

Bulletin  
of the  
Agricultural Research Institute of Kanagawa Prefecture  
No.127

神奈川県農業総合研究所  
研究報告

第 127 号

昭和60年 3月

神奈川県農業総合研究所  
(神奈川県平塚市寺田縄)

Agricultural Research Institute of Kanagawa Prefecture  
Teradanawa, Hiratsuka-shi, Kanagawa-ken, Japan

農林水産技術会議

昭和 60.8.16 受領

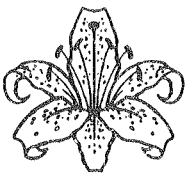
情報センター

略 号

神奈川農総研報 第127号

Bull. Agri. Res. Inst.

Kanagawa Prefect. No. 127



目 次

論文要旨	1
緒言	2
第1章 本県におけるコンポスト生産の歴史と現状	2
第1節 コンポスト生産の技術的変遷	2
第2節 三浦市堆肥(コンポスト)化問題研究委員会の活動と結論	4
第2章 機械分別ごみと手選別ごみコンポストの理化学的持性	6
第1節 資源再生利用技術システムの概要と一次発酵処理中のコンポストの変化	6
第2節 手選別と機械分別ごみコンポストの成分比較	8
第3節 堆積中におけるコンポストの理化学性の変化と土壌中における分解特性	9
第3章 コンポストの施用効果と重金属収支	13
第1節 普通作物および園芸作物に対する施用効果	13
第2節 一般成分および重金属吸収に及ぼす影響	17
第3節 腐植質火山灰土壌に対するコンポストの施用効果と重金属の吸収特性	20
第4節 土壌病害に及ぼす影響	26
総合考察	27
総括	29
引用文献	31
英文Summary	36

## 都市ごみコンポストの農業利用に関する実証的研究

松崎敏英 和地 清 鎌田春海 山田 裕  
望月正之 山田良雄 宇田川晃 増山幸三  
近岡一郎\* 林 英明 隅田裕明\*\*

### Practical Studies on the Utilization of Municipal Refuse Compost

Toshihide MATSUZAKI, Kiyoshi WACHI, Harumi KAMATA,  
Hiroshi YAMADA, Masayuki MOCHIZUKI, Yoshio YAMADA,  
Akira UTAGAWA, Kozo MASUYAMA, Ichiro CHIKAOKA,  
Hideaki HAYASHI, Hiroaki SUMIDA

### 論文要旨

資源愛護の掛声とは裏腹に、戦後、本県ははじめ全国各地に建設されたごみの高速堆肥化処理施設が、なぜ衰退したのか。望ましいコンポストとは何か、について、“分ければ資源、混ぜればごみ”の徹底が唯一の解決策であることを実証し、望ましいコンポストについて提言する。

- 1) かつて、ごみの高速堆肥化処理に関する研究開発と施設の運転は、本県を中心に展開された時代があった。衰退した原因は、ごみ質の悪化にあったが、三浦市堆肥化問題研究委員会は、農業サイドによるプラント運営と、徹底した分別収集を行うことにより、施設費やエネルギー収支および有害物質の混入などの問題が解決できると結論した。
- 2) 現状における分別機械では、農業者が安心して利用できるコンポストの生産は不可能に近い。家庭における徹底した分別を行うことにより、コンポストの重金属含量を普通堆肥や土壌のバックグラウンドにまで低下できることを実証した。
- 3) コンポストの施用効果は、堆肥と変わりがない。一般に冬作物および窒素に対するレスポンスの高い作物に効果があり、土壌改良効果も高い。また、コンポストの施用が、土壌病害の原因とはなり得ないと判断された。
- 4) コンポスト中の重金属類の農作物によるほ場外への持ち出しや溶脱量は、きわめて少量であり、そのほとんどが作土に蓄積される。
- 5) 蓄積性の高い重金属は、亜鉛と水銀であり、とくに亜鉛は、土壌および植物体による重金属の蓄積や吸収の指標になる。

神奈川県農業総合研究所 平塚市寺田縄496

\*現農政部農業技術課

\*\*日本大学農獣医学部

脚注) コンポストとは、堆肥を意味するが、ここでは従来からの慣例に従い、ごみを原料とした人工堆肥と定義する。

## 緒 言

資源リサイクルのための技術開発やシステムづくりに多くの人々の関心が集まっている。このままのペースで経済が成長し、人口が増加するならば、比較的近い将来において、資源が涸渇してしまうことは、まず間違いない。

ごみや汚泥等の有機性都市廃棄物の再生利用は、ヨーロッパやアメリカ合衆国および国連等の国際機関を中心にかなり古くから行われてきた<sup>1, 5, 6, 15, 15, 29, 43, 45, 60, 61, 64, 66, 77</sup>。我が国でも農林水産省<sup>57, 58</sup>、厚生省<sup>54, 55, 59</sup>、通産省<sup>62, 70</sup>、工業技術院<sup>33</sup>、環境庁<sup>10, 11, 12, 13, 14</sup>、建設省<sup>41</sup>、クリーンジャパンセンター<sup>41</sup>、日本土壌肥科学会など、各方面で精力的な調査研究が行われており、多くの成果や総説、<sup>7, 8, 20, 30, 37, 42, 44, 46, 52, 65, 69, 73, 74, 75</sup>評論等<sup>34, 65</sup>が発表されている。

しかし、これらの研究には、おしなべて次の二つの問題点があることを指摘したい。その一は、資源を再生利用するためのエネルギーの収支バランスについて、突込んだ調査研究が行われていないことと、その二は目的以外の物質、例えば不純物や有害な成分が再生産物に混入する恐れが多いことである。もちろん都市ごみの再生利用もその例外ではない。

本県におけるごみの農業利用は、古くは大正の中期にさかのぼり<sup>32</sup>、戦後におけるコンポストプラントの開発研究と実用機の設置は、全国に先がけて行われた実績がある<sup>9, 22, 38, 39</sup>。

昭和30年代から40年代にかけて、42基のプラントが

全国各地に建設されたが、現在稼働中のものは19基に過ぎない。ごみ質の悪化は、再生利用のための研究開発のペースをはるかに上回ったからである。そして、これといった解決策がないまま、相変わらず埋立と焼却処分にはほとんどそのすべてを託ねている。

多くの場合、ごみの再資源化は、衛生行政の一環として行われてきた。本報では、農業者の立場から問題点を掘り下げ、農業者が安心して利用できるコンポストとは何か、について提言する。

なお、本研究において使用したコンポストは、都市ごみの100%再生利用を目的として開発されたスターダスト80計画（工業技術院大型プロジェクト）のテストプラントから生産されたものである。

かけがえのない土壌資源の保全と、有機性都市廃棄物の適正な利用法を確立することは、本県農業にとって重要な課題である。本研究は、このような時代的な要請と新しいコンポスト処理施設より生産されたコンポストの施用効果を確認するため、所内関係各科の共同研究として実施されたものである。

研究の推進に当り、元神奈川県農業総合研究所、滝下勤所長、同元技術研究部、山本実部長、ならびに竹澤秀夫部長には、終始ご指導をいただいた。また、関係各科の科員各位にも多大なご援助をいただいた。これらの方々に厚く御礼を申し上げる次第です。

## 第1章 本県におけるコンポスト生産の歴史と現状

### 第1節 コンポスト生産の技術的変遷

戦後、我が国に建設された都市ごみの高速堆肥化処理施設（High-Rate Composting Plant、以下コンポストプラントという）は、42基の多くを数えたが、昭和42年の32基をピークに、現在は19基が稼働しているに過ぎない<sup>34, 65</sup>。

資源の再生利用が叫ばれているにもかかわらず、コンポストプラントが、かくも衰退した原因は何か。このことについては、すでに都市サイドから多くの見解が述べられている<sup>5, 30, 52, 54, 55, 63, 65</sup>。ここでは、農業者から見た都市ごみの堆肥化処理の変遷と問題点について総括したい。

イタリアのBeccari<sup>65</sup>によって、はじめて近代的な都市ごみの堆肥化処理が試みられたのは、1920年であった。

本法は回分（バッチ）式のごく簡単なものであったが、1931年にフランスのBordier<sup>65</sup>は、通気することにより、より好気的な雰囲気でごみを堆肥化する方式を開発した。その後、多くの改良が加えられた結果、1939年に歴史的な装置がアメリカで開発された。アーブ・トーマス式（Earb-Thomas Process）と呼ばれる縦型多段槽による堆肥化方式がそれである。8槽からなる縦型の発酵槽の最上段にごみを投入し、通気しながらすき返しを行い、堆肥化を促進させながら、逐

次ごみを下段に移動させ、3日後に最下段の8槽目からコンポストを取り出す方式である。この方式のもう一つの特徴は、ごみに対して特殊なバクテリアを接種し、より効果的に堆肥化処理を行うことであった。その後、バクテリアの接種効果は疑問視され、現在はこの方式を含め、コンポスト生産において菌の接種を行っているという報告は見当たらない。しかしながら、特殊な菌の接種は、今後出現するであろう高度に管理された堆肥化処理システムでは、その可能性は否定し得ない。

この間にも、1933年には、我が国にもなじみ深いダノ(Dano)式発酵槽の基本型が開発された。横型の回転胴内にごみを投入し、通気しながら堆肥化を行う方式である。多くの改良が加えられた結果、この方式は、世界的な評価を受け、我が国にも19基が建設された<sup>56)</sup>。1961年には、その一基が小田原市に導入され、1973年まで稼動した。

この他、固定型のものとしては、ピン法やプラット法が有名であるが、この二つの方式は、基本的には同じものと考えてよい。金網で周囲を囲った枠の中にごみを投入し、ごみの内部に空気を圧送しながら堆肥化を行う方式である。施設費とランニングコストが低いばかりでなく、運転操作が容易な点が注目された。プラット式は、1965年から1974年まで三浦市に設置された。

ところで、我が国のごみの堆肥化処理は、欧米諸国より、かなり遅れて出発したが、ごみの農業利用は、かなり以前から行われていた。本県ではじめて都市ごみの堆肥化を取り上げて奨励したのは、1920年(大正9年)に神奈川県内務部から発行された「堆肥のすすめ」<sup>32)</sup>にさかのぼる。本県の人口は、当時すでに133万に達しており<sup>31)</sup>、ごみの処理処分と同時に、その資源化は、かなり真剣に考えられていたようである。以下はその一節である。

「現今多くの都会では、此塵芥の棄て場に困って、己むを得ず、埋立地に利用しているような訳で、むざむざ、貴重な肥料を地下に埋没して居るのは誠に遺憾至極であります。故に、都会附近の農家は、適宜組合を組織して、都会の塵芥を蒐集し、之をもって堆肥を製造する様にし度いものであります。近年肥料の施用量は、確かに増したが、其の種類を調べて見ると、大部分は金肥でありまして、——中略——金肥のみで作物を栽培して居りますと、始めは非常に収穫を挙げても、年月を経るに従って、追々収穫物の品質が悪く

なり、収量が減じて遂には農家の資本中、最も貴い土地を荒して仕舞う様なことになるのであります。——中略——是非とも自給肥料を基本にし、而して養分の不足を金肥で補うような肥料配分を行わねばなりません」とある。

このことから、本県農業が古くから都市農業的な性格があったことが伺える。筆者らが調べた範囲では、この文献は、近代農業におけるごみの農業利用についてふれた最も古い文献の一つと思われる。

その後、HutchinsonやRichards<sup>21)</sup>により、堆肥原料に窒素や石灰を添加する速成堆肥の生産方式が我が国に伝えられた。1932年には、その改良法が農林省農事試験場で開発された<sup>56)</sup>。

これらの成果に見られるように、都市サイドにおけるごみのコンポスト化処理は、農業における人力を主とした堆肥の製造方式とは異なり、機械的な一貫処理と、堆肥化期間を少しでも短縮しようとする考え方で貫かれている。しかしながら、このような方式は、主に欧米先進国の都市ごみの処理に視点が置かれた技術開発であった。

統計的な資料は見当たらないが、我が国においても、戦中戦後の肥料不足の時代はもちろんのこと、戦前においてもかなりの量のごみが堆肥原料として利用されていた。にもかかわらず、堆肥化のための技術開発は見るともなげない。当時は、いかにして肥料資源の絶対量を確保するかが関心事であったからであろう。

我が国で近代的なごみの堆肥化処理技術の芽生えが見られたのは、戦後も10年余りを経過した1954～1955年頃のことである<sup>65)</sup>。その背景として考えられるのは、以下の3点に集約される。

1. 1950年の肥料の統制撤廃と相前後して問題になった化学肥料の多用による土壌や農作物に対する悪影響;
2. 消費生活水準の向上に伴うごみ処理問題の台頭;
3. 欧米におけるごみの高速堆肥化処理技術の我が国への紹介、などである。

我が国における最初のごみの高速堆肥化実験は、1954年に神戸市で実施された<sup>65)</sup>。使用された機種は、アーブ・トーマス式の実用機であった。これとほぼ時を同じくして、本県においても、1955年に横浜市神奈川区で、また1956年には平塚市南原で、それぞれ都市ごみの堆肥化実験が開始された<sup>9)</sup>。これらの実験に使用された装置は、ダノ(Dano)式とほぼ同じ横型回転胴式であったが、土井の他、児玉らの神奈川県衛生研究所のス

スタッフと日本コンポスト社による研究開発によるものであった<sup>38,39)</sup>。我が国の都市構造や気候風土に合った自前の技術開発であったことを強調したい。とくに、この方式で注目されたのは、し尿が合併処理できる点であり、国際的にもかなり高い評価を受けた。農業総合研究所においては、このコンポストの成分々析を担当した。その結果、堆肥とほぼ同等の肥料成分があることが確認された<sup>22)</sup>。実用機はNC(日本コンポストの略)式と呼ばれ、全国に5基が設置された。

これらの研究業績は、本県が都市ごみの農業利用や堆肥化装置の開発研究に先駆的な役割を果たしたこととして特記したい。

これらの成果をふまえ、昭和30年代の後半から40年代のはじめにかけて、コンポストプラントの建設はピークを迎えた。そして1980年までに全国に42基のプラントが建設されたが、1974年3月には10基に、また1983年12月現在では19基が稼働しているに過ぎない。なぜこのようにコンポストプラントが衰退してしまったのか。その原因はおおむね次のように集約されよう。

1. 化学肥料が比較的安価に、かつ自由に購入できるようになった。
2. ごみ処理の一貫としてコンポストプラントが運営されたため、農業者の要望に答え得る質の良いコンポストを生産することができなかった。
3. 農業関係者もコンポストの品質管理等について積極的に施設の運営や提言をしなかった。
4. 経済の高度成長にともない、ごみ質が大巾に悪化し、機械分別の技術開発がこれに追いつけなかった。
5. 質の良いコンポストの生産にとって、分別収集制度の採用が最善の方法であることは分かっていても、障害が多く実施に踏み切れなかった。
6. コンポストプラントの周辺住民から、衛生害虫や悪臭による苦情が多くなった。

にもかかわらず、この間にも新しいプラント建設が行われなかったわけではない。ローマクラブの報告やオイルショックにより、昭和50年代のはじめには、あらためて資源の再生利用に人々の関心が向けられた。通産省工業技術院は、1976年から5か年間、都市ごみの100%再生利用を目標とした“スターダスト80”を横浜市に発足させた<sup>62,70)</sup>。また、1973年からは、毎年日米両国でそれぞれ廃棄物処理会議が開催され<sup>7)</sup>、1977年には国際純正応用化学連合に新たに固形廃棄物再資源化委員会<sup>23,45)</sup>が設置されるなど、内外ともに資源再生利用に対する著しい関心の高まりを見せた。そして、ごみ

のコンポスト処理は、1970年代の中頃から第二期のブームを迎える。現在稼働中のプラントの多くは、この時期に設置されたものである。

このように、ごみの高速堆肥化処理技術は、最近の40~50年間に著しい進歩を遂げ、我が国においてもNC式コンポスターや、各種の装置の他<sup>36,40)</sup>、半湿式分別破碎装置のように、国際的にも高い評価を受けているものが開発された。しかし、ごみ質の悪化は、さらにその能力や性能を上回ったことが、コンポストプラントが衰退した最大の原因と考えられる。

## 摘 要

1. 本県農務部によるごみの農業利用の奨励は、1920年にさかのぼり、戦前、戦中を通じ、かなりの量のごみが堆肥として利用された。
2. 我が国における最初のコンポストのプラント実験は、1954年にWHOの指導で神戸市で行われ、ついで1955年から本県で独自の先駆的な研究開発が行われた。
3. コンポストプラントが衰退した最大の原因は、ごみ質の悪化が研究開発のペースを上回ったことと、プラントの運営に農業サイドが参画しなかったこと等による。
4. ごみの利用においても、コストとエネルギー収支を考慮した再生利用システムを開発すること、および公害を発生させないような事前の調査と運転上の配慮が必要である。

## 第2節 三浦市堆肥(コンポスト)化問題研究委員会の活動と結論

都市ごみの農業利用を目的とした、三浦市堆肥対策プロジェクトチームが発足したのは1973年であった<sup>47)</sup>。その後、この組織は、堆肥製造施設対策技術委員会に改組され、1977年まで活動した。検討結果は、1977年3月に三浦市長と農業団体に答申された<sup>47)</sup>。

三浦市が関係機関の協力を得て、この委員会を発足させたのは、堆きゅう肥等の有機物の絶対量の不足を補うのに、当該市域から発生するごみ以外に、適当な資源が見当らなかったからである。この結論をふまえ、1978年には、理論研究から具体的な結論を求めて、三浦市堆肥化問題研究委員会が発足し、1980年まで活動した<sup>47,48,49,50,51)</sup>。

委員会の構成は、三浦市、県農業技術課および環境整備課、農業総合研究所、園芸試験場三浦分場、地区

農業改良普及所、地区行政センターおよび三浦市農業協同組合の関係職員からなっていた。

この委員会の設置とほぼ時を同じくして、都市ごみの100%再生利用を目的とした通産省工業技術院の“スターダスト80”プロジェクトが発足した<sup>62,70)</sup>。委員の一人、松崎は1973年から1980年まで、このプロジェクトの唯一の農業側委員として開発研究に参画するとともに、三浦市のコンポストプラント設置のための情報の収集に当たった。

さらに1978年から1980年には、厚生省が環境整備事務所に委託した“都市廃棄物のコンポスト処理方式の改善ならびに農業利用に関する研究”のケーススタディが三浦市を中心に実施された。この調査には、三浦市の高橋経済部長が委員会を代表して参画した。5か年におよぶ調査結果は、厚生省と三浦市に提出された<sup>54,55)</sup>。この委員会の主要な目的であった“高速堆肥化処理施設構造指針”を作成する過程で、三浦市に適合したコンポストプラントのあり方について、より高い水準の情報を収集することができた。また、調査の最終段階では、代表的なメーカー8社に依頼し、それぞれ方式の異なるコンポストプラントの性能の比較実験を行った。とくに富士電気総合研究所との共同研究では、三浦市域のごみを搬入し、縦形多段槽方式による、ほぼ実用規模に近い実験を行った。

8か年におよぶプロジェクトチームならびに委員会の報告は、その都度三浦市長に答申されたが、それらは、おおむね、次のように要約される。

1. 三浦市域では、年間約18,700トンの堆肥が必要であるが、供給可能量は10,600トンであり、約8,100トンが不足している。これを補充するには、市内から年間約16,000トン排出されるごみを堆肥化するより他に、適当な資源は見当たらない。

2. コンポスト中の異物の混入率を1%以下(プラスチックは、乾基準で0.5%以下)とし、重金属については、肥料取締法ならびに総理府令に定める基準以下とする。

3. ごみの再資源化を図るため、有価物(缶、ビン、古紙等)、堆肥化物、一般ごみ、粗大ごみの4種分別を徹底する。

4. 分別収集を徹底するとともに、半湿式破碎分別装置、もしくは発酵破碎分別装置を利用し、1日当たり50トンのごみから13~19トンのコンポストを生産する。

5. 分別収集を徹底しても、約10%の異物が混入する恐れがあるが、製品コンポスト中の異物を乾基準で

1%以下にする。このため、プラスチック、ガラスおよび金属類を除去するための装置を取り付ける。

6. 良質なコンポストを生産するための発酵方式としては、スクープ式もしくは縦型多段槽式発酵槽方式が適当である。

7. 建設費は、焼却処理施設のそれを下回ることを一応の目安とする。

7か年におよぶ調査結果は、以上のように集約されるが、委員会が答申した分別収集とは、ごみの中から堆肥原料を分別することだけが目的ではなく、ごみを有価物(缶、ビン、古紙等)、堆肥化物、一般ごみおよび粗大ごみの4種類に分別し、それぞれをリサイクルのレールに乗せることであった。これによって、ごみの再資源化を図り、かつ収集から処分にいたる一連のシステムを、より省資源、省エネルギー化することであった。

このシステムにおけるコンポスト化処理は、あくまでも、トータルシステムの一部、すなわちサブシステムとしての位置づけで検討されたことが特徴である。

委員会は、プラントの建設目標を1981年または1982年において作業を進めたが、国および地方自治体の財政難等により、今のところ実現する見込みはない。

## 摘 要

1. 神奈川県最大の野菜産地である三浦市域の有機物を確保するため、三浦市堆肥対策プロジェクトチームが発足したのは1973年であった。その後、この組織は、堆肥製造施設対策技術委員会に、さらに三浦市堆肥化問題研究委員会に改組され、1980年まで活動した。
2. 三浦市域の農業が必要とする有機物は、堆肥換算で年間18,700トンであり、不足分の8,100トンは、当該市域のごみを堆肥化するより他に、適当な資源が見当たらなかった。
3. 委員会は全国におよぶ現地調査や委員会独自のプラント実験を行った。その結果、安全かつ良質なコンポストを生産するには、各家庭の協力による徹底した分別収集が唯一の方法であることを確認した。
4. 当該市域から発生するごみを堆肥化する方式としては、スクープ式と縦型多段槽方式が適当であると判断された。



## 第2章 機械分別ごみと手選別ごみコンポストの理化学的特性

### 第1節 資源再生利用技術システムの概要と一次発酵処理中のコンポストの変化

#### 1. 目的

資源再生利用システムの特徴と、一次発酵処理

中におけるコンポストの理化学的变化を調査する。

#### 2. システムの概要と一次発酵中のコンポストの変化

##### (1) システムの概要

本研究で使用したコンポストは、通商産業省工業技術院が、民間企業10社と共同開発した「資源再生利用システム（通称スターダスト80）」<sup>(62, 70)</sup>から生産されたものである。このシステムは、都市ごみの100%再生利用を目的としたもので、パイロットプラントは、横浜市金沢区の16号埋立地に建設された。

トータルシステムの概要を第1図に示す。1日当りのごみ処理能力は70トンで、4つのサブシステムからなっている。すなわち、プラントに搬入された第2図に示す組成の混合ごみ70トンに対し、あらかじめ7.8トンの水が加えられる。次いで前処理サブシステムの主要な部分を占める半湿式選択破碎分別装置で、厨芥類（第1グループ）、紙類（第2グループ）およびプラスチック類（第3グループ）に、それぞれ分別される。70トンのごみから分離された第1グループの38.6トンの厨芥類は、高速堆肥化サブシステムで7.2トンのコンポストに、第2グループの15.0トンの紙類は、精製パルプ化システムで5.9トンの精製パルプに、また第3グループの23.7トンのプラスチックを主とする第1および第2グループ以外の有機雑芥は、熱分解ガス化サブシステムで5.520Nm<sup>3</sup>（6,470Kcal/Nm<sup>3</sup>）の燃料ガスにそれぞれ変換される。

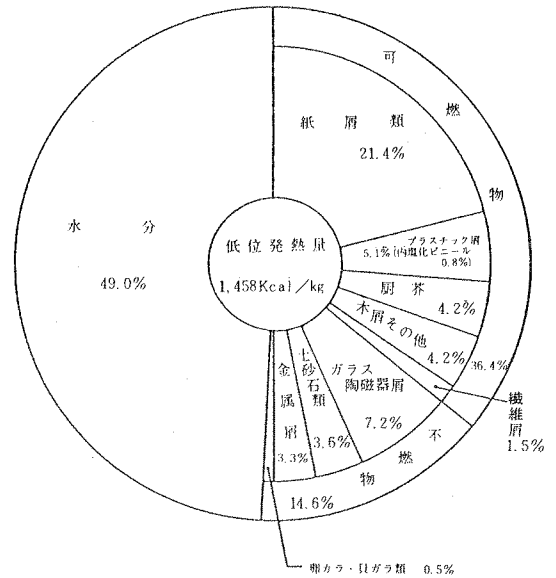
本研究において使用したコンポストは、このシステ

ムの第1グループの厨芥を主とする生ごみから生産されたものである。

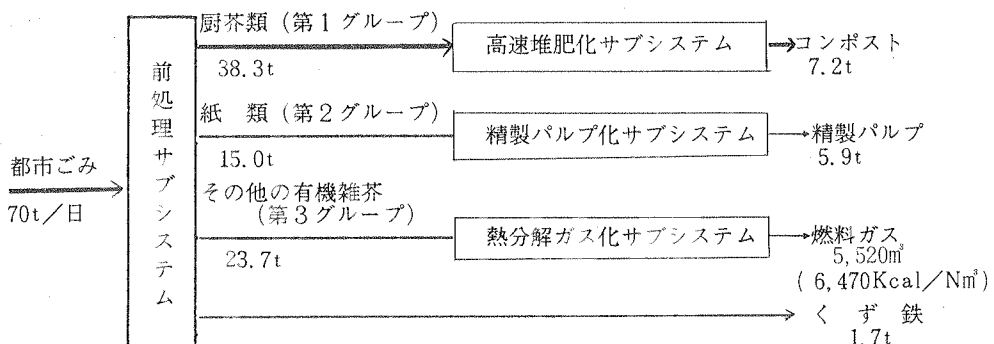
##### (2) 堆肥化処理方式と装置の運転条件

1) 堆肥化処理方式：この施設における高速堆肥化サブシステムは、スクープ式（すき返し式攪拌装置付角形発酵槽・底部通気構造）が採用された。この方式は、伊沢らが開発し、日本製鋼所が改良を加えたものである。発酵槽の大きさは、巾3.5m、長さ35m、深さ2.3mで、屋内に設置された。

2) 運転条件：供試したコンポストは、1980年3月19日に収集されたごみを機械分別後、1日24時間、7日間の連続運転で生産されたものである。原料ごみ1トンに対して、装置の底面より常時100～



第2図 供試ごみの組成 (工技院)



第1図 資源再生利用システムのプロシート

300ℓ/minの空気を送入した。

一次発酵処理が終わったコンポスト中には、相当量のガラス、石、陶磁器、プラスチック等の爽雑物を含むから、これを機械選別し、10mmの篩にかけ、さらに所定の期間、屋内に堆積して2次発酵（養生）処理して製品コンポストとした。

(3) 一次発酵中におけるコンポストの変化

7日間の一次発酵処理中、有機物の腐熟化と関連のある、主要な項目について調査した結果を、第1表に示す。発酵槽に投入された直後のごみの品温は、18℃であったが、翌日には60℃に急上昇し、2日後には72℃に、3日後には73℃の最高値に達成した。その後、品温はやや低下するようであったが、ほとんど変化することなく、7日間の一次発酵処理期間を終了した時の品温は72℃であった。

この間、通気を継続し、定期的に切り返しを行って、発酵槽内を酸化的な雰囲気を保つようにしたが、生ごみ特有の悪臭が発生し、3～5日後にピークに達した。臭気が強いときのごみは青灰色を呈し、かなり強い還元的な雰囲気のもとで一次発酵が行われた。葉菜類のように高水分の軟弱なものは、ほとんど原形をとどめないまでに変化したが、柑橘類の皮やダンボール片等は、ほぼ原形をとどめていた。

次にHertelendy<sup>19)</sup>や、井の子、藤原ら<sup>23, 24, 25)</sup>によって紹介された円形ろ紙クロマトグラフ法による一次発酵処理コンポストの腐熟度を調査したところ、一次発酵終了時に、わずかではあるが、ろ紙上に腐熟化の指標となる鋸歯状のクロマトグラムが認められた。なお、一次発酵を終ったコンポストを、それぞれ10mmと15mmの篩で精選別した製品は、いずれも褐色を呈し、かつ、篩目の小さいものほどコンポストとしての外見の性状は良好になった。

次に一次発酵中のコンポストの成分の変化を第2表に示す。各項目とも7日間の一次発酵処理期間中の分析値は、変動が大きく、特徴的な変化は認められなかった。しかし、投入した当日と一次発酵が終了した時点で比較すると、わずかではあるが、電気伝導度、粗灰分、陽イオン交換容量および無機成分は、いずれも上昇する傾向があり、逆に窒素と炭素窒素比は、低下するようであった。

次に、この間における重金属類の形態別含量の変化を第3表に示す。亜鉛、ニッケルおよび水銀は、ほとんど変化しなかったが、カドミウム、銅および鉛は、極端に高い含量を示すことがあった。また、0.1N塩酸可溶の重金属含量の変化も、ほぼ全量分析値と同じような傾向を示した。

全重金属含量に対する0.1N塩酸可溶の重金属含量の比、すなわち可溶性率は、重金属の種類によって大きく異なっていた。最も高い可溶性率を示したのは、カドミウムであり、亜鉛、ニッケル、銅、鉛の順に低下した。これらの重金属のうち、7日間の一次発酵処理期間中に可溶性率に変化が見られたのは、銅のみであ

第1表 一次発酵中のコンポストの変化

項目 処理日数	品温(℃)	臭気	腐熟度 (パーレンディ法)	色調
投入当日	18	++	—	—
2日目	60	++	—	青灰色
3	72	+++	—	〃
5	76	+++	—	灰褐色
7	72	++	±	〃
粗製品		++	±	褐色
精製品		++	±	〃

(注) 臭気：+++ 堪、++ 多、+ 少  
腐熟度：— 未熟、± きわめて僅か

第2表 一次発酵処理中におけるコンポストの一般成分の変化 (対乾物)

項目 処理日数	pH (H <sub>2</sub> O)	EC (mS/cm)	粗灰分 (%)	CEC (me)	C (%)	N (%)	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	CaO (%)	MgC (%)
投入当日	7.7	2.8	36.9	39.8	32.0	1.41	22.7	0.53	0.57	3.84	0.41
2日目	7.8	2.5	42.6	46.0	30.3	1.63	18.6	0.49	0.55	5.01	0.39
3	7.6	2.9	29.2	37.3	36.5	1.88	19.4	0.68	0.63	4.08	0.37
4	7.9	2.6	42.8	46.1	32.7	1.70	19.2	0.61	0.53	4.72	0.41
5	7.5	3.2	47.3	47.7	32.4	1.65	19.6	0.69	0.54	4.58	0.36
6	7.8	3.2	39.7	43.7	31.9	1.63	19.6	0.81	0.61	4.81	0.37
7	7.9	3.1	44.9	61.6	30.9	1.62	19.1	0.67	0.79	4.68	0.37

(注) スクープ式(すき返し式攪拌装置付角型発酵槽・底部通気構造)による。

第3表 一次発酵処理中におけるコンポストの重金属含量の変化 (対乾物ppm)

項目 処理日数	全 含 量							0.1N塩酸可溶含量					可溶化率 (%)				
	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni	As	Hg	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni
投 入 時	4.2	648	250	103	15.5	1.2	1.92	2.4	21.8	96.7	6.2	4.8	56.0	3.4	38.8	6.0	30.0
2 日 目	4.5	1329	264	103	16.3	1.3	2.23	1.9	23.2	65.3	6.1	4.9	42.9	1.7	24.7	5.9	30.6
3 〃	4.0	806	249	1365	51.2	1.2	3.10	1.9	21.8	117.8	30.9	5.0	48.5	2.7	47.3	2.3	9.8
4 〃	2.3	129	225	120	14.2	1.6	2.36	0.7	9.6	63.3	7.0	4.7	32.2	7.4	28.1	5.8	33.6
5 〃	1.4	80	224	120	13.7	1.1	2.70	0.9	11.9	107.2	8.0	5.4	63.6	14.9	47.9	6.7	38.6
6 〃	2.2	108	236	182	13.0	1.7	2.53	0.6	10.2	64.9	9.1	4.9	29.1	9.4	27.5	5.0	37.7
7 〃	1.3	97	260	95	19.4	1.1	2.67	0.8	10.4	93.9	7.0	5.1	58.5	10.7	36.1	7.4	26.8

(注) 1. スクープ式(すき返し式攪拌装置付角型発酵槽・底部通気構造)による。

$$2. \text{可溶化率}(\%) = \frac{\text{0.1N塩酸可溶含量}}{\text{全 含 量}} \times 100$$

り、他の重金属類は、ほとんど変化しなかった。

これらの調査結果は、おおむね次のように集約される。その一は、7日間の一次発酵中には、各成分ともほとんど変化しないことであり、その二は、二・三の重金属含量に大きなばらつきがあった理由は、ごみ質の不均一性に基くものであり、均一な試料の採取が、きわめて困難であることを示唆している。しかしながら、10~15mm目の篩を通過させることにより、かなりこの問題は解決されるようであり、またコンポストの形状や色調にかなり大きな変化があることを認めた。

しかしながら、本方式によるごみの堆肥化特性は、他の方法と基本的な点で変わることはなかった。

また、ガラス片やビニール片等の爽雑物が多く、重金属含量やその変動もかなり大きかった。このことは、二次発酵前後に、たとえ入念な機械的な精選が行われたとしても、コンポストの品質については、かなり問題が残るものと判断された。

## 摘 要

1. 通産省工業技術院が、民間10社と共同開発した資源再利用システムは、都市ごみの100%再生利用を目的としたものである。都市ごみ70トンから、堆肥7.2トン、精製パルプ5.9トンおよび燃料ガス5,520Nm<sup>3</sup>(6,470Kcal/Nm<sup>3</sup>)を生産のシステムである。
2. このシステムにおける一次発酵中のコンポストの堆肥化特性は、既往の方式によるものと、基本的な点で大差ないものであった。
3. 他の方式と同じように、一次発酵中には、コンポ

ストは、ほとんど腐熟せず、ガラス片等の爽雑物が多く、性状も不良であった。

4. 発酵槽内でのコンポストの重金属含量は、かなり高い値を示し、かつ分析値のふれが大きかった。

## 第2節 手選別と機械分別ごみコンポストの成分比較

### 1. 目的

コンポストの農業利用における最大関心事は、コンポスト中に含まれる重金属等の有害物質の農作物や、人畜に及ぼす影響である。機械的な分別方法でも、これらの有害成分を、かなり除去することができるが、その能力には自ら限界がある。いずれは、高度の性能を有する機械選別法が開発されようが、近い将来における実現の可能性は少ない。

有害物質を最も効果的に除去するには、今のところ事前の手選別に期待するほかにない。ここでは、家庭において可能な限り徹底した分別を行った厨芥を堆肥化したときの一般成分や重金属含量と、機械選別法によるそれとを比較検討する。

### 2. 試験方法

#### (1) 家庭における手選別ごみの堆肥化法

一般家庭の厨房から排出されたごみを混合することなく、堆肥化が可能なものを可能な限り完全に手選別し、これを1983年5月より、同7月までの3か月間、野外において堆肥化処理した。堆肥化期間中は、とくに切り返しや注水等は行わず、新鮮なごみを順次上部に堆積し、3か月後に、堆積1か月、2か月および3か月を経過した各部位から、それぞれ分析用の試料を採取した。これを風乾後、粉碎し分析に供した。

第4表 手選別ごみコンポストと機械分別ごみコンポストおよび堆肥の成分比較

(一般成分は乾物%, 重金属は乾物ppm)

項 目	pH	T-C	T-N	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni	Hg
家庭で手選別したコンポスト	5.9	37.7	1.84	18.3	0.59	2.05	4.57	0.51	0.2	17	48	3	4	0.01
機械選別コンポスト	7.3	36.7	1.56	23.5	0.67	0.77	4.48	0.44	3.2	187	416	182	21	3.05
稲わら堆肥	7.8	20.9	2.12	9.9	0.80	3.23	2.09	0.75	0.3	31	114	11	7	0.05

試料採取時のごみコンポストの容量は、約 0.7m<sup>3</sup>であった。

(2) 機械分別ごみの堆肥化処理法

第2章 第1節に示す半湿式選択分別法で機械分別された厨芥を主とする、いわゆる機械分別ごみコンポストを使用した。7日間の一次発酵処理を終えたコンポストの、約20m<sup>3</sup>を所内に堆積し、1か月に1回の割合で、切り返しを行った。分析用試料の採取は、1か月、1.5か月および5か月後に行い、調整法は前項(1)に準じた。

3. 試験結果と考察

第4表に家庭分別ごみコンポスト、機械分別ごみコンポスト、所内産の普通堆肥の一般成分と重金属等の分析値を示す。

機械分別ごみコンポスト中には、かなりの量の重金属が含有されていることは、第2章、第1節に述べたとおりである。堆積後 1.5～2 か月を経過したコンポスト中の重金属含量について、家庭分別ごみコンポストと機械分別ごみコンポストを比較すると、家庭ごみコンポストのカドミウム含量は、機械分別ごみコンポストの約16分の1、銅は11分の1、亜鉛は9分の1、鉛は60分の1、ニッケルは5分の1、水銀は305分の1の低い含量を示した。

両コンポストとも、堆積期間が長くなり、腐熟が進むほど、重金属含量は明らかに増加したが、重金属含量の比率には大きな差異は認められなかった。この調査において、最も特徴的であったことは、家庭分別ごみコンポスト中のカドミウムと水銀含量が、機械分別ごみのそれと比較して、著しく低い値を示したことであった。

これらの分析結果を所内産の普通堆肥のそれと比較すると、機械分別ごみコンポストの重金属含量は、著しく高い値を示したが、家庭分別ごみコンポスト中の重金属含量と変らない低い値であった。

次に一般成分についてみると、家庭分別ごみコンポストと機械分別ごみコンポストの間にかかなりの相違が

見られたのは、pH、電気伝導度および全窒素であった。一般に家庭分別ごみコンポストは、機械分別ごみコンポストよりも、pHと電気伝導度は低く、全窒素含量は高い傾向があったが、炭素・窒素比、りん酸、カリ、石灰およびマグネシウムは、両コンポスト間に大差は認められなかった。

堆肥化期間が長くなるに従って、家庭分別ごみコンポストの電気伝導度と全窒素が低下したのは、野外に堆積したことによる塩類や硝酸態窒素の損失と推察された。

機械分別ごみコンポストと家庭分別ごみコンポストの一般成分含量は、比較的類似の値を示した。また、家庭分別ごみコンポストと所内産の普通堆肥および所内試験ほ場の重金属含量は、いずれも大差がなかった。

摘 要

1. 家庭で徹底的な分別を行ったごみコンポストは、機械分別ごみコンポストと比較し、重金属含量は著しく少なかった。
2. とくにカドミウムと水銀含量は少なく、普通堆肥や土壌のバックグラウンドに近い値であった。
3. 家庭分別ごみコンポストのpH、電気伝導度および全窒素は、機械分別ごみコンポストより、やや低い値を示したが、他の一般成分は、ほとんど差がなかった。

第3節 堆積中におけるコンポストの理化学性の変化と土壌中における分解特性

1. 目的

一次発酵処理の終わったコンポストの後熟処理中における理化学性の変化ならびに土壌中での分解特性を、牛ふん堆肥のそれと比較検討する。

2. 試験方法

(1) 供試材料

第5表 供試コンポスト中の爽雑物

(対乾物%)

種類	ガラス	ビニール	木片	その他	計
コンポスト中の割合	1.7	3.1	4.0	1.9	10.7
爽雑物中の割合	15.9	29.0	37.4	17.8	100

第1章、第1節に示したコンポストの約20m<sup>3</sup>を1980年4月から同8月まで所内に堆積し、所定の日数を経過したものをワイレーの粉碎機で微粉状とし、分析試料とした。牛ふん堆肥は半乾燥処理後、堆積発酵させた未熟なものと完熟したものをそれぞれコンポストと同じ方法で試料調整した。

## (2) 分析方法

1) pH, EC: 重量比で試料1に対し水10の割合で浸出液を調整し、常法により測定した。

2) 塩基: 湿式分解後、原子吸光度計で測定した。

3) リン酸: 湿式分解後、バナドモリブデン酸比色法で測定した。

4) 全窒素および全炭素: C・Nコーダーにより測定した。

5) 有機成分組成: 有機物の分析は、Stevenson法に準じ、試料1.25gを250mlの摺合せ付き三角フラスコに採り、1:1エタノールベンゼン混合液100mlで4時間加熱抽出し、ろ液の蒸発残渣をエタノール抽出物とした。抽出残渣は、105℃で乾燥後、50mlの蒸留水を加え、2時間加熱後、遠心分離により得られた上澄液を10mlに濃縮し、全炭素を測定し、その値から熱水可溶成分を算出した。さらに残渣を105℃で乾燥後、2%塩酸50mlで4時間加水分解した後のろ液を採取し、さらにその残渣に80%硫酸5mlを加え、時々攪拌しながら15℃で2.5時間放置後、蒸留水175mlを加え4時間加水分解して供試液とした。採取したろ液は、それぞれ2%塩酸可溶、80%硫酸可溶還元糖とし、SomogiのMicro Copper Titrimetric Methodにより定量した。また還元糖割合は、グルコースの炭素含有率を40%とし、全炭素に占める割合を百分率で示した。なお、80%硫酸不溶成分は、80%硫酸加水分解物の残渣について全炭素と全窒素を測定して算出した。以上の加熱抽出操作は、すべて還流冷却装置を用いて行い、ろ過には、3G3のガラスフィルターを使用した。

## 6) 炭酸ガスの測定方法

土壌へ有機物を添加したときに発生する炭酸ガス量

の測定は、次の方法によった。

広口びんに乾土20g相当の腐植に類する富む火山灰土壌と炭素換算で1g相当の試料を採り、よく混和後、最大容水量の60%相当の水を添加した。さらに、この広口びんを炭酸ガス吸収剤を加えたポリエチレンびん中につるし、密栓後30℃の定温器中でインキューベーションを行った。未反応のアルカリを定期的に測定し、炭酸ガス量を算出した。

## 7) 無機化窒素の測定方法

トールピーカーに乾土20g相当の土壌と炭素換算1g相当の試料を採り、混和後、最大容水量の60%相当の水を加え、上部をポリエチレンフィルムで履い、30℃の定温器中で所定の日数インキューベーションした。アンモニア態窒素と硝酸態窒素の定量は、インキューベーション終了後、試料を2N塩化加里溶液で振とう抽出し、プレムナー法によった。なお、成績の表示は、窒素無添加の数値を差引いて行った。

## 3. 試験結果

## (1) コンポストの爽雑物

分析に供したコンポスト中に含まれる爽雑物の種類と重量比率を第5表に示す。

調査対象とした5種類の爽雑物の中では、木片が最も多く40%を占め、次いでビニール片の31%、ガラス片は1.7%であった。その他は、主に土砂および金属片等で1.9%であった。爽雑物の全重を100とした比率は、木片37.4%、ビニール片29.0%、ガラスおよび陶磁器片15.9%、その他は17.9%であった。

## (2) 2次発酵中のコンポストの成分変化

7日間の一次発酵処理中の各種成分の変化等については、第2章、第1節で述べたが、ここでは、二次発酵(養生)処理中の各種成分の変化についてとりまとめた。

7日間の一次発酵を終えたコンポストを107日間堆積し、一般成分の変化を経時的に4回調査した結果を第6表に示す。

この間、pHの変化は認められなかったが、電気伝導度は、堆積してから40日後の第1回調査では、2.75 mS/cmであった。それ以後は、いずれも4.0前後

の値で推移し、pHと同様、ほとんど変化しなかった。

粗灰分は、日数の経過にともなって増加したが、全炭素と全窒素は経時的な減少傾向を示し、107日目には、堆積当初と比較して、それぞれ23%と25%減少した。石灰、苦土、加里、ソーダ、りん酸含量の推移は、粗灰分と同様に増加の傾向を示した。これに対して、コンポストの腐熟度の指標となるといわれている陽イオン交換容量は、この間に約2倍に増加し、腐熟度はかなり進むようであった。しかしながら、炭素・窒素比の変化は比較的少なく、堆積後40日目の値が18.7であったのに対して、107日後でも15.0に低下したに過ぎなかった。

次に二次発酵中のコンポストの有機成分の形態について調査した結果を第7表に示す。

アルコール・ベンゼン可溶および熱水可溶の有機物は、堆積日数が多くなるほど減少する傾向を示した。これに対し、牛ふん堆肥は、これらの可溶成分が完熟物で低く、熱水可溶の有機物含量は、未熟なものが低い値を示した。ヘミセルロースおよびセルロースは、堆積中に減少する傾向があり、とくにセルロースの減少割合が著しかった。なお、ヘミセルロースとセルロース含量は、牛ふん堆肥の完熟物とほぼ同様な値を示

し、コンポストの腐熟度の指標となる還元糖割合は、堆積日数の経過とともに明らかに減少した。80%硫酸に不溶のリグニンおよび窒素化合物は、堆積後40日では、いずれも低い値を示したが、60～107日の養生期間中の変化は、わずかであり、堆積後80～100日間にほぼ安定するものと推察された。

(3) 土壤中における有機物の分解特性

炭素換算で同量の有機物を土壤に添加したときに発生する炭酸ガスの積算発生量の推移を第3図に示す。

50日間にコンポスト処理土壤から発生した炭酸ガスの発生量は、炭素・窒素比19⇨炭素・窒素比10(硫酸添加)⇨炭素・窒素比15であった。これに対し、牛ふん堆肥は、炭素・窒素比22⇨炭素・窒素比10(硫酸添加)⇨炭素・窒素比10の順に炭酸ガス発生量が低下した。またコンポスト処理土壤からの炭酸ガス発生量は、牛ふん堆肥のその約2倍に達する高い値を示した。

土壤に添加したコンポストの窒素の無機化量を60日間にわたって調査した結果を第4図に、また牛ふん堆肥のそれを第5図に示す。

炭素・窒素比が19のコンポストは、60日間窒素の無機化が行われなかったが、15の場合は、培養後45日

第6表 供試有機質資材の化学性と成分含量

(対乾物)

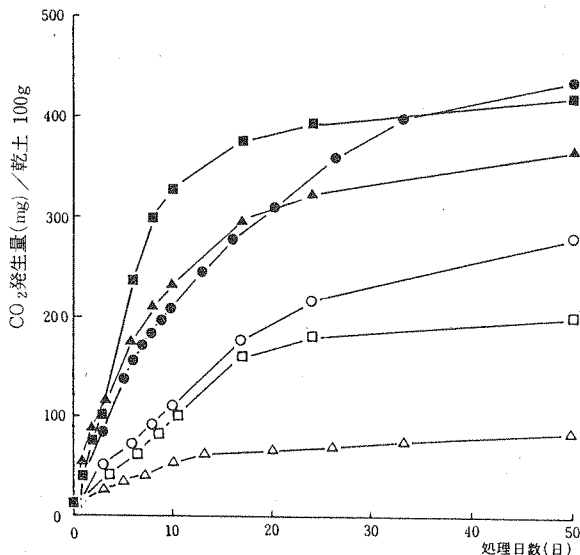
種類	堆積日数等	pH (H <sub>2</sub> O)	EC (mS/cm)	粗灰分 (%)	T-C (%)	T-N (%)	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	C E C (me)
コンポスト	40	7.79	2.75	28.40	39.45	2.11	18.7	0.90	0.78	3.48	0.30	0.87	43.43
〃	60	7.73	4.19	37.04	36.25	1.58	22.9	0.88	1.16	3.53	0.30	1.19	59.49
〃	80	7.77	4.00	43.04	34.96	2.32	15.1	1.05	1.18	4.33	0.34	1.21	69.10
〃	107	7.70	4.00	47.05	28.62	1.79	15.0	1.31	1.26	5.23	0.43	1.25	88.66
牛ふん堆肥	未熟	8.13	0.72	35.32	33.13	1.53	21.6	3.39	0.99	2.41	0.90	0.30	67.82
堆肥	完熟	6.31	3.80	48.78	26.71	2.68	10.0	3.25	0.52	3.20	0.69	0.60	146.66

第7表 供試資材の有機物の形態

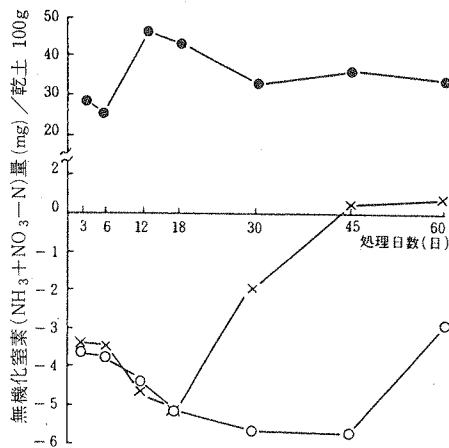
(対乾物%)

種類	堆積日数(日)	アルコール・ベンゼン可溶物	熱水可溶有機物	ヘミセルロース	セルロース	合計	還元糖割合	80%硫酸不溶		合計
								リグニン	N化合物	
コンポスト	40	1.12	6.03	5.62	31.91	37.53	42.05	7.25	2.57	9.82
〃	60	1.26	7.69	3.24	18.12	21.54	23.77	17.54	3.38	20.92
〃	80	0.96	5.89	2.64	6.22	8.86	10.14	21.69	3.27	24.96
〃	107	0.94	5.72	3.06	7.16	10.22	14.28	20.11	3.58	23.69
牛ふん堆肥	未熟	1.41	3.48	11.59	20.78	32.37	39.08	18.26	2.10	20.36
堆肥	完熟	0.75	9.54	3.55	7.19	10.74	16.08	15.46	3.15	18.61

(注) 還元糖割合は、還元糖中の炭素量を全炭素量で除し100倍した値



第3図 C/N比を異にするコンポストと牛ふん堆肥からの積算CO<sub>2</sub>発生量  
 コンポスト ●: C/N19, ▲: C/N15, ■: C/N10(硫安で調整)  
 牛ふん堆肥 ○: C/N22, △: C/N10, □: C/N10(硫安で調整)



第4図 C/N比を異にするコンポストの無機化窒素量の変化  
 ×: C/N 15, ○: C/N 19, ●: C/N 10(硫安で調整)

わずかではあるが無機態窒素が検出された。さらに硫安を加えて、炭素・窒素比を10に調整したときは、窒素の有機化は行われなかった。

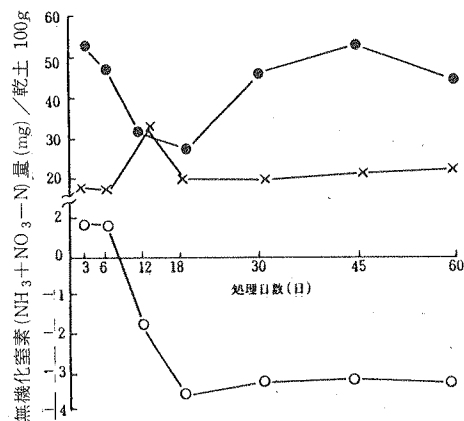
第5図に示すように、牛ふん堆肥についても炭素・窒素比が22では、窒素の無機化は行われず、硫安で炭素・窒素比を10に調整したときは、コンポストと同じように60日間は常に無機態窒素の存在が確認された。

#### 4. 考察

コンポスト中には、重金属等の有害成分が少ないこと、およびガラス等の危険物やビニール片等の夾雑物になるべく少ないことが要求される。さらに農業利用に当っては、土壌や農作物に対する影響を事前に把握しておく必要がある。

コンポストの品質は、混合ごみから堆肥原料となる厨芥を分別する機械の性能に著しく左右される。夾雑物のうち木片は、その形状や種類にもよるが、いずれは土壌中で分解してしまい、性状的にも人畜に対する危害はない。夾雑物のうちで重金属等の有害物質を除けば、最も問題のあるのはガラスや陶磁器片などである。供試コンポストについても、これらの夾雑物は、かなりの量が混入していた。加えて養生期間初期の悪臭は、かなり強烈であり、利用上の隘路となろう。

ところで、コンポストの施用効果は、養分含量の多少や有機物の形態等に影響されることが大きいものと考えられるが、堆肥にかなり近い効果を示すものと思われる。



第5図 C/N比を異にする牛ふん堆肥の無機化窒素量の変化  
 ×: C/N 10, ○: C/N 22, ●: C/N 10(硫安で調整)

この種の有機質資材の効果は、土壌中における分解特性を、堆肥と比較して検討するのが妥当な方法と思われる。土壌中におけるコンポストの分解特性は、約50日間のインキューベーションによる室内実験で検討した。その結果を総合すると、コンポスト中の炭素の分解率は、牛ふん堆肥のそれよりもかなり高いことが確認された。第4図に示すように初期における炭酸ガス発生量の立ち上がりが急激であることから、コンポスト中には相当量の易分解性有機物が含有されていることが堆察される。

これに対し、コンポスト中の窒素は、無機化されにくい。硫酸で窒素を添加し、炭素・窒素比を低下させなければ、50日近く窒素の無機化が行なわれないようであり、窒素飢餓をおこす危険性がある。しかし、窒素添加を行えば、早い時期からコンポスト中の窒素は無機化しており、作物の窒素飢餓はおこらないものと思われる。

ほ場条件においては、これらの機質資材は、単独で施用されることは少なく、窒素質の化学肥料と併用されることが多いから、障害が発生する可能性は少ない。いずれにしても、コンポスト中には、かなりの量の易分解性有機物が含まれているから、十分な時間をかけて堆肥化处理し、腐熟度の進んだものを農地に施用することが望ましい。

窒素の有機化と無機化は、土壌の炭素・窒素比と不可分の関係にある。この実験においても、コンポストまたは牛ふん堆肥の窒素の固定と無機化は、資材の炭素、窒素比が10前後で活発に進行する。このことから、施用する有機物の炭素・窒素比と腐熟度ならびに併用する窒素質化学肥料の施用量等について考慮して施用する必要がある。

コンポストの腐熟度については、Hertelendy,<sup>19)</sup> Chanyasak<sup>2,3,4)</sup>、井の子、菅原、原田ら<sup>17,18,23,24,26,63,67,68)</sup>の報告がある。井の子らはコンポスト施用のガイドラインとしては、資材の炭素・窒素比は20℃以下、全窒素含量は2.0以上、還元糖割合は35%以下が望ましいとしている。

しかし、この試験で調査の対象となったコンポストの炭素・窒素比は15、還元糖割合は15%と、かなり腐熟度が進んだものであったにもかかわらず、窒素の無

機化率は低い水準にあった。

以上の結果から、コンポストの腐熟度は、各種の要因、とくにコンポストを構成する各種成分の質と量に影響されるようであり、更に検討を要する問題があるものと推察された。

## 摘 要

1. 供試したコンポスト中には、乾物換算で木片 4.0%、プラスチック類 3.1%、ガラス 7%、その他金属と礫が 1.9%含まれていた。
2. コンポストの一般成分や有機物の形態は、牛ふん堆肥のそれと、かなり類似していることから、コンポストは有機質資材としての効果を期待すべきであろう。
3. 土壌に対し、コンポストと牛ふん堆肥をそれぞれ炭素換算で同量を添加したときの炭酸ガス発生量は、牛ふん堆肥よりもコンポストが勝っていた。
4. 土壌に添加したコンポストからの炭酸ガス発生量は、炭素・窒素比19 >炭素・窒素比10 (硫酸添加) >炭素・窒素比15であった。牛ふん堆肥は、炭素・窒素比22 >炭素・窒素比10 (硫酸添加) >炭素・窒素比10の傾向が認められた。
5. 炭素・窒素比が19のコンポストは60日間、また、15の場合は45日間、それぞれ窒素は無機化しなかった。
6. 窒素の無機化率は、牛ふん堆肥がコンポストよりも、また炭素の無機化率はコンポストよりも牛ふん堆肥が、それぞれ大きな値を示した。

## 第3章 コンポストの施用効果と重金属収支

### 第1節 普通作物および園芸作物に対する施用効果

#### 1. 目的

普通作物および園芸作物に対するコンポストの施用適量をほ場条件で検討する。

#### 2. 試験方法

##### (1) 普通作物

試験ほ場の理化学性を第8表に示す。普通作物の代表として、冬作にコムギ、夏作にラッカセイを供試し、1) 標準無堆肥 2) 同堆肥 1トン 3) 同コンポスト 1トン 4) 同コンポスト 2トンの試験構成で調査した。

堆肥施用量は、水分60%換算で施用し、コンポストは、堆肥の有機物含量に合わせて施用し、第9表に示す栽培法で調査した。

園芸作物は、普通作物ほ場に接する同じ理化学性を示すほ場で、レタス、タマネギ、コマツナ、キャベツを供試し、試験構成は、1) 標準無堆肥 2) 同堆肥 1トン、3) 同堆肥 2トン、4) コンポスト 1トン、5) コンポスト 2トンとし、第10表に示す栽培法で調査した。堆肥およびコンポストの施用量は、普通作物に対する施用効果試験と同様の方法で算出した。なお、両試験とも、堆肥はその都度、所内産のわらを主原料



とした普通堆肥を使用した。コンポストは、3か年間同一のものを使用した。

3. 結果と考察

(1) 普通作物に対する施用効果

夏作ラッカセイに対する、コンポストの施用効果を第11表に示す。堆肥加用区およびコンポスト加用区のラッカセイ収量は、3か年とも標準無堆肥区より劣っていた。3か年を通じ絶対収量は、かなりの差が認められたが、標準無堆肥区を100とした堆肥およびコンポスト施用区の平均収量は、堆肥1トン施用区が97、コンポスト1トンおよび2トン施用区が、それぞれ88と92を示し、ラッカセイに対しては、これらの有機物の施用効果は認められなかった。

その原因を検討するため、一、二の収量構成要素について調査したところ、上子実重量、上実100粒重とも子実収量との間に明らかな関連性があることを認めた。また、一般に屠実重の割合が多かったものほど、子実収量が劣る傾向があった。

冬作コムギに対する堆肥およびコンポストの施用効果を第12表に示す。コンポストの施用によって、コムギの稈収量が低下したのは初年目だけで、2年目と3年目は、いずれも標準無堆肥区および堆肥加用区より増収した。

コムギの子実収量は、年度間にあまり大きな変動がなく、気象要因による障害も少なく、比較的順調な生育を示し、処理区間にかなり顕著な差を生じた。すなわち、標準無堆肥区に対する堆肥およびコンポスト加用区の収量は、いずれも同等もしくは20~30%増加した。堆肥およびコンポストのそれぞれ1トン施用区間では、ほとんど収量差は認められなかったが、コンポスト2トン施用区の収量は、3か年とも他の処理区に対して、かなり高い値を示した。標準無堆肥区の3か年間の平均収量に対するコンポスト2トン施用区の収量指数は120で、かなり高い増収効果があることを認めた。しかしながら、子実の品質は、有機物施用量の増加にともなって、やや低下するようであった。

第8表 試験ほ場の理化学性と重金属含量

層位	T-C (%)	T-N (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	EC (mS/cm)	CEC (me)	置換性石灰 (mg)	りん酸吸収係数	トルオーグりん酸 (mg)
作土(0~15cm)	1.10	0.09	6.2	0.08	18.30	335	801	73
次層(15~30cm)	0.99	0.08	6.2	0.06	18.21	373	896	56

層位	粗砂 (%)	細砂 (%)	砂合計 (%)	微砂 (%)	粘土 (%)	土性	重金属含量 (ppm)				
							Cd	Cu	Zn	Pb	Ni
作土(0~15cm)	59.8	19.8	79.6	9.4	11.0	Co. S. L	0.30	90.5	90.7	9.4	36.3
次層(15~30cm)	53.8	23.3	77.1	11.5	11.4	Co. S. L	—	—	—	—	—

第9表 普通作物の耕種概要

作物(品種)	作付順序	播種期	収穫期	畦巾・株間(播巾)	施肥量
ラッカセイ (ナカテユタカ)	1作	'80・5・23	'80・10・22	60×20cm	苦土石灰100kg 日の本化成：N1.8, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 4.2, K <sub>2</sub> O6.0kg/10a (全量元肥)
	3作	'81・6・17	'81・10・1~4	〃	〃
	5作	'82・6・17	'82・10・10~17	〃	〃
コムギ (アサカゼコムギ)	2作	'80・11・14	'81・6・9~12	60×条播(12cm巾)	苦土石灰100kg くみあい化成甲3号：N4.8, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 7.2, K <sub>2</sub> O4.8kg/10a (全量元肥)
	4作	'81・11・11	'82・6・1~4	〃	〃
	6作	'82・11・16	'83・6・3~6	〃	〃

第10表 園芸作物の耕種概要

項目	1作 (1980)	2作 ( '80~'81)	3作 ( '81)	4作 ( '81~'82)	5作 ( '82)	6作 ( '82)
作物(品種)	レタス (日本)	タマネギ (湘南極早生)・(二宮丸)	コマツナ (後関晩生)	キャベツ (金系201)	レタス (日本)	タマネギ (二宮丸)
播種期	8・14	9・17	9・22	9・21	8・15	9・9
定植期	9・22	11・27	-	11・10	9・21	11・25
栽培様式	60×30cm	60×9cm	60cm×条播	60×40cm	60×30cm	60×9cm
施肥量(kg/10a)要素	元肥 追肥	元肥 追肥	元肥 追肥	元肥 追肥	元肥 追肥	元肥 追肥
(元肥:りん加安) (追肥:NK化成)	N 16.8 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 20.4 K <sub>2</sub> O 15.6	8.0 - 8.0	9.8 11.9 9.1	6.4 - 6.4	11.2 13.6 10.4	- - -
收穫期	11・20	湘南: '81・5・19 二宮丸: '81・6・5	10・19	'82・4~5	11・18	6・7

第11表 夏作(ラッカセイ)収量の年次変化

処理	上実歩合(%)		上実100粒重(g)		厚実重(kg/10a)		子実重(kg/10a)		平均指数			
	1980	'81	'82	1980	'81	'82	1980	'81		'82		
標準無堆肥	94	85	81	94.8	80.0	61.3	7	4	4	341 (100)	296 (100)	115 (100)
〃 堆肥1t	92	83	80	96.0	74.2	60.3	7	9	9	331 (97)	289 (98)	112 (97)
〃 コンポスト1t	92	77	77	90.5	71.4	61.4	8	10	7	328 (96)	241 (81)	100 (87)
〃 コンポスト2t	91	82	75	87.8	80.0	54.9	9	7	6	307 (90)	291 (98)	102 (89)

(注) 1. コンポストの施用量は、水分60%換算の堆肥の有機物量(灼熱損失量) 2. ( ) 内は収量指数を示す。  
に合わせで施用した。

(2) 園芸作物に対する施用効果

園芸作物に対する堆肥およびコンポストの施用効果を第13表に示す。

夏作として供試したレタスおよびコマツナに対する堆肥とコンポストの施用効果は、標準無堆肥区と同等、もしくは10~20%程度の増収効果を示し、かつ、わずかではあるが有機物の連用による養分の蓄積効果があるようであった。夏作物に対する堆肥およびコンポストの施用効果を、平均収量指数で比較すると、コンポストがやや勝るようであり、かつ、有機物の施用量が多いほど増収する傾向があった。

冬作物として供試したタマネギおよびキャベツに対

する堆肥とコンポストの施用効果は、いずれもかなり高く、とくにキャベツに対する施用効果は顕著であった。

一般に有機物の施用効果は、夏作物と同様、10a 当り1トン程度の施用量では、堆肥とコンポストの間に著しい収量差は認められなかったが、10a 当り2トンを堆肥またはコンポストで施用したときは、明らかにコンポスト施用区の収量が勝っていた。標準無堆肥区の収量を100としたときの3か年間の平均収量指数は、堆肥1トンおよびコンポスト1トン施用区が、それぞれ125を示したのに対し、堆肥2トン区とコンポスト2トン区の平均収量指数は、それぞれ128と134で、

第12表 冬作(コムギ)収量の年次変化

処 理	稈 重(kg/10a)			子実の品質			子 実 重 (kg/10a)			
	1980	'81	'82	1980	'81	'82	1980	'81	'82	平均
標準無堆肥	845	494	501	上の中	上の上	上の上	572 (100)	455 (100)	464 (100)	(100)
〃 堆肥1t	858	520	560	上の下	〃	〃	615 (108)	545 (120)	522 (115)	(114)
〃 コンポスト1t	786	531	578	〃〃	〃	〃	558 (98)	564 (124)	545 (117)	(113)
〃 コンポスト2t	628	532	572	中の上	上の下	〃	631 (110)	584 (128)	565 (122)	(120)

(注) 1. 品質は、上の上中下、中の上中下および下に分類した。 2. 他は第11表に同じ。

第13表 園芸作物収量の年次変化

処 理	夏 作				冬 作				平均 指数
	1980 (レタス)	'81 (コマツナ)	'82 (レタス)	平均指数	1980 (タマネギ)	'81 (キャベツ)	'82 (タマネギ)	平均 指数	
標準無堆肥	5,184 (100)	1,198 (100)	3,861 (100)	(100)	1,778 (100)	3,167 (100)	2,188 (100)	2,850 (100)	(100)
〃 堆肥1t	5,051 (97)	1,212 (101)	4,100 (106)	(101)	2,463 (139)	3,574 (113)	3,059 (140)	3,100 (109)	(125)
〃 堆肥2t	5,090 (98)	1,270 (106)	4,594 (119)	(108)	2,037 (115)	3,463 (109)	3,700 (169)	3,330 (117)	(128)
〃 コンポスト1t	5,286 (102)	1,182 (99)	4,544 (118)	(106)	2,037 (115)	3,315 (105)	3,613 (165)	3,230 (113)	(125)
〃 コンポスト2t	5,600 (108)	1,255 (105)	4,572 (118)	(110)	2,148 (121)	3,500 (111)	3,992 (182)	3,460 (121)	(134)

(注) 1. コンポストの施用量は、水分60%換算の堆肥の有機物量(灼熱損失量)に合わせて施用した。 2. ( )内は、収量指数を示す。

第14表 コンポストの施用がラッカセイの生育に及ぼす影響

処 理	最長分枝長 (cm)				総分枝数(本)				生 体 重(kg/10a)			
	1980	'81	'82	平均	1980	'81	'82	平均	1980	'81	'82	平均
標準無堆肥	39.2	46.6	34.5	40.1	27	30.7	27.7	28.5	100.7	185.4	73.5	119.9
ク 堆肥1t	41.6	50.5	38.5	43.5	27	34.5	32.8	31.4	96.4	193.8	92.4	127.5
ク コンポスト1t	40.9	48.9	34.8	41.5	29	33.0	31.8	31.3	109.6	197.9	87.4	131.6
ク コンポスト2t	39.1	49.6	36.5	41.7	29	32.2	31.9	31.0	106.4	193.8	87.5	129.2

(注) コンポストの施用量は、水分60%換算の堆肥の有機物量(灼熱損失量)に合わせて施用した。

コンポスト多量施用区は、標準無堆肥区より常に高い収量を示した。一般に堆肥およびコンポストの施用効果は、明らかに夏作よりも冬作で高いことを認めた。

普通作物2種類と園芸作物4種類について、堆肥およびコンポストの施用効果を3か年にわたって調査した結果は、おおむね次のように集約される。

多少の例外はあるにしても、一般にこれらの有機物の施用効果は、冬作でかなり顕著であったが、夏作ではあまり大きな効果は期待できなかったばかりでなく、ラッカセイに対しては、これらの有機物の施用は、かえって収量や品質に悪影響があることを認めた。

マメ科作物のように窒素に対するレスポンスの低い作物に対しては、コンポストのような窒素含量の高い有機物の施用は、窒素過多による過繁茂を招くことが推察される。第14表に示すように、有機物を施用した各区は、いずれも生育が促進されており、これが100粒重および上実歩合の低下や屑実歩合の増加を招くことになり、この結果、子実収量に影響したものと考えられる。このことは、窒素のレスポンスの高いコムギや野菜栽培で高い増収効果が得られた理由と思われる。

## 摘 要

1. 普通作物(ラッカセイ、コムギ)と園芸作物(レタス、タマネギ、コマツナ、キャベツ)に対するコンポストと堆肥の施用効果を、ほ場条件で比較した。
2. ラッカセイに対するコンポストおよび堆肥の施用効果は、いずれも標準無堆肥区より劣った。原因は窒素過多によるものと推察された。
3. コムギに対するコンポストの施用効果は顕著であった。10a当りコンポスト1トン施用では、堆肥1トン施用とほぼ同様な増収効果を示したが、2トン施用では、さらに高い増収効果が得られたが、品質は

低下した。

4. 夏作のレタスとコマツナに対するコンポストと堆肥の施用効果は、標準無堆肥と同等、もしくは20~30%上回り、施用量の多いものほど増収した。また、コンポストの施用効果は、堆肥よりやや勝るようであった。
5. 冬作のタマネギとキャベツに対するコンポストの施用効果は大きく、とくにキャベツで顕著であった。一般に同一施用量では、多量に施用するほどコンポストは、堆肥の施用効果を上回った。
6. この試験に関する限り、コンポストの施用効果は、冬作で高く、また窒素のレスポンスが高い作物ほど大きいようであった。

## 第2節 一般成分および重金属含量におよぼす影響

### 1. 目的

栽培試験ほ場の土壌および作物体を分析し、コンポストの施用が、土壌と農作物の養分ならびに重金属吸収に及ぼす影響を調査する。

### 2. 試験方法

収穫期に栽培試験ほ場の各処理区から、分析用の土壌および作物体を採取し、土壌は風乾土細について、また、作物体は、乾燥後、ウイレーの粉碎機で微粉状とし分析に供した。

土壌分析は、「土壌養分分析法(1970)」で、植物体の分析は、「栽培植物分析法(1975)」で、また、重金属の分析は、「土壌および植物体の重金属の分析法」に準じた。

### 3. 試験結果と考察

第15表に普通作物および園芸作物を、それぞれ3か年にわたり6作を栽培した、跡地土壌の分析結果を示す。

土壌のpHは、コンポストや堆肥の施用により、明らかに上昇し、トルオーグリン酸、置換性石灰および石灰飽和度も上昇する傾向が認められた。しかし、その他の一般成分には、一定の傾向が認められなかった。この他、作物体の可食部についても調査したが、特徴的な傾向は認められなかった。

第16表に、この試験に供試したコンポストおよび堆肥の重金属含量を示す。コンポストの重金属含量は、堆肥よりも、いずれも高い含量を示した。

第17表に第5作のラッカセイと第6作のコムギ可食部の重金属含量を示す。これらの作物は、3か年間、

6作にわたって、コンポストを連用しても、可食部の重金属含量に、ほとんど変化が見られなかった。

これに対し、第1作のレタス、第4作のキャベツおよび第6作のタマネギのカドミウムとニッケル含量はコンポストの施肥量が増加してもほとんど変化がなかったが、第18表に示すように、レタスとキャベツの亜鉛含量と、タマネギの亜鉛と銅の含量は、いずれも他の処理区より高い値を示し、コンポスト施用の影響が認められた。

次に跡地土壌の重金属含量を第19表に示す。コンポスト施用区のカドミウム、亜鉛、鉛および水銀含量は、いずれも標準無堆肥区より高く、コンポスト施肥量が

第15表 コンポストの連用が土壌の化学性に及ぼす影響（3か年6作々付あと地） (対乾物)

処 理	pH		EC (mS/cm)	トルオーグ リ ン酸 (mg)	CEC (me)	置換性塩基 (mg)				塩基飽和度(%)		
	H <sub>2</sub> O	KCl				CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	
普通作物	標準無堆肥	5.7	4.9	0.06	34	25.7	596	93	46	7	82.6	18.0
	〳 堆肥1t	5.8	4.9	0.07	35	24.6	578	84	77	7	83.8	17.0
	〳 コンポスト1t	6.2	5.6	0.08	34	24.7	609	77	59	11	87.9	15.5
	〳 コンポスト2t	6.3	5.4	0.07	38	23.9	604	68	49	13	90.1	14.1
園芸作物	標準無堆肥	6.3	5.4	0.08	43	23.9	390	76	71	3	58.3	15.8
	〳 堆肥1t	6.6	5.8	0.05	59	24.7	410	71	104	4	59.2	14.3
	〳 堆肥2t	6.6	5.9	0.08	59	24.8	493	104	106	4	70.9	20.7
	〳 コンポスト1t	6.7	6.0	0.08	63	25.8	504	97	55	10	69.4	18.7
〳 コンポスト2t	6.8	6.1	0.07	66	26.0	520	86	66	11	71.3	16.4	

(注) 第14表に同じ

第16表 供試コンポストと堆肥の重金属含量 (対乾物 ppm)

種 類	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni	As	Hg
堆 肥	0.4±0.1*	29.6±8.8	114±29	11.9±8.0	7.0±1.4	0.7±0.1	0.07±0.01
コンポスト	7.0±2.7	331±177	667±280	311±108	42±19	3.4±1.4	3.6±0.2

(注) ※ 5%水準で有意差あり

第17表 ラッカセイおよびコムギの最終作の重金属含量(可食部) (対乾物 ppm)

処 理	ラッカセイ(5作目)					コムギ(6作目)				
	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni
標準無堆肥	0.13	8.52	21.33	0.17	0.82	0.04	3.92	20.23	0.27	0.11
〳 堆肥1t	0.12	9.10	23.30	0.19	0.67	0.04	3.52	18.32	0.23	0.11
〳 コンポスト1t	0.13	8.95	25.64	0.21	0.73	0.04	3.69	19.51	0.22	0.10
〳 コンポスト2t	0.13	9.28	24.90	0.16	0.54	0.04	3.90	20.35	0.19	0.11

(注) 第14表に同じ

第18表 レタス、キャベツ、タマネギの最終作の重金属含量 (対乾物 ppm)

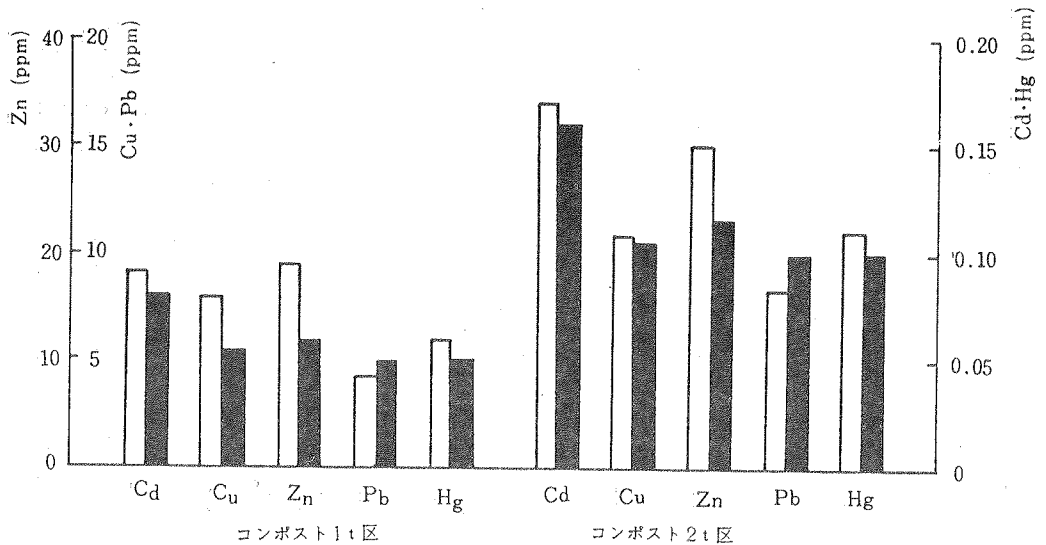
処 理	レタス(1作目)				キャベツ(4作目)				タマネギ(6作目)			
	Cd	Cu	Zn	Ni	Cd	Cu	Zn	Ni	Cd	Cu	Zn	Ni
標準無堆肥	0.33	9.7	50.0	0.82	0.10	4.17	44.2	0.82	0.14	4.81	22.3	0.45
〃 堆肥1t	0.32	10.8	49.9	0.78	0.09	4.17	43.2	0.78	0.15	5.03	23.7	0.44
〃 コンポスト1t	0.35	10.2	56.3	0.82	0.09	3.50	43.8	0.72	0.18	4.66	27.2	0.44
〃 コンポスト2t	0.44	10.7	60.8	0.89	0.10	3.97	50.2	0.76	0.14	5.23	30.1	0.36

(注) 第14表に同じ

第19表 コンポスト連用(3年,6作)跡地土壌の重金属含量 (対乾物 ppm)

処 理	普通作物ほ場						園芸作物ほ場					
	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni	Hg	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni	Hg
標準無堆肥	0.29	94.2	71.2	10.0	30.6	0.07	0.28	94.7	74.2	8.1	30.9	0.08
〃 堆肥1t	0.29	93.1	71.8	10.0	29.9	0.07	0.30	96.8	80.1	8.2	32.1	0.08
〃 コンポスト1t	0.37	100.2	90.0	14.6	32.5	0.13	0.37	102.7	93.2	12.3	33.2	0.14
〃 コンポスト2t	0.40	101.0	45.5	19.0	31.5	0.23	0.45	105.5	104.5	16.4	33.2	0.19

(注) 第14表に同じ



第6図 コンポスト6作連用土壌(表土15cm)の重金属収支

□ : 無堆肥区に対する増加量 (コンポスト区-無堆肥区)  
 ■ : コンポストによる持込量 (土壤量を 150t/10aとして)

多いほど高い含量を示した。これを園芸作物を栽培したほ場の、標準無堆肥区に対するコンポスト毎作2トン施用区の重金属の増加倍率で示すと、水銀は2.4倍、鉛2.0倍、カドミウム1.6倍、亜鉛1.4倍、銅1.1倍、ニッケルは1.1倍であり、水銀と鉛の増加率が最も大きかった。

次に第6図に表土15cmにおける重金属収支を試算し

た結果を示す。鉛を除けば、いずれも標準無堆肥区に対する重金属の増加量が、コンポストの施用によって持ち込まれる重金属量を上回る結果となった。これは、あくまでも試算ではあるが、土壤に持ち込まれた重金属のほとんどが、土壤中に蓄積されることを意味するものである。

土壤中におけるもう一つの重金属の存在形態として

第20表 コンポスト連用(3年, 6作)跡地土壌の0.1N 塩酸可溶重金属含量 (対乾物 ppm)

処 理	普通作物ほ場					園芸作物ほ場				
	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni
標準無堆肥	0.21	13.1	10.6	0.97	1.13	0.22	14.1	12.0	0.92	1.28
〃 堆肥1t	0.23	10.7	11.4	0.96	1.19	0.23	13.2	13.6	0.93	1.45
〃 コンポスト1t	0.25	12.6	18.4	1.21	1.40	0.26	14.0	18.1	1.19	1.39
〃 コンポスト2t	0.29	10.8	25.4	1.65	1.47	0.29	13.4	25.7	1.41	1.72

(注) 第14表に同じ

は、可溶態があるが、第20表に 0.1N 塩酸可溶の重金属含量を示す。銅を除いて、いずれもコンポストの施用量が多いほど可溶性の重金属含量が高まる傾向がある。とくに亜鉛は、標準無堆肥の2倍以上の濃度に達し、これが作物体の亜鉛含量の増加に大きく関与したものである。

以上を総括すれば、重金属含量の高いコンポストを施用すれば、それに見合った量の重金属が土壌中に蓄積され、その一部は、農作物に吸収されて作物体の重金属含量を高めることになる。しかしながら、土壌中に蓄積された重金属の農作物によるほ場外への持ち出しや、溶脱等による下層への移動は、きわめて少ないようである。

## 摘 要

ラッカセイ、コムギ、レタス、コマツナおよびタマネギを供試し、3か年間、年2回作付けで、毎作1～2トンのコンポストを施用したほ場の作物体と、土壌の一般成分および重金属含量を調査した。その結果は、おおむね次のとおりであった。

1. 各作物別の養分含量と吸収量は、標準無堆肥区のそれと大差なかった。
2. コンポストを施用した土壌のpH、置換性石灰、石灰飽和度およびトルオーグリン酸含量は上昇したが、その他の一般成分には差がなかった。
3. コンポスト施用区のラッカセイとコムギの可食部の重金属含量は、標準無堆肥区との間に差がなかった。
4. コンポスト多量施用区のレタスとキャベツの亜鉛含量と、タマネギの亜鉛と銅含量は、他の処理区より高い値を示した。
5. コンポストの施用により、土壌中の亜鉛および水銀含量は明らかに増加し、かつ多量施用した区の内容

量が高かった。

6. コンポストの施用による土壌の重金属収支を試算したところ、そのほとんどが土壌中に蓄積されることを確認した。

## 第3節 腐植質火山灰土壌に対するコンポストの施用効果と重金属の吸収特性

### 1. 目的

県内に広く分布する火山灰土壌に対するコンポスト施用の影響を知るため、土管試験規模において養分吸収の特性と、コンポスト中の重金属類の作物による吸収ならびに土壌蓄積性について基礎的な調査を行う。

### 2. 試験方法

畑土壌中に埋設した、深さ60cm、内径45cm(a/625)の無底土管に、第21表に示す理化学性の腐植質火山灰土壌(厚層多腐植黒ボク土)を充填し、標準無堆肥、同堆肥1トン、同コンポスト1トン、同2トン、同4トン/10aをそれぞれ水分60%換算で施用した。

供試した堆肥およびコンポストと土壌の化学性を第21表に示す。堆肥とコンポストは、それぞれ作土15cmに均一になるように混合し、第22表に示す耕種概要で4か年間、8作の継続試験を実施した。作物体の分析は、「栽培植物分析法(1975)」で、土壌の一般成分は、「土壌養分分析(1970)」で、また重金属の分析は、「土壌および植物体の重金属の分析法」に準じて実施した。

### 3. 試験結果と考察

#### (1) コンポストの化学的特性

コンポストの一般成分の分析結果を第21表に示す。

コンポストの全炭素および石灰含量は、堆肥よりも高く、カリ含量は劣るが、その他の成分については、両者間に特徴的な差は認められなかった。これに対し、重金属含量は、第23表に示すように著しい差があること

第21表 供試堆肥、コンポストおよび土壌の化学性と成分含量

(対乾物)

種類	水分 (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	EC (mS/cm)	T-C (%)	T-N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	CaO (%)	MgO (%)
堆肥	66.3±9.7*	7.8±0.6	5.3±2.6	20.9±6.6	2.12±0.46	0.80±0.10	3.34±0.79	2.09±0.29	0.75±0.04
コンポスト	37.7±9.2	7.8±0.4	5.8±2.0	31.0±4.2	2.39±0.47	1.03±0.43	1.18±0.28	6.87±2.68	0.66±0.25
土壌	—	6.2	0.15	8.01	0.46	—	—	—	—

(注) ※5%水準で有意差あり

第22表 供試作物の栽培概要

作付順	作物名	播種期	定植期	収穫期	栽植密度 (株/土管)	施肥量 (g/土管)			備考
						N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
1	ダイコン	1979.5.7	—	1979.6.23	3	3.5	3.4	3.3	品種：ダイコン(長岡交配春蒔みの早生) キャベツ(坂田中早生2号) 対照区、堆肥1t区には苦土石灰を50g4回施用。
2	キャベツ	7.17	1979.8.23	11.20	3	5.4	4.6	5.2	
3	ダイコン	'80.4.23	—	'80.6.12	3	3.5	3.0	3.5	
4	キャベツ	7.14	'80.8.19	11.18	3	10.8	9.2	10.4	
5	ダイコン	'81.4.20	—	'81.6.18	3	6.0	4.3	5.6	
6	キャベツ	7.14	'81.8.18	11.17	3	16.0	13.5	15.5	
7	ダイコン	'82.4.27	—	'82.6.17	3	6.0	4.3	5.6	
8	キャベツ	7.9	'82.8.25	11.26	3	20.3	15.0	19.4	

を認めた。

すなわち、コンポスト中のカドミウム含量は、堆肥の12.8倍、銅13.6倍、亜鉛5.8倍、鉛22.6倍、ニッケル4.7倍、ひ素5.4倍、水銀68.6倍と、いずれも堆肥中のそれらよりも著しく高い値を示した。とくに水銀と鉛の含量の高いことが特徴的であった。

(2) 野菜類に対する施用効果

4か年間にダイコン4作とキャベツ4作の計8作を栽培した。それぞれの乾物収量の推移を第7図に示す。

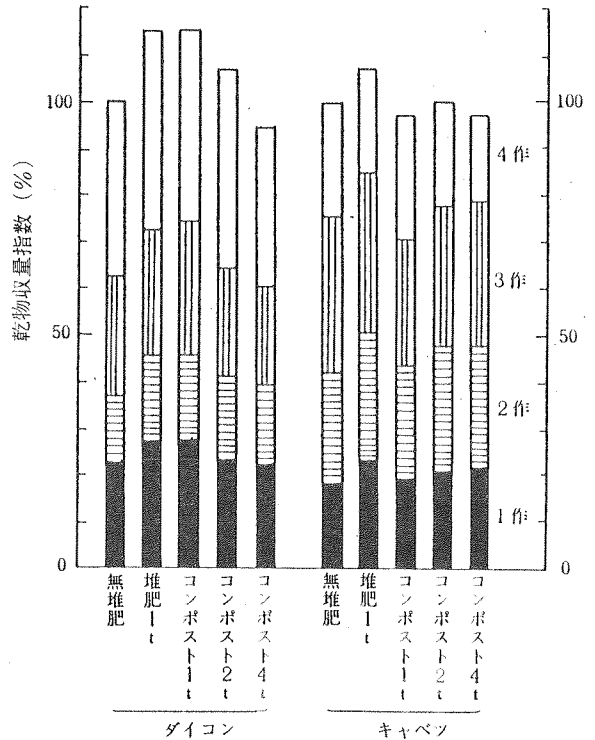
ダイコンの収量は、堆肥1トン区とコンポスト1トン施用区が比較的良好な生育収量を示し、4か年間の総収量も、これらの処理区が標準無堆肥区より、それぞれ15%程度勝っていた。しかしながら、コンポスト4トン施用区は、標準無堆肥区とほとんど変わらない収量を示した。

これに対し、キャベツ収量は、堆肥1トン区の収量がやや高いようであったが、年間の変動巾が大きい。

これらの調査結果を総合すると、ダイコンとキャベツに対するコンポストの施用適量は、10a 当り1~2トン程度と推察された。

(3) 野菜の一般成分含量に及ぼす影響

ダイコンおよびキャベツの成分含量を第24、25表に



第7図 コンポストの連用がダイコンとキャベツの積算乾物収量(可食部)に及ぼす影響



第23表 供試堆肥, コンポストおよび土壌の重金属含量 (対乾物 ppm)

種類	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni	As	Hg
堆肥	0.32±0.04	31±3	114±30	11±5	7.0±0.8	0.57±0.37	0.05
コンポスト	4.1±3.2	423±221	657±183	249±111	33±11	3.1±1.3	3.43±1.46
土壌	0.17	172	65	7.9	46	3.6	0.03

第24表 ダイコン最終作(第7作)の無機成分含量 (対乾物%)

処 理	根					葉				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
標準無堆肥	2.98	0.76	4.73	0.83	0.38	4.54	0.77	2.80	5.60	1.24
◇ 堆肥1t	2.67	0.77	4.88	0.72	0.34	4.39	0.85	3.33	5.04	1.11
◇ コンポスト1t	2.36	0.81	4.66	0.70	0.31	4.15	0.86	3.82	5.17	1.05
◇ コンポスト2t	2.81	0.82	5.61	0.78	0.34	4.37	0.84	3.84	5.36	0.96
◇ コンポスト4t	3.21	0.85	6.29	0.78	0.27	4.50	0.78	4.52	5.71	0.70

(注) 第14表に同じ

第25表 キャベツ最終作(第8作)の無機成分含量 (対乾物%)

処 理	結 球					外 葉				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
標準無堆肥	3.50	0.78	3.14	1.37	0.45	3.45	0.62	2.39	7.15	1.34
◇ 堆肥1t	3.70	0.83	3.30	1.37	0.41	3.71	0.66	2.40	6.90	1.25
◇ コンポスト1t	3.33	0.76	3.40	1.35	0.38	3.47	0.63	2.51	6.82	1.12
◇ コンポスト2t	3.58	0.85	3.50	1.36	0.34	3.59	0.63	2.43	7.11	1.03
◇ コンポスト4t	3.54	0.82	3.97	1.51	0.29	3.57	0.60	2.89	7.72	0.84

(注) 第14表に同じ

示す。ダイコンのカリ含量は、コンポスト施用量を増すに従って上昇したが、全窒素、りん酸および石灰含量はコンポスト施用の影響は認められなかった。また、コンポスト施用区の葉部の苦土含量は、5, 7作で低く、かつ施用量の増加にともなって減少する傾向を示した。キャベツもダイコンとほぼ同様な傾向であり、かつ堆肥1トン施用とコンポスト1トン施用との間には、養分吸収に差は認められなかった。

#### (4) 土壌の化学性に及ぼす影響

第8作目のキャベツ収穫後のあと地土壌の一般分析項目について調査した結果を第26表に示す。土壌のpHは、ほとんど処理区間差が認められなかったが、電気伝導度、全炭素、全窒素、トルオーグリン酸、陽イオン交換容量、置換性石灰、置換性カリおよび塩基飽和度は、明らかにコンポストの施用量を増すに従って増加した。とくにトルオーグリン酸の増加が顕著であっ

た。

#### (5) 農作物の重金属含量に及ぼす影響

ダイコンおよびキャベツのそれぞれ最終作における植物体の重金属含量を第27, 28表に示す。ダイコンの根と葉の重金属含量を第1, 3, 5, および7作について調査した。第5作までは、コンポスト施用区と無施用区との間に明らかな差は認められなかったが、7作のコンポスト多量施用区で、はじめて亜鉛含量が他の処理区よりも高い値を示した。

キャベツの結球部および外葉部についても、第2, 4, 6, 8作について、それぞれ重金属含量を調査した。その結果、カドミウム、銅、ニッケル、鉛および水銀は、処理区間に大きな差は認められなかったが、コンポスト施用区の亜鉛含量は、明らかに増加する傾向を認めた。すなわち、第8, 9図に示すように、結球部では、6作から、また外葉部では4作から、それ

第26表 ダイコンとキャベツ連作(4年, 8作)跡地土壌の化学性 (対乾物)

処 理	pH (H <sub>2</sub> O)	EC (mS/cm)	T-C (%)	T-N (%)	トルオーグ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg)	CEC (me)	置換性塩基 (mg)			塩基飽 和度 (%)
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	
標準無堆肥	5.2	0.20	8.01	0.50	8.5	44.8	257	28	40	25.4
〃 堆肥1t	5.2	0.25	8.49	0.55	16.4	46.4	249	24	57	24.4
〃 コンポスト1t	5.2	0.23	8.36	0.54	19.4	46.4	293	20	56	27.2
〃 コンポスト2t	5.3	0.25	9.14	0.61	21.2	47.1	366	21	44	31.8
〃 コンポスト4t	5.1	0.30	10.01	0.73	25.4	49.1	385	10	60	31.6

(注) 第14表に同じ

第27表 ダイコン (第7作) の重金属含量 (対乾物 ppm)

処 理	根					葉				
	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni
標準無堆肥	0.06	3.86	34.6	0.45	0.34	0.18	5.59	49.9	0.67	0.99
〃 堆肥1t	0.05	3.50	31.6	0.38	0.30	0.17	5.17	44.4	0.49	0.84
〃 コンポスト1t	0.05	3.46	32.4	0.41	0.32	0.17	5.21	47.2	0.59	0.85
〃 コンポスト2t	0.05	3.52	36.1	0.38	0.34	0.15	5.18	50.8	0.41	0.82
〃 コンポスト4t	0.06	3.75	43.4	0.51	0.40	0.17	5.14	66.7	0.62	0.92

(注) 第14表に同じ

第28表 キャベツ (第8作) の重金属含量 (対乾物 ppm)

処 理	結 球					外 葉				
	Cd	Cu	Zn	Ni	Hg	Cd	Cu	Zn	Ni	Hg
標準無堆肥	0.08	3.54	30.2	1.26	0.002	0.36	3.28	27.5	0.82	0.037
〃 堆肥1t	0.07	3.74	30.5	1.12	—	0.35	3.52	30.8	0.78	—
〃 コンポスト1t	0.07	3.35	37.5	1.13	—	0.32	3.31	51.8	0.69	—
〃 コンポスト2t	0.06	3.69	47.3	1.19	—	0.28	3.01	67.1	0.69	—
〃 コンポスト4t	0.07	4.27	70.1	1.83	0.002	0.33	3.42	168.1	0.83	0.024

(注) 第14表に同じ

ぞれコンポスト施用量の増加にともなって亜鉛含量も増加した。

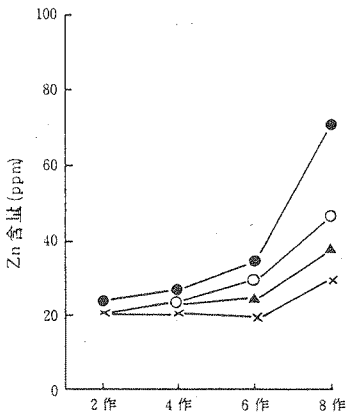
(6) 跡地土壌の化学性に及ぼす影響

コンポストを4か年間, 8作にわたって連用した跡地土壌の化学性を第29表に, pHの経時変化を第10図に示す。pHは各処理とも年次経過とともに低下したが, 4~6作以後は, コンポスト施用区よりも堆肥施用区の低下が少ない傾向を示した。電気伝導度, 全炭素およびトルオーグリン酸の含量は, コンポスト施用量が多くなるほど高くなる傾向が認められた。また陽イオン交換容量や置換性石灰含量も, ほぼ同様な傾向を示した。

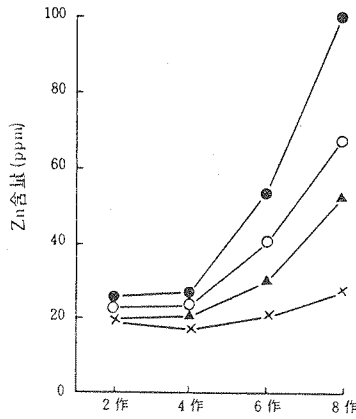
(7) 跡地土壌の重金属含量に及ぼす影響

コンポストを4か年にわたり8回連用した跡地土壌の全重金属含量と, 0.1N塩酸可溶の重金属含量を第30表に, 表層15cmにおける重金属含量の収支を第31表に, また, コンポスト中の含量が高いカドミウム, 銅, 亜鉛, 鉛については, それぞれの経時変化を第11, 12, 13, 14図に示す。

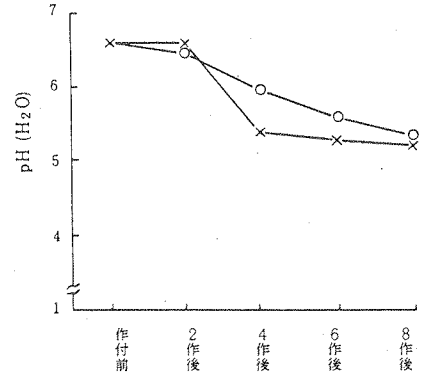
コンポスト施用区の重金属含量は, 標準無堆肥区および同堆肥1トン施用区よりも明らかに高く, かつ, 施用量の増加にともなって上昇することが確認された。また, 第11, 12, 13, 14図に示すように, コンポスト施用量の増加にともなって, 土壌中の重金属含量は明らかに上昇し, 土壌に蓄積されることを確認した。すなわち, 標準無堆肥区に対するコンポスト4トン施用区



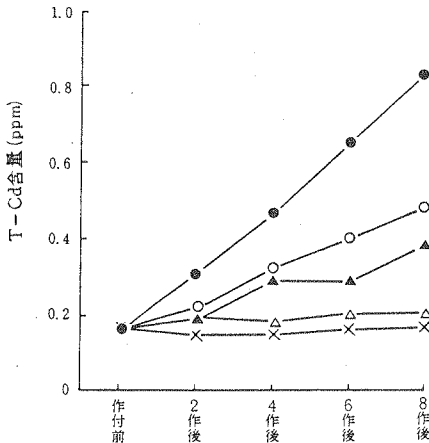
第8図 キャベツ結球中のZn含量の変化



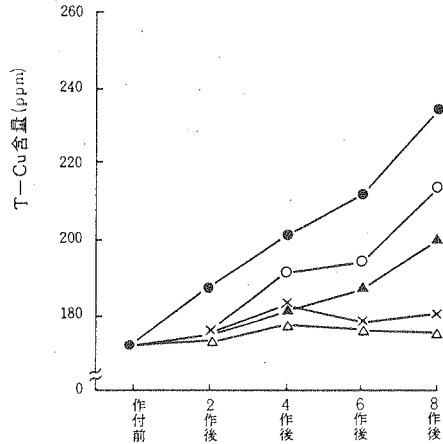
第9図 キャベツ外葉中のZn含量の変化



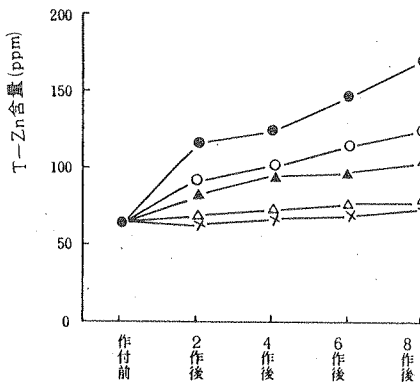
第10図 コンポスト専用土壌のpHの変化



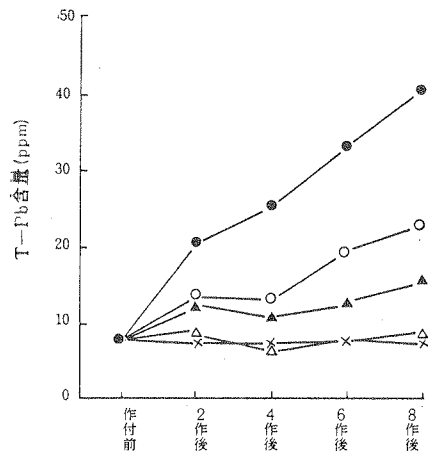
第11図 コンポスト専用土壌のT-Cd含量の変化



第12図 コンポスト専用土壌のT-Cu含量の変化



第13図 コンポスト専用土壌のT-Zn含量の変化



第14図 コンポスト専用土壌のT-Pb含量の変化

×:無堆肥, △:堆肥1t, ▲:コンポスト1t, ○:2t, ●:4t

第29表 コンポストの連用が腐植質火山灰土壌の化学性とキャベツ収量に及ぼす影響(キャベツ5作々付跡地)

処 理	pH		EC (mS/cm)	トルオーグ りん酸 (mg)	CEC (me)	塩基飽和度 (%)				5作の平 均結球重 (2株/土管)	比
	H <sub>2</sub> O	KCl				CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	合計		
標準無堆肥	5.1	4.6	0.23	25	34.43	35.5	4.6	1.1	41.2	2.620	100
〃 堆肥	5.0	4.6	0.44	26	36.53	42.3	4.8	0.9	47.9	2.452	94
〃 堆肥倍量	5.1	4.6	0.37	27	35.68	42.8	5.2	1.1	49.7	2.414	92
〃 コンポスト	5.0	4.6	0.45	25	35.98	42.9	4.0	0.9	47.7	2.498	95
〃 コンポスト倍量	5.3	4.8	0.33	26	36.69	49.2	5.2	1.0	55.4	2.538	97
〃 コンポスト4倍量	5.2	4.8	0.41	29	37.48	51.2	4.7	1.1	57.0	2.694	103

(注) 第14表に同じ

第30表 ダイコンとキャベツ連作(4年・8作)跡地土壌の重金属含量 (対乾物 ppm)

処 理	全 量						0.1N HCl 可溶				
	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni	Hg	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni
標準無堆肥	0.18	181	76	7.6	48.0	0.03	0.12	0.88	5.7	0.81	1.8
〃 堆肥1t	0.20	176	78	8.2	46.7	0.03	0.13	0.90	6.5	0.82	1.8
〃 コンポスト1t	0.38	200	103	15.3	53.1	0.12	0.19	1.04	14.1	0.90	1.9
〃 コンポスト2t	0.48	214	124	22.8	54.3	0.22	0.22	0.93	24.0	1.06	2.2
〃 コンポスト4t	0.83	235	170	41.2	57.0	0.49	0.33	1.00	45.0	1.13	2.6

(注) 第14表に同じ

第31表 コンポスト8回連用後の土壌中の重金属量の収支 (対乾物 ppm)

元素	処 理	供 試 土壌(A)	コンポスト からの持込 量 (B)	作物によ る吸収量 (C)	A+B-C (D)	跡地土壌 (E)	残存率 (%)
Cd	コンポスト1t	0.17	0.12	0.02	0.27	0.38	141
	〃 2t	〃	0.23	0.01	0.39	0.48	123
	〃 4t	〃	0.46	0.01	0.62	0.83	134
Cu	コンポスト1t	171.7	13.8	0.4	185.1	200.0	108
	〃 2t	〃	27.7	0.4	199.0	214.3	108
	〃 4t	〃	55.3	0.4	226.6	235.3	104
Zn	コンポスト1t	64.8	21.1	4.1	81.8	102.9	126
	〃 2t	〃	42.2	4.7	102.3	124.2	121
	〃 4t	〃	84.4	5.9	143.3	170.9	119
Hg	コンポスト1t	0.03	0.10	0.00	0.13	0.12	92
	〃 2t	〃	0.21	0.00	0.24	0.22	92
	〃 4t	〃	0.42	0.00	0.45	0.49	109

(注) 表土15cm, 仮比重0.71として計算, 残存率(%) = E/D × 100

の重金属含量の増加率は、カドミウムが4.6倍、銅1.3倍、亜鉛2.3倍、鉛5.4倍、ニッケル1.2倍、水銀は16.3倍であった。また0.1N塩酸可溶の銅、鉛およびニッケル含量は、いずれも、コンポストを連用してもあまり増加しなかったが、カドミウムは若干増加する

ようであった。

これに対し、顕著に増加したのは亜鉛であり、とくに、コンポスト施肥量が最も多かった毎作4トン施肥区の亜鉛含量は、標準無堆肥区の約8倍の高濃度であった。

第30表に示すように、全重金属含量に対する0.1N塩酸可溶の重金属含量の割合、すなわち、重金属の可溶化率についてみると、亜鉛は、コンポスト施用量の増加にともなって可溶化率が高まるのに対し、カドミウムは、むしろ減少し、銅とニッケルは明らかな傾向を示さなかった。

これらの調査結果をもとに、コンポストを8回連用した跡地における表土15cm中の重金属類の収支について検討した結果を第31表に示す。コンポストによって農地に持ち込まれた重金属類は、持ち込み量の増加にともなって明らかに増加するが、作物が吸収することによって、ほ場の外に持ち出されたり、または、作土下に移動する量は、問題にならないほど、わずかな量であることがわかる。また、重金属類のうち、とくに亜鉛の持ち込み量が多いことと、水銀の土壌蓄積割合が他の重金属類に比較して著しく高いことが特徴的であった。

以上の調査結果を総合すると、農耕地に対するコンポストの施用効果は、農作物の種類や施用量によっても異なるが、10a当り1～2トンの施用で、従来から施用されてきた堆きゅう肥の施用効果とほぼ同等であると判断された。

また、土壌改良効果も、堆肥のそれと差がないようであったが、問題は、コンポスト中に含有される重金属等の有害物質の存在である。この試験からも明らかなように、土壌に持ち込まれた重金属類は、そのほとんどが、そのまま土壌中に蓄積され、可溶化した重金属は、農作物に吸収されることである。とくに、コンポスト中に多量に含まれる亜鉛と、土壌蓄積性の高い水銀について考慮する必要がある。

## 摘 要

県内に広く分布する腐植質火山灰土壌に対するコンポストの施用効果と、重金属類の土壌および農作物による蓄積性と吸収特性について土管試験による基礎的調査を行った結果は、おおむね次のとおりであった。

1. 供試したコンポストの全窒素および石灰含量は、いずれも堆肥よりも高く、カリ含量は劣っていた。その他の一般成分については、差は認められなかった。
2. コンポストの重金属含量は、堆肥よりも著しく高く、とくに水銀と鉛の含量が高かった。

3. 年間にダイコンとキャベツの2作を作付け、4か年間に8作の試験を行った。両作物とも、堆肥とコンポストの施用適量は、ともに10a当り1トン程度と推定された。
4. 跡地土壌の分析を行ったところ、 $pH$ は処理区間差がなかったが、電気伝導度、全炭素、全窒素、トルオーグリン酸、陽イオン交換容量、置換性石灰、置換性カリおよび塩基飽和度は、明らかにコンポスト施用区で上昇した。
5. 第5作目までは、ダイコンの重金属含量に区間差が認められなかったが、最終作では明らかに亜鉛含量が高まった。キャベツについても、ほぼ同様な傾向が認められた。
6. 跡地土壌の重金属含量は、コンポスト施用量の多い区ほど高い値を示し、とくに亜鉛は顕著に増加した。
7. 表土15cmについて、重金属類の収支を試算したところ、コンポストから持ち込まれた重金属類は、そのほとんどが土壌中に蓄積されることを確認した。
8. 重金属類の中では、亜鉛の持ち込み量が最も多く、また水銀の蓄積割合は、他の重金属に比し高い値を示した。

## 第4節 土壌病害に及ぼす影響

### 1. 目的

コンポストの施用が、農作物の土壌病害に及ぼす影響をほ場試験において調査する。

### 2. 試験方法

第3章、第1節に記載のほ場で栽培した作物を、各処理区の50～100株について、土壌病害の発生状況を調査した。

1981年はコムギ、ラッカセイ、タマネギ、コマツナ、キャベツについて、それぞれ5月13日、6月8日、7月17日、8月24日、9月24日、10月16日および11月14日に土壌病害の発生状況を調査した。また、1982年は、コムギ、ラッカセイ、キャベツ、レタスについて、それぞれ11月14日、3月16日、4月19日、5月25日、6月7日、7月6日、8月6日と27日、9月18日と30日、10月22日、および11月18日に、それぞれ、ほぼ同様な方法で土壌病害の発生状況を調査した。

この他、一部の農作物については、顕微鏡観察や分離試験を行うとともにポットに移植し、温室内で観察調査を行い、土壌病害によるものか否かを確認した。

### 3. 結果と考察

1981年に実施した調査対象の5作物には、いずれも土壌病害は認められなかった。また、コムギの地上部にうどんこ病が散見されたが、処理区間差は認められなかった。しかし、ラッカセイでは地際が褐変し、地上部がねじれる症状が2~3株発生した。顕微鏡観察、RSA培地への分離を行ったところ、いずれも異常は認められず、また、ポットに移植してガラス温室内で観察をしたが病害は発生せず、症状はいずれも回復した。タマネギでは、コンポスト2トン区と堆肥2トン区で、それぞれ白斑が目立ったが、調査の結果、病害でないことを確認した。

1982年のコムギは、土壌病害が発生しなかったが、すべての処理区にさび病、うどんこ病が多発した。ラッカセイは、Bブロックのコンポスト施用区に白絹病が発生し、キャベツは、無堆肥区とコンポスト区に、それぞれリゾクトニア菌による株腐病が発生した。レタスは収穫期近くになって、堆肥区とコンポスト施用

区に菌核病が発生した。

2か年の試験期間を通じ、コンポストの施用に原因すると思われる土壌病害はほとんど発生しなかった。また、発生しても、きわめて局所的であった。このことは、他の原因によって病原菌が他から侵入しない限り、コンポストの施用が直接土壌病害の発生原因になることはないものと推察された。

## 摘 要

1. コムギ、ラッカセイ、タマネギ、コマツナ、キャベツおよびレタスに対して、コンポストを施用し、土壌病害に及ぼす影響を調査した。
2. 何らかの理由で、他から病原菌が持ち込まれない限り、コンポストの施用が、特定の土壌病害の発生原因にはなり得ないものと推察された。

## 総 合 考 察

第32表は、神奈川県において年間に排出される有機性廃棄物の総量と、それらが含有する肥料成分量を肥料三要素量に換算したものである。

家畜ふん尿、人ふん尿、下水汚泥および都市ごみ等の有機物の総量は、乾物換算で278,897トンに達する莫大な量である。さらに、これらの廃棄物中には、窒素22,995トン、りん酸32,433トン、カリ9,558トンが含有されているものと試算された。この量は、本県における作物別肥料施用基準に示す作物別の理想的な堆きゅう肥および化学肥料の施用量と比較して、有機物は、標準施用量の1.4倍、窒素は3.3倍、りん酸は7.0倍、カリは1.7倍に相当する。もちろん、有機物中の肥料三要素は、化学肥料と比較して肥効の点で、かなり劣ることは明らかである。しかし、本県においては、これらの有機性廃棄物のみで、農作物生産に必要な施肥量を、はるかに上回る量であることは確かである。次に有機物の種類と、それぞれの排出量についてみると、最も多いのはごみであり、家畜ふん尿がこれに次いで多い。人ふん尿と下水汚泥中の有機物は、家畜ふんやごみと比較すると、問題になっている割には、量的には少ない。また、特徴的なことは、ごみの中に含まれる有機物量が、有機物資源量として最も高い位置を占めていることである。しかし一方で、本県農業が年間に必要とする有機物の総量196,800トン確保す

るには、県内で排出される有機性廃棄物の全量を農地に施用しても、理想的な有機物施用量の1.4倍に過ぎないことも明記すべきであろう。このことは、農地に対する有機物施用量の絶対量の確保が、いかに難しいことであるかを示唆するものでもある。

戦中および戦後の一時期、本県農業がかなり高い生産性を維持できたのは、本県の立地が下肥やごみの利用に有利であったことと、農耕地面積に比して山林が多かったことによる。しかも、これらの有機性都市廃棄物中の肥料三要素は、他の有機物よりも、かなり高い濃度で存在することも有利であった。しかし一方で、これらの資源が廃棄物として取り扱われたときは、環境に及ぼす影響が大きい。家畜ふん尿は、農業の問題として、人ふん尿と下水汚泥は、行政上の問題としてかなり深刻であるが、ごみ戦争で象徴される都市ごみの処理処分は、住民にとっても、また行政にとっても、より重要な問題である。

ごみの堆肥としての利用は、かなり古くから行われており、この調査結果からも明らかなように、都市ごみコンポストの有機物としての特性は、堆きゅう肥のそれに近く、肥料的な効果もかなり高い。また土壌の理化学性に及ぼす影響も堆きゅう肥のそれに劣らないことが判明した。

ごみの理化学性は、人ふん尿、家畜ふん尿および下

第32表 神奈川県における有機性廃棄物の総量と、有機物及び肥料三要素換算量 (乾物重 t/年)

	有機物	窒素	りん酸	カリ	
施肥基準による肥料消費量	196,880 比(100)	6,890 (100)	4,642 (100)	5,696 (100)	
廃棄物中の肥料成分量	278,897 比(142)	22,975 (333)	32,433 (699)	9,558 (168)	
内訳	家畜ふん尿	108,875	7,807	6,047	4,157
	人ふん尿	26,631	8,877	22,192	2,959
	下水汚泥	24,367	1,828	1,218	61
	ごみ	119,025	4,463	2,976	2,381

(注) 積算の基礎

1. 家畜頭羽数は、1983年2月、人口は1984年1月現在 (原物kg)

2. ふん尿排泄量(kg/日)

は次の表によった。

種類	ふん	尿
人	0.1	1.1
牛	25	6
豚	3	3
鶏	0.15	

3. ふん尿、汚泥およびごみコンポストの分析値は、神奈川県農研報等に記載の平均的数値によった。

4. 全し尿量のうち汲取りによるもの46.6%とした。

5. 公共下水道の普及率は39.0%、1人当りSS排出量は60g(乾物)とした。

6. 1人1日当りのごみ排出量は、0.915kgとした。

7. 生ごみからのコンポストの生産歩止りは、25%(生ごみ100トンから水分50%のコンポスト25トンが生産される)とした。

8. 耕地面積は、神奈川県農林漁業動向年報(1983年3月)によった。

9. 農耕地の種類別年間施肥要素量は

次の表によった。

種類	(kg/10a)			
	有機物	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
水田	400	8	6	6
普通畑	800	30	20	25
樹園地	800	30	20	25
牧草地	800	18	14	14

水汚泥よりも、はるかに優れた堆肥化特性がある。このような素材を原料としたコンポストは、15~20前後の炭素・窒素比と、易分解性の有機物から、かなり難分解性の有機物にいたるバラエティに富んだ有機物の形態があり、肥効と土壤の物理性の改善効果が高い。このような優れた性質をもつごみのほとんどすべてが、埋立や焼却にゆだねられている第一の理由は、コンポスト中に含まれるガラスや陶器、ビニール片などの夾雑物の他、重金属等の有害物質が含まれる恐れがあるからである。そして第二の理由は、堆肥化処理施設の処理能力が、ごみ排出量の増加に追いつけなかったことや、施設的环境衛生面での管理やコンポストの品質管理が、ごみ質の悪化に追いつけなかったことなどで

ある。

この10数年間に、混合ごみの中から有機物やコンポスト原料となる有機物を分別するための各種の装置が開発された。本研究に供試したコンポストの生産方式もその一つである。この新しい方式による実用規模に近い大型プラントは、都市ごみの中から紙類とプラスチック、厨茶類を分離し、それぞれ再生紙の原料となる紙パルプと、プラスチックからの燃料エネルギーの再生産のほか、厨茶類からコンポストを生産するもので、諸外国にも例を見ない大規模かつ精巧な施設であった。都市ごみの100%再資源化を目的としたこの施設は、今後の資源再生利用の方向を示すものとして高い評価を受けた。とくに、このテストプラント

の心臓部ともいえる半湿式破碎分別装置は、国際的にも最高の評価を受け、廃棄物からの有価物の選別に最も優れた方式であることが実証されている。

一方、この新しいシステムから生産されたコンポストの農作物に対する施用効果は、従来のそれに劣らないことが判明した。また、コンポスト中のガラス、陶器、ビニール片および重金属等の夾雑物は、従来のコンポストとほとんど異なるものでないことも明らかになった。このことは、このシステムが、都市ごみから紙パルプや熱エネルギーを再生産するには、優れた性能があるにしても、農業利用を目的としたコンポスト生産には、コンポストの原料となる厨芥類を分離する能力の点で問題があることを示すものである。

農業関係の行政や研究者を主なメンバーとし、これに衛生や環境関係者が参画した三浦市堆肥化問題研究委員会における7か年におよぶ検討経過を見ても、機械的な分離か、または各家庭における手選別によるべきかについての論議で終止した。そして結果的には、家庭における完全な分別に依存する他に、コンポストの安全性は確保できないというのが結論であった。

このことは、第2章、第2節の手選別と機械分別ごみコンポストの成分比較の項で述べたように、家庭において完全に分別されたごみから生産されたコンポストの有効成分は、普通堆肥のそれとほとんど変わらない組成であることが明らかになったことと、最も大きな関心事であるコンポスト中の重金属含量は、全国8か所のコンポストプラントの製品中のそれらと比較し、<sup>58</sup>カドミウムは14分の1、銅13分の1、亜鉛13分の1、鉛89分の1、ニッケル6分の1、水銀は228分の1と、きわめて低い含量であることが実証された。この値は、<sup>73)</sup>試験ほ場のバックグラウンドに近い値でもあった。したがって、完全な手選別が行われたごみを原料としたコンポストは、相当長期間の運用をしたとしても、土壤中の重金属含量にほとんど変化を与えないであろう。

また、このようなコンポストを施用するときは、環境庁水質保全局長の諮問機関の一つである汚泥の農用地等還元問題研究会の報告に示す、土壤中の亜鉛と銅のそれぞれの上限值である120ppmと80ppmに達するには、多くの土壤でかなり長期間にわたってコンポストの施用が可能であると判断される。

ところで、有機性都市廃棄物中に混入する恐れのある有害物質や夾雑物は、重金属、ガラス、陶器、ビニール片や重金属等に限ったことではない。今後は、その他の有害物質、例えば環境中において、長期にわた

って残留する有機塩素系の有害物質等についても検討すべきであろう。しかしながら、家庭の段階で十分な分別が行われるならば、ごみコンポスト中に、これらの有害物質や夾雑物の混入量は、ほとんど無視できるものと考えられる。コンポストの土壌ならびに農作物に対する施用効果は、普通堆肥と同等と考えてよく、家畜ふん尿や人ふん尿ならびに汚泥等に劣らない優れた効果が期待される。

また、このような要件を満足したものでなければ、ごみを原料としたコンポストを農業利用すべきではないものと考えられる。

ここ当分の間は、手選別に匹敵する性能をもった装置が開発されるとは思えない。したがって、廃棄物の再資源化に共通する基本である、“分ければ資源、混ぜればごみ”の考え方は、ここ当分の間は、変わることはないであろう。また、このことが農地の保全と安全な農作物の生産にとって不可欠なことと思われる。

## 総 括

都市ごみをいかに適正に処理処分するかは、地方自治体における最大関心事の一つである。ごみの処理処分はそのほとんど総てを埋立や焼却に依存しているが、資源の有効利用と環境保全の立場からすれば、ごみのコンポスト化処理は、最も効果的にして、かつ適切な方法であることに議論の余地はない。

本研究は、コンポストの農業利用を歴史的、技術的、経済的な側面から検討し、農業者が受け入れることができるコンポストとは何かについて、提言するものである。

神奈川県農業総合研究所における所内共同研究の結果得られた結論は、“分ければ資源、混ぜればごみ”の考え方に基く、家庭における徹底した分別以外に適当な方法はないということであった。

この結論が得られるまでの研究経過は、次のように要約される。

### 1. 本県におけるコンポスト生産の歴史と現状

本県農務部（現農政部）がごみの農業利用を奨励したのは、1909年であり、これは我が国における近代農業において公的機関が、ごみの農業利用を奨励したはじめてのものと思われる。この先駆的な考え方は、戦後に引き継がれ、多くの研究業績となって高い評価を受けている。

戦後はじめて、我が国でコンポストプラントが運転



されたのは1954年であった。このプラントは、WHOの指導で神戸市に設置された。その翌年、1955年には本県でも独自の方式によるコンポストプラントの研究が発足した。

この方式は、し尿をごみと合併処理できたことから、全国の関係者から注目をあびた。また製品コンポストの肥料的な効果も、かなり高いことが確認された。このプラントは全国に5基が建設され、本県におけるコンポスト研究は、全国の中心的な位置を占めていた。

その後、1961年には小田原市に、また1965年には三浦市にそれぞれ実用プラントが設置された、しかしながら、ごみ質の悪化や経済社会情勢の急激な変化等により、いずれも閉鎖の止むなきにいたった。

このような過去における失敗にもかかわらず、オイルショック後の1975年には、ごみの100%再生利用を目標に、新しい実験プラントが通産省工業技術院によって、横浜市に建設された。このプロジェクトのサブシステムの一つであったコンポストプラントの実験には、本県からも参画した。

一方、都市近郊の野菜集団産地である三浦地域では、昭和40年代から有機質の不足が顕在化していた。そのため、1973年に三浦市堆肥対策プロジェクトチームが発足した。その後、この組織は堆肥製造施設対策技術委員会に改組され、1980年まで調査研究が行われた。その結果、当該地域内に不足する有機物を補充するには、ごみの利用より他に適当な資源がないことが確認された。また、建設費やランニングコストを低減し、エネルギー収支のバランスを図り、かつ安全にして有効なコンポストを生産するには、家庭における徹底した分別に頼らざるを得ないと結論した。

この結果、プラント建設が具体化したのが、国の財政事情等により1984年現在、実現の可能性はない。

## 2. 機械分別と手選別ごみコンポストの理化学的特性

本研究で供試したコンポストは、前記した資源再生利用技術システムから生産されたものである。このシステムから生産されたコンポストは、基本的には、他の方式によるものと大差なかった。すなわち、7日間の一次発酵処理では、多少の形状の変化は認められたが、腐熟度や各種成分の変化は少なく、1か月以上の二次発酵処理が必要だった。また、ガラスやビニール片等の夾雑物がかなり含有されており、重金属含量も高い値を示した。

これに対して、家庭において徹底した手選別を行ったごみを堆積し、堆肥化処理した製品の重金属含量は、

本システムや他の機械分別ごみを原料としたものと比較し、著しく少ない含量であった。この値は、わらを原料とした堆肥とほぼ同等の重金属含量であり、かつ栽培試験ほ場のバックグラウンドに近い含量でもあった。コンポスト中の有機物含量や一般成分も、機械分別ごみを原料としたコンポストと大きな差がないことも確認した。

すなわち、供試コンポスト中の一般成分や有機物の形態は、牛ふん堆肥のそれと大差なく、またほ場試験の結果からも堆肥とほぼ同等、もしくは、それ以上の効果が期待された。しかしながら、土壌中での有機物の分解速度は、牛ふん堆肥との間にかかなり大きな差があることを認めた。すなわち、炭素換算で同量の有機物を土壌に添加したときに発生する炭酸ガスの発生量は、コンポストからのそれが牛ふん堆肥よりはるかに勝っていた。また、炭素・窒素比19のコンポストは、60日間、15の場合は45日間、それぞれ窒素の無機化が行われなかった。窒素の無機化率は牛ふん堆肥が、また、炭素の無機化率は、コンポストがそれぞれ高い値を示すことから、未熟なコンポストの多量施用は、窒素飢餓を招く恐れがあった。

## 3. コンポストの施用効果と重金属収支

普通作物（ラッカセイ、コムギ）と園芸作物（レタス、タマネギ、コマツナ、キャベツ）に対するコンポストと堆肥の施用効果を、ほ場試験で調査し、あわせて、一般成分や重金属類の吸収特性についても調査した。

これらの作物のうち、コンポストの施用効果が認められなかったのは、ラッカセイのみであり、他の作物は、10~50%以上増収した。とくに、多量に施用したときは、コンポストの施用効果は、堆肥よりも高かった。一般にコンポストの施用効果は、窒素に対するレスポンスの高い作物や、冬作物で高いようであった。

これらの調査結果より、化学肥料と併用する場合の10a当りのコンポストの施用量は、ラッカセイを除いて1~2トン程度と判断された。

収穫物の一般成分については、コンポストと堆肥施用区との間に差は認められなかったが、コンポスト施用区の土壌のpH、置換性石灰、石灰飽和度およびトルオーグリン酸含量は上昇した。

一方、コンポストの施用が、これらの農作物による重金属吸収について調査したが、ラッカセイとコムギの可食部の重金属含量は、無施用区との間に差が認められなかった。しかし、レタスとキャベツの亜鉛含量

と、タマネギの亜鉛と銅の含量は、無施用区より高い値を示した。このように、作物の種類によって重金属類の吸収に差があったが、土壤中の亜鉛と水銀含量は、コンポストの施用により明らかに増加し、かつ、多量に施用した区ほど、重金属含量が高まった。これらの分析結果をもとに、土壤に施用されたコンポスト中の重金属の収支を試算したところ、そのほとんどが土壤中に蓄積されることを確認した。

以上の調査は、主に所内の灰色低地土壤（畑利用）において実施されたものである。そこで本県に広く分布する黒ボク土壤に対するコンポストの施用効果と重金属類の土壤蓄積性および作物吸収について土管試験による基礎実験を行った。その結果、年間にダイコンとキャベツの2作を4か年にわたって栽培したところ、コンポストを化学肥料と併用する場合の10a当りの施用適量は、1トン程度と推定された。また、コンポストを施用した土壤の電気伝導度、全炭素、全窒素、トルオーグリン酸、陽イオン交換量、置換性石灰、置換性カリおよび塩基飽和度も、灰色低地土壤と同様に明らかに上昇することを認めた。

また、土壤および作物体の重金属含量についても調査したが、はじめの5作までは、処理区間に差は認められなかったが、最終作の第8作では、明らかに植物体の亜鉛含量が上昇した。また、コンポストの施用は、明らかに、土壤の重金属含量を高め、とくに、亜鉛含量の上昇が顕著であり、またコンポストとともに施用された重金属類のほとんど全量が、作土中に蓄積されることを認めた。なかでも、亜鉛と水銀含量の増加割合が、他の重金属類よりも高かった。

これらの調査結果を総合すれば、新しい方式で生産されたコンポストの施用効果は、従来のそれに劣らなかつたが、コンポスト中の重金属類やガラス片、ビニール片等の含量も大差なかつた。したがって、この種のコンポストが、長期にわたって多量に施用されるならば、土壤中の重金属類や灰雑物は、蓄積の方向に向かうことが予測される。とくに、コンポスト中に多量に含まれている亜鉛は、年間、10a当り2～3トンの施用で、4～5年後には、作物体の含量に変化を生ずることを認めた。

これらの調査結果から、農業サイドが長期にわたり、安心して使用することができるコンポストは、現状の技術水準においては、家庭における徹底した手選別ごみを堆肥化したものについてのみ、利用が可能であると判断された。

また、このような徹底した分別が行われることによるのみ、トータルシステムとしての施設のエネルギー収支やコンポストを生産するためのコストの低減化が可能であると結論した。

## 引用文献

- 1) Bagstain G., et al : Experiments Made in Bench Scale Composters, 1. apparatus. 358-363., VATTEN (1974)
- 2) Chanyasak V., Kubota H. : Carbon/Organic Nitrogen Ratio in Water Extract as Measure of Composting Degradation, J. Ferment. Technol., Vol. 59, No. 3, 215-219 (1981)
- 3) ———, Hirai M., Kubota H. : Changes of Chemical Components and Nitrogen Transformation in Water Extracts during Composting of Garbage, J. Ferment. Technol., Vol. 60, No. 5, 439-446 (1982)
- 4) ———, Katayama A., Fukui M., Mori S., Kubota H. : Effects of Compost Maturity on Growth of *Komatsuna Brassica Rapa var Perivdis* in Neubauer's Pot, 1. Comparison of Growth in Compost Treatments with That in Inorganic Nutrient Treatments as Controls, Soil Sci. Plant Nutr., Vol. 29, No. 3, 239-250 (1983)
- 5) 第4回日米廃棄物処理会議報告：都市と廃棄物, Vol. 9, No.8, 9, 11, 19-55 (1979)
- 6) Daniel Colacicco : Economic Aspects of Composting—An Analysis of Current Costs and Benefits of Recycling Organic Wastes by Composting—Bio Cycle, 26-30 (1982)
- 7) 出井喜光, 松崎敏英：産業廃棄物の処理活用と地力保全(その1), 農業技術, Vol. 26, No.3, 119-122 (1971)
- 8) ———, ———：産業有機廃棄物の処理活用と地力保全(その2), 農業技術, Vol. 26, No.4, 157-161 (1971)
- 9) 土井 星：NC式堆肥化施設, 114-129, 神奈川県 (1959)
- 10) 土木学会：下水汚泥の処理・処分および利用に関する研究報告書, 昭和44年度 (1970)
- 11) 同 上：昭和45年度 (1971)

- 12) 同上：昭和46年度 (1972)
- 13) 同上：昭和47年度 (1973)
- 14) 同上：昭和48, 49年度 (1975)
- 15) China: Recycling of Organic Wastes in Agriculture, 107pp. FAO (1977)
- 16) Golueke, C. G. : Biological Reclamation of Solid Wastes, 249 pp., Rodale Press (1977)
- 17) Harada Y., Inoko A. : The Measurement of the Cation Exchange Capacity of Composts for the Estimation of the Degree of Maturity, Soil Sci. Plant Nutr., Vol. 26, No.1, 127-134 (1980)
- 18) ———, Inoko A. : Relationship between Cation Exchange Capacity and Degree of Maturity of City Refuse Composts, Soil Sci. Plant Nutr., Vol. 26, No.2, 353-362 (1980)
- 19) Hertelendy K. : Paper Chromatography, A Quick Method to Determine the Degree of Humification of Refuse Compost, I R C W D News No.7, 1-3 (1974-11)
- 20) 本多淳裕：廃棄物堆肥化システムとその装置，用水と廃水，Vol. 19, No.10, 1191-1200 (1977)
- 21) Hutchinson, Richards : (a) Art. Farm-yard Manure. Journ. of the Min. of Agr., 28, 398-409 (1921). (b) Improvement in and Relating to the Manufacture of N Fertilizers, E. P. 219, 384 (1924)
- 22) 今村 新：塵芥処理堆肥についての実験，神奈川県衛生研究所研報，23-24 (1955)
- 23) 井の子昭夫：円形濾紙クロマトグラフィーによる都市ごみコンポストの腐熟度の簡易検定法，土肥誌，Vol. 50, No. 2, 127-132 (1979)
- 24) ———，藤原俊六郎：円形濾紙クロマトグラフィーによるオガ屑，木屑混合家畜ふん堆積物の腐熟度検定の可能性，土肥誌，Vol. 50, No. 6, 517-522 (1979)
- 25) ———，原田靖生，菅原和夫：都市廃棄物コンポスト化製品の農業利用—腐熟度の観点から—，農技研報B (土壌肥料)，33号，165-213 (1982)
- 26) Inoko A., Miyamatsu K., Sugawara K., Harada Y. : On Some Organic Constituents of City Refuse Compost Produced in Japan, Soil Sci. Plant Nutr., Vol. 25, No.2, 225-234 (1979)
- 27) 井沢敏彦：堆肥製造の機械化，研究ジャーナル，Vol. 2, No.2, 22-26, 農林水産技術情報協会 (1979)
- 28) Ito K., Hirayama Y. : Semi-Wet Selective Pulverizing System-A Feasibility Study, 1 (1975), 45-53. Resource Recovery and Conservation (1975) 11
- 29) IUPAC Information Bulletin No.2, 127pp. Pergamon Press (1978)
- 30) 岩井重久：廃棄物のコンポスト化技術の展望，環境技術，Vol. 7, No.3, 44-49 (1978)
- 31) 神奈川県知事官房：神奈川県統計書，677pp. (1922)
- 32) 神奈川県内務部：堆肥のすすめ，17pp. (1920)
- 33) 環境庁：土壌浄化力活用調査，257pp. (1980)
- 34) 環境整備設計事務所：都市廃棄物のコンポスト処理方式の改善ならびに農業利用に関する研究，昭和55年度報告書，152pp. (1981)
- 35) 環境整備設計事務所：高速堆肥化処理施設，構造，指針 (案)，91pp. (1981)
- 36) 小沼穂積，鈴木俊二：静電分別法による都市ごみ堆肥の精製，エハラ時報No.108, 18-21 (1979)
- 37) 児玉威：ごみの堆肥化処理について，都市におけるし尿塵芥処理の新研究，63-79. 全国市長会編 (1960)
- 38) 児玉威ら：都市塵芥の高速堆肥化実験，第1報，パイロットプラント実験，神奈川県研報，1-6. (1955)
- 39) 児玉威ら：都市塵芥の高速堆肥化実験，第2報，パイロットプラント実験，神奈川県研報，7-22 (1955)
- 40) 小平雅平，飯塚五郎：多層階式パドル発酵槽，エハラ時報，No.108, 14-27 (1979)
- 41) クリーンジャパンセンター：資源再生利用の適合性調査，95pp. (1981)
- 42) 松崎敏英，井出嘉光：産業有機廃棄物の処理活用と地力保全 (その3)，農業技術，Vol. 26, No. 5, 215-217 (1971)
- 43) ———：欧米諸国に見るゴミと汚泥のコンポスティング，圃場と土壌，No.76, 77合併号，100-103 (1975)
- 44) ———：クロボク土における有機性廃棄物の農地還元と物質循環，農業土木学会誌，Vol. 46, No.12,

- 39-46 (1978)
- 45) ————: IUPAC固形廃棄物再資源化委員会に出席して、発酵と工業, Vol. 36, No. 4, 299-308 (1978)
- 46) ————: 有機性都市廃棄物の農業利用と微量元素, 化学の領域, Vol. 37, No. 8, 64-69 (1983)
- 47) 三浦市堆肥製造対策委員会: 堆肥製造施設対策検討結果報告, 30pp. (1977)
- 48) 三浦市堆肥化問題研究委員会: 三浦市の堆肥化問題に関する研究成果(昭和53年度報告書), 75pp. (1979)
- 49) 三浦市堆肥化問題研究会・システム部会: 三浦市堆肥問題に関する研究成果(別冊)昭和54年度報告—廃棄物の有効利用とその利用方法に関する調査資料, 149pp. (1980)
- 50) 三浦市堆肥化問題研究委員会: 三浦市堆肥化問題に関する研究成果(昭和54年度報告書), 40pp. (1980)
- 51) 三浦市堆肥化問題研究委員会: 三浦市の堆肥化問題に関する研究成果(昭和55年度報告書), 81pp. (1981)
- 52) 村田徳二: 廃棄物の技術的諸問題, 公害研究, Vol. 8, No.3 / Winter (1979)
- 53) 日本土壌肥料学会編: 下水汚泥—リサイクリングのために—, 214pp. (1979)
- 54) 内藤幸穂, 坂口享, 長谷川俊司: 都市廃棄物のコンポスト処理方式の改善並びに農業利用に関する研究, 7-1-7, 環境整備設計事務所 (1977)
- 55) 内藤幸穂, 坂口享, 長谷川俊司: 都市廃棄物のコンポスト処理方式の改善並びに農業利用に関する研究, 10-2~14, 環境整備設計事務所 (1978)
- 56) 農林省農事試験場: 速成堆肥製造法要綱, 29pp. (1932)
- 57) 農林水産技術会議事務局: 都市ごみコンポストの品質と施用について, 113pp. (1981)
- 58) 農林水産技術会議事務局: 都市廃棄物のコンポスト処理方式の改善並びに農業利用に関する研究, 研究成果, 151, 170pp. (1983)
- 59) 大野 茂: 有機性廃棄物のエネルギー資源としての活用に関する研究—昭和51年度厚生科学研究による研究— 21pp (1977)
- 60) USDA: Report and Recommendations on Organic Farming, Report of USDA Study Team No. 0-310-944/SEA 139, Government Printing Press, Washington, DC, USA (1980)
- 61) Satriana M. J.: Large Scale Composting, 269pp. Noyes Data Corporation (1974)
- 62) 産業技術審議会大型技術開発部会, 評価分科会, 資源再生小委員会: 資源再生利用技術システムの研究開発(第三期)に関する評価報告書, 554pp. (1983)
- 63) 清水慶一, 蛭木翠: 都市塵芥コンポストの品質について(第1報)都市塵芥コンポストの土壤中での分解, 東京農業大学集報, Vol. 27, No.1, 84-94 (1982)
- 64) 申丘 徹: ドイツにおける廃棄物のコンポスト化の実状, 環境技術, Vol. 7, No.3, 69-77 (1978)
- 65) 総合技術研情報部: 廃棄物のコンポスト化技術 327pp. (1981)
- 66) Stickleberger, D.: Expert Consultation on Organic Materials as Fertilizers-The Present Situation of City Refuse Management, 1-11, FAO/SIDA (1974)
- 67) Sugawra K., Inoko A.: Composition Analysis of Humus and Characterization of Humic Acid Obtained from City Refuse Compost. Soil Sci, Plant Nutr., Vol. 27, No.2, 213-224 (1981)
- 68) Sugawara K., Harada Y., Inoko A.: Color Change of City Refuse During Composting Process, Soil Sci, Plant Nutr., Vol. 25, No. 2, 197-208 (1979)
- 69) 高橋和司: 都市廃棄物の特性と作物への施用効果, 土肥誌, Vol. 50, No. 3, 273-284 (1979)
- 70) 高松英昭: 都市ごみから資源・エネルギーをつくる—スターダスト'80—, プロメテウス, No. 16, 30-33 (1980)
- 71) 竹内良一, 滝沢明夫: 都市ごみの堆肥化処理システム, エハラ時報, No. 108, 10-13 (1979)
- 72) 竹内良一, 野本正雄, 椎名知行: 都市ごみの選択破砕分別装置, エハラ時報, No. 93, 2-6 (1975)
- 73) 渡辺光昭, 栗原淳: 都市廃棄物コンポスト化製品の理化学的特性, 農技研究B, 第33号, 95-162 (1982)
- 74) 山田登喜雄: 豊橋市都市農村環境結合計画, 用水と廃水, Vol. 19, No. 10, 1231-1238 (1977)
- 75) 山辰辰雄, 小森昭彦: 都市廃棄物高速堆肥の農業利用についての一考察: 山梨県農業技術研報, No.6, 22-40 (1977)
- 76) Yoshida T., Kubota H.: Gel Chromato-

graphy of Water Extract From Compost, J.  
Ferment. Technol., Vol. 57, No. 6, 582-584 (1979)

77) 吉野隆治：仏・独の資源再生技術事情，通産省工  
業技術院，66pp. (1980)

## 研究項目別担当者名

## 第1章

第1節 松崎敏英

第2節 松崎敏英

## 第2章

第1節 松崎敏英, 和地 清

第2節 和地 清, 松崎敏英

第3節 鎌田春海, 隅田裕明, 山田裕

## 第3章

第1節 望月正之, 山田良雄, 増山幸三,  
林 英明

第2節 山田 裕, 和地 清, 松崎敏英

第3節 和地 清, 松崎敏英

第4節 宇田川晃, 近岡一郎

本研究報告書の総括と編集は、松崎敏英と和地清が担当した。

## Practical Studies on the Utilization of Municipal Refuse Compost

Toshihide MATSUZAKI, Kiyoshi WACHI, Harumi KAMATA,  
Hiroshi YAMADA, Masayuki MOCHIZUKI, Yoshio YAMADA,  
Akira UTAGAWA, Kozo MASUYAMA, Ichiro CHIKAOKA,  
Hideaki HAYASHI and Hiroaki SUMIDA

### Summary

Nowadays, to find out reasonable treatment and disposal of municipal refuse have become one of the major concerns of the local government.

Under the existing circumstances, the treatment and disposal of municipal refuse are done by landfilling and incineration. However, on the environmental and resource conservation point of view, it is indisputable that composting of municipal refuse is the most effective and favorable method.

A study was conducted to establish a recommendation on the use of municipal refuse compost for crops through historical, technical and economic researches and investigations by the joint efforts of the Cooperated Project Research of the Agricultural Research Institute of Kanagawa Prefecture during the period from 1979 to 1983. This study concludes that sort-out of municipal refuse prior to its recycling is the most favorable means of obtaining better quality compost.

"If it is separated before utilization, it is a resource for waste recycling."

There seems to be no suitable methods, excepting the complete separation of different resources from municipal refuse by individual house-holders. The above conclusion is drawn after performing a series of studies which are summarized as

follows.

(1) History and Present Status of Municipal Refuse Compost Production in Kanagawa Prefecture

In 1909, The Agricultural and Forestry Department of Kanagawa Prefectural Government recommended the use of municipal refuse to farm land, This was one of the earliest recommendations published by official agencies on utilization of municipal refuse compost to farm land in Japan.

In 1954, after the world war II the first compost plant was built in Kobe under the assistance of WHO/UN. Then in 1955, a new processing system invented has been started in this prefecture. Due to a new process that municipal refuse is mixed with night soil, people in other prefectures has payed attention to the plant. The nutritional components of the compost produced by this process was also highly evaluated. Since then similar plants were built in other part of Japan, although on the municipal refuse composting continued to be concentrated in this prefecture for a long time. In 1961 and 1965, two composting plants were built in Odaware and Miura city, respectively. However, due to quality degradation of municipal refuse casued by the drastic changes in the economic and social status, those plant were forced to close down.

Inspite of such failure, in 1972 just after the oil crisis, a new test plant has been constructed in Yokohama city by the Industry and Technology Agency, Trade and Industry Ministry, with the purpose of complete utilization of municipal refuse.

On the other hand, shortage of organic manure was seriously recognized by farmers in Miura Peninsula which is known as vegetable producing place for large cities. As a countermeasure for solving the problem, a project team was formed in 1973. The project was soon reorganized by the Planning and Technology



Committee for Compost Manufacturing Plant, and continued its research activities until 1980. As the result, it is confirmed that there is no other organic resources than municipal refuse producing from the area. The committee also concludes that complete sort-out of usable organic matter from municipal refuse is the best means for composting. For confirming this principle municipal refuse made by individual house-hold was experimentally sorted out. Unfortunately, the plant based upon the result of sorting was not built due to financial difficulties.

(2) Difference in the Physico-Chemical Properties of Compost Between Sorted Refuse from Homes and Machinery Sorted Refuse

Compost used in this study was produced by the method originated from the Technological System for Resource Recovery and Utilization Municipal Refuse. Basically, almost no difference was recognized on the chemical and physical properties of composts produced from ordinary compost and those produced from the other systems. Namely, only a slight change in the physical appearance and compost maturity was observed. It is needed to note that secondary fermentation is required for another month or so to stabilize its organic matter, and also for reducing presence of broken glasses, vinyl tips and heavy metals observed in the compost. But content of those materials in the compost produced from sorted refuse from homes is negligibly small when it is compared those of the mechanically sorted ones. The content of heavy metals in the prior sorted compost is equal or less than that of compost produced from paddy rice straw, and showed almost the same level of heavy metal content in the soil where the field experiment was conducted.

In addition, no difference is recognized on amounts and types of organic matter contained in the municipal refuse compost and cow manure compost. And desirable application effects

to crops were expected. Almost the same difference were detected in the cow manure compost and municipal refuse compost on the decomposition rate of organic matter in the soil. Amount of carbon dioxide evolved from the soil was the highest when municipal refuse compost was applied to the soil. And also, no inorganic nitrogen was detected within the period of 60 days after application of compost with C/N 19 and 45 days with C/N 15, respectively. Mineralization rate of nitrogen in the soil was higher in case of cow manure compost than that of the municipal refuse compost. But it is recognized that the mineralization rate of organic carbon in the municipal refuse compost is of more advantageous. Application of large amount of immature compost brought unfavorable effects due to nitrogen starvation.

### (3) Application Effects of Sorted Compost and Ballance Sheet of Heavy Metals in Soil and Plant after the Application of Composts

Field experiments were carried out to determine the effects of municipal refuse compost to ordinary crops (Peanut: *Arachis hypogaea* L. and Wheat : *tritium aestivum* L.) and horticultural crops (Lettuce: *Lactuca sativa* L., Onion : *Allium cepa* L., Komatsuna : *Brassica campestris* L. *rapifera* group and Cabbage : *Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.), as well as the absorption of heavy metals and other nutrients by those crops. As a result, application of municipal refuse compost to crops increases the yields more than 10 to 50% than those of control excepting the case of peanut. Application effect of the refuse compost to crops is higher than that of ordinary compost when large amount is applied. In general, it is recognized that municipal refuse compost shows high responses to crops with high response to nitrogen and winter crops, respectively.

Basing the results obtained, it is concluded that the refuse compost should be applied to crops except peanut, at the

rate of 1 to 2 tons per 10 ares when it is used together with chemical fertilizers.

Besides, almost no difference is observed in the contents of component of the crops used among the applied with ordinary compost and municipal refuse compost. It is noted that chemical characteristics, such as pH, exchangeable calcium, degree of calcium saturation and available (Truog) phosphoric acid of the soils are increased when the refuse compost is applied.

Influence of heavy metals to crops was also investigated. The results obtained are summarized as follows; no difference is observed in heavy metal contents in the edible parts of peanut and wheat, among plants of refuse compost and the control. However, the zinc content of lettuce and cabbage, and the zinc and copper contents of onion are higher in case of refuse compost treatment than the control. Although these was no difference in heavy metal contents in the crops, The content of zinc and mercury in soils are clearly increases by the compost application and this increment is higher with the increase of quantity of compost.

It is, therefore, concluded that heavy metals contained in the compost are accumulated only in the soils. Above experiments were carried out mainly in the field of the institute where greyish lowland soil occupies most of the cases. Experiments were also conducted in order to confirm the application effect of refuse compost to crops on the Kuroboku soil, volcanic ash soil, which occupies largest areas in the Prefecture. the results obtained are summarized as follows.

It is concluded that about 1 ton of refuse compost per 10 ares is suitable for application to crops when the chemical fertilizer is applied together. And the chemical characteristics of soils, such as electric conductivity, total carbon, total nitrogen, Truog's phosphoric acid, cation exchange capacity, exchangeable calcium and potassium, and base saturation

are clearly increased by compost applications.

Until 5th continuous planting, there is no difference in heavy metal contents in soil and crops due to application of compost. However, it should be noted that zinc contents of plant are increased at the 8th continuous planting through the compost application. Zinc content of soil is also clearly increased. In general, heavy metal especially zinc and mercury contents are increased in the soils.

Accordingly, the newly produced compost, namely the sorted refuse compost is recognized to have almost the same effects with those of ordinary compost. There is no marked difference in contents of heavy metals, pieces of glass and vinyl tips in the new one and ordinary compost. Therefore, when the new compost is successively applied for a long time or in a large amount in each time, the contents of heavy metals and impurities such as glasses or vinyl, etc. should be accumulated in soil, especially the zinc which is abundant in the compost. After 4 or 5 years of successive application of compost in the amounts of 2 - 3 ton/10a in each year, the zinc content in crops is clearly increased.

According to those results obtained, it is clear that the newly produced compost may possibly be used only if the compost materials, municipal refuse, is completely sorted in the individual household. And also energy balance as total system in the disposal and utilization of solid wastes could be favorably maintained.



編 集 委 員

瀬 戸 嘉 祐

井 口 睦 夫

竹 沢 秀 夫

石 原 龍 雄

米 倉 正 直

増 山 幸 三

伊 東 祐 孝

昭和60年 3 月 発行

神奈川県農業総合研究所  
研究報告  
第127号

神奈川県平塚市寺田縄496

著作兼  
発行者 神奈川県農業総合研究所

平塚市中原3丁目1-36

印刷者 角 田 一 夫

平塚市中原3丁目1-36

印刷所 (有) 興 版 印 刷 所

BULLETIN  
OF THE  
AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE  
OF KANAGAWA PREFECTURE  
No. 127  
March 1985

**Contents**

Practical Studies on the Utilization of  
Municipal Refuse Compost

Toshihide MATSUZAKI, Kiyoshi WACHI, Harumi KAMATA,  
Hiroshi YAMADA, Masayuki MOCHIZUKI, Yoshio YAMADA,  
Akira UTAGAWA, Kozo MASUYAMA, Ichiro CHIKAOKA,  
Hideaki HAYASHI and Hiroaki SUMIDA