

氏 名 新原 隆史

学位（専攻分野） 博士（理学）

学位記番号 総研大甲第 1422 号

学位授与の日付 平成 23 年 3 月 24 日

学位授与の要件 複合科学研究科 極域科学専攻
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 衝撃変成作用を受けた隕石に関する物質科学的研究

論文審査委員 主 査 准教授 三澤 啓司
助教 山口 亮
教授 小島 秀康
教授 宮本 正道 東京大学
教授 長尾 敬介 東京大学

論文内容の要旨

本論文は、隕石試料を用いた岩石・鉱物学的、宇宙化学的研究および衝撃圧縮および加熱実験により、衝撃変成作用が隕石の岩石・鉱物学、同位体系へ及ぼす影響を評価し、隕石母天体における岩石の形成、分化、変成過程を明らかにすることを目的としたものである。これまでに衝撃変成をうけた隕石試料の岩石・鉱物学的研究が行なわれ、いくつかの指標を基に衝撃変成度が定義されてきた。また、様々な同位体系を用いて、衝撃変成作用により同位体系がリセットされ、若い年代を示す隕石も報告されてきた。しかしながら、このような隕石の岩石・鉱物学的特徴と同位体年代の関連性については、不明な点も多かった。本学位論文は、隕石母天体表層での物質分化過程を理解するために、衝撃変成作用と同位体年代の関係を明らかにしたものである。

第1章においては、衝撃により同位体年代がリセットされたHコンドライト、Yamato (Y)-791088およびLapaz Ice Field (LAP) 02240の詳細な岩石・鉱物学的研究を行ない、衝撃溶融過程の特徴を明らかにし、溶融岩石の形成環境を提案した。第2章においては、バデレイト (ZrO_2) の衝撃圧縮および加熱実験結果に基づき、衝撃による高圧・高温環境下におけるバデレイトのウラン-鉛同位体系の挙動を明らかにした。1章および2章の結果をふまえ、火星隕石Roberts Massif (RBT) 04261について、衝撃変成による岩石・鉱物への影響を評価し、バデレイトのウラン-鉛年代を求め、火星の火山活動の継続期間について制約を与えた(第3章)。

1章 衝撃変成をうけたHコンドライトの岩石・鉱物学的研究

衝撃溶融したHコンドライト、Y-791088およびLAP 02240について、それぞれ10.2億年のルビジウム-ストロンチウム年代と39億年のアルゴン-アルゴン年代が報告されていた。太陽系始原物質の形成年代45.6億年よりも6-35億年若い年代は、衝撃変成作用にともなう同位体系のリセットによるものと考えられていた。本論文では、偏光顕微鏡および走査型電子顕微鏡を用いた詳細な組織観察および、X線マイクロアナライザーを用いた主要元素組成の分析により、ふたつのHコンドライトの岩石学的特徴をもとに、同位体系をリセットする衝撃変成作用の特徴を明らかにし、溶融岩石の形成環境を提唱した。

Y-791088は、構成物の60%が溶融し、40%が溶け残っており、溶け残り部分ではコンドルールも認められ、衝撃溶融前の岩石組織をよく保存していた。溶け残り物質と溶融物質では、構成鉱物の化学組成が異なっていた。カリウム成分の異なる2種類のガラスも交じり合うことなく存在していたことから、Y-791088は静的なメルトを起源としていたと推定した。LAP 02240においては、溶け残りコンドルールが変形し、溶融岩相と非溶融岩相との間に不透明鉱物脈が存在していたことから、LAP 02240は動的なメルトから形成したものとみなされた。この2種類のメルトに関連した岩相の違いは、Hコンドライト母天体が衝撃を受けた際の溶融の程度と剪断応力の違いによって生ずることから、Y-791088とLAP 02240はともに溶融岩脈内において形成されたと結論した。

2章 バデレイトのウラン-鉛同位体系：衝撃変成による影響評価

これまでに様々な同位体系を用いて、火星隕石であるシャーゴッタイトの年代が報告され、その多くは1.8億年を示していた。Bouvier et al. (2005, 2008)は、鉛-鉛法により41億年という

極めて古いシャーゴツタイトの年代を報告し、これまでに報告されていた1.8億年という年代は、水質変成もしくは衝撃変成により同位体系がリセットした結果であると主張した。そこで、バデレアイトのウラン-鉛同位体系が衝撃変成による高圧・高温環境下でどのような挙動を示すかを明らかにし、バデレアイトが形成年代を保持するのか、あるいは衝撃変成年代を記録するのか議論した。

衝撃圧縮実験では、年代が既知のバデレアイト(20.59億年)をハワイ産玄武岩(年代は原生)に包埋し、最大57 GPaの衝撃圧を与えた。衝撃圧の増加とともに、バデレアイトのラマンスペクトルの主なピークがシフトし、カソードルミネッセンスの発光も認められた。このことから、衝撃圧によりバデレアイトの結晶が損傷を受けたと結論した。周囲の玄武岩が熔融した57 GPaの衝撃圧においても、バデレアイトのウラン-鉛同位体系に変化は認められなかった。

衝撃圧縮実験により47 GPaの衝撃圧を加えた試料を、1000 °Cで3時間および6時間、1300 °Cで1時間加熱した。いずれの温度、加熱時間においても、周囲の玄武岩は熔融した。バデレアイトのラマンスペクトルは、ピークシフトが小さくなり、出発物質であるPhalaborwaバデレアイトのスペクトルに近づき、損傷を受けていた結晶構造が加熱によって修復された。ウラン-鉛同位体系は、いずれの加熱温度および時間においても、年代をリセットするような変化を示さなかった。このことから、バデレアイトのウラン-鉛同位体系は、実験環境下において容易に擾乱しないと結論した。

3章 火星表層物質(シャーゴツタイト)の形成年代

火星隕石RBT 04261は、輝石がかんらん石を包有するポイキリティック相と、輝石、かんらん石、斜長石(マスケリナイト)からなるノンポイキリティック相から構成され、バデレアイトは、ノンポイキリティック相にイルメナイトと共存する他形結晶、もしくは斜長石中の自形結晶、まれにメルトポケット中に存在していた。RBT 04261に残された衝撃の痕跡としては、斜長石のマスケリナイト化や輝石や斜長石の部分的な熔融(メルトポケット)が認められたが、バデレアイトが熔融した痕跡は認められなかった。RBT 04261バデレアイトのラマンスペクトルには、衝撃圧縮実験において観察されたピークシフトが確められなかった。このことから、RBT 04261バデレアイトにおいては、衝撃変成による結晶構造の損傷は少ないと結論した。粒径10 μm以上のバデレアイト3グレイン(2グレインは、イルメナイトと共存した結晶分化の後期に晶出したバデレアイト、1グレインは、メルトポケット中に存在)について、ウラン-鉛同位体年代を求めた。いずれの産状のバデレアイトについても、ウラン-鉛年代は約2億年であった。RBT 04261に含まれるかんらん石が晶出時のカルシウム累帯構造を保持していたこと、バデレアイトのウラン-鉛同位体系は容易に擾乱されないことを根拠に、RBT 04261バデレアイトのウラン-鉛同位体系は衝撃変成によって乱されておらず、バデレアイトの結晶化年代つまりRBT 04261の形成年代が2億年であると結論した。

博士論文の審査結果の要旨

博士論文審査委員会は、出願者から提出された論文が 1) 岩石・鉱物学的特徴を基に隕石がうけた衝撃変成を正確に評価している、2) 衝撃変成作用によって、バデレアイトのウラン-鉛同位体系が容易に擾乱しないことを実験的に示している、3) 衝撃を受けた火星隕石中のバデレアイトのウラン-鉛年代から、火星の火山活動が約 2 億年前まで続いていた直接の証拠を示し、火星の地殻-マントル進化について重要な制約を与えていことから、極域科学専攻の学位に値すると結論し、全会一致で合格とした。学位論文の研究分野から、付与する学位は、博士(理学)が適当である。