

令和6年度戦略的研究開発課題（S-22）の公募方針

1. プロジェクト名：

気候変動緩和に向けた温室効果ガスおよび大気質関連物質の監視に関する総合的研究

2. 研究プロジェクトリーダー：

東京大学大学院農学生命科学研究科 教授 伊藤 昭彦

3. 研究予算：

年間総額1億円以内（令和6年度）、年間総額2億円以内（令和7～10年度）

※サブテーマ毎の予算は「6. プロジェクトの研究テーマ構成及びサブテーマ構成」に記載。

4. 研究期間：

5年間（令和6～10年度）

※研究3年目に中間評価を行う。

5. プロジェクトの概要

（1）背景と目的

国連は現在の気候変動が温暖化を超えて沸騰化のレベルに達していると警告しており、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）が第6次評価報告書において強調しているように、原因物質である温室効果ガス（GHG）排出の大幅削減は喫緊の課題である。具体的には、気候変動枠組条約（UNFCCC）パリ協定で掲げられた長期目標（温度上昇を1.5℃未満に抑制）を達成し、脱炭素社会を実現する必要がある。そのために我が国を含む国際社会は、最大の放射強制力を持つ二酸化炭素（CO₂）の排出を実質ゼロとするカーボンニュートラルの実現を重要施策に挙げており、そこでは排出削減だけでなく吸収源（森林など）も不可欠である。また、単位質量あたりの放射強制力が強いメタン（CH₄）や一酸化二窒素（N₂O）など GHG 全般の排出も可能な限り抑制する必要があることが認識されるようになった。CH₄に関しては2030年までに2020年比で人為排出量を30%削減するGlobal Methane Pledgeが提唱され、現在では150カ国が参加するに至っている。またN₂Oについても、窒素の過剰使用に起因する様々な環境問題への対策として、国際的な窒素管理に関する活動が進められている。さらに近年の研究により、長寿命GHGだけでなく比較的短寿命な物質についても気候変動対策の観点で注目されるようになった。ブラックカーボン（BC）や窒素酸化物（NO_x）は大気中での寿命は多くが1週間に満たないが、大気質やエアロゾル形成を通じて気候にも影響を及ぼす。特に近年では気候変動に伴う火災影響が深刻化しており、それに伴うBCなどの大規模放出の評価も課題と

して浮上している。またハイドロフルオロカーボン（HFC）に代表される代替フロン類は、大気中では微量であるが強い放射強制力を持つことが分かっており、日本では総GHG排出に占める割合が高まっている。このような大気中で反応性に富む大気質関連物質（以下、関連物質）は短寿命気候強制因子（SLCF）と呼ばれており、それらをGHGと同時に削減することで気候変動の緩和を効果的に進め、さらに大気質の改善とそれに伴う健康・農業被害の軽減など様々な共便益があることが指摘されている。そのため、GHG・SLCFの境界なく地表における排出・吸収量を包括的に把握することは、大気に関わる環境政策を効果的に進めるための科学的基礎として必要不可欠である。

これまでGHGはUNFCCC、フロン類（代替フロン）はモントリオール議定書（キガリ改正）、大気質はCCAC（SLCFによる大気質に対する気候と大気浄化のパートナーシップ）と、国際的な対策枠組みが別れていた。そのため、排出量の把握や削減に向けた対策も別個に行われており、効率性の面で大きな問題があった。GHGやSLCFには共通の人為排出源を持つものも多いが、これまで別個に行われてきた観測などの監視活動を共通化し効率化することは、研究実施とその環境政策への反映を加速することが期待される。また全物質に共通する重要課題として、対策の基礎となっている人為排出インベントリの信頼性について客観的な検証が不足している点が挙げられる。現在の排出インベントリは、主に社会経済活動の指標と排出係数を用いて推定されているが、基礎データや手法に介在する仮定などにより大きな不確実性が残されている。これは情報基盤の充実した日本でも解決されていない課題であり、途上国などリソースが不足している国・地域ではより深刻な問題となっている。そのため、広域スケールの観測や数値モデルなど地域を問わず適用可能な科学的手法で得られた数値との比較による客観的な検証を重ね、信頼性を向上させる必要がある。GHGやSLCFは大気中の微量成分であり、排出量の変化を検出するには高頻度・高精度な測定と精緻なモデル分析が必要となるため、さらなる研究開発を必要とする技術的課題も多い。さらに近年の研究では、地球システムモデルによる気候変動の将来予測においても、GHGや大気組成の再現性が気候システムのフィードバック過程を通じて予測結果に無視できない影響を及ぼす点が指摘されている。つまり、全球規模でのGHGや気候変動に関連するSLCFなどの動態を地球システムモデルで正しく再現できるよう、排出と吸収のメカニズムを解明して精度向上につなげる必要がある。それは将来の気候変動予測、ひいては影響評価と適応策・緩和策を検討する科学的な基礎となる。

UNFCCCパリ協定では、長期目標を着実に達成するため、5年に1度のペースでGlobal Stocktake（GST）を実施して進捗確認を行い、各国の排出削減目標（NDC:Nationally Determined Contributions）の更新に反映させることが定められている。このような動向を踏まえ、世界中のGHG・気候変動関連機関やプロジェクトによる大気中GHGおよび関連物質の監視活動が急速に活発化している。例えば世界気象機関（WMO）ではGlobal Greenhouse Gas Watch（GGGW）と呼ばれるGHG監視計画が承認された他、欧州のコペル

ニクス計画、米国 NASA による炭素モニタリングシステムなどが地域レベルの監視を実施する方向にある。しかし、アジア太平洋地域では、欧米の活動に比較して監視体制が脆弱な点が深刻な問題となっており、国際動向を踏まえた我が国の対応が求められる。日本では、個別の測定技術やモデル開発では世界レベルにあっても、長期にわたり広域の排出量を監視し、迅速な報告を行うオペレーショナルな実施基盤は弱いと言わざるを得なかった。しかし、先行課題である環境研究総合推進費 SII-8「温室効果ガス収支のマルチスケール監視とモデル高度化に関する統合的研究 (FY2021-2023)」などで研究成果が着実に蓄積されてきた。さらに独自に開発・運用を行っている温室効果ガス観測技術衛星 (GOSAT) や気象衛星、都市から遠隔地を含む多点の地上観測ステーション、船舶・航空機での観測、そして解析モデルの開発により、アジア太平洋域での大気監視ネットワーク体制の確立は実現可能な段階にある。

地上・衛星観測などのリソースを活用して我が国及び各国の排出・吸収量・インベントリを検証し、精度向上につなげることは重要な課題 (行政ニーズ) となっている。それに応えるため、本プロジェクトでは、気候変動の原因となっている GHG と SLCF に代表される関連物質についてアジア太平洋地域を中心に排出・吸収量の包括的な監視を行い、効果的な対策実施に貢献することを目的とする。

(2) 研究概要

本プロジェクトは、気候変動に影響を与える大気中物質の収支・動態の監視に関わる研究開発を総合的に推進し、我が国及び各国の排出・吸収インベントリの信頼性を高め、気候変動緩和及び大気環境政策への科学的根拠を与える活動を推進するものである。気候変動の主原因である長寿命 GHG (CO_2 、 CH_4 、 N_2O) に加え、短寿命であるが大気質と気候に影響を与える関連物質として SLCF (本課題では NO_x 、BC、HFC など代替フロン類、CO を扱う) を対象に含め、共通の観測プラットフォームとモデルを用いた解析を行うことで、気候変動に関与する大気物質について包括的かつ効率的な監視を実現する。

国際的に高い水準を達成するため、トップダウン (大気観測に基づく地表面フラックスの逆推定) とボトムアップ (統計やモデルに基づく排出・吸収量の推定) の両手法を駆使した研究開発を行う。推進費 SII-8 の資産・成果を最大限活用するのに加えて、新規性として、気候変動に影響する物質を GHG だけでなく関連物質との相互作用を含めて包括的に扱う点、日本のように比較的狭い面積の国・地域を対象として収支を評価できるよう高分解能化を図る点、排出だけでなく吸収源を明示的に扱う点、社会科学との連携により自然科学的な手法による評価結果をより効果的に GST など環境政策に反映させるための活動を行う点が挙げられる。さらに関連分野における日本の研究力を強化し、複雑な地球環境の保全に向けた効果的な対策立案を科学面で支援して、気候変動緩和に向けた急速な国際動向に臨機応変に対処していく体制を確立する。

日本が誇る世界最高水準の大気成分分析技術と多様な観測プラットフォームを活用

し、大気中の GHG および関連物質の動態・収支を包括的かつ迅速に監視する手法と体制を確立する。主要 GHG である CO₂、近年その気候変動へのインパクトと大気中での急増で特に注目されている CH₄、窒素循環と連動し成層圏オゾン破壊物質である N₂O、さらに代替フロンで寄与が増しつつある HFC、大気質に影響を与えるとともに GHG と共通の発生源を持つ一酸化炭素 (CO) や NO_x、BC の大気中濃度を広域・高頻度に観測する。そこでは地上観測ステーション、船舶や航空機などの移動体、人工衛星など多様な観測プラットフォームを活用する観測体制を拡充し、WMO GGGW など国際動向に対応するとともに、速報性のあるデータ公開を進める。

大気観測データに基づいて地表での排出・吸収（地表面フラックス）を推定する逆推定モデルの開発と運用において日本の研究水準は世界第一線にあり、それらをさらに高精度・高分解能化することで従来は困難であった国・地域スケールの評価を実現する。アジア太平洋地域を中心とした独自の観測データを活用して、欧米の最先端グループとも比肩する精度を目指す。最近の大気モデルでは GHG の輸送だけでなく大気化学プロセスを導入することで、逆推定で扱える物質の種類が増えており、GHG や関連物質の逆推定を実施する。

近年の気候変動予測では、気候システムに直接的な影響を与える CO₂ 変動だけでなく、大気化学プロセスや地表での物質循環を統合化した地球システムモデルを用いることが標準的になっているが、その再現精度がなお不十分であることが予測不確実性の一因と指摘されている。大気観測データや高分解能逆推定モデルによる推定、さらに後述するボトムアップ手法による推定を用いて、地球システムモデルにおける GHG および関連物質の動態の再現精度を検証して改善を図る。これは文科省・気候変動予測先端研究プログラムとの連携により、次期 IPCC 報告書などに向けて行われる将来予測の信頼度向上につながることを期待される。

地表情報を主に用いて地表面フラックスを推定するボトムアップ手法を改良し、大気観測に基づくトップダウン手法への先験情報や検証材料を与える。独自の物質循環モデルを用いて地表における GHG や関連物質の排出・吸収フラックスを推定し、人為起源排出マップと組み合わせることで包括的な評価を行う。森林吸収源はネットゼロ達成に重要な役割を果たすと考えられているため、陸域における CO₂ および CH₄ の吸収量の評価を実施する。近年の衛星観測データや地上観測データを活用し、データ駆動型モデルを用いることで長期トレンドや森林火災による放出など短期変動の迅速・高精度な推定手法を開発する。

観測やモデル分析などの科学的成果を政策により高い水準で反映させることは積年の問題であった。本プロジェクトでは、IPCC やパリ協定 GST など環境政策に強い影響を与える国内外動向を対象として、我が国の科学的成果を効果的にインプットするための活動を行う。知名度の高い IPCC だけでなく GST などについて現状分析を行い、排出削減による脱炭素社会の実現に向けて、日本の研究成果をより積極的に活用するための

啓発活動や、一般レベルからの意識醸成のための情報提供を実施する。

(3) 成果目標

1) 全体目標

本プロジェクトの目的は、気候変動の原因となっている GHG と SLCF (HFC を含む) に代表される関連物質について排出・吸収量の包括的な監視を行い、環境政策の効果的な実施に貢献することである。そのために、

- ① アジア太平洋地域を中心として大気中の物質動態を高頻度・高精度で観測する共通の観測ネットワークの確立
- ② 迅速・高精度に各物質の排出・吸収量を推定する各種モデルの開発と検証
- ③ 我が国及び各国の排出インベントリを検証し精度向上に資する客観的・科学的データの提供
- ④ 観測・モデル解析による監視から予測・影響評価、対策までの加速化と多様な大気環境政策への貢献

を全体の成果目標とする。

2) 個別目標

- 共通プラットフォームの促進による GHG と SLCF の観測とデータ共有の効率化
- トップダウン手法による全球規模での GHG および SLCF の収支推定、GCP など国際研究プロジェクトなどへのインプット、大気輸送モデルによるフラックスプロダクトの検証
- 大気観測に基づく HFC 排出インベントリ評価手法の開発
- GHG 動態に関する地球システムモデルの検証と数年～数十年スケールでの物質循環変動の要因分析
- ボトムアップ手法による全球および国・地域スケールでの GHG 収支推定、トップダウン手法との比較検証
- 森林など GHG の吸収源に関する科学的データと評価手法、極端気象や火災に伴う GHG 及び関連物質の放出量の推定データの提供
- 第 1 回 GST における GHG などの監視に関わる情報の活用状況・成果の分析、及び、それに基づく第 2 回 GST への戦略的な貢献のあり方についての提言
- IPCC による GHG インベントリガイドライン更新への、土壌 CH₄ 吸収の推定手法に関するインプットの促進
- IPCC による SLCF インベントリガイドライン作成への、SLCF の収支推定から得られる知見のインプットの促進
- WMO GGGW など GHG 監視に関する国際動向に関する情報収集・分析および速やかかつ効果的な対応

- GHG など監視データを一般市民や民間セクターに紹介する社会対話の実施による、日本の排出削減目標（NDC）の更新に向けた社会的な機運の醸成
- 地方自治体や民間企業による排出削減計画作成及び実施後検証において GHG など監視データ活用を促進するための施策の提言
- アジア地域をはじめとする途上国に向けた本プロジェクトによる GHG および関連物質の収支評価に関する知見の提供
- 次期 IPCC 報告書における日本からの貢献拡大に向けた科学的基盤と人材の強化

6. プロジェクトの研究テーマ構成及びサブテーマ構成

本プロジェクトは、以下の4つのテーマ構成により、適宜、テーマの下にサブテーマを設けて、各テーマ及びサブテーマ研究者が一体的に研究を実施する。課題代表者とテーマリーダーは、研究フレームワークの検討、アウトリーチ活動の推進、データの共有と相互検証など本プロジェクト全体に係る調整を行う。全体構成及びテーマ・サブテーマ間の関係については、概要資料も参照のこと。

URL : <https://www.erca.go.jp/suishinhi/koubo/>

研究提案の公募は、各テーマのサブテーマ(2)及び(3)について行う。

(留意事項)

- ・サブテーマのうち、各テーマの「サブテーマ(1)」は、テーマリーダーが担当し、テーマの総括を行うため公募は行わない。
- ・テーマリーダーが担当する【総括】サブテーマ(1)は各テーマ全体の総括班として機能し、サブテーマ間の研究調整・進捗管理を担当する。
- ・研究提案は、【総括】サブテーマ及びその他の【公募】サブテーマと研究内容が連携するものであることが必要である。
- ・各サブテーマのリーダーは、研究プロジェクトリーダー及びテーマリーダーの指示のもとで、他テーマ、サブテーマの研究者と緊密に連携し、一つの研究プロジェクトを構成する研究活動として研究を実施する。
- ・サブテーマリーダーは、応募したサブテーマの内容及びヒアリングの審査過程での連絡・対応について、総括的な責任を持つ。

研究提案を行う申請者は、テーマリーダーに連絡をして提案内容（申請書、ヒアリング審査資料）についてテーマに沿った内容かどうか確認することができる。確認のあった提案内容（申請書、ヒアリング審査資料）について、テーマリーダーはプロジェクトリーダーと相談の上、申請者にコメントを回答する。テーマリーダーの連絡先は、環境省 地球環境局総務課気候変動観測研究戦略室 石原（HIRONARI_ISHIHARA@env.go.jp）までメールにて問い合わせること。

各テーマ及び公募するサブテーマの構成

テーマ名 及び テーマリーダーの担当するサブテーマ	公募を行うサブテーマ
<p>テーマ1：観測に基づく GHG および関連物質の地表面フラックス早期評価システムの構築</p> <p>サブテーマ(1)：大気モデルと大気観測による地表面フラックス推定手法の開発 (年間 500 万円以内 (令和 6 年度)、年間 2050 万円以内 (令和 7~10 年度))</p>	<p>サブテーマ(2)：マルチプラットフォーム観測による大気中の GHG と SLCF 動態の把握 (年間 2300 万円以内 (令和 6 年度)、年間 4350 万円以内 (令和 7~10 年度))</p> <p>サブテーマ(3)：現場観測と高解像度海洋モデルによる大気・海洋間 CO₂ フラックスの評価向上 (年間 500 万円以内 (令和 6 年度)、年間 500 万円以内 (令和 7~10 年度))</p>
<p>テーマ2：予測モデルおよび逆推定モデルを用いた全球規模での主要 3 種 GHG に関する排出・吸収量の研究</p> <p>サブテーマ(1)：地球システムモデルを用いた全球規模での GHG 収支変動の理解とモデル検証 (年間 1000 万円以内 (令和 6 年度)、年間 1800 万円以内 (令和 7~10 年度))</p>	<p>サブテーマ(2)：トップダウン手法を用いた全球規模での GHG 収支推定と変動メカニズムの解明 (年間 1700 万円以内 (令和 6 年度)、年間 2700 万円以内 (令和 7~10 年度))</p>
<p>テーマ3：吸収源を含む地表 GHG および関連物質収支のボトムアップ評価に関する研究</p> <p>サブテーマ(1)：物質循環モデルおよびインベントリを用いた陸域 GHG および関連物質収支に関する研究 (年間 800 万円以内 (令和 6 年度)、年間 2400 万円以内 (令和 7~10 年度))</p>	<p>サブテーマ(2)：衛星観測による陸域 GHG 収支変動の監視に関する研究 (年間 600 万円以内 (令和 6 年度)、年間 1200 万円以内 (令和 7~10 年度))</p> <p>サブテーマ(3)：地上観測およびデータ駆動型モデルを用いた森林土壌 GHG 交換量の評価に関する研究 (年間 800 万円以内 (令和 6 年度)、年間 1500 万円以内 (令和 7~10 年度))</p>

<p>テーマ4：GHG および関連大気物質の監視データの環境対策・政策への効果的な反映に関する研究</p> <p>サブテーマ(1)：GHG および関連大気物質の監視データの国際的な環境対策・政策への反映促進に関する研究(年間1000万円以内(令和6年度)、年間2000万円以内(令和7~10年度))</p>	<p>サブテーマ(2)：GHG 等の監視データを活用して、我が国の排出削減対策の計画・実施を促進するための研究(年間800万円以内(令和6年度)、年間1500万円以内(令和7~10年度))</p>
---	--

(1) テーマ1：観測に基づくGHG および関連物質の地表面フラックス早期評価システムの構築

テーマリーダー：丹羽洋介(国立環境研究所地球システム領域 主任研究員)

① 成果目標

観測データから、逆推定・データ同化、モデルとの比較解析などのアプローチを通じて、海洋・陸域、また全球だけではなく国・地域スケール、さらに多種の大気物質に対応した地表面フラックス推定の手法を開発し、それらを包括的な評価システムとしてまとめ、異なるスケール・大気物質を整合的に解析することで、各物質の地表面フラックス推定の精度を向上させる。さらに、定常的に早期に評価結果をまとめることで、世界の排出・吸収量監視の取り組みに対応した常時情報提供を行う体制を構築する。

② 研究概要

従来は、GHG と SLCF は大気寿命が異なることから、それぞれ独立の手法で地表面フラックス推定が行われてきた。しかし、GHG と SLCF は、CH₄に代表されるように両者の側面を持つ物質や共通の排出源(例えば燃焼起源)が存在する。本テーマでは、現場観測や衛星観測による多種多様なデータの情報を統合して、整合的かつGHG および関連物質の地表面フラックスを整合的に評価するシステムを、大気モデルを中心に据えて構築し、特に観測が集中しているアジア太平洋地域において、それぞれのフラックス推定精度の向上を図る。さらに、テーマ2による長期・広域の推定結果やテーマ3によるボトムアップ評価の結果と比較検証を行い、成果をテーマ4が取りまとめるGST 向けレポートに提供する。また、観測データの早期公開やモデル解析の定常化などにより、観測データ取得からフラックス評価までの一連の流れを迅速化する。

③ 【総括】サブテーマ(1)：大気モデルと大気観測による地表面フラックス推定手法の開発

サブテーマ 1-(1)では主要 GHG に加えて、HFC や GHG に関連する SLCF の大気輸送シミュレーションを可能とする大気モデルと地表面フラックス推定手法の開発を行う。それぞれのフラックス推定間の整合性を確認することで推定値の評価を可能とし、また複数の物質を一体的に解析することで、共通する起源からの排出量の推定精度を向上させる。テーマ 2 から得られるフラックスの解析結果をもとに全球の長期 GHG 変動を把握し、それを境界条件として、アジア太平洋地域を中心とした国・地域スケールの地表面フラックス推定を、サブテーマ 1-(2)、1-(3) と協働して、モデル・観測双方の視点から行う。ここで、階層的なモデル群の利用によるフラックス推定の高解像度化や HFC 排出インベントリの評価手法の開発を行う。また、フラックスの早期評価のための定常的なモデル解析を実施する。

④ 【公募】サブテーマ(2)：マルチプラットフォーム観測による大気中の GHG と SLCF 動態の把握

サブテーマ 1-(2)は、CO₂、CH₄、HFC、CO、NO_x、BC について、地上ステーション、船舶、航空機といった様々な観測プラットフォームによるアジア太平洋地域での継続的なデータ取得と整備、また、国内排出量評価に向けた観測を実施する。さらに、速報性のあるデータ公開体制を通して、オペレーショナルなフラックス推定を推進する。同位体や多成分データと大気シミュレーションとの比較から、サブテーマ 1-(1)とは異なる視点でのフラックス推定や大気中の GHG・SLCF 動態の解析を行う。

⑤ 【公募】サブテーマ(3)：現場観測と高解像度海洋モデルによる大気・海洋間 CO₂ フラックスの評価向上

サブテーマ 1-(3)は、現場観測による pCO₂ データに加え、海洋モデルとの比較解析を通して現状の大気・海洋間 CO₂ フラックスの評価を向上させる。詳細な比較解析から観測と海洋モデルの整合性を高め、信頼度の高い年々変動や長期変動のフラックス評価を行う。さらに、日本周辺の海域をターゲットとして高解像度のフラックス推定やその評価のための現場観測を実施し、サブテーマ 1-(1)による逆推定の初期推定値として国・地域スケールの地表面フラックス推定の向上に貢献する。

(2) テーマ 2 : 予測モデルおよび逆推定モデルを用いた全球規模での主要 3 種 GHG に関する排出・吸収量の研究

テーマリーダー: 羽島知洋(海洋研究開発機構環境変動予測研究センター グループリーダー代理)

① 成果目標

テーマ 2 では、すべての気候変動対策策定の科学的基礎である主要 3 種 GHG (CO₂, CH₄, N₂O) について、全球規模での収支推定の精度向上とその数年から数十年スケールでの変動メカニズムの理解を図り、GST で求められる国・地域スケールでの精緻な収支推定につなげる。その成果をテーマ 4 が取りまとめる第 2 回 GST 向けレポートに提供する。またこれを用いて IPCC など活用される気候変動予測モデル (地球システムモデル) の物質循環面での検証を行い、気候フィードバックを改良することで、その予測精度向上に貢献する。

② 研究概要

地表における GHG の排出・吸収量の精緻な把握とその変動メカニズムの理解は、すべての気候変動対策策定の科学的基礎となる。特に主要 3 種 GHG は、その大気寿命の長さから全球規模での収支推定精度が第一義的に重要である一方で、人為排出と自然での排出・吸収の両者が同等に作用するため切り分けが難しく、依然として大きな不確実性を残している。この不確実性は、GST で求められる国・地域スケールでの精緻な収支推定を実施する上でも、また地球システムモデル(大気化学プロセスや海陸の物質循環過程も陽に扱うことができるモデル)を用いた予測・検証においても問題となっている。

そこで本テーマでは、トップダウン手法の改良を行い、全球規模での精緻な GHG 収支推定とその変動理解を深める研究を実施する。これに加え、テーマ 1 の大気観測データやテーマ 3 のボトムアップ手法による推定値なども活用し、地球システムモデルにおける GHG の再現精度を検証して改善を図る。

③ 【総括】サブテーマ(1) : 地球システムモデルを用いた全球規模での GHG 収支変動の理解とモデル検証

サブテーマ 2-(1) では、他テーマ・サブテーマから得られる関連情報も合わせて活用しながら、地球システムモデルの 3 種 GHG の再現精度の検証とモデル改善を行い、IPCC で広く活用される温暖化予測モデルにおける物質循環面の予測精度向上に貢献する。地球システムモデルとデータ同化システムを組み合わせ、3 種 GHG の再現精度を検証する。サブテーマ 2-(2) とともに過去の数年から数十年スケールでの全球 GHG 濃度変動に関する要因分析を行い、その知見をテーマ 1、4 に提供する。また、テーマ 3 とともに吸収源強化を想定した感度実験など、独自の将来予測を行う。

④ 【公募】サブテーマ(2)：トップダウン手法を用いた全球規模での GHG 収支推定と変動メカニズムの解明

サブテーマ 2-(2)では、主要 3 種 GHG に関し、新たに安定同位体や複数排出インベントリを活用しながらトップダウン手法/大気輸送モデルの改良を図り、全球規模での排出・吸収量推定値の信頼性向上と過去の変動メカニズムの理解の深化を図る。このため、より精緻な GHG 先験情報創出のための同位体モデル開発、および衛星観測から得られる濃度空間情報などを活用しモデルの輸送過程の検証を行う。この排出・吸収量推定値を他テーマに提供し比較検証材料として活用することにより、国・地域スケールでの排出・吸収量推定(行政ニーズ、GST)に貢献する。

(3) テーマ 3：吸収源を含む地表 GHG および関連物質収支のボトムアップ評価に関する研究

テーマリーダー：伊藤昭彦(東京大学大学院農学生命科学研究科 教授)

① 成果目標

テーマ 3では、地表での排出・吸収フラックスを起源別に推定した上で積み上げるボトムアップ手法を高精度化し、GHG および関連物質の排出・吸収量を包括的に評価する。日本、アジア地域、全球の各スケールにおいて収支推定を行い、日本及び各国の排出・吸収インベントリの評価にデータを提供し、テーマ 1 や 2 による大気観測に基づく推計に対して独立した検証材料を提供する。自然起源と人為起源の切り分け、排出部門別・空間詳細な排出マップの作成、大気中濃度が低く変動の把握が難しい物質(例えば N_2O)に関する推定など、ボトムアップ手法の特徴を生かした評価を達成する。衛星観測・モデル・地上観測を併用することで地表での収支変動を詳細かつ迅速に把握し、そのメカニズムを解明するための研究を行う。吸収源として注目される森林における CO_2 と CH_4 の排出・吸収に関する推定精度を向上させるための研究開発を実施する。

② 研究概要

大気観測に基づく推計(トップダウン手法)は広域を迅速にカバーできる反面、排出・吸収源の分離が困難などの問題もある。地表での排出・吸収を積み上げるボトムアップ手法には、空間分解能の高さや排出・吸収源(セクター)の細分化において有利な点があり、IPCC 評価報告書やそのベースとなった国際プロジェクトによる評価では両手法の結果を併記することが標準となっている。特に土地利用や森林火災などによる局所からの放出量の評価にはボトムアップ手法が不可欠である。ボトムアップ手法による評価を系統的に実施しているプロジェクトは世界的にも少なく、本課題の特徴の 1 つとなっている。ボトムアップ手法で研究開発の課題となっているのは、全セクターの情報を網

羅的に収集する必要がある点や、統計データを用いる場合に時間的な遅れが大きくなる場合がある点である。また CH₄ 吸収に関しては評価手法が未整備である。

テーマ3では、人為排出インベントリの比較分析、自然起源を扱う物質循環モデル開発、衛星観測データを用いた地表変動の迅速把握、地表での吸収源に関する観測とデータ解析を実施し、先端的なボトムアップ評価を実施する。テーマ1と2にはセクター別の排出・吸収フラックスのデータを大気モデルによる逆推定への先験情報として提供し、テーマ4には GST 向けレポートのためボトムアップ収支評価の結果を提供して全テーマで相互検証を行う。サブテーマ3-(2)と3-(3)による陸域 CO₂ および CH₄ 収支評価の結果を、サブテーマ3-(1)は人為起源排出とともに取りまとめる。

③ 【総括】サブテーマ(1)：物質循環モデルおよびインベントリを用いた陸域 GHG および関連物質収支に関する研究

サブテーマ3-(1)はボトムアップ手法による評価をとりまとめ、他テーマに提供する。GST や IPCC への貢献の観点から必要な項目やセクターをテーマ4とともに検討し、それぞれの評価手法をサブテーマ3-(2)、3-(3)とともに検討する。CO₂、CH₄、N₂O については自然起源を扱う物質循環モデルと人為起源を扱う排出インベントリが利用可能であるが、その他の HFC や SLCF については利用可能な手法を精査した上で評価を行う。物質循環モデルの研究開発として精度向上と扱える対象物質の拡張(例えば自然起源 CO、NO_x、BC など)を実施する。ボトムアップ評価への同位体情報の付加と、それによる収支推定精度の向上についてサブテーマ2-(2)などとともに検討を行う。森林など吸収源について自然変動と森林管理による寄与分などに注目し、サブテーマ3-(3)と共同で日本・アジア・全球スケールでの評価を行う。またその評価結果に基づいて植林などによる吸収源強化シナリオを作成し、テーマ2とともにその気候影響を評価する。人為排出インベントリに関しては、既存データを相互比較することで不確実性の性質を明らかにし、テーマ1、2、4とともに精度向上への要件を絞り込む。サブテーマ3-(2)とともにデータ不足により排出インベントリの精度が低い地域における改良を実施する。

④ 【公募】サブテーマ(2)：衛星観測による陸域 GHG 収支変動の監視に関する研究

サブテーマ3-(2)は、人工衛星による観測データを用いて、陸域の主として生態系の GHG 収支変動とそれに関連する地球表層環境変動に関する監視に向けた研究開発を行う。極端な気象変動や火災・森林破壊などにより、地表での GHG 収支は多くの地域で急激に変化しつつある。近年、人工衛星から得られる地表情報の種類・空間・分解能・観測頻度期間は飛躍的に向上しており、さらには即時性も向上している。一方で得られる衛星観測データは質・量ともに多様化しており、これら種々の衛星観測データセットと地上観測ネットワークデータを活用したデータ駆動型推定手法の精緻化・速報化が必要であ

る。GHG 排出・吸収の長期トレンド及び短期変動（極端気象や火災による放出など）と関連する環境変動を広域的に高分解能で把握して、サブテーマ 3-(1)、3-(3)とともにボトムアップ評価を実施する。またテーマ 2 とともに変動メカニズムの解析を行う。

⑤ 【公募】サブテーマ(3)：地上観測およびデータ駆動型モデルを用いた森林土壌 GHG 交換量の評価に関する研究

サブテーマ 3-(3)は、地表での観測とそのデータ解析により、主として森林土壌における GHG の排出・吸収量を把握するための研究開発を行う。森林は CO₂ だけでなく CH₄ の吸収源であることが知られているが、その実測データは必ずしも十分に得られていないため、ここではテーマ 1 の大気観測と連携しつつ国内の代表的な地点での観測を実施する。そしてデータ駆動型モデルなどを用いて複雑な地形に対応した高空間分解能で広域に拡張し、日本全体での森林土壌 GHG 収支を評価して、森林土壌 CO₂・CH₄ フラックスの時系列広域メッシュ化データを構築する。サブテーマ 3-(2)と連携して森林の GHG 収支を精緻に評価し、サブテーマ 3-(1)とともにボトムアップ評価を実施する。また、土壌の CH₄ 吸収は IPCC の算定方法がまだ定められていないため、IPCC の算定ガイドラインに適した評価方法も提案する。

(4) テーマ 4：GHG および関連大気物質の監視データの環境対策・政策への効果的な反映に関する研究

テーマリーダー：田邊清人(地球環境戦略研究機関 上席研究員)

① 成果目標

テーマ 4 では、テーマ 1、2、3 で得られる GHG および関連大気物質の監視情報を、環境対策・政策（排出削減対策・政策）の計画・実施のために効果的に活用するための方策について、国際的な視点および国内的な視点から分析し提言する。また、活用方策を分析・提言するのみならず、その提言に基づいて本研究全体の成果をまとめたレポートを作成して第 2 回 GST に提出し、社会対話イベントを開催して国内での活用方策普及を進めるなど、実際の監視データの具体的活用の実現に向けた取り組みを実施する。

② 研究概要

パリ協定に掲げられた 1.5°C 温度上昇目標を達成し、全ての人々にとって住みやすく持続可能な将来を確保するためには、科学に基づく適切な政策形成と実施が必要不可欠である。GHG および関連大気物質の大気中濃度および地表における排出・吸収量のデータは、すべての気候変動対策および大気質改善の科学的基礎として重要と考えられる。

このため、それらのデータに関する観測や推定はこれまでもさまざまなレベルで行われてきた。

しかし現実には、IPCCの最新レポートやUNEPの排出ギャップレポートが示すように、世界各国による取り組みや目標（NDC）はパリ協定の目標を達成するには依然として不十分であり、GHGおよび関連大気物質に関する基礎的なデータが実際の政策・対策の形成と実施に効果的に貢献してきたとは言い難い。これは、これまでの努力にも関わらずそれら基礎的なデータが量的・質的になお改善の余地があることも理由の一つであると考えられ、このため、本研究におけるテーマ1、2、3ではその改善に取り組むこととなっている。しかし、一方では、そうしたデータを実際の政策・対策に反映するための方策が十分に検討されておらず、既に得られているデータですら効果的に活用されていないことも理由の一つだと考えられる。

この問題意識をもとに、本テーマでは、テーマ1、2、3で得られるデータを、実際の排出削減対策・政策の計画・実施に活用するための方策を、国際的な視点と国内的な視点から分析する。

③ 【総括】サブテーマ(1)：GHGおよび関連大気物質の監視データの国際的な環境対策・政策への反映促進に関する研究

サブテーマ4-(1)では国際的な課題を担当し、具体的にはパリ協定のGSTへの貢献のあり方について検討と具体的な取り組みを進める。2021～2023年に実施された第1回GSTにおいて、パリ協定の目的及び長期目標達成に向けた世界全体での取り組み状況を評価するための情報（特にGHG等監視データ）がどのようにインプットされ、それがどのように活用されたのか、また、どのような成果に結びついたのか、について情報を収集して分析し、2026～2028年の第2回GSTに向けた戦略的な情報提示のあり方について提言する。また、その提言に基づいて本研究のテーマ1、2、3の成果（トップダウン手法及びボトムアップ手法により推定された、さまざまなスケールにおけるGHGや関連大気物質の収支データなど）をとりまとめたレポートを作成し、第2回GSTに提出する。さらには、JAXAなど、本研究以外で得られる最新のGHG監視データについても今後のGSTへの効果的なインプットが促進されるよう、提言の普及活動を進める。また、各国政府の排出削減対策の検討において排出インベントリは重要な基礎資料となることに鑑み、IPCCによるSLCF排出インベントリガイドライン作成（2024年～）への、テーマ1、2、3から得られる知見のインプットを促進する。

④ 【公募】サブテーマ(2)：GHG等の監視データを活用して、我が国の排出削減対策の計画・実施を促進するための研究

サブテーマ4-(2)は国内的な課題を担当し、地方自治体や民間企業による排出削減計画作成及び実施後検証においてGHGなど監視データ活用を促進するために、それぞれの

主体がどのようなニーズを持ち、また、どのような課題を持っているのか、インタビュー調査などを通じて情報収集し、今後とるべき施策について他テーマ・サブテーマ 4-(1)とともに検討し提言をとりまとめる。また、その提言を踏まえて、GHG などの監視データを一般市民や民間セクターに紹介する社会対話イベントを実施して、GHG などの監視データの活用方策の国内での普及を進め、日本の NDC 更新に向けた社会的な機運の醸成を図る。