

論文審査の結果の要旨

氏名 小池 みずほ

本論文は 5 章からなる。第 1 章はイントロダクション、第 2 章から第 4 章までが本論文、第 5 章が全体のまとめである。

第 1 章では、太陽系初期の惑星形成史について、従来¹の知見をまとめている。物質記録に限られる微惑星～原始惑星の進化の理解には、隕石が持つ 46 億年前の記録の解析が必要不可欠である。本論文では、二次元高分解能二次イオン質量分析計 (NanoSIMS) により、ウランの放射壊変を利用するウラン-鉛 (U-Pb) 絶対年代法と、半減期約 990 万年の消滅核種である ¹⁸²Hf の壊変を利用するハフニウム-タングステン (Hf-W) 相対年代法を、原始惑星由来の隕石試料に適用することで、母天体進化史の解明を試みると述べられている。

第 2 章では、ベスタ起源とされる隕石の熱変成・天体衝突史を、リン酸塩鉱物の局所 U-Pb 年代を用いて議論している。ベスタは、確認されている中では唯一の分化した岩石小惑星であり、原始惑星の進化過程を記録していることが期待される。ユークライト隕石はベスタの玄武岩質地殻由来と考えられ、その複雑な変成史がこれまでに多数議論されている。従来、ジルコンの局所 U-Pb, Hf-W 年代分析から、ベスタ地殻の 45 億年以前のマグマ活動及び高温の熱史が調べられてきた。一方、ベスタは約 34 億年前まで天体衝突が活発に続いていたことが、K-Ar 年代系から指摘されている。ベスタ地殻の複雑な進化史を理解するには、中～低温での再加熱イベントを、局所年代分析によって明らかにする必要がある。本論文では、複数の玄武岩質ユークライトのリン酸塩鉱物が持つ U-Pb 年代を、NanoSIMS を用いた局所分析法を用いて調べた。さらに、得られた結果を鉱物組織観察と合わせることで、ベスタ地殻の熱史に制約を与えることに成功した。複数隕石の年代の比較から、ベスタが、(a) 約 45.6 億年前の地殻形成後、(b) 約 45.3 億年前に天体内部の冷却に伴う約 600°C の加熱を経験したこと、(c) 約 42 億年前に天体衝突により局所的な再熔融を伴う再加熱を経験したこと、(d) 約 40–34 億年前に複数回の天体衝突を経験したこと、が示唆された。本研究では、1 つの隕石試料の U-Pb 系が 2 種類の異なる時代のイベントを記録している例を初めて報告し、変成の激しい隕石試料における局所年代分析の重要性を強調している。

第 3 章では、特殊な石鉄隕石であるメソシデライトの母天体の熱変成・天体

衝突史を議論している。メソシデライトは、ユークライト的な原始惑星地殻と溶融した金属鉄の混合により形成した特異な隕石グループで、母天体は特定されていない。メソシデライトに記録された大規模天体衝突による熱変成の歴史は、かつての原始惑星の進化過程を理解する上で非常に有用であると期待されるが、その形成・変成史はよく分かっていなかった。本研究では、メソシデライト隕石中のジルコンの U-Pb, Hf-W 年代を局所分析によって決定し、母天体の熱変成史に制約を与えることに成功した。本研究で得られた年代結果と、様々な年代記録の比較から、メソシデライト母天体が、(a) 約 45.6 億年前の地殻形成後、(b) 大規模な天体衝突、(c) 約 45.3 億年前にジルコン形成を伴う高温熱変成を経験したこと、(d) 約 39–38 億年前に緩やかな再加熱を経験したこと、が示唆された。NanoSIMS を用いて隕石試料のジルコンの Hf-W 年代分析を行った報告例は本研究が初めてであり、研究の着眼点及び手法に独創性があるといえる。

第 4 章では、第 2、3 章で得られた結果を合わせ、複数隕石の U-Pb, Hf-W, K-Ar 年代系と比較することで、原始惑星の熱変成史及び天体衝突史を議論している。本研究から、原始惑星地殻が、(I) 約 45.3 億年前に、内部熱による変成と天体衝突による高温再加熱を経験したこと、(II) 約 42 億年前に、天体衝突によって局所的な溶融を伴う再加熱を経験したこと、(III) 約 38 億年前に、複数回の衝突により緩やかな再加熱を経験したこと、などが示唆された。とくに、42 億年前のイベントは本研究が初めて指摘したものであり、意義が認められる。本研究では、さらに将来の課題として、メソシデライトのリン酸鉍物の U-Pb 年代など、複数の天体試料の局所年代分析が必要であることを指摘している。

第 5 章では本論文で得られた知見をまとめている。

なお、本論文の第 2 章は、高畑直人、大野遼、飯塚毅、三河内岳、佐野有司との共同研究の成果であり、第 3 章は、杉浦直治、高畑直人、石田章純、佐野有司との共同研究の成果であるが、いずれも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。