

鶏糞のアンモニア回収型乾式メタン発酵法の開発

中島田 豊・アブエニエン ファトマ・難波 祐三郎・田島 誉久・加藤 純一・西尾 尚道
 広島大学大学院先端物質科学研究科 分子生命機能科学専攻
 〒739-8530 広島市鏡山 1-3-1 電話: 082-424-4443
 Fax: 082-424-4443 E-mail: nyutaka@hiroshima-u.ac.jp

日本国内において、現在、鶏糞は主に焼却や堆肥化処理されているが、多くの問題がある。鶏糞（深卵鶏）は含水率 75%程度であり多くの有機物が含まれていることから、廃棄物処理のみならずメタンとしてエネルギー回収を行うことが可能、かつメタン発酵後の水処理が不要な乾式メタン発酵技術が新たな処理法として考えられた。しかし、鶏糞を嫌気処理すると、遊離する高濃度アンモニア態窒素により乾式メタン発酵は阻害された。そこで、アンモニア蓄積によるメタン発酵阻害を回避した新規メタン発酵技術の開発を行っている。

1. はじめに

日本国内における生物系有機廃棄物の多くを占める糞尿・汚泥は処理時の含水率が 80%前後と高く、物理的ガス化には重油などの補助燃料を必要とすることから、メタン発酵による生物系エネルギー回収が期待されている。しかし、含水率 80%以下の有機物を処理する乾式メタン発酵法の研究開発はあまり行われていなかった。乾式メタン発酵は、処理に 20~30 日を要するが、従来の湿式法と比較して有機物含量が高く、例えば余剰汚泥の場合、従来法では約 2%の汚泥を処理するのに対して、乾式法ではその 10 倍の 20%の汚泥を処理することになるので、発酵槽体積は単純に考えれば 10 分の 1 で済む。また、処理水が大幅に削減できるので大きな排水処理設備も必要とされないなどの利点を有しており、広範囲な実用化が求められているが、高濃度に蓄積するアンモニアによる発酵阻害の回避が乾式メタン発酵の大きな問題であった。

アンモニアは有機物中のタンパク質分解に伴い不可避免的に生成し、経験的にはアンモニア濃度 3,000mg-N/L 以下で運転することが望ましい。そこで、我々はストリップング法によるアンモニア回収型乾式メタン発酵法を検討し、これまでに、余剰脱水汚泥を対象として、嫌気消化時にメタン生成は無いものの約 8,000mg-N/L にも達する遊離アンモニアを除去・回収したのちメタン発酵を行う、アンモニア-メタン二段発酵法を開発した [1]。本方法は、脱水汚泥に限るものではなく、有機窒素含量の高い有機固形物に対して広く適用できる

技術であることから、今回、家畜糞尿の中でも特に有機窒素含有量の高い鶏糞単独での乾式メタン発酵法の開発に挑戦した。

2. 実験方法

鶏糞は広島大学農場より採取したもの（含水率 75%、ケルダール窒素含量 87g-N/kg-全固形物）を、アンモニアおよびメタン生成種汚泥は広島県下水道処理センターの高温嫌気消化脱水汚泥（含水率 80%）を用いた。実験条件に従い二つを混合して、バイアル瓶またはバイオリアクターを用い、嫌気条件下で培養を行った。

3. 結果と考察

(1) 馴養メタン発酵菌によるメタン生成

まず、メタン生成種汚泥と混合した鶏糞を用いた乾式メタン発酵の可能性を 37℃、55℃及び 65℃にて反復回分培養法により検証した。その結果、55℃、65℃におけるメタン生成は認められなかったが、培養温度 37℃において 254 日間の馴養培養後、31mL/g-VS の収率でメタン生成が確認された。この結果から、高濃度アンモニア存在下でも長期間馴養することにより乾式メタン発酵が可能であることが示された [2]。しかし、非常に長期間の馴養が必要であること、メタン生成量が少ないことからアンモニア除去によるメタン発酵の高速化を検討した。

(2) 二槽式アンモニア回収型メタン発酵

鶏糞とメタン発酵汚泥を 9:1 で混合、65℃にて 8 日間培養したところ 17g-N/kg-湿鶏糞のアンモニアが遊離した。そこで、アンモニア遊離汚泥を 1cm 厚さに整形、温度 85℃、pH10 として汚泥表層に嫌気ガスを通気したところ、試料中の 86%のアンモニア態窒素を除去することができた。そこでアンモニア除去鶏糞をメタン発酵処理したところ、20mL/g-VS の収率にてメタンが生成した。しかし、本処理中、メタン生成とともにアンモニアの再蓄積が観察されたことから、再度、先と同様の方法でアンモニア除去-メタン発酵試験を行ったところ、105mL/g-VS にメタン生成量が改善された [3]。本結果は、鶏糞の乾式メタン発酵において、アンモニアが主要な阻害要因であり、これを除去することにより乾式メタン発酵が可能となることを示していた。

(3) 単槽式アンモニア回収型メタン発酵

アンモニア除去は鶏糞の乾式メタン発酵を可能とするが、先の方法では高温、高アルカリ条件が必要であり、エネルギー回収率の低下、及び運転コストの増大をまねく。そこで、上記欠点を克服した、新規乾式アンモニア除去-メタン発酵法を検討し、図 1 に示す新規アンモニア回収型乾式メタン発酵装置を開発した。本装置では汚泥を混合攪拌しながらバイオガスをリアクター上部から底部に外部循環させ、その途中でバイオガス中に遊離したアンモニアを吸収塔にて除去する。アンモニア発酵後前もってアンモニアを除去した鶏糞と全くの未処理鶏糞を 1:1 で混合した試料を半連続的に投入、55℃、pH9 以下のメタン発酵条件にて培養を継続したところ、アンモニア濃度を低濃度に保ちつつ、同時にメタン発酵が可能であることが判った。この時の鶏糞からの最大メタン収率は 195mL/g-VS であった [4]。さらに、未処理鶏糞 100%を用いた場合でも、120 日以上期間、乾式メタン発酵が可能であった (図 2)。

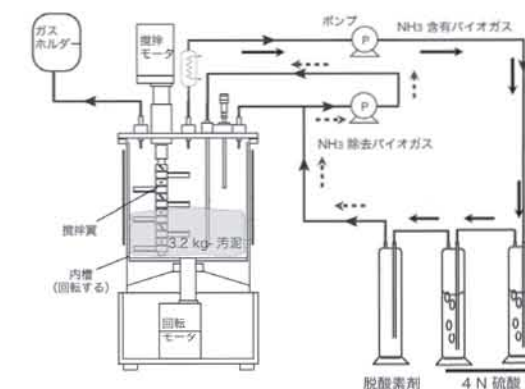


図 1 アンモニア除去-メタン発酵ラボ装置概要図

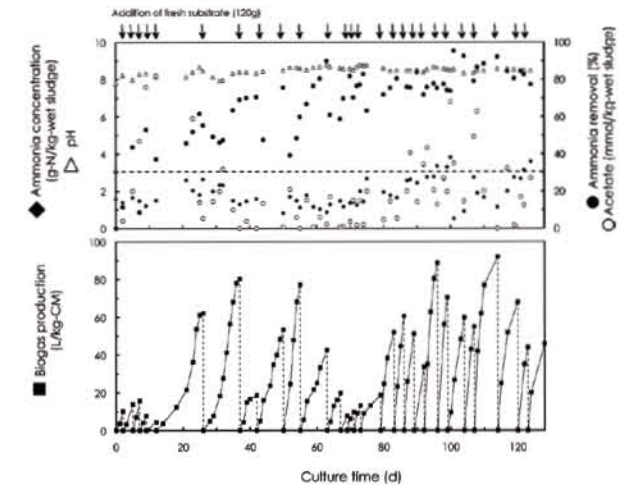


図 2 未処理鶏糞の半連続乾式メタン発酵結果

4. 今後の展望

今回の開発に当たっては効果を強調するために余剰脱水汚泥、及び鶏糞を単独で処理したが、実際の現場では生ゴミなどの都市廃棄物や稲わらや雑草などの、いわゆるソフトバイオマスを混合することも可能である。本プロセスの特徴は、装置内のアンモニア濃度を有機物中の有機体窒素含量に関わらずメタン発酵が最適に行われるように制御できることにあり、季節、時期、場所による量の変動が大きな各種バイオマスを一ヶ所で通年処理するための重要な利点である。また、これまでは希薄なため高度処理していたアンモニアが濃縮・回収されるので、より容易に肥料やエネルギーなどとしてカスケード利用も可能である。

実用化に向けた動きとしては、(株) 日立エンジニアリング・アンド・サービスを中心として、NEDO「地域バイオマス熱利用フィールドテスト事業」にて、本プロセスを基本概念としたパイロット装置での実証試験を行い、鶏糞 100%でのメタン発酵に成功しており、近い将来での実用化が期待できる [5]。

参考文献

- [1] Nakashimada Y, *et al.*, Appl. Microbiol. Biotechnol. **79**, 1061-1069 (2008).
- [2] Abouelenien F, *et al.*, J. Biosci. Bioeng. **107**, 293-295 (2009).
- [3] Abouelenien F, *et al.*, Appl. Microbiol. Biotechnol. **82**, 757-764 (2009).
- [4] Abouelenien F, *et al.*, Biores. Technol. **101**, 6368-6373 (2010).
- [5] 佐藤千春ほか, 第 13 回日本水環境学会シンポジウム講演集, pp. 138-139, 京都, (2010)