

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。

The objective of the laboratory studies is to focus on measurement and observation for understanding 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.

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、岩石類を 400°C から 500°C 超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る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の解明や鉱物脈生成の原因を考える上で重要となる。これまでの室内実験および数値シミュレーション結果から、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が示唆された。これを確認するため、石英をほとんど含まないはんれい岩を使用し実験をおこなったところ、はんれい岩は石英を含む花こう岩と比較してき裂の発生量が低下する事を確認した。また、加熱・減圧を繰り返した場合にはき裂の発生量が増加していくことも判明した。(Fig.1、Fig.2)

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

Fracturing of rocks by fluid phase change

Previous studies found that when rocks are placed in supercritical water above 400 °C to 500 °C and rapidly decompressed, the boiling of the internal fluid and the temperature decrease associated with adiabatic expansion can cause significant cracks in the rock. This phenomenon is predicted to explain rock cracking in the deep crust and to be applied to new excavation methods for geothermal development. The results of previous laboratory experiments and numerical simulations suggest that the rocks must include some quartz for crack initiation. In order to confirm these results, an experiment was performed using gabbro containing almost no quartz. The occurrence of cracks in the gabbro was lower than that in granite containing quartz. Additionally, the amount of cracks increased when heating and rapidly decompression were repeated (Figs.1, 2).

Preliminary geothermal exploration using thermoluminescence

A phenomenon called thermoluminescence (TL) is observed minerals constituting rock, especially quartz and feldspar, in which energy originating from natural radiation stored in minerals is released when the minerals are heated and in which energy accumulation is observed as emission light intensity. This means that the mineral does not emit light after being heated. Therefore, minerals have less luminescence in geothermal areas than those in non-geothermal areas crystallized during

る現象である。これは一度加熱された鉱物は発光しなくなるということも意味しているため、同時代に結晶化した鉱物は、地熱環境にあった鉱物は地熱環境になかった鉱物よりも観察される発光量が少なくなる。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。これらのデータを得るための専用測定装置の開発を東栄科学産業 (株) とともに継続していたが、今年度は市販を目的とした装置の開発が完了した (Fig.3、Fig.4)。この装置は昨年度から環境科学研究科とエルサルバドル大学との間でおこなっている SATREPS 国際科学技術協力プログラムで使用される機器として、エルサルバドル大学に納入される予定である。また、次年度も引き続き測定データの処理方法や長石 TL の適用性などについての研究を継続していく予定である。

玉川温泉酸性排水を用いた水素発生

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と反応させた場合、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温泉において発生している強酸性温泉排水とアルミニウム製品製作過程において排出される廃アルミニウム屑を利用した水素生成実験を本格的におこなった。その結果、廃アルミ屑 150g に対し、60°C・pH1.2 の温泉水を毎分 15L で反応させたところ、1 時間あたり 7.5 L 程度の水素混合ガスを発生させることが可能であった (Fig.5)。また、この発生した混合ガスをそのまま水素燃料電池に導入したところ、水素燃料電池を動作させることが可能であり、電力を得る事ができた (Fig.6)。ただし、混合ガスには玉川温泉水に含まれる元素の影響によって水素化物ガスも含有していることも判明しており、これを効率よく除去する方法の検討が課題である。

the same era. This phenomenon makes it possible to screen for promising geothermal areas from rock samples obtained by surface exploration before large-scale geophysical exploration. This laboratory and Toei Scientific Industrial Co., Ltd. has continued to develop dedicated measuring equipment for obtaining these data, which was completed for commercial use this year (Figs.3, 4). This equipment will be delivered to the University of El Salvador for use in the SATREPS International Science and Technology Cooperation Program. We will continue to study the processing of TL measurement data and the applicability of feldspar TL.

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

Hydrogen is generated when a strongly acidic solution at pH 1-2 or a strongly alkaline solution at pH 13-14 and metallic aluminum react at about 50-60 °C. This is a much lower temperature than the conventional hydrogen production method by hydrothermal reaction, and industrial applications can be expected. This year, we conducted a full-scale hydrogen production experiment using the highly acidic hot spring water at Tamagawa Hot Spring in Senboku City, Akita Prefecture, and aluminum scrap waste discharged from the manufacturing process for aluminum products. As a result, when 150 g of aluminum scrap was reacted with hot spring water at 60 °C and pH 1.2, it was possible to produce about 7.5 L of mixed hydrogen gas per hour (Fig.5). In addition, when this mixed gas was directly injected to a hydrogen fuel cell, it was possible to operate the hydrogen fuel cell and generate power (Fig.6). However, the produced gas contains hydride gas due to the effect of elements in Tamagawa Hot Spring water, making it necessary to study how to efficiently remove hydride gas.

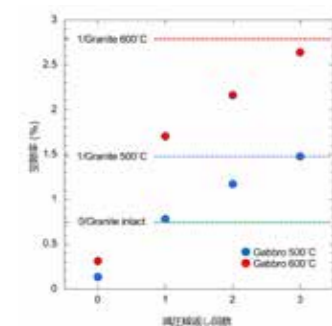


Fig.1 Changes of porosity of gabbro by Number of decompression cycles at 500 and 600 °C.

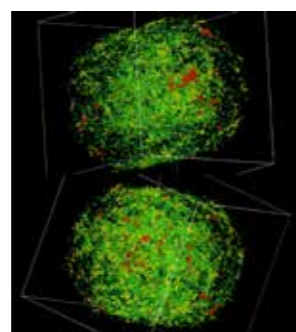


Fig.2 X-ray CT images of decompressed gabbro sample at 500°C. Upper image is before decompression. Lower image is after decompression.



Fig.3 Developed TL measuring equipment for commercial use.



Fig.4 Control and data logging application for TL measuring.



Fig.5 Hydrogen mixed gas production experiment using acidic hot spring water and aluminum scrap waste.



Fig.6 Driving experiment of hydrogen fuel cell using generated hydrogen mixed gas.