

廃棄物層における硝化・脱窒反応に関する研究

福岡大学 工学部 学生員 〇安永 祥二 正 員 花嶋 正孝
 福岡大学 工学部 正 員 松森 康司
 九州大学 工学部 正 員 栗谷 陽一 学生員 島岡 隆行

1. はじめに 埋立地から流出してくる浸出液は埋立地低部に埋設されている集水管により集水された後、水処理施設で処理され、埋立完了後も浸出液の処理が継続されている。このような中で、浸出液中の窒素はBOD成分などに比べて濃度の低下が極めて遅く、埋立完了後の水処理を困難にしている。この現状を踏まえ、我々は埋立地内で窒素除去を可能にする埋立構造を開発し、その一つとして「循環式好気性埋立構造」を提案している。この埋立構造は浸出液を埋立地に循環させ、硝化、脱窒反応を促進させることに特徴を有する。本報告は覆土層厚および浸出液の循環が、硝化、脱窒反応に及ぼす影響を把握することを目的としてモデル実験を行ない、検討を加えたものである。

2. 実験装置および方法 実験には図-1に示す、内径7.0cmφのアクリルパイプからなるカラムを5本用いた。カラムには、稲わらが1.8%混入している焼却灰を表-1に示す充填条件で所定の高さに充填した。充填時には硝化菌、脱窒菌を接種するため、表-2に示す既存埋立模型槽からの浸出液A、Bを加えた。カラムには基質として、窒素濃度が約30mg/lの塩化アンモニウム溶液を供給した。カラム-I, II, IIIの試料充填厚さは20cm, 40cm, 80cmで、微量定量ポンプで溶液をカラム上部から連続供給(約3ml/min)した。カラム-IV, Vの充填厚さは40cmで、供給タンクに入った塩化アンモニウム溶液を微量定量ポンプで循環させて(約3ml/min)実験を行なった。水質分析は、流入水、流出水についてpH, アンモニア性窒素, 亜硝酸性窒素, 硝酸性窒素, T-N, TOCについて行なった。また、カラム-Vは実験開始後40日目に解体し、窒素, 炭素の収支をとるために、充填物中の窒素, 炭素含有率を求めた。更に、供給方式の違いによる細菌数の経時変化を把握するため、充填厚さ40cmのカラム-IIとカラム-IVの流出水中の細菌(NB細菌, DNB細菌, 脱窒菌, 脱窒菌-図-1 実験装置)の計数を行なった。

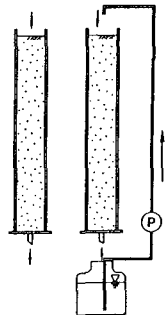


表-1 充填条件

カラム No.	高さ (cm)	焼却灰質量 (dry g)	稲わら質量 (dry g)	見掛け比重 (t/m ³)
I	20	756.8	14.1	0.99
II	40	1514.9	28.4	0.98
III	80	2929.4	55.7	0.97
IV	40	1494.2	28.4	0.98
V	40	1556.1	28.4	1.02

3. 実験結果および考察 3-1 廃棄物層厚と硝化、脱窒反応の関係 図-2, 3には、カラム-I, IIIの流出水のアンモニア性, 亜硝酸性, 硝酸性窒素濃度の経時変化を示している。両カラムの硝化反応は、充填厚さによらず同様の傾向を示し、40日目付近からアンモニア性窒素は低下し、それと時期同じくして亜硝酸性窒素が急激に増加している。しかし、アンモニア性窒素および亜硝酸性窒素の増減幅はカラム-Iの方が大きく、廃棄物層厚の違いの影響が見受けられる。

表-2 接種用浸出液の細菌数および水質

浸出液	NB細菌 (cells/ml)	DNB細菌 (cells/ml)	アンモニア酸化菌 (cells/ml)	亜硝酸酸化菌 (cells/ml)	脱窒菌 (cells/ml)	T-N (mg/l)	TOC (mg/l)	接種したカラム
A	4.1×10 ⁴	2.9×10 ⁵	9.2×10 ⁴	3.5×10 ⁴	2.3×10 ⁴	28.58	1.64	I, II, III, IV
B	4.7×10 ⁴	2.4×10 ⁵	6.7×10 ⁴	6.8×10 ⁴	2.1×10 ⁴	23.71	40.98	V

図-4にカラム-I~IIIのT-Nの濃度減少率(=100×(I-N_{IN}-I-N_{OUT})/I-N_{IN})の経時変化を示す。まず始めに、実験期間を通じ充填厚さが80cmのカラム-IIIが最も窒素減少率が大きく、充填厚さ20cmのカラム-Iが最も小さくなっている。次に、窒素減少率を経時的に見てみると、各カラムとも20日目付近で最大値を示し、その後減少率は低下している。しかし、亜硝酸化が顕著となった40日前後から再び窒素減少率が増加している。また、経過日数70日ごろまでの各カラム間の窒素減少率の比は、充填厚さの比(=1:2:4)にほぼ一致しているのに対し、それ以降の窒

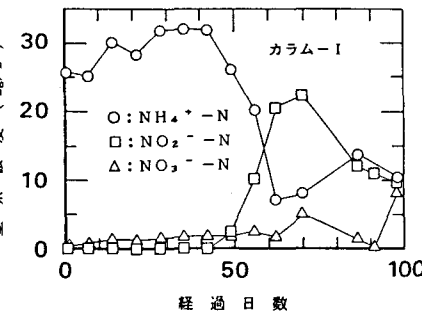


図-2 窒素濃度の経時変化

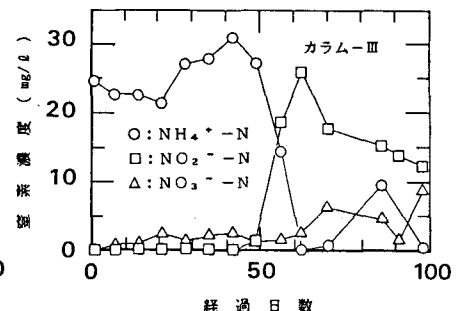


図-3 窒素濃度の経時変化

窒素減少率には充填厚さによる差があまり見られない。次に、実験開始から20日間の窒素減少率が急増したとき、硝化、脱窒反応の影響因子であるpH、TOCは急激な低下を来した、また、この時期の流出水中のNB細菌、DNB細菌、脱窒菌は、図-5に示すように100倍以上に増殖した。これらのことからこの期間の脱窒反応は、細菌を接種して実験を開始し、稲わらより溶出してきた易分解性の有機炭素が過剰にあるため、スムーズに進行したものと考えられる。また、この時期の窒素減少率の大小関係が充填厚さとほぼ一致しているのは、有機炭素溶出量が充填厚さに比例していたためと思われる。60日付近からの各カラムに見られる窒素減少率の増加は、稲わら中の易分解性有機炭素が溶出し終わり、有機炭素の供給源である稲わらの分解条件に律速される形での脱窒反応に移行したためと予想された。

3-2 浸出液の循環に伴う硝化、脱窒反応 カラム-IV、Vは流出水を循環させて実験を行なったもので、図-6にカラム-IVのアンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素の経時変化を示している。まず始めに、20日間で実験開始時に約30mg/lであったT-Nが、数mg/lまで減少していることが分かる。基質の補給として塩化アンモニウムを23日目に添加しT-Nを上げたところ、当初ほど顕著なアンモニア性窒素の減少は見られなかった。このことは、実験開始後の20日間に流出水中の有機炭素が初期の約15%までに低下し、有機炭素が律速になっているためと考えられ、42日目に有機炭素源としてグルコースを添加した。その結果アンモニア性窒素は、再び低下傾向を示した。また50日目に再度塩化アンモニウムを補給したところ、アンモニア性窒素が低下すると同時に亜硝酸性、硝酸性窒素が検出され、有機炭素が脱窒反応の律速になっていることが推測された。

図-7はカラム-IV、VのT-Nの濃度の経時変化を片対数紙に示したものである。両者ともに初期には対数的に減少していることが分かり、このときの窒素減少率はカラム-IVが12.9%、カラム-Vが13.5%で、流出水を循環していない充填厚さ40cmのカラム-IIの最大減少率14.2%とはほぼ同じ値となっている。前述した浸出水の循環による窒素の減少が生物学的脱窒であることを確認するためにカラム-Vを40日目に解体し窒素、炭素の物質収支をとることにした。その結果、窒素は初期総質量(234mg)の82.4%が消失し、脱窒現象が確認された。一方、炭素の初期質量は1347mgで、解体時には64.5%の炭素が消失していた。

以上のことから流出水を焼却灰層に循環させる意義は、流出水を循環させていないカラム-IIに見られた一過性の反応を連続的に行なわせることにあると言える。更に、浸出水を層内に返送することは、充填廃棄物から溶出し硝化、脱窒反応に利用されずに流出した窒素、炭素を、反応に関与する微生物に再利用させ、細菌の循環初期の増殖速度および定常期の細菌数を飛躍的に増大させることにつながっていることが考えられた。

4. まとめ 焼却灰を充填したカラムを用いた硝化、脱窒に関する実験より、次のことが分かった。1) 焼却灰層が厚いほど硝化、脱窒反応は顕著になり、窒素減少率も大きくなる。2) 廃棄物層内の脱窒反応は、有機炭素の溶出過程に依存することが予想された。3) 焼却灰層に流出水を循環することにより、初期窒素量の約80%が脱窒したことを確認した。4) 流出水を循環させた場合の流出水中の細菌数は、循環させない場合よりも約1オーダー多く、細菌の集積が認められた。これらのことは循環式準好気性埋立構造が、準好気性埋立構造よりも脱窒現象を促進することを裏付けるものである。

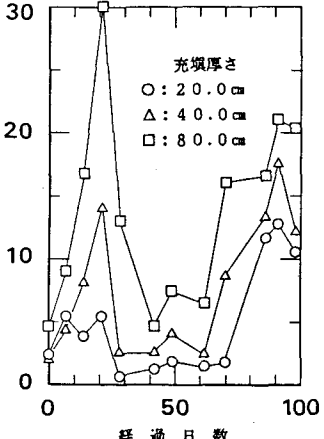


図-4 窒素減少率の経時変化

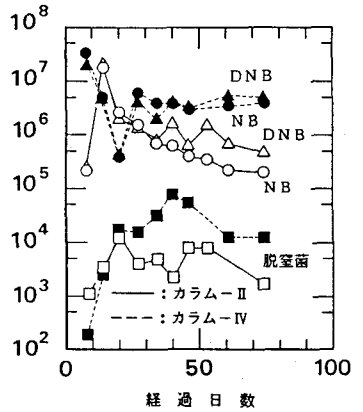


図-5 各菌数の経時変化

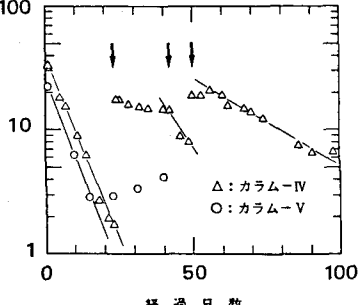


図-7 T-Nの経時変化

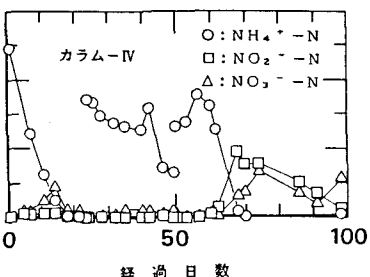


図-6 窒素濃度の経時変化