

II-311

生ごみのメタン発酵におけるCO₂吸着の基礎的研究
一粒径変化及びCO₂吸着によるガス発生速度について

日本大学生産工学部 学生会員 市川 茂樹
日本大学生産工学部 正 会員 金井 昌邦

1. はじめに

生ごみのメタン発酵では、有用であるエネルギー（消化ガス）の回収が可能であるが、嫌気性細菌により分解・ガス化される有機物が難分解な形態を取っており、負荷変動に左右しやすく複雑なガス発生状況を示す。ここで試料である生ごみは、粉碎・細分化（表面積増大・試料均一化）することで発酵が期待できる。これより、生ごみ粉碎粒径が液中でのガス化に与える影響について、ガス発生速度恒数を求め検討を行った。

特に粉碎細分化された生ごみは、消化液中で浮上性が高く無攪拌状態で最も良好な消化を示すことが明らかである。この反応には、CO₂が関与している熱、初期より人工的にCO₂を介在させ、そのガス発生速度を上記粒径を考慮しながら発酵の良好性・消化ガス（主にCH₄）の安定回収を目的に検討を行い、若干の知見が得られたのでここに報告する。

2. 実験方法及び装置

図-1にメタン発酵装置を示す。発酵槽は、有効容量20ℓ以上とし恒温水槽内に設置した。一方、CO₂吸着効果を考え、槽中のスカム液面上にCO₂の充填を行ったものと、比較としてN₂充填を行ったControlについて実験を試みた。

厨芥試料には、野菜しずの代表と思われるキャベツを用い、図-2のごとく平均粒径をそれぞれ、3.09%、2.19%、1.58%とし、見当り100gの生ごみ負荷を与え、CO₂充填を行ったものとControlについて表-1の発酵条件から発生消化ガスの速度恒数を求めた。

本実験に用いた糞汚泥は、ST下水処理場で46℃、約12日間の消化を行、汚泥を採集した後、さらに53~54℃の高温発酵により数回の生ごみ試料（キャベツ）を添加し、50日間消化したものを糞汚泥とした。発生した消化ガスは、Orsat apparatusにより分析を行い、有機酸については、遠心分離（3000rpm, 15min）後の上澄液を直接滴定法により測定した。

3. 粒径変化とCO₂吸着によるガス発生速度について、

ガス発生量は、投入有機物により初期から十分な有機物の分解が行われ、近似的に一次反応式と考えると、 $\frac{d(G-Y)}{dt} = K(G-Y)$
 $\frac{dY}{dt} = K(G-Y)$ で現わされ、 $\frac{dY}{G-Y} = K dt$ とし、
 $G-Y = \theta$ とおくと、 $-dY = d\theta$ より

$$\frac{d\theta}{\theta} = -K dt \quad \text{--- 1)}$$

式1)を積分すると、 $\log \theta = -Kt + C$ となり

$$\therefore \log (G-Y) = -Kt + C \quad \text{--- 2)}$$

t=0のとき、G-Y=Gであるから、 $C = \log G$ となり

$$\therefore \log (G-Y) = -Kt + \log G \quad \text{--- 3)}$$

変形して、 $\log (G-Y)/G = -Kt$ --- 3')

が得られる。ここで発生ガス量は、有機物量に比例するから $G' \propto G \cdot Y \propto Y$ より、G':発生した総ガス量、Y':

図-1. 回分式発酵装置

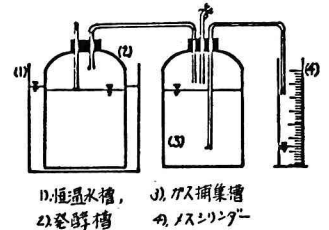
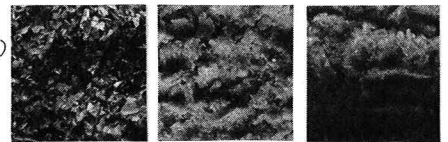


表-1 発酵条件

発酵温度	53~54℃(高温発酵)
消化日数	半連続実験より7日 毎の生ごみ試料の投入を行 った。 無攪拌(試料投入時のみ 手動に5分攪拌)
攪拌	
試料粒径	3.09%, 2.19%, 1.58%

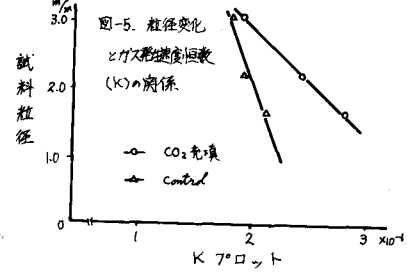
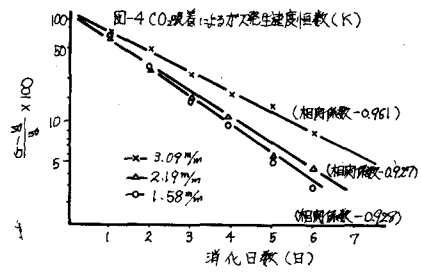
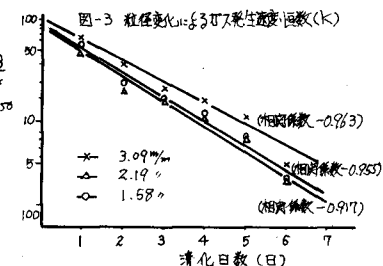
図-2 厨芥試料性状



平均粒径 3.09% 平均粒径 2.19% 平均粒径 1.58%
含水率 93.0% 含水率 92.0% 含水率 92.7%

糞汚泥性状 --- 強熱減量 7 600 ppm
蒸気残差 16 500 ppm
P H 8.30
含水率 99.9 %

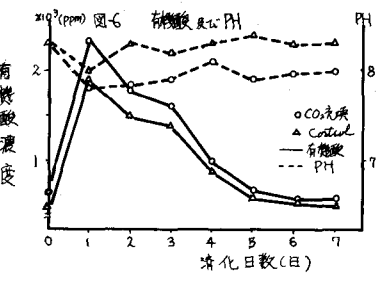
と時間内に発生したガス量と考え、 $\log(G-V)/G$ との関係プロットし、勾配よりKを求めた。図-3・図-4は、半連続実験のうち14日以降のガス発生量の結果であり、それ以前の発酵では、十分馴化された雑汚泥にもかかわらず、複雑なガス発生状況を呈し、特にこの傾向は、Controlに強く現われた。粒径変化によるガス発生速度恒数(K)は、図-3より試料粒径を小さくすることでKが大きくなる傾向を示し、0.1788~0.2110の値が得られた。総ガス発生量(G)は、772~1190^{ml}でその組成はCH₄43.0~51.0%、CO₂36.0~42.2%、H₂2.9~5.1%であった。CO₂吸着によるガス発生速度恒数(K)を図-4に示す。最小粒径(1.58 μ m)が最大値を示したことは、前記と同様であるが、図-3と比較して、CO₂吸着では、0.1893~0.2790であり値の差が認められる。また、総ガス発生量(G)は、693~1027^{ml}でその組成はCH₄56.7~70.6%、CO₂25.0~38.1%、H₂2.9~4.7%であった。試料粒径とKの関係は(図-5)、粒径が小さい方が発酵に優位でありCO₂を吸着させることにより、さらにガス発生速度を増すとが考えられる。しかしながら、この試料粒径・CO₂吸着量は、比較的ガス発生速度に有効性を示すとは思われないので、ガス化に効果的な反応を示す範囲を検討する必要があると思われる。



4. PH及び有機酸の変化について

本実験では、試料粒径を段階に変化させた結果、最小粒径1.58 μ mは、他粒径と比較して有機酸の生成・減少が速くであり、図-6の有機酸変化では、CO₂吸着がControlより最大値で上回っている。これは、CO₂が液面又カムから液中に溶解し、大部分は、PH緩衝能として働き一方、カルボキシル基の遊離体を形成し粉砕された有機質の低分子有機酸化に関与した結果、有機酸の上昇を招いたと考えられる。

PHでは、Control雑汚泥が8.0以上の値を示していたことからCO₂の溶解により、中性付近に緩衝能を帯びCO₂が液中のPHをいく分低下させたと考えられる。



5. まとめ

本実験では、ガス化に生ゴミの粉砕粒径が大きな影響を与え、粒径を小さくする方が有効であった。CO₂吸着は、液面・液中で嫌気性細菌の活発なガス化に触媒として関与し、液中での専制のCO₂は、緩衝能として働き嫌気性細菌の指標PHを維持していると考えられる。有機物減少率(図-7)でも、CO₂吸着では各条加(7 \cdot 14 \cdot 21 \cdot)ともControlより安定した減少率が認められることから、ガス発生に効果的に働いたことが推測される。発酵日数による有機物減少とガス発生量の相関を調べると、粒径1.58 μ mの場合Controlでは、 $r=0.919$ であったのに対して、CO₂充填では、 $r=0.952$ と強い相関性を示した。今後は、CO₂効果を考える場合に、液中では、触媒反応である酵素との関係も考慮しなければならず、この点について、さらに検討を加えて行きたい。

