

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2007 ～ 2010

課題番号：19204054

研究課題名（和文） 高温における圧力スケールの確立と地球内部地震波不連続面への適用

研究課題名（英文） Establishment of the pressure scale at high temperature and its application to seismic discontinuities in the Earth's interior

研究代表者

松井 正典（MATSUI MASANOTI）

兵庫県立大学大学院生命理学研究科教授

研究者番号：90125097

研究代表者の専門分野：固体地球科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・岩石・鉱物・鉱床学

キーワード：地殻・マントル・核、地球・惑星内部構造、高温高压、圧力スケール

1. 研究計画の概要

高温での圧力スケールとして良く用いられる MgO, NaCl, Ar, Au, Pt を選び、それらの常温常圧～高温高压における弾性波速度と体積（密度）の同時測定実験データに基づいて、使用した圧力スケールに一切よらない、絶対圧力測定を行う。また、放射光高温高压 X 線回折により、上記圧力標準物質についての相対圧力スケールを求める。加えて、MgO と金について高精度な衝撃圧縮実験を行い、得られた測定データに基づいて圧力スケールの導出を試みる。これら本研究により得られた実験データを、第一原理及び分子動力学計算、既存の、圧力スケールに依存しない衝撃圧縮データ、熱膨張、弾性データ等と総合的に組み合わせることにより、地球マントル遷移層から下部マントル、コア上部を想定した、温度 1000～3000 K、圧力 20～150GPa における、圧力スケールの世界基準を確定する。最終目標は、本研究により求められた圧力スケールを用いて、地球深部の地震波不連続面、内部の層構造、ダイナミクスの詳細を解明することにある。

2. 研究の進捗状況

(1) SPring-8 における、焼結ダイヤモンドアンビルセル又は超硬アンビルセルを用いた放射光高温高压 X 線解析により、Pt と NaCl-B2 相について、高温高压下における精密な T-P-V データを求めることに成功するとともに、既存の衝撃圧縮データ、熱膨張データ等と組み合わせた解析により、上記 2 相について、温度 3000 K、圧力 300 GPa までの信頼できる圧力スケールを導出した。加えて、NaCl-B1 相と Au についても、精度良い高温高

圧下における T-P-V データを導出することが出来た。

(2) SPring-8 における、レーザー加熱式ダイヤモンドアンビルセルを用いた実験により、MgO, NaCl, Ar, Au, Pt の 5 つの標準物質につき、最大で 190GPa までの超高压下で体積の同時測定を行い、各々の状態方程式の整合性を定量的に評価することに成功した。加えて、放射光 X 線回折測定とブリルアン散乱測定を組み合わせ、ダイヤモンドアンビルセルを用いて、室温下 130GPa までの超高压下における MgO の体積と S 弾性波速度の同時測定に成功した。

(3) NaCl の熱弾性パラメーターを超音波法を用いて測定した。これまでのところ、20GPa・1000℃程度の高温高压条件までのデータの取得に成功しているが、データ確度の検証や再現性のチェックのために更なる実験を繰り返している。

(4) MgO 単結晶のユゴニオを 90 GPa まで計測した結果、弾性限界は<100>方向では駆動圧力に対して減衰し、<110>方向では増大する異方性を示し、塑性域で<100>軸方向のユゴニオは粒子速度が約 1 km/s 以下ではロスアラモスデータに比べて衝撃波速度が若干小さく、一方それ以上ではかなり高い結果が得られた。

3. 現在までの達成度

NaCl-B1, NaCl-B2, Ar, MgO, Pt, Au の各相について、放射光高温高压 X 線解析実験とブリルアン散乱測定あるいは超音波測定、衝撃圧縮実験等に基づいて、かなり高信頼度の T-P-V 状態方程式を求めることができた。

今後はそれらをより一層精密化することを試みる。故に、研究計画はおおむね順調に進展している。

4. 今後の研究の推進方策

(1) MgO, 金, 白金について、焼結ダイヤモンドをアンビル材として使用したマルチアンビル高圧装置 (SPring-8に設置、ビームラインBL04B1) を使用して、放射光高温高圧X線回折により、上記3種の圧力標準物質についての相対圧力スケールを、温度1800 K、圧力100 GPaに至る高温超高压条件下において高精度で求めることを試みる。

(2) ブリルアン散乱とX線回折の同時測定実験をSPring-8のビームラインBL10XUの前ハッチで行う。昨年度にひきつづき、より高温高温下における MgOのP及びS波速度と密度データを取得し、絶対圧力スケール (T-P-V状態方程式) の導出を試みる。特に、これまでデータのない、100 GPa を越える高圧下での測定に集中する。

(3) SPring-8におけるX線その場観察と超音波測定実験を組み合わせた実験システムとこれまでに開発した実験セルを用いて、NaClの高温高圧下での弾性波速度および格子体積の同時精密測定を行う。圧力15GPa, 温度1500K程度までの弾性波速度測定データと格子体積データから、高温高圧下における絶対圧力スケールの確立をめざす。

(4) ユゴニオは状態方程式の導出に極めて重要で、異方性などを明らかにしMgOのユゴニオを確定するために、今後、多結晶の測定やさらに高い圧力領域の測定を行う。

(5) 本計画により求められた放射光高温高圧実験データ及び衝撃圧縮データを、種々圧力スケールについての既存の高温高圧データと組み合わせることにより、圧力スケールの世界基準を求める。

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 15 件)

(1) M. Matsui, E. Ito, T. Katsura, D. Yamazaki, T. Yoshino, A. Yokoyama, and K. Funakoshi, The temperature-pressure-volume equation of state of platinum, J. Appl. Phys., 査読有, 105, 2009, 013505.

(2) M. Murakami, Y. Ohishi, N. Hirao, and K. Hirose, Elasticity of MgO to 130 GPa: Implications for lower mantle

mineralogy, Earth Planet. Sci. Lett., 277, 2009, 123-129.

(3) Y. Higo, Y. Kono, T. Inoue, T. Irifune and K. Funakoshi, A system for measuring elastic wave velocity under high pressure and high temperature using a combination of ultrasonic measurement and the multi-anvil apparatus at SPring-8, J. Synchrotron Rad., 査読有, 16, 2009, 762-768.

(4) T. Mashimo, Y. Zhang, M. Uchino, and A. Nakamura, High-time-resolution streak photographic system equipped with propellant guns for Hugoniot measurement of solids, Jpn. J. Appl. Phys., 査読有, 48, 2009, 096506.

(5) Y. Ueda, M. Matsui, A. Yokoyama, Y. Tange, and K. Funakoshi, Temperature-pressure-volume equation of state of the B2 phase of sodium chloride, J. Appl. Phys., 査読有, 103, 2008, 113513.

(6) K. Hirose, N. Sata, T. Komabayashi, and Y. Ohishi, Simultaneous volume measurements of Au and MgO to 140 GPa and thermal equation of state of Au based on the MgO pressure scale, Phys. Earth Planet. Inter., 167, 2008, 149-154.

他は省略

[学会発表] (計 件)

[図書] (計 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]