

平成 23 年台風 12 号で発生した深層崩壊地の岩石からのイオン溶出特性

国立研究開発法人土木研究所

和歌山県

国土交通省近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所

国土防災技術株式会社

一般社団法人関西地質調査業協会

○森加代子・木下篤彦・水野秀明

西岡恒志

今森直紀・奥山悠木^{※1}

小川内良人

松村法行・加藤智久

(現所属 ※農林水産省林野庁)

1. はじめに

岩石の深層風化による崩壊発生危険度は岩石に接した地下水、河川水の水質に現れることが報告されている¹⁾。崩壊地の水質から岩石の風化機構を明らかにする研究は、河川水や地下水の水質調査、崩壊地の岩石などを用いた溶出試験により実施されている²⁾。これらは、地質による違いや風化程度を溶存イオン量によって把握するものであるが、岩石の破碎程度や地下水の存在などの斜面が有する地盤条件による溶存イオン量の違いに着目した研究は少ない。また、深層崩壊が発生した斜面の地盤深くの岩石を用いた溶出試験は実施されていない。そこで、岩石の破碎や地下水の影響によるイオン溶出量の違いを明らかにすることを目的に、平成 23 年台風 12 号のもたらした豪雨により深層崩壊が発生した奈良県赤谷地区及び栗平地区のボーリングコアを用いた溶出試験を行った。

2. 試験材料及び方法

2.1 試験試料

今回の試験では、赤谷地区 3 箇所、栗平地区 2 箇所のボーリング孔のコアを用いた。ボーリング孔位置図を図-1 に示す。地質は白亜系四万十帯日高層群美山層に属する堆積岩である。試験に用いた試料の一覧を表-1 に示す。岩石の破碎程度による比較は、破碎状のコアとその周辺の塊状のコアを対象に、地下水の存在による比較は、常時地下水と地下水変動区間の試料を対象に実施する。

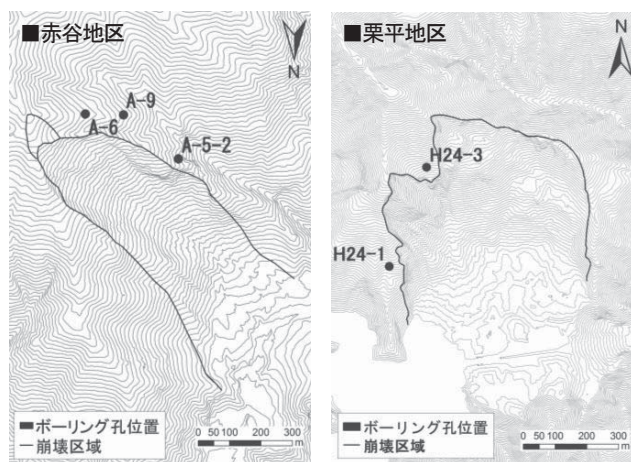


図-1 ボーリング孔位置図

表-1 試験試料一覧

ボーリング孔	試料No	岩種	採取深度	試料状態	地下水	破碎度	溶出期間	
赤谷	A-5-2	A-5①-1	砂岩	72.8m	破碎	無	Cr3	28日
		A-5①-2	砂岩	72.2m	塊	無	-	5日
		A-5②-1	砂岩	80.5m	破碎	有	Cr1b	28日
		A-5②-2	砂岩	81.5m	塊	有	-	5日
	A-6	A-6①-1	砂岩	45.1m	破碎	無	Cr1b	28日
		A-6①-2	砂岩	45.4m	塊	無	-	5日
		A-6②-1	砂岩	72.8m	破碎	有	Cr1b	28日
		A-6②-2	砂岩	73.9m	塊	有	-	5日
	A-9	A-9①-1	砂岩	49.5m	破碎	無	Cr2	28日
		A-9①-2	砂岩	48.1m	塊	無	-	5日
		A-9②-1	砂岩	63.8m	破碎	有	Cr1b	28日
		A-9②-2	砂岩	62.7m	塊	有	-	5日
A-9③-1		頁岩	60.7m	破碎	無	Cr1a	28日	
栗平	H24-1	K-1①-1	頁岩	47.6m	破碎	無	Cr1a	28日
		K-1①-2	頁岩	47.8m	塊	無	-	28日
		K-1②-1	砂岩	50.1m	破碎	無	Cr1a	28日
		K-1②-2	砂岩	50.3m	塊	無	-	5日
		K-1③-1	砂岩	66.9m	破碎	有	Cr1a	28日
	H24-3	K-1③-2	砂岩	66.5m	塊	有	-	28日
		K-3①-1	砂岩	60.5m	破碎	無	Cr2	28日
		K-3①-2	砂岩	61.7m	塊	無	-	5日
		K-3②-1	砂岩	83.9m	破碎	有	Cr1a	28日
		K-3②-2	砂岩	83.3m	塊	有	-	5日

※破碎度区分は、脇坂ら³⁾に従う。

2.2 試験方法

溶出試験の内容を表-2 に示す。実際の地下水の流れと地盤状況に近づけるため、攪拌頻度は緩やかに設定し、試料の粉砕は行わない。

表-2 溶出試験内容

試験項目	溶出試験
分析項目	ナトリウムイオン、カリウムイオン、マグネシウムイオン、カルシウムイオン、塩化物イオン、炭酸水素イオン、硫酸イオン、イオン状シリカ、pH試験、電気伝導度試験
溶媒水	pH6.0の純水。 試料と溶媒水の液固比は1:10。
溶出期間	破碎状コア：1, 3, 5, 14, 28日後に採水して分析。 塊状コア：1, 3, 5日後に採水して分析。溶出量の多い試料(砂岩・頁岩1つずつ)は、14, 28日後も採水して分析。
溶出方法	1~5日目は溶媒水を1回/分の頻度で攪拌。 5日目以降は攪拌を行わず、試料を静置。

3. 試験結果

3.1 溶出期間によるイオン溶出量の傾向

例として、ボーリングコア A-6 の試料における溶出期間とイオン溶出量の関係を図-2に示す。イオン溶出量は Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} の和である。(以下、すべてのイオン溶出量はこれらの和を示す。) イオンの溶出は4試料とも1日目が最も多く、その後の溶出速度は緩やかとなるが、経過時間に比例してイオンの溶出量は増加する。今回用いたどの試料においても、同様の傾向が見られたことから、岩石からのイオン溶出は溶出期間に伴い多くなることがわかった。

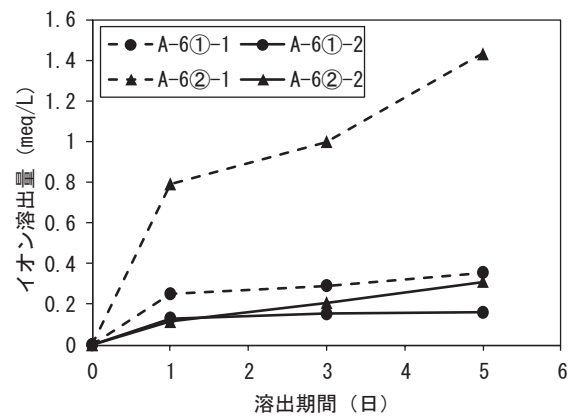


図-2 溶出期間とイオン溶出量の関係の例

3.2 試料形状の違いによるイオン溶出量

試料形状の違いによるイオン溶出量の関係を図-3に示す。試験結果は5日時点のものである。破碎状試料は塊状試料と比較して、イオンが溶出しやすい傾向にあることがわかった。ただし、試料 K-1①と K-1②は塊状試料がより溶出しやすい結果となった。また、K-1③についても28日時点のイオン溶出量は、破碎状試料で0.83meq/L、塊状試料で2.00meq/Lとなり、最終的には塊状試料の溶出量が上回る結果となった。ボーリング孔 H24-1の塊状試料には、他の試料とは異なり、表面に白色脈が多く存在しており、ボーリング調査結果より、この白色脈は方解石脈であることがわかっている。方解石は水によって非常に溶出しやすいため、塊状試料の溶出が破碎状試料を上回る結果となったと考えられる。岩石に方解石が多く存在する場合は溶出特性に影響を及ぼすことがわかった。

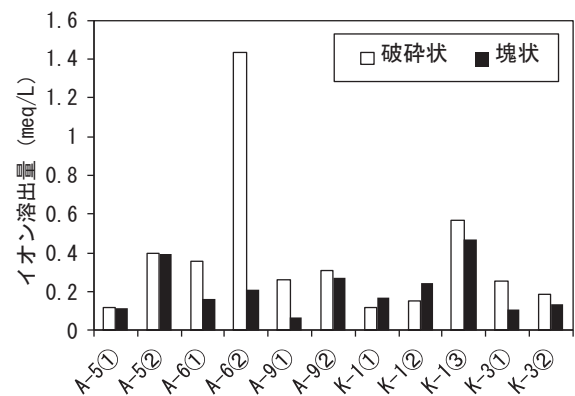


図-3 試料形状による比較

3.3 常時地下水の有無によるイオン溶出量

常時地下水の有無によるイオン溶出量の関係を図-4に示す。試験結果は28日時点のもので、試料形状は破碎状である。常時地下水が存在する箇所の岩石は存在しない箇所の岩石と比較して、イオンが溶出しやすい傾向にあることがわかった。ただし、ボーリング孔 A-9の A-9③及び H24-3の試料においては、その他のボーリング孔の結果と逆転している。これらの試料には、亀裂に充填物を挟むものと挟まないものがあり、充填物を挟む試料において溶出量が多くなっている。亀裂の充填物は溶出特性に影響を及ぼすことがわかった。

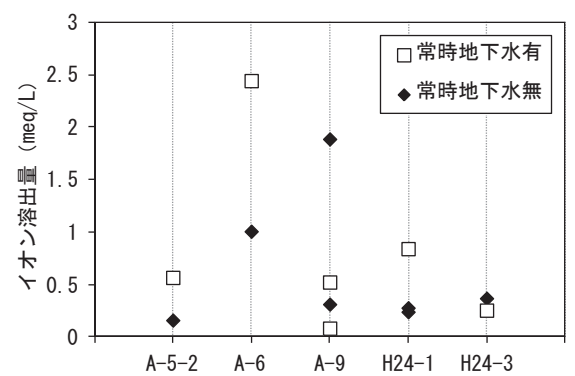


図-4 常時地下水の有無による比較

4. おわりに

今回実施した溶出試験の結果、①水に接する時間が長い、②岩石が塊状ではなく破碎状である、③常時地下水が存在する場合に、イオン溶出が進行しやすい傾向にあることがわかった。これらから、同じ条件で水による化学的風化作用が働く場合、破碎した地盤のほうが、イオン溶出量が多くなることがわかった。今後はイオン溶出量だけでなく、溶存イオン成分にも着目し、岩石の破碎などの地盤条件によって溶出しやすいイオンの種類を明らかにする。

参考文献

- 1) 北野康, 加藤喜久雄, 金森悟, 金森暢子, 吉岡龍馬: 京都大学防災研究所年報, No.10 A, p557-587, 1967
- 2) 例えば, 玉利祐三, 辻治雄, 日下譲: 岩質と陸水の水質との関係—岩石の溶出実験による解析—, 地球科学, 第22巻, 第2号, p139-147, 1988
- 3) 脇坂安彦, 上妻陸男, 綿谷博之, 豊口佳之: 地すべり移動体を特徴づける破碎岩—四万十帯の地すべりを例として—, 応用地質, 第52巻, 第6号, p231-247, 2012