



中間研究成果報告
2021年7月

S-18-1

総合的な気候変動影響予測・適応評価
フレームワークの開発
(JPMEERF20S11810)

研究代表機関：茨城大学

テーマ・リーダー 三村信男

研究実施期間：令和2年度～令和6年度

研究分担機関：筑波大学、国立環境研究所、農業・食品産業技術
総合研究機構、京都大学、早稲田大学

1. はじめに／2. 研究開発目的／3. 研究目標

1. はじめに(研究背景等)

- 2018年「気候変動適応法」制定による適応策の推進
- パリ協定以降加速した国際的な緩和策・適応策への科学的貢献
- 我が国の研究プロジェクトによる最新の知見・データを活かした影響・適応研究



2. 研究開発目的

S-18プロジェクトの司令塔的テーマとして、**研究プロジェクトの基盤構築及び横断的手法の開発**をおこなうとともに、プロジェクト全体の運営を推進する。

3. 研究目標

- 1) S-18の研究フレームワークの構築と共通シナリオ(気候、社会経済)の整備・配信
- 2) S-18全体の成果の集約・解析、社会への成果発信
- 3) 統計的な影響予測手法の開発及び全国評価
- 4) 適応計画の評価・分析手法の開発
- 5) IPCC第7次報告書やパリ協定における国際的取組への貢献
- 6) 国内の研究プロジェクトや関係者との研究交流及びアウトリーチ
- 7) プロジェクト運営体制の整備

テーマ1の研究構成

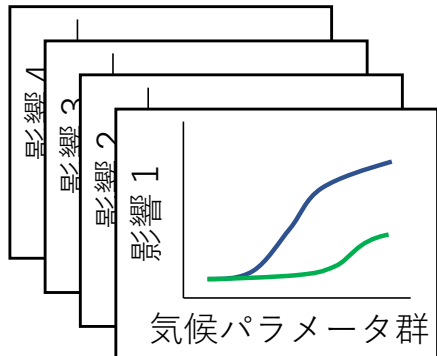
- テーマ1は5つのサブテーマ(ST)で構成され、4つの課題を担当している。

ST1(1): S-18の総括班。研究フレームワーク構築と基盤情報の整備

ST1(2)

研究成果の集約・分析

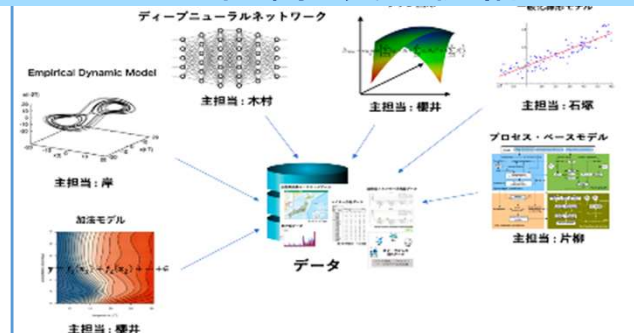
真砂佳史(国立環境研)



ST1(3)1,2

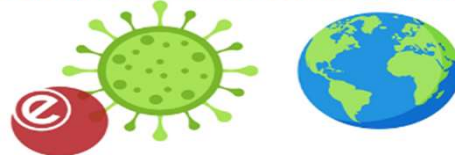
統計的評価手法の開発

1(3)1 農業、自然災害など
石塚直樹(農研機構)



1(3)2 デング熱、熱中症
新型コロナウイルスと気候変動
西浦 博(京大)

COVID-19 Vs Climate Change

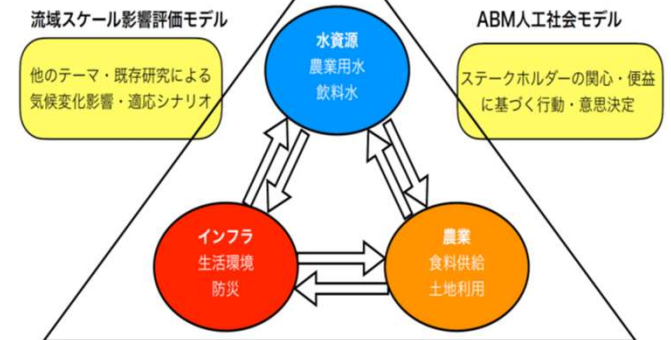


ST1(4)

適応評価手法の開発

横沢正幸(早稲田大)

水資源・インフラ・農業ネクサスの統合評価モデル

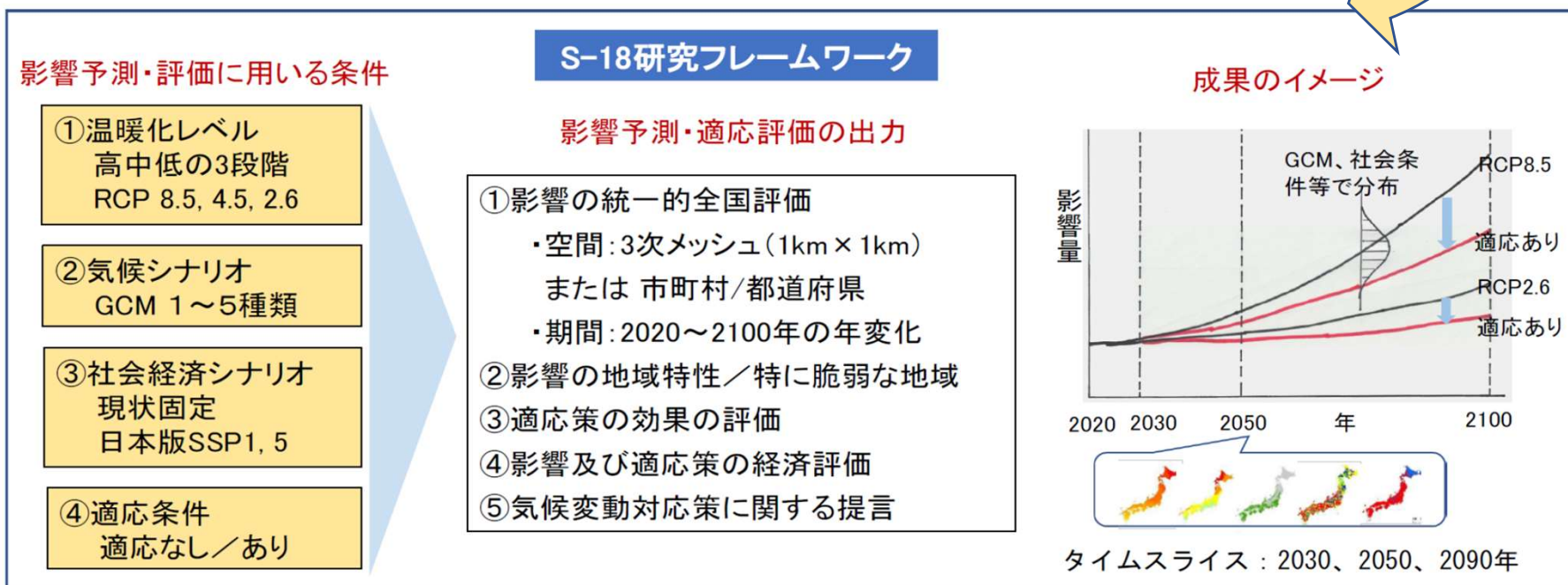


4. 研究開発内容／5. 結果と考察

ST1(1): 統一的な気候変動影響予測のための フレームワーク構築と基盤情報の整備

【目標】 研究全体を総括。最新の科学的知見に基づく影響予測及び適応評価を実施し、気候変動影響の特性と適応策のあり方に関する知見を提示し、国内外に発信する。

- 【目的】**
- ① 統合的な研究フレームワークの構築と共通シナリオの整備・配信
 - ② 国際的貢献の推進
 - ③ 研究プロジェクトや研究者との研究交流アウトリーチ
 - ④ プロジェクト運営体制の整備



共通シナリオの整備・配信

研究スコープの拡大

●気候シナリオ

- ・国立環境研、東大大気海洋研、JAMSTEC、推進費2-1904と連携して気候シナリオWGを設置
- ・GCM 5種類
CMIP6/CMIP5 選択可能
- ・全テーマで活用

●社会経済シナリオ

- ・国立環境研、推進費2-1805と連携して社会経済シナリオWGを設置
- ・現状固定＋日本版SSP 2種類
- ・定量データとして、人口・土地利用

S-18プロジェクトの開始後の急速な社会的変化に対応して研究課題を拡大。

●新型コロナウイルス感染症

- ・サブテーマ1(4)に新型コロナウイルス感染症の課題を追加

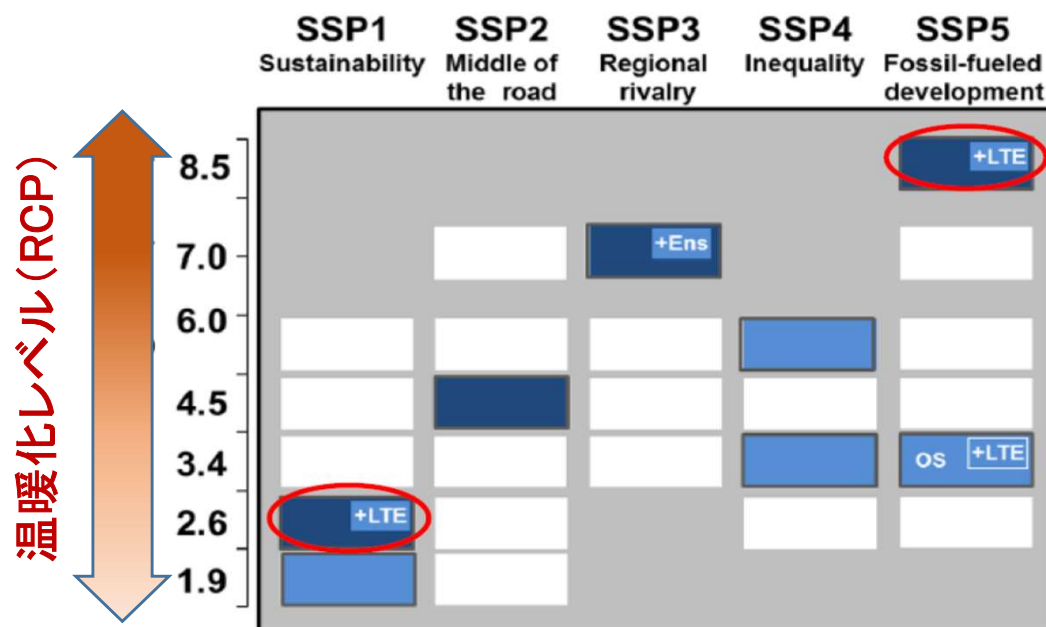
●適応策と緩和策の関係

- ・2021年度に「緩和策に相乗効果のある適応策検討WG」を設置

●自治体・企業等との連携

- ・2021年度に自治体と企業を対象とするニーズアンケートを実施。適応策推進の課題とS-18への期待を把握

社会経済シナリオ (SSP)



気候／社会経済シナリオの組み合わせ

気候変動適応策に関する
アンケート調査報告書


令和4年3月

環境研究総合推進費 S-18 プロジェクト
一般社団法人 地域国土強靱化研究所

ST1 (2) : 適応計画策定支援のための統合データベース構築と分析ツールの開発

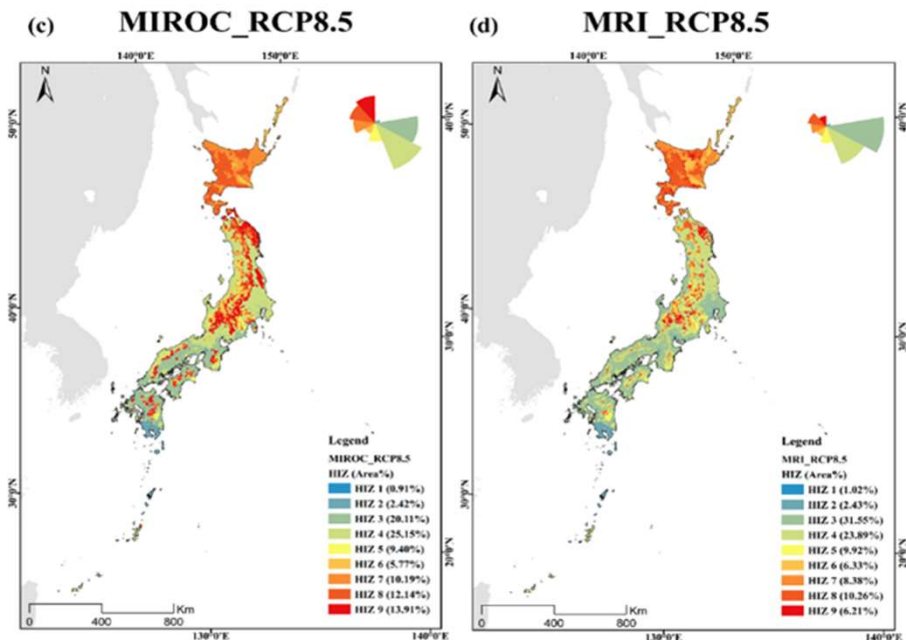
【目標】 各テーマの影響予測・適応策評価から得られる結果をもとに、分野毎の予測を統合した適応経路解析モデルを開発。S-18の成果の社会への提供方法を検討する。

- 【目的】**
- ① 気候変動影響の類型化と地域分布(影響の地域差)の把握
 - ② 気候変動適応の緊急性(適応策の発動時期)の評価
 - ③ 地域気候変動適応センターの適応能力の評価

- 
- 影響の地域特性 (地域差)
 - 適応行動が必要になる地域、時期の予測
 - 分野統合的な影響の重大性
 - 国、地域に向けた情報の発信

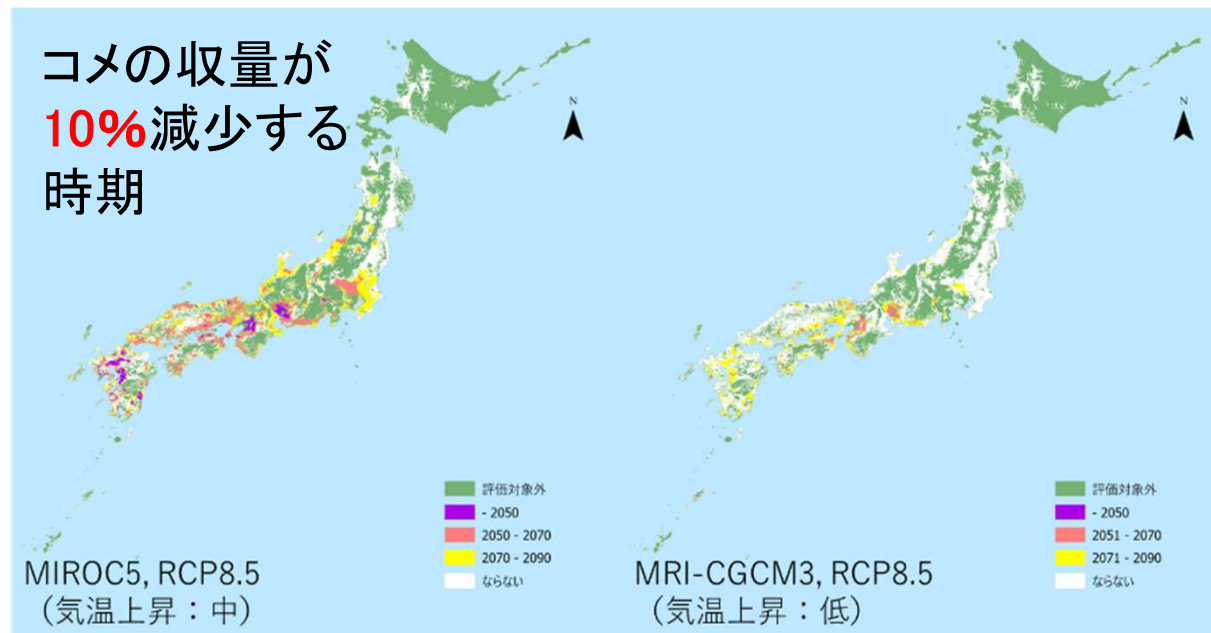
影響の地域差の解析手法

- ・7つの影響指標を用いて気候変動影響に共通性のある8つの地域グループへ類型化
- ・気候指標とそれ以外の要素の組み合わせにより、影響の現れ方が異なる地域を抽出できる可能性



適応策の発動時期

- 適応策の緊急性や優先度は、影響がある閾値に達する時期を指標にして判断できる。全国影響予測の結果を用いてその方法を検討した。
- 図は、サブテーマ2(1)の成果であるコメ収量予測を用いて作成したもの。コメの収量の減少時期を指標にして、高温耐性品種の導入時期を地域別に表示。
- 第1回評価の結果を用いて、他の影響項目についても同様の解析を行う。



S-18成果の統合的解析、A-PLATを通じた発信

- S-18の多様な成果を統合的に解析。
- 国立環境研の適応情報プラットフォームA-PLATを活用し、自治体や企業に対する効果的な成果発信方法を検討

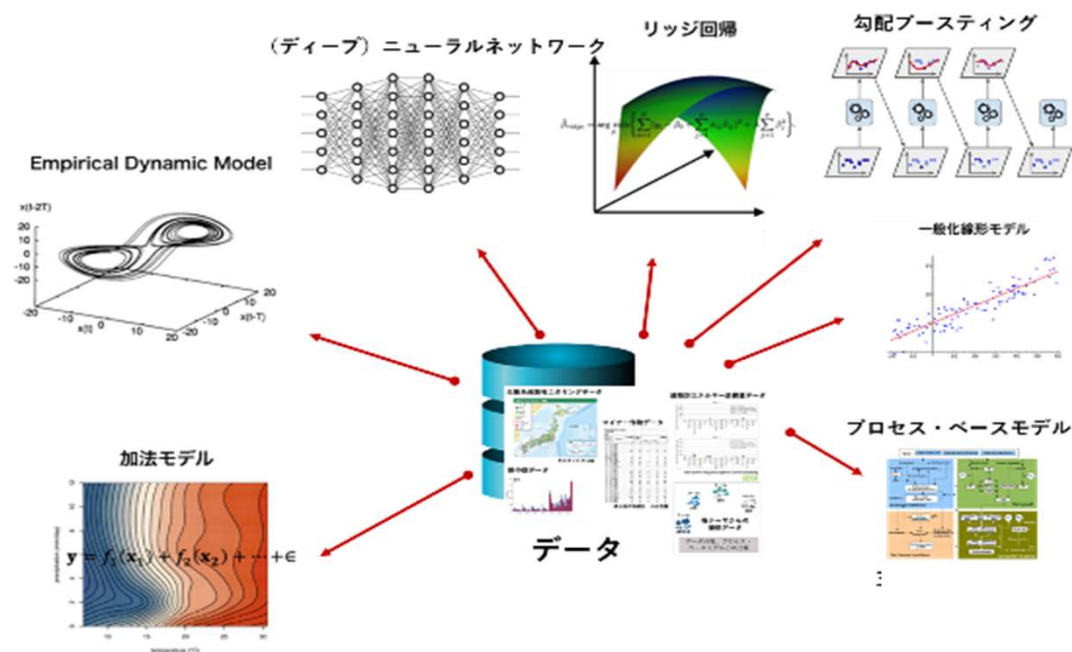
ST1 (3) 1 : 統計的な手法によるデータ・ドリブンな気候変動影響予測手法の開発と適応効果の解析ー農業、自然災害

【目標】 統計・機械学習手法を比較し、気候変動影響解析に有用な統合的解析手法を開発。全国レベルでデータ・ドリブンな気候変動影響評価を実施し、気候変動影響予測・適応策評価が可能なマニュアルを作成する。

- 【目的】**
- ① 複数の統計・機械学習手法を比較
 - ② 適応策の効果を統計的に定量化
 - ③ 全国レベルでの将来におけるデータドリブンな気候変動影響評価を実施
 - ④ 地域レベルで気候変動影響予測・適応策評価が可能なマニュアルの作成

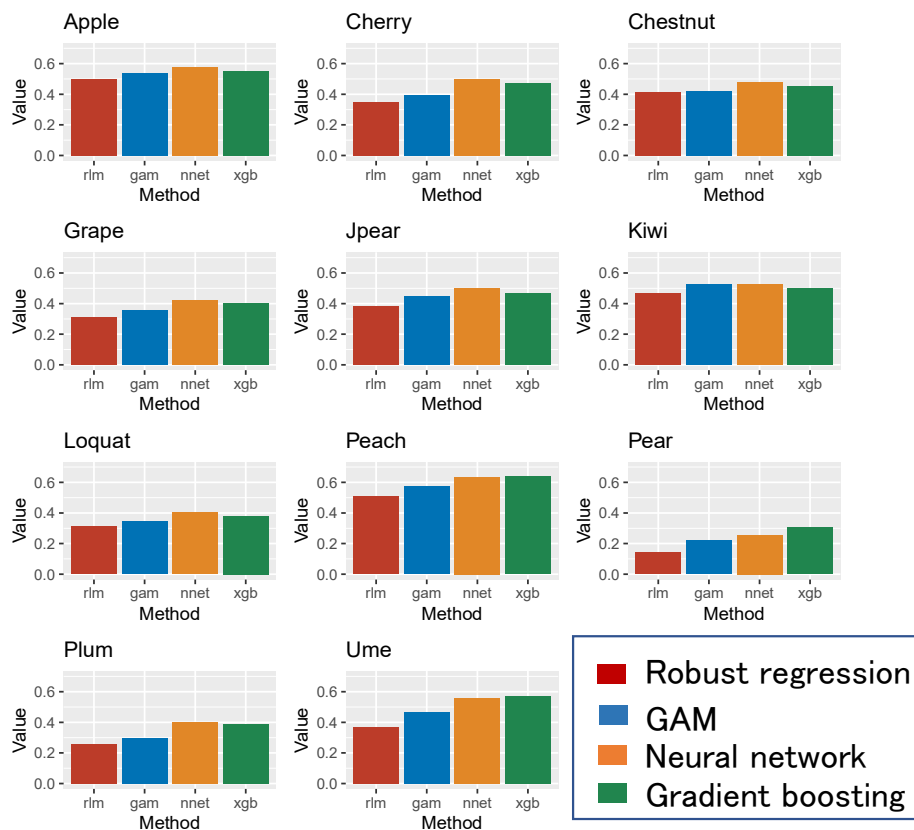


- 農作物を中心に100種類以上の過去のデータを収集し、各種の統計的及び機械学習的手法を適用
- 収集対象: 水稲, 大豆, 小豆, 小麦, なし, うめ, ぶどう, 湖沼水温等
- 検討した手法: 加法モデル、回帰分析、ニューラルネットワーク、勾配ブースティング法等



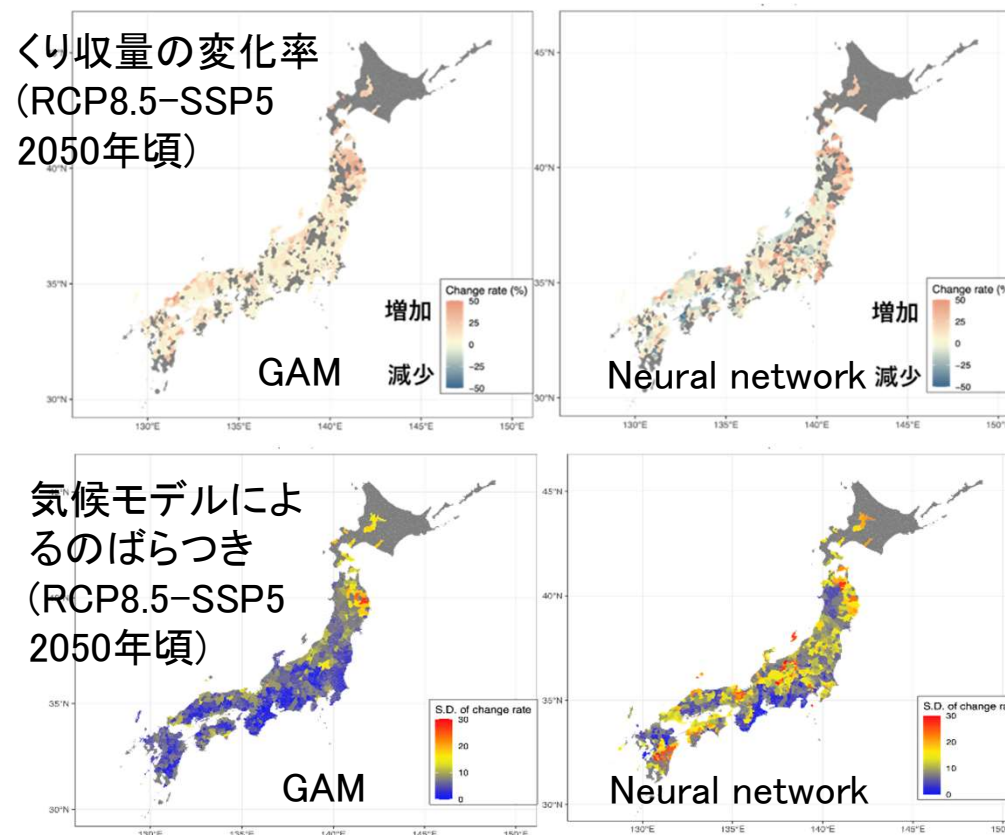
統計モデル比較のための候補モデルの探索

- 4種類の手法の予測能力を比較。対象は、果樹11種
- 加法モデル(GAM)と機械学習手法は、どれもほぼ同程度の予測能力を示した。
- 結果の解釈可能性を考えると、加法モデルの有用性がもっとも高い。



全国市町村単位での将来予測

- 下図は、加法モデルとニューラルネットワークによるくり収量の予測結果
- GAMに比べて、ニューラルネットワークは気候モデル間のばらつきが大きく、僅かな気象条件の違いにも大きく反応する傾向

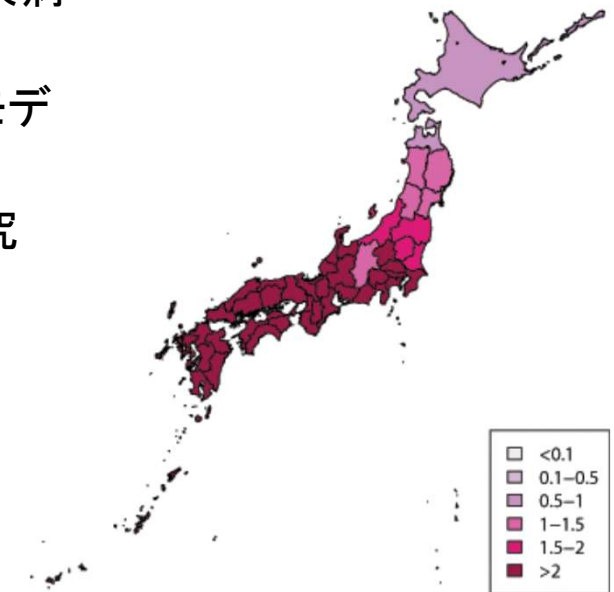


ST1 (3) 2 : 統計的な手法によるデータ・ドリブンな気候変動影響予測手法の開発と適応効果の解析—健康関連事象

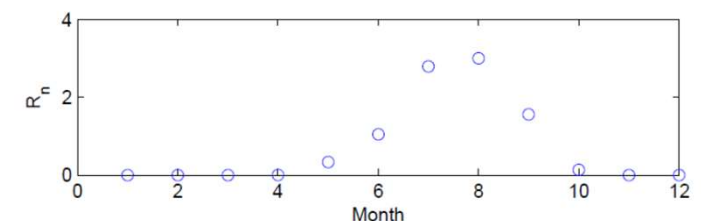
【目標】 新型コロナウイルスを含む感染症と熱中症を対象にして、気象データを用いた非線形予測モデルを実装し、適応対策評価にも資する研究体系の構築を行う。

- 【目的】**
- ① デング熱の国内流行リスクの定量化及び適応効果の評価
 - ② 熱中症患者の増加とそれに伴う国内の夏季における疾病負荷の定量化
 - ③ 気温、湿度、土地利用情報を加味した健康影響評価モデル実装とマッピング
 - ④ 新型コロナウイルス感染症の気温と伝播の関係の研究

Wang et al., 2021
Yuan et al., 2021



夏季の再生産数の分布



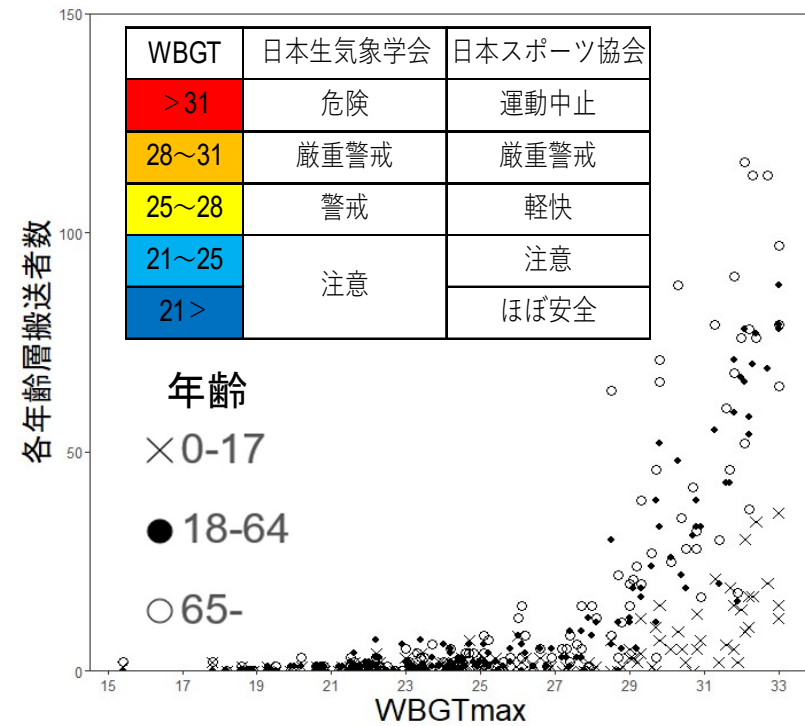
侵入月別の再生産数(東京) 10

感染症の国内流行リスク

- **【デング熱】** 平均気温を変数としてデング熱の実効再生産数を定式化。これによりデング熱が輸入された際の各1km×1km内での絶滅確率を計算した。
- 7-8月に加えて、6月・9月の流行リスクが増大し、真夏のデング熱流行リスク地域が北上の可能性(右図)。デング熱流行国からの輸入数上昇も大きく寄与する。
- **【新型コロナウイルス感染症】** 気温の1°C低下で実効再生産数が0.02上昇する。

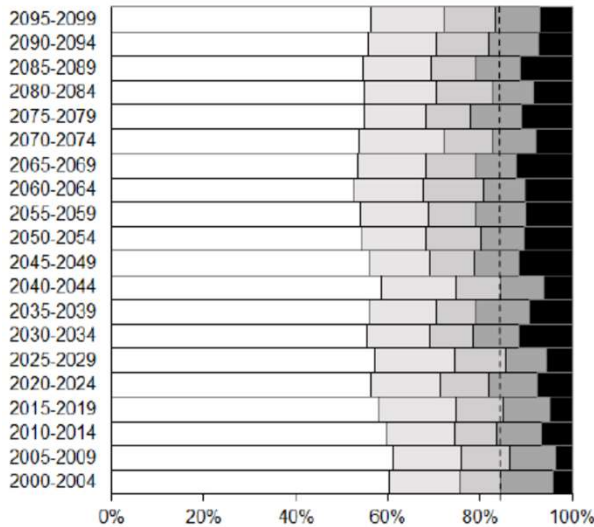
熱中症のリスク評価

- 東京都の2015年から2019年までの熱中症搬送者数とWBGTの関連から予測式を作成。暑さ指数(WBGT)が熱中症発症の厳重警戒である28度以上を超える年間日数が増加する。
- MIROC6とMRI-ESM-2.0の両シナリオでは、RCP2.6でも熱中症発症者が今後増加する。
- 実態調査を通じて、今後の適応政策を見据えた高齢者の熱中症発症リスク因子(独居、自力飲水不可能、エアコン不所持)を特定。

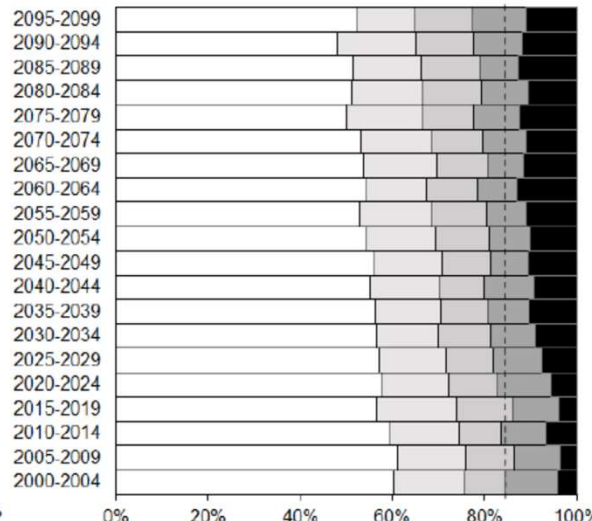


東京都年齢別救急搬送数

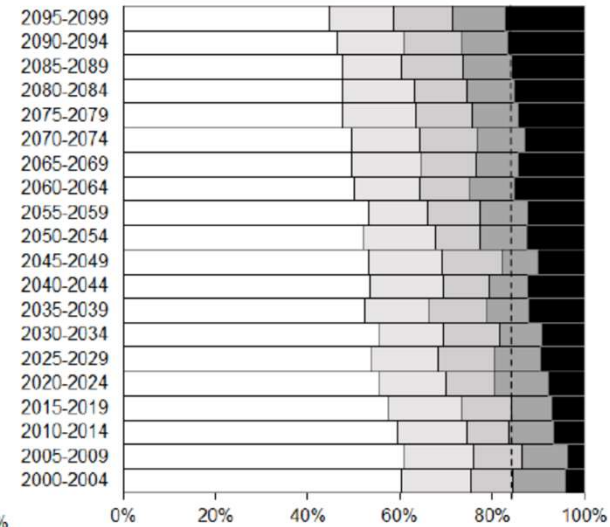
MRI-ESM-2.0



RCP2.6



RCP4.5



RCP8.5

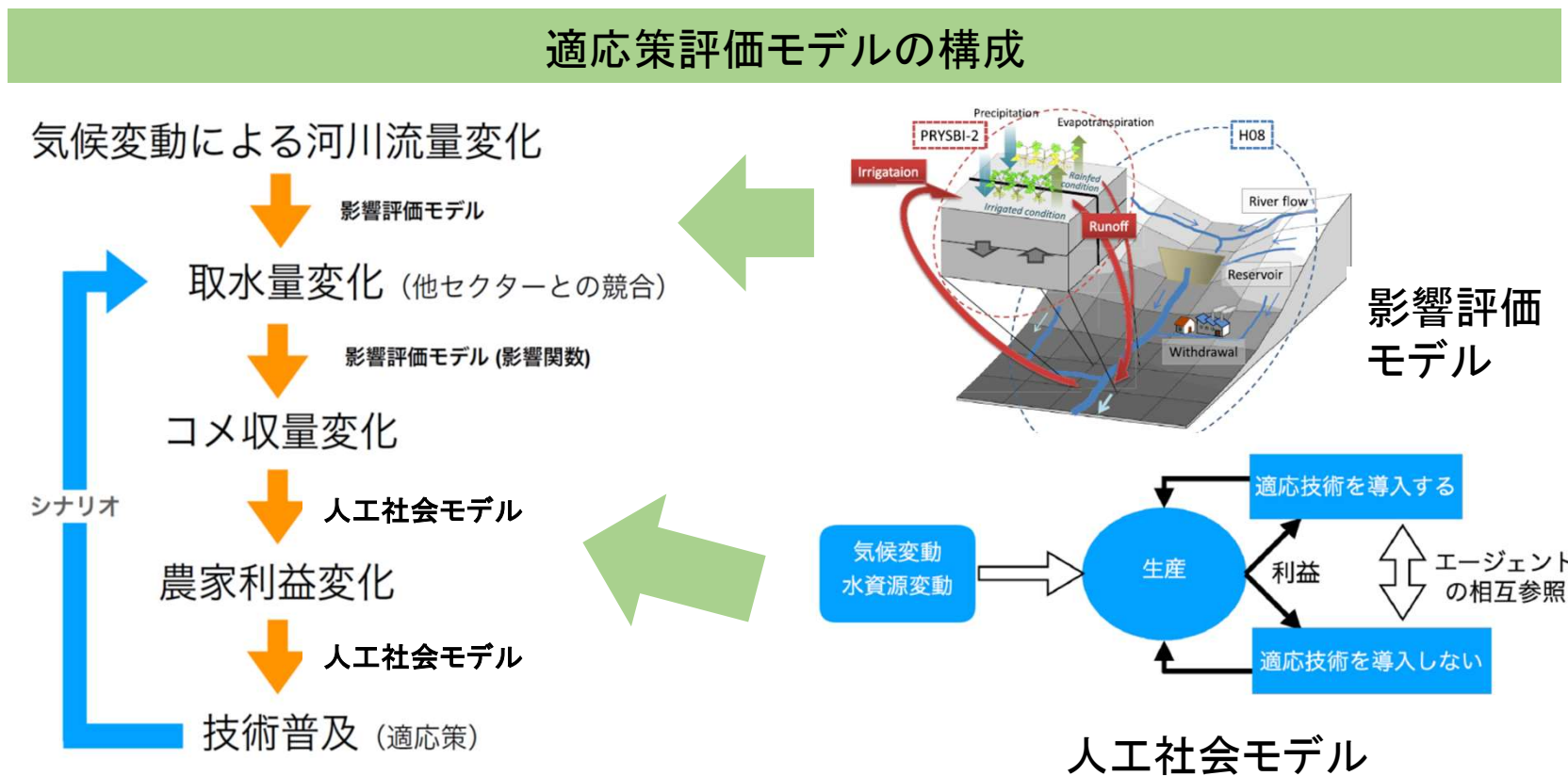
WBGT(°C) □ <21 □ 21~25 □ 25~28 ■ 28~31 ■ 31≤

2100年までの暑さ指数 (WBGT) の変化 (東京都)

ST1 (4) : 適応策のシナジー・トレードオフを考慮した気候変動適応計画の評価に関する研究

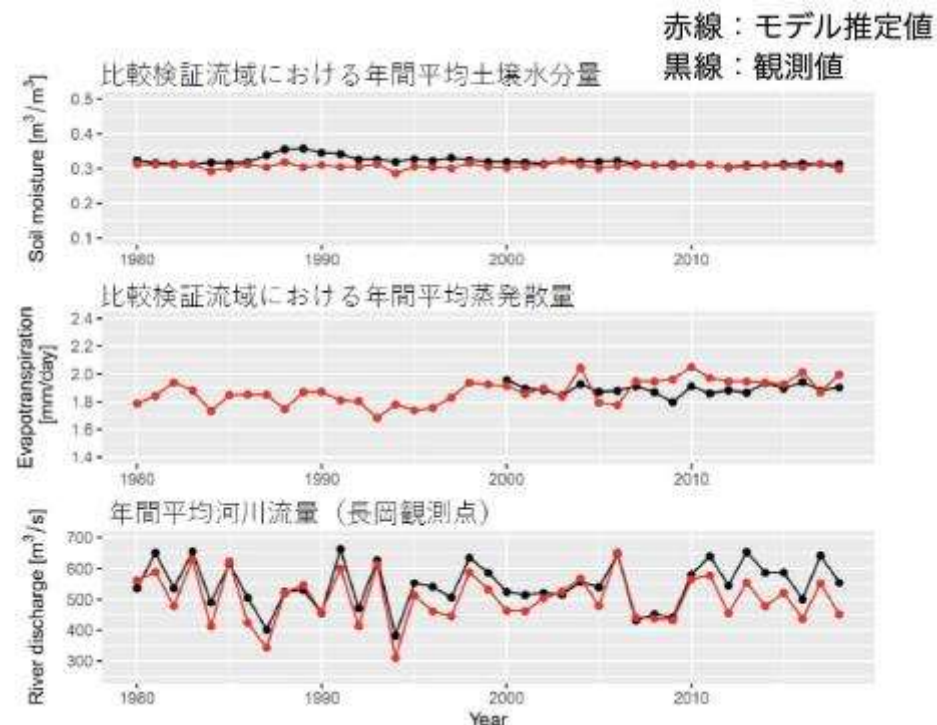
【目標】 信濃川流域を対象として、水資源、インフラ、農業の分野間のトレードオフ削減とシナジー効果を生み出す適応計画に向けた分析評価手法を開発する。

- 【目的】**
- ① モデル開発に必要な水資源及び水利用に関するデータ収集
 - ② 水資源、水利用、作物収量の推定のための影響評価モデル開発
 - ③ 人工社会モデル(エージェントベースモデル)による適応策の評価



影響評価モデルによる水需給評価

- 水量に対応した水稻の生育・生長量、土壌水分量、蒸発散量、灌漑可能水量及供給可能量を推定するモデルを開発
- モデル推定値と観測値は概ね一致
- 水稻以外の推定や洪水頻度・規模などの推定へ拡充予定

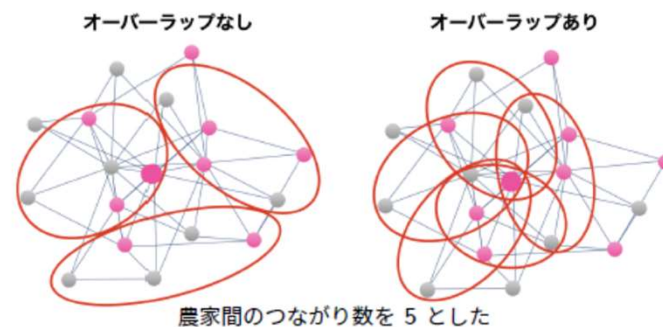


信濃川流域での水需給—収量の関係

人工社会モデル：農家のエージェントベースモデルの構築

- 代かき時期シフトに関する促進策に対する、農家間の情報ネットワークの効果を分析
- インフルエンサーよりもランダムに農家間の情報交換ができるネットワークを構築する方が対策普及が促進される。
- 協力者を増やすためには、水使用分散化に協力した割合に応じた補助金の分配が有効であることを示した。

| 組織 | 所属グループ数 | 取水時期の調整 | 補助金計算範囲 |
|----------------|---------|---------|---------|
| (1) OL なし | 1 | 1グループのみ | 1グループのみ |
| (2) 5人組 OL(利己) | 5 | 1グループのみ | 1グループのみ |
| (3) 5人組 OL(利他) | 5 | 全所属グループ | 1グループのみ |
| (4) 5人組 OL(全体) | 5 | 全所属グループ | 全所属グループ |



人工社会モデル：代かき時期シフトへの協力醸成過程

6. 研究の進捗状況と環境政策等への貢献

1. S-18研究プロジェクトの基盤部分の構築と統合的推進(目標1. 2)

- 研究フレームワーク築と共通シナリオの構築・提供
- 新型コロナ感染症、適応策と適応策等に関する研究の開始
- 共通の条件下でこれまでにない体系的な影響予測・適応評価を実行

2. 統計的影響評価手法及び適応評価手法の開発(目標3. 4)

- 統計的手法と機械学習手法の特性の把握
- 人工社会モデルによる適応推進策の評価手法の開発

3. 国際連携の展開(目標5)

- IPCCへの貢献をはじめ国際的議論と国内の研究のリンクを構築

4. 他の研究プロジェクトや関係者との連携、アウトリーチの推進(目標6. 7)

- 【他の研究プロジェクト】 気候シナリオWG、社会経済シナリオWG、シンポジウムの共催、S-18セミナーなどで連携
- 【自治体・企業など】 適応策に関する自治体・企業アンケート、S-18セミナーなどで課題の把握、意見交換
- 【国民との科学・技術対話】 S-18全体で110件、テーマ1で45件の実績

5. 環境政策への貢献

- 環境省「気候変動影響評価小委員会」や自治体への協力

研究の進捗状況

- 下の表のように、全体では計画通りに進展しており、一部の課題で計画以上の進展が見られる。
- 現在までの実績から見て、全ての目標が実現できる見通し。

| テーマ1目標 | 中項目 | サブテーマ | 進捗度 | 特徴的な成果 |
|-------------------------|-------------------|---------|-----|---|
| 1. 統合的な研究フレームワークの構築 | 統合的研究フレームワーク構築 | 1(1) | ◎ | 新型コロナ、緩和策との相乗効果の研究追加 |
| | 共通シナリオ整備・配信 | 1(1) | ○ | 気候・社会経済シナリオを整備 |
| 2. S-18の成果集約・分析 | | 1(2) | ○ | 影響地域特性等の解析手法 |
| 3. 統計的な影響評価手法の開発、及び全国評価 | 統計的手法による影響予測・全国評価 | 1(3)1 | ◎ | 農作物・果樹の全国影響予測・可視化 |
| | | 1(3)2 | ○ | デング熱の国内流行リスク |
| | | 1(3)2 | ○ | 熱中症と夏季における疾病負荷 |
| | | 1(3)2 | ○ | 新型コロナウイルス感染症 |
| | 統計的評価手法の比較・検討 | 1(3)1 | ○ | 果樹11種を用いた統計的・機械学習手法の比較 |
| 4. 適応計画の評価手法開発 | | 1(4) | ○ | 広域水文モデルのダウンスケール、人工社会モデルの開発 |
| 5. 国際的貢献の推進 | | 1(1)/全体 | ○ | IPCCAR6、WCRP Coastal Impacts、Gobeshona Network等 |
| 6. 国内各層との連携の推進 | | 1(1)/全体 | ◎ | IPCCシンポ、S-18セミナー、自治体・企業アンケートの実施など |
| 7. プロジェクト運営体制の構築 | | 1(1)/全体 | ○ | 研究交流、情報共有、運営会議、全体会合、アウトリーチなど |

●: 計画以上の大きな進展、◎: 計画以上の進展、○: 計画通り進展、△: 一部遅れ、▲: 大きな遅れ

7. 研究成果の発表状況

● 論文・学会発表等

| 学術論文 | | 学会等 発表 | 科学・ 技術対話 | 新聞・ 雑誌 | 知財 | 受賞 | 国際連携 |
|--------|-------|-----------|-------------|-----------|----|----|------------|
| 査読あり | 査読なし | | | | | | |
| 14(11) | 10(4) | 46(15) | 45 | 16 | 0 | 7 | IPCCAR6等4件 |

※ ()内は欧文誌あるは海外での発表件数

● 研究プロジェクト、関係者との連携、アウトリーチ

- S-18公開シンポジウム:2020年11月 他のプロジェクトと連携、参加170人
- IPCC報告書連携シンポジウム:2022年4月26日、他のプロジェクト、国環研、環境省と連携、参加1,176人
- S-18セミナー連続開催: 2021年1月開始、現在まで5回開催
- 気候変動適応に関する自治体・企業アンケート:2021年3月報告書公開
- 国民との科学・技術対話:S-18全体で110件、そのうちテーマ1で45件

● 国際連携

- IPCC第6次報告書への貢献:三村信男PLがWG2のレビューエディターとして参加
- 世界気候研究計画(WCRP) Sea Level Rise Projections in Local Decision Making
- Gobeshona Global Networkへの参加
- “Our Warming Planet”国際出版に参加

