

業務用生ごみ処理機による食品残渣の堆肥化生成物性状調査

久保倉宏一・藤岡栄子・富田弘樹・瓜生佳世*

福岡市保健環境研究所廃棄物試験研究センター

* 福岡市保健環境研究所保健科学部門

Survey of Food Waste Compost Treated with Equipment for Commercial Food Waste

Koichi KUBOKURA, Eiko FUJIOKA, Hiroki TOMITA
and Kayo URYU*

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

* Health Science Division, Fukuoka City Institute for Hygiene and the Environment

Summary

Properties of 23 kinds of composted materials were investigated in the offices utilizing the microorganism fermentation type treatment equipment for commercial food waste. Moreover, properties of cooking residues and leftovers were also investigated in one of the offices for 10 days. The water content of most of all composted materials in the fermentation tank was about 10%, and was lower than the best condition of 40~60% for microorganism fermentation. The mineral is low with 9.2% on the average and the crude fat is high with 12.0%. These values were as same as wasted foods and indicated that there was no biological changes between composted material and food waste. The CN ratios of composted materials were lower than the standard value for the maturity. This was caused from the low CN ratios of food wastes before composting. In conclusion, the microbiological decomposition of food waste did not progress in the microorganism fermentation type treatment equipment for commercial food waste. The degree of maturity of those treated materials were thought to be low so that further consideration of utilizing those materials should be taken.

Key Words : 堆肥 Compost, 食品残渣 Food Waste, 熟度 Degree of Maturity, CN比 CN Ratio
業務用生ごみ処理機, Treatment Equipment for Commercial Food Waste

はじめに

循環型社会の形成にむけて廃棄物管理の各種の法律が整えられる中、食品廃棄物に関しては平成13年5月1日から施行された「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律」(平成12年法律第116号、「食品リサイクル法」)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ている。現在のところ、食品廃棄物のリサイクル率は、全体の12%であり、一般家庭の食品廃棄物に限れば1%程度である¹⁾ことから、今後本法の実効性が注目されることである。

このような背景から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るとともに、実際に運用さ

れている。この一つとして業務用生ごみ処理機の導入が多く事業所で進んできている^{2,3)}。食品廃棄物は、元来水分量が高いため、保管・運搬が紙・プラスチックなどと比較すると困難であるため、各事業所単位で食品廃棄物を堆肥化処理できる業務用生ごみ処理機の設置が多くなっている。

業務用生ごみ処理機は、微生物発酵型、乾燥型、炭化型の3種類に分類される。微生物発酵型は、処理機内で加熱攪拌送風を行いながら、食品廃棄物中の易分解性有機物の微生物による分解を促進し、いわゆる一次発酵を短期間で終了させるものである。3種類の中では導入例が最も多いタイプ³⁾であり、発酵を終了した処理物は取り出し後二次発酵を経て、田畑に堆肥として施用される。

しかし、この比較的新しい食品廃棄物堆肥の利用が、畜

産糞尿堆肥と比較して広がりにくいというのが現状である。この原因として、食品廃棄物を原料とした堆肥化物の品質に対する不安、原料となる食品の違いによる堆肥の品質のバラツキや堆肥化方法の違いによる熟度の違い等が考えられる⁴⁾。

そこで、微生物発酵型業務用生ごみ処理機における一次発酵物の品質(熟度)の調査を行った。また、業務用生ごみ処理機のメーカーなどから提供された堆肥化物サンプルの品質調査も併せて行ったところ、若干の知見が得られたので併せて報告する。

実 験 方 法

1. 調査対象処理物

調査対象処理物は Table1 に記載した 23 件であり、業務用生ごみ処理機は全て微生物発酵型のものである。処理物の内訳は、15 件が小中学校の給食残渣を原料としたものであり、4 件がスーパー、ホテルや事業所食堂の食品廃棄物を原料としたものである。また、メーカーより提供された処理物サンプルは 4 件であった。

生ごみ処理機におけるサンプリングは、主として処理機発酵槽内にて実施した。

また、堆肥化物の原料としての投入食品廃棄物と堆肥化物の性状の違いを調査するため、一つの給食事業所にて、10 回にわたり調理残渣および食べ残しの性状をそれぞれ別に調査した。

2. 測定項目および方法

水分、pH、灰分：肥料分析法(1992 年版)に準拠
生菌数：スパイラルプレーティング法
粗脂肪分：ソックスレーエーテル抽出法
(食品分析法)
全水素、全炭素、全窒素：
乾式燃焼法(HCN コーダー分析法)

3. 試験方法

処理物は試験室に持ち帰り後、直ちに生菌数と pH の測定を実施した。pH の測定は、約 5g の処理物を 10 倍量の精製水に懸濁させて行い、水分測定は 2～5g の処理物をアルミカップにとり 105℃における加熱減量法により行った。

それ以外の項目の測定には、処理物および投入食品残渣を 105℃で乾燥させた後、粉碎機により 1mm 以下に粉碎したものを使用した。

pH は懸濁液の値で表記し、水分および生菌数は、生処理物ベースで表記し、これ以外は乾燥重量ベースにて測定値を表記した。

結果および考察

1. 業務用生ごみ処理機処理物の性状

Table 1 に今回調査を行った処理物の pH、水分、生菌数、灰分、粗脂肪分および元素分析結果を示す。

処理物の形状はサラサラとした粉末であったが、No13 のみ 3～4cm のボール状の固まりとなっていた。色調は主に茶色のものが多く、No4、No11 と No16 は黒褐色であり黒色が強かったが、主に水分の違いによるものであると考えられた。No14 は淡褐色であったが、堆肥の原料としてご飯やパンを主として処理しているということであり、この原料の違いが色調の違いに現れたと考えられた。

また、処理物中には爪楊枝や箸などの異物は見られなかったが、ビニール袋の切れ端やプラスチック製の花飾り等が混入していることもあった。各事業所とも投入物は主として調理残渣と食べ残しであるが、卵の殻に関しては事業所によって取り扱いが若干違っており、生ごみ処理機に投入する場合と、投入しないで可燃物として廃棄しているところがあった。卵の殻を生ごみ処理機に投入している場合は、処理物中に白い卵殻が確認できた。

1) pH および水分

処理物の pH は 3.9～6.1 であり全て酸性を示し、全体の平均 pH は 5.1 であった。畜産糞尿の発酵堆肥化物は一般的にアンモニアの発生のためアルカリ性を示す⁴⁾が、これと比較すると大きな違いであった。

水分は、最大 44.3%～最小 3.9% であり、平均 10.1% であった。No4、No15 および No16 のみ 20% を超えていたが、これを除けば水分 10% 以下の処理物がほとんどであった。No4 および No15 の処理物は、現場での聞き取りから発酵槽に食品残渣を新たに投入した直後や水分保持のため水を注入して間もない時にサンプリングを行ったためにこのような水分含有量になったと考えられた。

一般的に微生物による堆肥化が適正に進行するのは水分 40～60% である⁴⁾といわれている。今回の調査では処理物のサンプリングを主として生ごみ処理機の発酵槽から行ったが、多く処理物が水分 10% 以下であったということは、生ごみ処理機の内部が微生物増殖に適した条件になっていないと考えられた。

2) 生菌数

発酵槽内での生菌数の対数平均は 6.3×10^4 個/g であり、最大は 2.2×10^8 個/g であった。生菌数は水分と関係があり、水分 40% に近い No4 と No15 だけが生菌数が 10^6 個/g を超えており、これ以外のものは全て 10^5 個/g 以下であった。

一般に堆肥化の一次発酵過程では細菌数が 10^8 個/

Table 1 Analytical result of composted materials by treatment equipment for commercial food waste

office	category	No	sampling	pH	Water Content (%)	ViableCount (CFU / g)	Ash (%)	Fat (%)	Hydrogen (%)	Carbon (%)	Nitrogen (%)	C / N
A	Lunch service	1	H15.05	4.9	3.6	$<3.0 \times 10^3$	7.1	12.8	7.01	49.30	4.99	10
		2	H15.12	4.9	9.8	-	9.1	10.8	6.30	48.80	4.34	11
		3	H16.02	4.7	2.0	-	9.1	11.0	6.50	47.97	4.70	10
B	Lunch service	4	H15.10	5.0	39.5	4.6×10^6	17.8	10.4	6.51	46.78	4.25	11
		5	H15.11	5.0	7.6	-	11.5		7.43	49.94	3.49	14
		6	H15.12	5.5	7.9	-	8.9	19.3	6.99	49.41	4.50	11
		7	H16.02	5.4	7.1	-	9.0	19.9	7.03	49.85	4.43	11
C	Lunch service	8	H15.10	5.8	2.5	-	7.4	17.4	7.53	50.52	4.06	12
		9	H15.12	5.9	2.7	-	9.4	11.3	6.72	47.58	4.31	11
		10	H16.02	6.1	1.4	-	10.1	18.4	6.91	49.32	4.50	11
D	Market	11	H15.06	5.5	18.0	1.0×10^5	8.1	17.3	7.46	49.14	3.29	15
E	Lunch service	12	H15.10	5.1	11.9	7.2×10^5	11.6	8.7	6.60	44.96	3.22	14
F	Market	13	H15.06	-	7.2	1.5×10^4	7.1	19.1	7.44	51.29	6.05	8
G	Lunch service	14	H15.06	-	2.2	$<3.0 \times 10^3$	6.4	9.0	6.98	46.86	3.87	12
H	Hotel	15	H15.10	4.8	44.3	2.2×10^8	9.3	13.0	6.83	47.34	4.10	12
I	Market	16	H15.10	3.9	24.3	1.1×10^4	10.8	4.0	5.55	44.19	2.71	16
J	Lunch service	17	H15.10	5.2	2.4	$<3.0 \times 10^3$	8.0	8.9	7.03	46.59	4.75	10
K	Lunch service	18	H15.10	4.7	6.6	2.1×10^5	5.4	9.0	7.07	47.24	4.44	11
L	Lunch service	19	H15.10	5.0	2.6	$<3.0 \times 10^3$	7.8	7.7	6.76	46.10	4.70	10
M	Sample	20	H16.02	4.6	3.8	-	5.4	9.7	6.78	48.15	3.79	13
N	Sample	21	H16.03	5.0	3.1	-	11.3	6.5	6.29	44.24	3.54	12
O	Sample	22	H16.03	5.4	3.2	-	17.8	9.6	6.11	42.91	2.90	15
P	Sample	23	H16.03			-	10.2	12.8	6.73	45.16	2.76	16
Average				5.1	10.1	$6.3 \times 10^{4*}$	9.2	12.1	6.8	46.7	3.9	12

* calculated as Logarithm average

g ~ 10^{10} 個 / g ある⁵⁾といわれていることから考えると、これよりも堆肥化期間を短縮しなければならない生ごみ処理機では更に大きな生菌数を保って装置を運転することが求められる。しかし、今回調査した生ごみ処理機のうち多くのもので、発酵槽内の生菌数が発酵処理に必要な菌数を大きく下回っていると考えられた。

3) 灰分

No4 と No22 の処理物の灰分が 17.8%と高い値であったが、この 2 件以外は概ね 12%以下でその平均値は 8.7%であった。No4 と No22 には卵の殻の粉碎物が多く含まれるのが目視確認できたので、これが灰分を上昇させている原因であると考えられた。また、生ごみ処理機のメーカーによっては、pH を中性付近に保つため pH 調整剤の使用を勧めている。この pH 調整剤は主にカルシウム製剤である場合が多いため、pH 調整剤を使用すると処理物の灰分が卵殻と同様に上昇する。しかし、この製剤の使用の有無は外見だけでは判定できないため、今回調査を行った処理物の中にそのようなものが含まれている可能性もある。

食品廃棄物中の易分解性有機物が微生物分解を受ければ、二酸化炭素と水になって大気中に排出される。実際に、微生物発酵型生ごみ処理機製造会社も製品販売において、このように説明しており、この分解放出された有機分

重量を処理減少率としてうたっている。このように食品廃棄物中の有機分が堆肥化過程で微生物分解により次第に減少していくと、逆に分解されない灰分の割合が相対的に上昇していく。従って、灰分を堆肥化進行度の一つの指標として考えることができるが、この点から考えると今回調査した処理物は多くのものがほぼ同じような堆肥化熟度にあると考えられた。

4) 粗脂肪分

粗脂肪分は、平均 12.0%であったが、最大 19.9%から最低 4.0%と範囲が非常に大きかった。No16 は粗脂肪分が特に低かったが、投入食品廃棄物のほとんどが野菜類であったのが原因であると考えられた。

5) 元素分析および C/N 比

今回調査した 23 件の処理物の全水素、全炭素、全窒素含有率には大きな差はなかった。また、C/N 比は最大 16、最小 8 であり、平均は 12 であった。C/N 比はワラ等の植物資材を利用した堆肥化の指標として用いられ、C/N 比が 20 以下であれば、植物に対して窒素飢餓の悪影響を及ぼさない程度であり、実際に田畑に施用できると考えられている。この点からすると、今回調査した全ての処理物は、窒素飢餓に対する評価基準である C/N 比からは問題ないと考えられた。

Table 2 Analytical result of cooking waste in lunch servicing

No	pH	water (%)	ash (%)	fat (%)	H (%)	C (%)	N (%)	CN
1	5.3	90.6	7.1	1.3	6.20	42.81	1.74	25
2	5.5	92.1	10.1	1.4	5.79	44.35	2.41	18
3	4.8	87.1	7.3	1.0	5.80	43.02	1.62	27
4	5.2	89.4	8.6	1.4	6.04	43.45	2.12	20
5	5.2	89.7	11.7	1.1	5.87	41.29	2.12	19
6	4.7	90.0	8.0	1.6	5.85	41.92	1.70	25
7	6.3	90.1	11.8	9.6	6.32	43.24	1.61	27
8	5.2	86.8	6.9	1.2	5.85	43.74	1.67	26
9	6.5	78.5	7.6	8.1	6.73	46.98	7.61	6
10	6.4	90.7	9.6	1.5	5.74	40.79	2.30	18
Ave	5.5	88.5	8.9	2.8	6.02	43.2	2.49	21

2. 投入食品廃棄物の性状調査

投入食品廃棄物と生ごみ処理機から取り出された処理物の間での化学的性状の違いを把握するための基礎資料として、C事業所にて食品廃棄物の性状調査を行った。調査は、野菜などを主とする調理残渣とおかずやパンなどの食べ残しの二つに分けて行い、調理残渣の結果をTable2に、また食べ残しの調査結果をTable3に示した。

この結果、pHは調理残渣、食べ残しもほとんど5～6の間であった。水分は、野菜くずなどを主とする調理残渣が安定しており平均89%であったが、食べ残しの水分は、最大87%から最低58%とメニューにより差が大きく、平均でも76%であり調理残渣とは大きな違いがあった。

灰分については、調理残渣が平均8.9% (最大11.8%～最小6.9%)であったが、食べ残しは平均4.6% (最大5.7%～最小3.6%)と調理残渣の方が大きかった。これは、食べ残しにはご飯やパンなどの灰分が低いものが含まれているためであると考えられた。また、今回調査を行った調理残渣中には卵の殻は含まれていなかった。

粗脂肪分については、調理残渣が平均2.8%であったが食べ残しは平均14.7%であり、食べ残しの粗脂肪分が約5倍大きかった。これは、調理残渣が主として野菜や果物の廃棄部分からなり、食べ残しが肉やフライを含んでいるためである。調理残渣中のNo7とNo9の2つにおいて、粗脂肪分が極端に高いが、No9は出汁取り用のいりこが含まれていたためであると考えられ、同時に粗脂肪分はメニューにより差が大きいということが分かった。

CN比に関しては、野菜くずを多く含む調理残渣の窒素含有量は低いため、CN比が平均21と高く、逆に、肉などのタンパク質を含む食べ残しの窒素含有量は高いため、CN比が平均11と低い値であった。調理残渣中のNo9のCN比が6であり、他の調理残渣と比べると非常に低い値であったが、これは出汁取り用のいりこが多量に含まれていたためであると考えられた。

C事業所でのごみ処理機への投入量記録などから、調理残渣と食べ残しの排出量は、全体的に見ると1:1から2:

Table 3 Analytical result of left food in lunch servicing

No	pH	water (%)	ash (%)	fat (%)	H (%)	C (%)	N (%)	CN
1	5.9	73.5	4.9	12.3	7.50	48.17	4.20	11
2	5.5	83.2	4.4	11.5	7.36	48.90	3.98	12
3	5.7	57.6	3.6		7.75	52.44	5.24	10
4	5.8	81.8	4.9	16.3	7.84	51.92	5.39	10
5	6.2	87.0	3.6	16.8	8.08	52.57	6.08	9
6	6.0	71.9	4.9	6.1	6.85	44.35	3.33	13
7	5.6	71.8	4.7	17.1	7.59	49.12	4.83	10
8	6.4	76.9	5.7	22.9	7.45	49.41	5.10	10
Ave	5.9	75.5	4.6	14.7	7.55	49.6	4.77	11

1の範囲にあるように考えられた。そこで、残渣排出重量の割合とその水分含有量をもとにして、投入食品廃棄物全体としての成分を乾燥重量ベースで試算すると、灰分6.1%～5.7%、粗脂肪分11.3%～12.7%およびCN比14～13となった。

3. 業務用ごみ処理機処理前後の性状変化

食品廃棄物堆肥化の目的は、Fig1に示すように食品廃棄物中の易分解性有機物を微生物により代謝・分解すること⁵⁾である。このようにすることで、堆肥化物を農地に還元した際に、土中で急激に発酵して温度が上がったり、腐敗や虫の発生などの悪影響を抑えることができる。そして、残存している難分解性有機物が、肥料成分保持効果や緩やかな分解による肥料成分生成などの効果をおよぼす。

Fig 1の堆肥化の変化過程で灰分は分解を受けないため、堆肥化が進むにしたがって灰分が上昇していくとともに、逆に有機物量は減少していく。

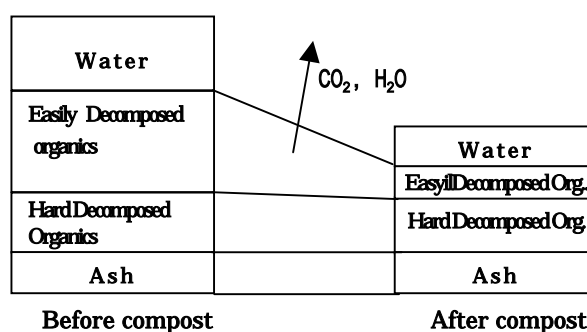


Fig 1 Material changes by composting process

今回調査を行った業務用処理機での食品残渣処理物23件の性状は、平均pH5.1、平均灰分9.2%、平均粗脂肪分12.0%、平均CN比12であった。これらの値は、処理機に投入される食品廃棄物の前記試算結果(pH5～6、灰分約6%、粗脂肪分約12%、CN比約13)と比較して、各成分ともほぼ同じであった。

堆肥化中の粗脂肪分の変化について考えると、堆肥化初期の高温状態は主に発熱量が高い脂肪が分解されている⁶⁾とされており、実際、高温が継続して堆肥化が進行した堆肥化物は粗脂肪分が低いことが報告⁷⁾されている。しかし、今回調査を行った処理物中の粗脂肪分は、今回得られた処理前食品廃棄物粗脂肪分や他報⁸⁾のそれと比較して、なんら変化がみられなかった。この粗脂肪分の含有量の関係から判断して、今回調査を行った生ごみ処理機処理物は堆肥化熟度が低いと考えられた。

これらのことから、投入食品廃棄物と生ごみ処理機生成物のちがいは水分含有量のみで、それ以外の成分ではほとんど違いがないといえる。すなわち、微生物発酵型生ごみ処理機であるが、微生物発酵が進行しておらず乾燥が進行しているように考えられた。このことは、発酵槽内処理物の水分が平均10%と微生物増殖には不適な条件であり、実際に生菌数平均が 6.3×10^4 個 / g (対数平均)と堆肥化に必要とされるレベルと比較して低いことから裏付けされた。

また、事業所での聞き取り調査では、生ごみ処理機処理物を木の根本に置いておく猫が食べにきたり、畑に積んでおくカラスが食べにくることがあるということも、何度も聞いた。これらのことは、投入生ごみが微生物発酵分解などを受けずに、単に乾燥粉末化されて生成物として取り出され、その生成物は飼料と同等のものになっているということの意味していると考えられた。

この原因としては、生ごみ処理機内部での水分調整が適切に行われていないためでないかと考えられた。業務用生ごみ処理機は既に多くの事業所などで利用されているが、その適切な運転管理は熟練を必要とする部分も多く、投入食品廃棄物原料の量や質の管理や水分の管理が必要⁹⁾であるといわれている。また、熟度が不足した食品廃棄物を原料とした堆肥が報告^{10)・11)}されているため、今後このような問題の解決が課題であると考えられた。

生ごみ処理機による処理物は水分が低いいためそのまま容器中に保管しておいても、カビが生えるなどの変化は半年以上なく、処理物の保存性は非常によかった。しかし、この処理物を直接農地に施用すると、粗脂肪分を含む易分解性有機物質を多く含むため急激な分解による温度上昇や土中酸素濃度の低下を引き起こしたり、虫の発生を引き起こす可能性がある。このため、生ごみ処理機処理物の利用方法については十分な注意が必要であると考えられた。

ま と め

微生物発酵型業務用生ごみ処理機を設置している事業所における処理物23件について性状調査を行った。ま

た、投入食品廃棄物の性状を調理残渣と食べ残しに分けて調査を行った結果、以下のことが分かった。

1. 生ごみ処理機発酵槽内処理物の水分は平均10.1%であり、微生物分解が進行する条件と比較すると低かった。
2. 生ごみ処理機処理物は、灰分が平均9.2%と低く、逆に粗脂肪分が12.0%と高く、投入食品廃棄物のそれとほぼ同じ値であった。
3. 生ごみ処理機処理物のC/N比は12と低かったが、処理前の投入食品廃棄物が同じように低いためであると考えられた。
4. 生ごみ処理機処理物と投入食品廃棄物の成分の比較から、投入食品廃棄物中の有機物の微生物分解は進行していないと考えられた。
5. 生ごみ処理機処理物は堆肥化熟度が低いので、用途や用法について今後検討が必要であると考えられた。

文 献

- 1) 環境省、循環型社会白書、平成15年度版
- 2) 谷川 昇 他：業務用生ごみ処理機の特性、都市都清 49、260-265、1996
- 3) 最新業務用生ごみ処理機アンケート結果、月刊廃棄物、40-47、2001-2
- 4) 生ごみ処理機の留意点とメーカー動向、月刊廃棄物 4、2000-3
- 5) 藤田 賢二：コンポスト化技術、技報堂出版、1993
- 6) 金澤 晋二郎：土・堆肥の基本概念について、福岡県リサイクル総合研究センター研究成果発表会、2003.7、北九州市
- 7) 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
- 8) 福岡市：業種別食品廃棄物のサンプリング品質調査委託報告書、2001
- 9) 拓植 勝 他：微生物を利用した生ごみ処理機の機能低下原因とその対策、都市と廃棄物、33-7、37-42、2003
- 10) 土原 義弘 他：廃棄物の循環利用に関する研究（第1報）- 厨芥物コンポストの化学的成分の検討に関する研究 -、富山県環境科学センター年報、30-2、55-63、2001
- 11) 土原 義弘 他：廃棄物の循環利用に関する研究（第2報）- 厨芥物コンポストの化学的成分の検討に関する研究 -、富山県環境科学センター年報、31-2、52-61、2002