

豚ふん尿処理の現状と温室効果ガスの発生・制御

麻布大学養豚科学セミナー2016

「豚ふん尿処理によって地球環境は温暖化するのか？」

一般財団法人 畜産環境整備機構
麻布大学

羽賀 清典

はじめに

化石エネルギーの消費によって大気中の温室効果ガス(GHG)の濃度が年々増加し、それに伴って地球温暖化が進行しているといわれています。豚のふん尿処理・利用過程においても、二酸化炭素(CO₂)、メタン(CH₄)、一酸化二窒素(亜酸化窒素 N₂O)などのGHGが発生しています。2016年9月28日に「豚ふん尿処理によって地球環境は温暖化するのか？」というテーマで麻布大学養豚科学セミナー2016が開催されましたので、その概要について解説します。

セミナーは麻布大学の浅利昌男学長の

挨拶で開会し、勝俣昌也教授の司会で進められました。内容は1.最初に羽賀がイントロダクションとしてセミナー全体の構成を説明し(図1)、続いて2.農研機構畜産研究部門の長田氏が堆肥化と污水处理におけるGHG発生と抑制に関する基本的事項について、3.岡山県の白石氏がその実際的な現場の状況について、4.農研機構畜産研究部門の荻野氏が飼料給与からふん尿処理までのトータルな評価について、5.農研機構農業環境変動研究センターの白戸氏が堆肥施用による土壌の炭素蓄積と温室効果ガスの発生について講演し質疑討論を行いました。

1. 豚ふん尿処理の現状と温室効果ガス—イントロダクションとして—

【演者】 畜産環境整備機構・麻布大学

羽賀 清典

わが国の豚ふん尿処理方法は、農林水産省の調査(2009年)によると堆肥化(発酵)(約98%)と污水の浄化処理(活性汚泥処理)(約76%)が大勢を占めています。堆肥化の発酵条件は多様であり、例えば好気・嫌気条件などによってGHGの発生量やパターンが異なります。好気条件で発生するGHGは一酸化二窒素、嫌気条件ではメタンが発生すると考えられます。

生産した堆肥を農地に施用すると、土壌に炭素が蓄積し、GHGの発生抑制に効

果があります。污水处理過程においては、窒素の酸化・還元に伴い一酸化二窒素が発生します。

飼料給与方法の違いによってもGHGの発生量が異なり、飼料(入口)からふん尿(出口)までをトータルに評価するためにはライフサイクルアセスメント(LCA)が有効であり、環境と調和した養豚農業の振興が重要です。以上の論点から、以下4人の方々の講演を企画した次第です(図1)。

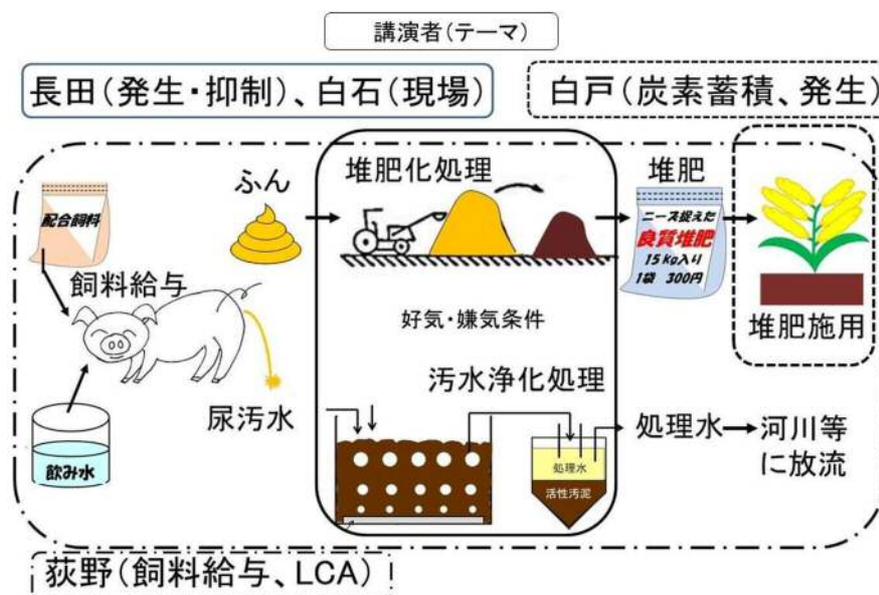


図 1 豚ふん尿処理によって地球は温暖化するのか? 【セミナーの構成】

2. 豚ふん尿処理過程における温室効果ガスの排出量測定と抑制効果

【演者】 農研機構 畜産研究部門 畜産環境研究領域
長田 隆

(1) 畜産から発生する GHG

国際連合食糧農業機関 (FAO) の年次報告によれば¹⁾、二酸化炭素の 9%、メタンの 37%、一酸化二窒素の 65% が家畜生産に関わる排出となっています。その合計量は世界の全排出 GHG の 18% に寄与するものと算定されます。なお、メタンは二酸化炭素の 25 倍、一酸化二窒素にいたっては 298 倍も高い温室効果係数を持っているので、GHG 排出量は温室効果係数で換算した CO₂ 等量で表されます。

わが国における最新の日本国温室効果インベントリ報告書 (NIR-JPN 2016、2016 年 4 月公表) によると、日本の年間 GHG 排出量 13 億 6,400 万トン (CO₂ 等量) に対して、畜産業の GHG 排出量 1,407 万トンは約 1% に当たり、家畜ふん尿由来の 685 万トン (CO₂ 等量) は約 0.5% になり

ます。

(2) 養豚経営から発生する GHG

養豚経営から発生する GHG の大半はふん尿処理過程で発生するものと算定され、その年間排出量 131.5 万トン (CO₂ 等量) は、家畜ふん尿由来全体 (685 万トン) の 19% に当たります (図 2)。国内排出量 13 億 6,400 万トンに対しては 0.1% であり、農業系排出量の 3.5% になります。図 2 のように畜種別では乳用牛の占める割合が 40% と大きくなっています。

豚のふん尿処理において GHG 発生を削減するためには、GHG がどこから、どのくらいの量発生するのかを測定し、発生の多い部分を削減することが有効です。豚のふん尿処理方法では堆肥化と汚水の浄化処理が大勢を占めています。堆積堆肥化における GHG 排出量測定について

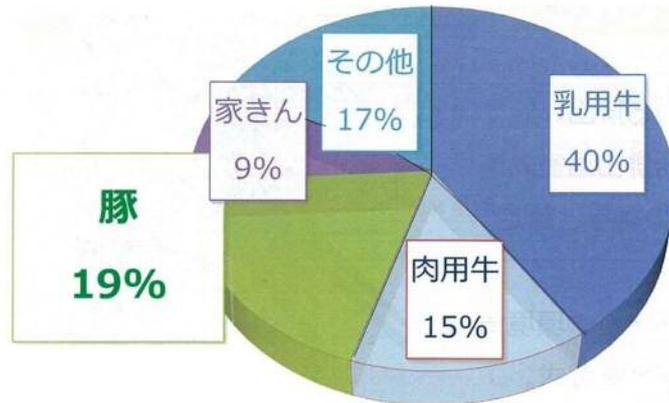


図2 家畜排せつ物由来 GHG の畜種別割合 (長田)

は温室効果ガス測定チャンバーを使用し、12~37g 一酸化二窒素態窒素/kg 窒素の排出量があることを明らかにしました。乳牛のスラリー貯留槽においては浮上式チャンバーを使用し排出量を測定することができました。

(3) 堆肥化と汚水処理における GHG の削減

豚ふんの堆肥化において一酸化二窒素の発生を削減するためには、亜硝酸酸化細菌の添加が有効です(図3)。すなわち、アンモニア態窒素が酸化されて生成する亜硝酸態窒素を蓄積せず、速やかに硝酸

態窒素に酸化することによって、一酸化二窒素の発生を抑制することができます。亜硝酸酸化細菌を含む完熟堆肥の添加(戻し堆肥)が有効です。

汚水処理については炭素繊維を利用した生物膜法によって、窒素の除去と一酸化二窒素の発生低減が可能です。詳しくはこの後、白石氏が講演します。

また、低タンパク飼料(低 CP 飼料)によって窒素排せつ量が 29% 低減しますが、そのふん尿処理過程では温室効果ガスの発生が 39% (CO₂ 等量/日) 削減されその効果は大きくなります。詳しくは荻野氏が講演します。

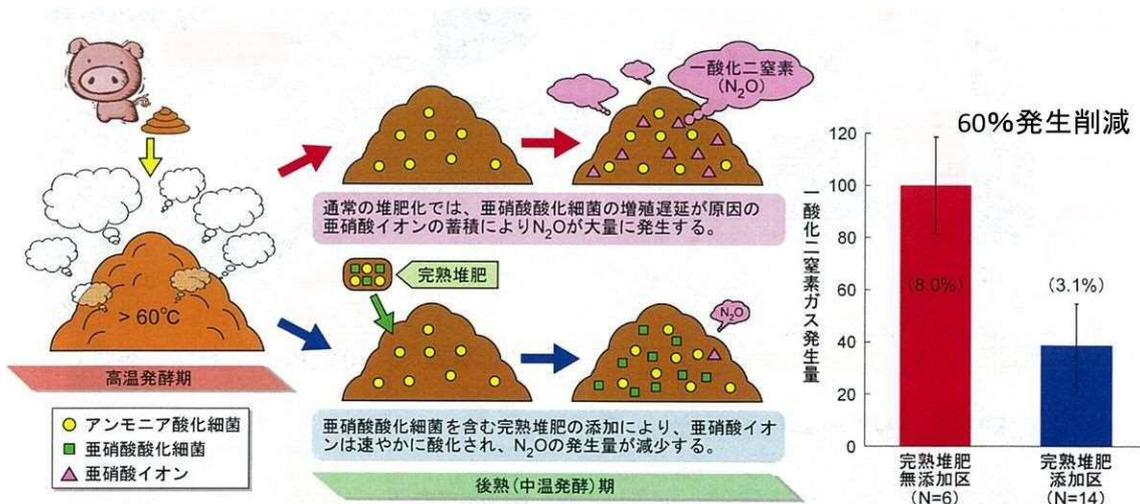


図3 完熟堆肥添加による一酸化二窒素の発生削減 (長田)

3. 堆肥化と汚水処理の現場における温室効果ガス発生制御

【演者】岡山県農林水産総合センター 畜産研究所
白石 誠

(1) 低水分堆肥化による GHG 削減

堆肥化過程で発生する GHG は堆肥化条件によって多様であり、堆肥化方法や発生濃度に適応した発生制御が重要です²⁾。堆積切返し法の堆肥化では、初発水分を低く設定した場合、一酸化二窒素とメタンの発生が抑制されました。温室効果ガス測定チャンバーを利用した試験では、高水分区(65%)に比べて低水分区(60%)では一酸化二窒素を25%、メタンを30%程度低減できました。

(2) 炭素繊維を利用した汚水処理過程の GHG 削減

汚水の浄化処理では、炭素繊維を用いた生物膜法(接触酸化法)が活性汚泥法と比較して一酸化二窒素の発生が17~50%に低下しました(図4)。生物膜の内部で硝化・脱窒がスムーズに進行するものと考えられる。以上のように、堆肥化における水分調整法と汚水浄化処理における炭素繊維利用による生物膜法は、ふん尿処理過程の一酸化二窒素の削減に有効でした。

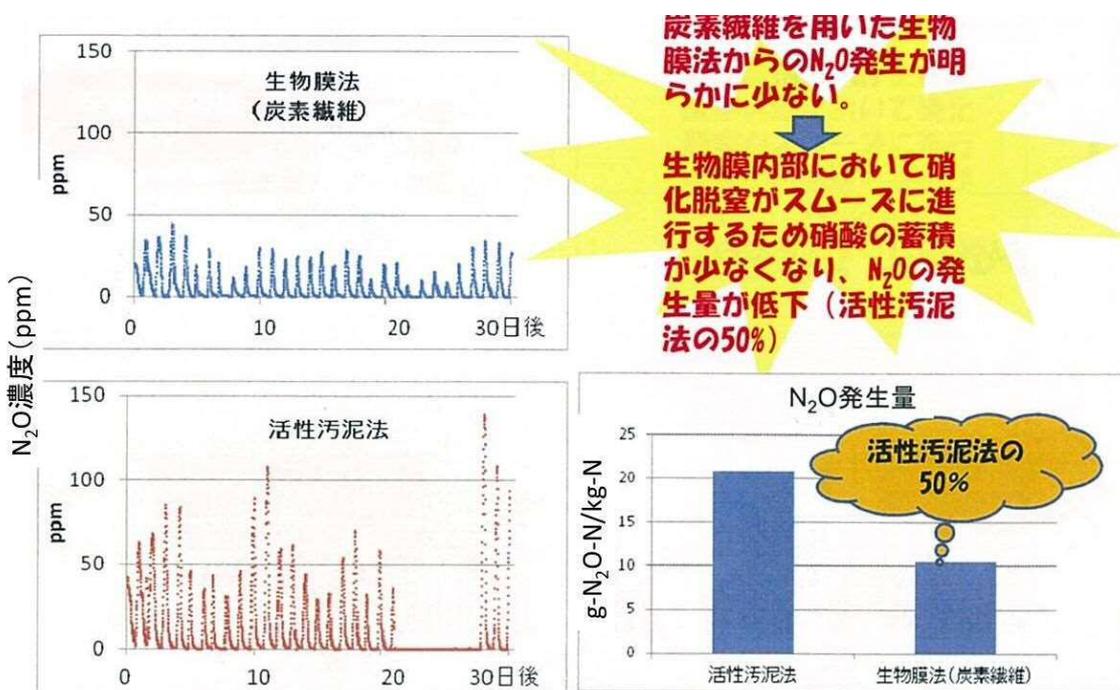


図4 炭素繊維利用による一酸化二窒素(N₂O)の発生削減(白石)

4. 温室効果ガス発生が少ない飼料給与

【演者】 農研機構 畜産研究部門 畜産環境研究領域
荻野 暁史

(1) 窒素排せつ量の低減による GHG 削減

窒素排せつ量を低減すると、温室効果係数の高い一酸化二窒素の発生量を低減することができます。そこで、窒素排せつ量低減技術である肥育豚へのアミノ酸添加低タンパク質飼料 (低 CP 飼料) 給与による GHG 削減量を明らかにしました (図 5)。慣行飼料 (CP 17.1%) に対して低 CP

飼料 (CP 14.6%、リジン、スレオニン、メチオニン、トリプトファンを計 0.35% 添加) を給与することで、飼養成績に影響することなく肥育豚の総窒素排せつ量を 29% 低減できました。さらに、このふんの 80% を強制通気型堆肥化、尿と残りのふん 20% を活性汚泥法によって浄化処理すると、低 CP 飼料において GHG 発生量が 39% (CO₂ 等量/日) 削減できました。

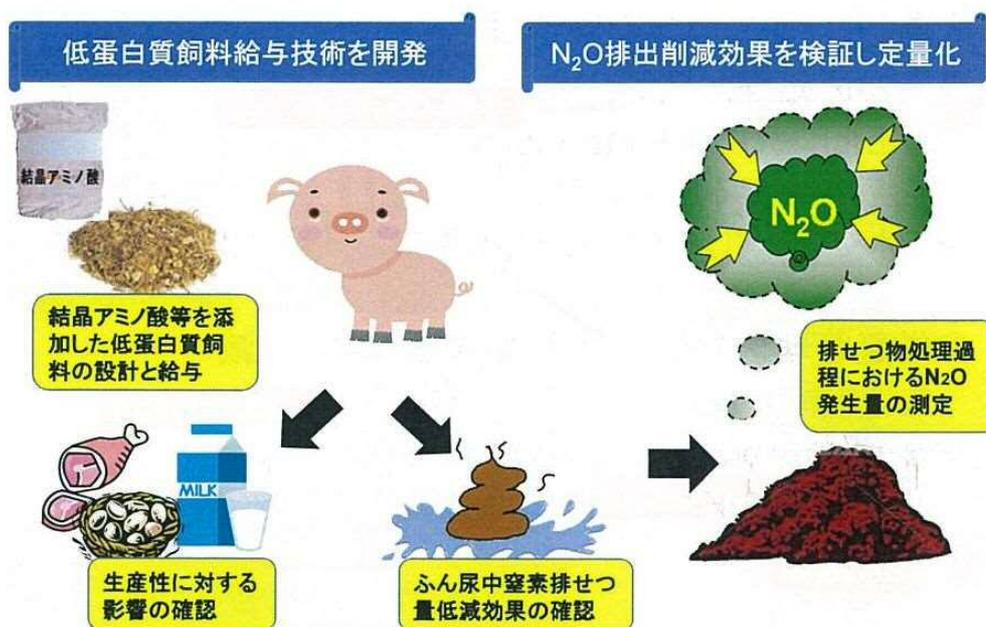


図 5 低タンパク質飼料給与による GHG 削減技術 (荻野)

(2) ライフサイクルアセスメントによる評価

養豚システム全体を対象としたライフサイクルアセスメント (LCA) ³⁾ の結果、アミノ酸製造など飼料原料割合の変更を含めても、低 CP 飼料の GHG 発生量は慣行飼料と比較して少なくなりました。窒素排出量が低下するため、富栄養化への

影響も 28% 低減できました。このような比較 LCA の結果について感度分析を行った結果、もっとも寄与率の高いパラメーターは窒素排せつ量の低減率でした。飼料コストは慣行飼料と低 CP 飼料で同等でした。

(3) 低 CP 飼料の効果

低 CP 飼料は窒素排せつ量が低減でき

るので、富栄養化対策だけでなく、硝酸性窒素等の排水基準達成にも効果的と考えられます。また、アンモニア発生が低減できるので悪臭低減にも効果的であり、農林水産省委託プロジェクトの「家畜ふん尿処理過程からの悪臭低減技術の高度化」(2015~2017年度)で悪臭低減技術開発に取り組んでいます⁴⁾。

経営的メリットについては、カーボン

オフセットクレジット制度があり、削減したGHG量に応じてクレジットの獲得が可能です。例えば、J-クレジット制度⁵⁾では、GHG発生を削減する取組をした事業者はクレジット獲得し販売することができます。2015年にはパリ協定が成立し、各国の削減目標が設定される中でクレジットの需要が増加するものと思われます。

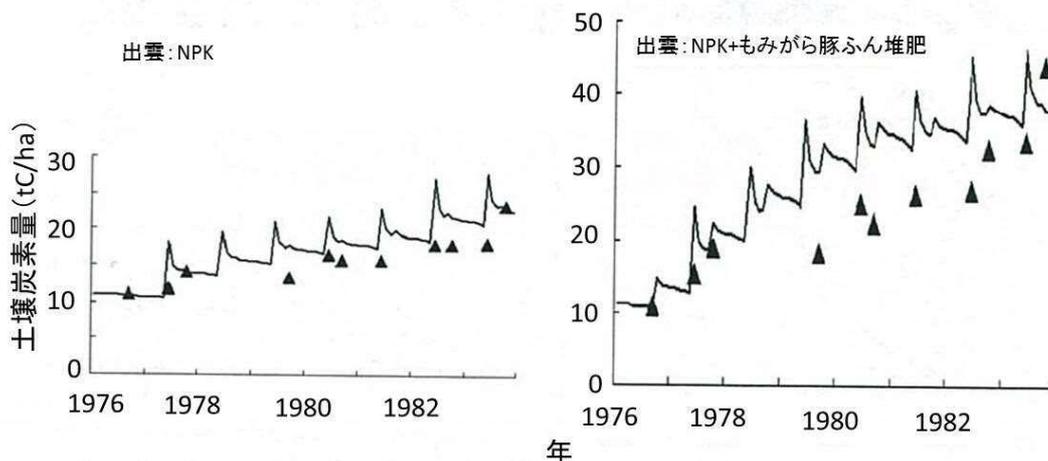
5. 豚ふん堆肥施用による土壌の炭素貯留と温室効果ガス発生制御

【演者】農研機構 農業環境変動研究センター
気候変動対応研究領域
土壌炭素窒素モデリングユニット
白戸 康人

(1) 土壌炭素の貯留

土壌中に存在する炭素の総量は地球全体でみると膨大であり、土壌の炭素量が增大すると大気中の二酸化炭素が減少す

る勘定になるため、温暖化緩和策として期待されています⁶⁾。土壌による炭素貯留は、地力の維持増進による農地の生産力



島根県、出雲、飼料畑 (ソルガム-イタリアンライグラス)

点は実測。線はモデル。出典: 白戸 (2006) 日本およびタイの農耕地における土壌有機物動態モデルの検証と改良、農業環境技術研究所報告、24、23-94

図6 豚ふん堆肥施用による土壌炭素の貯留 (白戸)

増加とも両立する点が重要です。2015年末にパリで開催された国連気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)では、毎年0.4%土壌の炭素を増加させる行動(4/1000イニシアチブ)などが立ち上げられました。4/1000イニシアチブによって大気中の二酸化炭素濃度の上昇を止められることから、世界では土壌炭素貯留への期待が再燃しつつあります。

(2) 豚ふん堆肥施用と土壌炭素

図6に示すように、化学肥料だけの施用(NPK)と比較して、豚ふん堆肥の施用(NPK+もみがら豚ふん堆肥)によって土壌炭素量が増加することがわかります。豚ふん施用は土壌炭素量を増大させ、地球温暖化の緩和に役立つ技術のひとつとなります。畜種別堆肥の特徴をみると、牛ふん堆肥は土づくり効果、鶏ふん堆肥は肥料効果が大きいのですが、豚ふん堆肥は両者の中庸の効果があります。

(3) 土壌炭素量と作物収量

土壌炭素量と冬小麦の収量との間には正の相関があり、堆肥を施用している水田では冷害年に水稻収量が安定しているデータなどがあります。土壌の炭素動態のメカニズムと、炭素貯留を増やすための土壌管理の基本はある程度わかっています。また、モデル化も進んでおり、広域評価、見える化などを通して、意思決定支援に活用されており、普及への道筋もつけられつつあります。堆肥施用は地球温暖化防止に有効な農業として、環境保全型直接支払⁷⁾や、カーボンオフセットのJ-クレジット⁵⁾などが行われています。土壌の有機物管理は地力の維持増進が主役であり、温暖化緩和は脇役ですが、土壌を大事にし、農業生産と温暖化の緩和を両立することが重要です。

おわりに

麻布大学の山下 匡 獣医学部長の挨拶で閉会しました。参加者総数は28名で、その内訳は国と県の関係者が10名、民間機関が11名、NOSAI・農協が2名、麻布大学教員・学生が5名でした。折しも、本セミナー終了約1カ月後の2016年11月4日には地球温暖化対策の国際ルール「パリ協定」が発効しました。1997年の京都議定書に代わる新たな国際ルールです。温室効果ガスの発生を低減しながら経済成長する時代に世界は入りつつあります。

※本稿は、畜産技術((公社)畜産技術協会発行)740号に掲載の「豚ふん尿処理の現状と温室効果ガスの発生・制御」を補筆・転載したものです。

参考文献

- 1) 長田 隆(2012) 地球温暖化と温室効果ガス. 押田敏雄・柿市徳英・羽賀清典共編, 新編 畜産環境保全論, 養賢堂, p.15~19.
- 2) 白石 誠・長田 隆・滝本英二・脇本進行・北村直紀・奥田宏健(2004) 亜酸化窒素・メタン発生抑制方法の検討—肥育牛ふん堆肥化過程から発生するアンモニア・亜酸化窒素・メタン濃度—. 岡山県総合畜産センター研究報告, 第15号, 70~75.
- 3) 荻野暁史(2008) ライフサイクルアセスメントを用いて評価した食品残さ飼料化の環境影響低減効果. 畜産技術, 640号(2008年9月号)2~6.
- 4) 福本泰之(2015) 畜産悪臭問題への研究サイドからの取り組みについて. 畜産環境情報, 第61号, 1~10.
- 5) 松下英之(2014) 畜産業における環境負荷低減とJ-クレジット. 畜産環

- 境情報, 第 51 号, 1~14.
- 6) 白戸康人 (2016) 家畜ふん堆肥等の有機物施用による土壌炭素貯留~地力維持増進と地球温暖化緩和を目指して~. 畜産環境情報, 第 64 号, 11~22.
- 7) 内田真司 (2014) 環境保全型農業直接支払について~化学肥料・農薬の低減と堆肥の施用等の取組に対する直接支払制度~. 畜産環境情報, 第 55 号, 1~8.