

改善計画書

2018 年 11 月
株式会社 イズミ環境

目次

はじめに.....	3
I. 当初の実態.....	5
1. 施設の概要.....	6
(1) 施設の全体図、全体処理フロー図.....	6
(2) 当初のシステム構成.....	7
2. 処理工程の要素.....	8
(1) 前処理工程（オズマニックの機能）.....	8
(2) 発酵工程.....	10
(3) 脱臭工程.....	11
3. 問題発生時の操業実態.....	12
(1) 含水率管理.....	12
(2) 発酵槽通気状態の把握.....	12
(3) 混合比率.....	12
(4) 悪臭発生時の操作条件.....	13
II. 悪臭発生原因の推定.....	14
1. 要因分析.....	15
(1) 基礎実験.....	15
(2) 類似施設のデータ.....	25
2. 悪臭発生の原因として排除できるとされる因子.....	29
3. 悪臭発生原因の推定まとめ.....	29
III. 対策の立案と有効性の検証.....	30
1. 発酵基礎実験.....	31
2. 類似施設運転データの解析と新たな学術的知見.....	40
(1) 目的.....	40
(2) 予備実験での運転データ.....	40
(3) 公開実験データ.....	48
(4) 新たな学術的知見.....	58
3. 臭気発生抑制型の運転管理方法.....	61
(1) 生ゴミの組成.....	61
(2) 含水率管理.....	61
(3) 投入原料の嵩密度管理.....	61
(4) 通気制御.....	62
(5) 温度管理.....	63
(6) 生ゴミ・副資材の混合比設定.....	63
(7) 有機物負荷(単位容積当たりの生ゴミ投入量の管理).....	64
(8) 攪拌システム.....	64
(9) 良質な戻し堆肥の生産.....	64

4. 脱臭能力確認実験	65
(1) 脱臭システムの導入経緯	65
(2) 堆肥化施設に適用される脱臭システムの検討結果	75
(3) 脱臭装置導入における吸引臭気成分濃度の設定	75
(4) 新脱臭システムの構成	78
(5) 臭気除去性能の実証	83
(6) 脱臭設備の脱臭効率(参考データ)	86
(7) 脱臭システムおよび施設全体の排水について	87
5. 脱臭設備新設に伴う環境アセスメント（「生活環境影響調査報告書」参照）	88
(1) 環境影響予測・評価項目	88
(2) 予測・評価結果	88
IV.運用計画	94
1. 組織体制	95
2. 運用管理の改善	96
3. 受け入れる生ゴミ残渣	96
4. 生産堆肥の出口	97
5. アドバイザーおよびメーカーとの今後について	97
6. 廃プラ・その他の処理	98
7. 人材の確保	98
8. 収支計画と事業の将来性	99
(1) 収支計画	99
(2) 事業の将来性	100
9. 周辺環境に悪臭被害を及ぼさないための対応システムの整備	100
(1) 臭気規制値について	100
(2) 対策について	100
10. 情報公開・地域コミュニケーション	104
11. 環境保全委員会(任意団体)	105

はじめに

本計画書は、臭気発生により操業停止をよぎなくされた八王子バイオマス・エコセンター(以下、「実施設」という)が、当初の計画どおりに循環型施設として機能回復するための過程を示すものである。

実施設は循環型社会をつくるための大きな役割を果たすことを期待して操業を開始したが、悪臭発生時に適切な対応が出来なかったため被害が社会問題化してしまった。

停止させてしまった実施設であるが、操業当初の目的である食品残渣を資源として土に還す役割の重要性は失うわけではない。そこで、過去の過ちを再び犯すことなく循環施設として役立つプロセスを作成するため、静岡大学大学院・工学研究科・化学バイオ工学専攻 松田智准教授をコンダクターとしてお迎えした。松田先生のご指導のもと、悪臭発生の原因解明と対策の立案を科学技術的な根拠に基づいて進めることにした。そのために実験室規模の基礎実験および他の類似施設の情報等を知ることで、実施設において環境保全型の施設運営の可能性を求めることとした。

その第一歩として、環境保全委員会を設置した。このメンバーには地元の皆様と共に堆肥化プロセスに精通された有識者、社内の技術メンバーが含まれている。本委員会は実施設の管理運営状況を監視し、今後環境基準を超える臭気を決して排出することのない運営をサポートするものである。

脱臭臭気関係の専門家として、におい・かおり環境協会技術委員会 測定評価部会前部会長で、臭気判定士会 会長の祐川先生を招聘し、脱臭設備の根本的な再検討を行ったことを述べる。またその後得られた学術的知見も加えた。

また本計画書は、八王子市より示された通知文「八王子バイオマス・エコセンター環境対策評価検討委員会の評価等について(平成 26 年 5 月 21 日)」に対応し、生ゴミ堆肥化施設とその運用の技術的ならびに経営的な課題に対して、どのように解析し改善するかをまとめたものである。以下に本計画書の概要を示す。

【改善計画書の概要】

本計画書は、かつて悪臭問題を引き起こしてしまった八王子バイオマス・エコセンターにおける生ゴミ堆肥化プロセスでの運転操作上の問題点を科学・技術的に見直すことにより、二度と過去の過ちを繰り返さないための対策を立案するための文書である。

本計画書は、Ⅰ. 当初の実態、Ⅱ. 悪臭発生原因の推定、Ⅲ. 対策の立案と有効性の検証、Ⅳ. 運用計画、の 4 部から構成される。

Ⅰ. 当初の実態 では、悪臭問題を引き起こした時点で運転操作上の何が問題であったかを検証することを目的とした。そのために、前処理工程から運転管理システムにいたるすべてのプラント要素に対して、当時のデータや運転状況を検討するとともに、類似施設での運転データとの比較などを通じて、悪臭問題が生じた時点でどんな障害が起きていたのか、または想定される障害は何であるかを、できる限り明確化することに努めた。

Ⅱ. 悪臭発生原因の推定 では、上記の状況分析および類似施設データ、ラボスケール実験結果などに基づいて、悪臭(障害)を引き起こした原因の解明をめざした。その結果、悪臭発生の要因として、発酵槽内を均一な好気性に維持できなかったことが推定され、その原因として、前処理工程における不適切な含水率管理・過大な生ゴミ処理量(有機物の過負荷)などの諸要素が浮かび上がった。

Ⅲ. 対策の立案と有効性の検証 では、その障害を回避する対策はどのようなものであるかを立案するとともに、その対策が有効であることを実証するための研究室レベルでの基礎実験、および稼働中の類似施設のデータを採取した。これらのデータにより、投入混合物の初期含水率を適切に管理し、良質な戻し堆肥を使用し、適切な通気・攪拌管理を行うことで、臭気発生をかなり抑制できることを示した。また、脱臭設備能力の基礎実験および導入予定の脱臭装置実証実験の結果より、通常操作における臭気除去は問題なく行うことができ、さらに、万が一、発酵槽に異常が起こって以前のような悪臭が発生したとしても、周辺環境に悪影響を及ぼすことなく対策を講じることが可能であることが実証された。

Ⅳ. 運用計画 では、これらを踏まえ、適切な運用計画を立案し、危機管理および運営監視体制を構築することで、プラントを安定的に運転するための指針を示した。また、長期に渡り停止していたプラントの再起上げ時の手順・注意事項などについても触れた。

I . 当初の実態

1. 施設の概要

(1) 施設の全体図、全体処理フロー図

本施設の全体図を図 I -1-1 に、全体処理フローを図 I -1-2 に示す。



図 I -1-1 施設全体図

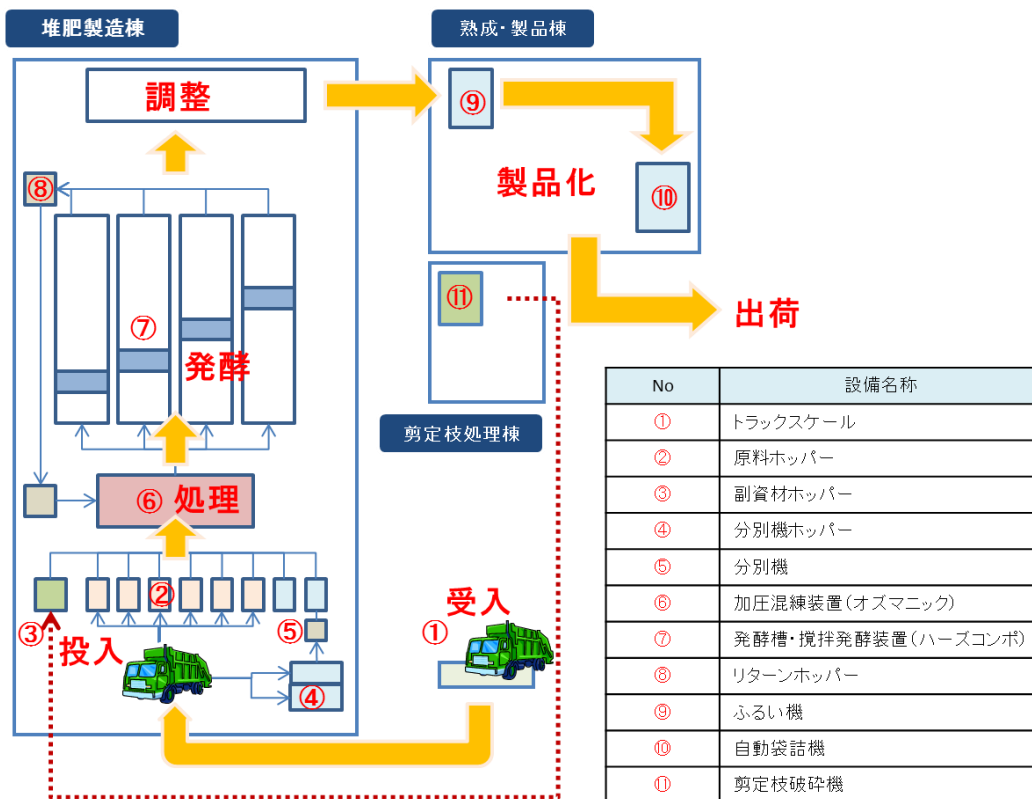


図 I -1-2 全体処理フロー図

(2) 当初のシステム構成

本施設における堆肥製造システムは、生ゴミを連続的に処理して堆肥を製造するために、オズマニックによる前処理(製造元：日本システム化研株式会社)と、強制通気と機械攪拌を伴う発酵槽、強制通気と重機攪拌を伴う調整槽と熟成槽、および発生した臭気を除去する吸着式脱臭システムを採用していた。本施設における処理工程を図 I-1-3、脱臭工程フローを図 I-1-4 に示す。

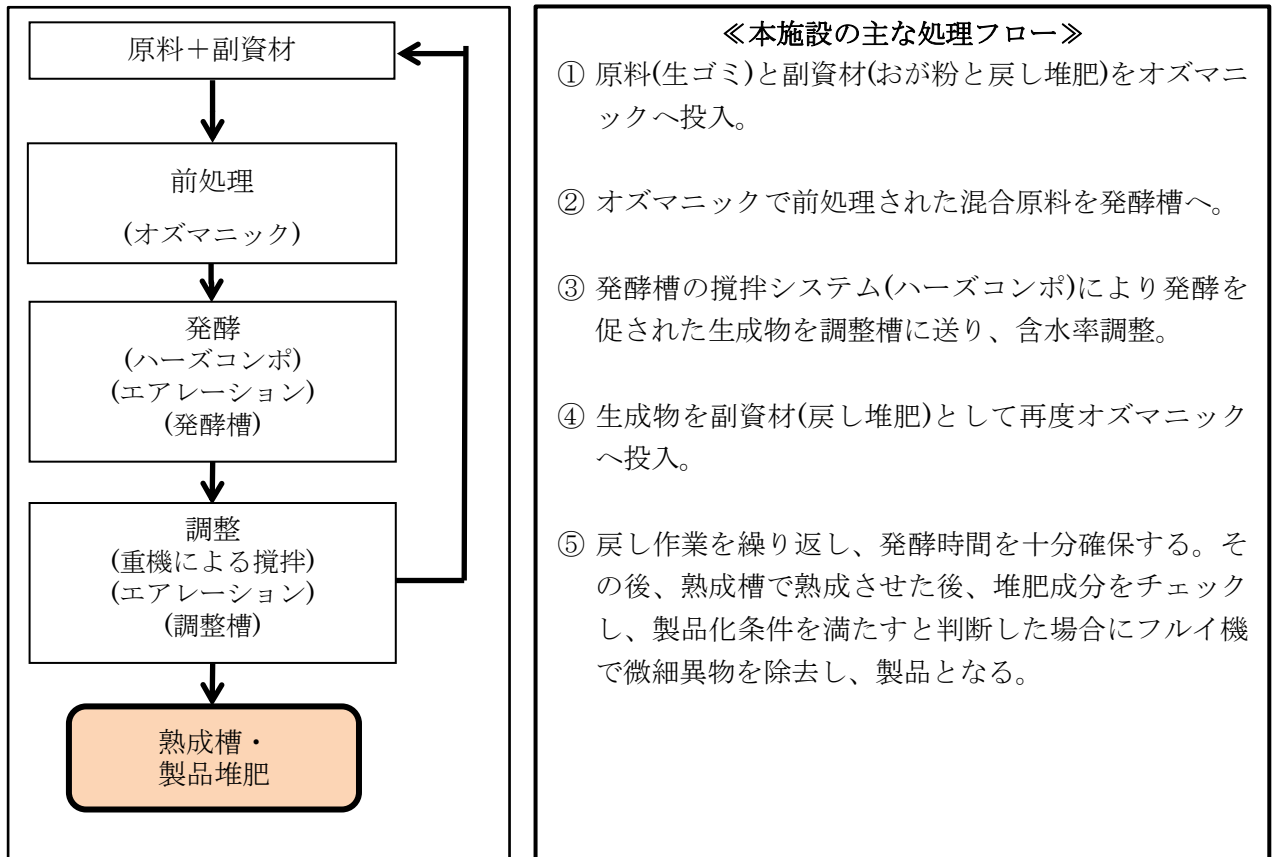


図 I-1-3 本施設の主な処理フロー

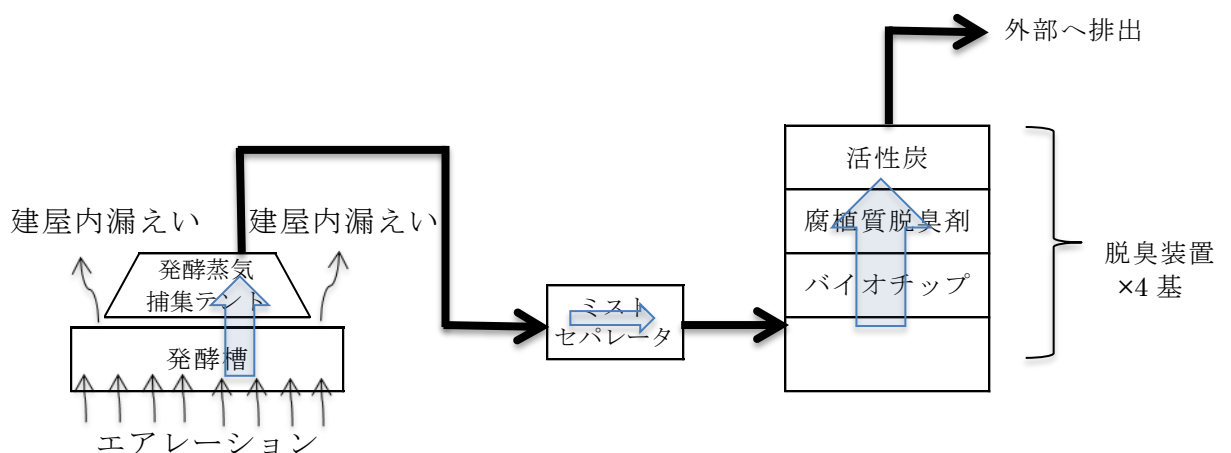


図 I-1-4 開始当初の本施設の脱臭フロー

2. 処理工程の要素

(1) 前処理工程（オズマニックの機能）

前処理では、生ゴミを細かく物理的に破碎し、均質化して多孔質の副資材(おが粉、戻し堆肥)とよく混合する。そのためにオズマニック方式を採用している。この方式は加圧混練によりこの目的を達成する点に特徴がある。その他に、異物の除去や発酵促進の機能も備えている。以下に、写真とともに説明を付す。

① 異物検出

異物検出装置(金属や石など、一定以上の硬度をもつ異物が混入した場合に検出する装置)で、異物を検出する。

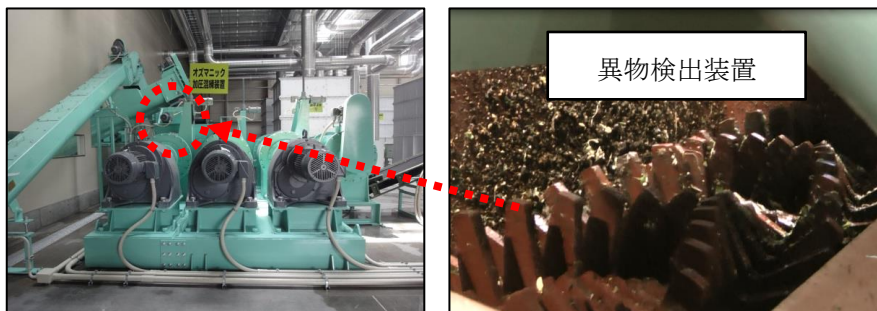


図 I-2-1 オズマニック 異物検出装置

② 原料(生ゴミ)と副資材の混合

異物分別された生ゴミと副資材(おが粉、戻し堆肥)を混合する。

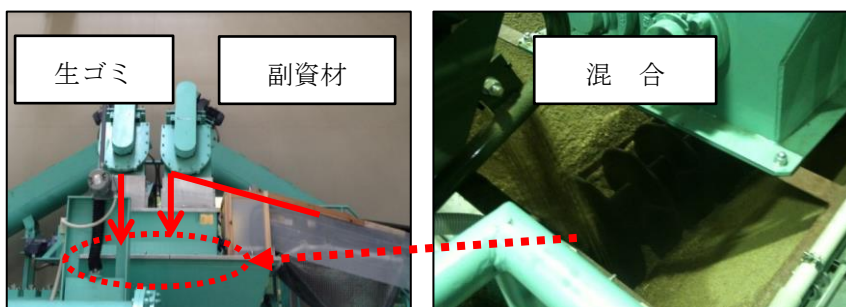


図 I-2-2 オズマニック 混合

③ 混合原料の均質化(シリンダー1)

生ゴミを破碎し、中に含まれる水分を絞ることで副資材等に吸着させる。このことによって、発酵が始まった後で水分が分離するようなこと(ドリップ現象)を避け、均質な堆肥化素材に加工する。

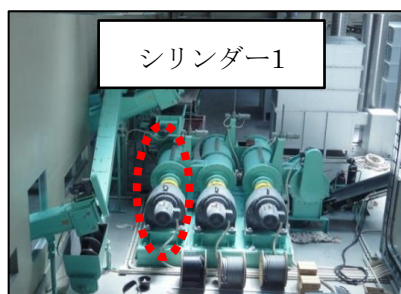


図 I-2-3 オズマニック シリンダー1

④ 加圧による発酵促進(シリンダー2および3)

シリンダー2 および 3 において混合原料を押込み、加圧しながら攪拌することで摩擦熱により温度を上昇させ、副資材(おが粉、戻し堆肥)と均一に混合することにより、戻し堆肥に含まれる好気性菌を生ゴミとおが粉(木質の多孔質の基材で菌の活動の場となる)によく分散接種して発酵を促進する。

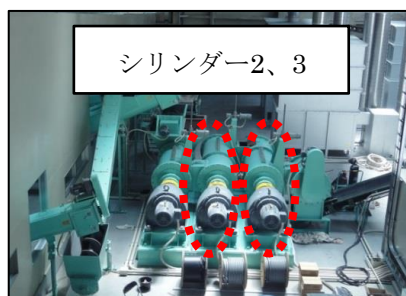


図 I-2-4 オズマニック シリンダー2、3

⑤ 解砕(ときほぐし)

オズマニック出口で混合原料を解砕することにより、団粒化を防ぎ、嵩密度を低下させ空気の流通を促進する。

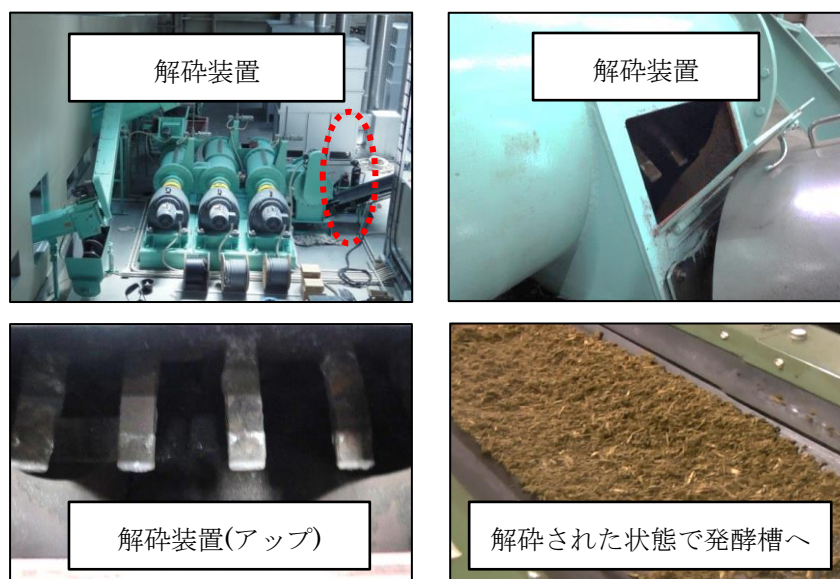


図 I-2-5 オズマニック 解砕装置

これらの前処理機能により、好気性菌増殖と活発な代謝のための条件を整え、発酵段階へ移行する。

(2) 発酵工程

本施設では、発酵槽(図 I -1-2 では「発酵」と書かれた部分)と調整槽(図 I -1-2 では「調整」と書かれた部分)を設置している。発酵槽は、幅 6 m、長さ 45 m、高さ 2 m の槽(レーン)が 4 カ所、調整槽は、幅 5 m、長さ 26 m であり、その後にはほぼ同サイズの熟成槽(図 I -1-2 では「製品化」)が設置されている。

発酵槽および調整槽・熟成槽の床面には通気用の配管を設置しており、発酵槽については、配管上部にチャンバー(空気分散材)の役割として 10 cm 程度の籾殻を敷設していた(図 I -2-6 参照)

生ゴミの投入量は、1 レーン当たり 6 t/日程度を、副資材であるおが粉と混合(混合比率についてはメーカー設定値)して投入していた。発酵槽内の堆積高さは 1.5 m 程度であり、発酵槽内の攪拌は、攪拌機(ハーズコンボ)により 1 日に 1 回または 2 回行っていた。

発酵槽内の状態を把握するために、温度・含水率・pH の計測ならびに目視による解砕状態の確認を行っていた。

堆積物の滞留日数は、発酵槽では 9 ～13 日であり、調整槽では 7 日前後であった。調整槽からの産物の一部を戻し堆肥として発酵槽に返送していた。

堆積物の攪拌方法として、発酵槽ではハーズコンボによる機械攪拌、調整槽・熟成槽では重機を用いた繰り返し操作を行っていた(図 I -2-7 参照)。

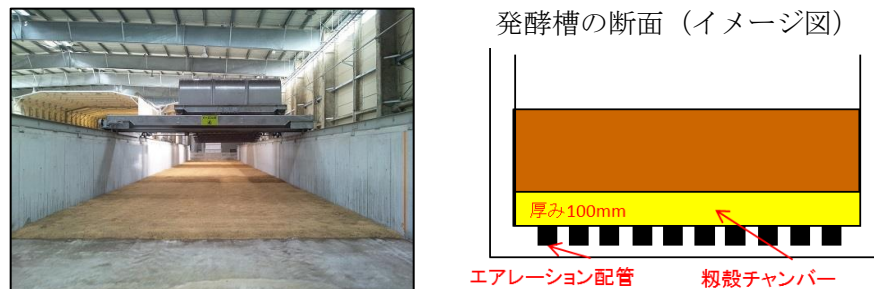


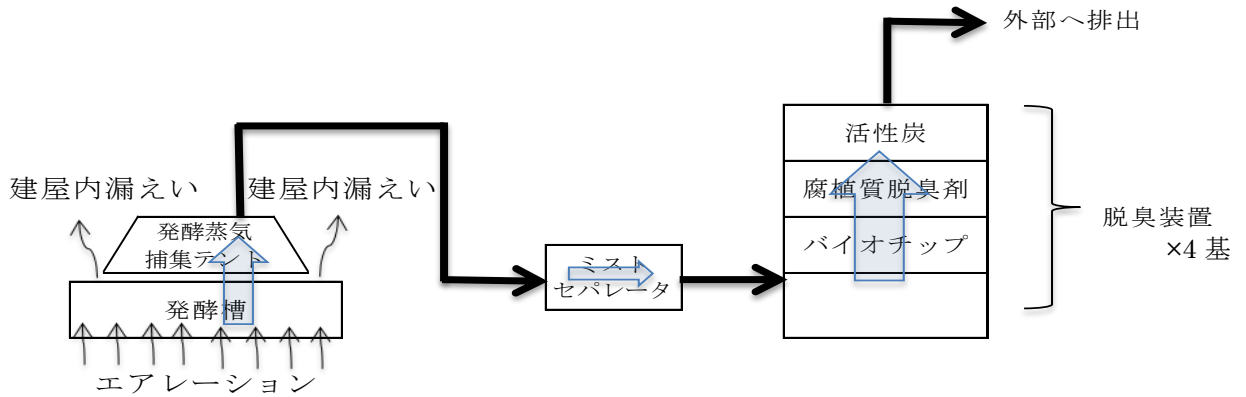
図 I -2-6 発酵槽



図 I -2-7 調整槽・熟成槽

(3) 脱臭工程

当初の脱臭設備は、発酵槽から発生する水蒸気を吸引機により吸い込んだあと、ミストセパレータにより空気中に分散する水分を除去し、バイオチップで残った水分を取り除き、次に、腐植質脱臭剤でアルカリ性臭気成分を除去したのち、最後に活性炭で臭気の残臭を吸着除去し、屋外へ放出する仕組みを採用した。当時の脱臭設備のフローを図 I-2-8 に示す。



<脱臭装置の脱臭剤の充填量(1基当たり)>

- ・ 1 段目バイオチップ 面積 5.17 m² × 高さ 0.5 m = 2.58 m³
- ・ 2 段目腐植質脱臭剤 面積 5.17 m² × 高さ 0.5 m = 2.58 m³
- ・ 3 段目活性炭 面積 5.17 m² × 高さ 0.5 m = 2.58 m³



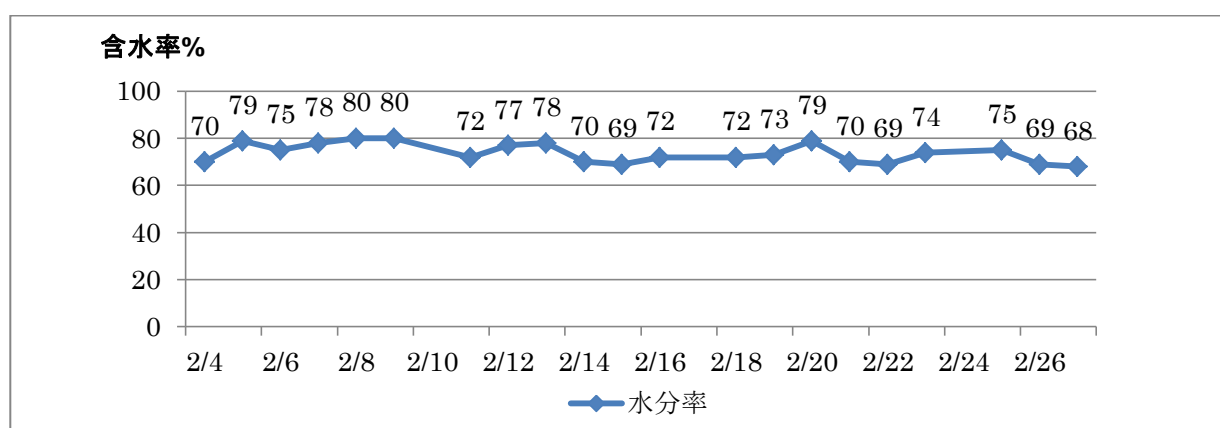
図 I-2-8 当初の脱臭設備

3. 問題発生時の操業実態

強い臭気が発生した当時の操業実態について、含水率管理、発酵槽の通気状態、物質収支等の観点から整理する。

(1) 含水率管理

前処理工程(オズマニック)における水分管理は、目標管理値を定めておらず、目視に頼り、含水率の測定をしていなかった。また、発酵槽における水分管理については、含水率の計測は実施していたものの、目標管理値を決めておらず、制御していなかった。この頃の含水率の実測値(ハンディタイプ含水率計使用)の例を図 I -3-1 に示す。この図に見られるように、含水率はほぼ常に 70 %以上の高い値で推移していた。当時は、この値が運転管理上大きな問題であるとは認識していなかっただけでなく、測定者とオペレーターが異なっていたため、運転管理にこの値が活用されることがなかった。



※2013年2月、発酵槽 No.2 入口から 6 m 地点(投入 2 日目頃の数箇所での平均値)

図 I -3-1 発酵槽での含水率の推移例

(2) 発酵槽通気状態の把握

通気量の設定は、メーカーの指示に従っていた。その設定は「堆肥化施設設計マニュアル 中央畜産会」(文献 1)に基づいていたが、このマニュアルは畜糞コンポスト化用であり、生ゴミ処理を主な対象にしていなかった。通気量の調整・制御・測定は行わず、ブローは全開にしていた。

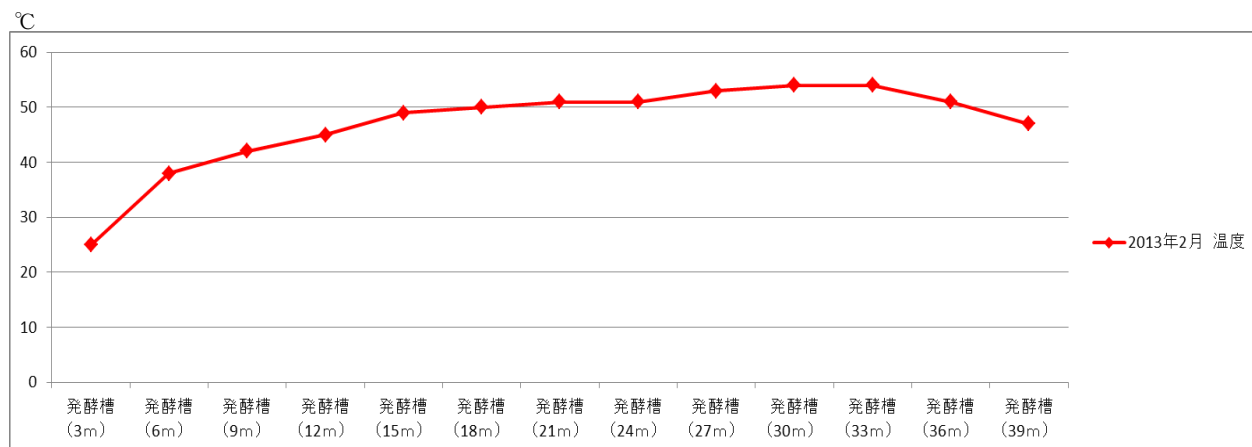
本来あるべき状態として、発酵槽全般にわたり適切な通気を確保する必要があったが、必要通気量の把握と均一な通気が出来ているかの把握が出来ていなかった。また、発酵槽内が部分的な嫌気状態に陥っているか把握していなかった。

(3) 混合比率

生ゴミの量に対して副資材をどれだけ加えるべきかと言う設定(混合比率)は、メーカーの操業開始時の指示に従っており、生ゴミおよび副資材の性状に基づく定量的な管理は行っていなかった。

(4) 悪臭発生時の操作条件

悪臭発生時の操作条件について記録されているデータは、温度と含水率のみである。このうち含水率は、図 I-3-1 に示した通り、ほぼ 70 % 以上の高い値で推移していた。発酵槽内の温度分布の例を図 I-3-2 に示す。



※2013年2月、発酵槽 No.2 表面より深さ 30 cm 付近

図 I-3-2 発酵槽での温度の分布例(発酵槽入口から堆積物の進行方向 3m おき)

本来であれば、投入後 2 日目頃(6 m 地点)から温度が上がるはずであるが、当時は 10 日目頃(30 m 地点)で最高温度に達している。また、最高温度は 54°C にしか達していない。

これらのデータが示すとおり、含水率が高い値で推移し、通気制御ならびに混合比率の定量的な管理がなされていなかったことを総合すると、好氣的分解が順調に行われていなかったことが推測される。

プラントを運転する立場として、生ゴミを堆肥化させる工程を正しく管理できていなかったとの反省が最も大切なことと考えられる。

文献 1：中央畜産会：堆肥化施設設計マニュアル(2000)

Ⅱ.悪臭発生原因の推定

1. 要因分析

前節に記載した当時の操業状態から、悪臭が発生した要因は、生ゴミ投入量の過多により、含水率が高くなり、適切な通気が行われなくなった結果、発酵槽内に嫌氣的な部分が生じたためであると推定される。

この推定については、次に述べるラボスケールの基礎実験ならびに類似施設のデータ解析結果によって裏付けられた。基礎実験ならびに類似施設のデータ解析について、以下にまとめる。

(1) 基礎実験

悪臭の発生原因が発酵堆肥中に嫌氣的な部分が生じたためであるという推定を裏付けるために、実験装置「かぐやひめ」を用いて、二通りの条件設定での発酵実験を行った。

ひとつは、過去の研究例(文献1)を参照した標準的な有機物負荷である40 g/L/日を目安とする定常負荷、もうひとつは、それより更に大きな、100 g/L/日に設定した過負荷である。併せて、当時設置を計画していた脱臭設備を模擬した装置を用いた脱臭実験も行った。

① 実験内容の説明

1) 実験期間

平成26年12月8日～平成26年12月21日 9:00～17:00(公開実験)

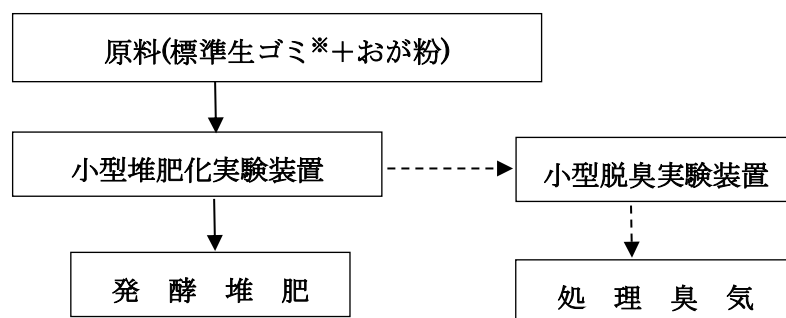
2) 実験場所

東京都西多摩郡瑞穂町南平2-3-4 出水建設(株) 敷地内実験室

3) 本実験での確認事項

- ・好気性発酵するための運転条件
- ・定常負荷時・過負荷時における発生臭気の性状の差異
- ・定常負荷時・過負荷時における臭気に対する脱臭効果

実験の全体構成を図Ⅱ-1-1に、フローを図Ⅱ-1-2に示す。本実験では発酵から脱臭まで一貫した実験が可能である。



図Ⅱ-1-1 実験全体の構成

※東京都消費生活総合センターによる標準生ゴミ組成(野菜・肉・うどん・果物・ごはん・魚等)に従った発酵原料を調製するため、材料をスーパーより購入し、本計画書では標準生ゴミと表記する。

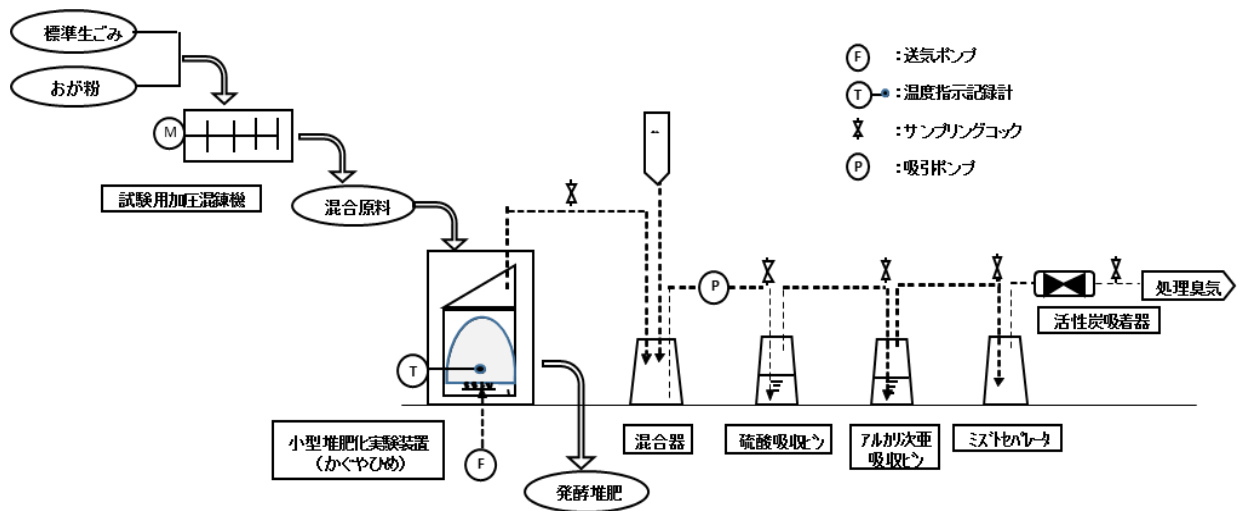


図 II-1-2 実験装置フロー

4) 原料

ア) 標準生ゴミ

原料として使用した標準生ゴミ組成を、表 II-1-1 に示す。

表 II-1-1 標準生ゴミの組成(*1)

	想定重量比(%)	想定水分(%)
野菜類	51.5	85.6
果物類	24.2	86.5
肉類(魚介類・肉類)	9.8	46.2
でんぷん類(パン・ご飯)	11.7	56.2
その他	2.8	71.4
合計(*2)	100	78.1

(*1)東京都消費生活総合センターによる

(*2)本数値は想定値である。

イ) 副資材

おが粉を使用する。(含水率 15~30%)

5) 前処理装置

標準生ゴミとおが粉を試験用加圧混練機 (図 II-1-3) において破砕加圧混合する。

<試験用加圧混練機仕様>

型式：破砕混合機

処理能力：約 4kg/時

動力：0.4 kW

外形：全長 1,032mm×全幅 645mm×全高 672mm

実機との縮尺：全長 1/5.2、全幅 1/1.8、
全高 1/3、容積：1/52

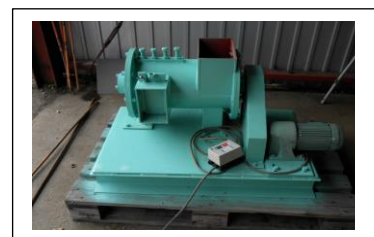


図 II-1-3 試験用加圧混練機

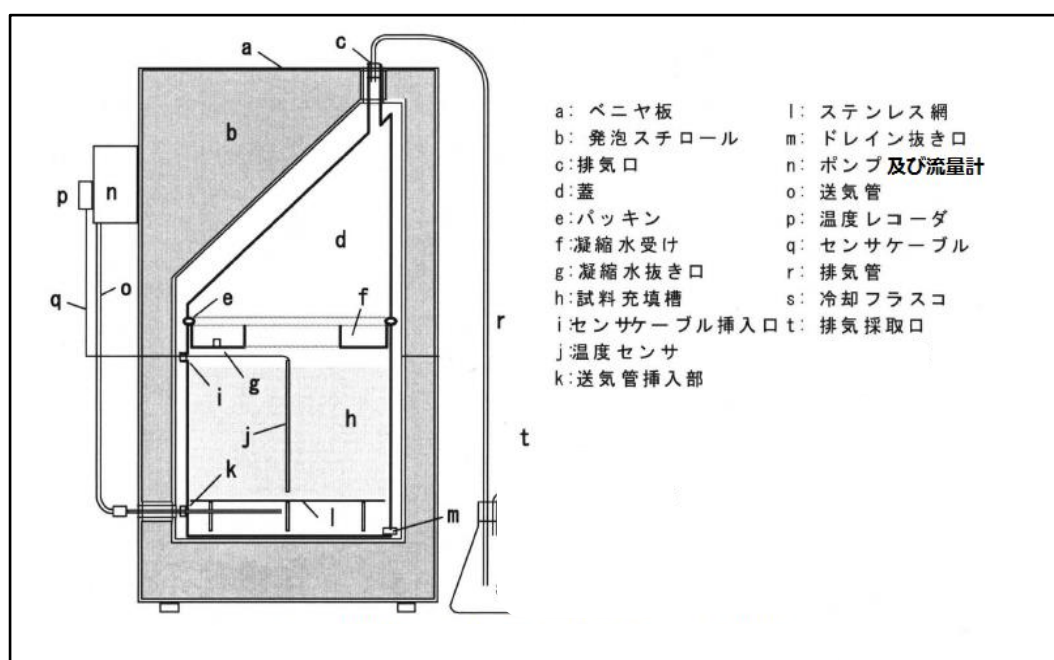
※加圧時間は実機より小型のため、時間を要するが、他は実機と同じ動作をする。

6) 発酵装置

ア) 装置概要

実験に用いた発酵装置は、小型堆肥化実験装置(通称：かぐやひめ)である(図Ⅱ-1-4、図Ⅱ-1-5参照)。この装置は、「独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構(農研機構)」が開発に携わった堆肥化実験に特化した装置であり、実際のコンポスト化設備内での代謝過程を再現できる実験装置となっており、断熱性に優れた容器に、送気量コントローラー、温度センサ、ガス捕集口等が装備されている。

納入実績も 350 件以上と非常に多くの実験で使用されている。また、「香川県善通寺市における生ゴミ・剪定枝堆肥化に関する研究(近畿中国四国農業研究センター研究資料、2008 年 2 月)」においても本装置が用いられている。



図Ⅱ-1-4 小型堆肥化実験装置の構成図



図Ⅱ-1-5 小型堆肥化実験装置(通称：かぐやひめ)