

高速土壌浸透水浄化システム実用化の検討 ―造粒土の性能と寿命

京都大学 正会員 ○ 藤川陽子，大阪産業大学 正会員 菅原正孝，濱崎竜英，尾崎博明
大阪産業大学 ギャネンドラ・プロサイ，米田大輔，山崎力，アタカメンテナンス 今田綾介
エヌエス環境株式会社 正会員 梶山陽介，岩島一美
NPO 法人エコ浄化推進機構 新井剛典，千巖正人，稲田郷

1．研究目的および背景 汚水等の処理のための土壌浸透法には，緩速法（slow），地下浸透法（subsurface infiltration），高速浸透法（rapid infiltration），および表面流下方式（overland flow）がある．このうち最も水負荷率が高い高速浸透法は，諸外国では礫層を通して帯水層に水を注入する方式が主であるが，礫層は通水性に優れるものの，高い生物化学的処理機能は期待しにくい．我々は，（1）高水負荷率と化学的・生物学的機構によるリン・難分解性有機物除去を両立させること，（2）土壌も限りある資源であることに鑑みて土壌一般のみならず，廃棄物や新素材を浸透ろ過材として用いること，を特徴とする土壌浸透ろ過システムの実現をめざしてきた．浄化素材選定からパイロット試験に至る過去4年間の研究により，その実用化について一定の見通しが得られた．本報告では，特に園芸用赤玉土を製造する際に発生する微粉状の土を造粒したものを土壌浸透ろ過材として用いたパイロット試験を行って，造粒土の浄化性能および寿命について考察したので報告する．

2．実験方法 現地通水試験 土壌の通水性と耐水性を向上させるため，粉状赤玉土は水を加えて造粒後

表1 吸着試験からえられた吸着等温式パラメータ（被吸着物質：フルボ酸）

試料名	pH	吸着量 mg-有機炭素/kg-土壌	K _d (mL/g)	q _m *3	b *3
クラレ活性炭	7.8	<900	443.9	-	-
リン酸アパタイト	7.5	<1.1 × 10 ⁴	54.8	-	-
褐鉄鉱	6	<900	53.8	-	-
黒ボク土（滋賀県山東町）	6	<900	14.7	-	-
黒ボク土（広島県比婆郡）	6.4	<1.0 × 10 ³	54.3	-	-
黒ボク土（広島県比婆郡）	5.2	<1.1 × 10 ⁴	-	1.4 × 10 ⁴	0.013
黒ボク土（広島県比婆郡）	6.9	<4.0 × 10 ³	(8.8) *2	*2	*2
黒ボク土（広島県比婆郡）	7.2	<9.7 × 10 ³	-	1.4 × 10 ⁴	0.008
赤玉土（栃木県鹿沼市）	6.5	<1.0 × 10 ³	141.2	-	-
赤玉土（栃木県鹿沼市）	5.3	<1.9 × 10 ⁴	-	2.0 × 10 ⁴	0.63
赤玉土（栃木県鹿沼市）	7.2	<1.6 × 10 ⁴	49.3	-	-
赤玉土（栃木県鹿沼市）	7.5	<1.5 × 10 ⁴	-	2.0 × 10 ⁴	0.018
鹿沼土（栃木県鹿沼市）	6.5	<1.0 × 10 ³	104.1	-	-
鹿沼土（栃木県鹿沼市）	5	<1.5 × 10 ⁴	-	1.7 × 10 ⁴	0.05
鹿沼土（栃木県鹿沼市）	7.1	<1.0 × 10 ⁴	-	1.4 × 10 ⁴	0.008
鹿沼土（栃木県鹿沼市）	7.7	<1.1 × 10 ⁴	-	2.0 × 10 ⁴	0.005

*1 吸着等温線をえたときの吸着量の範囲

*2 既存の吸着等温式との合致えられず

*3 Langmuir 式 $q=q_m bc/(1+bc)$ のパラメータ。q は被吸着物質の吸着量

c は吸着平衡時の液相中被吸着物質濃度

表2 吸着試験からえられた吸着等温式パラメータ（被吸着物質：リンボ酸）

試料名	pH	吸着量 mg-P/kg-土壌	K _d (mL/g)	k *2	n *2
褐鉄鉱	3.8	<1.2 × 10 ²	230.7	-	-
黒ボク土（広島県比婆郡）	6.2	<3.8 × 10 ³	286.7	-	-
黒ボク土（広島県比婆郡）	5	<9.4 × 10 ³	-	2.3 × 10 ³	0.40
黒ボク土（広島県比婆郡）	6.3	<8.4 × 10 ³	-	1.5 × 10 ³	0.38
黒ボク土（広島県比婆郡）	7.5	<7.0 × 10 ³	-	9.6 × 10 ²	0.42
赤玉土（栃木県鹿沼市）	6.3	<3.6 × 10 ³	3347.7	-	-
赤玉土（栃木県鹿沼市）	5.5	<6.9 × 10 ³	-	2.2 × 10 ³	0.36
赤玉土（栃木県鹿沼市）	6.5	<7.0 × 10 ³	-	1.3 × 10 ³	0.36
赤玉土（栃木県鹿沼市）	7.5	<6.5 × 10 ³	-	1.7 × 10 ³	0.30
鹿沼土（栃木県鹿沼市）	7.1	<2.9 × 10 ³	621.3	-	-
鹿沼土（栃木県鹿沼市）	5	<9.7 × 10 ³	-	2.4 × 10 ³	0.34
鹿沼土（栃木県鹿沼市）	6.8	<6.2 × 10 ³	-	8.6 × 10 ²	0.40
鹿沼土（栃木県鹿沼市）	7.5	<5.2 × 10 ³	-	8.3 × 10 ²	0.38

*1 吸着等温線をえたときの吸着量の範囲

*2 Freundlich 式 $q=kc^n$ のパラメータ。q は被吸着物質の吸着量

c は吸着平衡時の液相中被吸着物質濃度

600 で加熱した．黒ボク土（広島県比婆郡産）は造粒後加熱すると脆くなったため，ベントナイト数%程度と水を混合して造粒した（日立造船株式会社）．これら土壌のリンおよびフルボ酸吸着特性をあらわす吸着等温式をあらかじめ室内試験によって求めた（表1および2）．造粒土を広島県世羅郡芦田湖水浄化施設内に設置した幅80cm×奥行き120cmの鉄製の槽2槽に各々50cm高さに充填し，畜産廃水を2003年12月から水負荷率2m/day（1日に4ベッドボリューム）・下降流で連続通水を開始した．流出入水は2週間 - 1ヶ月おきに採水して水質（溶存有機炭素（DOC），COD-Cr，BOD，T-P，pH，EC）を測定した．

加熱加工前後の土壌の電気化学的特性の調査 600 加熱前後の粉状赤玉土，粉状鹿沼土および黒ボク土について，滴定法により表面電荷を測定した．

3．実験結果 現地通水試験結果 図1に芦田湖浄化施設におけるパイロット試験の流出入の水質変化を示す．流入水の水質は排出源における活動により変動があるものの，リンについては当初9割程度の除去率（破過進行で除去率低下，季節変動少），溶解性有機物（難分解性）について2-3割の除去率（季節変動少）をえた．

キーワード 土壌浸透，フルボ酸，リン，吸着等温線，現地通水試験，土壌表面電荷

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

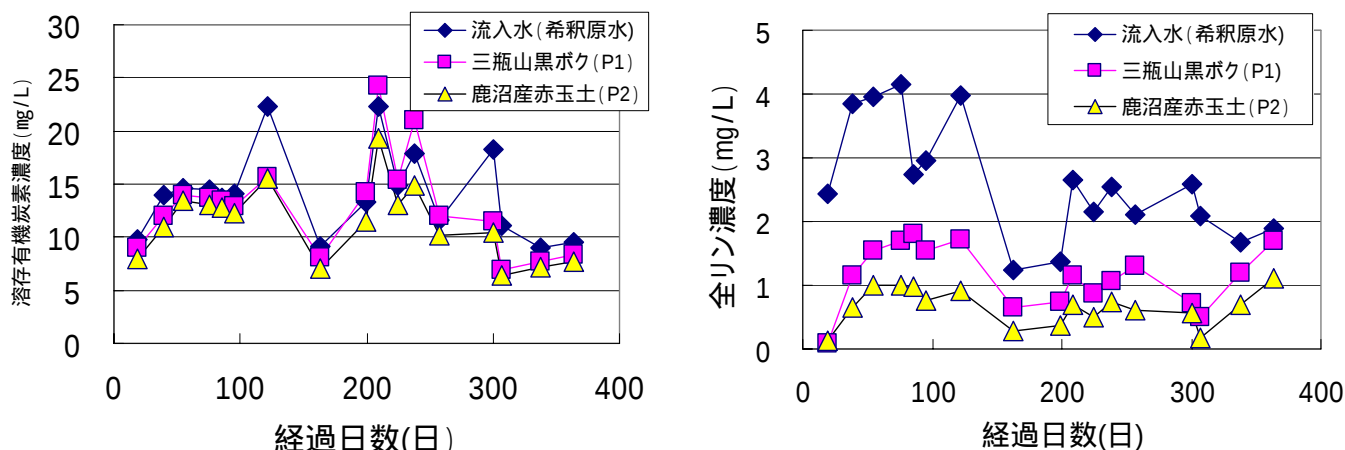


図1 パイロットスケール試験結果

図1より黒ボク土槽のリン除去に関する寿命（除去率0になるまで）は、通水量にしてベッドボリュームの1200倍程度であった。赤玉造粒土については通水量が1200ベッドボリュームで除去率5割であった。有機物除去については黒ボク・赤玉造粒土とも破過の進行による除去率低下は少なく、赤玉造粒土のほうが黒ボク造粒土より高い性能を示した。なお、汚水中のSSは赤玉造粒土の透水性に特に影響を及ぼさなかったが、黒ボク造粒土はろ過閉塞を起こした。また、黒ボク造粒土は通水開始後1年弱で表面近くの団粒構造が崩れはじめたが、赤玉造粒土は1年半を経過後も構造を保っていた。

加熱加工前後の土壌の電気化学的特性の調査 図2に滴定法による土壌の表面電荷測定結果を示す（粉状赤玉土の例）。図には示さないが、600℃での加熱で、粉状赤玉土のみならず鹿沼土、黒ボク土でもゼロ電荷点pHが高くなった。高温加熱により、吸着活性の高い非晶質の鉄鋳物等の構造が変化し吸着力が低下することがある。ただし、有機物の吸着は、以前の研究¹⁾で明らかにしたように、加熱の結果、浄化素材中の有機物が灰化・除去されて浸出有機物が減ることにより却って高くなることがある。また、図2の結果から、加熱により土壌のゼロ電荷点pHは高くなって環境水程度のpHで正電荷を帯びやすくなり、リン酸およびフルボ酸等の

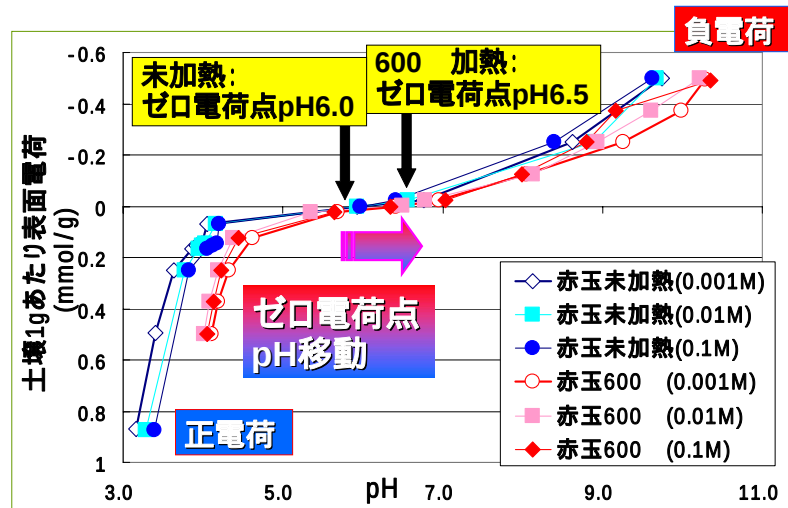


図2 土壌の表面電荷測定結果

の陰イオン成分の吸着に有利になる。このことから、浄化素材の加熱には、陰イオン吸着に関しては非晶質鋳物の結晶化による負の影響がある一方、浸出有機物の減少とゼロ電荷点pHが高くなることによる正の影響があり、この正の影響が前述の負の影響を相殺して素材の浄化性能を保った可能性がある。

4. まとめ

粉状赤玉土（鹿沼産）の造粒土および黒ボク造粒土を用いて畜産廃水処理する土壌浸透のパイロット試験を行った結果、リン除去については黒ボク造粒土の寿命はベッドボ

リュームの1200倍程度であった。赤玉造粒土は耐水性・リンおよび有機物浄化性能について黒ボク造粒土より高い性能であった。また、造粒土壌に耐水性をもたせるために土壌を加熱すると、素材のゼロ電荷点pHが高くなり、加熱に伴う非晶質鋳物の構造変化による陰イオン吸着性能の低下を防ぐ可能性が認められた。

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) 今田綾介, 藤川陽子, 尾崎博明, 菅原正孝, 濱崎竜英, 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 土木学会第59回年次学術講演要旨集(2004.9).