

## II - 642

## 小粒径ろ材内での物理的作用によるSS除去に関する検討

建設省土木研究所 正会員 ○保持尚志 島谷幸宏

## 1. 概要

河川水などの直接浄化手法の一つである接触酸化法は、礫や木炭などを充填したろ材の中を2～30cm/minの流速で汚濁水を流下させ浄化を行う。接触酸化法では、汚濁物質に対して、物理的作用と生物的作用が働くものと考えられる。ここでは、比較的小粒径ろ材を用いた接触酸化法において、沈澱などの物理的作用によるSS除去の状況について検討した。

## 2. 実験

## 2.1 実験方法

## (1) 実験装置

内寸縦47cm横46cm幅12cmの透明アクリル製水槽を用いた(図-1)。水槽を多孔板で仕切り、その中に直径1.5cmのガラス球を詰めてろ材とした。水槽上部左右に直径5cm、下部左右に直径2cmのパイプを取り付け、別の水槽(100ℓ)から水をローラーポンプでくみあげ、内1本から注入し他の1本から排出する。水槽の仕切りと注入排出口を変えることで、流れの向きを上、下、横向きに設定できる。水槽の全容量は23ℓ、ろ層の全容量は11ℓ、ろ層の空隙率は51%であった。

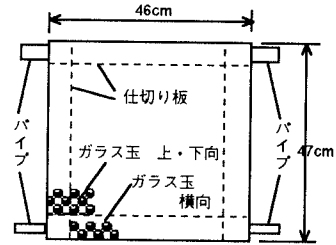


図-1 実験装置

表-1 実験条件

|              |             |   |    |    |    |    |  |  |
|--------------|-------------|---|----|----|----|----|--|--|
| 水温           | 15℃         |   |    |    |    |    |  |  |
| ろ材厚          | 30 cm       |   |    |    |    |    |  |  |
| SS材料         | 木炭2種 カオリナイト |   |    |    |    |    |  |  |
| 流れの向き        | 上向き・下向き・横向き |   |    |    |    |    |  |  |
| 流速<br>cm/min | ①           | 2 | 5  | 10 | 14 |    |  |  |
|              | ②           | 2 | 4  | 7  | 10 |    |  |  |
| Re数          | 4           | 9 | 11 | 15 | 22 | 31 |  |  |

## ①目視観察実験

## ②SS除去実験

- ・流速は流量を水槽の断面積で割った見かけの流速
- ・Re数は見かけの流速とろ材粒径から求めた

## (2) 実験条件(表-1)

SSの材料として粒径0.1mmと0.2mmの木炭粉、カオリナイト(粒径0.01～0.022mm)の3種類を用いた。木炭粉の沈降速度を測定すると、それぞれ20.5、44.2cm/minであった。カオリナイトについては目視観察から0.02cm/min～6cm/minの範囲に分布していると思われるが、分布状況については今回把握していない。

## 2.2 実験と結果

## (1) 目視観察結果

設定した流量の水道水を流し続け、0.1mmの木炭粉を混入させた水と、染料を、ろ層の最上流に流し込み、その様子を観察した。

図-2に流速が2cm/minでの木炭粉(0.1mm)の流下、堆積状況を示した。流れが乱れる様子はなく層流状態と思われた。木炭の粒子がろ材上部で流線からはずれてろ材の上面に落ちる様子が観察された。これは流速5cm/minの場合も同様であった。流速が10cm/minの場合には粒子が慣性によりろ材にぶつかり落下する様子が見られた。また流速が14cm/minになると、ろ材の下流部で渦が巻き乱流状態が見られた。図-3に流速5cm/minでの、ろ材内部における染料の拡散状況を示した。流れの向きが、上、下、横いずれの場合も流れ方向の拡散が大きく、これに比べ、流れに対して直角方向の拡散は小さかった。染料の流れる様子から実際の流速を計測した結果を表-2に示した。

## (2) 流向と浄化効果の違い

木炭粉とカオリナイトを用いて、流速、流れの向きと除去率の違いについて実験した。別途用意した100ℓの混合水槽においてSS濃度を1000mg/ℓに調整した濁水を流した。流入口と流出口でサンプルを採取しSSの計測を行い、除去率を求めた。その結果を表-3に示した。木炭粉は流速、流れの向きに関わらず、90%以上の除去率を示した。カオリナイトの場合は流れの向きと流速によって異なり、最高は65.9%、最低は7.5%であった。流速2cm/minでは横向き流れの方が除去率が高いが、速くなると上、下向きとの大きな差は見られなかった。

表-2 流速測定結果 (cm/min)

| 見かけの流速 | 実流速   |
|--------|-------|
| 2      | 4～7.5 |
| 5      | 9～20  |
| 10     | 16～40 |

(1)加藤、斉藤、宇多；環境技術 Vol17, pp46, 1988 (2)氷理公式集 (3)辻屋、和泉；都土木技研年報, pp125, 1990

## 3. 考察

流れの様子からSSの除去は流速が5cm/min程度までは主に沈澱によって行われ、それ以上の流速では沈澱とSS粒子によっては衝突による捕捉が行われることが分かった。またろ材内の流速分布についてみると、今回の実験では見かけの流速の1.6～4倍となる結果が得られた。加藤ら<sup>(1)</sup>は幾何的計算から、ろ材内の実流速を見かけの流速の1.86～4.3倍と設定している。計算値とほぼ等しい結果が得られた。またRe数を実流速と有効径<sup>(1)</sup>から求めると、見かけ流速2、5、10、14cm/minに対してそれぞれ1～7、3～18、5～36、8～50となる。一般に $Re \leq 1 \sim 10$ は層流といわれ<sup>(2)</sup>、目視観察結果から判断すると、見かけ流速2cm/minではろ材内は層流領域であり、それ以上の流速では層流と遷移領域が混在すると思われる。

カオリナイトの除去についてみると、流速が2cm/minと遅く、層流状態での横向き流れでの除去率が最も高かった。層流では、流れの向きと沈降向きがほぼ等しくなる上下方向流れに比べて、沈降向きが90度ずれる横向き流の方が沈澱に関して効果的なためと考えられる。

カオリナイトの沈澱除去について沈降式(式-1)を用いて除去率を求めた<sup>(3)</sup>。平均流速は、流速分布の中央値、表面積は球の上半分としてろ材面積の1/2の値を使った。横向き流れの場合はカオリナイトの沈降速度を0.07cm/min、上向きの場合は0.05cm/minとすると概ね現わすことができた(図-4)。下向きはあまり合わなかった。沈降速度の実測値(0.02～6cm/min)との関係については今回解析できなかった。ろ材内における沈澱現象について流れの向きや、実滞留時間を含めた表現方法に課題があることが分かった。

$$E = \frac{h}{H} = \frac{wt}{H} = \frac{wLA}{V}$$

$E$ : 除去率     $h$ : 沈降距離     $H$ : 水深=V/A  
 $t$ : 滞留時間     $w$ : 沈降速度     $L$ : 流下距離=30cm  
 $A$ : 表面積     $v$ : 平均流速     $V$ : 空腔体積

式-1 沈澱による除去率

## 4. まとめ

小粒径ろ材がSS粒子をトラップする状況について、目視観察を中心に実験を行った。その結果、内部流速が遅い層流状況下ではSSの除去は沈澱によるもので、その除去率はSS粒子の沈降速度に支配されることが分かった。内部流速分布は見かけの流速の1.6～4倍で、見かけの滞留時間と実滞留時間との間には差があること、ろ材内の沈澱現象の表現方法に課題があることが分かった。

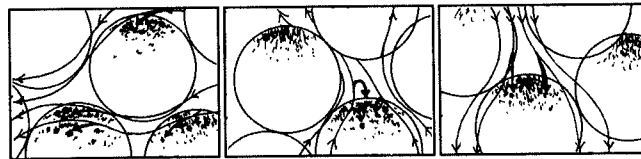


図-2 流速2cm/minにおける木炭粉の流れと堆積状況

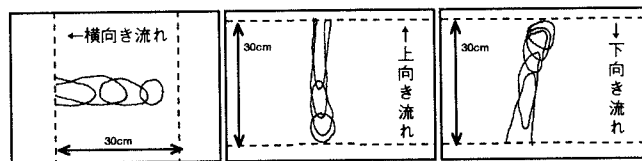


図-3 流速5cm/minにおける染料の流れ

表-3 除去率%

| 材料     | 向き | 流速 cm/min |      |      |      |
|--------|----|-----------|------|------|------|
|        |    | 2         | 4    | 7    | 10   |
| 木炭     | 上  | 98.9      | 99.5 | 99.0 | 97.1 |
|        | 下  | 98.3      | 99.9 | 99.9 | 97.4 |
|        | 横  | 98.9      | 99.1 | 99.5 | 97.2 |
| 木炭0.2  | 上  | 100       | 98.4 | 98.3 | 97.4 |
|        | 下  | 100       | 96.7 | 92.7 | 88.9 |
|        | 横  | 100       | 97.5 | 95.6 | 94.9 |
| カオリナイト | 上  | 46.5      | 26.1 | 14.8 | 9.6  |
|        | 下  | 43.1      | 31.7 | 24.8 | 7.5  |
|        | 横  | 65.9      | 36.2 | 21.0 | 8.2  |

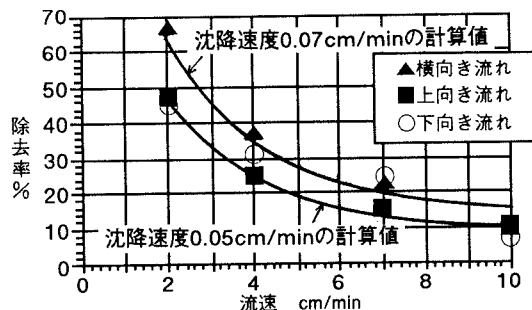


図-4 カオリナイト除去率と計算値