

令和 3 年 6 月 24 日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11617

研究課題名(和文)水文学と水質学による山体地下水の広域流動特性の解明と地下水流動モデルへの応用

研究課題名(英文) Identification of mountain-groundwater flow path and application to groundwater flow model.

研究代表者

中村 高志 (NAKAMURA, Takashi)

山梨大学・大学院総合研究部・助教

研究者番号：60538057

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ネパール・カトマンズ盆地と甲府盆地を比較対象地域に選定して、山体地下水の広域流動の特性を水文学と水質学の観点で把握することを目的とし、両盆地における地下水の水素と酸素安定同位体の観測に基づく地下水流動の把握を実施した。同位体データの解析の結果、カトマンズ盆地における深井戸の地下水は主に雨季にもたらされる雨の涵養によるものと考えられた。カトマンズ盆地では北西部で特異的に低い同位体比値が観測される地域があり、甲府盆地においては西部において低い同位体比値が観測され、その他水質成分を含めた解析の結果、近隣の山体からの地下水涵養があるものと結論付けられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、異なる2地域の盆地において地下水の涵養と流動について把握し、限られた地域ではあるが、山地部で涵養した地下水が平地部へ流動していることを同位体観測により明らかにした。深層地下水の窒素汚染が課題となっているカトマンズ盆地においては、山地から供給されると考えられた地下水については、良質な水質であることが確認されたことから、水問題を抱える地域において良質な水源として重要な地下水流動プロセスであるといえ、この情報は現地水道公社とも共有済みである。

研究成果の概要(英文)：The hydrogeochemical and stable isotopes of water were combined to investigate the deep groundwater recharge processes in the geologically complex intermountain basin (Kathmandu Valley and Kofu Basin). The analysis suggests the deep groundwater in the Kathmandu Valley was recharged during high rainfall periods (wet season). On the other hand, the deep groundwater in the Kofu basin was recharged during annual precipitations. The large range of isotopic composition distribution was due to the altitude affect, whereas variations are from the various geological settings of the infiltration encountered during the recharge processes. Specially The decrease of water isotopic values observed in the NW part of the Kathmandu valley and western part of the Kofu basin suggests high altitude recharge from the mountains.

研究分野：水文学

キーワード：安定同位体 地下水 山体地下水 カトマンズ盆地 甲府盆地

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地下水は、多くの国、地域にとって経済発展段階によらず必要不可欠な水資源となっている。地球規模の水需要の高まり、地下水汚染、過剰揚水による地盤沈下などの問題から山地域の良質な水源への関心が高まっている。近年、水文・水質トレーサー技術(水の水素や酸素の安定同位体や溶存フロンガス分析技術)の向上により山体基盤岩地下水(山体内部の地下水)の存在が報告されるようになった。カトマンズ盆地の非火山性の山地の岩盤湧水を対象に水文・水質調査・研究を実施した結果(科研費・若手B:15K16113)、山体の新旧にかかわらず湧出規模が大きい湧水ほど山体内部での滞留時間が長く、湧水期における湧出量の低下も少なく、水質も現地の既存水源より良質であることを明らかにし、賦存量の大きい山体の地下水が重要な水資源となる科学的根拠を得た。以上のように山体内部の地下水の存在や利用の可能性が明らかにされつつあるが、我々の生活圏である山麓から平地部の地下水への寄与、即ち“山体地下水の広域流動”については調査・研究例が限られている。さらに、山体地下水については水質データの報告は少なく、水質形成プロセスを把握することは高い価値がある。

2. 研究の目的

盆地は山体が市街地に隣接し、地下水流動が盆地内で独立し、山麓域から平地部にかけて水道水源や工・商業用の井戸が広く分布しているため調査や観測が比較的容易であることなど調査・解析の面で利点が多いため調査対象とした。本研究では、これまで申請者らが継続的に調査・研究を行い基礎データや研究体制を蓄えてきたカトマンズ盆地と甲府盆地を比較対象とし、共通する山体地下水の広域流動特徴を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

本研究ではカトマンズ盆地における先行調査により2016年8月および9月に採取された深井戸の地下水試料を取り寄せた(図1)。試料採取を行った深井戸の掘削深度は75-285mで主に市街地に分布している。同時に、北部山地内の1450~2087mの間の異なる標高で5地点の湧水を採取したものも同時に入手した。甲府盆地における深層地下水は甲府盆地北部に位置する茅ヶ岳の南麓と西部に位置する南アルプスの東麓地域に現存する深井戸から地下水を採取した。入手した試料水については、主要溶存化学成分をイオンクロマトグラフィー(Dionex社, ICS-1100)により定量した。また、水の水素安定同位体比(δD)と酸素安定同位体比($\delta^{18}O$)はCRD分光光度法(Picarro社, L-1102i)により測定した。

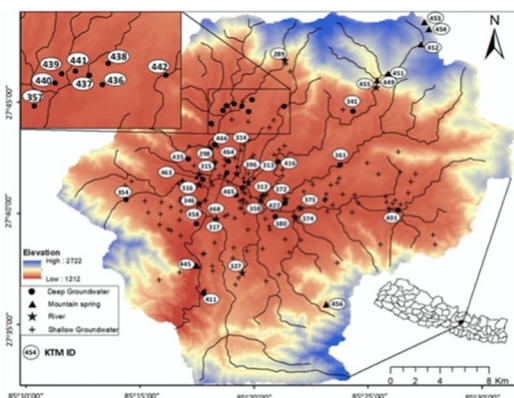


図1 カトマンズ盆地における地下水調査地点 (Man Shakya et al.2019a)

4. 研究成果

カトマンズ盆地における地下水の水素・酸素安定同位体比値は天水線のそれに沿うように分布し、地下水涵養時において蒸発等による同位体分別が明瞭ではないことが明らかとなった。深層地下水の水素・酸素安定同位体比値はそれぞれ $-71\sim-47\text{‰}$ および $-9.7\sim-7.6\text{‰}$ の範囲で検出された。これらの同位体比値の分布は盆地中央部で高く、 δD 値で $-65\sim-47\text{‰}$ 、 $\delta^{18}O$ 値で $-9.6\sim-7.0\text{‰}$ であった。一方、北西部で低く、 δD 値で $-69\sim-67\text{‰}$ 、 $\delta^{18}O$ 値で $-9.6\sim-9.4\text{‰}$ であった。

カトマンズ盆地の北部および南部山地で採取された湧水の水素・酸素安定同位体比値はそれぞれ $-63\sim-56\text{‰}$ および $-9.3\sim-8.3\text{‰}$ の範囲で検出され、これら1450~2087mの間で採取された湧水の安定同位体比と標高の間には明瞭な負の相関(標高が高い地点の湧水ほど低い同位体比値を有する)が得られ、この地域における同位体比値は標高による変動(高度効果)があることが明らかとなった。その傾向は δD 値で $-1.0\text{‰}/100\text{m}$ および $\delta^{18}O$ 値で $-0.15\text{‰}/100\text{m}$ であった。これらの結果から、盆地北西部で検出された比較的低い値を示す地下水の分布は山体地下水の流動によるものと考えられた。また、盆地中央部の深層地下水や表流水については、高濃度のアンモニア態窒素濃度による水質汚染が著しい(Man Shakya et al. 2019b, Bajracharya et al. 2020)に対し、北西部の地下水においては良質な水質を有していることも明らかとなった。

甲府盆地地下水については、茅ヶ岳の南麓においては同位体比の空間分布ならびに地下水の水質組成からは明瞭な山体地下水の流動は得られず、山麓の広域でもたらされる降水の浸透による涵養が卓越しているものと考えられた。一方、甲府盆地西部で平地部へ急峻な山体が接する地域においては、カトマンズ盆地同様に比較的低い水の安定同位体比値の分布が得られ、我々の生活圏である平地部への山体地下水の供給が確認された。

以上の結果から盆地内の一部の地下水の予備調査の結果これらの地下水が盆地の低地部の市街化計画区域にまで流動していることを確認し、山体地下水が都市域の水源の重要な起源の一つであることも明らかにした。

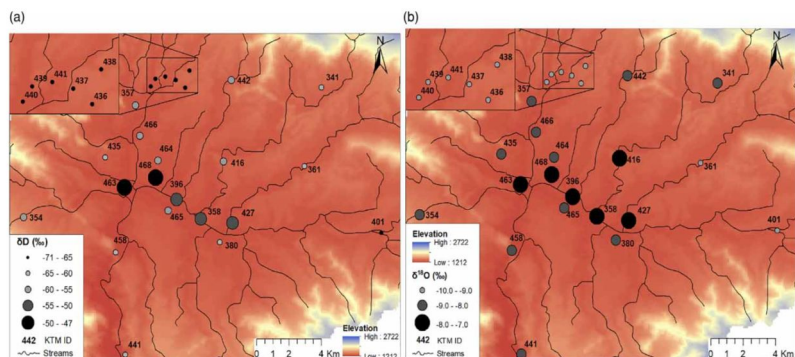


図2 カトマンズ盆地における深層地下水の水素安定同位体比値(a)と酸素安定同位体比値(b) (Man Shakya et al.2019a)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Bijay Man Shakya, Takashi Nakamura, Shresh Das Shrestha, Kei Nishida	4. 巻 50
2. 論文標題 Identifying the deep groundwater recharge processes in an intermountain basin using the hydrogeochemical and water isotope characteristics	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Hydrology Research	6. 最初と最後の頁 1216-1229
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2166/nh.2019.164	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Bijay Man Shakya, Takashi Nakamura, Tatsuru Kamei, Suresh Das Shrestha, and Kei Nishida	4. 巻 1
2. 論文標題 Seasonal Groundwater Quality Status and Nitrogen Contamination in the Shallow Aquifer System of the Kathmandu Valley, Nepal	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Water	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/w11102184	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Ramita Bajracharya, Takashi Nakamura, Subesh Ghimire, Bijay Man Shakya, Naresh Kazi Tamrakar	4. 巻 6
2. 論文標題 Identifying groundwater and river water interconnections using hydrochemistry, stable isotopes, and statistical methods in Hanumante River, Kathmandu Valley, central Nepal	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Water	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/w12061524	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 佐野 安奈、中村 高志、西田 継
2. 発表標題 Identification of hydrological characteristics on the groundwater recharge in volcanic and non-volcanic mountains
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村 高志、西田 継、Mohamad Naim、Shakya Man Bijay、浅井 和由、Shrestha Das Sresh
2. 発表標題 Identification of deep groundwater recharge system in an intermontane basin
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村高志、石平博、馬籠純、西田継、大澤俊太、土田元気、坂本守
2. 発表標題 甲府盆地の笛吹川氾濫域における河川伏流水の分布
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ramita Bajracharya, Takashi Nakamura, Naresh Kazi Tamrakar, Bijay Man Shakya, kei Nishida, and Subesh Ghimire
2. 発表標題 Spatial variation of stable isotope and chemical concentration in groundwater and river water of the Kathmandu Valley
3. 学会等名 9th Geological Congress, Kathmandu, 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ramita Bajracharya, Takashi Nakamura, Bijay Man Shakya, Kei Nishida, Suresh Das Shrestha and Naresh Kazi Tamrakar
2. 発表標題 Identification of river water and groundwater interaction at central part of the Kathmandu valley, Nepal. International Conference on Water, Environment and Climate Change
3. 学会等名 Knowledge sharing and partnership 2018 Kathmandu, Nepal
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Bijay Man Shakya, Takashi Nakamura, Suresh Das Shrestha, Kei Nishida
2. 発表標題 Identifying the spatial distribution of the deep groundwater recharge processes using hydrogeochemical and stable isotope of water
3. 学会等名 The 10th National Groundwater Symposium Challenges and Opportunities for Sustainable Groundwater Resources Management in Nepal 2019 Kathmandu (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Bijay Man Shakya, Takashi Nakamura, Suresh Das Shrestha, Kei Nishida
2. 発表標題 Identifying the spatial distribution of the deep groundwater recharge processes using hydrogeochemical and stable isotope of water
3. 学会等名 The 10th National Groundwater Symposium Challenges and Opportunities for Sustainable Groundwater Resources Management in Nepal 2019 Kathmandu
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 磯部 瑠莉, 中村 高志
2. 発表標題 Vertical distribution of stable isotopes in deep groundwater of Kofu basin
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2020年大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村 高志, 佐野 安奈, 西田 継
2. 発表標題 Isotope tracing for mountain groundwater recharges in volcanic and non-volcanic mountains.
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2020年大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村高志, 西田継, 横澤賢
2. 発表標題 ネパール・カトマンズ盆地における地下水の窒素汚染
3. 学会等名 日本水環境学会シンポジウム
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	西田 継 (nishida kei) (70293438)	山梨大学・総合研究部・教授 (13501)	
連携研究者	石平 博 (ishidaira hirosi) (80293439)	山梨大学・総合研究部・教授 (13501)	
連携研究者	馬籠 純 (magome jyun) (70377597)	山梨大学・総合研究部・准教授 (13501)	
連携研究者	市川 温 (ichikawa yutaka) (30293963)	京都大学・大学院工学研究科・准教授 (14301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------