

「科学から政策へ、観測から行動へ」
最近のさまざまな出来事と地球温暖化-研究者による解説-
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」



気候変動に伴う生態系（森林）の温室効果ガス収支の変化

伊藤昭彦

(S-22テーマ3, 東京大学)

市井和仁

(S-22テーマ3, 千葉大)

橋本昌司

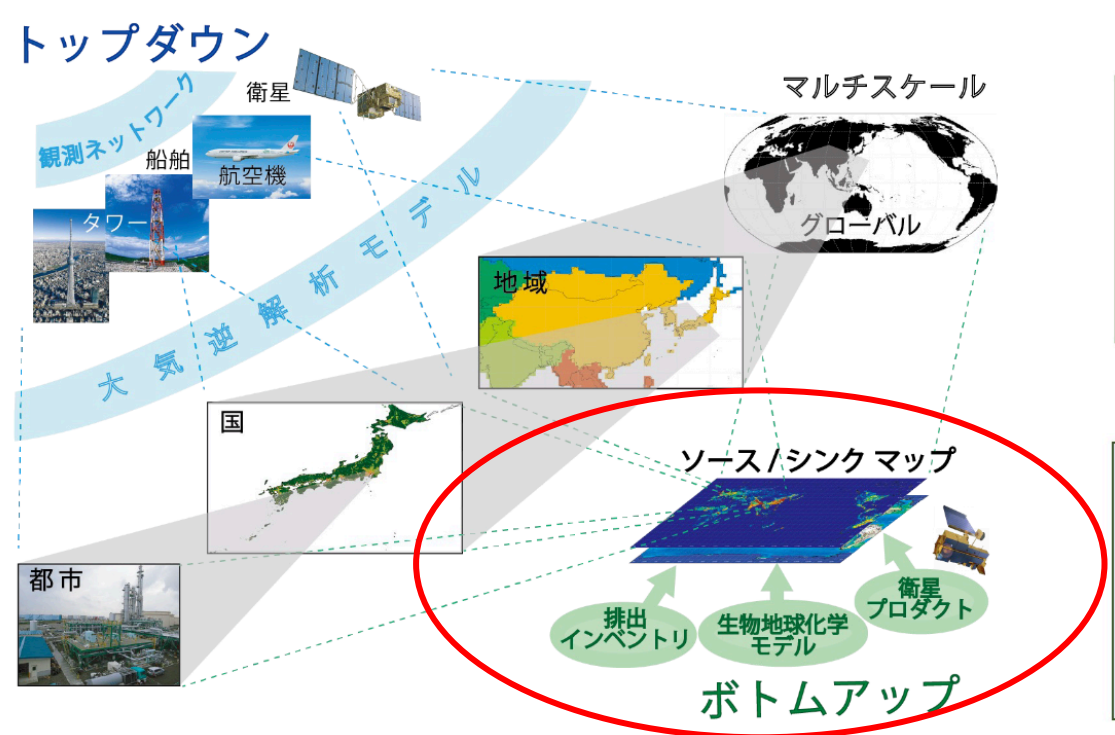
(S-22テーマ3, 森林総合研究所)

羽島知洋

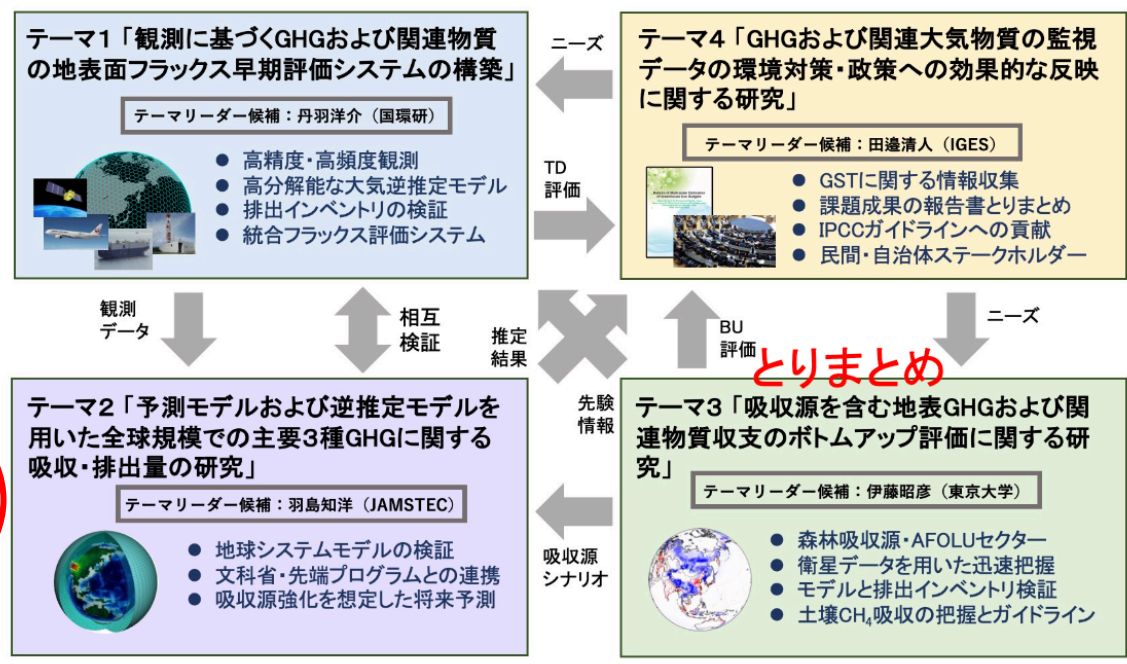
(S-22テーマ2, JAMSTEC)

背景

- 背景: GHG(+関連物質[SLCF])収支の統合解析において、ボトムアップ評価はトップダウン評価と相補的な重要性を持つにもかかわらず、包括的評価を行う体制は(特に国内で)脆弱
- 目的: GHG(+SLCF)放出・吸収に関するインベントリとモデルを開発整備し、世界的に高い精度で包括的な収支成果を行う。その結果をテーマ1・2のトップダウン評価と比較検証する。テーマ4が取りまとめるGST向け報告書に知見を提供し貢献する。

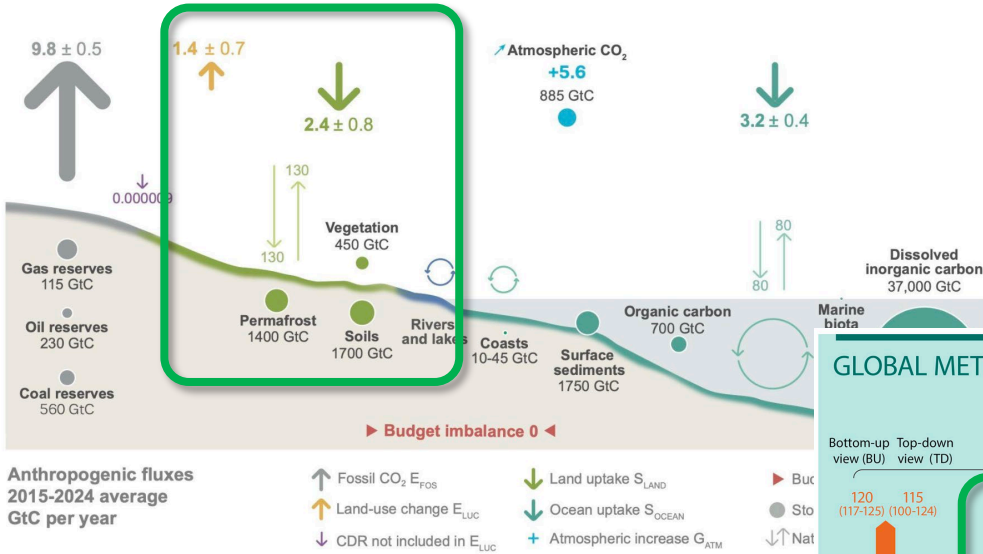


S-22における位置づけ



背景

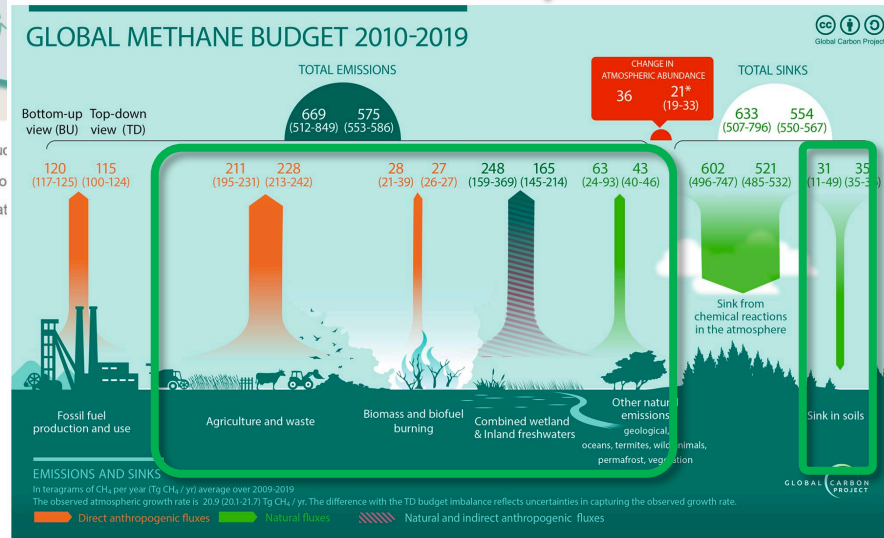
CO₂



GCP-CO₂: Friedlingstein et al. 2025

大気の観測だけではメカニズムを捉えることが難しい

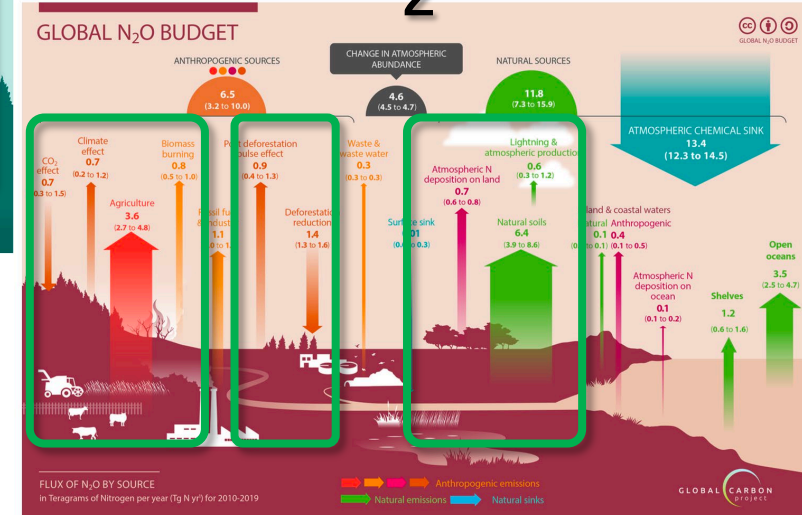
CH₄



GCP-CH₄: Sauniois et al. 2024

多様な放出源
複雑なメカニズム

N₂O

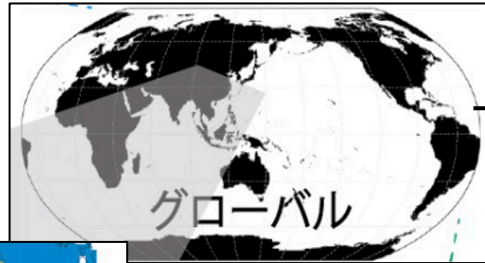


GCP-N₂O: Tian et al. 2024

本日のトピック (リレー形式)

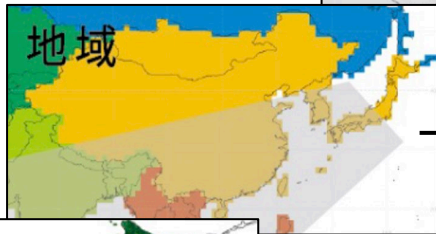
CO₂

CH₄

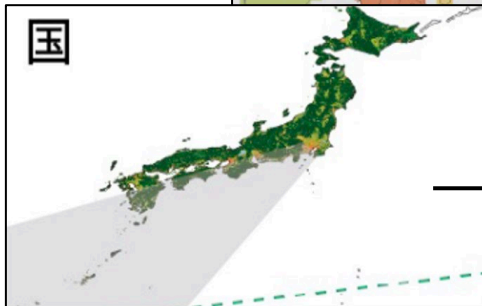


[1] 羽島知洋
(S-22テーマ2, JAMSTEC)

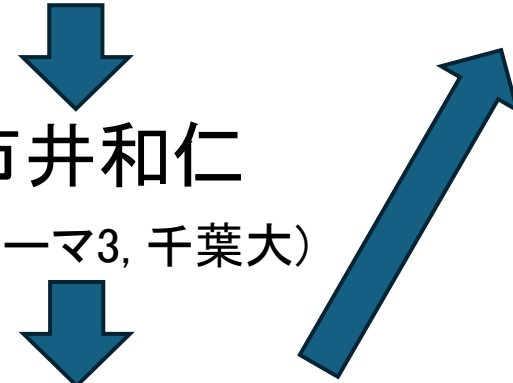
[4] 伊藤昭彦
(S-22テーマ3, 東京大学)



[2] 市井和仁
(S-22テーマ3, 千葉大)



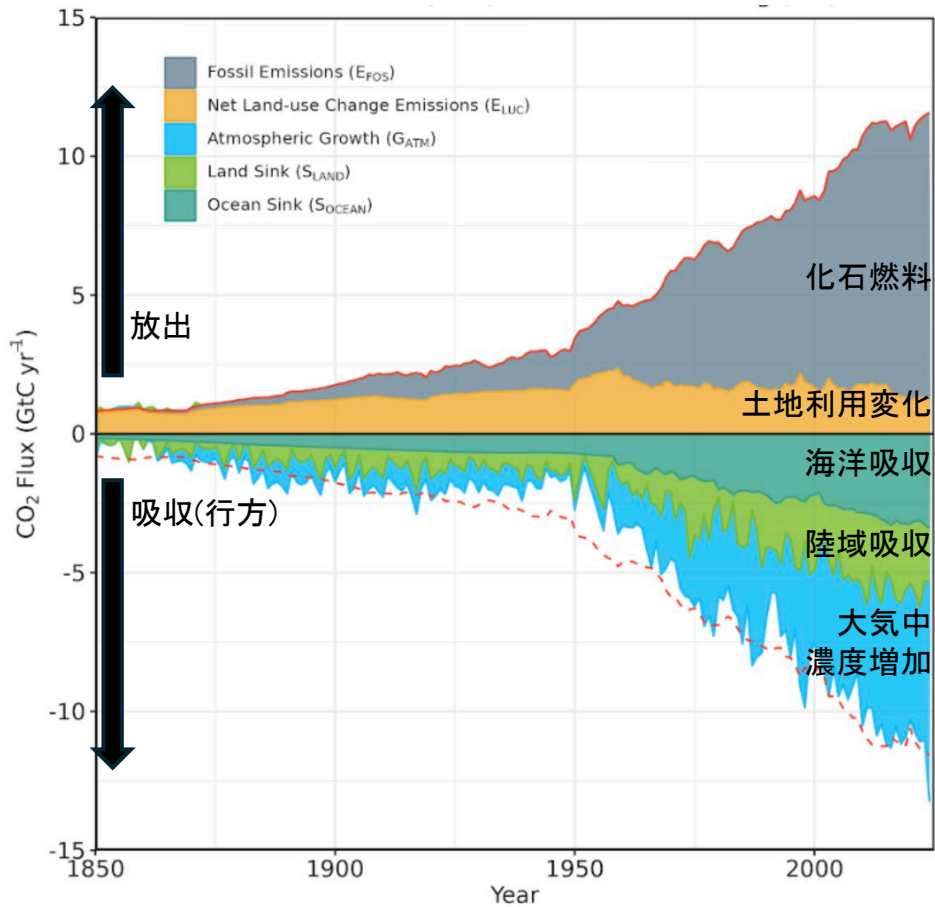
[3] 橋本昌司
(S-22テーマ3, 森林総合研究所)



[1] 炭素循環(CO₂循環)に、陸域はどのように関わっている？ どのように推定する？

全球炭素収支

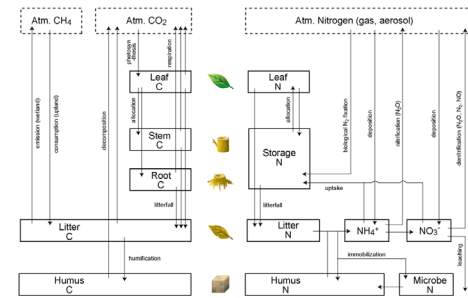
(Global Carbon Budget 2025, Friedlingstein 2025)



陸域のCO₂収支を推定する方法

(1) ボトムアップ推定

・詳細なプロセスを積み上げて、細目を計算

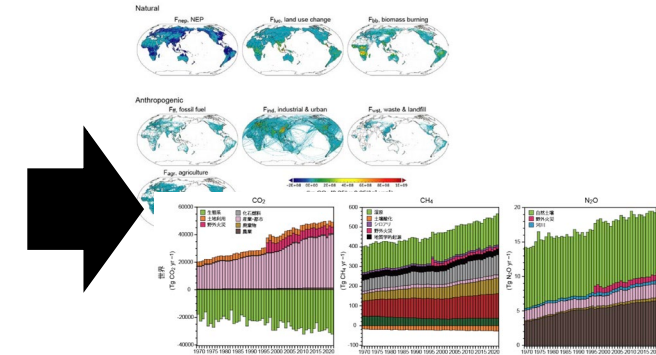


陸域生態系モデルVISIT (S-22テーマ3+テーマ2で使用)

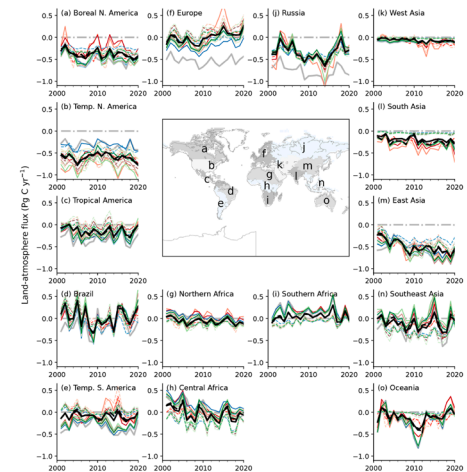
(2) トップダウン推定

・精度高く観測可能な大気CO₂濃度と
辻褄が合う陸域/海洋のCO₂吸収量を推定

MIROC4-ACTMIによる推定 (S-22テーマ2で使用)



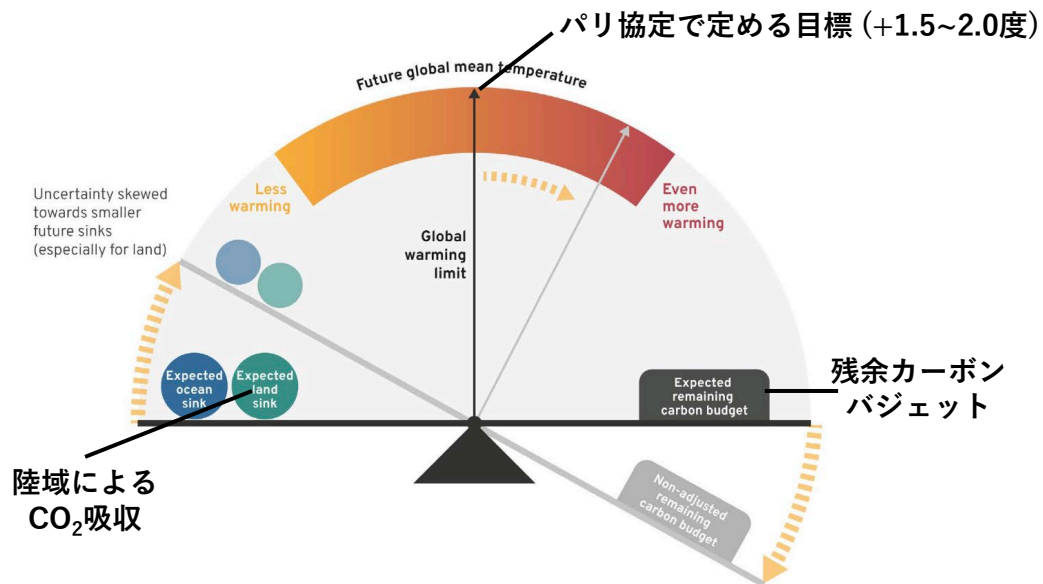
https://www.nies.go.jp/sii8_project/en/img/SII8_GHG2023_E.pdf
https://www.nies.go.jp/sii8_project/img/SII8_GHG2024_J.pdf



Chandra et al. (2022)

[1] 陸域のCO₂吸収/放出量を把握する重要性

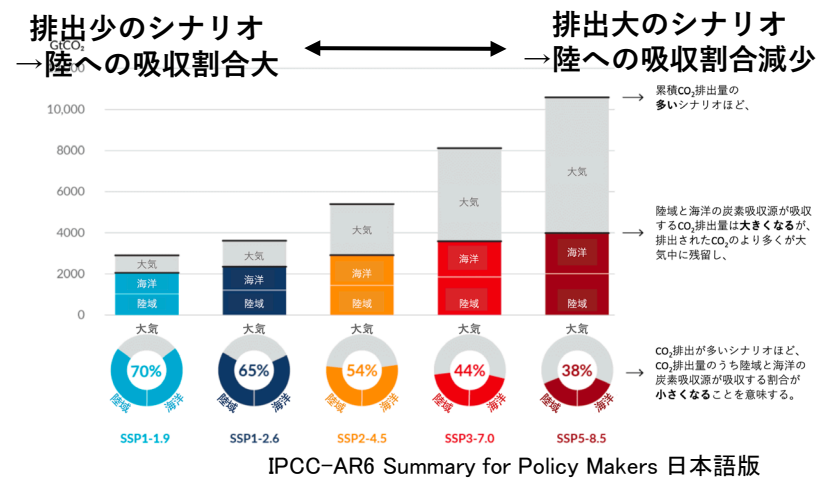
■ 陸域のCO₂吸収量は、+1.5~2.0°Cに至るまでの人為CO₂排出量(累積値)の見積もりに影響



“フューチャーアース”気候変動について今伝えたい、10の重要なメッセージ 2023/2024版”

もし自然吸収を過大に見積もっていると、
将来生じうる実際の温暖化が大きくなってしま
可能性がある(逆も然り)

■ 人為CO₂排出が多いほど、陸域に吸収されるCO₂の割合が小さくなる



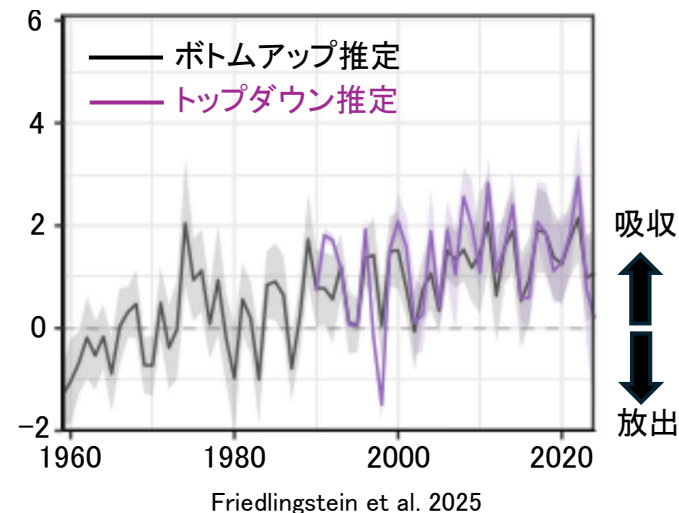
IPCC-AR6 Summary for Policy Makers 日本語版

■ 最新推定では「陸域へのCO₂吸収が鈍ってきた」?

→ さらなる科学的検討が必要

- ・本当に鈍ってきているのか?
- ・なぜ生じているのか?

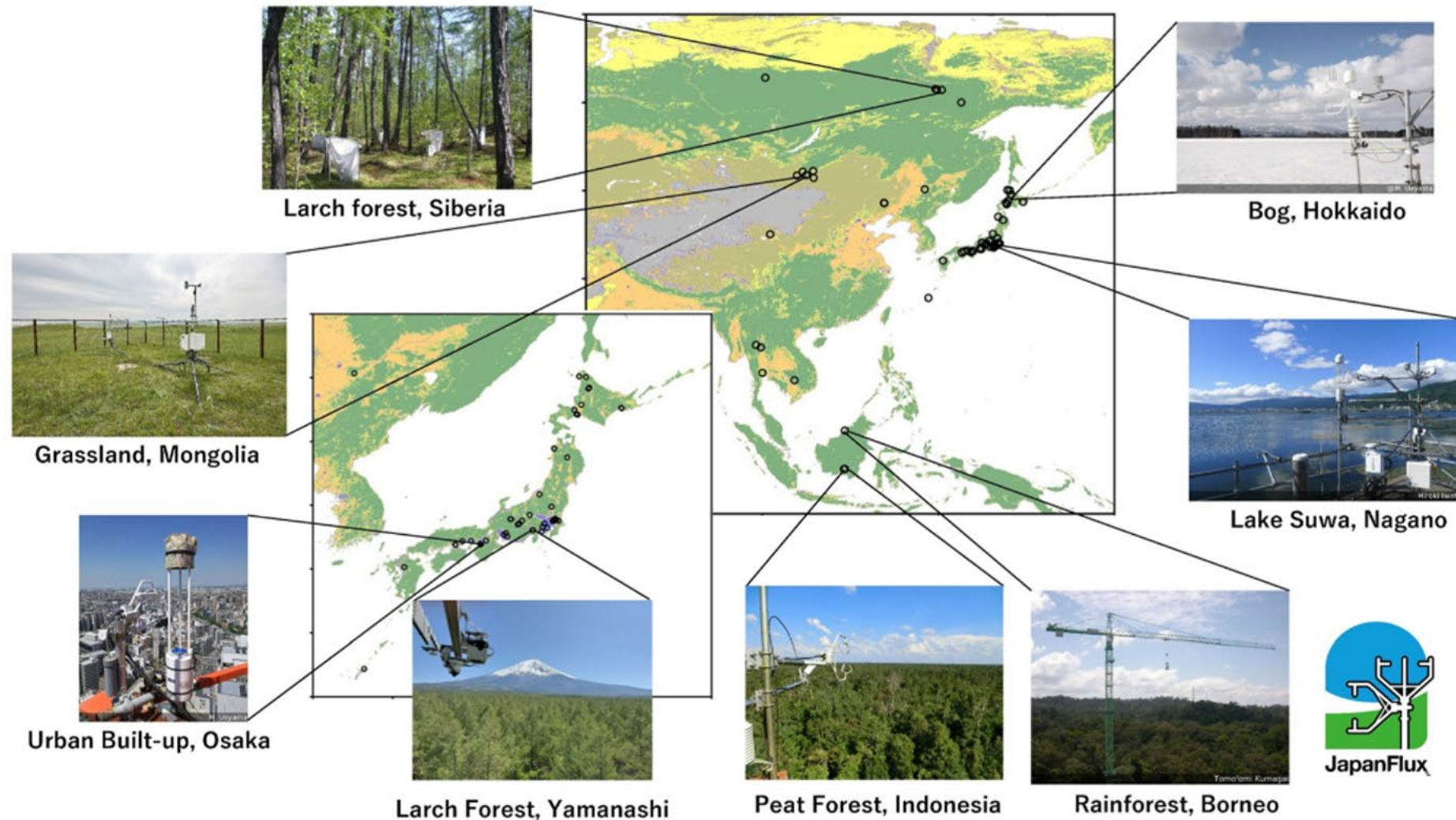
陸域へのCO₂吸収
(土地利用変化の影響含む, 単位はPgC/year)



Friedlingstein et al. 2025

[2] 地上観測ネットワークによるCO2収支把握

JapanFlux 2024 データセット (約80サイト)



- ✓ 連続観測
- ✓ 一つの観測方法 (微気象学的)
- ✓ 公開データ
- ✓ 地点 → 空間へ

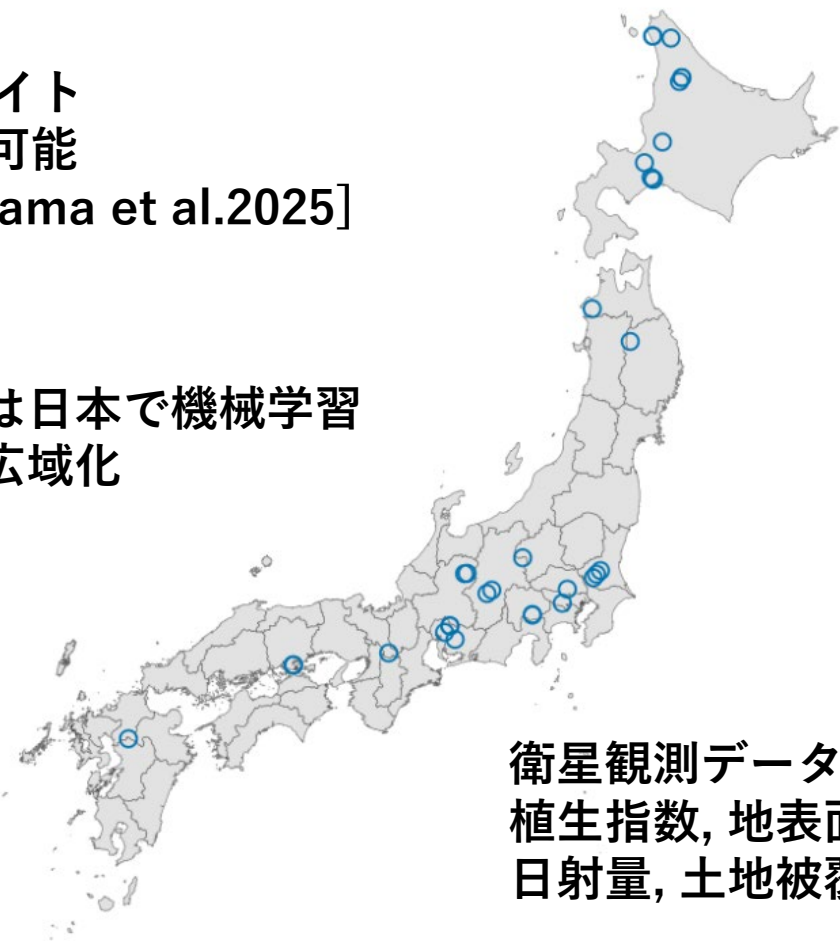
[Ueyama et al. 2025]

[2] 空間的拡張の試み

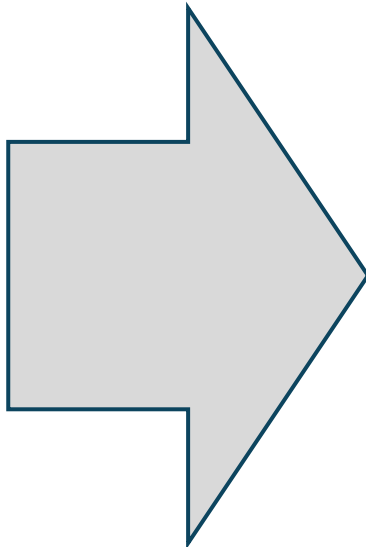
地上観測 + 衛星観測 + 機械学習 によるアプローチ

33サイト
利用可能
[Ueyama et al.2025]

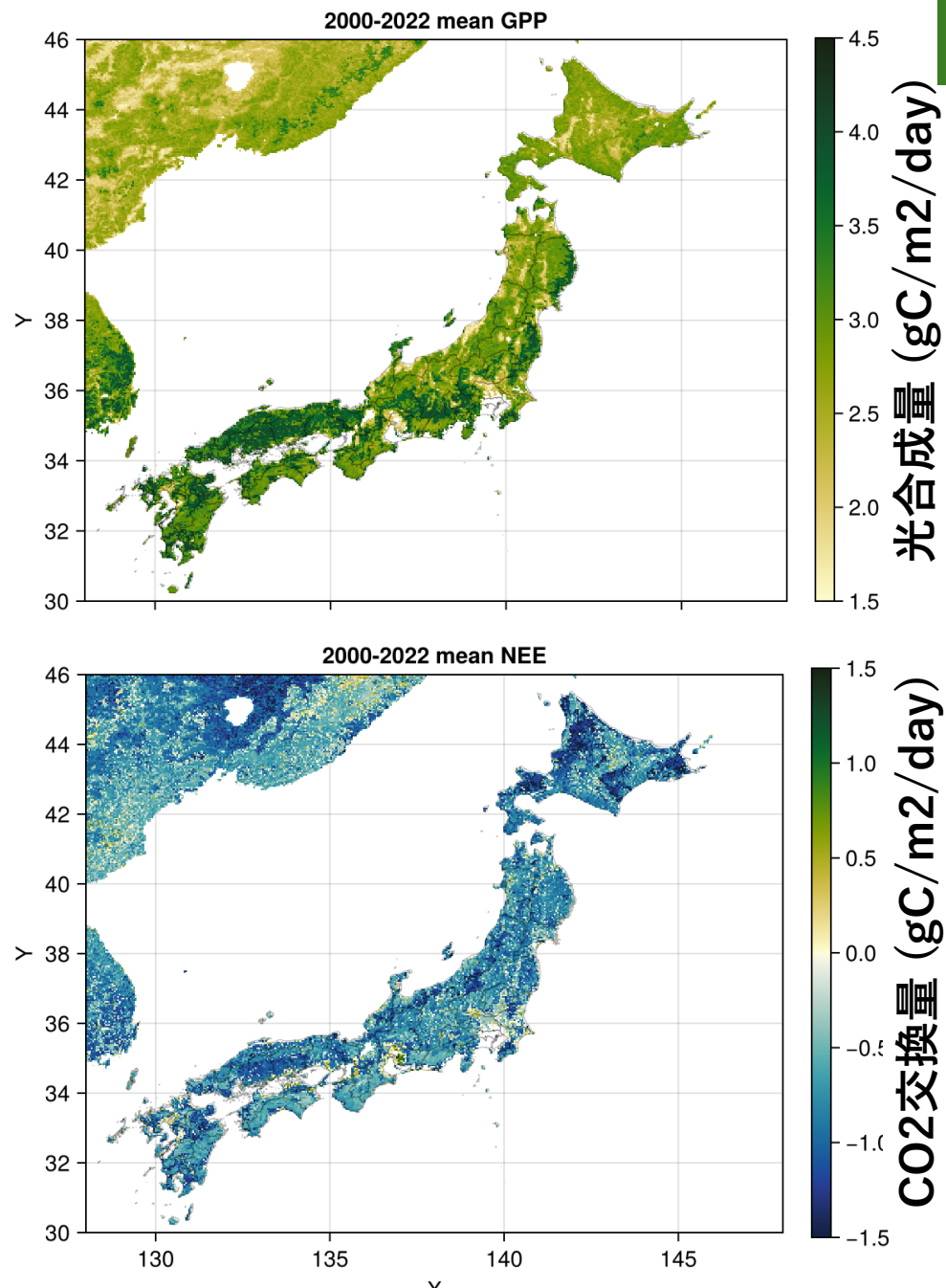
まずは日本で機械学習
での広域化



衛星観測データ (MODIS)
植生指数, 地表面温度
日射量, 土地被覆区分

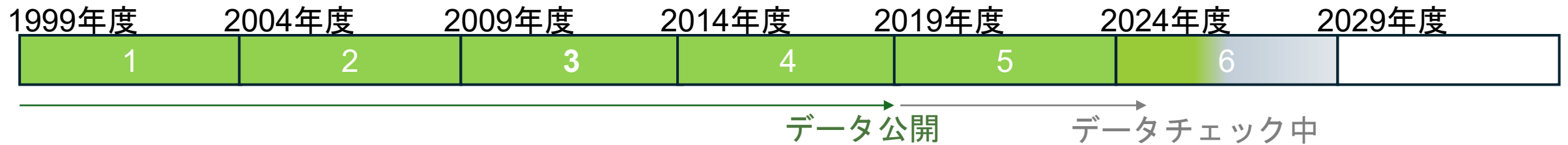


推定結果一例 (現在5km解像度)

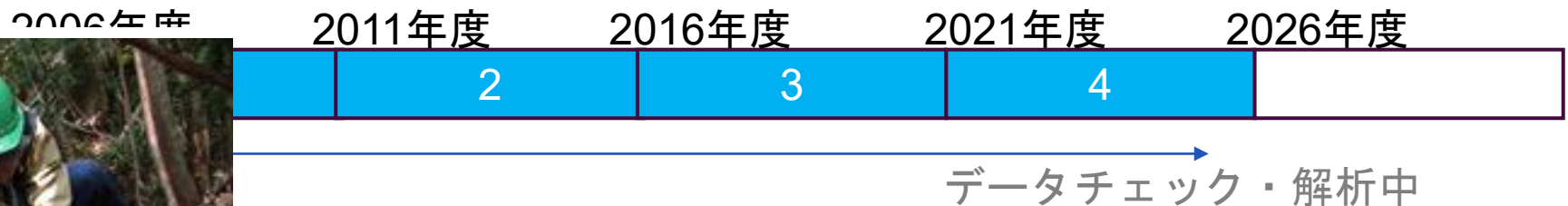


[3] 日本の森林炭素モニタリング

樹木の炭素蓄積量モニタリング National Forest Inventory



森林土壌の炭素蓄積量モニタリング

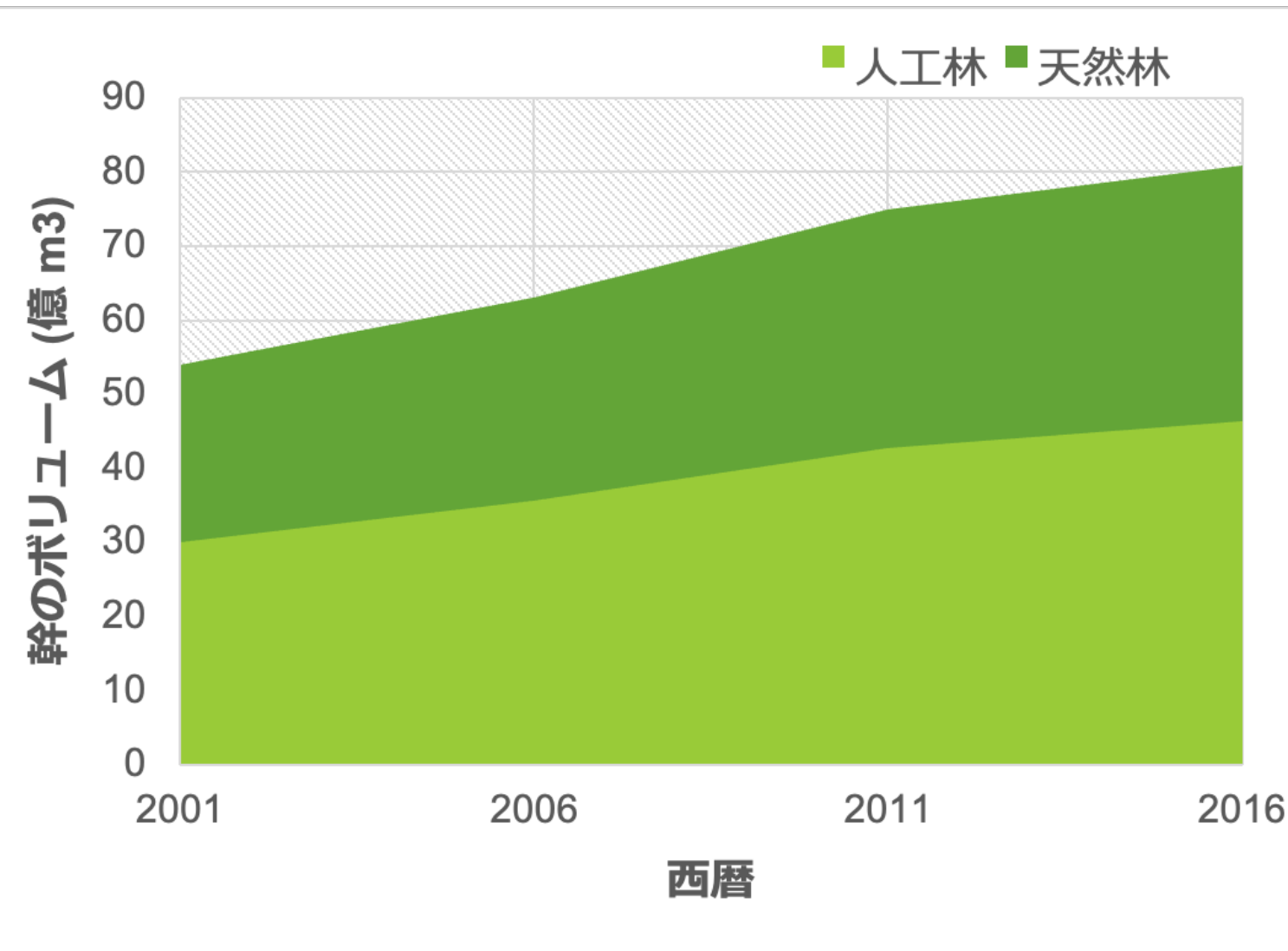


※より

樹木の炭素蓄積量モニタリングは全国の森林4kmおきに調査→約15,000地点

土壌の炭素蓄積量モニタリングは全国の森林4~20kmおきに調査→約2,500地点

[3] 日本の森林の炭素蓄積量はどんどん増えてきた！



- 樹木の蓄積は20年足らずで1.5倍程度に
 - 戦後、燃料革命（木材から石油・天然ガス燃料へ）、植林、林業の低迷など
 - 現在解析中だが、おそらく土壌に蓄積している炭素も増加しているだろう
- 将来の見通し
 - Good!
 - 主要な樹種のスギは気候変動にもまあまあ強い
 - 貴重な炭素吸収源（ネットゼロへ貢献）
 - 豊富な森林資源
 - 心配事
 - 樹木の高齢化
 - 吸収力が減ってしまう
 - 林業従事者の減少
 - 森林の管理が出来ない
 - 気候変動への適応策の探索と実装

[3] どうなる山火事？

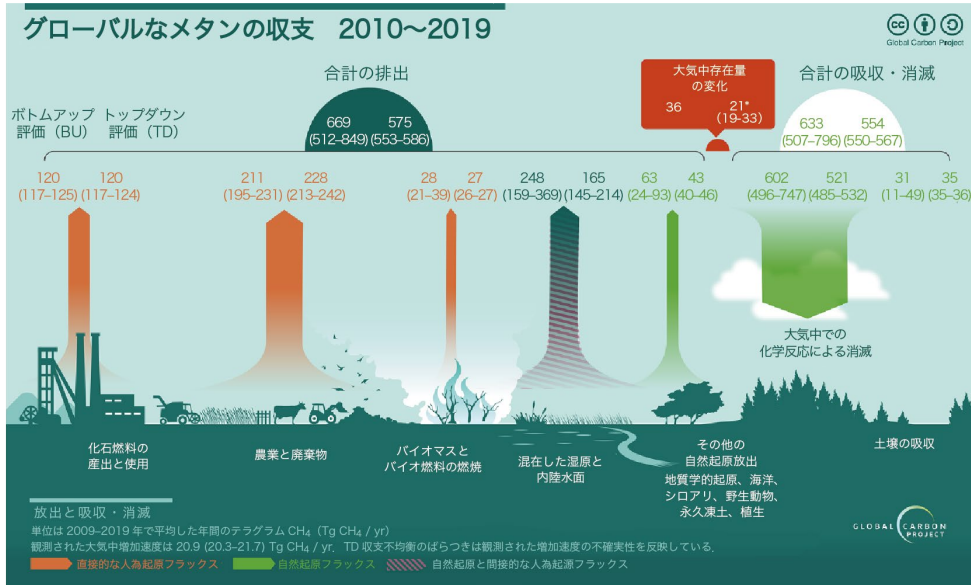
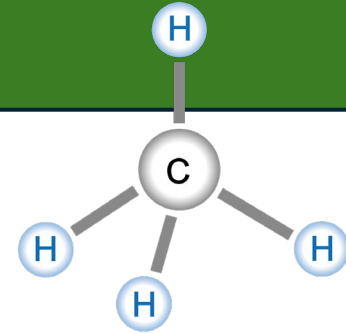


- 山火事（林野火災）
 - 環境
 - 可燃物
 - 火種

- 日本では過去50年減少傾向！
 - 山村の過疎化
 - 火の始末の徹底

- 将来の見通し
 - 過疎化
 - 火種が減る？
 - 初期消火が遅れる？
 - 乾燥
 - 極端な乾燥が頻発？
 - 火災の大型化？

[4] メタンはどこから放出されている？



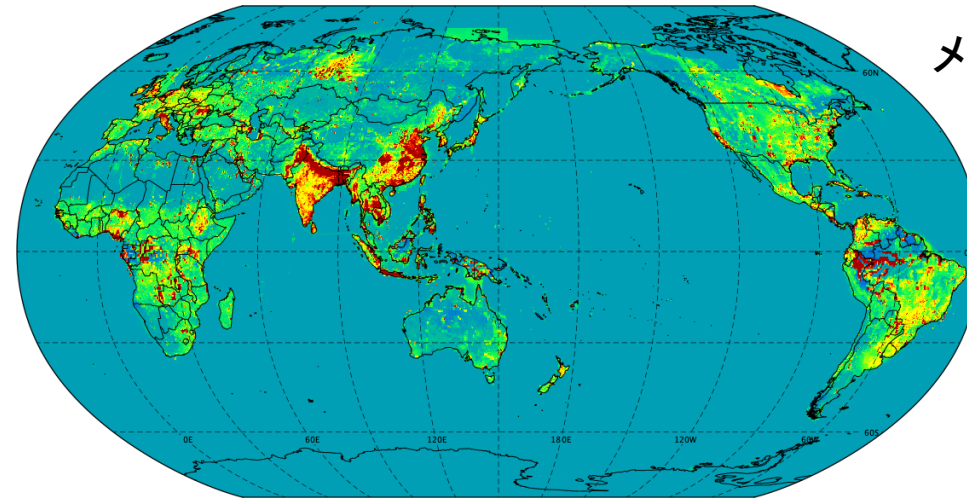
メタン: 温室効果ガスで、CO₂に次ぐ寄与を持つ
→ 放出の削減が重要な課題

しかし、放出源の分布や変動には不明点が残されている
→ ボトムアップ的手法(個別の放出を積み上げ)で評価

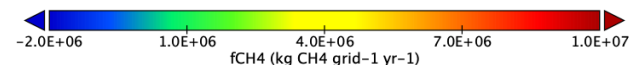


- ・水田や家畜が多いアジアは大きな放出源
- ・湿原(北方、熱帯)は自然の放出源として最大
- ・化石燃料の採掘地で強い放出

→大気(衛星・地表)観測とボトムアップ評価でメタンの放出をモニタリングしていく必要

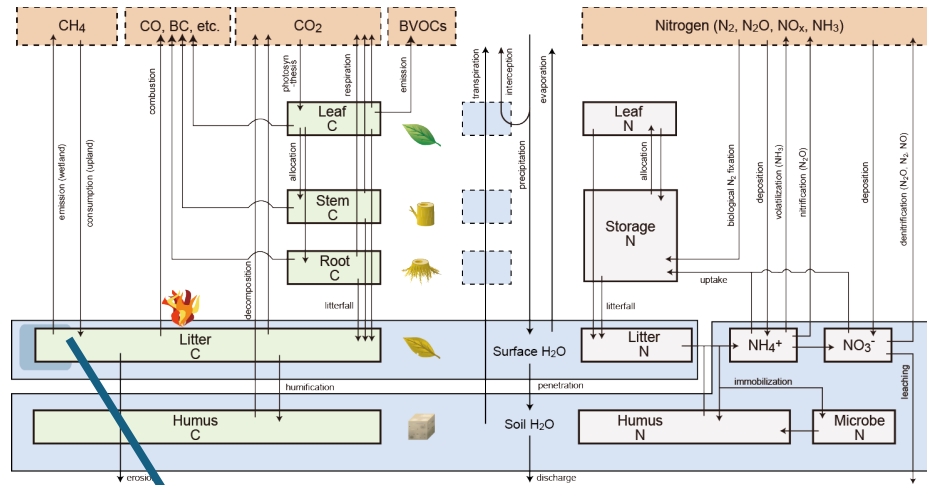


メタン放出の分布

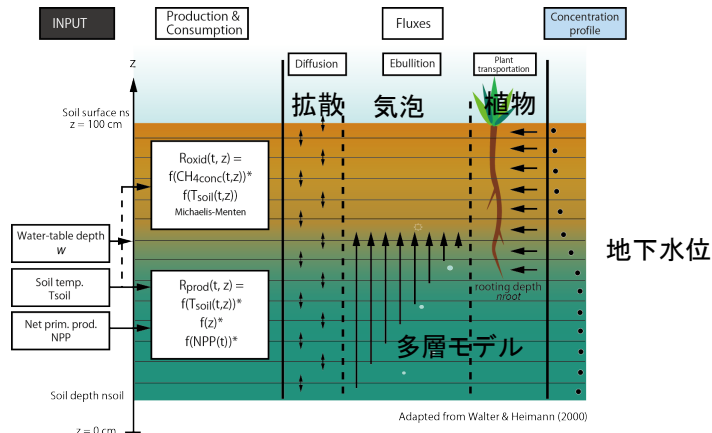


[4] 生態系のGHG放出を推定する計算モデル

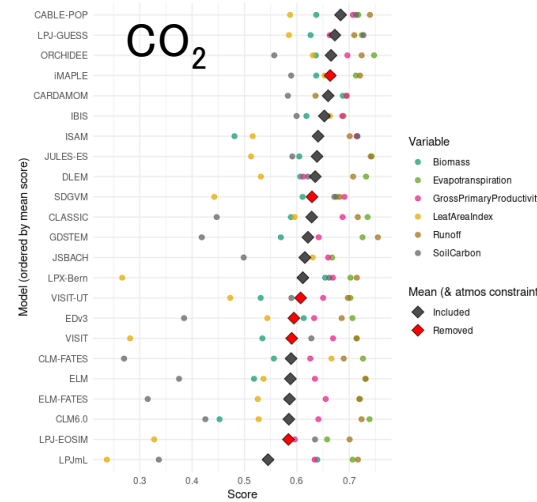
陸域生態系GHG放出の計算モデル(VISIT)



湿原のメタン放出を推定するスキーム



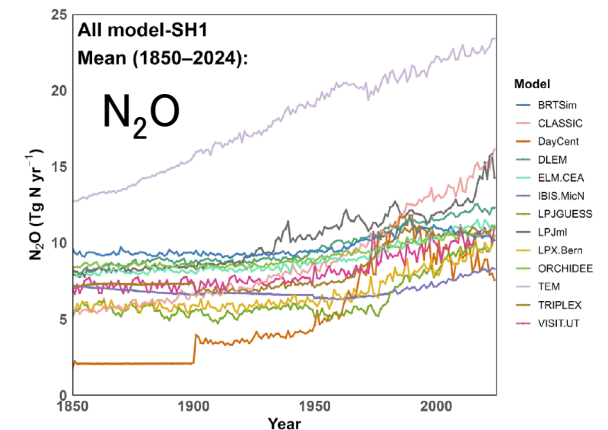
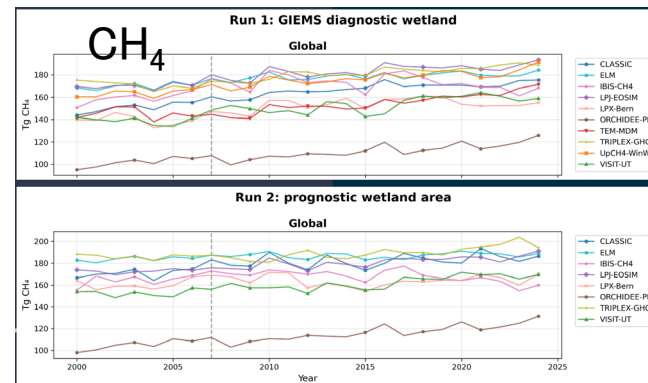
世界の計算モデルで性能評価 (GHGモデルのオリンピック?)



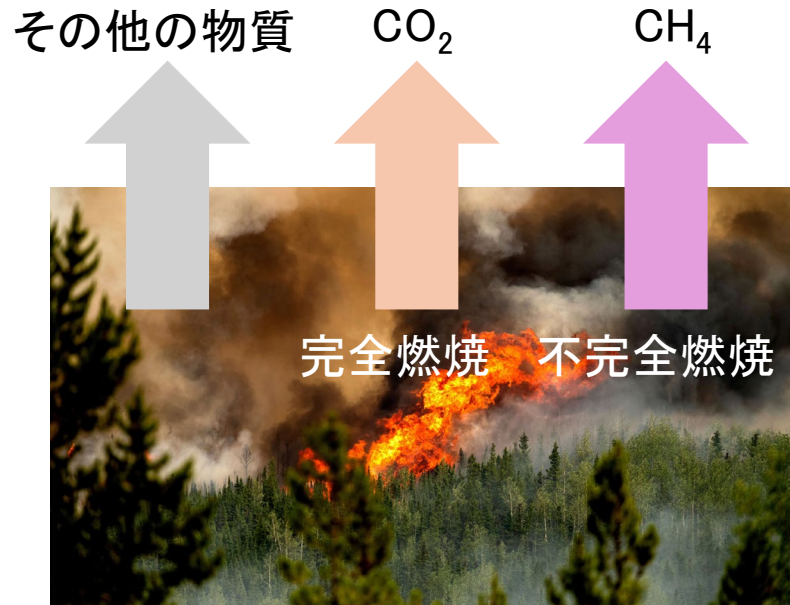
モデルの間で計算結果にばらつき
 が大きい(同じ条件でも)

比較方法によって順番は変わり、
 ベストな計算モデルはない

観測データとともに計算モデルの
 性能向上が課題



[4] 森林火災とそのGHG放出の推定



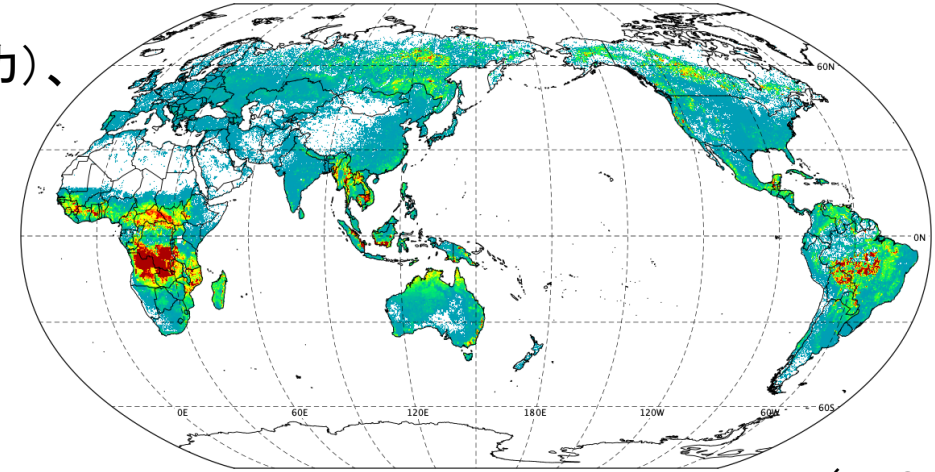
火災とGHG放出の計算

- ・どこにどれだけ燃料があるか
- ・どこで火災が起こるか
- ・火災がどのように燃え広がるか
(気象条件の影響)
- ・どれだけGHGが放出されるか

→モデル計算や人工衛星観測

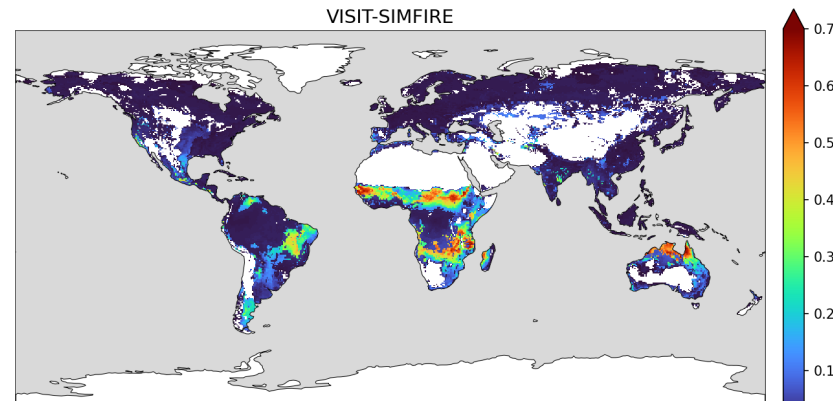
火災によるCH₄放出(2001-2023)

草原(アフリカ)、
熱帯林、
亜寒帯林で
火災起源の
放出大



(kg CH₄ / 格子・年)

火災シミュレーションモデル



(作図: 福田氏)

火災の分布や頻度をおおよそ再現できるようになった

→気候変動や土地利用の影響を評価

まとめ：

気候変動に伴う生態系（森林）の温室効果ガス収支の変化

- [1] 全球で、陸域生態系はCO₂を正味で吸収し大きく寄与、
その吸収能力の現在・今後を知るために正しい理解と把握
- [2] 陸域CO₂吸収量を日本・アジアで推定する試み、
地上観測・衛星観測・AIの活用
- [3] 日本の森林はしっかり炭素を吸収している
今後も吸収が維持されるかしっかり調査する必要
- [4] 様々な放出源を持つメタンなどのGHG
ボトムアップ推定の精度を高めるための研究を進めている