

地下温暖化が地盤材料の溶出ポテンシャルにもたらす影響の評価

京都大学大学院地球環境学堂 准教授 高井 敦史



1. 研究背景と目的

我が国には、環境基準を超える濃度で重金属等（ヒ素や鉛、フッ素など）を含有する地質が広く分布しており、建設工事で発生する膨大な量の基準超過土の合理的な再資源化が喫緊の課題である。近年は地球上の各所で「地下温暖化」が指摘されており、上記のような重金属等を含有する堆積地盤の環境は時々刻々と変化していると考えられる。また、このような自然由来重金属等を含む建設発生土を利活用する場合、盛土材や埋戻し材、嵩上げ材等として地表面付近の浅層で利用されると想定され、日射による地盤温度の日変動や季節変動を受けるにも関わらず、現行の試験法では、土-水接触時の温度の影響が考慮できていないのが現状である。地盤材料の溶出ポテンシャルは、単なる対象物質の溶解度のみで評価できない複雑系であるが、詳細な検討は国内外でなされていない。

本研究は、温度が汚染物質の溶出に及ぼす影響を要素的に評価し、熱-水-力学-化学連成挙動としての汚染物質の移動性を明らかにすることを目的とした。本報（成果概要）では、カラム式の通水試験の結果を報告する。

2. 研究手法

2.1 試料

2種類の掘削土を全量2 mm以下になるように破碎して試験に用いた。試料の全岩化学組成とヒ素の全含有量は蛍光X線分析装置（XRF、島津製作所、EDX-720）で測定した。

2.2 カラム通水試験の方法

40℃と20℃の条件でカラム試験を行った。JISA 1231を参考にして、内径5 cm、高さ30 cmの円筒カラムに試料を5層に分けて充填し125 gのランマーを高さ20 cmから3回落下させて各層を締め固めた。乾燥密度は凝灰岩の40、20℃のケースで1.35、1.38 g/cm³、泥岩の40、20℃のケースで1.29、1.25 g/cm³であった。

供試体作製後、定量ポンプを用いて蒸留水を約12 mL/hの流量で上向きに通水した。上端から流出液が得られた時点でポンプを48時間停止して静置した後、通水を再開して溶出試験を開始した。なお試験は20℃の恒温槽で行い、40℃条件はラバーヒーターをカラムと給水ボトルに巻きつけて温度条件を制御した。40℃条件では試験開始の約48時間前からカラムの加温を始め、通水液の蒸留水は事前に恒温槽で40℃に温めた。試験中は流出液のボトルを定期的に交換して採水した。

流出液は孔径0.45 mmのメンブレンフィルターでろ過をして検液とし、電極でpHと電気伝導率を測定した。また、原子吸光光度計（島津製作所、AA-7000）でヒ素（As）濃度を測定した。

3. カラム試験結果

図-1に、凝灰岩のカラム試験結果を示す。累積液固比（L/S）が2~3にかけてAsの溶出濃度は増加して最大値を示した。40℃と20℃の違いに着目すると、最大の溶出濃度は0.36、0.042 mg/Lと9倍程度異なっており、温度の違いによる影響が確認された。最大濃度となるL/Sは40℃と20℃でL/S 2.8、4.1 L/kgであり、40℃の方が20℃よりもピークを迎えるL/Sが小さいことから、温度が高いと溶出反応速度が早まる可能性が示唆された。pHは40、20℃ともにpH7から8程度の中性域だったが、40℃のpHの方が少し大きかったことから、高温ほど方解石（CaCO₃）が溶解しpHが大きくなった可能性がある。

泥岩でも凝灰岩と同様に、溶出濃度は40℃の方が大きく、最大濃度となるL/Sも40℃の方が小さかった。凝灰岩と泥岩のケースともに、40、20℃の条件でpHが同程度だった一方で、Asの溶出濃度のプロファイルは異なったことから、pHの値に影響される土粒子表面の電気的な引力・斥力は主要なAs溶出メカニズムではない可能性が示唆された。

本研究で実施したカラム式の溶出試験によって、異なる温度条件下かつ通水条件下での汚染物質の溶出特性に関する基礎的な実験データを入手できたことから、今後は数値解析によるモデル化への反映が期待される。

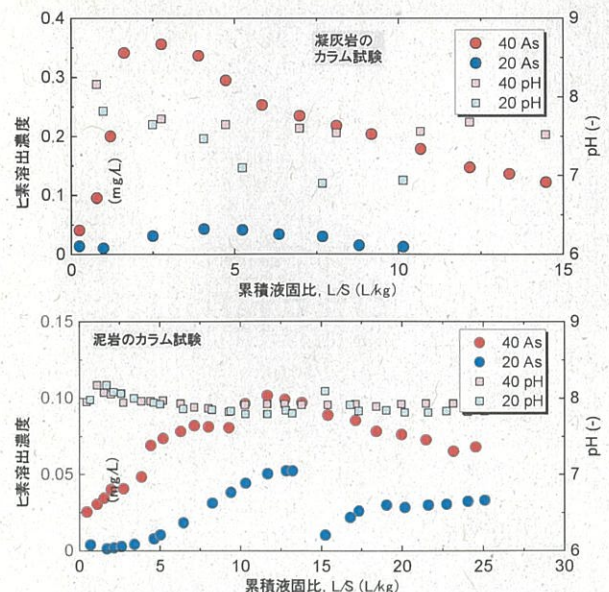


図-1 カラム通水試験で取得したヒ素濃度とpHのプロファイル

4. 本研究に関する発表論文

- 1) 加藤智大, 高井敦史, 勝見 武, Xie Yuexin, 宮口新治 (2024) : カラム試験の温度条件が自然由来重金属等の溶出特性に及ぼす影響, 第59回地盤工学研究発表会, DS-2-02.