

II-69

2 階床直接汙過における最適砂粒径

室蘭工業大学 学生員 上田 浩伸

室蘭工業大学 正 員 穂積 準

室蘭工業大学 正 員 吉田 英樹

1. はじめに

本報告は、高濁度原水に対応しうる直接汙過法として、粗大汙材-砂2階床直接汙過法^{1, 2)}を採り上げ、粗大汙材層の濁質抑留能力やその汙過継続時間の延長効果、濁質抑留能力の砂粒径による相違、損失水頭と汙過水濁度の許容限度からみた最適粒径などの基礎的な特性について検討すると共に、2階床直接汙過と単床直接汙過について比較したものである。

2. 実験装置と方法

実験装置は図-1に示すようである。汙過装置本体は2つからなり、一方は砂層のみから成る単床式汙過筒で、もう一方は粗大汙材層と砂層から成る2階床式汙過筒である。いずれも汙過筒の直径は7.5cmである。砂は粒径0.59~0.71mm、0.71~0.85mm、0.85~1.00mm、1.00~1.20mm、粗大汙材は内径2mm、外径4mm、長さ6mmで塩化ビニルチューブを半円筒状に切断したものを用い、砂層厚は60cm、粗大汙材層厚は90cmである。実験は直接汙過法によった。濁質として市販のカオリン、凝集剤として硫酸アルミニウムを用い、原水濁度を20mg/lの一定条件とし、ALT比及び汙過速度を所定値に調整した後、清水の満たした汙過筒内に濁質を流入させる。次いで、所定時間毎にサンプルを5カ所から採取し、濁度を測定すると同時に損失水頭をマンノメーターで測定する。実験は損失水頭が2.5mに達するか、もしくは汙過水濁度が2mg/lに達した時点で終了する。実験終了後は逆流洗浄により汙層を洗浄し、再び実験を行う。

3. 実験結果及び考察

i) 砂粒径による汙過継続時間及び最終抑留量の変化

図-2、3は汙過水濁度と損失水頭の経時変化を砂粒径0.59~0.71mm、汙過速度240m/day、ALT比0.05の場合を例にとって示したものである。単床汙過(単独砂層)では汙過継続時間が4時間で許容損失水頭2.5mに達してしまうが、2階床汙過(粗大汙材層+砂層)では9時間と単床汙過の2倍以上にも汙過継続時間が延長される。2階床汙過では粗大汙材層で原水濁度のほぼ80%が除去され、またこの場合の汙過終了時における粗大汙材層の損失水頭は10cm程度で、全損失水頭の5%にも満たない。このような粗大汙材層の汙過作用により、砂層に

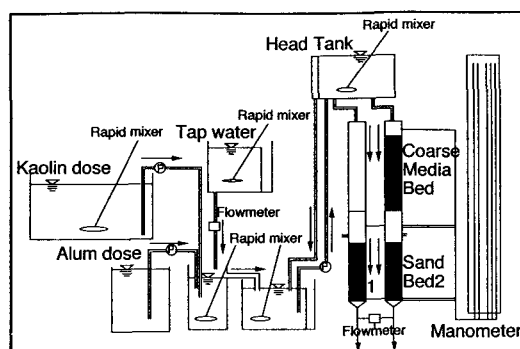


図-1 実験装置概略図

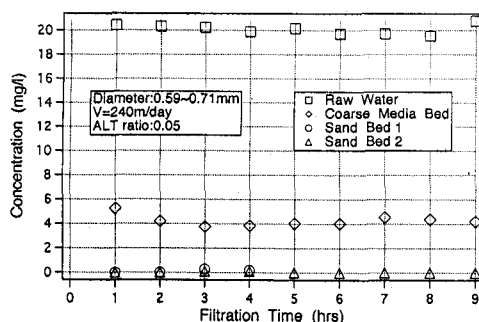


図-2 ろ過水濁度の経時変化

Optimum Grain Size of Two Story Direct Filtration

by Hironobu UEDA, Hitoshi HOZUMI and Hideki YOSHIDA

流入する濁度が著しく低減され、2階床の砂層の損失水頭は単床に比べて著しく小さくなり、許容限界値に達するまでの汙過継続時間が大幅に延長される。

図-4は汙過継続時間の伸び率(T_2/T_1)を砂粒径に対しプロットしたものである。ここで T_1 、 T_2 は単床と2階床の汙過継続時間である。汙過継続時間は2階床汙過では単床汙過の1.5~2.5倍にも達する。また、汙過継続時間の伸び率は砂粒径の増大と共にほぼ直線的に減少する。これは2階床汙過では粗大汙材層の濁質抑留効果によって、下部の砂層に流入する濁度が低減されるので砂粒径が小さい場合でも、均等な汙過が進行する。大きくしてもその均等化の程度は単床汙過よりも小さい。また、この伸び率は汙過速度が増加すると粗大汙材層の濁質抑留効果が低減されるので減少する。

図-5は2階床汙過と単床汙過の汙過終了時の最終抑留量を砂粒径に対してプロットしたものである。2階床の最終抑留量に占める粗大汙材層の抑留割合はほぼ2/3にも達し、粗大汙材の濁質抑留効果は極めて高いことが確認される。2階床、単床いずれの場合も最終抑留量は砂粒径の増大と共に増加している。これは汙過継続時間が砂粒径の増大と共に長くなることによるものである。ただし、砂粒径が0.85~1.00mm以上では汙過継続時間がそれほど大きく変わらないので最終抑留量にほとんど差が見られない。

図-6は最終抑留量の伸び率(σ_2/σ_1)を砂粒径に対しプロットしたものである。ここで σ_1 、 σ_2 はそれぞれ単床と2階床の最終抑留量である。最終抑留量は2階床汙過は単床汙過の1.8~3.0倍にも達する。また、最終抑留量の伸び率は砂粒径の増大と共に小さくなる。これは図-4と同じ理由によるものである。また、この伸び率は汙過速度によってそれほど大きく変化しない。

ii) ALT比による汙過継続時間及び最終抑留量の変化

図-7は汙過継続時間の伸び率(T_2/T_1)をALT比に対してプロットしたものである。汙過継続時間は2階床汙過では単床汙過の1~4倍にも達する。汙過継続時間の伸び率の増大はALT比0.02以上では、汙過速度の低い場合ほど大きい。これは粗大汙材層におけるALT比の増大に伴う濁質の除去効率の

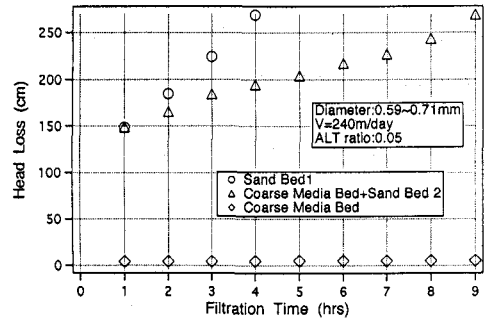


図-3 損失水頭の経時変化

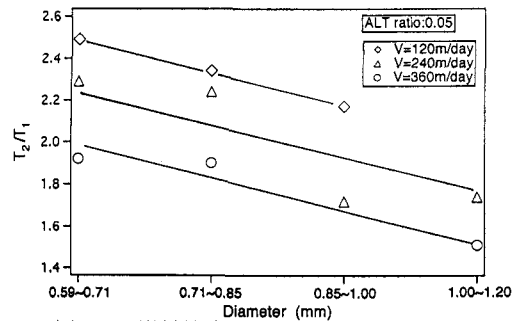


図-4 ろ過継続時間の伸び率と砂粒径の関係

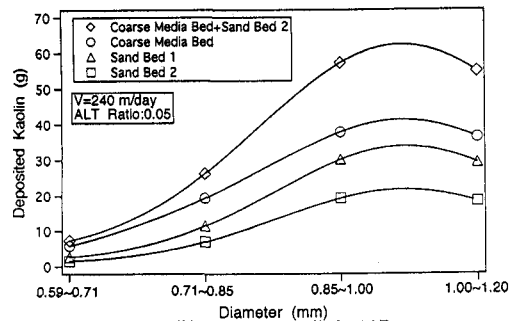


図-5 単床ろ過と2階床ろ過の最終抑留量の比較(粒径別)

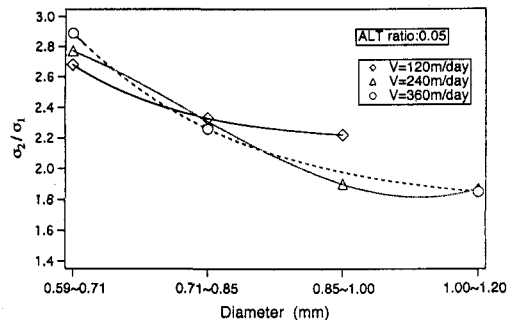


図-6 最終抑留量の伸び率と砂粒径の関係

向上が低汚過速度ほど著しいことによるものである。
 但し、低ALT比では汚過速度によっては変わらない。

図-8は2階床汚過と単床汚過の汚過終了時の最終抑留量をALT比に対してプロットしたものである。2階床の最終抑留量に占める粗大汚材層の抑留割合は極めて高くALT比が0.005では1/2、0.01以上ではほぼ2/3にも達する。2階床、単床いずれの場合も最終抑留量はALT比の増大と共に減少している。これは汚過継続時間がALT比の増大と共に短くなることによるものである。ただし、ALT比が0.03以上では、汚過継続時間がそれほど大きく変わらないので最終抑留量にほとんど差が見られない。

図-9は最終抑留量の伸び率(σ_2 / σ_1)をALT比に対してプロットしたものである。最終抑留量の伸び率は汚過継続時間の伸び率の変化傾向とほぼ同様で、その伸び率は2階床汚過は単床汚過の1~4倍である。

iii) 最適粒径

通常の汚過では図-2、3の場合と同様に汚過水濁度が許容限界値に達する以前に損失水頭が許容限界値に達し、汚層が濁質抑留能力を保持した状態で汚過を終了してしまう。この場合、砂粒径を大きくすることにより損失水頭が許容限界値に達するまでの時間を大幅に延長することが可能となるが、砂粒径を大きくしすぎると汚過水濁度が損失水頭より速く許容限界値に達するか(後期のブレイクスルー)、汚過初期に許容限界濃度を上回る濁度が漏出することになる(初期のブレイクスルー)。そこで、初期のブレイクスルーがなく、かつ損失水頭と汚過水濁度が同時に許容限界値に達する粒径をここでは最適粒径と定義し、単床汚過と2階床汚過の最適粒径を求めた。

汚過速度360m/day、ALT比0.05の場合の単床汚過の最適粒径を、汚過水濁度と損失水頭の経時変化から求めた一例を示すと図-10のようである。図-10から明らかなように汚過水濁度、損失水頭は汚過継続時間8.3時間で共に許容限界値に達しており、この場合の最適粒径は0.71~0.85mmと決定される。

同様に、その他の汚過速度における単床、2階床の最適粒径を求め、その相乗平均を示すと図-11

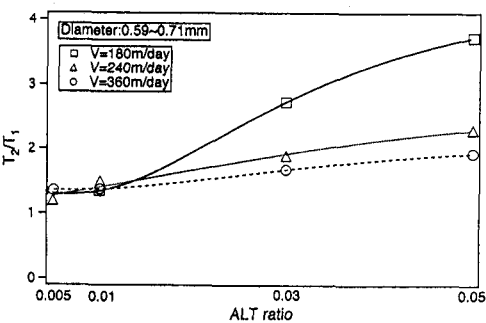


図-7 ろ過継続時間の伸び率とALT比の関係

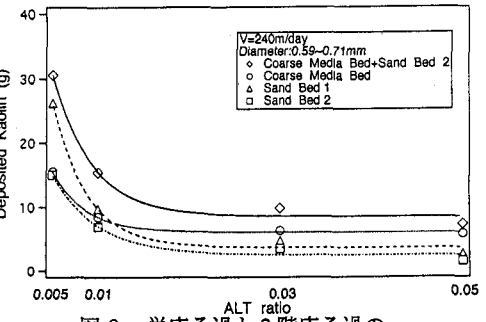


図-8 単床ろ過と2階床ろ過の最終抑留量の比較 (ALT比別)

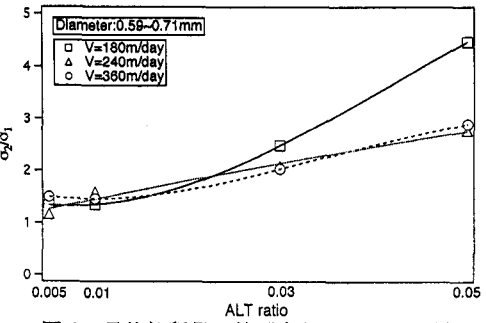


図-9 最終抑留量の伸び率とALT比の関係

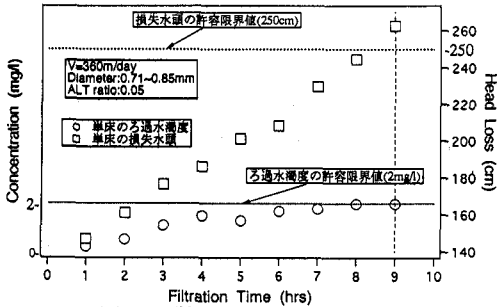


図-10 単床ろ過での最適粒径

のようである。単床の場合、 m/day 300で0.85~1.00mm、480で0.59~0.71mmである。一方、同一 m/day における2階床の最適粒径は360の時1.00~1.20mm、480の時0.85~1.00mmである。 m/day の増大と共に最適粒径は小さくなる。これは高 m/day では低 m/day における最適粒径においては、損失水頭が許容限界値に達する以前に m/day が許容限界値に達してしまうことによるものである。

図-12、13はそれぞれ、最適粒径における単床、2階床の最終抑留量及び m/day と m/day の関係を示したものである。最適粒径における最終抑留量、 m/day は m/day の増大と共に減少する。また、360の時2階床の最終抑留量は単床の4倍、 m/day は単床の3倍にも達し、480では最終抑留量は20倍、 m/day では15倍にも達している。2階床 m/day を採用することにより同一 m/day では最適粒径を大きくすることができ、単床よりも最終抑留量、 m/day の大幅な延長が可能となる。

4. 結論

2階床直接 m/day の粗大 m/day 層の濁質抑留作用に伴う総損失水頭低減効果と m/day 延長効果、及びこれら効果に及ぼす砂粒径、ALT比の影響、並びに単床、2階床直接 m/day における最適粒径について以下の結果を得た。

- i) 粗大 m/day 層の m/day 作用により2階床 m/day の m/day と最終抑留量は単床 m/day に比べて著しく増大する。
- ii) ALT比一定条件の下での、粗大 m/day 層の m/day 作用による m/day の伸び率は砂粒径及び m/day によって異なる。最終抑留量の伸び率は砂粒径によって異なるが、 m/day によってほとんど変わらない。
- iii) 砂粒径一定条件の下での、粗大 m/day 層の m/day 作用による m/day の伸び率及び最終抑留量の伸び率はALT比によって異なる。その影響の度合いは m/day によって相違する。
- iv) 最適粒径は、 m/day が大きいほど小さくなる。2階床直接 m/day 法を採用することにより同一 m/day では最適粒径を大きくすることができ、最終抑留量、 m/day の大幅の延長が可能となる。

今後はさらに最適粒径について粒径と m/day 厚の両面から検討を重ねていきたい。

参考文献

- 1) 丹保憲仁、小林三樹：高容量 m/day 池の研究、水道協会雑誌、571号、P. 37 (昭57. 4)
- 2) De Silva, et al.: Study on Two Story Raschig Ring-Sand Filter; The 47th Annual Conference of J SCE-Hokkaido branch, 02. 91

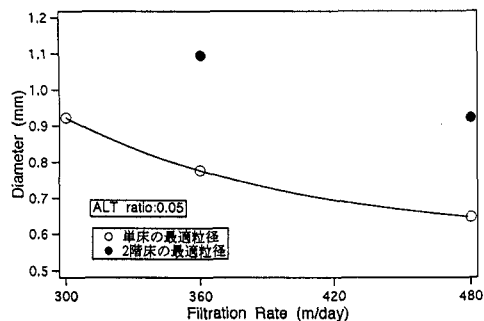


図-11 単床と2階床の最適粒径

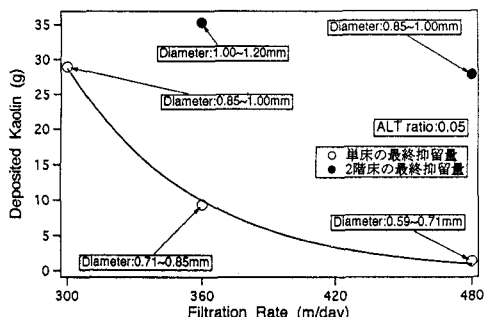


図-12 最適粒径での最終抑留量

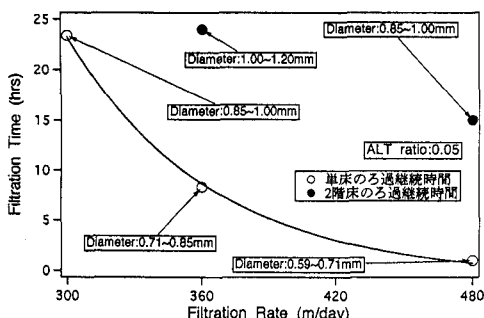


図-13 最適粒径でのろ過継続時間