

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、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、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がほぼ確実であることを確認した。また、現在ではこれまでに使用してきた実験装置を使用して、高温熱水環境下での弾性波速度のその場測定方法についての研究をおこなっている (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現象である。したがって、一度加熱された鉱物は発光しなくなるということの意味しているため、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昨年度おこなったが、今年度は現場で使用可能な可搬型の小型測定装置の開発をおこなった (Fig.2)。また、これまででは石英 TL を中心に研究をおこなってきたが、石英よりも多くの地熱地域で TL 測定に応用できる長石 TL についてもデータが集積しつつある。

Fracturing of rocks by fluid phase change

Previous studies have found that when rocks are placed in supercritical water above 400°C to 500°C and then 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 laboratory experiments and numerical simulations confirmed that it is almost certain that a minimum amount of quartz must be contained inside the rock to generate cracks due to external thermal stress.

In addition, we are currently conducting research on in situ measurement methods of elastic wave (P-wave) velocities in high-temperature/pressure hydrothermal environments using the experimental equipment (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.

This means the minerals do not emit light after being heated.

Therefore, minerals have less luminescence in geothermal areas than do those in non-geothermal areas crystallized during the same era. This phenomenon makes it possible to screen for promising geothermal areas using rock samples obtained by surface exploration before large-scale geophysical exploration. Last year, our laboratory and Toei Scientific Industrial Co., Ltd. developed dedicated measuring equipment to obtain TL data. This year, we developed portable measuring equipment that can be used in fieldwork (Fig.2). In addition, our laboratory has focused on quartz TL, but data on feldspar TL, which can be applied to TL measurement in more geothermal fields, are being accumulated.

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。昨年度も秋田県仙北市の玉川温泉において実施してきた発強酸性温水と廃アルミニウム屑を利用した水素生成実験を今年度も引き続きおこなった。今年度は、昨年度までの実験で得られた知見を基に、実用装置の原型となる大型の反応装置を製作し実験をおこなった (Fig.3)。この装置は、昨年度までは実現できていなかった反応容器内への連続的なアルミニウム投入、反応容器内部の溶液圧力制御、発生した水素の貯留容器への移送が手動ではあるが可能である。さらに、これらの動作に問題のないことを確認したため、装置制御の自動化についても目処が立った。また、前年までの実験で問題となっていた有毒ガスであるアルシンの発生についても、触媒を用いる事で除去できることが確認できた。

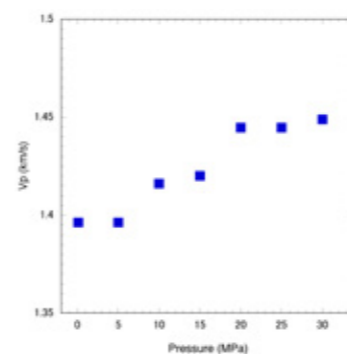


Fig.1 Changes of P-wave velocity of water at various pressure.



Fig.2 Developed small type TL measuring equipment.

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 is used in the conventional hydrogen production method by hydrothermal reaction, and industrial applications can be expected. Last year's hydrogen-generation experiment using strongly acidic hot spring water and waste aluminum chips that Tamagawa Onsen in Senboku City, Akita Prefecture, carried out was continued this year. This year, based on the knowledge obtained in the experiments up to last year, we manufactured a large-scale hydrogen reactor that will be the prototype of the practical equipment and conducted the experiment (Fig.3). Although it requires manual operation, this equipment can feed aluminum chips into the reaction vessel, control the solution pressure inside the reaction vessel, and transfer the generated hydrogen to the storage vessel. These basic operations were not possible with last year's equipment. Furthermore, since it was confirmed that there was no problem with these basic manual operations, the prospect of automating the control was also clear. It was also confirmed that the generation of toxic arsine gas, which had been a problem in the experiments up to the last year, could be removed by using a catalyst.



Fig.3 Large type demonstration test equipment for hydrogen generation.