

流体包有物

—ミクロの熱水サンプル—

水垣 桂子¹⁾・佐脇 貴幸¹⁾・笹田 政克¹⁾

流体包有物ってなに？

冷蔵庫で作った氷は、白く不透明に見えることがよくありますね。これは、氷そのものは透明なのですが、中に細かい空気の泡がたくさん含まれているので、全体として白く濁って見えるのです。このように、固体の中に、液体や気体（まとめて流体ともいう）が閉じこめられているものを、流体包有物といいます。自然界では、氷はもちろんですが、鉱物でも同じような現象がみられます。

鉱物の流体包有物ってどんなもの？

冷蔵庫の氷の場合と同じように、透明な鉱物に、細かい流体包有物がたくさん含まれていると、鉱物が白く濁ったように見えます。流体包有物の大きさは通常0.1～0.01mm程度（まれには数cmの大きさになることもある）なので、流体包有物を観察し、研究するには、顕微鏡を使用します。顕微鏡で室温（25℃前後）状態にある流体包有物を見ると、普通は、気泡（気相）の部分と、それを取り巻く水（液相）の部分からできており、まるで“目玉”のように見えます（写真1）。時には、ほとんど気泡ばかりのもの、塩類（食塩など）の結晶を含んでいるもの、石油を含むものもあります。

流体包有物はどうやってできるの？

流体包有物は、いろいろな原因で形成されます。地下の深いところには、高温の湯や水蒸気（まとめて熱水ともいう）などの流体が存在する場所があります。そのまわりにある鉱物の割れ目に熱水が入り込み、その割れ目が閉じて熱水が閉じこめられると、流体包有物になります。また、鉱物結晶が成長する時に、ちゃんと結晶にならなかったところに穴が残って、そこにまわりの熱水が入り込んだりしてできることもあります。

流体包有物は何の役に立つの？

身近なところでは、宝石の鑑定に流体包有物が利用されています。地球科学の分野では、熱水性鉱床の形成過程の解明、地熱発電のための地熱資源（熱水）の調査、地震予知などに関係する応力場解析、というように幅広く利用されています。また、最近、アメリカに落下した隕石から原始太陽系の水を発見したというニュースがありましたが、これも隕石の中の鉱物に含まれる流体包有物として存在していた水です。

このように、流体包有物はいろいろなところで役に立っているのですが、地質調査所では、主に地熱資源の調査・研究に利用しています。

流体包有物を使った地熱資源調査

地熱資源調査では、ボーリングで地下の熱水を取り出しても、温度や圧力が下がってしまったり、

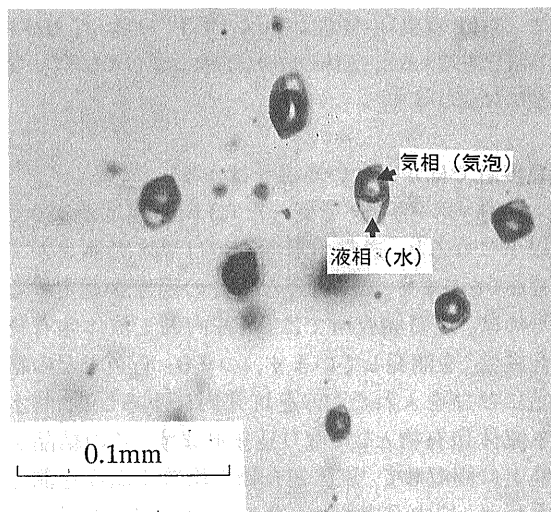


写真1 花崗岩（広島市産）中の流体包有物の顕微鏡写真。気泡（気相）の部分と、そのまわりの水（液相）の部分からできていて、目玉のように見えます。

1) 地質調査所 地殻熱部

キーワード：流体包有物、熱水、地熱、温度

ガス成分が蒸発してしまったりするので、地下の熱水の状態がそのままわかるわけではありません。その点、地下深部で鉱物の中に閉じこめられた流体包有物は、天然の熱水サンプルで、閉じこめられた時の温度や圧力、成分などをそのまま記録しています。ですから、流体包有物を調べると、地下深部での熱水の状態（温度や圧力など）や成分を知ることができ、その熱水が地熱発電に使えるかどうか調べることができます。

流体包有物は天然の温度計

水と気泡があって目玉のように見える流体包有物を、加熱しながら顕微鏡で観察すると、温度を上げるにしたがって水の部分が膨張し、それにつれて気泡の部分が収縮していきます。そして最後には気泡が完全に消滅してしまいます。この時の温度を均質化温度と呼び、流体包有物ができた時の熱水の温度を決めることができます（写真2）。熱水の温度は、その熱水が地熱発電に使えるかどうかを決めるための重要なポイントになります。

☆解説：気泡はどうしてなくなっちゃうの？

液体も気体も、温度が高くなると膨張しようとする性質があります。でも流体包有物は鉱物の中のすきまにあるので大きさがきまっているため、膨張することができず、そのかわり圧力が高くなります。気体の方が圧力に弱いので、液体が膨張し、気泡はちぢんでしまいます。圧力がある限界を超えると、気体の成分は液体に溶けてしまい、気泡はなくなります。

温度計ではかれない高温をはかる！

坑井（ボーリングで掘った穴）内の温度が350℃以上になると、通常の温度計では温度の測定ができなくなります。このような坑井の温度を測定するために、地質調査所では「坑井内人工流体包有物合成法」を開発しています。つまり、石英などの結晶にひびを入れたものを坑井内に下ろして、熱水を流体包有物として取り込ませます。この結晶を地上に回収して、流体包有物の均質化温度を測定すれば、坑内温度をはかることができます。

過去の地下温度もわかる！

流体包有物は、それができた時の温度を記録しています。つまり、過去にできた流体包有物の均

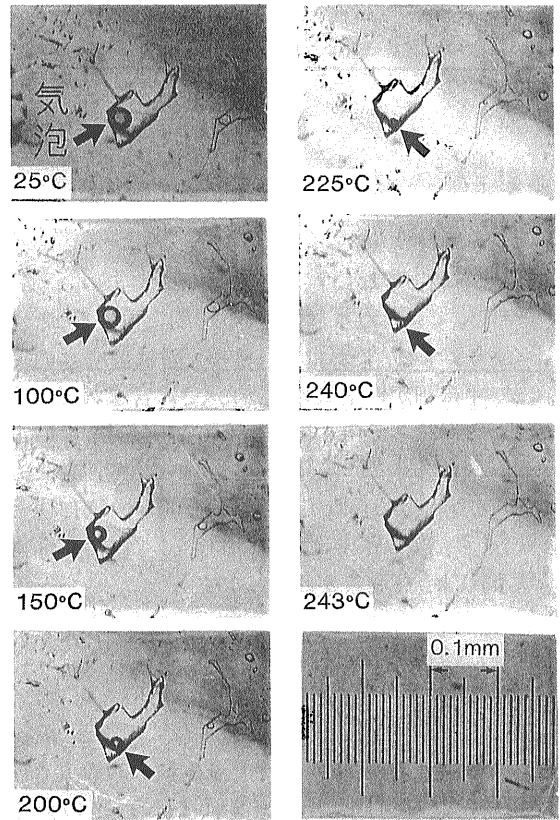


写真2 アメリカ・パイエスカルデラ産流体包有物の均質化温度測定例。温度を上げていくと、気泡がだんだん小さくなり、このサンプルでは243℃で完全

均質化温度をはかると、過去の温度がわかることになります。ボーリングで取り出した地下の鉱物に含まれる流体包有物の均質化温度と、現在の坑井内温度を比較して、

現在の方が高い→温度は上がってきている

現在の方が低い→温度は下がってきている

だいたい同じ→温度はしばらく変化していない

ということがわかるのです。そこで、地熱発電のための調査をしている場合、現在の温度が過去より上がってきているなら有望ですが、下がってきているとあまり長くは使えないだろう、という判断材料になります。

MIZUGAKI Keiko, SAWAKI Takayuki and SASADA Masakatsu (2000) : Fluid inclusion -Microsample of Geothermal Fluid-

<受付：2000年1月7日>