



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Heterogeneity of oxygen isotopes and chemical compositions in a chondrule rim from carbonaceous chondrite [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	松田, 望
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第13756号
Issue Date	2019-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/76087
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Nozomi_MATSUDA_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（理 学） 氏 名 松田 望

学 位 論 文 題 名

Heterogeneity of oxygen isotopes and chemical compositions in a chondrule rim
from carbonaceous chondrite
(炭素質コンドライト中のコンドリュールリムにおける酸素同位体と化学組成の不均一)

本学位論文では、炭素質コンドライト隕石中のコンドリュールの周りに存在する igneous リムの岩石学および酸素同位体的特徴を明らかにした。

炭素質コンドライトの主要構成物であるコンドリュールの周りには、溶融によって形成されたと考えられる igneous リムが存在する。この igneous リムは、太陽系星雲中におけるコンドリュール形成後の物質進化を記録している。しかし、炭素質コンドライトは、隕石母天体での水質変質および熱変成を経験したことにより、igneous リム形成時の岩石学的・酸素同位体的特徴が変化している問題があるため、igneous リム形成過程については、よくわかってない。Igneous リムには、igneous リムならびにコンドリュールより前に存在したと考えられる非常に ^{16}O に富む物質が存在することが報告されている。非常に ^{16}O に富む物質は、igneous リムの前駆物質であり、igneous リム形成の生き残りであると考えられる。すなわち、この物質は、igneous リム形成過程を明らかにするトレーサーとして重要な役割を担う。本研究は、 ^{16}O に富む物質のマイクロスケールの二次元化学組成・酸素同位体組成を同位体顕微鏡システムによる酸素同位体イメージング法により解析し、igneous リムの形成過程に制約を与えることを目的とした。

第二章では、本研究で用いた試料と分析手法について記している。試料には、炭素質コンドライトに属する CV アエンデタイプに属する Northwest Africa (NWA) 3118 の研磨薄片を用いた。試料の観察と元素分析には、FE-SEM-EDS を用いた。結晶方位解析には、EBSD を用いて、結晶境界を決定した。酸素同位体分析には、同位体顕微鏡システムによる高精度同位体比イメージング法と点分析法を用いた。同位体顕微鏡システムは、投影型二次イオン質量分析装置と研究室で開発された二次イオン検出器 (SCAPS) を組み合わせた独自の分析機器であるため、特徴と動作原理についても記してある。

第三章では、igneous リムの岩石学的特徴と酸素同位体組成の結果について記してある。CV コンドライト中の igneous リムのオリビン、自形および半自形を示す Mg に富むオリビンと他形の Fe に富むオリビンの 2 種類が存在することが分かった。Mg に富むオリビンには、Fe-Mg 化学ゾーニングが認められる。Fe に富むオリビンは、エンスタタイトや Fe-Ni 硫化物を置換したり、Mg に富むオリビンの外側を覆うようにオーバーグロースしており、多孔質な組織を示す。オリビンの酸素同位体組成は、Mg に富むオリビンの方が、Fe に富むオリビンと比較すると ^{16}O に富む。Mg に富むオリビンの中には、その結晶中の一部領域に非常に ^{16}O に富む領域 ($\delta^{18}\text{O} = \sim -30\text{‰}$) を持つものがあつた。本研究では 6 つを同定し

た．これらの粒子は，igneous リムとマトリックスの境界に見つかったが，コンドリュールとの境界付近には見つからなかった．この非常に ^{16}O に富むオリビン領域は，その領域を取り囲む Mg に富むオリビンと同じ結晶方位を示すが，化学組成の違いは認められなかった．

第四章では，隕石母天体プロセスにおける化学組成と酸素同位体組成の影響と igneous リム形成過程について議論している．Fe に富むオリビンの岩石学的特徴は，同じ隕石グループに属するアエンデ隕石で報告されている，水質変質および熱変成による沈殿から形成した特徴と類似している．すなわち，igneous リム中の Fe に富むオリビンは，隕石母天体で形成された 2 次鉱物であることが考えられる．Fe に富むオリビンと接している Mg に富むオリビンの化学組成は，その境界から内部に向かい平均して $1.3\text{ }\mu\text{m}$ の Fe-Mg 化学ゾーニングを持つ．この化学ゾーニングは母天体上で起こった．一方，Mg に富むオリビンの中心の化学組成は，隕石母天体では変化しておらず，igneous リム形成時の化学組成であることが示唆された．一方，母天体上において酸素の拡散距離は，オリビン中では $0.1\text{ }\mu\text{m}$ より小さいことが明らかになった．したがって，隕石母天体プロセスによってオリビン中の酸素同位体組成は，変化しなかったことが明らかとなった．

Igneous リムの Mg に富むオリビンは，メルトから結晶化した．Mg に富むオリビン中の非常に ^{16}O に富む領域は，いびつな形をしていることから，Mg に富むオリビンが結晶化した時の relict 粒子であると考えられる．この両者の境界の酸素同位体組成間の変化から，約 $1\text{ }\mu\text{m}$ の酸素拡散が Mg に富むオリビンの結晶化中に起こったことが明らかになった．そして，この時同時に Fe-Mg の拡散が $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上可能なことが分かった．この結果は，異なる酸素同位体組成を持つ粒子が，同一の化学組成を示す岩石学的観察と調和的である．酸素の拡散距離から，igneous リムの加熱時間は， 2000 K (liquidus 温度) のとき，数時間から数日であったことが分かった．この加熱時間とコンドリュール形成の加熱時間（数十時間）の類似性から，igneous リムは，コンドリュール形成とよく似た短時間加熱イベントによって形成したと考えられた．

第 5 章では，本論文のまとめと結論を記す．本研究では，炭素質コンドライト隕石中の igneous リムの岩石学的・酸素同位体組成を明らかにした．そして，トレーサーとなる非常に ^{16}O に富む粒子を発見した．発見したトレーサーを基に，隕石母天体プロセスでは，Fe-Mg の拡散が起こったが，酸素の組成は変化しなかった．一方，igneous リム形成時，酸素および Fe-Mg の拡散が起こったことが分かった．最後に，igneous リム形成は，コンドリュール形成と関連した短時間溶融プロセスで形成したことが明らかになった．