

8 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：畜産環境研究室

担当者名：○木下 強、前田綾子、加藤大幾

研究期間：平成20年度～30年度 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27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、発電量等を調査した。また、小型試験装置を用いて高温メタン発酵について検証した。

2. 方法

(1) プラント稼働状況調査

H27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収集した。

(2) 高温メタン発酵試験

メタン発酵プラントの高温発酵条件における運転をシミュレーションするため、小型メタン発酵試験装置を用い、高温（55℃）条件下でメタン発酵試験を実施した。

バイオガスプラント発酵槽から引き抜いた中温（36℃）メタン発酵消化液1,500mLを小型メタン発酵試験装置（発酵槽容積2L）に入れ、毎日2℃ずつ、高温（55℃）発酵条件まで発酵槽を加温した（図1）。また、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。

3. 結果の概要

(1) プラント稼働状況調査

プラントの稼働状況は表1のとおり。

(2) 高温メタン発酵試験

中温メタン発酵消化液を小型メタン発酵試験装置に入れ、毎日2℃ずつ、高温発酵条件まで発酵槽を加温した結果、昇温開始1週間後からガス発生量は55℃到達まで減少を続けたが、55℃到達3日後からは再度ガス発生量が増加に転じた。その後、1週間程度でガス発生量が最大（586mL）となった後、昇温前のガス発生量で横ばいとなった（図2）。

なお、pHは55℃到達直後から低下し、一週間程度で最低値（7.9）を示した後、昇温前の値で横ばいとなった（図3）。また、ORPは試験開始後、から徐々に低下し、-350mV付近で横ばいとなった（図4）。pH、ORPとも変動はみられるが、値は適性範囲であった。

[具体的データ]

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 (東電+プラント発電量) (kWh/月)	電力自給率 (%)
						(kWh/日)	(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%
H24年	42.6	4.95	0.0	145.4	86.2	129.0	3,923	20,448	19%
H25年	44.2	4.50	0.0	136.9	83.2	122.0	3,712	20,141	18%
H26年	49.1	4.93	0.0	133.3	79.4	113.9	3,465	19,760	18%
H27年	50.9	5.15	0.0	152.7	80.1	115.7	3,529	20,798	17%



図1 小型メタン発酵試験装置

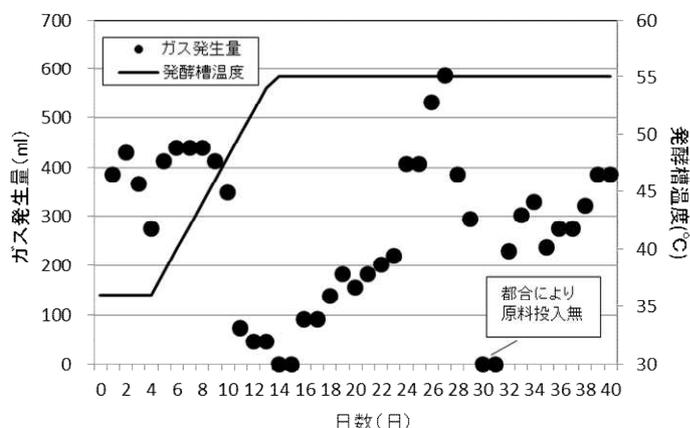


図2 バイオガス発生量の推移

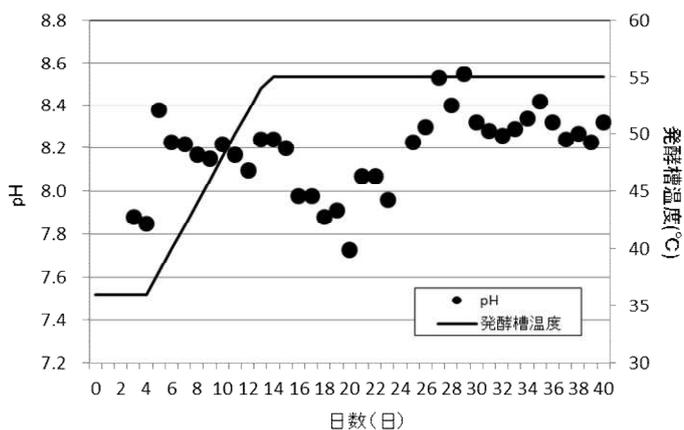


図3 pHの推移

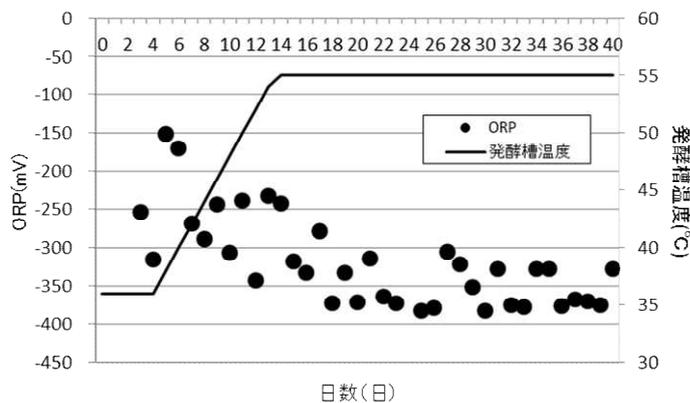


図4 ORPの推移

4. 今後の問題点と次年度以降の計画

東日本大震災に伴う原子力発電所事故の影響により、再生可能エネルギーの活用や地球温暖化ガス排出量増加が懸念されていることから、メタン発酵プラントの稼働状況について調査継続するとともに、貯留消化液を中心に温暖化ガスの発生状況について調査を行う。

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、畜種別ふん尿の有用性について検証する。

9 搾乳関連排水処理施設の管理指標の設定及び適正管理方法の確立

担当部署名：畜産環境研究室

担当者名：○加藤大幾、前田綾子、木下強

研究期間：平成 26～平成 28 年度 予算区分：県単

1. 目的

近年、一部の酪農家では、搾乳関連排水処理施設が導入されている。汚水処理施設の管理指標については、すでに養豚における汚水処理施設（以下、養豚処理施設）の管理指標が確立されているところである。しかし、搾乳関連排水処理施設の現地調査を実施したところ、養豚処理施設とは異なった管理指標が必要なことが示唆された。

以上のことから、養豚処理施設の管理指標を参考にした上で、データ記録機能等がある水質関連測定機器を活用し、酪農家自身が容易にできる管理方法を確立する。

2. 方法

(1) 現地実証試験

- ア 調査対象 回分式活性汚泥法の曝気槽（栃木県内の 1 戸の酪農家）
- イ 調査期間 汚泥抜き前後の約 3 ヶ月間（4 月 17 日～7 月 30 日、汚泥抜き 5 月 1 日）
- ウ 調査項目 曝気槽：ORP、pH
排水：SS、COD、BOD、pH
処理水：SS、COD、BOD、pH、透視度、大腸菌群数
曝気水：MLSS、SV30

(2) 小規模試験

- ア 調査対象 回分式活性汚泥法のベンチスケール曝気試験装置（有効容積 8L、使用した活性汚泥は現地実証試験を行った曝気槽から採取し、投入する汚水は当センターの搾乳関連排水を用いた。）
- イ 調査期間 廃棄乳投入前後の約 3 週間（1 月 14 日～2 月 5 日、廃棄乳投入 1 月 28 日）
- ウ 調査項目 曝気槽：ORP、pH
処理水：SS、BOD、pH
投入汚水：SS、BOD、pH

3. 結果の概要

(1) 現地実証試験

- ア 汚泥抜き後、1 週間の曝気停止期間において ORP が -400mV 付近で推移し続けることが確認された。また曝気槽における ORP の値は汚泥抜き前より後の方が高い値で推移することが確認された（図 1）。
- イ 汚泥抜き後に処理水の透視度の上昇、SV30、MLSS の低下が確認された（表 1）。
- ※ 選定農家は、曝気槽内の水を汚泥ごと全量抜き、1 週間ほど曝気を停止した後、曝気槽内の水量が元に戻ったところで曝気を再開するという方法がとられていた。

(2) 小規模試験

- ア 廃棄乳の投入により pH および ORP が低下し、その後低い値で推移した（図 2）。
- イ 廃棄乳投入後の処理水における SS、BOD、pH はいずれも排水基準値を満たさない値となった（表 2）。

[具体的データ]

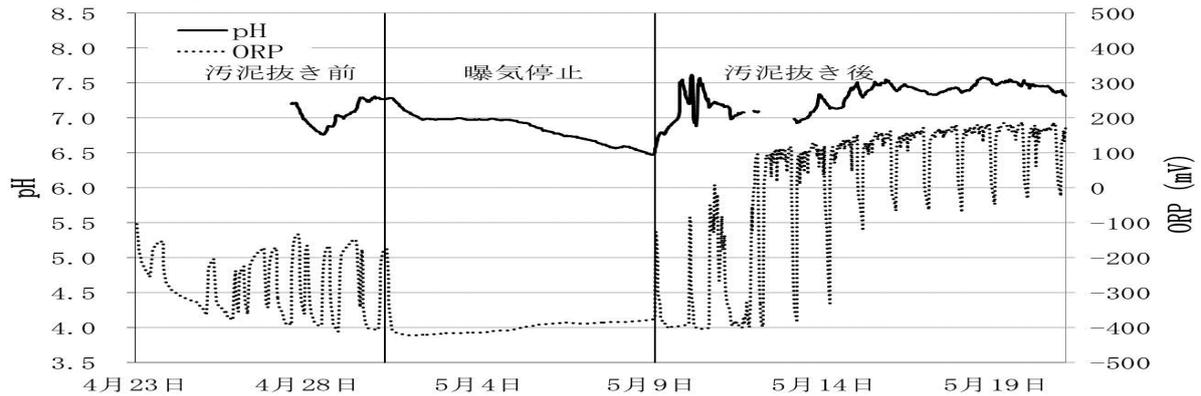


図1 現地調査における曝気槽での pH と ORP の推移

表1 現地調査における汚泥抜き前後の水質

調査日	汚泥抜き	排水				処理水				曝気水			
		SS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	pH	SS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	pH	透視度	大腸菌群数 (個/cm ³)	MLSS (mg/L)	SV30 (%)
4月28日	前	1,164	641	1,309	6.6	2	72	11	8.2	6	1,240	10,749	96
6月2日	後	1,357	822	1,259	6.8	18	64	9	8.1	22	930	2,984	23

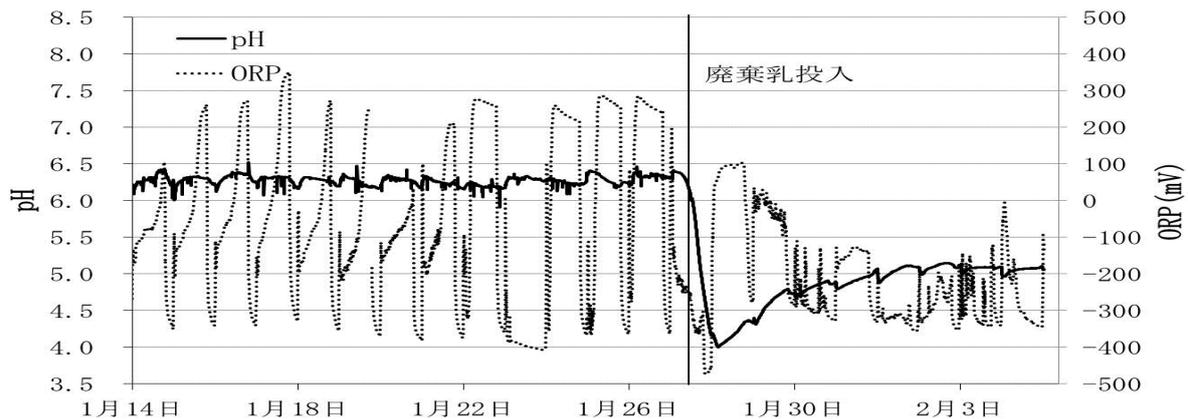


図2 小規模試験における曝気槽の pH および ORP の推移

表2 廃棄乳投入前後の小規模試験における処理水の水質

調査日	廃棄乳投入	SS	SS	BOD	BOD	pH
		(mg/L)	除去率 (%)	(mg/L)	除去率 (%)	
1月18日	9日前	9	99.1	28	97.3	6.8
1月27日	1.5時間前	51	93.5	14	98.9	7.5
1月28日	1日後	1,389	93.3	3,400	85.4	4.6
2月1日	5日後	704	32.0	21,100	ND	5.5

4. 今後の問題点と次年度以降の計画

精度を高めるため、次年度は1～2戸の現地実証試験を行う。

また、小型試験装置を用い、曝気槽へ洗浄液(次亜塩素酸ナトリウム)の投入を行い、pHおよびORPの変化を確認するとともに処理水への影響も調査する。

10 低コスト臭気抑制対策技術の確立

担当部署名：畜産環境研究室

担当者名：○前田綾子、加藤大幾、木下強

研究期間：平成26年度～27年度（完了） 予算区分：県単

1. 目的

本県における畜産経営に起因する苦情の約67%は悪臭に関するものであり、特に養豚の件数に対する割合は多い。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情である。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、畜舎に関わるものは少ない。平成25年度まで行っていた「豚舎臭気発生要因の解明」の試験で、豚舎から発生する臭気は、主に低級脂肪酸及びアンモニアということを確認した。また、前年度は、県内で手に入る4つの資材を1週間程、低級脂肪酸の脱臭効果について検討した。今年度は長期間脱臭効果が持続するか大谷石資材で検討した。

2. 方法

- (1) 試験区 大谷石区 大谷石（粒径5～10mm）のものを使用
ロックウール区 市販の脱臭資材であるロックウールを対照区として使用
無処理区 資材無し
- (2) 臭気源 ア アンモニア溶液(0.1mol/l、リン酸緩衝液0.5mol/L、pH8.5)
イ 低級脂肪酸溶液（プロピオン酸12.8g/L、n-酪酸10.7g/L、i-吉草1.8g/L、n-吉草酸2.7g/L、pH6.2）
当センターの豚ふん臭気実測濃度に基づき試薬を調整
- (3) 分析項目 アンモニア及び低級脂肪酸（プロピオン酸、n-酪酸、i-吉草及びn-吉草酸）の臭気強度（濃度から推定式により換算し、5以上は5とした（最大値5）、数字が大きいほど強い臭気）、実験室内温度
- (4) 試験装置 アンモニア溶液を容器（500ml）に100ml入れ、ヘッドスペース部分に通気量0.1L/分の空気を流してアンモニア臭気を発生させた。また低級脂肪酸溶液を容器（940ml）に100ml入れ、ヘッドスペース部分に通気量0.9L/分で空気を流して低級脂肪酸臭気を発生させた。それらの発生臭気を混合したのち脱臭資材（円筒容器 直径8cm×30cm）に1L/分の流量で流し、循環水は、0.6mL/分で流し、資材の脱臭性能を比較した（図1）。1週間おきに臭気の溶液を交換した。

3. 結果の概要

(1) アンモニアの脱臭効果について

無処理区のアンモニアの臭気強度は、3～5の間で推移した。大谷石区とロックウール区では、すべての期間で無処理区と比較して、臭気強度は低い値で推移した。また大谷石区は、ロックウール区に比べ、短時間で臭気強度が低下し、長期間脱臭性能を持続した（図3）。

(2) 低級脂肪酸の脱臭効果について

無処理区の低級脂肪酸の臭気強度は、4～5で推移した。実験室内の平均温度が上がるにつれプロピオン酸とi-吉草臭気強度も上昇した（図2、4）。大谷石区とロックウール区では、すべての期間で無処理区と比較して、臭気強度は低い値で推移した。大谷石区は、ロックウール区に比べn-酪酸の脱臭効果が若干劣るが、その他のプロピオン酸、i-吉草及びn-吉草酸の脱臭効果は同程度であった。

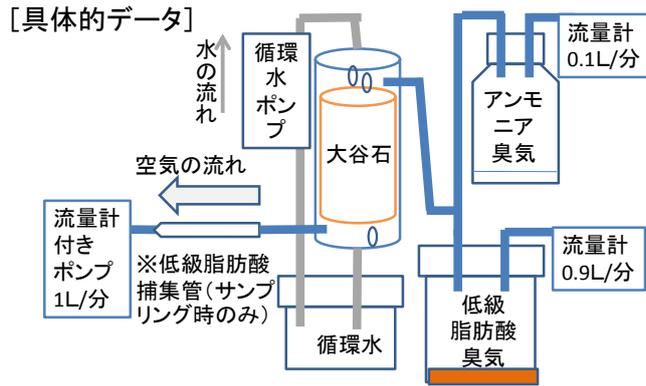


図1 脱臭資材試験装置の概要 (左: 略図、右: 装置写真)

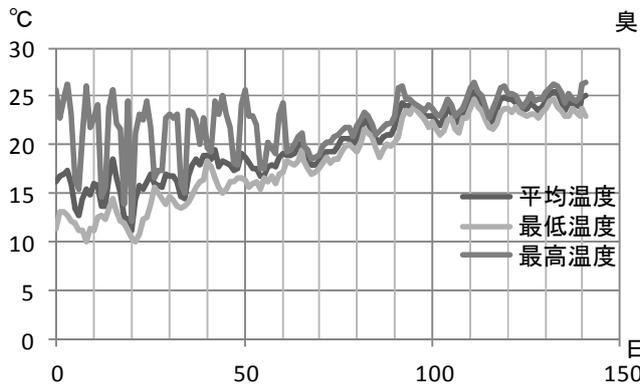


図2 試験期間中の実験室内の温度の推移

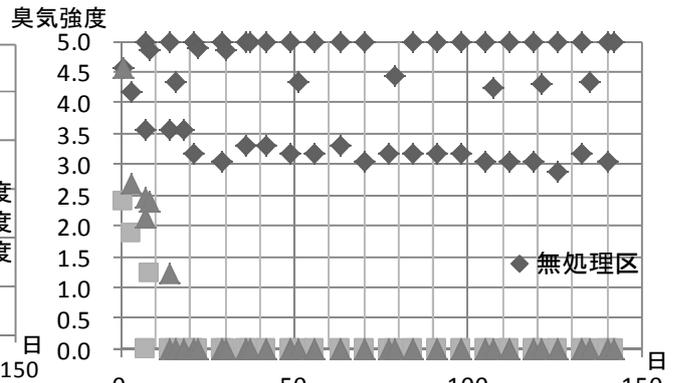


図3 アンモニアの臭気抑制効果について

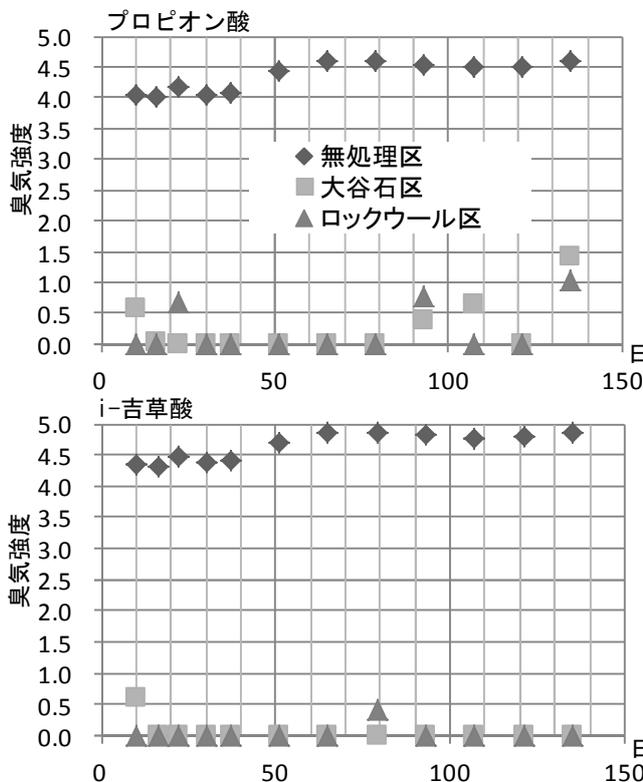
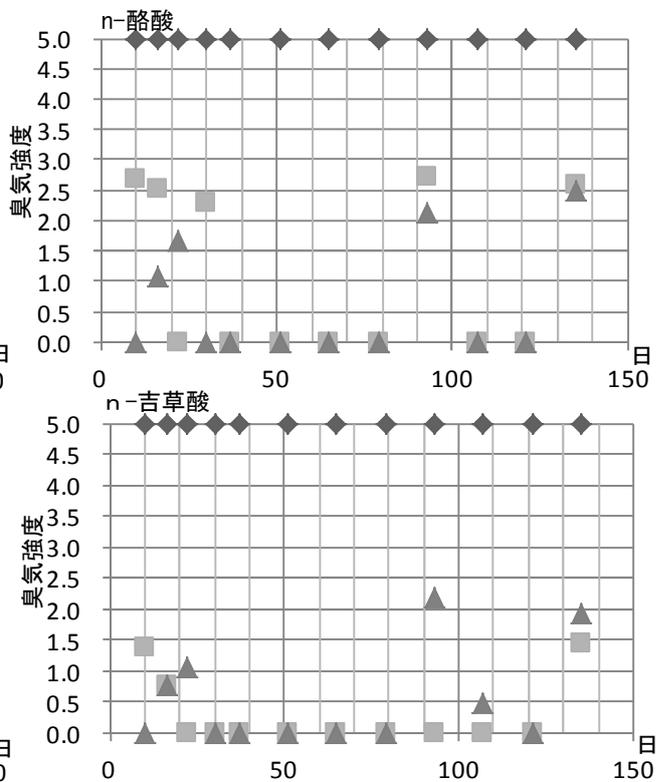


図4 低級脂肪酸 (プロピオン酸、n-酪酸、i-吉草酸、n-吉草酸) の臭気抑制効果について



4. 今後の問題点と次年度以降の計画

本成果の実用化にあたり、大谷石脱臭槽の実規模での脱臭効果や経済性について調査する必要がある。

11 閉鎖型畜舎に適した脱臭技術の開発

担当部署名：畜産環境研究室

担当者名：○前田綾子、加藤大幾、木下強

研究期間：平成26年度～27年度（完了） 予算区分：受託

1. 目的

本県における畜産経営に起因する苦情の約67%が悪臭に関することであり、新たな畜舎建設ができなくなるなどの問題が発生することも考えられる。新たに畜舎等を建設する場合は、脱臭システムを一体的に整備するなど、より一層の臭気対策に対する配慮が必要である。

近年、閉鎖型畜舎（ウインドレス畜舎）が増えてきているが臭気対策は十分でない場合が多い。

県内に新たなシステムの閉鎖型プッシュ・プル横断換気搾乳牛舎（次世代閉鎖型牛舎）が建設されているが、臭気対策が確立されていない。そこで次世代閉鎖型牛舎から発生する臭気の季節ごと発生量等を明らかにするとともに、適した脱臭技術について検討する。

2. 方法

(1) 次世代閉鎖型牛舎から発生する臭気の検討

ア 調査期間 H27.4～H28.1

イ 調査箇所 排気側（無処理区）、吸気側、給餌通路（図1）

ウ 調査項目 風速、臭気強度（アンモニア、硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチル、プロピオン酸、n-酪酸、i-吉草酸及びn-吉草酸）及び臭気指数（相当値）※ ※畜環研式ニオイセンサで測定

(2) 次世代閉鎖型畜舎から発生する臭気の脱臭方法の検討

ア 試験方法 牛舎の排気側に脱臭装置（図5）を取り付けて、無処理区（図1）及び散水の有無で比較

イ 充填材 果樹剪定枝（切断長10～20mm）、麦わら（切断長100～200mm）、大谷石（粒径5～10mm）

ウ 充填厚 460mm：果樹剪定枝及び麦ワラ 80mm：大谷石

エ 調査項目 (1)と同じ

3. 結果の概要

(1) 次世代閉鎖型牛舎から発生する臭気の検討

次世代閉鎖型牛舎から発生する臭気成分は、アンモニア、硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチルであり、二硫化メチルと低級脂肪酸の発生はほとんどなかった。

臭気強度及び臭気指数（相当値）は、夏が低く、冬が高いことが確認でき、牛舎内の風速が速くなるほど臭気強度及び臭気指数（相当値）は低下する傾向が見られた。アンモニア及びメチルメルカプタンが、冬に臭気強度2.5以上と高めの傾向を示した（図2、3、4）。

日変動については、1時間中の最大の臭気指数（相当値）を示したが、朝、夕の餌の給餌作業時に値が増加した（図6）。

(2) 次世代閉鎖型畜舎から発生する臭気の脱臭方法の検討

アンモニアは、大谷石区で、47%の低減効果がみられた。なお、他の充填材では効果がみられなかったが、その理由としては、測定時期に牛舎からのアンモニア発生量が少ないため、差異が確認できなかった可能性も考えられた（表1）。また硫黄化合物と低級脂肪酸の低減はみられなかった。

臭気指数（相当値）は、麦ワラの散水区を除いた各脱臭区で低くなった。臭気指数（相当値）の低減率が最も大きかったのは、剪定枝区であった（表1、図6）。

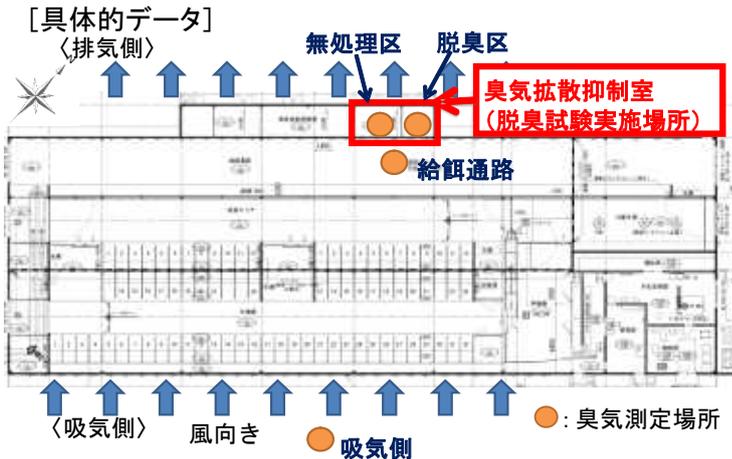


図1 次世代閉鎖型牛舎の平面図及び臭気測定場所

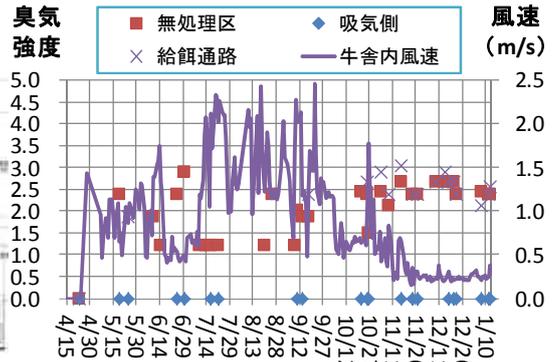


図2 次世代閉鎖型牛舎から発生したアンモニア臭気強度及び牛舎内の風速(1日の平均値)の推移

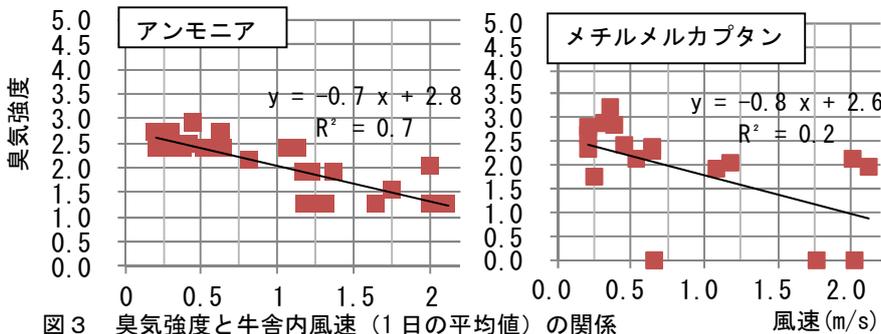


図3 臭気強度と牛舎内風速(1日の平均値)の関係

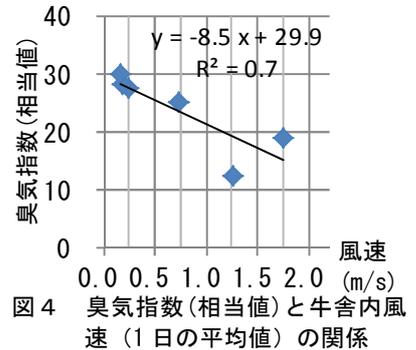


図4 臭気指数(相当値)と牛舎内風速(1日の平均値)の関係

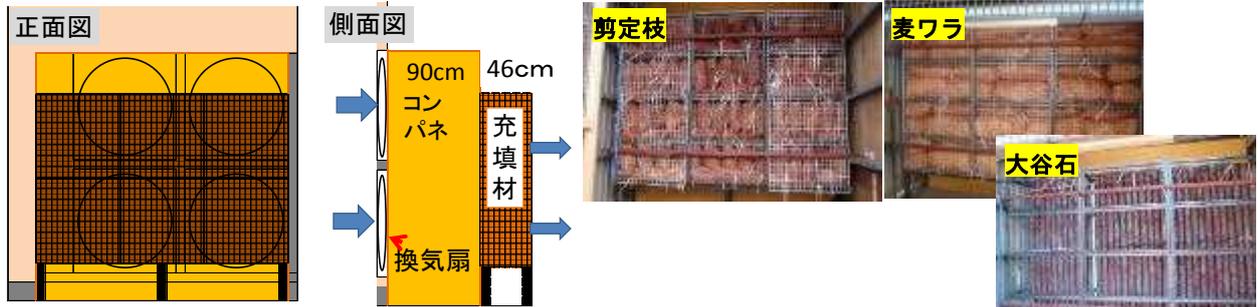


図5 次世代閉鎖型牛舎臭気拡散抑制室に設置した脱臭装置の模式図及び写真

表1 脱臭装置のアンモニアと臭気指数(相当値)低減率及び接触時間

充填材	水散布の有無	アンモニア			臭気指数(相当値)			接触時間(sec)
		無処理区(ppm)	脱臭区(ppm)	低減率(%)	無処理区	脱臭区	低減率(%)	
剪定枝	無	0.9	0.6	32.4	12.3	6.1	50.8	1.16
	有	0.2	0.2	0.0	19.1	10.7	44.2	1.12
麦ワラ	無	0.6	0.6	2.3	25.3	20.7	18.4	1.78
	有	0.9	0.8	7.4	27.5	27.7	-0.5	2.86
大谷石	無	1.0	0.5	48.4	30.0	27.3	9.0	0.83
	有	1.4	0.7	47.1	28.2	24.2	14.0	1.00

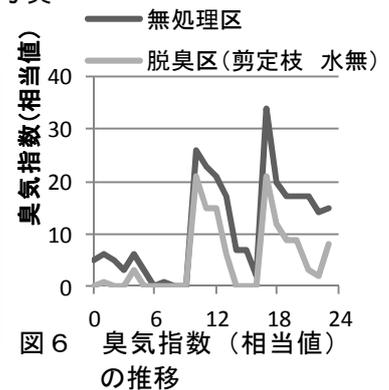


図6 臭気指数(相当値)の推移

4. 今後の問題点と次年度以降の計画

- (1) 冬は換気量が少なくアンモニアなどの臭気濃度が上昇するため、牛の状態を考慮しながら定期的な換気を行う。
- (2) 牛以外の畜種についても畜舎の排気口から発生する臭気や粉塵などの拡散抑制対策として、果樹剪定枝や大谷石粒を充填材とする低コスト脱臭装置は有効であると考えられる。ただし、有機物系の資材(果樹剪定枝など)は、定期的な交換が必要である。
- (3) 換気を妨げない充填材の密度や充填厚を引き続き検討する必要があると考えられる。