

土壌浸透水浄化システム再構築のための基礎的検討

2. 通水条件下と静的条件下での土壌の難分解性有機物・リン酸吸着能の比較

京都大学 正会員 藤川陽子, 大阪産業大学 正会員 濱崎竜英
大阪産業大学 ギャネンドラ・プロサイ, 今田綾介, 池田恵美, 矢野哲也, 高信恵
大阪産業大学 正会員 尾崎博明, 菅原正孝

1. 研究目的および背景 著者らは、河川水や小規模事業場からの汚水中の腐植物質等の着色性の難分解性有機物ならびにリン酸を、数 m/day 程度の通水速度の土壌浸透法により除去するため、研究開発を実施してきた¹⁾²⁾。本法は通水速度が古典的な土壌浸透法（数 cm/day）と比して速く、また除去対象の汚濁物質が難分解性であることから、汚濁物質除去においては、物理化学的吸着作用ならびにろ過作用が卓越すると考えられた。そのため著者らの一連の研究では特に(1)土壌等の浄化素材の吸着性能を高めること、(2)土壌の耐水性・通水性・団粒構造を高めること、を主眼として各種の試験を実施してきた。

従来の研究においては室内バッチ吸着試験により土壌等の汚濁物質吸着性能を確認した上で、カラム通水試験および現地通水試験を実施してきた。吸着試験から期待されるのと異なる結果が通水試験においてえられる場合があり、その原因として 通水性向上加工に伴う土壌の吸着性能変化、吸着試験時の水質と通水試験時の水質（pH, EC, 素材からの溶出物の濃度、被吸着物質の濃度オーダー）の違い、吸着試験の実施方法（吸着等温式まで取得しているか）による基礎データの精度、等があることを既報¹⁾²⁾³⁾で考察してきた。

今回、著者らは、新たに開発した浄化素材で、室内吸着試験およびカラム通水試験、ならびに現地通水試験を実施し、その結果を相互比較したので報告する。

2. 実験方法 吸着等温線の取得 これまでの試験によって汚濁物質吸着性能が優れていると認められた素材のうち赤玉土（鹿沼産、粉状）および黒ボク土（広島県比婆郡）について、汚濁物質の吸着等温式取得を取得し、素材の吸着性能を精査した。汚濁物質として フルボ酸、リン酸、畜産廃水中の有機物、を用い、同じ固相材料について相異なる量の汚濁物質を添加して初期の液相中汚濁物質濃度の異なるバッチ実験系を複数構成し、汚濁物質吸着量を測定した。実験は暗所において室温 25℃ で実施した。固体試料は全て風乾後 2mm アンダーに粉碎、液相水は模擬河川水を使用した。試験後の液相試料は全て孔径 0.7 μm のガラス繊維ろ紙（Whatmann 社）でろ過後測定した。フルボ酸は Aldrich 社のフミン酸中の不純物として含まれるものを抽出・ゲルろ過により脱塩したものを、畜産廃水中有機物は分画分子量 1000 の限外ろ過で原水から回収した。

カラム試験 通水試験に先立ち土壌の通水性を向上させるため、粉状赤玉土は水を加えて造粒後 600℃ で加熱、また黒ボク土はベントナイト数%程度と水を添加して造粒した（日立造船株式会社の協力による）。室内通水試験用には直径 5cm のアクリル製カラムに造粒土を 15-20 cm 高さに充填し、模擬河川水を上向流方式・流速 1.5m/day で（2mL/min）通水した。約 1 ヶ月程度通水し、カラム流出水の水質が安定した頃に、各カラムに瞬時に有機炭素にして約 25mg 相当のフルボ酸を添加した。カラム流出水はフラクションコレクターで採取し溶存有機炭素濃度などを観測した。

現地通水試験 上述の造粒土を、野外に設置した幅 80 cm × 奥行き 120cm の鉄製の槽 2 槽に各々 50 cm 高さに充填し、畜産廃水を 2003 年 12 月から流速 2m/day で連続通水した。流出入水は 2 週間おきに採水して水質（溶存有機炭素（DOC）、COD-Cr、BOD、T-P、pH、EC 等）を測定し、現在に至っている。

3. 実験結果 吸着等温線 表 1 に通水試験に用いた赤玉土および黒ボク土、および参考として鹿沼土（粉状）につき吸着等温線（線形）の傾き³⁾から算出したフルボ酸、畜産廃水中の有機物の吸着分配係数 K_d を示す。リン酸については、非線形な吸着等温線が実験でえられているが、投入リン濃度 50mg/L までの吸着等温線を

キーワード 土壌浸透, フルボ酸, リン, 吸着等温線, カラム通水試験, 現地通水試験
連絡先 〒590-0494 大阪府泉南郡熊取町野田 京都大学原子炉実験所 藤川 陽子 TEL 0724-51-2447

線形として近似し (R^2 0.98 程度), K_d 値を算出した。

表1 黒ボク土、赤玉土、鹿沼土へのリン酸および各種有機物の吸着係数

土壌	リンの K_d [mL/g]* (実験時の pH)		畜産廃水中の有機物 の K_d [mL/g] (実験時の pH)		フルボ酸の K_d [mL/g] (実験時の pH)	
黒ボクベントナイト ト団粒	507	(6.2)	欠測	欠測	39.7	(6.1)
黒ボク土	300	(6.2)	4.3	(6.5)	8.8	(6.9)
赤玉土団粒600	460	(6.8)	25.9	(6.7)	81.3	(6.4)
鹿沼土粉体600	497	(7.1)	28.3	(7.0)	104.1	(6.5)

*投入リン濃度1-50ppm程度するときについて、吸着データを線形で近似

がるとリンの K_d が減少する傾向³⁾から推定して、通水試験の実施条件である pH 7 付近ではリン・有機物い

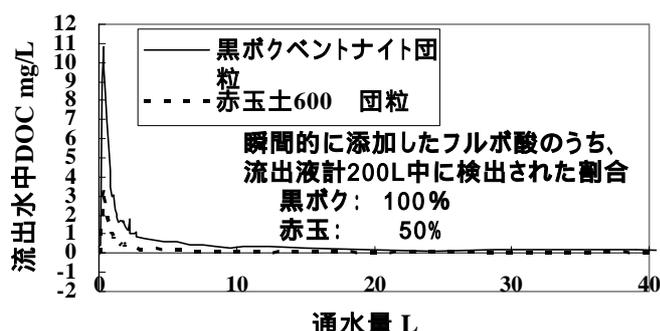


図1 フルボ酸の室内土壌カラムからの流出破過曲線

フルボ酸添加後、3ヶ月以上にわたって計200Lを通水したものの、流出液中に回収されたフルボ酸は添加したうちの50%にとどまった。

現地通水試験 現地通水試験において観測された溶解性リン・有機物の土壌浸透槽からの流出破過曲線を図2・図3に示す。黒ボク土のほうが赤玉土600 団粒に比べてリンおよび有機物の除去効率がやや劣り、吸着等温線の実験結果と一致する傾向であった。鹿沼土団粒においても赤玉団粒と同様な傾向であった。

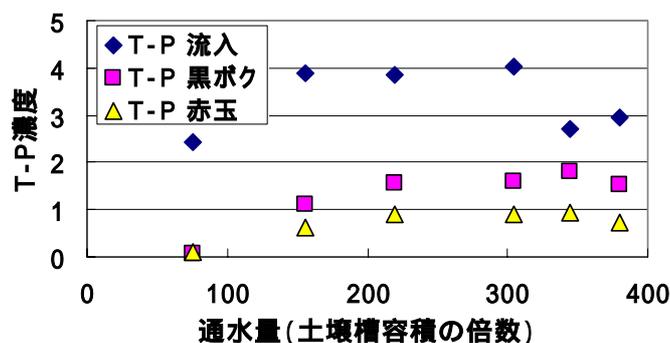


図2 現地通水試験の溶解性全リンの破過曲線

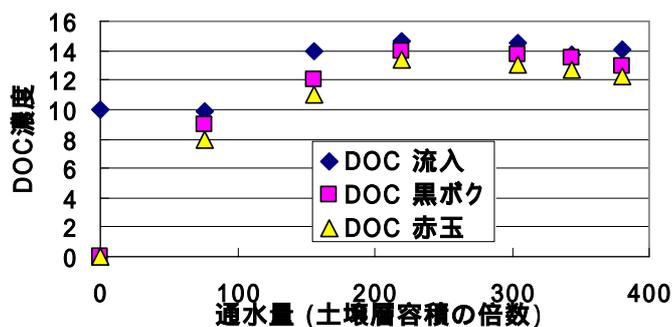


図3 現地通水試験の溶解性有機物破過曲線

4.まとめ 室内実験による等温吸着線から取得した吸着等温データと、室内カラム通水試験および現地通水試験の結果はほぼ一致し、室内試験による素材の吸着性評価をもとに、現場での土壌浸透システムの性能を評価可能であることが示された。ただし、室内カラム試験では、添加したフルボ酸の一部が流出液中に回収されなかった。室温での実験のため、生物学的効果等が作用した可能性もあり今後検討を行う。

謝辞 本研究遂行に当たっては文部科学省・科学技術振興調整費からの助成を受けた。ここに記して感謝します。

参考文献

- 1) 藤川, 濱崎, 菅原, 尾崎他, 土壌浸透水浄化システムの再評価・再構築 1. 腐植物質及びリンに対する土壌の吸着能評価. 土木学会第58回年次学術講演会(2003)
- 2) 濱崎, 藤川, 菅原, 尾崎他, 土壌浸透水浄化システムの再評価・再構築 2. 浸透水からの汚濁物質除去メカニズム 土木学会第58回年次学術講演会(2003)
- 3) 今田, 藤川, 尾崎, 菅原, 土壌浸透法によるリン・有機物の除去機構, 第38回水環境学会年会(2004)