

畜産研究部門

平 29-3

資 料

平成 29 年度家畜ふん尿処理利用研究会

畜産経営における悪臭防止対策への技術対応と
おが粉代替敷料の利活用

平成 29 年 11 月

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
畜産研究部門
中央農業研究センター



農研機構

平成 29 年度家畜ふん尿処理利用研究会

「畜産経営における悪臭防止対策への技術対応と
おが粉代替敷料の利活用」

目 次

1. 開催要領

2. 基調講演

- 「畜産環境対策の現状と行政の動向」 1
農林水産省生産局畜産部畜産振興課 田島 隆自

3. 畜産経営における悪臭防止対策への技術対応 1

- (1) 日本型悪臭防止最適管理手法 (BMP) の手引き 7
(一財)畜産環境整備機構 羽賀 清典
- (2) 臭気マップによる悪臭評価手法の開発 21
栃木県畜産酪農研究センター 木下 強
- (3) 堆肥施設向け気化脱臭装置 27
株式会社シー・エス・エンジニアリング 増子 祐助
- (4) 硫黄脱窒による生物脱臭装置の窒素除去能強化に向けた検討 33
農研機構 畜産研究部門 安田 知子

4. 畜産経営における悪臭防止対策への技術対応 2

- (1) 畜舎内のダスト低減技術の開発 39
(一財)畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所 小堤 悠平
- (2) 開放型畜舎と堆肥舎を対象としたネット利用による脱臭技術の開発 45
群馬県畜産試験場 砂原 弘子

5. おが粉代替敷料の利活用

- (1) おが粉代替敷料利活用マニュアル 51
(一財)畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所 道宗 直昭
- (2) 乳牛ふん堆肥化における新規副資材利用の検討 63
農研機構 畜産研究部門 小島 陽一郎

平成 29 年度家畜ふん尿処理利用研究会
「畜産経営における悪臭防止対策への技術対応とおが粉代替敷料の利活用」
開催要領

1. 開催趣旨

畜産経営に起因する苦情のうち悪臭に関するものは全苦情発生件数の約 6 割を占めており、悪臭防止対策を適切に講じていくことが畜産業の健全な発展の観点からも重要な課題である。また、家畜用敷料などとして利用されるおが粉について、木材加工の減少や木質バイオマス発電用燃料の需要増大により地域によっては供給量の減少などが見られ、おが粉代替敷料の活用推進も喫緊の課題である。そこで、これらの課題に関連する最近の研究成果などについて話題提供を行い、情報交換を行う。

2. 開催日時 平成 29 年 11 月 9 日 (木) 13:15~17:00、10 日 (金) 9:00~12:00

3. 開催場所 農研機構 畜産研究部門 大会議室 (茨城県つくば市池の台 2)

4. 主催 農研機構 畜産研究部門

共催 農研機構 中央農業研究センター

5. 内容

第 1 日目 : 11 月 9 日 (木)

挨拶 13:15 - 13:25

基調講演「畜産環境対策の現状と行政の動向」

農林水産省生産局畜産部畜産振興課 課長補佐 田島 隆自 13:25 - 14:00

【畜産経営における悪臭防止対策への技術対応 1】

座長 農研機構 畜産研究部門 ユニット長 福本 泰之

(1) 日本型悪臭防止最適管理手法 (BMP) の手引き

(一財) 畜産環境整備機構 参与 羽賀 清典 14:00 - 14:35

(2) 臭気マップによる悪臭評価手法の開発

栃木県畜産酪農研究センター 特別研究員 木下 強 14:35 - 15:10

休憩 15:10 - 15:20

(3) 堆肥施設向け気化脱臭装置

株式会社シー・エス・エンジニアリング 取締役部長 増子 祐助 15:20 - 15:55

(4) 硫黄脱窒による生物脱臭装置の窒素除去能強化に向けた検討

農研機構 畜産研究部門 主任研究員 安田 知子 15:55 - 16:30

(5) 総合討論 16:30 - 17:00

第 2 日目 : 11 月 10 日 (金)

【畜産経営における悪臭防止対策への技術対応 2】

座長 農研機構 畜産研究部門 研究領域長 鈴木 一好

(1) 畜舎内のダスト低減技術の開発

(一財) 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所 研究員 小堤 悠平 9:00 - 9:35

(2) 開放型畜舎と堆肥舎を対象としたネット利用による脱臭技術の開発

群馬県畜産試験場 独立研究員 砂原 弘子 9:35 - 10:10

休憩 10:10 - 10:20

【おが粉代替敷料の利活用】

(3) おが粉代替敷料利活用マニュアル

(一財) 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所 研究統括監 道宗 直昭 10:20 - 10:55

(4) 乳牛ふん堆肥化における新規副資材利用の検討

農研機構 畜産研究部門 主任研究員 小島陽一郎 10:55 - 11:30

(5) 総合討論 11:30 - 12:00

6. 参集範囲 : 農林水産省生産局、地方農政局、技術会議事務局、独立行政法人、国立研究開発法人、都道府県試験研究機関、普及指導機関、大学、民間団体、民間企業等

7. 事務局 : 農研機構 畜産研究部門 企画管理部 企画連携室 運営チーム

〒305-0901 茨城県つくば市池の台 2 Tel. 029-838-8593、 Fax. 029-838-8606

畜産環境対策の現状と行政の動向

畜産環境対策の現状と行政の動向

農林水産省生産局畜産部畜産振興課 田島 隆自

1 はじめに

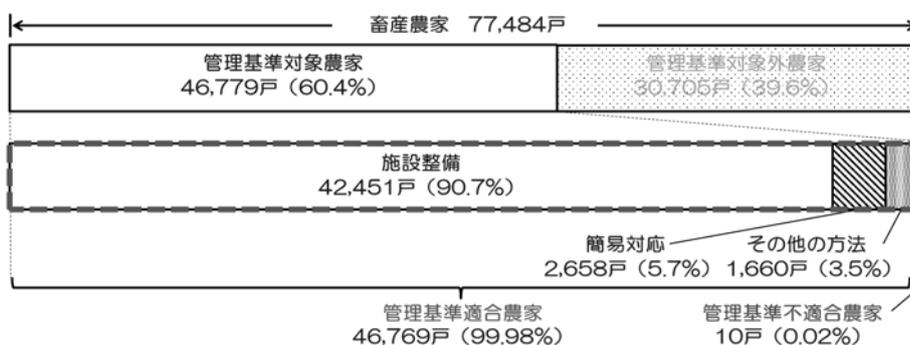
畜産環境対策については、平成16年の家畜排せつ物法の本格施行から10年以上を経て、一定の水準に達していると言える一方で、年間に約8千万トン発生している家畜排せつ物のさらなる利用拡大の他、飼養規模拡大への対応、法令遵守の徹底、国民の環境意識の高まりへの対応等が課題になっている。

2 畜産環境対策をめぐる現状

(1) 家畜排せつ物法施行状況調査

家畜排せつ物法の対象農家（牛、豚、鶏、馬を飼養する一定規模以上の農家）のうち99.98%が管理基準を遵守している（H28.12.1時点）。なお、戸数ベースで見ると管理基準の対象は6割に留まるが、排せつ物発生量ベースであれば十分な範囲（約98%と試算）をカバーしている。

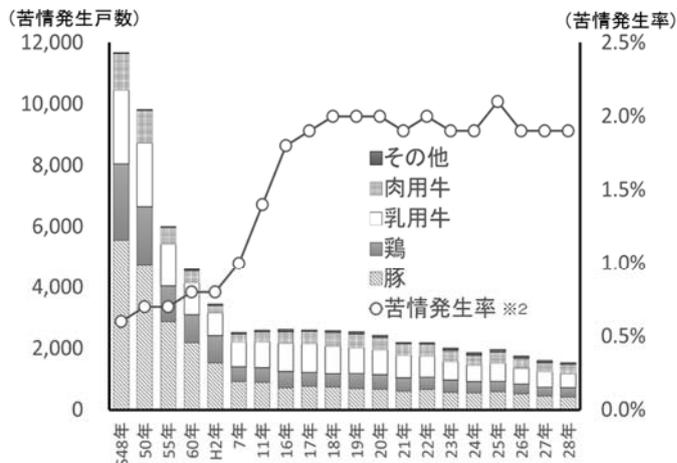
○家畜排せつ物法施行状況調査（平成28年12月1日時点）結果の概要



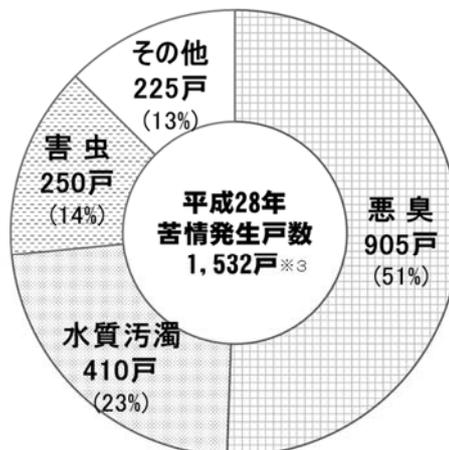
(2) 苦情発生状況

畜産経営に起因する苦情発生戸数は一貫して減少傾向にあるが、苦情発生率（畜産農家戸数当たりの発生戸数）は横ばいである。種類別では、悪臭苦情が過半を占めており、畜種別の発生率では採卵鶏や養豚で高く、またこれらの畜種では特に悪臭苦情が多い。また、各畜種で、飼養規模が大きく

○苦情発生戸数・苦情発生率の推移※1



○苦情内容の内訳



※1 複数の畜種を飼養している農家において苦情が発生し、その苦情の原因畜種が特定できない場合は、主たる飼養畜種の農家として計上している。

※2 苦情発生率は、農家戸数が不明である「その他」を除いて算出している。

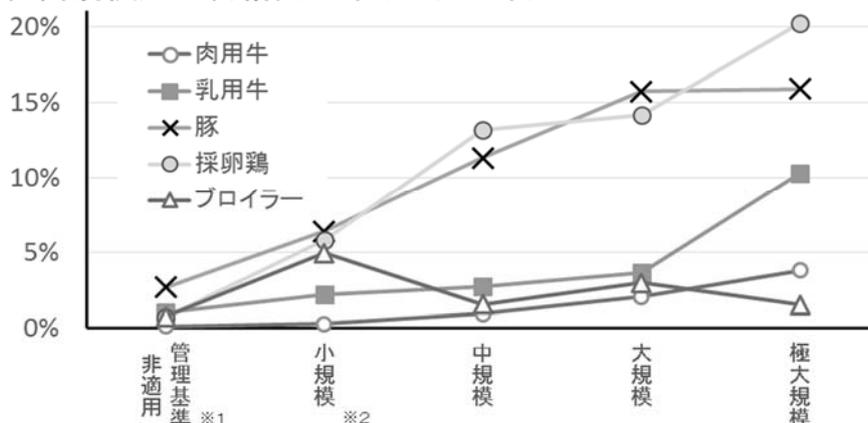
※3 複数種類の苦情を併発しているものは1戸として計上しているため、種類別発生戸数の合計とは一致しない。

資料：農林水産省畜産部調べ、農林水産省「畜産統計」

なるに連れて苦情発生率が高くなっている。

経営の効率化や生産基盤の強化のため、各畜種において規模拡大が進展しているが、規模拡大に当たっては、これまで以上に近隣住民との良好な関係構築等に留意しながら進める必要がある。

○経営規模別の苦情発生率(平成28年)



畜種	管理基準 ※1	小規模 ※2	中規模	大規模	極大規模	単位
肉用牛(総頭数)	(~9)	~19	20~99	100~499	500~	頭
乳用牛(成畜頭数)	(~9)	~29	30~99	100~299	300~	頭
豚(肥育豚頭数)	(~100)	~999	1,000~1,999	2,000~2,999	3,000~	頭
採卵鶏(成鶏めす羽数)	(~2)	~10	10~50	50~100	100~	千羽
プロイラー(年間出荷羽数)	(~2)	~100	100~300	300~500	500~	千羽

※1: 管理基準の適用・非適用は、それぞれ下表の()内の頭羽数により便宜的に分類しており、また「管理基準非適用」は他の区分の内数である。
 ※2: 採卵鶏、プロイラーにおいては、極小規模の農家戸数が統計に計上されていないため、小規模区分の苦情発生率は実際より高く見積もられている可能性がある。

資料: 農林水産省畜産部調べ、農林水産省「畜産統計」

(3) 関係法令への対応

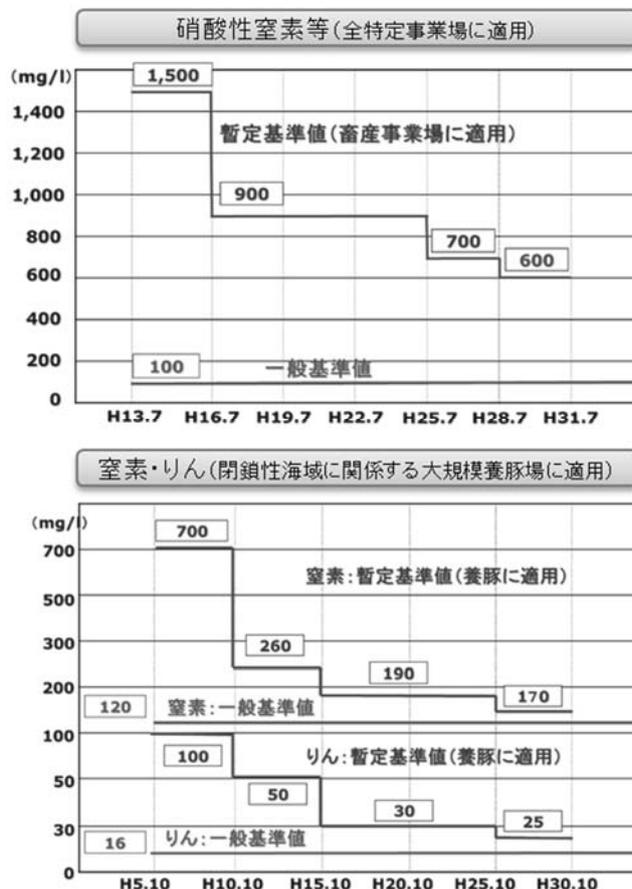
水質汚濁防止法については、畜産業に設定されている暫定排水基準（硝酸性窒素等及び窒素・りん）が徐々に強化されており、現行の暫定基準値はそれぞれ H31 年 6 月末、H30 年 9 月末に適用期限を迎える。また、悪臭防止法においては臭気指数規制の設定地域が徐々に増加している。

(4) 家畜排せつ物の利用促進

「家畜排せつ物の利用の促進を図るための基本方針」においては、引き続き堆肥化等を経て農地に還元することを中心とする一方で、地域の状況に応じてエネルギー利用等を行うこととしている。

堆肥の利用については、地域間の偏在が引き続き課題となっているが、それを乗り越えて、地域ごとの方法で堆肥の広域流通に成功する事例も見られる。また近年、肥料取締法において「混合堆肥複合肥料」、「混合動物排せつ物複合肥料」等の公定規格が新設・追加

○ 畜産業に係る暫定排水基準



され、家畜排せつ物を普通肥料の原料として利用する途が拡大されつつある。また凝集促進剤を含む堆肥について、これまで普通肥料（し尿汚泥肥料等）として扱うこととなっていたが、本年9月の食品安全委員会への諮問・答申を経て、特殊肥料として扱っても安全性に問題がないことが確認されたところ（所要の手続きを経て、11月中に公定規格が見直される見込み（9月時点））であり、堆肥の一層の利用促進が期待される。

また、FIT（再生可能エネルギー由来の電力の固定価格買取制度）を背景に、メタン発酵等の高度利用を行う事例も増加している。メタン発酵は、消化液の散布または処理が必要であるが、臭気対策にもなることから、現場における関心は高く、今後も増加すると見込まれる。

○高度利用施設数の推移

単位：か所

区分	H22年	H23年	H24年	H26年	H28年
メタン発酵処理	74	74	90	124	179 (39)
うち熱利用	64	61	61	71	73
うち発電利用	46	47	63	94	159 (39)
焼却処理	79	98	99	118	116 (0)
うち熱利用	32	45	47	72	70
うち発電利用	4	5	6	7	6 (0)
炭化処理	12	9	9	10	9
うち熱利用	0	0	0	1	1
うち発電利用	0	0	0	0	0
うち炭化物利用	10	9	9	10	9

資料：農林水産省畜産振興課調べ

注1：H24年度以降は、FITの認定を受け稼働予定である施設を含む。

注2：H28年の()内は、29年4月1日以降に稼働を予定している施設数である。

注3：熱利用と発電利用は重複がある。

注4：休止中又は廃止した施設は含まない。

3 今後の主な課題と対応

(1) 関係法令の遵守

家畜排せつ物法管理基準のうち、「構造設備基準」については殆どの農家が遵守しているが、各地で個別の畜産環境問題が続発していることから、堆肥化や浄化処理等をより適切に推進していくほか、施設の老朽化が進んでいること等も踏まえ、今後は堆肥舎等の維持管理や、排せつ物処理利用の記録などを定めた「管理の方法に関する基準」への対応が重要になると考えており、昨年から普及活動を行っているところである。今後ともこの取組を継続するとともに、家畜排せつ物法施行状況調査の在り方も見直す予定（9月時点）としている。

(2) 関係法令の遵守

水質汚濁防止法（特定施設設置・変更の届出、排水基準の遵守、排水性状の測定・記録等）や肥料取締法（特殊肥料製造の届出等）などその他の関係法令についても、畜産業に対する国民の信頼を得続けるためにも、これらの遵守を再認識する必要がある。

(3) さらなる堆肥利用の推進

家畜排せつ物法の『管理の方法に関する基準』を守りましょう

家畜排せつ物法の定める管理基準

平成16年の「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（家畜排せつ物法）」の本格施行を経て、現在ではほぼ全ての対象農家が同法の管理基準を遵守しているところである。
しかし、堆肥舎等の施設の経年劣化が進んでいること等を踏まえ、その点検・維持等を着実に実施していく必要があることから、今後は同法の管理基準のうち「管理の方法に関する基準」の遵守がより一層重要になります。

管理の方法に関する基準（施行規則第1条第1項第2号より）

- イ 家畜排せつ物は管理施設において管理すること
 - ◆ 家畜排せつ物は構造設備に関する基準に適合した管理施設で管理しましょう。
- ロ 管理施設の定期的な点検を行うこと
 - ◆ 設備の破損によって家畜排せつ物の適切な管理ができなくなることを防止するため、定期的な点検を実施しましょう。
- ハ 管理施設の床、覆い、側壁又は槽に破損があるときは、遅滞なく修繕を行うこと
 - ◆ 設備の破損は家畜排せつ物の飛散や流出を引き起こす可能性があります。破損を確認した場合、すぐに修繕しましょう。
- ニ 送風装置等を設置している場合は当該装置の維持管理を適切に行うこと
 - ◆ 管理施設に送風装置や攪拌装置などが設置されている場合は、適切に維持管理を行いましょう。
- ホ 家畜排せつ物の年間の発生量、処理の方法及び処理の方法別の数量について記録を行うこと
 - ◆ 家畜排せつ物の発生量、自ら農地に散布している量、耕種農家に譲渡している量、焼却・浄化処理等で廃棄している量について年間の記録を取りましょう。

これらを遵守し、環境に配慮した畜産を実現しましょう！



〔家畜排せつ物法では、管理基準違反の状態が改善されない場合は、最終的に罰則が適用されることがあります。〕

管理方法に関する基準の詳細についてお知りになりたい場合は、
県の畜産担当部署までお問い合わせください。

平成28年11月 農林水産省 生産局 畜産部 畜産振興課 環境計画班

各地で堆肥の利用や広域流通が行われているが、堆肥の過剰感が解消できていない地域も未だ多い。一方で耕種側でも、堆肥利用に対する理解や関心が十分ではない、あるいは欲しい堆肥が手に入らないという例もある。そのような地域においては、良質堆肥の生産や、運搬等のサービスの提供など、畜産側の努力によって堆肥利用を大幅に増やせる余地がある。また、環境保全型農業の推進や、りん等資源の枯渇が懸念される肥料を代替する観点からも、堆肥の利用を拡大していくことが必要であり、耕種側のニーズにあった堆肥やサービス提供のほか、耕種側で使いやすい形状・成分の高機能堆肥の開発などを進めていく必要がある。

(4) 地球温暖化対策

畜産業由来の温室効果ガス（GHG）として、主に家畜排せつ物管理及び消化管内発酵に由来するCH₄及びN₂Oを排出しており、我が国全体の総排出量の約1%（農林水産業由来の約1/3）を占めている。

本年3月に策定した「農林水産省地球温暖化対策計画」において、家畜排せつ物処理方法の改善、アミノ酸バランス改善飼料（これについては排水の水質改善等の効果も確認されており、その面からも普及が期待される）の給餌等によるGHGの排出削減を進めることとしている。また、牛の生体・個体差に基づく消化管内発酵由来CH₄を削減する技術など、新たな排出削減技術の開発も始まっている。

(5) その他

① クロピラリド対策

クロピラリドは米国、豪州等で除草剤成分として幅広く使用されており、輸入粗飼料のほか、穀類や加工穀類（小麦ふすま等）に残留し、家畜に給与された場合、堆肥を通じて園芸作物等の生育に障害を起こす可能性がある（家畜や人の健康に影響を及ぼす恐れはない）。我が国においては農薬取締法に基づく登録申請がないため使用されていないが、平成17年に、クロピラリドが原因と疑われるトマト及びミニトマトの生育障害が報告され、近年になっても依然としてクロピラリドが原因と疑われる生育障害の発生が散見されていることから、昨年度から改めて各段階でのリスク低減対策を実施しているほか、さらなる実態調査等を進めているところである。

本件は問題の構図が非常に複雑であり、未解明の部分も多いため、現場で指導にあたる皆様や関係農家の皆様等にはご心配をおかけしているところである。適切に対応すれば障害発生を避けることができるが、誤った認識に基づき、家畜ふん堆肥への警戒感が必要以上に高まれば、その滞留が起きる恐れもある。家畜ふん堆肥の利用は、

○ 畜産農家の皆様へ ○

**輸入飼料を給与した牛に由来する
堆肥を販売・譲渡・施用する際にはご注意ください！**

海外で使用された農業の成分(クロピラリド)が含まれた飼料が家畜に給与された場合、堆肥を通じて、トマト、スイートピー等の園芸作物や、マメ科牧草等※の生育に障害を起こす可能性があります。

※ ナス科、マメ科、キク科、セリ科などの作物

○ 牛由来の堆肥を販売・譲渡する際には、情報を共有しましょう。

※ 輸入飼料※1を給与した牛※2に由来する堆肥（排せつ物を含む）を、耕種農家や堆肥センターに販売・譲渡する際には、「牛ふん堆肥は、クロピラリドが含まれている可能性があるため、使用に当たっては作物の種類や施用量等に留意する必要があります」ことについて情報を共有しましょう。

※1 平成28年度の実態調査において、輸入粗飼料のみならず穀類やその加工穀類（小麦ふすま、大豆めか）にもクロピラリドが含まれていることが認められました。
※2 上記調査において、肥育牛由来の堆肥は、乳用牛由来の堆肥に比べ濃度が低いことが認められました。（これまで豚ふん・鶏ふんのみ由来する堆肥の施用による被害の発生は報告されていません）。

○ マメ科牧草に堆肥等を施用する場合には、留意が必要です。

※ 生育障害が出ないことについての確認や、堆肥製造時の活性炭の混合等の被害軽減対策を実施した上で施用しましょう。

～ 参 考 ～

① クロピラリドは、広葉雑草(クローバーなど)を枯らす除草剤の成分で、我が国が粗飼料や飼料穀類の多くを輸入している米国、豪州、カナダ等の各国で使用されています(我が国では申請がなく農薬登録されていません)。
② クロピラリドは、家畜の体内から速やかに排出され、家畜や人に対する毒性が低いため、飼料に含まれていても、家畜や人の健康に影響を及ぼす心配はありません。
③ クロピラリドに対する感受性は、作物や品種により大きく異なりますが、トマト、ナス、大豆、スイートピー、マメ科牧草などの作物にごく低濃度でも障害を引き起こす可能性があります(イネ科作物は耐性があるため、通常の施用量では稲、麦、とうもろこしやイネ科牧草の生産に障害を引き起こす心配はありません)。

平成29年6月 農林水産省 生産局 畜産部 畜産振興課・飼料課

環境保全型農業の推進や資源循環の観点から不可欠なものであることも踏まえ、関係者の皆様におかれては、正しい知識に基づき、冷静にご対応いただけるよう、切にお願いする。

② 「AGMIRU（アグミル）」

農業競争力強化に向けて、農業者が各種生産資材の購入先について、価格等を比較して選択できる環境を整備するため、資材の購入者・販売者双方に新たな価値を提供する場である「AGMIRU（アグミル）」を開発し、本年6月から運用を開始した。ここでは、資材の購入者が農業資材の希望条件（資材の価格・内容はもちろん、地域や、配送やアフターサポートなどサービスに関する条件なども含む）を登録すると、複数の販売者より様々な条件で見積もりを受けることができるという仕組みになっており、購入者・販売者とも無料で登録し利用することができる。また、対象となる資材として、まずは肥料を想定して運用が開始されたものの、今後は関係者の意見を聞きながら、堆肥を含めた他の資材でも使えるように仕組みを改善していく計画となっている（詳細は、「アグミル」で検索し同サイトをご参照いただきたい）。

AGMIRU
農業情報×見える

まずは無料登録を **アグミル** 検索

「資材の購入者」、「資材の販売者」双方に新たな価値を提供

農業資材の希望条件を登録すると、複数の販売店より様々な条件で見積もりを受けることができるサービスです。農業資材の特性や特徴、アフターケアや保証内容を含む見積提案を比較し、農業事業者に最適な資材を探すことができます。

メリット① 購入者	メリット② 販売者	メリット③ 両者
効率的に要望に合った資材の提案が受けられる	入り込めていなかったお客様に効率的に営業できる	出会いの場を提供 価格だけではない アフターフォロー カスタマイズ製品 MATCHING

資材を購入したいと思ったら「AGMIRUサイト」にアクセス

- 希望条件および必要情報を入力します。
- 希望にマッチした業者より提案があります
- 気になる業者とWEB上で交渉ができます。

まずは無料登録を **アグミル** 検索

ソフトバンク・テクノロジー株式会社
〒160-0022 東京都港区芝浦4丁目7番30号 芝浦イ・エム・エスビル3F30号
お問い合わせはメールまたはWEBで
メール agmirusupport@tech.softbank.co.jp
URL https://entry.agmirus.com/support

農業資材比較購入サービス

① 資材購入依頼登録 → ② 依頼を確認 (販売者)

※質問のやり取りで依頼条件確定

④ 依頼に対する質問回答 ← ③ 依頼に対する質問 (購入者)

⑥ 提案内容確認 ← ⑤ 販売提案登録 (販売者)

※質問のやり取りで提案条件確定

⑦ 提案に対する質問 ← ⑧ 提案に対する質問回答 (購入者)

交渉期限

⑨ 購入業者決定 → ⑩ 受注確定通知受け取り (販売者)

直接販売者に代金振り込み商品到着・契約完了 ← 直接生産者に代金振り込み依頼/商品発送

購入者

- 様々な業者から希望の内容で提案を受けたい
- いつも使っている資材は決まっているから効率的に購入したい
- アフターサービスの優れた販売業者から購入したい
- いつも使っている資材より優れたものを探したい

販売者

- 営業人員をかけずに販路を増やしたい!
- 効率的に商談を進めたい
- 希望の条件以上の商材を持っているので付加価値を提供したい
- 在庫を処理したい

まずは無料登録を **アグミル** 検索

ご登録は今すぐ! Webフォームはこちら

まずはWEBフォームへアクセス

QRコード

※本サービスは、農業者の利便性を高めるためのサービスであり、農業者の権利を侵害するものではありません。

4 終わりに

畜産環境対策は、関係者が多岐にわたり、技術的要素も複雑で、地域や個々の農家によっても状況は様々である。このため、統計的な数字や断片的な情報だけでは、施策の推進はもちろん、現場の状況を正しく把握することすら困難であり、畜産農家の皆様、現場の指導者や関係者の皆様のご理解・ご協力が不可欠である。狭小な国土で畜産を振興していく以上、畜産環境対策は永遠に向き合わなければならない課題であり、また資源の有効利用という観点からも極めて重要な課題であることから、引き続き関係者の皆様のご指導・ご理解・ご尽力を頂戴したい。

日本型悪臭防止最適管理手法（BMP）の手引き



日本中央競馬会
特別振興資金助成事業

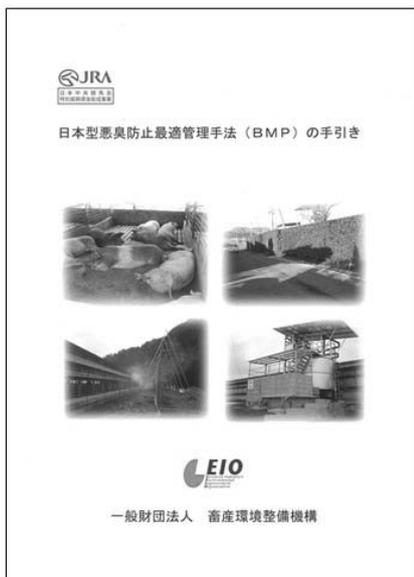
平成29年度家畜ふん尿処理利用研究会

「畜産経営における悪臭防止対策への技術対応とおが粉代替敷料の利活用」

平成29年11月9日(木) 農研機構 畜産研究部門

日本型悪臭防止最適管理手法(BMP)の手引き

(平成26~28年度JRA畜産振興事業)



(一財)畜産環境整備機構
 管理・技術部
 羽賀清典
 畜産環境技術研究所
 小堤悠平
 道宗直昭

日本型悪臭防止最適管理手法(BMP)

手引 p.37~61



- ・アメリカ農業生物工学会(ASABE)
「ふん尿の臭気対策ASAE EP379.4 JAN2007」
- ・アイオワ州立大学
「畜産業から発生する悪臭の低減方法」
- ・ネブラスカ州環境局
「BMPによる悪臭対策」
- ・全米豚肉委員会
「養豚経営の悪臭低減対策としてのBMP」₆₋

- ☆BMP活用事業推進委員☆
- 泉 稔久(中畜 施設・機械部会)
- 岩崎好陽(におい・かおり環境協会)
- 川村英輔(神奈川県畜技センター)
- 栗木鋭三(養豚協会)
- 澤村 篤(農研機構 畜草研)
- 東城清秀(東京農工大)

☆ 日本型BMPによる臭気対策場面

- (1) 畜舎における臭気対策
- (2) ふん尿処理施設における臭気対策
- (3) 堆肥等の施用における臭気対策
- (4) 脱臭方法・装置における臭気対策

手引 p.8～21

☆ 新技術の開発

- 【成果1】畜舎内のダスト低減技術開発
- 【成果2】バイオフィルターによる豚舎臭気の脱臭技術開発
- 【成果3】微生物資材の効果判定技術開発
- 【成果4】畜舎周辺の臭気拡散防止技術の開発

手引 p.1～8

3

日本型BMP

手引 p.9

(1) 畜舎における臭気対策

- 【Point1】畜舎清掃に努め、ふん尿の不完全分解を防ぐ
⇒ふん尿の速やかな除去および床面の乾燥



きれいに清掃され臭気の少ない豚舎

日本型BMP

手引 p.9~10

(1) 畜舎における臭気対策

【Point2】畜舎ダストが臭気を拡散するため、ダスト除去が効果あり
⇒バイオフィルターの組み込みや排気口への遮へい壁の設置



排気口への遮へい壁の設置

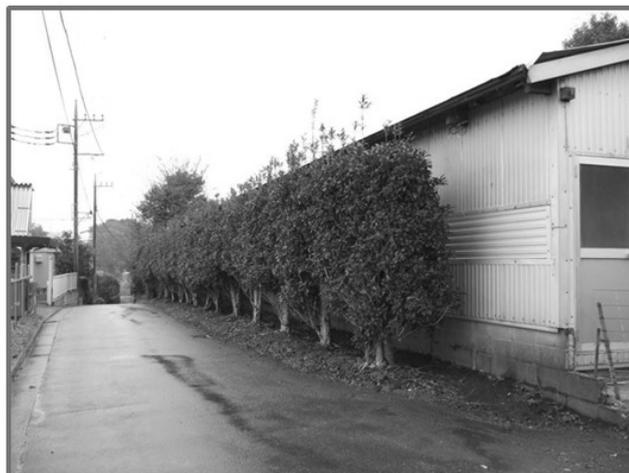
5

日本型BMP

手引 p.11~12

(1) 畜舎における臭気対策

【Point3】アミノ酸バランス改善飼料(低蛋白質飼料)、臭気低減資材
(新技術で紹介)、生垣などの景観美化
⇒畜舎周辺の造園による樹木、灌木、防風林などは、フィルターの
役割を果たす



生垣による臭気低減例

6

(2) ふん尿処理施設における臭気対策

【Point1】ふん尿量に見合った施設規模とする

【Point2】適正な運転条件下では悪臭発生は少ない

⇒悪臭発生時には、運転条件の再確認が必要



順調に稼働している堆肥化施設と汚水処理施設

7

(3) 堆肥等の施用における臭気対策

【Point1】堆肥施用のタイミングは周辺・風向きに注意

⇒上昇気流の起きている午前中に施用

⇒高温・高湿、休日など屋内に人出がある場合は避ける



マニュアルスプレッダーによる堆肥の散布

-9-

8

日本型BMP

手引 p.17

(3) 堆肥等の施用における臭気対策

【Point2】液状ふん尿は低圧力で地表面に散布

⇒施用後、すぐに鋤込むか、覆土する

⇒ソイルインジェクション(土壌注入)は効果あり(コスト・作業時間↑)



液状ふん尿(スラリー)施用



ソイルインジェクション(土壌注入) 9

日本型BMP

手引 p.18~19

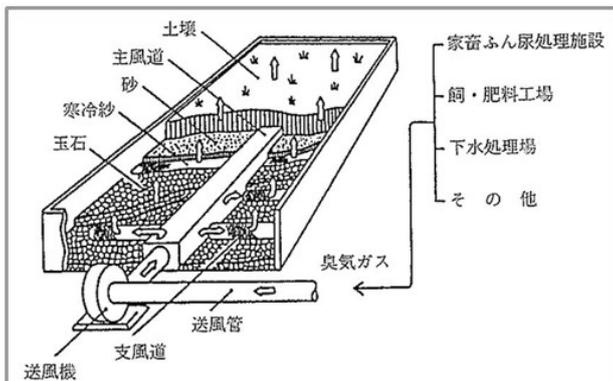
(4) 脱臭方法・装置における臭気対策

【土壌脱臭およびロックウール脱臭装置】

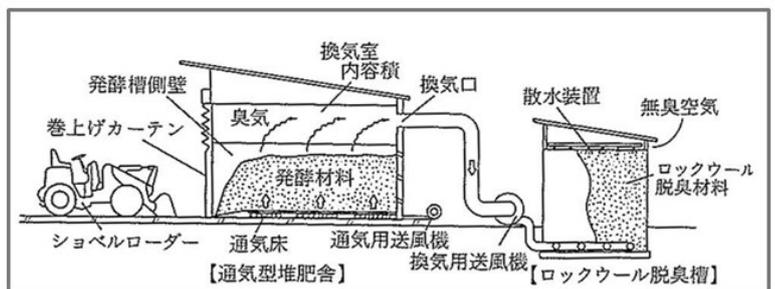
臭気を含んだガスを土壌層もしくはロックウール脱臭資材を通過させる

⇒土壌下部の通気抵抗が150~200mmH₂O

⇒ロックウールの通気抵抗は、土壌の1/5と低く、資材を3~5倍高く堆積



土壌脱臭装置



ロックウール脱臭装置 10

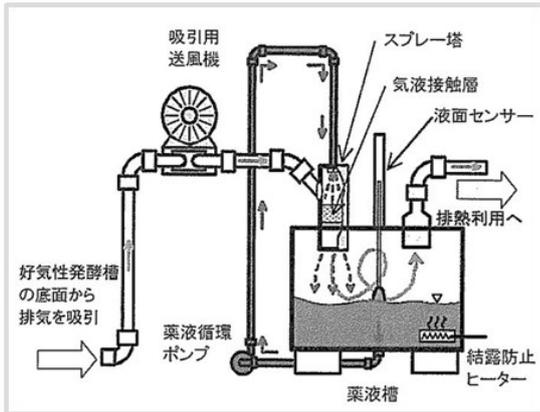
(4) 脱臭方法・装置における臭気対策

【湿式スクラバーおよび堆肥脱臭】

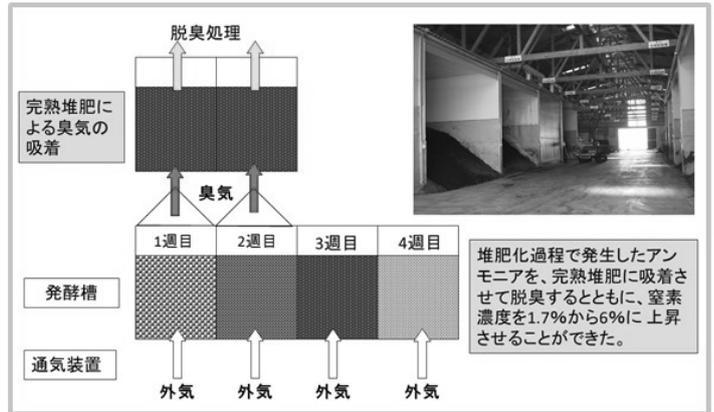
堆肥から吸引したアンモニアを①湿式スクラバー(アンモニア回収装置)を通過or②完熟たい肥に吸着させて脱臭する

⇒①: 硫安もしくはリン安溶液として回収し、水耕栽培等に利用可

⇒②: 堆肥の窒素濃度を増加させる



湿式スクラバー装置



堆肥脱臭システムのフロー 11

☆ 日本型BMPによる臭気対策場面

- (1) 畜舎における臭気対策
- (2) ふん尿処理施設における臭気対策
- (3) 堆肥等の施用における臭気対策
- (4) 脱臭方法・装置における臭気対策

手引 p.8~21

☆ 新技術の開発

手引 p.1~8

【成果1】畜舎内のダスト低減技術開発

【成果2】バイオフィルターによる豚舎臭気の脱臭技術開発

【成果3】微生物資材の効果判定技術開発

【成果4】畜舎周辺の臭気拡散防止技術の開発

【成果1】畜舎内のダスト低減技術開発



- 畜舎内で発生するダストが、悪臭等を拡散する。
- 油(乳化液)を豚舎に散布し、ダストの低減を図る。 13

畜舎内での散布方法



サラダ油(5%) + 乳化剤* + 水

*食品添加物の一種で生体に問題はない。



**貯留タンク、動力噴霧器
攪拌機、タイマー、ノズル等**

散布中の様子



散布量は、10(夏期)～100ml/m² (冬期)
コストは、260～2,600円程度/40豚房/日

15

手引 p.2

結果：畜舎内のダスト低減

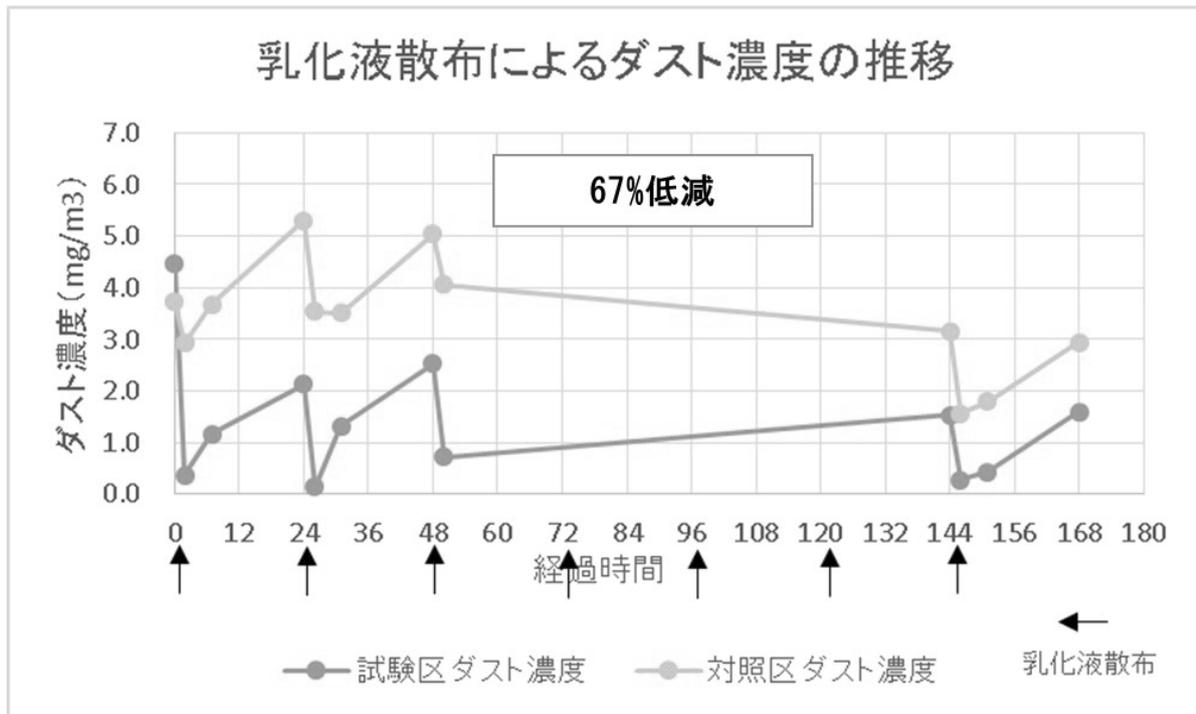
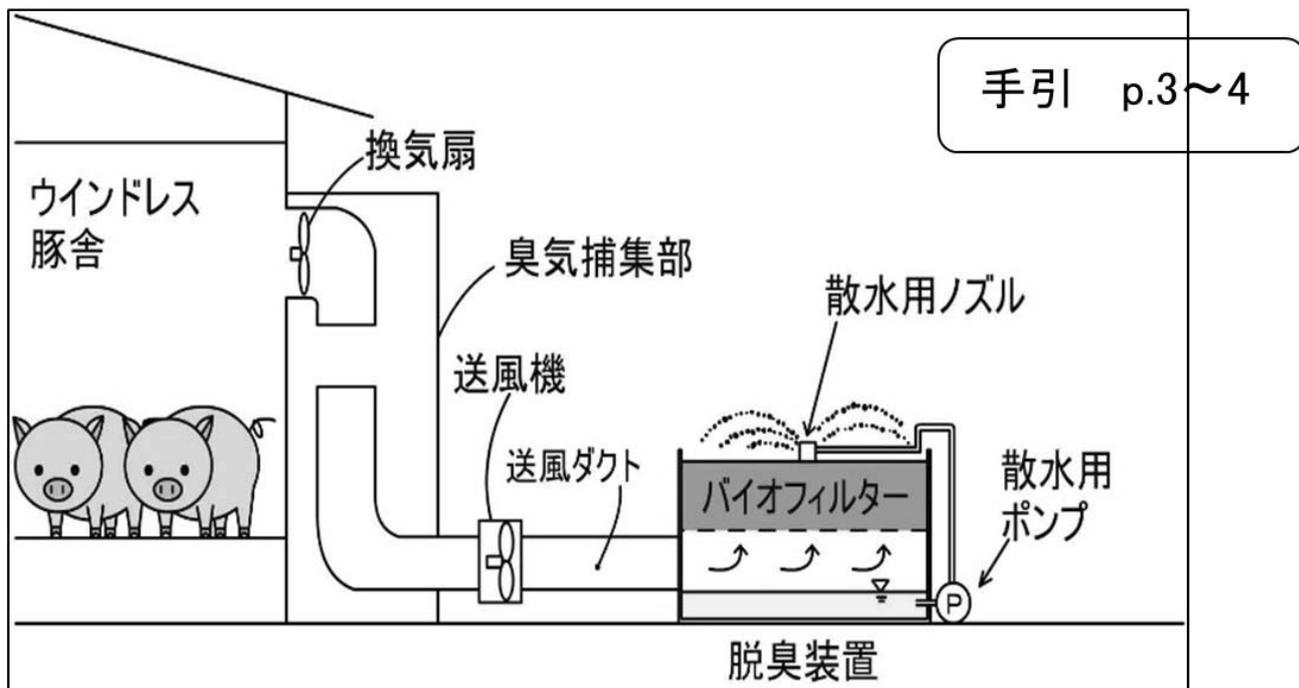


図2 S畜産のダスト濃度の推移 (2016年冬季)

16

新技術

【成果2】バイオフィルターによる豚舎臭気の脱臭技術開発



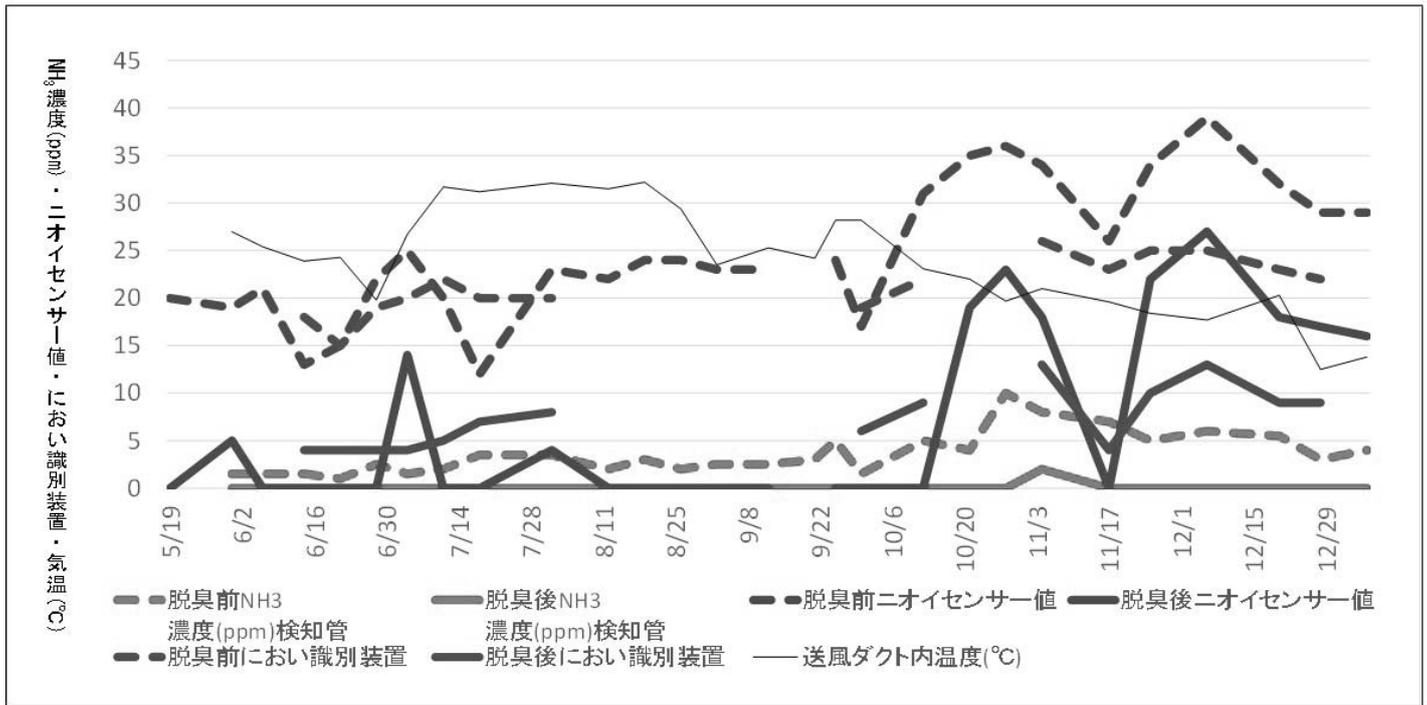
- 豚舎換気の排出空気の臭気低減を行う。
- 新たな送風機は付けずに豚舎の換気扇を利用する。 17

バイオフィルター



- 保水性、通気性があり、微生物が生息し易い素材（ウッドチップorヤシガラハスク）を使用。

結果：バイオフィルターによる豚舎臭気の脱臭



ヤシガラハスク脱臭の例

手引 p.4

- ・アンモニアや豚舎臭はかなり低減できた。
- ・豚舎換気の臭気濃度が高くなると脱臭後も臭気の検出がある。¹⁹

新技術

手引 p.5

【成果3】微生物資材の効果判定

- ・臭気低減資材が多種販売されているが、その効果について不明な部分が多い。
- ・微生物資材もしくは臭気物質分解資材について効果判定を行う(消毒剤は除く)。



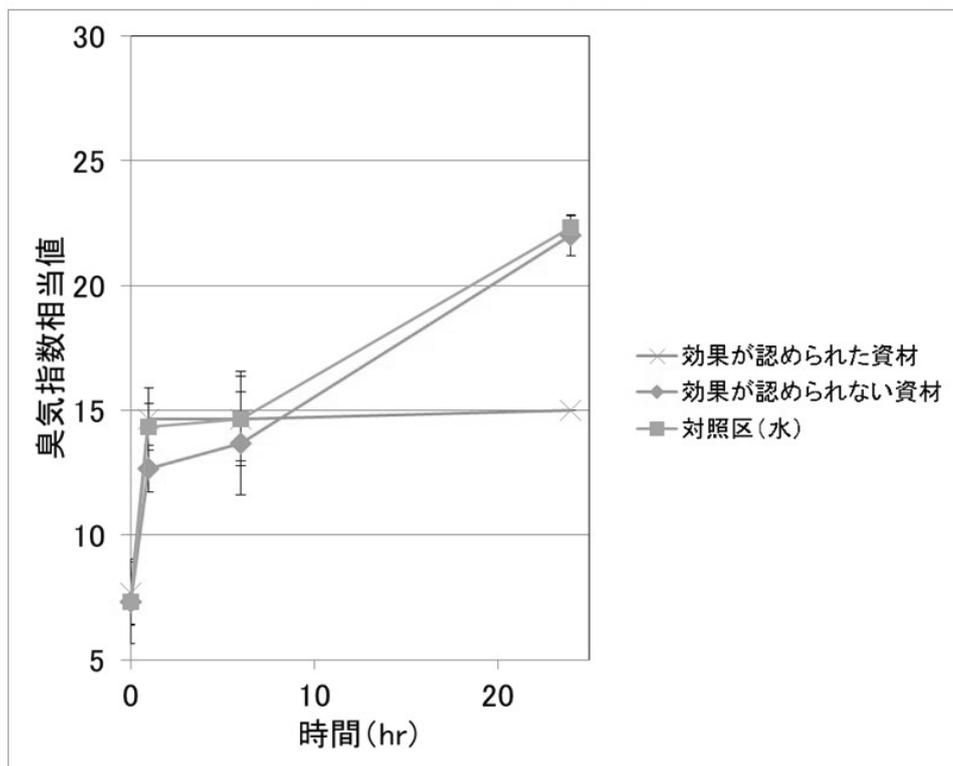
合計32資材回収

効果判定装置の外観



畜産で利用される臭気対策資材の効果判定方法(畜産草地研究所 2005)に準拠 21

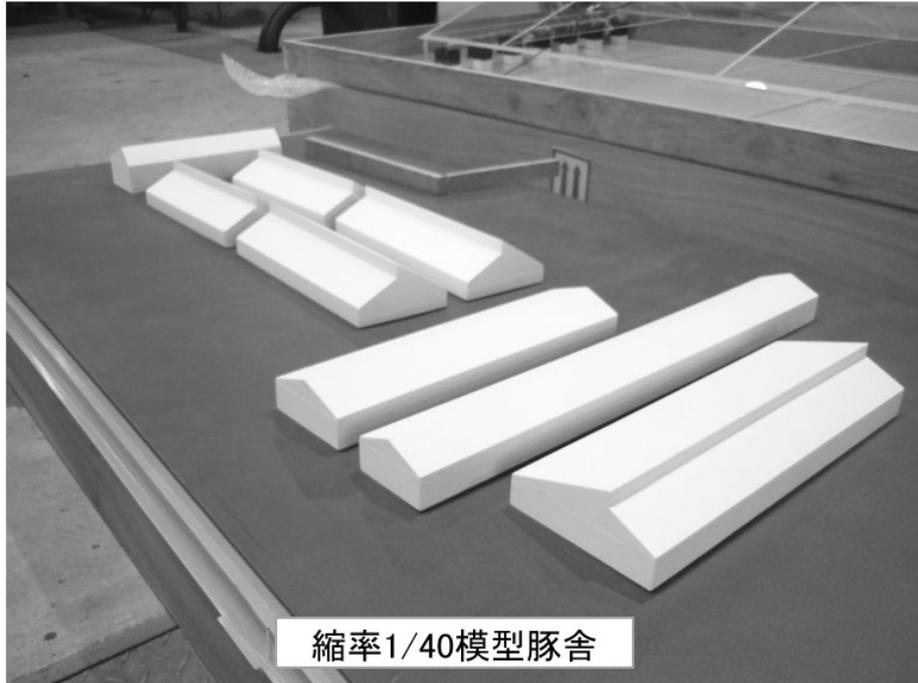
結果：資材の効果判定



- 脱臭効果が認められるものは限定的

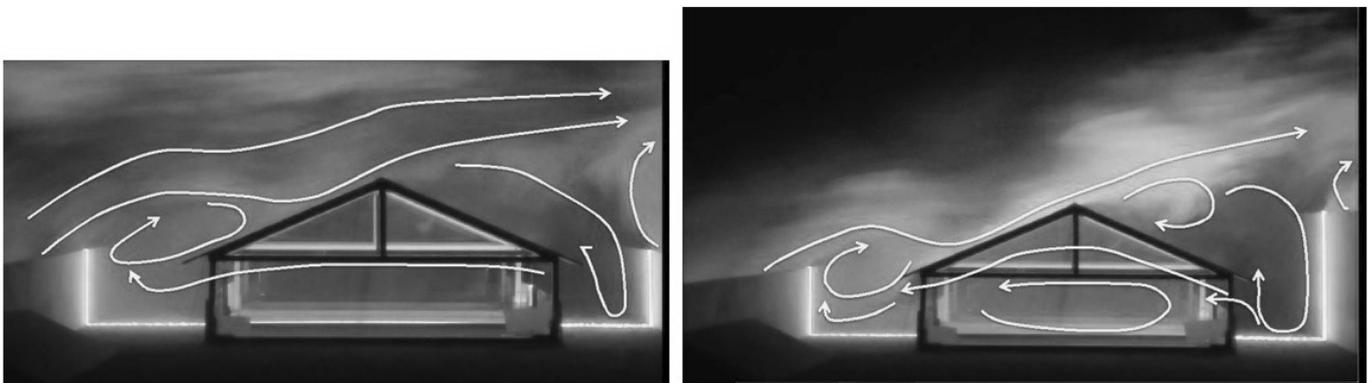
- 効果があっても、即効性の脱臭は低い

【成果4】畜舎周辺の臭気 拡散防止技術の開発



- 畜舎内で発生するダストが、悪臭等を拡散する。
- 遮へい壁の設置による、拡散防止技術を実証する。 23

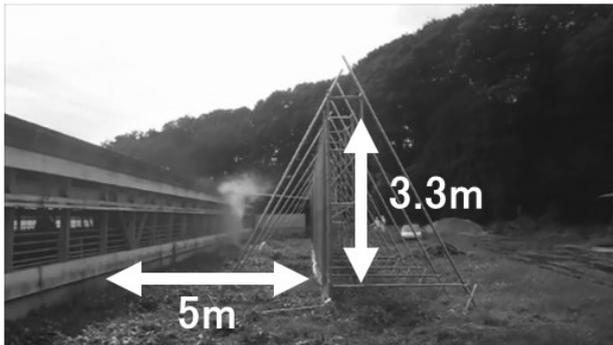
結果：模型による気流の可視化試験



宇都宮大学 池口厚男教授提供

棟(むね)高さの距離に、豚舎の軒(のき)高さの構造物がベスト
→豚舎と壁の間に空気の淀みができ、敷地外に少しずつ拡散

結果：実規模豚舎での遮へい壁試験



ダストおよび臭気の拡散を抑制できる可能性

25

まとめ

 日本中央競馬会
特別飼育資金助成事業

日本型悪臭防止最適管理手法（BMP）の手引き



 EIO
畜産環境整備機構

一般財団法人 畜産環境整備機構

- これまでの臭気低減対策および新技術をBMPの手引きとしてまとめた。
- 新技術の開発が待たれるが、臭気対策の基本を遵守した管理・運営が確実な臭気低減対策である。



臭気対策に王道なし！

26

臭気マップによる悪臭評価手法の開発

臭気マップによる悪臭評価手法の開発

栃木県畜産酪農研究センター 企画情報課 畜産環境研究室
木下 強

1. はじめに

栃木県における畜産経営に起因する畜産環境汚染問題の苦情は、悪臭の割合が最も大きく、苦情全体の約62%（69件中41件：平成28年度¹⁾）を占めている。特に養豚経営における悪臭に対する苦情の発生割合は、他の畜種と比較して大きい傾向にある。

臭気問題は、時に経営の存続にかかわることもあり、農場主をはじめ関係者にとっては悩みの種となっている。では、なぜ、農場主や関係者を悩ませているのか？その大きな理由の一つは、臭気（臭気物質）そのものを、人間の視覚でとらえることが出来ないからであると考えられる。

そこで、当センターでは畜環研式ニオイセンサで測定した農場内各ポイント（点）の臭気指数（相当値）を、その値に応じて色分けし、地図（面）に表示することで農場内の臭気発生状況を一目で確認（見える化）できる臭気マップを考案した。現在、農林水産省委託プロジェクト研究「家畜ふん尿処理過程からの悪臭低減技術の高度化」の課題の一つとして、GPSロガーと組み合わせ、より簡単に臭気マップを作成できる方法を現地で活用しながら検討しているので、その活用事例も含めてご紹介する。

臭気指数(相当値)測定結果

No.	調査地点	臭気指数 (相当値)
1	肥育豚舎北西	10
2	肥育豚舎南西	7
3	子豚舎西	16
4	分娩舎西	16
5	ストール豚舎西	6
6	ストール豚舎南	4
7	ストール豚舎南東	0
8	分娩舎東	0
9	子豚舎東	0
10	スクレーパー出口	23
11	肥育豚舎北東	9
12	肥育豚舎北	18
13	強制発酵施設搬出口	21
14	強制発酵施設中央	30
15	強制発酵施設投入口	26
16	堆肥施設内	23
17	強制発酵施設北	23
18	自宅前	6
21	ストール豚舎東	1
22	子豚舎西	0
23	子豚舎中央	1
24	子豚舎東	9
25	強制発酵施設東	14



【従来のデータ】
 ・データの羅列
 ・データの解析が困難
 ・農場主への説明も困難

【臭気マップ】
 ・データが見える化
 ・直感的にデータを理解しやすい
 ・農場主への説明も容易

図1 臭気マップによる「見える化」のイメージ

2. 使用する主な機材

(1) 畜環研式ニオイセンサ

臭気マップ作成の要となる畜環研式ニオイセンサ（以下「ニオイセンサ」）は、（財）畜産環境整備機構畜産環境技術研究所が市販のポータブル型電子式ニオイセンサで畜産臭の臭気指数を表示できるよう独自の変換式²⁾を組み込んだものである。価格は30～40万円とやや高額であるが、①軽量で乾電池（AC電源も可）でも動作するため持ち運びが簡単、②リアルタイムで臭気指数（相当値）を表示出来る、③データの記録機能がありデータをパソコンに利用できるなどの特徴がある（写真1）。



写真1 畜環研式ニオイセンサ
（下段はGPSロガーとボールペン）

本来、臭気指数の測定には複数のパネルを必要とし、1日に数十カ所の測定を行うためには、多くの労力と時間を要するため、農場全体の臭気の状態を把握することが困難な作業となる。しかし、本機器を活用することにより少ない労力で迅速に農場内の臭気測定（公定法では無いことに留意）が可能となる。

(2) GPS ロガー

臭気マップを作成するために必要なもう一つの機器がポータブル型GPSロガーである。近年はスマートフォンやデジタルカメラなど、身の回りのあらゆる製品にGPS機能が搭載され、比較的高精度の製品が安価で入手できるようになってきている。臭気マップの作成に用いたGPSロガーもレジャー用に市販されている1万円程度のものであり、一定時間ごとにGPS位置情報を電子データとして記録できる機能を備えている。

(3) 臭気マップ作成用パソコン

ニオイセンサとGPSロガーで記録した位置情報を各々の機器から読み込み、表計算ソフト（エクセル）の散布図機能を利用して臭気マップを表示する（図2）。

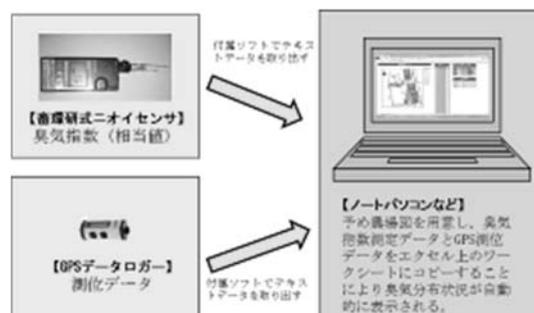


図2 臭気マップ作成法の概要

3. 臭気マップの作成方法

(1) 農場図の準備

臭気マップのベースとなる農場図は、調査対象農場から予め入手しておく必要がある。農場図が入手出来ない場合は、国土地理院の地図（<http://mapps.gsi.go.jp/>）なども利用可能である。なお、印刷物を配布する場合は利用規程を遵守する必要がある。

(2) 機器の設定

各々の機器でデータ記録間隔が同じになるように予め設定をしておき、現地で記録開始ボタンを同時に押すことで、測定者が農場内を歩いた各地点における一対のGPS位置情報（緯度、経度）データとニオイセンサによる臭気指数（相当値）データを得ることができる。

(3) 農場内の臭気測定

現地に到着したら臭気のない場所でニオイセンサのゼロ合わせを行う。正しくゼロ合わせができていない場合は苦勞して測定したデータが意味のない数字になってしまうばかりでなく、機械内部でマイナスレベル扱いの電気信号が全てゼロとして表示されるので注意が必要である。

測定の準備ができたならニオイセンサと GPS ロガーの記録を同時にスタートさせ、農場内を歩きながら測定作業を行う。なお、ニオイセンサは内蔵センサの劣化具合によって反応速度が変わるので、センサの数字が安定するのを表示画面で確認しながら、適宜歩く速度を調整する必要がある。なお、歩く速度に対し、記録間隔が短い場合は臭気マップ上のプロットが重なってしまうため、注意が必要である。

(4) データの読み込み

測定したデータは、各々の機器に付属しているデータ読み込みソフトでパソコンに読み込む。読み込まれた電子データは、CSV ファイルなどエクセルでも読み込めるテキストファイル形式で保存されるので、臭気マップを表示するためのソフトもエクセルの散布図機能を利用して作成した。

なお、GPS 測位データ（緯度、経度）について、デフォルトでは人間が感覚的に理解しやすいよう DMS (Degree Minute Second) 形式で表示されるが、エクセルのグラフ機能を利用するためには、十進数に変換する必要がある。それが DEG (Degree) 形式と呼ばれるものであり、エクセル上に変換式を組み込むことも可能であるが、GPS ロガー付属のソフトで簡単に変換することが出来る。参考までに当センターの位置情報を DEG 形式に変換すると表 1 のとおりになる。

表 1 GPS 位置情報表示形式の違い

形式	緯度	経度
DMS	北緯36度55分22秒4544	東経139度56分39秒43824
DEG	北緯36.922904度	東経139.9442884度

(5) データのプロット

臭気マップを表示するためのエクセルワークシートは、①データ入力部、②設定部、③マップ表示部を一枚のシート上に配置したものであり、前の手順で保存した2つのデータファイルからカット&ペーストでデータテーブルに数値を転記すればプロットが色分けされて表示される（図3）。色分けの区分は凡例設定テーブル（設定部下段）の数字を変更することで、利用目的に応じて変更できるようになっているが、デフォルトの色分けは、敷地境界における栃木県の規制値設定範囲（15～18）を黄色で示し、これより高い値を赤色のマーカーで表示した（規制値未满是緑色）。こうすることで臭気発生源やその強さがどの程度なのか、直感的にデータを読み解くことが可能となる。

畜産農場内には、畜舎や堆肥化施設、汚水処理施設など臭気発生源となり得る多くの施設が点在しており、優先的に対策すべき施設を絞り込むことにより短期間で効果的な対策が期待できる。

(6) 農場地図の取り込み

現在、可能な範囲で自動化を検討しているところであるが、現時点ではワークシート上で農場地図枠とグラフ枠（透過グラフ）を重ね合わせて臭気マップを完成させるという手順になる。なお、グラフ上のプロットについては、設定部（上段のテーブル）の数字を変更することで、縮尺や位置の微調整が可能である（図3）。

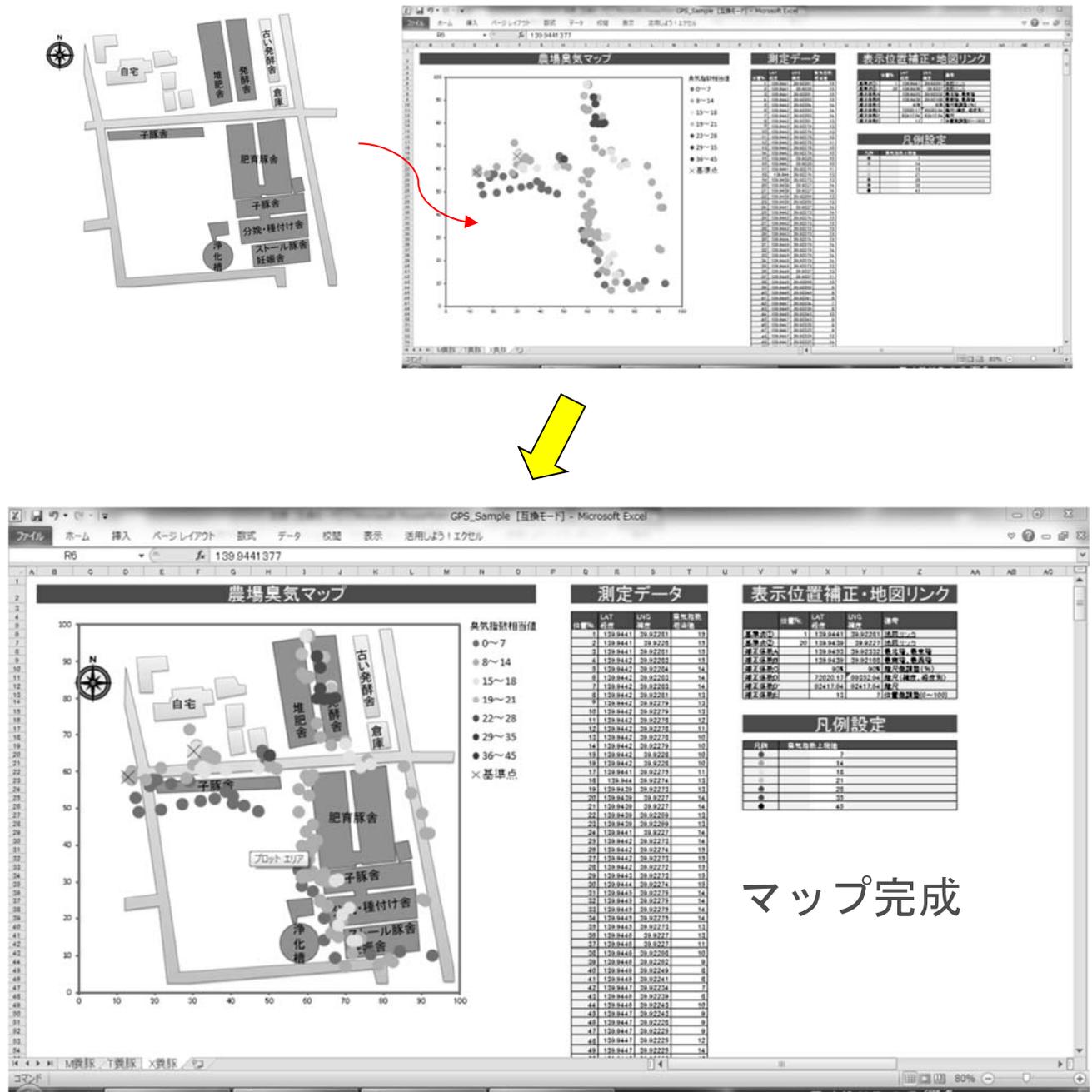


図3 臭気マップ表示ワークシートへの農場図取り込み
（図中のGPSデータは加工してある）

(7) 臭気測定の留意点

臭気マップは農場内の臭気分布を一枚のシートに表示したものであるが、実際には臭気測定地点の点と点の間に時間のズレがある。「臭気が漂う」という言葉で表現されるように、臭気物質は刻々と動いているため、測定する時間帯は農場内の作業や気候条件に極力変化がないというのが前提条件となる。

また、ニオイセンサは臭気物質以外の化学物質（消毒用アルコール、排気ガスなど）に反応することやセンサの劣化などにより反応速度が変化すること、GPS 衛星の電波が遮られる建物の影では位置情報に誤差が生じるなど、機器の特性をよく把握して利用する必要がある。

4. 現地における活用事例

(1) 畜産臭気低減対策推進事業

栃木県では平成 27 年度から栃木県養豚協会を事業実施主体として「畜産臭気低減対策推進事業」を実施している。この事業は年間 5 戸の農場の臭気低減対策に取り組み、効果のあった取組を研修会などを通じて広く普及することを目的としている。この事業では、まず臭気低減対策を効果的に実施するため、対象農場内の臭気発生状況について事前調査を実施して、対策を講じるポイントの絞り込みを行う。この絞り込み作業に、臭気マップを取り入れることにより、併せて、臭気マップ作成手法の改良や検証作業を進めている。

(2) 活用事例

図 4 は、栃木県内 A 農場における臭気マップであるが、堆肥化施設付近（丸囲い部分）で強い臭気が発生していることがわかる。この事例では堆肥化施設が開放構造となっている、施設の側面に消臭ネットを設置して、臭気が外部に拡散しないよう対策を実施した（図 5）。図 6 は消臭ネット設置後における施設内外の臭気成分濃度を示しているが、堆肥化施設の側面に消臭ネットを設置することにより、施設外に拡散する臭気成分濃度（各成分事に臭気強度に換算）が低減されていることがわかる。

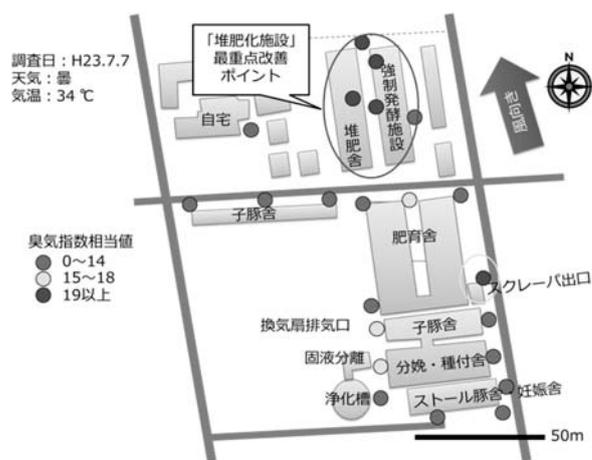


図 4 A 農場の臭気マップ



【対策前の堆肥化施設】
施設の側面が開放構造のため、堆肥から発生する臭気が拡散していた。



【対策後の堆肥化施設】
施設の側面に消臭ネットを設置することにより、臭気の拡散が抑制された。

図 5 堆肥化施設への消臭ネット設置状況

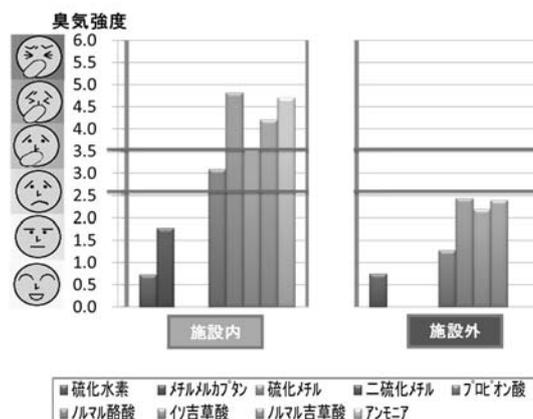


図 6 消臭ネット設置効果

(3) その他の事例

臭気マップを活用したこれまでの主な取組事例は表2のとおり。

取り組んだ対策が全て数字に現れる臭気低減効果に結びついていないわけではないが、臭気分布マップを作成することで、生産者および指導者などの関係者が臭気発生場所を客観的に確認し、共通の認識を持つことで、改善に向けた一歩を踏み出すきっかけになったのではないかと考えている。

表2 臭気マップを活用した主な取組事例

農場名	対策内容	効果
A農場	強制発酵施設に塩ビ樹脂製消臭ネットを設置した。	施設外への臭気拡散が抑制された
B農場	換気扇に塩ビ樹脂製消臭ネットを設置した。	施設外への臭気拡散が抑制された
C農場	縦型強制発酵装置脱臭槽内のオガクズが劣化していたため交換した。	発酵槽の通気性が改善された。
D農場	縦型コンポストの水洗脱臭槽にオイルミスト散布装置を追加した。	臭気低減には繋がらなかったが、マスキング効果が得られた。
F農場	豚舎換気扇側敷地境界の塀上部に消臭シートを設置した。	敷地境界の臭気は不検出であり、景観面もプラスとなった。
G農場	整腸作用が期待される経口資材を給与した。	一定の効果が得られ、意識啓発にもつながった。
H農場	脱臭槽への臭気低減資材（2種類）散布した。	明確な効果は得られなかったが、意識啓発につながった。
I農場	原尿槽全面をポリカ波板で覆い密閉化した。また、原尿の固液分離施設にカーテンを設置し、密閉化した。	比較的多額の費用が発生したが、顕著な効果が得られた。

5. 最後に

今回紹介した GPS ロガーと畜環研式ニオイセンサを組み合わせた臭気マップ作成法については、まだ、機器の取り扱いや測定条件、データ処理方法など、検討すべき課題が残されているが、リスクを考慮しつつ積極的に現地支援のツールとして活用していくことが、生産現場における臭気対策の課題解決につながるものと考えている。

6. 参考文献

- 1) 栃木県農政部畜産振興課. 資源循環型畜産確立対策資料. 平成27年3月.
- 2) 山本朱美、古谷修、小堤恭平、小川雄彦比古、吉栄康城. 2008. 畜産臭気における臭気指数と市販ニオイセンサ指示値との関係. 日本畜産学会報 79(2), 235-238.

堆肥施設向け気化脱臭装置

堆肥施設向け気化脱臭装置

さわやか
「爽」

2017年11月9日

株式会社シー・エス・エンジニアリング

1. 概要

堆肥施設より排出されるアンモニア等の臭気を、気化脱臭装置「爽」^{さわやか}の消臭ガスによって中和分解させ、脱臭するものである。

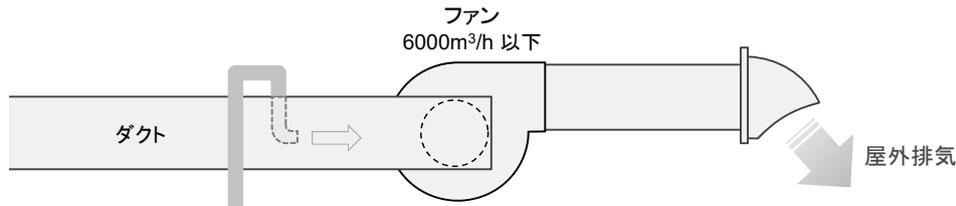
2. 装置概要 (1台あたり)

装置名：気化脱臭装置「爽」^{さわやか}
本体寸法：W500×H600×D220
重量：30kg(乾燥重量)
 最大 50kg(消臭液充填時)
電源：AC100V 30W



〔実績値〕 脱臭率 70%程度

3. 気化脱臭装置「爽」の特長



本体装置内で気化された消臭液を排気ダクトに接続し、ダクト内に流れる悪臭を中和分解し、大気に放出する方式です。

- ・ 月1回の消臭液補充を行うことで脱臭効率一定
- ・ 臭気に応じて、消臭液量を調整できる (仕様変更・クレーム対応)
- ・ 静圧がかからないので、ファンの仕様及び動力費の削減
- ・ 施工時のメンテルトの確保やダクト納まり、スペースの向上
- ・ 設備工程の短縮
- ・ 排水不要
- ・ CO₂ 排出なし

消臭液
10ℓ/箱入り
(平均 1ヶ月分)

気化脱臭装置「爽」
電源: 単相100V 30W

高さ: 675
奥行き: 224
幅: 500

4. 他社比較表

方式	特徴	脱臭性能			コスト		総合評価
		効果	内容	評価	イニシャル	ランニング	
オゾン脱臭方式	オゾンの酸化力で臭い成分を分解	50% 以下	高濃度のオゾンは発生させられないため脱臭効果に限界	×	×	○	×
薬液洗浄方式 (酸・アルカリ・酸化剤)	薬剤により中和及び酸化させ分解	50% 程度	・ 薬液の濃度調整が困難 ・ 臭い成分と薬液の接触効率に限界 ・ 排水処理が必要	△	○	△	△
活性炭脱臭方式	多孔質の微細孔に臭い成分を吸着	初期 70% 半年後 50%以下	吸着方式のため、初期効果は高いがすぐ効果が下がる	×	△	×	×
光触媒脱臭方式	酸化チタンに紫外線を照射し酸化分解	50 ~ 70%	・ 光触媒フィルターが汚れると効果が弱くなる ・ フィルター面速を1m/s以内にしないと反応できない	△	×	△	×
消臭液気化方式	天然植物オイルの消臭液を気化ガス化させ、臭い成分と接触し中和分解	70%程度	・ 消臭液を気化ガス化させるため、臭い成分と接触しやすくなり、効率が高くなる ・ 気化ガス接触のため、効率が一定	○	○	○	○

5. 他社製脱臭装置(例)

活性炭装置



燃焼装置



セラミック装置



スクラバー装置



5

6. 低減効果の事例

豚舎 堆肥施設	濃度	脱臭削減率
アンモニア	30ppm → 10ppm	67%

コンポスト	濃度	脱臭削減率
アンモニア	900ppm → 230ppm	74%

豚舎 肥育施設	濃度	脱臭削減率
アンモニア	10ppm → 3ppm	70%
アミン類	6.5ppm → 3ppm	54%

鶏舎 堆肥施設	濃度	脱臭削減率
アンモニア	200ppm → 75ppm	63%
トリメチルアミン	128ppm → 66ppm	48%

測定結果報告書

発行番号: E132118 - 1/1
 受付番号: G2013-50093
 発行年月日: 2013年9月2日

株式会社 シー・エス・エンジニアリング 御中
 件名: 豚舎排気 臭気測定
 事業者: 中外ドラッグ株式会社
 住所: 広島県広島市西区徳川町9番12号
 事業所: 猪苗代県立畜産センター
 所在地: 千葉県緑区大野台2丁目2番16
 TEL: 043-295-1101

臭気測定認定事業所登録番号: 第239 (04) 号
 臭気判定士: 則行 清美

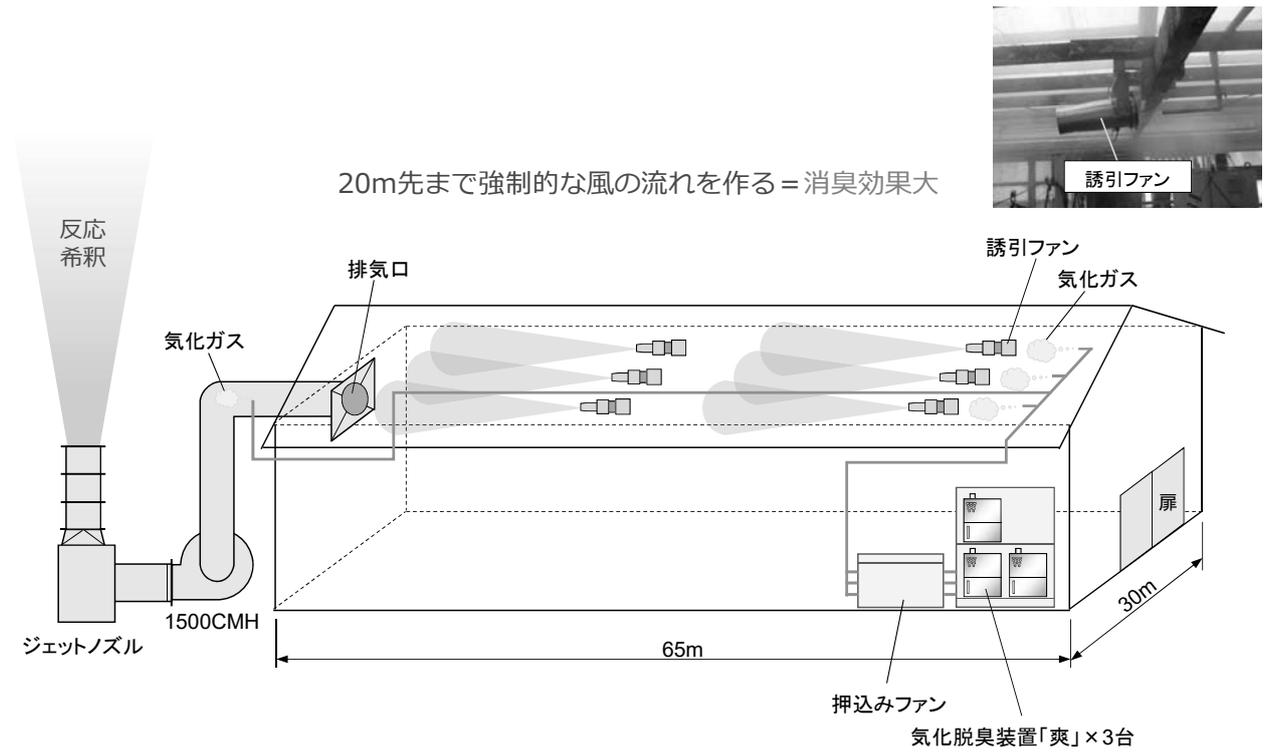
※依頼による測定結果を、下記のとおり報告致します。

採取場所:	採取年月日:	2013年9月2日			
試料名①: 畜舎作業室 豚臭 ②: 畜舎作業室 脱臭後					
測定の対象	測定の方法	単位	試料①	試料②	-
臭気指数	訂欄告第63号	-	35	27	-
臭気濃度	訂欄告第63号	-	3200	500	-

訂欄事項
 訂欄告第63号(平成27年農林庁告示第63号) 最終改正:平成22年4月15日(農林庁告示第55号)

6

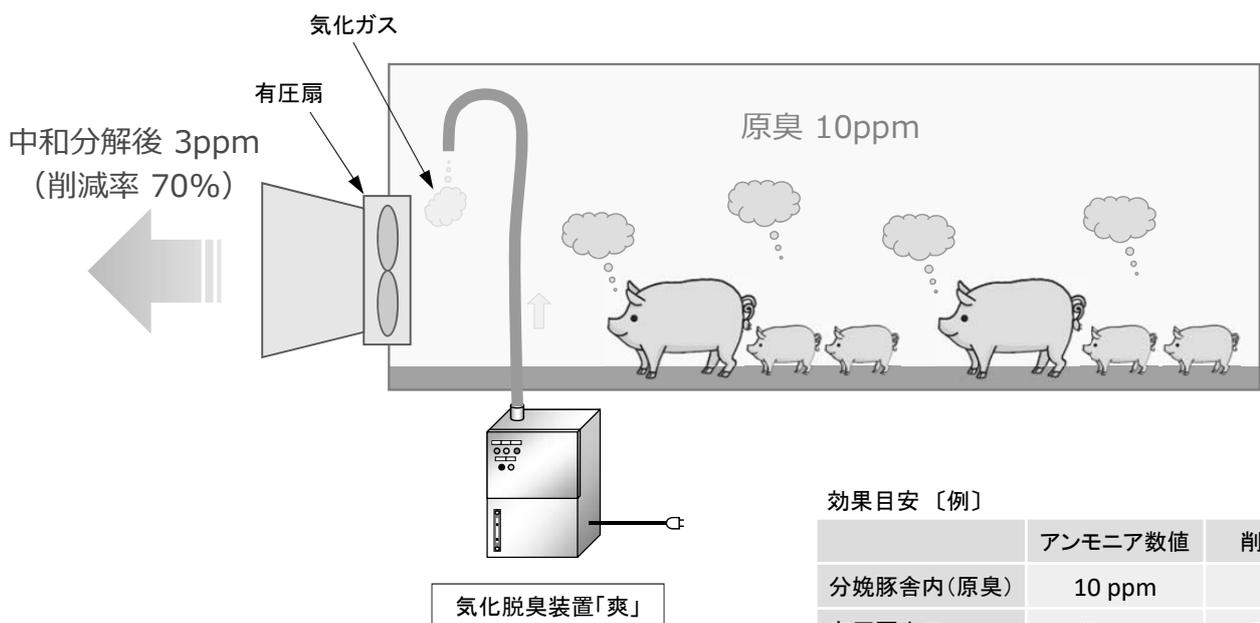
7. 堆肥施設（群馬県某農場）



7

8. 豚舎 排気

〔例〕原臭 10ppm(アンモニア) → 気化ガスにて中和分解後 3ppm (削減率 70%)



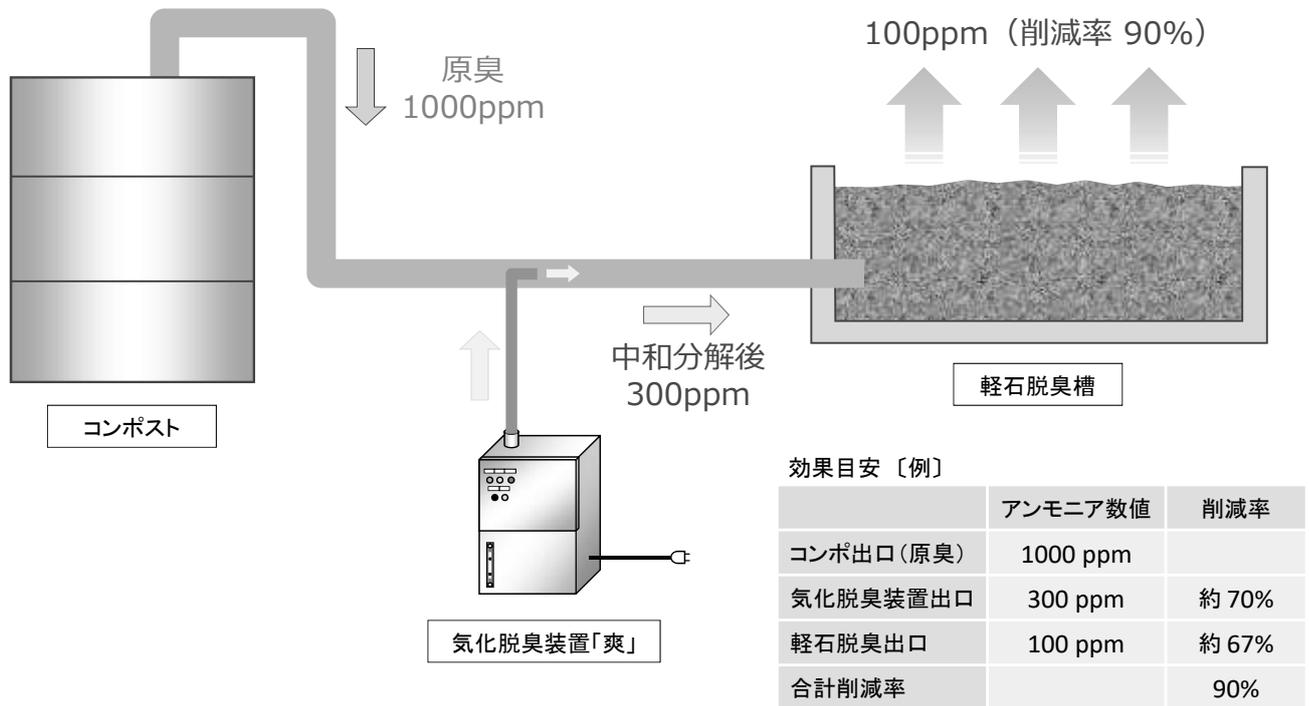
効果目安〔例〕

	アンモニア数値	削減率
分娩豚舎内(原臭)	10 ppm	
有圧扇出口	3 ppm	70%

8

9. コンポスト 臭気処理フロー

〔例〕原臭 1000ppm(アンモニア) → 気化ガスにて中和分解後 300ppm (削減率 70%) → 軽石脱臭槽 100ppm(削減率 90%)

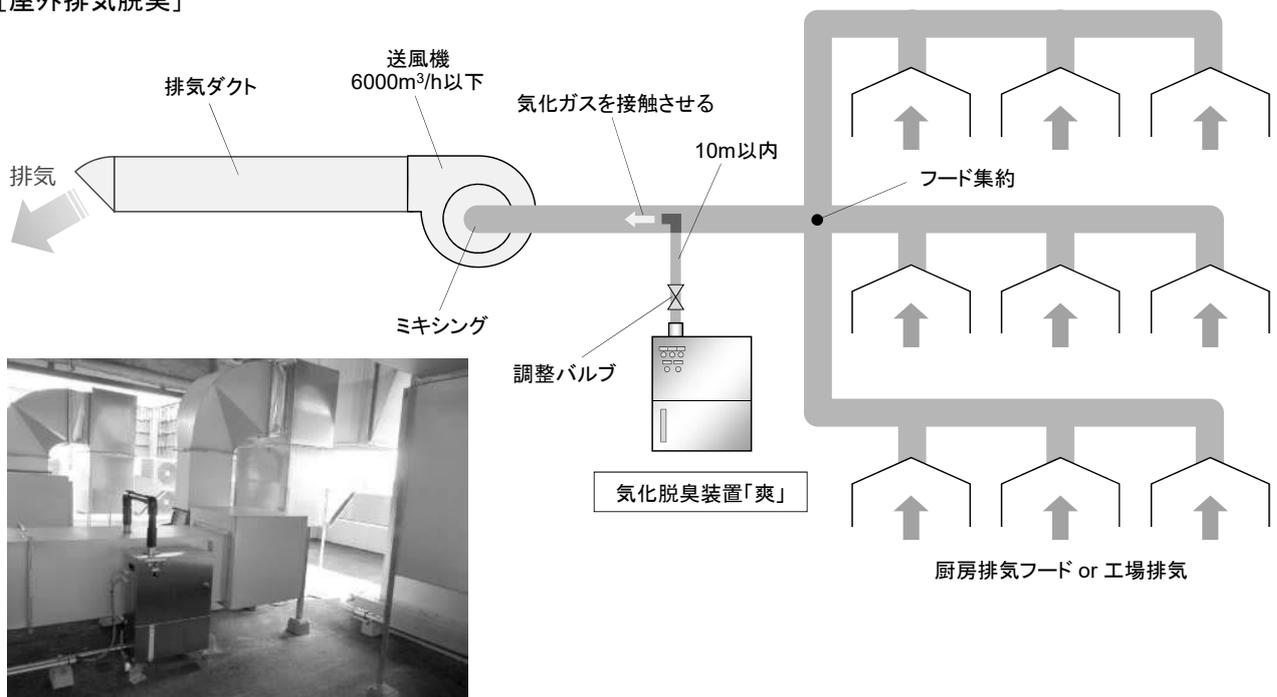


9

10. その他実績

畜産農場・産廃・水産加工・食品飲料工場・厨房排気に特に需要あり

〔屋外排気脱臭〕



11. 銀座大型商業施設



屋上の最上階に「爽」35台設置！

硫黄脱窒による生物脱臭装置の窒素除去能強化
に向けた検討

硫黄脱窒による生物脱臭装置の窒素除去能強化に向けた検討

農研機構 畜産研究部門 畜産環境研究領域

安田 知子

1. はじめに

畜産現場で利用される脱臭方法には、各種の方法があり、それぞれに一長一短がある。生物脱臭法は、臭気成分を捕集した後、微生物を保持する脱臭担体に通気し、臭気成分を吸着、吸収するステップと、微生物の働きにより分解するステップにより脱臭する技術である。吸着法や燃焼法、薬液処理法などと比較すると、対象とする臭気は低濃度域であるが、運転コストが抑えられるというメリットがある¹⁾。

畜産分野で比較的良好に用いられている形態としては、土壌脱臭、ロックウール脱臭、軽石脱臭、おが屑、ピートなどの脱臭担体を充填したものや、ハニカム脱臭と呼ばれる散水ろ床(ぬれ棚)タイプのもの^{2)、3)、4)}があるが、いずれにおいても、臭気成分が吸着、吸収され、微生物の酸化分解によって臭気成分が除去されるという基本的なメカニズムは同様である⁵⁾。畜産現場で問題となる臭気は窒素化合物、硫黄化合物、炭素化合物に大きく分類できるが⁶⁾、これらの成分は脱臭装置内で酸化され、有機物は最終的に二酸化炭素と水に、窒素は硝化作用により亜硝酸や硝酸に、イオウは亜硫酸や硫酸になり、酸化生成物は排水中に放出されることになる。実際に、脱臭排水には、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素が含まれる。硝酸性窒素等は水質汚濁防止法による排水の規制対象となっており、適切に処理する必要がある。

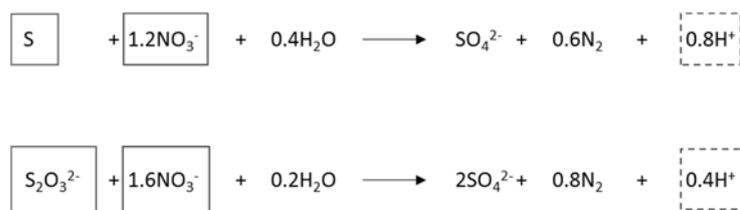
2. 堆肥化からのアンモニア揮散量と生物脱臭装置の窒素バランス

堆肥化の過程で揮散するアンモニアについて、家畜ふん尿中の窒素排泄量の原単位^{7)、8)、9)}、飼養頭羽数¹⁰⁾、全国の頭数ベースの排泄物処理方法の調査データ¹¹⁾、畜種とふん尿処理方式に対応したアンモニア揮散割合⁸⁾を基に試算を行った。ふん尿中の含まれる窒素に対して、乳牛で約6%、肉牛で約13%、豚で約8%、鶏で29~45%が堆肥化時にアンモニアとして揮散すると試算された。これらのアンモニアを放置することは、酸性雨や富栄養化、河川の水質汚濁、温室効果ガスの増加などの環境汚染につながる¹²⁾。一方、生物脱臭装置での窒素バランスを考えると、ロックウール脱臭担体を用いて調べたところ、流入アンモニアに対して、循環水中には持ち込み分に流入分を加えた量を100%とすると、5~10%の窒素が移行し、運転日数を経るにつれて循環水中の存在量が増えていた¹³⁾。脱臭装置の運転条件により排水中に移行する窒素量および窒素の組成は変化する可能性がある。脱臭排水に含まれる窒素は、肥料として利用されれば、資源循環の観点から望ましいが、成分の安定性や広域利用の際の輸送費など課題も多く、窒素を除去

する手段を用意しておく必要がある。

3. 硫黄脱窒

窒素を含有する脱臭排水を処理する方法としては、さまざまな方法が考えられるが、常時通気している脱臭装置内でも脱窒菌が存在し、窒素除去に寄与していることが示唆されているため¹⁴⁾、脱臭槽とは別に排水処理槽を設けるのではなく、脱臭装置内で硫黄脱窒反応を利用することを試みた。硫黄脱窒とは、独立栄養の微生物によって硫黄源を電子供与体として硝酸を還元する反応であり、反応式は以下のとおりである¹⁵⁾。



生物脱臭装置に組み込む方法として硫黄脱窒を選んだ理由としては、従属栄養の脱窒菌が優先すると、装置の閉塞に繋がること、残存有機物を処理する必要があること、独立栄養の硝化が抑制されること、また、畜産排水処理の研究が先行して行われておりこれまでより安価に硫黄脱窒に必要な硫黄資材が入手できる見込みがあること¹⁶⁾、硫黄脱窒菌は従属栄養の脱窒菌より増殖速度が遅いものの、たとえば *Thiobacillus thiophilus* で 0.051/h で¹⁷⁾、硝化細菌と同程度で (0.012~0.088/h)¹⁸⁾、装置の再立ち上げも比較的容易であることなどがあげられる。

生物脱臭の試験に先立ち、硫黄脱窒反応に与える酸素の影響を調べた。窒素の安定同位体を用いたトレーサー法により、チオ硫酸を電子供与体とした硫黄脱窒活性を測定した。畜舎汚水を処理する排水処理施設から採取した活性汚泥を種汚泥とし、硫黄脱窒条件¹⁹⁾で集積したものをを用いた。集積汚泥を MLVSS 150mg/L に希釈し、バイアル瓶にて¹⁵NO₃⁻を添加し 28℃で 5 時間静置培養した。³⁰N₂ 生成量を GC/MS で測定し、生成速度から脱窒活性を求めた。培養液中の酸素濃度については、培養開始前後に非接触・非破壊酸素濃度計 (Fibox3, PreSens) を用いて測定した。その結果、溶存酸素濃度がわずかに存在すると脱窒活性は急激に低下するが、培養時平均の溶存酸素濃度が 5% 程度でも最大活性 (182.7 μmol/g VSS/h) の約 30% 維持されていた。

4. 小規模リアクター試験でのアンモニアと窒素除去

硫黄脱窒を生物脱臭に組み込むことが可能であるかを、小規模リアクター試験を用いて調べた。まず試験 1 では、プラスチック製円筒容器 (直径 7.5cm、高さ 30cm) に脱臭担体を 0.84~0.88L 充填し、約 100ppm のアンモニアを毎分 0.42L で下部から通気し 52 日間 20℃ の恒温室内で運転した。脱臭担体として粒状ロックウール (穀殻、ゼオライ

ト、ウレタンチップを含む；パナソニック環境エンジニアリング（株）、または大谷石（粒径2～約10mm；大谷石材協同組合）に活性汚泥を接種して試験に供試した。循環水は上部から1～4日毎に1回、約27ml散水した。硫黄添加区と無添加区を設け、運転開始後14日目に、硫黄添加区に硫黄脱窒集積汚泥とチオ硫酸ナトリウムを添加し、循環水中の無機態窒素濃度の変化を硫黄添加の有無で比較した。チオ硫酸ナトリウム添加前には、同じ担体を用いたリアクター間でイオン成分は同様の挙動を示していたのに対し、硫黄添加後には、無添加区と比較して硫黄添加区において循環水中の硝酸態・亜硝酸態濃度の減少と、硫酸の増加が確認された。試験終了時では、循環水中の無機態窒素濃度は、チオ硫酸ナトリウムの添加により、ロックウール区と大谷石区でそれぞれ28%と44%低減した。一方、硫黄添加により特に大谷石区でアンモニウム態窒素濃度が増加し、pHが低下する傾向がみられた。

硫黄脱窒を担う微生物については、主に *Thiobacillus* 属に属する細菌が知られている。試験1の脱臭担体サンプルからDNAを抽出し、細菌の16S rRNA遺伝子をターゲットとした微生物叢解析を行ったところ、硫黄脱窒能を持つ *Thiobacillus* 属の菌が0.002～0.01%の割合で存在していることを示唆する結果を得た。硫黄無添加区ではこれらの配列は検出されなかった。

5. pH制御の重要性

上記の反応式からわかるように、硫黄脱窒は硝化と同様、pHを下げる反応である。試験1において、アンモニウム態窒素濃度の増加は、pHの低下と関係していることが示唆された。アンモニウムイオンの酸解離定数 pK_a は9.25 (25°C) であり、pHの低下により、遊離 NH_3 濃度が減少する。そのため、アンモニア酸化活性は基質の減少により低下が起ることが考えられた。20°Cにおいて遊離 NH_3 濃度はpH7の前後で大きく変化するため、試験2では試験1と同様のリアクターに大谷石を充填し、散水時のpHを6.7あるいは7.7前後にコントロールする処理区を設け、pHの影響を検討した。その結果、pHを7.7付近に維持した場合に無機態窒素の減少量が有意に増加していた。炭酸カルシウムを循環水貯めに添加することで、両区ともpHを7.3前後に維持でき、循環水中の無機態窒素は一ヶ月以上安定して両区でそれぞれ32%と39%減少した。なお、硫黄添加区では亜硝酸濃度が高くなる傾向があり、pH6.7で運転していた区で顕著であった。

試験2において、硫黄添加により減少した窒素量を硫黄無添加区との差から求め、投入したチオ硫酸の量から計算すると、窒素1gを除去するのに対してpH6.7区で22.0±12.7g、pH7区で12.9±4.2gの硫黄が必要であった。理論値は菌体合成を考慮しないと窒素1gに対し硫黄2.9gであるが、菌体合成を考慮すると、3.9gと計算されている²⁰⁾。これに対し、畜舎排水処理では、必要な硫黄量の目安としてS/N比（重量ベース）で約7という値が示されている²¹⁾。

6. 残された課題

今回の検討により、循環水に硫黄源（チオ硫酸ナトリウム）を添加することで、硫黄脱窒を生物脱臭装置に組み込めることが確認できた。また、その際には循環水中の pH の低下を抑制することが重要であることが示された。アンモニア以外の臭気成分が硫黄脱窒反応に与える影響、あるいは硫黄資材の添加が他の臭気成分除去に与える影響を精査する必要があるため、現在、堆肥排気を用いた試験を実施している。さらに、添加する硫黄資材量をできるだけ減らし、窒素処理にどれほど有効性があるかを検証する必要がある。また硫黄添加により脱窒の中間代謝産物の発生量が増える可能性があり、詳細な検討は今後の課題として残されている。

謝辞

硫黄脱窒を付与した生物脱臭技術の基礎的検討は、農林水産省委託プロジェクト「家畜ふん尿処理過程からの悪臭低減技術の高度化」により実施しました。ここに記して謝意を表します。

引用文献

- 1) 道宗直昭 (2014) 畜産におけるこれからの脱臭技術の考え方ーわが国の畜産に適した臭気対策をー 畜産コンサルタント 50:12-16.
- 2) Melse RW, Mol G (2004) Odour and ammonia removal from pig house exhaust air using a biotrickling filter. *Water Science and Technology* 50:275-282.
- 3) Kristiansen A, Lindholm S, Feilberg A, Nielsen PH, Neufeld JD, Nielsen JL (2011) Butyric acid- and dimethyl disulfide-assimilating microorganisms in a biofilter treating air emissions from a livestock facility. *Applied and Environmental Microbiology* 77:8595-8604.
- 4) 泉 稔久 (2014) バイオフィルターシステムによる臭気低減効果ー生物膜に臭気成分と粉じんを吸着させ硝化ー 畜産コンサルタント 50:32-35.
- 5) 本多淳裕 (1988) 第1章 生物脱臭のための基礎知識. 生物脱臭の基礎と応用ーバイオテクノロジーの新分野ー. (社) 臭気対策研究協会. pp. 1-48.
- 6) 羽賀清典 (2015) においの見える化と悪臭対策. 畜産環境情報 61:21-26.
- 7) 畜産環境整備機構 (1998) 家畜ふん尿処理・利用の手引き. 畜産環境整備機構. 東京. 202pp.
- 8) 寶示戸雅之、池口厚男、神山和則、島田和宏、荻野暁史、三島慎一郎、賀来康一 (2003) わが国農耕地における窒素負荷の都道府県別評価と改善シナリオ. 日本土壤肥料学雑誌 74:467-474.
- 9) Ogino A, Murakami H, Yamashita T, Furuya M, Kawahara H, Ohkubo T, Osada T (2017) Estimation of nutrient excretion factors of broiler and layer

- chickens in Japan. *Animal Science Journal* 88:659-668.
- 10) 農林水産省統計情報 畜産統計調査
<<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tikusan/index.html>>
 - 11) 農林水産省生産局畜産部 (2011) 家畜排せつ物処理状況調査結果.
<<http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/pdf/syori-joukyou.pdf>>
 - 12) Hayashi K, Yan X (2010) Airborne nitrogen load in Japanese and Chinese agroecosystems. *Soil Science and Plant Nutrition* 56:2-18.
 - 13) Yasuda T, Waki M, Kuroda K, Hanajima D, Fukumoto Y, Yamagishi T, Suwa Y, Suzuki K. (2013) Responses of community structure of amoA-encoding archaea and ammonia-oxidizing bacteria in ammonia biofilter with rockwool mixtures to the gradual increases in ammonium and nitrate. *Journal of Applied Microbiology* 114:746-761.
 - 14) Yasuda T, Waki M, Fukumoto Y, Hanajima D, Kuroda K, Suzuki K (2017) Characterization of the denitrifying bacterial community in a full-scale rockwool biofilter for compost waste-gas treatment. *Applied Microbiology Biotechnology* 101:6779-6792.
 - 15) Sierra-Alvarez R, Beristain-Cardoso R, Salazar M, Gómez J, Razo-Flores E, Field JA (2007) Chemolithotrophic denitrification with elemental sulfur for groundwater treatment. *Water Research* 41:1253-1262.
 - 16) 長谷川輝明、笠原和久、田中康男 (2016) 養豚排水の硫黄脱窒処理に利用する高性能資材の開発. 日本畜産環境学会会誌 15:44-50.
 - 17) Kellermann C, Griebler C (2009) *Thiobacillus thiophilus* sp. nov., a chemolithoautotrophic, thiosulfate-oxidizing bacterium isolated from contaminated aquifer sediments. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 59:583-588.
 - 18) Prosser JI (1989) Autotrophic nitrification in bacteria. *Advances in Microbial Physiology* 30:125-181.
 - 19) 橋本 奨、古川憲治、塩山昌彦 (1989) 硫黄脱窒菌の集積と単体硫黄への順養. 水質汚濁研究 12:431-440.
 - 20) 三木 理、加藤敏朗、伊藤公夫 (2001) 硫黄酸化細菌の造粒化と高濃度硝酸性窒素含有廃水への基礎的適用検討. 水環境学会誌 24:551-556.
 - 21) 長谷川輝明、田中康男 (2012) チオ硫酸ナトリウムを利用した畜産排水の窒素低減技術. 日本畜産環境学会会誌 11:46-56.

畜舎内のダスト低減技術の開発

畜舎内のダスト低減技術の開発

(一財)畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所
研究員 小堤 悠平

背景

畜産の生産現場と一般住民の居住場所の近接化や国民の環境問題への関心が高まる中、畜産の悪臭苦情が深刻化しており、畜産に対する苦情の55%(特に養豚が60%で最も深刻)を占めている。畜舎内で発生するダストに臭い物質が吸着し、それらが畜舎から拡散されることで臭気の問題が起こっているとの指摘がある。ダストは、生成過程の違いによりエアロゾル、フューム、ミスト、ばいじんなどと呼ばれている。ダストの発生は、餌、敷料、乾燥したふんなどから発生するが、ダストの80~90%が餌由来によるものだと報告されている。

離乳後の死亡原因の多くは、呼吸器病に起因するとも言われ、いかに畜舎内に浮遊しているダストを低減するかが重要になる。また、欧米や欧州(特にデンマーク)では、植物油を畜舎内に散布することでダストや臭気の低減が試みられているが、油の凝固による散布ノズルの詰まり、油と水の混ざり方の不均一性、油によって滑りやすくなることで労働環境の悪化を招くなどデメリットも指摘されており、散布方法についてはまだまだ課題が多いのが現状である。そこで、油と水を均一に混ぜる乳化技術を使い、ノズルを詰まらせることなく油を散布する技術を開発した。さらに、乳化液を実際の畜舎に散布することで、ダストや臭気に及ぼす影響について紹介する。

(1) 散布油の検討

各種食用油の性質(ヨウ素価)と価格から、サラダ油、大豆油、菜種油を選定した。食用油の取り扱いについて、植物油については引火点が250℃未満だと可燃性液体として2 m³以上の保管が規制される。引火点は、サラダ油254℃、大豆油282℃、菜種油317℃なので、この規制の対象には当たらない。これらより、本試験ではサラダ油を選定した。また、油を散布することで豚の健康および呼吸器官への害は確認されていないことが報告されている。

(2) 散布ノズルの検討

粒径、散布範囲、メンテナンス性、耐久性、価格をもとに、乳化液散布に適したノズルを検討した。乳化液の散布は空中を舞うような微細な粒子は、床面以外への付着や、粉じん爆発、豚の健康を害する原因となるため、粒径が150μm以上のものとした。この条件を満たすノズルとして、キリナシESチップ(N-ES-5:ヤマホ工業株式会社)を選定した。また、使用候補に挙げたいずれのノズルも、油だけを噴霧しようと試みたが、直接噴霧はできなかった。

(3) 乳化剤について

乳化剤は①TO-30V+SO-10V、②TGI-20、③DGMO-CV+SO-10V（いずれも(株)日光ケミカルズ）を使用した。試験に供試した乳化剤は、食品や化粧品に用いられ、家畜や人体に対して安全性の高いものとされている。いずれの乳化剤もサラダ油の濃度が5%の時、乳化液が安定した。先ほど選定したノズル（キリナシ ES チップ）は、油濃度が5%の乳化液を水と同様に問題なく噴霧できることを確認した。なお、油濃度が10%以上では乳化液が安定せず（クリーミング）、また、粘度が高くなり選定したノズル（キリナシ ES チップ）で噴霧することができなかった。それらより、この乳化剤に対しての油の添加濃度は5%が適切であると考えられた。

（4）乳化液によるダスト低減試験（室内試験）

植物油を畜舎内に散布することでダストや臭気の低減が図られているが、乳化液がダスト低減に有効であるかは事前に試験を行う必要がある。そこで、ベビーパウダー（粒径約10 μ m）を畜舎内のダストに見立て、そこに乳化液を噴霧して、パウダーの飛散率からダスト低減能力を評価した。具体的には、アルミトレーにベビーパウダーを薄くのせ（0.5g）、水か乳化液を噴霧後、送風機でパウダーを飛散させた。水と乳化液の散布量は100ml/m²とした。その結果を図1に示した。乳化液（油濃度5%）を散布した区は、対照区と水のみ区にくらべて、有意に飛散するパウダーが低下することが認められた。水のみでもパウダーの飛散を防止できるが、乳化液を散布する方が、パウダー自体の飛散を即効で抑制し、抑制する効果が長く続くことが確認された。これらより、乳化液はダスト低減に（水のみを散布する場合にくらべて）有効であると考えられた。

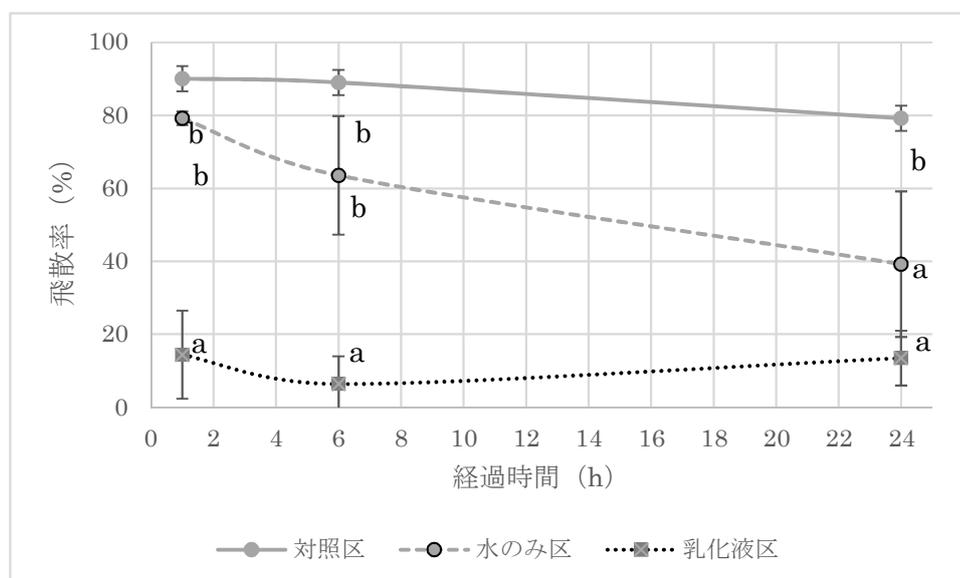


図1 各処理区の時間あたりのパウダー飛散率
（異符号間差で有意差有り（ $P < 0.05$ ））

(5) 乳化液によるダストおよび臭気低減試験（実豚舎）

乳化液の散布試験をI畜産（母豚220頭規模の一貫経営）の肥育豚舎で行った。乳化液散布期間は1週間（毎日朝8時に、一日一回散布）とし、ダスト濃度および臭気の測定を行った。肥育豚舎を大きく2つに区分し、半分には乳化液を散布する試験区、もう半分には何も散布しない対照区とした。散布ノズルは約2mの高さに設置した。肥育豚舎（冬季、カーテンを閉じたウィンドレス状態）において、乳化液の散布を行った（乳化液の散布量は、100ml/m²）。乳化液散布によるダスト濃度と臭気指数相当値の推移を図2、3に示した。乳化液を散布すると、しない場合に比べてダスト濃度が約1/3に低下した。また、豚舎内の臭気は、試験区も対照区も変化が認められなかったが、これは臭い物質が付着したダストを床面に落としただけでは、豚舎自体の空間の臭気を低減にするまでには至らないことが考えられた（床面に落ちたダストから臭いが発生している）。しかしながら、乳化液散布によりダストが有意に低下していることから、ダストに付着している臭い物質の外部への拡散は低下させることができることが示唆された。夏の開放豚舎の時にも同様の試験をしており、冬季（ウィンドレス状態）に比べて豚舎内のダスト濃度が低い夏季は、乳化液の散布量が10ml/m²/日でもダスト濃度の低減が認められている。

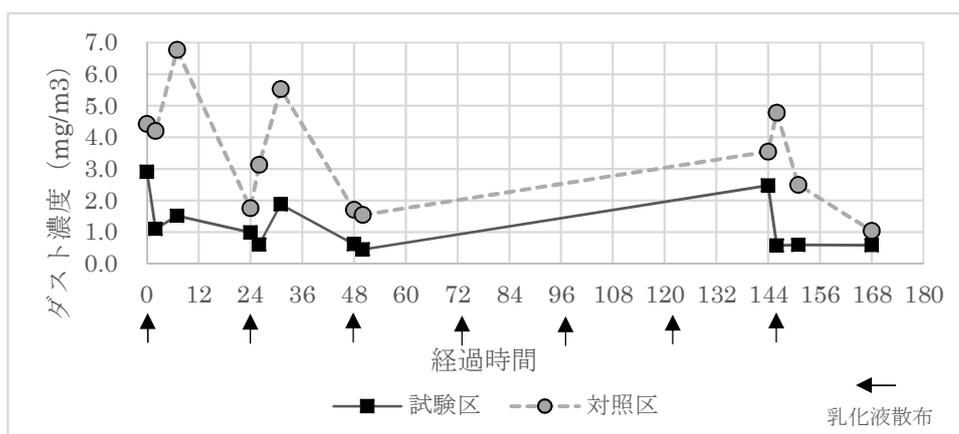


図2 乳化液散布によるダスト濃度の推移（冬季）

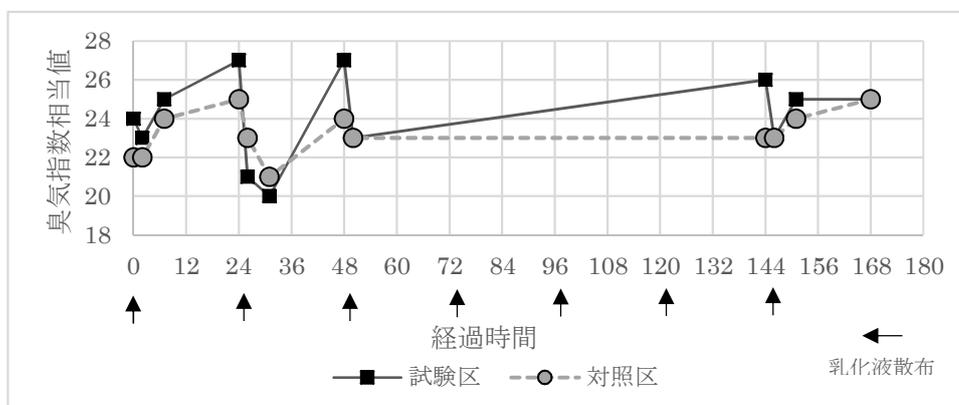


図3 乳化液散布による臭気指数相当値の推移（冬季）

動力噴霧器や散布ノズルを設置できない場合を想定し、背負式電動噴霧器を用いて乳化液の散布も行った（乳化液の散布量は、 $100\text{ml}/\text{m}^2$ ）（写真1）。ウィンドレスの離乳豚舎で試験を行った（同週齢の豚が入った2豚房を使用し、一つの豚房には乳化液を散布する試験区、もう一つの豚房には何も散布しない対照区とした）。使用したノズルは、動力噴霧器で使用したノズルと同等の能力のものを使用した（キリナシ ES チップ（NN-Y-10S：ヤマホ工業株式会社））。離乳豚舎で乳化液を散布すると、しない場合に比べて一時間後の豚舎内と換気扇通過後のダスト濃度が有意に低下していることが確認された（散布 6、24 時間後は変わらなかった）。離乳豚舎でのダスト低減効果が、肥育豚舎に比べて効果が続かなかったのは、背負式電動噴霧器での散布が影響したことが考えられた。背負式電動噴霧器と動力噴霧器では、乳化液散布量がともに $100\text{ml}/\text{m}^2$ と同等だが、背負式電動噴霧器は、移動しながら噴霧を上下左右に変化させたが、肥育豚舎では、約 2m の高さから一定量を安定的に散布した。これらより、ダスト低減には、一定の高さから安定的に散布することが有利だと考えられた。また、乳化液散布によって少なくとも 1 時間は外部にダストが拡散されるのを防げたことが示されたが、背負式電動噴霧器を用いた乳化液の散布間隔については今後、要検討である。



写真1 背負式電動噴霧器による乳化液散布中の様子

（6）乳化液のコスト

乳化液を散布する場合のコストを試算した（表1）。I 畜産の肥育豚舎（40 豚房/ 576m^2 、16 頭/豚房）の場合、乳化液のコストは 263 円（夏季）～2,639 円/日（冬季）で、豚一頭当たりのコストは、0.41 円（夏季）～4.1 円（冬季）と見積もられた。同規模の肥育豚舎の場合、乳化液のコストは同程度だと思われる（使用した乳化剤の価格については、研究段階のものであり、変動する可能性がある）。

表1 乳化液のコスト試算 (I 畜産)

乳化液の散布量	10 (夏季)	100 (冬季)	ml/m ² /日
肥育豚舎あたりの散布量	5.76	57.6	L/576m ² /40 豚房/日
豚房あたりの豚数	16	16	頭/豚房
豚房あたりの豚数	640	640	頭/40 豚房
サラダ油 (5%)	288	2880	ml/576m ² /40 豚房/日
乳化剤 TO-30V (1.72%)	99	991	ml/576m ² /40 豚房/日
乳化剤 SO-10V (0.49%)	28	282	ml/576m ² /40 豚房/日
①サラダ油コスト	72.0	720.0	円 (4500 円/18L)
②乳化剤 TO-30V コスト*	148.6	1486.1	円 (1500 円/L)
③乳化剤 SO-10V コスト*	42.3	423.4	円 (1500 円/L)
乳化液 (①+②+③)	263	2629	円/576m ² /40 豚房/日
豚一頭当たりのコスト	0.41	4.11	円/豚/日

*乳化剤の価格は、研究段階のものである。

(7) ま と め

乳化液を畜舎に散布する試験を通じて、床面が滑りやすくなったり、散布ノズルを詰まらせたり、豚の健康に害が出ることはなかった。また、ダストに付着している臭い物質の畜舎外への拡散が防げることが示唆された。

注意点としては、乳化液中に含まれる油は、低濃度だが BOD が非常に高いことである (乳化液の BOD は、約 54,000mg/L)。養豚農家の多くが污水处理施設を設置しているので、畜舎内のダストを低減するために乳化液を大量に使いすぎると後段の污水处理施設に大きな負荷をかけることになる。乳化液の散布量は、最少 10ml/m²/日から 200 ml/m²/日の範囲内での使用が望ましい。

今後の展望として、乳化液散布によって、畜舎空気中の微生物に対する影響や、他の技術 (脱臭資材の併用、畜舎外に遮へい壁を設置するなど) と組み合わせたダストおよび臭気対策の研究が必要になる。また、今回紹介した乳化液散布についての技術的な改善の余地があるので、それらの研究が進んだ段階で改めて報告が出来ればと考えている。

開放型畜舎と堆肥舎を対象としたネット利用
による脱臭技術の開発

開放型畜舎と堆肥舎を対象としたネット利用による脱臭技術の開発

群馬県畜産試験場 飼料環境係 砂原 弘子

はじめに

畜産経営に起因する苦情の約半数が悪臭に関するものであり、畜産経営において臭気対策は大きな課題の一つである。特に、畜産施設の大部分を占める開放型施設での臭気は有効な解決手段がなく、困難とされてきた。そこで、開放型畜舎や堆肥舎の開放面に展張したネットをクエン酸水溶液により湿潤させることで、施設内で発生するアンモニアを中和・除去する技術を開発した。

なお、本研究は農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（平成 26～28 年度）により実施した。

アンモニア臭気吸着ネットの処理方法の違いによる脱臭効果の検討

アンモニア臭気吸着ネットとして、

- ・クエン酸水溶液を一様に湿潤させるために繊維の親水化処理を行ったポリエステルネット
- ・市販のアンモニア吸着剤で処理を行ったポリエステルネット

を作製し、これらのアンモニア除去効果の検証を行った。

試験 1：小規模実験

実験室内の小規模実験(ネット幅 30cm×高さ 30cm)では、約 20ppm 程度のアンモニア臭気を生させ、10mm マス目のネット通過前後のアンモニア濃度をガス検知管法により測定した。

結果および考察

- 1 0.5%クエン酸水溶液により湿潤させたネットでのアンモニア除去率は9時間の測定中、90%以上で推移した(図1A)。ネットに散水したクエン酸水溶液を回収し、循環利用としたところ、クエン酸水溶液のpHは2.70から3.14に上昇した。
- 2 0.1%クエン酸水溶液を用いた場合、9時間の測定中、アンモニア除去率が経時的に低下しており(図1B)、循環利用したクエン酸水溶液のpHは2.72から4.33に上昇した。このことから、クエン酸水溶液にアンモニアが溶解することで、中和によりpHが上昇し、クエン酸水溶液へのアンモニアの溶解度が低下、その結果アンモニア除去率が低下したものと考えられた。
- 3 アンモニア吸着剤処理を行ったネットを用いた場合、9時間の測定中のアンモニア除去率は、無処理のネットの場合と同様に推移し、脱臭効果は確認されなかった(図1C、D)。

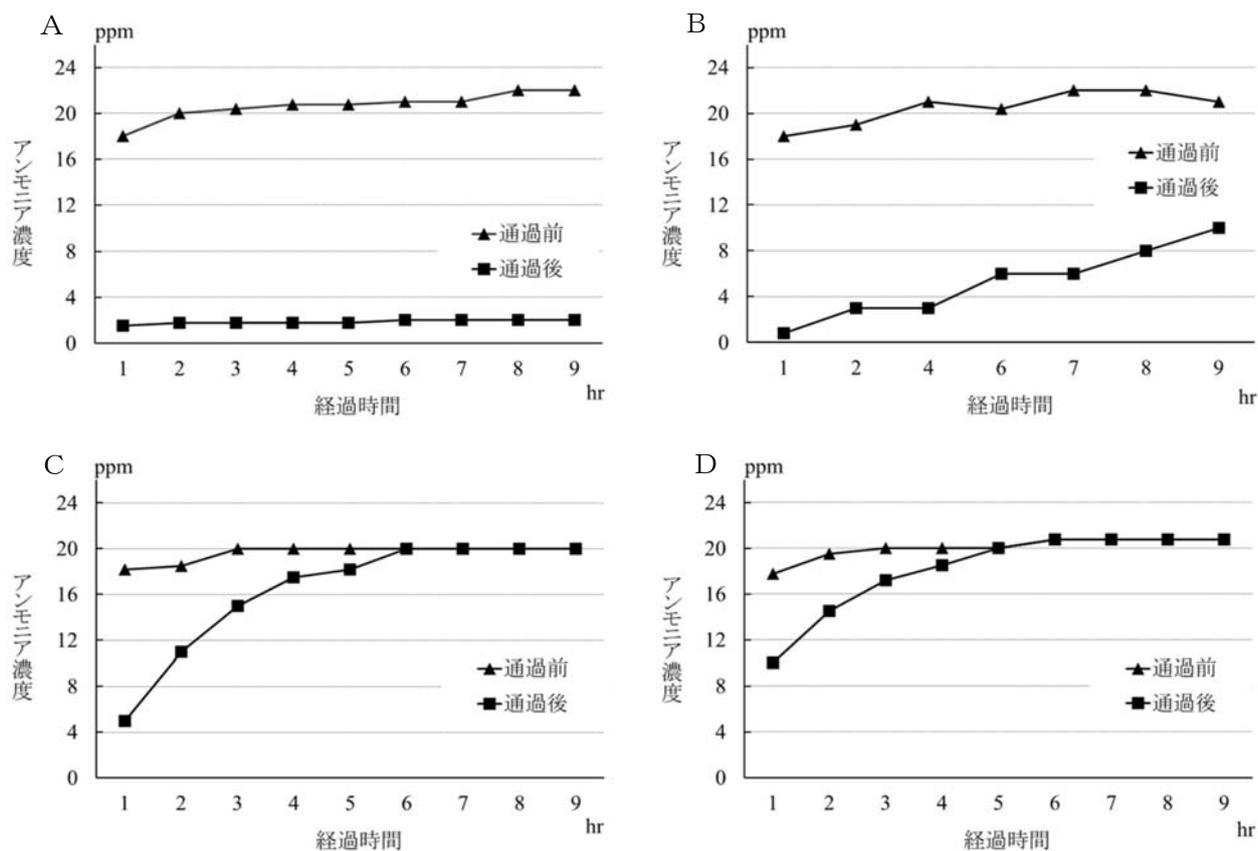


図1 小規模実験におけるアンモニア除去率

(A : 0.5%クエン酸水溶液湿潤、B : 0.1%クエン酸水溶液湿潤、C : アンモニア吸着剤、D : 無処理)

試験2 : 風洞実験

ビニールハウスを用いた臭気実験棟による風洞実験(ネット幅 2.0m×高さ 1.5m)では約 20ppm 程度のアンモニア臭気を発生させ、ネット通過前後のアンモニア濃度をガス検知管法により測定した。

結果および考察

- 1.0%クエン酸水溶液により湿潤させた 10mm マス目のネットによるアンモニア除去率は 8 時間の測定中、30%程度で推移した (図 2A)。
- ネットのマス目を 5mm に変更し、1.0%クエン酸水溶液に湿潤させたところ、アンモニア除去率の平均値は 40%に向上した (図 2B)。
- アンモニア吸着剤処理を行ったネットによるアンモニア除去効果は確認されなかった(図 2C)。

以上の結果から、アンモニア吸着剤処理を行ったネットを用いる方法については、実規模での利用は困難であると考えられた。

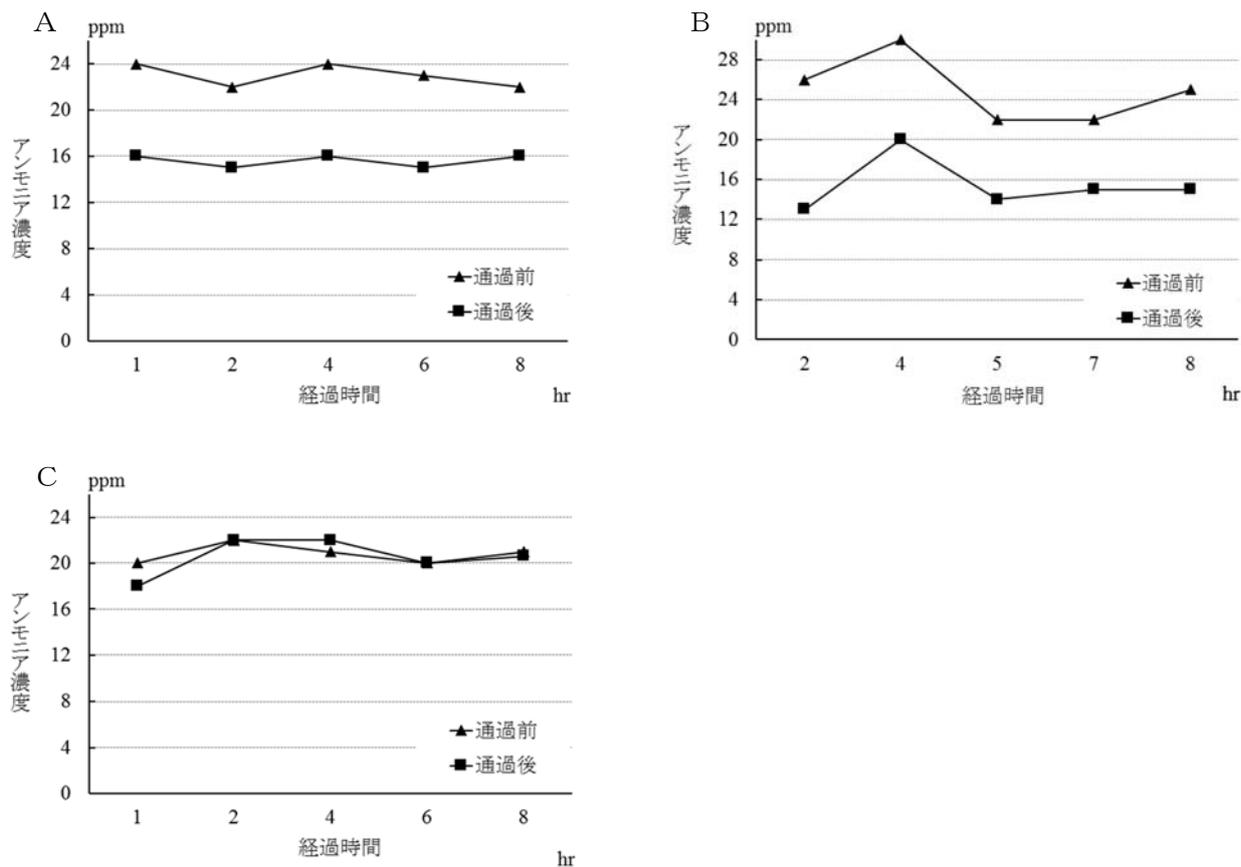


図2 風洞実験におけるアンモニア濃度の推移

(A : 1.0%クエン酸湿潤、10mm マス目、B : 1.0%クエン酸湿潤、5mm マス目、C : アンモニア吸着剤)

「ネット式脱臭装置」の開発

実規模の畜産施設に設置したネットを一様に湿潤させるため、繊維強化プラスチック (FRP) 製の散水装置を設計・試作した (図3)。

本装置は、「ネット式脱臭装置」として、平成27年7月に特許出願を行った (特願2015-149562)。

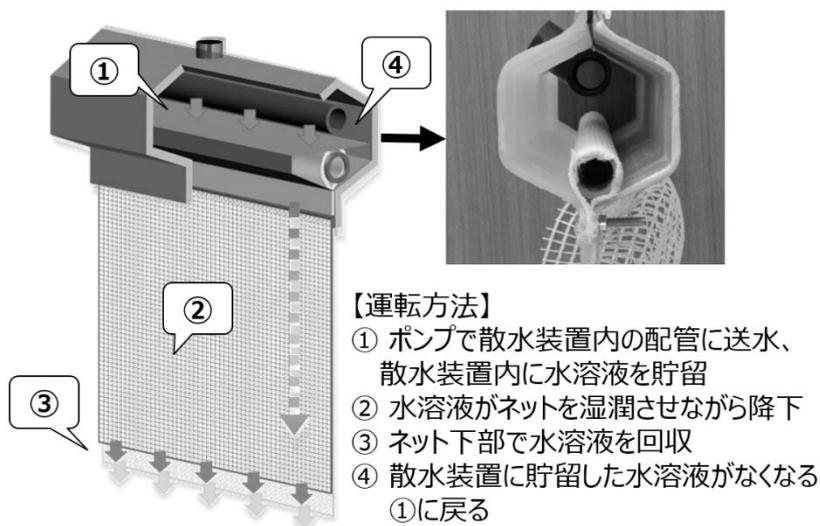


図3 開発品「ネット式脱臭装置」の概要

実規模試験用堆肥化施設における脱臭効果の検証（屋外実験）

実規模試験用堆肥化施設（間口 4.5m×奥行 6m×高さ 4m）において、「ネット式脱臭装置」によるアンモニア除去効果を検証した。施設開放面に装置（ネット幅 3m×高さ 3m）を設置し、ネットに水道水を散水した場合及び 0.2%クエン酸水溶液を散水した場合について比較した（図4）。調査項目は、牛ふん切り返し時の施設内外のアンモニア濃度（ガス検知管法）、ネット下部で回収された液の pH 及びアンモニア態窒素濃度（インドフェノール法）を測定した。



図4 実規模試験用堆肥化施設での試験

表1 実規模試験用堆肥化施設での脱臭効果

処理	アンモニア濃度(ppm)		pH		回収液 NH ₃ -N濃度 (mg/L)
	施設内 (間口付近)	ネット外	送液時	回収時	
ネットなし	25	8	-	-	-
ネットのみ	25	8	-	-	-
水道水を散水	18	10	6.46	8.50	30
0.2%クエン酸水溶液 を散水	25	4	2.67	3.31	118

注) 調査日時:平成28年10月19日15:00、気温20℃、風速0.2m/sec
水道水および0.2%クエン酸水溶液をかけ流しとし、回収液を分析。
定格出力100Wの水中ポンプを使用、10分毎に約5Lを供給。

結果および考察

- 1 ネットなし及びネット展張のみ時には、施設内アンモニア濃度が 25ppm であったのに対し、施設外ではともに 8ppm であった（表1）。
- 2 水道水散水時には施設内アンモニア濃度が 18ppm であったのに対し、施設外では 10ppm であった。
- 3 0.2%クエン酸水溶液散水時には、施設内アンモニア濃度が 25ppm だったのに対し、施設外では 4ppm となった。
- 4 回収された水道水及びクエン酸水溶液の pH は、水道水では 6.46 から 8.50、0.2%クエン酸水溶液では 2.67 から 3.31 にそれぞれ上昇していた。また、アンモニア態窒素濃度は水道水で 30mg/L、クエン酸水溶液で 118mg/L であった。

これらの結果から、実規模施設において、ネットにクエン酸水溶液を散水することにより、ネットを展張しない場合、ネットのみ展張した場合、および水道水を散水した場合と比較して、高いアンモニア除去効果が得られた。

現地実証試験

酪農家成牛舎及び繁殖和牛農家堆肥舎において実証試験を実施した。前者は施設西側に 23m 幅（3m 幅×7 台、2m 幅×1 台）、後者は東側に 9m 幅（3m 幅×3 台）にわたり「ネット式脱臭装置」を設置した。それぞれ、0.4%クエン酸水溶液を散水した場合の施設内外のアンモニア濃度、及び循環利用した試験終了時のクエン酸水溶液の pH、アンモニア態窒素濃度を測定した。

表 2 現地実証施設における脱臭効果

施設	アンモニア濃度 (ppm)		pH		循環液 NH ₃ -N濃度 (mg/L)
	ネット内	ネット外	開始時	終了時	
酪農家成牛舎	1.5	0	2.54	2.91	104.2
繁殖和牛農家堆肥舎	0.8	0	2.50	2.69	4.6

注) 酪農家成牛舎: 平成28年11月30日10:00~16:00、気温11.8℃、風速0.2m/sec

ネット内アンモニア濃度は牛舎とネットとの間で測定。

ネット外アンモニア濃度はネット西側1mの位置で測定。

0.4%クエン酸水溶液200Lを循環利用とし、6時間運転後の循環液を分析。

定格出力200Wの水中ポンプを使用、10分毎に装置1台あたり約5Lを供給。

繁殖和牛農家堆肥舎: 平成28年12月8日10:00~15:00、気温16.5℃、風速1.2m/sec

ネット内アンモニア濃度は施設内で測定。

ネット外アンモニア濃度はネット東側1mの位置で測定。

0.4%クエン酸水溶液200Lを循環利用とし、5時間運転後の循環液を分析。

定格出力150Wの水中ポンプを使用、15分毎に装置1台あたり約5Lを供給。

結果および考察

- 酪農家成牛舎及び繁殖和牛農家堆肥舎とも、ネット内側のアンモニア濃度はともに 1~2ppm 程度と低かったが、ネット外側では検出されなかった（表 2）。
- 0.4%クエン酸水溶液を循環利用した場合、試験終了時の循環液の pH は開始時と比較して、酪農家成牛舎で 2.54 が 2.91（6 時間運転後）、繁殖和牛農家堆肥舎で 2.50 が 2.69（5 時間運転後）と上昇し、アンモニア態窒素濃度はそれぞれ 104.2mg/L、4.6mg/L となった。

以上の結果から現地畜産施設において、大気中のアンモニア濃度による評価では、発生臭気は少なく脱臭効果は明確ではなかったものの、クエン酸水溶液によりアンモニアが中和・除去されたことから、本装置の運転により臭気の拡散が防止されることが示唆された。



図5 現地実証試験

(左：酪農家成牛舎、右：繁殖和牛農家堆肥舎)

今後の取り組み

- 1 平成 29～30 年度は、県単独事業により養豚農家と養鶏農家に実証展示装置を設置し、畜種や環境条件の違うデータを収集する。
- 2 残された課題を検討し、改良を加える。
 - ・現場の状況に応じたクエン酸濃度の検討
 - ・クエン酸水溶液の循環及び処理方法の検討
 - ・季節・気候等の違いによる運転調整方法の検討
 - ・長期使用時の耐久性やクエン酸による腐食等の確認
 - ・システム全体としての動作の安定性を改良
 - ・設置費用の検討
- 3 得られたデータを関係機関と検討するとともに、農家向け維持管理マニュアルを作成する。
- 4 平成 31 年度実用化を目指す。

おが粉代替敷料の利活用マニュアル



おが粉代替敷料利活用マニュアル



モミガラ併用



細断古紙利用

一般財団法人畜産環境整備機構
畜産環境技術研究所 道宗直昭



おが粉代替敷料利活用マニュアルについて

家畜用敷料として古くから利用されているおが粉は、近年、木質バイオマス発電所の燃料用チップとしての需要増大や製材工場における木材加工の減少等により、地域によっては不足や価格の上昇が見られ、需給のギャップが発生しています。

このような状況を踏まえ、中央畜産会では、おが粉の代替敷料をすでに利用している畜産経営体に対する事例調査を実施、その分析により代替敷料利活用マニュアルを作成し、畜産関係者へ情報提供いたしました(右図)。

本マニュアルでは、事例調査結果等をもとに、代替敷料ごとの特徴、敷料を利用する上でのポイント等について、取りまとめております。

畜産農家をはじめ、行政、試験研究機関の現場への助言指導等の際に積極的に活用できるものと思っております。



おが粉代替敷料利活用マニュアル

平成29年3月

公益社団法人 中央畜産会



敷料としての機能

家畜にとって

肢蹄の保護、歩行性がよい、体温の保護、安楽性、透水性・保水性がある
疾病の予防、ある程度乾燥している

乾燥し過ぎない、舞い上がらない(呼吸器系への障害)→ある程度の粒状(繊維状)を保つ

作業者にとって

畜舎内の衛生管理、悪臭防止、ハエの誘因・繁殖防止
入手し易い、価格が安価、繰り返し使用できる、取扱性が容易、粉じんとして舞い上がらない

家畜排せつ物処理にとって

産業廃棄物としてではなく、堆肥化して有効利用できる、安全性が高い
保水性、空隙性がよい、軽量である
堆肥化の条件を満たしている



おが粉代替敷料としての材料

- 戻し堆肥
- ワラ
- オガコ、プレーナークズ
- モミガラ
- 剪定枝、木くず(ウッドチップ)
- バーク
- 廃キノコ菌床
- 細断古紙
- コーヒー粕、紅茶粕、食品残渣
- 乾草など身近で入手できるもの



堆肥化を促進させる方法

堆肥化を促進させるためには、

- (1) 十分な栄養源
- (2) 適当な温度
- (3) 適当な水分
- (4) 十分な酸素（空気） ➡ 酸素不足は致命的

栄養源 → 家畜ふんの有機物

温度 → 10℃以上

水分（含水率） → 55～72%

酸素 → 空気



堆肥化を促進させるために

○酸素不足は厳禁 ➡ 材料水分が高い ➡ 通気が悪い



○通気を確保しよう



○空隙を作ることができる材料(副資材、戻し堆肥等)を混合する。

↓
堆肥化しない



○乾燥している。○粒状である。○中性である。

○安価である。○入手し易い。○安全である。

製材所等で木を鋸引きした木くず、おが屑ともいう。

(適当な水分含有量10~30%)

特性

- 保水性、吸水性、均一性が高い。
- 乾燥しており、軽くて取扱性がよい。
- 入手し易く、臭気も吸着しやすい。



写真:鋸引きしたオガコ(乾いている)

入手の容易さ ★★★★★

地域性によるが、バイオマス発電との競合から入手が難しくなりつつあるところが出てきている。

資材の価格 ★★★★★

バイオマス発電との競合から価格も上昇傾向にある。運賃込みで2,000~3,000円/m³

利用上の留意点

- ×堆肥化時の腐熟期間が短い堆肥は、作物障害を起こすことがあり、腐熟期間を長く取ることが望ましい。
- △難分解性の有機物が多いため、保存性が高く、安定している。
- △粒径が小さく、細かなオガコは、風で舞い上がりやすく、吸い込みやすいので使用時にはマスクを使用することが望ましい。

戻し堆肥

畜産農家等で生産された堆肥の水分を低い状態にしたもの。

(適当な水分含有量20~40%)

特性

- 堆肥化の際に温度(70℃)が上がるため、病原菌などが死滅している。
- 吸水性は比較的高い。



写真:猿払村堆肥センターの戻し堆肥(北海道)

入手の容易さ ★★★★★

畜産農家で堆肥化の延長の形で行われる場合が多い。乾燥工程などを行う場所の確保が必要。

資材の価格 ★★★★★

自家生産したものを使用し、購入することはない。ただし、乾燥等の設備投資が発生する可能性がある。

利用上の留意点

- △乾燥しすぎると粉状になりやすく、家畜や人間の呼吸器に影響を与える恐れがあるため、注意が必要。
- △吸水して水分が高くなるとおが粉より重くなり、人力で除ふん作業などを行う場合は重労働となる。
- △繰り返して使うと有機物が分解し粒子が細くなり、空隙性が失われて固まりやすくなるため、繰り返しの使用は3回程度が望ましい。また、堆肥中の銅、亜鉛含有量が蓄積されて多くなるため、特殊肥料として流通、販売する際は注意が必要。

もみ殻

精米する際に籾すりの工程で発生する米の外皮（副次的生産物）。

特 性

- クッション性や通気性がよい。
- 粉碎や蒸気圧ペーン加工をすることで、吸水性、保水性が高まる。



写真：鹿沼市堆肥化センターの粉碎もみ殻（栃木県）

入手の容易さ ★★★★★

廃棄物であり、堆肥との物々交換など、処分を畜産農家に依存しているケースも少なくない。

資材の価格 ★★★★★

廃棄物として扱われることが多いため、無償で確保できる場合が多い。

利用上の留意点

- × 形質が固く、水をはじく性質であるため、吸水性はよくない。
- △ 供給時期が秋に集中するため、貯留場所の確保が必要。野外で雨水に濡れたまま長期間放置すると、カビが発生するので注意が必要。また、開放型の保管庫の場合は、野生動物の侵入に注意が必要。

細断古紙

シュレッダーにより細断処理された使用済みの紙。

特 性

- 分解性が高く、堆肥中に残りにくい。



写真：（公社）中央畜産会から排出した細断古紙

入手の容易さ ★★★☆☆

排出する事務所は多いので、入手は比較的容易だが、排出者と入手に当たっての条件等を調整する必要。

資材の価格 ★★★★★

廃棄物なので、排出者からは無償で譲渡される場合が多いが、市販製品では、1トン当たり2万円程度で販売されている物もある。
（価格参考：「畜産農家のための堆肥生産サポートシス一般財団法人畜産環境整備機構より引用）

利用上の留意点

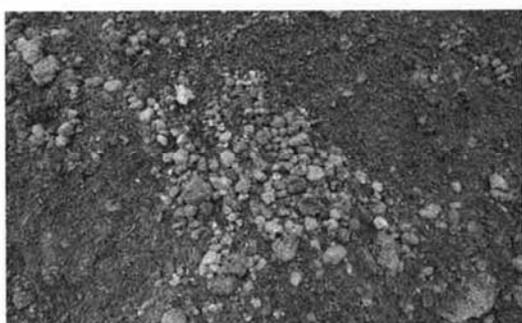
- × 吸水して水分が多くなると床に張り付いたり、泥滓化しやすいため、短期間での更新、又はその他の副資材と混合するなどの工夫が必要。
- △ ホチキスの針などの異物混入に注意が必要。
- △ 細断古紙は年度末に大量発生しやすいため、購入時期によっては保管場所などについて検討しなくてはいけない場合もある。

キノコ菌床

キノコ栽培を終えた培地を、ビンや袋から機械で掻き出したもの。培地は、基材となるおが粉、もしくはコーンコブ（とうもろこしの芯を粉碎したもの）に、米ぬか、フスマ、醸造粕などを混ぜたものである。

特性

- 分解性が高く、堆肥中に残りにくい。また、栄養が豊富なことから良質な堆肥化が期待できる。



写真：JA 中野市のコーンコブを使用したキノコの廃培地（長野県）

入手の容易さ ★★☆☆☆

敷料としての流通は少ないが、廃棄物として処理されているため、近隣にキノコ栽培農家が所在していれば比較的容易。

資材の価格 ★★★★★

廃棄物として扱われるため、無償で確保できる場合が多い。

利用上の留意点

- ×水分(60~70%)を多く含んでいることから、温度条件によっては雑菌が繁殖しやすいため、保管する場合は注意が必要。また、敷料として効果的に利用するためには、水分を低くすることが必要。
- △培地の基材にコーンコブを使用したものは腐敗しやすいため、悪臭の発生につながりやすいので注意が必要。

メタン発酵残さ

メタン発酵処理後の消化液を固液分離し、固形分を乾燥・殺菌したもの。

特性

- 水分含有量は40~50%
- 製造の際に高温処理(70℃)を経ているため、病原菌などが死滅している。
- 吸水性は比較的高い。



写真：別海バイオマス発電所の消化液（左）とメタン発酵残さ（右）（北海道）

入手の容易さ ★★☆☆☆

近隣にメタン発酵処理施設があることが条件。また、メタン発酵処理後の消化液を固液分離するなど、再生敷料（メタン発酵残さ）としての製造が可能であることも条件。

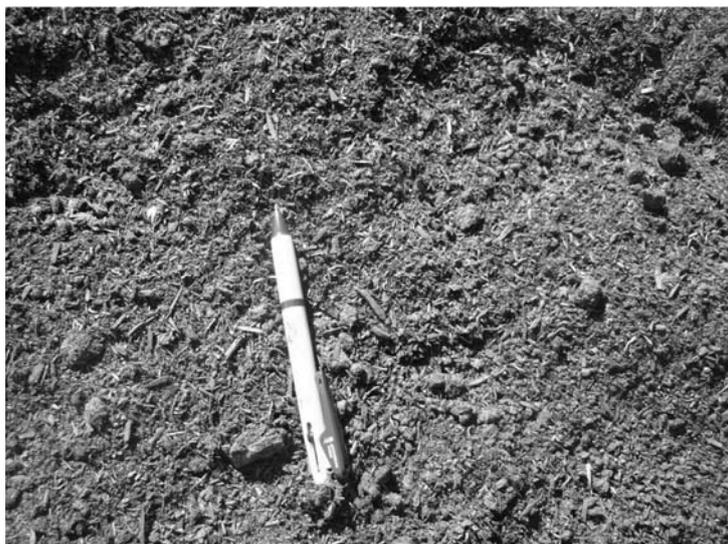
資材の価格 ★★★★★

2千円程度/m³（運賃込）
 （価格参考：別海バイオマス発電所の販売価格）

利用上の留意点

- △吸水性が高いことから吸水すると重くなるため、除ふん作業などを行う場合は機械が不可欠となる。
- △また、吸水すると団子のような固まりを作りやすいため、敷料の状態を確認するなど注意が必要。

おが粉代替敷料の例



戻し堆肥(木質)



バーク、ワラの混合物(牛舎)

おが粉代替敷料の例



プレーナークズ(木質)

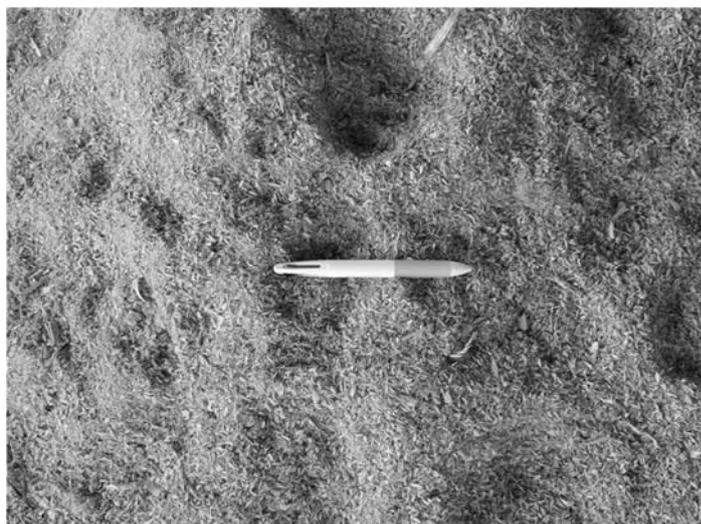


バーク(堆肥)

おが粉代替敷料の例



ウッドチップ(木質)



おが粉とモミガラの混合物の敷料



細断古紙のベール



ほぐした細断古紙の敷料材料



細断古紙のみを使った敷料



細断古紙とモミガラ、おが粉混合の敷料



細断したワラを敷料としている(肥育豚)



ロールにしたワラを自然に豚が広げていく(繁殖豚)



おが粉豚舎 6月12日(導入5月29日体重約25kgで導入)



おが粉豚舎 7月6日(導入5月29日体重約25kgで導入)



馬房の敷料(おが粉)



馬房の敷料(おが粉、群飼い)



最初はサラサラ状態で快適(牛舎)



戻し堆肥を繰り返すと塊となって快適性が失われる



牛床(搾乳牛)に洗い砂を使っている



洗い砂

乳牛ふん堆肥化における新規副資材利用の検討

乳牛ふん堆肥化における新規副資材利用の検討

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構畜産研究部門
主任研究員 小島陽一郎

1. はじめに

畜産現場では、オガクズに代表される低水分の資材が家畜の敷料や、堆肥化時の副資材として利用されてきた。しかし、近年、国内の木材生産量が低下し、かつ、バイオマス発電が普及したことなどによる燃料需要が高くなったことにより、木質系資材は畜産現場で入手が難しくなりつつある。特に、ふん尿の水分が高い乳牛のふん尿処理において、北海道など一部地域では、スラリー体系や固液分離体系で処理しているものの、全国的には副資材を利用した堆肥化処理体系が一般的であり、副資材が入手できないことは、経営上の大きな負担となりえる。一方で、従来から利用されてきた他の副資材についても利用するためにはいくつかの課題がある。例えば、モミガラは、発生する季節が偏在しており、通年利用するためには貯留する必要があること、戻し堆肥は、副資材としては水分が高い場合が多く、循環回数が増えると塩類濃度が上昇する傾向があるため、他の資材と併用しながら利用する必要があること、などである。今後も大規模化が見込まれる畜産経営において、日々発生するふん尿を確実に処理することは重要な課題であり、新たな副資材を探索する必要がある。

そこで、著者らは、畜産利用される新たな副資材候補として、これまで、キノコ栽培後の廃培地(以後、廃菌床)と、園芸資材であるココヤシ殻粉砕物(以後、ココピート)について、副資材としての利用特性を検討してきたことから、本稿で報告する。

2. 資材の特徴

1)廃菌床

近年のキノコ栽培は、通年栽培可能な集約型の生産方式により、企業やJAなどで大規模な生産がおこなわれている。これを可能にしているのは、オガクズやコーンコブを主体とする基材に米ぬかなどの栄養剤等を混合して種菌を接種し、短期間でキノコを生育させる菌床栽培方式である。菌床栽培方式後に廃棄される菌床は、一部土壌改良剤などで使用されているものの余剰部分については、産業廃棄物として処理せざるを得ない。キノコ栽培は、長野県や新潟県の生産量が大きいものの、全国的に生産がされており、松村ら(2006)および農林水産省(2017)の調査結果から、廃菌床の発生量は全国で100万tに達すると試算される。廃菌床は、排出時の水分が、60%程度とオガクズなどの副資材に比べて高いものの、キノコの生産状況からみて、通年安定的に排出されるため、適切な利用方法が示されれば有用な資材となりえる。

これまで、廃菌床の堆肥化副資材利用について、複数のグループが検討してきた。例えば、吉田・阿部(2006)は、コーンコブを主体とした廃菌床を乳牛ふんと混合して堆肥化するこ

とで、処理容積は増えるものの、良好に堆肥化できたとしている。それに対して、小柳ら(2003)は、コーンコブやオガクズを主体とした廃菌床の副資材利用は可能であるものの、独特の臭気があり、牛ふんに対する廃菌床の混合割合が多くなるため、現実的には難しいとしている。以上より、廃菌床を利用するためには、水分の高さに起因する混合量の多さが課題として挙げられる。そこで、本稿では、廃菌床の前処理を含めた副資材利用の可能性を検討した。

2) ココピート

ココピートは、ココヤシ生産時の副産物として発生する外皮(殻)を粉砕・乾燥したものである。日本国内においてココピートは園芸資材としての利用が中心であり、その高い吸水性(Awang et al., 2009)から、土壌物性改善のために用いられる。流通価格は、数10L単位の小容積に圧縮梱包されたもので、500~2000円/kg程度である。日本においては、ヤシ殻は主にスリランカ、ベトナム、インドなどから輸入されており、特にスリランカからの輸入量が多い。現状では、日本への輸入量は2000t/年程度であるが、アジアにおける潜在量だけで1000万t以上に達する(途上国森林ビジネスデータベース, 2016)。

これまで、ココピートの堆肥化副資材利用については、ほとんど報告されていないが、水分の低さや吸水性の高さから、副資材としても有用であると考えられる。本稿では、特にその特性を活かし、高水分条件での堆肥化特性を検討した。

3. 実験方法

供試資材の堆肥化試験には、充てん高さ93cm、容積431Lのステンレス製発酵槽(阿部ら, 2003)を用いた。この発酵槽では、原料の底部をファンで吸引することにより、原料表面から内部に空気を供給できる(図1)。通気量は、薬師堂(2000)の報告を参考に調節した。堆肥化期間は28日間とし、約1週間ごとに発酵槽内部の原料が上下反転するように人力で切り返しをおこない、切り返しと同時にサンプリングをおこなった。

供試乳牛ふん尿は、フリーストール牛舎から採取したものであり、各副資材について所定の条件で混合し堆肥化をおこなった。

1) 廃菌床

供試した廃菌床は、エノキタケ等栽培より排出されたコーンコブ主体のもので試験前に1ヶ月程度無通気で2~3mに堆積したものであった。まず、(1)発酵熱による乾燥(発酵乾燥)を目的に、廃菌床のみで28日間の堆肥化をおこない、その乾燥程度を明らかにした。

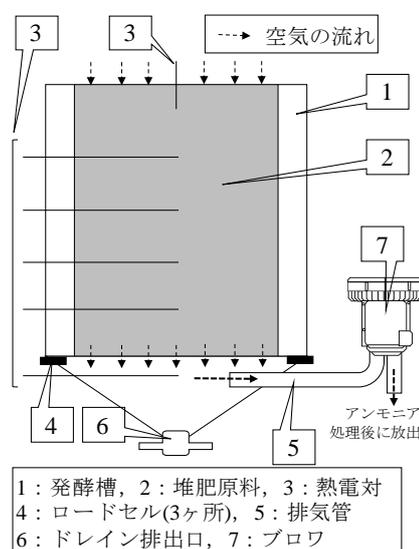


図1 実験装置の概略

また、(2)発酵乾燥前の廃菌床(堆積廃菌床；SMC-P 区) および、発酵乾燥後の廃菌床(乾燥廃菌床；SMC-C 区)を用い、それぞれ乳牛ふんと容積比で牛ふん：廃菌床=1：2 となるように混合した。また、対照区として、既存の代替副資材であるモミガラを乳牛ふんと容積比 1：2 で混合した条件(RH 区)でも試験をおこなった。

2)ココピート

供試材料として 300×300×100 mm 程度のココピートブロックを用いた(写真 1)。このココピートを粒径 1 mm 程度まで飼料用ミキサーで粉砕したものを使用した。このココピートと乳牛ふんを水分 70, 74, 78, 82 %_{w.b.}になるように混合した(順に, CP70, CP74, CP78, CP82)。また、対照区としてモミガラを用い、水分 70 %_{w.b.}になるように調整した条件(RH70)でも試験をおこなった。



写真 1 ココピート外観(粉砕前)

4. 各資材の堆肥化過程

1)廃菌床

(1)廃菌床の発酵乾燥処理

図 2 に、発酵乾燥時の原料温度の推移および水分の変化を示した。廃菌床は単独でも堆肥化は順調に進展し、堆肥化開始後 24 時間以内に、原料温度はピークに達したのち、4 日目には 40 °Cを下回るなど、変化が速やかであった。また、各切り返

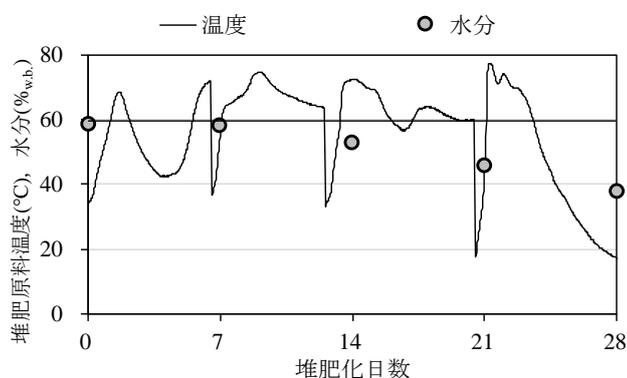


図 2 発酵乾燥中の原料温度と水分の推移

し後に 70 °Cを超えており、原料温度の上昇は良好であった。この時、原料の水分は堆肥化の進展に伴って減少し、最終的には 40 %_{w.b.}以下まで低下した。さらに、堆肥化開始前の廃菌床の pH は 5.5 と低かったが、堆肥化後には、7.7 と中性域まで上昇した。

(2)廃菌床の発酵乾燥処理による副資材としての効果

堆肥化開始時の各条件の水分は、SMC-C 区が 67.0 %_{w.b.}、SMC-P 区が 75.0 %_{w.b.}、および RH 区が 73.6%_{w.b.}であり、乾燥廃菌床条件は 70 %_{w.b.}以下まで水分が低下した。かさ密度は、SMC-C 区が 666 kg/m³、SMC-P 区が 885 kg/m³、RH 区が 530 kg/m³であった。ここで、図 3 に、各試験区の原料中心部の温度の推移を示した。モミガラ区(RH 区)および乾

乾燥菌床(SMC-C)区は、1週目から原料温度が上昇し、SMC-C区では78.6℃、RH70.2℃まで温度が上昇した。一方、SMC-P区は1週目には原料温度がほとんど上昇せず、3週目にピークに達した。堆肥化後の有機物分解率は、SMC-C区が38.3%、SMC-P区が35.1%、およびRH区が29.2%と、廃菌床を混合した条件で高かった。

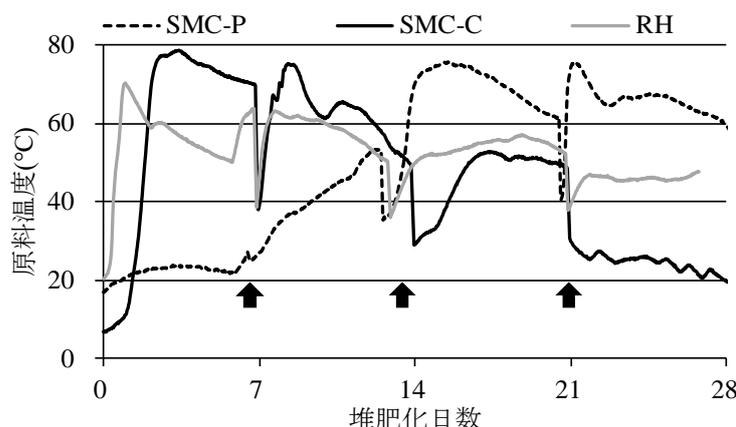


図3 廃菌床混合条件の原料温度推移

堆積廃菌床を混合したSMC-P区は、水分はRH区と同程度であったものの、初期のかさ密度が堆肥化における適切なかさ比重(阿部ら, 2009)よりも大きかった。そのため、原料の通気性が悪く、温度上昇が緩慢だった。終了時の有機物分解率は、大きくは変わらないものの、SMC-C区が、3週目から60℃以上に温度が上昇しなかったのに対して、SMC-P区は、28日目でも60℃程度まで温度が上がっておりより長い堆肥化期間が必要であったといえる。また、コマツナ種子発芽率による生物検定においても、SMC-C区が2週目に発芽率100%に達するのに対し、SMC-P区は4週目(堆肥化終了時)まで発芽率が100%に達しなかった。この堆積廃菌床による堆肥化の遅延は既往の報告と同様であり、堆積廃菌床区の積み込み時の水分はモミガラ区と同等であったことを考えると、水分のみを指標にした調整では堆肥化が順調に進展しない可能性が示唆された。

2) ココピート

表1に供試したココピート、モミガラおよび、比較として、農研機構畜産研究部門畜産飼料作研究拠点で使用し

表1 ココピートおよび対照資材の性状

	水分 (%w.b.)	有機物 (%DM [†])	pH (-)	EC (mS/cm)	かさ密度 (g/L)	吸水率 (g/g [‡])
ココピート	15.1	93.5	4.8	5.14	190	4.29
モミガラ	10.2	81.8	7.1	0.58	96	0.85
オガクズ	26.9	99.5	-	-	166	2.62

[†]DM: 乾物

[‡]吸水率は現物あたりの値

ているオガクズの物性を示した。ココピートは、モミガラと同水準の低水分であり、pHは低く、電気伝導度(EC)は高かった。吸水率は、他の2資材に比べて高く、モミガラの5倍程度であった。そのため、ココピートはモミガラと同水分条件でありながら、水分調整に要する混合容積は小さく、堆肥原料の水分を78%w.b.にするために、乳牛ふんよりも少ない混合容積でよかった。

図4に各条件における原料中心部の温度変化を示した。すべての条件で堆肥化開始1週目から温度が上昇した。温度ピークへの到達時間はモミガラ区(RH70)が最も早く、次いでCP82が早かった。その後、CP条件については水分が低くなるほど温度上昇が遅い傾向

がみられた。2週目以降も温度は上昇したが、3週目以降は、CP70、CP74、およびRH70条件では顕著な温度上昇はみられなかった。ココピート混合条件(CP70～CP82)において、質量減少率、容積減少率、乾物分解率、有機物分解率は、ともに水分が高い条件ほど高かった。RH70を基準とすると、水分78%条件(CP78)で同程度の乾物分解率および有機物分解率を示し

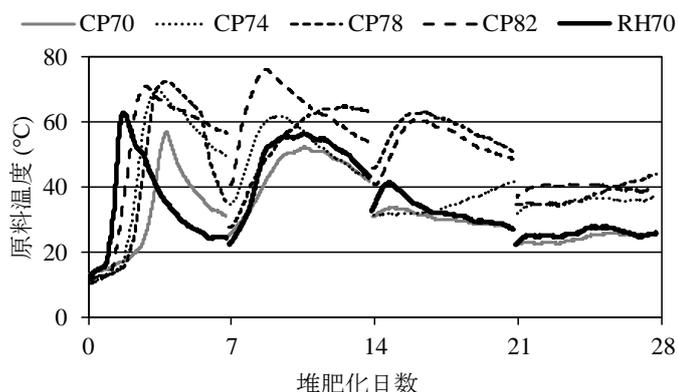


図4 ココピート混合条件の原料温度推移

たが、質量減少率はRH70が大きく、堆肥化後の水分もCP混合条件は高止まりする傾向があった。さらに、ココピートの混合によりアンモニア揮散抑制効果がみられた。1週目には原料温度上昇とともにすべての吸引排気中のアンモニアガス(NH₃)濃度が上昇したが、RH70における最高のNH₃濃度が310 ppmであるのに対して、CP条件では最高で8~26 ppmであった。また、堆肥化開始後2週におけるCP条件の平均NH₃濃度は、RH70の7分の1~59分の1程度であった。

5. 各資材の利用法の検討とまとめ

以上のように、各資材の堆肥化過程および特性を検討した。

廃菌床については、乾燥前の廃菌床を使用する場合、通常の混合比で顕著に堆肥化が停滞した。一方発酵乾燥することによって既存の副資材と変わらない効果が示された。ただし、乾燥のために1ヶ月程度の発酵期間が必要なことに留意が必要である。キノコ1kgあたり、約1~2kgの廃菌床が発生することから、廃菌床を産業廃棄物として全量処理する場合、経営上の大きな負担となると推察される。発酵乾燥によって廃菌床に資材的な価値が付加されることから、余剰の廃菌床が発生する地域などでは、地域内で連携した廃菌床の利用システムの構築が必要であろう。

また、ココピートについては、現在では500~2000円/kgとオガクズ等の資材に比べて高いものの、水分78%程度の高水分でも良好に堆肥化が可能であった。粉砕したココピートを使用して水分78%に調整する場合、モミガラを使用して水分70%に調整する場合に比べて、ココピートの使用量は体積比でモミガラの1/4程度まで抑えられる。さらに、園芸資材としては圧縮した状態で流通していることから、従来資材に比べて国内の運送にかかるコストは大きく低減できる可能性がある。ただし、現状では、ココピートは粉砕工程が必要で、粉砕物は粉塵が発生するなど利用上の課題もある。ココピートを利用する場合は、アンモニアの揮散抑制効果と合わせて、従来資材とは異なる使用方法を検討する必要がある。

6. まとめ

畜産現場でのオガクズ不足は1990年代後半から予見されており、これまでも多くの資材が堆肥の副資材利用が検討されてきた(例えば、代永ら, 1999; 小柳, 2001; 勝野ら, 2006など)。実際の利用場面に近い、使用方法を検討した事例((例えば、梨剪定枝; 榊原ら, 2002, 竹粉碎物; 竹下・小山, 2014)も報告されており、本稿で報告した2つの資材も含めて、今後も地域に賦存する資材などを利用する場面が増えてくるものと想定される。ただ、いずれの場合においても資材の特徴を把握し、従来から積み重ねられてきた堆肥化に関する知見や、地域の社会的要求にこたえられるような適切に利用することが重要である。

引用文献

- 1)阿部佳之ら(2009): 吸引通気式堆肥化処理におけるアンモニア回収と資源化, におい・かおり環境学会誌, 40(4), 221-22.
- 2)Awang Y et al., (2009): Chemical and physical characteristics of cocopeat-based media mixtures and their effects on the growth and development of *Celosia cristata*. *American Journal of Agricultural and Biological Science*, 4(1), 63-71.
- 3)勝野伸吾ら(2006): 高吸収水性樹脂の添加が牛ふんの堆肥化に及ぼす影響, 愛知農総試研報 38, 187-191.
- 4)松村ゆかり・藤本清彦・高野勉(2006): キノコ廃菌床発生量の推定, 日本木材学会大会研究発表要旨集, 56, PT026.
- 5)農林水産省(2017): 特用林産物生産統計調査, <http://www.estat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001172683>(2017年9月14日参照).
- 6)小柳渉(2001): シュレッダー裁断紙を利用した乳牛分の堆肥化, 新潟県農業総合研究所畜産研究センター研究報告, 13, 16-17.
- 7)小柳渉ら(2003): 副資材としての生キノコ廃床の特性と乳牛ふんとの混合堆肥化, 新潟県農業総合研究所畜産研究センター研究報告, 14, 30-35.
- 8)榊原幹男ら(2002): 家畜ふん堆肥化に対する梨せん定枝粉碎形状の影響, 愛知県農業総合試験場研究報告, 34, 201-206.
- 9)竹下美保子・小山太(2014): 乳牛ふん堆肥化における副資材としての竹粉碎物の利用, 福岡県農業総合試験場研究報告, 33, 34-38.
- 10)途上国森林ビジネスデータベース(2016): ヤシガラ資材, <https://jifpro.or.jp/bfpro/business-model/case1/> (2017年9月14日参照).
- 11)代永道裕ら(1999): 古紙類に堆肥化副資材適性の評価について, 日本家畜管理学会誌, 35, 16-17.
- 12)吉田周司・阿部正八郎(2006)家畜ふん尿等の低コスト処理方法の確立(10)きのこ廃菌床を副資材とした乳牛ふんの堆肥処理技術, 大分県畜産試験場試験成績報告書, 35, 10.

本資料より転載・複製する場合は国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構の許可を得てください。

畜産研究部門 平 29-3 資料

平成 29 年度家畜ふん尿処理利用研究会資料

編集・発行 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 畜産研究部門
企画管理部企画連携室

Tel.029-838-8593、 Fax.029-838-8606

〒305-0901 茨城県つくば市池の台 2

発行日 平成 29 年 11 月 9 日

印刷所