

氏 名	関 本 俊
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2936 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
研 究 科 ・ 専 攻	工 学 研 究 科 物 質 エ ネ ル ギ ー 化 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Study on the chemical compositions and the formation mechanism of extraterrestrial material (地球外起源物質の化学組成と生成機構に関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 柴 田 誠 一 教 授 垣 内 隆 教 授 山 名 元

論 文 内 容 の 要 旨

深海底堆積物中には、球状で磁性をもつ微小球粒が存在することが知られており、それらの中には地球外起源をもつ試料が含まれていることが報告されている。これらの磁性球粒試料について、その化学組成や鉱物組成を、隕石などの地球外物質や地球上の岩石などと比較することにより、その起源に関する研究が行われてきた。これらの球粒試料の化学組成の分析には中性子放射化分析法が用いられ、この分析法において非常に高感度で測定できるイリジウムなど親鉄元素の含有量を調べることににより、地球外起源をもつと推定される球粒試料の選別が行われてきた。これまでの研究では、多くの磁性球粒試料の化学組成が明らかにされているが、それらの化学組成の観点からは、地球外起源物質としての判定基準、その前駆物質、生成機構について十分な研究はなされていない。太陽系形成以来、地球は多くの変成作用を経ており、地球物質中には太陽系形成初期の状態を知る手がかりは、すでに失われている。しかしながら、地球外起源物質の中には太陽系形成以来、変成作用をほとんど受けず初期の状態を保持していると推定されるものが存在し、太陽系形成初期の状態を探る上で貴重な試料となっている。

本論文は、原子炉で生成する中性子による機器放射化分析法を用いて、ハワイ沖深海底堆積物及び南極水中から採取された磁性球粒試料の化学組成を測定し、その結果から地球外起源と考えられる試料を選別するための判定基準を新たに提案し、その基準に基づいて選別した地球外起源物質の元素存在度の相関から、それらの試料の前駆物質、生成機構について考察し、得られた研究結果をまとめたものであり、3章から構成されている。

第1章では、ハワイ沖深海底堆積物中から採取された200個をこえる磁性球粒試料について、機器中性子放射化分析法により試料中の鉄、コバルト、ニッケル、イリジウム、スカンジウム、クロム、マンガンを中心に元素濃度を測定した。その中で、鉄及び親鉄元素に分類されるコバルト、ニッケル、イリジウムの含有量に基づいて、地球外起源の磁性球粒を選別し、それらの元素濃度の相関から、地球外起源物質としての新たな判定基準を提案した。さらに、マンガンやスカンジウムの含有量から、それらの前駆物質について考察し、コンドライト隕石とすると実験結果を矛盾なく説明できることを示した。次に、地球外起源と判定した試料について、ニッケル－イリジウム、ニッケル－コバルト相関においてこれら3元素が金属相とケイ酸塩相との間、及び固体金属と溶融金属との間でどのように分別するかを示し、それらの試料の生成機構を提案した。また、少数ではあるが、測定された元素濃度分布がコンドライト質隕石の濃度分布とほぼ一致するものが見出された。このような磁性球粒試料は変成作用をほとんど受けていないと推測されるが、これまでこのような試料の採取例はほとんど報告されていない。

球粒試料の化学組成の分析に用いた機器中性子放射化分析法の特徴は、非破壊で多元素同時分析が高感度、高精度で可能であるという点であり、微小で取り扱いが難しい宇宙球粒のような貴重な試料の分析においては、試料の溶解等の化学操作を必要とせず、不純物の混入の可能性が低い本方法は、非常に有効である。また分析後、宇宙線生成核種の測定のような別の目的での再利用が可能である点も有用である。

第2章では、南極氷中から採取された38個の球粒試料について、機器中性子放射化分析法により、その化学組成を測定した。その結果を、深海底堆積物から採取された磁性球粒試料の結果と比較すると、深海底堆積物から採取された試料では、半数以上の試料でニッケル、イリジウムの含有量から地球外起源と判定できたが、南極試料からは、38個中1個であった。残りの37個について、鉄とコバルトの含有量、また親石元素に分類されるスカンジウムとマンガンの含有量の観点から、地球外起源球粒試料の化学組成や地球上の岩石試料の化学組成との比較を行った結果、この球粒試料には地殻岩石などの地球物質起源のもののほか人工物起源の物質が含まれていることがわかった。

第3章では、機器中性子放射化分析法による宇宙線生成核種の定量への応用として、高純度鉄中の数10ppb程度の微量マンガンの定量が、速中性子による副反応の影響を補正することなく、可能であることを確認し、Gibeon鉄隕石中の極微量の宇宙線生成核種 ^{55}Mn の定量を行った。 ^{55}Mn は安定核種であり、宇宙線生成の安定核種の定量は、希ガスを除くと、これまでなされておらず初めての測定である。宇宙空間に存在する物質は絶えず宇宙線の照射をうけており、宇宙線との核反応によりその物質中には様々な核種が生成する。これらの核種は宇宙線生成核種と呼ばれ、この生成量を測定することにより、その物質が宇宙空間に滞在していた時間（宇宙線照射年代）を求めることが可能になる。

本研究では、鉄隕石中にもともと微量にしか存在せず、宇宙線照射により生成した量、つまり核反応により生成した増加分を測定しやすいと考えられるマンガンを注目し、Gibeon鉄隕石の5つのフラグメントについて、その定量を行った。これらのフラグメントについては、宇宙線生成放射性核種 ^{10}Be の濃度が報告されており、 ^{10}Be の濃度が低いフラグメントほど、宇宙線による照射をうけておらず、宇宙線生成の ^{55}Mn の濃度も低いと考えられたが、測定された ^{55}Mn と ^{10}Be の濃度に相関はみられなかった。これは、各フラグメント中のマンガンの含有量が、鉄隕石に不均一に含まれるinclusionの一つであるトロイライト（FeS）中に高濃度で存在するマンガンに影響されたことが原因の一つであると考えられる。実際に、中性子照射後、そのフラグメントの表面を酸で処理し、マンガン濃度を再測定したところ、その濃度が大きく減少した。この結果は、酸処理によりトロイライトが除去されたことを示している。宇宙線生成 ^{55}Mn の定量のためには、これらinclusionの完全な除去が必要であることが確認された。

論文審査の結果の要旨

本論文は、原子炉で生成する中性子による機器放射化分析法を用いて、ハワイ沖深海底堆積物及び南極氷中より採取された磁性球粒試料の化学組成を測定し、その結果から地球外起源と考えられる試料を選別するための判定基準を新たに提案した。そして、その基準に基づいて地球外起源物質を選別し、元素存在度の相関からそれらの試料の前駆物質、生成機構について研究結果をまとめたものであり、得られた主な成果は次の通りである。

1. 本研究では、磁性球粒試料中のイリジウムに代表される親鉄元素の含有量に注目し、地球外起源物質を選別するための元素含有量による判定基準を新たに提案した。
2. 地球外起源と判定された磁性球粒試料の、ニッケル-イリジウム及びニッケル-コバルト含有量の相関図における分布を、金属相とケイ酸塩相の間、及び固体金属相と熔融金属相の間の各元素の分別過程に基づいて説明し、これら球粒試料の前駆物質としてコンドライト質隕石が考えられることを示した。そして、コンドライト質隕石から磁性球粒試料の生成機構について、測定された各元素の凝縮温度をもとに検討した。
3. 南極氷中から採取された磁性球粒試料の機器中性子放射化分析により、親鉄元素の含有量から地球外起源と判定された試料以外の試料について、地殻岩石などの地球物質の化学組成との比較により一部は人工物起源であることを示した。
4. 京都大学研究用原子炉（KUR）のサーマルカラムを用いた機器放射化分析により、高純度鉄試料中に含まれる30ppbのマンガンを速中性子による妨害反応の寄与を補正することなく定量できることを示し、Gibeon鉄隕石中に微量存在する宇宙線生成安定核種である ^{55}Mn の定量に適用した。

以上、本論文は、深海底堆積物及び南極氷中から採取された磁性球粒試料について、その化学組成の観点から、地球外起源物質の判定法、その前駆物質の推定や生成機構に関する重要な知見を得たものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値があるものと認める。また、平成20年2月27日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。