

土壌浸透水浄化システム再構築のための基礎的検討

3. 浄化材の加熱加工処理によるフルボ酸及びリン酸の吸着能の変動

大阪産業大学 正会員 濱崎 竜英 京都大学 正会員 藤川 陽子

大阪産業大学大学院 学生会員 今田 綾介 大阪産業大学 非会員 長友 広和

大阪産業大学 正会員 菅原 正孝 大阪産業大学 正会員 尾崎 博明

1. 目的 従来の土壌浸透式の水浄化法は、マサ土、赤玉土、黒ボク土などの土壌を浄化材として利用し、1m/day 以下程度の緩速で通水することにより有機物やリンなどの汚濁物質を除去してきた。本法の効率を向上させ、河川浄化や排水の高度処理として普及させるためには、浄化機能の向上とともに、ろ過速度を上げて設置面積を小さくする必要がある。しかし、通水速度を上げると、土壌層が崩壊して目詰まりを起こすため、浄化材には浄化機能を有しつつ、かつ通水性と耐水性が求められている。

このような背景から、浄化材を土壌だけではなく、廃棄物などの材料を対象として、これらの条件を兼ね備えた浄化材の探索と加工を研究してきた^{1)～5)}。今までの研究により、廃棄物となっている材料の中で園芸用として市販されている赤玉土及び鹿沼土の製造工程で発生する粉末状の廃棄物と浄水場で発生する浄水汚泥が有望であることがわかった⁴⁾。赤玉土は、土壌浸透式水浄化法としての実績があり、性状や浄化機能の面で類似している鹿沼土も浄化材として利用できる材料であることは予想できる。しかし、粉末状となっている赤玉土や鹿沼土は、そのままでは利用できないため、通水性を持たせる加工が必要となる。また、浄水汚泥は、水中の懸濁物を凝集剤で分離・濃縮したものであることから、リンの吸着能が高いことが予測でき、今までの研究^{2), 4)}で明らかになっている。その中でも地下水を水源とする浄水場から発生した浄水汚泥には鉄の含有量が河川を水源とするものよりも多いことから、浄化材としての可能性が高いことも判明した。赤玉土、鹿沼土及び浄水汚泥は、600℃程度で加熱をすることによってフルボ酸の吸着能を低下させずに耐水性が増すこともわかった⁴⁾。

このようなことから本研究では、これらの材料を加熱処理した場合のリン酸とフルボ酸の吸着能の変動を確認し、土壌浸透式水浄化法をシステムとして構築するための基礎データを取得することを目的とした。

2. 実験方法 実験に用いる材料は栃木県で産出する赤玉土及び鹿沼土のうち、製造工程で発生する粉末状の廃棄物（以下、赤玉土、鹿沼土と呼ぶ）、大阪2ヶ所、京都及び愛知の浄水場で発生した浄水汚泥（以下、浄水汚泥（大阪北）、浄水汚泥（大阪南）、浄水汚泥（京都）、浄水汚泥（愛知）と呼ぶ）の合計6種とした。浄水汚泥のうち、浄水汚泥（大阪北）と浄水汚泥（大阪南）は、地下水を水源とする浄水場から発生した浄水汚泥で、浄水汚泥（京都）と浄水汚泥（愛知）は、表流水を水源とする浄水場から発生した浄水汚泥である。これらの材料をマッフル炉で200℃、400℃、600℃で30分加熱したものと加熱していないものについて、リン酸とフルボ酸の吸着試験を行った。試験方法¹⁾は、三角フラスコに一定量の模擬河川水と材料を入れ、1週間のコンディショニングの後に一定量のリン酸もしくはフルボ酸を添加、一週間後の液相の濃度を測定し、添加時の濃度及びブランク試験時の濃度から、ヘンリー式が成立するという仮定のもとに吸着係数を算出している。なお、試験は密閉した上で25℃、暗所の恒温恒湿室で行った。フルボ酸の測定は、溶解性有機炭素量（DOC）を用い、材料の組成は標準土壌試料に基づき蛍光X線（Na～U測定可）で測定した。

3. 実験結果と考察 実験に用いた材料の組成を表1に示す。地下水を水源とした浄水場の汚泥である浄水汚泥（大阪北）及び浄水汚泥（大阪南）の鉄及びマンガンが他と比較して多く含まれているのがわかる。浄水汚泥（大阪南）は、酸化剤として過マンガン酸カリウムを使用していることから、マンガン含有量が高い。

キーワード 土壌浸透式水浄化法, フルボ酸, リン酸, 吸着, 廃棄物, 土壌

連絡先 〒574-8530 大阪府大東市中垣内3-1-1 大阪産業大学人間環境学部 濱崎竜英 TEL 072-875-3001

表1 実験に供した材料の組成の一部

材料名	Si %	Al %	K %	Fe %	Ti %	Ca %	Mn %
赤玉土	16.3	10.1	0.7	6.8	0.6	0.5	0.1
鹿沼土	17.5	13.3	0.4	2.3	0.2	0.7	0.0
浄水汚泥（大阪北）	10.3	8.2	0.2	23.7	0.0	0.6	1.5
浄水汚泥（大阪南）	4.1	2.5	0.0	13.8	0.1	1.3	5.9
浄水汚泥（愛知）	16.9	13.5	1.6	3.7	0.3	0.7	0.1
浄水汚泥（京都）	9.3	10.0	0.9	3.2	0.2	0.2	0.1

実験結果を表2に示す。リン酸の吸着量は、赤玉土、鹿沼土及び浄水汚泥（京都）は、加熱なし及び600℃加熱が200℃及び400℃と比較すると良好な結果となった。また浄水汚泥（大阪北）は加熱することにより、吸着能が上昇し、浄水汚泥（愛知）は加熱による変化がなく、浄水汚泥（大阪南）は減少した。赤玉土や鹿沼土のリン酸吸着能が高いことは知られており、加熱しても十分な吸着能を得ることが判明した。加熱によって耐水性も向上する⁴⁾ことから、環境水や排水のリン除去を目的として利用できるものと思われる。また、浄水汚泥も浄水汚泥（大阪南）を除きリン除去を目的として赤玉土や鹿沼土と同等に利用できる。フルボ酸の結果の一部は既に報告⁴⁾しているが、どれも600℃加熱による吸着能の影響は少なく、むしろ上昇傾向にあることがわかった。しかし、浄水汚泥（大阪北）及び浄水汚泥（大阪南）について880℃及び1200℃で加熱するとフルボ酸の吸着能は低下した。このようなことから、フルボ酸の吸着能にとって600℃前後の加熱が最適であるのではないかと推測できる。本研究で供した6種の材料の中で、リン酸とフルボ酸の吸着を目的とした浄化材とするならば、鹿沼土及び浄水汚泥（大阪北）が適切であるという結果となった。加熱による吸着能の変化は、どの材料にも共通した変化ではなく、材料固有の性質を持っている。加熱による材料中の有機物の性質変化や燃焼、鉄などの無機物の化合状態や表面活性の変化が、リン酸やフルボ酸の吸着能に影響しているものと思われる。

表2 リン酸及びフルボ酸の吸着結果

材料名	赤玉土		鹿沼土		浄水汚泥（大阪北）		浄水汚泥（大阪南）		浄水汚泥（愛知）		浄水汚泥（京都）	
対象物質	リン酸	フルボ酸	リン酸	フルボ酸	リン酸	フルボ酸	リン酸	フルボ酸	リン酸	フルボ酸	リン酸	フルボ酸
加熱なし	1460	25.5	449	19.4	504	7.5	162	28.3	786	0.6	209	0.0
200℃	266	11.0	335	12.6	—	4.7	78.8	8.2	—	0.9	—	1.4
400℃	22.0	0.0	221	11.8	716	26.6	92.0	15.3	714	4.8	190	1.0
600℃	222	22.8	5020	26.3	1670	22.6	24.4	35.9	714	8.7	713	11.3
880℃	—	—	—	—	—	—	—	2.3	—	—	—	—
1200℃	—	—	—	—	—	2.3	—	—	—	—	—	—

4. まとめ 加熱処理によって、浄化材としての条件である吸着能を有しつつ耐水性を得る材料があることはわかったが、加熱によるリン酸やフルボ酸の吸着能の変動の原因については、解明までには至っていない。現在、CHNSOコーダーによる分析を進行中であるが、併せてX線回折による結晶状態を把握していく必要がある。このような分析を含めて、吸着能決定因子を見つけ出し、その条件を持つ材料を探索して加工すれば、廃棄物として扱われている材料や利用されていない材料を新しい浄化材として転換できるものと思われる。

参考文献

- 1) 濱崎, 藤川, 菅原, 尾崎, 他, 土壌浸透法による河川水浄化の検討 1. バッチ吸着試験による浄化素材探索, 第37回日本水環境学会年会, 講演集 260 頁
- 2) 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回年次学術講演会講演概要集部門VII, 615-616 頁
- 3) 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回年次学術講演会講演概要集部門VII, 617-618 頁
- 4) 濱崎, 藤川, 池本, 菅原, 他, 土壌浸透法に用いる土壌等浄化材加工技術の検討, 第38回日本水環境学会年会, 講演集 505 頁
- 5) 今田, 藤川, 濱崎, 菅原, 他, 土壌浸透法によるリン・有機物の除去機構, 第38回日本水環境学会年会, 講演集 515 頁