

水流体とマグマの間の元素分配：高温高压における蛍光X線その場分析

Elemental partitioning between fluids and magmas: First synchrotron XRF analysis with large volume HPHT apparatus

川本 竜彦^{1*}, 三部 賢治², 黒岩 健一¹, 柴田 知之¹, 小木曾 哲³

Tatsuhiko Kawamoto^{1*}, Kenji Mibe², Ken'iti Kuroiwa¹, Tomoyuki Shibata¹, Tetsu Kogiso³

¹京都大学理学研究科地球熱学, ²東京大学地震研究所, ³京都大学人間・環境学研究科

¹Inst. Geothermal Sci., Kyoto Univ., ²ERI, Univ. Tokyo, ³Human & Environment Studies, Kyoto Univ.

目的

私たちはスラブから超臨界流体がマントルウェッジに付加され、その超臨界流体がマントルウェッジ内を上昇する際に、マグマと水に富む流体に分離すると考えている。高温高压条件下でマントル鉱物と共存する水にとむ流体の組成はどうなっているのだろうか？さらに、水にとむ流体とマグマとの間でどのような元素分配が起こるのだろうか？これらの問題を解くために、微量成分元素の挙動を知ることは鍵になると考え、マルチアンビル型高温高压発生装置と放射光蛍光X線分析を組み合わせて微量成分元素の分配のその場観察を行った。その最初の結果について報告したい。

手法

大型放射光実験設備SPring-8のBL04B1に設置されている川井型マルチアンビル高温高压発生装置SPEED1500を使用した。入射X線に対し6度の角度でSSD検出器を置いて蛍光X線を測定した。元素は入射X線の強度特性と検出器とのマッチングにより最適化されているエネルギー領域にある、Cs、Ba、希土類元素、Pb、Th、Uを狙った。ケイ酸塩試料に10種類の元素化合物（多くは酸化物で、まれに水酸化物とケイ酸塩鉱物）を混合し、常温常圧または高温高压条件下で100ミクロンx100ミクロンx1.3mm（X線の透過方向）の空間に対して分析を行った。高温高压条件下では水を55重量%、二酸化炭素を1.8%含む。

結果

分析限界と検量線

Cs、Ba、La、Sm、Gd、Ho、Ybについては常温常圧条件下で0.1-1%の範囲で検量線を引くことができた。Pbについては常温常圧条件下ではバックグラウンドが高い場合があるようで難しいが、高温高压条件下ではバックグラウンドが下がるので、将来、高温高压条件下において検量線を引き直すことができると考える。ThとUについては強度が低すぎて微量の定量分析は困難である。入射X線の特性は変えられないが、検出器の特性を変えることは可能ではある。しかし、検出器は高価で高エネルギー側に高い感度のある検出器を手に入れることは簡単ではないと想像する。CsからYbまでは定量分析が可能で、Pbは準定量分析が可能というのが現時点での結論である。

水流体とマグマの間での元素分配

1万5千気圧（1.5GPa、深さにして45km）、1000度Cで高Mg安山岩質マグマと水にとむ流体の

CsからYbまでの元素の蛍光X線をその場観察した。その結果、水にとむ流体にはCsのみ！がマグマよりも多く分配されることを観察した。定量分析を行うためには、水流体とメルトとの密度の差を知らねばならない。密度が2倍異なるとすると、Csは蛍光X線の強度が1.5倍なので、密度差を2倍とすると濃度は3倍になる。上で述べたそのほかの元素(BaからYbまで)はマグマ中には確認できたが、水流体には確認できなかった。

議論

Csはイオン半径が最大のアルカリ金属元素なので、ケイ酸塩メルトに比べて、水流体に溶け込み易いだろう。Keppler (1996, Nature)は1.5GPaで、32重量%の(Na, K) Clを含む水溶液と安山岩メルトの元素の急冷分配実験を報告している。彼によると、Rbは流体にメルトに比べ8倍濃集し、Kは1.8倍、SrとBaは0.7倍、LaからLuまでの希土類元素は0.1倍以下であった。これだけ大量の(Na, K)Clを含む水溶液では、各元素の水溶液への分配は上がることが予想されるので、一概に比較できないが、大きな矛盾はない。私たちの実験により、すくなくとも1.5GPa程度の低圧条件では、NaClを含まない水流体へのアルカリ元素以外のこれらの元素の分配は低いと推定する。今後、より高圧で水流体とメルトの間の分配実験を成功させることができるよう努力したい。また、NaCl濃度とメルトと水流体の分配係数に相関があると急冷回収実験で指摘されている(Keppler, 1995 Nature, Ayers and Eggler, 1995, Geochimi Cosmochimi Acta)ので、今後行ってみたい。

キーワード:流体,マグマ,高温高圧,化学組成,放射光X線,沈み込み帯

Keywords: fluid, magma, high-pressure and high-temperature, chemical composition, synchrotron X-ray, subduction zone