

II-416 浮上性粒子濾過法における水エゼクタ逆洗に関する研究

清水建設(株) 技術研究所 正員 毛利 光男
 " 正員 高坂 信章
 " 正員 丹羽 千明

1. はじめに 下排水処理に当り、排水中から高濃度のまま（スクリーン処理水或いは、初沈流出水を想定）懸濁性固形物を高効率かつ経済的に分離・除去する方法として浮上性粒子を用いた濾過法の研究開発を実施している。本研究では、高濃度にSSを捕捉している濾材粒子を効果的に洗浄し、かつ逆洗水量比を少なくするという点から逆洗装置に水エゼクタを用いている。本報告では、①水エゼクタ逆洗モデル、②浮上性粒子濾過のSS除去・捕捉能力と逆洗水量比、逆洗排水濃度との関係、③水エゼクタ逆洗の濾材洗浄効果について述べる。

2. 水エゼクタ逆洗及び逆洗工程について

水エゼクタ逆洗装置を図-1に示す。濾材粒子を上部からエゼクタ内に吸引しエゼクタ内の剪断力で粒子からSSを剥離させ、吐出管下端で粒子とSSを放出し粒子は浮上して再び濾層を形成する。この操作を上部より行い一巡させることにより効果的に洗浄できる。

水エゼクタによる濾層の逆洗工程を図-2に示す。1回目、2回目の逆洗は、洗浄水に原水を用い、3回目は、濾過処理水を用いる。

3. 水エゼクタ逆洗性能把握試験について

水エゼクタ逆洗モデルや逆洗水量比、洗浄能力等の逆洗性能を把握するため、図-1に示した実験装置を用い、某団地処理場の生活排水の濾過連続実験を'87年10月より6ヶ月間に亘り行った。実験装置の仕様と実験条件及び原水と濾過処理水の主な性状を表-1に、又、粒子の物性を表-2に示す。

4. 実験結果と考察

4-1 水エゼクタ逆洗モデルについて

本逆洗は、濾過槽及び逆洗水槽全体での完全混合モデルであると考えられるので、逆洗排水SS濃度は、以下の式で表現できる。

$$\text{逆洗排水濃度} = \frac{\text{濾層内捕捉SS量} + \text{濾過槽下部水SS量} + \text{逆洗水槽SS量}}{\text{濾層間隙水量} + \text{濾過槽下部水量} + \text{逆洗水槽水量}}$$

図-3に示した逆洗排水SS濃度の実データと計算値との比較から、上記モデルの妥当性が確認できた。これより、濾過槽と逆洗水槽の容量を濾層体積を基準として表現すると1～3回目の各逆洗排水濃度 ($C_1 \sim C_3$) は、捕捉（可能）SS量 q_0 を用いて以下の式で表せる。

$$C_1 = \frac{q_0 \times 10^3 / H_0 + \{N_1(1-r) + N_2\} C_0}{\varepsilon + N_1 + N_2} \quad (\because H_0(\text{m}); \text{濾層厚})$$

$$C_2 = \frac{\varepsilon C_1 + (N_1 + N_2) C_0}{\varepsilon + N_1 + N_2} \quad C_3 = \frac{\varepsilon C_2 + (N_1 + N_2)(1-r) C_0}{\varepsilon + N_1 + N_2}$$

C_i (mg/L); i 回目の逆洗排水濃度, C_0 (mg/L); 原水濃度

N_1 (-); 下部水量/濾層体積, N_2 (-); 逆洗水槽水量/濾層体積

q_0 (kg-SS/m²); 捕捉SS量, ε (-); 濾材間隙率, r (-); SS除去率

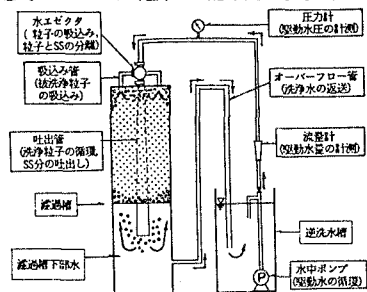


図-1 水エゼクタ装置の逆洗工程（マイロットプラントで実施された逆洗工程）

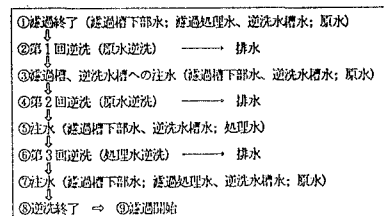


図-2 逆洗工程のフローチャート

表-1 実験条件及び原水・処理水の主な性状

実験条件	濾過槽	逆洗水槽
	2.5m X 0.7m X 0.7m	500 L
有効濾層厚	79~149 (cm)	
濾過速度	50~180 (m/day)	
逆洗頻度	1~3 (回/日)	
水エゼクタ	サイ 1'1/4 X 2 X 2 (B)	駆動水圧 1.9kg/cm ²
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	24~93 ave 50.1

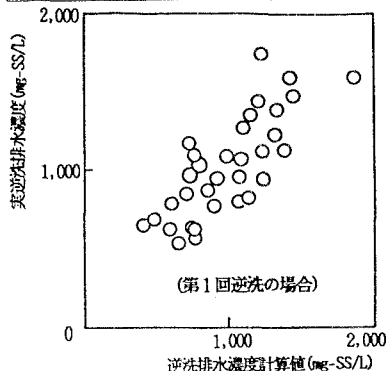


図-3 逆洗排水濃度計算値と実逆洗濃度との比較

4-2 逆洗排水濃度について

捕捉SS量 q_0 と1～3回逆洗排水濃度との関係を図-4に示す。各逆洗排水濃度が、捕捉SS量 q_0 に対して前述の関係式通り、段階的に減少することが確認できた。有効濾層厚 100cm, $N_1=0.85$, $N_2=0.4$ の設定で、捕捉SS量が 2.0kg-SS/m² の場合は、1回目の排水濃度は約1,100mg/L、2回目は約600mg/L、3回目は約300mg/L となる。

4-3 逆洗水量比と濾材内残存SS量比について

本逆洗工程の場合、逆洗水量比と濾材内残存SS量比（濾材内残存SS量／捕捉（可能）SS量）は、次式で表される。

$$\text{逆洗水量比(\%)} = \frac{\text{逆洗に必要な処理水量}}{\text{濾過処理水量}} = \frac{r C_0 (2\varepsilon + 2N_1 + N_2)}{q_0 \times 10^3 / H_0 - \varepsilon C_3}$$

$$\text{濾材内残存SS量比(\%)} = \frac{\text{濾材内残存SS量}}{\text{捕捉可能SS量}} = \frac{\varepsilon C_3}{q_0 \times 10^3 / H_0}$$

捕捉可能SS量と逆洗水量比及び濾材内残存SS量比との関係（濾層厚；3m, $N_1=0.5$, $N_2=0.15$ の場合）を図-5に示す。逆洗水量比、濾材内残存SS量比ともに捕捉可能SS量が大きい程小さく、又除去率が一定の場合、原水SS濃度が低い程小さくなる。又、逆洗水量比及び濾材内残存SS量比は、下部水量と逆洗水槽水量によっても大きく変わる。濾層厚；3m, 捕捉SS量；6.0 kg-SS/m² の場合の N_1 , N_2 と逆洗水量比、濾材内残存SS量比の関係を図-6に示す。 N_1 が大きい程逆洗水量比は大きく、濾材内残存SS量比は小さくなる。設計では、目標設定値（逆洗水量比、残存SS量比等）、捕捉可能SS量、及び原水水質の間の上記相互関係より、 N_1 , N_2 を決定すれば良い。

4-4 水エゼクタ逆洗による濾材洗浄効果について

有効濾層厚 100cm～135cm, $N_1=0.45\sim0.85$, $N_2=0.3\sim0.4$ の運転条件下で連続運転を行い、濾材洗浄効果を把握するため初期透水係数を測定した。結果を図-7に示す。濾材内残存SS量比の違い等により、初期透水係数は、多少ばらつくが、181回の逆洗回数の範囲で、概略 2～3cm/sec (平均2.4cm/sec) であり、常に安定して良好な洗浄が行われていることが認められた。又、マッドボールが発生していないことを定期的に目視により確認した。

5. まとめ 浮上性粒子を効率良く洗浄する手法の1つである水エゼクタ逆洗について検討を行った。

①水エゼクタ逆洗は、濾過槽・逆洗水槽全体での完全混合モデルで説明できる。②逆洗排水濃度は、1,2,3回と段階的に減少していく。又、全体逆洗水量を変える事により排水濃度をコントロールできる。③下部水量(N_1)と逆洗水槽水量(N_2)は、目標設定値（逆洗水量比、残存SS量比等）、捕捉可能SS量、及び原水水質の間の上記相互関係式より決定する。

④本逆洗手法により、濾材は、良好に洗浄される。

尚、本研究は、バイオフィォーカスWTの一環としての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。

表-2 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)	間隙水率 (%)
発泡ポリスチレン	3.40	2.14	2.71	1.19	0.003	40.0

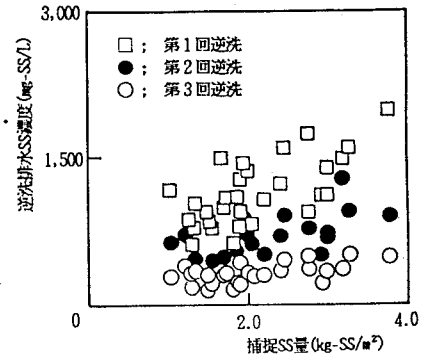


図-4 捕捉SS量と1,2,3回逆洗排水濃度との関係

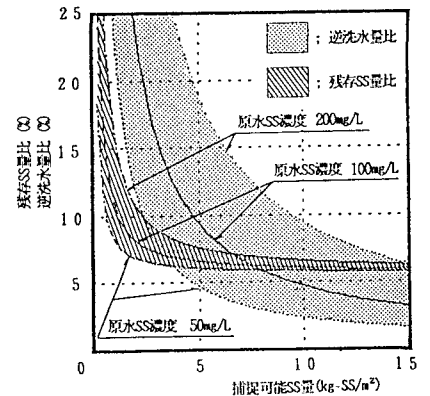


図-5 捕捉可能SS量と逆洗水量比、残存SS量比との関係

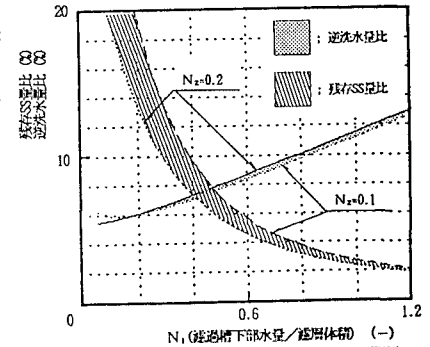


図-6 N_1 と逆洗水量比、残存SS量比との関係

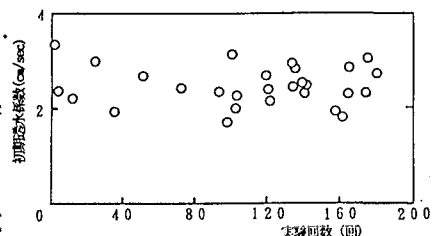


図-7 逆洗回数と初期透水係数の変化