

岡山大学固体地球センター共同利用結果報告書

研究題目：希ガス同位体比に基づく太陽系形成期の微惑星の形成過程

氏名（所属）：中村智樹（九州大学・理学部・地球惑星科学科）

担当教官：長尾敬介教授（基礎宇宙化学部門）

共同利用期間：平成9年11月19日～平成9年11月28日

太陽系の始源物質である炭素質コンドライトの多くは、水を含む、またはかつては水を含んでいた小惑星から飛来したものである。この種のコンドライトは体積比にして50%以上の含水層状ケイ酸塩鉱物を含み、これらの鉱物の大部分は隕石母天体上の水質変成の産物であると考えられている。CMタイプの炭素質コンドライトは層状ケイ酸塩鉱物を含むコンドライトで大多数を占め、また他種の隕石にゼノリスとして含まれていたり、惑星間塵にも類似したものが多く存在することなどから、太陽系内にかなり広範囲に分布していたと考えられる。過去においてCMコンドライトの希ガス同位体組成のみから形成を論じた例は多数あるが、我々は新しい視点よりCM隕石母天体の形成・変成過程を推定するために、希ガス同位体組成に組織や岩石鉱物学的情報を組み込んだ研究を行っている。

Murchison、Nogoya、Murray、Yamato(Y-)791198隕石片から厚さ300 μ m程度の研磨薄片を製作し、希ガス分析の前に電子顕微鏡を用いて詳細な組織観察・主要元素分析をおこなった。その結果、上記の4種のCMコンドライトは、完全な形をしたコンドリュールを含む部分とそうでない部分の二種類の岩相(Lithology)からなることが分かった。Metzler et al. (1992)の組織分類に従うと、前者は始源的部分、後者は破碎部分と同定される。始源的部分は ~ 1 mm径のコンドリュールとそれらを取り巻く厚さ ~ 300 μ mのリム物質、さらにその外部に位置するPCPに富む部分の3つのphaseから成っており、これら3 phaseの位置関係は常に一定である。リム物質は様々な鉱物の微粒子や炭素質物質の集合体であり、またPCPに富む部分はtochilinite, cronstedtiteまたはその混合層からなるPCP (Poorly Characterized Phases)とPCPを取り巻く厚さ ~ 30 μ mのリム物質から出来ている。一方、破碎部分はそれを構成する鉱物種は始源的部分と同様であるが、組織が大きく異なり、衝突現象による粉碎・混合の影響を色濃く残している。完全な形のコンドリュールは無く、リム物質を持たない角張った ~ 500 μ m程度の無水鉱物片がserpentineやPCPからなるマトリックスに点在している。PCPも不規則な形状でリム物質を持たない。

約50 μ m径のレーザーを研磨薄片に照射し、CM隕石を構成する各相に含まれている希ガス組成を測定した。始源的部分からはトラップ成分と宇宙線起源

成分の希ガスが検出された。トラップ成分の希ガスは Ar、Kr、Xe の大部分が Q phase に、また He、Ne の大部分がプレソーラー粒子であるダイヤモンドに含まれていることが知られているが (e. g., Lewis et al., 1975; Huss and Lewis, 1995; Huss et al., 1996)、どちらのトラップ成分もコンドリュールを取り巻くリム物質に高濃度で含まれていることがわかった。コンドリュールに含まれるトラップ成分の希ガス濃度はリム物質のそれに比べ約 2 桁少ない。PCP に富む部分は 1/2 ~ 1/3 程度が含まれるが、これは PCP を取り巻くリム物質に希ガスが濃集していると解釈できる。複数のコンドリュールのまわりのリム物質を分析した結果、含まれるトラップ成分の希ガスは比較的均質であることが分かった。したがって、リム物質には Q phase やダイヤモンドが高密度にかつ均質に含まれていることを示す。リム物質は非平衡な鉱物組み合わせで出来ており、これはリム物質がコンドリュールの交代変成物ではなく、太陽系星雲中でコンドリュール表面に集積した星雲ダストであることを示す。リム物質には希ガス担体が均質に存在し、また太陽風起源の希ガスが含まれないことから、リム集積が起こった星雲域の星雲ダストには様々な鉱物微粒子と Q phase、プレソーラーダイヤモンドが均質に混合されており、太陽風もそれらの粒子によって遮蔽されていたことが推定される。

破砕部分の希ガス分析の結果、太陽風起源の希ガスは選択的にこの部分に含まれていることが分かった。トラップ成分の希ガスが主である始源的部分に比べ最大 2 桁高い濃度の He、Ne が検出された。破砕部分内の太陽風起源の希ガスは不均質な分布を示す。このことは、隕石母天体上での衝突現象の際に、表層の太陽風希ガスに富む層とその下位の太陽風希ガスに乏しい層が混合され破砕部分を形成したことを示唆する。破砕部分が太陽風希ガスに富むのは、普通コンドライトにはよく観察されることであるが、決定的に異なるのは太陽風希ガスの Ne 同位体比である。普通コンドライトの破砕部分の Ne 同位体比は低エネルギーの SW (Solar Wind) 成分と高エネルギーの SEP (Solar Energetic Particle) や SF (Solar Flare) 成分の混合であるのに対し、CM コンドライトの破砕部分からは、トラップ成分の希ガスの影響を考慮しても高エネルギーの SEP や SF に相当する太陽風希ガスしか検出されない。鉱物粒子表面 100nm 程度にしか打ち込まれなかった低エネルギー (SW) 成分は、CM 隕石母天体上での水質変成の際に失われてしまったが、深く打ち込まれた高エネルギー成分 (SEP・SF) は鉱物粒子内に残った可能性が高い。以上により、形成後の CM コンドライト母天体表層には太陽風が降り注ぎ、衝突現象による角礫岩化作用により太陽風に富む破砕部分と集積時の状態を残した始源的部分からなるレゴリスが形成されたが、その後の水質変成により鉱物粒子が交代変成される際に、打ち込まれた太陽風の一部 (SW) 成分が母天体から散逸したと推定される。