

# P04 WNI衛星プロジェクトの地上長光路吸収分光計測

増田健二 (静岡大・工), 蒲 靖人, 齊藤隼人, バンス, 眞子直弘 (CEReS), 原山洋平, 山本雅也 ((株)ウェザーニューズ), 長 康平, 久世宏明 (CEReS)

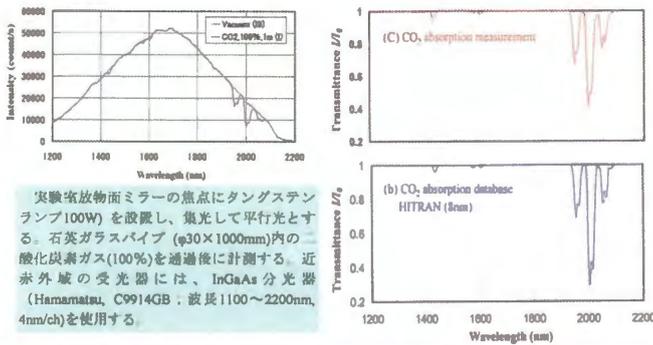


## 背景

大気中に含まれる様々な微量気体成分やエアロゾルは、地球規模で運搬されて住民の健康に大きな影響を与えるとともに、大気の放射収支を変化させ、気候変動や地球温暖化の進行にも大きな影響を与えている。代表的な汚染物質としては、二酸化窒素(NO<sub>2</sub>)、二酸化イオウ(SO<sub>2</sub>)、オゾン(O<sub>3</sub>)やエアロゾル(浮遊粒子状物質:SPM)などがあり、実際の大気中におけるこれら微量成分を定量的に測定する必要がある。エアロゾルも大気汚染物質であり、その散乱や吸収の光学特性は放射伝達に大きな影響を及ぼす。

大気汚染物質を光学的リモートセンシングにより測定する手法として、数km隔たった2点間での平均濃度が計測可能な長光路差分吸収分光(DOAS: Differential Optical Absorption Spectroscopy)法が有効である。これまでの航空障害灯などを光源として用いたDOAS法では、可視域に吸収帯をもつNO<sub>2</sub>の微量気体成分の高感度計測およびエアロゾル計測が可能となっている。ここでは同様の手法を用い、近赤外域に吸収帯をもつ二酸化炭素や水蒸気計測に応用する。実験室では、タングステンランプからの光を集光して平行光とし、石英ガラス容器内の吸収ガスを通過後に計測し、差分吸収スペクトルの解析を行う。実大気中での観測では、ハロゲン光源を用いて近赤外光を発生させ、数kmの大気伝搬後の光を分光して微量気体計測する長光路DOAS観測を行う。その他、太陽光を光源として用い、多方向での観測を行う多軸(MAX Multi-Axis) DOASがある。MAX-DOAS法を用い、紫外-可視域-近赤外分光器を用いて複数の方向での散乱太陽光スペクトルを観測し、斜め方向に積算した光学的厚さの放射伝達計算を行って鉛直コラム量に変換する。昨年、環境省とJAXAによりGOSAT(いぶき)衛星が打ち上げられて宇宙からの二酸化炭素の分布計測が行われていることから分かるように、信頼性の高い二酸化炭素計測は地球温暖化対策の一環として社会的な重要性を増している。

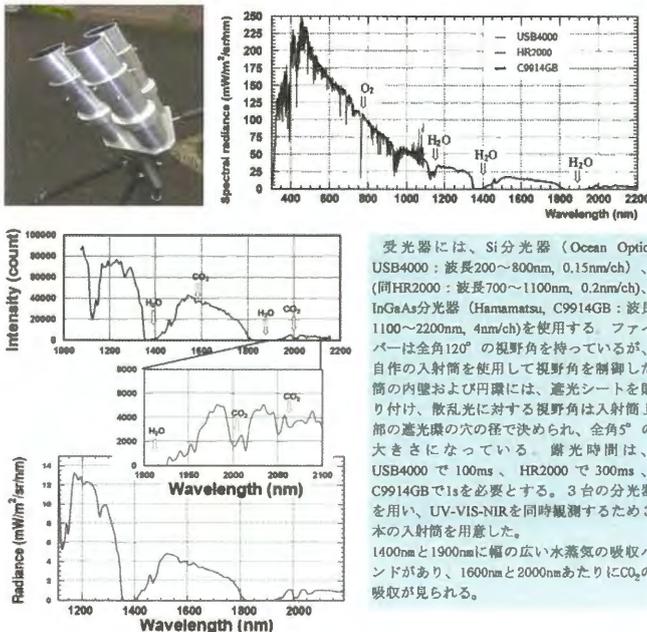
## 実験室での二酸化炭素の吸収計測



実験室放射面ミラーの焦点にタングステンランプ(100W)を設置し、集光して平行光とする。石英ガラスパイプ(φ30×1000mm)内の二酸化炭素ガス(100%)を通過後に計測する。近赤外域の受光器には、InGaAs分光器(Hamamatsu, C9914GB; 波長1100~2200nm, 4nm/ch)を使用する。

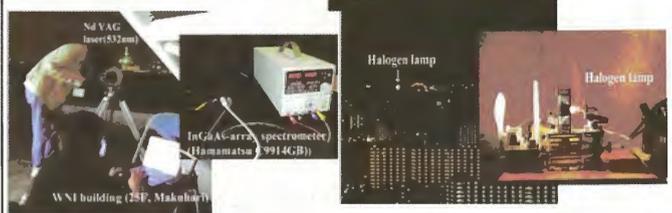
CO<sub>2</sub>の吸収帯の測定データを示す。200nm辺りに強い吸収帯、1600nm辺りに弱い吸収帯が計測された。縦軸は容器内を真空にした場合(光強度I<sub>0</sub>)、その後大気圧のCO<sub>2</sub>ガスを注入した場合(光強度I)の透過率(I/I<sub>0</sub>)であり、HITRANデータベース(8am)からの予想とよく一致する結果が得られた。

## 太陽散乱光によるUV-VIS-NIR波長域同時観測

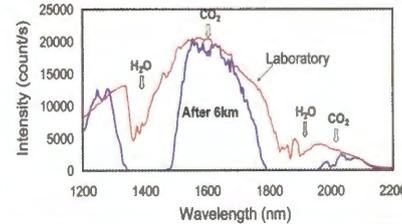


受光器には、Si分光器(Ocean Optics USB4000; 波長200~800nm, 0.15nm/ch)、(同HR2000; 波長700~1100nm, 0.2nm/ch)、InGaAs分光器(Hamamatsu, C9914GB; 波長1100~2200nm, 4nm/ch)を使用する。ファイバーは全角120°の視野角を持っているが、自作の入射筒を使用して視野角を制御した筒の内壁および円環には、遮光シートを貼り付け、散乱光に対する視野角は入射筒上部の遮光環の穴の径で決められ、全角5°の大きさになっている。露光時間は、USB4000で100ms、HR2000で300ms、C9914GBで1sを必要とする。3台の分光器を用い、UV-VIS-NIRを同時観測するため3本の入射筒を用意した。1400nmと1900nmに幅の広い水蒸気の吸収帯があり、1600nmと2000nmあたりにCO<sub>2</sub>の吸収が見られる。

## ハロゲンランプを用いた近赤外域DOAS法による観測

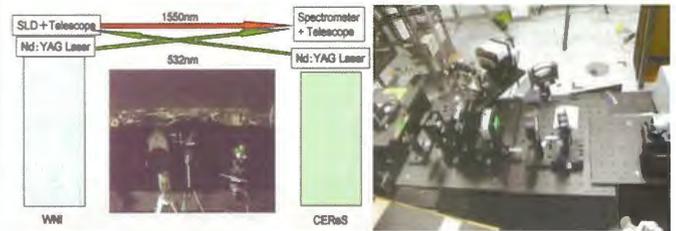


近赤外域DOAS法による観測では、千葉大学総合研究棟9階の実験室にハロゲン(1000W)光源装置を設置し、6km隔たった幕張テクノガーデン西高層館(WNI)25階の屋上に受光装置(天体望遠鏡、InGaAs分光器、パソコン)を設置する。受光装置としては、口径200mmの天体望遠鏡で微弱な光を集光させ、InGaAs分光器(HAMAMATSU C9914GB)で測定する。光源装置としては、放射面鏡の中心部分にハロゲンランプを設置し、平行光にして遠方で光が届くようにした。



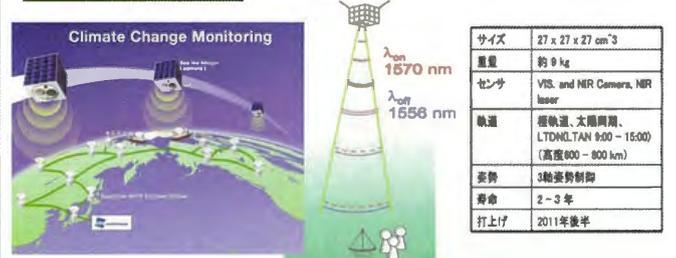
DOAS法による水平方向の光路長6kmのCO<sub>2</sub>および水蒸気の吸収スペクトルの観測結果を示す。1000Wハロゲンランプ光を実験室で測定した場合(赤線)と6kmの大気中を通させた場合(青線)を比較する。1400nmと1900nmに幅が広い水蒸気の吸収バンドがあり、1600nmと2000nmにはCO<sub>2</sub>の吸収が見られる。

## SLDを用いた近赤外域DOAS法による観測



大気中での観測では、千葉大学CEReS実験室に受光装置(天体望遠鏡、InGaAs分光器、パソコン)を設置し、6km隔たった幕張テクノガーデン西高層館(WNI)25階の屋上にスーパーミネルネントダイオード(SLD, DenseLight)光源を設置する。SLD光源から近赤外光(1500-1600nm)を発生させ、天体望遠鏡により平行光にして照射させ、6kmの大気伝搬後の光を分光して微量気体計測する長光路吸収分光観測を行う。受光装置としては、フォトダイオードアレイ(PDA)を用いた自作の分光器を用いる。集光には口径200mmの天体望遠鏡を用い、ブレイズ波長1500nm、600本/mmの反射型回折格子により分光した光をPDA(InGaAs PDA, Hamamatsu G10768-1024D)で受光した。画素数は1024chであり、近赤外光1500-1600nm(100nm)の設定では、波長サンプリング間隔は0.1nm/chとなる。望遠鏡のアライメントには2台の可視レーザーを利用した。

## WNI衛星プロジェクト



気候変動や地球温暖化に対する取り組みのひとつとして、超小型観測衛星「WNI衛星」を打ち上げ、温暖化の原因となる温室効果ガスや、温暖化によって減少し続けている北極海の海水などを企業や一般サーターとともに観測するプロジェクトである。

## 結論

MAX-DOAS計測は複数の方位・仰角で紫外-可視-近赤外域での散乱太陽光スペクトルを観測し、CO<sub>2</sub>、水蒸気などの吸収帯を同時計測し、温室効果気体の対流圏で鉛直方向の観測する。このように広域大気汚染は立体的であるため、広域鉛直濃度観測を行えば、衛星データの検証としての役割も期待される。近赤外域DOAS法による手法では、近赤外域に吸収帯が存在するCO<sub>2</sub>などの温室効果ガスによる差分吸収分光強度が求まり、ガス濃度に伴う吸収率の定量化が可能になる。ハロゲン光源を用いて、大気中の長光路でCO<sub>2</sub>の広域平均濃度を計測することが、世界に先駆けて可能になる。