

## 畜産悪臭問題への研究サイドからの取り組み

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構

畜産草地研究所畜産環境研究領域

福本 泰之

畜産経営に起因する苦情発生戸数は農家戸数の減少にも関わらずここ20年間ほぼ横ばいで推移しているが、なかでも悪臭は苦情件数の約6割を占めており、場合によっては経営を継続することが困難になる等、畜産農家を悩ませる深刻な問題の一つとなっている。畜産経営における悪臭は畜舎や家畜ふん処理施設から発生する。畜舎からの発生は速やかな除ふんや清掃の徹底等により発生量自体を低減することは可能であるが、ふん尿処理過程からは必然的にある程度の量の臭気物質が発生してしまうことから、脱臭装置等、臭気物質を分解・除去する機構が必須となっている。

農林水産省は委託プロジェクト研究「生産システム革新のための研究開発」において平成27年度から3年間の予定で家畜排せつ物の処理過程から発生する悪臭物質を低減する研究事業「家畜ふん尿処理過程からの悪臭低減技術の高度化」を開始している。このプロジェクト研究では家畜ふん尿の堆肥化過程から発生する悪臭を低減するための臭気物質の拡散を防止する技術の開発や、豚及び鶏に臭気原因物質の含有率が少ないふん尿を排泄させるための新たな飼料の開発等が目標に定められており、農研機構畜産草地研究所等が現在研究開発に取り組んでいるところである。

悪臭は古くて新しい問題と言われているとおり、これまでも委託プロジェクト研究等において数多くの研究開発が行われてきた。そこで今回は主に農林水産省のプロジェクト研究を対象とし、畜産悪臭問題に対して研究サイドがどのような取り組みを行ってきたのかを振り返り、現行プロジェクト研究を進める上での参考としたい。なお、参考資料はプロジェクト研究成果シリーズとしていることから、取り上げる研究成果は1960年以降のものとなっている。

## 家畜ふん尿の処理・利用に関する研究（昭和 43～46 年度）

プロジェクト研究成果シリーズから入手できる資料のうち、家畜排せつ物の処理に関するもので最も古い共同研究成果である。本研究においては悪臭防除を主目的とした課題はないものの、家畜ふん尿処理の基本となる固液分離技術、活性汚泥処理の有効性の実証が行われており、現在における家畜排せつ物処理技術の根幹となる多くの研究が実施されている。

## 農林漁業における環境保全的技術に関する総合研究（昭和 48～52 年度）

名前の通り農林漁協をめぐる環境に関する諸問題の解決を総合的に行うことを目的に実施されたプロジェクト研究であり、畜産に関するものは「家畜排泄物の処理利用技術の開発」で行われている。悪臭をはじめとする畜産環境問題がピークを迎えた時期であり、悪臭防止技術について課題化が行われている。またふん尿の処理利用を促進するための技術として、堆肥化における腐熟促進化技術の開発、肥料価値の検証、また現在ではあまり取り組まれていないが家畜排せつ物の飼料化に関する検討も行われている。悪臭防止技術ではそれまでの知見の蓄積が少なかったことからまず悪臭成分の測定法の研究から始められており、アンモニアが家畜排せつ物からの悪臭動向の指標となることが推定された。次いで防臭効果を謳った各種薬剤等の防臭試験が行われ効果があるものも存在していたが一時的なものであり、経済面からも適当な防止策ではないとしており、それよりは悪臭の発生原因の除去に重点をおくべきであると指摘されている。また土壌脱臭法等、コスト面で有利な生物学的脱臭法についても検討が行われている。

## 家畜尿汚水中の窒素、りんの高エネルギー・低コスト除去技術の開発に関する研究（昭和 59～63 年度）

家畜の尿汚水の処理において問題となる高濃度の窒素、りんの効果的除去技術の開発を目的として取り組まれたプロジェクト研究である。そのため悪臭低減に関する課題は設定されていないが、本プロジェクト研究においては活性汚泥処理における窒素、りん除去能向上のための制限曝気、間欠曝気方式の検

証、土壌カラム方式による高能率脱窒・除りん技術の開発等が行われている。

### 農林水産バイオリサイクル研究 「畜産エコチーム」(平成12～16年度)

農山漁村において循環型社会を構築するために家畜排せつ物等の有機性資源の適正処理及びリサイクル技術を開発することを目的に行われたプロジェクト研究である。本プロジェクトでは大きく3つの柱(1. 家畜排せつ物の革新的処理技術の開発、2. 家畜排せつ物の利用拡大技術の開発、3. 環境負荷評価技術の開発および地域リサイクル計画法の開発による環境調和型畜産の構築)が設定された。本プロジェクト研究が開始される前年にはいわゆる「環境三法」が施行され、中でも「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」)の猶予期間(5年間)と本研究期間が一致しており、国や地方の行政や、農業経営者などからも注目される中で研究が推進された。

本プロジェクト研究では畜産環境問題について非常に幅広く課題が設定されており、臭気低減関係も多岐にわたる研究が行われている。臭気低減関係の研究が主に行われた家畜排せつ物の革新的処理技術の開発では、これまでの圧送通気式の堆肥化処理法から吸引通気式に変更した堆肥化処理法が検討され、堆肥表層からのアンモニア揮散が大幅に低減されるとともに、吸引した空気中のアンモニアを回収して肥料利用するためのリン酸スクラバが開発され、生成物の組成と作物施用の安全性が確認されている。また悪臭拡散を抑制するためのコンテナを利用した密閉堆肥化技術の検討が行われ、通気方式を排気中の酸素濃度により制御することで、コンテナに充填した原料を攪拌することなく十分に有機物が分解されることが確認された。牛ふん・オガクズ混合物にユズの搾り滓と炭酸カルシウムを添加することで、アンモニアの急激な発生を抑えつつ施用効果の高い牛ふん堆肥が製造された。

家畜排せつ物の臭気低減を謳う微生物資材は多数存在しているが、それらを客観的に評価する標準手法が存在していなかった。そこで、本プロジェクト研究の中で主に豚・鶏ふんを対象として各種臭気成分(アンモニア、硫黄化合物、低級脂肪酸)の発生量を評価する実験室規模の試験装置が考案された(参考文献)。ある市販微生物資材を用いて行われた評価試験では、鶏ふんにおいてアンモニアの揮散抑制、低級脂肪酸の揮散増加、硫黄化合物は差異無しとい

った結果が得られ、開発された装置を用いることで各種悪臭成分の発生量の違いを確認できることが示された。臭気低減を目的に添加される微生物の動態を把握するために、リボソーム DNA 塩基配列情報等を活用して迅速に解析する手法の開発が行われ、堆肥より分離された臭気低減活性を持つ細菌グループ（硫化水素臭気低減細菌株、低級脂肪酸・硫黄化合物類臭気低減細菌株、メチルメルカプタン臭気低減細菌株、トリメチルアミン臭気低減細菌株、アンモニア臭気低減細菌株）について、各グループ内の相同性が極めて高いこと、また、特異的なプライマーを用いた PCR 増幅手法によって各菌株を迅速・高感度で検出できることが示された。さらに悪臭成分を特異的に分解する微生物の生理的特性の解明も行われた。単離した高温・高アンモニウム環境下で増殖可能で高いアンモニア資化能を持つ微生物（*Bacillus* sp. TAT105 株）を利用した堆肥化過程からのアンモニア発生および窒素損失低減効果の検証が行われ、当該菌株の添加によるアンモニア発生量の低減、またコマツナに対する植害作用やマウスに対する経口急性毒性は無いことが確認された。

無窓畜舎内の臭気低減のため自立走行可能な超音波噴霧装置と定置式の超音波噴霧システムを試作し、希酢酸の間欠噴霧でアンモニアと粉塵揮散を低減できることが確認されている。

## 農林水産バイオリサイクル研究 -畜産エコチーム-（平成 17～18 年度）

前年度までのバイオリサイクル研究の流れを汲み、さらに 2 年間の短期集中型で推進されたプロジェクト研究である。本プロジェクト研究でも前回同様に家畜排せつ物からの臭気低減技術は大きな柱の一つに設定されており、これまでに開発された技術の高度化や、新たな資材・技術を活用した臭気低減手法の開発が行われた。

酸化チタン光触媒フィルターとバイオフィルターを併用した脱臭システムを考案してウインドウレス豚舎および密閉式堆肥舎から排出される臭気について実証試験が行われ、アンモニアを常に 2 ppm 以下に抑え、さらに低級脂肪酸類にも 90%以上の除去効果があることが確認された。光触媒ではバイオフィルターでとれない硫黄系臭気物質も 90～99%除去する結果も得られた。またより耐久性の高い低コストな新素材の開発も行われた。

木質系の敷料をオゾン処理することでアンモニア吸着能を向上させる試験で

は、オゾン処理によるリグニン分解量とアンモニア吸着能の関係が明らかにされるとともに、堆肥化の副資材としてスギオガクズをオゾン処理したものを利用することでアンモニア発生量を無処理のもの比べて最大 70%低減できることが確認された。

高温性硝化細菌による脱臭では、高温性硝化細菌の分離・同定と増殖条件を明らかにし、高温硝化細菌の入った堆肥を戻し堆肥とすることで、堆肥化開始から 1 週目のアンモニア発生量が抑制されることが確認された。

悪臭を可視光で発生する一重項酸素により分解させる脱臭法の開発では、光増感色素ローズベンガル液を用いた光・色素触媒（一重項酸素発生）による酸化分解で、鶏ふんから発生する硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチルのほとんどと、二硫化メチルおよびスカトールの一部が分解可能であることが確認された。

電解水循環脱臭塔による堆肥舎からの各種臭気成分低減効果の検証では、アンモニアは電解により生成した次亜塩素酸によって効率よく除去され、さらに硫化水素、メチルメルカプタンについても電解により無臭物質に分解できることが明らかとなったが、イソ吉草酸等の有機酸系臭気は通常の電解処理では奮会できず、オゾン生成効率の高い「白金-タンタル被服チタン電極」を用いた場合のみ可能であることが確認された。

吸引通気方式の堆肥化処理では好気発酵を長期間維持するための配管、ブローア、アンモニア回収装置等の最適仕様について検討が行われ、長期間目詰まりせず、れき汁等の混入が少ない配管方式、腐食しにくいブローア、効率的にアンモニアを回収する装置等の仕様が得られた。

メタン発酵消化液を圃場に施用した際に発生するアンモニア揮散を抑制するためには消化液を溝施用した後に覆土することが有効であると確認された。逆に表面施用ではアンモニア揮散量が多く、それらは気温の影響を強く受けた。

堆肥化処理から発生するアンモニアを低減するため、アンモニアを結晶の形で保持する方法の検討が行われた。具体的には、リン酸マグネシウムアンモニウム ( $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、MAP) の結晶形成を促進するため、堆肥原料に塩化マグネシウムとリン酸を添加して発生するアンモニア量を対照区と比較検討したところ、薬剤の添加量に比例してアンモニア発生量が低減することが確認されたが、主にリン酸の影響により有機物分解が阻害されたことから、有機物分解を大きく阻害せずにアンモニア揮散を低減できる薬剤添加率が示された。

## 地域活性化のためのバイオマスの利用技術の開発④（バイオマス・マテリアルの製造技術の開発）（平成 19～23 年度）

本プロジェクト研究はバイオマス資源、エタノール変換技術、バイオマス利用モデル、バイオマス・マテリアル製造技術等の開発を目的に行われたものであり、家畜排せつ物処理技術においても肥料的価値を高めることを目的とした課題が設定された。

堆肥化過程で発生するアンモニアを完成堆肥に吸着して脱臭を行う堆肥脱臭法の高度化が試みられ、古紙添加による窒素回収向上、アンモニアモニター、pH および EC による窒素増加予測システムが確立され、高窒素濃度堆肥の製造が可能となり、窒素 1 kg 当たり 450 円の有機質肥料製造の目標が達成された。

吸引通気方式堆肥化による高窒素濃度堆肥の製造技術開発では、吸引した空气中に含まれるアンモニアの回収技術の高度化、戻し堆肥による堆肥化後熟期の窒素損失抑制、ペレット成型等が検討され、堆肥 50 kg 施用で窒素 1 kg という目標に対して、窒素 0.7～0.9 kg の代替まで到達している。

MAP 形成による高窒素濃度堆肥の製造技術開発では、薬剤添加効果が 1 トン規模の堆肥化試験で検証され、薬剤添加によりアンモニアの発生量が大きく減少し、窒素損失量も対照区に比べて約 54%低減したことが確認された。また、薬剤添加による MAP 形成と戻し堆肥による後熟期の窒素損失抑制法の併用が可能であることが示され、さらに資材吸着-硝化反応を一体化したロックウールを微生物担体とする窒素回収装置の長期運転試験では、装置の循環水中の無機態窒素濃度が 2%を超えても硝化活性が維持され、アンモニアの吸着が可能であることが確認されている。

### おわりに

畜産経営に起因する悪臭問題について、これまで研究サイドがどのような取り組みを行ってきたのかを委託プロジェクト研究の歴史から振り返ってみた。急激な畜産業の発展により畜産環境問題が顕在化した 1960 年代後半から、畜産農家戸数の減少と農家単位の家畜飼養頭羽数が拡大した現代に至るまで、その時代時代の要請を受け研究開発が着々と行われてきた様子が伺えた。また、冒頭でも触れたように、現在畜産からの悪臭防除のための新たなプロジェクト

研究が進行中である。畜産由来の悪臭苦情件数はほぼ横ばいで推移している厳しい現状ではあるが、畜産業の発展に資するためにも、これまでの研究成果を踏まえた不断の努力を続けていく必要がある。

#### 参考文献

- 家畜ふん尿の処理・利用に関する研究、1974年3月、プロジェクト研究成果シリーズ73号、農林水産技術会議事務局
- 農林漁業における環境保全的技術に関する総合研究、1980年2月、プロジェクト研究成果シリーズ122号、農林水産技術会議事務局
- 家畜尿汚水中の窒素、りんの高効率・低コスト除去技術の開発に関する研究、1991年9月、プロジェクト研究成果シリーズ257号、農林水産技術会議事務局
- 農林水産バイオリサイクル研究-畜産エコチーム-、2007年2月、プロジェクト研究成果シリーズ440号、農林水産技術会議事務局
- 農林水産バイオリサイクル研究-畜産エコチーム-2005年度～2006年度、2008年3月、プロジェクト研究成果シリーズ463号、農林水産技術会議事務局
- 地域活性化のためのバイオマスの利用技術の開発(4)(バイオマス・マテリアルの製造技術の開発)、2014年3月、プロジェクト研究成果シリーズ501号、農林水産技術会議事務局

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。

畜産草地研究所 平 27-3 資料

平成 27 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 畜産草地研究所  
企画管理部業務推進室

Tel.029-838-8290、 Fax.029-838-8606

〒305-0901 茨城県つくば市池の台 2

発行日 平成 27 年 11 月 5 日

印刷所 松枝印刷株式会社