

肥育豚への低タンパク質飼料の給与がふん尿の堆肥化に及ぼす影響と臭気の発生状況

小山 太*・山口昇一郎・村上徹哉・福田憲和

肥育豚にタンパク質 (CP) 含量が低い飼料を給与すると排せつされるふん尿の窒素が減少するが、これを堆肥化した場合の窒素の動態や臭気発生状況は明らかにされていない。そこで、CP15.0%の標準飼料とCP13.9%の低CP飼料を給与した去勢肥育豚のふんに同豚の尿を20%混合して水分調整し、小型堆肥化装置による堆肥化試験を行った。その結果、

- 1) 低CP飼料を給与した豚ふん尿混合物は標準飼料を給与したものと同等に品温が上昇し、乾物が減少することから、堆肥化への影響はない。
- 2) ふん尿混合物の窒素含量は低CP飼料を給与した方が標準飼料を給与したものより低く、これを堆肥化した時の窒素含量も低い。
- 3) 飼料中のCP水準を1ポイント下げた豚のふん尿を堆肥化すると揮発するアンモニア量が半減することから、低CP飼料給与により堆肥化過程におけるアンモニアガスの大幅な低減が期待できる。
- 4) 低CP飼料の給与による堆肥化期間中の硫黄化合物の低減効果は認められなかったが、堆肥化開始時の固形物中の低级脂肪酸量は減少し、ふん尿の臭気抑制効果が示唆された。

[キーワード：豚, 低タンパク質飼料, ふん尿, 堆肥化]

How Providing Pigs with low Protein Diet Affects their Feces Compost – Offensive Smell Emission. KOYAMA Futoshi, Shoichiro YAMAGUCHI, Tetsuya MURAKAMI and Norikazu FUKUDA (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 25 : 141-144 (2006)

It is possible to reduce the amount of nitrogen contained in the feces from pigs by providing the pigs with low protein (CP) diet. However, in the case of their feces being composted, it is not clear how much nitrogen stays inside of the compost and how much offensive smell is emitted.

Therefore, I conducted an experiment utilizing a compact compost production device. In the experiment, I mixed the dung taken from a castrated pig which had been eating standard diet that contains CP 15.0% in it with the urine taken from the pig. And I also mixed the dung taken from a castrated pig that had been eating low CP diet that contained CP 13.9% in it with the urine taken from the pig. The percentage of urine contained was 20% in each of the feces. Then I made a water adjustment on each of the feces and proceeded with the experiment. After I finished conducting the experiment, I confirmed the following results:

1. The temperature of the mixed substance made of the dung and urine taken from the pig, which had been eating low CP diet, rose to the same temperature of that of the mixed substance made of the dung and urine taken from the pig which had been eating standard diet. The amount of the dry part in both mixed substances was reduced. Therefore, whether the diet to be given to pigs is low CP or not, has nothing to do with making the feces compost more efficient.
2. The amount of nitrogen contained in the mixed substance made of the dung and urine taken from the pig, which had been eating low CP diet, is less than the amount contained in the mixed substance made of the dung and urine taken from the other pig which had been eating standard diet. Also, the amount of nitrogen contained in the compost made of the former is less than the amount contained in the compost made of the latter.
3. After the feces, which was taken from the pig that had been eating diet with the CP level of one point less than normal, was composted, the amount of ammonia volatilized from the compost was reduced in half. Therefore, it is possible to expect that the amount of ammonia gas to be emitted in the process of making the feces compost can be greatly reduced.
4. Although I couldn't confirm any favorable results in cutting the amount of sulfur compound produced from the feces taken from the pig, that was providing with the low CP diet, I confirmed that the reduction in the amount of low-level fatty acid contained in the mixed substance and the effects on reducing offensive smells that came from dung and urine which were evident when providing pigs with low CP diet in the experiment.

[Keyword: Pigs, Low protein diet, Feces, Composting]

結 言

近年、肥育豚に対し低タンパク質 (以下低CP) 飼料を給与することにより窒素の排せつ量を抑制する飼養技術が検討されている^{1), 2), 3), 6), 9), 10)}。福島ら¹⁾や設楽ら⁶⁾はアミノ酸を添加した低CP飼料を給与することで、産

肉性を下げることなく排せつされる窒素量を低下させることができると述べている。また、増田ら²⁾はアミノ酸だけでなくリン排せつ量を低減する酵素を添加することで、窒素とリンの排せつ量を同時に抑制できると報告している。ふん尿に含まれる窒素が少なくなれば、環境への負荷を減らすだけでなくアンモニア等の窒素系臭気物質の低減が期待でき、畜舎や堆肥化処理施設で発生する臭気を抑制することが可能となる。梅本ら⁹⁾はCPを16

* 連絡責任者 (畜産環境部)

%から13%に下げるとふん尿混合物から発生するアンモニアと豚舎内の硫黄化合物が減少すると報告している。しかし、この報告ではふん尿を堆肥化した場合の臭気発生については言及されていない。養豚経営において主たる臭気発生源のひとつはふん尿を処理する堆肥化施設であり⁸⁾、ここでの臭気低減の効果を明らかにすることは重要である。しかし、堆肥化施設における調査は気温や湿度、風などの環境要因に左右されることが多く、比較試験が困難であるといった問題がある。白石ら⁷⁾は豚のふんを小型堆肥化装置を用いてモデル的に堆肥化を行い、発生するアンモニア量を測定している。この装置では密閉した処理であるため、発生する臭気や残存する物質を正確に把握することができる。

そこで、この小型堆肥化装置を用いて、標準飼料と低CP飼料を給与した豚ふん尿を供試して比較試験を行い、低CP飼料を給与した豚ふん尿の堆肥化への影響およびその過程における臭気発生状況を明らかにした。

試験方法

豚の飼養管理法とふん尿の採材

体重約60kgの去勢雄豚4頭を個別に単飼ケージに収容し、2頭ずつ各飼料を給与した。標準飼料区のCP含量は15.0%、DCP(可消化粗タンパク質含量)は12.5%となるよう調製した。また、低CP区のCP含量は大和らの報告¹²⁾に準じ、産肉能力を維持する水準として13.9%と設定し、DCP(可消化粗タンパク質含量)は11.4%となるよう調製した。給与開始から5日間の馴致期間を経た後、2日間かけてふんを3000g、尿を500g採取した。

小型堆肥化装置による堆肥化試験

採取したふんから1500g、尿から300gを採材してコンテナに入れ、手で十分に攪拌し、水分調整材としてモミガラを1200g加え、再度攪拌した。これを2500gずつ小型堆肥化装置(富士平工業製)の内筒に充填し、密閉後、0.25ml/分の流量で連続通気した。排ガスが冷却用フラスコを通過後、6N硫酸400ml入りの洗浄瓶を通過し、ガス中のアンモニアをすべて捕集できるように配管した。1週間後に開封し、装置内の固形物をコンテナに取り出して、手で十分に攪拌後、再度充填・密封し、1週目と同様に通気した。その1週間後に再度開封し、装置内の固形物をコンテナに取り出し、堆肥化試験を終了した。

なお、小型堆肥化装置は農業総合試験場現場の室内に常温で静置し、試験期間は9月11日から9月25日までの2週間とした。

結果

試験豚から排せつされたふん、尿およびふん尿混合物のpHおよび窒素含有率と窒素量を第1表に示した。標準飼料区と低CP区のpHはふんではそれぞれ7.1、6.7、尿ではそれぞれ9.0、8.8を示した。また、低CP区の豚から排せつされた窒素は、ふん、尿ともに標準飼料区の豚から排せつされた窒素より少なかった。

これらの材料を水分調整し、小型堆肥化装置で堆肥化した時の品温推移を第1図に示した。堆肥化開始直後よ

第1表 堆肥化試験に供試した豚ふん、尿のpHおよび窒素量

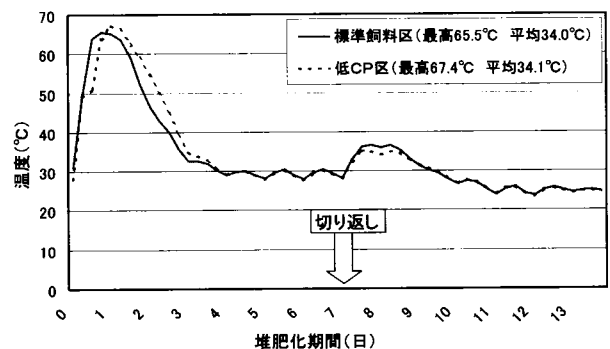
	標準飼料区			低CP区		
	ふん	尿	混合物	ふん	尿	混合物
pH	7.1	9.0	7.7	6.7	8.8	7.1
T-N %	0.81	0.69	0.79	0.71	0.53	0.68
T-N g	10.1	1.7	11.9	8.8	1.3	10.2

1) %: 現物当たり

2) g: 小型堆肥化装置に充填したふん1250g、尿250g当たりの含量

り品温は順調に上昇し、両区とも36~40時間後には最高品温が65℃以上に達した。その後、やや緩やかに低下し、4日後には堆肥化開始時と同等の品温になった。切り返して再充填後、36~37℃まで上昇したが、その後低下した。両区の品温推移に差は認められなかった。

小型堆肥化装置内の固形物の理化学成分推移を第2表に示した。両区とも開始時に比べ1週後の水分はやや低下したが、1週後から2週後にかけての水分は変わらなかった。有機物は両区とも週毎に漸減し、試験開始時または切り返し時の乾物量で1週間に減少した乾物量を除した乾物減少率は2週間の合計で11%となった。pHは1週後に大きくアルカリに傾き、2週後はさらに高くなり、9.3以上になった。BODは100,000mg/DMkgから1週で大きく減少し、50,000mg/DMkg以下となった。試験開始時の全窒素含有率は標準飼料区が1.21%、低CP区がやや低い1.08%であり、試験期間を通してほぼ横ばいで推移した。また、両区ともアンモニア態窒素含有率は1週目で上昇し、2週目には下降して試験開始時と同じ水準となった。低CP区のアンモニア態窒素含有



第1図 豚ふん尿混合物の堆肥化課程における品温推移

1) 混合物: ふん1250g、尿250g、モミガラ1000g

第2表 豚ふん尿混合物の堆肥化過程における理化学成分

	標準飼料区			低CP区		
	開始時	1週後	2週後	開始時	1週後	2週後
水分 %	50.7 ^A	45.7	47.0	49.4 ^B	46.2	46.0
有機物 DM%	79.8	78.4	77.9	80.2	78.8	77.3
乾物減少率 %	-	5.5	5.5	-	7.2	3.9
pH	7.7 ^A	9.1 ^A	9.4	7.1 ^B	9.0 ^B	9.3
BOD mg/DMkg	108,699	42,981	-	93,568	33,938	-
T-N DM%	1.21 ^A	1.18 ^A	1.20 ^A	1.08 ^B	1.07 ^B	1.11 ^B
NH ₄ -N DM%	0.135	0.241 ^A	0.159 ^A	0.131	0.202 ^B	0.141 ^B
NO ₃ -N DM%	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.002

1) 混合量: ふん1250g、尿250g、モミガラ1000g

2) 乾物減少率: 1週間で減少した乾物量/試験開始または切り返し時の乾物量×100

3) 異符号間に1%水準で有意差あり(t-検定)

第3表 豚ふん尿混合物の堆肥化における窒素量の動態

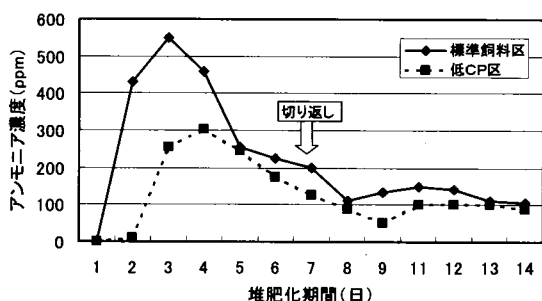
		単位	標準飼料区				低CP区			
			開始時	1週後	2週後	合計	開始時	1週後	2週後	合計
堆肥化される 固形物中の 窒素量	全窒素	g	22.77	20.54	20.44	—	20.75	19.17	19.06	—
	NH ₄ -N	g	2.52	4.21	2.71	—	2.52	3.60	2.42	—
	NO ₃ -N	g	0.00	0.03	0.00	—	0.00	0.03	0.05	—
堆肥化期間中 に流出および 揮発する窒素 量	排汁中N	g	—	0.03	0.00	0.03	—	0.02	0.00	0.02
	結露水中N	g	—	0.24	0.02	0.26	—	0.17	0.00	0.17
	アンモニアガス	g	—	0.70	0.09	0.79	—	0.32	0.00	0.32
	アンモニアガス	L	—	1.12	0.15	1.28	—	0.52	0.00	0.52

1) 肥育豚1頭/日における値 (排せつふん量1.9kg/日)

2) アンモニアガス量(L)は20℃1気圧における容積

率は標準飼料区に比べやや低かった。また、硝酸態窒素は両区とも期間を通じほとんど生成されなかった。

固形物に含まれる窒素量と装置底部に溜まった排汁に含まれる窒素量およびアンモニアガスとして揮発した窒素量を肥育豚1頭当たり換算して第3表に示した。両区とも堆肥化処理によって固形物中の窒素はアンモニアガスとして揮発し、減少した。試験開始時の全窒素含量が少なかった低CP区はアンモニア発生量が標準飼料区の半量以下であった。24時間毎に測定した排ガス中のアンモニアガス濃度は、低CP区が標準飼料区より常時低く推移した(第2図)。結露水中の窒素量と硫酸で捕集したアンモニアガス量から算出した大気中に放出するアンモニア総量は、標準飼料区では1.05g、低CP区で0.49gであった。両区とも2週目の窒素の減少量およびアンモニア発生量は少なく、アンモニアガス濃度も横ばいで推移した。



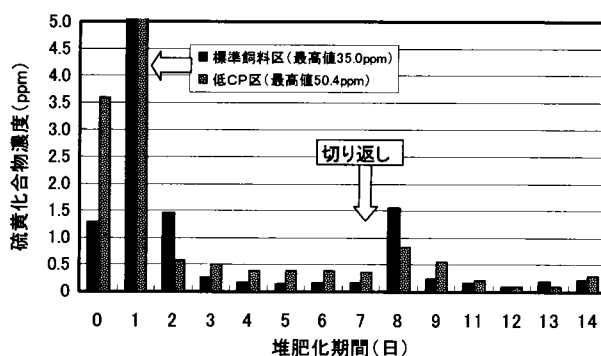
第2図 豚ふん尿混合物の堆肥化過程における排ガス中のアンモニア濃度

1) 混合量：ふん1250g, 尿250g, モミガラ1000g

2) 両区に1%水準で有意差あり (t-検定)

排ガス中の硫黄化合物濃度の推移を第3図に示した。両区とも試験開始直後から高濃度の硫黄化合物が発生し、1日後の濃度が最も高く、標準飼料区で35.0ppm、低CP区で50.4ppmを示した。低CP区は開始時および1日後の硫黄化合物濃度が標準飼料区より高かったが、この時点を一過に両区とも硫黄化合物濃度は急激に減少した。その後、硫黄化合物は1週後の切り返し直後にやや発生したものの2週目はほとんど発生しなかった。

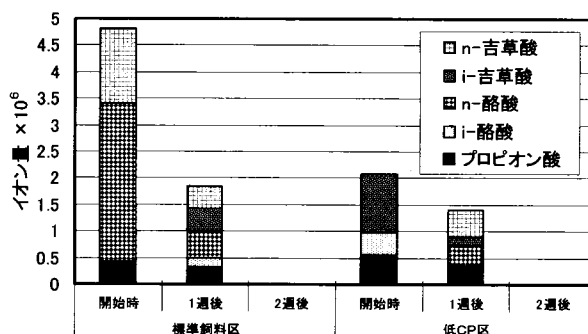
固形物中の低級脂肪酸の発生量は、試験開始時は低CP区が標準飼料区より少なく、1週後には両区とも減少し、同じ水準となった(第4図)。また、2週後では



第3図 豚ふん尿混合物の堆肥化過程における排ガス中の硫黄化合物濃度

1) 硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチルの総量

2) 混合量：ふん1250g, 尿250g, モミガラ1000g



第4図 豚ふん尿混合物より発生する低級脂肪酸量

1) 混合量：ふん1250g, 尿250g, モミガラ1000g

いずれも低級脂肪酸を検出できなかった。

考 察

堆肥化処理により標準飼料区、低CP区ともに順調に品温が上昇し、有機物、BODが低下することから、給与飼料のCP水準を14%程度に下げても排せつふん尿の発酵に悪影響を及ぼさないと見える。供試したふん尿量が1500gと少量であることから、高温発酵した期間は開始後の1週間だけで2週目には顕著な品温上昇は認められないが、用いた小型堆肥化装置は高温発酵期間中の激しい物質消費が確認できる装置であり、窒素の動態や臭気物質の発生について以下のような傾向が明らかとなった。

まず、CP13.9%の低CP飼料を与えた豚のふん尿に含まれる窒素量はCP15.0%の標準飼料に比べ僅かに少ない程度であるが、堆肥化することで固形物中の窒素量の減少に伴い発生するアンモニア量は半減する。アンモニアはふん尿中の窒素がふん中の酵素により酸化分解して生じる臭気物質であることから¹⁾、ふん尿中の窒素含量が少ない低CP区では分解されて発生する量も抑えられたといえる。本試験で2週間に発生したアンモニアガスをもとに大気中に放出されるアンモニア量を試算すると、標準飼料区が豚1頭当たり1.28L/日であるのに対し、低CP区では0.52L/日となる。従って、1000頭規模の肥育豚経営の場合、CP水準を15.0%から13.9%に下げることにより、ふん尿の堆肥化過程において大気中に放出される年間のアンモニア量は容積で277kL、重量で172kg減少することになる。また、2週間の堆肥化処理物としての窒素量は標準飼料区20.44g/頭/日に対し、低CP区が19.06g/頭/日であり、低CPにすることで1日1頭当たり1.38g減少させるに留まるが、1000頭規模の場合は年間で504kgが減少することになる。肥育豚用飼料のCP水準は11%まで下げられる⁴⁾といわれていることから、このように低いCP水準の飼料であればさらにアンモニア発生量や窒素排せつ量が低減し、環境への負荷を抑えることが可能と考える。

一方、アンモニア以外の臭気物質である硫黄化合物の低減効果については明確な結果が得られなかった。硫黄化合物はシステイン、メチオニンなどの含硫アミノ酸が消化されて排出される。本試験では、低CP飼料の調製過程で不足するアミノ酸を添加したが、システインおよびメチオニンは含まれていない。このため、低CP飼料にすることで硫黄給与量が減少し、窒素と同様に硫黄化合物の減少効果を期待したが、低CP区で硫黄化合物発生量が多くなるという結果であった。梅本ら⁹⁾はCP水準を16%から13%まで下げた条件でふん尿から発生する硫黄化合物量を減らせると報告していることから、硫黄化合物の低減効果を検討するためにはCP水準を大きく下げた試験を行う必要がある。

養豚経営において特徴的に発生する低級脂肪酸は、堆肥化開始時において低CP区の発生量が標準飼料区に比べ低かったが、1週間には減少し、2週間には検出されなかった。それぞれ、試験開始時、切り返し時に測定した量であり、短時間毎の経時変化を調べていない。このため、堆肥化期間中の詳細な発生状況については不明であるが、CP水準に関わらず豚ふん尿の堆肥化開始時に多量に発生し、堆肥化の進行に伴って速やかに減少すると考える。

スノコ豚舎では十分な管理を行っても豚舎から搬出されるふんに20%程度の尿が混入することから、本試験ではふんに尿を20%混合し、堆肥化試験を行った。しかし、尿の混入割合が高くなることで発生する臭気が多くなることは坂井ら⁵⁾が指摘しており、豚舎の老朽化や不適切な飼養管理が原因で20%以上の尿が混入することもある。このような場合は堆肥化過程での臭気発生量がさらに多くなると予想されるため、養豚経営においては低タンパク飼料の給与などで窒素排せつ量を減らすだけでなく、飼養管理を徹底して臭気が発生しないよう

に努める必要がある。

謝 辞

豚ふん尿および堆肥化過程での固形物の臭気分析において懇切丁寧な指導をくださった株式会社久留米リサーチパーク研究開発部の木下玲子氏に深謝する。

引用文献

- 1) 福島仁司・福永智明・齊藤剛敏・小村喜久男・安田 研・丸野弘幸・平山愛和・梶雄次・川野組男 (2001) 肥育豚の窒素排せつ量低減に関する研究。鹿児島畜試：34：56-59
- 2) 増田達明・市川 明・加納正敏・河辺鋭治 (1999) 肥育豚に対するリン及び窒素一括排泄量低減試験。愛知農総試研報：31：269-274
- 3) 成田喜久雄 (2002) 環境にやさしい飼養管理確立試験 2.制限アミノ酸添加による窒素排せつ量の低減。科学飼料：47(3)：87-87
- 4) 斎藤 守 (2001) ニワトリおよびブタからの環境負荷物質の低減化に関する栄養飼料学的研究の動向。日畜会報：72(8)：J177-J199
- 5) 坂井隆宏・花島 大・羽賀清典・鈴木直人 (2001) 豚ふんへの尿の混合が臭気発生に与える影響。佐賀畜試研報：38：84-89
- 6) 設楽 修・岩本英治 (2000) アミノ酸添加タンパク質飼料が肥育豚の背脂肪厚と窒素排泄量に及ぼす影響。兵庫農技研報：36：27-31
- 7) 白石 誠・脇本進行・田原鈴子・古川陽一・日野靖興 (1999) 微生物による堆肥化処理技術の開発 (Ⅲ) アンモニア低減微生物による臭気低減効果。岡山総畜セ研報：10：53-56
- 8) TANAKA, H., KURODA, K., OSADA, T., YONAGAMA, S., SUZUKI, M. and INABAMA, M. (1991) Aerial VFA in Livestock Houses and Animal Waste Treatment Facilities. Anim. Sci. Technol., 62(10)：955-962
- 9) 梅本栄一・倉田直亮・峰崎洋通・浅見貴恵 (1998) 家畜飼養環境改善による生産性の向上と臭気発生防除に関する試験 (平成8~12年度) 飼養環境改善による畜舎発生臭気の軽減技術の検討。神奈川畜研試験成績書：11(1)：55-60
- 10) 山口昇一郎・山本朱美・村上徹哉・伊藤 稔・古谷 修 (2005) アミノ酸添加タンパク質飼料への乾燥ジュース粕の配合が豚の発育、背脂肪厚、肉色、窒素排せつ量および糞の臭気物質に及ぼす影響。福岡農総試研報：24：88-93
- 11) 山本朱美・伊藤 稔・古谷 修 (2002) 豚糞尿混合物からのアンモニア揮散量のin vitro測定法。日畜会報：73(4)：503-508
- 12) 大和碩哉・山本英二・佐藤充徳 (1999) 酵素添加飼料給与による肥育豚のふん排泄量の低減。福岡農総試研報：18：126-130