

土壌浸透水浄化システム再構築のための基礎的検討

1. フルボ酸およびリン酸の土壌等への吸着等温式の検討

大阪産業大学院	学生会員	今田綾介
京都大学原子炉研究所	正会員	藤川陽子
大阪産業大学工学部	正会員	尾崎博明
大阪産業大学人間環境学部	正会員	濱崎竜英
大阪産業大学人間環境学部	正会員	菅原正孝

1. はじめに 土壌浸透法における土壌は、土壌生物の活動による生物的作用、土壌中の粘土鉱物や腐植が吸着材の役割を果たす化学的作用、土壌粒子がフィルターの役割を担う過による物理的作用により、水質汚濁物質、被吸着物質を除去又は分解する役割を果たすと言われる。前報¹⁾²⁾において著者らは土壌などについてリンや有機物除去性能の良い材料を見出すことを目標としバッチ試験を実施した。その結果、難分解性有機物（フルボ酸）およびリン酸の吸着除去につき有望な材料を幾つか見出すことができた。本報告ではこれまでの研究で見出した吸着材について、相異なる条件（液の pH、被吸着物質濃度オーダー、加熱、団粒）下で吸着等温式を取得したので報告する。

2. 供試材料 赤玉土粉体（栃木県鹿沼市）赤玉土団粒 600 加熱、鹿沼土粉体（栃木県鹿沼市）鹿沼土団粒 600 加熱、三瓶山黒ボク土（広島県）黒ボク土にベントナイトをバインダーとして団粒したもの、粒状炭、リン酸アパタイト六方晶（生体材料研究用、和光純薬）

3. 実験方法 吸着等温式の取得のために土壌等をバッチ吸着試験に供した。吸着材として 60 メッシュアンダーの土壌等と少量の超純水を三角フラスコに入れ、25℃、暗所で、1 週間コンディショニングした後、実河川水に近いイオン組成とするため NaHCO₃、Na₂SO₄、K₂SO₄、Mg(NO₃)₂、MgCl₂、CaCl₂ を添加し、吸着物質として濃度の異なる脱塩フルボ酸 [Aldrich 社フミン酸より抽出し、SephadexG25 によるゲルろ過により脱塩したもの]、リン酸を所定量入れ、超純水で固液比 (1 対 2.5 もしくは 1 対 100) を調整した。更に 1 週間、静置した後、液相水の DOC (溶存有機炭素)、T-P (全リン)、EC、pH を測定する。また、土壌からのリンや有機物の溶出量を把握するためにフルボ酸やリン酸を加えないブランク試験も行う。特に赤玉・鹿沼・黒ボク土粉体については異なる pH 条件下でのフルボ酸・リン酸の吸着等温式を得た。土壌は pH 緩衝能があるため予め pH 調整をした。適量の土壌をビーカーなどに入れ pH4.8 に調整した模擬河川水をポンプを用いて入れ、液だけがオーバーフローするようにし数日以上置いた後、上澄みを捨て風乾させた。吸着試験開始後も、液相中に塩酸および水酸化ナトリウムを微量ずつ滴定し、pH 調整をした。

4. 実験結果 各試料の吸着性能について表-1 に示す。フルボ酸については全ての供試材料について、線形の吸着等温線が得られた。リン酸については Freundlich 式もしくは Brunauer 式 (Tempkin の式とも言う) と実験データが合致した。土壌では pH 値が低いほうが吸着係数 (K_d 、すなわち図-1 の直線の傾き) が高い。原土と団粒したものでは原土の方が高い吸着係数 (K_d) が得られた。加熱と未加熱では赤玉土については未加熱が高いフルボ酸の吸着が得られた。しかし、X 線回析の結果から、加熱による目立った結晶構造の変化は認められなかった。赤玉土粉体について pH 変化させた時のフルボ酸およびリン酸の吸着等温線を図-1、図-2 に示す。pH が低い方がより高い吸着が得られる。被吸着物質濃度のオーダーの違いについて図-3、4 に示す。低濃度時には急な勾配の直線で近似でき、濃度があがるとゆるい勾配で近似でき、 K_d が小さくなることわかる。

キーワード：土壌浸透 吸着等温式 フルボ酸 リン

連絡先：大阪府大東市中垣内 3 丁目 1-1 大阪産業大学大学院工学研究科博士前期課程土木工学専攻

TEL 072 875 3001 (内線 3737)

5. 考察と結論 pH が低いほどフルボ酸・リン酸の K_d が高くなる。これは一般に pH 低下とともに、土壌等の表面で正電荷の部分が増加し、フルボ酸、リン酸イオンのような負電荷をもつ陰イオンをひきつけ吸着に有利に働いたのではないかと考える。従って静電的相互作用がフルボ酸の土壌への吸着に関与していることが明らかになった。また、赤玉土で加熱による吸着係数の減少があった原因としては、加熱試料と未加熱試料で液相の pH に差がなく、結晶構造に目立った差のないことから 液相中の塩分の影響、土壌鉱物表面が結晶構造には反映されない程度の微細な変化をうけた、等が考えられる。吸着材から溶出する DOC 濃度が高いと添加した有機物と競合してその吸着を抑制することは著者らの今までの研究により判っている。しかし赤玉土および加熱赤玉土のブランクの DOC 濃度は低く、その影響ではないと考えられた。また図 - 4 に示したように被吸着物質濃度のオーダーが異なる場合、有機物の吸着分配係数 K_d に差が生じることがわかった。

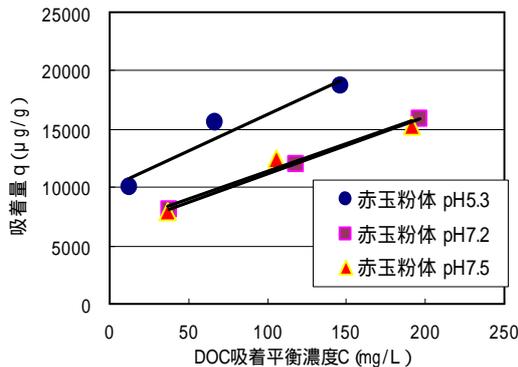


図-1 pH変化による吸着等温式の変化（フルボ酸）

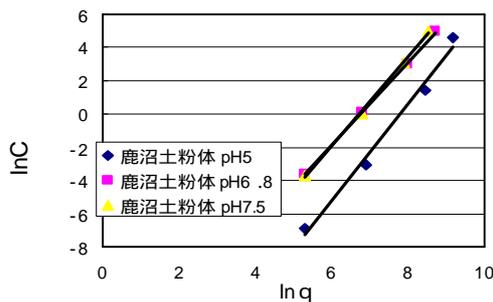


図-2 pH変化による吸着等温式の変化（リン）

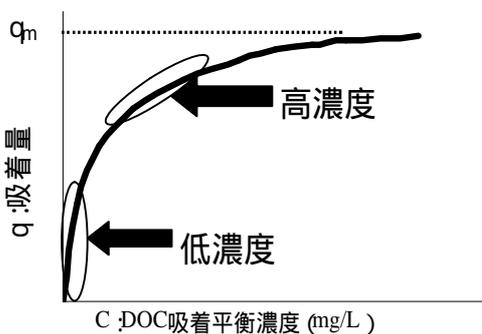


図-3 ラングミュアの吸着等温線

表 1 材料の吸着試験結果

試料名	フルボ酸 K_d (ml/g)	リン K_d (ml/g)	ブランク 濃度(mg/L)	pH	EC
粒状炭	380.9		3.6	7.7	2.2
リン酸アパタイト	33.4		3	7.4	2.2
黒ボク土	59.3	99	4.7	6.1	3
黒ボク土ベントナイト団粒	39.7	61.7	7.1	6.1	3.7
赤玉土粉体	141.2	228.7	3.5	6.5	2.8
赤玉団粒600 加熱	81.3	493.5	1.5	6.4	4.1
鹿沼土粉体	108.3	129.1	3.4	6.5	2.9
鹿沼団粒600 加熱	104.1	233.3	2.1	6.4	3.6
黒ボク土 pH5.2	28.3	84.8	3.2	4.9	4.6
黒ボク土 pH6.9	8.8	69.4	2.7	6.9	4.1
黒ボク土 pH7.2	17.8	50.6	6.8	7.2	3.9
赤玉土粉体 pH5.3	62.9	49.6	1.1	5.1	4.5
赤玉土粉体 pH7.2	49.3	50.5	1.2	7.3	4
赤玉土粉体 pH7.5	46.7	45.3	1.3	7.5	3.8
鹿沼土粉体 pH5.0	36.3	90.0	1.7	5	4.6
鹿沼土粉体 pH7.1	24.8	42.0	1.9	7.3	4
鹿沼土粉体 pH7.7	34.8	32.3	1.8	7.6	3.9

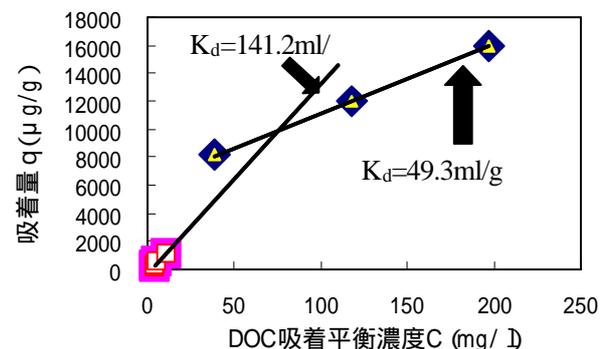


図-4 被吸着物質濃度のオーダーの変化

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. 腐植物質およ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) 今田、藤川、尾崎、菅原、濱崎、他、土壌浸透法によるリン・有機物の除去機構 日本水環境学会年会講演集（2004）