

論文審査の結果の要旨

氏名 馬上謙一

本論文は 5 章からなる。

第 1 章は序論である。角礫岩質隕石の特徴とその宇宙科学的な意味づけが述べられ、その中で揮発性物質に富む角礫岩質コンドライトとメソシデライトの研究背景が述べられている。それらの隕石が太陽風起源の希ガスにさらされるようになった時代を決定することにより、原始太陽系星雲の晴れ上がりの時期や初期太陽のヘリウム同位体比変化を解明しようというこの研究の目的が述べられている。後半では太陽風起源核種、銀河宇宙線生成核種、放射壊変起源核種、始原的希ガス、地球の大気希ガスなど、この論文に関係する希ガスの各コンポーネントについて同位体の特徴などがレビューされている。

第 2 章は希ガスの分析方法について述べられている。 ^{129}I - ^{129}Xe 年代測定のための中性子放射化した試料を分析する方法と、放射化せずに隕石中の試料の極微量希ガスを分析する方法について述べられている。なお、申請者は本論文のデータを取得するのに用いた装置を含めた希ガス質量分析装置の改良と低ブランク化や、放射化した試料の全希ガス分析を可能にする上で大きな貢献をしてきた。このような高度な分析技術を背景に、ハヤブサ試料の初期分析チームの正式なメンバーとして希ガス分析に携わっている。

第 3 章では、第 2 章で開発された分析法を用いた、太陽風起源の希ガスに富む角礫岩質コンドライト隕石の分析結果が述べられている。Cook 011, Willard (b), Zag 隕石を研究に使用している。申請者は、 ^{129}I - ^{129}Xe 系はガーデニングプロセス（小天体の表面に微小物質が衝突し表面が掘り返される過程）が継続することによってリセットされ、この年代はガーデニング終了の時期を記録していることを示すことを、これまで発表されている文献と申請者のデータから明らかにした。Zag 隕石と Willard 隕石について ^{129}I - ^{129}Xe が古い部分から新しい部分になるにつれて太陽風起源のガスの捕獲量が増加していることに注目し、初期太陽系星雲のガスの晴れ上がりの年代を、太陽系の誕生から約 1700 万年後の 45.5 億年と推定している。Zag 隕石については、明るい色の部分は初期太陽系星雲ガスが分散する以前に固化したことを、暗色部については、星雲ガスが分散した後で形成され、太陽風が打ち込まれたことを明らかにした。これは、古くから成因が謎であった、太陽風希ガスの乏しい明るい部分と太陽風希ガスに富んだ暗い部分からなる隕石が、原始太陽系星雲ガス散逸の時期を秘めていることを初めて明らかにしたものである。また、角礫岩質隕石の暗色部分に残されている $^3\text{He}/^4\text{He}$, $^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$ 同位体比の情報から、ガーデニングプロセスや圧縮過程でおこるヘリウム同位体比の二次的な変化を補正し、隕石に打ち込まれた太陽風ヘリウム同位体比を復元する方法を考案した。復元された結果は、太陽風のヘリウム同位体比が 45.5 億年前からほとんど一定であることを示した。この結果は、太陽活動の初期の重水素燃焼は、それ以前に終了していたことを示している。この年代は、これまで報告されていた 40 億年前までの太陽風のヘリウム同位体比の推定を 5 億年遡るものである。

第 4 章では、メソシデライトに分類される Vaca Muerta 隕石の希ガス分析結果が述べられている。まず、太陽風希ガスやトラップされた始原的希ガス成分がないことから、母天

体の変成作用で、揮発性元素が失われたことを示した。 ^{244}Pu 起源のキセノンが認められることから高温の変成作用からの冷却は全岩規模では速かったことを示している。いくつかの希ガス同位体から宇宙線照射年代を求めている。このうち最も信頼度の高い $^{81}\text{Kr-Kr}$ 法で求めた年代は岩石相－金属相の混ざった全岩試料とユークライト的円礫岩では、それぞれ 1 億 4 千万年と 1 億 7 千万年程度であった。この照射年代の差から、円礫岩は母天体の表面で 6 千万年以上の間宇宙線照射を受けたものが、母天体の内部に取り込まれて 1 億 4 千万年前に母天体を脱出したことを明らかにした。

第 5 章では、本研究で得られた成果をまとめ結論を示している。

以上のように、申請者は $^{129}\text{I-}^{129}\text{Xe}$ 年代測定と、希ガス同位体比測定の高精度化に成功した。開発した方法を種々の隕石試料に適用し、初期太陽系星雲の晴れ上がり時期について制約を与え得ることなどを明らかにした。これらの成果は同位体宇宙化学への大きな貢献と評価することができ、学位授与にふさわしいと判断できる。

なお本論文の第 3, 4 章は、長尾敬介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。