

バイオベッドを利用した豚の飼養管理技術の確立

福島正人、齋藤俊哉¹、小池新平²、小池達也³、渡邊哲夫、脇阪浩⁴、芝田周平⁵、菊池草一⁶

¹ 県北健康福祉センター、² 県中央家畜保健衛生所、³ 芳賀農業振興事務所

⁴ 農政部畜産振興課、⁵ 農業大学校、⁶ 下都賀農業振興事務所

要約

県内のバイオベッドを導入している養豚農家の調査を行ったところ、夏場の増体低下を懸念する声が多く、散水など暑熱対策を行っている農家が多かった。当场でバイオベッドを作製し飼養試験を行ったところ、コンクリート豚舎と比べて夏季および冬季ともに増体などに差は見られなかった。市販されているバイオベッドを購入し、そこで飼養試験を行ったところ、床材として用いた麦稈、モミガラによる肥育成績の大きな差異は見られず、飼養中の臭気は、飼養期間が進むに連れてアンモニア濃度が高くなった。飼養中のベッド内温度は、30 前後で推移しており、出荷後のベッドを堆肥舎に搬出し副資材を添加せずに切り返して堆肥化したところ、時間はかかるものの堆肥の内部温度は60 を上回り、良好な発酵であった。この堆肥を再度ベッドとして利用し、肥育試験を行ったところ、肥育成績に大きな差は見られず、臭気やベッド内温度についても、堆肥化する前と同じ結果だった。

緒言

「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」が平成11年11月に施行されて、家畜排せつ物の野積みや素掘りに起因する家畜ふん尿の河川への流出や地下水への浸透による水質汚濁など、環境へ悪影響を及ぼす不適切な処理を解消しなくてはならなくなった。養豚農家では、特に尿汚水処理および臭気対策の取り組みが緊急の課題となっている。

このような中、従来の豚舎よりも建設費が安価で、ふん尿をその場で床材と混合し発酵させることにより、家畜飼養とふん尿処理を同時に畜舎内で済ませるバイオベッド方式が導入されるようになってきた。バイオベッドとは、「畜舎内に厚く施設した敷料（堆肥）場で家畜を飼育し、家畜飼育とふん尿処理を同時に畜舎内で済ませる方法」¹⁾である。

通常、バイオベッドの床材として、おが屑や籾殻が広く用いられており、おが屑は、常時入手が可能であるという利点があるが、価格が高いなどの問題点がある。籾殻は、ライスセンターに取りに行けば無料で入手することが可能だが、養豚密集地域では必要十分量の確保が困難な状況である。一方で、麦稈は、その形状の特性上、攪拌などの作業性に難があるが、ロール状態にすることで運搬が容易などの利点がある。本県は、麦類の生産が多く、特に二条大麦の生産量は全国で第1位(平成17年度)であるが²⁾、麦生産に伴って発生する麦稈は、ほ場へのすき込み利用がほとんどで未利用資源となっている³⁾。

栃木県では、循環型社会の形成を推進しており、「とちぎ“バイオマスの環”推進プラン」を策定し、未利用や廃棄されているバイオマスの利活用について、多様な取り組みを進めることになっている。そこで、未

利用資源となっている麦稈を、バイオベッドの床材として利用し、その後の堆肥化と併せてカスケード（多段階）的利用することで、未利用バイオマスの有効活用を目指した飼養管理技術について検討した。

1 バイオベッド導入農家の実態調査

県内のバイオベッドを導入している農場の実態調査を行い、バイオベッドの現状、問題点、および今後の課題について検討した。

調査項目

豚舎構造、バイオベッドの構造、床材の種類、バイオベッドの管理方法、暑熱対策の方法、および飼養管理における問題点について調査した。

結果及び考察

2市3町計6戸の農場について実態調査を行った(表1)。豚舎構造およびバイオベッドの構造は、パイプハウスに踏み込み式の床(深さが20から80cm)からなる農場が3戸、一般畜舎構造に踏み込み式の床(深さが100cm)の組み合わせからなる農場が1戸、一般畜舎構造にセルフクリーニング方式(おが屑を10cmほど薄く敷き、豚の習性や歩行などによりふん尿を含んだおが屑を常時豚房外へ排出させる方法)の組み合わせからなる農場が2戸あった。

床材の種類は、おが屑のみが2戸、おが屑と籾殻を組み合わせで使用している農場が2戸、戻し堆肥と籾殻を組み合わせで使用している農場が1戸、戻し堆肥とバークを組み合わせで使用している農場が1戸あった。セルフクリーニング方式での床の管理方法は、随

時床材を投入し、反対側から排出された使用済み床材を随時取り除き、出荷の度に床材をすべて交換していた。踏み込み式のバイオベッドの管理方法は、出荷の度に床材をすべて新しいものと交換している農場が2戸、出荷後に床材を全て排出し、堆肥舎で新しい籾殻と混合して堆肥化して再利用している農場が1戸、出荷後に床材を豚舎内で切り返し後しばらく発酵させて再利用する農場が1戸あった。暑熱対策は、ファンによる送風が3戸、散水及びファンによる送風が2戸であった。

飼養管理における問題点については、夏場の増体の低下を挙げる農場が4戸で、暑熱対策が発酵床方式の一番の問題であることが確認された。また、1戸の農場では寄生虫に苦慮しているところが認められた。その他の問題として堆肥の引き取り手がなく有効利用ができないという意見が聞かれた。この調査結果を踏まえ、生産堆肥の有効利用についても検討し、完熟堆肥をベッドとして再利用した飼養試験も併せて実施することとした。

2 バイオベッドでの飼養実証試験

2-1 小型バイオベッドでの予備試験

小型の簡易なバイオベッド豚舎(10 m²)を作製して、未利用資源である麦稈と戻し堆肥を床材としたときの床の管理方法、飼養管理における問題点等について検討した(写真1)。

材料及び方法

1. 試験期間

平成17年6月15日～平成17年9月5日(暑熱期)

平成17年11月22日～平成18年2月6日(寒冷期)

2. 試験区分

試験区:園芸用ビニールハウスを用いバイオベッド豚舎を作製した。バイオベッドの床材の深さは60cm程で、場内で生産した堆肥(以下場内堆肥、原料は肉牛ふん尿、豚ふん、鶏ふん)を30 cm程度敷き詰めた上に、麦稈を30 cm程堆積してベッドを作成した。

対照区:床はコンクリートの一般豚舎で飼養し、ふん尿処理は水洗で行った。

3. 試験豚

試験区:LWD種を暑熱期および寒冷期に、それぞれ7頭ずつ計14頭用いた。

対照区:LWD種を暑熱期および寒冷期に、それぞれ2頭ずつ計4頭用いた。

各区ともにイベルメクチンを投与してから試験を開始した。

4. 給与飼料

市販の配合飼料を、不断給餌で給与した。

5. 調査項目

豚の1日平均増体重、床材の肉眼的所見および床材の大腸菌群数(EMB培地を用いた塗抹平板培養法⁴⁾)について調査した。

臭気の指標として、ベッドの上20～30 cmの部分でアンモニアおよび硫化水素濃度を検知管(ガステック社)により測定した。

結果及び考察

試験区および対照区の発育成績を表2に示した。1日平均増体重は暑熱期、寒冷期を問わず試験区の方が良い傾向にあり、暑熱における発育の遅延などは特に認められなかった。出荷成績では、厚脂による格落は認められなかった。また、と畜検査で豚回虫症(肝白斑症)による廃棄処分も認められなかった。

バイオベッドの細菌検査結果を表3に示した。床材に用いた場内堆肥からは、大腸菌群は検出限界以下だったことから、堆肥化中に有害な微生物などは不活化していると考えられた。飼養後に搬出された床材の大腸菌群検査では、ベッドの上層部より下層部の方の菌数が低い傾向にあった。一方で、寒冷期では、上層部、下層部を問わず多くの菌が検出された。これは、暑熱期は気温が高いことに加えて、ベッド内部も発酵熱により高温であるため豚が深くまで掘らないこと、一方で寒冷期は、気温が低いためにベッド内部の発酵熱を求めて深くまで掘ったことが原因の一つと考えられた。

臭気は、アンモニア濃度は、暑熱期で最高20 ppmに対して、寒冷期で最高5 ppmと比較しても、暑熱期のほうが高い傾向がみられた(図1)。硫化水素は、すべてにおいて発生していなかった。暑熱気は気温が高いため、アンモニアの気散量が多くなったことから、高い濃度になったと考えられた。

飼養管理上の問題点として、暑熱期はハエの発生、寒冷期では床材の泥濘化が起こった。

床材として用いた麦稈は、切り返しや部分的な搬出などの作業性が悪く、床材としての利用には工夫が必要と考えられた。

2-2 浅型バイオベッドでの飼養試験

市販されている浅型バイオベッド豚舎を2棟建設し、籾殻及び麦稈を床材として利用できるか飼養試験を実施した(写真2)。

材料及び方法

1. 試験区分

麦稈を床材にしたバイオベッド(以下、麦稈区)、籾殻を床材にしたバイオベッド(以下、籾殻区)で実施した。バイオベッドの床材の深さは30 cm程で、場内堆肥を15 cm程度敷き詰めた上に、麦稈または籾殻を

15 cm程堆積してベッドを作製した(図2)。

2. バイオベッドの仕様

面積:約36 m²(9.25 m×4.2 m)

床:コンクリート製、床材の厚さは30 cm

飼養頭数:30頭(約1.3 m²/頭)

3. 試験期間

平成18年3月13日 ~平成18年10月17日

バイオベッドでの飼養期間は、麦稈区で75日間、刳穀区では69日間で、その後、一般豚舎に移動して110 kgまで飼養してから出荷した。

4. 試験豚

両区には、L種、LW種、LWD種を合わせて30頭ずつ、計60頭用いた。各区ともにイベルメクチンを投与してから試験を開始した。

5. 飼養方法

市販の配合飼料を、不断給餌で給与した。

豚が成長するにつれて、排せつされるふん尿量が増加するために、床の泥濘化が起こったことから、適宜それぞれ麦稈および刳穀を追加した。

6. 調査項目

飼養項目として、1日増体重(g)、平均出荷日齢(日)、事故率(%)、罹患率(%)、呼吸器病(%)、肝間質炎(%)、内臓廃棄率(%)、上物率(%)を調査した。また、環境項目として、飼養中にベッド中の温度()と臭気としてアンモニア、硫化水素、アミン類、酢酸およびメルカプタン類(ppm)について、飼養後に床材の堆肥中の温度()と床材の大腸菌群数(CFU/g)について調査した。

7. 床材の堆肥化処理

飼養後に搬出した床材は、堆肥舎に堆積させ10日に1回切り返しを行い、堆肥化させた。

結果及び考察

1 日平均増体重は、刳穀区が優れていた。肥育期間の死亡事故は、刳穀区で1件認められたが、病性鑑定の結果、著変は認められず原因は不明であった。と畜検査における内臓枝肉検査では、麦稈区の罹患率が高くそのほとんどが呼吸器病変を形成していた。間質性肝炎は、麦稈区の方が高い結果であった。枝肉格付成績の上物率は、麦稈区の方が優れていた(表4)。

飼養期間中のベッドの温度は、両区ともに25~35 で推移した(図3)。また、飼養が進むにつれてベッドでは、泥濘化が見られた。これは、床の厚さが約30 cmであるため発酵熱が蓄積されにくいことや、絶えずふん尿がベッド上に排出され発酵熱がこれらに奪われることが考えられた。写真3にベッドの断面の写真を示した。これを見ると、泥濘化しているのはベッドの半分より上部で、それより下は

乾燥した状態だったことから、ベッドが泥濘化しても、汚水は下までしみ込まずベッド内部に保持および蒸発していることが考えられた。

臭気は、飼養開始直後にはほとんど発生していなかったが、飼養日数が経過するにつれて発生し、アンモニアの最高濃度は、麦稈区で約20 ppm、刳穀区では約10 ppmと麦稈区で高い傾向であった。アミン類もアンモニアと同様な動きを示した。アミン類の濃度は、刳穀区において飼養35日目に49 ppmと非常に高濃度が検出されたが、この原因は不明である。硫化水素は、両区とも低い値で推移していた(図4、5)。酢酸、メルカプタン類の発生は認められなかった。麦稈区では、マイコプラズマ様肺炎や胸膜炎などの呼吸器系疾病の罹患率が高い傾向にあり、アンモニア濃度が換気が必要とする基準値15 ppmを超える値に達していたことが要因と考えられた⁵⁾。

搬出した床材の発酵温度は、麦稈区では刳穀区に比べ速やかに温度上昇が見られ70 以上に上昇した(図6)。これは、麦稈は材料の通気性改善効果が大きかったことが考えられた⁶⁾。

試験「2-2」に使用した場内堆肥中の大腸菌群数は、両区とも搬入時は検出限界以下であったが、搬出時には両区とも10⁶ CFU/g以上であったことから、床材として用いた麦稈や刳穀が、大腸菌群数に影響を与えないと考えられた(表5)。

2-3 堆肥を床材として再利用した飼養試験

試験「2-2」で使用して搬出した床材を、堆肥舎で切り返しを行い堆肥化した堆肥を、床材として再利用した飼養試験を実施した。

材料及び方法

1. 試験区分

試験「2-2」で、麦稈を床材として使用し、これを堆肥化させたもの、及び、刳穀を床材として使用し、これを堆肥化させたもの、それぞれを15cm程度敷き詰めた上に、それぞれ麦稈(麦稈戻し区)及び刳穀(刳穀戻し区)を15 cm敷き詰めてベッドを作製した。麦稈は、試験「2-2」において長いまま使用したところ攪拌や搬出といった作業性が悪かったので、今回は長さが約1cm長に細断して飼養試験を行った。

2. 試験期間

平成18年8月1日~平成19年1月11日

バイオベッドでの飼養期間は、麦稈戻し区で84日、刳穀戻し区では64日間で、その後は一般豚舎に移動して110 kgまで飼養してから出荷した。

3. 試験豚

麦稈戻し区にはL種、刳穀戻し区にはLWD種をそれ

ぞれ29頭、計58頭用いた。各区ともにイベルメクチンを投与してから試験を開始した。

4. 飼養方法

試験「2-2」と同じ方法で行った。

ベッドの泥濘化対策として、両区とも場内堆肥を適宜追加投入した。

5. 調査項目

試験「2-2」と同じ項目について、調査を行った。

ただし、「6. 調査項目」における飼養項目については、試験「2-2」で麦稈区及び籾殻区に差が見られなかったことから、調査は行わなかった。

6. 堆肥化処理

試験「2-2」と同じ方法で行った。

結果及び考察

飼養期間中の床材の温度は、両区ともに25～35で推移した(図7)。また、試験「2-2」と同様に、両区において泥濘化が認められた。

臭気は、飼養開始直後にはほとんど発生していなかったが、飼養日数が経過するにつれて発生し、アンモニアの最高濃度は麦稈戻し区で18 ppm、籾殻戻し区では25 ppmと籾殻戻し区で高い傾向がみられた。アミン類もアンモニアと同様な動きを示した。硫化水素は、両区共に低い値で推移した(図8、9)。両区

の、と畜検査成績ではマイコプラズマ様肺炎や胸膜炎などの呼吸器系疾病の罹患率が高い傾向にあり、この原因の一つには、アンモニア濃度が換気が必要とされる基準値15 ppmを超える値に達していたことが要因と思われた。

豚を飼養している間は、ベッド内部は図7のように温度が上昇していないことや、図8および9より、わずかながらでも硫化水素が発生していることから、ベッド内部は嫌気状態になっていることが考えられた。飼養が進むにつれて、ベッドは泥濘化が見られたが、飼養後に豚舎から搬出したベッドは、堆肥化日数はかかるものの副資材を添加せずに堆肥化が可能で、切り返しを行うことで速やかに温度上昇が見られた(図10)。

床材として使用した堆肥の搬入前の大腸菌群数は、 10^5 CFU/g以上で堆肥舎での堆肥化中に発酵温度が60℃以上に上昇したにもかかわらず大腸菌群が不活化していなかった。これは、床材を山積みにした時、内部のふん尿が均一でなく極在化していることにより、発酵熱が堆肥全体で均一に上昇しないこと、また、表面からは放熱されてしまうこと、などが考えられた。しかし、この堆肥で飼養試験を実施したが、これに起因するような疾病は起こらなかった。搬出時には大腸菌群数は 10^7 CFU/g以上となった(表6)。

表1 実態調査概要

農場	豚舎構造	床の構造	床材の深さ	暑熱対策	問題点
A	ハウス	踏み込み式	70～80 cm	送風	暑熱対策
B	ハウス	踏み込み式	夏40、冬60 cm	送風	暑熱対策
C	ハウス	踏み込み式	60 cm	送風+散水	
D	一般畜舎	踏み込み式	100 cm		寄生虫
E	一般畜舎	セルフクリーニング	10 cm	送風	暑熱対策
F	一般畜舎	セルフクリーニング	10 cm	送風+散水	暑熱対策

表2 試験「2-1」における発育成績

試験期間	試験区分	例数(頭)	開始時体重(kg)	終了時体重(kg)	1日平均増体重(kg)
暑熱期	試験区	7	43±5.5	116±10.1	0.90±0.06
	対照区	2	42.4±2.9	110.1±1.6	0.82±0.02
寒冷期	試験区	7	38±4.7	109.5±11.9	0.94±0.14
	対照区	2	48.5±4.6	114.8±2.5	0.87±0.03

表3 試験「2-1」の床材の大腸菌群数

採材部位	暑熱期試験		寒冷期試験	
	搬入時	搬出時	搬入時	搬出時
上層	<10 ³	3.3×10 ⁶	<10 ³	3.6×10 ⁶
中層	<10 ³	5.6×10 ⁴	<10 ³	1.0×10 ⁶
下層	<10 ³	<10 ³	<10 ³	2.0×10 ⁵

表4 試験「2-2」の発育成績及びと畜検査成績

試験区 区分	1日増体重 (g)	平均出荷日齢 (日)	事故率 (%)	罹患率 (%)	呼吸器病 (%)	肝間質炎 (%)	内臓廃棄率 (%)	上物率 (%)
麦稈区	734 ± 93	173.7 ± 14.5	0	66.6	66.0	16.7	23.3	43.3
籾殻区	788 ± 103	178.6 ± 16.5	3.3	48.3	34.5	6.9	10.3	31.3

表5 試験「2-2」の床材の大腸菌群数

試験区	搬入時	搬出時
麦稈区	<10 ³	1.0 × 10 ⁷
籾殻区	<10 ³	8.0 × 10 ⁶

表6 試験「2-3」の床材の大腸菌群数

試験区	搬入時	搬出時
麦稈戻し区	8.0 × 10 ⁵	3.2 × 10 ⁷
籾殻戻し区	1.8 × 10 ⁵	2.6 × 10 ⁷

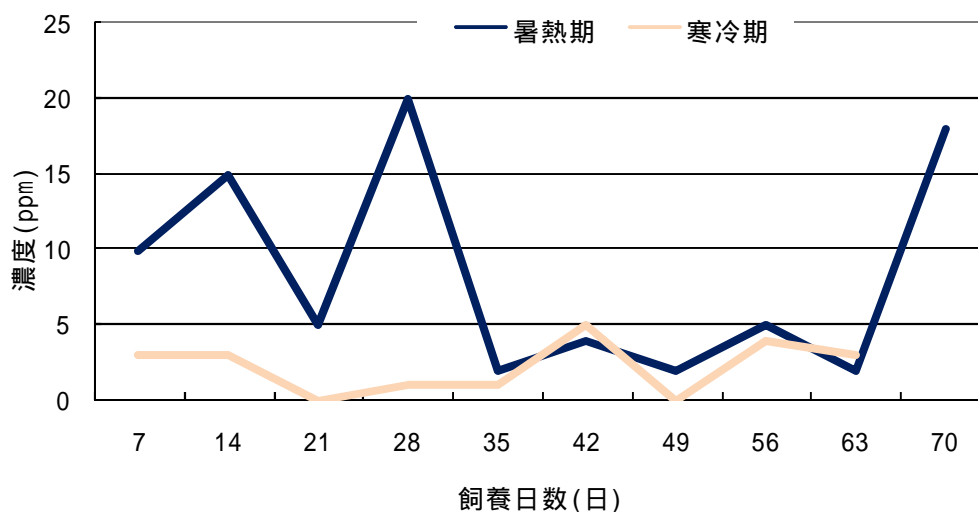


図1 試験「2-1」におけるベッド上の経時的なアンモニア濃度



図2 試験「2-2」における床材の模式図

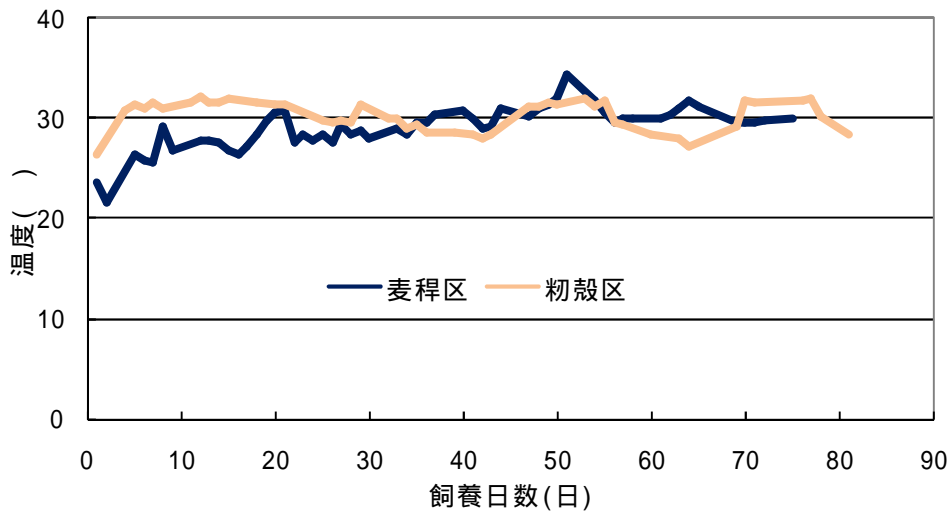


図3 試験「2-2」における飼養中のベッドの温度変化

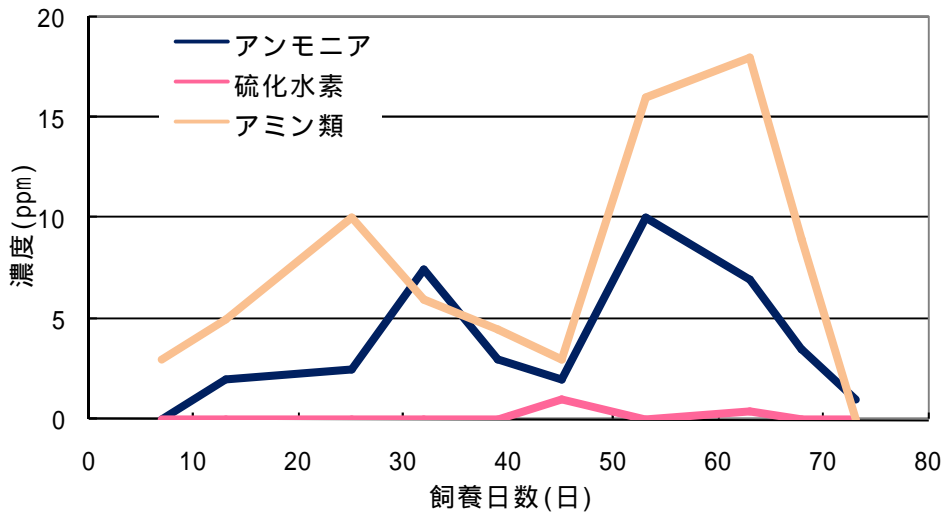


図4 籾殻区における臭気の変化

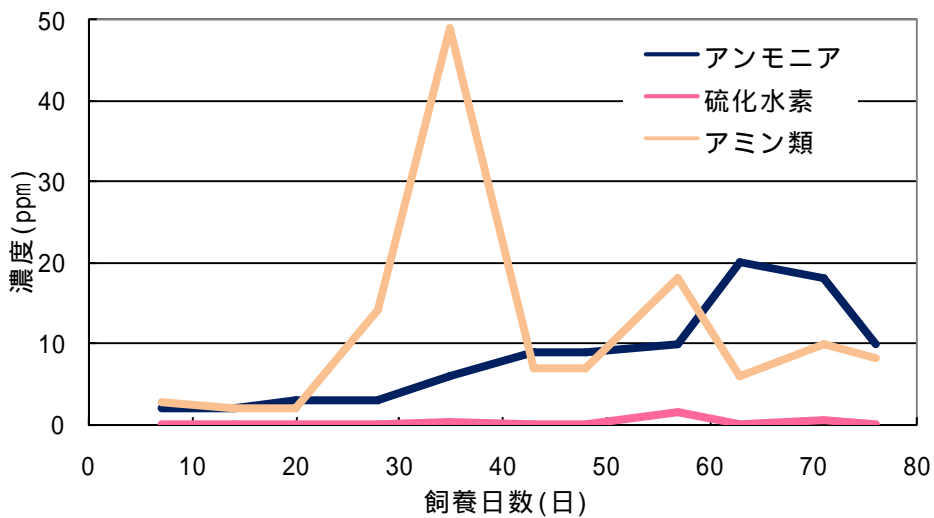


図5 麦稈区における臭気の変化

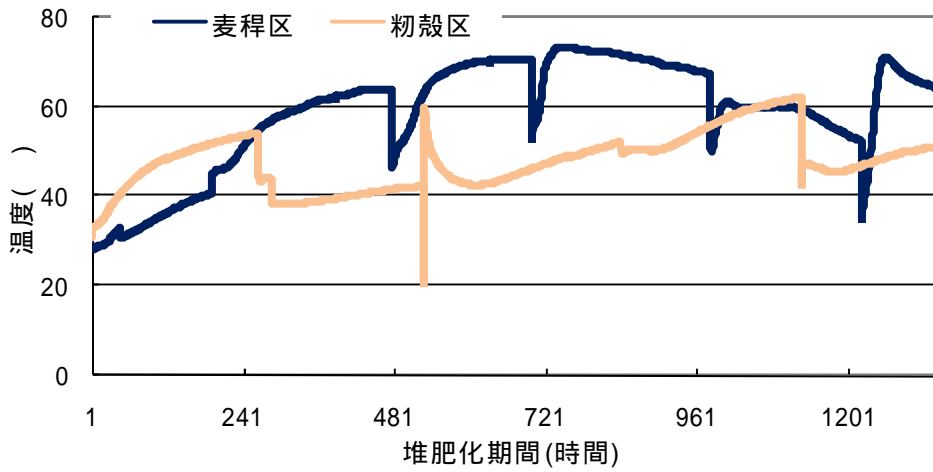


図6 麦稈区と籾殻区の発酵温度の変化

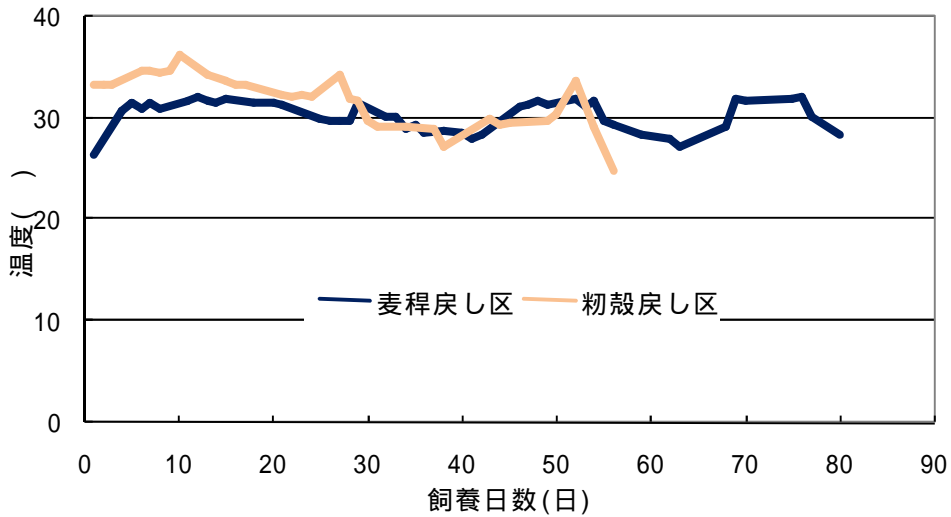


図7 試験「2-3」における飼養中のベッドの温度変化

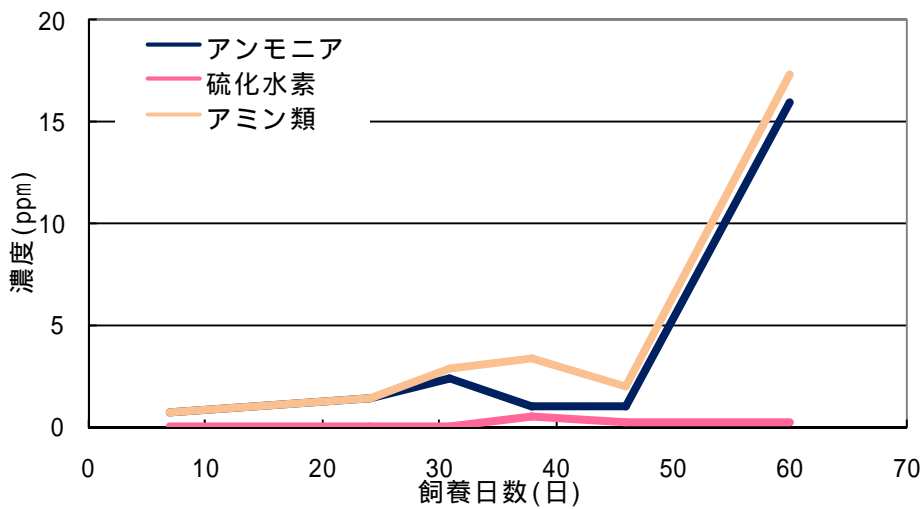


図8 麦稈戻し区における臭気の変化

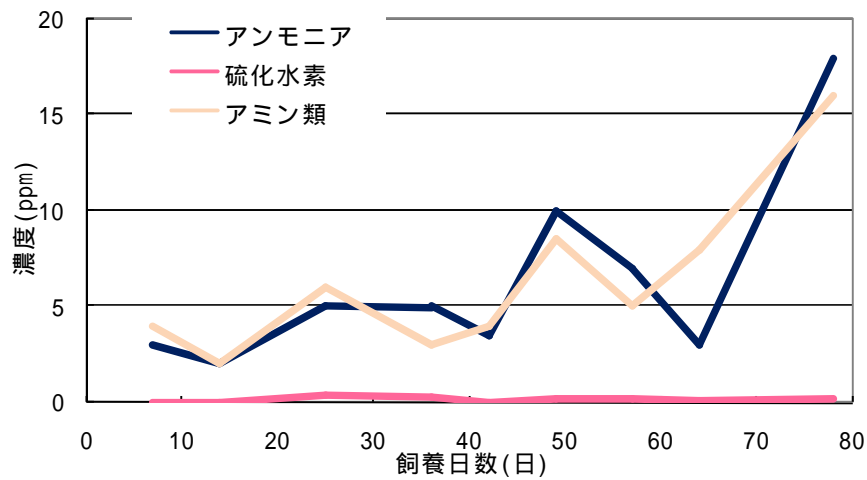


図9 初穀戻し区における臭気の変化

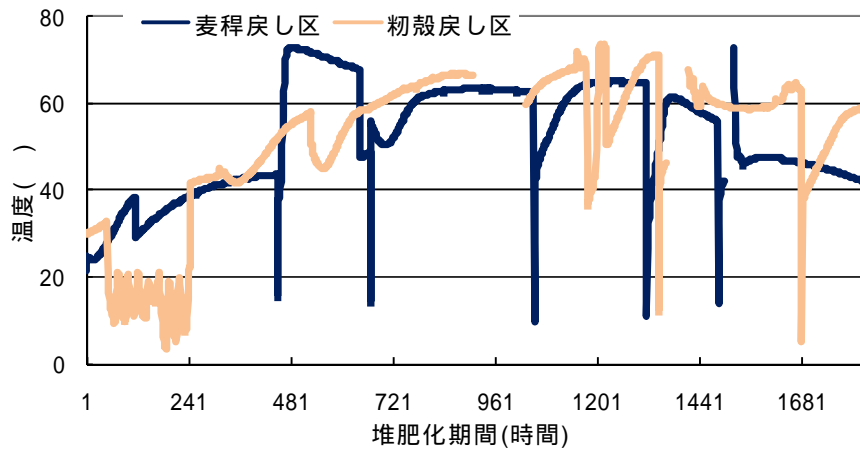


図10 戻し麦稈区と戻し初穀区の発酵温度の変化

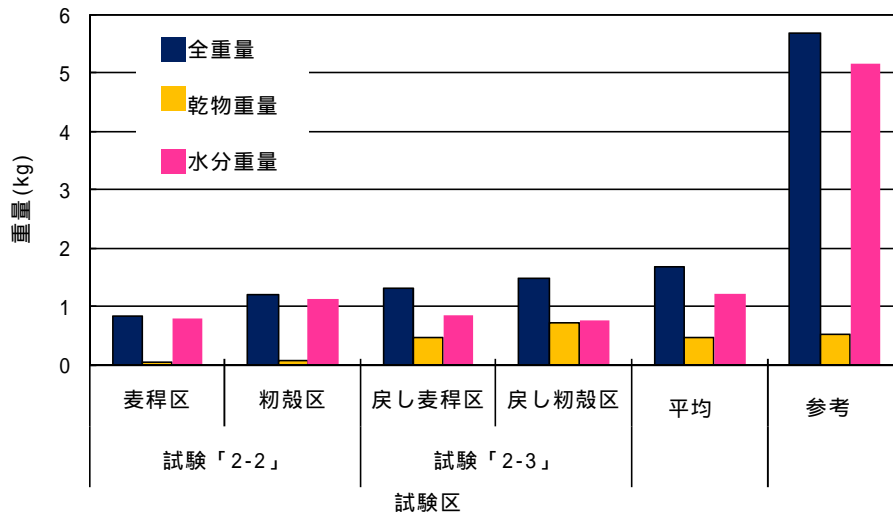


図11 豚1日1頭辺りのふん尿の出納

参考：畜産環境アドバイザーテキスト⁷⁾に、設計計算に必要な数値として記載されている、肥育豚1日1頭当たり排せつされるふん尿量から求めた。なお、尿の水分は100%として計算した。



写真1 簡易なバイオベッド豚舎



写真2 市販されているバイオベッド豚舎



写真3 飼養後のベッドの断面

総合考察

飼養前と飼養後のベッド重量の差から、飼養中に蓄積された全重量、水分重量および乾物重量を求め、図 11 に示した。なお図 11 の参考は、畜産環境アドバイザー養成研修テキストの設計値を参考に、育成豚の排せつ量について併記した。ベッド 1 m² 当たり、1 kg の水分が蒸発する場合⁷⁾、39 m² で 30 頭飼養しているので、1.3 kg/m²・頭の水分が蒸発すると考えられる。また、豚 1 日 1 頭が排出する水分重量と乾物重量は、それぞれ約 5.2 kg および 0.5 kg とすると⁷⁾、蒸発量を考慮してベッドに蓄積される水分は 3.9 kg/日・頭となる。しかし、実際の水分蓄積量は 2 kg/日・頭にも満たなかった。この原因は、ベッド内を豚が常に歩き回ることにより、濡れている面が常時表面に現れ、豚が踏むことで穴があき表面積が増え、また、豚がベッド内部で寝たりすることで体温が熱源となり蒸発しやすくなると考えられることから、バイオベッドでの飼養は、設計計算以上に水分の蒸発が期待できる。よって、汚水処理施設を使わずに肥育ができることから、労働力の省力化に有効であり、飼養管理コストを削減できる可能性が示唆された。しかし、汚水はベッド中にある程度は含まれており、これを堆肥化する際に、水分が高い場合は副資材の追加投入が必要な場合も考えられ、結果的に発生する堆肥の量は膨大になることが考えられる。

試験「2-1」の寒冷期、試験「2-2」および試験「2-3」において、豚を飼養している間はベッドの発酵は進まず、飼育後期には、泥濘化が認められた。試験「2-2」および試験「2-3」はベッドの深さが 30 cm と浅かったことも泥濘化の要因になったと思われた。北海道が発行したバイオベッドのマニュアルでは⁸⁾、床の厚さを 90 cm 以上にし、飼養中に泥濘化した部分の手

入れを行うことで、床での発酵が起こると説明している。本試験で採用したバイオベッドは、30 cm と浅いことに加え、泥濘化しても搬出や床の内部と表面との攪拌など手入れを行わなかったことが、泥濘化をひどくさせた原因と考えられる。

全ての試験区の豚舎から搬出した床材は、攪拌するたびに速やかに温度上昇し、副資材を添加せずに堆肥化することができた。また、この堆肥を床材として利用することも可能であったが、いわゆる戻し堆肥のように、堆肥を床材として繰り返し利用すると、堆肥中に塩類や銅などの重金属が徐々に蓄積されることから⁹⁾、この堆肥を施用する場合は、肥料成分を分析して適正に施用することが必要である。

未利用資源である麦稈は、バイオベッドの敷料として活用することは可能であるが、搬出や攪拌などの作業性が悪いので単独で使用するのではなく、粗穀などを併用するなどの工夫が必要であると考えられる。

文献

- 1) 中央畜産会 畜産環境保全指導マニュアル
- 2) 栃木県 平成 17 年度版とちぎの農業
- 3) 栃木県 とちぎ“バイオマスの環”推進プラン
- 4) 日本衛生技術研究会 最新微生物検査法の実際
- 5) 湊寛 寒地における豚舎環境とその改善 北海道養豚研究会会報 19:7-10, 1987
- 6) 中央畜産会 堆肥化施設設計マニュアル
- 7) (財)畜産環境整備機構 畜産環境アドバイザー養成講習会テキスト【堆肥化処理・利用技術研修】
- 8) 北海道立滝川畜産試験場 寒冷地における豚のバイオベッド方式
- 9) 福島ら 作物・土壌に配慮した家畜ふん堆肥生産技術の確立 栃木畜試研報 22:15-34, 2007