

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月31日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22540490

研究課題名（和文）

コンドリュール冷却速度多様性の研究

研究課題名（英文）

Variety of the cooling rate of chondrules

研究代表者

宮本 正道 (MIYAMOTO MASAMICHI)

東京大学・大学院理学系研究科・教授

研究者番号：70107944

研究成果の概要（和文）：隕石に含まれる球粒状のコンドリュールの成因と冷却速度は、原始太陽系星雲モデルに重要な制限条件を与える。本研究は、最も始源的な普通隕石と炭素質隕石中のコンドリュールに含まれるカンラン石のFe-Mg化学的ゾーニングを測定し、主に拡散方程式を数値的に解く方法を用い、コンドリュール生成時の冷却速度を計算した。その結果、コンドリュールによって、冷却速度が大きく異なることが明らかになった。また、これらの計算用プログラムを、多くの研究者に配布した。

研究成果の概要（英文）：The cooling rate of chondrules in primitive meteorites gives important constraints on the model of primitive solar nebula. In this study, the profiles of Fe-Mg chemical zoning of olivines in primitive meteorites were measured and the cooling rate of individual chondrule was estimated by using the diffusion equation on the basis of the zoning profiles. The results of the cooling rates show a wide variation. I distributed the computer programs concerning these diffusion calculations to many investigators.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	200,000	60,000	260,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度	0	0	0
年度			
総計	2,100,000	630,000	2,730,000

研究分野：数物系科学、研究代表者の専門分野：惑星物質科学

科研費の分科・細目：分科：地球惑星科学、細目：岩石・鉱物・鉱床学

キーワード：隕石、冷却速度、熱変成温度、コンドリュール、拡散、原始太陽系、化学的ゾーニング、カンラン石

1. 研究開始当初の背景

(1) 隕石中のコンドリュールの冷却速度については、実験室内における結晶化実験生成物の形態等を、実際のそれと比較することにより多くの研究がなされてきた。この実験的方法による形態等の比較研究では、コンドリュールの冷却速度の「可能性」を示すだけで、

実際のコンドリュールの冷却速度を示すものではない。従って、実際のコンドリュールの冷却速度を決定することが求められていた。

(2) 隕石母天体内で、熱変成度の低い（岩

石学的タイプ3)コンドライトの熱変成温度については、いくつかの推定方法があったが、いずれも誤差が大きく(プラスマイナス100度C以上)、この温度の正確な見積もりは、隕石母天体の熱史の解明にとって、重要である。

2. 研究の目的

(1)隕石中のコンドリュールの成因と冷却速度は、原始太陽系星雲モデルに重要な制限条件を与える。今まで、原始太陽系星雲内での冷却速度については、結晶化実験生成物の形態等を、実際のそれと比較することで多くの研究がなされてきたが、この実験的方法では、冷却速度の「可能性」を示すだけで、実際のコンドリュールの冷却速度を示すものではない。実際に隕石中に含まれるそれぞれのコンドリュールについて、その冷却速度を決定する必要がある。

(2)隕石母天体の熱史解明のために、その母天体内部構造モデルを構築する上で、熱変成度の異なる隕石グループについて、それぞれの熱変成温度は基本的に重要なパラメータである。特に、母天体表層部に位置する熱変成度の低いタイプ3隕石の熱変成温度は重要である。従って、母天体内での熱変成度の低い隕石の変成温度を正確に決定する必要がある。本研究では、この熱変成温度の推定も行った。

3. 研究の方法

(1)母天体内での熱変成をほとんど受けていない始源的な隕石中のコンドリュール内のカンラン石について、エレクトロン・プローブ・マイクロ・アナライザー(EPMA)を用いて、Fe-Mg 化学的ゾーニングプロファイルを測定する。用いた隕石は、普通隕石と炭素質隕石の岩石的タイプ3に属する始源的隕石である。コンドリュールはポーフィリティックオリビン・コンドリュールに属するものを選んだ。同じ隕石中の多くのコンドリュール中の多くのカンラン石について、Fe-Mg 化学的ゾーニングプロファイルを求めた。これらのプロファイル・データを基にして、カンラン石の結晶成長、元素分配による化学組成変化を考慮し、拡散方程式を適切な初期条件と境界条件下で、数値的に解くことにより、それぞれのコンドリュール中のそれぞれのカンラン石について、原始太陽系星雲内での冷却速度を決定した。

(2)上記と同様の手法で測定したゾーニング・プロファイル・データを、隕石母天体内での熱変成温度の決定に用いた。その方法は、

熱変成温度の違いにより、プロファイルが微妙に変化することを用いた。

4. 研究成果

(1)原始太陽系星雲内でのコンドリュールの冷却速度の結果は、同じ隕石中のいろいろなコンドリュールについて、0.7-2400 °C/hrと幅広い値であった。この冷却速度範囲は、原始太陽系星雲モデルを構築する上で重要な制限条件となるものである。また、同じ隕石内のコンドリュールの冷却速度が非常に異なることから、原始太陽系星雲内で、多様な冷却速度でコンドリュールが形成され、その後、同一の隕石として集積したという重要な結果を得た。このことを明確に示したのは最初である。これは、コンドリュール形成条件のみならず、原始太陽系星雲形成に制限条件を与えるものである。

(2)タイプ3コンドライト隕石の熱変成温度は、約600度Cであった。今までの方法に依る推定では、誤差範囲が100度C以上であったが、本研究では数十度C以内の精度で決定された。これは、母天体内部構造モデルに強い制限条件を与えるものである。

(3)本研究における計算手法で、並列化による計算速度向上の研究も同時に行った。その結果は、10%位の向上にとどまった。それほど速くならない主な理由は、本計算では、空間データの数は、分析機器の空間分解能とカンラン石の大きさによる制限があるため、その数は、多くとも500個と数が少ないため、並列化による効果が少なかったことによると思われる。

(4)本研究に用いた拡散による解析は、隕石のみならず、地球の岩石にも応用可能なため、新たなプログラムパッケージとしてまとめ、多くの研究者に配布した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計23件)

- ①Miyamoto, M., and H. Kaiden (2012), maximum temperature of parent-body thermal metamorphism for ALH77299 (H3.7) chondrite by analyzing Fe-Mg zoning of olivine, Lunar Planet. Sci, XLIII, Abstract #1082, Lunar Plant. Inst., Houston (CD-ROM). 査読無
- ②Komatsu, M., T. Fagan, T. Mikouchi, M. Miyamoto, M. Zolensky, and K. Ohsumi

- (2012), Mineralogy of stardust track 112 particle: Relation to amoeboid olivine aggregates, Lunar Planet. Sci, XLIII, Abstract #1654, Lunar Planet. Inst., Houston (CD-ROM). 査読無
- ③Satake, W., P. C. Buchanan, T. Mikouchi, and M. Miyamoto (2012), Redox states of some HED meteorites as inferred from iron micro-XANES analyses of plagioclase, Lunar Planet. Sci, XLIII, Abstract #1725, Lunar Planet. Inst., Houston (CD-ROM). 査読無
- ④Mikouchi, T., J. Makishima, T. Kurihara, V. H. Hoffmann, and M. Miyamoto (2012), Relative burial depth of nakhlites revisited, Lunar Planet. Sci, XLIII, Abstract #2363, Lunar Planet. Inst., Houston (CD-ROM). 査読無
- ⑤Komatsu, M., T. J. Fagan, T. Mikouchi, and M. Miyamoto (2012), Evidence for incipient alteration in amoeboid olivine aggregates from the ungrouped carbonaceous chondrite NWA 1152, Antarctic Meteorites, XXXV, 31-32, Natl. Inst. Polar Res., Tokyo. 査読無
- ⑥Miyamoto, M., H. Kaiden, and T. Mikouchi (2012), Burial depth of petrologic type 3 chondrites in the ²⁶Al heated parent body, Proc. 45th ISAS Lunar Planet. Symp., 45-03_Miyamoto.pdf (CD-ROM). 査読無
- ⑦Miyamoto, M. and H. Kaiden (2011), Evidence for parent-body thermal-metamorphism of CO3 chondrite by analyzing Fe-Mg zoning of olivine, Lunar Planet. Sci., XLII, Abstract #1156, Lunar Planet. Inst., Houston (CD-ROM). 査読無
- ⑧Komatsu, M., T. J. Fagan, N. Ozaki, T. Mikouchi, and M. Miyamoto (2011), Petrographic and chemical variation among the EH3 chondrites, Lunar and Planet. Sci., XLII, Abstract#1764, Lunar Planet. Inst., Houston (CD-ROM). 査読無
- ⑨Satake, W., P.C. Buchanan, T. Mikouchi, and M. Miyamoto (2011), Redox state of some eucrites as inferred from iron micro-XANES analysis of plagioclase, Lunar Planet. Sci, XLII, Abstract #2590, Lunar Planet. Inst., Houston (CD-ROM). 査読無
- ⑩Komatsu, M., T. Mikouchi, T. J. Fagan, M. Miyamoto, M. E. Zolensky, and K. Ohsumi (2011), A TEM and FESEM Study of Two Stardust Cometary Particles Extracted From Tracks T111 and T112, Antarctic Meteorites, XXXIV, 42-43, Natl. Inst. Polar Res., Tokyo. 査読無
- ⑪Satake, W., T. Mikouchi, and M. Miyamoto (2011), Redox state of geochemically-enriched shergottites as inferred from Fe micro-XANES analysis of maskelynite and plagioclase, Antarctic Meteorites, XXXIV, 76-77, Natl. Inst. Polar Res., Tokyo. 査読無
- ⑫Komatsu, M., T. Fagan, T. Mikouchi, and M. Miyamoto (2011), Shock origin inferred for unusual textures in EH3 chondrites PCA82518, Meteoritics and Planet. Sci., 46, Suppl., A128. 査読無
- ⑬Miyamoto, M., and H. Kaiden (2011), Temperature of parent-body thermal-metamorphism of ALH77299 (H3.7) chondrite by analysis of Fe-Mg zoning of olivine, Proc. 44th ISAS Lunar Planet. Symp., 44-14, M.Miyamoto.pdf (CD-ROM). 査読無
- ⑭Arai, T., B. R. Hawke, T. A. Giguere, K. Misawa, M. Miyamoto, and H. Kojima (2010), Antarctic lunar meteorites Yamato-793169, Asuka-881757, MIL 05035, and MET 01210 (YAMM): Launch pairing and possible cryptomare origin, Geochimica. Cosmochimica. Acta, 74, 2231-2248. 査読有
- ⑮Goodrich, C. A., N. T. Kita, M. K. Spicuzza, J. W. Valley, J. Zipfel, T. Mikouchi, and M. Miyamoto (2010), The Northwest Africa 1500 meteorite: Not a ureilite, maybe a brachinite, Meteoritics and Planet. Sci., 45, 1906-1928. 査読有
- ⑯Satake, W., T. Mikouchi, and M. Miyamoto (2010), Iron micro-XANES measurement of maskelynite in shergottites: An update, Lunar and Planetary Science, XLI, abstract#1902, Lunar Planet. Inst., Houston (CD-ROM). 査読無
- ⑰Koizumi, E., T. Mikouchi, A. Monkawa, T. Kurihara, and M. Miyamoto (2010), Micro FT/IR analysis of brown olivines in Martian meteorites, Lunar and Planetary Science, XLI, abstract#1575, Lunar Planet. Inst., Houston (CD-ROM). 査読無
- ⑱Kurihara, T., T. Mikouchi, A. Yamaguchi, T. Sekine, and M. Miyamoto (2010), High

temperature shock experiment of San Carlos olivine: Implications for the formation of nano-particles in olivine from Martian meteorites Lunar and Planetary Science, XLI, abstract#1655, Lunar Planet. Inst., Houston (CD-ROM). 査読無

- ⑱ Satake, W., T. Mikouchi, and M. Miyamoto (2010), Petrogenetic relationship of geochemically-enriched shergottites as inferred from MELTS Calculation, Antarctic Meteorites, XXXIII, 68-69, Natl. Inst. Polar Res., Tokyo. 査読無
- ⑳ Koizumi, E., T. Mikouchi, A. Monkawa, T. Kurihara, and M. Miyamoto (2010), Spectral map analysis of brown olivine in martian meteorites by micro FT/IR, Meteoritics and Planet. Sci., 45, Suppl. A108. 査読無
- ㉑ Komatsu, M., T. Mikouchi, M. Miyamoto, T. Fagan, and M. Zolensky (2010), Mineralogy of five particles from the Stardust cell C2067 and C2081: Comparative study to other particles from the same track, Meteoritics and Planet. Sci., 45, Suppl. A109. 査読無
- ㉒ Satake, W., T. Mikouchi, and M. Miyamoto (2010), Iron micro XANES analysis of achondritic plagioclase: Implications for the redox states, Meteoritics and Planet. Sci., 45, Suppl., A179. 査読無
- ㉓ Miyamoto, M. and H. Kaiden (2010), The period of thermal metamorphism of Yamato-791717 C03.6 chondrite by analysis of Fe-Mg zoning of olivine, Proc. 43rd ISAS Lunar Planet. Symp., 12miyamoto.pdf (CD-ROM). 査読無

[学会発表] (計 12 件)

- ① Miyamoto, M., and H. Kaiden (2012), maximum temperature of parent-body thermal metamorphism for ALH77299 (H3.7) chondrite by analyzing Fe-Mg zoning of olivine, 43rd Lunar and Planetary Science Conference, Lunar Planet. Inst., March 20, 2012, Houston. USA

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮本 正道 (MIYAMOTO MASAMICHI)
東京大学・大学院理学系研究科・教授
研究者番号： 70107944