

九州大学大学院工学府 学生会員 ○武 晟  
 九州大学大学院工学研究院 フェロー会員 中山 裕文  
 九州大学大学院工学研究院 フェロー会員 島岡 隆行

1. はじめに

廃棄物埋立地では、有機物の分解等に起因して発生する埋立ガスや浸出水による環境負荷を低減することが求められる。廃棄物層内の酸素濃度の制御によって好気、嫌気の雰囲気を作り出し、環境負荷を低減する好気・嫌気埋立工法の技術が考えられるが、その際に窒素の挙動が重要となる。本研究では、有機性廃棄物として発酵途中のコンポストを充填したカラムを作成し、そこに空気を送気して、好気・嫌気の状態を作り出した。カラムから浸出水、ガスを採取し、ガスクロマトグラフィ、イオンクロマトグラフィ及びTOC-TN同時アナライザーを用いて、有機性廃棄物中の窒素挙動を明らかにすることとした。

2. 実験方法

本実験にはコンポスト場Aの反応槽から、反応開始後22日の堆肥試料を採取し、これを実験に供した。試料の基本性状を表1に示す。本実験には4本のカラムを用いた。実験の模式図を図1に示す。カラムの寸法は、高さ1m、内径10cmであり、充填した試料の高さは75cmである。カラム下端から5cmの高さに送気口を取り付けた。また、カラム下端から15、25、45、65cmの高さに4つのガス採取口を設けた。さらにカラム最下端に浸出水採取用の管を取り付けた。

表1 試料の基本性状

pH	6.1
EC (mS/cm)	8.3
含水率 (%)	51.9
LOI (%)	86.5
TOC (%)	50.1
TN (%)	2.5

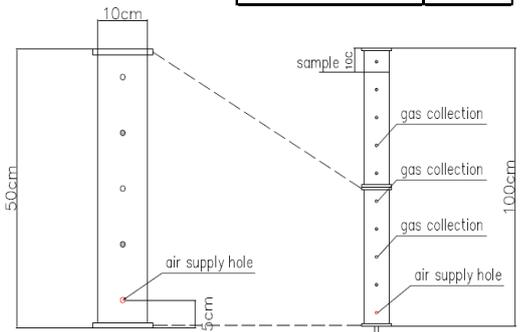


図1 実験カラムの模式図

実験条件を表2に示す。4つのカラム送気条件は、1番のカラムから順に無送気、2時間/日、6時間/日、24時間/日とした。また、含水率を一定に維持するため、水分添加を行った。カラム2,3,4番の温度は30度を維持し、1番は室温で行った。含水率を55%に維持するため1週間当たり各カラムに240 mlの水を供給した。

表2 実験条件

カラム	送水量 (一週あたり)	送気速度 (0.5L/min)	温度 (°C)	送気時間 (一日あたり)
1	240ml	なし	室温	なし
2	240ml	0.5	30	2時間
3	240ml	0.5	30	6時間
4	240ml	0.5	30	毎日

送気量を決めるため、有機物分解に伴う酸素消費量を把握するための実験を行った。容量計に接続した2Lのフラスコに5gの試料を入れ、これを水酸化カリウム溶液を入れた瓶と接続した。実験装置は全て密閉状態とした。実験は2日間行い、2日後に容量計の水面の下落幅を測定した結果、水面変化は11.8 mlであった。次に、理想気体の状態方程式:  $(O_2=273(P-P_w)(V_t-V_0)/(T \times 101.3 \times 22.41 \times 10^6))$  を応用し、1kgの試料が1時間に消費する酸素量を求めると7.7 mmol/kg·hであった。これより必要となる空気の送気速度は0.28 L/5kg·minと計算されたが、実験ではこの2倍の送気速度(約0.5 L/5kg·min)に設定した。

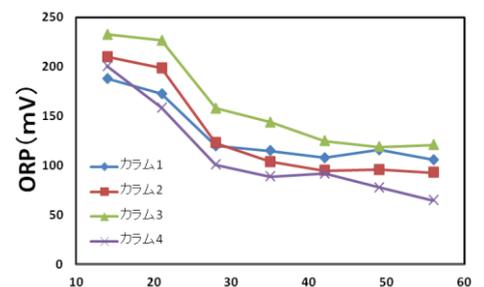


図2 充填後 ORP の変化

3. 結果および考察

3. 1. 浸出水の水質

週に一度、浸出水を採取してろ過したものについて pH、ORP、EC、TOC、

TN、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_3^-$ を測定した。pHの測定結果を図2に示す。pHは6.1から5.1へと減少した。この原因は有機酸の生成によるものと考えられる。ORP、ECについては紙面の都合上図を掲載していないが、ORPは4週目までに急激に減少し、その後徐々に安定した。ECは8.3から4.0に減少した。

図3にTOCの変化を示す。カラム1の浸出水のTOCは4週目まではほぼ7.41g/lの値で一定であったが、その後徐々に減少し8週目には3.97g/lとなった。その他の条件を与えた3つのカラムは、4週目から6週目にかけて増加した。その中でもカラム2の浸出水のTOCは最も顕著に増加し、8週目での値は43.32g/lとなった。8週目において、カラム3は24.17g/lの、カラム4は14.16g/lであった。30度の条件での全炭素は1番目のカラム及び室温条件(10度)からの濃度より4倍以上である。

浸出水のTNの推移を図4に示す。また、浸出水の $\text{NH}_4^+$ の推移を図5に示す。図を見ると、TNはカラム2の値が最も高く8週目において7.33g/lであった。同様に、 $\text{NH}_4^+$ や $\text{NO}_3^-$ もカラム2が高い値を示した。一方、カラム3およびカラム4のTNはカラム2の半分以下の値であり、 $\text{NH}_4^+$ と $\text{NO}_3^-$ の値も同様に小さかった。30度温度の条件でのアンモニアと硝酸イオンの濃度は1番目のカラム及び室温条件(10度)からの濃度より2.5倍であり、全窒素の濃度は3倍以上である。

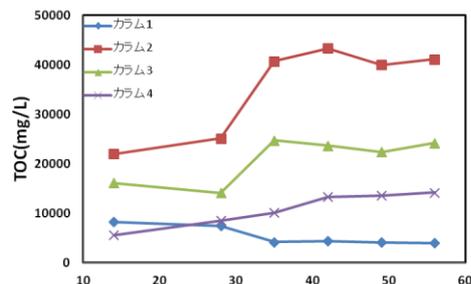


図3 充填後の TOC 変化

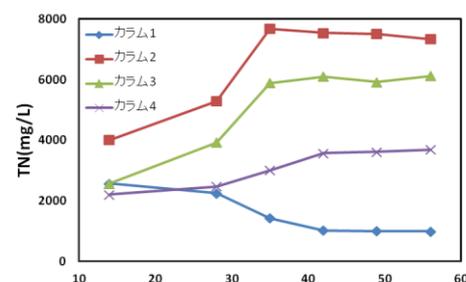


図4 充填後の TN 変化

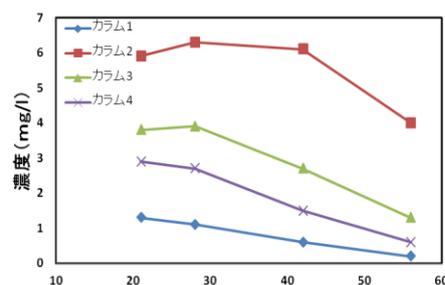


図5 21日からの  $\text{NH}_4^+$  変化

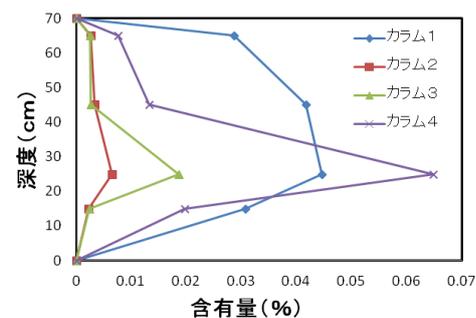


図6 21日目の  $\text{CH}_4$  深度分布

### 3. 2. ガス組成

送気時間の異なる4つのカラムを比較すると、図6のデータより、カラム2の送気量は2時間/日であるが、メタン生成量は他のカラムよりも小さかった。一方、カラム3およびカラム4は送気量が6時間/日、24時間/日であり、カラム2と比較して送気量が大きいが、カラム2よりもメタン生成量が大きかった。この理由は、カラム2で用いた覆土の通気性が高く、カラム上部からカラム内に空気が侵入したことから、カラム2内が常に好氣的になっていたためと考えられる。深度別のメタンガス濃度を見ると、カラム底部から30cm、送気口から25cmの位置のガス濃度が最も高かった。

### 4. まとめ

本研究では、送気条件の異なる4つのカラムについて、浸出水の水質およびガス濃度の変化を把握するための実験を行った。主要な結果をまとめると以下ようになる。カラム2は結果としてメタン発生量が小さかったが、浸出水中のTOCおよびTNが他のカラムより大きかった。深度別にみると、カラム底部より30cmの位置においてメタンガスの生成量が他の深度より大きかった

参考文献：1) T. SHIMAOKA et. al. (2011) OPTIMUM AIR INJECTION MANNER FOR THE STABILIZATION OF LANDFILL ADOPTING THE AEROBIC-ANAEROBIC METHOD 2) 土壤環境分析法編集委員会(1997) 土壤環境分析法(平成12年版)