

気候変動問題に新しい光をあてる ICOS 同位体比測定

2007年夏の北極海氷の劇的な減少は予測不可能なことであり、何人かの科学者によれば、科学モデルで評価することもできなかった⁽¹⁾。永久凍土層や海洋の温度上昇によって放出されるメタンや二酸化炭素といった気体の定量分析は、大気圏に対する全炭素負荷量を決定するために必要だ。しかし、メタンが放出される速度と、メタンを生成する有機物の発生源およびその時期ははっきり分かっていない。

既存のリモートセンシングとフラックスモデルは、広い北極圏領域の気体の正確な空間的・時間的分布を測定するには不十分である。また人間の活動によって大気中に放出される年間8Gtの炭素に加えて2000Gtもの多量の炭素が北極圏の土壌と海洋に含まれてい

る。このことから米ハーバード大学の研究チームは、分光同位体比測定を使ってより正確な炭素測定を実施し、国家的な炭素モニタリングネットワーク基盤の構築を提案している⁽²⁾。

ICOS 法

ハーバード大学で開発された軸外し集積キャビティ出力分光法 (ICOS) 技術と球形ヘリオットセルを使用した炭素計器は、メタン ($^{12}\text{CH}_4$, $^{13}\text{CH}_4$) または二酸化炭素 ($^{12}\text{CO}_2$, $^{13}\text{CO}_2$, $^{12}\text{C}^{18}\text{O}$) の安定同位体の同時測定を可能にした⁽³⁾。これらの同位体を使えば、炭素12 (^{12}C) に対する炭素13 (^{13}C) の比、いわゆる $\delta^{13}\text{C}$ を計算することもできる。この $\delta^{13}\text{C}$ 値は、天然ガスや石炭のような炭素源を人工的に燃焼するのと、沼沢地や動

物、細菌放出など自然の生命活動によって発生したものと異なる。そして ICOS 法を使って1秒で1.0‰ (パーミルまたは1000分の1)、200秒で0.1‰の精度で測定できる。この精度は大気中の炭素源を正確に同定するのに必要な精度である1.0‰よりも高い (図1)。

このシステムの経路長の10から100倍の増加による ICOS 法の感度と時間応答のブレークスルーによって、飛行中の航空機からの同位体炭素の測定が可能になった。ICOS 計器は、浜松フォトニクス社製の7.7 μm 連続波量子カスケードレーザからの光を閉じ込めるための2枚の高反射率 (99.967%) セレン化亜鉛ミラー (直径10cm、曲率半径140mm) から構成される、高フィネス光共振器を備えている。1から10 μs の

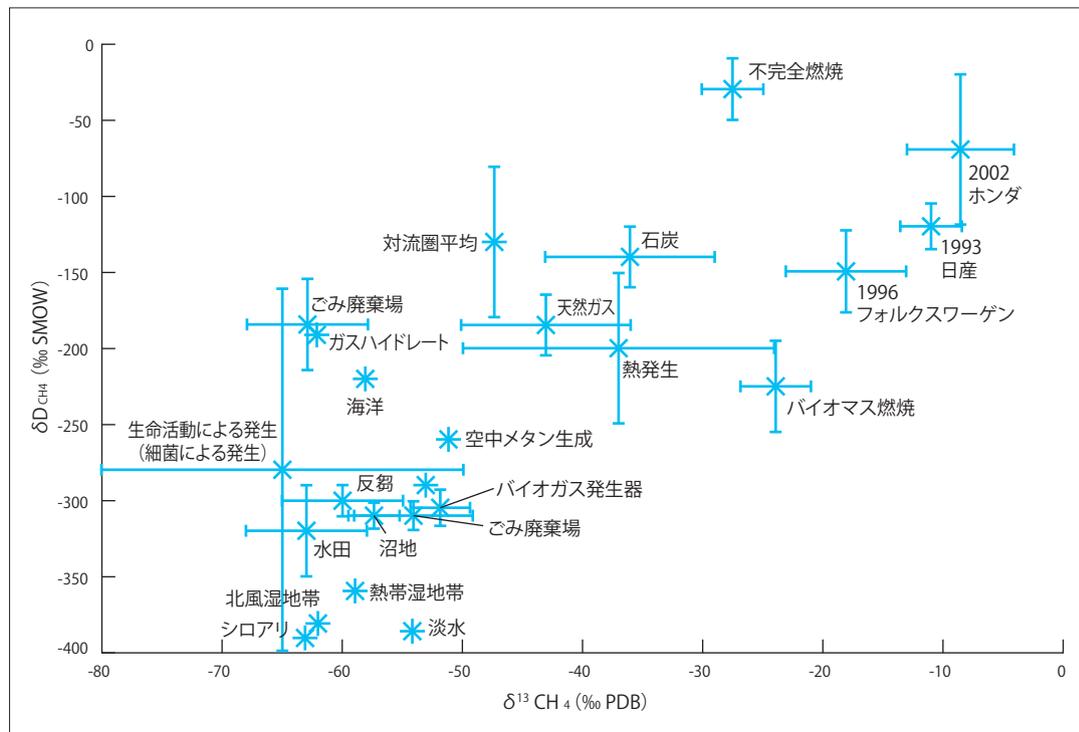


図1 同位体比測定は、大気中の異なる炭素源の区別利用することができる。正確な測定のためには1‰よりよい精度が必要であり、集積キャビティ出力分光法 (ICOS) 計器を使えば200sの測定時間で0.1‰の精度が可能である。(資料提供：ハーバード大学)

オーダーでの有効経路長は50cmのミラー間距離の1000倍になる。航空機の特別な吸気口から取り込んだ周囲大気に対して、対象となるスペクトル吸収特性にわたってこのレーザで走査し、共振器内の光の強度を測定する。強度変化は2枚の共振器ミラー間を通る光の吸収と損失による。キャビティリングタウン分光法(CRDS)の一種であるICOSでは、対象となるスペクトルの特性を隠してしまう可能性がある分極干渉の影響を最小化するため、レーザは「軸外し」にした。

メタンの同位体比測定に加えて、研究チームは二酸化炭素の同位体比を測定するための分光計も開発した。この炭素計器を、気体の濃度だけでなく表

面からの流束を測定するために、NOAA(米海洋大気庁)の開発した最適な乱気流(BAT)プローブと組み合わせた。

ハーバード大学のジェームズ・アンダーソン教授率いるチームのデイビッド・セイヤーズ研究員は、「われわれはこれらの測定において、NOAAや航空機を操縦するオーロラフライトサイエンスズと共に働けることに興奮している。北極の永久凍土層の融解によって放出されるメタンと二酸化炭素は、人為的放出による大気中炭素負荷をさらに増大させる可能性がある。気候変動および化石燃料の削減のタイミングとその量に関する政策決定に深い影響を及ぼすであろうから、この放出量と原因を知ることが緊急の課題である。われわれ

の最初のフライトは2011年の夏後半にアラスカのノーススロープで開始し、翌年の春、夏、秋へと続く予定だ。われわれの使う手法は、米国内と外国における炭素放出を監視する最初のステップであり、実際の炭素放出条約に必要なものとなるだろう」と語っている。
(Gail Overton)

参考文献

- (1) J. Boe et al., Nature Geoscience, 2, 341 (2010).
- (2) D.S. Sayres et al., "Multi-Regional Scale Aircraft Observations of Methane and Carbon Dioxide Isotopic Fluxes in the Arctic," proposal for consideration to NSF (March 2011).
- (3) M.F. Witinski et al., Appl. Phys. B, 102, 375 (March 2010).

LFWJ