

SCG060-01

会場:302

時間:5月25日 08:30-08:45

地殻流体のマッピングにむけて Towards mapping of geofluids

岩森 光^{1*}, 渡辺 了², 中村 美千彦³, 市来 雅啓³, 中島 淳一³

Hikaru Iwamori^{1*}, Tohru Watanabe², Michihiko Nakamura³, Masahiro Ichiki³, Junichi Nakajima³

¹ 東京工業大学, ² 富山大学, ³ 東北大学

¹Tokyo Institute of Technology, ²Toyama University, ³Tohoku University

There are accumulating evidences indicating that geofluids in subduction zones play important roles in various phenomena, such as seismic and magmatic activities, crustal deformation, metamorphism, evolution of continental crust, and global material differentiation. However, in situ distribution of geofluids within the crust and the mantle, or even their presence, has not been identified with sufficient resolution, hence their roles in the various phenomena mentioned above remain unclear.

Low seismic velocities and/or a high electrical conductivity have conventionally been regarded as diagnostic features for presence of geofluids (e.g., Nakajima and Hasegawa, 2003). Overlapping thermal, compositional and textural variations blur the features specific to geofluids, and the number of unknown parameters apparently exceeds the number of observed variables (e.g., Watanabe, 2005). Therefore, introducing a priori information and models (e.g., thermal and petrological structures) into the analysis (i.e., deducing phase, fraction, geometry [represented by, e.g., aspect ratio] and their spatial distribution of geofluids based on the seismic velocity and electrical conductivity) is necessary. In addition, some key variable or parameter could be sensitive enough to constrain a parameter for geofluids beyond the background variations, eliminating uncertainties introduced by a priori information and models. In this paper, we discuss both aspects, i.e., (i) integration of available information, and (ii) key variables or parameters sensitive to geofluids.

In order to quantitatively identify the spatial distribution of geofluids, we combine (1) observed seismic velocity structure, (2) observed electrical conductivity structure, (3) petrological model, and (4) thermal model, for areas with well-resolved tomography of both seismic velocity and electrical conductivity. The models of (3) and (4) correspond to the point (i) above. Concerning the point (ii), we focus on the contrast between (1) and (2): for a typical case, distribution of low velocity regions coincide well with that of highly conductive regions (e.g., those beneath the northern Miyagi Prefecture area [Mitsuhashi et al., 2001; Nakajima and Hasegawa, 2003]), associated with a few percent decrease in the seismic velocity and two to four orders of magnitude increase in the electrical conductivity. Inspection of all the plausible factors strongly suggests that the huge contrast in amplitude between the seismic velocity and the electrical conductivity may be resolved only when a variation of fluid fraction affects linearly the seismic velocity and nonlinearly the electrical conductivity.

This differential response may arise from the fact that the seismic velocity is approximately a linear function of fluid fraction (Takei, 2002) and is insensitive to the connectivity, whereas the electrical conductivity is sensitive to the connectivity. If the connectivity of fluid increases with its volume fraction, this causes a nonlinear increase of electrical conductivity with the fluid fraction. We thus think that the relationship between connectivity and fluid fraction is a key to interpret the observed seismic velocity and electrical conductivity. Deciphering this relationship, being combined with thermal and petrological models, could be a useful and robust approach to map geofluid distribution.

SCG060-02

会場:302

時間:5月25日 08:45-09:00

スラブ流体の指標としての熱水性鉱床のPb同位体比 Pb isotopic compositions of hydrothermal deposits in the Japanese island arc as a tracer of slab-fluids

藤永 公一郎^{1*}, 加藤 泰浩¹, 高谷 雄太郎¹, 谷水 雅治², 岩森 光³

Koichiro Fujinaga^{1*}, Yasuhiro Kato¹, Yutaro Takaya¹, Masaharu Tanimizu², Hikaru Iwamori³

¹ 東京大学大学院工学系研究科, ² 独立行政法人海洋研究開発機構, ³ 東京工業大学大学院理工学研究科

¹University of Tokyo, ²JAMSTEC, ³Tokyo Institute of Technology

Quite recently, it has been pointed out that "geofluids" released from the subducting plates may be involved in various phenomena in subduction zone, such as young volcanic rocks, deep-seated hot springs and hydrothermal deposits. Systematical investigations of these various materials are needed for identifying the geochemical characteristics of the geofluids. Nakamura et al. (2008) revealed that the slab-fluids derived from two subducted plates (the Pacific plate and the Philippine Sea plate) contribute largely to the genesis of arc magmas in the Central Japan. Here we focus on hydrothermal deposits (vein-type and skarn-type) in the Japanese island arc. Hydrothermal fluids that formed sulphide mineral (galena, pyrite, chalcopyrite, sphalerite etc.) deposits are generally considered to have been derived from magmatic and/or meteoric waters based on H, C, O, and S isotopes in the deposit materials. However, ore fluids may be directly derived from deep fluids. We report Pb isotopic compositions of hydrothermal deposits in the Central Japan and discuss about the origin of ore fluids.

SCG060-03

会場:302

時間:5月25日 09:00-09:15

三波川変成帯のカンラン岩とエクロジヤイトに捕獲されたスラブ起源ハロゲンと希ガス

Slab-Derived Halogens and Noble Gases Preserved in Peridotite and Eclogite from the Sanbagawa Metamorphic Belt

角野 浩史^{1*}, 遠藤 俊祐², 吉田 健太³, 水上 知行⁴, Wallis Simon², 平島 崇男³, Ray Burgess⁵, Chris Ballentine⁵
Hirochika Sumino^{1*}, Shunsuke Endo², Kenta Yoshida³, Tomoyuki Mizukami⁴, Simon Wallis², Takao Hirajima³, Ray Burgess⁵,
Chris Ballentine⁵

¹ 東京大学大学院理学系研究科, ² 名古屋大学大学院環境学研究科, ³ 京都大学大学院理学研究科, ⁴ 金沢大学理工学域自然システム学類, ⁵ マンチェスター大学

¹GCRC, University of Tokyo, ²Nagoya University, ³Kyoto University, ⁴Kanazawa University, ⁵SEAES, University of Manchester

Subduction volcanism is generally considered to form a 'subduction barrier' that efficiently recycles volatile components contained in subducted slabs back to the Earth's surface (Staudacher and Allegre, 1988, *Earth Planet. Sci. Lett.* 89, 173-183). Nevertheless, subduction of sediment and seawater-dominated pore fluids to the deep mantle has been proposed to account for heavy noble gas (Ar, Kr and Xe) non-radiogenic elemental abundance and isotopic pattern of the convecting mantle (Holland and Ballentine, 2006, *Nature* 441, 186-191). To verify whether and how subduction fluids preserve a seawater signature, we have determined noble gas and halogen compositions of the Higashi-akaishi peridotite and Western Iratsu and Seba eclogite bodies in the Sanbagawa metamorphic belt, southwest Japan, in which relicts of slab-derived water are contained as hydrous mineral inclusions in wedge mantle rocks exhumed from depths in excess of 100 km (Mizukami et al., 2004, *Nature* 427, 432-436) and aqueous fluid inclusions in associated slab-derived eclogites and quartz veins/lenses (Endo et al., 2009, *J. Metamorphic Geol.* 27, 371-384; Endo, 2010, *Isl. Arc* 19, 313-335; Hirajima et al., 2010, *Geophys. Res. Abst.* 12, EGU2010-6343).

The striking similarities of the observed noble gas and halogen compositions of the Higashi-akaishi peridotite with marine pore fluids (Sumino et al., 2010, *Earth Planet. Sci. Lett.* 294, 163-172) challenge a popular concept, in which the water flux into the mantle wedge is only by hydrous minerals in altered oceanic crust and sediment (e.g., Schmidt and Poli, 1998, *Earth Planet. Sci. Lett.* 163, 361-379). The Western Iratsu eclogite also exhibits non-radiogenic noble gas and halogen elemental ratios well explained by a mixing between seawater-derived and sedimentary components. These results indicate that subduction and closed system retention of marine pore fluid occurs up to depths of at least 100 km. Two mechanisms of subduction of unfractionated pore fluid-derived noble gas and halogens are proposed: one is that a portion of pore-fluid in sediments and/or crust subducts to a depth deeper than the overlying crust and is liberated and incorporated into grain boundaries of the mantle peridotite that is dragged down by flow in the mantle along with the downgoing slab. The other is that hydrated lithospheric mantle, resulting from penetration of pore-fluid along bending-related faulting of the oceanic plate entering subduction zones, preserves unfractionated noble gases and halogens of pore-fluid origin and transports them to the deep mantle.

The subducted halogen and noble gas compositions are clearly distinct from those of arc volcanic gases. This implies that the subduction-related metamorphic rocks of the Sanbagawa belt appear to have frozen-in and preserved a previously unseen part of the deep water recycling process whereby noble gases and halogens (and probably other volatiles) are injected into the wedge mantle just above the subducting slab, requiring a reassessment of the dominant transport mechanism and source of water in subduction zones. A small proportion of marine pore fluid, preserved in the downgoing hydrous peridotite and/or eclogite, can account for the heavy noble gas composition observed in the convecting mantle.

キーワード: 希ガス, ハロゲン, 流体包有物, スラブ流体, 沈み込み帯, マントルウエッジ

Keywords: noble gas, halogen, fluid inclusion, slab fluid, subduction zone, mantle wedge

SCG060-04

会場:302

時間:5月25日 09:15-09:30

変成岩微量元素/同位体組成解析による変成帯上昇期の流体組成の決定 Metamorphic fluid composition determined by trace element and isotopic composition analysis of metamorphic rocks

宇野 正起^{1*}, 岩森 光¹, 中村 仁美¹, 上木 賢太¹, 朴 泰皓¹, 横山 哲也¹, 谷水 雅治²

Masaaki Uno^{1*}, Hikaru Iwamori¹, Hitomi Nakamura¹, Kenta Ueki¹, Taeho Park¹, Tetsuya Yokoyama¹, Masaharu Tanimizu²

¹ 東京工業大学, ² 海洋研究開発機構

¹Tokyo Institute of Technology, ²JAMSTEC

広域変成帯はプレート収束境界の流体挙動を直接的に記録するユニークな物質であり、その解析は火山岩や温泉水で得られるような地殻流体の化学組成や量の情報に留まらず、流体輸送組織の定量化から輸送メカニズムに関する知見をもたらすと期待される。しかしながら、変成作用における流体挙動に関しては組成や量、移動の時空間スケールについて従来の研究では手法により見解に大きな差異があり、決着がつかない(e.g. Ferry, 1992; Bebout, 2007)。変成岩の全岩組成は、沈み込みから上昇までの積分値であるため、従来の解析手法では各変成プロセス(海洋底熱水変質, 脱水変成作用, 吸水変成作用)における物質移動量を分離できていないことが様々な解釈を生んでいる可能性が高い。特に吸水変成作用は、他の二つの変成プロセスを上書きしているため(e.g. Okamoto&Toriumi, 2005)、これらのプロセスを分離するためには吸水変成作用における物質移動の理解が不可欠である。

本研究は、全岩微量元素/同位体組成と、岩石学的解析から得られる個々のサンプルの温度圧力経路、吸水反応進行度と含水量、各サンプルの空間的な位置関係に代表される物理的なパラメータを対比することで、変成作用中の流体挙動、特に変成作用後期の吸水変成作用における流体の組成、量、タイミングを制約することを目的とする。

調査地域は沈み込み帯起源の高圧変成帯である、三波川変成帯である。各変成分帯の塩基性片岩について微量元素/主要元素/Pb 同位体比分析が行われた。またそのうちのいくつかのサンプルについて EPMA による鉱物化学組成分析、熱力学的解析による温度圧力経路の決定がなされた。

その結果、

- (1) 塩基性片岩の微量元素組成はおよそ海洋底変質玄武岩と海洋底堆積物の間の組成を持つ。
- (2) 測定した微量元素群は次の3つに分類される。
 1. 各変成分帯により濃度の異なる元素。
 2. 同一変成分帯中で、全岩 LOI に比例する元素。
 3. 上記のどちらの傾向も示さない元素。
- (3) 一方、吸水変成作用年代で補正した塩基性片岩の Pb 同位体組成は、海洋底変質玄武岩と海洋底堆積物の混合曲線上(Nakamura et al., 2009)に乗らず、より高い $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比を示す。
- (4) 塩基性片岩の Pb 同位体組成は Iwamori et al.(2010) で示されたグローバルな火成岩同位体組成の独立成分うちの IC2 成分、すなわち沈み込み帯における流体の成分と一致することが分かった。

(2)-2. の元素に関して、吸水反応進行度との考察から、吸水反応時の流体組成が求められた。この流体組成は、およそ Rb-650ppm, Ba-4800ppm, Li-1000ppm であり、現在の太平洋プレートやフィリピン海プレートの沈み込むスラブから放出される流体組成とオーダーで似た組成をしているが、両者のより濃い方の値に近く、堆積物由来流体と海洋底熱水変質由来流体の単純な混合では説明できない。これは、流体輸送中の岩石流体反応の影響か、または、沈み込むスラブから放出される流体組成のモデリングに使われるモビリティの不確定さを反映していると考えられる。

また、(4) の Pb 同位体組成の結果から、観測された変成岩の組成のバリエーションは局所的なものではなく、沈み込み帯におけるグローバルなプロセスを反映したものであることが示唆される。

以上の結果から、少なくとも塩基性片岩の Rb, Ba, Li の全岩濃度は吸水変成作用に支配されていることが分かった。吸水変成作用における物質移動の特定には、海洋底熱水変質や温度圧力経路を比較的同程度受けていると考えられる、同一塩基性片岩岩体中のサンプルに着目する手法が有効である。変成組織、岩石組成、同位体組成を統合した更なる解析から、グローバルなマントル組成に影響を与えるような変成作用における物質輸送プロセスが明らかになると期待される。

キーワード: 変成作用, 流体, 微量元素, 同位体組成, 三波川変成帯, 地殻流体
Keywords: metamorphism, fluid, trace element, isotope, Sanbagawa metamorphic belt, Geofluid

SCG060-05

会場:302

時間:5月25日 09:30-09:45

マルチアンビル型高温高压発生装置を用いた蛍光 X 線分析によるマグマと水流体の間の元素分配に与える圧力と塩濃度の影響 Effects of pressure and salinity on partitioning between magma and aqueous fluids at HTHP

川本 竜彦^{1*}, 三部 賢治², 黒岩 健一¹, 小木曾 哲³
Tatsuhiko Kawamoto^{1*}, Kenji Mibe², Ken'iti Kuroiwa¹, Tetsu Kogiso³

¹ 京都大学理学研究科地球熱学, ² 東京大学地震研究所, ³ 京都大学人間・環境学研究科

¹Inst. Geothermal Sci., Kyoto Univ., ²ERI, Univ. Tokyo, ³Human & Environment Studies, Kyoto Univ.

背景

マグマと水流体は沈み込み帯に存在する主要な流体で、両者の微量成分元素の分配を知ることは、沈み込み帯での元素移動を理解する上で鍵になる。そのため、1970年代以降、両者の間の元素分配を決定するための急冷回収実験が行われてきた。水流体に溶け込んでいた溶質を急冷回収することが難しいため、急冷回収実験で報告されているデータは、お互い異なっている場合がほとんどで、原因として実験・分析方法が異なるためと考えられている。近年、放射光 X 線マイクロビームを用いた蛍光 X 線局所分析が可能になり、高温高压条件でのマグマと水流体の微量成分のその場分析が可能になってきた。これまで、フランスとドイツの研究者達を中心になって、ダイヤモンドアンビルセルを用いて成果を出し始めている。私たちは、外熱式ダイヤモンドアンビルセルよりも容易により高い温度・より高い圧力条件を出せるマルチアンビル型高温高压発生装置を用いて、共存するマグマと水流体の間での元素分配の実験を行っている。

手法

大型放射光実験設備 SPring-8 の BL04B1 に設置されている川井型マルチアンビル高温高压発生装置 SPEED1500 を使用した。入射 X 線に対し 6 度の角度で SSD 検出器を置いて蛍光 X 線を測定した。元素は入射 X 線の強度特性と検出器とのマッチングにより最適化されているエネルギー領域にある、Cs、Ba、希土類元素などを狙った。ケイ酸塩試料に元素化合物（多くは酸化物で、まれに水酸化物とケイ酸塩鉱物）を混合し、100 ないし 250 ミクロン x 100 ないし 250 ミクロン x 1.3 ないし 0.6mm (X 線の透過方向) の空間に対して分析を行った。高温高压条件では水を 50 ないし 70 重量%、二酸化炭素を 1 ないし 3% 含む。スペクトルの採取時間は 50 分で、メルトと流体部分を交互に測定する。

結果

実験は高 Mg 安山岩と水または塩水を用いて、1 万気圧、1.5 万気圧、2 万気圧、2.2 万気圧で行った。X 線は連続 X 線と微量成分元素の特性 X 線からなるが、その連続 X 線の強度はマグマの方が水流体よりも常に高い。しかし、圧力が 1 万気圧から 2.2 万気圧に変化する間に、その差は徐々に小さくなって行く。このことは、圧力があがるにつれて、水流体に溶け込むマグマ成分が増加していることを示している。また、塩水を用いた実験の方が、連続 X 線の強度比が 1 万気圧と 1.5 万気圧では小さく、2 万気圧、2.2 万気圧では、純水・塩水を用いた両実験に差はなくなる。低圧条件では、純水よりも塩水に、マグマ成分がより多く溶け込んでいることを示していると考えられる。

純水を用いた実験では、1 万気圧ではドープした微量成分は、ほぼすべてマグマに分配される。1.5 万気圧で Cs が水流体に分配され始める。2 万気圧、2.2 万気圧では、Cs に加え少量の Ba が流体にすこしだけ分配される。2.2 万気圧では La が水流体にすこしだけ分配される。一方、塩水を用いた実験では、1 万気圧で、すでに Cs と Ba が水流体に分配される。2 万気圧、2.2 万気圧で La がこれに少量加わる。

結論

マグマと塩水流体が分離する時、アルカリ元素 (Cs) と 2 価の元素 (Ba) の一部と 3 価の元素 (La) のごく一部は塩水流体に分配され、2 価の元素の多くと 3 価の元素のほとんどはマグマに分配される。Keppler (1996, Nature) は急冷回収実験データをもとに、「スラブ流体が塩水でなければ、沈み込み帯マグマを特徴づける微量成分元素をスラブからマントルウェッジに運んで来られない」と提案した。急冷回収実験で流体組成の推定は困難と想像するのは容易である。しかし、その場観察実験を行なった結果、大まかには Keppler の実験と近い結果を得た。このことは、定性的には彼の結論を変更する必要はないことを示している。すなわち、スラブ流体は塩水であると考えた方がよい。今後、塩濃度やそのほかのケイ酸塩濃度について、より理解が進むと考える。

本実験によって、圧力と塩濃度が与えるこれらの微量成分元素のマグマと水流体の間の元素分配を理解することができつつある。これらの実験結果が沈み込み帯での元素移動やマグマの生成に与える意味を考えたい。

キーワード: 水, マグマ, 高温高圧, 元素分配, 放射光 X 線, 沈み込み帯

Keywords: water, magma, high-pressure and high-temperature, elemental partition, synchrotron X-ray, subduction zone

SCG060-06

会場:302

時間:5月25日 09:45-10:00

含水岩石の弾性波速度および電気伝導度に及ぼす封圧・間隙流体圧の影響 Influence of confining and pore fluid pressures on velocity and conductivity of water-saturated rock

渡辺 了^{1*}, 久野 亜由美¹, 樋口 明良¹
Tohru Watanabe^{1*}, Kuno Ayumi¹, Akiyoshi Higuchi¹

¹ 富山大学

¹ University of Toyama

震源領域の間隙流体圧は、地震発生に大きな影響を与えられている [例えば, Sibson (2009)]。地震波速度や電気伝導度という観測量から間隙流体圧を推定することができれば、地震活動についての理解を前進させることができるだろう。このためには、地震波速度や電気伝導度が間隙流体圧をどのように反映するかを明らかにする必要がある。このような問題意識のもと、われわれは、封圧と間隙流体圧を独立に制御しながら、含水岩石の弾性波速度と電気伝導度の測定を行っている。

含水岩石の間隙流体圧を制御しながら電気伝導度を測定するために、われわれは、新たに油圧-水圧変換機構を開発した。これは、ジュラコン製のピストンを用いて、圧力容器外部から加える油圧により試料内部の流体（水溶液）の圧力を制御するものである。この変換機構を用いることによって、岩石試料内部の間隙流体と圧力容器（金属）とを電気的に絶縁することができる。圧力 0-150MPa の範囲で油圧と水圧との線形性は良好であり、ピストンの摩擦による圧力差は 2-3% である。

岩石試料としてベレア砂岩（直径：25mm，長さ：30mm）を用いて測定を行った。円柱試料は、堆積面に対して垂直な軸をもつ。粒径は 100-200 micrometer，空隙率は 19.1%，浸透率は $3 \times 10^{-13} \text{ m}^2$ である。乾燥状態での弾性波速度は、軸に垂直な方向で $V_p=3.2\text{-}3.3 \text{ km/s}$ ， $V_s=1.9\text{-}2.0 \text{ km/s}$ ，平行な方向で $V_p=3.0\text{-}3.1 \text{ km/s}$ ， $V_s=1.9 \text{ km/s}$ である。堆積面に垂直な方向でわずかに遅い。水で飽和させると、 $V_p=3.5 \text{ km/s}$ ， $V_s=2.1 \text{ km/s}$ となり、 V_p で有意な増加がみられる。間隙流体圧一定の条件では、封圧の増加に伴って V_p ， V_s は増加する。一方、封圧一定の条件では、間隙流体圧の増加に伴って V_p ， V_s の低下がみられた。有効封圧を封圧と間隙流体圧の差として定義すると、 V_p ， V_s の変化は有効封圧の変化と良い相関があることが分かった。また、有効封圧の増加に伴う V_p ， V_s の増加は有効封圧 60MPa 付近から頭打ちになる傾向がみられた。これはベレア砂岩を用いた Christensen and Wang (1985) の結果と同様である。講演では、電気伝導度の結果についても述べる予定である。

キーワード: 弾性波速度, 電気伝導度, 封圧, 間隙流体圧, 含水岩石

Keywords: elastic wave velocity, electrical conductivity, confining pressure, pore fluid pressure, water-saturated rock

SCG060-07

会場:302

時間:5月25日 10:00-10:15

マントルウェッジにおける流体量及び形態の空間分布に関するベイズ推定 A Bayesian approach to spatial estimation of fluid content and geometry in the mantle wedge

桑谷 立^{1*}, 永田賢二¹, 岡田真人¹, 鳥海光弘¹
Tatsu Kuwatani^{1*}, Kenji Nagata¹, Masato Okada¹, Mitsuhiro Toriumi¹

¹ 東京大学大学院新領域創成科学研究科

¹ Frontier Sci., Univ. of Tokyo

Recent development of seismic tomography enables us to image the detailed velocity structure in the mantle wedge beneath the Japanese islands (e.g. Nakajima et al., 2001). Nakajima et al. (2005) clarified the variations of porosity and pore geometry from the reduction degree of V_p and V_s data sets in the mantle wedge of the NE Japan by using the unified formulation of the effect of fluid phase on the seismic velocity. However, it is difficult to image the spatial distributions of porosity and pore geometry because seismic velocity data always have error. In this study, we try to image the porosity and pore geometry by using the Markov random field model, which is a type of Bayesian stochastic method that is often applied to image analysis. The spatial continuity of porosity and pore geometry is incorporated by Gaussian Markov Chains as prior probabilities in order to apply the MRF model to our problem. The most probable estimation can be obtained by maximizing the posterior probability of the fluid distribution given the observed velocity structures. In the present study, the steepest descent method was implemented in order to maximize the posterior probability using the Markov chain Monte Carlo (MCMC) algorithm. First, synthetic inversion tests are conducted in order to investigate the effectiveness and validity of the proposed model. Then, we apply the model to the natural data sets of the seismic velocity structures in the mantle wedge (Matsubara et al. 2008), by assuming the physical properties other than porosity and pore geometry (i.e. temperature and type of fluid) are given. Finally, we discuss the validity of the assumption and our model.

キーワード: 流体, マントルウェッジ, ベイズ推定

Keywords: fluid, mantle wedge, Bayesian estimation

SCG060-08

会場:302

時間:5月25日 10:15-10:30

スラブ-マントルウェッジ-マグマの元素マスバランス Spreadsheet mass balance for exploring on element behavior between subducted slab, mantle wedge, and magma

木村 純一^{1*}, 川畑 博¹, ブラッド・ハッカー², ピーター・バンケケン³, ジェームス・ギル⁴, ロバート・スターン⁵
Jun-Ichi Kimura^{1*}, Hiroshi Kawabata¹, Bradley R. Hacke², Peter E. van Keken³, James B. Gill⁴, Robert J. Stern⁵

¹ 海洋研究開発機構, ² カリフォルニア大学サンタバーバラ校, ³ ミシガン大学, ⁴ カリフォルニア大学サンタクルツ校, ⁵ テキサス大学ダラス校

¹IFREE/JAMSTEC, ²University of California, Santa Barbara, ³University of Michigan, ⁴University of California Santa Cruz, ⁵University of Texas at Dallas

We have developed the Arc Basalt Simulator version 3 (ABS3), a quantitative calculator to examine the mass balance of (1) slab-dehydration and melting, and (2) slab fluid/melt-fluxed mantle melting, and to quantitatively evaluate magma genesis beneath arcs. Calculation results from the ABS3 model suggest that element re-distribution between the subducted slab and slab-derived liquid controls distinctive trace element signatures found in arc magmas and crust. The slab liquid is derived from various mixtures of fluids and melts from sediment and altered oceanic crust, dependent on the thermal structure of the subducted slab. Slab fluids are mostly generated by slab-dehydration to form the volcanic front (VF) magmas with slab P-T conditions around 3 GPa/ 750(C), whereas slab may melt at 3-6 GPa > 830(C) contributing either to the VF or to rear arc (RA) magmas. Compositions of slab fluids and melts are controlled primarily by breakdown of amphibole and lawsonite for VF and phengite for RA slab depths in association with the residual eclogite mineral phases including garnet, clinopyroxenes, and quartz. Temperature dependent partition coefficients and different partition coefficients between melt/fluid and minerals are additional controls. Minor mineral phases such as zircon and titanite also play important roles for certain elements. The slab liquid fluxed melting of depleted mantle wedge peridotite plays additional role to element re-distribution in subduction zone. The degree of partial melting varies between 17-28 % (VF) and 3-22 % (RA), with a slab flux fraction of 2-4.5 % (e.g., VF fluid) to 1-1.5 % (e.g., RA melt), and at melting depths corresponding to 1-2.5 GPa (VF) and 2.4-2.8 GPa (RA). Addition of fluid-immobile elements from the mantle contributes 78-98 % of the magma mass and controls certain isotopes such as Nd and Hf in arc magmas. However, element addition from the slab liquid modifies the liquid mobile elements/isotopes in the arc magmas significantly. The residual peridotite composition is also altered due to modification by the slab flux addition and melt depletion. Modeled peridotite compositions are similar to some peridotites in supra-subduction zone ophiolites, suggesting that element re-distribution beneath arcs is complex.

キーワード: 地球化学, スラブ, マントルウェッジ, マグマ, マスバランス

Keywords: Geochemistry, slab, mantle wedge, magma, mass balance

SCG060-09

会場:302

時間:5月25日 10:45-11:00

裂か中の流体の上昇による石英の沈殿とそれによる流体圧上昇の数値解析 A numerical examination of quartz precipitations from ascending fluids and resultant increases in fluid pressures

星野 健一^{1*}, 藤田 一菜¹

Kenichi Hoshino^{1*}, Kazuna Fujita¹

¹ 広島大学大学院理学研究科

¹ Grad. Sch. Sci., Hiroshima Univ.

Sibson et al. (1988) や Sibson (1992) で提唱された fault-valve model の可能性を検証するために、裂か中を上昇する流体による石英の沈殿と、それにより引き起こされる流体圧の上昇の数値解析を行なった。これまで断層領域における割れ目充填の詳細な解析が多くなされているが(例えば, Gratier et al., 2003), 流体圧の上昇を引き起こす鉱物沈殿を伴う流体の裂か中の上昇に関する本質的な特徴についての解析は少ないと思われる。そこで、次の二つの単純化された例について、数値解析を行なった:

(a) 流体は、地温勾配に沿った温度を保ちながら、ゆっくり上昇する。

(b) 流体は、等エンタルピーまたは準等エンタルピー的に、素早く上昇する。

実際の流体の上昇は、上記の2つの例の間であろう。

温度/圧減少に伴う石英の溶解度の減少率は、高温・高圧ほど大きい。従って、流体がゆっくり上昇する場合には、裂かの最下部における石英の沈殿量が最も大きくなる。この沈殿に伴う裂か幅の減少は、流体圧の上昇を引き起こし、最下部における流体圧の勾配を増大させ、沈殿を益々促進させることになる。従って、この場合には、最下部が最も早く塞がれるであろう。

一方、流体が等エンタルピー的に素早く上昇する場合には、裂かの全ての深度が沸騰領域となる。従って、流体は裂かの最下部で沸騰し、蒸気のみが裂か中を上昇するであろう。この場合には、裂かの最下部のみで石英の沈殿が生じるはずである。流体が少量のエンタルピーロスに伴いながら上昇する場合にも、最下部で沸騰する。適当なエンタルピーロスの条件下では、上昇する蒸気が適当な深度で結露するが、この結露した流体から裂かの充填を引き起こすほどの石英の沈殿は生じないであろう。

流体のエンタルピーロスが適当な値の範囲では、流体は最上部付近(おそらく地表下数百メートル)で沸騰する。この場合、初期の段階では、沸騰している部分で石英の沈殿が最も多い。しかしながら、この沈殿による流体圧の上昇は、沸騰開始深度を上方にシフトさせ、また、その深度の流体圧勾配も減少させることから、結果的に沈殿量を抑制する。従って、最下部での引き続き石英の沈殿量が、やがて最上部付近のそれを超えてしまうであろう。

ここで興味深いのは、流体の沸騰が起こるのは、そのエンタルピーロスの程度により、最下部か最上部付近のどちらかであり、裂かの途中で沸騰する条件は見出されないということである。このことは、両者のエンタルピーロスの程度の間にしきい値があることを示していると思われる。

流体のエンタルピーロスが大きい場合には、流体の沸騰は生じない。従ってこの場合には、ゆっくり上昇する流体と同様の挙動を示すであろう。

以上のように、単純化された(a)と(b)の何れの場合でも、ほとんどの場合、上昇する流体から沈殿する石英の量は最下部で最も多く、従って、最下部で流体圧の上昇と裂かの閉塞が最も早く達成される。

この解析結果は、おそらくどの深度から上昇する流体でも適応されると考えられる。従って、裂か中を上昇する流体からの鉱物沈殿による流体圧の増加が、地震発生深度に対応する必然性は見られない。

キーワード: 流体, 裂か, 石英, 断層, 流体圧

Keywords: fluid, fracture, quartz, fault, fluid pressure, fault-valve

SCG060-10

会場:302

時間:5月25日 11:00-11:15

地殻におけるシリカ鉱物析出様式・速度に対するAlの影響 Effects of Al on kinetics of precipitation of silica minerals from aqueous fluids under crustal conditions

最首 花恵^{1*}, 岡本 敦¹, 土屋 範芳¹

Hanae Saishu^{1*}, Atsushi Okamoto¹, Noriyoshi Tsuchiya¹

¹ 東北大学大学院環境科学研究科

¹Tohoku university

Silica is a dominant component in the Earth's crust. Because of high solubility of silica in aqueous fluids and its dependency on P-T conditions, dissolution and precipitation processes of silica minerals play significant roles on the spatial and temporal distributions of fluids and rock strength in the crusts. An ubiquitous occurrence of quartz veins in the vicinity of seismogenic zones implies the importance of the sealing of fractures by quartz on the earthquake cycle.

In spite of the importance of the kinetics of silica precipitation, the complete expression of the rate equation has not been determined, except for precipitation rates on surface reactions (Rimstidt & Barnes, 1980). The difficulty in the estimates of the precipitation rate is arisen from the following reasons. First, although quartz is the most stable silica minerals in the crust, cristobalite and amorphous silica occur in the geothermal areas (Alekseyev et al., 2009). Second, precipitation of silica minerals occurs not only on quartz surfaces but also via nucleation processes in fluids. Third, trace elements including Al³⁺, Na⁺ and K⁺ in solutions affect on the species and kinetics during silica precipitation (Okamoto et al., 2010). Feldspars are dominant constituents of the crust, and thus the effects of these minor components are crucial for considering the silica precipitation in the crust.

In this study, we conducted the hydrothermal flow-through experiments to investigate the overall precipitation rate of silica minerals and the effects of Al in the solutions under crustal conditions (430 C and 31 MPa). The experimental apparatus is similar to that in Okamoto et al. (2010). For precipitation of silica minerals, we used a blank vessel that does not include any rock/mineral substrates. The Si-supersaturated solutions (300-350 ppm, C/C_{eq} = 3-3.5) were prepared by dissolution of quartz at 350 °C, and the concentration of Al in the input solution was controlled by dissolution of albite or granite with different temperatures. The Al and Na (and K in the case of granite) included in the input solutions from 0 to 7 ppm, and the atomic ratio of Al and Na were unity, that is same as the stoichiometry of albite.

The experiments in pure Si solution revealed that the precipitation via nucleation in fluids was approximated as the first-order reaction that is the same as the precipitation on the pre-existing quartz surfaces. Activation energy of precipitation of silica minerals from the solution was estimated to be 39 kJ/mol. In solutions in absence of Al, amorphous silica precipitated. With increasing Al and Na contents in the solutions, the dominant silica mineral systematically changes from amorphous silica, cristobalite to quartz. An important observation is that the logarithmic precipitation rate increased linearly with increasing the Al concentration. Combining these results and the surface reaction rate obtained in the previous study, we obtain the empirical full expression of the rate equation on the silica precipitation that is a function of the degree of supersaturation, temperature, pre-existing quartz surface area, water volume, and Al concentration. One of the implications of this rate equation is that dominant precipitation mechanism changes from surface growth on quartz to precipitation via nucleation, with increasing fracture aperture or decreasing quartz mode in the wall rock in the crust. This is consistent with the observations of natural quartz veins. We will discuss the spatial distribution of silica precipitation and its relationship to the fluid flow in the crusts.

References: Rimstidt, J. D. and Barnes, H. D., 1980, *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 44, 1683-1699.; Alekseyev, V. A., Medvedeva, L. S. and Starshinova, N. P., 2009, *Geochem. Int.*, 47, 731-735.; Okamoto A., Saishu H., Hirano N. and Tsuchiya N., 2010, *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 74, 3692-3706.

キーワード: シリカ鉱物, アルミニウム, 反応速度, 析出, 水熱実験, 鉱物脈

Keywords: silica minerals, aluminum, kinetics, precipitation, hydrothermal experiments, vein

SCG060-11

会場:302

時間:5月25日 11:15-11:30

マリアナ弧 NW Rota-1 火山のマグマと不均質なマンテルダイアピル Two primary basalt magmas from NW Rota-1 volcano, Mariana arc, and its heterogeneous mantle diapir

田村 芳彦^{1*}

Yoshihiko Tamura^{1*}

¹ 海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域

¹ IFREE, JAMSTEC

Primitive basalts are rarely found in arcs. The active NW Rota-1 volcano in the Mariana arc has erupted near-primitive lavas, which we have sampled with ROV Hyperdolphin (HPD). Samples from the summit (HPD480) and eastern flank (HPD488) include 17 magnesian basalts (51-52 wt % SiO₂) having 7.5-9.5 wt % MgO and Mg# of 61-67, indicating little fractionation. Olivine phenocrysts are as magnesian as Fo₉₃ which contain 0.4 wt % NiO; Cr/(Cr+Al) of spinels are mostly 0.5-0.8, indicating equilibrium with depleted mantle. There are three petrographic groups, based on phenocryst populations: 1) cpx-olivine basalt (COB); 2) plagioclase-olivine basalt (POB); and 3) porphyritic basalt. Geochemical characteristics suggest that POBs formed from lower degrees of mantle melting, or that the COB mantle source was more depleted. On the other hand, they also suggest that COB has a greater subduction component than POB. The calculated primary basaltic magmas of NW Rota-1 volcano (primary POB and COB magmas) indicate segregation pressures of 1.5- 2 GPa (50-65 km deep). These magmas were formed by 15-25 % melting of mantle peridotite having Mg# ~89.5. These two basalt magmatypes are similar to those found for Sumisu and Torishima volcanoes in the Izu-Bonin arc, with COB representing wetter and POB representing drier magmas, where subduction zone-derived melt components are coupled with the water contents. Hydration and partial melting along subducting slabs can trigger Rayleigh-Taylor-like instabilities. Deep subduction components, derived from melting of subducting sediments, play an important role in the generation of NW Rota-1 magmas. Thus, the sediment melting in the underlying slab could have triggered partial melting of hydrous mantle and mantle diapir formation. Moreover, sediment melts may have mixed heterogeneously with hydrous peridotite, which resulted in a mantle diapir consisting of two parts, one poor and another rich in sediment melt.

キーワード: 初生マグマ, マントルウエッジ, 玄武岩, 島弧マグマ

Keywords: primary magmas, mantle wedge, basalt, arc magmas

SCG060-12

会場:302

時間:5月25日 11:30-11:45

イタリア、フィネロ金雲母かんらん岩体の岩石学的特徴 Petrological characteristics of the Finero Phlogopite-Peridotite Massif, Italy

鈴木 敬人¹, 森下 知晃^{1*}, 田村 明弘¹, 芳川 雅子², ザネッティ アルベルト³, マズッケーリ マウリシオ⁴
Takahito Suzuki¹, Tomoaki Morishita^{1*}, Akihiro Tamura¹, Masako Yoshikawa², Alberto Zanetti³, Maurizio Mazzucchelli⁴

¹ 金沢大学, ² 京都大学, ³ パビア地球科学研究所, ⁴ モデナ大学

¹Kanazawa University, ²Kyoto University, ³CNR-Pavia, ⁴Universita di Modena

イタリア、フィネロ金雲母かんらん岩体は、角せん石、金雲母などの含水鉱物を多産し、かつ低温での蛇紋岩化や変質プロセスの影響が少ないため、流体によるマントル交代作用を理解するための天然試料として世界的に有名である。フィネロ岩体では化学分析に基づいた研究は多くなされているが（例えば、Zanetti et al., 1999 Contrib. Mineral. Petrol. 134, 107-122; Morishita et al., 2008 Chem. Geol. 25, 99-111），岩石学的な実体について詳細には明らかにされていないのが現状である。そこで、我々は岩石学特徴について検討を始めた。その結果、フィネロ岩体では、シリカ成分の付加、複数の流体の関与、アンチグライトータルクを形成するような条件での蛇紋岩化プロセス、シュードタキライト様岩の形成が記録されていることがわかってきた。

キーワード: 流体, かんらん岩, 交代作用, フィネロ岩体

Keywords: fluid, peridotite, metasomatism, Finero massif

SCG060-13

会場:302

時間:5月25日 11:45-12:00

炭素 13 ダイヤモンドの高温高圧その場ラマン観察：圧力センサーへの応用 Pressure and temperature dependence of ¹³C diamond Raman shift determined in-situ to 1.27 GPa and 800 degree C

山下 茂^{1*}, Mysen Bjorn²
Shigeru Yamashita^{1*}, Bjorn Mysen²

¹ 岡山大学地球物質科学研究センター, ² カーネギー研究機構地球物理学研究所
¹ISEI, Okayama University, ²Geophysical Laboratory, CIW

The pressure- and temperature-dependent Raman shift of synthetic ¹³C diamond was determined in-situ at temperatures to 800 degree C and at pressures to 1.27 GPa. In-situ experiments were conducted using an Ir-gasketed, externally-heated diamond anvil cell (HDAC) fitted to confocal micro-Raman spectrometer. The pressure dependence of the Raman shift was calibrated to the equation-of-state of pure H₂O (IAPWS-95, Wagner and Pruss, J. Phys. Chem. 31, 2002) with a piece of the ¹³C diamond aggregate (99% pure) and distilled H₂O loaded in the sample chamber of the HDAC. Temperature was controlled to plus-minus 1 degree C with chromel-alumel thermocouples in contact with the anvils near the sample chamber. To ensure the highest precision of the ¹³C diamond Raman shift, the emission of the 585 nm Ne line was recorded simultaneously as reference. The in-situ experiments were repeated along four different isochore paths to cover a wide coverage of pressures at high temperatures (0.38 to 1.27 GPa at 800 degree C). No carbon-bearing species were detected in the H₂O fluids, which means that the ¹³C diamond does not react with H₂O and the diamond anvils as well during these high temperature and pressure measurements.

Multiple regression analysis demonstrated that the pressure and temperature dependence of the ¹³C diamond Raman shift can be described by a simple quadratic linear form: $\nu(P, T) - \nu(0.1, 25) = -1.065 (\text{plus-minus } 0.044) \times 10^{-2} T - 1.769 (\text{plus-minus } 0.046) \times 10^{-5} T^2 + 2.707 (\text{plus-minus } 0.249) \times 10^{-3} P$, where $\nu(0.1, 25)$ is the Raman shift at ambient condition (1287 cm⁻¹), T is temperature in degree C and P is pressure in MPa. The average error in the pressure determination with this form is estimated to be plus-minus 0.11 GPa. The pressure derivative and the temperature derivative are both consistent with those of Bassett (Mineral Spectroscopy, 1996) and Schiferl et al. (J. Appl. Phys. 82, 1997), within the uncertainties in the regression analysis. In those previous studies, the pressure dependence was measured at ambient temperature, and the temperature dependence was separately measured at ambient pressure. The present result indicates that the pressure and temperature cross derivatives might be present but are negligibly small over the pressure and temperature conditions investigated.

キーワード: ダイヤモンド, 水流体, ラマンシフト, 高温高圧その場観察
Keywords: diamond, H₂O fluid, Raman shift, in-situ observation

長崎県対馬の浅所貫入花崗岩体の熱水流体の組成

Chemical compositions of hydrothermal fluids derive from a shallow emplacement granite body in Tsushima, Japan.

黒澤 正紀^{1*}, Shin Ki-Cheol², 石井 聡³, 笹 公和⁴

Masanori Kurosawa^{1*}, Ki-Cheol Shin², Satoshi Ishii³, Kimikazu Sasa⁴

¹ 筑波大・生命環境, ² 総合地球環境学研究所, ³ 筑波大学・研究基盤セ, ⁴ 筑波大・数理物質

¹Life Env. Sci., Univ. Tsukuba, ²Res. Inst. Hum. Nat., ³Res. Fac. Center, Univ. Tsukuba, ⁴Puru Appl. Sci., Univ. Tsukuba

花崗岩体の結晶分化で生じる熱水流体は花崗岩起源流体と呼ばれ、島弧の上部地殻での重要な流体の一つである。この流体は、移動過程で温度圧力低下・鉱物析出・2相分離などにより組成が多彩に変化し、それに応じて様々な地質現象に影響を与える。特に、金属鉱床・変質帯・周辺深部地下水の形成には大きな役割を果たす。通常、移動流体の一部は、脈岩や既存鉱物中に流体包有物として捕獲されるので、流体包有物の分析を通じて流体の組成と挙動および地質現象への影響の情報を得ることができる。今回は、島弧地殻の最浅部に貫入した花崗岩体の熱水流体の化学的特徴を明らかにするため、長崎県の対馬花崗岩の流体包有物を粒子線励起X線分析法 (PIXE) で分析した。

対馬花崗岩は海底堆積物に貫入した小規模な中新世花崗岩体で、固結深度が2~6 kmと浅い。小規模な晶洞とわずかな石英脈を含み、岩体周囲に大規模な鉛-亜鉛鉱床を伴う。今回は、晶洞・岩体内部の石英脈・岩体に最近接した金属鉱床の石英脈に含まれる流体包有物を試料とした。晶洞は岩体固結時の流体成分が集合してできたガス穴で、その包有物は岩体の初生流体の情報を持つ。対馬花崗岩は、岩塩を含む多相包有物を多量に含み、他に気相・2相、少量の液相に富む低濃度2相・CO₂の各包有物を含む。多量の多相包有物の存在は、流体発生の際に沸騰状態にあったことを示す。晶洞と岩体内石英脈の包有物もほぼ同様である。晶洞の多相包有物の均質化温度は約200~460、塩濃度は約28~60 wt.% NaClである。2相包有物の均質化温度もほぼ同じである。岩体内石英脈の多相包有物と2相包有物の均質化温度・塩濃度は晶洞とほぼ同じである。鉱床石英脈は多量の2相包有物を含み、多相・気相・低濃度2相・CO₂の各包有物を含む。多相包有物の均質化温度は約250~450、塩濃度は約28~49 wt.%である。2相包有物の均質化温度もほぼ同じである。これらを筑波大学研究基盤センターのPIXEで分析した。

分析の結果、晶洞の多相包有物は、平均で約25 wt%のCl、約1~5 wt%のK・Fe、数百~数千 ppmのCa・Mn・Ba・Zn・Pb・Br、200~400 ppmのCuとRb、百 ppm以下のSr・Geを含む。この組成が、花崗岩固結直後の放出流体の組成に相当すると考えられる。これらの濃度は、より深い貫入深度を示す甲府花崗岩体の初生流体よりも数倍高く、斑岩銅鉱床の多相包有物の濃度に匹敵する。対馬花崗岩は貫入深度が浅いため、花崗岩固結条件が塩水の沸騰条件と重なる。そのため、沸騰による水蒸気・塩水間の元素分配で生じた高塩・高金属濃度流体から多相包有物は生じたと考えられる。岩体内部と鉱床の石英脈の多相包有物は、晶洞とほぼ同様な濃度であるが、岩体内石英脈は晶洞よりもFe・Cu・Baが高く、鉱床石英脈のものはZn・Pb・Brが高い。これは流体の移動や発生条件による組成変化を意味し、日本の熱水脈ではやや深部の鉱床に銅鉄鉱脈が、浅所に鉛亜鉛鉱脈が多いという経験則と調和的である。元素濃度の多くはCl濃度に比例し、多くの元素同士でも正の相関を示す。但し、晶洞・岩体内石英脈・鉱床石英脈の各包有物での元素相関の傾きは異なり、形成条件の違いを示唆する。

流体の起源と挙動を検討するため、2相包有物のBr/Cl比(重量比)を見ると、晶洞は約0.0014、岩体内石英脈は0.0022、鉱床石英脈は0.0027、と海水の値の0.0034より低い。一方、多相包有物の値は、晶洞で0.0015~0.0043、岩体内石英脈で0.0020~0.0108、鉱床石英脈で0.0019~0.0124、と産状により大きく異なる。このような高Br/Cl比の流体は稀で、産状によるBr/Cl比の大きな違いもこれまで数例しか報告がない。流体のBr/Cl比は、岩塩析出・塩素を優先的に取り込む鉱物の析出・岩石-水反応・マグマ-流体間のBr-Cl分配の温度圧力変化などで変化する。今回は、マグマ-流体間の元素分配と沸騰条件での2つのBr-Cl分配によって、多相包有物のBr/Cl比の検討を試みた。その結果、約1 kb・600~800

でマグマからの熱水分離・沸騰が生じると晶洞の多相包有物のBr/Cl比が説明可能で、約0.9 kb・670~600での分離・沸騰によって岩体内石英脈の値が、0.6~0.45 kb・550~450での分離・沸騰によって鉱床石英脈の値も説明可能なが示唆された。この結果を考慮すると、今回観察された流体は、ある深度にマグマだまりが定置しつつも、その後の堆積物の削剥や日本海形成の伸張場のテクトニクスの影響で、結果的に浅所へと移動しながら冷却固化し、岩体全体の圧力と温度の低下によって発生流体の組成が変化したと解釈できる。単純には、定置した貫入岩体内部での異なる深さ・温度条件でマグマから分離して形成されたとも解釈できる。

Keywords: Fluid inclusion, trace element, X-ray analysis, granite, PIXE, ion beam

SCG060-15

会場:302

時間:5月25日 12:15-12:30

飽和蒸気圧下におけるかんらん石-水・斜方輝石-水系における加水反応の進行 Progress of hydration in olivine-H₂O and orthopyroxene-H₂O systems at Psat

小笠原 由一^{1*}, 岡本 敦¹, 土屋 範芳¹

Yuichi Ogasawara^{1*}, Atsushi Okamoto¹, Noriyoshi Tsuchiya¹

¹ 東北大学

¹Tohoku Univ., Japan

Hydration of ultramafic rocks (serpentinization) commonly occurs in mid-ocean ridges, and the extent and distribution of hydrated mantle plays an important role on the global circulation of H₂O fluids. Although there have been several experimental studies on serpentinization (e.g., Martin and Fyfe, 1970; Seyfried et al., 2003), these studies focused only on the H₂O content in the products or solution chemistries. Therefore, fundamental kinetics and mechanism of serpentinization is still poorly understood. In this study, we conducted hydrothermal experiments on serpentinization to clarify the relationship between the temporal evolution of solution chemistry, progress of hydration reaction and textural developments.

The starting materials were powders of olivine (Fo₉₀, Fa₁₀) or orthopyroxene (En₆₅, Fs₃₅) with size of <0.125mm. The powders and the distilled water were set in the batch type vessel (8.8 cm³) made of the stainless steel with water/rock ratio of 1.0. The temperatures were 250 degreeC at the liq-vap saturation curve. The duration was up to 1008 hours. After the experiments, the solid samples were dried at 90 degreeC for one day, and then were analyzed by X-ray diffractometry and Thermogravimetry. The morphology and cross sections of the products were observed by Scanning electron microscope. The solutions were analyzed by ICP-Mass Spectrometry. The pH values of the solution after the experiments were 7.6-8.5 at room temperature. In both systems, hydration reactions proceeded, but show quite different features in the products and solutions. In the Opx-H₂O experiments, chlorite formed on the surfaces of opx grains. The Si concentration increased with time toward 193.8 ppm, whereas the concentration of Mg was 3.42 ppm. The total H₂O content was less than <0.7 wt.% even at 1008 h. The formation of chlorite is different from the common occurrence of talc after orthopyroxene in natural peridotites. The reason is not clear, but one possibility is that higher Fe content in opx used in this study than that in the oceanic peridotites (En > 80). In the Ol-H₂O experiments, the products were composed of serpentine, magnetite with or without brucite. The H₂O content of the samples increased with time, and reached 3.9 wt.% in 1008h. According to the solution chemistry, the progress of serpentinization is divided into three stages. The concentrations of Si and Mg in solutions increased toward 3.66 and 20.54 ppm, respectively (stage 1), and then decreased drastically toward 0.29 ppm and 0.28 ppm at 504 hours, respectively (stage 2). After 504 h, the solution chemistry was nearly stable (stage 3). Accompanying with the change in the solution chemistry, the products varied as follows: After 336 hours (stage 2 and 3), brucite started to form at the contact with olivine within serpentine rims. Also, only lizardite occurs at stage 1 and 2, whereas chrysotile formed with lizardite. According to activity diagram in Mg-Si-O-H system, the solutions at stage 1 and 2 corresponds to the stability field of serpentine, and a drop in Si concentration indicates the shift from the serpentine stability field to serpentine+brucite stability field, that is consistent with the change of the products. These results suggest that serpentinization after olivine is not always simple as $Ol+H_2O=Serp+Br$, but the reactions evolve with time. In common peridotites, Ol and Opx coexisted, and hydrothermal alteration occurs heterogeneously. Our experimental results indicate that olivine-H₂O and opx-H₂O system show a quite different fluid compositions (Si and Mg) and different rate of hydration. We will conduct further experiments with Ol+Opx+H₂O systems, and discuss how hydration proceed in the oceanic seafloors.

References Janecky, D. R and Seyfried, W. E., (1986). *Geochim Cosmochim. Acta* 50,1357-1378. Martin, B and Fyfe, W. S., (1970). *Chem Geol* 6, 185-202. Allen, D. E and Seyfried, W. E, Jr., (2002). *Geochim Cosmochim. Acta* 67, 1531-1542

キーワード: 超塩基性岩, 蛇紋岩, 沈み込み帯

Keywords: ultrabasic rock, serpentine, subduction zone

SCG060-16

会場:302

時間:5月25日 12:30-12:45

顕微赤外高温その場分光観測による蛇紋石の脱水カインेटクス Dehydration kinetics of Antigorite by in situ high-temperature IR microspectroscopy

澤井 みち代^{1*}, 浜田 有紗¹, 片山 郁夫¹, 中嶋 悟²
Michiyo Sawai^{1*}, Arisa Hamada¹, Ikuo Katayama¹, Satoru Nakashima²

¹ 広島大学, ² 大阪大学

¹Hiroshima University, ²Osaka University

沈み込むプレート(スラブ)内の地震発生機構には、蛇紋石等の含水鉱物の脱水過程が大きな役割を果たしていると考えられている。スラブ内での脱水反応により生じた流体が地震の発生に關与する可能性の他、蛇紋石の脱水分解反応に伴う体積変化や分解反応速度といったカインेटクスが地震発生の素過程に關与している可能性があることから、蛇紋石の脱水挙動の理解は重要な課題である。

従来の蛇紋石の脱水挙動は、主に X 線回折法を用いて調べられてきたが、それは水の状態を考慮せず、結晶構造の変化からとらえられてきた。一方、赤外吸収スペクトルを用いると、異なる水の状態に分離して脱水挙動を追うことが可能となる。Tokiwai and Nakashima (2010) は、顕微赤外高温その場分光観測を用いて、白雲母の脱水のカインेटクスを詳細に調べた。そこで本研究では、顕微赤外高温その場分光観測を用いて、蛇紋石の脱水カインेटクスを調べた。

試料は長崎県野母半島に産する蛇紋石(アンチゴライト)を用い、大阪大学設置の顕微赤外分光計を使用して、温度 650 - 750 °C、大気圧下で、流量 60ml/min の Ar 気流中で、高温その場赤外分光観測を行った。

今回用いた長崎産蛇紋石の OH 伸縮振動の吸収帯には、低波数側から 3450 - 3510cm⁻¹ 付近 (peak1)、3570 - 3595cm⁻¹ 付近 (peak2)、そして 3655 - 3660cm⁻¹ 付近 (peak3) の 3 つのピークが確認された。Serna et al. (1979) は、peak1 及び peak2 は Si が Al に置換されていることによる OH に、peak3 は Mg - OH による吸収であるとしている。そこで本研究では、OH 吸収帯全面積の加熱による減少の解析に加え、OH 吸収帯を上記 3 つのピークに対応するガウス型関数による Fitting から、3 つの OH 成分に分離し、個々の成分の各温度での減少データを板状半無限の拡散方程式で近似して解析した。

その結果、各々のピークが異なる脱水速度及び活性化エネルギーをもつことが示唆された。拡散方程式による近似から得られた拡散係数は、Mg-OH による peak3 で大きく、Al に關係した OH による peak1,2 で小さい。また拡散係数の温度変化から得られる活性化エネルギーは、Mg-OH による peak3 よりも Al に關係した OH による peak1,2 の方が大きい。すなわち、Mg に伴う OH の方が Al に伴う OH よりも脱水しやすいことが示唆された。実際、同じ顕微赤外分光計を用いて行なった蛇紋石(アンチゴライト)の昇温・降温実験においても、Mg-OH による peak3 は Al に關係した OH による peak1,2 に比べて約 50 程度早く脱水した。これらの結果は、アンチゴライトに Al が含まれるか否かで安定領域が数十度変化すること、そして Al が含まれることで脱水温度が高温側にシフトすることを報告した Bromiley and Pawley (2003) と調和的である。

キーワード: 蛇紋石, 脱水カインेटクス, 拡散, 赤外分光その場観測

Keywords: serpentine, dehydration kinetics, diffusion, in situ IR microspectroscopy

SCG060-17

会場:302

時間:5月25日 14:15-14:30

流動ポテンシャルからみた浸透流ブルーム Thermal plume in porous media as revealed by streaming potential

Antoine Raphael^{1*}, 栗田 敬¹, 松岡 弘明¹

Raphael Antoine^{1*}, Kei Kurita¹, hiroaki matsuoaka¹

¹ 東京大学・地震研究所

¹ Earthquake Research Inst., The University

Fluid flow through porous media is a fundamental process to control fluid flow through the crust and the mantle. It has been extensively investigated for long time both in experimental and theoretical approaches but because of experimental limitations fluid dynamical approach has not been conducted enough in laboratory experiments. The main limitation comes from non-transparency of experimental cell, which is composed of solid framework and fluid in the pore space. Non-transparency of solid medium as well as density mismatch make optical investigation through the working cell difficult. Recently nondestructive tomographic methods such as NMR imaging are applied to derive flow field but it requires large experimental facility and lots of cost. In this presentation we report a trial in combining streaming potential and temperatures to estimate flow field in porous media.

Streaming potential, sometimes called as flow potential occurs when fluid flows through porous/granular material which has ion exchanges with flowing fluid. In the experimental cell of the size of 8x8x20 cm glass beads of homogeneous grain size (0.35 to 4 mm in diameter) are packed and NaCl aqueous solution is used as a working fluid. At the base of the cell we put a small heater (5x3x1 mm) as a localized heat source. Pt electrodes are inserted at several vertical positions above the heater along the center line to measure the induced potential by heating. Temperatures are measured by thermocouples along horizontal line 1cm above the heater and along the vertical centerline.

We measured temporal variations of potential and temperature upon heating with constant power supply to the heater. Systematic variations in the potential were obtained: after small decrease at the initiation large positive increase was observed (the potential signal is measured from the lowest electrode closed to the heater). The amplitude of the initial decrease seems not to depend on the applied power while the succeeding large increase is linearly proportional to the power.

We made numerical simulations to compare both potential and temperature in the corresponding geometry and similar situations as the experiment. We obtained similar behavior which can be interpreted as thermal plume rising above the heater in porous media. Different from laminar thermal plume formulated by Batchelor rising velocity of plume seems to depend linearly on the applied power. This confirms average field formulation of Darcy flow is effective in this permeability range.

Keywords: thermal plume, permeable flow, porous media, streaming potential

レシーバ関数解析から推定された紀伊半島下のフィリピン海スラブ周辺の構造 Structure around Philippine Sea slab beneath Kii Peninsula inferred from receiver function analysis

澁谷 拓郎^{1*}, 福居 大志², 中川 陽一朗³, 平原 和朗², 中尾 節郎¹, 西村 和浩¹, 澤田麻沙代¹

Takuo Shibutani^{1*}, Taishi Fukui², Yoichiro Nakagawa³, Kazuro Hirahara², Setsuro Nakao¹, Kazuhiro Nishimura¹, Masayo Sawada¹

¹ 京大・防災研, ² 京大・理, ³ 日立製作所

¹DPRI, Kyoto Univ, ²Science, Kyoto Univ, ³Hitachi Ltd

1. はじめに

四国西部から東海中部に至る地域では、沈み込むフィリピン海プレートの深さ 30~40km において、深部低周波イベントが帯状に分布する (Obara, 2002; 鎌谷・勝間田, 2004; Obara and Hirose, 2006)。地震波走時トモグラフィーやレシーバ関数解析の結果から、フィリピン海プレートの海洋地殻は、低速度かつ大きな V_P/V_S 比を有することが明らかになった (弘瀬・他, 2007; Ueno et al., 2008)。近畿中部から紀伊半島にかけての地域では、前弧側にもかかわらず、温泉ガスの $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比が高い (Sano and Wakita, 1985; Wakita and Sano, 1987)。これらの事象は、海洋地殻とともに沈み込んだ「水」が、深さ 30~40km で脱水し、深部低周波イベントの発生に関与するとともに、地下浅部まで移動するというプロセスを示唆している。

我々は、紀伊半島下に沈み込むフィリピン海プレートとその周辺の構造を推定するため、2004 年からアレイ地震観測を行ってきた。地震計を約 5km 間隔で線状に配置し、遠地地震を記録し、得られた波形データに対して以下で述べるレシーバ関数解析を行い、S 波速度不連続面のイメージングを行った。前回の発表 (澁谷・他, 2009) では、フィリピン海プレートの沈み込み方向に沿う北北西-南南東方向の 3 測線 (潮岬-田尻, 新宮-河内長野, 尾鷲-京丹後) の結果について紹介した。今回は、その後観測を行った 2 測線 (南伊勢-信楽: 上記 3 測線と同様の方向, 松阪-白浜: 沈み込み面に直交する方向) の結果についても合わせて紹介する。これらの測線断面におけるレシーバ関数イメージから紀伊半島下のスラブ周辺の構造について議論したい。

2. レシーバ関数解析

レシーバ関数とは、遠地地震の P 波部分の水平成分から上下成分をデコンボリューションすることにより、観測点下の S 波速度不連続面で生成される PS 変換波を抽出した波形である。PS 変換波の直達 P 波に対する相対走時は不連続面の深さとその上方の速度構造に依存し、相対振幅は不連続面での速度差に依存するため、レシーバ関数から観測点下の速度構造を推定することができる。本研究では、気象庁の地震波速度構造 JMA2001 (上野・他, 2002) を用いて、レシーバ関数の時間軸を深さ変換し、多数の観測点で多数の地震に対して得られたレシーバ関数の振幅を共通の変換点上で重合することにより、S 波速度不連続面のイメージを求めた。

3. フィリピン海スラブ周辺の構造

レシーバ関数イメージにおける沈み込み方向の 4 断面に共通する特徴として、北西下がりの青線と赤線のペアが見られるが、これらはそれぞれフィリピン海スラブ上面と海洋モホ面と解釈できる。これらに挟まれる海洋地殻は、深部低周波イベントが発生している深さ 30~40km までは顕著な低速度 (濃い青色) を示し、それ以深では低速度の程度は弱くなる。

紀伊半島中部~西部の 3 測線 (尾鷲-京丹後, 新宮-河内長野, 潮岬-田尻) では、深部低周波イベント発生域付近で分岐し、マントルウェッジへ伸びる青線も見られ、マントルウェッジが広範囲に低速度になっていることがわかる。海洋モホ面に対応する赤線も 40km 以深で不明瞭になる。海洋モホ面の上下の海洋地殻と海洋マントルの速度差が小さくなっていることを示唆する。スラブの形状も上に凸に湾曲しているように見える。

一方、紀伊半島東部の南伊勢-信楽測線では、マントルウェッジに張り出すような低速度域は見られない。海洋モホ面も南東端の深さ 30km から北西端の深さ 70km まで一様に明瞭である。スラブの形状も直線的である。

レシーバ関数イメージに見られるこれらの特徴は、海洋地殻の含水鉱物が深部低周波イベント発生域付近で脱水分解して、その結果放出された「水」がマントルウェッジに流入して、低速度域を作り出していることを示している。紀伊半島の中部~西部と東部に見られるスラブやマントルウェッジの構造や形状における違いは、脱水分解を経た 40km 以深の海洋地殻に残留する「水」の量で説明できるのではないかとと思われる。すなわち中部~西部では残留する「水」の量が少なく、海洋地殻の速度が回復し、海洋モホ面での速度差が小さくなる。スラブは重くなり、上に凸に湾曲する。東部で

は逆に残留する「水」の量が多く、海洋地殻の低速度と海洋モホ面での速度差は深さ 70km まで維持される。

キーワード: フィリピン海スラブ, マントルウェッジ, スラブ起源流体, レシーバ関数イメージ, リニアアレイ地震観測, 紀伊半島

Keywords: Philippine Sea slab, Mantle wedge, Slab-derived fluid, Receiver function image, Linear array seismic observation, Kii Peninsula

SCG060-19

会場:302

時間:5月25日 14:45-15:00

西南日本の地殻流体のLi同位体マップ：前弧地殻深部流体はスラブ由来か？ Li isotope map of geofluid in SW Japan: Is deep-crustal fluid in fore-arc region derived from slab?

西尾 嘉朗^{1*}, 風早 康平², 尾山 洋一²
Yoshiro Nishio^{1*}, Kohei Kazahaya², Yoichi Oyama²

¹ 海洋研究開発機構高知コア研究所, ² 産業技術総合研究所地質情報研究部門

¹Kochi Institute, JAMSTEC, ²Geological Survey of Japan, AIST

地殻深部流体は島弧の地震や火山の活動メカニズムへの関与が指摘されているが、スラブ起源流体との関係を含めて不明な点が多い。湧水等の地表で採取できる地下水試料を用いた地球化学的アプローチで地殻深部流体の起源に迫った研究例は極めて少なかった。これは従来の湧水研究に用いられてきた元素同位体指標が、表層水混入の影響を受けやすかったためである。最も軽いアルカリ金属元素であるリチウム(Li)は地殻深部流体には高濃度で含まれるのに関わらず、表層水には極めて乏しい。この濃度差から、Liの同位体指標が湧水等の地下水を用いた深部流体研究において優れた研究ツールとなることが期待される。これまで分析が困難であったことから、深部流体研究におけるLi同位体ツールの利用は極めて限られていた。

Li/Cl比が有意に高い地下水試料のLi同位体組成は、表層水の影響はないことが予測される(Nishio et al., 2010)。そこで、本研究では、九州を除いた西日本地域における高Li/Cl比の地下水試料のLi同位体組成の分布を明らかにする事を試みた。その結果、中央構造線付近を境に南側(海溝側)の地下水試料は、北側の試料に比べて高い $7\text{Li}/6\text{Li}$ 比を取る傾向が明らかとなった。このようなLi同位体組成とプレート位置との関係は、西南日本の前弧の地殻深部流体中のLiがスラブ起源である可能性を示唆する。一方、紀伊半島西部は他の中央構造線沿いの地域に比べて $7\text{Li}/6\text{Li}$ 比が低い傾向が見えつつある。このように水の水素・酸素同位体等の他の地球化学ツールに比べて、深部流体成分に高感度であるLi同位体指標を用いることによって、新しい地殻深部流体像が見えてきた。

謝辞：本研究に使用した試料採取に、ご協力をいただいた安原正也・佐藤努・森川徳敏・高橋浩・稲村明彦・塚本斉・芝原暁彦・田中和広の各博士には深く感謝します。

参考文献：

Nishio et al., 2010, EPSL 297, 567-576.

キーワード: 地殻流体, 地殻深部流体, リチウム同位体, 西南日本, スラブ起源流体, フィリピン海プレート

Keywords: geofluid, deep-crustal fluid, lithium isotope, SW Japan, slab-derived fluid, Philippine Sea plate

SCG060-20

会場:302

時間:5月25日 15:00-15:15

数値シミュレーションから予測される浅部低周波イベントの特徴 Characteristics of shallow low-frequency events suggested from numerical simulations

有吉 慶介^{1*}, 松澤 暢², 堀 高峰¹, 中田 令子¹, ジャンポール アンブエロ³, 日野 亮太², 長谷川 昭², 金田 義行¹
Keisuke Ariyoshi^{1*}, Toru Matsuzawa², Takane Hori¹, Ryoko Nakata¹, Jean-Paul Ampuero³, Ryota Hino², Akira Hasegawa²,
Yoshiyuki Kaneda¹

¹ 海洋研究開発機構 地震津波・防災研究 P, ² 東北大学 地震・噴火予知研究センター, ³ カリフォルニア工科大学
¹ DONET, JAMSTEC, ² RCPEV, Tohoku University, ³ California Institute of Technology

近年の観測網の発展によって、非火山性の低周波イベントがプレート境界付近で発生していることが世界各地で見出されるようになった。低周波イベントの特徴として、巨大地震発生域と安定すべり域との間にある遷移域に帯状に分布し、断層の走向方向に沿って伝播することが知られている。このような特徴を数値シミュレーションで再現することにより、再現可能なモデルパラメータの範囲から流体分布や摩擦特性の条件を絞ることができる。また、巨大地震震源域に隣接するため、前駆すべりに伴う応力擾乱に敏感であり、事前検知ツールとしての利用も期待されている。近年の研究により、深部で発生する低周波イベントは、巨大地震震源域の固着の剥がれの進行と共に、発生時間間隔が短くなり、伝播速度が速くなり、解放される地震モーメントの時間率が増加する傾向が数値シミュレーションから見出された。一方で、浅部でも低周波イベントが確認されているが、精度良く震源決定されたイベントに限られているため、その特徴についてはよく分かっていない。本講演では、低周波イベントがプレート境界面に分布すると想定した場合の沈み込みプレート境界モデルを構築し、深部低周波イベントとの違いについて調べ、巨大地震発生前に期待される変化について予測シナリオを描くことを試みる。

キーワード: ゆっくり地震, 移動現象, 巨大アスペリティによる応力擾乱, 沈み込みプレート, 速度/状態依存摩擦構成則, 数値シミュレーション

Keywords: slow earthquake, migration process, stress perturbation due to great asperity, subduction zone, rate- state dependent friction law, numerical simulation

2008年岩手・宮城内陸地震の余震中の高周波・低周波地震の震源分布 Spatial distribution of high- and low-frequency earthquakes among the aftershocks of the Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake

小菅 正裕^{1*}, 2008年岩手・宮城内陸地震合同余震観測グループ²

Masahiro Kosuga^{1*}, The group for the aftershock observations of the Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake²

¹ 弘前大学理工学研究科, ² 岩手・宮城内陸地震合同余震観測グループ

¹ Graduate School of Science & Technology, ² GIMNE2008

1. はじめに

低周波地震には大規模地震の余震として発生するものがある。低周波振動の起源が震源にあれば応力降下量が小さいことを意味し、震源に働く応力や断層の摩擦係数が小さいことなどが考えられる。摩擦係数の低下は間隙水圧の増加によってもたらされるので、それには地殻流体が関与している可能性がある。2008年岩手・宮城内陸地震の余震中にも低周波地震が含まれていることが報告されているが、抜き取り的な調査に留まっているので、合同余震観測グループによる長期間の観測データを用いて系統的な調査を実施した。

2. データ・方法

解析には合同余震観測グループによる観測波形と検測値を用いた。対象期間は2008年6月15日から9月30日までである。3000個以上の地震に対して、59観測点でのP波・S波・コーダ波部分のスペクトル振幅が最大となる周波数(ピーク周波数)を用いて低周波地震の抽出を行った。ピーク周波数は震源距離と地震のマグニチュードに依存するので、まず、ピーク周波数の対数と震源距離の関係を1次関数で近似して、震源距離が0の場合の周波数を求めた。次に、その周波数の対数とマグニチュードの関係も1次関数で近似し、回帰式からの周波数偏差を実体波とコーダ波について求めた。

実体波とコーダ波の周波数偏差には明瞭な相関が見られ、実体波が低周波の地震ではコーダ波も低周波であることがわかった。そこで、横軸に実体波の周波数偏差、縦軸にコーダ波の周波数偏差をとった散布図において、第一象限の地震は高周波の地震、第三象限の地震は低周波の地震と分類した。ただし、周波数偏差の標準偏差内の地震は「標準的」と見なした。なお、数は少ないが第四象限に分布する地震もあり、これは、実体波は低周波ではないがコーダ波が低周波の地震として分類した。

3. 高周波及び低周波地震の空間分布

高周波地震と低周波地震の分布を比較すると、高周波地震の発生が多い地域では低周波地震の発生は少ないことがわかった。特に、本震断層の南側東部での低周波地震の発生はほとんど見られない。断面図で見ると、低周波地震は震源の深さ方向への広がりの中では相対的に浅い部分に分布する。以上のことから、高周波地震と低周波地震は明瞭に棲み分けて分布することが明らかになった。

低周波地震が最も集中的に発生しているのは、余震域の最南端の、鳴子火山の北東領域の浅部である。この領域は、鮮新世から更新世前期に活動した珪長質大規模カルデラ領域とよく対応する。同様なカルデラは栗駒山南部にも広がっており、やはり低周波地震分布域と対応する。また、火山地域である栗駒山北部及び焼石岳周辺も低周波地震発生域となっていることから、低周波地震は高温領域において発生していると見ることができる。高温領域においては流動変形が進みやすいため高応力降下量の地震は発生しにくいと考えられる。

低周波地震は余震域北端部にも広く分布する。岩手・宮城内陸地震では本震後の余効変動がGPSにより観測されており、地震時すべりを生じた断層とは別の断層(例えば出店断層)での非地震性すべりによると考えられている。低周波地震は、Iinuma et al. (2009) が推定した非地震性すべり域の西側深部に位置し、さらにその南西深部延長では高周波地震が発生している。非地震性すべりは間隙水圧の上昇によってもたらされた可能性がある。地震時すべりを生じた断層とその浅部延長にかけて、高周波地震の発生域、低周波地震の発生域、非地震性すべり域へと系統的に移り変わることは、上載圧の減少と間隙水圧の増加を反映しているように見え、地殻流体の実態解明の観点からも極めて興味深い。

4. まとめ

2008年岩手・宮城内陸地震の合同余震観測データを用い、高周波地震と低周波地震の空間分布の特徴を調べた。高周波の地震は主に本震の震源域の相対的に深部に分布する。低周波地震の一部は、栗駒山などの火山の周辺及びカルデラ内に分布し、高温領域で発生していると考えられる。また、余震域北端部で発生した低周波地震は非地震性すべりを生じた断層の深部に分布し、その発生に地殻流体が関与していることが示唆される。

Keywords: low-frequency earthquakes, aftershocks, Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake, geofluid

SCG060-22

会場:302

時間:5月25日 15:30-15:45

東北日本弧における地殻流体の3次元解析のための電磁気観測 Electromagnetic measurements to image geofluid in three-dimensions under NE-Japan arc

小川 康雄^{1*}, 市来 雅啓², 小山 崇夫³, 藤 浩明⁴, 松島 政貴⁵, 神田 径¹, 吹野 浩美⁵, 本蔵 義守⁵, 上嶋 誠³
Yasuo Ogawa^{1*}, Masahiro Ichiki², Takao Koyama³, Hiroaki TOH⁴, Masaki Matsushima⁵, Wataru Kanda¹, Hiromi Fukino⁵,
Yoshimori Honkura⁵, Makoto Uyeshima³

¹ 東京工業大学火山流体研究センター, ² 東北大学 理学研究科, ³ 東京大学地震研究所, ⁴ 京都大学 理学研究科, ⁵ 東京工業大学理工学研究科

¹VFRC, Tokyo Inst. tech, ²Tohoku University, ³University of Tokyo, ⁴Kyoto University, ⁵Tokyo Institute of Technology

Fluids in the crust play an important role in volcanic processes and earthquake generation processes. Electrical resistivity is a geophysical parameter which is sensitive to the existence and connectivity of fluids. Thus, by imaging the resistivity by electrical induction method such as magnetotellurics, we can get important information on the amount, chemical composition and transport properties of fluids.

We have started magnetotelluric measurements in the NE Japan using wideband (0.01s–1000s) and long period (10s–20,000s) measurements. The wideband measurements are focused around the Onikobe caldera and the surrounding regions. In 2009, Thirty magnetotelluric soundings were carried out in and around the Onikobe caldera. We have found the lower crustal conductor with N-S strike directions and its shallower continuation to the Onikobe caldera, which has E-W directions representing the E-W tectonic compression. In 2010, we had 30 more stations to the south of the Naruko volcano, covering 20km x 20km.

In addition to the wideband measurements, we have made long period measurements to image the upper mantle structure. We have 32 long period stations with 20km grid spacing in order to image the upper mantle.

We will show some preliminary results on those on-going measurements.

キーワード: 地殻流体, マグネトテルリック, 電磁, 比抵抗

Keywords: geofluid, magnetotellurics, electromagnetic method, resistivity

SCG060-23

会場:302

時間:5月25日 15:45-16:00

高圧下における流体相を含む地殻岩石の電気伝導度 Electrical conductivity of fluid-bearing crustal rock under high pressure

下宿 彰^{1*}, 芳野 極¹, 山崎 大輔¹

Akira Shimojuku^{1*}, Takashi Yoshino¹, Daisuke Yamazaki¹

¹ 岡山大学 地球物質科学研究センター

¹ Okayama University, ISEI

観測により測定されている下部地殻の電気伝導度の値は、実験により測定されている下部地殻を構成する岩石の電気伝導度の値と比較して高い値を持っていることが示されている。その理由として流体が存在し岩石の電気伝導度を増加させているという説が有力である (Shankland and Ander, 1982 など)。流体中に存在するシリケート成分は圧力が増加するに従い増加するため (Manning, 1994)、下部地殻に相当する圧力においては電気伝導度も増加するはずである。この研究では流体相を含む石英岩の電気伝導度を高温高圧下で測定し、下部地殻に存在する流体の量を考察する。

高圧実験は岡山大学地球物質科学研究センター設置の DIA 型高圧発生装置を使用した。圧力媒体にパイロフィライト、ヒーターにはグラファイトを使用した。出発物質には、予めピストンシリンダー型高圧発生装置で合成した流体を含む石英焼結体か又はチャートを用いた。電気伝導度測定にはインピーダンス測定法を用いた。電気伝導度測定中に流体が系から逃げないようにするために、石英単結晶カプセルを用い、試料を上下からモリブデン電極で挟み込むという試料部構成で電気伝導度測定を行った。圧力は 1 GPa で保持し、700-1450K の温度範囲において電気伝導度測定を行った。回収試料の組織観察を電界放射型走査型電子顕微鏡を用いて行った。また流体の量の見積もりにはフーリエ変換型赤外分光光度計を使用した。

石英岩の電気伝導度はフルイドフラクションの約 0.86 乗に比例して増加するという結果が得られた。得られた実験データから、東北地方やニュージーランドで観測されている高電気伝導度異常を説明するためには、約 10 wt. % の流体が必要であるという結果が得られた。10 wt. % は地殻に存在する流体の量として現実的ではないため、高電気伝導度異常は石英岩と流体だけでは説明することができないと考えられる。従って流体に溶け込む塩水の効果や、他のイオン種の効果を調べる必要がある。

キーワード: 電気伝導度, 流体, 地殻

Keywords: electrical conductivity, fluid, crust

SCG060-24

会場:302

時間:5月25日 16:00-16:15

火山岩組成から推定されるマントル温度構造

Comprehensive geochemical model for the melting of mantle metasomatized by slab-derived fluid

中村 仁美^{1*}, 岩森 光¹

Hitomi Nakamura^{1*}, Hikaru Iwamori¹

¹ 東京工業大学

¹Tokyo Institute of Technology

The chemical composition of a relatively undifferentiated volcanic rock in arc has the integrated information of the processes occurred beneath a volcano in the mantle wedge, such as material infiltration from the subducting slab and subsequent melting of the mantle. Here, we aim to reveal how the whole rock composition including isotopic ratios and trace element abundances can be quantitatively explained by a series of the relevant processes in the mantle, based on which we constrain the geochemical cycling and thermal structure in subduction zones.

We apply a mass balance model to the Quaternary volcanic rocks of Central Japan where the two oceanic plates obliquely subducts. The compositions of slab-derived fluids can be estimated starting from subduction and dehydration of oceanic crustal materials. Then the composition of fluid-metasomatized mantle, including the amount of slab-derived fluids, is estimated based on isotopic systematics as in Nakamura et al. (2008). The composition of subsequent product (i.e., primary arc magma) is then predicted from that of the estimated metasomatized mantle as a forward model. Finally, by optimizing two important parameters involved in the melting equation (i.e., degree of melting and garnet/spinel lherzolite ratio involved in the melting), we have been successful to inverse these parameters based on the observed compositions of volcanic rocks.

As a result, the condition of magma genesis beneath the Central Japan arc is characterized by relatively high fluid fractions, low melting degrees of melting and high proportions of garnet lherzolite in the melting source region, compared to those of neighboring arcs with single subducting plates. The low melting degree and high garnet contribution may imply a low geothermal gradient and near-solidus melting over the spinel-garnet transition depths, semi-quantitatively constraining the thermal structure beneath Central Japan. The results are consistent with the independent numerical modeling of the region, suggesting a cold environment due to overlapping subduction of the Pacific and Philippine Sea plates.

In spite of the cold environment, adakitic rocks commonly occur in the investigated region. The mass balance model of this study demonstrates that the high fluid fraction, low melting degree of garnet lherzolite (plus subsequent crystal fractionation that shifts the overall abundances without modifying the characteristic patterns such as Sr/Y ratio) may explain the adakite signature in the cold environment. We suggest that the mass balance model is a promising approach to constrain the fluid and melting processes as well as the mantle thermal structure in subduction zones.

キーワード: スラブ, スラブ起源流体, 地殻流体, 沈み込み帯, 火山, マグマ

Keywords: slab, slab-derived fluid, geofluid, subduction, magma, volcano