

## Investigation on the temporal change in attenuation within ruptured fault zone of the 1999 Chi-Chi, Taiwan earthquake Investigation on the temporal change in attenuation within ruptured fault zone of the 1999 Chi-Chi, Taiwan earthquake

MA, Kuo-fong<sup>1\*</sup>; WANG, Yu-ju<sup>1</sup>  
MA, Kuo-fong<sup>1\*</sup>; WANG, Yu-ju<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Earth Sciences, National Central University

<sup>1</sup>Department of Earth Sciences, National Central University

Attenuation, noted as  $1/Q$ , had been considered as a geophysical parameter related to the fluid content, temperature and fracture of the medium. The attenuation parameter related to S-wave named as  $Q_s$  has more significant indication to the factors indicated above. The damage zone of a large earthquake was often considered as a fracture zone, especially the hanging wall of a thrust faulting earthquake, which suggests a zone with possible high attenuation (decrease in  $Q$ ). Earlier  $Q_p$  and  $Q_s$  tomography studies revealed the feature with high attenuation on the hanging wall of the ruptured Chelungpu fault of the 1999 Chi-Chi earthquake. To examine the attenuation character in the rupture fault, we further investigate the temporal variation of the attenuation, specifically in  $Q_s$ , within the hanging wall before, following and after the earthquake. We observed a decreasing in  $Q_s$  within the fault rupture zone two years following the 1999 Chi-Chi earthquake by  $Q_s$  tomography images and an analysis of single-path  $Q_s$  near the Chelungpu fault. The synthetic and sensitivity tests of the  $Q_s$  determination were carried out accordingly to justify the temporal variation. A  $Q_s$  value within the hanging wall above the hypocenter was determined to be 157 two years following the Chi-Chi earthquake, which is significantly lower than the values of 238 and 289 prior to and two years after the main shock, respectively, from the  $Q_s$  tomography. Similar values using a signal-path  $Q_s$  analysis, from events within the ruptured fault zone to stations along the fault were obtained. The corresponding  $Q_s$  values were 247 prior to the Chi-Chi earthquake. After the earthquake, we obtained the  $Q_s$  values of 158 and 318 for the time, two years following and two years after the earthquake, respectively. Considering the two independent methods in determination of  $Q_s$ , the reduction in  $Q_s$  of 89 two years following the Chi-Chi earthquake in both method is significant. Along with 1%  $V_s$  reduction revealed by the analysis of repeating earthquakes, our studies suggested possible reduction both in  $V_s$  and  $Q_s$  within the fault zone after the Chi-Chi earthquake. The observation of temporal changes in  $Q_s$  after the Chi-Chi earthquake implies variations of pore fluid saturation in the ruptured fault zone. The reduction in  $Q_s$  two years following the Chi-Chi earthquake might indicate high pore-fluid saturation within fractured fault zone rocks due to post-seismic redistribution of the fluid.

キーワード: attenuation, fault zone, temporal variation, earthquake rupture

Keywords: attenuation, fault zone, temporal variation, earthquake rupture

## 台湾南西部に湧出する温泉の化学的性質について Chemical characteristics of hot springs in Southwestern part of Taiwan

菅井 秀翔<sup>1\*</sup>; 田中 秀実<sup>1</sup>; 照沢 秀司<sup>1</sup>; 角森 史昭<sup>2</sup>; 村上 雅紀<sup>3</sup>; 川端 訓代<sup>2</sup>  
SUGAI, Shuto<sup>1\*</sup>; TANAKA, Hidemi<sup>1</sup>; TERUSAWA, Shuji<sup>1</sup>; TSUNOMORI, Fumiaki<sup>2</sup>; MURAKAMI, Masaki<sup>3</sup>; KAWA-  
BATA, Kuniyo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大学院理学系研究科, <sup>2</sup> 東京大学大学院理学系研究科附属地殻化学実験施設, <sup>3</sup> 応用地質株式会社  
<sup>1</sup>School of Science, The University of Tokyo, <sup>2</sup>Geochemical Research Center, Graduate School of Science, The University of  
Tokyo, <sup>3</sup>OYO Corporation

台湾はユーラシアプレートとフィリピン海プレートの境界をなすマニラ海溝と琉球トラフの接合点に位置し、東部ではフィリピン海プレートがユーラシアプレートの下に沈み込んでいる一方で、台湾西部ではマニラ海溝においてユーラシアプレートがフィリピン海プレートの下に沈み込んでいる。このプレート境界は台湾南部の高雄市の付近で地上に乗り上げており、以北ではプレート境界が活断層として地表に現れている。多くの断層が北東-南西方向に発達しており、これらの断層からは多くの温泉が湧出し、特に南部の高雄県においては泥火山も見られる(浜田ほか, 2009)。

その中で本研究では台湾南西部、台南市や嘉義県に湧出する温泉に着目した。台湾西部ではプレート境界が陸上に活断層として表れており、この断層の東側 20 km 付近に列状に 34~70 °C の温泉が分布している。これらの温泉から採取された温泉水について各種化学分析を行った。本発表ではこれらの結果を報告する。

キーワード: 台湾, 温泉

Keywords: Taiwan, hot springs

## 有馬型流体の起源流体組成とフラックス推定 Estimate of isotopic composition and flux of Arima type fluid

田中 秀実<sup>1\*</sup>; 照沢 秀司<sup>1</sup>; 菅井 秀翔<sup>1</sup>; 角森 史昭<sup>2</sup>; 村上 雅紀<sup>3</sup>; 川端 訓代<sup>2</sup>  
TANAKA, Hidemi<sup>1\*</sup>; TERUSAWA, Shuji<sup>1</sup>; SUGAI, Shuto<sup>1</sup>; TSUNOMORI, Fumiaki<sup>2</sup>; MURAKAMI, Masaki<sup>3</sup>; KAWA-  
BATA, Kuniyo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大学院理学系研究科, <sup>2</sup> 東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設, <sup>3</sup> 応用地質 (株)

<sup>1</sup>School of Science, University of Tokyo, <sup>2</sup>Geochemical Research Center, Graduate School of Science, University of Tokyo,  
<sup>3</sup>OYO Corporation

地下水の化学組成の変動は、地震を含む地殻変動の指標として古くから認知され、かつ世界の各地で現在も計測が続けられている。しかしながら、その目的に対する組成測定的位置、着目する組成等の必然性、すなわち地殻変動観測に対する化学測定の背景動機の必然性については、必ずしも明確ではなかったと考えられる。地震に関して言えば流体の前兆現象の存在がクローズアップされがちであるが、研究初期の段階が遙か昔となり、その後、地震流体分野自体が衰退してしまったことを考えれば、この戦略は現代では十分有効ではないと考えられる。本分野が再興するかどうかは、流体前兆現象的中／非的中を越えて、流体物理化学量の変動から断層等を含めた地殻の挙動を診断する診断学を確立させることができるか否かが鍵となるだろう。地殻変動を対象とした地殻流体の診断学を確立できるかどうかを調べるために必要な課題は、大きく分けて三つある(田中ほか 2012)。一つは、(1) 地殻変動を観察するために採取すべき流体の必然性、(2) 流体を観測、分析するための装置の必要な性能の想定と実装実現、最後には、(3) 測定された結果事例の解釈＝診断認知力の向上である。

以上のような理念に基づき、その中の小さな一つを取り上げて検討した結果を報告する。今回は、有馬温泉の湧泉を例として考える。有馬温泉は、複数の湧出源泉が存在し、掘削が行なわれた 1940 ~ 1950 年代以後、神戸市の管理のもと、一定の湯量と泉質を維持している日本でも数少ない温泉である。これまで多くの研究者の興味を引き、表層地質、地下構造、湧出源、湧出経路を始めとした種々の研究が行なわれ明らかにされてきた。表層および地下構造の物理探査の結果から、温泉水が断層を流路として上昇していることが明らかにされている。このような流体を我々は「断層流体」と呼び新たな流体分類カテゴリーとした。地殻変動の監視に特化した場合、断層流体かそうでないかは観測対象を明確化する際の重要な要素だからである。また、有馬温泉の起源については独特の同位体組成から、深部流体の混入が確認されている。本発表は、(1) なぜ、その位置で観察しなければならないのか? についての基礎的な課題と考えられる断層流体のフラックス定量を議論し、過去の解析結果と比較検討する。

キーワード: 地殻流体, 有馬型温泉, フラックス, 塩水, 同位体組成

Keywords: crustal fluids, Arima type Hot spring, fluid flux, saline water, isotopic composition

## 長距離用ガス採取管を用いたメタンガス測定 Basic experiments for continuous monitoring of CH<sub>3</sub> in the field by Mass spectrometer

川端 訓代<sup>1\*</sup>; 角森 史昭<sup>1</sup>; 村上 雅紀<sup>3</sup>; 田中 秀実<sup>2</sup>

KAWABATA, Kuniyo<sup>1\*</sup>; TSUNOMORI, Fumiaki<sup>1</sup>; MURAKAMI, Masaki<sup>3</sup>; TANAKA, Hidemi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設, <sup>2</sup> 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻, <sup>3</sup> 応用地質株式会社  
<sup>1</sup>Geochemical Research Center, Graduate School of Science, The University of Tokyo, <sup>2</sup>Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, <sup>3</sup>OYO Corporation

野外におけるガスの連続観測は今後、科学的な目的や様々な場所の環境モニタリングなど幅広い分野で必要となると予測される。そのために、野外で環境ガス分析が可能な精密ガス分析装置の開発が行われている。本研究では分析装置から離れた箇所のガスの計測を可能とするための基礎実験を行った。ボアホール内や、トンネルなどある程度空間がある場所でのメタンガス放出を想定し、その発生源やガス量の推定を行った。本発表では実験室内での基礎実験結果を発表する。

本研究では質量分析計に 25m 長のある間隔でガス取り入れ口がつけられたチューブを取り付け、それぞれのガス取り入れ口からガスを注入し、ガスを連続的に分析した。得られた連続ピークはガス取り入れ口の位置に応じてピークの値や形が異なる結果を得た。この結果はガスの移流・拡散モデルとよく合っている。この結果は、分析装置から離れた箇所で発生したガスの分析が可能である事を示すと考えられる。

キーワード: 質量分析計, メタン, モニタリング, 野外

Keywords: Mass spectrometer, methane, monitoring, in the field

## 地下水中 Rn-222 と Cl<sup>-</sup>による立川断層帯の地殻化学的調査 Geophysical Research of Tachikawa Fault Zone by Rn-222 and Cl<sup>-</sup> Concentration in Groundwater

下舘 知也<sup>1\*</sup>; 角森 史昭<sup>2</sup>; 安原 正也<sup>3</sup>; 林 武司<sup>4</sup>

SHIMODATE, Tomoya<sup>1\*</sup>; TSUNOMORI, Fumiaki<sup>2</sup>; YASUHARA, Masaya<sup>3</sup>; HAYASHI, Takeshi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 国際基督教大学, <sup>2</sup> 東京大学, <sup>3</sup> 産業技術総合研究所, <sup>4</sup> 秋田大学

<sup>1</sup>International Christian University, <sup>2</sup>The University of Tokyo, <sup>3</sup>AIST, <sup>4</sup>Akita University

The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake enhanced the probability of earthquake in Tachikawa Fault Zone. To evaluate the physical condition of Tachikawa fault zone, we researched Rn-222 concentration in groundwater, which is known as a precursory anomaly of earthquake. Additionally, we focused on the connection between the concentration of chloride ion in groundwater and fault damage zone and measured chloride ion in groundwater as well. Our purpose in this paper is to detect suitable groundwater for continuous measurement: (1) The depth of aquifer is deep enough to reach the bedrock. (2) Water contains much enough radon to monitor. (3) Water contains chloride ion whose concentration is controlled by the condition of fault damage zone.

Radon concentration in confined aquifer is supplied by alpha decay of radium in the surface of the grain. If the specific surface area of the grain changes according to physical condition of fault, radon concentration in the groundwater would change. The upper edge of bedrocks, main source of radon, has a depth of under 2,000 m around Tachikawa Fault Zone and it deepens in the west.

We focus on the distribution of chloride ion around Ayasegawa Fault is similar to one around Tachikawa Fault Zone. Low concentration of chloride ion in groundwater around Ayasegawa Fault is affected by fault damage zone, and we expect that groundwater around Tachikawa Fault Zone also shows low concentration of chloride ion due to fault damage zone. We use RTM1688(SARAD) for radon measurement, and ion chromatography for chloride ion measurement.

As a result, samples around the fault show high concentration of radon and low chloride ion. This suggests that the well around fault reach the bedrock and contain low concentration of chloride ion due to fault damage zone. These samples would show concentration change according to earthquake.

キーワード: ラドン, 塩化物イオン, 立川断層帯, 温泉水

Keywords: radon, chloride ion, Tachikawa Falut Zone, spring water

## 東北地方太平洋沖地震前に観測された地下水ラドン濃度の先行現象について Precursory Change of Radon Concentration in Groundwater before 2011 Tohoku Earthquake

角森 史昭<sup>1\*</sup>  
TSUNOMORI, Fumiaki<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 東京大学理学系研究科  
<sup>1</sup> Graduate School of Science, University of Tokyo

本講演では、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の前に観測された、地下水ラドン濃度の先行的な濃度変化と後に観測された緩和的な濃度変化について報告する。

地下水中のラドン濃度は、地震の前後で異常変化をする場合があることが知られている。その現象の研究は、始まった当初は地震発生予測に利用できるのではないかという楽観的な見方をされてきたが、近年では様々な理由からほとんど行われていない。それでも、毎年多くの事例が報告されているので、地下水ラドン濃度の変動の機構を正しく理解する研究は重要である。本講演では、中伊豆に配置した連続観測点で実測された地下水ラドン濃度が、東日本東北沖地震の前後でどのような変動を示したかを報告し、それを理解するためのモデルについて議論したい。

中伊豆観測点のラドン濃度は、2010年11月ごろからラドン濃度の上昇が大きくなり、地震発生とともにラドン濃度のジャンプも観測された。その後、1年をかけて指数関数的にラドン濃度が減少し、現在では通常値に戻った。地震発生前にラドン濃度変化が起きるタイミングは1978年の場合と同じであるが、今回は上昇するという変化であったことが前回と異なる。地震発生後の変化は、1978年の時はすぐに通常値に戻ったが、今回は1年をかけて指数関数的に減少して通常値に戻ったことも特徴である。これまでに確からしい地震前兆現象は報告されていないので、これらの地震前後のラドン濃度変化が前兆現象であると確定できない。しかしもし、これらの変化が装置由来のゴーストであったならば、地震発生と同時の濃度変化や1年をかけての指数関数的な変動を説明することができない。このことから、今回観測されていたラドン濃度の地震前の変化は先行現象ではないかと考えている。

キーワード: ラドン, 地下水  
Keywords: Radon, Groundwater