

温室効果ガス観測技術衛星GOSATシリーズの地球温暖化防止への貢献

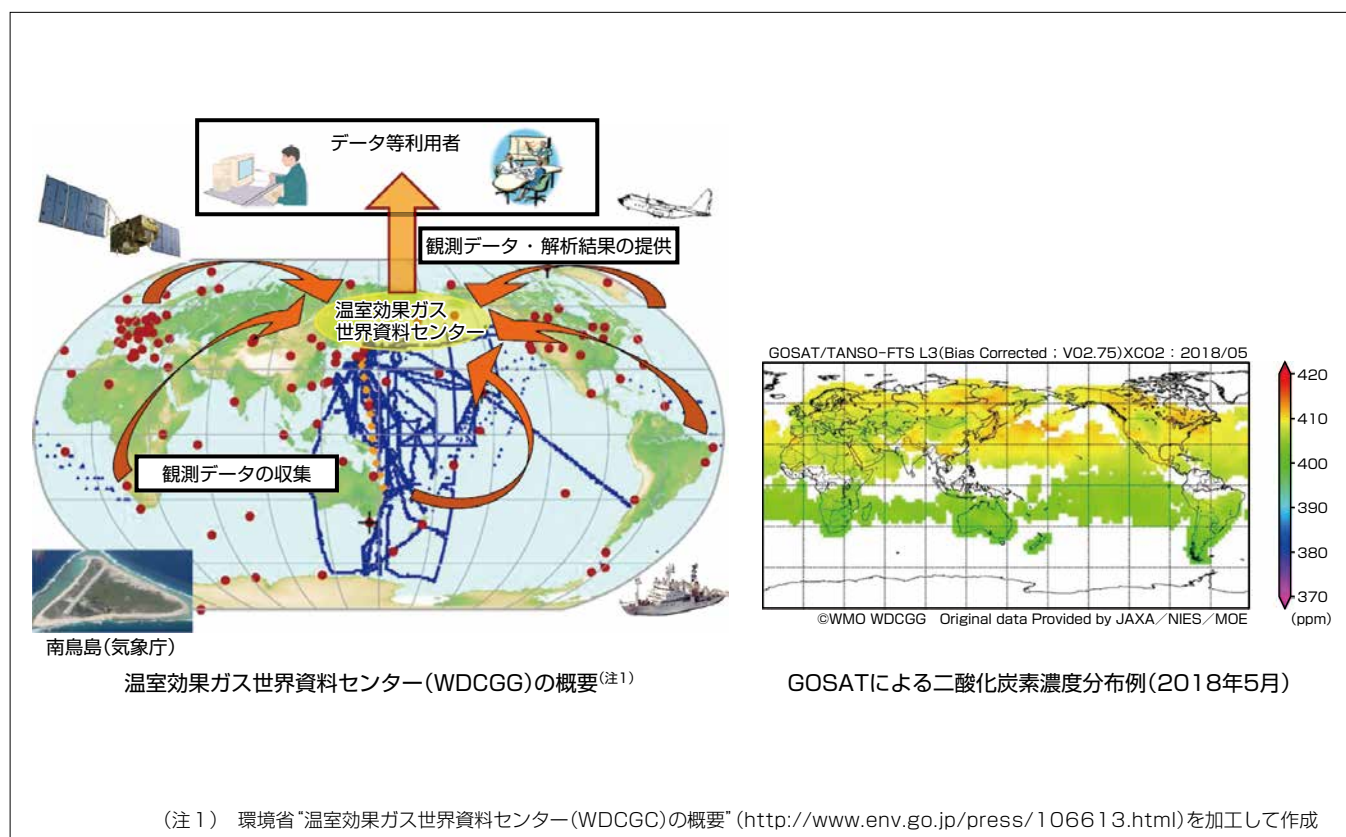
上野信一*
Shinichi Ueno

Contribution of Greenhouse Gases Observation Satellites to Prevention of Global Warming

要 旨

三菱電機は、地球観測衛星による社会への貢献を宇宙開発の重要な柱と位置付け、海洋観測衛星(MOS-1)搭載マイクロ波放射計(MSR)の開発を端緒として、数々の地球観測衛星システム、及び搭載センサ開発に参画してきた。これらの一環として、環境省(MOE)、国立研究開発法人国立環境研究所(NIES)、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)の3機関による共同プロジェクトとして、主要な温室効果ガスである二酸化炭素とメタンの濃度を宇宙から観測することを主目的にした世界初の温室効

果ガス観測技術衛星“いぶき”(Greenhouse gases Observing SATellite : GOSAT)及び温室効果ガス観測技術衛星2号“いぶき2号(GOSAT-2)”の開発・製造を担当した。GOSATとGOSAT-2から得られた観測データを解析することによって、二酸化炭素とメタンの全球にわたっての分布や、これらの温室効果ガスが地球上のどの地域で排出され、吸収されているかといった収支について、地理的分布とその季節変動、年々変動を知ることができる。



温室効果ガス世界資料センター(WDCGG)の概要

温室効果ガス世界資料センター(World Data Centre for Greenhouse Gases : WDCGG)の概要とGOSATによる二酸化炭素濃度分布例(2018年5月)を示す。WDCGGは、全世界から報告される二酸化炭素やメタン等の各種温室効果ガス観測データを収集・提供している世界で唯一の国際的な機関である。従来の地上、船舶、航空機による高精度な“点”のデータに加え、GOSATとGOSAT-2による“面”のデータを組み合わせて使うことによって、地球全体の二酸化炭素濃度分布の長期的な監視や地域ごとの排出・吸収の収支把握などへの利活用拡大が期待されている。

1. ま え が き

我々の住む地球はそれぞれの地域の気候を背景に形作られている。また、日本は四季に恵まれ風光明媚(めいび)な土地になっている。その気候が今、地球規模で、我々が経験したことのないものになりつつある。

現在の地球はデータが確認できる過去1,400年で最も暖かくなっている。この地球規模での気温や海水温の上昇、氷河や氷床が縮小する現象、すなわち地球温暖化は、平均気温の上昇にとどまらず、夏の異常高温(熱波)や大雨・干ばつの増加などの様々な気候の変化を引き起こしている。その影響は、早い春の訪れや海温上昇などによる生物活動の変化や、水資源や農作物への影響など、自然生態系や人間社会に既に現れ始めている。将来、地球全体の気温は更に上昇すると予想され、水、生態系、食糧、沿岸域、健康などでより深刻な影響が生じると考えられている。

これらの地球温暖化に伴う気候の変化がもたらす自然・社会・経済的影響に対して、世界各国との協力体制を構築し、解決策を見いだしていかなければならない。このため、国際社会は温室効果ガスの排出量を削減する方向に動き始め、気候変動枠組条約の下で、1997年の京都議定書で先進国の削減目標が合意され、2005年2月に発効になっている。世界各国が温室効果ガス排出量の削減対策を進めるには、将来の気候変動とその影響の正確な予測に基づく合理的な削減目標を設定すると同時に、国別の排出量を正しく測定し、各種施策の排出量削減効果を評価することが重要である。

当社はこれまでも、地球観測衛星による社会への貢献を

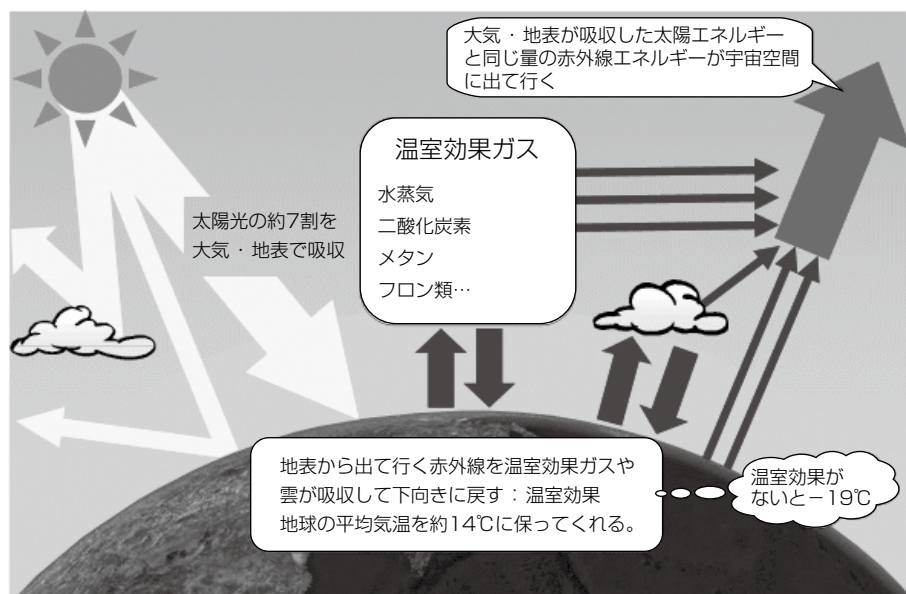
宇宙開発の重要な柱と位置付け、海洋観測衛星(MOS-1)搭載マイクロ波放射計(MSR)の開発を端緒として、数々の地球観測衛星システム、及び搭載センサ開発に参画してきた。これらの一環として、環境省、NIES、JAXAの3機関による共同プロジェクトとして、主要な温室効果ガスである二酸化炭素とメタンの濃度を宇宙から観測することを主目的にした世界初の温室効果ガス観測技術衛星“いぶき”(GOSAT)及び温室効果ガス観測技術衛星2号“いぶき2号(GOSAT-2)”の開発・製造を担当した。

本稿では、これら衛星を用いた地球温暖化防止への貢献について述べる。

2. 地球温暖化とGOSATシリーズ

2.1 地球温暖化の原因

地球温暖化の主な原因は、人間活動による温室効果ガスの増加である可能性が極めて高いと考えられている。大気中に含まれる二酸化炭素などの温室効果ガスには、海や陸などの地球の表面から地球の外に向かう熱を大気に蓄積し、再び地球の表面に戻す性質(温室効果)がある。18世紀半ばの産業革命以降、人間活動による化石燃料の使用や森林の減少などによって、大気中の温室効果ガスの濃度は急激に増加した。この急激に増加した温室効果ガスによって大気の温室効果が強まったことが、近年の地球温暖化の原因と考えられている。温室効果がない場合の地球表面の温度は氷点下19℃と見積もられているが、温室効果のために現在の世界の平均気温はおよそ14℃となっている(図1)。



出典：気象庁ホームページ(https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/chishiki_ondanka/p03.html)

図1. 温室効果の模式図

このため、温室効果ガスが0では人類は地球での活動は困難である。一方、現在のように大気中の温室効果ガスが増えると温室効果が強まり、地球の表面の気温が高くなって人類の活動に悪影響を及ぼすことになる。

2.2 GOSATシリーズの概要

世界気象機関(WMO)を含む世界の幾つかの気象機関や大学などの研究機関では、これまでも地表面の各地の観測地点や、それらのデータを用いて算出した地上での二酸化炭素の全球平均濃度を発表してきた。しかし、二酸化炭素は標高や気圧によって濃度差があるために、地上観測点だけの濃度データでは地球大気の全体濃度を表せない。今後の温室効果ガスの増加による地球温暖化のリスクを算出・予測するためには、地球全体の温室効果ガスの平均濃度の算出が重要であり、上空の大気まで含めた“全大気”の平均像を把握することが不可欠である。このため、地表面から大気上端までの大気中の二酸化炭素の総量(カラム量)、“全大気”の平均値(カラム平均値)を観測可能な衛星を用いた観測が切望されていた。

このため、環境省、NIES、JAXAの3機関による共同プロジェクトとして、主要な温室効果ガスである二酸化炭素とメタンの濃度を宇宙から観測することを主目的にした世界初の温室効果ガス観測技術衛星“いぶき”(GOSAT)⁽¹⁾が開発され、2009年1月23日に打上げが成功し、設計寿命の5年を大きく超えた現在も順調に観測を続けている。

さらに、“いぶき”の後継機として、温室効果ガス観測技

術衛星2号“いぶき2号(GOSAT-2)”が開発され、2018年10月29日に打上げが成功した⁽²⁾⁽³⁾。2019年8月から観測データの公開が始まっている(図2)。

これらGOSATとGOSAT-2から得られた観測データを解析することによって、二酸化炭素とメタンの全球にわたっての分布や、これらの温室効果ガスが地球上のどの地域で排出され、吸収されているかといった収支について、地理的分布とその季節変動や年々変動を知ることができる。

2.3 GOSATシリーズの目的

GOSATの第一の目的は、温室効果ガスの亜大陸スケール(数千km四方)での吸収・排出量の推定精度を高め、地域ごとの吸収・排出状況の把握や森林炭素収支の評価などの環境行政に貢献することである。さらに、GOSATデータの利用研究を通して、温室効果ガスの全球分布とその時間変動や、全球の炭素循環メカニズムとその気候変動影響などに関する新たな科学的知見の集積が図られ、気候変動予測と影響の評価に役立てられている。GOSATのデータを基にして算出した、亜大陸スケールでの二酸化炭素の吸収・排出量の推定結果を図3に示す。

第二の目的は、これまでの地球観測技術を継承・発展させ、温室効果ガスの測定技術を開発するとともに、将来の地球観測衛星に必要な技術開発を行うことである。

第二の目的の結果として、GOSATの成果を基に次の機能がGOSAT-2の機器開発に反映されている⁽³⁾⁽⁴⁾。

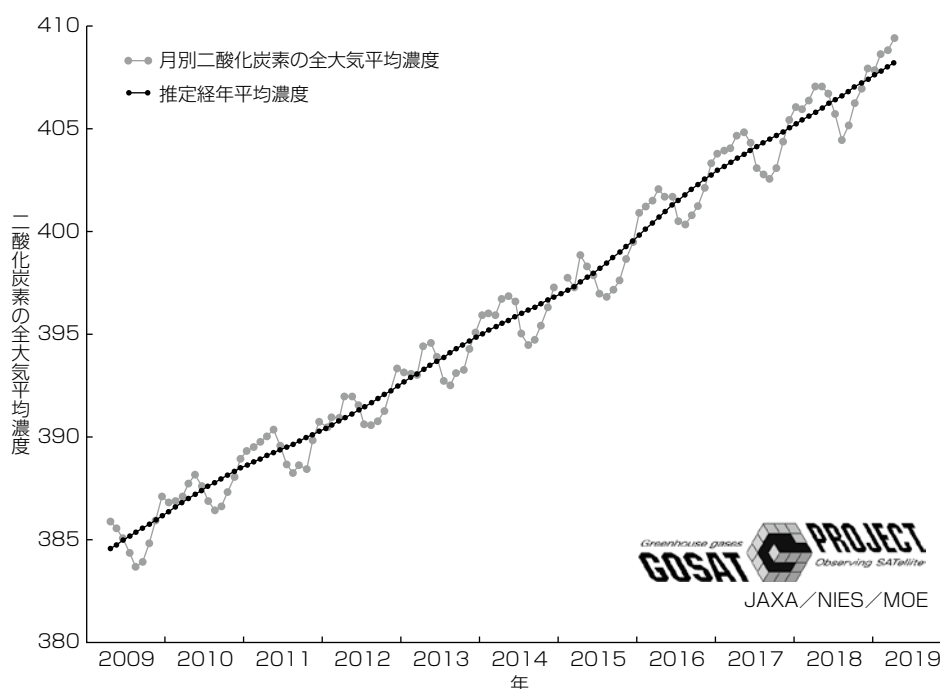
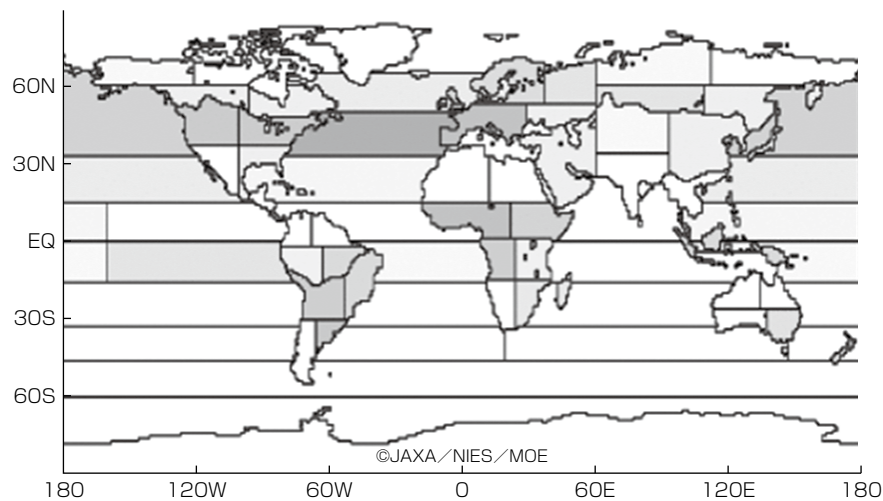
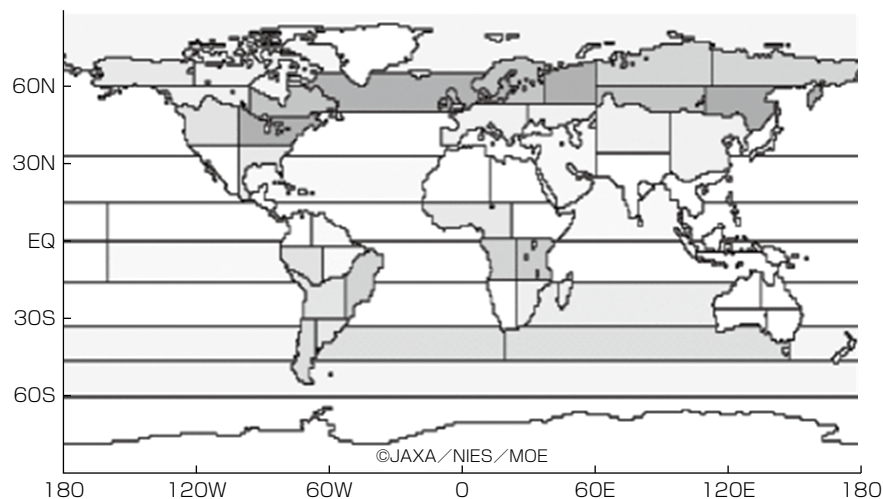


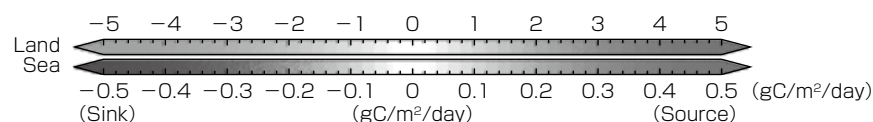
図2. 全大気での二酸化炭素濃度の月平均値と経年平均値のグラフ⁽⁵⁾



(a) 2015年1月の吸収排出量



(b) 2015年7月の吸収排出量


 図3. 二酸化炭素の地域別正味吸収排出量⁽⁵⁾

- (1) 観測データの品質向上のために観測機器の開口径を拡大し、観測する光量の増加によるS/N(Signal to Noise ratio)の向上を図った。これによって、観測精度がGOSAT搭載機器から約1桁向上している。
- (2) 一酸化炭素観測機能を追加するために、観測機器の観測波長領域を拡大した。一酸化炭素は、人為起源の場合二酸化炭素と同時に発生するが、寿命が短い。このため、一酸化炭素は人為発生源近傍に存在すると考えられ、二酸化炭素の発生源の推定が可能になる。
- (3) 有効観測データを増加させるための、観測地域の雲量を算出することで雲の少ない地域を観測する雲回避機能(インテリジェントポイントティング)を搭載した。
過去から未来へのデータの一貫性と信ぴょう性の担保が

重要なことは大気観測でのGOSATシリーズも同様であり、2019年3月にGOSAT搭載温室効果ガス観測センサTANSO-FTS(Thermal And Near infrared Sensor for carbon Observation-Fourier Transform Spectrometer)とGOSAT-2搭載温室効果ガス観測センサ2型TANSO-FTS-2のマッチアップポイント観測(ほぼ同年月日時刻に地球上の同一地点を観測)でのスペクトル比較を実施し、米国軌道上炭素観測衛星2号(Orbiting Carbon Observatory 2:OCO-2)データも含めて輝度変換係数の評価を実施し、TANSO-FTSとTANSO-FTS-2の相互校正を実施してデータの一貫性を確保している。

これらは、地球温暖化の原因物質の挙動に関する科学的な理解を深めるのに役立てられるとともに、将来の気候変

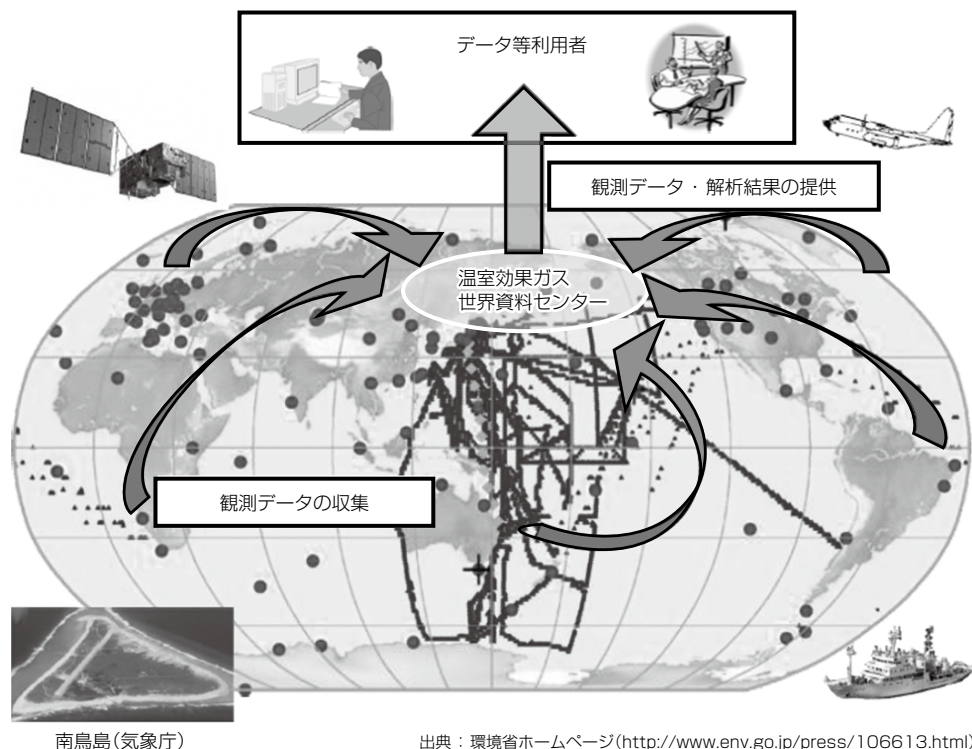


図4. 温室効果ガス世界資料センター (WDCGG) の概要

化予測の高度化や炭素排出削減施策などの温暖化対策にかかわる基礎情報として活用することが可能である。

2.4 GOSATシリーズの観測データ活用

気象庁は、世界気象機関(WMO)の要請に基づいて、WDCGGを運営している。WDCGGは、全世界から報告される二酸化炭素やメタン等の各種温室効果ガスの観測データを収集・提供している世界で唯一の国際機関である(図4)。

WDCGGはこれらのデータを利用して様々な解析を行っており、その結果は、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の報告書や、WMO温室効果ガス年報として気候変動に関する国際連合枠組条約(UNFCCC)の締約国会議(COP)で毎年配付されるなど、温室効果ガスの現状を伝える活動に有効に利用されている。さらに、WDCGGが提供している観測データや解析結果は、世界の地球温暖化の研究者にも広く利用されている。この観測データの一部として、GOSAT(2009年打上げ)による観測データが、2019年3月19日から新たに提供されている。

3. む す び

GOSATとGOSAT-2の概要と、これらの衛星による温室効果ガスの観測及び観測データの利活用による地球温暖化防止への貢献について述べた。2009年1月のGOSAT打上げ以降、2014年7月米国OCO-2、2016年12月中国TANSAT、2018年10月GOSAT-2、2019年5月米国OCO-3の打上げと軌道上観測が開始されており、宇宙からの温室効果ガス観測に注目が集まっている。

当社は、より良い社会の実現、また国連の持続可能な開発目標(SDGs)の実現に貢献する地球観測衛星の開発を引き続き進めていく。

参 考 文 献

- (1) Hamazaki, T., et al.: Sensorsystem for Greenhouse Gas Observing Satellite(GOSAT), Proc. of SPIE, 5543, 275~282 (2004)
- (2) 中島正勝, ほか: いぶきの運用と搭載センサの軌道上性能, 電子情報通信学会技術研究報告, 110, No.92, 121~122 (2010)
- (3) 上野信一, ほか: 温室効果ガス観測技術衛星2号のミッション機器, 三菱電機技報, 90, No.2, 111~114 (2016)
- (4) 上野信一, ほか: 温室効果ガス観測技術衛星2号(GOSAT-2), 三菱電機技報, 93, No.2, 109~112 (2019)
- (5) 環境省発行: GOSATの概要をまとめたリーフレット (2019年6月発行)
http://www.gosat.nies.go.jp/jp/gosat_leaflet_jp.pdf