

○ 京都大学工学部 正員 浦辺 真郎
 同上 正員 寺島 泰
 札幌市 藤田 哲男

1. はじめに

都市ごみを焼却処理や埋立処分する際、ちゅう芥はその過程で不要かつ不適当な存在でしかない。一方、ちゅう芥が別途に嫌気性消化等によって効率よく処理されれば、エネルギーの有効利用といった面からも有利となり地域や規模によっては、より適正な都市ごみ処理システムを形成しうる可能性がある。

本研究ではこのような観点から、ちゅう芥に対して安定かつ効率的な嫌気性消化を行うための基礎的知見を得ることを目的として、種々の室内実験を行った。用いた実験装置の概要を図-1に、試料ちゅう芥の性状の概要を表-1に示す。

2. 消化反応に及ぼす消化温度の影響について

残飯を主とするちゅう芥20g(乾燥重量)を、あらかじめ十分馴致させた消化槽内(消化温度22~43℃の6段階)に入れる回分式の実験を行った。そこで、ガス発生量の経日変化を観測し、その結果を次式で示すような最も単純な1次反応式でガス発生速度を近似すると同時に、反応速度定数をアレニウス式で表現し、ガス発生速度の速度解析を行った。

$$v = dg/dt = k(G - g) \quad (1)$$

$$k = A \exp(-E_a/RT) \quad (2)$$

ここに v : ガス発生速度 G : ガス発生総量 (= 797 ml ガス/g-ちゅう芥) T : 絶対温度
 g : t 日後のガス発生量 k : 反応定数 A : 頻度因子 R : 気体定数

この結果、図-2に示すように、ガス発生定数 K (=2.303 k)は消化温度と良好な相関が見られるアレニウスプロットが得られ、その直線の傾きから、活性化エネルギー E_a は13.12 Kcal/g-molの値が求められた。なお、発生するガスの組成分析を随時行ったが、その結果からいえば、各実験において大きな差違は認められず、メタン含有率は48~68%の範囲であった。

また、消化実験中の固形分および液分の経時変化を知るため種々の分析を行ったが、ここではその1例を各々図-3および図-4に示す。これらの結果、固形分中と液分中との窒素分の総量は、消化時間の経過に係らず、ほぼ一定であり、固形分中のC/N比は5.0前後、液分中のそれは1.5~2.0程度と、共に小さな値であった。また、そのために予想される嫌気性消化反応阻害現象は、ガス発生量から検討する限り認められなかった。一方、

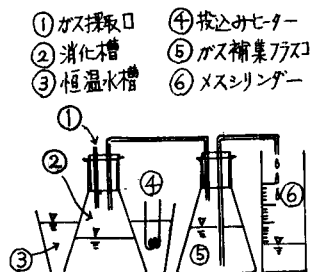


図-1 実験装置概要図

粒径	2.4~5.0 mm(乾燥)
有機分	93.0%(乾量率)
	炭素 46.0 %
	水素 6.61 %
	窒素 5.14 %
	C/N 8.95
アルカリ不溶分	11.96 %

種汚泥…下水汚泥嫌気性
 消化汚泥
 固形分 3.03~4.03%

表-1 ちゅう芥の性状

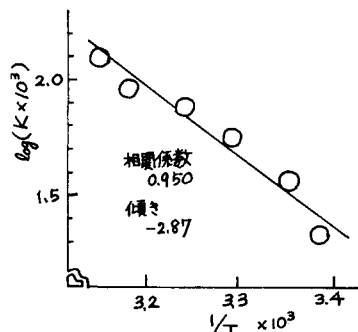


図-2 ガス発生速度定数 K のアレニウスプロット

炭素分の収支について若干触れると、今回の実験で行ったいわゆる中温消化の範囲では、消化日数を20日としても、ガス中へ移行する炭素分（CH₄、CO₂）は高々35%にすぎず、35℃消化の場合、（固形分中のC）：（液分中のC）：（ガス分中のC）=54：15：31であった。ただし、この値については、消化温度によって大きな変化はないものの、負荷量によって変化するものと思われる。今後検討の必要がある。

3. 消化反応に及ぼす試料粒径および負荷量の影響について

上述と同様の試料および装置を用い、表-2に示す条件で標記影響について実験を行った。なお、日に3~4回消化槽を振とうすることにより攪拌を行った。消化温度35℃における実験結果の1例を図-5に示す。図中横軸は負荷量（g-ちゅう芥/ℓ-有効消化槽内容積）を示す。

このような諸実験の結果に基づき、ガス発生速度に影響を与える各因子を定量的に把握するため、次式でガス発生定数Kについて検討した。

$$K=B(L/L_0)^a(Y/Y_0)^b\exp(-E_a/RT) \tag{3}$$

ここに L:負荷量(g/ℓ)、Y:代表粒径(mm)、a,b,B:定数

いま、負荷量L₀=12.5g/ℓ、代表粒径Y₀=3.70mmを基準に、E_aを前記の値を代入して、各々の実験に適用して回帰直線の有意性の検定を行った結果、次式(4)が有意であることが判明した。

$$K=1.40\times10^9(L)^{-0.58}(Y)^{-2.15}\exp(-13,120/2.303RT) \tag{4}$$

上式で代表粒径がKに与える影響をみると、Y^{-2.15}となっているが、これはちゅう芥の表面積にほぼ反比例してKが減少することを示しており、微生物と試料との接触面積によってKが影響されるとする考え方を裏づけるものである。

4. おわりに

ガス発生速度式を1次式に近似して、速度論的に述べてきたが、実験の中には近似可能な消化日数が初期の3~4日程度のみであるものもあり、すべての反応が十分表現されているわけではない。しかし、試料中の炭素分がガス中の炭素分への移行する程度を示す「ガス化率」とKとの相関を調べると、相関係数0.88となり、消化速度や消化効率を判断する指標として、K値を用いることは有用であると結論されよう。

今回の発表では紙数の関係上、連続負荷投与の実験結果等について割愛したが、別の機会に発表したい。以上のことから、ちゅう芥の嫌気性消化法は、メタン回収によるエネルギーの有効利用法として重要な位置づけられることが判明した。

末筆乍ら、本研究を行うにあたり、重要な助言、指導をいただいた京都大学 北尾高廣 助教授に感謝の意を表します。

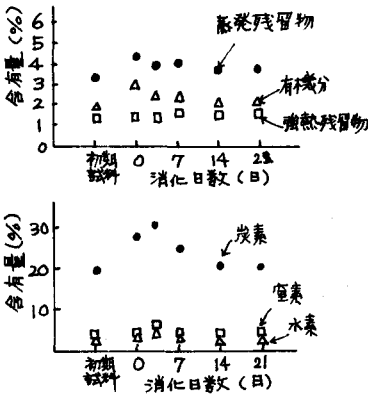


図-3 固形分の経日変化例 (35℃)

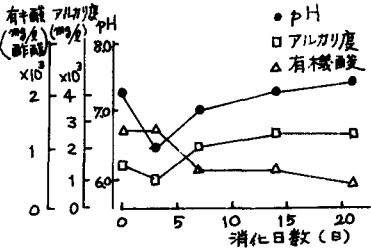


図-4 液分水含量の経日変化例 (35℃)

表-2 実験条件一覧表

平均粒径	投入ちゅう芥量 (g-乾量)
1.34 mm	2, 3, 5, 7, 10, 15, 20
1.84 "	10, 13, 15
2.20 "	
3.70 "	2, 3, 5, 7, 10, 15, 20
7.50 "	2, 3, 5, 7, 10, 15, 16, 18, 20

(注) 汚泥消化槽内容積 400ml、温度 35℃

消化温度	投入ちゅう芥量 (g-乾量)
22℃	10, 13, 16, 18
25	同上
30	同上
35	同上 + 20, 22, 25
40	10, 13, 16, 18
43	35℃と同じ

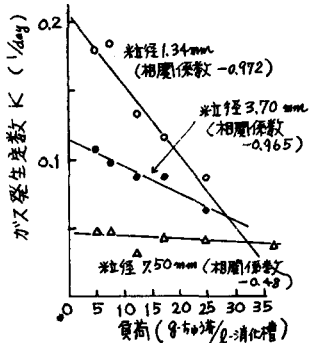


図-5 粒径、負荷の変化によるガス発生定数Kの量の影響