

# GOSAT-GW/TANSO-3による 全球温室効果ガス観測への期待

国立環境研究所 衛星観測センター 松永恒雄

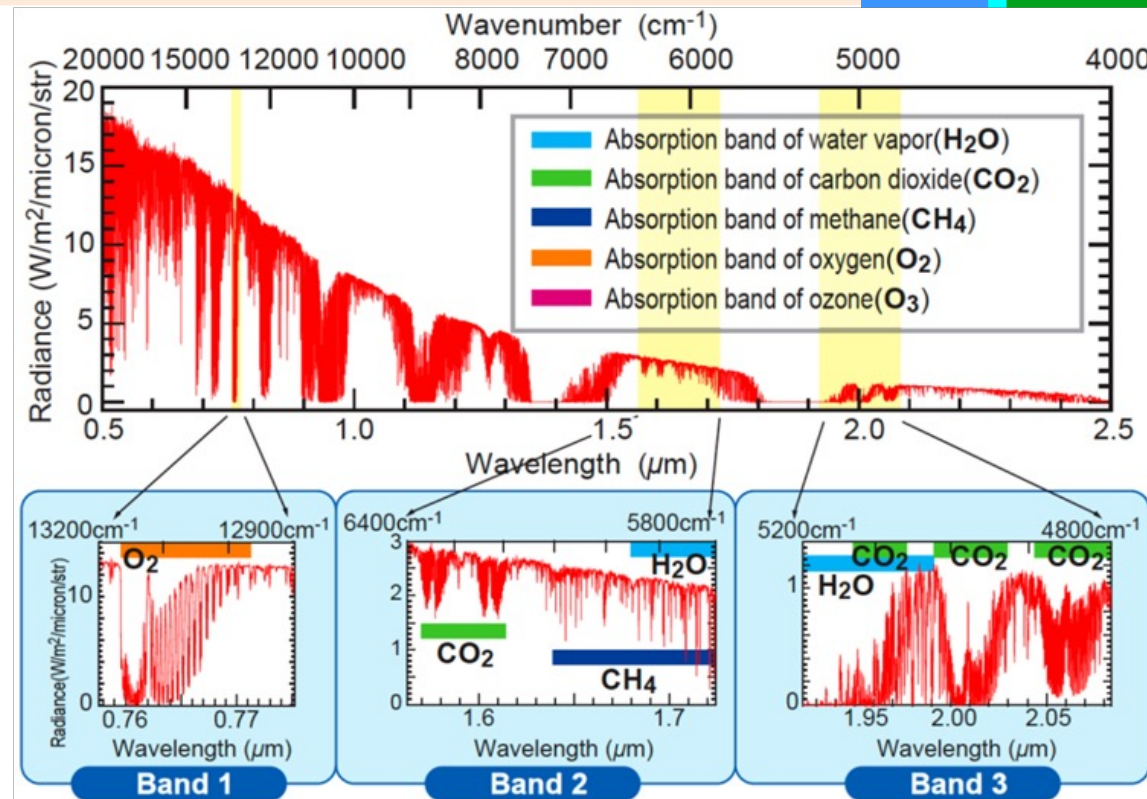
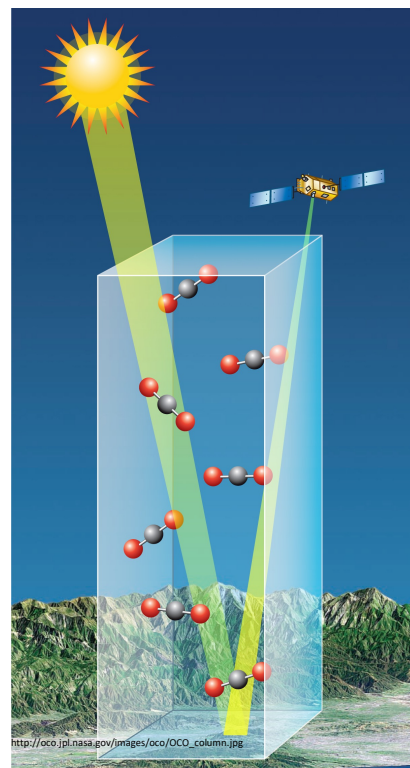
# 温室効果ガス観測技術衛星(いぶき、GOSAT)シリーズとは？

## ■ 温室効果ガス濃度の観測を目的とする 我が国の地球観測衛星シリーズ

- GOSAT(温室効果ガス観測技術衛星)  
2009年打上げの**世界初の  
温室効果ガス観測専用衛星**。  
**二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)とメタン**を観測。  
現在も運用中。**約14年**のデータ蓄積。
- GOSAT-2  
2018年打上げのGOSATの**後継機**。  
CO<sub>2</sub>、メタン、**一酸化炭素**を観測。
- GOSAT-GW  
(温室効果ガス・水循環観測技術衛星)  
2024年度打上げ予定。AMSR3と相乗り。  
CO<sub>2</sub>、メタン、**二酸化窒素**を観測。

## ■ 体制等(衛星によって若干異なる)

- 環境省、国環研、JAXAの共同プロジェクト
- 国環研は衛星データから**CO<sub>2</sub>などの  
濃度や吸収排出量の推定**等を担当
- 国内の研究者によるサイエンスチーム
- 欧米の宇宙機関との協力協定
- 研究公募による海外研究者の参加
- 国際会議の定期的な(日米欧持ち回り)開催
- データはNIESホームページより無償公開

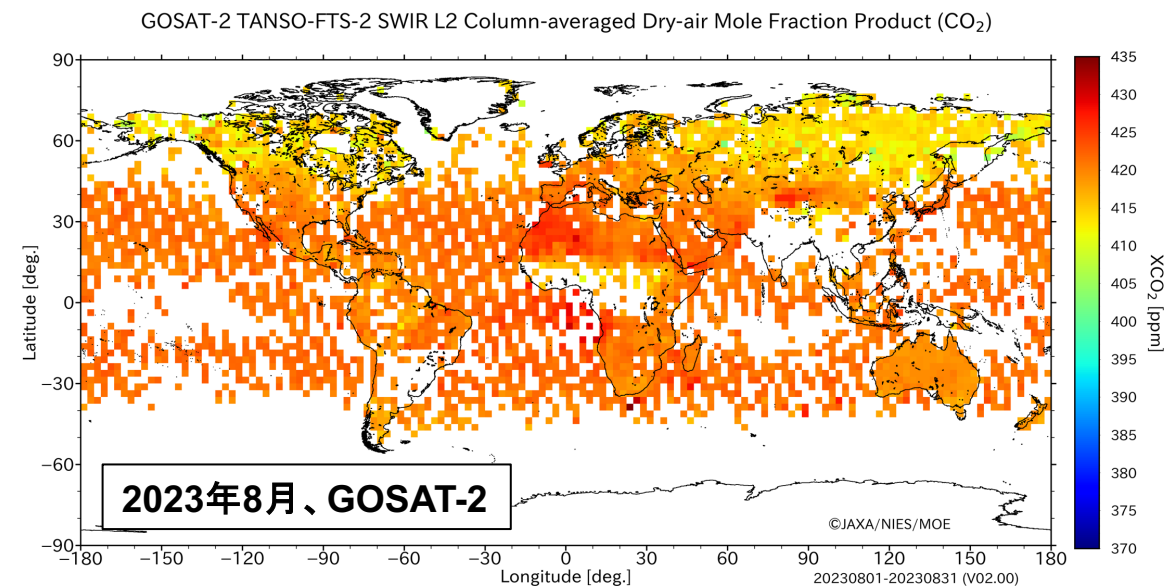
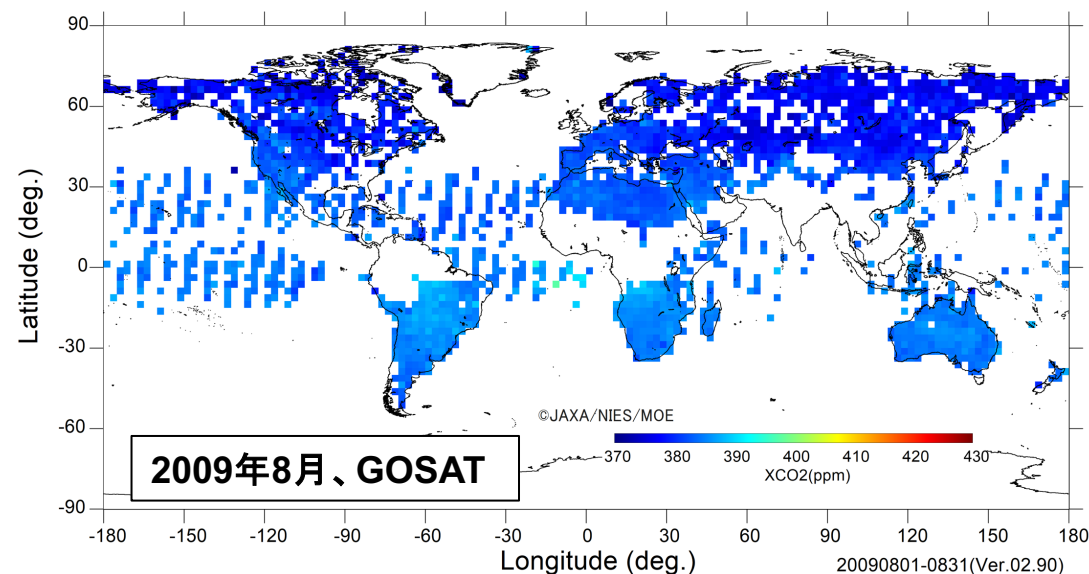


## GOSATシリーズの主な成果

- ① 宇宙(高度600~700 km)からCO<sub>2</sub>濃度を高い空間分解能(10 km)と高い精度(≈ **2 ppm**、**0.5 %**)で**約15年**にわたり測定を続けています(世界初)。
- ② 衛星データから全球のCO<sub>2</sub>およびメタンの吸収排出量分布を求めました。さらにその**人為起源排出量**の衛星／インベントリ比較を行いました。
- ③ 宇宙からの温室効果ガス観測に関して、様々な**国際的な枠組み**を構築しました。さらに世界各国／民間企業が本分野に参入する**国際的な潮流**を作り出しました。

# GOSATシリーズによる温室効果ガスの全球モニタリング

## 全球のCO<sub>2</sub>分布(2023年8月)と過去14年間の全大気平均CO<sub>2</sub>濃度の推移

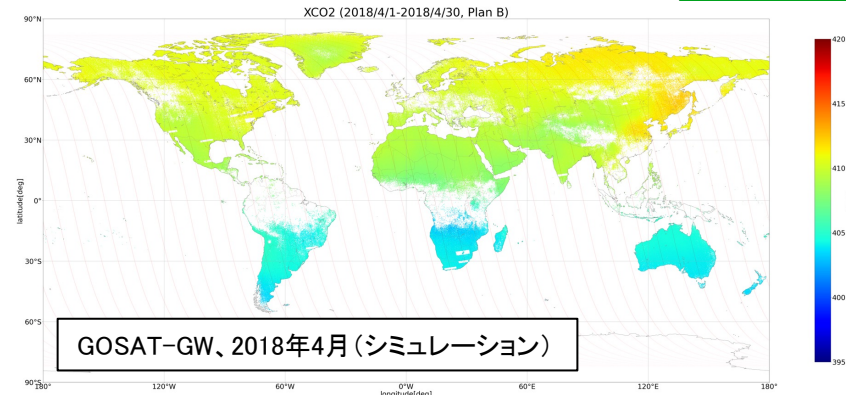
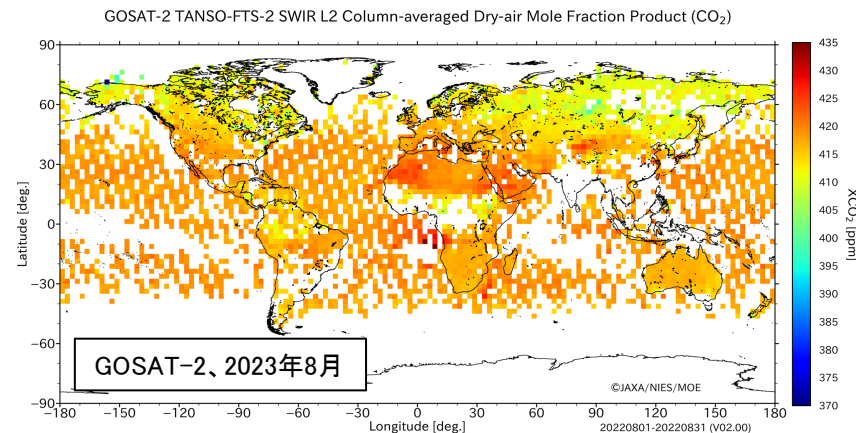
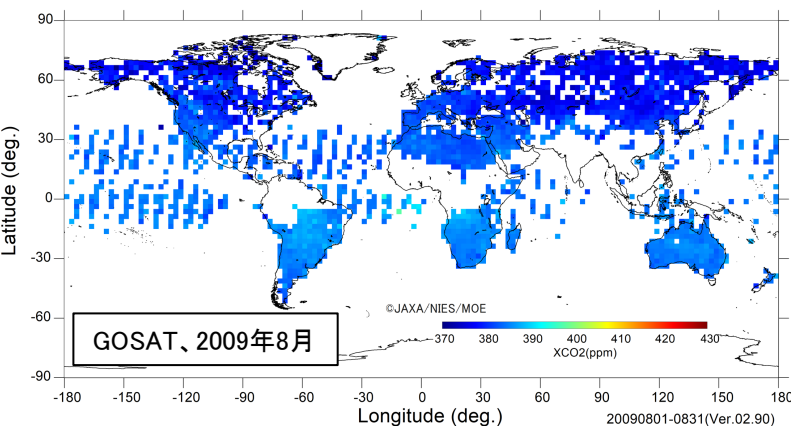


- 世界温室効果ガスデータセンター(WDCGG)に温室効果ガスデータを提供している地上／船舶観測点は200点前後(2019年2月時点)
- 2023年8月のGOSAT-2 CO<sub>2</sub>濃度マップでは、シベリア、カナダなどの北方の森林で光合成活動が盛んなため、北半球高緯度のCO<sub>2</sub>濃度は中・低緯度地域と比べて下がっています。
- GOSAT、GOSAT-2による2009～2023年の全大気平均CO<sub>2</sub>濃度は、季節変化はあるが概ね一定のペース(≒ 2.3 ppm/年)で増加しています。

GOSAT/GOSAT-2全大気平均月別CO<sub>2</sub>濃度(2009年4月～2023年10月)



# GOSAT、GOSAT-2、GOSAT-GWの主な仕様(温室効果ガス関係)



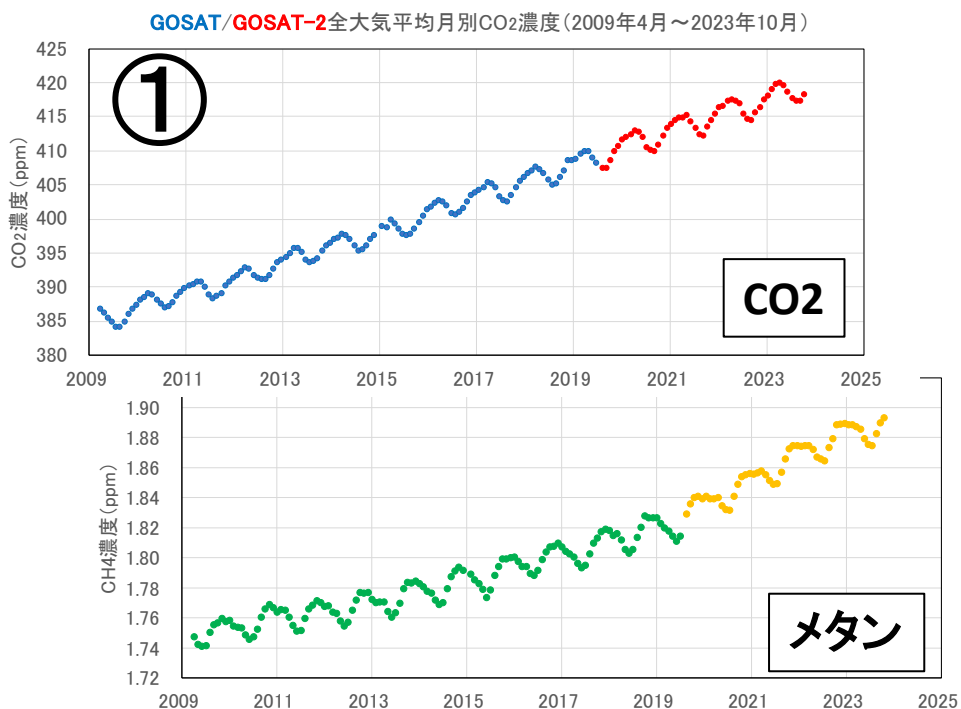
|                     | GOSAT                                                              | GOSAT-2                                              | GOSAT-GW                                                         |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 打上げ年 / 設計寿命         | 2009 / 5 年                                                         | 2018 / 5 年                                           | 2024年度 / 7 年                                                     |
| 衛星の重量 / 電力          | 1.75 t / 3770 W                                                    | 1.8 t / 5000 W                                       | 2.9 t / 5200 W                                                   |
| 軌道                  | 高度666 km, 3日回帰,<br>赤道通過時刻13:00, 降交軌道                               | 高度613 km, 6日回帰,<br>赤道通過時刻13:00, 降交軌道                 | 高度666 km, 3日回帰,<br>赤道通過時刻13:30, <b>昇交軌道</b>                      |
| 分光計                 | <b>FTS(フーリエ変換分光計)</b>                                              | FTS-2                                                | TANSO-3 ( <b>Grating(回折格子)</b> )                                 |
| 観測対象気体              | <b>CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>(二酸化炭素とメタン)</b>                   | CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , <b>CO(一酸化炭素)</b> | CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , <b>NO<sub>2</sub>(二酸化窒素)</b> |
| 観測波長帯               | <b>0.7 / 1.6 / 2 μm + TIR(熱赤外)</b>                                 | 0.7 / 1.6 / 2 μm + TIR                               | <b>0.45 / 0.7 / 1.6 μm</b>                                       |
| 波長分解能<br>(サンプリング間隔) | 0.2 cm <sup>-1</sup> ,<br>(≈ 0.01 nm @ 0.7 μm, ≈ 0.05 nm @ 1.6 μm) |                                                      | < 0.5 nm @ 0.45 μm, <0.05 nm @ 0.7 μm,<br>< 0.2 nm @ 1.6 μm      |
| 刈り幅                 | 離散的, 1 – 9 points                                                  | 離散的, 5 points                                        | <b>911 km (広域モード)、90 km (精密モード)</b>                              |
| 直下視の場合の視野サイズ        | 10.5 km                                                            | 9.7 km                                               | <b>10 km (広域モード)、1 – 3 km (精密モード)</b>                            |
| ポインティング機能           | ±20 / ±35 度<br>(衛星進行方向(AT)/その直交方向(CT))                             | ±40 / ±35 度 (AT/CT)<br><b>インテリジェントポインティング</b>        | ± 40 / ± 34.4 度 (AT/CT)                                          |
| 同時搭載機器              | CAI<br>(雲・エアロソルセンサ)                                                | CAI-2<br>(雲・エアロソルセンサ2型)                              | AMSR3<br>(高性能マイクロ波放射計3)                                          |

# GOSAT-GW(2024年度～)による温室効果ガス観測の目的

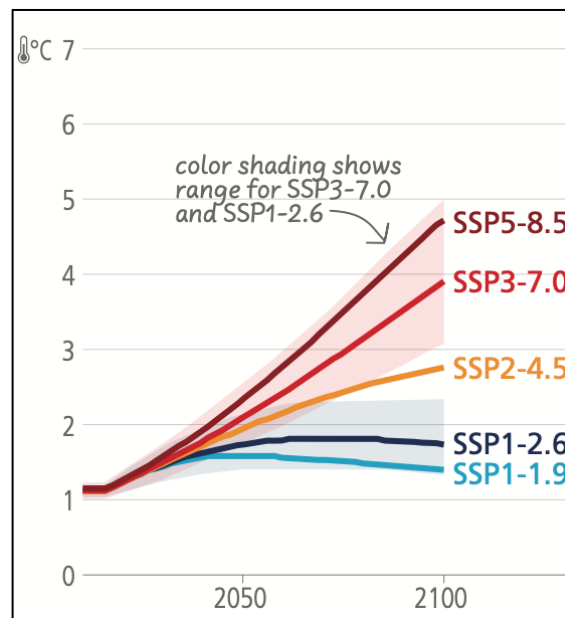
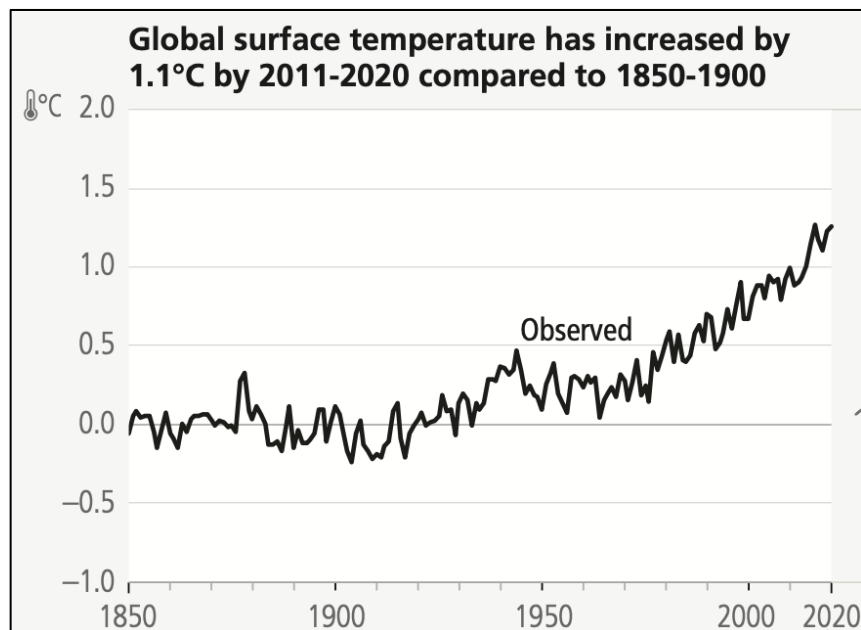
- ① 二酸化炭素の全大気月別平均濃度の監視
- ② 国別人為起源温室効果ガス排出量の検証
- ③ 温室効果ガスの大規模排出源(都市圏、発電所、永久凍土など)のモニタリング



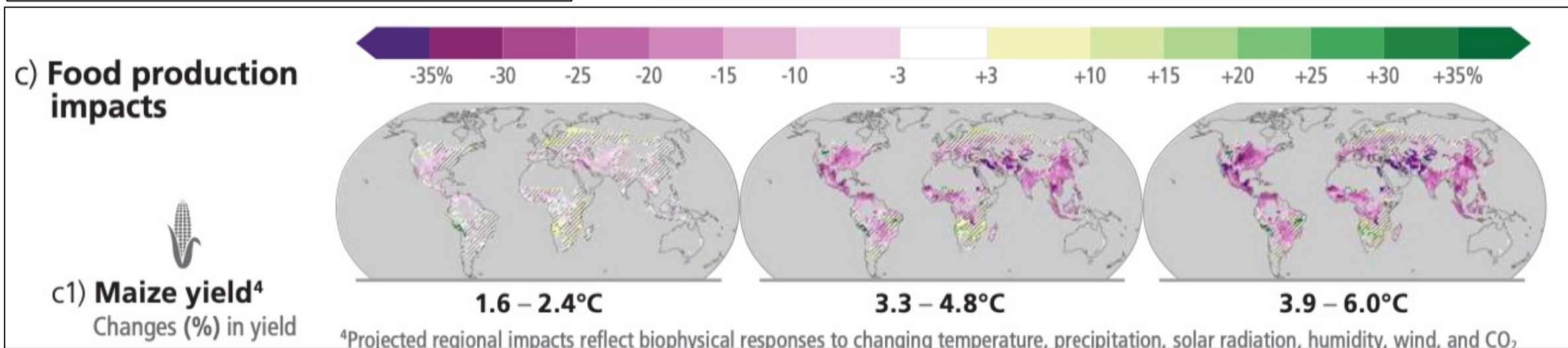
この3つの目的を実現するため、回折格子を利用した画像分光計(**TANSO-3**)を新規開発。



# ① 1850～2100年の全球気温の推移(観測と予測) (IPCC第6次報告書 統合報告書、2023)

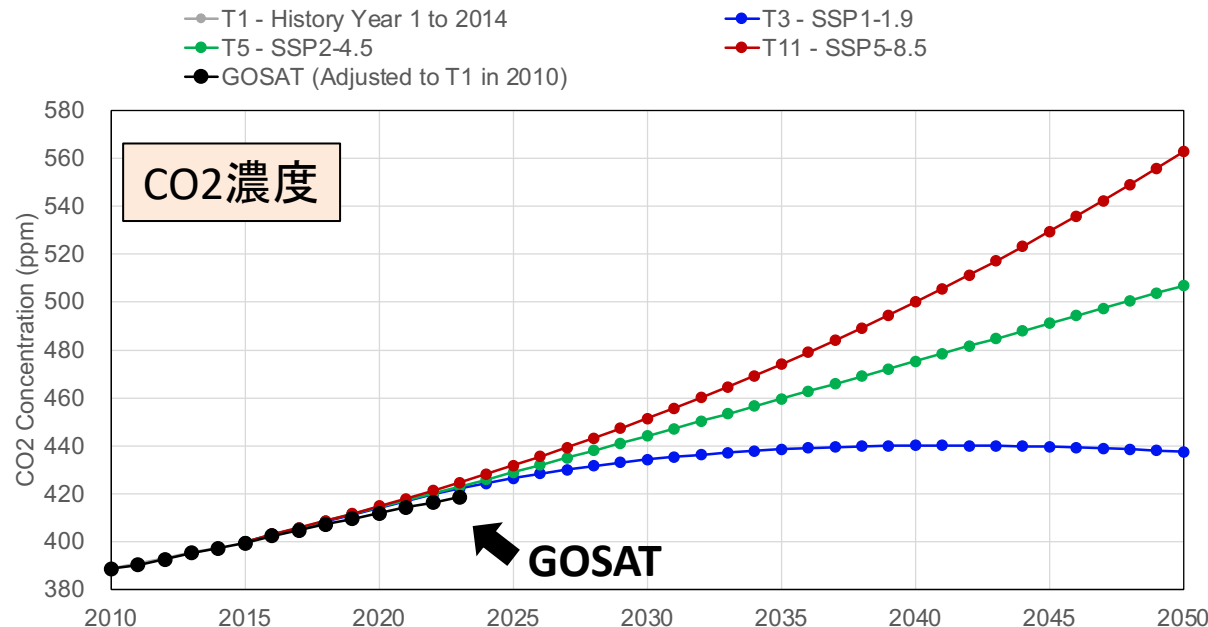


- 1850～1900年と比べ、2011～2022年の全球気温は1.1°C上昇しています。
- 2100年にかけて将来シナリオによっては4～5°Cの上昇が予測されています。
- 将来の気候変動は食糧生産など自然界と人間社会に大きな影響を与える可能性があります。

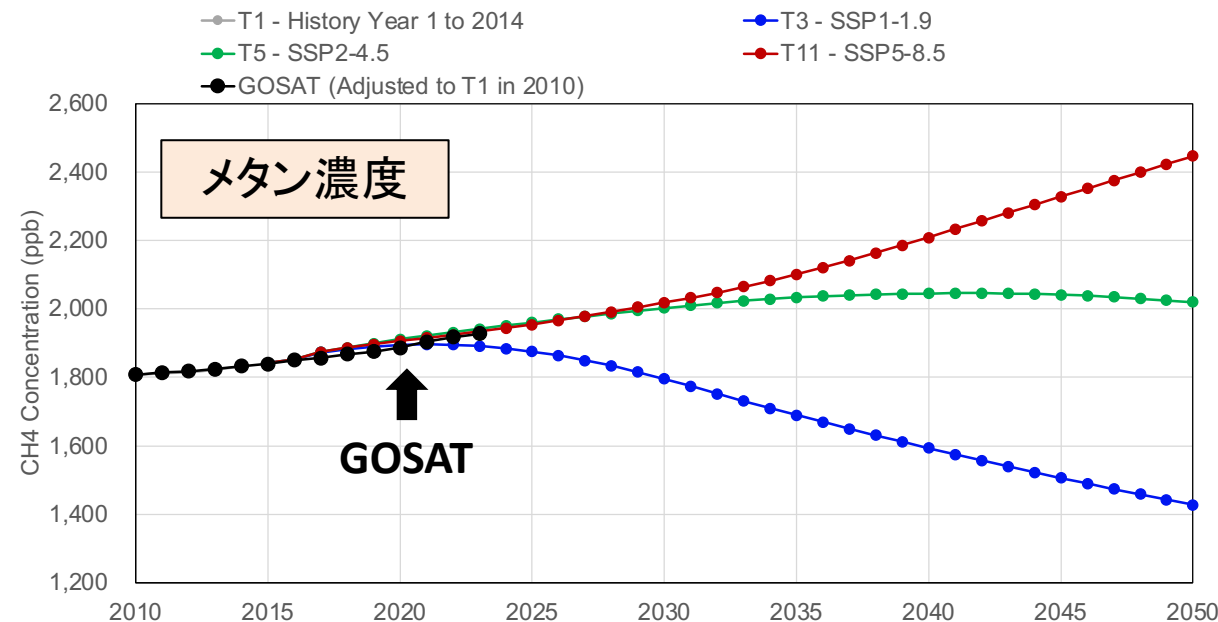


# ① 3つの社会経済シナリオ (SSP) に基づくCO<sub>2</sub>とメタンの濃度 (2015～2050年) と GOSAT観測 (2010～2023年)

GOSAT Whole-atmosphere annual mean CO<sub>2</sub> concentration vs "World" data in Meinshausen et al. (2020)



GOSAT Whole-atmosphere annual mean CH<sub>4</sub> concentration vs "World" data in Meinshausen et al. (2020)



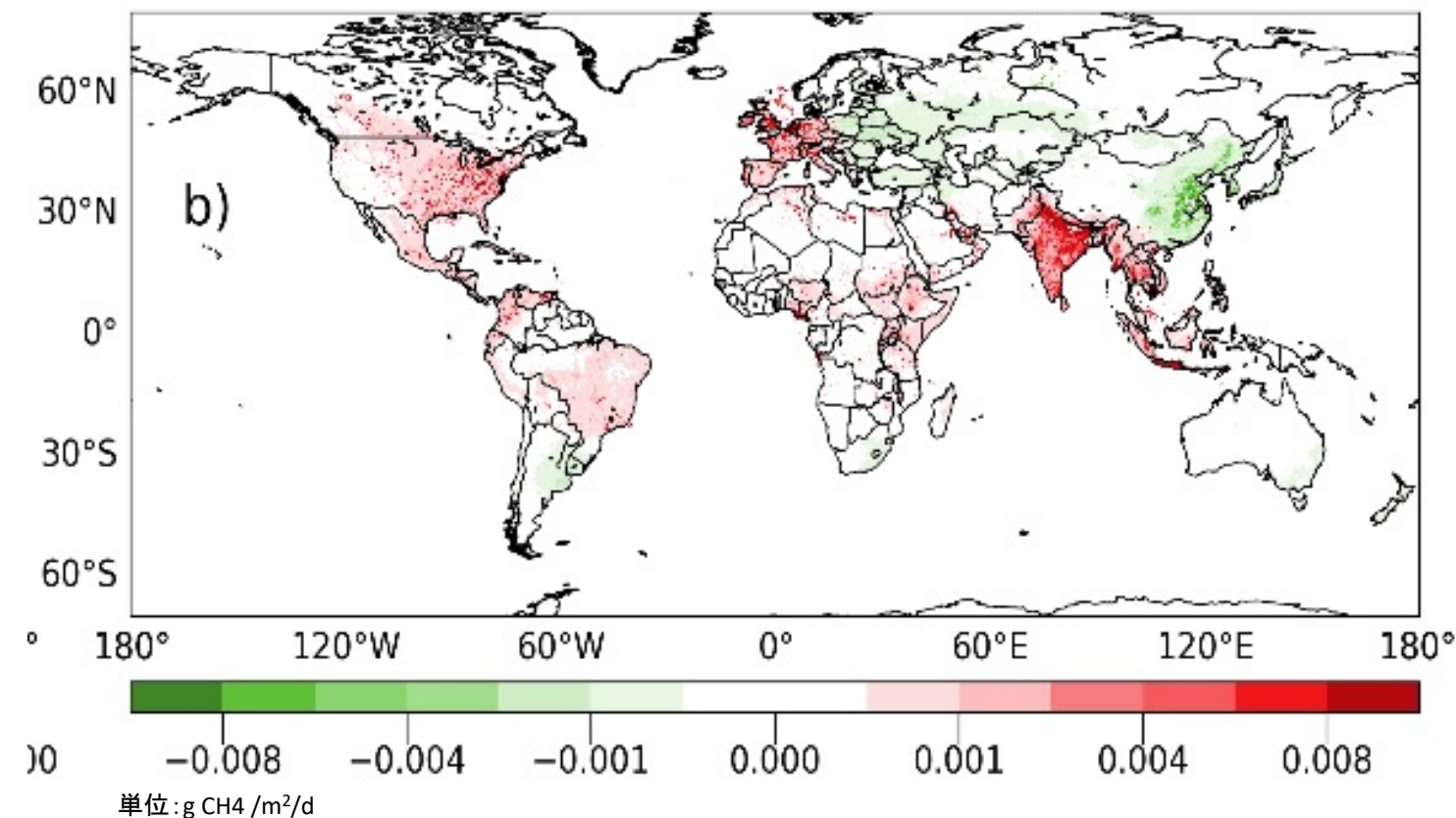
| Scenario | Near term, 2021–2040 |                   | Mid-term, 2041–2060 |                   | Long term, 2081–2100 |                   |
|----------|----------------------|-------------------|---------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
|          | Best estimate        | Very likely range | Best estimate       | Very likely range | Best estimate        | Very likely range |
| SSP1-1.9 | 1.5 degC             | 1.2 to 1.7 degC   | 1.6 degC            | 1.2 to 2.0 degC   | 1.4 degC             | 1.0 to 1.8 degC   |
| SSP2-4.5 | 1.5                  | 1.2 to 1.8        | 2.0                 | 1.6 to 2.5        | 2.7                  | 2.1 to 3.5        |
| SSP5-8.5 | 1.6                  | 1.3 to 1.9        | 2.4                 | 1.9 to 3.0        | 4.4                  | 3.3 to 5.7        |

- GOSATシリーズの全大気平均濃度により、現状がどのシナリオに近いかが評価することができます。
- GOSAT-GWにより2030年代初頭までのモニタリングが可能になります。

## ② GOSATデータと全球高分解能(10 km)モデルによる メタンの国別排出量(2011～2017年の平均値)の推定 (Janardanan et al., 2020)

人為起源排出量のGOSAT推定値とインベントリとの差

Flux correction - anthropogenic



メタン排出量の上位5カ国と合計値

| Country | 総排出量<br>先験値 | 総排出量<br>推定値 | 自然起源<br>先験値 | 自然起源<br>推定値 | 人為起源<br>インベントリ | 人為起源<br>推定値 |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|
| 中国      | 60.1        | 52.0        | 5.8         | 6.3         | 54.3           | 45.7        |
| 米国      | 51.6        | 55.7        | 23.8        | 25.9        | 27.8           | 29.8        |
| ロシア     | 47.8        | 45.2        | 13.6        | 13.2        | 34.2           | 31.9        |
| ブラジル    | 45.6        | 56.2        | 29.2        | 39.8        | 16.4           | 16.5        |
| インド     | 29.9        | 36.5        | 9.9         | 12.3        | 20.1           | 24.2        |
| 合計      | 551.7       | 573.4       | 209.2       | 232.5       | 342.6          | 340.9       |

※推定精度は10～20%。また日本の総排出量は1～2 Tg程度

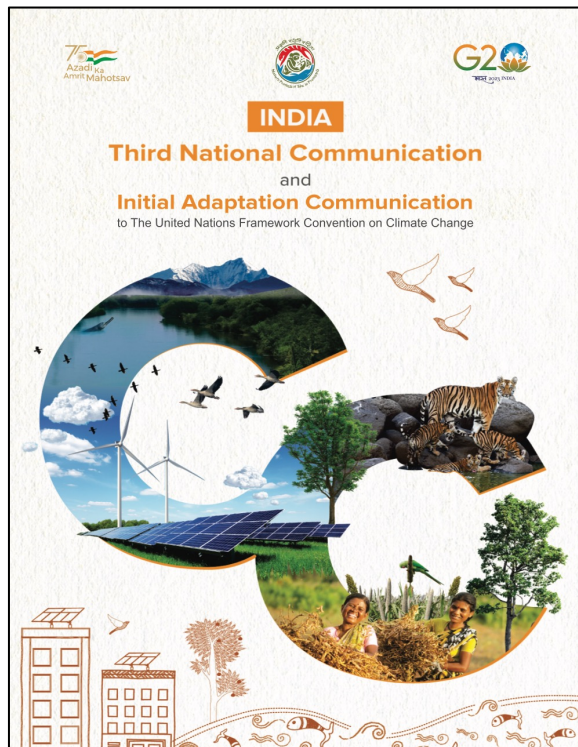
※インベントリはEDGAR v4.3.2を国連報告値に合うように  
スケーリングしたものを使用。

※インベントリと推定値の差は推定精度(10～20%)の範囲内。

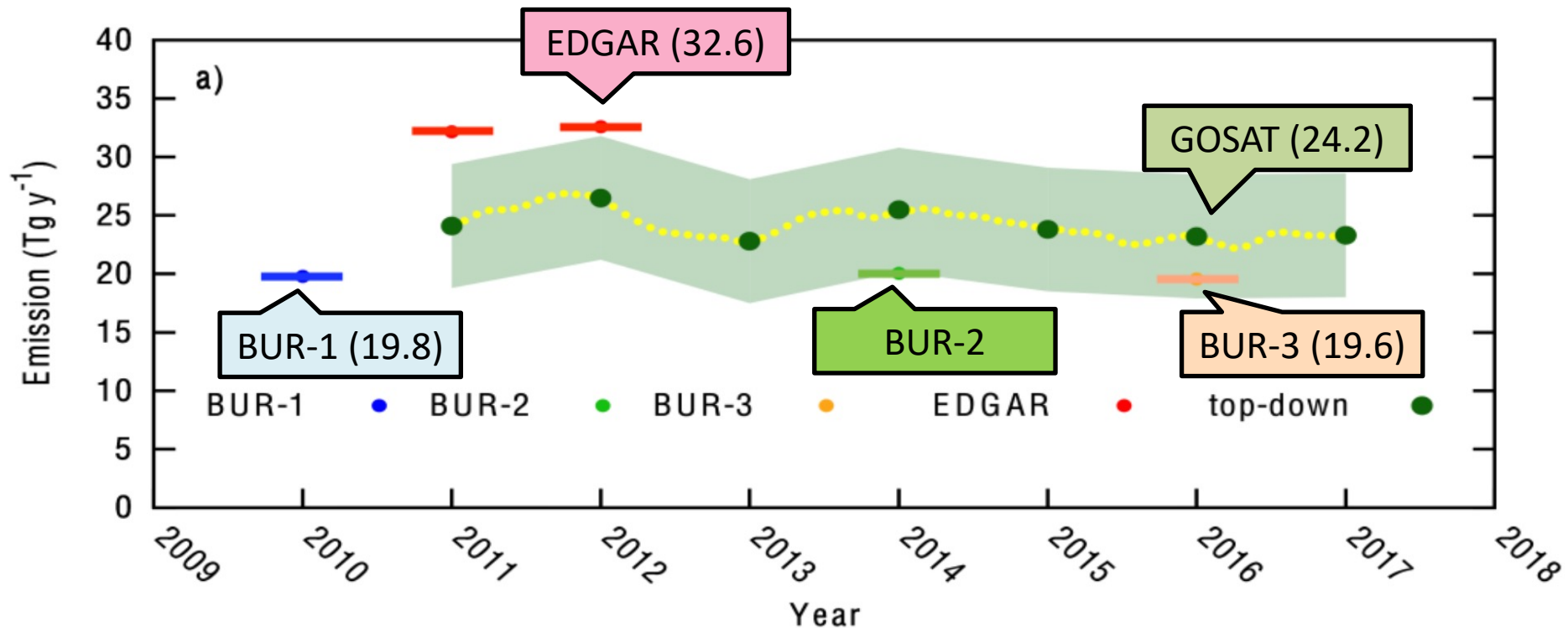
## ② インドの第3回国別報告書(2023年11月)におけるGOSATに関する記載

### 5.11 Estimation of CH<sub>4</sub> Fluxes During 2011-2017 Using Top-down Modeling and Observations

<https://unfccc.int/documents/636235>



“A top-down modeling study (inversion) is being carried out for the estimation of country-wise methane (CH<sub>4</sub>) fluxes during 2011–2017 (Janardanan et al., 2020). It uses **GOSAT** satellite and ...”

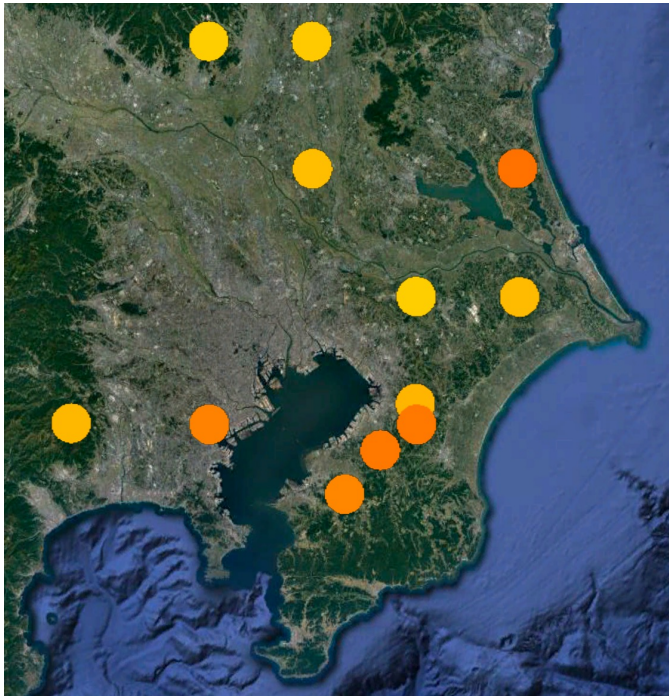


**Figure 5.17: The average anthropogenic methane emission (2011-2017) for India (top-down) along with the emissions reported in 1<sup>st</sup> Biennial Update Report (BUR-1), BUR-2, BUR-3, and EDGAR.**

GOSAT-GW / TANSO-3データもインバース解析による**温室効果ガス排出量の推定や各国の排出インベントリの評価**に使われます。

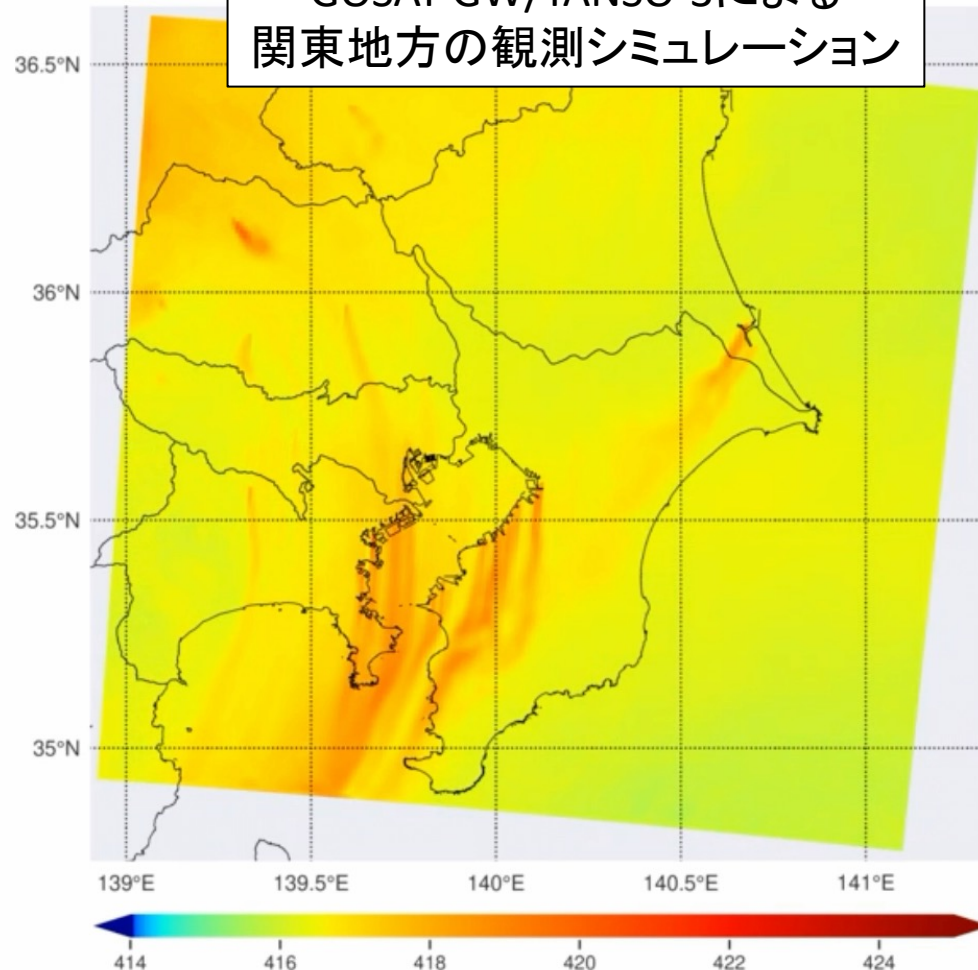
### ③ GOSAT-GW/TANSO-3による大規模点排出源の監視

GOSATによる関東地方の観測  
(2017年12月25日)



CO<sub>2</sub>濃度=406~412 ppm  
風向:北西

GOSAT-GW/TANSO-3による  
関東地方の観測シミュレーション



提供: JAMSTEC金谷有剛氏  
出典: 山口他、日本リモートセンシング学会誌、投稿中)

関東地方の  
XCO<sub>2</sub>分布のシミュレーション  
2023年3月26日午後1時  
約160 km四方、1km解像度  
午後1時の風向/風速(アメダス)  
・東京 北北西、2.2 m/s



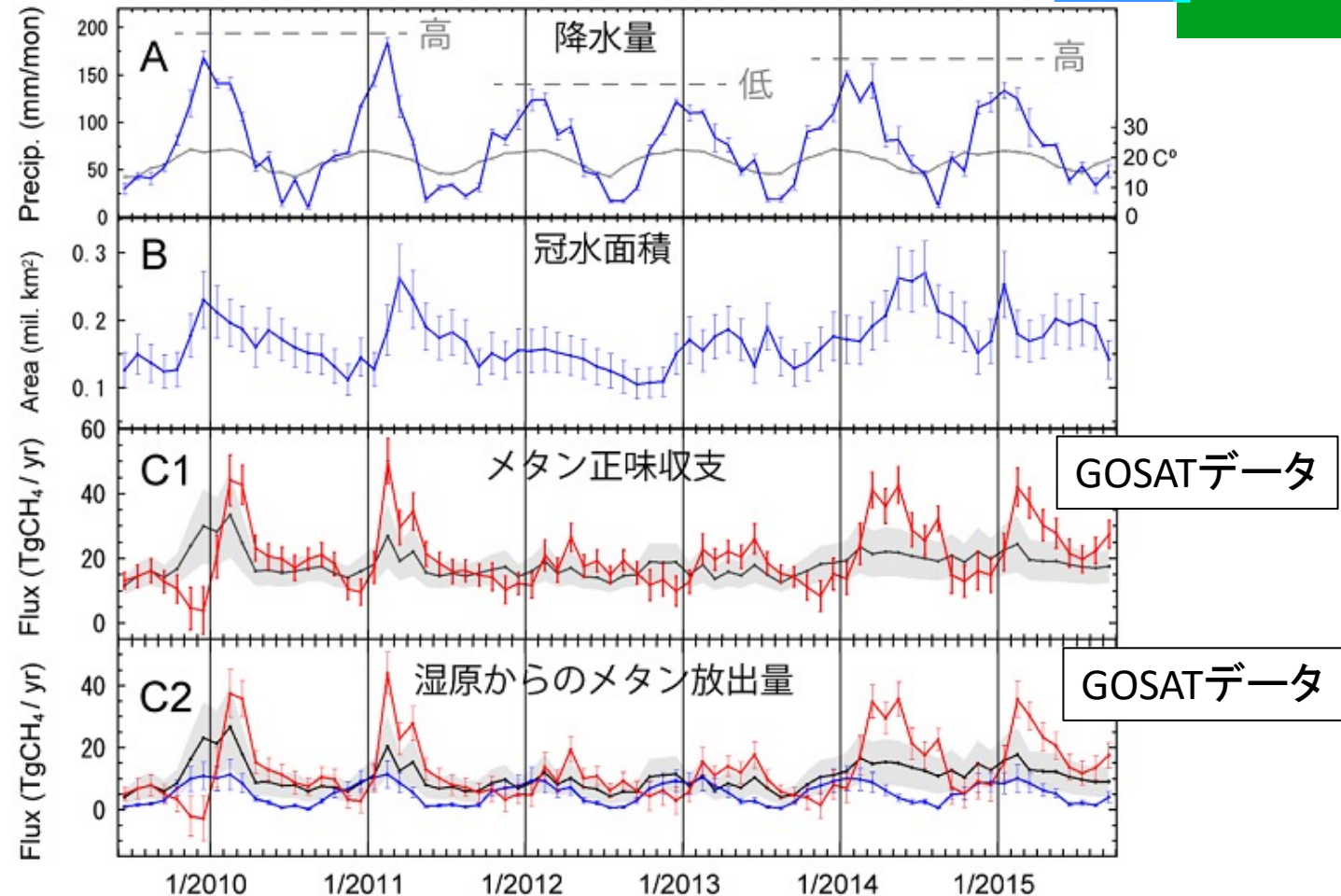
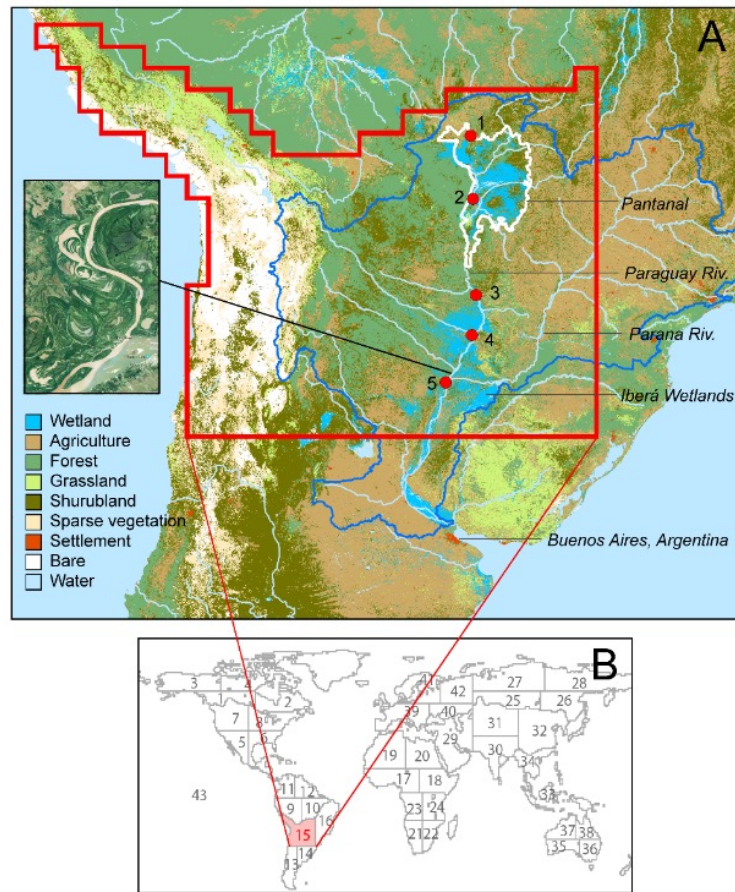
東京湾岸の発電所/製鉄所、  
埼玉県セメント工場、  
茨城県の発電所などから  
南に延びるCO<sub>2</sub>プルームがある。



TANSO-3(精密モード)は、  
90 km四方の領域、  
最大90箇所程度を  
3日に1回観測できる。

# ④ AMSR3との連携への期待:

## 南米中部のメタン排出量と降水量等との関係(Takagi et al., SOLA, 2021)



- GOSATレベル4Aプロダクトを用いて、南米亜熱帯域の2009～2015年のメタン排出量を解析した。
- 湿地の多い同領域のメタン排出量は陸水貯留量、湿地面積、降水量などとの相関が高い。
- 南米亜熱帯域は将来の気候変動により降水量が変動する可能性がある。**TANSO-3とAMSR3による監視に期待。**

## まとめ

- ◆ GOSAT-GWに搭載される温室効果ガス観測センサ3型(TANSO-3)は、以下の3項目の実施により、気候変動問題の解決に貢献します。
  - ✓ 二酸化炭素の全大気月別平均濃度の監視
  - ✓ 国別人為起源温室効果ガス排出量の検証
  - ✓ 温室効果ガスの大規模排出源(都市圏、発電所、永久凍土など)のモニタリング
- ◆ さらにAMSR3との連携により炭素循環と水循環の関係の科学的理解も深めます。
- ◆ どうぞご期待下さい！