

し尿処理への活性汚泥モデルの適用

水ingエンジニアリング株式会社

技術・開発本部 AM 技術部
〒108-0075 東京都港区港南 1-7-18
TEL 03-6830-9055(代)
FAX 03-5479-8592(代)

1. はじめに

活性汚泥モデル (Activated Sludge Model, ASM) は、都市下水を対象にした活性汚泥における生物反応を数式であらわしたもので、国際水協会 (IWA) により提唱され¹⁾、日本国内でも運転方法の最適化や、増設・改築更新時の設計検討に活性汚泥モデル (ASM) を適用した報告が多くされている^{2) 3)}。し尿処理への ASM 適用により、アンモニアセンサー導入による硝化脱窒の最適化や、脱窒用メタノール添加量の最適化などが期待されるが、し尿は都市下水と比較して難分解性有機物が多いため流入水の有機物分画の見直しが必要とされている⁴⁾。本報告では、流入水について易分解性有機物と遅分解性有機物との有機物分画を行うことで、し尿処理への ASM 適用について検討を

行った。また、その結果を基に、実際のし尿処理施設である大町市クリーンプラント (長野県大町市) において ASM シミュレーションを実施し、アンモニアセンサー導入による硝化脱窒の最適化の評価を行った。

2. 対象施設

(1) 大町市クリーンプラント施設概要

- ・処理方式: 膜分離高負荷脱窒素処理方式 (UF デニパックプロセス) + 高度処理
- ・処理能力: 60kL/d

(2) 処理フロー

図 1 に生物処理工程の処理フローを示す。アンモニアセンサーを設置している反応槽部分 (破線部分) を ASM 適用対象とし、後段の生物処理水槽は検討対象外とした。

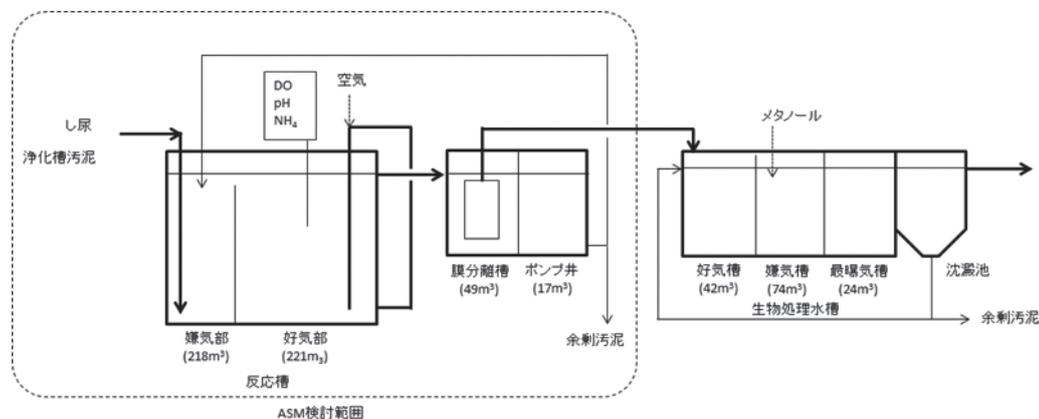


図 1 処理フロー

3. アンモニアセンサー (図 2)

アンモニアセンサーとして (株) 堀場アドバンステクノの工業用アンモニア態窒素計 HC-200NH を使用した。

既往の報告事例⁵⁾より、アンモニアセンサー値と分析値はおよそ一致しているため、アンモニアセンサーの適用が可能であることは確認している。



図2 アンモニアセンサー

4. し尿処理への ASM シミュレーション適用検証

4-1. ASM シミュレーション条件

(1) プロセスモデル

ASM シミュレーションを行うプロセスモデル (処理フロー) を図 3 に示す。反応槽の容量は実際の水槽容量と等しく設定した。予備検討にて反応槽好気部を 1 槽としてシミュレーションを実施したところ、パラメーターを調整しても実際の処理結果とシミュレーション結果は

大幅に離れていた。反応槽好気部内での嫌気ゾーンの存在が確認されたため、反応槽好気部を嫌気ゾーン (N-A) と好気ゾーン (N-O) に分割した。

(2) シミュレーション条件

シミュレーションは、水温：35℃、MLSS：10,000mg/L、12,000mg/L、15,000mg/L の 3 条件、N-O の NH₄-N：0.7～10mg/L、各水量はし尿 1.26m³/h、浄化槽汚泥 0.62m³/h、硝化循環液量 41m³/h (硝化液循環比：21.8) で実施した。さらに、将来的に浄化槽汚泥の割合が増加した場合を想定した検討を行った。

(3) 原水分画、パラメーター

前処理後のし尿と浄化槽汚泥の混合物を流入水とした。ASM シミュレーション実施時の流入水の水質を COD_{Cr}：15,000～15,900mg/L、T-N：1,500～1,920mg/L、NH₄-N：773～816mg/L に設定した。また、都市下水の有機物分画として採用されている酸素利用速度法⁴⁾により、流入水の易分解性有機物 (S_s) と遅分解性有機物 (X_s) の比率を S_s/X_s=0.57 と求めた。浄化槽汚泥の S_s は観察されなかったため S_s/X_s=0.01 とした。

各種パラメーターは ASM2d のデフォルト値を使用した。

4-2. ASM シミュレーション結果

(1) シミュレーション結果の妥当性の確認

実測結果と計算結果を図 4 に示す。

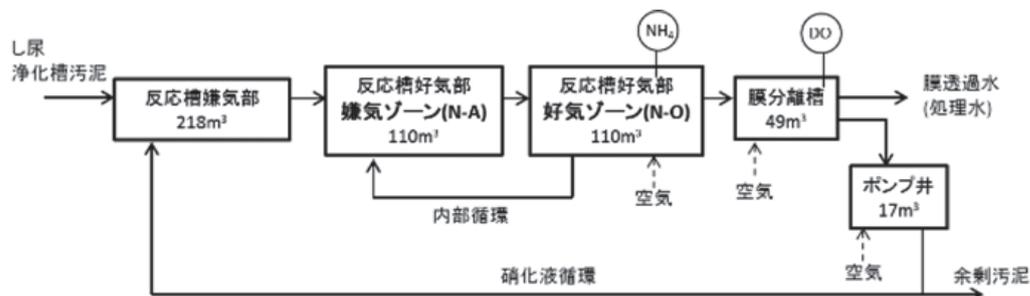


図3 ASM シミュレーションプロセスモデル

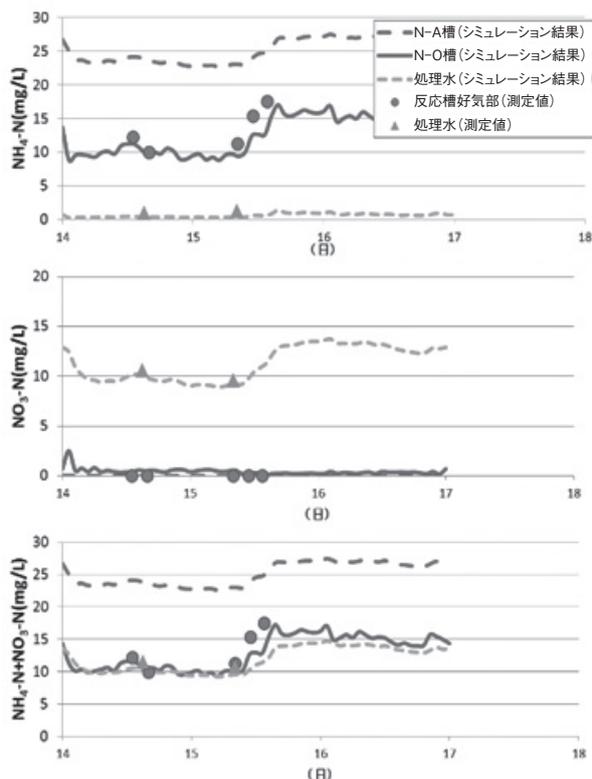


図4 実機データとシミュレーション結果の比較

N-O槽と処理水（膜透過水）のNH₄-NおよびNO₃-Nの測定値はシミュレーション結果とおおよそ合致していた。この結果から、し尿処理にもASMシミュレーションの適用が妥当であると判断できた。

(2) 反応槽好気部好気ゾーンの運転条件の検討
シミュレーション結果を図5に示す。N-O

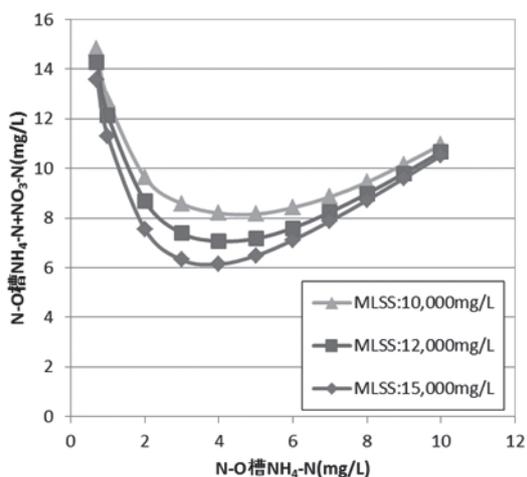


図5 NH₄-N最適値の検討

のNH₄-N+NO₃-Nを最少とするN-OのNH₄-N最適値：3～5mg/Lが存在した。また、MLSSが高くなるとN-OのNH₄-N+NO₃-Nが低くなる傾向にあった。

水温 35℃、MLSS：15,000mg/L、N-O槽NH₄-N設定値：4mg/Lの条件での各工程のN濃度のシミュレーション結果を図6に示す。反応槽嫌気部→N-A槽の減少は、N-A槽とN-O槽の内部循環による脱窒および希釈の効果、N-A槽→N-O槽の減少は、N-O槽のDOが0.1～0.2mg/Lと低いことによるN-O槽での硝化脱窒同時進行による効果であると考えられる。

(3) 浄化槽汚泥比率の検討

シミュレーション結果を図7に示す。N-O

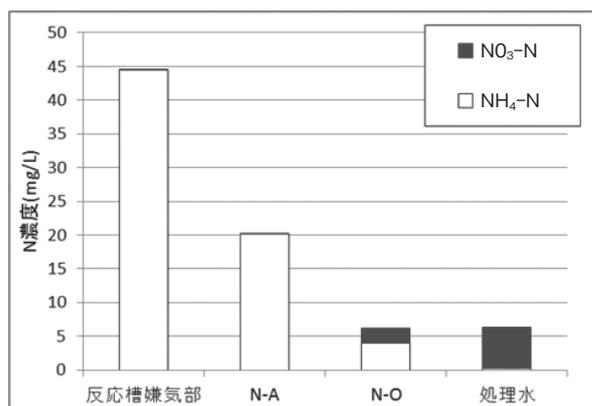


図6 各工程のN濃度

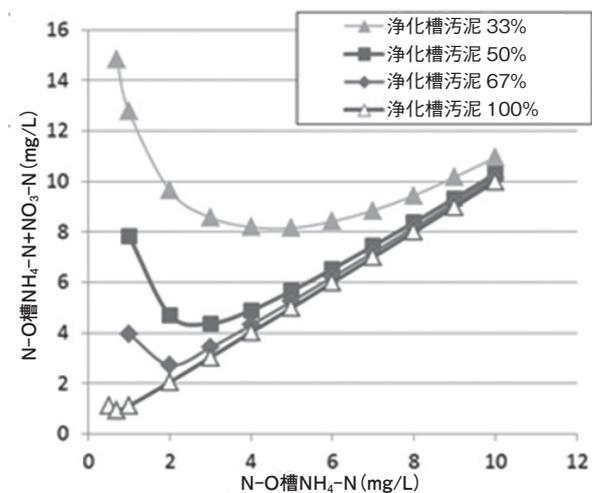


図7 浄化槽汚泥比率の検討

の $\text{NH}_4\text{-N}+\text{NO}_3\text{-N}$ を最少とする N-O の $\text{NH}_4\text{-N}$ 最適値が存在した。浄化槽汚泥比率が高まると、 N-O の $\text{NH}_4\text{-N}$ 最適値が低くなる傾向にあった。浄化槽汚泥の受け入れ比率に応じた最適運転条件を ASM シミュレーションにより確認することが可能であった。

4-3. ASM シミュレーション結果に基づくアンモニアセンサーを用いた運転

ASM シミュレーション結果を踏まえて、反応槽好気ゾーンの $\text{NH}_4\text{-N}$: 4mg/L を目安に投入量や空気量を調整する運転により、アンモニアセンサー導入後は後段の生物処理槽脱窒用メタノール使用量が導入前の 32% となり、大幅に削減することができた。

5. おわりに

- ・UF デニパックプロセス反応槽を対象として ASM シミュレーションを行い、流入水について易分解性有機物と遅分解性有機物との有機物分画を行うことで、し尿処理への ASM シミュレーションの適用が可能であることを確認した。
- ・反応槽好気部の $\text{NH}_4\text{-N}+\text{NO}_3\text{-N}$ を最少とする反応槽好気部 $\text{NH}_4\text{-N}$ 最適値が存在した。ASM シミュレーションの適用により、アンモニアセンサー導入による硝化脱窒の最適化やアンモニアセンサーによる空気量制御の最適化が可能であることが示された。
- ・将来想定される浄化槽汚泥比率増加について、浄化槽汚泥比率が高まると反応槽好気部最適 $\text{NH}_4\text{-N}$ 設定値が低くなることを ASM シミュレーションにより確認できた。
- ・アンモニアセンサー導入後は、生物学的窒素除去処理の安定化により、脱窒用メタノール使用量を導入前の 32% に削減することができた。

【謝辞】

本報告掲載の調査内容にご協力いただいた大町市クリーンプラントならびに関係者各位に深く感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) Henze, M., Gujer, W., Mino, T., and van Loosdrecht: Activated sludge model ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3, IWA scientific and technical reports No.9, IWA Publishing, London (2000)
- 2) 下水道新技術推進機構：活性汚泥モデル利活用マニュアル (2010)
- 3) 蒲池一将, 本間康弘, 鈴村悟：アンモニアセンサーを使用した空気量制御運転の活性汚泥モデルによる最適化, 環境システム計測制御学会誌, Vol.20, No.2/3, pp.3-10 (2015)
- 4) 味埜俊監訳：活性汚泥モデル, 環境新聞社, (2005)
- 5) 本間康弘：第 39 回全国都市清掃研究・事例発表会講演集 p.308-310 (2018)