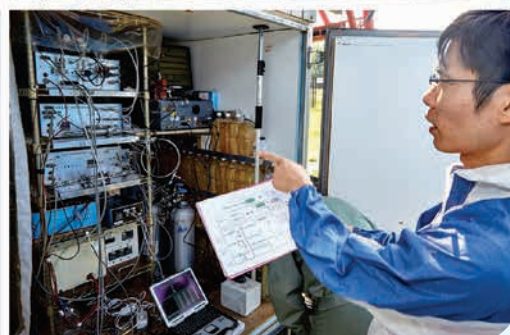
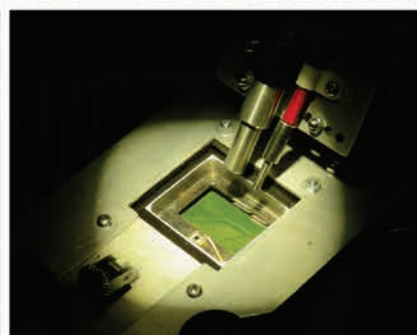


国立環境研究所 ニュース

Vol.41
No.6

令和5年(2023)2月

National Institute for Environmental Studies



左上から時計回り: 西シベリアで観測に使用しているタワー、太陽追尾装置、フーリエ変換分光計、温室効果ガス観測システム、葉の光合成速度とクロロフィル蛍光の観測、太陽光励起クロロフィル蛍光自動観測システム

特集 | 温室効果ガスを「見る」ための科学

グローバル・ストックテイクに向けた広域観測の必要性 | 2

シベリアでのタワーを使用したGHGモニタリング | 3

全量炭素カラム観測ネットワーク(TCCON)による温室効果ガスの気柱平均濃度の観測について | 6

人工衛星が観測するクロロフィル蛍光を利用した陸域植生CO₂吸収量推定 | 10

日韓中三カ国の環境研究の協力:「第19回日韓中三カ国環境研究機関長会合(TPM19)」の開催報告 | 12

令和5年度政府予算案等における国立環境研究所関係予算の概要 | 13

グローバル・ストックテイクに向けた広域観測の必要性

伊藤 昭彦

2015年に合意されたパリ協定によって、国際社会は温室効果ガス（GHG: greenhouse gas）の大幅削減へと舵を切りました。産業革命以降の温度上昇を1.5°C以内に抑えるため、2050年までに排出量を実質ゼロにすることを目標に、脱炭素社会の実現に向けて対策が進められています。特に、各国が決定した排出削減への貢献（NDC: Nationally Determined Contribution）が確実に達成されることは、パリ協定を成功に導く上で鍵となります。そのため、5年に一度のペースで現状を確認し、必要に応じて目標の見直しを行うグローバル・ストックテイク（Global Stocktake）を実施することが定められています。その第1回は2023年に実施され、そこにGHGの収支について「最良の科学」に基づいた情報を提供することは、私たちの分野の研究者にとって大きな課題となっています。

グローバル・ストックテイクでは、国別の排出量を確認するだけでなく、世界全体で大気中のGHG濃度を抑制し、1.5°Cの温度目標が達成できるかどうかも重要な論点となります。そのため化石燃料消費などの人為起源だけでなく、森林や海洋など自然起源の吸収・放出量も包括的に考慮する必要があります。国立環境研究所の気候変動・大気質研究プログラムでは、GHGに関する統合的研究を進めております（40巻4号参照）。中でもプロジェクト1（PJ1）「地球規模における自然起源及び人為起源 GHG 吸収・排出量の定量的評価」は、広域のGHG収支を把握してデータを提供することが期待されています。

今回の特集『温室効果ガスを「見る」ための科学』では、気候変動・大気質研究プログラムPJ1で実施している、国・地域から全球スケールでのGHG観測についてご紹介します；広大な西シベリア低地での観測は、二酸化炭素（CO₂）に加えて強力なGHGとして注目されているメタン（CH₄）の濃度を長期的にモニタリングしています（研究プログラム「シベリアでのタワーを使用したGHGモニタリング」）。全量炭素カラム観測ネットワーク（TCCON）は、世界各地でGHGの気柱（カラム）平均濃度を観測し、さらにGOSATなど衛星観測に検証データを提供しています（研究ノート「全量炭素カラム観測ネットワーク（TCCON）による温室効果ガスの気柱平均濃

度の観測について」）。またGOSATなどに搭載された分光放射計による観測は、CO₂の吸収源として注目される植生の光合成に関する新しいデータと推定法をもたらそうとしています（環境問題基礎知識「人工衛星が観測するクロロフィル蛍光を利用した陸域植生CO₂吸収量推定」）。PJ1では、その他にも航空機や船舶での濃度観測、森林でのフラックス観測など、様々な手法でGHGを広域的に把握するための研究を行っています。

今回の特集では収録しきれませんでしたでしたが、観測データを活用したモデル研究を盛んに行っていることもPJ1の特色の1つです。大気中でのGHGの輸送過程を扱うモデルを用いることで、精密に観測された大気中濃度情報から、逆解析と呼ばれる手法により地表での収支とその起源を推定することができます。また陸域や海洋における炭素の動きをシミュレートするモデルによるGHGの放出・吸収のメカニズム解明、さらには地球の気候を扱うモデルに繋げることで予測との連携を進めています。このようなPJ1の観測・モデル研究は、欧米に比べて観測基盤が弱いアジア・太平洋地域において、GHG収支に関する貴重なデータを提供しています。また、グローバル・カーボン・プロジェクト（GCP）によるGHGの統合解析、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）評価報告書など、国際研究活動にも重要な貢献を果たしています。2023年以降も5年毎に実施されるグローバル・ストックテイクに情報を提供し、より効果的な温暖化対策に貢献するためにも、観測データを拡充し、収支推定の精度を高めるための研究を続けていくことが求められています。

（いとう あきひこ、地球システム領域

物質循環モデリング・解析研究室 室長）

執筆者プロフィール：

つくば生活も通算で、はや22年になりました。生業とするモデル研究はデスクワーク中心なのに加え、在宅勤務により運動不足が募りましたが、霞ヶ浦でのサイクリング大会に3年ぶりに参加して多少解消された、かな？



【研究プログラムの紹介：「気候変動・大気質研究プログラム」から】

シベリアでのタワーを使用した GHG モニタリング

笹川基樹

<ロシア連邦での GHG モニタリング>

原稿執筆時（2022年10月）の難しい国際情勢の中、読者の中にはロシアと聞くだけで眉をひそめる方もおられるかもしれませんが、ここではシベリアつまりロシア連邦内で国立環境研究所が行なっている GHG モニタリングに関して紹介します。PJ1のタイトルになっている「地球規模における自然起源および人為起源 GHG 吸収・排出量の定量的評価」には、地球全域での GHG モニタリングが必須になってきます。特に GHG の吸収や排出が大きいと予想される地域ではなおさらです。空気に国境はありませんので、東西方向には数週間で地球を1周します。それは例えば、北京で高濃度の PM_{2.5} が観測された数日後に、北九州でも観測されたというニュースなどからも想像していただけるかと思います。主要な GHG である二酸化炭素 (CO₂) やメタン (CH₄) などが発生してから、大気中の化学反応や吸収などで消えるまでの時間は、空気が広がる時間スケールよりずっと長いので、なおさら発生域ばかりに留まってはくれません。ところで現在、あらゆる分野でロシア連邦との交流を制限する動きがありますが、温暖化によって引き起こされる多くの問題が長期間にわたり全世界に及ぶことを考えると、こと GHG モニタリングに関しては、慎重にならなくてははいけません。なぜならロシア連邦には世界の森林面積の約20%を占める森林帯（タイガ）があり、その陸域生態系による呼吸・光合成によって CO₂濃度は大きく変動します。温暖化による環境の変化で、この陸域生態系による CO₂吸収量が増え、全世界の CO₂濃度にも影響が出ると考えられます。また西シベリアには世界最大の湿地帯が広がり、そこからの CH₄の放出量は自然からの起源としては世界最大と考えられています。シベリアからの CH₄放出が全世界のメタン濃度に影響を与えるのです。このようなことから、ロシア連邦においても GHG のモニタリングが大変重要になってくるのです。しかし30年以上前、世界の

GHG 観測網の中で、広大なシベリアでの観測は、空間的にも時間的にも限られたものしかありませんでした。厳しい自然環境やインフラの問題で観測自体が難しかったためです。また当時はソビエト連邦が崩壊した時期でもあり、ロシア連邦が独自に GHG 観測を始める動きはありませんでした。そこで国立環境研究所は世界に先駆けて、1992年からシベリアでの航空機による GHG の大気観測を、日露国際協力の一環として開始しました。その後2001年からはタワーを利用した GHG の連続観測も開始し、徐々に観測点を増やし、現在も GHG モニタリングを続けています。

<タワー観測ネットワーク>

最大9ヶ所まで展開した(2022/10現在6ヶ所)タワー観測ネットワークは、2010年に Sasakawa らで発表した論文の中で JR-STATION (Japan-Russia Siberian Tall Tower Inland Observation Network) と名付けました(図1)。Observation station (観測所) からとった“station”に、日露を加えて略語としては日本で耳慣れた響きにしてみました。ただ実はネットワークという響きとはほど遠く、観測システムはインターネットに接続されていませんし、各観測サイト間で連動した動作をすることもありません。ここでの意味は観測“網”から来ており、ある程度の間隔で観測サイトを網のように配置することで、西シベリアでの GHG の濃度変動の時空間的な特徴を捉えるというイメージです。また上述したような地表（タイガや湿地）からの GHG の吸収・排出量をその網で捉えることも行います。この観測システムでは、大気中の CO₂ と CH₄の濃度を連続測定していますので、このデータを元に、地表からの吸収・排出量を逆計算（観測される GHG 濃度は、元々大気に存在した GHG に排出源からの GHG が加わったり、吸収源により吸収された結果が見えています。そこで、観測された GHG 濃度から逆に排出源・吸収源の分布を定量的に

特集 温室効果ガスを「見る」ための科学

推定する方法です。)により間接的に求めることができます。JR-STATIONのデータが公開されるまでは、逆計算により全世界の吸収・排出量を求めたときに、シベリア域は、ある意味他の地域のしわ寄せを受けた結果になっていました。以前はシベリア域に観測の網がほとんどなくスカスカだったため、この領域の本当の特徴を取り出すことが難しかったのです。しかしJR-STATIONという網で、より正しいと考えられる吸収・排出量が捉えられるようになってきました。例えば2013年に発表されたSackiらによる論文では、シベリア域のタイガによるCO₂の吸収量は、JR-STATIONのデータを使わないと、過剰に推定されていたことがわかりました。また2017年に発表されたThompsonらによる論文では、西シベリアの湿地帯からのCH₄放出量が、以前に考えられていた値より大きいということもわかりました。影響の大きいシベリア域の吸収・放出量をより正確に求めることで、その他の地域の推定値もより確かなものになっていきます。

<もう一つのネットワーク>

2000年以降、シベリアを含む高緯度域では世界平

均の2倍の速さで気温上昇が進んでいるため、シベリアでのGHGモニタリングの重要性はますます高くなっていますが、国立環境研究所によるモニタリングを除き、長期にわたる観測が継続されているものはありません。それはロシア連邦内での諸外国による観測には制限が多く、特に近年様々な規制が増えてきたことも原因です。たとえ観測はできても、そのデータをロシア国外に出すことが一苦労と聞きます。実はJR-STATIONは既に2014年のウクライナ紛争の煽りを受けて、南部のサイト(図1中SVV)が閉鎖に至ったこともあります。またこのコロナ禍で、日本からの物資の輸送をロシア側で拒否されるという状況が起きています。このようにロシア連邦には特殊な事情が多々あり、観測を行うこと自体がますます希少で貴重になっています。そのためJR-STATIONのデータは近年、逆計算によりGHGの吸収・排出量を推定する世界中の多くの研究者に使用されており、今後も本観測の継続を希求されています。残念ながら2022年のウクライナ情勢や、円安、インフレによって、このGHGモニタリングを維持する環境は非常に厳しくなっています。ただ一度やめてしまうと再開することは現状ほぼ不可能なので、

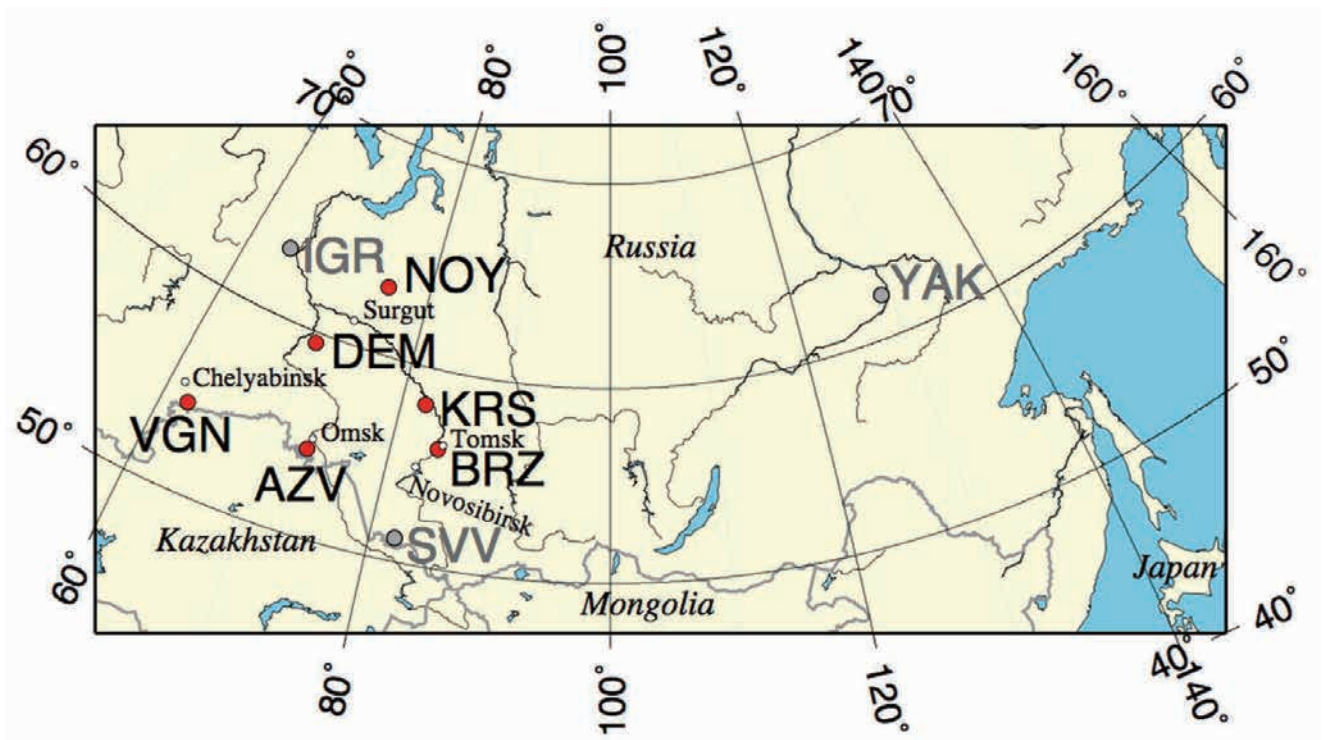


図1 JR-STATIONの位置(●)。●は過去のサイト。

本プロジェクトに関わる方は誰もが観測継続のために知恵を絞り、あらゆる手段を探っています。ロシア側でこのモニタリングに関係している研究者やオーガナイザーも惜しみない協力をして下さっています。これは30年以上にわたるモニタリングで国立環境研究所が強い信頼を得て、人と人のネットワークを築いてきたからと考えています。我々がこれまで作り上げてきたこの二つのネットワーク（写真1）を有効に活かして、今後もできる限りシベリア域のGHGモニタリングを継続し、国際的な貢献を続けていきたいです。

（ささかわ もとき、地球システム領域
大気・海洋モニタリング推進室 主幹研究員）

執筆者プロフィール：

ノーベル文学賞作家であるスヴェトラーナ・アレクシェーヴィチの『戦争は女の顔をしていない』を読むことができました。ウクライナの今と重なり、心が痛みます。ウクライナ情勢が落ち着くことを祈るばかりです。



写真1 シベリアのタワー観測サイト（BRZ）とロシアの共同研究者。中央は筆者。（2018/7/26撮影 成田正司）

特集 温室効果ガスを「見る」ための科学

【研究ノート】

全量炭素カラム観測ネットワーク（TCCON）による温室効果ガスの気柱平均濃度の観測について

森野 勇

1. はじめに

地球大気中の微量ガスを直接採取し濃度と変動を測定することは、世界各地で地上に機器を設置し地上近くの空気を採取する方式、航空機、タワー、船舶に機器を搭載し空気を採取する方式など様々なプラットフォームを用いて、幅広く行われています。リモートセンシング（遠隔計測）と呼ばれている方法は、特定の波長の光を吸収する特性がある微量ガスの原理を用いて、遠方であっても直接採取することなく濃度や変動を知ることができます。リモートセンシングも、様々なプラットフォームで観測が行われていますが、衛星に機器を搭載する方式と地上に機器を設置する方式が最も盛んに行われています。

国立環境研究所では、地球の温暖化の原因となる温室効果ガスの濃度や変動を把握するリモートセンシングとして、フーリエ変換分光計を搭載した温室効果ガス観測技術衛星、その後継機（前者を「いぶき」

(GOSAT)、後者を「いぶき2号」(GOSAT-2))、更に二次元の回折格子型の分光計を搭載した温室効果ガス・水循環観測技術衛星 (Global Observing SATellite for Greenhouse gases and Water cycle: GOSAT-GW) (3つの衛星を合わせてGOSATシリーズ) のプロジェクトを環境省、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) と共同で推進しています。また、地上における高精度観測を継続して行うため、さらに、GOSATシリーズなどの衛星観測温室効果ガス濃度の確度と精度を検証するため、地上設置のフーリエ変換分光計による温室効果ガス観測ネットワークに参加しています。本稿では、全量炭素カラム観測ネットワーク (Total Carbon Column Observing Network、TCCON) による温室効果ガスの地上から空の上まで全部合わせた気柱に対する平均濃度の観測について、国環研の取り組みを紹介したいと思います。



図1 TCCONの観測地点（出典：<https://tccodata.org>）。●（赤丸）は運用中の地点、■（水色四角）は設置準備を行っている地点、▲（灰色三角）は運用が終了した地点です。

2. 観測ネットワークの概要と国環研における取り組み

太陽光が地球大気の層を通過するとき、光が微量ガスによる吸収を受けます。この吸収量をフーリエ変換分光計により測定します。温室効果ガスに特化したフーリエ変換分光計を用いた全球の観測ネットワークは TCCON と呼ばれています。2004年に、米国ウィスコンシン州 Park Falls、ニュージーランドオタゴ地域 Lauder、ノルウェー領スヴァールバル諸島 Ny-Ålesund で観測が開始されました。現在27地点まで拡大しています(図1)。

観測地点は、北米・ヨーロッパ・アジア・オセアニア・大西洋及びインド洋の島嶼が運用中で、中南米が設置の準備を行っていますが、アフリカ・シベリアが現在も空白地点となっています。各観測地点は各国の大学や研究機関が自主的に運用しており、これらの空白地点を埋めることが出来るような設置が期待されています。国環研では、GOSAT シリーズプロジェクトの検証活動の一環として、2009年に国環研(茨城県つくば市)でアジア初の TCCON 観測地点として運用を開始し、その後陸別(北海道)で運用を開始しました。さらに、東南アジア最初の TCCON 観測地点として、フィリピンルソン島北部の Burgos に、オーストラリアの Wollongong 大学、フィリピンの地熱・風力・太陽光発電会社と協力して、2017年3月から観測を開始しました。なお、JAXA と佐賀大学は協力して佐賀で運用しています。日本で陸別・つくば・佐賀・Burgos の4地点、国環研で陸別・つくば・



Burgos の3地点の TCCON 観測地点の運用を行っており、他国と比較して大きな貢献をしています。図2に、国環研の地球温暖化研究棟に設置している TCCON 観測地点の観測機器の様子を示します。

TCCON の特徴は、共通の観測装置(大型のフーリエ変換分光計と太陽追尾装置)と観測条件で観測を行い、共通の解析手法を用いて温室効果ガスの気柱平均濃度を推定し、航空機による直接測定や気球で採取した空気の分析により得た高度分布を用いて較正、観測運用者以外のものがデータの質を評価及び不適切データを除外し、高精度なデータが公開されていることです(<https://tccodata.org>)。

3. 観測結果の概要

図3に TCCON で取得された二酸化炭素、一酸化炭素、メタンの気柱平均濃度を示します。縦軸は緯度、横軸は観測年、色がついているところがそれぞれの緯度と年に観測が行われた地点です。TCCON による観測でも、地上近くの空気を採取・分析する地上



図2 TCCON 観測地点の様子(国環研の地球温暖化研究棟)。左:3階の観測室で太陽光を観測するフーリエ変換分光計。右:太陽光を観測室に導くための太陽追尾装置が設置されたドーム。

特集 温室効果ガスを「見る」ための科学

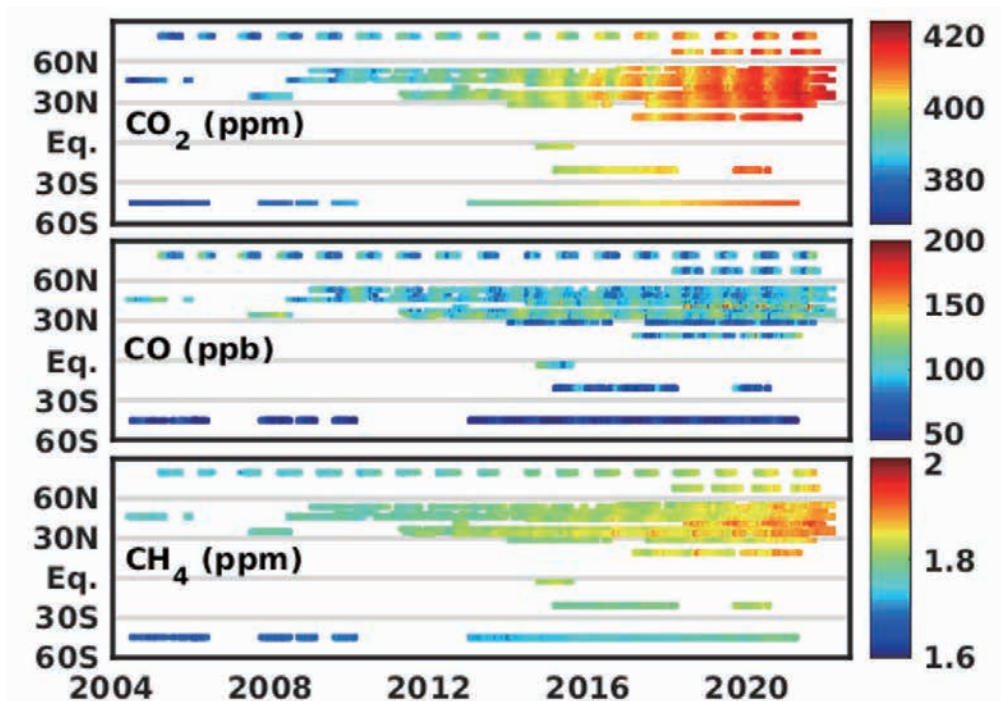


図3 TCCONで取得された二酸化炭素、一酸化炭素、メタンの気柱平均濃度。縦軸は緯度、横軸は観測年、色がついているところがそれぞれの緯度と年に観測が行われた地点です。右の色はそれぞれのカラム気柱濃度です。単位は二酸化炭素とメタンは ppm (100万分の1)、一酸化炭素は ppb (10億分の1) です。(出典： <https://tccon-wiki.caltech.edu>)

測定と同じように、緯度毎の気柱濃度の変動を把握することが出来ます。上図の二酸化炭素気柱平均濃度は、北半球は明確な季節変動を示し、南半球は季節変動がほとんど見られませんが、確実に年々増加していることが分かります。中図の北半球の一酸化炭素気柱平均濃度は南半球より高く、季節変動がハッキリしています。下図のメタン気柱平均濃度は赤道域や北半球の濃度が高く季節変動しながら増加していることが分かります。

これらの TCCON による気柱平均濃度は GOSAT シリーズプロジェクトの検証だけでなく、米国の OCO-2 (Orbiting Carbon Observatory-2)、欧州の TROPOMI、中国の TanSat 等の温室効果ガスの気柱平均濃度を観測する衛星の検証に盛んに使われています。図4に、2018年に打ち上げられ現在も運用中の「いぶき2号」による二酸化炭素とメタンの気柱量平均濃度を、TCCON による気柱平均濃度で検証した結果を示します。

二酸化炭素は、陸域と海域共に TCCON データより 2ppm 程度高くなっており TCCON データからの一致度を示す確度は、現在は初号機の「いぶき」より

少し劣りますが今後改善する予定で、データのバラツキの小ささを示す精度は約 2ppm で「いぶき」と同じ程度となっています。メタンは、「いぶき」と同じ程度の確度と精度であることが分かります。衛星観測による温室効果ガスの気柱平均濃度は、この様に検証が行われデータの質が確認できて初めて科学研究に利用することができるのです。このため、TCCON による気柱平均濃度は、衛星観測による温室効果ガスの気柱平均濃度の検証では、なくてはならない検証標準となっています。

TCCON による気柱平均濃度は、上記のような衛星観測による気柱平均濃度の検証だけでなく季節変動や経年変動を算出して、各地の温室効果ガス気柱量の変動に関する研究も行われています。また、つくばは風向きによって都市域の影響を受けた大気の観測が可能で、つくばの TCCON データと近くの大気球に機器を搭載して上空の気象要素を測定する、気象ゾンデで取得した風向風速データを用いて、東京都市圏の二酸化炭素排出量の推定が行われました。更に、モデル計算値の評価や大気輸送モデルのインバージョン解析において、排出量を推定するときの

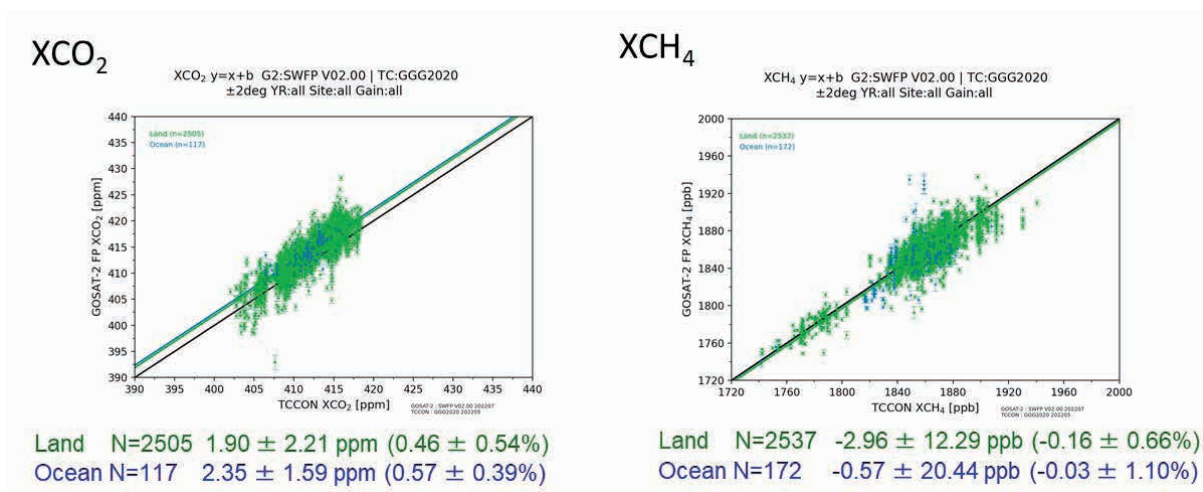


図4 「いぶき2号」の TCCON データを用いた検証結果の例。左：縦軸「いぶき2号」による二酸化炭素気柱平均濃度 (XCO₂)、横軸 TCCON による二酸化炭素気柱平均濃度 (XCO₂)、右：縦軸「いぶき2号」によるメタン気柱平均濃度 (XCH₄)、横軸 TCCON によるメタン気柱平均濃度 (XCH₄)。「いぶき2号」データはバージョン2 (V02.00) で、各 TCCON 地点を中心に緯度経度±2度の正方形内のいぶき2号データと一致したデータを使用しました。比較の期間は2019年8月～2020年7月です。緑色が陸域、青色が海域の観測による気柱平均濃度です。黒線が「いぶき2号」と TCCON データが一致を示しています。(引用：GOSAT-2 TANSO-FTS-2 SWIR L2カラム平均気体濃度プロダクト (Ver.02.00) の検証概要)

観測データとしても使用されています。

4. 今後について

TCCON による温室効果ガスの気柱平均濃度の観測は20年弱のデータが蓄積され、衛星観測の検証だけでなく、温室効果ガスの動態を研究するために非常に有効なツールとなってきています。しかし、観測地点の空白地点が存在しこれを埋めるように努力が行われていますが、容易ではありません。また、今後の衛星観測による温室効果ガスの気柱平均濃度の精度がますます向上し、今後打ち上げ予定の GOSAT-GW は都市域での観測も積極的に行われるため、TCCON の観測地点だけでは衛星観測の検証は不十分となってきています。現在、TCCON で用いられている大型で高価なフーリエ変換分光計に代わり、机に載る可搬型フーリエ変換分光計を用いた観測ネットワーク (COCCON、Collaborative Carbon Column Observing Network) の構築が進んでいます。可搬性が優れているため、大都市、鉱山域、牧畜域、野外火災、船舶搭載などの集中観測に盛んに利用されています。COCCON 観測地点は、TCCON の空白域であるアフリカ、今後重要な都市域においても観測機器が設置されています。COCCON は、機器がコ

ンパクトであるために取得する微量ガスの種類を増やすことが容易ではない弱点があり、TCCON はそのような拡張性に優れています。しばらくは、TCCON と COCCON は共存していくことになるでしょう。国環研では、つくばを COCCON の観測地点として登録し、観測を行いデータの提供を行っています。今後は、TCCON や COCCON による温室効果ガスの気柱平均濃度の観測を継続し、GOSAT シリーズプロジェクトや衛星観測データの検証への活用だけでなく、TCCON や COCCON による温室効果ガスの気柱平均濃度を用いた研究も、国内外の研究者と協力して積極的に展開していきたいと考えています。

(もりの いさむ、地球システム領域

衛星観測研究室／衛星観測センター 主幹研究員)

執筆者プロフィール：

日本一の大きな琵琶湖の近くで生まれ育ちました。温室効果ガスの観測に関する研究をするために、つくば市に来て過ごした時間が、人生の半分となりました。つくば市近郊は、霞ヶ浦も近くにあり、自然も豊かで、食べ物も美味しく、とても気に入っています。



【環境問題基礎知識】

人工衛星が観測するクロロフィル蛍光を利用した陸域植生 CO₂ 吸収量推定

野 田 響

陸域生態系は、人為的に排出された CO₂ の約3割近くを植物の光合成により吸収する巨大な CO₂ 吸収源です。また、植物の光合成により吸収された CO₂ は、木材や繊維、食料、飼料などの形で人間社会に提供されています。光合成過程は気温や日射量、降水量などの気象条件の影響を強く受けるため、光合成量は温暖化の影響により大きく変動します。したがって、温暖化対策の緩和策・適応策の両面にとって、陸域生態系の光合成活性や、光合成量を正確に把握することが非常に重要となります。これまで、さまざまな観測手法とモデルなどにより、光合成量を推定する研究は盛んに行われてきました。中でも、人工衛星を活用したリモートセンシングは、広域の植生について観測できる上、繰り返し観測を行うことから、光合成量の空間的・時間的変動を理解するために広く利用されてきました。これらのリモートセンシングによる推定では、多くの場合、植生表面から反射された太陽光を分光放射計で観測し、その情報から、植生の構造（葉面積指数など）や生理的な性質（クロロフィル量など）などの光合成量を決定する要因についての値を得ます。そして、これらの値と気象データをモデルに入力することで光合成量を推定します。しかし、植物が高温、低温や乾燥ストレスに曝された時、光合成速度は非常に短時間で反応して変化するのに対して、従来のリモートセンシング手法で観測される植生構造やクロロフィル量は比較的ゆっくりとしか反応しないため、この方法では、熱波や寒波などに対する光合成の短時間での変化を捉えられないという問題がありました。一方、近年、太陽光誘起クロロフィル蛍光（Solar Induced chlorophyll Fluorescence、以下「SIF」）という人工衛星によりリモートセンシングできる指標は、光合成の過程そのものと密接に関係した指標で短期的な光合成の応答も観測できるものとして注目されています。

「クロロフィル蛍光」自体は、光合成の過程でクロ

ロフィルが光を吸収した時に発する微弱な光です。クロロフィルは青色と赤色の光を多く吸収しますが、クロロフィル蛍光は、吸収した光の波長に関係なく赤色と近赤外にピークを持つ光となります。クロロフィル蛍光は非常に微弱な光であるため、通常の条件では観測できませんでしたが、以前から植物生理学の研究では、実験室内等の特殊な条件下でクロロフィル蛍光を計測して光合成系の状態の観測研究に利用されてきました。しかし、近年、技術の進歩により波長分解能が高い高性能な分光放射計が登場したことで、太陽光の下で植物が発するクロロフィル蛍光、すなわち SIF を検出することができるようになりました。太陽光のスペクトル（分光計を通して得られる波長に対する光の強度分布を示したもの）には、フラウンホーファー線と呼ばれる暗線、つまり、太陽光からその波長の光だけを抜き出しても光がほとんどゼロとなる暗い波長が複数存在します。波長分解能の高い分光放射計は、フラウンホーファー線とクロロフィル蛍光が重なる波長を抜き出すことができるため、SIF を検出することができます。波長分解能の高い分光放射計による SIF 観測のアイデア自体は1970年代からあり、観測も試みられていましたが、近年まで大きな注目を集めるような成果はありませんでした。ところが2011年、人工衛星 GOSAT（温室効果ガス観測技術衛星）の TANSO-FTS センサーにより、宇宙から陸域の植生が発する SIF を観測できることが明らかになりました。GOSAT は環境省、宇宙航空研究開発機構（JAXA）、国立環境研究所が共同で運用する衛星として、温室効果ガスの CO₂ とメタンの大気中の濃度を観測することを目的に2009年に打ち上げられました。TANSO-FTS センサーは高波長分解能の高性能な分光放射計で、偶然にもフラウンホーファー線とクロロフィル蛍光と重なっている波長帯を観測しており、この観測データから SIF を検出することができたのです。GOSAT により SIF 観測が可能であることが明らかになって以

降、OCO-2 や MetOp 衛星シリーズの GOME-2 センサー、Sentinel 5P 衛星の TROPOMI センサーなど、大気観測を目的として設計された他の衛星を使った SIF 観測が盛んに行われ、これらの SIF データから陸上植生の光合成量や生態系のモニタリング研究が多数行われるようになりました。また、GOSAT の後継機である GOSAT-2 においても、SIF は標準プロダクトのひとつとして公開されています。さらに、欧州宇宙機関 (ESA) では、SIF の観測を主目的とした世界初となる衛星 FLEX の打ち上げを2024年に計画するに至りました。

SIF から光合成量を推定する方法として、SIF と光合成量の経験的な関係を利用する研究例もありますが、近年では SIF の決定メカニズムに着目し、それらの過程をモデルで再現することで、より高精度な光合成量推定を試みる研究が中心となっています。SIF は、光合成系の生理学的過程と、葉内から植物群落、大気中の光の伝わり (放射伝達) という物理学的過程の二つの過程で決定されます。SIF から光合成量を推定するモデルはこれら二つの過程を再現するモデルを組み合わせたものとなっています。また、SIF を決定する光合成過程および放射伝達過程のそれぞれについても、さらに深い知見を得るため

の研究がなされるようになりました。例えば、葉1枚のレベルでの、光合成の測定と分光特性測定を組み合わせた生理学的研究例も増えましたし、林床にササが生育するような典型的な日本の落葉広葉樹林で林床植生の SIF への貢献が明らかにされるなど、近年、SIF に関連して興味深い研究が次々と行われています。

クロロフィル蛍光自体は古くから知られる現象でしたが、GOSAT による SIF 観測の成功が契機となって、リモートセンシングや植物生理学、モデル、生態学など、SIF に関連した研究が大きく前進しつつあります。今後、これらの研究結果を取り入れることで、SIF による高精度な植生 CO₂ 吸収量推定が行われ、気候変動対策に活用されることが期待されています。

(のだ ひびき、地球システム領域
衛星観測研究室 主任研究員)

執筆者プロフィール：

長年、植物の光合成を研究しており花には全く興味がなかったのですが、最近、胡蝶蘭を育てることにはまってしまい、花を楽しむのもいいなと思うようになりました。

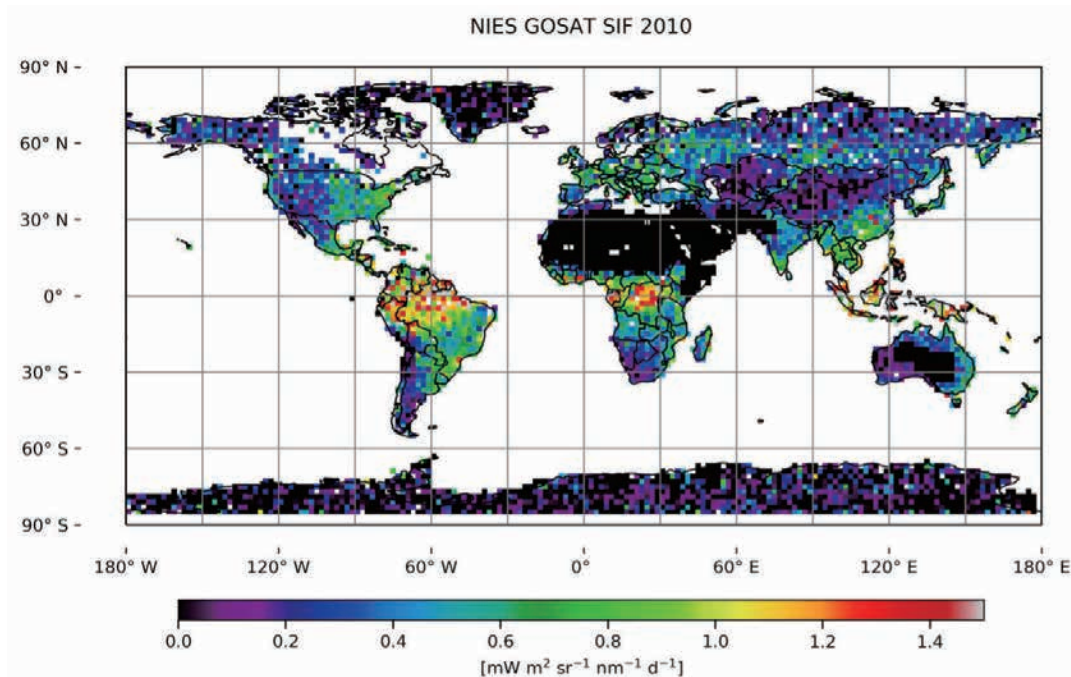
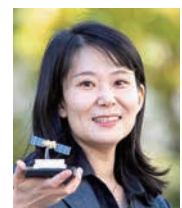


図1 GOSAT により観測された SIF の分布 (2010年1年間の平均値；野田、吉田、押尾、宮内 2019)。熱帯雨林など、植物の活動が活発な地域で高い値となっていることが分かります。

【行事報告】

日韓中三カ国の環境研究の協力： 「第19回日韓中三カ国環境研究機関長会合（TPM19）」の開催報告

企画部国際室

国立環境研究所（NIES）は、韓国の国立環境科学院（NIER）及び中国環境科学研究院（CRAES）と協力して「日韓中三カ国環境研究機関長会合（TPM）」を2004年より毎年開催しており、三機関の新たな協力の姿の議論を行っています。19回目を迎えた本会合は今年もオンライン形式で11月24日（木）に開催され、NIESの木本昌秀理事長、NIERのKIM Dong Jin 院長、CRAESの李海生（LI Haisheng）院長が集いました。

午前中は「新技術に基づいた大気観測と発生源の推定」をテーマにしたワークショップが行われ、NIESからは寺尾有希夫主任研究員より都市における温室効果ガス測定と排出源について、大山博史主任研究員より首都圏におけるCO₂排出量推定についての発表が行われました。各機関の研究者と活発な議論が交わされ、今後の協力の可能性についても提案されました。

続いて午後から行われた本会議では、李院長より今年が日中国交正常化50周年、中韓国交樹立30周年という記念の年にあたる事が述べられ、共に力を携えて北東アジアの環境問題に貢献するよう呼びかけました。木本理事長はそれに応じて中国と日本の二国間の環境分野における協力を振り返るとともに、CRAES、NIERとの過去の共同研究の歩みについて紹介しました。また、エジプトで開催されたCOP27

に触れながら「環境問題に国境はない」という理念の下、国際社会の場で三機関がさらに協力することを希望しました。李院長はその理念に強く共感すると同時に、かつてNIESとCRAESが協力して実施した太湖水環境に関する研究を例にあげ、NIESのこれまでの功績をたたえました。

本年は特別セッションとして気候変動に関する三機関の比較結果が報告され、NIESからは緩和策について増井利彦領域長より発表を行いました。気候変動は三機関共通の関心領域であり、大気汚染物質及び二酸化炭素の排出削減に向けてこれらの研究成果を共有し、TPMで一層の研究協力を進めることで意見が一致しました。さらに例年行われている三機関の共同研究の可能性を探る潜在的協力研究分野（PRA）の4分野（大気、水、気候変動、環境保健）の報告を通して各機関の担当者同士の情報交換を行い、今後の協力推進の道筋を話し合うことができました。今回のTPMよりPRAの活動をさらに活性化するため各分野の代表機関を3年毎に交代していくことで合意され、気候変動分野、環境保健分野は今後3年間NIESが代表となって三機関をリードしていくことになりました。三機関長のディスカッションにおいては各PRAの展望について意見交換を行い、三機関に共通する課題について研究者同士がより一層交流を深め、共同で発表を行えるような協力体制に



写真1 会議中の様子



写真2 署名を終えた三機関長（上段左：李院長（CRAES）、上段右：木本理事長（NIES）、下段：KIM 院長（NIER）

ついて語り合いました。
コロナ禍を経て3年続けてオンライン開催となった

TPM ですが、来年は NIES 主催で日本での現地開催
に向けて準備を進めていく予定です。



写真3 NIES 参加者集合写真

令和5年度政府予算案等における 国立環境研究所関係予算の概要

企画部企画室

令和5年度政府予算案（12月23日閣議決定）においては、運営費交付金165.7億円、施設整備費補助金 8.5億円が計上されました。令和5年度の運営費交付金は対前年度比101.1%、施設整備費補助金は同117.5%となっています。

これに加え、12月2日に成立した令和4年度政府補正予算においては、エコチル調査経費6億円、施設整備費補助金6.5億円が計上されており、令和5年度予算と一体的に執行していくこととなります。

研究所の運営費交付金の業務費については、コロナ禍・物価高に加えて定率削減も引き続き求められるという厳しい状況の中、科学技術・イノベーションの推進に向け、前年度以上の予算が認められました。また、人件費については、エコチル調査、施設整備への対応として若干名の人員増が認められています。

また、施設整備費補助金については、レジリエントな ZEB（Net Zero Energy Building）キャンパス整備事業として、研究本館等の老朽化に対応するための施設更新に向けた調査検討等の実施が今回新たに認められました。なお、同補助金については、中央監視制御システム刷新省エネ化整備工事（国庫債務負担行為）も補正予算で認められています。国立環境研究所では、引き続き、2050年カーボンニュートラルを目指したレジリエントな施設整備に取り組んでいきます。

令和5年度は、第5期中長期計画の3年目にあたります。国立環境研究所では、運営費交付金等とともに競争的研究資金をはじめとした外部資金も活用しつつ、国内外の環境政策への貢献を担う環境研究の中核的研究機関として、中長期計画に基づき更なる研究展開を図っていきます。

表彰 「受賞のひとつこと」など、詳しくはホームページもご覧ください。 <https://www.nies.go.jp/whatsnew/index.html#tab3>

文部科学省 令和4年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞

受賞者：深谷 肇一（生物多様性領域）

受賞対象：野生生物集団の定量と動態の推測に関する統計生態学研究

公益社団法人土木学会 令和3年度土木学会賞「論文賞」

受賞者：井上 智美（生物多様性領域）

受賞対象：Estimating the cost of coastal adaptation using mangrove forest against sea level rise, Coastal Engineering Journal, 2021

一般社団法人日本太陽エネルギー学会 2021年度論文賞

受賞者：渡邊 武志、岡 和孝、脇岡 靖明（気候変動適応センター）

受賞対象：連続する太陽光エネルギー低資源量日の発生頻度と同時発生範囲の評価, Journal of Japan Solar Energy Society, 47 (4), 71-76, 2021

※所属は受賞当時のものとなります。

記事紹介

地球環境研究センターニュース 2023年2月号

「人生初」尽くしの国際会議：事務職員の役割を考える海外出張～ COP27 現地参加報告～

2022年11月6日(日)から11月20日(日)まで、エジプト（シャルム・エル・シェイク）において気候変動枠組条約第27回締約国会議（COP27）が開催されました。本稿では、事務職員の視点から、COP27への参加報告を行います。

林しおん（地球環境研究センター／衛星観測センター）

○<https://cger.nies.go.jp/cgernews/202302/387001.html>



編集後記

脱炭素社会やカーボンニュートラルといった言葉を一度は耳にしたことがあるのではないのでしょうか？ 脱炭素社会とは、温室効果ガスの排出量を“実質ゼロ”にする社会を意味します。カーボンニュートラルとは「カーボン(炭素)」と「ニュートラル(中立)」からなる英語で温室効果ガスの「排出量」と「吸収量」を均衡させることを意味し、排出量を実質的にゼロにする、つまり脱炭素社会にするという考え方です。政府は2050年までにカーボンニュートラルを目指す

ことを宣言しました。そのためには、現時点での「排出量」と「吸収量」を正確に把握することが重要です。本号では本研究による温室効果ガス濃度観測の一端を紹介しました。このプロジェクトにはモデル研究の精鋭も多数参加しており、ここで得た精密な観測データをもとに温室効果ガスの放出・吸収のメカニズム解明や予測も実施しています。その成果についても今後紹介していきたいと思っています。(T.A)

国立環境研究所ニュース Vol. 41 No. 6 (令和5年2月発行)

編集 国立環境研究所 編集分科会
ニュース編集小委員会

発行 国立研究開発法人 国立環境研究所
〒305-8506 茨城県つくば市小野川16番2

問合せ先 国立環境研究所企画部広報室 pub@nies.go.jp

●バックナンバーは、ホームページからご覧になれます。

<https://www.nies.go.jp/kanko/news/>

無断転載を禁じます



この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。