

自己評価報告書

平成 23 年 5 月 9 日現在

機関番号：16301

研究種目：特別推進研究

研究期間：2008 年度～2012 年度

課題番号：20001005

研究課題名（和文） Fe 系物質の超高压下での挙動と最下部マントル～内核の物質科学

研究課題名（英文） Behavior of Fe-bearing materials under very high pressure and mineralogy of the lowermost mantle and the inner core.

研究代表者

入船 徹男 (IRIFUNE TETSUO)

愛媛大学・地球深部ダイナミクス研究センター・教授

研究者番号：80193704

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星物理学

キーワード：ヒメダイヤモンド、超高压実験、第一原理計算、地球・惑星内部、マントル・核

1. 研究計画の概要

ナノ多結晶ダイヤモンド（ヒメダイヤモンド）の、大型化を推進するとともに、超高压発生装置への本格的応用をおこなう。一方で、焼結ダイヤモンドを用いたマルチアンビル装置（MA）の圧力限界の拡大、超音波技術による下部マントル領域下での弾性波速度精密測定、地球全領域をカバーするダイヤモンドアンビル装置（DAC）技術の開発、を重点的技術課題とする。これらの技術の開発とともに、第一原理計算の専門家との連携のもと、マントル深部～核領域における Fe の挙動に重点を置いた、物質科学的研究をすすめる。

2. 研究の進捗状況

- (1) ヒメダイヤモンドの大型化に関しては、既に当初の目標であった直径 1cm・長さ 5mm を上回るサイズの合成に成功した。また、得られたヒメダイヤモンド加工技術の開発、微細組織の制御、様々な物性の測定、アンビルへの応用目指したヒメダイヤモンドの大量合成を行っている。
- (2) 研究開始当初はヒメダイヤモンドの DAC と 6-8-2 型 MA への応用を中心に行い、それぞれ最大 250GPa、115GPa 程度の圧力発生を記録した。また、高温実験もそれぞれ 5000K、1500K 程度まで可能にした。DAC においては、大型の先端面を用いた場合、単結晶に比べて 2 倍程度の圧力発生が可能になったことが明らかになった。
- (3) 焼結ダイヤモンドを用いた MA、単結晶ダイヤモンドを用いた DAC、また MA と放射光を用いた弾性波測定において、いずれも従来の圧力・温度限界を越える技術

開発に成功した。

- (4) 上記の技術開発、および第一原理計算分野の分担者との共同研究に基づき、以下のような特に重要な成果をはじめ、様々な地球科学的知見が得られている。
 - ① マントルモデル物質中の、相転移や密度変化を下部マントル中部領域まで明らかにし、主要鉱物中の Fe スピン転移の元素分配の影響を定量的に解明した（Science 誌等に発表）。
 - ② ポストペロブスカイト転移への、Al や Fe の影響を解明するとともに、マントル～核境界の温度に重要な制約を与えた（2 編の PNAS 誌等に発表）。
 - ③ 内核条件における Fe の結晶構造に関し、第一原理計算と DAC 実験を組み合わせることにより、最終的な決着となる制約を与えた（論文投稿中）。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調
(理由)

ヒメダイヤモンドの大型化に関しては既に目標を達成し、計画以上に進展している。また、その応用や、他の超高压発生・物性測定技術の開発、第一原理分野との共同研究においても、順調に成果があがりつつある。

4. 今後の研究の推進方策

- (1) ヒメダイヤモンドの応用に関しては、特に MA への応用に重点を置き、全マントル条件に対応する圧力下での相転移実験を主要な目標とする。一方で、引き続き DAC や様々な超高压装置への応用もおこなう。

- (2) 新たな実験技術開発の地球科学的応用に重点を移し、Fe 系を中心とした下部マントル・核領域での相転移・密度変化・弾性波速度などの解明をおこなう。
- (3) 第一原理計算分野との共同研究は、高压相の結晶構造予測の面で、重要な成果があがっている。今後は、弾性や密度など物性面での研究も推進する。
- (4) 本研究による実験技術や、数値分野との共同体制をもとに、地球物質の動的挙動、新規物質合成、系外惑星物質の探査など、新たな研究課題に挑戦する。

5. 代表的な研究成果

(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 125 件)

- ① T. Tsuchiya, and J. Tsuchiya, Prediction of a hexagonal SiO₂ phase affecting stabilities of MgSiO₃ and CaSiO₃ at multimegabar pressures, Proc. Ntnl. Acad. Sci., 108, 1252-1255, 2011, 査読有。
- ② T. Irifune, T. Shinmei, C. A. McCammon, N. Miyajima, D. C. Rubie, and D. J. Frost, Iron partitioning and density changes of pyrolite in Earth's lower mantle, Science, 327, 193-195, 2010, 査読有。
- ③ Y. Tange, Y. Nishihara and T. Tsuchiya, Unified analyses for P-V-T equation of state of MgO: A solution for pressure-scale problems in high P-T experiments, J. Geophys. Res., 114, B03208, 2009, 査読有。

[学会発表] (計 438 件)

- ① T. Irifune, Nano-polycrystalline diamond: a potential third-generation ultrahard material for LVP experiments (Invited Talk), Workshop for Extreme Conditions Research in a Large Volume Press at PETRAII, 15 October 2010, Lunerburg, Germany.
- ② T. Tsuchiya and K. Kawai, Ab initio modeling of thermal chemical properties of the core-mantle boundary region (Invited Talk), The 12th Symposium of SEDI, 21 July 2010, Santa Barbara, USA.
- ③ T. Irifune, Nature and application of nano-polycrystalline diamond synthesized by direct conversion in large-volume multianvil apparatus (Keynote Lecture), NDNC2010, 27 May 2010, Suzhou, China.

- ④ T. Irifune, Development of multianvil technology and its application to deep Earth mineralogy and novel materials synthesis (Special Lecture), AIRAPT-22 & HPCJ-50, 27 July 2009, Tokyo, Japan.
- ⑤ T. Irifune, Development of multianvil high-pressure technology with sintered diamond anvils and phase transitions in pyrolite under the lower mantle P, T conditions (Invited Talk), IGC-2008, (7 August 2008), Oslo, Norway.

[図書] (計 3 件)

- ① T. Irifune and H. Sumiya (in press), "Nano-polycrystalline Diamond without Binder and their Variety of Applications" in Comprehensive Hard Materials, Elsevier.
- ② 入船徹男 (2011), 第 2 章「地球内部を探る」22~39, 第 3 章「地球内部の物質と構造」, 40~59, 現代地球科学, NHK 出版。
- ③ H. W. Green II, J. Zhang, L. F. Dobrzinetskaya, T. Irifune (2010), Journal of Earth Science (Special issue, editors), 327, Springer.

[その他]

(1) 報道関係

- ・NHK「おはよう日本 (全国)」(2011. 3. 3) において土屋・入船の研究活動紹介
- ・共同通信配信 (2010. 12. 20) により、世界各国のメディアにおいて、ヒメダイヤの紹介
- ・主要新聞全国版 (2009. 12. 8) に土屋のマントル核境界温度に関する成果の紹介
- ・主要新聞全国版 (2009. 12. 4) に、入船の下部マントル物質に関する成果の紹介
- ・読売新聞科学欄「とれたて科学」(2010. 9. 27.) において入船の研究活動紹介

(2) 受賞

- ・日本高圧力学会賞・AGU フェロー (入船)
- ・日本学術振興会賞・文部科学大臣表彰若手科学者賞 (土屋)
- ・国際高圧力学会 Jamieson 賞 (桑山)
- ・日本高圧力学会奨励賞 (丹下)

(3) 広報活動

- ・愛媛大学ミュージアムにおいて、ヒメダイヤ等の常設展示 (年間 5 万人程度の訪問者)
- ・愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター (GRC) 発行のニューズレターにおいて、特別推進研究コーナーを設け、年 3 回国内外約 1300 部研究機関等に配布
- ・GRC ホームページにおいて成果や活動を報告 (<http://www.ehime-u.ac.jp/~grc/>)