

長崎県産業廃棄物資源化ガイドライン

— 未利用資源堆肥化解説書 —

汚 泥 編



長崎県産業廃棄物資源化ガイドライン作成検討委員会

—平成 11 年 3 月—

## はじめに

第4次長崎県産業廃棄物処理計画報告書（平成8年4月）によると、本県の平成5年の産業廃棄物及び特別管理産業廃棄物の総排出量は、約414.5万トンと推計され、これを種類別に見ると、家畜糞尿が172.1万トンで全体の41.5%を占め最も多く、有機性汚泥が39.8万トンで約10%を占めている。

さらに、この家畜糞尿及び汚泥の将来予測排出量は、平成17年には家畜糞尿が186.4万トン、有機性汚泥が70.8万トンと推計されており、第4次長崎県産業廃棄物処理計画では、この全量を有機肥料として再資源化する数値目標を掲げている。従って、長崎県産業廃棄物資源化ガイドライン作成検討委員会では、これらの排出物の再資源化を目標として、農作物に対して安全で、土壌づくりに適し、環境にやさしい堆肥化に関する技術、研究開発に民間及び県の研究機関、大学等が共同して取り組んできた。

平成9年度は、堆肥化有効利用推進事業の一環として、まず家畜糞（牛・豚）の堆肥化に関する技術、研究開発を実施し、その成果を「長崎県産業廃棄物資源化ガイドライン」-未利用資源堆肥化解説書（畜ふん編）-としてまとめ公表した。実際にこれらの技術を利用して製造した堆肥は、各方面から好評を拍している。

平成10年度は、本県における産業廃棄物として無視できない排出量を占める汚泥について、有効利用の推進を目的として、その汚泥の堆肥化に関する技術・研究開発を実施した。その得られた成果を、「長崎県産業廃棄物資源化ガイドライン」-未利用資源堆肥化解説書（汚泥編）-としてまとめたのが本冊子である。この冊子が、畜ふん編と同様に食品製造工場をはじめ広く関係者に有効に活用いただければ幸いです。

平成11年3月

長崎県産業廃棄物資源化ガイドライン作成検討委員会  
委員長 玉利 正人（長崎大学教授 農学博士）

# 目 次

## 第1章 解 説 編

第1節	ガイドライン作成の目的	1
第2節	汚泥から堆肥を作るには	3
1	堆肥を作るための材料	3
2	堆肥を作るための条件	5
3	堆肥を作る作業工程	9
4	腐熟度判定	14
5	堆肥を作る時の留意点	16
第3節	汚泥堆肥化事例	19
1	発酵槽を用いる方法	19
2	簡易堆肥舎で堆積する方法	23

## 第2章 資 料 編

第1節	堆肥作りの実証試験	24
1	実証試験条件の設定（発酵槽を用いる方法）	24
2	実証試験結果（発酵槽を用いる方法）	26
3	実証試験条件の設定（簡易堆肥舎で堆積する方法）	34
4	実証試験結果（簡易堆肥舎で堆積する方法）	34
第2節	参考資料	39
1	長崎県における産業廃棄物の現況	39
2	実証試験した事業所の汚水処理施設	40
3	汚泥堆肥を使用した農家の感想	41
	長崎県産業廃棄物資源化ガイドライン作成検討委員会 委員・技術アドバイザー名簿	42

## 第1章 解説編

### 第1節 ガイドライン作成の目的

この未利用資源堆肥化解説書・汚泥編は、食品工場において大量に排出される汚泥を資源として再び利用することを目的として作成した。汚泥は、水中微生物と有機物が凝集したものをいい、現在その主な処理方法は、非常に大きなエネルギーとコストをかけて焼却処分されている。この解説書は、汚泥が有機物であることに着目し、自然界の生態系による資源循環の輪の中に組み込むことが可能であると考え、汚泥から堆肥を製造する方法について解説する。

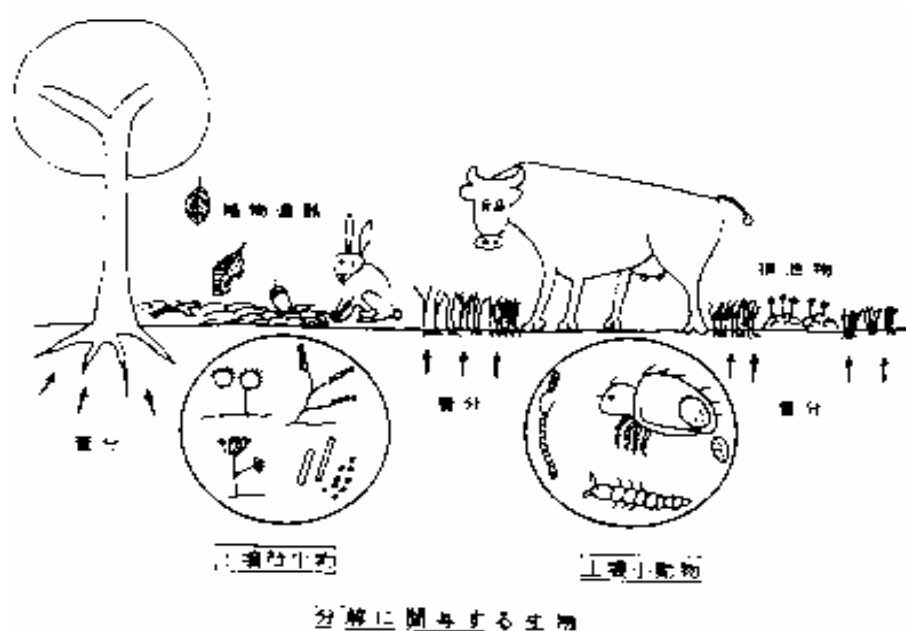


図 1 土壌生物の生態系での役割

図 1 に示すように、自然界は種々の動植物の食物連鎖によって循環しており、生態系が健全な状態に保たれている限りそこには不要なもの、無駄なものはなく、ひどい悪臭や汚水が発生することはない。

この中で、土壌微生物および土壌小動物は「自然界の掃除屋さん」ともいわれており、動植物の遺骸および排泄物を分解し、それを植物に栄養成分として与える役割を担っている。

この土壌微生物たちの働きのため、全ての動植物の遺骸や排泄物は土壌に還元することができ、自然界では地表がゴミで埋め尽くされるということはない。

従って、こうした自然界の物質循環の考え方に沿った方法で堆肥作りを行えば、環境

にやさしい循環型の農業が営まれるものと思われる。

近年、環境保全型農業が提唱され土の地力増強のためにも堆肥の利用が推奨されているところであるが、堆肥の臭気および熟度に問題がある場合も見受けられ、大いに普及しているという状況にはなっていない。

この解説書は、汚泥を資源として有効に活用するために、炭素率調整および土壌微生物による堆肥材料の十分な腐熟分解を行うことにより悪臭の少ない完熟した堆肥を製造することを目指しており、食品工場から排出される産業廃棄物の活用と環境保全型農業の推進のため作成したものである。食品工場における産業廃棄物を有効利用する手引き書として利用されることを希望する。また、図2の概念図に示すような資源利用の地域ネットワークが構築できれば、さらに円滑な循環型農業の推進が図られるものと思われる。

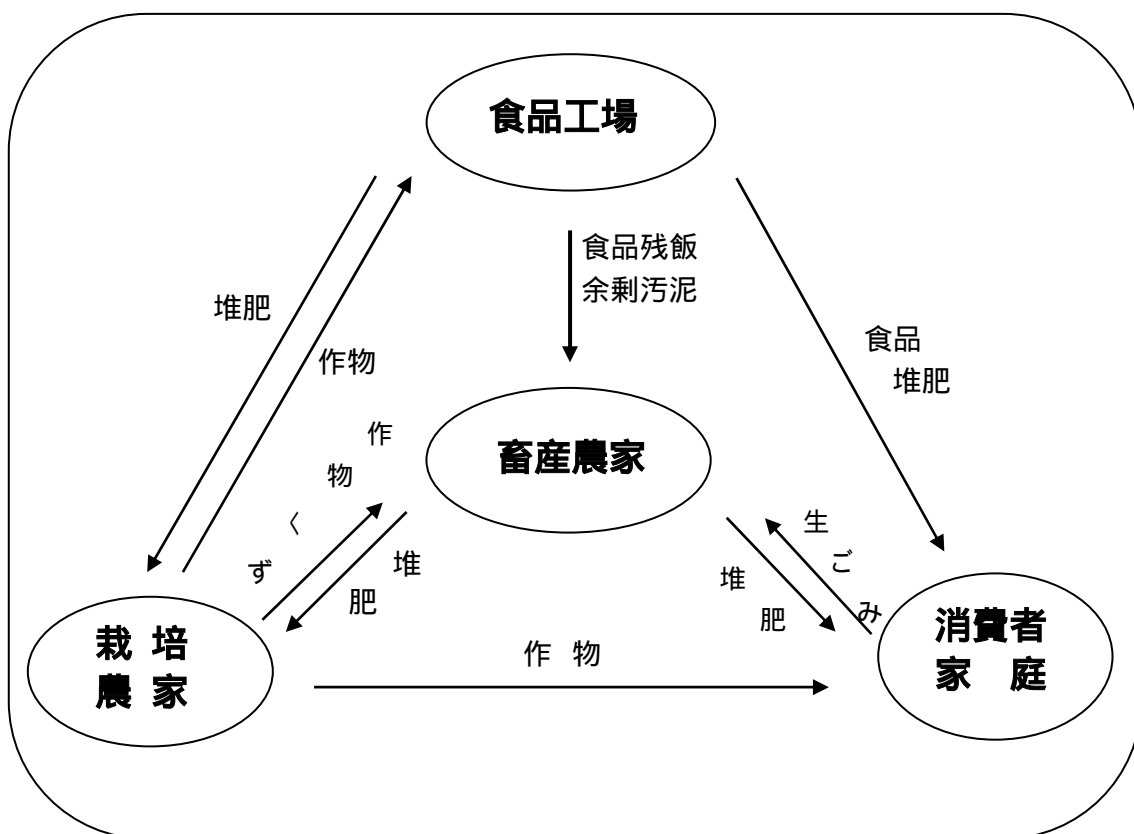


図 2 資源利用ネットワーク概念図

## 第2節 汚泥から堆肥を作るには

### 1 堆肥を作るための材料

#### 1 - 1 汚泥

この解説書では、食品工場において排出される余剰汚泥の脱水ケーキを汚泥と呼ぶ。汚泥は、有機物と微生物に富み、微生物分解を受け易い。従って、発酵し易い材料として堆肥を作る上で非常に優れているが、単独で堆肥作りを行うと窒素過剰、炭素不足のためアンモニアの発生が激しく、もみがら等の植物性の材料を混ぜ合わせないと悪臭公害を招く。

#### 1 - 2 炭素率調整材

炭素率（C / N比）とは、その材料が含む炭素分（C）と窒素分（N）の相対比率をいう。

わら、もみがら、おがくず、バーク等の炭素率の高い材料は、窒素含有量の多い汚泥と混合することにより堆肥化時のアンモニアの発生防止に効果がある。炭素率は、おがくず、バーク、もみがら、わらの順で高いが、おがくず、バーク等の木質を利用した場合は分解が遅いため、最低でも半年の腐熟期間を設けなければ圃場には使用できないので留意が必要である。

これらの炭素率調整材は堆肥化する時に必要な水分調整、通気性の改善の働きもあり、堆肥作りには不可欠の材料といえることができる。

ここではこれらの利点を考え、扱い易さ、コスト、安全性を考慮して炭素率調整材として特に「もみがら」を推奨する。



図 3 汚泥



図 4 もみがら

### 1 - 3 種堆肥

堆肥作りの基本は、有機物の微生物分解であるから多様な微生物の存在が必要であり、かつ、それらの微生物を堆肥材料に供給することが不可欠である。

微生物の供給源としてあらかじめ良好な完熟堆肥がある場合には、これを種堆肥として使用する。ない場合は、石・礫等を含まない土を微生物源として使用することもできる。

有機物を多く投入した圃場の土や雑草の根回りの土も有効である。微生物源として発酵促進剤（市販品で土壤細菌等を培養したものがある）を混合して使用する例も見受けられる。

いずれにしても、製造した堆肥が完熟であれば、次回からの種堆肥はその完熟堆肥を使用すればよい。使用量は堆肥材料の10%が目安である。

### 1 - 4 その他の有機質材料

堆肥の製造は、汚泥・炭素率調整材・種堆肥の3つが揃えば十分であるが、さらに圃場での物理性の改善、微生物相の改善、微量元素も含めた肥料成分の改善を図るためには、その他の有機質材料と混合することによって堆肥材料の多様化が考えられる。

その他の有機質材料としては、食品工場の廃物、生ゴミ、調理残滓、雑草、樹木の剪定くず等が挙げられる。これらのうち、手間とコストがかからず利用できるものがあれば堆肥材料として利用することを推奨する。



図 5 完熟堆肥



図 6 土



図 7 樹木の剪定くず

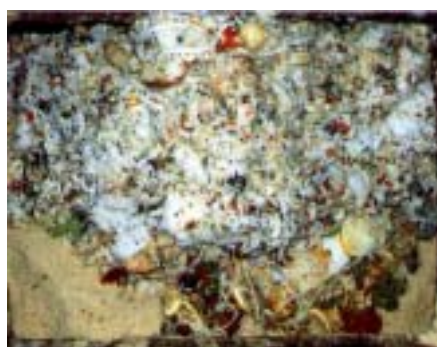


図 8 生ゴミ

## 2 堆肥を作るための条件

### 2 - 1 水分調整

有機物を微生物で分解するには、水分の存在が極めて重要であり、従って微生物が活動できるような水分に調整することが必要となる。

微生物は、水分 40～60%の間で良く活動するので、堆肥化の全期間において堆肥材料を適正な水分に保つには、蒸発分を考慮して水分 55～60%にすることが望ましい。

水分がそれよりも多すぎると、通気不足もあいまって嫌気腐敗分解を起こし硫化水素およびメチルメルカプタン等の硫黄系悪臭物質が発生し易くなる。逆に、水分が少なすぎると微生物の活動が抑制され、堆肥材料の分解が進まない。

現場で行われている水分の測定法としては、材料を手のひらで握りしめて指の間から水がしみ出てこなければ水分 60%程度で、さらに手のひらで握った塊を指で少しつつくと崩れる状態が 40%程度といわれている。非常にラフな判別法ではあるが、一応の目安になる。

現場によって適正な水分値は異なるので、色や外観など自分なりの判定法あるいは経験を持つことが必要である。

### 2 - 2 炭素率調整

堆肥化時にアンモニア等悪臭物質の発生を防ぎ、有機物の分解が進んだ高品質の堆肥を作るには、炭素率の調整が最も重要である。

堆肥化を始める時の、混合物の炭素率は 30～40 となるように材料を調整するのが望ましい。畜ふんを例にとると、牛ふんは 15～20、豚ふんは 10～15、鶏ふんは 6～10 である。

汚泥の炭素率は、4～11 の範囲にあり平均 7 程度である。タンパク質の多い原料を用いれば 4 に近く、逆にタンパク質が少ないと 11 近くになる。汚泥の炭素率は、工場に取り扱う原料によって異なるが、鶏糞と同程度の炭素率 6～10 と考えられる。

堆肥化時に発生するアンモニア等の悪臭を防ぐためには炭素率 70～80 のもみガラ、50～60 のわら、100 を超えるおがくず等を混合し、炭素率を 30～40 となるよう調整することが重要である。

現場では一応の目安として汚泥ともみガラ・わら・おがくず等の植物性材料（炭素率調整材）を容量比で 1：3 になるように混合すると堆肥化時の悪臭は緩和される。

現場で炭素率を計算するための資料として堆肥材料の炭素率表と計算例を次に示す。



表 1 各種堆肥材料の成分表

(単位は炭素率・水分以外は乾物%)

材 料 名	炭素率 (C/N比)	炭素	窒素	リン酸	カリ	苦土	石灰	水 分 (%)	
汚 泥 <sup>1</sup>	4 - 11	35 - 70	5.0 - 9.8	1.7 ~ 6.8	0.5 ~ 2.1	-	-	約 85	
家 畜 ふ ん	牛ふん	15 - 20	40 - 45	2.0 - 2.5	2.0 - 2.5	1.5 - 2.0	0.5 - 1.0	1.5 - 2.0	約 80
	豚ふん	10 - 15	40 - 45	3.0 - 4.0	5.0 - 6.0	1.5 - 2.0	1.0 - 1.5	4.0 - 4.5	約 70
	鶏ふん	6 - 10	35 - 40	5.0 - 6.0	6.0 - 7.0	3.0 - 4.0	1.0 - 1.5	10 - 15	約 65
植 物 性 資 材	稲わら	50 - 60	35 - 40	0.5 - 1.0	0.2 - 0.5	2.0 - 2.5	0.2	0.5	約 10
	麦わら	60 - 70	40 - 45	0.5 - 1.0	0.1 - 0.3	2.0 - 2.5	0.2	0.5	約 10
	もみがら	70 - 80	35 - 40	0.3 - 0.5	0.1 - 0.3	0.5	0.1	0.1	約 10
樹 木	バーク	500	45 - 50	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	3.0 - 4.0	0.1 - 0.2	2.0 - 2.5	約 30
	おがくず	500	45 - 50	0.0 - 0.1	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.1 - 0.2	0.3 - 0.5	約 10

<sup>1</sup> 食品製造業排水汚泥の肥効成分 (1997) (財) 食品産業センター

<sup>2</sup> 藤原俊六郎・加藤哲朗 図解ベランダ・庭先でコンパクト堆肥 (1990) (社) 農山漁村文化協会

### < 炭素率計算例 >

汚泥  $W1=500\text{kg}$  ともみがら  $W2=1300\text{kg}$  を混ぜ合わせた時の炭素率を計算する。

この時、汚泥の水分  $M1=85\%$  炭素分  $C1=50\%$  窒素分  $N1=7.0\%$

もみがら中の水分  $M2=10\%$  炭素分  $C2=35\%$  窒素分  $N2=0.5\%$ と仮定する。

炭素の合計量を計算する

炭素量は次式で表される。

$$\text{炭素量 (C)} = \left\{ \frac{(100 - M1)}{100} \times \frac{C1}{100} \times W1 \right\} + \left\{ \frac{(100 - M2)}{100} \times \frac{C2}{100} \times W2 \right\}$$

この式に数値を代入して

$$\text{炭素量 (C)} = \left\{ \frac{(100 - 85)}{100} \times \frac{50}{100} \times 500 \right\} + \left\{ \frac{(100 - 10)}{100} \times \frac{35}{100} \times 1300 \right\}$$

$$= 37.5 + 409.5$$

$$= 447 \text{ kg}$$

窒素の合計量を計算する

窒素量は次式で表される。

$$\text{窒素量 (N)} = \left\{ \frac{(100 - M1)}{100} \times \frac{N1}{100} \times W1 \right\} + \left\{ \frac{(100 - M2)}{100} \times \frac{N2}{100} \times W2 \right\}$$

この式に数値を代入して

$$\text{窒素量 (N)} = \left\{ \frac{(100 - 85)}{100} \times \frac{7}{100} \times 500 \right\} + \left\{ \frac{(100 - 10)}{100} \times \frac{0.5}{100} \times 1300 \right\}$$

$$= 5.25 + 5.85$$

$$= 11.1 \text{ kg}$$

炭素率を計算する

$$\text{炭素率 (C/N)} = \frac{447}{11.1} = 40.3$$

計算例から炭素率 7.14 の汚泥 500kg に炭素率 70 のもみがら 1300kg を混合すると炭素率は約 40 まで改善されることが判る。

## 2 - 3 材料の十分な細断、混合

微生物分解の速さは有機物の大きさ、形状にも左右される。汚泥混合物が大きな塊状のままでは通気性も良くなく、有機物分解が進みにくいので、材料を十分に細断、混合して好気性微生物が十分に働ける環境を与えてやる必要がある。

発酵食品特に味噌を作る時には、蒸した材料にコウジ菌を混ぜ合わせるが、コウジ菌をふりまくだけでなく蒸した材料とコウジ菌を十分混ぜ合わせることが味噌コウジ作りのポイントとなっている。

この例のように、有機物を微生物分解する時は、十分な混合が必要である。材料の細断、混合方法は現場により様々な方法があるが、水分の多い汚泥の場合は、実証試験で用いている様なフジキ式攪拌機等で混合することが望ましい。フジキ式攪拌機等を利用する場合は、もみがら 汚泥 土 完熟堆肥の順番で混合しなければ、うまく作動しないので注意する。

他の方法としては、図 10 の様に農家で用いる管理機等がかき混ぜる方法がある。この時、混合物の余剰水が浸透しないように底面をコンクリート等の不浸透性材料で覆い、飛散を防止するために囲いを設けなければならない。

混合方法は、それぞれの事業所において手間とコストのかからない方法を選択する。



図 9 攪拌機を用いた混合



図 10 トラクターを使った混合事例

### 3 堆肥を作る作業工程

有機物の堆肥化の方法は、重機等を用いて堆肥舎に堆積し発酵する方法、または連続式攪拌装置を用いる方法が主流となっている。

当初、本解説書をまとめるにあたって、連続式堆肥化法よりもコストの安い堆肥舎で移動用機械を用いて積み込み、切り返しを行う簡易堆肥舎法について検討した。その結果、8週間程度で完熟堆肥が得られたが、炭素率を改善して発酵しても堆積期間中の悪臭の緩和は十分でなかった。

そこで、簡易堆肥舎法よりも短期間で完熟させることができ、発生臭気も軽減できると期待される箱形発酵槽を用いて堆肥化を試みた。その結果、切り返しすることなく5週間という短期間で高温発酵を終了することができたので、本解説書では、この発酵槽を用いる方法と従来の簡易堆肥舎法について解説する。

汚泥を短期間で効率よく集約的に堆肥化したい場合は、発酵槽を用いる方法を推奨する。この方法の場合は、発生する臭気は簡易堆肥舎法よりも軽減される。または、周辺環境に対する臭気の影響が少なく、広大な敷地で堆肥化に時間をかけることができる場合には、畜舎で一般的に行っている簡易堆肥舎法で堆肥化することもできる。

#### 3 - 1 発酵槽を用いる方法

ここでは、図 12 のような発酵槽を用いた。この発酵槽の底面に散気管を 30cm 間隔に 3 本設置してある。この発酵槽の底面にまず完熟堆肥を敷き、その上から汚泥、もみガラ、土、完熟堆肥を混合したものを仕込み、さらに上に完熟堆肥を被せる。その後は散気装置によって強制通気し、切り返しすることなく高温発酵を行う。この工程における発酵終了までの期間は約 5 週間である。この工程フローを図 11 に示す。

##### (1) 仕込み

まず、図 12 のように発酵槽の底に厚さ 20cm 程度完熟堆肥を敷く。次に汚泥、もみガラ、土、完熟堆肥を容量比で 2 : 3 : 1 : 3 の割合で十分に混合したものを発酵槽の中に投入する。投入した後は、混合物の表面を平らにならしておく。

最後に完熟堆肥を厚さ 20cm 程度になるように混合物の上に被せる。この作業の目的は、完熟堆肥で新しく仕込まれた混合物の上、下を覆うことによって堆積物の保温と発酵時に発生する臭気を緩和するためである。

なお、完熟堆肥が手元がない場合は、土ともみガラを容量比で 1 : 1 に混合したもので代用し、また、2 回目以降の仕込みには、土の代わりに高温発酵終了物を混合してもよい。

切り返し作業を行わず嫌気状態になるのを防ぐには、全ての材料を発酵槽の中に仕込んだ後に底面に設置した散気管より空気を  $100 \text{ l} / \text{min} \cdot \text{m}^3$  の量で 24 時間供給することが必要である。

この仕込み方法では、堆積物の中央部が嫌気状態になり易いので、図 13 に示すように堆積物の中央に通気管を挿入して通気を改善する方法もある。この通気管は、高温発酵終了時に混合物を取り出す時に不便になるので、発酵槽底面の散気管とは直結せず独立して、全ての材料を発酵槽に堆積した後に中央部分に差し込む。通気管の中には臭気を吸着させるために乾燥した完熟堆肥を詰めておく。これによって堆積中央部の通気が改善されるので発酵期間は 5~7 日間短縮される。

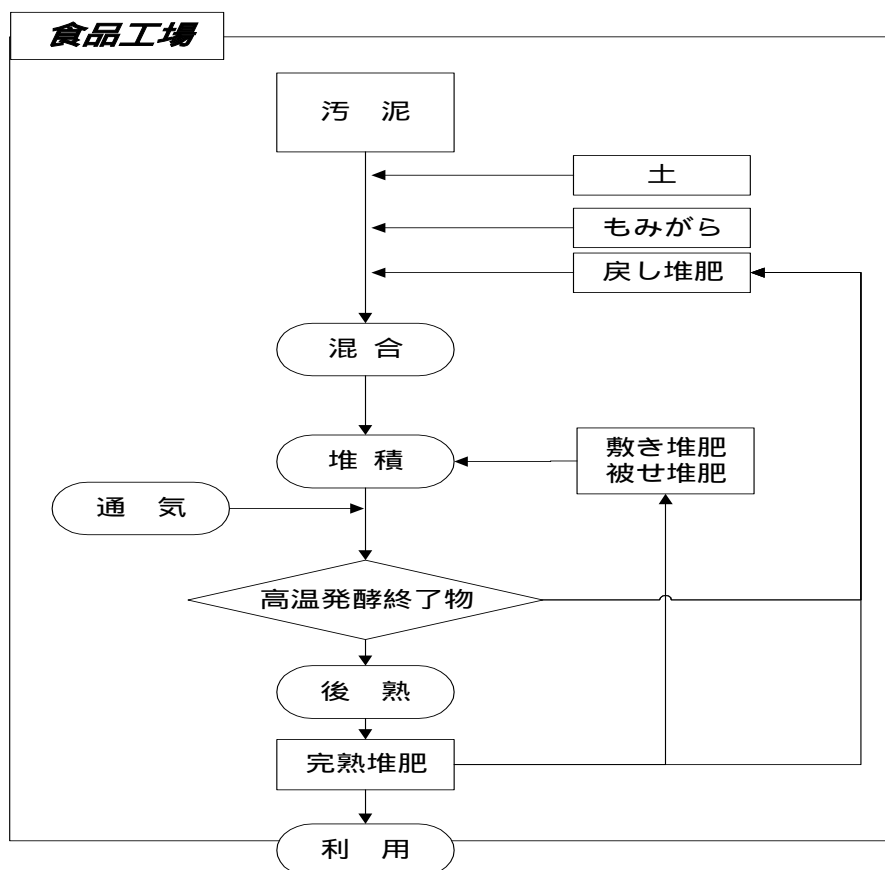


図 11 堆肥化フロー(発酵槽を用いる方法)

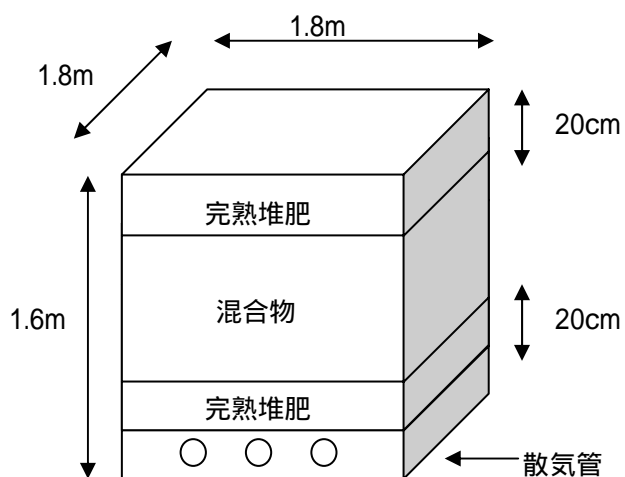


図 12 発酵槽

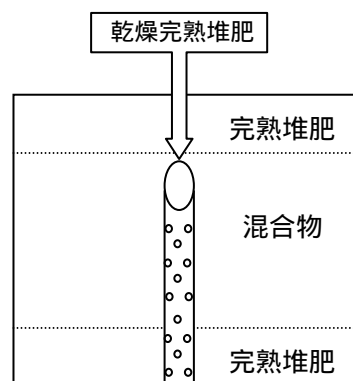


図 13 通気管を設置した場合

## (2) 発酵

材料を仕込んで1~2日間は連続通気(100ℓ/min・m<sup>3</sup>)する。堆積物の中心はその間に60以上の温度を示し発酵が始まる。その後は、1日に1時間程度通気(100ℓ/min・m<sup>3</sup>)する。この方法の場合、発酵に伴う臭気は通気していない時には非常に少ないが、通気している時はある程度発生する。このため通気する時刻は、周囲の環境を考慮して決定する。

## (3) 高温発酵の終了

発酵槽内で高温発酵が終了し5週間を経過したら、高温発酵終了物を発酵槽より取り出し、別の場所へ移動して積む。この時に再び温度が50を超えて上昇するようであれば高温発酵が終了しているとはみなせない。同じ条件で再び仕込む場合は5週間より長い時間をかけて発酵槽内で発酵させた方がよい。仕込み水分が過剰な場合や材料を圧密した時にもこの様な現象は起こり易いので注意が必要である。

後熟場所に内容物を積んで50以上の温度にならなければ高温発酵はほぼ終了したと判断してよく、この高温発酵終了物は戻し堆肥として利用できる。被せ堆肥として利用するには後熟時間をとって温度が下がるまで待たねばならない。高温発酵が終了した時は、発酵槽内の内容物を全て移動させる必要はなく、移動用機械で取れない内容物は、発酵槽内に均一に分散し次回の敷き堆肥として用いてもよい。完熟堆肥を敷き堆肥として用いることが望ましいが、移動用機械を用いた場合は発酵槽の内容物を全て取り出すことは手間がかかるので取り残して敷き堆肥として使うことはやむを得ない。できれば、その厚さが20cm程度となるように取り残すのがよい。

## (4) 後熟

後熟に要する時間は、取り出した高温発酵終了物の熟度及びその積み方によって異なるが、最低2週間は保持する必要がある。後熟にはなるべく時間をかけるようにした方がよい。後熟物は後述する腐熟度判定法に従って完熟堆肥であることを確認する。

### 3 - 2 簡易堆肥舎で堆積する方法

ここでは、パワーショベルやボブキャット等の移動用機械を用いてバッチ式に積み上げた混合材料を切り返し、発酵を促し、最終的に堆肥を作るまでの工程を説明する。高温発酵終了までの期間は約 8 週間である。この作業工程を図 14 に示す。

#### (1) 仕込み

汚泥ともみがらと土と完熟堆肥（戻し堆肥）を容量比で 2 : 3 : 1 : 3 の割合で十分に混合する。混合は図 9 の様な攪拌機を使うと容易である。完熟堆肥が無い場合は、汚泥ともみがらと土を容量比で 2 : 5 : 1 の割合で十分に混合する。

混合した材料はパワ - ショベル等の移動用機械を用いて堆積場所に積む。この時、堆積の高さは作業のし易さ、通気性を保持する意味で 1.5m 程度がよい。これより高くすると堆積下部が圧密し通気不足により発酵がうまくいかない。1.5m より低いと堆積物の保温が十分でないので発酵に時間を要する。堆積は雨にさらされないよう屋根のついた場所で行うことが望ましく、底面は余剰水が地下浸透しないようにコンクリート等の不浸透性の素材で覆わなければならない。屋根が無い場合は、堆積物の上に稲わら束等を使って空隙を確保しビニ - ルシ - ト等で覆う。

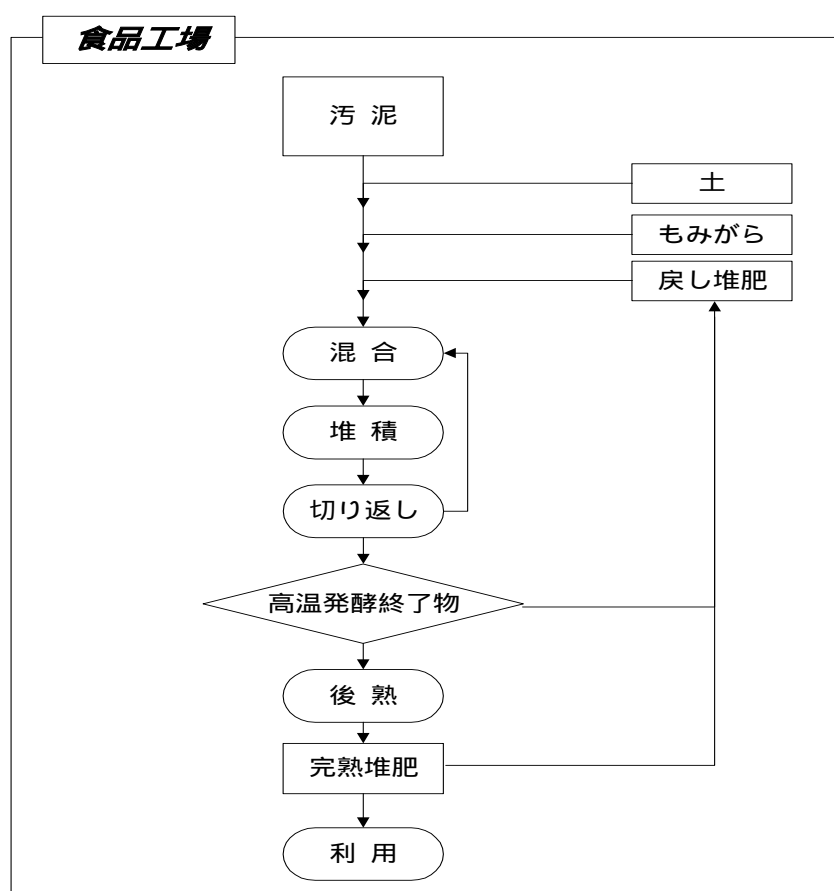


図 14 堆肥化フロー(簡易堆肥舎法)

## (2) 発酵

仕込みが完了してから、1~2 日後の堆積物の中心は、60 以上の温度を示し発酵が進む。堆積温度は、約 2 週間後に低下しますので、その時に 1 回目の切り返しを行う。

堆積物の表面から 20~30 cm 程度の深さまでは、外気の影響を受けて高温にはならないので、切り返しの時になるべく外側の未分解堆積物を内側に、内側の高温分解した部分を堆積物の外側に持ってくるように切り返しを行うことで堆肥化は促進される。また、この作業によって空気の供給ができ好気性微生物の活動が促進される。

再び堆積物内部の温度が上昇し発酵が進み、その後その温度が下降したら同じ要領で切り返しを繰り返す。この発酵熱によって、堆肥材料に含まれている雑草種子の発芽抑制や土壤病原菌の死滅などが期待でき、より安全な堆肥が得られる。

切り返しを繰り返すことによって堆肥化が進むと、堆積物内部で温度の大きな上昇が生じなくなる。発酵が終了すると、外気温と堆積物内部の温度差がなくなり、アンモニア等の悪臭は消える。

この期間中で切り返しが早いと、切り返し時に臭気の発生が大きく、遅いと臭気の発生は小さくなる。堆積場所によって周囲の環境が異なるので臭気の発生状況を考慮して周囲の環境に悪影響を及ぼさないように切り返し時期を決定する。切り返しは、面倒な作業であるが、2 週間に 1 回程度行うようにする。

## (3) 後熟

切り返し作業を繰り返して堆積物温度が 40 まで下がれば高温発酵は終了したと判断してよい。戻し堆肥として利用するまで後熟を続ける。簡易堆肥舎法では後熟期間は最低 1 週間保持する必要がある。後熟物は後述する腐熟度判定法に従って完熟堆肥であることを確認する。

## (4) 堆肥を作る時の悪臭緩和の一工夫

堆肥を取り扱う上で最も嫌われる問題の一つが悪臭であり、作業者のみでなく周辺の民家への環境を配慮しなければならない。

アンモニア等の悪臭は、仕込み時に堆積物の上から厚さ 20~30 cm に臭いのない完熟堆肥で覆うことで緩和される。

これは、一つには高温発酵時に最も発生し易いアンモニアを完熟堆肥で吸着させて外部への臭気の拡散を少なくするためである。もう一つには、外気の影響を受け易い堆積物表面を完熟堆肥で断熱することにより、堆積物の高温を保ち微生物分解を促進するためである。

また、炭素率調整材を十二分に混合することによって、窒素過剰状態を防ぐ。これらの工夫により悪臭は緩和される。



## 4 腐熟度判定

堆肥の熟度を判定するための方法として、コマツナによる幼植物試験法<sup>3</sup>、花粉管生成試験法<sup>3</sup>、円形ろ紙クロマトグラフィー法<sup>3</sup>、ミミズ評価法<sup>3</sup>等の方法がある。現場では、目視による外観の変化、臭気の有無など表2に示す判定表を参考にしてもよい。

堆肥の色は、微生物分解を受けるほど黒味を増していくので、もみがらの色が黒褐色になるまでは未完熟と考えられる。

形状は、分解が進むほど崩れていくが、もみがらは分解が進んでもその形を保つことが多い。もみがらを指でつまんだ時に、簡単に潰れるようになるまでは未熟と考えられる。また、分解したもみがらは水分を良く吸収するようになっているので、水の吸収の度合いを参考にしてもよい。

臭気は原料臭またはアンモニア臭等が残っているときは未熟、もしくは水分及び炭素率調整不足と考えられる。良くできた堆肥はいわゆる土の臭いがする。

水分は、仕込む時に60%程度に調整しているので、50%を下回るくらいが理想である。

温度は、この解説書どおりに行えば高温発酵させることができる。温度が低い場合は水分過剰または通気不足が考えられる。

現場で簡易に実践できる方法としては、ポリ袋に堆肥を入れて袋がガスで膨らむようなら未熟で、膨らまなければ完熟であるという判定法もある。

<sup>3</sup>有機物堆肥化大辞典(1997)(社)農山漁村文化協会

表 2 現場における汚泥堆肥の腐熟度判定基準例

色	黄 ~ 黄褐色 (不可) 褐 色 (良) 黒褐色 ~ 黒色 (優)
形 状	もみがらの形状をとどめる (不可) 少しくずれる (良) かなり崩れる (優)
臭 気	強い悪臭 (不可) 弱い悪臭 (良) 堆肥臭 (優)
水 分	強く握ると指の間からしたたる……………70%以上(不可) 強く握ると手のひらにかなりつく……………60%前後(良) 強く握っても手のひらにあまりつかない……………50%前後(優)
堆肥中の 最高温度	50 以下(不可), 50~60 (可), 60~70 (良), 70 以上(優)
切 返 回 数 (簡易堆肥舎法の場合)	2 回以下 (不可) 3 回 (良) 4 回以上 (優)
強 制 通 気 (発酵槽の場合)	なし (不可) あり (優)

## 5 堆肥を作る時の留意点

### 5 - 1 堆肥の製造場所等

汚泥を排出する事業所が堆肥を製造する場合は、食品衛生上、食品を製造する建物を含む同一敷地内ではなく、離れた場所で堆肥化すること、また、堆肥の製造担当者は食品を製造する作業を兼ねないようにすることが望ましい。これは、堆肥の製造においては、微生物等の拡散が避けられないためである。堆肥を製造することによって、食品工場内の微生物汚染等を起こさないように留意することが必要である。

また、汚泥の保管場所、切り返し場所は地下水質を汚染しないように、底面を不浸透性の材料で覆う必要がある。さらに、発酵期間中の堆積物表面は完熟堆肥を十分に被せて、臭いを押さえエヒ等の害虫の発生を防がなければならない。

### 5 - 2 畜舎への供給

汚泥を排出する事業所が、自社で製造しない場合は、汚泥を堆肥材料として畜産農家へ供給する方法もある。その時は、畜舎における取り扱いを容易にし、かつ水分と炭素率を調整するために汚泥には土ともみがらを混合する。

混合比率は、容量比で汚泥 2 : 土 1 : もみがら 5 の割合が目安である。この混合比は畜産農家側の要求に沿って調整してもよい。畜舎側へはこれらの材料を十分に混合してから供給する。

畜舎での堆肥作りは、長崎県産業廃棄物資源化ガイドライン作成検討委員会が平成 9 年度にまとめた「未利用資源堆肥化解説書 - 畜ふん編 - 」を参考に行う。

### 5 - 3 堆肥の安全性、有効性

堆肥化は有機物を土壌に還元するのが目的であるから、施用する堆肥は、植物および動物ひいてはヒトにとって有害でないことが原則である。

有害な成分としては、肥料取締法に規定する水銀、ヒ素、カドミウムの他、銅、亜鉛等の重金属および塩分などがある。

従って、堆肥材料は有害物質を含有する可能性の少ないものを選ぶ必要がある。堆肥中の水銀、ヒ素、カドミウムについては肥料取締法に基づく農林水産省告示によって乾物中、水銀 2mg/kg 以下、ヒ素 50mg/kg 以下、カドミウム 5mg/kg 以下であることと規定されている。

平成 5 年に策定された特殊肥料の推奨基準（民間基準）では、銅が 600mg/kg 以下、亜鉛が 1,800mg/kg 以下となっている。さらに、この基準では、作物の生育に異常がないことの判定法としてコマツナによる幼植物試験が推奨されている。

病原菌については明確な基準は設けられていないが、堆肥を作る時の発酵熱で菌の死滅が期待できるので、堆積期間中の温度の上昇が重要である。雑草種子についても病原

菌と同様発酵熱で発芽を抑えることが可能である。「堆肥を使ったら雑草が生えてきた」という場合は、発酵温度が十分上がっていなかったことが予想される。

塩分に対する基準はないが、タバコ栽培の例では塩分を含む堆肥は使用できない。施設栽培等の雨よけ条件における土壌では塩類の蓄積が問題となっている場合が多いので塩分はなるべく少ない方が望ましい。

肥料としての有効性については、有機質肥料の推奨基準(民間基準)で窒素・リン酸・カリウムのそれぞれの含有量が乾物当たり1%以上となっている。

#### 5 - 4 凝集剤

活性汚泥法による汚水の処理では、汚泥の沈降に必ず凝集剤が使われている。前項の堆肥の安全性、有効性で述べたように重金属成分を含む凝集剤は使用を避けるべきである。ランニングコストが高くなる可能性があるが、できればアルギン酸、キトサン等の天然凝集剤を用いた方がよい。それが困難な場合においても堆肥としての安全性を考慮して、より安全な凝集剤を選定するようにする。

#### 5 - 5 法的手続

汚泥を原料とした堆肥を製造し、販売する場合は、肥料取締法に基づき特殊肥料の生産業の届出と肥料販売業の届出を県にしなければならない。その際、5-3で述べた水銀、ヒ素、カドミウムの含有量と表3に示す有害物質についての溶出試験結果が基準を満たしていることが必要である。

一般的に事業所より排出される汚泥は、産業廃棄物であるから、その取り扱いについては「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」(以下廃掃法)を遵守しなければならない。

汚泥等の廃棄物の収集、運搬については、排出者自らが他の場所にトラック等で運搬する場合以外は、産業廃棄物の収集、運搬の許可を受けた者でないと運搬してはならない。

また、堆肥化処理は、「廃掃法」においては廃棄物の処分に該当する。廃棄物の自家処理として堆肥化を行う場合は、産業廃棄物処分業の許可は必要としないが、第三者に堆肥化処理を委託する場合は、受託者は産業廃棄物処分業の許可、または、再生利用業者の指定を受けた者でなければならない。

従って、5-2で述べたように汚泥を畜舎に供給する場合は、畜舎側は産業廃棄物処分業の許可、または、再生利用業者の指定を受けなければならない。

産業廃棄物の収集・運搬業、処分業の許可及び再生利用業者の指定については、最寄りの保健所または長崎県廃棄物対策課に相談され、適正に汚泥の堆肥化を進めていただきたい。

**表 3 溶出試験項目及び判定基準**  
(産業廃棄物の埋め立て処分に係る判定基準)

	項目	溶出試験(mg/ℓ)
1	アルキル水銀	検出されないこと
2	水銀	0.005 以下
3	カドミウム	0.3 以下
4	鉛	0.3 以下
5	有機リン	1 以下
6	六価クロム	1.5 以下
7	ヒ素	0.3 以下
8	シアン	1 以下
9	PCB	0.003 以下
10	トリクロロエチレン	0.3 以下
11	テトラクロロエチレン	0.1 以下
12	ジクロロメタン	0.2 以下
13	四塩化炭素	0.002 以下
14	1,2-ジクロロエタン	0.004 以下
15	1,1-ジクロロエチレン	0.2 以下
16	シス-1,2-ジクロロエチレン	0.4 以下
17	1,1,1-トリクロロエタン	3 以下
18	1,1,2-トリクロロエタン	0.06 以下
19	1,3-ジクロロプロペン	0.02 以下
20	チウラム	0.06 以下
21	シマジン	0.03 以下
22	チオベンカルブ	0.2 以下
23	ベンゼン	0.1 以下
24	セレン	0.3 以下

### 第3節 汚泥堆肥化事例

#### 1 発酵槽を用いる方法

##### 材 料



活性汚泥



もみがら



土



完熟堆肥

○各材料は前もって十分に確保しておき、できるだけ乾燥させておく、完熟堆肥が手元にない場合は、「土」と「もみがら」を1:1に混合したもので代用する

## 混合



もみがらの投入



汚泥の投入



土の投入



完熟堆肥の投入

混合比率は、容量比で汚泥(2):もみがら(3):土(1):完熟堆肥(3)である



攪拌機による混合



攪拌機からの取り出し

- 水分調整に気をつけながら、各材料を十分に混合する
- 攪拌機で混合する場合は、上記の順番で各材料を投入しなければ、攪拌機はうまく作動しない
- この工程までは、発酵槽を利用する方法と簡易堆肥舎で堆積する方法どちらについても共通の作業である

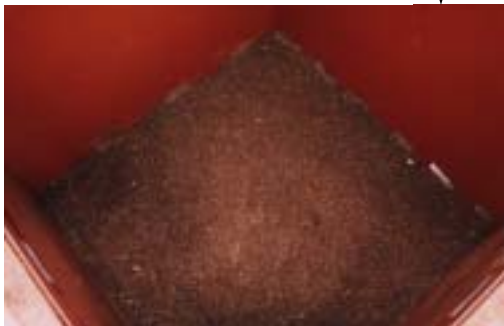
**仕込み**



発酵槽の底面部には、散気管を3本設置している。散気管の周囲には、目詰まりを防ぐため初殻を被せる。



混合物表面を平らにならす



完熟堆肥を高さ20cm程度底面に敷く



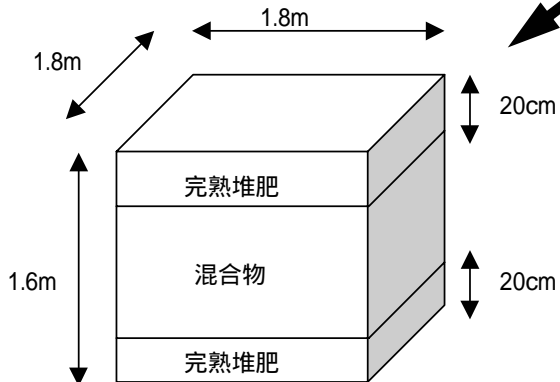
完熟堆肥を混合物の上から20cmの厚さに被せる



混合物を堆積する



発酵開始  
この事業所には同様の容器が9つある



仕込みの仕上がりは左図のようになる



## 高温発酵終了時



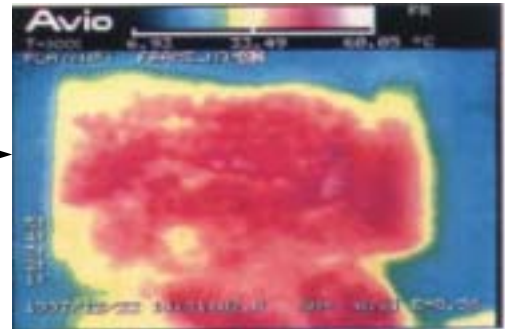
完熟堆肥

完熟堆肥

前面の扉を開いた様子  
表面部の色の違う部分が、被せ堆肥。  
底面部が敷き堆肥である。



前面の扉より、30cm奥の堆積物の断面写真。白く見えるのが細菌叢で、これが、多く取り巻いているのが理想的。



左図の熱赤外線画像。周囲20cm付近は、外気温の影響を受けて、中心部よりも温度が低くなりやすい。



90cm奥の断面写真  
堆積物の、中心部は空気不足のため、細菌叢は取り巻いてなく、水分も多い。被せ堆肥は水蒸気が凝集して水分が多くなるが、敷き堆肥の水分は蒸散して殆ど乾燥していた。



実証試験の試験区 では通気管を、中心部に設置することによって、嫌気状態を防いだ。(第2章資料編 参照)

## 後熟・保管



高温発酵が終了したものは、後熟場所に移す。一部は種堆肥として仕込む時に再利用する。

## 2 簡易堆肥舎で堆積する方法

### 材料の混合



水分・炭素率を十分に考慮して、適当な比率で十分に混合する。  
比率は、容量比で汚泥(2):もみがら(5):土(1)で混合した。

### 仕込み・発酵



十分に混合した材料を堆積場所に積む。2～3日後には温度は70度前後まで上昇し、発酵が始まる。

### 切り返し



発酵が進み堆積物の温度が低下したら、切り返す。この事業所ではパワーショベルで切り返した。この時、堆積物の塊を十分に破碎し、発酵しやすいようにすることが堆積期間の短縮につながる。



切り返しの時は、かなり臭気が強いので周囲の環境を十分に考慮する必要がある。  
十分に切り返したら元の場所に再び堆積し、発酵させる。  
切り返しは、再発酵後の温度が40℃以下になるまで繰り返す。

### 後熟・保管



高温発酵が終了したものは、別の場所に移し後熟・乾燥させる。一部は種堆肥として仕込む時に再利用する。

## 第2章 資料編

### 第1節 堆肥作りの実証試験

汚泥を資源として利用するための堆肥作りを行い、堆肥化時および堆肥使用時の特性変動値、環境影響および有効性について実証試験を行った。

#### 1 実証試験条件の設定（発酵槽を用いる方法）

N 水産加工共同組合（所在地：長崎市）より、排出される汚泥を原材料として堆肥化した。実証試験は、下記の日時に2回に分けて行った。

##### （1）使用した発酵槽

図15のように $1.8\text{m}^{\text{W}} \times 1.8\text{m}^{\text{L}} \times 1.6\text{m}^{\text{H}}$ の発酵槽を3連にしたものを用いた。

##### （2）試験区の構成

材料の構成および操作を表4および表5に示す。

1回目の試験区と2回目の試験区は全く同様の構成である。

1回目の試験で、敷き堆肥、被せ堆肥を施した試験区では、5週間で高温発酵を終了させることができたので、2回目は、1回目の試験区を対照として期間を1週間短縮して実験した。

##### （3）通気方法

発酵槽の底に、30 cm間隔に設置した散気管から、堆積開始時の24～48時間、その後は1日当たり1時間 $100 \text{ l/min} \cdot \text{m}^3$ の速度で通気した。

##### （4）通気管

図16の様に2回目の試験区では直径5 cmの穴空き塩化ビニールパイプを埋め込み通気した。

##### （5）堆積規模

$5\text{m}^3$ 程度

##### （6）堆肥化作業工程

第1回実証試験開始日:平成10年9月8日

試験区は堆積物を1週間に1回の切り返し、試験区は切り返しなし。

第2回実証試験開始日:平成10年11月10日

試験区とも切り返しなし。

試験区は5週間で、試験区は4週間で実験を終了した。

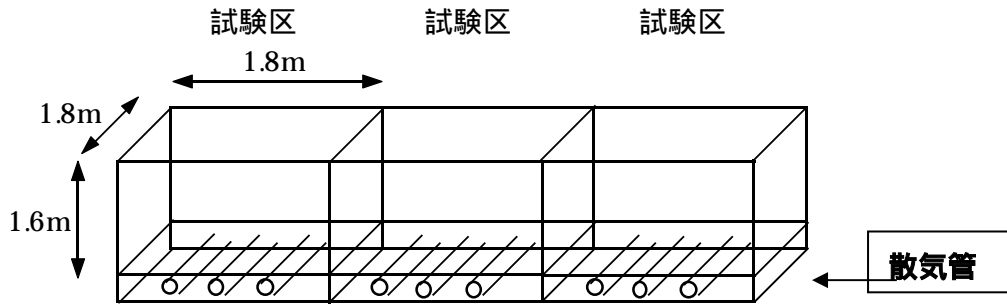


図 15 第1回実証試験発酵槽の構成

表 4 第1回実証試験の構成

第1回実証試験	混合容量比				被せ堆肥 敷き堆肥	期間 (週)	散気時間(h)		切り返し
	汚泥	籾殻	土	戻し堆肥			初期	通常	
試験区	2	5	1	-	無	7	48	-	1週間毎
試験区	2	3	1	3	無	7	48	-	1週間毎
試験区	2	3	1	3	有	5	48	1h/day	なし

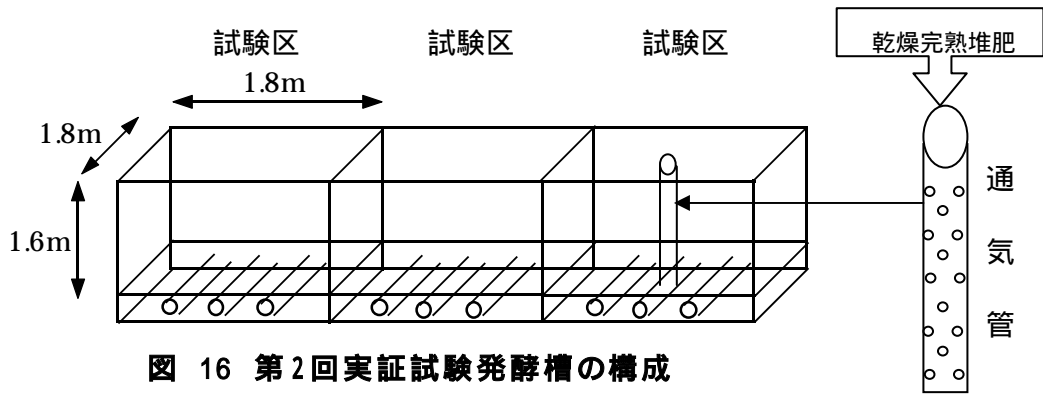


図 16 第2回実証試験発酵槽の構成

表 5 第2回実証試験の構成

2回実証試験	混合容量比				被せ堆肥 敷き堆肥	期間 (週)	散気時間(h)		切り返し
	汚泥	籾殻	土	戻し堆肥			初期	通常	
試験区	2	3	1	3	有	5	48	1h/day	なし
試験区	2	3	1	3	有	4	24	1h/day	なし
試験区	2	3	1	3	有	4	24	1h/day	なし

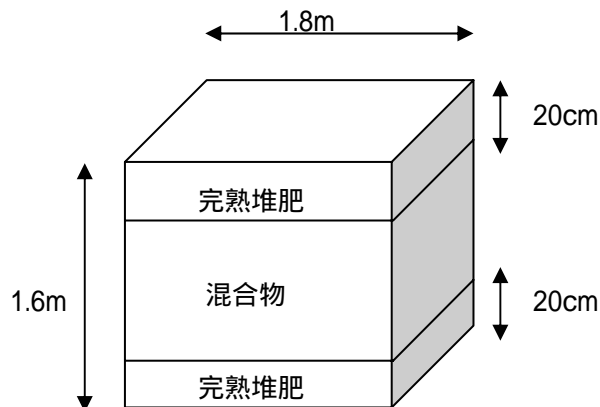


図 17 試験区 の堆積状

## 2 実証試験結果（発酵槽を用いる方法）

### 2 - 1 試験方法・項目

汚泥の堆肥化期間中は、以下の項目について現場及び試験室（長崎県衛生公害研究所・長崎県工業技術センター）でモニタリング調査を行った。

表 6 実証試験項目

分析項目	備考
温度	棒状温度計及び自動測定器
pH (H <sub>2</sub> O)	ガラス電極法
水分	乾燥重量法
全炭素 (T - C)	全炭素測定装置
全窒素 (T - N)	ケルダール分解法
特定悪臭物質 アンモニア 硫黄系化合物 トリメチルアミン	環境庁告示第9号「悪臭物質の測定の方法」に準拠 アンモニアについては検知管法でも実施
臭気濃度 臭気指数	官能試験法（三点比較式臭袋法）
肥料成分含有量試験	肥料成分分析法に準拠
発芽試験	コマツナによる幼植物試験法に準拠

## 2 - 2 試験結果

### (1) 温度

第1回の実証試験での温度測定は、堆積部より30 cm内部を自動測定器にて測定した。試験区 の温度経過を図18に示す。仕込み直後は通常どおりの発酵によって温度上昇が見られたが、翌日には低下した。これは、仕込み後の通気が過度であったと考えられ、通気量を  $150 \text{ l/min}\cdot\text{m}^3$  をから  $100 \text{ l/min}\cdot\text{m}^3$  に改めた。それ以後は順調に堆積温度は上昇した。

試験区 は1週間毎の定期的な切り返しを行った。切り返し後、堆積温度は一時的に低下するが、再発酵のため再び温度は上昇する。この温度上昇は未分解物質が多く残っていると繰り返される。なお、今回の切り返しは、実験のために定期的に行ったもので、現場でも、1週間毎の切り返しを奨めるものではない。

また、試験区 では切り返しを行っていないため、グラフではなめらかな曲線をとっている。いずれの試験区も最高温度  $80$  近くを示した。

試験区 は5週間目に、堆積物を切り返し再堆積したが温度上昇は見られず、切り返しなしでも、高温発酵を終了させる確証がもてた。

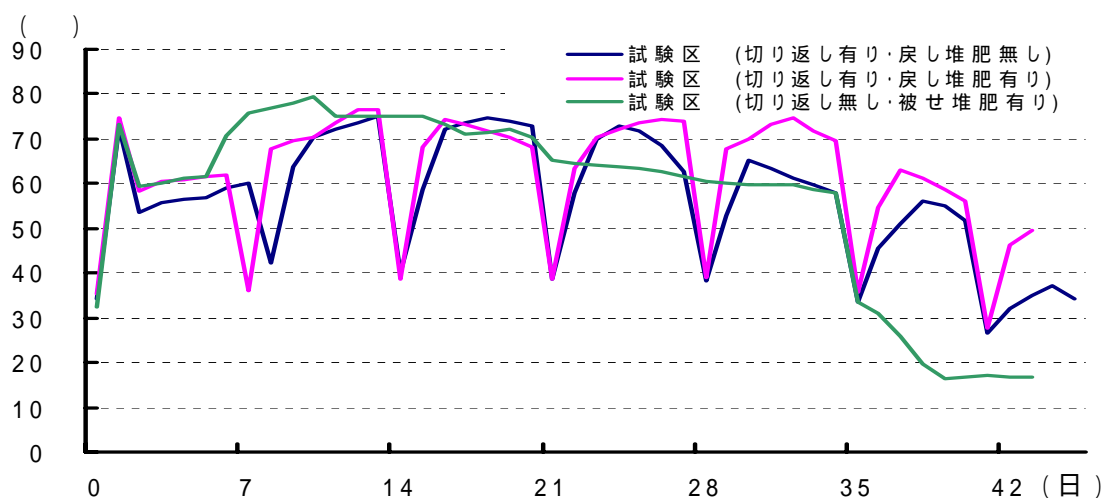


図 18 第1回実証試験の温度経過

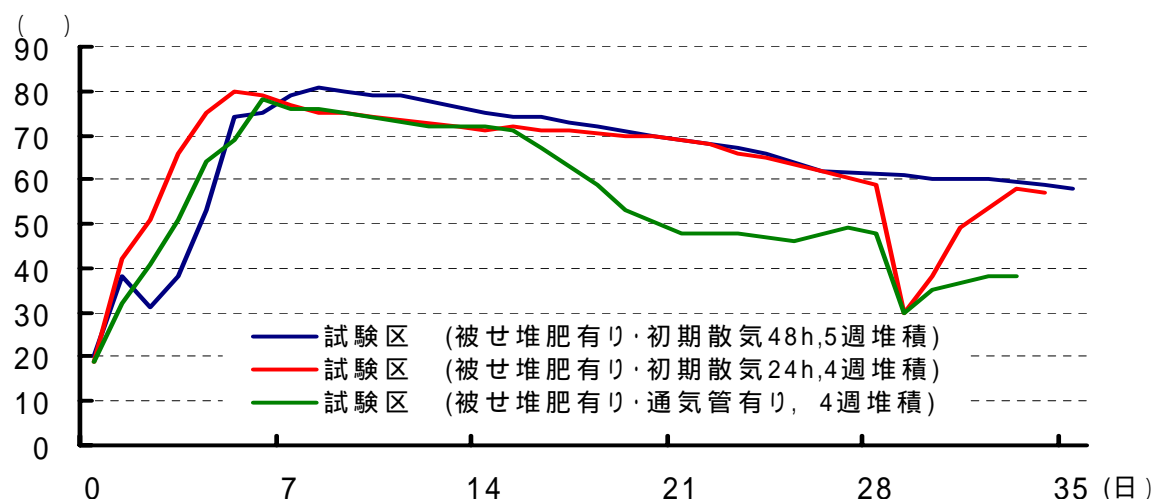


図 19 第2回実証試験の温度経過

図 19 に第 2 回目実証試験での試験区 の温度経過を示した。各試験区とも切り返しは行わず、高温発酵を進めた。試験区 は垂直方向の通気管の効果によって、2 週間経過後には堆積温度は 70 を下回り始め、試験区 と温度の経時変化に差が見られた。

微生物を活性化するためには、仕込み後に通気が必要である。しかし、その通気時間については材料組成及び外気温等によって異なるため、それぞれの事業所で最適条件を求める必要がある。

試験区 については、4 週間後別の場所に再堆積した後も温度経過を追跡した。特に試験区 は未完熟であったため、再発酵し温度が上昇した。また、試験区 は切り返し後も 40 以下であったため、高温発酵が終わったものと考えられた。

なお、試験区 では発酵槽内部の水平方向の温度分布を調べるために、図 20 のように棒状温度計を中心部より 20 cm 間隔おき表面より 30cm 内部の温度を測定した。この結果、中心部より 1m 外側の場所にあっても、温度は 70 を超えていることが判った。図 20 の温度の測定位置は、中心部が で最も外側が である。



図 20 温度計および臭気のサンプリング風景

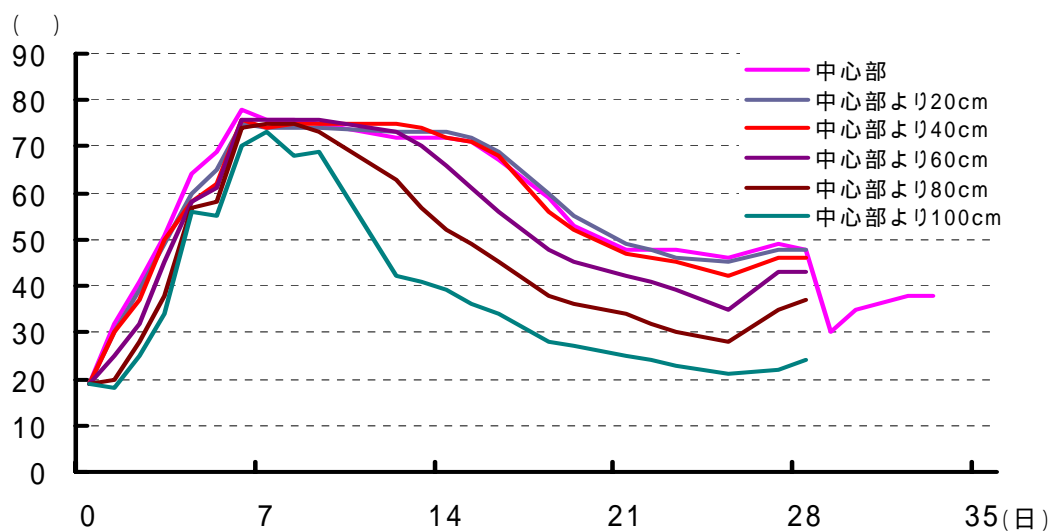


図 21 試験区 の各地点の温度変化

## (2) 水分

試験区 については、1週間毎の切り返し時にサンプリングを行った。また、試験区 については仕込み時と高温発酵終了時にサンプリングした。なお分析は、乾燥重量法で測定した。その結果を図 22 に示す。

仕込み時の理想的な水分は、55～60%であるが、本実証試験では 65%前後の仕込みとなった。いずれの試験区においても、発酵期間中の発熱によって蒸散し、水分は 10%～21%減少した。

しかしながら、試験区 の水分については、試験後半に堆積物に雨が降り込み、6%程度の減少にとどまった。なお、高温発酵終了時の水分は、50%以下が望ましい。

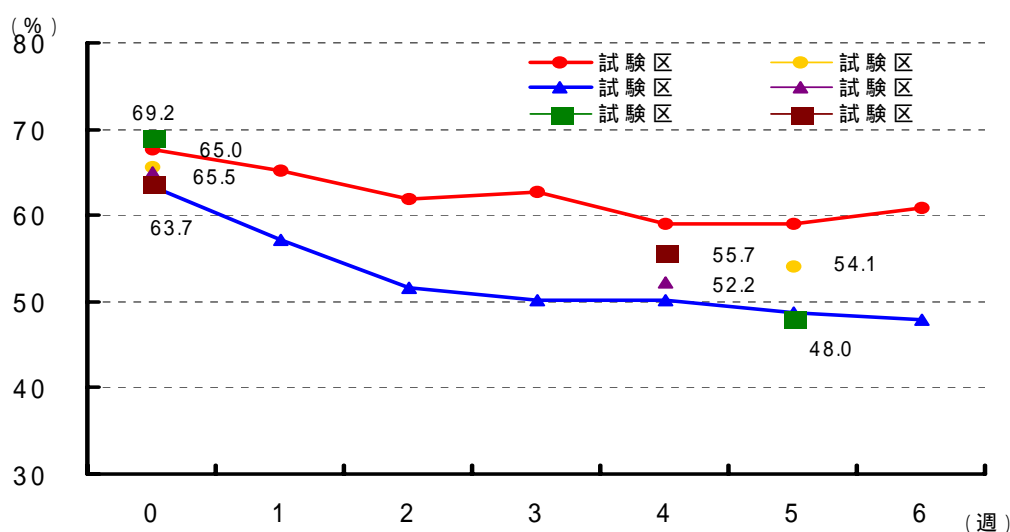


図 22 実証試験の水分変化

## (3) pH

pH の測定は、常法に従って測定した。その結果を図 23 に示す。

堆積後 1 週間目の pH は中性から弱アルカリ性 (pH8 以上) を示したが、徐々に元の中性へ移行していった。この時の pH の上昇はアンモニアの発生によるものであり、pH の低下はアンモニアの硝化によるものが最も大きな原因と考えられる。

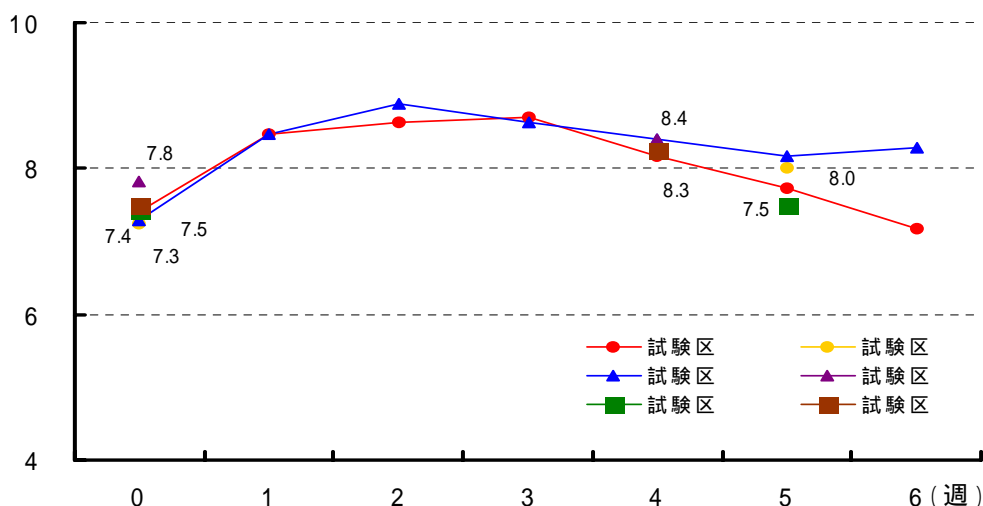


図 23 実証試験の pH 変化



## (4) 臭気

### (4) - 1 アンモニア濃度

発生臭気の指標として堆積物直上のアンモニア濃度を検知管で測定した。測定結果を図 24 及び図 25 に示す。第 1 回実証試験の試験区 1 の堆積物は完熟堆肥で覆っていないので、堆積直後の発酵に伴い高い濃度のアンモニアが検出された。

試験区 1 では、堆積翌日に 120ppm であった。試験区 2 では、翌日に 116ppm 翌々日には 200ppm であった。試験区 3 の最高値は 20ppm であり、完熟堆肥を被せたことによって臭気の拡散が抑えられ、試験区 1 より低いアンモニア濃度であった。

第 2 回目の実証試験の試験区 1 では、全ての試験区に完熟堆肥を被せているので、第 1 回目の実証試験よりアンモニアの発生は抑えられた。

試験区 2 は期間中を通して 10ppm 以下であった。なお、試験区 3 については、通気している時に測定したので、内部からの吹き出しによって、試験区 1 に比べて高い数値になっている。試験区 3 は最高値で 40ppm 検出された。

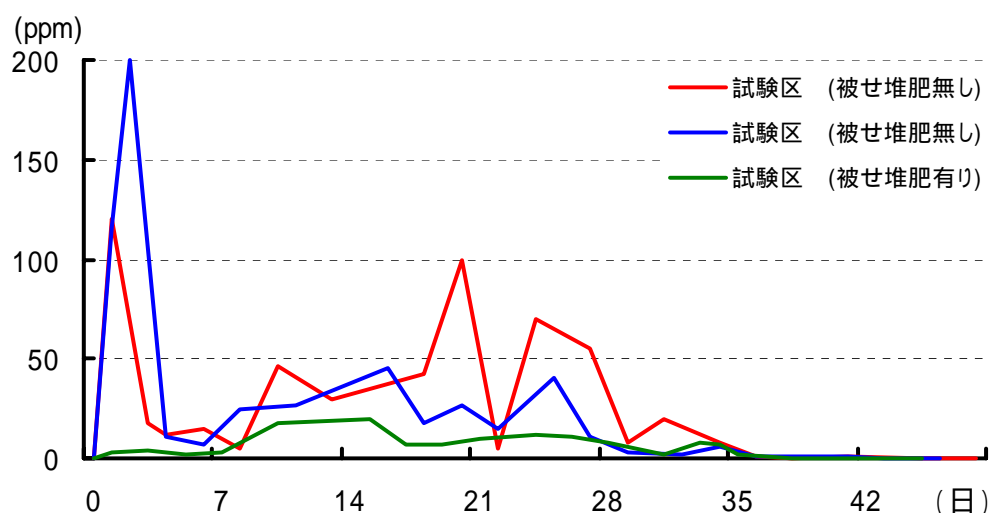


図 24 第 1 回実証試験アンモニア濃度変化

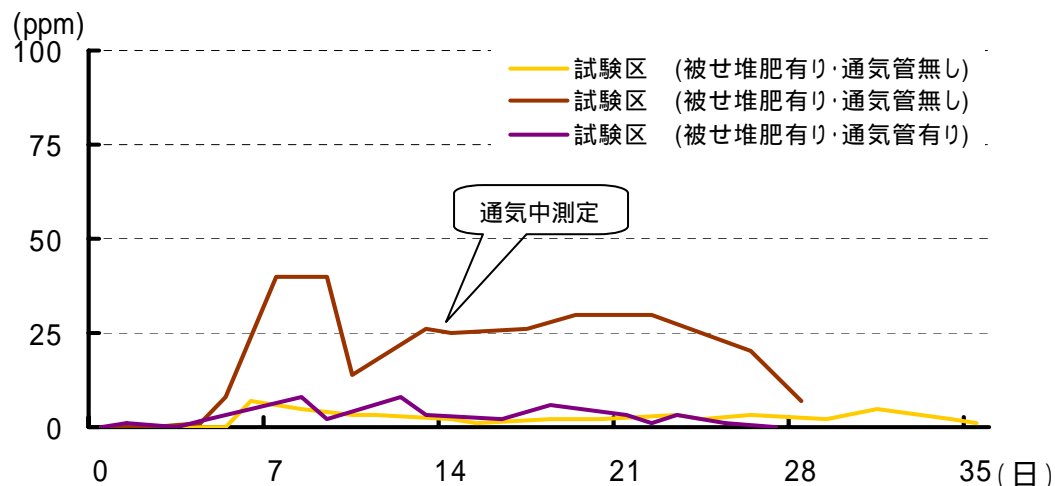


図 25 第 2 回実証試験アンモニア濃度変化

#### (4) - 2 発酵時の臭気

第2回実証試験の試験区 について、仕込み時と4週間後に、堆積部直上より臭気をサンプリングし下記の特定悪臭物質を機器分析した。併せて三点比較式匂い袋法による官能試験も実施した。結果は表7のとおりであった。なお、臭気指数は臭気濃度の値の対数に10を乗じた値。

表7 高温発酵時臭気測定結果

測定項目 経過日数	仕込み時			4週間後			敷地境界基準	
							(A)	(B)
試験区								
アンモニア	<0.2	<0.2	<0.2	14.1	2	25	1	2
トリメチルアミン	0.006	0.0016	0.0021	0.0007	0.0011	0.0009	0.005	0.02
硫化水素	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.02	0.06
メチルメルカプタン	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.004
硫化メチル	0.013	0.151	0.36	0.005	0.006	0.006	0.01	0.05
二硫化メチル	0.44	0.217	0.128	0.002	0.005	0.002	0.009	0.03
臭気濃度	-	-	-	170	73	173	500	1000
臭気指数	-	-	-	22	19	22	27	30
臭気の質	-	-	-	刺激臭	刺激臭	刺激臭	-	-
臭気強度	-	-	-	強い	弱い	強い	-	-

(悪臭物質濃度 単位:ppm)

(臭気濃度については排出口基準)以下同じ

#### (4) - 3 高温発酵終了物の臭気

仕込み時より13週間後の高温発酵終了物について、官能試験と機器分析法により発生臭気を測定した。結果を表8に示す。

表8 高温発酵終了時臭気測定結果

測定項目	高温発酵終了物 (13週間後)			敷地境界基準	
	(A)	(B)		(A)	(B)
試験区					
アンモニア	<0.2	<0.2	<0.2	1	2
トリメチルアミン	0.0024	<0.0005	0.0019	0.005	0.02
硫化水素	<0.001	<0.001	<0.001	0.02	0.06
メチルメルカプタン	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.004
硫化メチル	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	0.05
二硫化メチル	<0.0009	<0.0009	<0.0009	0.009	0.03
臭気濃度	73	55	55	500	1000
臭気指数	19	17	17	27	30
臭気の質	弱い	弱い	弱い	-	-

A区域 規制地域のうち、B区域を除いた区域

B区域 主として工業の用に供されている地域

(5) 有効性に関するモニタリング試験

(5) - 1 肥料成分分析

高温発酵終了物について肥料成分分析を行った。分析結果は表9のとおりであった。  
表中の数値は水分と pH 以外は乾物換算値である。

表 9 高温発酵終了物 成分分析結果

成分	単位	第1回実証試験			第2回実証試験		
		試験区	試験区	試験区	試験区	試験区	試験区
水分	%	60.9	47.8	48.0	54.1	52.2	55.7
PH	-	6.9	7.2	8.2	8.0	8.4	8.3
T-C	%	18.3	17.4	17.6	17.5	17.5	17.7
T-N	%	1.2	1.4	1.8	1.9	1.8	1.9
炭素率	-	16	12	10	9	9	9
NH <sub>3</sub> - N	mg%	380	420	430	410	420	400
NO <sub>3</sub> - N	mg%	61	58	63	72	65	71
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.83	0.93	0.89	1.20	1.13	1.15
K <sub>2</sub> O	%	0.64	0.81	0.74	0.82	0.77	0.79
CaO	%	0.042	0.140	0.813	0.082	0.073	0.074
MgO	%	0.26	0.27	0.25	0.25	0.26	0.25
Mn	mg/kg	250	450	390	420	400	390
Fe	mg/kg	3300	9500	13700	9760	8830	8300
Cu	mg/kg	21	19	13	17	17	17
Zn	mg/kg	157	190	257	250	247	263
Na	mg/kg	2070	2370	2200	2360	2230	2230
Cl <sup>-</sup>	mg/kg	230	440	240	300	350	280
T-Hg	mg/kg	0.14	0.14	0.14	-	-	-
Cd	mg/kg	0.2	0.3	0.3	-	-	-
As	mg/kg	4.8	6.5	18.3	-	-	-
Pb	mg/kg	5.3	8.2	11.1	-	-	-

## (5) - 2 コマツナによる幼植物試験

汚泥を原料として製造された堆肥の発芽阻害性を調べるために、コマツナによる幼植物試験を行った。完熟堆肥 10g に 100mℓ の水を加え 60 で 2 時間抽出した後、濾過した。濾紙を敷いたシャーレにこの濾液を 10mℓ 分注して、その上からコマツナ種子 50 粒を蒔き 3 連で試験を行った。この時、対照として水 10mℓ を用いたもので同様にコマツナ種子を蒔いた。このシャーレを  $20 \pm 3$  の状態で放置し、5 日後に発芽数を調べた。試験は 3 連で行った。

結果を表 10 に示す。この結果から、完熟堆肥は発芽阻害がないことが認められた。

表 10 コマツナによる幼植物試験結果

	発芽数	発芽率 (%)	
水 (対照)	47	94	95
	48	96	
	48	96	
試験区	45	90	94
	48	96	
	48	96	
試験区	46	92	95
	47	94	
	49	98	
試験区	48	96	97
	49	98	
	48	98	
試験区	48	96	96
	49	98	
	47	94	
試験区	46	92	95
	48	96	
	49	98	
試験区	47	94	93
	47	94	
	45	90	

$$\text{発芽率 (\%)} = \frac{\text{発芽数の合計}}{50 \text{ 粒}} \times 100$$

### 3 実証試験条件の設定（簡易堆肥舎で堆積する方法）

簡易堆肥舎法での実証試験は、同じく N 水産加工協同組合で平成 10 年に実施した。

- (1) 堆積規模：約 10m<sup>3</sup>
- (2) 実証試験開始日：平成 10 年 8 月 6 日～
- (3) 切り返し：2 週間毎
- (4) 混合容量比：汚泥：土：もみがら = 2：1：5

### 4 実証試験結果（簡易堆肥舎で堆積する方法）

#### (1) 温度

温度は、堆積物の頂上より 50 cm 内部を棒状温度計で測定した。図 26 に温度経過を示す。この時、切り返しは発酵槽の場合と同じ理由で 2 週間毎に行った。切り返しを繰り返す毎に堆積物の最高温度は低くなった。4 回目の切り返しの後には、温度は上昇しなかったので高温発酵の終了とした。簡易堆肥舎で堆肥化する時の理想的な温度経過をとった。

今回の実証試験のように頻繁な切り返しを行う方法の他に、温度が 60 とかなり下がってから切り返しを行い、回数を減らすことが可能であるが、基本的には切り返す回数が多いほど堆積期間は短くなると考えて良い。

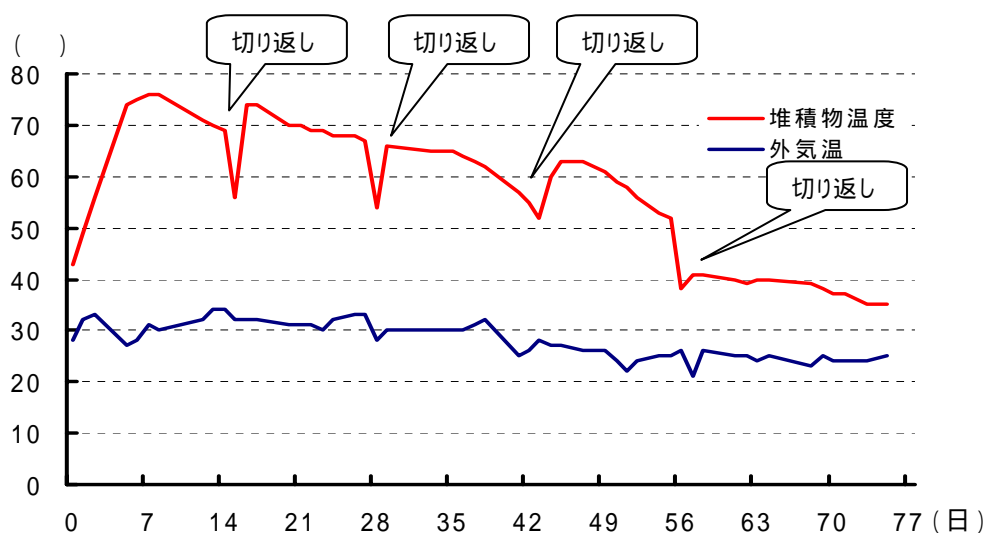


図 26 堆肥化時の温度変化

## (2) 水分

水分は、仕込みを開始した時から2週間毎の切り返しを行う時にサンプリングし、乾燥重量法で測定した。その結果を図27に示す。仕込み時は55%の水分で堆積し、10週目には発酵熱によって蒸散し水分は42%に低下した。この様に、堆積物の水分は温度上昇に伴い漸減するが、これは切り返しの回数と水分・炭素率調整材の使用量に大きく影響される。現場によって、使用する水分及び炭素率調整材の種類は様々であるが、仕込み水分量が60%程度になるように調整することが必要である。堆積する場所は雨が降り込まないよう屋根があるのが望ましい。

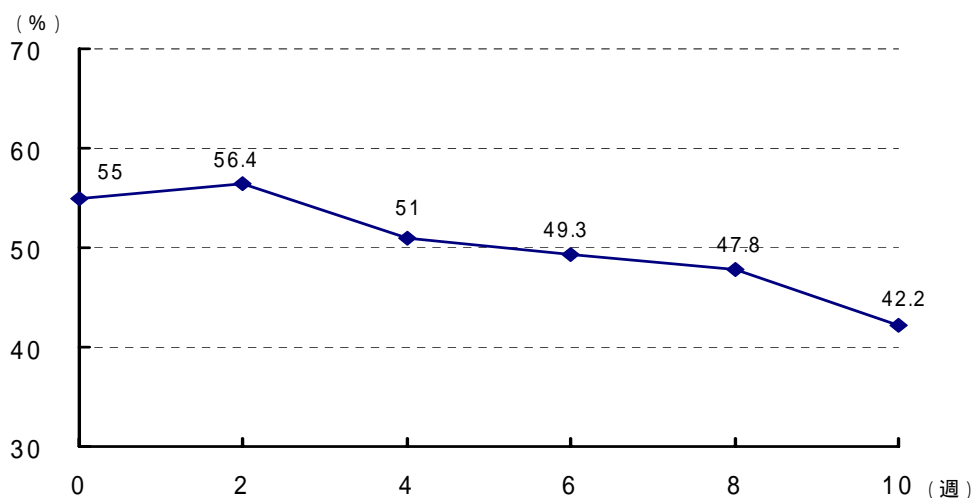


図 27 堆肥化時の水分変化

## (3) pH

pHは、水分測定と同時に常法に従って測定した。その結果を図28に示す。仕込み時のpHは6.2で10週後は5.7であった。

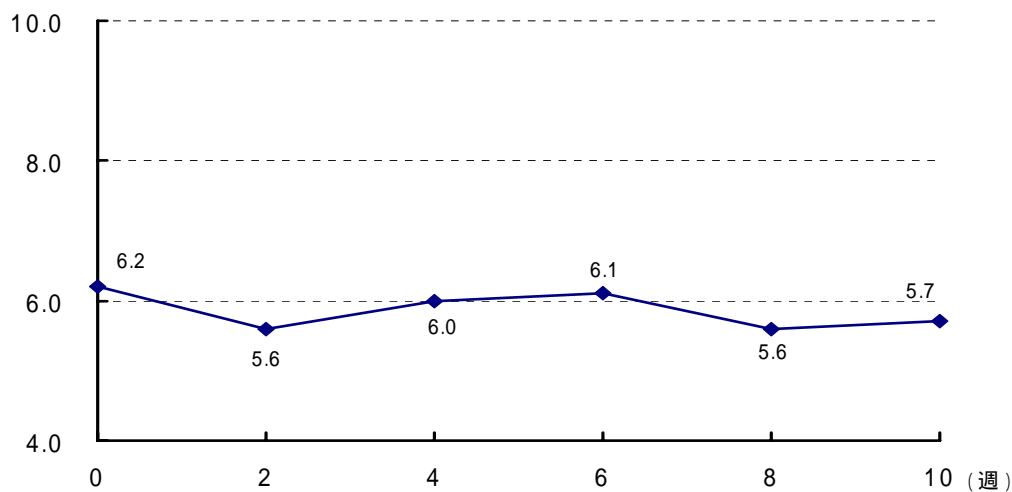


図 28 pHの経時変化

#### (4) 臭気

##### (4) - 1 アンモニア濃度

簡易堆肥舎法での発酵期間中の堆積物直上におけるアンモニア濃度の測定結果を図29に示した。仕込み後の堆積温度の上昇に伴いアンモニア濃度は高くなり、最高値は6日後の67ppmであった。それ以後は漸減し、2回目の切り返し後の35日以降には低濃度の発生に落ち着いた。しかし、ここでは数値データを記載していないが、切り返し作業中は水分の蒸発と同時に激烈な臭気を発生する、そのため周辺的环境には十分配慮することが必要である。

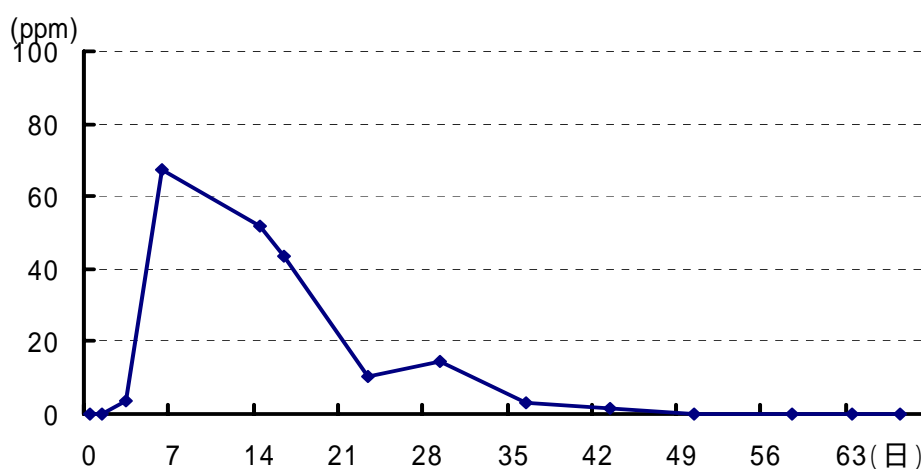


図 29 簡易堆肥舎法での発生アンモニア濃度推移

##### (4) - 2 発酵時の臭気

堆肥期間中の2週間後と4週間後の臭気を分析した、結果を表11に示す。

表 11 発酵時臭気測定結果

測定項目	仕込み時	2週間後	4週間後	敷地境界基準	
				(A)	(B)
アンモニア	2	46.4	14.1	1	2
トリメチルアミン	<0.0005	0.0094	0.0084	0.005	0.02
硫化水素	0.033	0.037	<0.001	0.02	0.06
メチルメルカプタン	1.85	0.025	0.0077	0.002	0.004
硫化メチル	0.02	1.1	0.58	0.01	0.05
二硫化メチル	1.1	1.1	1.1	0.009	0.03
臭気濃度	17,000	23,000	1,700	500	1000
臭気指数	42	44	32	27	30
臭気の質	刺激臭	刺激臭	堆肥臭		
臭気強度	強烈	強烈	強い		

#### (4) - 3 高温発酵終了物の臭気

高温発酵終了物(後熟物)について、官能試験と機器分析法により発生臭気を測定した。結果を表 12 に示す。

表 12 高温発酵終了物の臭気測定結果

測定項目	高温発酵終了時	敷地境界基準	
	(10週後)	(A)	(B)
アンモニア	<0.1	1	2
トリメチルアミン	<0.0005	0.005	0.02
硫化水素	<0.001	0.02	0.06
メチルメルカプタン	<0.0002	0.002	0.004
硫化メチル	<0.001	0.01	0.05
二硫化メチル	<0.0009	0.009	0.03
臭気濃度	60	500	1000
臭気指数	18	27	30
臭気の質	堆肥臭		
臭気強度	弱い		

#### (5) 有効性に関するモニタリング試験

##### (5) - 1 肥料成分分析

高温発酵終了物について肥料成分分析を行った。分析結果は表 13 のとおりであった。表中の数値は水分と pH 以外は乾物換算値である。

表 13 高温発酵終了物 成分分析結果

成分	単位	汚泥堆肥
水分	%	42.3
pH	-	5.7
T-C	%	18.5
T-N	%	1.09
炭素率	-	17
NH <sub>3</sub> -N	mg%	390
NO <sub>3</sub> -N	mg%	54
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.43
K <sub>2</sub> O	%	0.26
CaO	%	0.15
MgO	%	0.25
Mn	mg/kg	330
Fe	mg/kg	1600
Zn	mg/kg	67
Cu	mg/kg	5.3
Na	mg/kg	1100
Cl <sup>-</sup>	mg/kg	3500



## (5) - 2 コマツナ幼植物試験

結果を表 14 に示す。この結果から、完熟堆肥は発芽阻害がないことが認められた。

表 14 コマツナ幼植物試験結果

	発芽数	発芽率 (%)	
水 (対照)	45	90	93
	48	96	
汚泥堆肥	48	96	93
	45	90	

$$\text{発芽率 (\%)} = \frac{\text{発芽数の合計}}{50 \text{ 粒}} \times 100$$

## 第2節 参考資料

### 1 長崎県における産業廃棄物（汚泥）の現況<sup>4</sup>

平成6年度に実施した長崎県産業廃棄物実態調査結果によれば、平成5年の産業廃棄物総排出量は、約414.5万トンであり、そのうち家畜ふん尿が約172.1万トン（41.5%）と最も多く、汚泥については、58.8万トン（14.2%）で3番目に多い排出量となっており、そのうち有機性汚泥は39.8万トンである。図30に業種別排出量を、図31に種類別排出量を示す。

平成8年4月に策定された「第4次長崎県産業廃棄物処理計画」では、この有機性汚泥を肥料として再資源化する目標が掲げられている。

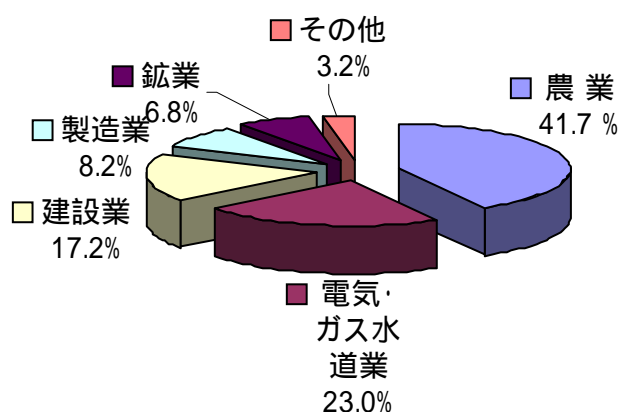
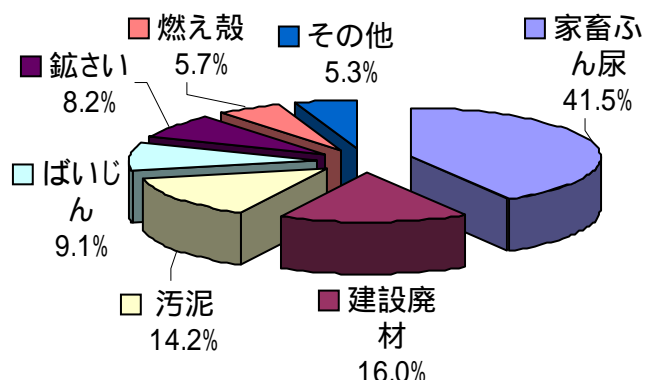


図30 業種別排出状況(平成5年)

	排出量 (万トン)
農業	172.7
電気・ガス・水道業	95.4
建設業	71.3
製造業	33.8
鉱業	28.1
その他	13.2
合計	414.5



	排出量 (万トン)
家畜ふん尿	172.1
建設廃材	95.4
汚泥	58.8
ばいじん	37.6
鉱さい	33.9
燃え殻	23.8
その他	22.1
合計	414.5

<sup>4</sup>第4次長崎県産業廃棄物処理計画 平成8年4月

## 2 実証試験した事業所の汚水処理施設

汚水排水量：平均440m<sup>3</sup>/日、最大600 m<sup>3</sup>/日

流入水水質

p H : 6.7 ~ 6.9

B O D : 平均3500ppm、最大4500ppm

C O D : 平均1000ppm、最大1800ppm

使用凝集剤：ポリアクリル酸ナトリウム

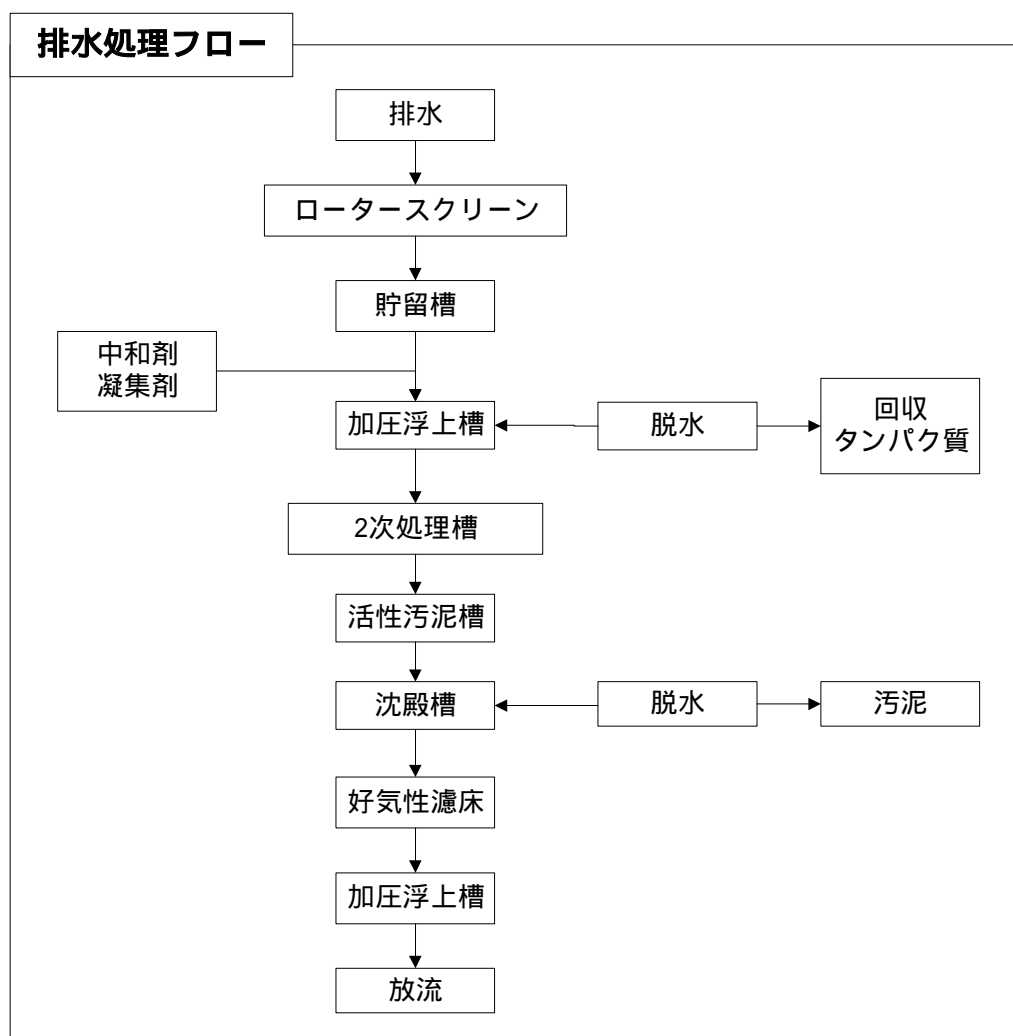
汚泥排出量：1t/日

放流水水質

p H : 6.0 ~ 7.0

B O D : 平均7ppm、最大20ppm

C O D : 平均7ppm、最大20ppm



### 3 汚泥堆肥を使用した農家の感想

このガイドラインの実証試験で得られた堆肥を使った農家の感想を以下に示す。

#### 南串山町 W 氏の感想

「イチゴに1反当たり汚泥堆肥を3m<sup>3</sup>強、他に有機肥料を施して栽培した。今年は糖度が1~2度上がった。今まで牛糞堆肥を使用していたが汚泥堆肥でも問題はないと思う。汚泥堆肥を使うと土壌の通気性が改善される。肥料成分が高めなので施しすぎには注意する必要がある。」



#### 諫早市 N 氏の感想

「メロン、トマト、キュウリ、タマネギ、チンゲンサイ、ホウレンソウ、レタスに1反当たり汚泥堆肥を4m<sup>3</sup>程度、他に有機質肥料を200kg施して栽培した。肥料成分が牛糞堆肥と比べて高い。牛糞堆肥から変えても生育に支障はない。全ての作物について土壌の通気性は改善された。作物の生育は良かったように思う。」



#### 南有馬町 S 氏の感想

「トマトに使ってみた。汚泥堆肥を撒いてもあまり臭いがしないのが良い。トマトの生育は今までどおりで、使用できる。」



長崎県産業廃棄物資源化ガイドライン作成検討委員会  
委員・技術アドバイザー名簿 - 汚泥編 -

長崎県産業廃棄物資源化ガイドライン作成検討委員会委員（五十音順）

	氏名	所属団体・職名等	備考	
委員長	玉利 正人	長崎大学教育学部教授	学術関係委員	大学
委員	岡野 剛健	長崎県総合農林試験場 野菜花き部長	農業技術関係委員	試験研究機関
"	草野 政人	八江農芸（株）常務取締役	産業界関係委員	産業界
"	久保 克己	長崎県工業技術センター - 工業材料科専門研究員	工業技術関係委員	試験研究機関
"	白井 玄爾	長崎県廃棄物対策課 産業廃棄物対策班参事	産業廃棄物対策委員	行政機関
"	多以良 純一	長崎蒲鉾水産加工業協同組合工場長	産業界関係委員	産業界
"	中須賀 孝正	長崎県農業技術課 農業環境班課長補佐	農業技術関係委員	行政機関
"	永尾 嘉孝	長崎県農業技術課 専門技術員班課長補佐	農業技術関係委員	行政機関
"	村上 正文	長崎県衛生公害研究所 大気科長	環境技術関係委員 （兼）事務局委員	試験研究機関

長崎県産業廃棄物資源化ガイドライン作成検討委員会技術アドバイザー（五十音順）

	氏名	所属団体・職名等	備考
技術 アドバイザー	上田 成一	長崎県衛生公害研究所環境生物科 専門研究員	実証試験作業 （兼）事務局員
"	釜谷 剛	長崎県衛生公害研究所大気科 専門研究員	実証試験作業 （兼）事務局員
"	竹野 大志	長崎県衛生公害研究所大気科 研究員	実証試験作業 （兼）事務局員
"	田中 辰明	長崎蒲鉾水産加工業協同組合課長	実験プラント管理

---

長崎県産業廃棄物資源化ガイドライン  
未利用資源堆肥化解説書 - 汚泥編 -

- 平成 11 年 月発行 -

編集・発行 長崎県衛生公害研究所  
〒852-8061 長崎市滑石町 1 丁目 9 番 5 号  
TEL 095-(856)-8613  
FAX 095-(857)-3421

印刷所：昭英印刷有限会社 住 所：長崎市平野町 13-13 T E L：095-844-0231 F A X：095-847-7085
--