

【基盤研究(S)】

理工系(数物系科学)



研究課題名 アイソトポマーの計測・解析技術開発による物質循環解析

東京工業大学・大学院総合理工学研究科・教授

よしだ なおひろ
吉田 尚弘

研究分野：数物系科学

キーワード：物質循環、アイソトポマー

【研究の背景・目的】

地球化学分野において、軽元素の安定同位体組成は、様々な分子の循環を推定する上で非常に有効な指標として利用されている。しかしながら、利用されている安定同位体組成情報は、分子中の単一元素の単一同位体に着目したものがほとんどである。アイソトポマーとは、分子中の多種の同位体の組み合わせからなる同位体置換種の総称であるが、このアイソトポマーが多数存在する分子は、単一同位体情報のみでは得ることができない、豊富な多次元情報を保持している。

これまで申請者のグループでは、温室効果ガスに着目してアイソトポマー計測法を開発・適用し、より定量的な温室効果ガスの循環像の把握を行ってきた。例えば、温室効果ガスの1つである大気中一酸化二窒素(N_2O)については、 $^{14}N^{14}N^{16}O$ 、 $^{14}N^{15}N^{16}O$ など12種類の区別しうるアイソトポマーが存在するが、それらの内 $^{15}N^{14}NO$ 、 $^{14}N^{15}NO$ を区別して計測する方法を世界で初めて確立し、様々な試料に適用することで生物圏・対流圏・成層圏中 N_2O のソース・シンクの詳細化および定量化を行ってきた(例：Yoshida and Toyoda, 2000)。

近年、上記 N_2O 以外の地球温暖化関連物質についてもアイソトポマー計測が可能となり、地球温暖化関連物質の知見は集積しつつある。しかし、一方で、分子構造がより複雑な生体分子などについては、地球温暖化関連物質の前駆物質として循環解析に不可欠であるにもかかわらず、計測法が困難であるためにアイソトポマーに関する知見が非常に限られている。

そこで本研究では、これまで計測法が困難であった環境物質に着目したアイソトポマー計測法の確立および実試料への適用を行うとともに、アイソトポマー情報を用いた数値モデリングも行うことで、従来よりも高精度な地球環境物質の循環解析を行うことを目的とする。

【研究の方法】

研究方法として、以下4点を実行する。

1. 地球温暖化関連物質の前駆体として重要な生体分子の新規アイソトポマー計測法の開発および環境試料・微生物試料への適用を行う。
2. 地球温暖化に直接・間接的に関わる気体・エアロゾル成分について、非質量依存同位体分別を対象とする最先端のアイソトポマー計測法を開発し、高感度化および高精度化を図って大気試料に適用する。
3. 大気化学反応において提案されている N_2O 、 CO_S 、 SO_x などが関与する化学反応素過程において第一原理に基づく量子反応動力を実施することにより、様々なアイソトポマーに関する光解離断面積および反応定数の理論決定を行う。

4. これまでに集積した、そして本研究で得られるアイソトポマーデータを基に、 N_2O アイソトポマーモデルと硫黄化学種アイソトポマーモデルを構築し、主要な地球温暖化関連物質である N_2O と硫酸エアロゾルの循環像を定量的に解明する。

【期待される成果と意義】

本研究の意義は、第一に主要な温暖化関連物質の収支の不確実性を低減する点である。新たな計測技術の確立を通して、地球温暖化関連物質のアイソトポマー実測が充実することで、ソース・シンク不確実性の低減を可能とする。第二に生体分子のアイソトポマー計測の実現により、温暖化関連物質の循環を追跡する基点情報が得られる点である。さらに温暖化関連物質の循環解析のみではなく、生物地球化学を中心として地球化学全般の解析にアイソトポマー情報が広く利用されることも期待できる。第三に地球温暖化関連物質の生成メカニズムを定量的に解明することで、効果的な温暖化緩和策を提案できる点である。 CO_2 換算総排出量を削減するためには、削減対策が進んでいる CO_2 の削減のみならず、まだあまり対策が進んでいない本研究で扱う N_2O 、 CH_4 、エアロゾルなどの非 CO_2 温暖化ガスの削減が効果的であると考えられる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

Yoshida, N., and S. Toyoda, Constraining the atmospheric N_2O budget from intramolecular site preference in N_2O isotopomers, *Nature*, **405**, 330-334, 2000.

Ueno, Y., M. S. Johnson, S. O. Danielache, C. Eskebjerg, A. Pandey, and N. Yoshida, Geological Sulfur Isotopes Indicate Elevated OCS in the Archean Atmosphere, Solving Faint Young Sun Paradox, *Proc. Nat. Acad. Sci., USA*, **106**, 14784-14789, 2009.

【研究期間と研究経費】

平成23年度－27年度
160,300千円

【ホームページ等】

<http://nylab.chemenv.titech.ac.jp/>
yoshida.n.aa@m.titech.ac.jp