

# 業務用生ごみ処理機生成物のクーラーボックスを用いた堆肥化実験

草野陽子・久保倉宏一

福岡市保健環境研究所廃棄物試験研究センター

## Maturing Examination Using Cooler Boxes on Treated Materials with Equipment for Commercial Food Waste

Yoko KUSANO and Koichi KUBOKURA

Waste Research Center, Fukuoka City Institute for Hygiene and the Environment

### Summary

We carried out a simple fermenting experiment using cooler boxes for materials produced by food waste compost equipment. The conditions of air ventilation and scooping up times are changed in three experiments to verify the most suitable condition. The results were as follows;

1. Aerobic fermentation did not start in the produced material without ventilation.
2. Aerobic fermentation of the produced materials was promoted under the conditions of ventilation with punching metal.
3. Temperature of the fermented material reached above 50℃, and internal O<sub>2</sub> concentration was above 15% when ventilation was applied.
4. The qualities (pH, ash, fat and C/N ratio) of the fermented materials were almost the same under the conditions of ventilation, even when the number of scooping up times per week (1 or 3) were different.

**Key Words** : 生ごみ処理機 Food Waste Compost Equipment, 堆肥化物 Produced Material, 発酵処理物 Fermented Material, 好気性発酵 Aerobic Fermentation, クーラーボックス Cooler Box

### はじめに

循環型社会形成に向けて廃棄物管理の各種の法律が整備される中、食品廃棄物に関しては「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律」により、食品循環資源の再利用ならびに食品廃棄物等の発生抑制及び減量が義務づけられ、食品廃棄物の再生利用等の実施率 20%の達成期限は2005年度末に迫ってきている。食品廃棄物の再利用方法の一つとして堆肥化技術が数多く提案され、多くの事業所で、水分量の多い食品廃棄物を堆肥化処理できる業務用生ごみ処理機が導入されている。導入例の最も多いのは微生物発酵型のものであるが、発酵を終了した処理物を畑に施用するには二次発酵を経る必要がある。

著者らは、既報<sup>1)</sup>において、微生物発酵型の業務用生ごみ処理機による食品残渣の堆肥化物性状調査結果を報告し、その効果として次の3点を挙げた。

1. 乾燥による減量、撈拌での粉末化による減容効果
2. 長期間保存性
3. 肥料としての有用性

反面、微生物発酵型生ごみ処理機の現状での問題点として次の2点を提起した。

1. 処理機の効果として微生物発酵処理をうたっているのに、微生物発酵が行われていないと考えられる。
  2. 乾燥、粉末化されたものを多量に花壇に施用すると腐敗や虫の発生が起こる場合がある。
- 従って、今後小学校等にて生成物を有効利用し、生ごみ

処理機の使用を促進していくには、取り出された生ごみ処理機生成物に対して、簡便かつ効果的な発酵処理を行う必要があると考えられる。

今回、生ごみ処理機生成物に対してプラスチック製クーラーボックスを用いた簡便な発酵試験を実施し、効果的な発酵処理条件とその効果を検討したところ、興味ある知見が得られたので報告する。

## 実験方法

### 1. 発酵装置及び発酵条件

発酵試験条件を Table 1 に、装置の略図を Fig. 1 に示す。

クーラーボックスは、市販の内容積 50 L (25×80×25 cm) のものを使用した。業務用生ごみ処理機生成物は、福岡市内のある小学校に設置してある生ごみ処理機の生成物を供試した。この生成物に水分量が約 40 % になるように蒸留水を添加し、よく混合した後、次の条件にて発酵処理実験を行った。

RUN 1: クーラーボックス上下 2 か所に 2×2cm 程度の通気孔を設け、内部の底・側面に有孔金属板 (ステンレスパンチングメタル板 孔径 1 mm, 開口率 50 %) を設置して、壁面との間に 1 cm 程度の隙間を作った。一週間に 3 回隔日切り返した。

RUN 2: RUN 1 と同様、クーラーボックスに有孔金属板、通気孔を設置した。一週間に 1 回切り返した。(RUN 1 とは切り返し頻度のみ異なる。)

RUN 3: 有孔金属板、通気孔は設置せず、通気のない状態にした。一週間に 3 回隔日切り返した。

試験期間中の温度は、RUN 1, 2 は上部通気孔から、RUN 3 は、蓋をして隙間から熱電対温度センサーを発酵槽の中心部に差し込み記録した。水分量が減少した際は、適宜蒸留水を添加した。発酵試験終了は、RUN 1 において切り返しを行っても温度上昇が得られない時点とし、開始から 38 日目であった。

Table 1 Fermentation experiment conditions

condition & equipment	scooping up times (a week)	vent	punching metal
RUN 1	3		
RUN 2	1		
RUN 3	3	×	×

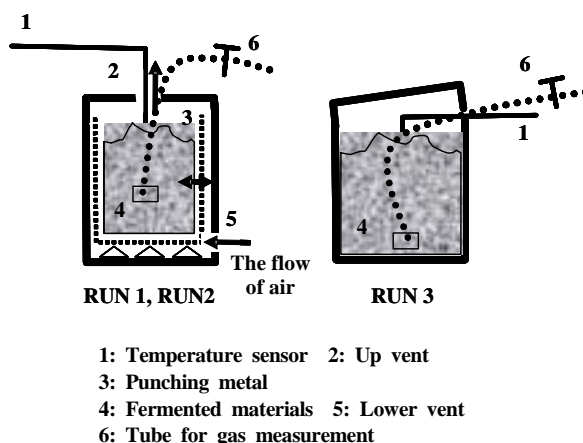


Fig. 1 Outline figures of the fermentation equipments

### 2. 測定項目及び方法

温度: 熱電対センサー電子式記録計

CHINO DB1000

水分, pH, 灰分: 肥料分析法 (1992 年版) に準拠

粗脂肪分: ソックスレーエーテル抽出法 (食品分析法)

全炭素, 全窒素: 乾式燃焼法 (HCN コーダー分析法)

O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>: 電気化学式センサー, 赤外線式センサー式  
ガス検知器 Drager Multiwarn

## 結果および考察

### 1. 発酵処理における温度変化と外観の変化

RUN 1 ~ 3 の発酵処理における温度変化を Fig. 2 に示す。なお、生成物を切り返した日の温度は黒のポイントで示している。

RUN 1 は、試験開始後 5 日目から急激な温度上昇が起これ、25 日目まで 55 以上を保った。好気性微生物による堆肥化処理は、一次発酵と二次発酵で完了する<sup>2)</sup>。一次発酵では、微生物分解されやすい糖類や酪酸、酢酸などの低分子有機物が分解され、この間、60 ~ 70 以上の高温に達する場合もあるとされている。従って、RUN 1 では、この段階で生ごみ処理機生成物の一次発酵が初めて起こっていると考えられた。30 日目以降は、温度が徐々に低下し、切り返しを行っても温度の上昇は認められず、一次発酵が完了したと判断された。また、RUN 2 は、5 日目までは RUN 1 と同様の急激な温度上昇が見られ、10 日目以降は切り返し回数を減らしたにもかかわらず、50 前後を保った。RUN 1 及び RUN 2 では、切り返しを行った直後は温度が約 10 程下降するが、12 時間程度で切り返し前の温度に戻った。一般的な堆肥化では切

り返し後、それ以前の温度に戻るのに2～3日の時間を要するが、RUN 1, 2の温度が短時間で戻ったのはクーラーボックスの保温効果であると考えられる。一方、RUN 3は、試験開始からの温度上昇がRUN 1, 2よりも緩慢であった30日目以降に20程度の急激な温度上昇が起こり、発酵が継続していると考えられた。このことから、RUN 3のような通気のない閉鎖的な状態では、好気性発酵が生じなかったと判断された。

また、RUN 1, 2の高温期には、その温度と通気効果により発酵物の乾燥が生じ、注水しないと発酵に適した水分を確保できないので、適宜1～2L注水を行った。しかし、RUN 3は温度が低く、換気がなされないため水分にほとんど変化がなく、水を加える必要がなかった。

発酵試験前の生成物の色は茶色であり、発酵処理後にはRUN 1, 2は黒色に変化した。RUN 3は黒茶色であり、色の変化は小さかった。一般的に、堆肥化における黒色への変化は、腐食質の増加を示している。腐食質とは、分解しやすい糖類やタンパク質などが土壌微生物によって分解された後に残る物質で、暗色ないしは黒褐色の高分子物質である<sup>3)</sup>。腐食質の増加は、有機物の分解に比例しているため、RUN 1, 2の色がRUN 3と比較して黒色が強いので、発酵が進行していると推察された。

臭気に関しては、RUN 1, 2は高温期には発酵臭を感じ、後期には次第にNH<sub>3</sub>臭を強く感じた。試験開始後30日目には、両者において、ガス検知器で100 ppm以上のNH<sub>3</sub>の発生が確認できた。しかし、RUN 3は試験期間中、酸味のある発酵臭が発生し、RUN 1, 2とは全く異なった臭気であった。好気性発酵が進むと、タンパク質の分解によってNH<sub>3</sub>が生じ、最初は発酵物中に補足されるが、その量が増加してpHが上昇するとNH<sub>3</sub>が揮散するとされている<sup>4)</sup>。従って、RUN 1, 2において試験後期にNH<sub>3</sub>が発生していることは、良好な発酵が進行していることを表していると考えられる。

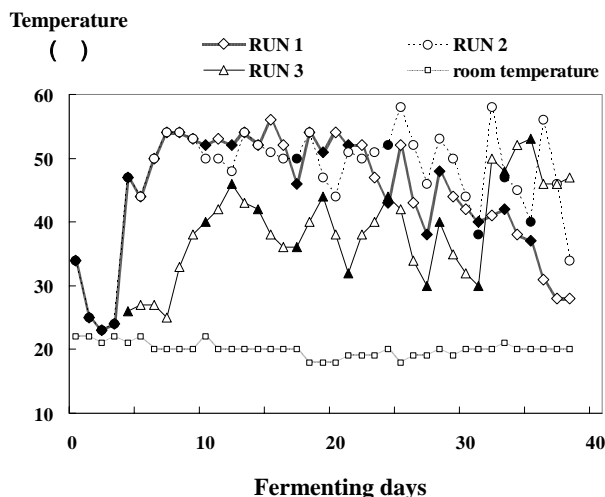


Fig. 2 Temperature changes during fermentation experiment  
2. 発酵処理中の発生ガス

容器の発酵槽内部に埋め込んだチューブから採取したガスの成分測定結果を Table 2 に、容器上部通気孔から採取したガスの成分測定結果を Table 3 に示す。

RUN 1では切り返し日直前でも、発酵槽内部では、O<sub>2</sub>濃度が15%以上あり、内部が好気的な状態に保たれていた。一方、RUN 3ではO<sub>2</sub>濃度が2%を下回り、CO<sub>2</sub>濃度も20%以上と、嫌気的な状態になっていることが判明した。

また、RUN 1, 2の容器上部通気孔では上向きの空気の流れが確認された。そのガス組成を測定したところ、どちらもCO<sub>2</sub>濃度が0.6%であり、外気と比較すると、20倍のCO<sub>2</sub>濃度上昇が認められ、換気は十分行われていると考えられた。

RUN 1, 2に見られる、発酵中の温度上昇及び容器上部通気孔からのCO<sub>2</sub>濃度上昇は、有機物分解により内部で発生したCO<sub>2</sub>を外部に排出し、さらに内部にO<sub>2</sub>を供給して好気性発酵を促すという、有孔金属板の効果によるものと推察される。

Table 2 Composition of internal gas in fermented materials

	Passed times from scooping up day (day)	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)
RUN 1	3	18.5	2.9
RUN 3	3	1.5	21.6

Table 3 Gas composition from upper vent

	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)
RUN 1	19.8	0.60
RUN 2	19.9	0.60
Air	20.9	0.03

### 3. 発酵物の性状

発酵試験を行って得られた最終産物（発酵物）のpH、灰分、粗脂肪分、元素分析結果をTable 4に示す。

発酵物のpHは、原料の4.8に対し、RUN 1, 2でそれぞれ8.4, 8.1とアルカリ性であり、堆肥化が進行していると考えられた。発酵処理中に定期的に測定したpHでは、30日頃にpHがアルカリ性に变化した。一方、RUN 3ではpH5.5と依然と酸性側であり、堆肥化が未熟であることが示唆された。

灰分は、RUN 1, 2でそれぞれ13.1, 12.9%であり、原料7.3%に対して約2倍に上昇した。微生物発酵による堆肥化の過程の中で、易分解性有機物が分解を受けると、CO<sub>2</sub>と水になって大気中に排出される。堆肥化が進むと、有機

物が次第に減少し、逆に分解されない灰分の割合が相対的に上昇していくことになる。従って、灰分の上昇は有機物分解の進行の指標となるので、RUN 1, 2で灰分が2倍に上昇していることから、有機物の分解がよく進行していることが分かる。反面、RUN 3では9.5 %と低く、RUN 1, 2と比較して有機物の分解が行われていないことが分かった。

粗脂肪分は原料13.4 %に対して、RUN 1においては6.7 %と約1/2に、RUN 2においては4.7 %と約1/3まで減少した。この結果は、堆肥化一次発酵の高温時期では、発熱量が高い脂肪が分解されており、粗脂肪分が減少するという報告<sup>5)</sup>と一致していた。しかしながら、RUN 3では、粗脂肪分は13.0 %と、原料とほとんど変わらず、粗脂肪分の分解が効率よく行われなかった。

また、元素分析の結果、生成物と比較して3条件とも、全炭素含有率の低下、全窒素含有率の上昇が認められた。堆肥化の指標であるC/N比は、生成物と比較して2～4ポイント低下したことから、発酵処理によって、堆肥の熟度を高めることができたと判断された。

Table 4 Analytical results of initial material and fermented materials

Sample	pH	Ash (%)	Fat (%)	C (%)	N (%)	C/N (ratio)
Initial materials	4.8	7.3	13.4	49.7	5.0	10
RUN 1	8.4	13.1	6.7	45.5	8.0	6
RUN 2	8.1	12.9	4.7	45.2	7.7	6
RUN 3	5.5	9.5	13.0	49.0	6.3	8

#### 4. 発酵処理における固形物収支

発酵処理前後における各成分の重量収支及び減少率をTable 5に示す。

Table 5に示すように、灰分は発酵によって微生物分解を受けないので、発酵前後で灰分重量は変わらないはずであるが、RUN 1～3において全く変化がなかったため、本発酵試験の精度が確認できた。全固形分重量の減少率は、RUN 1, 2で約45 %であったのに対し、RUN 3では25 %であった。灰分を除いた有機物重量の減少率を見ると、RUN 1, 2が約50 %、RUN 3は27 %であったが、RUN 1, 2では発酵処理前の有機物の1/2がCO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>Oに分解されていることが分かる。反面、RUN 3では分解率が低く、依然未分解物が多く残存していると考えられた。有機物の中でも粗脂肪分について見ると、RUN 1, 2で約80 %の大幅な減少が認められた。この結果より、RUN 1, 2では有機物の分解に関しては、脂肪分の分解が炭水化物やタンパク質より大きく進行していると考えられた。

業務用生ごみ処理機生成物に対する再コンポスト化試験は中崎<sup>6)</sup>によっても報告されているが、通気性改良材としておがくずを用いている。おがくずを用いた場合はおがくず自身も分解されるため、再コンポスト化試験前後の重量変化により有機物の分解率を評価することが困難である。今回の試験では他の資材を全く用いていないため、有機物の減少は全て生ごみ処理生成物の微生物分解によるものである。従って、本試験で供試材料として用いた業務用生ごみ処理生成物が、微生物発酵処理を受けていない未熟な製品であったということを示しており、既報<sup>1)</sup>の結果と一致する。さらに、本試験の分析結果により、その熟度を高めることができたと考えられるが、その熟度については、今後、植物生育試験等による確認が必要であると考えられる。

Table 5 Weight comparison between before & after fermentation processing (kg) and decreased ratio (%)

Condition		Solid <sup>4)</sup>	Ash	Organic substance <sup>5)</sup>	Fat
RUN 1	Before <sup>1)</sup>	12.3	0.9	11.4	1.7
	After <sup>2)</sup>	6.7	0.9	5.8	0.4
	Decreased ratio <sup>3)</sup>	45.5	0.0	49.1	76.4
RUN 2	Before <sup>1)</sup>	12.3	0.9	11.4	1.7
	After <sup>2)</sup>	6.9	0.9	6.0	0.3
	Decreased ratio <sup>3)</sup>	43.9	0.0	47.3	82.3
RUN 3	Before <sup>1)</sup>	14.7	1.1	13.6	2.0
	After <sup>2)</sup>	11.0	1.1	9.9	1.4
	Decreased ratio <sup>3)</sup>	25.1	0.0	27.2	30.0

- 1) Initial material (kg)
- 2) Fermented material in each condition (kg)
- 3) Fermented material / Initial material × 100 (%)
- 4) Solid was calculated by having reduced water.
- 5) Organic substance was calculated by the formula (Solid - Ash).

#### まとめ

業務用生ごみ処理機生成物のクーラーボックスを用いた簡便な発酵試験により、以下のことが明らかになった。

1. 通気孔を設けない閉鎖的な状態では好気性発酵が生じなかった。
  2. 小型の通気孔を上下二箇所に設け、有孔金属板より通気性を確保することで好気発酵を促進させることができた。
  3. 通気性を確保した状態では、発酵物温度は50℃以上で、内部のO<sub>2</sub>濃度は15 %以上あった。
  4. 通気性を確保した状態では、切り返し回数が週3回と週1回でも、発酵物の性状に大きな違いはなかった。
- 以上の結果、通気性を確保した状態であれば、週1回程

度の繰り返しで十分に堆肥化できることが判明し、この方法であれば、小学校などで実施可能であり、発酵物は虫の発生などの弊害がなく花壇に使用できると考えられる。今後は、屋外における本処理方法の実施、虫や臭気の発生状況等の検討、小学校での実施可能性の検討、小松菜などを用いた植物生育試験等をしていきたいと考えている。

本研究の概要は、平成16年度廃棄物研究発表会で口頭発表した。

## 文 献

- 1) 久保倉 宏一、他：業務用生ごみ処理機による食品残渣の堆肥化物生成物性状調査，福岡市保健環境研究所報，29，95-99，2004
- 2) 岩田 進午，松崎 敏英：生ごみ堆肥リサイクル，家の光協会，112-113，2001
- 3) 松崎 敏英：土と堆肥と有機物，家の光協会，19-23，1992
- 4) 藤田 賢二：コンポスト化技術，技報堂出版，68，1993
- 5) 久保倉 宏一：剪定枝堆肥化物を用いた段ボールコンポスト法による宅配弁当食べ残しの堆肥化に関する研究，福岡市保健環境研究所報，29，90-94，2004
- 6) 中崎 清彦：生ごみコンポスト化技術の現状と課題，資源環境対策，36，375-380，2000