PRESS RELEASE

岡山大学記者クラブ
倉吉記者クラブ
文部科学記者会
科学記者会　　　　　　御中

平成29年5月25日
岡　山　大　学

太陽系初期における地球型惑星の起源物質の進化過程を解明

岡山大学惑星物質研究所の田中亮吏准教授と中村栄三教授は、太陽系形成初期に形成された天体の破片とされる始原的隕石の一種であるエンスタタイト・コンドライトから、コンドルールと呼ばれる球状粒子を分離し、その高精度酸素同位体比分析に成功。太陽系誕生後約 2〜3 百万年以内に、原始太陽系円盤の内側が還元的環境となった結果、カンラン石に富むコンドルールと一酸化ケイ素に富むガスの反応により、地球型惑星や分化過程を経験した原始惑星の酸素同位体組成が決定されたことを明らかにしました。本研究成果は英国時間 5 月 26 日午後 4 時（日本時間 27 日午前 0 時）、英国の科学雑誌「*Nature Astronomy*」にオンライン公開されます。

本研究成果は、原始太陽系円盤内の酸化還元状態を物質科学的に解明しただけでなく、地球型惑星の化学組成や惑星内部化学組成を理解する上でも、重要な知見を与えます。

＜背　景＞

地球型惑星は、45 億 7 千万年前に太陽系が誕生した後、数百万年以内に形成された始原的隕石[1]母天体の集積によって形成されたと考えられています。そのため、地球全体や地球内部の化学組成は、これら始原的隕石の組成を元に推定されてきました。

酸素は 3 つの安定同位体を有し、始原的隕石は種類によって幅広い同位体比（$^{17}O/^{16}O$ および $^{18}O/^{16}O$）を持つことが知られています。酸素は、地球の約 30 重量%、金属核を除いた岩石圏の約 50 重量%を占めることから、惑星物質の酸素同位体比は、原始太陽系円盤や惑星の主要物質の起源と進化を理解する上で最も重要な要素です。

これまで、始原的隕石の一種エンスタタイト・コンドライト[2]の酸素同位体比が地球とほぼ一致することから、地球の大部分はエンスタタイト・コンドライトが起源であると考えられてきました。一方、火星隕石や、太陽系初期にマグマ活動（分化作用）を経験した隕石の酸素同位体は必ずしもエンスタタイト・コンドライトと一致しないことから、原始惑星[3]や地球型惑星[4]は、各種の始原的隕石がさまざまな割合で混合した結果形成されたものであると考えられています。

しかし、始原的隕石母天体が集積した年代が、分化した隕石母天体の融解した年代よりも若いことが明らかになるなど、惑星形成を解明する上で問題点が指摘されていました。

＜業　績＞

田中准教授と中村教授は、国立極地研究所やウィーン自然史博物館の協力を得て、始原的隕石の一種であるエンスタタイト・コンドライトから分離したコンドルール[5]の高精度酸素同位体比分析を行いました。分析されたコンドルールが、従来知られているよりも幅広い酸素同位体異常値[6]を有し、規則的関係を示すことを発見。さらに、得られた酸素同位体異常値が、地球の岩石のみならず、火星隕石や太陽系初期に集積・分化した原始惑星を起源とする隕石の値と一致することを明らかにしました。解析結果から、太陽系誕生後約2〜3 百万年以内に、原始太陽系円盤の内側が還元的環境となり、カンラン石に富むコンドルールと一酸化ケイ素に富むガスの反応が生じ、その結果、地球型惑星の起源物質が形成されたことを解明しました。

本研究成果は、これまで考えられてきた、地球型惑星の組成が始原的隕石の集合体として考えることへの問題提起をしており、地球型惑星の化学組成や惑星内部の化学組成を再考する必要があることを示唆しています。

＜見込まれる成果＞

太陽系誕生後、地球型惑星が形成されるまでの過程を理解するためには、原始太陽系円盤の内側に存在した気体や固体の組成、温度勾配、酸化還元状態等を明らかにしなければなりません。地球型惑星や原始惑星の起源物質の大部分が、還元的な条件における固-気体間の反応で形成されたことを明らかにした本研究成果は、初期太陽系における原始太陽系円盤の環境や惑星形成過程を理解する上で重要な知見を与えました。さらに、従来考えられてきた始原的隕石の集積によって地球型惑星が形成されたという考え方を再考する必要性を示しており、地球の組成や内部構造を理解する上でも重要な知見を提供しています。

＜論文情報等＞

論文名：Silicate–SiO reaction in a protoplanetary disk recorded by oxygen isotopes in chondrules
「コンドルールの酸素同位体に記録された原始惑星円盤内での珪酸塩–一酸化ケイ素ガス反応」
掲載誌：*Nature Astronomy*, doi**:** 10.1038/s41550-017-0137
著者：Ryoji Tanaka & Eizo Nakamura　（田中亮吏・中村栄三）

＜お問い合わせ＞
岡山大学　惑星物質研究所
准教授　田中亮吏
（電話番号）0858-43-1215 (代表)
0858-43-3748 (直通)
（FAX番号）0858-43-2184

＜補足・用語説明＞

[1] 始原的隕石

コンドルールと呼ばれる球形の物質を含む隕石で、コンドライト隕石とも呼ばれる。太陽系形成初期に、原始太陽系円盤内の塵やガスから形成された物質が集積した母天体の破片で、母天体内での高温での融解作用などを受けずに、始原的な情報を残している。

[2] エンスタタイト・コンドライト

始原的隕石の一種。エンスタタイト（マグネシウムに富む輝石）を主要な鉱物として含むことからこのように呼ばれる。

[3] 原始惑星

原始太陽系円盤で惑星系が形成する過程で、より小さな微惑星が衝突・集積を繰り返し、ある程度の大きさになった天体。地球型惑星は、原始惑星の衝突・集積によって形成されたと考えられている。

[4] 地球型惑星

主に岩石や金属から構成される惑星。太陽系では、内側に存在する、水星・金星・地球・火星がこれにあたる。

[5] コンドルール

始原的隕石に含まれる、球形の形をした粒子。宇宙空間で急速な加熱を受け、液滴（マグマ）となった後、急冷して形成されたと考えられている。太陽系最初期の情報を残していると考えられている。

[6] 酸素同位体異常値

酸素には質量数が 16,17,18 の 3 つの安定同位体が存在する。地球上の物質の 2 つの酸素同位体比（$^{18}O/^{16}O$ および $^{17}O/^{16}O$）を二次元グラフにプロットすると、質量に依存した直線関係（地球分別線）を示す。一方、地球外物質の多くは、地球分別線から外れた関係を示す。この、$^{17}O/^{16}O$ 比の地球分別線からの差の千分率を酸素同位体異常値として示される（図１）。

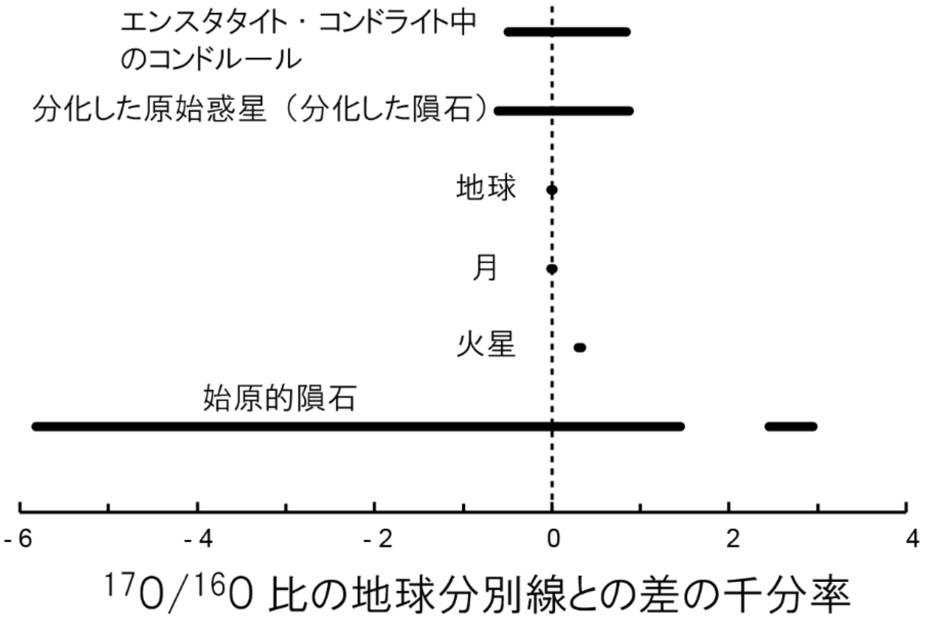

図１　エンスタタイト・コンドライト中のコンドルール及び惑星物質の酸素同位体異常値

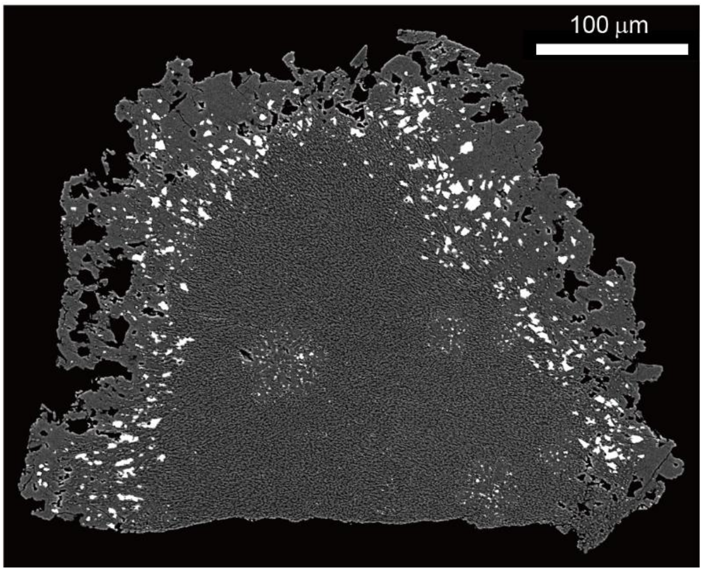

図２　一酸化ケイ素ガスとの反応により形成された、
ケイ素に富むコンドルールの電子顕微鏡写真