

# 生ごみ処理に関する研究 微生物担体の比較

吉 田 清 司\*

## A study about raw garbage processing The comparison of the microbe carrier

Seiji YOSHIDA

### Abstract

Processing effects of microbe carriers, which are made with sawdust and ceramic ball, were investigated on raw garbage processing. As a result, The big difference was not recognized between the microbe carriers. It was admitted that raw garbage lost weight to about 1/10 of the weight. As for the residual substance (compost) from raw garbage processing, the manure effect was recognized

**Keywords :** *microbe carriers, sawdust, ceramic ball, raw garbage processing, compost*

### 1. はじめに

一般に、微生物を利用して生ごみを処理する場合、水分調整材としての機能や増殖した微生物を保持するための微生物担体として杉チップが利用されている。しかし、杉チップは使用している間に磨耗して減少するという理由から、近年、磨耗減少が少ないセラミックボールを利用した微生物担体も開発されている。そこで、本研究ではこれら微生物担体の機能に差があるのかどうか市販の生ごみ処理機を使って検討した。

を用いた (Fig.1 左)。

#### (2) 杉チップ

杉チップは森下機械(株)製のバイオウグラン (1 ~ 5 mm) を用いた (Fig.1 右)。



Fig. 1 セラミックボールおよび杉チップ

### 2. 実験方法

#### 2.1 材料および方法

##### 2.1.1 材料

##### 2.1.1.1 微生物担体

##### (1) セラミックボール (活性アルミナボール)

セラミックボールは住友化学工業(株)製の活性アルミナボール  $Al_2O_3$  含有量99.7%の KHO-24 (直径 2 ~ 4 mm) および KHO-46 (直径 4 ~ 6 mm)

##### 2.1.1.2 生ごみ処理機

生ごみ処理機は市販されているヤンマー農機(株)製「たべ丸エース」生ごみ処理量2.5kg/日の SB-25型 (Fig.2) を用いた。本機は内部に攪拌翼を有し、微生物担体と生ごみを混合攪拌する機構となっている。槽内の温度は30~50℃にコントロールされ、攪拌は間歇運転となっている。また、除湿送風機、消臭用セラミック触媒およびオゾン発

\*社会環境工学科



Fig. 2 生ごみ処理機 (左: 本体, 右: 内部)

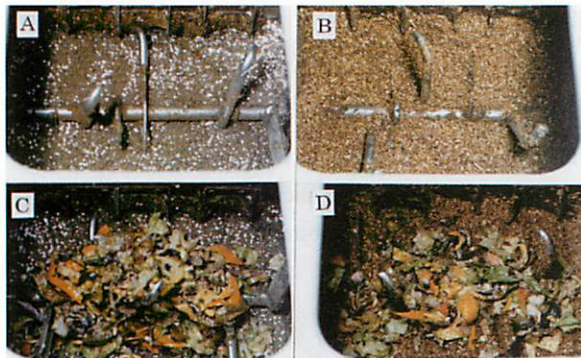


Fig. 3 生ごみ処理機内の微生物担体と生ごみの様子  
(A, C: セラミックボール, B, D: 杉チップ)

生器が付加されている。Fig.3 に生ごみ処理機内の微生物担体および生ごみの状態を示した。

#### 2.1.1.3 微生物

生ごみ処理機に添付されている微生物製剤および雑木林腐葉土に含まれる細菌を用いた。

#### 2.1.1.4 生ごみ

食堂厨房から発生する調理くずおよび残飯を用いた。

### 2.1.2 方法

#### 2.1.2.1 微生物の培養

生ごみ処理機に添付されている微生物製剤および腐葉土を微生物担体および生ごみと共に生ごみ処理機に添加し、1～10間運転する。この間、生ごみを毎日少量添加する。

#### 2.1.2.2 生ごみの処理および分解の確認

生ごみ処理は微生物担体を充填した生ごみ処理機に1日当たり1～2kgの生ごみを添加して行った。処理機に充填した微生物担体はセラミックボー

ルにあっては、微生物の培養時に用いたセラミックボール8.77kgおよび新しいセラミックボール1.45kgの合計10.22kgを混ぜて用いた。杉チップについても同様に、微生物の培養時に用いた杉チップ0.53kgおよび新しいチップ2.44kgの合計2.93kgを用いた。分解の確認については生ごみの減量を測定した。生ごみの物理化学的变化は生ごみの約90%である水分の乾燥による減容化と微生物によるタンパク質、脂質、糖質および繊維質の分解・消化による減容化および減量化として把握することが可能である。

#### 2.1.2.3 処理機内内容物の含水率測定

微生物担体および生ごみを含む処理機内内容物の含水率は105℃、16時間の乾燥後、測定を行った。

#### 2.1.2.4 生ごみ減少量の測定

生ごみ処理機を計量器に載せ、生ごみ投入の翌日重量を測定した。

#### 2.1.2.5 微生物担体への微生物付着の測定

生ごみ処理中の微生物担体をサンプリングして滅菌水にとり、付着する菌体を微生物担体から脱着しやすいように超音波処理した後、滅菌水を寒天平板培地に塗末し、30℃、24間培養後、生育したコロニーを計測した。

#### 2.1.2.6 水分保持能の測定

微生物担体の水分保持能を見るために含水率を測定した。100mlのフラスコに10～20gの試料と水道水を入れ、微生物担体に含まれる空気を除去するために超音波処理を10sec間行い、4時間放置した後、2mmフルイで水を切って含水率を測定した。

#### 2.1.2.7 pHの測定

pHは水道水100mlに試料10gを添加し、5min間攪拌した後、pH計で測定した。

#### 2.1.2.8 微生物担体のポアサイズの観察

ポアサイズの観察はPHILIPS製電子マイクロア



ナライザー XL SERIES-XL20 で行った。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 微生物担体のポアサイズ測定

微生物の大きさはおよそ数  $\mu\text{m}$  であるが、微生物がセラミックボールに保持されるためには数  $\mu\text{m}$  以上の孔径が必要と考えられる。実験で使用

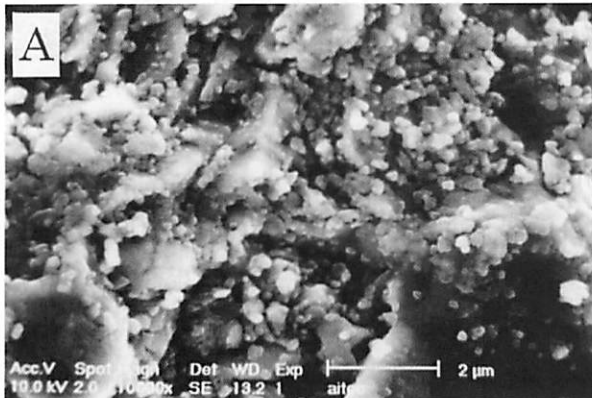


Fig. 4 セラミックボールの電子アナライザー写真

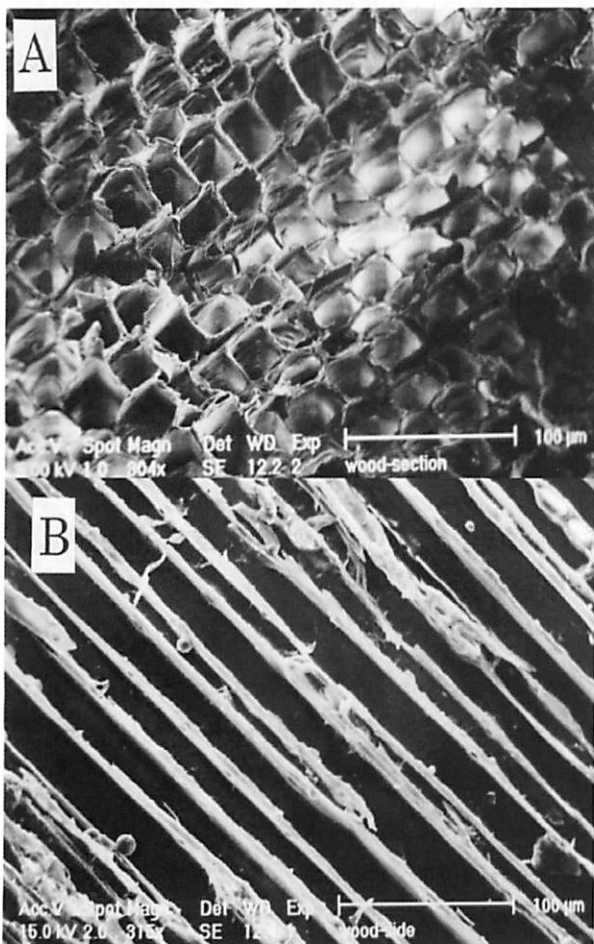


Fig. 5 杉チップの電子アナライザー写真  
(A：横断面，B：縦断面)

したセラミックボールの平均細孔径はカタログによれば  $2\ \mu\text{m}$  以下となっていた。そこで、セラミックボールおよび杉チップの空隙の様子を電子マイクロアナライザー写真によって観察した。その結果を Fig. 4 および Fig. 5 に示す。杉チップの場合は木の内部が幹に沿って篩導管で埋め尽くされており、その篩導管の径は Fig. 5 から判断すると、およそ  $20\sim 30\ \mu\text{m}$  と読み取れ、微生物が自由に移動可能な大きさであることから、微生物の定着は十分であることが示唆された。

一方、セラミックボールの場合は、いずれも不規則な凹凸が有るものの、孔径として数十  $\mu\text{m}$  以上の明瞭な孔の確認は出来なかった。したがって、微生物がセラミックボール内部まで侵入し、そこに定着することが可能なかどうか明らかではない。

#### 3.2 微生物担体の保水性

微生物が活動するためには適度な水分が必要とされるが、セラミックボールおよび杉チップがどの程度水分を保持できるのか含水率を測定して調べた。その結果、セラミックボールでは31%，杉チップでは78%を示し、杉チップの含水率はセラミックボールのおおよそ2.5倍で有った。この結果、微生物の生育環境としては杉チップの方が良好であろうと思われた。

#### 3.3 微生物の保持性

セラミックボールおよび杉チップにどの程度の微生物が保持されるのか、生ごみ処理開始20日後の微生物担体をサンプリングして調べた。セラミックボールおよび杉チップには生ごみ処理残渣の夾雑物が付着していたが、そのまま試料として用いた。生ごみ処理に使用する前のセラミックボールおよび杉チップに付着する微生物は各々、 $56\text{CFU/g.dry}$ 、 $8.5 \times 10^6\text{CFU/g.dry}$  であった。微生物担体に保持された菌数の測定結果は、セラミックボールでは $1.5 \times 10^{12}\text{CFU/g.dry}$ 、杉チップでは、 $8.4 \times 10^{13}\text{CFU/g.dry}$  と計測され、杉チップに付着する菌数の方が高い結果となった。また、セラミックボー

ルについては、Fig. 6 に示すようにセラミックボール表面に夾雑物と一緒に細菌が付着しているものと考えられる。そこで、細菌を脱着させる意味で、一度軽く洗浄した後に再度、セラミックボールに保持されている菌を計測したところ、 $3.6 \times 10^{10}$  CFU/g.dryと計測され、洗浄前と比較すると2桁の減少となった。このことはセラミックボール表面に付着している夾雑物の中に存在する菌数の方が多く、直接セラミックボール自身が保持する菌数の少ないことが示唆された。また、生ごみ処理

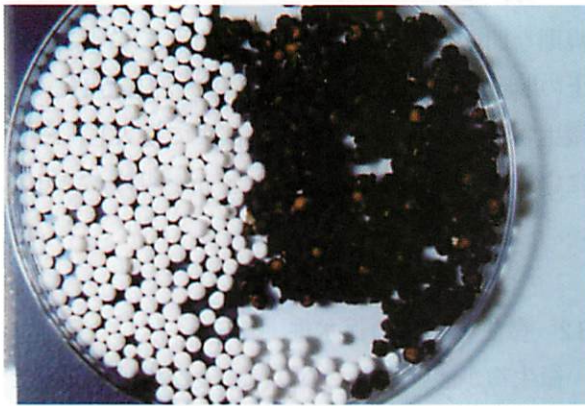


Fig. 6 セラミックボール表面に付着した生ごみ処理残渣物（右：付着物で覆われたセラミックボール、左：使用前）

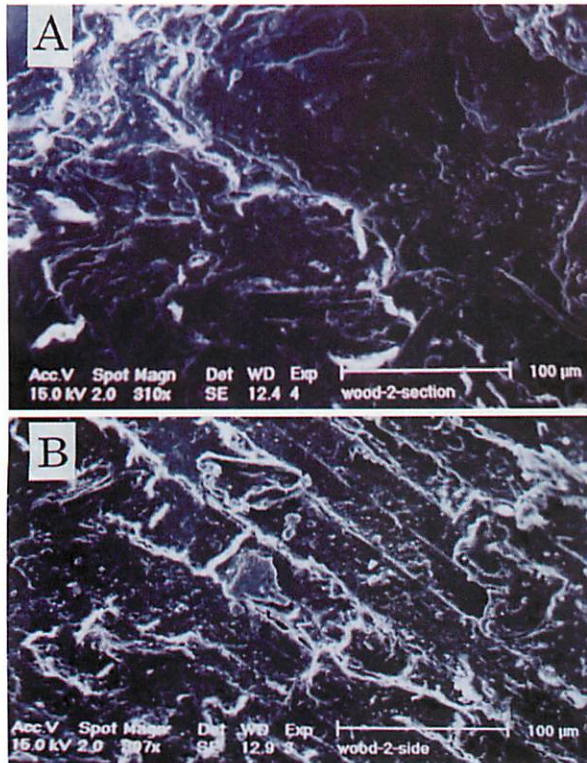


Fig. 7 杉チップの導管に入り込んだ生ごみ処理残渣物の状態（A：横断面、B：縦断面）

過程で発生する大小の夾雑物が杉チップ微生物担体の間隙に充填される様子を電子マイクロアナライザー写真によって観察した（Fig. 7）。

ここでは、微生物担体に存在する菌についての吟味はしていないが、例えば、セラミックボール内部に菌が入り込んでいたとしても実際の生ごみ処理に寄与することはほとんど不可能と思われる。その理由は生ごみ分解の過程では、まず、微生物が生ごみの表面に付着し、糖質、脂質、タンパク質等と接触して、これらを基質とする分解酵素を分泌して分解がなされるからである。したがって、生ごみの分解に必要なことは微生物が生ごみに取り付かなければならないことである。生ごみ処理には微生物を高密度に保持する微生物担体が有利とされるが、生ごみ処理槽内には生ごみの処理によって大小の処理残渣物が発生すると共に微生物が多量に付着することから、微生物担体に付着している微生物の他に処理残渣物に付着する微生物は無視できない存在である。生ごみ処理における微生物担体に付着する菌数の測定結果を Table 1 に示した。

Table 1 微生物担体に付着する菌数 (CFU/g・dry)

処理時間	セラミックボール	杉チップ
未使用のもの	56	$8.5 \times 10^6$
実験開始時	$4.4 \times 10^8$	$2.0 \times 10^{10}$
6日後	$1.4 \times 10^{10}$	$1.2 \times 10^{11}$
20日後	$1.5 \times 10^{12}$	$8.4 \times 10^{13}$
40日後	$1.4 \times 10^{12}$	$3.7 \times 10^{13}$

### 3.4 杉チップを微生物担体として使用した場合の生ごみ処理

杉チップを微生物担体として使用した場合の生ごみ添加量、生ごみ処理累積量、生ごみ残渣量（乾燥重量 D.w.）の変化を Fig. 8 の A に示した。57日間に処理した総生ごみ量は59.1kgであった。最終の生ごみ処理残渣物乾燥重量は槽内微生物担体を含む残渣物の含水率から計算すると、5.35kgであった。また、生ごみ処理後、処理機槽内の全量9.87kg（D.W.=7.12kg、含水率 $\gamma_w=27.9\%$ 、杉チップ、生ごみ残渣物など全てのもの）を処理機から



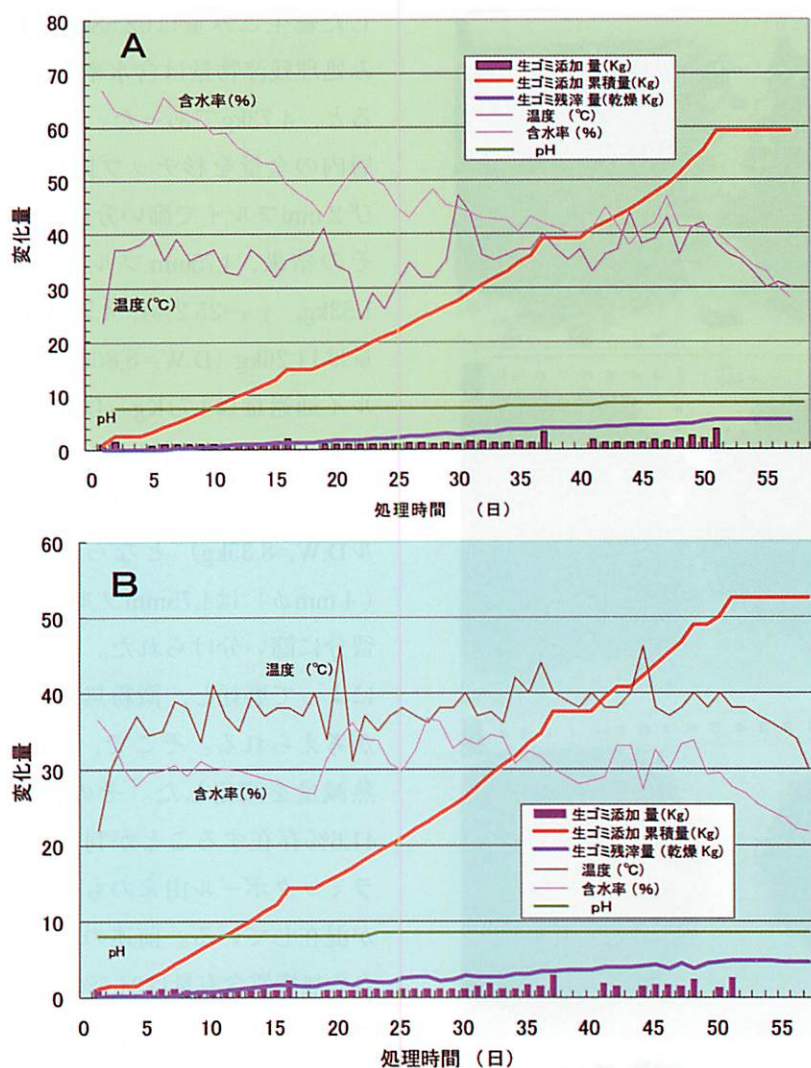


Fig. 8 生ごみ処理時における諸量の変化

取り出し、4.75mmおよび2mmのフルイで篩い分け、その重量を測定した。その結果、4.75mmフルイ残量は3.74kg (D.W.=2.61kg,  $\gamma_w=30.5\%$ )、4.75mm通過2mmフルイ残量は2.01kg (D.W.=1.48kg,  $\gamma_w=26.3\%$ ) および2mmフルイ通過分は4.12kg (D.W.=3.12kg,  $\gamma_w=24.3\%$ )、であった。この結果から生ごみ処理残滓物量を求めると、5.05kg (総重量 D.W.=7.21kg - 初期杉チップ D.W.=2.16kg) となり、前述の含水率の計算から求めた値5.35kgとほとんど同じ量になった。4.75mmフルイ残留物に含まれる生ごみ処理残滓物はネギ、メロンの皮、梅干の種など (D.W.=259g) の未消化植物繊維質が大部分を占めると共に (Fig. 9 A, D)、無機質分としての魚の骨 (86.7g) が見られた (Fig. 9D左)。その他の無機質の部分は2mmフルイ通過分に移行したものと考えられたので、2mmフルイ通過分について強熱減

量を測定した。その結果、無機質の占める割合は24.5%になることが分かった。したがって、2mmフルイ通過分4.12kg (D.W.=3.12kg) の中には0.76kgの無機質が含まれ、生ごみ残滓物量5.05kgから無機質分0.85kg (0.087kg + 0.76kg) を差し引くと4.2kgが未処理有機質生ごみ残滓量となる。これは総生ごみ量59.1kgに対して7.1kgとなる。また、キャベツなどの生野菜の含水率を測定した結果は83.3%であったが、生ごみの平均含水率を85%と仮定して計算すると、総生ごみ乾燥重量は8.86kgとなり、残滓物量4.23kgは総生ごみ乾燥重量に対して、47.7%にあたる。したがって、生ごみ有機物量の52.3%が生ごみ処理によって消失したことになり、消失分は微生物によって分解・同化されたことが示唆される。



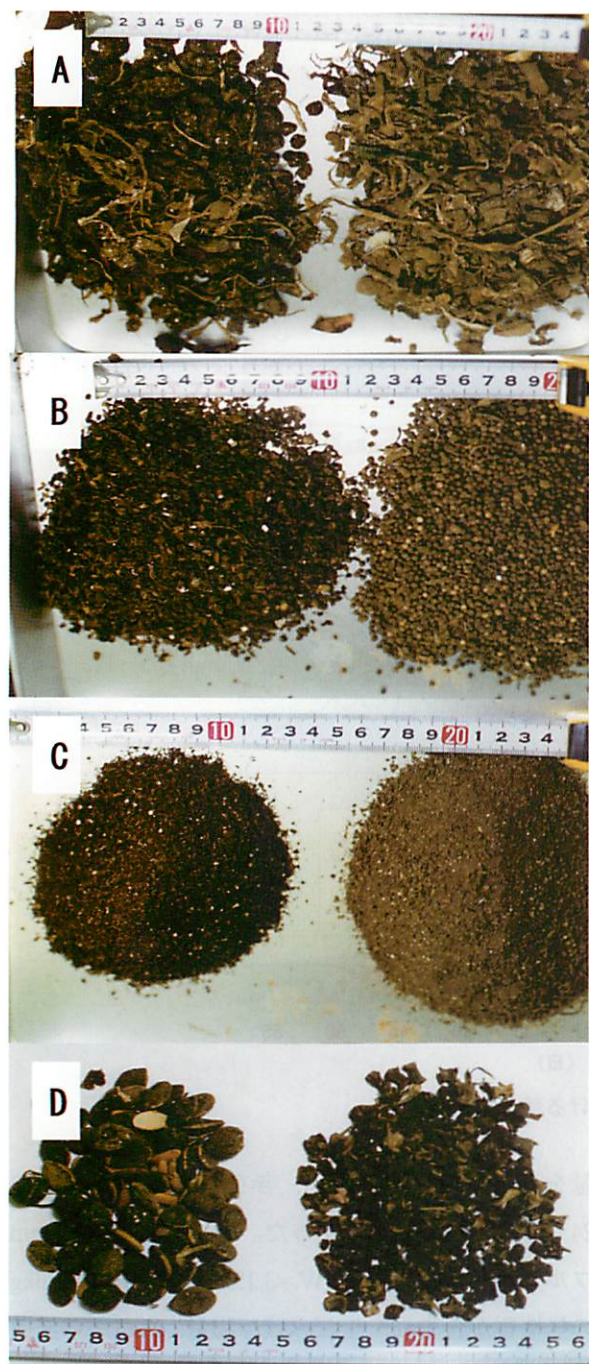


Fig. 9 生ごみ処理後の内容物をフルイによって分級した状態（左側杉チップ、右側セラミックボールによる処理を示す）。A: 4.75mmフルイ残留物, B: 2 mmフルイ残留物, C: 2 mmフルイ通過物, D: 4.75mm残留物に含まれるカボチャの種（左）と魚の骨）

### 3.5 セラミックボールを微生物担体として使用した場合の生ごみ処理

セラミックボールを微生物担体として使用した場合の生ごみ処理における生ごみ添加量, 生ごみ処理累積量, 生ごみ残滓量（乾燥重量D.W.）の重量変化を Fig. 8 の B に示した。57日間に処理

した総生ごみ量は52.58kgであった。最終の生ごみ処理残滓物量は含水率を考慮して計算から求めると, 4.73kgであった。生ごみ処理後, 処理機械層内の全量を杉チップ同様, 4.75mmフルイおよび2 mmフルイで篩い分け, その重量を測定した。その結果, 4.75mmフルイ残量は2.04kg (D.W.=1.53kg,  $\gamma_w=25.2\%$ ), 4.75mm通過 2 mmフルイ残量は11.26kg (D.W.=8.86kg,  $\gamma_w=21.3\%$ ), 2 mmフルイ通過量は4.71kg (D.W.=3.82kg,  $\gamma_w=18.9\%$ ), であった。この結果から, 生ごみ処理残滓物量を求めると, 5.86kg (総重量14.21kg-セラミックボールD.W.=8.35kg) となった。セラミックボール(4 mm $\phi$ )は4.75mmフルイ通過, 2 mmフルイ残留分に篩い分けられた。セラミックボールは攪拌によって磨耗し, 微粉無機質として残存することが考えられる。そこで, 2 mmフルイ通過分の強熱減量を測定した。その結果, 無機質としては41.6%存在することが判った。41.6%の中にはセラミックボール由来のものと生ごみ由来のものとが混在している。前述の杉チップ微生物担体の場合の無機質含有量は24.5%であったので, セラミックボール由来の部分は24.5%を差し引いた17.1%と思われた。したがって, 2 mmフルイ通過量D.W.=3.82kgの内, セラミックボール由来の重量は0.65kgと計算された。また, この結果と4.75mmフルイ残留物の中には魚の骨が見られ, この量を杉チップ処理における量と同程度(86.7g)と見なして生ごみ残滓物量から差し引いた未処理有機質生ごみ量を計算すると, 4.34kgとなり, 総生ごみ処理量52.58kgに対して8.3%となった。生ごみの平均含水率を85%と仮定して総生ごみ乾燥重量を計算すると, 7.9kgとなり, 消失した乾燥生ごみ量は生ごみ残滓物量4.34kgを差し引いた3.56kgとなった。この値は総生ごみ乾燥重量7.9kgに対して45.1%となり, 杉チップを微生物担体とした実験とほとんど同じような結果になった。この消失分は微生物作用の結果と思われる。実験では57日間にわたって生ごみ処理を行ったが, この間の水分を含む生ごみ減少率は生ごみ累積量に対して約90%であった。この減少率に関して, 東芝が

自社製の生ごみ処理機で実験した結果、処理100日後くらいから残滓物量が一定になり、その量は生ごみ累積量に対して約10%となり、したがって生ごみの約90%は消失したと報告している。

以上の結果から、杉チップの方が若干有利と思われるが、両者に際立った差の無いことが明らかになった。

### 3.6 生ごみ処理中の温度、含水率、pH、および塩分濃度

生ごみ処理中の微生物担体温度、含水率およびpHは生ごみ投入の翌日に測定した。結果はFig. 8に示すとおりである。温度に関しては処理装置に加温機がセットされているが、杉チップにあっては24～47℃、セラミックボールにあっては24～46℃と各々大きく変化した。変化の主な原因は生ごみに含まれる水分の違いや異なる生ごみの種類によるもの、あるいは微生物活性の違いによるものと考えられた。しかし、平均温度を求めてみると、微生物の生育に適温とされる37℃前後であった。

含水率については微生物担体によって大きく変化した。生物の生育に良好と思われる多湿状態を作るために加水して初期含水率を約60%に設定しようとしたが、杉チップの場合は期待した含水率に達したのに対してセラミックボールでは30%程度にしかコントロールできなかった。このことは前述したように、杉チップとセラミックボールとの間に保水力の違いが有るためと思われた。初期段階では杉チップおよびセラミックボールの含水率を同じ60%程度に維持しようといく回か加水を試みた。しかし、セラミックボールの含水率が30数%にしか上昇しなかったため、杉チップの含水率をセラミックボールと同程度に合わせるために、杉チップへの加水は中止した。杉チップの場合の含水率は実験全体を通して約40%に維持されたが、セラミックボールの場合は30数%程度にしか維持できなかった。

PHに関しては、杉チップおよびセラミックボール共に8.6で安定していた。

最終の残滓物について、NaCl濃度を測定した

結果、杉チップでは0.43%、セラミックボールでは0.49%であった。植物の生育にはNaCl濃度0.2%以下が望ましいとされているので、生ごみ処理後の残滓物を堆肥として使用する場合は施肥後の土壤塩分濃度を0.2%程度に調整するなどの工夫が必要である。

### 3.7 肥料成分の分析

生ごみ処理残滓物は堆肥として使用することが望まれるが、生ごみ処理残滓物にはどの程度の窒素やリンなどが含まれているのか堆肥成分分析を行った。結果をTable 2に示す。Table 2は杉チップによる生ごみ処理期間50日後の残滓物の分析結果である。これをTable 3の汚泥肥料の成分分析と比較してみると、いずれかの汚泥成分の範囲に含まれており、堆肥材料としての素地は十分認められた。また、50日処理後の指定有害金属、砒素(<0.5mg/kg)、カドミウム(<0.05mg/kg)および全水銀(<0.01mg/kg)を分析した結果はいずれの項目についても基準値以下であった。

Table 2 生ごみ処理残滓物の肥料分析

試験項目	分析値	注)
水分	22.3%	1)
リン酸全量	1.6%	2)
カリ全量	2.3%	2)
石灰全量	16.0%	2)
苦土全量	507 mg / 100g	2)
塩素	2.2%	2)
陽イオン交換容量	37 meq / 100g	2)
炭素率	13.0%	3)
炭素率	32.6%	3)
窒素	2.5%	3)

注1) 農林水産省農業環境技術研究所「肥料分析法」による。

注2) 農林水産省農業環境技術研究所「肥料分析法」による。ただし、乾燥試料に対する値

3注) 測定機器：CHN コーダ MT-5 (柳本製作所製)、ただし、70℃で15時間乾燥したものについて試験した。

生ごみ処理後の残滓物が肥料効果を示すのかどうか、実験後の杉チップ残滓物を使用して確認した。実験は圃場3区画を整備し、生ごみ処理残滓物を1㎡あたり0.2kg (B区画) および0.4kg (A区画) 施用し、トマトおよびナスの苗を植えて生育を観察した。その結果をFig. 10に示す。写真



Table 3 汚泥肥料の成分分析 (出展：肥料便覧)

汚泥の種類	乾燥重量あたり (%)			
	窒素全量	リン酸全量	石灰全量	鉄全量
下水汚泥	1.1~2.1	2.2~8.4	5~22	~10
し尿汚泥	1.5~7.7	3.2~10.4	4~28	3~8
パルプ汚泥	1.4~2.1	2.7~3.2	~21	
屠殺場汚泥	3.0~3.9	~1.0		
食品工場汚泥	3.1~4.4	1.0~4.1		
石油化学汚泥	3.0~7.8	3.5~6.7		

は苗を植えて2週間後の状態を示したものであるが、生ごみ処理残渣物を施用していない対照区(C区画)の生育は施用区に対して著しく成長が遅いの 비해、施用区のもの順調に生育し、肥料効果のあることが認められた。



Fig. 10 生ごみ処理残渣物の肥料効果

#### 4. おわりに

生ごみ処理に使用される微生物担体について、杉チップとセラミックボール使用して、生ごみ処理の効果について比較検討した。その結果、両者には際立った差異の無いことが認められた。いずれの微生物担体を使用しても、生ごみ処理後、生ごみは重量の約1/10に減量することが認められた。また、処理残渣物は植物の生育に対して肥料効果のあることが認められた。