MS8 における気象制御の研究開発に関する

責任ある研究・イノベーションのための原則（暫定案）

2025 年 9 月 26 日　MS8・ELSI 基盤ユニット

前文

気象がもたらす様々な恵みは、地球に暮らす我々にとって不可欠な天然の資源である。その一方で、ときに気象、とりわけ台風や豪雨などの極端気象は、我々の社会生活の基盤を脅かす激甚な災害をもたらす。そこで、地球温暖化に伴い激甚化する極端気象と、そこで生きる我々の社会生活との調和のためのひとつの選択肢として、気象を人為的に緩和するための研究開発（気象制御研究）が進められている。日本においては、2022 年より、内閣府が設立したムーンショット型研究開発制度において「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の実現」を目指すムーンショット目標 8（以下「MS8」という。）が開始された。MS8 では、次の事項をターゲットとして研究開発を行っている。

- 2050 年までに、激甚化しつつある台風・豪雨（線状降水帯によるものを含む）の強度・タイミング・発生範囲などを変化させる制御によって極端風水害による被害を大幅に軽減し、我が国及び国際社会に幅広く便益を得る。
- 2030 年までに、現実的な操作を前提とした台風・豪雨（線状降水帯によるものを含む。）の制御によって被害を軽減することが可能なことを計算機上で実証するとともに、広く社会との対話･協調を図りつつ、操作に関わる屋外実験を開始する。

気象制御の実現及びそのための屋外実験の実施は、防災・減災に資するというだけでなく、水資源分配の変更や想定外の被害の可能性を含んでおり、これらに基づく政治的・倫理的な問題も想定される。また、自然がもたらす大気システムに人為的に介入すること自体が、宗教的・文化的観点も含んだ様々な議論を惹起しうる。そこで、気象制御の研究開発においては、気象制御の実現及び屋外実験がもたらす非技術的側面として倫理的・法的・社会的影響（Ethical, Legal, and Social Implications, ELSI(※)）を認知し、社会及び自然環境に対して責任ある姿勢でこれを行うことが必要となる。「MS8 における気象制御の研究

開発に関する責任ある研究・イノベーションのための原則」（以下「本原則」という。）は、MS8 における研究開発（以下「本研究開発」という。）における「責任ある研究・イノベーション」を構成する諸原則を明確にしたものである。

（※）ELSI は、「Ethical, Legal, and Social Issues（倫理的・法的・社会的課題）」のアクロニムとして用いられることが多い。本原則は、気象制御の実現及び屋外実験を責任ある姿勢で行うために、「乗り越えるべき課題」に限らず、これらがもたらしうる影響を幅広く考慮するものである。このような観点から、本原則においては、「Ethical, Legal, and Social Implications（倫理的・法的・社会的影響）」のアクロニムとして ELSI を用いる。

第１原則：社会的意義の追求

1. 本研究開発は、その社会的意義を明確にした上で実施されなければならない。
   ① 本研究開発の社会的意義は、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することである。
   ② ①のほかにも多様な活用可能性を探求するとともに、その限界を見極める。
2. 本研究開発においては、全体のターゲットに即したマイルストーンを設定し、マイルストーンの達成見込みを確認しつつ、研究を実施する。
3. 本研究開発の推進においては、その進展に応じて、防災・減災対策等における位置づけや役割などの点検と、それらも踏まえた社会的意義の確認等を行う。
4. 営利を目的とする主体であっても、本研究開発に参加することができる。ただし、その活動は、本研究開発の社会的意義に沿ったものでなければならない。

第２原則：倫理及び正義への配慮

1. 本研究開発は、倫理及び正義に配慮し、想定される課題に適切に応答するものでなければならない。
2. 倫理の観点から見た場合、①人間が意図的に自然に介入することは、「人間の傲慢

さ」の表れであると受け止められる可能性があること、②恩恵を被る者とリスクを負う者を選び出すことにつながること、③風水害への対策や台風・豪雨の激甚化の要因となる地球温暖化への対策が手薄になる「モラルハザード」が生ずるなどの懸念があることへの配慮が必要である。

3. さらに、市民、企業、地域、国家相互の信頼と協力の下、人間と気象との身体的・精神的・社会的な関わり合いを維持し、次世代に引き継いでいく責任を果たす必要がある。
4. 正義の観点から見た場合、①気象制御により、正と負の両方の影響が不均等な形でもたらされるときは、分配的正義が脅かされうること、②研究開発及び制御実施に係る公正な意思決定プロセス（透明性や批判可能性の担保、影響をうける可能性のある多様な主体の参加や包摂又はそれら主体との対話）は、手続的正義の確保に不可欠であること、また③気象制御は場合により長期的な将来世代の利害にも関わるため、世代間正義の問題ともなりうることに配慮する必要がある。
5. さらに、気象制御に関する技術が軍事用途と民生用途のいずれにも応用可能であるというデュアルユース性（用途両義性）に留意する。

第３原則：科学的根拠に基づく研究開発

1. 本研究開発は、大気プロセス、水循環等に関する真正な科学的知見に基づき、かつ今後の科学の発展に資するものでなければならない。
2. 制御の効果を特定又は判別するために、データ取得を含むモニタリング体制を整備する。
3. 論文の査読だけでなく、屋外実験及び研究開発全体に対しても学術コミュニティ全体による評価が行われる必要がある。
4. 本研究開発に関わる成果の公表においては、成功例だけでなく、失敗例、不明点及び不確実性にも言及しなければならない。
5. 本研究開発において取得したデータを公開及び共有することにより、外部の研究者等による検証や科学的知見の増進に寄与することのできる環境及び機会を確保する。

第４原則：環境及び社会への影響評価

1. 本研究開発に基づき行われる屋外実験においては、法的に義務づけられているかどうかを問わず、大気現象・水循環への影響だけでなく、生態系や生物資源等を含む自然環境への影響について合理的に実施可能な評価を行う。
2. さらに、環境への影響は、現在だけでなく将来にわたる可能性もあることに留意する必要がある。
3. 屋外実験においては、自然環境と社会・経済等への影響に関する安全性を確保するため、関係法令を遵守するとともに、自主的なガイドラインその他の方法により、実施に関わる事項を定める。二国間又は多国間に関わる事項については、必要な協議に向けた協力を行う。
4. 関係法令の遵守、安全性の確保又は必要なルール形成が困難である場合は、屋外実験を中止し、若しくはその内容を変更し、又は屋外実験の当事者以外の者による評価若しくは審査を受け、その結果に基づき対応する。
5. 本研究開発においては、影響評価手法、環境倫理、環境正義、補償又は紛争解決に関して、学術的な観点からの研究開発を実施する。

第５原則：多様な主体との対話

1. 本研究開発は、直接的な利害関係の有無にかかわらず、多様な背景や意見を持つ主体の意見を聴く機会を設け、その成果を踏まえた上でこれを進める。
2. 本研究開発は、適切な情報公開と平易な説明によって、専門家ではない者が本研究開発を理解し、かつ対話に参加することができるようにすることに努める。
3. 屋外実験の計画段階においては、当該屋外実験により影響を受ける可能性のある利害関係者（以下「ステークホルダー」という。）との間で説明と対話を行うとともに、屋外実験の実施中及び実施後において、適時の情報提供及び成果の報告を行う。
4. 屋外実験におけるステークホルダーの確定にあたっては、多様な意見を取り入れながら慎重にこれを行う。

5. 屋外実験の実施において、国内のみならず国際的なルール形成が必要となる場合は、当該ルール形成に積極的に関与するよう努める。また、国外の研究者との情報の交換、共同研究の実施等を通じて、国境を越えた相互理解と信頼の醸成を図る。

第６原則：透明性

1. 本研究開発における成果、屋外実験に関わる意思決定プロセス、実施内容及び評価については、関係する情報とデータを公開し、その透明性を確保する。
2. 本研究開発のレジストリ（公開登録簿）を備える。
3. データの公開及び共有においては、オープンサイエンスに係る要求を遵守するとともに、FAIR（Findable、Accessible、Interoperable、Reusable）の原則等の国際的な動向にも配慮する。

第７原則：順応性

1. 本研究開発は、本来は考慮すべきであるにもかかわらず認知されていない事項がありうること及び研究開発の進展に伴い新たな課題や配慮事項が生じうることを認識し、継続的に ELSI を把握することを含めて、柔軟な姿勢を維持する。
2. 本研究開発においては、気象制御に関する科学的知見を向上させるとともに、気象制御の持つ不確実性（介入とその後に現れた事象との間の因果関係を検証することの難しさ）の程度を理解することに努め、その程度に対応した行動をとる。
3. 深刻な負の影響又はその蓋然性が明らかになったときには、本研究開発の方針や内容の変更を含め、必要な対応を講ずる。負の影響を評価する際には、その範囲や被害の大きさだけでなく、長期的な環境影響の可能性も考慮する。
4. 介入のスケール及び想定される影響範囲は、必要最小限のものとなるように努める。また、当初予定した範囲よりもこれらが広がる場合は、計画の変更を含め、対応を検討する。

5. 屋外実験は、予測を超える影響や被害が生ずることを想定した上で実施されなければならない。介入によってどのような影響や被害が起こるのかを合理的な手法によっても予測することができない場合は、実験を中止し、又はより影響の少ないものに変更する。
6. 本研究開発は、その成果や影響を適時に評価し、研究開発の内容の変更（終了を含む。）及び資源の再配分を柔軟に行う。

付則

本原則は、MS8 の研究開発開始日である 2022 年 5 月に遡って適用される。本原則については、今後、定期的に点検を実施し、気象制御研究の進展等を踏まえて適宜に見直しを行う。

MS8 ELSI 基盤ユニット構成メンバー(敬称略)

MS8 ではプロジェクト間で共通する ELSI へ一貫した対応を行うため、「MS8 ELSI 基盤ユニット」を設置している。本ユニットは、全プロジェクトから ELSI 研究者が参加し、さらにプログラムディレクション、気象学、俯瞰的な立場から助言を行うメンバーも参加している。本原則の作成は本ユニットが中心となって行われている。
メンバーは以下の通り。

氏名	所属 PJ	役割(※)	所属・職位
三好　建正	－	PD	理化学研究所 計算科学研究センター　チームプリンシパル
中澤　哲夫	－	SPD	気象庁 気象研究所 台風研究部　元 部長
標葉　隆馬	－	AD	慶應義塾大学 大学院メディアデザイン研究科　准教授
大原　美保	－	AD	東京大学 大学院情報学環 総合防災情報研究センター　教授
松山　桃世	澤田 PJ	PI	東京大学 生産技術研究所　准教授
藤見　俊夫	澤田 PJ	PI	京都大学 防災研究所　准教授
笹岡　愛美	筆保 PJ	PI	横浜国立大学 総合学術高等研究院 台風科学技術研究センター　教授
羽鳥　剛史	山口 PJ	PI	愛媛大学 社会共創学部　教授
重本　達哉	小槻 PJ	PI	同志社大学 大学院司法研究科　准教授

※PD：プログラムディレクター、SPD：サブプログラムディレクター、AD：アドバイザー、PJ：プロジェクト、PI：課題推進者