

農産廃物のコンポスト化過程の数値解析

京都大学工学研究科 正員 伊藤 禎彦
徳島大学工学部 正員 村上 仁士
徳島大学工学部 正員 福田 剛士
サンエー設計㈱ 正員 桐井 千夏

1. はじめに

含水率が高く、pHが低いことからコンポスト化が困難であると予想される柑橘類の圧搾処理廃棄物は、初期含水率とpHを調整することで、コンポスト化可能であることが確かめられている¹⁾。本研究では柑橘類廃物を用いたコンポスト化実験の測定値を用いて数値解析を行い、その再現性を確かめようとして、実際のコンポスト化発酵槽を想定して発酵槽内の状態を予見する。発酵槽は実験装置と同じ回分槽と実際の発酵槽でよく使われている連続槽を想定した。回分槽は原料を投入すると製品となり流出されるまで他の原料の流入がないもので、連続槽は常に一定時間ごとに原料が投入され、コンポスト化が進むにつれて移送し、分解されたものを次々と流出していくものである。

2. 解析方法²⁾

計算は材料中の基質や生物が巨視的に均質であると仮定し、回分槽内のコンポスト化過程を基礎に考える。dt時間における各指標の変化の計算には前方差分法を用いた。本研究で用いた基礎式を表1に示す。

数値計算には、すだちに含水率調整のために木くずを添加したものをを用いた。この試料の組成を表2に示す。

3. 再現計算結果

再現計算の結果を図1～図3に示す。再現計算は実験装置と同じく、回分槽で送気量一定の場合で計算した結果である。計算値をみると、全質量、含水率の減少や酸素濃度が初期に低下し、その後回復するという実験値と同じ傾向が表われた。このことから、この数値計算はコンポスト化過程を表現しているといえる。

4. 実際規模の発酵槽における計算結果

実際規模の発酵槽は内径10m、高さ4mの鉄筋コンクリート製を想定する。また、連続槽はこの回分槽が連続して接続されているとして計算を行う。

4-1 回分槽の場合

計算結果を図4～図6に示す。これは、回分槽内の酸素濃度が15%以上になると送気を止め10%以下になると送気をするという制御をした場合の計算結果である。送風時間(図6)は12時間ごとにその間の送風機稼働時間を百分率で表している。結果より、送風時間は反応初期の送風時間を長く、その後を短くなるよう

表1 基礎式

$$\begin{aligned} M &= S + X + W + U \\ \Delta X &= m \frac{SX}{k_c X + S} \Delta t - k_d X \Delta t \\ \Delta S &= -\frac{m}{Y} \cdot \frac{SX}{k_c X + S} \Delta t + k_d X \Delta t \\ \Delta W &= -\lambda j q \frac{W}{M} \Delta t \\ \Delta T &= \frac{-1}{C_c M} (h_1 (\Delta S + \Delta X) - h_2 \Delta W + K F (T - T_a) \Delta t \\ &\quad + (T - T_b) (q C_a \Delta t - C_w \Delta W - C_s (\Delta S + \Delta X))) \\ z &= z_0 + \frac{a_v}{q} \cdot \frac{\Delta S}{\Delta t} \end{aligned}$$

M: 全質量 S: 基質量 W: 水分量 X: 微生物量 U: 非堆肥化物量
T: 発酵温度 z: 酸素濃度 μ : 最大比増殖係数 k_c : Contois係数
 k_d : 死滅定数 Y: 菌体収率 λ : 蒸気飽和率 j: 飽和水蒸気量
q: 送気量 C_c : コンポストの比熱 h_1 : 有機物の発生熱量
 h_2 : 水の蒸発潜熱 K: 発酵槽の総括熱貫流係数 F: 発酵槽の総表面積
 T_a : 送気の温度 T_b : 外気温度 C_a : 空気比熱 C_w : 水の比熱
 C_s : 揮発固形物の比熱 a_v : 基質単位量を分解するのに必要な酸素量

表2 試料の組成

含水率	微生物量	基質量	非堆肥化物量
58	0.0015	32	10

(単位: %)

に送風機をon-off制御をすると、より経済的な運転ができることがわかる。含水率(図5)をみると、初期に含水率を調整すればその後、再調整の必要はないことがわかる。全質量(図4)をみると、実測値の値(図1)よりも減少しており、良好な反応が起こると推定される。

4-2 連続槽の場合

計算結果を図7～図10に示す。これは、連続槽内の酸素濃度を15%になるように送気量を制御した場合の計算結果である。滞留時間は354時間である。温度(図9)をみると、反応初期に急激に上昇し、その後、安定し、良好な状態が保たれている。送気量(図10)をみると、反応初期に上昇しており、投入場所付近の送気量は大きくする必要があると思われる。その後は、送気量が低く抑えられたため、微生物の活性も抑えられ、その結果、含水率(図8)、全質量(図7)の減少量が小さくなったと思われる。このことより、コンポスト化過程において送気量が与える影響は大きいといえる。全質量の変化がほとんどみられなかったことより、コンポスト化が

進行しているとはいえず、良好な反応を起こすためには、酸素濃度の制御目標値などの条件を変化させる必要があると推測される。

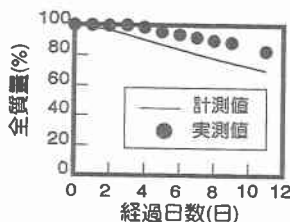


図1 全質量の再現計算結果

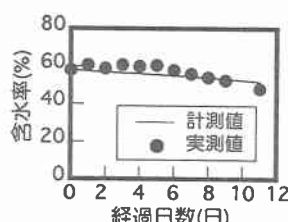


図2 含水率の再現計算結果

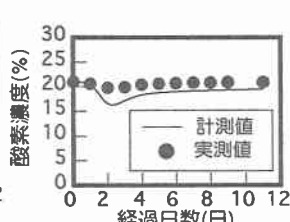


図3 酸素濃度の再現計算結果

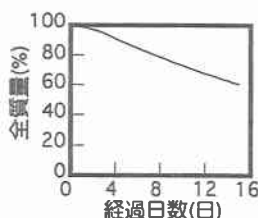


図4 全質量の計算結果

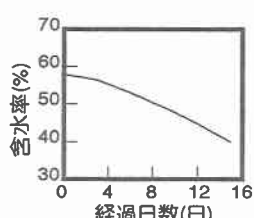


図5 含水率の計算結果

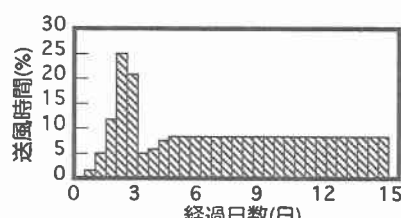


図6 送風時間の計算結果

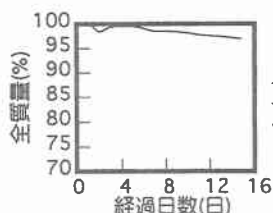


図7 全質量の計算結果

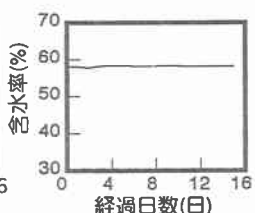


図8 含水率の計算結果

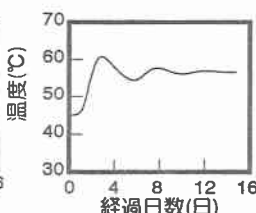


図9 温度の計算結果

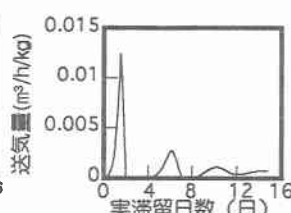


図10 送気量の計算結果

5. おわりに

本研究はコンポスト化実験で得られた実験結果をもとに再現計算を行い、ここでの解析法がコンポスト化過程を表現していることを確かめたうえで、実際の発酵槽を想定して数値計算を行った。計算結果から、柑橘類廃物のコンポスト化過程を推定することができた。また、送気条件を変化させることで、より経済的、効率的な運転法を指摘することができた。

参考文献

- 1) 伊藤禎彦, 村上仁士, 福田剛士, 門田健一, 佐野弘信: 柑橘類の圧搾処理廃物を主材とする農産廃物のコンポスト化実験, 環境衛生工学研究, Vol. 9, No. 3, pp. 293-298, 1995
- 2) 藤田賢二: コンポスト化技術～廃棄物有効利用のテクノロジー～, 技報堂出版, 1993