II-360　固形廃棄物の堆肥化における温度と反応速度について

東京大学(院)　○王　鯤　生
東京大学　　　藤田賢　二

1　はじめに

固形廃棄物の堆肥化処理プロセスに影響を及ぼす因子は多く、どのよう影響を与えるかまだ明らかではない。それを評価する指標も定まったものがない。多くの因子の中でも最も根本的・支配的と思われるのは反応温度である。本文では酸素消費速度に基づいて、数学モデルをたて、その適用性を検討し、温度と反応速度との関係の解明を試みた。

2　実験装置・材料・方法

再現性を高くし、そして同時に複数の実験が行われるため、図1の実験装置を考案し、バッチ式で実験を行った。

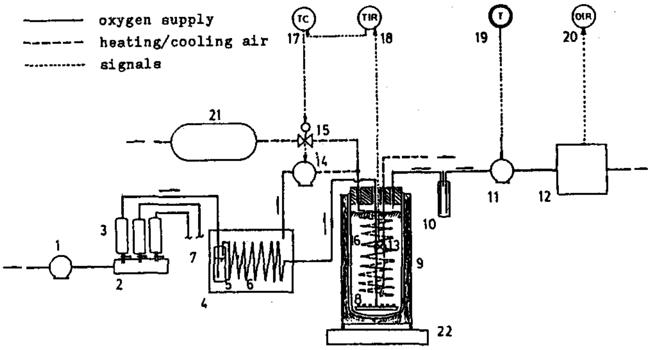
・材料　原料の組成を一定にするため、M社の粉ミルクを原料とし、そのほか粒径 1.2～2.0 mm のおがくずを選用し、粉ミルクと1:1の比で混合した物を実験に供した。

・植種　植種は市販される発酵促進剤を乾燥量の5%で植種した。

・実験方法　前述の原料で含水率を50%に調整し、送気量を 0.2 lpm/500gm、加温加湿した後、反応槽内に送る。反応槽内の温度を冷却コイルで所定温度に制御する。温度を25°C, 35°C, 40°C, 50°C, 60°C 五つのレベルに制御しながら送気と排気の酸素濃度を連続的に測った。排気中の酸素濃度から発酵における酸素消費速度を算出した。

3　理論的考察

堆肥化反応は気・固・液　3相の混合相中での生物反応である。生物反応に関するモデルは Monod を始め多く研究があるが、ここでは Contois model を堆肥化



1. air supply pump
2. airflow distributor
3. air flowmeter
4. thermostat
5. humidifier
6. air-heated coil
7. to the same system as shown
8. disc-typed defuser
9. dewar vessel composter
10. sampling pot/water trap
11. sampling pump
12. oxygen concentration analyzer
13. temperature sensor
14. heating pump
15. solenoid valve
16. heating/cooling coil
17. temperature controller
18. temperature indicator recorder
19. cycle timer
20. oxygen conc. indicator recorder
21. cooling air supply
22. scale

Fig 1. Apparatus for laboratory composting

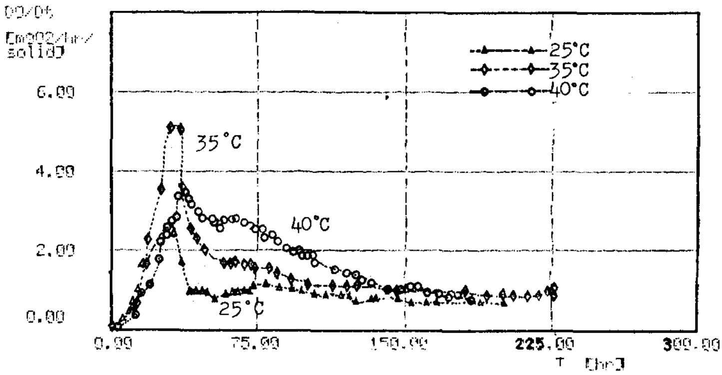


Fig 2. Relationship between DO/Dt and T

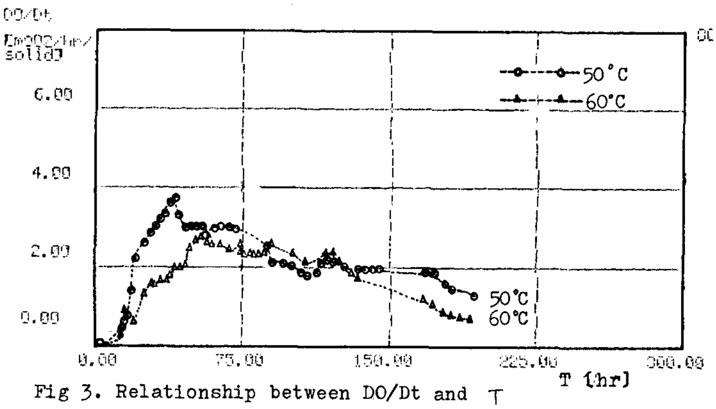


Fig 3. Relationship between DO/Dt and T

反応に適用する。

$$\frac{dX_t}{dt}=\hat{\mu}\frac{S_t X_t}{kX_t+S_t} \quad \cdots\cdots\cdots (1)$$

$\hat{\mu}$は温度・含水率・空隙率・空隙中の酸素濃度の関数と考えられる。本実験では温度だけを変化させ、他の条件を一定に保つことにより、温度だけの関数と考える。時間tでの基質量と増殖速度は次式で表わされる。

$$\left(\frac{S_t}{y_{s/o}}\right)=\left(\frac{S_o}{y_{s/o}}\right)-O_t \quad \cdots\cdots\cdots (2)$$

$$\frac{d\left(\frac{X_t}{y_{x/o}}\right)}{dt}=\frac{dO_t}{dt} \quad \cdots\cdots\cdots (3)$$

(2)式と(3)式で(1)式を解くと、次式になる

$$t=\frac{-k}{\hat{\mu}}\left(\frac{y_{x/o}}{y_{s/o}}\right)\ln\left(\frac{S_o}{y_{s/o}}-O_t\right)+\frac{1}{\hat{\mu}}\ln\left(\frac{X_o}{y_{x/s}}+O_t\right)+C$$

ここに $C=-\left[\frac{-k}{\hat{\mu}}\left(\frac{y_{x/s}}{y_{s/o}}\right)\ln O_t+\frac{1}{\hat{\mu}}\ln\frac{X_o}{y_{x/s}}\right] \cdots\cdots (4)$

微分形は次式のように変形できる

$$\frac{\left(\frac{S_o}{y_{s/o}}-O_t\right)}{\left(\frac{dO_t}{dt}\right)}=-k\left(\frac{y_{x/o}}{y_{s/o}}\right)+\frac{1}{\hat{\mu}}\left(\frac{\frac{S_o}{y_{s/o}}-O_t}{\frac{X_o}{y_{x/o}}+O_t}\right) \quad \cdots\cdots (5)$$

4 実験結果及び考察

- 図2～図5、Contois model は近似な関係を示す。初期のデータがこの model に従わない。
- 図4～図5、直線に乗る部分、その slope は $\hat{\mu}$ の逆数で評価の指標として有効である。
- 図6～図7 $\hat{\mu}$は温度の上昇につれ増大するが、酵素蛋白質の変性する温度が存在する。
- 温度制御は実際のプラントの操作でも非常に重要なことで、これにより余熱の回収利用とプロセス効率の向上が同時に達せられる。

5. 記号：

A	定数	[-]
Ea	活性化エネルギー	[cal/mole]
k	Contois model の係数	[-]
O	消費酸素の累積量	[O_2 g/g]
R	酸素消費速度	[O_2 g/hr/g]
R*	気体定数	[cal/mole/°K]
S	基質量	[g]
X	微生物量	[g]
E	= $S_o/y_{s/o}$	
Bu	= $X_o/y_{x/o}$	
t	時間	[hr]
$\hat{\mu}$	増殖係数	[1/hr]

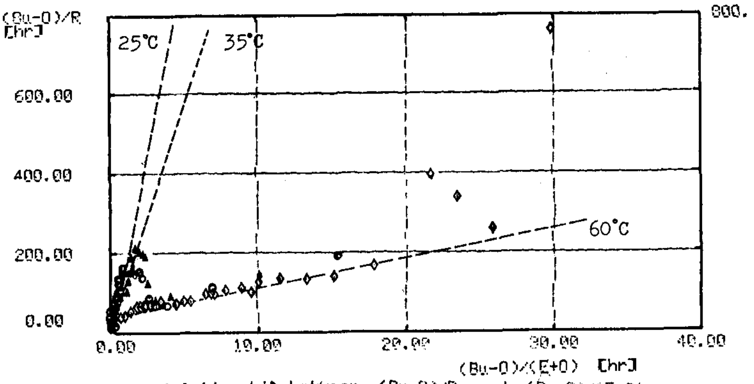


Fig 4. Relationship between (Bu-O)/R and (Bu-O)/(E+O)

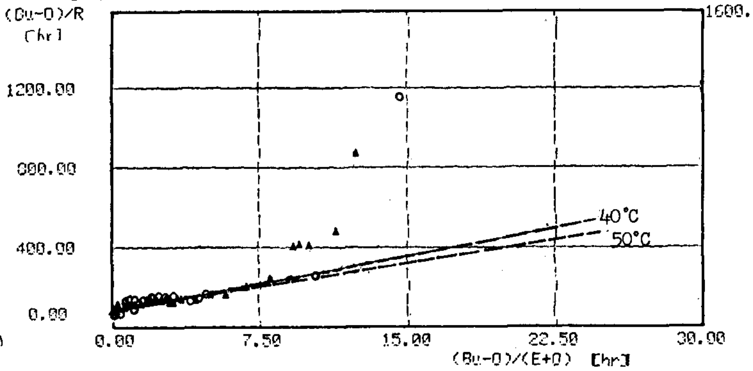


Fig 5. Relationship between (Bu-O)/R and (Bu-O)/(E+O)

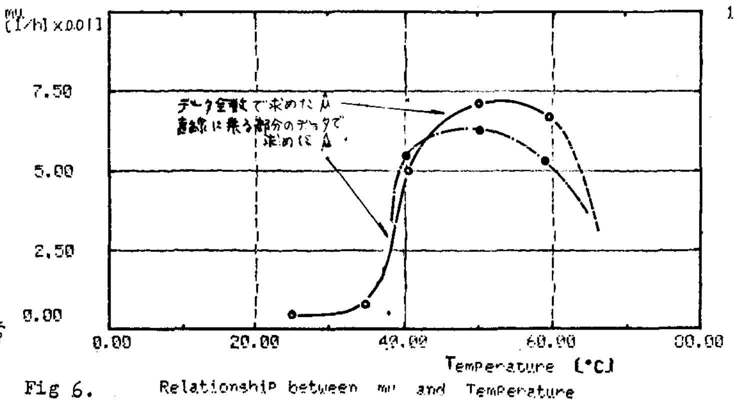


Fig 6. Relationship between mu and Temperature

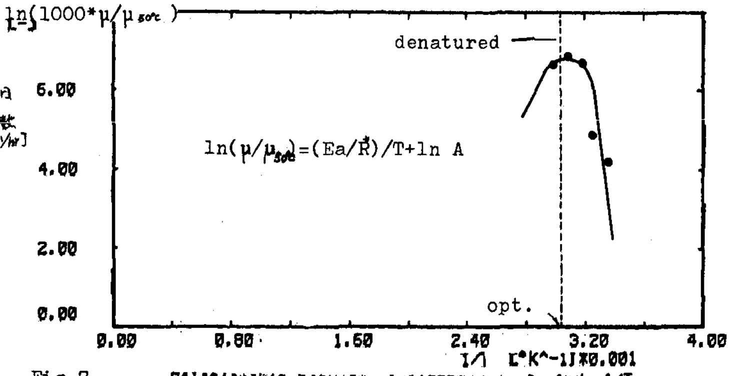


Fig 7. Relationship between ln(1000*u/ u_{sot}) and 1/T