

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 16 日現在

機関番号：13101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25560145

研究課題名(和文) 地下流水音探査法による乾燥草原地帯の浅井戸掘削地点選定方法の開発

研究課題名(英文) New selection method of optimum point for shallow wells with Groundwater Aeration Sound in semi-arid grassland

研究代表者

河合 隆行 (Kawai, Takayuki)

新潟大学・災害・復興科学研究所・特任助教

研究者番号：20437536

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、乾燥地の草原地帯において「地下流水音」を用い、簡便かつ迅速に地下水の水みち位置を特定することで遊牧民が利用しやすい浅井戸掘削の適地を判定することである。モンゴル国の半乾燥草原地帯において地下流水音・地下水水質・地盤探査の現地調査を行い、以下のことが明らかになった。地下流水音は水位が浅いほど大きく、深いほど小さくなり、両者の関係は対数近似が可能であった。対数近似式による地下水位の推定誤差は1 m程度と高精度であった。地下流水音は地質構造・岩質により異なる水位推定式を有することが明らかになった。また、地下流水音を用いて地表からは判断しにくい帯水層の地質状況を推定可能であった。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to find the optimum point for shallow well in semi-arid grassland with Groundwater Aeration Sound (GAS). We conducted GAS survey, water-quality survey, and subsurface exploration in Mongolia. The results indicated that there is a logarithmic relationship between GAS and groundwater levels with 1m accuracy. The correlation of GAS and groundwater level showed different trends in each geological condition. Furthermore, GAS could estimate the geological situation, such as small fault that was difficult to assess from the surface.

研究分野：水文学

キーワード：浅層地下水 地下流水音 乾燥草原地帯

1. 研究開始当初の背景

モンゴル国では 15665 万 ha の国土の 82.5% が牧草地として利用され、国民の 30% が遊牧に従事している。その遊牧の際に人間や家畜が利用する水資源の大部分が地下水であるが、近年では多くの遊牧民・家畜が少数の井戸に集中し、一部の地域の地下水位の低下が問題となっている。そのため、各地に利用しやすい浅井戸、つまり、水の汲み上げに多大な労力を必要としない水位があまり深くなく水量の十分な浅井戸を増やす必要がある。しかし、現時点では、広大な面積かつ自然条件の厳しい乾燥地において、これらの条件を満たす地下水環境を探查する技術は確立されていない。迅速かつ簡便に、利便性の高い浅井戸の掘削地点を決定できる手法が希求されている。

2. 研究の目的

乾燥草原地帯で十分な水量を得られる浅井戸をどこに掘削するべきかという問題を解決するため、乾燥地の自由地下水の、1. 地下水深の推定、2. 地下水流動の特異点(水みち位置)の特定、の二つを同時に測定する手法の開発を目的とする。また、地下流水音から地質や水質等が推定できるかの試みも行う。

3. 研究の方法

3-1 地下流水音

地下流水音とは、地中水の飽和帯と不飽和帯の境界面で発生する曝気音(弾性波と摩擦振動より構成)のことである。弾性波は、飽和帯の地下水が流動することによって飽和-不飽和境界付近の間隙空気が移動し、その結果、土壌粒子間の水膜がはじける際に発生する。摩擦振動は飽和水が帯水層内の岩石・土壌粒子内を移動する際に発生している。

地下流水音の測定には地下流水音測定装置(GAS_03・拓和製)を使用した。一回の測定時間は5分程度とし、音圧測定・曝気回数、録音を実施した。

3-2 水質

地下流水音を測定した箇所に井戸・湧水があった場合、現地にて水温・EC・pH・Rphを計測した、また、採水したサンプルを用いて酸素・水素の安定同位体比の計測を行った。

3-3 地下水位・地盤探查

地下流水音の計測と同時に、既存の探查技術による地下水深の探查を行った。用いた探查方法は、既存の研究報告が豊富な地下レーダー法(GPR法)と電気探查法(ウェナ法)とした。なお、地中レーダー探查に使用するレーダー周波数は浅層地下水にターゲットを絞って200および900MHzとした。

3-3 現地調査

現地調査は面的調査と線的調査との2手法を実施した。面的調査はモンゴルの乾燥草原地帯(トゥブ県バヤンオンジュール市)にて、既存井戸地点(84箇所 Fig.1)で地下流水音探查を行い、域内の地下流水音の音圧分布、地下水位を求めた。また、各地質における地

下水の水質と地下流水音の周波数等の特徴を比較した。線的調査は花崗岩地帯(ドンドゴビ県バガガズリンチュル地区)にて既存の観測井がある地点に測線を設け、地下流水音探查とGPR法・電探法を併用して地下水深・水みち位置の推定精度の確認を行った。

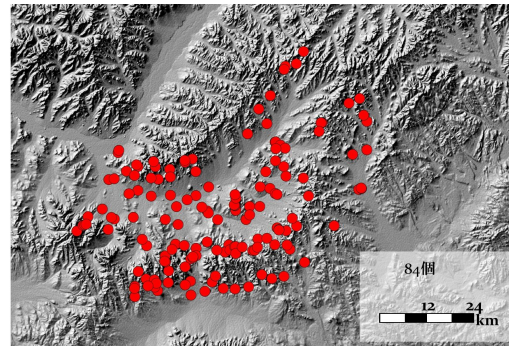


Fig. 1 面的調査地点

4. 研究成果

4-1 面的調査の結果

今回の観測対象地であるバヤンウンジュール地区は年平均降水量が200mm程度であるため、地下水の豊富な地域とは言えない。しかし、全ての測定地点で地下流水音が測定された。これは、バヤンウンジュール地区全域で浅層地下水が帯水・流動していることを意味している。風が強く環境ノイズの大きい半乾燥地であっても、地下水が賦存していれば地下流水音が発生していることを確認することができた。

当観測地での地下流水音は、地下水位が浅いほど大きく深いほど小さくなる傾向がみられ、両者の関係は対数近似が可能であった。200 - 800Hzでの周波数帯による今回の観測では、地下流水音を用いて深度15m程度までの地下水位を推定できることが明らかになった。

また、平成25年度の調査による地下流水音-地下水位の推定精度は約2mであったが、これには数カ所の音の異常地点(音が大きいのに観測井戸の水位は深い等)が含まれていた。そこで、平成26年にはGPR法・電探法を音の異常地点にて実施し、地下水位を推定した。その結果、水位測定に用いた井戸が複数の帯水層内に渡って設置されている、あるいは小断層内に設置されているなど、他の地点とは明らかに異なる条件が検出された。それらの音の異常地点での地下水位データをGPR法での推定地下水位に置き換え、地下流水音-地下水位の推定式を作成したところ、水位推定誤差は1m程度となった。この結果から、地下水の流動速度が比較的遅い半乾燥地域の浅層地下水帯において、地下流水音を用いることで1m程度の誤差で地下水位を推定できることが示された。

また、水質・安定同位体等の分析結果を用

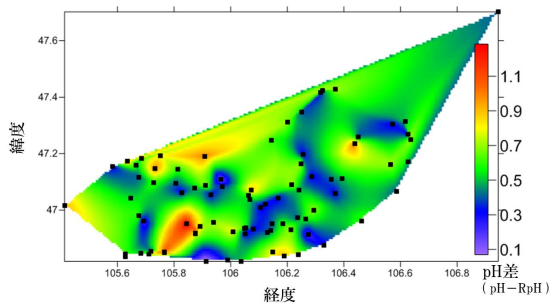


Fig. 2 水質の地域分布(pH 差)

いて地域の地下水を分類したところ、その帯水層の地質条件により明確な水質の地域分布を示した。なお、それらの地質条件とは、風化度の低い火山岩、風化の進んだ火山岩、堆積岩、沖積堆積物であった。Fig.2 は Rph と pH の差を示しており、pH 差が大きい地点ほど風化が進んでいないあるいは間隙の少ない地盤である。この地質条件ごとに地下流水音データを分類すると、風化が進んでいる、あるいは間隙が多い地域 (Fig.2 の青色の地域) ほど、同じ地下水水位であっても地下流水音は大きくなる傾向が見られた。これは、地下水の流速が相対的に早いいため、地下流水音のうちの摩擦音が大きくなっているためだと推定される。なお、このような地域では一定時間内の曝気回数も非常に多かった。以上のことから、地下流水音のデータを用いることで、浅層地下水が帯水している層の、地質状態を推定できることが示唆される。

4-2 線的調査の結果

線的調査は風化の進んだ花崗岩地域であるバツガズリンチュルー地区で行った。この地域の年平均降水量は 150mm 程度であるが、山岳地帯内の盆地であるため、地下水が比較的集中しやすい。また、土壌が未発達で有り

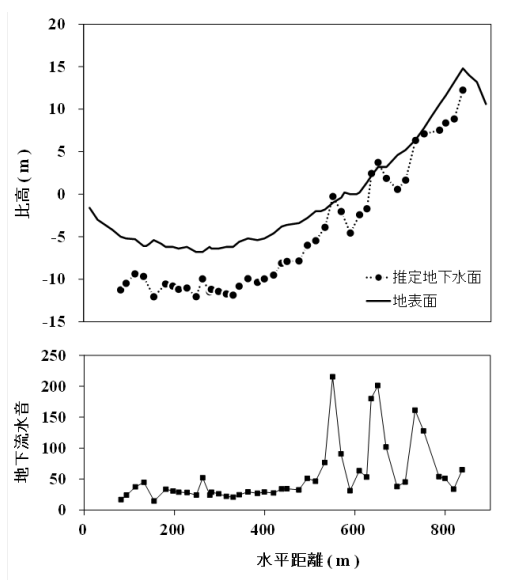


Fig. 3 線的調査結果

層厚は 50cm 以下であるため、地下流水音を測定する際に考慮する因子が少なくなるという利点がある。この地域で、山地から平野部までを含めた 1km の測線を設けた (Fig.3)。なお、山地内には小規模な断層が 3 本走っている。Fig.3 の下図は地下流水音の測定結果を、上図は地表面形状と推定地下水水位を示している。

水平距離 100 - 500m の平野部では地下流水音は大きく変化せず、推定水位は 4 - 6m であった。水平距離 500m 以降の山地に入ると、地下流水音は平野部よりも大きくなり、推定水位はプラス 0.5 - 4m であった。平野部から山地にかけてに推定地下水水位が浅くなっており、一般的な自然状態を再現していると考えられる。なお、山地部で推定水位がプラス 0.5 - 0m になる地点が 3 か所あるが、この地点は断層の直上にあたる。断層による特異な地下水移動のために地下流水音が大きくなり、実際の地下水水位よりも浅く推定されたと考えられる。以上の結果より、地下流水音を用いることで、地盤の変化がもたらす地下水の流動異常地点を抽出可能であることが示された。なお、この地下水移動の特異点は井戸を掘削する際の最適地と考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 3 件)

1. Kawai T., Yasuyuki TADA, Masato SHINODA, Ryota TSUCHIYA, Toshihiro MORII, Tetsuya SUZUKI and Khuut TSEEDULAM, Simple Method of Shallow Groundwater Exploration by Groundwater Aeration Sound in Semi-Arid Grassland, Journal of Arid Land Studies, 24-1, pp.245-248, 2014, 査読有

2. Saito T., M. Tsukumo, M. A. M. Abd Elbasit, H. Yasuda, T. Kawai, N. Matsuo, K. Inosako, K. Acharya, A. E. Babiker, Abubakr A. Hamd and H. Nawata: Estimation of water sources of invasive tree species in arid environments by oxygen stable isotope analysis. Journal of Arid Land Studies, 24:29-32. 2014, 査読有

3. Yasuda H., M. A. E. M. Ahmed, K. Yoda, R. Berndtsson, T. Kawai, H. Nawata, A. M. Ibrahim, T. Inoue, W. Tsuji, T. E. A. Gamri and T. Saito :Diurnal fluctuation of groundwater levels caused by the invasive alien mesquite plant. Arid Land Research and Management, 28,242-246. 2014, DOI:10.1080/15324982.2013.819824, 査読有

[学会発表](計 8 件)

1. 河合隆行・篠田雅人・安田 裕 : 地下流水

音と安定同位体を併用したモンゴル半乾燥草原の浅層地下水流況解析, 鳥取大学乾燥地研究センター共同研究発表会, 2014年12月7日, 鳥取市

2. 筧津杏奈・齊藤忠臣・河合隆行・財原大地・猪迫耕二・安田 裕・塩崎一郎: 鳥取砂丘における地下水とオアシスの動態解明, 日本砂丘学会第60回全国大会, 2014年7月3日, 鳥取市.

3. 塩崎一郎・河合隆行・野口竜也・齊藤忠臣: 鳥取砂丘内湧水(オアシス)の起源に関する研究. 日本地球惑星科学連合大会2014, 2014年5月1日, 横浜市

4. 黒田清一郎・藤巻晴行・井上光弘・河合隆行・齋藤広隆・吉田勇介・渡邊雅之・竹下祐二・岡 智宏: 乾燥地深層地盤における水分塩分挙動観測技術の開発, 鳥取大学乾燥地研究センター共同研究発表会, 2013年12月8日, 鳥取市

5. 河合隆行・篠田雅人: 地下流水音と安定同位体を併用したモンゴル半乾燥草原の浅層地下水流況解析, 鳥取大学乾燥地研究センター共同研究発表会, 2013年12月7日, 鳥取市

6. Saito T., M. Tsukumo, M. A. M. Abd Elbasit, H. Yasuda, T. Kawai, N. Matsuo, K. Inosako, K. Acharya, A. E. Babiker, Abubakr A. Hamd and H. Nawata: Estimation of water sources of invasive tree species in arid environments by oxygen stable isotope analysis. Desert Technology 11 International Conference, San Antonio (USA.), 2013.11.20

7. Kawai T., Yasuyuki TADA, Masato SHINODA, Ryota TSUCHIYA, Toshihiro MORII, Tetsuya SUZUKI and Khuut TSEEDULAM, Simple Method of Shallow Groundwater Exploration by Groundwater Aeration Sound in Semi-Arid Grassland, Desert Technology 11th International Conference, San Antonio (USA.), 2013.11.20

8. 河合隆行・齊藤忠臣・塩崎一郎・多田泰之・森井俊広・鈴木哲也: 地下流水音を用いた浅層地下水位の簡易推定法, 日本地球惑星科学連合2013年大会, 2013年5月23日, 千葉市

〔図書〕(計 2件)

1. 砂漠誌 人間・動物・植物が水を分かち合う知恵 (国立科学博物館叢書15), 縄田浩志・篠田謙一 編, 東海大学出版部発行, 2014, 85-91pp(総ページ454pp)

2. 斜面崩壊対策技術 - メカニズム・センシング・監視システム・新施工法 -, エヌ・ティー・エス編, エヌ・ティー・エス発行, 2014, 225-228pp(総ページ334pp)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河合 隆行 (KAWAI TAKAYUKI)
新潟大学・災害・復興科学研究所・特任
助教

研究者番号: 20437536

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: