

米ぬか油製造副産物による牛ふんの堆肥化促進効果

市川あゆみ¹⁾・増田達明¹⁾・日置雅之¹⁾・瀧澤秀明¹⁾・山田尚美²⁾・榊原幹男¹⁾

摘要：米ぬか油製造時の副産物で、産業廃棄物として処理されている脱脂米ぬか、廃白土、活性炭およびワックスの堆肥化促進効果を検討した。その結果、脱脂米ぬかでは粉末5%添加が最も堆肥化を促進し、添加後速やかな効果が見られるため、添加時期に関わらず有効であった。廃白土では、堆肥化開始時より1週時の添加で効果が見られた。また、大型の堆肥化装置では5%添加で、小型の堆肥化装置では15%添加で効果が見られた。活性炭およびワックスは効果が見られなかった。

キーワード：牛ふん堆肥、米ぬか油、脱脂米ぬか、廃白土、堆肥化条件

The Stimulatory Effect on Composting Cattle Manure of Some By-products of Rice Bran Oil Processing

ICHIKAWA Ayumi, MASUDA Tatsuaki, HIOKI Masayuki, TAKIZAWA Hideaki,
YAMADA Naomi and SAKAKIBARA Mikio

Abstract: The stimulatory effect on composting cattle manure caused by the addition of certain by-products of rice bran oil processing, i.e., defatted rice bran, spent activated white earth, used activated carbon, and extract wax, were investigated. The defatted rice bran stimulated the composting process, irrespective of the time of addition, and the most effective amount of the additive was 5%. In addition, the powdered type was more useful than the palletized type. Spent activated white earth was effective when 5% was added to the large type test compost and when 15% was added to the small type compost. The remaining 2 by-products showed no effect.

Key Words: Cattle manure compost, Rice bran oil, Defatted rice bran, Spent activated white earth, Composting condition

緒言

今日、家畜ふんの処理は堆肥化を行い、土壌還元するのが一般的である。堆肥化は、好気性微生物により有機物を酸化分解する作用である¹⁾ため、微生物が活動しやすい状況を作ることが良好な堆肥発酵の条件である。通気性の確保が困難となる高水分条件や、微生物の活性が低くなる冬場の低温条件等では、堆肥化の進行に支障を来しやすい。

家畜の飼養形態によって畜舎から搬出されるふん尿の状態は様々であるが、乳牛では特に高水分となりやすく、固液分離しないふん尿混合物を堆肥化する場合も少なくないため、副資材を利用した水分調整は不可欠である。また、山間地等低温地帯の冬場には、熱量の不足から発酵遅延または発酵不良が起こりやすく、更に大量な副資材が必要となる。

一般的に副資材としては、オガクズ、モミガラ、樹皮等が使用されているが、主要な副資材であるオガクズは、近年、国内製材量の減少に伴い、慢性的な不足状態にあり、価格も高騰している。さらに、2011年に起こった東日本大震災の影響で、一部木材が放射能汚染され、使用できなくなったため、この傾向は一層顕著になってきている。

一方、食用油の製造過程においては、様々な副産物が生じるが、再利用されるものは限られており、産業廃棄物として処理されているものが少なくない。

このうち抽出残渣、いわゆる油かすには、堆肥発酵微生物の栄養源となりうる易分解性有機物が多く含まれている。また、精製過程で生じる副産物には多量の廃油が含まれるため、発酵熱の上昇および水分の蒸散のためのエネルギー源として利用できると考えられる。これらが牛ふん堆肥化過程での、発酵促進資材として利用でき、堆肥化悪条件での良好な発酵が得られるようになれば、オガクズ等高価な副資材の使用量低減と未利用資材の有効活用、堆肥化期間短縮による負担低減が期待される。

これら製油副産物のうち、廃白土については、密閉縦型発酵装置（以下縦型コンポスト）を用いた牛ふんの堆肥化促進効果が報告されている^{2, 3)}ものの、他の資材に関しては、脱脂米ぬかの脱臭目的での利用が検討されている⁴⁾のみで、畜ふんの発酵促進剤としての利用に関する報告はない。

そこで、愛知県内の油脂メーカーであるオリザ油化株式会社の米ぬか油製造副産物を用いて3回の試験を行い、牛ふんの堆肥化促進技術を検討した。

材料及び方法

1 試験1 堆肥化悪条件（冬季・高水分）での促進資材の探索

(1) 供試材料

堆肥化促進資材候補として、オリザ油化(株)の米ぬ

か油製造副産物である脱脂米ぬか、廃白土、活性炭、ワックスの4種類（図1）を使用した。資材の成分は表1のとおりであった。なお、廃白土は油の脱色に用いた活性白土（粘土）が廃油分を含んだもの、ワックスは食用油の固化防止のために取り除いた固形脂やロウなどである。米ぬか油製造工程は図2に示したとおりである。

堆肥化悪条件として、オガクズを副資材として用いた場合の適正水分72%¹⁾より高水分となるように設定した堆肥化原料に候補となる資材を添加した。すなわち、当場の乳牛舎より搬出された新鮮乳牛ふん尿を採取し、オガクズと混合して水分78%（実測値78.5%、表2）に調整したものを堆肥化原料とした。堆肥化原料の水分は、先んじて行った予備試験において示された、オガクズを副資材に用いた乳牛ふん尿の堆肥化限界水分80%（夏季）に冬季試験のため危険率を加味し設定した。

(2) 試験方法

堆肥化試験は、2010.12.21～2011.3.22の冬季に13週間行った。



図1 試験に用いた資材

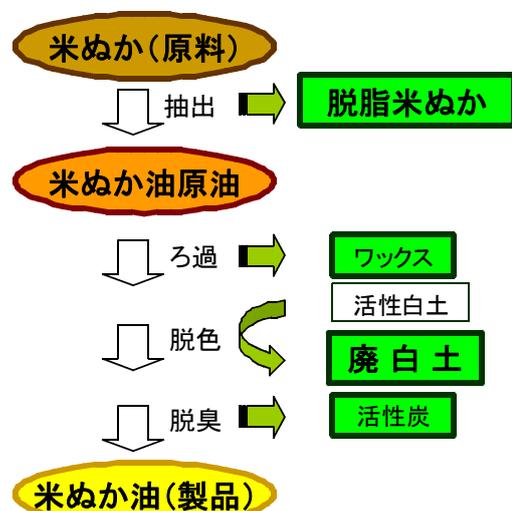


図2 米ぬか油製造の流れ

表1 資材の成分 (試験1~3)

資材	供した試験	水分	灰分	粗脂肪
脱脂米ぬか	1, 3	7.3~12.0	13.2	3.3~5.4
ペレット	3	5.2	15.4	6.6
廃白土	1, 2, 3	6.7~22.5	71.5~74.6	17.0~19.4
活性白土	2,	10.7	96.1	0
活性炭	1	11.2	21.2	24.8
ワックス	1	0	0	100

水分は現物%、他は乾物%

試験区は、堆肥化原料（高水分区）に各資材を5% (w/w) 添加した、脱脂米ぬか区、廃白土区、活性炭区、ワックス区と、オガクズを5%添加したオガクズ区および高水分区の6区とし、2反復設定した。試験開始時の各区の成分は表2のとおりであった。なお、ワックスは固形物をそのまま混合することが困難であったため、加熱融解し堆肥化原料調整用のオガクズに吸収させた。

自作の10 L容積の小型堆肥化装置 (図3) に材料を充填し、ブローで底部から0.5 ml/分の通気を行った。試験開始から4週間は毎週、以降は2週毎に容器内の全量をプラ舟に広げ、攪拌後再充填した。開始時、攪拌時及び終了時の水分、灰分、粗脂肪、pH、EC、全窒素 (T-N) ならびに開始時及び終了時の全炭素 (T-C) を測定した。また、期間中、堆肥中心部温度 (以下品温) を小型温度計 (おんどとり) により自動計測した。

(3) 分析方法

分析方法は、当研究室の定法および堆肥等有機物分析法⁵⁾に従った。すなわち、水分は105°C24時間乾燥、pHおよびECは現物試料10 gを100 mlの蒸留水で30分間振とう抽出した溶液を用いて測定した。T-Nはサリチル酸-硫酸分解法 (ケルダール法ガンニング変法) により、T-Cは炭素窒素分析計 (ジェイ・サイエンス、京都) による燃焼法により測定し、CN比を算出した。

有機物分解率は張ら⁶⁾の方法に従って、灰分より算出した。

2 試験2・3 資材添加方法の検討

(1) 供試材料

使用した資材は、試験1の結果選定された脱脂米ぬか及び廃白土とし、加えて、試験2では廃白土の効果が油脂分由来であることを確かめるため対照として未使用の活性白土を、試験3では、脱脂米ぬかの形状による作用の比較のため、ペレット化したものを使用した。

試験2では、乳牛ふん尿にオガクズを混合し、適正水分である72% (実測値70.0%、表3) に調整した適水分区に、水道水の加水により83.5% (同81.9%、同表) の高水分区を設定し、高水分区に資材を添加した (表4)。試験3では、堆肥化原料は試験1と同様としたが、夏季に試験を行ったため、水分は81%に調整した (実測値81.6%、表5)。

(2) 試験方法

ア 150 L容積試験装置による堆肥化試験 (試験2)

試験1の結果、効果が期待された廃白土について、添加時期の検討のため、150 L容積堆肥化試験装置 (充填部50×50×60 cm) を用い2011.5.17~8.9の12週間試験を行った。

廃白土を堆肥化開始時に5%添加した区を白土0d区、1週間後の切り返し時に5%添加した区を白土1w区、廃白土の代わりに活性白土を開始時に添加した区を活土区とした (表4)。なお、活性白土添加量は、廃白土添加量から油脂分を差し引いた量とした。試験開始時及び1週間後の各区の成分は表3のとおりであった。

堆肥化条件は試験1と同様とし、期間中の品温、開始時、攪拌時及び終了時の水分、灰分、粗脂肪、pH、EC、T-N、開始時、1週時及び終了時のT-C、終了時の酸性デタージェント繊維 (ADF)⁷⁾、P、K、Ca、Mg、コマツナ発芽率⁵⁾を調査した。

イ 10 L容積小型試験装置による堆肥化試験 (試験3)

脱脂米ぬかの添加量と添加時期、形状による差の検討及び廃白土の添加量の検討のため、2011.8.31~11.8の10週間、10 L容積小型堆肥化装置を用いた堆肥化試験を行った。

試験区は表6のとおりとした。すなわち、脱脂米ぬかについては、試験開始時に粉末状の資材を5%添加した区 (ぬか5%区)、1%添加した区 (ぬか1%区)、ペレット状資材を5%添加した区 (ペレ5%区) に加え、粉末資材5%を1週時 (ぬか1w区) および2週時 (ぬか2w区) に添加した区を設定した。廃白土については、添加時期は試験2の結果より1週時とし、添加量5% (白土5%区)、10% (白土10%区)、15% (白土15%区) の区を設定した。対照として無添加の高水分区、オガクズ添加により水分75% (実測値75.9%) に調整した適水分区を設定した。試験開始時及び資材添加時の各区の成分は表5のとおりであった。

堆肥化条件、調査項目は試験2と同様とし、更に、脱脂米ぬか添加区については、資材及び試験開始時のT-C、ADFを測定した。また、廃白土添加区の完成堆肥についてコマツナ発芽率を調査した。

(3) 分析方法

分析方法は試験1と同様に行った。Pはバナドモリブ

表2 試験開始時の成分 (試験1)

試験区	水分	灰分	粗脂肪	C/N	pH	EC (dS/m)
脱脂米ぬか	75.0	8.8	2.5	23	7.7	2.2
廃白土	75.6	16.5	4.9	27	8.4	1.8
活性炭	75.7	8.1	11.3	33	8.8	1.9
ワックス	74.1	7.2	22.2	35	8.7	2.0
オガクズ	76.3	8.1	1.7	29	8.8	2.3
高水分	78.5	8.5	2.1	26	8.8	2.1

水分は現物%、灰分、粗脂肪は乾物%



図3 10 L容積小型堆肥化装置

表3 試験開始時及び1週時の成分 (試験2)

試験区	水分		灰分		粗脂肪		C/N		pH		EC (dS/m)	
	開始時	1週時	開始時	1週時	開始時	1週時	開始時	1週時	開始時	1週時	開始時	1週時
白土0d	79.0	78.0	19.7	19.5	1.8	1.5	45	42	7.3	7.4	0.9	0.8
白土1w	82.6	74.8	6.7	21.2	1.0	1.5	40	46	7.9	8.3	0.9	0.7
活土	80.5	78.2	20.9	21.6	0.9	0.8	40	41	7.8	7.4	0.8	0.9
高水分	81.9	79.7	6.6	6.7	1.0	0.6	40	44	7.9	8.8	0.9	0.8
適水分	70.0	71.3	6.6	6.9	1.0	—	43	40	8.1	9.2	1.4	1.0

水分は現物%、灰分、粗脂肪は乾物%

白土1w区の1週時は添加後の値

—：未測定

表4 試験区の設定 (試験2)

試験区	資材種類	添加時期	添加量	加水
白土0d	廃白土	開始時	5%	あり
白土1w	廃白土	1週時	5%	あり
活土	活性白土	開始時	4.5% ¹⁾	あり
高水分	なし	—	—	あり
適水分	なし	—	—	なし

1) 廃白土5%相当量

表5 試験開始時及び資材添加時の成分(試験3)

試験区	水分		灰分		粗脂肪		C/N		pH		EC(dS/m)	
	開始時	添加時	開始時	添加時	開始時	添加時	開始時	添加時	開始時	添加時	開始時	添加時
ぬか5%	78.6		11.7		1.8		25		5.9		1.9	
ぬか1%	81.0		11.2		1.4		30		7.7		1.8	
ペレ5%	78.5		11.3		3.3		24		5.9		1.9	
ぬか1w	81.6	77.5	10.7	11.8	1.3	1.6	33	24	8.5	7.2	1.7	1.9
ぬか2w	81.6	77.6	10.7	12.0	1.3	1.3	33	28	8.5	7.2	1.7	1.9
白土5%	81.6	77.6	10.7	23.5	1.3	2.1	33	—	8.5	8.3	1.7	1.5
白土10%	81.6	74.0	10.7	29.7	1.3	3.1	33	—	8.5	7.8	1.7	1.3
白土15%	81.6	70.3	10.7	36.9	1.3	3.8	33	—	8.5	7.2	1.7	1.2
高水分	81.6		10.7		1.3		33		8.5		1.7	
適水分	75.9		7.3		1.4		46		8.6		1.4	

水分は現物%、灰分、粗脂肪は乾物%

添加時：ぬか2w区のみ2週間後、他区は1週間後

—：未測定

表6 試験区の設定(試験3)

試験区	資材種類	資材形状	添加時期	添加量
ぬか5%	脱脂米ぬか	粉末	開始時	5%
ぬか1%	脱脂米ぬか	粉末	開始時	1%
ペレ5%	脱脂米ぬか	ペレット	開始時	5%
ぬか1w	脱脂米ぬか	粉末	1週時	5%
ぬか2w	脱脂米ぬか	粉末	2週時	5%
白土5%	廃白土	粉末	1週時	5%
白土10%	廃白土	粉末	1週時	10%
白土15%	廃白土	粉末	1週時	15%
高水分	なし		—	—
適水分	オガクズ		開始時	8%

デン酸比色法、K、Mg、Caは原子吸光光度法により測定した⁵⁾。ADFは飼料分析基準⁷⁾に従って測定した。

灰分より有機物分解率、T-N及びT-CよりCN比を、灰分及びADFより易分解性有機物割合(有機物-ADF)を算出した。

3 堆肥化促進効果の判定

堆肥化とは、好気性微生物による有機物の酸化分解であり、有機物は最終的には二酸化炭素と水に分解される発熱反応である。そのため、堆肥化促進効果の判定は、発酵中の堆肥品温の上昇と有機物分解率により行った。

試験結果

1 堆肥化悪条件での促進資材の探索

冬季・高水分条件での小型堆肥化装置による試験の結果、脱脂米ぬか区が最も品温が上昇し、最高温度48.7℃、有機物分解率27.4%となり、オガクズ区(最高温度32.8℃、有機物分解率10.0%)、高水分区(同29.5℃、同16.4%)を上回った。廃白土区は、最高温度が30.6

℃で、オガクズ区より低く、高水分区と同程度であったが、2回目の切返し以降、他の区よりも高温で推移した。有機物分解率は15.7%であった。活性炭区、ワックス区では、品温は高水分区より低く推移した。有機物分解率は、ワックス区は14.1%、活性炭区は13.1%であった(図4、表7)。

試験終了時の成分は表8のとおりであったが、オガクズ区、高水分区と比べ、脱脂米ぬか区のCN比が20と低く、廃白土区の灰分が倍近く高かった。活性炭区及びワックス区では、粗脂肪が9.7%及び18.8%と他の区が1%未満の中で非常に高く、CN比も33及び35と高かった。

以上により、脱脂米ぬかには発酵促進作用があることがわかった。また、廃白土には、低温、高水分の堆肥化悪条件での発酵不良を改善する効果が期待された。このため、堆肥化促進資材としてこれら2種類を選定した。

2 資材添加方法の検討

(1) 試験2

堆肥化試験の結果、適水分区では、堆肥化開始直後

から品温の上昇が見られたのに対し、高水分状態（他の4区）での温度上昇は2日後以降であった（図5）が、これは漏水が多量であったため、2日後に過剰水分を廃棄し充填し直したことが影響している可能性がある。しかし、これらの区の1週間後の水分は適水分区より高かった。再充填後、無添加の高水分区で温度上昇が見られたが、廃白土及び活性白土を添加した区では温度の上昇は少なかった。1回目の切返し後は、切返し時に廃白土を添加した白土1w区が最も温度が上昇し、白土0d区は2回目の切返し後に最高温度に達した。

堆肥品温は、白土1w区が最高温度71.0℃、50℃超時間が410時間と、適水分区（最高温度71.6℃、50℃超時間339時間）と同等以上であったが、有機物分解率は高水分区の43.7%を下回る41.6%であった。一方、白土0d区は最高温度が67.8℃、50℃超時間が249時間、有機物分解率44.0%で高水分区（最高温度62.4℃、50℃超時間280時間）とほぼ同程度であった。

活土区では、最高温度は50℃を超えず、有機物分解率も40.4%と低かった（表9）。

試験終了時の成分（表10）は、高水分区、適水分区に比べ、廃白土及び活性白土添加区で灰分が高かったが、無機の肥料成分であるP、K、Mg、Caの濃度に差はなかった。また、廃白土添加区では粗脂肪が高めであったが、コマツナの発芽率に差はなく発芽障害を生じさせないことが確認できた。

(2) 試験3

小型堆肥化装置を用いた試験では、最高温度が適水分区の54.1℃を上回ったのは、ぬか5%区（57.7℃）、ペレ5%区（57.2℃）、ぬか1w区（60.6℃）でこれらの区では有機物分解率も適水分区を上回った。ぬか2w区では品温、有機物分解率ともに適水分区と同程度であった。ぬか1%区（最高温度40.6℃、有機物分解率28.6%）及び白土15%区（同42.2℃、同26.8%）では、高水分区（同36.7℃、同23.1%）を上回るものの、適水分区には至らなかった。白土5%及び10%区では、高水分区と同程度の発酵状態であった（表11）。

試験終了時の成分（表12）は、高水分区、適水分区に比べ、灰分は脱脂米ぬか添加区でやや高めでPとKが高かった。廃白土添加区では添加量に比例して高かつ

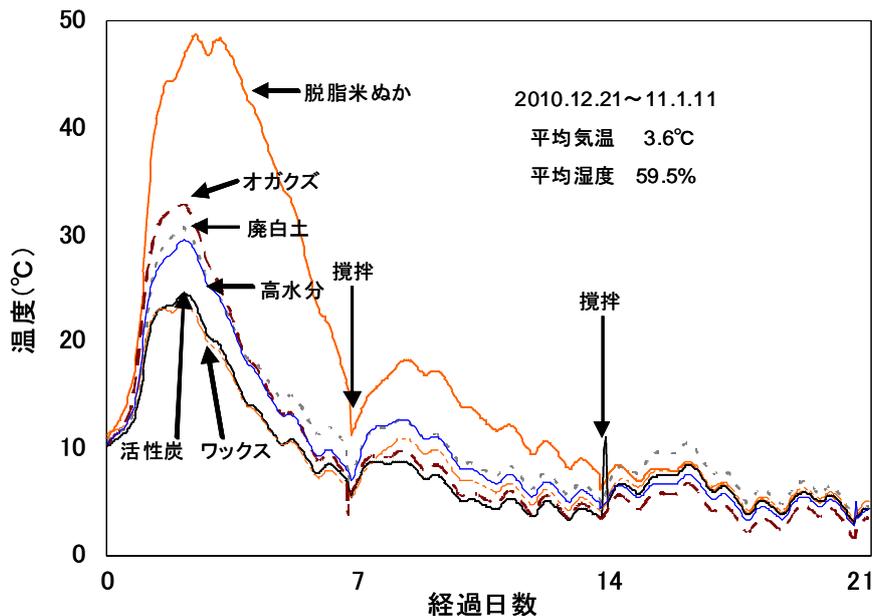


図4 試験開始から3週間の堆肥品温の変化（試験1）

表7 13週間の最高品温と有機物分解率（試験1）

試験区	最高品温 (°C)	有機物分解率 (%)
脱脂米ぬか	48.7	27.4
廃白土	30.6	15.7
活性炭	24.4	13.1
ワックス	23.5	14.1
オガクズ	32.8	10.0
高水分	29.5	16.4

表8 試験終了時（13週後）の堆肥成分（試験1）

試験区	水分	灰分	粗脂肪	C/N	pH	EC (dS/m)
脱脂米ぬか	77.1	11.8	0.5	20	8.8	2.0
廃白土	75.6	18.9	0.6	30	8.5	1.6
活性炭	75.3	9.3	9.7	33	8.9	1.8
ワックス	74.3	8.3	18.8	35	8.9	1.7
オガクズ	76.0	8.9	0.4	30	8.9	1.7
高水分	78.4	10.1	0.4	29	8.6	1.8

水分は現物%、灰分、粗脂肪は乾物%

表9 12週間の堆肥品温と有機物分解率（試験2）

試験区	堆肥品温		有機物 分解率 (%)
	最高温度 (°C)	50°C超 (時間)	
白土0d	67.8	249	44.0
白土1w	71.0	410	41.6
活土	49.4	0	39.4
高水分	62.4	280	43.7
適水分	71.6	339	51.7

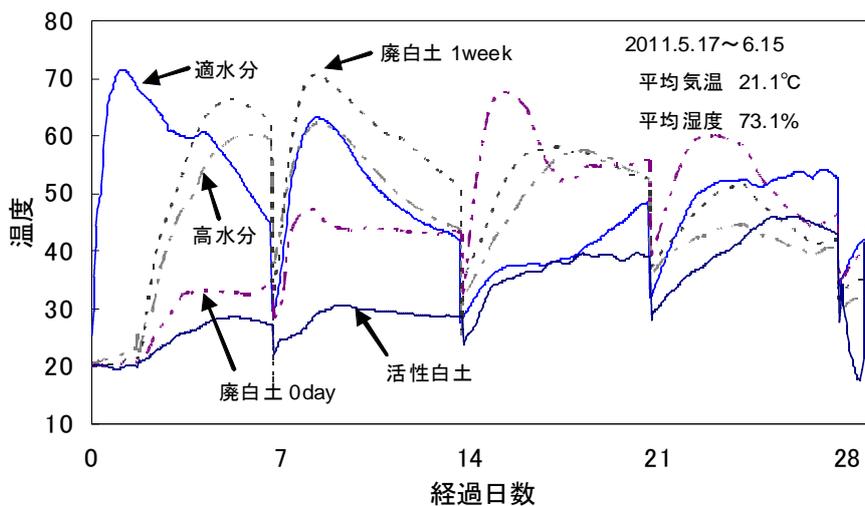


図5 試験開始から4週間の堆肥品温の変化（試験2）

表10 試験終了時（12週後）の堆肥成分（試験2）

試験区	水分	灰分	粗脂肪	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	ADF	C/N	pH	EC(dS/m)
白土0d	71.7	30.4	0.9	0.4	1.0	0.8	1.1	53.8	31	7.8	0.7
白土1w	71.4	31.5	0.9	0.4	1.0	0.7	1.1	54.0	29	7.5	0.7
活土	72.0	30.4	0.4	0.2	0.9	0.7	1.0	56.1	38	8.7	0.5
高水分	72.7	11.2	0.4	0.3	1.2	0.7	1.5	66.7	30	8.5	0.8
適水分	62.7	12.8	0.6	0.3	1.6	0.7	1.4	68.9	29	8.6	1.5

水分は現物%、灰分からADFは乾物%

表11 10週間の堆肥品温と有機物分解率（試験3）

試験区	堆肥品温		有機物 分解率 (%)
	最高温度 (°C)	50°C超 (時間)	
ぬか5%	57.7	87	41.4
ぬか1%	40.6	0	28.6
ペレ5%	57.2	82	40.0
ぬか1w	60.6	72	39.0
ぬか2w	54.8	42	32.3
白土5%	35.1	0	23.9
白土10%	34.8	0	32.4
白土15%	42.2	0	26.8
高水分	36.7	0	23.1
適水分	54.1	35	33.6

表12 試験終了時（10週後）の堆肥成分（試験3）

試験区	水分	灰分	粗脂肪	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	ADF	C/N	pH	EC(dS/m)
ぬか5%	77.6	18.5	0.6	1.2	3.1	0.8	0.8	58.6	28	8.8	2.0
ぬか1%	80.5	15.1	0.4	0.6	2.7	0.6	0.8	60.9	37	8.8	1.7
ペレ5%	76.4	17.5	0.4	1.4	3.4	0.9	0.8	58.1	32	8.9	2.1
ぬか1w	78.4	17.9	0.5	1.2	3.2	0.8	0.8	60.5	29	8.5	2.0
ぬか2w	77.8	16.7	0.5	1.2	3.2	0.9	0.7	57.1	28	8.5	2.0
白土5%	75.6	28.8	0.9	0.5	2.1	0.5	0.7	50.4	40	8.4	1.5
白土10%	72.0	38.5	1.1	0.6	1.7	0.6	0.6	44.0	35	7.7	1.4
白土15%	68.1	44.5	1.5	0.7	1.4	0.6	0.6	41.4	37	7.5	1.3
高水分	80.4	13.5	0.6	0.4	1.9	0.5	0.8	62.2	40	8.9	1.9
適水分	75.0	10.5	0.5	0.3	2.7	0.4	0.6	67.0	41	8.7	1.6

水分は現物%、灰分からADFは乾物%

たが、試験2と同様、肥料成分の無機物に差はなかった。また、コマツナの発芽率に差はなかった。

考 察

1 試験1（冬季試験）における堆肥化

米ぬか油製造副産物である脱脂米ぬか、廃白土、活性炭、ワックスについて堆肥化促進効果を検討した試験1の条件、すなわち小型堆肥化装置、冬季、高水分の条件では、いずれの区でも発酵による品温の上昇は見られたものの、50℃を超える区はなかった。

試験1では高水分区に資材を添加し、対照として無添加および資材と同量のオガクズ添加という設定で行ったため、オガクズ添加区でも水分76.3%と堆肥化適正水分よりかなり高めになっており、適正水分での堆肥化の動きは掴めていない。添加効果については、主に品温の変化から判定したが、全ての区で有機物分解率は低めになっており、試験期間終了時の堆肥は完熟まで至っていないと思われる。

試験1では、脱脂米ぬか区が、試験開始時に水分75%であったものが終了時には77.1%と高くなっており、他の区ではほぼ変化がない（表8）。堆肥化過程では、水分は、有機物が分解され二酸化炭素と水が生じる作用で増加し、発酵熱による蒸散作用で減少する。一般的には堆肥化にともない水分は減少するが、蒸散が少なく、有機物の分解による増加量が減少量を上回れば含水量は増加する。今回の試験では、外気温が低く、堆肥化装置が小型であったため、蓄熱が少なく蒸散が少なかったと考えられるが、乾物量も減少しているため、全ての区で実際の含水量は減少している。

2 脱脂米ぬかの添加効果

今回比較した米ぬか油製造副産物では、脱脂米ぬかの堆肥化促進効果が高かった。これは、堆肥化において働く微生物が利用しやすい、易分解性の有機物が多く含まれており（表13）、微生物活性を上げる効果があるためと考えられる。このため、オガクズにより堆肥

表13 米ぬか添加による易分解性有機物率の変化

試験区	易分解性有機物	
	開始時	終了時
ぬか5%	38.6	23.0
ぬか1%	36.1	24.1
ペレ5%	40.2	24.4
高水分	35.0	24.2
適水分	30.1	22.4
資材		
脱脂米ぬか	75.6	—
〓ペレット	74.2	—

易分解性有機物（乾物%）

$$= 100 - \text{灰分} - \text{ADF}$$

化条件を整えた適水分区よりも発酵が促進され、品温の上昇が大きかったものと思われる。また、添加時期に関わらず、添加後に速やかな品温の上昇が見られることから、悪条件で堆肥化が上手く進行していない場合にも有効な発酵促進剤であると思われる。

ペレット化した資材では、有機物分解率から見た発酵促進効果が粉末に比べやや低かったが、これは粉末に比べ均質に混ざりにくく、攪拌回数の少ない間は固まりとして存在するため、微生物に利用される量が制限されたためであると推察される。ペレット加工は、ハンドリングの向上を目的に行ったが、加工による経費の増加も考えると粉末での添加が妥当である。

以上により、脱脂米ぬかについては、5%程度の添加で発酵促進効果が得られ、添加時期は堆肥化過程のいずれの時期でも使用可能であり、資材形状は粉末が良いことが示された。

3 廃白土の添加効果

廃白土は、畜産業界では主に縦型コンポストによる牛ふんの堆肥化の副資材として利用されている^{2, 3)}が、

堆積式の堆肥舎及び開放型発酵槽での利用報告はない。

切り返しを週1回行う堆肥舎での利用を前提とした今回の試験では、添加の効果は安定しなかった。その理由として廃白土は、資材混和により間隙が減少するため通気量が不足しやすいことが考えられる。縦型コンポストの送風量は $0.2\sim 0.3\text{ m}^3/\text{分}\cdot\text{m}^3$ で、堆肥舎および開放型発酵槽の $0.05\sim 0.1$ (今回の試験の送風量は $0.05\text{ m}^3/\text{分}\cdot\text{m}^3$ の2~6倍あり¹⁾、また、常時攪拌が行われているため実際の通気量としては更に大きな違いがある。今回の条件では、廃白土を有効に利用するための空気が不足した可能性が考えられる。

添加時期を検討した試験2では、試験開始時より1週間後の添加が効果が大きかった。これは高水分状態が緩和され、発酵が開始されたところで廃白土を添加したため、微生物のエネルギー源として油脂が有効に活用されたものと考えられる。

添加量を検討した試験3では、5%、10%では効果は見られず、添加の効果があったのは15%のみであったが、村上ら³⁾の報告では10%の添加で効果が得られている。今回使用した廃白土は、粗脂肪が20%未満(表1)であったが、村上らは40%程度のものを使用しており、油脂含量の差による影響が考えられる。これらの検証は今後の課題であるが、廃白土を使用する際には、製造工程の違いによる油脂含量の差を考慮して添加量を決める必要があると考えられる。

4 活性炭およびワックスの添加の影響

米ぬか油精製過程の副産物として、活性炭およびワックスの油脂分についても、堆肥化のエネルギー源としての利用を検討してみたが、試験1の結果、品温上昇、有機物分解率ともに高水分区を下回っていた。更に、活性炭を添加した区では、堆肥全体が黒くなって

しまい、家畜ふん堆肥としての流通を考えた場合、実用的ではないと考えられた。また、ワックスについては添加方法を検討すれば熱源利用できる可能性はあったが、固形物を融解して添加する必要があるため、畜産農家での利用は現実的でないと考えられた。

謝辞：本研究を行うに当たりオリザ油化株式会社より資材提供等ご協力頂いたので、ここに感謝の意を表す。

引用文献

1. 財団法人畜産環境整備機構. 家畜ふん尿処理施設的设计・審査技術. 東京. p. 1, 12-13 (2004)
2. 宮崎光加, 本多勝男, 矢島潤. 密閉型強制発酵機による牛ふんの連続発酵処理試験、Ⅲ. 白土添加による牛ふんの連続発酵処理試験. 神奈川県畜試研報. 85, 43-49 (1995)
3. 村上圭一, 鈴木啓史, 加藤直人. 廃白土の混合と戻し堆肥が堆肥中に存在する病害抑制*Bacillus*属菌の増殖に及ぼす影響. 土肥誌. 81(4), 343-349 (2010)
4. 高橋俊夫, 村中謙昭, 古本史. 米ぬか等を利用した家畜ふんと堆肥の脱臭. 広島畜技セ研報. 13, 72-76 (2003)
5. 日本土壌協会. 堆肥等有機物分析法. 東京. p. 18-19, 29-31, 35-41, 53-64, 68-72 (2010)
6. 張建国, 加茂幹男, 阿部佳之, 河本英憲, 青木康浩. 粗灰分含量を指標として堆肥化過程における乾物および有機物の分解率を推定する簡便な方法. 日畜会報. 75(1), 53-60 (2004)
7. 日本科学飼料協会. 飼料分析基準注解 (第三版). 東京. p. 24-29 (1998)