

集落排水施設とメタン発酵プロセスの連携の、もう1つのメリットの可能性 — 先行出願調査と室内実験の結果 —

Another potential benefit of installing methane fermentation process in rural sewage plant - Prior patent application search and lab experiment -

○山岡 賢* 中村真人** 折立文子**

YAMAOKA Masaru* NAKAMURA Masato** and ORITATE Fumiko**

1. 緒言 集落排水施設の汚泥及び農村地域内で発生する生ごみや作物残渣を原料とした小規模メタン発酵の実証が行われている¹⁾。集落排水施設への小規模メタン発酵の導入によって、集落排水施設の維持管理費で比重の大きい汚泥処理費の削減、農村地域での資源循環システムの構築、再生可能エネルギーの生産が可能である。

メタン発酵は、含水率が高いバイオマスから脱水や乾燥などの処理を経ず、燃料として利用可能なメタンガスが得られるなどメリットが多い処理である。一方、メタン発酵は、効率的なバイオガスの生成には発酵槽の加温が必要な点は弱点と言えるが、この点はバイオガスによる発電の際の排熱の利用で補うことができる。

著者らは、バイオガス中に少量含まれる硫化水素 (H_2S) の除去のためメタン発酵施設に設置される脱硫プロセスについて情報収集して、採用事例が多い乾式脱硫における交換作業やコストを報告した²⁾。乾式脱硫は、脱硫剤の主成分の酸化鉄と H_2S の化学反応で除去するものである。 H_2S は、好気性微生物の働きで S^0 、 SO_3^- 、 $S_2O_3^{2-}$ 等を経て SO_4^{2-} に変換され³⁾、生物脱硫はこの反応を利用するものである。なお、メタン発酵槽へ微量の空気を吹き込む生物脱硫では、酸素量が制限され SO_4^{2-} に変換されず、 S^0 が蓄積した硫黄マットが形成される⁴⁾。

メタン発酵槽は絶対嫌気性微生物の働きを主体としているが、生物脱硫には好気性微生物が必要である。集落排水施設では主に好気性微生物の働きで汚濁物質を浄化している。集落排水施設の嫌気性ろ床前置の接触ばっ気方式では、嫌気性ろ床での H_2S の発生し、同床の流出水に H_2S が溶解しているが、接触ばっ気処理を経た処理水では H_2S が残留してなく、排水処理に働く好気性微生物群には H_2S の酸化が期待できる。このため、メタン発酵を集落排水施設に導入すると、バイオガスの脱硫に排水処理に働く好気性微生物群が利用できるメリットが期待される。

2. 先行出願調査 排水処理の好気性微生物を生物脱硫に利用する先行事例を文献検索したが見つけられなかった。このため、知財関係の情報を収集するため、特許事務所に先行出願調査を依頼した。特許事務所によると⁵⁾、関連する先行出願として11件が示された。これら11件の内容を吟味したところ、特開平5-68849⁶⁾ (以下、出願1)と昭60-87835⁷⁾

(以下、出願2)の2件が類似と考えられた。出願1は、メタン発酵槽後段の消化液の浄化を行う酸化槽から混合液や処理水を取り出し、バイオガスを接触させて H_2S を吸収させて酸化槽に戻し脱硫する⁶⁾とされていた。出願2の概要は、下水処理場の活性汚泥とバイオガスを接触させて、活性汚泥で硫化水素を脱硫する。硫化水素を活性汚泥と接触と脱硫させる反応器は、曝気により汚泥に酸素を供給するが、曝気の気泡はバイオガスに混入

*琉球大学農学部, University of the Ryukyus, 集落排水, メタン発酵, 脱硫

**農研機構 農村工学研究部門, Institute for Rural Engineering, NARO

しない工夫がされていた⁷⁾。なお、これらの出願は28年以上経過して権利は消滅していた。

3. 室内実験 特許の対象となる発明は、技術的思想の創作とされ、公開特許公報から研究論文のように技術的な詳細データを得ることは困難なため、室内実験を実施することとした。まず、バイオガスと水または汚泥(以下、水等)の接触によるH₂Sの水等への溶解を調べることにした。バイオガスと水等の接触では、接触時とともに接触後のバイオガスの回収も空気の混入を避けたいといけなため、バイオガス体積の簡易測定器⁸⁾(図-1)を用いて、次のように行った。①弁1及び2を開き、cから水等を注入して測定筒を満す、②弁2を閉じ、aからバイオガスを注入して弁1を閉じる。ガス注入に伴いbから水等が排出される。これによって、ほぼ1気圧でバイオガスと水等が接触する。③所定の接触時間後、aにテトラバックを接続して、弁1及び2を開き、cから水等を注入して測定筒内のバイオガスをテトラバックに移して回収する。③' バイオガスと接触した水等を回収する場合は、③に代えて、弁1及び2を開きcから排出させて回収する。

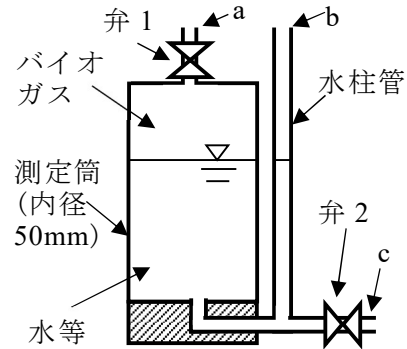


図-1 ガス体積簡易測定器⁸⁾

上記の方法でH₂S 800ppmのバイオガスを水及び汚泥に接触させて回収した結果、純水の場合、76分間の接触でH₂S濃度は160ppm、汚泥(MLS S=4,370mg/L)に接触させると、62分間の接触でH₂S濃度は164ppmに低下した。汚泥の方がH₂S濃度の低下がわずかに速かった。その点はさらに確認する必要があるが、汚泥はバイオガスと接触時、沈殿してバイオガスは上澄液と接して、微生物の影響は少なく、溶存物質やpH値の緩衝機能の影響が考えられる。また、バイオガスを接触させた純水を回収して純水に溶解したH₂S濃度を、液体検知管(溶存硫化物)によるモニタリングを試みたが、測定筒に約300mLのバイオガスを注入しH₂S濃度が約2,000ppm低下した場合の純水中のH₂S濃度は4ppmと低濃度であり、困難であった。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 20K06306 の助成を受けたものである。感謝の意を表す。また、沖縄科学技術大学院大学(Oist)貝沼グループ長、David 研究員に協力を得た。感謝の意を表す。

引用文献 1)蒲地紀幸, 中村真人, 大土井克明, 折立文子, 柴田浩彦, 大塚直輝(2021): 集排汚泥を活用した小規模メタン発酵による資源循環の実証, 農業農村工学会誌, 89(11), 851-855. 2)山岡 賢, 中村真人, 折立文子(2021): 集落排水施設に設置するメタン発酵プロセスの脱硫の検討, 2021年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, 446-447. 3)小林拓朗, 李 玉友, 久保田健吾, 原田秀樹, 前田武己, 河合和保, 吉田尊彦(2009): 硫黄酸化細菌を利用したメタン発酵槽の微生物環境下におけるバイオガス脱硫, 土木学会論文集 G, 65(2), 104-113. 4)小林拓朗, 李 玉友, 久保田健吾, 原田秀樹(2009): バイオガスの生物脱硫に寄与する硫黄マットの反応環境と微生物生態, 環境技術, 38(9), 642-651. 5)KH国際特許商標事務所(2021): 先行出願調査報告書, 7p. 6)依田元之(1993): 消化ガスの脱硫方法および装置, 特開平 5-68849. 7)本多淳裕, 福山丈二: メタン発酵ガスの活性汚泥による脱硫方法とその脱硫装置, 昭 60-87835. 8)山岡 賢, 中村真人, 折立文子(2020): 小規模メタン発酵実験用のバイオガス体積のための簡易測定器の改良—模擬バイオガスによる二酸化炭素溶解への対策検討—, 農業農村工学会論文集, 310(88-1), II_1-II_9.