

■ 技術報告 ■

廃棄物のコンポスト化技術

Refuse Composting

竹 内 良 一*
Ryoichi Takeuchi

1 はじめに

各種有機性廃棄物をコンポスト（堆肥）として農地に還元利用する方法は古くから行なわれており、廃棄物有効利用の最も原始的かつ確実な方法と言える。

しかし、昭和30年頃を境として取扱い易い化学肥料の普及でコンポストの需用が少なくなったなどの理由で衰退していた。近年化学肥料の多用による土地の疲弊を回復するために有機肥料または土壌改良材としての堆肥の需用が増大してきた。又、一方では廃棄物減容化処理の代表とも言える焼却処分の維持管理費増大に伴い、省エネルギーの観点からコンポスト化処理が見直されてきた。この様に両者のニーズが一致したため、コンポスト化プラントが各地で次々に建設され、稼動している。これは我国だけの現象ではなく、海外でも先進国、発展途上国の別なく大規模なプラントが計画されている。

コンポスト化処理の対象となる廃棄物は、プラスチック、ガラス等の異物が多く含まれている場合（ごみ等）と、殆んど無い場合（下水汚泥、畜糞等）に大別される。前者の場合にはコンポスト化装置のみならず、分別装置の性能がコンポストの品質に大きな影響を及ぼす。

ここでは、コンポスト化、分別というコンポストプラントを構成する二つの要素技術を中心に、各種廃棄物のコンポスト化技術の概要について紹介する。

2 コンポスト化技術^{1) 2)}

コンポスト化は微生物の働きによる好気性発酵で、有機物の分解、安定化を行うものである。したがってコンポスト化装置は十分な発酵が終了する迄有機物を貯留する必要がある。できるだけ貯留量を少なくし、装置をコンパクトにするためには短期間に十分な発酵

を行わせる必要がある。

2.1 コンポスト化装置の条件

発酵過程を短縮するためには発酵槽全体で良好な好気性発酵が促進されなければならない。そのための条件を列記すると次のとおりである。

(イ) 繰り返し装置

原料を長期間同じ状態にしておくと、どんな通気方法をとっても空気の流路は固定してしまい、好気性発酵はその流路の近傍でだけ行われることになるので、原料のすべてに良好な好気性発酵を行わせるには繰り返し装置が不可欠である。

(ロ) 原料の圧密塊状化の防止

発酵過程で原料が大きな塊になると、好気性発酵はその表面だけにとどまってしまう。圧密塊状化を防ぐため原料を押しつけることなく解砕、細粒化してソフトに堆積させ、原料の空隙率を保持させる繰り返し機構が必要である。

(ハ) 原料の細粒化と曝露面の変化

好気性発酵を促進させるためには、原料の比表面積を大きくすること、通気と接触する面を常に変化させることが必要である。

したがって、原料の解砕、細粒化が行われる繰り返し機構が理想的なものといえる。

(ニ) 槽全体における均一な発酵の促進

原料がショートパスしたり、良好な発酵が槽の一部でしか行われない場合には、発酵槽が有効に利用されないだけでなく、未発酵のものが製品コンポストに混入し、コンポストの品質を低下させる。

したがって、繰り返しによって原料の良好な通気性が維持され、原料の混合が十分に行われると共に、原料が順次投入口から排出口に移送されることが必要な条件となる。

コンポスト化装置は上記発酵期間の短縮以外にも下記の事項が要求される。

(イ) 曝気動力の低減

* (株) 荏原製作所資源再生技術部主任

〒144 東京都大田区羽田旭町11-1

コンポスト化設備の維持管理費は焼却処分などに比べれば安価である。しかし、その大半を占めるのが電力費であり、特に曝気動力は連続運転のため大きな部分を占める。

したがって原料の通気抵抗を小さくして曝気動力を低下することが必要である。

(ロ) 悪臭による二次公害の防止

良好な好気性発酵が行われない場合には、アミン系や硫黄系の脱臭困難な臭気が発生する。したがって脱臭装置の負荷を軽減するためにも、槽全体で良好な発酵が行われる必要がある。

2.2 多段パドル型発酵槽 (MPF)

この発酵槽は 図-1 に示すように、特殊なパドルをもつ密閉型多段式のもので、プラント敷地面積、悪臭の発散および動力消費がいずれも最小となるようにして高速発酵させる点にねらいがある。

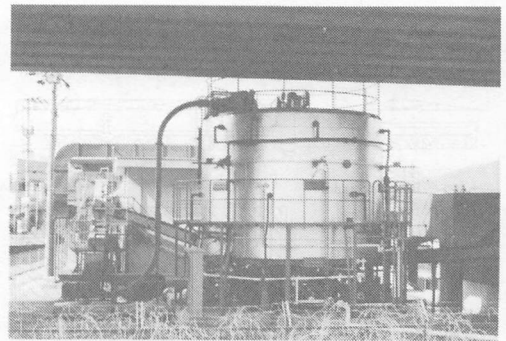
円筒型多床貯槽の中心部に設けられた垂直円柱が、各段床の直上部で回転可能なパドルを支持し、ゆっくりと旋回する。各段のパドルと各床の開口部とは、どれも平面図に示すように逐次取付け位相をずらして設定され、全パドルは中心の軸と歯車からなる共通駆動機構によって、比較的高速で一斉に回転される。運転

時は、この特殊な二重回転パドルによって、材料の攪拌と移送とが同時に行われるしくみである。最上部に供給された原料はパドルによって散布され、垂直円柱の回転方向と反対の方向に移送される。

パドルによって散布された材料は、ソフトに堆積するので、小粒径の有機物を高く堆積した場合でも凝塊の生成を防ぎ、各段の床から連続的に供給された空気を均一に分散させることができる。その結果、良好な好気性発酵が低い動力消費によって遂行される(写1)。

2.3 横型パドル式発酵槽 (RPF)

RPF はMPF と同様の発酵性能をもち、とくに農村、郊外などの広い土地をもつ地域に適用するために



写1 多段パドル型発酵槽

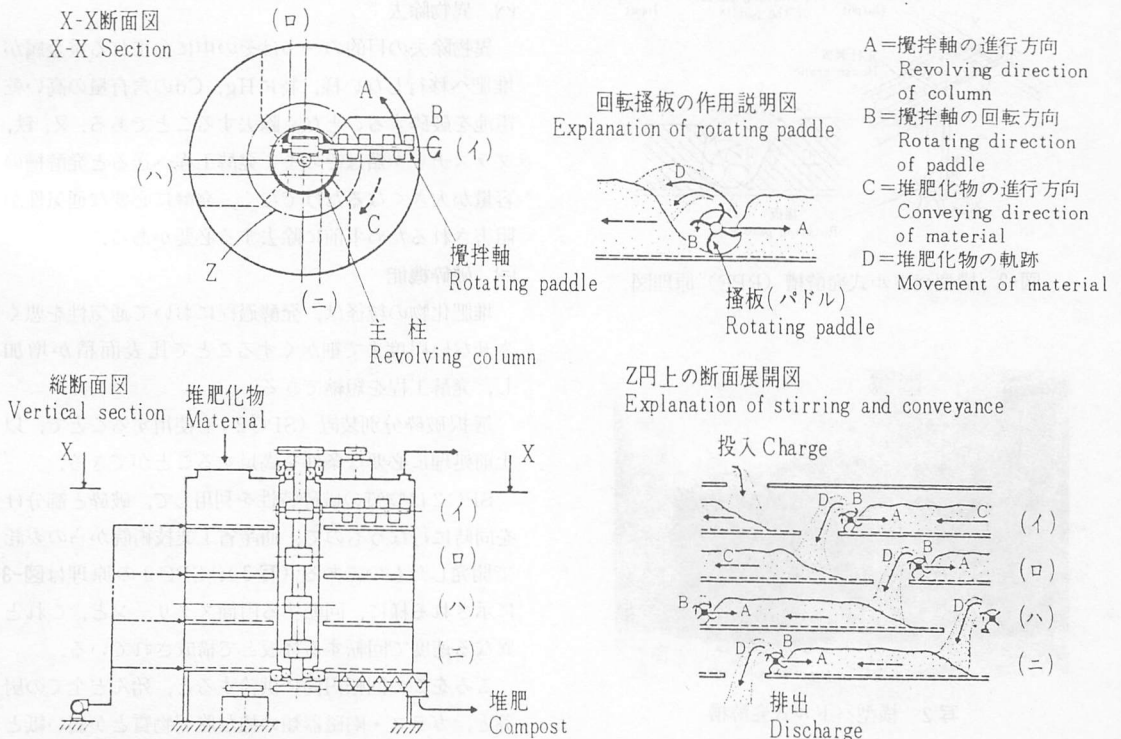


図-1 多段パドル型発酵槽 (MPF) 原理図

開発された装置である。

この発酵槽は 図-2 に示すように、特殊なパドル型攪拌装置を備えた横型のもので、MPF と同様の発酵性能を維持した上に構造を簡単にする点にねらいがある。

パドル型攪拌装置は走行装置に取付けられ、走行と横行を繰返すことで、パドルによる材料の攪拌と移送が同時に行われるしくみになっている。

発酵槽全域の攪拌を、攪拌装置の走行と横行によって行なうため、RFP は従来の横型発酵槽に比べ槽の幅を広くとることができ、発酵槽 1 台当たりの処理能力を大きくとることができる。また攪拌装置は 1 台の非常に小型で簡単な構造のものですむ (写 2)。

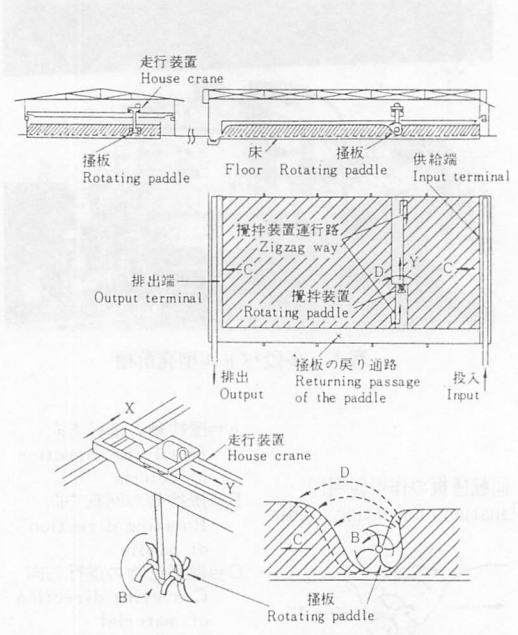
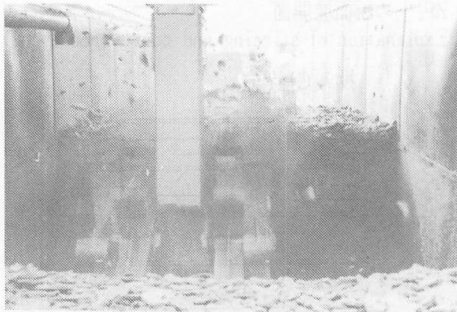


図-2 横型パドル式発酵槽 (RPF) 原理図



写 2 横型パドル式発酵槽

3 分別技術^{3) 4) 5)}

都市ごみ等よりコンポストを生産する工程においては、その中に含まれているプラスチック・ガラス等の異物を分別する技術が重要なポイントとなり、異物が除去できれば発酵工程そのものは本質的に他の有機性廃棄物と同じである。ここでは特に異物が多く含まれている都市ごみの分別技術について詳述する。

分別工程は発酵工程に到る迄の前処理工程および発酵後の後精製工程とに分けられる。

3.1 前処理工程

前処理工程では都市ごみ中の異物を除去するとともに、堆肥化物を発酵に適した状態に改善できることが重要である。そのための条件を以下に列記する。

(イ) 紙/厨芥比の改善

都市ごみ中の紙/厨芥比は都市部では3~5 (乾ベース) であることが多い。紙が多すぎると乾燥し易く短期間で発酵が停止してしまい、紙の分解が十分進まないため紙/厨芥比は 2.5 以下とする必要がある。

(ロ) 破袋機能

都市ごみはポリ袋、ダンボール箱などに入って収集されることが多く、これを破袋して中味を取り出す必要がある。

(ハ) 異物除去

異物除去の目的の一つはその中に含まれる重金属が堆肥へ移行しない様、特に Hg, Cd の含有量の高い乾電池を破碎することなく除去することである。又、鉄、プラスチック類はそのまま発酵工程へ送ると発酵槽の容量が大きくなるだけでなく、発酵に必要な通気性が阻害されるため事前に除去する必要がある。

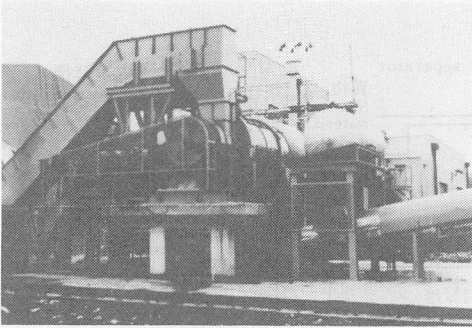
(ニ) 破碎機能

堆肥化物の粒径は、発酵過程において通気性を悪くさせない程度まで細かくすることで比表面積が増加し、発酵工程を短縮できる。

選択破碎分別装置 (SPO 2) を使用することで、以上前処理に必要な条件を満足することができる。

SPC 2 は物質の破碎特性を利用して、破碎と篩分けを同時に行なうもので、通産省工業技術院からの委託で開発したものである (写 3)。SPC 2 の原理は図-3 に示される様に、回転する円筒スクリーンと、これと異なる速度で回転する撈板とで構成されている。

ごみをこの回転円筒に供給すると、殆んど全ての厨芥と、ガラス・陶磁器類の様な脆弱物質とが弱い紙と共に粒状またはフレーク状に破碎され、スクリーンを



写3 選択破砕分別装置

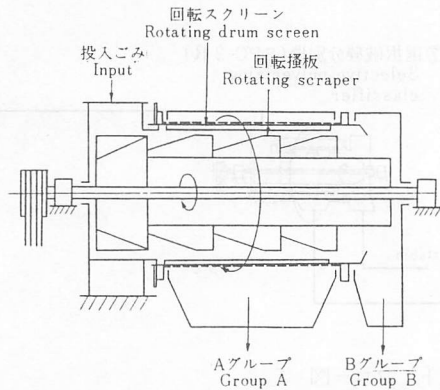
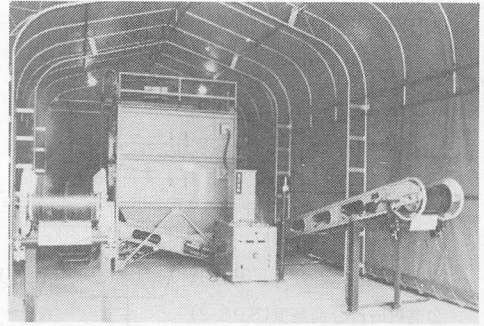


図-3 選択破砕分別装置 (SPC 2) 原理図



写4 静電分別機

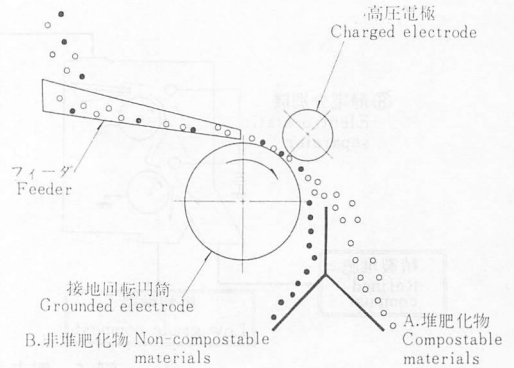


図-4 静電分別機 (ESC) 原理図

通過して排出される (Aグループ)。プラスチック、金属、布等の残留異物は円筒端開口部から排出される (Bグループ)。

3.2 後精製工程

前処理工程で異物を除去したコンポスト原料も、発酵工程での急激な好気性発酵により1/2~1/4に減少するため、前処理工程で除去できなかった異物が目立つ様になり、農家の希望する異物混入率1%以下という条件を満足できない。発酵工程を経たコンポストは水分が30%程度迄乾燥し、粒径も比較的揃っているため分別は容易である。しかし、異物混入率を1%以下にするためには、従来の分別機では非常に困難とされている微細な異物を除去する必要がある。東京都のプラントでは選択破砕分別機と静電分別機を使用することでこの問題を解決し、異物混入率0.5%程度という良好な結果を得ている。以下に装置の概要を述べる。

(i) 選択破砕分別機 (SPC 2 R)

SPC 2 R の原理と構造は、搔板先端の間隙やスクリー目開きを除いてSPC 2と同じである。乾燥したコンポストの脆性強度は、発酵により著しく減少するので選択的に破砕されて殆んど大部分の異物を含まずにス

クリーンの小さな網目を通して排出される。

(ii) 静電分別機 (ESC)

ESC は水分を含んだコンポストと、水分を吸収しないガラス等の異物との間の電気伝導度の差を利用して分別するものである (写4)。図4に示される様に伝導性の高い物質 (コンポスト) は電場を通過する時、電場と物質表面に生じた電子との相互作用によって電極にひかれる。一方、低伝導性の物質 (異物) は、電場の作用を受けずに重力のコースに従って落下する。

従って、二つの軌跡の境界に設けられた分離板によってそれぞれの分離を行うことができる。

含水率は分別性能に影響するのでESCによって精製する前に、含水率の調整を考慮しなければならない。すなわち、電気伝導度の差、もしくは電場の効果の差は、含水率が低いと低下するが、反対に高すぎる含水率では異物がコンポストに付着する傾向となる。

ESCによるコンポスト精製運転の結果、ガラスの様な異物のコンポストへの混入は殆んど完全に除去することができた。

4 都市ごみコンポスト

都市ごみコンポストは、前記コンポスト化技術と、

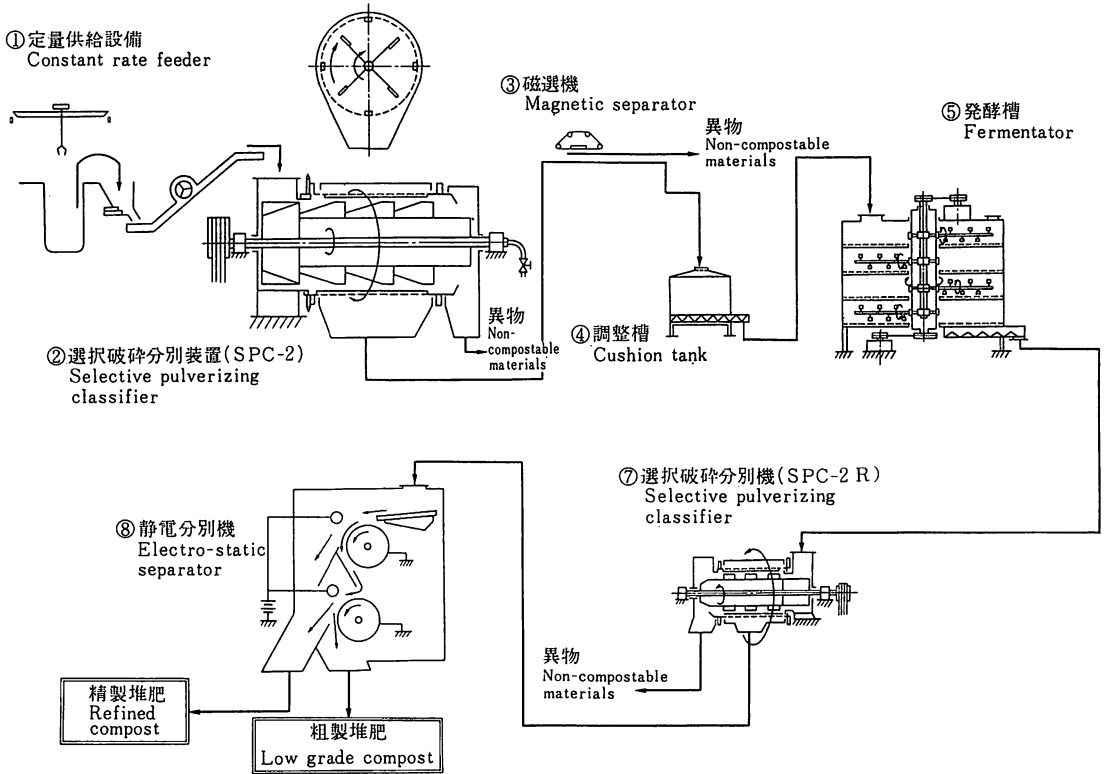


図-5 都市ごみコンポスト フロー図

汚泥種類	脱水助剤	汚泥性状の特徴	処理フロー*	発酵特性	備考
生汚泥	ポリマ	○含水率が高い (75~90%)		1. 有機分が多く、発酵日数は長いもので20日程度 (2次終了まで)	○水分調整は添加物もしくは、コンポストの還流により行う。
	石灰	○含水率が低い (65~75%) ○pHが高い (11~12)		1. 投入後、pHが10程度になるまで昇温しない。 2. 発酵所要日数は15日程度	○コンポストの還流により pH 調整を行う。 ○水分調整はコンポストの還流で行うが添加物を併用することもある。
消化汚泥	ポリマ	○含水率が高い (75~90%)		1. 発酵日数は12~15日程度	○水分調整は添加物やコンポストの還流により行うが、汚泥の有機分が少ないため、添加量は少量に限られ、乾燥工程を要することもある。
	石灰	○含水率は低い (65~75%) ○pHが高い (11~12)		1. 発酵日数は12日程度 2. 投入後、pHが10程度以下になるまで昇温しない。	○コンポストの還流により pH 調整を行う。 ○水分調整はコンポストの還流により行うが、汚泥有機分が少ないため還流量が少量に限られ、乾燥工程を要する場合が多い。

* A : 添加物 F : パドル式発酵槽
S : 汚泥 D : 乾燥工程

図-6 下水汚泥コンポスト フロー図

分別技術の結合によって可能となる。一般的なフローは 図-5 に示される通りであるが、地域差及び収集過程での分別度により特に後精製工程のフローが変化する。

具体的には下記の様な場合には静電分別機を使用し

なくてもシステムとして十分使用できる。

- (イ) 分別収集が徹底している等の理由で収集ごみ中の異物混入率が低い場合。
- (ロ) 地域内で発生する他の有機物、例えばおがくず、バーク等と混合処理される場合。

い) コンポストの使用目的が果樹等で、異物混入率がさほど問題にされない場合。

5 下水汚泥コンポスト

下水汚泥コンポストは、都市ごみに比べ分別技術が必要としない。しかし、汚泥独特の性質（高含水率、粘着性がある等）により、発酵槽へ供給する原料の性状をコントロールする必要がある。

下水汚泥は生汚泥と消化汚泥とに大別され、脱水過程で使用する薬剤によって、ポリマ添加と石灰（及び塩鉄）添加に分けられる。汚泥の性状が異なればその発酵特性も変わるので、汚泥性状にあった処理フローを選定することが必要である。

図-6は汚泥の種類と処理フローの関係を示したものである。下水汚泥は含水率が高く粘着性をもっているため、良好な発酵を行わせるには、通気性の改良が必要となる。このために、もみから、おがくず、稲わらなどの添加物やコンポストの還流で原料の水分調整を行う。添加物を用いる場合には、汚泥と添加物の混合によって原料の空隙率が増加し、通気性が改良されるため、添加物の量が多い程、含水率が高い範囲で発酵を行わせることができる。また、病原菌や寄生虫を死滅させるには60℃以上の高温を一定期間保持させることが必要であるが、このためには原料が養分を十分に保有し、微生物の増殖が十分行われなければならない

い。これらの条件を満足するように汚泥性状に応じて処理フローが決められる。

(1) ポリマ添加の場合

ポリマ添加の汚泥はpH調整の必要がないので、添加物を用いて比較的含水率の高い範囲で発酵させるか、製品コンポストを還流して水分調整を行う。消化汚泥の場合には、有機物含有率が低いため、原料の養分を所定量以上とするために、添加物や還流物の量が限定される。このため水分調整を十分行うために還流物の乾燥が必要となることがある。

(2) 石灰添加の場合

石灰添加の汚泥はpHが高く、良好な発酵を行わせるためにはpHの緩衝作用をもった製品コンポストを還流して、pH調整を行う必要がある。この製品コンポストの還流で水分調整も同時に行う。もちろん少量の添加物を用いて原料の通気性を改良することにより、比較的含水率の高い範囲で発酵させることもできる。

消化汚泥の場合には、有機物含有率が低いため、原料の養分を所定量以上とするためにコンポストの還流量が限定される。このため水分調整を十分行うためには、還流物の乾燥を必要とする場合が多くなる。

6 農産廃棄物コンポスト

一口に農産廃棄物と言っても、有効利用される種類

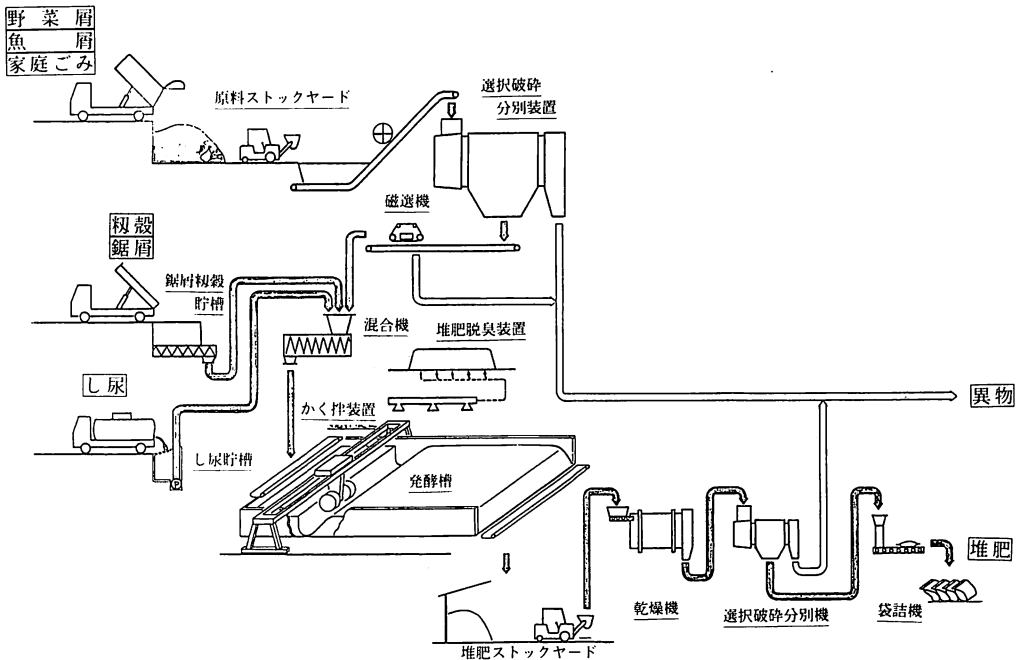


図-7 農産廃棄物コンポスト フロー図

は千差万別で、理想的には農村で排出される全ての廃棄物をコンポスト化処理することにあると言える。

図-7 に示すフローはその一例で、一つの農村内より発生する全ての廃棄物を総合処理するものである。

農産廃棄物は言わば一種の産業廃棄物である。従来は道端、空地、川原等に放置され周辺の環境汚染の原因となり、又、作物に対する病害の温床となっていた。

この方式はこれらの要因を排除すると共に、良質なコンポスト生産に欠かせない有機物をごみ、し尿といった地域内で発生する廃棄物で補い、更に地域内で必要としているコンポストを生産するという、一石三鳥以上の効果がある。

農村部の廃棄物としては、このフローに示す以外にも従来より堆肥として使われている畜糞、更には桑、豆類の廃条といったものもあり、その地域にあわせたシステムを組むことが必要である。

従って、農産廃棄物コンポストは、コンポスト化技術、分別技術以外にも廃棄物の性状に合せた要素技術が要求される。

7 ま と め

以上、廃棄物コンポスト化技術全般にわたり要素技術及び具体例の概要を紹介したが、重金属の様に農地還元した時有害な物質を含まない有機性廃棄物は全てコンポストとなり得る訳で本稿の例以外にも数多くの原料による実施例が報告されている。

今後コンポストプラントが全国各地で次々に稼動開始する訳であるが、コンポストの需要先が主に農地であることを十分考慮し、メーカーを含めたコンポスト生産者と使用者が農業試験所等との関係を密にし、コンポストの品質維持の為万全の体制をとる必要がある。

参 考 文 献

- 1) 竹内：下水汚泥のコンポスト化システム，化学装置，Vol 23，No10，p 20～26（1981）
- 2) 竹内他：下水汚泥の堆肥化，エハラ時報，No 115，p 30～35，（1981）
- 3) 東京都清掃局，東京都の都市ごみコンポスト化処理実験報告，都市と廃棄物，Vol 11，No 7，p 27～37
- 4) 島田：東京都の都市ごみコンポスト化処理実験報告 続報—，都市と廃棄物，Vol 12，No 3，p 29～43
- 5) 伊藤他：新しい堆肥化処理システム，産業公害，Vol 16，No11，p 41～45

