

II-22

酸素供給からみた回転円板法の処理特性

— 全水没型回転円板法と緩速砂濾過法による低濃度アンモニア性窒素の酸化 —

宮崎大学工学部 ○学生員 男鹿剛彦 学生員 藤井孝裕

宮崎大学工学部 正員 渡辺義公 正員 石黒政儀

1. はじめに 河川水を原水とする急速濾過法による浄水プロセスでは、原水中に低濃度の有機物や $\text{NH}_4\text{-N}$ が存在する場合、前処理処理が通常行なわれている。特に、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の塩素要求量が大いため、わずかの $\text{NH}_4\text{-N}$ の増加によっても添加塩素量は大幅に増大する。この場合、生物学的硝化法を併用して $\text{NH}_4\text{-N}$ による塩素要求量を下げの方策が検討されつつある。筆者らの研究によると、半水没型回転円板法による硝化では、処理水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が3%程度以下では生物膜への $\text{NH}_4\text{-N}$ の輸送が硝化反応を律速する。また、通常の河川水のDOは、そこに存在する $\text{NH}_4\text{-N}$ を $\text{NO}_3\text{-N}$ にまで酸化するには必要な濃度である。そこで、原水のDO濃度が十分に高い場合には、有効円板面積(浸漬面積)の大きい全水没型回転円板法が低濃度 $\text{NH}_4\text{-N}$ を酸化するには有利と考えられる。本研究では、全水没型回転円板法による低濃度 $\text{NH}_4\text{-N}$ の酸化過程及び緩速砂濾過法による硝化効率についての実験結果について報告する。

2. 実験装置と実験方法 (1)回転円板実験装置 槽容量27.6ℓ、円板直径30cm、円板枚数10枚、円板間隔2cm、円板厚0.3cm、円板有効面積 1.4m^2 の完全混合型全水没円板槽で、酸素の供給が流入水だけとなるように円板槽は密閉されている。流向は軸に直角で、原水として $\text{NH}_4\text{-N}$ と無機炭素を主体とする人工下水を用いた。Run1では円板回転数75rpm、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度10mg/L、Run2では、円板回転数15rpm、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度5mg/Lとして、酸素供給量を変化させるために流量を変えて実験を行った。生物膜内酸素消費速度(R_0)は直接、生物膜を剥ぎ取りバッチ実験により求めた。(2)緩速砂濾過装置 長さ1m、断面積 49.0cm^2 の角型濾過槽に粒径 $0.42\sim 0.80\text{mm}$ の濾過砂を厚さ50cmで敷きつめた。濾層の空隙率は約40%である。砂上水深40cmに保ち濾過速度 $100\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$ を目標に流量コントロールを行った。原水は下水処理場の初沈流出水を $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が約2mg/Lとなるように希釈したものを用いた。砂層の通水抵抗が増加して濾過が継続できなくなったところで運転を停止し、単位体積の砂層に保有されるSSとVSSの砂層深さ方向の分布を測定した。回転円板法と緩速砂濾過法の実験では、流入水、流出水のDO、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度、水温、pH、TOC等を測定した。

3. 実験結果と考察 (1)回転円板法 液本体DO濃度と酸素Fluxの関係を図-1に示す。従来の半水没型回転円板法理論による拡散層厚(L_d)及び生物膜内酸素消費速度(R_0)を用いて、液本体DO濃度から計算した酸素Fluxの値は、本実験における酸素Fluxの値を大幅に上回った。 R_0 は、生物膜の細菌密度と水温により決定される値であるが、本実験では酸素供給量が少ないため、半水没型の生物膜細菌密度になり得なかったと考えられる。 R_0 を測定した結果を図-2に示す。また、定常酸素Fluxの異なる生物膜の R_0 を測定した結果が図-3であり、半水没型では R_0 は $2\sim 3\times 10^{-3}\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ であるが、全水没型では定常酸素Fluxが小さいために R_0 は $2\sim 4\times 10^{-2}\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ と小さかった。定常酸素Fluxの増加に伴い除々に R_0 は大きくなった。全水没型では、酸素が流入水のみに依存す

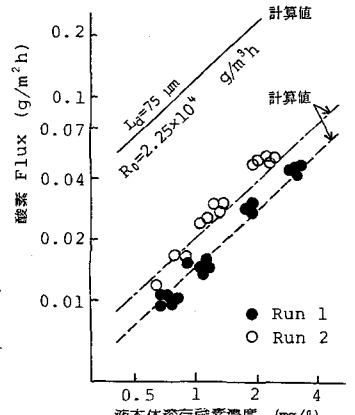


図-1 液本体溶存酸素濃度と酸素Fluxの関係

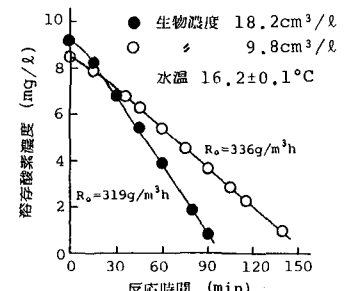


図-2 生物膜の酸素消費速度の測定

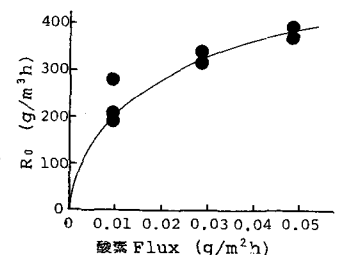


図-3 定常酸素Fluxと生物膜内酸素消費速度の関係

るため酸素Fluxを大きくするには流量を増加させなければならない。半水型での L_d を筆者らの実験データから計算すると、7.5rpmの時約75 μm となる。しかし、全水型の L_d についてはLevichの理論より、7.5rpmの時約650 μm である。全水型における L_d 及び R_0 を用い、7.5rpmと15rpmでの液本体の濃度と酸素Fluxの関係をみると、図-1に示すように計算値と実験値が一致する。すなわち、全水型は半水型に較べ拡散層が厚く拡散抵抗が大きいという生物膜内菌密度が小さい。そのため、有効円板面積(浸漬面積)が小さくとも半水型の方が全円板面積あたりの処理効率が高いと結論づけられる。図-4は水量負荷と酸素Flux、 $\text{NH}_4\text{-N}$ Fluxの関係である。水量負荷が上がれば酸素Fluxが大きくなり、 R_0 すなわち生物膜の硝化菌密度が高くなるため、アンモニア酸化速度は増加する。しかし、硝化率は水量の増加に伴い減少する。図-5は酸素Fluxと $\text{NH}_4\text{-N}$ Fluxの関係である。理論では、 $\text{NH}_4\text{-N}$ を硝酸にまで酸化するためには4.33gの酸素が必要である(図中の点線)、本実験では $\text{NH}_4\text{-N}$ を酸化するための酸素量は約3.2gで亜硝酸型となっている。(2)緩速砂濾過法 原水と濾過水のDOと $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の経時変化を図-6に示す。図-7は濾過中に矢われた酸素量と $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去量の関係である。図中の数字は濾過継続時間(日)である。図中の直線は砂層に亜硝酸生成菌が十分に存在し酸素律速である場合に予想される硝化が亜硝酸型の理論的な関係である。濾過継続時間が6日目あたりまでは砂層中の生物膜は、成長の過渡期にあるので $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去量も少ない。理論線と比較して $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去量のわりには酸素減少量が多いのは、好気性他栄養細菌が酸素を消費していることが主な原因だと考えられる。濾過継続時間が進むにつれて $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去量が増加し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ も増加している。10日目あたりからは十分に亜硝酸生成菌が存在しているため、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の酸化が劣化していると考えられる。 $\text{NO}_3\text{-N}$ の生成はほとんど見られなかった。図-8は単位体積当りの砂に保有されるSSとVSSの砂層深さ方向の分布である。SS、VSSともに上層部約1.0cmの部分に集中していた。深さ方向のDO分布の測定より、酸素減少量の大部分はここを消費されていたことがわかった。今回の実験では、回転円板法で流入 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が5mg/L、緩速砂濾過法で2mg/Lといった低濃度でも $\text{NO}_3\text{-N}$ に酸化されるまでには到らなかった。これは、流入水のための酸素供給では酸素律速となり、硝化に必要な酸素量が不足しているためである。

4. おわりに 酸素供給を流入水が持ち込むDOのみに依存する全水型回転円板法や緩速砂濾過法の場合、低濃度の $\text{NH}_4\text{-N}$ の硝化においても酸素律速となる。そのため、生物膜の硝化菌密度は低く、かつ、硝酸生成菌の生育が不十分となり硝化は亜硝酸型となる傾向が強い。全水型回転円板法では拡散層が半水型に較べて1桁大きくなる。以上の2点を考慮すると、低濃度の $\text{NH}_4\text{-N}$ を硝化する場合でも、全水型回転円板法は半水型に較べて、その大きな有効円板面積にも関わらず硝化効率が著しくおとる事が明らかとなった。本研究は、産学術振興財団の助成金により遂行された。

参考文献 1) 渡辺義公：浄化機構から見た回転円板法の特徴と将来的課題、月刊下水道、Vol.6, No.5, pp.20-29, (1983)4

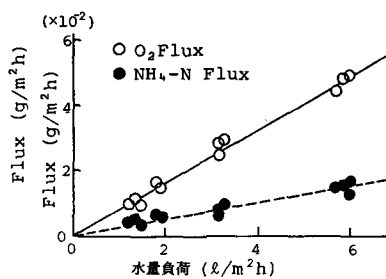


図-4 水量負荷とFluxの関係

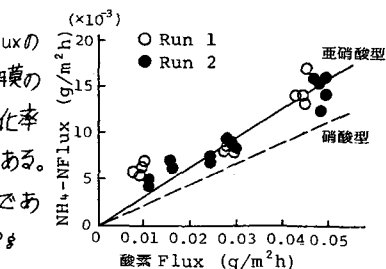


図-5 酸素Fluxとアンモニア性窒素Fluxの関係

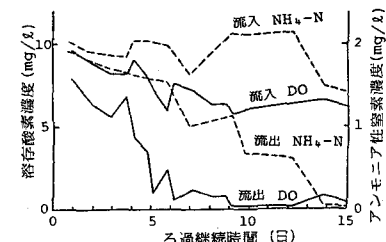


図-6 溶存酸素とアンモニア性窒素濃度の経時変化

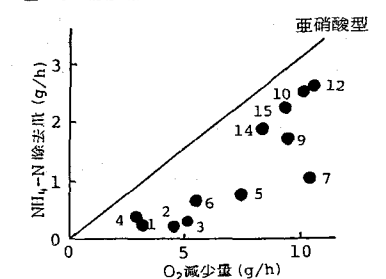


図-7 O₂減少量とNH₄-N除去量の関係

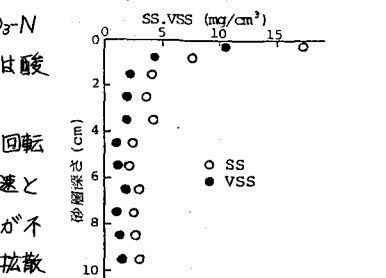


図-8 単位体積の砂層に保有されるSSとVSSの砂層深さ方向の分布