

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、花崗岩内部に存在する石英の関与が大きいことを報告してきている。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。そこで、花崗岩以外の岩石、特に石英がほとんど存在しないはんれい岩をもちいた実験をおこなった。この結果、はんれい岩では花崗岩と同じ減圧条件において、花崗岩よりもき裂の発生量が少ないことを空隙率や P 波速度の観察結果から確認できた。これは、これまでの考察から得られた推測どおり、外部からの熱応力によるき裂発生のためには岩石内部にある程度の石英を含有する必要がある事を裏付けている (Fig.1)。

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 (Thermoluminescence, 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

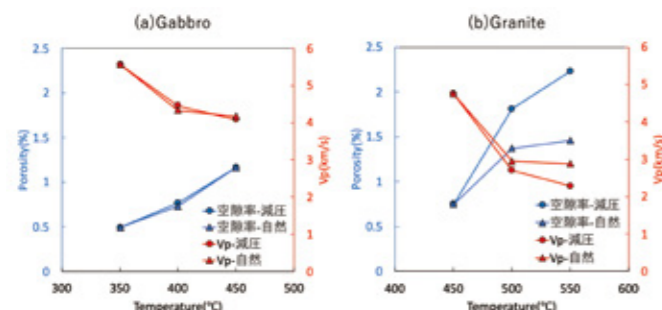


Fig.1 Changes in porosity and p-wave velocity of gabbro and granite after experiments.

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. In addition, we showed the involvement of quartz in the granite is significant, together with the results of numerical simulations. Moreover, we have reported that the quartz in the granite is largely responsible for this phenomenon. This phenomenon is important for understanding the causes of rock fractures in the Earth's deep crust and/or near volcanoes. In this study, we conducted experiments using rocks other than granite, especially gabbro, in which quartz is almost absent. As a result, it was confirmed from the observation of porosity and P-wave velocity that the degree of fracture initiation was lower in the gabbro than it was in the granite under the same pressure reduction conditions. This result suggests that a certain amount of quartz content in the rock is necessary for fracture initiation by external thermal stress, as inferred from the previous discussion (Fig.1).

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 degree of luminescence, it is possible to screen promising geothermal resource sites from the minerals in the rock samples obtained during surface exploration. In 2021, we mainly investigated the behavior of spontaneous thermoluminescence of feldspar using the apparatus developed in the previous year. As a result, we found that although the luminescence intensity of feldspar is much smaller than that of quartz, it could be observed sufficiently with the developed apparatus. In addition, we found the luminescence behavior is generally the same as that of quartz and that the luminescence behavior differs slightly depending on the type of feldspar (Fig.2). From these results, it can be said that feldspar TL can be used for geothermal exploration in the same way as quartz TL.

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。今年度は昨年度までに開発した装置を用い、主に長石の自然熱発光挙動について検討をおこなった。その結果、長石の発光強度のそのものは石英と比較して非常に小さいが、開発した装置では十分に観察可能であること、発光挙動は概ね石英と同様であること、長石の種類によって発光挙動の若干異なっている事などが判明した (Fig.2)。これらの結果から長石 TL についても石英 TL と同様の方法で地熱探査に利用できる展望が開けたと言える。

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 の強酸性溶液や pH13-14 の強アルカリ溶液を反応させた場合、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。今年度は秋田県仙北市の玉川酸性水中和処理施設において、昨年度までに開発した反応装置を用い、強酸性温水とアルミニウムを利用した水素生成実験および水素燃料電池を用いた発電実験をおこなった (Fig.3)。その結果、反応装置から取り出した水素を水素燃料電池に導入することにより、連続的な発電をおこなう事に成功した。これにより、玉川酸性温泉水とアルミニウムを用いて水素燃料電池を稼働させる発電システムの目処が立ったと言える。

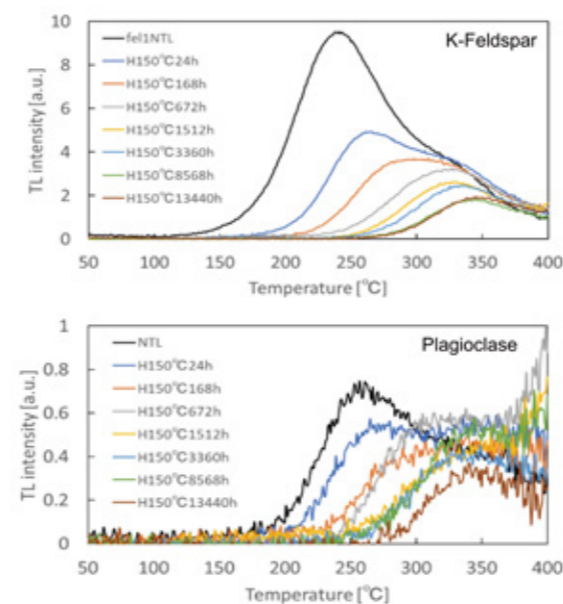


Fig.2 Results of TL observations of K-feldspar and plagioclase. TL intensity is larger in K-feldspar than in plagioclase.

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 over 50-60°C. 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 2021, we conducted a hydrogen production experiment using strongly acidic hot water and aluminum and a power generation experiment using a hydrogen fuel cell at the Tamagawa Acidic Water Neutralization Facility in Senboku City, Akita Prefecture, as well as using the reaction system developed in the previous year. As a result, we succeeded in generating electricity continuously by introducing the hydrogen extracted from the reactor directly into the hydrogen fuel cell (Fig.3 and Fig.4). As a result, it can be said that the power generation system using Tamagawa acidic hot spring water and aluminum to operate the hydrogen fuel cell has been successfully established.

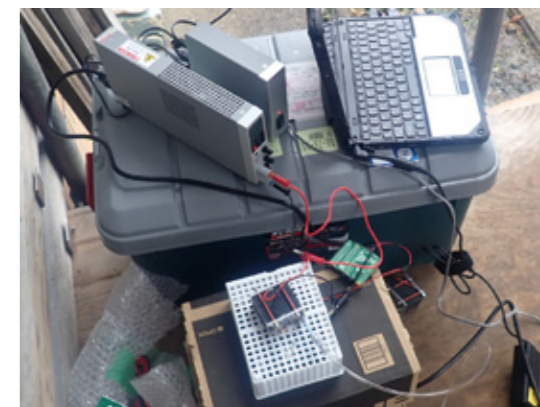


Fig.3 Power generation experiment by hydrogen fuel cell using produced hydrogen.



Fig.4 Illuminated lamp operated by hydrogen fuel cell.