

# Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SCG066-01

会場:201A

時間:5月22日 10:45-11:00

## ユビキタス質量観測計が跡津川断層中のガスを監視する Ubiquitous gas monitoring system observed gases in the Atotsugawa fault

村上 雅紀<sup>1\*</sup>, 角森 史昭<sup>2</sup>, 杉本雅明<sup>2</sup>, 田中秀実<sup>2</sup>

Masaki Murakami<sup>1\*</sup>, Fumiaki Tsunomori<sup>2</sup>, Masaaki Sugimoto<sup>2</sup>, Hidemi Tanaka<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 京都大学, <sup>2</sup> 東京大学

<sup>1</sup>Kyoto University, <sup>2</sup>University of Tokyo

断層はガスの通り道となるため、断層運動に伴って現れるガスを検出する試みは Sugisaki (1978) などによって数多く行われてきた。それから 30 年経った今、我々は四重極質量分析計とガス精製ラインを改造し、屋外でガスをリアルタイムで観測できるガス質量観測計 (GROWDAS) の開発に成功した。この装置の開発によって、地震前後で変動するガスの挙動を (1) 無人で (2) いつでも (3) どこでも観測することができ、(4) 誰でも (5) どこからでも断層から湧き上がるガスを監視することができるようになった。この装置を用いて 2010 年 12 月より岐阜県跡津川断層でガスの観測を始めたので、その結果を紹介する。

SCG066-02

会場:201A

時間:5月22日 11:00-11:15

## 内陸地震の発生過程と地殻流体の役割 Generating process of intraplate earthquakes and roles of crustal fluids

飯尾 能久<sup>1\*</sup>  
Yoshihisa Iio<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 京都大学防災研究所

<sup>1</sup>DPRI,Kyoto Univ.

内陸地震の発生過程は、現在のところ、まだ十分には解明されていない。地震発生域の断層の応力がどのように増加するかということが大きな問題である。しかしながら、近年、下部地殻の不均質構造に着目した新しい考えが提案された。地震発生域の断層直下の下部地殻に、局所的に「やわらかい」領域が存在し、そこに変形が集中して、直上の断層に応力集中が起こるという考えである。実際に、近年精力的に行われている3次元の地震波速度や比抵抗構造の解析により、内陸大地震や断層帯の直下の下部地殻に、系統的に低速度異常、低比抵抗異常が見出されており(地震波速度については、Hasegawa et al.(2010)のレビュー参照、比抵抗については、例えば、飯尾(2010)を参照)。断層直下の下部地殻に局所的な「やわらかい」領域がある可能性を強く示唆している。この下部地殻の局所的に「やわらかい」領域の成因については、よく分かっていないが、沈み込むスラブから脱水した水により下部地殻が弱化されたためという考えがある(Iio et al., 2002)。それが、低速度・低比抵抗異常として検知されていると考えられる。

キーワード: 内陸地震, 下部地殻, 応力集中過程, 新潟-神戸歪集中帯, 地殻流体

Keywords: intraplate earthquake, lower crust, stress accumulation process, Niigata-Kobe tectonic zone, crustal fluid

SCG066-03

会場:201A

時間:5月22日 11:15-11:30

## 岐阜県割石温泉におけるラドンと湯量の観測 Radon and Discharge Water Observations in Wari-ishi Hot Spring, Gifu Prefecture

田阪 茂樹<sup>1\*</sup>, 松原 正也<sup>1</sup>, 松本 則夫<sup>2</sup>, 新谷 昌人<sup>3</sup>, 角森 史昭<sup>4</sup>, 佐藤 整尚<sup>5</sup>

Shigeki Tasaka<sup>1\*</sup>, Masaya Matsubara<sup>1</sup>, Norio Matsumoto<sup>2</sup>, Akito Araya<sup>3</sup>, Fumiaki Tsunomori<sup>4</sup>, SEISHO SATO<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 岐阜大学総合情報メディアセンター, <sup>2</sup> 産業技術総合研究所地質調査総合センター, <sup>3</sup> 東京大学地震研究所, <sup>4</sup> 東京大学理学系研究科地殻化学実験施設, <sup>5</sup> 統計数理研究所

<sup>1</sup>IMC, Gifu Univ, <sup>2</sup>Geological Survey of Japan, AIST, <sup>3</sup>ERI, Univ. Tokyo, <sup>4</sup>GCRC, Univ. Tokyo, <sup>5</sup>The Institute of Statistical Mathematics

岐阜大学では、岐阜県飛騨市の割石温泉において、ラドン・湯量・泉温の連続観測を実施している。1998年から、地下850mからの温泉中のラドン濃度と湯量の変動を観測している。2004年からは1秒間隔で0.25%の精度で湯量を計測している。ラドンと湯量の観測結果は、滞水層の間隙水圧の変化を介して、地球潮汐や地震発生にともなう地殻ひずみと関係していると考えられる。

本研究の目的は地震予知の観点から、ラドン濃度と湯量変動と地震波・地殻ひずみの関係性を明らかにして、地下水と地震の発生の関係を明らかにすることである。地下水解析は、1) ラドン観測方法と濃度変動、2) 流出量と地球潮汐にともなう地殻ひずみ、3) 流出量と地震波、4) 流出量と地震発生時の地殻ひずみ等の観点から行われた。

キーワード: ラドン, 温泉, 地震予知, 被圧地下水, 潮汐応答

Keywords: Radon, Hot Spring, Earth Quake Prediction, Discharge Underground Water, Tidal Response

SCG066-04

会場:201A

時間:5月22日 11:30-11:45

## 鎌倉観測点における透水係数の長期連続測定の結果について A continuous and long term monitoring of hydraulic conductivity at Kamakura

角森 史昭<sup>1\*</sup>

Fumiaki Tsunomori<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 東京大学理学系研究科

<sup>1</sup>University of Tokyo

昨年の連合大会で提案した、見かけの透水係数を連続観測する方法とそのデータ解析を紹介し、観測結果について議論を行う。

地震に先行する地下水化学成分濃度の異常変化のうちラドン濃度の変化は、帯水層を構成する岩石種と地下水を含んでいる空隙の構造によって支配されている。このうち、帯水層の透水係数は空隙率で決まることから、ラドン濃度の変化を理解するためには、ラドン濃度と透水係数の同時計測が重要である。

ラドン濃度分析のための間歇採水による水位低下の回復曲線を1時間のインターバルで記録した。この回復曲線から水位回復の時定数を Wylie の式に基づいて計算した。水位回復の時定数と井戸の幾何学的パラメータによって、井戸近傍の見かけの透水係数を求めた。

講演では、計算された見かけの透水係数の時系列の特徴について述べる。

キーワード: 地下水, 透水係数, 連続観測

Keywords: Groundwater, Hydraulic Conductivity, Continuous Monitoring

SCG066-05

会場:201A

時間:5月22日 11:45-12:00

## 2000年鳥取県西部地震と潜在的マグマ活動

### 2000 western Tottori earthquake triggered by latent magmatism: variations in the $3\text{He}/4\text{He}$ ratios in the source region

梅田 浩司<sup>1\*</sup>, 浅森 浩一<sup>1</sup>  
Koji Umeda<sup>1\*</sup>, Koichi Asamori<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 日本原子力研究開発機構

<sup>1</sup> Japan Atomic Energy Agency

A magnitude ( $M_j$ ) 7.3 intraplate earthquake occurred in the western Tottori area, southwest Japan, on 6 October 2000, where there was no apparent pre-faulting subsurface indication of the source fault of the 2000 earthquake. Magnetotelluric soundings were taken in and around the aftershocks occurred in order to image three-dimensional electrical resistivity structure at depths of up to 40 km, which could indicate an anomalously conductive body in the middle crust to the upper mantle on the southwest side of the source fault. Free gas and dissolved gases collected from groundwater wells around the seismic source region are characterized by  $3\text{He}/4\text{He}$  ratios several times higher than the atmospheric value; the highest value of 5.1 RA is similar to those of typical arc-related volcanic gases. Although alkali basalts of early Pleistocene age are sparsely distributed in the western Tottori area, the observed  $3\text{He}/4\text{He}$  ratios are higher than the calculated  $3\text{He}/4\text{He}$  ratio derived from the ancient magmatism, considering post-extrusive radiogenic ingrowth of  $4\text{He}$  by decay of U and Th included in the magma. Therefore, it is concluded that the geophysical anomaly imaged to the southwest of the source fault is attributed to latent magmatism in the present-day subduction system. Aqueous fluids separated from the cooling crustal magma could cause deep low-frequency earthquakes around the Moho discontinuity and migrate into the brittle upper crust. In addition, the presence of aqueous fluid is expected to weaken the crustal materials. Locally anelastic deformation, implying notable compressive deformation in the E-W direction, was observed in the region where aftershocks were distributed. Under overpressure conditions, the existing fault could serve as a pathway for aqueous fluids expelled from magma with high  $3\text{He}/4\text{He}$  ratios, so that the upwelling of overpressurized fluids toward the Earth's surface results in the emanation of groundwaters with high  $3\text{He}/4\text{He}$  ratios along the trace of the source fault segments.

Keywords: 2000 western Tottori earthquake, helium isotope, latent magmatism

SCG066-06

会場:201A

時間:5月22日 12:00-12:15

## 低温 ( 25 - 45 )・低有効応力 ( 0.5 MPa ) における石英砂の圧力溶解 Experimental evidence for pressure solution of quartz aggregate with small effective stress (0.5 MPa) at 25 - 45C

宮川 和也<sup>1\*</sup>, 楊 天石<sup>1</sup>, 川邊 岩夫<sup>1</sup>  
Kazuya Miyakawa<sup>1\*</sup>, Tianshi Yang<sup>1</sup>, Iwao Kawabe<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学 環境学

<sup>1</sup>Nagoya University

Dissolution rates of pressure solution (PS) of quartz sand in 0.002 M NaHCO<sub>3</sub> solution were experimentally determined at low temperatures (25? to 45?C) and low effective stresses (0.32 to 0.51 MPa) under conditions far from equilibrium. They were  $1.5\pm 0.4 \times 10^{-15}$  (25?C),  $2.1\pm 0.3 \times 10^{-15}$  (35?C) and  $2.7\pm 0.7 \times 10^{-15}$  (45?C) (Si mol/cm<sup>2</sup>/sec), respectively. The ratios of the dissolution rates of PS to those of quartz sand at zero effective stress were 4.0 $\pm$ 1.2 (25?C), 3.0 $\pm$ 0.6 (35?C) and 2.4 $\pm$ 0.6 (45?C), respectively. In response to a step-like increase of applied uniaxial loads, the dissolution rates of PS increased definitely at first, but the dissolution rate decreased gradually in the course of keeping the effective stress constant. After the effective stress was removed, there was a tendency that the dissolution rate increases more or less again. The apparent activation energy of our PS experiments was calculated to be approximately 24 kJ/mol, and this value is smaller than that of dissolution reaction of quartz sand at effective stress = 0. Our results clearly show that even at such low temperatures and low effective stresses, Si release into solution as a result of PS can be detected. Actually, when the stress is applied to a cracked granitic medium involving a groundwater flow system, the Si concentration in groundwater may be increased as a result of PS. This is interesting if there are available monitoring data as to dissolved Si in the groundwater for the purpose of earthquake prediction. We suggest that our study would help formulate a new method for the geochemical earthquake prediction study on the basis of pressure solution of SiO<sub>2</sub>.

キーワード: 圧力溶解, 石英砂, 地震予知

Keywords: pressure solution, quartz dissolution, earthquake prediction

SCG066-07

会場:201A

時間:5月22日 12:15-12:30

## 台湾チェルンブ断層 Hole B 掘削コアにおける断層摩擦熱の ESR 熱年代学的研究 ESR thermochronological studies on frictional heating events in the Taiwan Chelungpu fault drilling project Hole B cores

福地 龍郎<sup>1\*</sup>, 今井 登<sup>2</sup>, 徐 垣<sup>3</sup>, 宋聖榮<sup>4</sup>

Tatsuro Fukuchi<sup>1\*</sup>, Noboru Imai<sup>2</sup>, Wonn Soh<sup>3</sup>, Sheng-Rong Song<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 山口大学大学院理工学研究科, <sup>2</sup> 産業技術総合研究所, <sup>3</sup> 海洋研究開発機構, <sup>4</sup> 国立台湾大学

<sup>1</sup> Yamaguchi University, <sup>2</sup> AIST, <sup>3</sup> JAMSTEC, <sup>4</sup> National Taiwan University

台湾チェルンブ断層掘削計画 (TCDP) が、沈み込み帯における破砕過程を解明するために 1999 年集集地震後の 2002 年に開始され、深部でチェルンブ断層面を貫通する 2 つの主要掘削孔 (Hole A 及び B) から連続コア試料が採取された [Ma et al., 2006]。Hole B コアでは、深度 1136m 付近, 1194m 付近及び 1243m 付近に 3 つの主要断層帯が存在しており [Hirono et al., 2007]、様々な分析手法を使用して精密解析を行った結果、1136m 付近の断層ガウジ帯 (BGZ1136) が 1999 年集集地震発生時に活動した可能性が最も高いと考えられている。これまで行われた幾つかの研究によると、BGZ1136 からは高磁化率及び無機炭素の低含有量が検出されており、地震に伴う摩擦熱作用により生じた可能性があることが報告されている [Ikehara et al., 2007; Hirono et al., 2007]。一方、X 線回折分析の結果では、BGZ1136 からはスメクタイト、緑泥石及びイライトが検出され [Hashimoto et al., 2008; Hirono et al., 2008]、特にイライトの含有量は周囲の断層岩と比べて極端に増大していることが明らかとなり、BGZ1136 においてスメクタイト - イライト化作用が発生したことを示唆している [Hirono et al., 2008]。しかし、摩擦熱作用は瞬間的にドライな状態を引き起こすと考えられるので、スメクタイト - イライト化作用のような熱平衡状態化で進行する熱水反応は摩擦熱作用と同時に起こり得ない。そこで筆者らは、電子スピン共鳴 (ESR) を利用した Hole B コア中の 1136m 主要断層帯の熱解析を実施した。その結果、BGZ1136 からは摩擦熱の著しい発生を示す証拠であるフェリ磁性共鳴 (FMR) 信号の異常は検出されず、マグヘマイトの小さい FMR 信号が検出された。更に磁力計による磁気分析を行った結果、黒色ガウジは周囲の断層岩よりもずっと高い保磁力を示しており、過去の摩擦熱作用により生成したマグヘマイトが熱水反応によりヘマタイトに変態した可能性が高いことが明らかとなった。

今回、筆者らは石英中の空孔に捕獲された不対電子に起因する常磁性信号である E<sub>1</sub>' 中心を使用した熱年代学的解析を新たに実施した [Fukuchi & Imai, 2001]。段階加熱実験 (5 分間) によると、通常、E<sub>1</sub>' 中心は 200-300 °C で増大し、300-350 °C で飽和状態となり、450 °C でほとんど消滅する。BGZ1136 中の E<sub>1</sub>' 中心は周囲の断層岩中のもの比べて著しく減少しており、黒色ガウジは 400 °C を超える熱を被っている可能性が高い。1136m 主要断層帯の周辺には火成岩や変成岩が存在しないので、断層摩擦熱が唯一の熱源として考えられる。一方、黒色ガウジ中の E<sub>1</sub>' 中心は 250 °C 以上の加熱で著しく増大し、約 350 °C で最大強度となる。このことは、集集地震時には BGZ1136 は 250 °C で 5 分間の加熱を超える熱を被らなかつたことを意味しており、マグヘマイトの FMR 信号から得られる結果とも一致している。従って、BGZ1136 から検出された 400 °C を超える熱は、集集地震よりも前に発生した可能性が高い。E<sub>1</sub>' 中心を用いて黒色ガウジの生成年代を見積った結果、黒色ガウジは 5 万年前以前の太古の摩擦熱作用で生成したと推定される。ESR 熱年代学的手法を深部掘削コアに適用することにより、約 1 千年前以前の地震摩擦熱イベントを同定できる可能性がある。

### [ 引用文献 ]

Fukuchi, T. & Imai, N., 2001, *Island Arc*, 10, 467-478.

Hashimoto, Y. et al., 2008, *eEarth*, 3, 1-6.

Hirono, T. et al., 2007, *JGR*, 112, B07404, doi:10.1029/2006JB004738.

Hirono, T. et al., 2008, *GRL*, 35, L16303, doi:10.1029/2008GL034476.

Ikehara, M. et al., 2007, *Geochem. J.*, 41, 391-396.

Ma, K.-F. et al., 2006, *Nature*, 444, 473-476, doi:10.1038/nature05253.

キーワード: 電子スピン共鳴, E' 中心, チェルンブ断層, 断層ガウジ, 摩擦熱, 熱年代学

Keywords: electron spin resonance, E' center, Chelungpu fault, fault gouge, frictional heat, thermochronology