

N-4 製紙スラッジ焼却灰を利用した下水処理水中のリンの吸着に関する研究

経塚工業 (株)

○武田勝俊

東洋大学工学部環境建設学科 吉本国春

1. はじめに

河川・湖沼・海域などの公共用水域において、水質環境基準を達成している割合は、河川では 60%、湖沼では 38%、海域では 76%にすぎない。とりわけ水の交換が少ない湖沼、ダム湖さらには閉鎖性海域では、COD や窒素・リンといった栄養塩の流入によって富栄養化状態となり、アオコや赤潮等が発生している。こうした水質汚濁を引き起こす要因は様々だが、下水道普及率が 67%に達したとはいえ、残りの生活雑排水の大部分は未処理のまま公共用水域に流入しており、また下水処理場で栄養塩類を削減する高度処理の普及も十分ではないことが挙げられる。

本研究では、電話帳をリサイクルする際に発生する製紙スラッジを焼却し、その灰をアルカリ反応させて結晶化させた資材（以下「MPM」と略）を利用して水質の浄化を図ること、そして資源の有効活用を考えたリサイクルを推進すること、こうした環境の保全に役立つことを目的として行ったものである。

2. 基礎実験とカラム実験

2. 1 実験法

(1) 基礎実験

1) リン吸着能の把握

リン酸態リン（以下「リン」と呼ぶ）の濃度を試薬を用いて行った蒸留水を試料水として、MPM によるリンの吸着能を求めた。実験法は次の通りである。

①蒸留水を窒素ガスにより曝気して溶存酸素濃度をゼロにした。

試験容器として 300ml 容の三角フラスコを使用した。

②蒸留水中のリン濃度をリン酸二水素カリウム試薬により設定した。

③資材 (MPM) 2 g を試験容器内に吊し蓋をした。

なお、マグネットチップによる MPM の破碎防止のために、MPM を網目ネットに入れ、マグネットチップがあたらない位置に吊り下げた。

④25℃恒温室（暗室）に設置しスターラで攪拌した。

④24 時間後、ガラス繊維フィルターにて濾過後、その濾液を水質分析に供した。

2) リンの繰り返し吸着能の把握

上記の実験と同様にして、同じ条件にて繰り返し実験を行った。なお、リン濃度は 5mg/l に設定した。

(2) 本実験

本実験は、カラム中に MPM を充填し、試料水を定量送液ポンプで送水し、カラムからの流出水を採水してリン濃度を測定した。

実験容器は、内径 5 cm、高さ 50 cm、容量 980 ml のアクリル製の透明な枝付きパイプである。底面から 5 cm の位置に直径 1 mm の複数の穴の空いた整流板を設置、整流板から 12.5 cm の位置まで MPM を充填した。カラム実験装置の概要を図-1 に示す。

- ①大学内の一般排水を処理している廃水処理場にて、塩素消毒前の処理水を採水して試料水とした。
- ②試料水を実験装置にセットし送水を開始した。
- ③カラムからの流出水を採水、ガラス繊維フィルターにて濾過後、その濾液を水質分析に供した。

2. 2 実験資材

本実験で用いたMPMは $\Phi=3\text{mm}$ 、長さ $3\text{mm}\sim 6\text{mm}$ 、平均 4.3mm の円筒形状のものである。リンとアンモニアの吸着、河川・湖沼の浄化などに効果があるといわれており、水質浄化以外にも脱臭効果や様々なガスの除去、さらにはMPMの添加によりコンクリートの劣化抑制など、さまざまな用途に実験的に試用されている^{2), 3), 4)}。

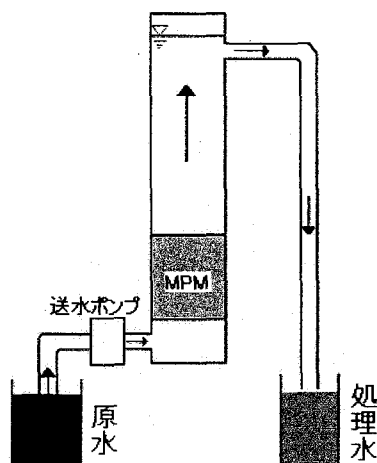


図-1 実験装置概念図

2. 3 水質分析法

リンの水質分析は、セントラル科学（株）製の簡易式全窒素・全リン測定装置、pHはガラス電極法、溶存酸素濃度は隔膜電極法によって行った。

3. 実験結果と考察

3. 1 基礎実験結果

(1) 24時間の吸着実験

リンの基礎実験の結果から、リン吸着等温線求めて図-2に示す。図-2によると、平衡濃度が高いとき、筆者らがこれまで実験を行ってきた¹⁾カキ殻よりは吸着量は小さく、人工ゼオライトとほぼ等しい。平衡濃度が低くなってくると、カキ殻や人工ゼオライトより吸着量の大きいことが分かる。

pHについては、実験開始前のpH 4.9~5.5であったものが、24時間後にはpH 11.2~10.2まで上昇していた。

(2) 繰り返し吸着実験

繰り返し実験は、リンの吸着効果が50%程度に低下するまで継続して行った。その結果を図-3に示す。図-3から分かるように実験開始から5回目までは80%以上の吸着率が得られた。また50%以上の吸着率が8回目まで得られた。

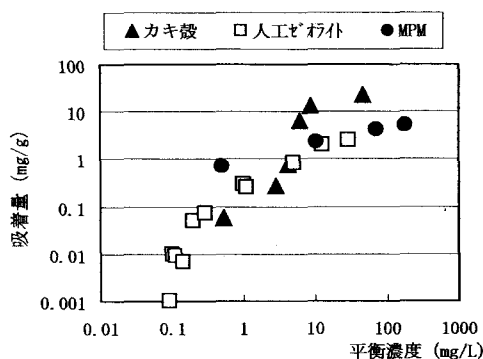


図-2 リン吸着等温線

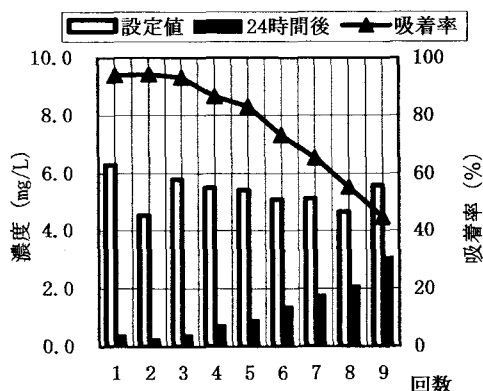


図-3 リン繰り返し実験

3. 2 本実験結果

カラムへの送水量が 150 ml /時のケース 1 の実験結果を図-4に示す。試料水（原水）のリン濃度にかんがりの変動が見られるが、処理水のリン濃度は実験開始から2週間はほぼ 0mg/l，その後 44 日目には 0.4mg/l にまで次第に上昇，実験終了時（66 日目）には 0.55 mg/l であった。原水濃度に変動が認められるが，おおむね2ヶ月間は 50%以上のリンの吸着率が得られた。

送水量 400 ml /時のケース 2 の実験結果を図-5に示す。実験開始当初から吸着率はあまり良好ではなく，原水濃度に変動が認められることから，おおむね1ヶ月間は 40%程度の吸着率が得られた。

なお，カラム内の MPM の占める容積は 250cc であることから，見かけ上の滞留時間は，ケース 1:1.7 時間，ケース 2:0.6 時間となっている。

4. 結論

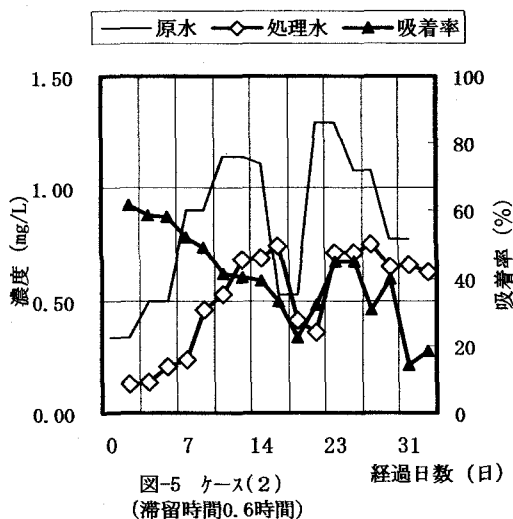
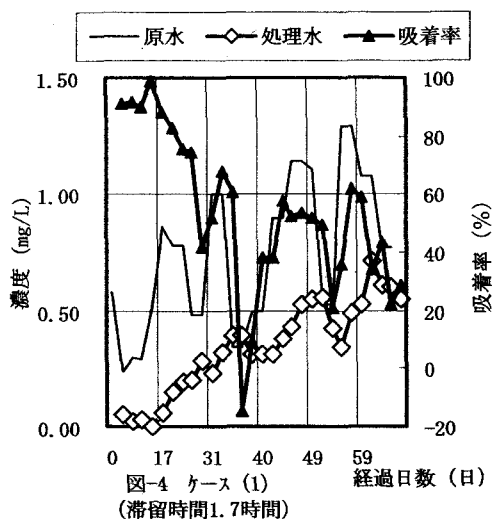
製紙スラッジを焼却し，その灰をアルカリ反応させて結晶化させた資材（MPM）を利用して水質浄化を簡便に図ることを目的としたものであり，次のことが分かった。

- ①繰り返し吸着能を把握する基礎実験において蒸留水中のリン濃度を 5mg/l に設定，5回目までは 80%以上の吸着率が得られた。また 50%以上の吸着率が8回目まで得られた。
- ②カラム実験では下水処理水を試料水としてリンの吸着による削減効果を求めた。滞留時間が 1.7 時間のケースでは，リン濃度は実験開始から2週間はほぼ 0mg/l，その後は 44 日目には 0.4mg/l にまで次第に上昇，66 日目には 0.55 mg/l，おおむね2ヶ月間は 50%以上の良好な吸着率が得られた。

滞留時間が 0.6 時間のケースでは，滞留時間が 1.7 時間のケースと比較して，実験開始当初から吸着率が低く，おおむね1ヶ月間は 40%程度の吸着率であった。

<参考文献>

- ①合屋重信，山口和彦，吉本国春，石川邦男，撞井静雄：湖沼などの富栄養化防止のための建設廃材による栄養塩類の削減に関する基礎的研究” 土木学会第 57 回年次学術



講演会，VII-211 (2002.)

- ②安田眞弘，佐々木理，石本弘治：製紙スラッジから作られる多孔質材料による排水路直接浄化への試み，土木学会第 59 回年次学術講演会，VII-029 (2004.)
- ③石本弘治，安田眞弘，折口壮志：多孔質材で水中の窒素，りんを効率除去，月刊地球環境，p. 35～p. 87，日本工業新聞社 (1998.11)
- ④佐々木理，安田眞弘，石本弘治：製紙汚泥焼却灰から作る水質浄化のフィールド試験による評価，土木学会第 56 回年次学術講演会，VII-171 (2001.)