

畜産の悪臭対策に関する研究 (2)

誌名	愛知県農業総合試験場研究報告 = Research bulletin of the Aichi-ken Agricultural Research Center
ISSN	03887995
巻/号	16
掲載ページ	p. 471-478
発行年月	1984年10月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



畜産の悪臭対策に関する研究(第2報)

溝型発酵槽の臭気発散様相と簡易脱臭法

早川岩夫*・加藤博美*・沢田守男*・
井戸 豊*・森 健治郎*・山川芳男**

緒 言

畜産経営において家畜ふん尿処理が適切に実施されることは、環境保全の意義が大きく、しかも、土壤に対する有機物の補給源としても重要な役割をもっている。しかし、ふん尿処理物、特に乾燥物や堆肥は利用上の評価が高い反面、処理過程で発散される悪臭に対しては、その対策が不十分な場合が多く、悪臭公害の発生源となっている。

現在悪臭防止法による規制物質は8物質であるが、家畜ふん尿から発散される悪臭物質はこの範囲のものばかりではなく、更に多くの悪臭物質が検出されている^(4,5)。したがって、規制されている臭気成分のみの調査では、実際の悪臭程度を正確に把握することは極めて困難である。石黒⁽³⁾は、これら多数の悪臭物質が混在する複合臭の評価法として、臭気成分の他に感覚的な臭気評価法である臭気濃度の測定を併用することの必要性を指摘しており、特に、畜産経営にまつわる悪臭防止対策を講ずる場合には、この両者の併用による評価が重要な意義をもつものと思われる。

筆者らは、家畜ふん尿処理場における悪臭の発散状況が、処理機や攪拌方法等、処理方法の違いによって特徴がみられることを経験している。そこで、各処理方法による臭気発散様相を的確に把握し、それぞれに見合った悪臭防止対策を講じることがより効率的である。

本報では、溝型発酵槽と各種攪拌機を利用したふん尿処理施設における臭気発散様相を明らかにするとともに、当処理方式に最も適すると考えられる脱臭方法を検討したので、その結果を報告する。

材料及び方法

1 溝型発酵槽の臭気発散様相調査

調査対象は、溝型発酵槽攪拌方式により家畜ふん尿を

処理している施設であり、槽の形状、攪拌機の種類及び攪拌方式の相異により次の3種類とした。各処理施設の規模、処理内容及び調査時期は以下の通りである。

(1) 直線型、往復攪拌方式(第1図)

この処理場は、3畜種(乳牛、鶏、豚)のふんを混合処理している施設であり、畜産農家から処理場へはコンテナで搬入している。

処理施設は、ガラス室(1.088 m^2)内に幅2.3m、長さ44m、深さ1mの発酵槽が8槽設置され、攪拌機1台で3日に1回往復攪拌を行ない、各発酵槽とも平均26日間で一次発酵処理を終了させている。

発酵槽への原料ふんの搬入及び一次発酵処理終了物の堆積場への搬出は、ショベルロードで行なわれ、いわゆる回分方式がとられている。水分調整材はおがくず、木材チップ、破砕もみがら等が利用されている。1日あたりの生ふん処理量は約20tであり、各畜種別生ふん及び水分調整材の混合比(容量比)は乳牛:鶏(または豚):水分調整材=2:1:1で、混合物の含水率は70~75%である。なお、発酵槽床面からの強制通気装置は設置されていない。

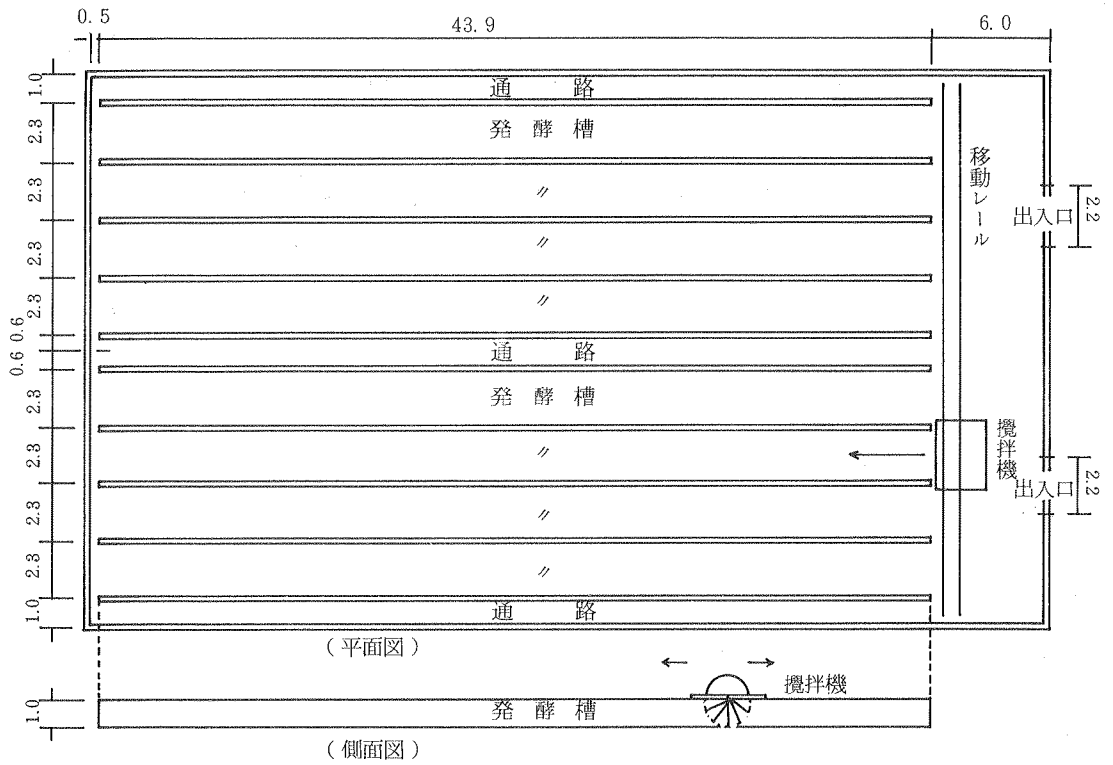
臭気調査は、攪拌前、攪拌中、攪拌後及び経時的変化等を槽の中央部で実施した。調査対象物は、搬入直後のものから12日間程度の槽内堆積期間を有するものにまたがっているが、1981年12月1日から、82年11月29日までの間に10回調査した。

(2) 循環型、定方向攪拌方式(第2図)

ガラス室(612 m^2 、7.2m \times 85m)内に設置された楕円形の発酵槽で、幅6m(直線部分の中央部には隔壁があり、レールが設置されている)、深さ1m、長さは直線部分76.75m、豚80頭一貫経営2戸用の施設である。

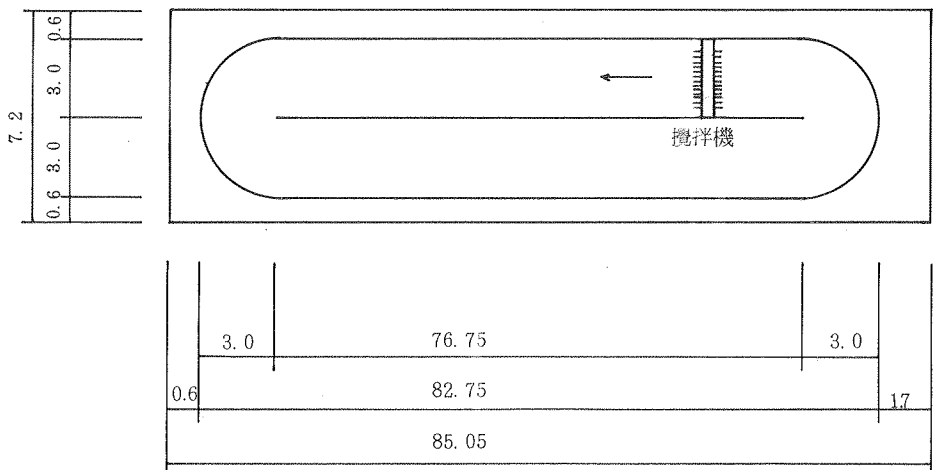
この方式は、尿タンク(1.8 m^3)を積載した攪拌機が発酵槽上を一定方向に攪拌搬送する、いわゆるエンドレス攪拌方式がとられている。水分調整材を使用しない反面、

* 環境保全部 ** 環境保全部(現企画調整室)



第1図 直線型、溝型発酵槽往復攪拌方式の処理施設

注 単位：m



第2図 循環型、定方向攪拌方式の処理施設

注 単位：m

槽内には最初ベース堆肥を作る必要がある。ベース堆肥の上にふんと尿を投入散布して攪拌することにより、ふんと尿が同時に処理できる方式である。1日当たりの処理量は8tで、発酵槽の床面には強制通気用の配管が設置されており、発酵促進が図られている。

臭気調査は、1982年8月10日及び'83年7月26日の2回、ふんの投入部分及び発酵熱の一番高い発酵最盛部分について行なった。

(3) 直線型、スクープ方式と乾燥床併設型（第3図）

この施設は、スクープ方式の攪拌機付き発酵槽に天日乾燥処理床を併設したものである。発酵槽の幅は2m、長さ24.8m、高さ1.1mで3槽が並列し、攪拌機は1台で各槽3日に1回攪拌し、発酵槽出口に併設された乾燥床（幅6.3m、長さ25m、高さ10cm）に発酵終了物を送り出す方式である。鶏ふんは、発酵処理終了後連続的に乾燥しながら攪拌搬送し、製品（発酵乾燥物）は袋詰めにして出荷している。

飼養羽数は採卵鶏40,000羽、1日当たりの処理量は5m³、処理日数は発酵（床面より強制通気）が30日、乾燥が2～3日となっている。

臭気調査は、1982年11月10日に実施した。発酵槽ではふん投入部、発酵最盛部、発酵終了部分に分け、乾燥床では乾燥開始部分及び終了部分について、それぞれ攪拌前及び攪拌中の臭気成分と臭気濃度を調査した。

調査項目及び測定方法は、臭気成分のアンモニア、硫化水素、メチルメルカプタンは北川式ガス検知管法により、攪拌前後の堆肥表面上及び攪拌中の発散臭気を測定

し、臭気濃度は三点比較式臭袋法⁽²⁾により、攪拌前後の堆肥表面上10cmの位置及び攪拌中の発散臭気について測定した。

2 簡易脱臭法試験

この試験は、前記1の(2)に示した循環型定方向攪拌方式の施設で実施した。

脱臭法の仕様は第4図に示したように、攪拌機にプロワ（出力0.85kW、風量13m³/min、静圧270mmAq）を積載し、攪拌時に発散する悪臭をプロワで吸引し、その悪臭を攪拌機後部に取付けた4本の吐出管で、攪拌直後の処理物（堆肥）中へ送入する仕組み（以下、部分脱臭方式という）である。なお、攪拌時の悪臭が攪拌部分外へ拡散することを防止するために、攪拌機の後部へ2mのカバーシートを取付け、その効果も検討した。

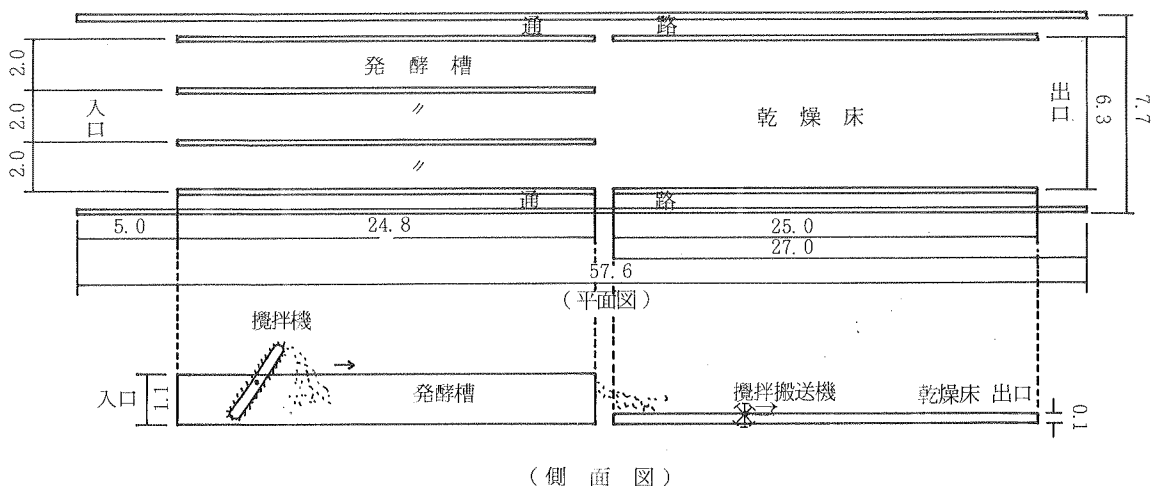
結果及び考察

1 溝型発酵槽の臭気発散様相

溝型発酵槽において、攪拌機の稼動時を中心に調査した臭気発散状況は以下の通りである。

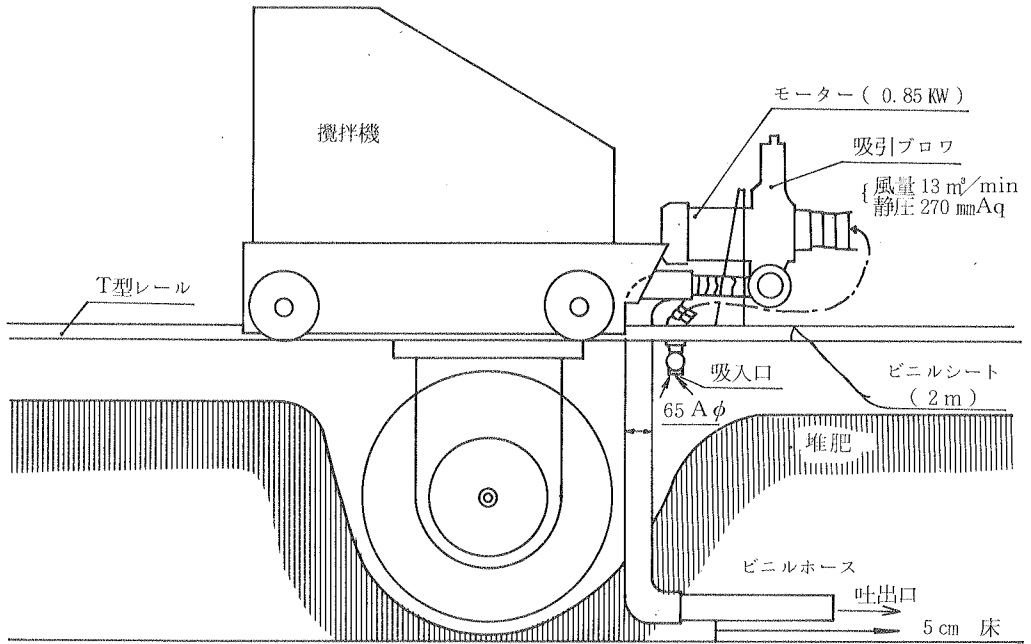
(1) 直線型、往復攪拌方式

往復攪拌方式では、攪拌時を中心とした一行程の調査（攪拌前から攪拌後数時間）においては、必ず往路攪拌時に悪臭のピークがみられ、次いで復路攪拌時となるようなカーブが描かれており、この様相が10回の調査結果で一様に認められた。しかし、槽別、堆積期間別にみた悪臭の濃度的な傾向は認められなかった。このことから、



第3図 直線型、スクープ方式の発酵槽と乾燥床の併設施設

注 単位：m



第4図 部分脱臭法の仕様

10回の調査結果をまとめて、往復攪拌方式の臭気発散様相として第1表に示した。

臭気成分では、アンモニアの発散が往路攪拌時に最高445 ppmが検出され、以後時間の経過に伴って低下したが、最低でも攪拌前の30 ppm以下にはならなかった。硫化水素は、攪拌時に急激に高濃度となり、往路攪拌時に最高750 ppmが検出された。しかし、攪拌後1時間以上経過すればほとんど検出されなくなった。メチルメルカプタンは、攪拌時に最高10 ppmが検出されたものの概して低濃度であり、攪拌時でも検出されない場合が多かった。

臭気濃度は、往路攪拌時に発散する臭気が極めて高濃度となり、次いで復路攪拌時が高く、攪拌終了後は時間の経過に伴って低下し、2時間以降は平均100以下にまで低下した。

(2) 循環型、定方向攪拌方式

この発酵槽の臭気発散様相は、第2表の結果からも明らかなように、臭気成分では、アンモニアがふんの投入部よりも発酵最盛部で高濃度となり、しかも、攪拌時の発散臭気中で極めて高濃度であった。硫化水素及びメチルメルカプタンは、ふん投入部の攪拌時にのみ急激に高濃度の発散が認められたほかは、ほとんど検出されなかった。

臭気濃度は、ふん投入部の方が発酵最盛部よりも概して高濃度であり、また、攪拌により高濃度化が著しかつ

た。

(3) 直線型、スクープ方式と乾燥床の併設型

臭気発散状況は第3表のとおりである。発酵槽の攪拌前におけるアンモニア濃度は、最高が発酵最盛部の250 ppmであり、最低が発酵終了部の67 ppmであった。しかし、攪拌中に発散するアンモニア濃度は、発酵最盛部が840 ppmと非常に高濃度となり、発酵終了部でも210 ppmが検出された。一方、乾燥床のアンモニア濃度は10~50 ppmであり、発酵槽に比較すれば非常に低濃度であった。

硫化水素は、発酵槽では攪拌前にはどの調査位置においても検出されなかったが、攪拌中に発散する臭気中からは最高40 ppmが検出された。調査位置別硫化水素濃度はふん投入部>発酵最盛部>発酵終了部の順であったが、乾燥床では検出されなかった。

メチルメルカプタンは、発酵槽では攪拌中のみ検出され、その濃度は最高で3 ppmであった。そして、硫化水素と同様に未分解のふんの多い位置ほど高濃度の傾向がみられたが、乾燥床では検出されなかった。

臭気濃度は、攪拌前には100以下の低濃度であったが、攪拌中では10,000~17,780となり、急激に高濃度となった。しかし、乾燥床の臭気濃度は極めて低く20以下であった。

以上の結果から、溝型発酵槽における臭気発散様相に

第1表 直線型、溝型発酵槽往復攪拌方式の臭気発散様相¹⁾

調査時期 及び調査位置	調査項目	臭気成分 ²⁾ (ppm)						臭気濃度		
		アンモニア			硫化水素			最高	最低	平均
		最高	最低	平均	最高	最低	平均			
攪拌前		165	30	71	4	ND ³⁾	0.4	90	30	60
往路攪拌時ガス		445	35	165	750	90	348	112,200	14,130	55,540
往路攪拌直後表面		245	35	105	80	Tr ⁴⁾	21	13,330	1,330	6,420
復路攪拌時ガス		330	55	166	242	8	107	68,130	1,780	17,170
復路攪拌直後表面		280	40	118	18	ND	3	5,600	110	1,870
攪拌後1時間		180	40	97	5	ND	0.7	3,500	30	640
〃 2 〃		150	40	86	—	—	ND	140	60	100
〃 3 〃		120	42	71	—	—	ND	140	70	90
〃 4 〃		90	55	70	—	—	ND	—	—	—

- 注 1) 10回の調査結果をとりまとめた。
 2) メチルメルカプタンは攪拌時にのみ最高10ppmが検出された。
 3) ND: 検出せず
 4) Tr: 微量

第2表 循環型、溝型発酵槽攪拌方式の臭気発散様相

調査位置 及び調査時期	調査項目	臭気成分 (ppm)			臭気濃度
		アンモニア	硫化水素	メチルメルカプタン	
ふん投入部 ¹⁾	攪拌前	13	ND ³⁾	ND	50
	〃 中	268	168	130	9,360
	〃 直後	115	ND	ND	187
発酵最盛部 ²⁾	攪拌前	40	ND	ND	24
	〃 中	1,150	Tr ⁴⁾	ND	1,805
	〃 直後	123	ND	ND	59

- 注 1) 3回調査の平均値 2) 2回調査の平均値 3) 検出せず 4) 微量

第3表 スクープ方式の発酵槽と乾燥床の併設施設の臭気発散様相

処理施設	調査時期	調査位置	臭気成分 (ppm)			臭気濃度	発酵濃度 (°C)		水分 (%)
			アンモニア	硫化水素	メチルメルカプタン		30cm	60cm	
発酵槽	攪拌前	ふん投入部 ¹⁾	180	ND ⁶⁾	ND	38	56	52	—
		発酵最盛部 ²⁾	250	ND	ND	56	67	60	—
		発酵終了部 ³⁾	67	ND	ND	83	64	56	—
	攪拌中	ふん投入部	195	40	3	13,340	—	—	56.6
		発酵最盛部	840	35	2	17,780	—	—	48.5
		発酵終了部	210	Tr ⁷⁾	Tr	10,000	—	—	38.0
乾燥床	攪拌前	乾燥始部 ⁴⁾	50	—	—	12	—	—	—
		乾燥終了部 ⁵⁾	10	—	—	8	—	—	—
	攪拌直後	乾燥始部	20	—	—	18	—	—	30.5
		乾燥終了部	20	—	—	12	—	—	21.3

- 注 1) 発酵槽入口付近。2) 発酵槽のはほぼ中央。3) 発酵槽出口付近。4) 乾燥開始5m付近。
 5) 乾燥終了前5m付近。6) 検出せず。7) 微量

は一つの規則性がみられた。すなわち、処理ふんの違いや攪拌機及び攪拌方法の相違とは関係なく、攪拌機が稼動中か否かにより、発散する悪臭が極めて鮮明な濃度差を示していることである。攪拌機の稼動前の状態における発散臭気は、臭気成分の種類も少なく、成分濃度も低い。このことが臭気濃度にも大きく反映しており、臭気濃度は非常に低濃度であった。

しかし、攪拌機を稼動させることによって、攪拌部分から発散する臭気は、臭気成分の種類が急激に増加することと併せて成分濃度も非常に高濃度化した。この高濃度の悪臭が施設内全体に充満し、更に施設外へ拡散していくことによって付近住民の苦情対象となるものと推察される。

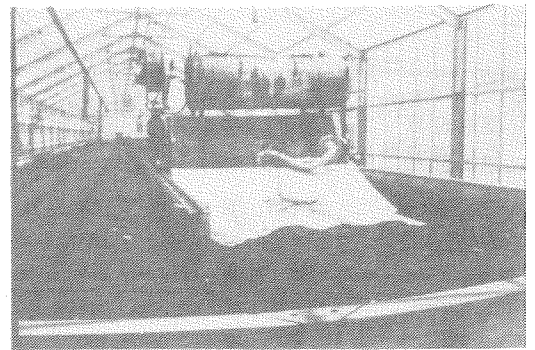
また、攪拌終了後の堆肥表面から発散する臭気は、攪拌時に比較すると急激に臭気成分の種類も少なくなり、成分濃度は低下した。そして、当然臭気濃度の低下もみられる。更に、攪拌後2時間程度経過すると堆肥表面上で検出される臭気成分はアンモニアのみとなり、しかもその濃度は静置状態で通常発散している程度となった。臭気濃度もほぼ100以下となり、攪拌前の堆肥静置時とはほぼ同様の状態となった。

このことから、溝型発酵槽においては、攪拌時の高濃度悪臭を発生源で効率的に脱臭することによって、処理施設から発散する悪臭も大幅に減少できることは明らかである。菱田ら⁽¹⁾は、東京都公害防止条例に基づく臭気濃度の規制値（排出口で300～1,000、敷地境界で10～20）によって事業場を調査した結果、排出口が規制値以下ならばほとんど苦情がないことを報告している。したがって、悪臭発生源である攪拌時の高濃度悪臭を除去す

るのみで、処理施設から発散する臭気は、ほぼ悪臭苦情の対象にならない程度にまで低下することが明らかとなった。そこで、溝型発酵槽における臭気発散様相を十分生かした効率的な簡易脱臭法の手掛りを得たので、更に脱臭効果について検討した。

2 簡易脱臭法

簡易脱臭の実施状況は写真で、また、脱臭効果は第4表に示したとおりである。攪拌機にカバーシートを着けた場合のふん投入部における発散臭気成分は、アンモニア濃度は比較的良かったものの、硫化水素及びメチルメルカプタンは非常に高濃度となり、また、臭気濃度は17,800になった。しかし、この悪臭をブロウで吸引し、攪拌直後の処理物中へ送入した場合の処理物表面上における臭気濃度は34とかなり低く、脱臭率は99.8%であった。これは、高濃度の悪臭が処理物（堆肥）中を通過する際に、硫化水素やメチルメルカプタンの吸着が起り、ほとんど



部分脱臭方式による攪拌機の稼動状況

第4表 循環型、溝型発酵槽攪拌方式での部分脱臭法による脱臭効果

カバーシートの有無 ¹⁾	調査位置	調査時期	臭気濃度		臭気成分 (ppm)			発酵温度 (°C)	含水率 (%)
			濃度	脱臭率 (%)	アンモニア	硫化水素	メチルメルカプタン		
有	豚ふん投入部	攪拌前 ²⁾	32		20	ND ⁶⁾	ND		
		攪拌中 ³⁾	17,800		60	150<	140<		
		攪拌後 ⁴⁾	34	99.8	100	ND	ND	48.0	67.5
	発酵最盛部	攪拌前	8		10	ND	ND		
		攪拌中	56		800	ND	ND		
		攪拌後	7	87.5	65	ND	ND	62.0	52.0
無	豚ふん投入部	攪拌中	1,780		450	36	10		
		攪拌後 ⁵⁾	344	80.7	130	ND	ND	—	—

注 1) 攪拌機の後方にビニールシートを2m垂らした。

2) 攪拌前（ほぼ24時間静置）の堆肥表面上10cmの臭気濃度と堆肥表面上の臭気成分

3) 攪拌中にできる臭気で、ブロウで堆肥中へ送入される臭気

4) 攪拌機から垂らしたビニールシートの末端堆肥表面上10cmの臭気濃度及び堆肥表面上の臭気成分

5) 攪拌機後方2mの堆肥表面上10cmの臭気濃度及び堆肥表面上の臭気成分

6) 検出せず。

検出されなくなっており、このことが臭気濃度を大きく低下させた一因と推察した。また、発酵最盛部においては、攪拌時の発散臭気成分はアンモニアのみであり、他の臭気成分の検出はみられず、臭気濃度もかなり低かった。しかし、この場合の脱臭効果は、アンモニアの発散濃度 800 ppm のものが脱臭後 65 ppm にまで低下しており、アンモニアの除去効果もかなり大きいことがうかがえた。

攪拌機にカバーシートを着けない場合、処理物中への送入臭気は、攪拌時の発散臭気の拡散と、一方では、攪拌部外からの新鮮空気の流れによる希釈によってやや低濃度となり、しかも脱臭率は低かった。このことは、カバーシートを着けた効果が、単に攪拌部外への悪臭拡散防止以外に、カバーシート内の処理物中からも一部悪臭を吸気するために、処理物表面上の臭気濃度も低くなったものと思われる。

また、処理物中へ送入した臭気は第4図に示すとおり、攪拌機の後方へビニールホースを通じて吐出されるので、処理物中にこのホースの通った跡に孔けきが生じ、この孔けきのために広い範囲の処理物を通じて外気中へ発散されることが推察され、このことも脱臭効果を高めた原因の一つと考えられる。

以上の結果から、発酵槽内の堆肥化過程にある処理物を脱臭素材として利用した部分脱臭法は、硫化水素やメチルメルカプタンのような、いわゆるS化合物の除去効果が大きく、臭気濃度についても著しい低下が認められた。このことについて石黒⁽³⁾は、複合臭の場合には、その原臭からN系化合物を除去した臭気よりもS系化合物の除去臭の方が、臭気強度、不快度とも減少効果が大きいことを報告しており、特に臭気濃度の著しい低下については、測定成分以外の硫化物についても除去されていることが推察された。また、アンモニアについては完全除去は不可能ではあるが、かなりの除去率を有しており、臭気濃度の低下も認められている。

また、部分脱臭法では、臭気濃度の脱臭率が 80.7～99.8 と非常に高かったことと併せて、脱臭後の堆肥表面より発散される臭気濃度がほぼ 10～340 の範囲内であったことは、前述の菱田ら⁽¹⁾の結果からも一応満足できる脱臭法といえよう。

ただ、この脱臭法の問題点としては、攪拌中に揮散する水分がブロワによって再度処理物中へ吹込まれることである。この問題を解決するためには、攪拌機へ除湿機を積載するか、発酵槽外へ除臭用の堆肥層、土壌層を設けて、攪拌時の臭気をそこまで誘導する適切な方法を開発する等が考えられる。

以上、溝型発酵槽攪拌方式の臭気発散様相を調査した

結果、これらの施設における簡易で効率的な脱臭対策は、攪拌時の悪臭のみを堆肥化途中にある処理物で脱臭する。いわゆる部分脱臭法で高い脱臭効果をあげることが可能であることが明らかとなった。

摘 要

溝型発酵槽攪拌方式による家畜ふん尿処理時の臭気発散様相と、同方式の発酵槽内における簡易脱臭法について検討した。その結果

- 1 臭気発散様相は、攪拌機の種類や攪拌方法が異なっても、ほぼ同一の傾向が認められた。
- 2 発酵槽内で処理物が静置状態にある時、臭気濃度は非常に低く、臭気成分はアンモニアのみが検出された。
- 3 攪拌時には急激に臭気濃度が高まり、臭気成分はアンモニアの他に硫化水素及びメチルメルカプタンが高濃度で検出された。
- 4 攪拌後の臭気濃度は急激に低下し、1～2時間経過後にはほぼ静置時程度まで低下した。臭気成分は、攪拌直後には硫化水素やメチルメルカプタンが検出されることもあったが、1～2時間後ではアンモニアのみであった。
- 5 攪拌時の発散臭気をブロワで吸引し、攪拌直後の処理物中へ吹込む部分脱臭法は、発散臭気濃度 17,800 から脱臭濃度 34 にまで減少し、脱臭率は 99.8% であった。
- 6 以上の結果、溝型発酵槽攪拌方式における悪臭は、攪拌時の発散臭気のみが問題であり、この臭気を部分脱臭することで、同方式の処理施設から発散する悪臭を著しく低減できることを明らかにした。

引用文献

1. 菱田一雄・下田和一・井口敬次・山本ふみ子・佐藤憲章, 1978, 三点比較式臭袋法による測定結果の解析, 第19回大気汚染学会講要, 284.
2. 石黒辰吉, 1973, 悪臭の評価方法, PPM 9, 24～31.
3. ———, 1975, 複合悪臭の評価に関する研究, PPM 12, 42～59.
4. 環境庁大気保全局特殊公害課, 1979, 悪臭防止技術マニュアル(I), 公害対策技術同友会, 東京, P・52～56.
5. 田中 博, 1981, 臭気対策について(畜産公害対策全書 昭和56年版), 鶏卵肉情報センター, 名古屋, P・110～119.

Studies on Odor Control of Livestock (II)

Behaviours of odor from composting livestock waste and
simple deodorizing methods

Iwao HAYAKAWA, Hiromi KATO, Yutaka IDO, Morio SAWADA
Kenjiro MORI and Yoshio YAMAKAWA

Summary

Behaviours of odor exhaled from composting livestock waste, processed in three types of windrow systems recently designed, and simple deodorizing methods for the systems were studied in this experiment. Each of the systems had a characteristic lane for placing livestock waste and a turning machine.

Behaviours of odor from composting materials in systems were similar with one another. In the stationary period, odor concentration from composting material was very low and only ammonium was able to be detected as a odor component in low concentration. The other hand, by turning odor concentration was rapidly increased and ammonium, hydrogen-sulfide, and methyl-mercaptane were also detected in very high concentration. After the turning, however, odor concentration and concentrations of ammonium, hydrogen-sulfide, and methyl-mercaptane rapidly decreased and they became similar to before the turning (the stationary period) one or two hours after the turning.

In such a way that exhaled odor by the turning was sucked with a pump and blown into composting material just after the turning, 99.8 percents of odor concentration was able to be reduced.