

VII-63

固体有機物の嫌氣的加水分解と酸発酵

ー固体有機物性状特性（質的特性、比表面積及び密度）の影響についてー

京都大学大学院工学研究科 学生員 林 信州

京都大学大学院工学研究科 正 員 寺島 泰

(株) 東洋設計 西嶋 真幸

1. はじめに 固体有機物の加水分解速度はpH, 温度, 加水分解酵素, 固形物粒子の形状・性状および微生物濃度などに依存すると考えられる。固体有機物の種類によって分解特性もかなり異なること, 破碎, 粉碎することによって固体有機物と微生物などの接触面積が増加する結果, 分解速度が大きくなることや密度が小さくなると分解速度が大きくなることなどはよく知られているが, 定量的な評価についてはまだ明らかでない点が存在している。本研究では, 温度及び初期pHを一定に設定し, 分解速度に対する固体有機物の形状・性状特性の影響を検討した。

2. 実験方法 対象とする固体有機物は炭水化物類, 蛋白質類及び脂質類の一例として, もち（市販の切り餅）, 熱凝固卵白（市販の鶏卵の卵白を温浴上で固形化したもの）及び牛脂を取り上げた。実験用サンプルの形状は立方体, 大きさを1.5cm, 0.75cm, 0.3cm角とした。1.5cm角のサンプルの比表面積を1とした場合, 比表面積の倍率は1, 2, 5倍に相当する。なお, 牛脂については, 1.5cm角及び0.75cm角のみを実験に供した。以下, 切り餅, 熱凝固卵白及び牛脂を炭水化物試料, 蛋白質試料及び脂質試料と呼ぶ。人工下水で3ヶ月以上馴養した嫌気性消化汚泥の上澄み液を用いた種菌とpHを7.0～7.1に調整した栄養培地（表1）とを混合し（種菌量を5%に調整した）, 固体有機物の分解に伴う急激なpH変化を緩衝するため, NaHCO_3 を16g/Lになるように添加したものを混合液とした。500mLのガラス瓶に混合液320mLを入れ, 固体有機物をポリエステルフィルターを敷いたステンレス製のかごに入れ, そのかごを反応槽の蓋（ガスサンプリング口とエアバッグを取り付けたゴム栓）の下部より吊るして, 固体有機物を混合液中に浸漬した。さらに蓋を密閉し, ヘッドスペースを窒素ガスで置換して密封し, これを反応槽とした。サンプリングは順次反応槽を解体して行うことから, 反応槽は必要数を予め準備した。図1に示すような反応槽の35℃におけるインキュベーション開始時点を実験開始とした。実験開始後, サンプリング毎に反応槽を解体し, 固形分の重量, 液相の水質及びガス発生の測定を行った。密度の影響については, 馬鈴薯でんぷんと蒸留水との割合を幾段階に調整し, 加熱固形化した後, 1.5cm角に調製したものを実験対象とし, 上記の実験条件下における分解過程におけるガス発生（ガス組成, 発生量）の検討を行った。

表1 栄養培地の成分

$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	0.0801g/L
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.2505g/L
NH_4Cl	0.3990g/L
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	1.8000g/L
KCl	1.3005g/L
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.0200g/L
$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.0300g/L
H_3BO_3	0.0057g/L
$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.0027g/L
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.0026g/L
ZnCl_2	0.0021g/L
$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.0003g/L
$\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.3700g/L
$\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	0.5000g/L

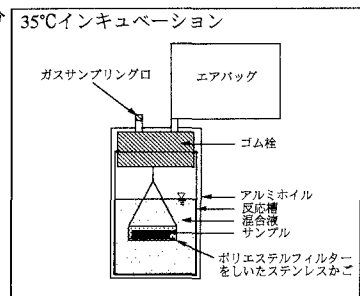


図1 実験装置

3. 結果と考察

(1) 分解速度に対する質的特性の影響 固体有機物の質的特性が加水分解速度に与える影響を同一表面積の固体有機物について検討を行った。同一表面積を持つ炭水化物試料, 蛋白質試料及び脂質試料の重量変化の百分率を一次反応式に適用した結果, 固体有機物の分解の速さは各表面積別についてはい

表2 同一表面積条件下での分解速度に対する質的特性の影響

	1.5 cm角		0.75 cm角		0.3 cm角	
	K	倍率	K	倍率	K	倍率
炭水化物試料	0.0960	3.1	0.1970	5.8	0.3850	14
蛋白質試料	0.0307	1	0.0338	1	0.0274	1
脂質試料	0.0007	1/50	0.0001	1/4000	—	—

K: 一次反応式による分解速度定数 [1/day]

キーワード: 固体有機物, 分解速度, 質的特性, 比表面積, 密度

連絡先: 〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院工学研究科環境工学専攻 TEL:075-753-5171

いずれも炭水化物試料、蛋白質試料、脂質試料の順であった。また、表2に示しているように、蛋白質試料を基準にし、炭水化物試料の分解速度の比率は、1.5cm角では3.1倍であったが、0.75cm角では5.8倍、0.3cmでは14倍と表面積が大きくなるにつれて差が開いた。炭水化物試料は蛋白質試料に比べて分解速度に対する表面積の影響が大きくなることについては、本研究で用いた蛋白質試料は高分子の熱変性蛋白質であること、または構造が密であることなどの質的特性の影響が原因であると考えられる。脂質試料の分解速度は蛋白質試料と比較して1/50～1/4000と極めて遅いことがわかった。これは脂質試料が疎水性が強く、微生物作用による加水分解を受けにくいことが考えられる。

（2）分解速度に対する比表面積の影響 比表面積の違いが分解速度に与える影響について、固体有機物の重量変化に一次反応式の適用を試みた。図2に比表面積の倍率と分解速度定数との関係を示す。1.5cm角のサンプルを基準とすると、炭水化物試料と蛋白質試料はそれぞれ、比表面積が2倍（0.75cm角）になることで分解速度は2.05倍、1.27倍、比表面積が5倍（0.3cm角）になることで分解速度は4.01倍、1.28倍となることがわかった。蛋白質試料は炭水化物試料に比べて比表面積の影響が小さかったのは、本研究の検討している比表面積の範囲内では、蛋白質試料の分解速度については比表面積より前述した質的特性の影響を受けやすいと考えられる。脂質試料については、炭水化物試料と蛋白質試料の重量変化がほとんどなくなるまで、1.5cm角と0.75cm角のサンプルの分解率はそれぞれ3.6%、4.2%であった。これは比表面積の影響はわずかであり、質的特性が脂質試料の分解に大きく影響している。

（3）分解速度に対する密度の影響 炭水化物試料の分解速度に対する質的特性と比表面積の影響の検討では、固体有機物の重量減少とガス発生との間でよい直線関係が得られた（図3）。この結果

を踏まえて、炭水化物試料の分解速度に対する密度の影響をガス発生を用いて検討を行った。単位重量当たりの分解速度と密度との関係を最小二乗法により近似した結果を図4に示す。図4より、密度が大きくなるにつれ分解速度が小さくなり、その関係はべき関数であり、関係式 $Y = 0.0019X^{-1.377}$ 、 $R^2 = 0.9964$ が得られた。

4. まとめ 固体有機物の嫌気性分解に対する性状特性の影響を考究した結果をまとめる。質的特性の影響については、蛋白質試料を基準とすると、炭水化物試料の分解速度は1.5、0.75、0.3cm角がそれぞれ3.1、5.8、14倍であり、脂質試料は1/50～1/4000倍であった。比表面積の影響については、1.5cm角を基準とすると、炭水化物試料と蛋白質試料は比表面積が2、5倍になると、それぞれの分解速度は2.05と4.01、1.27と1.28倍になった。炭水化物試料の分解速度は比表面積に比例するものの、蛋白質試料と脂質試料の分解速度は本来の質的特性により左右されると考えられる。密度の影響については、密度が大きくなるにつれ分解速度が小さくなり、その関係はべき関数であり、関係式 $Y = 0.0019X^{-1.377}$ 、 $R^2 = 0.9964$ が得られた。

参考文献

- 1) 巖叡奎, 他: し尿の嫌気性消化における酸生成相に及ぼすpHの影響, 水質汚濁研究, 第9巻, 第1号, 30～37, 1986
- 2) 李玉友, 他: 嫌気性消化の酸生成相における余剰汚泥の分解特性, 水質汚濁研究, 第10巻, 第12号, 1987
- 3) 上木勝司, 他: 嫌気微生物学, 養賢堂, 1993

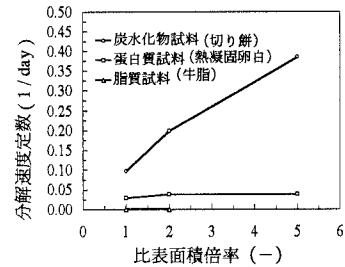


図2 固体有機物の分解速度に対する比表面積の影響

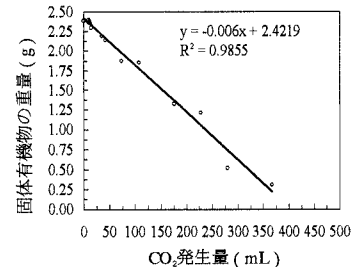


図3 固体有機物の重量変化とCO₂発生量との関係

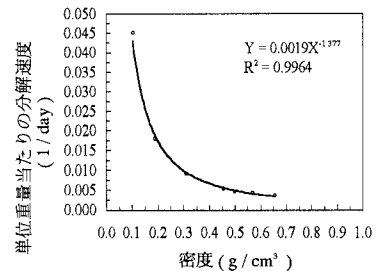


図4 固体有機物の分解速度に対する密度の影響