

第5回「高温高压条件のマグマと水を直接観察する」

講演者: 川本 竜彦(理学研究科附属地球熱学研究施設)

報告者: 久島 紘樹(理学研究科 地球惑星科学専攻・地球物質科学講座)

火山の下でマグマや水がどのような状態になっているのか? それを調べるために実験室で高温 高压条件を作り出し、マグマや水の観察を行った。

1. 球落とし実験

まず、放射光実験設備 SPring-8 で行なっている球(たま)落とし実験が紹介された。これは、マグマや水の地球深部での粘性と密度を測定するため、高温高压条件のマグマや水の中で金属の球を落とし、その落ちる様子を X 線カメラを使って観察し、速度を求める実験である。そこからストークスの法則により、マグマや水の粘性と密度の情報が得られる。また、SPring-8 の強力な放射光のおかげで、このような直接観察が可能となっている。

2. マグマと水の間の臨界現象

常圧では水とマグマは混ざり合わず二相に分離して存在するが、火山の下のような高温高压条件ではそれらが一相になることを示す実験の映像が紹介された。実験はダイヤモンドアンビルに安山岩と水を入れ、圧力は 2.5GPa ~ 3.0GPa で、温度を徐々に上げて行われた。温度を上げると安山岩は溶けてマグマになるが、その段階では水とマグマは二相で別々に存在する。700 付近でそれらは二相のまま細かく混ざり合うため濁って見えるようになり、さらに温度が上がったとき一瞬のうちに透き通った一相の物質に変化する。それまで別々のものと考えられていた水とマグマは火山の下では区別がなくなることは、地球内部の物質移動を考える上で重要となる。

3. 水の構造変化

地殻やマントルと共存する岩石と平衡に共存する水は超臨界状態で、その中に多くのケイ酸塩成分を溶かし込んでいるが、溶け込むケイ酸塩の化学組成が温度 1000 、圧力 3GPa 付近で急激に変化することがわかった。それでは、なぜ水の性質が急に変化するのだろうか? その理由は水の構造が高温高压条件で変化するからではないかと考えた。

水の多形について氷には 12 種類もの多形が知られていて、アモルファスの氷にも密度の異なる二種類の多形があり、液体の水にも同様に密度の異なる二種類の多形があることがわかっていて。しかし、液体の水に関しての実験は温度 -5 、圧力 0.02, 0.2, 0.4GPa で行われただけであるため、高温高压条件での液体の水の構造変化を調べるために水のラマン散乱実験を行った。

実験はダイヤモンドアンビルセルに純水と圧力マーカーのルビーを封入し、25 、100 、300 の温度一定条件の下、それぞれ 1.6, 2.9, 5.7GPa までの圧力範囲で行われた。圧力を上げると水のラマンスペクトルのピークの振動数が減少するが、その圧力依存性に折れ曲がりが見られた(Figure 1)。この折れ曲がり観察された温度と圧力を水の状態図にプロットし、低圧の”疎な水”と高圧の”密な水”の境界が得られた(Figure 2)。この実験では水の構造変化は 300 までしか確認されてないがより高温でも起きていれば、この構造変化が地球深部での水の挙動に影響を与えることになる。

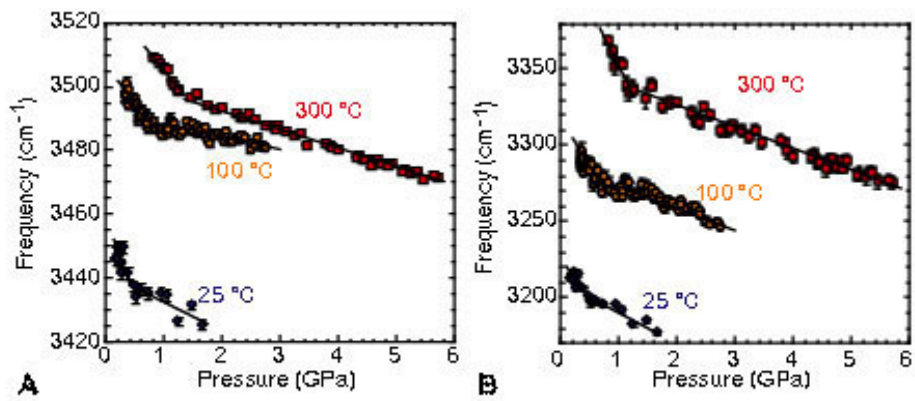


Figure 1

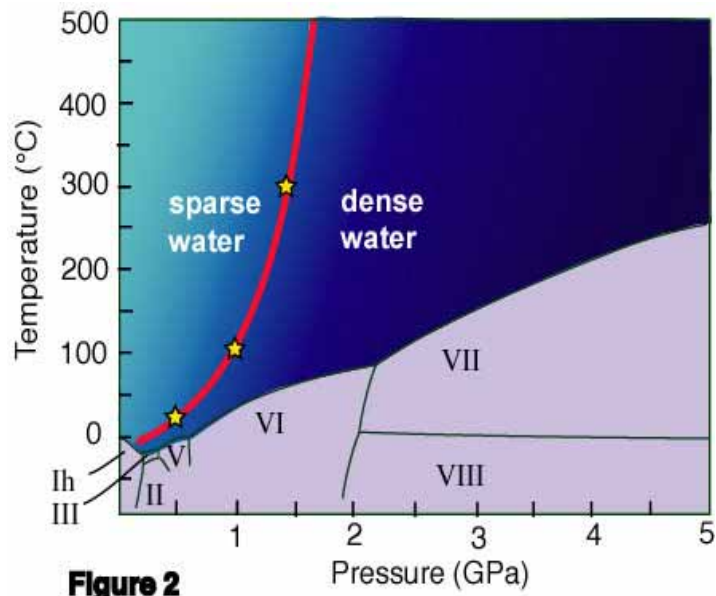


Figure 2

h ~ は水の結晶の多形