

課題番号 SII-8-3
体系的番号 JPMEERF21S20830

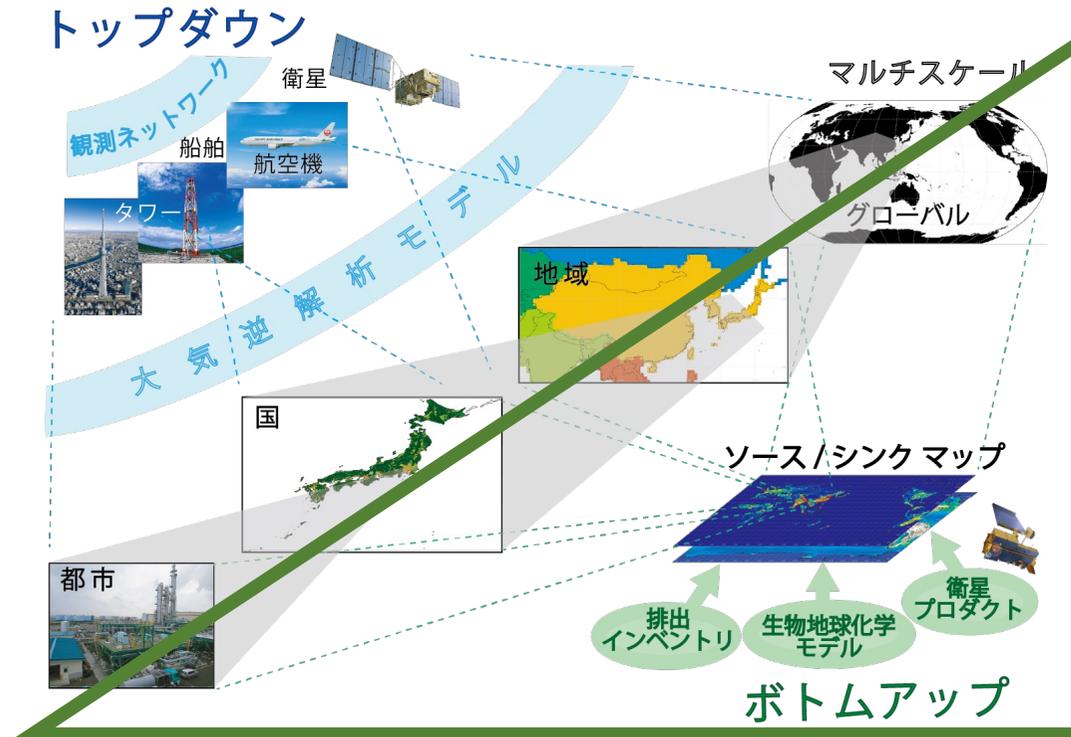
事後評価ヒアリング資料 テーマ3説明用

排出インベントリと観測データ及び 物質循環モデル推定に基づくGHG収支評価

研究代表機関
研究代表者
研究実施期間
研究体制

国立環境研究所
伊藤昭彦
令和3(2021)年度～令和5(2023)年度
サブテーマ1:伊藤昭彦(国立環境研究所)
サブテーマ2:市井和仁(千葉大学)

SII-8-3 はじめに



温室効果ガス収支をマルチスケールで評価する
2つのアプローチと本テーマの範囲

温室効果ガス収支の統合評価には大気観測
(トップダウン)と独立した推定が必要

ボトムアップ評価

- 人為排出インベントリ
- 生物地球化学モデル(主に自然起源)
- 衛星観測などによる地表情報

長所

- 高い空間分解能
- 排出部門を詳細化可能
- 比較的低コスト

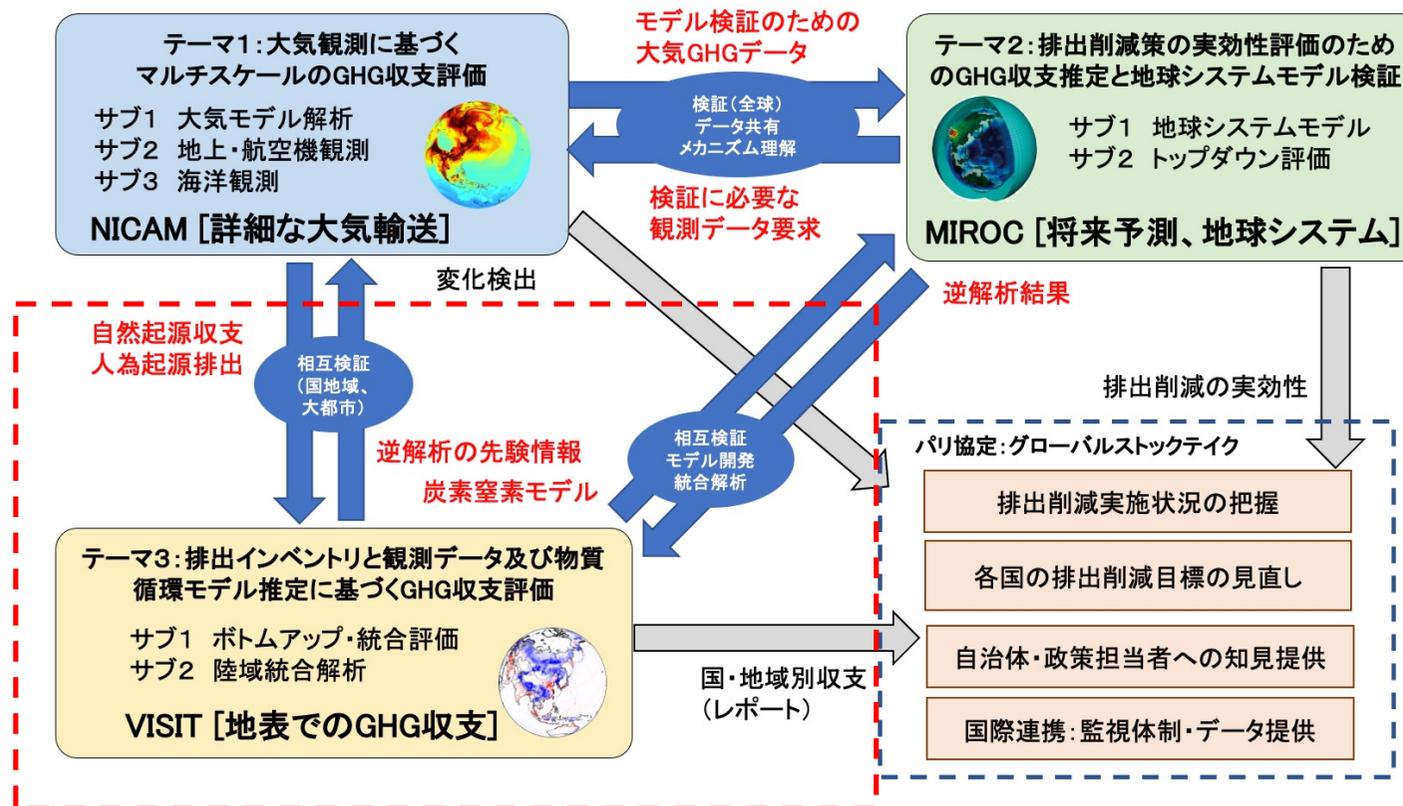
短所

- 個々の排出・吸収の推定精度
- データ取得までのタイムラグ

SII-8-3 研究開発目的

目的

グローバルストックテイクに貢献するため、排出インベントリ、物質循環モデル、地表観測データを用いるボトムアップ的手法によってGHG収支を高精度・迅速に評価する手法を開発する



SII-8-3 研究目標

サブ1	<p>サブテーマ3-(1)では、パリ協定グローバルストックテイクに代表される温暖化政策において参照可能な、国地域スケールでの温室効果ガス収支に関する統合的で分かりやすい情報提供を行うことが目標である。またプロジェクト全体の中で、レポート取りまとめやアウトリーチ活動において総括的な役割を担う。</p> <p>① 人為排出インベントリ等を用いた独自のボトムアップ評価を実施 全球および国地域スケールにおいて、人為起源については排出インベントリ、自然起源については放出・吸収モデルや衛星データ等を用いて、起源別かつ空間詳細な温室効果ガス収支評価を実施する。2000年以降の期間について、グローバルストックテイク等へ貢献できるようにできるだけ最近の期間までの評価を行う。テーマ1で実施されるトップダウン評価への参照情報として提供し、相互検証も行う。また、テーマ2で実施される地球システムモデルにおける再現性の検証材料としてのデータ提供も行う。使用する人為排出インベントリについては複数のデータセットを比較し整合性を確認する。また、排出インベントリの専門家の協力のもと、重要な項目や領域について代替データや手法の利用による精度向上の方策を提示する。</p> <p>② 複数手法の結果を集約した速報性のあるレポート作成 パリ協定グローバルストックテイクなど期限が設定された責務に確実に対応し、かつ大火災やコロナ禍のように突発的な事象に伴う温室効果ガス排出変化を迅速に把握する体制を構築する必要がある。そのため、観測データの収集とモデル解析をできるだけ速やかに行い、国地域から全球スケールの収支をレポートとしてとりまとめる。目標として2021年内のCO₂およびCH₄の収支を2022年末までに速報値としてとりまとめ、さらに2023年半ばまでに確報値として報告する体制を構築するグローバルストックテイクの実施日程に変更があった場合は、それに応じた作業工程の見直しを行う。人為起源排出は公開される各種インベントリを参照するが、社会経済データに基づいて直近の排出量を早期に推計する手法を試験開発する。</p> <p>③ 他国による収支評価と比較参照した不確実性・信頼性の評価を実施 本課題で実施された温室効果ガス収支評価の信頼性を確認するため、他国で実施された評価との比較検討を実施する。全球スケールではGlobal Carbon Projectが、CO₂については毎年、CH₄については2年毎に統合解析を実施しており、過去の期間については本課題の評価結果と比較を行う。欧州で実施されているInternational Carbon Observation System (ICOS)や、米国で実施されているNorth America Carbon Program (NACP)における観測データ収集やモデル解析の手法を精査し、それらの長所を本課題に活かせるよう情報共有とテーマ横断での議論を進める。</p>
サブ2	<p>地上観測・衛星観測・数値モデルの統合的に解析し、陸域の温室効果ガスを推定する。特に、GOSAT衛星やAsiaFluxなどの観測データ駆使した観測データに基づいたGHG収支の評価(以下①、②)、観測データと数値モデルを統合した陸域炭素循環の推定(以下③)、温室効果ガス収支推定のシステム化(以下④、⑤)を行う。</p> <p>① 地上観測と衛星観測データを統合した温室効果ガスフラックスデータの構築： 大気—陸域の温室効果ガス収支について、AsiaFlux、FLUXNETなど地上観測ネットワークデータに関して、衛星観測データと機械学習を活用したアップスケーリングを行い、月毎などの全球のCO₂収支データを構築する。さらに、アジア・オセアニア域については、ひまわり8号を活用するなどして、より高時間分解能(1時間～日別程度)の温室効果ガス収支データセットを構築する。いずれも1 km(アジア)～10 km(グローバル)程度の空間分解能のデータセットを構築する。</p> <p>② GOSAT、GOSAT-2衛星データによる温室効果ガス濃度鉛直分布データの構築： 大気中の温室効果ガス濃度に関して、GOSAT、GOSAT-2衛星観測を活用したCO₂、CH₄、N₂Oの鉛直プロフィール推定を行い、全球レベルでのデータセットを構築する。これらのデータは本課題の他サブ課題の大気逆解析モデルの入力データとして利用するなど温室効果ガス収支の推定に貢献することとなる。</p> <p>③ 種々の観測データに強化された陸域物質循環モデルの構築： 陸域の物質循環モデルに対して、種々の衛星観測データを統合し駆動する、既存のモデルよりも様々な観測データセットに対して整合性の取れた陸域物質循環モデルを構築する。統合には、既存の物質循環モデル(VISITを想定)に対して、より多くの観測データセットを用いてモデルの検証を行う。更に、衛星観測を用いてモデルの境界条件を決定することや、データ同化技術などを実装することで、観測データへの再現性を高めるモデルを構築する。構築したモデルは、定期的到大気—陸域における温室効果ガス収支を0.5°グリッド程度の解像度で計算できることとする。</p> <p>④ 温室効果ガス収支推定のシステム化： グローバルストックテイクなどの定期的な温室効果ガスの収支の報告ができるように、毎年更新できるシステムを構築する。これらの構築したデータセットは他サブ課題における温室効果ガス収支の把握や比較材料のために提供する。</p> <p>⑤ スピーディな温室効果ガス収支システムの構築： 森林火災や異常気象などが発生した際にスピーディに診断結果を得ることができるようシステムを構築する。特に種々の衛星データとそれらにより得られる物理量をスピーディに処理できるようにし、突発的な環境変動が発生した際の環境変動の把握、温室効果ガス収支へのインパクトを評価できるようにする。例として、大規模な森林火災の発生事例、異常気象の発生事例を挙げることができる。</p>

SII-8-3 研究計画

	令和3(2021)年度	令和4(2022)年度	令和5(2023)年度	
サブ1	ボトムアップ評価	データ・情報収集	初期的評価	検証と高度化
	排出インベントリ改良			インベントリ補正
	物質循環モデル開発	現状再現性の確認	計算の実施	モデル改良
	GHG報告書作成	作業工程の検討	速報版の作成	確報版の作成
	情報収集、アウトリーチ	国際活動の情報収集	分科会・講演会	専門家会合
サブ2	フラックススケールアップ	手法の更新、広域推定	迅速化へのシステム化	手法間の相互比較
	GOSATデータ作成	GHG濃度プロファイル	逆解析による初期計算	衛星データセット高度化
	物質循環モデル改良	データ同化の開発	データ同化の検証	面的拡張

SII-8-3 研究開発内容・結果及び考察

ボトムアップ手法の開発：各排出・吸収源を推定しマップ化

表1. ボトムアップ評価の対象としたCO₂放出・吸収セクターと使用データ。

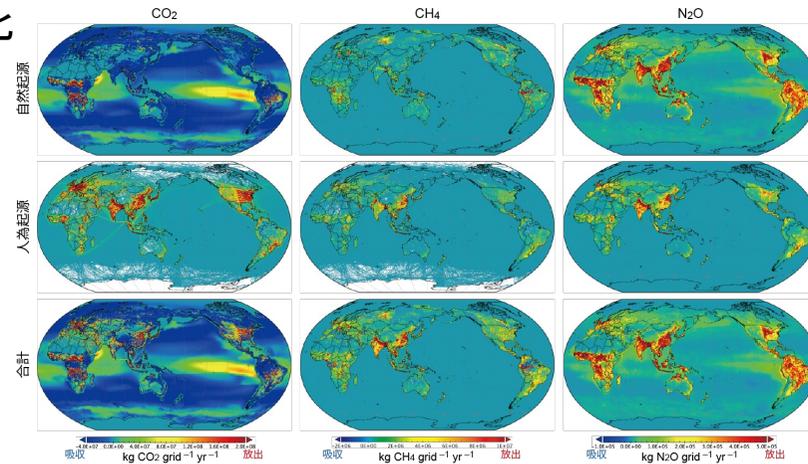
自然起源/人為起源	セクター (放出/吸収)	使用データ・推定方法
自然起源	純生態系生産 (放出・吸収)	VISITモデル推定
	土地利用変化 (放出)	VISITモデル推定
	野外火災[バイオマス燃焼] (放出)	GFED4s+Akagi et al. (2011) 排出係数
人為起源	化石燃料採掘 (放出)	EDGAR8.0
	工業・交通・居住地 (放出)	EDGAR8.0
	廃棄物・埋立 (放出)	EDGAR8.0
	農地土壌 (放出)	EDGAR8.0 [比較: VISITモデル推定]

表2. ボトムアップ評価の対象としたCH₄放出・吸収セクターと使用データ。

自然起源/人為起源	セクター (放出/吸収)	使用データ・推定方法
自然起源	湿原 (放出)	VISITモデル推定+水田マップ
	シロアリ[共生微生物] (放出)	土地利用分布に基づく推定
	野外火災[バイオマス燃焼] (放出)	GFED4s+Akagi et al. (2011) 排出係数
	地質学的起源 (放出)	Etiopo et al. (2019) 放出データ
	乾燥土壌による酸化 (吸収)	VISITモデル推定
人為起源	化石燃料採掘 (放出)	EDGAR8.0
	工業・交通・居住地 (放出)	EDGAR8.0
	廃棄物・埋立 (放出)	EDGAR8.0
	農地土壌[水田] (放出)	EDGAR8.0 [比較: VISITモデル推定]
	家畜[反芻動物の腸内発酵] (放出)	EDGAR8.0 [比較: FAOSTAT]

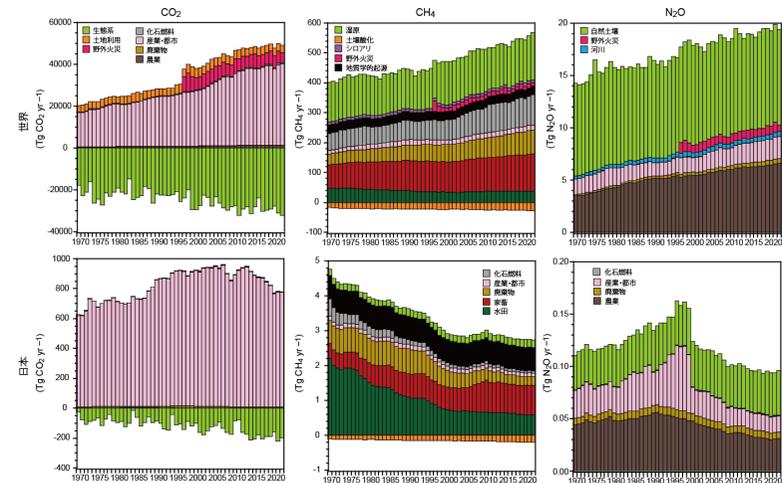
表3. ボトムアップ評価の対象としたN₂O放出・吸収セクターと使用データ。

自然起源/人為起源	セクター (放出/吸収)	使用データ・推定方法
自然起源	自然土壌 (放出)	VISITモデル推定+水田マップ
	野外火災[バイオマス燃焼] (放出)	GFED4s+Akagi et al. (2011) 排出係数
人為起源	化石燃料採掘 (放出)	EDGAR8.0
	工業・交通・居住地 (放出)	EDGAR8.0
	廃棄物・埋立 (放出)	EDGAR8.0
	間接的放出 (放出)	EDGAR8.0
	農地土壌 (放出)	EDGAR8.0 [比較: VISITモデル推定]



テーマ1, 2
GCP
統合
解析へ

全世界・地域・国別の集計による排出量評価



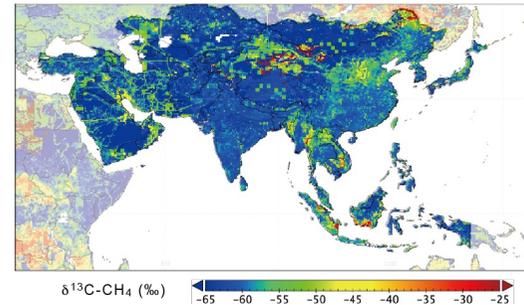
GST提出
レポートへ

SII-8-3 研究開発内容・結果及び考察

アジア地域のCH₄収支に関する解析

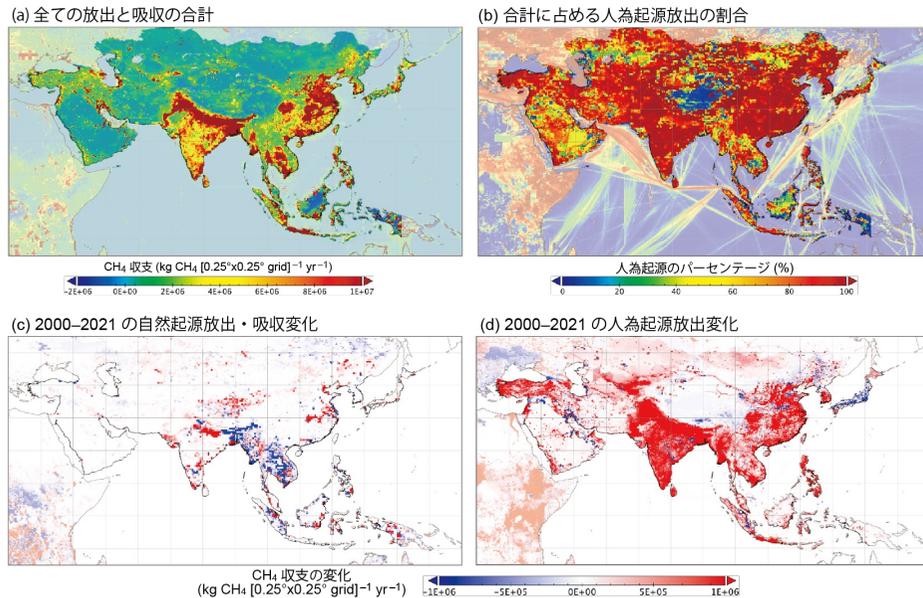
- ・正味収支196.9 Tg CH₄ yr⁻¹(人為起源約83%)
- ・化石燃料採掘、家畜、廃棄物起源の顕著な増加
- ・日本など一部の国・地域では減少傾向
- ・論文発表済(Global Biogeochem. Cycles, 2023)

放出CH₄の安定炭素同位体比→大気観測との比較

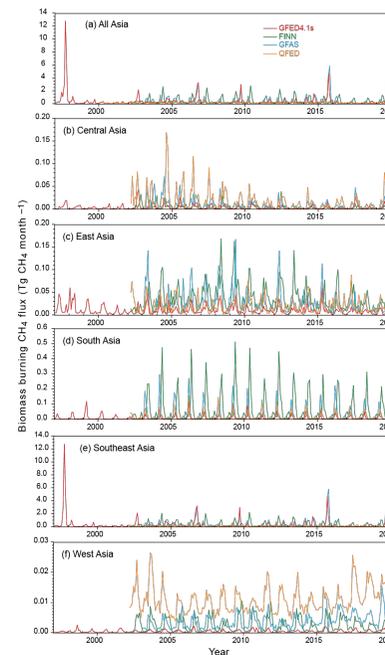


テーマ1連携

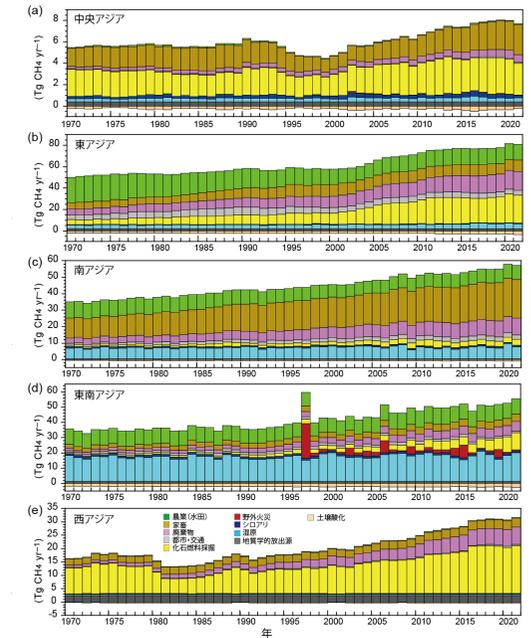
人為起源・自然起源の排出・吸収マッピング



火災排出プロダクト比較



地域別・セクター別収支の時間変化



化石
燃料
採掘

家畜

廃棄物

SII-8-3 研究開発内容・結果及び考察

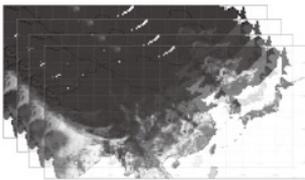


生物地球化学モデルの高度化： アジア地域における主要CH₄放出源の1つである水田について、水管理を考慮したCH₄放出推定モデルを開発し、高分解能水田マップを用いて放出量推定を実施（IPCC Tier 3相当）

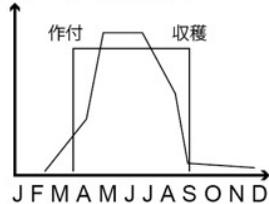
東アジア地域の放出量は約 5.7 Tg CH₄ yr⁻¹ と推定された
→ 従来のインベントリ値を修正

論文出版済 (Ito et al., 2022, J.Agr.Met.)

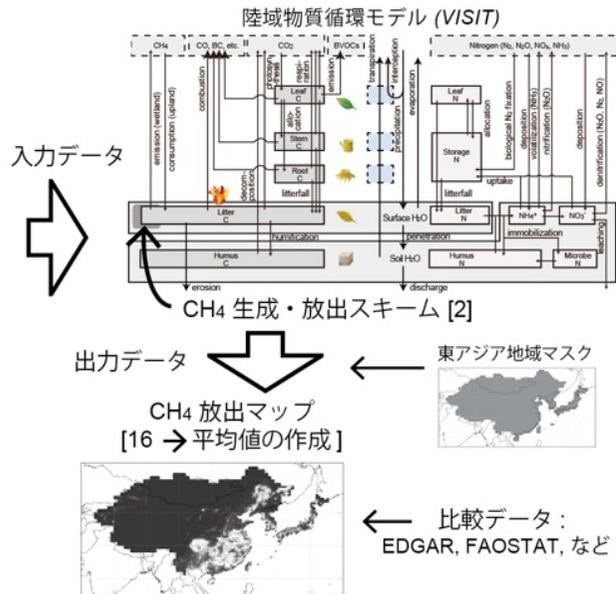
水田マップ [4]



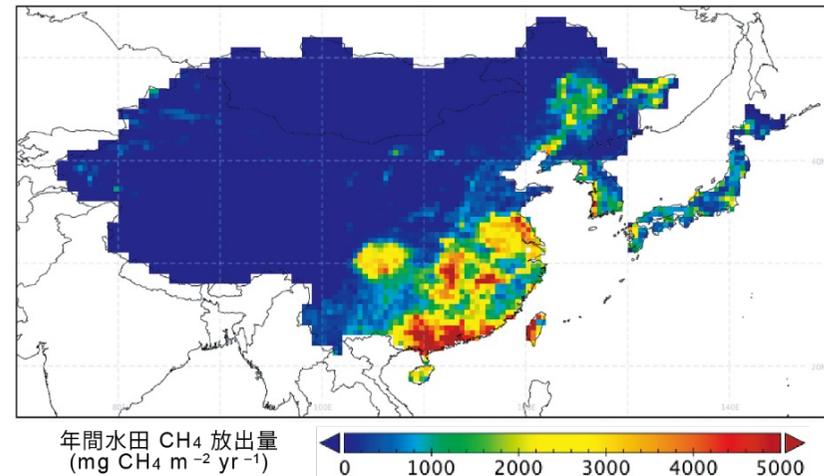
湛水の季節変化 [2]



その他データ：
気象条件、土壌性質



推定された水田CH₄放出分布

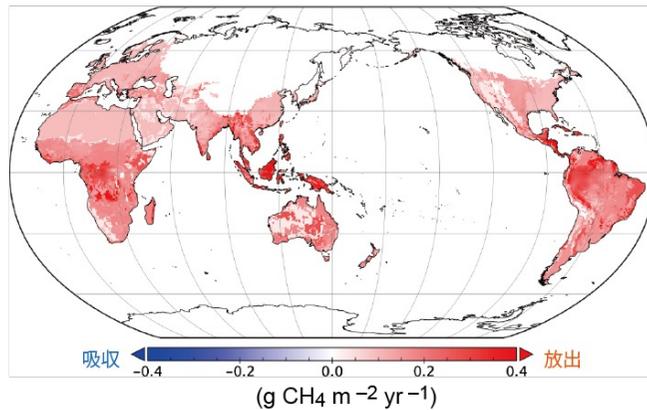


SII-8-3 研究開発内容・結果及び考察

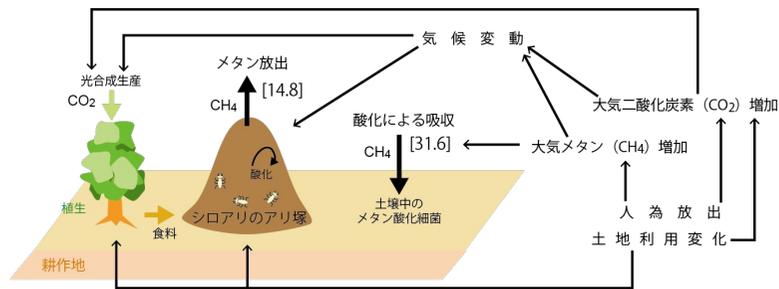
シロアリ起源CH₄放出量の推定

- ・最新の観測データベースを用いた推定
- ・気候・土地利用要因を考慮した時間変化
- ・論文発表済 (Ito, 2023, Scientific Reports)

シロアリによるメタン放出量の分布

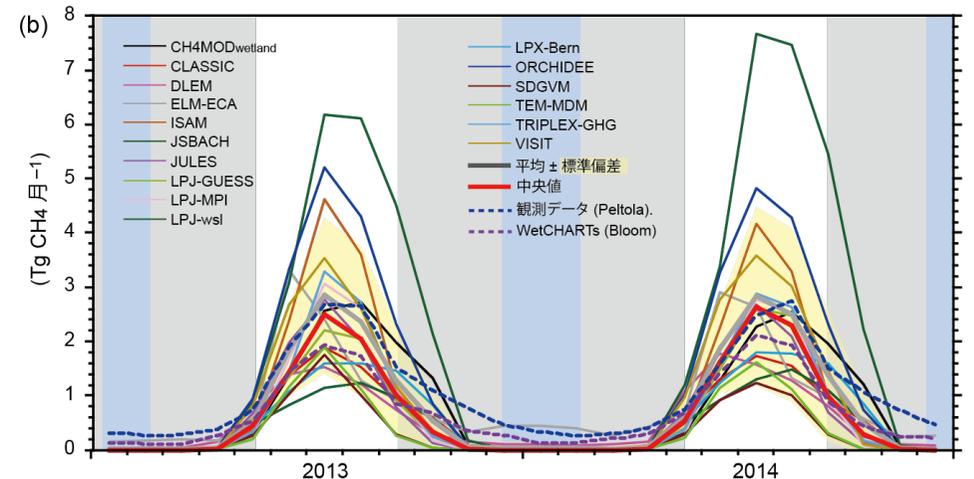
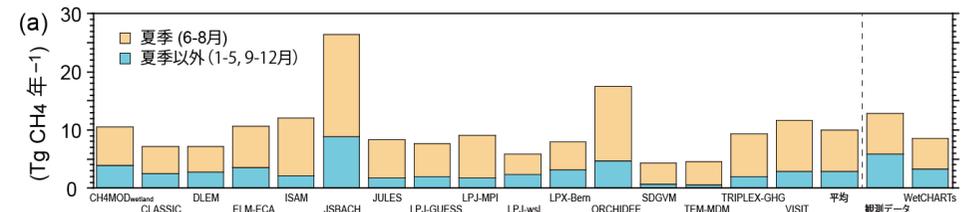
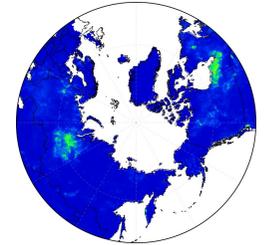


シロアリのメタン放出に影響を与える要因



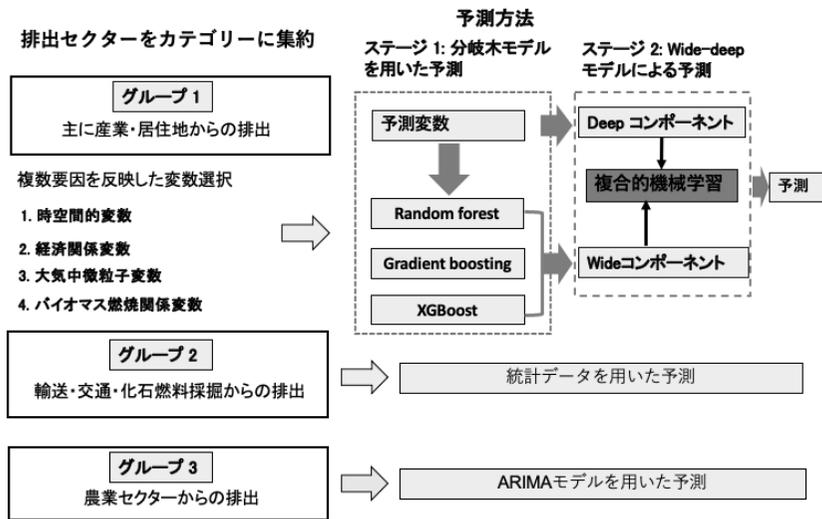
低温期の北方湿原起源CH₄放出量の推定

- ・GCP-CH₄モデル相互比較の成果を利用
- ・低温期放出量のモデル過小評価を示唆
- ・論文発表済 (Ito et al., 2023, GRL)

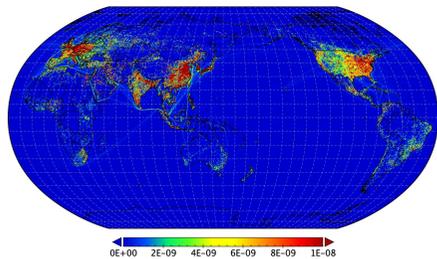
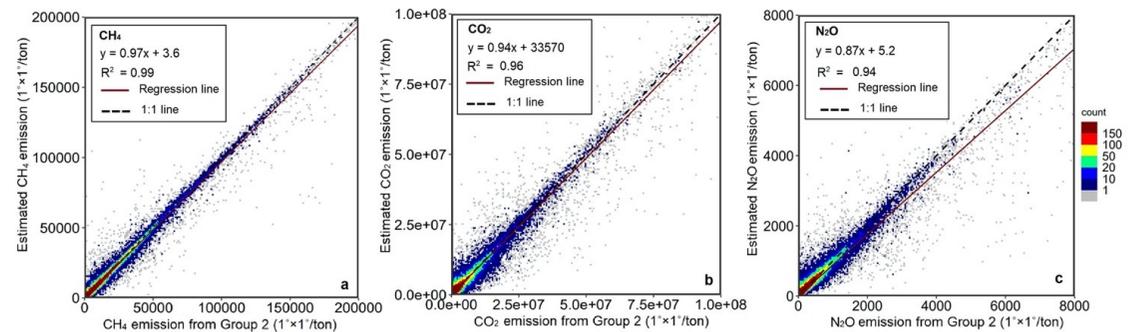


SII-8-3 研究開発内容・結果及び考察

排出インベントリの高度化： 問題点の1つであった迅速性を高めるため、機械学習アルゴリズムを用いて直近年までのデータ外挿に成功



過去(2005-2018)年における排出インベントリデータと推定値との比較 → 妥当な推定結果を確認



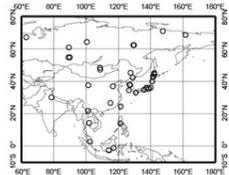
年	データ・手法	CO ₂ 排出 (×10 ⁸ ton)	CH ₄ 排出 (×10 ⁶ ton)	N ₂ O 排出 (×10 ⁴ ton)
2018	EDGAR 排出インベントリ	376	375	915
2019	機械学習 (deep-wide model) による予測値	395 (4.9%)	384 (2.4%)	935 (2.2%)
2020	機械学習 (deep-wide model) による予測値	371 (-6.2%)	376 (-1.9%)	930 (-0.6%)
2021	機械学習 (deep-wide model) による予測値	393 (5.9%)	390 (3.5%)	955 (2.6%)

SII-8-3 研究開発内容・結果及び考察

機械学習によるCO₂フラックス推定: サポートベクタ回帰 (独自開発)とFLUXCOMの手法を更新

→ 2020年春のロシア異常高温時の陸面CO₂収支変化を トップダウン推定(テーマ2-2)と比較し、一貫した結果を確認

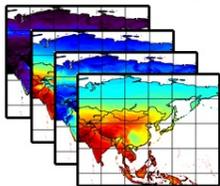
Site Obs (e.g. AsiaFlux)
(Photosynthesis, net CO₂ exchange)



Data-driven model

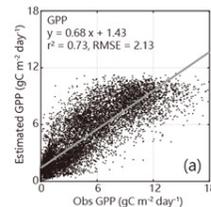


Input variables (RS)

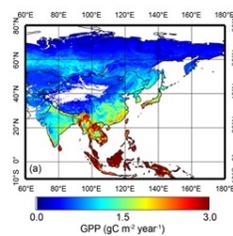


Machine-learning
(Support Vector Regression; **SVR**)

Site-level test

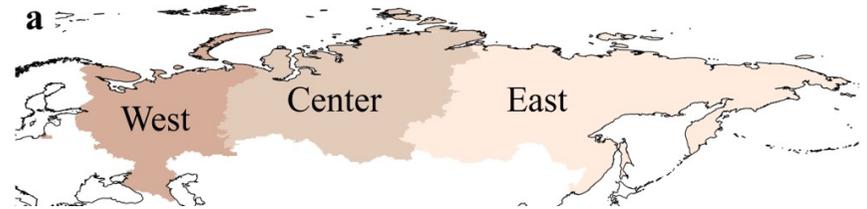


Spatial estimation



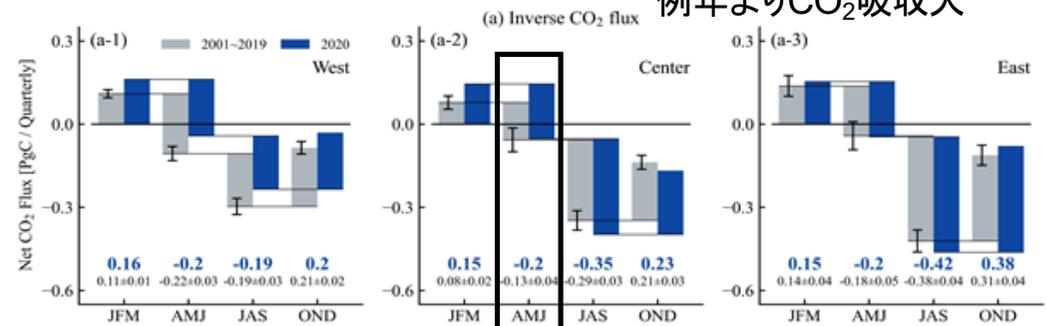
e.g. Vegetation Index, Temperature, Radiation, Land Cover (based on MODIS)

[Ichii et al. 2017; JGR-Biogeosciences]

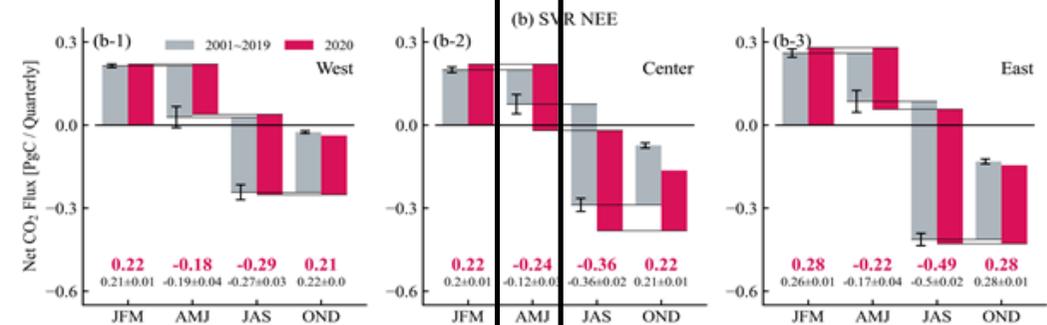


トップダウン推定(テーマ2(2))

2020年4-6月
例年よりCO₂吸収大



ボトムアップ推定(機械学習; 本テーマ)

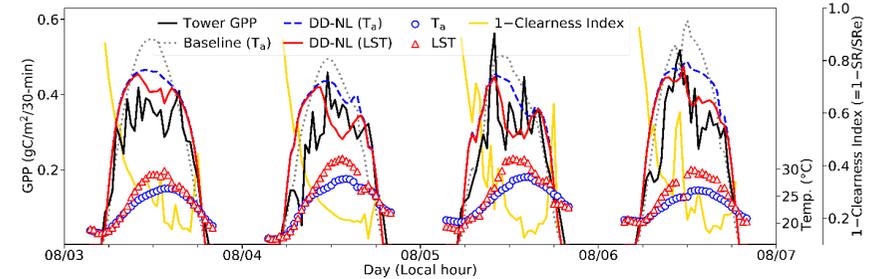


SII-8-3 研究開発内容・結果及び考察

ボトムアップ・アップスケール手法の拡張に向けて

- ✓ 静止衛星(ひまわり)データを用いた光合成推定
 地表面温度の推定(Yamamoto et al. 2022)
 光利用効率モデル(LUC)モデルの改良
 → 迅速な陸域CO₂フラックス変化の推定に有効
- ✓ 陸域物質循環モデルVISITとの相互比較
 VISIT vs 機械学習アップスケール
 → 両者の課題を抽出

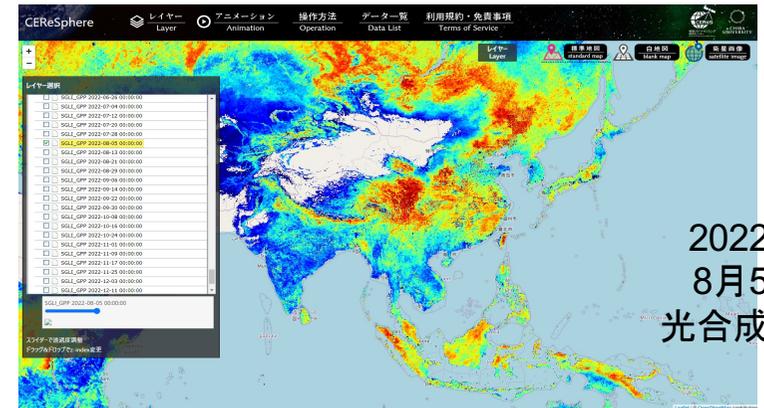
ひまわり8号地表面温度を入力した光合成量推定結果(高山)
 (2018年8月猛暑時を対象)



モデル入力を気温(青)から地表面温度(赤)に変更し、日中の光合成量の低下(猛暑、乾燥に起因)を再現(Yamamoto et al. in prep)

衛星利用型モデル ↓ システム化(即時性)

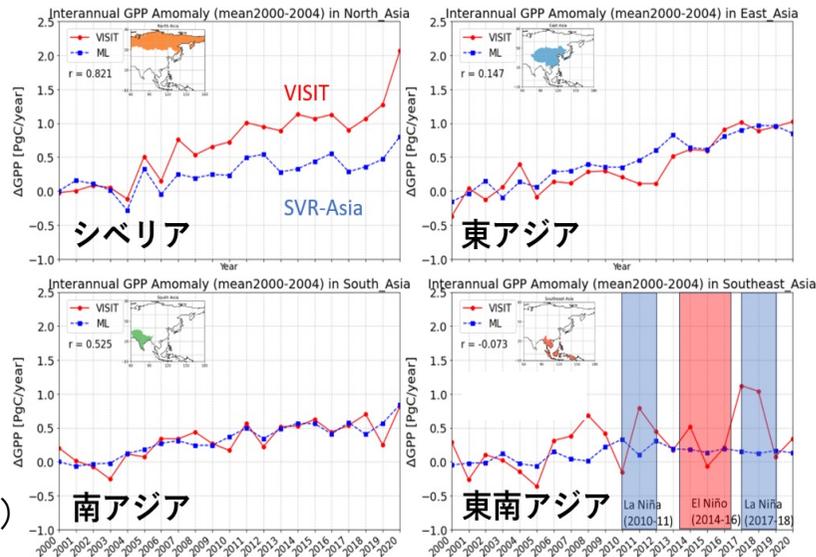
システム化(例:画像表示システム)



https://ceresphere-data.cr.chiba-u.jp/cmap_layer/

VISIT vs 機械学習

- 主な違い:
- ・シベリア
 増加傾向の大きさ
 - ・東南アジア
 経年変動パターン

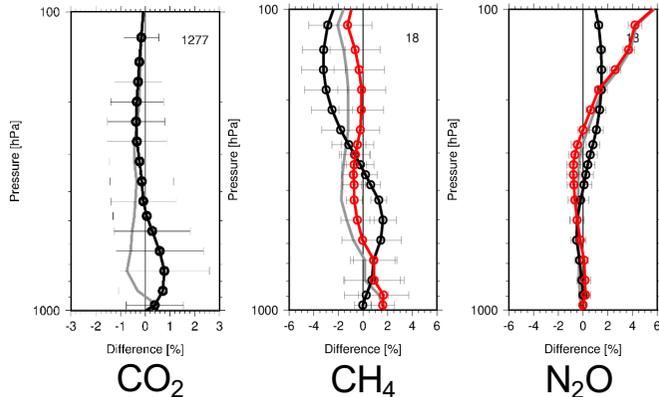


機械学習は、
 入力パラメタの再検討
 が必要
 (要:衛星以外のデータ)

SII-8-3 研究開発内容・結果及び考察

GOSAT、GOSAT-2によるGHGs濃度の全球3次元データセット作成

GHGs鉛直濃度分布導出アルゴリズムを改良、航空機観測データと比較・検証

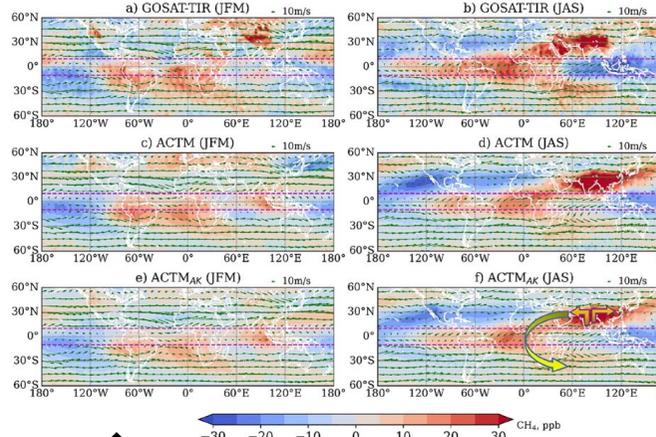


GOSAT-2:対流圏全層で航空機観測プロファイルと一致:

確度: CO₂は0.5-1%程度
CH₄とN₂Oは0.5-2%程度

GOSATデータと併せて、大気輸送モデルとの比較に有用なCO₂、CH₄、N₂Oの鉛直濃度分布の長期間全球3次元データセット

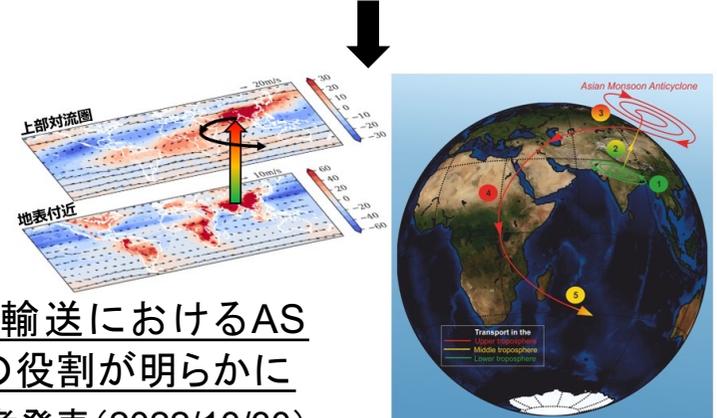
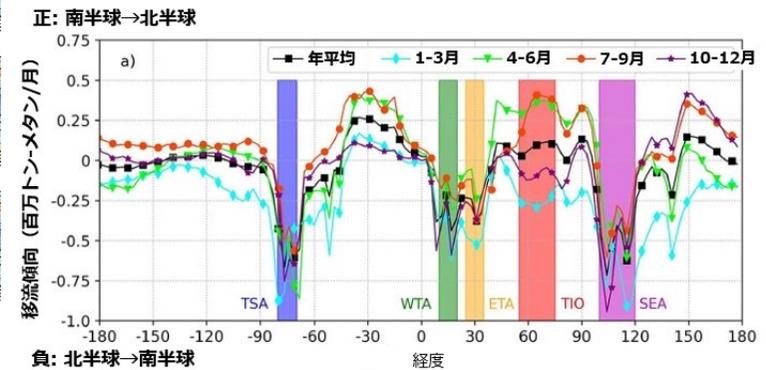
GOSATとMIROC4-ACTMモデルによるCH₄半球輸送プロセスの解明



上部対流圏で両者のCH₄濃度分布が一致

GOSATとMIROC4-ACTMのCH₄を比較

上部対流圏の低緯度でCH₄の移流傾向 (advection tendency) を計算

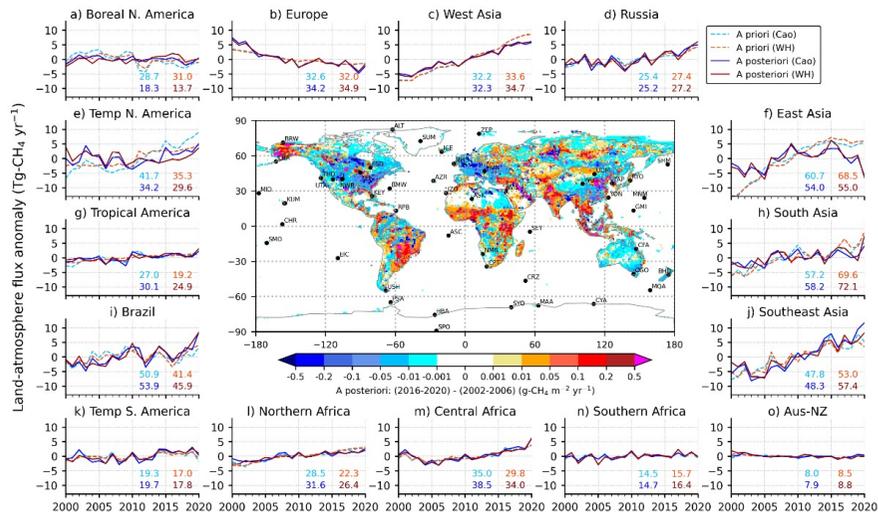


CH₄の半球輸送におけるASモンスーンの役割が明らかに

Belikov et al., 2022; 記者発表(2022/10/30); 日刊工業新聞(2022年10月13日、全国版、26面)

SII-8-3 研究開発内容・結果及び考察

逆解析による2000-2020年の領域別のCH₄収支推定

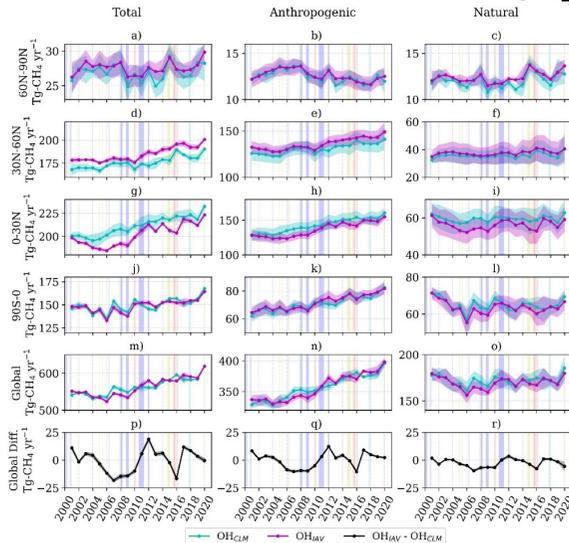


- CH₄総排出量: 526 Tg/yr(2000-05) → 568 Tg/yr(2015-20)
1. ヨーロッパは過去20年間にわたり排出量が減少 (北アメリカとオーストラリア・ニュージーランドも同様の傾向)
 2. 南部アフリカと熱帯アメリカはほぼ一定のCH₄排出量を維持
 3. 多くの地域、特にアジアで、CH₄排出量は増加傾向

GCPに貢献

Tibrewal, K. et al. 2024

CH₄の収支推定におけるOH濃度変動の影響評価



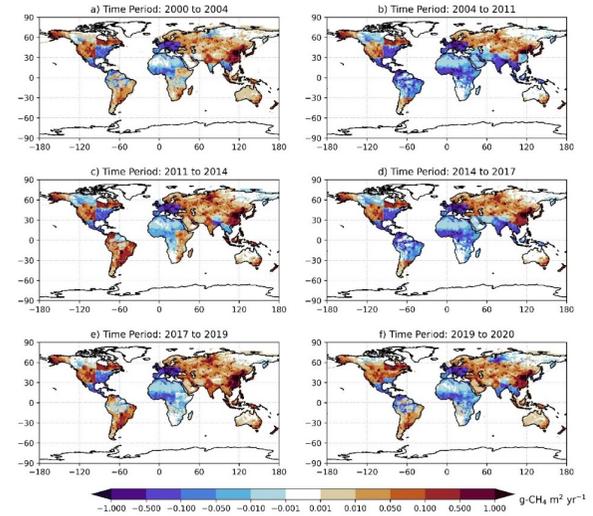
OH_{CLM}とOH_{IAV}のCH₄排出量には領域や年に依存した差が見られる

CH₄の収支推定における南アジアの地上観測データのインパクト評価

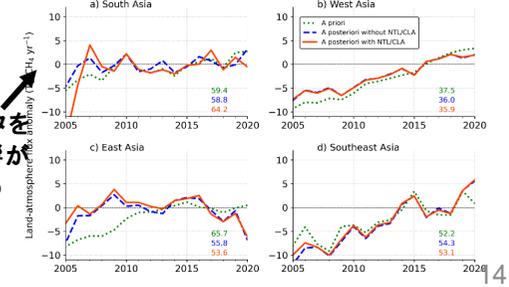
NTLのデータを利用した影響が顕著に見える

NTL、CLAのフラスコサンプリング観測(SII-8-1)の重要性を示す結果

OH_{CLM}(OH気候値)とOH_{IAV}(OH変動)を与えてMIROC4-ACTMによる逆解析でCH₄排出量を推定



大気中のOH濃度変動の重要性を示唆



SII-8-3 研究開発内容・結果及び考察

グローバルストックテイクの情報収集に対応するため、計画を前倒ししてSII-8課題成果をまとめたレポートを作成し、2022年3月、2023年3月にUNFCCC ポータルより提出



SII-8-3 達成状況

【テーマ3】 2. 目標を上回る成果を上げた

本課題独自の温室効果ガス収支に関する**ボトムアップ手法を確立**し、CO₂、CH₄、N₂Oを対象に、1970～2022年の期間についてグローバルから国・地域別のスケールで評価を実施した。テーマ1及び2と連携して成果を取りまとめたレポートを作成し、パリ協定・**グローバルストックテイクに情報提供**するなど、目標に掲げた政策貢献を遂行した。本課題の提案当初、レポートの提出は2022年度を想定していたが、課題開始後に2021年度中の提出が必要なが判明したため、作業を大幅に前倒して提出版の完成にこぎつけた。また、複数論文に成果を発表し、COPでのセミナー実施、GCP統合解析、WMO-G3W検討に参加するなど、**国際活動も積極的に実施**した。

ボトムアップ評価では、計画通りに物質循環モデル、衛星観測、排出インベントリデータを使用してセクター別かつ空間詳細な評価を行う手法を確立して科学的理解を深化させた。サブテーマ間連携によるモデル高度化、モデル計算の迅速化、排出インベントリ情報収集、機械学習を用いた推定手法の開発により、手法の問題点であったタイムラグの短縮にも成功した。

【サブテーマ1】 1. 目標を大きく上回る成果を上げた

独自のボトムアップ手法を開発し、パリ協定グローバルストックテイクに提出したレポートを取りまとめるなど目標を前倒して達成した。

- ① 人為排出インベントリおよび物質循環モデルを用いたボトムアップ手法を開発し、グローバル、アジア、国スケールでの評価を実施した。
- ② パリ協定・グローバルストックテイクへの情報提出のためレポートを前倒して作成し提出した。
- ③ IPCC報告書、国際モデル相互比較、GCP統合解析、WMO-G3Wなどの国際活動に積極的に参加した。日本気象学会で専門分科会、JPGUでセッション企画(テーマ2、サブテーマ2と共同)を行うなど、GSTに向けた科学的議論を深めた。

【サブテーマ2】 2. 目標を上回る成果を上げた

全ての内容を概ね達成した。広域推定では良好な結果が得られ、モンゴルとの共同研究、可視化、迅速化など目標を上回る成果もあった。

- ① AsiaFluxとFLUXNETを用いた機械学習によるCO₂収支推定を実施し、ひまわり8号を活用した光合成量の推定も試みた。
- ② GOSAT、GOSAT-2衛星データによるCO₂、CH₄、N₂Oの鉛直濃度プロファイルを高精度に導出し大気輸送モデルに提供した。
- ③ 陸域物質循環モデルVISITモデルの改善を試みた。大気インバース解析との比較を実施した。
- ④ ①に関して温室効果ガス収支推定のシステム化を実施した。またCH₄収支の解析結果をGCPIに提供した。
- ⑤ 早期解析の作業フローを確立し、異常高温に伴うアノマリの検出などのスピーディな温室効果ガス収支システムを構築した。

SII-8-3 研究計画

達成(前倒し)

未達成

	令和3年度	令和4年度	令和5年度
サブ1	ボトムアップ評価	データ・情報収集	初期的評価
	排出インベントリ改良		検証と高度化
	物質循環モデル開発	現状再現性の確認	計算の実施
	GHG報告書作成	作業工程の検討	速報版の作成
	情報収集、アウトリーチ	国際活動の情報収集	分科会・講演会
サブ2	フラックススケールアップ	手法の更新、広域推定	迅速化へのシステム化
	GOSATデータ作成	GHG濃度プロファイル	逆解析による初期計算
	物質循環モデル改良	データ同化の開発	データ同化の検証

SII-8-3 環境政策等への貢献



【行政が既に活用した成果】

- UNFCCC-GSTに情報提供を行うためのレポートを作成し、SII-8研究開発の成果である、複数の科学的手法によるGHG収支評価をインプットした。
 - ・Bulletin of Multi-scale Estimation of Greenhouse Gas Budgets 2023 (2023年3月3日) <https://unfccc.int/documents/627117>
 - ・Bulletin of Multi-scale Estimation of Greenhouse Gas Budgets 2022 (2022年4月1日) <https://unfccc.int/documents/461590>
- COP26、27、28において環境省ジャパンパビリオンでのセミナーを実施し、上記レポート、日本が展開しているアジア太平洋地域での観測、先端的モデルなどについてステークホルダー(各国の行政担当者・研究者)向けに発信し意見交換を行った。
- 行政主催の会合での貢献
 - ・科学技術振興機構(JST)-研究開発戦略センター(CRDS)主催 環境・エネルギーセミナー
 - ・科学技術振興機構(JST)-研究開発戦略センター(CRDS)主催 科学技術未来戦略ワークショップ
 - ・文部科学省主催 第9期地球観測推進部会(第4回)
 - ・日本学術会議主催 学術フォーラム
- 日本政府が関与する地球観測の促進に関しSII-8課題成果を踏まえた貢献を行った。GEO(地球観測に関する政府間会合)のアジア・オセアニア支部会合(AOGEO)において、温室効果ガス循環に関する部会(Taskgroup-3; Carbon and Greenhouse Gases)共同議長を務め、以下の会合で貢献を行った。
 - ・文部科学省が主催する第9期地球観測推進部会(第3回)
 - ・地球観測衛星委員会(CEOS)主催による戦略的実装チームテクニカルワークショップ
 - ・衛星地球観測コンソーシアム(CONSEO)設立総会(基調講演)
- 温室効果ガス監視に関するハイレベルな国際会議でSII-8課題成果を踏まえた貢献を行った。
 - ・アジアの温室効果ガスフラックス観測ネットワークの国際ワークショップ(基調講演)
 - ・フューチャー・アース日本サミット(招待講演)
 - ・イタリア大使館主催2050年カーボンニュートラルに向けた地球観測の役割に関する日-伊合同ウェビナー(講演)
 - ・欧州コペルニクスCO₂プロジェクト(CoCO2)第1回全体会議(外部委員)
 - ・世界気象機関(WMO)主催Carbon Monitoring Workshop(講演、続くWMO-G3W構想への協力)

【行政等が活用することが見込まれる成果】

- 日本および各国の排出削減目標(NDC)引き上げ検討におけるSII-8成果の活用
- 第2回GST(2028年予定)に向けた国内体制の構築
- 次期IPCC評価報告書に向けた科学的成果の蓄積と、そこで使用される排出・社会経済シナリオの検証材料提供
- 「環境研究・環境技術開発の推進戦略」(令和元年5月21日環境大臣決定)に即した基礎的データの提供
- 世界気象機関が進めるグローバル温室効果ガス収支監視(WMO-G3W)への貢献
- 地球温暖化現象とそのメカニズムの理解深化による地球システムモデルの予測信頼度の向上

SII-8-3 研究成果の発表状況

成果の種別	件数
査読付き論文:	13
査読付き論文に準ずる成果発表 (人文・社会科学分野):	0
その他誌上発表(査読なし):	6
口頭発表(国際学会等・査読付き):	0
口頭発表(学会等・査読なし):	46
知的財産権:	0
「国民との科学・技術対話」の実施:	17
マスコミ等への公表・報道等:	6
研究成果による受賞:	1
その他の成果発表:	1

(1) 誌上発表 <論文(査読あり)>

【サブテーマ1】

1. A. ITO, S. INOUE and M. INATOMI: J. Agricult. Meteorol., 78, 56–65 (2022)
2. CHANDRA, N. PATRA, P. K., NIWA, Y., ITO, A., ..., TAKIGAWA, M., HAJIMA, T.: Atm. Chem. Phys. 22, 9215–9243 (2022).
3. A. ITO, P. PATRA, T. UMEZAWA: Global Biogeochem. Cycles, 37 (2023) =>プレスリリース

【サブテーマ2】

1. Y. YAMAMOTO, K. ICHII, Y. RYU, M. KANG, and S. MARUYAMA: ISPRS J. Photogramm. Remote Sen, 191, 171-187 (2022).
2. D. BELIKOV, N. SAITOH, and P. K. PATRA: J. Geophys. Res., 127, e2021JD035688 (2022).
3. K. TIBREWAL et al.: Comm. Earth Env. (2024). =>プレスリリース

(4) 「国民との科学・技術対話」の実施

- ・気象学会専門分科会「温室効果ガス監視の最新動向」
- ・JPGUセッション「Global Carbon Cycle」企画

【サブテーマ1】

1. COP26、27、28ジャパンパビリオンセミナー、2021年11月2日、2022年11月12日、2023年12月9日
2. Zoomウェビナー「温室効果ガス研究の最前線—パリ協定の目標達成に向けて—」(国立環境研究所、GCP、FE主催、推進費SII-8協力)、2022年2月10日。
3. 国立環境研究所公開シンポジウム Zoomブレイクアウトルームを利用したポスターセッション、2022年6月23日、温室効果ガスを監視する:パリ協定達成に向けて
4. 中京テレビ・名古屋大学共催シンポジウムでの講演、2023年7月20日
5. SII-8課題ホームページによる継続的な情報発信 https://www.nies.go.jp/sii8_project/

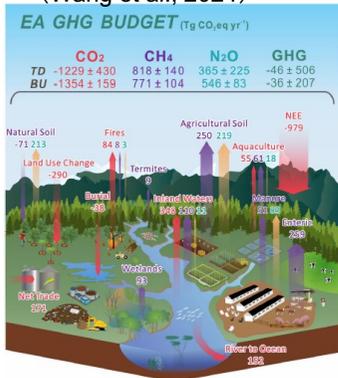
【サブテーマ2】

1. 明日の経営を考える会 2021年度第10回「気候変動と生物多様性」(主催:一般社団法人グローバル・コンパクト・ネットワーク・ジャパン、2022年1月14日)
2. オンラインウェビナー 生物多様性x気候変動 – 同時解決に向けた科学のいま – (主催:国立環境研究所 地球環境研究センター)、2022年7月26日)

SII-8-3 国際共同研究等の状況



東アジア生態系 GHG収支
(Wang et al., 2024)



1. グローバルカーボンプロジェクトにおける湿原モデルを用いたメタン収支に関する国際モデル相互比較プロジェクトへの参加。カウンターパート: Benjamin Poulter (米国・NASA Goddard Space Flight Center)、Zhen Zhang (米国・Maryland大学) など多数。連携状況: 2000~2020年のグローバルな湿原メタン放出量について、共通プロトコルに基づくモデル計算を実施し、推定データを提供するとともに解析に参加した (Ito et al., 2023, GRL)。最新のメタン収支統合評価に反映される見込み (Saunois et al., ESSDD, submitted)。
2. グローバルカーボンプロジェクトにおける陸域一酸化二窒素放出量に関する国際モデル相互比較プロジェクトへの参加。カウンターパート: Hanqin Tian (米国・Auburn大学)、Zönke Zaehle (ドイツ・Max Planck Institute for Biogeochemistry) など多数。連携状況: 1901~2020年のグローバルな土壌からの一酸化二窒素放出量について、共通プロトコルに基づくモデル計算を実施し、推定データを提供するとともに解析に参加した。最新の一酸化二窒素統合評価に反映される見込み (Tian et al., 2024, ESSD, in press-2024)。
3. グローバルカーボンプロジェクトにおける地域炭素収支解析プロジェクト (RECCAP2) に参加し、東アジア地域分析にco-leadとして貢献した。カウンターパート: Xuhui Wang (中国・北京大学)、Sujong Jeong (韓国・ソウル国立大学)、Philippe Ciais (フランス・LSCE) ほか多数。連携状況: 1990~2020年の東アジア地域における炭素収支統合解析プロジェクトに参加し、モデル推定データを提供するとともに解析に参加した。米国地球物理学会のジャーナルより刊行されるRECCAP2特集において成果が発表された (Wang et al., 2024, GBC; Kondo et al., submitted)。
4. AsiaFlux, FLUXNETなどの大気—陸域地上フラックス観測ネットワークを介し、AsiaFluxデータの利用と共同研究、機械学習によるアップスケーリング国際比較プロジェクトFLUXCOMを介した共同研究の推進。カウンターパート: Martin Jung (ドイツ・マックスプランク生物地球化学研究所)、Youngryel Ryu (ソウル大学) など。連携状況: 観測データに基づくアップスケーリング手法の構築において、FLUXCOMプロジェクトの推進(本年度はサブ2からの衛星データ提供と先方グループによるモデルラン(Martin Jung)、また、AsiaFluxにおける韓国サイトからのデータ提供と共同研究推進(Youngryel Ryuなど)。これら成果物はFLUXCOMプロジェクトの一つのアウトプットとしてコミュニティに公開される見込み。
5. WMO-G3WワークショップでSII-8の成果を紹介し、引き続きスコーピングにもオブザーバー参加した。

SII-8-3 サブ1 研究計画

令和3年度	<ul style="list-style-type: none">・温室効果ガス収支のボトムアップ評価を行うための各種データ収集と物質循環モデル開発を行う。世界で開発されてきた排出インベントリを精査し、提供されるガス種類や推定手法、提供時期や分解能などをとりまとめる。物質循環モデルについて観測データを収集し、現状再現性を検証する。・評価レポートを迅速に作成するための作業工程を検討する。排出インベントリ、観測データ、モデル評価結果、他国の推定結果の進行をタイムラインにまとめ、1年以内の速報、1年半以内の確報を確実に実施可能な工程・内容を検討する。・ICOS、NACP、GCPなど国際関連活動の情報収集を行い参画者と共有する。
令和4年度	<ul style="list-style-type: none">・初期的なボトムアップ評価を実施し、全球および国地域スケールでの温室効果ガス収支評価を行う。昨年度までに収集した新しいデータや改良した物質循環モデルの推定結果を使用して2013年から2021年までの収支を推定する。・2021年の温室効果ガス収支をとりまとめた評価レポートの速報版を、グローバルストックテイクを踏まえたスケジュールで作成する。日本については温室効果ガスインベントリオフィスによる人為起源排出量速報値との比較を行う。・温室効果ガスの観測・モデル評価に関する科学的課題を検討するための国内学会分科会や一般向け講演会などを企画する。
令和5年度	<ul style="list-style-type: none">・ボトムアップ評価の検証と高度化を進め、テーマ1などによるトップダウン評価との比較を行う。排出インベントリの補正、物質循環モデルの定式化やパラメータ調整を行い、火災起源放出の精度評価などを実施する。・前年度の評価結果を再検討し2021年分の評価確報版を作成する。その作業進捗状況から迅速な報告を行う上でのボトルネックを特定し、定常的な評価体制を検討する。あわせて2022年の排出量評価を行い、速報値レポートを作成する。同時に他国による評価状況を取りまとめ、入手可能なものについては結果の比較を行う。・温室効果ガスの観測・モデル評価に関する科学的課題を検討し、グローバルストックテイクに成果貢献するための専門家による研究集会などを企画する。

SII-8-3 サブ2 研究計画

令和3年度	<ul style="list-style-type: none"> ・観測に基づいたアップスケーリング手法の更新を行う。これまでの推進費で構築した機械学習による手法(Ichii et al. 2017)を基にする。一方、従来の推定はアジアに特化していたので、最新の地上観測データを収集するなどしてグローバルでの推定を行う。最新の地上観測データセット(特にAsiaFluxなど)や衛星データセットの準備を行う。CH₄フラックスについてもFLUXNET-CH₄データや簡易モデルをベースにして広域推定を行う。 ・GOSAT、GOSAT-2衛星からCO₂、CH₄、N₂O濃度のプロファイルを導出し、全球・時系列データセットを構築する。これら構築したデータセットを他サブ課題に提供し、大気輸送モデルの検証および逆解析システムに利用できるデータセットとして整備する。観測データに利用するなど課題内の連携を行う。 ・陸域物質循環モデル(VISIT相当を想定)について、データ同化など観測データの統合の仕組みを検討し、利用できる衛星観測データ、地上観測データを決定する。アンサンブルカルマンフィルタ・粒子フィルタについては、分担者・小槻が全球天気予報システムNEXRA (Kotsuki et al. 2019)で開発済みのものを利用し、開発を円滑化する。フラックスサイトにて、人工衛星観測を同化する実験を行い、同化により炭素・水・熱フラックスが改善されるか否かを確認する。
令和4年度	<ul style="list-style-type: none"> ・2021年度に作成した機械学習などによるCO₂/CH₄収支アップスケーリングについて、他のサブ課題からの推定結果や他のプロセスモデルなどとの相互比較を実施する。アップスケーリングを迅速にできるようにシステムを構築する。 ・構築したGOSATなどの衛星観測に基づく温室効果ガス濃度データセットを逆解析システムに投入あるいは直接同化して得られた初期的なフラックスおよび濃度データ(他サブ課題から提供)を解析・評価する。 ・前年度に続き、フラックスサイトにて陸域生態系モデルVISITモデルについてデータ同化などの統合システム開発・検証を継続する。また、データ同化によるVISITのモデルパラメータ推定に取り組む。また新たに、火災などの特異なイベントを扱えるよう、モデルの改善を試みる。 ・温室効果ガス収支推定結果をとりまとめ、サブ課題3-1に提出する。
令和5年度	<ul style="list-style-type: none"> ・他サブ課題からのトップダウン・ボトムアップ推定結果、本サブ課題のアップスケーリングやモデル推定による推定値の相互比較を実施する。大陸毎・国毎にCO₂収支・CH₄収支を精査し、類似点・相違点を整理する。またこれまで構築したアップスケーリングによるデータセットをより高空間解像度化する。 ・他サブ課題と連携して、逆解析システムで利用できる衛星データセットの高精度化を図りつつ、衛星データに基づく収支推定の精緻化・迅速化を目指す。複数の手法による収支推定で得られたデータを統合解析し、異常気象や森林火災などの特異なイベントにおける濃度のアンマリを定量化する。 ・昨年度までに開発されたモデルシステムを、フラックスサイトから面的に拡張した、広域での最終ランを推進する。モデルの結果を解析し、本研究で得られた温室効果ガスの収支を推定する。