

Oxygen isotope reservoirs in the outer asteroid belt inferred from oxygen isotope systematics of chondrule olivines, isolated forsterite and olivine grains in Tagish Lake-type carbonaceous chondrites

著者	山野辺 正邦
号	80
学位授与機関	Tohoku University
URL	http://hdl.handle.net/10097/00122965

論文内容要旨

(NO. 1)

氏名	山野辺正邦	提出年	平成 29 年
学位論文の 題目	Oxygen isotope reservoirs in the outer asteroid belt inferred from oxygen isotope systematics of chondrule olivines, isolated forsterite and olivine grains in Tagish Lake-type carbonaceous chondrites (タギシュレイクタイプ隕石に含まれるコンドリュールの酸素同位体組成に基づく初期太陽系の小惑星帯外縁部の酸素同位体比)		

論文目次

Abstract	i
Contents	1
1. Introduction	3
1.1. Chondrites.....	3
1.1.1. Chondrite classification.....	3
1.1.2. Chondrules and isolated grains.....	4
1.1.3. The origin of chondrites.....	6
1.1.4. Tagish lake-type chondrites.....	7
1.2. Oxygen isotopes.....	7
1.2.1 Oxygen isotope ratios of chondrites.....	8
1.2.2 Oxygen isotope ratios of chondrules.....	9
2. Samples and methods	11
2.1. Samples.....	11
2.2. Sample preparation.....	11
2.3. Experimental methods.....	11
2.3.1. Synchrotron radiation X-ray diffraction analysis.....	11
2.3.2. Electron microscopy.....	12
2.3.3. Oxygen isotope analysis.....	12
3. Results	14
3.1. Petrology and mineralogy.....	14

3.1.1. WIS 91600.....	14
3.1.2. MET 00432.....	16
3.1.3. Dho 735.....	18
3.2. Mineralogical and chemical signatures of chondrules and isolated grains.....	20
3.2.1. WIS 91600.....	20
3.2.2. MET 00432.....	25
3.2.3. Dho 735.....	28
3.3. Oxygen isotope ratios.....	31
3.3.1. Type I chondrules.....	35
3.3.2. Type II chondrules.....	38
3.3.3. Isolated forsterites.....	40
3.3.4. Isolated olivines.....	43
3.3.5. Oxygen isotope systematics of chondrules and isolated grains in Tagish Lake-type chondrites.....	44
4. Discussion.....	47
4.1. Evaluation of the effects of secondary processes on the parent body.....	47
4.1.1. Aqueous alteration.....	47
4.1.2. Thermal metamorphism.....	48
4.2. What caused the $\Delta^{17}\text{O}$ vs. Mg# of Tagish Lake-type chondrites.....	50
4.3. Estimation of the $\Delta^{17}\text{O}$ value of H_2O ice in the D-type asteroid regions.....	51
4.4. Comparison of the $\Delta^{17}\text{O}$ vs. Mg# trend of Tagish Lake-type chondrites with those of other chondrite chondrules.....	53
4.5. Comparison of the $\Delta^{17}\text{O}$ vs. Mg# trend of Tagish Lake-type chondrites with that of ferromagnesian Wild2 particles.....	57
4.6. Comparison of the major element concentrations in chondrules and isolated grains of Tagish Lake-type chondrites with those in ferromagnesian Wild2 particles.....	58
5. Conclusions.....	61
Acknowledgment.....	63
References.....	64

要旨

Tagish Lake-type chondrites are grouplet of carbonaceous chondrites which consists of Tagish Lake meteorite and those similar to the Tagish Lake, and their delivery from D-type asteroids based on reflectance spectra. Since D-type asteroid located outer regions of the asteroids belt than other asteroids, Tagish Lake-type chondrites retain a record of outer solar system evolution.

Based on mineralogy, reflectance spectrum and bulk oxygen isotope compositions, Wisconsin Range (WIS) 91600, Meteorite Hills (MET) 00432, and Dhofar (Dho) 735 can be classified to Tagish Lake-type chondrites. To understand oxygen isotope signatures and redox conditions of the chondrule formation environments at the outer regions of the asteroid belt, I analyzed major element concentrations and oxygen isotope ratios of olivine grains in chondrules, isolated forsterites, and isolated olivines from the WIS 91600 and MET 00432 carbonaceous chondrites. The oxygen isotope ratios of individual chondrules and isolated grains show a wide variation in $\delta^{18}\text{O}$ from -9.9‰ to $+9.1\text{‰}$ along the carbonaceous chondrite anhydrous mineral (CCAM) and primitive chondrule mineral (PCM) lines. The $\Delta^{17}\text{O}$ ($= \delta^{17}\text{O} - 0.52 \times \delta^{18}\text{O}$) values of the measured objects increase with decreasing Mg#; i.e., FeO-poor objects (Mg# > 90; type I chondrules and isolated forsterites) mainly have $\Delta^{17}\text{O}$ values of ca. -6‰ , and FeO-rich objects (Mg# < 90; type II chondrules and isolated olivines) have $\Delta^{17}\text{O}$ values ranging from -3‰ to $+2\text{‰}$. Similar trends are observed for ferromagnesian silicate grains from comet Wild2 and CR chondrite chondrules, particularly in terms of FeO-rich objects with $\Delta^{17}\text{O}$ values ranging from -3‰ to $+2\text{‰}$. It is suggested that FeO-rich objects like those found in Tagish Lake-type chondrites were transported to the outer solar nebular regions where comet Wild2 formed.

Based on Fe-Mn systematics, FeO-rich objects in Tagish Lake-type chondrites and Wild 2 particles are different and Wild 2 particles show lower Fe/Mn ratios. This difference might have been caused by reduction and metal loss before or during chondrules forming event. This imply that FeO-rich objects in Wild 2 particles might have crystalized under more reduce conditions than FeO-rich objects in CR and Tagish Lake-type chondrites.

論文審査の結果の要旨

火星と木星の間に位置する小惑星帯には多数の小惑星が存在し、小惑星には太陽系形成期の微小天体形成の過程やその天体内部における物質進化の情報が残されている。小惑星は多様な反射スペクトルを示し、太陽に近い領域には揮発性物質が少ない S 型小惑星が分布し、太陽から遠い領域には水や有機物を多く含む C 型や D 型小惑星が分布していることが知られている。S 型や C 型小惑星からは、欠片が隕石となって地球に飛来しているのに対し、D 型小惑星から飛来している隕石は数少ないため、D 型小惑星の情報が限られていた。Tagish Lake-type 隕石とは Tagish Lake 隕石を代表とする隕石群であり、反射スペクトルから D 型小惑星起源であると考えられている。D 型小惑星は小惑星帯の太陽から最も離れた領域に分布しているため、初期太陽系の外縁部における物質進化の過程を保存していると考えられる。

反射スペクトルと鉱物学的観点及び全岩の酸素同位体組成から Wisconsin Range (WIS) 91600、Meteorite Hills (MET) 00432、Dhofar (Dho) 735 の 3 隕石は Tagish Lake-type 隕石タイプの隕石に分類されている。本博士論文は、原始惑星系円盤内の小惑星帯外縁部 (4-5AU) における固体物質の起源と形成過程を解明するために、隕石に多産する直径 1 mm 程度の岩石球粒物質コンドリュールに着目し、その鉱物化学的、および酸素同位体的特徴を研究した。WIS91600、MET00432、Dho735 隕石中のコンドリュールとコンドリュールの欠片である isolated grains の酸素同位体比分析と主要元素存在度測定の結果、 $\delta^{17,18}\text{O}$ 値は酸素 3 同位体図において太陽系高温始原物質が集中する傾き 1 の直線である CCAM と PCM ラインに沿って分布し、 $\delta^{18}\text{O}$ 値の範囲は -9.9‰ から +9.1‰ であった。また Mg# (= molar% MgO/[MgO+FeO]) の減少に伴い、 $\delta^{17}\text{O}$ (= $\delta^{17}\text{O} - 0.52 \times \delta^{18}\text{O}$) の値が増加する負の相関が確認され、FeO-poor (Mg#>90) では $\delta^{17}\text{O}$ は約 -6‰ を示し、FeO-rich (Mg#<90) では $\delta^{17}\text{O}$ は -3‰ から +2‰ を示した。同様の傾向は短周期彗星 Wild2 から回収されたシリケートからも確認されており、本研究の結果から小惑星帯外縁部で形成したコンドリュールが彗星形成領域である原始惑星系円盤外縁部 (現在の冥王星以遠) まで輸送された可能性を示すことができた。この研究成果は、原始惑星系円盤内部の高温領域で形成された固体粒子が、形成後に再分布した可能性を示し、太陽系の初期進化過程を解明する上で大きな成果である。

以上の内容は、本論文の提出者・山野辺正邦が、自立して研究活動を行うに必要な高度の研究能力と学識を有することを示している。したがって、本博士論文は、博士 (理学) の学位論文として合格と認める。