

## 4 . 高肥料成分ペレット堆肥の安定貯蔵法

調製したペレット堆肥の品質保全のため、貯蔵法について検討しました。その目的は、貯蔵条件と成分変動の関係に基づいた品質保全のための貯蔵指針及び調製利用マニュアルを作成するためであります。

### 1 ) 品質に及ぼす保存時の環境要因の影響

貯蔵試験については、次の二つの試験を行いました。

- ( 1 ) 品質劣化試験
- ( 2 ) 環境要因を変えた長期の貯蔵試験

以下、試験のねらいと試験方法について説明します。

#### ( 1 ) 品質劣化試験

この試験のねらいは、ペレット堆肥を入れた保存袋に太陽光を直接照射して意図的にペレットの品質劣化を引き起こす環境を作り出し、ペレット性状や肥料成分含量等への影響を調べることです。

##### ア・試験材料

この試験に用いたペレット堆肥は、豚ふん堆肥と採卵鶏燃焼灰で調製したペレット堆肥と豚ふん堆肥と肉用牛堆肥で調製したペレット堆肥の2種類です。両ペレット堆肥の肥料成分含量等は表3に示しました。

保存袋としては、次の4種類を用いました(写真5)。

- ポリエチレン袋(市販ラミジップ)
- ポリエチレン袋(市販品)
- メッシュ袋(土のう袋、ポリエチレン製普通タイプ、市販品)
- メッシュ袋(土のう袋、ポリエチレン製UVカットタイプ、市販品)

##### イ・試験方法

調製した2種類のペレット堆肥を、おのおの1.2kgずつ上記の4種類の保存袋に詰め、ラミジップは上部のチャックで、またポリエチレン袋はシーラーにて密封し、土のう袋(標準タイプとUVカットタイプ)は首部を麻ひもで縛って、太陽光の直接照射によるペレットの品質劣化試験に供試しました。太陽光

の直接照射は日中のみ行い、夜間は室内へ取り込みました。これを2ヶ月繰り返しました。一方、同じ保存袋に詰めたペレット堆肥を室内に置き、対照区としました。



写真5 貯蔵試験に供試した保存袋（上左：ラミジップ、上右：ポリエチレン袋、下左：土のう袋普通、下右：土のう袋 UV カット）

#### ウ．試験結果

豚ふん堆肥と採卵鶏燃焼灰で調製した、水分率19%ペレット堆肥による劣化試験の結果の一例を写真5～7と表4、表5に示しました。

ペレット堆肥を入れた保存袋に日中の太陽光を照射すると、直ちに水分が内壁に付着しはじめ、夜間になって室内に戻すと内壁に付着していた水分はペレットへ戻ったり、あるいは袋内に水たまりを作っていました。この操作を2ヶ月間繰り返したところ、次第にペレット堆肥が崩壊し、細かくなったペレット堆肥のくずが内壁に付着するようになりました（写真6）。



写真6 太陽光の直接照射区における2ヶ月後の保存袋の外観  
ペレット堆肥の崩壊物が内壁に付着している(ラミジップ)  
(豚ふん堆肥と採卵鶏燃焼灰によるペレット堆肥、水分率19%)

太陽光の直接照射区において、2ヶ月経過した保存袋からペレット堆肥を取出し、正常なペレット堆肥とくずに分別した結果を写真7に示しました。正常なペレット堆肥とは開始時のペレットの形状を維持し、1mm目の篩上に残っているものを、くずとはペレット堆肥が崩壊し、保存袋の内壁へ付着した堆肥および1mm目の篩をパスしたペレット堆肥を合わせたものとししました。保存袋の内壁へ付着した堆肥はすべて削ぎ落としました。分別した正常なペレット堆肥とくず堆肥のそれぞれについて、重量、水分率、肥料成分を測定しました。



写真7 太陽光照射区のペレット堆肥と内壁への付着物（ラミジップ）

写真8は土のう袋に保存していたペレット堆肥を正常なペレットとくずに分別した写真です。土のう袋に保存したペレット堆肥は、ラミジップやポリエチレン袋に比べてくずの発生が少ないと同時に水分の低下が大きく、ペレット堆肥はより乾燥した外観を呈していました。



写真8 土のう袋（普通）から取出したペレットと崩壊物（19%）（同上）

続いて、保存中のペレット堆肥の重量と肥料成分の変化について述べます。太陽光の直接照射によりペレット堆肥の品質が劣化し、維持率が最も低下した保存袋はポリエチレン（ラミジップ）でした。ラミジップでは、ペレットの水分率は開始時および室内と変わりませんでした。ラミジップでは、ペレットの水分率は開始時および室内と変わりませんでした。くずのそれはペレットよりも高く、水分が内壁に多く集まるためと判断されます。土のう袋のペレット維持率はラミジップより高いですが、ペレットおよびくずともに水分率が低いことから、ペレット堆肥の水分が袋の外へ逃げることでペレット堆肥の崩壊が抑制されたためと推察されます。土のう袋のくずの発生の原因は、むしろ乾燥の進行によるものと考えられます（表4）。

肥料成分の変化についてみますと、くずの発生の多かったラミジップでは、ペレット堆肥の窒素、カリ、亜鉛含量が低下する傾向が認められました。土のう袋に保存したペレット堆肥の肥料成分含量は、どの分析項目でも開始時および室内静置の分析値と差がなく、品質劣化は認められませんでした（表5）。

表4 高肥料成分ペレット堆肥の貯蔵中の重量変化（劣化試験）

- 豚ふん堆肥と採卵鶏ふん燃焼灰によるペレット堆肥（開始水分率 19%） -

処理	保存袋 材質	開始時 乾物重(g)	2ヶ月後乾物重(g)		ペレット維持率 %	水分率(%)	
			ペレット	くず		ペレット	くず
開始時		975	-	-	100	18.9	-
室内	ポリエチレン	975	975	0	100	18.8	0
太陽光	ラミジップ	975	881	94	90.4	18.8	20.3
直接	ポリエチレン	975	959	16	98.4	19.0	19.2
照射	土のう普通	975	934	41	95.8	8.3	7.5
	土のうUV	975	946	29	97.0	8.2	7.6

表5 高肥料成分ペレット堆肥の貯蔵中の肥料成分の変化（劣化試験）

- 豚ふん堆肥と採卵鶏ふん燃焼灰によるペレット堆肥（開始水分率 19%） -

処理	保存袋 材質	試料の 形状	現物水分 %	pH H <sub>2</sub> O	EC mS/cm	C 乾物%	N 乾物%	C/N比
開始時		ペレット	18.9	10.1	15.1	16.3	1.81	9.0
室内	ポリエチレン	ペレット	18.8	10.0	13.8	16.4	1.80	9.1
太陽光	ラミジップ	ペレット	18.8	10.1	14.5	15.9	1.74	9.2
直接	ポリエチレン	ペレット	19.0	10.2	14.3	16.0	1.79	9.0
照射	土のう普通	ペレット	8.1	10.3	14.3	16.1	1.80	9.0
	土のうUV	ペレット	8.2	10.3	13.8	16.3	1.83	8.9
	ラミジップ	くず	20.3	10.2	13.9	15.9	1.67	9.6
	ポリエチレン	くず	19.2	10.2	12.6	15.9	1.75	9.1
	土のう普通	くず	7.5	10.3	15.0	16.4	1.78	9.2
	土のうUV	くず	7.6	10.1	15.4	15.6	1.68	9.3

処理	保存袋 材質	試料の 形状	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 乾物%	K <sub>2</sub> O 乾物%	CaO 乾物%	MgO 乾物%	Zn 乾物ppm	Cu 乾物ppm
開始時		ペレット	10.9	9.1	27.5	3.5	1188	240
室内	ポリエチレン	ペレット	10.6	8.8	27.7	3.2	1082	216
太陽光	ラミジップ	ペレット	10.8	8.6	27.7	3.2	1066	209
直接	ポリエチレン	ペレット	11.0	9.0	27.9	3.4	1085	223
照射	土のう普通	ペレット	11.2	8.8	28.3	3.6	1143	239
	土のうUV	ペレット	10.5	8.8	27.6	3.5	1106	228
	ラミジップ	くず	10.7	8.4	29.7	3.1	1053	205
	ポリエチレン	くず	10.9	7.6	30.0	3.3	1054	207
	土のう普通	くず	9.5	9.1	28.5	3.4	1095	219
	土のうUV	くず	9.4	8.9	28.1	3.4	1056	216



豚ふん堆肥と採卵鶏ふん燃焼灰で調製したペレット堆肥

続いて、豚ふん堆肥と肉用牛堆肥で調製した、水分率 32%ペレット堆肥による劣化試験の結果の一例を写真 9 ~ 11 と表 6、表 7 に示しました。

日中の太陽光を照射すると、先の 19%ペレット堆肥と同様に直ちに水分が保存袋の内壁に付着しはじめ、夜間に室内に戻すと内壁の水分が一部落ちていました。水分率の高いペレット堆肥ほど、水分が袋の内壁に付着するスピードは速いことが観察されました。この操作を 2 ヶ月間繰り返したところ、先のペレット堆肥と同様に、崩壊したペレット堆肥が内壁に付着するようになりました（写真 9、左側）。一方、対照区として太陽光を浴びない室内に静置保存したペレット堆肥（写真 9、右側）では、水分率の高いペレット堆肥でも上述の症状は全く認められませんでした。



写真 9 劣化試験 2 ヶ月後のペレット堆肥保存袋の外観（ラミジップ）  
左側：太陽光の直接照射処理区、右側：太陽光を浴びない室内での保存処理区  
（豚ふん堆肥と肉用牛堆肥によるペレット堆肥、水分率 32%）

写真 10 は太陽光の直接照射区において、2 ヶ月経過した保存袋からペレット堆肥を取出し、正常なペレット堆肥とくず（ペレット堆肥が崩壊し、袋の内壁へ付着したもの、1mm 目の篩をパスしたもの、崩壊したペレット同士が付着した塊状もの）に分別した結果です。このペレット堆肥では崩壊したペレットの破片同士が付着し、塊となったペレットが出現しました。この現象は上述した 19%の低水分率のペレット堆肥ではみられませんでした。分別したそれぞれについて、重量、水分率、肥料成分を測定しました。



写真 1 0 太陽光照射区のペレット堆肥と保存袋内壁への付着物およびペレット破片が付着してできた塊のくず（ラミジップ袋、ペレットは同上）

写真 1 1 は土のう袋に保存していたペレット堆肥を正常なペレットとくずに分別した写真です。土のう袋に保存したペレット堆肥は、ラミジップやポリエチレン袋に比べてくずの発生が少ないとともに、水分の低下が大きく、ペレット堆肥はより乾燥していました。この点も上述の豚ふん堆肥と採卵鶏燃焼灰によるペレット堆肥の結果と同様でした。



写真 1 1 土のう袋（普通）に保存したペレット（32%）

続いて、保存中のペレット堆肥の重量と肥料成分の変化について述べます。太陽光の直接照射によりペレット堆肥の品質が劣化し、ペレット維持率が最も低下した保存袋はポリエチレン袋でした。ポリエチレン袋では、ペレットの水分率は開始時および室内と変わりませんでした。くずのそれはペレットよりも高く、水分が内壁に多く集まるためと判断されます。土のう袋のペレット維持率はラミジップより高いですが、ペレット堆肥およびくずともに水分率が低いことから、ペレット堆肥の水分が袋の外へ出ることでペレットの崩壊が抑制されたためと推察されます。土のう袋のくずの発生の原因は、むしろ乾燥の進行によるものと考えられます。以上の結果は、上述した豚ふん堆肥と採卵鶏燃焼灰によるペレット堆肥の結果と全く同様であり、原材料や水分率が異なっても同様な結果になることが推察されます（表6）。

肥料成分の変化についてみますと、くずの発生の多かったポリエチレン袋では、ペレット堆肥の窒素含量の低下がみられましたが、カリや亜鉛含量の低下傾向は認められず、豚ふん堆肥と採卵鶏燃焼灰のペレットによる結果とは一致していませんでした。土のう袋に保存したペレット堆肥の肥料成分含量は、どの分析項目でも開始時および室内静置の分析値と差がなく、先のペレット堆肥と同様に品質劣化は認められませんでした（表7）。

表6 高肥料成分ペレット堆肥の貯蔵中の重量変化（劣化試験）

- 豚ふん堆肥と肉用牛堆肥によるペレット堆肥（開始水分32%） -

処理	保存袋 材質	開始時 乾物重(g)	2ヶ月後乾物重(g)		ペレット維持率 %	水分率(%)	
			ペレット	くず		ペレット	くず
開始時		814	-	-	100	32.0	-
室内	ラミジップ	814	814	0	100	32.1	0
	ポリエチレン	814	811	3	99.6	32.1	32.0
	土のう普通	814	810	4	99.5	14.3	13.6
	土のうUV	814	800	14	98.3	14.3	13.6
太陽光 直接 照射	ラミジップ	814	751	63	92.3	32.0	37.5
	ポリエチレン	814	729	85	89.6	31.5	33.0
	土のう普通	814	803	11	98.6	13.8	12.9
	土のうUV	814	801	13	98.4	13.9	13.2

表7 高肥料成分ペレット堆肥の貯蔵中の肥料成分変化（劣化試験）

- 豚ふん堆肥と肉用牛堆肥によるペレット堆肥（開始水分 32%） -

処理	保存袋 材質	試料の 形状	現物水分 %	pH H <sub>2</sub> O	EC mS/cm	C 乾物%	N 乾物%	C/N比
開始時		ペレット	32.0	8.4	10.3	31.3	3.52	8.7
室内	ラミジップ	ペレット	32.1	8.0	10.6	31.5	3.58	8.8
	ポリエチレン	ペレット	32.1	8.4	10.1	31.2	3.63	8.6
	土のう普通	ペレット	14.3	8.6	9.8	31.1	3.62	8.6
	土のうUV	ペレット	14.3	8.5	9.6	32.0	3.60	8.9
	〃	くず	13.6	7.9	10.0	32.0	3.33	9.6
太陽光 直接 照射	ラミジップ	ペレット	32.0	8.2	10.7	31.5	3.50	9.0
	ポリエチレン	ペレット	31.5	8.6	10.0	31.4	3.47	9.1
	土のう普通	ペレット	13.8	8.9	10.0	31.5	3.49	9.1
	土のうUV	ペレット	13.8	8.7	10.6	32.1	3.50	9.1
	ラミジップ	くず	37.5	8.1	12.5	31.8	3.23	9.9
	ポリエチレン	くず	33.0	8.5	11.2	31.3	3.38	9.3
	土のう普通	くず	12.9	8.0	11.1	32.3	3.30	9.8
	土のうUV	くず	13.2	8.6	10.8	32.6	3.23	10.1
処理	保存袋 材質	試料の 形状	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 乾物%	K <sub>2</sub> O 乾物%	CaO 乾物%	MgO 乾物%	Zn 乾物ppm	Cu 乾物ppm
開始時		ペレット	8.4	6.2	8.4	3.0	955	319
室内	ラミジップ	ペレット	7.3	6.3	8.1	2.9	818	288
	ポリエチレン	ペレット	7.6	6.4	8.3	2.9	834	295
	土のう普通	ペレット	7.6	6.8	8.8	3.1	850	299
	土のうUV	ペレット	7.6	6.7	8.8	3.0	868	310
	〃	くず	7.4	6.7	9.4	2.8	838	287
太陽光 直接 照射	ラミジップ	ペレット	8.1	6.4	8.4	3.1	929	327
	ポリエチレン	ペレット	8.2	6.9	9.4	3.5	1055	373
	土のう普通	ペレット	8.2	6.8	9.0	3.4	1021	355
	土のうUV	ペレット	8.0	6.7	9.0	3.4	1010	351
	ラミジップ	くず	7.8	7.5	8.5	3.1	914	328
	ポリエチレン	くず	7.9	7.3	9.1	3.3	1022	358
	土のう普通	くず	7.4	6.8	8.7	2.9	946	323
	土のうUV	くず	7.7	7.5	9.7	3.3	1041	353

## (2) 環境要因を変えた長期の貯蔵試験

この試験のねらいは、環境条件を変えてペレット堆肥を長期に保存したとき、品質の一要因である肥料成分含量への影響を調べることです。

### ア．試験材料

この貯蔵試験には、豚ふん堆肥と採卵鶏ふん燃焼灰で調製したペレット堆肥を、保存袋はポリエチレン袋を用いました。

### イ．試験方法

ペレット堆肥の開始時水分を2処理(18%と8.6%)とし、恒温槽による環境条件(A、B、C)と組み合わせた次の5試験区を作りました。

ア．高温・高湿条件＋ペレット堆肥水分率		8.6%
イ．高温・高湿条件＋	＼	18%
ウ．高温・低湿条件＋	＼	8.6%
エ．高温・低湿条件＋	＼	18%
オ．変温・変湿条件＋	＼	18%

なお、環境要因は以下のとおりです

- A．高温・高湿(温度34～36、湿度65～85%、24時間夜間、通風有り)
- B．高温・低湿(昼間：温度34～36、湿度6～10%、12時間点灯、夜間：温度23、湿度10～15%、12時間消灯、下方より通風有り)
- C．実験棟の室内静置：温度・湿度ともに季節により変化(温度：秋期10～15、冬期5～10、春期12～22、夏期25～35、湿度：秋期40～60%、冬期50～70%、春期45～65%、夏期50～80%)

試験方法としては、1処理区当たりのペレット量は2kgとし、これをポリエチレン袋に入れ、麻ひもで縛って試験に供しました。試験期間は12ヶ月で、その間に1ヶ月ごとにペレット堆肥をサンプリングして肥料成分含量を分析しました。

### ウ．試験結果

試験結果の一例を写真12～13、表8に示しました。ペレット堆肥の色合いは処理区でやや違いが見られるものの、かびの発生とか固結、あるいは崩壊

などの症状は認められませんでした。また、肥料成分の分析結果では、水分率は処理区で差がみられましたが、リン酸、カリ含量をはじめ他の成分含量は開始時と比べて著しく低下することは認められませんでした。

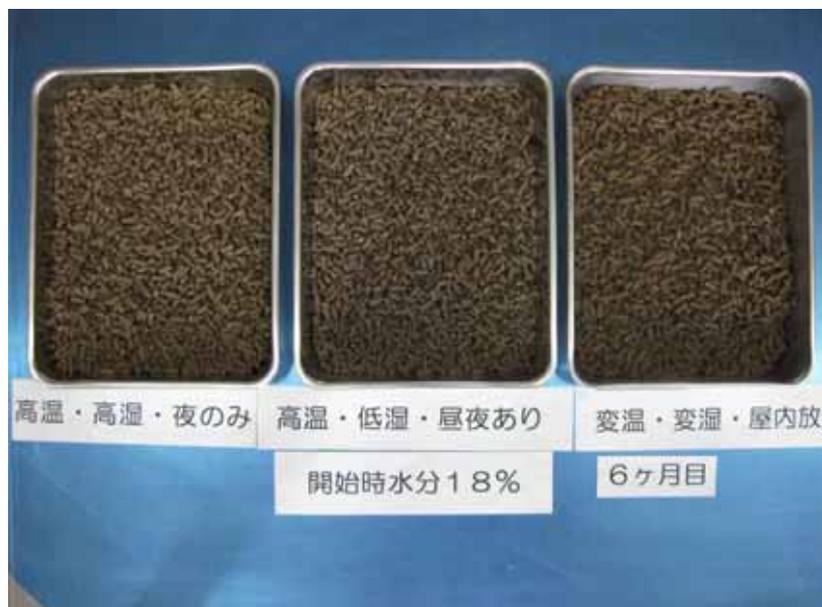


写真12 貯蔵試験6ヶ月目のペレット堆肥の様子（開始水分率19%）  
（左：高温・高湿条件、中：高温・低湿条件、右：室内放置）

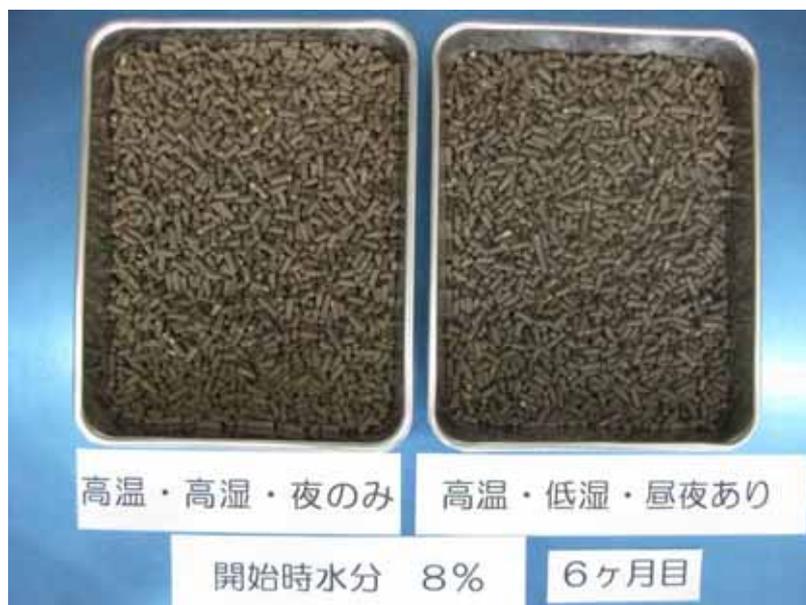


写真13 貯蔵試験6ヶ月目のペレット堆肥の様子（開始水分率8%）  
（左：高温・高湿条件、右：高温・低湿条件）

表 8 高肥料成分ペレット堆肥の長期貯蔵中の肥料成分の変化

期間	処理区	設定 水分%	現物水分 %	pH H <sub>2</sub> O	EC mS/cm	C 乾物%	N 乾物%	C/N比
開始時			8.6	10.1	13.3	16.5	1.83	9.0
			18.1	10.1	13.8	15.8	1.76	9.0
1ヶ月目	高温・高湿	8%	9.0	10.1	13.2	16.3	1.85	8.8
		18%	17.8	10.0	13.6	15.7	1.75	8.9
	高温・低湿	8%	7.0	10.0	13.8	16.5	1.84	9.0
		18%	15.5	9.9	13.7	15.6	1.76	8.9
	変温・変湿	18%	17.1	10.0	13.6	15.6	1.76	8.9
6ヶ月目	高温・高湿	8%	7.6	10.2	14.2	16.1	1.83	8.8
		18%	11.8	10.2	14.0	15.2	1.76	8.7
	高温・低湿	8%	4.9	10.2	14.3	16.4	1.89	8.7
		18%	5.9	10.3	14.0	15.6	1.82	8.6
	変温・変湿	18%	15.1	10.2	14.3	15.7	1.84	8.6
12ヶ月目	高温・高湿	8%	11.6	9.8	13.1	15.8	1.62	9.8
		18%	13.2	9.5	13.9	14.6	1.55	9.4
	高温・低湿	8%	7.0	9.9	14.0	15.8	1.65	9.6
		18%	7.6	9.8	13.8	15.5	1.65	9.4
	変温・変湿	18%	12.4	9.8	13.8	15.3	1.63	9.4

期間	処理区	設定 水分%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 乾物%	K <sub>2</sub> O 乾物%	CaO 乾物%	MgO 乾物%	Zn 乾物ppm	Cu 乾物ppm
開始時			10.8	9.3	36.0	3.7	1513	266
			10.9	9.6	36.7	3.9	1509	285
1ヶ月目	高温・高湿	8%	10.4	9.5	35.7	3.9	1169	281
		18%	11.1	9.7	35.8	3.9	1243	284
	高温・低湿	8%	11.1	9.3	34.3	3.8	1436	265
		18%	11.6	10.2	36.5	4.1	1476	287
	変温・変湿	18%	11.3	10.0	34.6	4.1	1420	291
6ヶ月目	高温・高湿	8%	10.6	8.4	28.2	3.3	1111	241
		18%	10.6	8.7	27.8	3.5	1164	251
	高温・低湿	8%	10.5	8.8	28.5	3.4	1160	238
		18%	10.8	8.7	27.6	3.4	1167	250
	変温・変湿	18%	10.7	9.0	28.4	3.5	1155	309
12ヶ月目	高温・高湿	8%	10.5	8.6	28.5	3.4	1104	235
		18%	10.7	9.4	29.3	3.7	1187	261
	高温・低湿	8%	10.5	10.1	28.3	4.0	1187	271
		18%	10.4	9.8	28.6	3.7	1164	270
	変温・変湿	18%	10.9	9.9	28.2	4.0	1131	269

## 2) ペレット堆肥を安定貯蔵するには

以上の貯蔵試験の結果を踏まえ、ペレット堆肥の品質を保全するための安定貯蔵法について述べます。

従来、貯蔵中にペレット堆肥の変質を防止するためには水分管理が重要で、成型後のペレット堆肥は 15%程度の水分率まで乾燥することが推奨されています。また、15%以下の水分率にすると、分解しやすい油かすが入っていても貯蔵中の変質やカビの発生はないとの事例(農研機構・九州沖縄農研、2005)成型後の水分率が 40%のペレット堆肥を袋詰め保管すれば糸状菌等の増殖による外観品質の劣化が生じるとの報告(三重県、2008)、チャック付きポリ袋に入れた豚ふんペレット堆肥(水分率 21%)を 35℃の恒温槽(暗室下)内で保存したところ 2 週間でカビとカビ臭が発生したとの報告(岡山農総セ畜研報 1、2011)もあります。

本試験では貯蔵法に関する 2 つの試験を実施しました。一つ目は水分率が 32%と 19%のペレット堆肥を保存した袋に太陽光の直接照射を繰り返した劣化試験です。二つ目は、環境要因を変えた恒温槽で、水分率が 18%と 8.6%のペレット堆肥を 12 ヶ月の長期間貯蔵した試験です。

その結果、劣化試験では高水分率(32%)のペレットに加えて、19%の水分率でも太陽光の直接照射によりペレット堆肥の崩壊と肥料成分の低下が認められました。長期貯蔵試験では、カビの発生や崩壊などの外観的变化はみられず、しかも肥料成分含量の低下も認められませんでした。

続いて保存袋ですが、従来の試験報告ではポリエチレン袋や紙袋を用いた事例があります。中でもポリエチレン袋が多いので、本試験でもポリエチレン袋を主体に土のう袋も加えて試験してみました。その結果、密封したポリエチレン袋では太陽光を受けない室内に貯蔵した場合には品質の劣化は起きないこと、太陽光を当てるとペレット堆肥の崩壊や肥料成分の低下が起きることが判明しました。一方、土のう袋のように水分が出入りする場合には、水分率の低下が著しく、乾燥に伴う崩壊が多少発生するものの、カビの発生や肥料成分の低下はないことが明らかになりました。

以上から、ポリエチレン袋等で密封して貯蔵する場合は、従来いわれてい

るように、ペレット堆肥の水分率を 15%程度以下に下げること、 直射日光の当たらない場所に保管することなどが必要です。一方、土のう袋や紙袋のように水分が出入りする保存袋を使用する場合は、ペレット堆肥の水分率がかなり低下するので、品質の劣化は少ないですが、やはり直射日光を避けた室内に保管するのがよいでしょう。



ペレット堆肥の管理状況点検



ペレット工場での保管状況例