

3-2-6 生物活性を活用した迅速測定法による硝化能力の実態調査

東京都下水道サービス株式会社 施設部 水質課

梶原 大聖

八島 卓寛

東京都下水道局 東部第二下水道事務所

樋口 和也

勅使川原 秀和

(現 東京都下水道サービス株式会社 施設部 水質課)

1. 背景及び目的

活性汚泥法における硝化工程は、窒素処理において重要なプロセスの一つである。硝化細菌の活性（以下、硝化能力とする）を把握する手法には、下水試験方法に定める硝化細菌数の計測や硝化速度試験があるが、測定に多くの時間や労力を要し、日々の維持管理に活用するには課題が多い。また、一般的にはA-SRT（好氣的固形物滞留時間）と水温から硝化に必要な日数を把握できるものの、硝化が良好な反応槽の余剰汚泥を他の反応槽に転送する運転（以下、汚泥転送という）を行っている場合、A-SRTの算出が困難となり、A-SRT等を硝化管理の指標とすることが難しい。

そこで、これら解決のため、これまでの酸素利用速度（Rr）試験を一部工夫した方法を考案し、硝化能力の迅速測定が可能か調査を行った。本調査では、「測定法の有効性確認調査」、「阻害物質による硝化能力への影響確認調査」、「実施における硝化能力の実態調査」を行い、一定の知見が得られたので報告する。

2. 硝化能力の測定手法について

硝化能力の測定手法の概要を図1に示す。この方法は、従来から行われているRrとATU-Rr（硝化反応阻害の酸素利用速度）の差から硝化反応酸素利用速度（N-Rrと定義）を求め方法¹⁾を利用したもので、反応槽末端の活性汚泥にアンモニア等を添加して、反応槽と同じ水温に維持しながら酸素利用速度を測定する手法である。

本手法では、以下の方法で硝化能力を算出した。

(1) 図1に示す測定手法より、Rr及びATU-Rrを測定し、硝化反応に伴い消費されるN-Rrを算出

(2) N-Rr及びMLSS濃度から、活性汚泥1g当たりのN-Kr (mg O/g-ss・h)を算出

(3) 理論上、NH₄-N 1gをNO₂-Nに酸化するのに必要な酸素量は3.43gであり、

次の式より硝化能力を算出『硝化能力 (mg N/g-ss・h) = N-Kr (mg O/g-ss・h) / 3.43』

本手法は、従来の硝化細菌数の計測（4～30時間）や硝化速度試験（1～4時間）に比べ、短時間（10分程度）で測定可能なため、日常的に硝化能力を把握できる等の大きな利点がある。

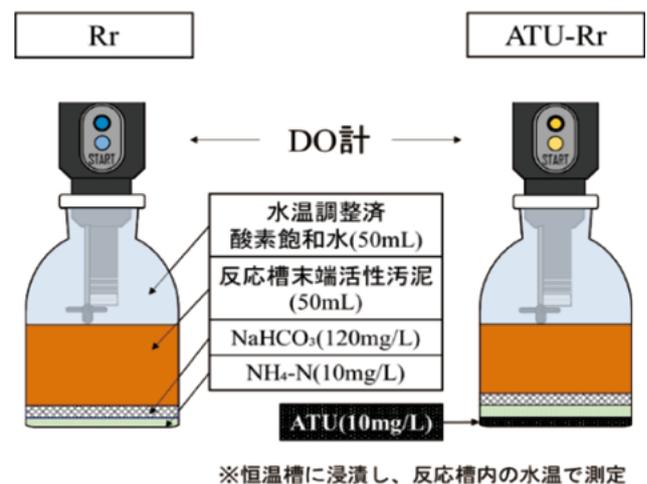


図1 測定手法

3. 調査概要

3.1 測定法の有効性確認調査

本手法と下水試験方法に準拠した硝化速度試験法（アンモニア減少速度）の測定結果を比較し、本手法の有効性を確認した。

3.2 阻害物質による硝化能力への影響確認調査

本手法を用いて水質事故（有害物質流入、pH異常）を想定し、硝化能力について調査を行った。

3.3 実施設における硝化能力の実態調査

反応槽の工事影響がある水再生センター（Aセンター）と送風量を抑制した運転を行う水再生センター（Bセンター）において、調査槽と対照槽に分け、それぞれ反応槽末端の硝化能力を測定し、水温及び処理水 NH₄-N の推移と合わせて比較を行った。

4. 結果および考察

4.1 測定法の有効性確認調査

本手法（硝化能力）と下水試験方法に準拠した硝化速度試験法（アンモニア減少速度）の比較結果を図2に示す。図2より、両者には、強い相関（ $R^2=0.93$ ）がみられ、近似式の傾きも1に近いことから、本手法の硝化能力がアンモニア減少速度の代替法として有効と考えられた。

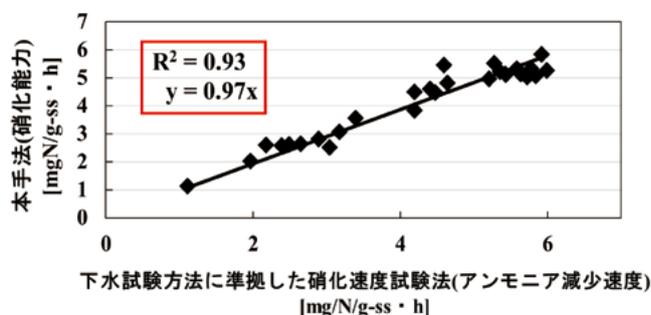


図2 硝化能力とアンモニア減少速度の比較

4.2 阻害物質による硝化能力への影響確認調査

阻害物質の添加による硝化能力及び変化率を図3に示す。阻害物質として、有害物質には六価クロムを、pH異常には塩酸・水酸化ナトリウムを添加して調査した。

硝化能力は、六価クロム（5mg/L）添加の場合、無添加に比べ25%低下した。また、pHを変化させた条件下では、pH5以下またはpH11以上で硝化能力は80~97%減少し、pHの影響を大きく受ける結果となった。過去の調査においても、活性汚泥に対する六価クロムの阻害率は、pHに比べ低いことが報告²⁾されており、本手法でも同様の結果が得られた。

以上より、有害物質流入及びpH異常時による硝化能力の低下影響（許容濃度）を把握するためのツールに活用できることが推測された。現在、様々な阻害物質の流入を検知するための手法は数少なく、本手法で連続的に計測（工業計器化等）することが出来れば、阻害物質流入時の早期対応が図れる可能性がある。

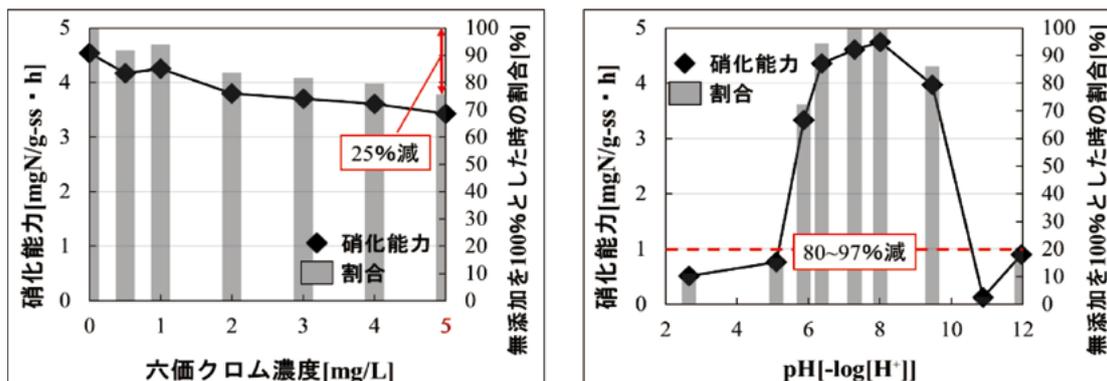


図3 阻害物質の添加による硝化能力及び変化率

4.3 実設備における硝化能力の実態調査

A、Bセンターの調査槽・対照槽の概要を表1に、それぞれの硝化能力と調査槽における処理水のNH₄-N、水温の推移を図4に示す。また、調査槽の調査結果、考察および運転の活用等を表2に示す。

表1 A、Bセンターの調査槽・対照槽の概要

水再生センター		調査理由	処理方式	処理実績	汚泥転送	調査期間
A	調査槽	反応槽工事に伴う調査 (対照槽は通常運用)	AO法	13万 m ³ /日	有：処理悪化時	R3年8月～
	対照槽		AO法	4万 m ³ /日	無	R4年1月
B	調査槽	一部送風量抑制した調査 (対照槽は通常運用)	疑似AO法*	14万 m ³ /日	無	R4年7月～
	対照槽		疑似AO法*	14万 m ³ /日	無	R5年1月

*疑似AO法：構造は標準法だが反応槽前段において制限曝気した反応槽

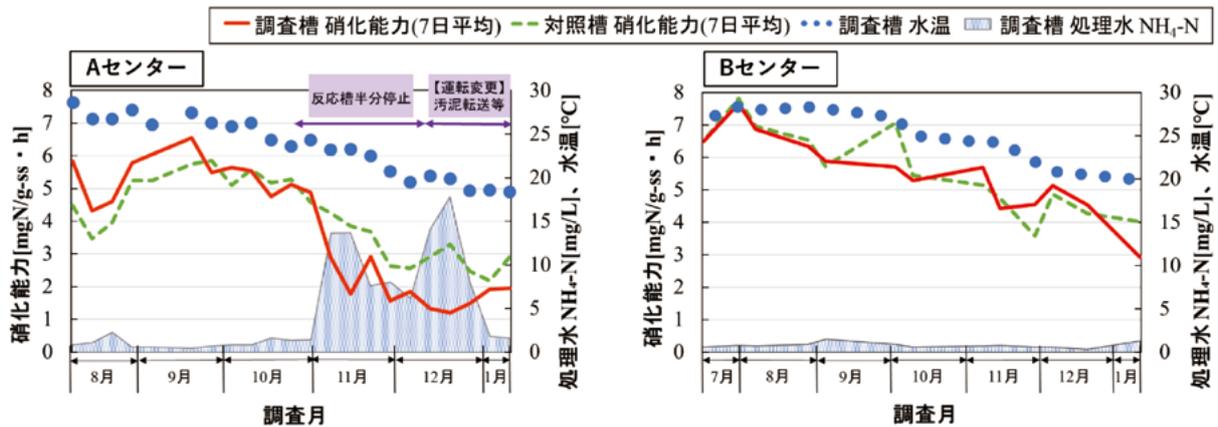


図4 A、Bセンター調査槽・対照槽の硝化能力、処理水NH₄-N、水温の推移

表2 A、Bセンター調査槽の結果、考察および運転への活用等について

対象センター	結果、考察および運転への活用等	
Aセンター (図4左) 調査槽	結果、 考察	<ul style="list-style-type: none"> ・11～12月は硝化能力が対照槽より著しく低下し、NH₄-Nが残存した。 ・要因として、11～12月は反応槽工事の影響に伴い、反応槽当たりの流入負荷量及びHRTの変動等により運転制御が難しく、良好な水処理を維持することが困難となったためと考えられた。
	運転への 活用等	<ul style="list-style-type: none"> ・硝化能力やNH₄-Nの残存結果などから、12月中旬に運転変更（汚泥転送等）を行った。これにより、硝化能力は回復傾向を示すことがわかった。
Bセンター (図4右) 調査槽	結果、 考察	<ul style="list-style-type: none"> ・硝化能力は、水温変動に大きく依存しており、対照槽と同様な傾向であった。 ・水温が低下する冬季においても、硝化能力は維持され、NH₄-Nの残存は見られず、硝化は良好であった。
	運転への 活用等	<ul style="list-style-type: none"> ・送風量を抑制しているにも関わらず、硝化能力は対照槽と同等であったことから、更なる送風量削減やMLSS削減した運転に貢献できるものと考えられた。

5. まとめ

生物活性を活用した硝化能力測定の実験により、以下のことが分かった。

- (1) 本手法と下水試験方法に準拠した硝化速度試験法（アンモニア減少速度）には強い相関がみられ、本手法の有効性が確認できた。また、本手法は、従来の1～4時間に比べて短時間（10分程度）で測定が可能であり、日常的に硝化能力を把握することが可能となった。
- (2) 阻害物質による硝化能力への影響を確認し、有害物質流入及びpH異常時による硝化能力低下の影響（許容濃度）を把握するツールに活用できることが推測された。今後、本手法で連続的に計測（工業計器化等）することで、阻害物質流入時の早期対応が図れる可能性がある。
- (3) 汚泥転送によりA-SRTによる硝化管理が難しい場合においても、硝化能力を把握することができた。特に、工事に伴う施設停止時や水温が低下する冬季等には、計算が難しい硝化能力を管理するために有効であることが示唆された。
- (4) 硝化が良好なセンターにおいても、MLSS等を削減した効率的な運転を支援するツールとなれる可能性がある。

参考文献

- 1) 島田祐介、石井英俊、相馬英雄：呼吸速度(R_r)を用いた硝化活性の測定、下水道研究発表会講演集、46巻、日本下水道協会、2009、868-870
- 2) 代田吉岳、橋本旬也、内多美穂子：有害物質が下水処理に及ぼす影響－活性汚泥、硝化細菌への影響調査－、下水道研究発表会講演集、48巻、日本下水道協会、2011、229-231