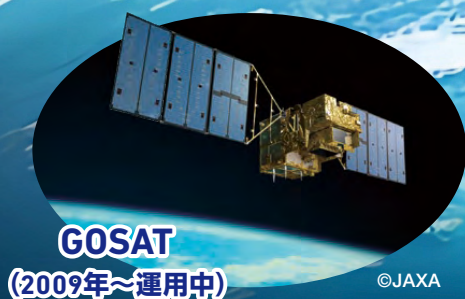
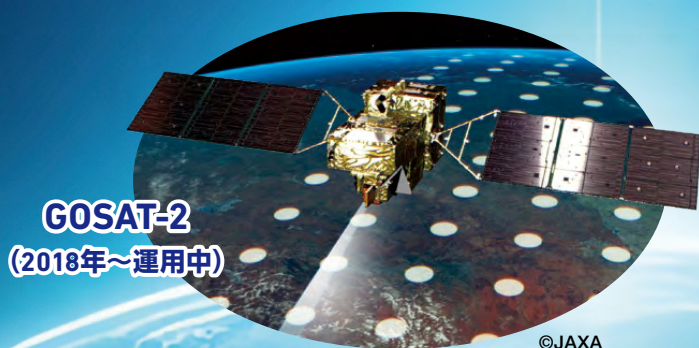
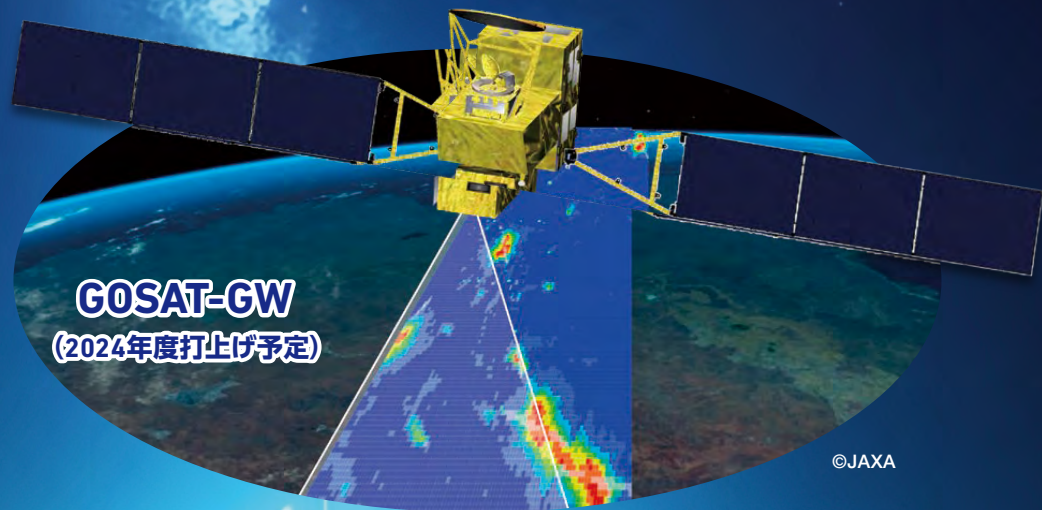


宇宙からの温室効果ガス観測

GOSAT シリーズによる、
2009年からの長期衛星観測とその将来



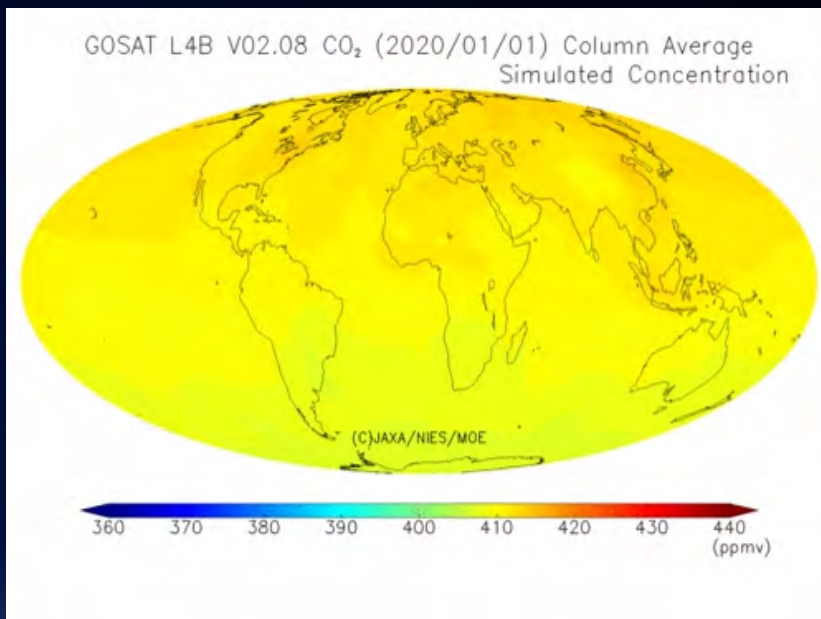
目次

概要	3
1 趣旨・背景	4
2 これまでの GOSAT シリーズによる主な成果	5
全球レベル	5
平均濃度の継続観測	5
排出シナリオと実際の比較	6
大陸～国レベル	7
GOSAT データと各国が報告した排出量の比較	7
二酸化炭素	7
メタン	10
GOSAT データを用いた、途上国が作成する排出量報告書の評価支援	12
都市、地域スケールの排出源	13
都市からの二酸化炭素の排出量	13
特定の地域からのメタン排出量	14
北半球高緯度地域からのメタン放出	15
精度向上のための取組	16
地上観測器等を用いたデータ校正	16
他国の宇宙機関と協力したデータ校正	16
3 GOSAT シリーズに係る今後の課題や取組の方針	17
GOSAT-GW の打上げ	17
科学界への貢献	18
行政への活用（国別排出量の推計、評価、国際標準化）	19
ビジネス利用	19
スペースデブリ化の防止への取組	20
後継機の検討の方向性	22
GOSAT シリーズのデータをご使用いただけます	23

概要

- 世界初の温室効果ガス観測「専用」衛星 GOSAT シリーズは、2009 年 1 月の初号機打上げから約 15 年間にわたり、二酸化炭素、メタン等の温室効果ガスデータを無償提供してきた。その研究成果は IPCC 報告書をはじめ、世界中で気候変動研究・政策に活用されている。
- 気候変動対策においては、Best Available Science、特に科学的なデータに基づいた対策検討や実施が必要であり、GOSAT シリーズは国際社会の中で客観的な実測データ提供の一翼を担っている。
- これまでの GOSAT シリーズのデータを活用した様々な研究によれば、GOSAT による実測値から推計した温室効果ガスの人為排出量と、化石燃料使用量の公式統計や UNFCCC に各国が提出した報告書等から推定される排出量について、東アジア等一部の地域で、差が見られることが明らかになっている。
- 2024 年末までに全ての国に提出が義務付けられている、温室効果ガスの年間排出量を記載した隔年透明性報告書の提出に向けて、あらゆる国が排出量報告の正確性と透明性を高め、科学に基づく実効的な対策を講じていくことが必要。
- また、今後、都市や個別施設からの排出、天然ガスの使用に伴う大気への漏洩等、より詳細な / 非意図的な排出源の監視や管理も重要性を増す。
- 2024 年に打ち上げる GOSAT-GW では、空間解像度とデータ取得数を大幅に強化する予定である。日本政府は、この GOSAT-GW も活用し、引き続き、各国の衛星観測、地上観測、モデル研究等の様々な取組みや国際的な取組みと連携しながら、世界全体が現状を把握するための科学的・客観的データを提供するとともに、二カ国間協力等により途上国の排出量報告の透明性向上を支援する。
- 加えて、GOSAT1 号機、2 号機のスペースデブリ化防止への取組を進め、「宇宙の安全で持続的な利用を妨げるリスク・脅威」への対応をはかる。
- 今後、ネットゼロ社会の実現に向け国際社会に貢献すべく、GOSAT-GW の後継機の検討を進めていく。

図 GOSAT が観測した全球の二酸化炭素濃度¹



¹ [Global Gas Concentration Animations \(nies.go.jp\)](https://nies.go.jp)

1 趣旨・背景

日本が2009年1月に打ち上げた、世界初の温室効果ガス観測専用衛星GOSATシリーズは、これまで約15年間の観測を通じて、科学、行政利用の分野で様々な実績を積み上げてきた。今後の国際社会の取組を強化するには、各国の取組の内容を客観性・独立性のある方法で検証し、検証結果を国際社会が共有することで、互いに取組内容を改善し合うことが重要である。客観性・独立性の確保が可能な衛星観測結果を用い、透明性ある報告を行う国を増やしていくことがますます重要になる。

本報告書では、打上げから15年間継続して全球の観測を継続してきたGOSATシリーズにより、科学研究の分野でこれまでに判明したことを整理するとともに、気候変動政策での活用や今後の課題、取組の方針について取りまとめた。本報告を契機に、2024年度打上げ予定のGOSAT-GWや現在検討を進めているGOSAT-GWの後継機について、世界の研究者・行政官・事業者と連携をより一層深めてまいりたい。

2 これまでの GOSAT シリーズによる 主な成果

2009年から2022年までの約13年間に、GOSAT 関連の論文数は600本以上が発行された。IPCCのAR6のWG1報告書においても24本の論文が引用されている。また、IPCCの2019年改良インベントリガイドライン（2006年IPCC国別温室効果ガスインベントリガイドラインの2019年改良²⁾）には、各国の排出量の精度向上に衛星データを活用する手法について記載されたが、

その中でも10年以上にわたり全球規模で観測を続けているGOSATの活用例が紹介され、加えて、他の衛星とともにGOSAT-2による観測点増加やホットスポット観測による世界各国の排出量報告精度向上に向けた期待が示されている。

GOSATシリーズによりこれまでに得られた主な成果をテーマごとに以下に整理する。

全球レベル

IPCC AR6 WG1 で用いられた今世紀中の世界の平均気温の上昇幅を1.5°Cに抑えるシナリオ(SSP1-1.9)においては、大気中の平均二酸化炭素濃度を、最大で約440ppm未満に抑える必要がある。全球の平均的な温

室効果ガス濃度を測定するには、多数のサンプリング地点を設ける必要があるほか、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ため、カラム平均濃度を測定できる衛星観測は、有用な手段といえる。

平均濃度の継続観測

世界初の温室効果ガス観測専用衛星として2009年6月から、観測を15年間継続してきた。他国の衛星と補完し合いつつ、衛星による温室効果ガスのデータを無償公開している。特に、GOSATに先だって2002年5月にESAにより打ち上げられたEnvisatに搭載された観測器SCIAMACHYによるデータ（2012年4月まで観測を継続）との整合性の確認[Heymann et al.(2015)]³⁾や、GOSATの後に打ち上げられたOCO-2等他国の衛

星との一斉同一地点観測によるデータ校正などの取組により、全球における長期間にわたる切れ目無い温室効果ガス観測データ整備の一翼を担っている。また、Yoshida et al.(2023)⁴⁾によりGOSATとGOSAT-2における測定の連続性の検証が完了したことにより、GOSATシリーズとして、2009年6月から現在に至るまで、一貫性のある全球の温室効果ガス濃度のデータを世界に無償で提供していることになる。

2 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines, Chapter 6.10.2.5 Satellite. “Local GHG concentration enhancements observed by the GOSAT satellite correlate well with transport model simulations, so that the anthropogenic emissions for large regions like the US or temperate Asia can be estimated by fitting model simulated enhancements to a large number of satellite observations. However, there was less success with country scale estimates due to a lack of observations. With the expected availability of GHG observations from new satellite sensors, such as TROPOMI, GOSAT-2, GeoCarb, TanSat and others, the limitations of observation numbers will be relaxed, and national scale emission estimates by hot-spot emission data analysis are expected to become possible.”

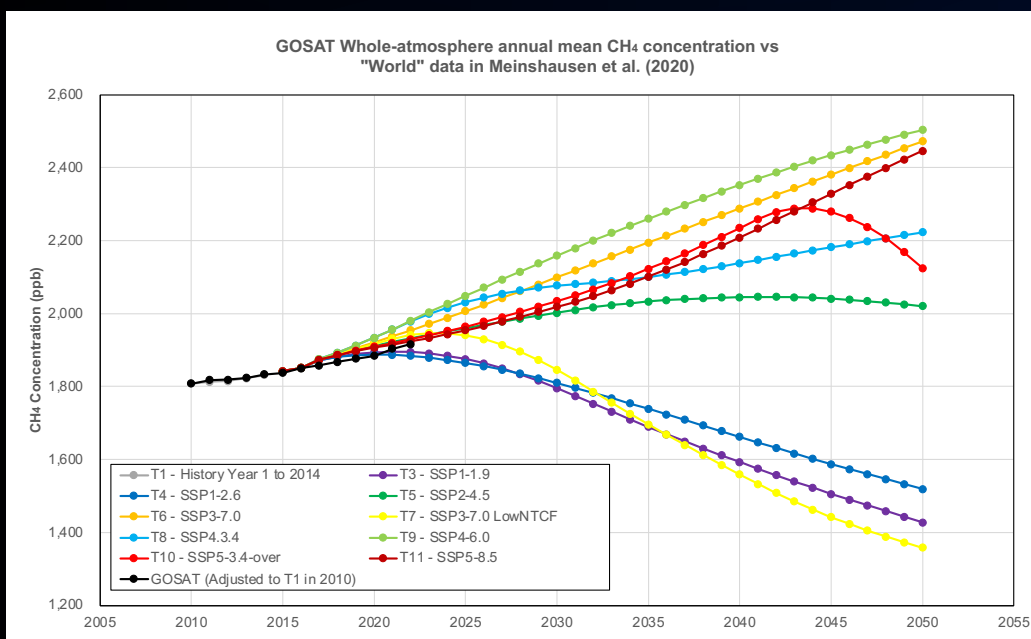
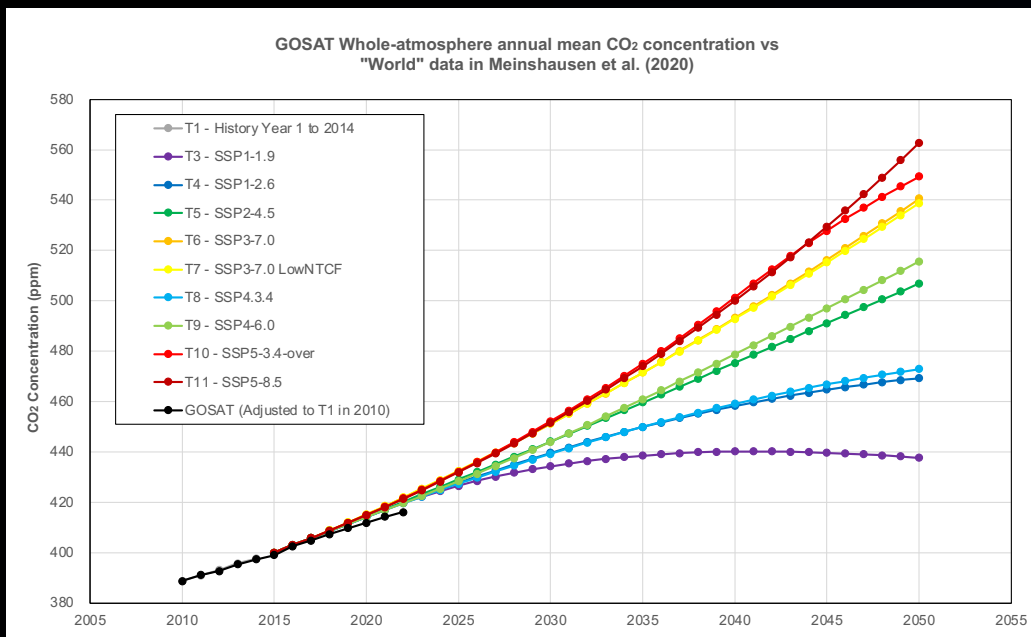
3 Heymann, J., Reuter, M., Hilker, M., Buchwitz, M., Schneising, O., Bovensmann, H., Burrows, J. P., Kuze, A., Suto, H., Deutscher, N. M., Dubey, M. K., Griffith, D. W. T., Hase, F., Kawakami, S., Kivi, R., Morino, I., Petri, C., Roehl, C., Schneider, M., Sherlock, V., Sussmann, R., Velasco, V. A., Warneke, T., and Wunch, D.: Consistent satellite XCO₂ retrievals from SCIAMACHY and GOSAT using the BESD algorithm, Atmos. Meas. Tech., 8, 2961–2980, <https://doi.org/10.5194/amt-8-2961-2015>, 2015.

4 Yoshida, Y., Y. Someya, H. Ohyama, I. Morino, T. Matsunaga, N. M. Deutscher, D. W. T. Griffith, F. Hase, L. T. Iraci, R. Kivi, J. Notholt, D. F. Pollard, Y. Té, V. A. Velasco, and D. Wunch, 2023: Quality evaluation of the columnaveraged dry air mole fractions of carbon dioxide and methane observed by GOSAT and GOSAT-2. SOLA, 19, 173 – 184, doi:10.2151/sola.2023-023.

排出シナリオと実際の比較

GOSATによる長期的な観測による全球カラム平均温室効果ガス濃度の把握⁵により、世界が現状でどの社会経済シナリオの軌道に乗っているか確認することが可能となる。ただし、IPCC AR6 WG1 FAQ4.1によれば、排出削減の効果が大気中濃度の減少として自然変動を上回る差として検出可能になるためには、排出量削減の規模と速度により異なるが、長期間を要する。具体的には、大気中の二酸化炭素濃度の二つの排出シナリオ(SSP1-2.6(低排出)とSSP-3-7.0(高排出))が仮に2015年に分岐したとしても、大気中濃度の低下が自然

変動を超えて検出されるためには、約5～10年を要する。気候変動に係る他の指標については、例えば、世界平均気温に差が現れるまでには、さらに約20～30年を要し、より自然変動の範囲の大きい地域的な降水については、21世紀後半まで顕在化しないとされている。これらの指標と比較して、影響の大きさや削減効果の進捗を比較的早期に把握可能な温室効果ガスの監視を続けることは、影響の予測や世界的な適応策の検討に当たっても大きな意義がある。GOSATシリーズは、今後も全世界の大気中濃度の観測を継続する。



⁵ NIES(2022)“Submission of Information to the 1st Global Stocktake - GOSAT and GOSAT-2 Standard Products and Related Data -” (国立環境研究所 2022年2月)に、2022年のデータを追加。

大陸～国レベル

GOSAT データと各国が報告した排出量の比較

パリ協定における決議⁶により、2024 年末までに、途上国も含めた全ての国はパリ協定に基づく排出量 (National Inventory Report) を隔年透明性報告書 (BTR:Biennial Transparency Report) の一部又は独立した報告書として UNFCCC に提出する必要がある。

環境省及び国立環境研究所は、GOSAT シリーズのデータと、統計等から予測される主要排出国からの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している。客観的な衛星観測データに基づいて、各国の排出量を確認し国際社会に公表することで、各国の排出量報告の透明性の向上に貢献していく。国立環境研究所を中心とした機関の GOSAT による近年の成果を中心に、同様のテーマを扱った他のグループの論文も引用しつつ、以下に取りまとめる。

二酸化炭素

Janardanan et al. (2016)⁷ による全世界の化石燃料の燃焼に伴う排出量による二酸化炭素濃度の増分と、化石燃料使用量や発電所所在地等の統計データから構築された排出源データベース (ODIAC) による二酸化炭素濃度増分の先験値の地図上の分布は、以下のとおり。両地図が一致すれば、GOSAT 観測値と統計データから予測される先験値が一致していることになるが、観測値と先験値の差が大きい場合、統計に表れていない排出・吸収源が存在する可能性がある。誤差の範囲を超える不一致は、国による排出・吸収量報告の正確性及び透明性確保や、NDC 達成に向けた適切な進捗管理の観点から望ましくない。

図 化石燃料由来の二酸化炭素排出による濃度上昇の地理的分布 (a: GOSAT 観測、b: 排出源データベース: ODIAC) [Janardanan et al. (2016) より抜粋]

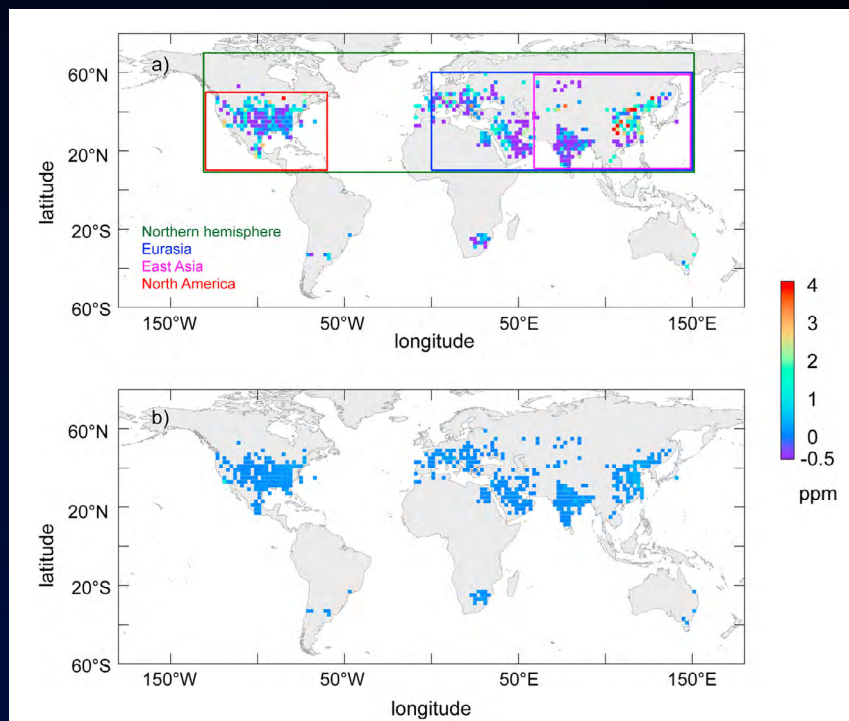


Figure 1. Observed and simulated total column CO₂ with significant fossil fuel signature averaged over 2° × 2° grid. (a) GOSAT-deduced fossil fuel enhancements in X_{CO2} (ΔX_{CO2,obs}; color shading; ppm) averaged over 2° × 2° grid where at least 10 observations exist for 2009–2012. The macro regions—East Asia (10–60° N, 60–150° E), Eurasia (10–60° N, 0–150° E), North America (10–50° N, 130–60° W), and the Northern Hemisphere (10–70° N, 130° W–150° E)—used for regional regression between modeled and observed ΔX_{CO2} are shown by colored rectangles. Overlapping boundaries are drawn with 1° offset for visual clarity. (b) Simulated fossil fuel enhancements in X_{CO2} (ΔX_{CO2,sim}; color shading; ppm).

6 Para.3 of 18/CMA.1 “3. Decides that Parties shall submit their first biennial transparency report and national inventory report, if submitted as a stand-alone report, in accordance with the modalities, procedures and guidelines, at the latest by 31 December 2024;”

7 Janardanan, R., Maksyutov, S., Oda, T., Saito, M., Kaiser, J. W., Ganshin, A., Stohl, A., Matsunaga, T., Yoshida, Y., and Yokota, T. (2016), Comparing GOSAT observations of localized CO₂ enhancements by large emitters with inventory-based estimates, Geophys. Res. Lett., 43, 3486–3493, doi:10.1002/2016GL067843.

Janardanan et al.(2016)では、上記の地図上の地点から十分な数の観測データが確保できない1ppmより大きい点を除き、また、バックグラウンド濃度と区別が付きなくなるおそれのある0.2ppm未満の点を除き、すなわち、0.2ppm～1ppmの点を抽出した上で、回帰分析を行なった。下図に示すとおり、この方法による「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、GOSATによる人為起源CO₂濃度と排出データベースにより得られる人為起源CO₂濃度の相関は高く、誤差の範囲で一致していることが示された。他方、東アジア(下図(d))については、グラフの傾きは、誤差の範囲内で傾き1の直線と一致する(1.22±0.32)が、各点が誤差の範囲を超えて傾き1の直線よりも上方に離れている。

図 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]

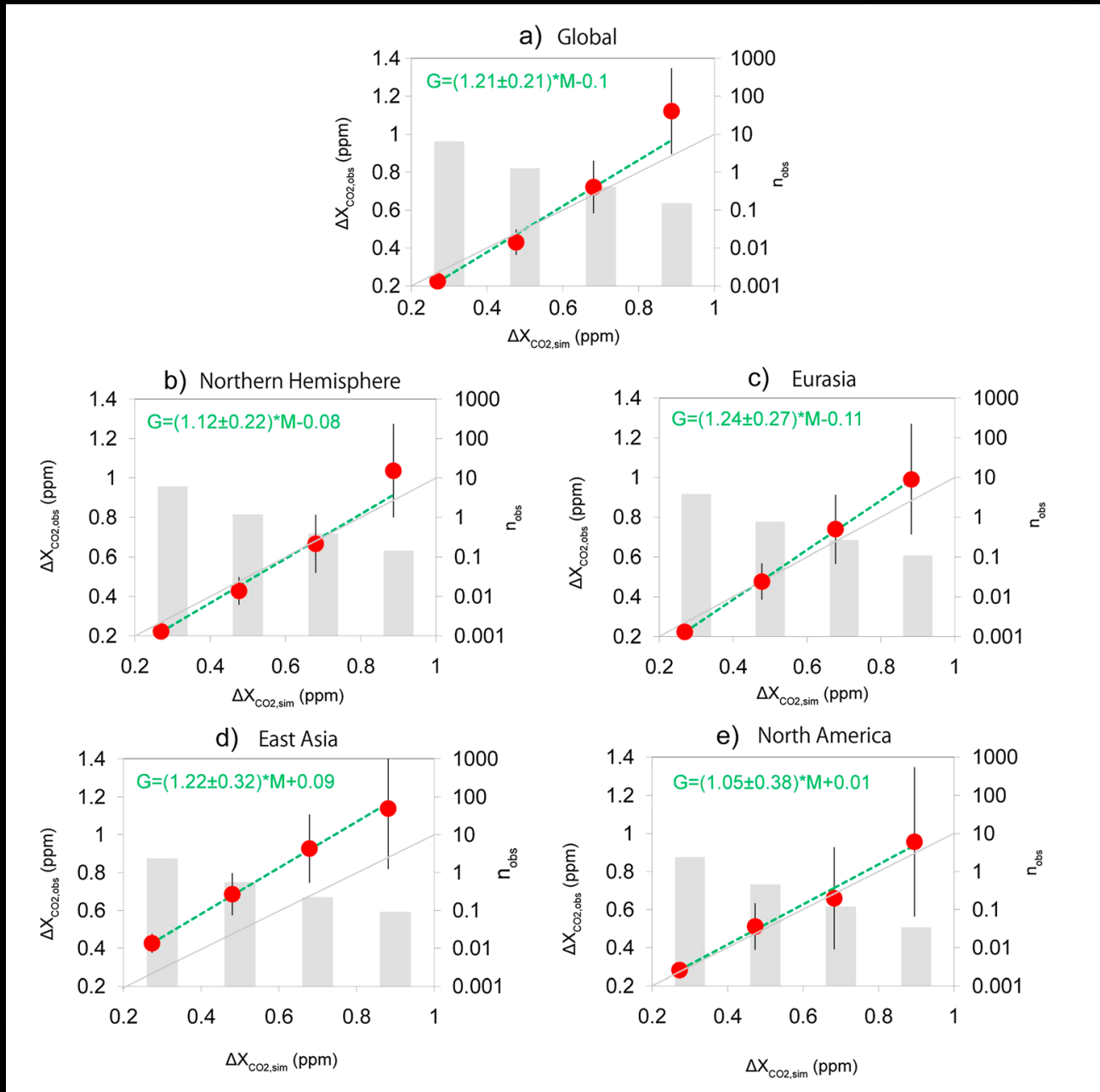


Figure 2. Mean observed ($\Delta X_{CO_2, obs}$) versus simulated ($\Delta X_{CO_2, sim}$) enhancements in 0.2 ppm bins for (a) Globe, (b) Northern Hemisphere, (c) Eurasia (d) East Asia, and (e) North America. Vertical thin lines show the standard error of the mean observed enhancements. Standard errors in the binning of simulated values are smaller than the symbol size. The grey dashed line is the identity line. The error-weighted regression between the modeled and observed XCO₂ enhancements is shown as the green dashed line. The regression equation is shown at the top left of each panel (G, GOSAT; M, Model). The grey bars give the number of observations in thousands (right vertical axis, logarithmic scale; read n_{obs} as $n_{obs} \times 10^3$) in each enhancement bin.

東アジアで観測値が統計値より大きいことについて、Janardanan et al.(2016) は、当時までに報告されていた複数の論文を引用しつつ、中国における統計の不備を原因として挙げている。例えば、Guan et al. (2012)⁸ では、2010年の中国の各地域のCO₂排出量の合計は年間90.8億トンと推定しており、これは国の報告より年間14億トン多い。また、Liu et al. (2015)⁹ は、彼らが推定した中国のエネルギー消費量は、中国の国家統計よりも10%高かったと報告した。また、省（地方政府）のエネルギー統計を用いて中国のCO₂排出量を再集計したZhao et al. (2012)¹⁰ は、化石燃料とセメント生産からの実際のCO₂排出量は、一般的に使われる推定値との間に顕著な差があることを示した。

中国における二酸化炭素の観測値が統計値よりも大きくなることについては、最近報告された、地上観測を用いた複数の研究でも確認されている。例えば、Zhong et al. (2023)¹¹ は、2018～2021年の中国内の39の地上観測ステーションのデータを使って中国全土の解析を行ったところ、実測により推定された中国のCO₂排出量は、一般的に使われる5つの排出データベースよりも15%大きかった。また、Guo et al (2023)¹² は、2019年の山西省における人為起源炭素排出総量を地上観測値から推計したところ、5つの排出データベースの平均値よりも約28.6%（17%～38%）大きいことを示した。

追加解析

上記論文で示唆される国レベルでの結果を確認するため、面積が広い国に比べて多数のデータ数を確保できる中国、米国に加えて、日本についても、Janardanan(2016)の方法を適用して追加の解析を行った。その結果、日本と米国はGOSAT観測結果と統計値が誤差の範囲で一致した。一方、中国については上記の多数の論文と同様に、統計値が過小になっている可能性が示唆された。

使用した観測データは、日本については2009～2019年の、中国と米国については2009～2022年のデータ（V02.95及びV02.96：いずれもGOSAT初号機のデータ）である。また、統計値としては、Janardanan et al(2016)当時のものから、米国や中国における発電所位置や排出量推定等を改善した、より新しいバージョンのODIAC¹³を用いた。日本、米国、中国それぞれについて、合計7,009点、104,694点、76,795点のデータを解析した。

ただし、各グラフのエラーバーの大きさからも分かる通り、まだGOSAT観測データによる推計精度は向上の余地があり、特に面積の小さい国においても国レベルの解析を行うためには、さらなる手法の改善、データの蓄積、衛星観測の高精度化が必要である。この点、NASAのOCO2や、2024年に打上げを予定するGOSAT-GWといった大量のデータ数が確保できる衛星を活用して、さらに研究を進めていきたい。

8 Guan, D. B., Z. Liu, Y. Geng, S. Lindner, and K. Hubacek (2012), The gigatonne gap in China's carbon dioxide inventories, *Nat. Clim. Change*, 2, 672–675, doi:10.1038/nclimate1560.

9 Liu, Z., et al. (2015), Reduced carbon emission estimates from fossil fuel combustion and cement production in China, *Nature*, 524, 335–338.

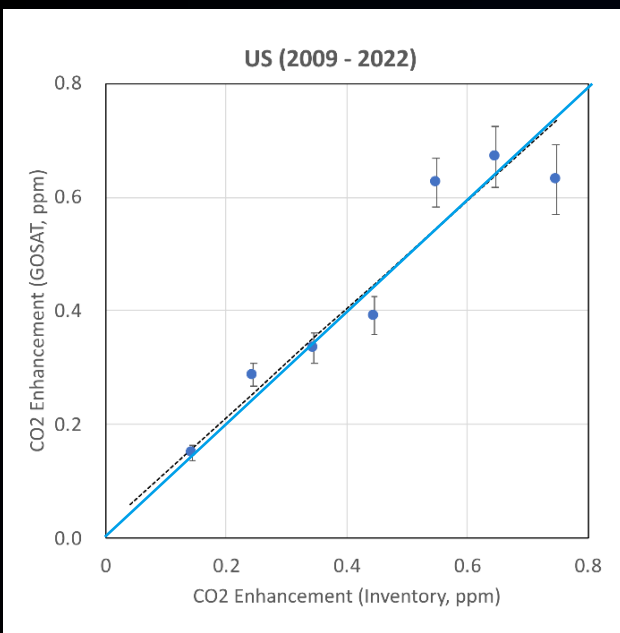
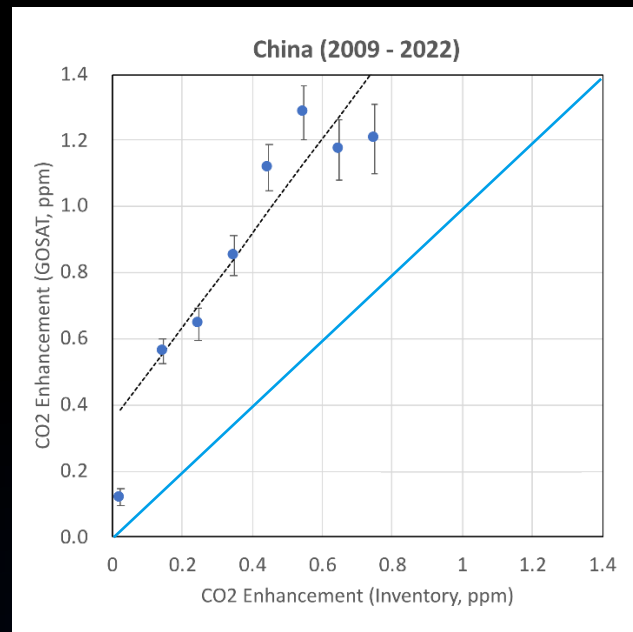
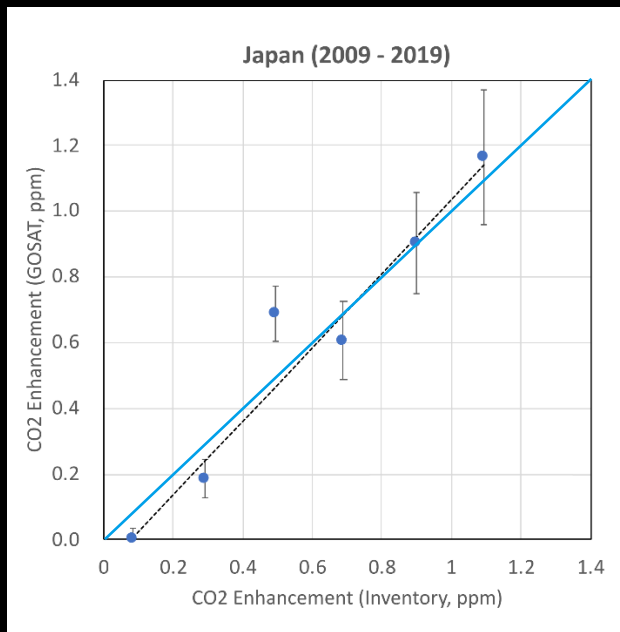
10 Zhao, Y., C. P. Nielsen, and M. B. McElroy (2012), China's CO₂ emissions estimated from the bottom up: Recent trends, spatial distributions, and quantification of uncertainties, *Atmos. Environ.*, 59, 214–223.

11 Junting Zhong, Xiaoye Zhang, Lifeng Guo, Deying Wang, Changhong Miao, Xiliang Zhang, Ongoing CO₂ monitoring verify CO₂ emissions and sinks in China during 2018–2021, *Science Bulletin*, 2023, (in press)

12 Lifeng Guo, Xiaoye Zhang, Junting Zhong, Deying Wang, Changhong Miao, Licheng Zhao, Zijiang Zhou, Jie Liao, Bo Hu, Lingyun Zhu, Yan Chen, Construction and Application of a Regional Kilometer-Scale Carbon Source and Sink Assimilation Inversion System (CCMVS-R), *Engineering*, 2023,

13 <https://db.cger.nies.go.jp/dataset/ODIAC/> ただし、2018年まではv2020bを、2019年以降は月合計値をBasu and Nassar (2021) (<https://zenodo.org/records/4776925>)の方法で補正したものをを用いた。

図 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 UNFCCC への報告値で補正した ODIAC¹⁴ による統計値の比較 (日本、中国、米国)



< 図の説明追記予定 >

メタン

Janardanan et al.(2020)¹⁵ による GOSAT データをインバースモデルに入力して推定した人為的排出量と、統計データ等で構築された排出源データベース (EDGAR) を、各国が公式に UNFCCC に報告した値で補

正した排出量の先験値の差を以下の地図に示す。緑色の中国、東欧、日本などは、観測値が先験値よりも小さい地域、赤色の北米、西欧、インドなどは、逆に観測値の方が先験値よりも大きい地域である。

14 Open - source Data Inventory for Atmospheric Carbon dioxide (ODIAC v2020b, https://db.cger.nies.go.jp/dataset/ODIAC/DL_odiac2020b.html; DOI: 10.17595/20170411.001; Oda and Maksyutov, 2011, Oda et al., 2018)

15 Janardanan, R.; Maksyutov, S.; Tsuruta, A.; Wang, F.; Tiwari, Y.K.; Valsala, V.; Ito, A.; Yoshida, Y.; Kaiser, J.W.; Janssens-Maenhout, G.; et al. Country-Scale Analysis of Methane Emissions with a High-Resolution Inverse Model Using GOSAT and Surface Observations. Remote Sens. 2020, 12, 375. <https://doi.org/10.3390/rs12030375>

図 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、グラフと説明文を一部抜粋]。

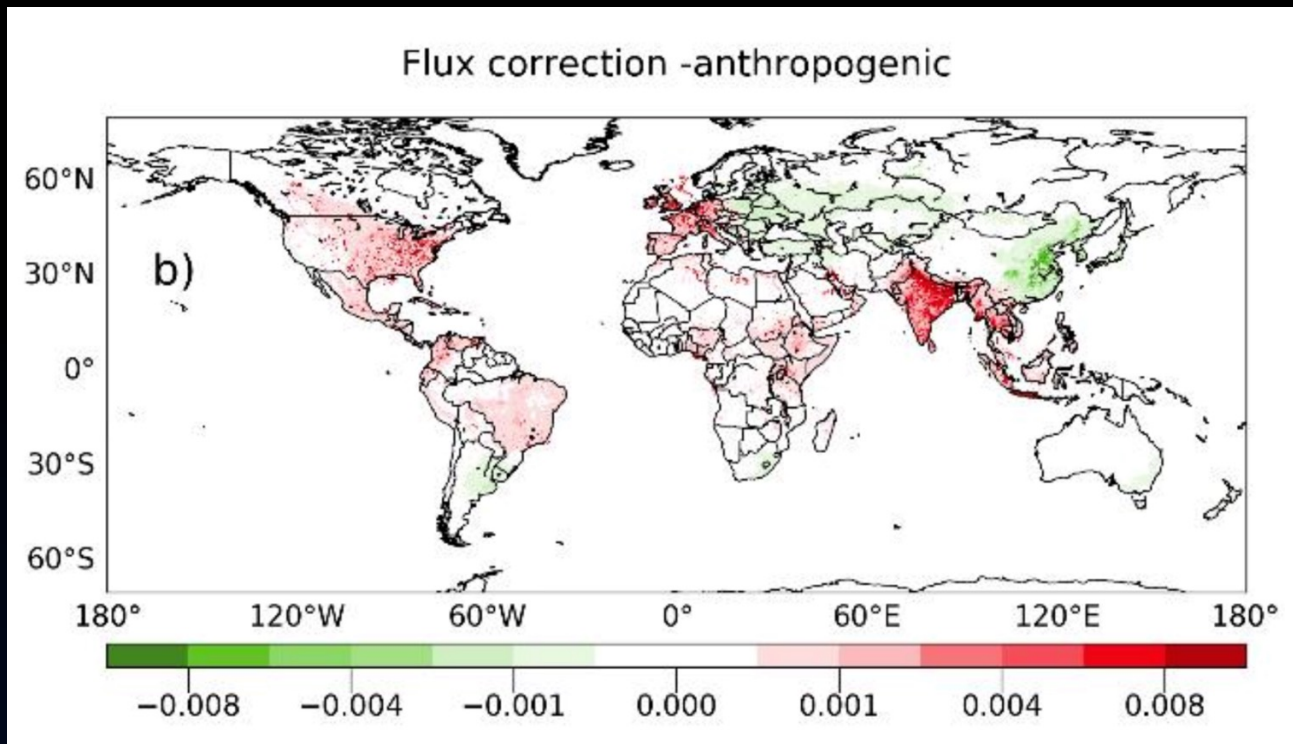


Figure 3. Flux correction **b** by inverse model, averaged for 2011–2017, for anthropogenic categories. The units are in $\text{g CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Note that the administrative boundaries depicted in the figure may not reflect the actual political boundaries.

ただし、国レベルの詳細な解析を実施し、さらに UNFCCC に各国が提出したインベントリ報告書の数値との比較を行なったところ、これらの差は、全て測定誤差の範囲内であることが判明した。世界のメタン排出量上位 5 カ国までの推計結果を抜粋する。解析を実施

したいずれの国も、“Uncertainty” 欄の数値¹⁶の方が、Posterior-Prior(Anthropogenic) 欄の数値¹⁷の絶対値よりも、大きいため、観測値と報告値の差は誤差範囲内にあることになる。

図 メタン排出量上位五カ国の自然／人為的メタン排出量の、測定値／報告値の差 [Janardanan et al (2020) fig.4 より一部抜粋]

Table 1. List of countries with annual emission (natural or anthropogenic) greater than 2.5 Tg CH_4 . Annual prior and posterior emission for total, natural, and anthropogenic categories and their percentage difference after optimization are given. The final row corresponds to global values. Country codes are listed against country names in the appendix, Table A2.

Country Code	Total Prior	Total Posterior	Percentage Difference	Natural Prior	Natural Posterior	Percentage Difference	Anthropogenic Prior	Anthropogenic Posterior	Percentage Difference	Posterior-Prior (Anthropogenic)	Uncertainty (Tg)
CHN	60.1	52.0	-13.5	5.8	6.3	7.7	54.3	45.7	-15.8	-8.6	8.6
USA	51.6	55.7	7.9	23.8	25.9	8.8	27.8	29.8	7.2	2.0	7.8
RUS	47.8	45.2	-5.5	13.6	13.2	-2.7	34.2	31.9	-6.6	-2.3	7.8
BRA	45.6	56.2	23.3	29.2	39.8	36.1	16.4	16.5	0.6	0.1	10.0
IND	29.9	36.5	21.9	9.9	12.3	25.2	20.1	24.2	20.4	4.1	5.3

16 GOSAT 観測値の誤差範囲。

17 人為由来のメタン排出量の GOSAT 観測値から、各国が UNFCCC に提出したインベントリ報告書の数値を引いた数字。正の数字の場合、観測値の方が報告値よりも大きいことを表す。

以上のとおり、Janardanan et al. (2000) の全球解析の結果 (2011 ~ 2017) は誤差の範囲であるものの、国地域ごとの同様の傾向は他の研究グループからも発表されている。例えば、中国で観測値が先験値よりも小さいことについては、Qu et al. (2021)¹⁸ による 2019 年の GOSAT データを使った解析により、先験値よりも小さな人為起源排出量の推定値が得られている。米国で観測値が先験値よりも大きいことについては、Cusworth et al. (2021)¹⁹ が、GOSAT データ (2010

~ 2015) や欧州の TROPOMI データ (2018 ~ 2019) を使った米国中心の解析を行った結果、テキサス州の Permian Basin において先験値よりも大きな排出量の推定値が得られている。また Lu et al. (2022)²⁰ では GOSAT データ (2010 ~ 2017) を用いた北米中心のインバージョンを行い、米国・カナダ・メキシコについて最近の国別報告値より大きな排出量の推定値が得られている。

GOSAT データを用いた、途上国が作成する排出量報告書の評価支援

主に統計データを活用した排出量評価には、報告された排出源の地理的分布が必ずしも明らかでないこと、排出量の季節変動など、必ずしもシミュレーションに必要な情報が全て含まれているとは言えない。そこで、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おいて、詳細な排出源及び排出量情報、各国の産業や社会に特有であるために世界的なデータベースに現れてこない排出源の情報、衛星観測を補完するための地上観測やゾンデ観測の実施等により、より詳細な排出量を把握して、GOSAT シリーズのデータと比較する取組を支援している。

近年の成果として、モンゴル国を対象に GOSAT による CO₂ 排出量推計技術を開発し、Watanabe et al.(2023)²¹ として発表した。その成果は、モンゴル国が 2023 年 11 月に提出した第 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

の計上結果が掲載された。具体的には、Watanabe et al.(2023) において、モンゴルのエネルギーセクターの CO₂ 排出量について、GOSAT 衛星データを活用し、大気輸送モデル、逆解析、社会経済的手法等による解析結果を統合して CO₂ 排出量を算定した結果が、第二回 BUR でモンゴル政府が発表予定の報告値と 1.5% の差で一致した。また、大気研究のための世界的な GHG 排出量データベース「The Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR)」との比較では 4.2% 低い結果が得られた。これらが精度よく一致したことは、CO₂ 排出量推定における GOSAT データを活用した推計の有効性を示すだけでなく、モンゴル国が統計データなどから算定したエネルギーセクターにおける CO₂ 排出量が、精度良く推計されていることを示しており、モンゴル国の報告書が科学的に透明性の高い報告書となっていると評価できる。

18 Qu, Z., Jacob, D. J., Shen, L., Lu, X., Zhang, Y., Scarpelli, T. R., Nesser, H., Sulprizio, M. P., Maasackers, J. D., Bloom, A. A., Worden, J. R., Parker, R. J., and Delgado, A. L.: Global distribution of methane emissions: a comparative inverse analysis of observations from the TROPOMI and GOSAT satellite instruments, *Atmos. Chem. Phys.*, 21, 14159–14175, <https://doi.org/10.5194/acp-21-14159-2021>, 2021.

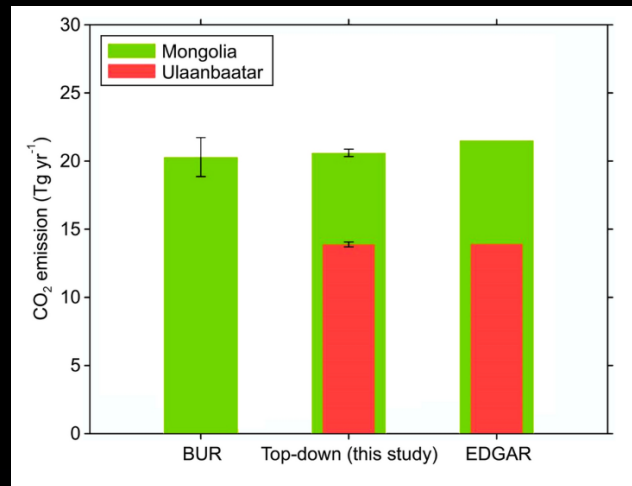
19 Cusworth, D.H., Bloom, A.A., Ma, S. et al. A Bayesian framework for deriving sector-based methane emissions from top-down fluxes. *Commun Earth Environ* 2, 242 (2021). <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00312-6>

20 Lu, X., Jacob, D. J., Wang, H., Maasackers, J. D., Zhang, Y., Scarpelli, T. R., Shen, L., Qu, Z., Sulprizio, M. P., Nesser, H., Bloom, A. A., Ma, S., Worden, J. R., Fan, S., Parker, R. J., Boesch, H., Gautam, R., Gordon, D., Moran, M. D., Reuland, F., Villasana, C. A. O., and Andrews, A.: Methane emissions in the United States, Canada, and Mexico: evaluation of national methane emission inventories and 2010–2017 sectoral trends by inverse analysis of in situ (GLOBALVIEWplus CH₄ ObsPack) and satellite (GOSAT) atmospheric observations, *Atmos. Chem. Phys.*, 22, 395–418, <https://doi.org/10.5194/acp-22-395-2022>, 2022.

21 Watanabe, M., Oba, A., Saito, Y. et al. Enhancing scientific transparency in national CO₂ emissions reports via satellite-based a posteriori estimates. *Sci Rep* 13, 15427 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-42664-3>

図 モンゴル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) から抜粋。文章を一部加工。)

<説明>本手法で算出した結果と第二回 BUR、EDGAR との比較。2018年にモンゴルのエネルギー部門でどれだけのCO₂が排出されたか、2つの方法での計算結果を比較している。一方はボトムアップアプローチで計上されたモンゴル国の第二回 BUR (左) と EDGAR (右)、他方はトップダウンアプローチで算出した本研究 (Watanabe et al. (2023)) の計算結果 (中央) である。緑色はモンゴル全土、赤色はウランバートル市のCO₂排出量を示す。なお、第二回 BUR とトップダウンのデータについて、縦の線は結果の信頼性を示すもので、この線の範囲内で95%の確率で真の値が含まれていると考えられる。



現在、本技術を、ウズベキスタン、カザフスタン、キルギス、タジキスタン、トルクメニスタンに対して横展開している。ウズベキスタンは2022年10月に、カザフスタンは2023年3月にMOUを締結し、順次、専

門家会合などを実施し議論を進めている。

今後も、日本の観測技術及び解析技術を活用して、途上国のインベントリの透明性向上へ貢献していく。

都市、地域スケールの排出源

都市からの二酸化炭素の排出量

2023年のG7札幌会合において、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を占める都市は、脱炭素移行のための世界的な取組の最前線に位置しているとされた。都市において排出量推計を推進することは、効果的な排出量の推計や、緩和施策の効果把握にとっても有効である。

Kuze et al. (2022)²² は、北京、ニューヨーク、東京等6つの大都市からの二酸化炭素排出量をGOSATのデータを用いて推定し、化石燃料消費量をもとに作られたインベントリと比較した。その結果、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したが、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であるとしている。

先述のWatanabe et al. (2023) は、モンゴルのウランバートル市を対象にGOSATの14点のターゲットモードによる集中観測から得られたデータを収集した。また、

事前に地上観測や統計データを基に推定した二酸化炭素発生源と排出量情報を組み込んだ3次元大気化学輸送モデルWRF-Chemを組み込んだベイズ型のグリーン関数による逆解析モデルを構築した。これらを活用して、ウランバートル市全域からの年間CO₂排出量をGOSAT衛星観測データから推定した。次に、この推定値を活用して、産業構造や社会経済的状况を勘案することで、モンゴル全域からの排出量を簡易に精度良く推計した。

モンゴルと同様に、人為排出源が集中する大都市の数が限られている場合等、都市に対する高精度の集中観測と、国土全体をカバーする広域観測の両方を組み合わせることで効率的な推計を可能とする手法の開発が進むことを期待したい。また、現在進行中のIPCCの第7次報告書策定プロセスにおいては、「都市に関する特別報告書」の作成が予定されており、日本は、GOSATによるこれらの科学的知見を活用して、これに貢献していきたい。

22 A. Kuze, Y. Nakamura, T. Oda, J. Yoshida, N. Kikuchi, F. Kataoka, H. Suto, K. Shiomi, "Examining partial-column density retrieval of lower-tropospheric CO₂ from GOSAT target observations over global megacities," Remote Sensing of Environment, Volume 273, 2022,

特定の地域からのメタン排出量

全球のメタンの吸収排出量の分布を高い空間分解能で推定するモデルを開発し、推定されたメタン排出量とさまざまな社会的または気象パラメータとの関係の分析を行っている。

Wang et al. (2022)²³ では GOSAT データと温室効果ガスの地上観測データを元に、高空間分解能インバースモデルを用いて 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した。同論文によれば、特に近年メタン排出量が増加傾向にある中国北東部（右の図の“NE”の領域）では、GOSAT の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（下のグラフのオレンジ線：NG CH₄）が同地域の天然ガス使用量やガス販売量と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（下のグラフの水色の帯：NG CH₄）とほぼ一致することから、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としている。

図 GOSAT データ等による中国の 2010～2018 年のメタン排出量の推定結果。

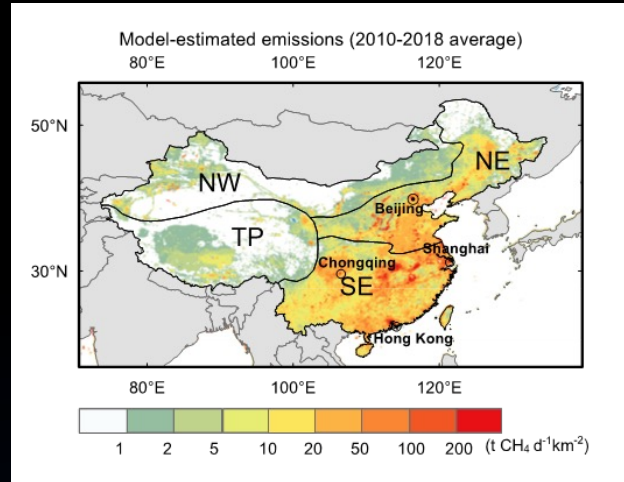
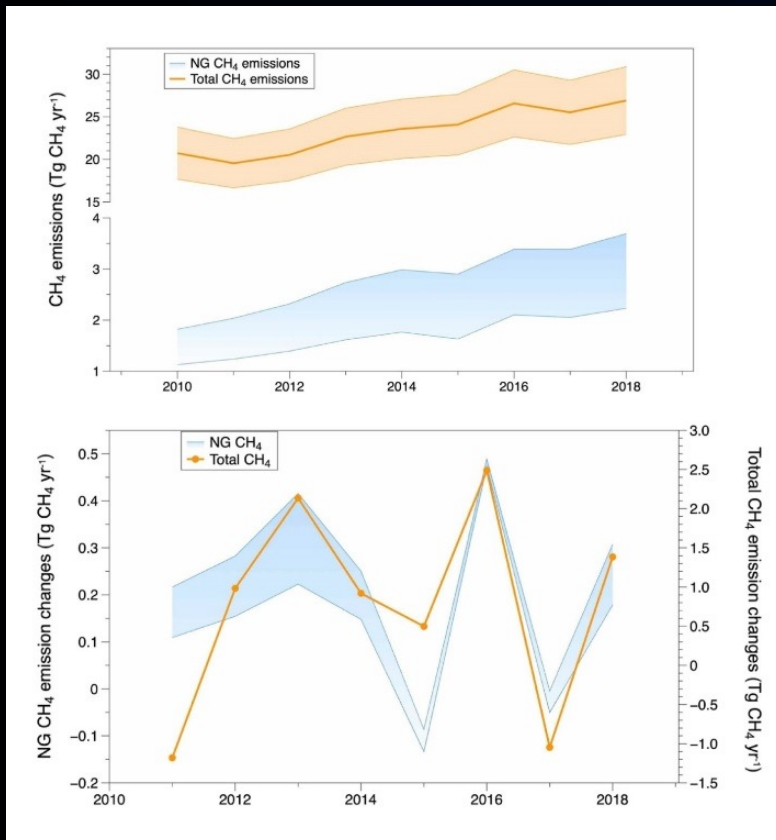


図 中国北東部（NE）における GOSAT データ等によるメタン排出量推定値の年増加量（オレンジ）および天然ガス（NG）起源のメタン排出量推定値（上）とその年増加量（下）（いずれも青の陰影の範囲）。



23 Wang, F., Maksyutov, S., Janardanan, R. et al. Atmospheric observations suggest methane emissions in north-eastern China growing with natural gas use. Sci Rep 12, 18587 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19462-4>

北半球高緯度地域からのメタン放出

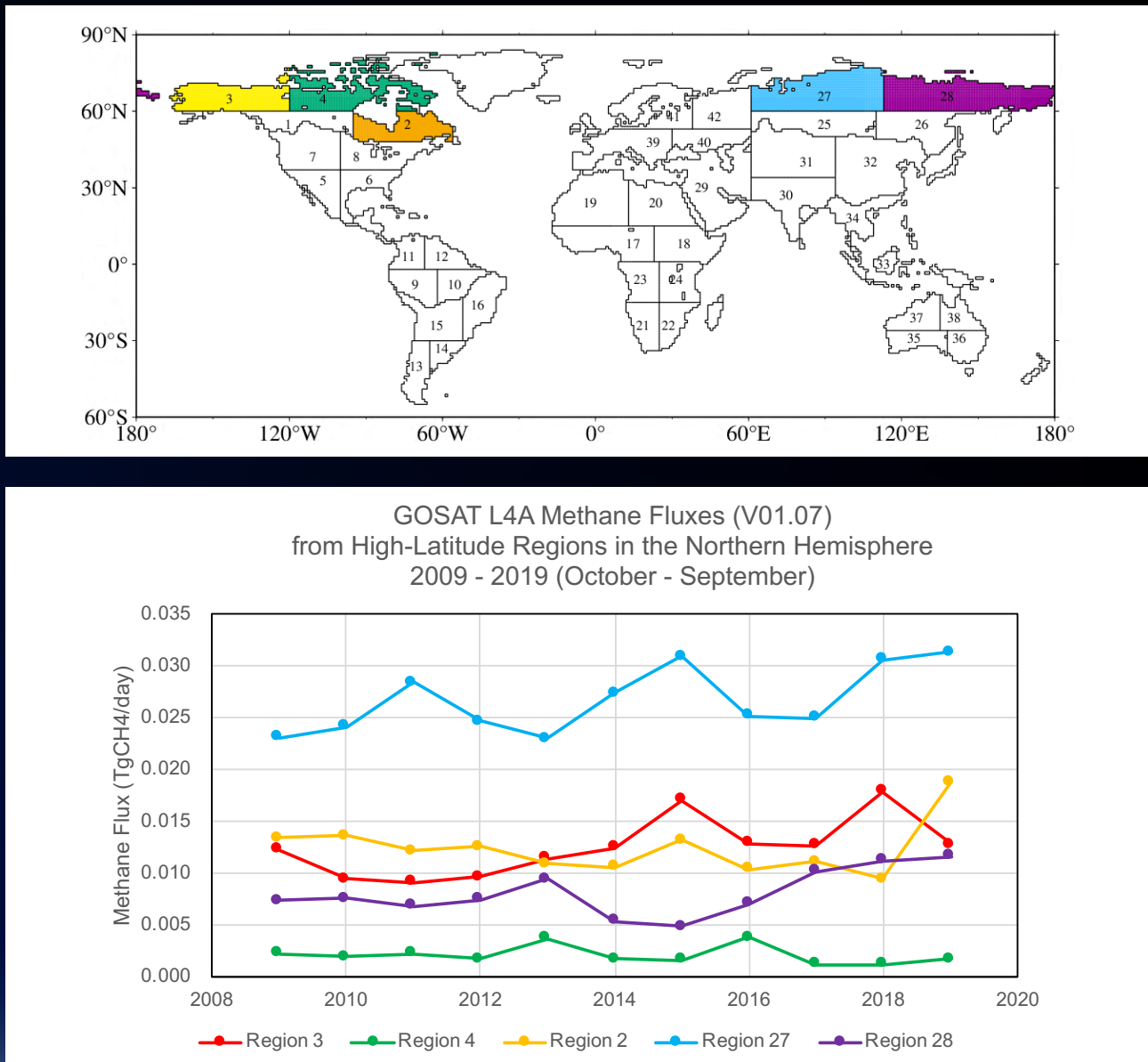
IPCCAR6WG1 報告書において、「永久凍土の融解に伴う永久凍土に含まれる炭素の放出は、数百年の時間スケールで不可逆的である（確信度が高い）」(SPM:B.5.2)とされており、「温暖化に対する更なる生態系の応答のうち、気候モデルにまだ十分に含まれていない、湿地、永久凍土の融解、及び森林火災からのCO₂とCH₄のフラックスなどが、これらの気体の大気中濃度を更に増加させるだろう（確信度が高い）」(SPM:B.4.3)とされ、想定以上のフィードバック効果の可能性が指摘されている。

NIESのGOSATのL4プロダクトのギャラリー²⁴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二酸化炭素及びメタン排出量の時系列データを公開しており、今後発生し得る放出量の変化等を監視している。下の図は、公開しているL4プロダクト(2009/6-2020/9)に各領域の面積を乗じるなどの処理をして、永久凍土が多く存在する北半球高緯度地域の各領域からの年平均メタン放出量をグラフにしたものである。

地域によってはメタン排出量の長期的な増加傾向が見えており、別の放出源からの寄与を取り除くなど、今後の詳細な分析が求められる。

図 北半球高緯度領域の年平均（10月～翌年9月）メタン放出量



24 NIES website (URL: <https://data2.gosat.nies.go.jp/gallery/L4A/fluxts/fluxts.html>)

精度向上のための取組

地上観測器等を用いたデータ校正

地上観測機、船舶、航空機を用いて精度を高めている。これにより、陸域における二酸化炭素濃度（約400ppm）の測定精度が、校正前に $-0.51 \pm 2.28\text{ppm}$ だったものが、校正後に $-0.02 \pm 2.05\text{ppm}$ まで高まった（GOSAT 陸域 H ゲイン v03.05）。この作業においては全球に散らばる 30 箇所以上の地上観測サイトにお

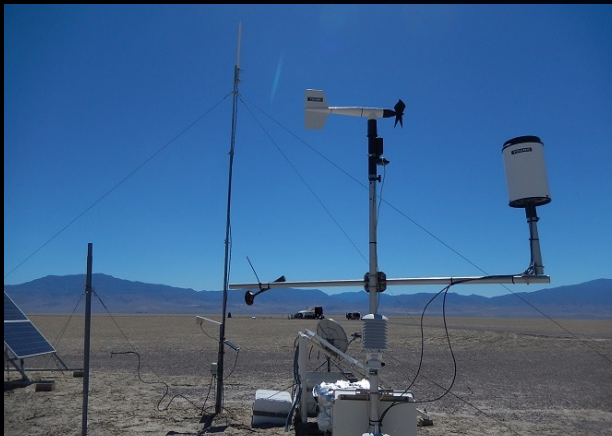
ける衛星観測 - 地上観測マッチアップデータを 2009 ~ 2019 年の約 10 年間に 15,000 個以上使った解析を行った²⁵。さらに長期間に渡る温室効果ガス濃度の年増加率の評価には航空機や船舶による観測データも活用している。

他国の宇宙機関と協力したデータ校正

日本政府は、GOSAT シリーズの観測精度を高めるべく、また、国際的な温室効果ガス測定に GOSAT を用いて貢献するべく、米国 (NASA) 及び欧州 (ESA) 等の宇宙機関と連携した観測協力を実施している。具体的には、毎年米国ネバダ州で合同フィールドキャンペーンを実施し、同一時刻同一時点で、GOSAT 及び GOSAT-2 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。5つの衛星から導出された濃度のバイアスがなくなることで、複数衛星デー

タの利用により不確定性が大きい海洋による CO₂ の吸収などの評価精度が向上すると期待される。これらの活動により、エアロゾル濃度が高い地域、砂漠、斜視での測定値のずれが大きい TROPOMI（データ数は GOSAT の 1000 倍以上）のデータは GOSAT を用いて補正されている²⁶。このように、長期かつ高精度な観測を続けている GOSAT は、世界の温室効果ガス測定データの品質向上にも貢献している。

写真：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²⁷ より）



25 Inoue, M., Morino, I., Uchino, O., Nakatsuru, T., Yoshida, Y., Yokota, T., Wunch, D., Wennberg, P. O., Roehl, C. M., Griffith, D. W. T., Velasco, V. A., Deutscher, N. M., Warneke, T., Notholt, J., Robinson, J., Sherlock, V., Hase, F., Blumenstock, T., Rettinger, M., Sussmann, R., Kyrö, E., Kivi, R., Shiomi, K., Kawakami, S., De Mazière, M., Arnold, S. G., Feist, D. G., Barrow, E. A., Barney, J., Dubey, M., Schneider, M., Iraci, L. T., Podolske, J. R., Hillyard, P. W., Machida, T., Sawa, Y., Tsuboi, K., Matsueda, H., Sweeney, C., Tans, P. P., Andrews, A. E., Biraud, S. C., Fukuyama, Y., Pittman, J. V., Kort, E. A., and Tanaka, T.: Bias corrections of GOSAT SWIR XCO₂ and XCH₄ with TCCON data and their evaluation using aircraft measurement data, *Atmos. Meas. Tech.*, 9, 3491–3512, <https://doi.org/10.5194/amt-9-3491-2016>, 2016. <REF: https://data2.gosat.nies.go.jp/doc/documents/ReleaseNote_FTSSWIRL2_BiasCorrCO2_V03.05_GU_ja.pdf (in Japanese)>

26 Balasus, N., Jacob, D. J., Lorente, A., Maasackers, J. D., Parker, R. J., Boesch, H., Chen, Z., Kelp, M. M., Nesser, H., and Varon, D. J.: A blended TROPOMI+GOSAT satellite data product for atmospheric methane using machine learning to correct retrieval biases, *Atmos. Meas. Tech.*, 16, 3787–3807, <https://doi.org/10.5194/amt-16-3787-2023>, 2023.

27 https://www.eorc.jaxa.jp/GOSAT/GHG_s_Vical/index.html

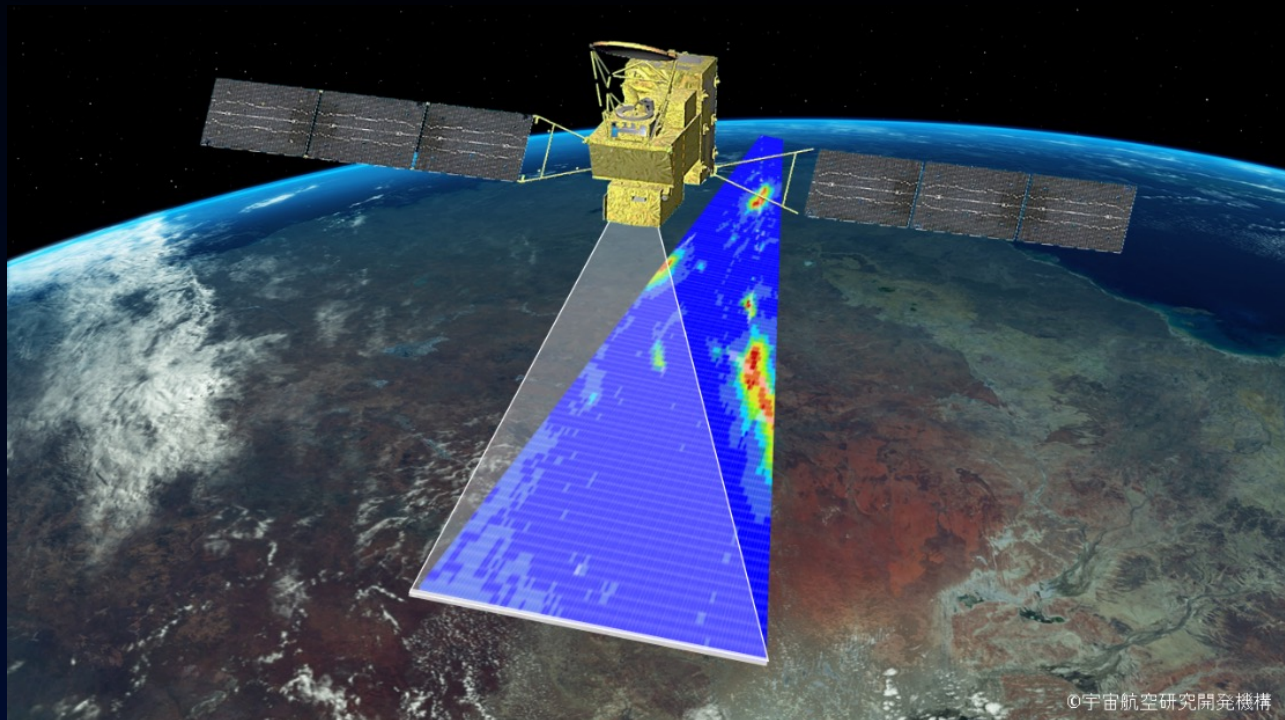
3 GOSAT シリーズに係る今後の課題や取組の方針

GOSAT-GW の打上げ

GOSAT シリーズ 3 号機となる GOSAT-GW は、本年 6 月に策定した宇宙基本計画工程表では、2024 年度に打上げが予定されており、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する地球観測衛星である。

図：GOSAT-GW TANSO-3 (広域観測モード) の観測イメージ



©宇宙航空研究開発機構

GOSAT-GW では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”的な観測を行う。また、広域観測モードと精密観測モードの二つのモードを用意している。また、二酸化炭素 (CO₂)、メタン (CH₄) に加え、二酸化窒素 (NO₂) を観測可能である。

広域観測モードでは観測幅 911km (分解能 10km) で全球を面的で切れ目なく観測可能である。温室効果ガスの全球の大気濃度のモニタリングを継続するとともに、GOSAT-2 の 100 倍から 1000 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することが期待される。引き続き、パリ協定に基づいて各国が作成・公表する国別排出量報告の透明性の確保に貢献していく。

精密観測モードでは観測幅 90km、空間分解能 3km (目標分解能 1km) で大規模発生源と推定される地点

を詳細に観測することが可能である。これにより、大都市や大規模排出源からの排出量推計の高精度化を目指す。

追加で観測する NO₂ は、化石燃料の燃焼により CO₂ とともに排出され、大気中で二酸化炭素やメタンよりも早く分解されるため、これらを同時に測定することで、人為起源 CO₂ の排出源特定や排出量を精度よく推計できることが期待される。GOSAT-GW は、2020 年代半ばに、二酸化炭素と二酸化窒素を同時観測可能な世界で唯一の衛星になる予定。既存のデータベースから得られる山火事や湿地などの自然起源の排出源情報と合わせて解析することにより、人為起源と自然起源それぞれの排出量を推定することが可能となる。また、NO₂ は大気汚染物質でもあるため、地上観測と組み合わせることで、大気汚染対策への活用も期待される。

科学界への貢献

全球観測の継続とともに、さらなる精度向上とデータ数の増加が必要、そのための地上観測、船舶、航空機観測によるデータ校正により GOSAT シリーズ自体の精度を向上させるとともに、NASA、ESA 等との共同観測による世界全体の衛星観測精度向上にも貢献していく。また、地上観測を用いた途上国の排出インベントリ検証の取組に当たっては、観測器の設置が進んでいない地域における設置の充実も求められる。GOSAT シ

リーズデータの校正や検証のために設置した地上観測機器のデータを公開するなど、世界的な温室効果ガス測定体制の充実にも貢献していく。IPCC においても第 7 次報告書策定へのプロセスが進められており、都市、SLCF 等様々な分野での研究の進展が期待される。引き続き、GOSAT シリーズを用いた科学への貢献を進めていく。

行政への活用（国別排出量の推計、評価、国際標準化）

環境省がこれまでモンゴルや中央アジアで開発してきた、GOSAT 観測値から国別排出量を推計する技術を、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、アジアへと拡大する。これにより、各国からの BTR、インベントリ報告書等、UNFCCC への報告書に GOSAT シリーズのデータを用いた検証結果を掲載することにより、途上国のインベントリの透明性向上に貢献する。

また、これらの排出量推計手法の国際標準化を目指すことで、GOSAT データを活用して各国が簡易に自国の排出量を推計することを可能とし、排出吸収量報告の透明性の確保や、削減方策の効果測定に活用できるようにすることを目指す。さらに将来的には、標準化し

た手法を用いて、推定された各国の GOSAT シリーズによる測定値 / 年間排出吸収量を網羅的・定期的に公表することで、世界中の人々が日本を含めた各国の排出量や、そこに至る各国の削減努力の効果を、客観的に把握し、さらなる高みに向けて議論する科学的基盤を提供することを目指す。

加えて、BTR やインベントリ報告書の作成能力の不足している LDC などに対して、GOSAT シリーズの観測データを用いて、簡易に自国の排出量報告書を検証できるツールの提供や、正確性を向上させるための地上観測施設の設定・管理の支援等、途上国の事務負担を軽減するための支援に貢献したい。

ビジネス利用

令和5年6月に決定された「宇宙基本計画工程表」では、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、民間企業におけるビジネス活用も目指しつつ、温室効果ガス観測衛星の後継機の検討を進めるとしている。

現在、世界中で温室効果ガスの測定に関係する様々なスタートアップ企業が投資資金を集めており、今後も拡大が見込まれるため、これらの企業に対して、GOSAT シリーズによる、GHG 排出・吸収量の信頼できる客観

的なデータを提供することにより、排出量削減に関するビジネス場面で使用される情報・データの信頼性を向上させたい。その結果、都市単位、火力発電所や工場などの事業所単位での排出量推計、森林、ブルーカーボンも含めた吸収量推計の手法が整備される。これにより、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が促進されることで、2050 年ネットゼロ社会に向けて、世界全体での GHG 排出削減や吸収量増加に貢献していく。

スペースデブリ化の防止への取組

環境省は、GOSAT シリーズのスペースデブリ化防止のための取組に従来から取り組んでおり、2020年10月に作成した検討会「中間取りまとめ」²⁸においては、

- (1) 衛星が設計寿命を超え利用可能な状態であっても、
- (2) GOSAT2 号機へのミッション移行が確認された段階で、
- (3) 関係者や利用者の理解を得つつ、
- (4) 環境省・国環研・JAXA で協議の上、適切なタイミングで廃棄措置に移る

としており、これに基づいて日常的に衛星の状態監視や協議を継続している。以下のとおり、現在の状況を報告する。

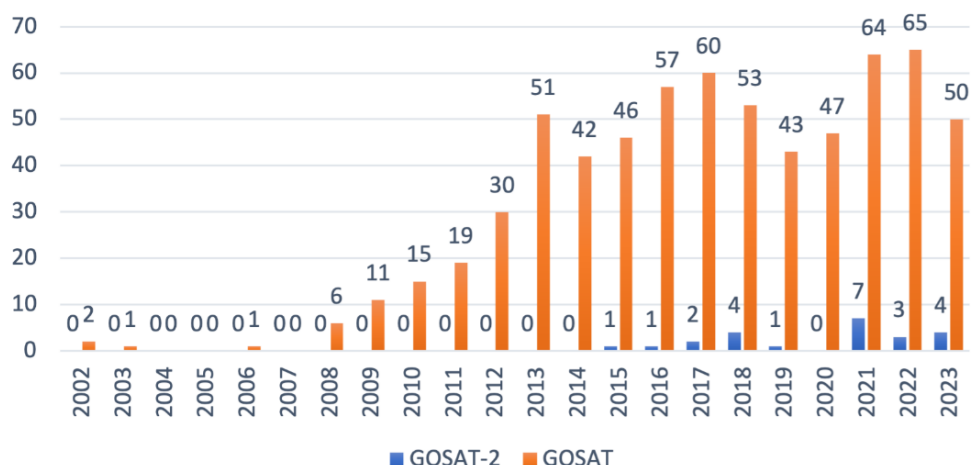
(1) に関して、GOSAT1 号機は現時点でも順調に運用を継続し、データを地上に送信し続けており、そのデータは JAXA 及び NIES により処理され世界中で活用されている。また、継続運用に当たって前提となる衛星の健全性の評価については、最新の国際ルールである ISO24113 の 2019 年版の改定を反映した、スペースデブリ発生防止標準 (JMR-003E) に基づいて、毎年 JAXA が一年後時点も含めた GOSAT 衛星の健全性を評価している。最新の評価では、2023 年 3 月末時点において、同時点及び一年後の 2024 年 3 月末時点において、廃棄措置に必要な機能の条件付き信頼度が 0.9 を切らないことなどを確認しており、機能面での問題は無い。

(2) に関しては、2023 年 9 月に Yoshida, et al(2023) が、GOSAT 及び GOSAT-2 の両衛星から得られた CO₂、CH₄ 濃度データを比較することで、衛星間の CO₂、CH₄ 濃度データに存在する系統的な差異が、時間・空間的にどの程度変動するかを調べた結果、地域によって若干の違いはあるものの、概ね 1% 以内で一致していることを明らかにした。(同論文で述べられた校正を施した GOSAT-2 の濃度データの公開は、2022 年 11 月から実施していた)。このことから、GOSAT-2 による、GOSAT の観測ミッション引き継ぎは、2023 年 9 月時点で、完了したと評価できる。

(3) に関しては、現在の GOSAT シリーズデータの主な利用者である科学、行政利用の観点から、GOSAT-2 が GOSAT を代替できることが重要。まず、科学利用の状況としては、グラフのとおり、科学論文への活用はまだ、GOSAT データの活用が圧倒的に多く、代替できているとは言えない状況である。これは、GOSAT-2 のデータ自体は打上げ後から提供を続けていたものの、GOSAT-2 の濃度情報に対する校正手法の改善を繰り返していたため、GOSAT の有する 2009 年からの長期データと GOSAT-2 のデータの連続性の保証が 2023 年 9 月時点まで遅れたことが要因と考えられる。次に、行政利用の観点では、国等の排出報告量との比較が重要だが、公的報告は、UNFCCC へのインベントリ報告書については、2 年前のデータを先進国については毎年、途上国については 4 年に 1 度報告することになっていたこと、また、Edgar や Odiaac といった国際的に用いられている排出量データベースも数年遅れて整備されるため、長期的なデータを現在でも提供し続けている GOSAT データの有用度は依然として高く、GOSAT-2 への代替が完了したと評価できる状況ではない。なお、Yoshida et al(2023) により、過去に遡って GOSAT-2 データの信頼性が確認できたこと、また、2024 年末からは、気候変動枠組み条約下で途上国も含めて全締約国に 2 年ごとに隔年透明性報告書 (BTR) 及び国家温室効果ガスインベントリの提出が義務づけられるため、GOSAT-2 のデータを用いて評価可能な 2020 年間の各国の排出量報告が順次利用可能になることから、GOSAT-2 のデータ活用機会は今後拡大すると考えられる。

28 「今後の環境省におけるスペースデブリ問題に関する取組について (中間取りまとめ)」(環境省 2020 年 10 月) URL: 英文 <https://www.env.go.jp/en/earth/cc/debris.html>、和文 <https://www.env.go.jp/press/108494.html>

掲載論文数の推移(報/年)



グラフ中の GOSAT には、GOSAT-2 を含む。

以上のとおり、現時点では、GOSAT は (1) のとおり健全性を保ちつつ、低コストで安定的に良質なデータを提供し続けていることに加え、(2) の観点では、「中間取りまとめ」の要件を満たしたものの、(3) の観点では、GOSAT-2 への移行は進捗途上であるため、廃棄処分に移行できる状況にないと評価している。

このため、(4) について現時点で具体的な取組を進める段階にはないが、突然のスペースデブリ化のリスクに備えた、軌道離脱・停波運用に向けた作業計画書作成の準備や環境省、NIES 及び JAXA による定期的な協議などを通じて、引き続き、検討・調整を進めることとする。

後継機の検討の方向性

GOSAT-GW は、2024 年度の打上げから 7 年後の 2031 年に設計寿命を迎える。2030 年代には、気候変動の悪影響が増大する中で、2050 年ネットゼロに向けた取組途上と考えられ、取組の効果測定（吸収技術の長期的効果測定や、各国・企業の削減約束の履行確認、吸収量算定の妥当性確認等）がよりシビアに求められると考えられる。将来像を想定し、これに衛星観測で対応すべく、後継機を構想することが必要。

このため、現在、上記の科学、行政、民間活用の観点から検討を進めている。科学への貢献としては、切れ目のない全球観測の確保及び高精度化。行政的観点では、各国や企業による排出量の推計によりインベントリ報告書の透明性確保と削減行動促進。民間活用では、吸収クレジットの品質保証や工場からの排出量のモニタリングなど、想定されるニーズの洗い出しから始めている。

特に、温室効果ガスの衛星観測については、民間による GHGSat、MethaneSat、Carbon Mapper などの計画や打上げが相次いでおり、今後も拡大が予想される。日本政府として運用する GOSAT シリーズの役割としては、全球的傾向をしっかりと把握しつつ、特異な放出、未知の大量排出源の探索を重視することが重要と考える。その上で、漏洩箇所の監視や連続観測といった、より詳細な観測が必要な場合は、必要に応じて経済的インセンティブも与えながら民間の小型衛星に観測を引き継ぐといった分担も考えられる。今後の数十年で化石燃料由来の放出などの強い点放出源がネットゼロ政策の進展により減少していくとすれば、後継機を打ち上げる将来には、土地利用の変化に由来する面的な排出源、永久凍土等からの非意図的な放出の把握といった事項の必要性が高まることも考えられる。また、それらの排出源に対して講じられた緩和策の比較検証も重要な観点となる。

さらに、ブルーカーボン等の吸収源について、GOSAT の二酸化炭素と、別の衛星データと組み合わせることで、これらの吸収量や時間変化、ポテンシャルを評価することにより、国内外での活用の拡大を促すといった用途の拡大についても念頭において検討を進めていく。

GOSAT シリーズのデータをご使用いただけます

GOSAT シリーズのデータは以下から無償でダウンロード可能です。
詳しくは各サイトをご覧ください。



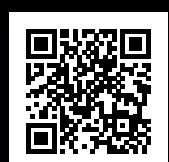
GOSAT

<https://data2.gosat.nies.go.jp>



GOSAT-2

<https://prdct.gosat-2.nies.go.jp>



この他にも GOSAT シリーズに関する動画を掲載しています。

詳しくは環境省動画チャンネルをご覧ください

<https://www.youtube.com/kankyosho>



お問い合わせ先

環境省 地球環境局 総務課 気候変動観測研究戦略室
〒100-8975 東京都千代田区霞が関 1-2-2
中央合同庁舎 5 号館
TEL 03-3581-3351 (代表) URL: <https://www.env.go.jp>