

II-192 逆浸透圧法による汚水の高高度処理に関する研究 (第2報)

京大工 正員 岩井重久 北尾高嶺・菅原正孝

京大工 長尾正昭 栗田工業 広瀬洋一

1. はじめに

元来、塩水の淡水化を目的として研究開発されてきた逆浸透圧法は、その他の分野においても研究や実用化が盛んに行なわれるようになってきた。著者らは、汚水の高高度処理の立場から本法が将来においては有望であると考えて研究に着手し、下水の二次処理水および重金属を含む廃水を対象に行なった実験結果の一部をすでに発表した¹⁾。今回は、やはり京都市内下水処理場の二次処理水を対象に膜性能に及ぼす操作圧および濃度分極の影響といった、基礎的な実験を同方式装置により行なったので報告する。

2. 実験装置および半透膜

同方式の実験装置は、短時間のテストランを行なうのに適しているが、本研究で用いたのはオートクレーフ型の装置で、原水の有効容量は最大5ℓ、また有効膜面積は11.95cm²である。膜面近傍の濃度分極をおさえるために、槽内には翼式の攪拌器も取り付けられている。なお、加圧は空素ポンプより導入した空素ガスによった。使用した半透膜は通常のLoeb型膜であり、その成分はセルロースアセテート25%、添加剤としてホルムアミド30%そして溶媒としてアセトン45%である。

3. 実験結果および考察

(1) 膜性能におよぼす操作圧の影響

一般に、膜の性能は水の透過量と汚濁物質の除去率の相対的關係で決定されるものである。そこで操作圧によって透過量と除去率がどのように変化するかを調べた。実験に供した原水は、下水の二次処理水を前処理としてNo.5Cのろ紙でろ過して、浮遊物質をある程度除外したものであり、水質は、COD 19~32mg/l、NH₄-N 5.5~8.3mg/l、pH 7.8~8.6の範囲であった。攪拌器の回転数は1,000rpmの一定に保ち、運転時間毎は4時間として、処理水の水質は4時間の平均値で表わした。まず、水の透過量の変化を図示したのが図-1であるが、30~90kg/cm²の操作圧の範囲では、透過量はほぼ 1×10^{-3} g/cm²・sec前後であり、操作圧が高くなると透過量も増してくるこゝとわかるが、圧とともにその増加率も減り、ほぼフラットな直線に近づいていく傾向がうかがわれる。現在、膜の透過機構に関して、いくつかの説が提議されているが、いずれも一長一短があって、すべての膜透過現象を統一的に説明しうる説はないといえるが、一般的には、透過量と操作圧の關係は次式で示されることが多い。

$$Q = A(P - \pi)$$

ここに、 Q は水の透過量(g/cm²・sec)、 π は浸透圧(g/cm²)、 P は操作圧(g/cm²)そして A は定数

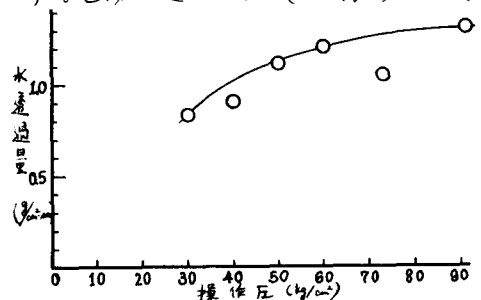


図-1 操作圧と水透過量の関係

で、純水透過係数 ($g/cm^2 \cdot sec \cdot 压$) と呼ばれ、純水で透過させた時の透過量 Q と操作圧 P との比で表わされる。図-1 に示した実験結果は、この式で表されるほどに圧力の増加により透過量は増大した。しかも、適用限界が存在するようであり、操作圧が高いほどそれ相応の効果が得られるものではないといえる。なお、純水透過係数 A を測定した結果を表-1 に示すが、操作圧および攪拌の程度によっても異なった値になり、とくに攪拌すると透過量がかなり増大しているが、試料中に不純物が溶解しているためか、あるいは攪拌による温度上昇の影響を受けると考えられる。

表-1 純水透過係数の測定結果

実験 No.	操作圧 (kg/cm^2)	Reynolds 数	水透過量 ($g/cm^2 \cdot sec$)	純水透過係数 ($cm^2 \cdot sec / g \cdot cm$)
1	50	25,000	1.19×10^{-3}	2.32×10^{-5}
2	60	17,000	1.53×10^{-3}	2.55×10^{-5}
3	60	0	1.28×10^{-3}	2.13×10^{-5}

つぎに、COD および NH_4-N の除去率と操作圧との関係を図-2 に示したが、透過水の COD は $1.4 \sim 2.4 mg/l$ 、 NH_4-N は $0.1 \sim 0.4 mg/l$ と除去率としてそれぞれ $91 \sim 93\%$ 、 $93 \sim 98\%$ の範囲で、操作圧によって除去率はほとんど影響をうけない。したがって、最適な操作圧は、水の透過量の面から考慮されねばならないであろう。

(2) 膜性能におよぼす攪拌の影響

通常、半透膜を通じて水溶液中の溶存物質を分離を行なう際に、膜面上においては水の移動速度の方が溶質のそれよりも大であるので、膜面上あるいはその近傍に溶質が残留して次第にその濃度が高くなり、液本体との間に濃度勾配が生じる。こういった濃度勾配は、水の透過量を減少させることになるので、できるだけ避けることが望ましい。ここでは、この濃度勾配による影響を和らげるために、攪拌器の回転数を $0 \sim 1500 rpm$ まで6段に変化させ、水透過量および COD、 NH_4-N の除去率の変化をみた。操作圧は $53 kg/cm^2$ 、運転時間は4時間とし、その他は前述の実験と同様とした。水透過量との関係については図-3 に示すが、攪拌速度を一般的な指標とするより便宜上、Reynolds 数に換算した。水透過量は、全く攪拌しない静止状態では $0.28 \times 10^{-3} g/cm^2 \cdot sec$ であるが、Reynolds 数 25,000 では $1.09 \times 10^{-3} g/cm^2 \cdot sec$ と約4倍も増加している。やはり、Reynolds 数が大い程度水透過量が增大する傾向にあるが、Reynolds 数が10,000 を越えるとき水透過量はほぼ一定に近づくようであり、操作圧の場合と同様に、あまり過剰な攪拌は不経済である。除去率については、COD $91 \sim 94\%$ 、 NH_4-N $91 \sim 99\%$ と攪拌の程度による変化はとくに認められなかった。このことより、膜の除去能に対しては、濃度勾配の障害作用はないと考えられるだろう。

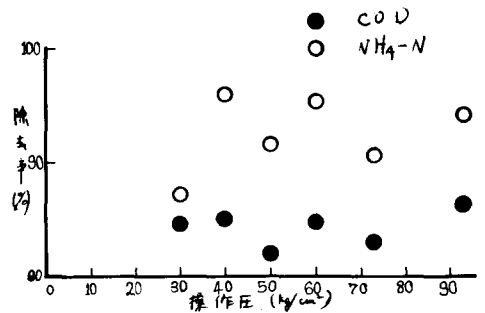


図-2 操作圧と除去率との関係

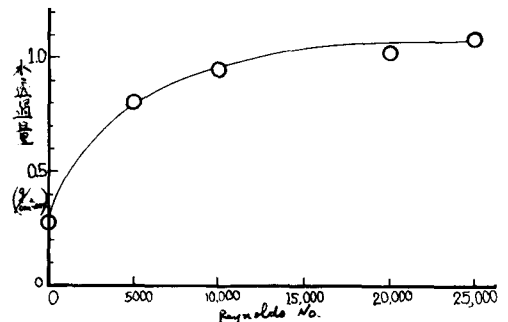


図-3 Reynolds 数と水透過量の関係

1) 昭和46年度 出水協会関西支部年次學術講演会講演概要 II-51.