

マグマと水の間の臨界終端点を探す： ミベセルを用いた X線ラジオグラフィーは不当に低い圧力を提案しているのか？

Looking for critical endpoints between magmas and aqueous fluids: X-ray radiography with Mibe-cell suggesting too low pressure ?

川本 竜彦 [1]; 神崎 正美 [2]; 三部 賢治 [3]; 松影 香子 [4]; 小野 重明 [5]

Tatsuhiko Kawamoto[1]; Masami Kanzaki[2]; Kenji Mibe[3]; Kyoko Matsukage[4]; Shigeaki Ono[5]

[1] 京大・理・地球熱学; [2] 岡大・地物科研セ; [3] 東大地震研; [4] 茨城大理・地球; [5] 海洋研究開発機構

[1] Inst. for Geothermal Sciences, Kyoto Univ.; [2] ISEI, Okayama Univ.; [3] ERI, Univ. Tokyo; [4] Department of Environmental Science, Ibaraki Univ.; [5] JAMSTEC

<http://www.vgs.kyoto-u.ac.jp/InetHome/kawamoto/>

東京大学の三部さんを中心に、2002年以降、私達は SPring-8 の放射光 X線を高温高压実験装置の内部に引き入れて、水とマグマの関係のその場観察を行ってきた。その間、Srにとむ斜長石メルトと水 (Mibe et al., 2004 Geochim Cosmochim Acta)、ペリドタイトと水 (Mibe et al., 2007 J Geophys Res)、玄武岩と水 (Mibe et al., 2007 rejected)などを報告してきた。中でも、ペリドタイトと水の臨界終端点は3.8GPa、玄武岩と水のそれが3.2GPa (最近、改訂中)という圧力は、これまでの予想値よりもだいぶ低いものである。さらに、川本ほかで報告する予定の高 Mg 安山岩と水や、堆積岩と水の間のそれは、それぞれ2.9GPa、2.6GPaである。もし、これらの値が正しいとすると、火山弧の下のスラブ由来の流体は超臨界状態になっているはずだ。

一方、スイス工科大学のシュミット教授とウルマー教授のグループも、この問題に関して複数の論文を公表している。彼女ら (いずれも主著者は女性である) の圧力はペリドタイトと水 (Melekhova et al., 2007 Geochim Cosmochim Acta) で11.5GPa、そして、玄武岩と水 (Kessel et al., 2005 Earth Planet Sci Lett) で5.5GPaである。彼女らの論文は広く読まれて無批判に引用されている。私達の提案する圧力と2倍か3倍の違いがある彼女らの値は真の値に近いのだろうか？

彼女らの実験は急冷実験であらまは以下の通りである。20 wt. %程度の水を入れた岩石を、彼女らが想定した臨界終端点前後の一定圧力状態におき急冷し、ダイヤモンドの粒界にトラップされた流体相の組成をレーザー加熱 ICP 装置で測定する。そして、その流体に含まれるケイ酸塩組成の割合の温度変化を見て、小さな温度変化にともない急速にケイ酸塩成分に富むようになると、その温度に水とマグマの不混和領域 (ソルバス) があるからだと主張する。圧力をあげて、その組成のトビがなくなると、臨界終端点を越えたと判断する。

私達は彼女らの実験は臨界終端点を決定するのに役にたっていないと判断する。理由は次の2つである：

(1) まず、水を20 wt. %しか入れていないので、水とマグマの2相共存を確認することができない。組成がトブことで、その中間にソルバスがあると仮定しているが、2相共存の証拠は出し得ない。なぜならば、水が足りないのだ。想定したソルバスの位置は水が60-90 wt. %前後のところである。それなのに、20 wt. %しか水を入れてないので、流体と水に飽和したマグマは同時に共存できない。

(2) 次に組成のトビそのものであるが、Nakamura (1974 Geophys Lab Year Book) は SiO₂-H₂O 系で実験を行い、臨界終端点を越えると少しの温度変化で流体中のケイ酸塩成分が急速に増加する様子 (相図を書くトリキダスが寝ている) を実験的に示している。すなわち、彼女たちが証拠だと言っている2相共存する相図の形は、彼女たちが主張したいようにソルバスが存在するのではなく、ソルバスがすでになくなり臨界終端点を越えている相図に近い。

いっぽう、私達のミベセルは万能なのか？

そうだといいたいところだが、実のところ、自信はないと言わざるを得ない。どうしてかというと、もちろん水とマグマの2相を確認している領域は問題なく、2相領域と言える。しかし、2相が見えないので臨界終端点を越えていると結論するのも早合点かもしれない。なぜならば、「私達の X線ラジオグラフィーの眼では確認できない小さなソルバスの存在」は否定できない。私達の眼は悪いのだろうか？という疑問は消せない。

視力検査の必要性

それでは、スイス工科大学の主張する圧力と、私達の提案する圧力の間には真の解はあるのではないのか？というのが、客観的で、しかもごく常識的な見解のように感じる方がおられるがそうではない。なぜなら、先にも書いたように、スイス工科大学の実験は解釈次第でどんな結論をも導きだせる欠陥デザインだからである。そこで、現在、私達はミベセルの視力検査を行っている。どのように行っているかということ、すでに臨界終端点がほぼ決定されている試料 (アルバイト-水系) を用いて X線ラジオグラフィーで臨界終端点を決定しようとしている。講演では、この視力検査の結果を発表したいと考える。ご期待を乞う。