
深層崩壊発生リスクの高い自治体に実装化

- ・ 深層崩壊の土砂災害警戒区域
- ・ 深層崩壊の警戒避難システム

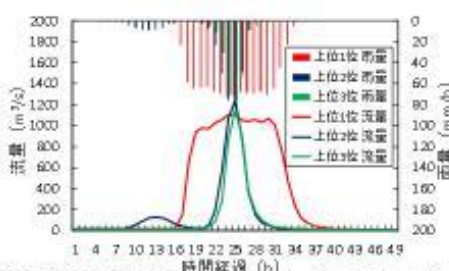
(2) 警戒避難対応の策定

- ・ 危険斜面の湧水調査
- ・ 湧水を指標にした警戒避難対応

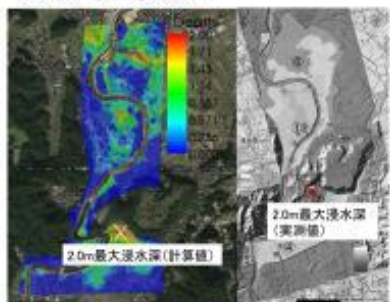
流域氾濫影響評価:



将来予測3時間積算雨量のハイトグラフとハイドログラフ



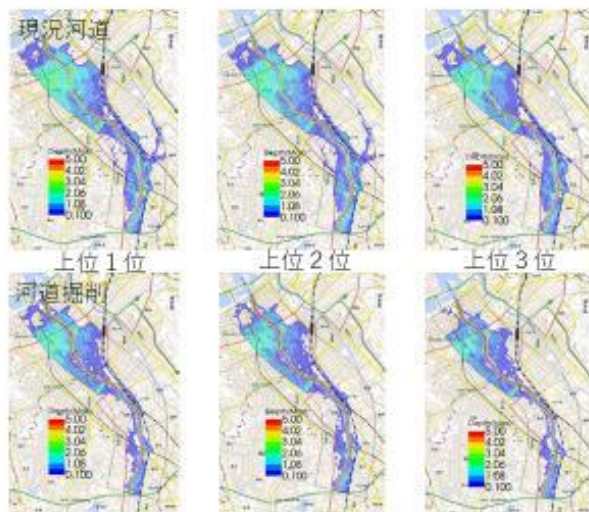
将来予測3時間積算雨量のハイトグラフとハイドログラフ



将来予測3時間積算雨量を与えた場合の氾濫解析結果



那珂川町の水害統計(左)と被害総額の試算結果(右)



将来予測3時間積算雨量を与えた場合の現況(上)と河道掘削前後(下)の氾濫解析結果の比較

1. 研究課題名： 課題3：気候変動の影響評価等技術の開発に関する研究
サブ課題名： (i) 気候変動に関する分野別影響・適応策評価技術の開発
b-① 適応策評価のための多作物を対象とした統計モデル開発
(担当機関：国立大学法人茨城大学 担当責任者： 増富 祐司)

2. 成果概要

(1) 研究開発の目的・目標・概要

本課題は、モデル自治体からニーズのあった作物の温暖化影響を対象に、その影響の定量的評価及び、適応策導入による影響低減量の定量的評価を行うことを目標とする。この目標達成のために本課題ではまず茨城県及び長野県等のモデル自治体を対象にニーズ調査を実施した。その結果、水稻の品質低下、特に白未熟粒発生に関する温暖化の影響評価に関するニーズが高いことがわかった。そこで本課題では水稻の白未熟粒発生率を推計する新しい統計モデル、白未熟粒発生率推計モデルを開発することとし、次にこのモデルを用いて、温暖化の影響評価を行うことを目的とした。さらに適応策を実施した際の影響も評価し、適応策導入効果の定量的評価を行うことを目的とした。なおこの影響・適応策評価の際には、将来気候予測の不確実性だけでなく、影響評価モデル（ここでは白未熟粒発生率推計モデル）の予測不確実性も考慮した影響評価を行う。

(2) 研究開発の成果

本課題ではまず、日本における複数の圃場のデータを用いて、コシヒカリを対象とする白未熟粒発生率推計モデルを構築した。コシヒカリは全国の作付面積の35%を占め、最も作付面積の大きい水稻品種である。精度評価の結果、白未熟粒発生率の観測値と推計値の相関係数は0.661、平均誤差は±5.3%となり、高精度に白未熟粒発生率を推計できるモデルを構築することができた。

次にこの白未熟粒発生率推計モデルを用いて、全国（沖縄を除く）を対象に1kmグリッドごとの白未熟粒発生率を推計した。推計には将来気候予測の不確実性を考慮するために2つのRCP(RCP2.6とRCP8.5)と5つの気候モデル(CSIRO-Mk3-6-0, GFDL-CM3, HadGEM2-ES, MIROC5, MRI-CGCM3)による気候予測の合計10の気候シナリオを使用した。推計年は2011年から2050年の40年間である。その結果、白未熟粒の発生は、特に西日本の沿岸平野部から増加し、等級が低下するような高い発生率の白未熟粒が2040年代には日本の広い地域で発生することがわかった。またRCP8.5の場合、2040年代において、より北側の地域においても白未熟粒の発生率が高くなることがわかった。全国平均でみると白未熟粒発生率は、2010年代にはRCP2.6で7.1%、RCP8.5で6.2%であるが、2020年代、2030年代、2040年代と将来になるにつれて増加し、RCP2.6では7.9%、10.0%、10.9%、RCP8.5では7.7%、10.7%、12.6%と推計された(いずれも気候モデル平均値)。このように2040年代では社会経済シナリオ(RCP)の違いによる白未熟粒発生率の違いが大きくなることが明らかになった。さらに白未熟粒発生率による等級低下が及ぼす経済損失は2040年代では、RCP2.6で351億円/年、RCP8.5で442億円/年と推計された。

次に農業分野の適応策として最も有効な対策の一つであると期待されている高温耐性品種の導入について、その効果を評価した。これによると白未熟粒発生率推計モデルの不確実性を考慮しても高温耐性品種を導入することによって大きく白未熟粒の発生を抑えられることがわかった。

(3) 研究成果による波及効果

本課題で実施した全国を対象とした白未熟粒への温暖化影響評価に関する研究成果は、環境系の学術専門誌 Environmental Research Communications誌に掲載された(Masutomi et al., 2019)。本成果は、日本農業新聞の1面トップで取り上げられたほか、NHK水戸放送、日本経済新聞、読売新聞、茨城新聞など多数のメディアで取り上げられ、社会的反響が大きかった。

(4) 研究結果を踏まえた今後の展望、予想される効果・効用

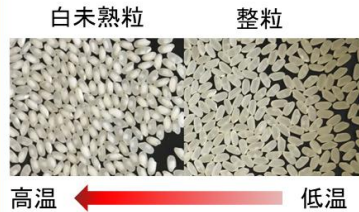
本課題で得られた推計をもとに今後、国・都道府県・市町村等の様々なレベルで適応計画の策定・検討における科学的基礎情報となることが期待される。

適応策評価のための多作物を対象とした統計モデル開発 (茨城大学)

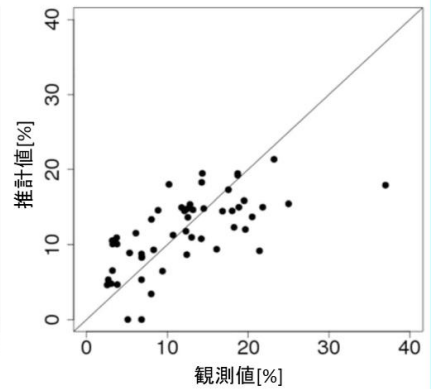
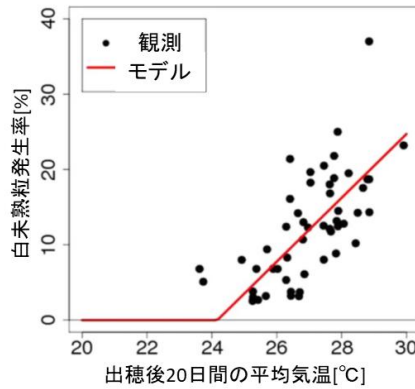
研究目標

- 自治体からニーズの高かった水稻の白未熟粒発生を対象に、白未熟粒発生率推計モデルを構築し、これを用いて影響の定量的評価及び、適応策導入による影響低減量の定量的評価を行うこと

主な成果①



- 米粒にデンプンが詰まっていくな登熟期(概ね7月末から8月)に高温に晒されると、白未熟粒と呼ばれる白濁化した米粒が多く発生する。
- 白未熟粒は砕けやすく精米等の加工時にロスが増加する。
- また白未熟粒が多く含まれるとコメの等級を下げ、価格が低下し、農家収入を減少させる。

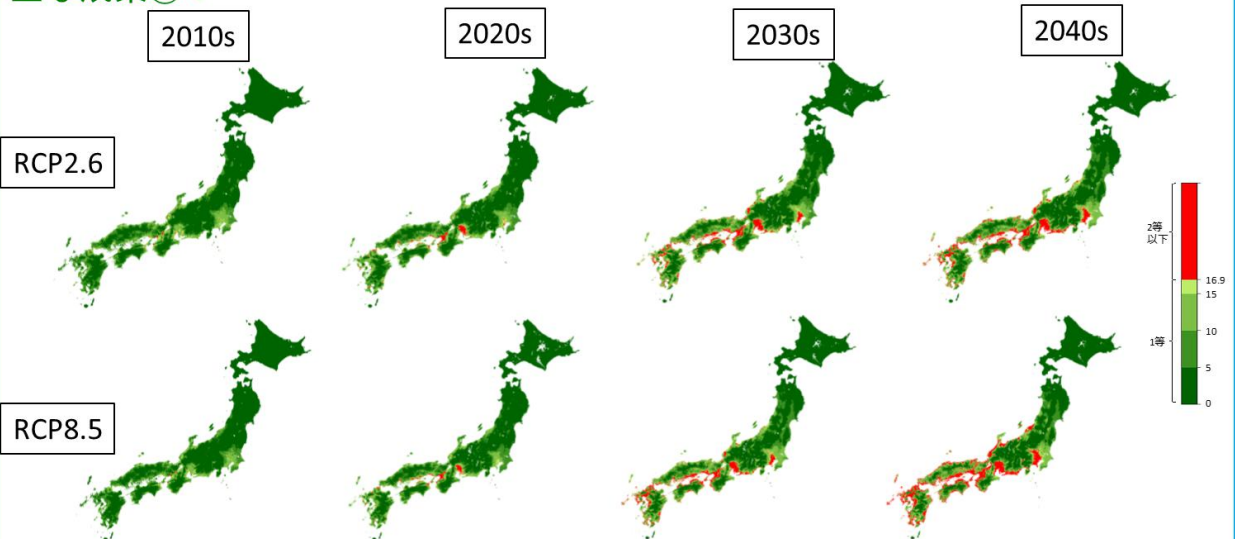


- 日本全国(長岡・熊谷・水戸・つくば)の圃場データ(プロット)をもとにモデル(赤線)を開発
- 白未熟粒発生率の観測値とモデル推計値の比較. 精度評価の結果、高い相関係数(0.661)と誤差(5.3%)が得られた。

Masutomi et al. (2019) ERC

- 日本の主要水稻品種コシヒカリを対象に白未熟粒発生率を高精度に推計するモデルを開発

主な成果②:



Masutomi et al. (2019) ERC

- 白未熟粒の発生は、特に西日本の沿岸平野部から増加し、等級が低下するような高い発生率の白未熟粒が2040年代には日本の広い地域で発生する

アウトリーチ・今後の成果の活用

- 主要研究成果を学術専門誌に発表。本成果発表は日本農業新聞の一面トップで取り上げられたほか、NHK水戸放送、読売新聞等の多数メディアで取り上げられた。
- 本研究成果は国・都道府県・市町村等の様々なレベルで適応計画の策定・検討における科学的基礎情報となることが期待される。

1. 研究課題名： 課題3：気候変動の影響評価等技術の開発に関する研究

サブ課題名： (i) 気候変動に関する分野別影響・適応策評価技術の開発

b-② 果樹に関する気候変動適応策経験知抽出ツール開発

(担当機関： NECソリューションイノベータ株式会社 担当責任者： 島津 秀雄)

2. 成果概要

(1) 研究開発の目的・目標・概要

気候変動は「未来の事」ではなく「既に起きている事」として、産地における短期的気候変動適応策の実地経験を具体的に記録・蓄積し、その適応策の有効性と実施上の経験知を抽出する手法を考案、その手法をもとにノウハウ抽出機能を設計・開発することを目的とした。本研究では極早生温州ミカンを対象作物とし、日焼け果、浮皮果、黒点病に対するノウハウの有効性を三重県熊野農林事務所およびJA伊勢と連携して検証した。詳細を以下に示す。

①SI-CATシステムの実証実験：SI-CATシステムは圃場センサデータ、作物生育データなどの環境情報を継続して半自動的に記録する環境情報記録システムと短期的気候変動適応策（薬剤散布）やその実績、生育データ、収量データを記録する気候変動適応策実証状況記録システムで構成される。なお、本システムには過去30年間の気象データと過去11年間の生育情報総括データが記録されている。

②ノウハウ抽出機能の評価：SI-CATシステムでは蓄積した過去データに基づき、気象条件や生育条件などがパラメータとして入力されると、過去の類似する年が抽出される。本機能を用いて、類似する年に安定生産していた生産者の作業記録をもとに薬剤の散布タイミングを決定、実地検証して、本手法の有効性を評価する。

(2) 研究開発の成果

極早生温州ミカンを安定出荷しており、秀品率の高い生産者は「将来起こりうる気候変動に対する適応策の経験知を持ち合わせている」ことを、産地の過去データの分析結果より確認した。特に日焼け果対策に注目した場合、短期的気候変動適応策となる薬剤を積極的に利用し、その効果を最大限得られる適切なタイミングで散布していることを確認した。また、果樹は永年性作物であることから、気象データだけでなく生育状態も影響してくることが、産地での振り返り時に使用している総括データより確認した。

この分析結果より、気象データと生育データの傾向が一致する年を「今年と似た年」と定義し、その年に安定生産する生産者を適応策の実施ノウハウを持つ候補者として選抜する手法をノウハウ抽出機能としてSI-CATシステムに実装した。

令和元年度の日焼け果対策は6～7月の降水量と花の満開期の傾向が似ていた平成27年度を参考とし、梅雨明け直後に薬剤を散布した。浮皮果対策は同一薬剤の使用実績のある平成28年度以降を対象に開花始期の傾向が似ていた平成28年度を参考とし、8月下旬に散布した。この結果、3つの外観障害すべてにおいてその効果が確認され、産地全体で適応策を実施した場合には、産地出荷額が約19%増となることが試算された。

(3) 研究成果による波及効果

産地全体で短期的気候変動適応策に取り組むことにより、高品質ミカンの出荷比率の向上や市場の信頼向上による出荷額の増加が期待できる。一方では、これまで利用経験のない適応策の実施に消極的な生産者がほとんどであり、産地全体に浸透させるには時間がかかるという課題がある。営農指導において、その根拠データを提示できないことが、その理由の一つとも言われている。

そこで、産地全体での気象データや生育データ、作業実績、品質データなどの継続的な蓄積に加え、園地の土壌情報や樹体情報等と組み合わせることにより、データに裏打ちされた、納得感の得られる営農指導が可能となるとともに、産地全体への気候変動適応策の早期定着が期待できる。また、栽培品種・作物の見直しについても、近未来予測データと産地の蓄積データを組み合わせることで、なぜ見直しが必要なのかを生産者が納得することができ、適切なタイミングでスムーズに実施できるようになると予想される。

(4) 研究結果を踏まえた今後の展望、予想される効果・効用

日本列島は南北に長く、冷温帯気候から亜熱帯気候まで存在する。日本全国で栽培されている農作物において、気候変動適応策の経験知（ノウハウ）を各産地で蓄積し、その経験知を将来の気候変動予測と合わせて、各産地における推奨作物・品種の見直し等の中長期計画への活用が期待される。

また、その経験知を各産地に限定して保持するのではなく、ALL JAPANとして保持・共有することができれば、適地移動後の新たな産地（ブランド化）の早期形成を後押しする手段の一つとして期待できる。

令和元年度の気象においては、日焼け果、浮皮、黒点病に適応策の効果が見られた

● 外観要因により出荷できない果実の発生率

	慣行区	対策区	効果
日焼け	4.2%	1.1%	効果あり
浮皮	30.9%	13.1%	効果あり
浮皮（出荷基準*）	4.7%	0.5%	効果あり
黒点病	15.3%	3.7%	効果あり

* 果梗部の浮き程度は出荷可とした場合

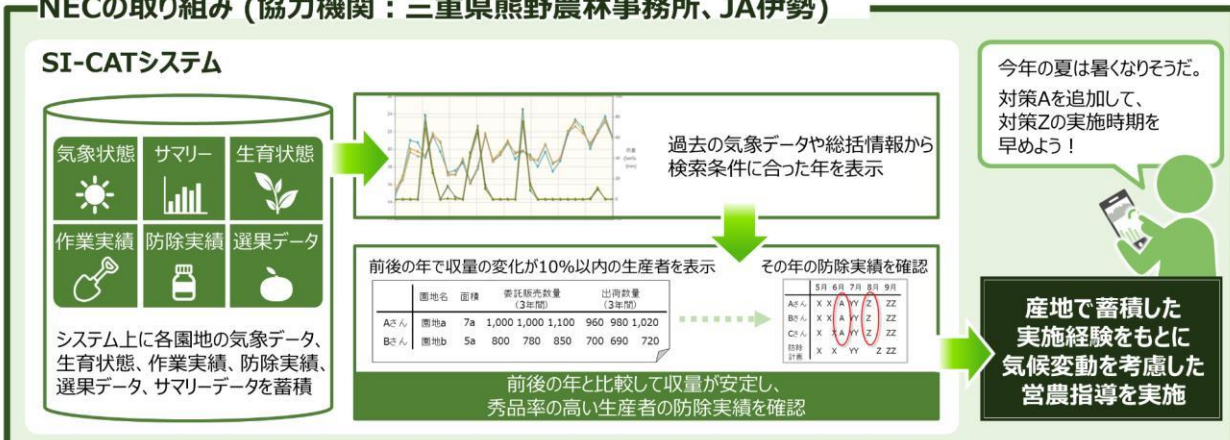
過去の気象データや生育状況、作業実績を蓄積、活用することにより、追加防除の実施タイミングの最適化による品質の維持向上が期待できる

NECの取り組みと期待する将来イメージ

異常気象に関して、気候変動適応策の知識を増殖的に蓄積



NECの取り組み (協力機関：三重県熊野農林事務所、JA伊勢)



1. 研究課題名：課題3 気候変動の影響評価等技術の開発に関する研究

サブ課題名：(i) 気候変動に関する分野別影響・適応策評価技術の開発

b-③適応策評価のための気候変動に伴う沿岸環境急変現象の変動と影響評価モデル開発

(担当機関：国立研究開発法人水産研究・教育機構 担当責任者： 井桁 庸介)

2. 成果概要

(1) 研究開発の目的・目標・概要

本提案課題は、漁業環境に影響を与える(いけすや網の破壊等)急潮等の沿岸環境急変現象の影響評価モデルを開発し、それを気候モデルに適用することで、気候変動に伴う沿岸環境急変現象の増加・減少を解明し、その評価結果を理解し易い図として表現することで、各自治体関係者等への広い周知を可能にすることを目標とする。

沿岸環境急変現象の将来変化を評価するためには、1) 沿岸の流動変動を十分に表現し得る、空間解像度が2km程度で且つ時間解像度が1時間程度の時空間的に高解像度な海洋の将来予測データを、100年後まで解析する必要がある。また、そのようなデータセットは課題2の担当機関であるJAMSTECが、2) 高解像度海洋モデルSi-cat02を使用し、100年後までの予測計算を行うことで作成する必要がある。1)、2)のような作業は、世界的に例は無かった。

1)については、沿岸環境急変現象の影響評価計算をオフラインにする必要があるため、1シナリオで約30TBの大規模データを一時保管する必要がある。加えて、2)の計算には相当の時間的・人的な労力が掛かるため、Si-catプロジェクトでは、高解像度モデルによる複数シナリオを用いた議論を行わないとして、本課題は進められた。従って、複数シナリオを用いた平均操作により予測誤差を提示するという方法を取ることが出来ない。これは、予測計算結果の信憑性を別の方法で示す必要があることを意味している。本課題では、2)の予測計算の初期値となる、高解像度海洋モデルの過去再現計算結果の精度評価を行うことで、その信憑性を示すことを試みた。

(2) 研究開発の成果

(A) 既得データ等の解析を行い、富山湾、日本海における急潮発生の力学機構を新たに解明

富山湾における台風起源の近慣性内部波の反射・散乱による急潮の発生機構を解明した。科学論文化して日仏海洋学会誌(la mer)に受理・出版され論文賞を受賞した。他にも3種類の急潮発生機構を解明しつつあり、論文化進行中である。

(B) Si-cat02の過去再現計算の精度評価を行うための流動データを、佐渡沿岸と高知沿岸で取得 定置網から電磁流速計を10m深まで垂下し、約2年間のデータを取得することに成功した。

(C) Si-cat02による沿岸流動の再現性が高いことを客観的に証明

既往知見、(A)の新規獲得知見そして(B)のデータを用いて、日本海側の急潮3事例、太平洋側のもの2事例を対象に精度評価を実施し、Si-cat02による沿岸流動の再現性の高さを示すことに成功した。

(D) 沿岸環境急変現象影響評価モデルを構築

日本海区水産研究所で運用している「リアルタイム急潮予測システム」で稼働している急潮抽出統計モデルをSi-cat02に対応するように改良し、影響評価モデルを構築した。

(E) 沿岸環境急変現象の影響評価の実施

(D)の影響評価モデルを用いて、急潮発生強度・頻度等の温暖化に伴う変化の地域的特徴を抽出した。そしてそれらを平易な図として表現し、そのデータをWebGISへ実装した。

(3) 研究成果による波及効果

・富山湾周辺における台風による急潮発生の力学機構を解明した事で、石川県・富山県の水産試験研究機関の急潮予報担当者に予報するための精度の高い検討資料を提供し、予報精度の向上に貢献した。

・本事業に基づいて実施した急潮に関する研究集会(九州大学応用力学研究所共同利用研究集会)においてSi-catの取り組みを紹介したことで、多数参加していた各自治体の水産試験研究機関の急潮予報担当者が、本課題の存在を認識した。研究集会を開催することで、各自治体に義務づけられている適応策の策定に関し、本課題の結果を使用する動機付けすることができた。

(4) 研究結果を踏まえた今後の展望、予想される効果・効用

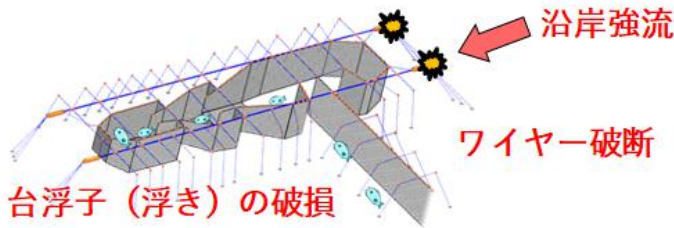
・今回の影響評価結果では、100年後に黒潮大蛇行が起き、関東・東海地方で急潮が極端に減少する結果となった。当該地方では、大蛇行の有無で急潮予測情報が大きく異なる。準定常状態のパターンを2つ(以上)持つ流動場では、予測情報が2極化する危険性があるため、本課題のような作業方針の予測情報精度の限界を示す例となった。今後は、高解像度海洋モデルによる予測計算を複数シナリオで実施し、アンサンブル平均による予測誤差情報を算出していく必要がある。それは計算環境の発達に伴い可能になると予想される。

・流動予測モデルに定置網モデルを組み込んだ、定置網破壊リスク評価モデルを構築し、研究を新たな段階へと進める必要がある。

沿岸環境急変現象“急潮”とは

- 沿岸の流れが突然強まる現象
- 被害：定置網漁業の漁具の破損・流出, 長期休漁. 全国各地で発生
- 予防策：急潮発生前に網を撤去

急潮による被害



急潮により被害を受けた定置網の台浮子

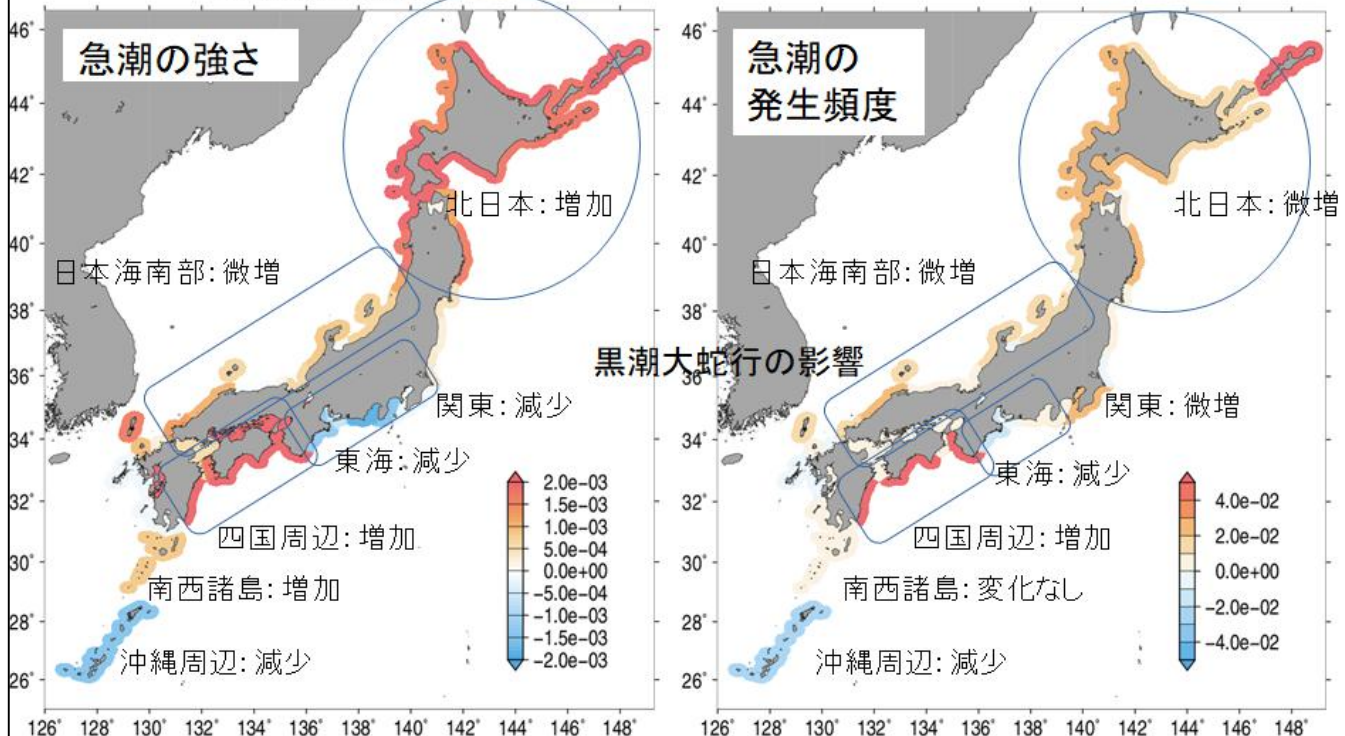
主要産業が定置網漁業の地方では網の損害は致命的

⇒ 発生機構の解明・温暖化に伴う出現様式傾向の把握が大切！

→現象の空間スケールが小さい（数km）ので、
ダウンスケーリングデータを使う必要がある。

急潮発生強度・頻度の温暖化に伴う変化

LM法による一次関数フィットにより求めた傾き, 2006-2100のデータ使用
2006-2100 38.000m



1. 研究課題名：課題3 気候変動の影響評価等技術の開発に関する研究

サブ課題名：(i) 気候変動に関する分野別影響・適応策評価技術の開発

c 適応策評価のための気候変動に伴う河川流況及び水資源量影響評価モデル開発

(担当機関：国立大学法人京都大学防災研究所

担当責任者： 田中 賢治)

2. 成果概要

(1) 研究開発の目的・目標・概要

本プロジェクトで提供される複数の将来気候シナリオ、将来土地利用シナリオ、将来水需要シナリオなどの情報を稲成長・水文陸面・灌漑・河道流下・ダム操作の5つで構成される陸域水循環モデルに与え、気候変動が日本各地の河川流況や利用可能水資源量に与える影響を評価するとともに、ダム操作規則の変更やダム容量の増加などの適応策を実施した場合の気候変動影響緩和効果を評価する。

5つのサブモジュール（稲成長・水文陸面・灌漑・河道流下・ダム操作）から構成される日本全域水資源モデルには貯水容量が100万 m^3 以上である1231基のダムが組み込まれているものの、ダムの目的に応じて規則を一般化したものである。モデル流域として木曾川水系を対象に、ダムや堰などの水資源管理施設の固有の操作規則を可能な限り詳細に適用し、期別の河川流量やダム貯水量の再現性の向上を図る。

適応策の検討においては、まずは流況の変化に応じた洪水期と非洪水期の切り替え時期の変更、治水容量と利水容量の容量配分の変更等のダム操作規則の見直し（ソフト対策）の効果を検討する。ソフト対策のみでは十分に利水・治水安全度が確保されない場合には、ダムの嵩上げに等のハード対策の効果を検討する。

(2) 研究開発の成果

新たにダム操作モデルを開発した。岐阜県と長野県に位置する有効貯水容量1千万トン以上のダムの中で5年以上の水文データを利用できる10個のダムを選定し、この新しいダム操作モデルの検証を実施した。良い再現性が得られた。

5つのサブモジュール（稲成長・水文陸面・灌漑・河道流下・ダム操作）から構成される日本全域水資源モデルのうち2つのサブモジュール（ダム操作・河道流下）を改良した。

改良された水資源モデルを木曾川流域犬山観測所上流域に適用し、モデルの再現性を向上させた。

木曾川流域でNHRCM5kmデータを用いて気候変動が河川流況・水資源量・ダム貯水量に及ぼす影響を評価した。4つの1km気候モデルのデータと改良されたモデルを用いて、気候変動が木曾川流域の河川流量や水資源量に及ぼす影響を評価し、ダム操作の2つの適応オプションの効果を検討した。

4つの改良された1km気候モデルのデータを用いて、気候変動が木曾川流域の河川流量や水資源量に及ぼす影響を評価し、ダム操作の4つの適応オプションをそれぞれ単独で、また2つを組み合わせた効果を検討した。ダムの主要な目的に応じて有効な適応策オプションを提案した。

(3) 研究成果による波及効果

本研究を通じて開発・改良された水資源モデルは日本国内は元より広く世界の他の流域にも適用可能であり、気候変動に伴う河川流況の変化に対する適応策を各河川、各ダムについて検討することができる。

(4) 研究結果を踏まえた今後の展望、予想される効果・効用

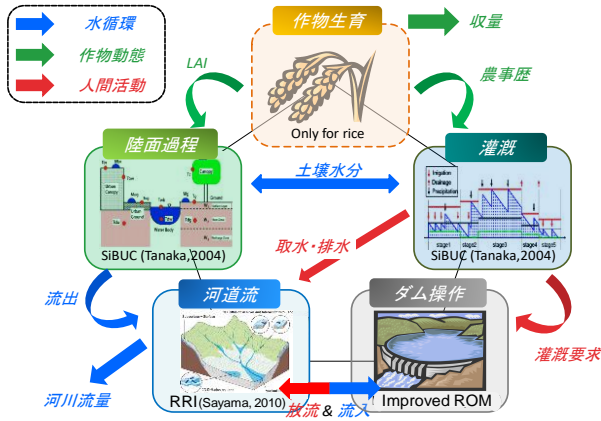
本研究により、水量回復/放水時期の変更や治水容量と利水容量の容量付け替えといったソフト対策が気候変動に対する適応策として有効であることを示すことができた。将来の流況に合わせた適切なダム操作規則を選択することにより、洪水と渇水のリスクをある程度軽減することができる。

ただし、SI-CATで検討したのは木曾川水系についてのみなので、今後は他の流域でも同様の解析を積み上げていく必要がある。

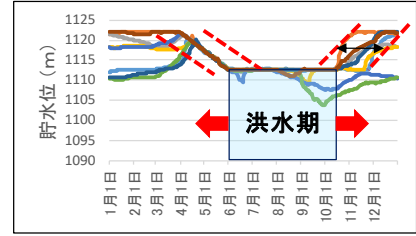
いくつかの代表的な流域やダムについて、流況の変化の仕方とダムの主目的の組み合わせで有効な適応策オプションを整理していくことにより、必ずしも全てのダムについて詳細な水循環解析をしなくてもダムの適応策オプションを検討できるようになる。

ある気候変化に対してはどのような適応策が有効かを事前に把握しておくことで、今後の気候変化の推移を見極め、然るべきタイミングで然るべき適応策オプションを実行できるように準備できる。

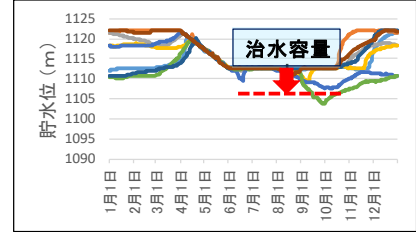
影響予測モデル及び検討している適応策の概要



適応策：1) 水量回復/放水時期の変更

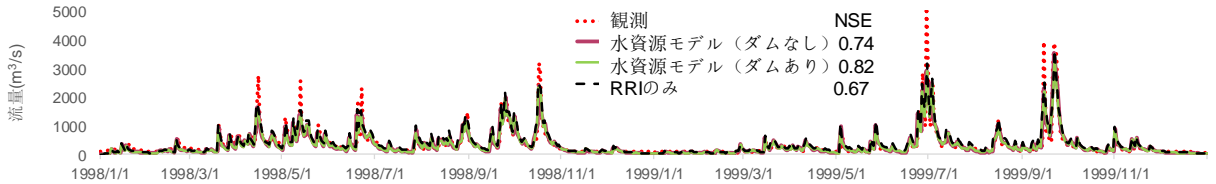


適応策：2) 洪水調節(治水)容量の変更



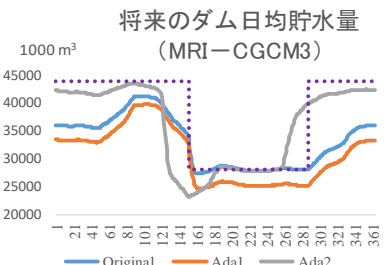
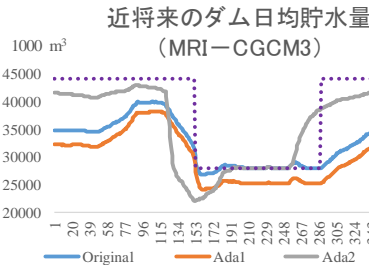
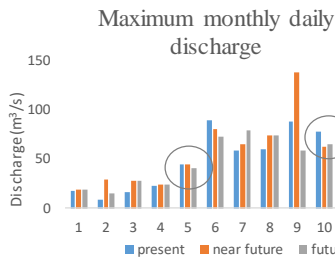
5つのサブモジュール(稲成長・水文陸面・灌漑・河道流下・ダム操作)から構成される水資源モデル

改良されたモデルの検証(犬山地点)



阿木川ダム

発電無し → Ada1が有効



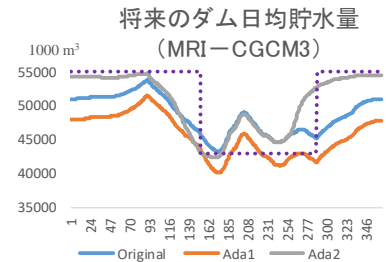
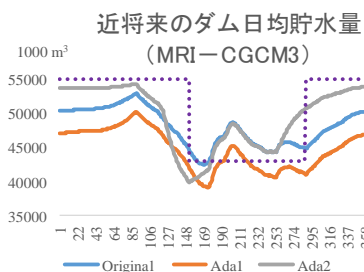
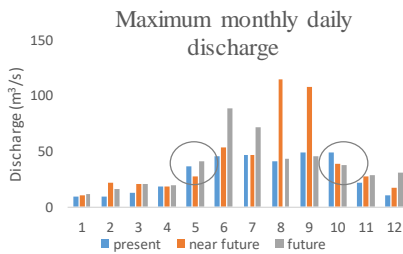
- Ada1: 10%洪水調節容量増加
- Ada2: 水量回復/放水時期30日シフト
- Ada3: 5%洪水調節容量増加
- Ada4: 水量回復/放水時期15日シフト

検討中

味噌川ダム

発電あり → Ada2が有効

* 水位を高く保つ必要がある



1. 研究課題名： 課題3：気候変動の影響評価等技術の開発に関する研究

サブ課題名： (i) 気候変動に関する分野別影響・適応策評価技術の開発

d 適応策評価のための暑熱環境と健康影響モデル開発

(担当機関：国立大学法人筑波大学 担当責任者： 日下 博幸)

2. 成果概要

(1) 研究開発の目的・目標・概要

本研究の目的は、将来の温暖化による健康影響評価、および、暑さに対する適応策の効果を評価することである。これを実行するため、はじめに、SI-CATアプリに搭載する健康影響評価のためのスキーム開発を行った。具体的には、熱中症救急搬送者数を対象に、各都道府県別に予測モデルの開発・検討を行った。これまでの予測モデルと異なる点は、夏季中の暑熱環境への順化を考慮するため、夏季を3期間に分割したことである。本研究では、予測モデルを、都道府県別に作る効果、期間を分割して作る効果、年齢を分けて作る効果も比較評価した。予測モデルの説明変数を日最高気温にした場合と日最高不快指数および日最高WBGTにした場合の精度評価も行った。

次に、開発した予測モデルを用いて、全国都道府県別に将来の熱中症救急搬送者数の予測を行い、将来の温暖化による熱中症のリスク評価を行った。東京23区を例に、自治体の温暖化適応策（特に暑さ対策）を実行した場合の将来の暑熱環境予測と搬送者数予測も別途行った。

(2) 研究

1. 熱中症救急搬送者数予測モデルの開発

本研究では、日最高気温を説明変数とし、熱中症救急搬送者数の日別値を目的変数とする一変数の予測モデルを一般化線形モデルに基づき開発した。同様に、日最高不快指数や日最高WBGTを説明変数とした場合の予測モデルを開発した（図1, 2）。従来のモデルと異なる点は、夏期を期間1（初夏）、期間2（盛夏）、期間3（晩夏）の3期間に分割し、暑熱順化に起因する予測値のが大きくなる恐れがある期間1と期間3について、それぞれの期間のデータのみでフィッティングを行い、別途予測式を作成したことである（図2）。

開発した予測モデルの交差検証の結果を図1に示す。都道府県別に予測モデルを作成した場合、東京都の予測モデルを他の地域に適用した場合と比較して、RMSEが約26%減少した。期間分割を行って予測した場合、期間分割せずに予測した場合と比較して、RMSEが約11%減少した。予測精度の向上に対して、これらの効果が有効であることが示唆される。一方、年齢を分けて予測する方法については、ほとんど精度向上の効果がなかった。多くの地域で説明変数として日最高不快指数を用いたモデルのRMSEが小さかった。但し、日最高気温や日最高WBGTを用いた場合のRMSEとの差は僅かであった。図3は、期間分割効果の実例の一つである。

2. 将来気候下における熱中症リスク評価

開発した熱中症救急搬送者数予測モデルを用いて、現在気候下の熱中症リスクに対する将来気候下の熱中症リスクを評価した（図4）。近未来気候下における熱中症リスクは、RCP2.6シナリオでは1.3~2.9倍、RCP8.5シナリオでは1.5~3.7倍増加することが分かった。また、21世紀末気候下における熱中症リスクの増加量は、RCP2.6シナリオでは1.4~3.3倍、RCP8.5シナリオでは3.2~13.5倍であった。

また、個人があらゆる暑熱対策を行い、一夏期を通して晩夏期相当の暑熱耐性を持ったと仮定した場合の熱中症リスクについても試算した（図5）。例えば、RCP8.5シナリオの近未来気候下では、暑熱対策を行った場合のリスクは、暑熱対策を行わなかった場合と比較して約30%減少することが分かった。

3. 温暖化適応策の実行による熱中症リスク低減効果

東京23区を対象に、自治体が温暖化適応策を講じた場合の搬送者数予測を行った。想定した適応策は、走行している全ての自動車の電気自動車への置換、建物の屋上および壁面の緑化の2つである。既存の研究成果から、これらの施策を全て同時に実施した場合の気温低下量を0.5°Cと仮定した。その結果、適応策を講じた場合の熱中症リスクは、適応策を講じなかった場合に対して約18%減少できる可能性があることが分かった。

(3) 研究成果による波及効果

本研究で開発した熱中症救急搬送者数予測モデルを用いることで、都道府県・自治体単位での将来の熱中症リスク評価が可能になると期待できる。このモデルは夏季の合計搬送者数のみならず、日々の搬送者数の予測が可能である。したがって、日々の熱中症リスク予測情報の配信にも利用可能である。

本モデルは救急搬送者数の予測を対象としているため、将来の救急車の配置・運用計画や救急搬送者の受け入れが可能な拠点病院の配置計画に有用な情報が提供できると期待される。

(4) 研究結果を踏まえた今後の展望、予想される効果・効用

全国の自治体が集まる会合等で積極的に情報を発信し、様々な自治体への使用を促したい。本研究では、既存の知見を活用し、東京23区における暑熱環境緩和による搬送者数低減効果を評価した。このような評価を全国に展開するためには、各自治体で温暖化適応策やヒートアイランド緩和策に基づく暑熱環境緩和効果を評価する必要がある。本研究で示した手法は、今後の評価手法の一つのモデルケースとなると期待できる。

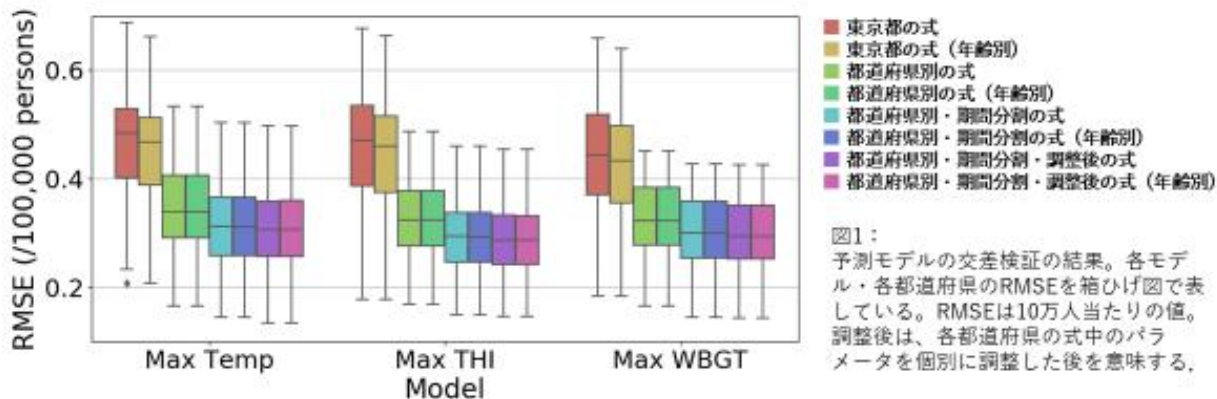


図1：
予測モデルの交差検証の結果。各モデル・各都道府県のRMSEを箱ひげ図で表している。RMSEは10万人当たりの値。調整後は、各都道府県の式中のパラメータを個別に調整した後の意味する。

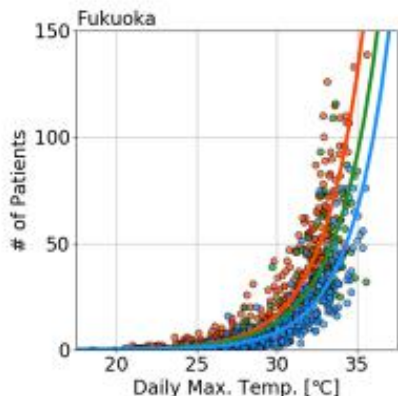


図2：
福岡県における日最高気温と熱中症救急搬送者数との関係(点)とその予測式(線)。赤：初夏期、緑：盛夏期、青：晩夏期

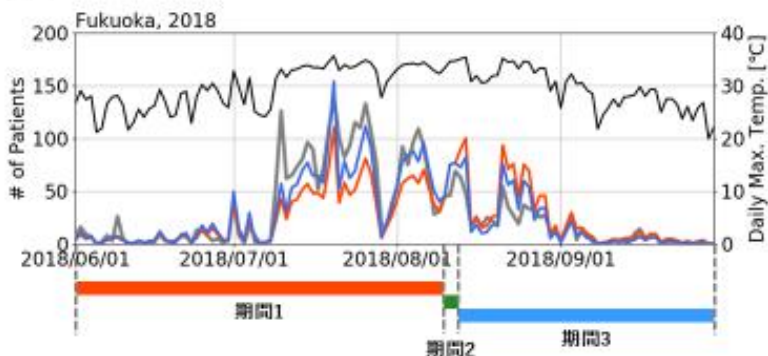


図3：
2018年の福岡県を対象とした熱中症救急搬送者数の実測値と予測値の時系列。灰色：搬送者数実測値、赤：都道府県別の式(年齢別)の予測値、青：都道府県別・期間分割・調整後の式(年齢別)の予測値、黒：日最高気温

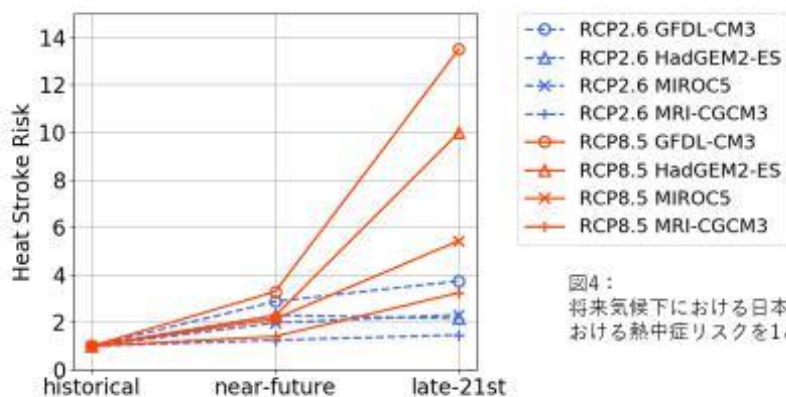


図4：
将来気候下における日本全国の熱中症リスク。現在気候下における熱中症リスクを1とした場合の相対値。

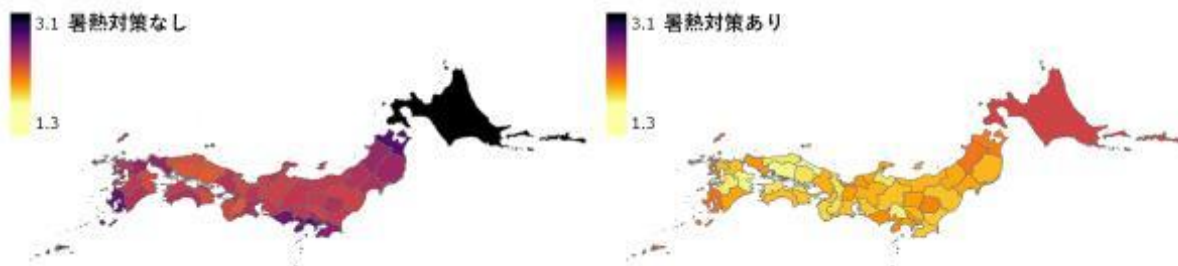


図5：
RCP8.5シナリオの近未来気候下(2031~2050年)における熱中症リスク。現在気候下における熱中症リスクを1とした場合の相対値。左図は暑熱対策(適応策)を行わなかった場合、右図は暑熱対策を行った場合の熱中症リスクを表す。

1. 研究課題名： 課題3：気候変動の影響評価等技術の開発に関する研究

サブ課題名： (ii) 気候変動に関する総合影響・適応策評価技術開発

① 経済影響評価：被害・政策マトリックス開発

(担当機関：公立大学法人兵庫県立大学 担当責任者： 中嶋 一憲)

2. 成果概要

(1) 研究開発の目的・目標・概要

気候変動が自然環境、社会経済、人体等、様々な側面に影響を及ぼすことは、多くの研究成果によって既に知られており、その影響の一つとして、海面上昇による砂浜侵食が挙げられる。しかしながら、気候変動によってどれだけ砂浜が侵食されるかを物理的に評価した研究は数多くあるものの、それを経済的に評価した研究は未だ多くはない。一方、気候変動による悪影響を軽減する政策のことを適応策というが、砂浜侵食の適応策としては侵食された砂浜を回復させる養浜事業が考えられ、これを経済的に評価することも必要である。

そこで、本研究は気候変動による砂浜侵食の経済的影響を捉えるために、砂浜侵食による日本全国および都道府県別の経済的被害額の計測、および砂浜回復を目的とした仮想的な適応策の費用便益分析を行った。

(2) 研究開発の成果

1. 研究手法

本研究は、経済活動における全ての財・サービスや生産要素を扱った応用一般均衡モデルと呼ばれる経済モデルに、砂浜侵食によるレクリエーション需要の変化を捉えることができるモジュールを組み込んだモデルを構築し、砂浜の物理的将来予測データを砂浜侵食シナリオとして用いることによって、シミュレーション分析を行った。また、本研究は2つの対象期間（2031年～2050年および2081年～2100年）、3つの気候モデル（MIROC5、MRI-CGCM3、HadGEM2-ES）、3つのRCPシナリオ（RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5）の合計18通りのシナリオを評価した。さらに、適応策の費用便益分析を行うために、砂浜を侵食前の状態に修復するような養浜事業を適応策として想定し、その養浜事業の費用は実際に養浜が行われた33都道府県92事業のデータから、砂浜に関する適応策の単位面積あたりの平均事業費用を21,596円/m²と仮定した。

2. 砂浜侵食による都道府県別の経済的被害額

図1は、MIROC5による期間別・RCP別の都道府県の砂浜侵食による経済的被害額を表している。いずれの期間およびRCPシナリオにおいても、沖縄県、神奈川県、新潟県、兵庫県の4県の被害額合計が、日本全体における総被害額のうちの約40%から45%を占めている。さらに、2031年から2050年および2081年から2100年のどちらの期間でも、気温上昇が大きくなるほど、砂浜侵食の被害額は大きくなることがわかった。なお、18シナリオ全ての結果については、中嶋ら(2018)を参照されたい。

3. 適応策の費用便益分析

図2は、MIROC5による期間別・シナリオ別の適応策に関する費用便益分析の結果を表している。ここで、赤色の地域は費用便益比が1.0を超える地域であり、これは砂浜侵食の適応策に要する費用よりも、砂浜侵食の適応策を講じることによる便益の方が大きく、砂浜侵食の適応策が経済的に効率的であることを意味する。結果より、2031年から2050年において、適応策が効率的である都道府県は、すべてのRCPシナリオにおいて、神奈川県、大阪府、佐賀県、熊本県の4府県であった。一方、2081年から2100年において、適応策が効率的である都道府県は、RCP2.6、RCP4.5のケースにおいて、先の4府県に兵庫県と広島県を加えた6府県であったが、RCP8.5において富山県と岡山県が加わり8府県となった。このように、気温上昇が大きくなるほど、適応策が効率的である都道府県が増えることがわかる。特に、瀬戸内海に面する都府県（大阪府、兵庫県、岡山県、広島県）では養浜事業としての適応策は効率的であることが示唆される。なお、18シナリオ全ての結果については、中嶋ら(2018)を参照されたい。

(3) 研究成果による波及効果

本研究の適応策は全国一律の単位面積あたりの平均事業費用を想定したが、都道府県ごとあるいは砂浜ごとで独自の適応策を想定すれば、本研究で対象とした18通りのシナリオに関して、本研究とは異なる費用便益分析を実施することができる。このことは国や地方自治体が砂浜に関する適応策を検討する際に、有益な情報を提供することができることを意味する。

(4) 研究結果を踏まえた今後の展望、予想される効果・効用

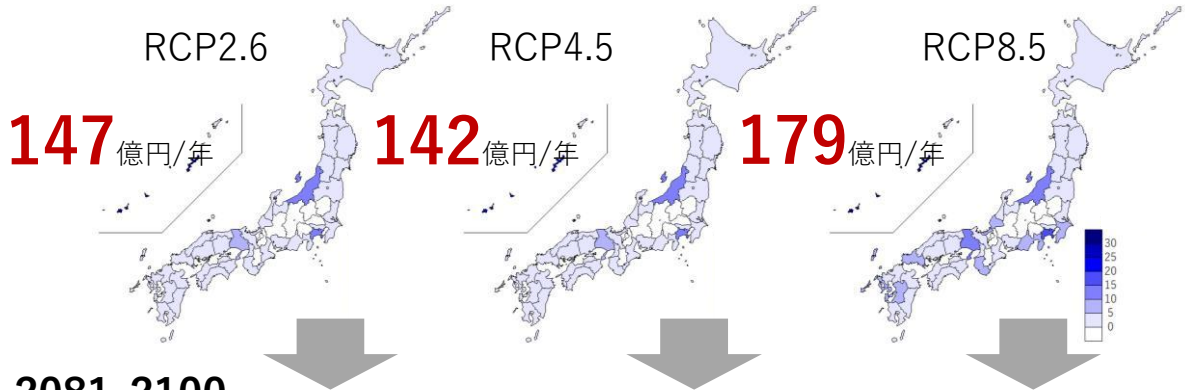
本研究は砂浜の「利用」の観点から、砂浜のレクリエーション需要に着目し、砂浜の保全や修復を目的とした適応策の経済評価を行ったものの、砂浜には「利用」の観点以外に「防護」や「環境」の観点も重要とされる。しかしながら、「防護」や「環境」の観点から見た砂浜保全効果の多くは十分な定量的評価がなされているとは言い難く、それゆえ砂浜のレクリエーション利用以外の防護・利用・環境の観点に着目した定量評価が急務であると考えられる。

【参考文献】

- 中嶋一憲・坂本直樹・大野栄治・森杉雅史・森龍太: 気候変動による砂浜侵食に関する適応策の費用便益分析, 土木学会論文集G(環境)(地球環境研究論文集第26巻), Vol.74, No.5, I_425-I_436, 2018.

図 1: 期間別・シナリオ別の都道府県の砂浜侵食被害額 (億円/年)

2031-2050



2081-2100

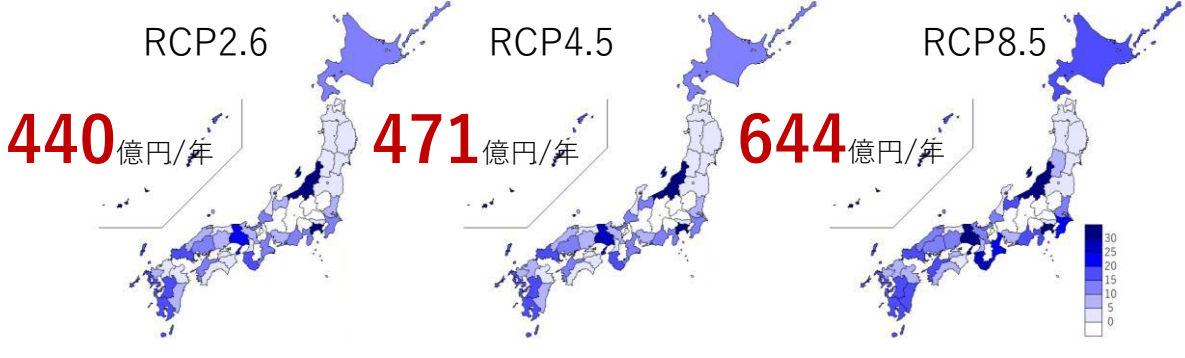
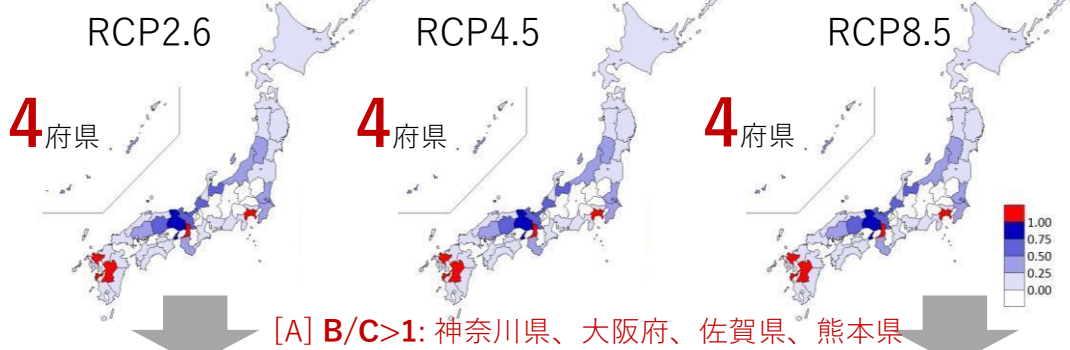
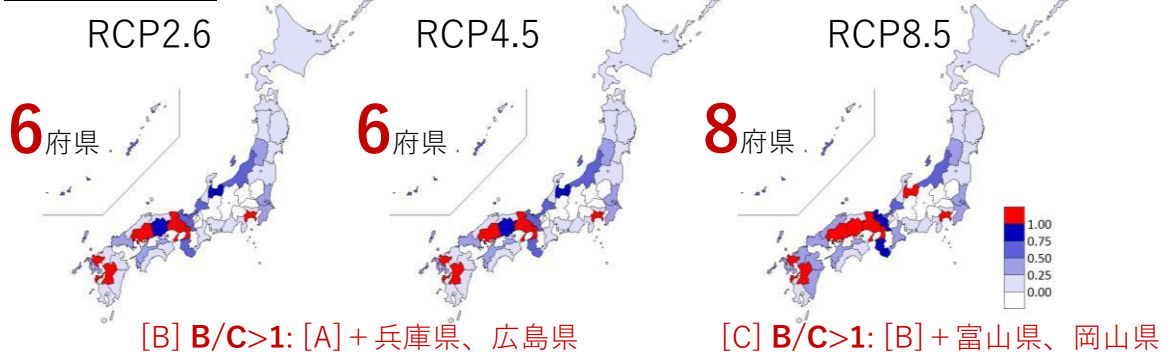


図 2: 期間別・シナリオ別の適応策に関する費用便益分析

2031-2050



2081-2100



1. 研究課題名： 課題3： 気候変動の影響評価等技術の開発に関する研究
サブ課題名： (ii) 気候変動に関する総合影響・適応策評価技術開発
② 経済影響評価： 気候変動による環境経済的な影響の推定
(担当機関： 学校法人名城大学 担当責任者： 森杉 雅史)

2. 成果概要

(1) 研究開発の目的・目標・概要

地球温暖化が進展すると、自然環境資源を生かした地方のレクリエーション・サービス産業への悪影響が考えられる。特にスキー・スノーボードなどはそのような気候変動インパクトを受けやすいウィンタースポーツであると考えられ、積雪がゲレンデに固着しなくなれば滑降自体不可能となるし、気温の上昇によって積雪深や雪質の低下は集客数の減少につながりうる。このような温暖化の影響に対する適応技術としては、人工降雪機や人工造雪機などが代表例である。しかしこれらはより効果的なものほど高い導入費用を伴うため、予想以上の温暖化が進めば行政的な支援なしでは地場産業が維持できなくなる可能性がある。

そこで本研究では、我が国のスキーのメッカである長野県を対象とし、温暖化の影響はスキー客の選好を通じて訪問頻度の減少をもたらすことを勘案し、その消費者余剰の低下を将来的な経済学的被害額として推計する。また、それはどの気象条件の変化によってもたらされているかを寄与率によって表現し、採用すべき適応技術としてはどれがふさわしい技術なのかを考察した。

(2) 研究開発の成果

1. 温暖化によるスキー場客数への影響分析

ここでは長野県における各エリアごとの冬季来客数データを被説明変数、近隣のアメダスより取得し任意に高低差補正を施した各気象変数データを説明変数とする、パネルデータ解析を行った。結果、気温の上昇は来客数を減少させ、積雪深の上昇は来客数を増加させることが統計的に明らかとなり、温暖化の進展はこれらの冬季雪山レジャー産業に少なからぬ負の影響をもたらすことが推察された。また解析結果からは、分析対象期間における長野県スキー場においては温暖化の影響はまだそれほど受けておらず、近年趨勢的にみられる訪問客数の減少は主に他の社会的な要因によるものと解釈された。

2. スキー場の経済的価値と温暖化被害の大きさ

ここでは全国各地から長野県スキー場へ向かう冬季交通データ (OD表、2014年度) を取得し、これに上記同様な各気象変数と、さらに当地へ訪問するにあたって生じたものとされる旅行費用 (一般交通費用) を説明変数として訪問頻度需要関数を推定し、旅行費用法 (TCM) を適用させることで導出される消費者余剰 (CS) を、分析対象となるエリア内のスキー場が獲得している年間経済価値として算定した。結果、2014年度現在の訪問客1人当たりCSは58,048円、長野県全体における雪山レクリエーション価値は約54.2億円/年と見積もられた。

ここで推定された需要関数を説明する気象変数は、温暖化の進展によって将来的には大きく変化していき、延いてはスキー場利用者の当地への訪問頻度を減少せしめる要因と考えられる。結果としてもたらされるCSの減少分を、ここでは温暖化の経済学的被害額と定義する。付帯する図表は、中期的な視野である2031年～2050年、並びに、長期的な視野である2081年～2100年において、平均気温や積雪深がGCM(MIROC)のRCP2.6とRCP8.5シナリオ出力値に従って変化したと考えた際に、見積もられる当地の気候変動による経済被害額の値を示したものである。

3. 適応策の抽出と施策的効果

最後に、気温上昇と積雪深の減少、それぞれによる被害の寄与率 (いわゆる貢献度) を算出した。積雪深の減少については、既に多くのスキー場が導入実績を持つ人工降雪機によって概ね適応可能であろうと思われる。一方で気温上昇による被害については、そもそもゲレンデに雪を固着させるような大がかりで高額な費用を伴う設備を導入するか、あるいは適応技術が既に効果的でない場合も想定する必要がある。その一つには人工造雪機という適応技術が挙げられるが、その導入には先述降雪機の一桁大きい費用が伴う。将来予測結果では、長期的かつRCP8.5シナリオという温暖化が過度に進行してしまった状況下においては、気温による寄与率が50%を超えてくるエリアが多くなる。多くのスキー場は少なくとも人工降雪機ではどうにもなくなることが予想され、適切な行政からの支援がない限り、地場産業の著しい低迷をもたらすことが想像に難くない。

(3) 研究成果による波及効果

スキー場への訪問客数データさえ入手できれば他の都道府県でも同評価システムの適用は容易であるので、様々な自治体が内容する地場産業の温暖化による被害を金銭評価することが可能となる。

(4) 研究結果を踏まえた今後の展望、予想される効果・効用

より網羅的な観光データを整備し、同様な評価手法を用いることで、自治体としての支援政策や公共事業によって地場産業を保護・育成する場合、いかなる将来便益が見込まれるかが計算可能となる。

① 供田豪、森龍太、森杉雅史、大野栄治、中嶋一憲、坂本直樹: 近年のスキー場来客数の慢性的な減少と気候変動に関する統計的解析、土木学会論文集G、Vol.74、No.5、1_349-1_357、2018。
② 供田豪、森杉雅史、大野栄治: スキー場の経済的価値と温暖化による被害の推計、土木学会論文集G(環境)、Vol.75、No.5、1_57-1_64 2019。

スキー場を目的地とした交通需要モデルの推定

$$\ln \left[\frac{\hat{X}_{i,j}}{N_i} \right] = \hat{a} + \hat{b} \left(P_{i,j} \right) + \hat{c} \left(R_j \right)$$

訪問者率 = 訪問者数 ÷ 出発地点の人口

X : スキー場の訪問者数、 N : 人口、
 P : 一般化交通費用、 R : 合成気象指標、
 TP^d : 往復の走行費用、
 TP^c : 往復の有料道路代、 w : 時間価値、
 t : 所要時間、 PN : 同乗者人数、
 i : 発地点、 j : 着地点、
 a, b, c : 未知のパラメータ

一般化交通費用 合成気象指標

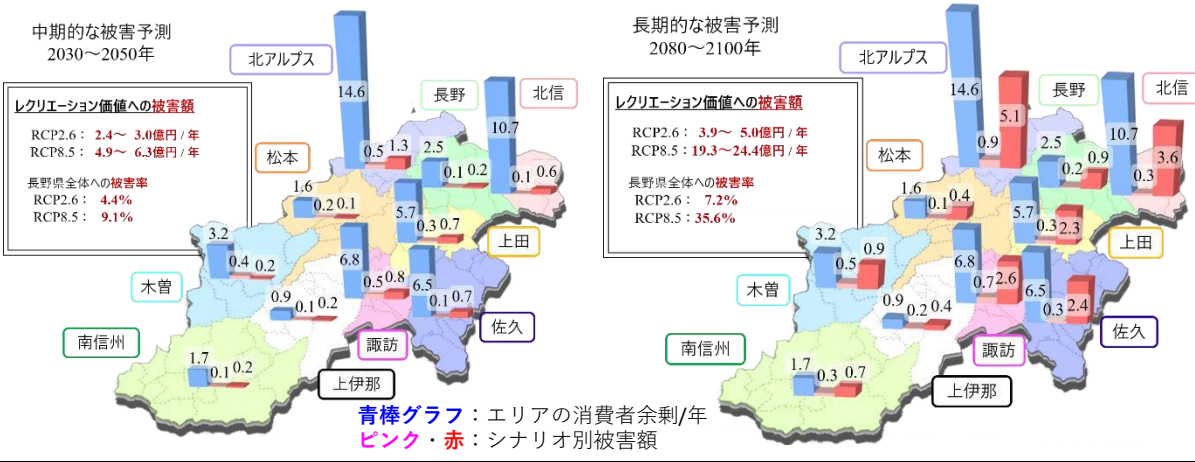
$$P_{i,j} = \frac{TP_{i,j}^d + TP_{i,j}^c + w \cdot T_{i,j}}{PN}$$

$$R_j = \hat{\beta}_1 \ln(\bar{A}_j) + \hat{\beta}_2 \ln(\bar{C}_j) + \hat{\beta}_3 \ln(\bar{D}_j) + \hat{\gamma}_j$$

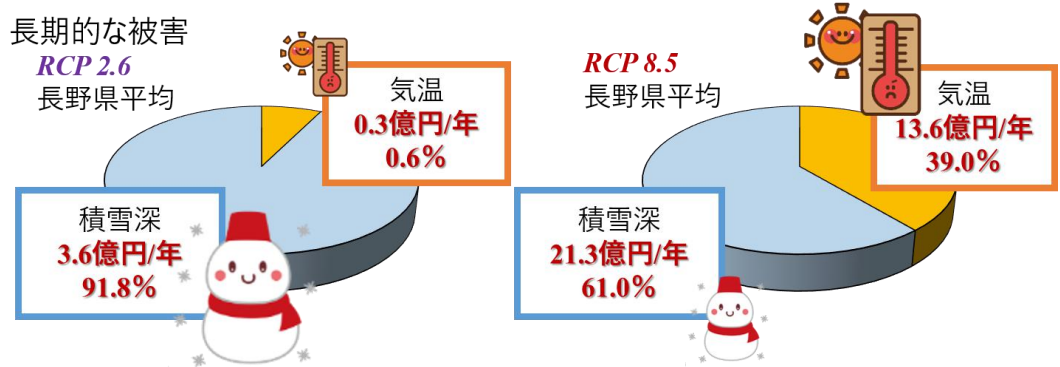
気温 積雪深 日照時間 固定効果

スキー場来客数の変動と気象との関係性の分析
 ※モデル式、推定結果 参照

雪山レクリエーションの経済価値と温暖化による被害推計



気温と積雪深の変化による被害への寄与率



適応策の導入コスト



人工降雪機
 1台あたり1,200～1,800万円
 10機以上配備
 水を噴霧し、人工雪にする
 ※気温が氷点下付近でのみ稼働

人工造雪機
 1台あたりの導入費 約2億円
 ※氷を削り、雪の代わりに



出典: <https://blogs.yahoo.co.jp/hiro0425kawachi/65935037.html>

現在、多くのスキー場が既に人工降雪機を適応技術として導入している。一方で解析結果から、現時点では長野県スキー場への温暖化の影響は本格化しておらず、寄与率の算定から、弱い影響下で雪不足が、強い影響下で気温が主だった問題となる。いずれ高コストの人工造雪機の導入が必要となるものと推測される。

1. 研究課題名： 課題3：気候変動の影響評価等技術開発に関する研究

サブ課題名： (iii) 自治体における気候変動適応の推進体制構築及び汎用的な影響・適応策評価技術開発支援
a 茨城県における農業を主とした気候変動適応の推進体制構築

及び汎用的な影響・適応策評価技術開発支援

(担当機関：国立大学法人茨城大学

担当責任者： 田村 誠)

2. 成果概要

(1) 研究開発の目的・目標・概要

茨城県は、農業生産額全国第2-3位の農業県である。茨城県における農業を対象に、自治体等との協働により温暖化影響が懸念される作物を抽出し、それらの影響評価と適応策も合わせて提示し、茨城県農業における適応政策への反映を目指した。

日本の水稻生産において品質低下の中で最大要因は、米粒が白濁化する白未熟粒の発生である。これまで茨城県農林水産部、茨城県農業総合センター、課題(i)サブ課題b-①等と協力し、水稻の白未熟粒発生予測モデルの開発と適応シミュレーション、さらに地域のJAと管理条件の違いによる適応栽培技術の抽出作業を行ってきた。

影響予測に関しては、農業総合センター、同農業研究所からは茨城県の米の生育データや現場の声を抽出してもらい、茨城大学はこれらのデータ・技術情報を収集・整理し、温暖化リスク情報へと翻訳した。地域の適応技術の開発に関しては、影響評価の目処が立ちつつあった2017年度より、JAつくば市谷田部と環境条件、栽培条件の両面から白未熟粒発生のメカニズムの分析と適応策を検討した。

(2) 研究開発の成果

白未熟粒は、開花後、米粒にデンプンが詰まっていく期間(登熟期)の高温により多発する。そこで出穂後20日間の日平均気温を入力にして、茨城県のコシヒカリの白未熟粒発生予測モデルを開発した。茨城県のコシヒカリの作付面積割合は77.1%を占める。シミュレーションによると、現状(2010s)の白未熟粒発生率はGCM平均値で9.2-9.6%であるのに対し、2040sにはRCP2.6では12.6%、RCP8.5%では13.7%に増加することが明らかとなった。

影響予測とともに、JAつくば市谷田部の水稻生産者の皆さんと共同で、圃場ごとの地温と土壌成分、稲の白未熟粒発生率調査を行った。白未熟粒の発生に関わる環境要因として、温度と土壌窒素量が挙げられる。2年間で10~20数件の圃場を比較したところ、圃場の地温は外気温と連動し、気象条件が同様な環境でも圃場の地温の平均は1°Cほどのばらつきが観測された。さらに、同地域の圃場ごとの白未熟粒発生率は大きく異なっており、白未熟粒発生率は平均地温が上がるほど上昇傾向を示した。このように狭い地域でも白未熟粒の発生には大きな差異があり、それが環境の細かな地域的な差異によるものであることが示唆された。また、土壌中の可給態窒素量が白未熟粒発生率の低減に関与する傾向が見られた。農家の方々には施肥、水管理などの作業記録を付けて頂き、それらが水稻の品質に与える影響も検証している。

このように、水稻の品質への影響予測と実際の圃場での地域の細かな環境要因の違いを検証した。地域の適応策の抽出や優先順位付けに有用な知見を得ることができた。

(3) 研究成果による波及効果

2019年4月1日より茨城大学内に「茨城県地域気候変動適応センター」が設置された。2018年12月に施行された気候変動適応法に基づき、茨城県は気候変動の情報収集や分析、技術的な助言の拠点として同センターを公募し、茨城大学がその事業者として選定された。大学を事業者とする地域気候変動適応センターが設置されるのは全国で初の試みである。本研究で培った自治体との連携、市町村での影響予測、適応策検討の実績が公募選定の際にも大きく役立った。

白未熟粒発生予測や農家の適応策への研究は、毎日新聞「+2°Cの世界」連載、NHKをはじめとして多くのマスメディアでも報道された。

(4) 研究結果を踏まえた今後の展望、予想される効果・効用

本研究期間において茨城県の気候変動影響、特に農業への気候変動影響と適応策の検討が進展した。茨城大学、茨城県地域気候変動適応センターの共編、茨城県の協力のもと、農研機構等とも共同執筆し「茨城県における気候変動影響と適応策：水稻への影響」を作成し、2019年度中に公開予定である。

茨城県は2017年3月に茨城県地球温暖化実行計画を策定し、2019年1月に気候変動適応法に基づく適応計画へ位置づけた。これまで茨城県内の水稻の気候変動影響と適応策に焦点を絞ったが、茨城大学や茨城県地域気候変動適応センターでは今後は野菜や果樹等の影響評価と適応評価、さらに災害、健康などの多分野の気候変動影響と適応策についても取り組んでいく予定である。

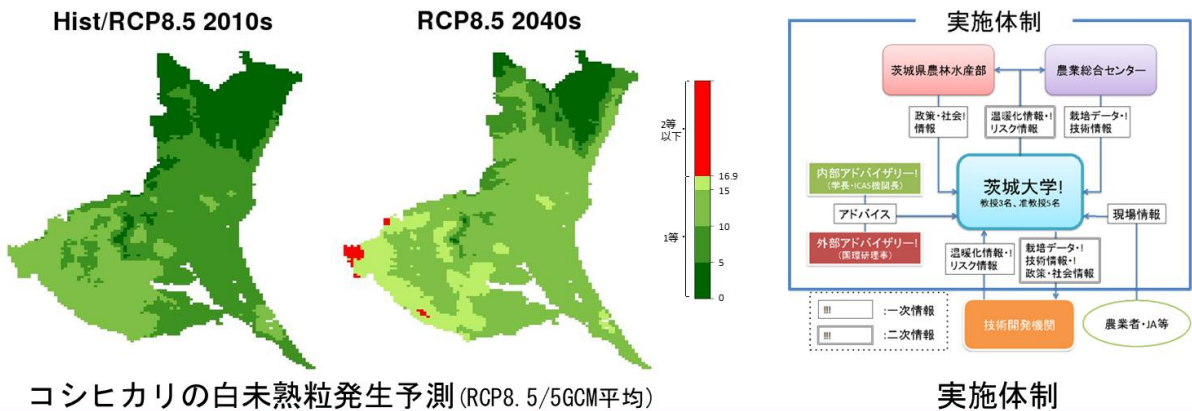
茨城県における農業を主とした気候変動適応の推進体制構築及び汎用的な影響・適応策評価技術開発支援（茨城大学）

研究目標

- ・ 茨城県における水稻の白未熟粒に対する適応策の提言と農業政策への反映
- ・ 茨城県や県内自治体との気候変動適応の連携体制構築

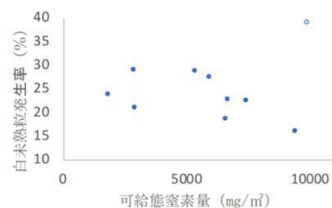
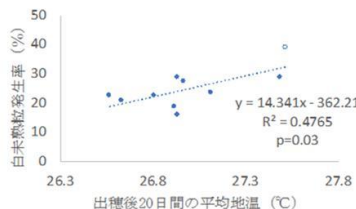
主な成果

- ・ 茨城県の主要水稻品種コシヒカリを対象に、白未熟粒発生予測モデルを構築し、影響・適応策の評価を行った。
- ・ 白未熟粒発生低減に向け、つくば市JAと連携して管理条件の相違による適応効果を検証した。
- ・ 2019年4月より茨城大学に茨城県地域気候変動適応センターを設置した。



生産現場からの適応策の抽出

JAつくば市谷田部の水稻生産者の皆さんと共同で、圃場毎の地温、土壌成分、稲の白未熟粒発生率、適応策を調査



地方公共団体への貢献・連携、アウトリーチ等

- ・ 2019年4月より茨城大学に茨城県地域気候変動適応センターを設置。気候変動適応の地域連携が進展。
- ・ 年度末までに「茨城県における気候変動影響と適応策：水稻への影響」を作成。
- ・ NHK、毎日新聞等多数メディアで情報発信。



1. 研究課題3：気候変動の影響評価等技術開発に関する研究

サブ課題名：(iii) 自治体における気候変動適応の推進体制構築及び汎用的な影響・適応策評価技術開発支援
b：岐阜県における防災を主とした気候変動適応の推進体制構築及び汎用的な影響・適応策評価技術開発支援

(担当機関：国立大学法人岐阜大学

担当責任者： 原田 守啓)

2. 成果概要

(1) 研究開発の目的・目標・概要

気候変動と人口減少等による社会環境変化によって増加する自然災害のリスクを適切に評価し、社会インフラや土地利用における適応シナリオを検討するための技術開発を行った。水害及び土砂災害リスクに関して、適応シナリオ検討との親和性が高い予測評価モデルを構築し、岐阜県（モデル自治体）に適用して、気候変動適応計画策定の検討に資する。さらに、類似の課題を抱える地方自治体にも適用可能な技術として体系化することを目指す。

河川管理者や地域住民とのリスクコミュニケーションを重視した河川洪水、土砂災害の影響評価技術を開発し、地域における豪雨災害適応策の議論を進展させた。また、人口動態予測を織り込んだリスク変動評価、地域における適応シナリオの構築が進んだほか、既存行政施策の分析が進み、地域適応計画に織り込む具体策が影響評価結果に基づいて検討されつつある。

(2) 研究開発の成果

①水害・土砂災害リスク等自然災害リスク変動予測

d4PDF NHRCM20kmを用いた過去気象・2°C上昇・4°C上昇時におけるモデル流域（長良川流域）における洪水発生確率評価を踏まえ、河川管理者とのリスクコミュニケーションが容易な洪水規模・頻度に対する温暖化影響評価技術を開発した。さらに、地形に起因する降雨や市町村・中小河川流域毎の豪雨災害適応策の議論に資するため、NHRCM20kmから抽出した豪雨事例を対象とした高空間解像度力学DSを地域気候シナリオ検討ワーキングの協力を得て進め、ダウンスケーリングによる豪雨事象の変化、及び洪水流出解析結果に与える影響を検討し、豪雨事例の力学ダウンスケーリングに関する実用的な知見を得た。

②積雪の量と質の変化が森林の冠雪害リスクに及ぼす影響の検討として、雪害の発生につながる「重く湿った雪」の発生頻度や地域別の分布傾向について検討した。検討にあたって、モデル自治体（岐阜県）が過去に検討した経験則的な発生条件の情報提供を受け、気象学的知見と対照しながら、分析を進めた。岐阜県森林研究所が過去の発生した森林雪害から経験則的に構築したモデルのブラッシュアップを共同で行い、日降水量、日平均・最低・最高気温による雨雪判定、日最低気温の3種の条件に基づく雪害発生ポテンシャル評価手法を構築した。これらのモデルをSI-CATで実施された1km統計ダウンスケーリングプロダクトに適用し、historicalの各モデルアンサンブルを用いて、過去の雪害被害の再現性を検証し、統計ダウンスケーリングプロダクトの山岳部・降雪に関する実用性を検証した。

③気候変動及び地域の社会変動を踏まえた適応策の検討のため、以下のことを行った。

A. モデル自治体（岐阜県）において、県庁横断的な気候変動適応策の検討体制を構築し、県施策における潜在的な気候変動適応策の抽出と、各種の影響評価結果を踏まえた岐阜県版気候変動適応計画の策定支援を行なった。

B. 社会実装機関と連携しながら、前年度までに実施した長良川流域におけるステークホルダーへのヒアリング及びリスク認識分析結果を踏まえ、モデル流域における地域適応シナリオ（案）を構築した。地域適応シナリオを地域に普及啓発するための冊子を作製し、普及啓発につなげた。

C. 適応策を議論するための基礎資料として、社会動態と自然災害リスク変動情報のGIS解析・情報提供を行った。分析の結果を、地域における自助共助公助の有り方を議論するためのリアリティが高い基礎資料として、地域防災力向上のための普及啓発資料に活用した。

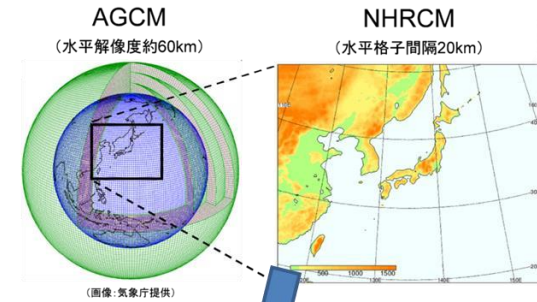
(3) 研究成果による波及効果

本研究課題では、技術開発機関の協力により得られた気候モデルプロダクト、県行政機関が保有する実務的情報と、地方大学研究者による影響評価技術開発を組み合わせた結果、実務者に理解しやすい影響評価情報を創出することができ、円滑なリスクコミュニケーションを実現することができた。これらの研究成果は、国内の他地域においても適用可能な普遍性を有している。

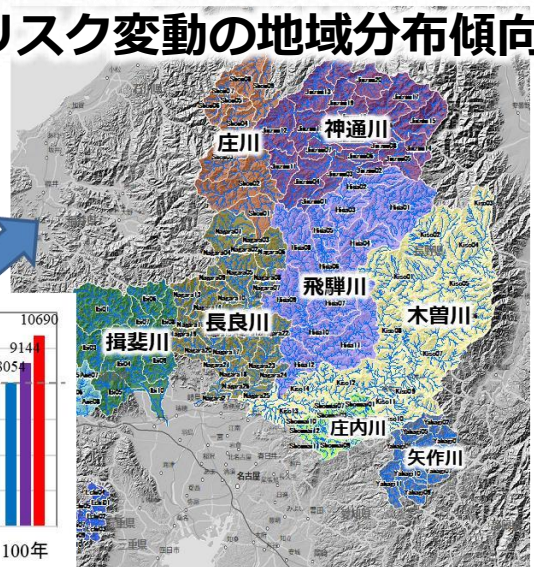
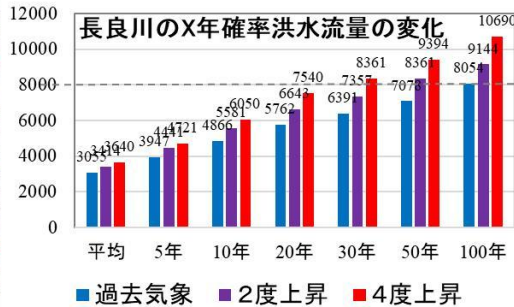
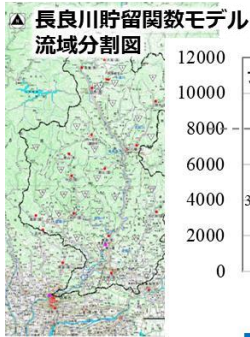
(4) 研究結果を踏まえた今後の展望、予想される効果・効用

また、県庁横断的な検討体制を構築したこと、すべての部署の業務に含まれる潜在的適応策の洗い出しを行ったことにより、気候変動適応に全県庁を挙げて取り組む素地を養うことができた。行政と地方大学研究者と研究コミュニティの協働によるこれらの取り組みは、気候変動適応法に基づく地域気候変動適応センターとして継続する見込みであり、地域における気候変動適応の推進体制の一つのモデルを提示できたことは本プロジェクトの成果の一つであるといえる。

気候モデルから豪雨事例を抽出



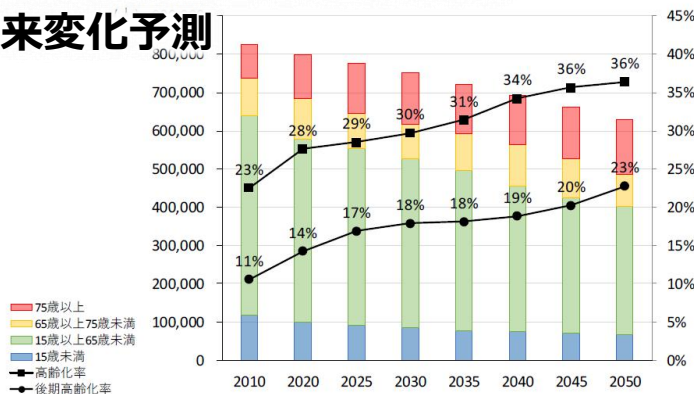
県下全域への展開
→ リスク変動の地域分布傾向



気候モデル研究者との協働により、気候モデル力学ダウンスケーリング実験による豪雨事例の解析に関する知見を多く創出した。



災害暴露人口と地域防災力の将来変化予測



図(iiib)-34 浸水想定区域における人口動態

まちづくりと地域防災と一体とした議論の基礎資料として活用。

1. 研究課題名：課題3：気候変動の影響評価等技術の開発に関する研究

サブ課題名：(iii) 自治体における気候変動適応の推進体制構築及び汎用的な影響・適応策評価技術開発支援

c. 四国における水資源・防災・農業・林業を主とした気候変動適応の推進体制構築及び汎用的な影響・適応策評価技術開発支援 (担当機関：高知県公立大学法人高知工科大学 担当責任者：那須清吾)

2. 成果概要

(1) 研究開発の目的・目標・概要

四国・吉野川流域の地方自治体並びに高知県高知市と連携し、気候変動適応策としての水防災を中心に水資源管理・森林管理などの政策立案の在り方を考え、政策立案システムを確立し実装することを目的とする。

四国の吉野川は全国有数の暴れ川でありは激しい洪水に悩んでいる一方、その吉野川の早明浦ダムを水源とする四国四県は渇水に悩まされる。また高知平野を流れる鏡川は台風や集中豪雨などにより洪水や内水氾濫に悩み、河川洪水と高潮の複合災害も懸念される。更に従来の計画規模を大きく上回る発生しうる最大規模の洪水においても、国は自治体に住民の生命を守る防災政策を求めるようになった。

本研究では、気候変動予測データを影響評価モデルで活用するため、統計的・力学的ダウンスケーリング技術を開発する技術開発機関と連携し、地域の気候的・防災的な特性を反映させたダウンスケーリング技術を応用し、想定最大外力の推定方法などの応用手法を開発する。さらに、洪水予測モデルから経済影響評価モデルを連携させ、地域に与える具体的な影響情報を導出することで、地方自治体～県～国の適応策の階層構造を整理しつつ、地方自治体の適応策あるいは政策の構築支援を行うことで、気候変動適応政策立案システムを確立する。

(2) 研究開発の成果

吉野川、鏡川等において、統計的ダウンスケーリングやd4PDF、5kmRCMなど流域スケールにダウンスケーリングされた気候変動予測モデルの出力を影響評価モデルである河川モデルに入力し、将来気候における水害リスクならびに渇水リスクの比較や、早明浦ダムで大規模洪水発生時にダム貯水量に影響する渇水が発生しているかなどの気候変動下でのダム運用の分析を行った。また、集中豪雨などによる突発的な河川災害リスクの大きい鏡川流域において市民の生命を守るため、最大規模降雨における地域特性を反映させた洪水規模の合理的推定手法を提案し、さらに流域規模や地域特性の影響を考慮したより汎用的な推定方法について分析を行った。

さらに、低平地に立地する高知平野ならびに吉野川下流域において、堤防や樋門などの河川構造物の影響や、高潮などの複合災害のリスクを考慮した氾濫モデルを構築し、個別の道路や建物の水害リスクが可視化されるように高解像度化と動画化を行った。この成果を地方自治体の防災政策立案の為に情報提供することで政策立案システムの実践的開発を行った。また、地域産業連関モデルに物理量を組み込んだハイブリッドモデルを導入し、災害やその復旧復興活動が地域経済に及ぼす影響や効果を分析するモデルを構築した。

画像認識を活用した樹種判別や、森林成長モデルを活用した森林管理システムを構築し、適応策・緩和策の両面での地域の森林の適切な管理や保全を可能とした。

また、専門的なモデルを構築せずとも機械学習によって雨量から河川水位を予測するモデルを複数の県内河川を対象に開発し、短時間の出水のみならず、長期の水位変動についても高い精度を確保することを確認した。

これらの研究成果を高知市や最大規模洪水で町内の大半が危険エリアとなる石井町に提供し、防災部局と構築している協議会において、現状で発生しうる最大規模の洪水や気候変動後の詳細な被害予測を行い、災害に関する知識の共有や避難所設定の見直しなど、具体的な防災政策の立案を行うとともに、気候変動適応政策立案システムとして取りまとめた。

(3) 研究成果による波及効果

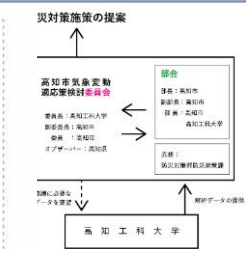
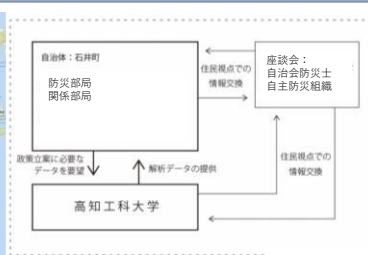
地域における最大降雨に加えて地形性降雨などの降雨特性や災害特性を考慮した最大規模の洪水の推定が可能になり、気候変動による降雨増大が、洪水リスクをどう拡大させるかを分析出来るようになった。

また、機械学習を活用することで、少ないモデル構築負担・計算負荷で既存データから精度の高い水位予測モデルが実現できるようになり、自治体や市民が自らリスク予測を行えるシステムの構築可能性を提示した。

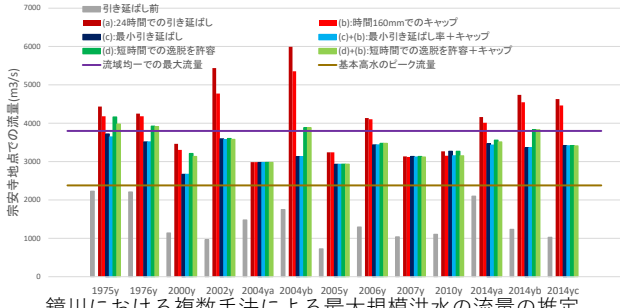
最大規模洪水において、自治体は市民の生命を守る責務があるが、特性の異なる自治体においてその防災政策の立案する手法を展開させた実績がある。研究者にとってはどのような情報が自治体や住民にとって有用か、自治体の防災担当者は研究者とどのように連携し、最新の研究成果を共有すべきかといった知見が得られ、さらに住民の自助共助による防災の実践が可能となる。それらの知見は全国の自治体に展開を行う事が可能である。

(4) 研究結果を踏まえた今後の展望、予想される効果・効用

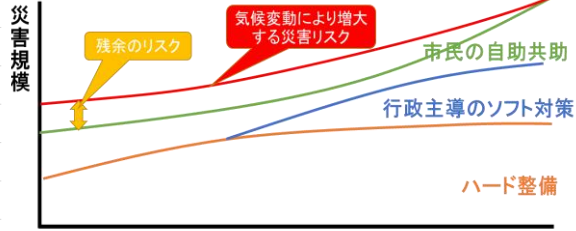
ダムや内水排除施設などの既存インフラの有効活用による洪水の被害軽減が必要となるが、気候変動予測と河川モデルを組み合わせ、その有効性を高い精度で予測可能となり、ダムの利水容量の付け替えによる洪水制御や、複合災害における樋門やポンプ場を活用したダメージコントロールなどの有用性が定量的に評価出来るようになるため、適応策に貢献する。また、詳細な被害予測や発災シナリオを研究者・自治体・市民が共有することで、最新の広域での気候変動予測から流域スケールでの影響評価、自治体の防災政策や市民の自助共助までの切れ目のない防災政策が可能となる。最終的には、汎用的な気候変動適応政策システムとして提供出来る。



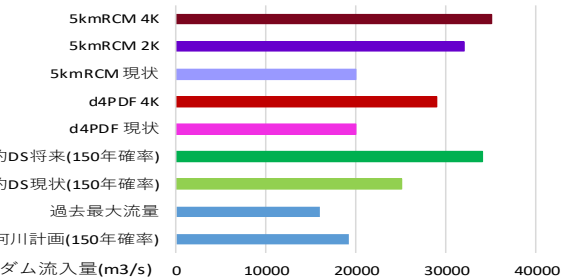
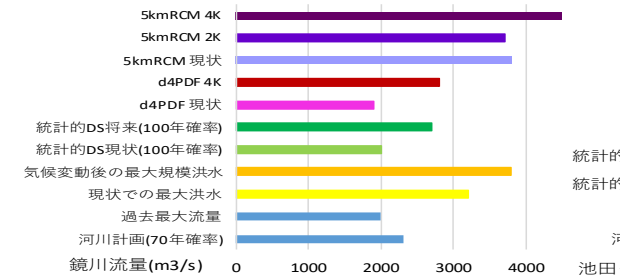
高知県高知市と徳島県石井町における協議体制



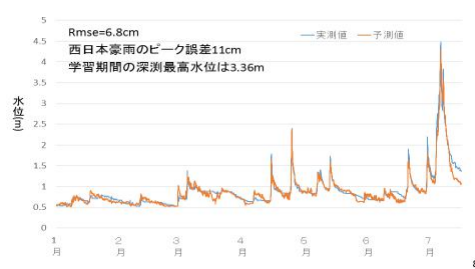
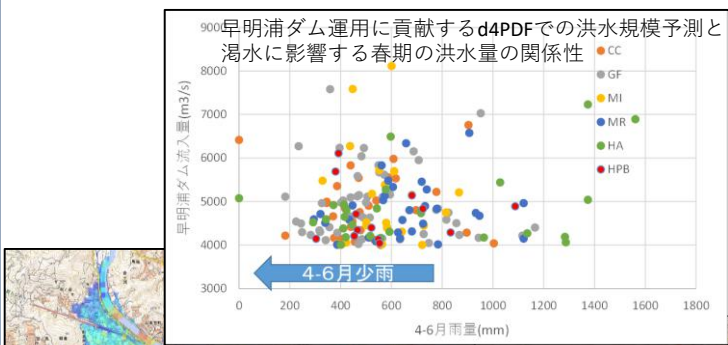
鏡川における複数手法による最大規模洪水の流量の推定



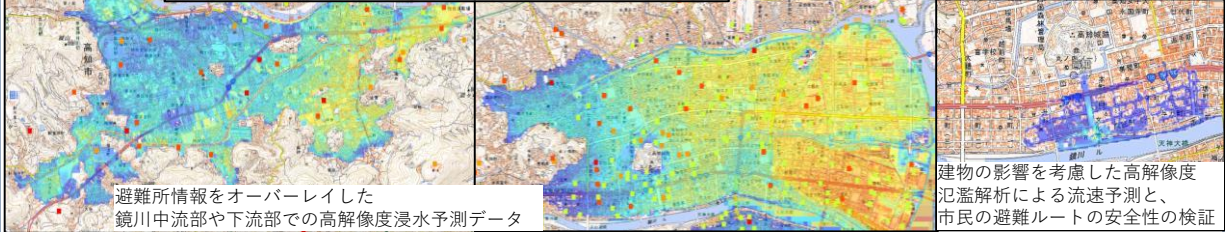
過去 現在 未来
気候変動と洪水規模拡大に対する防災の考え方の変化



鏡川と吉野川池田ダム地点における、d4PDFや5kmRCM、現状での河川計画や想定最大規模降雨による洪水規模の比較

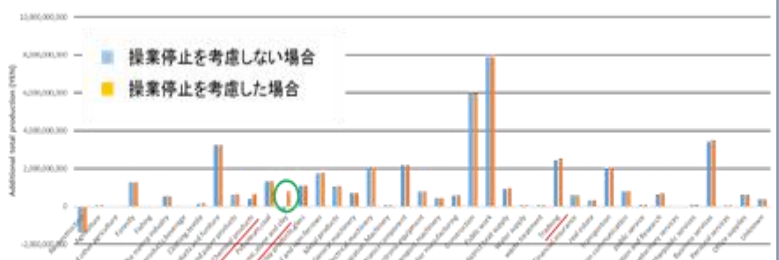
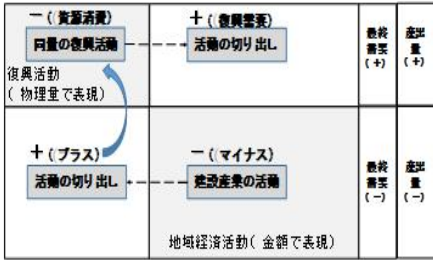


県内河川を対象にした機械学習による水位予測



避難所情報をオーバーレイした鏡川中流部や下流部での高解像度浸水予測データ

建物の影響を考慮した高解像度氾濫解析による流速予測と、市民の避難ルートの安全性の検証



ハイブリッド連関モデルの概念図と市内セメント工場被災時の各産業の経済損失

1. 研究課題名：課題3：気候変動の影響評価等技術の開発に関する研究

サブ課題名：(iii) 自治体における気候変動適応の推進体制構築及び汎用的な影響・適応策評価技術開発支援
d：長野県における農業・防災・生態系を主とした気候変動適応の推進体制構築及び汎用的な影響・適応策評価技術開発支援

(担当機関：長野県環境保全研究所 担当責任者： 浜田 崇)

2. 成果概要

(1) 研究開発の目的・目標・概要

本提案課題は、課題(i) サブ課題a、b、cなどと協力し、長野県が所有する膨大な気象観測情報や適応の課題に応じた各種情報を利用し、現場の適応ニーズに基づき、農業、防災、生態系などの分野における影響評価技術の開発を支援する。また、技術シーズと現場ニーズのマッチングのために構築された適応検討の場を活用して、技術開発機関の成果の試行と改良及び汎用化を推進する。最終的に、開発された成果を活用し、長野県における気候変動適応の推進体制を構築することを目的とする。

(2) 研究開発の成果

1. 各分野の影響評価技術の開発支援

(a) 気候予測

東北大学、気象研、JAMSTECと連携し、d4PDFの過去、2°C昇温および4°C昇温実験結果を力学的にダウンスケーリングした1km高解像度の積雪深予測を実施。モデル開発に際し、県内の積雪深データを用い検証。

(b) 農業

- ・ コメ収量：農業環境変動研究センターと連携して、コメの収量と品質に及ぼす影響および適応策のオプションによる効果を予測。研究を進める過程で、農業試験場のニーズを提供。
- ・ 白未熟粒：茨城大学と連携し、近未来における長野県における白未熟粒発生予測を実施。モデル開発に際し、長野県農業試験場の白未熟粒発生データを提供。

(c) 防災

- ・ 洪水：東北大学と連携し、250m解像度での長野県内の洪水の最大浸水深の評価と複合災害（洪水と斜面災害）による被害額の予測を実施。
- ・ 斜面崩壊発生確率：福島大学と連携し、日降水量100mm、200mm、300mmを想定した斜面崩壊発生確率のマップ作成と気候シナリオ別に想定最大降水量に対する斜面崩壊発生確率を土砂災害警戒区域毎に集計。モデル開発に際し、共同での現地調査および長野県デジタル地質図データを提供。

(d) 生態系：森林総合研究所と連携し、力学DSの積雪深予測結果を活用したライチョウの生息適域の将来予測およびVoCC (Velocity of Climate Change) を用いた高山帯の脆弱性評価を実施。モデル開発に際し、ライチョウおよび高山植生の分布情報を提供。

(e) 健康：筑波大学と連携し、熱中症搬送者数の将来予測を実施。

(f) スキー産業：名城大学と連携し、長野県内のスキー場における来場者数減少の要因分析を実施。モデル開発に際し、県内のスキー場来場者数のデータを提供。

2. 長野県における気候変動適応の推進体制構築

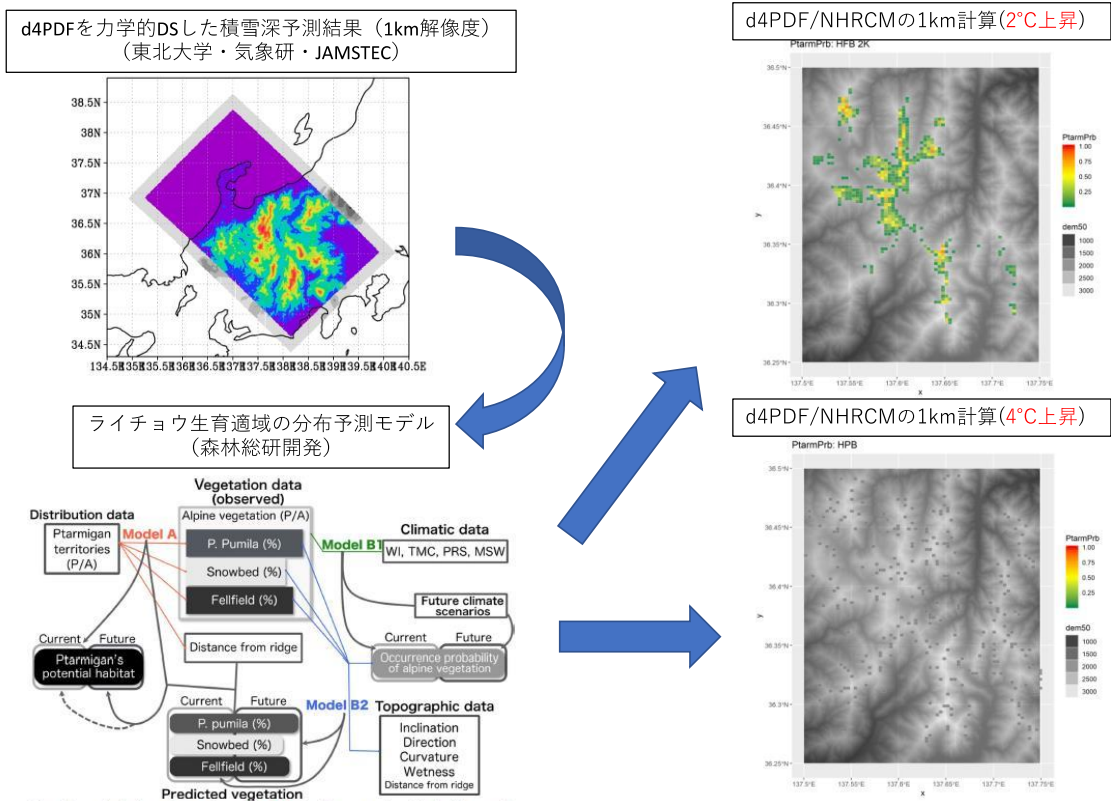
- ・ 県内の気象データの収集、整理、分析を行う「信州・気候変動モニタリングネットワーク」を活用し、収集した気象データを用いて「信州・気候変動モニタリングレポート2015」を発行。WEBページを構築し情報発信。
- ・ 平成28年度に、気候変動に関する情報の共有と適応検討の場として、産官学が参画する「信州・気候変動の高プラットフォーム」を構築。WEBページ開設し情報発信するとともに、毎年開催の全体会合や、農業、防災、生態系、健康の部会において、SI-CATの研究成果を参画者（機関）と共有。
- ・ 平成31年4月1日に、地域気候変動適応センターとして、「信州気候変動適応センター」を設置し、WEBによる気候変動情報の情報発信と県民等へのリスクコミュニケーションを実施。
- ・ R2年度策定の地域気候変動適応計画の基礎資料として、SI-CAT成果集（パンフレット）を作成（中）。

(3) 研究成果による波及効果

県内市町村、JA、県民等から気候変動適応に関する講演依頼、DIASや環境省等シンポでの講演依頼、メディアや他県の自治体や適応センターからの問合せなどが増加。気象庁の気候変動に関する懇談会（評価検討部会）の委員就任。地方自治体の気候変動の適応の主流化に貢献。

(4) 研究結果を踏まえた今後の展望、予想される効果・効用

研究成果を活用した長野県における具体的な適応策の検討。適応センターの活動強化。市町村への情報提供による適応策の創出支援。



2°C上昇ではライチョウの生息適域が稜線にある程度は残るが、4°C上昇ではなくなると予測。

長野県における気候変動適応推進体制の構築

県内の気候変動適応の取組を促進するため、2019年4月1日に設置

設置場所

- 長野県環境保全研究所
- 長野県環境エネルギー課

業務内容

- 基盤情報の整備
- 情報の発信
- 適応策の創出支援
- 計画的な取り組み・進捗管理

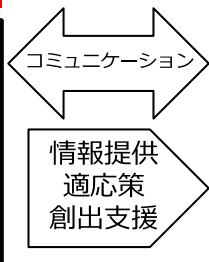
モニタリング情報や将来予測・影響に関する研究の取り扱いと、それらを政策・サービス・技術に反映させるための調整が必要になるため共同設置としている

適応に関する情報の収集・分析・提供

信州気候変動適応センター

信州・気候変動
モニタリング
ネットワーク
(H26構築)

信州・気候変動
適応プラットフォーム
フォーム
(H28構築)



適応策の創出

市町村
地域社会
市民
企業

SI-CATの研究成果を信州気候変動適応センターから情報提供

1. 研究課題名：気候変動適応技術社会実装プログラムにおける社会実装の着実な推進

サブ課題名：①共通基盤技術の開発内容への地方自治体等のニーズの反映(後述の②と関連させて記載)

(担当機関：学校法人法政大学 担当責任者： 田中 充)

2. 成果概要

(1) 業務/研究の目的・目標・概要

SI-CATモデル・ニーズ自治体、その他全国の地方自治体の環境、防災、農業、健康、企画等の各部局への聞き取り調査(毎年度20件程度)および質問紙調査を2回(2016年と2019年)実施し、各分野の適応策に係る行政計画や施策における位置づけ、各種予測データの政策立案への利用状況、実装化に向けた促進・阻害要因等に注目し、適応策に係る潜在的なニーズを抽出し分析を実施した。これらの分析結果は、技術開発機関およびモデル・ニーズ自治体関係者等で構成する分野別のワーキンググループやコデザインワークショップ(適応自治体フォーラム)等において共有し、技術開発の仕様への反映を促進した。

(2) 業務/研究の取り組みと成果

気候変動適応策を立案するうえで必要とする気候モデル計算条件(気候シナリオの空間解像度、時間解像度、気象要素、計算対象年代などの10項目)等について、モデル自治体を対象として聞き取り調査を実施した。その結果、農業、防災、健康などの分野ごとに気候モデル計算条件に係る設定ニーズの相違点と共通点が認められ、多種多様であった。気候変動影響は地域によって様々であること、気候変動適応の取り組みの段階が異なることなどが背景として考えられる(表1)。

全国の地方自治体(都道府県・政令指定都市)の関係部局を対象とする聞き取り調査および問紙調査結果から以下のことなどが明らかとなった。すなわち、2016年以降に適応計画の策定が大いに進んでおり、そこで引用されている科学的知見は、気象庁地球温暖化予測情報、気象庁等から提供された地域の将来予測情報(「気候変化レポート」)、環境省「S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究」データ等の、必ずしも地域の詳細なレベルで提供されていないものであり、SI-CAT等の研究機関と連携した独自の影響評価の活用は今後進展する傾向がみられる(図1)。また、自治体における適応計画を検討・推進する上で想定される課題として、「国や他の自治体との情報交換の不足・欠如」が近年では大きく低下している一方で、「行政内部での予算措置の困難・資源不足」「行政内部署間の職務分掌や優先度をめぐる認識の相違」「行政内部の経験・専門性の蓄積不足」「科学手的知見の行政ニーズとのミスマッチ」等は以前より増大している傾向にある(図2)。

科学的知見というシーズと適応策を立案する行政が持つニーズのマッチングを目指したコデザインワークショップとして「適応自治体フォーラム」を毎年1回、終日のイベントとして4年にわたって開催した(表2)。自治体の環境部局だけでなく様々な部局からの参加者も増え、環境、河川・防災、農業、健康の分科会を設定し、それぞれの分野別に関係する行政職員3~6名、地方環境研究所から数名、SI-CAT技術開発機関から3~6名ずつにファシリテーターを加えて一つのグループを構成し、残りの参加者は周囲から傍聴する形態を取った。議論は、自治体行政、地方研究所、技術開発機関で言及の傾向が大いに異なり、地方研究所(地域適応センターの候補)の橋渡しとしての役割がキーとなる(図3)。事後の感想や要望として、回を重ねるに従って全体的な満足度は上がる一方で、「科学的データと行政実務の活用についての相互理解の進展」については逆の傾向を示した(図4)。これは、適応計画を巡るニーズが具体化する一方で、その取り扱いや理解の難しさなどリアリティのある課題に直面していることに気付いたことが背景にあると考えられる。

(3) 取り組みや成果の社会実装への貢献

これから自治体の適応計画の策定・改定が進み、地域適応センターの設置が本格化する中で、専門家と行政をつなぐプラットフォームとして、適応自治体フォーラムのようなコデザインワークショップをより効果的に機能させるのはどうすればよいのか、行政ニーズに基づいて得られた科学的知見の実装化をどうすればよいのかなどについて、引き続き検討が必要と考えられる。関連する主な成果は以下のとおりである。

- 馬場他, 農業分野における気候変動適応技術の地域間での波及要因の事例分析, 土木学会論文集G(環境), 75(5), 1_47-55, 2019
- 馬場他, 地方自治体における気候変動適応技術へのニーズの分析と気候変動リスクアセスメント手法の開発, 土木学会論文集G(環境), 74(5), 1_405-416, 2018
- 岩見他, 気候変動適応策の立案において地方自治体が抱える課題とニーズの把握 -コデザインワークショップの実践を通して-, 土木学会論文集G(環境), 74(6), II_93-101, 2018
- 田中博春他, 地方自治体における気候変動予測のための気候モデルの計算条件設定及び気候変動影響等の閲覧ツールに対する技術的ニーズ調査, 第26回地球環境シンポジウム講演集, 85-92, 2018
- IWAMI et al., Organizing the Challenges Faced by Municipalities while Formulating Climate Change Adaptation Plans, Sustainability, 12(3), 2020
- BABA et al., Attitudes of Farmers and Rural Area Residents Toward Climate Change Adaptation Measures: Their Preferences and Determinants of Their Attitudes, Climate, 7(5), 71-81, 2019
- BABA et al., Climate Change Adaptation Strategies of Local Governments in Japan: A Survey, Oxford Research Encyclopedia of Climate Science, Oxford Research Encyclopedia of Climate Science, 1-27, 2017

表1 モデル自治体における気候モデルの計算条件設定ニーズ(2016年度調査)

モデル自治体	茨城県	長野県	長野県	埼玉県	長野県	岐阜県	佐賀県	茨城/鳥取	長野県	高知県
影響分野	農業	農業	生態系	暑熱	暑熱	防災	防災	防災	防災	防災
気温	○	○	○	○	○					○
降水量	○	○	○	○	○	○	○		○	○
日射量	○	○	○	○	○					○
日照時間	○	○	○	○	○					○
相対湿度	○	○	○	○	○					○
風速							○			○
風向										○
気圧										○
CO2濃度		○			○					○
積雪深	○		○		○					高知県
積雪水量			○		○					
積雪期間			○		○					
土壌水分量			○		○					○
地温										
地表面温度					○					
オキシダント濃度			生態系	○				海の予測		
水温								○		
海水位								○		
波高								○		
波の周期								○		
波向								○		
テルユニット	○									

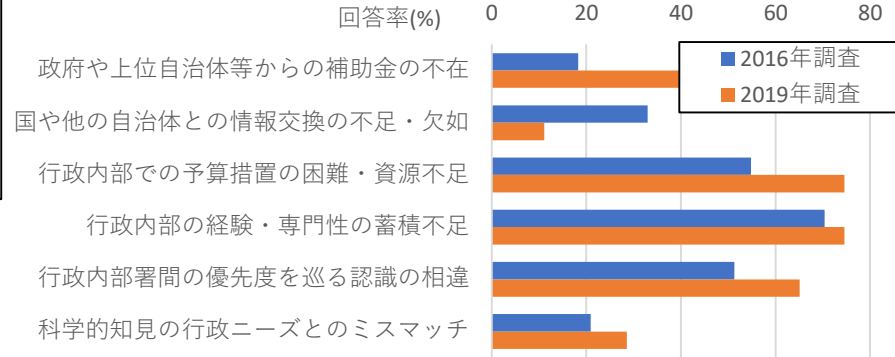


表2 適応自治体フォーラム(コデザインワークショップ)の開催要領

	第1回	第2回	第3回	第4回
日時	2016年8月31日午後	2017年8月30日終日	2018年8月28日終日	2019年8月28日終日
参加者	環境省、自治体・地方環境研究所等 計76名	環境省、国交省、自治体・地方環境研究所等 計109名	環境省、農水省、国交省、気象庁、自治体・地方環境研究所、コンサル等 計150名	環境省、農水省、国交省、気象庁、自治体・地方環境研究所、コンサル等 計140名
議事次第	<ul style="list-style-type: none"> ● 話題提供 <ul style="list-style-type: none"> ➢ SI-CAT技術開発動向 ➢ 自治体ニーズ動向 ➢ 環境省の政策紹介 ➢ 自治体の政策紹介 ● 小グループ(環境、防災、農業)でのWS <ul style="list-style-type: none"> ➢ お題：自治体の適応計画立案に役立つ技術開発とは？ 適応策について困っていること、悩んでいること等 	<ul style="list-style-type: none"> ● 話題提供 <ul style="list-style-type: none"> ➢ SI-CAT技術開発動向 ➢ 社会技術開発動向 ➢ 環境省の政策紹介 ➢ 自治体の政策紹介 ● 小グループ(環境、防災、農業、暑熱)でのWS <ul style="list-style-type: none"> ➢ お題：気候変動適応技術が役立ちそうな行政実務は？ 立案された適応計画の情報を市民・ステークホルダーにどう伝える？ 等 	<ul style="list-style-type: none"> ● 話題提供 <ul style="list-style-type: none"> ➢ SI-CAT技術開発動向 ➢ 社会技術開発動向 ➢ 環境省の政策紹介 ➢ 自治体の政策紹介 ● 小グループ(環境、防災、農業、暑熱)でのWS <ul style="list-style-type: none"> ➢ お題：現在の影響、2°C昇温時(今世紀中頃)を想定した場合の影響と課題の検討、仮想的な適応策(計画)案の検討 等 	<ul style="list-style-type: none"> ● 話題提供 <ul style="list-style-type: none"> ➢ SI-CAT技術開発動向 ➢ 社会技術開発動向 ➢ 環境省の政策紹介 ➢ 自治体の政策紹介 ● 小グループ(環境、防災、農業、暑熱)でのWS <ul style="list-style-type: none"> ➢ お題：科学的知見の活用による社会実装上の工夫・課題は？ 適応策とその目標設定の在り方は？ 国と自治体との役割分担の姿は？ 等

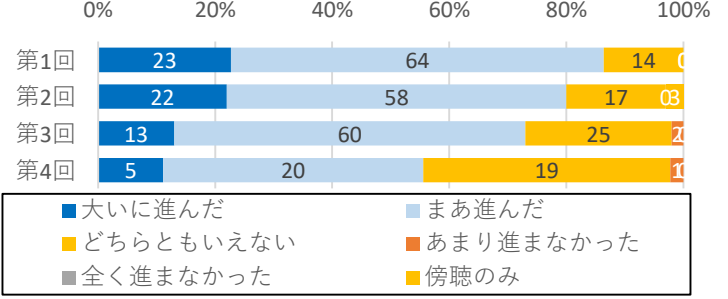


図4 適応自治体フォーラム事後の感想や意見：科学的データと行政実務の活用についての相互理解の進展

図3 適応自治体フォーラムにおける議論の内容の一例

1. 研究課題名：気候変動適応技術社会実装プログラムにおける社会実装の着実な推進

サブ課題名：②全国の地方自治体が本プログラムの成果を用いて主体的に気候変動適応策の策定を行うことが可能な手法の構築(前述の①と関連させて記載)

(担当機関：学校法人法政大学 担当責任者： 田中 充)

2. 成果概要

(1) 業務/研究の目的・目標・概要

全国の地方自治体が主体的に気候変動適応策を立案できるよう、ケーススタディとして特定のモデル・ニーズ自治体等において「地域適応シナリオ構築手法」「気候変動の地元学」といったボトムアップによる適応策の策定支援手法(CBA：コミュニティ・ベースド・アダプテーション)を開発・確立し、適用した。また、SI-CATで開発された技術の内容と、これをモデル自治体・ニーズ自治体において社会実装した事例等をわかりやすく解説した『気候変動適応技術の社会実装ガイドブック』を約40名のSI-CATメンバーの執筆等によりとりまとめた。

(2) 業務/研究の取り組みと成果

気候変動のように順次拡大していく長期的なリスクを「自分事」として捉えることは難しいため、様々な立場や利害を有する関係者が科学的知見を共有しながら、自身が持つ経験的知見も持ち寄り、地域社会が直面する気候変動や高齢化をはじめとする社会的変動も含めた多様なリスクとその対応方法について、わかりやすく表現された地域社会の将来像(地域適応シナリオ)を協働で構築することにより、気候変動を自らの事として捉えられるようにする「地域適応シナリオ構築手法」を確立し、SI-CATモデル自治体である岐阜県の長良川流域において適用した(図1)。まず、26 団体37名を対象に聞き取り調査を行ったところ、① 全グループで共通の関心事項は気候変動の影響や、長良川のアユや漁業者の減少、今後の仕事や地域との関わりであること、② たとえば漁業と観光事業、河川管理のグループ間では長良川のアユなど、事業や活動の分野が異なっても共有されている関心事項や問題意識があること、が明らかになった。次に、このようなステークホルダーの利害関心に対して、河川の氾濫による災害、鮎を中心とする河川生態系や漁業、地域社会全体の将来像それぞれについて専門家の評価を求め(表1)、その結果から、洪水や土砂災害に適応した社会、長良川の水産資源の維持管理と漁業の持続発展した社会、人口減などの社会の変化に対応した経済活動・暮らしが実現した社会という3つの理想的な将来シナリオと、人口減と気候変動に適応できない1つのなりゆきシナリオの合計4つのシナリオを作成した。

「気候変動の地元学」は、「地域住民を中心とする地域主体が、地域で発生している気候変動の影響事例調べを行い、気候変動の地域への影響事例やそれを規定する地域の社会経済的要因を抽出し、それを共有し、影響に対する具体的な適応策を話し合うことで、気候変動問題を地域の課題あるいは自分の課題として捉え、適応策への行動意図を高め、適応能力(具体的な備えや知識)の形成や適切な適応策の実施につなげるプログラム」のことである。これまでに各地で実施し、影響事例およびその社会経済的な要因に関する現場知の抽出に有効であり、同時に参加者の気候変動に対する意識変化をもたらす効果があることが確認されている。長野県高森町で特産品である干し柿(市田柿)を対象として、市田柿農家等へのインタビュー調査、アンケート調査、ワークショップを実施した。高森町では、安定的な市田柿生産の一助と先行的な競争力やブランド力の向上につながるとして、適応策を能動的に捉えていたからこそ、ボトムアップによる適応策の検討をスタートすることができ、検討の積み重ねの結果、「将来の気候変動を見通した市田柿の適応策計画」を、高森町と法政大学地域研究センターの連名で作成した(表2)。この計画は、適応技術の開発と普及に留まらず、その普及を可能とする農家経営の基盤づくり、さらに市田柿の将来の市場づくりを適応策として捉えた全国に類例を見ない先進的な計画となっている。

各部署の自治体職員、コンサル等を主たる読者層として、SI-CATモデル・ニーズ自治体にて科学的知見がいかに行政計画の立案に活用されたのか、科学的知見のポイント等を200頁強で解説した『気候変動適応技術の社会実装ガイドブック』を約40名のSI-CATメンバーの執筆、自治体職員らによるレビューを経て取りまとめた(図2)。

(3) 取り組みや成果の社会実装への貢献

今後は、ガイドブックやCBAの手法を用いて、各地域の具体的な適応策策定を支援していく必要がある。関連する主な成果は以下のとおりである。

- 馬場他, オンライン熟議実験を用いた防災分野の気候変動適応策を巡るステークホルダーの態度変容分析, 土木学会論文集G(環境), 75(5), II_151-159, 2019
- 小杉他, 気候変動リスクに対する日本人の態度-対象者の明確化と情報提供の課題-, 土木学会論文集G(環境), 74(5), I_41-52, 2018
- 白井他, 気候変動の市田柿への影響と適応策: 長野県高森町の農家アンケートの分析, 地域活性研究, 9, 2018
- 白井, 農村計画における気候変動適応-順応型管理、感受性の改善、コミュニティ主導, 農村計画学会誌, 36(2), 169-172, 2017
- 白井他, 気候変動適応における順応型管理~計画枠組の設定、及び水稻の計画試論, 日本計画行政学会誌, 40(1), 30-41, 2017
- 白井他, 「気候変動の地元学」の実証と気候変動適応コミュニティの形成プロセスの考察, 環境教育学会誌, 27(2), 62-73, 2017
- 岩見他, 岐阜県長良川流域の社会・気候変動をめぐるステークホルダーの関心事項の可視化の試み, 環境情報科学学術研究論文集, 31, 29-34, 2017
- 馬場他, 気候変動適応策の実装化を目指した叙事的シナリオの開発-農業分野におけるコミュニティ主導型ボトムアップアプローチと専門家デルファイ調査によるトップダウンアプローチの統合-, 地球環境, 21(2), 113-128, 2016

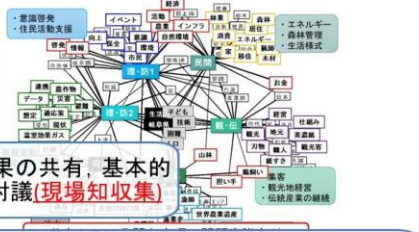
岐阜県各部署、自治体行政、河川管理者、流域自治体、漁業関係者、事業者組合、民間企業・個人、NPO等計約30団体

ステークホルダー分析 (FY2016)

ステークホルダー会議 (FY2017)

シナリオプランニング (FY2018)

シナリオワークショップ (FY2019)



デルファイ法による地域の気候シナリオ、地域社会経済シナリオの検討 (専門知収集)

シナリオ提示と、市民・ステークホルダーパネルと専門家パネルとの協働によるアクションプランの案出 (専門知・現場知・生活知の統合化)

コデザインによる定性的なシナリオを用いた長期的な地域社会の様々なリスクへの気づき ⇒ Community Based Adaptationによる社会制度変容へ

表1 地域適応シナリオの構築プロセスにおけるデルファイ調査結果の一例

項目	No	現状把握	なりゆき未来		理想的な未来	理想的な未来への適応行動	実現可能性
			なりゆき未来の予測	起こり可能性	社会に影響を及ぼす可能性	理想的な未来の姿	
洪水(水)	1	<ul style="list-style-type: none"> ●正確な降雨情報を得るためにウェザーニュース等の民間気象会社と契約している市町村も多い。 ●現行の大雨・洪水警報などの危険度分布である程度達成されているという見方もできる。 ●ゲリラ豪雨の観測やそれをもとにした予測に関する研究が進められている。 ●年間の総雨量が変わらなくても極端な豪雨が増え続けている。長良川は本川中上流域にダムが建設されていないため、降った雨を上流で貯めておくことはできない。 	<ul style="list-style-type: none"> ●100年に一度だった洪水が50年に一度、30年に一度起こりうるようになる。 	4.7	5.0	<ul style="list-style-type: none"> ●1kmメッシュの降雨予測システムが整備され、危険予測がより早く正確に行われるようになる。 ●ゲリラ豪雨など短時間降雨へのシミュレーションを基に、危険予測の精度が高まる。 	4.3 4.7
	2				<ul style="list-style-type: none"> ●地域特性に応じた超過洪水も想定した減災策の立案が行われる。 	5.0 4.0	
	3				<ul style="list-style-type: none"> ●地域の特性に即した総合治水の考え方が導入される。 	5.0 4.3	

図1 長良川流域における地域適応シナリオの構築プロセス

表2 将来の気候変動を見通した市田柿の適応計画の概要

大分類	中分類	小分類	時期の方針
1 柿の栽培・加工技術の改善	1.1 生柿の栽培の改善	1.1.1 従来の栽培技術の改善	中長期を先取りする新たな方法の開発・試行による備え
		1.1.2 革新的な栽培技術の開発・導入	
	1.2 干柿の加工の改善	1.2.2 革新的な加工技術の開発・導入	
	1.3 技術の蓄積・共有	1.3.1 生産・加工技術の共有	当面の高温化に対する従来の対策の強化と改善・普及
		1.3.2 経営規模を考慮した情報の共有	
2 生産・経営形態の改善	2.2 生産・出荷の共同化	2.2.1 会社組織による共同加工・共同経営	中長期的な先を見越した基盤づくりの漸進
		2.2.2 農家間での共同加工・共同経営・共同出荷	
	2.3 新たなビジネスモデルの構築	2.3.3 より買ってもらいやすい商品開発	
3 市田柿を活かす地域づくり	3.1 高森での体験の工夫	3.1.2 高森に来て、食べてもらう工夫	
	3.3 若手生産者への支援		

序論 いま気候変動で起こっていること

図11 気候変動に伴う日本の気候変動

図12 気候変動に伴う日本の気候変動

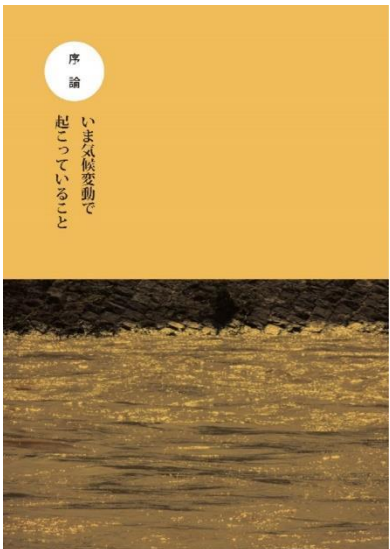


図2 刊行予定の『気候変動適応技術の社会実装ガイドブック』のイメージ

2. 成果概要

(1) 業務/研究の目的・目標・概要

本業務の目的は、国、地方自治体、企業が適応策や各種事業計画を策定する際、SI-CATで得られた成果（気候変動適応に関するデータ、情報、ツール、サービス）が活用され続ける状態の構築を支援し、社会に普及させることである。

そのため、SI-CATの広報戦略を策定し、「戦略的広報」「普及広報活動」の2つの方策により、SI-CAT認知度向上、適応策自体のメインストリーム化を目指し、ホームページの作成・運用、一般向けシンポジウムの開催、SI-CAT内外での情報共有等を行った。

(2) 業務/研究の取り組みと成果

自治体・民間企業及び幅広い国民層に対し、SI-CAT及び気候変動適応策に関する広報・普及活動を積極的かつ効果的に展開し、戦略的な広報活動を実施することを基本方針として、潜在ユーザーの発掘を目的とした「戦略的広報」と、一般向けの理解増進、適応策の関心度向上を目指した「普及広報活動」をSI-CATの広報戦略として策定した。この戦略に沿った広報活動として、主に以下の活動を実施した。

① ホームページの作成・運用

SI-CATの概要をわかりやすく伝えるためのホームページを作成・定期的に更新し、各機関の研究概要や成果に関する情報を発信した。一般の方々にも関心を持ってもらえるよう、モデル自治体の関係者のインタビュー動画の掲載等を行った。また、ホームページの内容を基にSI-CATのパンフレットも作成し、イベントの機会等で配布した。

② 一般公開シンポジウムの開催

SI-CATの成果を一般の方々へ発信し、地方自治体における適応策の社会実装を促進するため、一般公開シンポジウムを開催した。シンポジウムは、初年度と最終年度を除き、モデル自治体と協力して地方での開催とし、当該モデル自治体での適応策推進に貢献した。開催したシンポジウムは以下の通り。

➤ 「自治体の適応策を支える技術開発を目指して」

開催日：平成28年1月26日 会場：虎ノ門ヒルズフォーラム（東京都港区） 参加者数：192名

➤ 「気候変動の適応策を知る -長野県から発信する適応策-」

開催日：平成28年11月14日 会場：ホテルブエナビスタ（長野県松本市） 参加者数：140名

➤ 「気候変動と社会構造の変化に適応した地域を目指して -岐阜からの提案-」

開催日：平成30年2月5日 会場：岐阜グランドホテル（岐阜県岐阜市） 参加者数：168名

➤ 「鳥取の今を知る、未来を考える -気候変動とその取り組み-」

開催日：平成31年1月16日 会場：鳥取市文化ホール（鳥取県鳥取市） 参加者数：173名

➤ 「地方自治体の適応策立案に向けて -適応策へのヒント-」

開催日：令和2年1月21日 会場：国際交流会議場（東京都江東区） 参加者数：153名

③ リリース支援

SI-CATに参加する研究機関やモデル自治体による研究成果のリリース発表を支援した。

また、各機関の若手研究者の育成や他のプログラムとの交流を目的に、統合プログラムのテーマC及びDと毎年研究交流会を開催し、気候変動適応研究の促進に貢献した。

さらに、地方自治体等のニーズ調査を補足するため、民間企業のニーズに関する調査を実施し、気候変動がもたらす事業上のリスクや機会に対する投資家や企業の関心は高まりつつありSI-CATの2°Cシナリオの予測情報に対する企業ニーズがあることを確認した。

(3) 取り組みや成果の社会実装への貢献

シンポジウムを地方で行うことにより、現地のメディアによる露出を高め、SI-CAT及び気候変動適応そのものに関する社会の認知度や理解度を高めた。さらに、シンポジウムの調整過程で適応に関係する他組織や他部署との関係を新たに構築するとともに、SI-CATに対する自治体担当者の期待を高め、SI-CATの成果の社会実装に間接的に貢献した。また、研究交流会を継続的に実施することで、気候変動適応研究が継続的に実施される環境の醸成に貢献した。さらに、調査を通じて把握したSOMPOリスクアマネジメント株式会社のニーズ応えるため、同社にニーズ自治体枠でSI-CATに参加いただき、防災科学技術研究所との共同研究の締結を支援した。

気候変動適応技術社会実装プログラム

Social Implementation Program on Climate Change Adaptation Technology

公開シンポジウム開催

地方自治体の適応策立案に向けて
～適応策へのヒント～
2020年1月21日（火）国際交流会議場
[<詳細はこちら>](#)

社会実装機関

SI-CATの中核機関として、プログラムのマネジメント、及び自治体のニーズと技術開発のシーズの橋渡しを担う機関をご紹介します

モデル自治体

技術開発機関の一員として研究開発に加わる地方自治体をご紹介します

技術開発機関

課題
1

近未来予測

技術開発機関

課題
2

ダウンスケーリング

技術開発機関

課題
3

影響評価

NEWS

[一覧を見る](#)

公開シンポジウム 気候変動と社会変化に適応しつづける 岐阜の実現に向けて（開催... [2020.01.07]
SI-CATモデル自治体の岐阜県において、以下のシンポジウムを開催 いたします... [\[続きを読む\]](#)

モデル自治体と連携したシンポジウム開催

平成28年度 長野県



共催：長野県
会場：ホテルブエナビスタ
参加：140名

- 長野県副知事の登壇
- YES/NOウチワを来場者へ配布。簡単なクイズを出題し、来場者にシンポジウムに参加してもらいながら議論を進行
- NHK長野放送局、信濃毎日新聞による報道

平成29年度 岐阜県



共催：清流の国ぎふ防災・減災センター、岐阜大学
会場：岐阜グランドホテル
参加：168名

- 岐阜県副知事の登壇
- 人口減や高齢化等の地域の問題と気候変動による自然災害対策を併せ考え、住民による意思決定のサポートについて議論
- NHK岐阜放送局による報道

平成30年度 鳥取県



後援：鳥取県
会場：鳥取市文化ホール
参加：173名

- 鳥取県の県土整備部長の登壇
- 来場者からの質問にパネルが回答する形式の「トークショー」を実施
- NHK鳥取放送局、日本海新聞による報道（県土整備部がSI-CATの予測やデータを沿岸海岸保全計画等に生かす考えを示）。

2. 成果概要

(1) 業務/研究の目的・目標・概要

社会実装機関全体としては、①気候変動適応策の検討・策定にあたり共通的に必要とする基盤技術を用いて、地方自治体が主体的に気候変動適応策の検討・策定を行うことが可能な手法を構築できるようにすること、②本プログラムの終了後も、地方自治体が主体的に気候変動適応策の検討・策定を行なえるよう、本プログラムの成果の普及や地方自治体等の成果の利用支援等を行うことを目標とし、その中でJSTは、プログラム推進体制の運営と効果的推進のための活動をプログラムディレクター(PD)やサブプログラムディレクター(サブPD)の支援と合わせ実施した。

(2) 業務/研究の取り組みと成果

プログラム運営のための体制としてPDとサブPDの選任、意思決定機関としてのコア会議設置及び隔月開催(通算24回)に加え、アドバイザーからプログラム運営にかかる助言を得るためのマネジメント会議を設置(7回開催)し、運営・マネジメント体制を運営した。また、PDとサブPDを中心に、技術開発機関と社会実装機関が推進方針等をすり合わせる会合(両機関毎、または両機関共同)を適宜実施するなど、多様なメンバーが参加する様々な会議体・会合の効率的実施及び支援によりプログラムの円滑な運営を図り、関与者によるco-design,co-productionを推進した。結果、最終年度においてプログラム「成果集」のとりまとめに至り、さらには社会実装機関を構成する法政大学により「気候変動の社会実装ガイドブック」が編集された。

本プログラムにおいては自治体での社会実装推進の試みもポイントのひとつであり、これについてPD,サブPD,関係機関が自治体等を直接訪問するなどしてニーズ収集や意見交換を重ねた結果、プログラムの当初より参画しているモデル自治体等に加えて、密な連携を希望する自治体等が着実に増加、最終的には大阪市・京都府・北海道建設部土木局河川砂防課・富山県環境科学センター・滋賀県琵琶湖環境科学研究センターの他、2つの民間企業がニーズ自治体等として参画した。

また、PD他関係者によるサイトビジットを通じて自治体職員等との直接対話を重ねることにより、多様な意見を吸い上げ、モデル自治体等における取り組みの一助とした。

さらに、PD,サブPDによるSI-CAT研究者との個別懇談を通じて、専門分野の異なる研究者間の「言葉の壁」の克服と、開発された気候シナリオやデータの活用の実践的研修の必要性が浮き彫りとなったことから、「ダウンスケーリング(DS)データ活用セミナー」が技術開発機関の強力なバックアップを得て実施された。

- ・SI-CAT影響評価課題や自治体等の若手研究者を主な対象、DSデータの利用を円滑に進めるためのセミナー
- ・実習重視、スキルアップとともに同じ課題を持つ研究者や実務者との人的ネットワーク形成の機会
- ・実習で得た成果を2日目に発表、受講メモとしてプログラム内で共有
- ・受講者：第1回-13名、第2回-19名(2回目は約半数が環境省地域適応コンソーシアム事業からの参加)

SI-CATダウンスケーリングデータ活用セミナーの講師/実習指導を頂いた方々

第1回		第2回	
石川 洋一	海洋研究開発機構	西森 基貴	農業・食品産業技術総合研究機構
大楽 浩司	防災科学研究所	山崎 剛	東北大学
佐々木秀孝	気象庁気象研究所	渡辺 真吾	海洋研究開発機構
中川 友進	海洋研究開発機構	川添 祥	同上
渡辺 真吾	同上	滝本 貴弘	農業・食品産業技術総合研究機構
西川 史朗	同上		

(3) 取り組みや成果の社会実装への貢献

JSTはプログラム推進体制の運営と効果的推進を通じて社会実装に貢献した。

尚、本プログラム全般を見渡せば、多様な活動が行われた結果、成果の展開(社会実装)が広がっている。

- ・「展開先の多様化」・・・国の機関、自治体のほか民間企業による成果利用
- ・「手段の多様化」・・・データ提供や研究交流、セミナー、積極的な関わりを希望する自治体等の受け入れ、社会技術・手法の提供による自治体の適応計画策定を支援など
- ・「レベルの多層化」・・・データや手法の使い手育成、影響評価の読み解き手の支援、適応計画の定め手の支援、適応策の受け手・担い手の理解促進

プログラム推進体制の運営、効果的推進

■ 会議体運営

- 全体会議（毎年）
- コア会議（隔月、プログラム運営の核）
- マネジメント会議（毎年）

＋関係機関意見交換会、ワーキンググループ（必要に応じ）

- ・多様なメンバーが参画する様々な会議体を運営
- ・PD,サブPDの支援

- ・プログラムの進捗状況や課題等の認識を共有
- ・関係者の意見交換を行いつつ効果的な推進に努力

■ PDと関係者による機関間の意見調整

→「SI-CATの気候シナリオについて」（平成29年4月）とりまとめ

■ PD,サブPDによるSI-CAT研究者との個別懇談会の実施

- 「SI-CATダウンスケーリングデータ活用セミナー」開催に発展
- ※技術開発機関の強力なバックアップにより実現、モデル/ニーズ自治体関係者も参加
- ※プログラム推進のためであると同時に、人材育成による社会実装の試み
- ※環境省プログラム関係者とも経験共有



■ サイトビジットによる自治体職員との直接対話

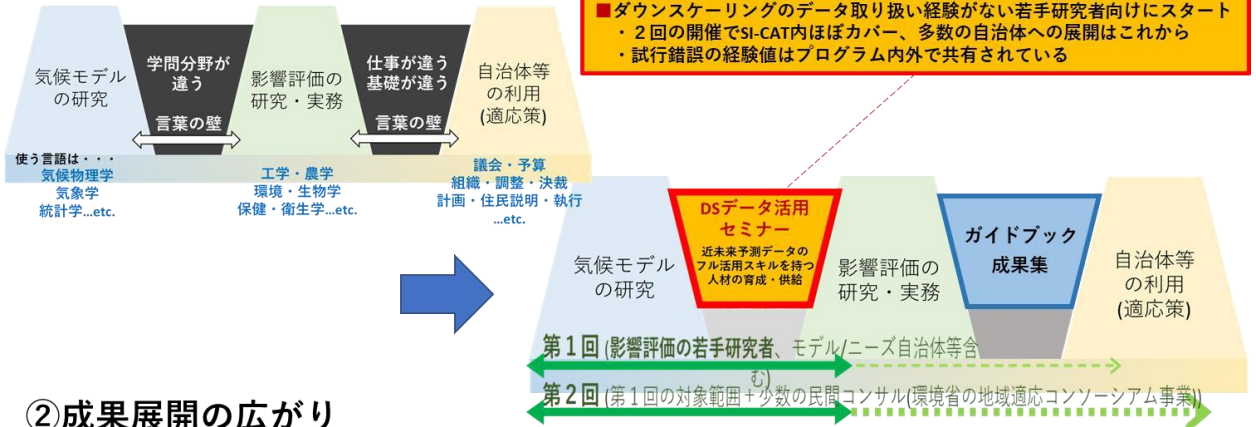
→ニーズ自治体等としての参画数拡大（最終的に民間2つを含む7つの機関）

■ 成果の集成

→「成果集」・「気候変動適応技術の社会実装ガイドブック」

プログラムでの経験

① 「言葉の壁」と克服の試み



② 成果展開の広がり

展開手段の多様化

データ・情報提供	研究交流	データ活用セミナー
自治体等の参画受入	提供データカタログ	
社会技術・手法の提供	ガイドブック	
地方議会等での説明、自治体内の検討会議参画		

展開レベルの多層化

データ・手法の使い手(研究・影響評価の担い手)の育成
影響評価の読み解き手(適応計画の描き手)の支援
適応計画の定め手(意思決定者)の支援
適応策の受け手・行い手の理解促進

展開先の多様化

- ・文部科学省プログラム
- ・文部科学省以外の省庁
- ・自治体
- ・民間



SI-CAT

Social Implementation Program
on Climate Change Adaptation Technology

文部科学省
研究開発局環境エネルギー課
〒100-8959 東京都千代田区霞が関3-2-2
URL : <http://www.mext.go.jp>

(お問い合わせ)
気候変動適応技術社会実装プログラム事務局
国立研究開発法人 科学技術振興機構(JST)
〒102-5666 東京都千代田区四番町5-3
URL : <https://si-cat.jp/>