

## (Ⅶ-1) フルスケールメタン発酵プラントにおける家畜ふん尿中の病原性微生物の除去効果

木更津工業高等専門学校 ○山田伸正 上村繁樹 安井宣仁 高橋克夫 高石斌夫  
大成建設株式会社 帆秋利洋 友沢孝 大原孝彦 小嶋令一  
タックコンサルタント株式会社 国井伸隆  
長岡技術科学大学 原田秀樹 大橋晶良

### 1. はじめに

平成 12 年度の環境白書<sup>1)</sup>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し、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病原性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(140m<sup>3</sup>)、中温メタン発酵槽(37℃、1500m<sup>3</sup>、滞留時間 30 日)、殺菌槽(70℃、滞留時間 1 時間)、消化液貯留槽(2500m<sup>3</sup>×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/m<sup>3</sup>・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。また、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。したがって、55℃および 70℃の条件下で指標微生物の殺菌試験を行った。

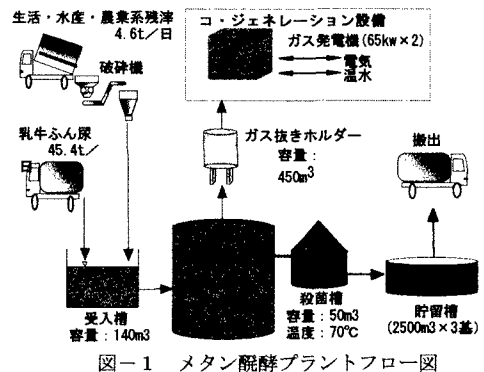


図-1 メタン発酵プラントフロー図

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、病原性ウイ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 EPA<sup>2)</sup>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<sup>3)</sup>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 のビーフエキスに投入し、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<sup>4)</sup>。宿主菌は *E.coli* k12 F<sup>+</sup> (A/λ)とした。ふん便性大腸菌群、ふん便性連鎖球菌の測定は、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。

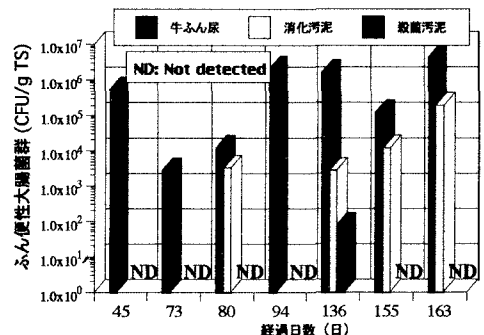


図-2 ふん便性大腸菌群の挙動

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 2-1-1 木更津工業高等専門学校 環境都市工学科

### 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/(m<sup>3</sup>・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はメタン発酵を経ることにより、検出限界以下まで除去された場合や、逆に除去率の悪い場合もあったが、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。現在、わが国では嫌気性消化汚泥を土壌還元する際の明確な基準は設定されていないが、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ふん便性大腸菌群で2×10<sup>6</sup>個/gTS以下としている。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。

図-4に一例として70℃における殺菌試験の結果を示す。各温度とも大腸菌ファージが最も不活化しにくく、次いでFS、FCの順で不活化することが判明した。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。前述のように、EPAでは現在ふん便性大腸菌群が下水汚泥の農地還元の際の微生物基準として採用されているが、本研究の結果より、畜産廃棄物の消化液の土壌還元における病原性ウイルスの適切な指標微生物については、今後検討する余地があると思われる。

### 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、以下の結果を得ることができた。

- 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は最も低く、ふん便性大腸菌群の除去率が最も高かった。また本プラントの殺菌後の消化汚泥のふん便性大腸菌群数はEPAの基準を達成していた。
- 2) 各指標微生物について、55℃および70℃で殺菌試験を行ったところ、各温度における不活化は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。この結果はプラントにおける死滅率の結果と符合した。

### 参考文献

- 1) 環境省：平成12年版環境白書各論
- 2) EPA：Environmental regulation and technology, Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge. (1999)
- 3) Ministry of agriculture, Danish Veterinary Service：Safeguards against pathogens in biogas plant. (1992)
- 4) Ketratanakul, A. and Ohgaki, S.：Wat. Sci. Tech., 21(3). 73-78. (1989)

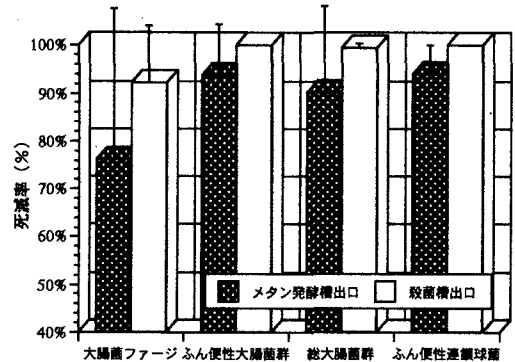


図-3 各指標微生物の死滅率

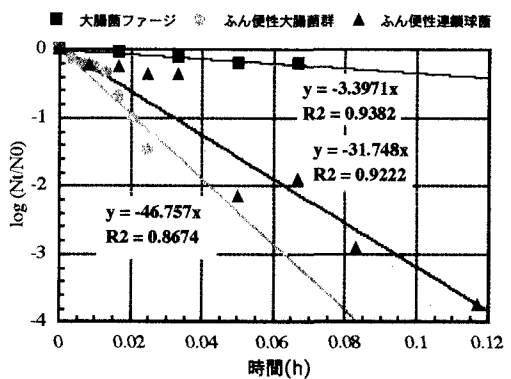


図-4 70℃における各指標微生物の不活化