

温室効果ガス発生を抑制する炭素繊維担体を用いた排水処理技術

岡山県農林水産総合センター

畜産研究所 経営技術研究室 白石 誠

1. 背景と目的

近年、温室効果ガス（GHG）の発生量が増加したため気温の上昇や集中豪雨等による農作物や人的な被害が顕在化してきた。このような状況の中、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第5次報告書では、温暖化に対する緩和対策等が行われないと2100年には平均気温が最大4.8℃上昇するとされている¹⁾。

GHGの発生は畜産経営からも認められており、2014年度における家畜ふん尿処理区分からのGHG排出量は一酸化二窒素（ N_2O ）が4,494 kt- CO_2 換算、メタン（ CH_4 ）が2,361 kt- CO_2 換算であり、我が国のGHG総排出量のそれぞれ0.3%、0.2%を占めている²⁾。また、1990年度の排出量と比較すると N_2O は5.8%の増加、 CH_4 は29.6%の減少となっている²⁾。増加が認められている N_2O については、温室効果が二酸化炭素（ CO_2 ）の298倍と高く、特に浄化処理からの排出係数は養豚で2.87%（ $g-N_2O-N/g-N$ ）、酪農・肉牛共通で5.00%（ $g-N_2O-N/g-N$ ）と処理区分の中でも最も多く発生している。このため、 N_2O に対する早急な対策が必要である。

浄化処理施設から発生する N_2O 対策としては、間欠曝気の効果が確認されている³⁾。しかし、現地において導入する場合、施設設計値の把握や運転管理等の適切な実施を行わないと処理水質の悪化などにつながる恐れがある。

このような中、曝気槽内に生物膜の担体となる炭素繊維（図1）を投入して硝化脱窒をスムーズに進行させ（図2）、 N_2O の発生を削減する生物膜法が山下ら⁴⁾により開発された。

そこで、この炭素繊維担体を用いたGHG削減技術を実規模レベルへつなげるために、有効容積0.7 m^3 の曝気装置を作成し、炭素繊維担体をろ材として用いた生物膜法が N_2O 等のGHG発生に及ぼす影響について調査した。

2. 材料と方法

(1) 試験方法

試験は、当所の養豚ゾーン(飼養頭数 250 頭)及び A 農場(飼養頭数 4,000 頭)の 2カ所で実施した。

試験システムを図 3 に示した。曝気槽に使用した容器は約 1 m³(縦 90cm×横 90cm×高さ 124.5cm)で有効容積を 0.7m³とした。そして、ガス採取のため上部に天蓋を設置し、天蓋の中心部または曝気槽側壁上部に穴を開けて内径 3 mm のガス採取用 P T F E チューブを挿入、測定機器内のポンプにより吸引した。

なお、採取されなかった曝気的气体は天蓋等の隙間から排出される構造とした。

供試汚水は、スクレーパーによりふん尿分離された豚尿排水を用いた。

汚水の投入量は B O D 容積負荷が 0.2~0.3kg/m³/日となるよう設定し、1日 1 回口径 40mm のポンプ(170L/min、揚程 6m、0.15kw)を用いて投入した。曝気は下部から散気管により行い、1 時間当たり 4.8~6.0m³で 23 時間連続曝気、その後 1 時間曝気を停止し沈殿、曝気停止 45 分後に汚水を投入・排出する回分式とした。

処理方法は試験区として生物膜法を用いた。前述したように、生物膜法は微生物膜表面が好気性、内部が嫌気性となり硝化脱窒がスムーズに進むため一酸化二窒素の発生抑制が期待できる(図 2)。生物膜のろ材には山下ら⁴⁾が用いた炭素繊維担体を利用した。炭素繊維はアクリル樹脂や石油、石炭からとれるピッチ等の有機物を繊維化した後、特殊な熱処理工程を経て作られる微細な黒鉛結晶構造をもつ繊維状の炭素物質⁵⁾である。本試験に供試した炭素繊維担体は、軽くて腐蝕せず、繊維が水中で広がり表面積が拡大され吸着浄化能力を高める特徴がある(図 1)。

なお、対照区としては代表的な浄化処理方法である活性汚泥法を用い、汚水及び処理水等の成分と温室効果ガスである N₂O 等の調査により両法が G H G 発生に及ぼす影響を比較検討した。

(2) 測定方法及び測定項目

1) ガスの測定

測定に供するガスは、前述したとおり天蓋等に挿入した P T F E チューブ

ープを通して測定機器へ導入し、GHGとして N_2O 及び CH_4 、悪臭としてアンモニア(NH_3)をマルチガスモニター及びマルチポイントサンプラーにより、数分～15分間隔で連続的に測定した。

N_2O 、 CH_4 及び NH_3 の排出量については、曝気量と曝気槽へ導入される新鮮空気及び曝気による排気ガスの濃度差異(mg/m^3)から求めた。

2) 水質の測定

汚水、曝気槽内、処理水について週1回以上サンプリングを行い測定した。測定項目はpH、EC、COD、BOD、SS、T-N、Kj-N、 NH_4-N 、 NO_x-N 、 NO_2-N 、 NO_3-N 、T-P、VS及び強熱残留物とした。

3) 曝気槽内の性状調査

曝気槽内の性状を調査するため、水面下30cmでpH、溶存酸素、液温をデータロガーにより10分間隔で記録した。また、活性汚泥濃度(MLSS)の測定も併せて行った

4) 調査期間

試験は中間的な気温となる春季と秋季に実施した。春季が畜産研究所4月～5月、A農場6月～7月、秋季が畜産研究所、A農場とも10月～11月と計4回試験を実施した。

3 結果及び考察

N_2O 濃度は畜産研究所、A農場ともに炭素繊維を用いた生物膜法(試験区)が活性汚泥法(対照区)に比べ低く推移した。 N_2O の発生量については、畜産研究所試験で試験区が $10.5g\sim 16.1g-N_2O/kg-N$ 、対照区が $20.8g\sim 52.6g-N_2O/kg-N$ 、A農場では試験区が $11.0g\sim 64.3g-N_2O/kg-N$ 、対照区 $65.8g\sim 119.3g-N_2O/kg-N$ となり、いずれも試験区においても N_2O 発生量が明らかに少ない結果であった(図4、5)。

また、水質調査結果から、対照区は試験区と比較して脱窒が進行せず硝酸・亜硝酸態窒素が蓄積してpHを低下させる結果となったが、炭素繊維では硝酸・亜硝酸態窒素の蓄積が少なくpHの顕著な低下は認められなかった。

これらのことから、炭素繊維ろ材では生物膜内部において硝化脱窒がスムーズに進行し、その結果 N_2O の発生量が低下したものと考えられた。

4 まとめ

有効容積 0.7m^3 の曝気槽を用いて、炭素繊維を用いた生物膜法と活性汚泥法から排出されるGHGを測定したところ、 N_2O 発生量は、炭素繊維を用いた生物膜法が活性汚泥法に比較して17～50%と少なく、本法はGHG削減に有効であると考えられた。

5 今後の課題

今回の試験により、炭素繊維をろ材として用いる生物膜法は温室効果が高い N_2O の削減に有効な方法と考えられ、今後農家への普及を図るためには実規模での試験が重要となる。

また、本法は、新たに設置される浄化槽では設計段階で導入が検討できるため特段の問題はないと考えられるが、既存の浄化槽へ導入する場合には、活性汚泥法の性能を維持しつつ炭素繊維担体を設置する必要があるため、浄化槽内の配管や散気管等の位置に配慮して導入の検討を行う必要がある。

以上のことから、今後は実施設において削減効果を検討するとともに試験の設計諸元データを蓄積し、技術の最適化を図っていく必要がある。

謝辞

炭素繊維を用いた温室効果ガス抑制は農研機構 畜産研究部門との共同研究による成果です。

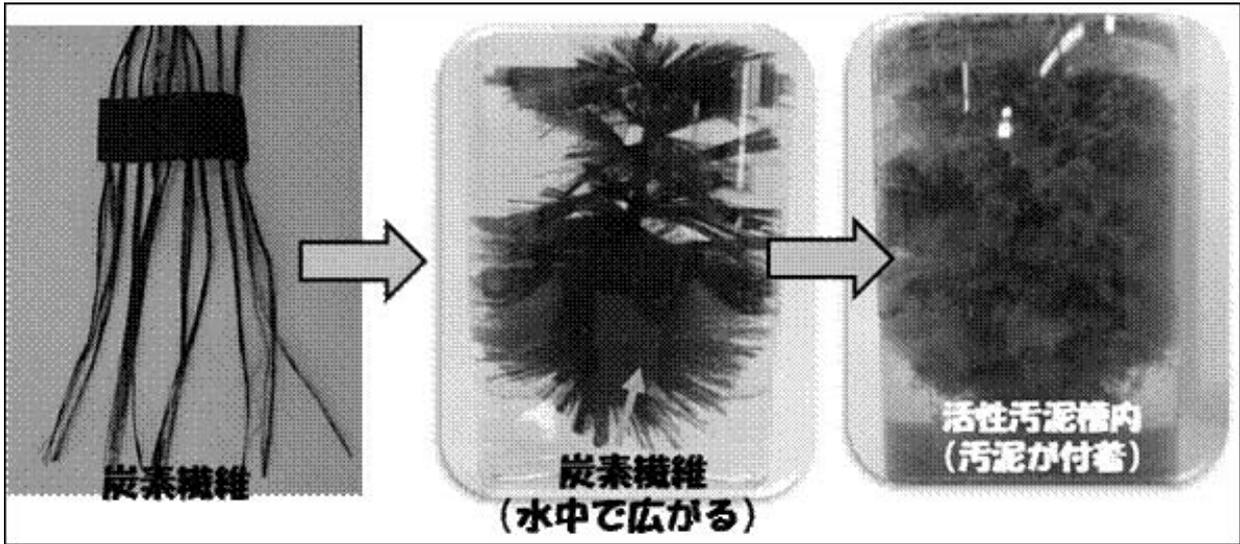


図 1 炭素繊維

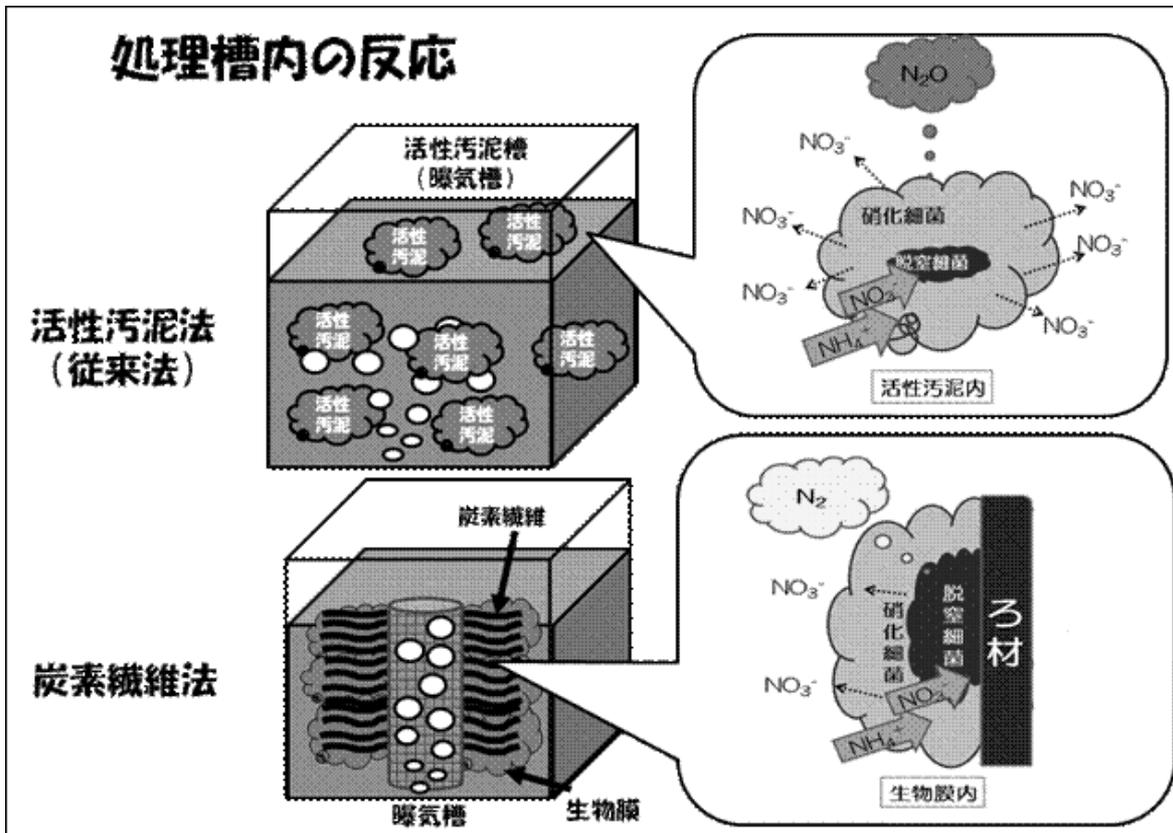


図 2 活性汚泥法と生物膜法の比較

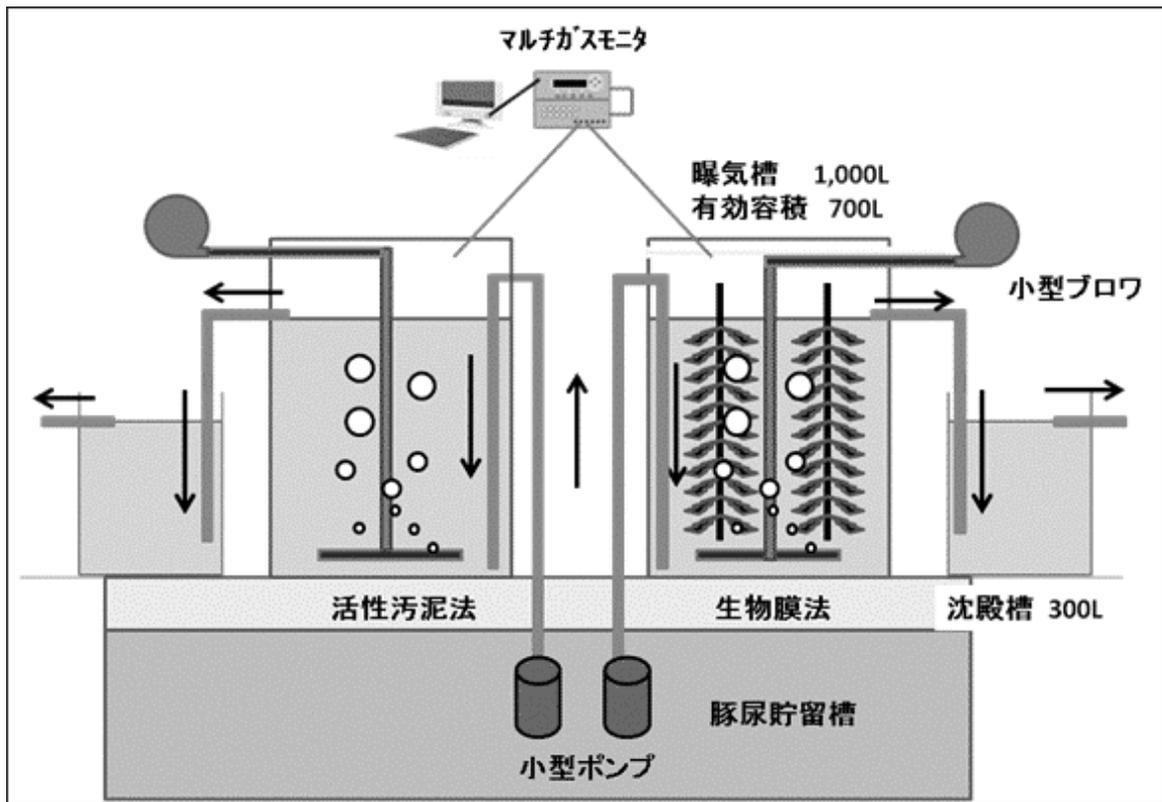


図 3 試験システム

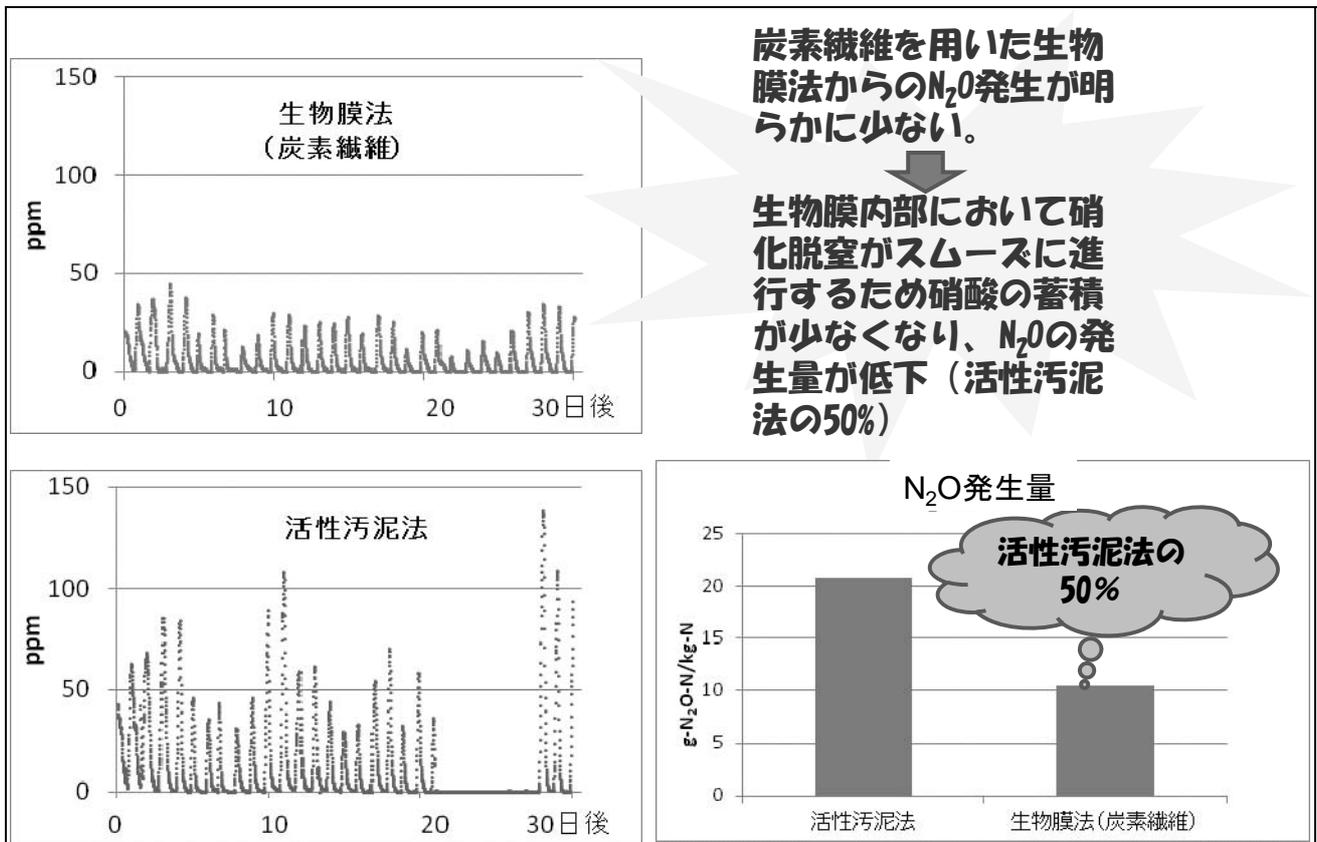


図 4 畜産研究所結果

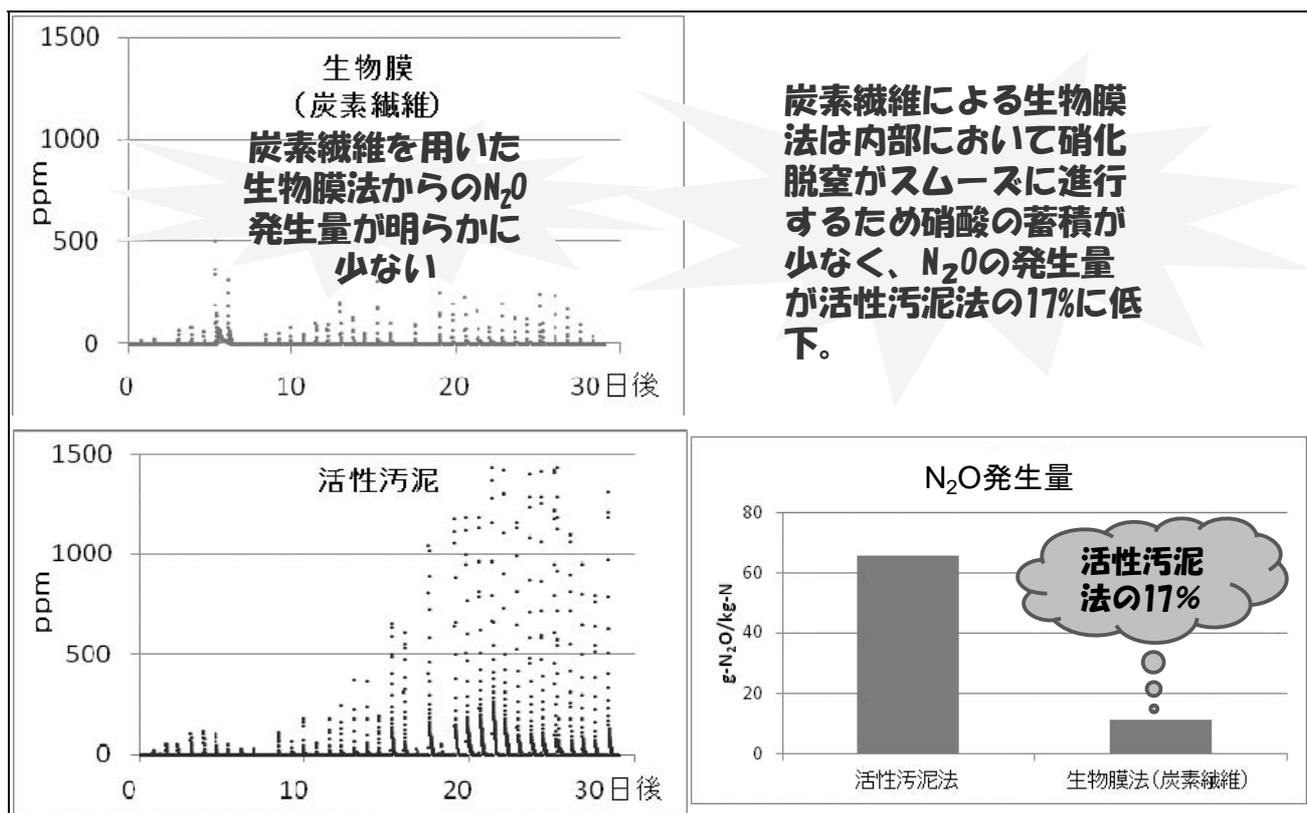


図5 A農場結果

参考文献

- (1) 環境省. 2014. IPCC第5次報告書の概要—第1作業部会(自然科学的根拠).
- (2) 日本国温室効果ガスインベントリ報告書. 2015. 温室効果ガスインベントリオフィス(GIO)編.
- (3) 長田隆. 2002. 豚のふん尿処理に伴う環境負荷ガスの発生. 畜産草地研究所研究報告第2号.
- (4) 山下恭広. 2015. 炭素繊維担体を利用した污水浄化処理技術. 畜産技術 2015年7月号, 18-21.
- (5) JCMA 炭素繊維協会
<http://www.carbonfiber.gr.jp/material/index.html>

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 28-4 資料

平成 28 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

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 28 年 11 月 10 日

印刷所