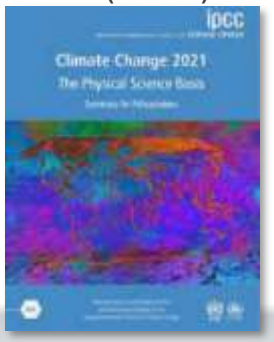
気候変動対策への貢献に向けた地球観測

三枝 信子（さいぐさ　のぶこ）

国立研究開発法人国立環境研究所　地球システム領域長

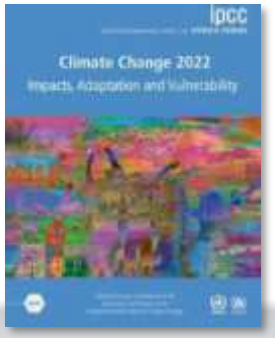
引用：IPCC 6th Assessment Report (AR6)

WG1 (2011)



Physical Basis

WG2 (2022)



Impact, Adaptation

WG3 (2022)

Mitigation

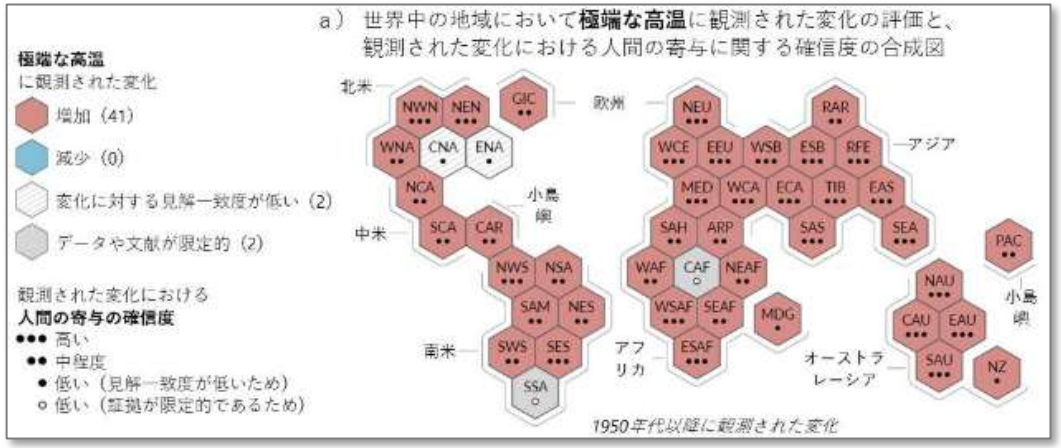
Contents

1. はじめに：気候変動が及ぼす観測された影響と経済効果
2. 地球規模でのカーボンニュートラル
3. 農業・林業・その他土地利用部門における気候変動対策
4. パリ協定における「進捗確認」とは
5. まとめ：気候変動対策への貢献に向けた地球観測への期待

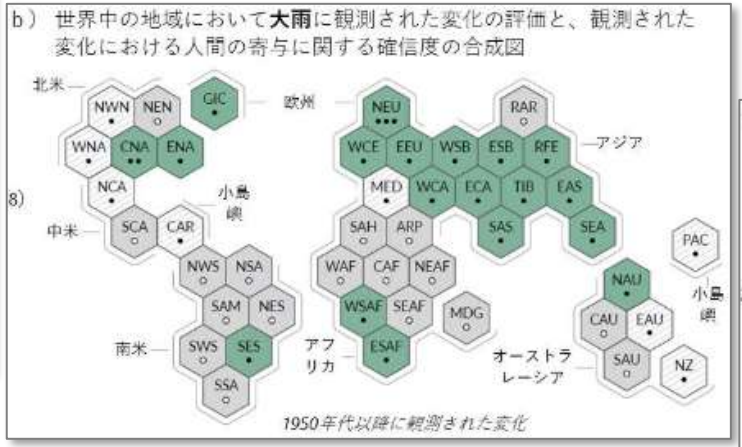
気候変動が及ぼす観測された影響と経済効果

- 人為起源の気候変動は、極端現象の頻度と強度の増加を伴い、自然と人間に対して、広範囲にわたる悪影響と、それに関連した損失と損害を自然の気候変動の範囲を超えて引き起こしている。 IPCC AR6 WG2 SPM B.1

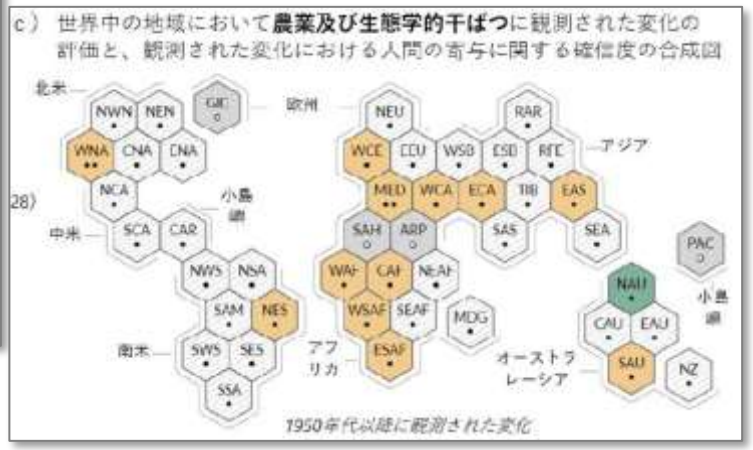
観測された変化:極端な高温 ※赤:増加



大雨 ※緑:増加



※黄:増加
農業及び生態学的干ばつ



IPCC AR6 WG1 Fig. SPM.3 観測及び要因特定された地域的な変化の評価の合成図

気候変動が及ぼす観測された影響と経済効果

- 人為起源の気候変動は、極端現象の頻度と強度の増加を伴い、自然と人間に対して、広範囲にわたる悪影響と、それに関連した損失と損害を自然の気候変動の範囲を超えて引き起こしている。 IPCC AR6 WG2 SPM B.1

- 地球温暖化を2℃に抑えることの世界規模の経済効果は、評価された文献のほとんどにおいて緩和コストを上回ると報告されている。
IPCC AR6 WG3 SPM C.12

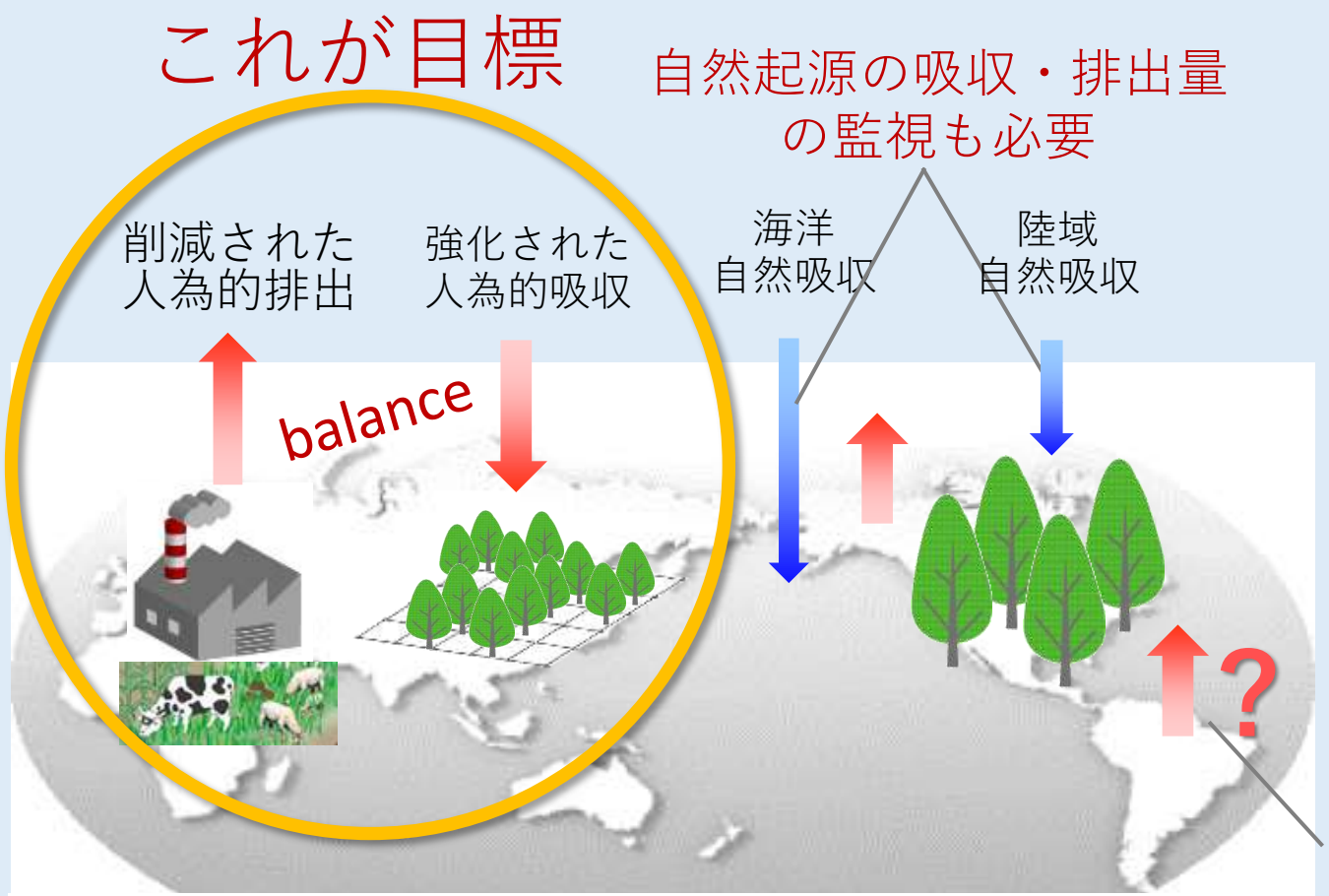
- 気候変動の影響を緩和し適応するための加速した衡平な気候行動は、持続可能な開発のために非常に重要である。しかし、陸域生態系と水域生態系は、一部の緩和行動により、その実施次第では悪影響を受ける。
IPCC AR6 WG3 SPM D.1-3

Contents

1. はじめに：気候変動が及ぼす観測された影響と経済効果
2. 地球規模でのカーボンニュートラル
3. 農業・林業・その他土地利用部門における気候変動対策
4. パリ協定における「進捗確認」とは
5. まとめ：気候変動対策への貢献に向けた地球観測への期待

地球規模でのカーボンニュートラル

パリ協定のカーボンニュートラルとは:
人為排出量と人為吸収量をバランスさせること



地球全体の吸収・排出量のイメージ

想定される問題:

① エネルギーの脱化石燃料化を極限まで追求したとしても、食料生産等に関わる排出削減には限界がある.

②吸収源拡大は必要だが、生物多様性の保全や食料安全供給と競合する.

③気候変動影響による自然排出の増加があり得る.
例）干ばつや熱波による林野火災増加、凍土融解によるGHG排出増加・・・.

予想外の自然排出源の増加もありえる

Contents

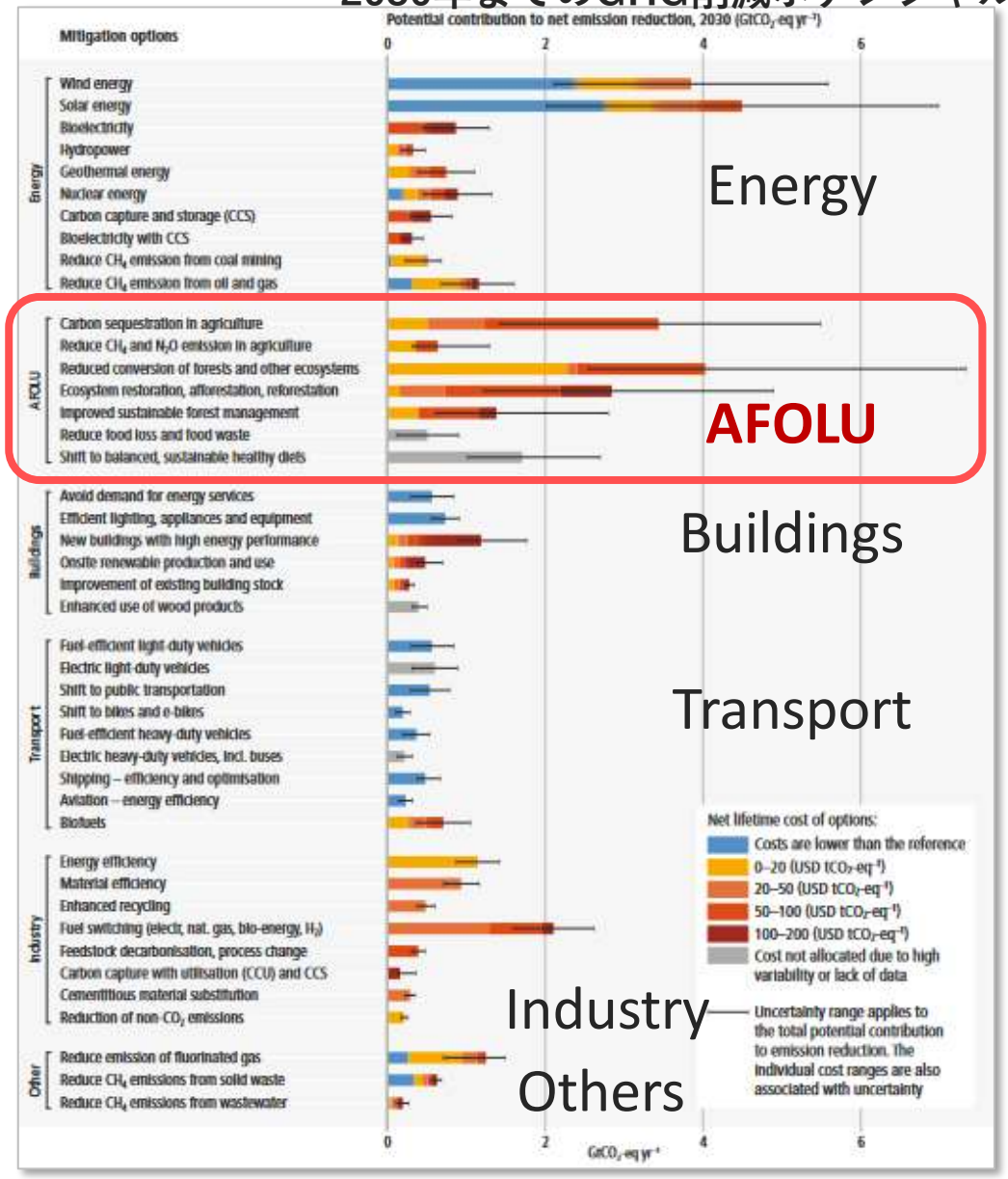
1. はじめに：気候変動が及ぼす観測された影響と経済効果
2. 地球規模でのカーボンニュートラル
3. 農業・林業・その他土地利用部門における気候変動対策
4. パリ協定における「進捗確認」とは
5. まとめ：気候変動対策への貢献に向けた地球観測への期待

農林業その他土地利用部門における気候変動対策

- 農業、林業、その他土地利用（AFOLU）部門：緩和策が持続可能な方法で実施された場合（生態系保全や食料生産と両立する緩和策・適応策）、大規模なGHG排出削減と除去の促進をもたらす。
  IPCC AR6 WG3 SPM C.9

- ネットゼロ達成のためには、削減困難な残余排出量を相殺する吸収源の拡大は避けられない。
  IPCC AR6 WG3 SPM C.11

2030年までのGHG削減ポテンシャル



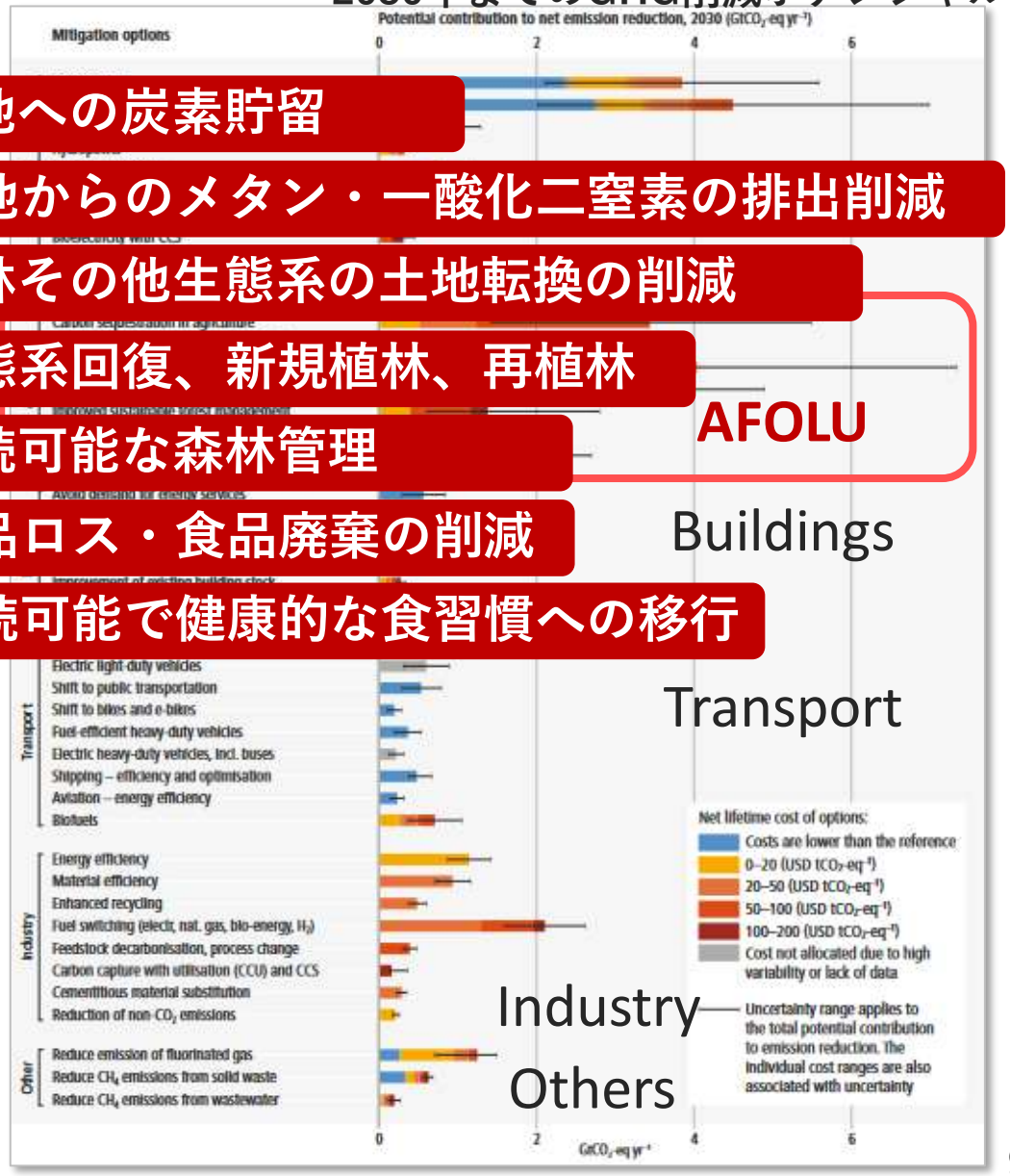
IPCC AR6 WG3 Fig. SPM.7: Overview of mitigation options and their estimated ranges of costs and potentials in 2030.

農林業その他土地利用部門における気候変動対策

AFOLU

- Carbon sequestration in agriculture
- Reduce CH_4 and N_2O emission in agriculture
- Reduced conversion of forests and other ecosystems
- Ecosystem restoration, afforestation, reforestation
- Improved sustainable forest management
- Reduce food loss and food waste
- Shift to balanced, sustainable healthy diets

2030年までのGHG削減ポテンシャル



農地への炭素貯留

農地からのメタン・一酸化二窒素の排出削減

森林その他生態系の土地転換の削減

生態系回復、新規植林、再植林

持続可能な森林管理

食品ロス・食品廃棄の削減

持続可能で健康的な食習慣への移行

AFOLU

Buildings

Transport

Industry

Others

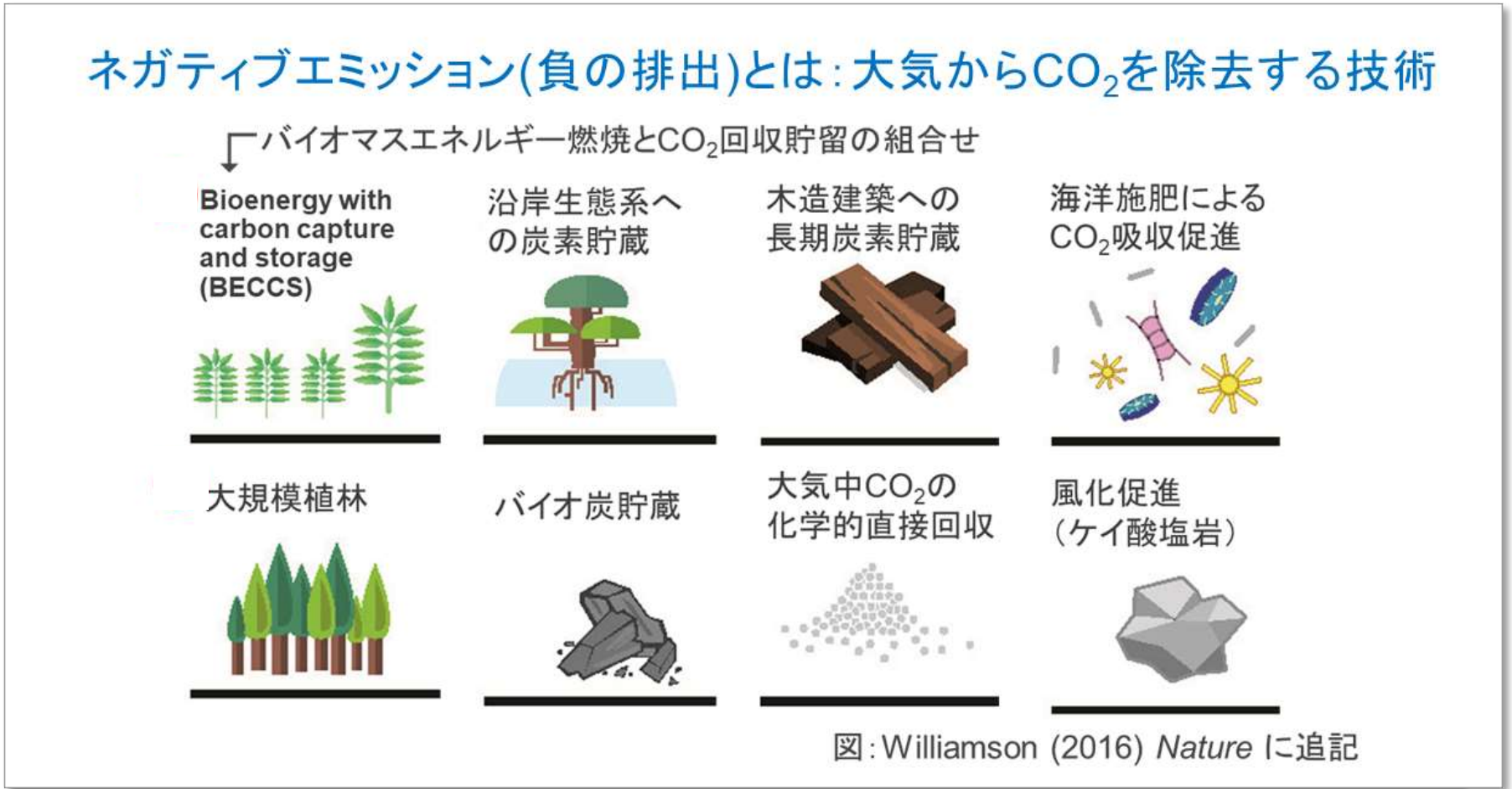
- ネットゼロ達成のためには、削減困難な残余排出量を相殺する吸収源の拡大は避けられない。 IPCC AR6 WG3 SPM C.11

IPCC AR6 WG3 Fig. SPM.7: Overview of mitigation options and their estimated ranges of costs and potentials in 2030.

削減困難なGHG排出を埋め合わせる人為吸収源

吸収源拡大は必須。しかし大規模な新規植林やバイオ燃料作物の増産は、
限られた土地や水をめぐり食料生産*や生物多様性保全と厳しい競合を起こす.

*最大 1億5000万人に悪影響を与える（IPCC土地関係特別報告書 第6章）



農林業その他土地利用部門における気候変動対策

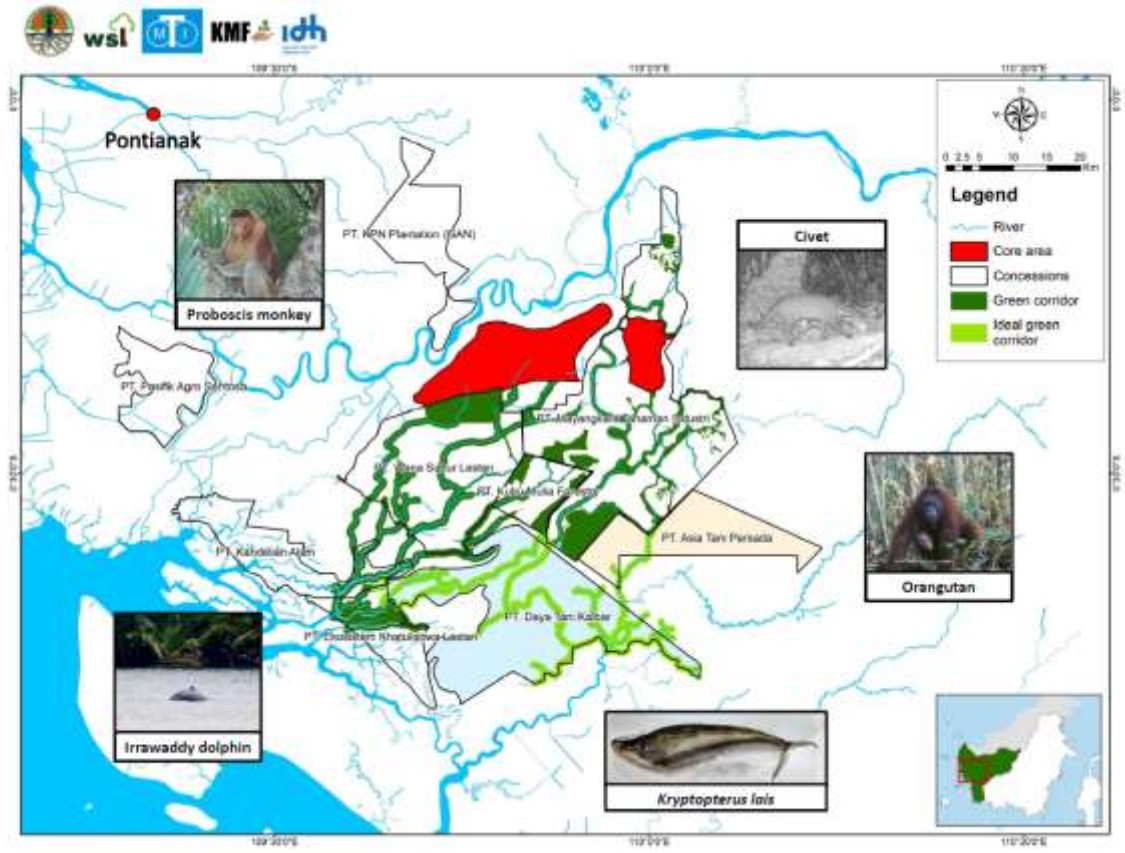
- AFOLUの緩和オプションは、持続可能な方法で実施された場合、大規模なGHG排出削減と除去の促進をもたらしうる。
- 生物多様性保全等との共便益を提供し、気候変動適応等を通してリスクを回避するための、国ごとに特有の機会が多く存在する。

IPCC AR6 WG3 SPM C.9

地域ごとの取組の例:

インドネシアにおける泥炭地の持続的利用のための水と森林の統合管理

- 地形や地下水位などの詳細な調査に基づく地下水貯留、火災防止、植林・森林整備、生物多様性保全など
- 生態系保護、森林利用（植林）、緑の回廊のためのゾーニング



Osaki et al. (2021) *Tropical Peatland Eco-management*

Figure: provided by Sumitomo Forestry CO., LTD.

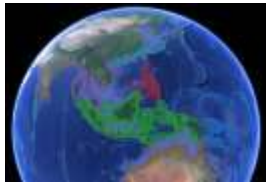
農林業その他土地利用部門における気候変動対策

- AFOLUの緩和オプションは、持続可能な方法で実施された場合、大規模なGHG排出削減と除去の促進をもたらしうる。
- 生物多様性保全等との共便益を提供し、気候変動適応等を通してリスクを回避するための、国ごとに特有の機会が多く存在する。

IPCC AR6 WG3 SPM C.9

地域ごとの取組の例:

グローバル・マングローブ・ウオッチ



- JAXAの「京都・炭素イニシアティブ」に基づき2011年に設立
- 国際連携（Aberystwyth Univ., solo Earth Observation, Wetlands International and The Nature Conservancy）
- 沿岸域の炭素貯留と生物多様性保全の両立に貢献
- 空間解像度:　25 m (0.000222 degrees)

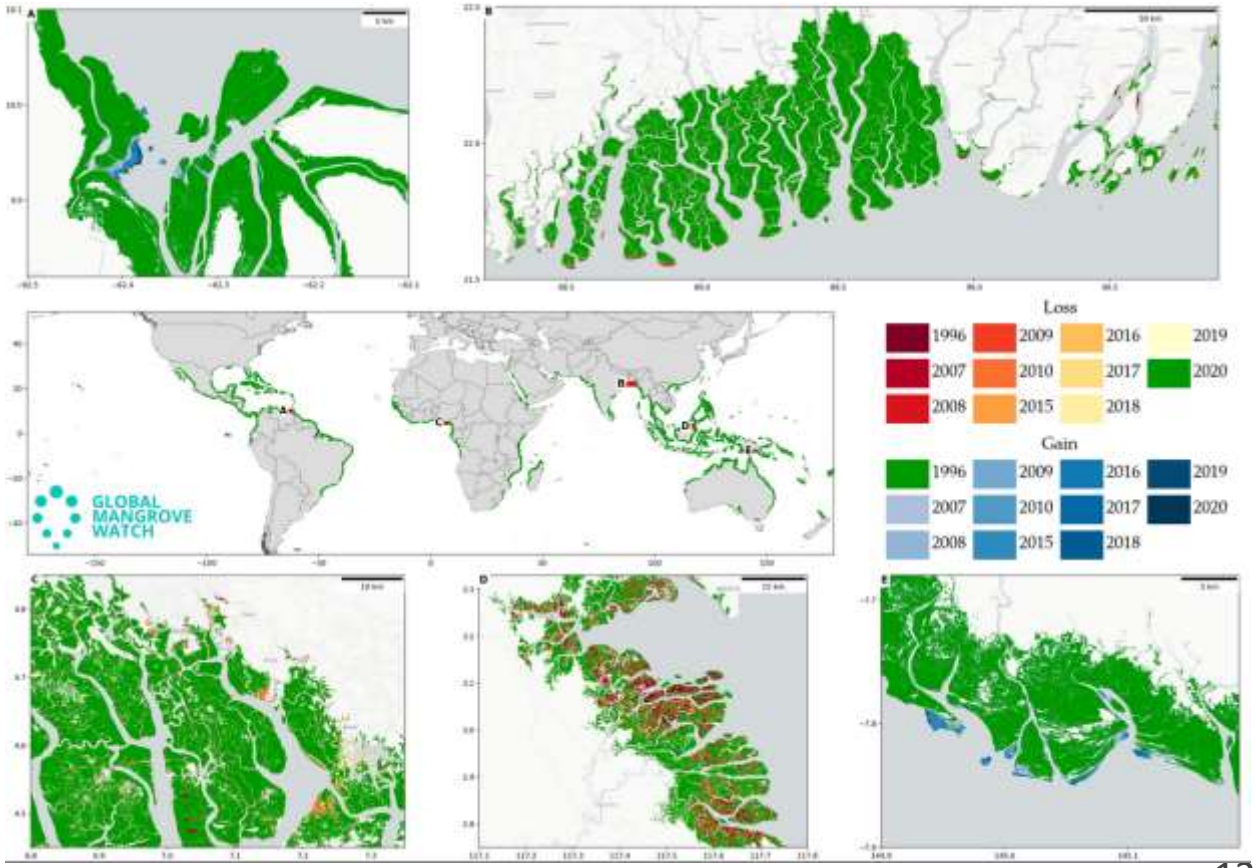


Figure: Bunting et at. (2022) Remote Sens

Contents

1. はじめに：気候変動が及ぼす観測された影響と経済効果
2. 地球規模でのカーボンニュートラル
3. 農業・林業・その他土地利用部門における気候変動対策
4. パリ協定における「進捗確認」とは
5. まとめ：気候変動対策への貢献に向けた地球観測への期待

パリ協定における進捗確認

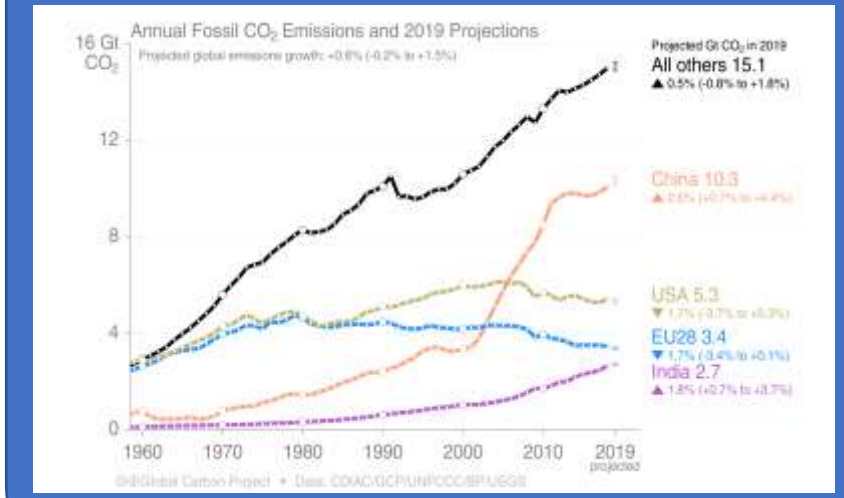
- パリ協定：2020年以降の気候変動対策の国際枠組
- 長期目標：温暖化を2℃より十分低く、1.5℃に抑える努力をする
- 各国は削減目標を自己決定→表明→達成状況報告→進捗確認（5年ごとのグローバル・ストックテイク）→目標再設定 を繰り返す
- 透明性確保が重要
- 衡平性と最良の科学に基づき、気候変動緩和、適応、実施手段と支援※ を評価 ※資金、技術移転、組織・人の能力構築を含む
- 必要に応じて、対応措置、損失と損害も評価される

グローバルストックテイクへの貢献に向けて

トップダウン（大気観測と逆解析）とボトムアップ（多点データとプロセスモデル）による
世界のGHG排出(吸収)量の準リアルタイムモニタリングには新たな可能性があります.

途上国や新興国の温室効果ガス
排出量報告の不確実性を減らします.

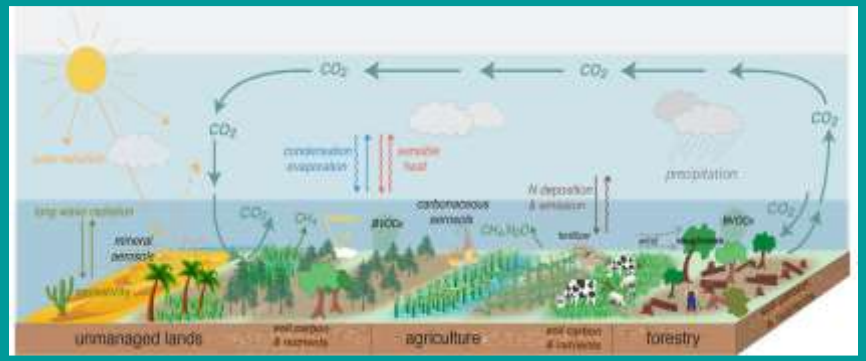
Annual fossil CO_2 emissions



GCP Carbon Budget 2019
https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/

従来の算出手法では難しい項目に、
新たな評価手法をつくります.

- ✓ 大規模森林(泥炭)火災からの大量のCO_2放出
- ✓ 農地・湿地・凍土等からのCH_4の間欠的な放出
- ✓ 人為吸収源の確認



IPCC Special Report Climate Change and Land
https://www.ipcc.ch/srccl/

大都市からの温室効果ガス
や大気汚染物質の排出量を
準リアルタイムで把握し、
削減効果を見える化します.

C40 Cities
https://www.c40.org/cities

温室効果ガス(GHG)インベントリ高精度化への道のり

① 大気観測からGHG収支を逆推定

② 海・陸上の現場観測からGHG収支を広域推定

人為＋自然起源吸排出

自然起源吸排出

Evaluation of sources & sinks

人為起源吸排出

③

GHGインベントリデータから排出量の空間分布を推定

Annual Report
第1報提出

① トップダウン（大気観測と逆推定モデル）
② 海・陸上現場観測に基づくGHG収支の広域推定
③ GHGインベントリ
三者の不整合を検出、問題を解消することで精度向上

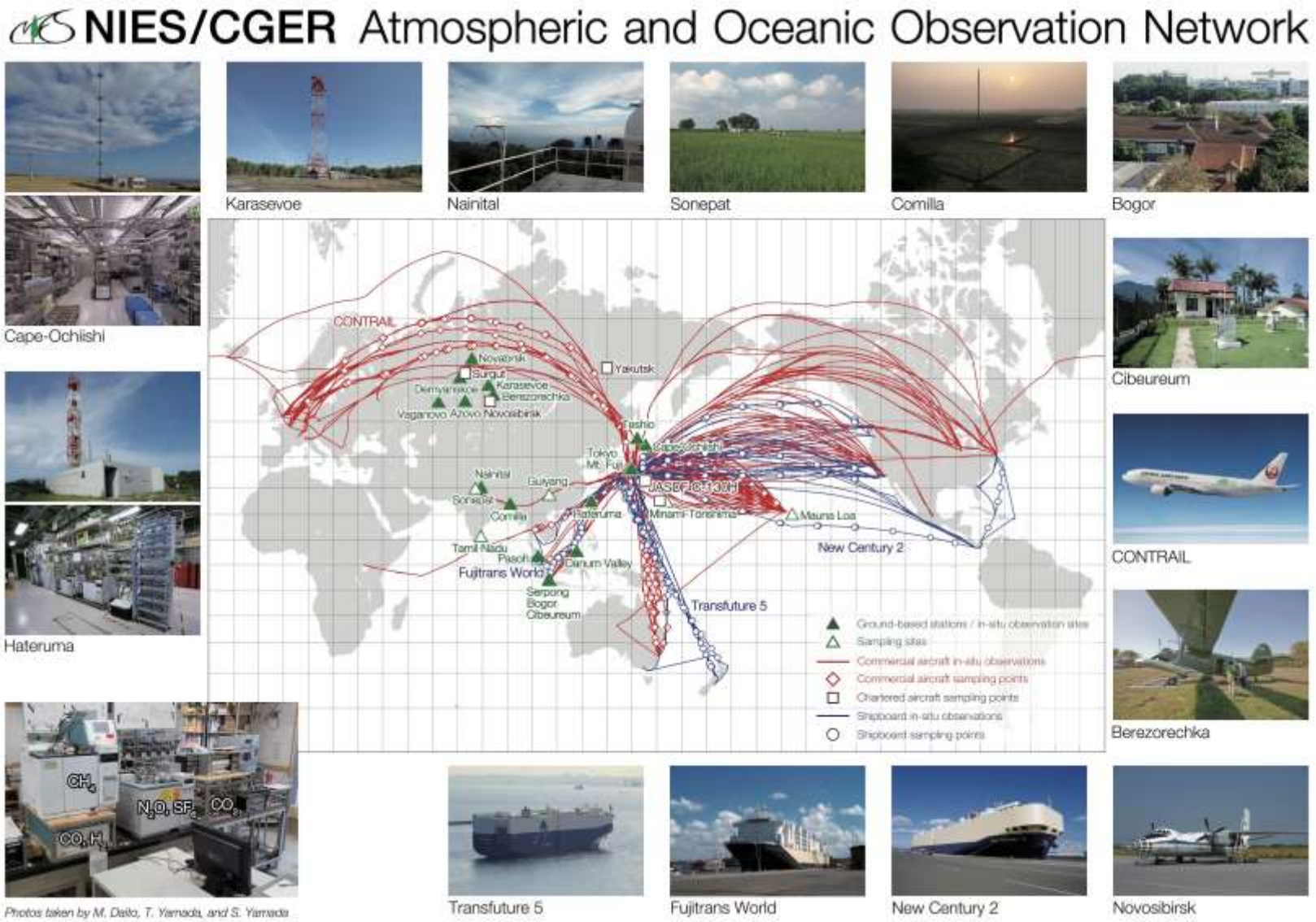
GHG国別インベントリと独立のデータを作成・提供
⇒パリ協定のグローバルストックテイク
（第1回2023年、第2回2028年）へ貢献

過去～現在の人為・自然GHG収支を高い時・空間分解能で推定
⇒気候の将来予測（地球システムモデル）の向上
⇒近未来の温暖化対策の効果を予測、信頼性向上

地球全体のGHG排出量・吸収量のモニタリング

地上・船舶・航空機・衛星による標準化された広域・長期の地球観測データが必須です.

Observed datasets used for Top-down analyses



Ito (2022) AOGEO Task Group-3 Meeting (Sep.1)

環境省 Ministry of the Environment

NIES

JAMSTEC Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

CHIBA UNIVERSITY

地球全体のGHG排出量･吸収量のモニタリング

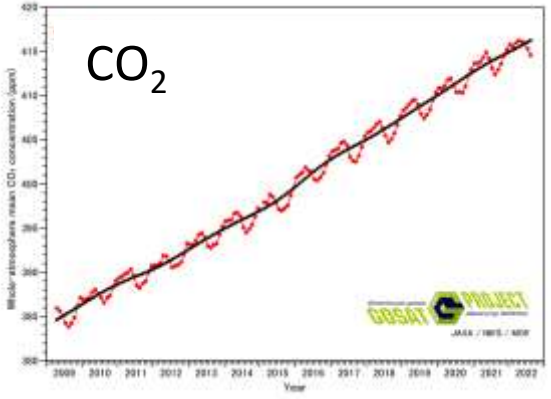
地上・船舶・航空機・衛星による標準化された広域・長期の地球観測データが必須です.

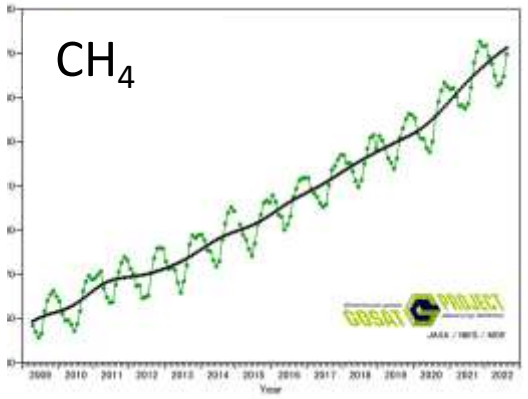
The Greenhouse Gases Observing Satellite (GOSAT) Series by the Ministry of the Environment Japan (MoE), NIES, and JAXA

GOSAT

GOSAT-2

Whole-atmosphere monthly mean CO_2 and CH_4 concentrations based on GOSAT observations





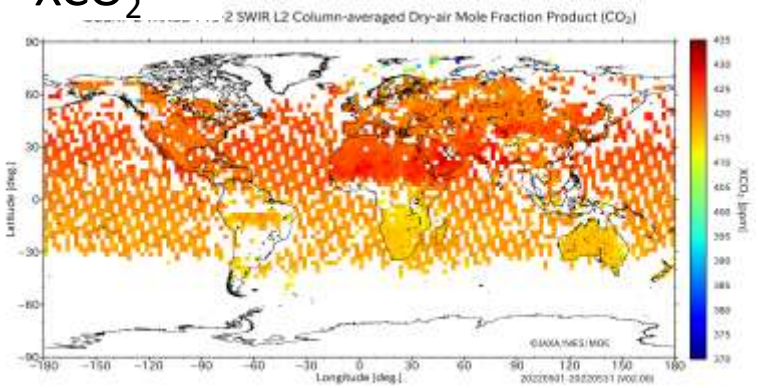
Data:

GOSAT Data Archive Service (GDAS)
https://data2.gosat.nies.go.jp/

GOSAT-2 Product Archive
https://prdct.gosat-2.nies.go.jp/

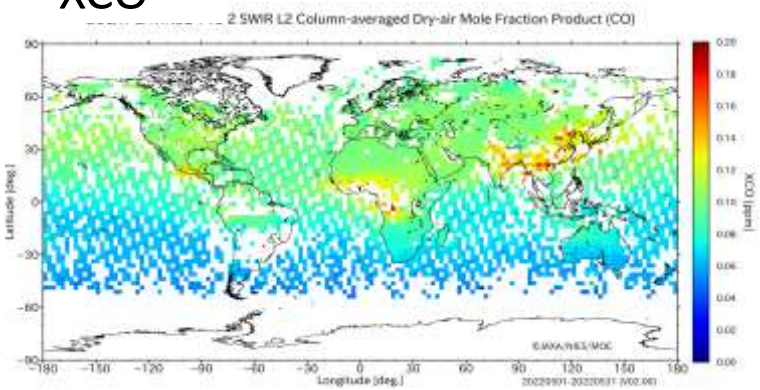
GOSAT-GW
https://gosat-gw.nies.go.jp/en

XCO_2



Global distribution of carbon dioxide column-averaged dry-air mole fraction (XCO_2) retrieved by the full physics method from FTS-2 data acquired in May 2022.

XCO



Global distribution of carbon monoxide column-averaged dry-air mole fraction (XCO) retrieved by the full physics method from the FTS-2 data acquired in May 2022.

地球全体のGHG排出量･吸収量のモニタリング

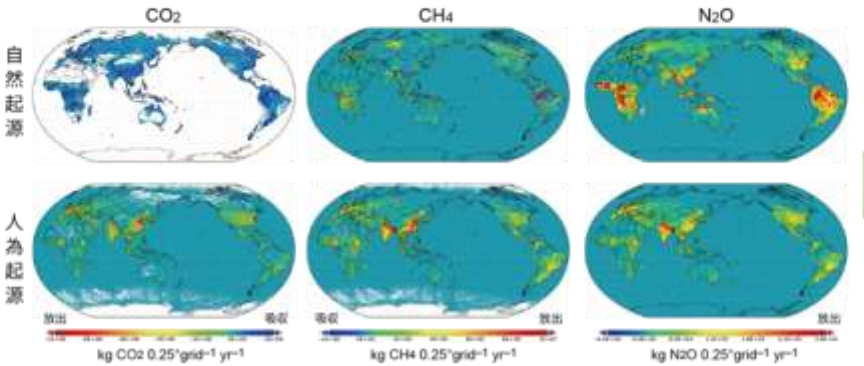
プロセスモデルにより全球・国別・地域別、項目別のGHG収支評価を行います.

Ito (2022) AOGEO Task Group-3 Meeting (Sep.1)

- GHG budget by bottom-up approach
- Refinement of emission inventory
  => quick extension by machine-learning

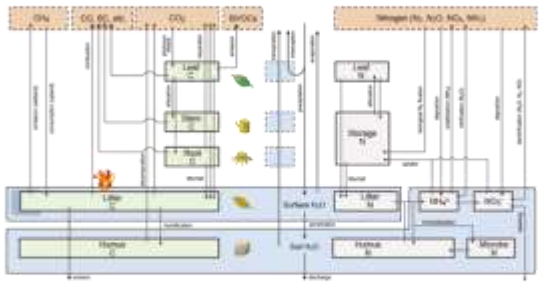
- Development and validation of BGC models
- GHG report preparation
- Information of other projects

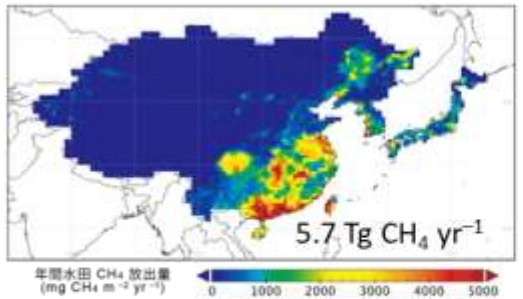
National~global GHG budget by bottom-up approach

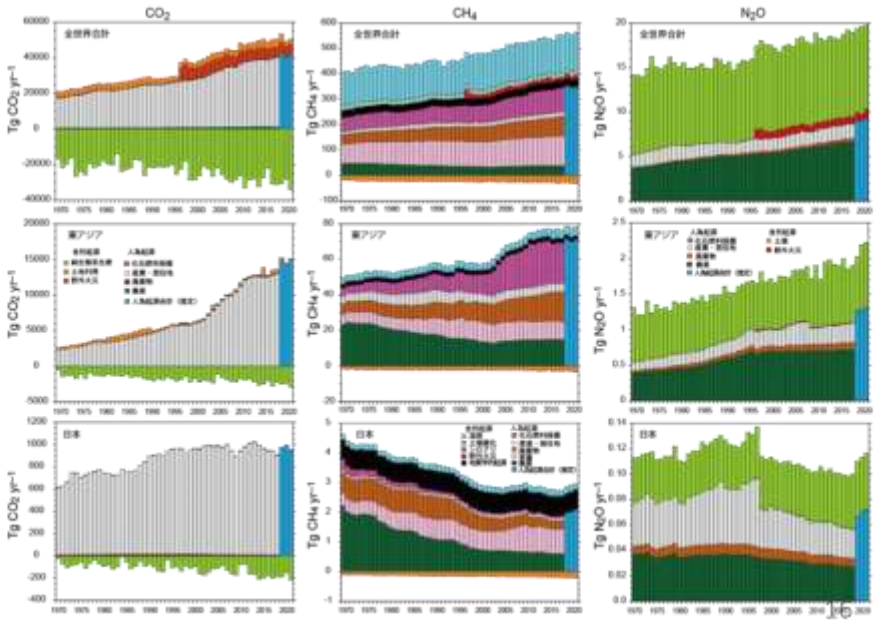


To T1&2

Improvement of VISIT for paddy field CH_4 emission







Global

East Asia

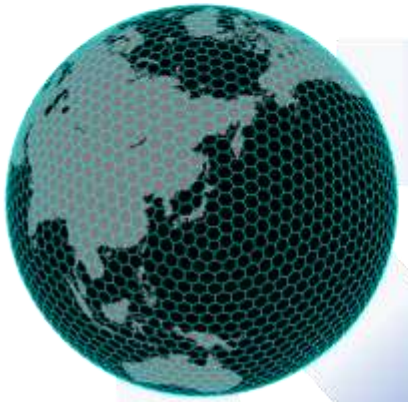
Japan

地球全体のGHG排出量・吸収量のモニタリング

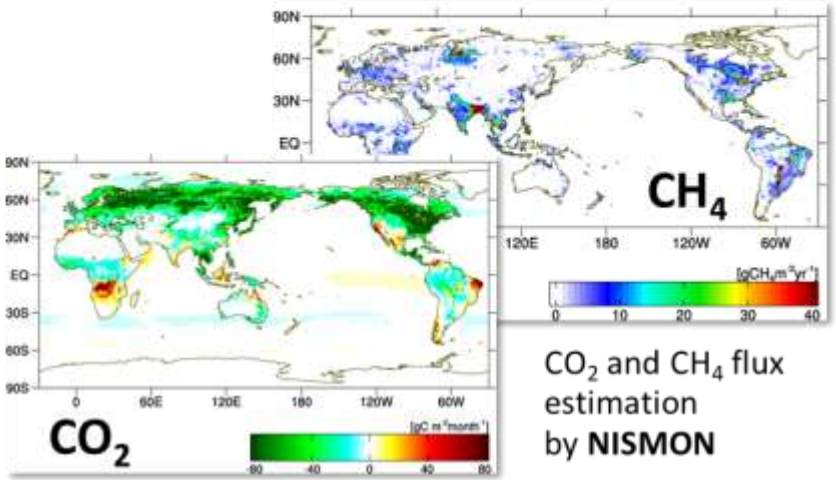
大気GHG観測データとモデルにより全球～地域別のGHG収支評価を行います.

Ito (2022) AOGEO Task Group-3 Meeting (Sep.1)

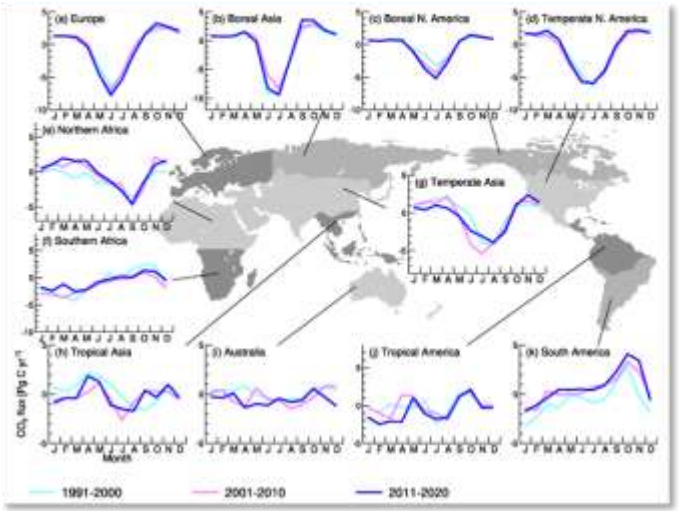
Atmospheric model NICAM-TM



■ Global long-term analyses of GHG budgets

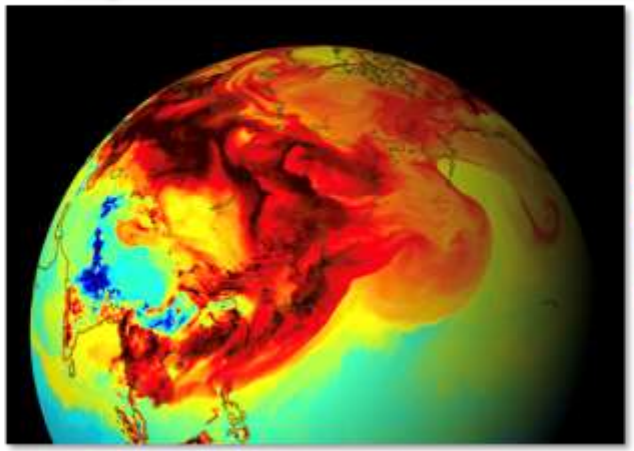


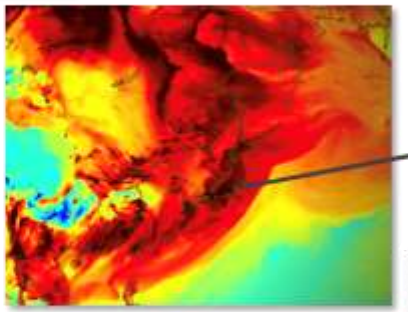
CO_2 and CH_4 flux estimation by **NISMON**



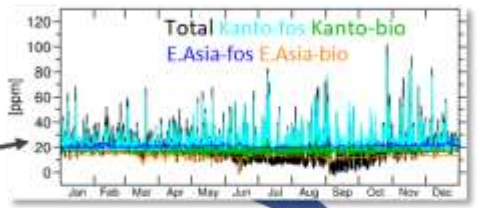
Regional seasonal cycles of natural CO_2 fluxes for 1991-2000

■ High-resolution simulations of GHGs





Global high-resolution simulation of CO_2 (~14km)



Estimation of emissions from Japan/megacity

■ Support to make a strategy for efficient observation networks

環境省 Ministry of the Environment

NIES

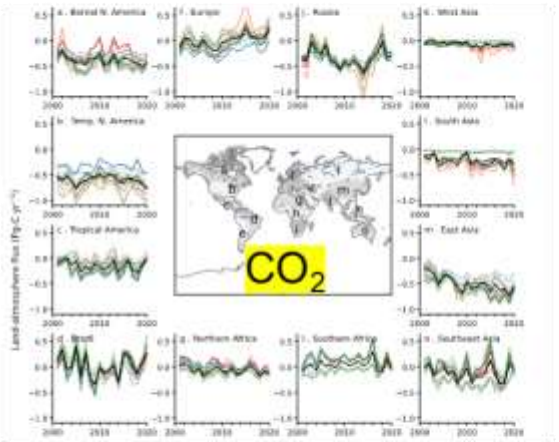
気象研究所 Meteorological Research Institute JMA

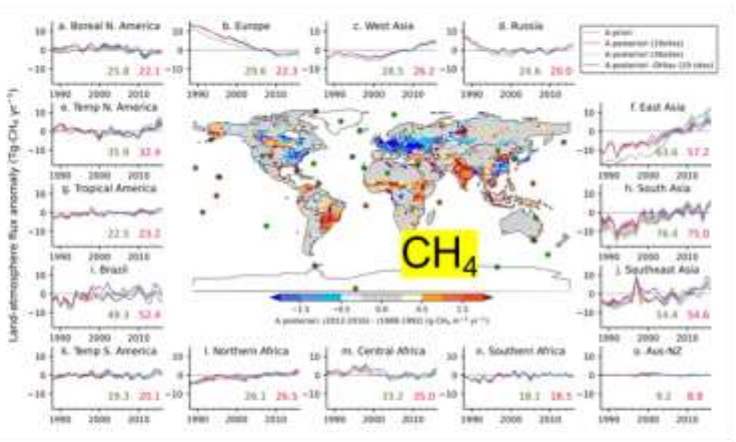
JAMSTEC Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

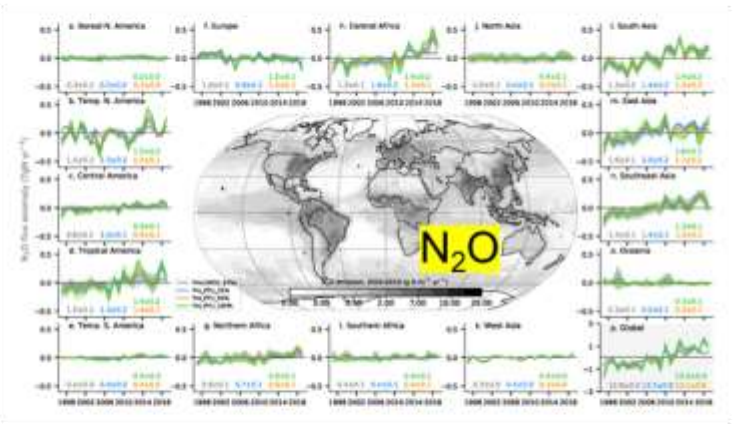
CHIBA UNIVERSITY

地球全体のGHG排出量・吸収量のモニタリング

国際連携により複数アプローチによる結果を比較し、不確実性の幅を確認します.







Ito (2022) AOGEO Task Group-3 Meeting (Sep.1)

Species	CO_2, PgC yr^{-1}		CH_4, Tg yr^{-1}		N_2O, Tg yr^{-1}	
	Emission	Removal	Emission	Removal	Emission	Removal
1996-2000	6.68 ± 0.11		548.5 ± 14.8	501.6 ± 4.0	15.6 ± 0.7	11.5 ± 0.2
2001-2005	7.48 ± 0.42	-1.67 ± 0.63	560.4 ± 18.0	508.2 ± 2.9	15.6 ± 0.3	12.1 ± 0.4
2006-2010	8.68 ± 0.24	-2.89 ± 0.46	563.7 ± 8.2	519.1 ± 6.0	16.4 ± 1.0	12.2 ± 0.4
2011-2015	9.59 ± 0.11	-3.04 ± 0.80	579.1 ± 12.9	535.6 ± 6.2	17.0 ± 0.7	12.5 ± 0.3
2016-2020	9.78 ± 0.42	-2.73 ± 0.67	599.4 ± 10.0	554.8 ± 4.3	17.5 ± 0.7	12.9 ± 0.4

CO_2:
Patra et al., GBC, 2005a,b
Le Quere et al., ESSD, 2018
Chandra et al., ACPD, 2021

CH_4:
Patra et al., JMSJ, 2016
Saunois et al., ESSD, 2020
Chandra et al., JMSJ, 2021

N_2O:
Thompson et al., NCC, 2019
Patra et al., JMSJ, 2022
Tian et al., Nature, 2000

環境省 Ministry of the Environment

NIES

気象研究所

JAMSTEC Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

CHIBA UNIVERSITY

パリ協定　グローバルストックテイクへの貢献

複数アプローチによる結果と得られた知見を迅速に公開します【推進費SII-8】

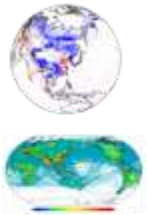
This project is planning to provide a summary report of global-, regional-, and country-level GHG budgets in support of the **Global Stocktake**, ir including the following contents:

Top-down estimations

Global
- CO_2, CH_4 budget maps: 1 x 1deg, NICAM, 1990–2020
- CO_2, CH_4, N_2O budget map: region divisions, MIROC4-ACTM, 2000–2020
- CO_2, CH_4、N_2O decadal summary table

Country / region
- CO_2、CH_4 budget: regions, NICAM, 1990–2020
- CO_2、CH_4, N_2O budgets: 11–15 regions / top 20 emitters, 2000–2019
- Atmospheric CO_2, CH_4concentrations: ground, ship, aircraft, 1994–2021

Bottom-up estimations



Global
- Natural CO_2, CH_4, N_2O budget maps: 0.5 x 0.5deg, VISIT, 1990–2020
- Anthropogenic inventories: 0.25 x 0.25deg, 1990–2018
- CO_2, CH_4, N_2O decadal summary table

Country / region
- CO_2, CH_4, N_2O budget: regions（RECCAP2 regions）, 1990–2018
- Land CO_2 budget（GPP, NEE）: Asia、0.25 × 0.25deg, flux scale-up, 2000–2020

Ito (2022) AOGEO Task Group-3 Meeting (Sep.1)

環境省 Ministry of the Environment

NIES

JAMSTEC Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

CHIBA UNIVERSITY

Contents

1. はじめに：気候変動が及ぼす観測された影響と経済効果
2. 地球規模でのカーボンニュートラル
3. 農業・林業・その他土地利用部門における気候変動対策
4. パリ協定における「進捗確認」とは
5. まとめ：気候変動対策への貢献に向けた地球観測への期待

まとめ：気候変動対策への貢献に向けた地球観測への期待

※2050年カーボンニュートラル実現に向けて急ぎ拡充が必要

- 地球規模でのカーボンニュートラル化と気候安定化の確認に向けた**GHG収支と炭素ストックの変化**のマルチスケールモニタリング
- 生態系や農林水産業の**持続可能性**を確認するための地域固有の指標確立と、**気候変動対策間の競合及び共便益**の評価
- グローバルストックテイクへの貢献に向けた**利用可能な最善の科学**に基づく**迅速**な報告
- 複数のアプローチに基づく**透明性の確保**
- 国際連携による**観測データの蓄積とモデルへの融合手法の改良**