SNAP 法を用いた埋立地浸出水の窒素除去

熊本大学工学部　学生会員　○黒木　淳博
熊本大学大学院　学生会員　Pham Khac Lieu
熊本大学工学部　正会員　古川　憲治

１．はじめに

埋立地浸出水は高濃度の有機物や窒素成分、それに重金属が含まれる。これらは有害で適切に処理をした後に排出する必要がある。従来、窒素成分は硝化を行い、その後に窒素ガスに脱窒する方法にて処理されてきた。1995 年にデルフト工科大によって発見された Anammox 反応を用いることによって、硝化の反応の際に必要となる酸素量を最大 50%カットできるばかりか、脱窒の反応時に使用していたメタノール等の有機炭素源を必要としないことから、より安価な処理が可能になる。Anammox を用いた窒素除去では、始めに流入水のアンモニア態窒素（NH_4-N）の半量を亜硝酸性窒素（NO_2-N）に部分亜硝酸化し、残りの NH_4-N を水素供与体として用いて Anammox の反応を起こすことにより窒素を除去する。これら２つの反応はそれぞれ好気性と嫌気性の反応なので、通常２つの別々の槽が必要となる。近年、ネット状のアクリル繊維担体（バイオフィックス、BX、エヌ・イ・ティ製）を活用して、アンモニア酸化汚泥を付着固定化させたリアクタを用いた埋立地浸出水の長期にわたる部分亜硝酸化試験の中で、BX の表部にアンモニア酸化汚泥が、内部に Anammox 汚泥が共生する状況が作り出され、１槽で NH_4-N を窒素ガスに脱窒除去できるプロセス、**S**ingle stage **N**itrogen removal using **A**nammox and **P**artial nitration (SNAP)法が開発された。(1)

今回、どの程度の負荷量まで SNAP 法で埋立地浸出水を処理することができるのかを明らかにする目的で、合成埋立地浸出水を供試排水とするベンチスケールの連続処理試験を行った。

２．実験装置と運転条件

実験装置の概略を図１に示す。直径 16cm、高さ 34.5cm、容量 5L の上向流カラムリアクタを用い、その表 - 1 に示す運転条件で運転した。供試種汚泥としては、他の SNAP リアクタから採取した汚泥を 10.5g-SS を使用した。この供試種汚泥を図 - ２に示す BX42g を同心円状に設置したリアクタに投入し、窒素ガスで１日間循環させることで BX に種汚泥を完全に付着固定化した。流入水の NH_4-N 濃度を 125 から 500mg-N/L に段階的に高め、滞留時間 10 時間、pH7.5～7.8、水温 35℃、酸素供給量 0.04～0.06vvm の条件で連続処理を開始した。また、実験に用いた合成埋立地浸出水の成分を表 - ２に示した。

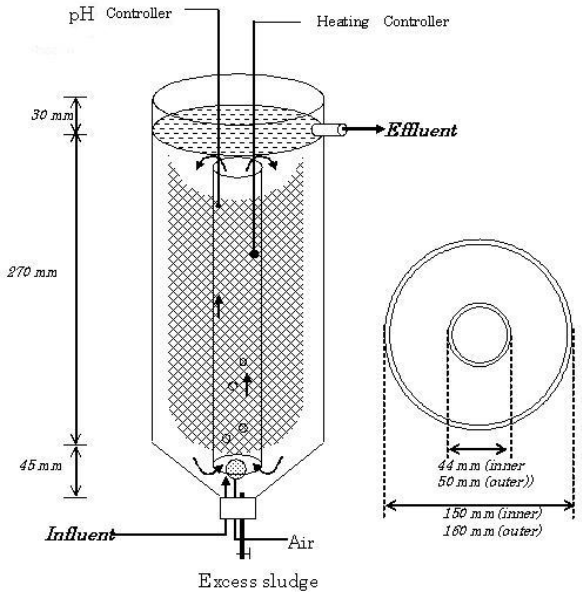

図１　SNAP リアクタの模式図

図２　BX の写真

表１　運転条件

Volume (L)	5
Cross-section shape	Circular
Seeding	SNAP sludge (from SN-2) 10.5g-SS
Carrier	BX 42g
Inf NH_4-N (mg/L)	125~500
HRT (h)	10
Operational conditions	pH 7.5~7.8, 35°C, 0.04~0.06 vvm

表２　合成埋立地浸出水の組成

NH_4Cl	120~500(as N)
$NaHCO_3 + KHCO_3$ (mg-HCO_3^-/ L)	456~1830
KH_2PO_4 (mg-P/ L)	10
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$ (mg-Ca^{2+}/ L)	64
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (mg-Mg^{2+}/ L)	32
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ + EDTA (mg-Fe^{2+}/ L)	3.2
Influent pH	7.5~7.7

３．実験結果

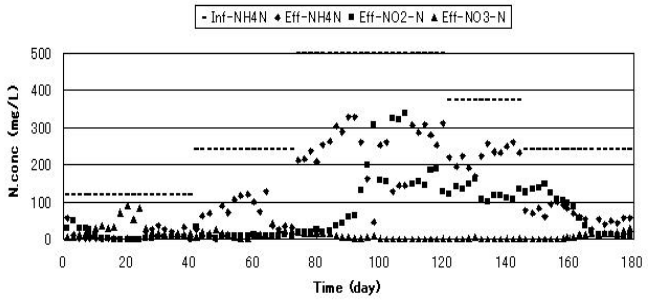

図３　各態窒素の計日変化

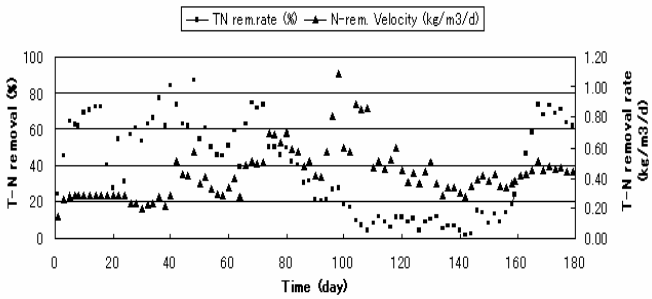

図４　窒素除去率の計日変化

表３　SNAP 法と他の１槽式 NH_4-N 除去リアクタとの比較

System	Applied load (kg-N/m³/d)	N-removal kg-N/m³/d	N-removal % of N-load	Reference
SNAP, reactor (average day 42-72)	0.58	0.41	61.1	This study
SNAP, reactor (high N-removal)	1.20	1.09	27.3	This study
SNAP, reactor	0.58	0.39	67.9	(1)
CANON(Gas-lift)	3.70	1.44	39.0	(1)
OLAND (SBR)	1.189	1.058	89.0	(1)

４．結論

流入水の NH_4-N の濃度が 240 mg-N/L で窒素負荷量が 0.57 kg-N/m³/d の時、最大 87%の窒素除去率を得ることができた。流入水の NH_4-N の濃度が 500 mg-N/L の時、最大 1.09 kg-N/m³/d の窒素除去速度を得ることができた。流入水の NH_4-N の濃度を 240 から 500 mg-N/L まで急激に上げたところ、窒素除去率は急激に低下した。その後流入水の NH_4-N の濃度 500 から 375、240 mg-N/L へと段階的に負荷を下げたところ窒素除去率 75%程度まで急速に除去率が回復した。この実験結果は急激な窒素負荷量の増加は処理水の NO_2-N 濃度の増加をまねき、高濃度の NO_2-N によって Anammox 細菌が大きく阻害を受けることを示している。また、この阻害から Anammox 活性を回復するのに長い時間を要したことから、SNAP 法の運転においては処理水の NO_2-N 濃度が高まらないような負荷のかけ方が必要になることが判った。また、表３にはこれまでのオランダとベルギーで開発された Anammox 反応と部分亜硝酸化を１槽で行う CANNON 法、OLAND 法と SNAP 法との窒素除去能の比較を示した。今回、N 負荷量 0.58 kg-N/m³/d で窒素除去速度 0.41 kg-N/m³/d、窒素除去率 61.1%を得たが、これを Pham らの報告と比較すると窒素除去速度はほぼ同じであるが、窒素除去率は若干低くなっている。これには立ち上げの時間が 30 日と短かったことが原因している。一方短い期間ではあるが、流入水の NH_4-N の濃度が 500 mg-N/L のとき 1.09 kg-N/m³/d と他の CANON、OLAND 法と比肩できる除去速度が得られている。今後は SNAP 法で安定して高い除去速度が得られるよう、スタートアップ法や装置形状について検討を加えていく予定である。

５．参考文献

(1)**Pham Khac Lieu, Ritsuko Hatozaki, Hayato Homan, Kemji Furukawa**：Single-Stage Nitrogen Removal using Anammox and Partial Nitritation (SNAP) for Treatment of Synthetic Landfill Leachete, Japanese Journal of Water Treatment Biology, Vol.41, No.2, pp.103-112(2005)