

# 未利用資源の農業利用に関する研究 (第1報) 縦型発酵槽を用いたオカラ単独堆肥の製造

藤原俊六郎・竹本 稔

Study on Unused Resources For Use as Manure (Part1)  
A Composting Method of Tofu Refuse ("Okara") by Use of  
an Airtight type Composting Plant

Shunrokuro FUJIWARA and Minoru TAKEMOTO

## 摘 要

- 1) オカラ (豆腐粕) は、かつては食品や飼料として利用されていたが、現在は廃棄物として多くが、焼却処分されている。このオカラを縦型発酵槽により堆肥化することにより農業利用する方法を検討した。
- 2) 80 L モデルプラントを用いてオカラの発酵条件を検討した結果、最適含水率は70~80%、通気量は15~20L/minであり、7日間の一次発酵で約35%の有機物の分解がみられた。
- 3) 4種類の微生物資材について堆肥化促進効果を比較した結果、市販資材そのままの効果は少ないが、その資材を利用して一次発酵したものを利用すると分解促進効果の認められる資材があった。
- 4) 連続して堆肥化する方法を、1200 L 容量の縦型発酵槽 (ミニプラント) による一次発酵と1000 L の箱形発酵槽による二次発酵を行い、試験した。一次発酵は約10日、二次発酵は約2か月間とした。
- 5) ミニプラントにより61回にわたって連続投入し、堆肥化実験を行った。一次発酵では、原料投入後6時間で70°Cを超える発熱を示し、良好な発酵状態を示したが、発酵中にアンモニアによる悪臭が発生した。
- 6) オカラの堆肥化過程における物質収支を計算した結果、一次発酵で約50%の有機物が分解し、二次発酵においてさらに50%の有機物分解がみられた。その結果、最終製品では原料の25%しか有機物が残らなかった。また、1,000kgの原料から830kgの水と、228kgの二酸化炭素、7.1kgの窒素が発生することが明らかになった。
- 7) 二次発酵を終えた堆肥は、茶褐色の粉状であり、肥料成分は窒素3.6%、リン酸2.4%、カリ4.0%であった。また、この製品をトマト育苗に使用した結果、容積比で20%の使用により、化学肥料と類似した肥料効果を得ることができた。
- 8) 以上の結果より、オカラ単独で堆肥化した場合、製品の歩留まりは悪いが、肥料効果の優れた良質の堆肥を製造できることが明らかとなった。

キーワード：未利用資源、オカラ(豆腐粕)、堆肥化、縦型発酵槽

## Summary

1) Tofu refuse ("okara") is the soybean residue left over after making "Tofu". Formerly, this residue had been utilized as food or feed formerly in Japan. Today, it is incinerated as a waste product. An agricultural utilization of "okara" as compost was investigated by attempting to compost in the airtight type composting plant.

- 2) As a result of the primary fermentation of Tofu refuse under various conditions, the best condition of water content was 70~80% and that of air permeability was 15~20L per minute. Under these conditions, there was a 35% weight degradation of organic matter at the end of a seven day primary fermentation.
- 3) A comparison examination of the promotion effect on composting of Tofu refuse among four types of microbe materials was made. These four commercial samples, used as is with no prior treatment, had almost no effect, but their use with the primary fermentation samples seemed to be effective as a promoter of decomposition.
- 4) The continuous composting of "okara" by primary fermentation in a 1200L the airtight type composting plant (Miniplant) followed by a second fermentation in a 1000L box type composting plant was examined. It took about 10 days to finish primary fermentation, and about two months for second fermentation.
- 5) Tofu refuse was put in the miniplant 61 successive times for the purpose of examining composting. An examination of the primary fermentation seemed to indicate good conditions, including a high temperature of over 70°C six hours after start. However, the primary fermentation produced a strong odor of ammonia.
- 6) Calculation of material accounts during "okara" composting showed that 50% of organic matter was degraded through primary fermentation and 50% of that remainder product was degraded through the second fermentation. Therefore, 25% of organic matter remained as a final product. 830kg of water, 228kg of carbon dioxide, and 7.1kg of nitrogen were produced per 1,000kg of raw material.
- 7) Compost at the end of the second fermentation was a red brown powder. Fertilizer nutrient, included 3.6% nitrogen, 2.4% phosphoric acid, and 4.0% potassium. From an examination of tomato seedling cultivated with this product, by use of a 20% volume, it was shown that it was as effective as chemical fertilizer.
- 8) These observations show that, when Tofu refuse is composted with no other materials, the finishing ratio of the product was low level, but the product was effective as a fertilizer.

Key words; Unused Resources, Tofu Refuse (Okara), Composting, Airtight Type Composting Plant.

## 緒 言

近年の深刻な環境問題に起因して、農業生産においても環境に配慮した考え方の導入が必要となり、環境保全型農業の展開に力点が置かれている。環境保全型農業技術開発の取り組みは各地で行われているが、この技術の中心には有機物の活用方法があり、農業生産における有機物の利活用と良質の有機物の確保には、大きな関心もたれるようになってきた。

しかし、現在流通している有機物は家畜糞が主体であり、その発生源と有機物の需要地には地域的な隔たりがあり、多くの農耕地では適切な有機物の利用が行われていないのが現実である<sup>3)</sup>。また、神奈川県においては、近年の畜産の減少により、家畜糞だけでは、農耕地に必要な有機物の確保が困難な状況になってきている<sup>1,2)</sup>。

一方、都市部においては、食品産業廃棄物や都市ゴミ等の有機性廃棄物が大量にゴミとして処理され、処理経費の増大だけでなく処理施設や終末処理場の不足の原因となっている。これら都市から排出される有機性廃棄物

は、乾燥あるいは微生物処理を加えれば農業生産に有効利用可能な資源として再生可能なものが多く、そのための技術開発が望まれている。

数多い有機性廃棄物の中でも、オカラ（豆腐粕）は、水分が多く扱いにくいこと、その分解が速く腐敗しやすいため貯蔵ができないこと、豆腐製造業の多くが零細企業であり、処理設備を独自で設置するのは困難であることなど、多くの問題をかかえている。これらの問題を解決するための方法として、オカラを肥料化し有効利用する技術開発が望まれている。

オカラの堆肥化については、長崎県の久保田ら<sup>5, 6)</sup>や大阪府の磯部<sup>2)</sup>、森下<sup>9, 10)</sup>、神奈川県畜産研究所におけるオカラ家畜糞混合堆肥<sup>4)</sup>等の研究事例はあるが、オカラ単独での堆肥化事例はほとんどみられない。そこで、オカラの堆肥化に対する特性を知るために、オカラ単独での堆肥化方法とその作物に対する効果について検討した。

本研究は、農林水産省の「再生有機質肥料化促進事業」の一環として実施したものであり、事業の推進に多大な御助力を戴いた農林水産省農産園芸局肥料機械課及び神奈川県農業技術課担当者各位に記して謝意を表す。また、

研究の一部は、神奈川県共同研究規定に基づき東海プラントエンジニアリング株式会社と共同研究したものである。

## 材料及び方法

### 1. モデルプラント試験

オカラの基礎的な発酵条件を知るために、通風装置の付いた容量80Lのモデルプラント（東海プラント製TP80）により、最適含水率、最適通気量および微生物資材の効果について検討した。装置の構造は第1図に示した。

#### 1)最適含水率試験

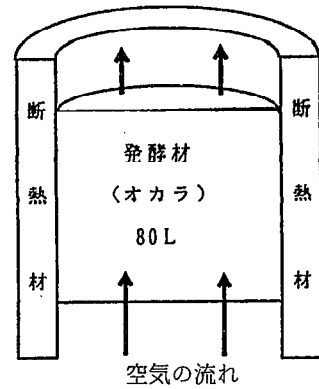
乾燥空気乾燥させたオカラを用いて、オカラの含水率を40~80%まで10%きざみで5段階設定した。空気流量は10L/min、発酵期間は8日間とし、発酵促進剤として一次発酵物を10%混合した。

#### 2)最適通気量試験

オカラの含水率を65%、発酵促進剤として一次発酵物を10%混合したうえで、空気流量を5,8,10,12,15,25,40L/minに設定し、7日間発酵させた。

#### 3)微生物資材の比較試験

微生物資材は、資材B(バウムフード)、資材K(キレーゲン)、資材N(NK-52)、資材O(オーレスC)の4種類の効果を検討した。微生物資材の混合量は、第1回目は5%、その一次発酵物をリターンとして利用する場合は10%に相当する量を添加した。オカラの含水率は65%、空気流量は10L/min、発酵期間は7日間とした。



第1図 モデルプラントの構造模式図

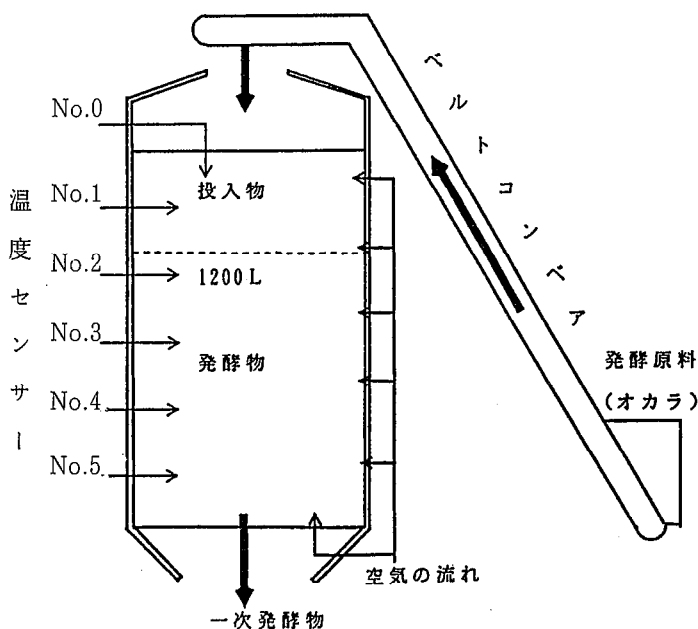
#### 4)有機物分解試験

一次発酵7日間、二次発酵25日間、計32日間にわたって有機物分解率を調査した。オカラの含水率は65%、空気流量は10L/minとし、発酵促進剤として資材K混合物の一次発酵物を10%混合した区と促進剤を添加しない区を設定した。

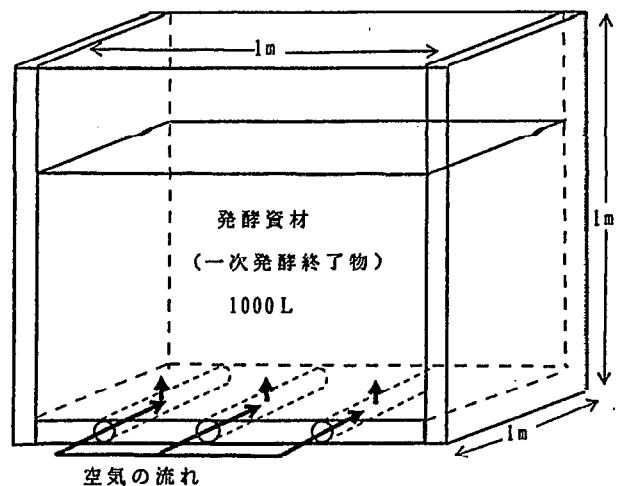
### 2. ミニプラント試験

豆腐店(平塚市金目)から産出されるオカラを用いて、連続して堆肥化実験を行った。発酵槽は、容量1,200Lの小型の強制通風装置付き密閉方式の縦型発酵槽(東海プラント製、ビオロータリー方式ミニプラント)を用い、約10日間一次発酵を行なった。その後、通風装置の付いた容量1,000Lの箱形二次発酵槽において約60日間堆積した。一次発酵槽の構造は第2図に、二次発酵槽の構造は第3図に示した。

ミニプラントへの原料投入は1日1回とし、1993年4月7

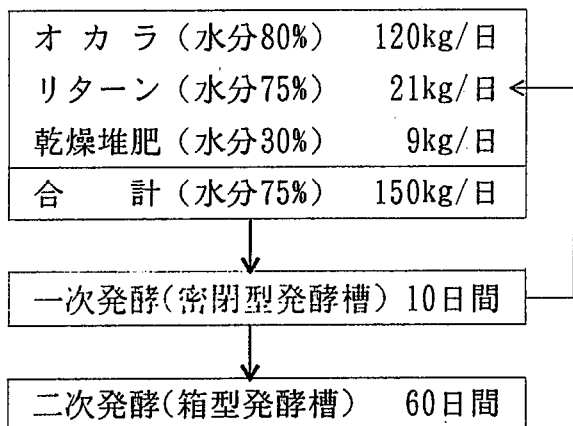


第2図 ミニプラントの構造模式図



第3図 二次発酵槽の構造模式図

日から7月14日まで休日を除き計61回にわたって連続投入した。そのフローを第4図に示した。1回の投入量は150kg(約300L)とし、オカラ120kgに対し、水分調節を目的として乾燥させたオカラ堆肥(乾燥堆肥)を9kg、ミニプラントでの一次発酵物(リターン)を21kg混合した。これらの原料を混合攪拌した後、ミニプラントで約10日間一次発酵し、二次発酵槽に2か月堆積した。なお、一次発酵槽から切り出し品が出るまでの最初の10日間は、オガクズを重量比で10%混合した。



第4図 オカラ堆肥の製造フロー

### 3. トマトの育苗試験

製造されたオカラ堆肥を用い、トマトの育苗培土としての適性を検討した。二次発酵を終えたオカラ堆肥を、土壌(淡色黒ボク土、土性CL)に容積比で5,10,20%の割合で混合し、過リン酸石灰で $P_2O_5$ として500mg/L相当量リン酸を補給したものを用土とした。対照として、CDU複合燐加安S555を窒素(N)として450mg/L混合したものと、その半量(225mg/L)混合した区を設置した。これらの化学肥料区にもオカラ堆肥区と同様に、リン酸を500mg/L補給した。

トマトはホマレ114(サカタのタネ)を用い、1993年9月12日に播種し、10月5日に700mL容のプラスチック鉢に鉢上げし、ガラス温室内で11月25日までの約50日間、加温して育苗した。

### 4. 調査・分析方法

以下の項目について、常法<sup>12)</sup>により堆肥化過程の変化を調査・分析した。

- (1)発酵槽内温度変化
- (2)重量変化
- (3)含水率：105℃で加熱乾燥法
- (4)灰分率：650℃で加熱灰化法
- (5)全窒素含量：ケルダール法で測定

(6)無機成分：Ca,Mg,K,Naは湿式分解後、原子吸光光度計で測定した。リン酸はモリブデンアンモニウム法により測定した。

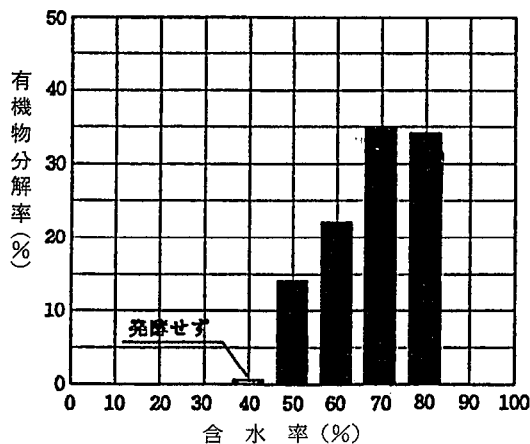
## 結果及び考察

### 1. モデル試験

#### (1)最適水分条件

乾燥空気で乾燥させたオカラを用いて、発酵に最適な含水率を調査した結果を第5図に示した。図は有機物の分解率で表示してあるが、これは発酵前の有機物量(水分と灰分を除いた値)から、発酵後の有機物量を引き、発酵前の有機物量で除した値である。

図に示したように、含水率40%ではほとんど分解しなかったが、50%から70%までは含水率に比例して分解率が向上し、含水率70%では7日間で約35%の有機物が分解した。また80%では70%よりやや分解率が減少したものの高い分解率を示し、最適発酵含水率は70~75%程度であると推定された。オカラの含水率は80%程度であり、通気を十分に行えばオカラは水分調節をしなくても発酵が可能と考えられた。



第5図 オカラの堆肥化における含水率と有機物分解率

#### (2)最適通気量

発酵に最適な空気の供給量を求めるために、通気量を5,8,10,12,15,25,40L/minについて調査した結果を第6図に示した。8~15L/minの間で通気量の増加に伴い分解率が向上する傾向が認められ、それ以上の通気量では発酵が減少した。しかし40L/minにおいても急激に低下することはなく、25L/minと類似した値であった。

通気量は発酵槽の大きさや形状によっても大きく異なるが、このモデルプラントにおける最適通気量は15~20L/minであると考えられた。

#### (3)微生物資材

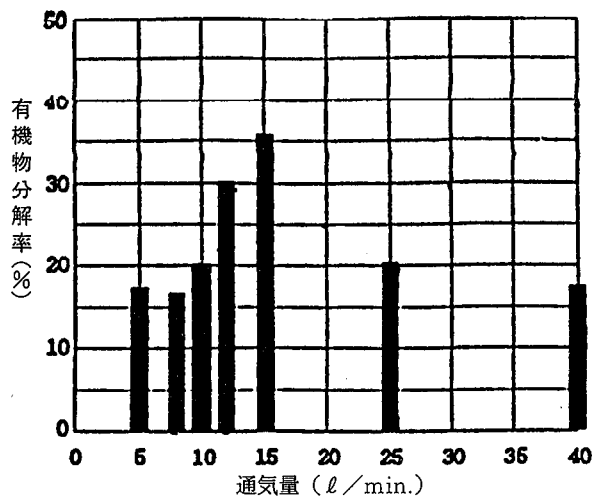
発酵補助菌として利用可能な微生物資材を検討するために、4種の資材の効果を検討した。連続して2回試験を実施し、1回目は市販資材を重量比で5%混合したが、2回目は1回目の発酵物を重量比で10%混合した。また対照区としては微生物資材は使わなかったが他の試験で用いたオカラ一次発酵物を重量比で10%混合した。結果は第5図に示した。

市販の微生物資材を添加した1回目の試験では、資材により差はみられるものの総て対照区の分解率を下回り、微生物資材の施用効果は認められなかった。しかし、2回目の一次発酵物を添加した試験では、資材Bを除いた総ての資材では効果が増大し、資材Nと資材Kでは対照区を上回った。

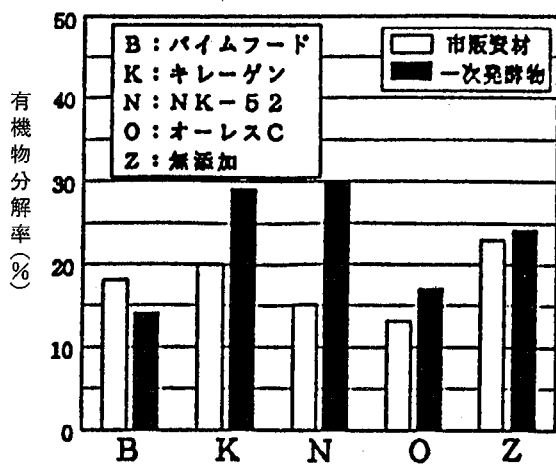
以上の結果、オカラの堆肥化促進のために有用な微生物資材もあるが、その効果は連続して使用することにより高まることが明らかとなった。これは、微生物資材に含まれる多種類の微生物の中で、オカラの発酵に適した微生物が増殖するためと考えられた。

(4)モデル試験における有機物の分解

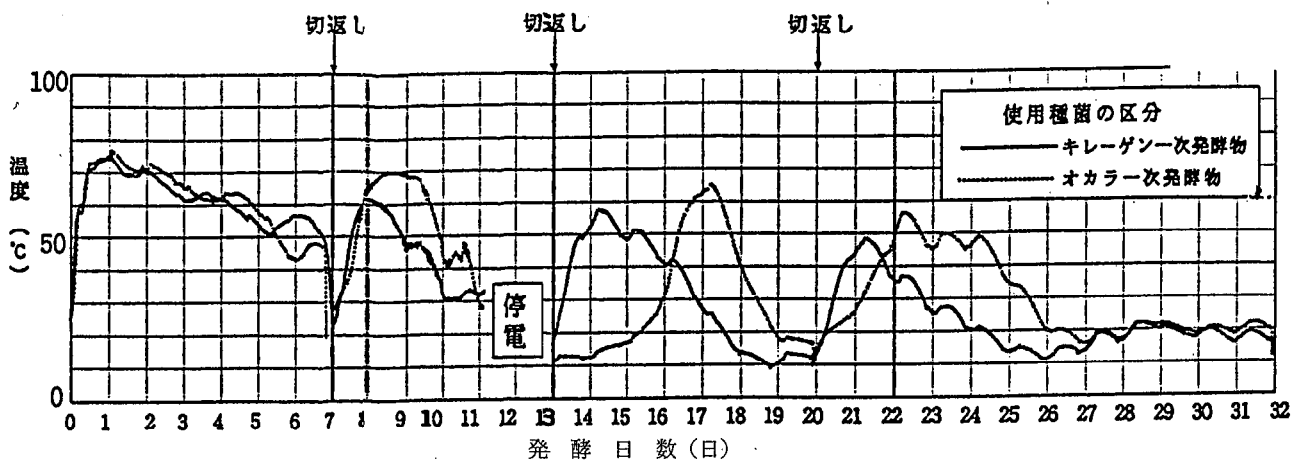
オカラのモデル試験における一次及び二次発酵の温度変化を第8図に、含水率の変化を第9図に、有機物量の変化を第10図に、それぞれ示した。使用したモデルプラントは加熱装置をもたない80Lの小さい発酵槽であるが、温度は一次発酵では70℃以上に、二次発酵でも50℃以上に温度が上昇した。また、温度の変化は、微生物資材を混合した区では微生物資材を加えない区に比較して温度の上昇が速い傾向がみられた。



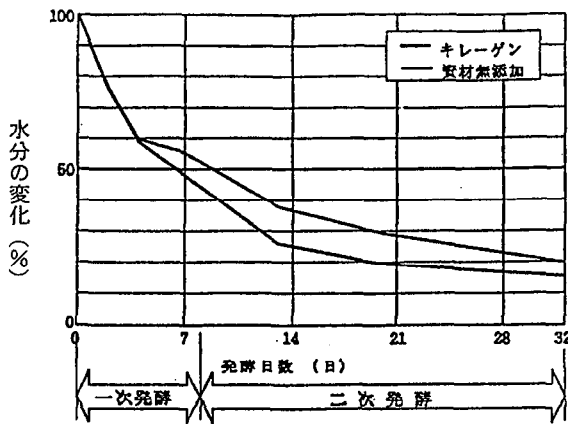
第6図 オカラ堆肥化における通気量と有機物分解率



第7図 微生物資材の添加が有機物分解に及ぼす影響



第8図 オカラ堆肥化モデル試験の温度変化(80Lモデルプラント)



第9図 オカラ堆肥化過程における含水率の変化(モデル試験)

含水率の変化は、一次発酵で50%以下に低下し、二次発酵が終わると20%以下に低下して良好な状態であった。また、微生物資材添加区の低下が著しく、資材の効果が認められた。

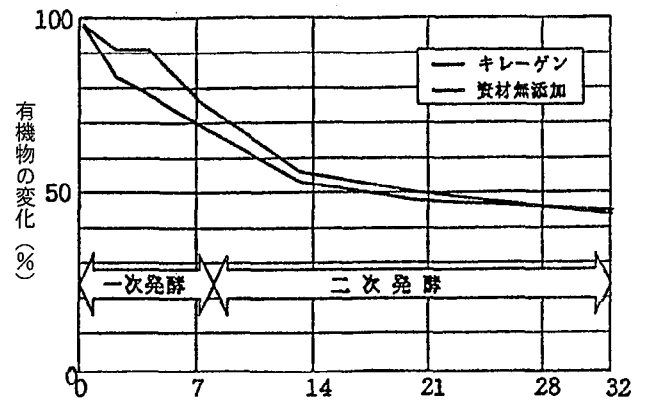
有機物分解率を計算した結果、一次発酵では有機物の分解率は30%程度であったが、二次発酵により55%の有機物が分解し、分解前の45%になった。有機物の分解率については、微生物資材添加の初期には向上したが、二次発酵すると差はみられなくなった。このことは、添加した微生物の影響は、長期間持続しないことを示していると考えられた。

2. ミニプラント試験

(1) 供試資材

縦型発酵槽(ミニプラント)を用いて61回にわたって、連続してオカラを投入し、堆肥化する実験を行った。第4図にフローを示したように、1回にオカラ120kg, リターン(一次発酵物)21kg, 乾燥堆肥9kg, 合計150kgを投入し、ミニプラントによる一次発酵を約10日、箱形発酵槽による二次発酵を60日行った。

供試した資材の性質を第1表に示した。オカラの含水率は、平均79.2%, 最大83.7%, 最小77.5%であり、比較



第10図 オカラ堆肥化過程における有機物分解率の変化(モデル試験)

的類似した値であった。最大値がやや大きいのは、原料を野外に置いておいたため降雨の影響を受けたものと考えられる。混合物(投入物)の含水率は、平均74.5%, 最大78.5%, 最小67.5%であり、モデル試験で得られた適正範囲に入った。一次発酵の終わった切出し物の含水率は、平均71.7%, 最大76.9%, 最小66.4%であり、投入物に比べ3%程度の減少しかみられなかった。

灰分は有機物を燃焼させた灰の量を測定したものであり、無機物量を示す値である。オカラの平均灰分は4.15%, 混合物では平均5.11%であるが、切出し物では平均8.17%, 2次発酵物では13.86%と大幅に増加した。これは、堆肥化に伴い有機物が減少したためである。

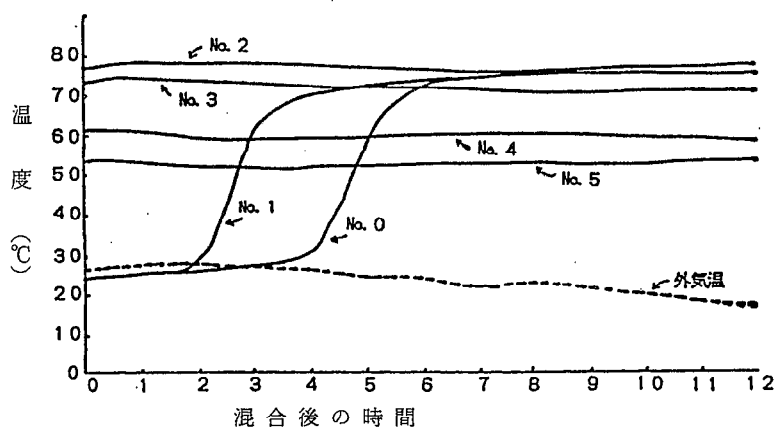
61回の投入に使用した資材は、第1表に示したようにオカラが6,771kgであったが、これは1日平均111kgに相当する。表中のリターン及びオガクズは、試験開始当初11回までに使用したものであり、以後はリターンとして切出し物を使用し、水分調節剤としては乾燥したオカラ堆肥を使用した。

(2) 発酵中の温度変化

ミニプラントは、原料を上部から投入し、下部から取り出す方式であり、その模式図と温度センサーの位置を

第1表 使用した資材の含水率と灰分量(灰分は乾物含量)

資材名	含水量 (%)				灰分量 (%)			
	平均	偏差	最大	最小	平均	偏差	最大	最小
オカラ	79.2	1.16	83.7	77.5	4.15	0.40	4.91	3.10
混合物	74.5	2.67	78.5	67.5	5.11	0.63	6.40	3.62
切出物	71.7	2.46	76.9	66.4	8.17	0.85	9.69	5.98



第11図 ミニプラント試験の温度変化

第2図に示した。No.0~5まで6本の温度センサーがあり、No.2~No.5までは、試料の採取が可能な取り出し口が設置されている。この温度センサーで測定した発酵温度の変化を第11図に示した。No.1は投入後4時間で70°Cになっているが、これはセンサーが前日の投入分と当日の投入分の間に位置しているためである。当日投入分のNo.0では投入後6時間で70°Cを超え良好な温度上昇効果がみられた。

センサーのNo.2~No.5は活発に発酵が行なわれている部分であり、中間部(No.2,3)の発熱が著しく、下部(No.4,5)では温度は低下しているが、55°C以上の発熱がみられた。

二次発酵槽に移してから50°C以上の発熱が継続した。毎日、切出し物を投入する方式をとったため、絶えず発熱が継続した。切り返しは、7月21日と9月1日の2回実施した。

(3)成分の変化

オカラ堆肥の成分を分析した結果を第2表に示した。オカラには窒素が多く、リン酸の少ない特徴があるが、堆肥化に伴い窒素は減少し、リン酸やカリは増加する傾向がみられた。二次発酵を終えた製品は、窒素3.6%、リン酸2.4%、カリ4.0%と、ややリン酸が少ないものの、比較的バランスの取れた堆肥となった。堆積中に窒素が減少するのは、発熱によりアンモニアとして揮散したためである。このアンモニアの発生量が多いため、発酵中に悪臭が発生した。

資材の量と堆肥化に伴う変化を第3表に示した。一次発酵の終わった切出し物の含水率は、平均71.7%、最大76.9%、最小66.4%であり、投入物に比べ3%程度の減少しかみられなかった。しかし、二次発酵により含水率は大幅に低下し、投入物の半分以下の35.8%になった。この程度の含水率になると乾燥は十分であり、長期間の保

第2表 オカラの堆肥化に伴う無機成分の変化 (乾物%)

試料名	項目	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O
オカラ	平均	4.360	0.826	1.598	0.309	0.163	0.007
	偏差	0.319	0.068	0.120	0.032	0.015	0.011
投入物	平均	4.290	1.064	2.038	0.458	0.209	0.024
	偏差	0.356	0.132	0.182	0.051	0.021	0.016
一次発酵物	平均	3.413	1.393	2.629	0.716	0.266	0.041
	偏差	0.760	0.246	0.382	0.096	0.042	0.033
二次発酵物 (7/21)	平均	3.430	1.872	3.375	0.825	0.342	0.063
	偏差	0.050	0.152	0.159	0.035	0.026	0.003
二次発酵物 (9/01)	平均	3.627	2.388	4.042	1.058	0.428	0.074
	偏差	0.176	0.181	0.044	0.041	0.048	0.002

第3表 ミニプラント試験における資材の量と堆肥化に伴う変化

資材名	現物重	乾物重	水分量	有機物	無機物	含水率	灰分率
オカラ	6,771 kg	1,408 kg	5,363 kg	1,350 kg	58 kg	79.2 %	4.15 %
リターン	172	84	88	80	4	51.0	5.00
オガクズ	86	54	32	53	1	28.0	1.00
投入物計	7,029	1,546	5,483	1,483	63	74.5	5.11
(比)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)
切出し物	2,722	771	1,951	708	63	71.7	8.17
(比)	(98.7)	(49.9)	(35.0)	(47.7)	(100)	(96.2)	(160)
二次堆積物	708	455	253	392	63	35.8	13.86
(比)	(10.1)	(29.4)	(4.6)	(26.4)	(100)	(48.1)	(271)

存が可能である。

一次発酵により乾物重は約50%分解し、二次発酵ではその約40%が分解するため分解前の量の約30%に減少した。また、水分は一次発酵で約65%が蒸散し、二次発酵後では原料の約5%まで減少した。この結果、7,029kgの原料から708kgの製品ができたことになり、これは原料の約10%に相当する量であり、製品としての歩留まりは極めて悪かった。

### 3. トマトの育苗試験

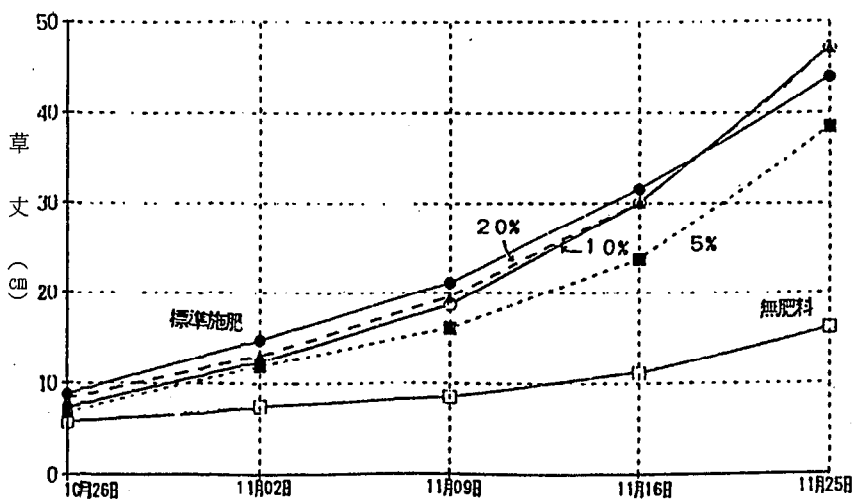
オカラ堆肥の肥料効果を見るためにトマトの育苗試験を実施した。その結果を第12図及び第13図に示した。通常、トマトの育苗用には化学肥料を窒素、カリそれぞれ250~500mg/L、リン酸を500~1000mg/L施用するが、ここでは、オカラ堆肥とリン酸肥料だけで栽培試験を実施した。オカラ堆肥は、容積比で土壤に5,10,20%混合したが、オカラ堆肥の仮比重を0.4とすると、重量比では

それぞれ2,4,9%に相当する。

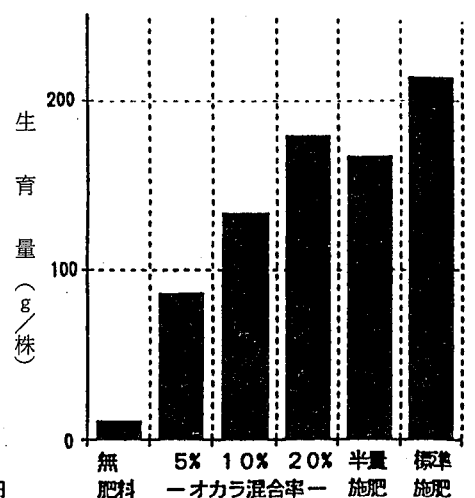
オカラ堆肥を施用すると、初期生育は劣るが、後期には同等の生育を示したことから、肥料として利用可能であることが明らかとなった。また、作物体の重量を測定した結果、土壤と20%の混合により、標準施肥に近い生育が可能となり、化学肥料を用いないでオカラ堆肥だけでトマトの育苗が可能であった。

### 4. 総合考察

オカラは、日本全国では年間約70万t<sup>1)</sup>が、神奈川県では2.6万t<sup>3)</sup>が生産されている。全国統計でみれば、70%が飼料、16%が肥料、4%が食品、残り10%が廃棄されている<sup>1)</sup>、とくに都市部での有用利用率は低く、神奈川県では約60%が廃棄されており<sup>3)</sup>、その有効利用が要望されている。オカラの処理で問題になるのは、含水率が高いこと、易分解性物質が多く含まれ腐敗しやすいことなどである。



第12図 トマト苗の草丈の変化



第13図 トマト苗生育量



オカラを肥料として利用するための試みは、乾燥方法と堆肥化方法がある。乾燥方法は、含水率を80%の状態から10%以下に低下させるために多大な熱エネルギーを必要とする欠点があるため、ここでは堆肥化方法を検討した。オカラの堆肥化は、他県においても試験例があるが、長崎県工業技術センターの試験<sup>5, 6)</sup>では、酵母や乳酸菌を使用した嫌気処理であり、大阪府立農林技術センターの試験<sup>2, 9, 10)</sup>は、補助的な熱源を用いた急速発酵処理である。また、東京農工大<sup>7, 8)</sup>、石川県立短期大学<sup>1)</sup>や神奈川県畜産試験場<sup>4)</sup>の試験事例はオカラ以外のものを混合した試験例であり、オカラ単独で熱エネルギーを全く加えない試験事例の報告はほとんどみられない。

オカラは含水率が高く腐敗しやすい有機物であるが、本研究の結果、縦型発酵槽の利用により混ぜ物をしなくてもオカラ単独で堆肥化が可能であることが明らかとなった。ミニプラントを用いた縦型発酵槽による堆肥化は、一次発酵約10日、二次発酵は2か月程度と考えられた。

縦型発酵槽を用いた堆肥化には、微生物資材の使用が一般的に行われているが、本研究においては、一次発酵を終えた製品をリターンとして混合すれば、特別に微生物資材を添加しなくても堆肥化に適した微生物が連続的に供給され、発酵が促進されることが明らかとなった。Nakasaki<sup>11)</sup>もオカラを用いた堆肥化実験において添加微生物資材の効果がほとんど認められないことを報告しており、本研究結果と一致する。

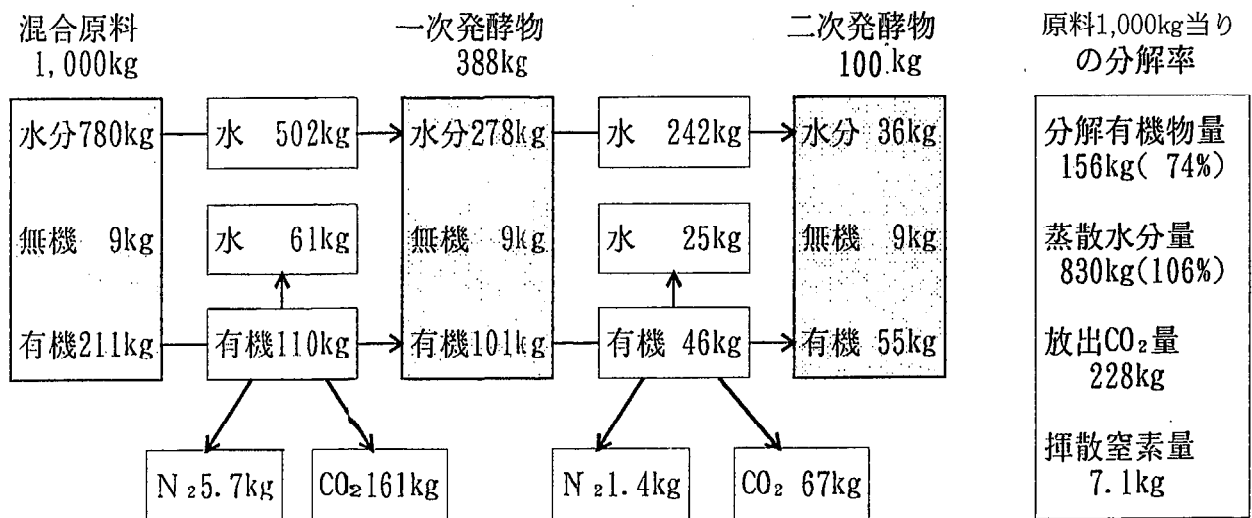
ミニプラントによる一次発酵と、堆積槽による二次発酵の水と有機物の物質収支を第14図に示した。原料の78%が水分であり、有機物が約21%、無機物が約1%であ

る。これが一次発酵により水分71.6%、有機物26%、無機物2.3%となり、二次発酵により水分36%、有機物26%、無機物2.3%となった。量で見ると無機物は変化しないが、一次発酵により有機物は52%が分解され、二次発酵が終わると有機物の分解率は74%にも及び、有機物の2/3が分解されたことになる。水分は、原料では780kgあったものが、一次発酵では502kg減少し、二次発酵では242kg減少したが、有機物分解に伴い、一次発酵では61kg、二次発酵では25kg、合計86kgの水が生成されることになる。

このため原料1,000kgから830kgの水が蒸散したことになる。このとき、放出される二酸化炭素は228kgと計算される。また窒素の損失は一次発酵で5.7kg、二次発酵で1.4kgであり、原料に含まれる窒素の75%が損失することを示している。この窒素は、アンモニアとなって揮散するため、悪臭の発生が著しく、何らかの脱臭処理が必要となる。本研究に用いた装置は、微生物脱臭装置を用いたが、簡易な微生物脱臭装置においても、アンモニアをほぼ完全に分解できた。

オカラは堆肥化過程で有機物の約75%が分解し、水と二酸化炭素になるため、堆肥の製造歩留りは悪い。そのためオカラ単独では堆肥製造としては効率が悪いが、完成した堆肥は窒素が3.6%含まれており、肥料効果の高い有機物であるといえる。また、堆積中に有機物分解に伴い窒素の損失も著しいため、窒素を有効に利用するためには、他の炭素率の高い有機物と混合することが必要と考えられる。

オカラ堆肥によりトマトの栽培試験を実施した結果、



第14図 オカラ堆肥の製造過程における物質収支

育苗用の肥料として使用可能なことが明らかとなった。オカラ堆肥は水分36%であり、乾物あたり窒素3.6%、リン酸2.4%、カリ4.0%含まれている。すなわち、現物1,000kgあたり窒素23kg、リン酸15kg、カリ26kgが含まれていることになり、10aあたり現物1,000kg施用すれば、野菜では無肥料で栽培が可能になる。今後、他の作物についても栽培試験を重ねなければならないが、オカラ堆肥は良質の有機肥料として期待できると考えられる。

## 引用文献

- 1)長谷川和久・上野祐子(1989)：新しい有機質肥料「おから・圧砕もみから培養キノコ残さ堆肥」その製造と果菜類に対する施用効果，農業及び園芸，64，319～324
- 2)磯部武志・大江正温(1995)：豆腐粕急速発酵堆肥の作成と花き栽培における利用性の改善，大阪府立農林技術センター研究報告，31，26～30
- 3)労働科学研究所(1992)：堆肥化システム推進実態調査結果
- 4)神奈川県畜産試験場畜産環境試験成績書，1994
- 5)久保田克己(1993)：乳酸菌と酵母による大豆加工副産物の肥料化，長崎県工業技術センター研究報告，17，37～40
- 6)久保田克己(1994)：乳酸菌と酵母による大豆加工副産物の肥料化，長崎県工業技術センター研究報告，19，11～14
- 7)松村昭治・伊藤正浩・大江進・鹿野快男(1992)：オカラ(豆腐粕)の堆肥化とその肥効，東京農工大農学部農場研究報告，14，31～38
- 8)松村昭治(1992)：オカラ(豆腐粕)の堆肥化における混合資材の検討，日本土壤肥料学会誌，63，83～85
- 9)森下正博・辻博美(1994)：未利用資源のリサイクル利用 資源のリサイクルと野菜栽培，大阪府立農林技術センター研究報告，32，17～21
- 10)森下正博・日野和裕・大江正温・土山和英(1994)：オカラ堆肥の野菜栽培への利用，近畿作物，育種研究，39，17～21
- 11)NAKASAKI K. WATANABE A. KITANO M. KUBOTA H.(1992)：Effect of Seeding on Thermophilic Composting of Tofu Refuse，21，715～719
- 12)農林水産省農蚕園芸局農産課編(1979)：堆きゅう肥等有機物分析法，土壤保全資料題56号
- 13)日本土壤肥料学会関東支部会編(1996)：都市と農業の共栄をめざして—関東の土壌と農業—，231～242
- 14)渡辺篤二(1994)：大豆加工食品副産物(おから)の高度利用技術の開発，研究ジャーナル，17，No 8，6～11