

II-1

2 階床直接ろ過による下水2次処理水の高度処理
 - 除去性能に及ぼす砂粒径の影響 -

室蘭工業大学 学生員 五百蔵 浩史
 室蘭工業大学 正 員 穂積 準
 室蘭工業大学 正 員 吉田 英樹
 室蘭工業大学 学生員 馬拉夫 加爾肯

1. はじめに

下水2次処理水を修景用水あるいは親水用水として再利用するためには濁度のみならず色度などの低減化を図らなければならない。また、できるだけろ過継続時間を延長させることが肝要である。そこで人工の半円筒状粗大ろ材と、天然砂からなる2層ろ過法を考え、従来からの除去対象である浮遊性物質と、これまでほとんど取り上げられていない色度などの溶解性物質の同時除去を目的として、そのろ過特性について検討を加えてきた^{1,2)}。本研究は粒径の異なる3種類の砂層を用い、2階床ろ過の濁度、色度、リン酸の除去能力、ろ過継続時間と濁質の抑留深さに及ぼす砂粒径の影響について検討したものである。

2. 実験装置と実験方法

実験装置は図1に示すようで、M市某下水処理場に設置した。ろ過装置本体は粗大ろ材層と砂層からなる2階床式ろ過筒であり、ろ過筒の直径は8.0cmである。砂層には砂粒径が0.59~0.71mm、0.85~1.00mm、1.00~1.20mmの3種類の砂を用い、粗大ろ材として内径2mm、外径4mm、長さ6mmのビニルチューブを半円筒状に切断したものを用いた。砂層厚は60cm、粗大ろ材層厚は90cmである。また、原水として下水2次処理水を用い、凝集剤として硫酸アルミニウムを用いた。凝集

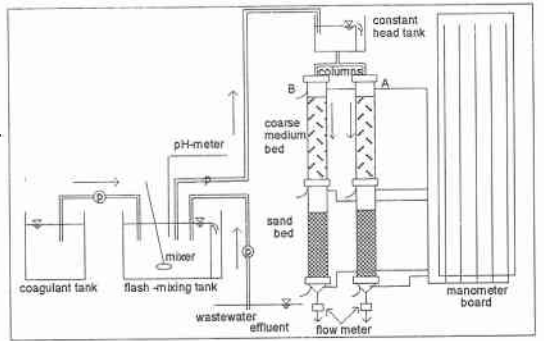


図1-実験装置概略図

集条件は上記原水を用いた場合の本ろ過法の最適条件である Al^{3+} 注入率4mg/l、pH5.5~6.0に設定した。ろ過速度は120、240、360m/dに変化させた。サンプルを所定時間ごとに所定カ所から採取し、濁度、色度、リン酸を測定すると同時に損失水頭をマンメーターで測定した。本実験では損失水頭の許容限界値を3mとし、損失水頭が許容限界値に達した時点でろ過を終了した。実験終了後は逆流洗浄によりろ層を洗浄し、次の実験を行った。

3. 実験結果及び考察

図2~図3は砂粒径が0.59~0.71mmの砂層を用いた場合のろ過速度120m/dと240m/dにおけるろ過水濁度及び損失水頭の経時変化を示したものである。いずれのろ過速度においても砂層からの流出濁度は損失水頭が許容限界値に達するまでのろ過継続時間中を通じて1.0mg/l程度の安定した値を示している。つまり、ろ層が濁質抑留能力を保持した状態で損失水頭が許容限界値に達している。ろ過速度360m/dの場合も同様である。したがって、砂粒径を大きくすることによってろ過水の水質を劣化させることなく、損失水頭が許容限界値に達するまでのろ過継続時間を大幅に延長することが可能である。そこで、砂粒径を変化させて実験を行った。砂粒径が0.85~1.00mmの砂層を用いた場合、ろ過速度1

Advanced Treatment of Secondary Wastewater Effluent by Direct Filtration in a Dual Media Filter
 by Hirofumi IOROI, Hitoshi HOZUMI, Hideki YOSHIDA and Manav JARHEN

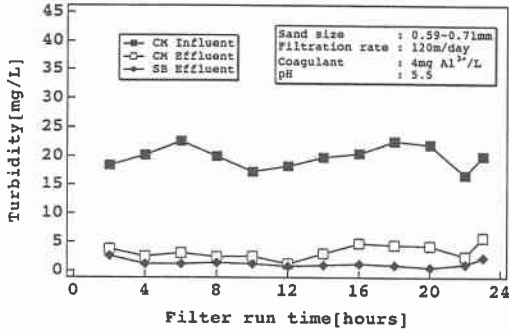


図 2(a)-ろ過水濁度の経時変化

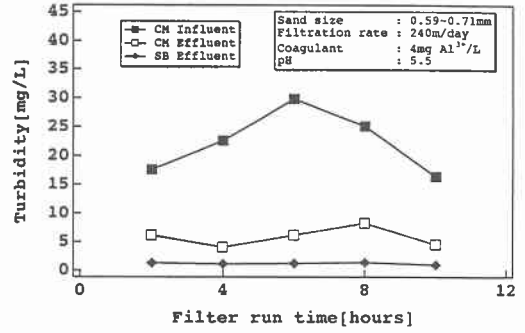


図 3(a)-ろ過水濁度の経時変化

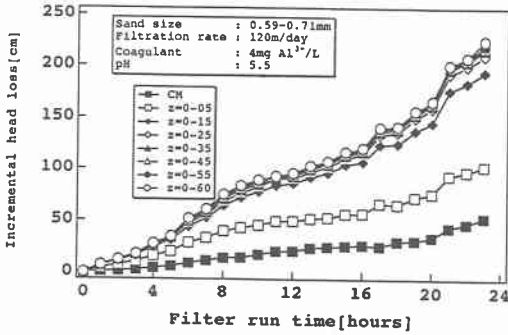


図 2(b)-損失水頭の経時変化

20 m/d では許容損失水頭に達するまでのろ過継続時間は 30 時間以上に延長でき、この期間中、濁度 1.5 mg/l 程度の安定したろ過水が得られた。図 4 は砂粒径 0.85~1.00 mm、ろ過速度 240 m/d の結果を示したものであるが、この場合は許容損失水頭に達するまでの時間は 19 時間程度であるが、ろ過の進行に伴ってろ過水濁度は上昇し、ろ過 14 時間以降では 5.0 mg/l 以上となっている。つまり、この場合は損失水頭が許容限界値に達する以前に、ろ層の濁質抑留能力は大幅に低下している。

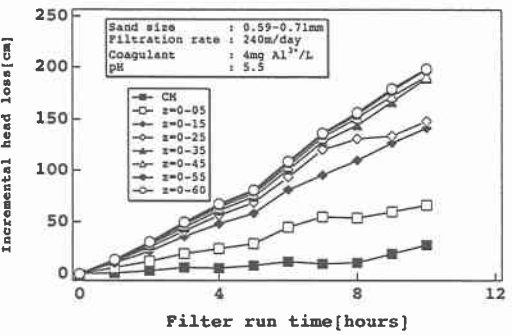


図 3(b)-損失水頭の経時変化

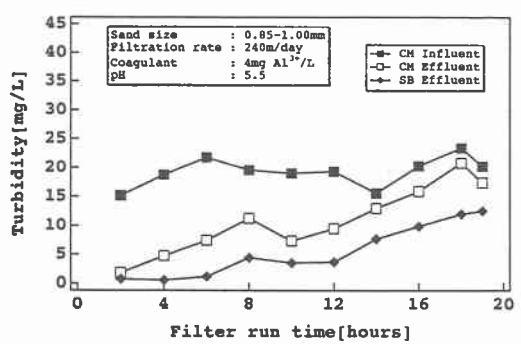


図 4(a)-ろ過水濁度の経時変化

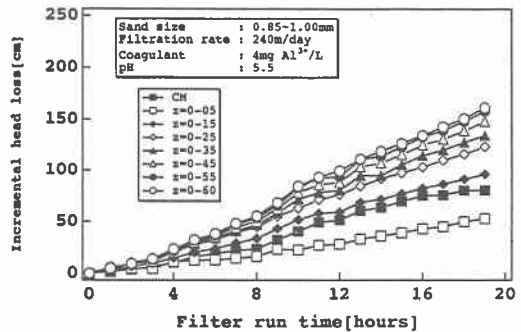


図 4(b)-損失水頭の経時変化

表 1 は許容損失水頭を 3 m とした場合のろ過継続時間 T_A と許容ろ過水濁度を親水用水として再利用する場合の暫定基準(1990年・建設省案)である 5.0 mg/l とした場合のろ過継続時間 T_B 、及びこれらに対応するろ過水量 V_A 、 V_B をろ過実験より求めて示したものである。なお、本実験ではろ過初期に許容限界値を上回る濁度が漏出する初期のブレイクスルーはなかった。許容損失水頭から見たろ過継続時間 T_A はろ過速度の増大とともに短くなり、砂粒径の増大とともに長くなる。これはろ過速度が大きくなる程、ろ層の初期損失水頭が大きくなり、ろ過の有効水頭が小さくなる

表1 2種類のろ過継続時間とろ過水量

砂粒径(mm)	0.59~0.71			0.85~1.00			1.00~1.20		
ろ過速度(m/d)	120	240	360	120	240	360	120	240	360
ろ過継続時間 T_A (h)	23.5	9.75	6.5	30以上	19.0	9.75	30以上	20.5	11.0
ろ過継続時間 T_B (h)	-	-	-	-	12.0	6.0	-	13.0	4.0
ろ過水量 V_A (m^3/m^2)	117.5	97.5	97.5	150以上	190.0	146.3	150以上	205.0	165.0
ろ過水量 V_B (m^3/m^2)	-	-	-	-	120.0	90.0	-	130.0	60.0

とともに、ろ層への流入濁質量が増大すること、及び、砂粒径が大きくなる程、ろ層の初期損失水頭が小さくなるとともに、より深層ろ過になることによるものである。砂粒径0.85~1.00mm以上、ろ過速度240m/d以上ではろ過継続時間は許容ろ過水濁度に支配される。ろ過速度240m/dの場合にはろ過継続時間(T_B)は砂粒径1.00~1.20mmで最も長くなるが、ろ過速度360m/dの場合には砂粒径0.85~1.00mm、1.00~1.20mmにおけるろ過継続時間 T_B は砂粒径0.59~0.71mmにおけるろ過継続時間 T_A より短くなり、かえって不利となる。ろ層構成の最適条件は損失水頭とろ過水濁度が同時に許容限界値に達することとされている。この点からみると、ろ層厚を60cmと固定した場合、最適砂粒径はろ過速度120m/dでは1.00~1.20mmより大きいものと考えられる。ろ過速度240m/dの場合は砂粒径0.59~0.71mmでは許容損失水頭によって、0.85~1.00mmでは許容ろ過水濁度によってろ過継続時間が支配されるので、最適砂粒径はこの中間の0.71~0.85mm程度と考えられる。ろ過速度360m/dの場合の最適砂粒径は240m/dの場合とほぼ同程度となる。ただし、ろ過速度360m/dの場合ではろ過継続時間が6~7時間と極めて短くなるので、凝集操作を施した場合、360m/dのろ過速度を採用することは実用的ではないものと考えられる。

図5はろ過終了時における砂層各深さにおける損失水頭的全損失水頭に対する割合を砂粒径が0.59~0.71mmの砂層を例にとって示したものである。同一ろ層深さにおける損失水頭の発生割合 $\Delta H/H$ はろ過速度が大きい程小さくなり、ろ過速度の増大とともに深さ方向により均等なるろ過が進行することを示している。また、同一ろ層における損失水頭の発生割合は砂粒径が大きい程小さくなり、砂粒径の増大とともに均等なるろ過が進行する結果が得られた。ただし、いずれの砂粒径においても、ろ過速度240m/dと360m/dでは同一ろ層深さにおける $\Delta H/H$ に大きな差異は見られなかった。

図6はろ過終了時における濁質抑留深さと砂粒径の関係を示したものである。この場合の濁質抑留深さは実験終了時に全損失水頭の95%が発生する砂層の深さをとった。砂層の濁質抑留深さは砂粒径の増大とともに深くなるが、砂粒径0.85~1.00mm以上ではほとんど変わらない。また、濁質抑留深さはろ過速度の増大とともに深くなるが、砂粒径0.85~1.

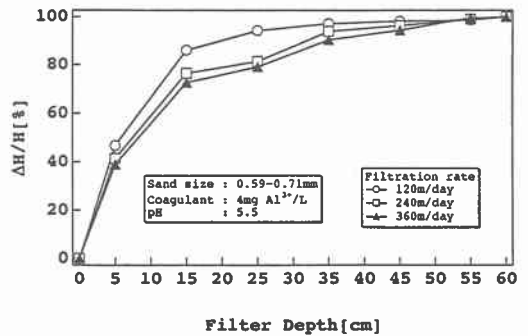


図5-ろ過終了時における砂層各層の損失水頭的全損失水頭に対する割合

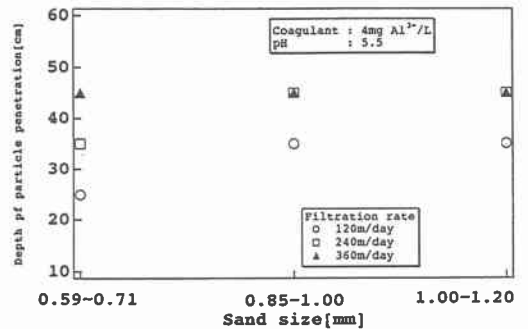


図6-濁質抑留深さと砂粒径の関係

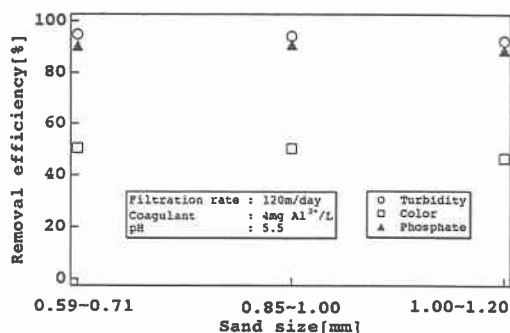


図 7(a)-各水質の平均除去率と砂粒径の関係

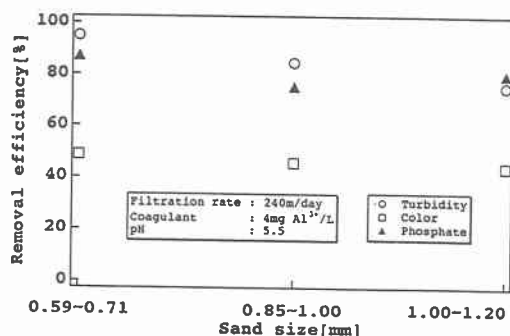


図 7(b)-各水質の平均除去率と砂粒径の関係

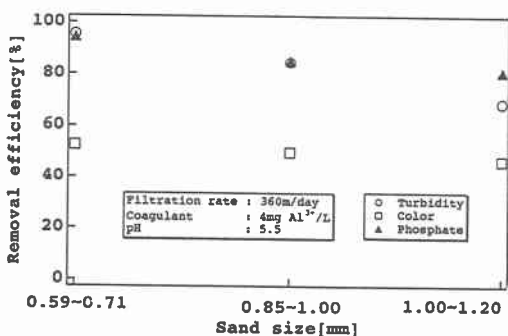


図 7(c)-各水質の平均除去率と砂粒径の関係

0.0 mm 以上ではろ過速度を 240 m/d 以上に増大させても濁質抑留深さはほとんど変化しない。

図 7 は各砂粒径における濁度、色度、リン酸の平均除去率をろ過速度別に示したものである。ろ過速度 120 m/d の場合、各水質の平均除去率はいずれの砂粒径においてもほぼ一定で、濁度は 95% 程度、色度は 50% 程度、リン酸は 90% 程度の高い除去率が得られている。また、前述したようにろ過継続期間を通して安定したろ過水が得られている。ろ過速度 240 m/d 以上のろ過の場合では砂粒径が 0.85 ~ 1.00 mm 以上になると、前述したようにろ過前半では安定した良好なるろ過水が得られるものの、ろ過後半では砂層の濁質抑留能力が失われる結果、ろ過期間全体としての平均除去率は図 7(b)、(c) に示されるように低下する。例えば、濁度の平均除去率についてみると、砂粒径 0.85 ~ 1.00 mm 以上では砂粒径 0.59 ~ 0.71 mm の場合より 10 ~ 15% 程度低下している。

4. 結論

- (1) 2階床ろ過におけるろ過継続時間は砂粒径 0.59 ~ 0.71 mm の場合には許容損失水頭によって決定され、砂粒径 0.85 ~ 1.00 mm 以上の場合にはろ過速度 120 m/d では許容損失水頭によって、ろ過速度 240 m/d 以上では許容ろ過水濁度によって決定される。
- (2) 砂層厚を 60 cm に固定した場合の 2階床ろ過における最適砂粒径はろ過速度 120 m/d では 1.20 mm 以上、ろ過速度 240 m/d、360 m/d では 0.71 ~ 0.85 mm 程度である。
- (3) 凝集操作を伴う場合、ろ過速度 360 m/d ではろ過継続時間が極めて短く、ろ層の洗浄を考慮すると 360 m/d のろ過速度の採用は実用的ではない。
- (4) 砂層での濁質抑留深さは砂粒径の増大とともに、また、ろ過速度の増大とともに深くなるが、砂粒径 0.85 ~ 1.00 mm 以上の場合、ろ過速度を 240 m/d 以上ではほぼ同一となる。

5. 参考文献

- (1) N' GUESSAN BI TOZAN Michel, Hitoshi HOZUMI, Hideki YOSHIDA, Hironobu UEDA: CHARACTERISTICS OF A DUAL-MEDIA FILTER IN DIRECT FILTRATION PROCESS, THE 49th Annual Conference of JSCE-Hokkaido branch, 02. 93
- (2) 穂積準、吉田英樹、馬拉夫加爾肯、五百蔵浩史: 2階床ろ層による下水 2次処理水の高度処理に関する研究、環境工学論文報告集、pp339~pp347、(H. 7. 12)