

跡津川断層破砕帯の断層岩コアを用いた固体-流体間の化学的相互作用に関する実験

Experimental study on chemical interaction between solid and fluid using core penetrating Atotsugawa fault fracture zone

齊藤 友比古 [1]; 田中 秀実 [1]

Tomohiko Saito[1]; Hidemi Tanaka[1]

[1] 東大・理・地球惑星

[1] Dept. of Earth and Planet Sci., Univ. Tokyo

<http://www-solid.eps.s.u-tokyo.ac.jp/>

地震発生に伴って観測されている地殻ガス及び地下水中のイオン変化の素過程を調べるため、跡津川断層掘削で採取されたコアに含まれていた原岩（弱破砕変質岩）と断層岩（ガウジ）を試料とし、それらと純水を用いた粉碎実験を行った。本論文では実験によって発見された次の2つの化学的素過程について述べている。すなわち、1. 岩石粉碎時のガスの組成と量、および 2. 水の陽イオン組成とpH変化である。

実験1の結果から、原岩3種（花崗岩質岩、砂泥質岩、石灰質岩）の粉碎ではメタンの放出量 n は、粉碎量の程度の指標となる“破壊に伴う粉体の表面積の増加量 S ”に伴って増加しており、この関係は、 $n = A(1 - \text{EXP}[-kS])$ で表される曲線によく近似された。この式は微分方程式 $dn/dt = k(A - n)$ の解であり、 A は試料中に含まれていたメタン含有量を、 k は割れた時の放出のしやすさを表すと考えられる。

薄片写真による観察の結果、メタンを放出していた3種の原岩には、いずれも石英または方解石中に流体包有物が確認されたが、唯一メタンを放出しなかった安山岩質の原岩には流体包有物が見られなかった。流体包有物がメタンを含んでいると仮定すると、実験において測定されたメタンは、岩石の構成鉱物に含まれる流体包有物の中のメタンガスが、粉碎に伴って物理的に放出されたものであると考えられ、 A は、包有物放出可能量を、 k は、包有物の密度と関連した量であると考えられる。

実験2の結果から、花崗岩質の弱破砕変質岩の粉碎において、粉碎量につれて粉碎後の水のpHとナトリウムイオン (Na^+) の上昇およびマグネシウムイオン (Mg^{2+})、カルシウムイオン (Ca^{2+})、カリウムイオン (K^+) 濃度の減少が確認された。pHに関しては300minの粉碎後にはpH=11.2を超えていた。花崗岩質岩には溶解によってアルカリを示す物質は含まれないことから、pHの上昇の原因は鉱物の破壊によって鉱物と水の界面に露出した Na^+ が水中へ溶け出した結果、水中のプロトン H^+ が鉱物中へ入っていった (Na^+ と H^+ の陽イオン交換反応) の結果によるものが考えられる。 Na^+ 濃度の増加もメタンの式と類似の $n = A(1 - \text{EXP}[-kS]) + B$ で表される曲線上に乗ったことから、粉碎に伴って岩石中のNaを含む鉱物（長石など）から溶液中に Na^+ として放出し、その結果溶液中の H^+ が岩石粉体中に取り込まれて溶液中の OH^- が増加するというイオン交換反応モデルが適当であると考えられる。

以上の実験結果を天然の跡津川断層の流体観測および断層の動的過程の点から比較すると、実験1でメタンを放出しなかった安山岩の原岩が分布するところでは、コア中のガスにもメタンが含まれていなかったことと調和的であり、断層帯では流体包有物が破壊されてできたメタンが存在している可能性が考えられた。実験2で用いた原岩の分布する深度173mの断層面では世界で初めて、断層破砕帯のダメージゾーンから、直接採水することに成功しているが、この断層破砕帯を通過する地下水でも高濃度（300[mg/L]以上）の Na^+ と pH=8.44 を示しており、破砕帯内部でも岩石の破壊と、それに伴う Na^+ イオンの放出によってアルカリ性が保たれている可能性がある。また、地震滑りの際の流体/岩石比は、本実験でのそれ（水/岩石=2/1）よりも低いと考えられるため、特に花崗岩質地殻の場合、滑りに伴う岩石-流体反応によって破砕帯は高アルカリ（pH=11以上）環境になると予想される。