

## 22 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、高柳晃治、加藤大幾

研究期間：平成 20(2008)～平成 30(2018)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源としたバイオガスシステムの実証に取り組んでいる。

平成 29 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、豚舎汚水(豚尿、豚舎洗浄水等)を投入原料としてメタン発酵試験を実施し、ガスの発生効率、消化液の性状、臭気の発生状況について明らかにした。

### 2. 方法

#### (1)プラント稼働状況調査

H29 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)豚舎汚水投入試験

1.8 m<sup>3</sup>/日(バキュームカー1 台分)の豚舎汚水をバイオガスプラントの原料として投入した際の、設備への影響、ガスの発生効率、消化液の性状について H27 年度のデータと比較検証した。

### 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。

平成 28 年度に芳賀分場施設の移転統合が実施され、家畜管理施設等が増えたために所内電力使用量が増え、電力自給率が半減した。

#### (2)豚舎汚水投入試験

1.8 m<sup>3</sup>/日(バキュームカー1 台分)の豚舎汚水をバイオガスプラントの原料として年間をとおして投入し、設備への影響、ガスの発生効率、消化液の性状について検証した結果、投入原料全体の水分は H27 年度の平均が 91.9%に対し、H29 年度は 93.7%と水分率が高くなっていた(図 1)。

消化液の pH は、H27 年度の平均 7.85 に対し、H29 年度は 7.56 と若干低い値を示した。また、消化液の酸化還元状態を示す ORP は H27 年度の平均 -321mV に対し、H29 年度は -351mV と若干低い値を示した。バイオガス発酵槽内の状態を示す指標となる消化液の pH、ORP とも、若干値に変動はみられたが養豚汚水の投入有無にかかわらず適正な範囲であった。

1日あたりのバイオガス発生量は、乳牛飼養頭数の変動もあり、H27 年度の平均 80Nm<sup>3</sup>に対し、H29 年度は 78Nm<sup>3</sup>と若干低い値を示した。

[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 <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /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%
H28年	42.8	4.69	0.0	135.5	72.4	121.4	3,693	39,159	9%
H29年	42.0	5.32	0.0	200.9	78.0	119.0	3,621	51,371	7%

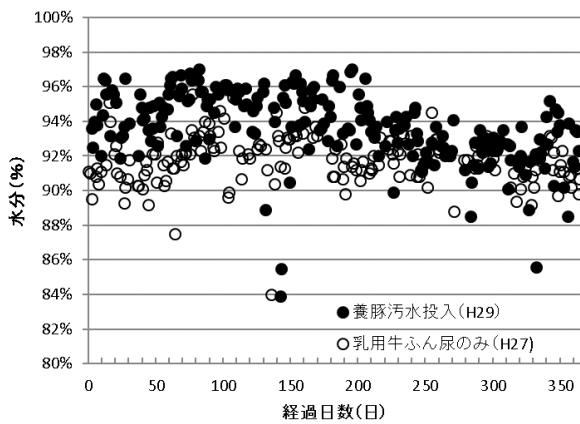


図1 投入原料の水分

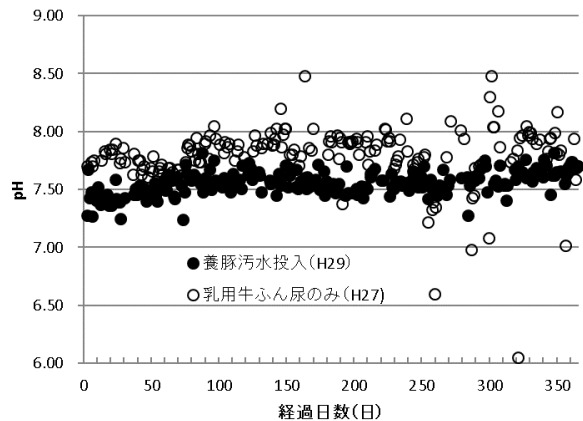


図2 消化液のpH

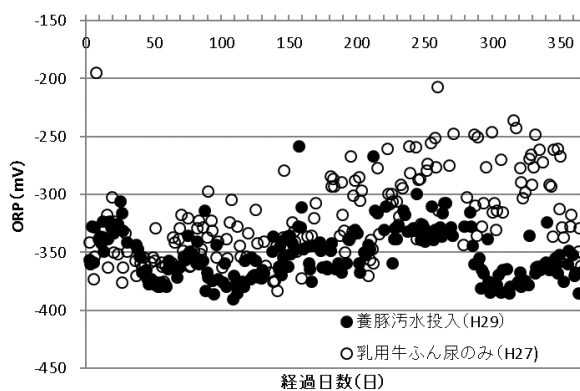


図3 消化液のORP

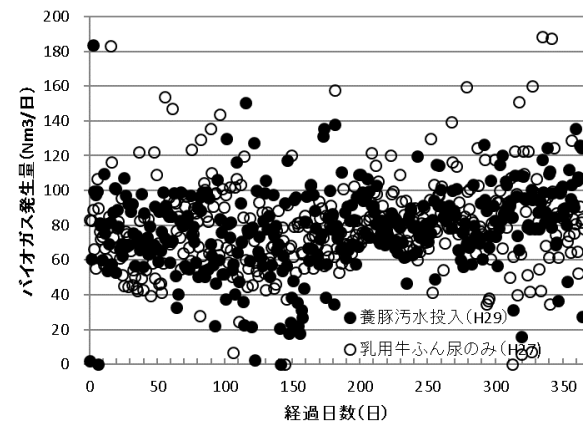


図4 バイオガス発生量

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、引き続きメタン発酵プラントの稼働状況や長期運転による施設への影響等について検証する。

## 23 畜産経営における臭気低減対策評価手法の確立

担当部署名：畜産環境研究室

担当者名：○高柳晃治、加藤大幾、木下強

研究期間：平成 27(2015)～平成 29(2017)年度（完了）

予算区分：県単・受託

### 1. 目的

前年度までに機器の携帯性、測定時間の迅速性、記録機能等の特徴を持つニオイセンサと GPS ロガーを組み合わせた臭気マッピング手法を開発した。今年度はさらに迅速に各種の媒体で臭気マップ表示できるように臭気マッピング手法の改良を行った。また、ウインドレスの肥育豚舎において、豚舎内の作業別の臭気指数(相当値)や臭気の原因となる成分の特徴を明らかにするとともに、各種の臭気低減技術の導入効果を臭気指数等で明確化することにより、生産現場における的確な臭気対策技術の選定の一助とする。

### 2. 方法

#### (1) 臭気マッピング手法の改良

(ア)測定項目 位置情報(緯度、経度)、臭気指数(相当値)

(イ)測定方法 GPS ロガーと畜環研式ニオイセンサを 10 秒間隔で記録しながら畜舎周りを移動

#### (2) 農場内で発生する臭気の数値化及び悪臭成分の把握

(ア)測定場所 肥育豚舎(栃木県畜産酪農研究センター内)

(イ)測定作業 豚舎内作業

(ウ)測定項目 畜環研式ニオイセンサで臭気指数(相当値)を測定(1 分間隔)

アンモニア(検知管)、硫黄化合物及び低級脂肪酸(ガスクロ)の測定

GC/MS で特定悪臭物質以外の臭気成分を測定

#### (3) 気象状況による臭気の発生状況の把握

(ア)測定場所 大規模養豚農場およびその周辺

(イ)測定項目 臭気指数(相当値) 風向、風速、温度、湿度

### 3. 結果の概要

国土地理院のマップシートを用いて臭気マッピング手法に改良を加えることでスマートフォンやタブレット等での表示が可能になった(図 1)。これにより、臭気発生箇所の特定、対策前後での改善効果が可視化され、農家及び関係機関との情報の共有がスムーズに行えるようになり、農家の臭気低減対策への意欲の向上がみられた。肥育豚舎内の臭気指数(相当値)を 24 時間連続で記録したところ、強制換気時のみ大幅な低下がみられたが、豚舎内作業と臭気の関連は不明確であった(図 2)。肥育ステージの異なる豚舎で臭気成分の特定悪臭物質以外の臭気成分分析を実施したところ、肥育豚舎では他よりも高い p クレゾールが検出された(表 1)。臭気低減対策の効果について、臭気指数(相当値)を用いて数値化した(図 3)。

養豚農場及びその周辺に 19 台のニオイセンサを配置し、約 40 時間連続で臭気指数(相当値)記録したところ、農場から約 1.5km 離れた場所で農場が風上になる際に強い臭気指数(相当値)が記録された。これにより、臭気の拡散予測技術の可能性が示唆された(図 4)。

### 4. 今後の問題点と次年度以降の計画

臭気を媒介する粉塵の除去及び拡散防止に関する試験に取り組む。

[具体的データ]

形状	アイコン	アイコン(標準) [高さ]	緯度	経度	属性(施設) [種別]	時刻
77	10	36.8478565	140.0890285	4	1019.52	
77	11	36.8478565	140.0890285	7	1000.02	
77	14	36.8478565	140.0890285	0	0000.12	
77	15	36.8478565	140.0890285	0	0000.22	
77	16	36.8478565	140.0890285	0	0000.32	
77	17	36.8478565	140.0890285	0	0000.42	
77	18	36.8478565	140.0890285	0	0000.52	
77	19	36.8478565	140.0890285	0	0001.02	
77	20	36.8478565	140.0890285	0	0001.12	
77	21	36.8478565	140.0890285	0	0001.22	
77	22	36.8478565	140.0890285	0	0001.32	
77	23	36.8478565	140.0890285	0	0001.42	
77	24	36.8478565	140.0890285	0	0001.52	
77	25	36.8478565	140.0890285	0	0002.02	
77	26	36.8478565	140.0890285	0	0002.12	
77	27	36.8478565	140.0890285	0	0002.22	
77	28	36.8478565	140.0890285	0	0002.32	
77	29	36.8478565	140.0890285	0	0002.42	
77	30	36.8478565	140.0890285	0	0002.52	
77	31	36.8478565	140.0890285	0	0003.02	
77	32	36.8478565	140.0890285	0	0003.12	
77	33	36.8478565	140.0890285	0	0003.22	
77	34	36.8478565	140.0890285	0	0003.32	
77	35	36.8478565	140.0890285	0	0003.42	
77	36	36.8478565	140.0890285	0	0003.52	
77	37	36.8478565	140.0890285	0	0004.02	
77	38	36.8478565	140.0890285	0	0004.12	
77	39	36.8478565	140.0890285	0	0004.22	
77	40	36.8478565	140.0890285	0	0004.32	
77	41	36.8478565	140.0890285	0	0004.42	
77	42	36.8478565	140.0890285	0	0004.52	
77	43	36.8478565	140.0890285	0	0005.02	
77	44	36.8478565	140.0890285	0	0005.12	
77	45	36.8478565	140.0890285	0	0005.22	
77	46	36.8478565	140.0890285	0	0005.32	
77	47	36.8478565	140.0890285	0	0005.42	
77	48	36.8478565	140.0890285	0	0005.52	
77	49	36.8478565	140.0890285	0	0006.02	
77	50	36.8478565	140.0890285	0	0006.12	



図 1 国土地理院マップシートを使用して作成した臭気マップ (左: PC 右: スマートフォン)

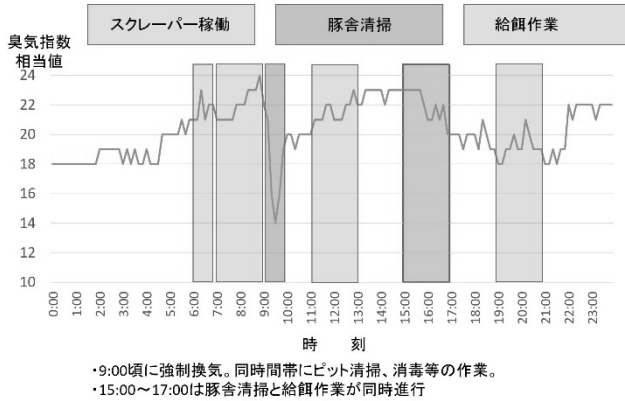
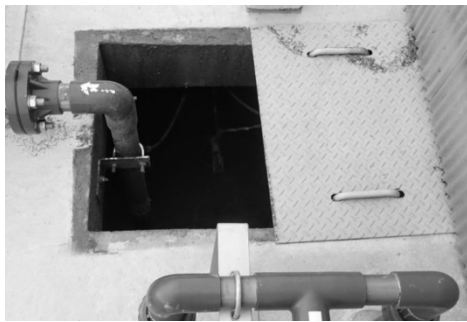


表 1 特定悪臭物質以外の臭気成分 (閾値倍率)

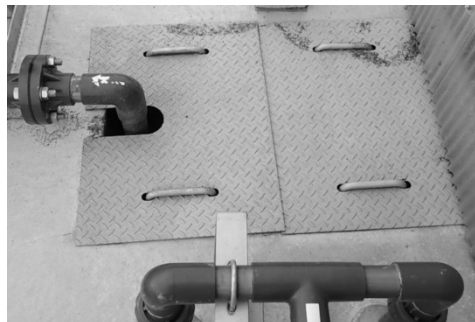
臭気成分名	肥育豚舎	離乳豚舎	繁殖豚舎
i酪酸	1.2	3.7	2.2
カプロン酸	—	2.0	—
フェノール	—	—	—
Pクレゾール	69.8	13.0	11.5
インドール	—	—	—
スカトール	—	—	—
3フェニルプロピオン酸	—	—	—

図 2 肥育豚舎内の臭気指数 (相当値) の推移



フタ開放時

臭気指数 (相当値) 18



フタ設置時

臭気指数 (相当値) 0

図 3 臭気低減対策の数値化



図 4 養豚農場及びその周辺の臭気マップ

## 24 家畜ふん堆肥化時に発生する臭気拡散防止技術の開発

担当部署名：畜産環境研究室

担当者名：○木下 強、高柳晃治、加藤大幾

研究期間：平成 27(2015)～平成 29(2017)年度（完了） 予算区分：受託

---

### 1. 目的

畜舎や家畜ふん堆肥化施設から施設外に拡散する臭気の多くは粉塵に付着して拡散することが、これまでの研究から明らかになってきており、臭気の媒体である粉塵をターゲットとした臭気拡散抑制技術の開発が進められている。

県内の畜産農家には多種多様な堆肥化施設が設置されているが、密閉型堆肥化施設を除き、臭気と粉塵が最も多く発生するのは堆肥発酵中原料の切り返し作業時であると考えられることから、自動機械による攪拌・切り返し作業に特化した臭気や粉塵の発生と拡散を抑制する技術を確立する。なお、本研究は農研機構畜産部門の受託を受けて実施した。

### 2. 方法

#### (1) 試験装置の概要

栃木県内でも普及台数が最も多い(約 200 台)ロータリ攪拌機に水溶液噴霧装置を搭載し、攪拌時に水や水溶液を噴霧することにより、臭気を媒介する粉塵拡散を抑制する。

当センター内に設置されているロータリ攪拌型堆肥化施設(発酵槽有効長:33m、発酵槽全幅:5m、堆積深さ:50cm)に、農研機構が試作した噴霧装置を搭載し、攪拌時に水を噴霧することにより、臭気を媒介する粉塵拡散の抑制を図った(図 1)。

今年度は、水噴霧に加え、攪拌機の前後に取り付けた粉塵落下室カバー下にゴムラバーを設置(図 2)して攪拌部の密閉度を高めることによる粉塵発生量抑制効果を検討した。

#### (2) 堆肥化作業時に発生する臭気及び粉塵の実態調査

供試ふん尿は、牛舎から搬出されたおが屑混合肉用牛ふん尿を堆肥化施設全面に投入し、約 1 か月間、1 日 1 往復攪拌することで発酵、乾燥を促進した後、調査した。

粉塵の外部環境への飛散量を測定するため、堆肥化施設の搬出口に断面積約 0.77 m<sup>2</sup>×長さ 8.1m の短形ダクトや整流格子、送風機(ナカミ BF-75V)や風速センサ(testo 440 φ16mm ベーン式プローブ)等で構成される風量測定装置を JIS B8830 に準じて試作(農研機構)し、送風機を設置して施設内の空気が一定方向に流れるようトンネル換気した(図 3)。

粉塵濃度については、ハイボリュームエアサンプラ(SHIBATA HV-500F)と集塵フィルタ(ADVANTEC GB-100R、JIS B8813)を利用した浮遊粉塵濃度測定法(JIS 8813-1994)で定点測定を行った。アンモニア濃度については、ホウ酸トラップ(JIS Z8808 に準じてガス採取、JIS K 0099 のインドフェノール青吸光度法)による定点測定を行った(図 3)。粉塵濃度、アンモニアガス濃度のいずれも風量測定装置で求めた風量を乗じて発生量として評価した。

### 3. 結果の概要

(1) 調査日:2017 年 8 月 7、9、10 日、調査日3日間の施設中央部気温:23.8～70.9℃。堆肥化施設では肉牛舎からのオガグズ入りのふん尿を堆肥化処理しており、堆肥の含水率は搬入側(妻面東側)で 35～40%、搬出側(妻面西側)で 24～32%であった。妻面西側に風量測定装置を設置した後に、施設の全面を簡易密閉し、換気は風量測定装置だけで行われるとすると、換気回数は 7.2～7.5 回/h であった。試験時における施設内の平均気温は 23℃(16～25)、湿度は 36%RH(25～50)であった。

(2) 攪拌時に発生した粉塵濃度は「水噴霧無し・ゴムカバー無し」、「水噴霧無し・ゴムカバー有」、「水噴霧有・ゴムカバー有り」の順にそれぞれ 2.2、1.1、1.1mgDM/m<sup>3</sup>であった。同様にアンモニア濃度はそれぞれ 3.5、1.8、1.7mgNH<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>であった。

これらの濃度に風量に乗じて求めた飛散した粉塵量は対照区で最も多く、ゴムカバーを設置した場合に粉塵量は 50%以上低減したが、水噴霧の効果は顕著ではなかった(図 4)。同様に、アンモニア量は対照区で最も多く、「水噴霧無し・ゴムカバー有」と「水噴霧有・ゴムカバー有り」ではそれぞれ 48%、52%低減した(図 5)。

[具体的データ]

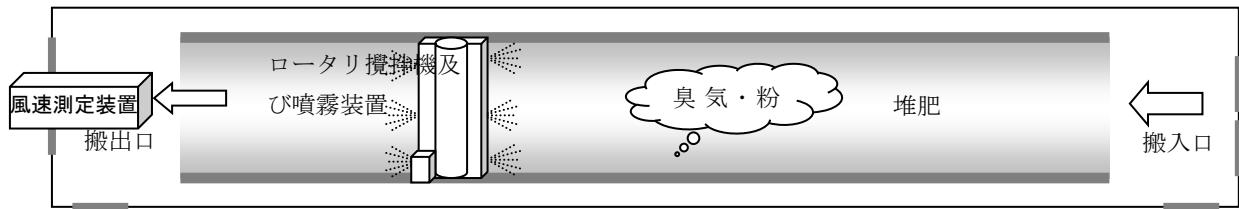


図 1 堆肥化施設の平面図及び試作装置の配置図

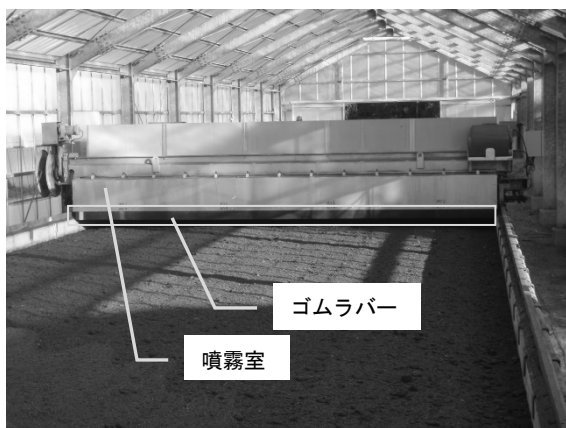


図 2 ロータリ攪拌機及びゴムラバー取付状況



図 3 臭気及び粉塵測定装置

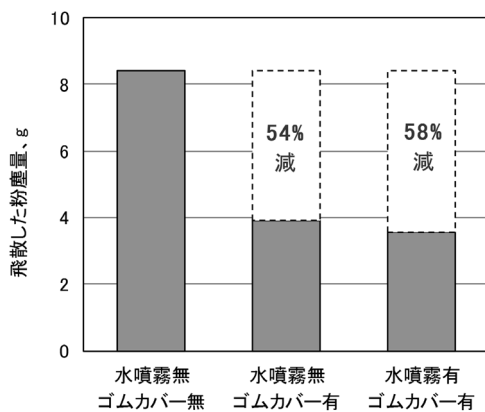


図 4 飛散した粉塵量の比較  
(2~3回反復の平均値)

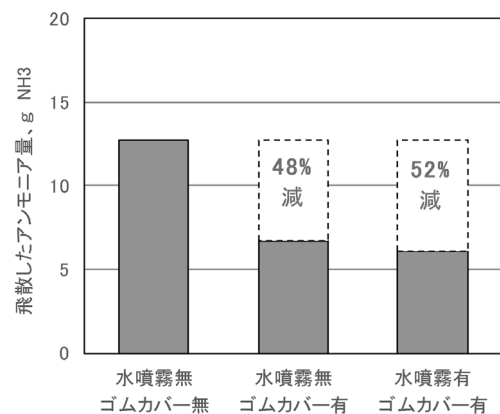


図 5 飛散したアンモニア量の比較  
(2~3回反復の平均値)

4. 今後の問題点と次年度以降の計画

この成果は、肉用牛のふん尿を用いて得られた成果であり、他の畜種でも同様の効果が得られるか検証が必要である。

## 25 養豚排水の現地調査および硝酸性窒素等の測定

担当部署名：畜産環境研究室

担当者名：○加藤大幾、高柳晃治、木下強

研究期間：平成 29 (2017)～平成 30 (2018) 年度（継続） 予算区分：県単

---

### 1. 目的

水質汚濁防止法において硝酸性窒素等（アンモニア態窒素×0.4+亜硝酸態窒素+硝酸態窒素）の一般排水基準は 100mg/L であるが、畜産排水では暫定排水基準として 600mg/L (H28.7.1～) が採用されている。しかしいずれは一般排水基準と同様の値に引き下げられる可能性がある。

本研究では栃木県内の養豚排水処理施設の現地調査および硝酸性窒素等をはじめとする各項目の水質分析を実施し、排水中の硝酸性窒素等濃度と飼育頭数や排水処理施設規模等の概要、原污水および処理水における他の水質項目との間にどのような関係があるのかを調査する。

### 2. 方法

養豚農家を選定し(12 戸)、施設についての聞き取り調査と養豚原污水と処理水、曝気槽混合水の水質分析を行い、処理水の各調査項目と硝酸性窒素等濃度との関係性を調査する(1戸の農家に対して、2回の調査を予定)。

#### (1) 調査時期

夏季：平成 29 年 7 月 5 日～平成 29 年 8 月 10 日

冬季：平成 29 年 11 月 10 日～平成 30 年 3 月 7 日

#### (2) 聞き取り調査項目

飼養頭数、排水処理施設の概要(曝気槽の種類、施設規模、糞尿分離の有無等)、  
放流の有無

#### (3) 水質分析

原污水：BOD、COD、SS、pH、大腸菌群数、硝酸性窒素等、T-N、色度

曝気水：pH、MLSS、SV30、DO

処理水：BOD、COD、SS、pH、大腸菌群数、硝酸性窒素等、T-N、色度、透視度

### 3. 結果の概要

- ・今回調査した 12 戸の農家について、処理水の硝酸性窒素等の平均は夏季の調査で 80mg/L、冬期の調査で 67mg/L であった。
- ・処理水の硝酸性窒素等について、すべての農家で暫定排水基準(600mg/l)をクリアしていたが、4戸の農家で一般排水基準(100mg/l)を超過していた(図1)。
- ・一般排水基準を超過していた4戸の農家のうち、夏季のみ超過が2戸、冬季のみ超過が1戸、夏季冬季ともに超過が1戸であった。
- ・今回調査した施設は連続式活性汚泥処理方式が7件、回分式活性汚泥処理方式が5件で、連続式、回分式ともに2戸の農家で一般基準を超過していた。
- ・今回の調査では、処理水の硝酸性窒素等と pH の間に有意な負の相関が認められた(図2)。なお、窒素関係と処理水の pH 以外の分析項目において硝酸性窒素等と有意な相関が確認できた項目はなかった。
- ・今回調査した 12 戸の農家すべてでふん尿分離を行っており、11 戸の農家で放流を行っていた。

[具体的データ]

表1 処理水及び原水の水質分析値（平均）

	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	pH (mg/L)	大腸菌群数 (個/cm <sup>2</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	硝酸性窒素等 (mg/L)	T-N (mg/L)	色度	透視度	
処理水	夏	98	138	66	7.5	499	101	0.3	39	80	149	351	16
		±78	±90	±101	±0.5	±608	±100	±0.5	±111	±114	±138	±302	±11
処理水	冬	45	140	55	7.3	997	46	23	25	67	N.D	241	16
		±46	±78	±91	±0.6	±1,605	±54	±44	±49	±56	N.D	±167	±11
原水	夏	4,652	3,807	4,721	7.5	230,163	1,205	0.2	1.3	483	1,596	5,896	
		±3,283	±2,132	±3,633	±0.4	±288,491	±920	±0.1	±3.7	±368	±1,117	±4,227	
原水	冬	5,847	4,494	11,005	8.0	383,833	2,288	1.8	1.7	919	N.D	14,033	
		±2,642	±3,358	±8,933	±0.6	±275,097	±930	±2.7	±4.6	±370	N.D	±20,578	

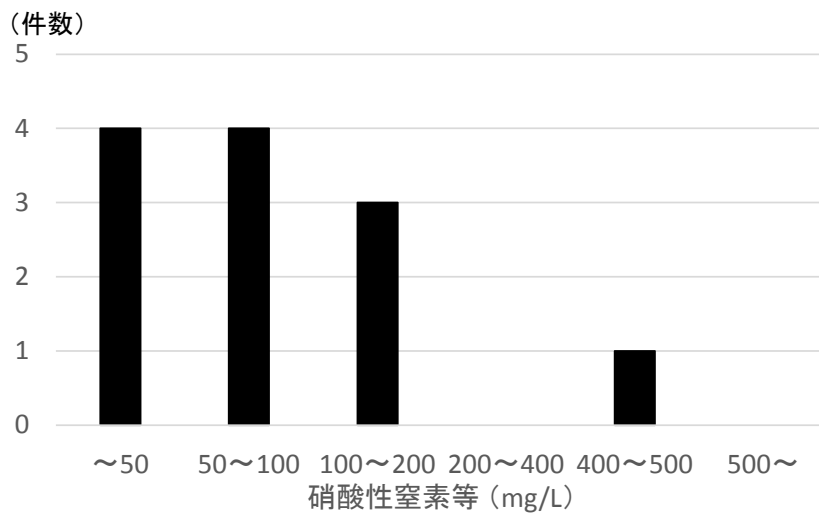


図1 処理水の硝酸性窒素等の分布

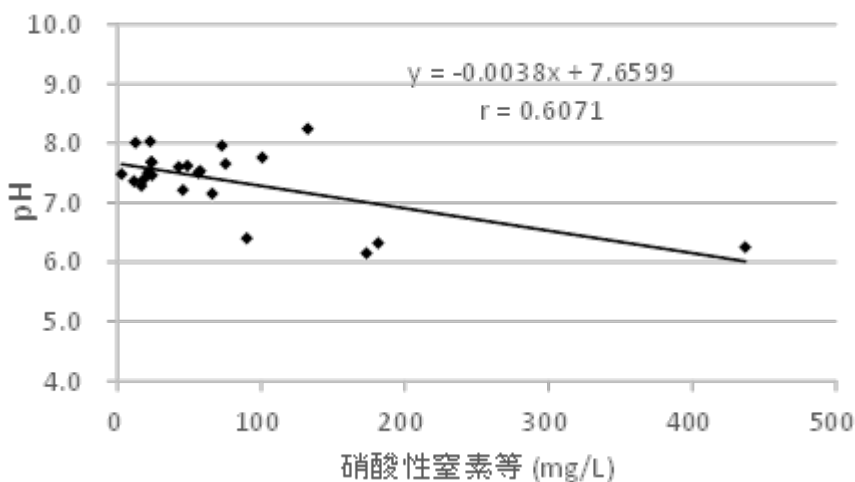


図2 処理水の硝酸性窒素等と pH の関係

4. 今後の問題点と次年度以降の計画

次年度も同様に夏冬に現地調査を実施する。