

- **気球に搭載した超伝導サブミリ波センサーによる世界初のオゾン層観測に成功**  
—今後のオゾン層破壊の予測・対策に大きく貢献—
- 平成15年9月16日

独立行政法人通信総合研究所(理事長:飯田尚志。以下、CRL)は、成層圏中のオゾンやオゾン層破壊分子を気球から観測する装置を開発し、8月30日に太平洋上で成層圏オゾン層の観測に成功しました。この観測は、成層圏中のオゾンやオゾン破壊分子が放射する電波を、超伝導技術を用いた超高感度低雑音受信機によって測定することにより、これらの分子の成層圏中での分布を遠隔観測するものです。超伝導受信機を用いた気球搭載型のサブミリ波センサーでオゾンのみならずオゾン破壊分子を同時に観測できるものとしては世界で初めてのものです。

## <背景>

高度約20 kmから30 kmの成層圏に存在するオゾン層は、太陽からの有害な紫外線を吸収することにより我々地上の生命を守っていますが、1985年に南極上空でオゾンホールが確認されて以来、極域のみならず中高緯度地域でもオゾン層の破壊の進行が確認され地球規模の深刻な環境問題となっています。オゾン層の破壊には、成層圏中に極微量に存在するオゾン破壊分子が重要な影響をおよぼしていることが知られており、オゾン層の破壊をくい止め、復旧するためにはオゾンおよびこれらのオゾン破壊分子の成層圏中での分布を詳細に観測する技術の確立が待たれています。

## <本研究成果の概要>

CRLでは、電波によりオゾンやオゾン破壊分子の成層圏中での分布を観測するための地上設置型、気球搭載型及び国際宇宙ステーション曝露部搭載型のセンサーの開発を進めてきました。

今回、放球観測実験に成功した高高度気球搭載型超伝導サブミリ波リム放射サウンダ(以下、BSMILES)は、液体ヘリウムにより絶対温度4度に冷却したSISミキサを用いた超伝導受信機を気球に搭載し、成層圏大気中のオゾン及び成層圏オゾン破壊に関与する一酸化塩素(CIO)及び二酸化水素(HO<sub>2</sub>)が放射する650GHz帯のサブミリ波帯電磁波のスペクトルを高度30km~35kmに達する気球ゴンドラ上から観測することにより、これらの分子の成層圏中での分布を遠隔観測する装置です。超伝導受信機を用いた成層圏大気観測用の気球搭載型のサブミリ波センサーでオゾンのみならずオゾン破壊分子を同時に観測できるものとしては、世界で初めてのものです。

今回の実験では、このBSMILESを文部科学省宇宙科学研究所のB-80型大気球に搭載して、宇宙科学研究所三陸大気球観測所(岩手県大船渡市三陸町吉浜)から8月30日午前6時22分に放球し、三陸沖の太平洋上の高度約31-34kmから成層圏中のオゾン、一酸化塩素及び二酸化水素の分布を約3時間観測した後、観測機器を気球より切り離し午後12時30分頃、宮古沖約40kmの洋上に着水させ回収に成功しました。BSMILESではオゾンと同時にオゾン破壊分子を観測できるため、オゾン層破壊の現況把握や破壊メカニズムの解明や今後の動向予測に有益なデータが得られます。

## <今後>

現在CRLでは宇宙開発事業団と共同で、BSMILESで用いられている超伝導SIS受信機を発展させた、国際宇宙ステーション日本実験棟「きぼう」曝露部搭載超伝導サブミリ波リム放射サウンダ(JEM/SMILES)の開発を進めています。BSMILESで取得されたデータは、JEM/SMILESのためのデータ処理アルゴリズム開発に役立て、さらにJEM/SMILES運用時には校正検証実験装置としてBSMILESを利用することも計画しています。

## <問い合わせ先>

電磁波計測部門SMILESグループ  
入交芳久、真鍋武嗣 Tel:042-327-6089

オゾンや一酸化塩素、一酸化臭素、二酸化水素等の比較的単純な構造の分子は、成層圏大気中で分子の回転によりそれぞれの分子に固有の周波数のミリ波帯やサブミリ波帯の極微弱な電磁波を放射しています。これらの分子が放射する極微弱な電磁波の周波数スペクトルを高感度な受信機で受信することにより大気分子を観測する方法を分光放射観測といい、受信されたスペクトルの周波数と形状から大気中の分子の種類と存在量分布を遠隔的に計測(リモートセンシング)することができます。

このような成層圏大気の分光放射観測は一部の分子については地上からの観測も可能ですが、オゾン破壊分子のような極微量な分子については、その放射する電磁波が極微弱であるため、地上からでは下層の対流圏の水蒸気等に遮られて観測が困難です。このため、成層圏に打ち上げた気球や衛星からの観測が有力な手段となります。気球や衛星から観測する場合、下層の対流圏の影響を免れることができるとともに、鋭い指向性のアンテナを地球周縁(リム)方向に向けて視線方向の分子の数を増やして観測するリム放射サウンディング法を用いることにより信号強度を稼ぎつつ高い垂直高度分解能で各分子の高度分布を観測することができます。

今回、開発および観測実験に成功したBSMILESは、成層圏中の微量分子が放射する650GHz帯のサブミリ波を気球に搭載した受信機により、高度31km~34kmの高度からリム放射サウンディング法により観測することにより、これらの分子の高度分布を約1km程度の高度分解能で観測するもので、受信機に液体ヘリウムで絶対温度4度に冷却した超伝導SISミキサを用いて、極めて雑音の少ない高感度な受信機とすることにより、オゾンのみならず一酸化塩素や二酸化水素などの極微量なオゾン破壊分子の分布の詳細に観測することができます。

## <用語説明>

### サブミリ波:

周波数が300 GHz~3000 GHz (波長 1mm~0.1mm)の電磁波。成層圏中のオゾンや、一酸化塩素等のオゾン破壊分子は、それぞれの分子に固有周波数でミリ波帯やサブミリ波帯の電磁波を放射しています。

### オゾン層破壊:

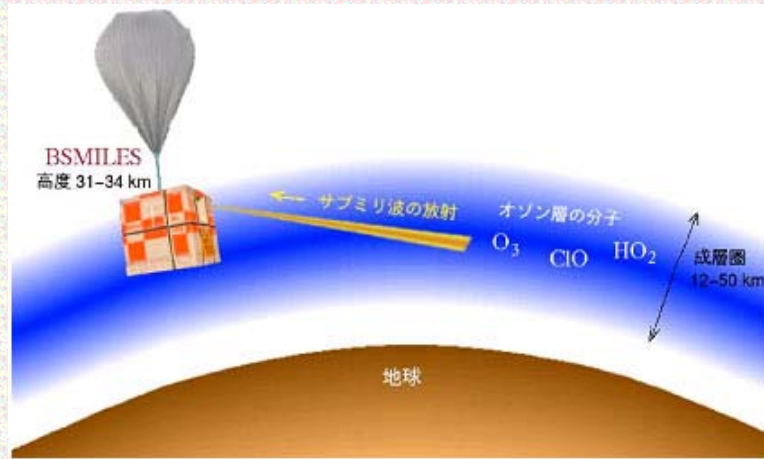
高度約20 kmから30 kmの成層圏に存在するオゾン層は、太陽からの有害な紫外線を吸収することにより我々地上の生命を守っています。ところが、1985年に南極上空でオゾンホールが確認されて以来、極域のみならず中高緯度地域でもオゾン層の破壊の進行が確認され地球規模の深刻な環境問題となっています。オゾン層の破壊には成層圏大気中に体積比で数十億分の一程度以下しか存在しない塩素酸化物、臭素酸化物、水素酸化物などの微量分子が重要な影響を及ぼしている事が知られています。これらのうち塩素酸化物は工業生産物であるフロンに、臭素酸化物は消火剤として用いられるハロンなどに由来するものです。フロンやハロン等のオゾン破壊物質については既に1987年のモントリオール議定書およびその改訂により国際的にその生産の廃止や削減、代替物への移行等の規制措置がとられていますが、これまでに大気中に排出された物が長期間にわたって大気中に残留しオゾン層の破壊を続けるため、破壊をくい止め復旧するためには21世紀の中頃まで待たねばならないといわれています。

### SISミキサ:

絶縁体を超伝導体でサンドイッチ状にはさみこんだSIS接合に生じるトンネル効果を利用することにより、受信されたサブミリ波帯電磁波を取り扱いやすいマイクロ波帯の周波数に変換する素子。このSISミキサを用いることにより従来の常温で動作する受信機に比べて受信機の雑音を飛躍的に低く抑えることができます。BSMILESでは国立天文台野辺山宇宙電波観測所の協力により開発したPCTJ型SISミキサを用いています。

### B80型大気球:

文部科学省宇宙科学研究所が開発したポリエチレン製大気球(容積:80,000m<sup>3</sup>)。BSMILES(気球を除く重量約490kg)を34kmの高度まで上昇させることができます。



BSMILESによる成層圏オゾン層観測の概念図



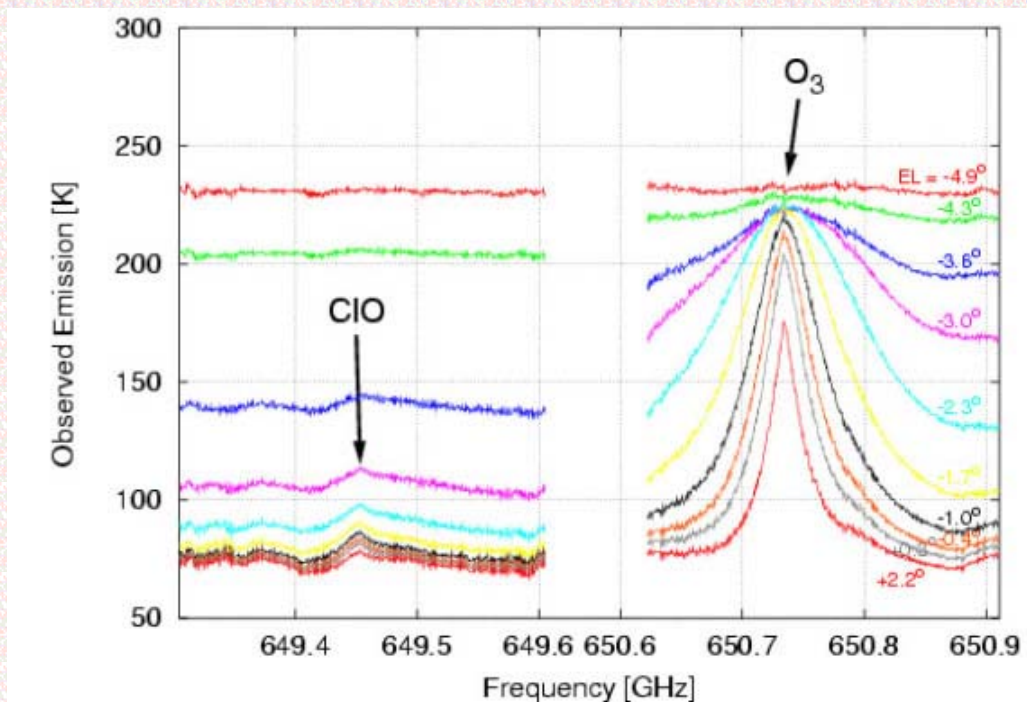
BSMILESゴンドラ



気球放球直後の上昇中のBSMILES



太平洋上でのBSMILESの回収



BSMILESによって観測された、オゾン(O<sub>3</sub>)、一酸化塩素(ClO)のスペクトル