

農山村における未利用有機資源の活用 (V)

—サンドイッチ方式による生ゴミの堆肥化—

酒井信一*・小川文昭**

*信州大学農学部・**小川農場

Efficient Utilization of Unused Organic Resources in Rural District (V)

—Making of Organic Wastes into Compost by Sandwich Method—

Shinichi SAKAI*, Fumiaki OGAWA**

*Faculty of Agriculture, Shinshu University, **Ogawa Farm

Abstract : Making of organic wastes into the compost is the effective means toward a recycling utilization of unused organic resources. This experiment was conducted to determine suitable shape, size and structure of the simplified ripening tank, by which the compost of good quality can be produced in simple step at the corner of the field. In the previous report¹⁾, the six kinds of ripening tank were chosen such as 4 cylindrical geoglid tanks with different diameter, a rectangular prism geoglid tank and a cylindrical tank coated with a layer of heated insulator. It was considered from that experiment, the geoglid cylindrical tanks with 150 ~ 200 cm in diameter and 100 cm in height were suitable type. In the present experiment, the compost making by sandwich method was tried to examine. The geoglid cylindrical tank with 250 cm in diameter having an exhaust pipe on the center of it as the ripening tank was chosen. Of the raw materials which were thrown like a sandwich into the ripening tank once a day, about 79 ℓ (average volume per day) consisted of the raw garbage, about 22 ℓ of the riped compost, about 66 ℓ of the wood shavings, about 42 ℓ of the grounds of coffee. The experimental results were as follows. The oxygen necessary for aerobic and high-temperature fermentation was supplied by way of the layer of wood shavings, and the ripening went sufficiently on under the condition of high temperature. It revealed that the geoglid tank with 250 cm in diameter and 100 cm in height setting up geoglid cylindrical pipe with 15 cm in diameter and 120 cm in height on the center of it, was suitable and practical type in which smooth ripening went on for about 5 months. The raw garbage and other raw materials became ripe compost 6 months later.

Key words : compost, ripening tank, geoglid, sandwich method

堆肥、熟成槽、土木用網目状構造体、サンドイッチ方式

I はじめに

高度経済成長の波の中で1961年に農業基本法が制定された。それまでのわが国の農政の考え方が土地生産性の向上に基本が置かれ、食料の増産任務を果たすというものであったのに対し、農業基本法では大型機械導入による労働生産性の向上に重点が置かれ、化学肥料、農薬および除草剤などに多くを依存するようにな

った。そして、耕地への有機物の施用量は著しく減少し、地力の低下が問題になるようになってきた。

各農家で堆肥づくりがほとんど行われなくなった原因は、①各農家で家畜を飼育する有畜農業がほとんど姿を消し、堆肥づくりのための良質な原料が身近で入手し難くなったこと、②堆肥づくりおよび耕地への堆肥施用に多大な労力を要することなどである。

本研究は、これらの現状をふまえ、さらに、各農家

が堆肥をつくっていた過去の有畜農業の復活が難しいと言う前提に立ち、①耐久性があり、扱い易く、安価な簡易堆肥槽で、②あまり手間をかけずに、③各農家が自前で、納得のいく熟成度の堆肥をつくる、方策をさぐるために行われたもので、基礎実験の結果は、先に、本報(II)の「堆肥の熟成(基礎実験)」¹⁾で報告されている。

II 基礎実験の概要

基礎実験に用いられた熟成槽は直径の異なる4種類の網目円筒〔これをテンサーZとよぶ〕(φ50, 100, 150, 200cm・高さはいずれも100cm)、直方体の金網カゴ(180×90cm・高さ90cm)および円筒形断熱槽(φ90cm・高さ100cm)の6個である。各熟成槽に投入された発酵試料の原料は鶏糞・生ゴミ・カンナクズ・米ヌカ(体積比で61:13:24:2, 質量比で71:23:5:1)である。熟成槽に投入した発酵試料は上記の混合物を1.5トン用の発酵回転ドラムに投入(投入時にZ菌²⁾を0.01%混入)し、約3時間混合・加温しながら発酵処理したもの(含水率は約65%)である。熟成槽への発酵試料の投入は、テンサーZの場合はいずれも上端まで(投入量はφ50が0.2m³, φ100が0.79m³, φ150が1.77m³, φ200が3.14m³)、金網カゴの場合も上端まで(投入量は1.46m³)、断熱槽の場合は底部のスクリーン(底から10cmのところに設置)より上部85cmのところまで(投入量は0.54m³)行った。

この基礎実験からつぎのことがわかった。

(1) 熟成槽の大きさは高温熟成の持続に大きく影響する。とくに寒冷期には周面などからの放熱が大きいので、直径の小さい熟成槽では高温熟成の持続は期待出来ない。しかし、テンサーφ200のように直径が大きくなると周面からの空気の供給が中央まで達しにくくなり、酸素不足のため中央の円錐形の部分の発酵が不活発になる。

(2) テンサーZの場合、周面近くの発酵試料は水分が減少し、さらに外気温の影響を強く受けるので、良好な発酵を期待することが出来ない、しかし、この部分は内部からの放熱を抑制する断熱材としての重要な役割を果たしている。この部分の体積割合を減少させ有効熟成部分を増大させるには、できるだけ直径を大きくとった方がよい。

(3) 金網カゴや断熱箱のように底面からも空気を供給されるタイプのものは、通気が全面におよび初期の熟成は良好であるが、通気に伴う放熱も大きいので、熟成を長期間持続させることは難しい。

(4) テンサーZは軽量で、運搬・組立・分解が容易であり、きわめて扱い易い。とくに縫合部の鉄筋を引き抜くだけで分解できるので、簡単に熟成済みの発酵試料を取り出すことが出来る。これに対して、金網カゴ(底面に空間を設けている)や断熱箱は取扱が面倒であり、テンサーZより高価である。

以上のことから、テンサーZは堆肥槽として優れた特性をもつことが明らかになった。さらに、別途おこなったいくつかの実験結果もあわせて考慮しながら実用化に当たっての問題点を挙げれば次の通りである。

(1) テンサーZの壁面材(ポリエチレンネット)としては各種の形状・寸法のものがあるが、巾1mの一軸延伸有孔シートが適している。この実験では目合寸法53×10mmのものを用いたが、目合寸法110×22mmのものを選択した方がより良い。なぜならば、①強度がより大である、②組み立て・分解時の鉄筋の挿入・引き抜きが容易である、③熟成槽の変形が起りにくい、④目合寸法が大きくても発酵試料が網目から漏れだすことはほとんどないことなどである。なお、類似の有孔シートの中には耐久性・強度が劣るものがあるので選択に当たっては十分な注意が必要である。

(2) 熟成槽の高さは1m以下とする。なぜならば、1mを越えると、①組み立て・分解、発酵試料の投入・取り出し等がやりにくくなる、②発酵試料内部への空気の侵入がスムーズにいかなくなる。しかし、あまり低いと、①有効熟成部分の割合が少なくなる、②製造量が減少する。

(3) 熟成槽の直径は1.5~2.0mが適当である。ただし、中央に空気抜きパイプを立てて発酵試料内を通過する空気の透過距離を短くするなどの工夫をすれば、2.5m位まで大きくすることが出来る。

(4) 熟成の良否を左右する最も大きな要因は、投入する発酵試料の水分状態と通気性である。適切な水分・通気調整を施したものを投入試料として使用することが望まれる。

III 本実験のねらい

本報告は、上で述べた基礎実験の結果を踏まえ、現場への適用の一例としておこなったサンドイッチ方式による手作り堆肥についての実験結果である。

本実験のねらいは次の通りである。

(1) 各農家が自分たちが望む熟成度の堆肥を自分でつくる。

(2) 家庭、食堂、野菜・魚市場、スーパーマーケット、食品加工工場から排出される生ごみを前処理なし

農山村における未利用有機資源の活用 (V)

に逐次堆肥槽に投入して堆肥化する。事前に水分・通気調整を行わない代わりに、生ゴミとカンナクズを交互にサンドイッチ状に投入し好気性高温発酵を持続させる。

(3) 簡易な堆肥槽を使用し、切り返し等の重労働を行わずに、比較的単純な作業の積み重ねによって堆肥をつくる。

(4) 良好な発酵を長時間持続させ、作物および土中の生き物にとって安全かつ有効な熟成堆肥をつくり、地力の回復をはかる。

(5) 現在そのほとんどが焼却処分されている生ゴミ類を堆肥化することにより、ゴミ処理問題軽減の一助とする。

IV 堆肥槽の構造

本実験に用いた堆肥槽は写真-1に示したように幅

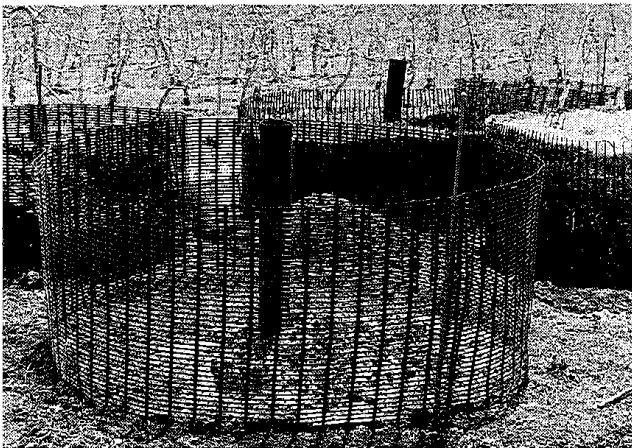


写真-1 堆肥槽

1mのポリエチレンネットを円筒形に設置し、中央に有孔パイプを立てたものである。

ポリエチレンネットの正式名は高密度ポリエチレン一軸延伸有孔シートであり、本試験に使用したものは図-1のような形状・寸法のものである。質量は870g/m²、引張強度(単糸強度×1m当たりの単糸数)は縦方向58,840N/m、横方向12,750N/m、破断点伸度12.3%、熱安定範囲-60℃~80である。色は黒色で、紫外線、酸、アルカリ、バクテリア、菌類、害虫に対する耐性が大である。また、適度の屈曲性をもち、切断が容易である。切断部の網目を噛み合わせて鉄筋等を挿し込むことによって立体的な構造が簡単に組み立てられ、さらに分解もきわめて容易である。これは現在土木関係でマットレス工法、組み立て蛇かご工法、グリッド工法、急勾配盛土工法、編柵工法などに広く用いられ

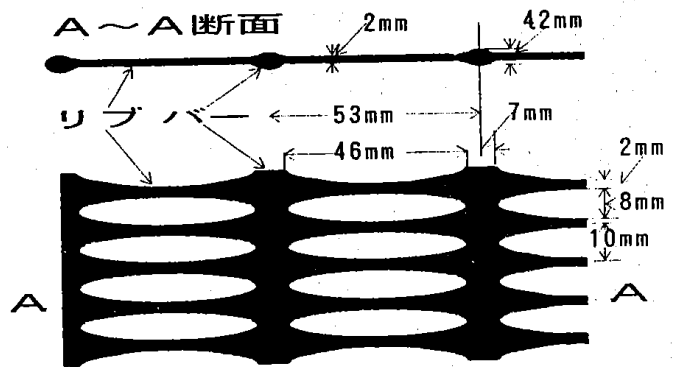


図-1 テンサーZ壁体の形状寸法

ている。

有孔パイプの正式名は高密度ポリエチレン・ダイヤモンド複合メッシュパイプで、内径150mm、外径162mm、開孔率10%である。これは暗渠排水用パイプとして広く使用されているものである。

堆肥槽の形状・寸法は図-2の通りである。

直径2.5m、高さ1mの円筒形(容量4.9m³)に組

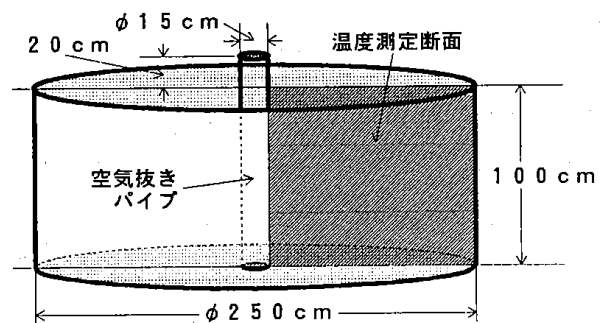


図-2 テンサーZの寸法および温度測定断面

み立てるため、ポリエチレンネットを長さ8mにハサミで切断し、写真-2のように切断部を噛み合わせ、鉄筋棒(長さ1.5mの12mm鉄筋の上端をU字型に折り曲げたもの)を差しこんだ。中央の有孔パイプは長さ1.2mに切断したものを使用した

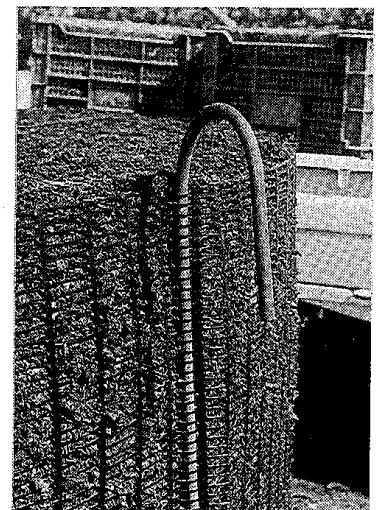


写真-2 切断部の縫合

(割り竹を束ねたもの等を使用してもよい)。

V 堆肥の原料

実験に使用した堆肥の原料は表-1の通りである。

表-1 堆肥原料の含水率および密度

原 料 名	含水率 (%)	密 度 (g / l)
生 ゴ ミ	78	702
前回作成した堆肥	57	435
カンナクスと乾 オガクスの 混 合 物	9	圧 無/有 59/122
	70	密 無/有 176/424
コーヒーだしがら	64	609

生ゴミはゴルフ場レストランおよび大学の生協食堂から導入した。生ゴミの或る日の内訳は、①植物性の生ゴミ——残飯、大根の葉、キャベツの芯、タマネギの皮、レタスの外葉、パセリ、野沢菜漬、人参の切れはし、夏ミカンの皮、レモンなど、②動物性の生ゴミ——魚のアラ(鯉、鮭、シーラ、ウナギ等)、エビの皮、煮干しのだしがら、かまぼこ、ハムの切れはし、卵のカラなどであった。

前回作成した堆肥は、1987年10月24日から本実験と同様な方式で作成した熟成堆肥であるが、前回の堆肥づくりでは熟成堆肥の代わりにZ菌を使用した。

カンナクスとオガクスの混合物は長野県技術専門校の木工部から導入したものであるが、表-1には乾燥状態にあるものと、降雨直後の湿潤状態のものについて含水率を示し、さらに圧密したものについても密度を示した。

コーヒーのだしがらは、大学近くの乳業工場でコーヒーの濃縮液を生産する過程で排出される粗砂状の豆カスで、野積にされていたものを使用した(これは、近くから入手出来たので使用したもので、これが堆肥づくりになくてはならないというものではない)。

VI 作業の手順

サンドイッチ方式の生ゴミ堆肥づくりの手順は次のとおりであった。

(1) 原料投入初日には、テンサーZの底部に熟成堆

肥を5~10cm敷きつめた。これは底部からの通気を良くするためである。熟成堆肥が無い場合はカンナクス、モミガラ、切りわら、落葉などを代わりに使用することができる。

(2) 生ゴミを投入して同じ厚さになるように敷きならした。この際、生ゴミが堆肥槽周面の網目から見えないようにする。なぜならば、生ゴミが露出していると悪臭の発生源となる上、ハエなどの発生源にもなるからである。生ゴミの量が少ないときは部分的に生ゴミを敷きならせばよい。

(3) 敷きならした生ゴミの上に前回作成した熟成堆肥をスコップ4~5杯(15~25l)振りかけた。これは熟成堆肥の中にいる発酵菌を補給するためである。もし熟成堆肥が無い場合はZ菌約20mlを約2lの米ヌカで増量して生ゴミの上にばらまく。

(4) さらにその上にカンナクスを被せた。その際生ゴミが完全にかくれるようにすることが大切である。なぜならば、生ゴミが露出していると悪臭やハエなどの発生源にもなるからである。カンナクスは水分調整・通気調整材である。カンナクスが入手出来ないときはモミガラを使用してもよい。

(5) 最後にコーヒーのだしがらを振りかけた。カンナクスやコーヒーのだしがらは発酵してもあまり量が減らないので、堆肥の量を確保するのに役立つ。ここではコーヒーのだしがらを使用した。これはたまたま近所から入手できたからである。

以下、手順(2)~(5)を堆肥槽が山盛り満杯になるまで繰り返した。

VII 測定項目及び実験結果

測定項目は次の通りである。

- (1) 毎回の投入原料の組成別投入体積。
- (2) 堆肥槽に残留している発酵試料の体積。
- (3) 図-1の温度測定断面に組まれた5~10cmメッシュの交点における発酵試料内の温度(3日毎)。
- (4) 堆肥槽に隣接した小屋の中の風通しのよい日陰の地上50cm高さの気温(自記記録)。
- (5) 降水量(堆肥槽から2km離れた信州大学農学部気象観測点のデーターを使用)。
- (6) 試料内のアンモニアガス濃度。
- (7) 熟成堆肥の化学成分。

図-3は毎回の投入原料の組成別投入体積の累加量及び当日の原料投入前の堆肥槽に残留している発酵試料の体積である。原料の投入は49回にわたって行われた。各原料の投入総量は生ゴミ3,904l(2,734

農山村における未利用有機資源の活用 (V)

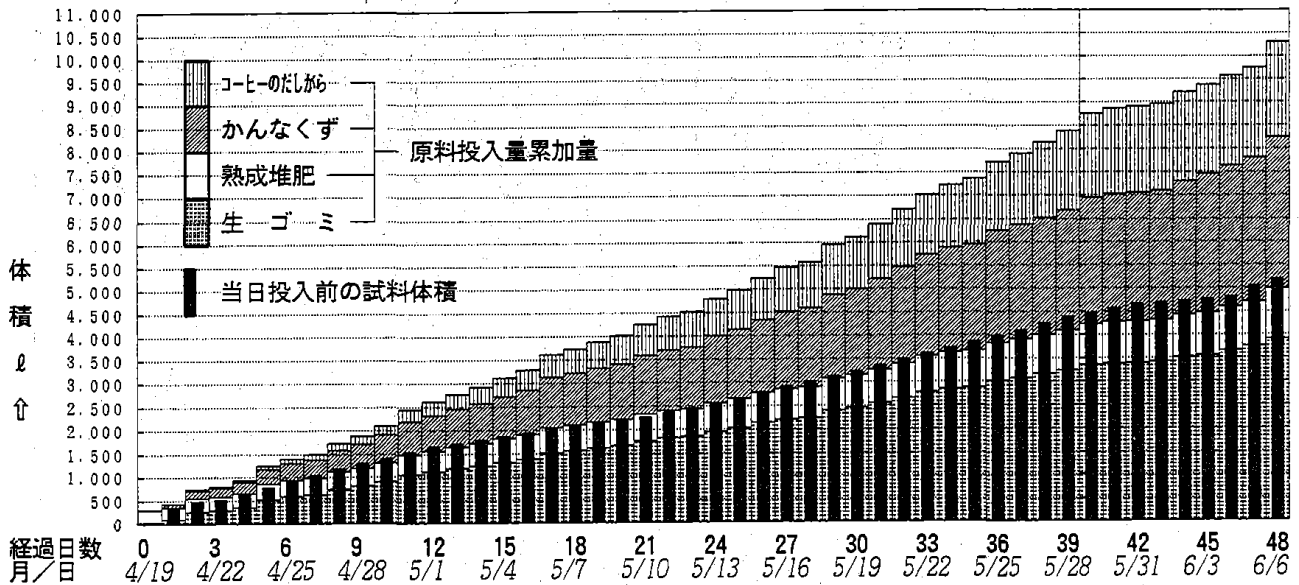


図-3 原料投入累加量および試料体積(1988年4月19日～6月6日)

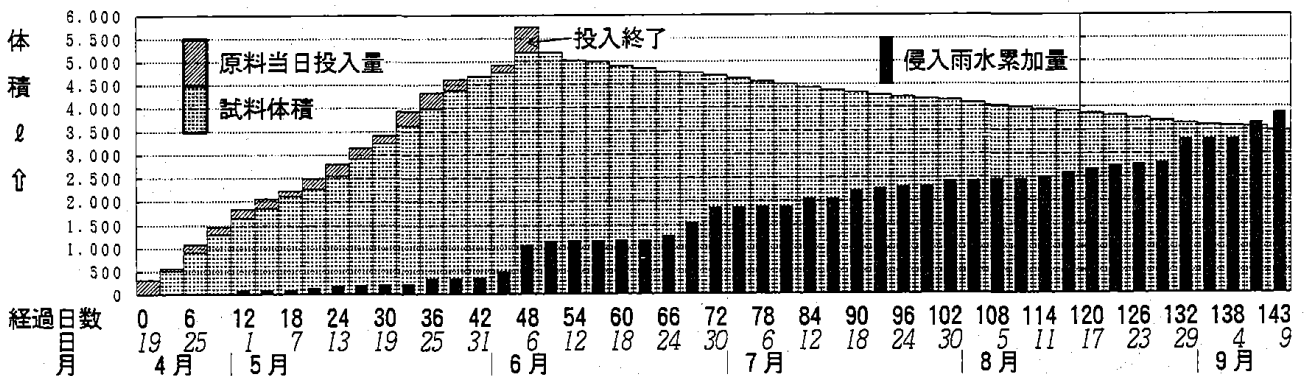


図-4 試料体積および侵入雨水累加量(1988年4月19日～9月9日)

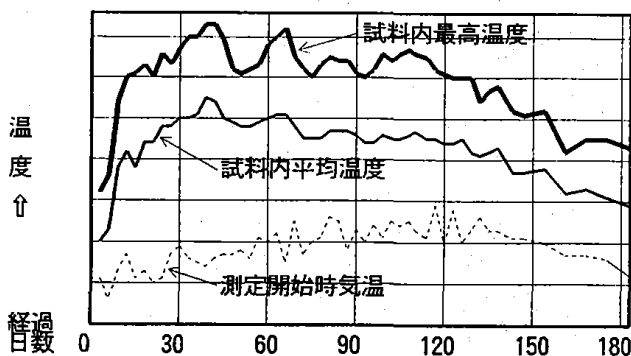


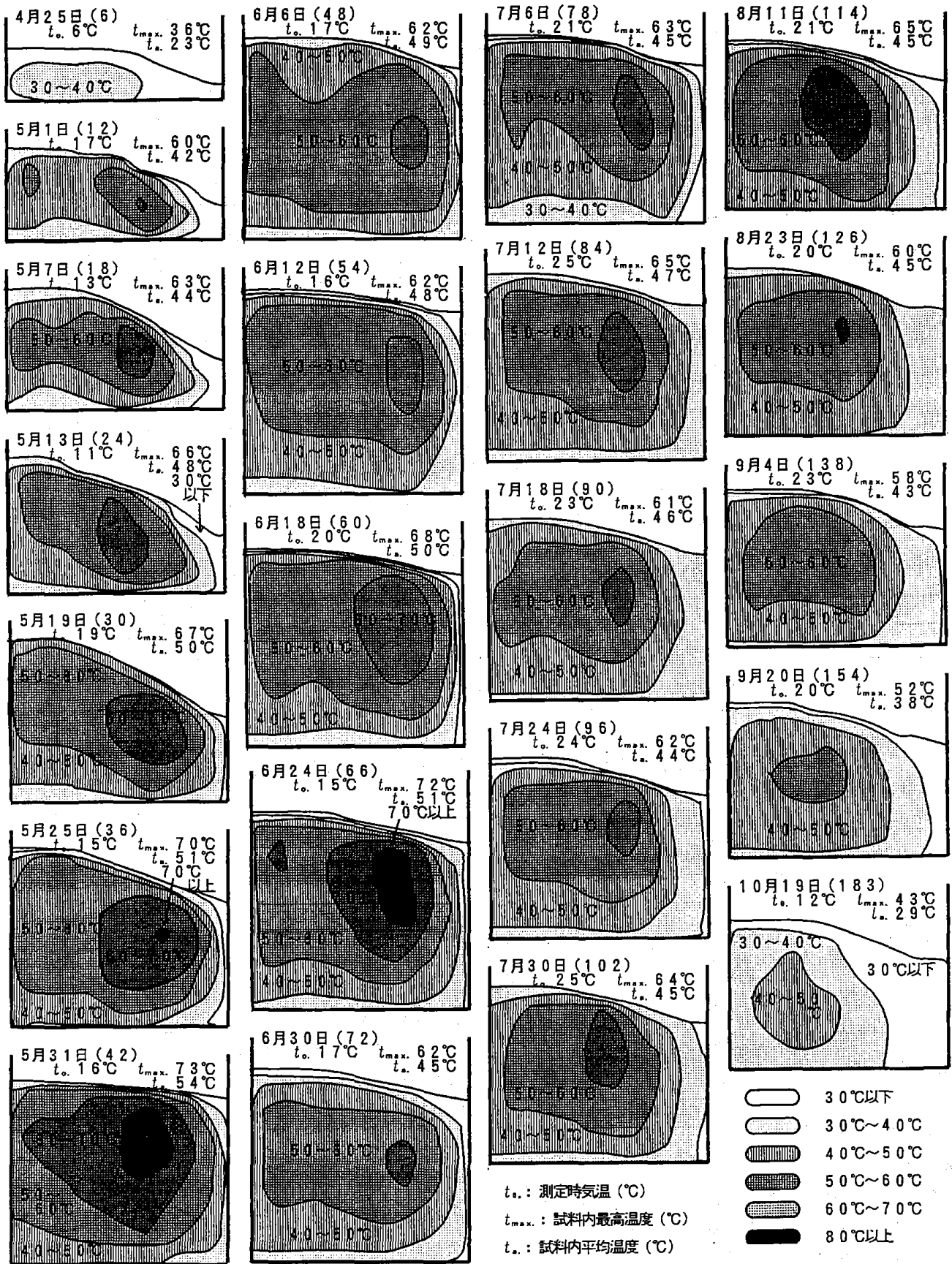
図-5 試料内最高温度、平均温度および気温

kg)、熟成堆肥1,090ℓ〔474kg〕、カンナクズ3,252ℓ〔382kg〕、コーヒーのだしがら2,077ℓ〔1,265kg〕(〔 〕内は原料の表-1の密度から求めた質量)であった。1日の投入量は一定ではないが、1日当たりの平均投入量は生ゴミ79ℓ、熟成堆肥22ℓ、カンナクズ66ℓ、コーヒーのだしがら42ℓであった。48日目の投

入完了時の総投入量は10,313ℓ、発酵試料残留量は5,397ℓ(センサーZに山盛りの状態)であった。

図-4は発酵試料体積および侵入雨水の累加量である。熟成期間に入ってから(49日目)からの1週間は、1日平均約70ℓの減少が見られ、その後は約2か月間はほぼ一様に20ℓずつ減量した。さらに熟成期間が3か月を過ぎる頃から体積減少は僅かになり、約4か月後にはほぼ減量が停止した。投入開始から183日目(熟成期間135日)の試料体積は3,323ℓ〔1,446kg〕であり、これは投入完了時の62%、総投入量の32%であった。なお、測定期間中(183日間)にセンサーZ内部に侵入した雨水(降水量2mmで10ℓが侵入する)は約5,000ℓに達した。

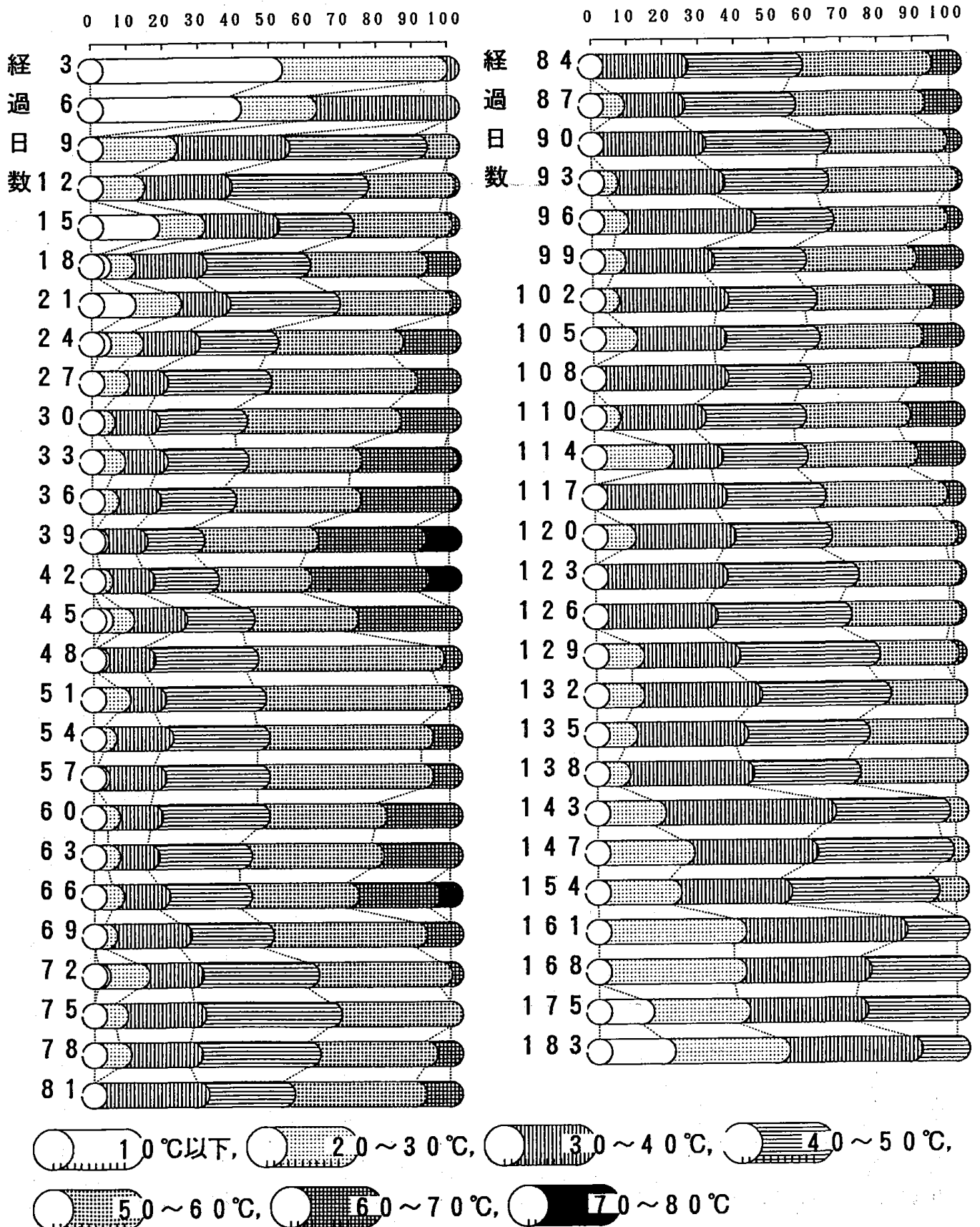
図-5は試料内最高温度、平均温度および測定開始時(原則として毎回午前8時)の気温である。投入開始3日目から早くも温度上昇が認められ、高温発酵がスタートしていることがわかる。その後試料体積が増加するにつれて温度は急激に上昇し、試料体積がテン



右側が中央排気筒側，()内は投入開始日〔1988年4月19日〕からの経過日数

図一六 試料内温度分布の推移(1988年4月25日~10月19日)

農山村における未利用有機資源の活用 (V)



図一7 温度別体積割合(%) (1988年4月19日~10月19日)

サーZ容量の3分の1近くになった12日目には最高温度が60℃に達し、5分の4を越えた39日目には最高温度が73℃、平均温度54℃を記録した。その後も順調に高温発酵を持続し、最高温度は129日目まで常に60℃以上を維持した。また平均温度も138日目まで40℃以上を維持し、183日目によりやく30℃を下回った。

図-6は図-1の温度測定断面に組まれた5~10cmメッシュの交点における発酵試料内の温度測定値から画いた等温線で示した温度測定断面の温度分布図である。温度上昇過程において高温部分のピークはセンサーZ周面から30~40cm中央寄りの、深さ20~30cmの部分に位置することが多く、そこから中央部の空気抜きパイプの方へ流れるように高温部分が広がり、パイプ近くの深さ20cmぐらいの部分にもう一つの高温部ピークが見られた。さらに温度降下過程においては、周面部から徐々に冷え、高温部が内部へと移動していった。試料表面から深さ5cm位までの表層部分は、温度測定時の日射による影響を受け、温度の変動が大きかったが、放熱のため総じて低温であった。

42日目から50日目までの9日間には、図-4に示すように約800ℓの雨が試料内に侵入した。そのため水分過多と通気不足によって平均温度がそれまでより数度低下したが、水が抜け始めた3日後には温度が上昇し始め、1週間後には回復した。

図-7は10℃きざみの温度部分が占める体積割合

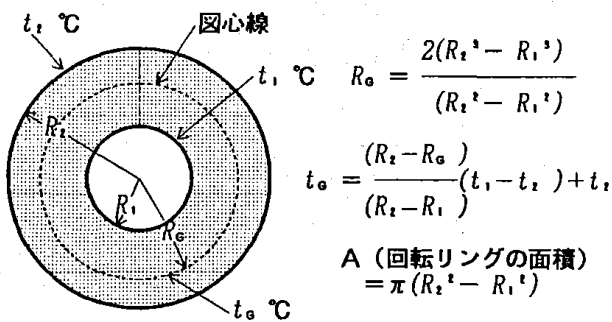


図-8 試料内平均温度の算定

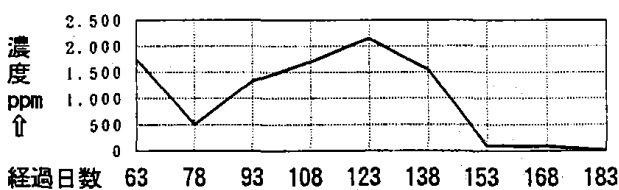


図-9 試料内のアンモニア濃度

(百分率)の経日変化を示したものである。温度別体積割合は、平面において隣接する線が形成する回転リング(図-8)を深さ方向に積算した筒状の回転体の体積を全体積で除したものを百分率で表したものであり、図-5および図-6の平均温度 t_0 は回転リングの図心線の位置の温度 t_0 にリングの面積を乗じたものの総積算値を全体で除したものである。図-7かわかるように40℃以上の部分が占める試料体積の割合は、原料投入開始から30日目85%、60日目84%、90日目72%、120日目64%、154日目48%、であった。また、測定期間中(183日間)に50℃以上の部分が試料体積の50%以上を占めた延べ日数は47日、40℃以上の部分が占めたのは130日におよんだ。

図-9は熟成期間における発酵試料内部のアンモニアガスの濃度の変化を示したものである。測点はセンサーZ周面から内側へ30cm、深さ20cmで、携帯用ガス採取器に取り付けた検知管(ガステックNo.3H)をさしこみアンモニアガス濃度を測定した。投入完了後約1か月間1,000ppm前後であったアンモニアガス濃度は熟成期間2か月を過ぎたところから急激に上昇し75日目には2,000ppmを上回った。しかし、3か月を過ぎると急激に低下し、4か月目には100ppmに低下した。

表-2は1987年10月24日から作成を開始し、約6か月間熟成させた堆肥(本報の堆肥と同様なもの)の分析結果である。分析は風乾物について行った(日本肥料検定協会に依頼)。絶乾物の数値は別途算出し、pHは別途測定したものである。

表-2 堆肥の分析・試験結果

項目	風乾物	絶乾物
含水率 (%)	14.0	—
pH	5.2	—
全窒素N (%)	3.2	3.7
全リン酸P (%)	1.5	1.8
全加里K (%)	1.2	1.4
有機炭素C (%)	31.0	36.0
炭素率(C/N)	9.8	9.8

農山村における未利用有機資源の活用 (V)

VIII 諸経費の概算

本実験は、自給堆肥の作成を目指した堆肥の作成について行ったものであるが、出来た堆肥を販売する場合もあるので、私たちの農場の堆肥作成にかかった諸経費の実績から堆肥1袋(40ℓ)の価格を概算したところ以下の通りであった。

○堆肥総作成量

$$3,320(\ell/\text{テンサーZ 1個}) \times 5(\text{個}/\text{年}) \\ \div 40(\ell/\text{袋}) = 415\text{袋}/\text{年}$$

●労賃(労働従事人員: 1名)

	労働時間 (時間/日)	日数 (日/年)	計 (時間/年)
生ゴミ収集・投入	0.5	× 270	= 135
カンナクス収集	2	× 5	= 10
コーヒーだしがら収集	2	× 5	= 10
袋詰め	2	× 5	= 10
合計			165

[年間労賃]

$$1,100(\text{円}/\text{時間}) \times 165(\text{時間}/\text{年}) = 165,000\text{円}/\text{年}$$

●テンサーZの減価償却費(5個分)

$$21,000(\text{円}/\text{個}) \times 5(\text{個}) \div 10(\text{年}) = 10,500\text{円}/\text{年}$$

●原料収集用軽トラック減価償却費(1台分)

$$250,000(\text{円}) \div 10(\text{年}) \times 0.5 \quad [\text{負担割合}] \\ = 12,500\text{円}/\text{年}$$

●ガソリン代

$$5(\text{km}/\text{日}) \times 270(\text{日}) \div 10(\text{km}/\ell) \times 125(\text{円}/\ell) \\ = 16,875\text{円}/\text{年}$$

●堆肥袋代

$$60(\text{円}/\text{袋}) \times 415(\text{袋}/\text{年}) = 24,900\text{円}/\text{年}$$

◎堆肥1袋(40ℓ入り)の単価

$$[165,000 + 10,500 + 12,500 + 16,875 + 24,900](\text{円}) \\ \div 415(\text{袋}) = 554\text{円}/\text{袋}$$

以上の概算によれば1袋当たりの単価は約560円となる。しかし、私たちの農場では実際には生ゴミ処分料として一月約5万円の収入があり、堆肥袋は廃棄物を利用していたので無料であった。

IX 実用化へのアプローチ

1983年～1984年における基礎実験²⁾に始まったテンサーZの実験も今回でNo.12までを数えるに至った。その間、毎日の作業目の中で得られた教訓と、この方法を実際に現場で試行した農家の方々からの情報等を

総合して、サンドイッチ方式による堆肥づくりにおける留意点を挙げれば以下の通りである。

(1) テンサーZの直径は2.5m前後が適当である。これ以下では周面からの通気が過多となり、これ以上では、通気不足が生ずる。また、大きすぎると中央部まで手が届かなくなり、原料投入がし難くなる。直径2mを越える場合は、内部の酸素欠乏を防ぐために中央部に有孔パイプを設置する必要がある。ただし、これは割り竹を束ねたもの等で代用することが出来る。

(2) テンサーZは軽量で、運搬・組み立て・分解が容易である。特に縫合部に差し込んだ鉄筋棒を引き抜くだけで分解できるため、熟成した堆肥を簡単に取出すことが出来る。鉄筋棒は細すぎると押し曲げられてしまい、抜き難くなるので、直径9mm以上のものを使い、上端をU字形に曲げ引き抜きの時の把手を作っておくと便利である。

(3) 投入原料は経常的に入手することが提供者、収集者双方のためにも望ましい。とくに生ゴミは「なまもの」であるので、毎日収集できる態勢を整えておかねばならない。その場合、収集先のレストラン等と収集代金も含めて明確な契約をしておくことが必要である。また、オガクズは有料の場合が多いので、無料のカンナクスを用いるなどして、経費削減を図ることが大切である。

(4) 生ゴミは、ビニール、紙、金具等があらかじめきちんと分別されているものを用いるようにする。収集後の分別は非能率的であり、長続きしない。

(5) 本報の実験で使用した原料は、たまたま手近で入手出来たものであるに過ぎない。なるべく身近にあり、沢山の処理費を付けてくれるものを探すが重要である。その際、堆肥化の過程においてそれぞれの

表-3 各原料が果たす役割と応用例

主な役割	今回の実験	その他適用可能なもの
栄 養 材	レストラン・生協食堂からの生ゴミ	食品加工残渣、農畜水産物残渣、家畜の糞尿、汚泥、米ヌカ、フスマ、落葉、雑草類 など
通気調整材 水分調整材 体積確保材	カンナクスとおがくずの混合物、コーヒーだしがら	モミガラ、破碎木材、破碎パーク(樹皮)、切りわら、ビールかす など
発酵促進材	熟成堆肥	好気性高温菌〔Z菌〕(米ヌカで増量して)

ものが果たす役割を十分理解しておくことが必要である。表-3に各原料の役割と適用可能な原料の例を示した。

(6) 畑の雑草や収穫物残渣なども貴重な堆肥原料である。しかし、サツマイモのツルや茎が硬くて長いものは短く切断して入れた方が堆肥の取り出しおよび農地への施用が容易である。雑草の種子などは高温が持続するので死滅する。

(7) カンナクズやコーヒーのだしがらは、水分・通気調整材として重要な役割を果たすと同時に、熟成堆肥の量を確保するのに大いに役立っている。これらは3~4か月経て熟成しても、その体積があまり減少しないからである(ただし、生ゴミと併用しなければ良好な発酵は期待し難い)。

(8) 図-6から、周面から侵入した空気がカンナクズの通気層を通して内部の高温発酵を促し、中央のパイプへ抜けていく流れの様子をうかがうことができる。生ゴミ→熟成堆肥→カンナクズ→コーヒーのだしがらと層状に積み重ねていくことにより、堆肥内部への通気が確保される。切り返しは、この通気層を破壊することになるので避けた方がよい(これは、労力の軽減、放熱および水分の放出の抑制、悪臭の発生防止にもつながる)。

(9) 生ゴミ(特に動物性のもの)が表面および周面に露出していると、悪臭やハエ・ウジの発生原因となる。生ゴミ投入の際、生ゴミがテンサーZの周面の網目から露出しないよう、また、生ゴミがカンナクズなどで完全に被覆されるように心掛ける。

(10) 図-6に示すようにテンサーZの周面部10cm位の部分は50℃以上になることはない。この部分は、短期間に発酵・分解が進行する生ゴミの量が少ないことに加えて放熱が大きいためである。しかし、内部試料にとっての断熱材として大きな役割を果たしている。この部分は十分な熟成は期待出来ないのだから出来上がった堆肥の均質性を図るには、原料投入時に熟成堆肥を周面に集中的に投入するようにすれば良い。

(11) 図-3に示すように、投入量の累加量と試料残留量の間には常にひらきがある(総投入量10,313ℓ、48日目試料残留量5,397ℓ)が、これは、投入原料とくに生ゴミの分解が進み減量と同時に、各原料が相互に空隙に入り込み、さらに圧縮されたためである。また、図-4から判るように熟成期間中に体積が徐々に減少する。このことを考慮して、山盛りになるまで原料投入を続けるようにしたい。

(12) 原料投入量は臨機応変に決定する。生ゴミの量

が多いとき(ただし、一層の投入量は200ℓ以下とした)はそれに合わせて被覆材が必要になる。また、水分過多の場合も水分調整のためのカンナクズの追加投入が必要となる。適当な水分状態とは、混合物を手のひらで強く握って少し水がにじみ出る程度である。カンナクズは分解・熟成が遅いので、その使用量は全体の半分以下(体積)に抑えるようにしたい。

(13) 183日目の総侵入雨水量は約5,000ℓ、これはテンサーZの容量に相当する量であるが、高温発酵によって放出される水を補うための役割を果たしている。したがって、テンサーZに覆いを被せることは、通気を妨げることと併せて得策ではない。

(14) 図-5~図-7から判るように、試料内の温度は、投入終了後100日を経過する頃までかなりの高温を持続した。図-9のアンモニアガス濃度と併せ勘案すれば、テンサーZの場合の熟成期間は4か月以上が必要であると考えられる。

(15) テンサーZはできれば2個以上並設することが望ましい。一つが満杯になったら次のテンサーZに投入を行い、一つ目はその間熟成させるようにする。

(16) 毎日の作業は、テンサーZの中で微生物を大量に育てているという気持ちで行うことが重要である。十分な栄養分、適度な水分量、適度な通気性、保温性など、堆肥内の微生物をとりまく環境を整えてやることが成功の秘訣であろう。

X おわりに

廃棄物の処理は、排出量の年々の増加にもかかわらず、処理施設の建設が思うにまかせず、最近各地で不適正処理・不法投棄などが頻発している。

廃棄物のなでもとくに処分が厄介なのは生ゴミである。最近自治体等での堆肥化の試みも各地で見られるようになってきたが、そのほとんどは焼却あるいは埋立処分されているのが現状である。

一方、農業の場においては、化学肥料や農薬の使用は農作物の多収と作柄の安定に大きな役割を果たしてきたが、これらの多用に伴う有機物還元の減少によって土壌中の微生物や小動物の種類と数が大きく減少してきている。

いま、私たちの研究室では、私たちが作成した十分熟成した堆肥を畑地に連用した場合、畑地土壌がどのように変化していくかを調べる実験³⁾⁻⁵⁾を続けている。1983年に開始したこの実験は10年を経過したに過ぎないが、過去10年間の堆肥施用区の結果を化学肥料施用区のそれと比較して示せば次の通りである。

農山村における未利用有機資源の活用 (V)

- ①有機物含量：施用量に対応し、年々増加・蓄積する傾向がみられる。
- ②間隙率：施用量の増加に対応して増加している。
- ③団粒率：施用量に対応し、年々団粒構造が発達している。
- ④保水性 (pF値)：堆肥被覆区 (1cm, 3cm) では初年度から顕著な向上がみられたが、混入区 (1t/10a, 3t/10a, 10t/10a) では10トン区で3年目、1トン区で7年目から差がみられるようになった。
- ⑤地温 (地下15cm)：堆肥混入区では化学肥料区より年間通じて1～3℃地温が高く、被覆区では日高低差が小さく、とくに冷涼期の日最低地温が高い。
- ⑥土壌硬度 (コーン指数)：施用量に対応して減少 (土が深くまで軟らかくなる) しており、とくに被覆区においてそれが顕著である。
- ⑦化学性：pF低下の抑制、窒素の蓄積、リンの有効化が見られる。
- ⑧小型乾性土壌動物相：ダニやトビムシなどの種類および固体数が増加し、それらを補食する種も現れ、土壌動物相が多様化している。
- ⑨作物栽培：施用量の増加に対応して収量は増加しており、3トン区でも化学肥料区 (200kg/10a) 以上の収量が得られる。またとくに根部の生長が良好でT/R比 (葉重/根重) が小さい。

文 献

- 1) 酒井信一, 大泉和夫：農山村における未利用資源の活用 (II) —堆肥の熟成 (基礎実験) —, 環境科学年報 — 信州大学 —, 第12巻：pp. 55～64, 1990
[Sinichi SAKAI, Kazuo OIZUMI: Efficient of Unused Organic Resources in Rural District (II) — Ripening for Compost Making (Fundamental Experiment) —, Ann Environ Sci, Shinshu Univ., Vol.12, pp. 55～64, 1990]
- 2) 酒井信一, 窪田譲：農山村における未利用資源の活用 (I) —各種有機物残渣の発酵処理について—, 環境科学年報—信州大学—, 第11巻：pp. 27～32, 1989
- 3) 酒井信一：農山村からリサイクル社会を構想する, 信州大学環境科学論集, 第10号：pp. 55～85, 1988
- 4) 酒井信一：資源よ、よみがえれ, 柏樹社, 1990
- 5) 酒井信一, 長谷川香織, 安田和雄：生ゴミの堆肥化と農地への還元, 農業土木学会誌, 59巻7号：pp. 21～26, 1991
- 6) 小川文昭：サンドイッチ方式による手作り堆肥について, 信州大学農学部森林工学科卒業論文, 1989