



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

*Comprehensive Study and Monitoring of Long-lived Greenhouse Gases and
Short-lived Climate Forcers toward Mitigation of Climate Change*

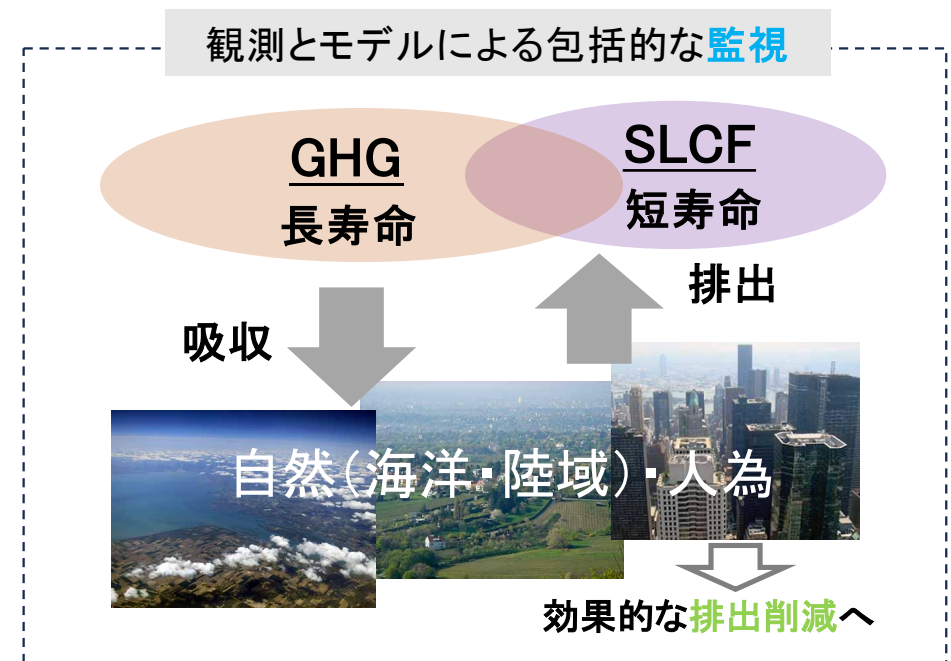
令和6～10年度 (2024～2028)

プロジェクトリーダー・テーマ3リーダー
伊藤 昭彦 (東京大学大学院・教授)

テーマ1リーダー
丹羽 洋介 (国立環境研究所・主任研究員)

テーマ2リーダー
羽島 知洋 (海洋研究開発機構・グループリーダー代理)

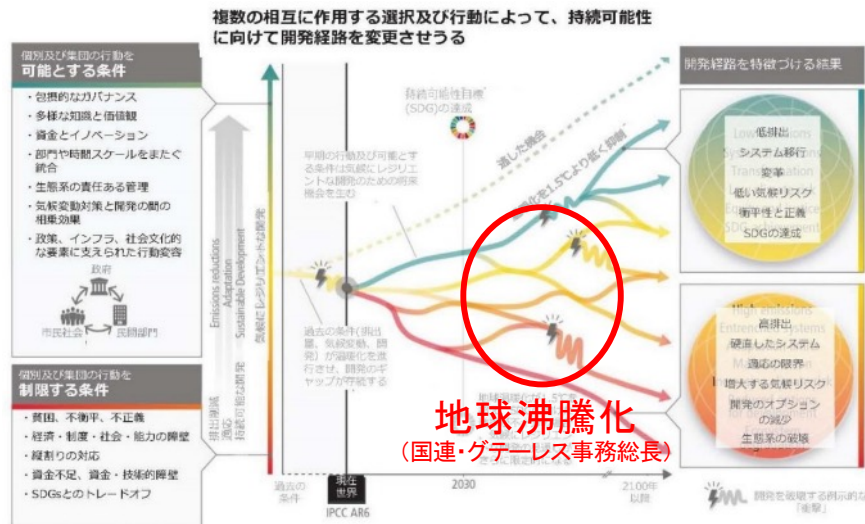
テーマ4リーダー
田邊 清人 (地球環境戦略研究機関・上席研究員)



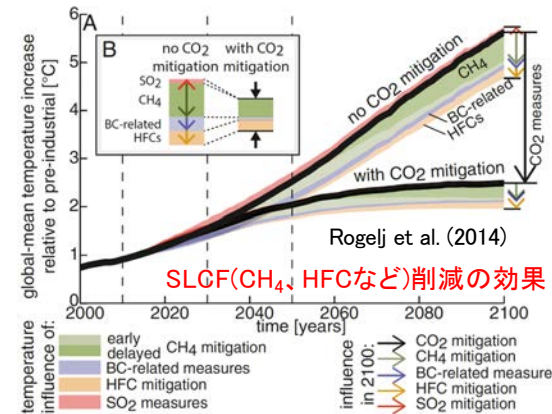
背景：緊急性、必要性

IPCC AR6総括報告書

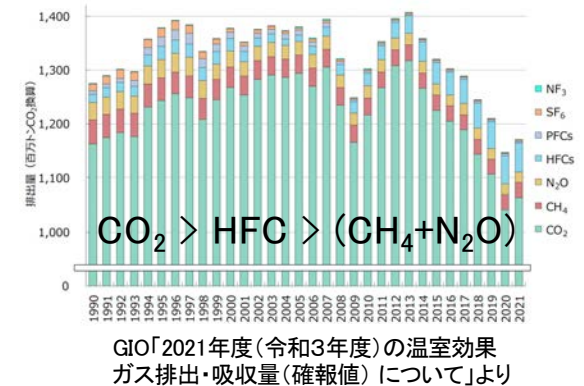
続く10年の緩和・適応の**加速的行動**が極めて重要



長寿命GHGだけでなく短寿命・大気質**関連物質の削減**が効果的



近年の日本からの排出量
→8年ぶりの**増加**



パリ協定(1.5°C目標)達成に向けて

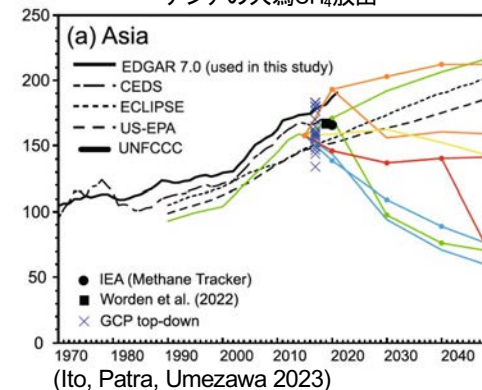
各国提出目標(NDC)では不十分

→ GST(**グローバルストックテイク**)による目標引上げ

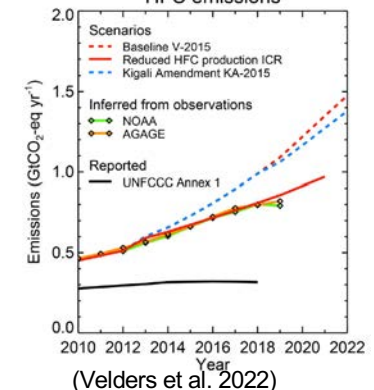
→ 第1回(2023):SII-8より貢献、第2回(2028):さらなる貢献へ
オーバーシュートでの達成には吸収源(負排出)が不可欠

排出インベントリには**不確実性**が残る

アジアの人為CH₄放出



HFC emissions



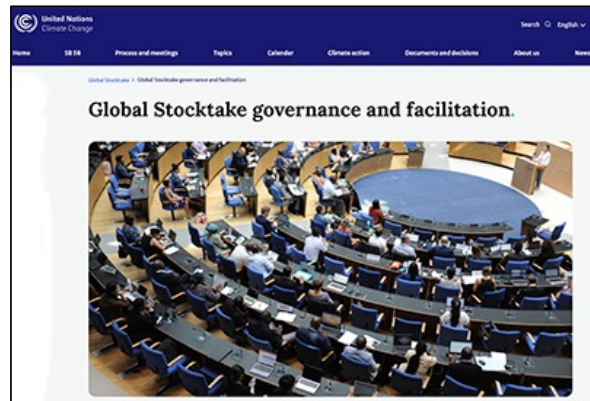
背景：世界の大気監視研究動向

パリ協定グローバルストックテイク(GST)

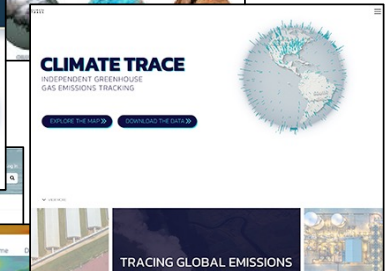
(第1回: 2023、第2回: 2028、、、)

世界の観測・研究コミュニティ

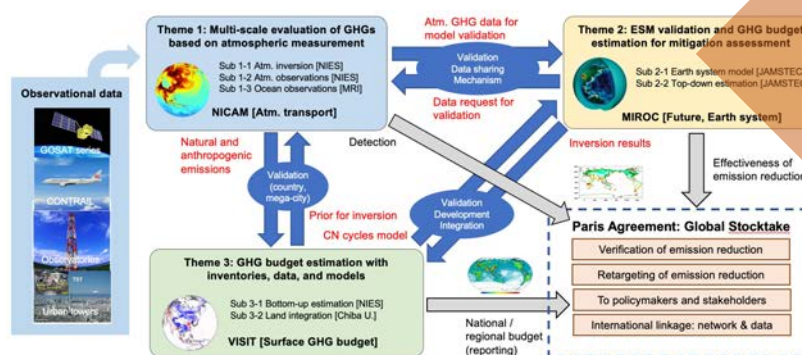
次期IPCC報告書(AR7)に向けた検討開始



WMO Global
Greenhouse Gas
Watch (GGGW)
総会で採択



先行課題 推進費SII-8など



- ・アジア太平洋地域での観測 => IPCC報告書への貢献
- ・迅速な報告体制 => GSTへの貢献を促進

本課題の目的・目標

GHG+大気質関連物質の削減は 効果的対策 となりうる

しかし

	農林水産省(吸収源) 気候変動観測連携推進室	地球環境局	フロン対策室	水・大気環境局
環境問題	温暖化・気候変動	成層圏オゾン破壊		大気質悪化とその影響
主な削減対象	長寿命温室効果ガス(GHG)	フロン・ハロン・代替フロン類		短寿命気候駆動因子(SLCF)
国際枠組み	UNFCCCパリ協定	モントリオール議定書 キガリ改正		短期寿命気候汚染物質削減のための 気候と大気浄化のコアリション(CCAC)

共通問題
インベントリの
科学的検証が
不可欠
↓
個別の観測・
評価は非効率

行政ニーズ： 我が国及び各国の排出吸収量推計の精度向上・検証

そこで

目的： GHGと大気質関連物質を包括的に監視し効率的な対策実施に貢献

目標：

- 大気中の濃度変動を正確に把握する共通観測ネットワークの確立
- 迅速・高精度に各物質の収支を推定するモデル開発と検証
- 排出インベントリを検証・高度化する客観的・科学的データを提供
- 観測・モデル解析による監視から予測・影響評価-環境対策・政策の加速化

本課題の全体概要

「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」

プロジェクトリーダー：伊藤昭彦（東京大学）

総括グループ：研究フレームワーク、データ共通化、相互検証、アウトリーチ など

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（国環研）

- 高精度・高頻度観測
- 高分解能な大気逆推定モデル
- 排出インベントリの検証
- 統合フラックス評価システム



観測
データ

相互
検証

推定
結果

ニーズ

TD
評価

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（IGES）

- GSTIに関する情報収集
- 課題成果の報告書とりまとめ
- IPCCガイドラインへの貢献
- 民間・自治体ステークホルダー



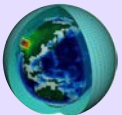
ニーズ

BU
評価

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に関する吸収・排出量の研究」

テーマリーダー：羽島知洋（JAMSTEC）

- 地球システムモデルの検証
- 文科省・先端プログラムとの連携
- 吸収源強化を想定した将来予測



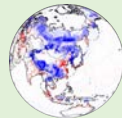
先験
情報

吸収源
シナリオ

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）

- 森林吸収源・AFOLUセクター
- 衛星データを用いた迅速把握
- モデルと排出インベントリ検証
- 土壌CH₄吸収の把握とガイドライン



環境政策への貢献

- ・日本の排出インベントリ検証へ
- ・UNFCCCパリ協定GST
← 国地域別収支の精緻化
- ・モントリオール議定書キガリ改正
- ・気候と大気浄化の国際コアリション
- ・排出削減施策（Jクレジットなど）支援

国際貢献

- ・IPCCガイドラインへのインプット
- ・国別排出インベントリの検証
- ・WMO-GGGWへの貢献
← アジア太平洋地域の観測網

科学的成果

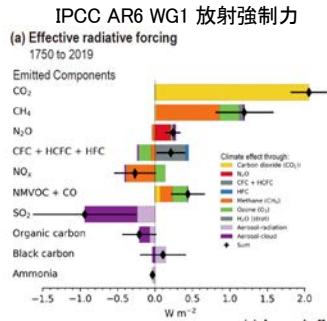
- ・IPCC次期報告書
← 地域～全球収支の解明(GCP)
- ・温暖化予測の信頼性向上
← SLCF、吸収源の知見反映
- ・短期変動・極端現象の検出

本課題で扱う物質

対象の定義・整理: 主に気候変動に影響・作用、不確実な人為排出源の存在、科学的理解の必要性

(他課題との分担、
予算・リソースの制約も踏まえ)

(大気中化学反応で多くが生成される対流圏オゾン、硫酸エアロゾルは主たる対象としない)



日本の排出削減目標 (NDC)

我が国の温室効果ガス削減目標

2050 年カーボンニュートラルと整合的で、野心的な目標として、我が国は、2030 年度において、温室効果ガスを 2013 年度から 45%削減することを目標とする。さらに、50%の減量に向け、挑戦を続けていく。

※ 温室効果ガス削減目標の区分ごとの目標 (単位: 百万 t-CO₂e)

	2030 年度の 目標 (単位: 10 ⁶ t-CO ₂ e)	2013 年度 実績 (単位: 10 ⁶ t-CO ₂ e)
温室効果ガス排出量 (削減率)	700	1,400
エネルギー関連二酸化炭素	677	1,225
産業部門	289	603
運輸部門	116	236
家庭部門	79	206
運輸部門	146	224
エネルギー転換部門 ¹⁾	56	106
非エネルギー関連二酸化炭素	20.0	82.3
メタン	25.7	20.0
一酸化二窒素	17.8	21.4
代替フロン ²⁾	21.8	29.5
ハイドロフルオロカーボン (HFC)	14.3	32.3
パーフルオロカーボン (PFC)	4.2	3.3
六フッ化硫黄 (SF ₆)	2.7	2.1
三フッ化窒素 (NF ₃)	0.5	1.6
温室効果ガス吸収量	447.7	-

注: 1) エネルギー転換部門は、2030 年度までの目標で、100% CO₂ 削減の目標的な排出削減率 (削減率) を目標とする。我が国は、2050 年カーボンニュートラルと整合的で、野心的な目標として、我が国は、2030 年度において、温室効果ガスを 2013 年度から 45%削減することを目標とする。さらに、50%の減量に向け、挑戦を続けていく。

		GHG (長寿命)			SLCF (短寿命)			関連物質
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC (HFC-134a、HFC-32、HFC-125)	NO _x	BC	CO など
テーマ1	(1)	NICAM-TM	NICAM-TM		NICAM-Chem	NICAM-Chem	NICAM-Chem	NICAM-TM
	(2)	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測
	(3)	観測 (海洋)						
テーマ2	(1)	MIROC-ESM	MIROC-ESM	MIROC-ESM				
	(2)	MIROC-ACTM (¹³ C, ¹⁴ C)	MIROC-ACTM (¹³ C, ² H)	MIROC-ACTM (¹⁵ N, ¹⁴ N)				
テーマ3	(1)	VISIT、インベントリ (¹³ C, ¹⁴ C)	VISIT、インベントリ (¹³ C)	VISIT、インベントリ	インベントリ比較	火災	火災	火災
	(2)	衛星観測 (陸域)						
	(3)	現地観測	現地観測					
テーマ4	(1)	報告書	報告書	報告書	(IPCC インベントリガイドラインへの貢献)			
	(2)	情報提供	情報提供	情報提供				

参考 SLCFの種類: IPCCガイドライン案: BC, OC, NO_x, NH₃, SO₂, CO, NMVOC

CCAC: 対流圏 O₃, BC, CH₄, HFCs

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

目標・アウトプット

多スケール・多成分複合解析によるアジア太平洋地域を中心としたフラックス推定の精度向上
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の体制

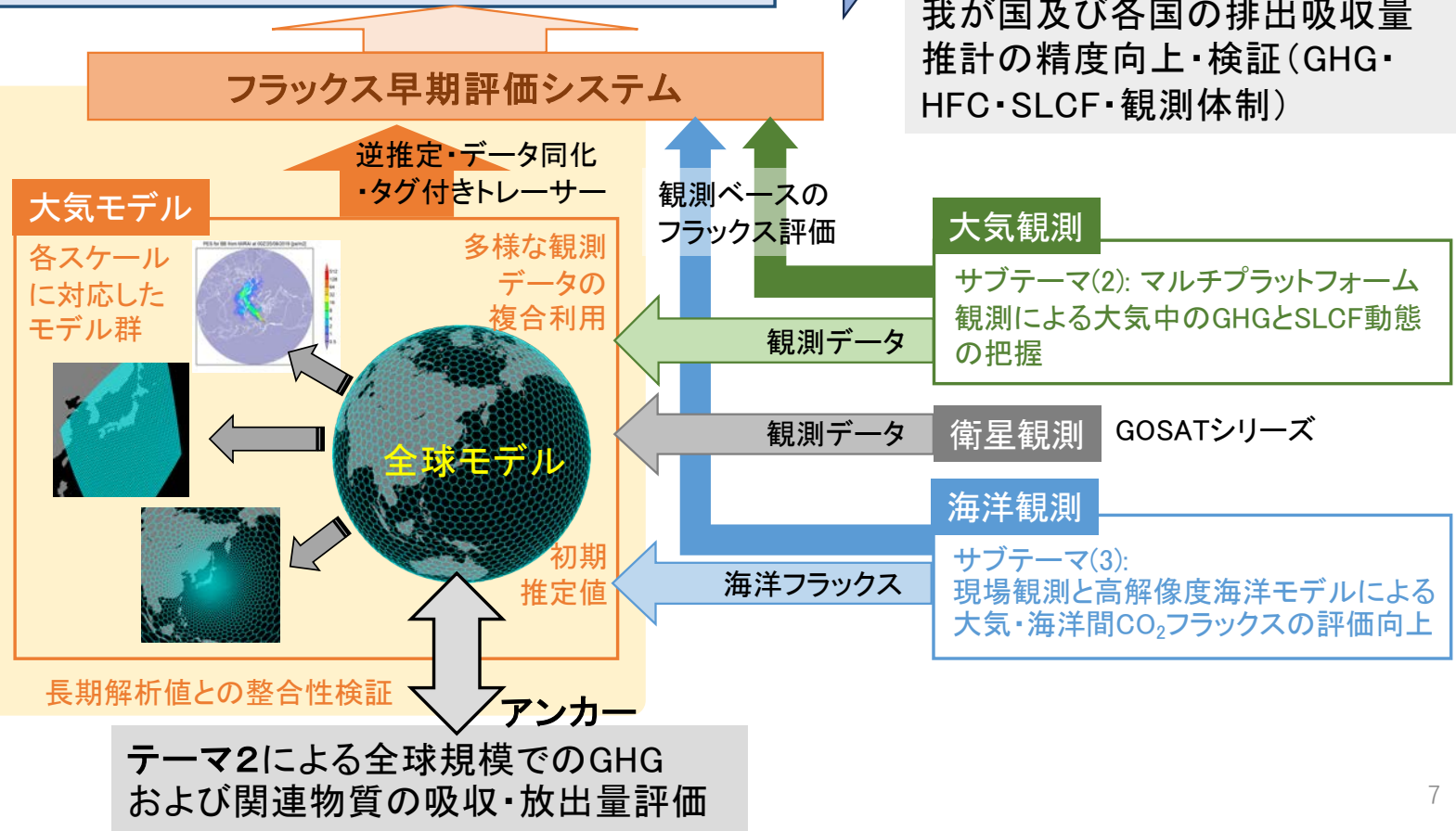
GST, WMO-GGGW, GCP, IPCC

行政ニーズ:

我が国及び各国の排出吸収量
推計の精度向上・検証 (GHG・
HFC・SLCF・観測体制)

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

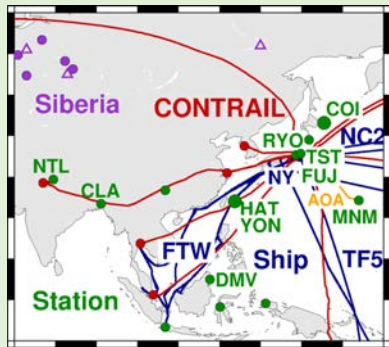
- 海洋・陸域、全球一国・地域スケール、複数のGHG・SLCFに対応したフラックス推定手法の開発
- 階層的なモデル群の利用によるフラックス推定の高解像度化
- HFC排出インベントリの評価手法の開発



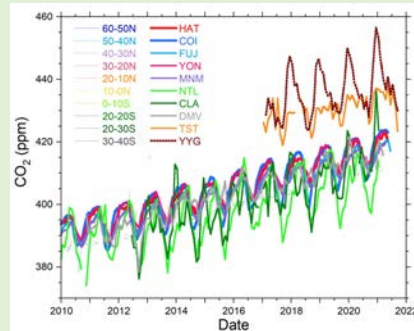
テーマ1

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

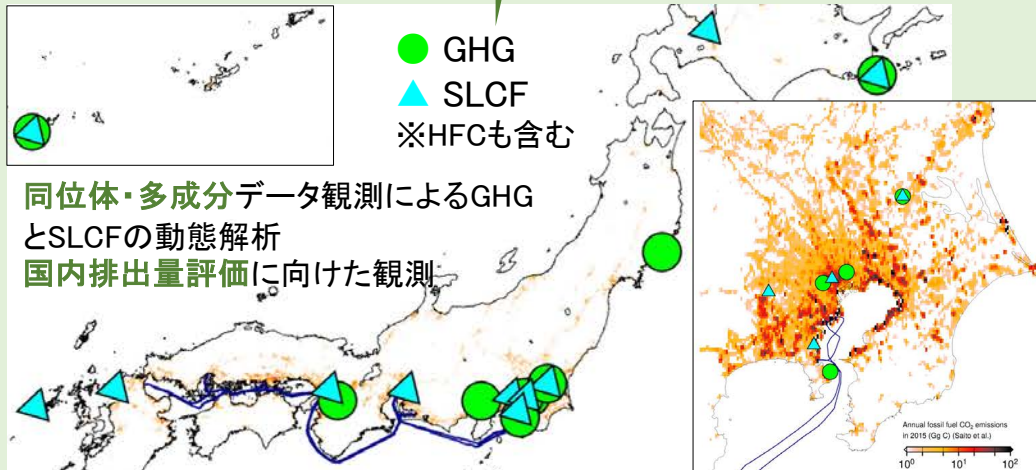
サブテーマ(2) [公募]: マルチプラットフォーム観測による大気中のGHGとSLCF動態の把握



アジア太平洋地域の様々な観測プラットフォームで効率的・継続的なデータ取得・整備

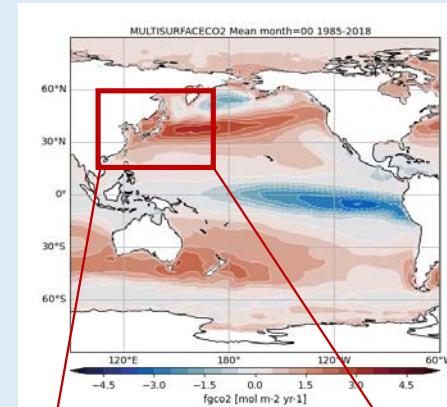


オペレーショナルなフラックス推定を推進するための速報性のあるデータ公開

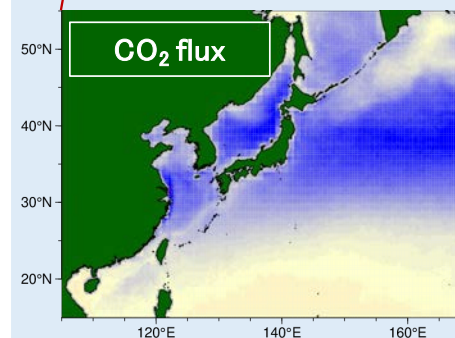


サブテーマ(3) [公募]: 現場観測と高解像度海洋モデルによる大気・海洋間CO₂フラックスの評価向上

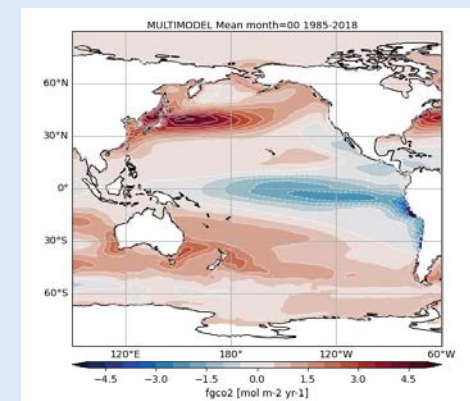
大気・海洋間CO₂フラックス分布 → 初期推定値としてサブ(1)へ



現場観測に基づく経験的マッピング



日本沿岸域への拡張性検討



大気再解析データに駆動された海洋モデルによる数値シミュレーション

相互比較による問題点の抽出と改良

- ・フラックスの大きさ
- ・季節変化
- ・年々変化
- ・長期変化

テーマ2

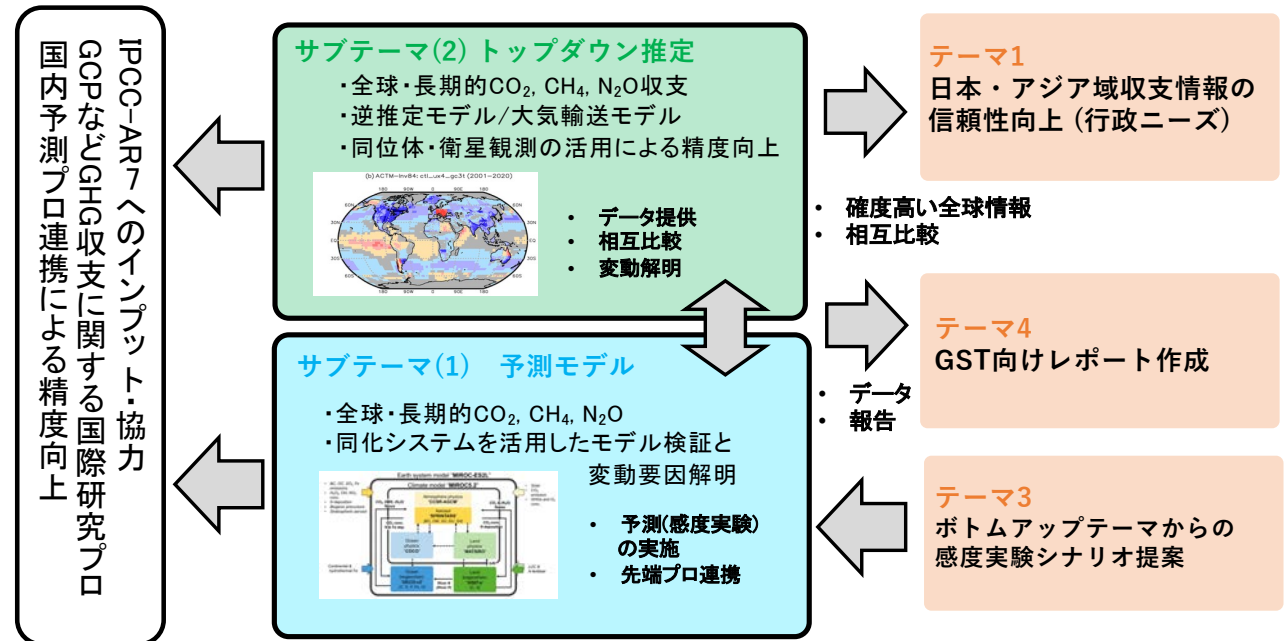
予測モデルおよび逆推定モデルを用いた全球規模での主要3種GHGに関する排出・吸収量の研究

- 背景 主要3種GHG (CO₂, CH₄, N₂O)は全球規模収支が第一義的に重要、しかし大きな不確実性を残す
→ 国・領域スケールでの精緻な収支推定(GST, 行政ニーズ) や 予測モデルで問題に

- 目標 主要3種GHG (CO₂, CH₄, N₂O)について、
 - ・ 国・領域スケールでの精緻な収支推定(GST、行政ニーズ)のため、
全球規模での収支推定精度向上と 変動メカニズムの理解を深める
 - ・ IPCC等で活用される温暖化予測モデルの物質循環面での検証と予測精度向上に貢献する

●ポイント

- ・ 本テーマから得られる全球規模での基礎的理解と収支情報をテーマ1&4に提供し、GSTや行政ニーズで求められる国・領域スケールでの収支把握に貢献
- ・ 予測モデル検証を通じて温暖化予測プロジェクトに貢献し、テーマ3と連携して吸収源などに関する感度(予測)実験も実施

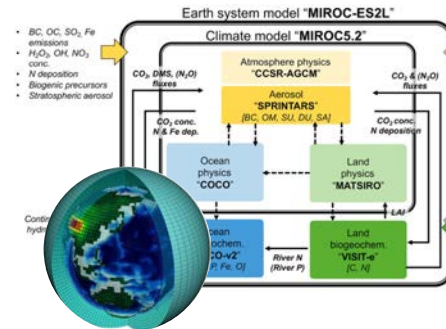


テーマ2

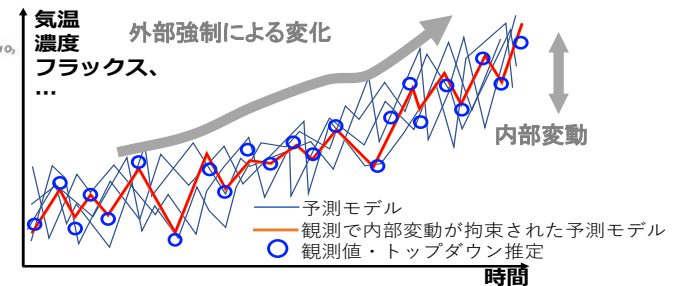
予測モデルおよび逆推定モデルを用いた全球規模での主要3種GHGに関する排出・吸収量の研究

●サブテーマ(1) [総括] 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

- 地球システムモデル + データ同化システムによる CO_2 , CH_4 , N_2O に関する検証
→ 予測モデルの気候フィードバック精度向上
→ 国内予測プロジェクトへの貢献
- サブテーマ(2)とともに、過去～現在の濃度変動の要因分析
→ 全球規模変動のメカニズム理解をテーマ1 & 4に提供
- 吸収源強化シナリオ(テーマ3)を用いた独自将来予測



地球システムモデル(+物理変数同化システム)

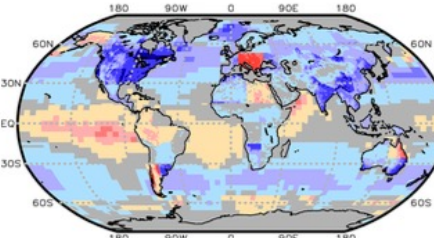


変動メカニズムの解明
トップダウン推定との直接比較を通じた予測精度向上

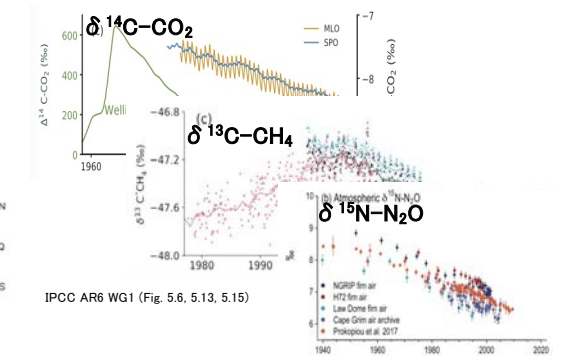
●サブテーマ(2) [公募] トップダウン手法を用いた全球規模でのGHG収支推定と変動メカニズムの解明

- トップダウン推定による CO_2 , CH_4 , N_2O の収支推定
- 安定同位体の導入、複数排出インベントリ、濃度の衛星観測を用いた収支精度向上と理解の深化
→ 全球規模でのメカニズム理解と収支情報をテーマ1 & 4に
- サブテーマ(1)における予測モデル検証と濃度変動の要因分析への貢献

CO_2 : Chandra et al., 2022
 CH_4 : Chandra et al., 2021
 N_2O : Patra et al., 2022
(b) ACTM-inv84: cti_lux4_gc3t (2001-2020)



インバージョンモデル・大気輸送モデル

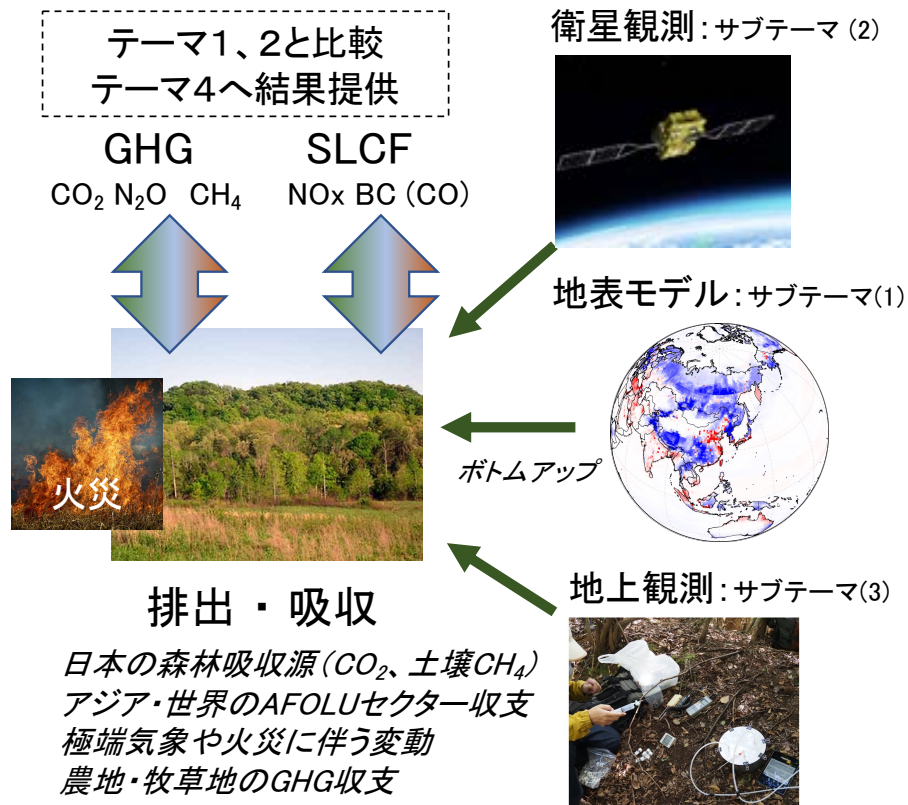


安定同位体の導入、複数排出インベントリ活用

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

目標

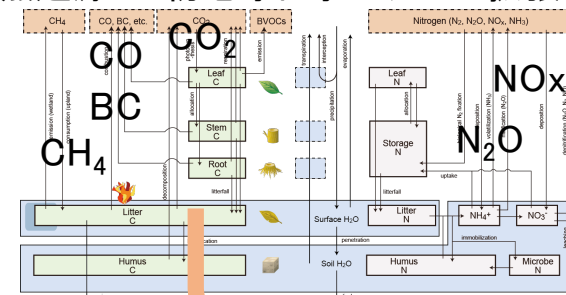
ボトムアップ手法により地表での排出・吸収量を空間詳細に評価し、変化の迅速検出を実施



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

ボトムアップ手法の開発と国・地域別評価、統合解析
→GCP、GST(テーマ4)、IPCC貢献、先験情報(テーマ1、2)

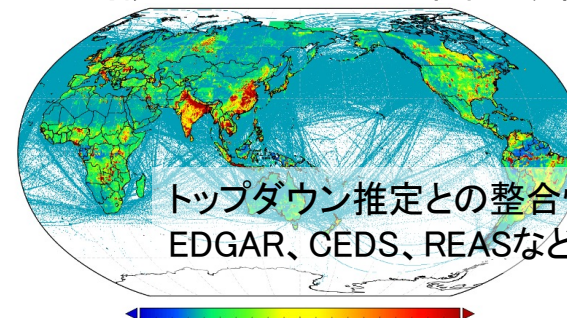
自然起源: 生物地球化学モデルの拡張・応用



扱える物質の多様化
(同位体情報の付加)
+
観測に基づく検証
+
吸収源への対応

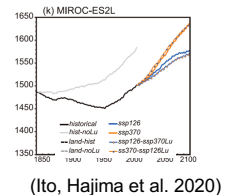
テーマ2と共同で
吸収源に関する実験

人為排出: インベントリの検証・改善



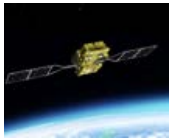
トップダウン推定との整合性
EDGAR、CEDS、REASなどを比較→改良

森林管理
土壌管理



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

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

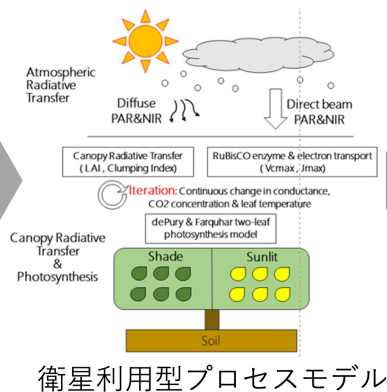
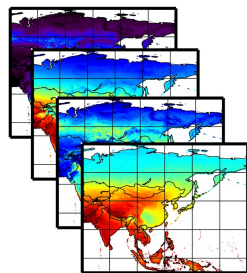


GHG収支および地球表層環境変動の監視

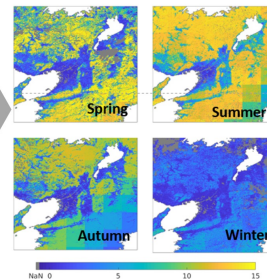
- ・人工衛星による地表観測データ解析
- ・地上観測データと組み合わせた情報抽出
- ・近年の高分解能・高頻度・多変数データ活用
→気象衛星、GOSAT、GCOM-Cなど
- ・長期データ(MODISなど)とデータ駆動モデル
→迅速な変化抽出(例:火災、熱波など)



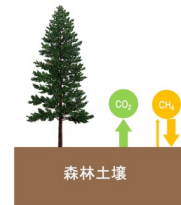
衛星RS観測



例: 高解像度GPP

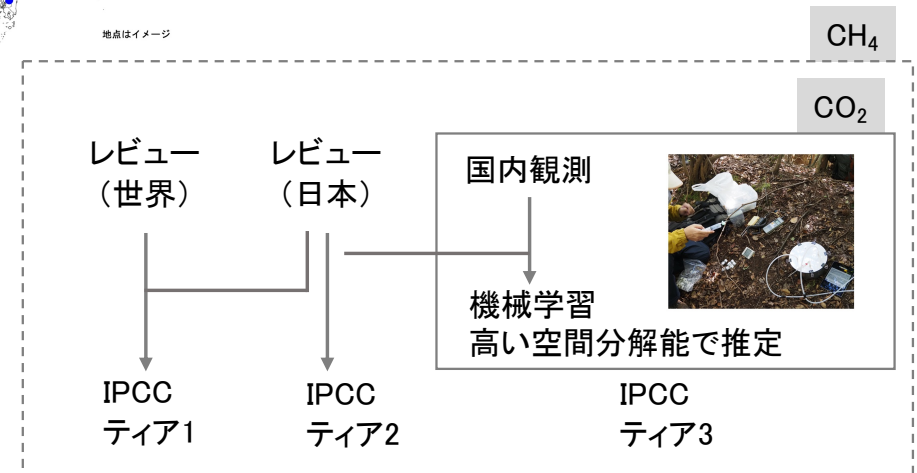
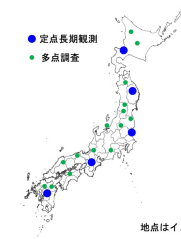


サブテーマ(3) [公募] 地上観測およびデータ駆動型モデルを用いた森林土壌GHG交換量の評価に関する研究



森林土壌におけるGHG吸収・排出フラックス

- ・複雑地形上の森林に適した手法開発
- ・IPCCに提案できるCH₄吸収算定手法作成
- ・森林土壌CO₂・CH₄フラックスの長期・多点観測
- ・データ駆動型モデルによる広域推定
- ・サブテーマ(2)の検証、サブテーマ(1)へ情報提供

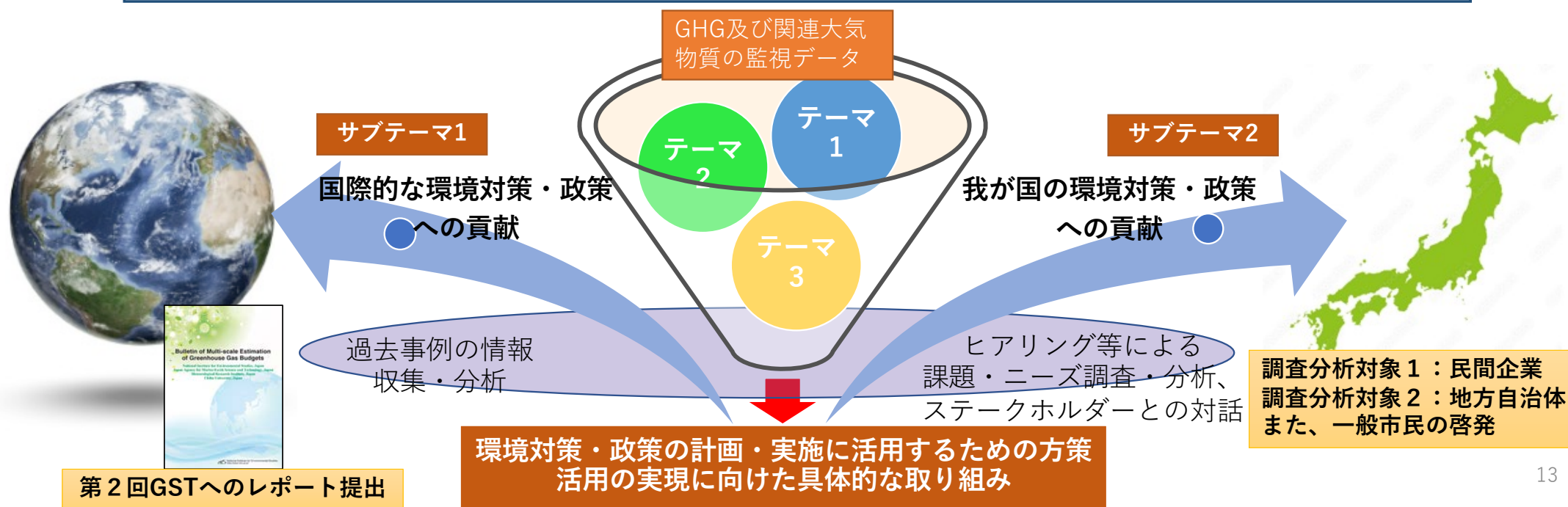


テーマ4 GHGおよび関連大気物質の監視データの環境対策・政策への効果的な反映に関する研究

目標

温室効果ガスおよび関連大気物質の監視データを、国際的・国内的な環境対策・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。

活用方策を研究するのみならず、一部については、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。特に、パリ協定の第2回グローバルストックテイクに直接貢献するため、本研究の成果をとりまとめたレポートを作成し、気候変動枠組み条約に提出する。



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

サブテーマ1(総括):

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

- 第1回グローバルストックテイク(GST)において収集された各種情報(特にGHG等の監視データ)の活用状況・成果の分析、及び、それに基づく今後のGSTへの戦略的な貢献のあり方の提言。また、それを具現化した第2回GSTへの情報提供(GSTへの直接的な貢献)。
 - ✓ 本研究のテーマ1～3の成果(様々なスケールにおけるGHG等の収支推定データなど)をまとめたレポートを作成し、GSTに提出
 - ✓ JAXA等、本研究以外で得られる最新のGHG監視データについてもGSTに効果的にインプットできるよう提言を広く活用
- IPCCによるSLCFインベントリー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。

サブテーマ2 [公募]:

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

- 民間企業や地方自治体による排出削減計画作成及び実施後検証におけるGHG等監視データ活用促進施策に関する提言。
- GHG等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NDC更新に向けた社会的な機運の醸成。

主に、関連情報の収集・分析

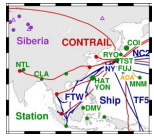
主に、分析を踏まえた提言・社会対話実施



期待される成果・政策貢献

学術面での貢献

・観測基盤の拡充



・先端的モデル開発 → 人材育成

・温暖化の現象解明 → 予測性の向上

・ Global Carbon Project
CMIP7 ⇒ IPCC

環境政策・対策への貢献

S-22 課題

包括的な監視

- 温室効果ガス (GHG)
- 大気質関連物質 (SLCF)

知見の集約

各種観測



【テーマ1】

【テーマ4】

【テーマ2】

ボトム
アップ

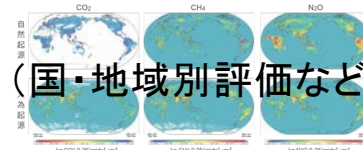
トップ
ダウン

【テーマ3】

モデル

成果の活用

(国・地域別評価など)



我が国および各国の排出・吸収量の検証と精度向上

- 行政ニーズの達成、衛星 (GOSATシリーズ) データ活用
- 国内の対策 (排出削減・吸収源: GX) を支援、意識醸成

国際的な環境政策への貢献

- ・ UNFCCC Global Stocktake
→ 排出削減目標 (NDC) の更新
- ・ IPCC AR7、TFI **IPCC CDR報告書**
→ 排出評価ガイドラインへの貢献
- ・ Global Methane Pledge
- ・ キガリ改正 (HFC)
- ・ IFL、フロンJCM
- ・ SDGs など



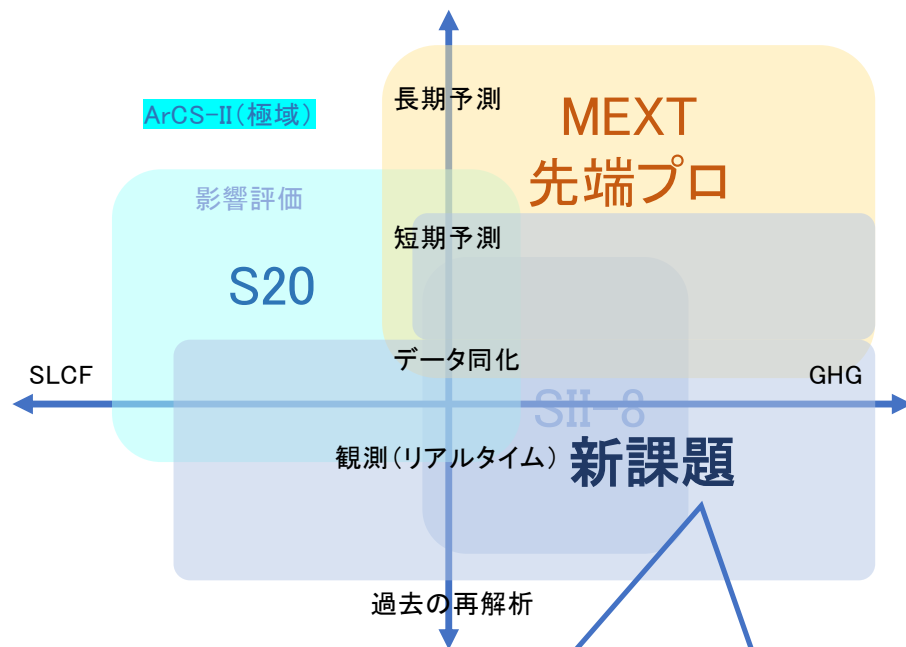
国際的な大気監視への貢献



← 日本: 地球観測推進部会・連携拠点

新規性・独自性

主要他課題との連携・デマケイメージ



既往課題での成果を継承し拡充
日本の研究力(人材・設備・連携)を強化
自然科学-社会科学の分野間連携

新規・重点的に扱う対象

		GHG（長寿命）			SLCF（短寿命）			関連物質	
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC（HFC-134a、 HFC-32、HFC-125）	NO _x	BC	CO など	
テーマ1	サブ1	都市 エネルギー		観測	東アジア産業	エネルギー産業・交通		NICAM-TM	
	サブ2							観測	
	サブ3	日本近海							
テーマ2	サブ1	グローバル収支		MIROC-ESM					
	サブ2			同位体比					
テーマ3	サブ1	VIST 森林CO ₂	同位体比 （ ¹³ C） インベン	アジア農地	インベントリ比較	東南アジア	火災		
	サブ2	アジア陸域							
	サブ3	現地観測	森林CH ₄						
テーマ4	サブ1	報告書	第2回GST	報告書					
	サブ2	情報提供		情報提供					

- WMO GAW+GGGWへの協力
 - アジア太平洋地域の観測ネットワークを拡充
 - 日本の衛星データを活用
- 第2回GST(2028)へ
 - 多様なステークホルダーに向けた成果活用
 - 早急な排出削減へ(IPCC AR6)

年度計画

