

(1) 実施機関名：

東京大学地震研究所

(2) 研究課題(または観測項目)名：

可観測物性の状態・環境への依存性

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(4) 地震発生・火山噴火素過程

イ．地殻・上部マントルの物性の環境依存性

(4) その他関連する建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(2) 地震・火山現象に関する予測システムの構築

(2-1) 地震発生予測システム

ア．地殻活動予測シミュレーションとデータ同化

イ．地殻活動予測シミュレーションの高度化

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

イ．上部マントルとマグマの発生場

ウ．広域の地殻構造と地殻流体の分布

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-1) 地震準備過程

ア．アスペリティの実体

イ．非地震性滑りの時空間変化とアスペリティの相互作用

ウ．ひずみ集中帯の成因と内陸地震発生の準備過程

(2-2) 火山噴火準備過程

ア．マグマ上昇・蓄積過程

(4) 地震発生・火山噴火素過程

ア．岩石の変形・破壊の物理的・化学的素過程

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

地震断層の載荷とその破壊は、物質の状態と、種々の物理量が空間的に強い不均質をもって発展する現象であり、観測からそれらをなるべく拘束することが地震予測の精度向上に不可欠である。本課題では、地震発生に関連する場所に存在して種々の観測量に大きな影響を与える可能性がありながら、その振舞いがよくわかっていない物質と環境条件を中心に、幅広く物性データを集めるとともに、限られた実験データを地震発生に関するさまざまなシチュエーションに適用するために、実験データを説明する物性理論を発展させることを目標とする。また、より広い範囲の現象を系統的に実験するために、様々な物性プロセスを比較的容易に再現することが可能な人工合成岩石を用いた物性測定という新たなアプローチを導入する。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要 :

平成 21 年度は、今後 5 年間に必要な実験技術開発、物性データ整理、物性理論の発展に必要な基礎理論の構築を進める。特に、また、これら全体を最終的にまとめあげることが可能になるよう検討および調整を行う。

平成 22 年度は、予備の実験を開始し、実験技術の再検討、実験データに必要な物性理論の再検討、また、逆に理論の正当性を実証できるような実験法探索を行う。

平成 23 年度は、系統的なデータの収集、物性理論の発展を行う。

平成 24 年度は、引き続き系統的データの収集、物性理論の発展を行う。また、相互の結果を持ち寄り検討し、それを踏まえたさらなる実験と理論発展を行う。

平成 25 年度は、追加実験をおこない、最終的に結果のまとめ・整理を行う。

(7) 平成 21 年度成果の概要 :

観測から得られる地震波減衰のデータを、中・下部地殻や上部マントルの流動帯(せん断帯)周辺での温度や流体存在などに結びつけるためには、多結晶体の非弾性特性の解明が重要となる。平成 21 年度において、岩石のアナログ物質(有機物多結晶)を用いて、多結晶体の非弾性特性を非常に広帯域(50-0.1 m Hz)で測定するための実験装置を開発した。このアナログ物質の 26 (融点規格化温度 0.6)における非弾性特性は、オリビン結晶体の 1100 (規格化温度 0.6)の非弾性特性に良く似ていることが分かり、本アナログ物質を用いることで、地球内部での鉱物粒径やメルト量が非弾性特性に与える影響を調べることが可能であることを示せた。

海溝型地震発生帯であるマントルウエッジ - 沈み込みスラブ浅部境界付近の主要構成鉱物は、温度・圧力・化学組成および含水条件よりアンチゴライトと考えられている。その存在を地震波観測から特定するためには、アンチゴライトの地震波速度特性、具体的には、アンチゴライト単結晶の弾性定数を求める必要がある。平成 21 年度は、その測定を可能にする良質な単結晶試料を探索することを行った。また、実験手法として、共振法の微小単結晶試料への適用を検討した。実際のアンチゴライト岩においては、結晶軸の選択配向性を持つことが普通であるので、観測される地震波速度を実験的に得られる弾性定数に基づいて解析するには、実際の岩石における選択配向性を知っておく必要がある。それを目的として、静岡大学・道林研究室において、SEM-EBSD 法を用いてアンチゴライト岩中の結晶方位測定を行い、結晶方位解析に十分な後方回折パターンがアンチゴライト結晶粒より得られることを確認した。よって、測定された弾性波速度を岩石組織と対応させることが可能になった。比抵抗探査から、アンチゴライトを含むプレート境界物質を特定するためには、構成物質の電気伝導度を知る必要がある。そのため、現有の高温の電気伝導度測定システムに酸素濃度測定システムを組み込み、実験条件をより明確に規定できるようした。これらより、蛇紋岩体の異方性発達過程を論じることが可能になる準備を完了した。

厳密な岩石物性測定において、岩石が地表へ露出されるまでに受ける構造的・化学的壊変は大きな障害となる。例えば、手にすることができる岩石のほとんどは、深部で期待される弾性波速度を持たず、これは、表層へ隆起してくる間に生成される粒間に発達するクラックなどの影響と考えられている。また、岩石粘性を測定する際には、そのクラックを核として容易に破壊が生じることから、高温下でのクリープ試験はほとんど不可能とされている。よって、種々の岩石物性測定に耐えうる巨大単結晶および極細粒高緻密多結晶合成法の確立を目指した。前者において、これまでに高純度高品質の大型フォルステライト単結晶の育成を行い、150 mm 長、50 mm 径ものの合成に成功した。後者においては、ナノサイズの原料粉を反応することで、目的とする鉱物粒子の 100nm 以下の粉を合成することができ、それを真空焼結することで、ポア率 0.1% を切るような極細粒高緻密多結晶を合成することに成功した。

(8) 平成 21 年度の成果に関連の深いもので、平成 21 年度に公表された主な成果物(論文・報告書等) :

Koizumi, S., Hiraga, T., Tachibana, C., Tasaka, M., Miyazaki, T., Kobayashi, T., Takamasa, A., Ohashi, N., Sano, S., Synthesis of highly dense and fine-grained aggregates of mantle composites by vacuum sintering of mineral nano-powders, 2010, Physics and Chemistry of Minerals, DOI: 10.1007/s00269-009-0350-y

Hiraga, T., Tachibana, C., Ohashi, N., Sano, S., 2010, Grain growth systematics for forsterite ± enstatite, Earth and Planetary Science Letters, 291, 10-20.

鏡味芳宏, 渡辺 了, 2009, 弾性波速度測定に基づく跡津川断層周辺浅部地殻物質の推定, 地震 2, 61,

99-111.

渡辺 了, 2009, 地殻・マントル物質の地震波速度と電気伝導度: 沈み込み帯の水を探る, 地震 2, 61, S541-S562.

渡辺 了, 矢野秀明, 2010, 蛇紋岩の地震波速度—蛇紋岩の地震学的マッピングに向けて—月刊地球, 32(2).

Watanabe, T., 2010, Geometry of intercrystalline brine in plastically deforming Halite rocks: inference from electrical resistivity, *Advances in Interpretation of Geological Processes*, SPALLA, M. I., MAROTTA, A. M. & GOSSO, G. (eds), Geological Society, London, Special Publications, 332, 69-78.

Fujisawa, K., Takei, Y., 2009, A new experimental method to estimate viscoelastic properties from ultrasonic wave transmission measurements, *Journal of Sound and Vibration*, 323, 609-625.

Takei, Y., Holtzman, B.K., 2009, Viscous constitutive relations of solid-liquid composites in terms of grain boundary contiguity: 1. Grain boundary diffusion control model, *J. Geophys. Res.*, 114, B06205, doi: 10.1029/2008JB005850.

Takei, Y., Holtzman, B.K., 2009, Viscous constitutive relations of solid-liquid composites in terms of grain boundary contiguity: 2. Compositional model for small melt fractions, *J. Geophys. Res.*, 114, B06206, doi: 10.1029/2008JB005851.

Takei, Y., Holtzman, B.K., 2009, Viscous constitutive relations of solid-liquid composites in terms of grain boundary contiguity: 3. Causes and consequences of viscous anisotropy, *J. Geophys. Res.*, 114, B06207, doi: 10.1029/2008JB005852.

Takei, Y., Hier-Majumder, S., 2009, A generalized formulation of interfacial tension driven fluid migration with dissolution/precipitation, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 288, 138-148.

(9) 平成 22 年度実施計画の概要 :

多結晶体の非弾性特性実験においては、温度、粒径、部分溶融メルト分率を制御し、これらの非弾性特性に及ぼす影響を調べる。アンチゴライト単結晶の正確な弾性定数を実験的に求める。また、天然アンチゴライト岩において、結晶軸の選択配向性およびその方向と変形方向の関係を調べ、それを元に、沈み込み帯での弾性波速度異方性を推定する。巨大単結晶および極細粒高緻密多結晶体を大量かつ簡便に作成できるシステムを確立し、種々の物性測定に用いられることを目指す。

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

東京大学地震研究所 平賀岳彦・中谷正生・吉田真吾・武井康子
他機関との共同研究の有無 : 有
富山大学 渡辺了
静岡大学 増田俊明, 道林克禎
千葉大学 金川久一
兵庫県立大学 佐藤博樹

(11) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名 : 東京大学地震研究所
電話 : 03-5841-5763
e-mail : hiraga@eri.u-tokyo.ac.jp