

(成果情報名) 養豚排水処理における BOD 監視システムを用いた窒素除去技術							
(要約) 発電細菌を利用して生物化学的酸素要求量(BOD)を6時間で測定できる「BOD 監視システム」を用いることで、養豚排水処理施設の曝気制御が可能となる。曝気制御により、曝気にかかる電気料金の低減および窒素除去効果が期待できる。							
(担当機関) 畜産研究センター・飼養環境班					連絡先	0980-56-5142	
部会	畜産業	専門	環境保全	対象	ブタ	分類	実用化研究

### [背景・ねらい]

BOD は水の汚れの指標であり、排水の浄化処理において重要な測定項目である。従来法による BOD の測定では、5 日間の測定時間を必要とする。当センターを含む研究グループにおいては、発電細菌を利用した BOD を 6 時間で測定できる BOD 監視システムを開発し、BOD の値に基づいた養豚排水処理施設の曝気制御が可能となった。令和元年 7 月に水質汚濁防止法における硝酸性窒素等の畜産農業に対する暫定排水基準が 600mg/L から 500mg/L に強化され、将来的に一般排水基準の 100mg/L に統合される見込みであることから、規制強化への対応が急務である。硝酸性窒素等の除去には曝気を制限することが効果的であることから、BOD 監視システムにより曝気を最適化することで、曝気にかかる電気料金だけでなく、窒素除去効果が見込める。そこで本研究では、BOD 監視システムを当センターの養豚排水処理施設に設置し、曝気制御による電気料金の低減および窒素除去効果について検証する。

### [成果の内容・特徴]

1. BOD 監視システム(図 1)を用いて、当センターの養豚排水処理施設における曝気制御試験を行ったところ、曝気時間が 21 時間から 16 時間に減少し、電気料金が 24%削減された(図 2)。
2. 処理対象汚水(原水)の BOD/N 比は平均 8.6 であり、窒素除去に必要とされる 3 以上の値となっており、好条件であった(表 1)。
3. 曝気制御後に硝酸性窒素等濃度は減少し、試験期間中は一般排水基準 100mg/L を常に下回った。(図 3)。

### [成果の活用面・留意点]

1. BOD 監視システムは、山形東亜 DKK(株)より 2020 年度の市販化を予定している。
2. BOD 監視システムの適用条件は、排水処理施設が適切に設計・管理されていることが必要である(BOD 容積負荷 0.3kg/m<sup>3</sup>/日以下、活性汚泥の沈降性が良好である等)。
3. 一般排水基準を達成するためには、原水の BOD/N 比が 3 以上である必要がある。

### [残された問題点]

養豚排水処理においては冬季に水質が悪化する可能性があるため、冬季を含む通年の水質データに基づき、窒素除去効果を検証する必要がある。

## [具体的データ]

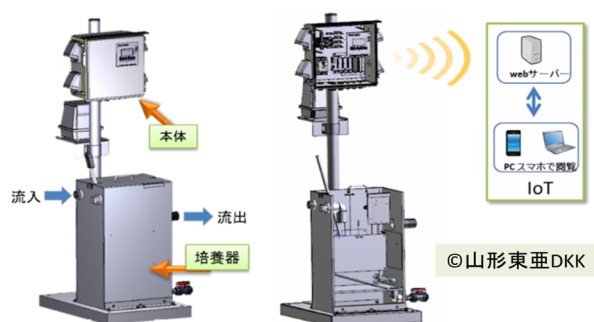


図1 BOD 監視システムの概略

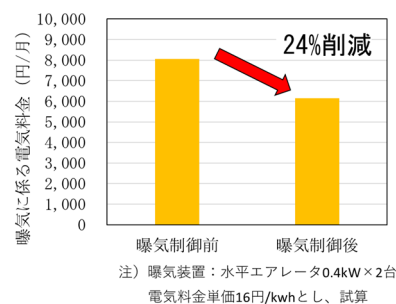


図2 曝気に係る電気料金

表1 原水および処理水の水质

	原水 (n=29)	処理水	
		ばっ気制御前 (n=9)	ばっ気制御後 (n=20)
pH	6.7 ± 0.31	6.9 ± 0.31	7.8 ± 0.22
BOD (mg/l)	3326 ± 1583	10.4 ± 1.89	13.7 ± 9.47
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	—	0.16 ± 0.11	6.97 ± 15.7
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	—	0.01 ± 0.01	0.48 ± 1.76
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	—	112 ± 15.4	34.0 ± 22.1
T-N (mg/l)	387 ± 175	112 ± 16.9	46.4 ± 23.2
BOD/N比	8.6 ± 1.7	—	—

注) 平均値±標準偏差

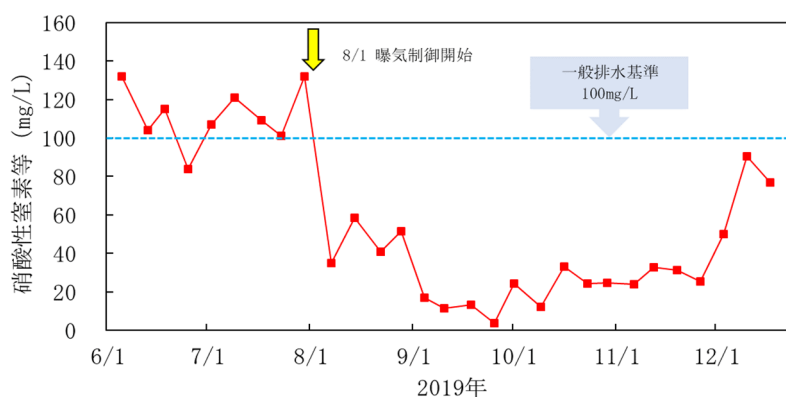


図3 硝酸性窒素等濃度の推移

## [研究情報]

課題 ID : 2017 畜 001

研究課題名 : 炭素繊維等を活用した窒素除去の酸化溝型浄化槽への適用方法の確立

予算区分 : 受託(農研機構生物系特定産業技術研究支援センター)

革新的技術開発・緊急展開事業(うち経営体強化プロジェクト)

「BOD バイオセンサーを利用した豚舎排水の窒素除去システムの開発」

研究期間 (事業全体の期間) : 2017~2019 年度

研究担当者 : 二宮恵介、鈴木直人、片桐慶人、横山浩(農研機構)、伊藤和紀(山形 DKK)

発表論文等 : 1) 二宮恵介ら(2020)沖縄畜研研報、第 57 号掲載予定

## 畜産業分野

(成果情報名) 養豚排水の無加温メタン発酵処理による BOD 除去効果							
(要約) 本県気候下では、冬季の低温時においても養豚排水の無加温メタン発酵処理が可能である。滞留日数を約 30 日に設定することにより、7 割の生物化学的酸素要求量(BOD)を除去することが可能である。							
(担当機関) 畜産研究センター・飼養環境班					連絡先	0980-56-5142	
部会	畜産業	専門	環境保全	対象	ブタ	分類	実用化研究

### [背景・ねらい]

水質汚濁防止法における BOD の一般排水基準は最大 160mg/L であるが、本県における平成 25～26 年度の養豚農家に対する排水実態調査では、冬季の肥育経営において BOD の基準超過割合が高くなっている。ふん尿混合豚舎等からの高濃度に有機物を含む汚水の処理方法としては、古くからメタン発酵処理技術が知られており、近年再注目されている。嫌気条件下で有機物を分解するメタン菌には至適温度帯があり、15～20℃(低温消化帯)、30～37℃(中温消化帯)および 50～55℃(高温消化帯)の 3 つがある。本県の温暖な気候下では、冬季においても断熱材等を使用した保温対策を行うことにより、無加温での汚水のメタン発酵処理の可能性がある。そこで本研究ではメタン発酵槽に断熱材被覆および半地下埋設による保温対策を行い、無加温条件における発酵槽内液温および BOD 除去率に及ぼす影響を検討する。

### [成果の内容・特徴]

1. メタン発酵槽(図 1)において、無処理(対照区)、断熱材被覆(断熱材区)および半地下埋設(半地下区)の対策を行ったところ、すべての区で 50%以上の濃度のメタンガスが発生し、無加温によるメタン発酵が可能であることが明らかとなった(データ省略)。
2. 発酵槽内液温は冬季においてもすべての区で 15℃以上が維持され、断熱材区および半地下区は対照区と比較して、おおむね 2～3℃高い値を示し、保温効果が確認された(表 1)。
3. すべての区において、メタン発酵処理水(消化液)の BOD 濃度は約 1000～3000mg/L の範囲で推移し、期間中の平均 BOD 除去率は約 70%であった(図 2、表 2)。保温による BOD 除去効果に差はみられなかった。

### [成果の活用面・留意点]

1. 本成果は 1 m<sup>3</sup>のメタン発酵槽による試験結果であり、発酵槽への投入汚水量は 30L/日(滞留日数: 33 日)である。

### [残された問題点]

発酵槽への投入汚水量(負荷条件)により、BOD 除去効果は変わる可能性があるため、負荷変動試験による今後のデータの蓄積が必要である。

## [具体的データ]

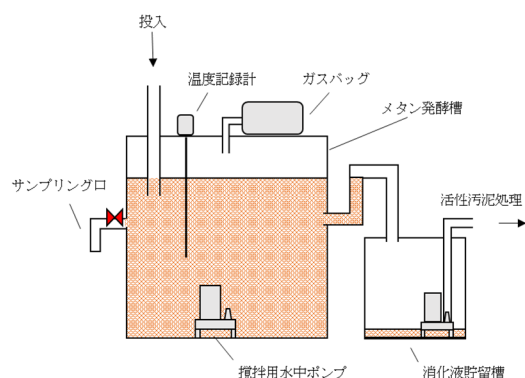


図1 メタン発酵槽の概略

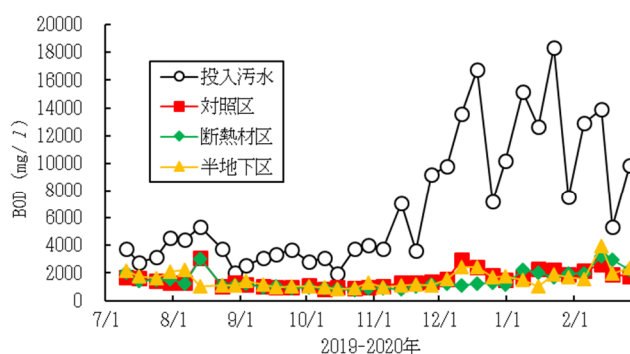


図2 BOD濃度の推移

表1 外気温および発酵槽内液温の推移

単位:℃

	外気温			対照区			断熱材区			半地下区		
	平均値	最高値	最低値	平均値	最高値	最低値	平均値	最高値	最低値	平均値	最高値	最低値
2019年7月	28.7	38.5	24.1	30.0	31.8	27.7	31.7	31.8	29.2	29.9	31.6	28.3
8月	28.5	38.8	24.5	30.1	32.1	28.0	30.8	31.8	29.5	29.8	31.7	27.8
9月	27.0	37.0	23.0	28.7	31.7	25.7	29.9	31.7	28.4	29.2	31.1	27.1
10月	25.0	34.3	19.3	27.2	30.2	24.2	28.2	29.9	26.5	28.1	31.1	26.2
11月	21.9	29.2	15.5	23.9	26.6	21.6	25.1	26.9	23.5	25.0	26.5	23.3
12月	18.6	28.3	13.5	20.5	23.0	17.0	21.9	23.6	20.7	21.9	26.3	20.4
2020年1月	17.0	28.9	10.8	18.9	22.7	15.6	20.2	22.0	18.0	20.7	24.0	19.1
2月	17.1	26.8	8.6	18.5	23.3	15.0	19.7	24.0	17.1	19.7	22.6	18.7

表2 投入汚水, 消化液の水質およびBOD除去率

n=34

	投入汚水		消化液									
			対照区			断熱材区			半地下区			
BOD	(mg/l)	6911 ± 4720	1576 ± 596	1457 ± 657	1557 ± 649	3324 ± 1078	3438 ± 1426	3956 ± 1762	7.5 ± 0.1	7.5 ± 0.1	7.6 ± 0.1	7.5 ± 0.1
SS	(mg/l)	9691 ± 7416	708 ± 116	730 ± 119	709 ± 111	915 ± 155	900 ± 159	918 ± 150	70.5 ± 14.1	72.0 ± 15.0	70.0 ± 15.5	
pH		7.5 ± 0.1										
NH <sub>4</sub> -N	(mg/l)	640 ± 194										
T-N	(mg/l)	1018 ± 353										
BOD除去率 (%)		—										

注) 平均値±標準偏差

## [研究情報]

課題 ID : 2017 畜 002

研究課題名 : 沖縄型簡易無加温メタン発酵処理技術の開発

予算区分 : その他(沖縄型畜産排水対策課題解決モデル事業)

研究期間 (事業全体の期間) : 2017~2019 年度

研究担当者 : 二宮恵介、鈴木直人、片桐慶人

発表論文等 : 1) 二宮恵介ら (2020) 沖縄畜研研報、第 57 号掲載予定

## 畜産業分野

(成果情報名) シークワーサー粕および泡盛蒸留粕の飼料としての有用性の検討							
(要約) シークワーサー粕と泡盛蒸留粕は製造粕類や油粕類と同等の飼料成分を有している。肥育後期における飼料給与量のうち、シークワーサー粕と泡盛蒸留粕は 3~5%まで代替可能である。							
(担当機関) 畜産研究センター・飼養環境班					連絡先	0980-56-5142	
部会	畜産業	専門	飼育管理	対象	ブタ	分類	実用化研究

### [背景・ねらい]

2001年から食品リサイクル法が施行され、畜産分野においては未利用資源の飼料化を進め循環型社会の構築が望まれている。さらに、輸入豚肉の増加や、激化する産地間競争の中で、地域の特色ある豚肉生産が必要である。そのため、特産品の副産物を飼料として利用した豚肉生産が各地で試みられている。本県において、果実粕が年間2千トン、泡盛蒸留粕が年間2万5千トン発生している。特にシークワーサー粕は、栄養価が高く、機能性成分を多く含み活用が期待されているが、飼料化は行われていないため、その有効利用の一助とすべく本試験を実施した。

### [成果の内容・特徴]

1. シークワーサー粕の TDN は 86.3%と、ミカンジュース粕等の果実粕の中でも高く、米ヌカや大豆粕等の製造粕および油粕類と比較しても高い値であった。(表1)。
2. シークワーサー粕の粗タンパクは飼料用穀類と同等度の値であった。また飼料中に添加することで $\alpha$ トコフェロール(ビタミンE)が増加した。(表1)。
3. 泡盛蒸留粕の粗タンパクは 37.6%と、ビール粕や焼酎粕と比べて高く、製造粕類や油粕類の中でも高い値であった。また飼料中に添加することで $\alpha$ トコフェロール(ビタミンE)が増加した。(表2)。
4. シークワーサー粕添加飼料は無添加飼料と同等の嗜好性、増体性であった。(表3)
5. 泡盛蒸留粕添加飼料は無添加飼料と同等の嗜好性、増体性であった。(表4)

### [成果の活用面・留意点]

1. シークワーサー粕と泡盛蒸留粕は肥育後期の飼料として3~5%まで代替可能である。
2. シークワーサー搾り粕の添加割合が5%を超える場合、嗜好性や増体性が低下する可能性があるため、利用する際は給与豚の状態をよく確認する。
3. シークワーサー粕および泡盛蒸留粕を添加する際は、日本飼養標準に基づき適切な飼料設計が必要である。

### [残された問題点]

肉質への影響に関して、シークワーサー粕添加ではドリップロスの低下や脂肪融点の低下、泡盛蒸留粕添加ではドリップロスの低下、 $\alpha$ トコフェロールの増加およびイノシン酸の増加が確認されたが、個体によってばらつきがあり、その要因の解明や、飼料給与方法等を検討し品質の均一化を図っていく必要がある。シークワーサー粕の製造コストは1,750円/kgと高いため、機能性を維持しつつ、より安価な乾燥方法の検討が必要である。

## [具体的データ]

表1 シークワサー粕および給与飼料の成分(乾物当たり)

	シークワサー粕	無添加区	3%	5%
TDN(%)	86.3	81.2	78.9	81
水分(%)	10.4	14.3	13.9	13.5
粗タンパク(%)	9.5	14.7	14.6	14.3
粗脂肪(%)	14	2.6	2.9	3.3
粗繊維(%)	13.1	3.3	3.8	4.1
粗灰分(%)	4.6	5.2	5.3	5.1
Ca(%)	0.81	0.76	0.61	0.66
P(%)	0.2	0.51	0.54	0.49
リジン(%)	1.4	1.1	1.08	1.22
α-トコフェロール(mg/kg)	23.5	6.4	7.5	8.3

※TDNの値は平成29年度分析値。その他の項目は平成30年度分析値。

表2 泡盛蒸留粕および給与飼料の成分(乾物当たり)

	泡盛蒸留粕	無添加区	3%	5%
水分(%)	10.2	13.2	13.1	13.1
粗タンパク(%)	37.6	14.8	15.5	15.7
粗脂肪(%)	0.7	2.1	2.4	2
NDF(%)	41.9	15.7	18.5	16.5
粗灰分(%)	9.5	5	5.2	5.2
Ca(%)	0.18	0.74	0.76	0.64
P(%)	1.71	0.51	0.53	0.57
リジン(%)	0.59	1.16	0.95	1.26
α-トコフェロール(mg/kg)	21.4	6.4	8.9	10.1

※平成30年度分析値。

表3 シークワサー粕給与が増体性に及ぼす影響

形質	無添加区		3%添加区		5%添加区	
	H29	H30	H29	H30	H29	H30
供試期間	62日	54.8日	62日	57日	62日	53.5日
開始体重(kg)	64.5	72.1	68.2	72.3	67.2	72.1
出荷体重(kg)	107.6	118.3	104.6	118	92.9	117.5
DG(kg/日)	0.69	0.84	0.61	0.85	0.43	0.85
飼料摂取量(kg/日)	2.66	3.22	2.26	3.28	1.85	3.39
飼料要求率	3.81	3.83	3.69	3.92	4.32	4.00
枝肉重量(kg)	75.5	84.3	73.3	84.3	65.3	81.3
背脂肪厚(cm)	1.62	1.55	1.35	1.50	1.23	1.63

表4 泡盛粕給与が増体性に及ぼす影響(H30)

形質	無添加区	3%	5%
供試期間	49.2日	44.6日	43.6日
開始体重(kg)	70.8	68.8	72.6
出荷体重(kg)	116.5	115.6	117.6
DG(kg/日)	1.00	1.01	1.00
飼料摂取量(kg/日)	3.29	3.27	3.28
飼料要求率	3.28	3.25	3.27
枝肉重量(kg)	79.8	78.5	81.6
背脂肪厚(cm)	1.53	1.64	1.64

## [研究情報]

課題 ID : 2017 畜 003

研究課題名 : 沖縄県エコフィード利用推進体制整備事業 (沖縄県独自の未利用資源を活用した地域ブランド豚肉生産技術の確立)

予算区分 : 沖縄振興特別推進交付金

研究期間 : 2017~2018

研究担当者 : 當眞嗣平、豊島靖、普照恭多、安里直和、鈴木直人

発表論文等 : 普照恭多ら(2020)沖縄畜研研報、第 58 号掲載予定

## 畜産業分野

(成果情報名) 豚赤痢の疫学調査及び診断技術							
(要約) 豚赤痢は沖縄本島内の肥育農場で浸潤率が高く、分離率は直接塗抹法よりスライス法の方が高かった。分離された豚赤痢菌の多くが薬剤に耐性を示し、 <u>tvaA</u> 遺伝子を保有していた。 <u>PFGE</u> では疫学関連農場で類似パターンを示し、 <u>MLST</u> では2つのグループに分類された。							
(担当機関) 家畜衛生試験場					連絡先	098-979-0260	
部会	畜産業	専門	診断技術	対象	ブタ	分類	試験・分析及び調査

### [背景・ねらい]

豚赤痢は、豚赤痢菌 (*Brachyspira hyodysenteriae*、以下 Bh) による粘血性下痢や消瘦を主徴とする届出伝染病である。本県では過去に年間4千～1万余頭の発生がみられたが、近年は、農場毎の投薬プログラムによりその発生をコントロールしている状況である。最近、従来有効とされていた薬剤 (チアムリン、バルネムリン) に対して全国的に耐性化が進んでいるとの報告があり、予防・治療的な薬剤投与への影響が懸念される。これまで県内全域における被害実態や保菌状況等の疫学調査報告はないことから本県における豚赤痢の疫学調査を実施するとともに、より検出効率の高い検査手法を検討する。

### [成果の内容・特徴]

1. 豚赤痢浸潤調査の結果、320 検体中 57 検体が豚赤痢遺伝子検査陽性であり、陽性豚の約 70% が肥育豚だったが、種豚を除く哺乳豚から母豚までのステージに陽性豚がみられた (表 1)。
2. 薬剤感受性試験の結果、タイロシンが 128～128<math>\mu\text{g}/\text{ml}</math>、リンコマイシンが 128～128<math>\mu\text{g}/\text{ml}</math>、チアムリンが 32～128<math>\mu\text{g}/\text{ml}</math>、バルネムリンが 16～128<math>\mu\text{g}/\text{ml}</math> といずれの薬剤に対しても耐性を示した (図 1)。また全ての菌株が薬剤耐性遺伝子 (*tvaA*) を保有しており、プロウムチリン系薬剤 (チアムリン、バルネムリン) の耐性化に関与していると考えられた。
3. パルスフィールドゲル電気泳動 (PFGE) では疫学関連農場で類似の泳動パターンがみられ、Multilocus Sequence Typing 法 (MLST) による解析では ST129 と新たな ST 型に分類された (図 2, 3)。
4. 分離培養については培地にメスで平行に切れ込みを入れ、切れ込みと垂直に糞便を塗抹するスライス法の方が直接塗抹法より分離率が高かった。(表 2, 図 4)

### [成果の活用面・留意点]

1. 全県的に疫学情報および薬剤感受性状況を把握することにより、適切な抗生剤の使用を促し、耐性菌の出現を防止するための指導資料として活用可能である。
2. 疫学的解析から農場間の伝搬が示唆されたため、まん延防止対策の指導に活用可能である。
3. スライス法を活用することで豚赤痢の分離率が上がり、今後の疫学的解析に活かせる。

### [残された問題点]

1. 豚赤痢菌の薬剤感受性状況に注視し、抗菌剤の適正使用に努める必要がある。
2. 豚赤痢の農場間の伝搬を防ぐため、農場に出入りする車両の消毒や野生動物などの侵入防止対策が重要である。

[具体的データ]

表1 各ステージの陽性率

哺乳豚	育成豚	肥育豚	候補豚	種豚	母豚
21% (5/24)	2% (2/86)	46% (41/89)	10% (3/30)	0% (0/3)	7% (6/88)

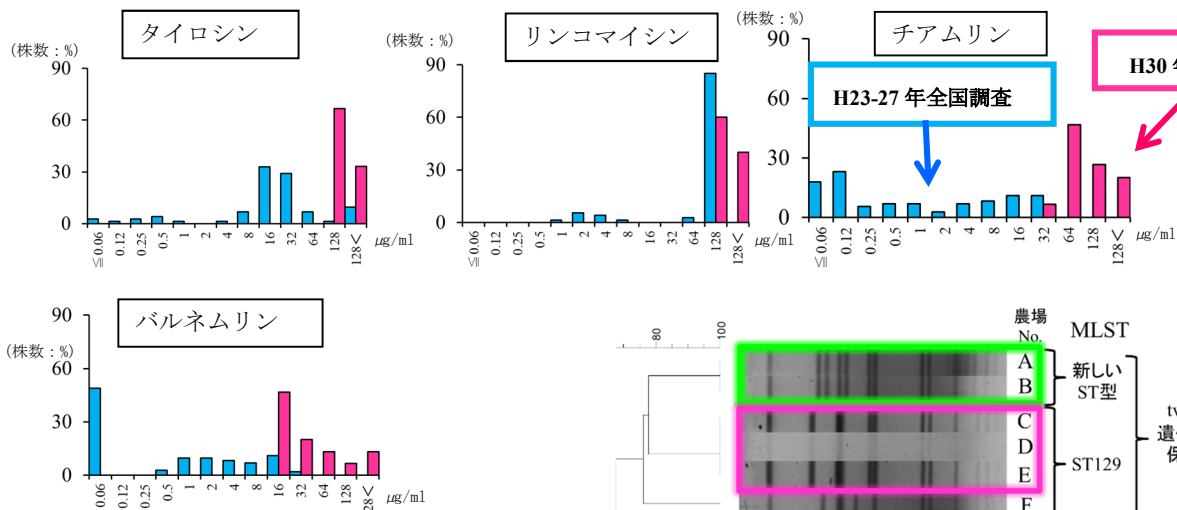


図1 薬剤感受性成績

図2 PFGE及びMLST成績

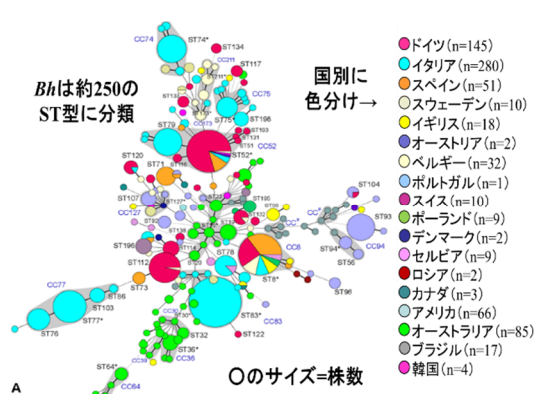


図3 Minimal spanning tree (MLST) 解析成績



表2 直接塗抹法とスライス法での分離率

	スライス法+	スライス法-
直接塗抹法+	29.6% (8/27)	0%
直接塗抹法-	55.5% (15/27)	14.8% (4/27)

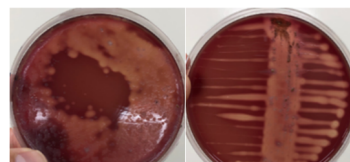


図4 直接塗抹法(右)とスライス法(左)における発育

[研究情報]

課題 ID : 2017 家 001

研究課題名 : 豚赤痢の疫学調査及び診断技術の検討

予算区分 : 県単

研究期間 (事業全体の期間) : 2017 年度~2020 年度

研究担当者 : 中尾聡子、茂野悟、岩田剛敏(動衛研)

発表論文等 : なし