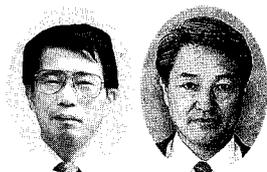


と場廃棄物の効率的処理方法について

Effective treatment for slaughterhouse waste



(環)製品開発室
栴 田 耕 平
Kohei Masuda
(環)技術部 設計部
大 原 茂 明
Shigeaki Ohara

と場からの廃棄物として放血液、胃腸内容物、生畜係留中に生じる糞尿排泄物がある。本稿で報告する処理システムは全体負荷量の約半分を占める放血液を単独に分離し、木質チップ材を用いて生物分解の働きにより減量化する技術であり、パイロット実験によりその結果を確認したものである。

家畜血液は適切な温度、攪拌条件下で好熱性細菌により容易に分解され、かつ6ヶ月間の投与でも汚泥の増加は認められず、減量化が達成出来ることが分かった。

Slaughterhouse discharge considerable amount of waste like blood, contents of stomachs and intestines, and, excreta. Only blood, accounting for half of the BOD load to the treating system was biologically treated in a pilot-scale reactor filled with specially processed wooden chips. Blood was easily decomposed by the thermophilic bacteria grown within porous wooden chips under controlled temperature and mixing. Six-month operation of the test plant proved that there was no generation of excess sludge.

Key Words :

木質チップ材	Wooden chips
好熱性細菌	Thermophilic bacteria
減量化	Reduced sludge generation
豚血液	Hog blood

まえがき

と場廃液の処理において、家畜血液の占める汚濁負荷量はBOD負荷量として全体負荷の約半分程度であるとされている。その為、血液のみを単独に分離し、効率的に処理すれば、従来の浄化槽の安定的運転の確保および余剰汚泥の減少に寄与すると考えられる。

そこで、今回杉の間伐材から作られた木質チップ材を用いた発酵装置による有機物(家畜血液)の減量化を目的にパイロット装置で実験を行った。本報告書では血液分解の処理特性、処理における運転管

理法、減量化効果、発生ガス組成等について報告するものである。

1. 減量化技術の基礎原理

木質チップ材はセルロース・リグニン・ヘミセルロースを主成分とした有機質の素材であり、木質細片を特殊加工して、木材の仮導管と呼ばれる水分や養分が通る管を空にうがったものである。これにより、微生物群の棲息・繁殖に適切な環境を長期間維持し、汚水・汚物の有機物を効率的に発酵・分解するように人工的に作られた有機質担体である。

木質チップ材には自然界の微生物群が棲みつ

温度・水分・酸素の適切な環境条件の下で微生物の働きにより、炭水化物・蛋白質・脂肪などの有機物が炭酸ガス、水、アンモニアに分解される。また、木質担体の主成分のセルロース・リグニン・ヘミセルロースは微生物に分解されにくく、長期に渡り、微生物の棲み家としての機能を維持すると考えられている。

2. パイロットテストの概要

パイロットのテスト装置のフローシートを第1図に、装置外観を写真1、血液供給機を写真2に示す。装置の主要部分は原料投入のための吊り上げ装置、チップ材を充填したバイオリアクタ槽、チップ材表面に原料を散布するための回転式ドラム形供給機、チップ攪拌機および攪拌機の走行機から構成されている。また、寒冷期の温度調整のためにリアクター下部に空気を間接加熱するスチーム配管、その上部に酸素供給のためのブロワからの空気吹き出し配管を付設している。

2.1 装置概略仕様

装置主要部の諸元は次の通りである。

1) バイオリアクタ本体

形式：矩形型リアクタ

寸法：幅2m×長3m×高2m

内充填高さ：切返し攪拌部1.0m

静止ベッド部0.5m

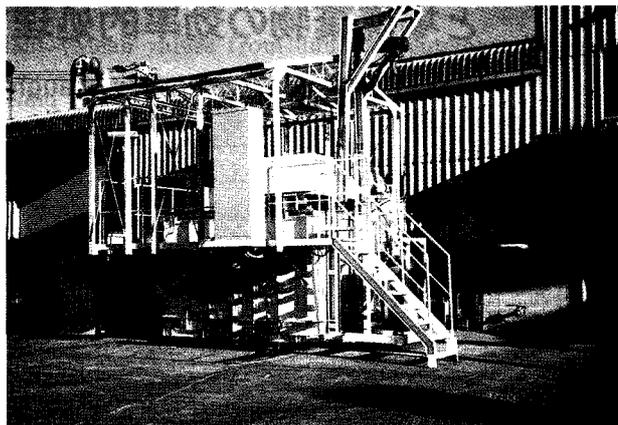
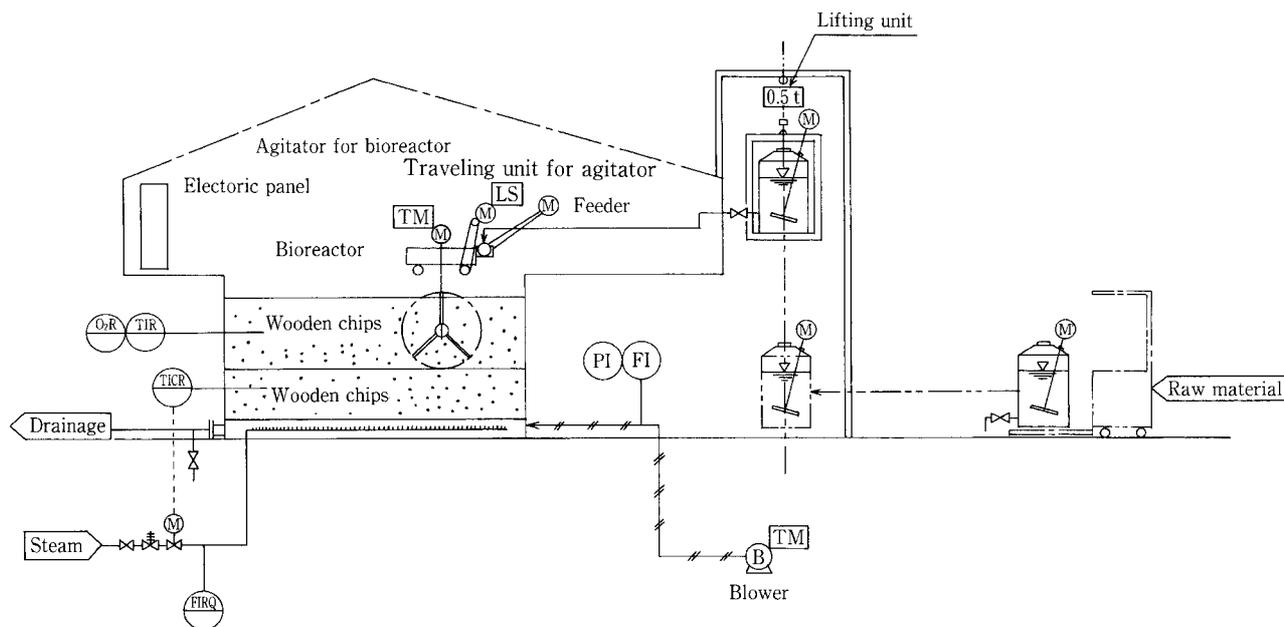


写真1 パイロットプラントの外観
Photo.1 Outside view of pilot plant



写真2 血液供給機
Photo.2 Feeder parts with drum-type vessel



第1図 パイロットプラントフローシート
Fig. 1 Flow sheet of the pilot test plant

チップ材容量：9 m³ 充填

付属品：血液供給機 0.4 kw

バイオリアクタ走行機 0.4 kw

バイオリアクタ攪拌機 3.7 kw

2) 送風機：0.9 m³/min × 100 mmAq × 0.2 kw × 1 基

3) 空気加温装置

熱源：供給スチーム圧力 4.0 kgf/cm²・G,

使用圧力は減圧弁にて 2.0 kgf/cm²・G に調整

2. 2 装置の運転方法

1) 血液の装置への投入

本装置の1日分投入量は(豚血液150 ℓ/回 + 5% クエン酸ナトリウム液30 ℓ/回) 総計180 ℓ/回の水溶性血液量とした。投入頻度は立ち上げ初期は冬季寒冷期であることを考慮して、前述の量を2回/週処理した。数ヶ月経過後、ベッド部の温度が40℃以上に上昇し、発酵の主体となる好熱性細菌が十分増加したと思われる段階では連続的に毎日前述の量を装置で処理した。

なお、投入血液にはバイオリアクタへの散布を容易にするため凝固防止剤としてクエン酸ナトリウムを添加した。

2) ベッド層の切り返し法

攪拌部ベッド層の切り返しは自動的に3回/日行った。最初の切り返しは血液を供給機から木質チップ上に散布しつつ1回目をを行い、後の2回は自動的に定時刻に切り返しのみ行う方式となっている。

3) 送気方法

本装置は基本的に好気処理の発酵が行われるので、昼間の間はブロワは連続運転としたが、夜は熱源であるスチームが得られないため、冷風状態で送気することを避けてその間はブロワ自動停止とした。(タイマー設定制御)

ただし、外気温度が高くなった5月以降はブロワは夜間も連続運転に方式を変更した。

4) 送気ガスの加温方法

送気ガスはファンの付いたスチーム配管の下側で吹き出す構造となっており、いずれもベッド目皿板の下部に取り付けられている。その目皿板から320 mm上方の位置に温度検出部があり、その部分の温度が45℃以下でのスチーム弁が開となり、50℃以上で弁が閉となるよう自動制御される方式となっている。

なお、5月以降はスチーム使用の必要はなかった。

2. 3 実験データの採取方法

1) 日常データの採取方法

本装置による菌体の増殖、生物処理による発酵・分解を確認すべく次の項目についてデータ採取し、評価した。積算処理量、チップ充填部の材料温度、材料水分測定、チップ材 pH、送気ガス温度、酸素濃度、蒸気消費量等の記録

2) 長期的視野での運転データ評価

累積処理量とチップ充填量容積の変化、木質チップ材棲息微生物の電子顕微鏡写真撮影、木質チップに含まれる生成物、蓄積物の確認、発生悪臭成分の分析

3. テスト結果

1) 立ち上げ運転について

早期立ち上げを目的に種付け用にミートミル(ドッグフード)を10日間、総計約150 ℓ 散布し、初期の種菌及び栄養物添加とし、以降1月末から3月末まで13回の血液処理を行った。また、2月末には種菌として、100 ℓの浄化槽汚泥を散布した。この段階でベッド部の温度は40℃以下であり、通常予想される発酵温度に至っていないが、リアクタ下部ドレン液の分析から見て、馴養期間が終了したのではないかと考えられた。バイオリアクタドレン液の分析結果を第1表に示す。

6月始めより約20回の血液投入処理を行った。その結果、血液投入開始とともにベッド部の温度が50℃以上に上昇し、十分な生物発酵が行われているこ

第1表 バイオリアクタドレン液の分析結果
Table 1 Analysis result of bioreactor drainage

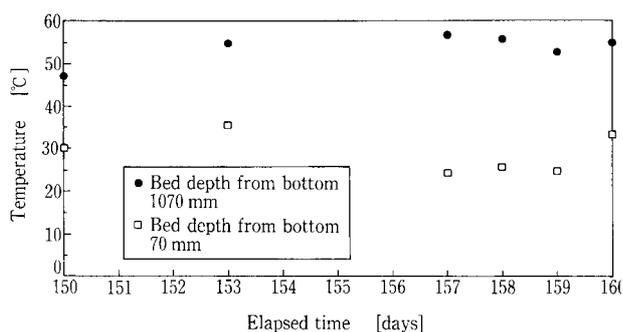
	Elapsed time (days)	Elapsed time (days)			
		13	26	44	58
pH	(-)	6.8	6.8	7.1	7.5
BOD	(mg/ℓ)	20	16.4	< 5	< 5
COD	(mg/ℓ)	1530	1440	152	30.4
T-N	(mg/ℓ)	163	148	16.3	3.2
T-P	(mg/ℓ)	11.0	11.9	1.7	0.3
TOC	(mg/ℓ)	836	811	94	15.9

とが観察された。

2) 血液分解結果

実験期間約6ヶ月間の血液投与・処理の結果、上部チップベッド部の温度は55℃～65℃程度に維持され、発酵が容易に進行し、有機物が分解されることが確認された。ベッド部の温度変化例を第2図に示す。

血液の分解過程でかなり激しいアンモニア臭の発生が認められ、このアンモニア臭発生は上部ベッド温度が30℃程度の馴養期間の当初から始まること



第2図 リアクタベッド部の温度変化
Fig. 2 Temperature in chips bed

第2表 血液分析結果

Table 2 Analysis result of blood

Sample No.	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
pH (-)	7.0	7.0	6.9	7.0	7.0	7.0
BOD (mg/l)	171 000	165 000	158 200	173 000	175 000	168 000
COD (mg/l)	91 200	93 000	85 300	93 000	92 000	94 400
T-N (mg/l)	30 000	31 000	30 000	32 800	32 000	33 400
T-P (mg/l)	80.6	75.0	86.0	83.5	82.0	103
TOC (mg/l)	47 200	49 600	51 000	52 400	60 800	56 700
n-Hext.* (mg/l)	320	520	410	380	460	500

*,n-Hexane extract

第3表 木質チップ材新品と6ヶ月間使用後の成分分析

Table 3 Analysis result of wooden chips — New and after 6 — months Use

Sample	New chips	6-months Use chips
pH (-)	4.7	7.4
Total nitrogen (mg/kg)	1 510	3 740
Total phosphorus (mg/kg)	29.8	1 860
Calcium (mg/kg)	2 300	2 020
Potassium (mg/kg)	879	5 910
Sodium (mg/kg)	127	12 500
Inorganic matter (mg/kg)	2.9	48.7

から、次項に示す血液の蛋白・脂肪の分解は比較的容易に進行するものと推定された。

実験期間中の木質チップ材のpHは約7～9のアルカリサイドにあり、アンモニア発生の影響を受けているものと考えられるが、生物阻害影響があると思われるpH10には達していなかった。これは発生アンモニアが揮散することに依って、平衡状態になっているものと考えられた。また、チップ材の水分は26～30 (D.B%)に保持された。さらに、ベッドの酸素濃度はほぼ大気濃度に近く、18.1～20.9%であった。

実験期間中、数回測定した血液分析結果を第2表に示す。この分析結果からC/N比は1.6～2.0の範囲にあることが分かる。

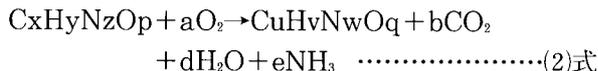
3) 血液成分の分解性について

炭水化物及び蛋白質・脂肪の分解および生物体の合成、生物体物質の分解は次式で表示される。

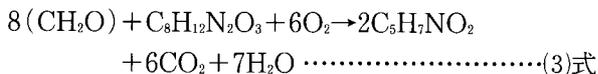
炭水化物分解



蛋白質・脂肪分解



生物細胞の合成



生物体の分解



コンポスト化速度は有機物の含有炭素Cと窒素Nに非常に影響を受けると考えられている。

C/N比10~30は有機物分解は速やか、同じくC/N比7~10では有機物分解が最大となるが、C/N比60以上では分解速度が著しく遅くなると言われている¹⁾。

普通の都市ごみではC/N比10~30、下水汚泥8~12、豚生ふん11.4、鶏生ふん5.6、牛生ふん15.8と知られている²⁾。これらの材料と比較して第2表に示した豚血液分析結果はC/N比が非常に低かった。C/N比の低い材料をコンポスト化すると、アンモニアが発生して揮散するため、C/N比が結果的に高くなり、分解速度が著しく遅くなると考えられる。すなわち、蛋白質分解に伴う生物細胞の合成、言い換えれば菌体の増殖速度が遅くなると推定される。

ただし、いま木質チップを用いての処理はコンポスト化を目的としているのではなく、減量無機化を目的としているので、窒素分が容易にアンモニアに変換するのであれば、トータルシステムとして脱臭装置の組み合わせまたは揮散ガスの焼却炉燃焼処理組み合わせで減量化目

的は達成できる技術と考えられる。前述から血液の分解という面から見ると、その成分組成から特性として、分解過程で容易にアンモニアが発生することおよび発酵速度があまり速くなさそうであると推定されることである。

4) 木質材チップ担体について

写真3に使用したチップの電子顕微鏡写真(以降SEMと称す)を示す。木質チップは2~5mm程度の大きさである。この写真から20~50ミクロン程度の蜂の巣状の細孔が整然と並んでいる様子が分かる。

一方、数ヶ月経過後の木質チップに成長した好熱性細菌のSEMを写真4に示す。この結果、数ミクロンの菌体が細孔内に沢山生息している様子が分かる。この結果、木質チップは微生物(好熱性細菌)の繁殖・棲み家として好適であると考えられた。

5) 減量化効果及びチップ材付着の塩類増加

期間としては約6ヶ月間、血液処理量:豚血液量換算4950ℓ(クエン酸添加水溶液として5940ℓ)処理したにもかかわらずチップ材充填部の容積は攪拌部1m高さのベッド部が160mm低下した。このことから血液を約5m³投入したにもかかわらず、チップ材の容積は攪拌部に対して16%減容化した結果を得た。ただし、この減容化はチップ材が分解したのでは無く、運転期間中のチップ材の圧密化によるものと推定された。

このことから、血液処理による容積増加は認められず、好熱性細菌による減量効果があるものと考えられる結果を得た。

また、第3表に新品の木質チップ材と6ヶ月使用後の成分分析結果を示した。

この結果、血液処理を行うことにより、リン、カリウム及び窒素が増加していることが分かる。その他ナトリ

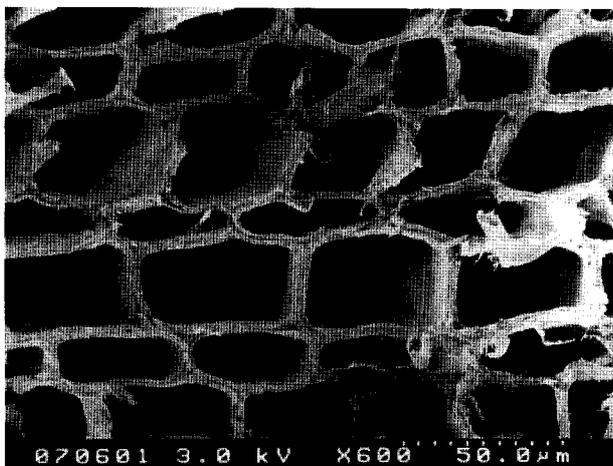


写真3 木質チップの細孔状態
Photo.3 SEM of wooden chips

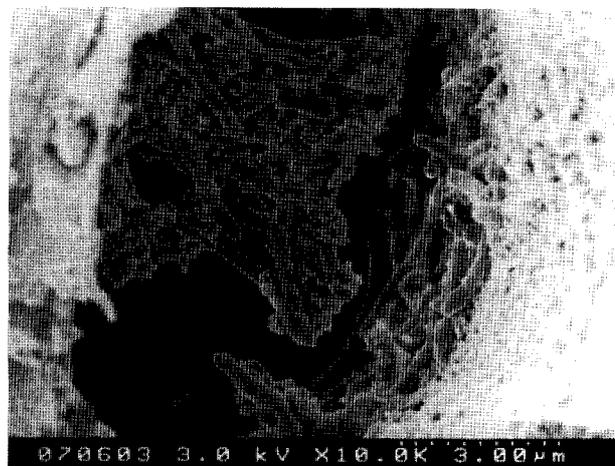


写真4 木質チップ内生の好熱性細菌
Photo.4 SEM of thermophilic bacteria grown within wooden chips

ウム、無機物が著しく増加しているが、これは前述したように血液凝固防止剤として、クエン酸水素ナトリウム ($\text{Na}_2\text{HC}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) を添加使用した影響であると考えられる。本処理は減容化処理であるが、処理原料に含有する無機物はチップ材に蓄積していることを示している。

6) 装置から排出するもの

装置に残るものとしては、前述の固形物相当の蓄積がある。また、チップ材表面に血液を散布した時、血液は下部にはほとんど通過せず、チップ材に付着するが、散布後の供給機洗浄液は粘度が低く、ベッド層を通過し、ドレン液として出る。したがって、この液に関しては別途処理が必要であるが、量的には少量である。(10~20 ℓ程度/回)

処理中に発生するガスは二酸化炭素と水蒸気が主体であるが、その他蛋白・脂肪分解にともなう悪臭物質が発生する。血液分解時の排ガスのアンモニア濃度400 ppm、メチルメルカプタン4.5 ppm、硫化水素は検出しなかった。

このことから、実装置では何らかの排ガスに対する脱臭設備を考慮する必要があると考えられた。

4. 結 論

パイロットテスト装置を用いて、豚血液処理を行った結果、次の結果を得た。

- 1) 木質チップを用いて、生物分解することは可能であり、分解能力としては豚血液量換算で25 ℓ/ m^3 チップ材・日であった。(BOD換算量…4.4 kg BOD/ m^3 チップ材・日)ただし、チップ材容積は攪拌部のみの計算表示
- 2) 木質チップは微生物(好熱性細菌)の繁殖・増

殖の棲み家として好適であると考えられた。

- 3) 分解に関与する細菌は好熱性細菌であり、ベッド温度は通常55~65℃程度に常に保持された。ベッド部の減容化は本実験期間で16%であったが、チップ材が分解したのではなく、圧密化により生じたものと推定された。また、血液処理による容積増加は認められなかった。
- 4) この方式では処理した場合、血液の分解は容易に行われるが、アンモニアガスの発生が多く、実装置では何らかの排ガスに対する脱臭設備を考慮する必要がある。
- 5) 木質チップ材には処理原料に由来する無機塩類が蓄積増加し、長期間にはそれらの増加量に伴いチップ材細孔目詰まりの要因となると推定される。しかしながら、今回のテスト(6ヶ月間)では処理に影響はなかった。

む す び

木質チップ材という特殊な担体利用による減容化目的の有機物分解を血液で行ったテスト結果を紹介した。コンポスト化技術と非常に類似している面もあるが、もっとも異なる点は堆肥の生産を目的としているのでは無く、有機物をいかに無機化するかということに減量化の技術があり、その点が本質的に異なることと考えられる。そういう観点から見れば、汚泥処理等適用できる分野は他にもあるものと期待される。

[参考文献]

- 1) 藤田賢二著:コンポスト化技術(1995),技報堂出版
- 2) 代永道裕著:環境対策大辞典(1996),社団法人:農山漁村文化協会

連絡先

梶 田 耕 平 環境装置事業部
製品開発室
参事
TEL 078-992-6532
FAX 078-992-6503
E-mail k.masuda@pantec.co.jp

大 原 茂 明 環境装置事業部
技術部, 設計部
担当部長
TEL 078-232-8102
FAX 078-232-8056
E-mail s.ohara@pantec.co.jp