

岩石の脱水と弾性波速度の変化

Effects of dehydration of rocks on seismic velocity

坪川 昌平[1], 佐藤 博樹[1], 伊東 和彦[2]
Shohei Tsubokawa[1], Hiroki Sato[1], Kazuhiko Ito[2]

[1] 阪大・理・宇宙地球, [2] 南大阪大・経営

[1] Earth and Space Sci., Osaka Univ., [2] Faculty of Business Administration, Southern Osaka Univ.

<http://psmac0.ess.sci.osaka-u.ac.jp/matsudalab-j.html>

含水鉱物や流体を含む岩石の高温高压における弾性波速度の測定データを収集し、速度に及ぼす含水鉱物と流体の影響について検討を行った。これによって、含水鉱物と岩石のP波・S波速度、密度、弾性定数等に認められる温度・圧力・化学組成・鉱物組成依存性を調べ、諸量間に認められる経験則や法則を探る。いくつかの含水鉱物からなる岩石の場合、2-3の脱水過程があり、低温側から順に各脱水反応による物性データの変化が認められる。脱水に伴う速度変化は、脱水量とH₂Oの分布形態に依存し、含水鉱物の割合が多く、分解反応による脱水量が多ければ、脱水後岩石の物性は流体のそれで近似できる。脱水量が少なくH₂Oが結晶粒界に局在する場合、速度変化は緩やかである。

含水鉱物や流体を含む岩石の高温高压下における弾性波速度の測定データを収集し、速度に及ぼす含水鉱物と流体の影響について検討を行った。また今後、固体-流体系を物性データから議論する際に必要となる実験や測定についてもまとめたい。

含水鉱物と岩石のP波・S波速度、密度、弾性定数等に認められる温度・圧力・化学組成・鉱物組成依存性を調べ、諸量間に認められる経験則や法則を探る。含水系の高温下での物性測定では、その相を保ち、また脱水した流体を保持するために、高压下で試料を密封した状態で行う必要があることは言うまでもない。含水系の固相のみが安定で脱水分解をへていない温度・圧力領域で~200MPaを超える圧力下では、一般にP波・S波速度とも温度の上昇と共にほぼ直線的に減少し、圧力増加と共に直線的に増加する。1気圧から200MPa程度の低压下では、圧力の増加に伴って低压側でより急激な速度の増加が認められる。これは昇圧による岩石中のクラック密度の減少によるものである。これらの傾向は無水の岩石の速度変化と同様である。

脱水分解反応後の速度変化は特徴的である。まず単体の含水鉱物について考えてみよう。含水鉱物の中には脱水によって、結構な量(体積)のH₂Oを放出するものがある。このことは地震波速度との兼ね合いで重要なポイントとなる。というのは、ある系の弾性波速度は、その系を構成している要素(鉱物や流体)の体積比(重量比でなく)によって決定され、放出されるやや大量のH₂Oは分解した残存鉱物の固相同士のつながりを断ち、H₂O流体が非常によく連結した状態となる。つまり、含水量の多い鉱物では脱水により、地震波速度は流体のそれとほぼ等しくなり、S波速度はほぼ0、P波速度は"H₂O+溶質"のそれにほぼ等しいか、やや大きい程度である。

いくつかの含水鉱物からなる岩石の場合は、2~3の脱水過程があり、一定の高压下で温度を変化させて物性測定を行うことにより、低温側から順に各脱水反応に対応した物性データの変化が認められる。測定に際し速度の時間変化を調べ、ほぼ一定速度となり反応が完結したことを確認しながら、順次昇温により測定を行う必要がある。前述の単体の含水鉱物に関する速度変化の考察からわかるように、各脱水反応に伴う速度変化は、脱水量とH₂Oの分布形態によって左右される。岩石中の含水鉱物の占める割合が多く、分解反応による脱水量が多ければ、脱水後岩石の物性は流体のそれで近似できる。脱水量がそれほど小さくなくH₂Oが結晶粒界に局在する場合、速度変化はゆるやかである。特にH₂Oと固相の2面角が大きく、球状あるいは円盤状に孤立したH₂Oの存在は、わずかな速度変化しか引き起こさず、P波・S波速度ともほぼ固相の速度で近似できる。岩石中に部分溶融が生じた場合の速度変化についても、同様の考察が可能である。さらなるデータの収集により、今後以上の議論を進化させたい。

さて高温高压下における物性測定の手間および、測定値のもたらす情報の量と重要性を考慮すると、弾性波速度の測定であるならば、P波・S波の両速度を同時に測定したい。また減衰係数測定も同時に行うのが好ましい。つまり、一つの物理条件に完全に対応した一まとまりのV_p, V_s, Q_p, Q_sのデータを得ることが望まれる。高温高压下の流体には様々の鉱物が溶解するので、2成分、3成分、多成分系(H₂O-CO₂-H₂S-SO₂-...-SiO₂-MgSiO₃-Mg₂SiO₄-NaAlSi₃O₈-...)の流体相の物性を決定する必要もある。ただし測定するまでもなく、流体相のS波速度と剛性率、またQ_sは0である。