



Title	浮上ろ材を用いた生物膜ろ過法による窒素除去
Author(s)	佐久間, 博司; 牧, 恭子; 田中, 俊博 他
Description	第4回衛生工学シンポジウム (平成8年11月7日 (木) -8日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 1 生物処理 . 1-2
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 4, 7-11
Issue Date	1996-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7814
Type	departmental bulletin paper
File Information	4-1-2_p7-11.pdf



1 - 2

浮上ろ材を用いた生物膜ろ過法による窒素除去

佐久間 博司、牧 恭子、田中 俊博、加太 孝幸 ((株) 荏原製作所)

1. はじめに

下水処理では、放流水域の水質保全や処理水の再利用のため、高度処理が重要となっている。とりわけ、窒素の効率的な除去が下水処理において求められている。

筆者等は生物膜ろ過法による窒素除去について検討を行い、生物膜ろ過法には優れた硝化、脱窒性能があることを明らかにした¹⁾²⁾。生物膜ろ過法のろ材として浮上ろ材を用い上向流で通水した場合、充填層に通気管を設置し通気管下部を脱窒層、通気管上部を硝化層とすることで、一塔で窒素除去が可能となる。本報では浮上ろ材を充填した一塔型窒素除去装置の処理性能について検討した結果について報告する。

2. 実験装置および方法

2-1. 実験装置

実験装置のフローを図-1に示す。ろ過塔は内径500mmのものを用いた。ろ材は有効径3.5mmの発泡ポリスチレンを使用し、3m充填した。原水流入管および洗浄用空気管はろ材層下部に設け、処理水流出管および循環水流出管をろ材層上部に設けた。通気管はろ材層内に設け、通気管上部の硝化層が2m、通気管下部の脱窒層が1mとなるようにした。ろ材層の洗浄のため、処理水の一部をろ材層上部にポンプアップし、ろ過塔底部から排水するようにした。

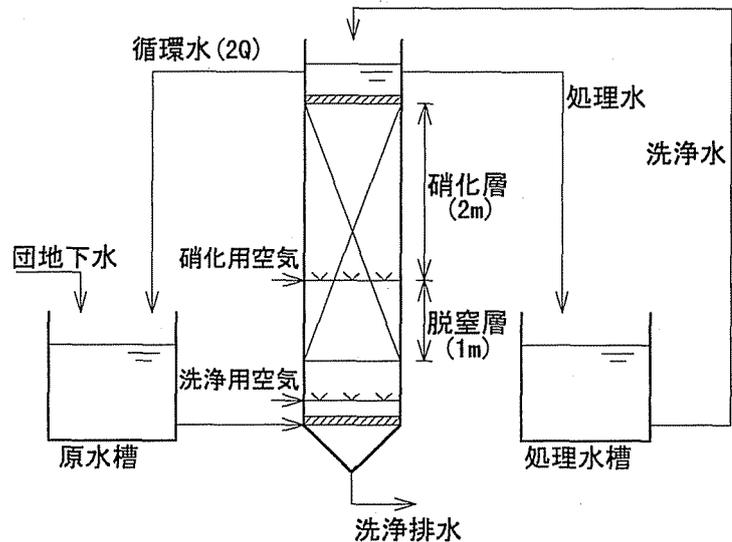


図-1 実験装置フロー

2-2. 実験方法

原水は団地下水を用い、原水槽で循環水と混合した。通水は上向流で行った。

実験は通水速度によって3つ実験区に分けて行った。各実験区の通水条件を表-1に示す。実験区1、3の通水速度は原水ベースでLV25m/d、

表-1 通水条件

実験区2ではLV50m/dとした。循環水量はいずれの実験区も原水量の2倍とした。通気速度は実験区1、2で $0.25 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ 、実験区3では $0.125 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ とした。なお、実験区3では、脱窒に必要なBODが不足したため、原水にペプトンを50mg/L添加した。

実験区	1	2	3
実験期間	8/17~10/2	10/3~11/17	2/4~3/31
<通水速度> 原水ベース ろ過塔全体	LV 25 m/d LV 75 m/d	LV 50 m/d LV 150 m/d	LV 25 m/d LV 75 m/d
循環	2 Q		
通気速度	$0.25 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$		$0.125 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$

洗浄はろ過塔下部から空気を入れ、ろ過塔上部から処理水を補給しながら水をドレンして行った。洗浄頻度は1日1回とした。

分析は1日のコンポジットサンプルを対象として行った。分析方法は下水試験方法に従った。また、ろ材の生物付着量は、採取した充填ろ材をケルダール分解し、その窒素量を測定して求めた。

3. 実験結果

3-1. 処理成績

各実験区の平均水質を表-2に示す。また、各水質の経日変化を図-2に示す。

水温は実験区1で25℃前後であった。その後、徐々に低下し、実験区3では15℃以下となった。

SSは原水38~166mg/Lに対し、処理水は各実験区の平均で1.2~2.1mg/Lであった。BODは原水64~168 mg/Lに対し、処理水は各実験区の平均は3.8~7.0mg/Lであった。SS、BODの除去率はいずれの実験区でも90%以上であり、良好に処理された。

原水NH₄-Nは実験区1、2で15mg/L前後であった。実験区3ではペプトンを添加したこともあり、原水NH₄-Nは25mg/L前後に増加した。処理水NH₄-Nは安定して1mg/L以下であり、通気速度を0.125~0.25m³/(m²・min)としたいずれの実験区でも硝化はほぼ完全に行われた。

原水T-Nは実験区1、2で25mg/L前後であり、ペプトンを添加した実験区3では35mg/L前後に増加した。処理水T-Nは実験区1で

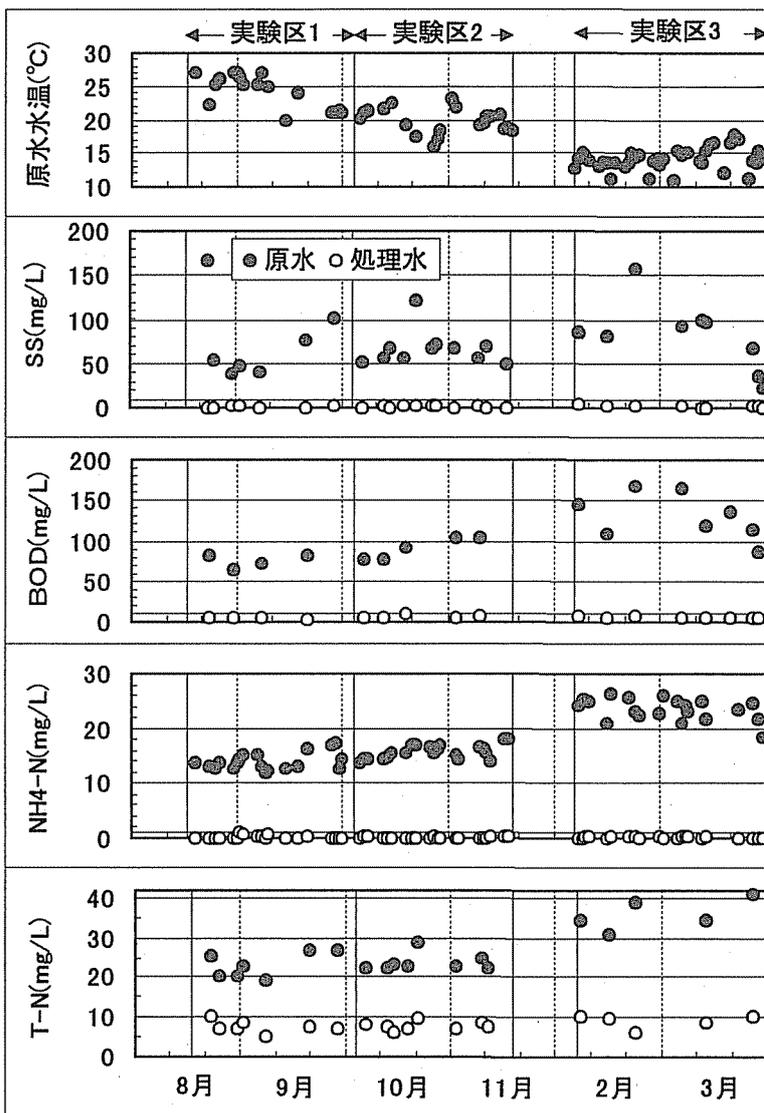


図-2 水温、SS、BOD、窒素濃度の経日変化

表-2 平均水質

分析項目	実験区1 (LV25m/d)		実験区2 (LV50m/d)		実験区3 (LV25m/d)	
	原水	処理水	原水	処理水	原水	処理水
水温 (°C)	24.1	24.0	18.2	17.2	14.2	—
pH (-)	7.4	7.6	7.4	7.2	7.5	7.2
M-ALK (mg/L)	124	59.4	122	44.5	137	53.7
SS (mg/L)	59.7	1.2	67.1	1.4	81.9	2.1
COD (mg/L)	53.5	11.1	52.1	11.7	67.7	12.0
BOD (mg/L)	71.8	3.8	90.3	7.0	132	5.2
S-BOD (mg/L)	27.5	2.4	33.0	3.8	59.5	3.1
T-N (mg/L)	22.0	6.8	23.9	7.9	36.3	9.0
NH ₄ -N (mg/L)	14.0	0.3	15.8	0.1	23.8	0.2
NO _x -N (mg/L)	0.1	4.9	0.1	6.6	0.6	7.0
NO ₂ -N (mg/L)	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
Org-N (mg/L)	7.9	1.6	8.0	1.2	12.3	1.8
BOD 除去率	95%		92%		96%	
T-N 除去率	69%		67%		75%	

5.2~10mg/L、実験区2で6.2~9.4mg/Lであり、実験区3ではT-Nは6.1~10.4mg/Lであった。平均のT-N除去率はLV25m/dで通水した実験区1、3でそれぞれ69%、75%であった。LV50m/dで通水した実験区2では67%であった。

3-2. 硝化速度および脱窒速度

硝化層(2m)のろ材容積を基準とした原水NH₄-Nの負荷と硝化速度の関係および脱窒層(1m)のろ材容積を基準としたNO_x-N負荷と脱窒速度の関係を図-3に示す。

硝化速度はNH₄-N負荷の増加に伴い直線的に増加し、実験期間中の最大NH₄-N負荷0.47kg/(m³・d)に対しても硝化はほぼ完全に行われた。

LV25m/dで通水した実験区1、3では、NO_x-N負荷が0.2~0.6kg/(m³・d)に対して脱窒はほぼ完全に行われた。この時の脱窒層に対するS-BOD負荷は0.6~1.9kg/(m³・d)であり、NO_x-N負荷の3倍前後であった。実験区2では、NO_x-N負荷0.5~0.9kg/(m³・d)に対して脱窒速度は0.5kg/(m³・d)前後で一定となった。この時の脱窒層に対するS-BOD負荷は約1.5kg/(m³・d)であり、NO_x-N負荷の1.7~3倍であった。酢酸をBOD源として十分に添加した脱窒実験では3kg/(m³・d)前後の脱窒速度が得られていることから³⁾、実験区2で脱窒速度が一定となったのはBOD負荷が律速になっていたためと考えられる。

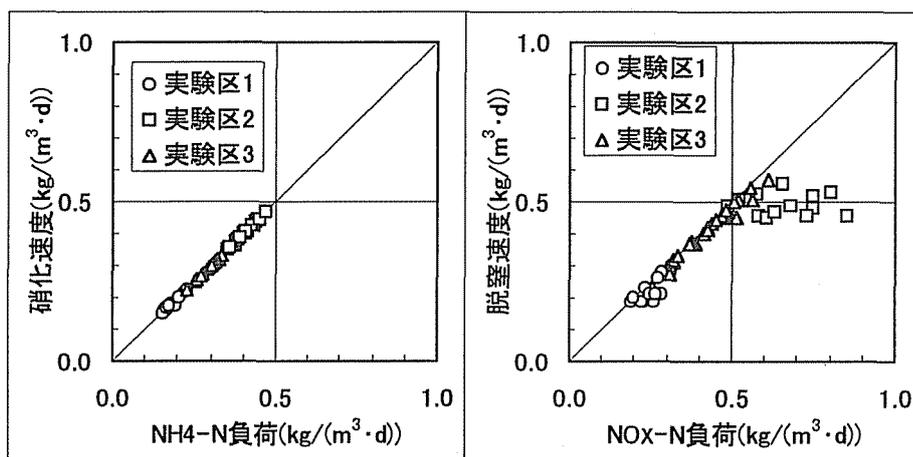


図-3 硝化速度および脱窒速度

3-3. ろ材層内における各成分の挙動

(1) NH₄-NおよびNO_x-Nの挙動

各実験区のNH₄-NおよびNO_x-Nの層別分析結果を図-4に示す。なお、本調査時の水温は実験区1で27℃、実験区2で19℃、実験区3で15℃であった。

<NH₄-Nの挙動>

NH₄-Nのろ材層内における挙動はいずれの実験区でも同様の傾向であった。ろ材層下部(層厚0mm)のNH₄-Nは実験区1、3で5mg/L、実験区2で3.5mg/Lであり、層厚0~1000mmの脱窒層ではNH₄-Nはわずかに増加した。これは有機体窒素の分解によるものと考えられる。硝化層の内、層厚1000~1800mmにかけてはNH₄-Nの低下が少なかった。これは層厚1000~1800mmにおいてBODの酸化が主に行われているためと考えられる。NH₄-Nは層厚1800mm以上において著しく低下し、処理水(層厚3000mm)ではいずれの実験区でも1mg/L以下となった。

〈NO_x-Nの挙動〉

NO_x-Nの除去はろ材層流入直後から行われていた。実験区1ではろ材層下部のNO_x-N4mg/Lが層厚560mmで0.5mg/Lまで低下し、層厚960mmでは0.1mg/Lとなった。NO_x-Nがほとんど除去された層厚0~560mmにおける脱窒速度は0.47kg/(m³・d)であった。実験区2ではろ材層下部のNO_x-N6.1mg/Lが、層厚960mmで3mg/L残留した。層厚0~960mmにおける脱窒速度は0.48kg/(m³・d)であり、実験区1の層厚0~560mmにおける脱窒速度とほぼ同じであった。実験区3ではろ材層下部のNO_x-N5.7mg/Lが、層厚560mmで1.5mg/Lまで低下し、層厚960mmでは0.1mg/Lとなった。層厚0~560mmにおける脱窒速度は0.56kg/(m³・d)であり、実験区1、2に比べやや高かった。低水温の実験区3で脱窒速度が高くなったのはペプトンを添加したことにより、原水中の窒素に対するBODの比率が高くなったためと考えられる。ちなみに、原水中のNH₄-Nに対する溶解性BODの比は、実験区1、2で2、実験区3では2.5であった。

以上のように、本装置では通気管下部のろ材層で脱窒が、通気管上部のろ材層で硝化が行われ、一塔の中で硝化と脱窒の機能を分担できることが明らかとなった。

(2)SS、BODの挙動

実験区2におけるSS、BODの層別分析結果を図-5に示す。SS、BODはろ材層下部で45mg/L前後であり、層厚960mmでそれぞれ5.7mg/L、14mg/Lとなった。SSの88%、BODの68%は層厚0~960mmの脱窒層で除去された。残留したSS、BODは硝化層で除去され、層厚1800mmでSS3mg/L以下、BOD10mg/L以下となり、処理水ではSS1mg/L、BOD 5.1mg/Lとなった。

3-4. 生物付着量

硝化層および脱窒層のろ材の生物付着量の測定結果を表-3に示す。ろ材充填容積当たりの生物量は6000mg/L前後であり、硝化層と脱窒層でほぼ同じであった。また、逆洗前後の生物量にも差がなかった。この結果から、硝化菌および脱窒菌はろ材層全体に高濃度に保持されてお

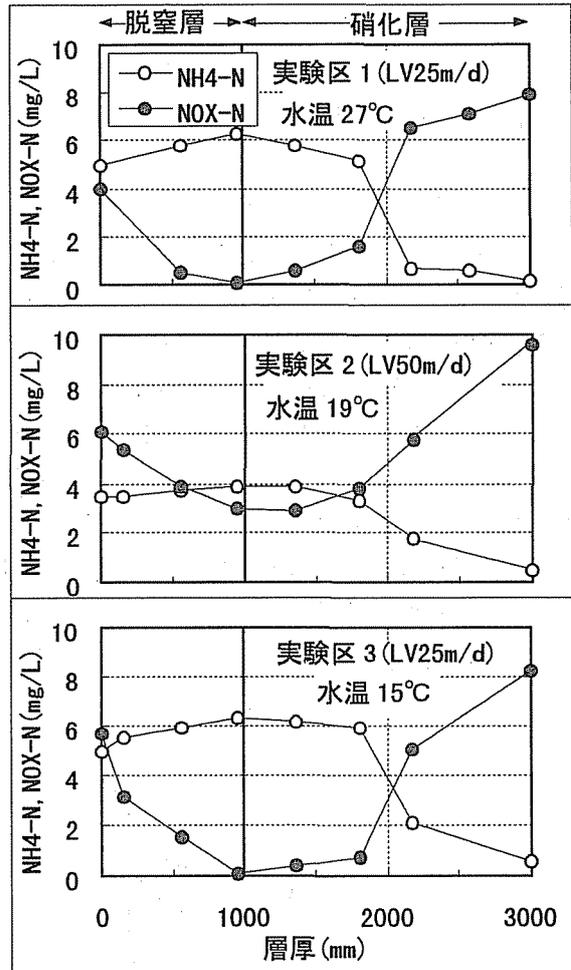


図-4 NH₄-N および NO_x-N の挙動

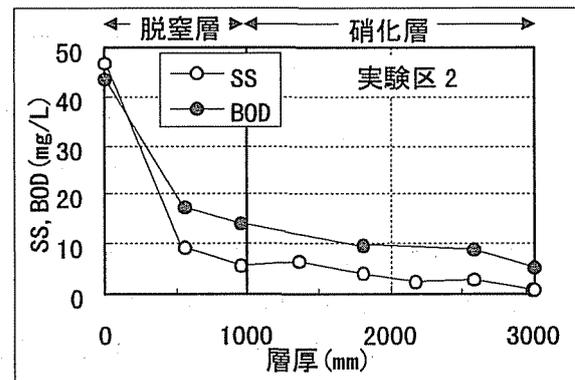


図-5 SS、BOD の層別分析結果

表-3 生物付着量測定結果

		生物付着量 (mg/L-ろ材容積)
脱窒層	逆洗前	6300
	逆洗後	6000
硝化層	逆洗前	5600
	逆洗後	5600

り、このことにより本装置では高い負荷での処理が可能になっていると考えられる。

4. まとめ

浮上ろ材を充填した一塔型窒素除去装置を用いて連続通水実験を行い、以下の知見が得られた。

- (1) T-Nは原水22mg/L～36mg/Lに対し処理水10mg/L以下であり、T-N除去率は67%～75%であった。
- (2) SSは原水60mg/L～82mg/Lに対し処理水1.2～2.1mg/L、BODは原水72～132mg/Lに対し処理水3.8～7.0mg/Lであった。SS、BODは層厚1000mm以下の脱窒層でほとんど除去され、装置全体の除去率は90%以上であった。
- (3) ろ材層内に通気管を設置することで、通気管下部のろ材層で脱窒が、通気管上部のろ材層で硝化が行われた。硝化は原水NH₄-N14mg/L～24mg/Lに対しほぼ完全に行われ、硝化層の最大硝化速度は約0.5kg/(m³・d)であった。また、脱窒層の最大脱窒速度は約0.5kg/(m³・d)であった。
- (4) ろ材充填容積当たりの生物量は6000mg/L前後であり、ろ材層全体に微生物が保持されていた。

以上の結果から、浮上ろ材を充填した一塔型窒素除去装置は良好な処理性能を有しており、下水高度処理への適用が可能と考えられる。

<参考文献>

- 1) 佐久間 博司 他：好気性ろ床法による硝化およびCOD除去を目的とした高度処理、第29回下水道研究発表会講演集、P471(1992)
- 2) 志村 公久 他：生物膜ろ過法を用いた窒素除去プロセス、第31回下水道研究発表会講演集、P386(1994)
- 3) 佐久間 博司 他：浮上ろ材を用いた生物膜ろ過法による窒素除去、第31回下水道研究発表会講演集、P442(1995)