

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 6 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23300335

研究課題名(和文) フロンによる我が国山地流域の地下水滞留時間・貯留量の推定とマッピング

研究課題名(英文) Mapping of residence time and storage volume of groundwater using CFCs in headwater catchments

研究代表者

辻村 真貴 (TSUJIMURA, Maki)

筑波大学・生命環境系・教授

研究者番号：10273301

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 16,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、山梨県を中心とした本邦中央山岳域の源流域湧水を対象とし、フロン等のトレーサーを用い、その平均滞留時間を求めるとともに、水収支モデルにより、当該湧水の集水域における山体地下水貯留量を求め、その動態が地下水の水文プロセスからどのように説明されるかを検討した。

湧水の滞留時間は、10～60年程度、また山体地下水貯留量は10,000～10,000,000立方メートルと推定され、古生層、第三紀層、花崗岩の順に貯留量が少ない傾向が示された。すなわち、花崗岩地域においては、時空間的に水文プロセスが顕著に変動するため、湧水の滞留時間も時空間的に大きく変動するものと考察された。

研究成果の概要(英文)：We evaluated residence time and storage volume of subsurface water in headwaters of mountainous catchments, central area of Japan. The estimated residence time of subsurface water ranges from 10 years to 60 years, and the storage volume ranges from 10,000 to 10,000,000 cubic meter. The subsurface water storage in paleozoic watersheds tends to be higher than that of granite watersheds, and the residence time and storage range much in the granite watersheds, because the hydrological response is sensitive in the granite watersheds.

研究分野：水文科学

キーワード：水循環 湧水 年代 水資源 湧水 年代 滞留時間 地下水貯留量

1. 研究開始当初の背景

流域の地下水流動を含めた水循環系を把握することは、水資源の利用や開発を行う上で、もっとも基本的で重要な水文学的・水資源学的研究課題である。なかでも地下水の年代(更新時間・滞留時間)推定は、地下水の流動速度や更新時間を検討する上でもきわめて重要であり、水循環プロセスの研究にとって必要不可欠な課題であるといっても良い。

しかし、滞留時間推定に従来用いられてきた³H(トリチウム)が近年、時間トレーサーとしての有効性が希薄になったため、代替のトレーサーが必要とされてきたが、我が国ではこの問題に対する対応が遅れ、陸水の滞留時間に関する研究は欧米のそれに比べ遅れていた。

近年 CFCs (chlorofluorocarbons: フロン類) を利用し地下水の滞留時間を推定する方法が提案され、欧米を中心に適用事例が積み重ねられつつある (Busenberg and Plummer, 1992; IAEA, 2006)。CFCs は人工的にのみ生産されかつ、非常に安定な物質であり、さらに大気中の CFCs 濃度は規制前までほぼ単調に増加しているなど、トレーサーとして非常に有利な特性を有していることから、大気 CFCs の時系列変化情報と地下水・湧水の CFCs 濃度を対照させることにより、比較的滞留時間の短い(50 年程度以下)水の年代を推定することが可能になる。しかし国内においては、海洋学の分野では利用されていたものの、CFCs をトレーサーとして地下水の滞留時間推定に適用した例はこれまで全くなく、分析手法も確立されていないのが現状であった。

2. 研究の目的

本研究では、水文地質的に我が国の代表的な岩質からなり、また水収支情報が取得・推定可能である、筑波山を中心とした関東山地(はんれい岩・花崗岩・流紋岩等)、山梨県白州地域を中心とした中部山地(花崗岩・砂岩・石灰岩)、愛媛県石鎚山流域を中心とした四国山地(変成岩・花崗岩)を対象に、フロン類(CFCs)および水素・酸素安定同位体等の水文トレーサーを用い地下水・湧水の滞留時間を推定し、滞留時間および水収支情報から、対象山地流域の地下水資源貯留量の推定を行う。こうして得られた情報を、GIS 上において土地利用・被覆、土壌、地質、地形、気候条件等の空間分布と比較検討することで、我が国の山地源流域における地下水資源の持続的利用方を提案する。

3. 研究の方法

本研究では、水文地質的に我が国の代表的な岩質からなり、また水収支情報が取得・推定可能である、筑波山を中心とした関東山地(はんれい岩・花崗岩・流紋岩等)、山梨県白州地域を中心とした中部山地(花崗岩・砂岩・石灰岩)、愛媛県石鎚山流域を中心とした四国山地(変成岩・花崗岩)を対象に、フ

ロン類(CFCs)および水素・酸素安定同位体等の水文トレーサーを用い地下水・湧水の滞留時間を推定し、滞留時間および水収支情報から、対象山地流域の地下水資源貯留量の推定を行う。また、CFCs で推定が難しい、最近 10 年以内の水に対して有効な SF₆ 分析についても、ラインの構築を行い、滞留時間推定精度の向上をはかる。得られた情報は、可能な限り GIS 上で統合し、地質、地形、土地被覆等の既存情報とオーバーレイ解析を行う。さらに、山梨県白州、愛媛県石鎚山等の流域において、地下水流動数値モデルにより貯留量等を再現する。

4. 研究成果

花崗岩地域における湧水の平均滞留時間は 11~60 年、古生層におけるそれは 17~32 年、第三紀層におけるそれは 13~26 年と推定された。とくに花崗岩地域では、各湧水における年代幅が時空間的に大きい傾向がみられた。

花崗岩地域における山体地下水貯留量は 10⁴~10⁶ m³、古生層におけるそれは 10⁵~10⁷ m³、第三紀層におけるそれは 10⁴~10⁶ m³ と推定され、古生層、第三紀層、花崗岩の順に貯留量が少ない傾向が示された。また、同一湧水の集水域における地下水貯留量の季節変動は、花崗岩地域で大きい傾向が認められた。

すなわち、花崗岩地域においては、時空間的に水文プロセスが顕著に変動するため、湧水の滞留時間も時空間的に大きく変動するものと考察された。一方、亀裂系の発達した古生層では、地下水涵養量が比較的多いことにより、集水域の山体地下水貯留量も多いものと判断された。

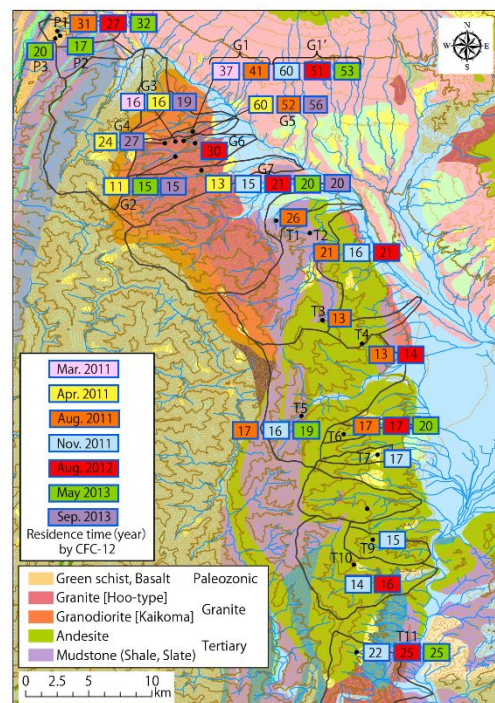


図 1. 対象地域の湧水における滞留時間の時空間変動。

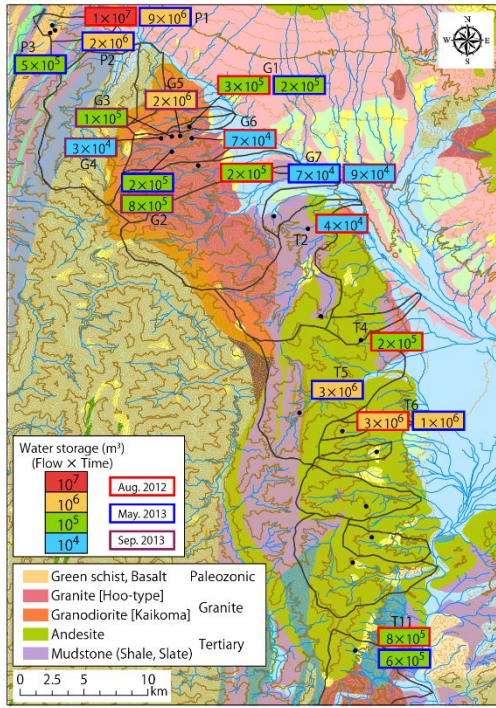


図 2. 湧水の集水域における地下水貯留量の時空間変動。

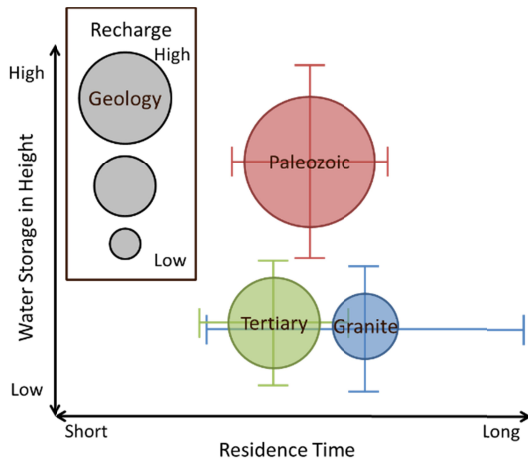


図 3. 異なる地質条件下における湧水の滞留時間、集水域の地下水貯留量、地下水涵養量の関係を示す模式図。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

浅井和由・辻村真貴・Fantong, W. Y. (2014): 中部山岳地域における降水の安定同位体比の時空間変動特性: 御嶽山における研究事例、査読有、日本水文科学会誌、44 (2)、67-77.

Nguyen, T. T., Tsujimura, M. and Shibazaki, N. (2013): Groundwater flow modeling: Considering water use in Tay Island, Dong Thap Province, southwest Vietnam. Procedia Environmental Sciences, 査読有, 17,

211-220.

doi:10.1016/j.proenv.2013.02.031

Chekirbane, A., Tsujimura, M., Kawachi, A., Isoda, H., Tarhouni, J. and Benalaya, A. (2013): Hydrogeochemistry and groundwater salinization in an ephemeral coastal floodplain CapBon, Tunisia. Hydrological Sciences Journal, 査読有, 58 (5), 1097-1110, DOI: 10.1080/02626667.2013.800202.

Chekirbane A., Tsujimura M., Kawachi A., Isoda H., Tarhouni J., Yamada W., Takahashi M., Amri F. (2012): Mapping of groundwater salinization using Time Domain Electromagnetic induction in a small coastal semi-arid aquifer in CapBon, North-eastern of Tunisia. Proceedings of the 22nd Salt Water Intrusion Meeting, 査読有, 17 - 22 June 2012, Armacao dos Buzios, Brazil, 56-59 (ISBN978-85-63243-03-4).

Tsujimura, M., Ikeda, K., Tanaka, T., Janchivdorj, L., Erdenchimeg, B., Unurjargal, D. and Jayakumar, R. (2013): Groundwater and surface water interactions in an alluvial plain, Tuul River Basin, Ulaanbaatar, Mongolia. Sciences in Cold and Arid Regions, 査読有, 5 (1), 126-132. DOI: 10.3724/SP.J.1226.2013.00126

〔学会発表〕(計 14 件)

池田浩一, 辻村真貴, 千葉希望, 中野孝教, 帰山寿章、大野盆地におけるマルチトレーサー手法を用いた地下水流動系の解明、日本地下水学会 2014 年秋季講演会、2014 年 11 月 6 日～2014 年 11 月 8 日、くまもと県民交流館パレア(熊本県・熊本市)

辻村真貴, 矢野伸二郎, 安部豊, 吉澤結美, 大原諒子, 藤原愛、中央山岳域における湧水の滞留時間および山体地下水貯留量の動態、日本地下水学会 2014 年秋季講演会、2014 年 11 月 6 日～2014 年 11 月 8 日、くまもと県民交流館パレア(熊本県・熊本市)

安部豊, 矢野伸二郎, 吉澤結美, 大原諒子, 藤原愛, 辻村真貴、花崗岩山地源流域における湧水の滞留時間、日本地下水学会 2014 年秋季講演会、2014 年 11 月 6 日～2014 年 11 月 8 日、くまもと県民交流館パレア(熊本県・熊本市)

八木沼拓, 辻村真貴, 恩田裕一, 川口晋平, 堀内宜栄、山地源流域の間伐前後における水循環変動に関する安定同位体解析、2014 年度日本水文科学会学術大会、2014 年 10 月 4 日～2014 年 10 月 5 日、広島大学(広島県・東広島市)

Tsujimura Maki、Dynamics of radio cesium released by Fukushima Daiichi

NPP accident in hydrological cycle of groundwater, surface water and spring water in the headwater catchments、IAEA/UNESCO Technical Meeting on Groundwater Contamination following the Fukushima Nuclear Accident(招待講演) 2014年9月8日~2014年9月10日、オーストリア・ウィーン

池田隼人、辻村真貴、勝山正則、長野龍平、山地源流域におけるマルチ・トレーサー手法による湧水・地下水・河川水の滞留時間の推定、日本地球惑星科学連合 2014 年大会、2014 年 4 月 28 日~2014 年 5 月 2 日、パソフィコ横浜(神奈川県・横浜市)
辻村真貴、Dynamic change of residence time in surface and subsurface waters with hydrological processes revealed by multi-tracers approach in mountainous headwater catchments、国際水文科学会・国際海洋物理科学会・国際地震地球内部物理学会合同会議、2013 年 7 月 22 日~2013 年 7 月 26 日、スエーデン・ヨーテボリ

尾崎裕介、三ヶ田均、後藤忠徳、武川順一、辻村真貴、Fatma HACHANI、自然電位分布の透水係数による影響:数値計算と実データへの適用例、日本地球惑星科学連合 2012 年大会、2012 年 5 月 25 日、幕張メッセ(千葉県・美浜区)

羽田真奈美、辻村真貴、恩田裕一ほか、福島第一原子力発電所から放出された放射性同位元素の渓流水・湧水中における測定、日本地球惑星科学連合 2012 年大会、2012 年 5 月 23 日、幕張メッセ(千葉県・美浜区)

辻村真貴、イシュワル・ブン、恩田裕一ほか、異なる地表面被覆下の土壤水における放射性セシウム濃度分布、日本地球惑星科学連合 2012 年大会、2012 年 5 月 24 日、幕張メッセ(千葉県・美浜区)

浅井和由、Fantong Wilson Yetoh、辻村真貴、中部山岳地域における降水の安定同位体比の時間変動特性、日本地球惑星科学連合 2012 年大会、2012 年 5 月 25 日、幕張メッセ(千葉県・美浜区)

辻村真貴、Pankaj Kuma、中野孝教ほか、愛媛県西条平野沿岸域における地表水と地下水の交流動態、日本地球惑星科学連合 2012 年大会(招待講演) 2012 年 5 月 25 日、幕張メッセ(千葉県・美浜区)

辻村真貴、若林森彦、恩田裕一ほか、堆積岩流域の湧水における量と質の時空間変動特性、日本地球惑星科学連合 2012 年大会、2012 年 5 月 21 日、幕張メッセ(千葉県・美浜区)

吉澤鮎美、辻村真貴、山地流域におけるフロン類を用いた湧水の滞留時間と水の貯留量の推定、日本地球惑星科学連合 2012 年大会、2012 年 5 月 21 日、幕張メッセ(千葉県・美浜区)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

辻村 真貴 (TSUJIMURA, Maki)
筑波大学・生命環境系・教授
研究者番号：10273301

(2) 研究分担者

山中 勤 (YAMANAKA, Tsutomu)
筑波大学・生命環境系・准教授
研究者番号：80304369