

2. 1999年6月29日における呉吉浦土砂災害から

6年後の斜面状況

Transformation of granite saprolite remained on the slope from occurrence of the slope failure at June 29, 1999 to the present
in Yoshiura, Kure-city

○北川隆司・井上勝史（広島大学大学院理学研究科）

1. はじめに

1999年6月29日に発生した呉市吉浦における斜面崩壊と土砂流は人命を奪う災害となった。それから現在まで既に6年が経過している。

ところで、土砂災害が発生した斜面や溪流には、しばしばかつての崩壊土石が残されており、以前からしばしば斜面崩壊や土石流が発生したことが認められる。このことは斜面崩壊が発生した後、斜面上に崩壊から免れた風化層や崩壊までは至らなかった風化層が残されており、それらが次の崩壊に関わることが考えられる。また、崩壊により新たにあらわれた岩盤や、それまでに風化した斜面が新しい条件下で再び風化が始まり、それらが次の崩壊土となるものと推定される。よって崩壊直後の崩壊斜面上に崩壊から取り残された風化層や、崩壊までには至っていない風化層を詳細に観察し、さらにそれらが時間の経過とともにどのように変化してくるかを観察することにより、どのような風化状況になった場合に崩壊するのか、また、どのくらいの年月で崩壊が再び発生する可能性があるかを推定する手がかりになるものと考えられる。

そこで、今回呉市吉浦での斜面崩壊から免れた風化花崗岩と、それから6年後までに起こった風化の進行状況を比較し、斜面上での風化花崗岩の変化の様子を観察したので、その結果を報告する。

2. 斜面状況

崩壊直後の崩壊斜面を遠望すると崩壊した斜面は草木がなく、明瞭に崩壊斜面を見ることができる。一方、その6年後には、草木が周辺と同じくらい繁茂し、全

く崩壊した痕跡は認められなくなっている。実際斜面を經時観察すると、崩壊直後の斜面は崩壊土砂が移動した後のほぼ新鮮な岩盤と、崩壊を免れた風化層が残されているのみである（図 1）。それから三年後の同じ斜面は図 2 に示すように崩壊から免れた周辺部に草が生え始めている。さらに 6 年後の今年、同じ場所では草木が繁茂しており、崩壊の様子はほとんど見えなくなっている（図 3）。このように崩壊地では数年経過すると、斜面にほぼ植生が回復していることがわかる。



図 1 崩壊直後



図 2 崩壊から 3 年後



図3 崩壊から6年後

3. 斜面上の風化花崗岩

崩壊直後の斜面上に残されている風化花崗岩の様子を薄片観察した。観察した風化花崗岩は、新鮮な岩盤の直上にあるシーティングジョイントの著しく発達した風化花崗岩である(図4)。この部分は微細な割れ目が著しく発達しており、特に斜面の傾斜方向の割れ目が著しい。その薄片観察では、黒雲母が僅かに変質しているが、斜長石、カリ長石はほとんど変質が認められない。しかし、0.1~0.5mmほどの割れ目が沢山発達している。その割れ目には花崗岩の構成鉱物である、石英、カリ長石、斜長石、黒雲母の微細な破片で埋められ、さらにそれらの間には微細な物質により埋められている。

上述と同じ場所ではないが、ほぼ同じ状況であった場所における6年後の薄片観察を行った。その結果、割れ目に鉱物の破片が埋まっている状況は同じであるが、割れ目のみならず岩石全体が著しく褐色化している。

それより風化の遅れている花崗岩の割れ目には、鉱物の破片や微細な物質による充填は認められない。しかし、割れ目の周辺には褐色の物質が割れ目に沿って形成されている。



図4 崩壊から残された風化花崗岩
シーティングジョイントの発達

4. X線分析

割れ目を充填している物質のX線粉末回折結果によると、パーミキュライト、カオリン鉱物、石英、長石類が認められる。特にパーミキュライトとカオリン鉱物の存在が著しい。

5. EPMA 分析

割れ目を充填している物質の二次電子像を図5に示す。各鉱物破片の化学分析をした結果、石英、斜長石、カリ長石、黒雲母(ただし変質している)の破片であることを示した。特徴的なのは、割れ目によって構成鉱物のずれが全く見られないことから、せん断的な割れ目ではなく、ひっぱりにより形成された割れ目であることがわかる。割れ目の両サイドには二次反射の異なる微細な物質が薄く形成されている。また、この物質の二次反射と破片状鉱物の間を埋めている微細な物質のそれとは同じような二次反射を示している。

それらの部分の化学分析をした結果、それぞれ $\text{SiO}_2:41.5\%$ 、 $\text{TiO}_2:0.3\%$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3:32.5\%$ 、 $\text{FeO}:2.8\%$ 、 $\text{MnO}:0.1\%$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3:0\%$ 、 $\text{MgO}:0.4\%$ 、 $\text{CaO}:0.2\%$ 、 $\text{Na}_2\text{O}:0.2\%$ 、 $\text{K}_2\text{O}:0.3\%$ と、 $\text{SiO}_2:31.4\%$ 、 $\text{TiO}_2:0.2\%$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3:31.9\%$ 、 $\text{FeO}:3.1\%$ 、 $\text{MnO}:0$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3:0\%$ 、 $\text{MgO}:0.3\%$ 、 $\text{CaO}:0.1\%$ 、 $\text{Na}_2\text{O}:0\%$ 、 $\text{K}_2\text{O}:0.3\%$ であった。すなわち、両者ともに主として SiO_2 と Al_2O_3 より構成されている。それに僅かに鉄を含んでいることがわかる。この分析値からカオリン鉱物の存在が推定できるが、非晶質物質の可能性も考えられる。しかし、X線分析の結果からカオリン鉱物の反射が認められ、これらの物質はカオリン鉱物と推定される。

これと同じ分析結果が示されたのは、風化状態が遅れている花崗岩の割れ目の周辺部に見られる物質と同じである(図6)。

崩壊から6年後の風化花崗岩に著しく褐色化が認められる。薄片観察によると変質は進んでいない。しかしEPMA分析によると、肉眼や薄片観察より全体に褐色に見える原因は、微細な割れ目が各鉱物中に発達しており、そこに鉄が濃集していることによる。

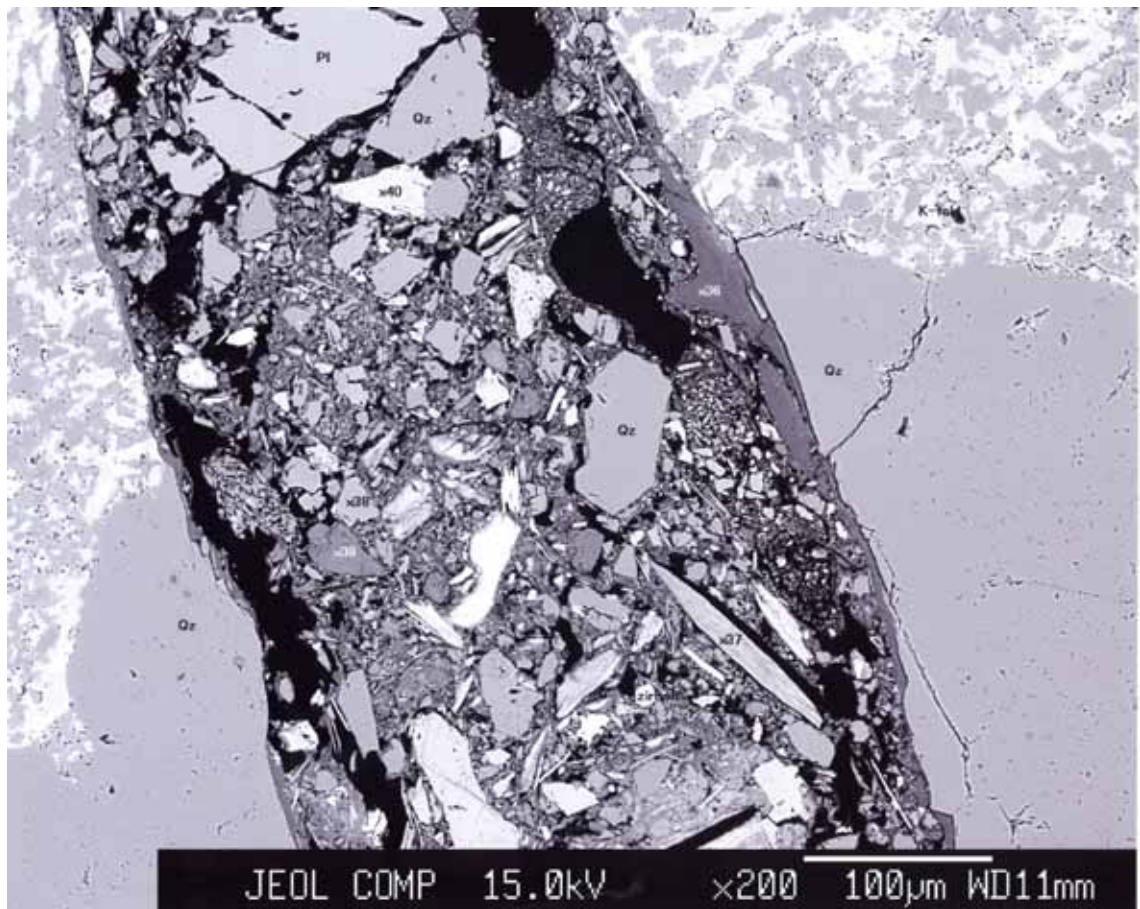


図5 割れ目を充填している鉱物破片と細粒物質

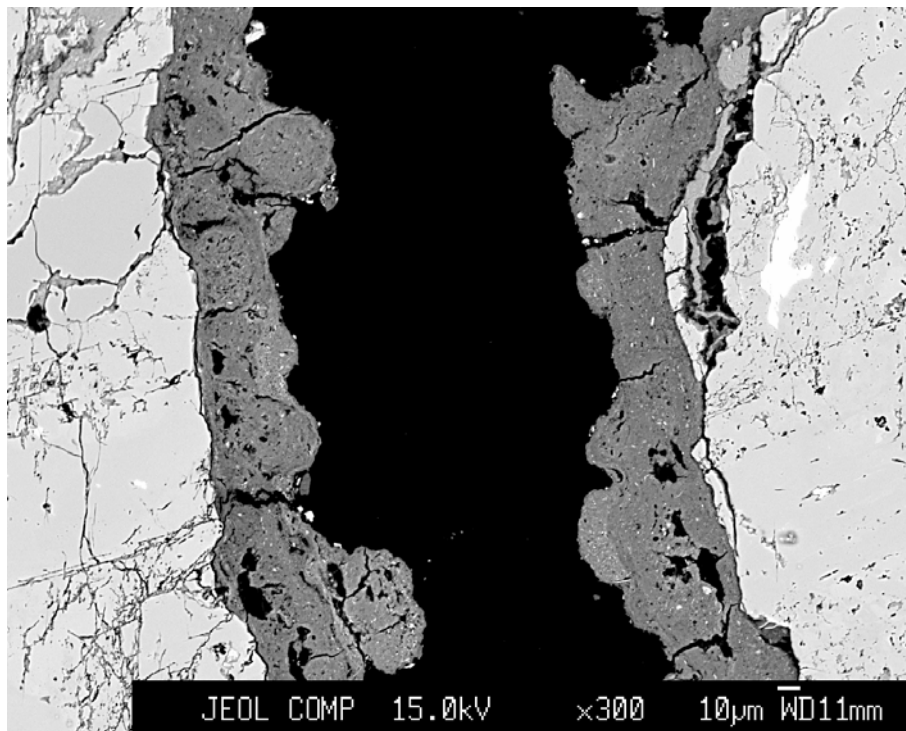


図6 割れ目の周辺部に形成されている物質の二次電子像

6. 斜面上の花崗岩の風化層発達過程

以上の観察結果から崩壊斜面の風化層発達過程が推定される。

まず斜面に発達する割れ目は引っ張りにより形成されており、おそらく除荷作用によるものと推定される(図7)。その割れ目の周辺に形成されているカオリン物質は、周辺の造岩鉱物にかかわりなく形成されており、鉄の濃集が認められることから、割れ目に侵入した地表水により花崗岩の風化生成物として運ばれたものと考えられる。おそらくこの場合、水流は非常にゆっくりした動きであったと考えられる。その後、水流が比較的速い状況になった時に構成鉱物の破片が運ばれた。再び水流が穏やかな時期にカオリン物質が運ばれ、破片状鉱物の周辺に沈殿していった。このような経過を何回か繰り返し、現在見られる状況になったものと考えられる。崩壊時の斜面はこのような状態になっており、割れ目は物質によりほぼ完全に埋められていたと考えられる。このことは、崩壊が発生する直前には風化斜面中に十分に水を蓄える状況ではなかったものと推定される。

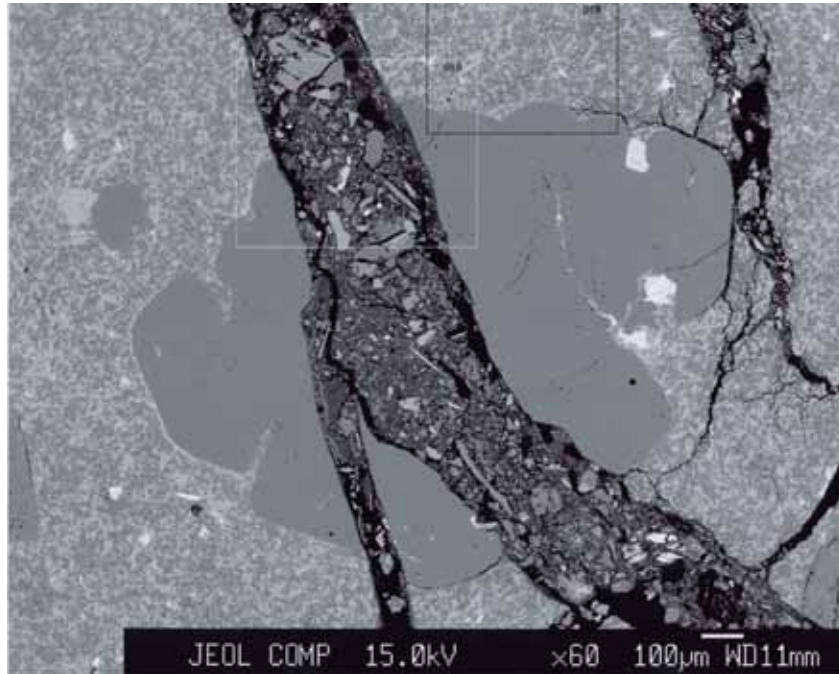


図7 割れ目の両側の石英が動いた形跡は認められない