

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、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、温泉水からのスケール析出、石英および/または長石の自然および人工熱発光 (NTL、ATL)、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 objectives of this laboratory are to focus on measurement and observation for understanding various geospheric information, and we are developing apparatus for that purpose. Our main targets are water-rock interaction, destruction of rocks under hydrothermal conditions in the Earth's interior, scale precipitation from hot spring water, 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。これまで、超臨界熱水環境から急減圧する室内実験を主におこなってきたが、さらに低い 200°C から 300°C の熱水環境下でも同様の実験をおこなった。その結果、このような低い温度でも岩石内部に微細なき裂が生じることが確認された。この温度は実際の地熱掘削現場の最高温度とほぼ同じ条件である。

超臨界流体の分光観察

純水の臨界点は約 374°C、22MPa である (Fig.1) 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である。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

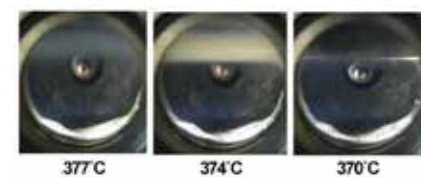


Fig.1 Condition of water near the critical point.

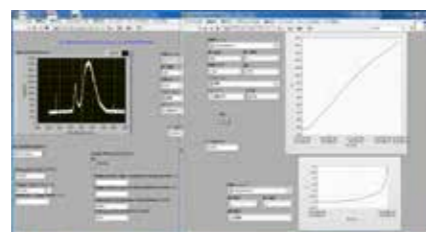


Fig.2 Spectroscopic data measuring system developed by LabView software.

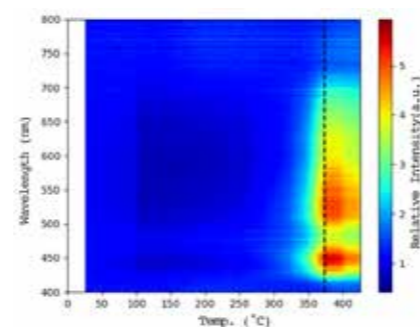


Fig.3 Spectral map of transmit light in water at each temperature.

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, boiling of the internal fluid and temperature decrease associated with adiabatic expansion can cause significant cracks in the rock. This phenomenon can be used to explain the cause of rock cracking in the deep crust and to apply it to new excavation methods for geothermal development. Up to now, we have mainly conducted laboratory experiments to rapidly decompress the supercritical water environment, but similar experiments were conducted even in hot water environments of 200 °C to 300 °C. As a result, it was confirmed that cracks were generated inside the rocks even at such low temperatures. These temperatures are about the same as the maximum temperature of actual geothermal well development.

Spectroscopic measurement of supercritical fluid

The critical point of pure water is about 374 °C and 22 MPa (Fig.1), 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

定方法として、超臨界水の分光分析をおこない、分光状態の変化から臨界点を決定する事を目的とした実験装置を開発し、分光データの収集をおこなっている (Fig.2, Fig.3)。

メカニカルデスケーリングと温泉スケール

現在、小規模な地熱発電として、既存の温泉井あるいは温泉設備を利用した発電が注目されつつあるが、これらの運用では、発電効率低下の主な原因となる熱水スケール発生の問題から逃れられない。既存の温泉を利用する場合には発電後の温泉水を浴用などに利用するため地熱発電のような薬品などを使用した積極的なスケール対策はおこなえない。そのため一定期間ごとに温泉井を止め、配管内スケールの除去をおこなっているが、このためのコストが負担となってくる。そこで、より安価におこなえるメカニカルデスケーリング方法および装置を開発できれば、温泉を利用した発電のためだけではなく通常の温泉でのコスト削減にも貢献が可能である (Fig.4)。このデスケーリングに役立てるため、配管付着スケール等の解析をおこなっている (Fig.5)。

強酸・強アルカリ等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。そこで、現場で使用できる基本的な反応装置を設計し、実際に強酸性温泉水を湧出する秋田県玉川温泉において水素生成実験をおこなった結果、水素が十分に発生できることがわかった (Fig.6)。今後は、より大規模な装置へとスケールアップしていく予定である。



Fig.4 Field test of mechanical descaling.

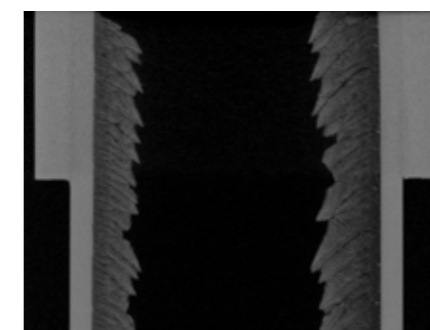


Fig.5 X-ray CT image of scale adhering to hot water piping.



Fig.6 Hydrogen gas generating reaction of Tamagawa hot spring water and metal aluminum.

of water containing various elements. As a method for this determination, we have developed an experimental apparatus with the aim of determining the critical point from the spectroscopic state change of supercritical water (Fig.2, Fig.3).

Mechanical descaling and hot spring scale

Power generation utilizing existing hot spring wells or hot spring facilities is attracting attention as a small-scale form of geothermal power generation. However, in doing so, it is impossible to avoid the problem of hydrothermal scale generation, which is a major cause of power generation efficiency reduction. When using existing hot springs, it is impossible to perform aggressive scale removal using chemicals because the post-power-generation hot spring water is used for spas. For that reason, the hot spring wells are stopped at regular intervals to remove in-pipe scales, but the cost of this process will become a burden for spas. Therefore, if we can develop a more inexpensive mechanical descaling method and equipment, we can contribute not only to electricity generation using hot springs but also cost reduction in ordinary spas (Fig.4). In order to aid this descaling, it was analyzed the scale structure attached to the piping, for example the density or direction of the cracks. (Fig.5).

Hydrogen generation using strong acid/strong alkaline wastewater and acid hot spring water

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. Therefore, we designed a basic reactor that can be used on-site. We then conducted a hydrogen production experiment at Tamagawa spa in Akita Prefecture, which has strongly acidic hot spring water. It was found that hydrogen can be generated sufficiently (Fig.6). In the future, we plan to scale up to larger equipment.