



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

気象制御に関わるELSIへの取り組み

～ELSI横断検討チームの活動報告～

笹岡 愛美（横浜国立大学／筆保プロジェクト）

羽鳥 剛史（愛媛大学／山口プロジェクト）

松山 桃世（東京大学／澤田プロジェクト）

「気象制御」の社会実装への懸念

- 「気象制御」によって自然や社会にマイナスの影響を及ぼす可能性はないのかな？
- 研究者は自然や社会のことを考えてくれるのかな？
- 「気象制御が実現したら、もう何が起きても大丈夫だ！」(という恐らくは誤解？)



ELSI横断検討チーム

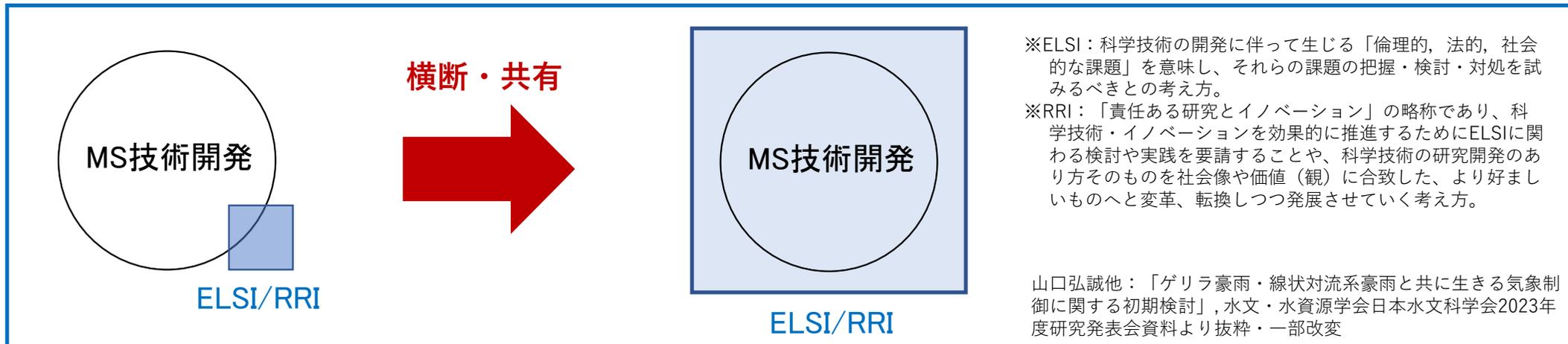
目標8全体として気象制御のELSIに取り組む横断チームを発足。月1回程度のペースで議論。

1) 気象制御全体の俯瞰的ELSI論点の整理(昨年度～)

- 2050年の目標達成に向けて検討が必要な論点を網羅的・総合的に整理・抽出。
- 新たな視点や追加すべき研究課題を随時検討。

2) プロジェクトメンバーへのインタビュー(今年度～)

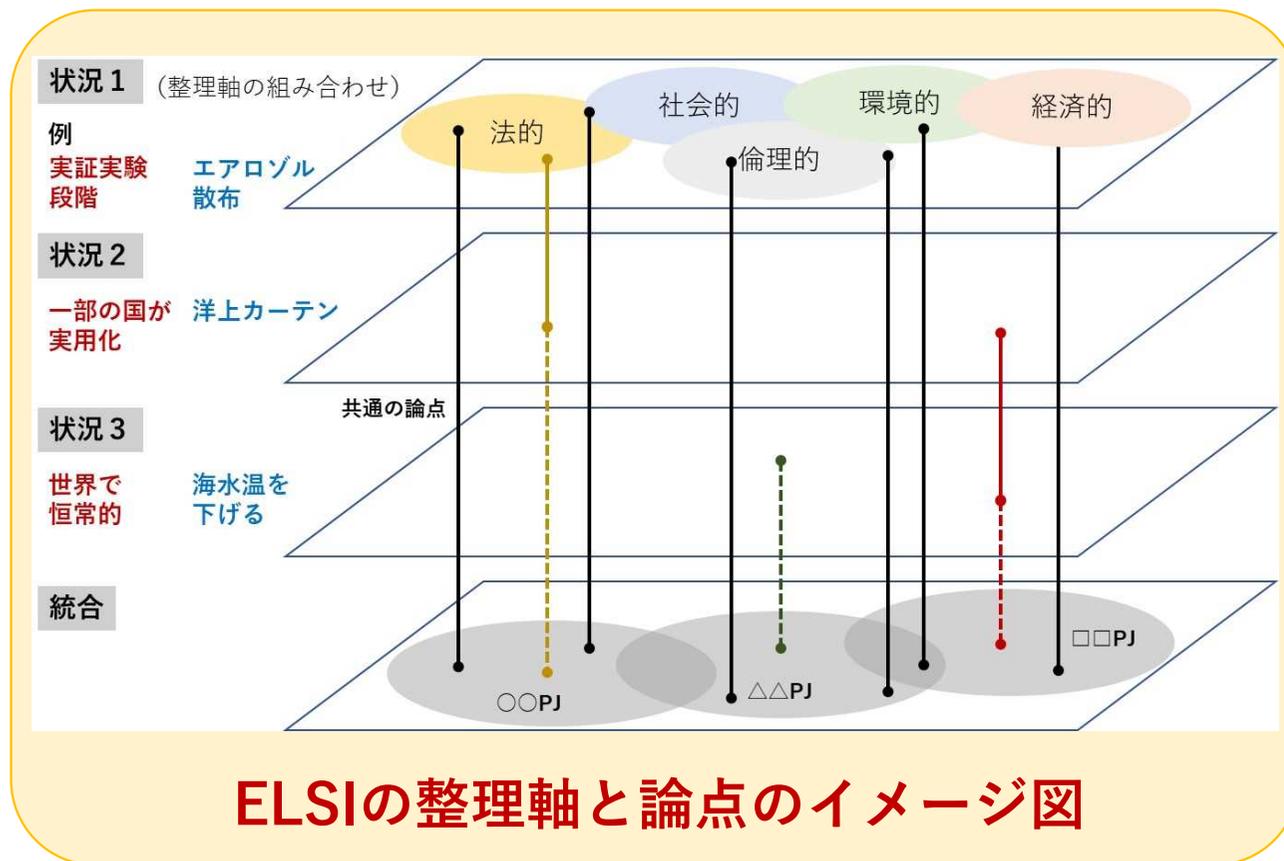
- ELSI担当以外のメンバーへのインタビューを通じて、ELSI論点を補充すると共に、プロジェクト全体としてELSI/RRIを推進。



1) 俯瞰的ELSI論点の整理 (R.4の検討)

検討のステップ

1. 各プロジェクトのカバー領域の確認・共有
2. ELSIの検討状況を特定する整理軸の明確化
3. 気象制御のメリット・デメリットの洗い出し
4. ELSI論点の洗い出し・体系化



ELSI論点の洗い出し・体系化

論点	アクション
国際的なリスク分散・協調関係維持の仕組み 格差・国際紛争の防止 軍事利用・テロの防止	・現行の法ルールとの関係を調査 ・国際動向、国家安全保障上の懸念事項を調査
受益者以外の第三者への負の影響 農業従事者との、降水量低下による不作のリスク 漁業従事者との、漁へ出られないリスク 操作を誤って巻き込まれた航空機・船舶への補償 ダム貯水率が減るリスク 制御との因果関係が不明確な、制御後に生じた現象	・リスク評価の視点、リスクの算定 ・影響評価→安全規制、賠償・補償スキーム、保険 制度：法哲学・倫理学の観点から、倫理的課題について検討
想定外・長期的リスクへの対応 地球規模の気象への影響 気候への影響 生態系への影響 制御との因果関係が不明確な、制御後に生じた現象	・予測技術の向上
技術開発の判断プロセス・合意形成 関連技術の発展への有用性（予測精度の向上、現象理解） アカウンタビリティ	・市民対話・アンケートによる意識調査
制御実施の判断プロセス・合意形成 判断主体・責任 発動条件 ・費用対効果の予測 ・公平性・トロッコ問題 ・社会脆弱化などのデメリットへの配慮 ・代替手段との比較 制御をしなかった際に生じた被害の扱い アカウンタビリティ	・負の影響（影響評価→安全規制、賠償・補償スキーム、保険制度） ・市民対話・アンケートによる意識調査
制御実施の評価プロセス アカウンタビリティ	
社会の脆弱化 防災インフラの脆弱化 防災施策の減退 主体性の低下（モラルハザード） 気候変動の緩和の意識低下	・法学・安全工学・気象行政の観点から、台風制御 技術の発動段階における安全性についての考え方を 整理
費用負担 負担者 金額	・市民対話・アンケートによる意識調査
価値観の変化 環境倫理：人間が自然現象に介入する是非 自然観 自然災害の捉え方 気象 commons：気象の捉え方	・法哲学・倫理学の観点から環境倫理について検討 ・豪雨や気象と共生してきた地域コミュニティの暮らしの実態調査 ・地域ステークホルダーとの気象制御導入に関わる社会科学対話 ・市民対話・アンケートによる意識調査
そもその論点抽出・論点整理	・国際関係・基礎研究（歴史研究）の観点から、 米国Stormfury計画等に関する歴史的経緯を調査し、 ジオエンジニアリングをめぐる事例研究および論点を整理 ・市民対話による論点抽出



論点大項目	論点中項目／小項目
地球規模のリスクに関わる課題	地球環境・生態系への影響／想定外リスク 地球規模の気象への影響 気候への影響 生態系への影響 制御との因果関係が不明確な、制御後に生じた現象
地域レベルのリスクに関わる課題	地域環境・生態系への影響 地域スケールの自然環境・生態系への影響 制御との因果関係が不明確な、制御後に生じた現象 第三者への負の影響／地域コンフリクトの緩和 農業従事者との、降水量低下による不作のリスク 漁業従事者との、漁へ出られないリスク 操作を誤って巻き込まれた航空機・船舶への補償 ダム貯水率が減るリスク 景観の維持
社会的判断・意思決定プロセスに関わる課題	技術開発の判断プロセス・合意形成 関連技術の発展への有用性（予測精度の向上、現象理解） アカウンタビリティ 制御実施の意思決定プロセス・合意形成 判断主体・責任 発動条件（必要性の判断） ・費用対効果の予測 ・公平性・トロッコ問題 ・社会脆弱化などのデメリットへの配慮 ・代替手段との比較 制御をしなかった際に生じた被害の扱い アカウンタビリティ 費用負担に関わる分配的公正 受益者負担の原則 受益圏と受苦圏間の補償問題
社会システムの脆弱性をめぐる課題	社会システムの脆弱化 防災インフラの脆弱化／防災施策の減退 経済・産業の脆弱化 主体性の低下（モラルハザード、市民・行政・技術者） 気候変動の緩和の意識低下 予測精度とレジリエンスのバランス 社会的格差・分断の助長 環境正義・地域間の格差 国際的ヘゲモニー（台風の押し付け合い） 貧富の差の拡大
自然・文化に関わる価値規範をめぐる課題	環境倫理・科学倫理 自然権 環境権 世代間倫理 公共性と共同性 国際ルール・法秩序 自然観・災害観・科学観 自然・災害の捉え方 科学技術とのつきあい方 共生文化・思想（気象 commons）
責任ある研究・イノベーション実践に関わる課題	研究倫理・責任 ガイドライン 責任分担 コンプライアンス 研究者の意識変化・態度変容 研究ガバナンス ベストプラクティス構築 ELSI・RRI検討 反省的実践 研究の連携・調整 ピア評価 プロジェクト内の緊張関係

ELSI論点の分類案（昨年度の暫定版）

1. 地球規模のリスクに関わる課題

- 1.1 地球環境・生態系への影響／想定外リスク（地球規模の気象・気候／生態系／因果関係の不明確性）
- 1.2 国際的なリスク分散・協調関係（格差・国際紛争／軍事利用・テロ／経済紛争・経済摩擦）

2. 地域レベルのリスクに関わる課題

- 2.1 地域環境・生態系への影響（地域スケールの環境・生態系／因果関係の不明確性）
- 2.2 第三者への負の影響／地域コンフリクトの緩和（農業／漁業／航空機・船舶の運航阻害／ダム貯水／景観）

3. 社会の長期的変化をめぐる課題

- 3.1 社会システムの脆弱化（防災インフラ・施策の脆弱化／経済・産業の脆弱化／モラルハザード／意識低下／予測精度とレジリエンス）
- 3.2 格差・分断の助長（環境正義／ヘゲモニー／貧富の差）

4. 自然・文化に関わる価値規範をめぐる課題

- 4.1 環境倫理・科学倫理（環境利益／環境権／世代間倫理／公共性と共同性／国際ルール・法秩序）
- 4.2 人々の暮らし（自然・災害の捉え方／「制御」に関する言語・呼称問題／科学技術とのつきあい方／共生文化・思想）

5. 社会的判断・意思決定プロセスに関わる課題

- 5.1 技術開発の判断プロセス・合意形成（関連技術の発展／アカウンタビリティ）
- 5.2 制御実施の意思決定プロセス・合意形成（判断主体・責任／発動条件（必要性）／アカウンタビリティ）
- 5.3 費用負担に関わる分配的公正（受益者負担の原則／受益圏と受苦圏間の補償問題）

6. 責任ある研究・イノベーション実践に関わる課題

- 6.1 研究倫理・責任（ガイドライン／自然・社会に対するケアの思想／責任分担／コンプライアンス／研究者の意識変化）
- 6.2 研究ガバナンス（ベストプラクティス構築／ELSI・RRI検討／反省的实践／研究の連携・調整／ピア評価／プロジェクト内の緊張関係）

台風・豪雨制御のELSI俯瞰図（イメージ図）

1 地球規模のリスク に関わる課題

—制御技術が抱える長期的・広域的なリスクを軽減できるか

- 1.1 地球環境・生態系への影響
- 1.2 国際的なリスク分散・協調

2 地域レベルのリスク に関わる課題

—制御技術が抱える地域的なリスクを軽減できるか

- 2.1 地域環境・生態系への影響
- 2.2 第三者への負の影響／
地域コンフリクトの緩和

3 社会システムの脆弱性 をめぐる課題

—我々の社会は制御技術を上手に
使い込ませることができるか

- 3.1 社会システムの脆弱化
- 3.2 格差・分断の助長

4 自然・文化に関わる価値判断 をめぐる課題

—制御技術のあり方や限界を
見極めることができるか

- 4.1 環境倫理・科学倫理
- 4.2 人々の暮らし

5 社会的判断・意思決定 プロセスに関わる課題

—制御技術に対する市民の理解を
促すことができるか

- 5.1 技術開発の判断プロセス
- 5.2 制御実施の意思決定プロセス
- 5.3 費用負担に関わる分配的公正

6 責任ある研究・イノベーション 実践に関わる課題

—技術開発・実装を責任をもって
進めることができるか

- 6.1 研究倫理・責任
- 6.2 研究ガバナンス

2) プロジェクトメンバーへのインタビュー（R.5の検討）

• 筆保プロジェクト（笹岡PI）

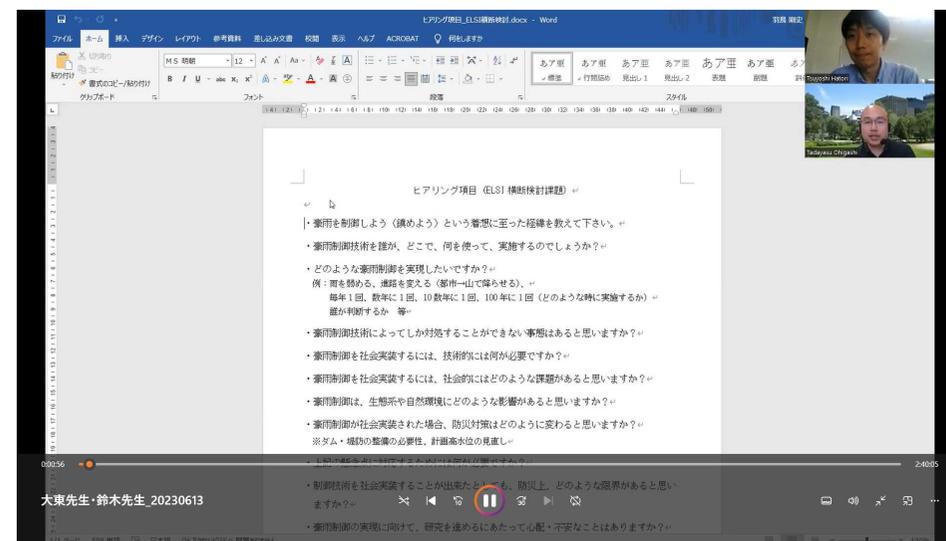
- 日時：2022年12月13日～23年6月28日
- インタビュー対象：PI12名（観測・工学を除く全PI）

• 澤田プロジェクト（松山PI）

- 日時：2023年2月2日～5月31日
- インタビュー対象：PI全8名

• 山口プロジェクト（羽鳥PI）

- 日時：2023年6月8日～22日
- インタビュー対象：PI全10名



※小槻プロジェクトはR.5年8月から開始のため、今後横断チームに参画予定

インタビュー項目

- **実現可能性の高い制御手法**：最も実現可能性があると思われる気象制御技術はどのような手法だと思いますか？
- **社会実装に向けた技術課題**：気象制御を社会実装するには、技術的には何が必要ですか？
- **社会実装で生じうるELSI**：気象制御を社会実装するには、技術以外にはどのような課題があると思いますか？
- **研究進行における懸念点**：気象制御研究を進めるにあたって心配・不安なことはありますか？
- **制御の実現可能性の判断**：気象制御が実現可能か不可能かの判断はどのように行くと良さそうですか？

など

コア研究間の共通事項

■ 気象制御の必要性とその条件について

- 気候変動による災害激甚化や今後の社会経済状況を踏まえると、**制御技術の必要性は少なくない**だろう。
- ただし、気象制御が有効に機能する**適用条件を明確化**する必要がある。場合によっては、防災対策上の**「最後の一手」**として位置付ける必要も。

■ 「制御」という言葉について

- 一般市民にとって、「制御」という言葉は、ともすると①自然を無理やり押さえつける、②災害を完全にコントロールできるという意味に受け止められかねない。
- プロジェクトメンバーの思いを社会に適切に伝える上では、場合によっては「制御」という**言葉を翻訳する必要**もある。例)「豪雨を鎮める」(山口プロジェクト)

■ 専門家の姿勢について

- プロジェクトメンバーも開発技術の社会実装化に向けては、その社会・環境的影響を総合的に捉えつつ、**慎重に進めていく必要性**を感じている。

それぞれのコア研究の特徴

■ 澤田プロジェクト

市民対話をとおしてのELSI(特に、倫理的・社会的課題)の抽出・精緻化と、アンケート調査等による社会受容性の評価を継続して進めていく。

■ 筆保プロジェクト

台風に関する研究機関(台風科学技術研究センター)と連携し、台風への人為的介入を含めた様々な可能性を前提に、台風と共生する社会のあり方についてトランスサイエンスの視点から総合的に検討する。

■ 山口プロジェクト

「豪雨と共に生きる制御技術」が目指す社会ビジョンを「気象 commons」として提起し、ELSIの視点を考慮しながら、気象 commons 形成に向けた地域協働の仕組みを実践的に検討する。

今後の検討

- 俯瞰的ELSI論点を精緻化・アップデートしながら、2050年の社会実装化を見据えたアクションリストを作成する。
- 特に、**10年後の実証実験の実施**に向けたアクションリストの作成や優先順位の明確化が必要である。
- 実証実験のガイドラインや手順づくりを横断的に検討することにより、**目標8全体として協調・連携しながら進めていく**ことが期待できる。実証実験WGやメンバー補強等の体制づくりも検討する。