

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・方法の開発

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、オートクレーブ等を用いる実験や測定方法などについて、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。

The objective of the laboratory studies is to focus on measurements and observations to understand different geosphere information, for which we are developing apparatuses. Our main targets are water-rock interaction, the destruction of rocks under hydrothermal conditions at Earth's interior, natural and artificial thermoluminescence (NTL, ATL) of minerals such as quartz and feldspar, and hydrogen production from the reaction of strong acid hot spring drainage and aluminum metals.

Our main focus is the development and utilization of geothermal resources, and we will use these research results for social purposes. In addition, we will demonstrate the possibilities of and provide ideas for high-temperature/pressure experiments and measurement methods using autoclaves.

流体相変化に伴う岩石鉱物の破壊現象

これまでの研究で、花崗岩類を 400°C以上の超臨界状態水中に設置し、急減圧をおこなうと内部流体の沸騰と断熱膨張に伴う温度低下によって、岩石に顕著なき裂を生じさせることが可能であり、数値シミュレーションの結果とも併せて検討し、岩石中の石英の存在が重要であることを報告してきた。この現象は地殻深部や火山近傍における岩石き裂発生原因を考える上で重要となる。これらの結果に加えて、高温熱水環境中での弾性波速度測装置および手法を考案し、温度及び圧力と弾性波速度の関係性を示した (Fig.1)。この結果は、地震にともなう弾性波の速度を利用して地下の状態を推測する手法である弾性波トモグラフィーへの応用が期待できると考えている。

Fracturing of rocks by fluid phase change

In previous studies, we have reported that the rapid decompression of granitic rocks in supercritical water at temperatures above 400°C can induce significant cracks in the rock due to the temperature drop caused by the boiling of the internal fluid and the adiabatic expansion, and that the involvement of quartz in the rock is significant, together with the results of numerical simulations. This phenomenon is important for understanding the causes of rock fractures in the Earth's deep crust and/or near volcanoes. In addition to these results, we devised an apparatus and method for measuring elastic wave velocities in high-temperature hot water environments and presented equations relating temperature and pressure to elastic wave velocities (Fig.1). The results are expected to be applied to seismic tomography, a method of inferring subsurface conditions using seismic wave velocities.

Preliminary geothermal exploration using thermoluminescence

A phenomenon called thermoluminescence (TL) has been observed in minerals constituting rock, especially quartz and feldspar, whereby energy originating from natural radiation stored in minerals is released when the minerals are heated and then energy accumulation is observed as emission light intensity. In other words, once heated, minerals emit less light, so minerals that have been in a geothermal environment should emit relatively less light. Therefore, by observing the amount of luminescence, it is possible to screen promising geothermal resource sites from the minerals in the rock samples obtained during surface exploration. Although quartz has been the main mineral used in this method, it has been found that feldspar can be used instead of quartz. Therefore, we conducted a TL value distribution study using feldspar in a geothermal field in the Republic of El Salvador, Central America, where quartz content is very low in the geothermal area. As a result, it was found that the distribution of feldspar TL values is consistent with the location of existing geothermal power plants and surrounding volcanoes (Fig.2). The results indicate that feldspar TL can be used for

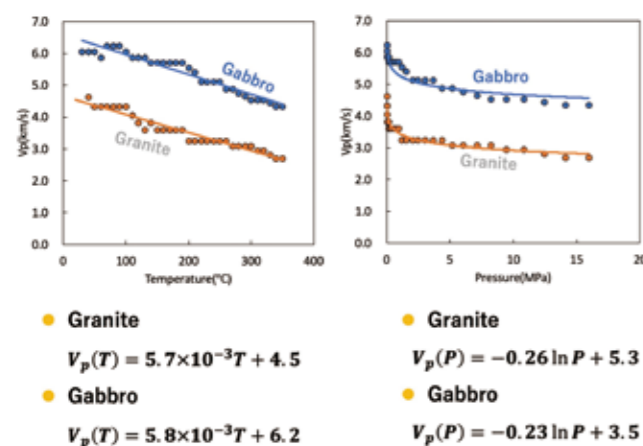


Fig.1 P-wave velocity changes in Granite and Gabbro under High T-P hydrothermal conditions.

鉱物の熱発光を用いた地熱兆候探査

岩石を構成する鉱物、特に石英および長石では鉱物熱発光 (Thermo luminescence, TL) と呼ばれる現象が観察される。これは鉱物内に蓄えられた自然放射線を起源とするエネルギーが、鉱物が加熱されることにより解放され、エネルギー蓄積量が発光強度として観察される現象である。これは、一度加熱された鉱物は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るはずである。これを利用すれば、大規模な物理探査前の地表踏査などで得られた岩石試料中の鉱物から、地熱資源有望地のスクリーニングがある程度可能である。この手法で使用される鉱物として主に石英を扱ってきたが、石英の代わりに長石も使用可能であることがわかってきた。そこで、石英の含有量が非常に乏しい中米エルサルバドル共和国の地熱地帯において、長石を使用した TL 分布の調査をおこなった。その結果、長石 TL 値の分布が既存の地熱発電所および周辺の火山との位置関係と整合的であることが判明した (Fig.2)。これらの結果から長石 TL についても石英 TL と同様に地熱探査に利用できることが判明し、この手法の応用範囲が広がったといえる。

玉川温泉酸性排水を用いた水素発生および発電実験

これまでの実験から、金属アルミニウムを 50-60°C程度の pH1-2 の強酸性溶液と反応させた場合に水素を発生させる事が可能であることが判明している。これは、従来の水熱反応による水素生成の方法よりも非常に低い温度であり工業的な利用が期待できる。これまでは比較的純度の高いアルミニウムと玉川酸性温泉水を使用した実験をおこなってきたが、今年度はアルミニウム精錬の際に排出されるアルミニウムドロスと呼ばれるアルミニウム含有粉を使用した実験をおこなった。使用したドロスはアルミニウム精錬のリサイクルシステムに組み込むことのできない低品質のものである。実験結果として、水素の発生は確認できたものの、水素の発生量が非常に小さいことが判明した (Fig.3)。この結果、一応水素発生用アルミニウム源として利用可能であるものの、粉末状であることや水素発生量が小さい事が問題点として挙げられ、ドロスをアルミニウム源として使用するには、これらの問題に対する解決策が必要であることが判明した。

geothermal exploration in the same way as quartz TL, thus expanding the range of applications of this method.

Hydrogen generation and power generation from aluminum with acid hot spring water at low temperature

Hydrogen is generated when a strongly acidic solution at pH 1-2 and metallic aluminum react at about 50-60 °C or hotter. This is a much lower temperature than is used in the conventional hydrogen production method by hydrothermal reaction, and industrial applications can be expected. In the past research, experiments have been conducted using pure aluminum and Tamagawa acidic hot spring water, but this year's experiments were conducted using aluminum-containing powder called *aluminum dross*, which is discharged during aluminum refining. The dross used was of low quality and could not be incorporated into the aluminum refining recycling system. The experimental results showed that although hydrogen was produced, the amount of hydrogen was very small (Fig.3). As a result, although the dross can be used as an aluminum source for hydrogen generation, its powdered form and small amount of hydrogen generation were identified as problems, and it was found that solutions to these problems are necessary before the dross can be used as an aluminum source.

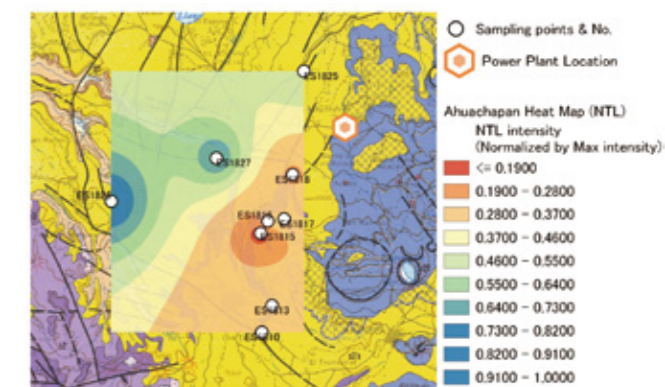


Fig.2 TL values map in the Ahuachapan geothermal area, El Salvador.

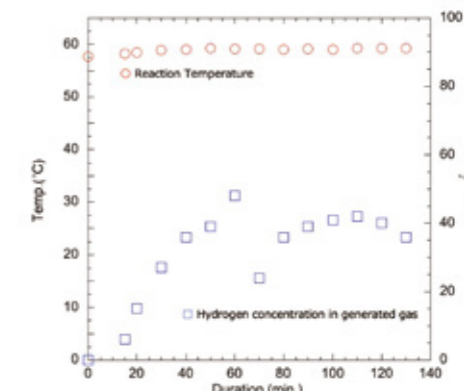


Fig.3 Results of hydrogen production experiments using aluminum dross.