

火山砕屑物に含まれる重金属等の溶出特性に及ぼす粒子破碎の影響
Evaluating particle crushing on leaching behavior of contaminants of volcanoclastic debris

○西村南美・加藤智大・高井敦史・勝見 武

○Minami NISHIMURA, Tomohiro KATO, Atsushi TAKAI, Takeshi KATSUMI

A large amount of volcanoclastic debris is expected to be generated during a volcanic eruption. To promote material recycling, the debris should be utilized as geomaterials with careful consideration of environmental safety. This study conducted the column percolation tests to evaluate the leaching behavior of geogenic contaminants from volcanoclastic debris. Two different types of debris were sampled from Sakurajima, Japan. The effect of friability was examined by comparing raw and crushed samples. The fluoride (F^-) and arsenic (As) concentrations decreased monotonically, with their leaching levels remaining below environmental standards ($F^- < 0.8$ and $As < 0.01$ mg/L) after a liquid-to-solid ratio of 1. The relation between friability and leaching behavior has not yet been elucidated.

1. はじめに

火山の噴火で生じる火山砕屑物は都市機能や経済活動等に多大な影響を与えるため、発災後には適切な対応が求められる。火山砕屑物を埋立や盛土等の地盤材料として有効利用できれば、資源循環につながる一方で、火山砕屑物は重金属等の有害物質を含む可能性があり、火山砕屑物の環境安全性に着目した研究を行う必要がある。火山砕屑物は破碎しやすい材料であることが知られており¹⁾、地盤材料として締め固めを行うと、細粒化して溶出特性に影響を及ぼす可能性がある。以上より、本研究では破碎処理を施した火山砕屑物を用いて上向流カラム通水試験を行い、フッ素とヒ素の溶出特性に及ぼす破碎の影響を評価した。

2. 実験方法

2.1. 使用材料

表1に示すように、2種類の火山砕屑物を用いた。1つ目は2022年9月20日に桜島南岳山頂から南西に約4 kmの野尻川河口付近で、2つ目は2023年3月8日に桜島南岳山頂から南東に約3.5 kmの有村地区で採取した。試料は風乾し、よく混

表1 試料の物理特性

項目		有村(A)	野尻(N)
土粒子密度 (g/cm^3)		2.738	2.685
化学組成 (%)	SiO ₂	47.9	54.4
	CaO	12.0	9.42
	SO ₃	0.38	0.17
As 含有量 (mg/kg)		30	4.8

合してから約20 kg ずつ土のう袋に保存した。

2.2. 試料の破碎

本研究では、採取した火山砕屑物を突固めによる土の締め固め試験(JISA 1210)を参考に破碎した。4.75 mmふるい通過分を用いて、ランマー質量4.5 kg、ランマー落下高さ450 mm、突固め層数は1との条件で突き固めた。内径150 mmのモールド(容積883 cm³)に約1.63 kgの試料を詰め、自動突き固め機で打設した。破碎時は突固め回数を75回で1セットとし、0(破碎なし)、1、8セットと突固め回数を変化させ、破碎度の異なる3パターンの試料を作製した。以降、各試料を「試料名の頭文字(セット数)」のように呼ぶ。例えば、野尻火山砕屑物の1セット破碎試料の場合、「N(1)」のようになる。各試料の粒径加積曲線を図1に示す。

2.3. 上向流カラム通水試験

試料を5層に分けて内径5 cm、高さ10 cmの円筒カラムに充填した。各層の充填後、粒子破碎を防ぐため、最大密度試験(JGS 0162)を参考にカラム側面をハンマーで100回ずつ打撃して充填し

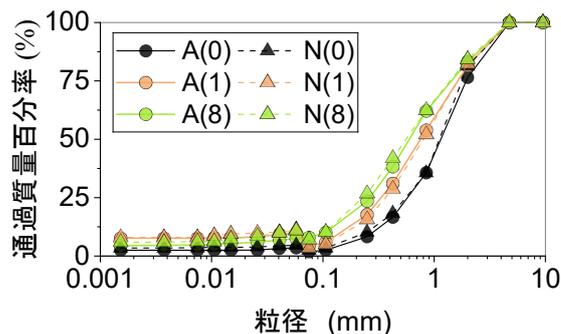


図1 有村、野尻火山砕屑物の粒径加積曲線

た。各試料の乾燥密度はN(0), N(1), N(8), A(0), A(1), A(8)の順に 1.78, 1.81, 1.95, 1.85, 1.90, 1.99 g/cm³であった。充填後、ポンプを用いて蒸留水を上方向に通水し、供試体間隙体積の 1.3 倍の通水量を確認した後にポンプを停止した。続いて、供試体を飽和条件に近づけるため脱気装置内で 44 時間脱気し、その後、累積液固比が 5 を超えるまで流速 13.5-14 mL/h で蒸留水を通水して採水を行った。

採水した流出液は孔径 0.45 μm のメンブレンフィルターでろ過し、50 mL の遠沈管に保管した。検液の pH の測定にはコンパクト pH メーター (LUQUAtwin-pH-33B、堀場製作所) を用いた。また、フッ化物イオン (F⁻) の濃度は複合形フッ化物イオン選択性電極 (6561S-10C、堀場製作所) を、ヒ素 (As) は原子吸光光度計 (AA-7000、島津製作所) をそれぞれ用いて測定した。

3. 実験結果

3.1. pH の測定結果

上向流カラム通水試験で得た流出液の濃度プロファイルを図 2 に示す。図 2(a) に示すように、い

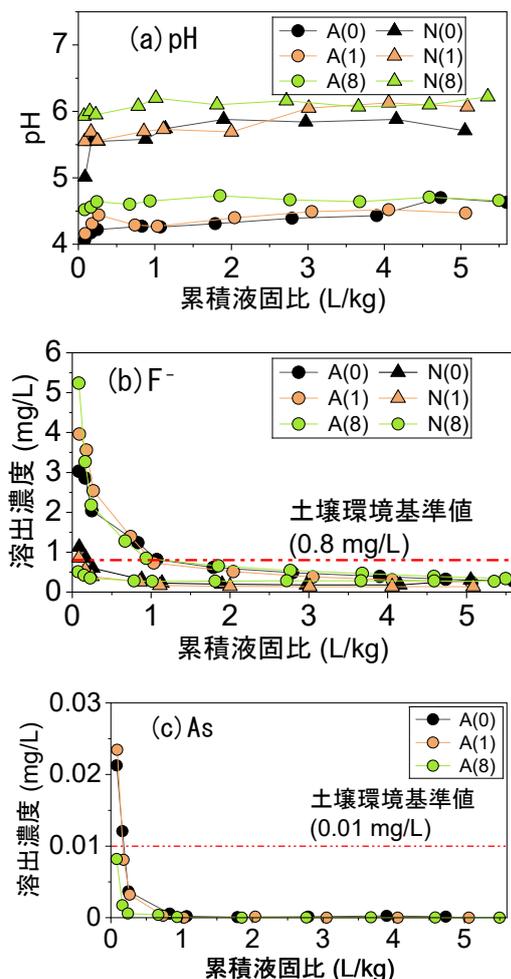


図 2 上向流カラム通水試験の濃度プロファイル

ずれの試料の溶出液も pH は 4-6 付近を示していることから弱酸性であり、累積液固比が大きくなると pH は上昇した。また、有村火山砕屑物のほうが野尻の流出液より酸性傾向が強いことが分かった。

3.2. 各イオン濃度の測定結果

F⁻濃度のプロファイルを図 2(b)に示す。通水開始直後の F⁻の濃度は N(0), N(1), N(8), A(0), A(1), A(8)の順に 1.1, 0.86, 0.51, 3.0, 4.0, 5.2mg/L といずれの試料でも通水開始直後に最大の濃度となり、環境省の定める土壤環境基準値 (0.08 mg/L) を上回るものもあった。また、破碎度合いにより溶出濃度を比較すると、通水液と接触直後、A(8)の F⁻溶出濃度は A(0)の F⁻濃度の約 1.7 倍まで上昇したが、N(8)は N(0)の濃度の約 0.5 倍に低下した。有村と野尻火山砕屑物は、それぞれ類似した物理特性を有しているにも関わらず、F⁻の溶出挙動は異なる挙動を示した。

次に As のプロファイルを図 2(c)に示す。通水開始直後の As 濃度は A(0), A(1), A(8)の順に 0.021, 0.023, 0.008 mg/L であり、いずれの試料でも通水開始直後に最も高濃度となり、土壤環境基準値 (0.01 mg/L) を上回るものもあった。また、F⁻と As の溶出濃度は、有村と野尻とも試料や破碎の有無に関わらず、累積液固比 1 程度の通水量で大きく低下して土壤環境基準値を下回った。

4. おわりに

本研究では、破碎による溶出特性への影響を評価した。一般的に土粒子が破碎すると比表面積が増加し、化学物質の溶出は促進されると考えられたが、本研究では F⁻と As とともに濃度の増加は数倍程度であった。一方で、砕屑物の採取箇所によって濃度プロファイルの形状は異なったことから、破碎が F⁻と As の溶出挙動へ及ぼす影響の解明には、検討の余地があると言える。

火山砕屑物に含まれる F⁻と As の溶出濃度は一時的に土壤環境基準値を超える可能性はあるものの、人為由来の汚染に比べると高濃度ではなく、通水を続けると速やかに低下したことから、適切な処理を施すことで地盤材料として有効利用できる可能性が示唆された。

参考文献

1) 出町ら. 火山砕屑物の締固めによる粒子破碎と地盤材料特性に関する研究. 第 15 回環境地盤工学シンポジウム発表論文会集. 2023, pp. 329-334