

## 深層崩壊発生予測手法開発における水文因子と地質条件

エネコム株式会社 ○清崎 淳子

鹿児島大学農学部 地頭 隆・松本 祐樹・田中 俊和

### 1. はじめに

深層崩壊の発生予測には、広域から地域への絞り込み、特に流域レベルから斜面レベルへの絞り込み段階で、水文因子である渓流水の EC（電気伝導度）分布を用いた水文調査が提案されている。その分布の特徴を用いた予測手法が開発され、適用事例の情報が集積されつつある。渓流水の特徴に反映される素因の一つとしての地質条件を整理する中で、深層崩壊発生地点の地質試料を用いた簡易的な岩石-水反応試験を行ない、現地での計測データとの比較や地質の違いによる特徴を検討した。今回は、最も明瞭な特徴がみられた火砕流堆積物分布域での解析結果を中心に報告する。

### 2. 簡易岩石-水反応試験による地質試料の特徴

九州の地質条件は多様であり、深層崩壊が発生した地域地質の特徴から大まかに次のように区分し簡易試験に用いた。それぞれ堆積岩分布域（Y-1～Y-5, K-1）、火山岩分布域（H-1, H-2）、火砕流堆積物分布域（M-1～M-3）、花崗岩分布域（D-1～D-3）の 14 試料である。同じ崩壊地から風化度や岩相の異なる試料を採取し、室内試験において EC の経時変化を調べた。表-1 に試料の特徴と EC の計測結果（静置直後、1 日後、1 ヶ月後）を示す。また、現地調査時に得られた崩壊値の湧水の計測データも合わせて示した。

室内試験は簡易的な岩石-水反応試験であり、約 30g 程度の試料を精製水中で攪拌し静置して計測したものである。現地調査で得られる値との差異はいくつかの束縛条件の違いがあることから考察時に留意する必要があるものの、周辺流域での EC 分布の特徴や地形・地質・地質構造等の諸条件を考慮して、相対的に EC の値が高くなる要因が整理された。

- ・反応する面積が大きい＝亀裂が多い（冷却節理や葉片状あるいは鱗片状と称される組織など）
- ・反応時間が長い＝深くまで浸透している（流動経路が長い）、滞留する場所がある（貯留場所の存在）
- ・溶けやすい物質の存在＝風化変質や細脈の充填物質（Ca 成分を含む鉱物類・沸石類・方解石など）

風化変質による岩盤劣化の進行や細脈充填物の溶解および応力開放による開口亀裂の増加など、地質による違いはあるものの、いくつかの条件が重なり地下水集中の領域を形成すると考えられる。流域レベルの EC 分布は相対的に諸条件の重なった領域を抽出する目安となっている。

### 3. 追加試験

室内試験では、特に南大隅の火砕流台地周縁部の深層崩壊地試料 M-1（溶結凝灰岩）において経時変化が顕著であり、加えて現地で 18.4mS/m というより高い値が得られている点に着目した。EC の増加につながる要因の中に、地下水位の変化やそれに伴う乾燥と湿潤の繰り返しが意味を持つのではないかと考え、追加試験を行った。1 ヶ月後の試料を取り出して風乾し、再浸水させて計測した。EC の顕著な値の増加を示すのは火砕流堆積物の中でも溶結凝灰岩のみであったが、比較のため M-2（非溶結凝灰岩）も同じ条件で計測した。さらに、試験中に着目した試料表面の変化を微視的に観察し考察を進めた。

表-1 試験試料および EC 計測結果一覧

No.	試料番号	記載等	EC(mS/m)			採取地	
			室内試験(直後・1日後・1ヵ月後)	現地調査			
1	Y-1	堆積岩類 レンズ状の石灰岩	4.3	18.2	90.1	14.9	五木 横手谷
2	Y-2	堆積岩類 縞状堆積物白色部	3.8	7.5	18.9		
3	Y-3	堆積岩類 縞状堆積物赤色部、軟泥状の部分	4.6	9.1	19.0		
4	Y-4	堆積岩類 縞状堆積物赤色部、堅固部分	3.7	7.9	17.8		
5	Y-5	堆積岩類 縞状堆積物暗灰色部、フレーク状の泥質部分	3.8	7.5	17.4		
6	K-1	堆積岩類 泥質岩	0.6	4.8	7.8	8.7	鰐塚
7	H-1	火山岩類 安山岩質火山岩風化部(山腹)	0.5	9.3	14.8	13.5	出水 針原
8	H-2	火山岩類 安山岩質火山岩風化部(河床)	0.8	2.4	3.6		
9	M-1	火砕流堆積物 溶結凝灰岩	1.5	4.1	15.4	18.4	南大隅
10	M-2	火砕流堆積物 非溶結凝灰岩(地下水接触部)	1.1	2.1	4.1		
11	M-3	火砕流堆積物 非溶結凝灰岩(地下水非接触部)	2.1	2.9	4.5		
12	D-1	花崗岩 風化部(マサ化)	0.6	1.6	2.8	4.5	屋久島 土面川
13	D-2	花崗岩 風化部(核石部分)	0.6	1.4	2.6		
14	D-3	花崗岩 表層風化部(赤褐色、マサ化)	1.6	2.1	3.0		

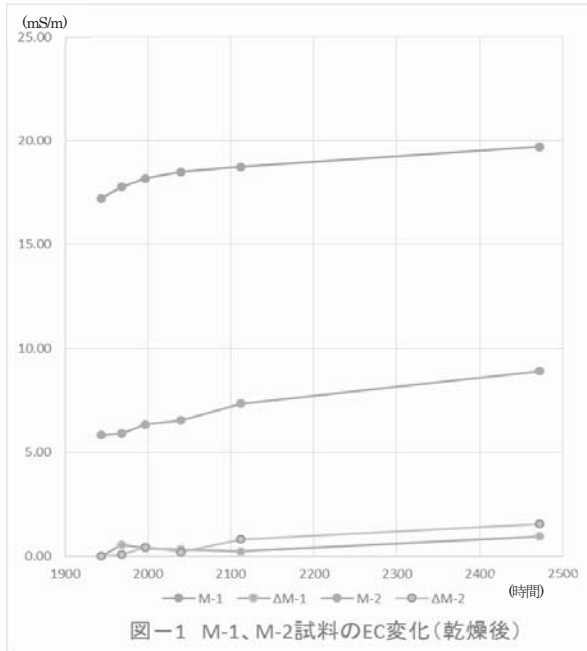


図-1 M-1、M-2試料のEC変化(乾燥後)

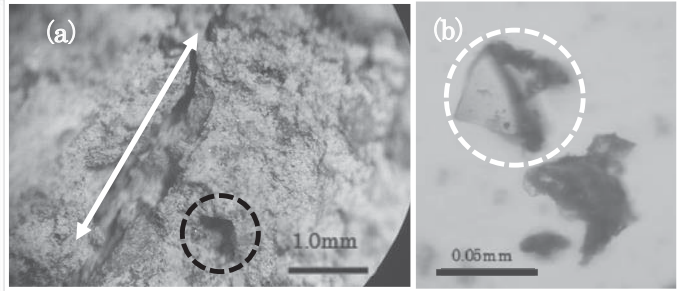


写真-1 M-1顕微鏡写真(a: 試料表面 b: 水中残渣)

図-1に乾湿繰返し追加試験結果の最終段階を示す。M-1は再浸水させた直後のECの増分が大きく、徐々に変化は穏やかになっていく。グラフには示していないが時間当たりの変化を見ると4日あたりから急激に変化が小さくなる。M-2では徐々にECが高くなっていくが、試験終了時の計測値は8.9mS/mであった。乾湿繰返し後のM-1は再浸水後二日目あたりから18mS/mを越え、現地計測の値と矛盾しないことがわかった。

写真-1は試験中に得られたM-1の乾燥した試料表面(a)と水中残渣(b)の顕微鏡写真である。試料を風乾すると表面が粉を吹いたようになり、微細な破片が散らばった状態になった。実体顕微鏡で試料表面を観察すると亀裂が入り(写真-1(a)白色矢印)鉱物片が脱落した空隙(写真-1(a)黒色破線囲み部)が観察された。また微細な粉末は偏光顕微鏡で観察すると鉱物片や繊維質の軽石、発泡した火山ガラス(写真-1(b)白色破線囲み部)の破片であることがわかった。発泡した火山ガラスは壊れやすく風化変質しやすい性質を持つ。岩石の表面が劣化しやすいのも溶結程度の比較的低い火砕流堆積物の特色と言える。これらの特徴はECの増加だけでなく濁りや透水性の変化にも寄与することが示唆される地質条件とも言える。

#### 4. まとめ

深層崩壊発生地点の地質試料を用いた簡易的な岩石-水反応試験において、最も明瞭な特徴がみられた火砕流堆積物分布域での解析結果を中心に考察を進めた。火砕流堆積物は南九州特有の火砕流台地を形成しており、堆積構造も冷却時の特質からもたらされる溶結凝灰岩の強溶結部・弱溶結部・非溶結部という岩相の変化を有している。南大隅では鹿児島湾口付近に存在するとされる大規模な阿多カルデラから噴出した火砕流堆積物が分布しており、基盤となる花崗岩体の急峻なカルデラ壁と相対する平坦な台地が広がる。規模の大きな火砕流堆積物は溶結度の違いから冷却節理の発達や空隙率などの違いを有し、透水性や保水性など流体の流動や涵養に直接影響すると考えられる。M-1~M-3の採取地点では非溶結部の上位に弱溶結部が重なっており、透水性のよい上部から浸み込んだ地下水が岩相の境界部で湧出している。下部の非溶結部の上面は風化変質が進み、不透水層の役割を果たしている(たとえば地頭菌, 2013) 1)。

室内試験のECデータでは、弱溶結部のM-1は浸水直後から溶出が盛んであり2日後には12mS/mを越え、一方で非溶結部のM-2・M-3は1ヶ月後も5mS/m以下である。また、常時水没状態に近いM-2では溶出するものが少ないことも考えられる(試料H-1とH-2の針原の火山岩試料も同じ傾向が見られた)。また、非溶結部を浸透する地下水と溶結部の裂隙を浸透する地下水とでは、岩石と水の接触時間や経路の違いを表すことが示唆され、降雨量や降雨パターンを含めた解析を進めることで変化量に時間軸を入れることが可能であると考えられる。深層崩壊発生予測手法の指標のひとつとして適用を広げたい。

#### 5. おわりに

地質条件の違いによるECの値の示すものについて、簡易試験によるECの経過時間に伴う変化と現地情報を比較することで崩壊地斜面の危険度評価や避難警戒に寄与するデータの解析を試みた。現地で得られるデータ(EC, pH, 濁りなど)は、背景の地質の化学的な変化とともに機械的な変化も加わった複合的な特徴が表れているものと考えられる。蓄積されたデータの解釈には水文因子や地質条件などの総合的な判断が重要であると考えている。

今回は火砕流堆積物地域を取り上げたが、堆積岩地域でも付加体地質の特質上大まかに区分が必要であると考えている。また情報集積の途上であり、より精緻化を目指して湧水センサー等機器の試行を含めたデータ収集・解析・考察が必要である。地質条件の違いにより、危険度の指標も警戒避難の閾値も異なってくる。対象地域に密接に関わる情報を精度よく提供できるよう、今後も研究を進めたい。

1) 地頭菌 隆 (2013) : 深層崩壊の特徴と発生場の予測-九州を例にして- . 地盤工学会誌, 61-9, 6-9.