

圧電効果による石英-水間の界面エネルギーの変化と物性への影響

Change of the interfacial energy between quartz and water and its influence on the physical property of the mineral-water system

桂 友子[1], 平井 誠[1], 池谷 元伺[1]

Tomoko Katsura[1], Makoto Hirai[2], Motoji Ikeya[3]

[1] 阪大・理・宇宙地球

[1] Sci.,Osaka Univ., [2] Earth and Space Sci., Osaka Univ, [3] Earth and Space Sci. Osaka Univ.

水が鉱物の破壊強度を下げることや地震前の地下水の水位変化について、原因の一つに界面エネルギーを考える。固、液、気体間の界面エネルギーが変化すれば、ぬれ角の変化等水のマクロな動きが起こる。それを決める要素として界面電位がある。石英等の圧電効果は、界面電気を介して鉱物の水に対するぬれや溶解速度、破壊強度の変化を起こし得る。境界エネルギー測定の高難度を乗り越えてこれを確かめるため、ガラスの裏側から高電圧を加え水の動きを観察する実験、フッ化水素酸によるガラスのエッチング速度の電場に対する変化を調べる実験を行い、その結果から圧電効果が水のマクロな動きや鉱物の水への溶解、破壊に与える影響を検討する。

< 研究の背景 ~ 界面エネルギーと破壊強度の関係 ~ >

地震前には地下水の水位変化や成分の変化が起こることがある。また、地下水が鉱物の破壊強度を低下させることが知られている。よって地震すなわち鉱物の破壊と水との関係は、地震前に地殻中でどのような変化が起こるのか、何が地震を誘発しているのか、微小な破壊がどう本震と結びつくのかを考える時に大変重要である。

両者の関係には空隙水圧による破壊の進行だけでなく、界面エネルギーの問題も含まれる。固体、液体、気体の3相が接する時、それぞれの界面エネルギーが最小になるように、ぬれ角が決まる。

よって界面エネルギーが変化すれば、水が鉱物に対して動いたり新たにぬれたりするので、地殻中ではクラックに水が注入される可能性がある。また、ケイ酸塩鉱物、特に石英の破壊強度はクラック先端の水による腐食（溶解）が重要なはたらきをしていると考えられており、界面エネルギーの変化は溶解速度と破壊強度を変化させる。溶解は微細構造形成に重要な要素だが、これについては別の講演（平井ら）に委ねる。

< 界面電気とは >

界面エネルギーを決めるものの一つに、界面電気がある。相異なる二つの相が接しているとその界面をはさんで正負の電荷が発生し、二つの相の間に界面電位を生じさせる。

このことは地下水と造岩鉱物の界面でも同様である。ケイ酸塩鉱物は、水と接触するところではケイ素がシラノール基 Si-OH を形成し、部分的に水素が解離して Si-O^- となりその結果全体として鉱物側は負に帯電する。他方水中では水素イオン等の陽イオンが負に帯電した鉱物側に集まり μm 程度の層を形成する。これら正負の電荷分布は電気二重層と呼ばれ、電場はこの二重層内にのみ存在する。一般に界面電気は界面エネルギーを低下させる。

< 圧電効果の影響 >

界面電気の変化をもたらす原因として石英の圧電効果に注目する。圧電効果で発生する分極が界面電気を通じて界面エネルギーを変化させ、水の動きを誘発することが考えられる。その結果水がクラック先端に入り破壊強度を下げ、微小破壊が圧電効果を介してさらに次の破壊を生む可能性がある。

< 実験 ~ 電場効果と界面エネルギー ~ >

電場効果によって界面エネルギーが変化することを実験で確かめるのが本来の目的である。同様の効果は水-水銀系で調べられており、電気毛管現象と呼ばれている。これは毛管中の界面で接している2つの液体に電場を加えると界面張力（界面の形）が変化する現象である。しかし水-鉱物系の場合、鉱物が絶縁体なので、電場印加が容易ではなく、しかも固体-液体間のエネルギーは一般に計測が困難であるため、新たな実験手法の開発が必要とされる。本実験では Si-O の結合を含む薄いガラスの裏側から高電圧を加えることで、圧電効果の模擬実験としている。界面エネルギーの変化を見るためには、具体的には、鉱物に対する水のぬれ角や接触面積の変化が見やすい。もっともこの変化は界面エネルギーによるものだけではなく静電気力によるものも含む。また、鉱物の水への溶解速度も界面エネルギーに依存するから、電圧を加えながら溶解させれば、その速度変化から界面エネルギーの変化を知ることができる。

・ぬれの変化

界面電位を外部から制御し水のマクロな動きを観察するのに、2種類の実験を行っている。ガラス毛细管を使う実験と、平面のガラスを使う実験である。

前者では、毛细管の半分を水で満たし、ガラスの外側と水に電極をつけて直流電圧を加える。印加電圧によって界面電位を打ち消すと界面エネルギーが増え、にガラスに対して水が相対的にぬれにくくなる。もしくはガラス

と水の接触面積が減る。この動きを光学顕微鏡で観察する。

後者では、カバーガラス上に水滴をつくる。ガラスの裏側に貼付けた電極と水滴の間に直流電圧をかける。そして水の動きを光学顕微鏡で観察する。

・溶解速度の変化

カバーガラスの片面に電極を付け、もう片面を希薄なフッ化水素酸に漬け、フッ化水素酸とガラスの界面に直流電圧を加えながらエッチングを行う。そしてエッチング速度への電場の効果を調べる。

<この実験の意義>

これらの実験結果から、圧電効果が水のマクロな動きや鉱物の水への溶解に与える影響を検討する。