

VII-125

農業系産業廃棄物のコンポスト化過程とその解析

(株) 熊谷組 正会員 福田剛士
 京都大学工学研究科 正会員 伊藤禎彦
 徳島大学工学部 フェロー 村上仁士
 サンエー設計(株) 正会員 桐井千夏

1. まえがき コンポスト化は有機性廃棄物の有効利用法の1つであるが、最近では特に、家庭で活発に試みられ普及してきている。本研究は、直接には徳島県勝浦郡上勝町の有機物堆肥化促進プロジェクトを具体化する基礎資料を提示するために行ったものである。同町の有機性廃棄物の発生予測量を表1に示す。上勝町では農業、林業の比率が高く、この地方の特産である、ゆこう、すだち、ゆずなどの柑橘類を食品加工した後の圧搾処理廃物の排出量が多いのが特徴である。また、柑橘類廃物は9～11月の3カ月間に集中して発生している。これまで、コンポスト化施設搬入時におけるより効率的なコンポスト化を検討してきた²⁾。本文では、得られた実験結果をもとに数値解析を行い、その妥当性を確かめたうえで、実際のコンポスト化発酵槽、特に、連続式発酵槽を想定して数値計算を行った。その結果から、コンポスト化施設の運転条件について検討した。連続式発酵槽とは、材料を発酵槽の入口側から出口側へ移動させる移送機構を備えたものである。

表1 上勝町における有機性廃棄物の発生予測量(t/年)

	家庭	事業所	合計
生ごみ	460	180	640
柑橘類廃物	—	1400	1400
鶏糞	—	12	12
豚糞	—	240	240
菌床ホダ木	—	1200	1200
合計	460	3032	3492
木くず	50	2122	2172

表2 基礎式

$$M=S+X+W+U$$

$$\frac{dX}{dt} = \mu \frac{SX}{K_c X + S} - K_d X, \quad \frac{dS}{dt} = -\frac{\mu}{Y} \cdot \frac{SX}{K_c X + S} + K_d X$$

$$\frac{dW}{dt} = -\lambda j q \frac{W}{M}, \quad z = z_0 + \frac{a_v}{q} \cdot \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$C_a M \frac{dT}{dt} + h_1 \left(\frac{dS}{dt} + \frac{dX}{dt} \right) - h_2 \frac{dW}{dt} + (T - T_a) (q C_a + K F - C_w \frac{dW}{dt} - C_s \left(\frac{dS}{dt} + \frac{dX}{dt} \right)) = 0$$

M: 全質量, S: 基質量, X: 微生物量, W: 水分量, U: 非堆肥化物質(%), μ : 最大比増殖速度(h^{-1}), K_c : Contois定数(h^{-1}), K_d : 死滅係数(h^{-1}), q : 送気量(m^3/h), λ : 蒸気飽和率(h^{-1}), j : 飽和水蒸気量(kg/Nm^3), h_1 : 有機物の発生熱量, h_2 : 水の蒸発潜熱(kJ/kg), T : 材料温度, T_a : 外気・送気温度($^{\circ}C$), C_w : 水の比熱, C_s : 揮発有機物の比熱, C_c : コンポストの比熱($kJ/(kg \cdot ^{\circ}C)$), C_a : 空気の比熱($kJ/(m^3 \cdot ^{\circ}C)$), K : 発酵槽の総括熱貫流係数($kJ/(m^2 \cdot h \cdot ^{\circ}C)$), F : 発酵槽の総表面積(m^2), a_v : 単位基質を分解するに要する酸素量(m^3/kg)

2. 解析方法 コンポスト材料は、基質(有機物)、微生物、水分、非堆肥化物からなっている。したがって、数値解析に使う基礎式は、基質量、微生物量および水分量の収支式などから成り立つ。これらの基礎式を表2に示す。微生物の最大比増殖速度 μ は、水分および温度の依存性を考慮して決定する。pHについては微生物活性に大きな影響をおよぼすが、常に調整されるべきものであるので、ここでは反応を阻害する範囲にはならないものとして考慮していない。また、測定データが乏しく、その数値が定かでない定数値についてはシンプレックス法により求めた。微生物量、基質量、水分量および材料温度の Δt 時間における変化の計算は前方差分法で行った。数値計算は、柑橘類廃物が排出されない時期のもの(組成A)と排出される時期(組成B)との2つに分けて行う。原料組成を表3に示すが、これは実験により、より良好なコンポスト化が期待できることを確認したものである²⁾。

表3 原料組成

	組成A	組成B
水分量 W	53	62
微生物量 X	1.3×10^{-3}	6.9×10^{-4}
基質量 S	42	34
非堆肥化物質 U	4.7	3.8
全質量 M	100	100

(単位: %)

3. 実験結果の再現計算結果 実験装置の規模は $0.15m\phi \times 0.375$

mHで、有効堆積高さは0.3mである。計算間隔は $\Delta t=0.1(h)$ で行い、発酵時間は実験と同様に10日までを計算する。再現計算結果を図1～3に示す。これらの結果から、測定値と計算値はほぼ一致しており、ここで用いた解析法によってコンポスト化過程を概ね把握することができると考えられた。

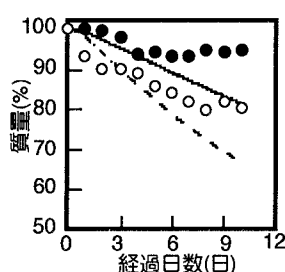


図1 質量変化の再現計算結果

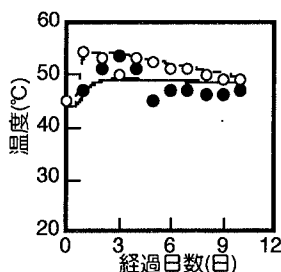


図2 温度変化の再現計算結果

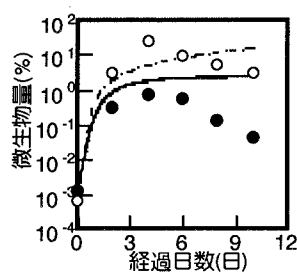


図3 微生物量の再現計算結果

《●組成A(測定値), ○組成B(測定値), —組成A(計算値), ----組成B(計算値)》

4. 連続式発酵槽の運転シミュレーション 上勝町における処理量は、柑橘類廃物が排出される時期の36.2 t/日が最大である。このことを考慮して、10mφ×4m Hの鉄筋コンクリート製の発酵槽を想定する。連続槽の滞留時間にはいくつかの表現方法があるが、ここでは入口基準滞留時間を用いる。これによれば、滞留時間はもっとも小さく表現され、安全側となる。また、より経済的な運転を行うために酸素濃度が一定になるように送気量を制御した。酸素濃度の制御目標値は15%である。図4～7に計算結果を示す。柑橘類廃物が排出されない時期(組成A)および排出される時期(組成B)における入口基準の滞留時間は、それぞれ342時間、305時間であった。図4に示す全質量および図7に示す送気量の変化をみると、柑橘類廃物の排出される時期(組成B)の方が、質量の減少割合が大きく、必要な送気量も多いことから、コンポスト化がよく進行することがわかる。また、両者ともに初期に多くの酸素が必要で送気量を多くする必要があるが、その後は一定もしくは漸減させればよいことがわかる。送気装置としては、発酵槽をいくつかの送気区域に分割してそれぞれ独立に送気するようにする。すなわち、入口付近での送気量を多くし、出口に向かうにつれて送気を少なくするように配置すればよいことを指摘できる。図5の水分量の変化からは、初期に含水率を調整すれば反応中に再び調整する必要がないことがわかる。ただし、pHについては必要に応じて調整しなければならない。温度制御(図6)については、初期温度を45℃程度とすることにより、反応温度が上昇し、その後外部から熱を供給しなくてもコンポスト化反応は進行している。以上の結果、連続式発酵槽を用いた場合のコンポスト化過程を推定することができた。

5. まとめ 町レベルで行うコンポスト化計画を具体化する基礎資料を提示するために、実験およびコンポスト化施設の運転シミュレーションを行った。その結果、柑橘類廃物が排出されない時期と排出される時期についてコンポスト化過程を推定することができた。また送気量とコンポスト化指標との関係や、送気量の変化を知ることにより、より経済的なコンポスト化施設の運転法を示した。

【参考文献】

- 1) 上勝町；上勝町リサイクルタウン計画、1994
- 2) 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
- 3) 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

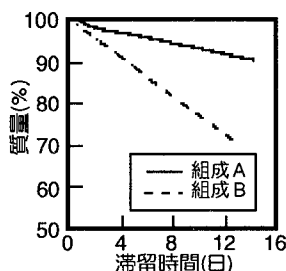


図4 重量変化の計算結果

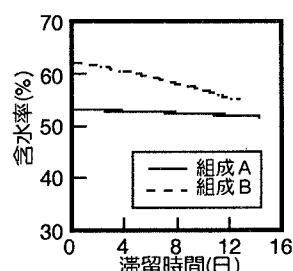


図5 水分量の計算結果

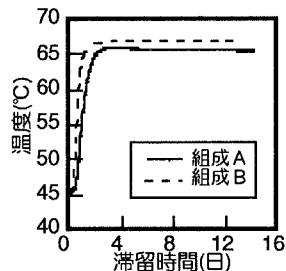


図6 温度変化の計算結果

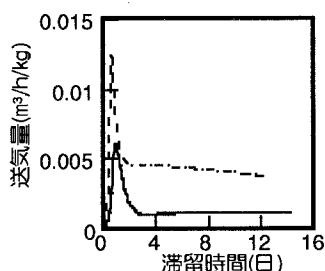


図7 送気量の計算結果