

令和 2 年 4 月 19 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2019

課題番号：18K13605

研究課題名(和文) 水素・窒素同位体異常をもつ地球外有機物の起源と化学進化の解明

研究課題名(英文) Chemical evolution of hydrogen and nitrogen isotopic anomalous organic matter in extraterrestrial materials

研究代表者

橋口 未奈子 (Hashiguchi, Minako)

九州大学・惑星微量有機化合物研究センター・特任助教

研究者番号：80770627

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,500,000円

研究成果の概要(和文)：始原的地球外物質中に保存された水素や窒素同位体異常をもつ有機物の起源および化学進化を議論するため、本研究では、二次イオン質量分析装置を用いたその場同位体比分析のための試料の前処理技術の検討・開発を行った。治具の開発・改良により、有機物の同位体組成に影響を与えないよう、異なる程度の変成・変質プロセスを経験した隕石に対し、乾式研磨手法技術を検討した。また、研磨の困難なミクロンサイズの微粒子については金ディスクへの圧着技術手順を開発し、同位体分析のための試料前処理方法を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

その場同位体分析を実施するため、試料表面に対し樹脂などの有機物質および水・アルコールなどを用いた研磨を行うことが一般的であるが、それらの処理により地球外物質中の有機物の同位体比や化学組成が変化する可能性がある。一方、本研究で開発した前処理技術は有機物や水などを一切使わない手法であるため、始原的地球外物質中の有機物の同位体比を正しく分析することが可能になると期待される。これにより、地球外有機物、特に水素や窒素同位体異常をもつ有機物の起源、および化学進化プロセスの解明に大きく貢献出来るだろう。

研究成果の概要(英文)：In situ isotope analysis is useful for discussing the origin and chemical evolution of organic matter with hydrogen and nitrogen isotope anomalies in primitive extraterrestrial matter. In this study, we investigated and developed sample preparation techniques for the in situ isotope analysis using a secondary ion mass spectrometer.

The dry polishing technique was investigated for primitive meteorites that have undergone different degree of alteration and/or metamorphism processes, so as not to affect the isotopic composition of organic substances by the development and improvement of jigs. For micron-sized particles that are difficult to polish, we also developed a procedure for pressing and mounting into gold discs with flat sample surface for the isotope analysis.

研究分野：宇宙化学

キーワード：地球外有機物 同位体組成 分析試料前処理技術

1. 研究開始当初の背景

炭素質隕石など始原的な地球外試料には、最大数%の有機物が保存されている。地球外有機物は、宇宙存在度が高い元素(水素(H)、炭素(C)、窒素(N)、酸素(O))から構成され、初期太陽系の物質進化に重要な役割を担った物質の1つである。有機物の形成プロセスは諸説あるが、主に、1. 極低温領域(~10-50 K)である分子雲での光化学反応(Bernstein et al., 1995)、2. 初期太陽系星雲での触媒反応(~200 K)(Anders, 1973)、3. 小惑星上での流体作用(Cody et al., 2011; Kebukawa et al., 2013)が提唱されており、形成後、初期太陽系内の水や熱を伴う変質・変成によって、周囲の鉱物や水との相互作用を起こし複雑な進化を遂げてきたことが分かってきた(図1)。これらの地球外有機物は多様な元素・同位体組成や分子構造を示し、複雑な進化過程を反映していると考えられるが、これらを統一的に説明可能なプロセスは明らかではなく、有機物の起源や進化過程については未だ明解な結論は得られていない。

炭素質隕石中の有機物のなかには、Dや¹⁵Nの著しい過剰(同位体異常)を示すサブミクロンスケールの粒子状有機物が存在する(Busemann et al., 2006, Nakamura-Messenger et al., 2006, Hashiguchi et al., 2013; 橋口 2014; Hashiguchi et al., 2015)。これらは、D/H比、¹⁵N/¹⁴N比が地球物質の数倍以上大きく、分子雲や初期太陽系星雲外縁部の極低温環境における化学反応で形成したと考えられる(例えば Miller et al., 1984; Chakraborty et al., 2014)。また、隕石有機物の研究では、有機物の水素・窒素同位体組成は、初期太陽系における水質変質・熱変成によって地球物質に近づく(D、¹⁵Nの過剰が失われる)傾向が見られる(Alexander et al., 2007, Herd et al., 2010)。そのため、同位体異常をもつ有機物は比較的変質・変成の影響が少ない始原的な有機物の生き残りであると言え、地球外有機物がどこで形成され、どのように進化してきたかを明らかにするための貴重な材料であるその大きなテーマを解明するため、同位体異常をもつ有機物は非常に有用なトレーサーとなる物質であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、地球外試料に保存されている、分子雲や初期太陽系星雲外縁部起源の始原的な有機物と考えられる、重水素(D)や¹⁵Nの著しい過剰(同位体異常)を示すサブミクロンスケールの粒子状有機物に着目する。これらの同位体組成、周囲の鉱物との関係、存在度を明らかにし、異なる炭素質隕石間で比較を行うことで、地球外有機物の起源と化学進化の解明を目指す。

3. 研究の方法

試料は、隕石母天体上において異なる程度の変質・変成プロセスを経験した始原的な隕石を用いる。特に、有機物を多く保存し、かつ、水素や窒素同位体異常を持つ有機物の存在が確認されている始原的な隕石(CM、CR、CH)隕石に焦点を当てる。

その場同位体比分析を実施し、それらの隕石に含まれる有機物の同位体組成、特に、水素および窒素同位体異常をもつ有機物の同位体組成とそれらの存在度を明らかにする。複数の始原的な隕石の分析結果、およびそれらの隕石の変質・変成プロセスと比較することで、同位体異常を持つ有機物の起源と化学進化の解明を目指す。

4. 研究成果

本研究の目的を達成するために必須である、地球外試料のその場同位体比分析に向け、始原的な隕石(CM2コンドライト)の試料表面の研磨処理を実施したところ、研磨による試料の同位体比、特に水素同位体比が変化する可能性を踏まえ、研磨を含めた試料前処理手順の改良・技術開発が最優先であることが明らかになった。そのため、まず試料表面の研磨技術の検討、および研磨が困難である微小試料の固定技術の開発を行った。

異なる程度の変成・変質プロセスを経験した隕石(CM1, CM2, CHコンドライト)を用い、研磨技術の検討・確立を行った。まず、合金を用いた利用した治具の開発・改良により、有機物の同位体組成に影響を与えないよう、有機物の同位体組成に影響を与える可能性のある水、メタノールやエタノールなどのアルコール溶媒、そして樹脂などの有機物質を一切使

わなない乾式研磨手法技術を検討した。研磨には主に粒子状のアルミナまたはシート状のアルミナラッピングフィルム (最小 1 ミクロン) を利用した。試料表面の評価は、主に金属反射顕微鏡と走査型電子顕微鏡 (SEM) を利用した。スライドガラスへの固定の一部には少量の樹脂を用いたため、SEM 観察による樹脂の混入 (炭素質物質の汚染) の影響を評価した結果、分析に用いる試料表面への汚染の影響はなく、表面の乾式研磨手順を確立した。

さらに、研磨やスライドガラスなどへの固定が困難なミクロンサイズの微粒子については、金属圧着技術手順を検討・確立した。金属板やダイヤモンド板など、基板による圧着状態を検討した結果、金ディスクを利用した圧着方法が最適であると判断した。この手法は、有機物の汚染を最大限除去するため、主に洗浄および加熱が可能でもあり、有機物試料の同位体比分析に適している。また、この手法は始原的隕石から抽出した高分子有機物試料にも適応可能であることを検証済みである。

本研究では有機物を多く保存し、さらには水素および窒素同位体異常をもつ有機物の存在が既に確認されている始原的隕石を用いたが、開発した治具は、異なるサイズや硬度の試料においても適応可能であり、本研究で使用した隕石試料以外の地球外試料の前処理技術としても応用できるはずである。これにより、地球外有機物、特に水素や窒素同位体異常をもつ有機物の起源、および化学進化プロセスの解明に大きく貢献出来るだろう。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----