

II-474

廃棄物埋立層における窒素の分解過程に関する研究(5)

九州大学工学部○学生員 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 埋立地は、これまでの研究において「廃棄物の貯留」の機能にとどまらず、「廃棄物の分解・安定」の機能を有していることが明らかにされている。我々は、「循環型準好気性埋立構造」における「脱窒」の現象を既に確認^{1,2)}し、更に、埋立層内の有機物含有量が多くなると脱窒反応も盛んになる^{2,3)}ことを明らかにした。本論文は、焼却灰埋立層での脱窒現象を再確認するとともに、埋立層内の脱窒反応時の細菌叢について実験を行ない、若干の知見を得たので報告する。

2. 実験装置 および 方法 実験には、埋立地蛇かご周辺をモデル化した埋立模型槽を2槽用いた(図-1参照)。埋立槽には、福岡市南部清掃工場の焼却灰を表-1に示す条件で充填し、2槽のうち1槽(A槽)には蛇かご上部より約30mg/lの塩化アンモニウム溶液を供給し、もう1槽にはブランク槽(B槽)として水道水を供給した。供給水は槽内を浸透した後、採水口No.1, 2, 3より浸出するものである。また、装置は恒温室内に設置し、室温約20℃のもとで実験を行った。

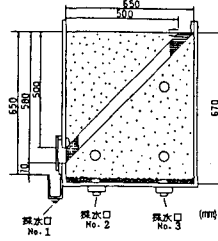


表-1 充填条件

充 填 物	焼 却 灰
充 填 重 量(kg)	44.06
見掛け密度(t/m ³)	1.25
熱 灼 減 量(%)	2.60
炭素含有率(%)	1.02
窒素含有率(%)	0.02

2-1 水質分析 および 物質収支 水質分析は、流入水および浸出水のpH, 三態窒素, T-N, TOCについて行った。塩化アンモニウムを供給しているA槽については経過日数918日の時点で解体し、槽内充填物の炭素および窒素の含有率を測定した。また、これらの値をもとに解体時の槽全体の炭素, 窒素含有量を求め、物質収支を算出した。

図-1 実験装置

表-2 培養条件および期間

菌 種	培 養 法	培 地 組 成	培 養 期 間
アンモニア酸化菌	高濃度法(MFN法)	土壌微生物試験法に準拠	4週間
亜硝酸酸化菌	"	"	"
脱 窒 菌	"	"	3週間
N B 菌	希釈平板法(浸取法)	N B 培 地	2週間
D N B 菌	"	N B 培地を100倍希釈	3週間
タンパク分解菌	"	N B 培地にゼラチン添加	3日間
嫌 気 性 菌	希釈平板法(浸取法)	GAM 寒天培地	1週間

2-2 細菌数の計測 解体時の槽内と浸出水の菌叢を把握するため、アンモニア酸化菌, 亜硝酸酸化菌, N B 菌, D N B 菌(1/100 N B 培養), タンパク分解菌の計7菌種について菌の計数を行った。各々の培地組成および培養期間などを表-2に示す。測定方法は前者3菌種は最確値法で行い、残りの4菌種については希釈平板法で行った。なお、細菌数はA槽の採水口No.2およびNo.3の浸出水と採水口No.3上部の槽内深さ方向4ヶ所(表層より深さ6.0cm, 23.0cm, 32.5cm, 44.5cm)の6サンプルについて測定した。

3. 実験結果および考察

3-1 硝化・脱窒反応および炭素・窒素の収支

まず始めに、図-2にA槽(採水口No.3)の三態窒素の経時変化を示す。A槽, B槽ともに極めて緩慢な硝化反応が見られ、採水口No.2とNo.3の硝化反応はほぼ同じ傾向を示し、反応の程度にも大差は見られなかった。図-3には、採水口No.3の窒素減少濃度の経時変化を示す。実験期間を通じ、1割程度の窒素の減少が見受けられる。窒素減少濃度の大小は実験初期を除き、硝化反応のそれに比例していた。

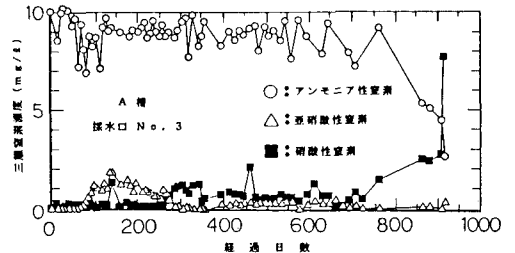


図-2 三態窒素濃度の経時変化

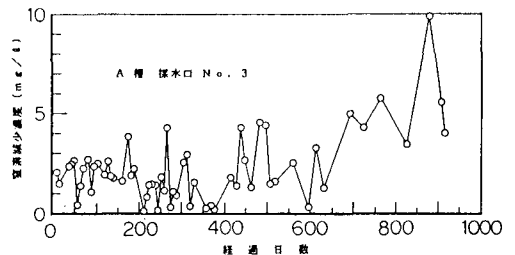


図-3 窒素減少濃度の経時変化

次に、収支式 $VW = \sum (Q_{in} \cdot C_{in} - Q_{out} \cdot C_{out}) + \Delta W$ (但し、VW: 有機炭素消費量または脱窒量, Q_{in} , Q_{out} : 流入水量または浸出水量, C_{in} , C_{out} : 流入水および浸出水の炭素, 窒素濃度, ΔW : 埋立槽内の炭素, 窒素変動量)により槽当りの脱窒量および有機炭素消費量を計算した。その結果、槽全体で有機炭素消費量は212.8g, 脱窒量は225.3gとなった。脱窒効率と

しては5%以下と低効率であるが、焼却灰に塩化アンモニウム溶液のみを供給するという微生物にとって極めて苛酷な環境下でも、脱窒が生じていることが確認された。本実験における脱窒1g当りの有機炭素消費量を計算してみると、1.06gとなる。

3-2 埋立槽（A槽）の菌叢

解体後に測定した各種菌数をまとめると表-3のようである。栄養条件としては、埋立槽内は微生物にとって厳しい環境にもかかわらず、アンモニア酸化菌、DNB菌などは、一般土壌の菌数と同等のレベルの微生物が存在していた。

図-4は、アンモニア酸化菌、亜硝酸酸化菌、脱窒菌、タンパク分解菌の深さ方向の変化を示す。この図よりアンモニア酸化菌は槽下部を除き 10^7 cells/g以上の菌が確認され、一般土壌の $10^4 \sim 10^5$ cells/gに比べ、極めて菌数が多いことが分る。次に、亜硝酸酸化菌の深さ方向の菌分布を見ると、上層は下層より2オーダーほど多く生息している。これらのことから、塩化アンモニウム溶液流入後、槽内上層から中層にかけ、比較的早い時期に硝化が起っていたものと考えられる。このことは、採水口No.2とNo.3の浸出水の槽内滞留時間が異なるが、両者の硝化反応にあまり差がないことから裏付けられる。脱窒菌は 1.6×10^4 cells/g以上と計数され、下層部よりも上層部に脱窒菌が多く生息していることを確認した。このように脱窒菌と硝化菌が共存していることから、好気的な場と嫌気的な場が同時に存在していることが予想され、本実験埋立槽では微生物が微視的環境化において住み分けをしていることが示唆された。次に、タンパク分解菌を見てみると、下層より上層が菌数が多くなっている。槽内充填条件から判断して、実験開始時には焼却灰未燃分にしかタンパク質の存在の可能性はないにもかかわらず、 10^3 cells/gのタンパク分解菌が生息している。現在の段階で考えられることは、初期優占種として出現する自栄養性細菌である硝化菌の生物遺体および代謝産物の1つであるアミノ酸等が脱窒菌の生物遺体を基質として、タンパク分解菌が生息していることが推定される。

NB菌とDNB菌の深さ方向の変化をみると図-5のようである。槽全体にわたって低栄養性細菌であるDNB菌の菌数が富栄養性細菌であるNB菌のそれを上まわり、上層ほど低栄養性細菌の優占率が高くなっている。この結果と先に述べた脱窒菌数を合わせ考えると、今回の脱窒は低栄養的な場で生じていたことが予想される。嫌気性菌の菌数を図-6に示す。下層部が上、中槽部に比べ1オーダー高い菌数を示し、他の菌種と異なる深さ方向の分布となっている。

4. まとめ (1) 焼却灰埋立槽に塩化アンモニウム溶液のみを供給すると言った、微生物に厳しい環境下でも「脱窒現象」が確認された。(2) 下層より上層に硝化菌が多く生息すると同時に、脱窒菌も多く生息していたことから、両者の共存による「硝化・脱窒」が予測された。(3) 今回確認した脱窒現象は、「低栄養的な場での脱窒現象」が主流であると思われる。以上のことから、埋立完了後、年数を経た埋立地の環境に類似した低栄養的な環境下でも浸出水を循環することによる脱窒の可能性が示唆され、更に、このような場での脱窒のメカニズムは、富栄養下でのそれと異なることが予想された。最後に、実験に際し御教示下さいました産医大医療短大染谷孝氏に深謝いたします。〈参考文献〉1) 松藤他：廃棄物と循環式準好気性埋立(3) 第4回 全国都市清掃研究発表会、2) 川路、島岡他：廃棄物埋立層における脱窒過程に関する研究 昭和61年度 西部支部研究発表会

表-3 槽内部および浸出水の各菌数

	採取位置	アンモニア酸化菌	亜硝酸酸化菌	脱窒菌	NB菌	DNB菌	タンパク分解菌	嫌気性菌
埋立槽	深さ 6.0cm	7.2×10^7 以上	3.7×10^4	4.3×10^4 以上	3.2×10^3	4.5×10^1	8.7×10^1	4.4×10^4
内部	23.0	7.0×10^7 以上	2.4×10^4	4.2×10^4	2.2×10^3	2.3×10^1	7.5×10^1	8.1×10^4
	32.5	3.6×10^7	1.0×10^4	1.6×10^4	3.0×10^3	8.8×10^1	5.8×10^1	2.8×10^4
	44.5	4.1×10^7	9.1×10^3	1.4×10^4	3.6×10^3	6.1×10^1	2.6×10^1	3.5×10^4
浸出水	採水口No.2	5.3×10^7 以上	3.3×10^3	8.8×10^4	3.3×10^3	6.4×10^1	6.6×10^1	2.5×10^4
	採水口No.3	5.3×10^7 以上	3.2×10^3	3.2×10^4	1.5×10^3	4.8×10^1	3.6×10^1	2.1×10^4

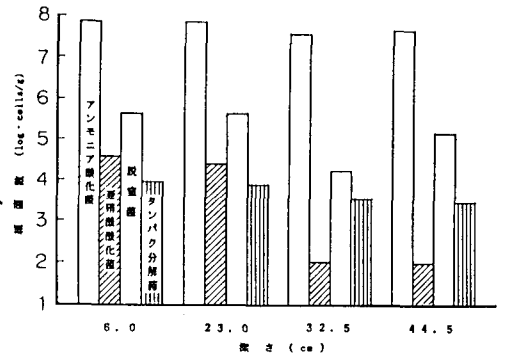


図-4 細菌数の深さ方向の分布

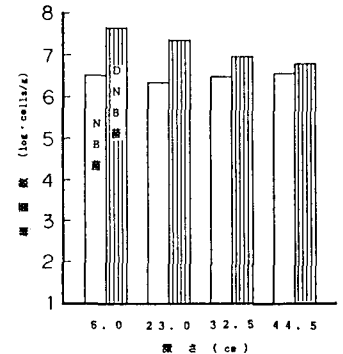


図-5 細菌数の深さ方向の分布

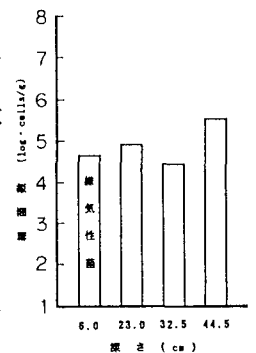


図-6 細菌数の深さ方向の分布