

学位論文題名

豚のふん尿処理に伴う環境負荷ガスの発生

学位論文内容の要旨

昨今、人間活動が地球規模の気候変動に及ぼす影響について科学的根拠をもって指摘されるようになり始め、人為的に発生する物質の動態が国際的に議論の対象となっている。農業系からもアンモニアの揮散が酸性雨の原因として以前より指摘を受け、オランダでは発生抑制に行政が取り組みを始めている。これに加え、京都会議の議決を受け、地球温暖化原因物質として、メタンと亜酸化窒素の抑制への全産業的な取り組みが求められている。これらの環境負荷ガスは、有機性廃棄物である家畜排泄物の取り扱い過程からも発生する可能性があるが、こうした物質の発生量を定量的に測定した事例は少なく、総合的に発生抑制を目指した研究事例はほとんど見あたらない。

本研究は、特に我が国では専門化が進み自家保有の耕作地を持たない経営がほとんどとなり、家畜排泄物処理の緊急性がより高い養豚経営のふん尿処理を想定し、ここから発生するアンモニア、メタン及び亜酸化窒素について検討するものである。本論文では標準的な養豚経営の家畜排泄物処理工程に合わせ、a)家畜排泄物が滞留される畜舎、これらが運び出されて固液分離された後の、b)汚水浄化処理とc)堆肥化処理からの各ガス発生量を定量的に測定し、単位家畜あたりのふん尿由来の発生総量を算定し、その抑制条件を検討した。研究の成果は以下のようにまとめられる。

1, 畜舎からの環境負荷ガスの発生

今回の試験結果から、アンモニア($\text{NH}_3\text{-N}$)、亜酸化窒素($\text{N}_2\text{O-N}$)およびメタン(CH_4)が豚1頭の肥育全期間中(8週間)に発生する量は、ふん尿貯留区ではそれぞれ 149、5.8 および 302 g/頭であり、ふん尿の搬出を毎週行う搬出区では、138、5.4 および 268 g/頭と、僅かながら削減できることが判った。現行で多く行われている方法である貯留区の値を原単位とすれば、この排出量は排泄されたふん尿中の全窒素に対する比率で表すと、アンモニアは 7.4%、亜酸化窒素は 0.29%にあたる。排泄されたふん尿中の有機物(VS)に対するメタン排出量は 0.24%であり、畜体自体からの発生が大きかった。

2, 汚水処理過程からの環境負荷ガスの発生

単位質量の豚舎汚水からの環境負荷ガス発生原単位を推定するため、主要な処理方式である汚水処理過程からの発生について実験室レベルの試験装置で検討した。その結果、TOC 9,500 g、T-N 2,070 g を含む豚ふん尿汚水 1m^3 を現行の連続曝気によっ

て浄化処理すると、発生するアンモニアは検出限界 ($1 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$) 以下、メタンは $0.5 \sim 2.0 \text{ g CH}_4 \cdot \text{m}^{-3}$ 、亜酸化窒素は $3.0 \sim 10.6 \text{ g N}_2\text{O} \cdot \text{N} \cdot \text{m}^{-3}$ と試算された。また通気方法を間欠曝気に変更することで、浄化処理から発生する亜酸化窒素は $0.06 \sim 0.07 \text{ g N}_2\text{O} \cdot \text{N} \cdot \text{m}^{-3}$ に減少できることが確認された。この発生比率を元に豚ふん尿汚水浄化処理からの放出推定値を求めると、アンモニアについては検出限界以下、メタンについては $1.8 \sim 7.4 \text{ g CH}_4/\text{頭}$ 、亜酸化窒素については $10.5 \sim 37.5 \text{ g N}_2\text{O} \cdot \text{N}/\text{頭}$ の発生が試算された。

3、堆肥化過程からの環境負荷ガスの発生

単位質量のふんからの環境負荷ガス発生原単位を推定するため、主要な処理方式である堆肥化過程からの発生について実験室レベルの試験装置で検討した。

その結果、豚ふん堆積物 1 m^3 (VS 108.1 kg 、TN $4,000 \text{ g}$ を含有) の堆肥化処理から発生するアンモニアは $400 \sim 970 \text{ g NH}_3 \cdot \text{N} \cdot \text{m}^{-3}$ 、メタンは $0.6 \sim 385 \text{ g CH}_4 \cdot \text{m}^{-3}$ 、亜酸化窒素については $1.9 \sim 19.2 \text{ g N}_2\text{O} \cdot \text{N} \cdot \text{m}^{-3}$ の範囲にあると考えられた。また、すべての環境負荷ガス発生が堆肥化の初期に集中し、全発生量の9割以上が堆肥化初期の10日間で起こる事もわかった。量的に見れば、発生で最も問題視されるのはアンモニアであり、メタンと亜酸化窒素については好氣的な発酵条件、すなわち通気量を十分に行うことで発生を大きく削減できると考えられた。この発生比率を元に堆肥化過程からの放出推定値を求めると、アンモニアが $133 \sim 325 \text{ g NH}_3 \cdot \text{N}/\text{頭}$ 、メタンが $0.2 \sim 129 \text{ g CH}_4/\text{頭}$ および 亜酸化窒素が $0.7 \sim 6.4 \text{ g N}_2\text{O} \cdot \text{N}/\text{頭}$ と試算された。

4、家畜飼養系からの肥育全期間の放出量

上記の汚水処理および堆肥化からの各環境負荷ガス発生量に、豚の飼養試験で得られた豚舎からの発生量を合計すると発生はアンモニアが $271 \sim 474 \text{ g NH}_3 \cdot \text{N}/\text{頭}$ 、メタンが $270 \sim 438 \text{ g CH}_4/\text{頭}$ および 亜酸化窒素が $16.5 \sim 49.7 \text{ g N}_2\text{O} \cdot \text{N}/\text{頭}$ と試算された。

5、アンモニア、メタンおよび亜酸化窒素の発生抑制

アンモニアは、酸性雨の原因物質として欧州を中心に問題視されており、できうる限りの揮散防止策を取る必要がある。本試験の結果から、その発生は肥育期間中の豚舎からの放出量 ($138 \sim 149 \text{ g NH}_3 \cdot \text{N}/\text{頭}$) と、ふんを主体とした固形分の堆肥化過程からの放出量 ($133 \sim 325 \text{ g NH}_3 \cdot \text{N}/\text{頭}$) とは、同程度である事が判った。畜舎での発生は長期間に及ぶため、発生が始まる以前の段階でふんと尿を分離して無機化が進行しにくいようにしたり、pHを下げてアンモニア発生を減少させる等のふん尿管理が必要である。また堆肥化では良好な堆肥化とアンモニア発生は相反するため、処理自体に影響しないよう、発生したアンモニアを物理的に捕集することが現実的と考えられる。メタン発生については畜舎での発生が大半であり、また畜体自体からの発生が大きいため、発生量の抑制には飼料の効率化が有効と考えられる。さらに、堆肥化を行うときにはふんが好氣的条件になるように堆積することが、メタンの発生管理には不可欠

である。また、亜酸化窒素については、大半が汚水処理からの発生であるため、制御技術の一つとしての間欠曝気法の実処理施設への適用が急がれる。

以上の結果から、日本国内における環境負荷ガスの人為的発生総量に占める養豚業からの発生割合は、メタンは 0.45 %、亜酸化窒素は 1.5 % 程度になると思われる。日本が温暖化ガス発生量を 1990 年レベルの 6 % 削減にまで、求められている現状でこの発生量は無視できる数字ではないと考えられる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 松 田 従 三
副 査 教 授 伊 藤 和 彦
副 査 教 授 大 久 保 正 彦
副 査 教 授 波 多 野 隆 介

学 位 論 文 題 名

豚のふん尿処理に伴う環境負荷ガスの発生

本論文は図 40、表 11、引用文献 57 を含み、8 章からなる総頁数 125 の和文論文であり、別に 11 編の参考論文が添えられている。

本研究は養豚経営のふん尿処理を想定し、ここから発生するアンモニア、メタン及び亜酸化窒素について検討し、環境負荷の少ない処理体系を模索するものである。我が国の標準的な養豚経営の家畜排泄物処理工程に合わせ、①家畜排泄物が滞留される畜舎、これらが運び出されて固液分離された後の、②汚水浄化処理と③堆肥化処理からの各ガス発生量を定量的に測定し、単位家畜あたりのふん尿由来の発生総量を算定し、その抑制条件を検討した。研究の成果は以下のようにまとめられる。

1. 畜舎からの環境負荷ガスの発生

今回の試験結果から、アンモニア(NH_3)、亜酸化窒素(N_2O)およびメタン(CH_4)が豚 1 頭の肥育全期間中 (8 週間) に発生する量は、それぞれ 149, 5.8 および 302 g/頭 (貯留区) であり、ふん尿の搬出を毎週行うことで、138, 5.4 および 268 g/頭 (搬出区) に、僅かながら削減できることを明らかにした。

2. 汚水処理過程からの環境負荷ガスの発生

実験室レベルの試験装置での検討結果より、TOC 9,500 g、T-N 2,070 g を含む豚ふん尿汚水 1m^3 の浄化処理から発生するアンモニアは検出限界 ($1\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) 以下、メタンは $0.5\sim 2.0\text{gCH}_4\cdot\text{m}^{-3}$ 、亜酸化窒素は $3.0\sim 10.6\text{gN}_2\text{O}\cdot\text{N}\cdot\text{m}^{-3}$ (連続曝気) と算定した。また通気方法を間欠曝気に変更することで、浄化処理から発生する亜酸化窒素は $0.06\sim 0.07\text{gN}_2\text{O}\cdot\text{N}\cdot\text{m}^{-3}$ に減少できることを明らかにした。この発生比率を元に豚ふん尿汚水浄化処理からの放出推定値として、アンモニアについては検出限界以下、メタンについては $1.8\sim 7.4\text{gCH}_4/\text{頭}$ 、亜酸化窒素については $10.5\sim 37.5\text{gN}_2\text{O}\cdot\text{N}/\text{頭}$ の発生があると算定している。

3. 堆肥化過程からの環境負荷ガスの発生

実験室レベルの試験装置での検討結果より、豚ふん堆積物 1m^3 (VS 108.1 kg、T-N 4,000 g を含有) の堆肥化処理から発生するアンモニア発生量は $400\text{ g}\sim 970\text{ gNH}_3\cdot\text{N}\cdot\text{m}^{-3}$ 、メタンは $0.6\text{ g}\sim 385\text{ gCH}_4\cdot\text{m}^{-3}$ 、亜酸化窒素については $1.9\text{ g}\sim 19.2\text{ gN}_2\text{O}\cdot\text{N}\cdot\text{m}^{-3}$ の範囲にあるとしている。また、すべての環境負荷ガス発生が堆肥化の初期に集中し、全発生の9割以上が堆肥化初期の10日間で起こる事を明らかにした。量的に見れば、発生で最も問題視されるのアンモニアであり、メタンと亜酸化窒素については好氣的な発酵条件、すなわち通気を十分に行うことで発生を大きく削減できることを示した。この発生比率を元に堆肥化過程からの1頭当たりの放出推定値として、アンモニアが $133\sim 325\text{ gNH}_3\cdot\text{N}/\text{頭}$ 、メタンが $0.2\sim 129\text{ gCH}_4/\text{頭}$ および 亜酸化窒素が $0.7\sim 6.4\text{ gN}_2\text{O}\cdot\text{N}/\text{頭}$ であると算定している。

4. 家畜飼養系からの肥育全期間の放出量

上記の汚水処理および堆肥化からの各環境負荷ガス発生量に、豚の飼養試験で得られた豚舎からの発生量を合計すると1頭当たりの総発生量はアンモニアが $271\sim 474\text{ gNH}_3\cdot\text{N}/\text{頭}$ 、メタンが $270\sim 438\text{ gCH}_4/\text{頭}$ および 亜酸化窒素が $16.5\sim 49.4\text{ gN}_2\text{O}\cdot\text{N}/\text{頭}$ と算定している。

5. アンモニア、メタンおよび亜酸化窒素の抑制

アンモニアは、酸性雨の原因物質として欧州を中心に問題視されており、できうる限りの揮散防止策を取る必要がある。畜舎での発生は長期間に及ぶため、発生が始まる以前の段階でふん尿を分離して、無機化が進行してアンモニアにならないようなふん尿管理や pH の低下による揮散抑制が必要であり、堆肥化では処理自体に影響しないよう、発生したアンモニアを物理的に捕集することが現実的であることを示している。メタン発生については畜舎での発生が大半であり、畜体自体からの発生が大きいため、発生量の抑制には飼料の効率化が有効としている。また、ふんを好氣的条件で堆積し、堆肥化を行うこともメタンの発生管理には不可欠であることを示した。さらに、亜酸化窒素については、大半が汚水処理からの発生であるため、制御技術の一つとしての間欠曝気法の実処理施設への適用が急務としている。

以上の結果から、日本国内の人為的発生総量に占める養豚業からの発生割合は、メタンは 0.45%、亜酸化窒素は 1.5%程度と推測しており、その効果的な抑制方法も提言している。

このような新たな環境負荷を評価する研究は、今後の環境政策の資料としても非常に重要と評価され、この一連の研究は我が国ばかりでなく欧州での評価が高く、デンマーク農業科学研究所との国際共同研究が継続している。よって審査員一同は、長田 隆が博士(農学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。