

人工水路での砒素を高濃度に含む酸性の排水の植物繊維による浄化事例

土木研究所 寒地土木研究所 正会員 ○岡崎 健治
土木研究所 寒地土木研究所 正会員 吉野 恒平
土木研究所 寒地土木研究所 正会員 倉橋 稔幸
愛媛大学 榊原 正幸

1. はじめに

土木工事に伴い重金属類を含む排水が発生する場合がある。その処理では処分場への搬出や、排水基準等の基準値以下に重金属類の濃度を低下させた後に放流するなど、コストや環境への負荷が生じることがある。

これまで筆者ら¹⁾は排水中の重金属類の濃度を低下させるため、天然素材の植物繊維を人工水路に敷設し、重金属類を含む鉱山排水を循環させ、定期的に採水した排水の重金属類の濃度と植物繊維に吸着させた重金属類の含有量を分析した。その結果、砒素を植物繊維に吸着させ、排水中の砒素濃度を短期間で土壤溶出量基準値以下に低減させた。本稿では、排水中の砒素の濃度に応じた植物繊維による砒素の吸着量を分析したので、その結果について述べる。

2. 植物繊維による浄化実験方法及び分析

浄化実験に使用した植物繊維はパンヤ科カボックである。カボックは種子毛繊維であり、東南アジアを主な産地として亜熱帯地方に広く分布する落葉樹である。15cm 程の紡錘形の実をつけ、実の内部に種子を包む綿状で中空状の繊維が入っている。この繊維がシート状に加工された製品を浄化実験で使用した。

人工水路は延長 30m、幅 30cm の蛇行水路である。水路の材質は本体が FRP、流路面は塩ビであり、排水勾配は 0.5% である。人工水路の底に幅 25cm、厚さ 4mm、乾燥重量 270g/m² のシート状のカボックを延長 28.5m にわたり 7.1 m² を敷設した。なお、敷設したカボックが水の流動で移動することを防ぐため、植生ネット（メッシュサイズ 12mm×12mm の麻製）に包んで固定した。

排水は北海道南西部の廃止鉱山の湧出水である。排水を人工水路に流入させ、小型の排水ポンプで 7 日間循環させた。7 日間の循環総量は 535 m³ である。循環開始から 2 日、4 日及び 7 日後に人工水路の 15m 地点で採水して pH、電気伝導度、重金属類（カドミウム、六価クロム、総水銀、セレン、鉛、砒素、ふっ素、ほう素、全鉄、溶解性鉄）の濃度を分析した。また、同時に人工水路の 15m 地点のカボックに吸着された重金属類（カドミウム、六価クロム、総水銀、セレン、鉛、砒素、ふっ素、ほう素、鉄）の含有量を分析した。

3. 分析結果

3. 1 排水の重金属類の濃度

分析の結果、pH は酸性であり、初期値 2.5 が 2 日後に 2.7、4 日後に 2.9、7 日後に 3.4 となった。一方、電気伝導度は、初期値 180mS/m が 2 日後に 150mS/m、4 日後に 140mS/m、7 日後に 120mS/m となり、7 日後に初期値の 3 分の 2 程度の値に減少した。鉛の濃度は、初期値 0.030mg/L が 2 日後に 0.022mg/L、4 日後に 0.041mg/L、7 日後に 0.043mg/L となった。初期値から土壤溶出量基準値（0.01mg/L）を超過したが、さらに増加した。この増加の理由は、塩ビ製の水路材料が酸性な排水と接触反応²⁾ したことで一部が溶出した可能性が考えられる。砒素の濃度は、初期値 1.3mg/L が 2 日後に 0.41mg/L と初期値の 3 分の 1 程度に減少し、4 日後に 0.013mg/L と土壤溶出量基準値（0.01mg/L）に近づき、7 日後に 0.003mg/L となった。全鉄の濃度は、初期値 68mg/L が 2 日後に 58mg/L、4 日後に 54mg/L、7 日後に 76mg/L となり、溶解性鉄の濃度は、初期値 66mg/L が 2 日後に 58mg/L、4 日後に 53mg/L、7 日後に 74mg/L となった。全鉄と溶解性鉄の濃度は、ほぼ同じ値であり全鉄中の鉄分は溶

キーワード 植物繊維, 人工水路, 重金属類

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34 TEL 011-841-1775



写真-1 植物繊維の内外に吸着する褐色物質

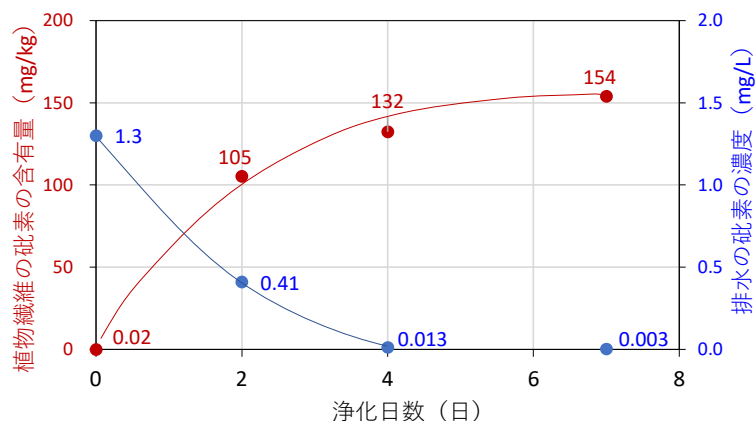


図-1 砒素の濃度と含有量の経時変化

解性鉄が主体であった。なお、重金属類のうち、カドミウム、六価クロム、総水銀、セレン、ふっ素、ほう素の濃度は、土壌溶出量基準値以下、または検出限界値以下であった。

3. 2 植物繊維の重金属類の含有量

分析の結果、鉛の含有量は、初期値 0.3mg/kg が 2 日後に 3.4mg/kg、4 日後に 2.0mg/kg、7 日後に 7.0mg/kg となりカポックに吸着することを確認した。砒素の含有量は、初期値が検出限界値以下であったが 2 日後に 105mg/kg、4 日後に 27mg/kg、7 日後に 22mg/kg で、総量は 154mg/kg と土壌含有量基準値 (150mg/kg) 以上となり、カポックに吸着することを確認した。鉄の含有量は、初期値 52mg/kg が 2 日後に 560mg/kg、4 日後に 275mg/kg、7 日後に 387mg/kg で、総量は 1,170mg/kg となり、カポックに吸着することを確認した。なお、重金属類のうち、カドミウム、六価クロム、総水銀、セレン、ふっ素、ほう素の含有量は、土壌含有量基準値以下、または検出限界値以下であった。写真-1 にカポック繊維に吸着した褐色の物質を示す。この物質は、pH が上昇したことで生成した砒素と鉄の化合物や、懸濁体中の鉄鉱物がカポックの内部や表面に吸着したものと考えられ、走査電子顕微鏡による元素マッピングでも砒素と鉄の分布を確認した。図-1 に排水中の砒素の濃度とカポックの砒素の含有量の経時変化を示す。砒素の濃度の低下に応じて含有量は増加したが、4 日目以降、含有量の増加の割合は少なくなった。この理由は、排水中の砒素の濃度が減少することで、吸着する砒素の含有量も減少したと考えられる。循環開始から 3.5 日後までの砒素の濃度は 1.0~0.1mg/L のオーダー、循環 3.5~7 日後までの砒素の濃度は 0.1~0.001mg/L のオーダーである。砒素の吸着量は、前者で日当たり 35.8mg/kg、後者で日当たり 8.2mg/kg であり、濃度に依存性があることが分かった。

4. まとめと今後の課題

砒素を高濃度に含む酸性の排水を人工水路に植物繊維を敷設して浄化実験した結果、カポックの排水中の砒素への浄化の効果に関する知見を得た。

- 1) 排水の砒素の濃度は、初期値 1.3mg/L から 2 日後に 0.41mg/L と初期値の 3 分の 1 程度に減少した。また、4 日後に 0.013mg/L と土壌溶出量基準値である 0.01mg/L に近づき、7 日後には初期値の 0.003mg/L となった。
- 2) 植物繊維(カポック)の鉛の含有量は初期値 0.3mg/kg から 8.6mg/Kg、砒素は検出限界値以下から 154mg/kg、鉄は 52mg/kg から 1,170mg/kg と増加し、これらの元素を吸着することを確認した。

今後はアルカリ性の排水の浄化実験を行い、植物繊維(カポック)の重金属類の吸着効果を明らかにしたい。

謝辞 浄化実験では、北海道経済部、壮瞥町の関係各位にご協力頂いた。ここに記して厚くお礼申し上げる。

参考文献

- 1) 岡崎健治, 倉橋稔幸, 榊原正幸: 植物繊維を用いた重金属類を含む排水の浄化事例について, 第 66 回 (令和 4 年度) 北海道開発技術研究発表会, 管理-17 (道), 2023.
- 2) 下寄かえで, 小口文子, 鹿角孝男, 石原祐治: 地下水観測井戸用塩化ビニル管からの鉛の溶出, 長野県環境保全研究所研究報告, 8, pp.7-11. 2012.