

スラブから放出される水の性質：高温高圧実験からの制約条件

Chemical characteristics of aqueous fluids from subducting slabs: Constraints from high-temperature and high-pressure experiments

川本 竜彦 [1]

Tatsuhiko Kawamoto[1]

[1] 京大・理・地球熱学・別府温泉

[1] Inst. for Geothermal Sciences, Kyoto Univ.

<http://www.vgs.kyoto-u.ac.jp/japan/memberj/kawamotoj.htm>

スラブから放出されるフルイドに関する最近の実験的研究を紹介する。まずは、次のテーマについて概観する：(1) スラブ中の含水鉱物の安定領域。これらが地球深部に水を運び、火山弧の下でマントルに水を供給する。(2) フルイドと鉱物の濡れ角。含水鉱物の安定領域と濡れ角を重ね合わせてみると、フルイドがどう動きうるのかが見えてくる。(3) フルイドに溶け込むシリケート成分の化学組成の圧力変化。この変化が濡れ角の変化を説明する。(4) マグマとフルイドの臨界現象。マグマとフルイドの区別がつかなくなる第2臨界点の位置がほぼ明らかになってきたが、これが島弧マグマの成因にどういう意味を持つのかを考える。これらの実験的研究によって明らかになりつつあるスラブから放出される水の姿を描き出す。

(1) スラブ中の含水鉱物の安定領域

かんらん岩 (KLB - 1) 中に存在しうる含水鉱物の安定領域を下部マントル最上部まで実験的に決定した。要点をまとめると以下ようになる。低圧で安定な緑泥石や角閃石の安定領域と、高圧で安定なコンドロダイト、クライノヒューマイト、A相、E相の安定領域に間に、含水鉱物の存在できない領域が存在する。スラブがこのPT領域を通過する際に、含水鉱物は安定でなくなり、脱水分解する。ただし、玄武岩相中のローソン石、堆積岩中のフェンジャイト(雲母)などは、その領域でも安定であるので、これらの鉱物が低圧で安定な含水鉱物からの水を高圧で安定な含水鉱物に橋渡しする可能性がある。同様に、かんらん岩中のアンティゴライト(蛇紋石)も比較的広い圧力範囲で安定であるため、重要である。

2) フルイドと鉱物の濡れ角

これまでに報告されている、かんらん石とフルイドの二面角と、ガーネットとフルイドの二面角についてレビューする。以下の点が明らかになった。かんらん石中のフルイドは角閃石や緑泥石が脱水分解して生成されるフルイドを保持できない。つまりは、このようなフルイドは粒の間を浸透して上昇することができる。同様に、ローソン石が脱水分解して生成されるフルイドも玄武岩中(ガーネット中を)粒の間を浸透して上昇することができる。つまり、脱水分解して生成されたフルイドは上昇することができるようである。

(3) フルイドに溶け込むシリケート成分の化学組成の圧力変化

フルイドに含まれるケイ酸塩の化学組成が3 GPa付近で急激に変化にしていることを実験的に確認した。すなわち、水に溶け込むケイ酸塩成分のMg/Si比は低圧では0.1と小さいのに、圧力が3 GPa付近になると急激に変化し、3 GPaよりも高圧では1よりも高くなる。その結果、水に溶け込むケイ酸塩の組成は、かんらん石と輝石の間になり、化学組成が似ているので、水とマントル鉱物の間の2面角は小さくなると理解することができる。

(4) マグマとフルイドの臨界現象

低圧で温度を上げていくと、マグマとフルイドがお互いに溶け合って1相になる温度がある。このマグマとフルイドの間のソルバスの頂点の温度を臨界点と呼ぶ。第2臨界点とは、その臨界点温度が水に飽和したソリダス(融解開始)温度に等しくなる温度圧力をさす。東京大学の三部と岡山大学の神崎が中心となって、かんらん岩と水、玄武岩と水、高Mg安山岩と水、堆積岩と水の間の第2臨界点を決定しつつある。前二者については、それぞれ3.8GPaと3GPaに第2臨界点があることを確認した。後二者については現在までのところ、3GPa付近にありそうだと目星をつけた段階である。

以上の研究をまとめると、島弧火山の下のスラブ上面の深さである3 - 4 GPa付近では(1)含水鉱物が不安定になり脱水し、(2)それらは鉱物粒間を濡らして上昇する。なぜなら、(3)それらのフルイドに溶け込むシリケート成分はその温度圧力条件では増加して濡れやすくなっているからで、そのことは(4)第2臨界点が近くにあることと関係する。

島弧の直下のスラブ上面付近で第2臨界点があるということは、以下のことを意味する。(1)暖かい条件ではスラブから出るフルイドはメルト的で、冷たい条件ではフルイド的である。(2)暖かい条件で出て来たメルト的なフルイド(超臨界流体)は、上昇とともに、ひょっとするとフルイド的なものよりメルト的なものに分かれるかもしれない。そのような条件では2種類のマグマが生成される可能性が考えられる。高Mg安山岩と玄武岩の両方が噴出している火山や、アダカイトマグマと通常のカルクアルカリマグマが共存している火山の下でのマグマ発生を議論する上で重要なヒントになるのではないかと考えている。