

家庭用生ごみ処理機による生ごみのコンポスト化

Composting of Garbage Using New Electric Machine for
Domestic Garbage Disposal

野知 啓子*

Keiko Nochi

川本 克也**

Katsuya Kawamoto

Synopsis

As a method for disposing kitchen garbage at home, new electric machine for garbage disposal are being developed and are prevailing. It is expected that this trend will contribute to reducing the amount of garbage emission.

In this study, we used two types of apparatus on the market (Apparatus A and Apparatus B) and made experiments, focusing on their respective processing capabilities and observation of conversion process of garbage into compost. Also humus degree of produced compost was evaluated.

Results showed that these apparatus had good processing capabilities by setting amount of garbage to 1kg/time-day, maintaining the inside of apparatus at aerobic range of ORP (Eh) +200 ~ +300mV, and maintaining pH around 6.6 ~ 7.7. However, when the condition inside the apparatus became alkaline with pH higher than 8.0, there was odor of ammonia. In case of apparatus A and B garbage reduction rate was 78-85%.

Garbage was converted into compost through successive aerobic fermentation at around 46 °C, and progressed to decomposition into low molecular level. 10^5 cfu/g-residue of thermophilic bacteria was obtained and halos caused by enzyme producing bacteria were observed. It was confirmed that the produced compost should be used in practical application after heaping up because of residual easy to dissolve organic substances.

keywords ; garbage, compost, garbage emission, thermophilic bacteria, humus degree
生ごみ, コンポスト, 生ごみ減量化, 好熱性細菌, 腐熟度

* 技師 建築設備工学科

Department of Architectural Environmental Engineering Kanto-gakuin Univ.

** 独立法人 国立環境研究所 循環型社会形成推進・廃棄物研究センター適正処理技術研究開発室

Waste Treatment Engineering Section Research Center for material Cycles and waste Management Independent Administrative Institution National for Environmental Studies.

1. はじめに

循環型社会を実現するために「循環型社会形成推進基本法」を柱とした循環関連6法が制定された。その一つである「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律」、いわゆる「食品リサイクル法」が2001年5月から施行された。食品リサイクル法は食品廃棄物の発生抑制とリサイクルを図るもので、食品関連業者の負うべきリサイクル義務などを定めており、ホテルやコンビニエンスストアなどから出される食品廃棄物のコ

ンポスト化・飼料化などの試みが始められている^{1),2)}。

一方、家庭で発生する生ごみは廃棄物減量上重要な対象であり、また資源化対象物である。この生ごみに関しては、従来からコンポスト化が一部で行なわれてきた。すなわち、自家処理として土中に埋めたコンポスト容器を用いて処理する方法がとられてきた^{3),4),5)}。

これに対して近年、電動式の生ごみ処理機が開発・市販されている。その主たる処理方式は微生物方式と乾燥方式である。とくに前者は、攪拌装置による混合の効果が大きく、悪臭の発生や衛生害虫の発生抑制の面でコンポスト容器によるものと比較して大幅に改善されたといえる。

この家庭用電動式微生物型生ごみ処理機（以下、生ごみ処理機とする）は電機メーカーなどから市販されてほぼ10年が経過し、1998年の売上台数は10万台弱といわれ⁶⁾、発生源での分散型処理システムの一つとして有用視され、使用実績から今後の方向が期待されている^{7),8),9)}。

しかしながら、これらをオンサイト型処理機として家庭で使用する際の最適な処理法や生ごみがどのような変換を受けて、減量化が進行するかは必ずしも明らかにはなっていない。そこで、本研究では条件の異なるいくつかの生ごみ処理実験を通して、処理機のもつ処理性能ならびに適正処理を維持するための影響因子を探る検討を行った。さらに分解過程に伴う生ごみの質的变化および臭気発生のメカニズム等を明らかにするために時系列観察を行った。また、処理残渣をコンポスト化製品として有効利用するために腐熟度の測定を行い評価した。

2. 実験方法

2.1 対象とした生ごみ処理機

生ごみ処理機はTable 1に示すとおり、微生物分解方式の2機種（処理機AおよびBとする）を用いた。処理機Aの攪拌方式は生ごみ添加時に6分、以降は30分に1回（6分/回）であり、処理機Bでは生ごみ添加時に2分、以降は60分に1回（2分/回）となっている。これは市販されている生ごみ処理機のほぼ代表的な攪拌方式と考えられる。このほか、処理機Bには処理機内を加温する装置が内蔵されている。これら、生ごみ処理機は大学の実験室および一般家庭の台所に設置した。

Table 1 Specification of electric machine for garbage disposal

Type	Specification and operating conditions
Apparatus A	Measure : 450×367×720mm Substrate : Small chip of wood Bacterial enzymatic compound : addition Time of mixing : 3min @ start ,48round/d 6min/round
Apparatus B	Measure : 560×386×680mm Substrate : chip of wood Bacterial enzymatic compound : no addition Time of mixing : 2min @ start ,24round/d 2min/round

Table 2 Composition of surrogate garbage

Sample type	Class	Weight (g)	
① Dog food garbage	Cabbage	280~400	
	Dog food	200~300	
	Water	700~1000	
② Oils garbage	Dog food	200	1000
	Waste edible oil	15	
	Cabbage	285	
	Hot water	500	
③ Protein garbage	Vegetables	250	1200
	Waste	200	
	Cow's milk	250	
	Meat ball	250	
④ Vegetables garbage	Japanese radish	100	1000
	Carrot	100	
	Cabbage	100	
	Apple	180	
	Sweet potato	100	
	Cucumber	120	
Tomato	100		

2.2 供試生ごみ

模擬生ごみとしてTable 2に示す組成の異なる4種類を調製した。それぞれを、①ドッグフード模擬生ごみ、②油脂成分模擬生ごみ、③蛋白成分模擬生ごみ、④野菜成分模擬生ごみとした。模擬生ごみ②、③、④は24時間内の短期測定に供試するために、試料の均一化ならびに生ごみの分解促進をはかるためにミキサーで粉碎して用いた。また、実際に家庭の台所から廃棄される生ごみとして、①調理後に出る厨芥を流しに

廃棄する前に分別し、生ごみの種類を明らかにしたものを分別家庭生ごみとし、②シンク内排水口バスケットに廃棄されたものをよく水きりした後に、ポリ袋、輪ゴム、ラップなどの異物はできるだけ取り除くようにしたものを混合家庭生ごみとして用いた。

2.3 生ごみ処理機の性能試験

一般にこれら家庭用生ごみ処理機による生ごみの処理時間は、生ごみ 1 kg 程度を約24時間内で処理する仕様となっている。そこで本実験では、処理機の処理性能を評価するために24時間処理後の処理残渣について測定した。すなわち、①定常的な処理状況を測る項目として処理機内温度、pH、ORPおよび水分、②処理後に残留する有機物(DOC)および分解微生物の脱水素酵素活性の測定、③生ごみの減量化ならびに減量特性の把握、④生ごみ処理前後における臭気濃度の測定、⑤生ごみ分解過程で発生するアンモニア臭および大腸菌群等による細菌汚染の可能性についても検討した。実験はTable 3に示す条件の異なるRun 1 ~ Run 6 とした。実験方法の大綱は、処理機A, Bに担体として木質粉末および木質細片 6 ~ 12kgを添加した。微生物源としては生物製剤および処理残渣を 2 kg 前後植種し、Table 3 に示す各条件で検討を進めた。

得られた結果のなかでpH、ORPおよび温度については非超過確率50%、75%、84%値等を求め集計処理を行った。

Table 3 Conditions of garbage treatment experimental

Type	No.	Sample type	Addition (kg/d)	Treatment days (d)
Apparatus A	Run 1	Dog food garbage	1	61
	Run 2	Fractional garbage	1	42
	Run 3	Mix garbage	0.08~2.6	109
Apparatus B	Run 4	Fractional garbage	1	98
	Run 5	Dog food garbage	1	40
	Run 6	Dog food garbage	1	40

生ごみの減量化は、処理残渣と担体の全量を目開き 5.6mmのステンレス鋼製篩いにより分離し、それぞれについて秤量し減量化率を求めた。同時に未処理生ごみの種類や形状変化について目視観察を行った。

生ごみの減量特性は、処理機B全体の重量を電子天秤で計量しドッグフード模擬生ごみを添加し、添加直後から約100時間にわたり時間間隔で計測した。この間にドッグフード模擬生ごみ 1 kg を 4 回添加し、処理機B全体の重量変化と経過時間の関係式「 $W =$

$kt + W_0$ [W : 処理機Bの重量 (kg), W_0 : 初期時の処理機Bの重量 (kg), t : 時間 (h), k : 速度係数 (kg/h)] から単位時間当たりの重量減少量を求めた。生ごみ処理前後の臭気測定は臭気官能試験方法「三点比較式臭袋法測定マニュアル」¹⁰⁾に準拠した。また、生ごみ分解過程で生成するアンモニアの挙動については、90日間連続使用した処理機Aを対象に検知管法により測定した。なお、その他の測定項目は下水試験方法¹¹⁾に基づいた。

2.4 24時間内における生ごみの分解挙動

生ごみの分解過程を把握するために24時間内の時系列観察を行った。条件は、処理機Aに担体として木質粉末を 7 kg 加え、処理残渣を 3 kg 植種しTable 2 に示す②、③、④の各模擬生ごみ 1 kg を各実験開始時に回分で添加し、24時間内を 2 ~ 4 時間の間隔で測定した。項目は、①時間経過に伴う処理機内のpH、ORP、水分および温度変化、②時間内に残留する有機物(DOC)変化、③生ごみの質的变化をみるためのゲルクロマトグラフィーによる分子量分画、④好熱性細菌および酵素生産菌の検索を行った。

DOCの測定は、初期時ならびに各経過時間における処理残渣 1 g を水で100mlとし、よく攪拌してからろ紙No. 5 Aでろ過し全有機炭素計で測定した。分子量分画に用いたゲルクロマトグラフィーの条件をTable 4に示す。また、好熱性細菌および酵素生産菌の測定方法は微生物の分類法¹²⁾に基づいた。

Table 4 Operating conditions of gel chromatography

Item	Description or value
Gel	Sephadex LH-20
Measure of column	Glass tube, Diameter: 17mm, Length: 50mm
Volume of gel	90 ml
Solvent and flowrate	Distilled water, 1.0ml/min

2.5 コンポスト化製品の評価方法

処理残渣のコンポスト化製品としての評価はコマツナ(小松菜)の発芽試験ならびにえん麦の生長試験¹³⁾より行った。さらに処理残渣の腐熟度の進行をみるために処理残渣の養生試験を行った。なお、処理残渣は2.4の実験で得られたものを供試した。

コマツナの発芽試験方法は、処理残渣10gを水で300mlとし、よく攪拌後にろ紙でろ過し、DOC濃度が200mg/l、2000mg/lになるように調製した溶出液を深型シャーレに10ml流し入れた。この中にろ紙を敷い

てからコマツナの種を100粒蒔き、1日経過後の発芽率および5日間生長させた茎および根の長さについてノギスにより計測した。

えん麦の生長試験方法としては、処理残渣と市販培養土の混合比を4段階に変化させた条件にえん麦の種を播き、10日間生長させたえん麦の全体長さおよび質量について計測した。質量測定方法は、生長したえん麦の合計量(対照:13本)を 80 ± 5 で30分乾燥し、デシケータで30分放冷後に化学天秤で秤量した。

さらに処理残渣の腐熟度の進行をみるために、赤玉土60gと処理残渣30gを混合したものを円筒管に充填し、湿潤状態で97日間室温に静置した。初期値および97日経過後のDOC溶出液についてTable 4に示す条件で分子量分画を行った。

3. 結果および考察

3.1 生ごみ処理機の性能試験

(1) Run 1 ~ Run 6 のpH, ORPおよび処理機内温度の非超過確率値をTable 5に示す。Run 1 ~ Run 3は処理機Aによる実験結果であり、ドッグフード模擬生ごみ、分別家庭生ごみおよび混合家庭生ごみを処理対象としている。処理残渣のpHを非超過確率50%値でみると6.9 ~ 7.1 (n = 159) となり、pHが7.6を超える確率は16%と低いことが示された。一方、処理機B (Run 4 ~ Run 6) ではドッグフード模擬生ごみおよび分別家

庭生ごみを対象とした。pH値の非超過確率50%値は6.6 ~ 7.7 (n = 95) の範囲にあり、Run 6 ではpH8.1を超過する確率は25%であった。

処理機A, BによるORP (Eh) 値は+90 ~ +437mV (n = 254) とほぼ好気性域に維持されていた (Run 1 ~ Run 6)。両処理機のもつ攪拌機能は、Table 1に示すとおり処理機Aの方が処理機Bより攪拌回数・時間ともに多くなっているが、ORP値の非超過確率50%値は+205 ~ +313mVを示し、処理機による大きな相違はみられなかった。

24時間後の処理機内温度は、数値全体の約半数で27 ~ 32 (n = 254) を示し、全体の84%までを含めると30 ~ 43 となり、生ごみの自家発酵による温度の上昇が明瞭に観察された。

以上のことから、Run 1 ~ Run 6 の実験全体を通して生ごみ処理機による処理状況ならびに処理残渣の一般的性状を把握することができた。

(2) Run 2 およびRun 4 では、処理残渣中の有機物(DOC)濃度および脱水素酵素活性について測定した。処理機Aによる残渣中の可溶性有機物をDOC値でみると9.3 ~ 22.1 g/l (中央値: 14.5g/l, n = 5) となり、処理機Bでは28.2 ~ 55.8 g/l (中央値: 35.1 g/l, n = 7) を示した。処理機Bの方が高いDOC値を示す理由として、Table 3に示すように処理機Aの処理日数が42日であるのに対し、処理機Bでは98日と長いことが挙げられた。このように処理残渣中のDOC値が比較的高いことからコンポストとして利用できることの有用性が示された。

(3) Run 1 およびRun 6 における微生物の脱水素酵素活性をFig.1に示す。種々の脱水素酵素は有機物の生物酸化におけるもっとも重要な酵素であるといわれ、活性汚泥の活性な微生物の相対量を示す指標として用いられている。人工下水で培養した内生呼吸による脱水素酵素活性は1.2 ~ 3.0mg/g-ssが例示される¹⁴⁾。本実験ではFig.1に示すとおり、処理機Aでは実験開始より25日経過後に測定していることから数値は安定し、2.0 ~ 3.9mg/g - 残渣 (中央値: 2.8mg/g - 残渣, n = 11) の範囲にあった。一方、処理機Bでは処理期間における微生物量の増殖傾向が顕著にみられ、初期値の0.02mg/g - 残渣は10日前後で0.42mg/g - 残渣まで増加し、それ以降は0.3 ~ 0.4mg/g - 残渣で推移した。このように処理残渣の脱水素酵素活性を測ることで、生ごみの酸化分解に寄与する微生物活性を確認することができた。

Table 5 Result of garbage treatments experimental

Item	Statistic Value	Minimum	Maximum	Non-excess probability		
				50%	75%	84%
Run 1 n=37	pH (-)	6.3	8.2	7.1	7.4	7.5
	ORP(Eh,mV)	156	359	254	280	290
	Temperature(C)	17.8	38.6	26.7	28.8	30.0
Run 2 n=26	pH (-)	5.6	8.0	7.0	7.4	7.6
	ORP(Eh,mV)	134	359	235	276	298
	Temperature(C)	25.3	46.7	31.6	35.0	36.5
Run 3 n=96	pH (-)	6.4	7.6	6.9	7.0	7.2
	ORP(Eh,mV)	220	437	313	350	372
	Temperature(C)	24.7	30.9	26.9	28.8	29.6
Run 4 n=49	pH (-)	5.5	7.9	6.6	7.3	7.4
	ORP(Eh,mV)	165	377	294	334	349
	Temperature(C)	19.7	41.8	27.1	31.6	33.2
Run 5 n=23	pH (-)	6.6	8.4	7.4	7.8	8.0
	ORP(Eh,mV)	90	360	205	251	270
	Temperature(C)	19.9	45.7	28.0	32.6	35
Run 6 n=23	pH (-)	6.2	9.0	7.7	8.1	8.3
	ORP(Eh,mV)	113	316	237	272	285
	Temperature(C)	23.2	63.2	32.3	39.0	42.5

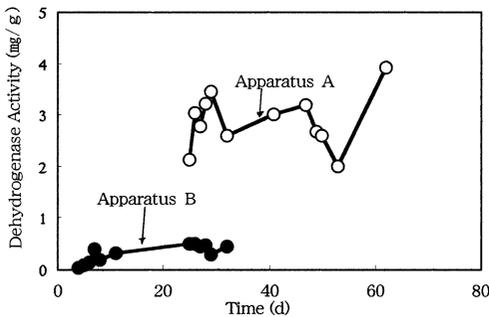


Fig. 1 Comparison of dehydrogenase activity of microorganisms between apparatus A and B

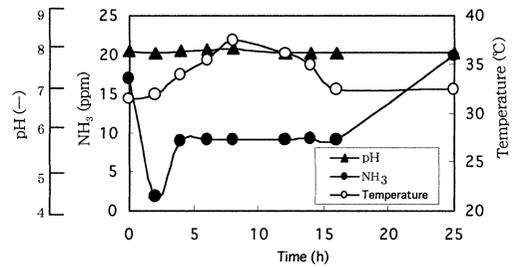


Fig. 2 Time courses of temperature and ammonia in apparatus A

(4) 処理残渣中の臭気測定をRun 2, 4で行った。発生する臭気は混合臭であるため、人間の嗅覚を利用した臭袋法により評価した。まず、室温に24時間放置した分別家庭生ごみ自体の臭気濃度は374であり、臭気指数で表すと26になった。これを24時間処理した結果、処理残渣A, Bの臭気指数は10および11（臭気濃度：10および13）とほぼ同等になった。さらに、分別家庭生ごみ 1 kgを追加し24時間処理後の臭気指数をみると、両者とも17（臭気濃度：55）が得られ、分別家庭生ごみ自体に比し 1/7 ~ 1/40程度に低下した。なお、測定時の処理機内温度は25 にあった。

[注] この臭気指数による規制は、臭気の原因となる物質が主として複合臭であることへの対応として平成7年に悪臭防止法の改正¹⁾で導入されたものである。これによると、第1号規制の敷地境界線地表での基準値は10~21となっており、上記処理残渣の値は範囲内にあった。また、分別家庭生ごみ自体の臭気指数である26は、下水処理場の排出口付近の臭気と同程度であり、処理残渣の臭気指数10前後の値は下水処理場付近の環境中の臭気とほぼ同等の値であることがわかった^{10), 15)}。

(5)(4)では処理後の臭気について測定した。ここでは生ごみの分解過程で発生する臭気についてアンモニア臭の発生挙動を追った。Fig.2に示すとおり、処理機A内は32.0~37.5 の温度域にあり、生ごみを添加してからほぼ8時間付近で37.5 の最大となった。pHは8.1~8.4のアルカリ性となり、生ごみを添加してから3~15時間におけるアンモニアは9.0 ppm前後にあり、24時間値では20ppmを示した。この値は、悪臭防止法の規制対象となっている工場および事業所系における敷地境界線の基準値 1 ~ 5 ppmより約 4 ~ 20倍高い値になる。

アンモニアの生成挙動を考えると、生ごみ中の有機性窒素は蛋白質分解酵素によりアミノ酸に分解され、pHがアルカリ性になると、アミノ基(-NH₂)はデアミノースにより脱アミノ作用によりアンモニアまで分解される¹⁶⁾。さらに水分の減少に伴うアンモニアストリップングが臭気の発生を増大させると考えられる。とくに生ごみのような食品廃棄物中には有機性窒素を多く含有するため、分解に伴うアンモニアの生成は避けられないものと考えられる。このため、臭気発生を抑制するには処理条件を好気域とし、pHを中性付近に保つことや適度な水分保持などが重要となる。

(6) Run 2, 4の最終日では、生ごみの減量化率を求め、未処理の生ごみについて目視観察を行った。期間中に添加した分別家庭生ごみは50種類程度であり、野菜くずと果物の皮が全体の約50%を占め、肉類が1.4%を示した。処理後には、エビの殻、わかめ、枝豆の皮、バナナやメロンの皮、モチなどが硬質化して残った。

減量化率を求めると、処理機Aでは42日間に添加した生ごみの積算値は18kgとなり、木質担体分の12kgを加算すると30kgになり、処理後の残渣量は湿重量で14.6kgであったことから、木質担体分12kgを差し引くと篩い上の残渣2.6kgが未処理分であり、生ごみの減量化率として85%が示された。一方、処理機Bは木質担体10kgに分別家庭生ごみ12kgを添加し、篩い上には2.6kgが残り、篩いを通した重量は10kgであるため減量化率は78%が得られた。

(7) 時間当たりに減少する生ごみの重量を求めた (Fig.3) 生ごみ添加後における処理機Bの重量変化は $W = -kt + W_0$ [W: 重量 (kg), W₀: 初期時の処理機Bの重量 (kg), t: 時間 (h), k: 速度係数 (kg/h)] の速度式に従い、それぞれの k 値として0.015 ~ 0.033

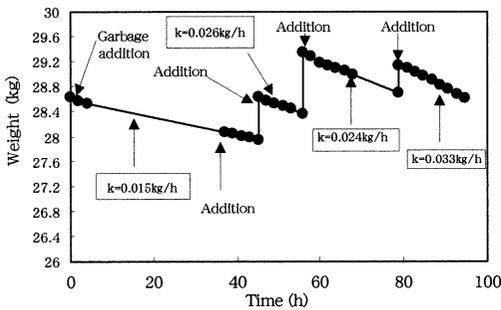


Fig. 3 Weight reduction of apparatus B for surrogate garbage addition

kg/h が得られた。k 値は、生ごみの添加回数が増すにつれ大きくなり、1 回目添加条件より 4 回目の方が約 2 倍高い k 値となり、これは時間に伴い累積する生ごみや生成した水分が加算分として影響し、直線の勾配を高めていると考えられた。得られた速度式より、生ごみ 1 kg を 24 時間処理するとおおよそ 200 ~ 640g 程度まで減量することが推算される。

(8) Run 3 では生ごみ処理に及ぼす負荷変動の影響について検討した。1 日当たり 4 人家族で廃棄する生ごみ量は、80 ~ 3050g/日 (中央値: 850g/日, $n=94$) の範囲にあり、1 人 1 日あたりの排出量に換算すると 20 ~ 763 g/人・日 (中央値: 213 g/人・日, $n=94$) になる。すなわち、実際の排出量を処理しようとするれば、このような負荷変動に対応しなければならない。上記の廃棄量を処理する Run 3 の実験を行った結果、処理残渣の pH は 6.4 ~ 7.6 (中央値: 6.9, $n=96$) を示し、ORP は +220 ~ +437mV (中央値: +313mV, $n=96$) とほぼ好気域で処理は進んだ。

しかし、108 日間処理した処理残渣全体の外観は黒い球状になった。これは生ごみの長期処理と過負荷に起因すると考えられ、処理機内の発酵物が塊状化し、それが水分などにより連結肥大化した結果と推察された。なお、本条件における含水率は 33 ~ 48% (中央値: 44.7%, $n=6$) の範囲にあった。また、その他に生ごみと一緒に混入してしまったチキンの骨、ポリ袋、ラップ、輪ゴムなどが攪拌機に絡みつき攪拌を停止させることが時どき生じた。これらのことから、処理機内の担体の適宜交換や処理機内に異物を混入させないことが留意点として挙げられる。

(9) 処理残渣中の大腸菌群および一般細菌の検出を行い細菌汚染の可能性を探った。大腸菌群は残渣湿重量 1 g 当たり $10^6 \sim 10^7$ cfu ($n=6$) が得られ、一般細菌

数は $10^8 \sim 10^{10}$ cfu/g ($n=6$) が検出された。細菌類が検出される理由として、生ごみの処理条件が 1 kg/回・日の回分添加であるために、60 前後の高温域を長時間維持できないことから細菌は不活化されないと考えられる。一方でこの生ごみ負荷条件が発酵時のみの臭気発生となり、オンサイト型処理機としての使用を可能にしている。このため、処理残渣の細菌汚染策としては、しばらく養生し水分を減少させることや、日光照射などを行えば対応できると考えられる。なお、約 1 年間養生した処理残渣からは大腸菌群は検出されなかった。

3.2 生ごみの分解過程における挙動

(1) 24 時間内での処理機内温度変化を Fig. 4 に示す。このなかで、野菜模擬生ごみは 40 にとどまり、蛋白成分および油脂成分生ごみは 47 まで上昇した。各模擬生ごみ条件とも 40 前後の高温域は 6 ~ 7 時間維持されるが、徐々に低下し 24 時間後には室温付近になった。

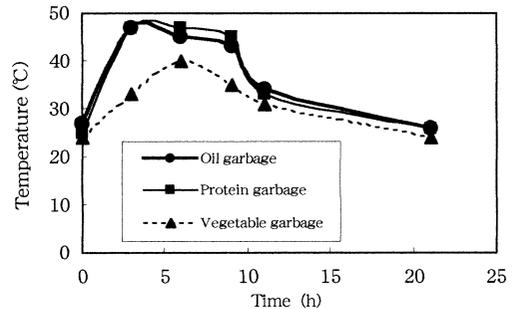


Fig. 4 Temperature change of composting process for surrogate garbage addition

pH の時間変化をみると各模擬生ごみ添加前の pH は 7.0 ~ 8.0 を示し、生ごみを添加すると pH は 6.0 前後まで低下した。アミノ酸の分解では脱炭酸と脱アミノが同時に起こることは少ないと考えられ、酸性下ではアミノ基 ($-NH_2$) がイオン化するため、イオン化していないカルボキシル基 ($-COOH$) に微生物が作用し脱炭酸が起こるといわれ¹⁶⁾、前述したアルカリ性下のものとは反対の作用になった。

ORP (Eh) は各条件とも +327 ~ +434mV の範囲にあり、時間経過に伴う変化はなく安定して好気性を示した。

水分の変化をみると野菜模擬生ごみ添加時 (実験開始時) の含水率は 39.3% であり、Fig. 4 に示す温度上

昇時、すなわち発酵時にあたる6時間付近では48.0%の最大となり、分解に伴い生成された水分の加算分が測定された。また、24時間値は41.6%になった。一方、蛋白成分および油脂成分模擬生ごみの含水率は52~55%の範囲にあり、24時間内における大きな変動はみられなかった。

(2) 生ごみ分解に伴う有機物(DOC)を時系列で測定した。添加直後における野菜成分および蛋白成分模擬生ごみのDOC値は14.1 g/l, 13.0 g/lを示し、油脂成分模擬生ごみは28.8 g/lであった。野菜成分模擬生ごみ条件下では、処理時間の経過に伴いDOCは減少し、24時間値で44%の減少率を示した。一方、蛋白成分および油脂成分模擬生ごみ条件下では24時間内での顕著なDOC減少がみられなかった。このため、模擬生ごみを添加せずに攪拌のみで継続した結果、蛋白成分模擬生ごみは5日間で25%の減少率となり、油脂成分模擬生ごみは23日間で37%の減少率となった。以上のことから、24時間内における蛋白成分、油脂成分模擬生ごみの分解は温度の上昇等から、中間代謝物までの進行であることが確認され、これら生ごみの酸化分解には時間がかかることが示された。

(3) さらに油脂成分模擬生ごみ処理残渣を対象に溶出有機成分の分子量分画を行った。油脂成分模擬生ごみは、Table 2 に示すとおり食用廃油以外にドッグフードおよび野菜が含まれている。そこで初期時のDOC溶出液としてはドッグフードおよび野菜を対象に分子量分画を行った(Fig.5)。ドッグフード由来のピークは40mlと75mlに、野菜基質は75mlのみにピークが発現した。次に油脂成分模擬生ごみの23日間に於ける処理残渣溶出液のクロマトグラムをFig.6に示す。処理日数に伴う各ピークの溶出位置はFig.5のものと同じであり、40mlのピーク高さは処理日数が経過する

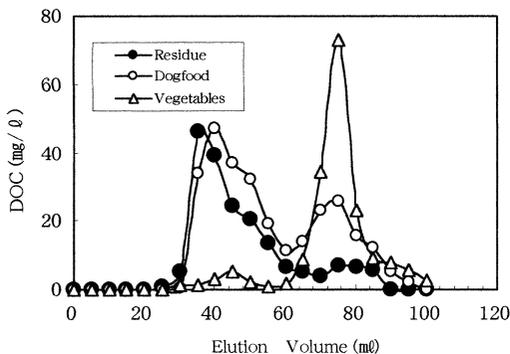


Fig. 5 Gel-chromatogram of surrogate garbage

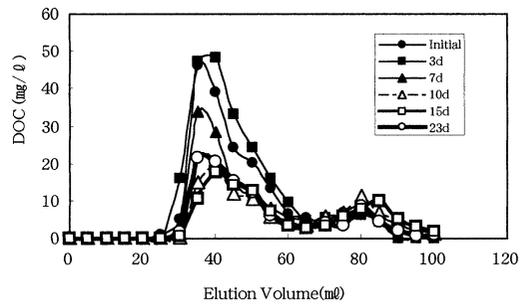


Fig. 6 Change of gel-chromatogram of extractants from solids

につれ小さくなり、これよりドッグフード由来の有機物質の低分子化が推察された。

処理機内に増殖する好熱性細菌として、55 付近で生息可能な好熱性細菌を単離した結果、細菌数は $10^5 \sim 10^6$ cfu/g・残渣が検出された。これらの細菌はグラム染色陽性の桿菌が優勢であった。また各模擬生ごみ処理残渣を対象に、脂質、蛋白質および炭水化物を分解する酵素生産菌の検索を行った結果、寒天培地上に各酵素生産菌による明瞭なクリアゾーンの生成が認められ、各模擬生ごみ分解にはこれら酵素生産菌の寄与があるものと考えられた。

3.3 コンポスト化製品としての評価

(1) 処理残渣の腐熟度を評価するためにコマツナの発芽試験を行った。DOC溶出液濃度として200mg/l, 2000mg/lになるように調製し用いた。Table 6に示すとおり、対照(イオン交換水)およびDOC濃度200mg/lの発芽率は98%を示したが、DOC濃度が2000mg/lになると90%を示し若干の発芽阻害があった。茎および根の長さは、両者とも対照以下にはならずDOC濃度が200mg/lでは、対照(平均値: 27.1mm, n = 100)よ

Table 6 Germination test of *Komatsu* greens

	Distilled water		DOC 200 mg/l		DOC 2000 mg/l	
	root	stem	root	stem	root	stem
Germination rate (%)	98		98		90	
Length of root and stem	root	stem	root	stem	root	stem
Minimum (mm)	6.5	6.5	15.0	8.2	6.7	2.6
Maximum (mm)	55.7	21.2	76.6	37.5	59.0	27.7
Mean (mm)	27.1	11.6	40.0	16.8	33.1	14.6

Temperature:25 , Fluorescent lamp:1250LX, Germination time:24h, Growth time:5d Sample number:100

Table 7 Growth examination of wheat

Residue : Culture soil (g)	0 : 10 (0 : 120)	1 : 9 (12 : 108)	2 : 8 (24 : 96)	5 : 5 (60 : 60)
Minimum (mm)	170	195	206	93.5
Maximum (mm)	307	299	340	180
Mean (mm)	266	247	278	144
Weight (g)	0.469	0.404	0.438	0.212

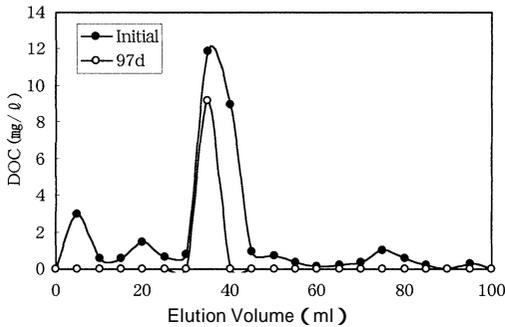


Fig. 7 Daily change gel-chromatogram for garbage into compost

り1.5倍の生長を示した。以上より、処理残渣水溶液のDOC濃度が2000mg/lまではコマツナの生育を阻害する現象はみられなかった。

処理残渣をコンポストとして施用しえん麦の生長試験を行った (Table7)。対照 (培養土のみ) によるえん麦は体長が266mmまで生長し、質量 (13本合計) は0.47gであった。この値と比較すると、処理残渣と培養土の混合比を2 : 8にすると若干の生長促進効果があり、混合比が5 : 5になると質量および体長ともに1/2となりえん麦の生長は阻害された。

(2) さらに処理残渣の腐熟度の進行を分子量分画から評価した (Fig.7)。処理直後のゲルクロマトグラムのパターンは、溶出量10ml, 20mlおよび35mlにDOCのピークがみられた。これはポリエチレングリコール (PEG) 標準物質の分子量相当でみると17000, 2000および70前後になる。一方、97日間養生させると発現するピークは35ml (PEG : 70) のみとなり、養生することで処理残渣中DOCの低分子化は明瞭になった。

以上のことから、処理残渣をコンポストとして施用するには、しばらく養生後に施用し植物には直接接触させない施肥が望ましいと考えられた。

(3) その他に処理残渣をコンポスト化する場合の留意点として、生ごみ由来の塩分蓄積が考えられるため、家庭混合生ごみを約3ヶ月間連続処理した結果、処理残渣中にはNaCl含有量で0.4%の蓄積が認められた (Run 3)。以上のことから食品廃棄物由来のコンポス

ト化製品については、塩分濃度を確認することの必要性が示唆された。

4. まとめ

本研究では、生ごみ処理機の処理性能ならびに適正処理条件の検索を行い、生ごみの分解挙動を明らかにした。処理残渣についてはコンポスト化製品としての有用性について評価した。

得られた知見をまとめると次のとおりである。

- 1) 幾つかの処理実験を通して、本処理機の性能を評価すると1日処理後における処理残渣の性状は、pHが6.6~7.7 (中央値)、ORP (Eh) 値は+205~+313mV (中央値) であり、生ごみの減量化率は80%前後であった。また、生ごみ減少速度定数k値は0.02~0.03kg/hが算出された。ただし、エビの殻、もち、枝豆の皮、バナナの皮、メロンの皮、タマネギの皮などが硬質化して残った。
- 2) 処理残渣の臭気濃度は10~13前後を示し、この値は生ごみ原臭の1/7から1/40であった。一方、処理過程において発生するアンモニア臭は最大値で20ppmと高い値で検出された。
- 3) 24時間内における生ごみの分解挙動をみると、発酵等に伴う温度の上昇は3~6時間後に40~47となり、有機物の減少をDOCからみて野菜生ごみは易分解性であるものの、蛋白および油脂生ごみについては顕著な減少はみられなかった。本培養下では、好熱性細菌が 10^5 cfu/g - 残渣で検出され、蛋白質、脂質および炭水化物分解酵素生産菌が確認された。
- 4) 以上ことから、生ごみ処理機の最適な活用方法は、①生ごみを過負荷にしない、②生ごみ添加を1kg/回・日とする、③担体を適宜交換する (長期使用としない)、④pHを中性にし、水分は50%前後に保持する、⑤生ごみを添加する時間に工夫し、臭気発生を遅らせる (夜間に発酵が始まるようにする)、⑥異物や分解しにくいものを混入させないことなどの基本事項をきちんと遵守することになろう。
- 5) 処理残渣のコンポスト化製品としての評価は、発芽試験結果および大腸菌群の検出ならびにゲルクロマトグラムなどからみて、処理後しばらく養生してから施用し、植物には接触させない施肥が望ましいと考えられる。

参考文献

- 1) 環境法令研究会：平成13年度環境六法，pp.1941
～1945，pp.947～951，p.936，中央法規出版(株)，
(2001)
- 2) 日経エコロジー，エコプロダクツガイド，pp.95
～98(2001)
- 3) 福渡和子：「生ごみは資源」を日本の常識に，廃
棄物学会誌，第10巻，第6号，pp.420～426
(1994)
- 4) 森忠洋：バクちゃんと仲よく暮らして地球をきれ
いにしましょう 家庭での生ごみ分解と堆肥づく
り，pp.5～14，(株)日報(1998)
- 5) 山本勝彦他：家庭用生ごみ処理容器内堆肥の含水
率低下方法に関する実験的研究，廃棄物学会誌，
第10巻，第4号，pp.224～231(1999)
- 6) 日経エコロジー，4月号，p.6，日経BP社(1999)
- 7) 佐久間信一，福嶋規子，川本克也：家庭用及び住
宅用ごみ処理機(システム)に関する自治体調査，
第6回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp.218
～221(1995)
- 8) 佐久間信一，福嶋規子，川本克也：家庭用及び住
宅用ごみ処理機(システム)に関する自治体調査，
第7回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp.98
～100(1996)
- 9) 野知啓子，川本克也：市民意識調査からみた家庭
用生ごみ処理機の使用実態，第9回廃棄物学会研
究発表会講演論文集，pp.141～143(1998)
- 10) 岩崎好陽：臭気官能試験法，(社)臭気対策研究
協会(1990)
- 11) (社)日本下水道協会：下水試験方法(1984)
(1990)
- 12) 山田英一他編集：微生物の分離法，R&Dプラン
ニングpp.690～695(1985)
- 13) (社)日本下水道協会：下水試験方法，上巻，
pp.760～763(1990)
- 14) 西尾道得：土壌微生物の基礎知識，pp.68～83，
(社)農山漁村文化協会(1989)
- 15) 武藤暢夫：「におい環境」対応への動き，財団だ
より，(財)廃棄物研究財団No.45，pp.1～2(2000)
- 16) 小林達治：微生物と資源，2，29-33(1980)

(2003年8月31日受理)