

堆肥化原料			工程と生産量				脱臭設備
食品残さ	家畜ふん	下水汚泥	通気方法	人数	処理日数	年間生産量	堆肥棟内の排気
—	—	○	重機とプロア	5	45	1,600 t	生物脱臭

【堆肥化事例 No.11】

下水処理場の脱水汚泥を高温発酵させて、生物脱臭や副資材等により脱臭している施設

《本事例の特徴》

- 原料の通気性の確保… 下水処理施設で発生した脱水汚泥に、副資材として菌体や廃白土等を加えている。
- 攪拌・発酵の管理… 堆肥原料に高温耐性菌剤を添加させることで、90℃以上の高温発酵をしている。
- 臭気の捕集・脱臭装置… 堆積発酵の上部から吸引したガスを生物脱臭槽で処理している。
- 地域との関わり… 耕種農家へ勉強会を開催し、地域でのバイオマス資源の循環を積極的に行っている。

(訪問：平成 29 年 10 月 30 日)

1. 施設概要及び規模

○概要

本施設は、下水処理場内の一角に建てられた脱水汚泥を原料とした公営の堆肥化施設である。下水処理は昭和 53 年 11 月から供用が始まり、堆肥化は平成 21 年 10 月から開始した。堆肥の販売は平成 23 年度から行っている。

下水処理施設は計画処理人口約 19 万人（分流式）である。発生した脱水汚泥の全量を、堆肥化している。堆肥化施設の運転管理は民間に委託している。

○従業員数 5 名（堆肥化事業の受託者）

○原材料の種類と受入量

堆肥化原料	受入量	受入元	処理費用
下水汚泥 (脱水後)	8,314 t /年	当該水処理施設 (標準活性汚泥法による処理)	—
副資材	使用量	仕入れ先	購入費用
高温耐性菌剤*	0 t /年	堆肥化事業の受託者（民間）	有料
戻し堆肥	下水汚泥の 3 割	当該施設	—
廃白土	980 t /年	製油工場	有料
菌体	564 t /年	食品工場（アミノ酸製造時の発酵副産物）	有料
もみ殻	20 t /年	地元農家	有料
竹炭チップ	32 t /年	地元造園業者	有料

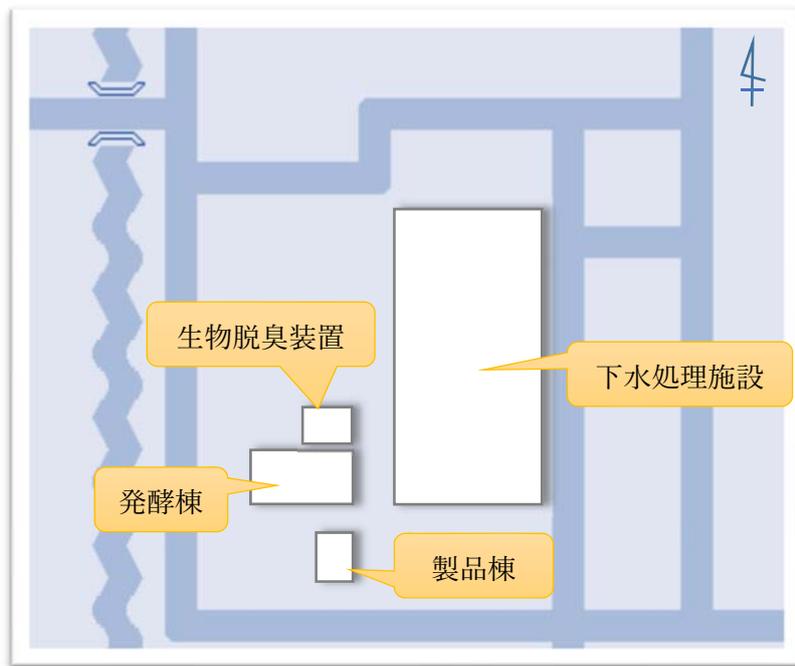
*平成 28 年度は新たに種菌を添加していないため、高温耐性菌剤の使用量は 0 t /年となっている。

○施設の立地環境

施設は広大な農地に囲まれている。最も近い民家までの距離は数百 m である。

○施設の構造

敷地面積は、下水処理施設が 90,221m²、堆肥化施設が約 10,000 m² である。堆肥化施設は、発酵棟（鉄筋コンクリート造）1 棟、製品棟 1 棟、生物脱臭装置 1 基である。



2. 悪臭による苦情の有無・測定

○苦情の有無

現在、苦情は殆どないが、堆肥化事業を始めた当初は悪臭苦情があった。

○測定

発酵施設内でアンモニアの濃度を測定しており、現在は 100ppm 程度である。

以前の苦情が発生したときは、施設内でアンモニアの濃度が 1,500ppm まで上がっていた。

現地訪問時は、堆肥棟内部では臭気強度が 4 程度（アンモニアを含む発酵臭）であったが、堆肥棟の搬入口直近では、臭気強度は 3 に低下し、敷地境界での臭気強度は 1~2 とかなり薄まっていた。

3. 堆肥化工程と臭気を減らす工夫

○堆肥化工程

図 1 に示すように、原料となる脱水汚泥（写真 1）に、下水汚泥の 3 割分の戻し堆肥や廃白土、菌体等を副資材として混合させる。発酵棟（写真 2）では、床面から堆肥原料にエアレーション（写真 3）を行うとともに、重機による切り返しを週に 1 回程度（45 日間で合計 6 回）繰り返し、90℃ 近くで高温発酵することで製品堆肥（写真 4）を完成させている。

<肥料製造の流れ>

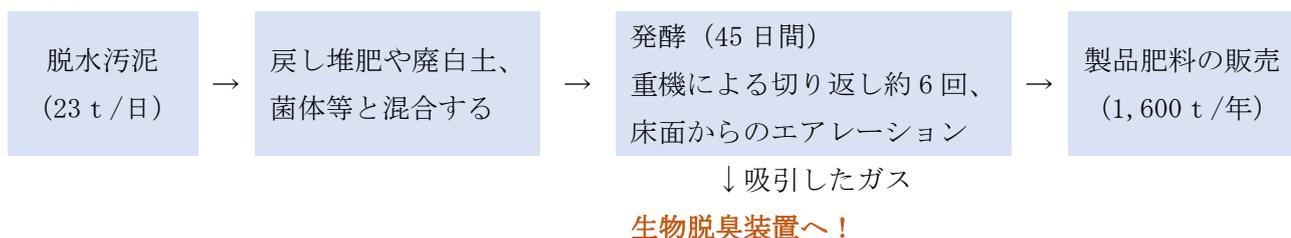


図 1 堆肥化工程

表1 製品堆肥の生産量や購入者

処理日数	堆肥生産量	購入者	販売価格
45日間	1,600 t/年	地元農家等	20 円/10kg

○原料受け入れ時の工夫

搬入された原料は当日中に処理を行う。



写真1 脱水汚泥



写真2 堆肥棟内部



写真3 発酵槽の床面からのエアレーション



写真4 製品（肥料）

○切り返し作業の配慮

発酵状況に応じて、作業内容を適宜調整している。

○施設内の清掃

毎日、重機及び手作業（2～3名）で清掃を行っている。

○pH調整

廃白土や菌体等を添加してpHを低下させることで、アンモニア発生を軽減させている。

4. 臭気対策の設備

○堆肥棟の搬入口からの漏洩対策

原料の脱水汚泥は隣接した汚泥処理施設から、密閉されたベルトコンベアで直接発酵棟へ搬入されるため、臭気の漏洩は特にない。

○堆肥棟の排出ガスの処理

図2に示すように、2方式で発酵中の臭気を処理している。中濃度の発酵棟全体に漂うガスについては、堆肥棟の屋根にファンを付けて堆肥棟の室内ガスを24時間吸引し（写真5）、水スクラバー（循環利用なし）で、アンモニアや粉じんを除去してから排気している。また、堆肥原料を切り返す作業の際は、積み上げた山の直上からも臭気を吸引し、生物脱臭装置（写真6）にて脱臭処理をしている。

生物脱臭装置は、長さ16m×幅12mで高さ2.5mの槽が2つあり、各槽に1.6mの高さまでもみ殻が充填してある。タイマーで一日3～4回散水している（水は循環使用せず）。年に1回は、もみ殻を全量入れ替えている。生物脱臭装置の出入口の12地点でアンモニア濃度を測定したところ、入口は80ppm程度で、出口5ppm程度であった。散水のpHは、入口pH7.1が出口pH8.4であった。

<排気ガスの処理の流れ>

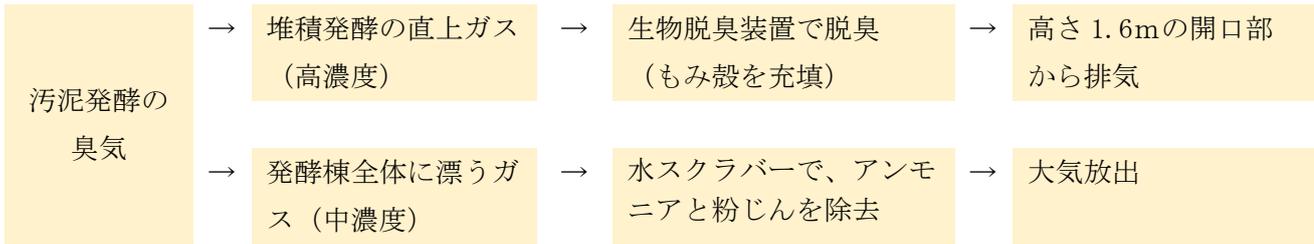


図2 脱臭処理の工程

○支援策の活用

本施設の建設に当たっては補助金を活用している。



写真5 堆肥棟の発酵槽から吸引したガス



写真6 生物脱臭槽で脱臭処理

5. 地域との関わり

周辺に工場がなく、流入水質が住民由来のものが多いことや、90℃以上の高温発酵を繰り返すので、雑草の種子や病原菌が死滅しており、より安全な下水汚泥を原料としている。農業勉強会を定期的に開催して、耕種農家の方に直接下水汚泥堆肥の特徴や使い方を説明している。この勉強会には毎回多数の農家の方が参加している。実際に収量が増えた農家の事例を紹介し、経費の比較など説得力の高い説明で好評である。製品堆肥は、平成23年度の販売開始から毎年完売している。

6. 臭気対策のポイント

○臭気の発生量を最小限に抑制

廃白土や菌体等を入れてから、pHが低下し、アンモニアの発生量が少なくなった。

○発生した臭気の脱臭処理

生物脱臭装置で処理してから排気している。充填しているもみ殻は年1回交換してる。

堆肥化原料			工程と生産量				脱臭設備
食品残さ	家畜ふん	下水汚泥	通気方法	人数	処理日数	年間生産量	堆肥棟内の排気
△少	－	○	送風機	13	30～45	6,900 t	生物脱臭

【堆肥化事例 No.12】

脱水汚泥などを原料として、約5倍量の戻し堆肥を加えて発酵し、生物脱臭している施設

《本事例の特徴》

- 原料の通気性の確保… 原料（汚泥等）の4倍～7倍量の戻し堆肥を混合させている。
- 臭気の捕集・脱臭装置… 空気の流れの予測評価結果に基づいて、発酵槽をビニールハウスで覆い、高濃度臭気をハウス内で捕集して脱臭施設で生物脱臭処理するよう改善された。
- 地域との関わり… 悪臭苦情はまだ完全にはなくなっていないが、苦情への即時対応、毎朝の臭気パトロールや地域活動を通じて、住民との信頼関係を構築している。

（訪問：平成29年11月2日）

1. 施設概要及び規模

○概要

平成8年から肥料化事業を開始している民間企業の施設である。平成14年に脱臭施設を導入し、平成20年に臭気をより効率的に捕集するための大規模改修工事を行った。本業は繊維関係の異業種で、当該工場も含めてISO9001とISO14001の認証を受けている。施設内には、主に発酵棟1棟、製品化棟1棟、脱臭棟1棟、事務所1棟がある。

○従業員数 13名

○原材料の種類と受入量

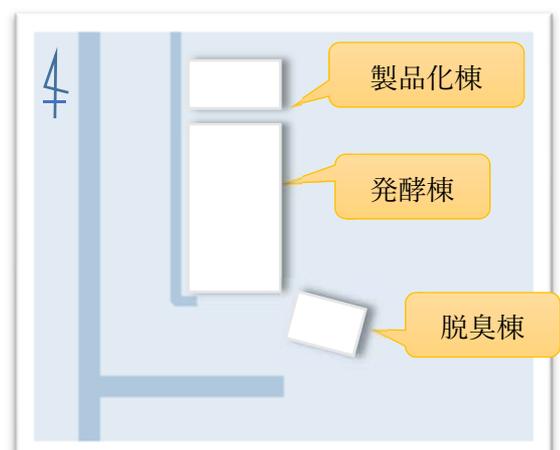
堆肥化原料	受入量	受入元	処理費用
下水汚泥*1	28,700 t/年	下水浄化センターなど地方自治体	有料
食品工場の排水処理汚泥	11,508 t/年	食品メーカー、飲料メーカーなど民間企業	有料
食品残さ*2	822 t/年	食品工場など民間企業	有料
副資材	使用量	仕入れ先	購入費用
戻し堆肥	原料の4倍～7倍	－	－

*1 含水率：85%以下、有機物：60%以上、重金属：肥料取締法に適合すること。

*2 植物性残さは総受入量の5%以内（最大10t/日）としている。

○施設の立地環境

肥料化施設（敷地面積約26,000m²）の周辺は、水田地帯であるが、180m以内に民家が2戸ある。



2. 悪臭による苦情の有無・測定

○苦情の有無

有る（年に1～2回程度）。

平成8年の事業開始当初は、屋根と腰壁だけの開放型構造であったので、生産量が増えるに伴い、悪臭苦情が発生した。平成14年に発酵棟を密閉化し、脱臭設備を導入した。その後、平成20年に大規模な改修工事を行い、発酵槽をビニールハウスで覆い、空気の流れを予測評価することで、臭気捕集効率の向上を図った。現在、苦情はだいぶ減ってはいるが、皆無ではない。

苦情の電話を受けた場合には、夜中でも苦情者のお宅を訪問するなど、即対応し、「臭気情報」として捉え、工場運営に反映させ、地域住民との信頼関係を築いている。

○測定

敷地境界での定期的な特定悪臭物質の測定をしている。

また、毎朝2～3km圏内を車でパトロールし、臭気の有無や風向きなどを確認している。その際に挨拶を交わすなど、住民とのコミュニケーションの機会を創出している。

現地訪問時は、密閉された発酵棟内部では臭気強度は4程度（アンモニアを含む発酵臭）であったが、発酵棟の搬入口直近では臭気強度は3.5に低下し、敷地境界では臭気強度2.5まで薄まっていた。

3. 肥料化工程と臭気を減らす工夫

○肥料化工程

図1に示すように、脱水汚泥などの原料に対し4倍～7倍量の戻し堆肥を添加して、水分調整を行っている。

そして、発酵槽に堆積させる。発酵棟全体（写真1）で48台あるブローアで床面に埋設された通気口（写真2）から肥料原料に通気させるとともに、重機による切り返しを5日毎に1回行い、約5回切り返し、30～45日間堆積発酵させる。その後、完成した肥料は、袋詰めやペレット化を行い販売している。

<肥料製造の流れ>

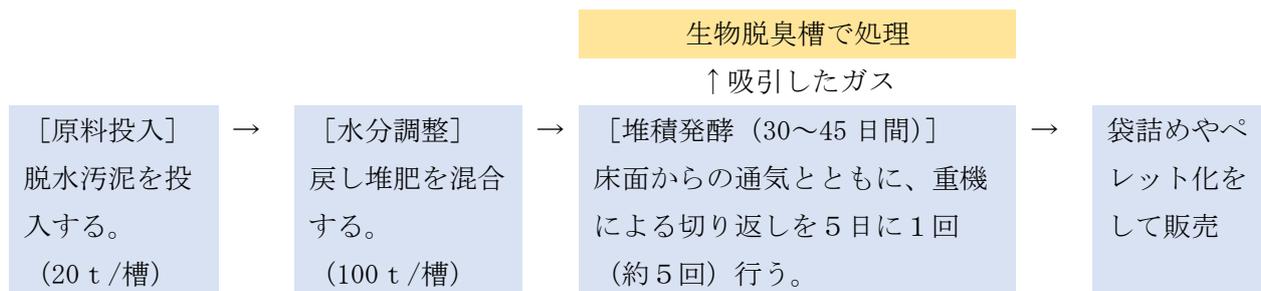


図1 堆肥化工程



写真1 発酵棟内部の様子



写真2 床面に埋設されたエアレーション用通気口

○原料受け入れ時の工夫

夏場は上昇気流が発生して、臭気が周辺には停滞しにくいいため、肥料生産量を増やし、逆に冬場は上昇気流が発生しにくく、臭気が周辺に漂いやすい傾向があるため、生産量を減らすなど、季節・気象条件によって生産量・送風量を調整し、周辺環境対策を推進している。

○切り返し作業の配慮

切り返し作業中や攪拌の際は、強い臭気が発生するため、発酵棟の搬入口などの開口部は閉める。なお、切り返し作業を行う重機の運転席は、作業者を保護するため密閉されており、冷暖房も備わっている。

○施設内の清掃

場内環境整備（3S活動：整理・整頓・清掃）や周辺環境整備を実施し、視覚的環境対策にも繋げている。

4. 臭気対策の設備

○発酵棟の搬入口からの漏洩対策

シートシャッターで搬入時以外は、原料投入口を閉めている（写真3）。また、発酵棟全体の空気を吸引しているため、発酵棟内は負圧になっている。

原料投入と発酵は同一の棟内で行われるため、建屋間の移送時の臭気漏えいはない。



写真3 原料投入口

○発酵棟からの排出ガスの処理

平成20年から図2に示すように、捕集効率を高めるため、各発酵槽をビニールハウスで覆い、ビニールハウスの内部臭気（写真4。48台800m³/分）と雰囲気臭（800m³/分）を吸引して、1600m³/分を生物脱臭槽で処理している（入口アンモニア100ppm。出口では測定していない）。

脱臭方法は、脱臭棟（写真5。1,000m²）の2/3の面積に、3m高さで粉碎したバーク（写真6。約1,500m³）を積み上げ、下から通気する生物脱臭方式である。1日に6~8tを散水している。

バークは、近所の木材加工所から調達し、2か月ごとに切り返しを行い、3年に1回を目途に入れ替えている。入れ替えたバークは、畜産農家の敷料として利用されている。（においては問題ないとの事）



写真4 発酵槽をビニールハウスで覆い吸引している

<排気ガスの処理の流れ>

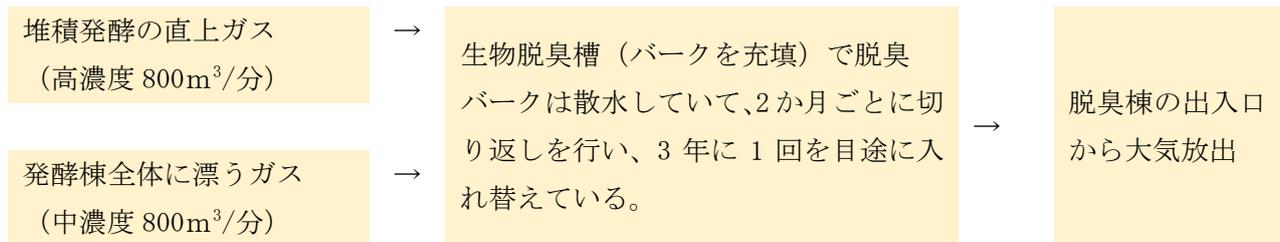


図2 脱臭処理の工程



写真5 脱臭棟 (生物脱臭槽)



写真6 生物脱臭槽に積んでいるバーク

○支援策の活用

なし

5. 地域との関わり

地域の行事（一斉草刈り、運動会など）に積極的に参加している。

また、当該工場が毎年「地域共生のためのイベント」を主催して、もちつきとお笑いライブを開いて地元住民 60～70 名を招待している。

6. 臭気対策のポイント

○発生した臭気の脱臭処理

脱臭施設の導入から6年後に、より効率的に臭気を捕集するために空気の流れを予測評価した。この結果に基づいて、発酵槽をビニールハウスで覆い、ハウス内側の高濃度臭気を捕集して、脱臭施設で処理している。

苦情への即時対応、毎朝の周辺パトロールや地域活動を通じて、住民との信頼関係を築けた。

また、社員教育として、好気性発酵の促進により優良な肥料の品質を確保することは、臭気対策にも繋がることを周知させている（ISO の品質管理の考え方）。その他、県や業界団体主催の研修会などにも積極的に参加し、知識の向上を図っている。

堆肥化原料			工程と生産量				脱臭設備
食品残さ	家畜ふん	下水汚泥	通気方法	人数	処理日数	年間生産量	堆肥棟内の排気
△少	－	○	重機で攪拌	2	31	96 t /年	脱臭処理なし

【堆肥化事例 No.13】

脱水汚泥などの原料を、小型でシンプルな設備で発酵管理し、脱臭装置なしで運転する施設

《本事例の特徴》

- 原料の通気性の確保… 原料（汚泥等）の約2倍量の戻し堆肥を混合させている。
- 攪拌・発酵の管理… 代表者が、学生時代に堆肥化を専攻していたり、事業を立ち上げる前の職場では水処理の設計をしていたこともあり、特に汚泥の堆肥化に関する知識や経験が豊富である。発酵状況も日々確認している。大型の設備ではないが、発酵管理の徹底により、臭気発生を最小限に抑えている。

（訪問：平成29年12月21日）

1. 施設概要及び規模

○概要

平成17年に創業し、平成25年に市街の工業地帯に移転してきた民間企業の堆肥化施設である。食品廃棄物などを利用して堆肥の製造と飼料製造を行っている。食品廃棄物の材料によって飼料化したり、堆肥化したりと適宜リサイクルをしている。敷地内には堆肥棟（鉄筋コンクリート造）1棟、飼料棟（鉄筋コンクリート造）1棟、事務所棟2棟がある。

○従業員数 11名（堆肥化工程は主に2名が担当し、社長自らも発酵具合を確認している）

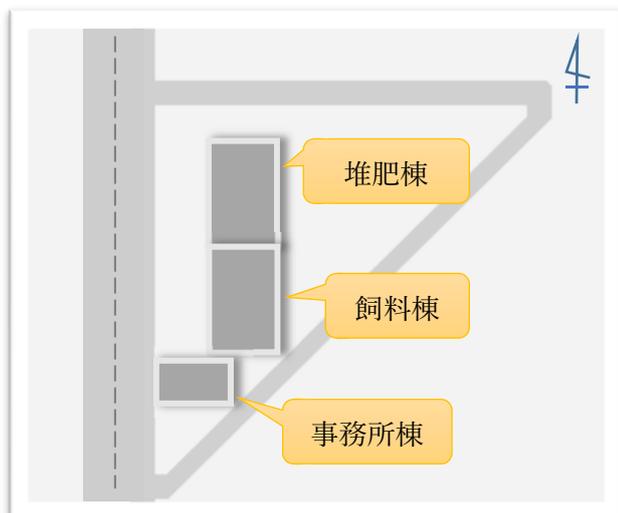
○原材料の種類と受入量

堆肥化原料	受入量	受入元	処理費用
脱水汚泥（水分80%）	2 t /週	食品会社など民間企業	有料
食品残さ	400 kg /週	製菓工場など民間企業	有料
副資材	使用量	仕入れ先	購入費用
段ボールのカット屑	20 kg /週	段ボール加工工場	有料
戻し堆肥（水分45%）	4 t /週	自社	－

○施設の立地環境

堆肥化施設（敷地面積2,600m²）は工業地域の境界に近い場所に立地しているため、正面には幹線道路と大規模工場が多く、裏手は田畑が広がっている。

最寄りの住宅は300mほど離れていて、年間を通じて、風上方向になっているので、臭気が到達することは稀である。



2. 悪臭による苦情の有無・測定

○苦情の有無

有り。以前、工場地域内に建つ住宅から苦情が寄せられたことがある。

○測定

実施していない。

現地訪問時は、堆肥棟内部での臭気強度は4程度（アンモニアを含む発酵臭）であったが、堆肥棟の搬入口直近での臭気強度は3に低下し、敷地境界での臭気強度は2とさらに薄まっていた。

3. 堆肥化工程と臭気を減らす工夫

○堆肥化工程

本施設の堆肥化の工程は図1のとおりである。写真1に示す6つの発酵槽では、原料と副資材を混合させて、1週間堆積のみを行う。

そして1週間後に、重機による切り返し作業を1回行い、その後は床面からのエアレーションを3週間行う（写真2）。次に出荷用ピットに移動させ、1ヵ月後に重機で切り返し、床面からもブロー通気を行う。

<肥料製造の流れ>

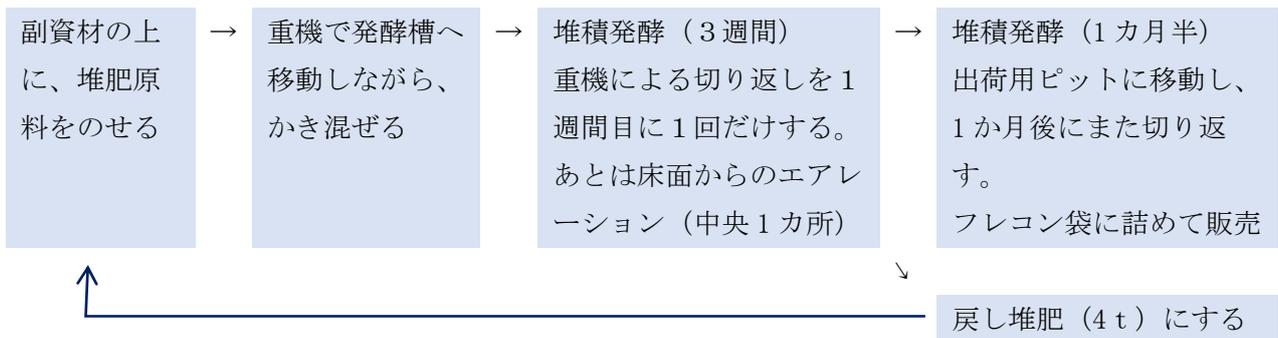


図1 堆肥化工程



写真1 堆肥棟内の6つの発酵槽

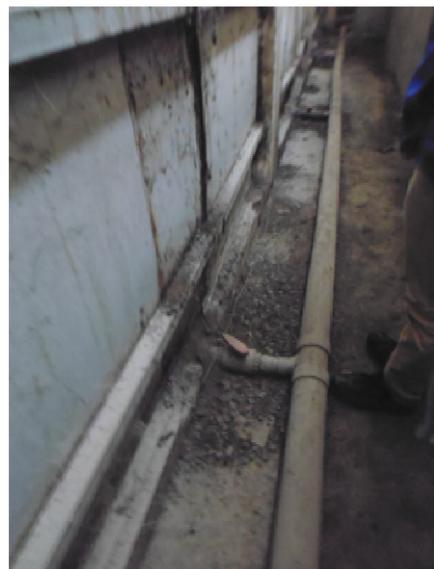


写真2 床面のエアレーション（発酵槽外側）



写真3 副資材の段ボール層



写真4 発酵槽ごとに記録簿整備している



写真5 発酵槽には各1本温度計が装備されていた



写真6 床面に埋設している通気口

○原料受け入れ時の工夫

特になし。

○切り返し作業の配慮

1週間目の切り返しのときに、床面の通気口を必ず掃除する。特に埋設しているネトロン製の通気口は穴が詰まりやすいため、コンプレッサーエアできれいにする。そして空気穴の上にパーライトを振りかけ通気性を確保する。

○施設内の清掃

清掃道具がすぐに取りれる位置にあり、こまめに掃除出来るような工夫がある。場内のダストを緩和するようミスト噴霧器があった。

処理日数	堆肥生産量	購入者	購入費
2 か月	96 t /年 (2 t /週)	地元の耕種農家（キャベツ等） 造園家（沿道植栽等）	有料 有料

4. 臭気対策の設備

○堆肥棟の搬入口からの漏洩対策

堆肥棟の出入口には金属製のシャッターが付いている。建物高さがあるためか開放時にも外への漏洩は比較的少なかった。また幹線道路と逆の方向の窓は閉めていた。

○堆肥棟の排出ガスの処理

特になし

○支援策の活用

特になし

5. 地域との関わり

地元の環境審議会が堆肥化施設の視察に来たりと、見学を受け入れている。

6. 臭気対策のポイント

○臭気の発生量を最小限に抑制

本施設では、発酵を適切に管理することが臭気発生抑制につながることから、通常排出される臭気については特別な対策は行っていない。

実際に搬入される原料が一定しておらず多種多様な食品廃棄物があり、その特性を踏まえて、どのような発酵状況になるのかを丁寧に観察し記録している。以前有機酸系の悪臭が出たときは、pH試験紙でチェックしたところ、pHが下がっていることが分かった。原因を究明すると、小麦粉を入れるとpHが下がりやすく、有機酸系臭気を出すことや、下水汚泥の脱水時に使う凝集剤にポリ硫酸第二鉄が入っていると、それもある有機酸系臭気を出す原因であったりなど、原料と発酵状況を観察することで色々な発見をしている。そして有機酸系臭気が出たときには、消石灰を入れてpH調整を行い、改善している。

堆肥化のポイントは、C/N比を高めることと水分調整である。しかし原料によって発酵の進む速度が変わるため、原料と副資材の混合バランスや発酵期間などをこまめに微調整することが、臭気発生抑制のためにも重要である。