

多孔性資材を用いた畜産環境の臭気低減技術

寺井智子

要 約

近年畜産生産基盤と住宅地との混住化により問題となっている畜産臭気を低減するため、多孔質資材である炭資材を用いて畜舎からの臭気低減技術を検討した。その結果、バーク炭が臭気低減に有効であり、敷料に排泄ふん量比3%以上のバーク炭を混合し、敷料として利用することで、簡易かつ安全に畜舎臭気の高減に有効であった。また使用後は、家畜ふんとともに堆肥化処理することで簡易に処理が可能であった。

キーワード：多孔性資材、バーク炭、畜舎散布、堆肥化

緒 言

平成 21 年度の畜産経営に起因する苦情の 56%は臭気問題であり、そのうちの 34%が乳用牛に因るものである¹⁾。これは、近年畜産環境と住宅地の混在化が進んでいることから、畜産臭気に接して不快と感じる人も増していると考えられ、畜産臭気問題に対する取組みが重要視されてきている。そのため、畜産臭気対策として畜産農家の経営規模により、脱臭施設・装置の設置から、消臭資材の利用など、種々多様な方策が図られており、特に中小規模農家においては、設備投資のいらない消臭資材の利用が多い。それら消臭資材において、最近では微生物による消臭効果を謳った資材が多いが、生物による消臭のため、使用環境等により効果が一定とはいえず²⁾、より効果の安定した資材、およびその利用技術が求められている。また、畜舎における臭気低減を図る際には、使用において家畜への安全性や、臭気低減に要する作業の省力化も加味して、簡易な使用法および処理法も考慮すべき問題であり、これら臭気低減効果の安定性、安全性、簡易性を備えた技術開発が切望されている。

一方、近年資源循環型社会の構築における木質バイオマスの利活用が注目され、燃料化、炭化等の利用方が検討されている。その中で、多孔性構造である炭は、消臭や調湿等の優れた性質を持ち、これまで養豚や養鶏分野において、木炭等の利用による臭気低減技術が報告されている。^{3) 4)}

そこで、本試験では多孔性資材である炭を活用し、乳用牛における臭気低減技術を開発、確立するため、臭気低減に効果的な炭資材を選定し、その利用法および処理方法について調査、検討した。

材料及び方法

【試験 1】臭気低減に効果的な炭資材の選定と使用方

法の検討

(1) 炭資材の選定 (表 1、図 1)

臭気低減に有効な炭資材を選定するため、室内試験において、家畜ふんと炭資材を同一袋内に設置し、臭気の経時的な低減効果について検討した。

供試炭資材は表 1 に示した 6 種とし、180°Cで 3 時間乾燥させたものを試験に供した。試験区分は、密閉袋に乳牛ふん 1kg のみを入れたものを対照区とし、試験区として乳牛ふん 1kg と、ふん量比 5%量の炭資材を密閉袋内で触れないようにした区を設定した。これらを 25°Cの恒温機 (LH-55-RD 日本医化器械製作所) 内に 7 日間静置し、炭資材使用前、連続使用后 1、2、3、7 日後にガス検知管 (GV-100S、ガステック社) を用いて、アンモニア、硫化水素、メチルメルカプタンの臭気濃度を測定した。なお、臭気測定は一度袋内の空気を入れ替え、その 1 時間後に測定を行った。

(2) 炭資材の使用量の検討 (表 2)

費用対効果の高い臭気低減技術を検討するため、臭気低減に効果的な炭資材の使用量を室内試験において、家畜ふんと使用量の異なる炭資材を同一袋内に設置し、臭気の経時的な低減効果について検討した。

供試資材は表 2 に示した 3 種とし、180°Cで 3 時間乾燥させたものを試験に供した。試験区分は、密閉袋に乳牛ふん 1kg のみを入れたものを対照区とし、試験区として乳牛ふんと炭資材を密閉袋内で触れないようにし、炭資材の量をふん量比の 5、1、0.5%量とする 3 水準を設けた。これらを 25°Cの恒温機内に 7 日間静置し、炭資材使用前、連続使用后 2、3、7 日後にガス検知管を用いて、アンモニア、硫化水素、メチルメルカプタンの臭気濃度を測定した。なお、臭気測定は一度袋内の空気を入れ替え、その 1 時間後に測定を行った。

(3) 炭資材の使用法の検討 (表 3)

畜舎臭気の実際的な低減技術を考慮すると、家畜ふ

んはオガクズと混合している状態が一般的であると考えられるため、家畜ふんとオガクズを混合したものに対して、臭気低減に効果的な炭資材の使用方法を検討する必要がある。そこで室内試験において、家畜ふん、オガクズの混合物と、使用方法、量の異なる炭資材を同一袋に設置し、臭気の経時的な低減効果について検討した。

供試資材はバーク炭とし、180度で3時間乾燥させたものを試験に供した。試験区分は、密閉袋に乳牛ふん1kgと120gのオガクズ(牛ふんの水分含率を86%から80%に調整し得る量)を混合したものを対照区と

し、試験区としてバーク炭をオガクズ混合牛ふんと触れないようにした単独区、バーク炭をオガクズ混合家畜ふんと混合した混合区、バーク炭をオガクズ混合家畜ふんと半量混合、もう半量をふんに触れないようにした半量混合区を設定し、バーク炭の量をふん量比5、3、1%量とする3水準を設けた。これらを25°Cの恒温機内に14日間静置し、バーク炭使用前、連続使用後2、7、10、14日後にガス検知管を用いて、アンモニア、硫化水素の臭気濃度を測定した。なお、臭気測定は一度袋内の空気を入れ替え、その1時間後に測定を行った。

表1 供試資材および試験区分

炭資材 広葉樹炭、針葉樹炭、竹炭、竹チップ炭、アカマツ炭、バーク(針葉樹皮)炭

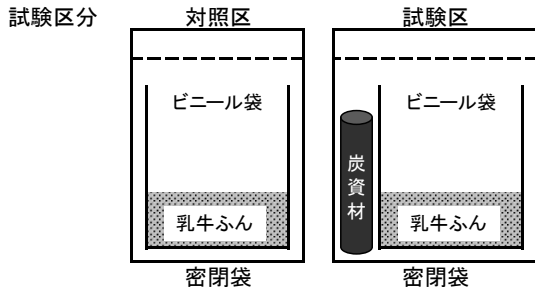


図1 供試炭資材

表2 供試した炭資材および試験区分

炭資材 広葉樹炭、針葉樹炭、バーク(針葉樹皮)炭

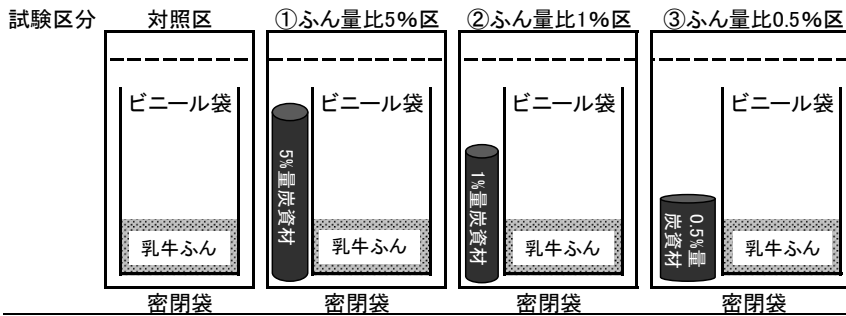
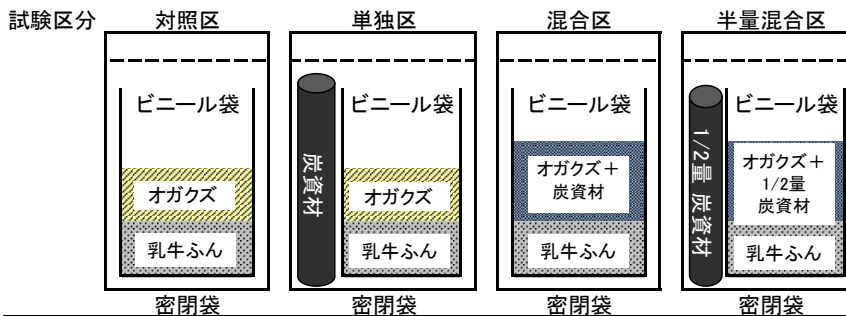


表3 供試した炭資材および試験区分

炭資材 バーク(針葉樹皮)炭



※ 試験区における炭資材量はふん量比5、3、1%の3水準を設定

【試験2】炭資材の敷料混合による畜舎臭気の低減調査 (図2、表4)

試験1の結果を基に、実際の畜舎における炭資材による臭気低減効果について検討した。

供試資材はバーク炭とし、図2に示した牛舎において調査を行った。試験区分は、水分含率80%の乾乳牛ふんを水分含率70%に調整できる量のオガクズのみ敷料にするものを対照とし、試験区として排泄ふん量(40kg/頭・日)比3%量(3%区)、および1%量(1%区)のバーク炭を対照区と同様の敷料に混合し、利用する区を設定した。なお、敷料は毎朝一回交換することとし、試験期間は5日間、その後2日間の予備期を設け、対照区、3%区、1%区と連続して調査を行った。

調査項目は、臭気濃度および官能検査による臭気評価とした。臭気測定は、各区試験初日の資材散布前と散布5日目の2回とし、家畜の近く(A地点)、畜舎中央部(B地点)、戸口付近(C地点)の3ヶ所について、45L容ポリバケツにて臭気を捕集し、ガス検知管を用いてアンモニア、硫化水素、メチルメルカプタンの臭気濃度を測定した。官能検査は、散布3、5日目にA地点で畜舎内空気を採取し、畜舎内空気が入った袋1つと無臭空気が入った袋2つ、計3つの袋から各区延べ12名に対し、臭気を感じる袋を選んでもらい、その臭気の程度を表4に示した点数で表す方法で評価した。なお、いずれも敷料交換前に、畜舎を締め切った状態で測定、空気採取を行った。

【試験3】炭資材混合堆肥の特性調査

臭気低減のために使用したバーク炭混合敷料を簡易に処理するには、通常の敷料と同様に家畜ふんとともに堆肥化処理すれば良いと考えられるが、バーク炭の家畜ふん堆肥化に及ぼす影響は不明である。そこで、小型堆肥化実験装置を用いて、バーク炭を混合した家

畜ふんの堆肥化推移および堆肥成分について調査した。供試資材はバーク炭とした。乳牛ふん(水分含率90%)6kgに対してオガクズを用いて水分含率70%に調整したものを対照とし、試験区として対照区と同様の条件に加え、バーク炭を乳牛ふん量比3%量(バーク炭区)を混合する区を設定した。これらを小型堆肥化実験装置(かぐやひめ 富士平社)に充填し、42日間堆肥化を行った。切返しは7日毎に実施し、通気は600ml/minの24時間連続とした。調査項目は発酵温度、臭気濃度(アンモニア、硫化水素)、水分含率(105℃ 24hr)、全炭素(強熱減量法)、全窒素(ケルダール法)、pH(ガラス電極法)、EC(電極法)、コマツナの発芽率および根の伸長率(常法⁵⁾)とし、発酵温度は温度記録装置(おんどとり ティアンドデイ社)により試験期間中連続測定し、臭気濃度は14日毎に、切返し前にガス検知管を用いて測定した。水分含率、CN比、pH、EC、コマツナの発芽率および根の伸長率は14日毎、切返し時にサンプリングした試料を用いて測定した。

結果および考察

【試験1】臭気低減に効果的な炭資材の選定と使用方法の検討

(1) 炭資材の選定 (表5、6、7)

表5、6、7に、各供試資材のアンモニア、硫化水素、メチルメルカプタンの臭気低減率の推移を示した。なお臭気低減率とは、対照区の臭気濃度を0、臭気がない状態を100として、資材使用前の臭気濃度を補正して対照区と揃え、以降の推移を対照区と比較した指標である。アンモニアにおいては臭気低減率にばらつきが多かったが、その中でもバーク炭が期間を通じて90%以上の高い臭気低減率を示した。一方、硫化水素、メチルメルカプタンの硫黄化合物においては各資材と

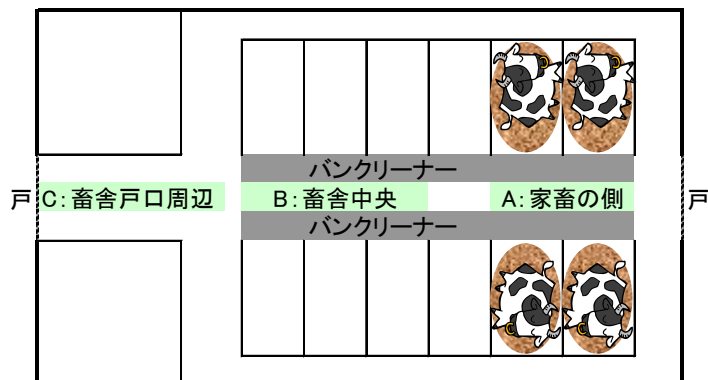


図2 試験牛舎模式図

(バンクリーナー上でふん尿分離。牛床上のふんは朝・夕の給餌時にバンクリーナーに落とす)

表4 官能検査採点基準

0点	無臭
1点	かすかに感じるにおい
2点	弱いにおい
3点	楽に感知できる(はっきりわかる)におい
4点	強いにおい

にもある程度高い臭気低減率を示し、中でも硫化水素では広葉樹炭、針葉樹炭が期間を通じて 80%以上の高い臭気低減率を示し、メチルメルカプタンでは針葉樹炭、アカマツ炭が期間中 80%以上の高い臭気低減率を示した。

臭気とは揮発性の化学物質であり、アンモニアはアルカリ性、硫化水素やメチルメルカプタンの硫黄化合物は酸性を呈する。一方、炭資材の臭気低減とは、炭資材のもつ多孔質構造による物理吸着と、熱処理によって生じた炭表面の活性官能基による化学吸着、これら 2 つの吸着作用によって臭気分子を吸着することで起こる現象である。物理吸着は、吸着速度は速いが吸着力は弱い特徴を有し、それらが行われる多孔質構造の表面積は、炭の原料木や部位、炭化温度によって異なり、一般に炭化温度が高くなることで表面積が多くなり吸着しやすくなる。しかし、最も吸着能力に影響を及ぼすのは、吸着物質と表面微細孔の形状や分布パターンとの関係である。一方、官能基による化学吸着は、炭化温度の上昇に伴い種類やその数も減り、その物性は酸性からアルカリ性へと変化する⁶⁾。

本試験において、硫黄化合物では安定した臭気低減率を示したのに対し、アンモニアの臭気低減率にばらつきが多かったのは、アンモニアが炭資材の物理吸着能を有する表面微細孔に吸着しにくく、供試資材の官能基の物性が影響したと推察される。アンモニアで高い臭気低減率を示したバーク炭は、樹皮の特徴として水分が多いことから、炭化温度が低くなるため、官能基が酸性を呈すると考えられ、アルカリ性のアンモニ

ア吸着に有効であると考えられた。一方、硫黄化合物は物理吸着されやすいため、安定した臭気低減率を示したと推察された。

よって、これらの結果より使用量の検討については、アンモニアに有効であったバーク炭、硫黄化合物に有効であった針葉樹炭、それらどちらにも有効であった広葉樹炭を用いて検討することとした。

(2) 使用量の検討(表 8、9、10)

表 8、9、10 に示すとおり、炭資材、臭気の種類に係なく、0.5%区は他の 2 区に比べ臭気低減率が低く、使用量としては不適であると考えられた。使用量の減少はすなわち臭気を吸着する表面積の減少となる。どの炭資材も 0.5%区で臭気低減効果がみられなかったことから、0.5%量の資材では臭気を吸着する表面積が物理、化学吸着どちらの作用においても足りなかったと考えられる。

5%区、1%区では臭気低減効果が炭資材や臭気の種類によって異なる傾向がみられた。広葉樹炭においては、1%量では硫黄化合物の吸着には問題がないが、アンモニアでは臭気低減効果は期待できない結果であった。これは物理吸着を行う表面微細孔の形状が硫黄化合物の吸着に適していたため問題はなかったが、アンモニアは表面官能基に因る化学吸着に影響されると前述の炭資材の選定結果で推察したが、5%量と比べ臭気と結合する官能基が減少したため、その影響が顕著にみられたものと考えられた。針葉樹炭では、3 臭気ともに 1%区の低減効果が低い傾向が示された。これは、炭資材量の減少による吸着面積の減少による結果と推

表5 炭資材のアンモニア低減率(%)

	1日後	2日後	3日後	7日後
広葉樹	89	71	92	91
針葉樹	0	87	72	84
竹	67	71	75	44
竹チップ	0	50	50	0
アカマツ	0	87	68	75
バーク	91	96	94	92

※ 臭気低減率(%)=100-(各区臭気濃度(ppm)/対照臭気濃度(ppm))×100

表7 炭資材のメチルメルカプタン低減率(%)

	1日後	2日後	3日後	7日後
広葉樹	72	68	72	86
針葉樹	92	90	96	94
竹	72	68	72	72
竹チップ	71	64	70	50
アカマツ	88	85	94	87
バーク	72	68	72	96

※ 臭気低減率(%)=100-(各区臭気濃度(ppm)/対照臭気濃度(ppm))×100

表6 炭資材の硫化水素低減率(%)

	1日後	2日後	3日後	7日後
広葉樹	96	88	87	85
針葉樹	86	84	80	93
竹	97	95	80	70
竹チップ	85	92	75	58
アカマツ	44	84	90	80
バーク	100	98	93	76

※ 臭気低減率(%)=100-(各区臭気濃度(ppm)/対照臭気濃度(ppm))×100

表8 使用量の異なる炭資材のアンモニア低減率(%)

		1日後	2日後	3日後	7日後
広葉樹	5%	89	71	92	91
	1%	0	0	0	70
	0.5%	0	33	0	0
針葉樹	5%	0	87	72	84
	1%	0	84	25	90
	0.5%	60	44	33	20
バーク	5%	91	96	94	92
	1%	0	87	72	60
	0.5%	0	0	0	0

表9 使用量の異なる炭資材の硫化水素低減率(%)

		1日後	2日後	3日後	7日後
広葉樹	5%	96	88	87	85
	1%	86	95	86	83
	0.5%	86	40	67	60
針葉樹	5%	86	84	80	93
	1%	0	68	57	0
	0.5%	48	20	56	0
バーク	5%	100	98	93	76
	1%	87	90	79	17
	0.5%	81	28	29	47

表10 使用量の異なる炭資材のメチルメルカプタン低減率(%)

		1日後	2日後	3日後	7日後
広葉樹	5%	72	68	72	86
	1%	67	79	83	83
	0.5%	70	40	0	70
針葉樹	5%	92	90	96	94
	1%	17	74	79	69
	0.5%	80	40	10	40
バーク	5%	72	68	72	96
	1%	80	79	80	50
	0.5%	67	50	0	50

察される。バーク炭においては、3 臭気とも使用 3 日目までは 5%区、1%区に違いはみられないが、7 日目の 1%区においてどの臭気も低減効果が下がる結果であった。その理由として、1%量の吸着面積が 3 日分の臭気吸着には十分であったが、7 日分の臭気には足りなかったと考えられた。

本試験の結果より、炭資材、臭気により適正な使用量は異なるが、バーク炭が量の少ない 1%量でも 3 日目まではどの臭気も低減効果が安定していたことから、以後の試験はバーク炭を家畜ふん量比 1%以上の量を用いて検討することとした。

(3) 炭資材の使用量の検討 (表 11、12)

表 11 に示すとおり、アンモニアは使用 10 日目までは使用量、方法が違っていても、高い臭気低減率を示した。これは、これまでの試験結果に示したとおり、バーク炭のアンモニアに対する高い吸着能により、どのような使用方法であっても 1%量以上であれば高い臭気低減を図ることができることと示された。一方、表 12 の硫化水素においては、単独区は使用量が 1%でも 90%以上の高い値を示したのに対し、半量区は 1%量の使用では臭気低減効果が 3%量以上のものの半分以下となり、混合区では 5%の使用量でも 60%以下の低い臭気低減率を推移した。単独区は炭表面に触れるも

のがなく、十分な臭気吸着面積を確保できたが、混合区では家畜ふんと混ざり合うことで、炭表面が家畜ふんに覆われ、臭気吸着面積が減少することによって臭気低減効果が低下したと考えられた。半量混合区は 3%量以上であれば 90%以上の高い臭気低減率を確保できたが、これは 3%量の半量、すなわち 1.5%量の臭気吸着面積は家畜ふんに接することで減少するが、一方でもう半量は十分な臭気吸着面積を確保できたことから高い吸着能を示したと推察される。

以上の室内試験の結果より、炭資材による畜舎の臭気低減技術として、1%量以上のバーク炭を家畜ふんに触れないように使用することが望ましいことがわかった。しかし、実際の畜舎管理においては、簡易かつ定期的に散布、交換作業できる方法が望ましい。そこで敷料にバーク炭を混合して使用することで、通常作業と同様の管理で、炭資材の散布、交換作業ができ、またバーク炭は薄く、もろい形状であることから、敷料としての使用も問題ないと考えられることから、畜舎における低減効果の調査は、バーク炭を敷料に混合し使用することとした。またその使用量は、単独区、半量混合区の結果を踏まえ、家畜ふん重量比 3%量と 1%量の 2 水準で検討することとした。

表11 オガクズを併用した炭資材のアンモニア低減率(%)

資材		2日後	7日後	10日後	14日後
単独区	5%	100	100	100	100
	3%	100	100	100	100
	1%	100	100	97	28
混合区	5%	100	100	100	100
	3%	100	100	100	100
	1%	100	100	100	80
半量混合区	5%	100	100	100	100
	3%	100	100	100	100
	1%	100	100	100	0

表12 オガクズを併用した炭資材の硫化水素低減率(%)

資材		2日後	7日後	10日後	14日後
単独区	5%	100	100	100	100
	3%	100	90	90	100
	1%	97	98	93	96
混合区	5%	60	25	0	25
	3%	0	25	0	13
	1%	0	13	0	0
半量混合区	5%	100	100	100	100
	3%	100	100	90	100
	1%	58	90	50	0

【試験 2】炭資材の敷料混合による畜舎臭気の低減調査 (図 3、表 13)

畜舎における臭気濃度を測定した結果、硫化水素、メチルメルカプタンは検出されなかったため、図 3 に示したアンモニアの臭気低減効果について検討した。家畜の側である A 地点の臭気低減率は、3%量区で 30%程度、1%量区では低減効果がみられなかった一方、B、C 地点では 3%量区で 80%以上、1%量区でも 70%以上の臭気低減効果がみられた。A 地点の臭気低減効果が低く、B、C 地点の臭気低減効果が高かったことから、バーク炭混合敷料による畜舎の臭気低減は、臭気の吸着速度は緩やかだが、その拡散の防止に有効であると推察された。

官能検査の結果を表 13 に示した。各区ともに有意差は認められなかったが、3%区が最も臭気を感じにくい傾向を示した。官能検査では、アンモニアを含めた複合臭の臭気を示すものであるが、この結果より、家畜ふん量比 3%以上のバーク炭散布によって、アンモニアを含めた様々な臭気の高減に有効である傾向が示された。

以上のことより、敷料にバーク炭を排泄家畜ふん量比 3%以上混合し、通常の敷料と同様に使用することで、畜舎からの臭気を低減することが可能であると考えられる。

【試験 3】炭資材混合堆肥の特性調査

発酵温度の推移を図 4 に示した。対照、バーク炭区ともに発酵最高温度が 40℃程度で止まり、堆積 3 週目

以降は外気温と同等の温度を推移したことから、発酵が緩慢だったといえるが、バーク炭区と対照区の推移はほぼ同じであったことから、バーク炭の混合による発酵への影響は少ないと推察された。

表 14 に堆肥成分の推移を示した。水分、pH、EC、CN 比の推移はバーク炭区、対照区ともに同等であった。臭気も硫化水素は検出されず、アンモニアも 14 日目にわずかに検出されたものの、それ以外では検出されなかった。コマツナの発芽率では有意差はないもののバーク炭区がやや高い値を示し、根の伸長率においてはバーク炭区が有意に高い値を示した。これらの結果より、堆肥発酵において、バーク炭の pH、EC、CN 比へ及ぼす影響は少ないことが示された。臭気に関しては、対照区においても臭気がほとんど検出されなかったことから、緩慢な発酵により臭気の発生が抑えられたと考えられる。堆肥施肥における作物生育に及ぼす影響を示すコマツナの発芽率、根の伸長率においては、バーク炭区が対照区より良好な値を示したことから、未熟堆肥に含まれ、生育阻害を起こすフェノール類をバーク炭が吸着したことにより良好な結果を示したと推察される。

以上のことより、バーク炭を混合した家畜ふん堆肥は一般の家畜ふん堆肥と同等の発酵および成分であり、作物の生育に悪影響を及ぼしにくいと推察された。しかし、本試験における堆肥発酵は緩慢なものであったことから、良好な発酵における影響の検討が今後必要と考えられる。

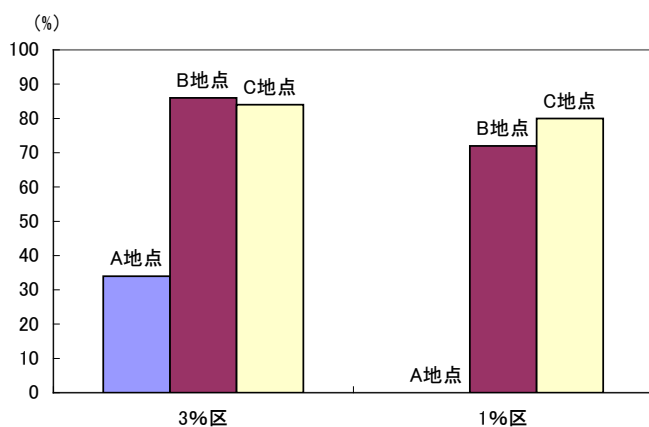


図3 畜舎におけるアンモニア濃度低減率

表13 官能検査結果(点)

	対照区	3%区	1%区
	1	0	2
	1	2	3
	1	0	3
	2	1	0
	0	1	3
	1	0	2
	0	0	3
	2	1	3
	1	1	3
	0	0	0
	3	1	0
	1	1	2
平均	1.1	0.7	2.0
標準偏差	0.9	0.7	1.3

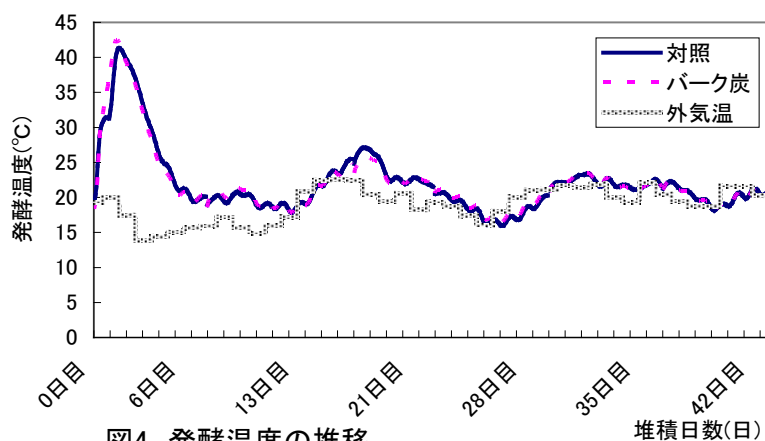


図4 発酵温度の推移

表14 堆肥成分の推移

	水分含率 (%)		pH		EC (mS/cm)		CN比	
	対照	バーク炭	対照	バーク炭	対照	バーク炭	対照	バーク炭
0日目	73.5	71.2	8.51	8.48	1.06	0.79	74.1	70.5
14日目	75.0	73.0	8.07	8.08	1.03	0.82	67.1	63.1
28日目	75.1	73.5	7.78	7.94	1.10	0.82	75.3	70.2
42日目	75.0	73.1	8.01	7.65	1.09	0.94	73.9	69.7
	臭気				コマツナ試験(%)			
	NH ₃ (ppm)		H ₂ S(ppm)		発芽率		根の伸長率	
	対照	バーク炭	対照	バーク炭	対照	バーク炭	対照	バーク炭
0日目	NS	NS	NS	NS	86.7	97.8	43.8 ^a	111.3 ^b
14日目	0.5	0.5	NS	NS	100.0	60.0	96.7 ^a	108.4 ^b
28日目	NS	NS	NS	NS	88.9	95.6	86.8 ^a	99.8 ^b
42日目	NS	NS	NS	NS	82.2	100.0	81.9 ^a	133.5 ^b

* 異符号間に有意差あり(p<0.05)

参考文献

- 1) 農林水産省 畜産環境・経営安定対策室：畜産経営に起因する苦情発生状況、2009
- 2) 代永道裕：畜産の臭気対策と微生物資材の利用、日草誌、42巻2号、178-180、1996
- 3) 齋藤常幸、秋場宏之：炭化脱脂米ぬかによる豚舎臭気の高減、日豚会誌、40巻3号、104-107、2003
- 4) 高橋俊夫、村中謙昭、古本史：米ぬか等を利用した家畜ふんと堆肥の脱臭、広島県立畜技術センター研究報告、第13号、72-76、2003
- 5) 農林水産技術会議事務局編：家畜ふん堆肥の品質評価・利用マニュアル
- 6) 山井宗秀：炭の吸着の世界、炭の力、2号、52-55、2001

Stench decreasing technology of stock raising environment
that uses porousness materials

Tomoko TERAJ

summary

The stench decreasing technology from the livestock barn was examined by using the charcoal materials that were the porous materials to decrease the stock raising stench that became a problem by mixing of suburbs and agricultural areas of the stock raising production and the residential quarter in recent years. As a result, the bark charcoal was effective for the stench from the livestock barn decrease, and it was simply and safely effective for the decrease of the stench from the livestock barn to mix the bark charcoal of 3% or more compared with the amount of the excretion excrement with litter, and to use it as litter. Moreover, it was possible to dispose of it simply after use by the composting with the domestic animal excrement.

Keywords: Porousness materials, Bark charcoal, Strewing in the livestock barn, Composting