



隕石中のドライアイス存在量に基づく微惑星形成領域の推定

地球惑星科学および
その関連分野

研究者所属・職名：大学院理工学研究科・准教授

ふりがな ふじや わたる

氏名：藤谷 渉

主な採択課題：

- [若手研究\(B\)「隕石中の炭酸塩の微小領域分析から探る始原始的有機物の同位体組成とその起源」\(2016-2019\)](#)
- [新学術領域研究\(研究領域提案型\)「含水微惑星の衝突年代から読み解く惑星への水の供給ダイナミクス」\(2018-2019\)](#)

分野：宇宙化学、惑星科学

キーワード：ドライアイス、炭素質コンドライト、炭酸塩鉱物、炭素同位体、二次イオン質量分析

課題

●なぜこの研究をおこなったのか？（研究の背景・目的）

微惑星は惑星の前駆体であり、主に小惑星メインベルト（火星と木星の公転軌道の間）や太陽系外縁にその名残が小惑星として現存している。しかしながら、小惑星の現在の場所で微惑星が誕生したとは限らず、太陽系史を通じた小天体や惑星の軌道進化は未解明である。本研究では、メインベルト小惑星に由来する隕石に含まれる二酸化炭素氷（ドライアイス）の存在量から、隕石母天体の形成領域（太陽からの距離あるいは温度）の制約を試みた。

●研究するにあたっての苦労や工夫（研究の手法）

本研究では、隕石に含まれる炭酸塩鉱物に着目した（図1）。炭酸塩は隕石母天体において水の存在下で形成する鉱物であるが、その炭酸イオンの起源が母天体に集積した有機炭素か無機炭素（ドライアイス）かは不明であった。我々は炭素同位体比（ $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比）からそれが判別できると着想し、炭酸塩の系統的な同位体分析に乗り出した。80 K以下の低温でのみドライアイスは存在可能であるため、母天体の周囲の温度を隕石中のドライアイスの存在量から制約できる。

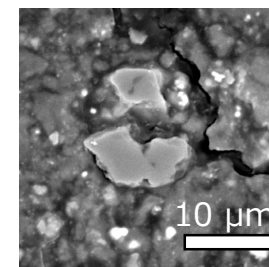


図1 Tagish Lake隕石中の炭酸塩の電子顕微鏡写真

隕石中の炭酸塩鉱物の同位体分析に基づく微惑星形成領域の推定

地球惑星科学および
その関連分野

研究成果

●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

我々はTagish Lake隕石中の方解石 (CaCO_3) の $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比を二次イオン質量分析計で測定した。すると、どの粒子も $\delta^{13}\text{C}$ 値が約70‰ ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比が標準試料より7%大きい) であり、地球上の炭酸塩 ($\delta^{13}\text{C}$ 値の最大値が38‰) には見られない同位体組成を示した。

隕石中の主な有機物は負の $\delta^{13}\text{C}$ 値を示し、一方で、彗星の観測から、微惑星に集積したドライアイスには $\delta^{13}\text{C}$ 値が80‰程度であると推測される。有機炭素と無機炭素の混合割合が炭酸塩の $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比に反映されているとすると、Tagish Lake隕石の炭酸塩のおよそ90%程度をドライアイス由来の炭素が占めることになる。Tagish Lake隕石のドライアイス存在量を炭酸塩の存在量と $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比から計算すると $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O} = 0.24$ となり、彗星と同程度である(図2)。このことから、 CO_2 が固体として存在できる80 K以下で隕石母天体は形成し、形成領域は木星の公転軌道以遠あるいは太陽系の外縁かもしれない。つまり、本成果は、「現在の小惑星メインベルト(木星軌道より太陽に近い領域)で隕石母天体が形成した」という従来の考えを覆し、「太陽系史を通じて小惑星の公転軌道は大きく変化する」ことを示している。小天体と惑星の公転軌道は重力相互作用で変化する」と理論的には提案されているが、その物的証拠を示したのは本研究が初めてである(Fujiya et al., 2019, Nature Astronomy)。

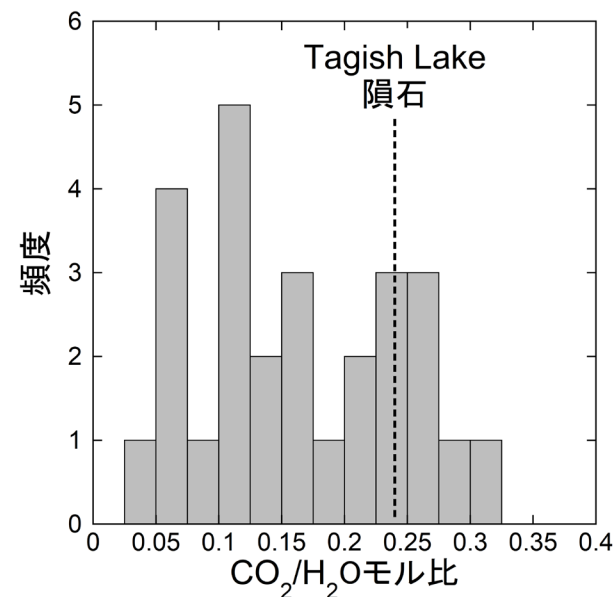


図2 彗星の $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 比のヒストグラムとTagish Lake隕石との比較 (Fujiya et al., 2019から改編)

今後の展望

●今後の展望・期待される効果

揮発性物質の存在量から母天体の形成領域(温度)を制約する手法はドライアイスに限らずアンモニア、メタンなどに応用が可能である。凝縮温度が異なる分子を組み合わせることで温度領域をより制約することができる。また、起源天体がわかっている試料(例えば、探査機により小惑星から回収された試料)にこの手法を応用すれば、その天体の公転軌道の変化を解明することが可能となる。