

焼却残渣の生態学的安定化促進手法としての堆肥覆土の適用効果に関する研究

～高 pH 下における堆肥中細菌の生育への芽胞形成菌の寄与～

福岡大学大学院 (学) ○落合昭仁 (正) 立藤綾子 (正) 鈴木慎也

1. はじめに

我が国では、廃棄物のほとんどが焼却処理され、その残渣は埋立処分されている。埋め立てられた焼却残渣は自然の浄化作用(降雨による洗い出し、微生物による分解)を受け、無害化・安定化される。筆者らは、田中ら¹⁾によって定義された最終処分場の安定化の最終段階である「環境中に晒しても環境への悪影響がない段階」を多様な生物が生息できる状態、すなわち生態学的安定化状態(図 1)と位置付け、焼却残渣中の細菌の生息阻害要因の減衰機構について検討している。

立藤ら²⁾は、焼却残渣の生態学的安定化促進技術として有機物を多量に含有し、かつ細菌類が多数生息している堆肥を覆土助材として用いることを提案し、堆肥の適用効果を確認した。石橋ら³⁾は、高アルカリ性の焼却残渣中で、堆肥中細菌の生残性が高いことから、堆肥中には劣悪な環境に耐性をもつ細菌類が土壌細菌に比べ多いと予想した。この石橋らの結果を確認するために、筆者ら⁴⁾は堆肥中細菌と土壌細菌の pH 感受性の違いについて調査し、堆肥中細菌は pH12～13 の高アルカリ性下でも生残できることを明らかにした(図 2)。一般に好アルカリ性細菌として *Bacillus* 属や *Clostridium* 属細菌等の芽胞形成菌が知られていることから、本研究では、高 pH 下において堆肥中細菌が生育可能な要因が芽胞形成菌によるものかを明らかにすることを目的として、pH7 及び 12 の培養液中で堆肥中の芽胞形成菌及び一般細菌を 1 週間静置し、それら菌数の変化について調査した。

2. 実験試料及び実験方法

2.1 実験試料

市販の下水汚泥堆肥(pH7)及び pH を 12 に調整した堆肥を各々30g を測り取り、滅菌水 270mL に添加した後、ホモジナイザーカップを用いて、5000rpm で 15 分間分散処理を行い、得られた pH7 及び 12 の堆肥溶出液を実験試料とした。また、同様の方法で pH7 及び 12 の土壌溶出液を作成し、比較対照試料とした。また、上記 4 種類の溶液から 40mL を採取し、100℃、30 分間加熱処理(芽胞以外の細胞の破壊処理)を行ったものも実験試料とした。

2.2 実験方法

上記加熱処理無及び加熱処理有の 4 種類の試料 40ml より 5mL を静置前の細菌数計測試料 (0W)に、残りの試料 35mL を 7 日間、37℃の恒温器で静置し、1 週間後の細菌数計測試料 (1W)とし、これら 0W 及び 1W の試料を PGY1/2 培地を用いた希釈平板法(37℃、5 日間培養)に供し、細菌数の計測を行った(図 3)。また、1 週間静置前後の pH を計測し、1 週間静置期間における pH の変化について調査した。

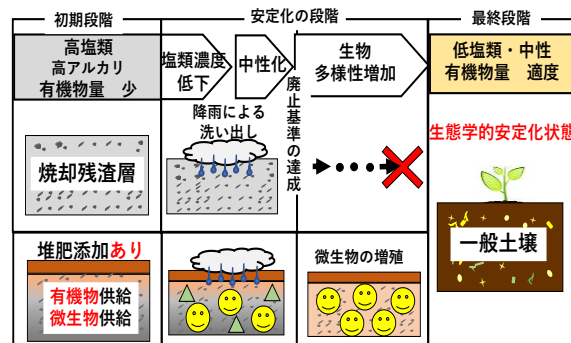


図 1 生態学的安定化の概念

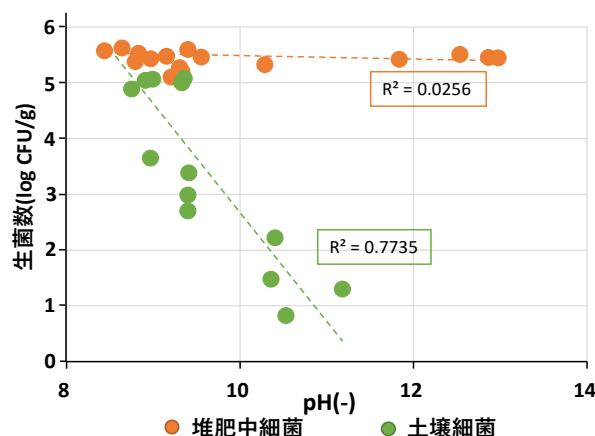


図 2 土壌細菌及び堆肥中細菌の生残性の違い

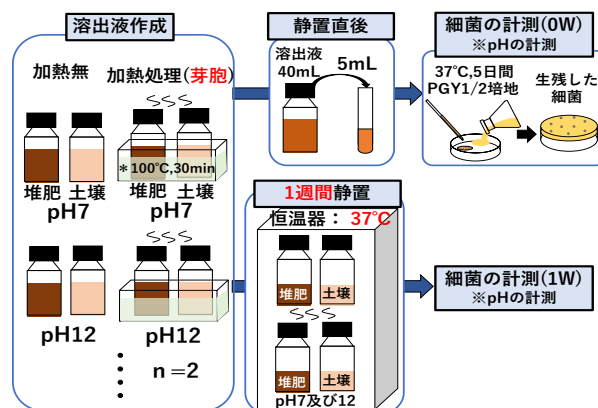


図 3 実験フロー

3. 実験結果及び考察

3.1 pH の変化

表 1 に静置前後の各溶出液の pH を示す。いずれの溶出液も 1 週間静置後の pH は静置前に比べて、0.2~1.0 の低下がみられたものの、pH7 及び pH12 のどちらの条件においても概ね目的とする pH 領域内を 1 週間維持した。

3.2 生菌数の変化

図 4 に静置前後の生菌数を示す。pH7 における堆肥中溶出液中の一般細菌及び芽胞数は 6.4×10^6 及び 1.8×10^5 (CFU/g) と、芽胞は全体の約 2.7% であったが、1 週間静置後では、それぞれ 1.2×10^8 及び 4.5×10^7 (CFU/g) と、静置後より約 2 オーダー増加し、一般細菌に占める芽胞の割合は約 27% に上昇した。土壌溶出液中の一般細菌及び芽胞数も、堆肥同様に 1 週間静置により増加し、その一般細菌に占める芽胞の割合も約 0.7% で、堆肥溶出液の場合とほぼ同レベルであった。

一方、pH12 における堆肥中溶出液中の一般細菌及び芽胞数は各々 5.1×10^6 及び 0.0×10^0 (CFU/g) と、芽胞の生残が見られず、一般細菌数においても 1 週間静置後に約 1 オーダーの減少が見られ、 1.3×10^5 (CFU/g) となった。土壌溶出液中の一般細菌及び芽胞数は各々 1.1×10^5 及び 0.0×10^0 (CFU/g) と、堆肥溶出液の場合同様に芽胞は生残しなかった。1 週間静置後の一般細菌数は、 2.7×10^4 (CFU/g) と、静置前に比べて約 1 オーダー減少し、堆肥溶出液に比べて約 1 オーダー少なかった。

以上のように、堆肥中には土壌に比べ芽胞が多く存在しているが、高 pH 下では生残できないことから、堆肥中細菌が土壌細菌に比べて高 pH 下において生育できる菌数が多い要因は、芽胞以外の耐アルカリ又は好アルカリ性細菌が多く存在するためと考えられた。また、pH12 における一般細菌数が静置前後で減少したことから、劣悪な環境に耐性を持つ菌であっても、高 pH 下で生育し続けることは難しいこともわかった。

4. まとめ

本研究を通して以下のことが明らかとなった。

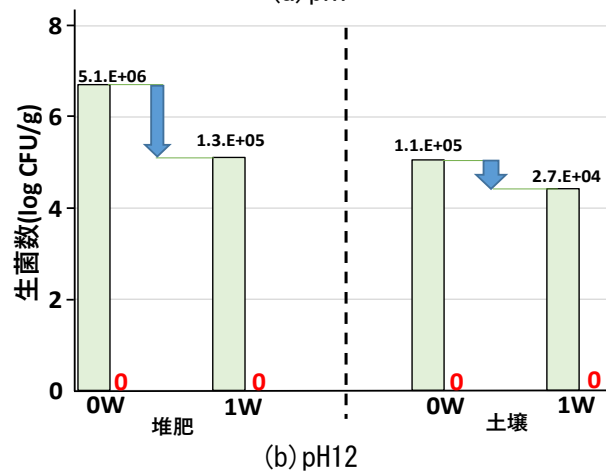
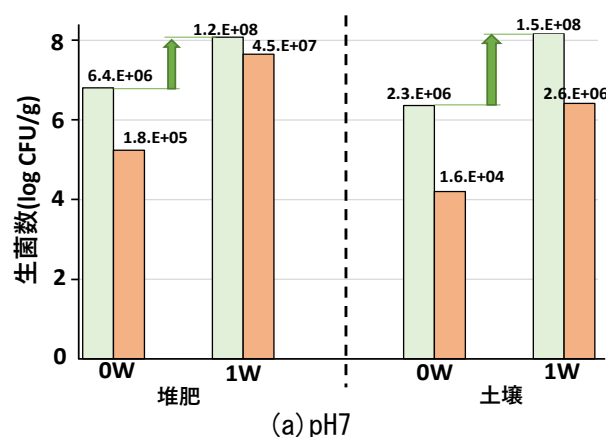
- 1) 堆肥中には土壌に比べて芽胞が多く存在する。
- 2) 高 pH 下では芽胞は生育及び増殖ができないことから、堆肥中細菌が土壌細菌に比べて高 pH 下において生育できる菌数が多い要因は、芽胞以外の耐アルカリ又は好アルカリ性細菌などの耐性菌が多く存在することである。
- 3) 劣悪な環境に耐性を持つ細菌であっても、高 pH 下で生育し続けることは難しい。

【参考文献】

- 1) 田中信壽：リサイクル・適正処分のための廃棄物工学の基礎知識, pp4-5, 2000.
- 2) 立藤綾子：焼却灰主体の最終処分場における埋立廃棄物の土壌還元化評価のための微生物指標(その 3)～焼却残渣の化学特性と細菌群集の関係～, 第 27 回廃棄物資源循環学会研究発表会, pp417-418, 2016.
- 3) 石橋法子：廃棄物最終処分場の安定化のための微生物学的指標の確立に関する研究, 大学院工学研究科修士論文, 2014.
- 4) 落合昭仁：最終処分場における焼却残渣の生態学的安定化促進手法への堆肥適用効果に関する研究～細菌の生残及び生育に最適な堆肥添加量～, 第 32 回廃棄物資源循環学会研究発表会, pp395-396, 2021.

表 1 静置前後の各溶出液の pH

サンプル名			pH(-)	
			0W	1W
pH7	堆肥 溶出液	加熱無	6.91	6.31
		加熱有	6.89	6.44
	土壌 溶出液	加熱無	6.98	6.45
		加熱有	7.01	6.81
pH12	堆肥 溶出液	加熱無	13.0	12.2
		加熱有	13.1	12.2
	土壌 溶出液	加熱無	12.3	11.8
		加熱有	12.5	11.6



■ 一般細菌 ■ 芽胞
図 4 静置前後の生菌数