

II-458

廃棄物層における硝化・脱窒反応に関する研究(2)

—— 廃棄物層厚および基質の供給方式と脱窒の関係 ——

九州大学 工学部 学生員 〇島岡隆行 正 員 栗谷陽一
福岡大学 工学部 正 員 花嶋正孝 正 員 松藤康司

1. はじめに 近年、埋立地は「廃棄物の投棄場」であるといった捉え方から、埋立地に何らかの手を加えることにより、廃棄物の浄化機能を持たせようとする積極的な試みが、各方面でなされている。本研究はその一環として、浸出水処理において経済的な問題などが残されている、窒素の除去を埋立層内で行おうとするもので、窒素除去の方法の一つとして「土壌還元技法」を埋立地に適用し、浸出水を埋立層内に連続循環させ、脱窒に関与する細菌を集積させるとともに、微生物活性を高めようとするものである。今回、廃棄物層厚および浸出水の廃棄物層への供給方式と硝化・脱窒反応の関係をある程度明らかにすることができたので、ここに報告する。

2. 実験装置および方法 実験には図-1に示す、所定の高さのカラム(内径7.0cmφ、アクリル製)を7本用いて行った。カラムには、廃棄物として粒径1.0mm以下の焼却灰(未燃分3.55%)を充填し、焼却灰には脱窒に際しての有機炭素源として1.8%(乾重基準)の稲わらを混入させている。充填時には硝化菌、脱窒菌を接種するために、既存埋立模型槽からの浸出水を焼却灰の含水比調整用として添加した。装置は基質の供給方式により、(a)~(c)の3つのタイプに別れており、それぞれ「非循環方式」、「循環方式」、「連続循環方式」と呼ぶことにする。実験条件の詳細は、表-1に示す。各タイプのカラムとも窒素濃度で約30mg/lの塩化アンモニウム溶液を、微量定量ポンプで3ml/min供給した。また、浸出水を循環させるカラムの供給タンク内の容量は4.32%で、1日に1回入れ替わるものである。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、T-OCについて行った。また、カラムIIおよびカラムVIIについては、浸出水中の細菌(NB細菌、DND細菌、脱窒菌)の計数を経時的に行った。なお、カラムVIは脱窒現象を確認するために、実験開始後40日目に解体し、窒素・炭素の物質収支をとった。

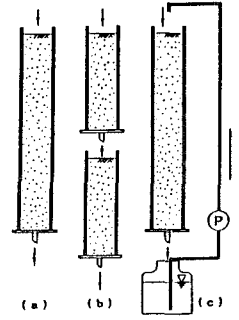


図-1 実験装置

表-1 実験条件

カラム NO	見掛け比重 (t/m ³)	充填厚 (cm)	供給方式
I II III	0.99 0.98 0.97	20.2 40.8 79.8	非循環
IV (上段) V (下段)	1.00 0.97	20.1 20.4	循環
VI VII	1.02 0.98	40.2 40.2	連続循環

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、充填厚の異なるカラムI~IIIの硝化率($= (1 - \frac{NH_4^+ - N_{OUT}}{NH_4^+ - N_{IN} + NO_2^- - N_{IN} + NO_3^- - N_{IN}}) \times 100$)および脱窒率($= (\frac{T-N_{IN} - T-N_{OUT}}{T-N_{IN}}) \times 100$)の経時変化を示す。まず始めに、実験期間にわたり充填厚が厚いほど、硝化率および脱窒率が大きくなっていることが分かる。本実験は菌を接種して実験を開始したため、実験当初より硝化反応が確認され、50日ごろまでは硝化率が図-3に示す脱窒率とはほぼ同じ値であり、極めてスムーズに硝化反応から脱窒反応に移行しているものと考えられる。脱窒率は20日付近でピークを向かえた後、急激な低下を来し、60日付近から再び増加傾向を示している。この60日ごろまでの脱窒率は、充填厚の比(=1:2:4)に比例している。次に、60日目以降の硝化率および脱窒率を見てみると各カラムとも顕著な硝化反応を示し、充填厚が最も厚いカラムIIIは90%以上の値となっている。脱窒率は充填厚が厚いほど大きいものの、充填厚に必ずしも比例しなくなっている。これは、初期においてはT-OCが約50~250mg/lの範囲で充填厚に比例していたものが、その後は各カラムのT-OCにあまり差が見られなかったことから判断すると、稲わら中の易分解性の有機炭素が速やかに分解・溶出し有機炭素が不足したため、脱窒反応が律速されたものと考えられた。

3-2 供給方式と硝化・脱窒反応の関係

非循環方式では、常に新しい基質を供給しているのに対し、循環方式は流出して来た浸出水を再度埋立地に戻すことを想定し、一度だけ浸出水を循環させる方式である。図-4, 5に、各々の方式の実験結果を示す。60日目付近までの硝化反応は両方式とも同様の変化を示し、循環方式のカラムVの方が若干硝化率が高くなっている。このことから、カラムVには一度空気と接触した浸出水が供給されるため、溶存酸素量が増加し硝化反応が促進したものと考えられる。60日目以降は、非循環方式のカラムIIの浸出水が亜硝酸性窒素主体であるのに対して、カラムVは硝酸性窒素が主体となっている。この結果、

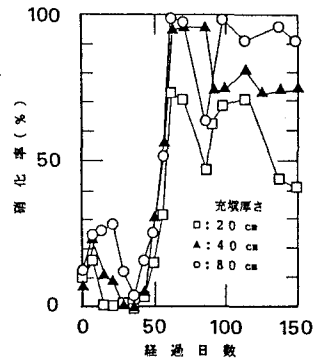


図-2 硝化率と充填厚の関係

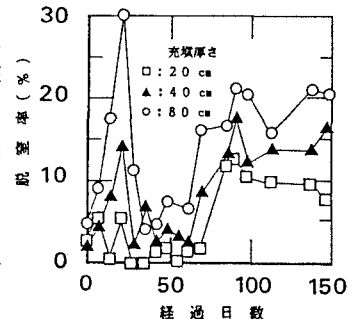


図-3 脱窒率と充填厚の関係

廃棄物層厚が同じであっても、浸出水が一度空気と接触することにより、硝化反応が大きく影響を受けることが分かった。図-6には、循環方式の上段（カラムⅣ）と下段（カラムⅤ）の脱窒率の経時変化を示す。実験当初は上段よりも下段の方が脱窒率が大きく、50日以降は逆に、上段の脱窒率が顕著である。また、充填厚が同じと考えられる非循環方式のカラムⅡ（図-3参照）とカラムⅤを比較すると脱窒率には大差はなく、この供給方式により硝化反応は促進されるが、脱窒反応の向上は認められなかった。

図-7には、連続循環方式で行ったカラムⅦ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す。この供給方式においては、20日間で実験開始時に約30mg/lであったT-Nが、2~3mg/lにまで激減した。そこで、基質の補給として塩化アンモニウムを23日目に添加したところ、当初ほど顕著なアンモニア性窒素の減少傾向は見られなかった。そこで有機炭素濃度に注目すると、初期の約10%までに低下しており、脱窒率は有機炭素が律速になっているためと考え、42日目に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減少傾向を示した。更に、50日目に再度塩化アンモニウムを補給したところ、アンモニア性窒素は低下したが、亜硝酸性、硝酸性窒素が蓄積し、脱窒反応は進行しなかった。一方、T-Nは対数的に減少することが分かり、図-7中に示す①~③の期間のT-N減少率を求め図-4各形態窒素の経時変化でみると、それぞれ12.9%/day, 8.4%/day, 2.9%/dayとなった。期間④では、同じ充填厚のカラムⅡの最大脱窒率とほぼ等しいT-N減少率で、実験開始時より窒素が減少していることが分る。また、期間③におけるカラムⅡの脱窒率を見てみると、10%以上を示しており、カラムⅦのT-N減少率の約3倍となっている。このように連続循環方式では経過日数とともにT-N減少率が低下するものの、浸出水の連続循環により非循環方式よりもT-Nの減少が著しくなることが分かった。表-2に連続循環方式のカラムⅥを実験期間40日目に解体した時の、窒素・炭素の物質収支を示す。その結果、82.4%の窒素が消失し、それと同時に64.5%の有機炭素が消失していることから、「脱窒現象」が確認できた。

最後に、供給方式が異なるカラムⅡとカラムⅦの細菌数の経時変化を図-8に示す。その結果、NB, DNB細菌ならびに脱窒菌は、連続循環方式の方が約10倍細菌数が多いことが分かり、顕著な細菌の集積が見られた。また、実験の開始時の菌の接種状態は両カラムとも同一であり、初期菌数は変わらないと考えられるが、初期10日目のNB, DNB細菌数の菌数を見ると、非循環式が 10^5 cells/mlであるのに対して、連続循環式は 10^7 cells/mlにも達しており、浸出水の連続循環による細菌の集積効果が際だっていることが確認された。更に、非循環方式においてはNB, DNB細菌の減少傾向が見られるが、連続循環方式においては長期において集積状態の菌数を維持していることが明らかになった。以上のことより、埋立層においても連続循環方式は非循環方式に比べ、硝化・脱窒反応を促進させ得ることが示唆された。

今後の課題として、廃棄物層内の有機炭素の分解過程と硝化・脱窒反応の関係を把握し、このことを基に最適な循環水量を決定するなど、「循環式準好気性埋立構造」の早期実用化に努めたい。

最後に、実験に御協力下さいました、福岡大学工学部 安永祥二君に感謝致します。

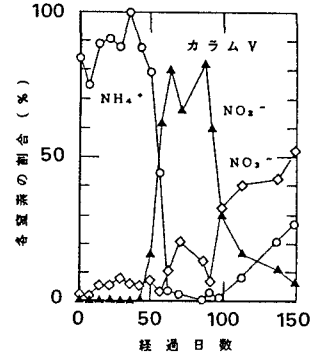
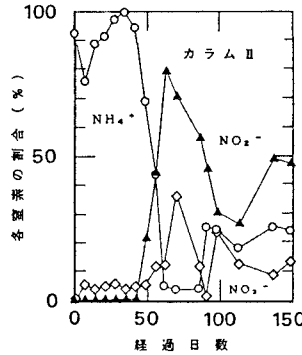


図-5 各形態窒素の経時変化

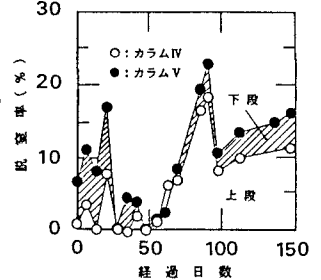


図-6 脱窒率の経時変化

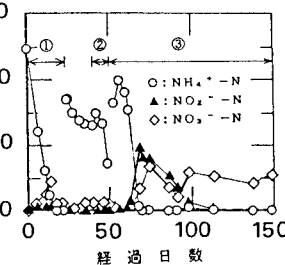


図-7 各形態窒素の経時変化

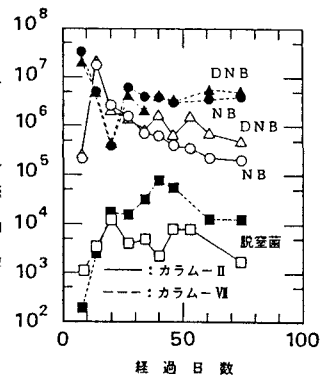


図-8 細菌数の経時変化

表-2 窒素・炭素の物質収支

(単位: mg)

	充填時の質量		解体時の質量		減少量	
	N	C	N	C	N	C
供給水 (タンク内の溶液)	133.7	695.0	22.9	233.2	110.8	461.8
充填物 (焼却灰・稲わら・菌体)	1.2	57.9	0.9	34.2	0.3	23.7
合計	134.9 (100)	752.9 (100)	23.8 (17.6)	267.4 (35.5)	111.1 (82.4)	485.5 (64.5)

但し、()内は質量割合(%)を示す。