

**世界初、光通信に使う波長の赤外線ビームを長距離伝搬させ、都市上空における
二酸化炭素濃度の長期間連続計測が可能であることを実証**

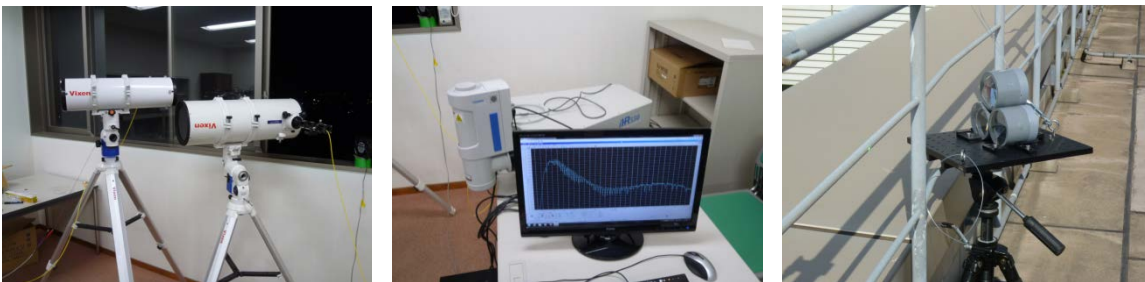
千葉大学環境リモートセンシング研究センターと静岡大学工学部の研究グループは、平行度の高い赤外線ビームを利用することにより、高度数十メートルの低層大気中での二酸化炭素について、広域での平均濃度を連続的に計測できる手法の開発に、世界ではじめて成功しましたので、ご報告いたします。

背景

- ・ IPCC（気候変動に関する政府間パネル）のレポートでも指摘されているように、大気中の二酸化炭素濃度は上昇を続けています。近い将来の平均気温の上昇を予測する上で、二酸化炭素濃度の正確な測定データが必要とされています。
- ・ これまで世界で使われてきた測定方法は「人工衛星による広域の観測」と「地上でのサンプリング計測」でした。人工衛星による観測は、地表面付近での測定感度が低いという課題があり、サンプリング計測は、ある一点で捕集した空気が都市部エリアの代表的な濃度を測ることが困難であるという課題がありました。（次頁詳細）

測定手法

本研究では、**光源、望遠鏡システム、分光器システムの最善の組み合わせを迫及した結果、都市部上空において低層での二酸化炭素濃度計測を連続的に行うことに成功しました。**光路の長さは往復で 5100 メートルであり、赤外線ビームの直径を 10 cm とすると都市上空の約 40,000 リットル(40 立方メートル)の空気を対象とした平均濃度を数分で計測できることに相当します。実験は、千葉大学工学系総合研究棟の最上階（8 階）に計測用光源、望遠鏡、分光装置を置き、2.55 km 離れた千葉市科学館の建物（15 階）屋上に反射器(レトロリフレクタ)を設置して昨年 9 月に行いました。往復して戻ってきた光を高性能の赤外分光器で観測すると、二酸化炭素による吸収スペクトル（光の強度の規則的な減少）を観測することができました。この吸収量から、光路の空気中に含まれる二酸化炭素の濃度が計算できます。



(左) 千葉大学に設置した赤外線を送受信する望遠鏡、(中) 観測された吸収スペクトル、(右) 千葉市科学館（キボール）屋上に設置した反射器(レトロリフレクタ)

今後の展望

今後は、風向等の気象要因との関係をより詳細に調査するとともに、都市以外の地域、例えば森林地域への応用を検討しています。また、同時に計測される水蒸気とその同位体濃度情報も、環境計測に活用していきたいと考えています。

(本件に関する連絡先) 千葉大学環境リモートセンシング研究センター 教授 久世宏明
電話 043-290-3837、Eメール: hkuze@faculty.chiba-u.jp

これまでの観測手法の課題

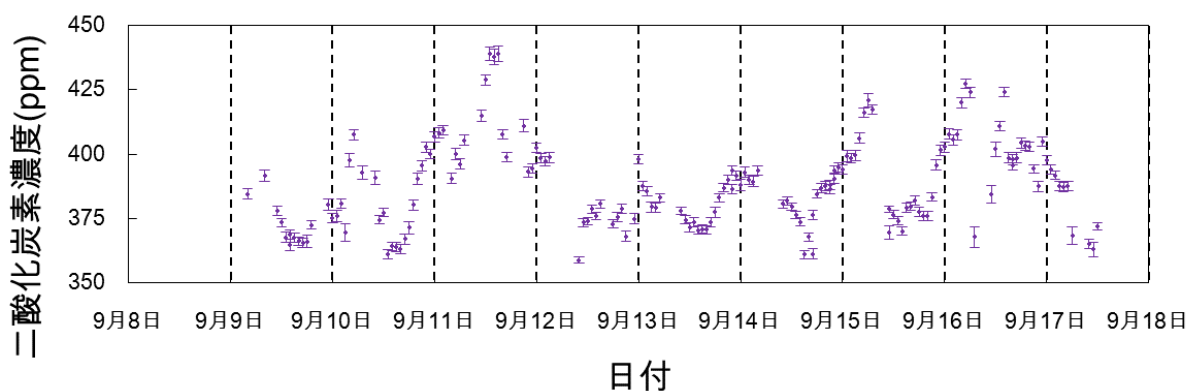
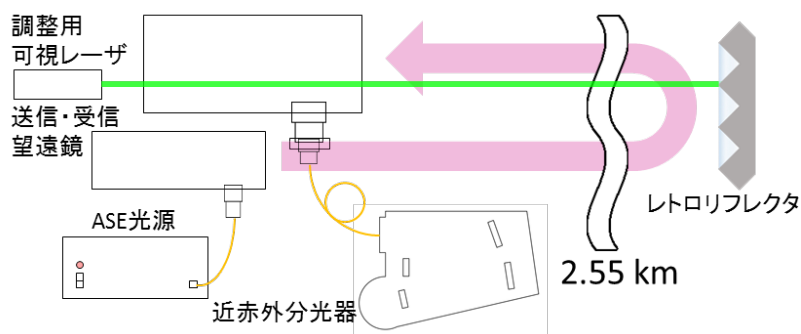
人工衛星による広域の観測としては、よく知られているように日本の衛星「いぶき」(GOSAT)が赤外線を利用して全球での濃度観測を行っています。地上レベルでは、現在、もっとも精度が高い観測が行えるのは、サンプルとなる空気を瓶に捕集して実験室に持ち帰り分析する方法(サンプリング計測)であり、この方法によって地上や民間航空機を活用した計測が継続されています。

二酸化炭素の排出源は地表付近に多く存在しており、森林や海洋での吸収もまた、地上付近で起こっています。地上で行われるサンプリング計測の欠点として、ある一点で捕集した空気が、その周囲の濃度と必ずしも一致しないことがあります。市販のCO₂メータで室内の二酸化炭素濃度を測るとすぐに分かりますが、測定結果は人間の呼気にすら敏感であり、自動車や工場など排出源が多くある都市部においては、その地域の代表的な濃度を計ることが困難になることが予想できます。一方、衛星観測で測れるのは可視光に近い近赤外では地表から上空までの積分値(カラム量)であり、高度分布情報が得られる熱赤外バンドでは地表付近での測定感度が低く、上空の値が主にデータに反映されます。このため、人類の活動領域である地表付近の温室効果気体の濃度を広域で測定する手段は、これまで実現できませんでした。

研究結果

実験装置の概略図を右に示します。

実験に使用した波長 1575 nm 付近の近赤外光源は、光通信の用途に向けて開発されたものです。この波長領域には、二酸化炭素以外にも水蒸気と水蒸気に含まれる水の同位体(²H¹⁶O)の吸収スペクトルも見られ、これらの濃度も同時に測ることができました。10日間の連続計測を行った結果、千葉市上空における平均二酸化炭素濃度は、約 360 ppm から 450 ppm の間で変動し、解析精度が 1%以上のデータだけに絞ってもほとんど連続的に計測できていることがわかります。



2014年9月9日～2014年9月18日に千葉市上空で計測された二酸化炭素濃度の変動

この実験で分光器のセンサー部に使用したインジウム・ガリウム・ヒ素 (InGaAs) アレイセンサーは、近年その利用が急速に広がっている半導体を利用したものです。また、赤外線を効率的に発生できる ASE 光源は光通信用に開発された技術を応用した製品であり、近年の技術進歩によって高い性能を発揮するようになったものです。本研究は、こうした半導体技術の進展と、長距離で安定した光路を確保するリモートセンシング技術があいまって実現可能になりました。