

資料83-3

科学技術・学術審議会  
研究計画・評価分科会  
宇宙開発利用部会  
(第83回 2024.2.26)

# 温室効果ガス観測技術衛星2号 (GOSAT-2) プロジェクト終了審査の結果について

令和6年2月26日  
宇宙開発利用部会

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

寺田 弘慈

久世 暁彦

# 目次

1. はじめに
  - 1.1 事後評価と本資料の位置づけ
  - 1.2 JAXA内審査会の実績
2. 全体概要
  - 2.1 GOSAT-2ミッション
  - 2.2 体制と作業分担
  - 2.3 スケジュール
3. アウトカム目標の達成状況
4. プロジェクト目標の達成状況
5. 後期利用運用段階の観測
6. プロジェクト終了審査結果
7. 本報告のまとめ

## 1. はじめに

### 1.1 事後評価と本資料の位置づけ

#### 【経緯】

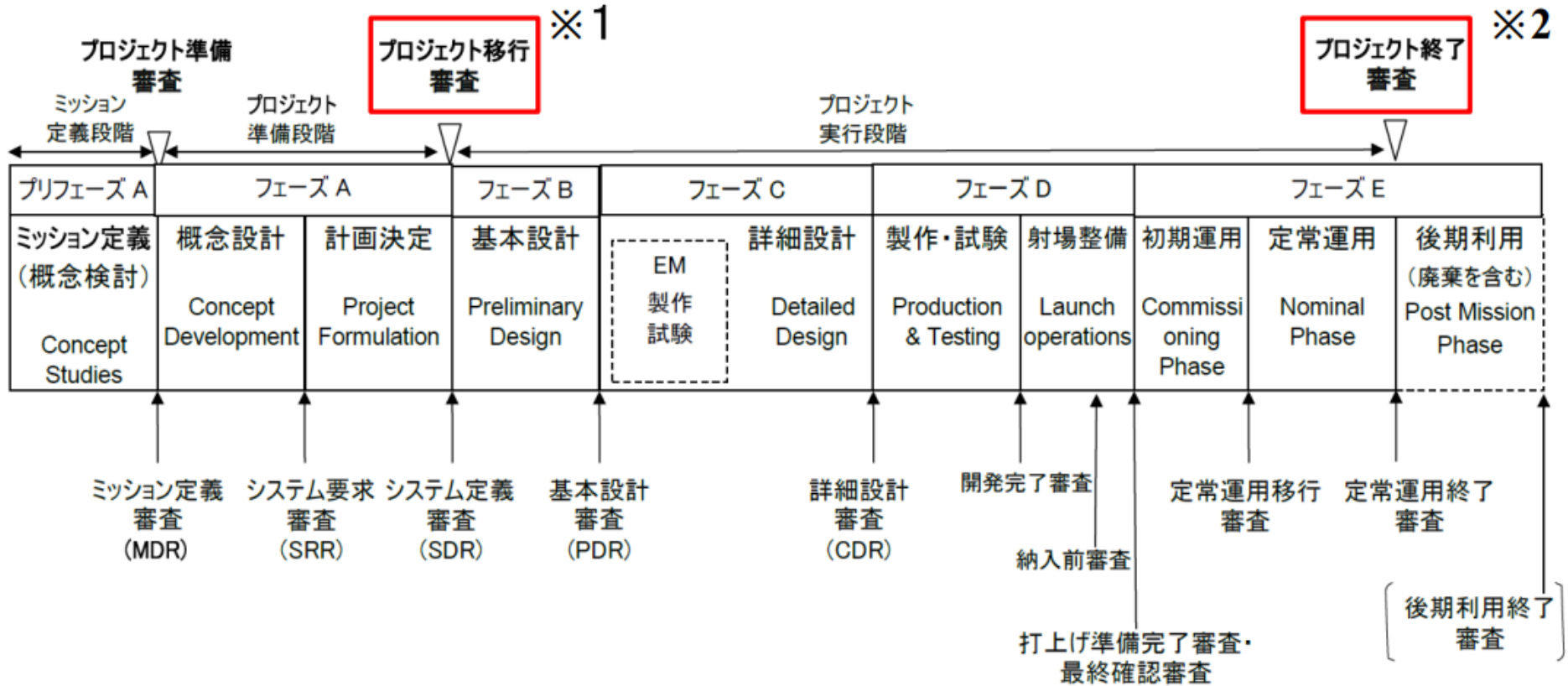
- ・温室効果ガス観測技術衛星2号「いぶき2号」(GOSAT-2)は2018年10月29日に打ち上げ、2023年10月29日に設計寿命である5年間の定常運用を達成し、その後順調に観測を継続している。
- ・サクセスクリテリア及びアウトカム目標の達成状況により、GOSAT-2プロジェクトの終了について2024年1月16日のJAXA理事会議において了承された。

#### 【本資料の報告内容と位置づけ】

- ・本資料では、「宇宙開発利用部会における研究開発課題等の評価の進め方について」(令和5年(2023年)4月28日宇宙開発利用部会決定)を踏まえた事後評価を受けるため、JAXA自らが評価実施主体となって実施したGOSAT-2の評価結果を報告するものである。
- ・なお、GOSAT-2の目的、目標、開発方針、開発計画については、平成26年(2014年)7月23日に第16回宇宙開利用部会による事前評価を受けた。

1. はじめに

1.2 JAXA内審査会の実績



※1 GOSAT-2プロジェクト移行審査会は、2014年3月11日に開催された。この結果として、衛星開発等がプロジェクト移行した。

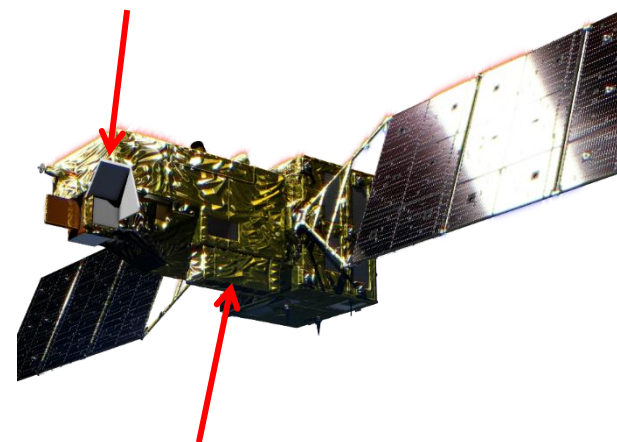
※2 GOSAT-2プロジェクト終了審査会は、定常運用(設計寿命5年)の結果を確認する定常運用終了審査会を受けて、2023年12月26日に開催された。

## 2. 全体概要

### 2.1 GOSAT-2ミッション

項目		GOSAT-2
ミッション機器		温室効果ガス観測センサ2型 (TANSO-FTS-2) 雲・エアロソルセンサ2型 (TANSO-CAI-2)
観測対象		CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , CO
衛星	寸法	5.3 m(X) × 2.0 m(Y) × 2.1 m(Z)
	質量	1,800 kg以下
	発生電力(EOL)	5,000 W
	設計寿命	5年 ※ 但し推奨量はタンク容量上限まで搭載する
運用軌道	軌道種別	太陽同期準回帰軌道
	軌道高度	613 km
	降交点通過地方太陽時	13時00分±15分
	回帰日数	6日(回帰周回数は89周回)
打上げ	時期	平成30年 10月29日
	ロケット	H-IIAロケット 40号

温室効果ガス観測センサ2型  
(TANSO-FTS-2)



雲・エアロソルセンサ2型  
(TANSO-CAI-2)

**GOSAT-2 軌道上外観図**

#### ■ GOSAT-2の目的

主たる温室効果ガスの濃度分布、吸収排出量のより高い精度での算出・推定を行い、以下の寄与により環境行政に貢献する。

- ・気候変動予測精度の向上への寄与
- ・地球システムの変化の早期検出への寄与
- ・人為的な温室効果ガス排出の削減状況や自然吸収源の変動状況の把握への寄与
- ・大気汚染監視に関する政策への寄与

また、これまでの地球観測技術を継承・発展させ、将来の地球観測衛星に必要な技術開発を行う。

#### ■ プロジェクト総開発費は399億円であり、計画通り進行した。

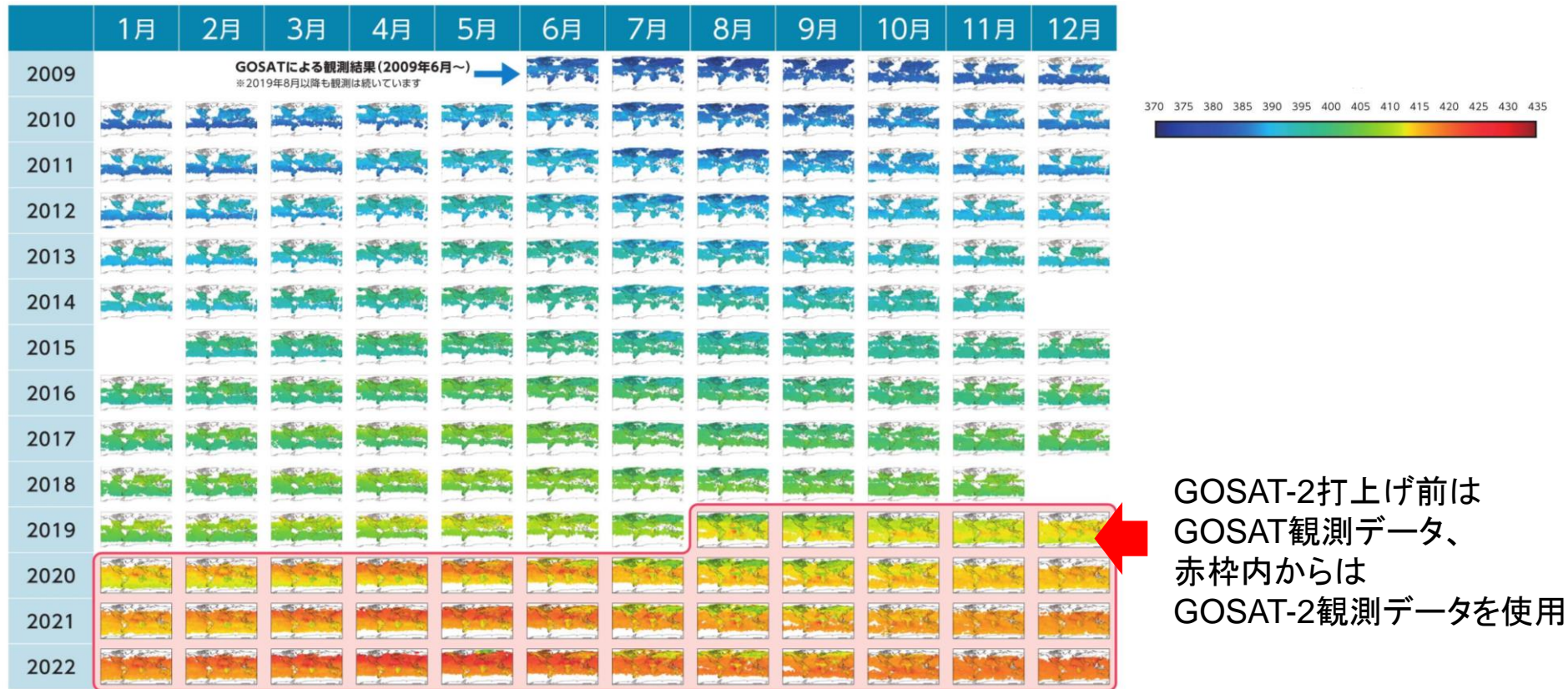
(プロジェクト移行時は404億円だったがKhalifaSatとの相乗り打上げとされたことにより打上費が5億円減(打上費104億円)となり、総額399億円とした。)



## 2. 全体概要

### 2.1 GOSAT-2ミッション

■ TANSO-FTS-2 SWIR L2プロダクトから空間補間により求めた月別全球CO<sub>2</sub>濃度マップ  
※GOSAT・GOSAT-2間のバイアスは未補正。



世界最高分光分解能を有する衛星搭載分光計で観測した温室効果ガスデータが、国際的な基準としての役割を継続できるよう、長期に校正・検証を実施する。

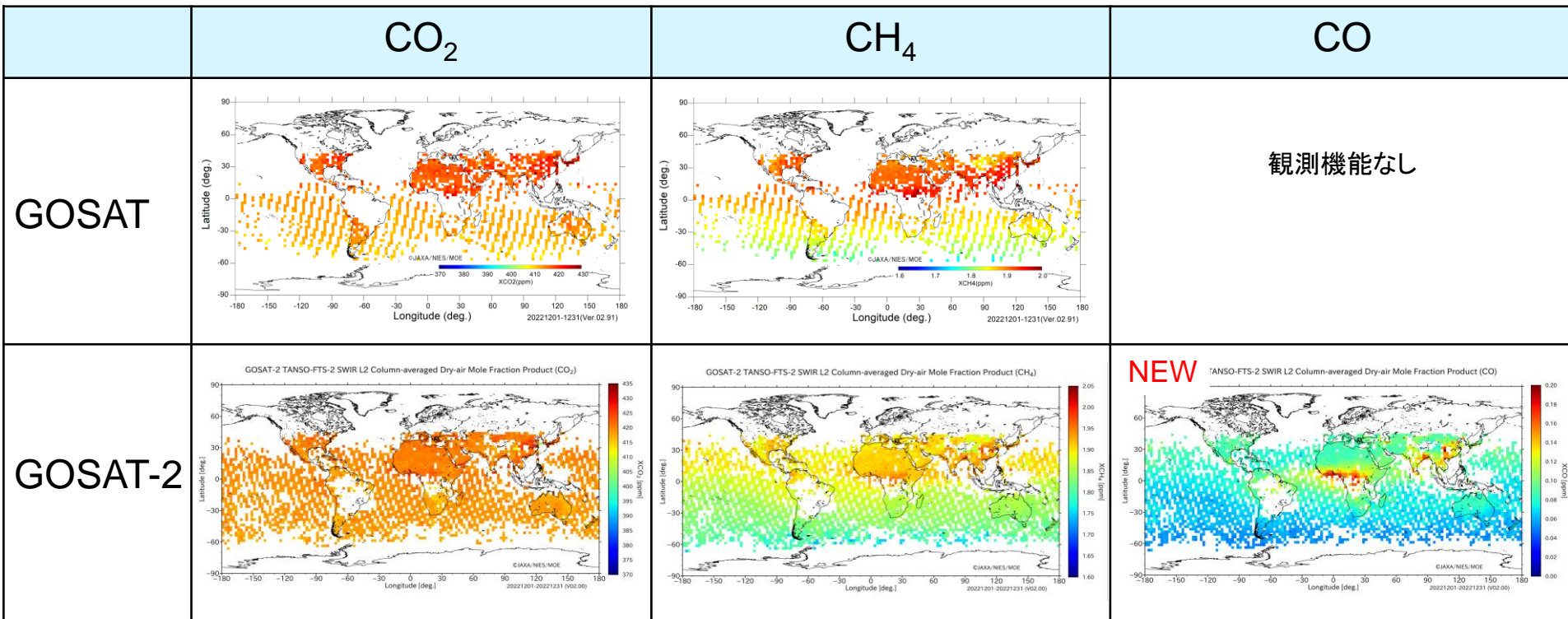
2. 全体概要

2.1 GOSAT-2ミッション

**GOSAT-2の性能向上:**

- ・海洋域の温室効果ガス観測域の緯度帯の拡大
- ・全球観測点数の向上
- ・新たにCO観測機能を追加 (COは燃焼起源となる)

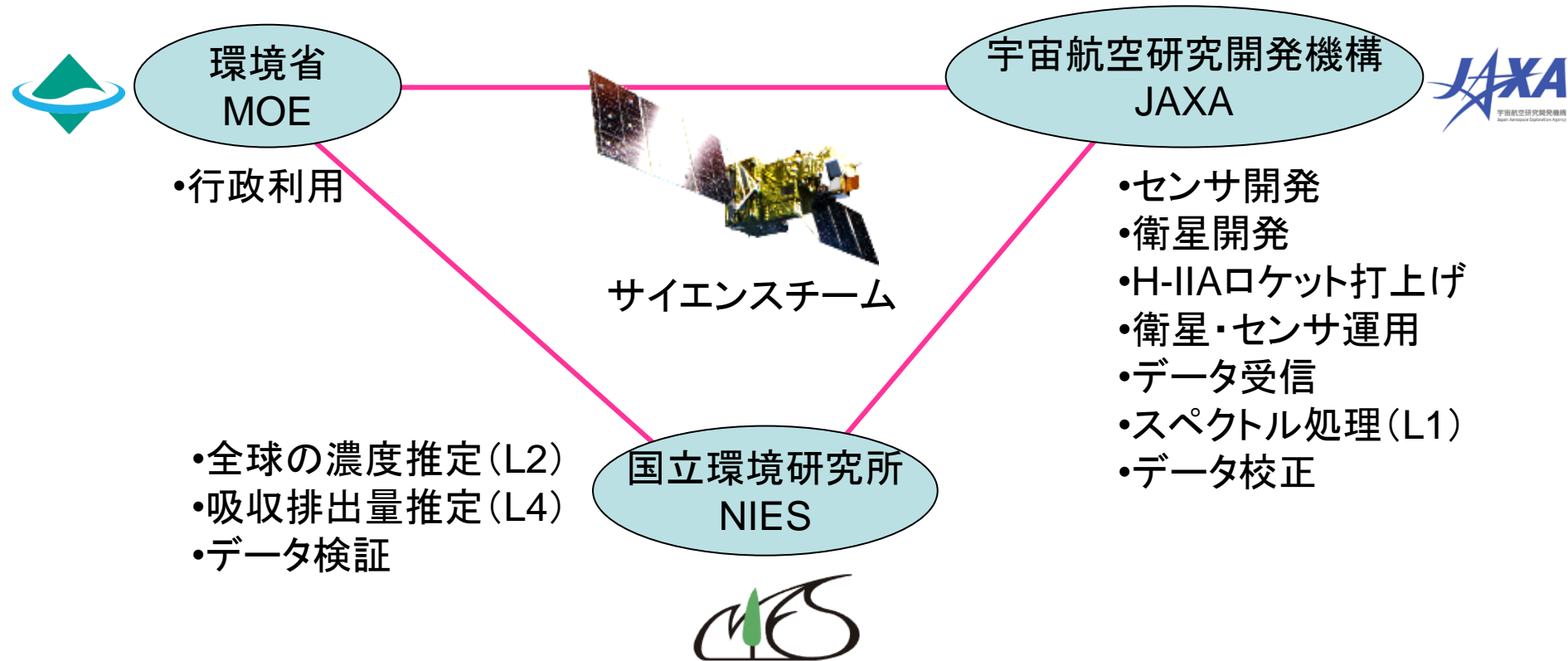
これらにより燃焼による温室効果ガスの排出や海洋による吸収等の定量的評価の精度が向上した。



## 2. 全体概要

### 2.2 体制と作業分担

GOSATシリーズ衛星は、環境省、国立環境研究所、宇宙航空研究開発機構の三者による共同ミッション





## 2. 全体概要

### 2.3 スケジュール

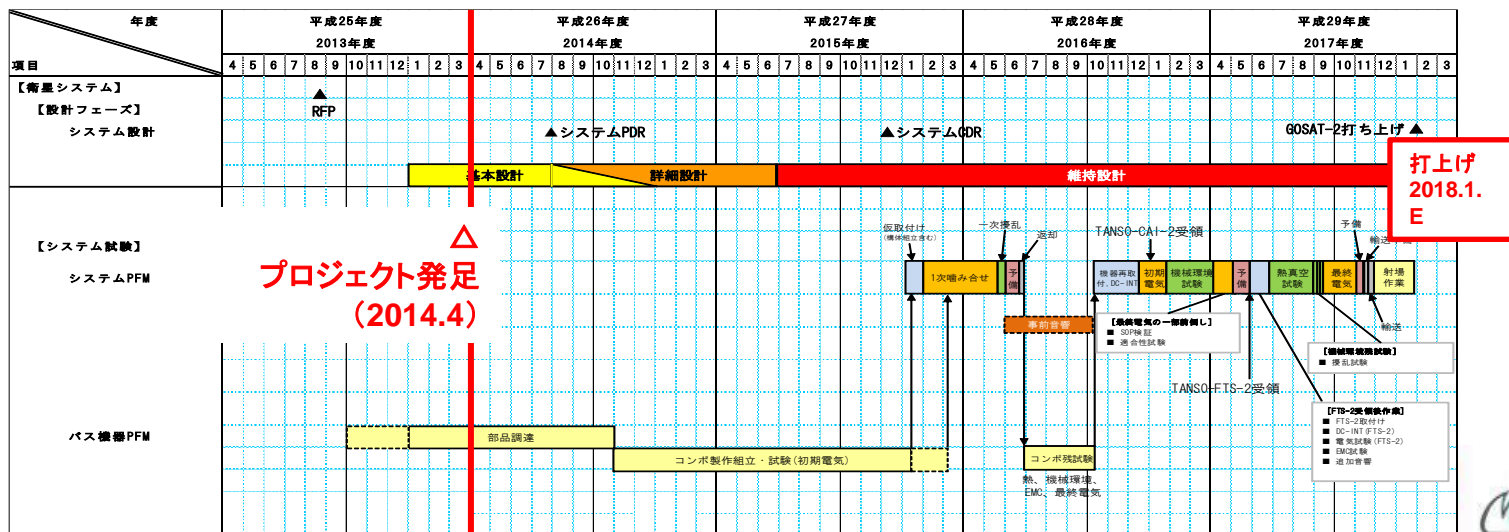
タイトな開発スケジュールであったが、試験工程・試験内容の工夫や体制の強化等により、再設定後の打上げスケジュールをキープすることができた。開発スケジュールに関する経緯を総括すると以下の通り。

(1) プロジェクト発足時(2014年4月)に打上げ2018年1月末として開発スタート(当初の開発期間は3年10ヶ月)。

- ▶ センサ(FTS-2)のシステム引渡し時期は打上げ8ヶ月前という非常に厳しいスケジュールでプロジェクトがスタート。

(2) 総括PDR時点(2015年1月)、総括CDR時点(2016年1月) で、打上げ時期、センサ(FTS-2)引渡し時は上記のまま。

- ▶ センサ(FTS-2)引渡しが前倒しとならないことを踏まえ、打上げスケジュールを成立させる試験工程・試験内容・日程の詳細化とリスク評価を行い、下図の開発計画とした。



### 3. アウトカム目標の達成状況

GOSAT-2のアウトカムである環境行政への利用例は以下の通りである。詳細は次頁以降に記載する。

- IPCC(気候変動に関する政府間パネル)への貢献
  - 「2019年方法論報告書」にGOSATの活用例が記載されるとともに、GOSAT-2をはじめとする衛星による世界各国の排出量報告精度向上への期待が記されている。
  - 2023年にIPCC AR6統合報告書が採択された。AR6 WG1報告書の中で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。
- WMO(世界気象機関)/WDCGG(温室効果ガス世界資料センター)への貢献
  - GOSATデータがWMO/WDCGGへ提供が開始されるとともに、GOSAT-2データの提供も見込まれる。
- 途上国インベントリ報告書作成への貢献
  - モンゴル国を対象にGOSATシリーズによるCO<sub>2</sub>排出量推定技術の開発を実施し、良好な結果を得た。この成果に基づき、GOSATシリーズを利用して、中央アジア5カ国に本技術を展開している。

これらの貢献はプロジェクト目標として掲げていた「地球システムモデルの高度化を通して気候変動予測精度の向上」を達成したことによるものである。

### 3. アウトカム目標の達成状況

## IPCC(気候変動に関する政府間パネル)への貢献

### ■ IPCC第49回総会

- 2019年5月に京都市で開催されたIPCC第49回総会において「2019年方法論報告書」\*の概要章の採択と本編の受諾が行われた。

\*正式タイトル: 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

### ■ 2019年方法論報告書

- IPCCが作成する本ガイドラインは、パリ協定の透明性を支える重要なもの。パリ協定では、すべての国が、IPCCガイドラインに基づき排出量を算定することに合意。
- 最新の知見を踏まえた今回の報告書により、途上国を含むすべての国のパリ協定に基づく排出量算定・報告の改善・精度向上が期待される。

### ■ 報告書のポイント

- 各国の排出量の精度向上に衛星データを活用することが初めて記載された。
- その中でも10年以上に渡り全球規模で観測を続けている我が国の「GOSAT」の活用例が多く記載され、GOSATシリーズによる世界各国の排出量報告精度向上への期待が示されている。



#### 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines 6.10.2.5 Satellite

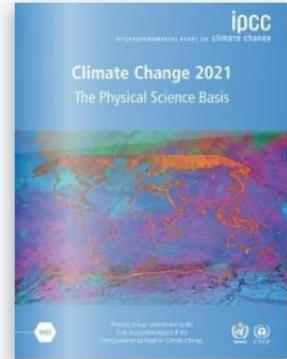
Local GHG concentration enhancements observed by the GOSAT satellite correlate well with transport model simulations, so that the anthropogenic emissions for large regions like the US or temperate Asia can be estimated by fitting model simulated enhancements to a large number of satellite observations. 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. アウトカム目標の達成状況

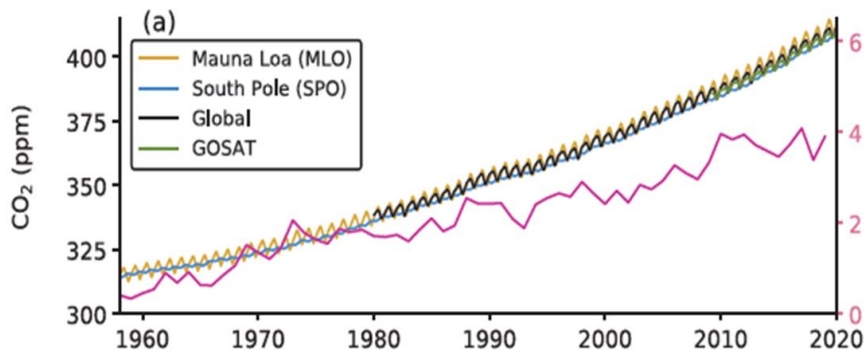
#### IPCC(気候変動に関する政府間パネル)への貢献

##### ■ 第6次評価報告書 (AR6)

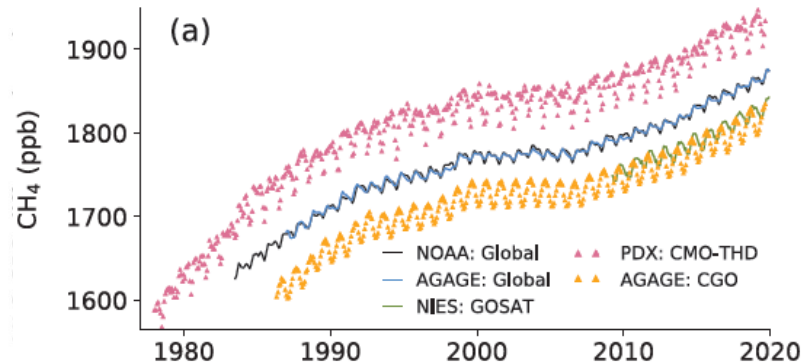
- 気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第58回総会が、**2023年3月**にスイス連邦で開催され、2014年の第5次評価報告書 (AR5) 統合報告書以来9年ぶりとなる、**AR6統合報告書が採択された**。
- AR6 Working Group I 報告書**には**GOSATシリーズデータ**が利用された**24本の論文**が引用され、全大気での温室効果ガスの濃度上昇、増加率変動を示す客観的な根拠の一つとしても用いられた。
- 今後、AR7に向けてCO<sub>2</sub>に加え、短寿命ガスやBC等のSLCFの温暖化寄与について取り組まれることが決定しており、**GOSATシリーズのさらなる活用**が見込まれる。



Atmospheric Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>)



Atmospheric methane (CH<sub>4</sub>)



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



### 3. アウトカム目標の達成状況

#### WMO(世界気象機関)/WDCGG(温室効果ガス世界資料センター)への貢献

■ WMOへのデータ提供

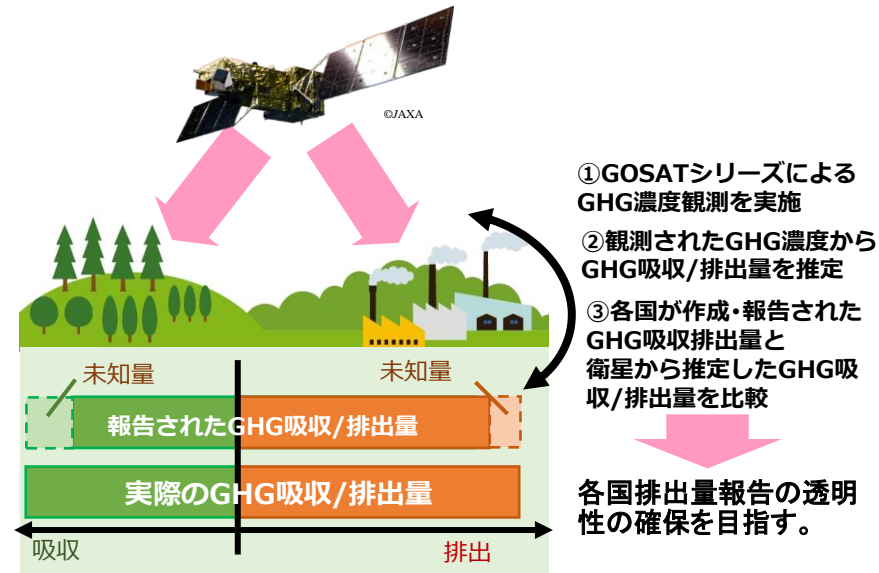
- GOSATによって観測した長期にわたるCO<sub>2</sub>データをWMO/WDCGGへ2019年から提供を開始した。今後、GOSAT-2データの提供も見込まれ、地球システムの科学的理解の向上を支える温室効果ガスモニタリングへの貢献が見込まれる。
- WMOを中心に検討されてきた「温室効果ガス監視イニシアチブ」のコンセプトが5月のWMO総会で承認され、Global Greenhouse Gas Watch (GGGW) として始動



### 3. アウトカム目標の達成状況

#### 途上国インベントリ報告書作成への貢献

- 各国の排出量報告の透明性の確保に向けた取り組み
    - 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シリーズによるCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>排出量の計上結果を掲載する予定である。
    - 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GOSAT-2を含めた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MOUを締結し、順次、専門家会合などを実施する。
- \*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、インド・ヒマラヤ地域やコーカサス地域でもGOSATシリーズのデータを用いた排出量推計技術の活用を促し、国際標準化を進める方針である。



GOSAT観測データを利用した排出量推計と排出インベントリとの比較の概念図



ウズベキスタンとの専門家会合の様子

### 3. アウトカム目標の達成状況

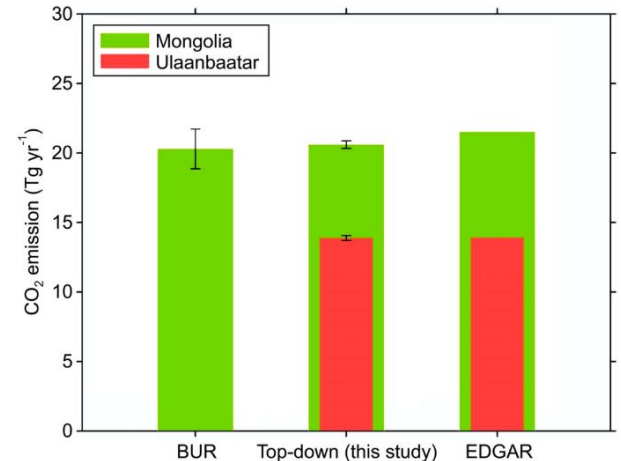
- 日本政府は、自国の温室効果ガス排出の透明性向上に意欲を持つ途上国に対し、**詳細な情報や地上観測・ゾンデ観測等により温室効果ガス排出量を把握して、GOSATシリーズのデータと比較する取組**を支援している。
- モンゴル国政府は、2023年11月に、自国のBUR2の中で、**GOSATシリーズによる排出量推定値と、自国の排出量推計とが素晴らしく一致(an excellent agreement)**する旨をUNFCCCに報告。
- 世界の温室効果ガス排出量の約70%と世界のエネルギー消費量の3分の2を占める**都市において排出量推計を推進**したり、特定の地域からのメタン排出量を観測・推計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

- GOSATシリーズ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シリーズ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。



モンゴル国及び首都ウランバートルからの、BUR（左）、GOSATシリーズ（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。）

#### 大都市におけるCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>排出量をGOSATシリーズ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シリーズ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（NO<sub>2</sub>）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



# 3. アウトカム目標の達成状況

## 第1回グローバルストックテイクへの情報提供

グローバル・ストックテイク: 各国のGHG排出量削減効果を継続監視することで、パリ協定のもとで5年毎に実施される世界全体の進捗評価を示す。第1回は2023年に実施された。

### - GOSAT and GOSAT-2 Standard Products and Related Data -

- 1) GOSAT and GOSAT-2 Level 2 CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> Column Concentration Standard Product
- 2) GOSAT and GOSAT-2 Level 4 CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> Net Flux Standard Product
- 3) GOSAT Whole-atmosphere Monthly and Annual Mean Concentrations of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>
- 4) Others

The screenshot shows the United Nations Climate Change website. The main content area displays a document titled "National Institute for Environmental Studies Japan: Submission of Information to the 1st Global Stocktake - GOSAT and GOSAT-2 Standard Products and Related Data". The document type is "Submissions to the Global Stocktake", the author is "National Institute for Environmental Studies (NIES) Japan", and the topic is "Global stocktake, Mitigation, Science and research". A link to the "English PDF 7.94 MB" is provided. The footer includes "THIS SITE" with links for Code of conduct, Terms of use, and Calendar disclaimer, along with social media icons and a "Fraud Alert" link.

The document cover page features the logo of the National Institute for Environmental Studies (NIES) and the date "February 28, 2022". The title is "Submission of Information to the 1st Global Stocktake - GOSAT and GOSAT-2 Standard Products and Related Data". The author is identified as the "Satellite Observation Center, Earth System Division, National Institute for Environmental Studies, Japan".

**1. Overview**




**Figure 1.** (Left) GOSAT launched in 2009 and (Right) GOSAT-2 launched in 2018. (Images: Courtesy of JAXA)

GOSAT (Greenhouse gases Observing SATellite) and GOSAT-2 are Japanese Earth observation satellites for greenhouse gas measurement from space and have been promoted by the Ministry of the Environment (MOE), the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) and the National Institute for Environmental Studies (NIES). NIES is responsible for the generation, validation, and distribution of higher level products such as concentrations and fluxes of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and methane (CH<sub>4</sub>). For the list of GOSAT and GOSAT-2 products, see "Greenhouse gases Observing SATellite (GOSAT) / Greenhouse gases Observing SATellite-2 (GOSAT-2) Data Policy". <https://www.nies.go.jp/soc/en/documents/datapolicy/>

NIES would like to provide the following GOSAT and GOSAT-2 Standard Products and related data sets to the 1st Global Stocktake under the Paris Agreement. These data can be used to grasp the

<https://unfccc.int/documents/461858>



# 4. プロジェクト目標の達成状況

	ミニマムサクセス		フルサクセス		エクストラサクセス	
(1) 濃度分布測定精度向上	(1)-① CO <sub>2</sub> 気柱平均濃度を1,000 kmメッシュ、1カ月平均相対精度4 ppm以下で算出できる。また、CH <sub>4</sub> 気柱平均濃度を、1,000 kmメッシュ/1ヶ月平均/相対精度34 ppb以下で算出できる。  【判断時期：打上げ1年半後】※実際の判断時期は打上げ後5年	達成	(1)-② 雲・エアロソルの影響のほとんど無い条件で、陸域500 km、海域2,000 kmメッシュ、1カ月平均でCO <sub>2</sub> およびCH <sub>4</sub> 気柱平均濃度をそれぞれ相対精度0.5 ppmおよび5 ppb以下で算出できる。  【判断時期：打上げ後3年】 ※実際の判断時期は打上げ後5年	達成	下記の何れかの成果が得られる。 (1)-③-(1) 雲・エアロソルの影響を補正し、SWIRでCO <sub>2</sub> 気柱平均濃度を、陸域500 kmメッシュ、1ヶ月平均で相対精度0.5 ppm以下で測定できる。 (1)-③-(2) 雲・エアロソルの影響を補正し、SWIRでCH <sub>4</sub> 気柱平均濃度を陸域500 kmメッシュ、1ヶ月平均で相対精度5 ppb以下で算出できる。 (1)-③-(3) TIRでCO <sub>2</sub> 高度分布を精度1%程度で算出できる。 (1)-③-(4) TIRでCH <sub>4</sub> 、H <sub>2</sub> O、気温、長波長放射、O <sub>3</sub> 等の物理量が測定できる。 【判断時期：ミッション期間終了時(打上げ後5年)】	達成 達成(見込みを含む)*1 達成(見込みを含む)*1 未達成*2 達成
(2) ネット吸収排出量精度向上	(2)-① 陸域において、約1,000 kmメッシュでのCO <sub>2</sub> ネット吸収排出量の年当たりの推定ができる。海域において、約4,000 kmメッシュでのCO <sub>2</sub> ネット吸収排出量の年当たりの推定ができる。  【判断時期打上げ2年後】	達成	(2)-②-(1) 陸域において、約1,000 kmメッシュの領域でのCO <sub>2</sub> 月別ネット吸収排出量が±0.2 GtC/領域/年 以上の領域において±100%の精度で推定できる。 (2)-②-(2) 海域において、約4,000 kmメッシュの領域でのCO <sub>2</sub> 月別ネット吸収排出量が±0.2 GtC/領域/年 以上の領域において±100%の精度で推定できる。 (2)-②-(3) 大都市域 <sup>1</sup> のCO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> の流入状況の把握ができる。 <sup>1</sup> 東京、名古屋、または大阪および同規模のアジアの大都市域1か所 【判断時期：打上げ後3年】 ※実際の判断時期は打上げ後5年	達成 達成 達成(見込みを含む)*1	下記の何れかの成果が得られる。 (2)-③-(1) 500 kmメッシュでCO <sub>2</sub> のネット吸収排出量の月別推定ができる。 (2)-③-(2) フルサクセス(2)以上の精度でCO <sub>2</sub> のネット吸収排出量の月別推定ができる。 (2)-③-(3) 世界の大都市域 <sup>2</sup> のCO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> の流入状況の把握ができる。 (2)-③-(4) REDD+の効果を定量的にGOSAT-2から導出したフラックスにより把握する。 <sup>2</sup> 東南アジアの大都市(目安人口100万人以上) 【判断時期：ミッション期間終了時(打上げ後5年)】	達成 達成 達成 達成(見込みを含む)*1 未達成*2

\* 1現時点で手法が確立しており追加のデータ処理で達成が見込めるもの、今後の方針について後述 \* 2今後の方針について後述

※達成状況の確認に必要な海外製部品の特性情報の入手に時間を要したこと、また新型コロナウイルスの流行の影響により、やむを得ず評価時期が当初予定の打上げ3年後から後倒しとなり、打上げ後5年の定常運用終了時点で評価指標を満たした。審査においてはそれら想定外および不可抗力の状況をリカバーしたことを前向きに評価し、未達成とはせず、達成とした。

# 4. プロジェクト目標の達成状況

	ミニマムサクセス		フルサクセス		エクストラサクセス	
(3) 観測対象物質の拡大	(3)-① 温室効果ガスとの相関があるCOの物理量が測定できる。  【判断時期: 打上げ1年半後】	達成	(3)-②-(1) 主要国のCO/CO <sub>2</sub> 比およびCO/CH <sub>4</sub> 比の特徴を明らかにする。 (3)-②-(2) 都市域、工場等並びに森林/泥炭火災などの大規模排出源からの排出量モニタについて、他方式との比較などにより、衛星観測の有効性を定量的に評価する。 (3)-②-(3) 有効地表面反射率7%以下の領域で550 nm, 1,600 nmにおけるエアロソルの光学的厚さおよびオングストローム指数をそれぞれ、精度0.1,0.3で測定し、微小粒子状物質および黒色炭素量をそれぞれ20 µg/m <sup>3</sup> , 10%の精度で算出する。 【判断時期: 打ち上げ後3年】 ※実際の判断時期は打上げ後5年	達成  達成  達成(見込みを含む)*1	下記の何れかの成果が得られる。  (3)-③-(1) 有効地表面反射率14%以下の領域で550 nm,1600 nmにおけるエアロソルの光学的厚さおよびオングストローム指数をそれぞれ、精度0.1,0.3で測定し、微小粒子状物質および黒色炭素量をそれぞれ20 µg/m <sup>3</sup> , 10%の精度で算出する。 (3)-③-(2) 都市域、工場等並びに森林/泥炭火災などの大規模排出源の排出量の測定を実施し、排出量抑制などに資する。 (3)-③-(3) 人為排出量把握について定量的に評価する。 【判断時期: ミッション期間終了時(打上げ後5年)】	達成  達成(見込みを含む)*1  達成  未達成*2
(4) 陸域生態系モデルの高度化					(4)-③ 陸域生態系モデルの高度化にGOSAT-2データが利用される。 【判断時期: ミッション期間終了時(打上げ後5年)】	達成
(5) 技術開発	(5)-① 基準輝度観測時、SWIRの1.6 µm, 2.0 µm帯で、S/N300以上で観測できる。 【判断時期: 打上げ後1年半】	達成	(5)-② 打ち上げ後5年間ミッション運用を継続し、観測データの取得・伝送を行う。また、4年目を以降も評価項目の(1)~(3)のフルサクセスに示す精度にてデータを提供する。 【判断時期: 打ち上げ後5年】 ※実際の判断時期は打上げ後5年	達成	(5)-③ GOSAT(NIES L2 v01.xx)に比べハードウェアおよびアルゴリズム併せて10倍以上の有効観測データ数が得られる。 【判断時期: 打ち上げ後5年】	未達成*2

\* 1現時点で手法が確立しており追加のデータ処理で達成が見込めるもの、今後の方針について後述 \* 2今後の方針について後述

※達成状況の確認に必要な海外製部品の特性情報の入手に時間を要したこと、また新型コロナウイルスの流行の影響により、やむを得ず評価時期が当初予定の打上げ3年後から後倒しとなり、打上げ後5年の定常運用終了時点で評価指標を満たした。審査においてはそれら想定外および不可抗力の状況をリカバーしたことを前向きに評価し、未達成とはせず、達成とした。

## 4. プロジェクト目標の達成状況

表中の\*の今後の方針概要について述べる。

### ■濃度分布測定精度向上について

(1)-③-(1)、(1)-③-(2) **継続【一般公開開始は最速で2024年12月を想定】**

エアロソル補正CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>濃度算出達成済。今後「光学的に薄い巻雲」の補正を追加することで達成見込み。

(1)-③-(3) **後期利用運用における活動の中で実施**

目標精度1%に対して現状で精度1-2%。クライテリア記載の目標を明確に達成することはセンサの特性上困難なため、本目標の達成にこだわらず今後も精度向上を試みる。

### ■ネット吸収排出量精度向上について

(2)-②-(3)、(2)-③-(3)、(2)-③-(4) **継続【2023年度末-2024年度上期を想定】**

CH<sub>4</sub>で大都市域の流出入状況の把握を達成済。CO<sub>2</sub>についても更なるモデル開発を継続することで達成見込み。

### ■観測対象物質の拡大について **継続**

(3)-②-(3)、(3)-③-(1) **【2024年度上期末-2024年末(12月)を想定】**

550 nm, 1,600 nmにおけるエアロソルの光学的厚さの精度は達成済。TANSO-CAI-2データ処理手法の更なる改良を継続して達成見込み。

(3)-③-(3) **【2024年度頭に確認を実施】**

COによりCO<sub>2</sub>人為排出量を定量的に評価することを継続

### ■技術開発について **後期利用運用における活動の中で実施**

(5)-③

現状4.7倍のデータ数を達成。「GST-230027 温室効果ガス観測技術衛星2号GOSAT-2定常終了審査報告書(GST-230027)」に記載の通り達成不可能な目標設定となっているが他項目との関連で今後もデータ精度とデータ数の改善を目指す。

## 5.後期利用運用段階の観測

### ■衛星停波・廃棄に係るコンポーネントの寿命管理状況

下記に示す通り、定常運用終了時点で寿命を迎える機器はなく、残寿命も十分確保されている。なお、後期利用運用移行後においても継続的に評価を行い、寿命管理、対応方針、手法の検討を行う。

#### ①SADM (太陽電池パドル回転駆動機構) 寿命評価結果

対象機器	有効寿命	地上実績	2023/8/31時点での軌道上実績	地上+軌道上	残り回転数	1年あたりの回転数	残寿命 [年]	予測寿命到達点
SADM1	53760	295	26208	26503	27257	5422	5.03	2028/9/9
SADM2	53760	201	26208	26409	27351	5422	5.04	2028/9/15

#### ②4Nスラスト推薬弁 寿命評価結果

4Nスラスト	性能保証範囲 [回]	2023/8/31までのパルス数 [回]	残パルス数 [回]	1年間の推定パルス数 [回] ※1	残寿命 [年]	予想寿命到達点
1A	397,232	14,109	383,123	3,000	128	-
2A	397,232	15,905	381,327	3,000	127	-
3A	397,232	3,792	393,440	3,000	131	-
4A	397,232	2,009	395,223	3,000	132	-
1B	397,232	6	397,226	0	-	-
2B	397,232	6	397,226	0	-	-
3B	397,232	6	397,226	0	-	-
4B	397,232	6	397,226	0	-	-

#### ③バッテリーセル 寿命評価結果

残寿命:5.6年

根拠:現在も継続しているALOS-2におけるバッテリーセル模擬試験の結果から予測を行った。ただし、5年間の実績値(0.01 V程の低下のみ)より、予想寿命を大きく上回る可能性は十分ある。



# 6.プロジェクト終了審査結果

## 温室効果ガス観測技術衛星2号(GOSAT-2)プロジェクト終了審査 判定結果

2023年12月26日

審査委員長 石井 康夫

プロジェクトマネジメント規程・実施要領に従って、プロジェクト終了の可否を判断するため、プロジェクト終了審査を実施した。

審査項目及び審査結果を以下に示す。

### 1. 審査項目

- (1) プロジェクト目標(成功基準含む)の達成状況
- (2) 社会的/政策的/国際的貢献状況を含む、アウトカム及びインパクト(波及効果)
- (3) 投入した経営資源(資金・人員)、実施体制、スケジュールの実績
- (4) 調達マネジメントの実施結果及び資産の引継先
- (5) レッスンズラウンドの取り込み状況
- (6) 機構横断的に継承すべき教訓・知見等が識別
- (7) 人材育成結果
- (8) 研究開発部門等によるプロジェクトへの貢献
- (9) プロジェクト終了後に移行する事業

### 2. 審査結果

上記の審査項目に沿って審査した結果、別紙に示す要処置事項を確実に処置することを条件に、プロジェクト終了は妥当と判断した。

GOSAT-2では、GOSATを超える高い観測精度でのデータ取得による成果創出を達成し、一部継続対応の項目があるもののフルサクセスを概ね達成し、技術開発を除くすべての項目でエクストラサクセスを実現したことを確認した。また、プロジェクト終了後に移行する後期利用運用段階の計画も明確に示されていることを確認した。

## 7. 本報告のまとめ

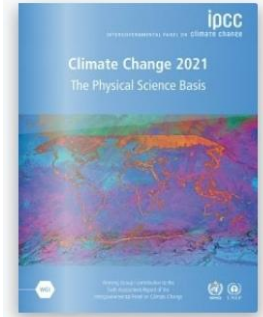
- 2018年10月29日に打ち上げた温室効果ガス観測技術衛星2号(GOSAT-2,いぶき2号)は、2023年10月29日に5年間の定常運用を達成した。
- GOSAT-2は環境省、国立環境研究所、JAXAの三者協定に基づく三者協力体制により3項アウトカム目標と、4項プロジェクト目標(一部見込み)に示す目標を達成した。今後の後期利用運用段階においても三者協定による協力体制を継続する。
- GOSAT-2は、現在も健全な状態で観測を続けている。寿命管理品目の評価としても後期利用運用段階の観測に問題はない。
- 今後の後期利用運用段階においても環境省、国立環境研究所、JAXAの三者協定による協力体制を継続し、これまでの成果を踏まえて更なるアウトカム創出を目指す予定である。

# 付録

## IPCC(気候変動に関する政府間パネル)への貢献

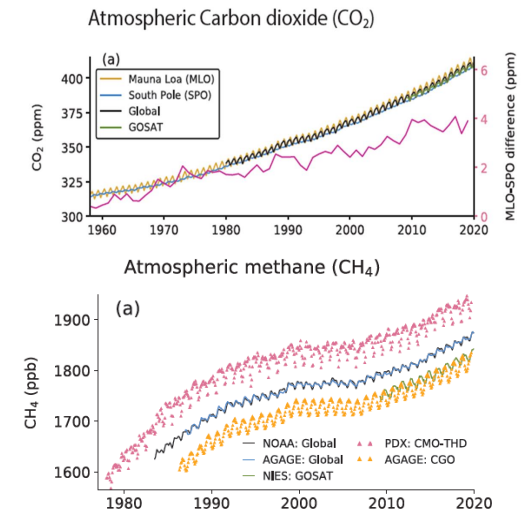
### ■ 第6次評価報告書 (AR6)

- 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**、**全大気での温室効果ガスの濃度上昇、増加率変動を示す客観的な根拠の一つとしても用いられた**。
- なお、同報告書にはOCOシリーズデータが利用された8本の論文が引用されている**。



AR6 WGI報告書でデータ利用が引用された論文	GOSATシリーズ	OCOシリーズ
1. プロジェクト論文	5	3
2. データが使われた論文	11	4
3. 上記を引用した総説的な論文	8	1
合計	24	8







- GOSATシリーズとして**長期間の温室効果ガス観測データを有し、CO<sub>2</sub>だけでなくCH<sub>4</sub>も同時に観測している強みが表れている**。
- 昨今、温室効果ガスの1つであるCH<sub>4</sub>濃度上昇が問題視され、その観測が有効となってきている。
- GOSATシリーズ(2009年～): 観測対象はCO<sub>2</sub>およびCH<sub>4</sub>
- OCOシリーズ(2014年～): 観測対象はCO<sub>2</sub>のみ



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



欧米、中国の同種センサとの比較

	GOSAT	GOSAT-2	GOSAT-GW	OCO-2	OCO-3	TANSAT	GOME-2	TROPOMI	MicroCARB
衛星外観									
打ち上げ年	2009	2018	2024年度	2014	2018	2016	2006	2017	2024以降
分光方式	FTS	FTS	Grating	Grating	Grating	Grating	Grating	Grating	Grating
設計寿命(年)	5	5	7	2(3)	3	3	5	7	5
CO <sub>2</sub>	○	○	○	○	○	○	-	-	○
CH <sub>4</sub>	○	○	○	-	-	-	-	○	○
CO	-	○	-	-	-	-	-	○	-
NO <sub>2</sub>	-	-	○	-	-	-	○	○	-
O <sub>3</sub>	○	○	-	-	-	-	○	○	-
植物光合成蛍光	○	○	○	○	○	○	○	○	-
UV	-	-	○	-	-	-	○	○	-
TIR	○	○	-	-	-	-	-	-	-
偏光	○	○	-	-	-	-	○	-	-
ポインティング	○	○	○	-	○	○	-	-	○
イメージング	-	-	○	○	○	○	○	○	○
観測幅(km)	930	930	930	10	10	20	1920 (960)	2600	6
画素サイズ(km)	φ10	φ10	<3x3 10x10	1.3 × 2.25	1.6x2.6 程度	2 x 2	40x80 (40x40)	7x7	5x6
全球観測に要する日数(日)	3	6	3	16	-	16	1.5	1	21
機関	MOE/JAXA/NIES	MOE/JAXA/NIES	MOE/NIES/(JAXA)	JPL	JPL	中国	ESA/EUMETSAT	SRON	CNES
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・S/Tを用いた低層CO<sub>2</sub>導出</li> <li>・偏光観測</li> <li>・局所集中観測</li> <li>・自在なサングリント/直下観測</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CO<sub>2</sub>/CO同時観測</li> <li>・同左</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CO<sub>2</sub>/NO<sub>2</sub>同時観測</li> <li>・2軸ポインティング</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・8画素イメージ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大都市に特化</li> <li>・ISS搭載 低緯度のみ</li> <li>・時間変動観測(観測時間が日々変化)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・A-Train</li> <li>・OCO-2と同等仕様でポインティング搭載</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>観測無</li> <li>・全球1.5日</li> <li>・面観測</li> <li>・偏光(補正にのみ利用)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CO<sub>2</sub>観測無</li> <li>・全球1日</li> <li>・面観測</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1.27 μm帯搭載</li> </ul>

# 途上国インベントリ報告書作成への貢献のプレスリリース (環境省・中央大学)

## 報道発表資料

ホーム > 報道・広報 > 報道発表一覧 > GOSATを活用して推計したCO2排出量とモンゴル政府報告値との一致を確認しました

🖨️ この記事を印刷

2023年11月17日 地球環境

GOSATを活用して推計したCO2排出量とモンゴル政府報告値との一致を確認しました

▶ To English

< 学校法人中央大学、モンゴル気象水文研究所及びモンゴル国自然環境・観光省同時発表 >

(1) 環境省の支援のもと、学校法人中央大学、モンゴル気象水文研究所、モンゴル国自然環境・観光省の研究チームは、温室効果ガス観測技術衛星「GOSAT（愛称：いぶき）」による観測データを活用して推計したCO2排出量が、モンゴルが2023年11月15日に国連気候変動枠組条約に提出した第二回隔年更新報告書（BUR2※）における報告値と高い精度で一致することを確認しました。

※モンゴル政府は、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い一致(an excellent agreement)する旨を記載。

(2) 衛星観測データを活用して推計したCO2排出量を国連気候変動枠組条約への排出量報告書へ掲載するのは、モンゴルが世界で初の事例となります。

(3) 研究や論文の詳細は、学校法人中央大学ウェブページを御参照ください。

<https://www.chuo-u.ac.jp/aboutus/communication/press/2023/11/68039/>

## GOSATを使用したコスト効率と科学的透明性の高いCO2排出量推定法の実証が国連報告書へ世界初掲載

2023年11月17日



БАЙГАЛЬ ОРЧИН,  
АЯЛАЛ ЖУУЛЧЛАЛЫН ЯАМ

学校法人中央大学、モンゴル気象水文研究所、モンゴル国自然環境・観光省 共同発表



Figure 1. ウランバートルの典型的な冬景色 (Source: Watanabe et al. (2023))

日本とモンゴルの研究者は、衛星を利用した観測から算出したCO2排出量推定値が実際のモンゴル国の報告値と高い精度で一致したことを『Scientific Reports』オンライン版で発表し、この衛星によるCO2排出量推定値を検証として組み込んだ世界初の報告事例となる『モンゴル国第二回隔年更新報告書<sup>注1)</sup> (BUR2)』が、2023年11月15日（日本時間）に国連気候変動枠組条約（UNFCCC）<sup>注2)</sup>へ提出されました。

各国は、気候変動の大きな要因となっている人間活動によるCO2排出量をUNFCCCに報告しています。排出量の計算手法は詳細な統計データに基づいていますが、国によってはデータや専門家がないことが問題になっていました。

この問題を解決するために、中央大学研究開発機構の渡邊正孝機構教授を中心とした中央大学、モンゴル気象水文環境情報研究所、モンゴル国自然環境・観光省の研究チームは、大気中温室効果ガスの衛星観測を利用したCO2排出量推計方法を開発しました。

CO2排出量は、大気輸送モデルや逆解析、社会経済的統計手法を統合したハイブリッドシステムで、温暖効果ガス観測技術衛星「GOSAT（愛称：いぶき）」<sup>注3)</sup>による観測データもインプットデータに用いています。

「我々は、モンゴルのエネルギー部門からのCO2排出量を正確に推定するために、従来の方法論とは異なる新しいハイブリッドシステムを開発しました。ハイブリッドシステムは、従来手法である統計データを用いたボトムアップ手法と、衛星観測データを用いたトップダウン手法の長点を生かしたCO2排出量を推定する新たなシステムです。この研究は、ハイブリッド手法で求めたモンゴルのCO2排出量と既存の手法による算定値を比較・検証することを目的とし、この新しい推計システムの有効性を実証するものです」と、渡邊機構教授は述べています。

また、「この方法は、GHGの時空間的の分布に関するGHG動態の全体像を把握し、発生源と除去源を示しています。モンゴルのように、地形が複雑で、温度逆転層のような温室効果ガス拡散に局地的な要因が発生しやすい国にとっては、この方法は不可欠です。本研究で紹介したGOSATデータのようなより洗練された手法であるリモートセンシング情報は、気候変動研究にとって費用対効果や透明性が高く、さらに人口が少なく人的資源に乏しいモンゴルで安定したGHGモニタリングシステムを確立するために不可欠なツールです」と、モンゴル前気候変動特使のバトジャルガル・ザンバ博士は述べています。

GOSATは、モンゴル・ウランバートル市を集中観測しており、研究チームはこの衛星観測データを利用しています。

ハイブリッドシステムによるモンゴルのエネルギー部門のCO2排出量推計値は、従来のモンゴル政府の報告値や温室効果ガス排出量データベースEDGAR (The Emissions Database for Global Atmospheric Research) と数パーセントの差異が見られただけでした (Figure 2)。ハイブリッドシステムと報告値からの推定がほぼ一致しているという結果は、ハイブリッドシステムの有効性を実証していると同時に、BUR2が科学的根拠に基づいた透明性や質の高いレポートであることを示唆しています。

注1) 隔年更新報告書: 非付属国がUNFCCCに提出する報告書です。自国のGHGの排出状況や、それに関する取り組みなどをまとめたものです。

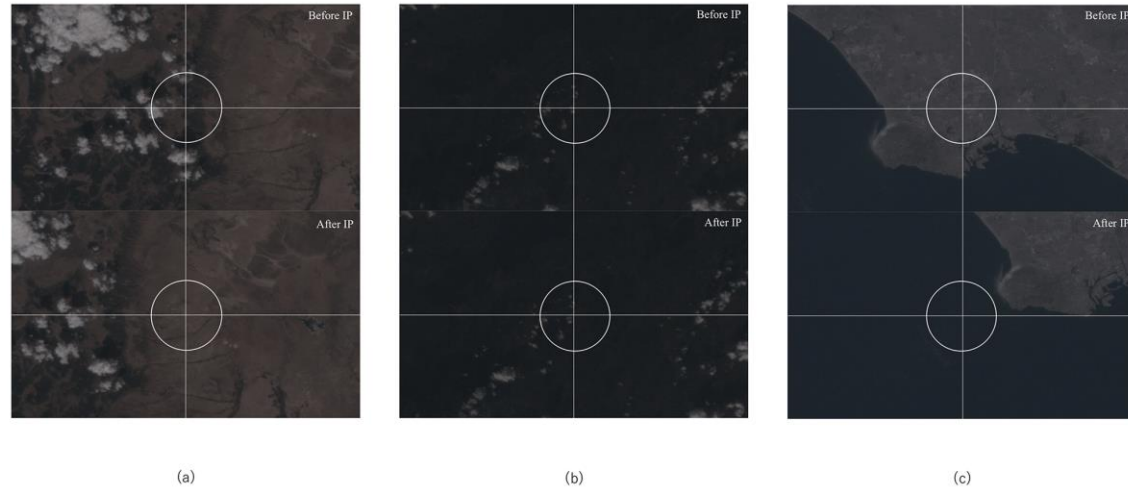
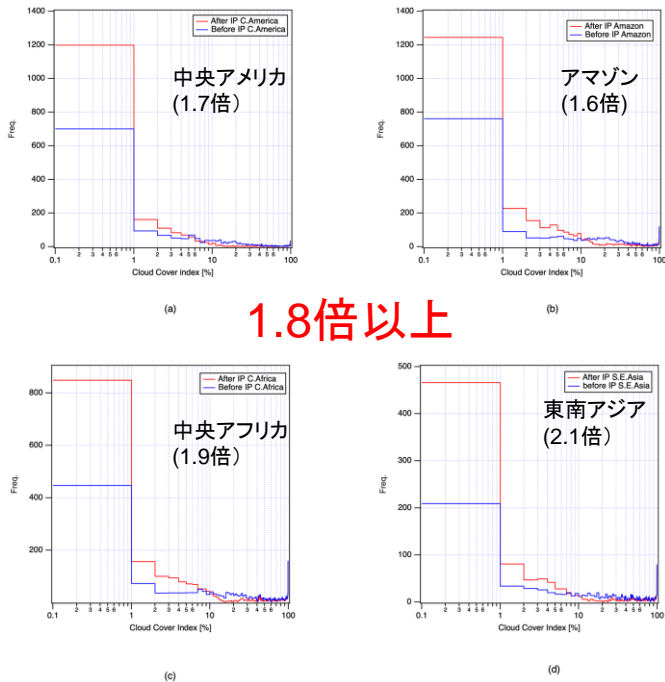
注2) 国連気候変動枠組条約 (UNFCCC): 国際的な気候変動対策を進めるための枠組みとして1992年に国連で採択された条約です。この枠組みの下で、各国は気候変動対策を進めるための取り組みを行っています。

注3) GOSAT (いぶき): 環境省・国立環境研究所・JAXAが開発した地球観測衛星です。大気中の二酸化炭素やメタンなどの濃度を観測することができます。

<https://www.chuo-u.ac.jp/aboutus/communication/press/2023/11/68039/>

# GOSAT-2の成果例

GOSAT-2で導入されたインテリジェントポイントング(IP)機構により解析可能データは大幅に増加



IPが成功または失敗したときの典型的な画像例 (上: IP無、下: IP有)。(a)成功例、雲を避けることが出来た。(b)暗いため、IP有りでも雲が残った例、(c)明るい都市から暗い海洋に移った例である。

IP導入前後の雲被覆率インデックスの変化(青: IP無、赤: IP有)

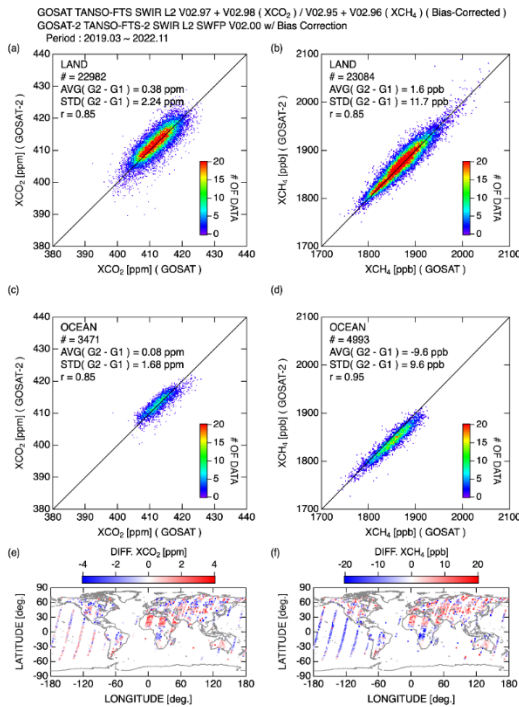
Suto, H., Kataoka, F., Kikuchi, N., Knuteson, R. O., Butz, A., Haun, M., Buijs, H., Shiomi, K., Imai, H., and Kuze, A.: Thermal and near-infrared sensor for carbon observation Fourier transform spectrometer-2 (TANSO-FTS-2) on the Greenhouse gases Observing SATellite-2 (GOSAT-2) during its first year in orbit, *Atmos. Meas. Tech.*, 14, 2013–2039, <https://doi.org/10.5194/amt-14-2013-2021>, 2021.

(被引用数: 47) (5-year IF 4.1)

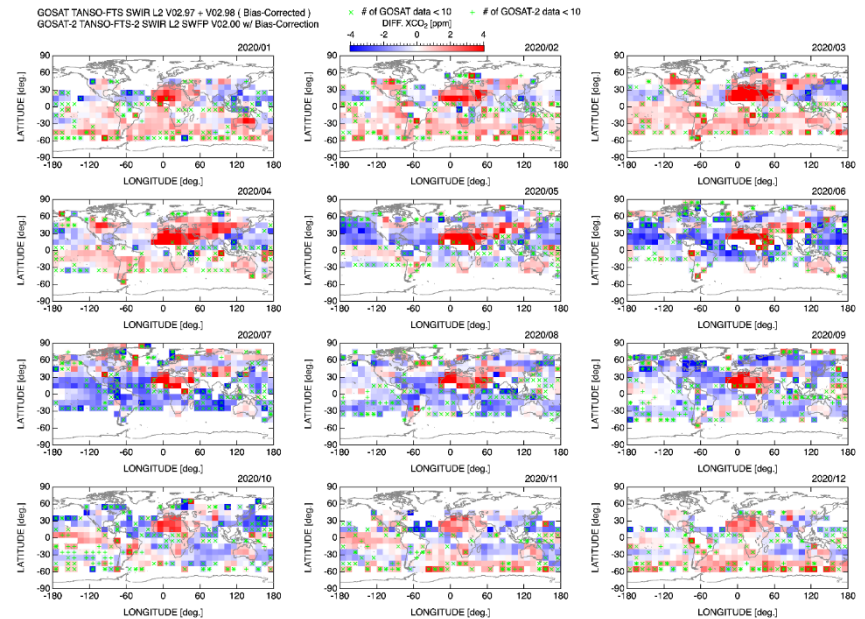


# GOSAT-2の成果例

## 「いぶき」(GOSAT)と「いぶき2号」(GOSAT-2)の温室効果ガス濃度の整合性: 1%で一致



GOSATとGOSAT-2の同期観測データの比較。(a)陸域のCO<sub>2</sub>濃度、(b)陸域のCH<sub>4</sub>濃度、(c)海域のCO<sub>2</sub>濃度、(d)海域のCH<sub>4</sub>濃度の二次元頻度分布。同期観測地点を(e)CO<sub>2</sub>濃度、(f)CH<sub>4</sub>濃度の衛星間の濃度差で色付けたマップ。#はデータ数、AVG, STDはそれぞれ平均・標準偏差、rは相関係数、G1, G2はそれぞれGOSAT, GOSAT-2を表す。



GOSATとGOSAT-2の緯度10° x経度10° の領域内月別平均CO<sub>2</sub>濃度の差。2020年の例。図中のxと+はそれぞれGOSATとGOSAT-2の平均濃度の計算に用いた衛星データが10個未満であったことを示す(両衛星データが10個未満の場合はxと+が重なっている)。

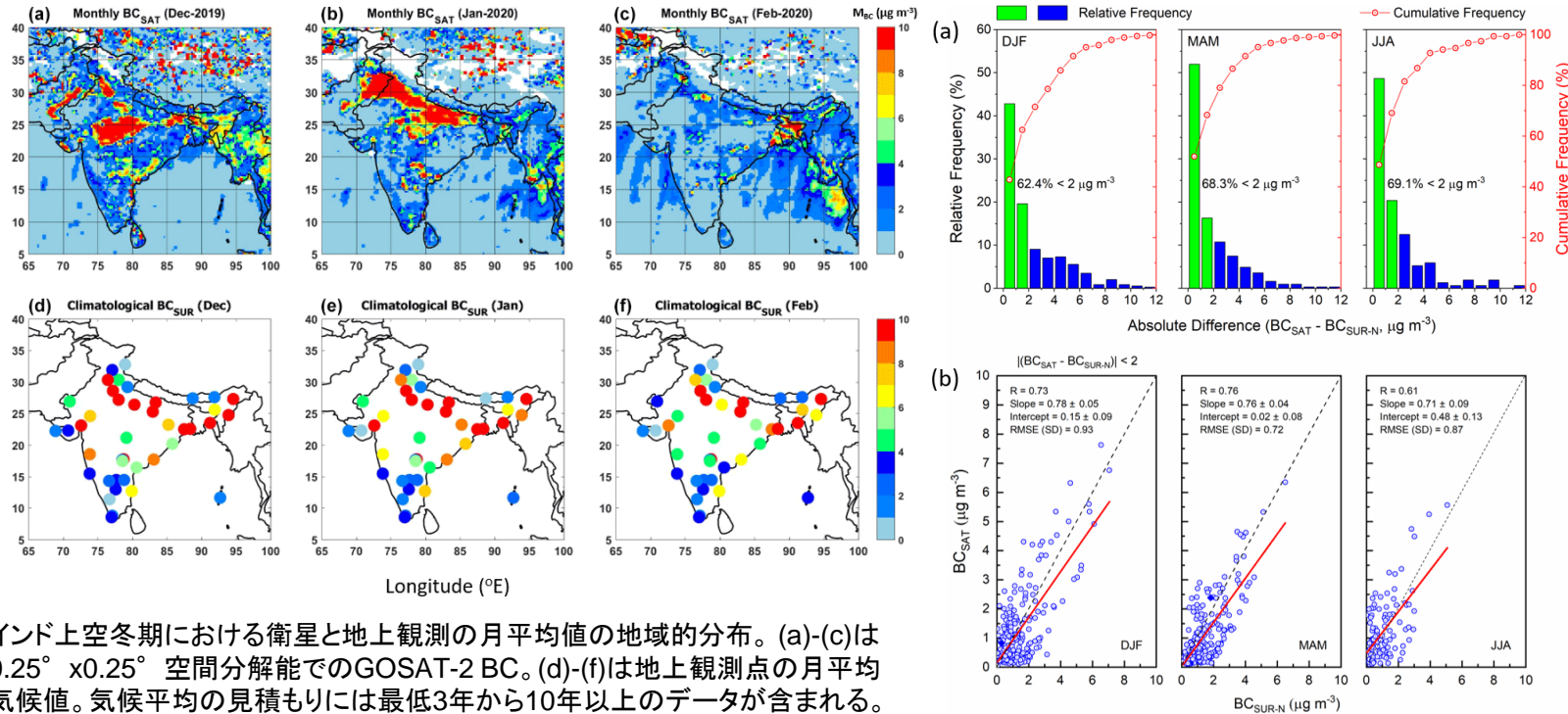
Yoshida Y., Someya Y., Ohyama H., Morino I., Matsunaga T., Deutscher N.M., Griffith D.W.T., Hase F., Iraci L.T., Kivi R., Notholt J., Pollard D.F., Té Y., Velazco V.A., Wunch D.: Quality Evaluation of the Column-Averaged Dry Air Mole Fractions of Carbon Dioxide and Methane Observed by GOSAT and GOSAT-2, SOLA, 19, 173-184, <https://doi.org/10.2151/sola.2023-023>, 2023.

(被引用数: 0) (5-year IF 1.9)



# GOSAT-2の成果例

インドにおけるGOSAT-2 TANSO-CAI-2 BC と地上観測BCとの比較: GOSAT-2は地域的季節的な特徴をよく表現している。



(a) 地上観測地点を中心に $1^\circ \times 1^\circ$ を平均した衛星BCと、境界層高度で規格化した地上BCの絶対値差の頻度(%表示)。3期間とも絶対値差 $2 \mu g m^{-3}$ 以下が60%以上。(b) その時の相関図。赤実線は線形fit。点線。灰色の破線は、一対一を示す。

インド上空冬期における衛星と地上観測の月平均値の地域的分布。(a)-(c)は $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 空間分解能でのGOSAT-2 BC。(d)-(f)は地上観測点の月平均気候値。気候平均の見積もりには最低3年から10年以上のデータが含まれる。

Gogoi, M. M., Babu, S. S., Imasu, R., and Hashimoto, M.: Satellite (GOSAT-2 CAI-2) retrieval and surface (ARFINET) observations of aerosol black carbon over India, *Atmos. Chem. Phys.*, 23, 8059–8079, <https://doi.org/10.5194/acp-23-8059-2023>, 2023.

(被引用数: 1) (5-year IF 6.7)