

19 畜産バイオガスプラントの実証と評価及び指針策定

担当部署名：環境飼料部 畜産環境研究室

担当者名：○木下強、前田綾子、福島正人

研究期間：平成20年度～24年度（継続）

予算区分：県単

1 目的

畜産バイオマスのエネルギー利用は、畜産業の持続的な発展、循環型社会の形成及び地球環境の保全等に不可欠な課題であることから、家畜のふん尿などをエネルギーとしたバイオガスシステムの実証に取り組む。

平成23年度は、昨年度に引き続きセンター内に整備したバイオガスプラントについて、プラントへの発酵原料投入量、バイオガス発生量、発電量等を調査するとともに、メタン発酵消化液のガス発酵効率向上運転法の検討や膜分離による消化液濃縮技術について検討した。

2 方法

中温発酵のバイオガスプラントについて以下の観点から技術的な評価を行い、現地普及へ向けた有効性や実用性を検討する。

(1) メタン発酵残渣消化液の再発電リサイクル利用（有機物負荷向上）の検証

発酵槽容積2,000mlのメタン発酵小型実験装置（図1）にバイオガスプラント発酵槽から引き抜いたメタン発酵消化液（対照区）並びに消化液殺菌槽から引き抜いたメタン発酵消化液（試験区）1,500mlを投入し、発酵温度が36℃に保たれるよう加温の上、12日間にわたり、ガスの発生量及びORP、pHについて調査した。

また、実規模の試験として、バイオガスプラントのふん尿を希釈するための牛舎洗浄水等の流入を制限し、ガスの発生量の変化について調査した。

(2) 膜分離による消化液の濃縮技術の開発

バイオガスプラントの殺菌槽から引き抜いたメタン発酵消化液を、（財）畜産環境整備機構畜産環境技術研究所が作成した膜分離（MF膜）試験装置により、有機物の濃縮物と膜透過液に分離した。

(3) 投入原料の検討

メタン発酵小型実験装置にバイオガスプラント発酵槽から引き抜いたメタン発酵消化液1,500mlを投入し、発酵温度が36℃に保たれるよう加温の上、毎日、同時刻にバイオガスプラントの固液分離液とBDF生成残渣であるグリセリンを注入した。小型実験装置の発酵槽から毎回50mlの消化液を引き抜いた後、50mlの新鮮な原料を注入し、ガスの発生量、ORP、pHについて調査した。

なお、グリセリンは那須町BDFプラントのものをを用い、容積ベースで投入原料の2%相当を投入した。

(4) プラント稼働状況調査

H23年度までのバイオガスプラントの稼働状況についてデータを採取した。

3 結果の概要

(1) メタン発酵残渣消化液の再発電リサイクル利用（有機物負荷向上）の検証

小型実験装置による比較試験の結果、消化液は発酵槽投入原料液の7割程度のガス発生能力を有しており、消化液のリサイクル利用はガス発生量増加に有効であると考えられた（図2）。

原料の発酵槽内の滞留日数を増やすため、牛舎洗浄水等の流入を制限したところ、第3四半期にガス発生量が増加する傾向が見られた（一頭当たり+0.18Nm³/日）。

(2) 膜分離による消化液の濃縮技術の開発

消化液の液肥利用効果をもとめるため、小型透過膜（面積 0.4 m²、処理速度 4.3ml/min）により、単位容積当たりの成分濃度を 1.98 倍に濃縮できた。

(3) 投入原料の検討

小型実験装置を用い、那須町 BDF プラントから排出される廃グリセリンの添加効果を検証した結果、投入原料の 2% 添加でガスの発生量は 1.5 倍に増加した（図 3）。また、懸念された pH 等についても対照区と大きな差異は見られなかった（図 4）。

(4) プラント稼働状況調査

プラントの稼働状況は表 1 の通り。



図 1 小型メタン発酵試験装置

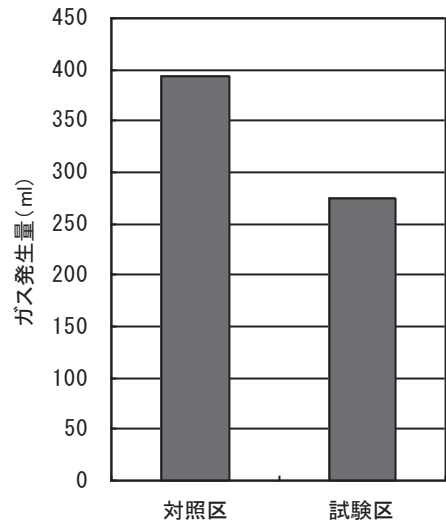


図 2 発酵槽消化液（対照区）及び殺菌槽消化液（試験区）のガス発生量

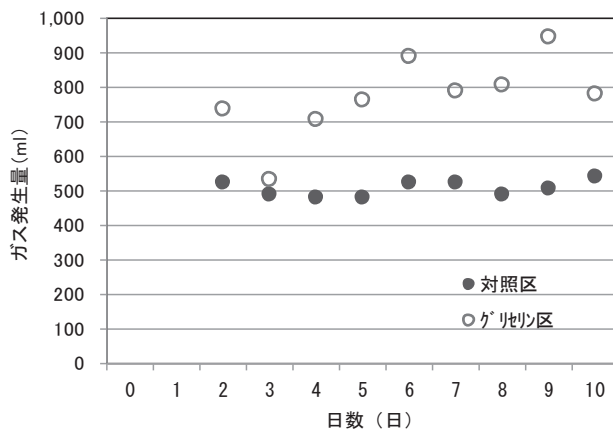


図 3 グリセリン添加によるガス発生量の推移

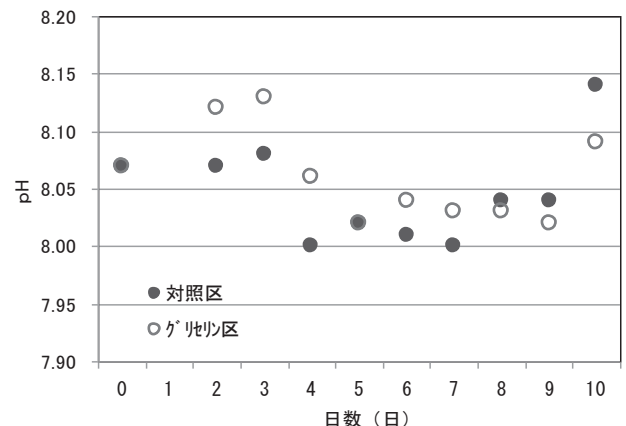


図 4 グリセリン添加による pH の変化

表1 バイオガスプラントの運転実績

年度	牛飼養頭数	ふん尿 受入量 (希釈液込) (m ³ /日)	食品廃棄物 投入量 (Kg/日)	発酵槽投入 有機物量 (Kg/日)	バイオガス 発生量 (Nm ³ /日)	発電電力量		所内電力 使用量 電力自給率 (発電+プラント発電量)	
						(kWh/日)	(kWh/月)	(kWh/月)	(%)
H20年	52.3	5.64	205.2	173.5	99.7	143.7	4,369	21,345	20%
H21年	45.9	5.87	228.4	173.1	104.5	145.3	4,418	20,430	22%
H22年	44.2	5.75	0.0	146.1	74.2	105.6	3,211	21,040	15%
H23年	38.9	4.79	0.0	140.4	74.2	113.3	3,454	18,923	18%

4 今後の問題点と次年度以降の計画

膜分離による消化液濃縮技術については大規模装置を用いて引き続き試験を行う。

また、投入原料の検討についても引き続き小型実験装置を用い、地域未利用資源（廃食用油、食品製造副産物、農村レストラン厨房残渣等）の有用性について検証する。

20 ペレット堆肥の肥効特性試験

担当部署名：環境飼料部 畜産環境研究室

担当者名：○福島正人、前田綾子、木下強

研究期間：平成18年度～23年度（完了）

予算区分：県単

1 目的

堆肥の流通促進の方策の一つには堆肥のペレット化があり、耕種農家にとっても扱いやすく需要が見込める。堆肥を成型するペレッターは、技術的には確立されているものの広く普及しているとは言えない。また、ペレット堆肥はバラ堆肥と比べて養分放出が遅くなると言われているが、用いる原料の種類や水分含量などによっても異なると考えられる。

そこで、ペレット堆肥の肥効や土壌中での崩壊性など特性を明らかにし、その肥効などの有効性を耕種農家へ示すことにより、ペレット堆肥の利用を促進させ、もって家畜ふん堆肥の流通促進に資する。

2 方法

- (1) 乳牛ふんとオガクズで堆肥化させたものを原料とした。
- (2) 5mm(5mm区)及び10mm(10mm区)のふるいに堆肥を通してから、ペレット化したものを試験に供試した。
- (3) 堆肥を現物重量で約5g計量し市販のお茶パックに入れた。これを当所のほ場に地上から15cmの位置に埋設した。埋設後1、2、4、8及び16週目に取り出し分析に供試した。なお、1試験区当たり3反復した。
- (4) 堆肥の施用を考えたときに、すき込まないで土壌表面に散布する方法も想定できることから、土壌表面に上記のパックに入れた堆肥を置き、同じ日程で堆肥を取り出し分析に供試した。
- (5) 埋め込み期間は、2011年5月18日から同年9月7日まで行った。この期間の地中並びに地上部の温度及び雨量について計測した。

3 結果の概要

- (1) 図1は、堆肥を埋設した場合における堆肥中の乾物重量と水分の変化を示した。埋設直後は、堆肥中の水分は両区とも約12%だったが、1週目にかけて増加しその後も増加する傾向がみられた。一方で、乾物重量は低下する傾向がみられた。これは、堆肥を埋設することで土壌中の安定した温度で培養されることから、有機物も安定して分解されると考えられた。
- (2) 図2は、堆肥を表面施用した場合における堆肥中の乾物重量と水分の変化を示した。堆肥中の水分は増加、減少、増加と変化に富んでいた。一方で乾物重量は、1週目以降はわずかず減少する傾向がみられた。乾物重量は、堆肥が地上表面に出ているため日光や風雨に当たることや、昼夜の気温差になどの変化が大きいことから土壌に入れるよりも分解が遅くなると考えられた。
- (3) 表1には、乾物重量と積算気温及び積算雨量との相関関係を示した。堆肥を埋設した場合、積算気温及び積算雨量と高い負の相関がみられたことから、堆肥は施用後安定して分解することが考えられた。一方で表面に施用すると、高い相関はみられず(2)のように環境中の変化による影響が大きいことが考えられた。

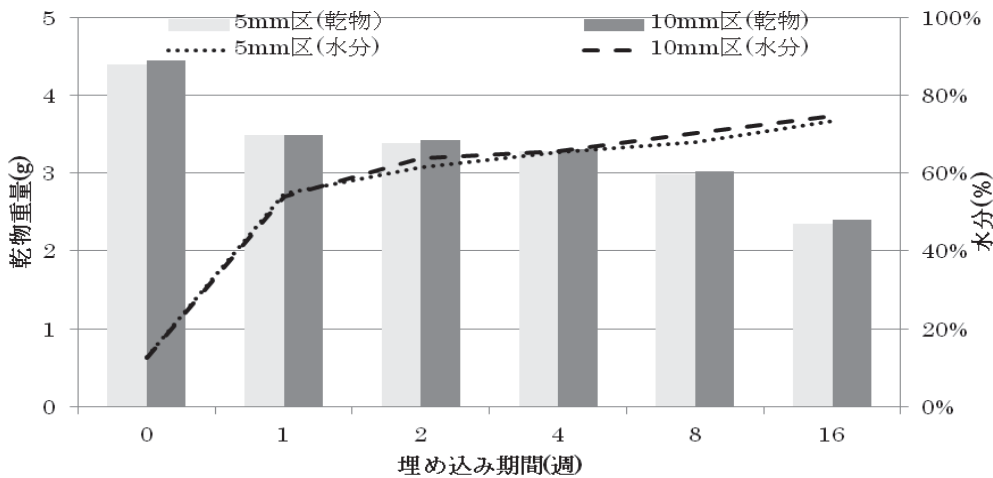


図1 堆肥を埋め込んだ場合における乾物重量と水分の変化

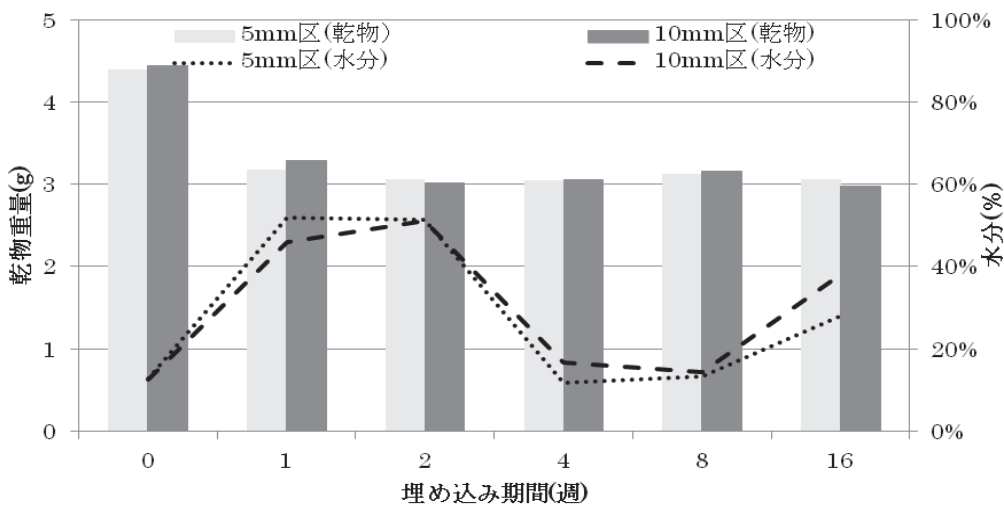


図2 堆肥を表面施用した場合における乾物重量と水分の変化

表1 堆肥の乾物重量と積算気温及び積算雨量との相関関係

		積算気温(表面)	積算気温(地中)	積算雨量
埋め込み	5mm 区	-0.87	-0.87	-0.80
	10mm 区	-0.86	-0.86	-0.79
表面	5mm 区	-0.42	-0.41	-0.33
	10mm 区	-0.48	-0.47	-0.40

4 今後の問題点と次年度以降の計画

- (1) 本試験は、ペレット堆肥の動態調査であり、実際に植物を育成していないため、本試験結果と植物の生育への影響について調査する必要がある。
- (2) 本試験は、春に堆肥を施用し秋までの動態調査であり、冬施用の場合も本試験の結果と同じ動態をたどるとは限らない。

2 1 搾乳排水関連排水施設における原単位の策定

担当部署名：環境飼料部 畜産環境研究室

担当者名：○福島正人、前田綾子、木下強

研究期間：平成 23 年度～27 年度（継続）

予算区分：県単

1 目的

酪農家の規模拡大に伴い省力化技術のフリーストール・ミルクパーラーが導入されつつある。これに伴い搾乳関連排水処理施設（以下、処理施設）の導入も進むと考えられる。しかし設計のための原単位は、「排水濃度」について明らかになっているが「排水量」は不明のため、これから処理施設を設置する場合に適正な指導ができないことから、既往の成果を活用しつつ明らかにしなければならない。

以上のことから、適正な施設を設置するための根拠である原単位を策定することを目的として調査を行った。

2 方法

既に処理施設を設置している酪農家（C、F、M 農家の 3 戸）を対象に、以下の項目について調査を行った。

- (1) 処理施設における処理方式
- (2) 搾乳頭数
- (3) 1 日当たりの平均排水量及び 1 頭当たりの排水量
- (4) 原水及び処理水の水質分析（BOD、COD、SS、pH、大腸菌群数）
「排水量調査方法」
 - ① C 農家は、流量計の設置及び蛇口を使用している時間に流量を乗じて排水量とした。
 - ② F 及び M 農家は、ばっ気槽から処理水槽へ送るポンプの稼働時間にポンプの能力に応じた流量を乗じて排水量とした。
 - ③ これらの排水量に搾乳回数を乗じて 1 日当たりの排水量とした。
- (5) 処理施設におけるばっ気槽の状態（MLSS、MLVSS、SV30、DO）

3 結果の概要

- (1) 処理方式は、2 戸（F、M）が回分式活性汚泥法、1 戸（C）が連続式活性汚泥法により処理していた。なお、C 農家は膜分離式だった（表 1）。F 農家は、搾乳関連排水専用の浄化槽でばっ気、沈殿処理し、その後合併浄化槽においてばっ気、沈殿処理の 2 段階で処理していた。
- (2) 排水量は、本調査では搾乳頭数と排水量の間には関係が見られず、調査戸数が少ないことが要因と考えられた（表 1）。
- (3) 水質分析結果は、表 2 に示した。C 及び M 農家の原污水濃度は非常に薄いと考えられた。この原因は、C 農家は待機場の洗いは含まれずほとんどパイプラインとバルククーラーの洗い水だけであること、M 農家は、プレートクーラーの水も原污水に入れているため、結果として薄くなったと考えられた。
- (4) ばっ気槽の状態は、表 3 に示した。C 農家は膜分離型のため常時高濃度の MLSS で運転しているが、分析時は汚泥抜きの後だったため濃度が低かった。

表1 各農家における処理方式や排水量

	処理方式	平均搾乳頭数 (頭)	1日当たりの平均排水量 (m ³ /日)	1頭当たりの排水量 (L/頭日)
C 農家	連続式※	34	3.5	101.8
F 農家	回分式	138	8.5	61.6
M 農家	回分式	80	10.4	129.6

※膜分離方式、その他は重力沈殿方式

表2 各農家における水質分析の結果

		BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	pH	大腸菌群数 (log CFU/ml)
C 農家	原污水	373.1	210.2	219.2	6.6	4.5
	処理水	6.6	11.2	1.3	7.2	1.6
F 農家	原污水	1420.1	1721.8	1586.7	7.1	5.2
	処理水 (搾乳関連排水処理施設)	108.6	206.6	95.3	7.1	2.6
	処理水 (合併浄化槽)	23.7	92.7	30.0	7.4	1.5
M 農家	原污水	397.4	427.6	431.7	7.8	4.5
	処理水	13.2	36.9	1.2	6.8	1.6

表3 各農家におけるばっ気槽の状態

	MLSS (mg/L)	MLVSS (%)	SV30 (%)	DO (mg/L)	pH
C 農家	8,187	92.7%	100.0%	0.1	6.9
F 農家※	12,108	86.7%	95.0%	0.7	7.4
M 農家	3,062	87.1%	22.0%	4.4	6.6

※搾乳関連排水処理施設のデータ、合併浄化槽のデータは省略

4 今後の問題点と次年度以降の計画

次年度はさらに調査戸数を増やし、データの蓄積を図っていく。

2 2 豚舎臭気発生要因の解明

担当部署名：環境飼料部 畜産環境研究室

担当者名：○前田綾子、福島正人、木下強

研究期間：平成23年度～27年度（新規）

予算区分：県単

1 目的

畜産経営に起因する環境汚染問題に関する苦情件数の約70%は悪臭に関することであり、特に養豚・養鶏の件数は多い。また、苦情を受けた農家の対応策は脱臭資材などの対症療法が中心であり、根本的な解決にまで至っていないのが実状である。加えて悪臭に関する知見の多くはふん尿処理に関わるものであり、家畜や畜舎全体に関わるものは少ない。

そこで、本試験では、養豚場の畜舎内から発生する悪臭について畜舎内における生成条件を明らかにし、飼養環境改善を中心とした臭気抑制対策技術を確立する。

今年度は、養豚農家の実態調査を行い臭気発生場所及び豚舎とふん尿処理施設の臭気を調査し、生成物質を明らかにすることを目的とする。

2 方法

(1) 調査農家：A農場（一貫経営、母豚：235頭）

(2) 主な施設

豚舎（全面スノコ）：6棟、浄化槽：1棟、堆肥発酵舎（壁無）：1棟、堆肥舎：1棟

(3) 調査時期：春（5/24）、梅雨（7/7）、夏（8/5）、秋（11/15）、冬（2/17）

(4) 測定項目及び測定方法

ア 臭気指数（相当値）：畜環研式においセンサ

イ 臭気強度：ガスクロマトグラフィで硫黄化合物濃度及びVFA濃度、検知管でアンモニア濃度を測定し臭気強度に換算

(5) 臭気指数調査場所：豚舎周り、堆肥発酵舎など敷地内全体 25か所（図1）

(6) 臭気強度調査場所：子豚舎換気扇下③、堆肥発酵舎⑭（図1）

3 結果の概要

(1) 臭気調査時の状況については表1、臭気指数の測定場所は図1、その結果は表2で示した。臭気指数と臭気強度の関係を参考に表3に示した。調査期間全体をとおして豚舎周辺では調査場所3、糞尿処理施設の周辺では調査場所14の臭気指数が最も高い値を示した。7/7の調査では、南風が吹いていたため、風上の調査場所5、6、8、9、21は低かった。また8/5の調査では、天気が雨で、空気が動かないため敷地内全体に低濃度の臭気が溜まっていた。さらに11/15の調査では、堆肥発酵舎のロータリーが攪拌中で、堆肥発酵舎に壁がないため敷地全体に拡散し、他の調査日と比較すると敷地内全体の臭気指数が高い値を示した。2/17の調査では、豚舎の温度低下防止のためカーテンや窓が閉まっていたため豚舎周りの臭気は他の調査日と比較してかなり低い値を示した。

(2) 臭気強度を求めたところ、臭気強度2.5以上の物質は、豚舎では主にVFA、堆肥発酵舎では調査時期により変動があるが、主にVFAとアンモニアであった。11月調査では堆肥発酵舎のロータリーが攪拌中の場合は、ノルマル酪酸とノルマル吉草酸が高くなり、アンモニアが低くなった。

表1 A農場の調査時の状況について

調査日	気温(°C)	天気	風	豚舎カーテンの開閉	堆肥発酵舎の攪拌機
5/24	18	曇り	無風	開・閉	静止
7/7	34	曇り	南風	開	静止
8/5	26	雨	無風	開	静止
11/15	18	晴	無風	閉	攪拌中
2/17	16	晴	無風	閉	攪拌直後



図1 A農場の臭気調査場所について (○: 臭気調査場所)

表2 臭気指数測定結果

調査場所	調査日				
	5/24	7/7	8/5	11/15	2/17
1	2	10	4	16	16
2	1	7	1	17	10
3	21	16	14	22	8
4	18	16	15	17	9
5	8	6	14	16	9
6	5	4	2	14	8
7	3	0	0	14	5
8	11	0	14	20	1
9	12	0	14	14	1
10	10	23	14	17	1
11	2	9	16	19	0
12	0	18	12	19	1
13	13	21	13	22	14
14	27	30	16	31	25
15	23	26	15	27	24
16	21	23	10	27	22
17	3	23	13	25	17
18	0	6	6	16	15
21	-	1	14	13	3
22	-	0	11	17	13
23	-	1	10	14	13
24	-	9	11	14	11
25	-	14	12	-	-

臭気強度 ■5月 ■7月 ■8月 ■11月 ■2月

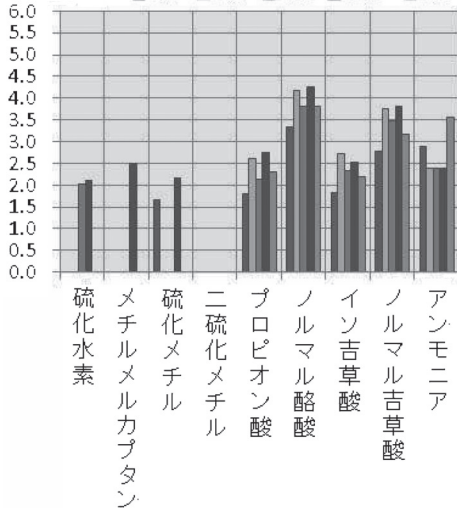


図2 調査場所3(了豚舎換気扇下)の臭気別臭気強度の推移

臭気強度 ■5月 ■7月 ■8月 ■11月 ■2月

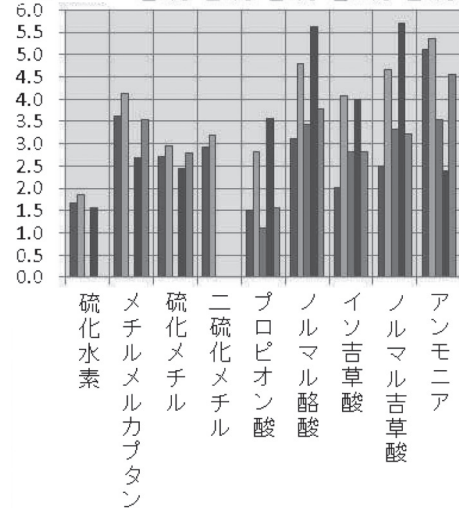


図3 調査場所14(堆肥発酵舎)の臭気別臭気強度の推移

4 今後の問題点と次年度以降の計画

現地の臭気分布について調査を継続するとともに、豚ふんの保存条件による発生臭気の解明を行う。

表3 臭気指数と臭気強度の関係

臭気指数	臭気強度	感じ方
9以下	0	無臭
	1	やっと感知できるにおい
	2	何のにおいであるかがわかる弱いにおい
10~15	2.5	やや弱い匂い
12~18	3	楽に感知できるにおい
14~21	3.5	やや強いにおい
22以上	4	強いにおい
	5	強烈なにおい