

グローバル・コモンズの持続可能な保全に向けた展開に関する研究会 報告書

令和 7 年 9 月 16 日

グローバル・コモンズの持続可能な保全に向けた展開に関する研究会

本報告書は、グローバル・コモンズの持続可能な保全に向けた展開に関する研究会における議論をまとめたものである。

1. 現状認識

全世界的な気候変動や生物多様性の大規模な損失等が進む中、地球がこのままドミノ倒しの様に制御不可能な Unsafe 状態となっていくか、あるいは、安定性を維持しつつ人類への悪影響を最小限に留める Safe and Just（生物種や世代を越えて、安全で公正な状態）に留まることができるかどうか、現在は地球システムの臨界点（tipping point）にある可能性が指摘されている。

人間活動に対する地球環境の許容限界を示す「プラネタリー・バウンダリー」という概念が 2009 年に提唱されるとともに、地球環境の保全に重要な 9 要素（①気候変動、②新規化学物質、③オゾン層の破壊、④大気汚染、⑤海洋の酸性化、⑥生物地球化学的循環（窒素・リン）、⑦淡水の利用、⑧土地の改変、⑨生物多様性の損失）に関する許容限界とその現状が示された(Rockström et al. Nature 2009)。プラネタリー・バウンダリー概念の重要な点は、地球システムには安定した状態を保とうとする性質や一時的に異常な状態になったとしても長期的には安定した状態に戻る回復力（両者を総称して「レジリエンス」という。）が備わっているものの、レジリエンスには限界があり、その限界を超えると、不可逆的な変化が起こる可能性があることを指摘するとともに、その具体的な限界を提案したことにある。最新の研究成果では、9 要素のうち 6 要素が許容限界を突破し、その内、4 要素（①気候変動、②新規化学物質、⑥生物地球化学的循環（窒素・リン）、⑨生物多様性の損失）が限界を超えてハイリスクゾーンに達している上に、悪化傾向にあるとされている。つまり、過剰な人間活動が地球の調節能力を超えて、地球システムの不可逆的な変化を引き起こす可能性、同時に安全圏から逸脱した地球環境が人間活動に甚大な損失をもたらすリスクが指摘されているのである。人類が生存可能な地球システムを、人類の共有財産（＝グローバル・コモンズ）として捉え、これを持続的に保全していくことが必要であり、人類の生存に差し迫った現実的課題である。このまま有効な対策が講じられない場合、2050 年までに世界の GDP の 18%に相当する経済損失が生じるとも推計されている。プラネタリー・バウンダリーを構成する全ての要素についてハイリスクゾーンから脱却するなど、グローバル・コモンズを維持することは喫緊の課題である。

一方で、世界各地で収まらない紛争や貿易、科学技術、環境保全等における世界各国の共感性を損なう政策方針の大転換、中国発 AI の Deep Seek 登場による経済産業界を含めた国際的な科学技術分野の影響力の変化や米国における科学技術予算・人材縮減や留学生受け入れ停止に見られるサイエンスそのものやアカデミアへの影響等、世界情勢は混乱を来している。また、莫大なエネルギーを消費し資源を一点に集中投資することで覇権を取ったり、情報を意図的に操作し拡散し

たりするなど、科学技術を見境なく活用している状況も見受けられる。我が国では、第 6 期科学技術イノベーション基本計画において再提示された「Society5.0」では、「サイバー空間において、社会のあらゆる要素をデジタルツインとして構築し、制度やビジネスデザイン、都市や地域の整備などの面で再構成した上で、フィジカル空間に反映し、社会を変革していく」こととし、物理的な空間とサイバー空間の統合を目指してきた。しかし、現在はこの構想に反し、考え方の違いによる国家や人々の分断は悪化の一途を辿っており、その背景として、科学的根拠が乏しかったり実態と乖離した情報が拡散されることで、人類の意思決定や行動がそれらに左右されつつあることが指摘されている。政治・経済・社会と自然環境は密接に関連しているため、科学技術ガバナンス（特に AI ガバナンス）も含めた行動指針が必要となってきた。

複雑に絡み合う社会状況・国際状況が変化する中で、グローバル・コモンズを保全し地球システムを Safe and Just な未来へ進めるために、我々に何が必要だろうか。2025 年 1 月のダボス会議において「Protecting Science」が着目されたように、人類の共通項である、普遍的なサイエンスこそが、新世界の基軸になり得る。

現在の資本主義社会で無尽蔵に消費されるグローバル・コモンズを保全するためには、社会経済システムの中で自然資本を正しく価値づけする必要がある。かつて世界では、サイエンスを基盤に人々の共感性を喚起することや、自然資本等を価値づけし現在の社会の経済システムを修正することで、人々の行動変容を促してきた。例えば、1980 年代以降に拡大していたオゾン層の破壊に対して、サイエンスを根拠とした 1989 年の「モントリオール議定書」に基づき、オゾン層破壊物質の生産・消費の削減に取り組んできた。その結果、2023 年、国連環境計画（UNEP）は、オゾン層が回復傾向にあり、南極上空のオゾン層は 2066 年頃までにオゾンホール発生前の 1980 年の水準に戻るとの予測を発表した。また、2004 年に海洋生物学者リチャード・トンプソンが「マイクロプラスチック」という用語を用いた論文を発表して以降、その環境・生態系・人体への影響の可能性が科学的に指摘され、各国において使い捨てプラスチック規制を含む対策が講じられるとともに、人々の行動変容が促進された。現在では国連主導のもとでプラスチック汚染防止条約の策定に向けた国際交渉が進展している。これらの事例は、科学的知見が目に見えない脅威を可視化し、個人の健康や日常生活に直結する問題として人々に認識された好事例である。

このように、サイエンスは地球規模課題の解決の基礎になるとともに、更には未知の価値を創造し社会変革や未来社会の開拓にも繋げられる可能性があり、失われつつある世界の共感性を繋ぎ止める普遍性としての一定の役割も果たす可能性がある。このサイエンスによるアプローチが、持続可能なグローバル・コモンズの保全に向けた取組の主軸になると考えられる。なお、本来、サイエンス自体もまた人類の知識の蓄積でありグローバル・コモンズの一部として位置付けられる重要な要素である。プラネタリー・バウンダリー概念を用いて科学に基づいて社会に警鐘を鳴らすことだけでなく、グローバル・コモンズという概念を用いることで国際社会のあるべき姿を示すことや経済社会に適切なフィードバックをかけることが可能となる。特に、上述のような各国政府の政策転換をはじめとする世界的な混乱の中で、先行的にサイエンスによるアプローチを行うことは、世界的に見て相対的に科学技術力、国際的影響力が低下する我が国が今後の国際的な科学研究のイニシアティブをとる機会とも捉えられる。急速に進歩する AI による科学技術の劇

的な進歩やイノベーションに期待がかかる今は、我が国発のサイエンスによるアプローチが国際的な政策提言や科学技術ガバナンスも含めた行動指針として受け入れられる好機でもある。サイエンスの普遍性を社会に対してより一層価値創造を図りながら人類の行動変容に結び付けるとともに、今後の各国の社会経済システムの在り方に対し科学の観点から新しい指針を提供し先導することで、科学技術における日本の不可欠性を確固たるものにし得ると考えられる。

2. 理化学研究所の立ち位置

理化学研究所（理研）の第5期中長期目標（2025年4月～）では、理研の役割・ミッションを「科学研究の最前線でその発展を牽引し、基礎科学の学理を生み出し、その知を日本にとどまらず世界に広げ、社会に欠かせない存在となる」、「地球規模課題の解決を目指し、（略）人類全体の将来社会への発展に貢献する（略）」と掲げている。上述のような複雑に絡み合う社会状況・国際状況が変化する時代だからこそ、我が国の科学技術政策においては、科学研究を通じて、地球規模課題の解決のみならず、国民そして人類全体の将来社会への発展に貢献することが求められている。理研は、こうした政策上の要請を踏まえ、これらのミッションの下で、我が国において世界最高水準の研究開発成果を生み出し、日本の科学技術・イノベーションシステムを強力に牽引し、人類社会に貢献する中核拠点としての役割を果たすことを目指している。

理研は、国内唯一の自然科学の総合研究所として、良質なデータを創出し保有する研究力、各分野のトップレベルの研究者、豊富な研究資源（計算資源や研究施設等）、そしてサイエンス・コモンズであるバイオリソースを総動員し組織内の横連携を交えることで、基礎科学の立場から持続可能なグローバル・コモンズの保全に向けた取組を実行し得る。

また、上記のミッションを成し遂げるためには、創出した知の経済界・社会的影響に関するアプローチ手法の高度化や国際的な議論の場へのコネクションの強化を進め、人々の行動変容を促し世界に貢献していく必要がある。そのためには、システム科学とのリアルタイムな対話と、国際的な影響力を持つプラットフォームとの接続が必要となるため、理研は、既に東京大学グローバルコモンズセンター（CGC）、ポツダム気候影響研究所（PIK）と2024年度から連携を始めており、2025年7月には理研-東大-PIK間で3者包括協定を締結した。理研において、良質なデータ、バイオリソース、計算資源、先進モデルが整い予測科学の精度が上がってきた今、この連携により、環境生命体の分子・細胞レベルから地球レベルに至る観測データ、サプライチェーン等の経済データ、そして、富岳等の計算資源等を活用し、多次元・多領域の分析へと移行する。また、これらの研究基盤を、植物科学、ケミカルバイオロジー、触媒化学といった分野における、環境資源科学に立脚したグローバル・コモンズ保全に資する世界トップレベルの研究に活用することでこれまでPIKにおいて行われてきた地球環境や経済のマクロ単一的な分析から、サイエンスに裏打ちされたマルチスケールなプラネタリー・バウンダリーの観測・分析網を構築することが可能となる。特に、これまで静的な分析であったプラネタリー・バウンダリーに、レジリエンスや時定数（安定化に要する時間）といった動的な観点（ダイナミクス）を持ち込むことで、科学的な知見に基づく介入による緩和策や適応策を含むダイナミック・サステナビリティの観点から検討が可能となる。また、シナリオ分析をサイエンスに立脚して行うことで、プラネタリー・バウンダリーを超えない

経済活動を達成するための技術的な研究開発の目標値を設定することが可能となる。さらには、キュリオシティドリブンな活動が主となる基礎科学研究とマクロな視点を取り入れバックキャストリングが可能なシステム科学を両立させることで、双方の観点から相互チェックすることが可能となる。

このように、理研は、所内の連携に加え、理研を中心とした基礎科学と地球システム科学を融合することにより、サイエンスを基軸としたグローバル・コモンズの保全に向けたソリューションやこれまでシステム科学が中心であったサステナビリティ分野に基礎科学が具体的に貢献する方法を提示できる立ち位置にいる。

3. 具体的な取組方針提案

上記を踏まえ理研においては、我が国が科学研究のイニシアティブをとるべくリーダーシップを発揮し、強固な実験的成果、保有する良質なデータ、バイオリソースや富岳、SPring-8をはじめとする研究基盤等の強みを最大限活かした基礎科学（基礎研究）を推進するとともに、PIK 及び東京大学との連携による基礎科学と地球システム科学の融合連携を促進し、グローバル・コモンズの回復と保全さらにはグローバル・コモンズの価値を高めることに資する科学的知見の創出を図る。

これらは、統合イノベーション戦略 2025 で掲げられた「気候変動や生物多様性等の世界的な社会課題の解決に向けて、地球システムという人類の共有財産（グローバル・コモンズ）の保全といった観点からも、分野や組織を超えた国際連携による研究を促進していく。」ことにも沿った取組である。

具体的には、以下の①・②を連関させて推進していく。

①望ましい将来シナリオへの移行・介入

自然環境に介入する技術開発として、陸域システムのレジリエンス向上技術の開発を行う。ケミカルプライミング等や遺伝的多様性の活用により植物の環境ストレス耐性（耐乾性・耐暑性・耐塩性等）を付与・向上する技術、最先端の人工気象設備、世界有数の計算資源「富岳」等を活用することで、適作地の検討、環境ストレス耐性を強化した高収量作物の育種やその導入効果の検証を行う。また、土壌中の微生物叢が持つ環境情報の活用に向け、土壌バンクの構築とメタゲノム解析を通じた土壌の生態系を定量化するとともに、AI や数理モデルを活用した生態系の回復力の定量評価に取り組む。気候変動データ解析の高度化に向け、理研で開発したレーザー融解による微量試料取得装置を活用し、南極で採取されたアイスコア由来の 100 万年超スケールのデータ取得効率を向上し、太陽活動と気候変動の関係性解明や人文科学（歴史資料上の記録との照合等）との連携により気候変動データの高精度化を図る。

また、エネルギーの生産・利用に介入する技術開発として、資源制約下での水素製造触媒の開発や高純度の水を必要としない水電解技術の確立、水素酸化細菌を基盤とした細胞内外への物質輸送機構と代謝の統合的最適化による高効率生産基盤の創出システムの構築を通じて、大規模な水素社会への貢献を目指す。また、超分子材料化学に基づく未利用エネルギー回収デバイスの開発、

無細胞系による高効率な CO₂固定技術の開発も実施する。

また、気象予測の革新技術である少数の観測値と推定値を組み合わせたデータ同化と AI の組み合わせにより、少数データ環境でのモデル構築、さらには未知のモデル方程式の推定に取り組む。その上で、資源、環境、生態、産業、金融などが階層的に結合した複雑なネットワークの連結ルートを明らかにし、環境・社会・企業統治（ESG）に背くような経済・社会活動を事前に検知・警告し、持続可能な経済・社会活動に結び付けるように企業等に促していけるような数理基盤を確立する。同時に、人々の行動変容に寄与する数理的な分析として、行動科学としてのゲーム理論とスパコン等の計算科学を融合し、人々の協力行動の進化メカニズムを明らかにすることで、人間とコンピューターの協働による意思決定支援や制度設計への応用可能性を探る。これにより、国際的で持続可能な協調行動の成立を後押しする。

②複数の将来シナリオ提示

地球システム科学（システム研究）では、PIK との連携により、経済活動と地球環境の相互作用を予測する統合評価モデルに対して、関連する研究成果や科学的知見を統合・反映し、新たなモデルの開発およびその最適化による複数のシナリオ提示を進める。この際、東京大学が情報工学の手法を用いて、理研と PIK の異分野間連携による社会への相乗効果の分析及び科学技術開発における社会への影響評価も行い、効率的な連携を促進する。これにより、基礎科学（基礎研究）において得られた科学的知見が社会シナリオに与える影響の評価が可能となり、地球環境の様々な領域における保全に対する実装効果の予見、実装した場合の資源の競合や制約といった今後の研究の方向性に対する社会的な影響を明らかにする。さらに、基礎研究へフィードバックすることで循環的な研究の推進に取り組む。

具体的には、理研の強みである大規模計算資源を活かした世界的にも網羅性の高い約 600 万に及ぶ日本のサプライチェーンデータのミクロ経済モデルを開発し、気候変動対策の実装による具体的な企業の反応（生産コスト増減、炭素技術への転換、サプライチェーン変更等）やサプライチェーン内の構造や物流、価格、経済性等の様々な変化によって生じる影響をシミュレーションし、評価する。さらに、PIK との共同研究によって、PIK のマクロ経済モデルを中心とした統合評価モデルへの統合を目指す。マクロ経済モデルでは、気候変動による社会的損害や対策による長期的な波及効果をシナリオに基づいて評価分析することが可能である。これに、理研で開発したミクロ経済モデルでのサプライチェーン評価モデルの統合によりミクロ経済がマクロ経済に及ぼす効果も加味して、経済活動と地球環境の相互作用を予測する統合評価モデルの開発・最適化に取り組む。これらの統合評価モデルによる環境評価によって、長期的な政策介入の波及効果や経済的損失の見通しに加え、新たにより実地的な経済産業界の短期的な影響についても明らかとなり、政策立案に対する科学的根拠を強める。また、基礎研究へフィードバックすることで地球システム科学との循環的な研究が可能となる。

以上の研究に基づいた全球規模の科学的知見に基づいた環境評価を用いて、経済、エネルギー、気候、炭素・窒素循環、水循環、植生パターン、作物収量および生産コスト、土地利用等の複雑に

絡み合った様々な領域を包括的に評価し、東京大学を中心とした国際的な発信により、人々の行動変容に繋がることを目指す。評価シナリオの公表、政策介入案の提示等により、自然資本等を価値づけする。これらにより、プラネタリー・バウンダリーに総合的かつ包括的なアプローチを図る。

上記の具体的取組の根幹を成す「サイエンストラスト（科学の信頼性）」への大前提となるのが、バイオリソースを主とする研究基盤である。理研バイオリソース研究センター（BRC）は所内でのリソース使用のみならず、ナショナルバイオリソースプロジェクト（NBRP）において多くのバイオリソースの中核機関を担っており、唯一無二の存在として日本ひいては世界の科学研究を支えている。マウスリソースを筆頭に、高付加価値リソースにより世界的に本分野の市場の成長が見込まれている中、我が国のバイオリソースの中核である理研においては、保有する高品質なバイオリソースの維持管理や高度化のためには更なる研究機能強化を図る必要がある。しかしながらBRCの建屋群は老朽化に起因する問題が頻発しており、拠点としての持続可能性が課題となっている。上記のグローバル・コモنزの持続可能な維持に向けた取組を実行していく上では、保存するリソースのクオリティの維持はもちろん、今後のライフサイエンスの進展やニーズの変化への対応を通し「サイエンストラスト」をバイオリソースの分野から具現化していくことは必要不可欠である。

また、①望ましい将来シナリオへの移行・介入における、自然環境に介入する技術開発を行うにあたって、上記の研究目的に応じた環境条件を設定するために温度、湿度、光、風速、炭酸ガス濃度等の環境条件を精密に制御可能な高機能な人工気象設備及び独自開発した解析装置の導入が必要不可欠である。本設備整備によって得られる研究データ及び研究知見は、PIKとの連携研究において、統合評価モデルの開発に用いられ、政策提言や社会発信の根拠となり、環境問題に対する社会の行動変容に科学の立場から不可欠な形で貢献する。現在、理化学研究所には同機能を有する設備がないため、研究を遅滞なく行うための早急な設備整備が必要である。

4. 出口戦略

3. の取組には、2つの出口がある。1つ目は、科学技術としての出口である。例えば、ケミカルプライミングやゲノム解析を利用した植物科学では、猛暑、乾燥・干ばつ、塩害等に対してレジリエントな作物の創出に取り組むことで、気候変動、淡水の利用、土地利用の変化、新規化学物質、窒素・リン循環の回復に繋げる。土壌中の微生物叢の生物学では、土壌微生物叢が生態系の安定性やレジリエンスに与える影響を明らかにすることで、生物多様性の損失、淡水の利用、土地利用の変化、新規化学物質、窒素・リンの循環の回復に繋げる。これらの、環境に適応し、長期的なシナリオに基づく持続可能な戦略に基づいた自然環境に介入する技術開発において、世界トップレベルの成果創出を目指す。

2つ目の出口としては、グローバル・コモنزを正しく社会経済システムの中で価値づけするために、「3. 具体的な取組方針」及び「4. 出口戦略」の1つ目で述べてきた取組による研究成果を資本主義の制度の下で社会実装していくことである。そのためには、科学的な成果に裏付け

られた行動指針を含めた新たなガバナンスシステムと経済的なインセンティブを与える仕組みを提示していく必要がある。そのため、国際ルールメイキングの場に参画する必要がある。CGC は、2022 年にシステミック社(英)、PIK、持続可能な開発ソリューション・ネットワーク(国連)とともに、グローバル・コモンズの責任ある管理のための科学的かつ実践的な枠組みである The Global Commons Stewardship Framework を世界に提示している。これは、①目標設定・ガバナンスと制度、②経済・金融・インセンティブの見直し、③変化に向けた合意形成のための包摂性・公平性の確保、④イノベーション・テクノロジー・データの活用、の 4 つの共通のアクションレバーを通じて、①エネルギー・産業・輸送の脱炭素化、②持続可能な都市とコミュニティ、③持続可能な生産と消費、④持続可能な食料・土地・水・海洋、の 4 つのシステム転換に包括的にアプローチするものであり、政府、企業、金融、市民社会、国際機関の行動指針となり得る。具体的な取組による研究成果をこの枠組みを通じて、PIK や東京大学の国際的な議論の場との繋がりを活かしつつ、行政・経済・科学界に政策提言として発信していくことで、日本が国際的なルールメイキングやゲームチェンジを牽引し、新たな市場形成・獲得していくことが可能となる。例えば、グローバルサウスでの資本や技術等に配慮した「公正な移行（Just Transition）」のための選択肢として、植物科学に基づくケミカルプライミングや遺伝的多様性を活用したレジリエントな作物作出を国際規格化できれば、これらの技術等の事業化と世界的な普及に繋がる可能性がある。こうしたルールメイキングにおいて経済・産業界にインセンティブを与える手法も見出しつつグローバルサウスに対して国際的な科学技術協力・外交を推進することで、グローバル・コモンズの保全の取組を加速させ、日本が世界における勝ち筋を取るだけでなく、日本の科学技術力強化、日本の国際的影響力向上へと繋げていく。現在、環境分野における国際ルールメイキングの主戦場は、カーボンニュートラル（CN）からネイチャーポジティブ（NP）へと急速に推移している。グローバル・コモンズの保全においても NP を出口戦略の 1 つとして見据えて、研究開発に取り組んでいく。さらに、政治・経済・社会・環境などあらゆる分野で世界に影響力のある米国が、今なお生物多様性条約を批准しておらず、気候変動対策を推進するパリ協定から脱退するなど、世界の連帯を損なう状況を生み出している今だからこそ、多国間連携を強固にしていく必要がある。こうした国際連携を足掛かりとして、我が国の自立性と不可欠性を確保していく。

さらには、関税交渉におけるサプライチェーンの影響、シナリオ分析等の科学的エビデンスの提供により通商政策にも貢献していく。

5. 普遍的な取組としての展開

上記のように、理研の基礎科学と PIK のシステム科学により生み出される科学的知見を、東京大学の異分野の相乗効果分析や技術の影響評価を通して連携させ、国際的な議論の場へアプローチしていくという取組を理研主体で強力に推進するとともに、文部科学省も取組を促進していく。

それと並行して、地球規模課題に対する既存の取組とのネットワーキングを進める。日本国内の他の研究機関や大学等において取り組まれているグローバル・コモンズの保全に繋がる研究開発を、効果的に連携・必要に応じて相互に補完し合うことで、我が国としてより一体的かつ効率的に進めていく。

同時に、このような地球規模課題に対するサイエンスを基盤としたアプローチについては、いち研究開発法人とその連携機関との取組に留めず、我が国の科学技術政策における重要なテーマの一つとして新たな政策の潮流を作っていく必要がある。その際には、サイエンスによる知を実社会に反映し人類の行動変容に繋げるという新たな価値に繋げていくなど、サイエンスが新たな価値を創造して社会変革や未来社会の開拓に貢献できることを共通認識として持っていく必要がある。すなわち、いわゆる技術に繋がる科学のみならず、自然科学と人文・社会科学を時に融合させ人間社会に用いることで、複雑に絡み合う社会状況と変化する国際状況の中で、安定した社会・人類活動を築き上げ、人類をより良い方向に導くことができる。第6期科学技術・イノベーション基本計画において重要性が示された「総合知」に改めて着目し、それを我が国発で具体的な方策を講じながら進展させていくべきである。

(以上)