

神戸大学工学部

学生員

○池田 俊一

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

神戸大学大学院

正会員

田中 大也

神戸市環境保健研究所

非会員

八木 正博

神戸市環境局

非会員

中道 民広

1. 序論

対象とする廃棄物埋立処理場は高度経済成長期に多くの廃棄物が焼却処理を経ずに埋め立てられた。降雨が廃棄物堆積層に流入し、有機物・リン・アンモニアが溶出するが、有機物のうち懸濁態有機物・リンは土粒子に吸着されるため、アンモニア負荷の高い水が浸出している。そこで、環境負荷を低減させるために処理施設が設置され、硝化-脱窒処理が行われている。しかし、浸出水が経年的に減少傾向を示していることや、既存施設の老朽化を考慮すると、現行の処理施設に代わる省力的かつ簡易な処理施設に更新することが望ましい。本研究グループでは代案としてマイクロバブルによる硝化を提案し、簡略的な浸出水処理システムの構築を目指す。2010年度からは現地貯留池に隔離水塊を設置し硝化実験を行っているが、室内実験ほどの硝化速度は得られていない、そこで、本研究では隔離水塊においてリンの添加し実験を行い、解析を行うことでリンの硝化促進効果を検証した。

2. 実験方法（期間：2012年4月13～同年5月25日）

貯留池に設置された1.7m×1.7m×1.7mの完全に隔離された水域(以下、隔離水塊と表記する)に微生物付着用担体(以下、担体と表記する)、リンを投入して馴致を4/13から開始した(図-1)。マイクロバブルによる曝気を1日23時間行い、実験開始1ヶ月間を菌の馴致期間とし、馴致を促進させるために5/8、5/17に内水の入れ替えを行った。これは硝化菌の増殖に必要なNH₄-Nを枯渇させないためである。そして、5/21に内水の入れ替え後リンを投入し、実験を開始した。24時間毎のサンプリングを5日間行った。表-1に実験条件の詳細を示す。この実験結果を解析することによってリンの効果を検証した。測定項目として水温、DO、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、PO₄-P、T-N、TOCを計測した。



図-1 実験設備

表-1 実験条件

	日付	MB運転	担体量	リンの添加	備考
馴致期間	4月13日	23h/day	480個 (9.6m ³)	リン投入	担体投入 馴致開始
	5月8日				
	5月8日			内水入れ替え	
	5月8日	23h/day	480個 (9.6m ³)	リン投入	
	5月17日				
	5月17日			内水入れ替え	
	5月17日	23h/day	480個 (9.6m ³)	リン投入	
	5月21日				
実験期間	5月21日	23h/day	480個 (9.6m ³)	リン投入	
	5月25日				

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、T-N、PO₄-Pの時系列を図-2,3,4に示す。実線群は硝化モデル¹⁾をもとに算出された推定値である。各室素濃度や各硝化菌濃度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。

$$S(N_{\#}) = - \frac{R_{N\#}}{\text{最大硝化速度}} \cdot \frac{f_{N\#}(T)}{\text{温度制御}} \cdot \frac{f_{N\#}(DO)}{\text{DO制御}} \cdot \frac{f_{N\#}(B_{\#})}{\text{微生物濃度制御}} \cdot \frac{f_{N\#}(N_{\#})}{\text{各室素濃度制御}} \quad (1)$$

$$S(B_{\#}) = \frac{R_{BN\#}}{\text{最大増殖速度}} \cdot \frac{A}{V} \cdot \frac{f_{BN\#}(T)}{\text{温度制御}} \cdot \frac{f_{BN\#}(DO)}{\text{DO制御}} \cdot \frac{f_{BN\#}(B_{\#})}{\text{硝化菌濃度制御}} \cdot \frac{f_{BN\#}(N_{\#})}{\text{NH}_4\text{濃度制御}} \cdot \frac{f_{BN\#}(PO_4)}{\text{リン酸濃度制御}} - \frac{R_{BD\#}}{\text{死滅}} \cdot \frac{f_{BD\#}(T)}{\text{温度制御}} \cdot B_{\#} \quad (2)$$

馴致期間・実験期間ともに $\text{NH}_4\text{-N}$ の挙動が良好に再現できている(図-2)。

T-N の計測値は内水の入れ替え後、時間経過とともに減少した(図-3)。このことより実験においては脱窒反応が生じていることが分かる。一方、モデルでは脱窒を考慮していないため計算値は T-N が一定値となった。

$\text{PO}_4\text{-P}$ については T-N と同様に、本モデルでは脱窒反応が考慮されていないことから、脱窒菌による $\text{PO}_4\text{-P}$ の消費をあらわすことはできない(図-4)。そのため、計算値では $\text{PO}_4\text{-P}$ の消費が実験値よりも過小に評価され、 $\text{PO}_4\text{-P}$ は計測値より高い値をとる。

硝化速度は担体 1m^2 に生息する硝化菌が 1 日に硝化する $\text{NH}_4\text{-N}$ の重量(g)として定義される。実験において硝化速度は、硝化の材料である $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が高い実験開始後 24 時間に最も高くなる。本研究では、これを最大硝化速度($\text{g/m}^2/\text{day}$)と定義する。図-2 から実験期間の最大硝化速度を算出すると実験値は $1.24\text{g/m}^2/\text{day}$ 、計測値は $1.11\text{g/m}^2/\text{day}$ と良好に再現することができた。

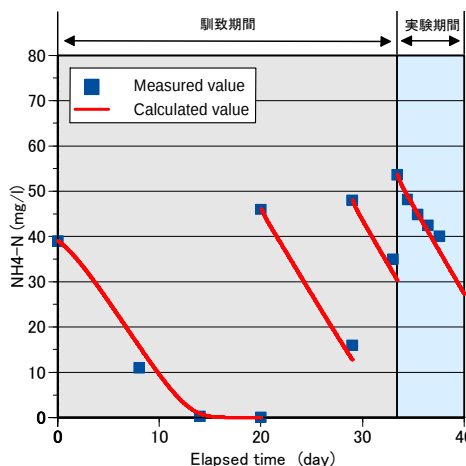


図-2 $\text{NH}_4\text{-N}$ 実験値-計算値

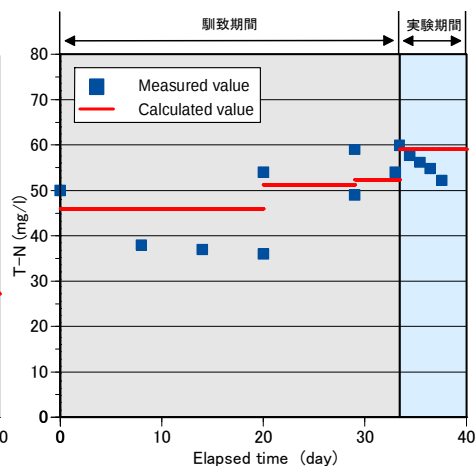


図-3 T-N 実験値-計算値

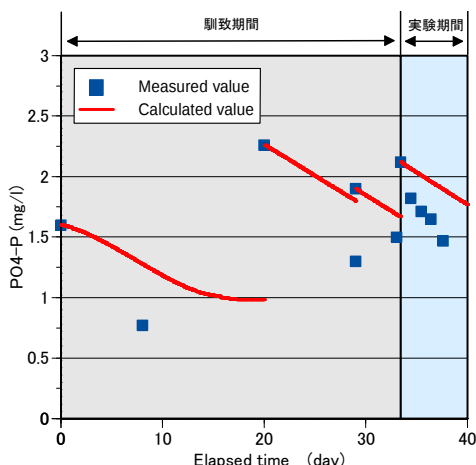


図-4 $\text{PO}_4\text{-P}$ 実験値-計算値

4. 硝化効率向上に及ぼすリンの影響

硝化菌濃度、リン以外の制御がかからない場合の式- (2)は次式のようになる。

$$S(B_{\text{NH}_4}) = \frac{R_{\text{BN\#}}}{\text{最大増殖速度}} \cdot \frac{A}{V} \cdot \frac{f_{\text{BN\#}}(B_{\#}) \cdot f_{\text{BN\#}}(\text{PO}_4)}{\text{硝化菌濃度制御} \quad \text{リン濃度制御}} - \frac{R_{\text{BD\#}} \cdot f_{\text{BD\#}}(T) \cdot B_{\#}}{\text{死滅}} \quad (3)$$

式- (3)を用いて各アンモニア酸化菌濃度 B_{NH_4} 、各リン濃度 PO_4 、のそれぞれに対してアンモニア酸化菌増殖速度を算出し、これらの相関関係を示した(図-5)。対象処分場浸出水の $\text{PO}_4\text{-P}$ は約 0.05mg/l であるが、この際アンモニア酸化菌濃度が 0.78mg/l 以上になると増殖量より死滅量が増え、アンモニア酸化菌が減少に転じる。すなわち、 $\text{PO}_4\text{-P}$ が 0.05mg/l の場合には、リン以外の律速因子が硝化菌増殖を制御しない条件下でも、アンモニア酸化菌濃度は 0.78mg/l 以下に維持されることが分かる。さらに、 $\text{PO}_4\text{-P}$ が 0.05mg/l と 0.2mg/l の場合を比較すると、 $\text{PO}_4\text{-P}$ が 0.05mg/l においてはアンモニア酸化菌の最大増殖速度が 0.02mg/l/day 、 0.2mg/l においては 0.10mg/l/day となった。このことからリン添加の硝化促進効果を確認することができる。

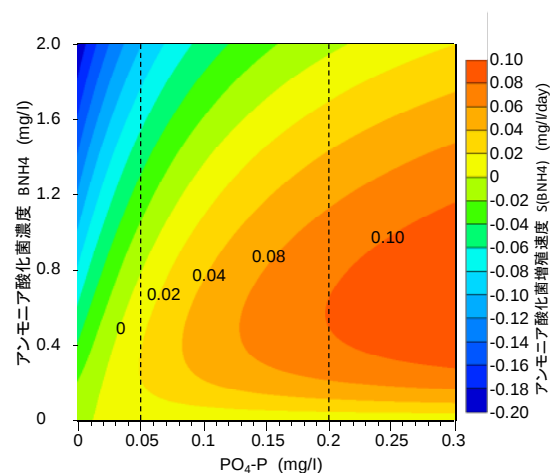


図-5 $\text{PO}_4\text{-P}$ と酸化菌濃度に対するアンモニア酸化菌増殖速度

参考文献

- 1) 道奥康治・松本敏秀・和田有朗・山田怜奈：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。