

堆肥化施設の臭気の発生抑制に関する調査(第1報)

化学部

高松 香織¹ 大森 牧子²

(¹環境保全課、²県西環境森林事務所)

1 はじめに

廃棄物処理施設の堆肥化施設では、稼働後、悪臭防止対策が設計どおりに十分な効果を発揮しきれず、悪臭苦情を引き起こしてしまう事例がある。このような場合、事業者はさらなる設備投資等により対策を講じることとなるが、施設設置後の設備追加は、改善までに時間がかかるだけでなく、コスト面における事業者の負担も大きい。このため、堆肥化施設の悪臭防止対策設備は、堆肥化施設から発生する悪臭物質の種類及び量をあらかじめ明確にした上で、設計することが重要である。

本調査では、堆肥化施設における臭気物質の発生要因等について調査し、堆肥化施設に対する審査・指導の参考となる行政資料を作成することを目的とする。

2 調査方法

2.1 概況調査

実地調査の測定項目を選定するため、悪臭苦情の状況が異なる施設を調査した。調査では、資料調査や施設管理者のヒアリング調査により、施設構造や堆肥化条件等を確認した他、悪臭物質濃度等の測定、発酵途中の堆積物採取による臭気物質の定性試験を行った。

2.1.1 調査対象施設

調査対象施設の概要を表1に示す。施設Aは悪臭苦情がほとんどないのに対し、施設Bは悪臭苦情が県に寄せられている。両施設には、施設の構造が堆積式であること、切返しを手動で週1回実施していること、送風設備があること、取扱い品目に動植物性残さがあるといった共通点が多いにも関わらず、悪臭苦情の状況が大きく異なる。

2.1.2 調査年月日

施設A 平成28年2月15日

施設B 平成27年11月19日

2.1.3 調査項目

調査項目を表2に示す。堆肥化施設設計マニュアル¹⁾によれば、堆肥化では好気性微生物の活動を活発にすることが重要であり、良好な堆肥化には、水分、栄養(有機物)、空気、微生物、温度、時間が大きな要因であるため、これらの条件を確認した。

また、堆肥化施設で発生する臭気については、臭いセンサーによる測定、アンモニア及びメチルメルカプタン

の濃度測定を行った他、堆肥化途中の堆積物を一定間隔で採取し、臭気物質の定性試験を行った。

2.2 臭気物質のGC/MSによる定性試験

原因となる臭気物質を把握するため、固相マイクロ抽出(Solid Phase Microextraction: SPME)法を用い、GC/MSにより定性分析した。

概況調査時に採取した堆積物試料約500cm³を密閉容器に入れ、70℃で40分加温後、ヘッドスペースで100分間臭気成分をファイバーに吸着させた。SPME SIGMA-ALDRICH製 SUPELCO ポリエチレングリコールファイバー(膜厚60μm)を用いた。

臭気成分の脱離はGC注入口において、230℃、2分間加熱により行い、キャピラリーカラムに移送した。

臭気成分の分析には、臭い嗅ぎ装置(ODP)付きGC/MSを用いた。ODP-GC/MSは、キャピラリーカラムの出口を二つに分岐し、一方をODP、もう一方をMSに接続したものであり、物質の質量分析に併せて、当該物質の臭いも嗅ぎとることができる。ODP-GC/MSの測定条件を表3に示す。

定性は、検出された物質のライブラリー(NIST)検索により行った。この際、基準化合物としてn-アルカンミックス(パラフィン溶液)を用い、相対保持指標(Retention Index: RI)を算出し、アロマオフィス(西川計測(株))により検索した。

3 結果及び考察

3.1 概況調査結果

3.1.1 原料受入及び混合

各堆肥化施設について、臭気の状態や受入物等の状態を表4に示す。施設の状態を比較した結果は、以下のとおりであった。

臭いセンサー測定結果は、施設Aより苦情がある施設Bの方が高かった。

両施設とも、動植物性残さを原料の一つとしている。動植物性残さは、「水分が多い²⁾」、「C/N比が低い³⁾」、「pHが低い^{3)~5)}」という特徴があり、また、動物のふん尿のようにそしゃく・酵素による分解を経っていないため、発酵管理が難しいと一般的に言われており、原料受入の管理と副資材混合による水分調整が重要である⁶⁾。

受入物を発酵槽に投入するまでの保管期間は、両施設とも1週間以内と違いは見られないが、施設Aでは、水

分が多い場合、戻し堆肥と混合して保管していた。

副資材は、両施設ともパークを使用しているが、施設Aの方が施設Bよりも細かい形状のものを使用していた。また、原料と副資材の比率は、施設Aが1:1であるのに対し、施設Bは1:2~1:4と、副資材の割合が大きい状況であった。これは、施設Bの受入物に占める動植物性残さの割合が、施設Aより2~3割高いことに起因するものと推察された。

副資材混合後（発酵開始時）の状況は、施設Aでは全体的に細かく均一化されている状況であったが、施設Bでは、野菜の固まりなどが散見され、不均一な状況が見られた他、床にはたまり水が確認された。施設Bの堆積高さは、施設Aに比べて高く、また、上記のとおり原料の粒径が粗く、水分が多いことから、堆積物の内部が嫌氣的になりやすいと推測された。

3.1.2 堆肥化の状況

各施設の堆肥化工程を図1に、堆肥化時間と温度を図2に示す。施設Aでは、堆積物の温度は初めの一週間で約80℃まで上昇し、2週目で以降緩やかに低下した。一方、施設Bでは、堆積物の温度はなかなか上昇せず、3週目に64℃まで上昇した後低下し、5週目から再度上昇して6週目によく最高72℃に達していた。

1週目及び4週目の温度や臭気物質の濃度等を表5に示す。

施設Aでは、受入物のpHは中性であったが、1週目のpHは9、また、アンモニアは24ppm検出、メチルメルカプタンは検出されなかった。アンモニアはたんぱく質等が微生物によって好氣的に分解される時に発生し、メチルメルカプタンは嫌氣的に分解される時に発生することから、1週目で好氣的な堆肥化が進んでいると推察された。

一方、施設Bでは、1週目のpHが4と弱酸性を示したこと、4週目でアンモニアが検出されず、メチルメルカプタンが検出されていたこと、また、温度上昇が緩やかで不規則なことから、嫌気状態で分解が優勢であると推察された。

3.2 臭気物質のGC/MSによる定性試験

両施設で採取した試料の、ODP-GC/MS分析結果（トータルイオンクロマトグラム）を図3に示す。

「あまり臭いが無い」と感じた施設Aの試料（4週目堆肥）では、酢酸とイソ吉草酸が検出され、脂肪酸ピークの面積の合計は約 4×10^6 であった。一方、臭いを感じた施設Bの試料（1週目堆肥）では、酢酸とイソ吉草酸の他、プロピオン酸やn-酪酸などの脂肪酸が検出され、脂肪酸ピークの面積の合計は約 2.4×10^9 と、施設Aと3桁異なるほど大きかった。このことから、施設Bでは一部が嫌気状態にあり、高濃度の脂肪酸が発生していると推察された¹⁾。

脂肪酸は、嗅覚閾（いき）値が非常に低く⁷⁾、低濃度

でも悪臭の原因になると考えられる。また、堆肥中の脂肪酸はコマツナの発芽を抑制することが報告されている⁸⁾。好気状態での堆肥化は脂肪酸の発生抑制に効果があり、悪臭の発生抑制と作物に生育障害を起こさない堆肥づくりにつながると考えられる。

3.3 実地調査項目の検討

良好な堆肥化には、嫌気性微生物よりも有機物の分解速度が格段に速い好気性微生物の役割が重要であり、好気性微生物の働きは分解に伴う発酵熱による堆肥温度の上昇と、アンモニアの発生により推測することができる。施設Aでは初期の段階からこの状態が確認された。

一方、嫌気性微生物の働きが活発な場合、有機物の分解速度は遅く、発酵熱が少ないため堆肥の温度上昇は小さく、メチルメルカプタンや脂肪酸の発生が見られる。施設Bでは、この状態が確認された。

今回の概況調査では、前述のとおり発酵の状況と臭気物質の発生状況を概ね把握することができた。今回の概況調査の結果を踏まえ、今後の実地調査項目は、栄養（有機物）の指標であるC/N比を追加した以下の項目とする。

<投入物混合後の状態>

- ・副資材の種類及び混合比
- ・混合物の水分率、比重、pH、C/N比、温度、粒径

<臭気の発生状況>

- ・臭いセンサー測定値
- ・アンモニア及びメチルメルカプタン濃度
- ・脂肪酸濃度

<管理方法>

- ・堆肥化期間
- ・日常の管理項目及び管理方法
- ・切返し、空気供給量、脱臭施設の管理

4 まとめ

- ・悪臭苦情の状況の異なる2施設で概況調査を実施し、実地調査の測定項目を選定した。
- ・SPME-ODP-GC/MS法による定性分析では、臭気物質である脂肪酸の発生が、施設Aより施設Bで多いことが確認された。
- ・好氣的な堆肥化が良好に進むことで、脂肪酸の発生を抑え、悪臭の発生抑制につながると考えられた。

5 謝辞

本調査に際して、御指導いただきました栃木県農業試験場の亀和田研究総括監（現栃木県農業環境指導センター所長）に深謝いたします。

6 参考文献

- 1) 堆肥化施設設計マニュアル, 社団法人中央畜産会, 1-31, 2011.
- 2) 高橋淳根他, DB菌・市場食品残渣の良質堆肥化, 畜産の研究, 63(6), 611-615, 2009.
- 3) 内田啓一他, 牛ふんと生ゴミの堆肥化における高温発酵と悪臭低減効果, 岡山県総合畜産センター研究報告, 14, 83-88, 2003.
- 4) 福岡農業総合試験場畜産環境部環境衛生チーム, 乾燥給食残渣混合牛ふんの堆肥化と臭気発生状況, 農業・食品総合研究機構HP, 研究成果情報, 2005.
- 5) 近藤一他, 食品残渣の堆肥化促進に対する家畜ふんの混合の効果, 愛知農業総合試験場研究報告, 36, 105-109, 2004.
- 6) コンポスト化マニュアル, 社団法人日本有機資源協会, 74-80, 2004.
- 7) 財団法人日本環境衛生センター所報, 17, 77, 1990.
- 8) Kiyonori Haga et al, Constituents of the Anaerobic Portion Occurring in the Pile during Composting of Cattle Waste, 農業施設, 29(3), 125-130, 1998.

表1 調査対象施設の概要

	施設A	施設B
取扱品目	動植物性残さ、汚泥	動植物性残さ、汚泥、動物のふん尿等
苦情	ほとんど無	有
施設の構造	開放型、堆積式	開放型、堆積式
建屋の構造	半密閉	密閉
脱臭	無(消臭剤散布)	木質チップ
切返し	手動、週1回	手動、週1回
通気	送風機	送風機
受入可能量(m ³ /週)	132	1,000

表2 調査項目

目的	項目
堆肥化の状況確認	混合物の比重
	混合物の水分
	混合物の大きさ・形状
	堆積高
	切返し、通気
	温度
	湿度
臭気の確認	pH
	戻し堆肥、菌の添加
	臭いセンサー(新コスモス電機(株)製XP-329ⅢR)測定値
	アンモニア濃度(検知管)
	メチルメルカプタン濃度(検知管)
	GC/MSによる定性試験

表3 ODP-GC/MS 測定条件

GC	Agilent 7890B
MS	Agilent 5977A
カラム	DB-WAX(30m×0.25mm, 0.25μm)
注入口	230(°C)
ガス	He
流量	1(mL/min)
昇温	40°C(2min)→10°C/min→230°C(5min)
モード	scan

表4 各施設の堆肥化概況

項目		施設A	施設B
調査年月日		平成28年2月15日	平成27年11月19日
苦情		ほとんど無	有
臭気	臭いセンサー測定値	(入口)約100 (内部)最大約540	(入口)約660 (内部)最大約1300
廃棄物の受入・保管	取扱品目	動植物性残さ、汚泥	動植物性残さ、汚泥、木くず、動物のふん尿等
	受入量	約14t/日	60~80t/日
	保管場所の有無	有	有
	通常保管期間	最長1週間	最長1週間
主原料	動植物性残さが占める割合	1割未満	2~3割
副資材	種類	バーク(細かい、比重0.24)	バーク(粗い、比重0.24)
混合物	廃棄物と副資材の比率	廃棄物：副資材=1：1	廃棄物：副資材=1：2~4
	比重	約0.35	約0.45
	水分	たまり水なし	床にたまり水
	大きさ・形状	細かい	粗い
堆肥化	堆肥化期間	4週間	3ヶ月
	堆積高(m)	2.3	3.5
	切返し	手動、週1回	手動、週1回
	通気	送風機	送風機
	菌の添加	有	有
	戻し堆肥	有	無

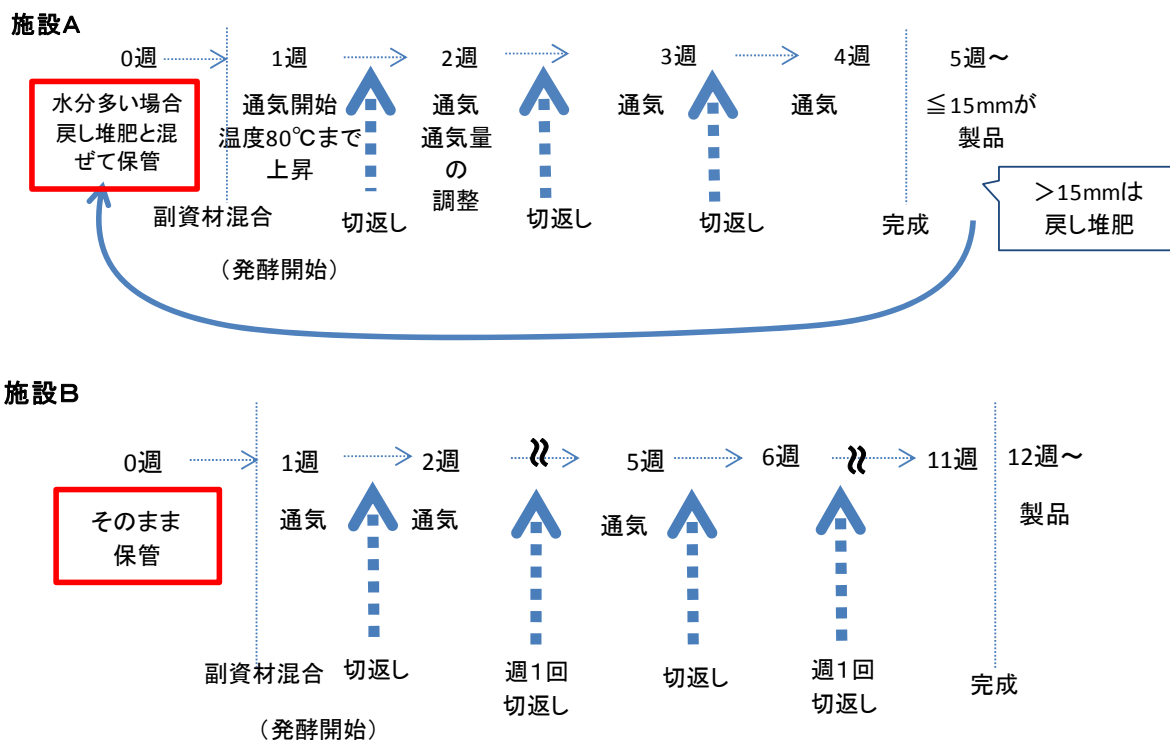


図1 各施設の堆肥化工程

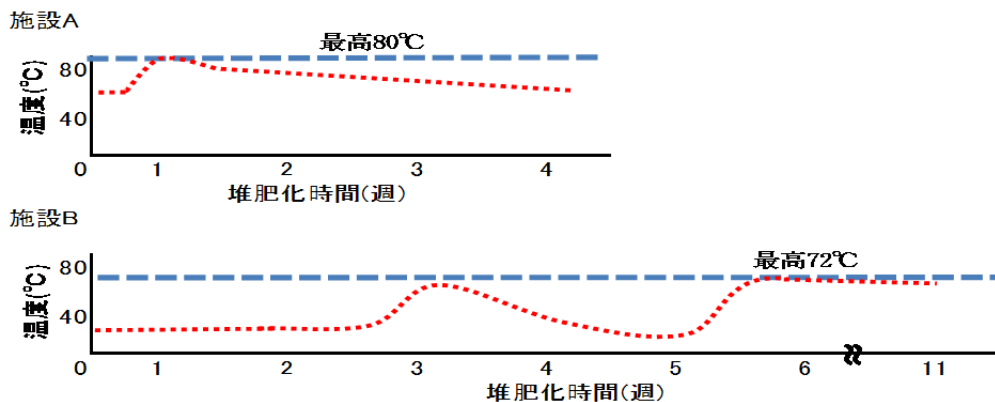


図2 各施設における堆肥化時間と温度

表5 原料混合後1週目及び4週目の状況

	施設 A		施設 B	
	1週目	4週目	1週目	4週目
温度(°C)	80	50	-	48
湿度(%)	80	-	64	85
pH	9	8	4	8
アンモニア*	24	5	-	ND
メチルメルカプタン*	ND	ND	ND	0.3

*単位：ppm、-：測定値なし

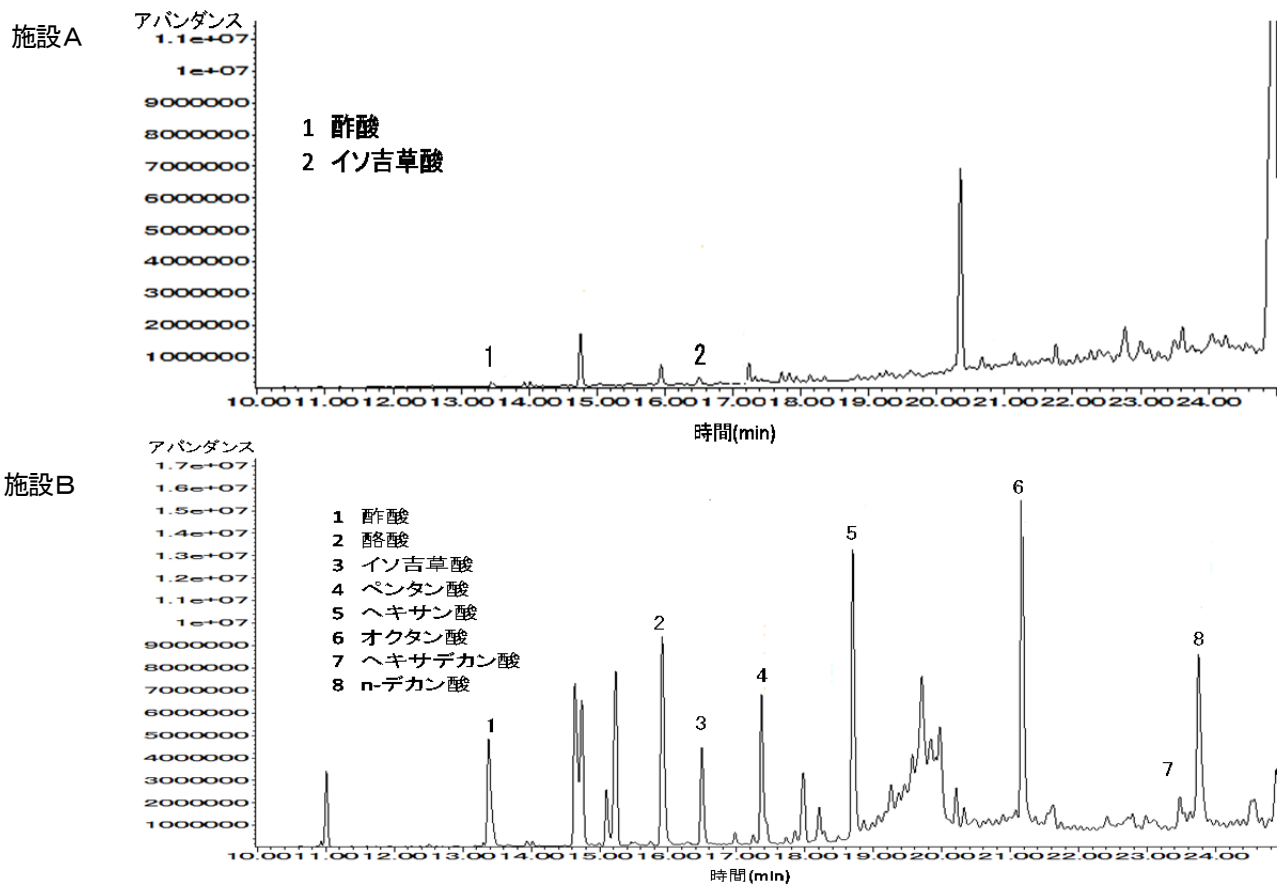


図3 各施設における臭気物質のトータルイオンクロマトグラム