

農林水産省補助
高品質肥料認証制度推進事業

食品リサイクル堆肥の品質向上と 付加価値向上 (概要)

平成 28 年 3 月

(一財) 日本土壌協会

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、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きている。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、食品廃棄物の種類が多様で通気性の乏しいものが多いなど良好な発酵がしにくい特性があることがあげられる。

一方、食品リサイクル堆肥は土壤の微生物環境を良くし土壤病害の発生を少なくする効果の高いものが多いなど他の堆肥にない優れた特性があることが明らかとなってきた。

こうしたことから、平成 26 年度には農林水産省の「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条件を明らかにするとともに、土壤病原抑止力など付加価値向上に関する調査を行った。

その結果、品質の良い食品リサイクル堆肥の製造に関しては、特に堆肥化材料の調製が重要で食品廃棄物と通気性、水分調整に用いる副資材の望ましい配合割合があることなどが明らかとなった。また、食品リサイクル堆肥の付加価値向上に関しては、食品廃棄物の配合割合と堆肥の土壤病原抑止力が密接に関係していることや、ほぼ同等の炭素率(C/N比)でも速効性窒素成分を多く含有するものがあり、野菜の生育に違いが出ることが明らかとなった。

平成 27 年度にはこれらの成果を基に、農林水産省の「高品質肥料認証制度推進事業」によって、特に品質向上を図る上で問題となる堆肥化材料の調製や運転管理のあり方の調査を行うとともに、一層、堆肥の土壤病原抑止力など付加価値向上していくための堆肥製造のあり方などについてさらに調査を行い、その成果を取りまとめた。

平成 27 年度の結果の詳細については「高品質肥料認証制度推進事業報告書」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、前年度の成果も含めそのポイントとなる点の概要を整理した。関係される方々が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:前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 28 年 3 月

一般財団法人 日本土壤協会

目 次

1.品質の良い食品リサイクル堆肥製造法	1
(1) 食品リサイクル堆肥品質上の問題点	1
(2) 好気性発酵ににしているための堆肥化条件	1
1)堆肥化材料の調製	2
ア、食品廃棄物と副資材の配合割合	2
イ、食品廃棄物の種類や処理法と発酵の進み方	3
2) 運転管理(発酵期間中の操作)	4
(3) 優良堆肥化施設における発酵管理のポイント	4
1) 良好な発酵管理が行われている堆肥化施設の概要	5
2) 良好な発酵管理がなされている要因	5
ア、堆肥化材料の調製	6
イ、運転管理	11
(4) 食品廃棄物と副資材の配合割合の堆肥化実証試験	12
1) 試験区の内容と実証試験の結果	12
ア、試験区の構成	12
イ、実証試験の結果	14
2 食品リサイクル堆肥の付加価値向上	15
(1) 食品リサイクル堆肥の土壌病原抑止力	15
1) 堆肥の種類と土壌病原抑止力	15
2) 食品廃棄物の配合比率と土壌病原抑止力	16
3) 食品廃棄物の配合比率が高い堆肥の中で土壌病原抑止力に相違 が見られる要因	17
ア、土壌病原抑止力を低下させる要因	17
イ、堆肥製造方法による土壌病原抑止力の向上	18
4) 土壌病原抑止力の高い堆肥とその微生物相の特徴	20
5) 土壌病原抑止力とハウレンソウ萎凋病抑止効果	21
(2) 食品リサイクル堆肥の窒素特性と作物の生育特性	24
1) 堆肥の窒素形態と食品廃棄物	24
2) 食品リサイクル堆肥の窒素形態と食品廃棄物の内容物や製造法	25
3) 各種食品リサイクル堆肥の窒素特性と野菜の栽培試験	26
4) 各種食品リサイクル堆肥の窒素特性と野菜の生育、収量との関係	28
附 高品質肥料認証制度推進事業検討会委員名簿	31

1 品質の良い食品リサイクル堆肥製造法

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。堆肥化を進めていくためには品質の良い堆肥を製造していくことが必要であるが、そのための制度として平成21年に食品リサイクル肥料(堆肥)認証制度(実施主体:(一財)日本土壌協会)が設けられている。

これまで、この認証制度に沿って申請のあった食品リサイクル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。

(1) 食品リサイクル堆肥品質上の問題点

食品リサイクル堆肥認証制度で不合格となった要件で多いのは次のとおりである。

- ①コマツナの発芽率不良(発芽率80%未満)。
- ②発酵温度が60℃以上連続7日以上を満足していない。

このような結果となった堆肥の多くは嫌気性発酵をしている。

(食品リサイクル肥料(堆肥)認証(FR 認証)の要件)

- ①堆肥製造の発酵過程における「発酵温度」が表面から深さ30 cm層の温度が60℃以上連続7日間以上、発酵設備内混合物の温度が65℃以上で48時間以上保持。
- ②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。
- ③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)。
- ④堆肥に異物が混入していないこと。

(2) 好気性発酵にしていくための堆肥化条件

◆発酵には好気性発酵と嫌気性発酵があるが堆肥化の基本は好気性発酵である。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、微生物による分解過程で発熱量が増え水分蒸発するとともに、有害微生物や雑草種子が死滅し、安全で取扱いやすい堆肥が得られる。

◆好気性発酵にしていくためには、堆肥化材料の空気層の確保と適切な水分含有率が重要である。特に食品廃棄物は空気が入りにくく腐敗しやすいものが多いことから特に空気層の確保が重要となる。

◆堆肥化プロセスで通気性を良くし好気性発酵にしていくための重要なポイントは次の点である。この中でも「堆肥化材料の調製」は特に重要で、食品廃棄物と副資材の配合割合などが良好な発酵に大きく影響する。

- ①堆肥化材料の調製
- ②運転管理(発酵期間中の操作)

1)堆肥化材料の調製

ア、食品廃棄物と副資材の配合割合

-食品廃棄物と副資材の配合割合は 1:1(容量比)程度までが発酵が良いケースが多い-

◆堆肥化試験の結果では食品廃棄物と副資材の配合割合は 1:1(容量比)の発酵が良好であった。一般的に容量比で 1:1 の配合割合が良好な発酵を行うための上限と考えられた。

食品廃棄物配合割合の発酵試験結果

- ◆野菜残渣に惣菜残渣が加わった一般的な食品廃棄物を用い、副資材として炭を用い堆積攪拌発酵させた試験結果では容量比で 1:1 の配合の発芽率が良かった。
- ◆実際の食品リサイクル堆肥化施設での食品廃棄物と副資材の配合割合は 1:1(重量比)前後を境に食品廃棄物の割合がこれを超えると急激に発芽率が低下していた。これを超えて食品廃棄物の割合を増加させると発芽率が低下してきた。

表 1 試験区の構成とコマツナ発芽率

試験区	堆肥化物の容積(m ³)		配合比率(容量比)		発芽率(%)
	食品廃棄物	副資材(木炭)	食品廃棄物	副資材(木炭)	
堆肥 A	1.5	1.5	1	1	86
堆肥 B	1.8	1.2	1.5	1	28
堆肥 C	2.0	1.0	2	1	4

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) (濃い青線)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。

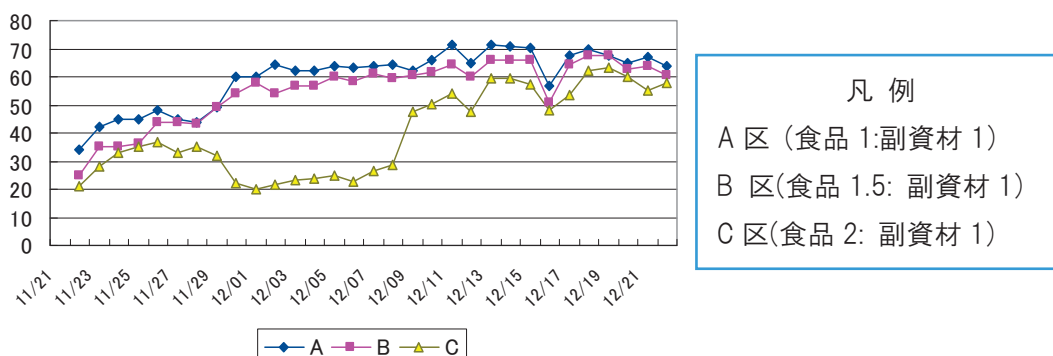


図 1 堆肥化物の品温の推移

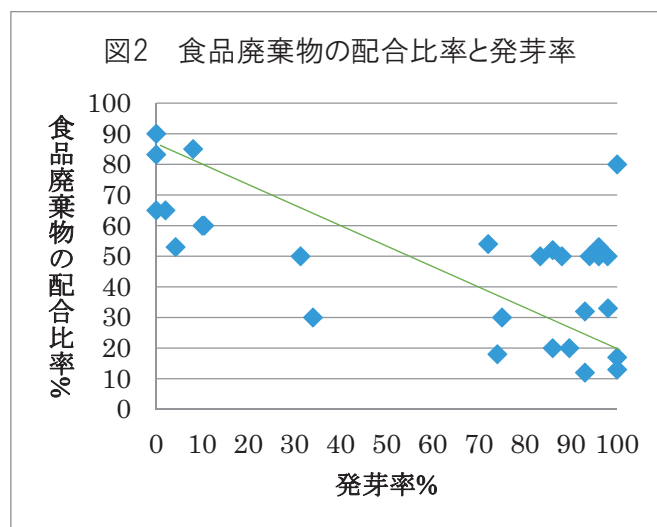
(写真)

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)



実際の食品リサイクル堆肥化施設での調査結果

- ◆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の配合割合とその堆肥化物の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となっていた。(各堆肥化施設の食品廃棄物と副資材(戻し堆肥は副資材扱い)の配合比率は重量比で算出している例が多い)



イ、食品廃棄物の種類や処理法と発酵の進み方

-油分の多い食品廃棄物では熱風乾燥させると好気性発酵がしにくい-

食品廃棄物の種類やその処理によって発酵の進み方が異なってくる。受け入れる食品廃棄物の種類を制限したり副資材の配合割合を変えたりする必要がある。

また、受け入れる食品廃棄物の内容物や処理方法によって発酵が異なる。

主な堆肥化材料と発酵

◆野菜くず

野菜くずは一般に水分の割合が極めて高く、発酵途中で水分が多量に溶出してくるので、野菜くずが殆どの堆肥化物は嫌気性発酵になりやすい。

◆挽肉等

挽肉中心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。

堆肥化材料の処理と発酵

◆食品廃棄物を破砕等処理

食品廃棄物をこねない程度に破砕した場合には発酵が促進する。

◆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。

◆油分のやや多い食品廃棄物を破砕・乾燥した場合

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がしにくい。

2) 運転管理(発酵期間中の操作)

堆肥化施設が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がなされていないと好気性発酵がしにくい。品温の上昇を見つつ、攪拌していくことが必要である。

ア、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。

特に堆積発酵ではスタート時点で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。

イ、発酵日数が十分に確保されている。

発酵日数が短いと、有機酸の分解が進んでおらず、pHが低く発芽率が悪い。

ウ、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。

高温になり過ぎ乾燥し過ぎないように水分補給を行うとともに、攪拌により空気を送り込み堆肥化物の品温を下げるのが重要である。

(3) 優良堆肥化施設における発酵管理のポイント

-食品廃棄物と副資材の配合割合(重量比)が 1:1 の食品リサイクル堆肥化施設で良好な発酵がなされている要因-

食品リサイクル堆肥の製造施設においては収益の面からはできるだけ多くの食品廃棄物を受け入れていくことが重要である。したがって、食品廃棄物の配合割合(主として重量比)が50%でも合格できるようにしていくことが当面の検討課題である。

そのためのポイント等を明らかにするため、食品廃棄物の配合割合(主として重量比)が50%程度の堆肥化施設で主にFR認証合格している堆肥化施設で発酵管理などの特徴とともに、発酵が良好に行われている要因を調査した。

1) 良好な発酵管理が行われている堆肥化施設の概要

食品廃棄物の配合比率が重量比で50%程度の堆肥化施設でコマツナの発芽率や堆肥製造の発酵過程における発酵温度でFR認証基準をクリアできている堆肥化施設を選んで調査した。調査対象とした堆肥化施設は次の4カ所であり、堆肥化方式や原料の内容物はそれぞれ異なるが、全て品質の良い堆肥を製造している。

表2 食品廃棄物の配合割合(重量比)が概ね50%程度で発酵が良好な堆肥化施設

堆肥化施設名	食品廃棄物の配合比率	食品廃棄物:副資材:戻し堆肥	食品廃棄物の主な内容	副資材の主な内容	堆肥化施設の装備	堆肥化日数
D	65% (重量比)、50%(容量比)	65 : 21 : 14 (重量比)	野菜類約8割、惣菜類2割	木くずチップ	堆積方式(通気型)	一次30日 二次30日 計60日
MI	54%(重量比) 35%(容量比)	54 : 11 : 35 (重量比)	家庭生ごみ1、事業所厨房残渣1	剪定枝チップ、刈草	機械攪拌(スクープ)方式	一次14日 二次42日 計56日
S	50%(重量比)	50 : 50 (重量比)	食べ残し残渣等(小中学校等)	剪定枝破碎チップ、刈草	堆積方式	一次40日 二次110日 計150日
U	48% (重量比)	48 : 2 : 26 : 24(牛糞): (重量比)	野菜くず、茶殻、コーヒー粕等	オガクズ	機械攪拌(ロータリー)方式	一次14日 二次60日 計74日

備考:1. 上記全ての施設で製品堆肥抽出液のコマツナ発芽率は全て80%以上である。

2. 堆肥はMI施設では家庭の生ごみの悪臭防止等主体に利用されている以外は農家に利用されている。

2) 良好な発酵管理がなされている要因

上記の堆肥化施設は、原材料を堆肥化施設に投入後1~2日で堆肥化物の温度が急速に60~70℃に上昇し、悪臭の発生が少ないことが発酵の特色として共通している。

これまでの調査で、品質の良い食品リサイクル堆肥を製造するためのポイントとして、

次のような点が重要であることが明らかとなっている。

①堆肥化材料の調製

- ◆食品廃棄物の内容物の種類と調整(細断等)
- ◆副資材の種類と品質(孔隙の多少等)
- ◆戻し堆肥の活用、
- ◆堆肥化材料の攪拌による均質化と水分調整

②運転管理

- ◆攪拌、切り返し方法、
- ◆水分調整

特に、①の堆肥化材料の調製が良好な発酵を行う上で重要である。

ア、堆肥化材料の調製

①食品廃棄物の受け入れ内容物の種類と調整

(食品廃棄物の調整)

- ◆野菜残渣の受け入れが多いところ(主にスーパー等からの排出)と給食残渣、惣菜残渣の多いところ(学校給食等からの排出)とに大きく分けられる。

野菜類の残渣の多いところは野菜の水分が多いことから、そのままの状態では堆肥化を行うと嫌気性発酵になりやすい。

- ◆D 堆肥化施設では野菜類残渣の受け入れ割合が約 8 割と多いことから、圧縮脱水装置にかけ、含水率を 60%程度にまでにしたものを堆肥化材料としている。こうした処理が、食品廃棄物と副資材の配合比(容量比)1:1 で良質な堆肥製造ができている要因になっていると考えられる。

(写真) 野菜くずの脱水装置と脱水後の状況



脱水機

前処理機(破袋機)



野菜くずを脱水した後
 ※容量ベースで 85%の水分を除去
 ※重量ベースで 60%の水分を除去

注:D 堆肥化施設写真提供

②副資材の種類と品質

- ◆副資材は、細か過ぎても粗過ぎても堆肥化材料の空隙が確保されず好気性発酵が順調に行われない。こうしたことから、適切な副資材の確保は大変重要である。
- ◆4 カ所の堆肥化施設は、剪定枝チップ、刈草、オガクズを用いており、適度な空隙が保てる良質なものをを用いている。

(写真) M1 堆肥化施設で用いている副資材



(家庭などから排出される剪定枝チップ、刈草(左写真))

U 堆肥化施設で用いている副資材(オガクズ)



(写真) S 堆肥化施設で用いられている副資材



(家庭などから排出される剪定枝チップ、刈草(左)を細断して利用(右))

この他、栃木県茂木町の堆肥センターでは中山間地のメリットを活かし、間伐材や竹の粉碎物、落ち葉が安定的に入手しやすいことから、これらを用い良質の堆肥を製造している。

③ 戻し堆肥の活用

- ◆ 戻し堆肥は、その効用として①水分調整と孔隙の確保、②発酵促進微生物の供給、③初期発酵温度の確保などがある。また、おが屑等品質の良い副資材の入手には購入費が高むので、戻し堆肥を利用することにより経費の節減が図れる。

(水分調整と孔隙の確保、初期発酵温度の確保)

- ◆ 戻し堆肥として一次発酵品は一般に含水率が 50%程度のもので多く、水分調整に利用できるとともに、堆肥化材料の空隙の確保にも利用できる。
- ◆ 初期発酵温度の確保は、微生物の働きを活発にするために重要で、戻し堆肥を利用している D、MI、U の各堆肥化施設とも、温度の高い一次発酵品が用いている。U 堆肥化施設では約 60℃の一次発酵品を戻し堆肥として用いることによって、堆肥化物の温度を上昇させ微生物の働きを良くしている。

(写真) U 堆肥化施設の戻し堆肥用一次発酵品と堆肥化物の温度(右)



(戻し堆肥に用いられる一次発酵品の温度は 62℃を示している)

(発酵促進微生物の供給)

- ◆ 戻し堆肥に含まれる微生物は、一般に外部から導入した微生物より発酵促進する働きが強いと言われている。それは、堆肥化する材料、温度等の環境条件に適合した微生物が残ってくることによるとされている。
- ◆ 堆肥化の過程では初期には糸状菌が主に活動するが、糸状菌は温度が 50～60℃になると生息しにくくなり、その後高温性で好気性の放線菌や細菌が増加してくると言われている。良好な発酵をしている堆肥化施設は堆肥化開始後すぐに 60℃以上になるところが多

い。戻し堆肥にそうした高温条件でも活動できる土着の放線菌や細菌が多く存在していれば、堆肥の品温が上昇した際の微生物の主役の交代がスムーズにいき、分解の促進に有効と考えられる。

- ◆一次発酵品を戻し堆肥として利用している MI 堆肥化施設と U 堆肥化施設で、一次発酵品と二次発酵品に含まれる微生物の種類を調査した。

MI 堆肥化施設、U 堆肥化施設とも、二次発酵品(製品)と比較して一次発酵品に多く含まれる微生物の種類としては放線菌が多い。

表 3 MI 堆肥化施設一次発酵品(戻し堆肥原料)と二次発酵品の微生物の種類

検体名	糸状菌 ×10 ³	色耐菌 ×10 ³	放線菌 ×10 ⁴	細菌 ×10 ⁶	嫌気性菌 ×10 ⁶
一次発酵品	1	1	20	152	31
二次発酵品(製品)	6	<1	<1	73	16

注)糸状菌～嫌気性菌の値は (cfu/g 堆肥)

表 4 U 堆肥化施設一次発酵品(戻し堆肥原料)と二次発酵品の微生物の種類

検体名	糸状菌 ×10 ³	色耐菌 ×10 ³	放線菌 ×10 ⁴	細菌 ×10 ⁶	嫌気性菌 ×10 ⁴
一次発酵品	<1	57	340	>1,000	46
二次発酵品(製品)	640	10	10	>1,000	470

注)糸状菌～嫌気性菌の値は (cfu/g 堆肥)

(その他水分調整、悪臭防止)

- ◆MI 堆肥化施設では K 市とタイアップして一般家庭や公共施設の生ごみを収集し、堆肥化している。家庭の生ごみは水分が多く、悪臭が発生しやすいことから、その対策のためと堆肥化した場合に発酵が促進するよう協力家庭に堆肥を配布している。これにより、MI 堆肥化施設での悪臭の発生が少なく、堆肥の発酵も良くなっている。
- ◆MI 堆肥化施設と K 市とのタイアップによる家庭で生ごみに堆肥を混ぜたものを収集するシステムは次のとおりである。

図 3 ご家庭の生ゴミが堆肥として出来上がるまでの流れ



注)MI 堆肥化施設のパンフレットより

(写真) 生ごみと堆肥混合物の入った専用容器を回収し堆肥化施設に投入



④堆肥化材料の攪拌による均質化

◆堆肥化材料は、発酵促進のために攪拌して食品廃棄物と副資材、戻し堆肥が均質に混合され、適度の水分と空隙がある状態にしていくことが重要である。

上記 4 堆肥化施設は堆積型発酵方式と機械発酵方式と方式は異なるが、いずれも堆肥化材料を攪拌し均質化を図るとともに、含水率を 60%程度に調整している。

◆機械攪拌方式(ロータリー方式)の U 堆肥化施設でもロータリーで攪拌する前に十分シャベルローダーで堆肥化材料を攪拌してから投入している。

◆堆肥化材料を攪拌していて水分が多すぎると見られるときは、副資材を加えて水分調整を行っている。U 堆肥化施設では、含水率が 65%以上になると悪臭が発生するようになると言っている。

(写真) MI 堆肥化施設(スクープ方式)における堆肥化原料攪拌投入後の状況



(投入された堆肥化材料は均質になっている。バックホーで攪拌した爪の後が床に残っている。
手前の生ごみは攪拌前のもの)

イ、運転管理

(繰り返し、攪拌の方法)

- ◆堆肥化のプロセスでは、堆肥化材料を機械(ロータリー、スクープ等)で攪拌したり、シャベルローダー等で攪拌するなどにより堆肥化物に適度に空気を送り込み、好気性発酵が進むようにしていく必要がある。特に易分解性有機物の分解を行う過程である一次発酵プロセスで重要である。
- ◆一次発酵プロセスにおける攪拌、繰り返しや通気配管等による空気の送り込みは、堆肥化物の温度に影響してきて攪拌頻度を高め過ぎると堆肥化物の品温が低下し発酵が進みにくくなる。
- ◆堆肥化物の空隙や水分を調整して堆肥化施設に投入した直後は主に糸状菌による易分解性有機物の分解が主となる。糸状菌は酸素を多く必要とし、中温域が生息の適温であることからその働きを活発にするためには、堆肥化直後は攪拌の頻度を多くすることが必要である。その後、60℃以上の高温になると糸状菌が生息しにくくなり高温性の放線菌や細菌が増加してくるので、堆肥化物の蓄熱により高温状態を保つと分解が早まるとされている。
- ◆繰り返しもその頻度を高めると堆肥化物の品温が低下するので、蓄熱が維持できるように適度の間隔で行っていくことが必要とされる。
- ◆U 堆肥化施設の一次発酵はロータリーにより攪拌しているが、2 レーンある中で堆肥化物を投入するレーンでは堆積高さを低めにし、ロータリー攪拌回数を多くして2日程度発酵させている。隣接のレーンでは堆積物の高さを高め(70~80 cm)にし、ロータリーの攪拌回数を少なめ(8 回往復/日)にして蓄熱により堆肥化物の温度を上げて(約 70℃)発酵させている。

(写真) U 堆肥化施設の最初の堆肥化物投入レーン(左)、その後の発酵レーン(右)



(左と右のレーンでは最初に投入する左のレーンがロータリーの往復回数が少なく堆積の高さも低い)

◆堆積型発酵方式においては堆肥化物の品温の高まりなど発酵状態を見ながら切り返しを行うので、特に機械攪拌方式より注意して発酵管理に当たる必要がある。

堆積型発酵方式においては、堆肥化物の品温が 60℃以上に上昇し品温が横ばい状態になったところで切り返しを行っているところが多い。堆積型発酵方式の A 堆肥化施設では、堆肥化物の品温が高くなってからは一週間に 1 回程度切り返しを行っている。また、堆肥化物の堆積の高さは、通気配管の空気の通りやすさや蓄熱効果の関係から 2~3m としている。

◆また、堆肥化物の品温が上昇し水分が不足すると、微生物の活動がストップしてしまうので、堆肥化物の水分補給が重要である。

(4) 食品廃棄物と副資材の配合割合の堆肥化実証試験

- 重量比 1:1 の配合割合 -

食品廃棄物の配合比率が概ね 50%程度(重量比)で FR 認証基準を満たしている堆肥化施設の調査結果から、特に堆肥化材料の調整や運転管理に留意していけば、食品廃棄物と副資材(含む戻し堆肥)の配合比率が容量比 1:2 (重量比約 1:1)でも良質な堆肥が得られることが明らかになった。

このように高い食品廃棄物の配合比率でも品質の良い食品リサイクル堆肥が製造できることを検証するとともに、食品廃棄物の内容物、戻し堆肥の利用方法による発酵の相違を明らかにするため、実際に食品廃棄物の堆肥化を行っている事業所で堆肥化の実証試験を行った。

1) 試験区の内容と実証試験の結果

ア、試験区の構成

①食品廃棄物の内容物の相違

食品廃棄物の内容物の相違については、実際に食品廃棄物を受け入れている施設で野菜類主体の食品廃棄物の区と米飯残渣等が多い食品廃棄物の区を設定した。

②戻し堆肥と副資材の配合比率

戻し堆肥と副資材(粗い木くず)の配合比率(容量比)が 1:2 の区と全て戻し堆肥のみの区を設定した。

表 5 試験区の構成

実証試験区	処理内容	堆肥化材料の配合(容量比)		
		食品廃棄物	副資材	戻し堆肥
A	食品廃棄物(米飯等多い)+戻し堆肥(一次発酵品)	1	-	2
B	食品廃棄物(米飯等多い)+戻し堆肥(一次発酵品)+粗い木くず(副資材)	1	1	1
C	食品廃棄物(野菜主体)+戻し堆肥(一次発酵品)	1	-	2
D	食品廃棄物(野菜主体)+戻し堆肥(一次発酵品)+粗い木くず(副資材)	1	1	1

(写真) 戻し堆肥(左)と副資材(木くず)(右)



(写真) シャベルローダーによる攪拌



(写真) A区とB区の堆肥製造開始時点



(写真) C区とD区の堆肥製造開始時点



(堆肥化実証試験はH27年12月25日にスタートし堆肥化物の品温が攪拌しても上がらなくなった(20℃程度) H28年2月24日に終了した。)

イ、実証試験の結果

- ◆いずれの試験区の堆肥もコマツナの発芽率は食品廃棄物の内容物の相違や戻し堆肥と副資材(粗い木くず)の配合の比率にかかわらず全ての区でFR認証基準を満たしていた。
- ◆食品廃棄物の内容物の相違による発芽率については、米飯等デンプン質の多い廃棄物の区が野菜残渣の廃棄物の区より発芽率が良く発酵がより進みやすかった。
- ◆また、戻し堆肥と副資材(粗い木くず)の配合比率の相違についての発芽率については、食品廃棄物の内容物にかかわらず、全量戻し堆肥の区の発芽率が良く発酵がより進みやすかった。

なお、今回、戻し堆肥については、一次発酵品を篩いにかける手間をかけたので、堆肥化物の品温は低下しており、より品温の高いものを利用すればより発酵が促進したと考えられる。

表 6 試験区別のコマツナ発芽率、pH、EC

実証試験区	構成 (容量比)	コマツナ発芽率 (%)	pH	EC (mS/cm)
A	食品廃棄物(米飯等多い)1+戻し堆肥 2	92	7.1	2.5
B	食品廃棄物(米飯等多い)1+戻し堆肥 1 +粗い木くず 1	90	7.3	3.0
C	食品廃棄物(野菜主体)1+戻し堆肥 2	90	7.0	1.9
D	食品廃棄物(野菜主体)1+戻し堆肥 1+ 粗い木くず 1	83	7.5	1.5

2 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の土壌病原抑止力

1) 堆肥の種類と土壌病原抑止力

◆最近、堆肥等の病原抑止力測定法が開発され、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の土壌病原抑止力が高い傾向が見られた。

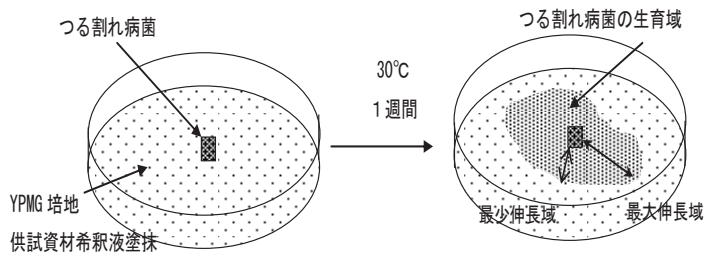
表 7 主な堆肥(肥料)化原料別土壌病原抑止力

区分	主原料	土壌病原抑止力
畜ふん関係	鶏糞 A	54.2
	鶏糞 B	46.2
	牛ふん	46.8
	(平均)	49.0
その他	バーク	48.9
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

注) 土壌病原抑止力は数字の大きい方が高い

(参考) 土壌病原抑止力測定方法

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)と土壌、堆肥等資材の各希釈液を同時に培地で30℃、一週間培養する。比較対照として滅菌水のみをの区を設ける。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。一般に堆肥等資材の中の微生物数が多く、また、微生物の繁殖力が強く、拮抗微生物が多く存在すると土壌病原抑止力は高まる。



2)食品廃棄物の配合比率と土壌病原抑止力

- 全般的には食品廃棄物配合比率が高いと抑止力高いが、当てはまらない例もある-

- ◆食品廃棄物を原料とした堆肥について前年度に原料配合割合の異なるFR認証合格の堆肥について土壌病原抑止力を測定してみると、堆肥化物中に占める食品廃棄物の割合の高い堆肥の土壌病原抑止力が高い傾向が見られた。これを検証する意味で前年度測定した堆肥を含めて土壌病原抑止力を調査した結果、全体的には食品廃棄物配合割合の高い堆肥の土壌病原抑止力が高い傾向が見られた。
- ◆しかし、A 堆肥、R 堆肥は前年度と同等の土壌病原抑止力の値であったが、U 堆肥と M 堆肥のように低下しているものも見られた。その他、食品廃棄物の配合割合の高い堆肥でもさほど病原抑止力が高くないものも見られ、食品廃棄物の配合比率のみで土壌病原抑止力の高低を説明できない例があった。

表 8 食品廃棄物の配合比率(重量比)の異なる堆肥の土壌病原抑止力

堆肥施設名	食品廃棄物の割合	主原料	H27 病原抑止力	H26 病原抑止力
A	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%)	81.9	83.9
R	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%)	80.4	80.7
H	80~90	食品廃棄物(野菜くず)80~90%、くん炭 5% 刈草 5~10%戻し堆肥 5~10%	79.0	-
MI	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%)	21.4	65.9
U	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%	49.4	61
MU	31	食品廃棄物(野菜くず、惣菜類、コーヒー粕、茶粕) 30%、米ぬか 1%、木質チップ 20%、戻し堆肥 50%	69.6	-
M	10	食品廃棄物(家庭生ごみ等)10%、牛糞 65%、副資材(オガ粉、落ち葉、籾殻、竹粉)20%、戻し堆肥 5%	57.5	-
T	5~10	牛糞、馬糞、厩舎敷料 90~95%、食品廃棄物 5~10%	54.3	-

注) 堆肥サンプルとしては発芽率の良いものを用い、特に EC の高いものは除いている。

3)食品廃棄物の配合比率が高い堆肥の中で土壌病原抑止力に相違が見られる要因

- ◆食品リサイクル堆肥の土壌病原抑止力の向上を図るため、製造上どのようなことに留意すれば良いのかを明らかにするため、
 - ①土壌病原抑止力を低下させる要因としてどのようなことがあるのか
 - ②食品廃棄物の配合割合を高める方法以外に堆肥製造法によって土壌病原抑止力を高めることが可能なのかどうか
 に重点を置いて調査した。

ア、土壌病原抑止力を低下させる要因

①食品廃棄物の内容物の処理と土壌病原抑止力

- ◆食品廃棄物の内容物が野菜くず中心で食品廃棄物の配合比率が 55%以上(重量比)の堆肥を選んで、食品廃棄物の内容物処理と土壌病原抑止力との関係を調査した。
- ◆その結果、A 堆肥と H 堆肥はほぼ 80 と高い土壌病原抑止力の値であったが、D 堆肥は 55.2 と低い値であった。この要因としては、D 堆肥は野菜くず等を圧縮脱水しており、微生物の餌となる養分が少なくなったことが考えられた。

表 9 食品廃棄物割合（重量比）が高く野菜くずを中心とした堆肥の土壌病原抑止力

堆肥施設名	食品廃棄物の割合	主原料	病原抑止力	備考
A	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%	81.9	野菜くずは乾燥
D	65%	食品廃棄物(野菜くず約 8 割、惣菜類 2 割)65%(脱水)、木くずチップ 35%	55.2	野菜くずは圧縮脱水
H	80~90%	食品廃棄物(野菜くず) 80~90%、くん炭 5%、刈草 5~10%、戻し堆肥 5~10%	79.0	無処理

②食品リサイクル堆肥の EC 等と土壌病原抑止力

- ◆EC が 13mS/cm程度と極めて高い堆肥 3 サンプルを調査したが、いずれも土壌病原抑止力が 30~40 台と極めて低い値であった。
- ◆これまでの研究で EC が高まってくると土壌微生物がストレスを受けて呼吸活性が低下することが明らかとなっており((独)農研機構近四国農研)、食品廃棄物の配合割合が高い堆肥でも EC が高いと土壌病原抑止力は低下する。

表 10 食品リサイクル堆肥の EC 等と土壌病原抑止力

食品廃棄物の割合	発酵方法	製造日	発芽率 (%)	EC (mS/cm)	病原抑止力
食品廃棄物 90%、 籾殻 10%	機械切り返し方式、250 日(一次)、42 日(二次)、発酵過程で 15 回原材料を加えた。	11 月	0	13.5	31.2
		12 月	0	11.7	46.3
		1 月	0	13.5	49.5
上記に骨粉添加		-	0	13.0	56.7

③堆肥の一次発酵品と二次発酵品の土壌病原抑止力

◆堆肥の一次発酵品と二次発酵品(完熟堆肥)とで土壌病原抑止力の相違を 2 カ所の堆肥化施設で調査したが、いずれも一次発酵品のものの土壌病原抑止力が高かった。

表 11 堆肥の一次発酵品と二次発酵品の土壌病原抑止力

施設名	食品廃棄物割合(重量比)	主原料	土壌病原抑止力	
			一次発酵品	二次発酵品
M1	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(一次発酵品) 35%	64.8	21.7
U	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%	87.4	49.4

◆この他、堆肥製造後の貯蔵期間が長くなると堆肥中の微生物の数は減少してくることが知られており、長期間貯蔵すると土壌病害抑止力は低下してくるものと考えられる。

イ、堆肥製造方法による土壌病原抑止力の向上

①戻し堆肥(一次発酵品)の利用と土壌病原抑止力

- ◆戻し堆肥(一次発酵品)の配合割合によって土壌病原抑止力に相違が見られるのかどうかを、前述の堆肥化実証試験で製造した堆肥等で調査した。
- ◆その結果、米飯等が多い試験区、野菜残渣が多い試験区とも副資材の中の戻し堆肥の割合が 50%のものが全て戻し堆肥の区よりも土壌病原抑止力が高かった。副資材の中の戻し堆肥の割合が 50%程度にするのが、土壌病原抑止力を高めるためには良い。

表 12 副資材として戻し堆肥(一次発酵品)を用いた場合の土壤病原抑止力

試験区	構成(容量比)	土壤病原抑止力	(参考)発芽率	EC(mS/cm)
A	食品廃棄物(米飯等多い)1+ 戻し堆肥 2	41.6	92	2.5
B	食品廃棄物(米飯等多い)1+ 戻し堆肥 1+粗い木くず 1	70.2	90	3.0
C	食品廃棄物(野菜主体)1+戻 し堆肥 2	56.7	90	1.9
D	食品廃棄物(野菜主体)1+戻 し堆肥 1+粗い木くず 1	72.3	83	1.5
E	食品廃棄物 1+粗い木くず 2	43.4	-	-

②食品廃棄物の内容物と土壤病原抑止力

- ◆食品廃棄物の内容物が異なる堆肥の土壤病原抑止力について、同一企業の堆肥化施設で食品廃棄物の配合割合、副資材の種類、発酵方式が同一もので調査した。
- ◆食品廃棄物の内容物が殆ど野菜くずのものと調理残渣や茶粕を含むものとは茶粕や調理残渣が多い原料の土壤病原抑止力が高かった。タンパク質やデンプンなどをより多く含む堆肥化材料の方が少ないものより土壤病原抑止力が高くなると考えられる。

表 13 K 堆肥化施設における食品廃棄物の内容物の相違による土壤病原抑止力

区分	食品廃棄物の割合(容量比)	発酵方式	土壤病原抑止力
堆肥 A (野菜が殆ど)	食品廃棄物(殆ど野菜くず 20%) 木質原料(おが屑、剪定破砕材 80%)	堆積発酵	41.9
堆肥 B (茶粕、調理残渣多い)	食品廃棄物(野菜くず、茶粕、調理残渣 20%) 木質原料(おが屑、剪定破砕材 80%)	堆積発酵	56.7

- ◆また、単一食品廃棄物を原料して製造した堆肥についても調査した。食品廃棄物の種類によって土壤病原抑止力に相違が見られた。
- ◆おからやきのこの廃菌床の土壤病原抑止力は比較的高かった。

表 14 堆肥の主原料の相違と土壤病原抑止力

堆肥名	主原料の割合	主原料	病原抑止力
おから堆肥	90%	おから 90%程度、籾殻、コーヒー粕 10%	65.8
なめこ廃菌床 堆肥	100%	廃菌床(米ぬか、とうもろこし粕などにミネラル類、配合割合は不明)	74.3
えのき廃菌床 堆肥	100%	廃菌床(米ぬか、とうもろこし粕などにミネラル類、配合割合は不明)	64.7
メタン発酵消化液 添加籾殻堆肥	—	籾殻に食品廃棄物を原料して製造したメタン発酵消化液を添加して堆肥製造	40.6

4) 土壤病原抑止力の高い堆肥とその微生物相の特徴

- ◆土壤病原抑止力の高い堆肥について微生物相にどのような特徴があるのかを調査した。対象としたのは前述の MI 堆肥化施設と U 堆肥化施設の一次発酵品と二次発酵品ともに、動物性残渣もやや多く含み土壤病原抑止力も中の上にあった MU 堆肥も調査した。
- ◆その結果、土壤病原抑止力の高い堆肥は特に放線菌や細菌中のバチルス菌が多いという特徴があった。また、比較的動物性残渣を多く原料としている堆肥や食品汚泥肥料は全体として微生物数が多い傾向が見られた。
- ◆土壤病害の多くは糸状菌によって引き起こされるが、放線菌は糸状菌の繁殖を抑制すると言われている。また、バチルス菌については、それに属するものの中から土壤病原菌の拮抗微生物資材が開発されているなど土壤病原菌の発生を抑制する種類のものが比較的多いと言われている。
- ◆このように堆肥の土壤病原抑止力の高低は堆肥中の放線菌の数やバチルス菌の数に関係していると考えられる。

表 15 土壤病原抑止力の高い堆肥とその微生物相

堆肥 施設	発酵段階 等	土壤病原 抑止力	糸状菌 ×10 ³	色耐菌 ×10 ³	放線菌 ×10 ⁴	細菌 ×10 ⁶	バチルス 菌×10 ⁵	嫌気性菌 ×10 ⁶
MI	一次発酵	64.8	1	1	20	152	160	31
	二次発酵	21.7	6	<1	<1	73	62	16
U	一次発酵	87.4	<1	57	340	>1,000	97	46
	二次発酵	49.4	640	10	10	>1,000	20	470
MU	二次発酵	69.6	500	1,500	3,400	896	—	25
H	汚泥肥料	79.3	220	42,500	3,800	>1,000	280	86

注)糸状菌～嫌気性菌の値は (cfu/g 堆肥)

- ◆また、堆肥の一次発酵品が二次発酵品より土壌病原抑止力の高いのは、堆肥の製造過程で一次発酵段階が餌等の関係で放線菌などが増殖しやすいことと関係していると考えられる。

5) 土壌病原抑止力とハウレンソウ萎凋病抑止効果

- ◆土壌病原抑止力の強さと実際の圃場での病原菌接種試験との間にどのような関係があるかを見るため、土壌病原力の異なる堆肥にハウレンソウの代表的土壌病害であるハウレンソウ萎凋病を添加した培土でハウレンソウを栽培し、発病程度を試験した。

ア、前年度の試験結果

- ◆食品リサイクル堆肥の中で土壌病原抑止力の高いもの、中程度のもの、低いものを選び、土壌病原抑止力と発病程度との関係を調査した。
- ◆前年度は土壌病原抑止力とハウレンソウの萎凋病の発病との関係については、土壌病原抑止力が高いと萎凋病の発病抑制効果が高いという関係が見られた。また、土壌病原抑止力が概ね 70 を超えないと、萎凋病の発病抑制効果(防除価)の発現がないという結果が得られた。

表 16 ハ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
資材 1	A 堆肥化施設	83.9
資材 2	食品廃棄物 1: おから 0.5:木片チップ 2.7	70.8
資材 3	食品廃棄物 1: 木片チップ 2.7	62.4
資材 4	H 堆肥化施設	51.9

表 17 土壌病原抑止力の異なる堆肥とハウレンソウ萎凋病の発病度等

	病原菌接種					未接種
	資材 1	資材 2	資材 3	資材 4	無処理	対照
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	-	-

注) () 内は無処理区を 100 とした場合の指数を示した。

イ、本年度の試験結

- ◆本年度は実際の堆肥化施設で製造された食品リサイクル堆肥の中で土壌病原抑止力の高いもの、中程度のもの、低いものを選び、土壌病原抑止力と発病程度との関係を調査した。
- ◆土壌病原抑止力とハウレンソウ萎凋病の発病抑制効果との関係は資材 4 を除いて土壌病原抑止力が高いと発病抑制程度も高まる傾向が見られた。
- ◆前年度は土壌病原抑止力が 70 未満の堆肥の防除価は 0 という結果であったが、本年度は土壌病原抑止力が低ければ、低い防除価となっており防除価が 0 ということはなかった。

表 18 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	堆肥化施設	土壌病原抑止力
資材 1	H 堆肥化施設(製品 A)	79.8
資材 2	H 堆肥化施設(製品 B)	71.8
資材 3	F 堆肥化施設	43.4
資材 4	M 堆肥化施設	57.5

表 19 ホウレンソウ萎凋病発病調査結果

	病原菌接種					未接種
	資材 1	資材 2	資材 3	資材 4	無処理	対照
土壌病原抑止力	79.8	71.8	43.4	57.5	-	-
発病株率%	93(100)	73(78)	73(78)	53(56)	93(100)	53(56)
発病度	33(73)	38(84)	43(95)	18(40)	45(100)	38(84)
防除価	26.6	15.6	4.5	60.0	-	15.5
生体重	17.1(128)	19.5(146)	17.1(128)	25.0(187)	13.3(100)	12.8(96)

注)1. () 内は無処理区を 100 とした場合の指数を示した。

2. 発病度 = Σ (試験区の発病程度) / (調査株数 × 4) × 100

3. 防除価 = (1 - 試験区の発病度 / 無処理区の発病度) × 100

[試験方法]

- ◆作物名：ハウレンソウ（品種：おかめ）
- ◆使用土壌：未耕地土壌(関東ローム土壌へバーミキュライト 20%混合)
N-P₂O₅-K₂O=25-50-25kg/10a になるように硫安、過石、硫加を添加した。
- ◆対象病原菌：ハウレンソウ萎凋病菌 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *spinaciae*)
10⁴cfu/g 土壌オーダーの病土となるように菌液を添加した。
- ◆供試資材：1t/10a になるように施用



対照(菌未接種) 無処理 資材 1



対照(菌未接種) 無処理 資材 2



対照(菌未接種) 無処理 資材 3



対照(菌未接種) 無処理 資材 4

ウ、土壌病原抑止力の強さとホウレンソウ萎凋病抑制効果との関係

- ◆2 カ年の試験の結果、全般的に見て土壌病原抑止力が高いとホウレンソウ萎凋病の発病抑制程度も高まる傾向が見られた。
- ◆本年度の資材 4 が土壌病原抑止力の値に照らして見た場合、かなり高い防除値を示している。資材 4 の防除値が高かったのは、土壌病原抑止力が一般に堆肥等の中の微生物数が多く、また、微生物の繁殖力が強く、拮抗微生物が多く存在すると高まる性格のものなので、色々な要因が関係しているものと考えられる。

(2) 食品リサイクル堆肥の窒素特性と作物の生育特性

窒素は肥料成分の中で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は三要素の中で窒素比率が高いという特性がある。堆肥などの窒素発現の速さは炭素率(C/N比)に左右され、その低い資材では窒素発現が早いとされているが、最近、炭素率(C/N比)がほぼ同程度でも、速効性成分の窒素を多く含むものがあることがわかってきている。その窒素肥効特性によっては葉菜類の栽培に向けた堆肥などのように利用者に堆肥と作物生育との相性が提案できる。このため、食品リサイクル堆肥の窒素特性と作物生育との関係を調査した。

1) 堆肥の窒素形態と食品廃棄物

- ◆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)等や炭素率(C/N比)と野菜類の生育・収量の間に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。
- ◆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。

表 20 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。

2) 食品リサイクル堆肥の窒素形態と食品廃棄物の内容物や製造法

- ◆炭素率(C/N 比)がほぼ同等でも速効性成分に大きな相違が生じるの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調べた。

①調査対象食品リサイクル堆肥の特徴

- ◆堆肥に含まれる窒素形態の調査にその原料の内容物や製造法に特徴のある6種類の食品リサイクル堆肥を用いた。

表 21 供試食品リサイクル堆肥の食品廃棄物の内容物、製造法の特徴

堆肥化施設	食品廃棄物の内容物、製造法の特徴
S 堆肥化施設	家庭などの生ごみを主体としたもので調理残渣などが多い
F 堆肥化施設	野菜くずなどを中心とした食品廃棄物
U 堆肥化施設(一次発酵物)	野菜くずは脱水処理、茶がら、コーヒー粕、牛糞等が原料
U 堆肥化施設(二次発酵物)	同上のものを2ヶ月間堆積発酵
D 堆肥化施設	野菜くずが多く、それを脱水処理して発酵

表 22 各種食品リサイクル堆肥の窒素肥効特性

堆肥化施設		速効性 (A 画分)	速効性 (A+B 画分)	緩効性 (C 画分)	全窒素	炭素率 (C/N 比)
S 堆肥化施設		34.1	41.4	2.5	3.2	11.8
F 堆肥化施設		28.9	44.7	2.7	3.0	13.9
U 堆肥 化施設	一次	63.4	41.4	2.5	3.2	-
	二次	32.0	37.7	7.6	4.1	11.0
D 堆肥化施設		21.5	40.0	1.6	5.1	13.0

注)それぞれの窒素画分の値は全窒素に占める%である。

- ◆上記6種類の食品リサイクル堆肥の炭素率(C/N 比)は11.0~17.0となっているが、炭素率(C/N 比)と速効性成分である(A 画分+B 画分)の含有比率には相関が見られない。

②堆肥化材料の内容物や処理法と窒素の速効性成分

- ◆野菜残渣は脱水処理を行うと、速効性窒素成分の含有率が低下する。
F 堆肥化施設、D 堆肥化施設は食品廃棄物の多くが野菜残渣であるが、D 堆肥化施設より F 堆肥化施設の方が速効性窒素成分(A 画分+B 画分)の含有率が高い。D 堆肥化施設は野菜残渣を脱水処理しているが、F 堆肥化施設は脱水処理を行っておらず、その相違が速効性窒

素成分含有率に影響していると考えられる。

- ◆二次発酵物より一次発酵物の方が速効性窒素成分の含有率が高まる。

U 堆肥化施設で一次発酵物と二次発酵物(どちらも発芽率は合格)で速効性窒素成分 (A 画分+B 画分)含有率の相違を調査した。その結果、一次発酵物の方が速効性窒素成分 (A 画分+B 画分)含有率が高かった。

- ◆堆肥化原料として魚等タンパク質の多い廃棄物が多いと野菜残渣の場合より速効性窒素成分の含有率が高まる。S 堆肥化施設は食品廃棄物の内容物が家庭の生ごみ主体であり、魚等タンパク質の調理残渣などがやや多く含まれるようになる。こうしたことから、野菜残渣主体のF 堆肥化施設より速効性窒素成分 (A 画分+B 画分)含有率が高くなったと考えられる。

3) 各種食品リサイクル堆肥の窒素特性と野菜の栽培試験

各種の食品リサイクル堆肥の窒素形態画分と野菜類の収量・品質との関連について前年度と今年度の2カ年間栽培試験を行った。

栽培試験は千葉県白井市の農家圃場(透水性と通気性がやや良好な中粒質の淡色黒ボク土)で行った。

施肥設計について、堆肥を用いた各試験区では窒素の全量を堆肥から充当し、リン酸とカリの不足量は過石と硫加で補った。リン酸とカリの余剰分については調整を行わなかった。

ア、葉菜類

- ◆窒素特性の異なる食品リサイクル堆肥を用いてコマツナの生育と各種食品リサイクル堆肥の窒素画分の関係进行调查した。秋作について、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。

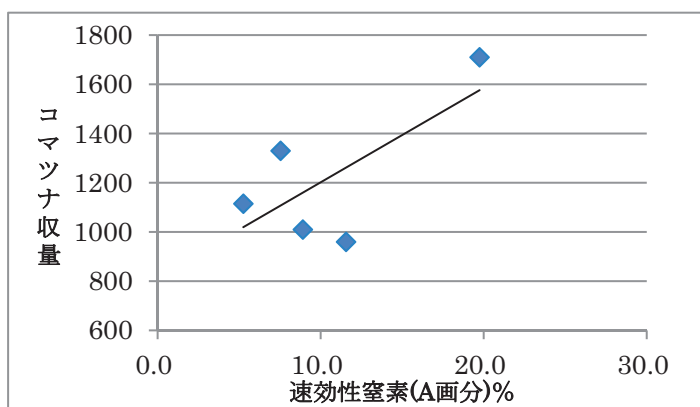


図4 コマツナの収量と速効性窒素画分との関係

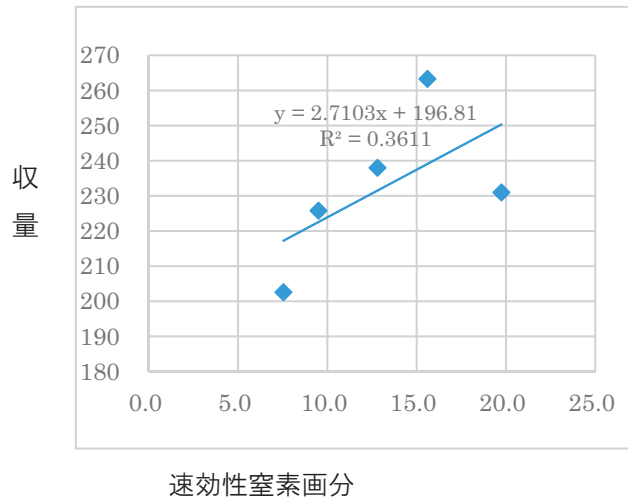


図5 チンゲンサイの収量と速効性窒素画分との関係

イ、根茎菜類

- ◆窒素特性の異なる食品リサイクル堆肥を用いて春ダイコン、タマネギの収量と各種食品リサイクル堆肥の窒素画分との関係を調査した。
- ◆春ダイコンの収量は窒素の速効性成分(A画分)との相関関係が見られた。また、タマネギの収量については炭素率(C/N比)と負の相関が見られた。

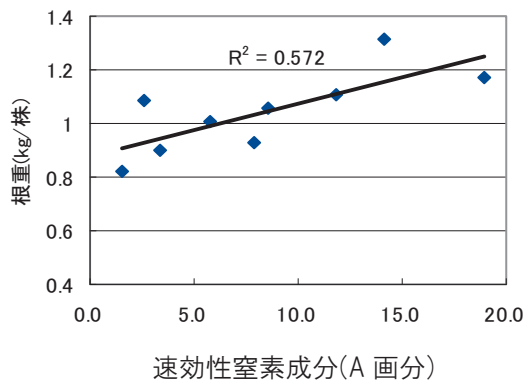


図6 春ダイコンの収量と速効性窒素成分

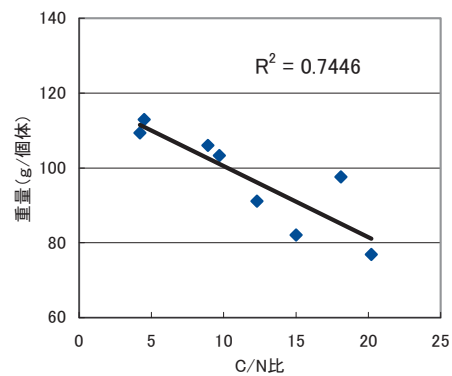


図7 タマネギ収量と炭素率(C/N比)

ウ、果菜類

- ◆窒素特性の異なる食品リサイクル堆肥を用いてピーマンの収量と各種食品リサイクル堆肥の窒素画分との関係及び表 食品リサイクル堆肥を用いてナスの収量との関係を調査した。
- ◆ピーマンの収量とナスの収量は炭素率(C/N比)と負の相関が見られた。

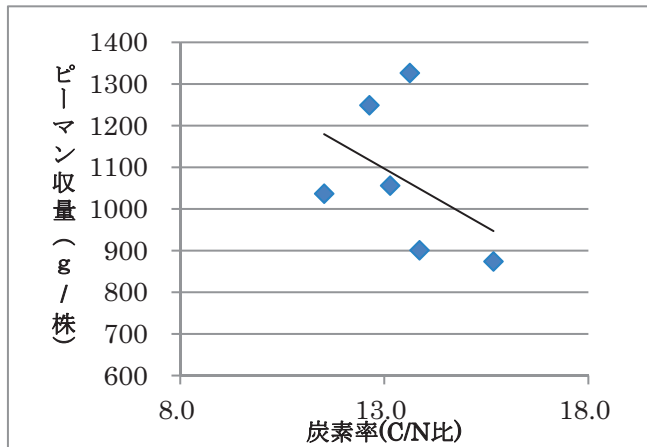


図8 ピーマンの収量と炭素率(C/N比)との関係

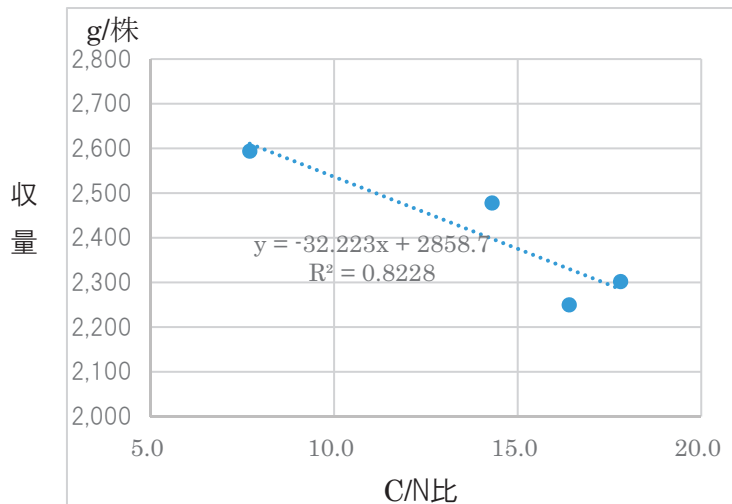


図9 ナスの収量と炭素率(C/N比)との関係

4) 各種食品リサイクル堆肥の窒素特性と野菜の生育、収量との関係

◆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。

◆各種食品リサイクル堆肥等を用いて試験してきた結果では、コマツナ、チンゲンサイ、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堆肥の速効性窒素成分(AあるいはA+B画分)と正の相関がみられた。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大量吸収する。

- ◆タマネギ、ピーマン、ナスなどについては、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。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。
- ◆これまで各種堆肥等を用いて各種野菜と窒素形態との関係を試験してきたが、その結果の概要は次の表のとおりである。

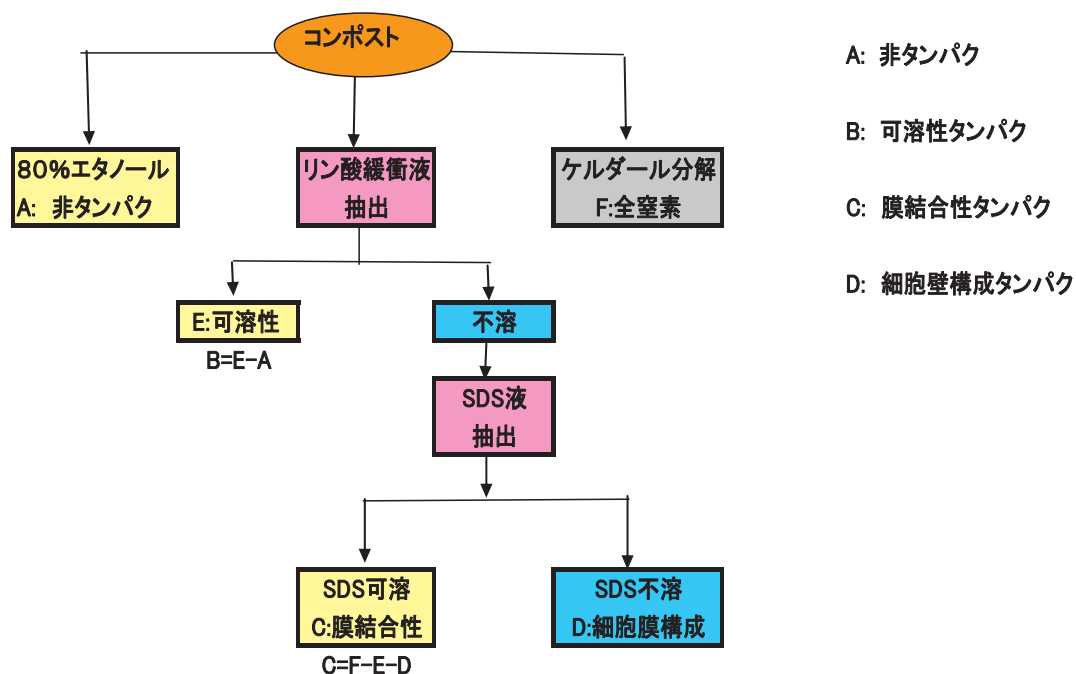
表 23 野菜の生育、収量と最も相関関係のある窒素形態等

	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)
	チンゲンサイ	約 1～2 ヶ月	速効性窒素(A 画分)
	ハウレンソウ	〃	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 5～6 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	ピーマン	約 4～5 ヶ月	炭素率(C/N 比)
	ナス	約 6 ヶ月	炭素率(C/N 比)
	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)

(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、植物体窒素化合物の粗分画法が考えられる。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)

附

高品質肥料認証制度推進事業検討会委員名簿

(敬称略)

委員長	前東京情報大学学長	牛久保 明邦
委員	(一財)日本土壌協会会長 東大名誉教授	松本 聰
委員	片倉コープアグリ (株) 技術顧問	野口 勝憲
委員	(公財)日本肥糧検定協会 理事長	今井 伸治
委員	(有)ドンカメ代表取締役	小久保 行雄
委員	栃木県茂木町有機物リサイクルセンター美土里館館長	山形 敬
委員	山崎製パン株式会社総務本部総務部長	伊藤 慎一
委員	NPO法人持続可能な社会をつくる元気ネット事務局長	鬼沢 良子
委員	(独)農林水産消費安全技術センター仙台センター次長	引地 典雄