

# 未利用資源の農業利用に関する研究 (第3報)

## オカラ・コーヒー粕混合による堆肥製造

藤原俊六郎・竹本 稔・武田 甲

Study on Unused Resources For Use as Manure (Part 3)  
Composting Method a Using Tofu Refuse(okara) and Coffee  
Refuse Mixture

Shunrokuro FUJIWARA, Minoru TAKEMOTO  
and Hajime TAKEDA

### 摘 要

- 1)オカラは肥料成分が高いが堆肥化過程で悪臭を発生しやすく、コーヒー粕は堆肥化は良好に行われても、製品が植物生育を抑制する欠点がある。そこで、オカラとコーヒー粕を混合して堆肥化する方法を検討した結果、混合によって双方の欠点が補われ、オカラ、コーヒー粕それぞれを単独で堆肥化するのに比べ、非常に良好な堆肥化が可能となった。
- 2)混合堆肥は、オカラ堆肥化時に問題であった悪臭の原因となる窒素の揮散が軽減され、コーヒー粕堆肥化時に問題であった製品の作物に及ぼす障害も軽減された。
- 3)最適な堆肥化条件を知るために、オカラとコーヒー粕の混合比率を検討した結果、容積比でオカラを40%~60%混合する事が効率がよいと考えられた。
- 4)堆肥化にあたっては、一次発酵は密閉型発酵槽による急激な分解が好ましく、約10日間程度の日数が必要であり、二次発酵は堆積方法で2~3か月が必要と考えられた。コーヒー粕混合により発熱が著しく、しかも長期間継続するため、乾燥しすぎる恐れがあり、1か月に1度以上の切り返しを行い、含水率が50%以下であれば水分を補充することが必要である。
- 5)原料1,000kg中には水分717kg、有機物275kg、無機物 8kgが含まれているが、一次発酵により55.7%、二次発酵により17.9%になった。有機物についてみれば、一次発酵により32%が分解し、二次発酵終了時までには61%が分解された。また、窒素の揮散量は合計2.7kgしかなく、窒素の損失を防ぐことができた。
- 6)二次発酵を終えた堆肥の肥料成分は、窒素5.5%、リン酸1.2%、カリ1.6%であり、窒素含量が高かった。トマト育苗試験結果、育苗用土に容積比で12.5%混合すれば、化学肥料と同等の効果がみられた。
- 7)このように、オカラとコーヒー粕の混合により良質の堆肥が製造可能なため、実用化できる可能性が大きい。その場合は、腐りやすいオカラの発生地点にプラントを設置し、比較的腐敗しにくいコーヒー粕を運搬することが好ましいと考えられる。このように、廃棄物同士を組み合わせることで良質の堆肥が製造できる技術が普及すれば、都市生活と農業生産の両者にとって大きなメリットが得られるといえる。

キーワード：未利用資源、オカラ（豆腐粕）、コーヒー粕、堆肥化、縦型発酵槽

## Summary

- 1) The fertilizer component of Tofu refuse (okara) is high. However, a noxious odor from ammonia is produced during fermentation. When coffee refuse is used, the composting is excellent. However, this compost exerts a bad influence on the growth of the plant. In this study a the method of making a compost mixing tofu refuse with coffee refuse was examined.
- 2) Both of the above detriments were rectified when tofu refuse was mixed with coffee refuse, and a good quality compost was manufactured. A compost which mixes tofu refuse with coffee refuse reduces the level of nitrogen which causes the noxious odor. Furthermore, this compost does not damage growing crops.
- 3) The best mixture of tofu refuse and coffee refuse was investigated. As a result of this investigation, tofu refuse content of 40%-60% was found to be suitable. Good compost was also manufactured by mixing tofu refuse and coffee refuse with equal amounts.
- 4) When making to compost, the first fermentation is conducted for about 10 days in an airtight type composting plant. Two to three months are necessary for the second fermentation. A high temperature continues for a long time when tofu refuse is mixed with coffee refuse. Therefore, the compost has a tendency to dry too much. The compost rebounds more than once a month. If the moisture percentage becomes 50% or less, water needs to be added.
- 5) In 1000 kg of original raw material moisture was 717kg, organic was material 275kg, and inorganic material was 8kg. Moisture decreased to 55.7% during the first fermentation. Moreover, moisture was further decreased to 17.9% by the second fermentation. Concerning organic material, 32% decomposed during the first fermentation and 61% decomposed by the second fermentation. The loss of nitrogen was only 2.7kg in total, and, thus, a loss of nitrogen was prevented.
- 6) The composition of the compost at the end of second fermentation was a nitrogen level of 5.5%, a phosphorus acid level of 1.2%, and a potassium level of 1.6%. The compost had a high level of nitrogen. As a result of tomato seedling experiments, if the soil has a 12.5% compost content, the results would be the same as that of chemical fertilizers.
- 7) Good quality compost can be manufactured by the mixture of tofu refuse and coffee refuse. The possibility of this being put to practical use is large. When waste is combined and the technology which manufactures good quality compost gains in popularity, a large advantage for both of urban life and agricultural production is obtained.

Key words : Unused Resources, Tofu Refuse(Okara), Coffee Refuse, Composting, Airtight type Composting Plant.

## 緒 言

生態系活用型農業の推進のためには、良質の有機物の確保が重要な問題となっている。また、都市の肥大化により、家庭から排出される生ゴミや各種食品産業から排出される食品屑等の有機性廃棄物の適正な処理が求められている。

これらの対策として、密閉型発酵槽を用いて、オカラ、コーヒー粕について、それぞれ単独で堆肥化する試験を行った。その結果、オカラについては、肥料効果に優れた良質な堆肥が得られたが、製品の歩留まりが非常に悪

いこと、また、原料の水分含量が高いこと、堆肥化過程での窒素成分の揮散が大きく、アンモニアガスを主体とした悪臭の発生が著しいこと等の問題があった<sup>1)</sup>。また、コーヒー粕については、通気性が優れており、窒素成分の揮散が少なく、臭気の発生も少なく、堆肥化には良好な資材であったが、通常堆積期間(2か月程度)では、施用後、作物の生育が抑制される傾向が認められる問題があった<sup>2)</sup>。

以上の結果より、本試験では両者の欠点を改善するための対策として、肥料成分の高いオカラと、通気性に優れているコーヒー粕の混合物の堆肥化について検討した。

## 材料及び方法

### 1. 供試材料

オカラは豆腐店(平塚市)から産出されたもの、コーヒー粕は富士コカコーラボトリング株式会社海老名工場(海老名市)から産出されたものを用いた。平均含水率はオカラ79%、コーヒー粕66%であった。また、ミニプラント試験における一次発酵時の種菌としては、完成したコーヒー粕発酵物を用いた。

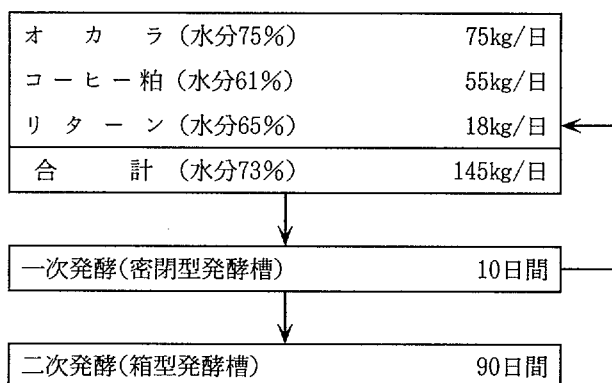
### 2. 配合比率の検討

前報<sup>1)</sup>と同様に通風装置付80L容モデルプラントを用いて、オカラとコーヒー粕の適正配合比率を検討した。

オカラとコーヒー粕の配合比を容積比で、20:80, 40:60, 60:40, 80:20とする4区を設定し、モデルプラントに1995年5月22日に投入した。その後、15日目(6月6日)に切り返しを行い、25日目(6月16日)にすべてを取り出し分解率を調査した。通気量は、7L/minとした。

### 3. ミニプラント試験

前述の材料を用い、コーヒー粕、オカラ混合物の堆肥



第1図 オカラ・コーヒー粕混合堆肥製造のフロー

化試験を、第1図のフローに従って行った。一次発酵槽は、前報<sup>1)</sup>と同じ、容量1,200Lの小型の強制通風装置付き密閉型縦型発酵槽(ピオロータリー)を用い、二次発酵には通風装置のついた容量1,000L(1m×1m×1m)の箱型発酵槽を用いた。一次発酵は、約10日間密閉槽で発酵をおこない、二次発酵時には約1か月ごとに切り返しをおこない、約3か月間堆積した。

### 4. トマト育苗試験

ミニプラント試験で製造されたオカラ、コーヒー粕混合堆肥化物を用いて、施用効果試験をトマト育苗について行った。オカラ、コーヒー粕混合堆肥化物を土壌(褐色森林土、土性CL、腐植を含む)と容積比で12.5, 25,

50%混合した試験区を設定した。また、対照としてはCDU配合S555(Nとして500mg/L)施用区と無肥料区を設定した。

トマトは、ほまれ114(サカタのタネ)を用い、1994年8月31日に播種、9月16日に12cm角型ポリ鉢に鉢上げし、温室内で育苗した。生育調査は、鉢上げ後40日目の10月27日に行った。

### 5. 調査分析方法

以下の項目について、堆きゅう肥分析法<sup>6)</sup>に従い、堆肥化過程の変化を調査した。

(1)発酵槽内温度変化

(2)含水率:105°Cで加熱乾燥法

(3)灰分率:650°Cで加熱灰化法

(4)全窒素含量:ケルダール法で測定

(5)無機成分:Ca,Mg,K,Naは湿式分解後、原子吸光度計で測定した。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

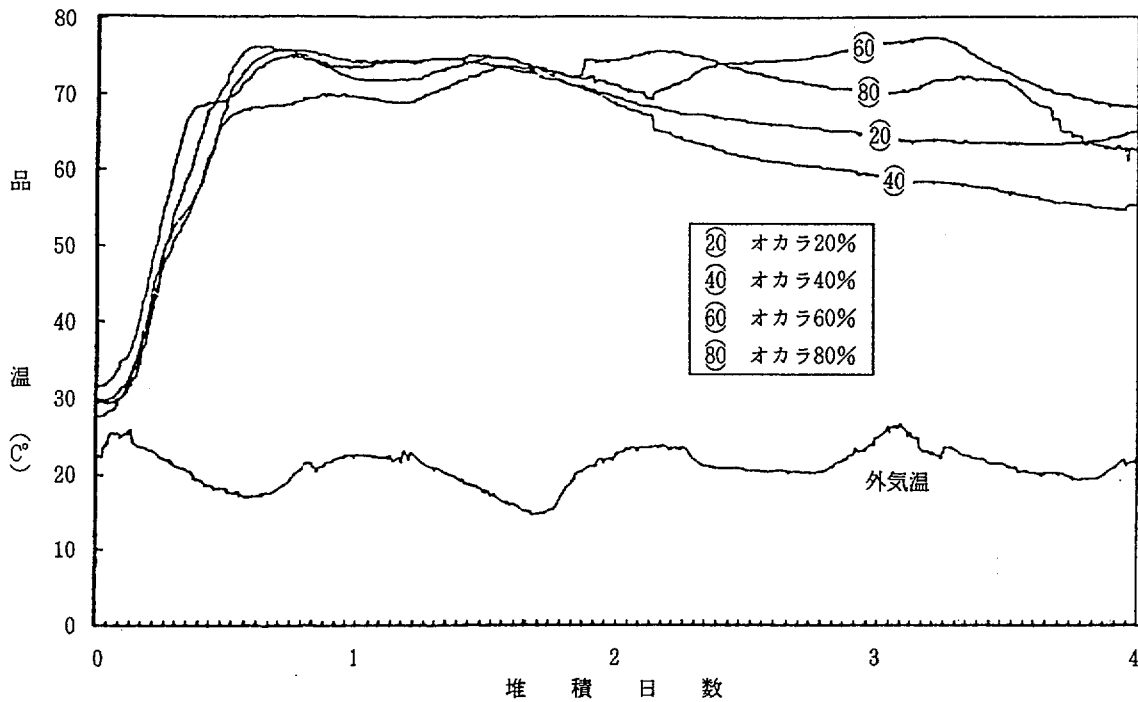
### 1. 配合比率の検討

有機性廃棄物として処理が問題となっているオカラとコーヒー粕を混合して堆肥化するための適切な混合比率の検討を80L容モデルプラントを用いて行った。

第2図に品温の変化を示した。総ての区で70°Cを超える良好な発酵が行われたが、とりわけオカラ60%区が最も高い発熱を示した。また、オカラの配合比が多い試験区では、含水率が高いため発酵槽内よりの廃液の流出が非常に多かった。

第1表に成分分析結果を示した。成分含量は、オカラの配合比率が多くなるほど高くなる傾向がみられた。含水率は、オカラ20%区で63%、40%区で69%、60%区で69%、80%区が75%であった。この含水率が25日間の発酵によりオカラ20%区で43%、40%区で44%、60%区で45%、80%区で55%に低下した。この結果から水分減少率を求めるとオカラ20%区で31.5%、40%区で36.5%、60%区で34.7%、80%区で27.2%となり、オカラ40%:コーヒー粕60%の区が最も効率良く水分が除去可能なことが明らかになった。

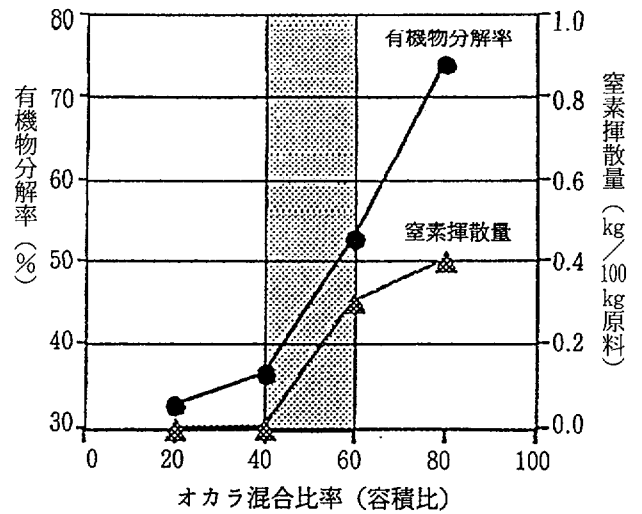
この結果から、有機物の分解率と窒素の揮散量を計算した結果を第3図に示した。オカラの配合比が多いほど分解率は大きく、オカラ80%区では約74%が分解していた。これは、オカラ単独の分解率が高い<sup>1)</sup>ためである。また、窒素の揮散量を計算した結果、オカラ40%区まで



第2図 異なるオカラ・コーヒー粕混合比率堆肥の品温変化

はほとんど揮散しなかったが、それ以上にオカラの比率が高くなると窒素の揮散量が急激に増加する傾向が認められた。この窒素の揮散はアンモニアになって揮散するものが大部分であり、揮散量が大きくなるほど悪臭が強くなる。

温度変化、水分の減少率、窒素の揮散量からみると、オカラ40%~60%が適正混合率であり、オカラとコーヒー粕をほぼ等量混合することが、最も適切であると考えられた。オカラとコーヒー粕の比重は、それぞれ0.5と0.4程度であり、大きな差はないため、容積比または重量比で等量混合すればよいといえる。



第3図 オカラ・コーヒー粕混合比率と有機物分解率・窒素揮散量の関係

第1表 異なるオカラとコーヒー粕の混合比率堆肥の成分

(含水率を除き乾物%)

混合比率		混合原料					25日間堆肥化物				
オカラ	コーヒー粕	含水率	灰分率	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	含水率	灰分率	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
20%	80%	62.9	1.27	2.36	0.24	0.36	43.1	1.73	3.52	0.37	0.54
40%	60%	68.7	1.81	2.65	0.38	0.60	43.7	2.85	3.86	0.55	0.88
60%	40%	69.3	1.76	2.84	0.39	0.57	45.2	3.85	4.15	0.85	1.20
80%	20%	75.2	2.70	3.46	0.54	0.92	55.6	7.84	5.83	1.63	2.74

## 2. ミニプラント試験

### (1) 供試資材の特性

堆肥化試験は、ミニプラントに1994年5月9日から6月9日の間に1日1回、合計24回の投入を行った。その結果、オカラ1,717kg, コーヒー粕1,314kg, 種菌（コーヒー粕発酵物）400kg, 合計3,431kgを使用した。これら原料の含水率を第2表に示したが、オカラとコーヒー粕を混合した投入原料の含水率は平均71.7%であり、オカラの堆肥化には適した値<sup>1)</sup>であった。

### (2) 発酵中の品温変化

一次発酵用のミニプラントは、上部から投入し、約10日後に下から切り出す方式で、発酵槽の6か所に温度センサーが設置されており、発酵中の温度変化をモニタリングできる構造になっている。この温度センサーで測定した発酵中の品温変化を第4図に示した。投入原料の品温はミニプラント投入後、約2～3時間の短時間で、70℃程度の高温になり、その後も70～80℃と非常に良好な高温状態を維持しており、非常に良好に発酵が行われていることを示している。二次発酵槽に堆積してからも、60～70℃の高温が続き、乾燥状態となったため、切り返し時に、加水した。切り返しは、44日後の7月22日、52日後の8月29日、120日後の11月4日の3回実施した。二次発酵60日経過頃から発酵による発熱はみられなくなり、急激な発酵が終了したことを示していた。また、臭気の発生については、オカラ単独の堆肥化時に比べて低かつ

た。

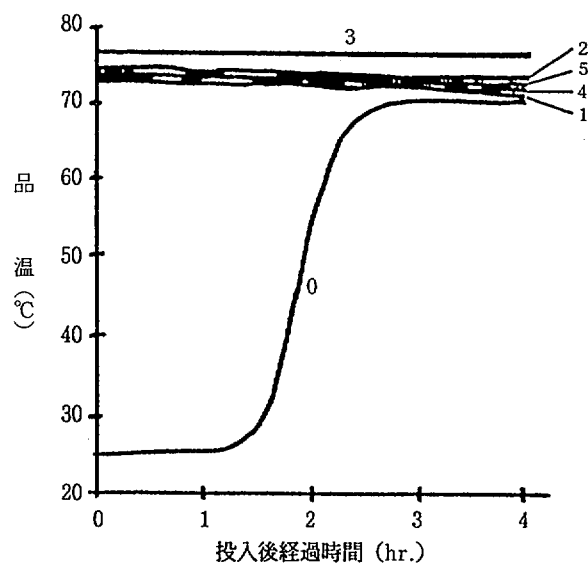
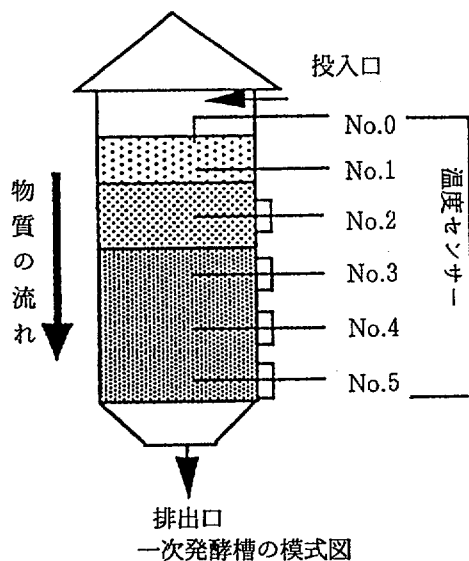
### (3) 含水率の変化

堆肥化に伴う成分変化は、第2表に示した。含水率は、投入原料では71.7%であったが、一次発酵で65.0%に低下し、さらに二次発酵44日後では24.9%まで低下した。それ以後の堆積で含水率が35%以上に上昇しているのは、水分を補給するために加水したためと考えられる。また、二次発酵の含水率の偏差が大きくなっているが、二次発酵中には空気の流通の良い中心部が乾燥し、周辺は結露により水分が多くなっているため、試料の採取部位により含水率が大きく異なったためと考えられる。

### (4) 成分含量の変化

投入物の全窒素含量は3.1%であったが、一次発酵で3.8%と1.2倍、二次発酵では5.5%と1.7倍になった。また、灰分、リン酸、カリ、石灰、苦土、ナトリウムは堆肥化に伴い増加する傾向にあり、一次発酵で1.7倍、二次発酵で2倍になる傾向がみられた。44日目の切り返し時の試料の無機成分が比較的少ないが、これは試料採取時の誤差によるものと考えられる。

二次発酵を終了した製品では、窒素5.5%、リン酸1.2%、カリ1.6%となり、前報のオカラ単独堆肥の窒素3.6%、リン酸2.4%、カリ4.0%に比べても、窒素分の多い製品となった。これは、コーヒー粕を混合したことにより、アンモニアが吸着され、ガス化して揮散する窒素の割合が減少したためと思われた。



第4図 ミニプラントの構造と堆肥品温 (図中の番号は温度センサー位置)

第2表 オカラ・コーヒー粕混合堆肥の堆肥化過程における成分変化

(含水率を除き乾物%)

資材名	項目	含水率	灰分率	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	79.5%	4.37%	4.0%	0.79%	1.37%	0.31%	0.15%	0.016%
	偏差	0.69	0.49	0.3	0.11	0.20	0.04	0.02	0.004
コーヒー粕	平均	66.3	1.45	2.1	0.24	0.25	0.05	0.11	0.0067
	偏差	1.78	0.43	0.1	0.04	0.04	0.02	0.02	0.038
混合品	平均	71.7	2.87	3.1	0.54	0.83	0.18	0.15	0.012
	偏差	1.96	0.52	0.3	0.11	0.20	0.04	0.02	0.003
一次発酵物	平均	65.0	4.22	3.8	1.05	1.43	0.32	0.26	0.021
	偏差	3.40	0.69	0.7	0.53	0.46	0.13	0.11	0.008
二次発酵物 44日(7/22)	平均	24.9	4.18	4.1	0.77	1.10	0.29	0.21	0.011
	偏差	10.74	0.39	0.4	0.12	0.19	0.06	0.03	0.002
二次発酵物 52日(8/29)	平均	37.2	5.60	4.8	1.02	1.41	0.35	0.25	0.016
	偏差	20.39	1.13	1.1	0.19	0.24	0.07	0.04	0.003
二次発酵物 120日(11/4)	平均	35.3	7.07	5.5	1.22	1.55	0.39	0.29	0.019
	偏差	2.48	0.89	0.1	0.18	0.14	0.06	0.04	0.001

## 3. トマト育苗試験

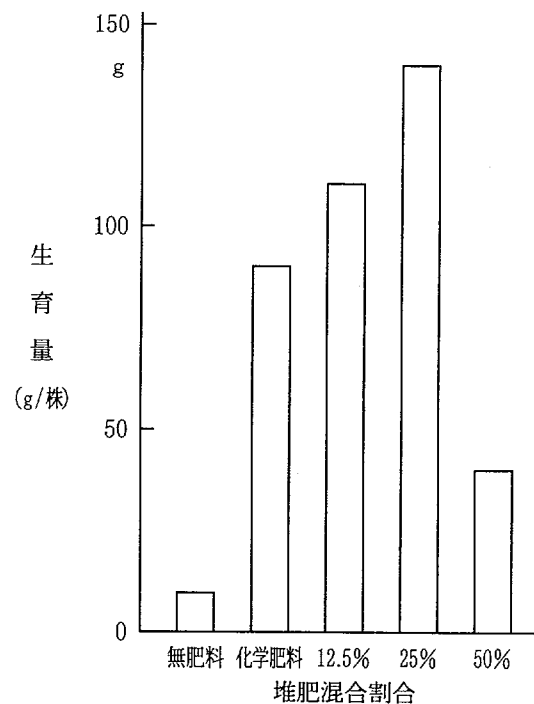
ミニプラントを用いて製造したオカラ・コーヒー粕混合堆肥をトマト育苗に使用した結果を第5図に示した。堆肥施用による養分濃度は、堆肥化物の仮比重が0.47程度であるので、12.5%施用区では、重量比では土(仮比重1)の約5%に相当する。また含まれる肥料成分量は、窒素3.23g/L、リン酸0.72g/L、カリ0.91g/Lを施用したことになる。

トマト苗の生育は、12.5%施用区では、対照としたCDU施用区とほぼ同等の生育がみられたが、25%施用区では過繁茂ぎみであり、50%施用区では生育量は減少した。以上のようにコーヒー粕単独の堆肥化物を施用した場合のような生育抑制の傾向は認められず、良好な肥料特性を示した。

第3表 トマト育苗時の土壌の理化学性の違い

処理区名	トマト育苗前(9/16)			トマト育苗後(10/27)		
	pH (1:5)	EC mS/cm	NO <sub>3</sub> -N mg/kg	pH (1:5)	EC mS/cm	NO <sub>3</sub> -N mg/kg
無肥料区	5.99	0.06	4	6.45	0.13	2
化肥区	5.28	0.63	8	5.94	0.89	3
12.5%区	6.59	0.59	18	6.19	0.24	13
25%区	6.81	1.46	78	6.00	0.37	42
50%区	7.25	3.38	209	6.53	1.05	249

第3表には、培養土の栽培前後でのPH, EC, 硝酸態窒素含量の変化を示した。トマトの生育及び跡地土壌の硝酸態窒素含有量やECの値より考えると50%施用では過剰と思われた。以上のことより本試験で作製された製品は肥効が高く、トマト育苗に関しては、容積比で本堆肥10%程度、重量比で5%程度の施用で、ほぼ化学肥料と同等の生育が見込めると考えられた。



第5図 オカラ・コーヒー粕混合堆肥の混合割合とトマト苗生育量の比較

4. 総合考察

(1)堆肥化条件

オカラは肥料成分が高いので堆肥化過程で悪臭を発生しやすく<sup>1)</sup>、コーヒー粕は堆肥化は良好に行われても、製品が植物生育を抑制する欠点がある<sup>7)</sup>。そこで、オカラとコーヒー粕を混合して堆肥化する方法を検討した結果、混合によって双方の欠点が補われ、オカラ、コーヒー粕それぞれを単独で堆肥化するのに比べ、非常に良好な堆肥化が可能となった。混合堆肥は、オカラ堆肥化時に問題であった悪臭の原因となる窒素の揮散が軽減され、コーヒー粕の堆肥化時に問題であった製品の作物に及ぼす障害も軽減された。

オカラとコーヒー粕の混合比率は容積または重量でほぼ等量に混合する事が最も効率がよいと考えられた。堆肥化にあたっては、一次発酵は密閉型発酵槽による急激な分解が好ましく、約10日間程度の日数が必要であり、二次発酵は堆積方法で2～3か月が必要と考えられた。

コーヒー粕混合により発熱が著しく、しかも長期間継続するため、乾燥しすぎる恐れがあり、1か月に1回以上の切り返しを行い、含水率が50%以下であれば水分を補充することが必要である。

(2)堆肥化に伴う物質収支

ミニプラントによる一次発酵と堆積槽による二次発酵における水と有機物の物質収支のモデルを前報<sup>1)</sup>と同様に計算した結果を第6図に示した。原料1,000kg中には水分717kg、有機物275kg、無機物8kgが含まれているが、一次発酵により55.7%、二次発酵により17.9%になった。

この大部分は水分の減少であり、原料1,000kgあたりの蒸散水分量は760kgであり、原料中の水分717kgよりも多かった。また、有機物の分解に伴い106kgの水分が

発生するが、二次発酵中には水分が不足する傾向があり、85kgの水を添加した。

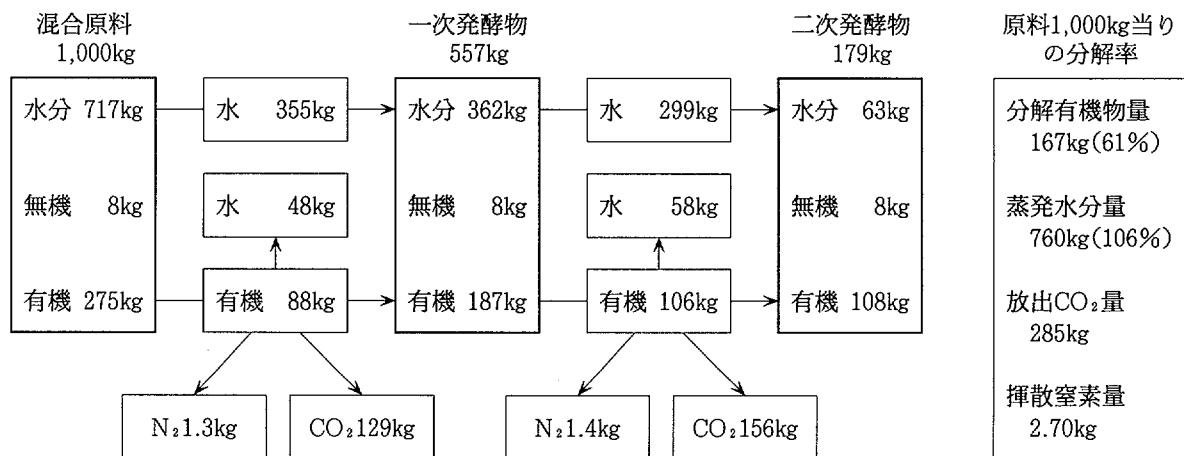
有機物については、一次発酵により32%が分解し、二次発酵終了時までには61%が分解された。これは、オカラ単独堆肥化時に74%<sup>1)</sup>であったのに比べて少なく押さえられた。また、窒素の揮散量は合計2.7kgでオカラ単独堆肥化時<sup>1)</sup>の7.1kgに比べ大きく減少し、窒素の損失を防ぐことができた。

(3)実用化の方法

オカラを堆肥の原料に使う試みは、家畜糞を混合した堆肥やエノキ茸廃培地混合堆肥<sup>3,5)</sup>などの事例がある。また、コーヒー粕を堆肥の原料に使うことは、家畜糞と混合することが広く行われ、茶粕<sup>3)</sup>や下水汚泥<sup>4)</sup>との混合も行われている。しかし、本実験のように、オカラとコーヒー粕を混合して堆肥化する試みはほとんど行われていない。

本報告に示したように、オカラとコーヒー粕の混合により良質の堆肥が製造可能であるが、作物に及ぼす効果試験を積み重ね、特徴と効果を明らかにし、施用法を確立する必要がある。現在、露地野菜と施設野菜について圃場規模での栽培試験を継続して実施し、良好な結果を得ている<sup>3)</sup>。これらは、別に報告する予定である。

このように、オカラとコーヒー粕の混合により良質の堆肥が製造可能なため、実用化できる可能性が大きい。その場合は、腐りやすいオカラの発生地点にプラントを設置し、比較的腐敗しにくいコーヒー粕を運搬することが好ましく、豆腐店が共同して堆肥化プラントを設置することが好ましいと考えられる。このように、廃棄物同士を組み合わせることで良質の堆肥が製造できる技術が普及すれば、都市生活と農業生産の両者にとって大きなメリットが得られる。



第6図 オカラ・コーヒー粕混合堆肥の製造過程における物質収支

## 引用文献

- 1) 藤原俊六郎・竹本稔(1996)：未利用資源の農業利用に関する研究－縦型発酵槽を用いたオカラ単独堆肥製造試験－, 神奈川農総研報137号, 25～34
- 2) 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
- 3) 神奈川県農業総合研究所(1996)：平成7年度試験研究成績（農業環境）, 157-164
- 4) 長野県中信農業試験場 畑作栽培部(1996)：コーヒー粕と紅茶粕を組み合わせた堆肥の製造方法と施用効果, 関東東海農業試験研究推進会議土壌肥料検討会資料
- 5) 農産業振興奨励会（1993）：平成4年度再生有機肥料生産, 流通, 利用実態調査報告書－豆腐カス及びコーヒーカス－, 26～33
- 6) 農林水産省農産園芸局農産課編(1979)：堆きゅう肥等有機物分析法, 土壌保全資料第56号
- 7) 竹本稔・藤原俊六郎(1996)：未利用資源の農業利用に関する研究－縦型発酵槽を用いたコーヒーカス単独堆肥製造試験－, 神奈川農総研報137号, 35～42