

農林水産省助成  
「高品質肥料認証制度構築事業」

# 品質の良い食品リサイクル堆肥製造の手引き

(概 要)



平成 27 年 3 月  
(一財)日本土壤協会



## はじめに

食品廃棄物の再生利用の重要な柱として肥料(堆肥)化がある。これを推進するためには利用者のニーズに沿った品質の良い肥料(堆肥)を製造することが重要である。このため、平成 21 年に食品リサイクル肥料(堆肥)認証制度(実施主体:(一財)日本土壤協会)が設けられ、堆肥の腐熟度等認証基準を満足しているものに FR マークを付与する事業等を実施している。これまで、この認証制度に沿って申請のあった堆肥で認証基準を満足しているものは 5 割程度と大変低い水準にある。

この理由としては、家畜ふん堆肥など他の堆肥化材料と比較して食品廃棄物の種類や内容は多様で米飯など通気性が乏しいものや、脂肪含有率の高いものなど分解しにくいものが多いことなどが挙げられる。

一方、こうした中であっても品質の良い食品リサイクル堆肥を製造している堆肥化施設があることから品質の良い堆肥を製造していくための条件を明らかにしていく必要がある。

このたび、農林水産省の「高品質肥料認証制度構築事業」により品質の良い堆肥を製造していくための各種の調査試験を行い、その手引き書となるものをとりまとめた。

また、食品リサイクル堆肥は作物生育に最も影響のある窒素成分の比率が高いことや、他の堆肥と比較して微生物相が多様で土壌病害の発生しにくい土壌環境を形成しやすいという特徴がある。こうした食品リサイクル堆肥の付加価値向上を図るための調査試験も併せて実施し、その結果をまとめた。

その詳細については「高品質肥料認証制度構築事業報告書」に掲載されているが、広く多くの関係者の皆様にお読みいただけるよう、そのポイントとなる点の概要を整理した「品質の良い食品リサイクル堆肥製造の手引き」をまとめた。関係される方々が品質の良い食品リサイクル堆肥の製造に生かしていただければ幸いである。

なお、とりまとめに当たっては専門家からなる検討会(委員長:東京情報大学学長牛久保明邦氏)の皆様をはじめ、多くの皆様方のご支援、ご協力をいただいた。ここに深く感謝申し上げる次第である。

平成 27 年 3 月

一般財団法人 日本土壤協会

## 目 次

I. 品質の良い食品リサイクル堆肥製造法 .....	1
1. 堆肥の品質 .....	1
2. 堆肥化の発酵プロセス .....	1
(1)堆肥化の基本は好気性発酵 .....	1
(2)良好な堆肥化の発酵プロセス(一次発酵と二次発酵) .....	2
(3)好気性発酵を促進するための条件 .....	3
3. 食品廃棄物の堆肥化の問題 .....	4
(1)食品廃棄物の特性と発酵 .....	4
(2)食品リサイクル堆肥認証の合格率と不合格の理由 .....	4
4. 品質の良い食品リサイクル堆肥製造の条件 .....	5
(1)嫌気性発酵にならないための堆肥化の基本 .....	5
(2)堆肥化材料の調製 .....	6
1)食品廃棄物と副資材の配合割合 .....	6
2)食品廃棄物の内容物に応じた副資材との配合割合 .....	8
3)食品リサイクル堆肥化施設における食品廃棄物と副資材利用の現状と今後の対応	13
(3)好気的発酵していくための運転管理 .....	16
1)堆肥化装置と発酵管理 .....	16
2)発芽率の良い堆肥製造するための運転管理上の留意点 .....	18
(4)優良事例に見る高品質食品リサイクル堆肥製造上の留意点 .....	19
1)堆肥化材料の収集 .....	20
2)堆肥化材料の調製 .....	20
3)運転管理 .....	21
適切な堆肥化材料の調製のまとめ	
I. 食品リサイクル堆肥の付加価値向上 .....	23
1. 食品リサイクル堆肥(肥料)の土壤病原抑止力 .....	23
(1)食品廃棄物を原料とした堆肥、肥料と土壤病原抑制効果 .....	23
(2)食品廃棄物の種類や配合割合等と土壤病原抑止力 .....	23
(3)土壤病原抑止力の異なる堆肥施用によるホウレンソウ萎凋病抑止効果 .....	24
2. 食品リサイクル堆肥に含まれる窒素の形態と野菜の収量 .....	27
(1)有機質肥料の窒素形態と野菜の収量 .....	27
(2)各種食品リサイクル堆肥の窒素特性と野菜の収量 .....	28

## I

## 品質の良い食品リサイクル堆肥製造法

### 1.堆肥の品質

堆肥は肥料取締法上では特殊肥料となっており、「堆肥」の定義は「特殊肥料等の指定」(農林水産省告示)でなされている。これによると、「たい肥」(わら、もみがら、樹皮、動物の排せつ物その他の動植物質の有機質物(汚泥及び魚介類の臓器を除く。)をたい積又は攪拌し、腐熟させたものとなっている。

堆肥利用者からよく問題にされる堆肥の品質は、腐熟度、取扱性、肥料成分の安定性などであり、その中で特に腐熟度が重視されている。

堆肥が未熟であると臭いが残っていることもあるが、有機酸等生育に有害な物質が含まれており、これにより作物の根に悪影響を与える恐れがある(写真)。

(写真) ダイコン未熟堆肥施用



食品リサイクル堆肥の品質については、食品リサイクル堆肥認証制度実施要綱(平成21年4月1日施行)の中で規定されている。その中の肥料(堆肥)認証基準については、特に「病原微生物が存在しないこと(安全性)」、「腐熟度が良いこと(生育障害がない。取り扱いやすい。)」を重視しており、具体的には発酵中の発酵温度やコマツナ種子の発芽率で評価している。

#### (食品リサイクル肥料(堆肥)認証の要件)

- ①食品循環資源の原材料割合が容積比または重量比で10%以上含有する肥料(堆肥については戻し堆肥分を除く)。
- ②堆肥製造の発酵過程における「発酵温度」が表面から深さ30cm層の温度が60°C以上連続7日間以上。
- ③堆肥の熱水抽出法(コマツナ種子使用)による「発芽率」が80%以上。
- ④堆肥に異物が混入していないこと。

### 2.堆肥化の発酵プロセス

#### (1)堆肥化の基本は好気性発酵

有機物の発酵には好気性発酵と嫌気性発酵がある。

好気性発酵は、酸素が十分にある状態で活動する微生物による発酵である。好気性発酵では、好気性微生物の増殖が盛んになるほど発熱量が増え温度が上昇する。堆肥自身が発熱して水分蒸発を促進することにより、べとべとした水分の多い物質や悪臭成分が分解されるとともに、高温によって有害微生物や雑草種子を死滅させる。

嫌気性発酵は、酸素がない状態で活動する微生物による発酵である。有機物がメタン、アルコール、有機酸等に変換されるため発熱量が好気性発酵の20分の1程度と低く分解速度も遅いので、温度があまり上昇しない。また、発酵過程でかなり悪臭が発生する。

堆肥化は好気性発酵によって行うことで、悪臭の発生が少なく、安全で取扱いやすい堆肥が得られる。

## (2) 良好的な堆肥化の発酵プロセス(一次発酵と二次発酵)

良好な堆肥化では、好気性微生物によって、発酵初期に易分解性有機物が短期間に分解され、その後、難分解性有機物が徐々に分解される。易分解性有機物が分解される過程を一次発酵、残存する難分解性有機物が徐々に分解される過程を二次発酵と呼んでいる。

発酵初期は低温微生物(12~18°C)と中温微生物(30~37°C)が易分解性有機物を活発に分解しながら増殖し、蓄熱して温度が55~60°Cに達すると高温微生物(55~60°C)が優位になる。これらの微生物は分解速度が速く、初期の温度上昇に貢献している。一方、高温になると微生物の活性が低下して分解速度も急激に低下する。高温でも水分蒸発が抑制されるので、切り返し等で温度上昇を抑える工夫も必要である(図1)。

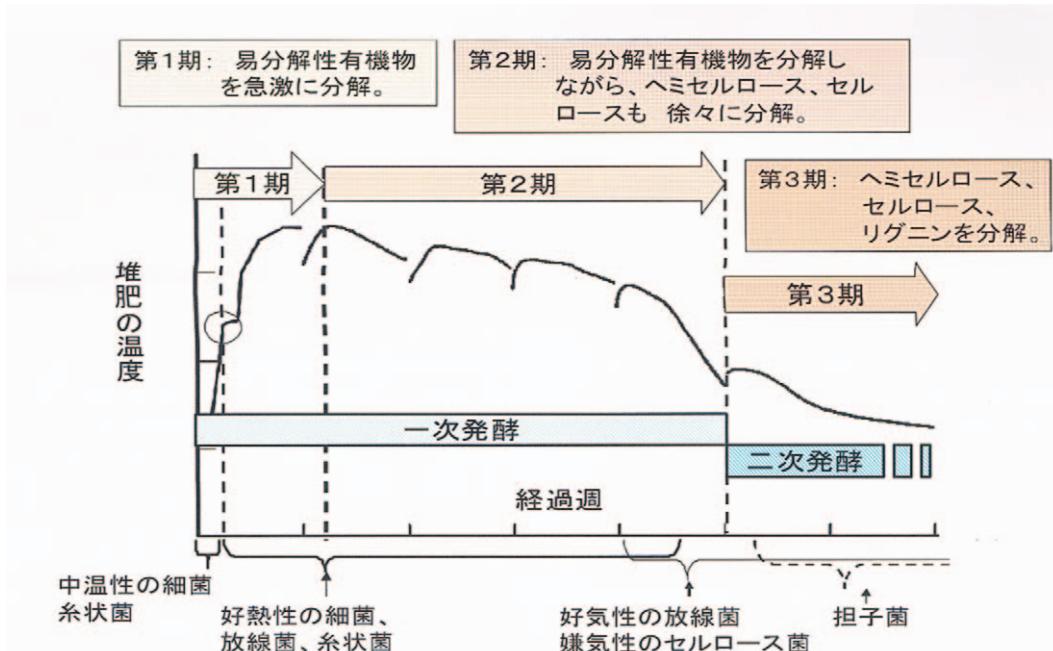


図1 堆肥化過程の模式図(例)

(資料：「新畜産環境保全指導マニュアル」((社)中央畜産会))

### (3)好気性発酵を促進するための条件

-堆肥化原料の空気層の確保と適切な水分含有率が重要-

#### (通気性、水分)

堆肥化の主役は好気性条件で働く微生物である。微生物が活発に活動する条件としては、適正な空気（酸素）、水分、栄養分、温度、微生物などがあげられるが、特に堆肥化する原料の空気層の確保と適切な水分含有率が重要である。

微生物は呼吸しているので酸素が必要で、酸素供給のためには空気が流通できる隙間をつくることが必要である。

すなわち、堆肥化原料の隙間と水分との関係は、含水率が高いと通気性が悪くなり、嫌気的条件となるので、通気性を改善するために含水率を下げる必要がある。一方、著しい乾燥状態では微生物の増殖が抑制され、発酵は進まない。一般に含水率は60%程度が適していると言われている。

通気性を良くし適切な水分条件にするためには、①オガクズなどの副資材を加える、②戻し堆肥を混合する、③乾燥させる、などの対策が必要になる。

食品廃棄物（注）、豚ぶんや鶏ふんでは隙間が少ないので乾燥させると空気が通りにくくなる。空気の通り道を作るためには、隙間の多い資材を使うことが必要で、そのためには、オガクズやモミガラのような粗大有機物の混合が適している。

（注）食品廃棄物・・・食品リサイクル法では食品廃棄物であって、飼料・肥料等の原材料となるなど有用なものを食品循環資源と定義しているが、ここでは、広い意味で食品廃棄物と言う。（以下同じ）

堆肥化原料の通気性を改善するとともに、全体に酸素が行き渡るようにするため搅拌が必要である。通気する場合、通気量が少ないと温度が上がりにくく、通気量が多すぎると、堆肥が冷却されかえって温度が下がることから適切な通気量が必要である。

#### （養分）

微生物の栄養分となるのは、分解しやすい有機物（易分解性有機物）である。易分解性有機物は堆肥化初期に急激に分解し、その結果発熱して堆肥は高温になる。食品廃棄物や家畜排せつ物の多くは一般に易分解性有機物含量が高いことから、栄養分は十分に含まれていて窒素源を加える必要性は殆どない。

#### （微生物）

堆肥化原料には多くの種類の微生物が存在しており、一般に堆肥化を促進する上で不足することはない。むしろ微生物が積極的に働く堆肥生産の環境づくりが重要である。

これまでの試験結果では戻し堆肥の利用が発酵を促進するという報告が多い。

戻し堆肥の混合は堆肥化過程で優先的に増殖した菌を原料に混合することになるとともに、含有水分の低い戻し堆肥を使用すると水分調節材の役割もあり、良好な発酵のために良い方法と言える。

### 3.食品廃棄物の堆肥化の問題

#### (1)食品廃棄物の特性と発酵

食品リサイクル堆肥の主原料は、市場、店舗、食堂、給食施設、一般家庭、食品産業などから排出される食品廃棄物、残飯などの廃棄物である。食品廃棄物の内容や割合はそれぞれの地域特性や季節によって大きく変動する。

食品廃棄物の種類やその特性は多様で、例えば米飯はこねると団子状になり、その内部へは空気が入りにくく、腐敗が早く進む。野菜くずは概して水分が非常に多く、腐敗しやすい。肉類や魚介類は最も腐敗しやすくて、悪臭の発生も強烈である。また、ミカン等果実類は皮が厚くそのままでは、内部まで発酵が進みにくい。

このような食品廃棄物原料の特性から家畜ふん堆肥などと比較して一般に食品廃棄物原料は好気性発酵が進みにくく、嫌気性発酵になりがちである。

したがって、良好な好気性発酵を行うためには、より通気性の確保を行うとともに、腐敗しやすいものも多いことから早期に好気性発酵が始まるようにしていくことが重要である。

#### (2) 食品リサイクル堆肥認証の合格率と不合格の理由

-認証不合格の要因で最も多いのが嫌気性発酵になっていること-

平成 21 年度から開始した食品リサイクル堆肥認証制度(実施機関(一財)日本土壤協会)で申請のあった食品リサイクル堆肥の銘柄は 22 銘柄でその中で認証基準を満たして合格した堆肥は 10 銘柄で合格率は 45% であった(表 1)。

表 1 食品リサイクル堆肥と普通肥料の認証と不合格の理由

区分	対象	合格	不合格	不合格の理由
堆肥	22 銘柄	12 銘柄	10 銘柄	発芽率不良 9 銘柄 申請書類不備 1 銘柄
普通肥料	1 銘柄	1 銘柄	0	

不合格の理由として多いのはコマツナの発芽率不良(発芽率 80%未満)によるものが殆どであり、その中には発酵温度が 60°C 以上連続 7 日以上を満足してなかつたものも多い。

特に不合格の要因として最も多くあげられるのが、発酵が嫌気性発酵になっていることである。

なお、発芽率などが不良となった堆肥の発酵の特徴と問題点は表 2 のとおりである。

表2 認証不合格(発芽率不良)の要因

不合格の要因	発酵の特徴と問題
①嫌気性発酵になっている	嫌気性発酵は好気性発酵に比べて次のような問題がある。 ◆発酵日数が長く発酵物の品温が上昇しない。 ◆悪臭が発生する。 ◆堆肥化物のpHが低く、発芽率が低い。
②生ごみ乾燥機により乾燥処理しただけである。	◆成分組成が生ごみそのものを乾燥させたものとほとんど変わらず、水分を含むと発酵を開始する。(易分解性有機物を多く含む)
③発酵日数が短い	◆好気性発酵が行われても熟成日数が足りなければ発芽率が不良となっている。また、発酵途中で堆肥化物が乾燥し、その段階で出荷した堆肥は発芽率不良となっている。
④塩類濃度が高い	◆戻し堆肥の量や回数が多くなると、塩類濃度が高まり発芽率が低下する。 また、塩類濃度の高い原材料を用いた場合も、堆肥の発芽率に影響する。

#### 4.品質の良い食品リサイクル堆肥製造の条件

##### (1)嫌気性発酵にならないための堆肥化の基本

好気性発酵の堆肥化施設と嫌気性発酵の堆肥化施設との実態調査からその大きな相違は堆肥製造過程における通気性の良否である。こうしたことから、嫌気性発酵にならないようにするための対応としては、次の点が特に重要である。

###### ①通気性の確保が最も重要である。

- 具体的には、「堆肥化材料の調製」、「発酵期間中の操作」が重要であり、そのため、
- ◆堆肥化材料の通気性、水分条件を整えるための副資材や戻し堆肥の配合割合と材料の均一な混合。
  - ◆発酵期間中の切返しや通気などの操作を的確に行うことにより好気的状況に保つこと。が特に重要である。

###### ②食品廃棄物の栄養分は様々であり、その特性によって堆肥化材料の配合割合を変えていく必要がある。

具体的には、

- ◆肉類等蛋白質含有率や脂肪の割合が高い原料が多い場合にはより好気的条件にする。
  - ◆野菜廃棄物のように栄養分の少ないものは発酵温度が上がりにくいので、カロリーの高い材料を加える。
- ことが重要である。

## (2)堆肥化材料の調製

### 1)食品廃棄物と副資材の配合割合

①食品廃棄物（おから）と副資材の配合(容量)比率は 1:1 までが発酵良好

（小規模堆肥化試験の結果）

食品廃棄物としてはおから、副資材としては、もみがら、おがくず、くん炭、剪定枝などを用い食品廃棄物と副資材の種類と容量比を種々組み合わせた区を設け、発芽率との関係を調査した。試験はダンボール箱(30ℓ前後)で食品廃棄物と副資材の容量比が 2 : 1 と 1 : 1 とで搅拌発酵させて 34 日間実験した。

堆肥化物の品温が低下し、切返しても品温が上昇しない時点(約 1 ケ月)をもって堆肥化完了と見なし、堆肥化物の発芽率を調べた。その結果、副資材の種類によって相違が見られるものの、全般的に食品廃棄物（おから）と副資材の配合割合(容量比)が 1:1 のものの発芽率がほぼ 80%を超えており、良好な発酵を行っていると判断された。

食品廃棄物（おから）と副資材の配合割合(容量比)2:1 の場合は、副資材の種類によって大きく差が生じた（図 2）。

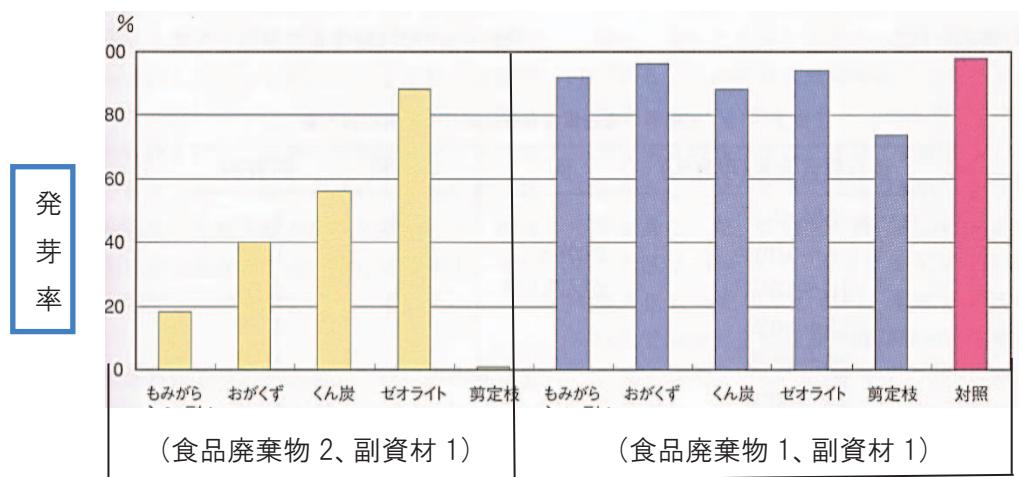


図 2 食品廃棄物(おから)と副資材の配合の容量比率と堆肥化物の発芽率

②食品廃棄物(混合食品廃棄物)と副資材(木炭)との配合(容量)比率は 1:1 が発酵良好で 2:1 では嫌気性発酵になる

（中規模堆肥化試験の結果）

実際の堆肥化施設に近い状況で、弁当製造、レストラン等から排出される食品廃棄物を用いて食品廃棄物と副資材(この場合木炭)の配合割合(容量比)を変えて発酵の相違を試験した。食品廃棄物は肉等も含むもので比較的蛋白含量の高い素材(粗蛋白含量 6%程度)であり、副資材の木炭はやや粗い性状のものである。これら原料および副資材合わせて 3 m<sup>3</sup>を

攪拌堆積して発酵を行った（表3）。

表3 試験区の構成

試験区	堆肥化物の容積		配合比率	
	食品廃棄物m <sup>3</sup>	副資材(木炭)m <sup>3</sup>	食品廃棄物	副資材(木炭)
堆肥A	1.5	1.5	1	1
堆肥B	1.8	1.2	1.5	1
堆肥C	2.0	1.0	2	1

各試験区の中で発酵温度が最も高く推移したのはA区(食品廃棄物1:副資材1)で次いで、B区(食品廃棄物1.5:副資材1)であった。C区(食品廃棄物2:副資材1)は発酵温度が上がりず、60°C以上に達したのは2日間だけであった。C区(食品廃棄物2:副資材1)は嫌気性発酵になっていた。（図3）

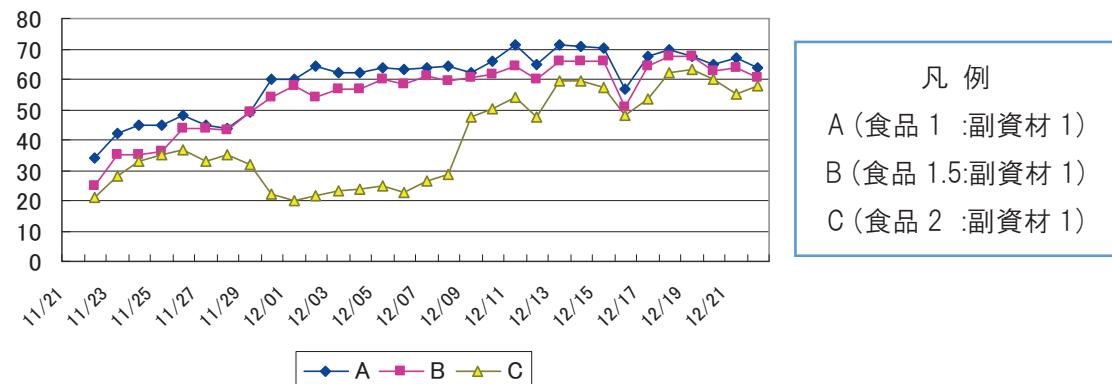


図3 堆肥化物の品温の推移

また、発酵完了後の堆肥化物の外観は、A区(食品廃棄物1:副資材1)ではかなり黒くなっているが、C区(食品廃棄物2:副資材1)は水分も多く発酵が進んでいないことがうかがわれた。

(写真)

堆肥A(食品廃棄物1:副資材1) 堆肥B(食品廃棄物1.5:副資材1) 堆肥C(食品廃棄物2:副資材1)



この結果から、堆肥の発酵は、食品廃棄物と副資材(木炭)との配合(容量)比率は1:1が良好であったが、2:1では嫌気性発酵になりやすいことが言える。

## 2)食品廃棄物の内容物に応じた副資材との配合割合

### ア、食品廃棄物の内容物と発酵の進み方

#### ①野菜くず等の発酵の特徴

- 野菜くずのみでは発酵温度が上がりにくく、嫌気性発酵になりやすい。-

キャベツ屑はおからと比較して発酵温度の立ち上がりが遅く最高でも40°C台と低い。また、キャベツは搅拌、水添加後の品温の上昇が殆ど見られぬままに発酵がほぼ終了している（図4）。

キャベツは、発酵途中で容積がある時期に急激に減少する。それとともに野菜の体内水分がある時点で急激に沁み出していくので、堆肥化物が一度に過湿状態になることもある（図5）。キャベツなどの野菜くずは水分率が一般に極めて高く、発酵途中で水分が溶出してくるので、野菜くずを主原料とした堆肥化物は嫌気性発酵になりやすい。

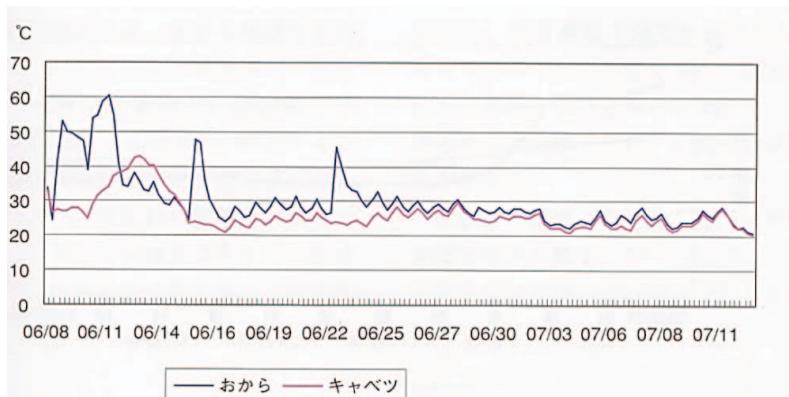


図4 キャベツ、おからの堆肥化物の品温の変化

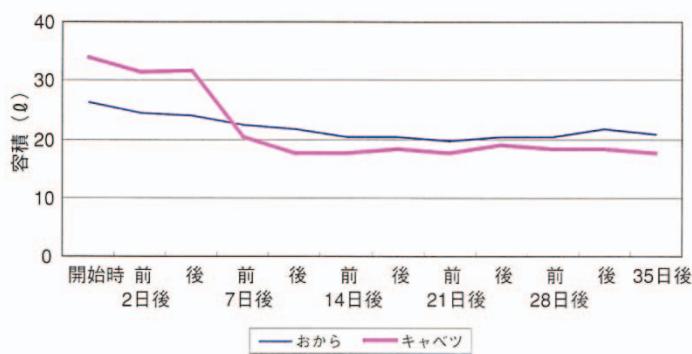


図5 キャベツ、おからの堆肥化物の容積の推移

#### ②挽肉等の発酵の特徴

- 挽肉では堆肥化物の品温の立ち上がりが早く高温になるが、発酵の終了に時間がかかる。-

挽肉では食パンと比較して堆肥化開始後 品温はまもなく 60°Cに達している。その後も切返し、水の添加後に急激な品温の上昇が5回見られた。挽肉などのように粗脂肪や粗タンパクの含有量が多い食品廃棄物は品温の最高値が高く、立ち上がりも早い。また、堆肥化開始後品温の低下が遅く、発酵の終了に時間がかかる傾向が見られる（図6）。

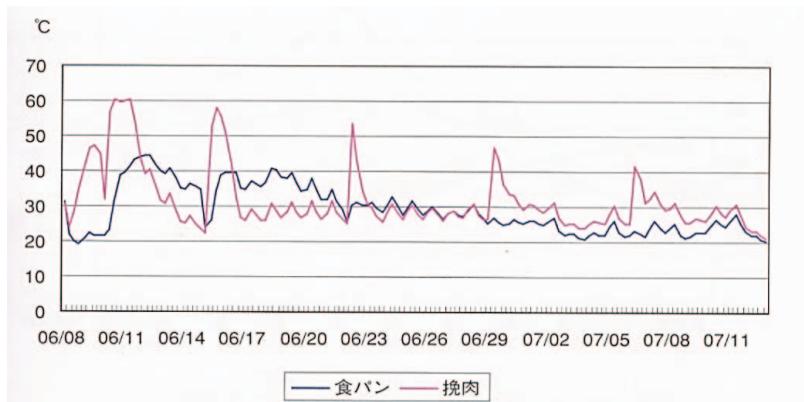


図6 挽肉、食パンの堆肥化物の品温の変化

#### イ、食品廃棄物の処理方法と発酵の進み方

##### ①食品廃棄物を破碎等の処理した場合

-食品廃棄物をこねない程度に破碎した場合には発酵が促進する-

食品廃棄物をこねないような破碎方法で食品廃棄物を処理して堆肥化試験を行った。

食品廃棄物の処理方法は、次の三つの方法で行った。

①原形のままのもの（原形）。

②破碎機にかけるが、こねる前に取り出す（破碎）。

③②の処理と同様に行った原料を底に穴をあけたフレコン袋に詰めて袋ごと1昼夜宙吊りにし、原料の水分を流下させる（破碎・流下）方法。

なお、原材料の配合比率(容量比)は全て食品廃棄物と副資材(木炭)とは1:1である。

(写真) 食品廃棄物原形



(写真) 食品廃棄物破碎



(写真) 破碎・流下



堆肥化過程の品温の変化については、食品廃棄物原形区の品温の低下が後半になって他の区より遅かった。原形の状態のものが多かったことが発酵を遅らせたものと考えられる。

こうしたことから、食品廃棄物を破碎処理すると発酵期間が短縮されると言える（図7）。

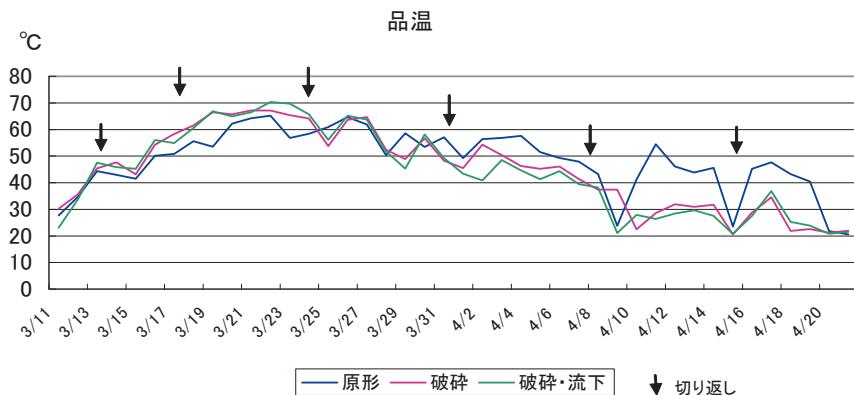


図7 食品廃棄物の破碎等処理別堆肥化物の品温の変化

## ②果実類廃棄物を切断等の処理した場合

- 果実類の廃棄物は未処理では発酵温度が上がりにくく、発酵終期でも形が残るが、切断等の処理を行うと発酵が進む -

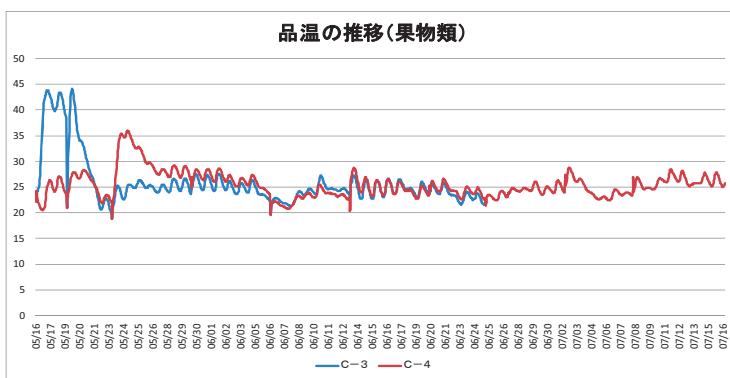
果実として柑橘を用い次の処理を行い未処理との発酵の相違を見てみた。

①切断、②押し潰し、③皮むき

(写真) 発酵終期でも果実の形

「皮むき」(C-3)では発酵開始後すぐ品温の上昇が見られたが、「未処理」(C-4)では品温の上昇が遅れるとともに品温も「皮むき」ほど高まらなかった(図8)。また、「未処理」では発酵終期においても形が残った状態となっていた(写真)。

が残っている



凡例  
C3(皮むき)  
C4(未処理)

図8 堆肥化物の品温の推移(果実類)

## ③油分の多い食品廃棄物を破碎・乾燥した場合

- 油分の多い食品廃棄物を乾燥した場合には嫌気性発酵になりやすい -

やや油分の多い混合食品廃棄物を用い破碎・乾燥処理したものに生の食品廃棄物を等量配合したものに副資材を加えて堆肥化試験を行った。「(食品廃棄物(生の食品廃棄物1+乾燥食品廃棄物1)と副資材(木炭)」の配合比率は1:2としている。

生の食品廃棄物の水分率は69.4%で乾燥食品廃棄物は5.5%であり、それぞれ等量混合しているので堆肥化スタート時点の水分含量については問題がない。

堆肥化プロセスでの品温の推移は、No.1区の「生の食品廃棄物+乾燥食品廃棄物区」は品温の立ち上がりが遅く40°Cから60°Cの間で推移し、No.2区の「生の食品廃棄物のみと副資材(木炭)の配合比率1:2」がほぼ発酵が終了した時点でも発酵がだらだらと長く続いた(図9)。

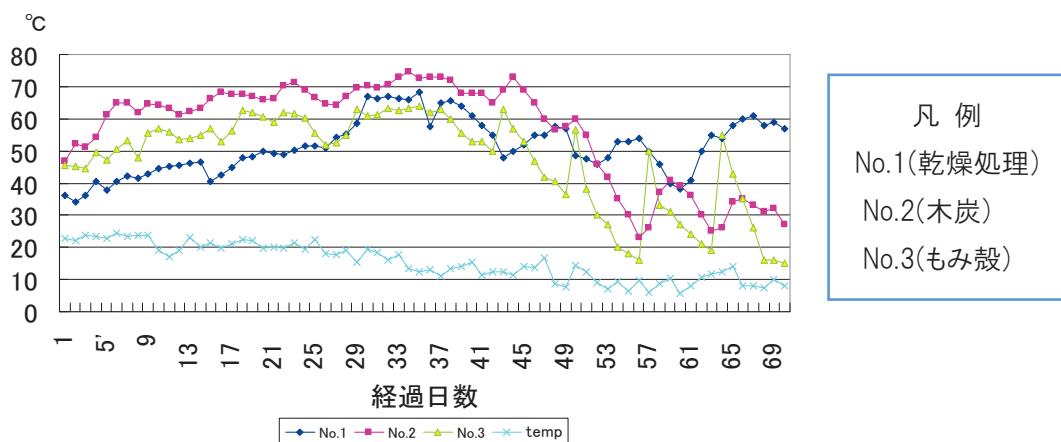


図9 堆肥化物の品温の推移

No.2区の「生の食品廃棄物のみと副資材(木炭)の配合比率1:2区」の発芽率が100%であるのに対し、「(生の食品廃棄物+乾燥食品廃棄物)と副資材(木炭)の配合比率1:2区」の発芽率は14%と極めて悪かった。

このように特に油分の多い食品廃棄物では熱風乾燥させると油で固められたような粒状品となり粒の内部に空気が入りにくく、好気性発酵しにくいと考えられた。

以上のことから、食品廃棄物の処理は、材料の内部に空気を通りやすくするため、破碎処理は効果的であるが、特に比較的脂肪分の多い原材料を熱風乾燥による水分調整すると嫌気性発酵になりやすいと言える。

#### ウ、食品廃棄物の内容物と副資材の配合割合

食品廃棄物の内容物により発酵の進み方が異なるが、多くの堆肥化施設では色々な種類の食品廃棄物が混ざって入ってくるケースが多い。このため、食品廃棄物の種類や内容物の性状の変化によって堆肥化物の発酵の進み方が変化し、これに対して副資材の配合比率を変える必要がある場合がある。こうしたことから、食品廃棄物内容物の変化と副資材の

配合とがどのように発酵の進み方に影響するかについて試験をした。

(写真) 小規模堆肥化試験の実施状況



(写真) 副資材として用いた木片チップ



## ①「米飯」主体の場合の発酵の進み方

- 「米飯」のみの場合食品廃棄物:副資材(「木片チップ」)1:3 程度必要であるが野菜くずが同じ容量加わった場合、概ね 1:1 で発酵が進む -

「米飯」のみの場合には食品廃棄物:副資材(「木片チップ」)の配合比率が 1:4 以内で発酵が進むが、1:3 でもやや発芽率はやや低下(84%)するが問題ない状態で発酵が進む。

しかし、食品廃棄物の内容が「米飯」のみでなく「野菜くず」が加わりそれぞれ 1:1 の比率になると発酵が好気的に進む。

「米飯」に「野菜くず」のような廃棄物が同じ割合で搬入された場合は概ね食品廃棄物:副資材の比率は 1:1 程度で好気的発酵が進みやすい。

その場合、空気の通りやすさの目安となる容積重\*は 0.4 程度であり、食品廃棄物の内容が変更になった場合には一度容積重を測定してみることが重要である。

(\*容積重・・・重量(kg)を容積(l)で割った値である。容積重が小さいと堆肥化資材の隙間が大きいと見なされる場合が多いので通気性の目安として用いられる。ただし、比重の重いゼオライトなどを利用する場合には容積重は適応されない。)

## ②「肉類」主体の場合の発酵の進み方

- 「肉類」のみの場合、食品廃棄物:副資材(「木片チップ」)1:4 程度必要であるが野菜残渣が同じ容量加わった場合、概ね 1:2 で発酵が進む -

「肉類」は「米飯」と比較して品温が落ち着くまでにかなり時間を要し、発酵が終了するまでに「米飯」の 2 倍の日数を要している。「米飯」系列が約 1 ケ月で発酵が終了したのに対し、「肉類」系列の試験区ではその倍の 2 ケ月を要している。

「肉類」のみの場合には食品廃棄物:副資材(「木片チップ」)の配合が 1:4 以内で発酵が進むが、「野菜くず」が加わった場合には食品廃棄物:副資材(「木片チップ」)の配合が 1:2 以内で発酵が問題なく進む。副資材として「落ち葉」を加えた場合と「木片チップ」のみの試験区とでは発酵の進み方に大きな差異は見られなかった(図 10)。

肉類主体の場合、好気的発酵が進む目安の容積重は0.4程度である。

なお、肉類主体の各試験区の堆肥は塩類濃度(EC)が1.0mS/cm程度と高くなる。塩類濃度(EC)が高いと発芽率に影響が出てくるので、実際の堆肥化場面では肉類以外の食品廃棄物と混ぜて堆肥化することが望ましい。

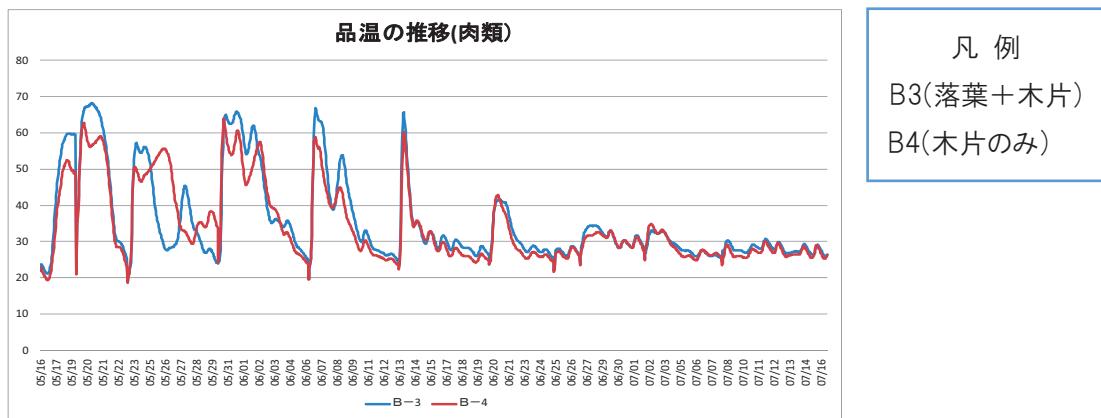


図10 堆肥化物の品温の推移(肉類)

### ③一般の業務系食品廃棄物に牛ふんを加えた場合

- 牛ふんを加えると食品廃棄物のみより塩類濃度(EC)が低く使いやすい堆肥が生産できる- 食品廃棄物に「牛ふん」を加えた区と食品廃棄物のみの区とは発芽率には差は見られなかったが、「おから」を加えた区や食品廃棄物のみの区と比較して堆肥化物の塩類濃度(EC)が低かった。この点では発芽率の点でより使いやすい堆肥になっていると言える。

## 3)食品リサイクル堆肥化施設における食品廃棄物と副資材利用の現状と今後の対応

これまでの実証試験からは、食品廃棄物と副資材や戻し堆肥の適切な配合割合は、1:1程度が望ましく、肉類等蛋白質含有率や脂肪の割合が高い原料が多い場合には、より好気的条件にするため副資材の割合を高めることが必要である。

こうしたことを検証するとともに実態を把握するため、実際の食品リサイクル堆肥化施設で食品廃棄物と副資材の配合状況等を調査した。

### ア、食品リサイクル堆肥化施設における食品廃棄物と副資材の利用の現状

FR認証申請の堆肥化施設と全国食品リサイクル登録再生利用事業者事務連絡会で協力いただいた堆肥化施設合わせて調査し、その中から具体的数字の明らかな施設28ヶ所についてとりまとめた。

#### ①受け入れている食品廃棄物の種類と特徴

食品廃棄物の種類としては、①色々な種類の食品廃棄物が混合したものを原料としている

る堆肥化施設が最も多く、そのほか、②コーヒー粕、おから等事業系のものを中心に扱っている堆肥化施設もいくつかあった。食品廃棄物の内容としては、「野菜くず、果物、残飯、麺類、惣菜残渣、肉、魚屑など給食施設、食品加工工場、スーパーなどの食品廃棄物」が最も多い。

事業系のものを中心に扱っている堆肥化施設の食品廃棄物としては、「おから、コーヒー粕、茶殻とともに食品汚泥」が多い。

(写真)色々な食品廃棄物を原料としている施設 (写真)食品汚泥を原料としている施設



## ②副資材の種類

### (おが粉等)

堆肥化物の好気的発酵を促すために用いられる副資材としては、おが粉、おが屑、木材チップ(パーク)、剪定枝チップ、刈草、もみ殻が多く用いられている。使用例は少ないがその他として、落ち葉、きのこ廃菌床、竹粉碎物、木片の炭化物も用いられている。

(写真) もみ殻



(写真) おが屑



(写真) 刈草



(写真) 落ち葉



### (家畜ふん)

食品リサイクル堆肥の配合材料として家畜ふんが利用されるケースが多い。調査を行った堆肥化施設において配合資材として家畜ふんを加えている堆肥化施設が 28 施設中 7 施設あった。家畜ふんとしては、主に牛ふんが多く用いられており、鶏ふん、豚ふんを用いているところも見られた。

### (戻し堆肥)

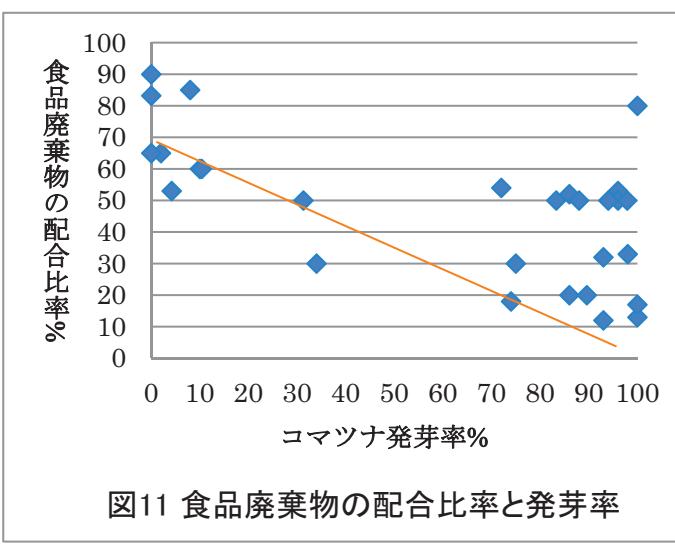
おが粉等副資材の入手の問題や経費の問題から、できた堆肥を再度堆肥化の水分調整や発酵促進資材として利用している堆肥化施設も見られる。戻し堆肥を利用している施設は 28 施設中 15 施設見られた。

戻し堆肥の堆肥化資材の中の配合割合はまちまちで 5%～60%まであった。

#### イ、食品廃棄物の配合比率が 50%程度までの堆肥はコマツナの発芽率が良好

FR 認証申請の堆肥化施設と全国食品リサイクル登録再生利用事業者事務連絡会の構成メンバーの堆肥化施設について食品廃棄物と副資材との配合割合と発芽率の関係を調査した。

その結果、食品廃棄物と副資材(戻し堆肥は副資材扱い)の配合比率は 50%程度までの堆肥化施設ではコマツナの発芽率が良好で、食品廃棄物の配合比率が 50%を超えると発芽率が低下する傾向が見られた。これまでの実証試験結果の結論である「食品廃棄物と副資材(含む戻し堆肥)の適切な配合割合は、1:1 程度が望ましく、肉類等蛋白質含有率や脂肪の割合が高い原料が多い場合には、より好気的条件にするため副資材の割合を高める」ことが裏付けられる結果となっている（図 11）。



食品廃棄物の配合比率が12～50%の堆肥化施設では、製品のコマツナ発芽率テストの結果80%以上の発芽率(FR認証合格)の施設が69%であったのに対し、51%～90%の堆肥化施設では80%以上の発芽率(FR認証合格)の施設が25%と大幅に低下していた。51%～90%の食品廃棄物の配合比率では好気性発酵が難しくなっていると考えられる(表4)。

今後、こうした調査結果を参考に堆肥化物の調製を行っていくことが重要である。

表4 発芽率80%以上の堆肥化施設と食品廃棄物の配合比率

	食品廃棄物配合の比率		計
	12～50%	51～90%	
発芽率80%以上の堆肥化施設	69% (11か所/16か所)	25% (3か所/12か所)	50% (14か所/28か所)

### (3)好気的発酵についての運転管理

堆肥化施設において好気的発酵による堆肥生産をしていくためには、これまで述べてきたように二つの重要な要件がある。

- ①堆肥化物の適切な調製・・・堆肥化に用いる材料の通気性、水分条件を整えるための副資材や戻し堆肥の配合割合と材料を均一に混合する。
- ②堆肥化施設の適切な運転管理・・・堆肥化原料を発酵期間中、切返しや通気などの操作により好気的状況に保って運転管理する。

これら二つの要素が相まって、堆肥化原料の好気的発酵が行われ、有機物の分解により原料の温度が上がり、かつ高温が維持され安全で衛生的な堆肥が生産される。

堆肥化原料の調製後の運転管理ではいかに好気的発酵を保持していくかと、発酵を止めないよう堆肥化物の水分管理や温度管理をしていくことが重要となる。

#### 1)堆肥化装置と発酵管理

堆肥化の発酵プロセスは易分解有機物が分解され、品温が高く維持される一次発酵と難分解有機物が徐々に分解される二次発酵とがある。

一次発酵では堆肥化物を攪拌し空気を送り込んで易分解有機物が速やかに分解するようしていく必要がある。その方式として大きく①ロータリー等により機械攪拌する方式と、②堆肥化物を堆積しショベルローダー等で攪拌発酵する方式とがある。

また、それの中でも図12のようにいくつかの方式がある。

なお、二次発酵については堆積発酵を行っているところが多い。

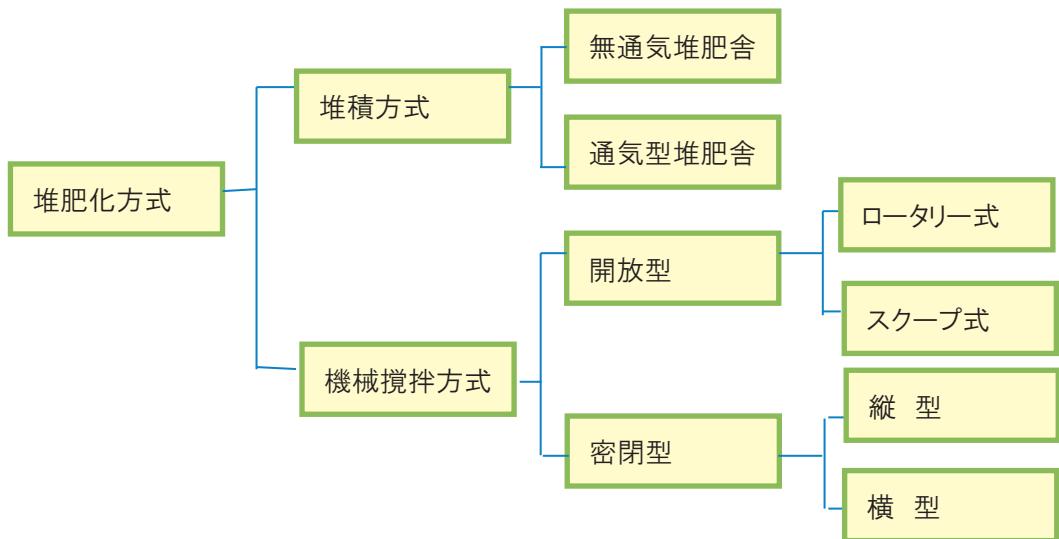


図 12 主な堆肥化方法の分類

(写真) ロータリー攪拌で一次発酵を実施



(写真) 二次発酵施設



一般に、機械攪拌方式は堆積方式と比較して設備投資や運転管理の電気代などコストが嵩むが、通気むらが発生しにくく発酵が早く進むなどの特徴がある。

一方、堆積方式は設備投資等のコストが安いが、通気ムラなどが発生しやすく、発酵の進み方が遅いという特徴がある。

通気ムラがあると、好気性発酵と嫌気性発酵が同時に進むので均一に有機物が分解されず、堆肥の品質にばらつきができる。

堆肥化物の温度が高温になると分解速度も低下するとともに、水分蒸発が抑制されるので、特に堆積方式では概ね 70℃を超えた時点を目安に適切な切り返しの実施や水分管理を行うことがより重要となる。

そのためには、堆肥化物の温度を測定して管理していくことが重要である。

## 2)発芽率の良い堆肥を製造するための運転管理上の留意点

### ①通気性を確保するとともに通気にムラの出ない管理を行う。

堆肥化施設がロータリー、スクープ方式等機械で攪拌できるタイプでは通気性が保たれやすいが、堆積タイプの堆肥化施設では十分な攪拌(特にスタート時点)がなされていないと好気性発酵がしにくい。特に堆積発酵ではスタート時点に堆肥化材料を均一に混ぜ合わせるとともに、品温の上昇を見ながら適時に攪拌していくことが重要である。

堆肥化施設の床面に通気管を配置する施設では特定の場所だけに空気が通るような通気路ができることがあるので注意が必要である。

### ②発酵日数が十分に確保されている。

発酵日数が短いと、発生している有機酸の分解が進んでおらず、pHが低く発芽率が悪い。また、堆肥化物を短期間に乾燥させたものについては、水分を加えると再発酵し発芽率が悪い。FR認証ではこうした要因で発芽率が悪く不合格となった例がある。

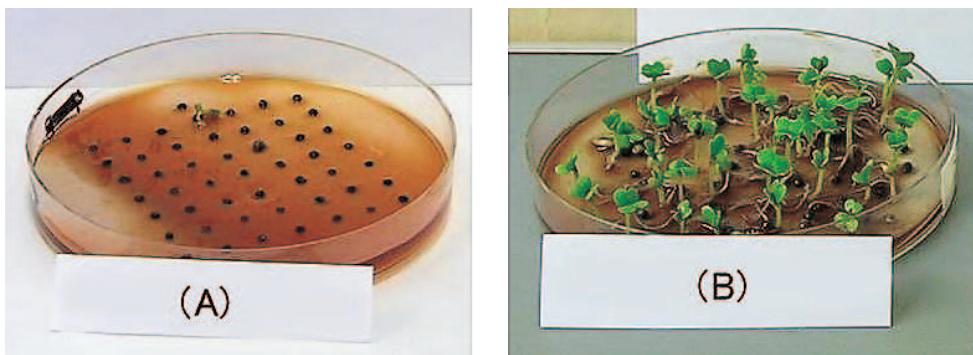
N堆肥化施設では、当初発酵開始1.5ヶ月の堆肥でFR申請を行い、コマツナ種子の発芽率が2%と悪かった。その後3ヶ月熟成したものでは発芽率が94%となり合格した。(表5、写真)

表5 発酵日数が短くてFR認証不合格となったN堆肥の例

発酵方式	発酵日数	発芽率
攪拌タイプの堆肥化 施設	1.5ヶ月(A)	2%
	その後3ヶ月熟成(B)	94%

〈同一堆肥化施設における発酵日数の相違によるコマツナの発芽率〉

(写真)

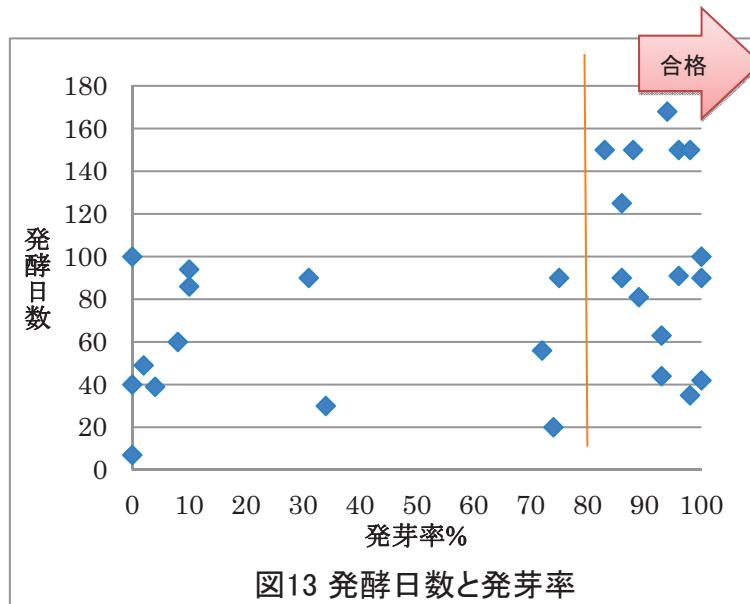


(左が発酵日数1.5ヶ月の堆肥(A)、右がその後3ヶ月攪拌熟成した堆肥(B))

FR認証申請の堆肥化施設と全国食品リサイクル登録再生利用事業者事務連絡会の構成メンバーの堆肥化施設について堆肥発酵日数と発芽率との関係を調査した。

全般的に発酵日数の短い施設に発芽率が悪いものが多く、発酵日数が120日(3ヶ月)以上

の施設は全て発芽率が80%以上であった。また、1ヶ月未満の発酵日数のものは全て発芽率が80%未満であった(図13)。



発酵終了時点の判断は、一般的には品温が気温と重なってから1週間経過した時点とすれば良い。

### ③堆肥化プロセスでの品温の測定と水分管理を適切に行う。

堆肥化物の温度が70°Cを超えると微生物活性が低下するとともに、水分が蒸発し、発酵がストップする。見た目にはさらさらした性状のものとなって堆肥として出来上がったよう見える。しかし、水分を加えると再発酵する。

こうした例はよく見受けられるので、高温になり過ぎ乾燥し過ぎないよう水分補給を行うとともに、攪拌により空気を送り込み温度を下げることが重要である。

品温の連続的な測定は、発酵終了時点の判定のほかに、製造された堆肥に病原菌が存在しないことを証明するためにも必要である。

FR認証の合格要件として堆肥製造の発酵過程における「発酵温度」が60°C以上連続7日間以上としているのも病原菌が存在しないことを証明するためのものである。

### (4)優良事例に見る高品質食品リサイクル堆肥製造上の留意点

食品リサイクル堆肥の堆肥化施設を現地調査し、その聞き取りの中で他の堆肥化施設の参考となると思われる事がいくつかあった。参考になると考えられることを中心に整理してみた。

## 1)堆肥化材料の収集

### (食品廃棄物)

◆以前は多くの食品廃棄物をいかに収集するかに力を入れており、結果的にレストランなどの油の多い廃棄物の割合が多かった。これらは発酵しにくく発酵過程ですごい悪臭があるので、現在では油分の多い食品廃棄物を集める収集業者の受け入れは中止している。これにより悪臭の発生が改善した。

◆食品廃棄物は水分が多いことから以前はそれを火力乾燥させて水分を下げて堆肥化を行っていた。嫌気性発酵によりかなり悪臭がするので、乾燥するのを止めたら改善した。

### (副資材)

◆堆肥化材料として落ち葉を有償で収集し副資材として利用しているが、空気層を保つことができ発酵促進面でメリットがあると感じている。

◆近年、里山保全の関係で竹の伐採が必要になってきて、その粉碎物を堆肥化の副資材として用いるようになった。これを利用するようになってから1週間ほど発酵が速くなつたように感じる。

◆製材でかんなをかけたときとき発生するかんな屑は薄くて空気層を多く保つことができ、発酵促進に大変役立っている。しかし、最近入手しにくくなつた。なお針葉樹では発酵を阻害する抗菌性物質が含まれる場合があるので、注意が必要である。

## 2)堆肥化材料の調製

◆以前、牛農家の組合が保有していた堆肥化施設を借りて食品リサイクル堆肥を製造している。以前の所有者の堆肥発酵がうまくいかなかつた要因の一つに副資材との混合がいい加減であると感じていた。そのため、ショベルローダーで均一に堆肥化材料を攪拌してロータリー攪拌槽に投入するようにした。これにより発酵が改善した。

◆堆積型施設で堆肥製造を行っており、ショベルローダーで切り返えしなどを行つていて、ショベルローダーの操作で材料を持ち上げ振動させ材料間に空気を入れるようにしていくと温度の上りが速い。特に堆肥化スタート時点での堆肥化物を投入するときショベルローダーの操作により空気を入れるようにする効果は大きいと感じている。

◆堆肥化物として一次発酵の堆肥製造過程のものを戻し堆肥として混合している。

一次発酵の堆肥化物の品温は高いとともに、多くの微生物がいるが、これがスタート時点の堆肥化物の品温を上げ微生物の働きを良くし発酵が進むように感じている。

◆日によって受け入れる堆肥化材料の種類や水分条件が異なる。堆肥化材料の混合後の水分状態を見て、水分が多いようであればもみ殻を加えて調整している。

◆受け入れる堆肥化材料の種類や水分条件は変動するので、それに合わせた副資材の混合

が必要とされる。その割合は感覚で把握する面が大きいので材料調整の作業員をできるだけ固定するようにしている。

### 3)運転管理

- ◆以前の堆肥化施設の持ち主の堆肥の発酵がうまくいかなかつた要因の一つとして発酵槽の床に設置してある通気パイプが詰まっていることがわかつた。  
パイプの詰まりを改善するとともに、目詰まりしにくいよう投入資材の中で粗い素材である殻類を下に敷くようにした。小まめな点検管理が必要である。
- ◆堆肥の回転率を良くするため、完熟堆肥とは別に臭いのない一次発酵物を十分熟成していないことを了解の上、安い価格で地元農家に利用してもらつてゐる。
- ◆堆肥利用者の声をできるだけ聞くようにしている。そこから得た堆肥施用による作物の品質向上等の効果や使い方の情報を利用者に提供してゐる。

## 適切な堆肥化材料の調製まとめ

堆肥化物が嫌気的発酵にならないためには、特に材料の調製が重要であるのでこれまで述べてきた中でポイントとなる点を以下に整理した。

### 1.食品廃棄物と副資材との適切な配合割合

- ◆嫌気的発酵になりにくくするためには、一般的混合食品廃棄物の場合、食品廃棄物の割合が50%以下で、副資材(戻し堆肥含む)の配合割合以下が良い。その場合の堆肥化資材の容積重は0.5以下で0.4程度が望ましい。
- ◆食品リサイクル堆肥認証合格している堆肥化施設や全国食品リサイクル登録再生事業者の堆肥化施設の食品廃棄物と副資材との配合割合と発芽率との関係を見ても、食品廃棄物の割合が50%以下の発芽率が良好である。

### 2.食品廃棄物の内容物に応じた対応

#### (1)原材料の種類

原材料を受け入れる際に食品廃棄物の種類、内容物によって発酵の仕方が変わってくるので、他の食品廃棄物を加えたり、副資材の配合割合を高めることが必要である。

- ◆生の野菜くずが殆どの廃棄物の場合では発酵途中で水分が多く発生し、嫌気的発酵になりやすい。
- ◆肉等脂肪の多い食品廃棄物の場合は発酵の終了が長引く
- ◆食品廃棄物の内容物は日によって変化するので、受け入れる原料の内容物や水分状態を見つつ、適宜副資材の配合を変えていく必要がある。

#### (2)食品廃棄物の処理

発酵促進の目的で食品廃棄物の破碎、乾燥処理を加える場合には以下の点に留意して行う。

- ◆食品廃棄物を捏ねずに破碎することが好気的発酵を促進させる
- ◆果実類は切断処理しないままであると発酵後期まで形が残りやすい。
- ◆油分の多い食品廃棄物を加熱乾燥すると、内部に空気が入りにくく嫌気的発酵となりやすい。

## II

## 食品リサイクル堆肥の付加価値向上

### 1. 食品リサイクル堆肥(肥料)の土壤病原抑制効果

(1) 食品廃棄物を原料とした堆肥、肥料と土壤病原抑制効果

最近、堆肥等の病原抑制力測定法が開発(片倉チッカリン(株)野口) ((参考)資料参照)され、この方法によって各種堆肥(肥料)を測定してみると食品廃棄物を原料としたものは土壤病原抑制力が高い傾向が見られる (表 6)。

表 6 主な堆肥(肥料)化原料別土壤病原抑制力

区分	主原料	土壤病原抑制力
畜ふん関係	鶏糞 A	54.2
	鶏糞 B	46.2
	牛ふん	46.8
	(平均)	49.0
食品廃棄物関係	もみがら、食品排水活性汚泥	79.8
	もみがら、食品排水活性汚泥	70.6
	カニガラ、油かす、なたね油かすぼかし	75.0
	食品廃棄物、微生物資材添加	74.0
	食品廃棄物含む有機肥料(微生物資材添加)	80.4
	(平均)	76.0
その他	バーク	48.9

注：土壤病原抑制力は数字の大きいものの方の土壤病原抑制力が高い

### (2) 食品廃棄物の種類や配合割合等と土壤病原抑制力

どのような食品廃棄物の種類、製造方法等の堆肥(肥料)の土壤病原抑制力が高いかについてはこれまで明らかにされていない。この点を明らかにするため今回、各種調査を行った。

調査の結果、堆肥化物の中に占める食品廃棄物の割合の高い堆肥の土壤病原抑制力が高い傾向が見られた。

堆肥化物の食品廃棄物の割合が 20%程度の堆肥の土壤病原抑制力が 50%程度であるのに対し、食品廃棄物の割合が 50%程度の堆肥の土壤病原抑制力は 80%前後であった (表 7)。

表 7 各種食品リサイクル堆肥化施設の堆肥の土壤病原抑止力

堆肥化施設	食品廃棄物割合(%)	食品廃棄物と副資材の内容、戻し堆肥の利用状況	堆肥製造期間(日)	土壤病原抑止力
K 堆肥化施設	32	食品廃棄物（ホテルの残飯、コンビニ弁当、レストラン食品廃棄物、スーパー残渣 32%）、ペーパーシュレッダ 5%、(戻し堆肥 64%)	44	50.0
H 堆肥化施設	20	食品廃棄物（米飯、野菜くず 20%）、牛ふん 34%、鶏ふん 6%おがくず 20%、もみ殻 5%刈草 5%(戻し堆肥 10%)	125	51.9
U 堆肥化施設	48	食品廃棄物（野菜くず 24 %コーヒー粕、茶殻 24%）牛ふん、馬糞 24% おがくず等 2%、戻し堆肥(一次発酵品) 26%	90	61
M 堆肥化施設	54	食品廃棄物（家庭系生ごみ 27.7%、事業系生ごみ 26.7%）、剪定枝、刈草 11%、(戻し堆肥 35%)	56	65.9
R 堆肥化施設	50	食品廃棄物（野菜、果物 70 %、残飯等 10 %、惣菜 10 %、肉類、魚類 5 %、嗜好品 5 %）、豚糞 16 %、剪定枝くず 15 % (戻し堆肥 20%)	168	80.7
A 堆肥化施設	55	食品廃棄物（野菜くず 50(粉碎、乾燥)、米ぬか 5%)、剪定枝チップ 35%、刈草 5%、竹酢液 5%	150	83.9

### (3) 土壤病原抑止力の異なる堆肥施用によるホウレンソウ萎凋病抑止効果

堆肥の土壤病原抑止力は土壤病原菌(主として糸状菌)の増殖をどの程度抑制できる働きがあるかどうかを評価するためのものであって、土壤病原抑止力がどの程度あれば作物の土壤病害の発生を抑止できるかどうかは不明である。

このため、土壤病原抑止力の異なる堆肥を用いて作物を栽培し、堆肥の土壤病原抑止力がどの程度あれば作物の土壤病害の発生を抑止できるかどうかを調査した。調査対象堆肥の特性は表 8 のとおりである。

表 8 ホウレンソウ萎凋病菌接種試験に用いた堆肥の特性

堆肥の種類	土壌病原抑止力	備 考
資材 1(A 堆肥化施設)	83.9	食品廃棄物 55%(野菜くず 50(粉碎、乾燥)、米ぬか 5%)、剪定枝チップ 35%、刈草 5%、竹酢液 5%、製造期間 150 日
資材 2(食品混合廃棄物 1: おから 0.5:木片チップ 4)	70.8	食品廃棄物 56%、製造期間 90 日、中規模 ( $2.5\text{m}^3$ ) で堆肥製造
資材 3(食品混合廃棄物 1.5: 木片チップ 4)	62.4	食品廃棄物 37%、製造期間 90 日、中規模 ( $2.5\text{m}^3$ ) で堆肥製造
資材 4(H 堆肥化施設)	51.9	食品廃棄物 20%(米飯、野菜くず 20%)、牛ふん 34%、鶏ふん 6%、おが屑 20%、もみ殻 5%、草 5%、製造期間 125 日

対象作物としてはホウレンソウを用い、ホウレンソウの代表的土壌病害であるホウレンソウ萎凋病の病原菌(糸状菌)を接種して病害の発生程度を調査した。

この結果、土壌病原抑止力は 70 を超えないとい、ホウレンソウ萎凋病の発生抑制につながらないという関係が明らかになった(表 9)。

表 9 土壌病原抑止力の異なる堆肥とホウレンソウ萎凋病の発病度等

	病原菌接種					未接種 対照
	資材 1 (A 堆肥化 施設)	資材 2 (食品混合廃棄物 1: お から 0.5:木片チップ 4)	資材 3 (食品混合廃棄物 1.5: 木片チップ 4)	資材 4 (H 堆肥化施 設)	無処理	
土壌病原 抑止力	83.9	70.8	62.4	51.9	-	-
発病株率%	40.0(40)	73.3(73)	100.0(100)	80.0(80)	100.0	-
発病度	13.3(36)	31.7(86)	53.3(145)	41.7(114)	36.7(100)	-
防除価	63.6	13.6	0	0	-	-
生体重g	4.74(111)	3.98(93)	2.47(58)	3.86(91)	4.26(100)	5.57(131)

注 ( ) 内は無処理区を 100 とした場合の指數を示した

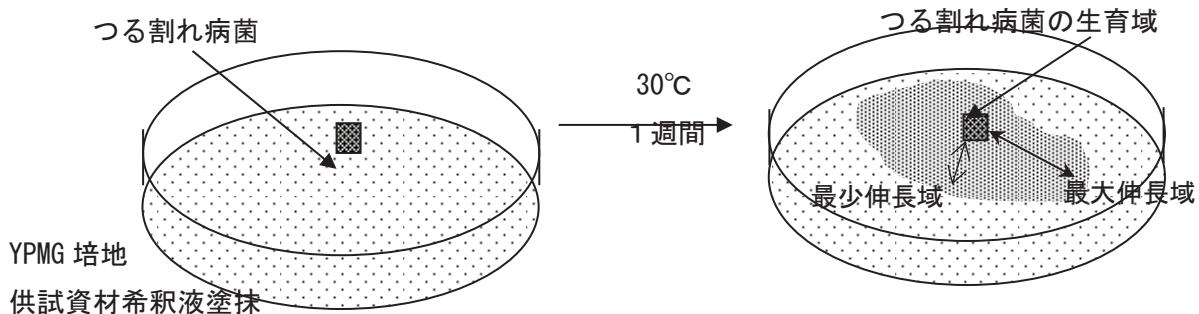
(参考)

### 土壤、堆肥、ばかし肥料、微生物資材などの病原抑止力の測定

土壤、堆肥、ばかし肥料、微生物資材などが持つ土壤病原菌抑止力を土壤、資材中に生存する微生物と病原菌（フザリウム菌）と同時培養することにより、病原菌の菌糸伸長抑制力を測定し評価します。この土壤病原菌抑止力は、資材の種類によって異なり、資材選択の目安となる。

#### 測定方法

フザリウム菌（メロンつる割れ病菌あるいはトマト萎凋病菌）と土壤、堆肥等資材の各希釈液を同時に培地で30°C、一週間培養する。比較対照として滅菌水のみの区を設けます。1週間培養後、供試資材の希釈倍率ごとにフザリウム菌の菌糸伸長域を測定（最大伸長域と最少伸長域）し、数値化する。（下図）



## 2. 食品リサイクル堆肥に含まれる窒素の形態と野菜の収量

### (1) 有機質肥料の窒素形態と野菜の収量

肥料成分の中で窒素は作物の収量に最も大きく影響を及ぼす成分であり、食品リサイクル堆肥(肥料)は三要素の中で窒素比率が高いという特性がある。

作物の種類によって、それぞれの窒素吸収特性があり、その特性にあった窒素供給がなされれば、効率的にその作物の生育、収量が高まる。

有機質肥料の窒素は速効性の成分とともに微生物によって分解されて発現する窒素を含んでおり、それらの割合は有機質肥料の種類によって異なる。

有機質肥料(堆肥)の肥効特性としては、従来から炭素率( $C/N$ 比)が用いられてきており、炭素率( $C/N$ 比)の小さいものほど窒素の肥効が速いとされてきた。

これに加え窒素の肥効特性をより正確に把握するため、「植物体の窒素化合物の分画法」(参考資料参照)を用いたタンパク質様物質の溶解度の相違に基づき 4 画分に分けて調べた。すなわち、有機質肥料の窒素成分を「速効性成分」(A+B 画分)、「緩効性成分」(C 画分)、「遅効性ないし難分解性成分」(D 画分)に分け作物の生育との関係を見てきた。

これまで各種堆肥等を用いて試験してきた結果では、コマツナ、フダンソウ、ホウレンソウ、春ダイコンのような比較的生育期間の短い野菜では収量と有機質肥料の速効性窒素成分(AあるいはA+B 画分)と正の相関がみられた(図 14)。これらの作物は生育期間が1~3ヶ月と短く、この期間に窒素を急速に吸収する。

一方、タマネギ、スイートコーン、ゴボウ、ニンジンなどの可食部収量と窒素画分との関係は判然とせず炭素率( $C/N$ 比)と負の相関関係がみられた(図 15)。これらの作物は生育期間が3ヶ月以上とやや長いあるいは長い。その上、生育初期には窒素の吸収が極めて少ない。

スイートコーンなどでは、植え付けてから1.5~2ヶ月過ぎて、ようやく窒素吸収が起こっている。つまり窒素吸収にタイムラグのある作物である(表 10)。

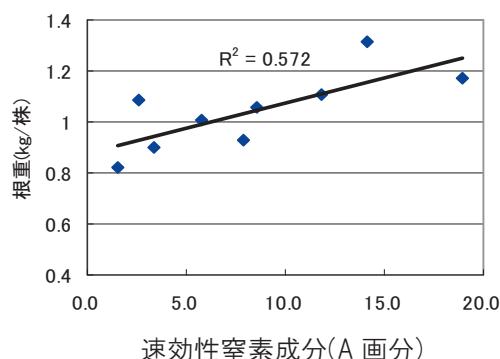


図 14 春ダイコンの収量と速効性窒素成分

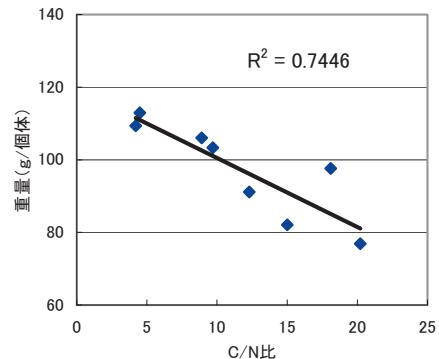


図 15 タマネギ収量と C/N 比

表 10 野菜の生育、収量と最も相関関係のある窒素形態等

	作物の種類	生育期間	収量と最も関連する窒素形態等
葉菜類	コマツナ	約 1~2 ヶ月	速効性窒素(A 画分)
	ホウレンソウ	〃	速効性窒素(A+B 画分)
	白菜	約 3~4 ヶ月	速効性、緩効性(A+B+C 画分)
根茎菜類	タマネギ	約 6 ヶ月	炭素率(C/N 比)
	ダイコン	約 1~2 ヶ月	速効性窒素(A+B 画分)
	ニンジン	約 4~5 ヶ月	炭素率(C/N 比)
	ゴボウ	約 6 ヶ月以上	炭素率(C/N 比)
果菜類	かぼちゃ	約 4~5 ヶ月	緩効性窒素(C 画分)
	スイートコーン	約 3~4 ヶ月	炭素率(C/N 比)

## (2) 各種食品リサイクル堆肥の窒素特性と野菜の収量

有機質肥料の窒素成分、即ち「速効性成分」(A+B 画分)、「緩効性成分」(C 画分)等や炭素率(C/N 比)と野菜類の生育・収量の間に密接な関連があることから、6 種類の認証合格している食品リサイクル堆肥を用いて試験を行った。

### (食品リサイクル堆肥の窒素肥効特性)

試験に用いた 6 種類の食品リサイクル堆肥の窒素肥効特性は表 11 のとおりである。

食品リサイクル堆肥の種類によって速効性成分に大きな相違が見られ、炭素率(C/N 比)が 11.5~13.9 と大きな相違がなくても、速効性窒素成分(A+B 画分)で 27.7~41.0 の相違があった。

この相違は必ずしも食品廃棄物の配合比率と関係していないことから、製造法、食品廃棄物の内容物との関係を今後調べて見る必要がある。

表 11 各種食品リサイクル堆肥の窒素肥効特性

	速効性 (A 画分)	速効性 (A+B 画分)	速効性、緩効性 (A+B+C 画分)	緩効性 (C 画分)	炭素率 (C/N 比)
H 堆肥	8.9	38.0	73.0	35.0	11.5
K 堆肥	11.6	41.0	76.0	35.0	13.6
M 堆肥	7.5	29.1	66.4	37.3	13.9
A 堆肥	5.3	27.7	64.4	36.7	13.1
R 堆肥	19.7	33.1	58.5	25.4	12.6
S 堆肥	21.0	38.1	70.0	31.9	15.7

注: それぞれの窒素画分の値は全窒素に占める%である。

### (食品リサイクル堆肥の窒素肥効特性とコマツナ、ピーマンの収量)

各種食品リサイクル堆肥を用いてコマツナでは春作(栽培期間 42 日)と秋作(栽培期間 51 日)を栽培しそれぞれの食品リサイクル堆肥の窒素肥効特性との関係を試験した。

春作では苦土欠乏の影響もあり、堆肥の窒素肥効特性との相関関係は見られなかつたが、その問題を改善した秋作ではコマツナの収量と窒素の速効性成分(A 画分)との相関関係が見られた(図 16)。

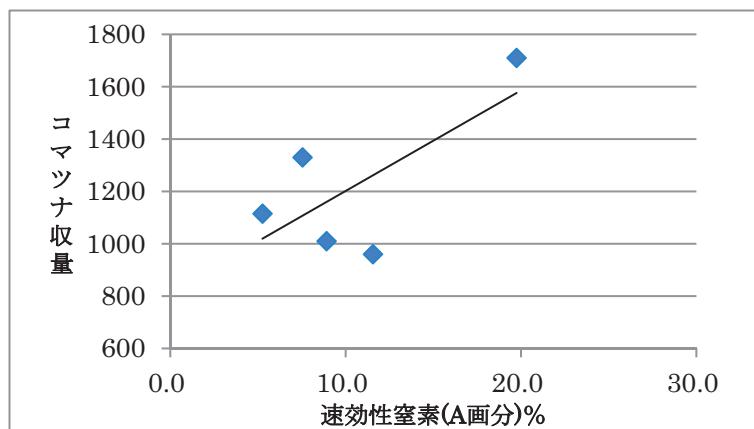


図 16 秋作コマツナの収量と堆肥の窒素 A 画分の関係

また、ピーマン(5月 9 日定植 11月 7 日収穫終了、182 日間)では堆肥の窒素形態との相関は弱く、炭素率(C/N 比)との相関が見られ炭素率(C/N 比)の小さい堆肥の収量が多かった(図 17)。

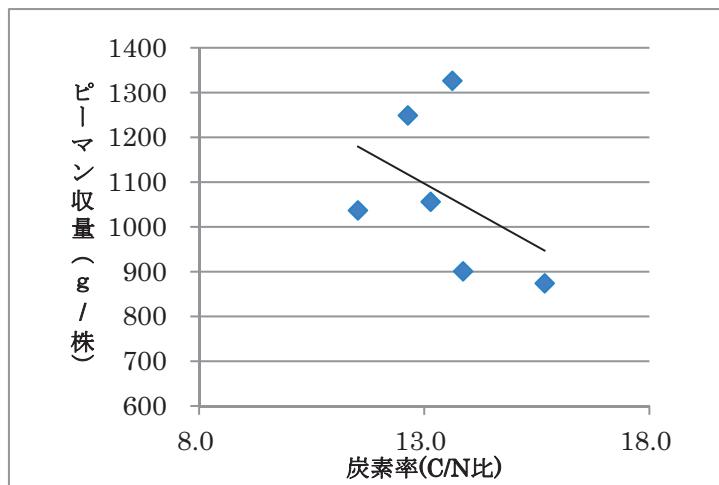


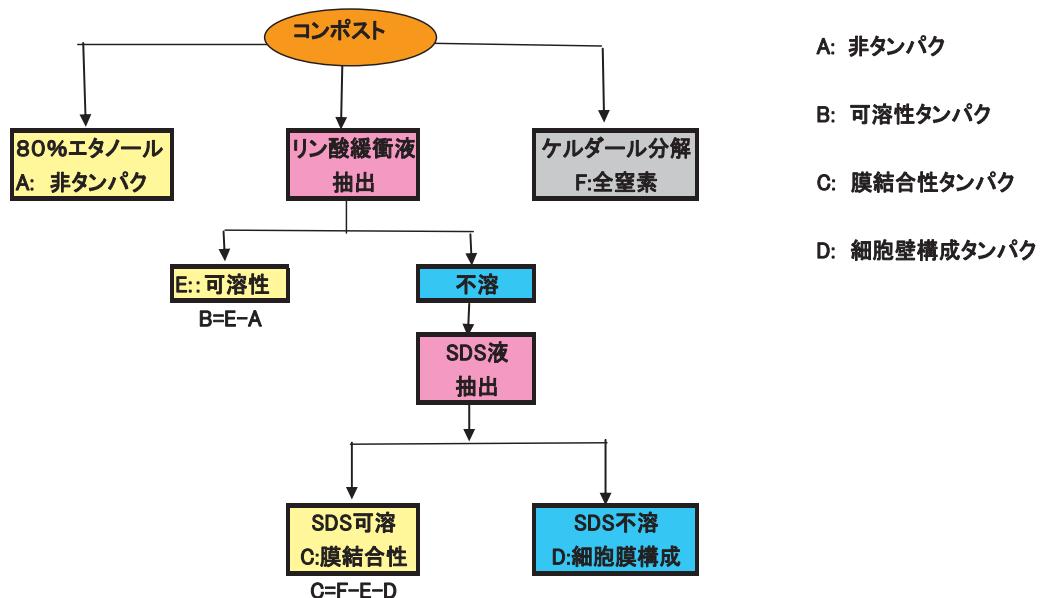
図 17 ピーマンの収量と堆肥の炭素率(C/N 比)との関係

以上の結果から、食品リサイクル堆肥についても、堆肥の窒素形態に相違があり、窒素形態や炭素率(C/N 比)の相違が野菜の収量と密接な関連があることが明らかとなった。

(参考)

「植物体の窒素化合物の分画法」による有機質肥料の窒素形態

一般に有機質肥料に含まれる窒素化合物には、作物に対して速く効くものから遅く効くものまで肥効の速さに違いがある。このような窒素の肥効の違いを推測する一つの方法として、下図に示すような植物体窒素化合物の粗分画法が考えられている。この分画法により、堆肥に含まれる窒素化合物は、植物体の窒素化合物のように「A：非蛋白態窒素」、「B：可溶性蛋白質」、「C：膜結合性蛋白質」、「D：細胞壁構成蛋白質」の4形態に区分され、Aから順に速効性→B：やや速効性→C：緩効性→D：難効性とみなすことができる。



(植物栄養実験法、p. 204~217、博友社に準拠)

## 高品質肥料認証制度構築検討会 委員

区分	氏名	所属、職
委員長	牛久保 明邦	東京情報大学 学長
委 員	松本 聰	一般財団法人 日本土壤協会会長 東大名誉教授
委 員	野口 勝憲	片倉チッカリン株式会社 技術顧問
委 員	小久保 行雄	有限会社 ドンカメ 代表取締役
委 員	山形 敬	栃木県茂木町 有機物リサイクルセンター 美土里館 館長
委 員	伊藤 慎一	山崎製パン株式会社 総務本部 総務部長
委 員	今井 伸治	公益財団法人 日本肥糧検定協会 理事長
委 員	鬼沢 良子	NPO法人 持続可能な社会をつくる元気ネット 事務局長

