

## 堆肥の流通化について

農林水産省 九州農業試験場  
総合研究部 主任研究官 薬師堂謙一

### 1. はじめに

近年、環境問題に対する関心が高くなり、環境保全型農業への転換が求められている。畜産においては、昨年「家畜排泄物の処理の適正化と利用の促進に関する法律」が施行され、家畜排泄物も野積みが禁止されると共に、「持続性の高い農業生産方式の導入の促進に関する法律」の中では堆肥などの使用に関しても土壌分析に基づく施用が求められている。また、水質汚染等の環境問題だけではなく、家畜ふん尿の過剰施用による飼料中の硝酸態窒素濃度やミネラルバランスの問題も深刻になってきている。

過剰施用を解消するには、個々の畜産農家で自己圃場にふん尿を適正に施用すると共に、余剰分のふん尿については堆肥化等により取り扱いやすい形に処理し、耕種農家側に利用してもらう必要がある。しかしながら、現状では耕種農家に安心して使ってもらえる良質堆肥の生産ができていない畜産農家が多くみられる。

一方で、耕種農家側も化学肥料主体の栽培が多く堆肥の利用量が減少している。耕種農家が堆肥を利用しない理由の主なものは、①化学肥料と違い肥料の効き方が異なり栽培管理がやりにくい、②コストがかかる、③労力がかかる、機械散布の手段がない等である。今後「家畜排泄物の処理の適正化と利用の促進に関する法律」が施行されると、堆肥の生産量は一層増加することになり、耕種農家にも堆肥の利用量を増加してもらう必要がある。①については、堆肥についても肥料成分を明示するように「肥料取締法」が改正され、また、堆肥の化学肥料相当の肥効パターンなどについて各県で研究が進められており、圃場の土壌分析と合わせて堆肥利用の指導を強化する必要がある。②については、畜産サイドと耕種サイドの費用分担割合の適正化を図ると共に、堆肥の製造コストや流通コストを削減する必要がある。③については、農作業上の大きな問題となっている。耕種農家で堆肥散布機を所有しているのはごく僅かであり、堆肥散布までしてくれれば利用したいという要望は多く出だされている。手作業で堆肥散布をするのは重労働であり、今後は、堆肥センターの堆肥散布サービス機能の充実を図ったり、耕種農家の手持ちの機械で散布できるよう成型化するなどの加工処理を進めていく必要がある。

なお、地域的にふん尿が過剰で広域流通を行う必要がある場合には、単に良質堆肥を生産するだけでなく、耕種農家が化学肥料感覚で使用できるよう、各作物に合わせ腐熟程度や肥料成分の含有量を調整した成分調整堆肥や、さらに取り扱い性や肥効特性なども改善した成型堆肥を生産するなど、より耕種農家側が使いやすい形態にしてふん尿の流通化を促進する必要がある。ふん尿の流通に関しては、個々の農家レベルでの解決には限界があり、地域によっては他の市町村に流通させざるをえない場面も生じる。したがって、地域の農協や市町村や県、地方農政局や試験場など、関係機関が連絡を密にし問題の解決に当たる必要がある。

### 2. 堆肥の流通範囲

堆肥は重量物であり、かさも大きく、また、圃場への施用量も多いため、その貯蔵や運搬、施用のために多大のコストと労力を要する。したがって、堆肥の生産現場にできるだけ近い地域で利用するのが望ましい。まず同一か隣接した市町村内での流通を図り、地域として過剰な場合は、隣接郡内か県内、次ぎに県外流通を検討するべきである。

九州地域を例に堆肥の流通問題を考えてみる。九州地域の各市町村におけるふん尿

産出量と栽培圃場面積の関係を図1に示す。九州地域では全国の約20%の家畜が飼養され、ふん尿の産出量は1,800万t/年であり、特に鹿児島、宮崎の南九州地域への集中化が著しい。このため、南九州地域からは今後堆肥の不足する北部九州地域や九州圏外へ100万t以上の堆肥を流通させる必要がある。現在、鹿児島、宮崎両県から鶏ふんの成型堆肥が多量に沖縄などに流通すると共に、鹿児島から秋田県まで船で堆肥を輸送する計画もされている。また、熊本県では畜産地帯が県北部にあるため、経済連が中心になり、県南部のハウス地帯やイグサ地帯へ、飼料の帰り荷として年間1万t程度の堆肥を流通させている。

県外流通では堆肥の輸送距離は100kmを越えることが多く、流通コストが最大の問題となる。トラックの片荷の場合の輸送費は、10t車で100kmの場合が48,300円、200kmの場合が64,600円程度であり、堆肥自体の値段より輸送費の方が高くなる。長距離を多量に輸送する場合は船での運搬も考慮すべきであろう。

また、堆肥流通は荷姿はバラか15~20kg入りの袋か、500kg程度のフレコンバッグの形態が多い。500kgフレコンバッグは容量が大きいため能率はよいが、大型の機械を持っていないと取り扱えない。200~300kg程度の中型のフレコンバッグでの流通も今後は検討すべきであろう。

堆肥の施用時期は春と秋に集中するため、施用までの間の堆肥の保管に大きな容積を必要とする。また、堆肥の生産現場から施用場所が離れている場合には、一時に多量の堆肥を運搬するのは困難なので、耕種側に一時保管場所を配置する方式も検討すべきである。なお、堆肥の保管場所と圃場間の距離は作業能率に大きく影響を及ぼす。農用トラックなど足の速い作業機の積極的な利用も検討すべきであろう。また、セミクローラ方式やクローラ方式の散布車を利用すると軟弱地でも散布可能なため、稼働率が向上する。

### 3. 流通用堆肥に必要な条件

現在、各地で堆肥化施設が建設されており、堆肥の流通競争は厳しさを増すと考えられる。したがって、今後は現在流通している堆肥以上の品質管理や利用のしやすさが求められる。また、農協や生産組合などの大口の利用先を確保し安定出荷ができるようにすることも重要である。

#### (1) 発酵品質

圃場に施用した時に、窒素飢餓や雑草発生、生育障害を起こさぬよう2次発酵まで終了させておく必要がある。また、冬季間など寒冷期には発酵遅延が起こるが、出荷時までには十分に発酵が行えるよう発酵容積を確保する。なお、乾燥等により発酵が停滞してアンモニア臭がするような未熟堆肥を出荷すると安定出荷は望めない。発酵途中で過乾燥になる場合には、1次発酵の1~2週目の段階で適宜加水を行い発酵を進める。特に、豚と鶏では、ふんの物性上堆肥化開始時の許容水分が低いいため過乾燥を起こしやすい。また、通気量が過剰な場合にも乾燥が進みやすいので、タイマーなどで小刻み(15分単位程度)にON-OFF制御し通気量を調節するとよい。

なお、水分状態が適切でも、切返しのための2次発酵で堆肥温度が40℃以下に下がらずに、出荷時点でも蒸気を吹き上げアンモニア臭が消えない堆肥もよく見かける。これは、①通気量や温度管理が適切でないため、強制通気による1次発酵が期間内に終了せず、発酵の途中で2次発酵舎に入れたため温度が下がらない場合や、②堆肥に大きな塊(通常5cm以上)が入っており、塊の部分の分解が遅れ、2次発酵舎で分解が進み温度が上がる場合などの原因による。

1次発酵が終わわり一旦温度が下がリアンモニア臭もしなくなった堆肥でも、50℃以上に温度が

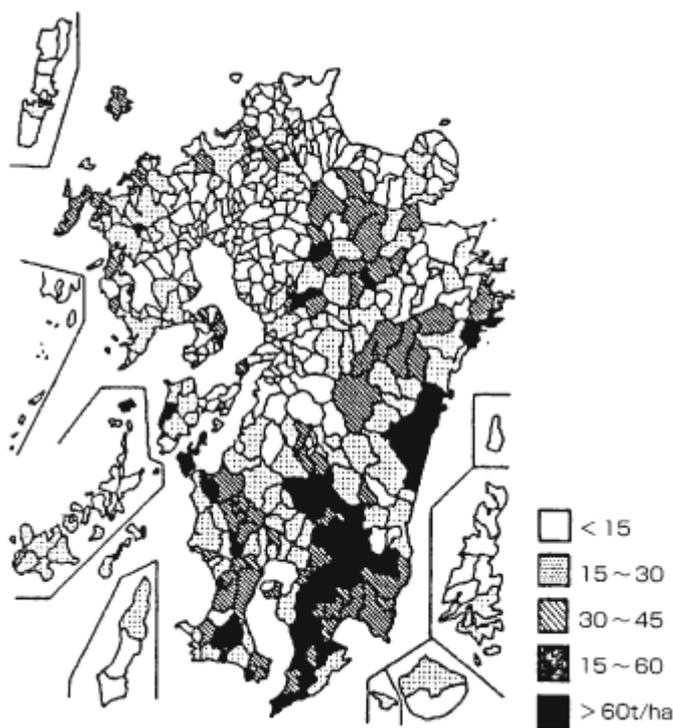
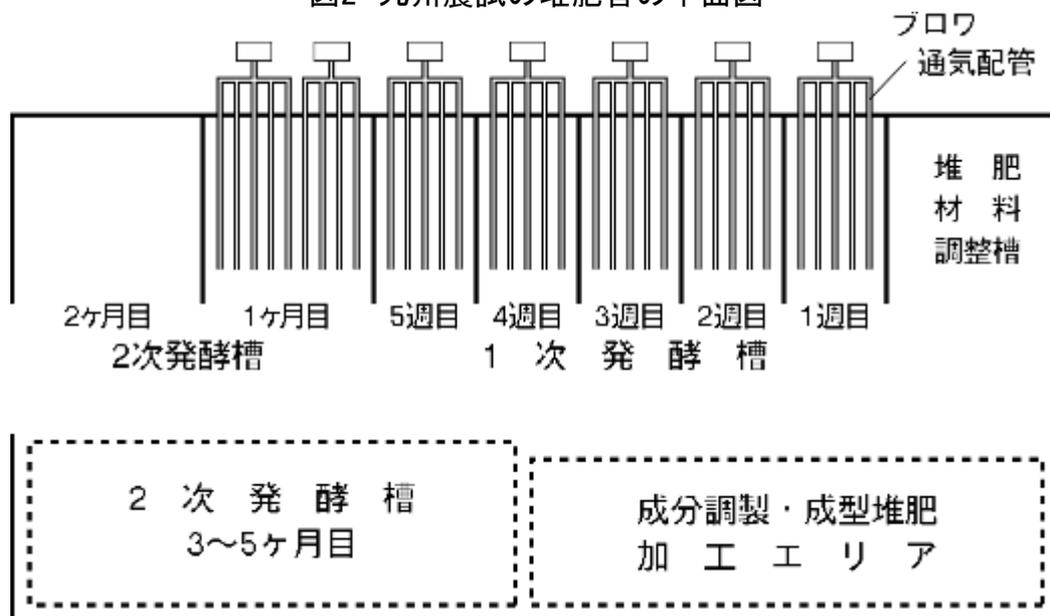


図1 九州地域における市町村別のふん尿産出量と栽培(t/ha)面積との関係

上がるとアンモニア臭が再度発生してくる。2次発酵期間であっても、分解は緩やかながら進んでおり、堆積高さが高い場合には内部に熱がこもりやすい。堆肥は断熱性が高いので、一旦温度が上がると切返しだけでは下がりにくい。2次発酵は基本的に中温発酵(発酵適温30℃程度)で熟成を進めるため、40℃以上に温度が上がった場合には強制通気により冷ましてやる必要がある。九州農試に昨年建設した堆肥舎では、寒冷期の発酵遅延なども考慮し、1次発酵期間の5週間分の槽と2次発酵期間の最初の1ヶ月目の槽を強制通気式の発酵槽にした(図2)。2次発酵の切返し時に温度が上がっているようであれば、この通気槽に入れ冷却する。約1週間通気すると堆肥の温度は中温域まで下がる。

図2 九州農試の堆肥舎の平面図



なお、2次発酵舎では堆積高さを高くするため、ローダーの車輪を堆肥の上に乗り上げて積み上げている場面を見かけることがあるが、車輪で踏まれた部分は塊となり分解が遅れ2次発酵期間中の温度上昇の原因ともなる。堆積する場合は、ローダーのバケットで押し上げるように積むと、1.5tクラスのローダーでも堆肥を踏まずに3mの高さまで堆積することができる。

作業能率を上げるために大型ローダーを導入する必要があるが、作業通路幅が狭く反対側の堆肥に乗り上げて旋回している堆肥舎も見かける。作業通路幅はローダーの最初右旋回半径+1.5m以上は必要である。ローダーのバケットにメーカー標準の軽量物用バケットを使用する機会が多いが、堆肥のかさ密度は1t/m<sup>3</sup>以下であるので、特注で大型バケット(持ち上げ能力1tならば1m<sup>3</sup>容量、1ランク上のローダーの軽量物バケットとほぼ同容量)を製作させ使用した方が旋回半径が小さくてすむ。

## (2) 肥料成分量の明示

季節により家畜のふん尿水分や発酵状態が変わり、また、副資材の混合割合も変化するので、堆肥中の肥料成分量は変化する。常に一定の成分で出荷することが望ましいが、最低限堆肥が主に利用される春期と秋期に向け各々の成分量を一定にし、肥料成分を表示する必要がある。

表示する成分量は現物当たりの成分量で表示されているが、化学肥料換算の成分量を併記した方が耕種農家にとっては使いやすい。大まかな肥効率は示されているが、同一畜種でも、ふんだけで作った堆肥と、オガクズが混合されている堆肥とでは実際の肥効率は異なる。したがって、出荷する堆肥の種類別に栽培試験を行い、化学肥料換算の成分量(できれば肥効パターンも)を明示し、安心して使える堆肥作りを行う必要がある。

## (3) 肥料成分の調整

季節別の堆肥の成分変動を完全に無くすのは困難である。また、畜種や副資材の種類によっても施用後の肥料の放出パターンも異なる。一方、耕種農家側からは使いやすさが要求される。したがって、化学肥料のように、主な作物に合わせた肥料成分含量や肥効パターンを示す複数の

成分調整堆肥を生産し、一般の堆肥と区別して販売することが流通戦略上有利であろう。成分調整の方法としては、畜種間混合や、他の有機質資材などと混合する方式が考えられる。実際の施肥量は、個々の農家により異なるので、個別の注文にも柔軟に対応できる混合システムが必要となる。また、作物に合わせ、元肥として1回で散布できる利便性を付加させることも考慮する必要がある。なお、化学肥料と混合して販売する場合は、現行法上化学肥料としての取扱いとなるため普通肥料として登録し、成分保証が必要となる。

#### 4. 成分調整・成型堆肥による広域流通化

前述したように、今後は堆肥の供給量が大幅に増加するため、単に良質堆肥を生産するだけでなく、今まで堆肥を使用しなかった耕種農家にも、手軽に利用できる高付加価値の流通用堆肥の生産も必要となってきている。特に、九州地域では県域を越えて大量に堆肥を流通させる必要があるため、九州農試では作物別に成分や肥効パターンを調整し成型した成分調整・成型堆肥の生産・利用システムの開発を行っている。

##### (1) 堆肥成型処理の利点

成型堆肥には処理のための労力とコストがかかる反面、以下の利点がある。

##### ① 貯蔵容積の減少

堆肥の利用時期は春と秋に集中するため、5～6ヶ月間の製品の貯蔵容積が必要となる。成型処理では乾燥と圧縮成型の2つの処理を行うため、堆肥のまま(水分50%)で貯蔵する場合に比べ、貯蔵必要容積が約40%に減少する。

##### ② 輸送性の改善

広域流通の場合は、陸送のための輸送コストが問題となる。成型処理により、堆肥のままに運搬する場合に比べ重量が約45%(堆肥の水分60%)～60%(堆肥の水分48%)に減少するので輸送コストが低減される。

##### ③ 貯蔵中の成分の均質性

成型処理では貯蔵中のカビ発生防止のため、材料水分を15%以下まで低下させる。このため、成型終了時の品質を維持する。成型物を袋詰めしないでバラで貯蔵する場合でも水分吸収によるカビの発生はない。

特に、成分調整を行ってから成型した場合には、搬送中の振動による混合物の分離などが懸念されるが、成型処理を行った場合は分離の問題は発生せず均質なままである。

##### ④ 散布性の改善

成型処理をした場合、同一分量で単位面積あたりに散布する重量が少なくてすむ。また、堆肥散布ではマニュアルプレッタが必要となるが、成型処理により形状も均一になっているので、耕種農家が保有しているライムソウ(石灰散布機、写真1)やブロードキャストに対応でき、ハウス内など狭い場所での散布も容易になる。さらに、粉塵の発生も少なく悪臭の発生も無い。

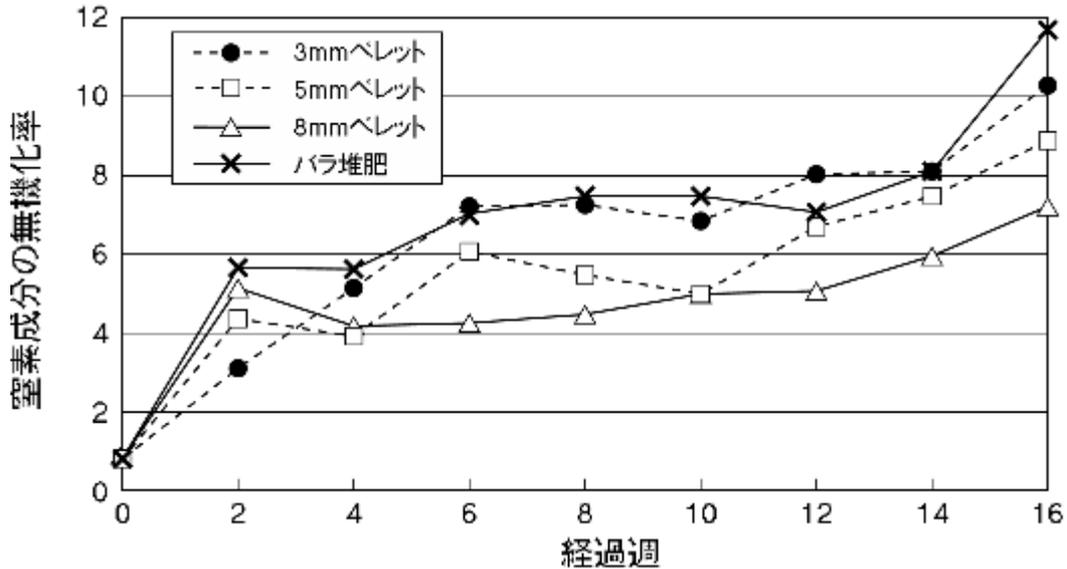
写真1 成型堆肥の施用に利用できる石炭散布機  
(条施用のセット)



### ⑤ 肥効の均質性

堆肥は成型処理までの過程で攪拌混合されるため、成型堆肥中の成分含量はほぼ均質なものとなっている。また、ペレットの大きさにより一定の肥効パターンを示す(図3)ので、栽培する植物の吸収パターン別に形状を選択することができる。

図3 乳牛ふん堆肥及び成型物の窒素放出率



### (2) 成型方式

成型機には水分30~40%の中水分域を対象としたエクストルーダ方式(1軸又は2軸のスクリー押し出し方式)と、20~30%の低水分域を対象としたローラ+ダイ方式がある。また、ローラ+ダイ方式には、ローラ(歯車)+ディスクダイ(多孔平板)を組み合わせた方式と、ローラ+リングダイ(多孔リング)を組み合わせた方式、2つのリングダイがかみ合って材料を押し出すダブルダイス方式の3通りがある。

九州農試では、最終製品の水分を15%以下にするため仕上げ乾燥の容易な低水分域の成型方式とし、成型圧力が調整でき、万が一ディスクダイの穴に材料が詰まった場合にも掃除が比較的容易という特徴があるローラ+ディスクダイ方式の成型機を使用している。成型ペレットの直径はライムソーやブロードキャストでも散布できるよう3、5、8mmの3種類とし、ペレット長はそれぞれ5、6、9mmである(写真2)。また、成型材料は石の混入による故障を防ぐと共に、成分調整の時の混合性を良くするため、粉碎機で平均粒径2mmに粉碎したものを使用している。

写真2 成型堆肥の形状



### (3) 成型性能

成型性能は、オガクズやモミガラ等の副資材の量、成型時の材料粒度、石の混入、材料水分、堆肥の畜種、成型サイズ等により変化する。また、畜種別の成型性では豚>牛>採卵鶏の順で、特に採卵鶏の堆肥の成型性は悪い。また、オガクズやモミガラが副資材に入っている場合には成型性が悪くなるので、なるべくふんの含量の多い堆肥を使うことが望ましい。副資材の含量が多いことは、同時に施用量が増えることでもあり、できるだけ成分濃度の高い堆肥を使う方がコスト的に有利である。

乳牛ふん堆肥について材料水分(20~30%)、成型サイズ、有効加圧長(穴径の2、3倍)別に成型試験を行った結果、材料水分が20%では成型時に投入部で粉塵が多量に発生すると共に目詰まりが生じ、30%では材料のこね回しが発生し材料供給の自動制御が難しくなるため、適正水分は22.5~27.5%の範囲であると考えられた。また、成型速度は材料水分が多く加圧長の短い方が速くなるが、ペレット強度は逆の関係になる。

なお、窒素成分の調整用に油粕を使用する場合は、家畜ふんと油粕の重量比が2:1以上、ディスクダイの有効加圧長が穴径の3倍以上で成型可能となる。また、油粕を混合するとより低水分で成型が可能であり、成型速度も速くなるので成型コストを低減することができる。

### (4) 成分調整・成型堆肥の施用技術

通常の堆肥施用と同様に、成型堆肥の施用量もN、P、K各成分の含有化学肥料換算量に基づき、N、P、Kのどれか一成分が施肥量に達する量で成型堆肥の施用量を決定する。不足分は化学肥料で補うか、成分調整の段階で油粕や骨粉等との混合を行い成分バランスを調整する。

九州農試では、大豆とパン用小麦について牛ふん、豚ふん、鶏ふんの単独とこれらの混合物の成分調整・成型堆肥による栽培試験を実施しているが、生育に差はなく、化学肥料区と同等以上の収量が得られている。なお、他の作物については、福岡県がキャベツとイチゴを、熊本県がメロン、トマト等の果菜類を、鹿児島県がカボチャと甘しょについて栽培試験を実施しており、順次作物別の使用資材の最適混合割合を明らかにしていく予定である。

成型堆肥の施用量は、大豆等の低窒素施用量の作物120~400kg/10a、その他の作物では400~800kg/10a程度である。通常の堆肥に比べて施用量が少ないので、全面散布ではなく条施用が効率的である。施用量が200kg/10a未満の場合でペレット径が3mmの場合には化学肥料の繰り出し装置がそのまま利用できる。ペレット径が5mm以上と大きくなる場合と施用量が多い場合にはライムソフの利用が適する。

### (5) 成分調整・成型堆肥の生産コストと流通

成分調整・成型堆肥の生産システムと年生産3,000t規模の場合の試算例を図4、表1、写真3~6に示す。生ふんから処理する大型の堆肥センターは近年地域住民の反対等により建設しづらいため、畜産農家で堆肥の1次発酵(高温発酵)までを終了させ、堆肥の2次発酵(後熟発酵)から乾燥・成型処理、貯蔵までを一つの処理センターで行う方式とした。後熟発酵以降の処理経費

は成分調整・成型処理を行う場合で成型製品1kg当たり11.1～12.1円のコストとなる。一方、成型を行わずに堆肥のまま貯蔵して出荷する場合の処理経費は成型製品1kg換算で9.5円のコスト(現物1kg当たり5.6円)であり、成型処理との差は1kg当たり1.6～2.6円である。成型品の実質的な輸送量は堆肥のままのものより2倍近くあることから、輸送距離が100kmを越えれば成型処理した方がコスト的に有利となる。また、散布や取り扱いの利便性も高いため、県域を越えた広域流通が必要な場合などには成分調整や成型化も検討した方が良いであろう。

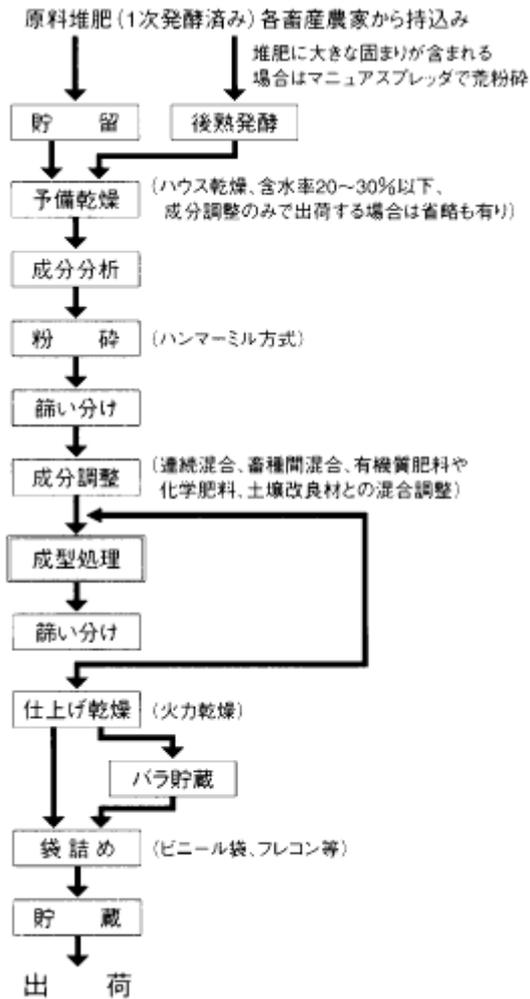


図4 成分調整・成型堆肥の生産フロー



写真3 予乾用乾燥ハウス



写真4 粉碎装置



写真5 成分調整装置(右)と成型装置(左)



写真6 仕上げ乾燥装置

表1 成分調整・成型堆肥と従来型堆肥の製造コストの試算例

## 成分調整・成型堆肥

## 従来型堆肥

堆肥搬入量(/年)	6,000 t	6,000 t
製品出荷量(/年)	3,000 t	5,100t
後熟発酵期間	3ヶ月	3ヶ月
製品貯蔵期間	5ヶ月	5ヶ月
製品かさ密度	700 kg/m <sup>3</sup>	450 kg/m <sup>3</sup>
製品堆積高さ	2m	2.5m
堆肥搬入時水分	55～60%	55～60%
製品出荷時水分	15%以下	50%
施設稼働日数	300日/年	300日/年
製品製造能力	10 t/日	17 t/日
施設面積		
後熟発酵施設	1,850 m <sup>2</sup>	1,850 m <sup>2</sup>
ハウス乾燥施設	1,800 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
成型堆肥製造施設	500 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
堆肥貯蔵施設	980 m <sup>2</sup>	2,450 m <sup>2</sup>
施設費		
後熟発酵施設	5,350万円	5,350万円
ハウス乾燥施設	3,000万円	0万円
成型堆肥製造施設	2,740万円	0万円
成型堆肥貯蔵施設	3,300万円	8,250万円
管 理 棟 他	600万円	600万円
外回り工事他	1,210万円	1,210万円
電気・水道工事費	800万円	800万円
施設費合計	17,000万円	16,210万円
設備機器関係費		
ハウス乾燥関係	660万円	0万円
粉碎施設関係	800万円	0万円
成分調整混合関係	750万円	0万円
成型機械関係	1,600万円	0万円
仕上げ乾燥関係	1,200万円	0万円
荷役運搬関係	1,000万円	2,500万円
設備機器合計	6,000万円	2,500万円
製造コスト		
人件費	1,250万円	1,550万円
固定資産税	290万円	236万円
減価償却費、利息	821万円	614万円
電気代	380万円	100万円
燃料代	190万円	250万円
修理・消耗品費	300～600万円	115万円

---

合 計	3,346～3,646万円 11.1～12.1円/kg	2,865万円 5.6円/kg
-----	--------------------------------	--------------------

---

注：補助率を2/3として計算した。

従来型の製造コストは水分が高いので5.6円/kgになっているが、成型堆肥と同一水分で比較すると9.5円/kgとなる。