

未利用資源利用に関する研究(第4報) 縦型発酵槽を用いた野菜屑の堆肥化法

藤原俊六郎・竹本 稔・武田 甲

Study on Unused Resources for Use as Manure (Part 4)
Composting Method of Vegetable Waste by Use of Airtight type
Composting Plant

Shunrokuro FUJIWARA, Minoru TAKEMOTO and Hajime TAKEDA

摘 要

1. 野菜屑は、畑にすき込む等圃場で処理していたが、都市化にともない野菜屑の処理が環境問題となってきた。このため、野菜屑を農業資源としてリサイクルの立場から野菜屑の堆肥化方法について検討した。
2. 野菜屑の堆肥化においては、含水率の高さが大きな問題であるため、本報告においては、ダイコンを用いた堆肥化のための水分条件、おが屑を混合した含水率調節による堆肥化、野菜屑組み合わせによる堆肥化の3段階における検討を行った。
3. 堆肥化しにくいダイコンを用いて、小型発酵装置により堆肥化条件を検討した結果、容積で等量のおが屑と組み合わせると含水率を65%程度にすれば十分に堆肥化が可能であった。
4. 含水率を下げれば堆肥化が可能になったことが明らかになったため、圃場から排出される野菜屑と剪定屑を用いて実用規模での堆肥化試験を行った。その結果、おが屑により含水率を低下させれば堆肥化が良好に行われることが明らかになった。
5. 含水率を低下させるためには、乾燥した野菜屑の使用も可能と考えられるため、各種の野菜を組み合わせると野菜屑だけで堆肥を製造する試験を実施した。乾燥した野菜の茎葉を混合すると、含水率の低下と通気性の改善効果が認められ、堆肥化には有益であった。しかし、乾燥した茎葉は分解しにくいいため、3か月以上の二次発酵が必要であった。
6. 以上の結果から、野菜屑は含水率が高く腐敗しやすいが、C/N比は15程度であり、水分調節さえ行えば良質の堆肥とすることができることが明らかになった。しかし、野菜屑は水分が多く、発酵途中でアンモニアの揮散や有機酸の生成に伴う悪臭が発生するため、脱臭装置の付いた密閉型発酵槽の使用が好ましい。

キーワード：未利用資源、野菜屑、堆肥化、縦型発酵槽

Summary

1. In the past vegetable waste was removed from the field by such means of plowing in back under, etc. But with the removal of vegetable was becoming an environmental problem in step with the urbanization of Kanagawa Prefecture in Japan, we examined methods on turning this waste into compost and using it as an organic resource from the viewpoint of resource recycling.

本報告の一部は、日本土壌肥料学会1997年度静岡大会(1997年3月)において講演発表した。

2. In the decomposition process of vegetable waste, it was thought that the amount of moisture content was the most important factor. Accordingly, in this report we made a three step examination. First, we determined the moisture content of the vegetable to be used in this examination, the Japanese radish (Daikon). Second, the moisture content was adjusted by mixing the vegetable waste with sawdust (wood chips). Finally, a combination of various vegetable materials was examined for the purpose of adjusting moisture content.
3. Due to a high moisture content, the Japanese radish is one of the most difficult materials to using in making a compost. From the results of an examination using a small fermentation device, a good decomposition of Japanese radish was achieved at a moisture level of 65% when mixed with an equal amount of sawdust.
4. It was determined that making compost from vegetable waste was possible is the moisture content was reduced. Therefore, an examination was conducted in which we attempted to make compost on a practical scale by using various vegetable waste from the field mixed with sawdust. As a result of this procedure, it was determined that if the moisture content of the materials used was reduced by mixing in sawdust, good compost could be made.
5. It was also thought that the use of dry vegetable matter would also decrease the moisture content. Various vegetables were combined and the compost was examined. Mixing in dry vegetable matter such as stems and leaves was effective in making compost from the view point of decreasing moisture content and the improvement of ventilation. However, because dry stems and leaves do not decompose easily, a second fermentation of three months or more was necessary.
6. As a result of these examinations, it was determined that vegetable waste that had a CN ration of about 15 would produce a good quality compost, if a moisture adjustment was carried out. However, because there is a high quantity of moisture and an offensive odor due to fact that ammonia develops during the decomposing process, the use of a sealed type fermentation tank, with an attached deodorization devise, was considered desirable.

Key words: Unused Resources, Vegetable Waste, Composting, Airtight type Composting Plant

緒言

近年の深刻な地球環境規模の環境問題は、農業生産においても環境に配慮した考え方の導入が不可欠となり、生態系を有効に活用した環境保全型農業の展開に力点がおかれている。環境保全型農業技術開発の取り組みは各種試みられているが、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有効活用と良質の有機物の確保に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。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¹⁾。このた

め未利用資源の有効利用のための技術開発が望まれており、著者らはこれまでに、オカラ^{2,3)}、コーヒー粕^{3,4)}等の食品廃棄物の堆肥化に取り組んできた。

一方、農耕地においては野菜屑の処理が大きな問題になっている。野菜屑は圃場に鋤き込まれたり、圃場周辺に堆積し分解処理することが多いが、都市近郊農業においては三浦半島のような大農業地域においても、投棄している野菜屑の処理が大きな問題となっている。野菜類は種類が多く、その性状にも大きな違いがあるため、現在のところ堆肥化等の有効利用技術開発は不十分である。一部では漬物業界が横型発酵槽により野菜屑の堆肥化に取り組んでいるが、技術的には不安定な部分が多く、安定処理のためには解決すべき問題は多い。

野菜屑の発生量は正確には把握されていないが、軟弱野菜の類を除くと、一般的に1haあたり生重で5~20tの野菜屑が排出される。神奈川県の野菜畑は12,000ha程度

あるため、全県で120,000tの野菜屑が排出される計算になる。野菜屑は含水率が高く90%以上あるため、乾物量にすれば12,000t以下にすぎないが、腐敗が早く不潔感が強い等の問題があり、迅速な処理が必要となる。環境を保全する農業技術の確立のためには、良質の有機物の確保が欠かせないが、地域の有機物を地域で使うことが基本であり、農業を永続的に発展させるためには、野菜屑等の圃場廃棄物を圃場に返すシステム作りは不可欠のものであるといえる。

本研究は、県の「堆肥化システム研究事業」及び国の「再生有機物肥料化促進事業」の一環として実施されたものを取りまとめたものである。本研究の実施にあたって農林水産省農産園芸局肥料機械課及び県農業技術課のご協力を得た。ここに記して謝意を表します。

材料及び方法

1. ダイコンの堆肥化条件

(1)堆肥化装置

通気装置付き円筒型80L容試験発酵槽(東海プラントTP-80型)を使用した。

(2)供試試料

ダイコン：掘り上げ後、数日放置した所内産ダイコンの根部分をワラカッター(山本製作所)で50mm程度に切断したもの。

おが屑：所内産鑑賞樹木の剪定屑を、オガコ製造機(タイムリー製)により、数mm程度のおが屑状にしたもの。

(3)試験区

ダイコン6おが屑4混合区：ダイコン切断物と剪定屑を容積比で6:4に混合。

ダイコン5おが屑5混合区：ダイコン切断物と剪定屑を容積比で5:5に混合。

ダイコン4おが屑6混合区：ダイコン切断物と剪定屑を容積比で4:6に混合。

(4)試験方法

ア. 堆肥化方法

ダイコン切断物と剪定屑おが屑を、それぞれの比率に混合したもの約80Lを試験発酵槽に入れ、5L/minの空気を供給した。発酵促進剤や堆肥化物のリターンは使用しなかった。発酵槽投入後12日目に切り返し、38日間発酵させた。

イ. 調査項目

温度変化：熱伝対を利用したデータロガー(日本電子

三栄)により、経時的に測定した。

含水率：一定間隔で採取した試料について105℃乾燥法により測定した。

灰分率：650℃で加熱灰化法により測定した。

C/N比：乾燥粉碎した試料について、炭素窒素自動分析計(住化NC-800)により炭素と窒素含量を測定した。

ウ. 二酸化炭素測定方法

発酵槽の上部排出口に、水分除去装置を付けた二酸化炭素測定装置(理研計器RI-221型)を設置し、10分間隔でデータロガーに測定値を記録した。

(5)試験時期

平成7年12月15日～8年1月22日。

2. 野菜屑・剪定屑混合堆肥化試験

(1)堆肥化装置

強制通気装置の付いた1,200L容の連続投入式縦型発酵槽(ミニプラント)²⁾により20日間一次発酵、強制通気装置の付いた1,000L容の箱形二次発酵槽²⁾で39日間堆肥化を行なった。

(2)供試試料

野菜屑：所内圃場のブロッコリー茎葉、ダイコン屑、サツマイモ茎葉とムギワラを供試した。野菜屑はワラカッター(山本製作所)で50mm程度に切断した。

おが屑：所内産樹木の剪定屑を、オガコ製造機(タイムリー製)により、数mm程度のおが屑状にした。大部分が桑の新梢であった。

(3)試験方法

ア. 堆肥化方法

1回の投入には野菜屑81kgと剪定屑23kgに1次発酵物をリターンとして10kgを混合した。混合物は114kg、約300Lであり、これを7回連続してミニプラントに投入し、一次発酵した。一次発酵物を切り出し、箱形の二次発酵槽に投入した。

イ. 調査項目

含水率：一定間隔で採取した試料について105℃乾燥法により測定した。

有機物量・無機物量：650℃で加熱灰化法により灰分を測定した結果から算出した。

(4)試験時期

平成7年10月27日～平成8年1月26日

3. 野菜屑混合堆肥化試験

(1)堆肥化装置

強制通気装置の付いた1,200L容の連続投入式縦型発酵

槽(ミニプラント)²⁾により10日間一次発酵, 強制通気装置の付いた1,000L容の箱形二次発酵槽²⁾で164日間堆肥化を行なった。

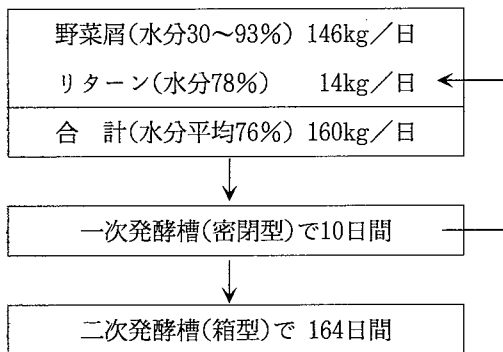
(2) 供試試料

所内圃場から排出される11種の野菜屑を供試した。野菜屑はワラカッター(山本製作所)で50mm程度に切断した後, 混合し一次発酵槽に投入した。

(3) 試験方法

ア. 堆肥化方法

10種類の野菜とムギワラ約3,000kgに10%のリターン(一次発酵物)を混合し, 21回に分けて密閉型発酵槽による堆肥化処理を行った。投入回の平均は160kg, 約300Lであった。堆肥化方法のフローは第1図に示した。



第1図 野菜屑堆肥の製造フロー

イ. 調査項目

含水率: 一定間隔で採取した試料について105℃乾燥法により測定した。

灰分率: 650℃で加熱灰化法により測定した。

C/N比: 乾燥粉碎した試料について, 炭素窒素自動分析計(住化NC-800)により炭素と窒素含量を測定した。

(4) 試験時期

平成7年7月20日~8年1月22日。

結果及び考察

1. ダイコンの堆肥化条件

野菜屑による堆肥製造の可能性を知るために, 水分が多く窒素等の栄養成分が少なく, 悪臭の原因である硫黄化合物を含み, 野菜屑の中でも最も堆肥化しにくいと考

えられるダイコン可食部の堆肥化条件を検討した。ダイコンは含水率が高いため, 剪定のおが屑を水分調節材として使用し, 堆肥化条件を検討した。

(1) 原料の特性

ダイコン及びおが屑の理化学性を第1表に示した。含水率はダイコン84.4%, おが屑10.7%であり, C/N比はダイコン22.5, おが屑88.5であった。ダイコンの含水率は新鮮物では90%程度あるが, 収穫後数日を経過した屑ダイコンを使用したため, やや低い値であった。またおが屑は, 観賞樹木の剪定屑であるためややC/N比が低かった。

第1表 ダイコンとおが屑の理化学的性質の比較

資材	含水率	比重	T-C	T-N	C/N比
ダイコン	84.4%	0.64	46.2%	2.05%	22.5
おが屑	10.7%	0.21	47.8%	0.54%	88.5

これらの資材を混合した結果を第2表に示した。ダイコンとおが屑を容積比で6:4で混合した場合, 新鮮物ではダイコン30.7kg, おが屑6.7kgであったが, 乾物ではダイコン4.79kg, おが屑5.98kgとおが屑がやや多い計算になった。混合物の含水率は71.0%, C/N比は44.9であった。5:5混合では新鮮物ではダイコン25.6kg, おが屑8.4kg, 乾物ではダイコン3.99kg, おが屑7.50kg, 混合物の含水率は66.1%, C/N比は53.6であった。4:6混合では新鮮物ではダイコン20.5kg, おが屑10.1kg, 乾物ではダイコン3.20kg, おが屑9.10kgとおが屑がダイコンの3倍になり, 混合物の含水率は59.4%, C/N比は65.8であった。

(2) 堆肥化過程の変化

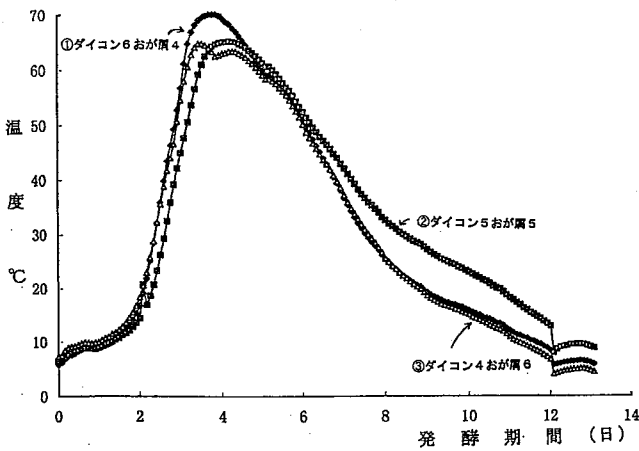
堆肥化の状態把握には温度変化が大きな要因になるが, その変化を第2図に示した。試験時期は12月から1月の外部温度が低い時期であり, かつ発酵補助剤も使用しなかったため最初の2日間はほとんど発熱しなかった。しかし, 2日目以後上昇し4日目には70℃に達したが, その後緩やかに低下し, 10日目を過ぎると20℃まで低下した。12日目に切り返しをしたが, 以後, ほとんど発熱しなかった。温度上昇はダイコン6おが屑4区が最も速かったが, ダイコン5おが屑5区は長期間発熱が継続した。

第2表 ダイコンとおが屑の混合割合と含水率, C/N比の比較

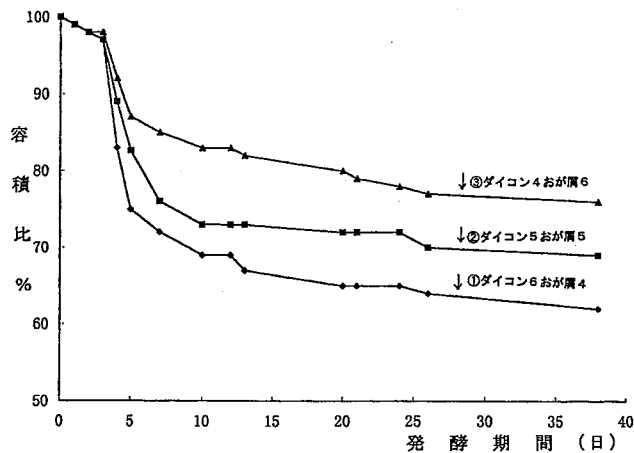
試験区名	ダイコン	おが屑	合計	含水率	C/N比
ダイコン6:おが屑4区	30.7kg(48L)	6.7kg(32L)	37.4kg(80L)	71.0%	44.9
ダイコン5:おが屑5区	25.6kg(40L)	8.4kg(40L)	34.0kg(80L)	66.1%	53.6
ダイコン4:おが屑6区	20.5kg(32L)	10.1kg(48L)	30.6kg(80L)	59.4%	65.8

注: ○内は容積

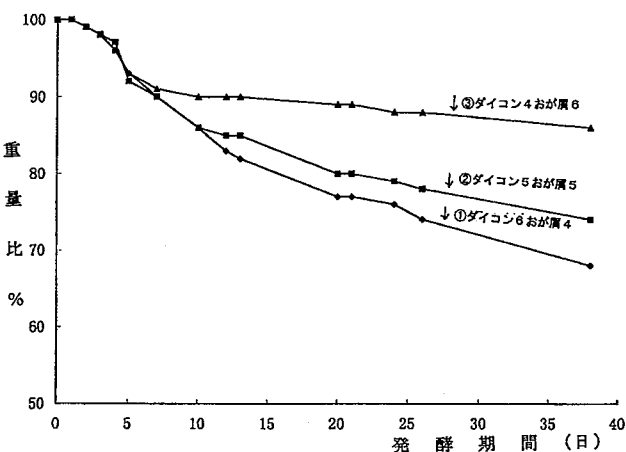
堆肥化過程における容積の変化を第3図に示した。温度変化と同様に、2日目まではほとんど変化しなかったが、発熱が著しくなった2~6日目に急激に減少した。ダイコンの混合比率の高い区ほど減少が著しく、30日目には、ダイコン4おが屑6区では約25%の減少であったが、ダイコン6おが屑4区では35%以上の減少がみられた。このときの重量の変化を第4図に示した。重量も容積と同



第2図 ダイコン・おが屑混合物の堆肥化過程における品温変化



第3図 ダイコン・おが屑混合物の堆肥化過程における容積変化



第4図 ダイコン・おが屑混合物の堆肥化過程における重量変化

じ傾向であるが、30日を過ぎても減少が緩やかに継続し、分解していることがうかがえた。

堆肥化過程における含水率の変化を第5図に示した。発酵がすすむにつれ含水率は上昇し、すべての区で20日以降は70%を越えた。含水率の変化はダイコン5おが屑5区が安定した傾向にあり、25日以後は最も含水率が低く推移した。

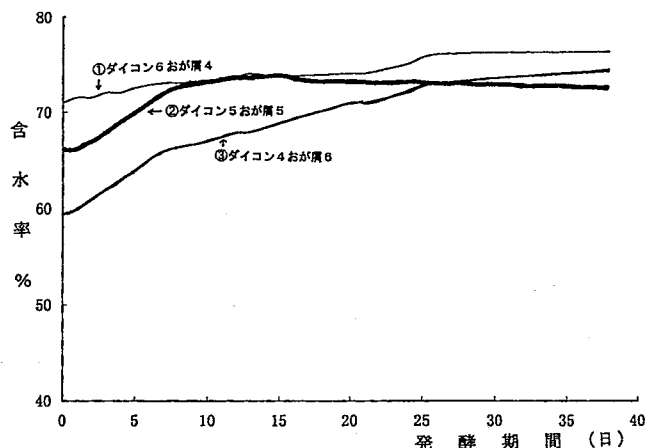
(3)二酸化炭素発生量の変化

二酸化炭素測定装置をデータロガーに接続し、堆肥化過程に発生する量を10分間隔で11日間測定した結果を第6図に示した。図中には10分間隔で測定した二酸化炭素濃度の変化と併せて積算値を表示した。積算値は、作図上1/500にして表示した。

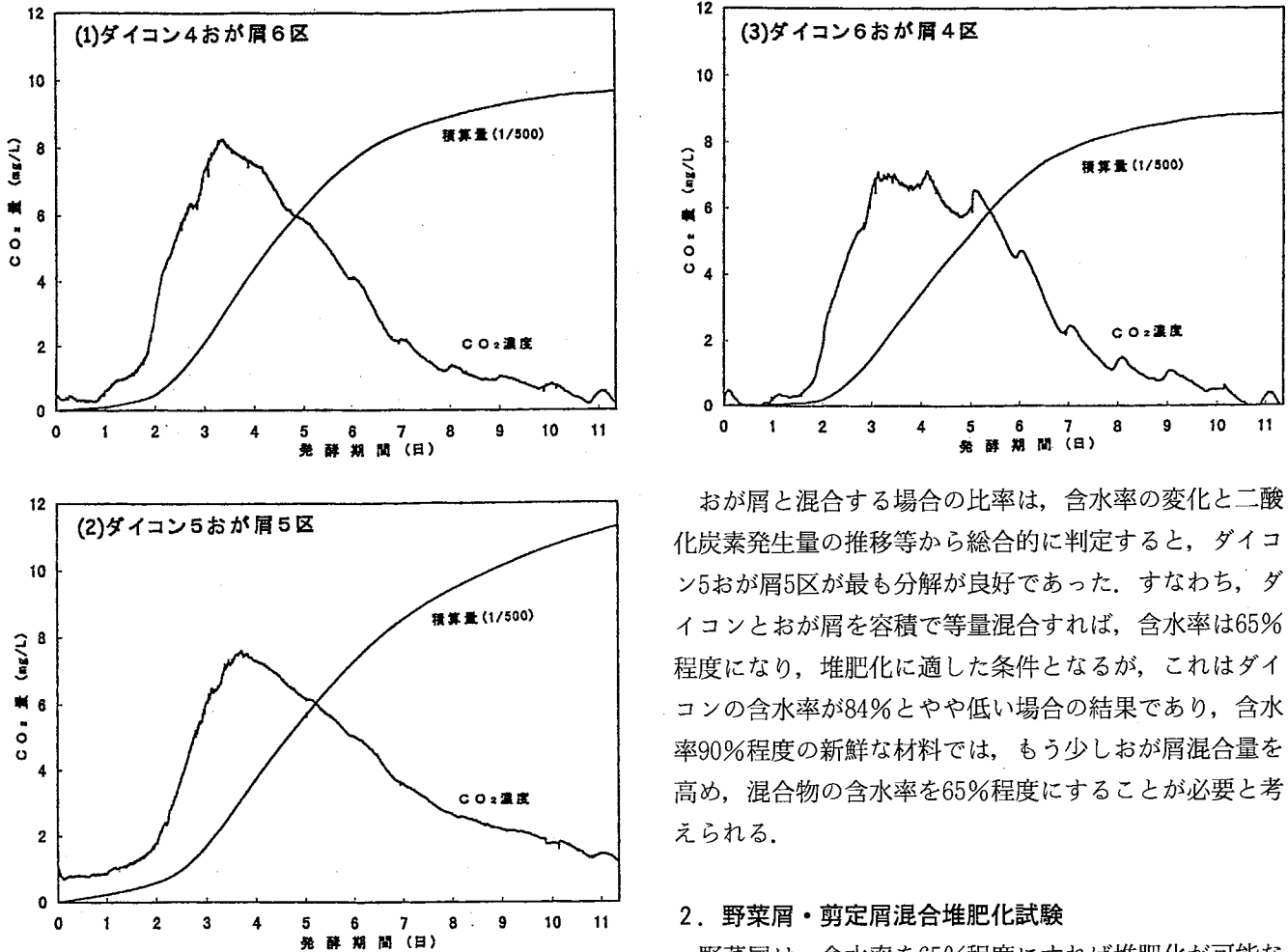
二酸化炭素発生量は、3試験区ともに類似したパターンであり、3~4日後に最大になり、7日を過ぎると発生量が抑制される傾向にあった。二酸化炭素の最大発生量は、ダイコン6おが屑4区の8mg/Lであり、おが屑量が増加するほど最大発生量は低下するが、発生期間が長期化する傾向が認められた。これは、最大発生量には易分解性物質の多いダイコンが関与し、長期間の発生の継続はおが屑が関与するためと考えられた。

11日目の二酸化炭素積算値は、ダイコン6おが屑4区が約5,000mg、ダイコン5おが屑5区が5,500mg、ダイコン4おが屑6区が4,500mgであり、ダイコン5おが屑5区が最も高く、発酵状態が良く、有機物の分解が著しいことがうかがえた。

このように、処理区によって二酸化炭素発生量に差がみられ、発酵状態のモニタリングに適していることは明らかになった。しかし、ここに表示した数値は計測器の値であり、流量によって異なるため、これらの値から炭素分解率を求めるためには、正確な流量の測定が必要である。



第5図 ダイコン・おが屑混合物の堆肥化過程における含水率変化



第6図 ダイコン・おが屑混合物の堆肥化過程における二酸化炭素発生量

(4)ダイコンの堆肥化条件

ダイコンは含水率が高く養分も少ないため堆肥化は困難と考えられていたが、おが屑と組み合わせて含水率を適正にすれば十分堆肥化が可能であった。80Lという小規模実験であったが冬季の外気温が5℃程度の時期に70℃近い発熱がみられたことは、適切な条件さえ設定すれば堆肥化が可能であることを示している。

おが屑と混合する場合の比率は、含水率の変化と二酸化炭素発生量の推移等から総合的に判定すると、ダイコン5おが屑5区が最も分解が良好であった。すなわち、ダイコンとおが屑を容積で等量混合すれば、含水率は65%程度になり、堆肥化に適した条件となるが、これはダイコンの含水率が84%とやや低い場合の結果であり、含水率90%程度の新鮮な材料では、もう少しおが屑混合量を高め、混合物の含水率を65%程度にすることが必要と考えられる。

2. 野菜屑・剪定屑混合堆肥化試験

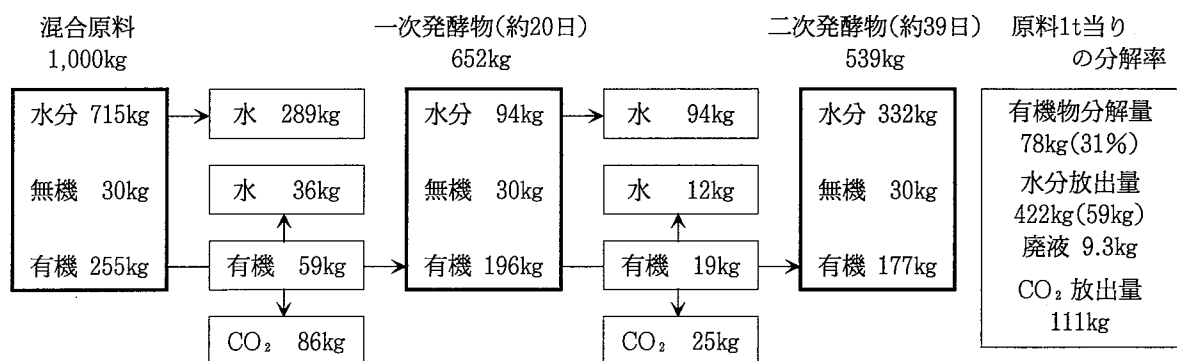
野菜屑は、含水率を65%程度にすれば堆肥化が可能なのがダイコンを用いた試験より明らかになったため、所内圃場から排出される野菜屑と剪定屑を用いて、実用規模に近い規模で堆肥化試験を行った。

(1)原料の特性

一次発酵は7回に分けて行われ、1回の投入には平均、野菜屑80kg、剪定屑23kg、リターン10kg、合計113kg投入した。試験に用いた材料の合計量と成分量を第3表に示した。合計量は、剪定屑160kg、ブロッコリー茎葉237.7kg、ダイコン屑258.4kg、サツマイモ茎葉62.7kg、

第3表 野菜屑・おが屑混合堆肥の供試材料と切りだし品の有機・無機成分の比較

資材名	投入回数	現物量	含水率	乾物量	有機物量	無機物量
観賞樹剪定屑	6	160.6kg	19.4±3.5%	128.1kg	125.5kg	2.61kg
ブロッコリー茎葉	3	237.7	80.7±3.1	45.2	37.9	7.33
ダイコン屑	3	258.4	90.2±4.0	26.6	19.9	6.62
サツマイモ屑	1	62.7	92.5	4.7	3.7	0.97
ムギワラ	1	6.7	7.4	6.2	5.1	1.06
リターン	7	68.0	77.2±0.5	15.6	11.4	4.24
投入物	7	793.5kg	71.5±4.5	226.4kg	203.5kg	24.2kg
切り出し品	5	517.3kg	65.3±1.5	179.5kg	155.3kg	24.2kg
一次発酵分解率		34.8%		20.7%	23.7%	0.0%



第7図 野菜屑・おが屑混合堆肥の製造過程における物質収支モデル

ムギワラ6.7kg, リターン68kg, 合計793.5kgであった。野菜屑はすべてを7回に区分したわけではなく、圃場からの排出にともない変化したが、それは表中に投入回数として記載した。

原料の平均含水率は、剪定屑19.4%, ブロッコリー茎葉80.7%, ダイコン屑90.2%, サツマイモ茎葉92.5%, ムギワラ7.4%, リターン77.2%であり、投入混合物の平均は71.5%であった。乾物量は、剪定屑128.1kgに対し、ムギワラを含む野菜屑は82.7kgであり、剪定屑の比率が高くなった。

(2)堆肥化過程の変化

水分の多い野菜屑と水分の少ない剪定屑を混合したため、投入物の含水率は68%程度であり、適切な水分状態になった。このため、発酵状態は良く、一次発酵では65~70℃程度の高温が持続した。一次発酵物(切り出し品)の含水率は、平均65.3±1.5%と安定していたが、これは発酵の良好さを示している。

(3)堆肥化過程の物質収支

発酵過程の物質収支モデルを第7図に示した。原料

1,000kgのうち715kgが水、255kgが有機物であるが、一次発酵により水は発熱にともなう蒸散で426kgに減少し、有機物は微生物分解により196kgに減少した。これは一次発酵により有機物の約24%が分解したことを示している。この一次発酵の有機物分解にともない、水36kg、二酸化炭素869kgが生成する。これに対し、二次発酵では水94kgが蒸散し、有機物19kgしか分解しなかったが、これは一次発酵20日に対し、二次発酵期間が39日と短かったためである。二次発酵期間が短かったため、一次と二次発酵の59日間間に有機物の31%しか分解しなかったが、一次発酵、二次発酵ともに発酵状態は良好であり、二次発酵を長期間堆積すれば良好な堆肥が製造できると考えられた。

3. 野菜屑混合堆肥化試験

野菜屑の堆肥化は含水率の高さが問題であり、含水率をおが屑等の低含水率資材を混合すれば堆肥化が良好に行われることが先の試験で明らかになった。含水率の調節のためには、おが屑だけでなく、乾燥した野菜屑の使

第4表 野菜屑混合堆肥の供試材料と切りだし品の成分の比較

資材量	投入回数	現物量	含水率	乾物量	灰分	T-C	T-N	C/N比
レタス屑	2	199.5kg	92.8kg	14.4kg	40.1%	35.2%	4.65%	7.6
コマツナ屑	1	75.7	80.0	15.1	10.0	40.0	4.50	8.9
ブロッコリー屑	1	18.3	76.6	4.3	18.3	44.3	4.49	9.9
キャベツ屑	3	241.9	81.8±6.3	40.6	38.7	36.7	3.28	11.2
トウモロコシ茎葉	9	1037.9	77.0±17.3	210.9	28.3	39.8	3.68	10.8
ラッカセイ茎葉	5	171.9	36.7±32.9	74.3	13.0	43.5	2.60	16.7
タヌキマメ茎葉	1	44.9	63.6	16.3	12.6	43.9	2.38	18.4
サツマイモ茎葉	8	923.1	76.6±3.3	215.7	17.7	42.3	2.23	18.9
モロヘイヤ茎葉	3	148.0	75.4±2.3	9.2	15.4	40.0	2.03	19.7
ナス茎葉	2	182.2	66.5	59.4	11.5	42.7	2.07	20.6
ムギワラ茎葉	2	22.2	30.3	15.9	16.4	44.5	0.40	111.2
リターン	21	297.5	68.4±0.4	92.2				
投入物	21	3363.1	76.4±5.5	794.4	21.1	41.2	2.84	14.5
切り出し品	28	1796.8	78.5±1.6	511.9				
一次発酵分解率		46.6%		35.6%				

用も可能と考えられた。すなわち、資材の組み合わせを工夫すれば、野菜屑だけで堆肥を製造することが可能と考えられた。このため、各種の野菜を組み合わせ、野菜屑だけで堆肥を製造する試験を実施した。

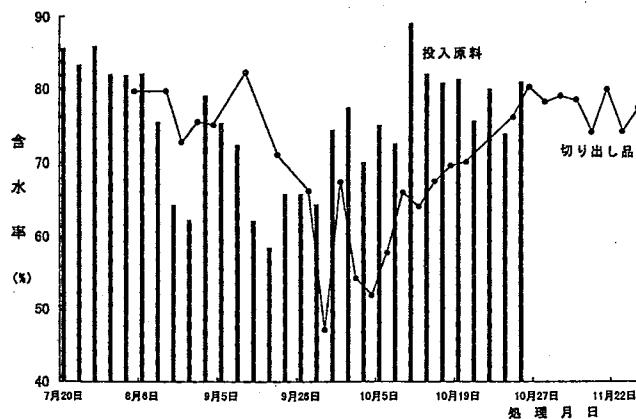
(1)原料の特性

供試した11種の野菜屑等の性質を第4表に示した。キャベツやレタスの外葉やコマツナなど野菜屑では含水率が80%以上あり、また窒素含量も高くC/N比が低い特性があり、このままでは堆肥化は困難である。これに対し茎葉類は幅が広く、ブロッコリー茎葉や新鮮なトウモロコシ茎葉は含水率が高くC/N比が低いが、ラッカセイの茎葉や莢は含水率が低く、水分調節に役立つ。また、ムギワラは含水率が低く、C/N比が高いため、野菜屑に混合するには適した資材である。

(2)堆肥化過程の変化

各種の野菜屑を組み合わせた連続投入試験は毎回原料が異なるが、21回連続して投入し、野菜屑は合計3,065.6kgにも及んだ。投入量の合計は、リターン297.5kgが加わるため3,363.1kgであった。この投入物の平均含水率は76.4%であり、やや高いが、縦型発酵槽では適切な含水率であった。また、平均C/N比は14.5であり、やや低いものの妥当な値となった。

21回野菜屑を連続投入したときの、投入物の含水率と切り出し品(一次発酵物)の含水率変化を第8図に示した。図の棒グラフ表示が投入原料、折れ線グラフ表示が切り出し品の含水率を示している。縦型発酵槽の中に10~20



第8図 野菜屑混合堆肥発酵槽投入原料と切りだし品の含水率の変化

日間滞留しているため、投入原料に比べ切り出し品の表示が10~20日間遅れて表示されている。

投入物の含水率は最高88%,最低58%とふれが多かったが、平均含水率は76.4%と適水分状態であった。切り出し品の含水率は、原料の含水率が60~70%では50%程度であるが、70~80%では70%,80~90%では80%程度になった。切り出し品の含水率が80%になると部分的に嫌気発酵になり良好な発酵が行われない傾向があり、投入原料の含水率が70%程度のときの発酵状態が最も良好であった。

含水率が80%以上の野菜屑だけを投入すると、一次発酵途中で多量の水が発生し、廃液(ドレン)として発酵槽から排出された。本試験では含水率が88%にも及ぶ野菜屑を投入したため、原料1,000kgから125kgもの廃液が流出した。原料の含水率が75%以下になると廃液の流出はほとんど認められなくなった。また、C/N比が低く含水率の高い野菜屑を投入すると悪臭が発生するが、本試験に用いた発酵槽には微生物脱臭装置が付属しているため、切り出し時以外には悪臭の発生が認められなかった。

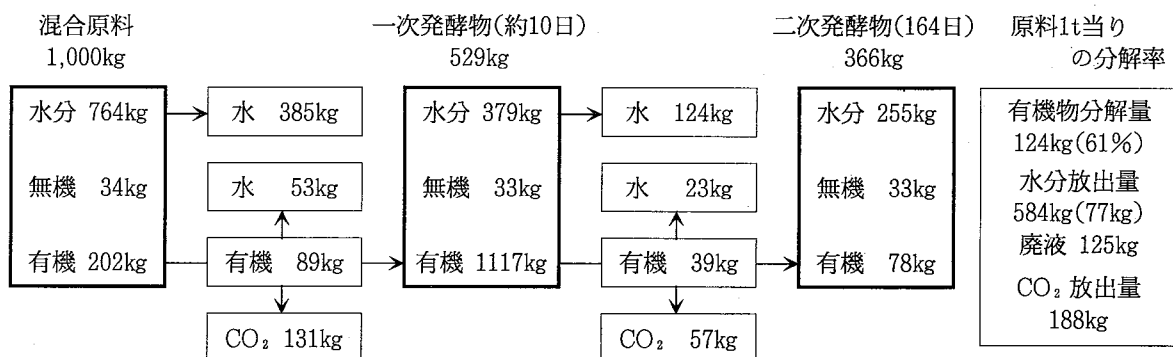
二次発酵を164日間行った結果を第5表に示した。最初の56日で約50%の有機物が分解したが、その後の分解は緩やかであり、その後の108日で数%しか分解しなかった。二次発酵を終えると有機物の61%が分解したが、木質化したナスやブロッコリーの茎の分解は遅れていたため、やや茎が目立ち、荒い形状であった。しかし、これら未分解の茎類を除外すると形状及び臭気ともに良好な堆肥となった。

(3)堆肥化過程の物質収支

野菜屑堆肥の物質収支モデルを第9図に示した。野菜屑1,000kgには202kgの有機物が含まれるが、一次発酵で有機物の42%が分解し117kgになった。この有機物分解にともない、53kgの水と131kgの二酸化炭素が生成する。また二次発酵では、有機物117kgのうち33%に相当する39kgが分解し、23kgの水と57kgの二酸化炭素が生成する。水分は一次発酵により原料の50%に相当する385kgが蒸散し、二次発酵では33%に相当する124kgが蒸散する。一次発酵で無機物が1%減少しているが、これ

第5表 野菜屑混合堆肥の二次発酵による有機・無機物質量の変化

資材名	月日	現物量	含水率	灰分率	乾物量	有機物量	無機物量
二次投入物	8/9	389kg	77.5%	13.7%	87.5kg	73.8kg	13.7kg
切り返し1	10/4	185	72.6	27.1	50.7	37.0	13.7
切り返し2	1/22	152	69.5	29.7	46.2	32.5	13.7
二次分解率			60.9%		47.2%	56.0%	0.0%



第9図 野菜屑混合堆肥の製造過程における物質収支モデル

は廃液が125kg流出し、その中に含まれて外部に流出した量である。

本試験の結果から、野菜屑だけでも堆肥化は可能であることが明らかになったが、原料の含水率が80%程度になると、堆積中にアンモニアガスや悪臭を伴う黒い廃液が大量に発生するため、密閉型発酵槽と脱臭装置が不可欠であり、野菜屑を単独で堆肥化するためには、これらの装置をそなえた大型プラント設置が不可欠と考えられる。

4. 総合考察

(1)野菜屑堆肥化の問題点

野菜屑は圃場に鋤き込まれたり、圃場周辺に堆積し分解処理することが多いが、都市近郊農業においては、その処理が問題になっている。また、市場や小売店、漬け物等食品産業においても生成する野菜屑の処理が大きな問題となっている。しかし、野菜類は種類が多く、その性状にも大きな違いがあるため、現在のところ堆肥化等の有効利用技術開発は不十分である。

野菜屑は種類が多いが、その一部を神奈川県肥飼料検査所が分析した結果⁶⁾を第6表に引用した。これによる

と、リン酸は少ないが、窒素やカリ等の肥料成分含量が高く、堆肥化すれば有効な資源に生まれ変わらせることができる。しかし、堆肥化する上での最大の問題は含水率の高さであり、乾燥するか、水分調節材を添加して、堆肥化に適した含水率である60%程度にすることができれば、良質の堆肥の生産が可能になるといえる。また、第6表に示したように、種類により成分に違いがあるため、多種類の野菜屑を混合することが、成分の均一化に役立つといえる。

現在、野菜屑が有効利用されているのは、家畜糞等の堆肥の中に混合されている事例がみられる程度である。また、食品産業や市場等で野菜屑の処理装置が導入されている例もあるが、これは「家庭ごみ処理装置」と同様の構造をした装置が使用されており、野菜屑減量化を目的とした処理装置であり、良質の堆肥生産装置とは言い難い。また、研究事例も少なく、著者らのトウモロコシ屑とオカラの混合堆肥⁵⁾や野菜屑とコーヒー粕の混合堆肥⁷⁾の研究事例や、大阪府農林研究センター^{8,9)}における加熱乾燥型処理装置を用いた野菜屑堆肥化の研究事例はみられる程度であり、加熱処理をしないで野菜屑だけで堆肥化した研究事例はほとんどない。

第6表 野菜類の理化学成分の特性比較 (肥飼料検査所分析, 含水率以外は乾物含量)

作物名	含水率	灰分	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
キャベツ	85.3%	12.5%	3.36%	1.24%	5.16%	1.89%	0.47%
コマツナ	89.2	25.7	3.82	1.59	10.7	2.23	0.69
ハクサイ	85.0	28.8	3.82	1.82	11.0	4.67	1.03
タマネギ	81.3	6.1	1.30	0.57	1.21	1.60	0.28
ニンジン	73.2	8.4	1.55	0.70	4.16	0.69	0.18
ジャガイモ	79.3	5.6	1.77	0.64	3.02	0.02	0.18
ナガネギ	87.9	8.1	3.72	1.15	3.38	0.87	0.40
キュウリ	93.8	12.4	3.04	2.21	6.87	0.52	0.34
ダイコン(葉)	91.9	19.8	2.71	0.51	7.53	3.86	0.39
ダイコン(根)	93.8	15.3	2.56	0.61	8.62	0.32	0.21
カボチャ屑	60.6	25.2	2.67	0.91	4.56	8.95	1.97
メロン屑	81.9	23.3	1.69	0.48	4.17	8.65	2.47

第7表 野菜屑単独堆肥における野菜屑の組み合わせ例

水分状態	適切な野菜屑の組み合わせ例
高水分	<ul style="list-style-type: none"> 水分調節剤として利用可能な物：乾燥した茎葉 稲わら、麦わら等のわら類 トウモロコシ茎葉、ラッカセイ茎葉、ナス茎葉、 タヌキマメ茎葉等
中水分	<ul style="list-style-type: none"> 単独で堆肥化が可能な物：野菜類の茎葉類 サツマイモ茎葉、モロヘイヤ茎葉、ブロッコリー茎葉、 トウモロコシ茎葉類（新鮮物）等
低水分	<ul style="list-style-type: none"> 水分調節が必要な物：葉菜類や根菜類の屑 キャベツ屑、レタス屑、コマツナ屑、ホウレンソウ屑、 スイカ屑、ニンジン屑、ハクサイ屑、ネギ屑等

(2) 野菜屑堆肥の製造方法

本研究においては、ダイコンを用いた堆肥化方法から、おが屑を混合した含水率調節による堆肥化、野菜屑組み合わせによる堆肥化の3段階における検討を行った。この結果、以下のことが明らかになった。

野菜屑は含水率が高く腐敗しやすいため堆肥化しにくい、C/N比は15程度であり、水分調節さえ行えば良質の堆肥とすることができる。野菜屑は水分が多く、発酵途中でアンモニアの揮散や有機酸の生成に伴う悪臭が発生するため、脱臭装置の付いた密閉型発酵槽の使用が好ましい。通気装置の付いた縦型の発酵槽を用いれば、含水率は70%程度で堆肥化が可能であるが、一般的な野外堆積法では堆肥化は困難であると考えられる。

含水率を低下させるためには、おが屑のような低含水率資材を混合することが一般的であるが、木質分解に6か月以上の期間¹⁰⁾を必要とするため、乾燥した野菜の茎葉の組み合わせが適している。乾燥した茎葉を混合すると、含水率の低下だけでなく、通気性の改善効果があるため、堆肥化には有益である。しかし、乾燥した茎葉は分解しにくいいため、3か月以上の二次発酵が必要である。野菜屑の組み合わせの事例を第7表に示した。

また、野菜屑の堆肥化にあたっては、事前の細断処理も重要である。高含水率で形状が様々な野菜屑を堆肥化するためには、野菜屑の破碎装置と水分調節の方法のふたつが重要な問題である。破碎機は、木質の場合は繊維を細断するためにハンマークラッシャーのような組織を潰す方式が好ましいが、野菜屑を潰すと水が出るため、組織を潰さないで刃物で切断する方式が適している。

(3) 未利用資源堆肥化の意義

神奈川県農業発展のためには、都市との共栄が必要であり、有機性廃棄物である未利用資源の農業利用技術開発は欠かせない問題である。未利用資源の農業利用は、堆肥化が最も実用性が高い技術であると考えられる。資

源リサイクル社会の実現は、都市と農業が混在する本県には不可欠である。しかし、未利用資源の堆肥化技術は、まだまだ研究が始まったばかりであり、今後の技術開発に待っ点が多い。本報告で示した結果は、高価な密閉型の発酵槽を用いたものであり、今後、これらの技術を現場で適用しやすいものにするために、さらに研究開発をしてゆく必要がある。

引用文献

- 1) 労働科学研究所(1992)：堆肥化システム推進実態調査結果
- 2) 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(第1報)縦型発酵槽を用いたオカラ単独堆肥製造, 神奈川農総研報137号, 25~34
- 3) 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(第2報)縦型発酵槽を用いたコーヒー粕単独堆肥の製造, 神奈川農総研報137号, 35~42
- 4) 藤原俊六郎・竹本稔・武田甲(1996)：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, 神奈川農総研報137号, 43~50
- 5) 神奈川県園芸試験場(1995)：平成6年度環境関係試験成績書
- 6) 神奈川県農政部農業技術課(1997)：未利用資源堆肥化マニュアル, 59~61
- 7) 神奈川県農業総合研究所(1997)：平成8年度試験研究成績(農業環境), 135~142
- 8) 農産業振興奨励会(1994)：平成5年度再生有機肥料安定供給推進事業報告, 109~118
- 9) 農産業振興奨励会(1995)：平成6年度再生有機肥料安定供給推進事業報告, 82~98
- 10) 未利用資源堆肥化事典(1997)：農文協