

論文審査の結果の要旨

氏名 越田 溪子

地球誕生後最初の約5億年は冥王代とよばれ、地球に岩石や地質体が残されていない時代とされる。この時代の岩石は現存しないため、その時代の知識は文字通りいまだ冥い^{くら}が、複雑・多様に分化した地球を形作った重要な時代とされる。本研究では、世界最古の岩石(4.03 Ga)が存在するカナダ・アカスタ片麻岩体の苦鉄質岩類に注目し、地質学、岩石学、地球化学的な研究アプローチにより地球の初期進化に関する知見を引き出すことに成功した。

本論文は全五章から構成されている。第一章では、研究背景と問題点が述べられている。冥王代は、微惑星集積による地球形成、金属核の分離、巨大隕石の衝突に伴う大規模溶融など、その後の地球進化を決定づける重要なイベントが起こった時代とされる。しかし、それに伴う初期分化やその後の混合と二次分化などの変遷過程の定量化は未だ途上である。その理由の一つは当時の地球進化を記録する冥王代岩石試料が残されていないことであり、二つ目は先行研究の多くが年代情報の得やすいジルコンを多く含む珪長質岩石に焦点を当てていることである。そのような研究背景のもと、定量的な初期進化解読に向け、苦鉄質岩の研究を推進すべき必要性和、地質学、岩石学、地球化学といった学際研究によって苦鉄質岩から初生的な情報を最大限引き出すことの重要性が述べられている。

第二章では、アカスタ苦鉄質岩の岩石学的特徴と学際研究による初生情報の復元について述べられている。アカスタ片麻岩体はカナダ・スレーブ地塊の西側に位置する初期太古代の地質体で、主に4.0-3.6 Gaの年代を持つ珪長質片麻岩とそれに包有された苦鉄質岩類からなる。本章では、広範囲から採取された多量の苦鉄質岩試料の鉱物共生と全岩主要・微量元素組成から、後の変成・変質作用による元素移動の影響を評価し、アカスタ苦鉄質岩の多くは花崗岩の貫入に伴う流体の浸透や再溶融によってその組成が改変されていること、その一方で、一部の岩石はその変質を免れていることを示した。最も変質の影響が少ないと考えられる試料の微量元素組成をもとに初生的な化学組成を推定した結果、そのソースマントルは、核形成によるNbやTaの枯渇の特徴を持つが、地殻形成に伴う液相濃集元素の枯渇は受けていない始原的なマントルの特徴を持つことがわかった。

第三章では、本研究によって新たに得られたアカスタ苦鉄質岩の形成年代について述べられている。二章で見出された初生的な組成を残す試料の全岩 Re-Os 同位体組成から、 43 ± 3 億年という全岩アイソクロン年代が得られた。この年代はアカスタ苦鉄質岩の地質学的産状とも調和的であり、アカスタ苦鉄質岩が冥王代試料であることを地質年代学的にも支持する。一方、 ^{147}Sm - ^{143}Nd 系や ^{176}Lu - ^{176}Hf の全岩アイソクロン年代は

それぞれ 2020 ± 290 Ma と 3016 ± 560 Ma となり、太古代から原生代の変成年代を与えた。

第四章では、本研究で得られた化学的情報に基づき、冥王代の大規模分化後のマン托ルの均質化の時・空間的制約条件が述べられている。第二章で見出された初生的な組成を残す試料に対し、消滅核種の放射壊変系列である $^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比を高精度で測定した。その結果、アカスタ苦鉄質岩は現在の地球マン托ルと誤差の範囲内で一致する $^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比を持つことがわかった。以上の結果からは以下の二つの結論を導き出すことができる。一つは、地球の材料物質はコンドライト質な希土類元素パターンを持つが、炭素質や普通コンドライトより高い $^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比を持つこと、二つ目は 43 ± 3 億年前には現在と同じ $^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比を持つマン托ルが存在していたことである。以上の結果をもとに、二つの初期進化モデルを提唱した。一つ目は大規模分化後の活発な混合により、アカスタ苦鉄質岩の形成時にはマン托ルはすでに均質化されていたとするモデルであり、二つ目は、冥王代分化は局所的であり分化を免れたマン托ルが残されていたとするモデルである。

第五章では、第二章から第四章の結果をまとめ、本研究によって得られた冥王代岩石試料の新しい発見や冥王代初期分化の新しい知見がこの分野に与える意義について述べられている。

本研究は地球の初期分化の解明に三つの大きな貢献をした。一つ目は冥王代岩石試料を発見したこと、二つ目は地球の材料物質が普通コンドライトより高い $^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比を持つこと、三つ目は冥王代の初期分化の規模やその後の均質化について新たな知見を与えたことである。

なお、本論文の地質に関する部分は小宮剛准教授（総合文化研究科）、地球化学に関する部分は石川晃助教（総合文化研究科）、横山哲也准教授（東京工業大学）と岩森光博士（海洋研究開発機構）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。

以上の理由より、審査委員会は全員一致で本論文を提出した越田湊子氏に博士（理学）の学位を授与できると認めた。