

ふりがな あおき たかゆき
氏名 青木 崇行
学位 博士 (理学)
学位記番号 新大院博 (理) 第294号
学位授与の日付 平成 20年 3月 24日
学位授与の要件 学位規則第 4 条第 1 項該当
博士論文名 TEM study on varieties and genesis of carbon materials in carbonaceous
chondrite ---- with special reference to characteristics of Antarctic meteorite ----
(炭素質コンドライト中の炭素鉱物の多様性と成因についての電顕鉱物学的研究
--- 特に南極隕石から推定された普遍性と特徴について ---)

論文審査委員
主査 教授 赤井 純治
副査 教授 周藤 賢治
副査 教授 宮下 純夫
副査 准教授 中山 敦子

博士論文の要旨

本研究では、南極産炭素質コンドライト中の炭素鉱物の、ナノ・ダイヤモンド、グラファイト、特異な構造を持つ Carbonaceous Globule などの低結晶度炭素鉱物などを高分解能電子顕微鏡法を駆使して、記載した内容である。Murchison, Allende, の隕石もくわえ、南極隕石 8 個をもちいた。試料調整法としては、フッ化水素酸、希硝酸、王水、の順で試料を処理する方法を開拓した。これにより、0.2~0.3 g あるいはそれ以下といった、ごく微量の隕石からでも、TEM 観察に十分な量の炭素鉱物を抽出する方法を確立した。また、ナノ・ダイヤモンドの観察のため、Murchison 隕石については H₂O₂ による処理を行った。さらに Over focus を利用した観察上の手法により、3 nm 以下の粒子の濃集を捉え、その普遍性を直接的に観察した。

観察結果として：ナノ・ダイヤモンドは炭素質コンドライトにごく広く一般的に含まれることが分かった。ナノ・ダイヤモンドの起源については、同位体異常の研究により、現在プレーソーラー粒子としての CVD 起源説が有力である。しかし、最近では太陽系星雲内でのナノ・ダイヤモンド形成が提唱され、議論となっている。しかし、今回の観察の結果からは、むしろ CVD 起源説を支持した。

結晶度の良いグラファイトについては、これは被熱変成程度よりも岩石学的タイプの差の方が大きいことをあきらかにした。また、グラファイトのポリタイプについても、HRTEM 像シミュレーションにより、2H 型と 3R 型は十分に判別しうることが見出された。

Nakamura et al. 2001 により Tagish-Lake 隕石より見つかり、コア・マントル構造を持つ特異な鉱物として記載された Carbonaceous Globule は、これも CM2 タイプの隕石に広く含まれ、熱変成を被ったと考えられる隕石からも観察され、その一般性、普遍性があきらかにされた。また、Carbonaceous Globule のコア・マントル境界部分のコントラスト差に注目し、新たな形成モデルを考察・提起した。

その他、低結晶炭素鉱物として、リボン・フィルム状炭素鉱物、球状炭素粒子、同心円状炭素粒子、不定形炭素鉱物を観察、記載した。さらに、フラーレン類と思われる Carbon onion 構造を見出し、シミュレーションによる像検討も行った結果、これらの鉱物が存在しうる可能性を提案した。これらの観察結果を総合し、炭素鉱物の結晶度により、炭素質コンドライトは大きく 2 つに分類することができた

以上の結果をもとに、さらに隕石中の炭素鉱物の成因論的考察を行い、炭素鉱物の多様性についてのモデル図を作成した。

審査結果の要旨

本研究では、南極産炭素質コンドライト中の炭素鉱物の基本的な記載をした。隕石は人類が手にすることの出来る地球外物質の一つであり、中でも、炭素質コンドライトは最も始原的な隕石とされ、太陽系の形成を解き明かす上で、物質科学的側面からの直接的な手がかりとなり得る。このなかで、南極隕石は様々な落下年代と熱変成程度、豊富なサンプル数など、非南極産隕石にはない特徴があり、太陽系内での存在度を論ずるには、ひいては太陽系初期状態を論ずるにはきわめて貴重な試料である。この南極隕石は日本が最初に大量発見し、最大の保有数をもつ。炭素質コンドライトはもっとも始原的であり重要であるが、しかしこの中のマトリクスは非常に微細な鉱物で構成され、電子顕微鏡が非常に有効な手法である。本研究はこれらの趣旨で南極産炭素質鉱物類を子細に検討した。この結果、ナノダイヤモンドの存在の普遍性とその特徴をあきらかにした。これは、新たな観察法（オーバーフォーカス法）を工夫開発することによって可能となった。その結果、成因論について、最近太陽系星雲内でのナノ・ダイヤモンド形成が提唱され議論となっていたが、しかし、今回の観察の結果からは、むしろCVD起源説を支持した。

結晶度の良いグラファイトについては、これは被熱変成程度よりも岩石学的タイプの差の方が大きいことをあきらかにしました。グラファイトのポリタイプについても、HRTEM像シミュレーションにより観察し、ごく一部、3Rタイプが存在し、衝撃のあとを示唆した。

Tagish-Lake隕石より見つか（Nakamura et al. 2001）、コア・マントル構造を持つ特異な有機物はCarbonaceous Globuleともいわれ、いま非常に注目をあびている物質である。これまでその報告発見はごく限られていたが、今回、これもCM2タイプの隕石に広く含まれ、熱変成を被ったと考えられる隕石からも観察され、その一般性、普遍性があきらかにされた。また熱的抵抗性もあきらかになった。このことの意義はおおきい。また、Carbonaceous Globuleのコア・マントル境界部分のコントラスト差に注目し、新たな形成モデルを考察した。つまり、これは太陽系生成の初期に、原始太陽系星雲のはじで生成されたのち、太陽系内にひろく分布させられたということであり、またこれらが大量に降り注いだ地球初期の環境へも大きな影響をあたえた可能性が考察できる。つまり、生命の発生と進化にもかかわっていたかもしれないことを示した。

他の多様な炭素鉱物の構造についても記載を蓄積した。その結果、先行研究（Akai 1988, Makmura2005 など）により明らかとなった被熱変成作用、その程度の差よりも、隕石の岩石学的タイプの差のほうが大きいことを示唆した。つまり、炭素質コンドライト隕石の従来分類法は、炭素鉱物からみても整合的な基礎をもっているということである。

隕石中の炭素鉱物を検討するため新たな試薬を用いた化学的処理法をまず開発し、炭素鉱物を濃集させ、電子顕微鏡により構造的、組織的特徴を検討したことも大きな成果である。つまりこれから地球外の物質が地球にもたらされるだろうが、それはおそらく微量であり、これをつかって処理する方法を開発したからである。

総じて、炭素鉱物の体系的記載は南極産隕石ではほとんどなされていない。これらの問題を今回はじめて明らかにできたとともに、一般論として問題になっていた、ナノダイヤモンドの起源、コア・マントル構造をもつ有機物の存在の一般性を確立したこと、等の成果が大きい。これとともに、炭素質コンドライトの分類に照らして、2種のタイプが区別でき、分類表に対応できることを示した点も重要な結果であり、これら研究全体は、隕石学の進歩に大きく貢献するものであり、地球初期過程への影響も示唆するもので、これは、博士（理学）に十分値する研究成果と評価できる。