

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名：アイソトポマーによる温暖化気体ソース・シンクの定量的評価

2. 研究代表者：吉田 尚弘

(東京工業大学フロンティア創造共同研究センター 教授)

3. 研究概要：

CREST時代に開発した、同位体の組み合わせで多種存在するアイソトポマー（同位体分子種）計測法につき更なる発展展開に移っている。具体的にはアイソトポマーの質的情報を定量的に読みとりながら、環境物質として重要な温暖化ガスのサイクルを詳細に解析している。研究対象としている温暖化ガスは、未だにそのサイクルに不確実性が高いメタン(CH_4)と一酸化二窒素(N_2O)をとりあげた。一方、計測法のレベルアップのため、レーザー分光法につき慶応大理工佐々田助教授と共同して、光源やセルの開発、及び解析手法開発等を行っている。

〔成果の概要〕

(1) アイソトポマーによる温暖化ガスのソース・シンク評価

「起源（ソース）推定」から、より高精度の「ソース・シンク（消滅源）の特定および定量的評価」提案に向けたネットワーク活用モニタリングを、 CH_4 及び N_2O を中心に行った。以下進捗状況と主な結果をまとめる。

(A) 自然起源（地球規模）

成層圏大気サンプリング、海洋海水採集、陸域環境試料採集、京大和歌山研究林でのガス採集及び集水、アラスカ北部ツンドラ地域（メタンソース）大気サンプリング、等を各々国際協力機関と連携して実施し、評価解析を行っている。

- ① 成層圏では光化学反応により N_2O が分解される結果、アイソトポマーが大きな分別を受けて特徴的な高度分布を示すことがわかり、アイソトポマーが、現場の光化学過程、大気の輸送などの物理過程を評価する上で有用な情報を与えることが明らかになった。
- ② 海水中の溶存 N_2O アイソトポマー比より微生物起源の N_2O と、溶存している N_2O がさまざまな寄与で混合していることが明らかになった。
- ③ 陸域環境では、 N_2O の起源物質、酸素濃度などの環境因子、および微生物相が不均一に分布しており、変動幅が大きい。模擬実験等を通じてスタンダードを決めていく予定。
- ④ 森林ではメタンの吸収が、一方近接する湿地ではメタンの大きな発生が見られているが、メタン吸収が行われている土壌でもメタンの放出が同時に起こっていることを示唆する同位体比を持ったメタンが測定されている。

- ⑤ 伐採直後であっても、酸性雨由来の硝酸は流出しておらず、生態系が硝酸を保持していることが判明し、2004年秋からは N_2O の放出速度の測定を開始する予定である。

(B) 農業起源

農環研との共同研究により、2003年に稲作期間を通じた密な定期的試料採取を行い、炭素・水素同位体比の計測を行った。また、2004年度は田面水の状況に合わせたサンプリングを行った。その結果、水田から放出されるメタンの同位体比に季節変動があることが確かめられた。またバイオマス燃焼で発生するメタンの炭素・水素同位体比の計測を行った。その結果、メタンの水素同位体比が従来考えられていたよりも軽いという特徴があり、それらが燃焼効率、燃やす植物の同位体比に関連していることが明らかになった。

(C) 手法開発

電解操作による水の O^{17} の計測法を企業と共同で考案し特許化した。現在装置の小型化を検討している。

(2) レーザー分光法の開発

C R E S Tの期間中に波長 1.5~2.0 μm 帯の近赤外領域でレーザー分光法の研究を行ってきた。しかし、この波長領域では分子の吸収強度は小さく、分子の検出感度としては十分ではない。

S O R S Tでは、波長 3 μm 帯の中赤外領域でレーザー分光計測法の開発を行っている。この波長領域には OH, NH, CH 基の伸縮振動の基本振動スペクトルがあり、その吸収強度が強い。従って検出感度と比決定精度の向上が期待できる。また、スペクトル線が重なるという問題を解決するためにサブドップラー分解能をもつ分光システムの開発を進めた。光共振器型吸収セルを製作し、導入したところ、メタン分子の吸収線を飽和させるには十分なパワーとなった。この方法の改良で、従来のフリンジの透過率ではなく、フリンジのスペクトル幅を測ることにより、装置が簡単でかつ高精度の測定ができることがわかった（特許出願）。現在環境試料について検討しているが、質量分析とほぼ一致するデータが得られ、簡便方法（装置）として活用できそうである。

(3) その他

2001年7月に横浜で主宰した 1 s t International Symposium on Isotopomers（第1回国際アイソトポマー会議、J S T主催、I A E A及びEuropean Commission 共催）に続き、第2回会議をヨーロッパ連合と2003年11月にイタリアで共催し、アイソトポマーに関し I A E A や N I S T などの公的機関、国際機関との協力体制などの基礎を固めた。

また吉田教授は2004年4月にスガ財団より特別技術功労賞を受賞。

4. 中間評価結果

4-1 研究の進捗状況と今後の見込み

CRESTを通じて開発された新しい同位体分析用質量分析機器を用い、種々の環境試料への対応は非常に進展し、新しい切口の提案など数多くの成果を上げている。このようにアイソトマー（アイソトログ）分析技術の確立という意味では、国内外の同位体分析技術をリードする状況にある。ただ当初の研究計画で謳った N_2O のアイソトマー測定による N_2O ソースシンク・不確定性を低減させたとは、未だ言えない。このためには計測例を増やすことだけでなく、モデル化したシミュレーションが必要であろう。

4-2 研究成果の現状と今後の見込み

CREST時代に開発された機器を用いる環境試料への応用研究では、個別的ではあるが多くの成果が出てきた。温暖化ガスのソース・シンクを評価する上で、 N_2O アイソトマー比測定、およびメタン同位体比測定の有効性が認められ、現在世界中の研究機関で測定環境を整備している状況であり、本研究はそれらの研究をリードしている。また分子分光法として中赤外光源を用いる方法や、水の O^{17} を精度よく測定する方法を編み出した。これらはこの分野における吉田教授のリーダーシップを補完する有力な武器となりうる。ただし、同位体分析からの温室効果ガス・ソースシンクのしぼり込みにはサンプル採集、スタンダードの整備、解析手法の確立等でフィールドワーク上の困難な問題をかかえている。この点を研究代表者がいかに克服して結果を示してくれるかに期待する。

4-3 総合的評価

本テーマは独自の方法によるソースシンクの定量的評価を扱っており、大変ユニークでかつ重要なアプローチである。しかし困難もまた非常に大きい。このようなテーマでは

- (1) 個別実験室でのデータの信頼性の確立
- (2) 国際的あるいは独立実験空間での信頼性（コンセンサスバリュー）の確保
- (3) 真値あるいは絶対値としての信頼性の保証

というステップがあり、現段階では、温室効果ガスの測定の進展は高く評価できるが、目標である温室効果ガスのソース・シンクの同定への道のりがまだはっきりしない状況にある。その意味で国際機関との協力体制を継続することや、得られたデータに関する吟味を深めることは重要であるが、今後は研究費を従来よりやや減額し、目標を最終のソース・シンクの同定にしぼった研究に集約化を行うのが妥当と思われる。