

東京大学工学部 学生員 ○金子 栄廣
東京大学工学部 正員 藤田 賢二

1. はじめに

コンポスティングに影響を及ぼす因子は多く、各々がどのように影響するのか明確ではない。そこで、当研究では各因子を一定にした実験を行ない、反応パターンを解析すると共に、含水率をパラメータとして、その影響についても考察する。なお、当研究では

基質＝微生物による分解が可能な物質として扱い、その変化を通して反応を把握する。

2. 実験方法

発酵実験に用いた装置および実験条件を以下に示す。

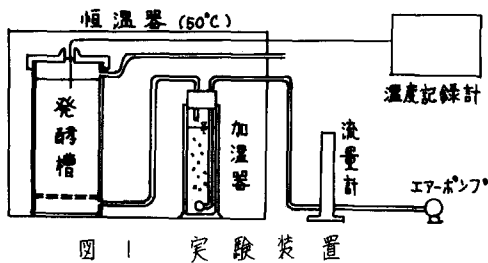


図 1 実験装置

表 1 実験条件

発酵槽	無攪拌・バッチ式
原料	ドッグフード+新聞紙 (乾重比 1:1)
含水率	RUNを通して一定に保持 (45・50・55・60・65・77%)
種コンポスト	原料の1% (乾重比)
通気量	3 l/min

以上のような発酵実験を行ない、基質量変化を追跡するために湿重量と含水率を測定した。

3. 基質量変化の推測

重量データから基質量を推測する方法を以下に述べる。なお、ここで用いる記号は表2に示した通りである。

コンポスト化過程では、基質・菌体・代謝産物のみ

表 2 記号説明

D: 乾燥重量	P: 代謝産物量
R: 残存率 (= D_t/D_0)	Y_p : 代謝産物収率
S: 基質量	I: 阻害物質質量
X: 全菌体量	Y_i : 阻害物質収率
Y_x : 菌体収率	i: 阻害物質濃度
X_d : 生菌量	添字 0: 原料時
X_d : 死滅菌体量	添字 t: t 時間後

が変化するので、残存率変化は次のように表わせる。

$$\frac{dR_t}{dt} = \left(\frac{dS_t}{dt} + \frac{dX_t}{dt} + \frac{dP_t}{dt} \right) / D_0$$

$dX/dt = -Y_x dS/dt$, $dP/dt = -Y_p dS/dt$ を上式に代入し、積分を
すると $S_t = aR_t + b$ (1)

$$[a = D_0 / (1 - Y_x - Y_p), b \text{ は積分定数}]$$

となり、 S_t と R_t の間に直線関係が成り立ち、 R_t を求めれば S_t を推測できる。

4. 実験結果

含水率毎の残存率の経時変化を図2に示す。 R_t の減少は含水率55~65%で最も速いことがわかる。低含水率側では、50%の場合は $\log_e$ が長くなるだけである

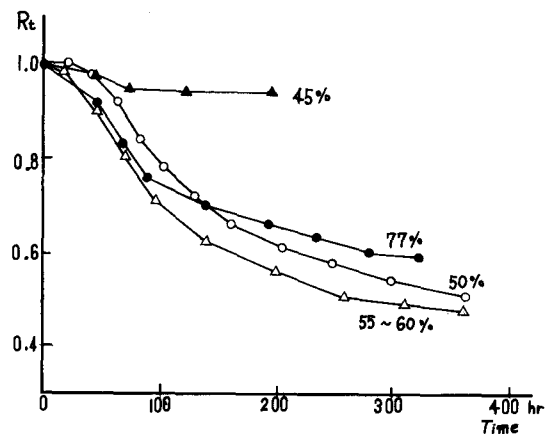


図 2 残存率の経時変化

が、45%では反応が停止してしまう。また、高含水率側の77%では100hrまでは55~65%と同様の減少をみせるが、それ以後鈍化することがわかる。

5. 反応モデル

i) モデル1 (比増殖速度 $\hat{\mu}$)

基質が十分にあり、増殖を律速しないと考えると

$$\frac{dX_t}{dt} = \hat{\mu} X_t$$

となる。ここで $\frac{dX}{dt} = -Y_x \frac{dS}{dt}$, $X_t = Y_x(S_0 - S_t) + X_0$ および (1) 式を用いると次式が得られる。

$$-\frac{dR_t}{dt} = -\hat{\mu} R_t + \hat{\mu} + \frac{\hat{\mu} X_0}{a Y_x} \quad \text{--- (Model 1)}$$

これによると R_t と $-dR_t/dt$ には傾き $-\hat{\mu}$ の直線関係が成り立つことになる。図3に実験より求めた R_t と $-dR_t/dt$ の関係を示す。これをみると Model 1 は発酵初期に對してのみあてはまることわかる。

また、各含水率に對し $\hat{\mu}$ を求めると、いずれも 0.05 ~ 0.07 [1/hr] となった。

ii) モデル2 (比増殖速度 μ)

図3で $R_t = 0.9 \sim 0.6$ の範囲を表現するために、全菌体を生菌と死滅菌体に分け、基質消費に伴って生ずる阻害物質により死滅が促進されると仮定したモデルを考える。すなわち基礎式は次のようになる。

$$\frac{dX_t}{dt} = \frac{dX_a}{dt} + \frac{dX_d}{dt} = \mu X_a$$

$$\frac{dX_d}{dt} = k_{ic} X_a \quad (i_c = I_c/D_c, k_{ic} \text{ は定数})$$

$$I_t = Y_i(S_0 - S_t), \quad \frac{dX_t}{dt} = -Y_x \frac{dS}{dt}$$

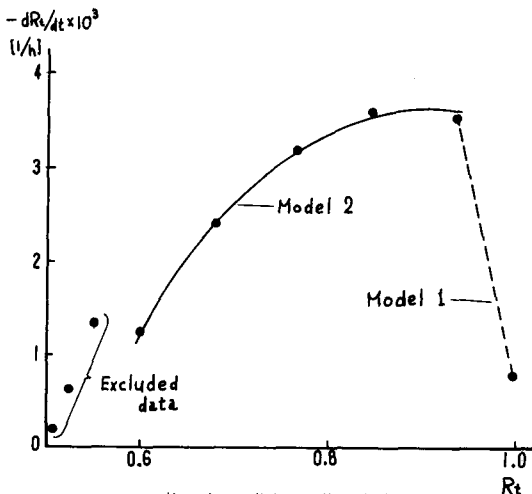


図3 残存率と残存率減少速度

これらと (1) 式を利用すると次式が得られる。

$$\frac{d^2 R_t}{dt^2} = (-a k_{ic} \frac{1}{R_t} + \mu + a k_{ic}) \frac{dR_t}{dt} \quad \text{--- (2)}$$

さらに、 $A = -a k_{ic} Y_i$, 積分定数を C として積分すると

$$\frac{dR_t}{dt} = A \ln R_t + (\mu - A) R_t + C \quad \text{--- (Model 2)}$$

を得る。実験値より $d^2 R_t/dt^2 \cdot dR_t/dt \cdot 1/R_t$ を求め (2) 式に適用すると A, μ が求まる。図4に含水率毎の μ , $-A$ を示す。これによると μ , $-A$ 共に含水率が高くなる程大きくなる傾向がある。 $-A$ は阻害の強さを反映しており、実験結果で述べた含水率77%における R_t 減少の鈍化を説明している。また、 μ と $\hat{\mu}$ を比較するとかなり違っており、2つの Model の境界で増殖を抑制するような環境変化が生ずるものと考えられる。

さらに C を適当に決め、Model 2 を実験値と比較すると図3のようになり、よくあてはまることわかる。

6. まとめ

本研究の結果をまとめると次のようになる。

(1) $\hat{\mu}$ は含水率に影響されない。

(2) Model 1 から 2 への移行時には、 $\hat{\mu}$ が小さくなり、阻害の影響が現われる。したがって R_t の減少を最大にし、基質分解を十分に進行させる含水率 (最適含水率) は、 μ と $-A$ の相互関係によって決まる。

今後、阻害の原因および Model 1 から 2 への移行時に起こる $\hat{\mu}$ の変化の原因について調べたいと考えている。

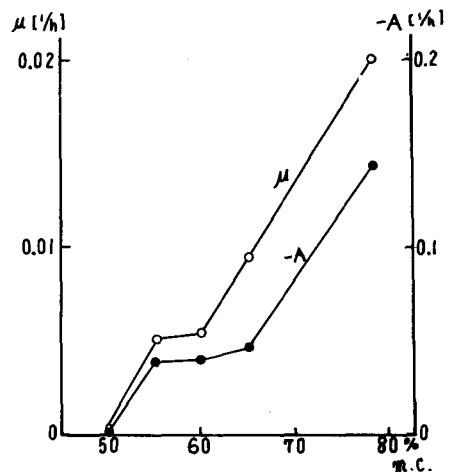


図4 μ 、 $-A$ の比較