

II-414 浮上性粒子を用いた濾過法による下排水の固液分離に関する研究

清水建設株式会社 技術研究所 正会員 高坂 信章
 同上 正会員 毛利 光男
 同上 正会員 丹羽 千明

1. はじめに 下排水処理にあたり、排水中の懸濁物質を高い除去率で除去し二次処理の負荷を軽減すると同時に省エネルギー的かつ省面積的に処理する手法として、最初沈殿池代替の浮上性粒子を用いた濾過法を現在、研究・開発中である^{1) 2)}。本研究は、スケールアップした実験装置を用い、まず単段供給時の濾過性能を明らかにし、このときの濾層内損失水頭の分布を把握して、濾層深さ方向に多段に設置した供給管を用いた切り替え供給実験時の濾過性能を明らかにした。

2. 実験装置および実験条件 実験には図-1に示す断面積0.49m²、槽高2.5mの濾過装置を用い下向流濾過を行った。濾材には表-1に示す物性を有する浮上性の発泡ポリスチレン粒子を用いた。浮上性粒子により構成される濾層内に供給管を50cm間隔で多段に設置し、濾層内損失水頭の上昇後、上段から順次切り替えて供給が行なえるよう工夫した。流入原水および処理水のSS濃度はSS計、濾過速度は電磁流量計、濾層内損失水頭の分布は圧力変換器を用いて自動計測を行った。実験に用いた原水は某団地処理場の生活排水でその性状を処理水性状とともに表-2に示す。実験は、濾層厚 L（使用した供給管下方の有効濾層厚をさす）79cm～149cm、濾過速度 LV= 50～180m/day（1.02～3.68m³/hr）の範囲で行った。損失水頭 h が $(1 - \varepsilon) L = 0.6 L$ （ $\varepsilon = 0.4$ ：間隙率）まで上昇すると濾材の浮力と理論上釣り合い、さらに損失水頭が上昇すると濾層が破断状態となることより、安全率2を見込み0.6 L/2=0.3Lを設定損失水頭とし、逆洗ないし供給管切り替えの目安とした。

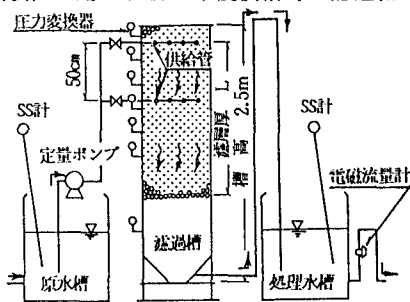


図-1 実験装置図

表-1 浮上性粒子の物性

材質	最大径 (mm)	最小径 (mm)	平均径 (mm)	均等係数	粒子密度 (g/cm ³)	間隙率 (%)
発泡ポリスチレン	3.40	2.14	2.71	1.19	0.003	40.0

表-2 原水・処理水の主な性状

水質項目	原水	処理水
SS (mg/L)	70~240 ave 125.5	14~58 ave 27.0
T-COD (mg/L)	56~152 ave 92.1	24~98 ave 50.1

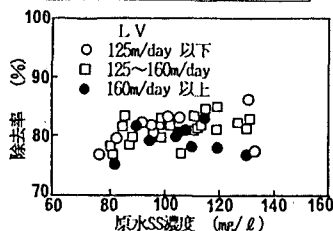


図-2 原水SS濃度と除去率の関係

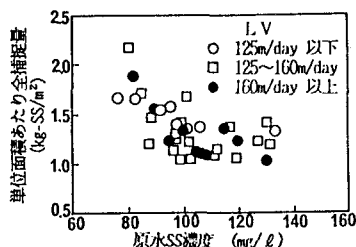


図-3 原水SS濃度と全捕捉量の関係

3. 実験結果および考察

3.1 単段供給時の濾過性能について

原水SS濃度、濾過速度、濾層厚、による濾過性能の変化を把握するために単段供給濾過実験を行った。図-2に原水SS濃度と除去率の関係を示す。除去率は75～85%の範囲に分布しており、原水SS濃度が高くなると多少増加すること、濾過速度が大きいと若干減少すること、がわかる。図-3に原水SS濃度と単位面積あたり全捕捉量の関係を示す。捕捉可能量は、原水SS濃度の増加に伴い指数関数的に減少すること、濾過速度が大きいと若干減少すること、がわかる。この処理場における通常原水SS濃度80～120mg/ℓに対しては、1.0～1.5kg-SS/m²の捕捉が可能であることがわかった。また今回実験を行った濾層厚の範囲に関しては除去率・捕捉可能量とも有意な差は認められなかった。

図-4に原水および処理水SS分の粒径分布を示す。8～20μmで除去率80%、20μm以上ではほぼ完全に除去されており、除去率・

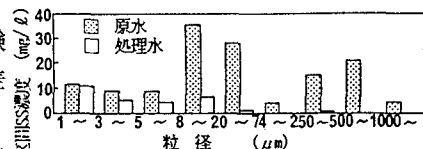


図-4 原水および処理水の粒径分布特性

捕捉可能量が原水SS分の粒径分布に影響されることが予想される。

3. 2 濾層内損失水頭（圧損）について

圧損 h の上昇を濾層厚 L 、濾過速度 v の変化に対し一義的に評価するために透水係数 k の考え方を導入する。ダルシーの法則より、

$$v = k \cdot h / L \quad \therefore k = v \cdot L / h \quad \text{----- (1)}$$

k は速度と同じ次元を有する。濾過の進行に伴い圧損 h が上昇すると透水係数 k は減少する。図—5 に捕捉SS量による透水係数の変化を示す。透水係数はSS捕捉に伴い徐々に減少しある時点より急激に低下する。また原水SS濃度が高いほど透水係数の低下が速く全捕捉可能SS量は減少する。また図—6 に示すように全捕捉可能量の残存捕捉可能量に対する比の対数値と透水係数が直線関係にあることが判明した。図—3、図—6、式(1) より原水SS濃度と濾層深さ方向圧損分布がわかれば、濾層内捕捉SS量の分布が推定できる。

図—7 は損失水頭上昇率（圧損上昇量／全圧損上昇量）の分布を濾層深さ方向について示したものである。この図より濾層深さ 0～10cm における圧損が全圧損の50～70%を占めており、濾層深さ50cm以深における圧損は全圧損の数%にしか過ぎない。上述のように圧損と捕捉量の関係は一義的に表されることがから濾過が有効に行われているのは、濾層表層部近傍にしか過ぎないことがわかった。

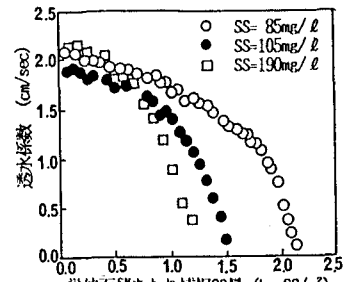
3. 3 多段切り替え供給時の濾過性能について

図—8 に以上の結果を要約し、多段切り替え供給時の性能を模式的に表した。通水開始時には (a) に示される初期圧損分布を示す。

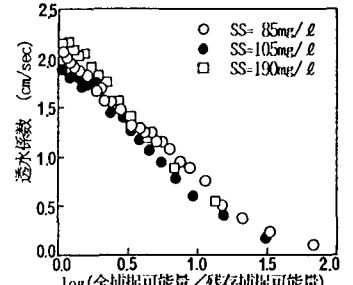
(b) は濾層内部濾過が均一に行われたときの圧損分布を示したものであり、単段の供給管のみを使用した場合 (c) に示されるように圧損（SS分の捕捉）は濾層表層部のみが卓越しており濾層全層が有効に利用されているとはいえない。(d) は濾層全層を利用するために多段に設置した供給管を上方より順次切り替え使用したときの各供給段階における圧損分布を示したものであり (b) の状態に近づいていることがわかる。また各切り替え段階における捕捉可能量は、上部供給段階までのSS分捕捉による圧損上昇、および濾層厚の減少による設定損失水頭の低下、により徐々に減少する。

図—9 に2段切り替え実験を行ったときの第1段および第2段供給管下の透水係数の変化を捕捉SS量との関係で示す。第2段より下の透水係数は第1段供給時徐々に低下し、第2段供給開始後は第1段供給時における第1段供給管下の透水係数の減少とはほぼ相似な曲線で低下する。切り替え供給により全捕捉量は単段供給時の 1.6～1.8 倍に改善された。

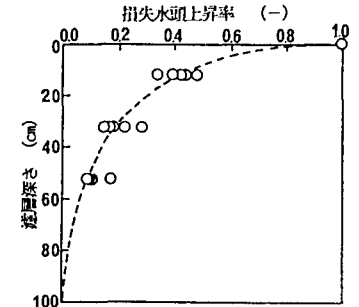
4. おわりに 浮上性粒子を用いた濾過法の機構を把握するとともに、多段切り替え供給により、高水質が得られることと合わせ内部濾過の促進が可能であることがわかり、本法の有効性が判明した。尚、本研究はバイオフォーカスWTの一環として建設省土木研究所と実施している共同研究の一部である。



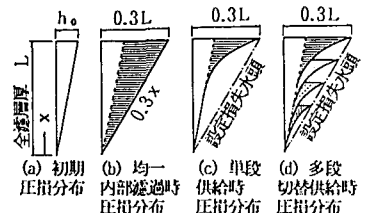
図—5 捕捉SS量による透水係数の変化



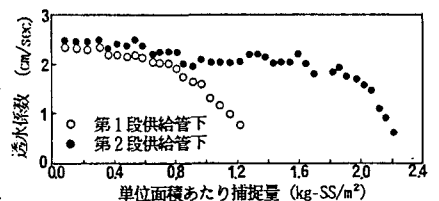
図—6 $\log(\text{全捕捉可能量}/\text{残存捕捉可能量})$ と透水係数の関係



図—7 損失水頭上昇率の深さ方向の変化



図—8 切り替え供給時の圧損分布模式図



図—9 切り替え供給時の透水係数の変化

参考文献 1) 丹羽, 浮上性粒子を用いた濾過法による生活排水の固液分離, 土木学会第42回年次学術講演会講演概要集—II, PP.788-789
2) 毛利, 浮上性粒子を用いた濾過法における逆洗手法に関する研究, 同上, PP.790-791