

地圏環境の正確な観察・計測・分析と記録、 またそのための装置・技術・手法の開発

Measurement, observation and equipment development for understanding of various geosphere information



助教 平野 伸夫
Assistant Professor
Nobuo Hirano

本研究室では、地圏の様々な情報の理解に焦点を当てており、そのために必要な手法や装置の開発をおこなっている。主なターゲットは、熱水-岩石相互作用、地球内部の水熱条件下での岩石状態の把握、石英や長石など鉱物の自然および人工熱発光 (NTL、ATL) 計測、酸性温泉排水と金属アルミニウムを用いた水素の発生技術、電磁気観測 (MT) 観測による地下構造探査等である。

主に地熱および温泉資源の開発と有効活用を目的としたものであり、これらの研究成果を最終的には社会に還元したいと考えている。また、オートクレーブを用いる熱水反応実験や測定方法、様々な鉱物の熱発光測定などについて、可能性の検討やアイデアなどの提供もおこなうことが可能である。

This laboratory is dedicated to acquiring a diverse range of information about the geosphere, focusing on the development of necessary methods and equipment. Our major areas of study include water-rock interactions, exploring rock conditions within the Earth's interior under high-temperature and -pressure hydrothermal environments, and measuring natural and artificial thermoluminescence (NTL and ATL), using minerals such as quartz, feldspar, calcite, and other minerals. Electromagnetic (MT) surveys for underground structure exploration. Additionally, we investigate hydrogen production techniques using acidic hot spring water and metallic aluminum. Our primary objective is to develop and optimize the use of geothermal and hot spring resources, aiming for our findings to contribute to society. We also offer expertise in designing experiments and measuring techniques involving autoclaves as well as applying thermoluminescence to minerals.

蔵王火山地下構造調査

蔵王火山の活動を理解するうえで、その地下構造を把握することは極めて重要である。これまで地質学的調査は実施されてきたものの、地下構造全体を対象とした総合的な把握は十分になされてこなかった。そこで本研究では、民間企業および理学研究科地震・噴火予知研究観測センターの市来助教らと共同で、蔵王火山周辺域における深部地下構造の解明を目的とした共同研究を今年度より開始した。現在までに、電磁気探査 (MT 探査) による予察的調査を実施し、初期解析を終えている。今年度取得されたデータによれば、御釜の東方において、地下深部から浅部に向かってほぼ垂直に伸びる低比抵抗領域 (水や熱水など、電気を通しやすい物質が存在する領域) と、それを囲む高比抵抗領域 (乾燥した強固な岩体など、電気を通しにくい領域) が確認された。この構造は、地下深部において

Subsurface Structure of Zao Volcano

Understanding the activity of Zao Volcano requires detailed knowledge of its subsurface structure; however, comprehensive imaging of the entire subsurface has remained limited despite previous geological studies. To address this gap, we initiated a collaborative research project in the current fiscal year with a private company and researchers at the Research Center for Earthquake and Volcano Prediction, Graduate School of Science, aimed at elucidating the deep subsurface structure beneath and around Zao Volcano.

In this study, a preliminary magnetotelluric (MT) survey was conducted, and initial analyses of the acquired data were completed. The results reveal a low-resistivity zone located east of the Okama crater, extending almost vertically from the deep subsurface toward shallow depths and surrounded by high-resistivity zones. The low-resistivity anomaly is interpreted as a region containing electrically conductive materials,

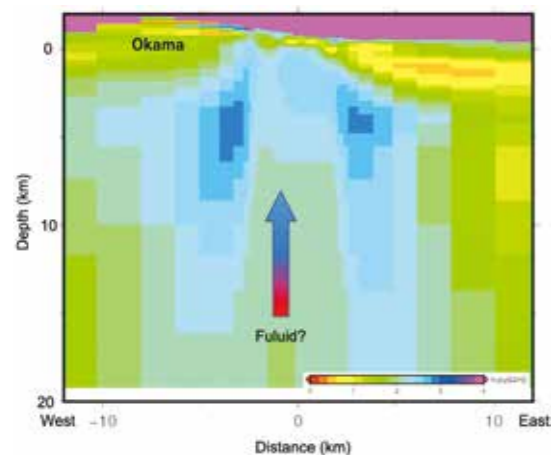


Fig. 1 MT imaging of Zao area.



Fig. 2 Setting experiment of induction coils for geomagnetic measurements.

熱水を通しにくい岩体の間を縫うように、水などの流体が上昇している可能性を示唆するものである。ただし、今年度は観測時期の制約により取得できた観測点数が限られていたため、地下構造の詳細把握には至っていない。来年度は観測点数を増設し、より高密度なデータに基づく詳細な解析を行う予定である。

さらに、これらの観測と並行して、地磁気観測用インダクションコイルの設置方法についても検討を行った。MT 探査に必要な地磁気観測では、東西・南北・鉛直方向の三分データを取得する必要があり、一般にはインダクションコイルを地表下数十センチメートルに埋設して固定する手法が用いられている。しかし、観測地点によっては地盤条件等により埋設が困難な場合があるため、地表付近の空中に設置した場合でも観測に支障がないかを検討した。その結果、空中設置であっても基本的な観測は可能であるものの、主に風によるコイルの動揺が観測データに影響を及ぼすことが明らかとなった。この問題は、空中設置用の支持構造を高剛性化することで解決可能であるが、山岳地域での観測を想定すると、可搬重量の観点から実用的ではない。そこで本研究では、コイル長の半分以上を埋設する必要がある鉛直成分用コイルについて、下端を地表に接触させて固定する設置方法を適用する方針とした。

鉱物の熱発光を用いた熱源深度推定方法の開発

石英、長石、カルサイトなどの鉱物には、自然放射線を起源とするエネルギーが結晶化後の時間経過に伴って蓄積される。このエネルギーは加熱によって解放され、蓄積量に比例した発光として観測され、鉱物熱発光 (Thermoluminescence: TL) と呼ばれる。過去に加熱履歴のある鉱物ではエネルギーが失われるため、熱発光量 (TL 強度) が小さくなる。したがって、地熱環境の影響を受けた鉱物は、影響を受けていない鉱物と比較して相対的に TL 強度が低下していると考えられる。これまで、地表における TL 強度分布に着目した平面的な熱源位置の推定を行ってきたが、昨年までの検討により、熱源からの距離と TL 強度との間に相関関係が存在する可能性が示されてきた。そこで、地下に仮想的な熱源を設定し、熱源から各測定試料までの距離と TL 強度との相関係数を算出・比較する方法を考案した。熱源位置を移動させながら算出した相関係数が高い位置を熱源の存在する蓋然性が高い場所と推定する方法を「TL インバージョン法」と命名し、その有効性の検証を進めている。

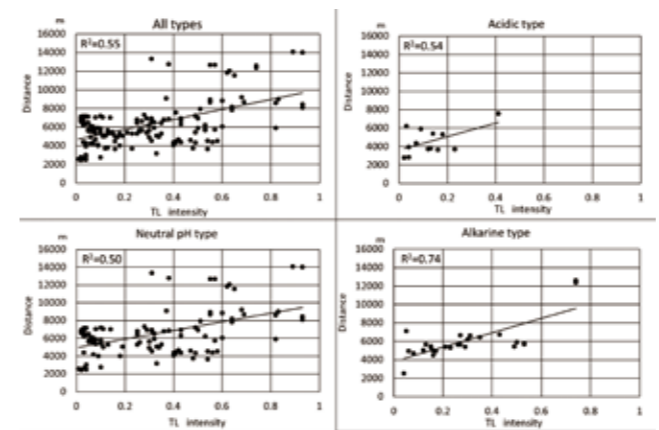


Fig. 3 Relationship between distance from heat source and TL intensity.

such as water or hydrothermal fluids, whereas the surrounding high-resistivity regions likely correspond to dry, competent rock bodies with low electrical conductivity. This resistivity configuration suggests that fluids may ascend from depth through pathways between relatively impermeable rock bodies.

Due to limitations in the observation period, the number of MT stations deployed in this fiscal year was restricted, preventing a detailed characterization of the subsurface structure. In the next fiscal year, we plan to increase the number of observation sites to enable higher-resolution imaging and more detailed analyses.

In parallel with the MT survey, we also examined installation methods for induction coils used in geomagnetic observations. Although induction coils are typically buried below the ground surface to ensure stable measurements, burial is sometimes difficult in mountainous areas. Tests of aboveground installations indicate that basic observations are possible; however, wind-induced coil motion can degrade data quality. Considering practical constraints on transportable weight for ground installation equipment, we adopted a modified installation method for the vertical-component induction coil, in which the lower end of the coil is fixed in contact with the ground surface.

Thermoluminescence for Geothermal Exploration

Minerals such as quartz, feldspar, and calcite accumulate energy derived from natural radiation over time following crystallization. This stored energy is released upon heating and observed as luminescence proportional to the accumulated energy, known as mineral thermoluminescence (TL). Minerals that have experienced past thermal events lose stored energy and therefore exhibit reduced thermoluminescence intensity (TL intensity). Accordingly, minerals affected by geothermal environments are expected to show lower TL intensities than unaffected minerals. Studies have estimated planar heat source locations based on the spatial distribution of TL intensity at the ground surface. Recent investigations have suggested a correlation between TL intensity and the distance from a heat source. Based on this finding, a method has been developed in which a hypothetical subsurface heat source is assumed and correlation coefficients between the distance to sampled minerals and their TL intensities are calculated. By systematically shifting the assumed heat source position, locations yielding higher correlation values are interpreted as having a higher likelihood of hosting a heat source. This approach is referred to as the "TL inversion method," and its effectiveness is currently under evaluation.

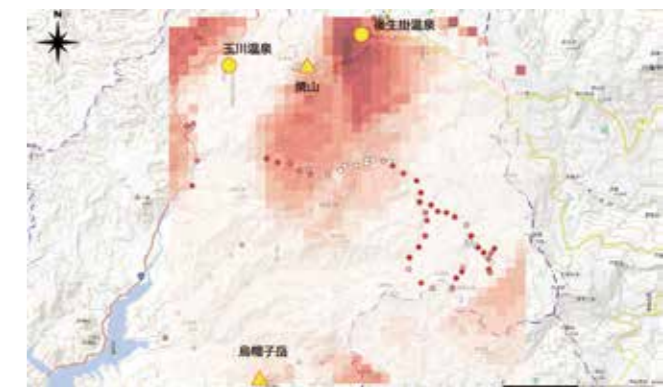


Fig. 4 Distribution of correlation coefficients calculated from TL intensity and hypothetical heat source position