

家畜ふん尿フルスケールメタン発酵プラントにおける 指標微生物の除去特性

茨城大学
木更津工業高等専門学校
大成建設(株)
タックコンサルタント(株)
長岡技術科学大学

○安井宣仁
上村繁樹
帆秋利洋
国井伸隆
原田秀樹

島根大学
高橋克夫
友沢 孝
大橋晶良

山田伸正
高石斌夫
大原孝彦
小嶋令一

1. はじめに

平成12年度の環境白書によれば、産業廃棄物の総排出量のうち汚泥が最も多く44.7%を占め、続いて17.8%が動物ふん尿として数えられており(平成8年度のデータ)、酪農をはじめとする畜産業からの環境負荷が極めて高いことが伺える。こうしたなか、我が国では平成11年11月に「家畜排泄物の管理の適正化および利用の促進に関する法律(家畜排泄物法)」が施行され、家畜排泄物の適正処理ならびに有効利用が課題となっている。廃水・廃棄物のメタン発酵処理法は、汚泥、し尿、農業・畜産廃棄物の処理方法として長い研究と応用の歴史を誇っており、国内外でその応用の拡大が推進されている。畜産廃棄物の処理にメタン発酵を導入することにより、バイオガスが有効利用できる他、消化液を液肥として利用することで、ゼロエミッション型畜産ふん尿処理技術の確立が可能である。しかしながら、メタン発酵により得られた消化液を土壌還元する場合、農作物の消費者の健康を考慮すると、消化液中に含まれる病原菌の存在量の把握が重要である。そこで、本研究では、畜産廃棄物を処理するフルスケールメタン発酵プラントにおける指標微生物の挙動を調査した。

2. 実験方法と材料

本プラントは、受入槽(140m³)、中温メタン発酵槽(37℃、1500m³、滞留時間30日)、殺菌槽(70℃、滞留時間1時間)、消化液貯留槽(2500m³×3基)および堆肥化施設、コジェネレーション施設からなる(図-1)。プラント内に投入される計画受入量は、牛ふん尿45.4t/日、生活系・水産系・農業系残滓4.6t/日の計50t/日とし、COD容積負荷は6kg-COD/m³・日である。プラントのスタートアップは、植種汚泥として、2%消石灰添加ラグーン汚泥を用い、13~37℃まで温度を上昇させた後牛ふん尿の投入を開始した。本研究では、受入槽、発酵槽、殺菌槽の各3段階における指標微生物の挙動を調査した。本プラントの衛生学的安全性を考慮した場合、殺菌槽の性能が重要視される。そこで、70℃、60℃、55℃、45℃、37℃の条件下で指標微生物の殺菌試験を行った。

各段階における指標微生物の調査項目は、国際的に排水基準として定められている総大腸菌群、病原性ウィルスの指標として有望視されている大腸菌ファージ、アメリカのEPA¹⁾において、下水汚泥を土壌還元する際に基準が設けられているふん便性大腸菌群(以下FC)、およびデンマーク²⁾において畜産廃棄物のバイオガスプラントの衛生学的指標として推奨されているふん便性連鎖球菌(FS)とした。総大腸菌群の測定は特定酵素基質培地法に基づいた最確数テストにより測定した。大腸菌ファージは、サンプルを10mlのビーフェキスに投入し、38℃で30分間振とうしてファージを誘出させた後、3500rpm、10分間で遠心分離し、その上澄み液を、0.45μmフィルターでろ過して重層寒天培地法により測定した。宿

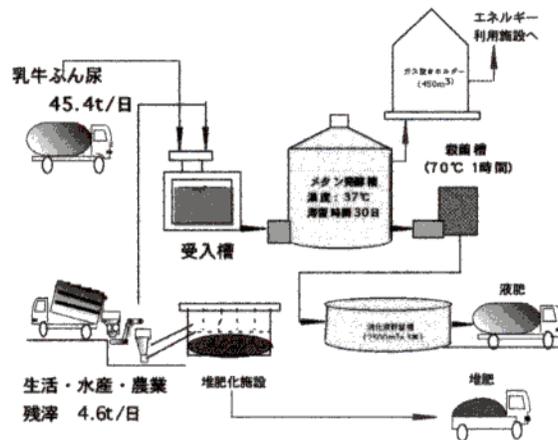


図-1 フルスケールメタン発酵プラント図

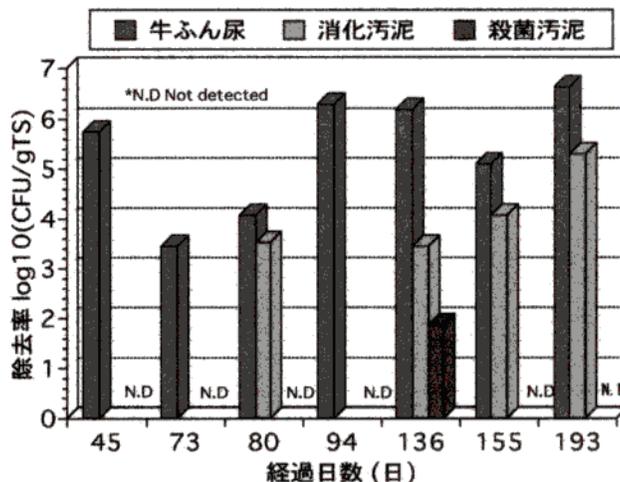


図-2 ふん便性大腸菌群の経日変化

キーワード：家畜ふん尿、メタン発酵、指標微生物、大腸菌ファージ、ふん便性大腸菌群
連絡先：千葉県木更津市清見台東2-11-1 木更津工業高等専門学校 環境都市工学科

主菌は *E. coli* k12 F⁺ (A/λ) とした。FC、FS の測定は、それぞれ mFC 培地、M-エンテロコッカス培地によるメンブレンフィルター法で行った。

3. 実験結果と考察

本実験では、プラントのメタン発酵槽内の温度が 37℃ に安定した日を運転 0 日目とした。116 日目以前は、受け入れ牛ふん尿の不足により、主に近隣の牧場から得たラグーン汚泥をメタン発酵槽に投入した。また、投入量が計画投入量よりも少なかったため、実際の COD 容積負荷は 1kg-COD/(m³・日) 程度と計画 COD 容積負荷の約 1/6 という運転状況にあった。

図-2 に一例として受入槽、中温メタン発酵槽、殺菌槽の各段階における、FC の変化の様子を示す。FC は 136 日目を除き、結果的に殺菌槽において全ての場合検出限界以下まで除去された。アメリカの EPA では下水汚泥を農地に還元する際の微生物基準を FC で 2×10⁶ 個/gTS 以下としている。よって本プラントでは殺菌槽を経ることにより EPA の基準を十分に満たしていることが判明した。

図-3 に各指標微生物の投入牛ふん尿に対するメタン発酵槽出口および殺菌槽出口における死滅率を総括する。図-3 では、便宜的に検出限界以下の場合の除去率を 100% として表現した。結果から明らかなように、メタン発酵槽出口、殺菌槽出口共に、FC と FS が最も良く除去され、次いで TC、大腸菌ファージの順で除去されていた。

殺菌試験より、指標微生物が 90% 不活化される時の時間 D と不活化温度との関係をチックの法則にあてはめ得られた温度死滅曲線を図-4 に示す。この結果より、大腸菌ファージが最も温度耐性が高く、続いて FS、FC の順であることがわかった。一般に指標微生物は実際の病原菌よりも耐性が強いことが望まれるが、大腸菌ファージの温度耐性が最も高かったことから、今後消化液の病原性ウイルスに関するリスク評価の検討を重ねる必要性が認められた。また各指標微生物の温度と死滅時間の関係が得られたことから、本プラントの殺菌槽の設計指針が決定できた。

4. まとめ

牛ふん尿を処理するフルスケールメタン発酵プラントにおいて、指標微生物としてふん便性大腸菌群、総大腸菌群、ふん便性連鎖球菌および総大腸菌ファージの動向を調査したところ以下の結果を得た。

- 1) メタン発酵槽およびプラント全体において、病原性ウイルス指標である大腸菌ファージの除去率が最も低く、ふん便性大腸菌群の除去率が最も高かった。
- 2) 各指標微生物について、37℃、45℃、55℃、60℃、70℃で殺菌試験を行ったところ、大腸菌ファージが最も不活化しにくく、ふん便性大腸菌群が最も温度の影響を受けることが解った
- 3) 各指標微生物の温度と死滅時間の関係を求めることで、本プラントの殺菌槽の設計指針が求められた。
- 4) 本プラントの殺菌後の消化汚泥のふん便性大腸菌群は EPA の基準を達成していた。

参考文献

1) EPA: Environmental regulation and technology, Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge. (1999)
 2) Ministry of agriculture, Danish Veterinary Service: Safeguards against pathogens in biogas plant. (1992)s

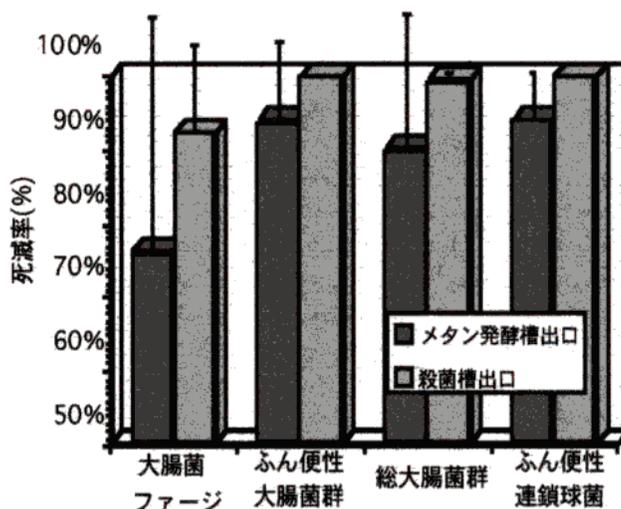


図-3 各指標微生物の死滅率

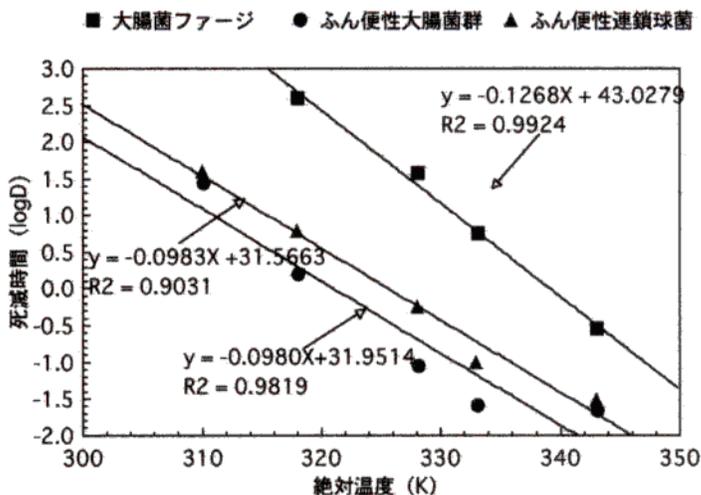


図-4 各指標微生物の温度死滅曲線