

窒素・リン除去資材を 組み合わせた資源循環型 水質浄化システムの開発

平井 裕二*
Yuji Hirai

尾崎 保夫**
Yasuo Ozaki

1. はじめに

し尿や生活雑排水の処理対策として、現在では下水処理場や集落排水処理施設の整備が進んでいるが、総量規制対象区域のような地域を除けば、窒素やリンの高度処理機能を備えた施設は限られている。高度処理のための設備導入は、技術的に難しくはないが、コスト的に安価とは言えず、低コストで管理の容易な処理方式の開発が望まれるところである。このため、低コストで化石エネルギー消費量の少ない水質浄化システムを確立することを目的に、天然鉱物や産業廃棄物を用いた窒素・リン除去システムの開発について、現在検討を行っている。

本報では、生活雑排水中に含まれるリンの除去に有効と考えられる資材のうち、鹿沼土（未処理）、鹿沼土（500℃で1時間加熱）、徐冷スラグおよび製鋼スラグを用いて、回分試験とカラム試験で各資材の PO_4 -P除去特性を調査・解析した結果を報告する。

2. 使用資材

使用したリン除去資材は、以下の4種類である。

(1) 鹿沼土（未処理）、鹿沼土（500℃）

鹿沼土は、栃木県鹿沼地方で産出される火山灰土で、一般的には園芸用として市販されている。特徴としては、通気性・保水性に優れている。

実験では市販されている鹿沼土（以下、「鹿沼土（未処理）」と称す）と、500℃で1時間加熱したもの（以下、「鹿沼土（500℃）」と称す）を使用した。

(2) 徐冷スラグ、製鋼スラグ

スラグとは、鉄鋼生産時に副産されるもので、製造工程の違いから鉄鋼スラグは、高炉スラグ、製鋼スラグに大別される。

徐冷スラグは、熔融状態の高炉スラグを時間をかけて冷却すると、結晶質の岩石状のスラグになり、これを、所定の粒度に粉碎整粒したものである。

製鋼スラグは、高炉で製造された銑鉄やスクラップを、韌性・加工性のある鋼にする際に生じたものである。



写真-1 使用資材

3. 実験概要

(1) 回分試験（室内試験）

回分試験では、300 mLの三角フラスコに各資材を所定量添加し、これにモデル排水100 mLを加え密栓後、25℃の恒温水浴上で24時間振とうした。これを0.45 μmのメンブレンフィルターで濾過し、残存 PO_4 -P濃度を測定した。なお、本試験のモデル排水は蒸留水または農業集落排水施設（JARUS-Ⅲ型）の放流水（以下、「実処理水」と称す）に PO_4 -P濃度が2~80 mg/Lとなるよう、 KH_2PO_4 溶液を添加したものである。

(2) カラム試験（屋外試験）

カラム試験では、内径46 mm、高さ100 mmの塩化ビニール製カラムに各資材を充填し、 PO_4 -P濃度が4.5~5.0 mg/Lのモデル排水を上向流（流速約10 L/日）で供給した。また、カラム下部から22 cm、47 cm、72 cmの位置に開けた孔より採水し、 PO_4 -P濃度を測定した。

(3) 分析方法

PO_4 -P濃度は、モリブデン酸青色法により発色させ、分光光度計（日立、U-1500）で測定した。

(4) 評価方法

各資材のリン除去効果については、Freundlichの吸着等温式を用いた。本吸着等温式では、ある一定の温度の下で、吸着平衡状態にある PO_4 -P濃度をC (mg/L)、吸着剤1 g当たりの溶質 PO_4 -P吸着量をq (mg/g)とした時、下記の関係が成り立つ。

$$q = K \cdot C^{1/n} \quad (\text{但し, } K, n \text{ は定数})$$

ここで、Kは吸着係数で、1/nは吸着指数を表している。一般的にKの値が大きいくほど PO_4 -P吸着能力は大きく、また、1/nの値は0.1~0.5の場合に吸着されやすく、1/n>2の場合は吸着されにくいとされている。

* 技術研究所環境技術研究課

** 秋田県立大学生物資源科学部

4. 実験結果

(1) 回分試験 (室内試験)

表一および図一に Freundlich の吸着等温式を用いた各資材の吸着能解析結果をまとめた。これより、排水の種類に関係なく、製鋼スラグは鹿沼土 (500°C) に比べ 15~30 倍高いリン除去効果を示した。また、各濾材とも実処理水を用いると蒸留水に比べ PO₄-P 除去能力が約 1/2 に低下したが、製鋼スラグではほぼ同じ除去能力を示した。

(2) カラム試験 (屋外試験)

図二、三は、資材充填高さごとの PO₄-P 濃度の経時変化を示したものである。鹿沼土の場合、試験開始から約 35 日目でカラム全体がほぼ吸着飽和に達しているが、製鋼スラグは半分の高さ (47 cm) においても飽和に達しておらず、PO₄-P 除去能力が高いことが明らかになった。

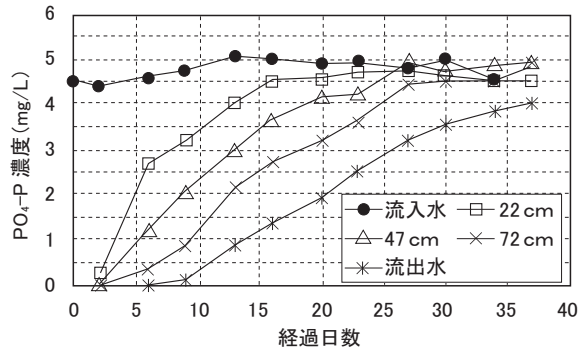
5. まとめ

製鋼スラグはリン吸着資材として大きく期待できることが分かった。しかしながら、処理水の pH が約 11 と高アルカリを示すなどの課題もあるので、有効利用に当たっては、さらなる検討が必要である。

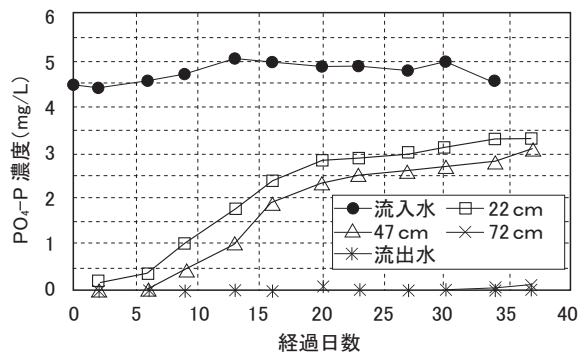
現在、農業集落排水二次処理水を用いた実証試験を実施しているが、今後は、硫黄カルシウム資材等と組合せた窒素・リンの資源循環型同時除去システムの確立を目指し、研究開発を行う。

表一 Freundlich の吸着等温式を用いた PO₄-P 吸着能解析結果

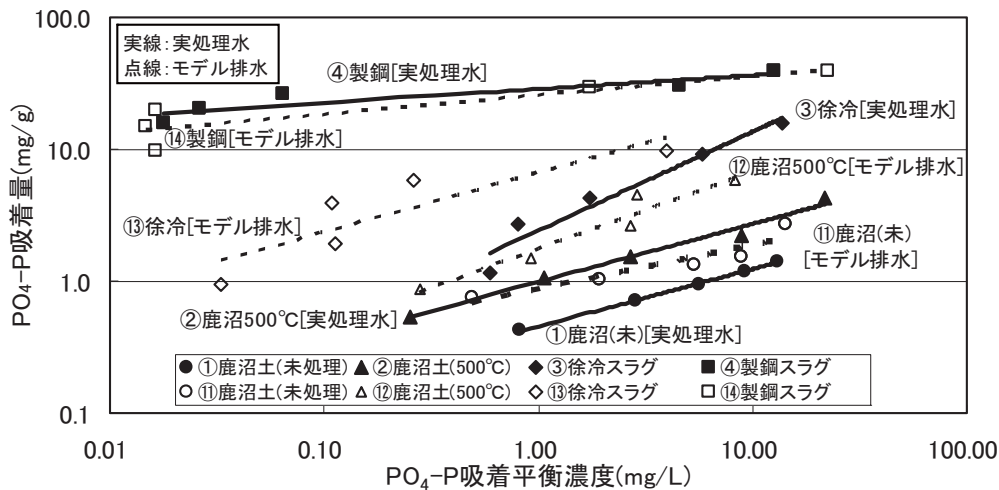
	モデル排水	
	蒸留水使用	放流水使用
鹿沼土 (未処理)	① $q = 0.86 \cdot C^{0.34}$	⑤ $q = 0.45 \cdot C^{0.43}$
鹿沼土 (500°C)	② $q = 1.75 \cdot C^{0.59}$	⑥ $q = 0.98 \cdot C^{0.44}$
徐冷スラグ	③ $q = 6.65 \cdot C^{0.45}$	⑦ $q = 2.42 \cdot C^{0.75}$
製鋼スラグ	④ $q = 25.7 \cdot C^{0.14}$	⑧ $q = 28.6 \cdot C^{0.10}$



図二 カラム試験結果 (鹿沼土・未処理)



図三 カラム試験結果 (製鋼スラグ)



図一 吸着平衡濃度と吸着量の関係 (回分試験によるモデル排水と実処理の比較)