

# 梅調味廃液と第一燐酸アンモニウムおよび硫黄粉末の添加による 鶏ふん堆肥の高窒素化

橋本真穂・久田紀夫<sup>1</sup>・松下修門<sup>2</sup>・林 恭弘・島津 康

和歌山県農業試験場

## Increasing Nitrogen Content in Used Broiler Litter by Addition of Ume Seasoning Waste Water , Ammonium Dihydrogen Phosphate and Sulfur-powder

Maho Hashimoto, Norio Hisada<sup>1</sup>, Nobuto Matsushita<sup>2</sup>, Yasuhiro Hayashi and Ko Shimazu

Wakayama Agricultural Experiment Station

### 緒言

和歌山県内の梅干製造過程で発生する梅調味廃液は、年間1万8千tにのぼり、そのうち1万tが廃棄されており、処理コストや処分場の問題から有効利用が求められている。梅調味廃液の主成分は、糖20%、クエン酸3%と有用成分が多い一方で、塩分含有率が7%と高くpHが3と低い(中野ら, 2000)。このため、梅調味廃液の農業分野における再利用法として土壌還元消毒資材として実用化されている(後藤, 2008)が、施設栽培では塩分含有率が高いため利用作物が限られ、再利用が進んでいないのが現状である。

一方、県内の養鶏場から排出されている鶏ふんは化成肥料代替資材として有望であり、一部は鶏ふん堆肥として流通しているが、養分バランスの悪さや悪臭などの問題があり利用率は低い。鶏ふんの悪臭の主な原因の一つであるアンモニアは、堆肥製造過程で大部分が揮散するため(前田ら, 2001; 羽賀, 2010)、製造堆肥の窒素含有率は生鶏ふんに比べて大きく低下する。鶏ふんに限らず、家畜ふんを堆肥化する際にはアンモニアが揮散し、悪臭や窒素含有率低下の要因となるため、堆肥化中のアンモニア揮散を抑制する手法として、堆肥舎からの排気を脱臭装置に通す方法(伊藤ら, 2006)や、吸引堆肥化システムによりアンモニアを含む排気を吸引・捕集し資源利用する方法(宮武ら, 2010)のほか、土壌微生物を用いる方法(南部・村田, 2011)、堆肥を酸性の資材で被覆する方法(小山ら, 2011)などが検討されている。野町ら(2002)は、酸性資材を堆肥原料に添加することでアンモニア揮散を抑制することが可能であると報告していることから、鶏ふん堆肥化時にpHの低い梅調味廃液を添加することにより堆肥化中のアンモニア揮散を抑制できると考えられる。前田ら(2014)は、ブロイラー鶏ふん重量の5%相当量の梅調味廃液を添加すると、堆肥化初期のアンモニア揮散量を13~60%抑制するが、鶏ふん堆肥の窒素含有率の上昇は認められないと報告しており、アンモニア揮散をさらに抑制し、鶏ふんの高窒素化を図るためには、硫黄や(高橋 2006)、リン酸塩(湊ら, 2000)などの資材の添加が必要であると考えられる。

そこで、鶏ふんに梅調味廃液を添加して堆肥化を行う際に、さらにアンモニア揮散を抑制するための

<sup>1</sup>現在：食品・生活衛生課

<sup>2</sup>現在：農業大学校

副資材としてリン酸塩である第一燐酸アンモニウムや硫黄を用い、製造堆肥の高窒素化を図るための添加方法や堆肥化条件を明らかにした。

## 材料および方法

### 1. 梅調味廃液と副資材の添加がブロイラー鶏ふんの高窒素化に及ぼす影響

#### 1) 試験1 第一燐酸アンモニウム 5%添加

有田養鶏農業協同組合の解放鶏舎(和歌山県日高郡日高川町初湯川猪谷)において、オガクズを敷料として用い、50日間ブロイラー47羽/坪(0.07m<sup>2</sup>/羽)を飼育した後に鶏舎から搬出された鶏ふんが混ざった敷料を原料鶏糞とした。試験区は、原料鶏ふん5kgに対して、水道水250mlを添加した無添加区、梅調味廃液250mlを添加した梅調味廃液5%添加区、梅調味廃液250mlと第一燐酸アンモニウム(アンモニア態窒素12%、水溶性リン酸61%、以下第一燐安とする)250gを添加した梅調味廃液5%・第一燐安5%添加区とした。原料鶏ふんと添加資材を混合した後、容積重が0.5~0.6kg/Lとなるように水分調整し、小型堆肥化実験装置(かぐやひめ、富士平工業 第1図)に高さ25cmに充填し、通気量を0.4L/minとして、25℃の室内で21日間堆肥化を行った。試験開始7日後と14日後に小型堆肥化実験装置から鶏ふんを



第1図 小型堆肥化実験装置

取り出してバット内で混合する切返しを行い、再び装置内に戻した。試験開始時および終了時に分析試料として鶏ふんを200g採取し、水分は重量法、pHはガラス電極法、全窒素含有率はCNコーダー法により測定した。堆肥温度および外気温は付属の温度測定用センサーで測定した。排気中のアンモニア濃度は排気管上部からガス検知管(ガステック製)を用いて1回/日測定した。

#### 2) 試験2 第一燐安 2.5%添加

試験区は、原料鶏ふん5kgに対して、水道水250mlを添加した無添加区、梅調味廃液250mlと第一燐安125gを添加した梅調味廃液5%・第一燐安2.5%添加区とし、試験1と同様に21日間堆肥化を行った。切返しは試験開始8日後と14日後に行った。試験開始時、開始後8、14日後および終了時に分析試料として鶏ふんを200g採取し、鶏ふんの水分および全窒素含有率を試験1と同様の方法で測定した。堆肥温度および外気温は付属の温度測定用センサーで測定した。堆肥化期間中は排気管から排出される排気中のアンモニアガスを3mol/Lの硫酸で捕集し、試験終了時には小型堆肥化実験装置から凝集水を採取し、硫酸溶液および凝集水中のアンモニア態窒素量をケルダール分解-蒸留法で定量し、アンモニア揮散量とした。

#### 3) 試験3 第一燐安 2.5%および硫黄 0.5%添加

試験区は、原料鶏ふん5kgに対して、水道水250mlを添加した無添加区、梅調味廃液250mlと第一燐安125g、硫黄粉末25gを添加した梅調味廃液・第一燐安2.5%・硫黄0.5%添加区とし、試験1と同様

に22日間堆肥化を行った。切返しは試験開始8日後と15日後に行った。試験開始時、開始後8、15日後および終了時に分析試料として鶏ふんを200g採取し、水分および全窒素含有率を試験1と同様の方法で測定した。堆肥温度および外気温は付属の温度測定用センサーで測定した。排気中のアンモニアガスと凝集水は試験2と同様に採取し、アンモニア態窒素量を測定した。

## 2. 実用規模試験

試験は有田養鶏農業協同組合の堆肥舎（和歌山県日高郡日高川町初湯川猪谷）において行った。2012年7月12日に、原料鶏ふん870kg（2m<sup>3</sup>）に対して、無添加区は水42L、梅調味廃液5%・第一燐安2.5%添加区は梅調味廃液42Lと第一燐安21.8kg、梅調味廃液5%・第一燐安2.5%・硫黄0.5%区は梅調味廃液42Lと第一燐安21.8kgおよび硫黄粉末4.35kgを添加し、容積重を調整するため水道水を添加して混合した後、高さ60cmに堆積し堆肥化を行った。切返しは、試験開始13、21、47、76日後に行った。堆積した鶏ふんの中心部の温度（堆肥温度）および外気温は自記温度計（おんどとり Jr. TR52 T&D 社）で測定した。試験開始時、切り返し時および試験終了時に分析試料として鶏ふんを1kg採取し、鶏ふんの水分および全窒素含有率を試験1と同様の方法で測定した。

## 結果

### 1. 梅調味廃液と副資材の添加がブロイラー鶏ふんの高窒素化に及ぼす影響

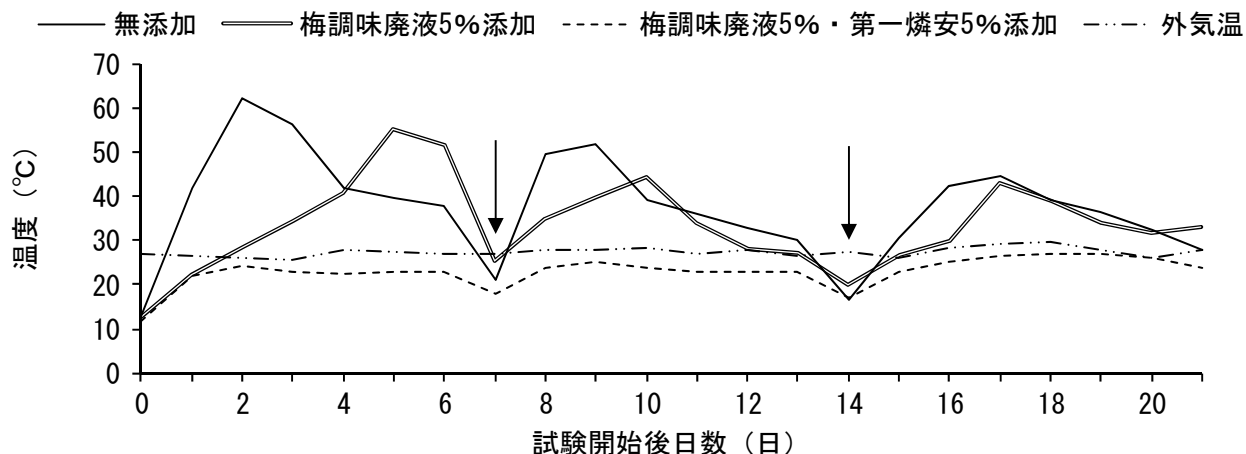
#### 1) 試験1

堆肥温度は、無添加区では試験開始2日後に62℃で最高となったが、梅調味廃液5%添加区では温度の上昇が無添加区に比べて遅く、5日後に55℃で最高となり、梅調味廃液5%・第一燐安5%添加区では温度の上昇は認められなかった（第2図）。

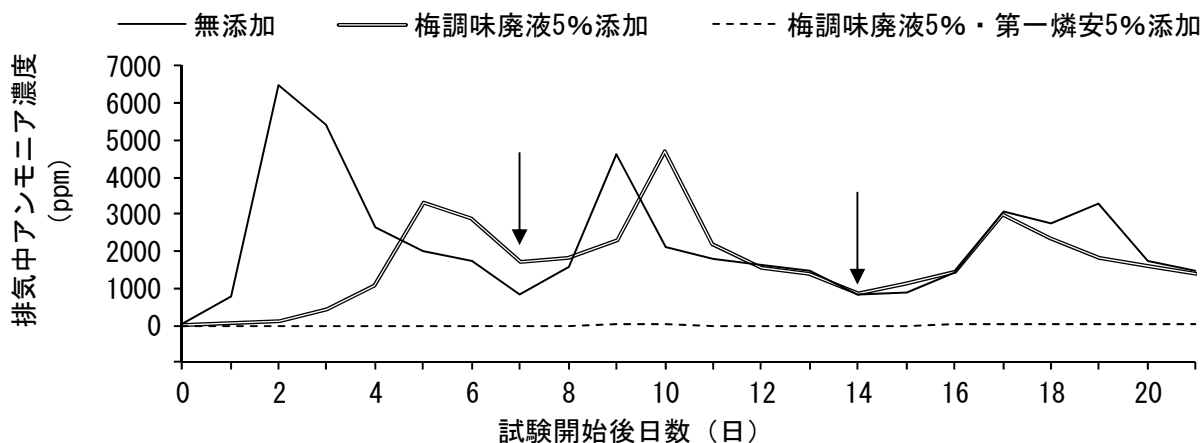
排気中のアンモニア濃度は、無添加区では試験開始2日後に6500ppmで最も高くなったが、梅調味廃液5%添加区では無添加区に比べてアンモニア濃度の上昇が遅く、10日後に4700ppmで最高となり、梅調味廃液5%・第一燐安5%添加区ではアンモニア濃度の上昇は認められなかった（第3図）。

鶏ふんのpHは、試験開始時には、無添加区では7.96であったが、梅調味廃液5%添加区および梅調味廃液5%・第一燐安5%添加区ではそれぞれ6.62、6.43であった。試験終了時には、無添加区および梅調味廃液5%添加区ではそれぞれ7.84、7.42まで上昇したが、梅調味廃液5%・第一燐安5%添加区では6.83と弱酸性を保った（第1表）。

鶏ふんの全窒素含有率は、試験開始時、終了時ともに無添加区および梅調味廃液5%添加区に比べ梅調味廃液5%・第一燐安5%添加区で高かった（第1表）。



第2図 梅調味廃液および第一燐安の添加が堆肥温度に及ぼす影響 (試験1)  
矢印は切返しを示す。



第3図 梅調味廃液および第一燐安の添加が排気中アンモニア濃度に及ぼす影響 (試験1)  
矢印は切返しを示す。

第1表 梅調味廃液および第一燐安の添加が鶏ふんのpHと全窒素含有率に及ぼす影響 (試験1)

試験区	pH		全窒素含有率 (乾物%)	
	開始時	終了時	開始時	終了時
無添加	7.96	7.84	3.91	3.20
梅調味廃液5%添加	6.62	7.42	4.01	3.42
梅調味廃液5%・第一燐安5%添加	6.43	6.83	4.96	4.60

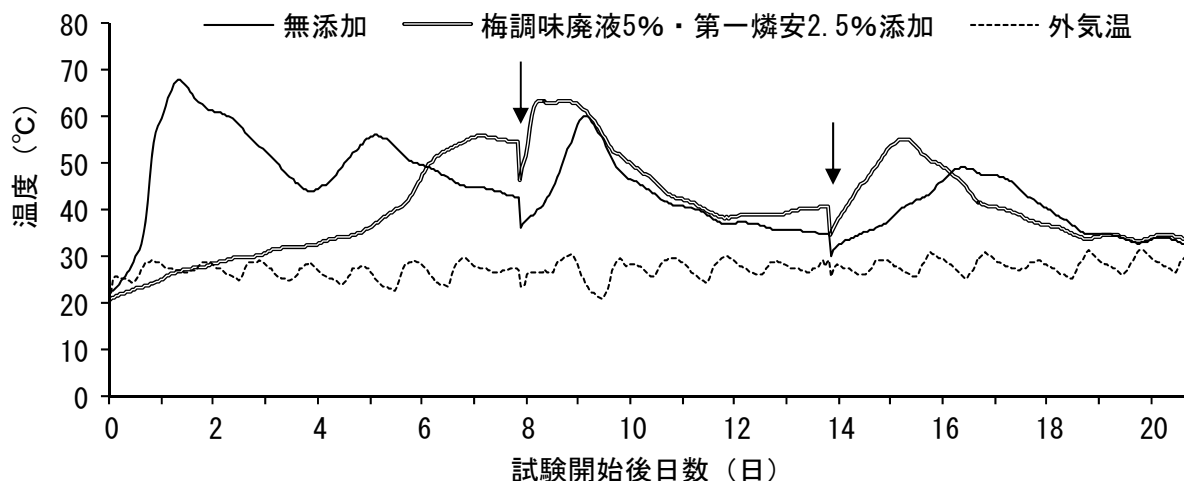
2) 試験 2

堆肥温度は、無添加区では試験開始1日後に67.9℃で最高となったが、梅調味廃液5%・第一燐安2.5%添加区では温度の上昇が無添加区に比べて遅く、9日後に63.6℃で最高となった(第4図)。

堆肥化期間中のアンモニア揮散量は、無添加区では試験開始0~8日後に最も大きく13.7gとなり、その後時間経過とともに減少した。一方、梅調味廃液5%・第一燐安2.5%添加区では、0~8日後には小さく、8~14日後に11.1gで最も大きくなった。全期間を通じた総揮散量は、無

添加区の 31.0g に比べ、梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5% 添加区で減少し、20.7g となった（第 2 表）。

鶏ふんの全窒素含有率は、試験開始 14 日後までは無添加区に比べて梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5% 添加区で高く推移したが、21 日後にはほぼ同等となった（第 3 表）。



第4図 梅調味廃液および第一燐安の添加が堆肥温度に及ぼす影響（試験2）  
矢印は切返しを示す。

第2表 梅調味廃液と第一燐安の添加がアンモニア揮散量に及ぼす影響（試験2）

試験区	アンモニア揮散量 (g)			
	0~8日後	8~14日後	14~21日後	全期間
無添加	13.7	11.3	6.0	31.0
梅調味廃液5%・第一燐安2.5%添加	1.0	11.1	8.6	20.7

第3表 梅調味廃液と第一燐安の添加が鶏ふんの全窒素含有率に及ぼす影響（試験2）

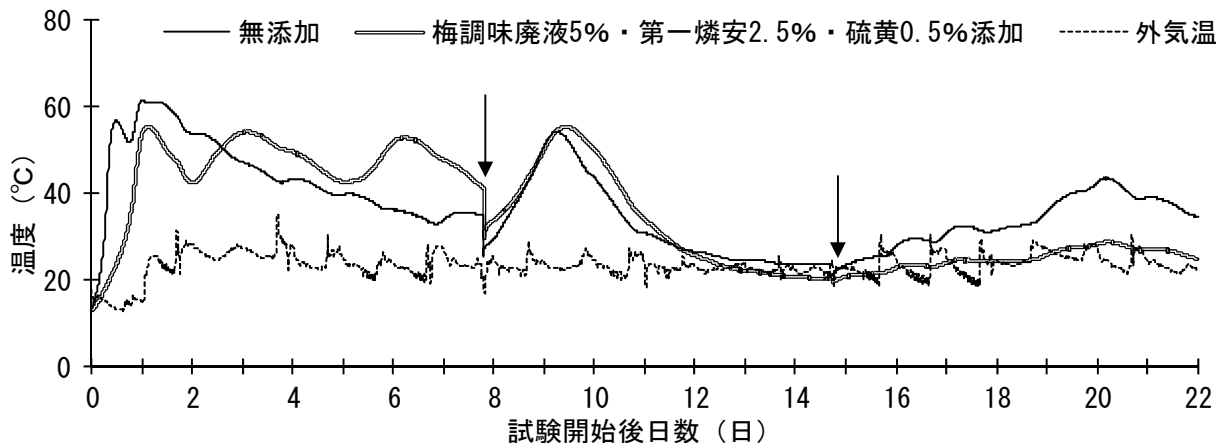
試験区	全窒素含有率 (乾物%)			
	開始時	8日後	14日後	21日後
無添加	3.86	3.38	3.62	3.27
梅調味廃液5%・第一燐安2.5%添加	3.88	3.97	3.90	3.31

### 3) 試験 3

堆肥温度は、無添加区と梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%・硫黄 0.5% 添加区でほぼ同様に推移し、試験開始 1 日後にそれぞれ 61.4℃、55.4℃で最高になった（第 5 図）。

堆肥化期間中のアンモニア揮散量は、無添加区では試験開始 0~8 日後に 12.8g と最も大きくその後は時間経過とともに減少した。一方、梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%・硫黄 2.5% 添加区では 0~8 日後と 8~15 日後にそれぞれ 8.1、9.3g と大きく、その後減少した。全期間を通じた総揮散量は、無添加区の 25.2g に比べ、梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%・硫黄 0.5% 添加区で減少し、22.1g となった（第 4 表）。

鶏ふんの全窒素含有率は、無添加区に比べて梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%・硫黄 0.5%添加区で期間を通じて高い値を示した (第5表)。



第5図 梅調味廃液と第一燐安および硫黄の添加が堆肥温度に及ぼす影響 (試験3)  
矢印は切返しを示す。

第4表 梅調味廃液と第一燐安および硫黄の添加がアンモニア揮散量に及ぼす影響 (試験3)

試験区	アンモニア揮散量 (g)			
	0~8日後	8~15日後	15~22日後	全期間
無添加	12.8	7.8	4.6	25.2
梅調味廃液5%・第一燐安2.5%・硫黄0.5%添加	8.1	9.3	4.7	22.1

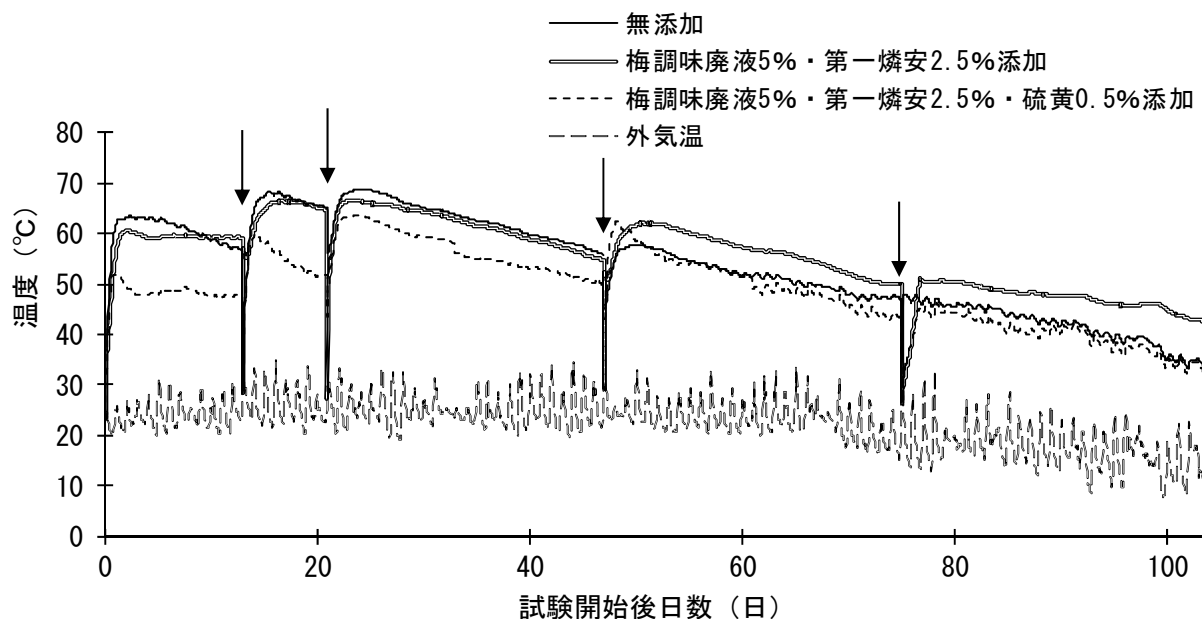
第5表 梅調味廃液と第一燐安および硫黄の添加が鶏ふんの全窒素含有率に及ぼす影響 (試験3)

試験区	全窒素含有率 (乾物%)			
	開始時	8日後	15日後	22日後
無添加	3.45	3.16	3.06	3.63
梅調味廃液5%・第一燐安2.5%・硫黄0.5%添加	3.94	3.83	3.65	3.89

## 2. 実用規模試験

堆肥温度は、試験開始 47 日後までは無添加区および梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%添加区に比べて梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%・硫黄 0.5%添加区で低く推移したが、47 日後以降は無添加区とほぼ同等となった。いずれの試験区も試験開始 24 日後に最高となり、無添加区、梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%添加区、梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%・硫黄 0.5%添加区でそれぞれ 68.8℃、66.7℃、63.7℃となった (第6図)。

鶏ふんの全窒素含有率は、試験開始時には、梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%添加区、梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%・硫黄 0.5%添加区でそれぞれ 3.15%、3.19%と無添加区の 2.78%に比べて高かった。試験終了時には、梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%・硫黄 0.5%添加区で最も高く 3.50%、次いで、梅調味廃液 5%・第一燐安 2.5%添加区で 2.35%、無添加区が最も低く 2.07%となった (第6表)。



第6図 堆肥舎における梅調味廃液と第一燐安および硫黄の添加が堆肥温度に及ぼす影響  
矢印は切返しを示す。

第6表 堆肥舎における梅調味廃液と第一燐安および硫黄の添加が鶏ふんの窒素含有率に及ぼす影響

試験区	全窒素含有率 (乾物%)	
	試験開始時	試験終了時
無添加	2.78	2.07
梅調味廃液5%・第一燐安2.5%添加	3.15	2.35
梅調味廃液5%・第一燐安2.5%・硫黄0.5%添加	3.19	3.50

## 考察

ブロイラー鶏ふん重量に対して梅調味廃液を5%添加すると、前田ら(2014)の報告と同様に、アンモニア揮散は堆肥化初期には大きく抑制されたものの、長期間抑制できず、試験終了時における全窒素含有率の増加は認められなかった。この要因として、梅調味廃液の低pHはクエン酸などの有機酸に起因しているため、鶏ふんへの添加後、微生物によりクエン酸が分解されると鶏ふんのpHが上昇し、アンモニアの揮散を抑制できなくなるためと推察された。

アンモニアの揮散をさらに抑制する方法として、湊ら(2000)の報告に従いリン酸塩、すなわち第一燐安を鶏ふん重量の5%添加すると、堆肥化期間中のアンモニア揮散は認められず、鶏ふん中の全窒素含有率は試験期間を通じて梅調味廃液5%添加区より高くなった。これは、梅調味廃液の添加により堆肥化初期のアンモニア揮散を抑制するとともに、鶏ふん中のアンモニアが第一燐安中のリン酸と結合し、リン酸アンモニウムとなることでクエン酸分解後のアンモニア揮散を抑制したためと推察された。また、試験開始時において鶏ふんの全窒素含有率が増加しているのは第一燐安に含まれるアンモニアの添加によるものと考えられた。このように、アンモニア揮散が抑制され、窒素含有率が上昇する一方で、堆肥温度の上昇が認められず堆肥発酵が抑制された。湊ら(2000)も過リン酸石灰を5%添加した場合に堆

肥の発酵が抑制されることを報告している。一般的に、堆肥の発酵は pH8~10 において最も促進されるとされ、pH の低下に伴って堆肥化が抑制される（北脇ら、1984）。梅調味廃液 5% および第一燐安 5% 添加区では、試験開始時、終了時ともに pH が 7 以下の弱酸性であり、堆肥化に関わる微生物活性が低下したことが堆肥発酵が抑制された要因であると考えられた。

鶏ふんの pH の過度な低下を防ぐため、第一燐安の添加割合を 2.5% に減少させると、堆肥化初期の温度上昇はやや抑制されたが、中期以降には十分に昇温し、堆肥化は抑制されなかった。また、堆肥化初期のアンモニア揮散量が大きく減少し、堆肥化期間中の総アンモニア揮散量を無添加区の 67% に減少させることができた。しかし、梅調味廃液 5% 添加時と同様に、堆肥化中期以降はアンモニア揮散量が無添加と同等まで増加し、堆肥化終了時の鶏ふんの全窒素含有率は無添加とほぼ同等となった。これは、第一燐安 5% 添加に比べて、アンモニアと結合可能なリン酸が少なく、クエン酸分解後のアンモニア揮散を十分に抑制できないためと考えられた。

硫黄粉末を家畜ふんに添加すると、硫黄が硫酸に変化し、pH を低下させるとともに、アンモニアと結合することでアンモニア揮散を抑制するとの報告（高橋、2006）に従い、小型堆肥化実験装置を用いて、梅調味廃液 5% と副資材として第一燐安 2.5% および硫黄粉末 0.5% を添加して堆肥化を行った場合、堆肥温度は無添加と同等の推移を示し、堆肥化の抑制は生じなかった。堆肥化期間中のアンモニア揮散量は、梅調味廃液や第一燐安を添加した場合と同様に、堆肥化初期に抑制され、中期以降は無添加と同等となったが、試験終了時の全窒素含有率は無添加に比べて 0.2% 程度増加した。この試験では、試験期間中のアンモニア揮散量が無添加区においても他の試験に比べて少なく、試験終了時の全窒素含有率も高く保たれた。堆肥化中のアンモニア揮散は堆肥の水分含有率により変動し、低水分ではアンモニア揮散量が減少する（白石ら、2006）ため、試験開始時の堆肥の水分含有率が 50% 程度と低かった（データ省略）ことが、無添加区でもアンモニア揮散量が少なかった要因であると考えられた。硫黄粉末の添加により、鶏ふんの高窒素化が可能であることが示唆されたため、実用化規模での堆肥化試験において検討を行うことにした。

堆肥舎における堆肥化試験では、副資材として硫黄粉末を添加すると、堆肥化初期の昇温がやや抑制される傾向が認められたが、60℃ 以上までの昇温が確認できたことから、堆肥化は抑制されないものと考えられた。鶏ふんの全窒素含有率は、堆肥化終了時において 3.50% とやや低い値を示したが、無添加区に比べると 1.5% 程度高く、試験開始時の全窒素含有率が低かったことを勘案すると高窒素化が達成できたと考えられる。

本研究において、ブロイラー鶏ふんの高窒素化を図るためには、梅調味廃液 5% と第一燐安 2.5% および硫黄粉末 0.5% の添加が有効であることを明らかにした。しかしながら、副資材の添加により、鶏ふん堆肥製造に係るコストが上昇し、鶏ふん堆肥の販売価格も上昇するため、堆肥製造に係るコスト上昇と鶏ふん堆肥の利便性の向上のバランスを考え、鶏ふん堆肥の製造者である養鶏業者や鶏ふん堆肥の利用者となる梅生産農家などの耕種農家の要望に合わせて堆肥製造方法を選択する必要があると考えられる。

梅調味廃液 5% のみの添加や、梅調味廃液 5% と第一燐安 2.5% の添加では、鶏ふんの高窒素化には至らなかったものの、堆肥化期間中のアンモニア揮散量を大きく抑制することができた。堆肥化過程で発生するアンモニアは堆肥製造作業員の健康被害や、周辺への悪臭発生の要因となっていることから、アンモニア揮散を抑制できることで堆肥製造環境や周辺環境の改善には大きな効果が期待でき、畜産試験場養鶏研究所では、鶏舎内における梅調味廃液の散布による悪臭低減効果について検討を行っている。

今後は、本研究で得られた成果を活用し、梅干加工業者、養鶏業者、梅生産農家の間で梅調味廃液、



鶏ふん堆肥，梅の地域内資源循環を促進することで梅調味廃液と鶏ふんの利用率向上につなげていきたい。

## 摘要

ブロイラー鶏ふん重量の5%相当量の梅調味廃液を添加して堆肥化を行う過程で，第一燐安や硫黄粉末などの副資材の添加が，鶏ふんの堆肥化および高窒素化に及ぼす影響を明らかにした。

1. ブロイラー鶏ふんに梅調味廃液5%と第一燐安5%を添加して小型堆肥化実験装置を用いて堆肥化を行うと，堆肥化中のアンモニア揮散は認められず，試験終了時の鶏ふんの全窒素含有率は無添加区に比べて1.2%増加したが，堆肥発酵が抑制された。
2. 第一燐安の添加割合を2.5%に低下させると堆肥化初期のアンモニア揮散が減少し，総アンモニア揮散量は無添加区の67%に減少した。しかし，堆肥化中期以降のアンモニア揮散量は無添加と同等まで増加し，試験終了時の鶏ふんの全窒素含有率は無添加とほぼ同等となった。
3. さらに硫黄粉末0.5%を添加すると，堆肥化初期のアンモニア揮散量が減少し，試験終了時の鶏ふんの全窒素含有率は無添加に比べて0.2%増加した。
4. ブロイラー鶏ふんに梅調味廃液5%と第一燐安2.5%および硫黄粉末0.5%を添加して堆肥舎で堆肥化を行うと，堆肥化初期における堆肥温度の上昇はやや抑制されたものの，堆肥発酵は阻害されず，試験終了時の鶏ふんの全窒素含有率は，無添加に比べて1.5%増加し，鶏ふんの高窒素化を図ることができた。

## 謝辞

本研究は，2010年～2012年に和歌山県戦略的研究開発プラン事業「梅調味廃液の利用による低臭・高窒素鶏ふん堆肥の製造による資源リサイクル」の一環として実施した。本研究を実施するにあたり，試験にご協力頂いた有田養鶏農業協同組合，紀州田辺梅干研究センターの皆様へ深謝します。また，試験に多大なご協力を頂きました農業試験場の職員やアルバイトの皆様へ厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

- 後藤逸男．2008．梅漬調味廃液の農業利用法．特願 2007-116517．特開 2008-273850．
- 羽賀清典．2010．家畜糞尿処理の今後の方向性．日本畜産学会報．81：207-211．
- 伊藤元・田口裕・伊藤広孝・今枝紀明・大谷健．2006．硫酸溶液へのバブリング方式による堆肥舎の脱臭．岐阜県畜産研究所研究報告．6：34-39．
- 北脇秀敏・藤田賢二．1984．低級脂肪酸による堆肥化過程の阻害に関する研究．衛生工学研究論文集．20：175-181．
- 小山太・清水邦義・松原恵理・吉田絵美・近藤隆一郎．2011．スギ樹皮被覆による鶏ふん堆肥化過程のアンモニア抑制．木材学会誌．57：370-376．
- 前田恵助・橋本真穂・林恭弘・豊吉正成．2014．ブロイラー使用済み敷料への梅調味廃液添加が堆肥化時のアンモニア揮散量と堆肥成分に及ぼす影響．日本家禽学会誌．51：33-42．
- 前田武己・松田従三・近江谷和彦．2001．家畜糞の堆肥化におけるアンモニア揮散（第2報）．農業機械

- 学会誌. 63 : 41-47.
- 南部奈津紀・村田文彦. 2011. 土壤微生物活用による畜舎内アンモニア臭気の抑制効果 (第1報). 福井県畜産試験場研究報告. 24 : 29-34.
- 湊啓子・田村忠・前田善夫. 2000. 過リン酸石灰添加による牛ふん尿の堆肥化過程におけるアンモニア揮散抑制. 北海道立新得畜産試験場研究報告. 23 : 17-24.
- 高橋好範. 2006. 有機肥料の製造方法及び有機肥料. 特願 2005-84619. 特開 2006-265027.
- 宮竹史仁・阿部佳之・本田善文. 2010. 吸引通気式堆肥化システムで回収される液体肥料, 発酵排熱, 未利用酸素を利用した成分調整型堆肥の製造. 農業機械学会誌. 72 : 388-390.
- 中野長久・宮武和孝・上田光宏・東善彦・浦野健三. 2000. 梅調味廃液の浄化法. 特願平 10-261116. 特開 2000-83692.
- 野町太郎・池中行夫・中村美穂・関哲夫. 2002. 豚ふんへの腐植酸添加が抑臭および堆肥化に与える影響. 静岡県中小家畜試験場研究報告. 13 : 38-42.
- 白石誠・永田隆・滝本英二・脇本進行・北村直起・奥田宏健. 2006. 亜酸化窒素・メタンの発生抑制方法の検討 (2) -肥育牛ふんの堆肥化過程から発生するアンモニア・亜酸化窒素・メタン濃度-. 岡山県総合畜産センター研究報告. 16 : 31-37.