

<研究ノート>

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Ⅱ

— 鶏用飼料の有効活用 —

脇本進行・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  
- Utilization of chicken feed -

Nobuyuki WAKIMOTO, Makoto SHIRAIISHI, Yuri MIYANO, Tamano YONEZAWA and Takeshi  
MIZUKI

要 約

高病原性鳥インフルエンザ（以下 HPAI）が肉用鶏等低水分ふんが排出される農場で発生した場合、封じ込め措置後の発酵消毒で 60℃以上の発酵熱が得られない可能性がある。

そこで、鶏ふんの適切な加水調整と家畜排せつ物と同様に汚染物品である鶏用飼料を発酵助材として用いた発酵消毒法を検討した。

- 1 鶏ふんに加水後、オガクズで水分 55%に調整し、発酵助材として重量比 5%の鶏用飼料を添加して堆肥化を行えば 60℃以上の発酵温度が得られる。
- 2 鶏ふんに加水後、鶏用飼料で水分 50%に調整し堆肥化を行えば、オガクズを用いなくても 60℃以上の発酵温度が得られ、さらに長期間にわたり発酵温度が維持される。

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 鶏用飼料

緒 言

近年、国内において鳥インフルエンザや豚熱等の家畜伝染病の流行が見られるようになった。特に鳥インフルエンザについては、全国的な広がりを見せ、令和 5 年度では 10 県・11 事例、令和 6 年度では 14 道県・51 事例と非常に多く発生しており<sup>1,2)</sup>、低水分鶏ふんが排出される肉用鶏農場においても発生が認められている。

我々は前報<sup>3)</sup>での室内試験において、発酵消毒のための低水分鶏ふんに対する適正な含水率及び発酵助材の利用について検討を行った。

本報ではその結果をもとに、低水分鶏ふんが早期に 60℃に達するための加水調整と HPAI 発生農場で汚染物品となる鶏用飼料をオガクズに代わる水分調整材として用い、野外試験による堆肥化方法（発酵消毒法）を検討した。

材料および方法

試験 1 発酵助材の検討

1 供試資材

種鶏場の平飼い鶏舎から排出される鶏ふんと市販の鶏用飼料（表 1、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）を発酵助材として使用した。また、加水には水道水を用い、副資材としてオガクズを利用した。

表 1 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%以上	14.5%以上

2 試験方法

(1) 封じ込め措置

封じ込め措置は当所の堆肥保管施設で実施した。

鶏ふんを堆肥保管施設内に図 1、2 に示すように堆積したのち、消石灰（70 肥料用消石灰、土佐

\*元 岡山県農林水産総合センター畜産研究所

石灰加工協業組合,高知県)を $1\text{ kg/m}^2$ 散布(図3)してブルーシートで被覆した状態(図4)で40日間静置した。

なお、静置期間中は底部3か所(図2)の堆積物温度を温度記録計(おんどとり TR-71wf,株式会社ティアンドデイ株式会社,長野)により1時間間隔で測定した。



図1 封じ込め施設(堆肥舎堆積場)画像(中央は試験に供した鶏ふん)

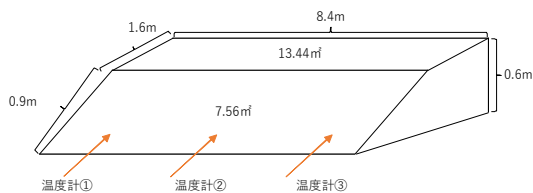


図2 消石灰散布面積と堆積温度測定部位



図3 消石灰散布



図4 ブルーシートで被覆

## (2) 堆肥化処理(発酵消毒)

### 1) 試験施設

試験を行った堆肥化試験施設の概要を図5, 6に示した。

ビニールハウス内に縦2.5m、横2.5m、高さ1.5mの区画が4区画あり、このうちの2区画を利用し

て、封じ込め終了後の鶏ふんを水分調整後堆積切り返し方式による堆肥化処理を行った。



図5 堆肥化試験施設画像

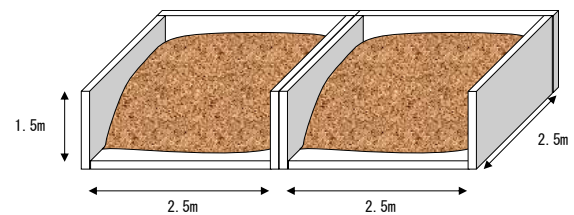


図6 堆肥化試験施設の概要

### 2) 試験区分

試験区分を表2に示した。

まず、封じ込め40日間経過後の鶏ふんを $2,400\text{ kg}$ 採取・攪拌後に、水分 $60\%$ になるよう $1,576\text{ m}^3$ の加水調整を行った。これを、オガクズ区と飼料区に分け発酵助材として、試験区には重量比 $5\%$ の鶏用飼料を対照区には同様に重量比 $5\%$ のオガクズを加えた。さらに、前報<sup>3)</sup>の室内試験結果をもとに、堆肥化処理開始時の水分が $55\%$ となるようそれぞれオガクズを $300\text{ kg}$ 添加後、堆積切り返し方式による堆肥化処理を行った。なお、切り返しは2週目までは1週間間隔で、3週目以降は両区の発酵温度が低下を始めた時点で行った。

表2 試験区分

	封じ込め後 鶏ふん重量	堆肥化開始時 水分	発酵助材
おがくず区	1,200kg	55%	重量比5%オガクズ
飼料区	1,200kg	55%	重量比5%鶏用飼料

### 3) 調査項目

発酵温度の測定は、堆肥化物中央上部から $50\text{ cm}$ 内部に温度センサーを差し込み、封じ込め措置と同様の温度記録計により1時間間隔で測定した。

臭気ガスの測定は堆肥化物中央上部にワグネルポット(1/2000a)を上下逆転させて置き、排出口に検知管を差し込んで、設置後直ぐにアンモニアガス濃度、硫化水ガス素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)により測定した。

固形分の分析は、水分、有機物、灰分、電気伝導率 (EC)、pH、リン酸 ( $P_2O_5$ )、カリ ( $K_2O$ ) を堆肥等有機物分析法<sup>4)</sup>により測定した。

窒素 (Kj-N) はスーパーケル 1500 型 (株式会社アクタック, 東京) を用いてケルダール法により、アンモニア態窒素 ( $NH_4-N$ )、硝酸・亜硝酸態窒素 ( $NO_x-N$ ) はブレムナー法<sup>5)</sup>により行った。全窒素、全炭素については、有機元素分析装置 MACRO CORDER JM1000CN (株式会社ジェイ・サイエンス・ラボ, 東京) で測定し、C/N 比を算出した。

#### 4) 試験期間

試験期間のうち、封じ込め期間は令和5年12月14日～令和6年1月23日の40日間、堆肥化期間は令和6年1月30日～令和6年3月26日の56日間とした。

### 試験2 副資材の検討

#### 1 供試材料

肉用鶏農場の平飼い鶏舎から排出される鶏ふんを用い、副資材として加える鶏用飼料は、肉用鶏用飼料 (表3ブロイラー肥育後期用飼料) を用いた。また、試験1と同様に加水には水道水を用い、副資材としてオガクズを利用した。

表3 飼料成分

区分	粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	粗灰分
鶏用飼料(※)	18.5%以上	5.0%以上	5.0%以上	8.0%以上

※ブロイラー肥育後期用飼料

#### 2 試験方法

##### (1) 封じ込め措置

封じ込め措置は堆肥舎の一部を利用し、図7 (幅4.0m、奥行き2.0m、高さは0.8m) に示すとおりに堆積した。これに消石灰 (70 肥料用消石灰, 土佐石灰加工協業組合, 高知県) を  $1\text{ kg/m}^2$  散布 (図8) し、ブルーシートで被覆した状態 (図9) で42日間静置した。

なお、静置期間中は堆積物温度の測定を試験1と同様の温度記録計を用いて、底部2か所において1時間間隔で行った。

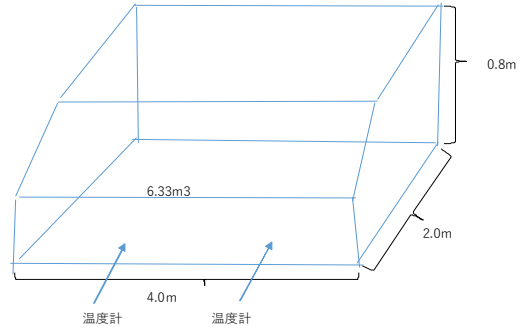


図7 消石灰散布面積と堆積温度測定部位



図8 消石灰散布



図9 ブルーシートで被覆

##### (2) 堆肥化处理 (発酵消毒)

###### 1) 試験施設

堆肥化は試験1と同様の施設を用い、このうちの3区画を利用して堆積切り返し方式による堆肥化处理を実施した。



図10 堆肥化試験施設

## 2) 試験区分

試験区分を表4に示した。

封じ込め措置が終了した鶏ふん 2,700kg に 780L 加水し水分 55% に調整した。これを各 900kg に分け、表4のとおり副資材を混合し各区とも水分が 50% となるように、対照区は、オガクズを混合、試験1区にはオガクズと鶏用飼料を 50 : 50 で混合し、試験2区では、鶏用飼料のみを混合した3区分で堆肥化処理を実施した。

そして、堆肥化施設に混合物を堆積して、発酵温度を確認しながら週1回の堆積切り返しを行う堆肥化試験を実施した。

表4 試験区分

区 分	封じ込め後 鶏ふん (※)	堆肥化開始時 水分	副資材 (割合)
対照区	900 k g	50%	オガクズ (100%)
試験1区	900 k g	50%	オガクズ (50%) + 鶏用飼料 (50%)
試験2区	900 k g	50%	鶏用飼料 (100%)

※封じ込め後鶏ふんを加水して含水率55%にしたもの



図11 堆積切り返しの様子

## 3) 調査項目

発酵温度の測定は、堆肥化物中央上部から 20 cm 内部に温度センサーを差し込み 1 時間毎に温度記録計により測定した。

臭気ガスの分析は堆肥化物中央上部にワグネルポットを上下逆向きに設置し、排出口に検知管を差し込んで、設置後 20 秒でアンモニアガス濃度、硫化水素ガス濃度を測定した。

固形分は、水分、有機物、灰分、電気伝導率 (EC)、pH、窒素成分、C/N 比を測定した

なお、使用した温度記録計、検知管及び固形分分析は試験1と同様な機器及び方法により行った。

## 4) 試験期間

試験期間のうち、封じ込め措置は令和6年10月10日～令和6年11月21日の42日間、堆肥化期間は令和6年11月28日～令和7年3月27日の118日間とした。

## 試験1 発酵助材の検討

### 1 封じ込め措置

消石灰とブルーシートによる封じ込めは40日間の実施し、下部3か所において堆積中の温度を測定した。その温度推移を図12に示したが、堆積物の温度は3か所(図2)の平均で17.7℃、最低温度は温度計①で12.0℃であり、封じ込め措置で必要とされる最低4℃(図12、破線)以上<sup>6)</sup>での静置となった。

なお、期間中の平均気温は4.1℃、最低気温は-4.4℃、最高気温は14.8℃であった。

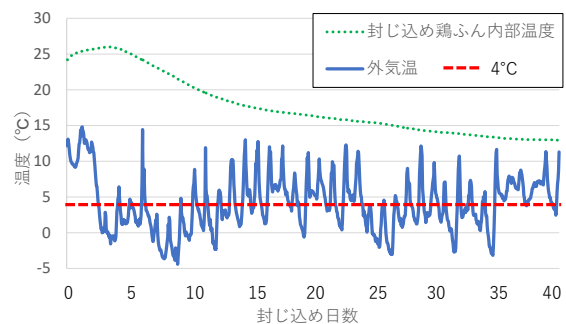


図12 封じ込め措置時の温度推移

### 2 堆肥化処理

#### (1) 発酵温度

発酵温度の推移を図13に示した。

発酵温度は両区とも堆肥化開始後急速に上昇し、3回目の切り返しまで、ほぼ同様な傾向を示した。しかし、3回目の切り返し以降、オガクズ区では温度の低下が始まったが、飼料区では、その後も切り返し毎に温度が上昇し、4回目の切り返し後に発酵温度のピークを迎えた。ピーク温度はオガクズ区で57.7℃、飼料区は62.2℃と飼料区のみ60℃を超過した。

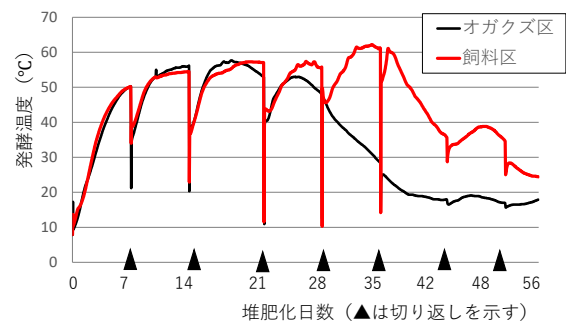


図13 発酵温度の推移

#### (2) 臭気ガス

アンモニアガス濃度の推移を図14に示した。

両区とも発酵温度の上昇と連動して発生していたが、飼料区がオガクズ区に比べ多く発生しており、また、飼料区では発酵後半、オガクズ区では発酵前半の発生が多く見られた。なお、ピーク時の濃度は、飼料区で34日目95ppm、オガクズ区では14日目の16.5ppmであった。

なお、硫化水素ガスについては、今回試験に用いた試験管では検知されなかった。

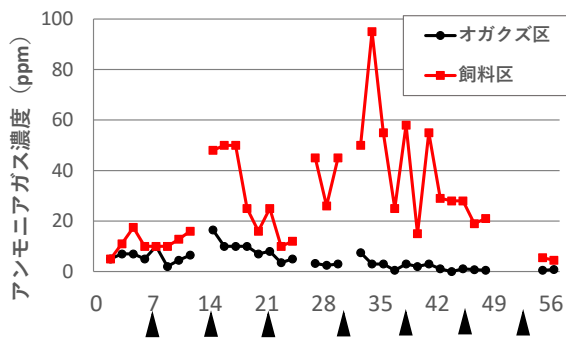


図14 アンモニアガス濃度の推移

(3) 堆肥成分

終了時の堆肥成分を表5に示した。

水分については、両区とも発酵に伴い低下した。また、pHはおがくず区で8.7、飼料区では9.1と特に飼料区でアルカリ側に傾いていた。ECは両区とも3.0mS/cmと同様であった。

有機物、T-Cは飼料区が低く、NH<sub>4</sub>-Nはおがくず区で低い値であった。また、NO<sub>x</sub>-Nについては飼料区が低い値であった。

表5 堆肥成分

	% , mS/cm, DM%				
	水分	pH	EC	有機物	灰分
オガクズ区	48.3	8.7	3.0	61.7	38.3
飼料区	44.1	9.1	3.0	56.8	43.2

	DM%				
	T-C	T-N	C/N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>x</sub> -N
オガクズ区	34.0	2.0	19.8	0.9	1.5
飼料区	30.4	2.1	13.4	3.4	0.1

試験2 副資材の検討

1 封じ込め措置

消石灰とブルーシートによる封じ込めは42日間実施し、下部において堆積中の温度を測定した。その温度推移を図15に示したが、堆積物の温度は平均32.9℃、最低温度は26.5℃であり、

試験1と同様に封じ込め処理で必要とされる最低4℃以上<sup>6)</sup>での静置となった。

なお、期間中の外気温の平均は15.6℃、最低気温は0.8℃、最高気温は35.1℃であった。

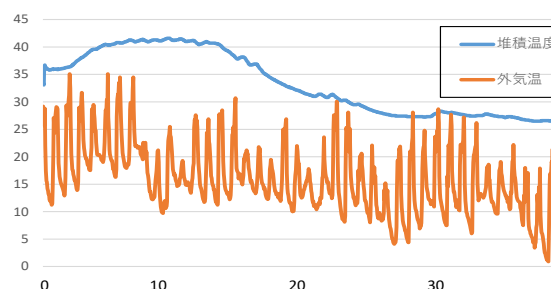


図15 封じ込め措置時の温度推移

2 堆肥化処理

(1) 発酵温度

発酵温度の推移を図16に示した。

発酵温度は、対照区が2日後に、試験1区は3日後に60℃を上回った。副資材に鶏用飼料を使った試験2区では、約1か月後に発酵温度のピークを向かえ、その後も比較的高温を維持した。

なお、発酵温度のピークは、対照区63.9℃、試験1区64.9℃、試験2区が最も高く67.0℃であった。

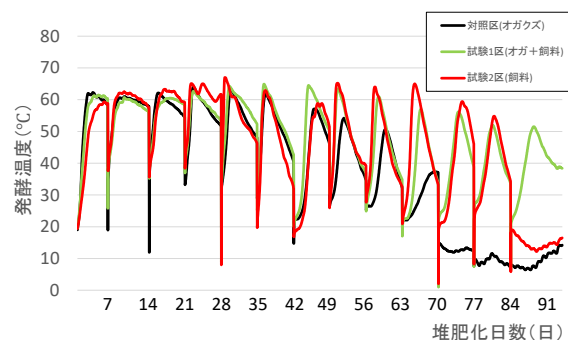


図16 発酵温度の推移

(2) 臭気ガス

アンモニアガス濃度の推移を図17に示した。各区とも堆肥化初期の温度上昇とともに、アンモニアガス発生が認められた。その後は、1度発生量が低下したが、再び3から4週目でガス発生のピークが認められた。

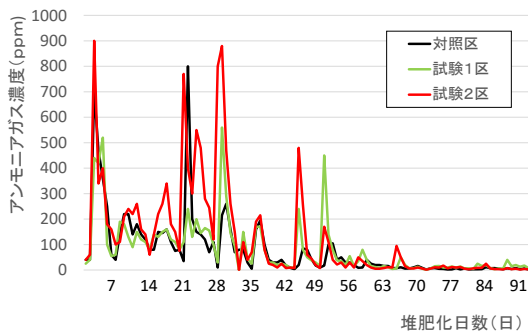


図 17 アンモニア濃度の推移

#### 4 堆肥成分

原料、開始時及び終了時の堆肥成分を表 6 に示した。

堆肥化物の含水率については、3 区とも発酵に伴い低下したが、最も高温になった試験 2 区では含水率 29.1%となり、最も低い結果となった。

pH については、試験区に比べ対照区でアルカリ側に傾いていた。また、EC は試験区で高い傾向があった。

有機物、C/N 比については、対照区が高く、試験 1 区、試験 2 区と低くなった

NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>x</sub>-N については、オガクズを使用した対照区、試験 1 区に比較して試験 2 区で NO<sub>x</sub>-N が高い結果となった。

表 6 堆肥成分

	% ,mS/cm,DM%				
	水分	pH	EC	有機物	灰分
対照区	35.9	9.2	4.1	79.8	20.2
試験 1 区	31.1	9.2	4.4	78.8	21.2
試験 2 区	29.1	9.0	4.2	76.3	23.7
	DM%,mg/gDM				
	T-C	T-N	C/N比	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>x</sub> -N
対照区	35.5	3.0	12.0	4.12	0.08
試験 1 区	38.7	3.8	10.3	3.44	0.07
試験 2 区	35.0	3.6	9.8	3.33	0.21

## 考 察

### 試験 1 発酵助材の検討

前報<sup>5)</sup>において、鶏用飼料が米ぬかの代替となることが確認されたことから、野外の試験堆肥舎（堆積繰り返し方式）において封じ込め措置から堆肥化までの試験を実施した。

封じ込め措置期間中の鶏ふん内部温度を測定したところ、内部の温度は徐々に低下する傾向を

示した。これは、外気温が 4℃を下回り氷点下となる日も確認されたことから、この影響を受けている。しかし、最低でも 12℃であった。インフルエンザウイルスに感染させたアヒルの糞便を 4℃で保管したところ 30 日以上感染性を維持したという報告<sup>6)</sup>があり、また、家畜伝染病予防法に基づく焼却、埋却及び消毒の方法に関する留意事項<sup>7)</sup>では封じ込めによる処理を行う場合、4℃以上で 42 日間静置する必要があるとされている。そのため連続して内部の温度を測定したが、4℃を下回ることにはなかった。今回の野外試験では、堆積期間が 12 月から 1 月であり、最も気温が下がる 2 月には 4℃以下となる可能性もあるが、容積と堆積高を高くして封じ込めを行えば、内部の温度は 4℃以上を保てると考えられる。なお試験 1 では試験設計上 40 日間で封じ込め措置を終了した。

堆肥化試験では、発酵温度はオガクズ区、飼料区ともに急速に上昇し、繰り返し毎に温度の上昇を確認した。しかし、オガクズ区では試験終了時までに堆肥化物内部の温度が 60℃を超えることはなかった。一方飼料区でも、発酵初期には 60℃に達しなかったが、4 回目の繰り返し後に 60℃を超える温度が得られた。両試験区とも当初、1 週間間隔で繰り返しを行っていたことから、発酵温度のピークを迎える前に繰り返しを行ったことによるものと考えられた。このため、3 回目の繰り返しからは、発酵温度が低下を始めた時点で繰り返しを実施した。その結果、飼料区においては 60℃の温度が得られた。さらに、飼料区はオガクズ区の発酵温度が低下した後も上昇しており、飼料中成分による影響を受け発酵が促進されていると考えられた。

アンモニアガスは、飼料区が常に高い濃度で発生しており、特に 60℃を超える発酵温度が得られた 4 回目の繰り返し以降が最も高い濃度で検知されている。このことは、小型堆肥化試験でも確認しており、前述したように、鶏用飼料を発酵助材として利用する場合にはアンモニアガスの揮散に注意が必要である。一方、オガクズ区は常に低い値で推移している。試験当初、消石灰添加により pH がアルカリ側に傾き、アンモニアガス揮散の危険性が危惧されたが、今回のオガクズ区の試験結果からは、特に消石灰添加によるアンモニアの発生への影響は大きくないと推察された。

堆肥成分については、水分、有機物量、T-C が発酵温度の高かった飼料区で低く、鶏用飼料の添加による発酵促進効果が認められた。また、NH<sub>4</sub>-N が残存しており、NO<sub>x</sub>-N も少なく、pH もアルカリ側であった。これも鶏用飼料添加による影響

と考えられた。このため、鶏用飼料を添加する場合、出来るだけ堆積期間を長くするなどの対応を取らなければ土壌還元時に急速な硝化反応が起こる可能性があるので注意が必要である。

## 試験 2 副資材の検討

試験 2 においては、鶏用飼料を発酵助材ではなく、副資材の代替とする堆肥化試験を実施した。

封じ込め終了後に行った堆肥化試験では、1 回目の発酵温度はすべての区で 60℃以上に上昇した。対照区及び試験 1 区では速やかな上昇が認められたが、鶏用飼料を副資材として用いた試験 2 区では 1 回目の切り返し以降に 60℃以上となった。

なお、試験期間中の切り返し毎に両区の堆肥成分を分析しているが、その中の水分と発酵温度との関係を図 18 に示した。微生物活性が低下するとされる水分 40%<sup>8)</sup>と副資材無使用の鶏ふん堆肥化適正水分とされる 55%<sup>9)</sup>の範囲では、堆積物が約 60℃まで上昇しており、かつ、水分 40%以上の状況で切り返しのたびに約 60℃が維持される結果となった。このことは、前報<sup>3)</sup>において夏季堆肥化試験で水分 40、45、55%以上の条件で 60℃以上の昇温が認められたのと同じ傾向が示され、本試験規模においては、切り返し時の含水率 45%以上で 60℃以上の昇温が認められた。

堆肥成分については、発酵温度が最も高かった試験 2 区で、含水率が低い結果となった。試験 2 区では、発酵温度 67℃まで上がり他の区より水分蒸発が多かったため早く停止したと考えられた。これは、鶏用飼料中の易分解性有機物量とオガクズ添加による通気性の確保が影響し、オガクズ区、飼料区より発酵が促進され水分の低下が早期に起こったと考えられた。

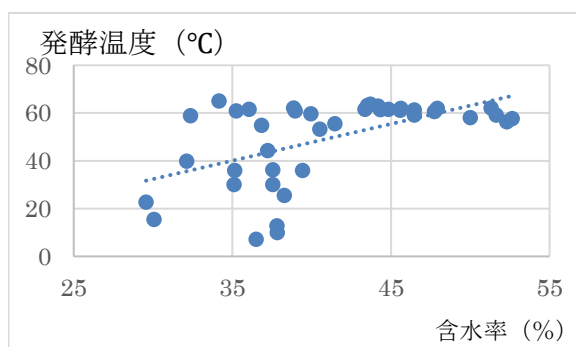


図 18 堆積発酵時の含水率と発酵温度

これらの結果から、鶏用飼料を副資材として利用することは可能である。鶏用飼料を副資材と

して利用する場合は、オガクズの不足分を鶏用飼料に変えるか、もしくは 100%鶏用飼料に変えて、水分率 50%~55%に調整することで早期に 60℃以上の発酵温度が得られ、結果として経営再開を早めることができると考えられた。

## 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) 農林水産省. (2025): 令和 6 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/r6\\_hpai\\_kokunai.html#2](https://www.maff.go.jp/j/syouan/douei/tori/r6_hpai_kokunai.html#2)
- 3) 白石 誠・宮野友里・米澤瑤乃・水木 剛、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適切な水分率と発酵助剤の検討 - , 岡山農総セ畜研報 14 : 1~8 (2024)
- 4) 財団法人日本土壌協会 (2010) : 堆肥等有機物分析法 (2010 年版) : 財団法人日本土壌協会.
- 5) 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.
- 6) 環境省高病原性鳥インフルエンザと野鳥について (情報編)  
[https://www.env.go.jp/nature/doubutsu/bb/ir\\_fiu/manual/04jyouhouhen.pdf](https://www.env.go.jp/nature/doubutsu/bb/ir_fiu/manual/04jyouhouhen.pdf)
- 7) 家畜伝染病予防法に基づく焼却、埋却及び消毒の方法に関する留意事項 農林水産省, 令和 7 年 3 月 7 日一部改正
- 8) 財団法人畜産環境整備機構. (1998) : 家畜ふん用処理・利用の手引き. 財団法人畜産環境整備機構, 31.
- 9) 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.