

# 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、石英や長石の自然および人工熱発光 (NTL、ATL) 計測、酸 / アルカリ溶液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 this study is to focus on measurement and observation for understanding various geospheric information, and we are developing an apparatus for that purpose. Our main targets are water-rock interaction, the destruction of rocks under hydrothermal conditions in the Earth's interior, natural and artificial thermoluminescence (NTL, ATL) of quartz and/or feldspar, and hydrogen production from the reaction of strong acid/alkaline solutions with metallic aluminum.

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における岩石き裂発生原因の解明や、地熱開発のための新たな掘削方法への応用が期待できる。これらの知見を得るため、岩石試験片をさらに温度の低い 200°C から超臨界までの熱水環境下で急減圧する室内実験をおこなってきた (Fig.1)。また、それらの結果について力学シミュレーションをおこなった結果、実験結果をある程度再現可能であった。(Fig.2)

## 超臨界流体の分光観察

純水の臨界点は約 374°C、22MPa であるが、地球内部に存在する水には様々な成分を溶解しているため、その影響を受けて臨界点が移動する。これは、地球内部での水が関連した岩石鉱物の溶解・析出を考える上で、非常に重要な問題となってくる。従って、様々な元素を溶解した水の臨界点を決定することは非常に重要となる。この決定方法として、超臨界水に光を照射し、その散乱光を分光分析することにより、分光状態の変化から臨界点を決定する事が可能であることを見いだせた (Fig.3)。

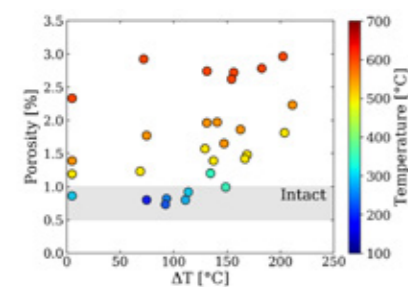


Fig.1 Changes of porosity with temperature decrease of granite samples.

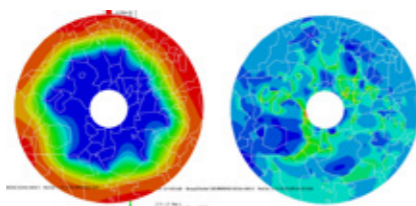


Fig.2 Simulation results of Temperature distribution (left) and stress distribution (right) when center borehole of granite is cooled from 600°C to 450°C.

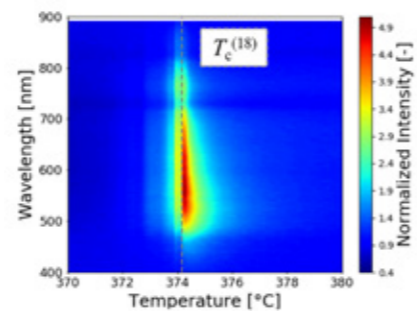


Fig.3 Scattered light spectroscopic data of water at 370 °C to 380 °C.

## Fracturing of rocks by fluid phase change

In previous studies, it was 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 the cause of rock cracking in the deep crust and to apply it to new excavation methods for geothermal development. In order to obtain such knowledge, we carried out laboratory experiments in which the rock samples were rapidly decompressed further in a hot water environment from a lower temperature of 200°C to a supercritical temperature over 500°C (Fig.1). As a result, we proved that the rock's porosity increases at over 350°C. In addition, after performing rock mechanical simulation based on these results, it was possible to reproduce the experimental results to some extent (Fig.2).

## Spectroscopic measurement of supercritical fluid

The critical point of pure water is about 374°C and 22 MPa, but because various elements are dissolved in the water inside the Earth's crust, the critical point of water changes. This is a very important issue in considering dissolution and precipitation of rock minerals inside the Earth's crust. Therefore, it is very important to determine the critical point of water containing various elements. We have found that it is possible to determine

## 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。このエネルギー蓄積量は自然放射線の年間強度と年数に比例するため、発光量を用いた年代測定法として応用されてきた。逆に、加熱により蓄積したエネルギーが解放されるということは、一度加熱された鉱物は発光しなくなるということを意味している。これを利用すれば、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。今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 TL を利用した地熱資源探査を主とする SATREPS 国際科学技術協力プログラムを遂行しており、このプログラムで使用するための TL 測定装置の開発および使用方法などのトレーニングをおこなった (Fig.4)。

## 強酸・強アルカリの廃水や温泉水を用いた水素発生

金属アルミニウムと pH1-2 の強酸性溶液や pH13-14 の強アルカリ溶液を 50°C 程度で反応させた場合、水素が発生す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。仙台市内の廃棄物リサイクル業者と共同で、強アルカリ工業廃水を使用した水素発生実験をおこなった結果、十分に水素を発生することが可能であることが判明した。また、これまで秋田県仙北市の玉川温泉において強酸性温泉水を利用した水素生成実験をおこなってきたが (fig.5)、今年度は水素生成の研究に関して仙北市からの受託を受け本格的な研究開発を開始した。



Fig.4 TL measuring equipment developed by SATREPS project.

the critical point from the change of the spectral state by irradiating light to supercritical water and by analyzing the scattered light by spectroscopic analysis (Fig.3).

## Preliminary geothermal exploration using TL

In minerals constituting rock, especially quartz and feldspar, a phenomenon called thermoluminescence (TL) is observed. This is a phenomenon in which energy originating from natural radiation stored in minerals is released by the heating of minerals and in which energy accumulation is observed as emission light intensity. Since this energy accumulation amount is proportional to the annual natural radiation strength and exposure years, it has been applied as a dating method using the luminescence amount. Conversely, releasing the accumulated energy by heating means that once the minerals are heated, they do not emit light. Thus, minerals that are in the geothermal-affected area have less luminescence than minerals that are not in the geothermal-affected area. Since this year, we have been participating in the SATREPS (Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development) international program at the graduate school of the University of El Salvador (UES). The aim of the program is for geothermal resource exploration using TL mainly. We developed TL measuring equipment for use in this program (Fig.4), and we conducted training such as usage training.

## Hydrogen generation from aluminum at low temperature

It has been reported that 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°C. This is a much lower temperature than the conventional method of hydrogen production by hydrothermal reaction, and industrial applications can be expected. This year, we succeeded in generating hydrogen gas using aluminum and strong alkaline industrial wastewater. Also, we have conducted hydrogen generation experiments using strongly acidic hot spring water at Tamagawa Onsen in Semboku City, Akita Prefecture (Fig.5). This year, we contracted commission from Semboku City for hydrogen production research, and we started full-scale research and development.



Fig.5 Hydrogen generation experiment equipment using acidic hot spring water and aluminum.