Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SIT039-P01 会場:コンベンションホール 時間:5 月 24 日 14:00-16:30

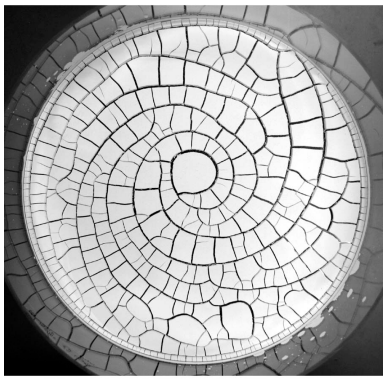
粘土ペーストの記憶と乾燥亀裂パターンによる視覚化
Memory of clay paste and its visualization as desiccation crack pattern

中原 明生 [1*], 中山寛士 [1], 松尾洋介 [1]
Akio Nakahara[1*], Hiroshi Nakayama[1], Yousuke Matsuo[1]

[1] 日大理工
[1]Nihon Univ.

我々は、粉と水を混ぜて作った粘土ペーストは塑性ゆえに揺れや流れの方向を記憶すること、そして乾燥時に発生する亀裂パターンはその記憶に依存した形状になることを見出した。具体的には、揺れを記憶した場合は揺れの方向に垂直な縞状亀裂パターンが、流れを記憶した場合は流れの方向に平行な縞状亀裂パターンが発生する [1-3]。この現象は、工学的には破壊の制御へと応用されているが、今回地球物理学への応用として過去の地震や液状化などの地殻変動が粘土に記憶されていないか、その可能性について調べたい。

[1] A. Nakahara and Y. Matsuo, J. Phys. Soc. Jpn, 74 (2005) 1362.
[2] A. Nakahara and Y. Matsuo, Phys. Rev. E74 (2006) 045102(R).
[3] Y. Matsuo and A. Nakahara, arXive:1101.0953v1 [cond-mat.soft].



キーワード: 記憶, 粘土ペースト, レオロジー, 乾燥亀裂パターン
Keywords: memory, clay paste, rheology, desiccation crack pattern

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SIT039-P02 会場:コンベンションホール 時間:5 月 24 日 14:00-16:30

三次元有限要素法による多孔質体複合弾性解析
Composite elasticity of porous object investigated by a three-dimensional buffer-layer FEM modek

米田 明 [1*]
Akira Yoneda[1*]

[1] 岡山大学地球研
[1]ISEI, Okayama Univ.

A porous system has distinct macroscopic proprieties that are very different from those of a non-porous matrix. There has been much interest in clarifying such characteristics. In the present study, a three-dimensional buffer-layer finite element method (FEM) model was developed succeeding the two-dimensional buffer-layer FEM model. The comparison between the two and three dimensional models is discussed.

キーワード: 有限要素法, 空孔, 複合弾性
Keywords: FEM, porosity, composite elasticity

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SIT039-P03 会場:コンベンションホール 時間:5 月 24 日 14:00-16:30

粉体生成による高速すべり領域での 速度弱化摩擦から速度強化摩擦への遷移
Transition from velocity weakening friction to velocity strengthening friction

桑野 修 [1*], 波多野 恭弘 [1]
Osamu Kuwano[1*], Takahiro Hatano[1]

[1] 東京大学地震研究所
[1]ERI, Univ. of Tokyo

地震発生時の断層面の摩擦発熱による温度上昇は、摩擦溶融、シリカゲルの生成、熱分解、フラッシュヒーティングなどを起こし、断層の摩擦強度に大きく低下させると考えられている (嶋本ほか,2003, 他多数)。一方、粉体の高速摩擦は粒子の非弾性衝突による散逸が支配的となり速度強化であることが数値実験で明らかにされており (Hatano,2007)、摩擦発熱の影響が無視できる低垂直応力下 (10-40kPa) の実験でも報告されている (桑野ほか 2009SSJ)。粉体の速度強化の振舞いは粒子間の摩擦係数にほとんど依存しないことが知られている。本研究、摩擦発熱に起因すると考えられる摩擦係数弱化と速度強化の関係を調べるために、摩擦発熱が無視できない、より高い垂直応力下で実験を行った。

実験は地震研究所の回転式試験機 (レオメーター) に円筒状の岩石試料をセットし、垂直応力 (0.3-0.9MPa) 制御の下、剪断速度 0.1 μ m/s - 1m/s の範囲で定常状態の剪断応力を測定した。

低速領域 (<1cm/s) では摩擦係数は速度にほとんど依存しないか弱い速度弱化を示した。一方、1cm/s 以上の中速度領域では速度の増加に伴って摩擦係数が大幅に低下した。

摩擦係数低下の始まる速度は圧力に依らず一定であるため、弱化のメカニズムとしてフラッシュヒーティングが示唆される。中速度域からさらに速度を増加させると強烈な速度強化へと転じた。 高速度の速度強化域の摩擦曲線は無次元化速度 [速度*sqrt(粒子密度/垂直応力)] に対してプロットすると垂直応力に依らずに 1 つの曲線に収束する。このことから本実験条件での岩石の高速摩擦では、粉体粒子の数値実験と同様の非弾性衝突が支配的なメカニズムであると考えられる。

キーワード: 摩擦, 摩擦構成則, レオロジー, 粉体, フラッシュヒーティング
Keywords: friction, constitutive law, rheology, granular matter, flash heating

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SIT039-P04 会場:コンベンションホール 時間:5 月 24 日 14:00-16:30

剪断変形したマグマ中の気泡組織とガス浸透率の異方性
Anisotropy of bubble microstructure and gas permeability in sheared magma

奥村 聡 [1*], 中村 美千彦 [1], 中野 司 [2], 上杉健太朗 [3]
Satoshi Okumura[1*], Michihiko Nakamura[1], Tsukasa Nakano[2], Kentaro Uesugi[3]

[1] 東北大学地学専攻地球惑星物質科学講座, [2] 産業技術研究所, [3] 高輝度光科学研究センター
[1]Dept. Earth Science, Tohoku Univ., [2]AIST/GSJ, [3]SPring-8/JASRI

Permeable gas transport through connected gas bubbles (bubble network) in magma is a possible mechanism to induce magma degassing and reduce the explosivity of volcanic eruptions. The gas permeability of magma ascending in volcanic conduits has been investigated by performing decompression and shear deformation experiments for hydrous magma. The gas permeability of experimentally sheared magma shows the anisotropy (Okumura et al., 2009 EPSL). When large shear strain (>8) is applied to magma, the gas permeability parallel to shear direction starts to increase at a vesicularity of 30 vol% and reaches the order of 10^{-13} m^2 at a vesicularity of 50 vol%. On the other hand, the gas permeability perpendicular to shear direction is lower than the order of 10^{-16} m^2 at a vesicularity of <80 vol%. In this study, we investigated bubble microstructure of sheared magma to understand the origin of the anisotropy.

Three dimensional (3D) microstructure of bubbles in experimentally sheared rhyolite was observed using synchrotron radiation X-ray CT (BL20B2, SPring-8). The sheared rhyolites were prepared by performing the torsional deformation experiments at a temperature of 975oC and a rotational rate of 0.5 rpm. The outer parts of columnar run products were used for image analyses (256x256x256 voxels, corresponding to the actual size of 1.1x1.1x1.1 mm). In the 3D images, all bubbles in a sample were counted and their volumes were measured. In addition, electrical current simulation (ECS) was numerically done for networks formed by connected bubbles to investigate the controlling factors of the gas permeability.

With the increase in shear strain, the number of bubble networks which achieve from end to end along shear direction increases at a vesicularity of 9-41 vol%. The networks show tube shape rather than frothy shape. When we assume a tube model ($k = ad^2 / 32$, where k is the permeability;a, porosity ; d, tube diameter), the permeabilities calculated along the tube show similar values with measured permeabilities. On the other hand, no bubble network is percolated along the direction perpendicular to shear at <48 vol% vesicularity and 0-10 rotations. The ECS for the largest bubble network in a sample shows that there are some narrow bottle necks for the current flow perpendicular to shear direction. The bottle necks are located on the side of tube networks, resulting in the increase in the tortuosity for the flow. These results indicate that the anisotropic gas permeability is originated by the formation of tube bubbles which results in the enhancement of the gas permeability toward shear direction but decreases the gas permeability perpendicular to shear direction due to the formation of narrow bottle necks and the increase in the tortuosity.

キーワード: マグマ, 剪断変形, 異方性, 気泡組織, ガス浸透率
Keywords: magma, shear deformation, anisotropy, bubble microstructure, gas permeability

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SIT039-P05 会場:コンベンションホール 時間:5 月 24 日 14:00-16:30

存否法による球共振スペクトルの解析と弾性・内部摩擦測定
Estimates of elastic moduli and internal friction of Periclase(MgO) by Sompi analysis for resonant sphere spectroscopy

山本 萌美 [1*], 山本 明彦 [1], 大野一郎 [1]
Megumi Yamamoto[1*], Akihiko Yamamoto[1], Ichiro Ohno[1]

[1] 愛媛大学大学院理工学研究科
[1]Ehime University

岩石・鉱物の弾性率は地球内部の構成や岩石・鉱物の物性特性として重要な意味を持っている。球共振法は一個の試料で全弾性率の測定が可能なため多用されている。共振法の FT 法では、パルス入力に対するサンプルの振動波形をとって、スペクトル解析をして共振スペクトルが得られる。スペクトルのピーク位置から弾性率が、ピークの半値幅から内部摩擦がそれぞれ求められる。スペクトル解析には従来、高速フーリエ変換 (FFT) 法が用いられてきたが、ピーク位置そのものの分解能はサンプリング周波数に依存するため、ピークの位置がずれる可能性があり、またエネルギーピークの値そのものも大きく変化する可能性がある。また縮退するケースではエネルギーピークの分解が困難である。このような可能性を排除し、できるだけ合理的な共振スペクトルを求めるため、本研究では、減衰定数を高精度で求めることが可能な存否スペクトル法を試料の自由振動の時系列データに対して適用し、弾性定数や内部摩擦を測定した。また、FFT 法と存否法でスペクトル解析し、結果を比較した。データ長は 2^{16}(=65536)、サンプリング間隔は 10^{-7}s である。試料は単結晶のペリクレース (MgO、立方晶系) を使用し、直径は 8.735mm、密度は 3.590g/cm^3 である。存否法による実際の時系列データの解析を行う前に、解析対象と同様の共振振動数のデータを合成し、存否解析を行った。その結果、およそ自己回帰係数の次数 (AR オーダ) を 1000 以上にすると合成した波と解析結果がほぼ一致することが分かった。そのため、球共振法による時系列データを 1200 の AR オーダで解析した。共振時の中心振動数は試料を支える荷重により変化するため、荷重がゼロに近い状態に外挿した値を使用した。得られた固有振動数を使用して、最小二乗法によって弾性定数を測定した。内部摩擦は Sumino et al.(1976) にしたがって計算した。その際、FFT による解析ではスペクトルの各固有振動数の半値幅を、存否法による解析では各固有振動数と減衰定数を使用した。このようにして時系列データを解析した結果、周波数と弾性定数は FFT と存否法では大きな差は見られなかった。FFT では縮退が観察されないスペクトルでも、存否法では縮退の分解が可能なケースがあった。一方、内部摩擦は、FFT で解析した結果や、先行研究 (Oda et al., 1994) の結果とは若干異なる値を示した。この原因としては、(1)FFT は波の減衰が考慮されていないが、存否法は波の減衰が考慮されている、(2)FFT のサンプリング間隔が広いため正確な半値幅の測定が困難である、(3)FFT のスペクトルのなかには縮退しているものもあるため、正しい内部摩擦が測定出来ていない、ということが考えられる。存否法を用いることによって、より正確な内部摩擦を測定出来る可能性がある。

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SIT039-P06 会場:コンベンションホール 時間:5 月 24 日 14:00-16:30

J-PARC「匠」での中性子回折を用いた岩石中のひずみ測定
Strain Measurements of Rock samples using Neutron diffraction at J-PARC/TAKUMI

阿部 淳 [1*], 関根 孝太郎 [2], ステファヌスハルヨ [1], 伊藤崇芳 [1], 有馬 寛 [1]
Jun Abe[1*], Kotaro Sekine[2], Stefanus HARJO[1], Takayoshi ITO[1], Hiroshi Arima[1]

[1] 日本原子力研究開発機構, [2] 東北大学流体科学研究所
[1]Japan Atomic Energy Agency, [2]Institute of Fluid Science, Tohoku Univ.

茨城県東海村に建設された大強度陽子加速器施設 J-PARC では世界最高クラスの高強度パルス中性子を用いた実験が可能である。J-PARC/MLF 内の BL19 に建設された工学材料回折装置「匠」は、中性子回折を用いた工学材料内の応力ひずみ測定を目的とした実験装置である。2008 年にファーストビームを受け入れ、2009 年からは供用運転を開始している。これまでに超伝導材料内の残留ひずみや引張り試験機を用いた引張変形その場中性子回折実験、超高圧発生装置を用いた高圧中性子回折実験などが行われている。

中性子回折を用いたひずみ測定は、ブラッグ反射を用いた格子面間隔の精密な測定手法に基づく。材料に圧縮あるいは引張り負荷が作用すると、格子面間隔が変化し、ブラッグピーク位置がシフトする。このピークのシフト量からひずみを算出することが可能である。エックス線回折を用いたひずみ測定では、その透過力が弱いため試料表面近傍のみの測定にとどまるが、強い透過力を持つ中性子を用いる事で試料内部までのひずみ測定が非破壊で可能である。これまでの中性子回折を用いたひずみ測定は、金属材料を対象にしたものが主であったが、これを岩石材料へ展開する事を目指す。J-PARC の高強度パルス中性子ビームを用いれば、微小領域から十分な信号が得られ、岩石中のひずみ分布測定が可能である。作用する外力や温度等の環境変化に伴って、岩石中に発生するひずみをその場測定することができることから、岩石の破壊発生メカニズムに関する多くの知見が得られると期待できる。また、岩石中に発生する残留応力の評価など、従来の手法では測定が困難な応力評価が可能である。

これまでに、中性子回折による岩石中の残留ひずみ測定と一軸圧縮下にある岩石のその場ひずみ測定が行われており、成果が得られている。残留ひずみ測定では関東三波川帯より採取した結晶片岩中の石英脈中の残留ひずみを測定した。一軸圧縮変形その場中性子回折実験ではベレア砂岩をはじめ種々の岩石試料をコア試料（phi 14.6 mm x 約 40 mm）に整形し、一軸圧縮試験を行いながら中性子回折パターンを測定した。圧縮応力を 80MPa 程度まで負荷し、ひずみゲージと回折法からそれぞれひずみ量を求めた。

これらの実験では、中性子の透過距離が 40mm 程度でも 2 x 2 x 2 mm のゲージボリュームを用いて、岩石試料内部からひずみ解析可能な中性子回折パターンが得られた。このことから、J-PARC の「匠」を用いて岩石試料内部のひずみ分布測定が非破壊で測定可能であると言える。石英脈中の残留ひずみ測定では、試験片の方向に関してひずみ量の異方性が見られた。また、一軸圧縮変形その場中性子回折実験では、ひずみゲージから求まる試験片全体のひずみと中性子回折パターンから求まる石英粒子内部のひずみ量に差が見られた。本発表では、これらの「匠」での岩石試料を用いたひずみ測定方法とその結果について発表する。

キーワード: 中性子回折, ひずみ測定, 岩石の変形
Keywords: Neutron diffraction, strain measurement, rock deformation

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SIT039-P07 会場:コンベンションホール 時間:5 月 24 日 14:00-16:30

石英表面における点接触部の高速圧力溶解
Rapid pressure solution of point-loaded quartz in H2O fluid at a sub-critical condition

森谷 祐介 [1*], 大森 康智 [1], 増田 俊明 [1]
Yusuke Moriya[1*], Yasutomo Omori[1], Toshiaki Masuda[1]

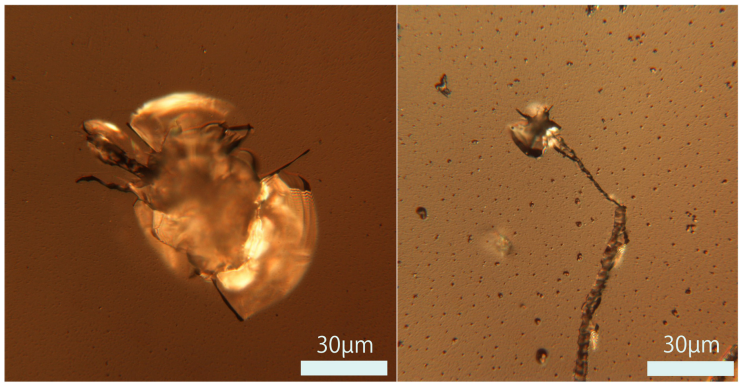
[1] 静大・理・地球科学
[1]Inst. Geosci., Shizuoka Univ.

超臨界水発生装置のベッセル内部で、石英表面に三角錐型の圧子 (コランダム) の先端を接触させ、この点接触部に荷重をかけた状態で、ベッセルの水のコンディションを亜臨界状態にするという方法で実験を行った。

試料は、人工単結晶石英の c 軸に垂直な面をカットし、研磨行程の最後は 0.06 μ m のアルミナ懸濁液で磨いた。この試料が水平に保たれるようにベッセル底部に垂直に立てた圧子の上にセットし点接触部に圧力を生じさせた。この方法では、試料の質量と水中での浮力に応じて最大荷重まで重力加速度で到達する。試料を水中でセットした後に水の温度・圧力を上昇させた。まず常温で 25 MPa まで圧力を上昇させ、次に温度を 350 ℃まで 100 min で上昇させた。水の流量は 5.0 g/min で送り続け、350 ℃の状態で 210 min ほど安定させた。降温は自然冷却で行い、温度が常温に下がった後にベッセルから試料を回収した。すなわち、ここまでが点接触部に荷重を負荷した時間となり、1440 min ほどである。実験後の試料の質量は 13.490 g で 10 mg 減少していた。水の密度変化にともない圧子にかかる荷重は 40-50 mN の範囲で変化し、常温状態で最小となる。

試料表面における接触部のくぼみの形状やサイズは、大気中で点接触による変形をさせた後に同じ条件で溶解させたものと比較した。すなわち、点接触変形後の「溶解」と点接触部の「圧力溶解」の違いが現れると考えられる。

くぼみの観察および解析は、光学顕微鏡、走査型共焦点レーザー顕微鏡、および原子間力顕微鏡を用いた。その結果、変形後の「溶解」(右図) と比較して、点接触しながらの「圧力溶解」(左図) では、くぼみの体積が 25 倍ほどになった。石英表面の点接触部では、圧力溶解による高速溶解が生じたことがわかった。



キーワード: 石英, 圧力溶解, 点接触変形, 超臨界水
Keywords: quartz, pressure-solution, point-contact, super-critical fluid

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SIT039-P08 会場:コンベンションホール 時間:5 月 24 日 14:00-16:30

アルバイト分解反応における塑性強度変化
Changes of flow strength during the albite decomposition

土井 菜保子 [1*], 加藤 工 [1], 久保 友明 [1], 野田 真彦 [1], 白石 令 [2], 鈴木 昭夫 [2], 大谷 栄治 [2], 下宿 彰 [3], 亀掛川　卓美 [4]
Naoko Doi[1*], Takumi Kato[1], Tomoaki Kubo[1], Masahiko Noda[1], Rei Shiraishi[2], Akio Suzuki[2], Eiji Ohtani[2], Akira Shimojuku[3], Takumi Kikegawa[4]

[1] 九大・理, [2] 東北大・理, [3] 岡山大・地球物質研, [4] 物構研・高エネ研
[1]Kyushu Univ., [2]Tohoku Univ., [3]ISEI, Okayama Univ., [4]IMSS, KEK

Phase transformations of minerals have an important role on the rheology of earth's crust and mantle. Flow properties and the dominant mechanism of deformation are possibly affected through changes of the crystal structure, grain size and polycrystalline texture during the transformation. In this study, we have carried out in-situ X-ray diffraction experiments on the high-pressure decomposition reaction from albite, one end member of plagioclase, into jadeite and quartz under uniaxial differential stress. Plagioclase is one of the principal materials that construct the oceanic and continental crust and it is important that consider effects of the decomposition reaction on the crustal rheology.

High-pressure deformation experiments of albite were conducted using multi-anvil type deformation apparatus D-CAP 700 installed at the NE-7 beamline of PF-AR, KEK. The plastic deformation and high-pressure transformation processes were simultaneously observed by time-resolved two-dimensional X-ray diffraction (2DXRD) measurements using monochromatic X-ray (energy 50 keV) and imaging plate (IP). 2DXRD patterns were used to obtain the transformed fraction and the differential stress of the sample that was estimated from the distortion of the Debye ring (azimuth angle-dependence of d-values) on IP. Plastic strain of the sample was measured from the X-ray radiography images. Synthesized polycrystalline albite with grain size of about 20 micron was uniaxialy deformed in the stability field of both albite and its high-pressure phases with the constant strain rates of 0.3-6.1$*10^{-5}$/s at 1-4 GPa and 673-1073 K. The maximum axial strain of sample was reached to about 30%.

Deformation mechanism of albite was investigated from the stress exponent n in the flow law and microstructural observations of recovered sample. In the deformation experiments of albite, the flow strength was obtained after reaching the steady state at about 5 percent strain. The n-value was estimated to be 2.3$\pm$1.5 from the relationships of the flow stress and strain rate at 873-1073K. The n-value and the elongated grain shape of albite suggest that the dominant deformation mechanism is dislocation creep.

The reaction started at the P-T conditions near the phase boundary at overpressures of 0.4-1.4 GPa and 873-1073K. Polycrystalline albite aggregates partially reacted during deformation. In contrast with the deformation of albite, differential stresses measured from each phase had not reached steady state and changed with the transformed volume fraction. The differential stresses measured from both parental albite and decomposed jadeite initially increased with the transformed fraction, suggesting the hardening due to the transformation. Microstructural observations revealed that nucleation of high-pressure phases occurred at grain boundaries of parental albite. The reaction products form growth domains which show the eutectoid structure with having very fine lamellar spacing of 0.1-1 micron. Those domains have not connected each other in this stage. Therefore albite possibly dominates the deformation of the sample. However in the later stage after the 80% transformation, the value of differential stress of jadeite rapidly dropped by one order of magnitude. We observed the formation of connection of the growth domains as the reaction proceeded, which may change the dominant deformation mechanism and cause the rapid decrease of differential stress of jadeite.

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SIT039-P09 会場:コンベンションホール 時間:5 月 24 日 14:00-16:30

背弧拡大に関連した最上部マントル流動；東北日本一の目潟かんらん岩捕獲岩からの制約
Evolution of the uppermost mantle flow due to a back-arc spreading: evidence from Ichinomegata volcano peridotite xenoli

佐津川 貴子 [1*], 道林 克禎 [2]
Takako Satsukawa[1*], Katsuyoshi Michibayashi[2]

[1] 静大・院・環境エネルギーシステム, [2] 静岡大学・理・地球
[1]Geoscience, Shizuoka University, [2]Geoscience, Shizuoka Univesrity

To understand the uppermost mantle evolution, we studied microstructures and olivine crystallographic preferred orientations (CPOs) in naturally deformed peridotite xenoliths beneath the Ichinomegata volcano, in the back-arc region of northeast Japan arc, that were erupted after the opening of the Japan Sea during the Oligocene-Miocene. The peridotite xenoliths studied are mainly spinel lherzolites with a few harzburgites and have granular textures with sizes from 5 to 10 cm. Most of them have pervasive main foliations defined by compositional banding between pyroxene-rich and pyroxene poor layers and lineations defined by elongations of pyroxene and spinel grains. The olivine CPO data show dominantly (010)[100] and subsequently {0kl}[100] patterns, with [100] axes slightly oblique to the main foliations. We measured the angle between the orientation of the olivine [100] maximum and the lineation in each sample. As a result, the peridotite xenoliths having higher CPO intensities tend to show smaller angles between the olivine [100] maxima and the main foliations. We discuss that these various angles in the peridotite xenoliths could be indicative of the occurrence of a shear strain gradient in the uppermost mantle probably in relation to the back-arc spreading.

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SIT039-P10 会場:コンベンションホール 時間:5 月 24 日 14:00-16:30

三軸変形川井型装置 (KATD) を用いた下部マントル条件下での変形実験
Deformation experiments at the lower mantle condition using Kawai-type apparatus for triaxial deformation (KAT-D)

辻野 典秀 [1*], 西原 遊 [2]
Noriyoshi Tsujino[1*], Yu Nishihara[2]

[1] 東京工業大学, [2] 愛媛大学
[1]Tokyo Tech., [2]Ehime Univ.

Knowledge of rheological property of mantle constituent minerals is important for understanding of material behavior in the Earth's deep interior. The Earth's lower mantle consists of ~77 vol% Mg-rich perovskite, ~16 vol% ferropericlase and ~8 vol% Ca-rich perovskite in pyrolite mantle (e.g. Irifune et al., 1994). In spite of its small proportion (~16 vol%), there is a chance that ferropericlase dominates the lower mantle rheology because ferropericlase is significantly softer than Mg-perovskite (e.g. Yamazaki and Karato, 2001). The deformation induced microstructure is one of the most important factors which control viscosity of the rheologically heterogeneous aggregate. However, no experimental study has been conducted on the deformation microstructure of the lower mantle material due to difficulty in deformation experiments at high-pressure and high-temperature.

The Kawai-type apparatus for triaxial deformation (KATD) installed at Magma Factory, Tokyo Institute of Technology is a modification of cubic-type Kawai-type multi-anvil apparatus with top and bottom differential rams. In this study, we conducted deformation experiments of (Mg,Fe)SiO_3-perovskite at the lower mantle conditions (25 GPa, 1873 K) using KATD apparatus and WC second stage anvils with truncation edge length of 2 mm. Presintered of (Mg,Fe)SiO_3- orthopyroxene aggregates were used as starting material of deformation experiments. A strain of ~30% was observed in the deformation experiments. Deformation experiments up to the top of lower mantle condition (25 GPa, 1873 K) using KATD became possible.

キーワード: 変形実験, 下部マントル, ペロブスカイト, 三軸変形川井型装置
Keywords: Deformation experiments, Lower mantle, Perovskite, Kawai-type apparatus for triaxial deformation

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SIT039-P11 会場:コンベンションホール 時間:5 月 24 日 14:00-16:30

H2O 氷と CO2 氷の２相多結晶体の塑性変形実験
Deformation experiments of two-phase aggregates of H2O and CO2 ices

久保 友明 [1*], ういりあむ　だーはむ [2]
Tomoaki Kubo[1*], William Durham[2]

[1] 九大理, [2]MIT
[1]Kyushu Univ., [2]MIT

We have conducted creep experiments on two-phase mixtures of dry ice (CO2) and H2O ices at CO2:H2O volume ratios of 4:96, 8:92, 21:79, 46:54, 75:25, under confining pressures of 20-100 MPa and temperatures of 170-190 K using a gas-medium triaxial deformation apparatus. Two-phase aggregates of CO2 and H2O ices were mixed as powders, hydrostatically compacted. Hydrostatic compression pressures to reach zero porosity were between 60 MPa and 140 MPa and were generally lower for samples with higher CO2 content. The compacted two-phase aggregates were then deformed at constant strain rates from 3e-7 to 1e-5/s. The measured flow stress is in the range of 2-25 MPa.

The creep experiments revealed that the flow strength of the two-phase aggregate decreases drastically with increasing CO2 content. The range of the stress exponents and the activation energies in the aggregate flow law are 3.6-7.0 and 51-41kJ/mol, respectively. These values gradually change from those of one end member to those of the other. The rheology of the two-phase aggregate roughly matches an average of isostress and isostrain models. The flow strength in the 4 vol.% CO2 aggregate is almost half of that in pure H2O ice at the strain rate of 1e-6/s. The presence of 4 vol.% CO2 ice in H2O ice decreases viscosity by more than one order of magnitude at a differential stress of 0.1 MPa. Microstructural observations of the deformed samples are important future studies.

CO2 ice has been observed on the surface of Mars's residual south polar ice cap and is likely to be present on most icy bodies in outer solar system. The present study clearly demonstrates that presence of small amounts of CO2 ice can drastically decrease the flow strength of the two-phase aggregate. It is important to consider the influence of the rheological behavior of two-phase aggregates of CO2 and H2O ices on tectonics and internal dynamics of icy bodies, as well as the stability of the Mars polar cap. Present results can be used to constrain allowable concentrations of CO2 ice to support the Martian south polar ice cap, and suggest that the presence of small amounts of weak non-water ices such as CH4, N2, and CO2 possibly has important roles on viscous relaxation of craters, surface tectonics, and internal convection of icy bodies of outer solar system.

キーワード: H2O 氷, CO2 氷, ２相系, レオロジー, 氷天体
Keywords: H2O ice, CO2 ice, two-phase aggregate, rheology, icy body

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SIT039-P12 会場:コンベンションホール 時間:5 月 24 日 14:00-16:30

分数階微分を用いた岩石レオロジーの構成則
Constitutive law of rock rheology with fractional order derivative

川田 祐介 [1*], 谷島 尚宏 [2], 長濱 裕幸 [3]
Yusuke Kawada[1*], Takahiro Yajima[2], Hiroyuki Nagahama[3]

[1] 東京大学 地震研究所 数理系研究部門, [2] 東京理科大学 理学部 第二部物理学科, [3] 東北大学 大学院理学研究科 地学専攻
[1]ERI, Univ. Tokyo, [2]Dept. Physics, Tokyo Univ. Science, [3]Dept. Geoenviron. Sci., Tohoku Univ.

岩石の流動則（非弾性挙動の構成則）は，岩石・鉱物の微視的構造に関する実験・理論的研究に基づいて，これまで長きにわたって探求されており，プレートテクトニクスの枠組みや地球ダイナミクスに関するシミュレーションの発展に重要な役割を果たしてきた．しかしながら，この流動則では万能ではなく，応力やひずみ速度の急激な変化に対する応答，つまり遷移挙動を表現することはできない．遷移挙動に対しては，アンドレードのクリープ則などの構成則も提案されてはいるが，その現象論的構成式の数理的・熱力学的な背景についてはほとんど探求されてこなかった．そんな中，Yajima and Nagahama (2010, J. Phys. A: Math. Theor.) は，微分幾何学の範疇で定義されるエネルギー関数から，分数階微分を用いた一般化粘弾性構成則を導出した．この分数階微分は，その階数が自然数から正の実数に拡張されており，時間遅れの効果を含んでいる．特に，歪を分数階微分したときの式は，粘弾性の記憶効果を表す基本原理であるボルツマン重畳原理の定義式と一致している．さらに，この一般化粘弾性構成則はフック弾性とニュートン粘性の中間の挙動を表現でき，マクスウェル・ケルビン-フォークト・ツェナーモデルなどのあらゆる粘弾性モデルを包含している．この一般化粘弾性構成則の還元化された構成式を用いて，岩石（岩塩・大理石・レルゾライト）の高温変形実験のデータから，微分の分数階を決定する解析を行った．これらの岩石は，緩和弾性率（時間に依存して変化する応力と歪の比）が時間のべき乗則に従い，そのべき乗則の指数から微分の分数階が得られる．この微分階は，流動則における応力に係る指数の逆数となり，最終的に一般化粘弾性構成則で，遷移挙動も定常挙動も表現できる．得られた微分階は，遷移挙動に対して 0.04 から 0.13（応力指数に直すと 7.5 から 25.0），定常挙動に対して 0.14 から 0.25（応力指数に直すと 4.1 から 7.1）の範囲となった．流動則の応力指数は拡散や転位クリープなどの変形機構を反映した変数であり，分数階微分の階数は，巨視的な時間遅れと微視的な変形機構とをつなぐ重要な変数であると考えられる．

キーワード: 粘弾性, 分数次微積分, レオロジー, 流動則, 遷移挙動, 時間に関するフラクタル特性
Keywords: viscoelasticity, fractional order derivative, rheology, flow law, transient behavior, temporal fractal property

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SIT039-P13 会場:コンベンションホール 時間:5 月 24 日 14:00-16:30

スピネル - ガーネットかんらん岩相転移メカニズムとカイネティクスに関する実験的研究
Mechanism and kinetics of spinel-garnet lherzolite transformation: An experimental study

永吉 麻衣子 [1*], 久保 友明 [2], 加藤 工 [2]
Maiko Nagayoshi[1*], Tomoaki Kubo[2], Takumi Kato[2]

[1] 九大・理・地惑, [2] 九州大・理
[1]Kyushu univ., [2]Kyushu univ.

The phase transformation from spinel lherzolite to garnet lherzolite occurs at around 2.0 GPa in the upper mantle, in which spinel reacts with pyroxenes to form garnet. Previous studies have reported the reaction textures of partially transformed natural peridotite rock samples (e.g., Obata and Morten, 1987), and the phase boundary of this transformation from high-pressure experiments (e.g., Walter *et al*., 2002). However, the kinetics of spinel-garnet lherzolite transformation has not been examined so far, which makes it difficult to discuss time-dependent processes of mantle flow across the phase boundary.

In order to study the kinetics of this reaction, high-pressure experiments were conducted in the garnet lherzoltite stability field (3.2 GPa and 1273-1473K for 0.6-30 hours) with a spinel single crystal embedded into powder mixture of orthopyroxene and clinopyroxene. We used crystals from San Carlos mantle xenolith as the starting material. In some experiments, spinel surface was deposited by platinum and half of the spinel was covered with olivine to know the direction of garnet growth.

Microstructural observations of recovered samples revealed that garnet reaction rim was formed between single crystalline spinel and polycrystalline pyroxenes. The width of garnet reaction rim (x)t linearly increase with the square root of time t. The growth of kinetics can be described by $[x(t)]^2 = 1.3*10^{-8}m^2s^{-1}\exp(-188kJmol^{-1}/RT)t$, based on the diffusion-controlled growth mechanism. This is much faster than lattice diffusion coefficients of divalent species in garnet which previous studies report. Because the platinum markers were at the spinel-garnet interface, it is thought that the garnet reaction rim grows toward the pyroxene region. This suggests that the rate-limiting process is the grain boundary diffusion of trivalent species in the garnet reaction rim.

Development of corona textures around spinel with garnet reaction rims from natural peridotite rocks has been reported in previous studies. We experimentally reproduced the formation of corona texture and clarified the kinetics of the diffusion-controlled garnet rim growth. Our results can be used to constrain their cooling rate or P-T-t paths, and to discuss mantle flow across the spinel-garnet lherzolite boundary.

Japan Geoscience Union Meeting 2011
(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)
©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

SIT039-P14 会場:コンベンションホール 時間:5 月 24 日 14:00-16:30

応力場での高圧相転移実験と深発地震への応用
High-pressure transformation with shear stress component and its application to the deep earthquake

田中 一徳 [1*], 近藤 忠 [1]
Tanaka Kazunori[1*], Tadashi Kondo[1]

[1] 大阪大学大学院理学研究科
[1]Graduate School of Science, Osaka Univer

Observations of the depth distribution of seismicity suggest that the mechanism of deep earthquake is greatly influenced by property of the minerals of subducting slab. Especially, phase transformation, induces stress generation or strength of mineral, is considered to play an important role for the occurrence of deep earthquakes. Almost high-pressure transformational experiments have done under hydrostatic pressure condition. To study phase transformation in subducting oceanic plate with slightly stress condition, we used thin plates of single crystal of olivine (San Carlos) and pyrope garnet (Czech) as starting materials. Two single crystals were attached directly on one flat surface with pressure medium of sodium chloride in a Re gasket hole. The set of plates slightly tilt in the sample chamber, which generate small shear stress at the boundary of the sample surface. We performed high-pressure high-temperature experiment using laser heated DAC (LHDAC) up to 30GPa, and observed recovered samples using SEM (scanning electron microscope). Especially at boundary of samples, change of grain-size or deformation caused by phase transformation has been confirmed. These observations suggest that the phase boundary may be different under hydrostatic pressure condition or pressure gradient condition. We will report the detail of the experimental method and results of analysis including how to relate to deep earthquakes.

キーワード: 深発地震, 相転移, せん断応力, レーザー加熱ダイアモンドアンビルセル
Keywords: deep earthquake, phase transformation, shear stress, LHDAC