

立川断層帯周辺における地下水ラドン濃度の予備的調査の結果について Preliminary Result of Groundwater Radon Survey around Tachikawa Active Fault Zone

井出 知希¹, 田中 秀実¹, 角森 史昭^{1*}

Tomoki Ide¹, Hidemi Tanaka¹, Fumiaki Tsunomori^{1*}

¹ 東京大学大学院理学系研究科

¹ Graduate School of Science, University of Tokyo

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の発生により、三浦半島断層群と立川断層帯に関して、30年以内に大きな地震が発生する確率が高くなった可能性があることが指摘された。これら二つの活断層の周囲には重要施設や人口密集地が存在していることから、断層の状態変化をモニタリングすることができれば、今後の防災に役立つ情報を提供できるかもしれないと考えている。そこで、昨年の連合大会では三浦半島断層群について、断層帯周囲において地下水のラドン濃度の調査結果を報告した。今年は、立川断層帯について、地下水ラドン濃度の調査結果を報告する。

採水場所は、断層に直交するように測線を設定した。地下水ラドンの分析法は昨年と同様で、採水場所において、地下水から気液平衡法によって抽出したラドンを静電捕集・半導体検出法によって行った。気相ラドン濃度は、分配係数を用いて地下水ラドン濃度に変換された。

当該地域の地下水ラドン濃度は、齋藤ら(1993,1994)が調べていて、関東地域では比較的高いとされている。今回得られた結果と比較すると、平均的な値は齋藤らの結果と同じ程度で、地下水ラドン濃度の大きな変動は見られなかった。しかしながら、断層を挟む東西の地域に分けて考えると、断層の東側で地下水ラドン濃度が増加傾向にあり、一方、断層の西側で地下水ラドン濃度が低下傾向にあることが分かった。ラドンは親核種であるラジウムの放射壊変によって供給されるが、半減期が1600年であるラジウム濃度はこの数10年で大きく変動するとは考えられない。そこで、断層東側については武蔵野礫層を通した湧水流量の径時変化、断層西側については多摩川の流量の径時変化を調べると、武蔵野礫層を通した湧水量は減少し、多摩川の流量は増加していることが分かった。すなわち、地下水ラドン濃度の変化は、地下水ラドン濃度を決定する因子のうち、地下水の流量が大きく変化したためではないかと推測された。

今後は、断層直上の湧水や温泉のラドン濃度の調査を進め、断層活動の評価に利用できるような地下水に対して連続観測を行いたい。

キーワード: 地下水, ラドン, 立川断層

Keywords: Groundwater, Radon, Tachikawa Active Fault

中部地方における活断層が温泉水の流動に果たす役割 Roles of active faults for fluid-flow in the crust, examples from Chubu district, Japan

菅井 秀翔^{1*}, 田中 秀実¹
Shuto Sugai^{1*}, Hidemi Tanaka¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科

¹ Graduate School of Science, The University of Tokyo

日本は地震活動や火山活動が活発であり、国内には27000余の源泉が存在する(環境省, 2010)。温泉に関する研究は今までに数多く行われてきているが、多くの研究では現地で採水し研究室で分析する手法を用いている。少ない分析点数で温泉地や地区などの狭い範囲に絞って特定のテーマに着目した研究が大半であり、広範囲を対象とした研究は少ない。しかし、温泉の化学組成と地質や地質構造との比較を行う場合、より広範囲で多くの温泉の化学組成データがソースとして存在することが望ましい。

我が国では、温泉は温泉法第2条により、地中から湧出する温水、鉱水及び水蒸気その他のガス(炭化水素を主成分とする天然ガスを除く)で、温泉源から採取される時の温度が25℃以上、あるいは1kgあたりの溶存物質が規定量以上含まれているもののことと定められており、温泉を事業として利用する場合、温泉分析書を作成、提出することが温泉法によって定められている。小熊(2009)は関東甲信越地方に湧出する源泉の温泉分析書715件を収集し、温泉の化学成分とプレートの沈み込みの関連性を示した。大津(2010)、照沢(2012)では、それぞれ東北地方と九州地方に湧出する源泉の温泉分析書を用い、源泉の深度・化学成分と活断層の関係を示した。特に大津(2010)では一部であるが源泉の掘削深度のデータを入手し、泉質と断層の配置に関する3次元的な考察を行った。これらの研究では、温泉分析書に記載された泉温やpH、溶存イオン量という情報を用いて分析を行っている。

本研究では中部地方を研究対象とし、温泉水と地質構造、特に活断層との関係を考察した。静岡県には2280件、長野県には1013件の源泉が存在するなど中部地方は温泉が豊富な地域として知られており、日本全体に湧出する源泉の約2割を占めている。中部地方に分布する温泉について、3225件の温泉分析書を入手してGIS上にプロットし、化学成分や泉温、pHのような性質を地質、火山、活断層などの分布と比較することを試みた。この中で、活断層に着目し、いくつかの活断層と周辺に湧出する温泉の化学組成について3次元的な分布を観察し、それらの関連性を検討した結果、両者の関係に新たな知見が得られたのでここに報告する。

キーワード: 温泉, 活断層, 透水性, 中部地方

Keywords: hot springs, active faults, permeability, Chubu district

ガス分離膜による希ガス濃集の検討

Examination of noble gas concentration by percolation by using ceramic membrane

照沢 秀司^{1*}, 田中 秀実¹, 角森 史昭¹

Shuji Terusawa^{1*}, Hidemi Tanaka¹, Fumiaki Tsunomori¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科

¹ School of Science, The University of Tokyo

希ガスは分子量が小さく不活性種が多い。そして存在量の検知を含めその定量は地球科学的に重要な課題である。しかしこれまで濃度の極端に低い同位体種の測定は困難であった。今回は、分子径の小さなガス分子を選択的に通すガス分離膜を用いて、Heを対象としてその濃度の増加とその他のガスの排除についての実験を行い、分離膜の性能を評価することを試みた。

この膜は、支持基材、中間層、分離活性層の3層からなるセラミック膜である。この構造によって分子ふるい効果が生じ、活性層より大きな分子径をもつガス分子 (Ar, N₂, O₂) は透過することができず、小さな分子径をもつガス分子 (He) は選択的に透過すると期待された。

この膜を用いて大気をサンプルガスとして、様々な温度条件で四重極質量分析計を用いて透過実験を行った。一般に、分離膜の透過特性は次式で表される透過率で評価されるが、今回は新たに濃縮率を定義してこの値についても評価した。

$P = M / (\Delta p \times S \times t)$ (P: 透過率, M: 透過流量, Δp : 差圧, S: 膜面積, t: 測定時間)

$A = C' / C$ (A: 濃縮率, C': 透過後の濃度, C: 透過前の濃度)

その結果、大気の大半を占めるガス (Ar, N₂, O₂) は純ガスによる実験とほぼ同じ透過率を示し、分圧の低い He は3桁ほど小さい透過率であったが、濃縮率 A は10程度となった。本発表では、実験結果とともに測定可能なガスについては、透過の際に生じるであろう同位体分別効果についても言及する。

活断層流体の診断学の確立を目指す取り組み Construction of diagnostic research of fault zone by fault- fluid monitoring

田中 秀実^{1*}, 角森史昭², 照沢秀司¹, 村上雅紀³, 菅井秀翔¹, 井出知希¹, 川端訓代¹

Hidemi Tanaka^{1*}, TSUNOMORI, Fumiaki², TERUSAWA, Shuji¹, MURAKAMI, Masaki³, SUGAI, Shuto¹, IDE, Tomoki¹, KAWABATA, Kuniyo¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科, ² 東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設, ³ 応用地質株式会社

¹ School of Science, The University of Tokyo, ² Geochemical Research Center, Graduate School of Science, The University of Tokyo, ³ OYO Corporation

大地震の発生に伴う地下水の水位や化学組成の変動は、地震の前兆を含む前後に発生する現象として古くから認知されてきた。この現象が地震を発生させる地殻変動の前駆と関係している可能性を考えた地下水観測は、地味ながら世界の各地で現在も続けられている。「地震地下水」としてカテゴライズされた分野は我が国にもあり、上記の歴史的経緯の中で、地震活動との関連性に焦点を当てた研究が数多くなされた。中には、地震の発生前に有意に変動したと見なされた記録もあり、脚光を浴びたこともある。

しかし、現在は頹勢である。この見方考え方の行き着く先は、統計にならざるを得ず、統計に耐えうる物理化学的素課程を持っているかどうかを十分に検証しないまま、当たった事例だけを強調する戦略を取った結果、このような末路となるを知るべきよい事例となってしまった。

近年の断層学の進展に伴って、「断層流体」として定義できる流体の存在が浮上してきた。断層流体は下記のように定義され、この流体の存在を認める前提に立つと、その観測は次のような特徴を持つと考えられる。活断層の断層帯は、断層面の両側、または片側に断層面や母岩に比して高い浸透率を持つ「破碎帯」を持っている。従って、地震に伴う地下水の組成や流量の変動とは断層内の岩石と流体の反応に伴って、あるいは、断層活動に伴う従来流路の離断や連結の結果、組成や流量が変わる変動を意味し、それ以外は考慮しなくてよい。

地震の流体学は、上記の前提に立った時、「当てる／外れる」を統計的に処理するある種の「諦観」を伴う分野から、流体物理化学量の変動から断層の挙動を診断する診断学を確立する学問へと変貌する。上記は思想と捉えてよいが、思想を実現するには多くの労力と長い時間が必要である。実現に到達するまでの課題は、大きく分けて三つある。一つは、「断層流体を採取する位置の必然性」、もう一つは、「断層流体を観測、分析するための装置の必要な性能の見積もりと実装実現」、最後は、「測定された結果事例の解釈 = 診断認知力の向上」である。

今回の「断層帯の化学」もこれらの課題に地道に答えていく研究報告となっている。菅井他 (2013) は温泉組成の広域調査およびそれらと地質／地形との対比から、なぜその位置で観測するのかについての背景を与える洞察を行なっている。角森他 (2013) は、ラドン観測の長期変動を連続測定の背景として捉え、その考察を行なっている。照沢他 (2013a) は測定装置 (GROWDAS) に実装すべきガス分離膜の特性の測定方法と結果について述べて、また跡津川観測点から得られたガス組成の素課程を考察して (照沢他 2013b)、観測結果を解釈し始めている。川端他 (2013) は、現位置測定のリアルタイム表示サイトの構築について報告している。

本発表は、上記の報告の取り纏めと補足となるよう、高精度現位置質量分析計「GROWDAS」についての現状、および、今後の進展について述べる予定である。

キーワード: 断層, 破碎帯, 流体, 観測, 温泉, 質量分析計

Keywords: fault, fracture zone, fluid, monitoring, hot spring, mass-spectrometer

昭和南海地震前の現象に基づいた短期予測モデル改良に向けた取り組み Approach for short-term forecasting model improvement based on the phenomenon before the 1946 Nankai earthquake

板場 智史^{1*}, 梅田 康弘¹

Satoshi Itaba^{1*}, Yasuhiro Umeda¹

¹ 産総研 活断層・地震研究センター

¹ Geological Survey of Japan, AIST

1946年昭和南海地震では、地震発生の数日前から、紀伊半島～四国の太平洋岸の浅い井戸の地下水位が、推定で数十cm以上低下したことが知られており(水路局, 1948; 京大防災研, 2003; 中村, 2009)、1854年安政南海地震の前にも、和歌山県広川町や高知県土佐清水市周辺で同様の地下水位低下があった事が分かっている(重富ほか, 2005)。これらの変化は、想定震源域の深部側における前兆すべりによる地盤隆起によって定性的には説明可能であるが、定量的には説明できていない。一方、梅田ほか(2010)は、海水と淡水が重力バランスを取っている小さな三角州などにおいて、僅かな土地の隆起で地下水位が大きく低下するメカニズムを提案しており、高知県黒潮町佐賀地区において、地下水構造の調査結果を基に、例えば1cmの隆起量で最大95cmの水位低下が見込まれることを示している(梅田・板場, 2011)。

我々は、昭和南海地震前の地下水や海水面変動の証言・文献調査等を通じて、現象そのものを精査するとともに、地下水・地殻変動・地震の総合観測等によって、上述のような地下水と地殻変動との関係を明らかにすることによって、地震前の地下水位変化を隆起量などの地殻変動に変換し、地震前の変動のソース、つまり昭和南海地震前の変動シナリオを明らかにすることを目指している。近代的な観測結果が得られる期間は十数年～長くても数十年と短い、地下水などの変化に関する記録は、長いものでは千年以上前のものまで存在する。例えば、道後温泉では、南海地震時に繰り返し地下水が低下していることが分かっているが、最近の地下水観測結果から、その要因が体積歪増加と、地震の揺れ双方に起因していることが示されている(Itaba and Koizumi, 2007)。

東海地震予知については、地震の前に想定震源域の一部で前兆すべりが発生し、これが加速して東海地震が発生するという、前兆すべりモデル(気象庁, 2003)に依存している。一方で、加速を伴う前兆すべりを地震前に検出・認定した事例は今日まで存在しない。次の地震の前に、上述したものと同様の変動が生じるかどうかは分からないが、過去の地震前の現象について慎重に検証し、その原因を明らかにすることによって、過去の現象に基づいた短期予測モデルを提案することは、短期予測の可能性を上げるために非常に重要である。

キーワード: 南海地震, 短期予測, 地震予知, 前兆すべり, 地下水, スロースリップイベント

Keywords: Nankai Earthquake, short-term forecasting, earthquake prediction, pre-slip, groundwater, SSE

跡津川観測点で観測された地下水溶存ガス濃度の変動について

Variation of concentration of dissolved gas in groundwater observed at Atotsugawa station

照沢 秀司^{1*}, 田中 秀実¹, 角森 史昭¹

Shuji Terusawa^{1*}, Hidemi Tanaka¹, Fumiaki Tsunomori¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科

¹ School of Science, The University of Tokyo

断層は地下からの物質移行経路であり、どのような流体が断層沿いに分布するかを把握することは、地震・断層活動にともなう断層帯の化学環境変化やその影響範囲を検討するうえで重要である。また、さまざまな地質学的背景や性状を持つ断層帯における流体の連続観測においては、経年変化や季節変化を捉えることが重要な課題である。

東京大学地殻流体研究グループでは、四重極質量分析計を用いた地下水溶存ガス連続観測装置（GROWDAS : GROund Water Data Analyzing System）を開発し、岐阜県跡津川断層において2010年12月より連続測定を開始した。連続的に観測することで、数ヶ月にわたる長期的な変動を捉えることができた。このデータを、様々な要因（気温、気圧、降水量、地殻変動）と比較することで、溶存ガス濃度の変化を引き起こす要因についての検討を行った。本発表では、観測データとその変動の素過程について論じる。

GROWDAS プロジェクトによる地殻流体・ガス連続観測データ公開の試み Towards real-time fault monitoring: A real-time gas composition data delivery by GROWDAS

川端 訓代^{1*}, 角森 史昭², 田中 秀実¹
Kuniyo Kawabata^{1*}, Fumiaki Tsunomori², Hidemi Tanaka¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻, ² 東京大学大学院理学系研究科付属地殻化学実験施設

¹Department of Earth and Planetary Science, Graduate school of science, The University of Tokyo, ²Geochemical Research Center, Graduate school of science,

断層の活動把握は地震発生の素過程理解や防災上重要であるが、現在まで観測を元にした確かな断層活動度指標は存在しない。GROWDAS プロジェクトでは断層帯中や周辺の地殻内流体・ガスをモニタリングし地殻変動を検知することを目的としている。新たに開発された高精度分析装置「GROWDAS」では現在、跡津川断層上に設置され⁴He, CH₃⁺, H₂O, N₂, O₂, ³⁶Ar, ⁴⁰Ar, CO₂ ガスを自動で連続観測を行っている。これらガス濃度変化と地殻変動の関係を明らかにし、断層の活動性の地殻化学的評価方法の確立を目指す。本プロジェクトで観測された連続データは研究者だけではなく、地震が起きた際に実際に被害が及び得る一般の方々にも広く公開され認知されるべきであると考え、データ公開を試行中である。

GROWDAS では井戸や温泉などから汲み上げた地下水からガスを抽出し、ガス成分の計測が可能である。装置は主に精製系・分析系・排気系・制御系・電源系の5つのシステムからなり、さらに精製系には加熱系と冷却系が組み込まれている。ガスの相対濃度は以下の順序で分析される。

1. 井戸から汲み上げた地下水は精製系でガス試料が抽出される。この時、冷却系によってガスに含まれる余分な水蒸気を除去し、乾燥したガス試料を得る。ガス抽出後の地下水は、装置外部へ排出される。
2. 精製されたガスは分析系を通じて成分の分析が行われる。分析結果はUSB接続されたパソコンによってモニタリングが可能である。

上記ガスの精製から分析までの操作は制御系によるバルブの開閉によって全自動で行われる。得られたデータは東京大学のデータサーバに送信される。さらにガス濃度データは1日の平均値を計算され、自動でWebサーバに送られる。この平均データは現在我々のHPで直近の1ヶ月分をグラフとして表示しており、リアルタイムの変動が確認できる(<http://growdas.com/>)。更に誰でもグラフの閲覧・ダウンロードが可能となっている。近い将来、期間を選択してオリジナルデータや解析データ、グラフ等のダウンロードを可能にする予定である。

キーワード: 断層, 地殻流体, 連続観測, ガス, 質量分析計

Keywords: fault, groundwater, continuous observation, gas, Mass Spectrometry