

2011年東北地方太平洋沖地震前 ($M_W = 9.0$) の大気中ラドン濃度の顕著な変動 Significant fluctuations in the atmospheric radon concentration in Fukushima before the 2011 Tohoku Earthquake

安岡 由美^{1*}, 長濱 裕幸², 鈴木 俊幸³, 本間 好³, 久保田 和人⁴, 片岡 賢英⁵

YASUOKA, Yumi^{1*}, NAGAHAMA Hiroyuki², SUZUKI Toshiyuki³, HOMMA Yoshimi³, KUBOTA Kazuhito⁴, KATAOKA Yasuhide⁵

¹ 神戸薬科大学, ² 東北大学大学院理学研究科, ³ 福島県立医科大学, ⁴ 東京大学医科学研究所, ⁵ 慶應義塾大学

¹Kobe Pharmaceutical University, ²Graduate School of Science, Tohoku Univ., ³Fukushima Medical University, ⁴The University of Tokyo, ⁵Keio University

Introduction The Tohoku earthquake ($M_W = 9.0$) occurred in 11 March 2011. From the continuous GPS measurement of the northeastern Japan before the earthquake, Suito et al. (2011) reported that the significant post-seismic deformation of three GPS sites in Fukushima after M7-class interplate earthquakes occurred along the Japan trench in 2005, 2008 and 2010. We obtained the atmospheric radon concentration at Fukushima Medical University (FMU: Fukushima city), University of Tokyo (IMSUT: Minato-ku, Tokyo) and Keio University (KU: Shinjuku-ku, Tokyo). The daily minimum Rn-222 concentration (radon data) is considered to reflect the wide area radon concentration in the atmosphere. Before the Kobe earthquake, the fluctuations in the radon data were linked to the fluctuations in crustal strain of the order of 10^{-6} to 10^{-8} (Yasuoka et al., 2011). In this paper, we analyzed whether the variations in daily minimum radon concentration at FMU, IMSUT and KU were changed significantly before the Tohoku earthquake.

Method The 3 radon data were measured with air flow ionization chambers (DGM-101 Hitachi Aloka Medical, Japan: exhaust air monitors at the radioisotope institutes) at FMU (outside air from about 7 m), IMSU (outside air from about 6.5 m) and KU (outside air from ground level). The variations of the radon data were smoothed during the measured period with exponential smoothing. The normal period (before 2007) was decided before the occurrence of the 3 peaks at FMU (see results and discussion). The seasonal variations during the normal period, which were calculated by using the daily minimum, were smoothed with exponential smoothing. The residual radon variations represented the smoothed radon data with the smoothed normalized seasonal variations removed (Yasuoka et al., 2012). Predicted value with ARIMA model (Yasuoka et al., 2011) is used to evaluate whether random variation is exceeding its range of normal variation. Using the residual radon variations before 2007, we estimated the predicted values (the upper 95% confidence limit, fitting line and lower 95% limited confidence) after 2008 (Yasuoka et al., 2011).

Results and discussion The residual radon variations started to decrease from around 2003 at FMU, IMSUT and KU. The residual radon variation at FMU had the 3 peaks exceeding 95% limited confidence line from 2008 to 2010. The residual radon variation at IMSUT had the 2 peaks in 2009 and 2010, which could be linked to the 2 peaks at FMU in the same period, while, they remained between the upper and lower confidence limit. The variation of the radon data at KU showed the same trend of the variation at IMSUT. From the comparison with the GPS time series of E-W component before the 2011 Tohoku earthquake (Suito et al., 2011), it is possible that the 3 peaks in FMU could be linked to the coseismic and postseismic deformation of the earthquakes that occurred along the Japan trench in 2008 and 2010.

Reference

Suito, H., Nishimura, T., Tobita, M., Imakiire, T., Ozawa, S., 2011. Interplate fault slip along the Japan Trench before the occurrence of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake as inferred from GPS data. *Earth Planets Space* 63, 615 -619.

Yasuoka, Y., Nagahama, H., Ishikawa, T. (Eds.), 2011. Anomalous Radon Concentration Prior to an Earthquake, LAP Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, Germany, 138p.

Yasuoka, Y., Kawada Y., Omori Y., Nagahama, H., Ishikawa T., Tokonami, S., Masahiro Hosoda, M., Hashimoto, T., Shinogi, M., 2012. Anomalous change in atmospheric radon concentration sourced from broad crustal deformation: A case study of the 1995 Kobe earthquake. *Appl. Geochem.*, (in press).

doi:10.1016/j.apgeochem.2011.12.018

キーワード: ラドン, 東北地方太平洋沖地震, GPS, 大気, 前兆

Keywords: radon, Tohoku earthquake, GPS, air, earthquake prediction

脱ガスに伴う溶存ガス組成の変化 Dissolved gas composition changes by degassing processes

宮川 和也^{1*}, 天野 由記¹, 村上 裕晃¹, 岩月 輝希¹

MIYAKAWA, Kazuya^{1*}, AMANO, Yuki¹, MURAKAMI, Hiroaki¹, IWATSUKI, Teruki¹

¹ 日本原子力研究開発機構

¹ Japan Atomic Energy Agency

高レベル放射性廃棄物の地層処分では、地下深部の地質環境（地下水流動、地下水水質、物質移動特性など）の把握と、掘削影響の評価が重要となる。地下水中の溶存ガスの空間分布や化学組成は、長期的な地層の続成過程における化学プロセスや溶存ガスが保存されてきた地質条件（断層の連結性・連続性や岩盤の透気特性など）を考察するための例証となる。

日本原子力研究開発機構は、堆積岩地域を対象として北海道北部幌延町にある幌延深地層研究所において、広域的な地下水流動に関連する水理地質構造や地下施設の建設に伴う掘削影響を把握するため、複数地点で試錐調査を行っている。この地域では、新第三系の増幌層（礫岩・砂岩・泥岩の互層）、稚内層（主にオパールCTよりなる珪質泥岩）、声問層（主にオパールAよりなる珪藻質泥岩）、新第三系・第四系の勇知層（細粒砂岩）、第四系の更別層（礫・砂・シルト・泥・亜炭の互層）および更新世末・完新世の堆積物が分布している。

本研究では、各試錐孔掘削時の岩芯ガス組成と溶存ガス組成を、各試錐孔掘削時の調査報告書（e.g., Ota *et al.*, 2010, JAEA-Research）から調べ、地下施設の掘削前における溶存ガスの特性や分布をまとめた。溶存ガスの主成分はメタンと二酸化炭素である。メタンの主要な起源は、地下での微生物活動によるものであることが、炭素と水素の同位体比分析の結果から報告されている。二酸化炭素もまた微生物による有機物の分解などにより生成される。溶存ガスに含まれる成分の中で、地下で生成される量が比較的少ないものとして Ar が考えられる。ガスの組成は主成分量の増減によって大きく変化し得るので、地下で変化量の少ない成分との濃度の比をとることによって、各ガス組成の量の増減についてより詳細に見ることができる。そこで、CH₄/Ar 濃度比と CO₂/Ar 濃度比の関係に着目した。

4本の試錐孔（HDB3, 4, 5, 6）の掘削時の溶存ガス組成の CH₄/Ar 濃度比を縦軸にとり、CO₂/Ar 濃度比を横軸にとったプロットを作成すると、傾きが8程度の直線の相関が得られた（図1）。このことから、本地域では地下で生成されるメタンと二酸化炭素の量比は空間的におよそ一様であることが分かった。また、浅い深度で得られた試料ほど図の左下にプロットされ、深い深度で得られた試料ほど図の右上にプロットされる傾向がある。このことは、深度が深いほど地下水の滞留年代が長く、メタンと二酸化炭素の蓄積量が多いためであると考えられる。

地下で生成・蓄積されたガスは、地下施設の掘削などによる圧力の解放によって脱ガスする。メタンと二酸化炭素の水への溶け易さの指標としてヘンリー定数を見ると、二酸化炭素の方がメタンより約10倍程度溶解度が大きい。このことは、二酸化炭素と比較してメタンの方が、脱ガスによって大気中に放出され易いことを示していると解釈できる。つまり、脱ガスが進行するほど溶存ガス組成の CH₄/CO₂ 比が小さくなっていく可能性が示唆される。試錐調査が行われた時は地下施設の掘削前であり、その時の CH₄/CO₂ 比は先に述べた通り約8である。2011年2月に地下施設の深度約210mから得られた地下水試料の溶存ガス組成の CH₄/CO₂ 比は約0.7である。現在までに得られているこれらの時間変化のデータは、脱ガスが進行するほど溶存ガス組成の CH₄/CO₂ 比が小さくなる可能性を支持している。今後、この解釈をより確かにするために、地下施設内での溶存ガス組成の分析を行い、新たな時系列データと併せて考察を行いたい。このことによって、地下水中の溶存ガスの品質管理や掘削影響の程度の新たな指標としての可能性を検討したい。

キーワード: 溶存ガス, 脱ガス, メタン, 二酸化炭素

Keywords: dissolved gas, degassing, methane, carbon dioxide

SCG70-P02

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 17:15-18:30

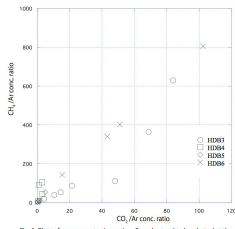


Fig. 1 Plots of gas concentration ratios. Samples tend to be plotted at the upper right with increasing depth.

中伊豆観測点で観測された地下水溶存ラドン濃度の変化について Radon concentration change monitored at Nakaizu (SKE) well

角森 史昭^{1*}, 田阪 茂樹²

TSUNOMORI, Fumiaki^{1*}, TASAKA, Shigeki²

¹ 東京大学理学系研究科地殻化学実験施設, ² 岐阜大学総合情報メディアセンター

¹Graduate School of Science, Univ. of Tokyo, ²IMC, Gifu University

中伊豆観測井で1976年から継続されている地下水ラドン濃度の連続観測の結果と2011年の東北地方太平洋沖地震前後でのラドン濃度変化の結果について報告する。

中伊豆観測井では、1976年より地下水に溶存しているラドン濃度の観測が継続されてきた。1978年の伊豆大島近海地震の前に観測されたラドン濃度の低下は、伊豆半島で観測されていた水温や水位、そして体積歪み計のデータとも一致したことから、地震の先行現象と信じられている(Wakita 1980,1996)。しかしながら、それ以降、同様な現象は観測されることはなかった(Wakita 1996)。

観測装置が耐用年数を大幅に超えていたため、2010年10月に新たな観測装置に更新して観測を継続した。2010年12月に溶存ラドン濃度の上昇が始まった。ラドン濃度は、2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震のあと上昇が停止し、地震発生後60日程度経過して低下を始めた。現在は2010年10月のレベルに戻っている。

今回の地震に関連した先行現象の報告がほかにないため、我々が観測した現象を、Wakita(1980)やIgarashi(1995)などと同じように評価をすることが出来ない。もしこの現象が先行現象であるならば、近い将来に起きると考えられる大きな地震の前にも似たような変化を示すことが予想されるため、今後もこの観測点のラドン濃度を注視して行く予定である。このスタンスは、旧態と何ら変わりはないかもしれないが、Tsunomori(2010)において議論した現象のメカニズムの妥当性を検証する上で重要であると考えている。

キーワード: ラドン, 伊豆半島, 東北地方太平洋沖地震

Keywords: Radon, Izu Peninsula, the Tohoku Earthquake

日本の温泉分布様式およびそれらの化学的な特徴 Distribution and chemical characteristics of hot springs in Japan

田中 秀実^{1*}, 杉本 雅明¹, 照沢 秀司¹, 村上 雅紀², 角森 史昭³

TANAKA, Hidemi^{1*}, SUGIMOTO, Masaaki¹, TERUSAWA, Shuji¹, MURAKAMI, Masaki², TSUNOMORI, Fumiaki³

¹ 東京大学大学院理学系研究科, ² 株式会社エムティブレン, ³ 東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設

¹School of Science, The University of Tokyo, ²MTBrain, ³Laboratory for Earthquake Chemistry, Graduate School of Science, University of Tokyo

温泉水は、地殻内の流体が、周囲の岩石と化学反応を起こし、また地下の熱源に直接、間接に接触することが多いため、その化学的性質は地表の水と大きく異なっている。温泉水は地殻内部の岩石の分布や状態の物理化学的性質を反映して、その化学的性質を変化させていることは疑いないが、地殻内部の岩体の多様性および分布の不均一性、流体通路の不明瞭性が主な障壁となって、地殻の内部状態を判断する素材としての性能は高くないものと見なされてきた。

しかし、最近の同位体をはじめとした流体化学計測技術の進歩、およびその知見の積み重なりによって、流体の(同位体)化学組成、およびその分布から、流体の起源を推定することが、限定的ながら次第に可能になってきている。

断層帯、特に断層破砕帯は、周囲の母岩に比して高い透水性を持つことについて、我々が報告して以来、(Lockner 2000)、台湾車籠埔断層、および日本各地の化石地震(断層)帯で次々と確認されてきている。また、同時に(活)断層線に沿って点々と湧出する温泉は、国内外を問わず、普遍的に観察される。すなわち、温泉水をはじめとする地殻内流体は、天水が地下浅部を循環したものであれ、地下の非常に深い部分から上昇したものであれ、とにかく断層破砕帯を通して地表に流出している状態はごく普通に観察される、ということになる。

これらの状況を鑑みて、最近の約10年間、我々は断層帯を流通する流体の化学組成の特徴を把握し、その経時変動を追跡する技術確立することを第一段階の目標に置き、跡津川断層に設立した観測点を基点として、研究資源を集中して来た。観測技術の構築も一段落し、その概要は村上他および一部角森他によって今大会で報告される。

観測技術の確立と並行して、最近数年間は、流体観測に好適な断層帯の探索をも進めてきた。環境省の温泉利用状況報告(2011)によると、我が国には温泉源泉総数は約2.7万カ所以上もある。これらの源泉位置、採湯深度、化学組成データを得ること、およびそれらの広域における分布特性を調べることで、さらに、活断層と泉質を対比する研究を継続している。これらの成果は杉本他および照沢他によって今大会で報告される。

本発表では、上記の各研究発表を補足することを目的とし、我々のチームで現在までに得られている各種の日本の温泉の化学組成マップを公開する。

キーワード: 地殻流体, 温泉, 日本, 分布, 化学組成の特徴

Keywords: geo-thermal fluid, hot spring, Japan, distribution, chemical characteristics