

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：11101

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2022～2023

課題番号：22K19858

研究課題名（和文）地下流水音を利用した新規地下断裂イメージング技術の開発

研究課題名（英文）Development of new underground fracture imaging technology using groundwater sound

研究代表者

井岡 聖一郎（Ioka, Seiichiro）

弘前大学・地域戦略研究所・教授

研究者番号：40598520

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：溶岩流定着地域における地下流水音観測は、地下を流れる水の存在の検出に有効であると示唆され、次に気泡が存在する湧水周辺で地下流水音観測を実施し、気泡の破裂音ではなく地下を流れる水の経路についての情報を地下流水音が提供していた。崩壊地において地下断裂構造から流出していると考えられる温泉検出法としての地下流水音観測を試み、流水音は観測されたがその近辺に水の存在は確認できなかった。また、巨礫が多く堆積している崩壊地河床で地下流水音観測を実施し、複雑な水の地下浸透機構の存在が示された。以上の結果、地下流水音は溶岩流定着地域や崩壊地における地下の水の経路の情報を提供できることが示されたと考える。

研究成果の学術的意義や社会的意義

透視できない地下断裂構造の評価手法の一つとして、断裂構造の存在が推定される場や気泡が存在する湧水の近傍で地下流水音の観測を実施した結果、地下流水音は地下を流れている水の経路を示唆していることが本研究を通して示された。断裂構造の推定には至らなかったが、溶岩流定着地域や山地の崩壊地で目視できない地下の水の流動経路について地下流水音の観測は有用であることが示され、崩壊地などでの地下の水の流動把握の利用が考えられた。

研究成果の概要（英文）：It has been suggested that groundwater sound measurements in lava flow areas are effective for detecting the presence of water flowing underground. Groundwater sound measurements were conducted around springs where air bubbles existed, however, the sound of bursting bubbles was not detected. We attempted to use the groundwater sound measurements as a method of detecting the existence of hot springs that are thought to be flowing out from the underground fracture structures in collapsed areas. Although the sound of groundwater was observed, its presence could not be confirmed in the vicinity. In addition, groundwater sound measurements were performed on a riverbed in a collapsed area where many boulders had been deposited, and the existence of a complex underground water infiltration mechanism was demonstrated. We believe that the aforementioned results demonstrate that groundwater sound measurements can provide information on the path of groundwater in lava flow and collapsed areas.

研究分野：地熱水文学，地熱水文地球化学

キーワード：地下水 断裂 流水音

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地熱発電は再生可能エネルギーの中で唯一地下資源を利用するため、気象に依存しない安定電源という利点を有している。その地熱発電を実施するための有望地(熱水や蒸気が賦存している地下断裂構造)を見つける探査法には、地質学的、地球化学的、地球物理学的探査があるが、これら一つだけで完結する探査法は存在しない。また、数多くの既存探査法を組み合わせる地熱資源探査を実施した場合においても有望地の発見に失敗する事例がある。したがって、新たな様々な探査法の提案が必要であると考えられる。

2. 研究の目的

地熱地域では、様々な地質環境において地下深部の地熱貯留層あるいはマグマから地下断裂構造(断層)を通路として地上へ火山ガスが流出している。溶岩流が定着した環境もその一つである。溶岩流が定着した地下は空隙率が大きくかつ様々な大きさの空隙が存在して空隙の不均質性が非常に高い。その結果、溶岩流が定着した地下環境では、地下川が流れ、空洞の中に水面が存在し、そして地下水が豊富に流動して湧水を形成している。その空洞の水面中には、火山ガスが地下から湧いて、水中で大量に気泡の生成と消滅を繰り返しているものが存在している。地下から湧いている火山ガスも目視できない地下の断裂構造を通過してきたと考えられるが、湧水は点として存在しているため、地下断裂構造の広がりや評価することはこれまで困難であった。そこで、地下流水音測定装置を用いて、溶岩流が定着した目視できない地下環境において、地下断裂構造から上昇してきた火山ガスの流出地点を検出できるかどうかを検討する。地下断裂構造を通路として上昇してきた火山ガスが流出している地点では気泡が大量に生成し気泡の破裂音により他の地点より地下を流れている水の音圧が大きくなるため、地下流水音測定装置から地下断裂の火山ガス流出地点評価が可能になると考えられる。

3. 研究の方法

本研究で使用した地下流水音測定装置は、株式会社拓和社製の GAS-04 である。本装置は測定記録器、ピックアップセンサー、イヤフォンから構成されている。ピックアップセンサーには可能な限り土地の擾乱をさけるため付属最小の内径 8mm で長さ 100mm の固定用センサーロッドを取り付けた。測定時の信号帯域制限フィルター設定は、下限 300Hz、上限 1200Hz にし、増幅度は 5 で測定した。測定データは付属の地下水水音データ取込ソフトを用いて PC に取り込んだ。データ解析はサンプリング速度 4000Hz、サンプル個数 200、平均データ数 6 で実施した。

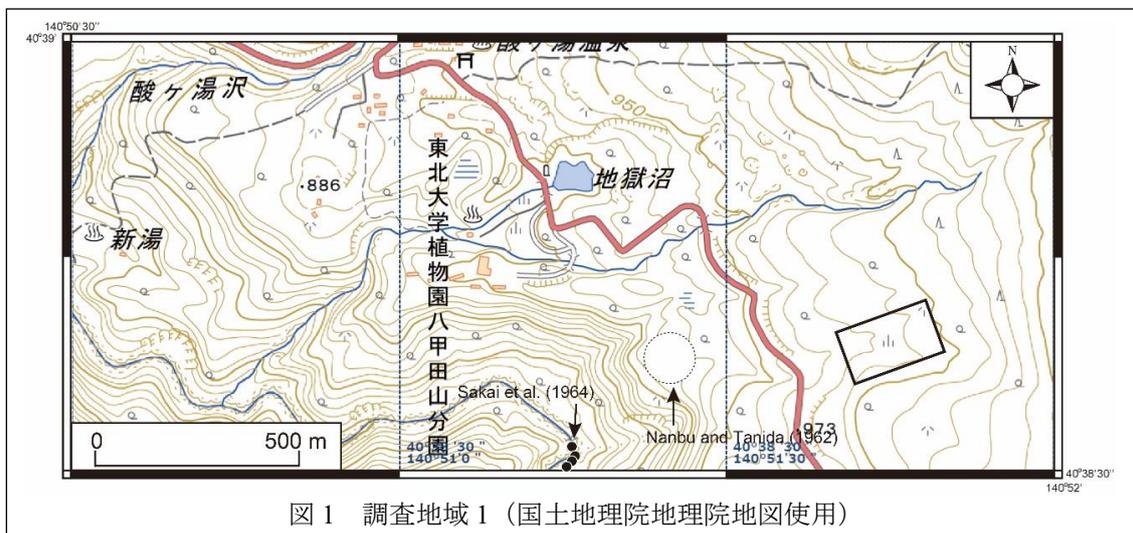


図1 調査地域1 (国土地理院地理院地図使用)

調査地域は2地域で実施した。二地域とも国有林であり、調査事前に各管轄林署に入林届を申請し、許可を得ている。さらに、二地域ともに十和田八幡平国立公園内にあり、公園管理事務所へ事前に調査内容を説明し承諾をえた。一地域目は北八甲田火山群地獄沼の南東に位置する溶岩流が定着した地域で実施する(図1の□の範囲)。研究地域においては、すでに水中で気泡の生成・消滅が起きている地点と起きていない地点の存在を把握している(硫化水素ガス存在確認済)。また、図1に示した□の範囲の南西約500m付近の谷には高温の温泉(●印:酒井ほか, 1964)や、その中間地点付近には褐鉄鉱山(点線の○, 南部・谷田, 1962)が存在していたことが文献で報告されており、図1の□の範囲とその南西方向に温泉に向かって断裂構造の存在が示唆される。そこで、最初にこの推定断裂構造の方向に沿って地下流水音観測を実施する。次に、本地域における気泡が存在する湧水の四方を取り囲む形で地下流水音観測を行う。

二地域目は、過去に温泉の湧出が存在したが現在その位置が不明である北八甲田火山群赤倉岳の崩壊地内を流れる標高約600m周辺域の空川流域である(図2)。本地域では、地下の断裂構造から流出していると考えられ現在埋没している温泉の検出手法としての可能性について検

討した。また、空川は、水が地下に浸透して消失し再び地表へ現れてくるなどしながら流下していることから、地下に浸透した場において地下流水音の観測も実施した。

4. 研究成果

調査地域1において、溶岩流定着地域の微地形および図1に示した地熱兆候の存在から推定された地下の断裂構造に沿って地下流水音の観測を実施した。その結果、地下流水音の存在の有無の強弱が観測で認識された(No.1-No.6: 165, 60, 79, 137, 367, 398)。ただし、これは周辺の水流の影響の可能性も含まれている可能性があると考えられた(図3)。次に、調査地域1において、水中の気泡の存在が認められた湧水地点を囲むように四方で地下流水音の観測を実施した。その結果、湧水の西側方向において大きな地下流水音を観測することができ、地下の気泡の存在を識別できたかと考えられた(No.19-No.24: 45, 151, 25, 23, 159)。しかし、後日無降雨時期が続いた後、湧水の流れもなくなるほど水面が低下した結果、西側に空洞が認められ(No.33-No.37: 19, 22, 16, 22, 12)、地下を流れる水の流動経路についての情報を地下流水音が提供していたことが明らかになった(図4)。

調査地域2において、最初に空川流路に対して垂直方向(空川から離れる方向)に地下流水音観測を実施した。空川流路に最も近い観測点が最も大きな地下流水音が観測された。ただし、その近辺に水(温泉)の存在は確認できなかった。次に、空川を流れる水が地下に浸透した場において地下流水音観測を実施した。その結果、地下に浸透した場においても、必ずしも地下流水音が大きく観測されず、複雑な地下の浸透機構が存在していることが示された。

透視できない地下断裂構造の評価手法の一つとして、断裂構造の存在が推定される場や気泡が存在する湧水の近傍で地下流水音の観測を実施した結果、地下流水音は地下を流れている水の経路を示唆していることが本研究を通して示された。断裂構造の推定には至らなかったが、溶岩流定着地域や山地の崩壊地で目視できない地下の水の流動経路について地下流水音の観測は有用であることが示され、崩壊地などでの地下の水の流動把握の利用が考えられた。

透視できない地下断裂構造の評価手法の一つとして、断裂構造の存在が推定される場や気泡が存在する湧水の近傍で地下流水音の観測を実施した結果、地下流水音は地下を流れている水の経路を示唆していることが本研究を通して示された。断裂構造の推定には至らなかったが、溶岩流定着地域や山地の崩壊地で目視できない地下の水の流動経路について地下流水音の観測は有用であることが示され、崩壊地などでの地下の水の流動把握の利用が考えられた。

引用文献

南部松夫・谷田勝俊(1961) 青森市八甲田火山の地質および地下資源調査報告書. 29p.

酒井軍次郎・宮城育夫・岩井武彦(1964) 八甲田火山地域における温泉群の研究. 56p. 弘前大学教育学部紀要. 別冊(4)

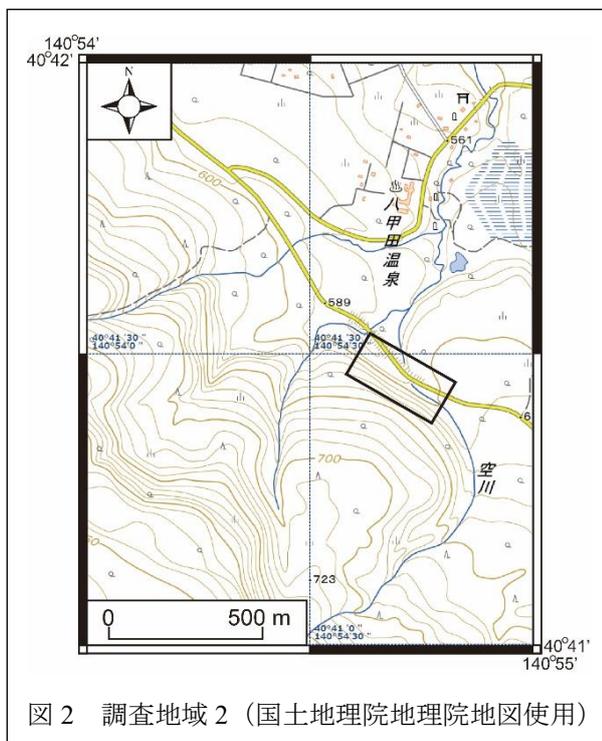


図2 調査地域2 (国土地理院地理院地図使用)



図3



図4

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 渡部乃佳・稲葉唯・井岡聖一郎・若狭幸・村岡洋文	4. 巻 46 (3)
2. 論文標題 北八甲田火山群鳥滝沢-傘峠区間における沢水, 湧水の水質	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 日本地熱学会誌	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) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 井岡聖一郎・一戸夏綺・若狭幸
2. 発表標題 北八甲田火山群硫黄岳西方における地熱熱水と湧水の溶存CO2濃度
3. 学会等名 日本地熱学会令和5年学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井岡聖一郎・若狭幸
2. 発表標題 地熱地帯における低温湧水の溶存硫化水素の起源推定
3. 学会等名 公益社団法人日本地下水学会2023年春季講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Wakasa, S., Kasuya, M. and Ioka, S.
2. 発表標題 An experiment for geothermal exploration using remote sensing in Japan
3. 学会等名 JpGU Meeting 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井岡聖一郎・若狭幸
2. 発表標題 イオンクロマトグラフによる酸性の鉱泉湧水等のAl ³⁺ 濃度分析
3. 学会等名 公益社団法人日本地下水学会2024年春季講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 粕谷真大・佐藤一輝・井岡聖一郎・若狭 幸
2. 発表標題 地獄沼周辺地域におけるUAVを用いたクラック及び熱水の湧水地点の推定
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2024年大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Ioka, S., Inaba, Y. and Wakasa, S.
2. 発表標題 Cold surface water chemistry in the western area of Iwodake, North Hakkoda Volcanoes
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 若狭 幸・井岡聖一郎
2. 発表標題 八甲田山硫黄岳山麓の高精度地表図と空間温度マップと水質の関係
3. 学会等名 日本地熱学会令和4年学術講演会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 日本地下水学会	4. 発行年 2023年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 176
3. 書名 図説 日本の湧水 : 80地域を探るサイエンス	

1. 著者名 公益社団法人日本地理学会	4. 発行年 2023年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 842
3. 書名 地理学事典(「地下水の分布と流動」担当)	

〔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
研究分担者	若狭 幸 (Wakasa Sachi) (40442496)	弘前大学・地域戦略研究所・准教授 (11101)	

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
---------	---------