

## 農場有機性残さと家畜ふんの混合堆肥化と肥料利用< I >

### 鶏ふんとトマト茎葉残さの混合堆肥化および肥料利用についての検討

石崎重信・岡崎好子

Mixed Composting of Agricultural Waste and Animal Feces,  
and Recycle Use as Fertilizer in Cultivation < I >

Mixed Composting of Tomato Stalk and Dried Fowl Waste

Shigenobu ISHIZAKI and Yoshiko OKAZAKI

#### 要 約

耕種農家における家畜ふん堆肥の一層の利用促進をはかるため、ハウストマト栽培で発生する茎葉残さを乾燥鶏ふんで包み込む形で堆肥化し、できた混合物堆肥を肥料・土壌改良剤としてハウストマト栽培で循環利用する可能性について検討した。

4 a分のトマト茎葉残さ〔400kg；水分70%〕を切断し、ハウストマト栽培における適正施用量の乾燥鶏ふん〔4a分=148kg（水分35%）〕またはその2倍量を用いて堆肥化した。堆積方法は、茎葉残さ中の植物病原菌を完全に死滅させるため、残さの堆積山を鶏ふんで包み込む形で被覆し、残さ部分の温度が高くなるように行った。堆積物の山の温度は、茎葉残さだけを堆積した区でも中心部は65℃程度に上がったが温度の低下が早かった。トマト茎葉残さを乾燥鶏ふんで被覆した試験区では、残さ中心部で65~70℃に達し60℃以上を1ヶ月以上継続し、温度が上がりにくい地面近くでも50~60℃に達した。堆積物の山に埋め込んだトマト萎凋病罹病茎を培養した結果、トマト萎凋病菌は茎葉残さを乾燥鶏ふんで包み込んで堆肥化処理することでほぼ死滅することが判明した。乾燥鶏ふんとの混合堆肥化処理により、肥料成分に富んだトマト栽培で循環利用可能な混合堆肥を調整することができた。

#### 結 言

畜産農家においては、「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」の施行を受けて、堆肥化施設の整備が進み良質堆肥の供給可能量は増加しているが、耕種農家では家畜ふん堆肥の利用は横ばい状態であり<sup>1)</sup>、家畜ふん堆肥を利用していない耕種農家における利用の掘り起こしが求められている。

一方で、農場における収穫残さである茎葉根、規格外品などの農場有機性残さ（以下、農場残さ）は、従来圃場への鋤き込みや、埋却・焼却処理されていることが多いが、土壌の病原菌濃度を減らす観点から、圃場外に持ち出して処理することが望ましい。

農場残さは病原菌に罹病していることがあるが、その多くは堆肥化過程の発酵熱で死滅することが知られている<sup>2,3)</sup>。

4)。また、農場残さの堆肥化においては、「種菌」として家畜ふん堆肥を添加することで堆肥化が促進されと考えられる。適切に配合した牛ふん堆肥や発酵鶏ふんを含む有機質肥料（その他、菜種粕、骨粉、かに殻などを配合）だけでハウストマト栽培が可能である<sup>5)</sup>という報告もあり、農場残さと家畜ふん堆肥の混合物堆肥の肥料利用が可能と考えられる。

そこで、本県で栽培が盛んであり、かつ収穫後の茎葉残さをハウス外へ搬出することから堆肥化が可能なハウストマト栽培に着目し、茎葉残さを切断して乾燥鶏ふんで包み込んで堆肥化発酵を促進し、残さ中のトマト萎凋病菌を死滅させるとともに、混合物堆肥の肥料・土壌改良剤としての有効利用について検討し、耕畜連携による資源循環型農業の推進を図ることを目的に試験を実施した。

#### 材料および方法

##### 【供試材料】

トマト茎葉残さは、トマト萎凋病が広範囲に発症したハ

ウス農家で、収穫終了後に誘引固定したまま11月11日に地際部で茎を切断してハウス内でそのまま乾燥させた茎葉を11月27日に引き取った(茎葉残さ量は約3.6t)。これを12月2日に動力カッター(設定切断長2.5cm、山本製作所、CD-250C)で裁断したが、長さが5cm以上の茎も多く含まれていた。

乾燥鶏ふんは、2003年11月に当センターの採卵鶏成鶏舎から排出された18日分の生鶏ふん5.7tをハウス攪拌乾燥施設(堆積厚15~5cm程度)で乾かし供試した。

堆積作業は12月3日に行ったが、このときの乾燥鶏ふんの水分は28.8%、容積重0.56kg/l、切断したトマト茎葉残さの水分は68.8%、容積重は0.35kg/l(45lポリベールに入れてベールを10cm程度の高さから10回落として鎮圧して測定)~0.47kg/l(45lポリベールに入れて体重55kgの人が踏圧)であった。なお、前日に切断して堆積しておいたトマト茎葉残さは発酵が始まり温度が上がっていた。

【混合比率】

トマト茎葉残さと鶏ふんの混合比率は、できた混合物堆肥をハウストマト栽培で肥料として循環利用することを目指すため、4a分のトマト茎葉残さ〔400kg(立枯れ;水分70%)〕を適正施用量の乾燥鶏ふん量〔4a分=148kg(水分35%)〕またはその2倍量(年2回作付け用の堆肥として利用、夏のトマト茎葉残さは鋤き込み還元処理など別途処理するとして)で堆肥化することとした。

【堆積方法】

トマト茎葉残さ中の病原菌を完全に死滅させることが肥料として循環利用する条件となるため、茎葉残さ全体を確実に高温処理することが必要である。先に実施した予備試験では、トマト茎葉残さを切断堆積すると発酵により発熱することが確認されたが、堆積山の床面や表面では熱が逃げて温度が上がりにくかった。そこで、切断した茎葉残さを山積みし、これを乾燥鶏ふん、または、乾燥鶏ふんとモミガラで被覆して保温する形で堆肥化処理を行った。

試験は野外で実施し、概ね2.5m四方の地面を平らに整地し、塩ビ遮水シート(サンデリマット、太洋興業株)を敷いてこの上に残さを堆積した。堆積山の表面は防水通気カバーシート(サンデリシート、太洋興業株)を用いて被覆し、雨水の浸入と放熱を防いだ。

【試験区分】

試験区分を表1に示した。1区・3区・4区ではトマト茎葉残さを山積みし、その表面を鶏ふんで被覆した。2

区・5区・6区は鶏ふんの1/5を発酵促進のための「種菌」としてトマト残さと層状に混合し、残りの鶏ふん(4/5)で被覆した。モミガラで保温した2区・6区・8区では、モミガラの1/2を地面に敷き1/2を被覆鶏ふんまたは茎葉残さの表面に掛けて堆積物の山全体の保温をはかった。

【堆肥化日程】

堆肥化処理作業は、表2に示したスケジュールで行った。堆積後19日間は切り返しを行わずにそのまま静置し、鶏ふんで包んだトマト茎葉残さ部分の発酵熱が高く維持されるようにした。堆肥化19日目に各区の堆積物の山を縦割にして1/2を取り除き、断面について堆積物の山の①中央・上部、②中心部、③中央・床面から5cm上、④中央・底部、⑤縁・底部の各部の温度を測定するとともに、鶏ふんを種菌として混合していない試験区について各部からトマト茎葉残さのサンプルを採取した。その後、シャベルローダーで切り返し、混合サンプルを5ヶ所程度から採取後、再びシートを掛けて堆肥化を継続した。以後、概ね4週間毎に切り返しを行い、そのつど混合堆肥化物のサンプルを採取した。

表2 堆肥化処理の日程

作業日	日数	作業内容
2003.12.3	0	堆肥化開始
2003.12.22	19	トマト茎葉残さの採取、温度測定、切り返し(1回目)、混合物を採取
2004.1.15	44	切り返し(2回目)、混合物を採取
2004.2.16	76	切り返し(3回目)、混合物を採取
2004.3.15	104	切り返し(4回目)、混合物を採取

【測定項目】

堆積物の山の温度は、温度センサー(TR-1220(株)ティアンドデイ)を堆積物の山の中央の床面および床面上30cmの高さに設置し、60分毎に連続して測定した(Thermo RecorderおんどりTR-71S(株)ティアンドデイ)。

トマトで問題となる病原菌はいくつかあるが、耐熱性を持つため高温処理で死滅しにくいこと(フザリウムが死ねば他の菌は大体死んでしまう)、優れた選択培地があり死滅状況を確認しやすいことから、トマト萎凋病菌(*Fusarium Oxysporum*)に着目した。堆肥化処理による茎葉残さ中のトマト萎凋病菌の死滅状況を調べるため、茎の切断面の導管部が褐変し茎全体にも褐変がみられたトマト萎凋病罹病茎をハウスで別途収集した。これを長さ20cm程度に切ってミカンネット(ポリエチレン製ネット)に3本入れ、茎葉残さ堆積山の、①底-中央部、②底-辺縁部、③中心部、④残さ

表1 試験区分

	堆肥化に用いた原物重量(kg)				備 考
	茎葉残さ	鶏ふん	モミガラ	合計	
1区(鶏ふん適量区)	400	148		548	トマト茎葉残さの山を鶏ふんで被覆
2区(鶏ふん混合+モミガラ保温)	400	148	47	595	茎葉残さに鶏ふん30kgを混合し、鶏ふん118kgで被覆し、地面と表面をモミガラで保温
3区(鶏ふん2倍量)	400	296		696	1区の2倍量の鶏ふんで被覆
4区(鶏ふん2倍大山)	800	592		1392	3区の2倍量の大きい堆積山
5区(鶏ふん2倍混合)	400	296		696	茎葉残さに鶏ふん60kgを混合236kgで被覆
6区(鶏ふん2倍混合モミガラ保温)	400	296	57	753	5区の地面と表面をモミガラで保温
7区(トマト残さのみ)	400		400	400	トマト茎葉残さだけを山積み
8区(トマト残さ+モミガラ保温)	267		52	319	7区をモミガラで保温。残さが不足

の中央-上端部に3組ずつ埋め込んだ。

採取したトマト茎葉残さ、混合物サンプルは、通風乾燥機で70℃×4日間乾燥させ乾物割合を算出し、ウイレー式粉碎機で粉碎後(4mmスクリーン、池田理化)、遠心粉碎機(1mmスクリーン、日本精機製作所、ZM-1(Retsch))で粉碎した。灰分(650℃×4時間灰化、ヤマト科学株式会社、FA-21)を測定して次式により有機物分解率と乾物分解率を推定した。

$$\text{有機物分解率 (\%)} = 100 \times \left\{ 1 - \frac{\text{ash}_0 \times (100 - \text{ash}_n)}{\text{ash}_n \times (100 - \text{ash}_0)} \right\}$$

$$\text{乾物分解率 (\%)} = 100 \times (1 - \text{ash}_0 / \text{ash}_n)$$

ash<sub>0</sub> : 堆積処理開始時の乾物中灰分%

ash<sub>n</sub> : n回目切返し時の乾物中灰分%

また、上記式から算出した乾物分解率の値を用いて、繊維成分の分解率を推定した。

$$\text{繊維分解率 (\%)} = 100 - \left\{ (100 - \text{乾物分解率}_n) \times \frac{\text{繊維割合}_n}{\text{繊維割合}_0} \right\}$$

乾物分解率<sub>n</sub> : n回目切返し時の乾物分解率%

繊維割合<sub>0</sub> : 堆積処理開始時の乾物中繊維%

繊維割合<sub>n</sub> : n回目切返し時の乾物中繊維%

繊維成分としては、酸性デタージェント繊維(以下ADF)、中性デタージェント繊維(以下NDF)、および、酸性デタージェントリグニン(以下ADL)<sup>6)</sup>を焼結フィルター付ガラスルツボ(P3;TECATOR、フォスジャパン)を用いてファイバータックシステム(1010、TECATOR、フォスジャパン)で測定した。

堆積物に埋め込んだトマト萎凋病罹病茎は、各切り返し時に回収して冷蔵保存した。培養は、*Fusarium oxysporum*の選択培地である駒田の培地、および、Fo-Gを用いて、水洗した罹病茎1本当たり約5切片(輪切り)を切り出して20℃で5~7日間培養して、常温保存しておいた罹病茎の培養コロニーと比較し、生存率を次式で計算した。

$$\text{生存率} = \frac{\text{Fusarium oxysporumが生えた切片数}}{\text{総切片数}} \times 100$$

堆肥化104日目の堆肥サンプルについては、肥料成分を分析した。C/Nは千葉県農業総合研究センターのNC ANALYZER SumigraphNC-900(SUMIKA CHEMICAL ANALYSIS SERVICE)により、その他のミネラルについては当センターの慣行法(520℃乾式灰化:K、Ca、Mgは原子吸光分光光度計、Pは比色法)により分析した。冷蔵保存した堆肥サンプルについて、乾物20g相当量に蒸留水を加えて120gとし、30分間振とう攪拌した水抽出液について、ガラスpH電極およびECメーターを用いてpHとECを測定した。

## 結果および考察

### 【発酵温度】

堆肥化開始から68日間の堆肥温度(床面から30cm上と床

面)の推移を図1-1~2に示した。本試験に先立って実施した予備試験では、切断したトマト茎葉残さ188kg(水分73%)を乾燥鶏ふん200kg(水分24%)で被覆して堆積したところ、中心部の温度は最高75℃と高くなり60℃以上を約2週間維持しトマト茎葉残さがよく発酵されることが確認されたが、床面や堆積物の山の表面の温度は低かった。また、堆積物の山の高さが35cm程度の小規模な堆肥化試験であったためかその後急速に温度が低下した。

本試験では、トマト茎葉残さだけの7区、トマト茎葉残さをモミガラで被覆した8区でも、65℃(床上30cm位置)~50℃(床面)の温度に達したが、乾燥鶏ふんで被覆した試験区に比べてやや低く、温度の低下も早かった。特に8区はトマト茎葉残さ量が他の区に比べて少なかったことも温度が上がらなかったことに影響したと考えられた。適量区(1区)、鶏ふん2倍区(3区)、鶏ふん2倍大山区(4区)を比較すると、鶏ふん量や堆積物全体の量が増えるとピーク温度が若干高くなり高い温度が長く持続される傾向であったが、いずれの区でもピーク温度は70℃を超え(床上30cm)、床面でも53℃(1区)~60℃(3・4区)に達した。また、堆積物全体をモミガラで被覆した2区、6区では堆積物量が同じでモミガラ被覆しなかった1区、3区に比べて床上30cm位置のピーク温度が若干上昇した。床面温度はむしろ低くなったが、これは地面と接するモミガラ部の温度を測定したためであり、モミガラの直近上部の残さ温度は保温効果によって高くなっていたことが推察される。乾燥鶏ふんは容積重が重く、適正施用量の鶏ふんでは十分な厚さで茎葉残さを被覆できず保温効果が期待しにくいことから、モミガラなど耕種農家が嫌うことがない素材で床面と堆積物の表面を被覆することは有効と思われた。

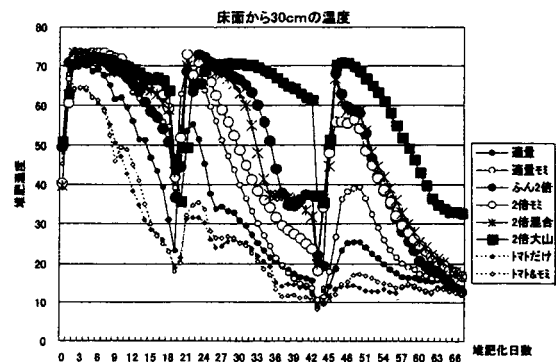


図1-1 堆肥温度の推移(床上30cm)

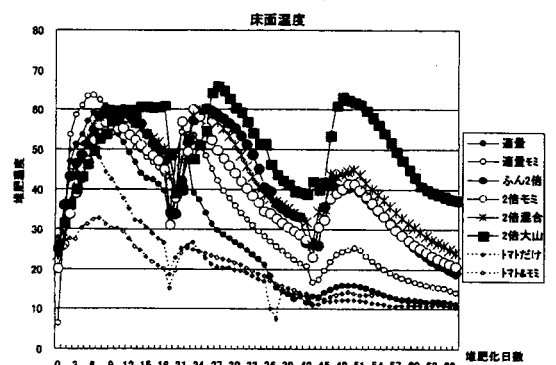


図1-2 堆肥温度の推移(床面)

表3 堆積物の山の断面各部位の温度 (°C; 堆肥化19日目に1/2断面で測定)

	1区	2区	3区	4区	5区	6区	7区	8区
①中央・上部			46	63			18	25
②中心部				64	64		28	23
③底から5cm		44		60	45	43	26	22
④中央・底部	39	40	43		44	39	25	20
⑤縁・底部	16	17	29	26	20	23	14	14

0注: 太字は50°C以上

堆肥化19日目の堆積物の山の断面の部位ごとの温度を表3に示した。鶏ふんで被覆しない7区と8区では、発酵が終了し全体が28°C以下に下がっていた。床面(地面)の縁部分の温度は、どの試験区でも30°C以下と低かったが、床面中央部の温度は39~56°Cの範囲であり、山の大きな4区では高かった。モミガラを保温効果については、1区と2区、5区と6区を比較すると、あまり効果が認められなかった。しかし、モミガラを用いることで、混合物の比重が軽くなるとともに、べとつかなくなるため、その後の切り返し作業労力が軽減された。トマト茎葉残さ中に「種菌」として鶏ふんを混合した区では残さ部分の温度が10°C近く高くなった(3区と5・6区の比較)。また、堆積物量が多くなると、温度が高くなった(4区)。

以上のことから、乾燥鶏ふんを用いてトマト茎葉残さの堆肥化を行う場合には、トマト茎葉残さに鶏ふんを種菌として混合し、堆積物の総量をできるだけ多くし、床面や表面をモミガラなどで保温することが有効と思われた。

【分解率】

堆肥化19日目に採取したトマト茎葉残さサンプルの水分と有機物分解率の推定値を表4に示した。床面に近い底部は、トマト茎葉残さから出た水分のためか、水分含量が高い傾向であった。有機物分解率は、床面に近い底部でも概ね30~50%と高かったが、中心部では15~31%と低かった。3区と4区の中心部で分解率が低かったのは、堆積物の山が大きかったため中心部では酸素欠乏になって発酵が進まなかったことが考えられる。トマト茎葉残さを堆肥化する場合、発酵が継続される条件が整えば、20日間で有機物の50%程度が分解されることが明らかとなった。

表4 堆積物断面各部位のトマト残さの水分と有機物分解率(%)

	1区	2区	3区	4区	5区	6区	7区	8区
①中央・上部	64 -11	57 23						
②中心部			63 20	65 15	49 31		60 47	60 35
③中央・底部	79 35	56 37	79 41	77 37	76 44		77 43	48 39
④縁・底部	72 38	50 37	76 48	80 43	76 42		77 5	61 32
混合物	62 29	52 20	54 25	54 21	53 28	47 24	72 33	61 19

表中の数値は、上段=水分、下段=有機物分解率  
堆肥化19日目に堆積物の山を縦半分にして採材

原材料の乾燥鶏ふん、トマト茎葉残さ、モミガラの乾物中の灰分、有機物、繊維の含量を表5に示した。また、混合物サンプルについての乾物、有機物、繊維成分の分解率推定値を表6、図2-1~3に示した。

表5 堆肥化材料の灰分含量、有機物、繊維含量 (乾物中%)

	灰分	有機物	ADF	NDF	ADL
乾燥鶏ふん	34.3	65.7	22.6	38.5	6.7
トマト茎葉残さ	25.6	74.4	35.4	40.5	7.5
モミガラ	21.9	78.1	55.3	75.4	16.6

注: ADF: 酸性デタージェント繊維、NDF: 中性デタージェント繊維、ADL: 酸性デタージェントリグニン

表6 乾物・有機物と繊維成分の分解率 (%; 堆肥化104日目)

試験区	乾物	有機物	ADF	NDF	ADL
1区: 適量区	32.8	46.6	35.7	43.9	-24.2
2区: 適量モミ	30.1	42.1	28.8	37.4	-18.4
3区: 鶏ふん2倍	37.8	54.8	43.6	61.2	-3.8
4区: 2倍大山	40.8	59.2	44.3	65.0	-5.8
5区: 2倍混合	36.7	53.3	43.5	57.4	-7.2
6区: 2倍混合モミ	34.1	48.6	38.4	50.7	5.8
7区: トマト残さ	31.4	42.2	35.0	32.5	-21.4
8区: トマト残さモミ	23.5	31.1	20.1	21.7	-15.7

7区と8区は76日目の値

ADF: 酸性デタージェント繊維、NDF: 中性デタージェント繊維、ADL: 酸性デタージェントリグニン

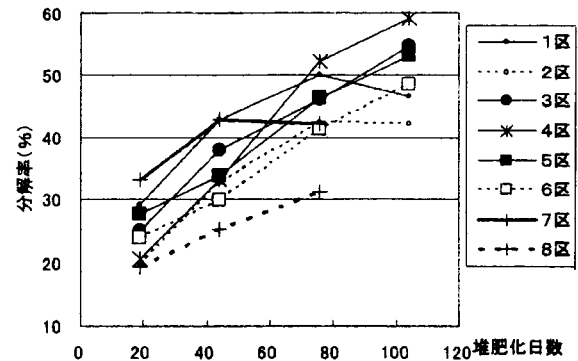


図2-1 有機物分解率の推移

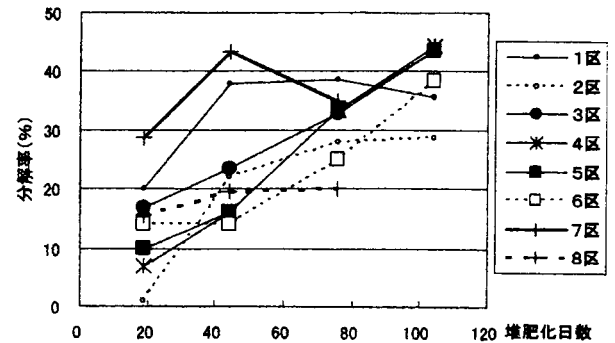


図2-2 ADF分解率の推移

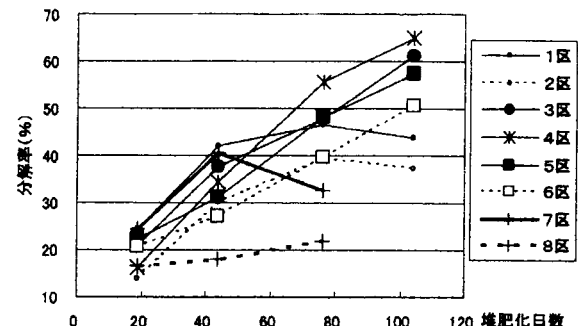


図2-3 NDF分解率の推移

堆肥化処理76日目における7区（茎葉残さだけ）の分解率は、乾物：31.4%、有機物42.2%であったが、46日目にはすでにこの水準に達しており、トマト茎葉残さの分解が早いことが示唆された。8区では、分解しにくいモミガラ混合比率が高いことと発酵が進まずに温度が上がらなかったことから、分解率は低い値となった。鶏ふんで被覆した1区～6区においては、モミガラ混合区の分解率が同様に低くなった。堆積物の山が大きい4区では乾物や有機物の分解率が若干高くなったが、繊維成分のうち比較的微生物に分解されやすいと考えられるNDFの分解が進んだためとみられた。なお、ADLについては分析誤差のためかほとんどの区で分解率が「マイナス」となった。

【肥料成分と施用時の充足率】

堆肥化104日目の混合物堆肥の肥料成分（原物中）を表7に示した。原材料の乾燥鶏ふんとトマト茎葉残さについても併せて示した。鶏ふん適量区（1区・2区）ではN：1.0、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：1.9、K<sub>2</sub>O：0.8、CaO：4.8%、C/N：14程度、鶏ふん2倍区（3～6区）ではN：1.3、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：3.0、K<sub>2</sub>O：1.0、CaO：7～11%、C/N：13程度となり、鶏ふんと混合堆肥化したことでトマト茎葉残さ堆肥（7区）に比べてP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>とCaOが特に高くなった。

表8には、堆肥化開始時と終了時における混合物堆肥の重量、および、できた混合物堆肥を全量ハウストマト栽培における元肥として循環施用した場合の成分ごとの充足率（適正施用量に対する割合）を示した。なお、計算は「家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステム<sup>7)</sup>」を用い、「トマトハウス 促進長期栽培」における各肥料成分の必要量から計算した。

鶏ふん適量区（1区・2区）では、いずれの肥料成分も適正值以下であったが、K<sub>2</sub>Oは約80%、CaOは約40%を賅

うことができる分量であった。鶏ふん2倍量区では、K<sub>2</sub>Oの充足率が最も高く概ね100%であったが、83～114%と大きく変動した。これは、実証規模の試験であったため、特に鶏ふんの成分の均一性が十分でなかったことや、サンプリング精度の低さなどが原因として考えられる。なお、CaOについても充足率は70%程度と高かった。今後は、実際に施用試験を行い肥料効果の判断が必要と思われる。

【トマト萎凋病菌の死滅状況】

堆積物に埋め込んだトマト萎凋病罹病トマト茎の堆肥化19日目、44日目、76日目におけるトマト萎凋病菌の生存状況を表9に示した。堆肥に埋め込まずに室温保存しておいた罹病茎では、100%コロニーが形成された。堆積物に埋め込んだ罹病茎では、8区の床面で100%生存していたのを除き、堆肥化44日目以降にはほぼ死滅していた。

太陽熱消毒法によるイチゴ萎黄病菌 (*Fusarium oxysporum*) の防除をin-vitroで検討した報告<sup>8)</sup>では、厚膜胞子を形成する*Fusarium oxysporum*は土壤病原菌のなかでも耐熱性が高いが、萎黄病菌を含む土壌を灌水条件で加温した場合、45℃では2日、40℃では8日間で死滅し、温度変化がある場合の死滅に要する積算温度としては40℃×96時間と述べている。

トマト萎凋病菌に関する種子消毒<sup>2)</sup>では、40℃1日+75℃7日となっている。一方、トマト萎凋病に罹病した茎葉残さの堆肥化処理による滅菌についての文献は見当たらないが、土壌中のトマト萎凋病菌については、太陽熱消毒法や還元消毒法による報告がある。土壌にフスマ等の有機物を撒布・混和して冠水し表面を透明ビニルシートで被覆する土壌還元消毒法でねぎの根腐萎凋病 (*Fusarium oxysporum* (Schlecht.) Snyd. et Hans.) の消毒について検討した報告<sup>9)</sup>では、分解性の高いフスマや米ぬかを1t/10a用いれば、

表7 肥料成分（堆肥化104日目の堆肥の分析値）

区	堆肥乾物 (%)	灰分含量 (乾物%)	堆肥原物中の成分割合 (%)					C/N	pH	EC (mS/cm)
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO			
1区：適量区	42	44.0	1.0	1.8	0.8	3.3	4.7	13	8.9	2.8
2区：適量モミ	51	40.6	1.1	2.1	0.8	2.9	4.9	15	8.9	2.2
3区：鶏ふん2倍	54	49.9	1.3	2.2	0.8	3.1	7.4	12	9.1	2.3
4区：2倍大山	55	52.5	1.2	3.0	1.1	3.2	8.0	12	9.1	2.0
5区：2倍混合	56	49.1	1.3	3.0	1.1	4.1	11.3	12	9.1	2.4
6区：2倍混合モミ	61	45.3	1.3	3.2	1.0	3.8	7.1	14	9.1	2.0
7区：トマト残さ	35	37.3	0.9	1.1	0.8	3.7	2.5	13	9.1	3.1
8区：トマト残さモミ	46	31.6	0.7	1.1	0.6	2.5	1.4	21	8.9	2.2
乾燥鶏ふん（材料）	71	34.3		4.0	1.0	2.3	8.2			
トマト残さ（材料）	31	25.6		0.8	0.5	2.0	1.2			

pH、ECは、乾物20g相当の原物堆肥に蒸留水を加えて120gとし、30分振とう抽出した液で測定7区・8区は堆肥化76日目で終了したため、76日目の成分

表8 でき上がった混合堆肥を全量施用した時の肥料成分充足率

試験区	開始時重量 (kg)	堆肥化物重量 (kg)	肥料成分の充足率 (%)				
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO
1区：適量区	548	369	16	22	86	29	40
2区：適量モミ	595	374	18	26	78	31	43
3区：鶏ふん2倍	696	384	23	27	85	32	66
4区：2倍大山	1392	718	20	34	83	38	67
5区：2倍混合	696	380	22	37	110	42	99
6区：2倍混合モミ	753	420	24	44	114	42	69
7区：トマト残さ	400	243	10	9	65	19	14
8区：トマト残さモミ	279	195	7	7	35	12	6

「家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステム」で、「トマトハウス 促進長期栽培」で計算

表9 トマト萎凋病菌の生存率(%; ( )内は培養切片数)

	堆肥化日数	19日目	44日目	76日目	試験区別の平均生存率	
					試験区別	平均生存率
1区	中央・上端近く	0 (15) c	0 (15)	0 (22)	1区	0.0
	中心部	0 (15)	0 (15)	0 (20)	2区	4.7
	中央・床面近く	0 (15) c	0 (10)	0 (20)	3区	1.7
	縁・床面近く	0 (15) c	0 (15)	0 (21)	4区	0.7
	1区計	0 (60)	0 (55)	0 (83)	5区	0
2区	中央・上端近く	0 (15)	0 (19)	6 (16)	6区	0
	中心部	0 (15)	0 (21)	0 (14)	7区	14.0
	中央・床面近く	0 (15)	47 (19)	0 (17)	8区	46.3
	縁・床面近く	0 (15)	0 (19)	0 (18)		
	2区計	0 (60)	12 (78)	2 (65)		
3区	中央・上端近く	0 (15)	7 (15)	0 (17)	部位別の平均生存率	
	中心部	0 (15)	7 (15)	7 (15)	中央・上端近く	4.7
	中央・床面近く	0 (15)	0 (16)	0 (15)	中心部	2.5
	縁・床面近く	0 (15) c	0 (19)	0 (16)	中央・床面近く	10.8
	3区計	0 (60)	3 (65)	2 (63)	縁・床面近く	16.7
4区	中央・上端近く	0 (19)	0 (15)	0 (22)		
	中心部	0 (19)	7 (15)	0 (21)		
	中央・床面近く	0 (21)	0 (15)	0 (22)		
	縁・床面近く	0 (17)	0 (15)	0 (24)		
	4区計	0 (76)	2 (60)	0 (89)		
5区	中央・上端近く	0 (19)	0 (15)	0 (21)		
	中心部	0 (21)	0 (15)	0 (20)		
	中央・床面近く	0 (20)	0 (15)	0 (19)		
	縁・床面近く	0 (21) c	0 (15)	0 (21)		
	5区計	0 (81)	0 (60)	0 (81)		
6区	中央・上端近く	0 (15)	0 (19)	0 (19)		
	中心部	0 (15)	0 (20)	0 (16)		
	中央・床面近く	0 (15)	0 (21)	0 (21)		
	縁・床面近く	0 (15)	0 (20)	0 (15)		
	6区計	0 (60)	0 (80)	0 (71)		
7区	中央・上端近く	47 (15)	0 (20)	0 (22)		
	中心部	0 (15)	0 (19)	0 (21)		
	中央・床面近く	20 (15)	0 (22)	0 (23)		
	縁・床面近く	100 (15)	0 (22)	0 (16)		
	7区計	42 (60)	0 (83)	0 (82)		
8区	中央・上端近く	20 (15)	6 (16)	0 (15)		
	中心部	0 (14)	33 (15)	6 (17)		
	中央・床面近く	93 (14)	0 (15)	100 (16)		
	縁・床面近く	100 (15)	100 (15)	100 (16)		
	8区計	53 (58)	34 (61)	52 (64)		

20日、48日は駒場培地、77日はFo-G培地により培養した

c: 運動性のある微生物のコンタミネーションによりトマト萎凋病菌の菌糸が溶けていた

土壌が嫌気状態になって地温30℃で7日以内、地温40℃で2日以内に死滅するが、発酵が終わった家畜ふん堆肥では効果がないと述べている。ハウレンソウ萎凋病 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *spinaciae*) の土壌還元消毒法についての報告<sup>10)</sup> では、土壌にフスマを1 kg/m<sup>2</sup>混和すると50℃で1日45℃で2日、40℃で4日間で死滅し、土壌の水分が低い場合や35℃以下では効果が低いと述べている。

今回の試験では、乾燥鶏ふんと混合堆肥化した試験区では、トマト茎葉残さの堆積物の山の表面を厚さ10cm以上の乾燥鶏ふんで被覆し、さらに、防水透湿シートで覆ったため、茎葉残さが外気にさらされて熱を奪われることがなく、堆積物の温度は中心部では70℃に達し、床面でも55℃を超えた。トマト茎葉残さ全体の温度としては、太陽熱消毒法による土壌中 *Fusarium Oxysporum* の死滅に必要な温度(40℃)と期間(8日間)は達成できたと思われるが、種子消毒に必要な温度には達していなかった。一方で、我々が別に実施したラッカセイ茎葉残さを牛ふん堆肥で包み込んで堆肥化した同様の試験<sup>11)</sup> では、堆肥温度は60℃以上に維持されたが埋め込んだトマト萎凋病罹病茎中のトマト萎凋

病菌の死滅率が低かった。このことから、堆肥化処理によるトマト萎凋病菌の殺菌には、処理温度だけではなく処理中の還元状態も関係することが示唆された。

今回の試験では、茎葉残さ部分では、外気の流入が阻止されたため強い還元状態になったことが推定される。また、本試験に先立って実施した予備試験では、発酵温度の上昇が不十分であるのに鶏ふんで包み込んだトマト茎葉残さ中のトマト萎凋病菌が死滅した。福地らは切断して密閉保存したトマト茎葉残さでは酢酸臭のある嫌氣的発酵がおきて保存温度30~40℃3日間でトマト萎凋病菌が死滅した<sup>12)</sup>と述べている。これらのことから、トマト茎葉残さは本試験結果でも示唆されたとおり分解率が高いため十分に発酵温度が上がるとともに、今回の包み込み堆肥化のように密閉条件化で嫌気発酵が起きることにより「還元消毒」と同様にトマト萎凋病菌を死滅させることができることが示唆された。

以上から、トマト茎葉残さを切断して堆積し、ハウストマト栽培に循環施用可能な量の乾燥鶏ふんで包み込んで堆肥化することで、カリウムやカルシウム等の肥料成分に富み、

トマト萎凋病菌などのトマトの病原菌を死滅させた循環利用可能な混合堆肥を調製することができた。堆肥化時には、堆積物の山をモミガラで被覆すると若干の温度上昇が認められ、さらに、容積重の軽い取り扱いやすい堆肥となった。

なお、現在、千葉県農業総合研究センター生産技術部野菜研究室において、2区および7・8区の堆肥を用いた栽培試験を実施しており、堆肥成分の肥料効果やトマト萎凋病の発症の有無についてさらに検討している。

## 謝 辞

トマト萎凋病菌 (*Fusarium Oxysporum*) の培養方法および培養結果の判定については、千葉県農業総合研究センター生産環境部病理研究室の竹内妙子氏の指導による。予備試験に用いたトマト茎葉残さについては、千葉県農業総合研究センター生産環境部環境機能研究室から頂いた。御礼申し上げます。

## 参 考 文 献

- 1) 栗原大二 (2003)、農林業未利用資源循環研究室リサイクル研究推進事業、農業経営体の堆きゅう肥等に関するニーズの解明、平成14年度試験研究成績書: 15-17
- 2) 岸 國平ら (1995)、植物病理学事典、(株)養賢堂:713
- 3) 千葉県農業総合研究センター (2003)、生ごみ処理機を用いた野菜残渣の堆肥化技術、環境保全型農業新技

術-千葉エコ農業の推進に向けて-:44-45

- 4) 鈴木和美 (2002)、鶏ふんとトマト収穫後の茎葉との混合堆肥化処理、千葉県畜産総合研究センター研究報告 2号:41-42
- 5) 千葉県農業総合研究センター (2003)、有機質肥料だけでつくる施設トマト栽培、環境保全型農業新技術-千葉エコ農業の推進に向けて-:8-9
- 6) (株)日本草地畜産種子協会 (2001)、改訂粗飼料の品質評価ガイドブック-自給飼料品質評価研究会編-:11-13
- 7) 千葉県農林部 (2001)、家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステム
- 8) 福井俊男ら (1981)、太陽熱とハウス密閉処理による土壌消毒法についてⅣ、奈良県農業試験場研究報告第12号:109-119
- 9) 北海道道南農業試験場、ねぎの根腐れ萎ちょう病菌に対する還元消毒法、平成10年度成績概要書
- 10) 福井県農業試験場 (2002)、土壌還元消毒によるハウレンソウ萎凋病の防除、平成13年度普及に移す技術
- 11) 石崎重信ら (2004)、農場有機性残さと家畜ふんの混合堆肥化と肥料利用<Ⅱ>牛ふん堆肥とラッカセイ茎葉残さの混合堆肥化の検討、千葉県畜産総合研究センター研究報告書第4号:37-42
- 12) 福地信彦ら (2002)、トマト栽培におけるトマト残さの利用、園芸学会雑誌第71巻別冊1、園芸学会平成14年度春季大会研究発表およびシンポジウム講演要旨:265