

神戸大学大学院 学生員 ○田中 健治 神戸大学大学院 フェロー 道奥 康治
 神戸大学工学部 学生員 井上 晃介 神戸市環境局 非会員 中道 民広
 神戸市環境保健研究所 非会員 八木 正博 神戸山手大学 正会員 和田 有朗

1. 序論

対象の廃棄物処分場跡地は埋立終了後 30 年以上経過し、埋立直後に比べるとアンモニア態窒素濃度は大きく減少しているものの、排水基準値の 60mg/l を安定的に下回るまでには至らない。将来にわたる、省力的・持続的な水質管理のためには、現行のような大規模集中管理型の排水処理施設に替わる簡易な窒素除去システムが必要である。著者らは、閉鎖型水槽における室内硝化実験に基づいて硝化に必要な曝気容量を推算し、浸出水貯留池にマイクロバブル曝気装置を設置した。しかし、貯留池での硝化率は室内実験よりもかなり低く、その原因として、室内実験が閉鎖型水槽で実施され浸出水が流入し続ける実際の貯留池とは負荷条件が異なること、また浸出水と接触する壁面積が水槽と貯留池では異なり、硝化を担う微生物生息環境において「実機－実験水槽」間の相似性が保証されていないことなどが考えられた。そこで、本研究では貯留池と同様に流入負荷を与え、さらに水槽に担体を投入して浸出水の硝化特性を実験的に明らかにした。

2. 実験方法（実験期間：2007 年 8 月 23～同年 11 月 1 日）

1m×1m×1m の実験水槽にエアレータ、担体（track-1：炭 9.0kg）を設置し、実験を開始した（図-1）。貯留池と同様に各反応槽に浸出水を所定流量の下で連続供給した。表-1 に実験条件の詳細を示す。track-1,2 間の比較から担体の効果を、track-2,3 間の比較から曝気の効果を検証した。さらに、各 track で負荷流量・送気量（酸素流量）などの条件を一定時間毎に変更し、各関連因子と硝化効率との関係を明らかにした。7 日毎に水温、EC、DO、pH、ORP、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、T-N、TOC を計測した。

3. 水質の推移と解析結果

特徴的な挙動が計測された NH₄-N、NO₃-N、DO の時系列を図-2,3,4 に示す。実線群は硝化モデル¹⁾をもとに、流出入負荷を考慮し算出された推定値である。流入負荷や系内の生物化学反応にともなう物質収支は次式で与えられる。

$$C_{n+dt} = \frac{(C_n + S \cdot dt) \cdot (V - Q \cdot dt) + C_{in} \cdot Q \cdot dt}{V} \quad (1)$$

ここで、C_n: ある時刻 t=ndt における各水質濃度、C_{n+dt}: t から dt 時間後の各水質濃度、S: 各水質の生産・消滅速度（水質生態系モデルによる）、V: 反応槽容積、Q: 浸出水の流入量、C_{in}: 浸出水濃度である。NO₂-N は実験値-計算

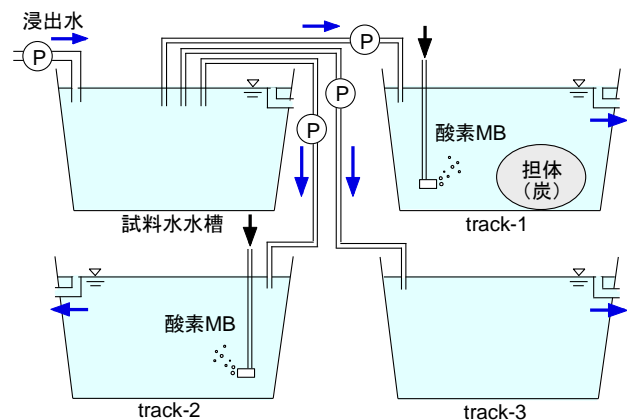


図-1 流水系硝化実験の概要

表-1 実験条件

track	担体	条件変更日										
		0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	
		96		180	300			96				
1	炭	9.5	6.6		9.5	21.8	6.4	15	35	6.0		
2	なし	6.6		18.5	36.5	6.4	15	35	6.0			
3	なし	0 (参照 track により曝気なし)										
攪拌(全 track 共通)		有					無					

値とも実験期間を通して 5.0mg/l 以下で推移したため図示を省略した。track-1,2 を比較すると、実験値・計算値ともに負荷流量の減少（すなわち、水理的滞留時間(HRT)の増加）あるいは酸素流量の増加にともなう硝化率の上昇が確認される。また、実験初期においては担体（炭）を投入した track-1 の方が track-2 よりも硝化が速やかに進行しているが、14 日以降には両者に有意な差異が見られず、必ずしも担体の硝化促進効果は顕著ではない。track-3 では曝気がなされていないが、実験値-計算値ともに若干の硝化が確認できる。これは水面を介した気中酸素の溶解効果と考えられるが、エアレータによる曝気に比べると限定的である（図-2）。初期の DO の上昇は硝化菌の馴致期間と対応しており、硝化菌量が十分でなく硝化が低調なためである。硝化菌の馴致が進むと、硝化量に見合った DO が消費され、酸素曝気、気中酸素の溶解による供給と平衡状態となり track-1,2 は 1.0mg/l 程度で推移している。中・後期における突発的な上昇は酸素流量の増加と対応しており、供給過多であったためである。track-3 は曝気がなされていないために track-1,2 より低い値を示している。

4. 水理的滞留時間 HRT と溶存酸素濃度の影響

流入負荷をとまなう硝化反応においては、溶存酸素に加えて負荷流量と反応槽容積から決まる水理的滞留時間（HRT）が支配的要因になると考えられる。図-5 には、水質モデルにおいて曝気により DO 濃度が一定に保たれると考えた場合の HRT と硝化率との関係を示す。ここでは流入負荷濃度として $\text{NH}_4\text{-N}=50\text{mg/l}$ を与えた。DO 毎に、負荷流量の減少（HRT の増加）にともなう硝化率の増加が確認される。DO=6.0mg/l を超えると硝化率の有意な上昇はない。また、硝化率が 80%程度にまで達すると、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が減少して律速条件となり硝化が低調になることがわかる。DO=6.0mg/l の場合には、HRT=4.0day で 50%の硝化率が得られる。

5. 結論

流入負荷をとまなう場合の浸出水の硝化に対する曝気の効果に関して実験と水質解析を実施し、硝化率は HRT および酸素流量とともに増加することを確認した。また、硝化率と [HRT, DO 濃度] との関係に基づき硝化施設諸元の考え方を示した。

参考文献

1) 道奥他：廃棄物堆積層からの浸出水の曝気・硝化過程に関する水質モデル，水工学論文集，第 53 巻，pp.1333-1338，2009。

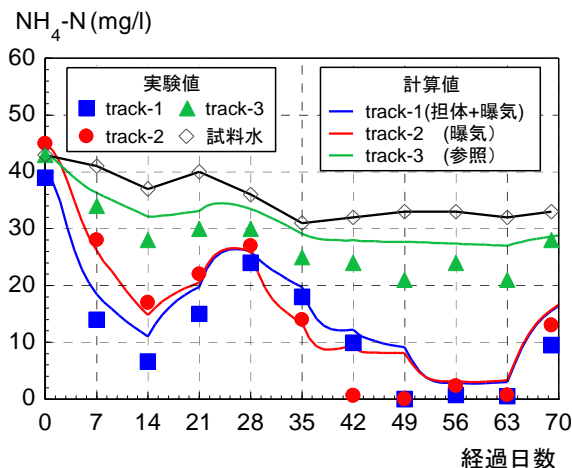


図-2 $\text{NH}_4\text{-N}$ 実験値-計算値

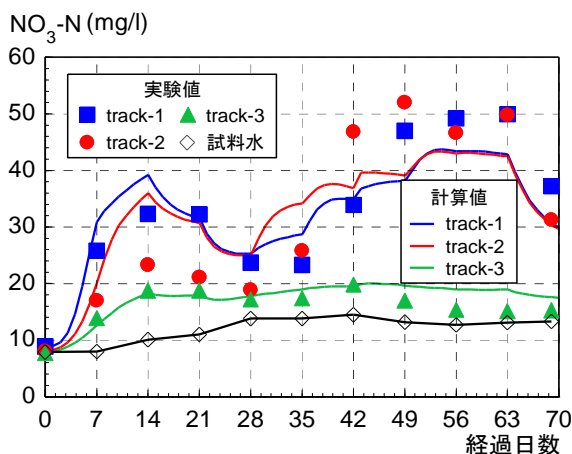


図-3 $\text{NO}_3\text{-N}$ 実験値-計算値

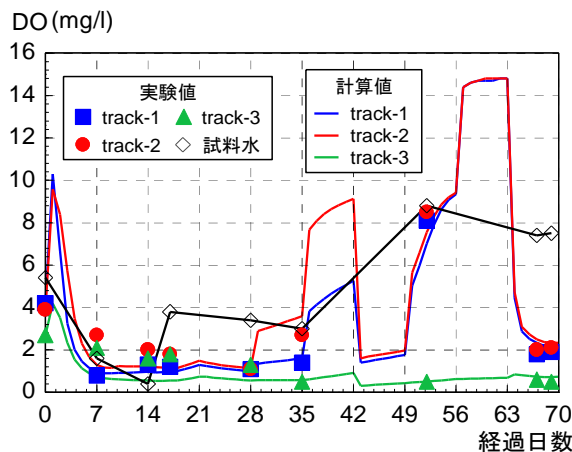


図-4 DO 実験値-計算値

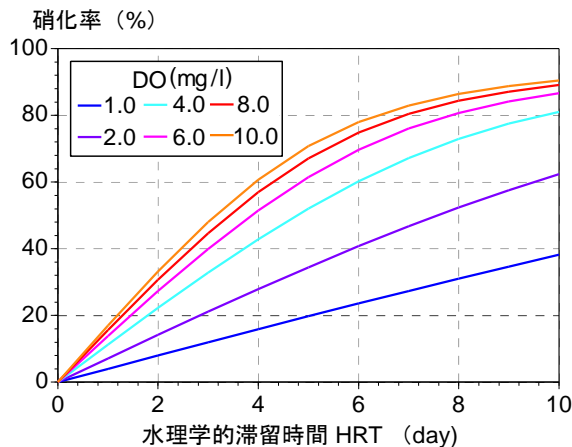


図-5 HRT と DO に対する硝化率