

ムーンショット目標 8

「2050年までに、激甚化しつつある台風や豪雨を制御し
極端風水害の脅威から解放された安全安心な社会を実現」

海上豪雨生成で実現する 集中豪雨被害から解放される未来

目標 8 ・ 国内シンポジウム

プロジェクトマネージャー 小槻峻司（千葉大学・教授）

令和6年12月6日

プロジェクトの根本にあるアイデア

不安定性を解消する対流は、他の場所で起こる可能性も十分にあった
→ 人為的な介入で対流の位置や強度を変化させることが出来るのでは？
気象を支配する制御ではなく、**取りえる変動の中で望ましい未来に誘導**していく

味噌汁の対流



千葉県の対流・積乱雲 2024/09/12

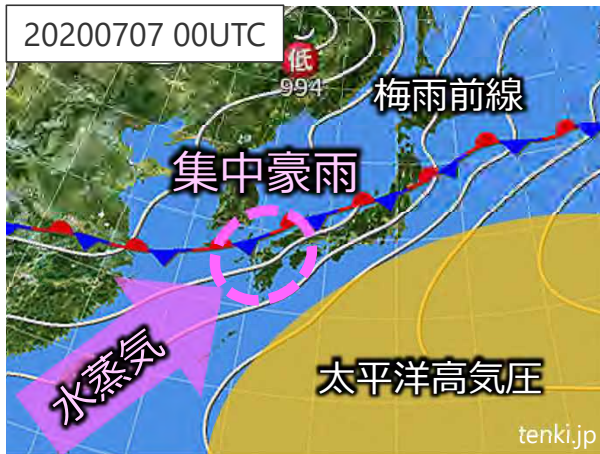


想定する集中豪雨 と 制御戦略

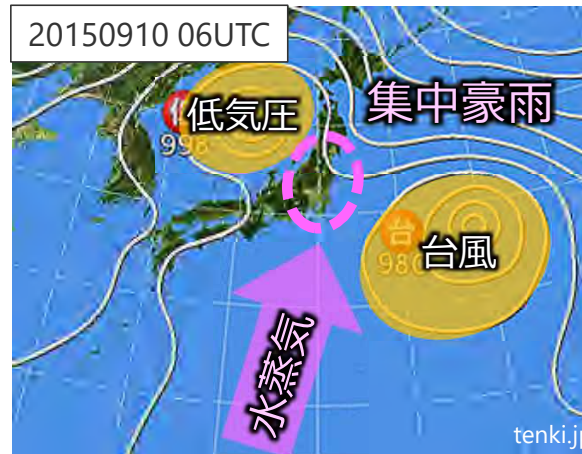
海上からの水蒸気供給が起こす豪雨が増加。上流の海上で豪雨を起こして、大気中の水蒸気を大幅に減らすことが出来れば、豪雨被害を緩和できる。

海上からの水蒸気供給に起因する集中豪雨の例

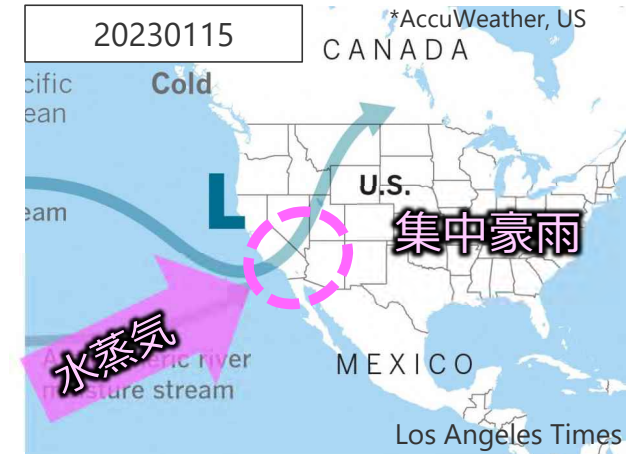
令和2年7月豪雨 (被害5,800億円)



平成27年関東・東北豪雨(被害2,940億円)



2023年米国カリフォルニア豪雨(被害4兆円)



豪雨被害を緩和する方法

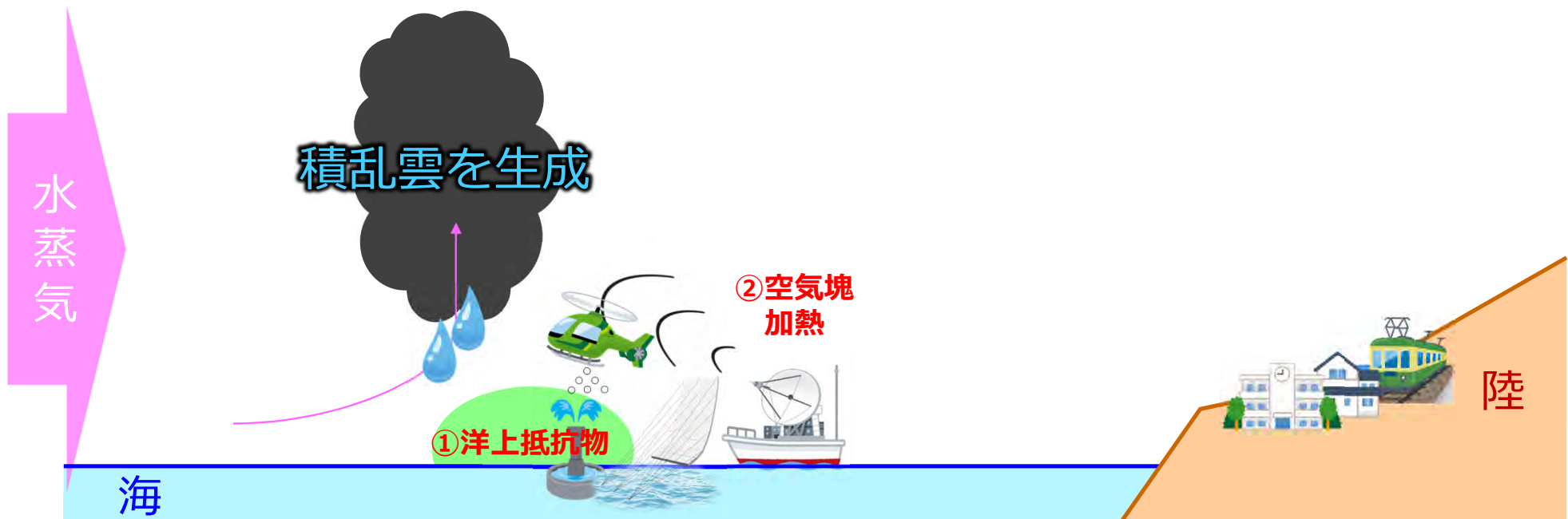
- △ 海からの蒸発を遮断する → 環境負荷などクリアすべきハードルが高い
- △ 大きな場の流れを変える → 莫大なエネルギー、かつ、被害移転は社会受容困難
- 上流の海上で降水として落下させて、大気中の水蒸気を大幅に減らす
 - 層状性のしとしと雨を生むシーディングのみでは水蒸気→雨の変換率は数%程度
 - 本研究の戦略: 変換率>40% の 対流性降水 (積乱雲) の組織化 = 豪雨 を生成する

海上豪雨の生成方法

海上の豪雨生成を、(1) 積乱雲を生起し、(2) 組織化することで実現

(1) 積乱雲を生起する = 自由対流高度まで空気塊を上昇させる

→ 洋上抵抗物・冷気塊で上昇させ、更に水素燃焼・マイクロ波で加熱



気象制御に向けて解決すべき課題

気象研究

如何に海上豪雨を形成するか?



数理研究

如何に介入を最適化するか?



RRI研究

如何に社会受容を目指すか?



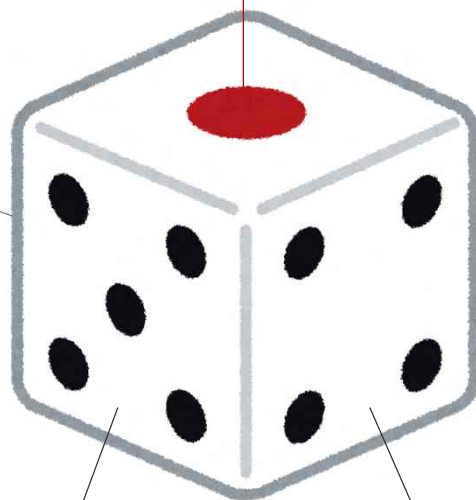
工学研究

如何に介入手段を実現するか?



法的研究

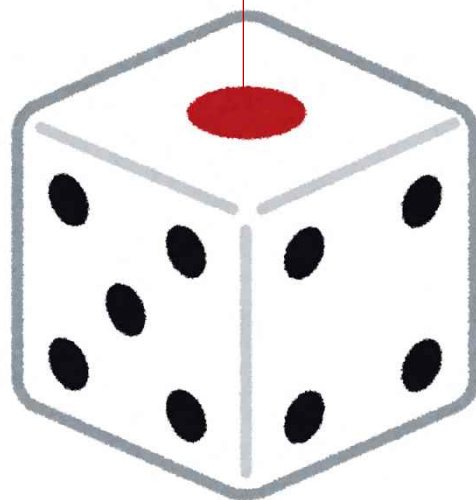
如何に法制度を設計するか?



気象制御に向けて解決すべき課題

気象研究

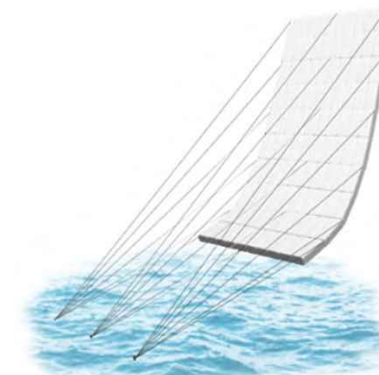
如何に海上豪雨を形成するか?



シーディング



風



最初のステップ: 気象への介入により集中豪雨は緩和できるのか?
→ フィールド実験を行う前に、計算機を使った数値モデル実験で検討

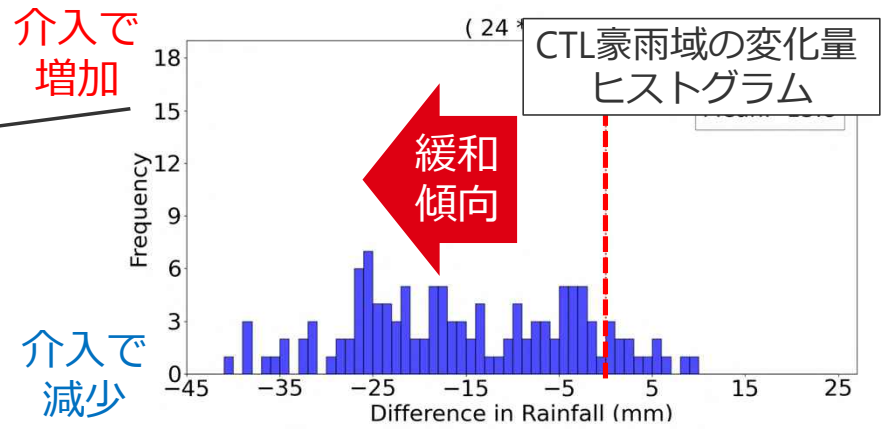
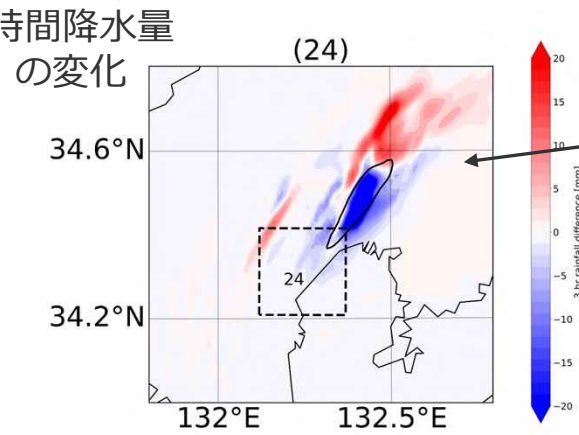
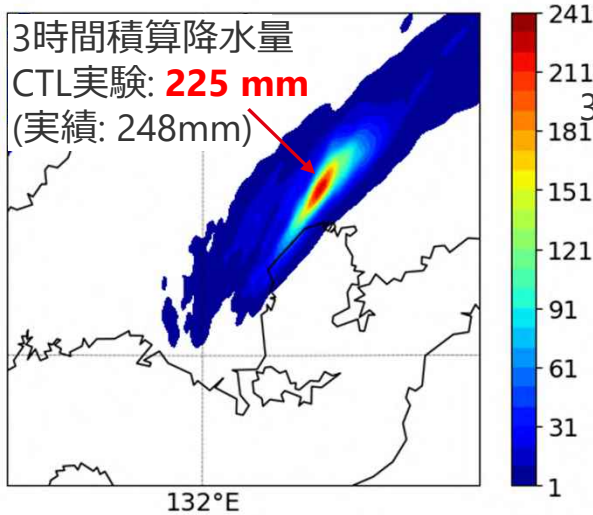
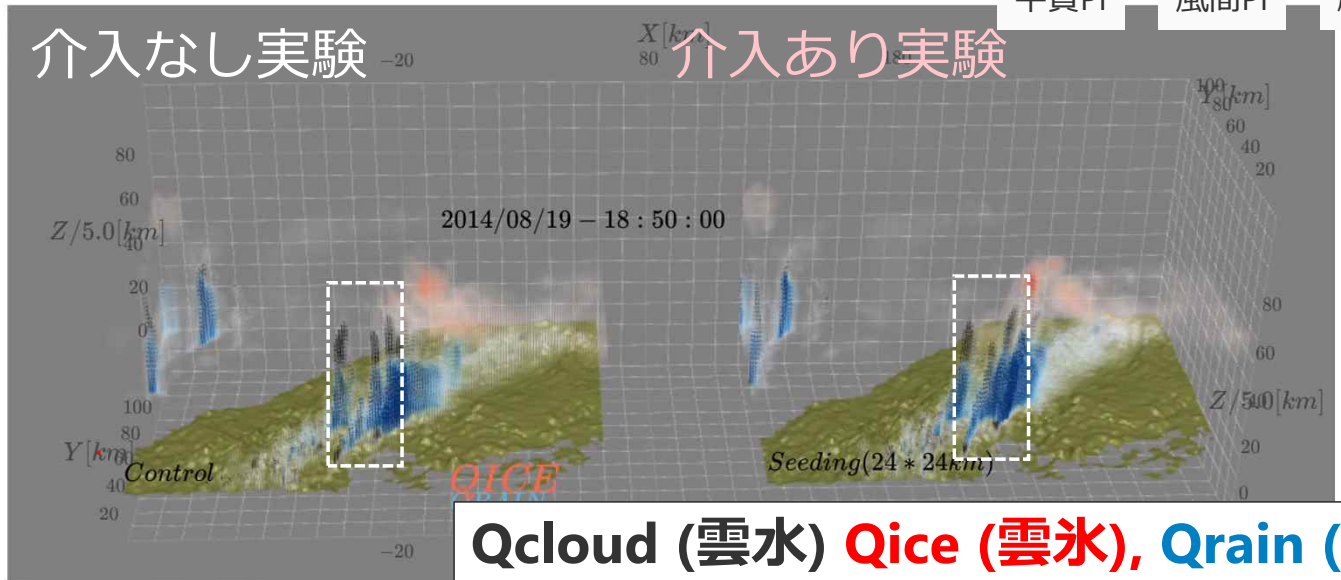
気象研究の進展



1. 研究開発プロジェクトの概要 (進捗)



現実的な介入 (オーバーシーディング) により集中豪雨の緩和を数値計算で実証 (WRF)
 平成26年8月 広島豪雨



気象予測モデル (SCALE) を用いた凧の実験



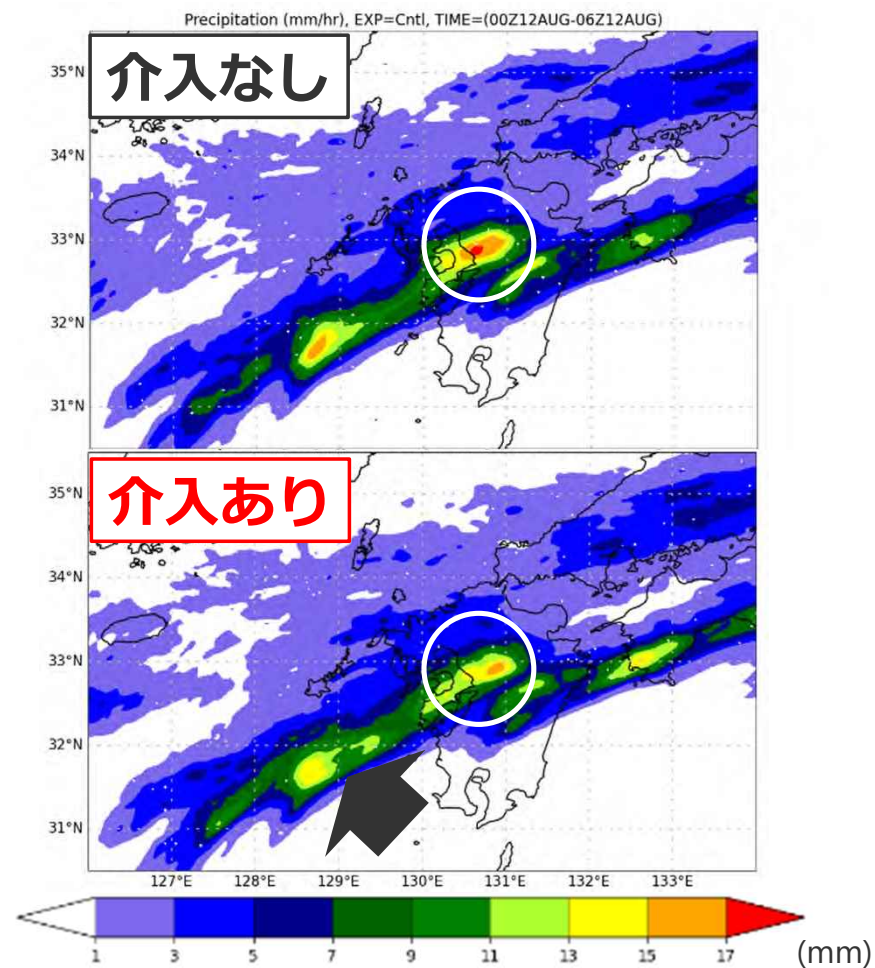
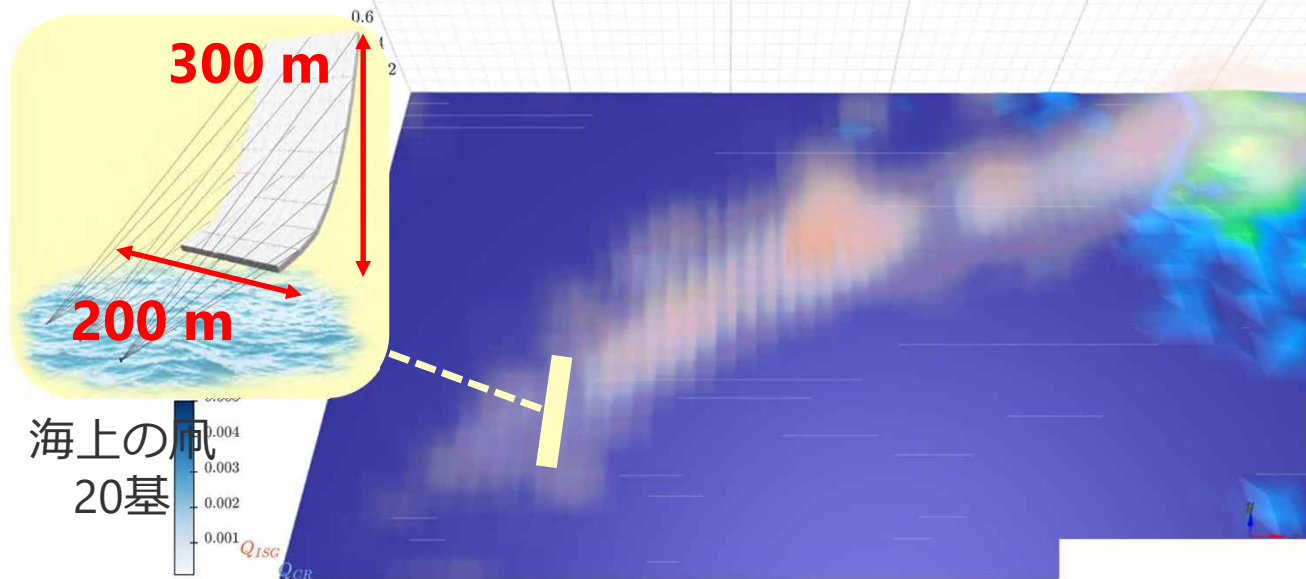
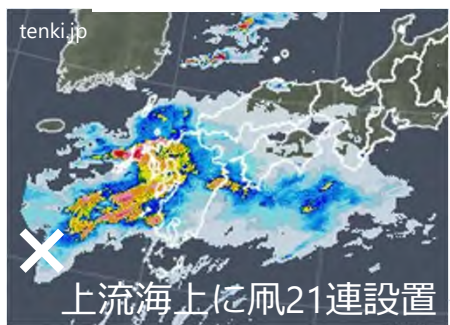
安永 PI

船富 PI

凧は上流域の降水量を増加させ、下流域の降水量を減少させる。

6時間平均降水量 (アンサンブル平均)

2021年8月豪雨



2015年 関東・東北豪雨 被害低減効果

風の介入実験。洪水氾濫モデルと被害推定モデルによる被害低減効果の試算



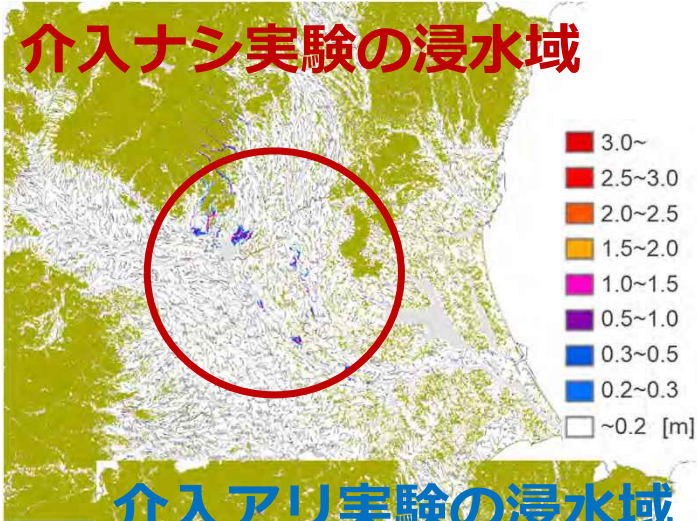
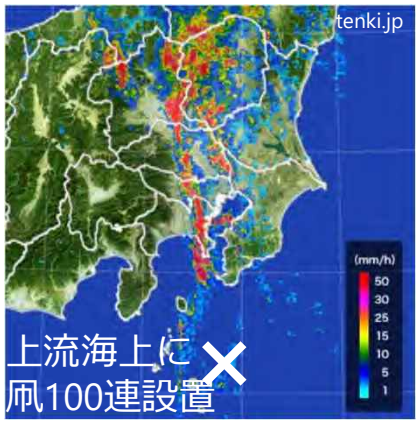
岡崎 PI
(千葉大)

山田 PI
(京都大)

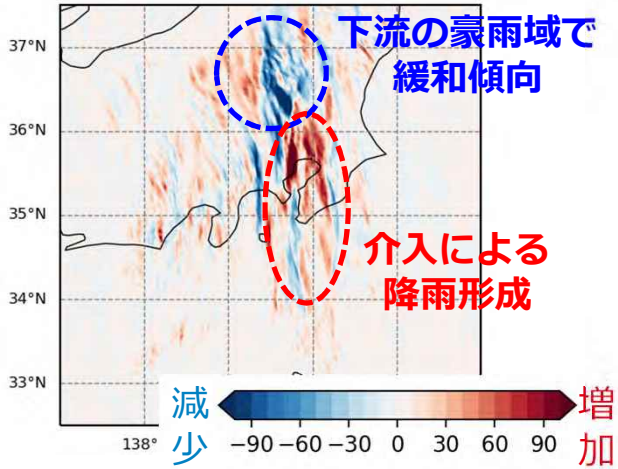
山田 PI
(SOMPO)

鶴島博士
(SOMPO)

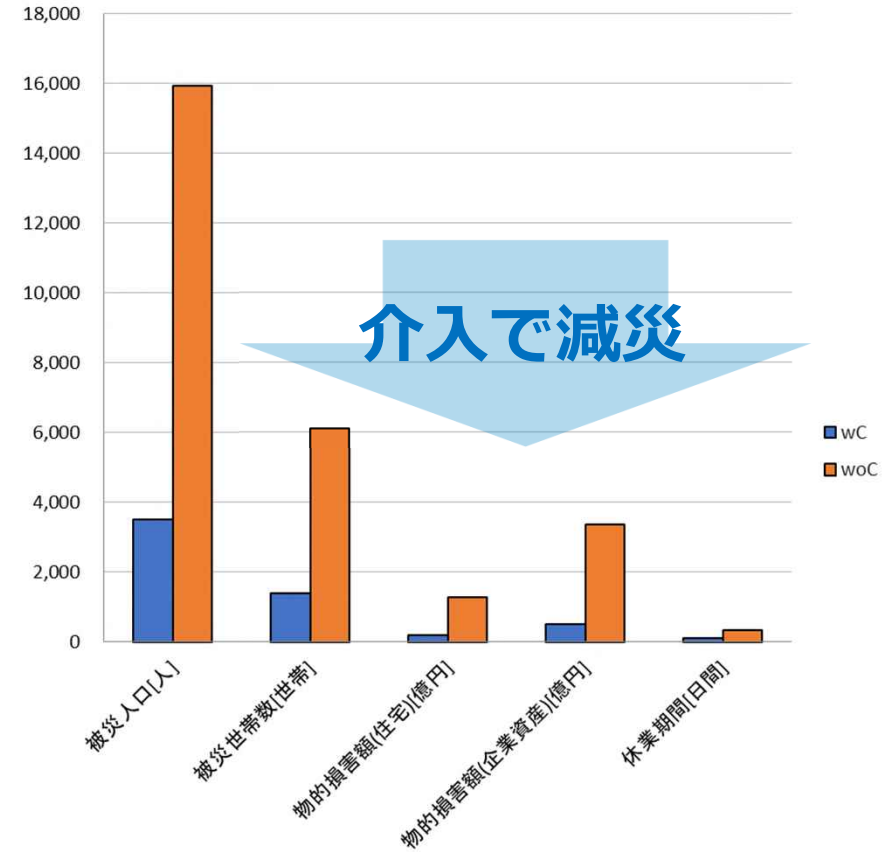
2015年9月関東・東北豪雨



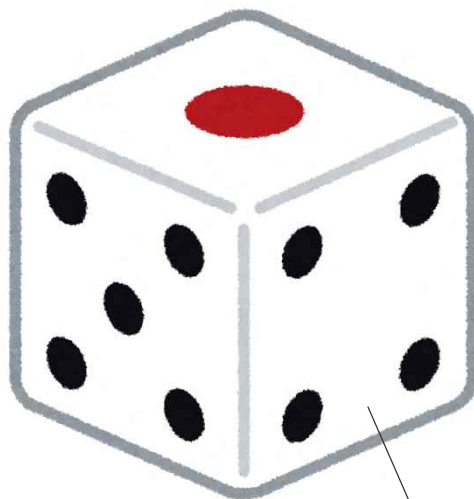
24時間積算降水量 (或るメンバー)



経済被害低減効果



気象制御に向けて解決すべき課題



RRI研究

如何に社会受容を目指すか?



法的研究

如何に法制度を設計するか?





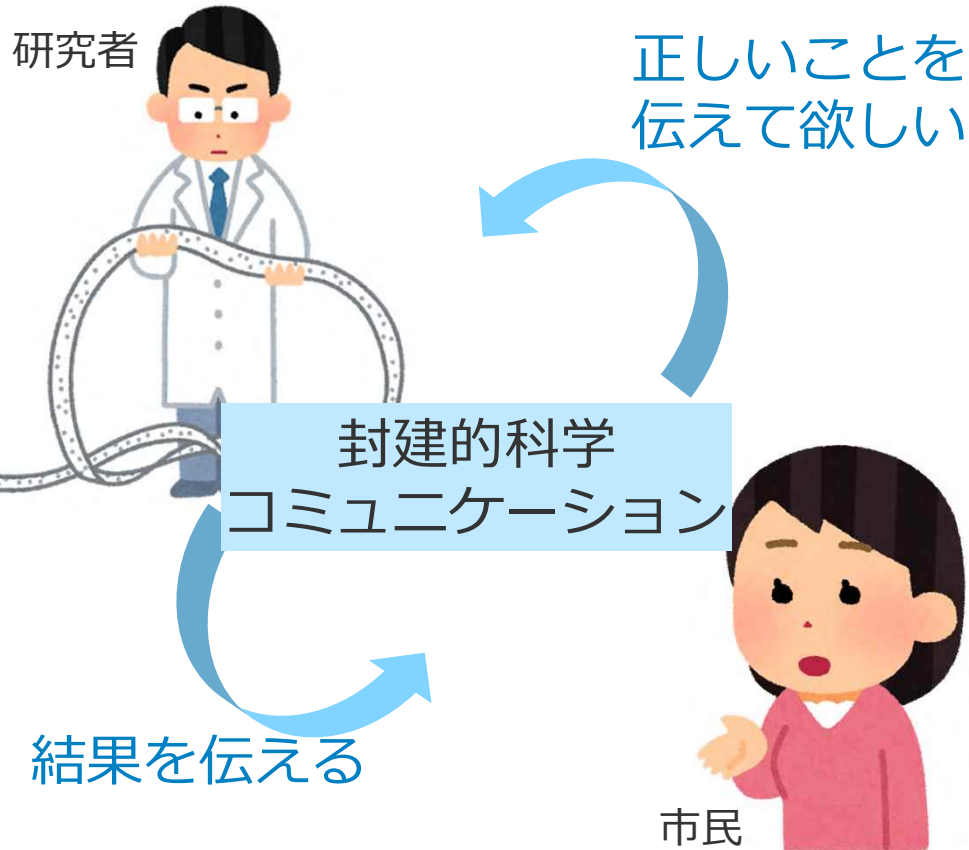
社会合意形成にむけた研究 (法・倫理)

責任ある科学イノベーション (RRI)

依然として日本の科学伝達では、専門家が「結果を伝え」、社会の側も「正しいことを伝えて欲しい」という一方通行の面があり、科学者と社会が科学成果の社会的価値を最大化する仕組みは道半ば (e.g. 新型コロナ)。

市民・行政・企業・産業などのステークホルダーとどのような気象制御を目指すべきか議論する。

現状の日本の科学コミュニケーション



どのような気象制御を目指すのか？



- ・ 技術開発の社会的価値を最大化する
- ・ 日本発のイニテアチブ・国家戦略に繋げる

初手: 気象制御に関わるRRI議論項目の洗出し

合意形成へ情報創出の検討



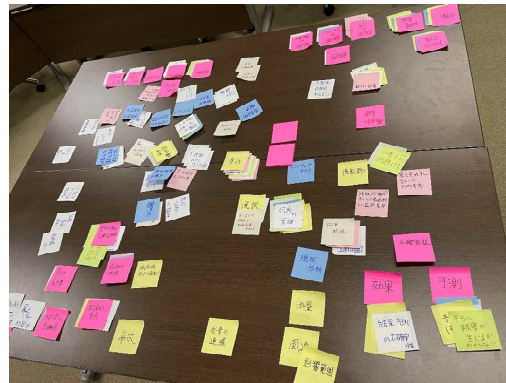
武藤博士
(千葉大)

過去の社会的議論から得た、社会的合意を得るために提供されるべき情報を整理。

社会的議論の例

- ・ 原発再稼働
- ・ ワクチン接種
- ・ 流域治水
- ・ 核廃棄物の処分
- ・ ダム建設

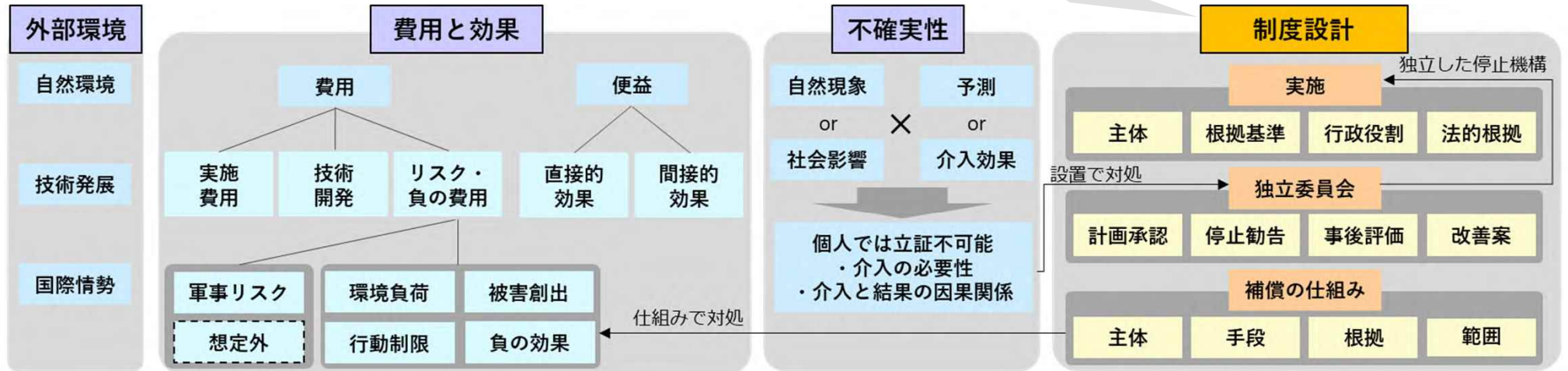
ポストイットと分類



グルーピングと関連性



過去の社会的議論から得た主要な論点 (KJ法)



Responsible Research Innovation で議論

法的課題で議論 武藤ら (in prep.)

災害対策に関する法律の体系（自然災害）の整理



重本PI
(同志社大)

S34.9.26伊勢湾台風を契機
S36(1961)に制定

災害対策基本法

国、地方公共団体等の防災体制、
防災計画、災害予防・応急対応・復
旧等の災害対策の基本を定める

※ 主な法律のみ記載

災害予防

気象業務法？

災害応急対応

災害復旧・復興

地震

- **大規模地震対策特別措置法**
地震防災対策強化地域の指定、
地震観測体制の整備等
- **建築基準法**
住宅の耐震基準の設定等

火山

- **活動火山対策特別措置法**
火山地域における避難施設等の整備等

風水害

- **河川法、特定都市河川浸水被害
対策法**
洪水等の発生防止のための河川の
総合管理、「流域治水」等

土砂災害

- **砂防法、森林法、土砂災害防止法**
災害防除のための国土保全対策の
推進等

○ 災害救助法

被災者の救助の実施体制、救
助の種類、程度、方法、期間
を定めるとともに、費用につい
ての国庫と都道府県との分担
関係を定める

○ 消防法、水防法、警察官職務執行 法

災害発生に組織的に対応するた
めに必要な対策等
その他、**自衛隊法、警察法、消防組織
法等の組織法**において災害対応体制
を整備

保険共済

- **地震保険に関する法律、農業災害
補償法**
損害保険、農林水産業関係災害補
償制度等

被災者への救済援助

- **被災者生活再建支援法**
生活再建支援金の支給等
- **災害弔慰金の支給等に関する法律**
災害弔慰金、災害障害見舞金等の支
給等
- **中小企業金融公庫法、農林漁業金融
公庫法**
中小企業者、農林漁業者への援助等

災害復旧・復興

- **公共土木施設災害復旧事業費国庫負
担法、農林水産業施設災害復旧事業費
国庫補助の暫定措置に関する法律**
災害復旧事業に要する費用に対する
国の補助等
- **大規模災害からの復興に関する法律**
復興に関する組織、復興計画の作成、復
興のための特別措置等

激甚な災害が発生した場合
における特定緊急水防活動
(TEC-FORCE)

↓
気象制御の展開可能性

[1]から一部修正

気象制御に向けて解決すべき課題

気象研究

如何に海上豪雨を形成するか?



数理研究

如何に介入を最適化するか?



RRI研究

如何に社会受容を目指すか?



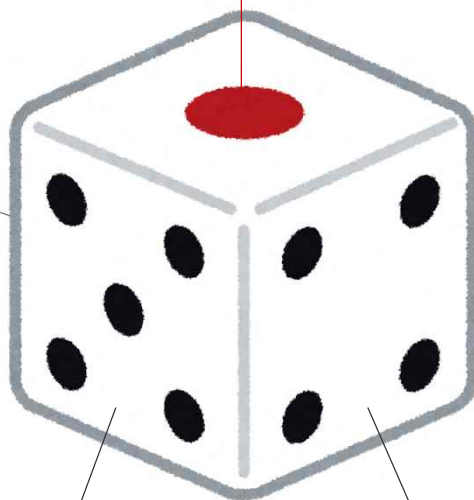
工学研究

如何に介入手段を実現するか?



法的研究

如何に法制度を設計するか?



2050年までのシナリオ

2050年: 極端風水害の脅威から解放された安全安心な社会を実現



科学技術開発

四国南方など海洋上で大規模な実証実験

個々の介入手段を屋外実験で検証

計算機で制御手法を確立し仕様決定

現実的介入による豪雨生成を計算で実証

社会的課題の解決

法・保険など社会制度の確立

国内外の合意形成と実証実験の手配

費用・被害低減効果の試算を完了

法的問題など社会課題の洗出し

2032年以降の研究計画

2032年以降は、屋外実証実験で成功例を重ねつつ、技術を精緻化。
社会合意形成を図りながら社会制度確立していく。

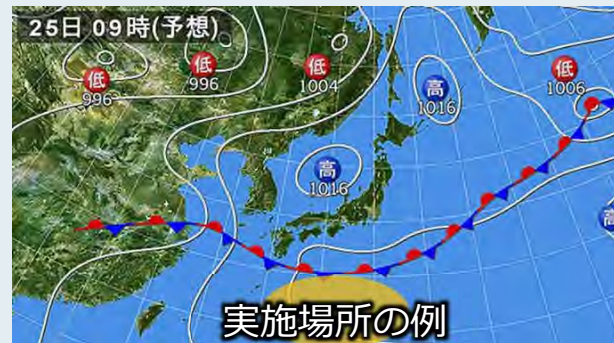
屋外実証実験

介入技術を個別に屋外で検証
(2032年～)



大規模実証実験
(2037年～)

梅雨前線が南方海上にある状況など
気象変化による社会影響が少ない状
況で実施



研究推進を
円滑化

ELSI研究の方向性

(1) 屋外実験の実現

- ・ 法的問題の解決 (電波法)
- ・ 国際機関への通知

(2) 社会合意形成の推進

- ・ 技術やリスクの説明
- ・ ステークホルダーと対話

(3) 社会・法制度の設計

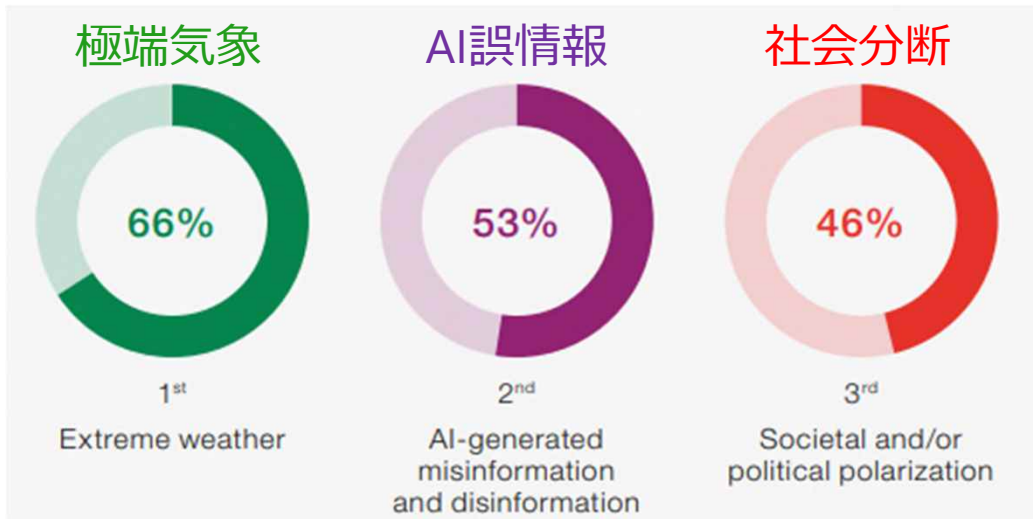
- ・ 実施機関やソフト対策
- ・ 国際ルール策定を主導

最後に: 日本が主導する科学的気象制御研究の必要性

極端気象は最も高いリスクと認識されているが、一方で科学に裏付けられない実験も行われている。
→ 科学的な気象制御研究を進め、国際的なルール形成を先導していくことが重要

現状①: 2024年の世界の3大リスク (世界経済フォーラム)

気象災害・気候変動はもっとも大きなリスク
と認識されている → 対策の必要性大



<https://www.weforum.org/publications/global-risks-report-2024/>

現状②: 資本主義が駆動する気候改変実験

資本主義の論理で投資を集め、気候改変が実際に実験されている (米国)

神への挑戦一人知の向かう先は

「微粒子まいて地球冷やす」米企業に日本から投資 世界では批判

スクープ | 信田真由美 | 環境・科学 | 速報 | 科学・テクノロジー | 環境

毎日新聞 | 2024/11/4 06:00 (最終更新 11/4 06:00) | 1436文字



冷却クレジットを販売しているメーク・サンセツのウェブサイト

上空に微粒子（エアロゾル）をまき、太陽光を人為的に遮って地球を冷やすという米ベンチャー企業が、温室効果ガスの排出量取引に使う「カーボンクレジット」を模した商品で投資を呼びかけ、複数の日本の在住者が購入していることがわかった。

<https://mainichi.jp/articles/20241031/k00/00m/040/345000c>