

逆浸透法による下水処理水の高純化に関する基礎実験

東北大学工学部 学 山本志野歩
 〃 正 佐藤 敦久
 東北学院大学工学部 学 草野 聡也

1 緒言

逆浸透法は、水中の無機溶質が除去できるとともに、ほとんどの水溶性有機成分も同時に分離除去できるため、下水処理水再利用のための造水技術として優れたものと云える。ただし、排水高度処理に逆浸透法を応用する場合、高度な前処理を必要条件としているため、実際の処理にはあまり採用されていない。もし前処理を単純化しても良好な水質が得られるなら、コスト的にも充分見合うこととなり実際の処理システムへの応用も増加するであろう。そこで下水処理水を原水とし、簡単な前処理の後逆浸透処理を施す実験を行い、若干の成果を得た。

2 実験装置、条件、方法

原水は仙台市内下水処理場の活性汚泥処理水である。実験条件としては、前処理に砂濾過、凝集沈殿砂濾過、活性炭濾過、限外濾過の各法を用い、前処理による処理水質を比較した。表-1に実験条件を示す。バッチ式逆浸透装置では加圧にN₂ガス連続式装置では高压ポンプを使用、バッチ式装置の濃度分極防止には電磁誘導回転攪拌器を用いた。

表-1 実験条件

砂濾過	濾砂 均等係数1.42 有効径0.4mm カラム 径50mm 高さ1100mm 濾層厚 約500mm 濾速 120 m ³ /day 凝集剤 PAC 10 mg/L ~ PAC
活性炭濾過	濾材 粒状活性炭 カラム、濾層厚 砂濾過に同じ
限外濾過	限外濾過膜・A社製UH-05(分画分子量500) 操作圧力・7~9 kg/cm ² G 装置 バッチ式逆浸透装置に同じ
逆浸透	逆浸透膜・B社製SC-1100(脱塩率95%) 操作圧力・40~42 kg/cm ² G バッチ式装置・耐圧オートクレフ 至平膜装置、有効膜面積17.7cm ² 連続式装置・有効膜面積12.6cm ²

3 結果および考察

表-2,3に処理結果を示す。除去率の算出には次式を用いてある。

$$\text{除去率(\%)} = \frac{C_F - C_P}{C_F} \times 100$$

C_F 原液濃度 C_P 透過液濃度

(1) 処理水質

汚濁成分の除去特性について、各分析項目ごとく検討する。

pH 各前処理のうち、活性炭および限外濾過処理ではpHの上昇が見られる(前者で平均0.5~0.6程度、後者で0.4程度)。酢酸セルロース膜は加水分解により劣化されるため、供給液のpHを2~8に制御する必要がある。活性炭、限外濾過処理後のpH調整が必要である。

導電率、限外濾過が効果がある他、活性炭濾過も若干効果がある。逆浸透処理により80~95%除去される。

COD・砂濾過で ある程度のCOD成分が除去されているのは、下水処理水中に有機性SSが含まれていることによると思われる。活性炭、限外濾過が効果が大きく、活性炭によって除去されるCOD成分は主として有機成分、限外濾過ではそれに無機成分が加わっていると思われる。

NH₄-N: 限外濾過が効果があり、逆浸透と組み合わせることにより85~90%程度除去できる。ただしこればかり

表-2 前処理後の水質 ()内は除去率

	pH	導電率 (μS/cm)	COD _{Cr} (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)
原 水	7.20~7.95	238~555	23.3~30.2	10.7~18.6
砂濾過	7.20~7.71	229~543 (0~3.7%)	15.0~23.8 (8.8~35.6%)	(0)
凝集沈殿 砂濾過	7.30~7.84	208~543 (0~12.6%)	13.3~21.0 (11.4~42.8%)	(0)
活性炭濾過	7.70~8.30	226~487 (5.0~14.1%)	6.4~7.8 (64.3~75.5%)	(<1.0%)
限外濾過	7.40~8.30	154~308 (44.5~53.3%)	4.2 (81.9~86.0%)	8.6~10.6 (41.1~53.7%)

まで分離、濃縮であるから、その無害化の対策を講じねばならない。

その他の物質：CEは限外汚過により20%程度除去できる。逆浸透処理を施すと95%以上除去された。またPO₄-Pは逆浸透処理によってほぼ完全(>99%)に除去される。これは前処理の形態によらなかつた。

(2) 透過水量の経時減少

逆浸透法を排水処理プロセスとして応用する場合、水質面と並んで透過水量の経時減少が大きな問題である。図-1に前処理として砂汚過、活性炭汚過水を逆浸透処理した場合と、原水を直接逆浸透処理した場合を比較した(初期透過水量の差は、個々の膜の特性による)。活性炭→逆浸透では透過水量が比較的安定している。砂汚過→逆浸透では活性炭の場合に比して初期透過水量に対する減少率が若干大きい。しかし原水を直接逆浸透処理した場合に比較して、前処理の効果は明らかである。

4. 結言

実験結果をまとめると以下のようなになる。

- 1) 逆浸透法を下水高度処理システムに組み込むと、導電率、COD、NH₄-Nなどほとんどの汚濁成分を一挙に高率で除去できる。
- 2) 逆浸透の前処理としては、水質面から考慮すると限外汚過が最も優れている。しかし操作上の問題、コストの問題など総合的に見て、活性炭汚過が良いと思われる。
- 3) 限外汚過を前処理として使用するのなら、もう少し分画分子量の大きい膜を使うべきである。
- 4) 適切な膜洗浄法を確立するなら、砂汚過程度の前処理で充分であると考えられる。

本実験では、膜透過水量の経時減少について15~17時間程度しか追っていない。今後100時間程度の連続運転を行い、処理水量、水質の変化を追うとともに、各前処理についてさらに多くのデータを収集し、運転の安定条件を確立していく所存である。

参考文献

- (1) 大矢晴彦：逆浸透法・限外汚過法 I 理論(幸書房)
- (2) 萩原文二、橋本光一：膜による分離法(講談社)

表-3 前処理水の逆浸透処理後の水質

	pH	導電率 (μV/cm)	COD _{Cr} (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)
原水	7.20~7.95	238~555	23.3~30.2	10.7~18.6
砂汚過→逆浸透	6.50~7.55	14.1~59.6 (82.1~95.3%)	trace (~99.9%)	0.8~2.0 (89.2~93.8%)
凝集沈殿砂汚過→逆浸透	6.50~7.26	14.9~24.8 (93.5~95.5%)	trace~5.4 (74.8~99.9%)	1.55~1.7 (84.1~91.3%)
活性炭汚過→逆浸透	7.10~7.58	10.5~37.9 (84.0~96.3%)	trace~4.0 (85.4~99.9%)	1.6 (85.0%)
限外汚過→逆浸透	7.36	16.8~22.2 (94.4~96.0%)	1.7~3.4 (88.7~92.7%)	1.3~1.82 (89.8~92.9%)

膜透過水量(%/day)

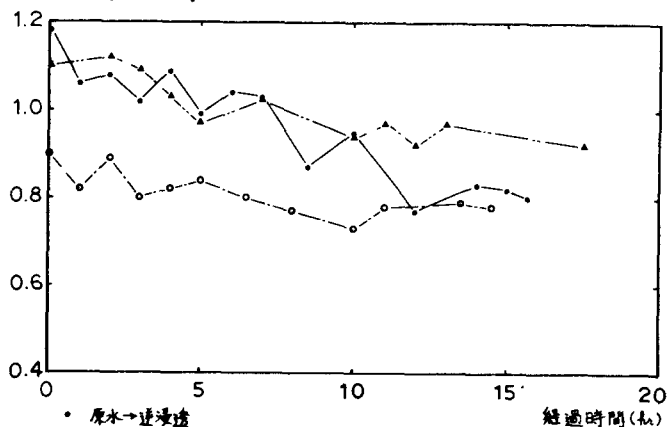


図-1 膜透過水量の経時減少