

高品質肥料認証制度推進事業報告書
(食品リサイクル堆肥の品質向上と付加価値向上)

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)日本土壌協会)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壌の微生物環境を良くし土壌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、土壌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壌病原抑止力と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、堆肥の土壌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。

事業推進に当たっては、前東京情報大学学長の牛久保明邦氏を委員長とする検討会を設け、調査試験の方針、結果の評価等を協議していただき進めてきた。

本事業は検討会の委員をはじめ、農林水産省の担当の方々、関係団体、企業の方々の多大なご支援、ご協力のもとに進めることができた。こうした皆様方に対し、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 日本土壌協会

目 次

1. 品質の良い食品リサイクル堆肥製造法	1
(1) 昨年度の調査結果のポイント	1
1) 食品リサイクル堆肥品質上の問題点	1
2) 好気性発酵にするための条件	1
(2) 平成 27 年度の調査の重点と調査結果	5
1) 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の調査	5
ア、良好な発酵管理が行われている堆肥化施設の概要	5
イ、良好な発酵管理がなされている要因	6
ウ、食品廃棄物の割合が 50%(重量比)程度で良好な堆肥化を行う ためのポイント	13
2) 食品廃棄物と副資材の配合割合(重量比)が 1:1 での堆肥化実証試験結果	15
ア、実証試験のねらい	15
イ、試験区の構成	15
ウ、実証試験の結果	16
3) 嫌気性発酵になりやすい原料の堆肥化	17
2. 食品リサイクル堆肥の付加価値向上	18
(1) 食品リサイクル堆肥の土壌病原抑止力	18
1) 昨年度の調査結果のポイント	18
2) 本年度の調査の重点と調査結果	21
ア、食品廃棄物の配合割合等と土壌病原抑止力の関係	21
イ、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	22
ウ、土壌病原抑止力の高い堆肥とその微生物相の特徴	26
エ、土壌病原抑止力の高い堆肥を製造する場合の留意点	27
オ、土壌病原抑止力の異なる堆肥によるホウレンソウ萎凋病抑制効果	28
(2) 食品リサイクル堆肥の窒素特性と作物の生育適性	30
1) 昨年度の調査結果のポイント	30
ア、堆肥の窒素形態と食品廃棄物	30
イ、各種食品リサイクル堆肥の窒素特性と野菜の収量	30
2) 本年度の調査の重点と調査結果	31
ア、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	31
イ、各種食品リサイクル堆肥の窒素特性と野菜の収量	32
附 高品質肥料認証制度推進事業検討会委員名簿	39

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。こうしたことから、食品リサイクル堆肥の品質向上を図るための調査を行った。

(1) 昨年度の調査結果のポイント

1) 食品リサイクル堆肥品質上の問題点

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温度が上昇する。発熱により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。

食品リサイクル堆肥認証制度で不合格となった要因としては、コマツナの発芽率不良(発芽率 80%未満)によるものが最も多く、発酵温度が 60℃以上連続 7 日以上を満足してなかったものも多い。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。

したがって、堆肥の発酵が嫌気性発酵にならないようにしていくことが重要である。

(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30cm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) 好気性発酵にするための条件

堆肥化の主役である好気性微生物の増殖を促すためには、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。

- ①堆肥化材料の調製
- ②運転管理(発酵期間中の操作)

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が良好な発酵に大きく影響する。

①堆肥化原料の調製

堆肥化原料の空気層の確保と適切な水分含有率にするために留意すべき点は次のとおりである。

ア、食品廃棄物と副資材の配合割合

イ、食品廃棄物の内容物の種類による副資材の配合調整

ウ、戻し堆肥の利用

エ、副資材の質

オ、食品廃棄物と副資材等混合物の十分な攪拌、混合

ア、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。

◆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。なお、食品廃棄物と副資材の重量比での配合割合は比重の関係で容量比に換算すると 1:1.5~2 程度となり食品廃棄物の配合割合は低下する。

堆肥化試験の結果

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。そ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。

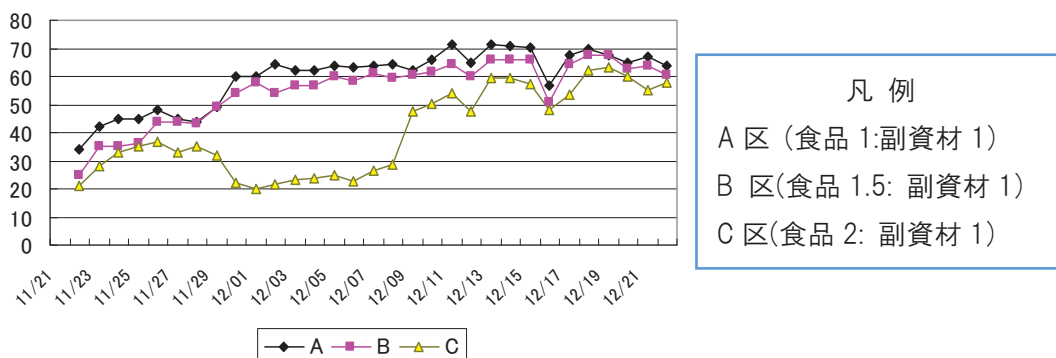


図1 堆肥化物の品温の推移

(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)

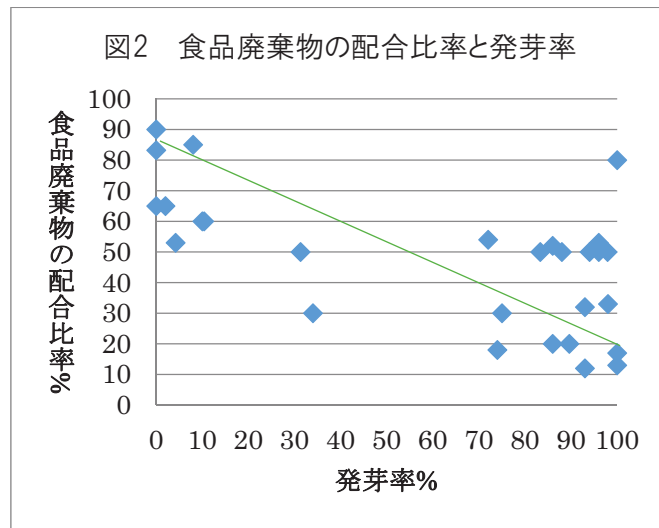


実際の食品リサイクル堆肥化施設の調査結果

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。したがって、一般に配合比率(重量比)が50%以下で発芽率が良好であると言える。

なお、容量比では食品廃棄物の比重を1とし、副資材の比重を0.5~0.6程度とした場合、食品廃棄物の割合30~40%となる。



イ、食品廃棄物の種類や処理法によって発酵の進み方が異なる

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。

(材料処理と発酵)

◆食品廃棄物を破碎等処理

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。

◆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碎・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。

(2) 平成 27 年度の調査の重点と調査結果

食品リサイクル堆肥の製造施設の調査では、現在、食品廃棄物の配合比率(重量比)が概ね 50%程度がコマツナの発芽率での合格分岐点になっている。副資材として炭を用いた堆肥化試験では食品廃棄物の配合比率(容量比)で 50%(重量比に換算すると食品廃棄物の割合が 60~70%)が発芽率合格の分岐点になっているので、理想的な状態ではより食品廃棄物の割合が高くても合格となると言える。

一方、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) 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の調査

ア、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。

イ、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、 ◆水分調製

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。

上記 4 カ所の食品廃棄物の割合の高い堆肥化施設がこれらの点についてどのような対応を行っているのかを調査するとともに、発酵が良好に行われている要因を解析した。

①堆肥化材料の調製

- i.食品廃棄物の受け入れ内容物の種類と調整

(食品廃棄物の内容物)

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。難分解性の脂分の多い食品廃棄物を多く受け入れているところは無い。

D 堆肥化施設では次のものは一度に大量に受け入れないことを基本としている。

油類、貝殻、調味料(醤油、ソース、塩、香辛料など)、飲料

(食品廃棄物の調整)

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ている要因になっていると考えられる。

上記 4 カ所の堆肥化施設以外でも食品廃棄物と副資材の配合比(容量比)1:1 で、良質な堆肥製造を行っているところがあるが、その施設は野菜残渣を乾燥させて水分を飛ばす処理を行っている。

(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

ii. 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ぬ。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



U 堆肥化施設で用いている副資材(オガクズ)



(家庭などから排出される剪定枝チップ、刈草(左写真))

(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、堆肥化施設の中には堆肥製造以前から木くずを製造し畜産農家に販売しているところもあり、こうした企業では良質の副資材が安定的に確保できており、良質の食品リサイクル堆肥が製造できている要因となっている。また、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。

iii. 戻し堆肥の活用

今回、取り上げた堆肥化施設4カ所のうち3カ所が戻し堆肥を活用している。

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。

(水分調整と孔隙の確保、初期発酵温度の確保)

一般に微生物は 15℃以上で活動を開始する。温度の高い一次発酵品を投入することによって堆肥化物の温度が上がり、発酵初期から微生物が働き出す。

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。

また、一次発酵品は一般に含水率が 50%程度のもが多く、水分調整に利用できるとともに、篩にかけていないので、堆肥化材料の空隙の確保にも利用できる。

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。特に冬場のような低温の時期には効果的であると言っている。また、おが屑等品質の良い副資材の入手には購入費が嵩むので、戻し堆肥を利用することによって経費の節減にも繋がると言っている。

(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し、易分解性のデンプン、糖、アミノ酸などの分解を行うが、糸状菌は温度が 50~60℃になると生息しにくくなり、その後ペクチン、セルロースなどの分解過程では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。また、放線菌の餌がなくなると、ゆっくり品温が下がってきてリグニンなどの分解する菌が増え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。この他、両施設とも一次発酵品には易分解性有機物が多いと増加する色耐菌が多い。また、一次発酵品には温度が高いと死滅しやすい糸状菌の数は少なくなっている。

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。家庭ではバケツ等の容器に生ごみと堆肥をサンドイッチ状に堆積して、それを生ごみの収集場所に持参し指定の容器に入れるようにしている。MI 堆肥化施設ではこれを収集し堆肥化している。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



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



iv. 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(スクープ方式)で堆肥化を行っている MI 堆肥化施設では、スクープで攪拌する前にバックホーで十分堆肥化材料を攪拌し均質化した後スクープにかけている。

また、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)

②運転管理

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、切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。

このため、堆積型発酵方式では切り返し攪拌の間隔や方法が重要になってくるし、機械攪拌方式では、スクープやロータリーの稼働間隔が重要になってくる。

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。

i. 切り返し、攪拌の方法

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。切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。

機械攪拌方式では通気むらが発生しにくいなどの特徴があるが、堆肥化物投入直後の攪拌頻度などが調整しにくいものもある。

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で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。

ウ、食品廃棄物の割合が50%(重量比)程度で良好な堆肥化を行うためのポイント

食品廃棄物の割合が50%(重量比)前後でFR認証基準を満たしている4カ所の堆肥化施設の調査結果から、良好な堆肥化を行う上での共通ポイントが見られる。これらの点を整理すると次のとおりである。

①堆肥化材料の調製

i.食品廃棄物の内容物の種類と調整

食品リサイクルの堆肥化施設で受け入れている食品廃棄物の多くはスーパー等などの野菜くずを中心としたものと、給食施設等の惣菜残渣などが多い。特に野菜くずを多く受け入れているところでは、野菜くずの水分が多いことから、嫌気性発酵になりやすい。こうした堆肥化施設では野菜くずの脱水処理が発酵促進する上で効果的である。

なお、野菜くずを乾燥させている堆肥化施設でも良い結果を得ているが、これまで当協会が調査した中で脂分の多い食品廃棄物を熱風乾燥すると、表面に固い皮膜がで

きて微生物が内部に入りにくくなり、嫌気性発酵になるので注意が必要である。

ii. 副資材の種類と品質

副資材が細か過ぎても粗過ぎても堆肥化原料の空隙が確保されず好気性発酵が順調に行われぬ。4カ所の堆肥化施設は適度な空隙が保てる良質な剪定枝チップ、刈草、オガクズが安定的に確保できている。

iii. 戻し堆肥の活用

戻し堆肥はその効用として、①水分調整と空隙の確保、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。

◆水分調整と空隙の確保

一次発酵品は一般に含水率が50%程度のもが多く、水分調整や空隙の確保にも利用できる。品質の良い副資材の入手には購入費が高むので、戻し堆肥の利用は経費節減になる。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3カ所の堆肥化施設とも温度の高い一次発酵品を用いている。

◆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。戻し堆肥としては温度の確保とともに、微生物の供給の面から見て一次発酵物が適当と考えられる。戻し堆肥にはこうした高温条件でも活動できる土着の放線菌などが多く存在しており、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。

また、一般家庭や公共施設の生ごみは、保管中に水分が多く、悪臭が発生しやすいことから、家庭等で生ごみに堆肥を混ぜてもらい、それを収集する方式を採用している堆肥化施設(MI 堆肥化施設)がある。こうした排出元から多く食品廃棄物を収集している場合には、この方式は発酵促進の面からみても効果的である。

iv. 堆肥化材料の攪拌による均質化と水分調整

堆肥化材料は、攪拌により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することが重要で、機械発酵方式においても投入前に均質化する作業が必要である。また、堆肥化原料の均質化を図るとともに、受け入れる食品廃棄物の日々の水分状況を見つつ、含水率を60%程度に調整することが大切である。

② 運転管理

◆攪拌、切り返し方法

攪拌、切り返しは、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特に重要である。一次発酵プロセスにおける攪拌、切り返しや通気配管等による空気の

送り込みは、発酵の促進に重要であるが、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。発酵当初は攪拌頻度を多くするが、その後、堆肥化物の蓄熱により高温が保てるよう攪拌や切り返しを行っていく必要がある。

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。

2) 食品廃棄物と副資材の配合割合(重量比)が 1:1 での堆肥化実証試験結果

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。

ア、実証試験のねらい

堆肥化施設によって受け入れている食品廃棄物の内容物に相違が見られる。極端に脂分の多いものを受け入れている施設はないが、野菜残渣を多く受け入れている施設や惣菜や澱粉類の多い残渣を受け入れている施設の相違は見られる。こうしたことから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)でも食品廃棄物の内容物によって発酵に大きな相違があるかどうかを検証する必要がある。

また、良質な副資材の入手が困難な施設が見られることや、副資材を大量に入手するとなると多額の金額を要することから、戻し堆肥を活用している施設が多く見られる。

戻し堆肥としては一次発酵品を用いるのが良いが、今後、戻し堆肥の効果的利用方法を明らかにしていくためには、戻し堆肥と副資材との配合比率によって発酵に相違が見られるのかどうかを明らかにしていく必要がある。

こうした観点から、食品廃棄物と副資材(含む戻し堆肥)の配合比率を 容量比 1:2 (重量比約 1:1)にして、食品廃棄物の内容物や戻し堆肥と副資材の配合比率を変えた試験区を設け実証試験を行った。

イ、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)の比率(容量比)は、1:2 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



ウ、実証試験の結果

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。

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

3) 嫌気性発酵になりやすい原料の堆肥化—小規模堆肥化試験

昨年度は嫌気性発酵になりやすい食品廃棄物の材料として、「米飯」と「肉類」を中心に、好気性発酵をする条件をダンボールを用いた小規模堆肥化試験で検討した結果、これらの食品廃棄物に「野菜くず」を等量加えることにより、食品廃棄物と副資材(木片チップ)の比率が1:1.5でも好氣的に発酵が進みことを明らかにした。

今年度は食品リサイクル肥料の原料として用いられることが多い食品由来汚泥について、ダンボールを用いた小規模堆肥化試験により好気性発酵を行うための条件を検討した。

試験に用いた食品由来汚泥は、食品工場からの汚泥（乳製品工場由来 A、パン工場由来 B）で、小規模堆肥化試験の試験設計は右の表の通りである。

堆肥化材料の体積の割合は、どの区も食品由来材料（汚泥 and or 野菜クズ）の合計を 10L、副資材の木片チップを 20L とした。

	食品 汚泥A	食品 汚泥A	野菜 クズ	副資材 木片チップ	合計
1	0	0	10	20	30
2	5	0	5	20	30
3	10	0	0	20	30
4	0	5	5	20	30
5	0	10	0	20	30

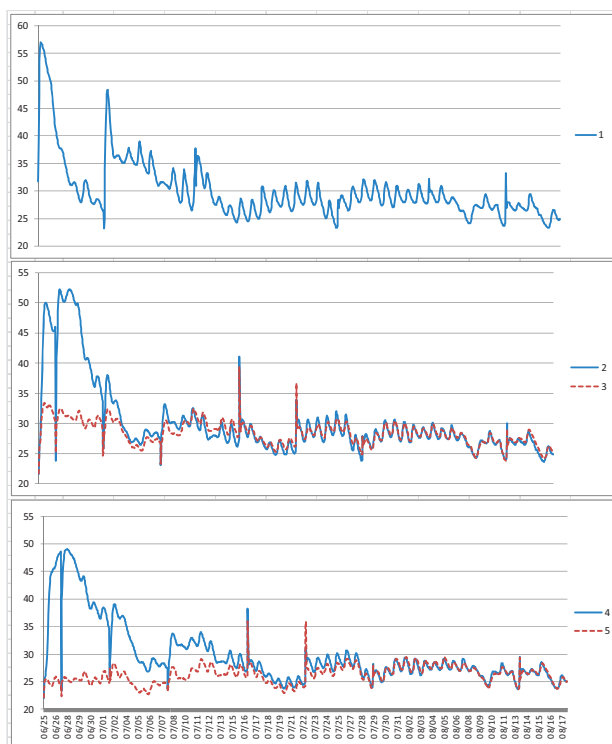
(試験結果)

段ボールを用いた堆肥化試験は、6月25日から8月18日に行った。

各区の品温の推移を右のグラフに示す。この結果、

- ① 原料が食品汚泥のみの試験区 3、および 5 では、堆肥温度が 30℃ 程度にしか上昇しなかった。
- ② 食品汚泥と同量の食品廃棄物を混合した試験区 2、4 では、堆肥温度は原料が食品廃棄物のみの試験区 1 と同様に 50℃ に上昇し、好気性発酵を示した、なお製品のコマツナ発芽テストは 80% 以上で良好な結果であった。

以上の結果、食品汚泥を堆肥の原料に含む場合は、同量の食品廃棄物と混合し、原料合計の容積の倍量の副資材を加えることにより、好気性発酵を行うことが可能である。



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) 昨年度の調査結果のポイント

ア、食品廃棄物を原料とした堆肥は土壌病原抑止力が高い

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

食品廃棄物を原料とした堆肥について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。堆肥化物中の食品廃棄物の割合が 20%程度の堆肥の土壌病原抑止力が 50%程度であるのに対し、食品廃棄物の割合が 50%程度の堆肥の土壌病原抑止力は 80%前後であった。

また、堆肥の熟成度合いも土壌病原抑止力に影響すると考えられることから、熟成度合いの異なる食品リサイクル堆肥でも土壌病原抑止力を測定してみた。その結果、未熟のものより熟成の進んだ堆肥の方の土壌病原抑止力が高い傾向が見られた。

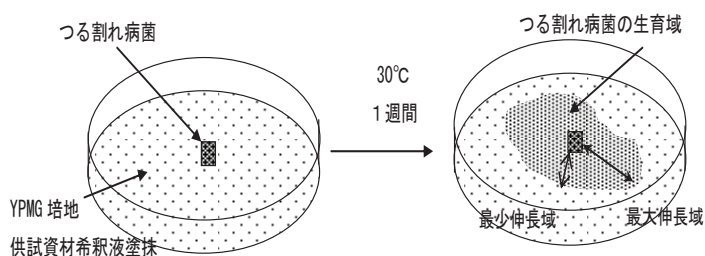
表 8 各種食品リサイクル堆肥化施設の土壌病原抑止力

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)	土壌病原抑止力
K 堆肥化施設	32	食品廃棄物（ホテルの残飯、コンビニ弁当、レストラン食品残渣、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

（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。



イ、土壌病原抑止力が 70 以上でホウレンソウ萎凋病抑止効果

堆肥の土壌病原抑止力は、土壌病原菌(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、土壌病原抑止力がどの程度あれば作物の土壌病害の発生を抑止できるのかについては不明である。

このため、土壌病原抑止力の異なる堆肥を用いて作物を栽培し、堆肥の土壌病原抑止力がどの程度あれば作物の土壌病害発生を抑止できるのかを調査した。

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、土壌病原抑止力は概ね 70 を超えないと、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 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
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 10 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
	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。

2) 本年度の調査の重点と調査結果

昨年度、堆肥中の食品廃棄物の配合割合が高いと土壌病原抑止力が高まり、概ね土壌病原抑止力が 70 を越すと、圃場の接種試験でホウレンソウ萎凋病の罹病率が低下してくることがわかった。本年度はその調査結果を検証するとともに、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の調査を行った。

ア、食品廃棄物の配合割合等と土壌病原抑止力の関係

昨年度の調査結果では食品廃棄物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が、これを検証する意味で昨年度測定した堆肥を含めて土壌病原抑止力を調査した。

この結果、全体的には昨年度と同様、食品廃棄物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、昨年度に調査した A 堆肥、R 堆肥は昨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 堆肥のように昨年度より低下しているものも見られた。この他、今年度、より多くの堆肥サンプルを用いて調査した結果では、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た。このように、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ることがわかった。

表 11 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	今年度病原抑止力	前年度病原抑止力
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。

イ、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

今年度の調査では、食品廃棄物の配合割合と土壌病原抑止力とに相関が見られない例が見られたので、食品廃棄物の配合割合以外に土壌病原抑止力に影響する要因を調査した。特に、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、また、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かどうか、に重点を置いて調査した。

(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ほぼ同一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等との関係を調査した。

堆肥サンプルとしては、食品廃棄物の内容物が野菜くず中心のものを選び、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る。

表 12 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

機械切り返し方式の堆肥化施設で食品廃棄物が 90%程度の配合割合で発酵途中でも原料を 15 回追加して堆肥を製造した。製造月ごとに製造した堆肥 3 サンプルを調査したが、いずれも EC が 13mS/cm 程度と極めて高く、コマツナ発芽率は 0 であった。

これらの堆肥は土壌病原抑止力が 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いる。((独)農研機構近四国農研)

こうしたことから、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と言える。

なお、篩(13mm)の上に残った骨を粉碎し、上述した食品廃棄物が 90%程度の配合割合の堆肥化物に加えて製造したものについては、土壌病原抑止力が 56.7 と高まってきている。

骨粉の供給が何らか微生物の繁殖に影響を与えたものと考えられる。

表 13 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

堆肥の一次発酵品は前述のように完熟品に比較して放線菌の数が多いことが明らかとなっている。

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調査した。対象とした堆肥はいずれも一次発酵品、二次発酵品とも発芽率は 80%以上で十分 FR の認証を満足するものである。

2 カ所の堆肥化施設で一次発酵品と二次発酵品を測定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。

なお、U 堆肥化施設の一次発酵品の土壌病原抑止力が極めて高いが、これは特にサンプル採取時に堆肥が堆積しているところの中で白い放線菌が多くいる層のところを採取したことが影響していると考えられる。

表 14 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。

(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

堆肥製造の一次発酵品を戻し堆肥の原料とした場合、前述したように放線菌の数が多い

くなることが明らかとなっている。こうしたことから、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調査した。堆肥サンプルは前述の食品廃棄物と副資材の配合割合(容量比 1:1)(重量比約 1:1)での堆肥化実証試験で製造した 4 サンプルに加え、戻し堆肥を用いないで製造した堆肥でも調査した。

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という結果となっている。

また、副資材の全量を戻し堆肥にした場合は、戻し堆肥を用いないで製造した堆肥(副資材として全量粗い木くず)と同等の土壌病原抑止力となっている。

なお、副資材の中の戻し堆肥の割合が 50%程度にすると土壌病原抑止力が高まる要因については現在のところ不明である。

表 15 副資材として戻し堆肥(一次発酵品)を用いた場合の土壌病原抑止力

試験区	構成(容量比)	土壌病原抑止力	(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壌病原抑止力

食品廃棄物の内容物によって土壌病原抑止力にどのような相違が見られるかを調査した。

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、発酵方式が同一で食品廃棄物の内容物が異なる堆肥について土壌病原抑止力を調査した。

食品廃棄物の内容物の相違は野菜くずが殆どのものと調理残渣や茶粕を含むものとの比較であるが、土壌病原抑止力は茶粕や調理残渣が多い原料の土壌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壌病原抑止力が高くなると考えられる。

表 16 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壌病原抑止力

区 分	食品廃棄物の割合（容量比）	発酵方式	土壌病原抑止力
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。単一食品廃棄物を原料して製造した堆肥は入手しにくく種類が少ないので全体的傾向までは把握できなかったが、食品廃棄物の種類によって土壌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壌病原抑止力は比較的高かった。最近、食品廃棄物のメタン発酵が注目されてきている中で消化液を活用して堆肥化に取り組んでいるところもあるので、その堆肥の土壌病原抑止力を調査した。その調査結果は 40.6 と低い値であった。原材料として籾殻を用いており、外観からは籾殻堆肥というべきもので、有機物(消化液)の残渣が少なく、微生物数や微生物の多様性に乏しかったものと考えられる。

表 17 堆肥の主原料の相違と土壌病原抑止力

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

ウ、土壌病原抑止力の高い堆肥とその微生物相の特徴

土壌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 堆肥化施設で、それぞれ一次発酵品と二次発酵品で土壌病原抑止力に相違が見られたので、それぞれの発酵品の微生物相の相違を調査した。また、前述した堆肥の中で動物性残渣もやや多く含み土壌病原抑止力も中の上にあった MU 堆肥も調査した。この他、参考までに土壌病原抑止力の高い食品汚泥肥料につ

いても調査した。

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。糸状菌の細胞壁の主な構成成分がキチンでできており、放線菌はキチン分解酵素（キチナーゼ）を生成して糸状菌の表皮細胞壁を分解させ病原糸状菌の繁殖を抑制すると言われていた。

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が関係していると考えられる。

表 18 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壤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。

二次発酵段階では放線菌が減少してくるとともに、U 堆肥化施設に見られるように密封状態で二次発酵品を保存していると、嫌気性菌が増殖してくる。こうした嫌気性菌の多いものを戻し堆肥として利用するのは相応しくないと考えられる。

エ、土壤病原抑止力の高い堆肥を製造する場合の留意点

食品リサイクル堆肥の製造法や内容物による土壤病原抑止力の相違をこれまで調査してきたが、これまでの調査結果を踏まえて土壤病原抑止力の高い堆肥を製造するための留意点を整理すると次のとおりである。

①食品廃棄物の配合割合と内容物

- ◆食品廃棄物の割合の高い堆肥は、土壤病原抑止力が高い傾向がある。
- ◆食品廃棄物の内容物については、野菜くず主体のものより、タンパク質やデンプンを含むものの方の土壤病原抑止力が高まる傾向がある。
- ◆食品廃棄物の処理については、野菜残渣を脱水処理したものはしないものと比較して土壤病原抑止力が低下する傾向が見られる。

②堆肥製造法と土壤病原抑止力

- ◆一次発酵品の方が二次発酵品より土壤病原抑止力が高い傾向が見られる。
- ◆一次発酵品を戻し堆肥として利用する場合、副資材の約半量程度戻し堆肥として利用すると土壤病原抑止力が高まる傾向が見られる。
すなわち、一次発酵品を戻し堆肥として副資材の半量用いた一次発酵品の土壤病原抑止力が高い。今回調査した一次発酵品堆肥でも発酵が良ければ発芽率は FR 認証をクリアしている。
- ◆EC が 10mS/cm を超えるような塩類濃度の高い堆肥の土壤病原抑止力は低い。
- ◆製造した堆肥を長期間保管しておく、土壤病原抑止力は低下する。

オ、土壤病原抑止力の異なる堆肥によるハウレンソウ萎凋病抑制効果

土壤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、土壤病原力の異なる堆肥に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。

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壤病原抑止力の高いもの、中程度のもの、低いものを選び、土壤病原抑止力と発病程度との関係を調査した。

調査の結果、土壤病原抑止力と防除価との関係は資材 4 を除くと、土壤病原抑止力が高まると防除価も高まる傾向が見られた。

昨年度は土壤病原抑止力が 70 未満の堆肥の防除価は 0 という結果であったが、本年度は土壤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。

なお、資材 4 が土壤病原抑止力の値に照らして見た場合、かなり高い防除価を示しているが、この理由については今後の検討課題である。

表 19 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	堆肥化施設	土壤病原抑止力
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

[試験方法]

- ◆作物名：ホウレンソウ（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：ホ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
 - ◆試験区：6 試験区（資材 1 区、資材 2 区、資材 3 区、資材 4 区、無処理区、対照区(病原菌未接種)）
 - ◆反復数：5 反復
- ◎土壌に供試資材、病原菌を添加し、一週間後に育苗トレーで育苗したホウレンソウの苗を移植（3 株/鉢）し、ガラス温室内で栽培した。
- ◆試験開始日：H28. 2. 16（資材混合+病原菌液添加）
H28. 2. 22（ホウレンソウ苗移植）
H28. 3. 14（発病調査）

表 20 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



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

(2) 食品リサイクル堆肥の窒素特性と作物の生育適性

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) 昨年度の調査結果のポイント

ア、堆肥の窒素形態と食品廃棄物

各種食品リサイクル堆肥について炭素率(C/N比)とともにより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を用い、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)に分けて調べた。その結果、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の相違があることがわかった。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関係があると考えられた。

イ、各種食品リサイクル堆肥の窒素特性と野菜の収量

窒素特性の異なる食品リサイクル堆肥を用いて作物の種類による生育の相違を調査した。

コマツナ、ホウレンソウ、春ダイコンなどのような生育期間の短い野菜では堆肥の速効性窒素成分(AあるいはA+B画分)が多くなると収量が高くなるという関係が見られた。これらの作物は生育期間が1~3カ月と短く、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、ニンジンなど生育期間の長い作物については堆肥の炭素率(C/N比)の低いものの収量が高かった。これらは植え付けてしばらくしてから窒素吸

収が起こっている。こうした作物の窒素吸収特性が影響しているものと考えられた。

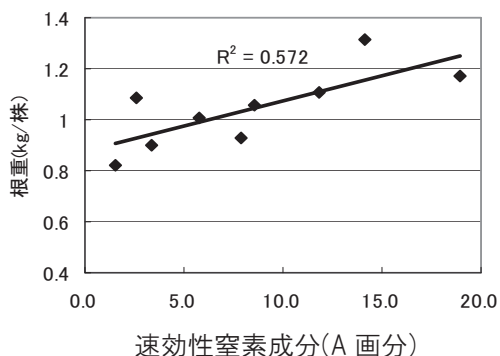


図 4 春ダイコンの収量と速効性窒素成分

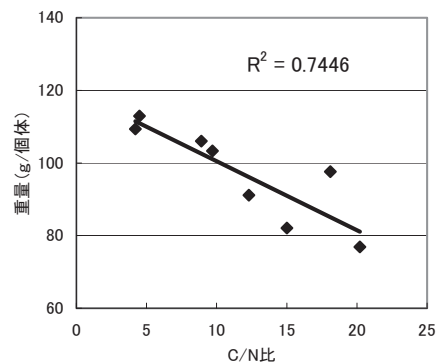


図 5 タマネギ収量と炭素率(C/N 比)

2) 本年度の調査の重点と調査結果

食品リサイクル堆肥の速効性成分等窒素形態と食品廃棄物の内容物や製造法との関係について、食品廃棄物の内容物や製造法に特色ある堆肥で比較調査を行うとともに、昨年度栽培試験ができなかった種類の作物で生育、収量等との関係を調査した。

ア、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

堆肥に含まれる窒素形態の調査には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。調査に用いた 6 種類の食品リサイクル堆肥の特徴は次のとおりである。

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

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、今回の調査でも炭素率(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。最も炭素率(C/N 比)の高い H 堆肥化施設の堆肥(炭素率(C/N 比) 17.0)が速効性(A+B 画分)成分の比率が最も高くなっている。堆肥に含まれる速効性窒素成分 (A 画分+B 画分)は 堆肥化材料の内容物と関係が深いと考えられる。

(堆肥化材料の内容物や処理法と窒素の速効性成分)

- ◆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。
- ◆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。二次発酵品では一次発酵品と比較して緩効性窒素成分が増加している。
- ◆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。

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。

堆肥化原料の内容物や処理法と窒素の速効性成分の含有率との関係については、今後さらに調査を行っていく必要があるが、これまでの調査結果からは、次のような傾向が見られている。

- ①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。
- ②二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。
- ③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。

イ、各種食品リサイクル堆肥の窒素特性と野菜の収量

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栽培試験を行った。試験の概要は次のとおりである。

①試験計画の概要

i. 試験に用いた作物

食品リサイクル堆肥の窒素形態と作物の収量との関係を知るため、春～夏作の供試作物として、チンゲンサイおよびナスを栽培した。

ii. 栽培試験地

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)

iii. 試験に用いた食品リサイクル堆肥(肥料)

試験に用いた食品リサイクル堆肥(肥料)の原料の内容物の特徴は次のとおりである。

表 23 供試食品リサイクル堆肥の食品廃棄物等の内容物の特徴

堆肥化施設	食品廃棄物等の内容物の特徴
H 堆肥化施設	家庭、学校給食の生ごみ、牛糞、鶏糞
MO 堆肥化施設	家庭の生ごみ、牛糞
A 堆肥化施設	野菜チップ(乾燥)
MA 堆肥化施設	食品工業汚泥
F 堆肥化施設	野菜残渣、惣菜残渣

また、これらの食品リサイクル堆肥の窒素肥効特性は次のとおりである。

なお、MA 堆肥化施設の堆肥の原料は食品工業汚泥であり、速効性窒素成分(A+B 画分)が多くなっている。

表 24 供試食品リサイクル堆肥(肥料)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)
H 堆肥化施設	9.5	32.0	39.4	1.5	16.4
MO 堆肥化施設	12.8	31.4	42.9	1.2	17.8
A 堆肥化施設	7.5	28.3	34.6	1.3	14.3
MA 堆肥化施設	15.6	37.1	32.5	2.1	7.7
F 堆肥化施設	19.7	35.5	31.1	2.1	13.9

注:それぞれの窒素画分の値は全窒素に占める%である。

iv. 施肥設計

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。

②栽培試験結果

i. チンゲンサイの栽培試験結果

チンゲンサイの栽培では、5種類の食品リサイクル堆肥区と化学肥料区を設けた。チンゲンサイは施肥量として窒素、リン酸、カリの施肥量は15-15-15/10aで播種は6月1日に行い、収穫調査は7月13日に行った。

◆収量

チンゲンサイの収量は堆肥区では化学肥料区に比べて、70~90%程度であった。その中でも速効性の窒素成分の多い堆肥(肥料)の収量が高かった。

表 25 各種堆肥とチンゲンサイの収量

堆肥	重量g/株	収量 kg/m ²	比率(%)
H 堆肥	226	2.26	78
MO 堆肥	238	2.38	82
A 堆肥	203	2.03	70
MA 堆肥	263	2.63	91
F 堆肥	231	2.31	80
化学肥料	289	2.89	100

◆窒素画分とチンゲンサイの収量との関係

堆肥の窒素形態画分とチンゲンサイの収量との関係をみると下図に示すように堆肥の窒素 A 画分（速効性の窒素画分）の割合と収量が正の相関を示した。

チンゲンサイのような葉菜類で短期間に収穫するものは、生育初期から窒素の肥効があることが必要で速効性の窒素を多く含む堆肥の肥効が高かった。

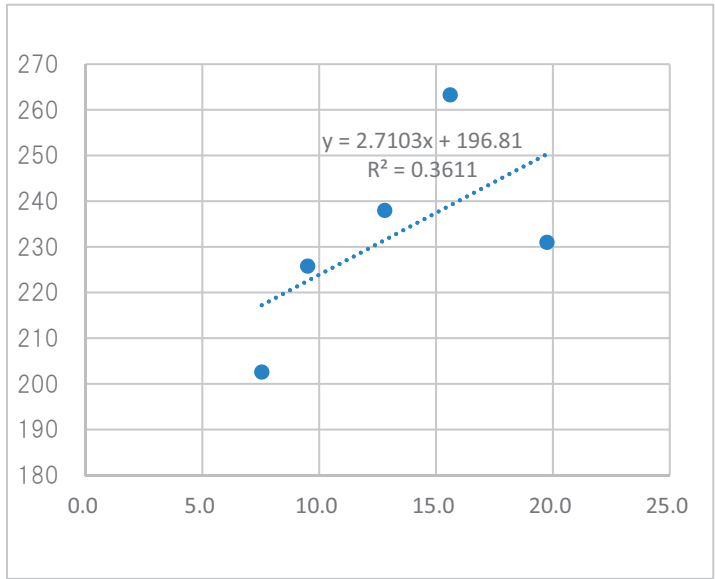


図 6 チンゲンサイ収量と堆肥窒素 A 画分との関係

(写真) 食品リサイクル堆肥施用 チンゲンサイ栽培試験



(H27年6月29日 播種後 1ヶ月：白井市前原圃場)

ii. ナスの栽培試験結果

ナスの栽培では、4種類の食品リサイクル堆肥区と化学肥料区を設けた。ナスは施肥量として窒素、リン酸、カリの施肥量は30-30-30/10aで苗定植は5月17日に行い、収穫調査は6月22日～8月28日にかけて行った。

◆収量

ナスの収量は堆肥区では化学肥料区に比べて、92%～106%と同等であった。70～90%程度であった。

表 26 各種堆肥とナスの収量

堆肥	収量g/株	収量 kg/m ²	比率(%)
MO 堆肥	2,302	3.84	94
MA 堆肥	2,594	4.33	106
A 堆肥	2,478	4.14	101
H 堆肥	2,250	3.76	92
化学肥料	2,451	4.09	100

◆窒素画分とナスの収量との関係

ナスの収量と堆肥の窒素形態との相関は弱く、堆肥の炭素率(C/N 比)との顕著な負の相関がみられた。

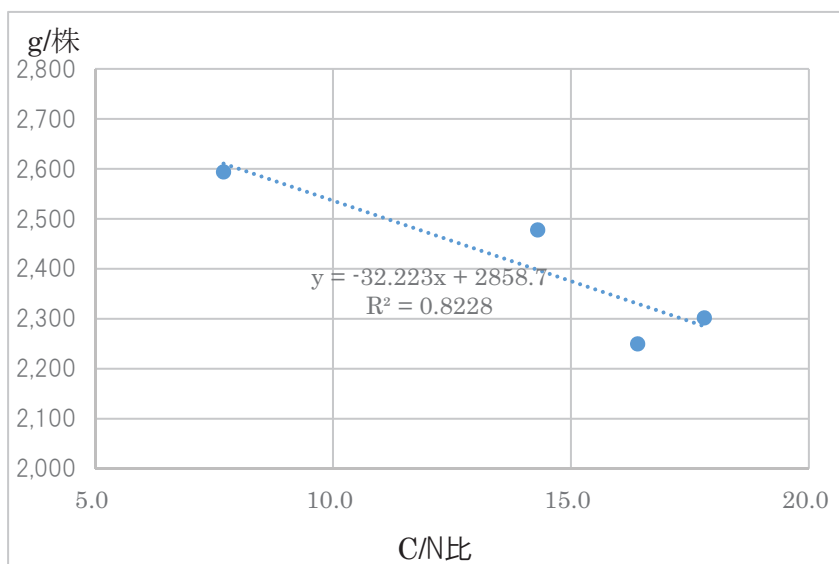


図 7 ナスの収量と炭素率(C/N 比)との関係

(写真) 食品リサイクル堆肥施用 ナス栽培試験



(2015年6月29日撮影 定植後1ヶ月後：白井市前原圃場)

③栽培試験結果のまとめ

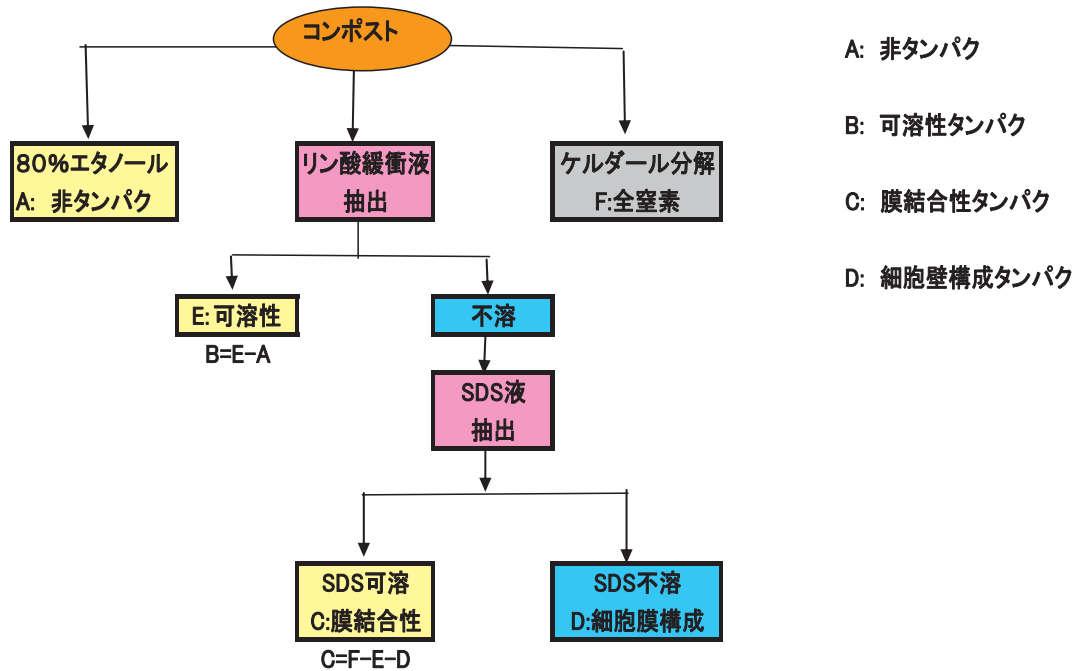
食品リサイクル堆肥について、チンゲンサイの収量については、これまで述べてきたように、昨年度のコマツナと同様に堆肥の速効性窒素画分と正の相関があり、栽培期間の長いナスについては、昨年ピーマンと同様に炭素率(C/N比)との負の相関を示した。

食品リサイクル堆肥は、その主原料や副資材の相違などに窒素形態に相違を生じるので、野菜の栽培を行う場合は、野菜の窒素吸収パターンが堆肥の窒素形態になるべく合致する作物を選ぶことが望ましい。

(参考)

供試堆肥に含まれる窒素化合物の形態の特徴

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