

ウェビナー「科学から政策へ、観測から行動へ」

環境研究総合推進費S-22

「気候変動緩和に向けた温室効果ガスと大気質関連物質の監視に関する総合的研究」について

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

海洋研究開発機構 羽島 知洋

サブテーマ1: 羽島知洋(JAMSTEC)、建部洋晶(JAMSTEC)、関谷高志(JAMSTEC)

サブテーマ2: Prabir Patra(JAMSTEC), Naveen Chandra (JAMSTEC), 齋藤尚子(千葉大), Dmitry Belikov(千葉大)



背景

- パリ協定以降、各国は温室効果ガス排出削減の取り組みを強化

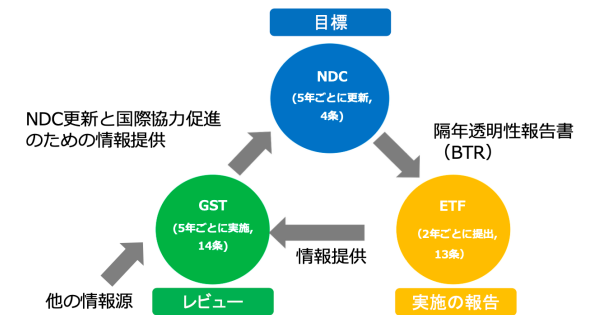


<https://www.un.org/en/climatechange/paris-agreement>

Global Stocktake



<https://unfccc.int/topics/global-stocktake>

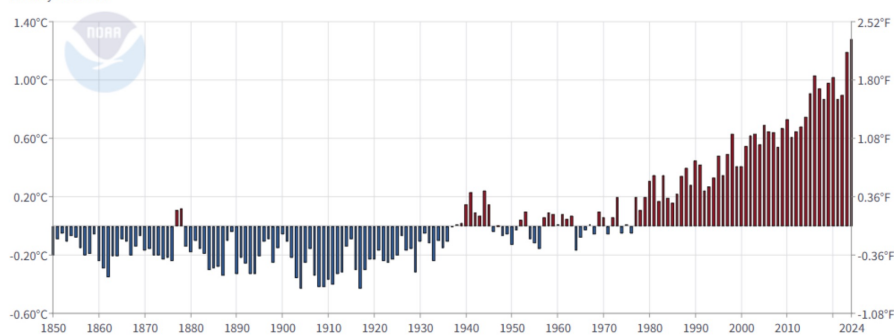


津久井 & 梅宮 (2021)

- 一方で、2024年の全球平均気温は過去のレコードを更新

- 産業革命以降、2024年は最も暑い年
- 温暖化+2023年からはじまったエルニーニョ影響
- 一時的とはいえ、産業革命以前より+1.5℃を超える

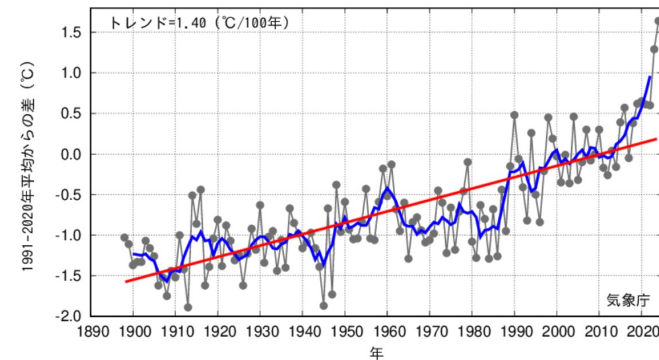
Global Land and Ocean Average Temperature Anomalies
January-December



<https://www.ncei.noaa.gov/>

- 統計開始(1898)以降、最も暑い年
- 全国気象台等の多くで夏や秋の気温レコードを更新

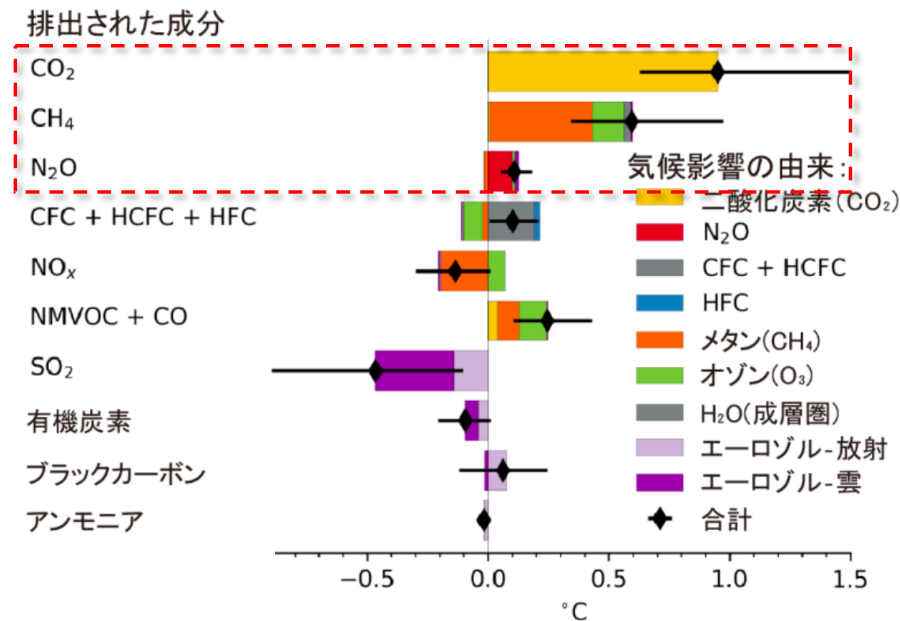
日本の年平均気温偏差



https://www.jma.go.jp/jma/press/2412/25a/20241225_2024tenkou.html

背景：CO₂, CH₄, N₂O

(b) 世界平均気温の変化
1750～2019年



IPCC-AR6 TS 日本語要約

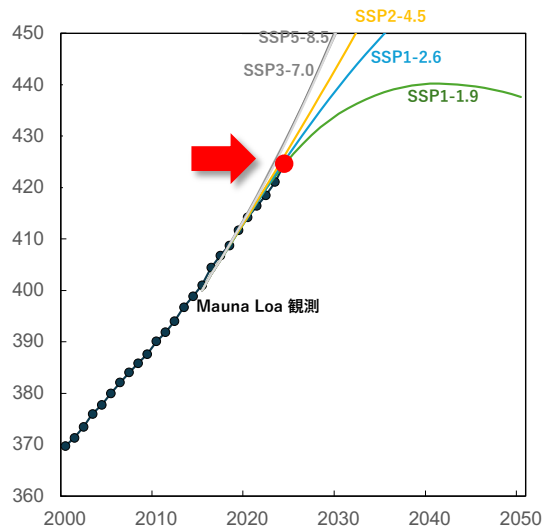
- 背景にあるのは人為GHG排出 と それによる大気濃度上昇
- これら温室効果ガスは、寿命が長く、全球規模で影響する
- 生物活動など自然の関与が大きいいため不確実性も多い → 予測にも影響

近年のGHG大気濃度

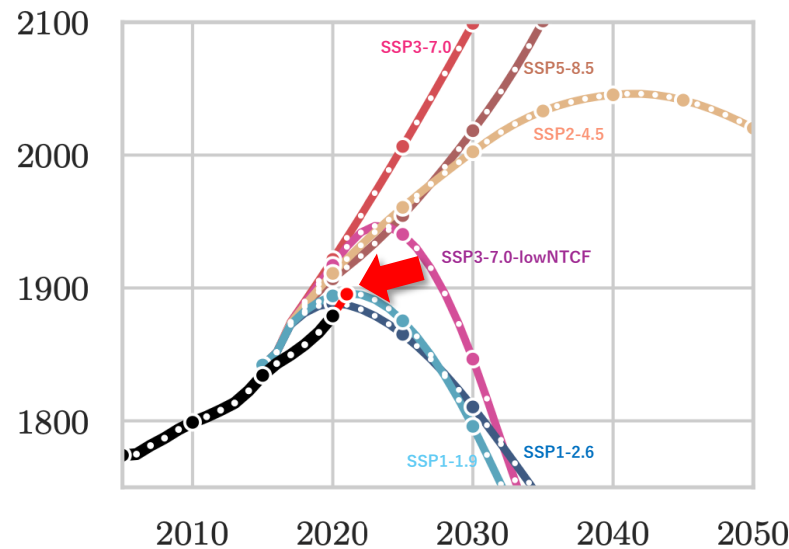
- 現状の主要な温室効果ガス濃度/排出の一部は、SSPsシナリオ^(※)の濃度と比べ、濃度上昇ペースが早い

※: Shared Socio-economic Pathwaysと呼ばれ、温暖化予測に使用される。
今後の社会の方向性をもとに温暖化予測のためのGHG濃度・排出量等がシナリオ化されている。

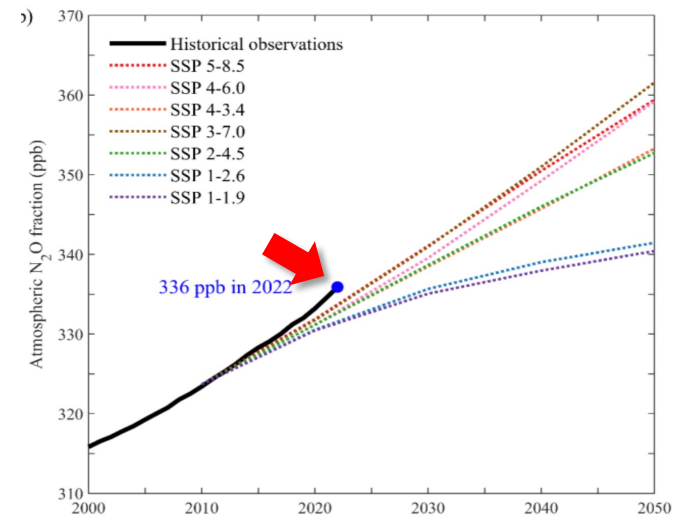
CO₂濃度 [ppm]



CH₄濃度 [ppb]



N₂O濃度 [ppb]



https://gml.noaa.gov/webdata/ccgg/trends/co2/co2_annmean_mlo.txt および
<https://tntcat.iiasa.ac.at/SspDb/dsd?Action=htmlpage&page=10> より作成

Saunois et al. (2024, preprint)

Tian et al. (2023)

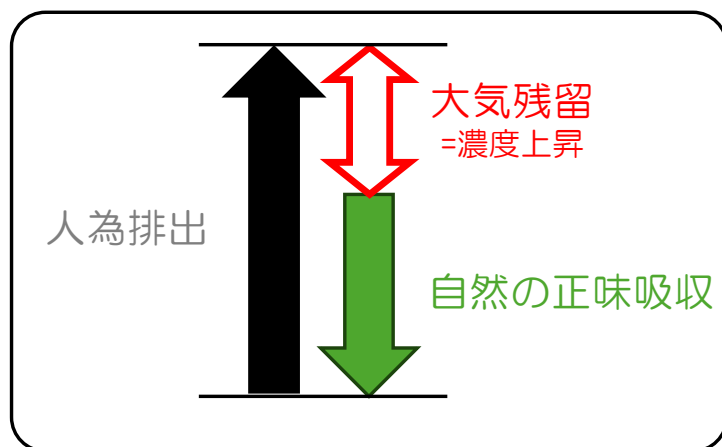
全球収支を把握することの重要性

- GHG濃度の変化は結果であり、人為排出が収支(循環)を変容させてきたことが原因

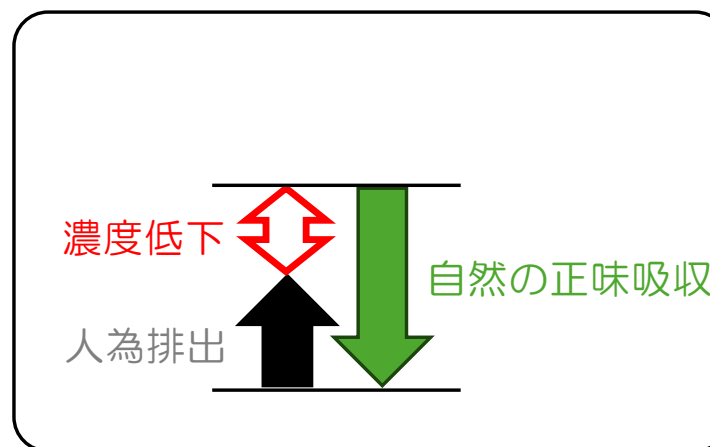
収支： $\text{人為GHG排出} + \text{自然放出} = \text{自然による吸収} \cdot \text{消失} + \text{大気への残留}$

- 今後の排出削減のあり方を考える上で、地球全体の収支を正しく把握することが重要、特に寿命が長い温室効果ガス

大気濃度が上がる



大気濃度が下がる



全球収支を把握することの重要性

- GHG濃度の変化は結果であり、人為排出が収支(循環)を変容させてきたことが原因

収支：人為GHG排出 + 自然放出 = 自然による吸収・消失 + 大気への残留

- 今後の排出削減のあり方を考える上で、地球全体の収支を正しく把握することが重要、特に寿命が長い温室効果ガス

CO₂ GCP-CO₂, Friedlingstein et al. 2024 (preprint)

- 2024年に化石燃料CO₂排出量は過去最高、化石燃料CO₂排出がピークに達した兆候はまだない
- 陸域と海洋を合わせたCO₂吸収は、引き続き人為排出量の約半分を占める
- 2024年の大気中濃度は産業革命以前レベルから52%up

CH₄ GCP-CH₄, Jackson et al. 2024

- 人為起源のCH₄排出量は過去20年で20%増加、総排出の2/3が人為起源、(1/3が自然起源)
- 大気中に蓄積するメタンの量は、過去十年間で加速度的に増加

N₂O GCP-N₂O, Tian et al. 2024

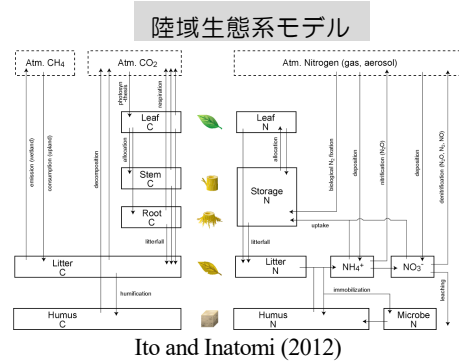
- 農業活動が最大の人為排出源、過去40年間で40%増加
- 人為起源と自然起源の総排出量は17.0 or 18.5 TgN yr⁻¹
- 大気中濃度は想定を越える速度で上昇



より抜粋・要約

全球収支を把握する方法

(1) ボトムアップアプローチ (細かい計算/推定を積み上げて、全球での収支を調べる)



Ito and Inatomi (2012)

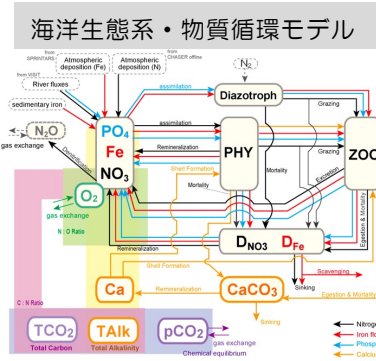
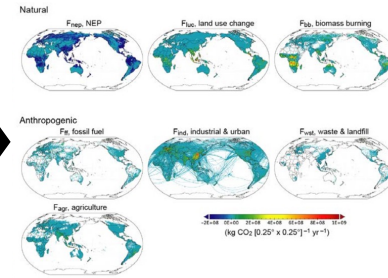
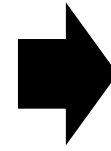
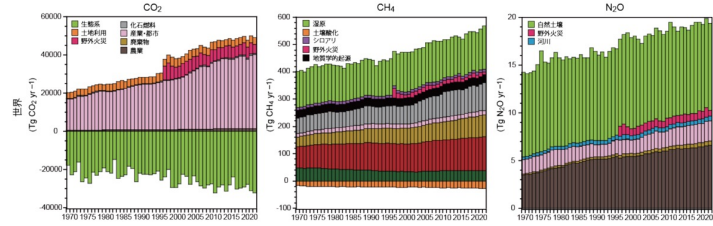


図: Hajima et al. (2020)



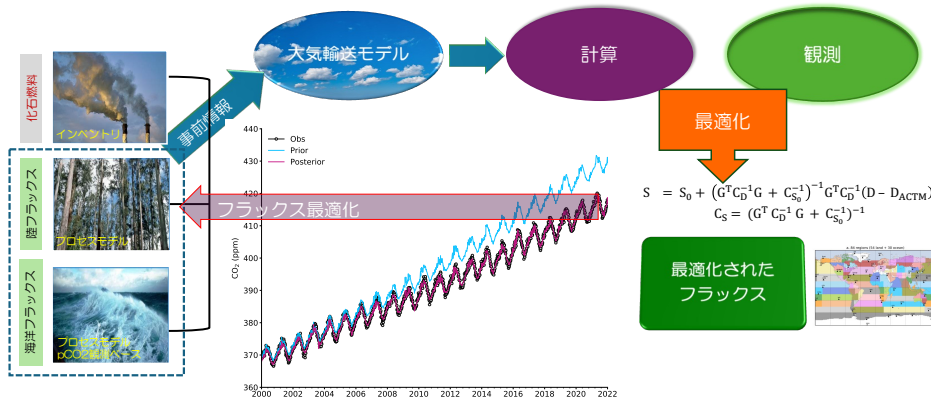
https://www.nies.go.jp/sii8_project/en/img/SII8_GHG2023_E.pdf



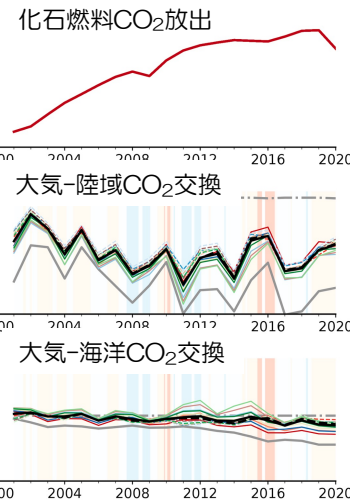
https://www.nies.go.jp/sii8_project/img/SII8_GHG2024_J.pdf

(2) トップダウンアプローチ

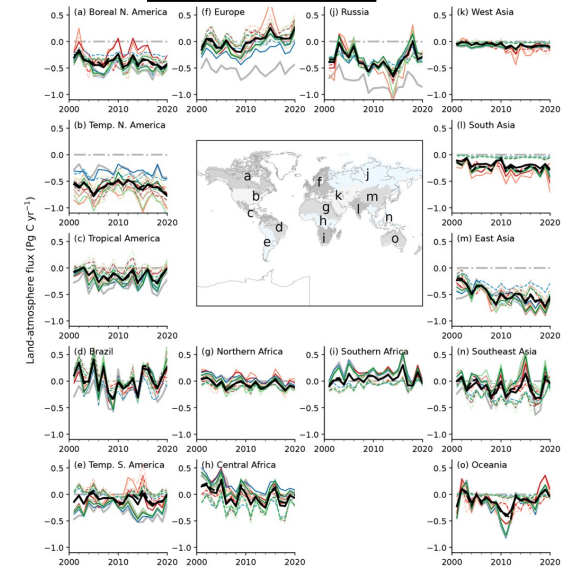
(最も精度良く観測可能な 大気濃度(結果) から逆算し、収支(原因)を紐解く)



全球収支 (以下は CO_2)



領域別収支 (以下は CO_2)



Chandra et al. (2022)

GHG全球収支把握の課題

我々が認識する科学的課題：

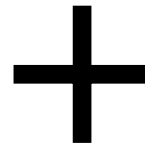
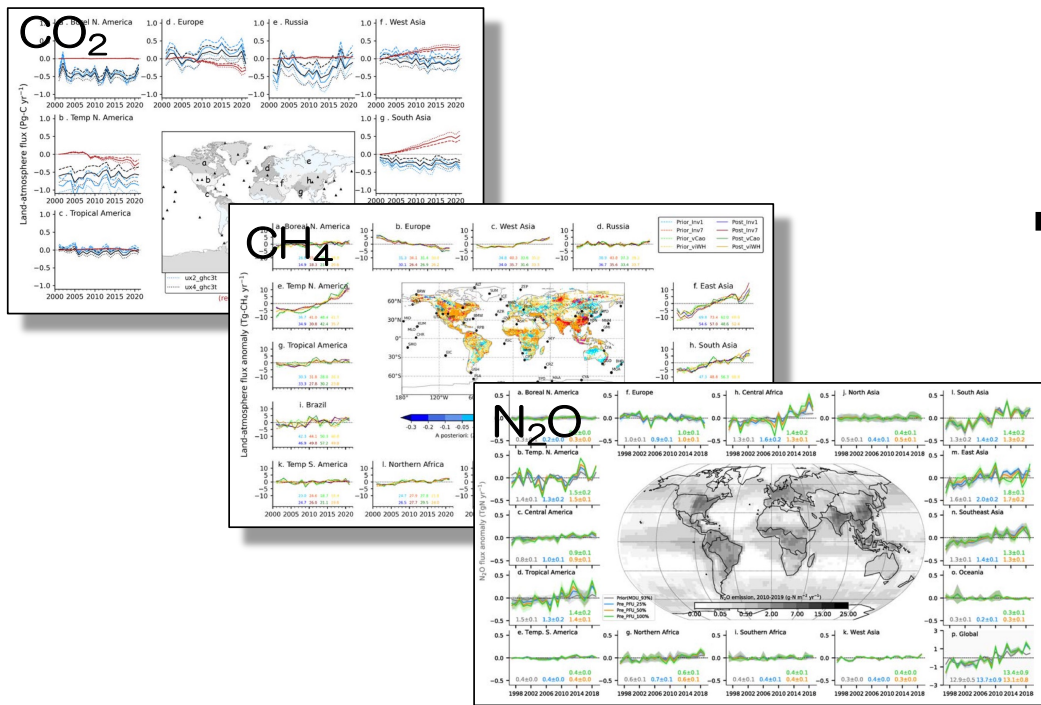
- +1.5~+2.0°Cの温暖化緩和目標を達成するため
には、多方面での排出抑制が必要不可欠
→ 主要3種GHGの収支を統合的に把握する
- 政策・意思決定・長期的な展望を得るためには
精緻な収支把握が不可欠
→ 不確実性を減らす(特に自然が関わる過程(シンク・ソース))
+ 収支が変動する理由(メカニズム)

S-22 テーマ2 今後目指すところ(1)

トップダウンアプローチによる3種GHGの全球収支推定と精度向上 (サブテーマ2)

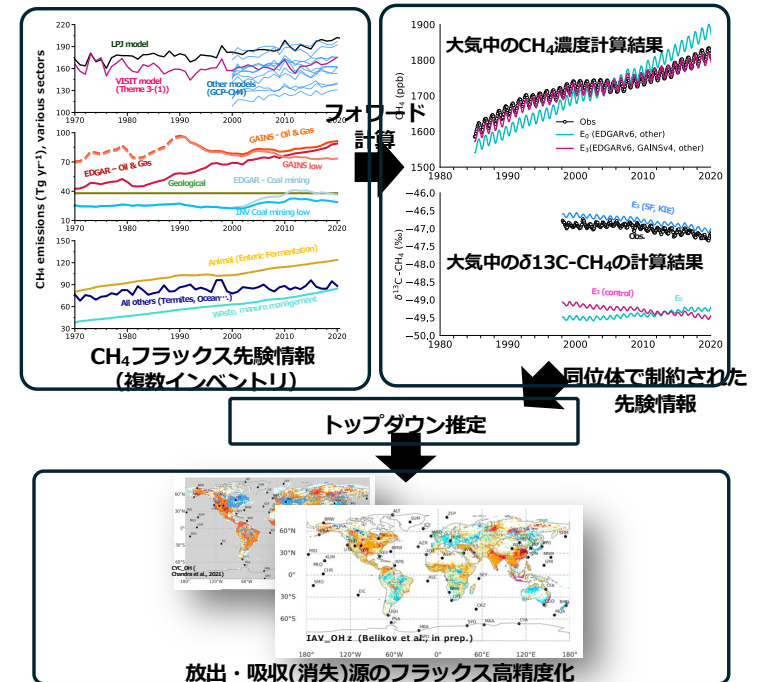
- 同一のシステムに基づくCO₂, CH₄, N₂Oのトップダウン推定をアップデート
- 推定手法の改良
- さらに、同位体情報(排出源の違いを反映)も加味し、より精緻な収支推定につなげる

実績あるシステムによる3種GHG収支推定と更新



同位体等も活用した(下図, CH₄を例に)

推定手法改良・検証・精度向上

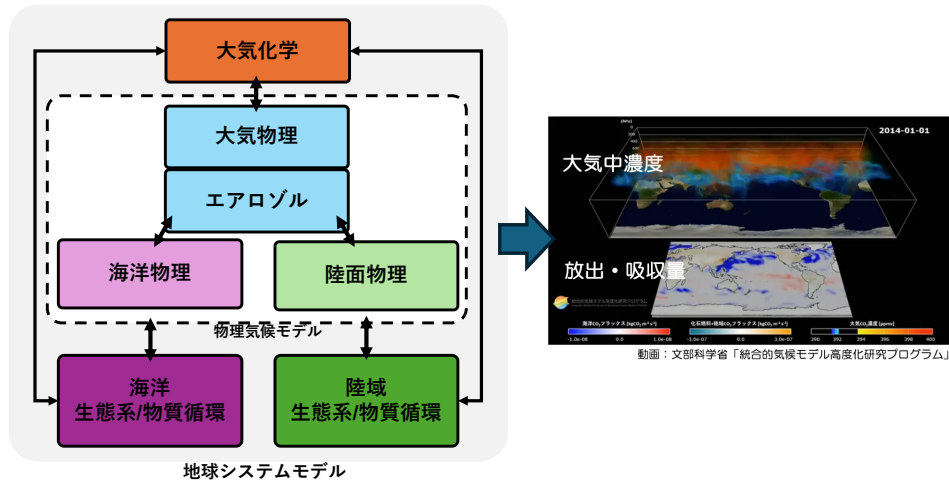


S-22 テーマ2 今後目指すところ(2)

3種GHGの全球収支推定に科学的解釈を加える (サブテーマ1)

- トップダウン推定で得られたCO₂, CH₄, N₂O収支変動に対し、科学的解釈(定性的説明)を加える
- 本来、長期的な温暖化予測で用いられる地球システムモデル※¹ (=物理気候モデル+生態系・物質循環モデル)を活用し、分析を行う
- 必要に応じ観測データの同化※²を行い、詳細に解析

CO₂, CH₄, N₂Oの循環を解く地球システムモデルの活用



シミュレーションによる変動要因分析 (短期的・長期的な変動)

実験1: 通常実験	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
実験2: 土地利用変化停止	CO ₂
実験3: 湿地CH ₄ 一定	CH ₄
実験4: 窒素施肥停止	N ₂ O
実験5: . . .	. . .

※1,2: 本研究で使うモデル/システムは、文部科学省「気候変動予測先端研究プログラム(FY2022-2026), JPMXD0722681344)」から提供・支援を受けている

まとめ

- CO₂、CH₄、N₂Oといった温室効果ガスは、全球規模での収支把握が大事（現状把握, 将来展望, 意思決定 のため）
- 現状、全球規模の推定であっても多くの課題が残されており、収支の把握に向けた取り組み（全球→領域・国スケール）を開始
- この際、各種変動が「なぜ生じているのか」という科学的説明をともなうことも大事

→「科学から政策へ」橋渡しの礎に

