

論文審査の結果の要旨

氏名 福田 航平

本論文は 5 章からなる。第 1 章はイントロダクションであり、初期太陽系物質科学における短寿命放射性核種の重要性、特に ^{10}Be 研究の意義について述べられている。 ^{10}Be は恒星内元素合成では効果的につくられない核種であり、その起源は諸説あるが、太陽宇宙線による核破碎反応が起源である場合には、太陽系最初期の物質形成がどこでどのように起こったのかについて、重要な制約を与える可能性があることが示されている。また、 ^{10}Be の初期太陽系存在度の制約が重要な課題であるにも関わらず、隕石中の太陽系最初期物質の同位体分析には問題点があることも指摘している。これらの問題を解決し、 ^{10}Be の初期太陽系存在度の制約、 ^{10}Be の起源の解明、初期太陽系での物質進化について新たな制約を与えることが目的として、述べられている。

第 2 章では、まず、二次イオン質量分析計を用いた従来の Be-B 同位体分析の問題を解決するための新たな標準試料の作成について述べられている。分析対象物質が形成された当時の ^{10}Be 存在度を決定するためには、各分析点において、 ^{10}Be の娘核種である ^{10}B と安定核種 ^{11}B の比、Be と B の元素比 ($^{9}\text{Be}/^{11}\text{B}$) を求める必要がある。二次イオン質量分析計での分析では、元素ごとのイオン化効率の差異の影響をなくすため、元素比が既知の標準試料を同一分析条件で測定し、相対感度係数を求める必要がある。相対感度係数は対象元素を含む物質中の他の元素の影響もあり（マトリクス効果）、分析対象と同一またはよく似た標準試料を準備する必要があるが、これまでの研究では適切な標準試料が用いられていないという問題があった。本研究では、分析対象となる太陽系最初期物質中の鉱物（メリライト）と同じ組成をもつガラスを標準試料として作成し、相対感度係数を決定した。本研究で求めた相対感度係数はこれまでの文献で決定されてきた値と多くの場合でほぼ同じ値となっており、従来の推定値の多くは妥当であるということが初めて示された。一部、改訂が必要なデータもあり、それらの改訂値も示された。結果として、これまで報告されてきた初期太陽系における ^{10}Be 存在度の不均一性が正しいことも示された。また、本章では、より高空間分解能での同位体分析をおこなうための分析プロトコルの開発についても述べられている。分析プロトコルが完成し、これまでの研究では分析対象とならなかったものまで分析をおこなうことが可能となった。

第 3 章では、開発した分析プロトコルを用いて、始原隕石コンドライト中の複数の太陽系最初期物質（CAI とよばれる。高温で形成された白色包有物）の同位体分析をおこない、各 CAI 形成時の ^{10}Be 存在度 ($^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$) の決定をおこなった。本研究では、小さいサイズのためにこれまで分析対象とされてこなかった CH コンドライト中の CAI の分析が可能となった。CH コンドライトは、軽元素同位体組成から太陽系低温物質との関連も指摘されており、太陽系における物質進化に新たな制約を与える可能性のある隕石で

あるため、本研究では特に注目したことも述べられている。本研究で得られた CAI の ^{10}Be 存在度はこれまでに主として CV コンドライト中の CAI で求められたものより、高い値を示すものが多く、初期太陽系の ^{10}Be 存在度の不均一性は従来考えられていたものより大きいことが示唆された。一部の CAI は ^{26}Al を用いた年代測定もおこない、太陽系初期に形成されたものであることも示している。本研究で得られた初期太陽系存在度の ^{10}Be 存在度の範囲にもとづいて、これまで提案されてきた複数の ^{10}Be 形成メカニズムのなかで、太陽組成をもったガスに対する太陽宇宙線照射による核破砕反応がもっともらしいことを結論づけた。さらに、太陽宇宙線強度が原始惑星系円盤の進化段階に応じて、変化することも指摘し、観測される ^{10}Be 存在度のばらつきが原始惑星系円盤での CAI 形成時期の違いであるという新たな仮説を提案した。

第 4 章では、コンドリュールの ^{10}Be 存在度決定を目的とした分析、およびその結果について述べられている。これまでコンドリュールの ^{10}Be 存在度は決定されていなかったが、本研究で炭素質コンドライト中の二つのコンドリュールについて、 ^{10}Be 存在度を初めて決定することができた。求められた ^{10}Be 存在度は CAI と同程度で、コンドリュール中の ^{10}Be も太陽宇宙線による核破砕反応でつくられたこと、またコンドリュール形成時に ^{10}Be がまだ存在していたことを示唆するものである。

第 5 章は終章として、研究全体がまとめられている。

なお、本論文第 2 章、第 3 章、第 4 章は、比屋根肇、藤谷渉、槇納好岐、杉浦直治、高畑直人、平田岳史、佐野有司との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。