

第Ⅲ部門

不溶化処理した酸性岩石の砒素溶出および酸性水発生抑制効果

大阪大学 学生会員 ○高田 孟
 大阪大学 正会員 緒方 奨・乾 徹
 宇部マテリアルズ(株) 尾花誠一

1 はじめに

自然由来の重金属等を含む地層における掘削工事において、掘削物から基準を超過する濃度で重金属等が溶出する事例が増加している。掘削物からの重金属等の溶出を抑制する対策のひとつとして不溶化処理が挙げられる。不溶化処理は、掘削物に資材や薬剤を添加して易溶出性の重金属等を水に不溶の安定な形態に変化させる工法である。不溶化処理の課題として、環境条件の変化による重金属の再溶出に対する懸念が挙げられる。不溶化性能に影響を及ぼしうる環境条件の変化のひとつとして、土壌や岩石に含まれる黄鉄鉱等の硫化鉱物の酸化および酸性水の発生が挙げられる。さらに、黄鉄鉱が酸化によって分解されると不純物として含まれる砒素が溶出する¹⁾。

本研究では不溶化処理を行った黄鉄鉱等の硫化鉱物に起因する酸性岩石を対象にタンクリーチング試験を実施し、不溶化処理による長期的な酸性化抑制効果、ならびに砒素の不溶化効果を検証した。一般に不溶化処理は土壌を対象に実施されているが、掘削された岩石を対象に適用する場合には、不溶化材の混合性や定着性に影響を及ぼすと考えられる。そこで、粒度の粒度が不溶化効果に及ぼす影響についても同様の手法により評価した。

2 実験方法

2.1 実験試料および不溶化材

本研究では、山岳地帯で採取した流紋岩質凝灰岩をハンマーで破碎し、粒径を調整したものを試料として用いた。試料の化学特性として Fe_2O_3 の含有率が約 50%、次いで SiO_2 、 Al_2O_3 を多く含有している。また、環告 46 号試験による砒素溶出量は平均で 0.371mg/L であり、土壌環境基準の約 30~40 倍の濃度での溶出が確認できた。使用する不溶化材として、宇部マテリアルズ製の MgO 主成分とする不溶化材

(以下、 MgO)を使用した。この不溶化材の平均粒径は約 15 μm の粉体状である。

2.2 タンクリーチング試験

本研究では、試料に対する不溶化材による砒素の不溶化効果、酸性水の発生抑制効果の評価をタンクリーチング試験により行った。不溶化材を添加する場合には、風乾した岩石試料に不溶化材を質量比 5% 添加し、均一に混合し、供試体を入れた容器に液固比 5 になるように純水を加えた後、タンクを完全に密閉した状態で静置する。その後、溶媒を指定の期間経過後に全量交換し、交換した溶液の pH や砒素等の元素の溶出濃度を分析し、比較することで不溶化効果、酸性水発生抑制効果の確認を行った。供試体の条件は表-1 に示す通りの 8 条件(ケース①~⑧)で行った。

表-1 タンクリーチング試験の実験条件

試料環境 不溶化材	自然状態		酸化促進	
	無添加	不溶化	無添加	不溶化
0.085~2mm	①	④	—	—
2~19mm	②	⑤	⑦	⑧
19~37.5mm	③	⑥	—	—

3. 試験結果及び考察

3.1 粒径による溶出性および不溶化効果への影響

ケース①, ②, ③の pH とカルシウム溶出濃度の結果を図-1, 2 に示す。砒素溶出濃度は粒径による明確な傾向は見られなかった。一方、pH に関しては粒径の細かい試料ほど高い値を示した。この要因として、カルシウム溶出濃度は粒径の細かい試料ほど高い値を示したことから、酸性水の原因である硫酸イオンなどとカルシウムイオンが結合することにより酸性水の溶出を抑制していると考えられる。

ケース①と④, および③と⑥の砒素溶出濃度を図-3, 4 に示す。不溶化材を添加した場合、ほとんどの場合で砒素の溶出濃度が低下しており、不溶化効果は十分発揮できていると考えられる。しかし、ケース

④では岩石試料の粒度が小さくなることにより単位面積当たりの不溶化材が少なくなる, また, ケース⑥においては写真-1を見ると, 時間経過に伴い, 一部に不溶化材の脱離が見られる. これにより砒素溶出量が時間経過とともに増加したと考えられる. また, 図-5よりpHの低下も見られないためMgOの緩衝能を超える酸性水が発生していないと考えられる.

3.2 酸化促進試料の溶出性とそれに対する不溶化

ケース②, ⑦, ⑧の砒素溶出濃度を図-6に示す. 図-6より, 酸化促進した場合の試料の砒素溶出濃度は最大で促進しない場合の約50倍であった. pHに関しても1~1.5程度の低下が見られた. しかしながら, MgOを添加することで砒素溶出量は低下し, pHの低下も見られなくなった. MgOは高濃度の砒素の不溶化, 酸化促進時における酸性化抑制機能を有していることが確認できた.

4 おわりに

MgOには酸性化抑制効果を確認することができた. また, MgOは非常に高い不溶化効果を長期的に発揮しており, 高濃度の砒素の不溶化も可能である. よって, MgOは酸性岩石に対して十分な不溶化処理能力を有していると考えられる.

試料の粒径によって試料から不溶化材の脱離生じる場合があった. これより, 岩石に対して不溶化処理を行う場合, 適切な粒径に調整する必要がある.

試料の粒径による砒素溶出量の差異についても検討を行ったが, 砒素の溶出量が他の金属元素の溶出量に影響される傾向を示したものの, 粒径との相関関係は薄く, 今後の検討が必要である.

参考文献

- 1) 島田允堯: 自然由来重金属と環境汚染—応用地質学・地球科学的データバンク—, 愛智出版, pp.77-100, 2014.

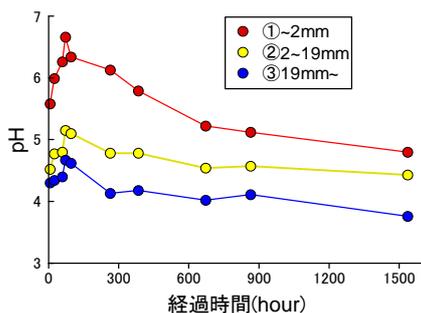


図-1 pHの経時変化(ケース①, ②, ③)

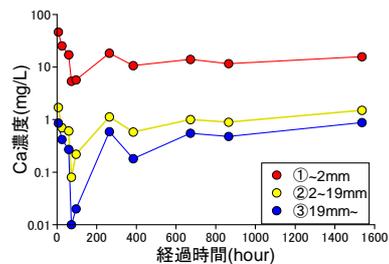


図-2 Ca濃度の経時変化(ケース①, ②, ③)

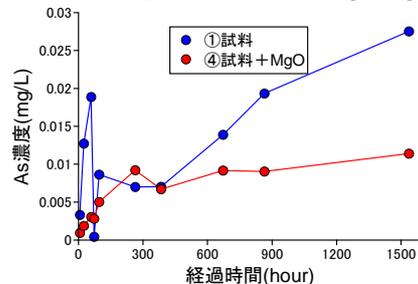


図-3 As濃度の経時変化(ケース①, ④)

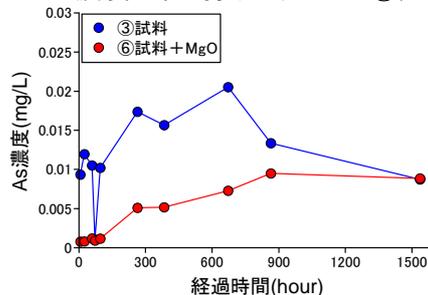


図-4 As濃度の経時変化(ケース③, ⑥)



写真-1 試験中の供試体 (左:11day, 右:64day)

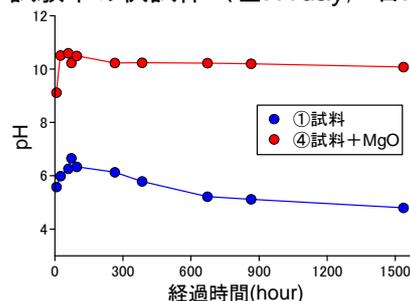


図-5 pHの経時変化(ケース①, ②, ③)

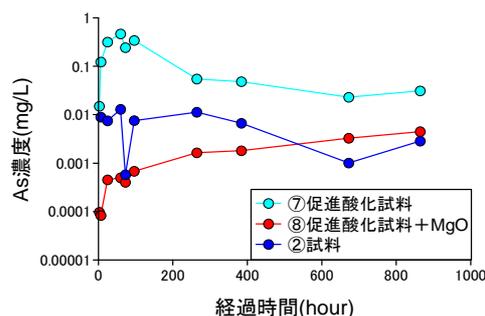


図-6 As濃度の経時変化(ケース②, ⑦, ⑧)