

発酵消毒を目的とした低水分家畜ふんの堆肥化方法の検討 I

—低水分鶏ふんに対する加水と発酵助材の検討—

白石 誠・宮野友里・米澤瑤乃・水木 剛*

Examination of composting method of low-moisture livestock manure for
fermentation sterilization

- Examination of the addition of water and fermentation aids to low-moisture
poultry manure -

Makoto SHIRAIISHI, Yuri MIYANO, Tamano YONEZAWA and Takeshi MIZUKI

要 約

高病原性鳥インフルエンザおよび低病原性鳥インフルエンザに関する特定家畜伝染病防疫指針等では、汚染物品である家畜排せつ物やその堆肥化物を焼埋却処理できない場合、一定期間静置による封じ込め後に 60℃以上で発酵消毒することが求められているが、処理対象物の含水率が低すぎると発酵温度が十分に上がらず、経営再開が遅れる可能性がある。そこで、低水分鶏ふんに加水を行い、適切な発酵消毒のための含水率と発酵助材の活用について基礎的な検討を行った。

- 1 防疫措置を少しでも早期に終了させ、経営を再開するためには、ピーク温度の到達が早いほうが有利であり、そのための適切な含水率は 55%であった。
- 2 気温が低い冬季に低水分鶏ふんの発酵消毒を早期に完了させるためには、目標含水率 55%への水分調整と発酵助材として重量比 5%の米ぬか混合が効果的である。
- 3 米ぬかの収集が困難な場合、埋却処分される鶏用飼料が発酵助材として利用できる可能性が認められたが、鶏用飼料を利用した場合、アンモニアガス等が増加する危険性があるため注意が必要である。

キーワード：水分調整、低水分鶏ふん、鳥インフルエンザ、発酵消毒

緒 言

近年、国内において高病原性鳥インフルエンザ (HPAI) や口蹄疫、豚熱等の家畜伝染病の流行が見られるようになった。特に HPAI については全国的に発生しており、2022 年シーズンにおいては 26 道県、84 事例発生している¹⁾。当県においても、4 事例発生しその防疫措置が行われた。

HPAI 等の防疫指針^{2,3)}によると、汚染物品である家畜排せつ物やその堆肥化物は焼埋却処理を行わなければならない。しかし、焼埋却が行えない場合には一定期間静置による封じ込め措置を行い、ウイルス検査で陰性を確認後、堆肥化により 60℃以上で発酵消毒を行うこととなっている。この工程を行い、堆肥化が完了すれば汚染物品ではなくなり堆肥としての流通が可能となる。

しかし、肉用鶏等の平飼い鶏舎では飼育環境に配慮し出来るだけ床の乾燥を保つことから、搬出される家畜排せつ物等の含水率が低く、そのまま堆肥化を行えば発酵温度が十分に上がらない可能性がある。そして、温度が 60℃以上に達しなければ消毒が早期に終了せず経営再開が遅れる可能性がある。

そこで、含水率の低い家畜排せつ物等を適切に発酵消毒するため、低水分鶏ふんへ加水を行い、早期に 60℃へ達する適切な含水率の特定と発酵助材の効果について検討を行った。

材料および方法

試験 1 適切な含水率の検討

*元岡山県農林水産総合センター畜産研究所

1 試験装置

試験に供した小型堆肥化装置(小型堆肥化実験装置かぐやひめ, 富士平工業株式会社, 東京)を図1に示した。

堆肥化物を投入する部分は円筒形で、有効容積約12L、通気は下部から行き上部より排出される。排気は凝縮水をトラップ後、6 N硫酸を投入したアンモニア捕集容器を通過し外部へ排出される。凝縮水トラップとアンモニア捕集容器の間に三方コックを用いたアンモニア等のガス採取口を設けた。また、発酵温度を測定するために温度記録装置とセンサーを取り付けることが可能である。

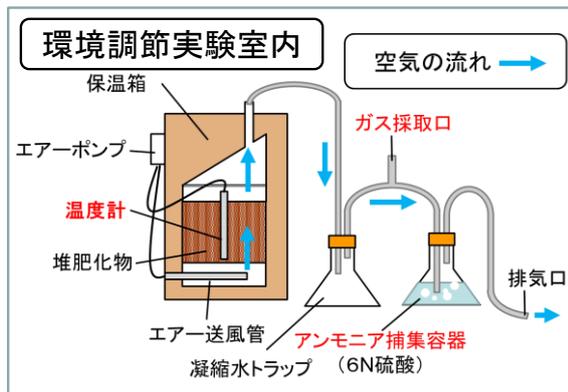


図1 試験装置

この小型堆肥化装置を専用の保温箱に入れ、当研究所内の環境調節実験室(恒温室, OSC08-KR01, 株式会社ダルトン, 東京)内において夏季は温度制御下で、冬季は自然環境下で試験を行った。

2 夏季試験

(1) 試験区分

夏季試験の試験区分を表1に示した。

表1 夏季試験区分

	kg		
	乾燥鶏ふん	おがくず	加水量
無加水区 (10%以下)	2.3	0.69	—
40%区	2.3	0.69	1.38
45%区	2.3	0.69	1.79
55%区	2.3	0.69	2.31

市販の採卵鶏火力乾燥鶏ふん 2.3kg に、天日乾燥を行ったおがくずを重量比 30%となるよう 0.69 kgを混合した。

試験区分とした含水率は、加水量や添加の作業性および発酵温度の上昇に影響を与える微生物の活性を踏まえ、副資材無使用の鶏ふん堆肥化適正含水率とされる 55%⁴⁾、微生物の活性が低下す

るとされる含水率 40%⁵⁾とその間にあたる 45%の3区を設定した。そして、含水率が10%以下の無加水区と合わせて4区分での試験を実施した。

(2) 試験期間

試験期間は2022年8月30日～9月27日の28日間とした。

3 冬季試験

(1) 試験区分

冬季試験の試験区分を表2に示した。

表2 冬季試験区分

	kg			
	乾燥鶏ふん	おがくず	加水量	米ぬか
無加水区 (10%以下)	2.3	0.69	—	0.15
40%区	2.3	0.69	1.72	0.15
45%区	2.3	0.69	2.15	0.15
55%区	2.3	0.69	3.29	0.15

夏季試験と同様市販の採卵鶏火力乾燥鶏ふんを用いた。この火力乾燥鶏ふん 2.3kg に、重量比30%となるよう天日乾燥を行ったおがくず 0.69 kgを混合し、夏季試験と同様にそれぞれ含水率が40%、45%、55%となるよう加水を行った。そして、含水率が10%以下の無加水区と合わせて4区で試験を実施した。

なお、冬季条件下では低温の影響等を受け堆肥化開始後数日経過しても発酵温度の上昇が認められなかった。このため、発酵助材として、微生物活性を高め、発酵温度の上昇が期待できる米ぬか⁶⁻⁸⁾を、1回目の切り返し時に鶏ふん混合物の重量比5%に相当する150gを追加した。

(2) 試験期間

試験期間は2023年1月9日～2月20日の42日間とした。

4 試験方法

表1、2のとおり加水後、試験装置を環境調節実験室内に設置し、夏季試験は岡山県の8月の平均気温 28.3℃に設定⁹⁾して堆肥化を行い、冬季試験は温度管理を行わず自然環境下で実施した。

堆肥化装置への通気量は、排気口に乾式流量計(乾式ガスメータ, DC-1C 型, 株式会社シナガワ, 東京)を設置し、容積重 0.5kg/L、通気量が 50L/m³となるよう試験開始前と切り返し後に調整を行った。

発酵温度の測定(おんどとり TR-71wf, 株式会社テイアンドデイ, 長野)は1時間間隔で実施し、排気ガスの測定は凝縮水トラップとアンモニア捕

集容器の間にあるガス採取口より行った。また、アンモニアは排出量を把握するために6N硫酸300mlに捕集した。

堆肥化物の切り返しは週1回とし、同時に装置内部凝縮水のサンプリングを行った。

ガスの分析はアンモニア濃度、硫化水素濃度およびメチルメルカプタン濃度を北川式ガス検知管(光明理化学工業株式会社, 神奈川)により行った。においの強さを示す臭気指数相当値はポータブル型ニオイセンサ XP-329ⅢR(新コスモス電機株式会社, 大阪)に臭気指数変換値¹⁰⁾が組み込まれた畜環研式ニオイセンサ(春日工機株式会社, 大阪)により測定した。また、アンモニア捕集液はブレンナー法¹¹⁾により測定しアンモニア排出量を算出した。

試験2 効果的な発酵助材の検討

防疫現場において、米ぬかを大量に調達することは難しいと考えられる。そこで、埋却または焼却処理される同じ汚染物品である鶏用飼料を発酵助材として活用するため、試験1で用いた米ぬかと比較検討を行った。

1 試験装置

試験には試験1と同様に小型堆肥化装置(図1)を用いた。

2 試験区分

試験区分を表3に示した。

表3 試験区分

	kg		
鶏ふん	水分調整材 (おがくず)	発酵助材 (米ぬか)	発酵助材 (飼料)
米ぬか区	4.8	0.9	0.3
飼料区	4.8	0.9	0.3

高床式鶏舎の採卵鶏乾燥鶏ふんに、加水して含水率55%に調整した。この鶏ふん4.8kgに含水率50%となるようおがくずを0.9kg混合した。そして、混合鶏ふんに発酵助材として試験1において効果の認められた米ぬかと市販の鶏用飼料(Excelスーパーブレンド, ナショナルペットフーズ株式会社, 茨城県)(表4)を各区5%となるよう

表4 飼料成分

	粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	粗灰分
鶏用飼料	17.0%以上	3.0%以上	6.0%以下	14.5%以下

0.3kg混合した。これらを、試験装置に充填して堆肥化を行い、米ぬかおよび鶏用飼料の発酵助材としての効果を検討した。

3 試験方法

表3のとおり調整後、試験1と同様に環境調節実験室内に試験装置を設置した。なお、今回の試験では、低温での発酵を検討することから岡山県北部に位置する久世地点の2023年9、10月の平均気温(気象庁)から18.9℃に設定して堆肥化を行った。他の条件や分析項目については、試験1と同様であるが、本試験においては、においの強さを示す臭気指数相当値は測定していない。

4 試験期間

試験期間は2023年10月10日～11月9日の28日間とした。

結 果

試験1 適切な含水率の検討

1 夏季試験

(1) 発酵温度

夏季試験の発酵温度の推移を図2に、積算温度の推移を図3に示した。

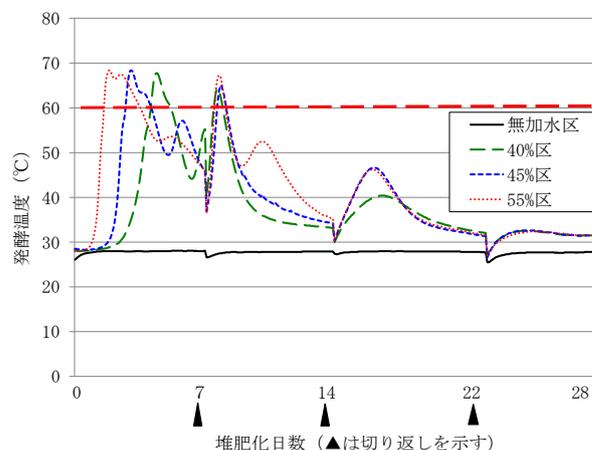


図2 発酵温度の推移

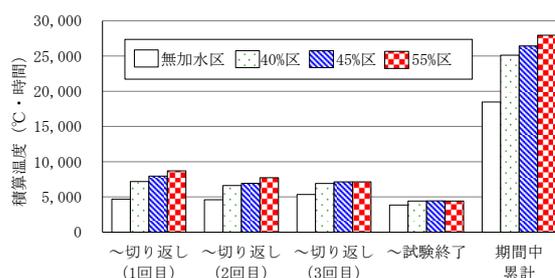


図3 時間あたりの積算温度

加水を行った40%、45%、55%区については、堆肥化開始から1回目の切り返しまでのピークが68℃前後で、各区に大きな差は見られなかった。ただし、ピークに達するまでの時間は、加水量が多いほど早い傾向を示した。

一方で、時間あたりの積算温度は加水量が多いほど高い傾向にあったが、切り返しが進むにつれてその差は小さくなった。なお、環境調節実験室内温度を28.3℃に設定していたが、期間中の平均室温は29.6℃、平均湿度43.1%であった。

(2) 臭気ガス

アンモニア濃度の推移とアンモニア排出量を図4、5に示した。

アンモニア濃度およびアンモニア排出量は、3回目の切り返しまでは加水量が多いほど高い傾向にあった。

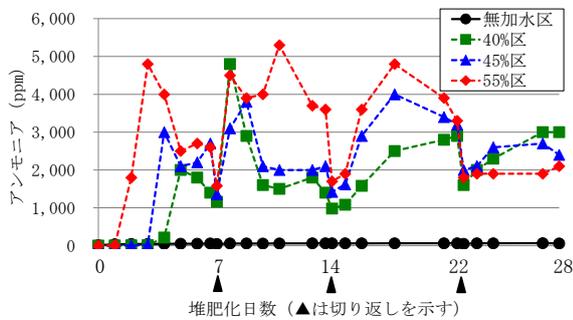


図4 アンモニア濃度の推移

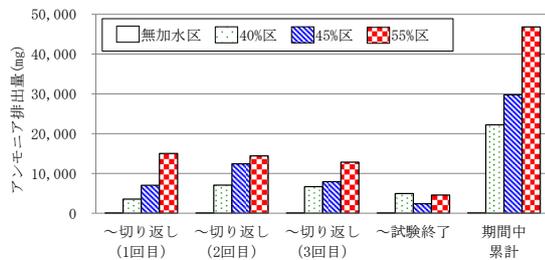


図5 アンモニア排出量の推移

アンモニアの最大濃度は、55%区で最大5,300ppm、45%区では、4,000ppm、40%区は4,800ppm、無加水区は65ppmであり、無加水区を除いたすべての区で多量に発生していた。

窒素排出量についても、アンモニア濃度と同様の結果であり、55%区の排出量が最も多かった。

また、硫化水素およびメチルメルカプタン濃度については、いずれの区も検出限界値(<1ppm、<0.5ppm)未満であった。なお、臭気指数相当値に大きな差は認められなかった。

2 冬季試験

(1) 発酵温度

冬季試験の発酵温度の推移を図6に、積算温度の推移を図7に示した。

試験開始から7日目の切り返し1回目までは外気温の影響を強く受け、全区とも温度上昇が認められなかった。しかし、重量比5%の米ぬかを追加後は発酵温度のピークが各試験区とも60℃を超える結果となった。また、45%区については温度上昇が遅延し、米ぬか添加後2回目の切り返し後に60℃を超えた。40%区についてはさらに温度上昇が遅延し、米ぬか添加後3回目の切り返し後に60℃を超えた。一方、時間あたりの積算温度は夏季試験と同様に加水量が多いほど高い傾向にあった。

なお、試験期間中の恒温室内温度は8.7℃、平均湿度53.5%であった。

今回の試験では60℃以上となることを条件としていたため、加水を行ったすべての試験区の発酵温度が2回目のピークを迎えた時点で試験終了とした。

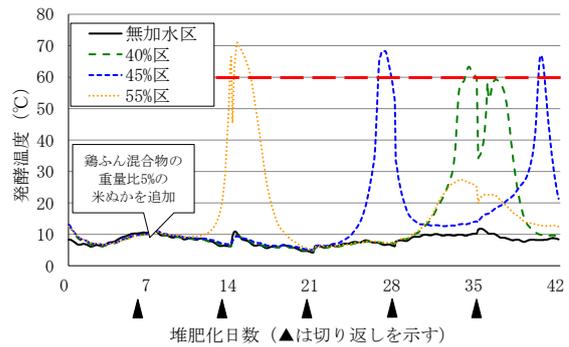


図6 発酵温度の推移

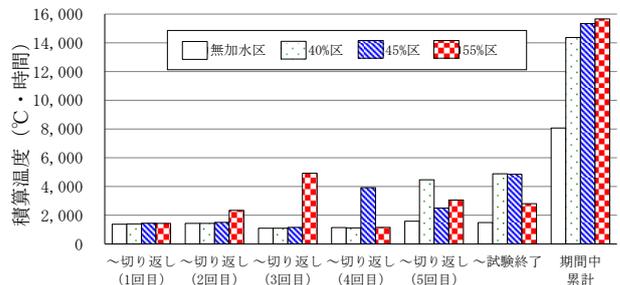


図7 時間当りの積算温度の推移

(2) 臭気ガス

アンモニアは、米ぬか添加後の切り返し2回目以降に発生が認められた(図8)。

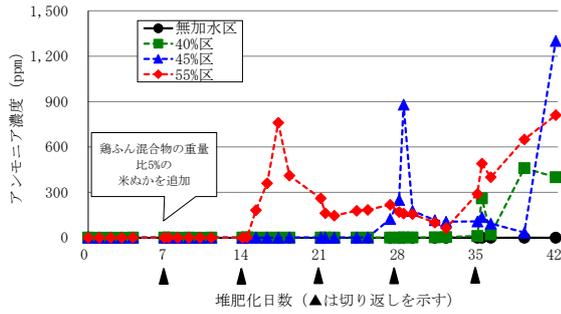


図8 アンモニア濃度の推移

アンモニア濃度は、無加水区を除いたすべての区で最大 500~1,000ppm 程度発生していた。また、5回目の切り返しの直前に40%区で1.5ppmの硫化水素が検出され、メチルメルカプタンも2.2ppm 検出された。なお、臭気指数相当値に大きな差はなかった。

アンモニア排出量(図9)についても、夏季試験同様に55%区の排出量が最も多かった。なお、5回目の切り返し以降は捕集瓶トラブルによりガスの捕集が行えなかったため、4回目の切返しまでのデータとなっている。なお、臭気指数相当値については夏季試験同様大きな差は認められなかった。

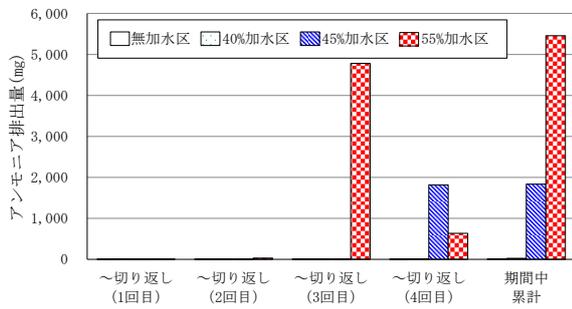


図9 アンモニア排出量の推移

試験2 効果的な発酵助材の検討

(1) 発酵温度

発酵温度の推移を図10に、試験期間中の積算温度を図11に示した。

発酵温度は堆肥化開始後急速に上昇し、ピーク温度は米ぬか区で62.3℃、飼料区は62.5℃と両区とも60℃を超過し、米ぬか区と同等の発酵温度が飼料区でも得られた。また、ピーク温度到達時間は米ぬか区より飼料区が5時間程度早かった。しかし、60℃以上を維持した持続時間は、米ぬか区が17時間、飼料区は7時間であったことから、積算温度は米ぬか区より飼料区が少ない結果であった。

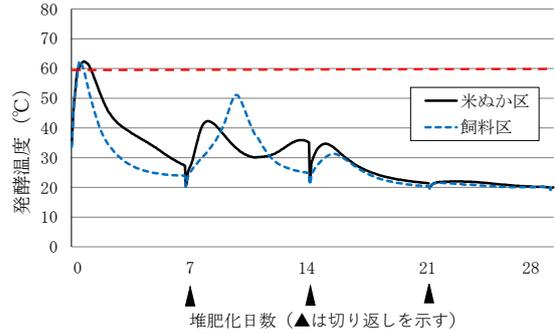


図10 発酵温度の推移

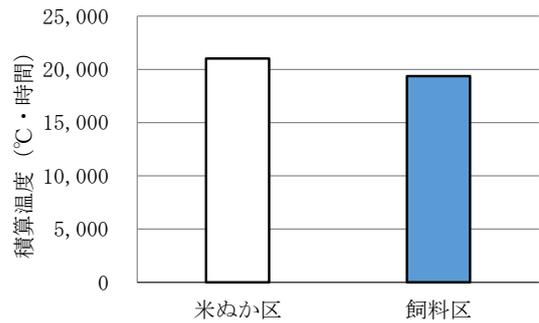


図11 時間あたりの積算温度

(2) 臭気ガス

アンモニア濃度の推移を図12に示した。

両区とも発酵温度の上昇と連動して発生しており、ピーク時の濃度は、米ぬか区、飼料区とも試験開始2日後の1,400ppmであった。その後切り返し毎にガス濃度の増減を繰り返した。

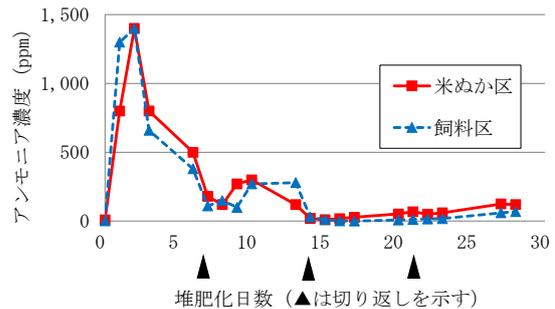


図12 アンモニア濃度の推移

なお、硫化水素およびメチルメルカプタン濃度については、両区とも検出限界値 (<1ppm、<0.5ppm) 未満であった。

アンモニア排出量(図13)については、1回目の切り返しまでは飼料区が多く排出されたが、2回目の切り返し以降は米ぬか区が多く排出された。期間中累計では、1回目の切り返しまでに多く排出した飼料区が多い結果となった。

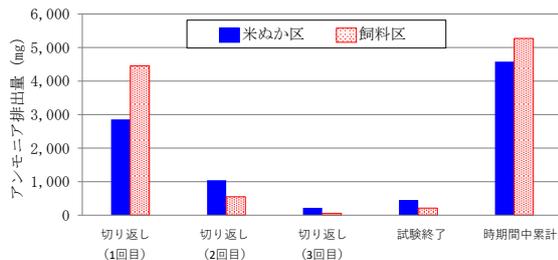


図 13 アンモニア排出量の推移

考 察

試験 1 適切な含水率の検討

夏季試験における各試験区の発酵温度のピークは無加水区を除き 55%区 68.4℃、45%区 68.4℃、40%区 67.8℃と 68℃前後であり、各区に大きな差は認められなかった。また、55%区、45%区、40%区の順に温度が上昇を始め、ピークに達するまでの時間も、加水量が多いほど早かった。さらに、微生物の活動が低下するとされる 40%⁴⁾区においても他の試験区と同様の高いピーク温度が示された。

これらのことから、水分調整を適切に行えば防疫指針^{2,3)}に定められている堆肥化物内部が 60℃以上に達することが示された。

冬季試験においては、米ぬかを添加後に発酵温度のピークが見られ、55%加水区では 1 週間後の 71.0℃、45%加水区が 2 週間後の 68.3℃、40%加水区が 3 週間後の 63.3℃であった。差は小さいが含水率が高いほど高い傾向が見られ、また、その到達時間も含水率が高いほど早かった。さらに、55%加水区および 45%加水区では、一度発酵温度が 20℃を下回ると、切り返しを行っても再び昇温するまでに 1 週間程度の長い時間を要した。これは、低温と含水率が影響していると考えられたが詳細は不明である。

宮武ら¹²⁾は乳牛ふんの堆肥化において、含水率 37～74%の堆肥化では含水率が高くなるにつれ平均熱発生速度が直線的に上昇するとし、含水率 30%以下では昇温が認められなかったとしている。畜種の違いはあるが、本試験において用いた鶏ふんにおいても含水率を高くするとより高い発酵温度が得られている。

また、時間あたりの積算温度については、夏季試験では加水量が多いほど高い傾向にあった。さらに、冬季試験でも、加水量が多いほど高い傾向にあったことから、堆肥化に適した含水率を上限

に⁵⁾加水量が多いほど高い発酵温度が持続し発酵消毒にはより効果的であると考えられた。

冬季条件においては、早期に発酵温度が得られなかった場合、速やかに米ぬかを添加すれば、温度上昇が期待できる。市川ら⁶⁾は、乳牛ふんにおがくずを加え高水分とするため加水し、これに脱脂米ぬかを添加して堆肥化を実施している。その結果、米ぬかは易分解性有機物を多く含むことから微生物活性を上げる効果があり、添加後速やかな品温の上昇がみられたため、堆肥化がうまく進行していない場合、有効な発酵促進剤であるとしている。

本試験においては脱脂していない米ぬかを利用しているため脂肪分が多く、より発酵助材として適していたのではないかと考えられた。

また、水木⁷⁾は冬季に嫌気状態となった堆肥化物の再処理を行っているが、米ぬかを発酵助材として追加混合すると発酵温度の上昇と悪臭の抑制が期待できるとしており、古川ら⁸⁾も家畜ふん利用による生ごみの堆肥化のなかで、米ぬかを 10%添加することにより堆肥化初期に発酵促進効果があることを確認している。これらのことから、発酵温度の上昇が遅延した場合、冬季に限らず早期の米ぬか添加混合が有効と考えられた。

堆肥の発酵に伴い発生するアンモニアは、夏季試験で無加水区を除いた全ての区で最大 4,000～5,000ppm 程度発生していた。また、期間中のアンモニア排出量は、加水量が多いほど高い傾向にあり、発酵温度も上昇しているため、3 区ともに堆肥化反応が進行していると考えられた。なお、無加水区においては発酵温度が得られず、アンモニアも試験期間を通してほとんど発生しない等堆肥化反応は認められなかった。

冬季試験は、40%区、45%区、55%区とも切り返し 2 回目まではアンモニアが発生しておらず、堆肥化が進行していなかった。しかし、切り返し 2 回目以降に 55%区で発生し、さらに、切り返し 4 回目以降では、40%区、45%区でアンモニア発生が確認できた。また、期間中のアンモニア排出量は、捕集瓶トラブルにより捕集が行えなかったため、4 回目の切返しまでのデータとなったが、40%区、45%区とも発酵温度とアンモニア発生が認められていることから、3 区ともに堆肥化反応が進行していると考えられた。なお、5 回目の切り返しの直前に 40%加水区で 1.5ppm の硫化水素が検出され、同時に有機物の腐敗によって生成されるメチルメルカプタンも 2.2ppm 検出された。これは、小型堆肥化実験装置の底部にごく少量のれき汁が溜まっており、これが嫌気性ガスの発生源となったと推察された。

アンモニア発生のピークは、夏季、冬季試験とも発酵温度のピークアウト前後にピークを迎える傾向にあったが、試験区間で明確な差は認められなかった。アンモニアは、堆肥化物の品温上昇に続いての高温持続期に大量に発生する¹³⁾といわれており、小型堆肥化装置の試験においても、堆肥化温度の上昇後に若干遅れてアンモニアが増加し、温度の低下が始まるとアンモニア発生量が最大になる¹⁴⁾。このように、発酵温度の上昇に伴いアンモニアも発生しており、前述したように冬季の発酵温度の上昇が 20℃を下回ると、切り返し後再び昇温するまでに 1 週間程度の時間を要したが、堆肥発酵は順調に進行したと考えられ、一般的な堆肥化過程を再現できたと考えられた。

以上のことから、気温が低い冬季に低水分鶏ふんの発酵消毒を早期に完了させるためには、含水率 55%までの加水と重量比 5%の米ぬかの混合が効果的と考えられた。

今回、防疫指針に基づいた発酵消毒を目的として低水分鶏ふんの堆肥化方法を検討したところ加水後の水分が微生物の活性が低下するとされる 40%であっても、防疫指針等で求められる 60℃を確保できることが明らかになった。また、防疫措置を少しでも早期に終了させ、経営再開を果たすためには、ピーク温度の到達が早いほうが有利であり、そのための適切な含水率は 55%であった。さらに、HPAI の発生は主に極寒期であり、外気温の影響を受け発酵温度が上昇しなかった場合、米ぬかの添加が有効であることが示された。しかし、HPAI 発生時に米ぬかを十分量確保することは難しく、米ぬかに代わる資材を検討する必要がある。

試験 2 効果的な発酵助材の検討

試験 2 として、米ぬかに代わる資材として、HPAI 発生時に埋却処分される鶏用飼料の利用を試みた。鶏用飼料には未消化の栄養が多く含まれているため、米ぬか区と飼料区のどちらの区も発酵消毒完了の目安となる 60℃を超過し、発酵温度のピークは米ぬか区 62.3℃、飼料区 62.5℃と同等の温度が得られている。また、ピーク温度到達時間は米ぬか区より飼料区の方が 5 時間早く、鶏用飼料を用いれば、米ぬかより早期に温度上昇が期待できる。

さらに、60℃以上を維持した継続時間は、米ぬか区がピーク温度付近で 17 時間、飼料区がピーク温度付近で 7 時間と米ぬかが長期にわたり高い温度を維持し、積算温度も米ぬか区が飼料区よ

り 1,659.4℃・時間多かったが、どちらも鳥インフルエンザウイルスの不活化に有効と考えられた。鶏用飼料は米ぬかに比べ粒径が大きく、堆肥化により米ぬかより分解されにくいため、このことが発酵温度の持続に影響したと考えられた。

アンモニアは、両区とも発酵温度の上昇と連動して発生しており、発酵温度の上昇が早かった鶏用飼料区がアンモニアも早く発生していたが、ピーク時の濃度は同程度であった。また、アンモニア排出量については飼料区で多かったことから、鶏用飼料を発酵助材として利用した場合、よりアンモニアの発生に注意が必要となる。

本試験において、飼料は米ぬかよりもピーク温度の継続時間は短かったものの、米ぬかの代替となる可能性が確認されたことから、今後は、封じ込めから堆肥化による発酵消毒までの野外試験を実施する。また、今回副資材として利用したおがくずは、近年入手が難しくなっていることから、飼料をおがくずに代わる副資材として利用する方法についても検討する必要がある。

文 献

- 1) 農林水産省. (2024): 令和 4 年度鳥インフルエンザに関する情報について
<https://www.maff.go.jp/j/syouan/douei/tori/220929.html>
- 2) 農林水産大臣公表 (2018): 高病原性鳥インフルエンザ及び低病原性鳥インフルエンザに関する特定家畜伝染病防疫指針. 農林水産省.
- 3) 農林水産省消費・安全局動物衛生課 (2012): 高病原性鳥インフルエンザに汚染された排せつ物等の処理に関する防疫作業マニュアル. 農林水産省.
- 4) 財団法人畜産環境整備機構. (2005): 家畜ふん尿処理施設の設計・審査技術, 財団法人畜産環境整備機構, 12.
- 5) 財団法人畜産環境整備機構. (1998): 家畜ふん尿処理・利用の手引き. 財団法人畜産環境整備機構, 31.
- 6) 市川あゆみ, 増田達明, 日置雅之, 瀧澤秀明, 山田尚美, 榊原幹夫 (2012): 米ぬか油製造副産物による牛ふんの堆肥化促進効果, 愛知農総誌研報, 44, 115-123.
- 7) 水木剛 (2024): 乳牛ふん尿由来の高水分堆肥化物の発酵を改善する技術の検討, 農業および園芸, 99, 4, 306-318.
- 8) 古川陽一, 光井武, 白石誠, 田原鈴子 (1997): 家畜ふん利用による生ごみの堆肥化, 岡山総畜

セ研報, 8, 57-60.

- 9) 気温と雨量の統計 .<https://weather.time-j.net/Climate/Chart/okayama>
- 10) 山本朱美, 古谷修, 小堤恭平, 小川雄比古, 吉栄康城(2008): 畜産臭気における臭気指数と市販ニオイセンサ指示値との関係, 日本畜産学会報, 79, 2, 235-238.
- 11) 土壌養分測定法委員会編(1975): 土壌養分分析法, 株式会社養賢堂, 197-200.
- 12) 宮武史仁, 岩淵和則, 阿部佳之, 本田善文(2007)
高い材料水分が堆肥温度および微生物活性に及ぼす影響, 農業機械学会誌, 89(2) 48-54.
- 13) 財団法人畜産環境整備機構 (2022): 畜産悪臭対策マニュアル, 財団法人畜産環境整備機構, 74-75.
- 14) 白石誠, 田原鈴子, 光井武, 古川陽一, 小澤清一郎(1997): 微生物による堆肥化処理技術の開発(I) 戻し堆肥が臭気に及ぼす影響及びアンモニア低減微生物の検索, 岡山総畜セ研報, 8, 61-66.