

木質チップろ床による高濃度有機性廃液の処理

浅野 孝幸, 三津橋浩行, 鎌田 樹志
佐々木雄真, 浅井 一彦*

Treatment of Organic Liquid Waste with Wood-Chip Bed

Takayuki ASANO, Hiroyuki MITSUHASHI, Tatsuyuki KAMADA
Takema SASAKI, Kazuhiko ASAI

キーワード：微生物，有機性廃棄物，木質チップ，好気性

1. はじめに

近年、副産物や廃棄物の適正処理・利用が持続的事業活動の展開における必須要件となってきた。乳牛ふん尿のうち液状部分は、北海道においては液肥として主に牧草地に散布されているが、散布時には揮発性脂肪酸などにより強い悪臭が発生し、立地条件によっては周辺住民から苦情が出ることも少なくない。このため簡易な方法でふん尿中の臭気物質を低減する技術が求められている。小規模排水処理施設で発生する余剰汚泥は廃棄物専門業者に処理委託されている例が多いが、有機物をある程度分解できれば排水処理施設に戻して処理することが可能になる。食品原料煮熟液は少量ずつ排水とともに処理することが可能であるが、排水処理施設への負荷が高くなるので一定の限度があり、慎重な管理も必要となることから、予め簡単な処理で煮熟液の負荷を下げることを望ましい。

家畜ふん尿や余剰汚泥、食品原料煮熟液などの高濃度有機性廃液は、固形分1%以下でBODが数千mg/l程度の一般排水に比べると、固形分が数%～10%でBODも数万mg/lと10倍近い有機物を含んでいる。しかし、固形分20%、BOD数十万mg/lに及ぶ生ゴミのような有機性廃棄物と比較すると高水分で流動性も高いというような特徴があり、それぞれの特性にあわせた処理方法が必要である。

一般排水については活性汚泥法に代表される生物処理によってBODを排水基準以下にすることはさほど困難ではな

い。一方、高濃度有機性廃液を同様に処理しようとすると10倍希釈する必要があり、施設の建設費や維持費を考慮すると経済的ではない。

生ゴミについては、水分が少なく有機物含量が高いため高温好気法¹⁾などにより微生物分解処理することが可能である。高温好気法では微生物分解熱を利用して反応槽を高温に保ち、生ゴミが持ち込む水分の蒸発を促進して微細な木質チップを充填した槽内の水分を60%前後に維持し、常に好気性の雰囲気にしておく必要がある。生ゴミの発熱量はその水分を蒸発させるに十分であるので高温好気法が適用できるのに対して、乳牛ふん尿や余剰汚泥などの高濃度有機性廃液は発熱量が少なく、その水分の蒸発に必要な熱量をまかなうことができない。このため、高温好気法を適用するには発熱量の大きい廃食用油のような副資材の添加またはヒーターなどの熱源を必要とする²⁾。

そこでこのような特徴を持つ高濃度有機性廃液の有機物含量を短時間で低減する新しい方法として木質チップろ床による好気性処理について検討を行った。検討対象としたのは主に乳牛ふん尿の液状部分である。これらについては従来からばっ気処理技術が一部酪農家で実施されているが、処理時間が長い大型のばっ気槽が必要になること、ばっ気によって著しい発泡が起りやすく管理が難しいこと、大型のため開放的な屋外施設となり冬期間の低温により微生物活性が低下しやすいことなどが課題として指摘されている。本研究ではこれらの課題を解決できる技術開発を目標に小型試験装置を試作し、主として室内にて基礎試験を行った。

*浅岡工業(株)

事業名：一般試験研究

課題名：有機性廃棄物の高度処理技術の開発

2. 試験方法

2.1 供試した高濃度有機性廃液

高濃度有機性廃液として乳牛ふん尿とカツオエキス溶液を供試した。

乳牛ふん尿は小規模酪農家の尿溜りに貯留されていたふん尿(以下牛尿とする)を採取し、0℃付近で冷蔵保存しておき試験時に室温に戻して使用した。この牛尿は敷料によって吸収しきれなかった尿に少量のふんが混入したもので特別な固液分離操作は行われていない。平均的な組成は、BOD 1万5千～2万 mg/l、全固形分 4～5%、揮発性固形分 2%、懸濁物質 4千 mg/lであった。

カツオエキス溶液は和光純薬工業(株)製のカツオ由来魚肉エキスを使用の度に水道水で希釈して供試した。80g/l溶液のBODがおおよそ2万 mg/lであった。

2.2 試験装置および試験条件

試験装置を模式的に図1に示す。全体の容積約3.5lの円筒形プラスチック容器を網状板で仕切り、上部に約2lのカラマツチップ(5～20mm)を充填してろ床を形成した。カラマツチップの写真を図2に示す。カラマツ材は北海道産材の中で腐朽しにくく、微生物に適した多孔性構造を持っていること、間伐材の有効利用が求められていることなどから選定した。容器の外周はグラスウールで断熱保温した。ろ床下からは1 l/minで連続的に空気を送り、ろ床に酸素を供給して容器上部から排気した。試験は回分式で行った。すなわち、供試液として牛尿またはカツオエキス溶液0.5～1.0lを容器上部から投入し、ろ床を透過して液受に溜まった液をポンプで周期的に循環した。1回の循環量は投入した供試液量の1/2とし、周期は0.25～5h、1回の循環時間は5分間とした。液受から定期的にサンプリングして分析に供した。一定時間(1～3日間)経過して処理が終了後、液受から全処理液を抜き取り新たに供試液を投入した。試験は室内で行った。牛尿の試験ではろ床に対して特別な微生物植種は行わなかった



図2 カラマツチップ

が、カツオエキス溶液の試験では最初の投入時に四国化成工業(株)製微生物製剤2gを添加した。

このほかにカラマツチップの充填量を16lとした試験装置1式を用意し、屋外に置いた断熱コンテナ内に収納して牛尿の試験を行った。空気量は4l/min、牛尿投入量は8lとした。臭気物質の除去特性試験にのみこの試験装置を使用した。

2.3 測定項目および方法

BODはタイテック(株)製BODテスターにより測定した。懸濁物質および臭気強度(TON)は工場排水試験方法(JIS K 0102)に準じて、全固形分および揮発性固形分はそれぞれ同法の全蒸発残留物および強熱減量に準じて分析を行った。アンモニア性窒素はハック社のDR2000によるネスラー法、揮発性脂肪酸は液体クロマトグラフィー法、二酸化炭素は検知管、発熱量は乾固後カロリーメーターにより測定した。ろ床には温度センサーを挿入し室温とともにデータロガーに記録した。

3. 試験結果および考察

3.1 ろ床温度と排気性状の変化

新たなろ床を形成し供試液を投入すると、一部はカラマツチップに吸収されるが、大部分は透過して液受に溜まる。周期的な循環を数日間継続後、処理液を抜き取り新たに供試液を投入する操作を3～4回繰り返すとろ床の温度上昇が観察された。図3に牛尿での様子を示す。前回の牛尿投入の後3日間経過し、ろ床温度が22℃になった時点で処理液を抜き取り新たに牛尿を投入した(A点)。温度が28℃まで急上昇したのは投入した牛尿の温度が高かったためである。投入直後からわずかであるが温度が徐々に上がっていることが分かる。その後循環ポンプ(周期1hに設定)が作動し、その結果温度は1.7度低下した(B点)。低下したのは液受に溜まっていた牛尿が投入時より冷えていたためである。その後は再

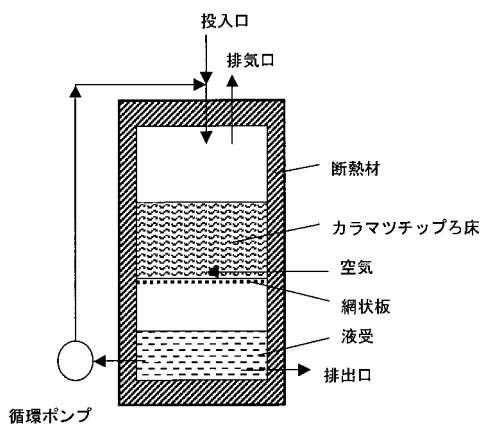


図1 試験装置の模式図

び徐々に温度が上昇し、C点で再度循環ポンプが作動して温度が下がっている。ここで循環ポンプを20時間後まで止めて、ろ床の温度と排気中の二酸化炭素濃度の変化を測定した。ろ床温度は5時間後まで上昇を続けて39℃に達し、その後は緩やかに下降を続けた。一方、排気中の二酸化炭素濃度は図4に示すように、牛尿投入直前には0.25%であったものが、投入直後には0.6%になり、その後も上昇を続け、温度と同時間帯にピーク値の1.4%に達した後は下降を続けた。

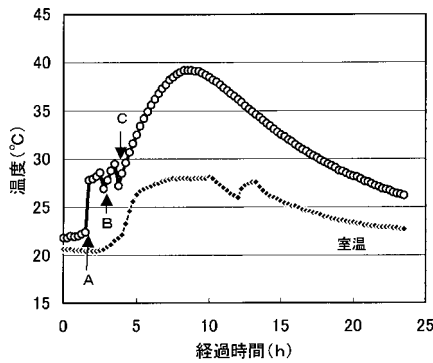


図3 ろ床温度の経時変化

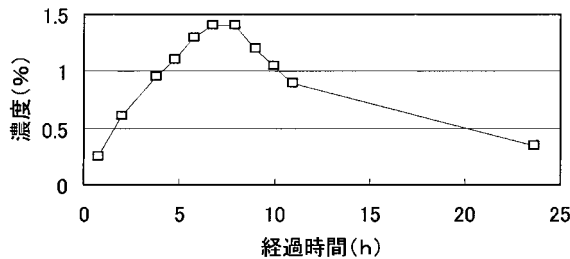


図4 二酸化炭素濃度の経時変化

以上のろ床温度および排気中の二酸化炭素濃度の経時変化は、ろ床として充填したカラマツチップ表面に付着、増殖した微生物によって牛尿中の有機物(揮発性固形分)が分解され、その際に発生した発酵熱と二酸化炭素によってろ床温度と二酸化炭素濃度の上昇がもたらされ、残存有機物の減少とともに発酵熱と二酸化炭素の発生量も減少し、ろ床温度と二酸化炭素濃度の降下に至ったものと考えられる。供試した牛尿に含まれる揮発性固形分1kg当たりの発熱量は約4500kcalであった。

次に、循環ポンプ(周期2hに設定)を通常の処理時の状態で作動させ、牛尿投入後2日間にわたって処理した時の温度変化を図5に示す。循環ポンプが作動する毎に図3と同様一時温度は低下するが、徐々に上昇を続けておよそ1日後に最高温度の42℃となり、その後は下降を続けた。二酸化炭素濃度もおよそ同様の経過をたどり、最高濃度は1.5%であった。これらの試験では循環ポンプ作動中も1 l/minで連続的にろ床下から空気を供給したが発泡することはなかった。

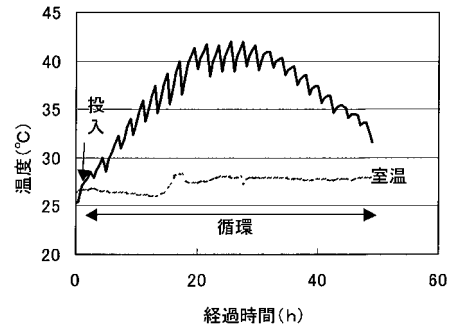


図5 通常運転時のろ床温度経時変化例

3.2 有機物の除去特性

3.2.1 牛尿 BOD 除去の検討

(1) ろ床温度の影響

図1に示した試験装置の断熱材を取り去って行った試験結果を通常通り断熱保温した状態と比較して表1に示す。断熱材がない場合のろ床温度は室温とほぼ一致していたのに対して断熱材ありでは図5と同様に常に室温よりも高く、最高温度に達した時点では10～15℃の差があった。一般に微生物の活性は適正範囲であれば高温ほど高いので、予想された通り断熱ありの試験区においてBODの低下が顕著であった。試験前後で牛尿に含まれる揮発性固形分は2%から1%に減少し、1lあたりでは10gの揮発性固形分が微生物分解されたことになるので、その際に発生する発酵熱によって温度が上昇したと考えられる。1kg当たりの発熱量が4500kcalであるから10gでは45kcalとなり、牛尿1lであれば温度を45℃上昇させる熱量となる。実際には装置スケールが小さく、容器壁面や排気からの熱損失が大きいため上記のような結果になったものと思われる。ばっ気処理においてもばっ気槽を断熱保温して高温で処理する方法³⁾が試みられており、その温度は50～60℃に達する。本法においてもろ床温度をより高くできればより効率的に処理でき、冬期間の低温対策として、また、余剰污泥発生量の抑制⁴⁾にも都合がよいので、今後装置の構造等の改良を検討する必要がある。

表1 牛尿 BOD 除去に及ぼすろ床温度の影響

試験条件	ろ床温度 (℃)	処理液 BOD (mg/l)	
		1日後	2日後
断熱材なし	23～30	10,000～11,000	4,100～7,700
断熱材あり	38～42 (最高温度)	6,000～6,600	1,300～1,800

原尿 BOD : 20,000mg/l 投入量 : 0.9～1.0l
 循環周期 : 0.5～2h 空気量 : 1l/min

(2) 除去 BOD 負荷量

表2に試験結果から計算した1日あたりの除去BOD負荷量を示す。これはBOD除去速度に相当する。この結果から、ろ床1m³、1日あたりの除去BOD負荷量は5～6kg/m³・d