

土質地質学の夢 (IV)

阿部正宏

土木地質学が歩んできた道をふりかえってみると、土木工学・土質力学をはじめ、多くが物理学的な取扱いが主となって発展してきた。

近年、環境地学の取組みが必要となって、化学的、生物学的な考え方が必要となり、新しい角度から進める必要に迫られている。風化現象をみても、崩落・崩壊・地沁り等の災害をみても、また粘土の問題にしても水の作用が重要である。これからの土木地質学を吟味してみるうえで化学的・生化学的なアプローチの一端を述べてみたい。

(6) 水の力

地質学では、岩石や堆積物（地層）が本来の固さや組織を失って、ルーズな細粒物の集まり（組織）に変化してゆく過程を“風化作用（weathring）”とよんでいる。風化作用には、物理的風化、化学的風化と生物化学的風化とがある。地表にさらされている岩石や堆積物は、気温の日較差（range）の変化を毎日くりかえしてうけ、同時に太陽や風雨や乾燥等の影響をうけている。この物理的風化作用により、岩石を構成している鉱物は、

それぞれの熱容量や熱伝導率の異なりから、永い年月の間に、鉱物間の結合がゆるみ、次第に細粒化の方向に進んでいる。物理的風化によって、地表面に小さなヒビができ、この小孔隙に水が侵入すれば水の巨大な毛管圧でヒビ割は拡大してゆく（直径1mmの小孔隙の中に入った水は周囲に約 1.5kg f/cm^2 の強い圧力をおよぼすものと考えられている）。

水ほどありふれたものはないが、同時に水ほど不思議なものはない。水は常温・常圧下で、水蒸気、水、氷の三態をもつことができるがゆえに、太陽からの放射エネルギーに支えられて地球上を循環している。地球化学者によって、降水の源である地球大気中の水蒸気の量が測定され10日間ほどの降水量にしかあたらないとされている。いいかえると、大気中の水蒸気は約10日に一回、降水と蒸発過程を通して置き換わっていることになる。

地球表層で物質、化学元素がもっとも速やかに移動できるのも水の働きである。集中豪雨の際の河川の濁流をみてわかるように、水には大変大きい運搬力と同時に双極子能率が大きく、物を溶かす溶解

能力をもっている。

我が国でみられる崩壊災害は大きく二つに分けられる。土塊が瞬間的に崩れ落ちる山崩れは、その地域の地表に露出している岩石を構成している鉱物が水による溶解を伴った化学的風化作用で碎屑されたところに、降水や豪雨が集中し、造岩鉱物と水の相互作用がおこっている場合が多い。あまり形を乱さないで比較的ゆっくりすべり落ちる地すべりは、岩石の風化生成物である土砂や粘土に降水や積雪の水が飽和して、粘土層の上位にある土砂がすべるもので、土砂や粘土と水の相互作用で発生し、地すべり粘土の存在が大きな意味をもっている。

(7) 粘土への化学的アプローチ

碎屑物の粒径区分から、“粘土 (clay)” は、粒径が $1/256\text{mm}$ (0.004mm) 以下の細かい物質をいい、 $1/256\text{mm}$ よりあらく、 $1/16\text{mm}$ (0.063mm) より細かい物質は“シルト (silt)” とよび、 $1/16\text{mm}$ よりあらく 2mm より細かい物質を“砂 (sand)” とよぶ。粘土の定義については、農学土壤等の取扱い方と多少のくいちがいがある。このような細かい粘土を電子顕微鏡やX線回析で調べると規則性をもっており、現在は“粘土鉱物”としてよばれるようになった。粘土鉱物は基本的には、水とアルミナとけい酸の合成

物であって、水なくしては粘土鉱物は生成されない。

粘土鉱物は、水中に溶存する陽イオンに対して、みずからが持っている陽イオンとイオン交換する能力をもっている。粘土粒子の交換できる陽イオンの種類によって粘土鉱物が含む水の量が違っており、粘土の性質に大きく影響をもっている。地すべりやスレーキング・膨潤の問題として、よくモンモリロナイト粘土鉱物がその原因としてあげられている。

ここで注意しなければならない重要なことは、モンモリロナイトに2種類があつて、Naイオンを層間域にもったNa-モンモリロナイトは著しく膨潤するが、H・Ca・Mgイオンを層間域に持ったモンモリロナイトは膨潤が弱いことである。

モンモリロナイトは理・工・農学の基礎・応用の面で、粘土鉱物のもつ特性が利用され貢献しているが、自然災害の原因にもなっている。粘土鉱物については将来いろいろな問題に発展してゆくものと思っている。最後にイオン交換反応が実際に測定された例を紹介したい。地球化学の第一人者の名古屋大学の北野康教授が花崗岩岩盤のダムサイトでの実施した例である。ダムの水面が高くなるにつれて水の浸透がどのようになるかを調べるために、岩盤に穴を掘り、穴の中に塩

化アンモニウム (NH_4Cl) を投入した。 NH_4Cl を投入したことによって電気電導度が大きくなった地域の天然水を採って化学分析を行った。ところが、 NH_4Cl 溶液ではなくて、塩化ナトリウム (NaCl) 溶液であった。その後の調査で、これは NH_4Cl 溶液が岩石の間を通過したところにナトリウム型の粘土鉱物が存在していて、 $\text{Na}-\text{R} + \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{NH}_4-\text{R} + \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ という NH_4^+ と Na^+ との間のイオン交換反応がおこった為ということが解明されている。

