

瑞浪超深地層研究所立坑内およびその周辺域で観測された平成28年
(2016年) 熊本地震の地震動に伴う間隙水圧／地下水位変化
Co-seismic pore pressure/groundwater level changes associated with
the 2016 Kumamoto Earthquake (Mj7.3) in and around Mizunami
Underground Research Laboratory

*浅井 康広¹、石井 紘¹、村上 理¹

*Yasuhiro Asai¹, Hiroshi Ishii¹, Osamu Murakami¹

1. 公益財団法人 地震予知総合研究振興会 東濃地震科学研究所

1. Tono Research Institute of Earthquake Science, Association for the Development of Earthquake Prediction

2016年4月16日に発生した平成28年(2016年)熊本地震(Mj7.3)の地震動に伴う指数関数的な間隙水圧／地下水位変化が震源距離665kmの瑞浪超深地層研究所(MIU)内観測点STG200 NおよびSTG200観測点、MIUの南約500mに位置するTGR350観測点で観測された(Asai et al, JPGU2016)。

昨年の報告では変化が進行途中であったが、その後各観測点の間隙水圧変化および水位変化は6月5日でそれぞれ変化のピークを迎え、STG200Nで30kPa、STG200で28 kPa水圧が上昇しその後減少、TGR350では2.3m水位が上昇しその後低下している。変化の様子は異なるが、MIU立坑内300m深度のSTG300観測点やMIUから北西に約1km離れたSBS105観測点など近傍観測点においても地震動に伴う水位変化が観測されている。

講演ではこれらの間隙水圧／地下水位変化記録の紹介を行い、観測点近傍の水理地質構造を考慮した間隙水圧変化／水位変化の定性的／定量的モデルについての議論を行う。

キーワード：平成28年(2016年)熊本地震(Mj7.3)、地震地下水応答、岐阜県東濃地域

Keywords: The 2016 Kumamoto Earthquake (Mj7.3), Co-seismic pore pressure/water level changes, Tono region, Gifu, central Japan

道後温泉の地震後の水位変化について

Postseismic Well Water Level Changes at the Dogo Hot Spring in Japan

*小泉 尚嗣¹、木下 千裕²

*Naoji Koizumi¹, Chihiro Kinoshita²

1. 滋賀県立大学環境科学部、2. 京都大学防災研究所

1. School of Environmental Science, the University of Shiga Prefecture, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

愛媛県松山市の道後温泉は、日本で最も有名かつ古い温泉の1つである。過去の南海地震に対して、地震時には自噴の停止や水位の低下を生じ、その後、自噴や水位の回復を繰り返してきた事で知られている。道後温泉の水位について、1946年南海地震後の3ヶ月程度のデータおよび1985-2015年の31年のデータを解析した。この水位データがある期間中、または、期間直前に、松山市では震度4以上の地震が5回発生し、それに伴う道後温泉の水位変化を分析できた。地震発生後1日目以降の水位に注目すると、5回とも水位は上昇する。その上昇のパターンは非常によく似ていて、指数関数的な収束の様子を示す。この地震後の水位上昇については、地下水の運動に関する基礎方程式（一種の拡散方程式）を用いて説明できる。拡散方程式の拡散係数が変化しているかどうかについては確認出来なかった。

キーワード：地下水、道後温泉、拡散方程式、地震動、南海地震

Keywords: Groundwater, Dogo hot spring, Diffusion equation, Seismic shaking, Nankai earthquake

平林観測点における長期水位観測から求めた透水係数の変化 Changes in permeability in the Hirabayashi well estimated by long-term groundwater-level observation

*松本 則夫¹、佐藤 努¹、宮越 昭暢¹

*Norio Matsumoto¹, Tsutomu Sato¹, Akinobu Miyakoshi¹

1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター

1. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

平林観測井は1996年に野島断層を深さ623.1～625.3 mで貫いて掘削された井戸である。その後現在まで地下水位の観測を継続している。地下水位観測から求めた透水係数は1996～2006年までほぼ一定で、その後徐々に小さくなり、2011年東北地方太平洋沖地震と2013年淡路島の地震後に一時的に上昇したことがわかった。揚水試験は掘削直後と2000年、2016年1月に行なった。3回の揚水試験から求めた透水係数は、水位観測から求めた透水係数とほぼ一致した。2016年1月の揚水直後に行なった温度検層の結果より、平林観測井での主な帯水層はケーシングに対し穿孔が行なわれた深さ630～650mではなく、200m以浅であることがわかった。

キーワード：透水係数、地下水位、揚水試験

Keywords: permeability, groundwater level, pumping test

北勢観測点の井戸の密閉による地下水位の地殻歪応答の改善

Improvement of the response of groundwater level to crustal strain by the sealing of the observation well at the Hokusei observation site

*北川 有一¹、松本 則夫¹

*Yuichi Kitagawa¹, Norio Matsumoto¹

1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター地震地下水研究グループ

1. Tectono-Hydrology Research Group, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

南海トラフのプレート境界で発生する短期的SSEの推定において、愛知県西部から三重県北部の地域に高感度な地殻変動・地下水の観測点がないことが課題の一つである。地下水位の地殻変動への応答を改善することを目的として、2016年5月に三重県北部に位置する北勢観測点の観測井戸（内管）を、パッカーを用いて密閉した。

観測の対象とした帯水層の透水係数が小さいため、密閉前の地下水位は地殻歪変動への応答が悪かった。密閉後は、地下水位（水圧）に潮汐変動が明確に現れ、地下水位（水圧）の地殻変動への応答は改善された。密閉後の地下水位（水圧）の地殻歪応答は密閉前の約10倍に改善した。

地下水位（水圧）データから潮汐成分・気圧応答・降雨応答を除去することで、2016年7月と12月に伊勢湾周辺で発生した深部低周波微動活動に同期した地下水位（水圧）変化を捉えられた。地下水位（水圧）変化は短期的SSEによる地殻変動で生じたと期待されるので、短期的SSEの断層モデルから予測される地下水位（水圧）変化と検出した変化との比較を行う。

キーワード：地下水、歪感度、密閉井戸、スロースリップイベント

Keywords: groundwater, strain sensitivity, closed well, slow slip event

Helium measurements by passive diffusion samplers hanged in a borehole in Beppu, Japan

*柴田 智郎¹、高畑 直人²、佐野 有司²

*Tomo Shibata¹, Naoto Takahata², Yuji Sano²

1. 京都大学大学院理学研究科、2. 東京大学大気海洋研究所

1. Graduate School of Sciences, Kyoto University, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

Helium concentrations and its isotopic ratios in spring water are potentially powerful tools for crustal tectonic and thermal events, and could serve as tracers in resolving contribution of mantle-derived fluid. However, helium gas in spring water is directly sampled on sites and often collected with its coexisting water. A new passive diffusion sampler, which is just set up at any sites, can collect only helium gas dissolving in water (Dame, 2015). The sampling devices allow gas exchange between the head space in the sampler volume and the dissolved gases in the water through gas permeable silicon tubing. Here, we measured helium concentrations and its isotopic ratios in a borehole in Beppu, Japan, and obtained their depth profile.

Beppu is located on east end of subsidence of the Beppu-Shimabara Graben in Kyushu Island, southwest Japan (Matsumoto, 1979), and is a famous area as a geothermal system. The geothermal system is situated on the eastern flanks of the Tsurumi-Garandake volcanic center and spread until the coastline to the east. The geothermal activity is mostly concentrated in two areas, on the northern and southern sides of the fan deposit. These two areas are known as the Kamegawa and Beppu thermal zones, which are along with two faults, the Kamegawa and Asamigawa faults, respectively (Allis & Yusa, 1989). Therefore, it is worthwhile to attempt to find depth profile of helium signal in this area.

The sampling devices were installed every 50 m from near bottom of the well to the surface in the periods of July 13th-15th, August 21st-24th, 2015 and May 31st-June 3rd, 2016. The collected gases were measured by a noble gas mass spectrometer (Helix SFT; GV Instrument) installed at Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo.

Helium concentrations and isotope ratios (³He/⁴He) are gradually lower, as setting depth becomes shallow. The ³He/⁴He ratios range from 1.0-2.2 R_a under water surface to 6.3-7.1 R_a (R_a=1.4×10⁻⁶) at the bottom of a borehole. The high ³He/⁴He ratios are within range reported for mantle-derived magma at subduction zones (e.g., Hilton et al., 2002). The MORB-type helium could enter the borehole with hot spring water around the bottom. The observed variation in the ³He/⁴He ratios are the result of binary mixing of magma and air components.

References

- Allis R.G. and Yusa Y. (1989) Fluid flow processes in the Beppu geothermal system, Japan. *Geothermics*, 18, 743-759.
- Dame et al. (2005) Developing a new, passive diffusion sampler suite to detect helium anomalies associated with volcanic unrest. *Bull. Volcanol.*, 77:23, doi10.1007/s00445-015-0912-4.
- Hilton et al. (2002) Noble gases and volatile recycling at subduction zones, in *Noble Gases in Geochemistry and Cosmochemistry*, D. Porcelli, C.J. Ballentine, R. Wieler (Eds.), *Rev. Mineral. Geochem.*, 47, 319-370.
- Matsumoto Y. (1979) Some problems on volcanic activities and depression structure in Kyushu, Japan. *The memoirs of the Geological Society of Japan*, 16, 127-139.

キーワード：ヘリウム、同位体比、受動拡散サンプラー、別府温泉井

Keywords: helium, isotope ratio, passive diffusion sampler, borehole in Beppu

格子ボルツマン法を用いたフラクチャー内の流体挙動の特徴化とその代表要素体積

Fluid behavior in fracture and its representative elementary volume using Lattice Boltzmann Method

*幾尾 憲伍¹、蔣 飛^{2,3}、辻 健^{3,1}

*Kengo Ikuo¹, Fei Jiang^{2,3}, Takeshi Tsuji^{3,1}

1. 九州大学大学院工学府地球資源システム工学専攻、2. 山口大学大学院機械工学科、3. 九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所

1. Department of Earth Resources Engineering, Graduate school of engineering, Kyushu University, 2. Department of Mechanical Engineering, Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University, 3. International Institute of Carbon Neutral Energy Research, Kyushu University

断層に沿った流体挙動は、断層周辺の間隙水圧に影響を与えるため、断層活動に関連するとされている。また、断層内の流体挙動は、地震後の断層回復過程や鉱物化に強い影響を与えられている。フラクチャーの浸透率は一般的に室内実験で測定される。一方、デジタル化したフラクチャーモデルに対して数値シミュレーションを適用して、浸透率を計算した研究例は少ない。本研究では格子ボルツマン法を用いた数値シミュレーションで、フラクチャー内における浸透率を正確に算出した。数値シミュレーションでは温度やフラクチャーの開口幅といった貯留層のパラメータを自由に变化させ、その浸透率への影響を調べることができる。今回は、せん断を受けたフラクチャーモデルと、せん断を受けていないフラクチャーモデルの2種類を用いた(Ishibashi et al.,2014)。それらのフラクチャーをデジタル化した後、格子ボルツマン法でフラクチャー内の流体挙動を計算した。シミュレーション結果を検証するために、数値シミュレーションで得られた浸透率を室内実験におけるものと比較したところ、整合的であることがわかった。次に、フラクチャーモデルの水理学的特性の代表要素体積 (REV) を評価した。本研究では、モデル全体の領域から小さな領域(小さなフラクチャーモデル)を抜き出して、小さなフラクチャーモデルの浸透率をLBMによる数値シミュレーションで計算した。フラクチャーモデルが小さいときは、浸透率にばらつきが見られたが、サイズが全体のモデル(縦0.15m、横0.1m)に近づくと、浸透率は均一に収束する傾向が見られた。このことから、本研究で用いたフラクチャーモデルのREVは0.1m程度であることが示された。REVよりも小さなフラクチャーモデルの水理学的特性は、不均質性の影響を大いに受けるため、数値シミュレーションで、供試体のREVを推定できることは大きな利点である。

キーワード：フラクチャー、浸透率、格子ボルツマン法、代表要素体積

Keywords: fracture, permeability, Lattice Boltzmann Method, Representative Elementary Volume

