3. コンポスト化技術-基本的な考え方

3.1 コンポスト化の歴史

人類は古くからコンポストを植物栽培に利用してきた歴史を持っていますが，そのコンポストは有機物が自然にコンポスト化した結果であったり、自然に倣った経験則をもとにつくっただけでした。これをコンポスト化技術として系統的に取りまとめたのが，アルバート・ハワード氏です。1924 年から 1934 年の間にインドのインドール地方でコンポストの研究に打ち込み、開発したコンポスト化技術を「インドール式堆肥化法」としてまとめました。なお、このインドール式堆肥化法は，堆肥づくりの源流であり憲法ともいえると評価されています。

日本では 1920 年に神奈川県内務部から「堆肥のすゝめ」という冊子が発行されたのが始まりです。これは、現在からみても適切なものであると評価されており、この時すでに生ごみがコンポスト材料として注目されていました。

その一節には次のように記述されています。

『都会からたくさん出る所の厨芥類は堆肥の好材料であります。 ところが、現今、多くの都会では、この厨芥の捨て場に困って、やむを得ず, 埋め立て地に利用しているようなわけで、むざむざ貴重な肥料を地下に埋没しているのは、 誠に遺憾至極であります。 故に、 都市付近の農家は、 適宜、 組合を組織して、都会の塵芥を回収し、それをもって堆肥を製造するようにしたいものであります。』

生ごみのコンポスト化は今も昔も変わらないテーマです。

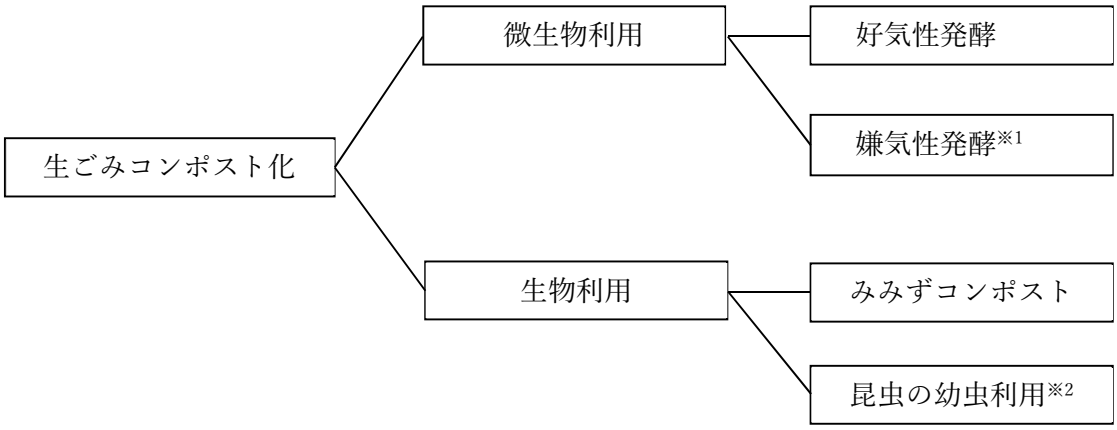
3.2 コンポスト化の基本的な考え方

「コンポスト化」の説明として、一般的には「廃棄物の有機成分を好気性条件下で微生物の働きにより発酵させること」としている場合が多いようです。しかし、ミミズコンポストのように微生物以外の生物を利用してコンポスト化する技術も広く普及しています。また、コンポストが持つ特徴的な効能である「土壌の物理性の改善(団粒形成による排水性・通気性・保水性)，土壌の化学性の改善(養分供給・保持，有害物質・pH への緩衝能)，土壌の生物性の改善(土壌病害予防，有益菌の摂取効果)」を加味すれば，その基本的な考え方は次のように表すことができます。

『コンポスト化とは，有機物が微生物による好気発酵や土壌動物による食餌利用を通じて，植物の成長に寄与する成分や土壌の団粒化が図られる等の土壌改良材に変換すること。』

© 2019 Koji Takakura

ここで、微生物の作用(働き)を「発酵」として表現しましたが、これには理由があります。



※1 二次処理として土や腐葉土などと混合して好気発酵後に使用したり、二次処理せずに直接施肥する場合は土中で好気発酵させることになります。
※2 利用する昆虫としてイエバエの幼虫(実用化)とミズアブの幼虫などがあります。

図 3-1 生ごみのコンポスト化手法

3.2.1 コンポスト化の過程は「発酵」

微生物による分解は大きく「発酵」と「腐敗」に分けて表現することができますが、この両者を分ける基準はどこにあるのでしょうか。微生物は有機物を分解する過程で様々な物質を代謝物として放出していますが、微生物にとっては有機物を利用する代謝活動でしかありません。しかし、私たちはその代謝物を「利益がある・良いもの」と「不利益になる・悪いもの」に区別し、それぞれ「発酵」と「腐敗」と呼んでいます。しかも、その選別は個々人の判断基準でなされています。

例えば「納豆」考えてみましょう。

納豆は発酵食品として、昔から日本の食生活に取り入れられていますが、アンモニア臭があり独特の臭いから「腐敗している」と感じている人も多くいます。また、食品が腐敗すると糸を引くケースがよくあり、特に海外の方は「臭い」ことと「糸を引いている様子」から、「腐敗している」と判断され

同じ臭いであっても、人によって感じ方が違うので、発酵と腐敗に分かれることがあります。

図 3-2 臭いの感じ方は人によって違う

© 2019 Koji Takakura

ることもよくあります。この微生物の代謝活動による「臭い」が、コンポスト化の発酵と腐敗にも微妙に係わっており、この後に説明するコンポスト化に使用する微生物の種類と深く係わりを持つことになります。

それではコンポストについて考えてみましょう。コンポストは微生物の代謝活動によりつくられた物であり、植物の成長に寄与するなど、私たち人間にとって共通に利益のあるものです。このように考えると、コンポスト化は単なる「分解」ではなく、「発酵」と捉えることが適切であると考えています。これ以降、コンポスト化のプロセスについて「発酵」を使用しますが、分解という言葉も併用します。ただし、この分解には発酵という意味を含んでいると考えてください。

3.3 コンポスト化の基本的な流れ

コンポスト化の基本工程は「前処理」「発酵」「製品化」の 3 つに分けることができます。

3.3.1 前処理工程

(1) 異物の除去

生ごみの場合は他の廃棄物と混合して排出し、収集運搬されるため、異物混入率が高く前処理として機械的または人為的な異物除去工程が必要です。しかし、混合物から異物を除去する方法では、その除去率に自ずと限界が出てくるため、異物の除去が不完全となり、コンポスト製品の品質低下の要因にもなっています。

写真 3-1 機械的・人為的な異物除去

写真 3-2 磁選別は鉄類のみ除去

これを逆転の発想として、混合物からコンポスト化が可能な生ごみだけを選別回収することで、異物混入率が非常に小さい製品コンポストとして高く評価された事例があります。どちらにしても混合廃棄物から目的とする物を取り出すことは効率が悪いため、発生源で「生ごみを分別保管する」、運搬時は「専用車で生ごみだけを収集する」仕組みの構築が肝要です。

© 2019 Koji Takakura

写真 3-3 混合廃棄物から生ごみだけをピックアップ

写真 3-4 発生源で生ごみを分別し、専用車で収集

(2) 機械式による異物除去の限界

都市部等では生ごみが大量に発生し、大規模なコンポストプラントを設置してコンポスト化に取り組むケースがよく見られます。この時、生ごみを分別収集することが望まれますが、現実的には非常に困難であり、混合廃棄物を機械的分別する手法を採用するケースが多いです。しかし、分別精度に限界があり、この精度が製造されたコンポストの品質にも係わってきます。

ここでは、一般的に導入されている手法の大規模コンポストプラントが、埋め立て処分場横に併設されたと想定して、コンポスト化の流れをシミュレーションすることで異物除去について考えてみましょう。

想定する処理能力：混合ごみ 1,000t/日

分別方式：破袋処理＋手選別＋トロンメル篩機(篩い目 70mm)＋比重式分離機(砂・ガラス・金属類除去)＋(磁選分離機が設置されることもある)＋振動篩機(篩い目 7mm)

発酵方式：屋内式エアレーション静置発酵法

出荷方式：プラスチック袋にパッキング

① 混合廃棄物の受け入れ

埋め立て処分場に搬入された混合廃棄物の一部、または全量をコンポストの対象とし、コンポスト原料保管ヤード(屋外又は建屋内)に搬入され、一時保管されます。そのため、生ごみは腐敗しながら分解し悪臭と汚水の発生が見られます。保管期間が長期間になると腐敗と生ごみの分解が進み、次の異物除去工程では混合廃棄物に占める生ごみの比率は低くなります。イメージ的には汚れて悪臭を発するプラスチック袋を取り扱っているような錯覚に陥る場合もあります。

© 2019 Koji Takakura

写真 3-5 混合廃棄物の一次へ保管(屋外)

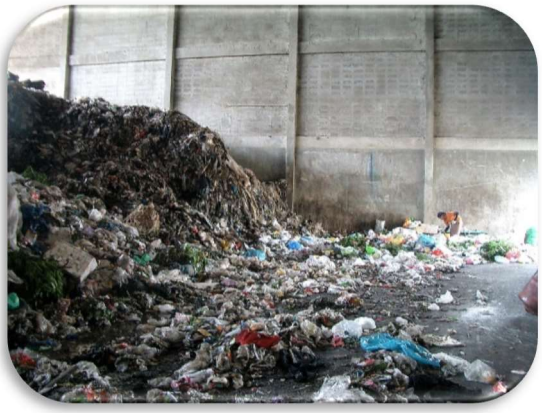


写真 3-6 混合廃棄物の一次へ保管(屋内)

② 異物の除去

プラスチック類は、重機による撹拌や紫外線の影響を受けるなどして細かくなっている場合があります。混合廃棄物の入ったプラスチック袋は、破袋処理、手選別ラインで異物除去及び有価物の回収後、巨大なトロンメル篩機(例えば篩い目 70mm)で大きな異物を除去します。

破袋処理として一般的には刃で袋を切る(破る)方法が採用されますが、ベルトコンベヤーに電熱線が設置され、コンベヤーを流れるプラスチック袋と電熱線を接触させて熱で溶解する方法もあります。どちらの方法であっても、確実に破袋されないと篩で除去されてしまいます。

写真 3-7 破袋・手選別分別ライン

写真 3-8 有価物の回収

© 2019 Koji Takakura

写真 3-9 赤色枠は古い廃棄物、黄色枠は新しい廃棄物

写真 3-10 巨大なトロンメル篩機

© 2019 Koji Takakura

写真 3-9 赤色枠は古い廃棄物、黄色枠は新しい廃棄物

写真 3-10 巨大なトロンメル篩機

① 生ごみの発酵

異物を除去した生ごみは建屋内に搬入し、で水分調整・温度管理・エアレーションによる静置発酵を行います。なお、発酵物は多くの異物を含んでおり、特にプラスチック袋は形状が 70mm 以上であっても、力が加わると篩い目 70mm を通過しています。

写真 3-11 建屋内で静置発酵

写真 3-12 発酵物は多数の異物を含む

② 異物の除去

規定時間発酵後、振動篩機(例えば篩い目 7mm)に投入し小さな異物を除去します。生ごみ等の有機物は発酵により色が褐色～黒褐色に変わり、プラスチックのような白色の異物は目立ちます。

© 2019 Koji Takakura

写真 3-13 発酵物は褐色～黒褐色となる

写真 3-14 振動篩機で小さな異物を除去

③ コンポストの保管

篩後のコンポストは保管ヤードで出荷を待ちます。製造したコンポストは 7mm 篩を通過した異物(主にプラスチック類)を含んでしまいます。

写真 3-15 製造したコンポストは保管ヤードで出荷を待つ

写真 3-16 白っぽい色は 7mm 篩を通過した異物で主にプラスチック

④ コンポストの出荷準備

製造したコンポストは客先のニーズに合わせ、「粉体状」「ペレット状」「袋詰め」して出荷されます。

© 2019 Koji Takakura

写真 3-17 客先のニーズに合わせ、「ペレット」に加工することもある

写真 3-18 パッキングしたコンポストを出荷

プラスチックは時間の経過とともに細かくなっていくので、篩い目を通過し製造したコンポストに混入してしまいます。発酵前に風選別という方法もありますが、水分・材質・形状等によって風で選別できないプラスチックが残ってきます。逆に発酵後に風選別するとコンポストも風と共に飛んでいくため製品ロスが多くなってしまいます。

人力・機械式ともに混合廃棄物から異物、特にプラスチック類を除去することは困難です。異物混入率の少ないコンポストを製造するためには、廃棄物発生源での分別を進めていくことが重要です。

3.3.2 発酵工程

製品の品質を決める最も重要な工程であり、一般的には一次発酵と二次発酵(熟成)の二段階に分けます。

・一次発酵：主に易分解性有機物が急激に分解され、多量の発酵熱が生じ温度が上昇します。

・二次発酵(熟成)：可分解性有機物の分解と腐植化が進行し、安定化します。

基本的には空気を適宜供給して好気発酵とし、水分が不足する場合は水を添加し水分調整します。この時、良好な発酵が進行する条件となるように、微生物の添加、原料の通気性の改善、水分調整及び pH 調整など良好な発酵へと導くことを目的として、シードコンポスト(微生物を培養した発酵床)やリターンコンポスト及び、副資材(もみ殻・おが屑など)を添加します。

毎回新しくシードコンポストを作成し添加するとコスト高になります。そのため、二次発酵が完了したコンポストにも良質な発酵菌を多量に含んでいることから、シードコンポストとして使

© 2019 Koji Takakura

用することで低コスト化を図ります。これをリターンコンポストと呼びます。また、副資材については、近郊から廃棄物として発生したり、安価に入手することができるようであれば積極的に活用します。

(1) リターンコンポストの考え方

有機廃棄物にシードコンポスト混合してコンポスト化しますが、その混合物全量を製品コンポストとして出荷することはできません。シードコンポストは有機廃棄物の良好なコンポスト化を促進するために添加するものなので、回収し繰り返し使用することになります。二次発酵が完了した製品を一次発酵に戻すことから、リターンコンポスト(戻し堆肥)と呼びます。

投入した有機廃棄物は微生物の分解を受けてコンポストになるので、有機廃棄物の種類によって、およその有機物の分解率は分かっているので、コンポスト化率(製造コンポスト量／投入した有機廃棄物量×100)を推定することができます。

例 1：生ごみ 1t から製造することができるコンポスト量の計算

条件：生ごみの水分 80%、生ごみの分解率は 75%、製造したコンポスト水分 50%

1t×(1-0.8)×(1－0.75)／0.6=0.1t (コンポスト化率 10%)

発酵床と生ごみコンポストの混合物からは製品コンポストとして 0.1t 取り出すことができます。

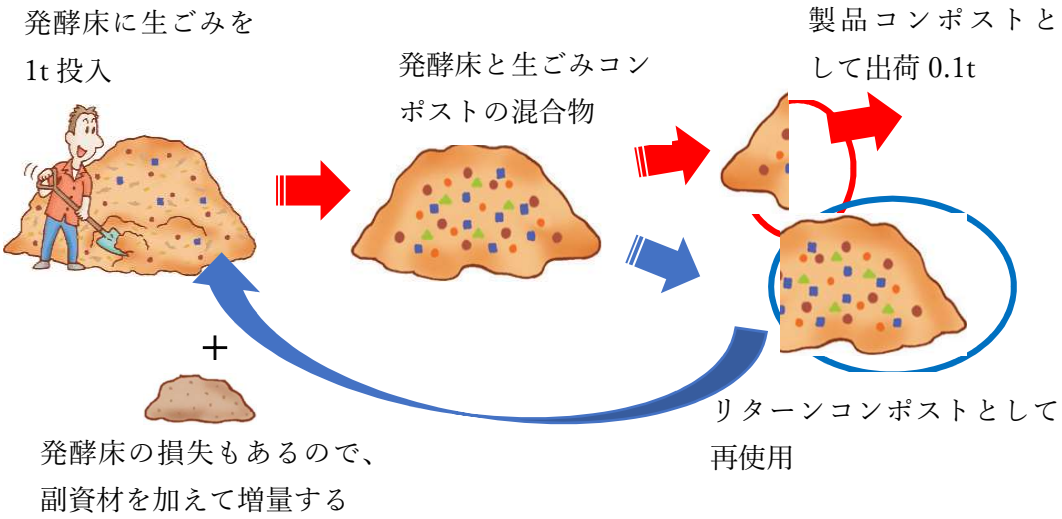


図 3-3 リターンコンポストの考え方

© 2019 Koji Takakura

表にコンポスト原料の分解率の例を示しますので、これを参考に製品コンポストとして取り出すことができるおよそのコンポスト量を計算することができます。

表 3-1 コンポスト原料の分解率(例)

原料	生ごみ	セプティクタンク汚泥	牛ふん	鶏ふん	豚ふん	もみ殻	オガクズ	稲わら
分解率(%)	75	30	40	35	35	10	5	30

3.3.3 製品化工程

発酵が完了したコンポストを製品として商品化する工程です。製品として完成するために篩い分けにより異物を除去します。その後、出荷するために保管、貯蔵、輸送及び使用の各面に便利なように、指定粒径に篩い分け、造粒、袋詰めなどを行います。

異物除去時の篩い下を全量製品とするのではなく、良好な発酵を促進するために添加したシードコンポストをリターンコンポストとして回収します。

また、篩い分けにより除去された大きな塊は、リターンコンポストの役割も含め原料に戻しますが、篩い上をリターンコンポストとして利用すると異物も同時に戻されてしまうため、時間の経過とともに篩い上の異物の量が濃縮されます。異物の量が多いと判断したときは廃棄します。

以上述べてきたコンポスト化の基本工程を下図に示します。

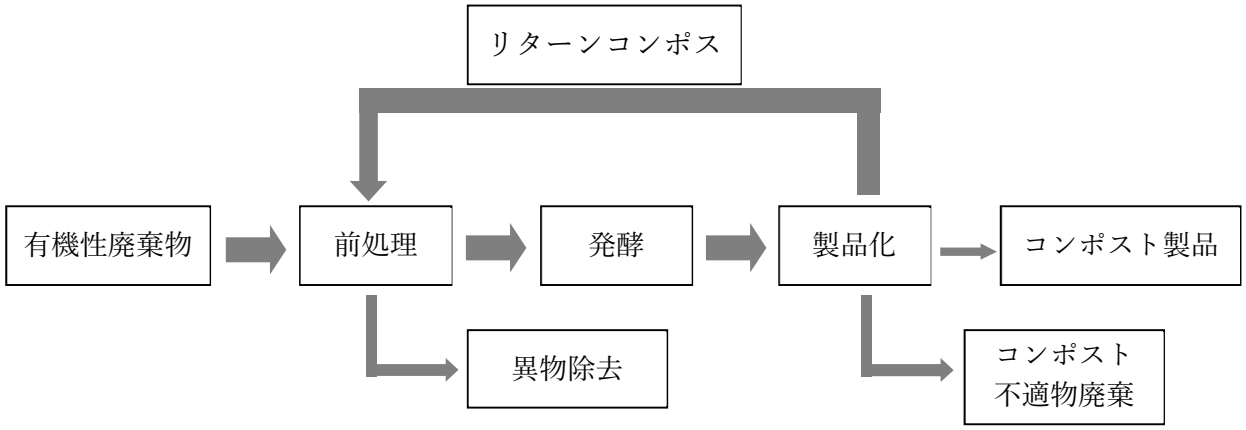


図 3-4 コンポスト化の基本工程

© 2019 Koji Takakura

参考資料：

- 髙倉弘二：海外技術協力を通じた高倉式コンポストの技術移転に関する研究, 九州工業大学大学院生命体工学研究科博士論文, 2016 年 5 月
- 公益財団法人 地球環境戦略研究機関：生ごみコンポストってすごい！, 2013 年
- 公益財団法人　地球環境戦略研究機関：Composting for Waste Reduction INFORMATIONKIT, 2010 年
- 南房総市：Ⅲ堆肥の製造手法
- 神奈川県：「堆肥のすすめ」大正時代の堆肥のつくりかた

© 2019 Koji Takakura