



環境省における地球観測の取組について

～GOSATシリーズによる日本の貢献～

令和6年3月12日

環境省 地球環境局 総務課 気候変動観測研究戦略室



GOSATシリーズによる日本の貢献

- ① 概要
- ② 全球、国別、地域・都市の観測
- ③ その他、今後の方針

GOSATシリーズによる日本の貢献

- ① 概要
- ② 全球、国別、地域・都市の観測
- ③ その他、今後の方針

宇宙基本計画及び工程表



宇宙基本計画（令和5年6月13日 閣議決定）

4. 宇宙政策に関する具体的アプローチ

（2）国土強靱化・地球規模課題への対応とイノベーションの実現に向けた具体的アプローチ

（b）リモートセンシング

- **世界の温室効果ガス濃度の分布状況とその時間的変動を継続的に監視するとともに、海面水温等を効率的に把握することでスマート水産業等に貢献できるGOSAT-GWを2024年度に打ち上げるべく、開発を着実に進めるとともに、2024年末までに、途上国においても排出量報告が求められるようになることを見据え、我が国が世界に先駆けて開発した衛星を用いた温室効果ガス排出量推計技術の活用を促し、国際標準化を目指していく。**

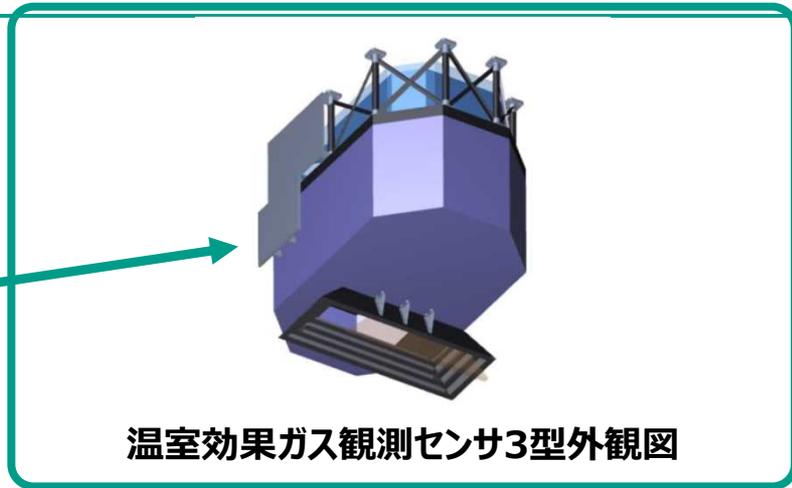
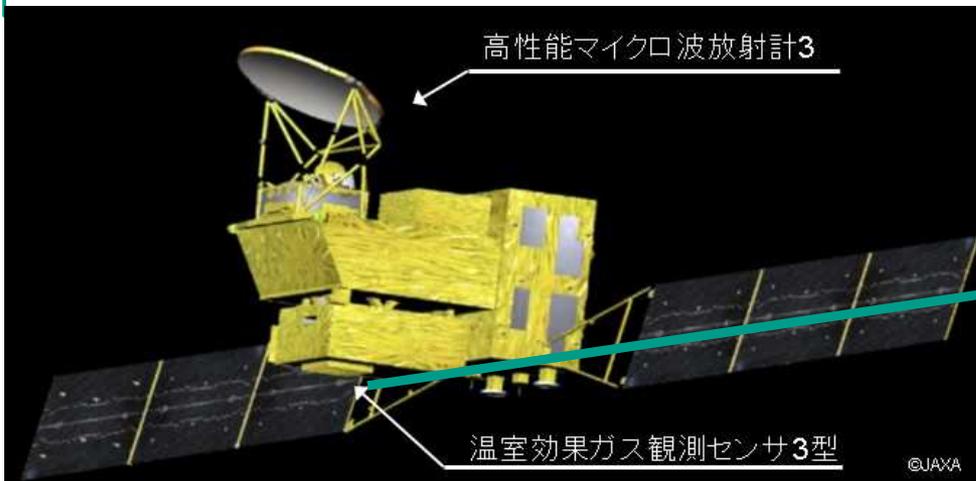
宇宙基本計画工程表（令和5年6月13日 宇宙開発戦略本部決定）

今後の主な取り組み

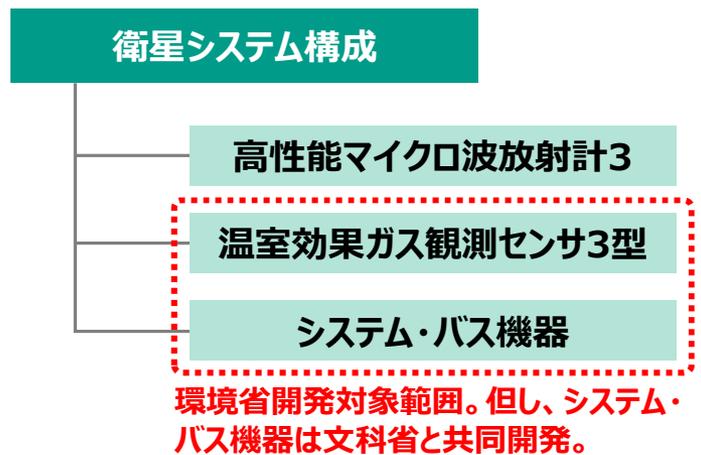
- 世界の温室効果ガス濃度の分布状況とその時間的変動を継続的に監視するとともに、海面水温等を効率的に把握することでスマート水産業等に貢献できる**温室効果ガス・水循環観測技術衛星(GOSAT-GW)を2024年度に打ち上げるべく、温室効果ガス観測センサ3型(TANSO-3)、高性能マイクロ波放射計3(AMSR3)及び両センサを搭載する衛星バスについて、引き続き維持設計を行うとともに、プロトフライトモデルの製作・試験及び地上システムの整備等を推進し、開発を着実に進める。**
- 2024年末までに、途上国においても排出量報告が求められるようになることを見据え、我が国が世界に先駆けて開発した**衛星を用いた温室効果ガス排出量推計技術の中央アジア等への普及の取組を推進することにより、本排出量推定技術の活用を促し、国際標準化を目指していく。**
 - カーボンニュートラルの実現やグリーン成長に貢献するため、衛星データ公開等を通じた各国の気候変動対策や民間企業における衛星データの利活用や情報発信を促進するとともに、衛星データについて民間企業や学識経験者等を交えた議論のうえ、民間企業におけるビジネス活用・気候変動に関する科学の発展への貢献を目指し、さらに**国際的な動向を踏まえた温室効果ガス観測衛星の後継機の検討を進める。**

温室効果ガス・水循環観測技術衛星(GOSAT-GW)

温室効果ガス・水循環観測技術衛星(GOSAT-GW)に温室効果ガス観測センサ3型(TANSO-3)を搭載。
令和6年度の打上げに向けて衛星の観測センサ、衛星バス等の開発及び打上げロケットの製造等を実施。

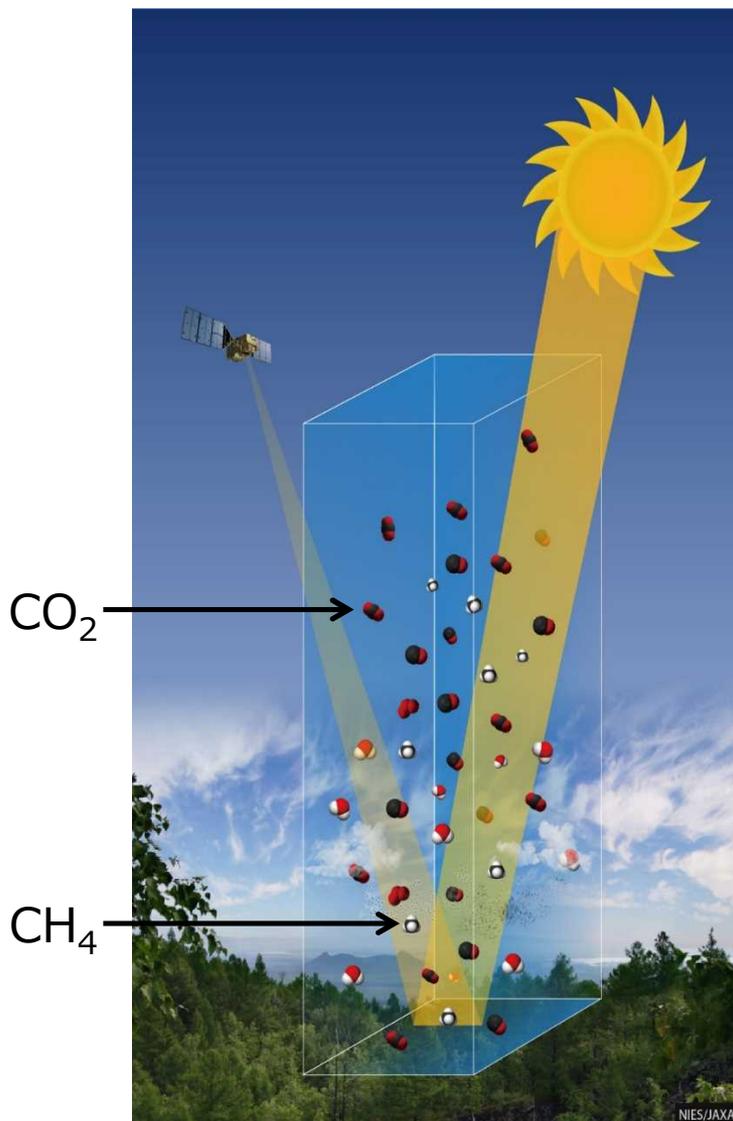


打上げ年度	令和6年度 (2024年度)	
軌道	種類	太陽同期準回帰軌道
	高度、回帰日数	約666 k m、3日回帰 (GOSATと同様)
	昇交点通過地方太陽時	13:30±15分 (GCOM-W*と同様)
設計寿命	7年以上	
搭載センサ	温室効果ガス観測センサ3型 (TANSO-3) 高性能マイクロ波放射計3 (AMSR3)	
打上げロケット	H-IIAロケット	

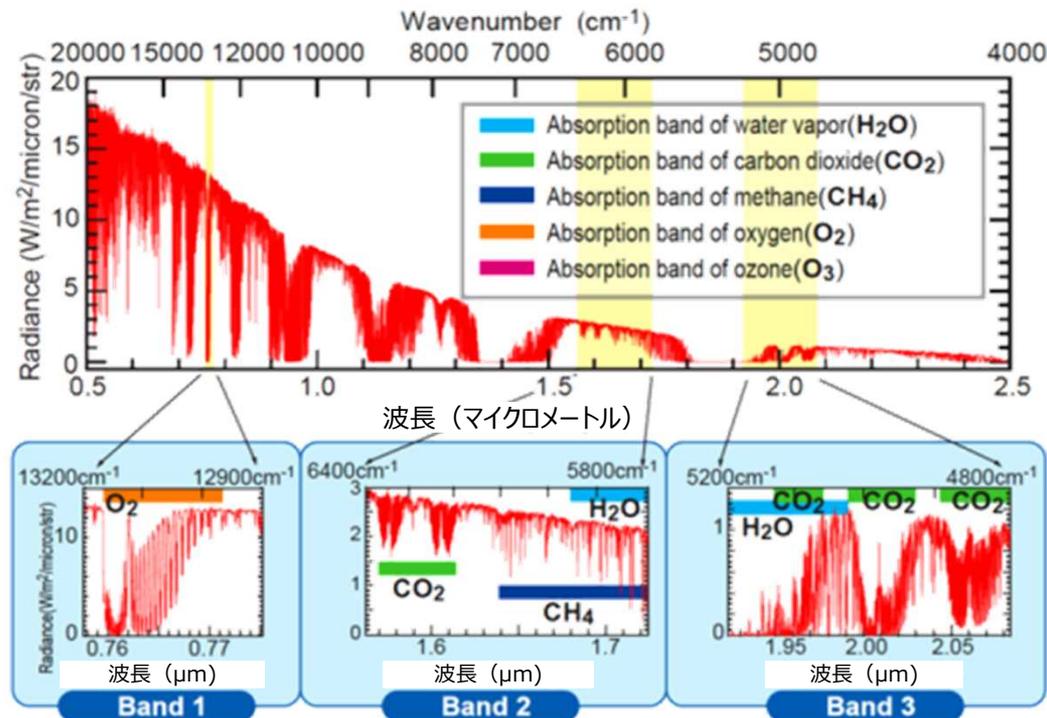


*GCOM-W: Global Change Observation Mission-Water (水循環変動観測衛星)

衛星観測からのCO₂・CH₄濃度計測手法



<http://www.gosat-2.nies.go.jp/uploads//observation1.jpg>



【上図】

CO₂やCH₄など大気中の気体は、その気体固有の波長（色）の光を吸収します。また吸収の強さはその気体の量に応じて変化します。

【左図】

地表面で反射された太陽光を衛星で観測し、どの波長でどのくらいの強さの吸収が起きているか調べることで、大気中の気体の量（濃度）を計測できます。

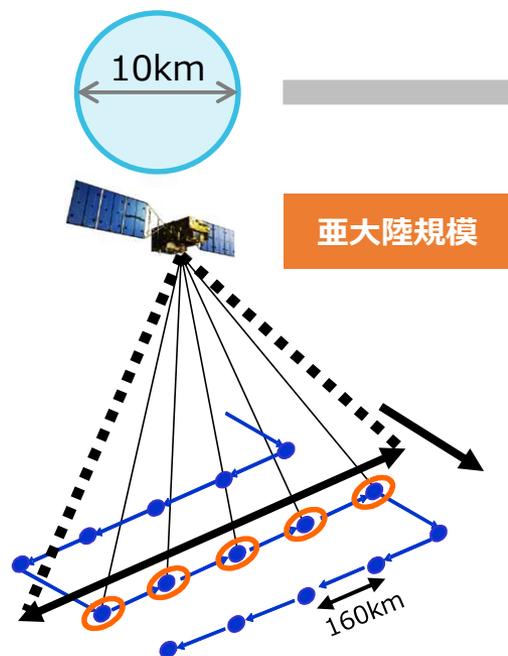
温室効果ガス・水循環観測技術衛星(GOSAT-GW)



温室効果ガス観測センサ (TANSO-3) のミッション

1. 全大気温室効果ガス(GHG)の月別平均濃度の監視
2. 国別人為起源GHG排出量の検証
3. 大規模排出源等のモニタリング

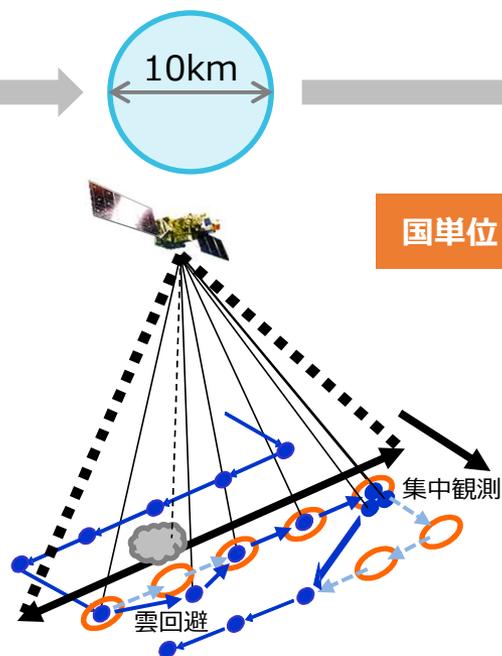
GOSAT (TANSO)



亜大陸規模

直径10キロの視野を持つ1つの素子を格子幅160キロの間隔で観測。視野内に雲があるとGHG濃度算出ができない

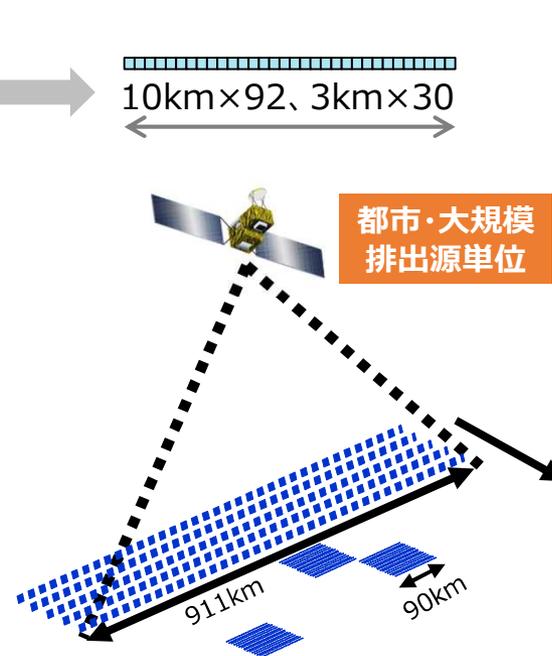
GOSAT-2 (TANSO-2)



国単位

直径10キロの視野を持つ1つの素子で指定した地点を観測可能。センサが自ら雲を検知し自動回避する観測が可能

GOSAT-GW (TANSO-3)



都市・大規模排出源単位

10キロの空間分解能で全球を、または3キロの空間分解能で指定した範囲(90キロ幅)を面的に観測可能

GOSATシリーズによる日本の貢献

- ① 概要
- ② **全球、国別、地域・都市の観測**
- ③ その他、今後の方針

GOSATシリーズの目的

<TANSO-3のミッション要求>

①地球全体の温室効果ガス濃度把握

②各国の排出量報告の透明性の確保

③大規模排出源のモニタリング



気候変動に関する科学の発展と環境政策に寄与

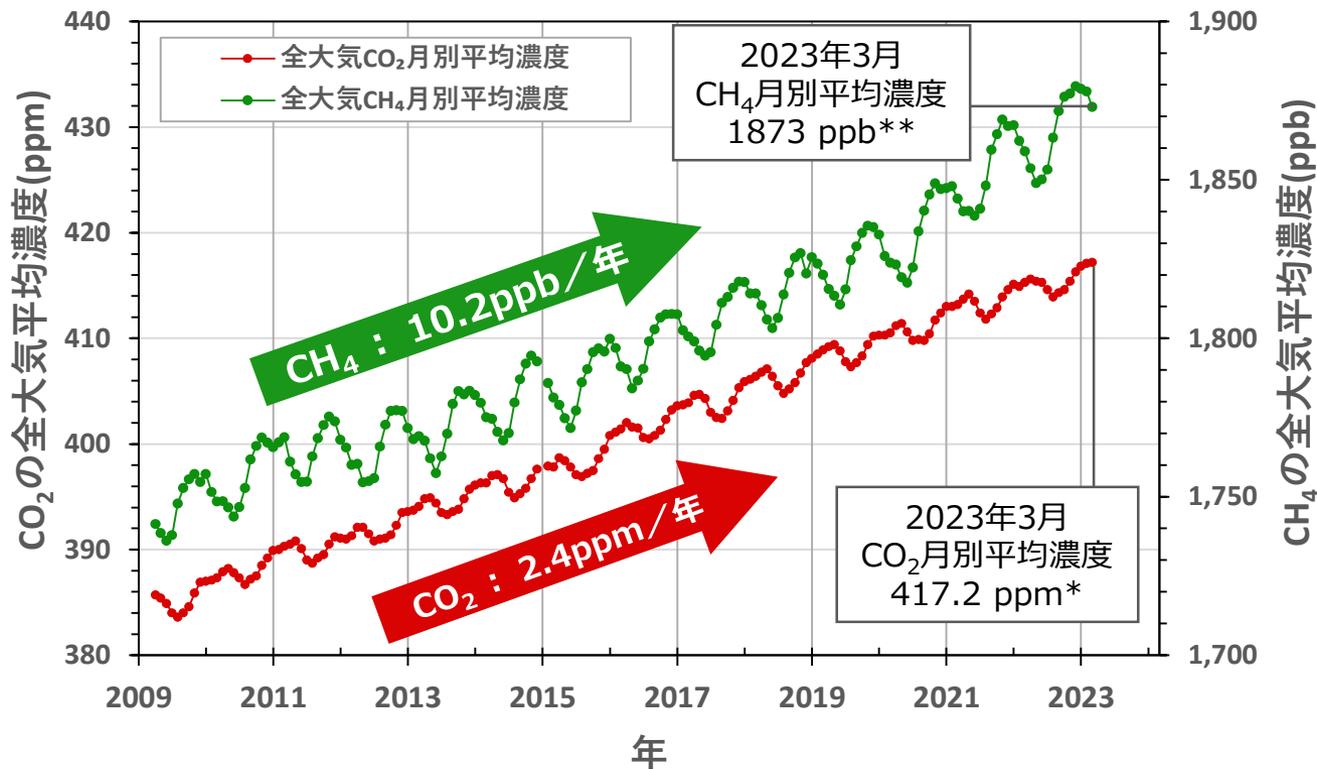
ここで、「環境政策に寄与」とは、
パリ協定の進捗状況を定期的に把握するグローバルストックテイクへの貢献などを指す。

1. 目的① 地球全体の温室効果ガス濃度把握

■ 温室効果ガス観測技術衛星（GOSAT）によるこれまでの観測結果

- 全大気中の月別平均濃度はCO₂・CH₄とも季節変動をしながら年々上昇中
- この10年間で濃度上昇率は、CO₂ 2.4ppm/年、CH₄ 10.2ppb/年

温室効果ガス観測技術衛星（GOSAT）の観測による全大気平均のCO₂、CH₄濃度の推移



*ppm:「100万分のいくらか」を示す単位。1ppmは0.0001%と同じ値

**ppb:「10億分のいくらか」を示す単位。1ppbは0.001ppm、0.0000001%と同じ値

- GOSATシリーズは、**2009年から全球規模で観測を継続している。**
- 関連する論文数は**600本以上**発行され、**IPCC AR6のWG1報告書**においても**24本**の論文が引用されている。
- 2023年9月に、GOSATとGOSAT-2における測定¹の連続性の検証が完了。GOSATシリーズとして**一貫性のある長期・全球の温室効果ガスデータを世界に無償で提供**している。

衛星による長期・全球観測の意義

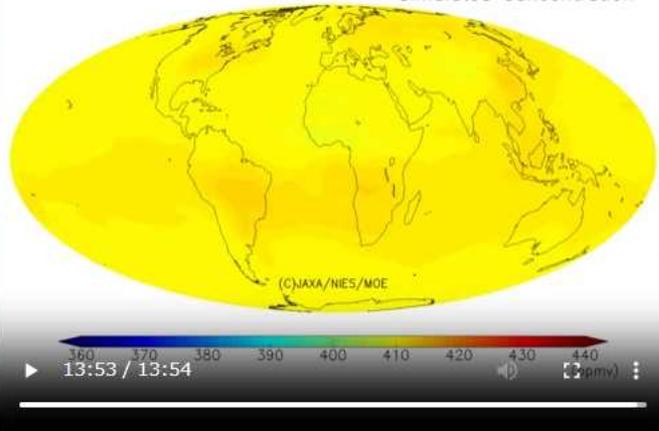
- 比較的短期間（5～10年間）で検出可能な影響が現れる大気中濃度の観測は、**影響予測や対策の進捗評価に有効。**
- 全球の平均的な温室効果ガスを測定するためには、
 - ・多数のサンプリング地点を設ける必要がある
 - ・地上のみならず上空の濃度も含めて測定する必要がある



全球で、地表から大気上端までの平均濃度を測定できる衛星観測は、有用な手段となる

長期・全球の濃度観測

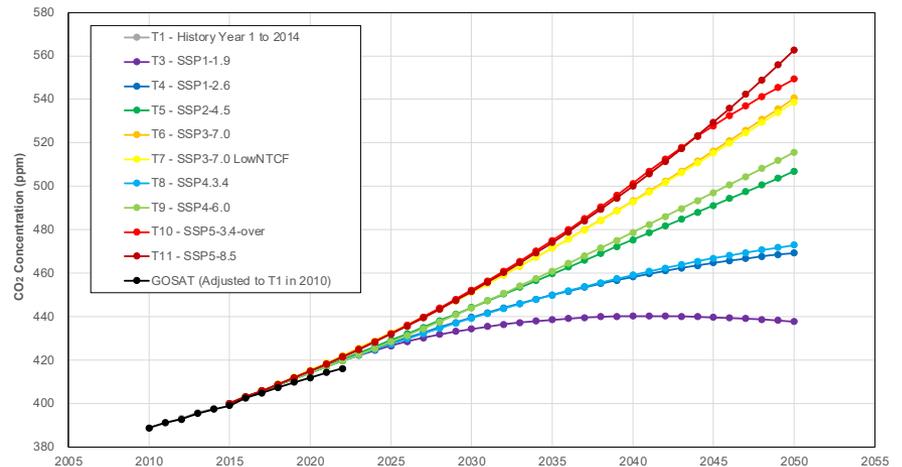
GOSAT L4B V02.08 CO₂ (2020/10/26) Column Average Simulated Concentration



Copyright(C) National Institute for Environmental Studies. All Rights Reserved.

世界の進捗評価に活用

GOSAT Whole-atmosphere annual mean CO₂ concentration vs "World" data in Meinshausen et al. (2020)

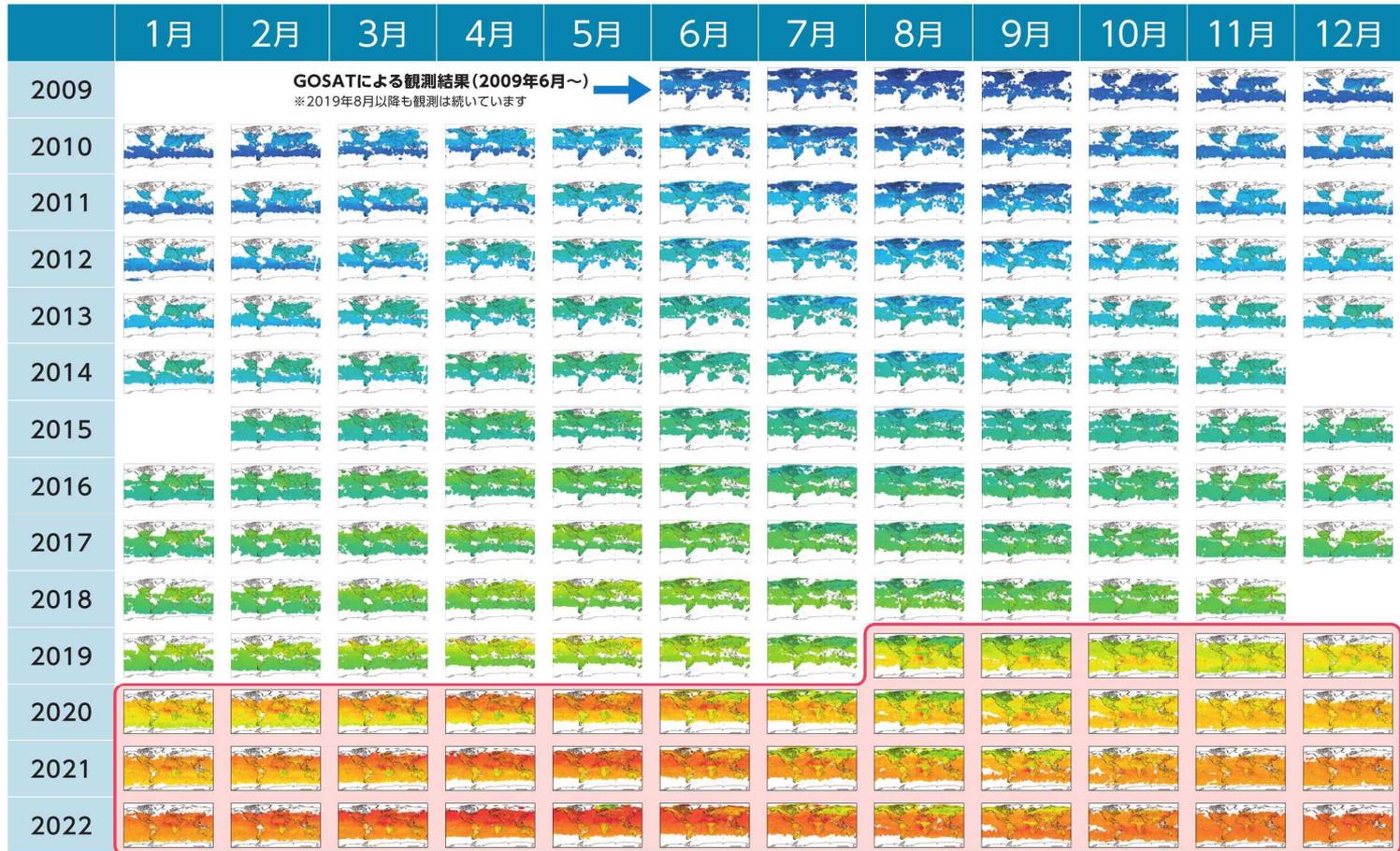


[国立環境研究所提供]

GOSATシリーズは、今後も長期・全球観測データを世界に提供する

GOSATシリーズによるCO₂濃度計測結果

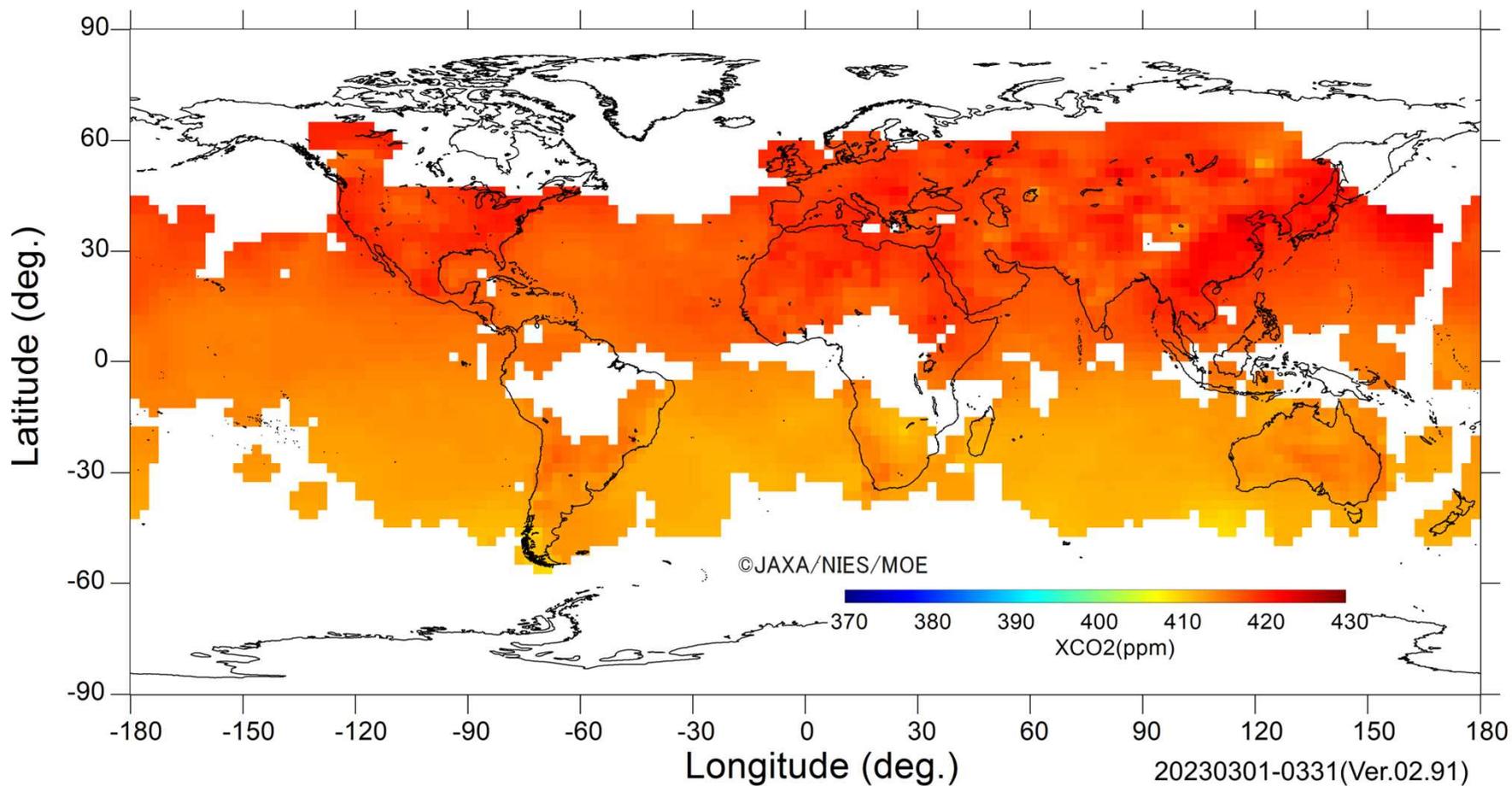
観測画像データ出典：国立環境研究所ウェブサイト



赤枠内はGOSAT-2

GOSATによるCO₂濃度計測結果

世界のCO₂濃度分布 (2023年3月)



2. 目的② 各国の排出量報告の透明性の確保

- パリ協定に基づき、今後世界各国が温室効果ガス排出量の報告をすることが義務づけられた
- 透明性の高い枠組みのもとで、各国の排出量報告を行うことが求められている

衛星は

- ・ 地球全体を常時均一
- ・ 同じ方法で観測

することができる



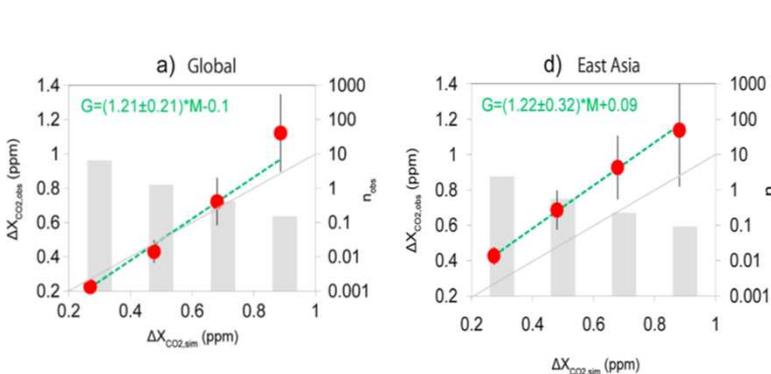
衛星データを用いて排出量や削減量を検証することは、パリ協定に基づき人為起源排出量や削減量を「透明性の高い」方法で報告するカギとなる。

■ GOSATシリーズの観測データと、統計等から予測される二酸化炭素及びメタンの排出量や、各国がUNFCCCに提出している排出量を比較する研究を推進。各国からUNFCCCへの報告の透明性向上に貢献。

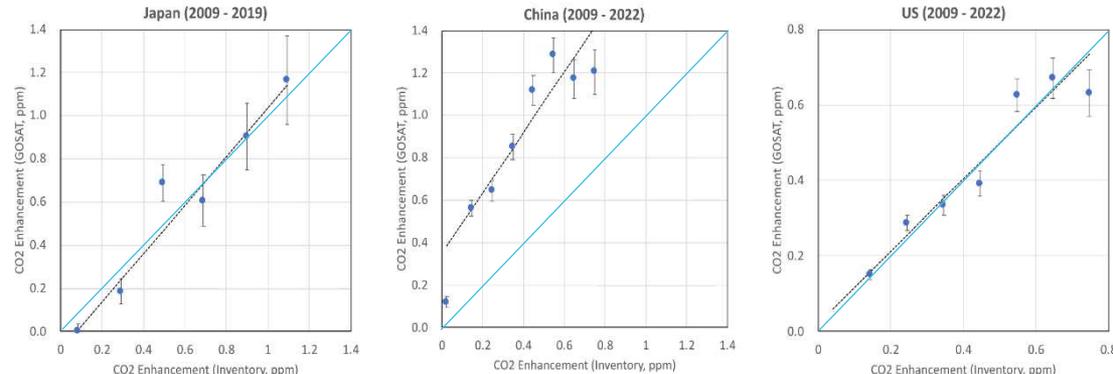
CO₂排出量

【Janardanan et al.(2016)】

- GOSAT観測値と、化石燃料使用量や発電所所在地等の統計データから予測された先験値の地図上の分布を比較
- 「全球」「北半球」「ユーラシア」「北米」の各地域における解析結果では、誤差の範囲で一致。他方、東アジアでは、各点が傾き1の直線よりも上方に離れており、**縦軸(GOSAT観測) > 横軸(統計値)**となっている。(左の2つのグラフ)



地域ごとの化石燃料由来の二酸化炭素排出による濃度上昇量の比較（縦軸はGOSAT観測、横軸は排出源データベース：ODIAC）[Janardanan et al. (2016)より抜粋]



[国立環境研究所提供]

Janardanan et al. (2016)の方法に基づくCO₂の人為起源排出に関する衛星観測（GOSAT）とODIACによる統計値の比較（日本、中国、米国）

（注）中央のグラフは、GOSAT観測値によって得られた人為起源二酸化炭素の濃度増加分の方が、統計から得られた人為起源二酸化炭素濃度増加分より、1.5倍程度から3倍程度大きい。ただし、今回解析に含めたのは、データ数が多く確保できた比較的低濃度の領域(0.2ppm-1.0ppm)のみであり、これら低濃度領域のデータは、観測データの補正や統計処理の手法の差により生じ易い縦軸方向への一律のシフト（切片の変化）の影響を比較的強く受けるため、大きな切片（縦軸との交点の値）を持つ今回のデータから、国全体の排出量について議論することはできない。

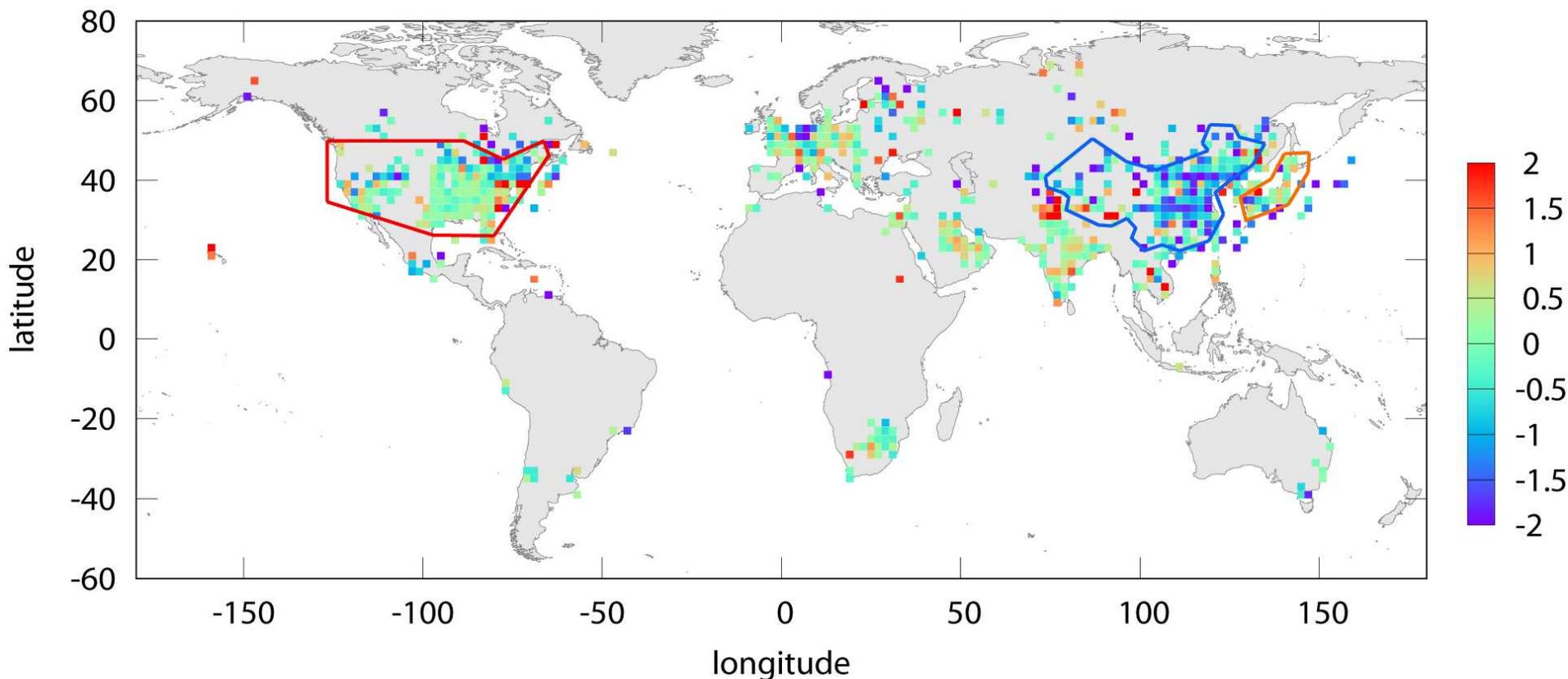
【東アジアの差の原因】

Guan et al. (2012), Liu et al.(2015)等の研究に加え、Zhong et al.(2023)等、最近の地上観測を用いた研究でも、**中国において観測値が統計値よりも大きくなる傾向がある**ことが示唆されている。

【追加解析】【Janardanan et al.(2016)の手法で今回追加解析】

日本、中国、米国において、GOSAT観測結果と統計値を解析。**中国については上記の多数の論文と同様に、統計値が過少になっている可能性が示唆された。**（右の3つのグラフ）本データの解釈については、右上中央のグラフの注記を参照。

Difference between simulated and GOSAT observed CO₂ enhancements (sim-obs; ppm)
v2.95 2009-2023



Janardanan et al. (2016)の方法に基づくCO₂の人為起源排出に関する衛星観測 (GOSAT) とODIAC による統計値の比較 (地図)

【国立環境研究所 提供】

青：観測値が統計値よりも大きい地域／赤：観測値が統計値よりも小さい地域

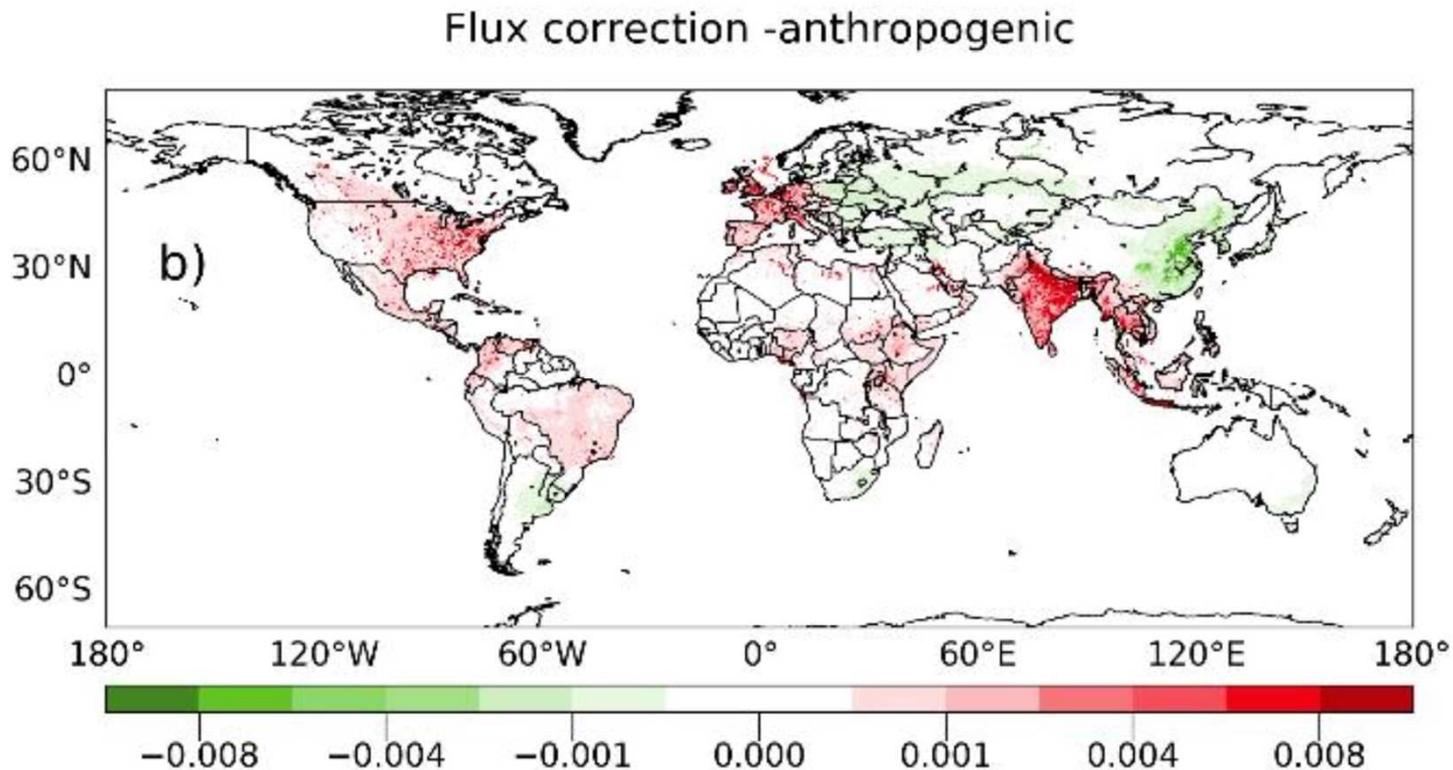
メタン排出量

【Janardanan et al.(2020)】

- GOSATデータから推定した人為的排出量と、統計データ等に基づく排出量の先験値の差をマッピング（**緑**：観測値が先験値よりも小さい地域／**赤**：観測値が先験値よりも大きい地域）（下図）
- ただし、国レベルの詳細な解析等により、これらは、**全て測定誤差の範囲内**であることを確認



今後、GOSAT-GWの追加データも含めた、より精度の高い解析を実施する



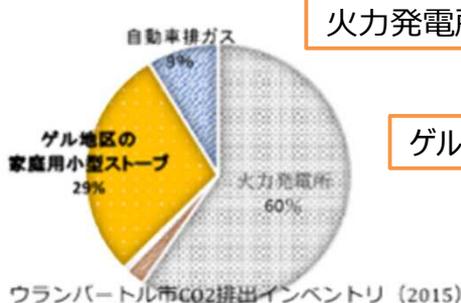
メタンの人為吸収排出量のGOSAT推定値と先験値の差 [Janardanan et al (2020) fig.3より、一部抜粋]

GHG排出量推計精度評価のための実証実験

- GOSATシリーズによる安定的かつ長期的な観測により、パリ協定に基づく世界各国が実施する気候変動対策の透明性向上に貢献するべく、モンゴル国を対象にGOSATによるCO2排出量推定技術の開発を実施し、統計データ等から算出する排出インベントリと比較した結果、良好な結果を得た。
- この成果は、モンゴル国が令和5年に気候変動枠組条約(UNFCCC)へ提出する予定の第2回隔年更新報告書(BUR2)に世界で初めて衛星観測データを用いたCO2排出量の計上結果を掲載された。
- 本技術の有用性を評価・検証し、実用性を高める目的として、中央アジア5カ国※に対して横展開を進めている。ウズベキスタンは令和4年10月に、カザフスタンは令和5年3月に、タジキスタンは令和5年12月にMOUを締結し、順次、専門家会合などを実施。
※ カザフスタン・キルギス・タジキスタン・トルクメニスタン・ウズベキスタン
- 今後も、候補国に対する本検証事業を進め、また、新しい候補国の探索や普及活動展開を進める方針。



◀モンゴル国以外5カ国への本技術の説明会の様子



- 日本政府は、自国の温室効果ガス排出の透明性向上に意欲を持つ途上国に対し、**詳細な情報や地上観測・ゾンデ観測等により温室効果ガス排出量を把握して、GOSATシリーズのデータと比較**する取組を支援している。
- モンゴル国政府は、2023年11月に、自国のBUR2の中で、**GOSATによる排出量推定値と、自国の排出量推計とが素晴らしく一致**(an excellent agreement)する旨をUNFCCCに報告。
- 世界の温室効果ガス排出量の約70%と世界のエネルギー消費量の3分の2を占める**都市において排出量推計を推進**したり、特定の地域からのメタン排出量を観測・推計する取組でも、GOSATシリーズが貢献している。

モンゴル国における取組

【 Watanabe et al.(2023)】

モンゴル国のエネルギーセクターにおいて、GOSAT衛星データを活用し、CO₂排出量を算定

- GOSATによる排出量推定値と、モンゴル政府が第二回BUR提出予定であった2018年の排出量推計値が1.5%の差で一致。
- 「The Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR)」との比較では、4.2%低い結果に

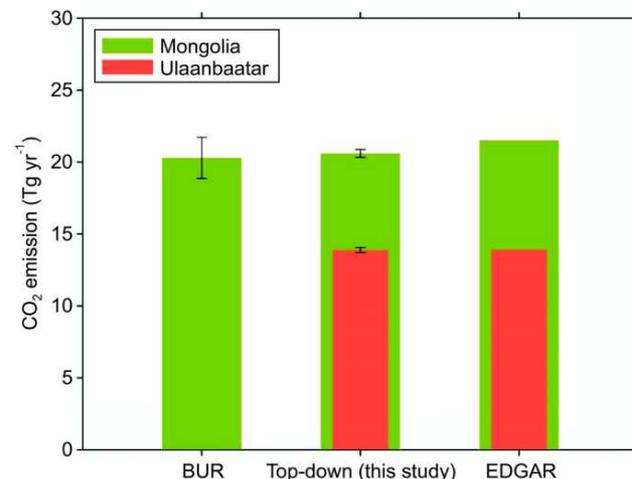
モンゴル国政府は、**2023年11月に、自国のBUR2の中で、GOSATによる排出量推定値と、自国の排出量推計とが素晴らしく一致**(an excellent agreement)する旨をUNFCCCに報告。

大都市におけるCO₂排出量推計

【 Kuze et al.(2022)】

北京、ニューヨーク、東京等6つの大都市からのCO₂排出量をGOSATのデータを用いて推定、化石燃料消費量をもとに作られたインベントリと比較

- **大都市からの排出量推定に、GOSATデータを活用できることを示唆**
- 推定値のばらつきとバイアスを減らすには、晴天データ数を増やし、化石燃料の高温燃焼時に排出される二酸化窒素 (NO₂) の同時観測によるバックグラウンドとの切分けなどが必要



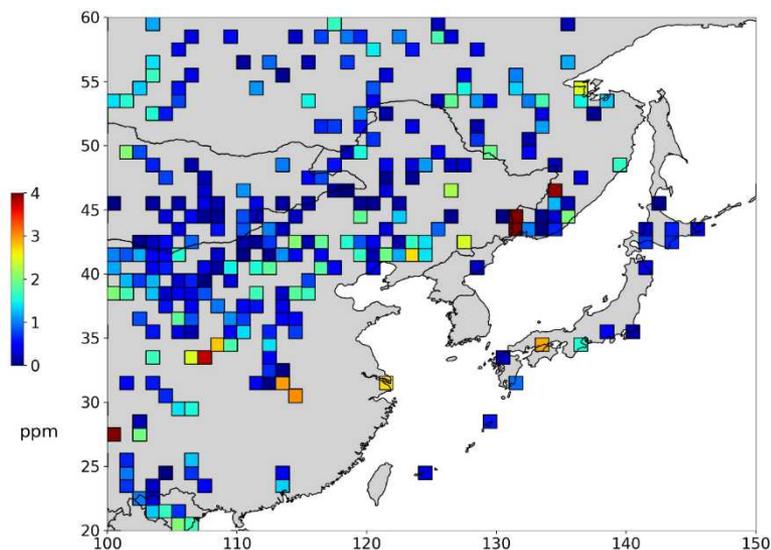
モンゴル国及び首都ウランバートルからの、BUR (左)、GOSAT (中)、公開統計等により算出されたデータベース(EDGAR)による二酸化炭素排出量推計値の比較 (Watanabe et al(2023)から一部抜粋。)

3. 目的③ 大規模排出源のモニタリング

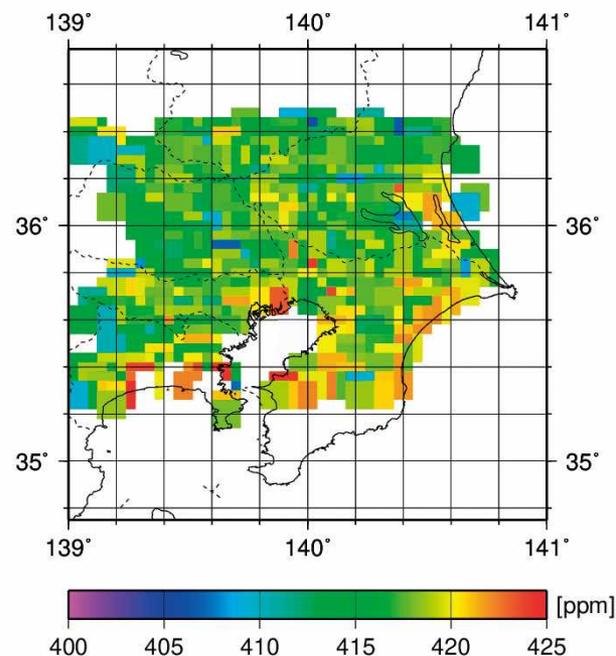
人為起源GHG排出量の推計に影響を及ぼす大規模排出源からのGHG排出を監視することに加え、地上観測等では全容把握が難しい排出源の特定を行う。

GOSAT-2データから推定した人為起源CO₂濃度 (南～東アジア領域の例)

(環境省委託業務により国立環境研究所作成)



GOSAT-2重点観測データから推定したCO₂濃度 (関東域の例)

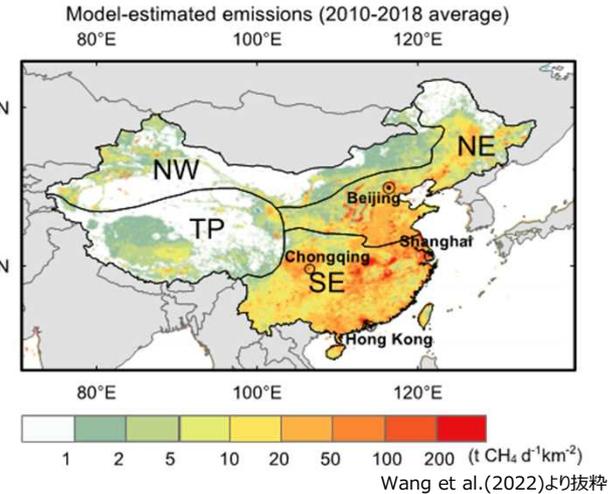


GOSAT-GWでは、精密観測モードにより、大規模排出源からの排出量推計の更なる高度化を目指す。

中国におけるメタン排出量推計 【Wang et al.(2022)】

GOSATデータと温室効果ガスの地上観測データを元に、2010年から2018年の中国の複数の地域からのメタン排出量を解析。

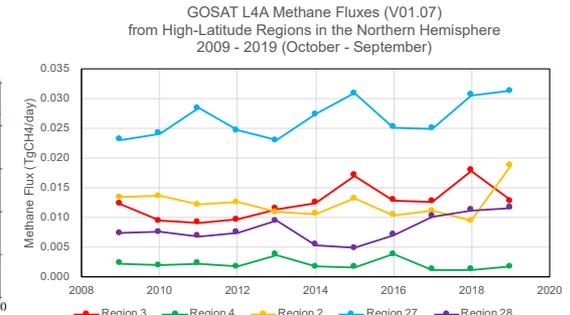
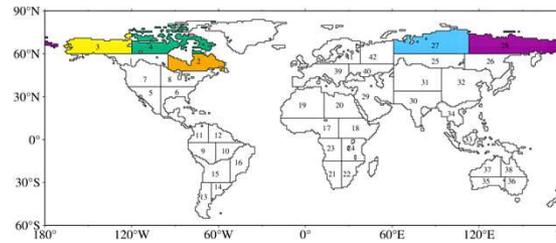
- 特に近年メタン排出量が増加傾向にある中国北東部（図の“NE”の領域）では、GOSATデータ等から導出したメタンの総排出量の年々変動の傾向と、同地域の天然ガス使用量・ガス販売量・購入量の差などの統計値等から推定される天然ガス由来の排出量とほぼ一致
- **天然ガスの生産／輸送／消費の各段階からの漏洩**が懸念される



北半球高緯度地域からのメタン放出量の監視 【NIESウェブサイトにてデータ公開中】

永久凍土の融解に伴う不可逆的な炭素の放出や、湿地、永久凍土の融解、及び森林火災からのCO₂とメタンのフラックスなどが、これらの気体の大気中濃度を更に増加させることは確信度が高いとされる。（IPCC AR6 WG1報告書）

NIESのGOSATのL4プロダクトのギャラリーでは、永久凍土が存在する地域からのものも含めた世界の地域における、観測結果から推定したCO₂及びメタン排出量の時系列データを公開し、今後発生し得る放出量の変化等を監視している。



半球高緯度領域の年平均（10月～翌年9月）メタン放出量 【国立環境研究所提供】

GOSATシリーズの観測精度向上に向けて

- 地上観測機、船舶、航空機による観測データを活用し、解析・校正を実施
- NASA及びESA等の宇宙機関と連携した観測協力を実施。
毎年、米国ネバダ州における合同フィールドキャンペーンで、同一時刻同一時点で、GOSATシリーズを含む5つの衛星により観測し、データを突き合わせることで精度の確認を行なっている。
- 欧州のTROPOMI衛星のデータは、GOSATを用いて補正されている。



米国ネバダ州でのNASA、ESA及びJAXAによる合同観測の様子（JAXAウェブサイトより）

GOSATシリーズによる日本の貢献

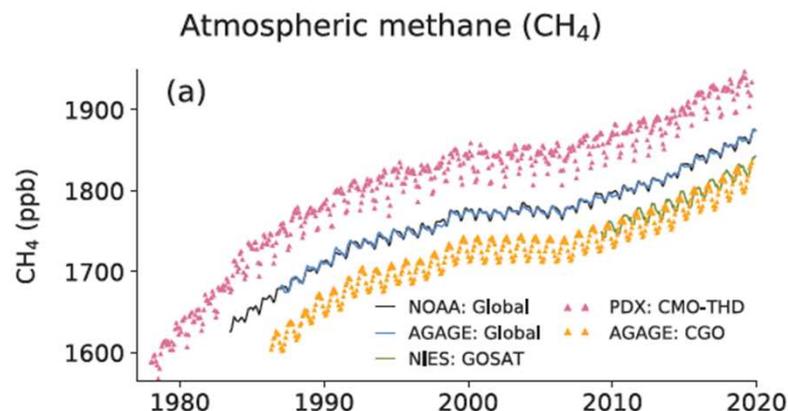
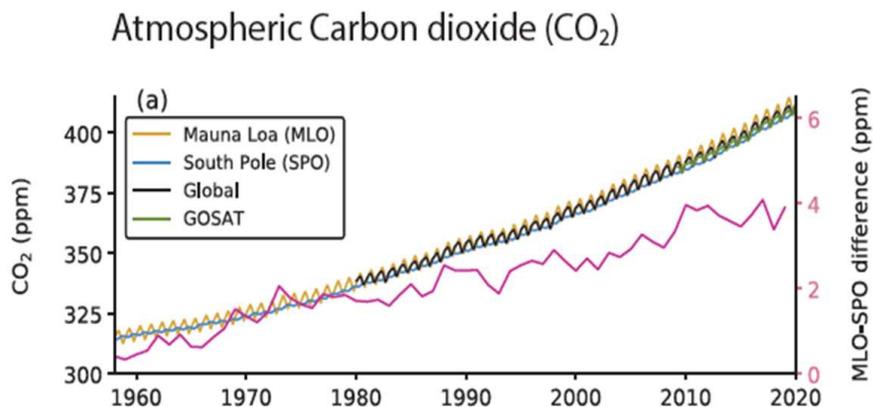
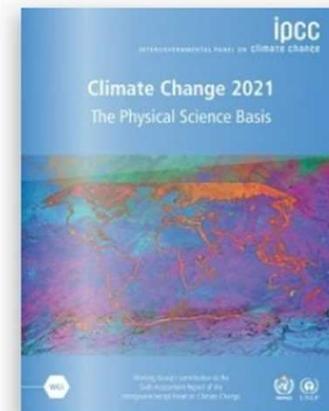
- ① 概要
- ② 全球、国別、地域・都市の観測
- ③ その他、今後の方針

5. 国際気候変動政策への貢献

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の動きとGOSATシリーズの貢献

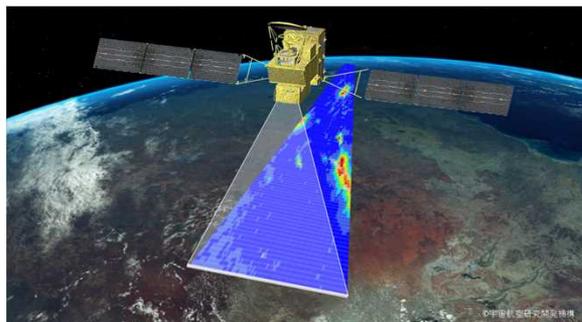
第6次評価報告書（AR6）

- 気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第58回総会が、**2023年3月**にスイス連邦で開催され、2014年の第5次評価報告書（AR5）統合報告書以来9年ぶりとなる、**AR6統合報告書が採択された。**
- **AR6 Working Group I 報告書**には**GOSATシリーズデータ**が利用された**24本の論文**が引用された。
- 今後、AR7に向けてCO₂に加え、短寿命ガスやBC等のSLCFの温暖化寄与について取り組まれることが決定しており、**GOSAT-2を含めたGOSATシリーズのさらなる活用**が見込まれる。



Working Group I 第6次評価報告書 690ページ、701ページより

- GOSATシリーズ3号機となる**GOSAT-GW**は、**2024年度に打上げ予定**。**2030年代を見据えて、後継機の検討も進める**
- GOSATシリーズの精度向上と共に、**NASA、ESA等**との共同観測、途上国での観測機の**設置充実・データ公開**を推進
- GOSAT観測地から国別排出量を推計する技術を、モンゴル・中央アジアから、**インド・ヒマラヤ地域、コーカサス地域、アジアへと拡大**
- 民間企業等に対してGOSATシリーズの観測データを提供し、**ビジネス利用を促進**



GOSAT-GW TANSO-3 (広域観測モード) の観測イメージ

【GOSAT-GWの概要】

- 温室効果ガス観測センサ3型 (TANSO-3) と高性能マイクロ波放射計3 (AMSR3) が搭載され、**温室効果ガスを観測するとともに降水分布などの水循環も観測**
- 観測センサを変更することで、これまでの“点”的な観測ではなく**“面”的な観測**を実施
- **広域観測モード(範囲911km・解像度10km角)**と**精密観測モード(範囲90km・解像度3~1km角)**の2つのモードを用意
- **CO₂、メタンに加え、NO₂を観測可能**
- **GOSAT-2の100倍から1,000倍程度になるデータ数**を活かして、国別の排出量をより正確に把握できる見込み

科学界への貢献

- GOSAT観測データを活用し、世界的な温室効果ガス測定体制の充実に貢献
- IPCC第7次報告書策定へのプロセス等も見据え、科学への貢献を進める

行政への活用

- 来年度以降、パートナー国・機関との連携を強化しつつ、インド、ヒマラヤ地域、コーカサス地域、アジアへと拡大
- 各国からUNFCCCへの報告書にGOSATシリーズのデータを用いた検証を掲載することを支援し、途上国のインベントリの透明性向上に貢献

ビジネス利用

- GOSAT観測データを活用することで、ビジネス場面で使用される情報・データの信頼性を向上
- グリーンウォッシュの排除、GHG多量排出プロジェクトからのダイベストメント（投資の引き揚げ）を進め、真に削減効果のあるプロジェクトへの投資を促進

排出量を客観的に把握し、さらなる高みに向けて実施を進めるための科学的基盤を提供
2050年ネットゼロ社会に向けた、世界全体での排出削減・吸収量増加に貢献

2. 気候変動適応情報プラットフォーム (A-PLAT)

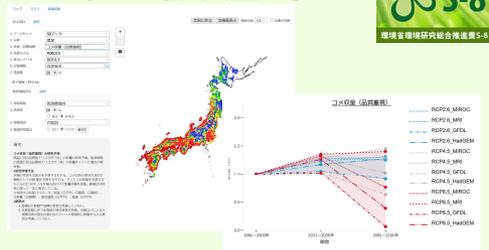
■ 全国・都道府県の気象観測データ, 将来影響予測 (WebGIS)

- 過去の気象観測データや将来の影響予測などを閲覧可能なツール

● 年平均気温



● コメ収量 (品質重視)



気象官署による観測データ



現在4指標を掲載



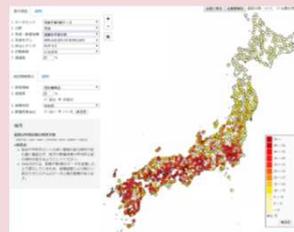
● 洪水氾濫 (年期待最大浸水深)



● 斜面崩壊発生確率



● 猛暑日年間発生日数

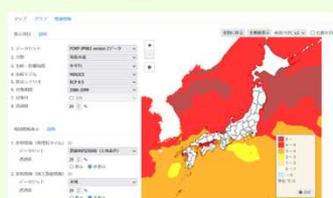


気象庁 第9巻データ

現在18指標
を掲載



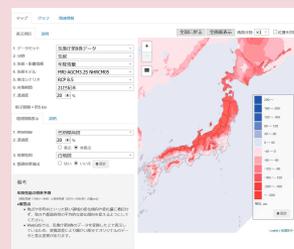
● 海面水温



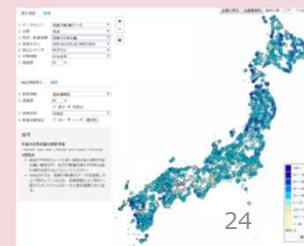
● マツ枯れ危険域



● 年降雪量



● 年最大日降水量



勢力を増す台風 2023 ～我々はどのようなリスクに直面しているのか～

- 環境省「気候変動による災害激甚化に係る適応の強化事業」の成果を2023年7月に公表。
- **地球温暖化が進行した世界では、台風がより発達した状態で上陸**する可能性が示された。また、**中心気圧が実際の台風に比べて低下**するとともに、**降水量が増加し河川での氾濫のリスクが高まる**ことや、**風が強まることで風害や沿岸や河川の河口付近での高潮による浸水のリスクが高まる**ことが示された。



気候変動への適応策を考えるきっかけに

近年、台風や大雨による気象災害が毎年のように発生し、生活環境や企業活動に大きな影響をもたらしています。その原因の一つとして地球温暖化があると言われています。地球温暖化に伴い、強度の強い熱帯低気圧の割合は現在よりも増すことが、IPCC報告書でも指摘されています。環境省では、甚大な被害をもたらした令和元年東日本台風や平成30年台風第21号を例に、地球温暖化が進行し、世界平均気温が工業化以前に比べて2℃、4℃上昇した場合にどのような影響をもたらすようになるのか、スーパーコンピュータを活用して予測しました。気候変動の身近なリスクを知っていただき、今後の気象災害対策や気候変動への適応策を考えるきっかけとしていただければ幸いです。

ダウンロードは
こちらから

https://www.env.go.jp/press/press_01913.html

<https://www.env.go.jp/content/000147982.pdf>

環境省HP 2023年07月21日 報道発表

「気候変動による災害激甚化に関する影響評価結果について ～地球温暖化が進行した将来の台風の姿～」

行政機関や企業において、本事業で行ったシミュレーション結果（各モデルのローデータ等）を、気候変動影響分析・評価や適応策の検討に活用したいとお考えの方は、環境省までご一報ください。

環境省 GOSATシリーズ紹介ページ

<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/gosat.html>

プロジェクト共同実施機関HPへのリンク

国立研究開発法人 国立環境研究所

[GOSATプロジェクト](http://www.gosat.nies.go.jp/)  <http://www.gosat.nies.go.jp/>

[GOSAT-2プロジェクト](http://www.gosat-2.nies.go.jp/)  <http://www.gosat-2.nies.go.jp/>

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構

[第一宇宙技術部門 GOSATプロジェクト](http://www.satnavi.jaxa.jp/project/gosat/)  <http://www.satnavi.jaxa.jp/project/gosat/>

[第一宇宙技術部門 GOSAT-2プロジェクト](http://www.satnavi.jaxa.jp/project/gosat2/)  <http://www.satnavi.jaxa.jp/project/gosat2/>

[地球観測研究センター GOSAT HP](http://www.eorc.jaxa.jp/GOSAT/index_j.html)  http://www.eorc.jaxa.jp/GOSAT/index_j.html