

最先端・次世代研究開発支援プログラム  
事後評価書

研究課題名	衛星アイソトポマー観測による地球環境診断
研究機関・部局・職名	独立行政法人情報通信研究機構・電磁波計測研究所・協力研究員
氏名	笠井 康子

**【研究目的】**

温暖化物質や環境負荷物質には同位体分子種（アイソトポマー）が存在する。大気中のアイソトポマーの存在量比は、その物質が経て来た化学的物理的プロセスの履歴を“記録”しているため、この性質を利用することで物質の発生起源と大気中で経て来た変遷プロセスを逆推定することが可能になる。

本研究では、従来困難であった“分光リモートセンシング観測”を高精度化し、衛星アイソトポマー観測分野を切り拓くことにより、グローバルなアイソトポマー分布から地球環境診断を実施することを目的としている。衛星による地球大気分光観測データを解析し、アイソトポマー存在量比のグローバル高度分布観測の導出を試みる。これにより、地球大気に存在する温暖化/環境負荷物質の起源と変遷を推定、そのグローバル収支の時間的変遷(日々の変化、季節変動など)を議論する。

また、dセンサー開発の検討においては、アイソトポマー観測に適した衛星センサーの設計を行ない、一部機器の試作を実施など、このセンサーが目的とするのは、地球対流圏-成層圏における物質循環システムの状態変化を連日グローバルに検査し、地球環境の異常を早期発見することである。将来は、地球大気-生態系システムに応用することを目指し、「衛星アイソトポマー観測による日々の地球環境診断」分野を世界に先駆けて開拓する。

**1. 衛星によるアイソトポマーのグローバル分布構造とその時間変動の観測：**

本研究では、まず、これまでに類のない高精度観測を実現している SMILES の観測スペクトルを用いて、酸素系（オゾン）のアイソトポマー比分布を明らかにする。オゾンはその分子構造の対称性 ( $C_{2v}$ ) により、5 種の主同位体種 ( $000$ ,  $^{18}000$ ,  $^{17}000$ ,  $0^{18}00$ ,  $0^{17}00$ ) が存在し、SMILES データから全種の存在量を導出できる可能性がある。現在の SMILES 公開データでは、ノーマル種のオゾンで 2%、同位体種で 10% 程度の誤差を持つ。本研究ではアイソトポマーを解析するための独自の高精度解析アルゴリズムを開発する。この高精度解析を利用して、成層圏オゾンにおける質量非依存同位体分別 (Mass Independent Fractionation, MIF) のグローバル分布構造とその季節変動を世界で初めて明らかにする事を目的とする。Odin/SMR 衛星を利用した解析（オゾン導出精度 20%）によると、極域における同位体比異常、上部成層圏における異常

な同位体偏重 ( $\delta < 40\%$ ) などが得られている (図1)。本研究では、より広範な高度範囲 (成層圏-中間圏) において同位体異常を鮮明に捉え、さらに時間的変動を導出する。

また、酸素アイソトポマー導出アルゴリズム手法を応用し、水循環や対流活動把握の鍵となる水蒸気アイソトポマー分布、生態系放出物の調査に必須な炭素系のアイソトポマー、大気汚染物質である一酸化炭素・HCN・水酸化ラジカル、HCl/ClO/ CH<sub>3</sub>Cl の塩素アイソトポマーなども研究対象となる。衛星データには SMILES の他、温暖化衛星 GOSAT の CH<sub>4</sub>、カナダの ACE 衛星、欧州の Odin/SMR 衛星、なども対象となり、これらのデータをモデル研究により解釈する。

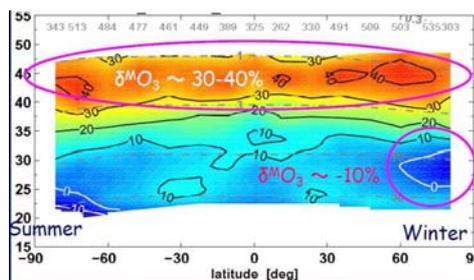


図1: Odin/SMR 衛星観測によるオゾン同位体比  $\delta\text{Asym-18}$

## 2. 新規アイソトポマー衛星観測にむけての装置試作と実証観測：

本研究で用いる一連の衛星測器はアイソトポマー比のグローバル観測に対して最適化されたものではない。データ解析を行う過程でアイソトポマー存在量比の観測に対する問題点を洗い出し、アイソトポマー観測に最適化した小型軽量サブミリ波放射計のプロトタイプを試作、地上実証観測を実施する。ここでは、地球環境変動に対して応答が敏感な上部対流圏下部成層圏観測をターゲットにした衛星測器モデルを作成する。最終的に日米欧のいくつかの衛星観測計画公募に対して応募し、2015 - 2020年の打ち上げを目指す。

これらの一連の研究により以下の2点を実現することを目的とする。

1. 教科書に採用されるような「地球大気圏におけるアイソトポマーグローバル分布の標準」を導出、基礎を確立。
2. アイソトポマー観測に最適化したサブミリ波放射計を開発、衛星観測を目指す。

### 【総合評価】

○	特に優れた成果が得られている
	優れた成果が得られている
	一定の成果が得られている
	十分な成果が得られていない

### 【所見】

#### ① 総合所見

当初の目的にしたがって、順調に研究が進展したと評価できる。

本研究課題では、衛星による分光観測データからアイソトポマー存在比を高精度に導出する方法を独自に開発し、その手法の確からしさを徹底的に検証した。これにより、地球大気中アイソトポマー存在比のグローバルな高度分布と、その季節や時間変動を世界で初めて導出することに成功したことは高く評価される。

また、予算の縮小に対し、基礎的な研究により目的を絞って実施して成果を上げ、COSPAR 宇宙国際会議において招待講演を受けるなど、科学的成果をあげたことも評価される。

## ② 目的の達成状況

・所期の目的が

(全て達成された ・ 一部達成された ・ 達成されなかった)

衛星を用いた高精度なアイソトポマー観測による地球環境診断を目的として、衛星によるアイソトポマー観測データの高精度解析アルゴリズムの開発と新規アイソトポマー衛星観測に向けた装置試作と実証観測を行った。

新たに開発した高精度解析アルゴリズムを国際宇宙ステーション搭載サブミリ波サウンダ SMILES で得られたアイソトポマー観測データに適用し、成層圏オゾン同位体比を高い精度で求め、その誤差解析と検証研究によって観測の確度と精度を確認した。また、GOSAT 温暖化観測衛星で得たデータからメタンの同位体比を高い精度で求める新たな解析アルゴリズムを開発し、赤道域と高緯度域での差異を検出した。さらに、新規アイソトポマー衛星観測に向けた小型軽量サブミリ波サウンダの仕様を決定し、製作に成功した。

## ③ 研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が  
(ある ・ ない)

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が  
(創出された ・ 創出されなかった)

・当初の目的の他に得られた成果が (ある ・ ない)

アイソトポマーによる地球環境診断技術の開発は、世界で例がなく高く評価できる。新たに開発した高精度解析アルゴリズムを、国際宇宙ステーション搭載サブミリ波サウンダ SMILES で得られたアイソトポマー観測データに適用して求めた成層圏オゾン同位体比の確度と精度は、従来に比べて格段に向上し、各々数%であることを確認した。また、GOSAT 温暖化観測衛星で得たデータからメタン同位体比を高い精度で求める新たな解析アルゴリズムを開発し、赤道域と高緯度域での差異を検出した。これらの結果は、アイソトポマー存在量比のグローバル分布とその変動の観測研究分野において高い先進性・優位性を有しているといえる。

アイソトポマー存在量比を求めるため、従来はアイソトポマーの各種の存在量を各々求めていた。しかし、本研究課題では発想を転換してアイソトポマー存在量比を直接求めるアルゴリズムを開発し、その有効性を実証している。このことは、本研究課題の問題解決型ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果である。

現在環境変動・気候変動における地球環境観測・診断と予測に、本技術が大きく寄与できると期待される。

**④ 研究成果の効果**

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が  
( 見込まれる ・ 見込まれない )

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が  
( 見込まれる ・ 見込まれない )

本研究課題の成果によって、高精度なアイソトポマー存在量比のグローバル分布とその時間変動の観測が可能になり、地球温暖化物質や環境負荷物質の分布変動の監視と発生起源・変遷プロセスが推定できるようになる。このことを通して、地球温暖化物質や環境負荷物質の監視と発生起源・変遷プロセスの推定が可能となり、地球環境変動の予測精度の向上や保全対策の策定への貢献が見込まれる。

**⑤ 研究実施マネジメントの状況**

・適切なマネジメントが ( 行われた ・ 行われなかった )

直接経費配分額が全体申請額より減額となったものの、基盤的な研究に集中し、成果を上げた。当初の研究計画に応じて予定通りに進捗し、適切なマネジメントが行なわれたと判断される。