

生物脱臭による下水汚泥コンポスト排ガスの処理

前日本下水道事業団技術開発部総括主任研究員 地田 修一
日本下水道事業団技術開発部 正会員 ○石井 宏和

はじめに

下水汚泥をコンポスト化すると発酵の過程でアンモニア、メチルメルカプタン、二硫化メチル等の臭気物質が発生する。これらの物質は、水洗、薬液洗浄などの物理化学的方法で処理される場合が多い。コンポスト施設の設備費およびユーティリティ費のシュミレーション結果¹⁾によれば、全ユーティリティ費に占める脱臭費の割合は、発酵槽の形式により異なるが10%~60%となっている。このため脱臭プロセスの改善によるシステム全体の経済性に与える効果は大きいものと考えられる。

一方、生物脱臭法は多種類の臭気成分除去に効果があり、ランニングコストが安く運転管理が容易であるために、比較的簡易な脱臭方法として近年注目を集めている。

本報告は、コンポスト排ガス処理に生物脱臭を適用した場合の悪臭成分の除去性能(除去限界濃度)について、繊維質泥炭(ビートモス)を充填した装置によるベンチスケール実験で得られた結果を発表するものである。

実験装置と実験方法

実験装置の概略図を図-1に示す。

コンポスト発酵槽には30ℓの保温容器を2つ使い、破碎もみがらを添加し、含水率を55%~70%に調整した高分子系脱水汚泥12.5kgをよく解砕して充填し、1槽当りの通気量は1.9ℓ/分(63ℓ/㎡・分)で発酵させた。発酵槽の排ガスは、ガス中に含まれるダスト・ミストによる生物臭塔の目詰まりを防ぎ、脱臭に關する微生物にとって有害となる高濃度のアンモニアの一部を除くために、水洗びんを通した。生物脱臭塔には透明塩ビ製内径50mmのカラムを用い

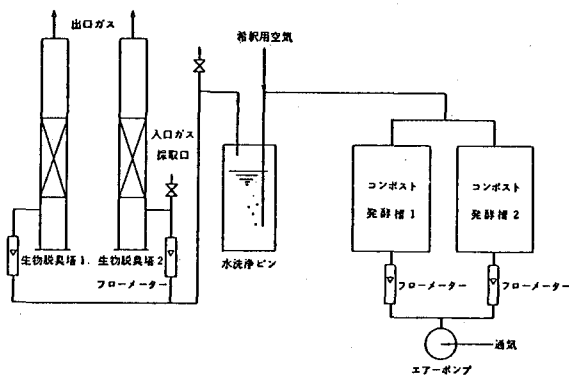


図-1 実験装置概略図

た。カラム内のフィルター材には、圧損が少なく、保水性の良い繊維質泥炭(ビートモス)を用いた。このビートモスをカラム内に0.1kg-dry/㎡の割合で30cm充填し、活性汚泥を10g-dry/kg-dryビートモスの割合で植種し水洗後、ガス量をSV50, SV100で通気した。(SV:空筒速度は、単位体積当りの通気量で、単位は1/時である。)また、充填材であるビートモスに水分を補給し、分解物を洗い流すために1日1回50ml/ℓ-濃度の割合で二次処理水を散水した。測定項目はアンモニア、硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチルの臭気成分と、臭気濃度である。各臭気成分はガス検知管法とガスクロマトグラフ法により、また臭気濃度は三点比較式臭袋法により分析した。

実験結果

1)コンポスト排ガスの組成と濃度変化

含水率調整を行った脱水汚泥を好気発酵させた時に発生するガス成分の経日変化を図-2に示す。硫化水素は発酵開始後1日目より検出限界以下で、ほとんど発生しなかった。メチルメルカプタン(MM)硫化メチル(DMS)、二硫化メチル(DMDS)の硫黄化合物は発酵開始から1日目でピークになり、各々

5.7ppm、1.1ppm、22ppmの濃度となったが、二硫化メチルを除き5日で発生がほとんど停止した。アンモニアは、発酵開始直後より濃度が上昇し、2日目には1,600ppmとピーク達した。その後アンモニア濃度は低下したが、硫黄化合物ガスの発生がほぼ停止した5日目でも400ppmと高い値を示し10日目にはほとんど発生しなくなった。

このように下水汚泥をパッチ状態で発酵させると発酵初期に高濃度ガスが発生し、臭気物質の濃度が大きく変動する。そこで、3日～4日ごとに発酵槽内の生成物の一部を未発酵の脱水汚泥に入れ替えて連続的に発酵させ、濃度変動を小さくして約3ヵ月にわたり生物脱臭実験を行った。

2) 生物脱臭実験

本処理法は、微生物の働きを利用しているので、通気開始後本来の性能を発揮するまでに馴養期間を必要とする。各臭気成分の除去率が定常となるまでの期間は、アンモニアとメチルメルカプタンで13日、硫化メチルと二硫化メチルでは25日であった。これより各臭気成分の馴養期間はメチルメルカプタンで2週間程度、硫化メチルと二硫化メチルでは4週間程度と考えらる。

次に馴養期間経過後の脱臭実験結果を表-1に示す。アンモニアの脱臭塔への入口濃度は、実験期間中10～30ppmであったが、最後の2週間は、水洗ビンへの吹き込み水深を調節することによりその濃度を高め、40、50ppmに調整した。入口濃度10～30ppmで通気した期間中、アンモニアはSV50、SV100ともほぼ100%近い除去率を示し、出口濃度で0.2ppm以下となった。その後、入口濃度を50ppmに上げた時、SV100で出口濃度30ppmと高い値を示し除去能が低下した。実験期間中の硫黄化合物の脱臭塔へ入口濃度は、硫化水素 0.01ppm以下、メチルメルカプタン 0.047～4.35ppm、硫化メチル 0.035～0.98ppm、二硫化メチル 0.024～4.13ppmであった。メチルメルカプタンは全期間を通じて、SV50、SV100とも0.002ppm以下となり、安定して除去されていた。一方、硫化メチルと二硫化メチルでは入口濃度の変動に応じて濃度も変動する傾向にあった。出口濃度は、SV50の時、硫化メチル0.001～0.08ppm、二硫化メチル0.001～0.098ppmであり、SV100の時には硫化メチル0.002～0.72ppm、二硫化メチル0.001～0.3ppmであった。これら物質は両方ともSV100の方がSV50比べて除去の安定性が悪かった。

3) 各臭気成分の除去限界濃度

今回の実験で得られた結果より、出口の臭気強度を2.5以下とするための各成分の入口限界濃度を求めた。表-2に臭気強度と悪臭成分濃度の関係を示す。アンモニアとメチルメルカプタンの臭気強度2.5に対応する濃度は、それぞれ1ppmと0.002ppmである。

表-2より、アンモニアの脱臭塔への除去限界濃度はSV50の時に50ppm、SV100の時には40ppmであり、メチルメルカプタンではSV50とSV100の時、4.35ppmであることがわかる。硫化メチルと二硫化メチルは入口濃度の変動に対応して出口濃度も変化している。

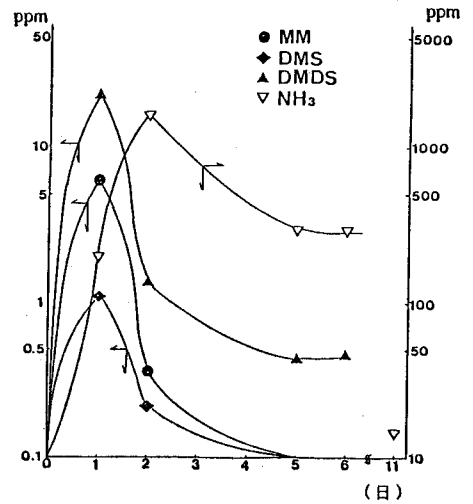


図-2 硫黄化合物とアンモニアの経日変化

表-1 脱臭実験結果

成分	(ppm) 入口濃度	出口濃度 (ppm)	
		SV50	SV100
硫化水素	<0.01	<0.01	<0.01
アンモニア	10～30	<0.1～0.2	<0.1～0.2
	40, 50	<0.1～0.2	<0.1～30
メチルメルカプタン	0.047		
	～4.35	<0.002	<0.002
硫化メチル	0.035	0.001	0.002
	～0.98	～0.08	～0.72
二硫化メチル	0.024	0.001	0.001
	～4.13	～0.098	～0.3

また、両物質の除去はアンモニア濃度の影響を受けることが知られている。そこで、アンモニア濃度30ppm以下の時の両物質の脱臭塔への入口濃度と出口濃度とSVの関係を求めた。結果を図-3に示す。図-3中の点線は臭気強度2.5の硫化メチルと二硫化メチルの値0.01ppmと0.009ppmを示している。この図より出口濃度を設定すれば、除去できる硫化メチルと二硫化メチルの入口濃度を求めること出来る。これらの結果より、出口濃度として臭気強度2.5を仮定した時の各成分の各SVにおける除去限界濃度を表-2に示す。硫黄化合物の中では硫化メチルが除去し難いことがわかる。

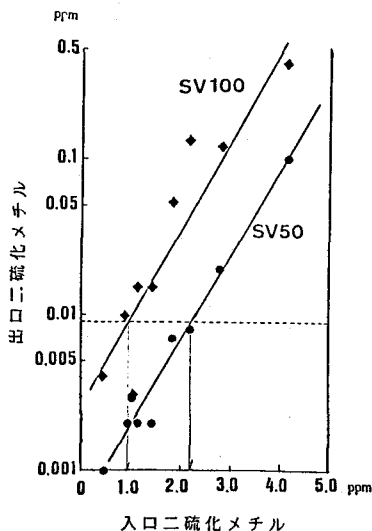
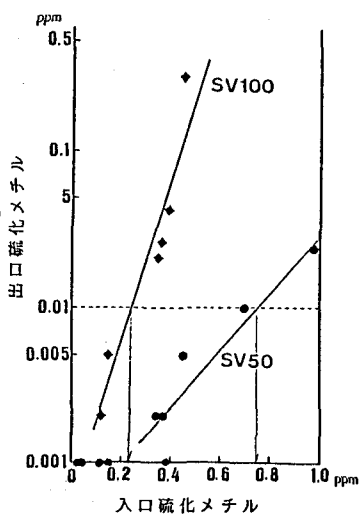


図-3 硫化メチルと二硫化メチルにおける脱臭特性

表-2 悪臭物質と臭気強度の関係

および各SVにおける除去限界濃度

成分	臭気強度	除去限界濃度 (ppm)	
		SV50	SV100
アンモニア	1.0	50	40
メチルメルカプタン	0.002	4.35	4.35
硫化メチル	0.01	0.75	0.24
二硫化メチル	0.009	2.2	0.97

但し、硫化メチルと二硫化メチルはアンモニア濃度

30ppm以下の時の値である。

4) 臭気濃度とSVの関係

最後に各SVと脱臭塔の入口と出口の臭気濃度の関係を図-4に示す。臭気濃度はSV50, SV100以外にSV200でも測定した。脱臭塔への入口臭気濃度は9800と17,700である。図-4より入口の臭気濃度が10,000程度であればSV100で出口の臭気濃度300以下、また、SV50であれば出口の臭気濃度100以下に除去できることがわかる。

おわりに

下水汚泥のコンポスト化過程において発生する臭気物質の生物脱臭実験を行った結果、出口の臭気強度2.5を満足する悪臭物質の除去限界濃度は、通気量SV50でアンモニア50ppm、メチルメルカプタン4.35ppm、硫化メチル0.75ppm、二硫化メチル2.2ppm、またSV100ではアンモニア40ppm、メチルメルカプタン4.35ppm、硫化メチル0.24ppm、二硫化メチル0.97ppmであった。(但し、硫化メチルと二硫化メチルは、アンモニア濃度30ppm以下の時である。)SV50の時、臭気濃度10,000~18,000であれば、出口の臭気濃度100以下に、SV100の時、入口の臭気濃度10,000程度であれば、出口の臭気濃度300以下にできることがわかった。

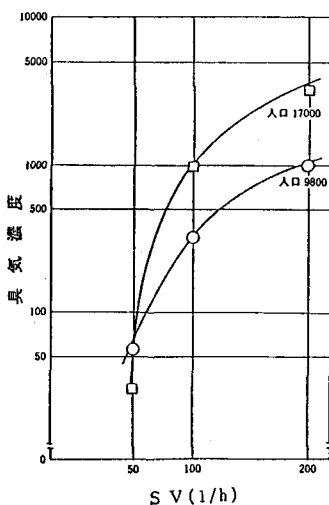


図-4 SVと臭気濃度の関係