

崩壊地における地球化学的アプローチ

エネコム株式会社 ○清崎 淳子・齊藤 友希
福岡大学 理学部 田口 幸洋

1. はじめに

崩壊地の調査において、地形・地質などの基本情報とともに、崩壊地および周辺の水の組成や同位体比に関する情報は崩壊のメカニズムを解明する上で重要である。崩壊発生場の地下水、湧水、および周辺の溪流水の流量など物理的データばかりでなく、水質に現れる地球化学的データは、崩壊を起こした岩石-水反応についての重要な情報源といえる。ここでは地球化学的アプローチにより得られるデータを把握する必要性に着目し、有効なデータが得られた調査事例を紹介する。

2. 地球化学的アプローチ

天然水中のHCO₃⁻やCa²⁺は、地すべりなどの岩石崩壊の有用な予知手段であることが報告されている¹⁾。加えて、水の同位体比はその起源を推定するのに有効であることが知られており、いくつかの地すべり地からの報告がある^{2), 3)}。また、しらす斜面の深さ方向への強熱減量やX線回折分析による粘土鉱物の生成・分布状況の把握も、すべり面形成のメカニズムを解明するための地球化学的アプローチのひとつである⁴⁾。崩壊地の調査・研究において地球化学的な情報を取り入れた解析事例は少ないものの、崩壊発生メカニズム解明への足がかりとなる報告もなされている⁵⁾。

近年、深層崩壊発生の予測手法として、水文因子のうち溪流水の電気伝導度(EC)や水質(シリカ濃度、イオン濃度)を利用することが提案され⁶⁾、特に、現地で把握できる簡便な測定手法や段階別に詳細調査を進めることによる危険度評価法が示されている。崩壊発生の頻度が高く、予測手法や対策が確立している表層崩壊に対し、深層崩壊は特定の地質条件などが限られ、発生頻度が低いこともあって、まだ予測手法や対策が策定段階にあり、情報の集積が今後の課題の一つであると考えられる。

ここでは、九州の崩壊地において地球化学的なアプローチを取り入れた解析事例を紹介し、地球化学的な手法が崩壊の予測に繋がる素因を把握するための手法のひとつとして有効であることを示す。

2.1 調査手法

調査対象地の地質は火山岩分布域であり、崩壊は風化した溶岩と凝灰角礫岩の境界部で発生した。今回紹介する調査は地球化学的アプローチ、水質分析を中心とした手法である。試料は、崩壊地周辺で掘削されたボーリング孔から得られた地下水と崩壊地内の湧水および周辺の溪流水である。現地では採水と同時に水温・電気伝導度(EC)・pHを測定し、当日中に室内においてHCO₃⁻を定量した。また、室内でその他主要イオンおよびシリカ濃度の測定を行った。なお、本調査では溶存化学成分分析のみを行い、同位体比測定は行っていない。

2.2 結果および考察

本調査の分析試料は地下水 5 試料(崩壊縁辺部 1 試料、崩壊周辺部 4 試料)、崩壊地内の湧水 1 試料および周辺の溪流水 2 試料の計 8 試料である。分析結果を表 - 1、図 - 1 に示す。

現地で得た水温は、地下水(試料番号 1~5)や崩壊地からの湧水(試料番号 6)が 16℃前後の一定の値を示した。溪流水(試料番号 7、8)は採水時期が 11 月であったため、気温を反映し 13℃前後とより低い値であった。EC は崩壊地縁辺部の試料 1 で最も高く 21.0mS/m を示し、他はこの半分程度の値を示した。pH は全体的にほぼ中性で崩壊地および周辺部では 6.9~7.5 を示し、試料番号 7 の溪流水で最も高い値(8.7)であった。

採水した水はほぼNa-HCO₃型、Ca-HCO₃型、および両者の中間型を示す。

表 - 1 分析結果一覧

番号	水温 ℃	pH	EC mS/m	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	F ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	SiO ₂ mg/l	備考
1	16.6	7.4	21.00	11.6	1.2	0.1	20.7	8.0	0.0	7.5	3.2	12.0	127.0	53.0	地下水*
2	16.2	7.1	9.75	6.9	0.7	0.1	5.8	3.1	0.0	5.9	7.8	1.7	44.2	39.8	地下水**
3	15.3	7.5	12.19	8.1	0.7	0.1	8.9	4.2	0.0	7.1	0.6	1.8	66.8	47.0	地下水**
4	16.3	7.2	12.70	7.8	0.8	0.1	7.8	4.0	0.0	7.2	0.6	1.8	62.9	43.1	地下水**
5	15.5	6.9	10.45	8.4	0.9	0.1	5.8	3.4	0.1	13.0	0.4	0.4	47.6	43.1	地下水**
6	16.8	7.4	13.80	8.1	0.8	0.1	11.9	4.4	0.1	7.1	1.1	3.6	76.4	41.7	湧水***
7	13.1	8.7	12.51	7.7	0.8	0.3	10.0	4.3	0.2	10.9	0.1	0.8	68.8	33.2	溪流水
8	13.7	7.7	12.66	5.7	0.6	0.1	14.1	2.4	0.1	9.3	0.9	1.6	58.2	25.2	溪流水

*: 崩壊地縁辺部、**: 崩壊地周辺部、***: 崩壊地内で採水

Na-HCO₃型を示す地下水(試料番号5)はイオン溶存分量がより少なく、HCO₃も乏しい。Ca-HCO₃型は溶存分量がより多く、特に試料番号1の地下水には全てのイオンが他の2倍近く含まれている。全シリカ量は平均して40mg/l前後であり、試料番号1はシリカ含有量も高い。

渓流水の2試料のシリカ含有量は地下水に比べてより低い。以上述べたように崩壊地における湧水を含む地下水は溶存イオン濃度が一般的に高い傾向であることがわかる。

地下水の陽イオンは溶存量が増えるのとCaイオンが、陰イオンはHCO₃が増大する方向に変化が起きている。また、崩壊地の渓流水(試料番号7)と崩壊地の外の渓流水(試料番号8)とは同じCa-HCO₃型に分類されても、その陽イオン組成比が異なっている。すなわち、崩壊が起きていない渓流水はよりCaが顕著であるといえる。

2.3 その他の事例から

地球化学的アプローチとして、地すべり地の集水井から採水した地下水を分析し、水の同位体分析にも取り組んだ事例がある³⁾。この手法を加えることにより、地すべり地内の地下水がすべりのブロック内に集中して浸透しているものの、一部はすべり部分より標高の高い広範囲の涵養域から深いすべり面沿いに浸透し、一部はすべりのブロック内で浅いすべり面沿いに浸透していることがわかった。計測されている降雨データと湧水の応答関係ともよく調和した結果が得られている。また、地質試料の顕微鏡観察やX線回折分析による微視的な構造や変質鉱物の観察から、風化変質作用や熱水変質作用によって生成された粘土鉱物の産状を把握し、崩壊の機構解明へと考察を進めている。

崩壊地全体の地質・地質構造と構成する岩石の微視的な産状の確認は、両者のデータを共に解析して重ねあわせることにより、崩壊発生の確度が高い斜面の地下水賦存状況を把握するための材料となる。斜面を構成する岩石の種類によって風化の進行状況や変形構造の発達状況が異なり、透水性を左右する産状が確認されることもあり、地下水浸透のメカニズム(集水構造や帯水層、水みちの存在など)を想定する根拠となることが期待される。

3. まとめと今後の課題

崩壊地の水質は、周辺の岩石との化学反応の結果が反映されていると考えられ、そこには地下水として滞留している時間や浸透する経路なども反映されていると考えられる。崩壊地周辺の涵養域内の渓流水を対象とした水質のなかでもECとシリカ濃度の変化に着目することは、火山岩分布域のような地質条件のもとでは化学組成の面から特に有効であるといえる。溶出するシリカ成分の材料となる珪酸塩鉱物の存在比が高く、中でも風化の影響を受けやすい火山ガラスが多い場合、シリカ溶存量も多く、供給が継続される理由のひとつとなる。

ECに反映されるイオン濃度は地質条件によって内容が異なることが想定され、火山岩分布域、堆積岩分布域もしくは付加体分布域という発生場の地質分類ごとに、それぞれの特徴を踏まえた解析が必要である。崩壊地における地球化学的データを蓄積することにより、発生場予測の対象地の素因を把握し、危険度評価の指標の精度向上や評価の根拠の明確化が進むことが期待される。今後も地質的背景の異なる崩壊地のデータの集積を進めたい。

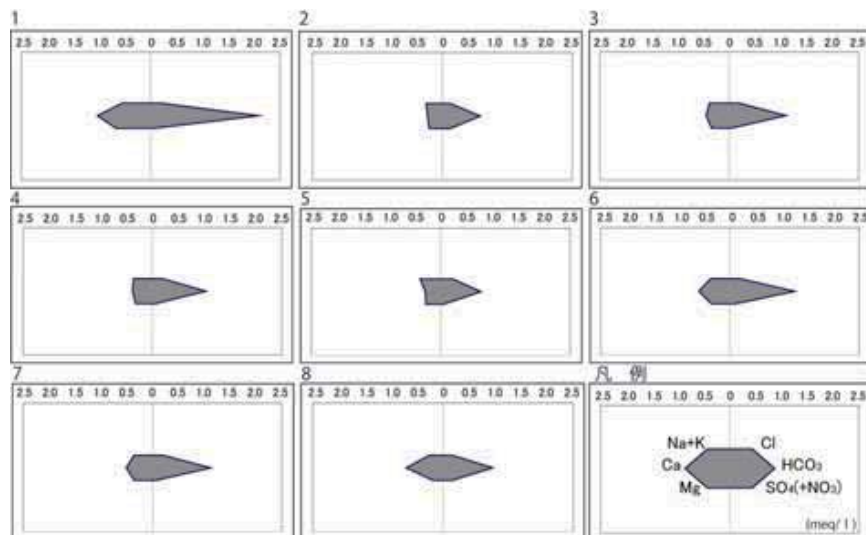


図 - 1 分析結果 (ヘキサダイアグラム)

- 1) 北野 康 (1980) : 山くずれと水質. 災害科学総合研究班編 研究成果普及版 1980, 1「自然災害と水」—そのひきがねとなる水—, 49-62.
- 2) 吉岡竜馬・北岡豪一・神山孝吉(1989) : 地熱変質帯における地すべり地の地下水の化学および同位体組成の変動—別府市乙原地すべり—. 京都大学防災研究所年報, 第 32 号 B-1, 211-227.
- 3) 清崎聖一・清崎淳子・牧野隆吾・田口幸洋(2005) : 福岡県星野村の地すべり地帯における地下水の化学および同位体組成の特徴. 日本応用地質学会九州支部会報・九州応用地質学会会報, 26, 10-13.
- 4) 下川悦郎・地頭蘭隆・中村淳子 (1987) : しらす急斜面における崖くずれの周期性と発生位置の予知. 科研費自然災害特別研究突発災害研究成果 B-61-1, 69-81.
- 5) 田口 雄作 (1997) : 出水市土石流災害発生要因への水文学的アプローチ. 地質ニュース 517 号, 48-55.
- 6) 地頭蘭隆 (2006) : 深層崩壊発生場予測法の提案—鹿児島県出水市矢筈岳山体を例にして—, 砂防学会誌, 59, 2, 5-12.