

# 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 like quartz, feldspar, calcite, and other minerals. 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.

## 蔵王火山熱水調査

蔵王火山の活動調査に関連し、2014年ごろから継続しておこなってきた御釜および丸山沢における水質調査について、今年度で一応の終了をみた。蔵王噴火警報による立ち入り制限のため欠測期間はあるものの、昨年までに収集した全水質データの変動をまとめた結果、火山性微動が観測される(2015年11月頃)前から、丸山沢から湧出している熱水の成分に変動が見られはじめ、その後最大となり、最近のデータでは火山性微動が観測される前の値に戻ることが確認された。御釜湖水ではこのような変動が見られなかったため、丸山沢において湧出している熱水が、蔵王の火山活動となんらかの関係があるのではないと思われることがわかった。

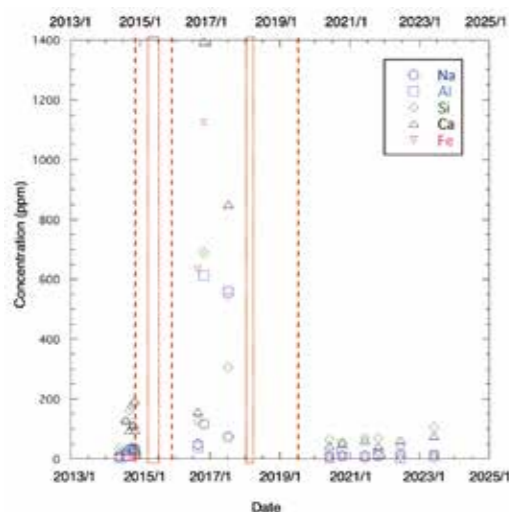


Fig. 1a Changes in the chemical composition of Maruyamasawa hydrothermal water.

## Zao Volcano Water Survey

The chemical quality monitoring of Okama (water) and Maruyamazawa (hydrothermal), conducted since around 2014 as part of the Zao Volcano activity survey, has been completed for the time being. Although some data are missing due to restricted access caused by the Zao Volcano eruption warning, an analysis of all water survey data collected up to the last year reveals several key findings. Changes in the composition of the hot spring water gushing out from Maruyamazawa were observed before volcanic tremors were detected (around November 2015), reaching their peak afterward. Recent data confirm that the composition has since returned to levels observed before the volcanic activity. In contrast, no such fluctuations were observed in the water from Okama. These findings suggest that the hydrothermal water from Maruyamazawa is likely connected in some way to the volcanic activity of Zao.

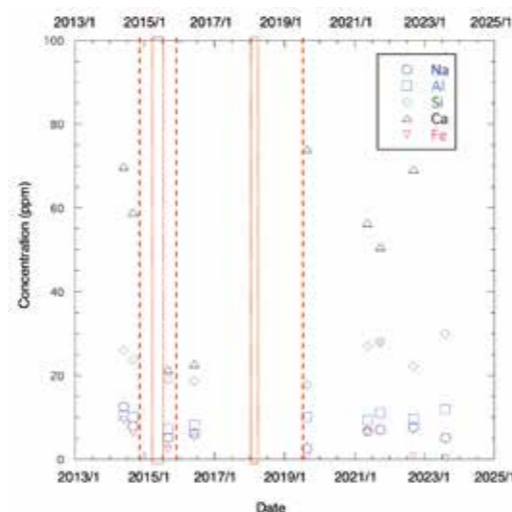


Fig. 1b Changes in the chemical composition of Okama water.

## 鉱物の熱発光を用いた地熱兆候探査

鉱物内には自然放射線を起源とするエネルギーが蓄積され、鉱物を加熱することにより解放され、それまでのエネルギー蓄積量が発光強度として観察される(鉱物熱発光、TL)。これは、過去に一度加熱された鉱物では熱発光量が小さくなることを意味しているため、地熱環境にあった鉱物は相対的に発光量が小さくなっていると推測される事を利用した地熱兆候探査方法の開発を進めてきた。この方法で使用する鉱物として方解石も活用できることを昨年度に示しているが、エルサルバドルにおいて、方解石を用いた調査および解析をおこなったところ、既存の結果と調和的な結果を得ることができた。このことから、これまでの石英・長石に加えて方解石も熱発光地熱兆候探査に活用できる目処があったことから、鉱物熱発光による地熱兆候探査を適用できる地域をさらに拡大できると考えられる。

さらに、この熱発光データから地下の熱源位置を推定する手法についても開発およびテストをおこなっている。

## 地熱開発有望地決定補助のためのアプリケーションの開発と使用テスト

地熱発電の候補地の選定は、断層分布データ、熱源(火山や温泉など)の位置、様々な地球化学データ、重力異常や比抵抗構造解析などの物理探査データなどを、エンジニアや研究者が総合的に評価して決定されることが多い。さらに、この評価の精度については評価者の主観や経験などに大きく依存していると言える。そこで、候補地域内のそれらのデータをGISシステム上に集約したのちにデータ評価用グリッドで分割し、このグリッド内に存在するそれぞれのデータについて、それまでの評価経験をもとに作成した一定の基準で点数化し、グリッドに対する評価点を計算するためのプラグインソフトウェアを昨年度までに開発し、実用的に使用できるかどうかのテストをエルサルバドルの地熱地帯を対象におこなった。この結果を示すが、候補地となりうる地域の絞り込みに成功していると思われる結果を示すことができた。点数化に必要な十分な個数のデータを用意することができる老婆書であれば、多少の試行錯誤は必要なもの、これまでよりも少ない労力で絞り込みをおこなうことが可能であると考えられる。

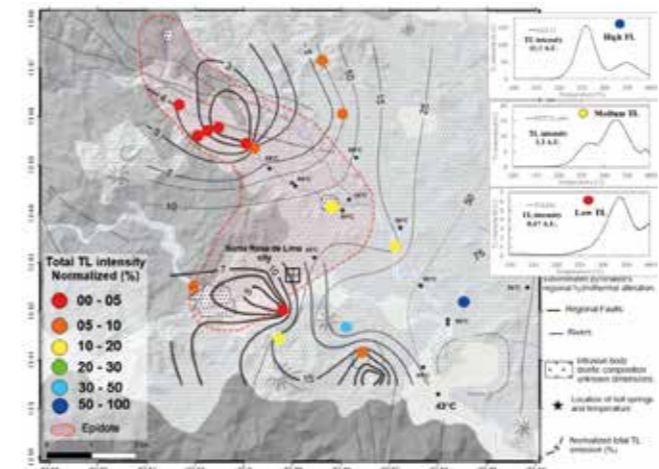


Fig. 2 Calcite TL map in El Salvador.

## Thermoluminescence Geothermal Exploration

Energy from natural radiation is stored in mineral crystals and released as luminescence when the minerals are heated, a phenomenon known as mineral thermoluminescence (TL). Minerals that have been heated in the past exhibit lower TL intensity. Based on this principle, we have developed a method to detect geothermal signatures, assuming that minerals exposed to geothermal environments demonstrate relatively low TL intensity. Our study demonstrates that calcite can also be effectively used in this method, in addition to the quartz and feldspar commonly employed. During a survey conducted in El Salvador, we analyzed calcite and obtained results consistent with existing geothermal prospecting data. This finding suggests that calcite is a viable indicator for TL-based geothermal prospecting, potentially expanding the range of areas where this method can be applied.

Furthermore, we are developing and testing a method for estimating the location and depth of heat sources based on TL data. This advancement could significantly enhance the accuracy and applicability of TL-based geothermal exploration.

## Development of Application to Assist in Determining Geothermal Development Areas

The selection of potential sites for geothermal power generation often involves a comprehensive evaluation by engineers and researchers. This evaluation integrates various data, including fault distribution, the locations of heat sources (e.g., volcanoes and hot springs), geochemical data, and geophysical survey data such as gravity anomalies and resistivity structure analysis. However, the accuracy of this evaluation heavily depends on the subjective judgment and experience of the evaluators.

To address this issue, we developed a plugin software last year that aggregates these datasets within candidate regions into a GIS system. The region is divided into evaluation grids, and each dataset within a grid is scored based on predetermined criteria established from prior evaluation experience. The software calculates evaluation scores for each grid. We tested its practical usability in the geothermal regions of El Salvador.

The results demonstrated the successful narrowing down of potential candidate areas. For regions where sufficient datasets are available for scoring, we concluded that, despite some trial and error, the software enables more efficient narrowing down of candidate sites with less effort compared to traditional methods.

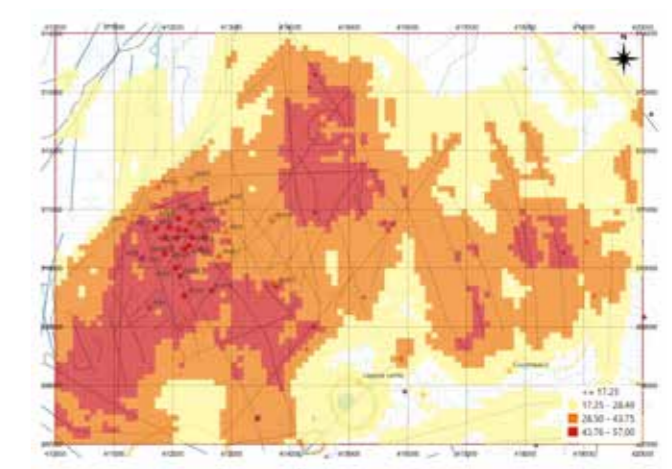


Fig. 3 Example of evaluation result using developed plugin for QGIS.