

# 搾乳ロボット導入農家の調査

井上優子・廣津美和・森弘

The Research on Farms Using The Automatic Milking Machine

Yuko INOUE, Miwa HIROTSU, Hiromu MORI

＜要約＞県内で搾乳ロボットを導入した農家を対象に導入が及ぼす影響を調査した。搾乳ロボット導入により、省力化や分娩間隔の短縮などの効果が認められた。一方で、馴致にかかる労力や、馴致期間の乳量低下などの課題が確認された。特につなぎ牛舎から搾乳ロボット牛舎へ移行する農家では廃用牛が多くなるなどの課題も認められた。

ここ数年県内で搾乳ロボットの導入が急速に進みつつあるが、導入後に馴致、飼料給与調整や牛の疾病等の問題が発生するケースが多く、計画通り乳生産が進んでいない農家も見られる。そこで、スムーズな搾乳ロボットへの移行が可能となるよう、搾乳ロボット導入農家において飼養管理面、乳生産面および繁殖面等に及ぼす影響を調査し、課題の明確化を図った。

## 材料および方法

### 1 対象農家

宮崎県内で平成 27 年度以降に搾乳ロボットを導入した 11 戸のうち 9 戸の農家

### 2 調査期間

令和 3 年 7 月～令和 4 年 6 月

### 3 調査項目

#### (1) 導入前後の変化

経産牛頭数、飼養形態、給与形態、自給飼料作付面積、管理者の人数および役割、データ通信状況、堆肥処理方法、データ

の活用方法

#### (2) 搾乳ロボット導入の詳細

事業の活用、費用、メーカー、台数、導入理由、メンテナンスの頻度および内容、搾乳ロボットに合わない牛の頭数および特徴、育成牛の準備期間および頭数、導入における課題

#### (3) 牛群検定結果による調査内容

導入前後 1 年間の出荷乳量および繁殖成績

## 結果および考察

### 1 導入前後の変化

導入前後の経産牛頭数の変化を図 1 に示した。経産牛頭数は導入前後で増加した農家が 7 戸、変化しない農家が 2 戸であった。現在の搾乳ロボットでの搾乳可能頭数は 1 台あたり 60 頭であるため、導入前の飼養頭数に合わせて導入台数を決め、導入台数に合わせて飼養頭数を増頭したと考えられた。

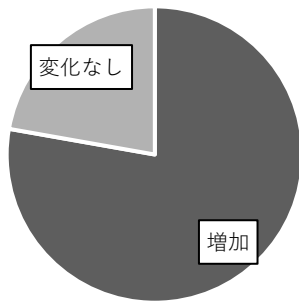


図1 経産牛頭数の変化

導入前後の飼養形態の変化を図2に示した。飼養形態は、つなぎ牛舎からフリーストール牛舎またはフリーバーン牛舎へ変化した農家が4戸、フリーストール牛舎およびフリーバーン牛舎から変化しない農家が4戸、その他の農家が1戸であった。搾乳ロボットはつなぎ牛舎に導入することが難しいため、つなぎ牛舎の農家はフリーストール牛舎またはフリーバーン牛舎に移行する必要があると考えられた。

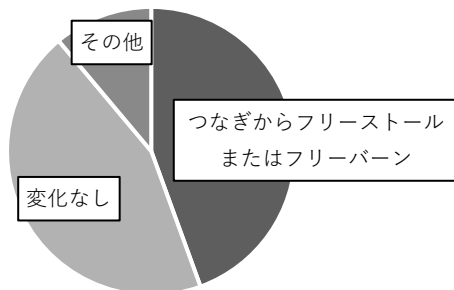


図2 飼養形態の変化

導入前後の給与形態の変化を図3に示した。給与形態は導入前後でTMRの設計を変更した農家が8戸、分離給与からTMRへ変更した農家が1戸であった。搾乳ロボットではロボット内で配合飼料が給与されるため、ロボット内での給与分を減量調製する必要があることからほとんどの農家でTMRの設計を変更したと考えられた。

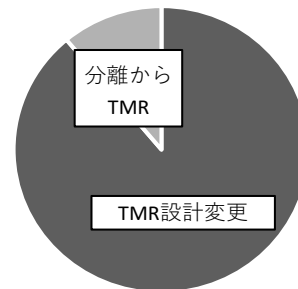


図3 給与形態の変化

導入前後の自給飼料作付面積の変化を図4に示した。面積が増加した農家が4戸、変化しなかった農家が4戸、そのほか1戸であった。7戸で増頭しているが、作付面積が増加したのは3戸である。増頭した農家で作付面積が変化しなかった農家では2期作や2回刈りによる収量確保が見られた。

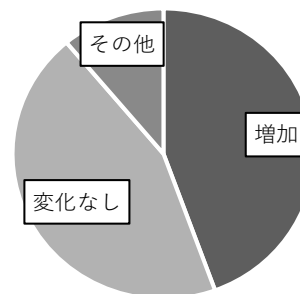


図4 自給飼料作付面積の変化

導入前後の管理者人数の変化を図5に示した。管理者人数は増加した農家が1戸、減少した農家が1戸、変化しなかった農家が7戸であった。

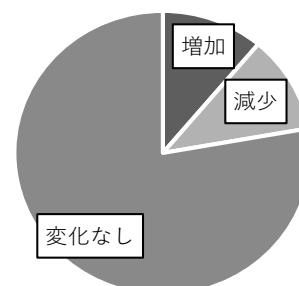


図5 管理者人数の変化

導入前後のデータ通信設備の変化を図 6 に示した。データ通信状況は新たに設備を設置した農家が 8 戸、既存の設備を利用した農家が 1 戸であった。搾乳ロボットでの不具合や飼養個体の異常を管理者のスマートフォンに通知する上で不可欠な設備であるため、すべての農家でデータ通信設備の利用が見られた。

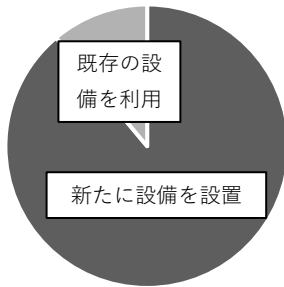


図6 データ通信設備の変化

導入前後の堆肥処理方法の変化を図 7 に示した。堆肥処理方法は変化した農家が 5 戸、変化しなかった農家が 4 戸であった。搾乳ロボットの自動洗浄機能による汚水の増加が見られるため、汚水の処理方法により半数以上の農家で堆肥処理方法に変化が見られたと考えられた。

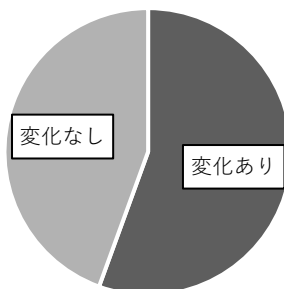


図7 堆肥処理方法の変化

データの活用方法はすべての農家で変化した。すべての農家が搾乳ロボットから得られるデータを活用していたが、バックアップとして導入前の記録方法を並行して行う農家も見られた。

## 2 搾乳ロボット導入の詳細

ロボット 1 台あたりの平均導入費用を図 8 に示した。すべての農家で導入に事業を活用していた。導入費用は新築牛舎に導入した農家の平均が約 2 億円、増改築により導入した農家の平均が約 3 千万円であった。特に新築の場合は牛舎規模によってコストに大きな差が見られた。

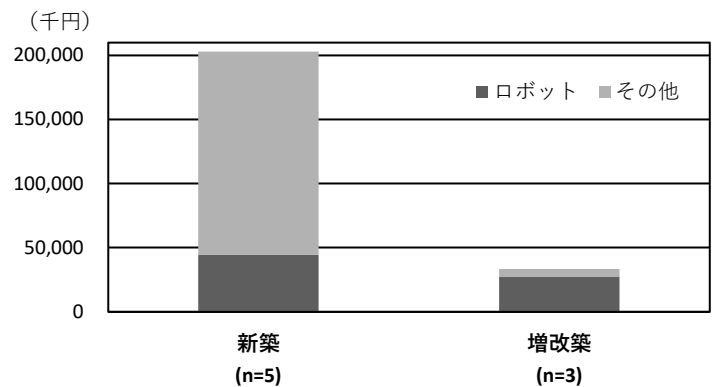


図8 ロボット1台あたりの平均導入費用

導入したロボットのメーカーは GEA が 3 戸、LELY が 3 戸、DeLaval が 3 戸だった。

導入台数は 1 台が 5 戸、2 台が 1 戸、4 台が 1 戸であった。導入前の飼養頭数に合わせて導入台数を決めている農家が多く見られた。

導入理由を図 9 に示した。導入理由は最も多かったのが省力化、次いで施設の老朽化、事業の拡大、高齢化だった。多くの農家で 1 日 2 回の搾乳作業が無くなったことによる作業時間の効率化、労力の軽減が図られた。また、図 5 で管理者人数の増加が見られた農家では事業の拡大を理由に搾乳ロボットが導入されており、増頭に合わせて管理者を増員したと考えられた。そして、管理者人数の減少が見られた農家では管理者の高齢化を理由に搾乳ロボットが導入されており、搾乳作業を担っていた管理者が減少したと考えられた。管理者人数の変化が見られなかった農家は家族経営の農家が多く、省力化や施設の老朽化を理由に搾乳ロボットが導入されていた。

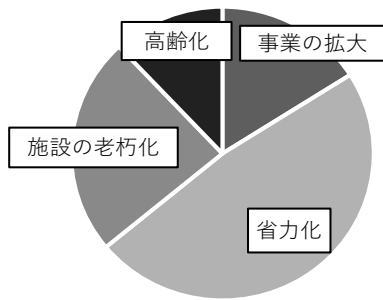


図9 導入理由

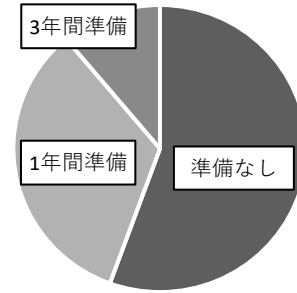


図11 育成準備

メンテナンスの頻度は最も多いもので24時間フルメンテナンス、最も少ないもので1年に3回であった。メンテナンスの内容は主に部品、消耗品の交換であった。

導入後6ヶ月以内の搾乳ロボットに合わない牛の割合を図10に示した。合わない牛はつなぎ牛舎から搾乳ロボットへ移行した農家で平均28.6%、フリーストールまたはフリーバーンから搾乳ロボットへ移行した農家で平均19.7%であった。合わない牛の特徴は最も多く挙げられたのが乳頭が近づきすぎている、離れすぎている等の乳頭配置で、次いで牛の性格が挙げられた。

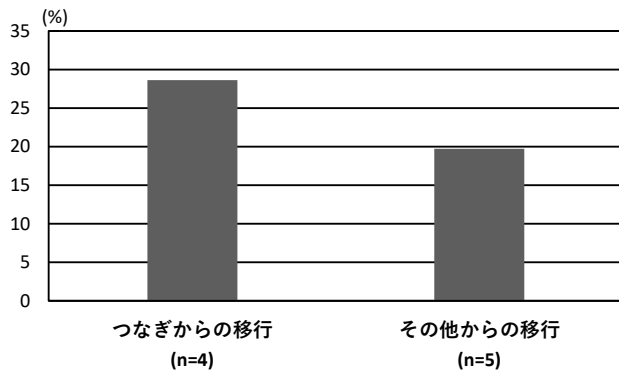


図10 搾乳ロボットに合わない牛の割合

搾乳ロボットの導入に向けた頭数調整のための育成牛の準備について図11に示した。準備をしなかった農家が5戸、1年間準備した農家が3戸、3年間準備した農家が1戸であった。準備した育成牛の頭数は、最も多い農家で130頭、最も少ない農家で15頭であった。

### 3 牛群検定結果による調査内容

導入前後1年間の平均受胎率の変化を図12に示した。平均受胎率は導入前後で大きな変化は見られなかった。

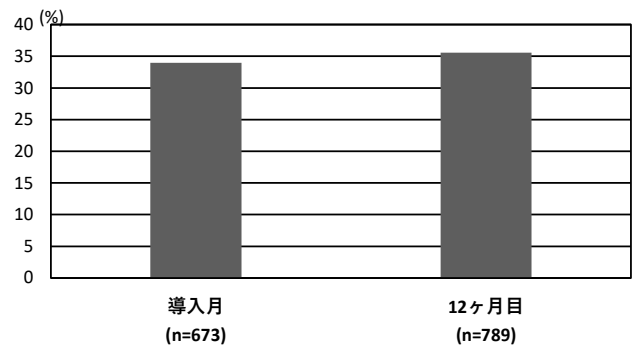


図12 受胎率の変化

導入前後1年間の平均空胎日数の変化を図13に示した。平均空胎日数は約20日の短縮が見られた。これは、搾乳ロボットのデータにより導入前には見逃されていた発情の発見が可能となったことによると考えられた。一方で、受胎率に大きな変化が見られなかったのは、データの取り扱いに慣れていないため適期受精ができず、人工授精の回数が増加したためと考えられた。

今季の調査では、導入後1年間の受胎率に大きな変化は見られなかったが、今後搾乳ロボットへデータが蓄積され、乳牛はロボットに、管理者はデータの取り扱いに慣れていくことで受胎率の向上が図られると考えられた。

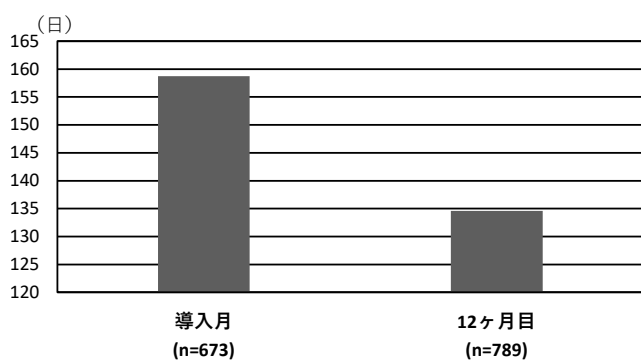


図13 空胎日数の変化

導入時期別導入前後の乳量変化を図14、図15に示した。3月～5月導入と10月～12月導入のいずれにおいても搾乳ロボット導入後、一定期間の乳量低下が見られたが、これは搾乳ロボットへの馴致によるストレスが主な原因だと考えられた。

導入時期毎の乳量変化を比較すると3月～5月導入では、導入時に乳量が低下し、その後も乳量は低下する傾向が見られ、導入の約6ヶ月後からようやく回復していった。一方で10月～12月に導入した農家では導入時に乳量の低下が大きかったものの、すぐに回復する傾向が見られた。

これは、3月～5月に導入した農家では導入後の馴致期間が暑熱期となることから、馴致と暑熱によるストレスが重なることで回復が遅れると考えられた。一方で、10～12月に導入した農家では導入時のストレスはあるものの、導入後の馴致期間には気温が低下していくため、暑熱によるストレスが少なく、乳量の回復が早いと考えられた。

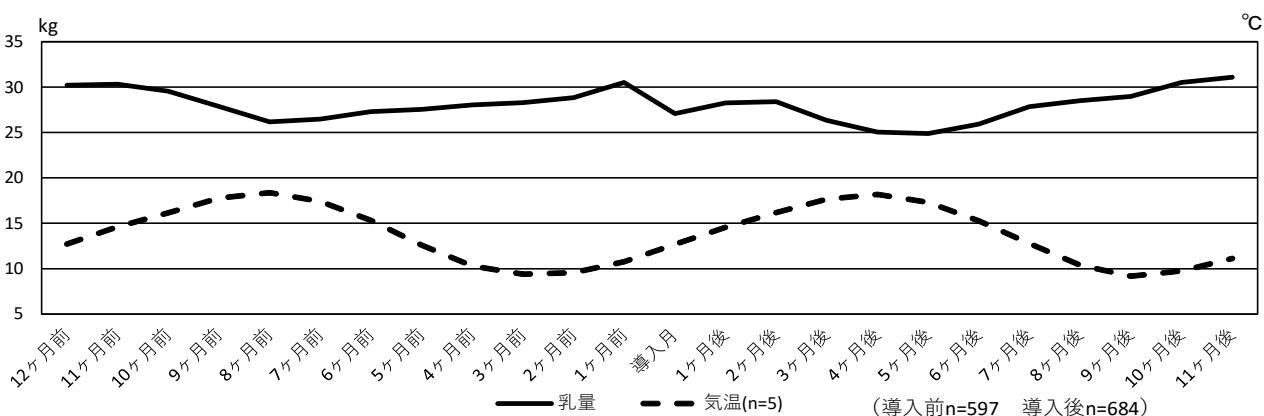


図14 3～5月導入農家の気温と乳量の変化

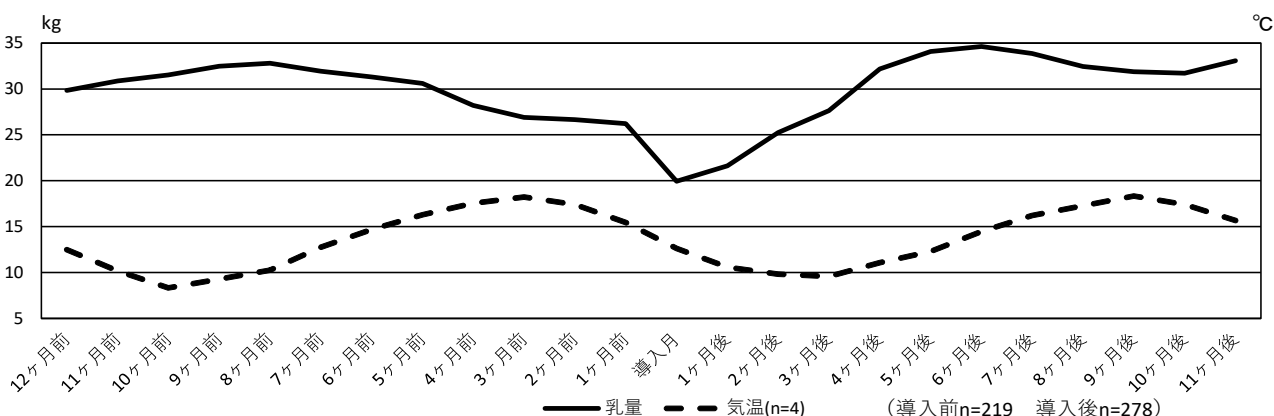


図15 10～12月導入農家の気温と乳量の変化

搾乳ロボットの導入前後の管理者 1 人あたりの頭数変化を図 16 に示した。管理者 1 人あたりの頭数は 20.8 頭から 29.1 頭へ増加していた。このことから、搾乳ロボットの導入により省力化が期待できると考えられた。

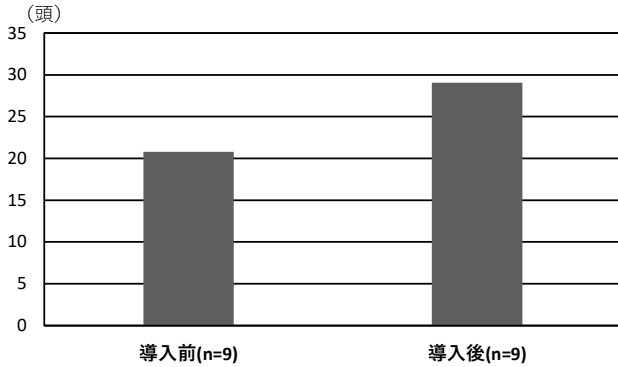


図16 管理者1人あたりの頭数

導入前の飼養形態別搾乳ロボット導入による廃用牛割合を図 17 に示した。廃用牛割合はつなぎ牛舎から搾乳ロボットへ移行した農家が、フリーストール牛舎またはフリーバーン牛舎から搾乳ロボットへ移行した農家の約 2.2 倍であった。導入前につなぎ牛舎だった場合、歩く機会が少なかった牛が、導入後に歩く機会が増えることにより肢を痛めてしまうことが原因で廃用牛が多くなると考えられた。このことから、つなぎ牛舎の農家が導入する場合には導入前に育成頭数をフリーストール牛舎またはフリーバーン牛舎の農家よりも約 20 % 多く確保する必要があると考えられた。

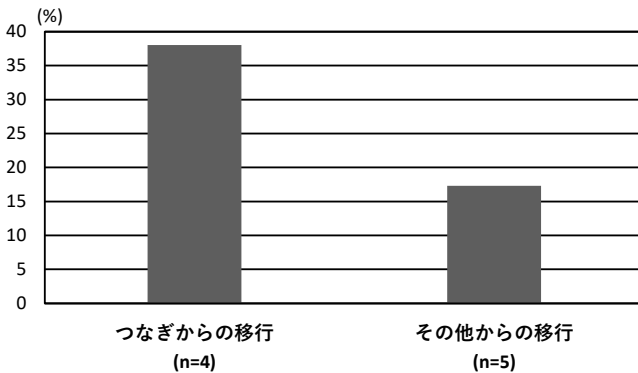


図17 導入前の飼養形態別廃用割合

## 結 論

今回の調査で搾乳ロボットの導入により省力化や分娩間隔の短縮が図られるなどの効果が認められた。一方で、導入にあたっては、馴致にかかる労力や、馴致期間の乳量低下、ロボットに対応できない個体への対応、各種データの取り扱いなど、多くの課題が確認された。さらに、つなぎ牛舎から搾乳ロボットへ移行する場合には廃用牛が多くなるなどの課題も認められた。

## 謝 辞

今回の搾乳ロボット導入農家の調査を実施するにあたり、ご協力いただいた宮崎県内の酪農家の皆様、牛群検定結果を提供していただきました宮崎県経済農業協同組合連合会の皆様、調査に同行いただきました専門技術センター藤井真理様、各地域農業改良普及センターの皆様にご感謝申し上げます。

# 飼料作物奨励品種選定試験（令和4年度）

## 1. トウモロコシ

井上優子・黒木邦彦・廣津美和

### Selection Test of Recommended Varieties for Forage Crops

#### 1. Corn

Yuko INOUE, Kunihiko KUROKI, Miwa HIROTSU

＜要約＞本県に適した飼料作物奨励品種を選定するため、今後、有望と見込まれるトウモロコシの各市販品種と既奨励品種の比較試験を実施した。その結果、新たに県奨励品種として指定された品種はなかった。

本県で生産されている多くの自給粗飼料の中でも、特に適応性が高い飼料用トウモロコシについては、県の奨励品種として指定し、現場での普及を進めている。品種による収穫差は極めて大きいため、本試験では国内で市販されている品種のうち、有望視されている品種について本県における適応性を調査し、3カ年の試験結果をもとに、奨励品種への指定を検討する。

灰土壌)

#### 2 供試品種（表1）

標準品種：ゴールドデント KD671（KD671）

供試品種：パイオニア P1204（P1204）

スノーデント 115（LG31.588）

パイオニア P1341（P1341）

X13R044（X13R044）

#### 3 播種日

令和4年4月4日

#### 4 播種法

条間 0.75 m、株間 0.2 m 2粒点播 1本仕立

## 試験方法

### 1 試験地

宮崎県畜産試験場第10-2号ほ場（黒色火山

表1 共試品種、播種法

系統名	流通名	CRM (注1)	取扱業者	継続年数 今年含む	備考
KD671	ゴールドデントKD671	117	カネコ	4*	標準・宮崎県奨励品種
P1204	パイオニアP1204	110	パイオニア	3	
LG31.588	スノーデント115	115	雪印	2	
P1341	パイオニアP1341	115	パイオニア	1	
X13R044	-	118	パイオニア	1	

注1)comparative relative maturity(相対熟度)、種子カタログ記載値

継続年数の\*は、今回以外の過去に供試したことがある品種であることを示す

## 5 試験区

1区 12 m<sup>2</sup> (条間 0.75 m×株間 0.2 m×4条) とし、ラテン方格法による3反復制で実施した。収量調査の際は、他品種の影響を除外するため、試験区の両端2条および前後 1.0 mを除いた 3 m<sup>2</sup> (1.5 m×1.0 m×2条) を調査した。

## 6 施肥

基肥として、牛糞堆肥を令和4年2月3日に、NK2号、過燐酸石灰、ようりんを令和4年4月4日に全面散布した。追肥は発芽後、5月16日にNK2号を条間散布した(表2)。施肥量は以下のとおり。

### (1) 基肥 (kg/a)

牛糞堆肥 300、過燐酸石灰 0.2、  
ようりん 4.5、NK2号 6

### (2) 追肥 (kg/a)

NK2号 2

表2 施肥

肥料名	施肥日 月/日	施用量 (kg/a)	要素量(kg/a)			方法
			N	P2O	K2O	
牛ふん堆肥	2/3	300	0.5	0.9	1.4	全面散布
過燐酸石灰	4/4	0.2	-	0.04	-	全面散布
ようりん	4/4	4.5	-	0.9	-	全面散布
NK2号	4/4	6.0	1.0	-	1.0	全面散布
基肥 合計			1.5	1.9	2.3	
追肥(NK2号)	5/16	2.0	0.3		0.3	条間散布
合計			1.8	1.9	2.7	

## 7 管理作業

播種直後に鎮圧し、同日、播種後にゲザノンゴールド(250 mL/100 L/10 a) を散布した。

播種後4週間、防鳥網を設置した。また、発芽後に間引きを行った。ツマジロクサヨトウ被害のため令和4年5月20日にパダンを1000倍希釈で30 L/10 a散布を行った。

なお、生育期間中の除草は手取り除草を行い、中耕は行わなかった。

## 8 調査日

令和4年7月25日

## 9 調査方法

宮崎県飼料作物奨励品種調査要領(2022)に準じて行った。

## 試験結果

試験の結果を表3、表4、図1、図2にそれぞれ示した。全体的に生育は良好であったが、収穫時は全品種にごま葉枯病が見られ、さらに一品种には南方さび病が見られた。供試品種の中で生草収量・乾物収量ともにP1341が最も高かった。品種ごとの成績は以下のとおりである。

P1204は、発芽率・初期生育が良好で、着雌穂高が2番目に低いが、稈長が最も低かった。生草収量は最も少ないが、乾物率が最も高かった。

LG31.588は、稈長が最も高く、着雌穂高が最も低いが、稈径が2番目に小さかった。乾物率が2番目に高かったが、生草収量は2番目に少なく、乾物収量は最も少なかった。

P1341は、稈径が最も大きいが、着雌穂高が2番目に高かった。生草収量・乾物収量ともに最も多かった。

X13R044は、稈長が2番目に高く、稈径が最も大きかった。この品種のみ折損が見られなかった。

## 総合評価

3カ年の品種比較試験の結果から、新たに本県の飼料作物奨励品種に指定された品種はなかった。

## 参考文献

宮崎県.2022.宮崎県飼料作物奨励品種調査要領.2022版.宮崎県,宮崎.



表3 生育調査結果

品種	発芽期 月日	発芽良否*	初期生育*	雄穂開花期 月日	絹糸抽出期 月日	稈長 cm	着雌穂高 cm	稈径 mm	倒伏 %	折損 %	虫害 **	病害**		
												ごま葉枯	すす紋	南方さび
KD671	4/13	9.0	8.6	6/22	6/28	249.6	120.3	22.4	0.0	1.7	1.0	6.7	1.0	2.0
P1204	4/13	9.0	9.0	6/17	6/17	230.1	81.6	20.5	0.0	1.7	1.0	6.3	1.0	2.0
LG31.588	4/11	9.0	9.0	6/17	6/20	267.9	80.1	21.4	0.0	2.5	1.0	6.3	1.0	2.0
P1341	4/13	8.9	7.7	6/28	6/28	256.8	112.4	23.3	0.0	0.8	1.0	6.3	1.0	1.0
X13R044	4/13	9.0	8.9	6/28	6/28	257.1	102.0	23.3	0.0	0.0	1.0	6.7	1.0	1.0

\*極良9-1極不良

\*\* 甚9-1無

表4 収量調査結果

品種	調査日	生草収量			乾物収量			乾物率 %	熟期
		茎葉	雌穂	合計	茎葉	雌穂	合計		
		kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a		
KD671	7月25日	508.6	170.9	679.5	99.8	85.2	185.0	27.3	黄熟期
P1204	7月25日	387.2	174.1	561.3	90.4	91.3	181.7	32.4	黄熟期
LG31.588	7月25日	404.2	173.7	577.9	88.0	87.3	175.2	30.4	黄熟期
P1341	7月25日	532.3	183.6	715.9	118.8	86.5	205.3	28.7	黄熟期
X13R044	7月25日	541.8	136.0	677.8	121.5	65.2	186.7	27.8	黄熟期

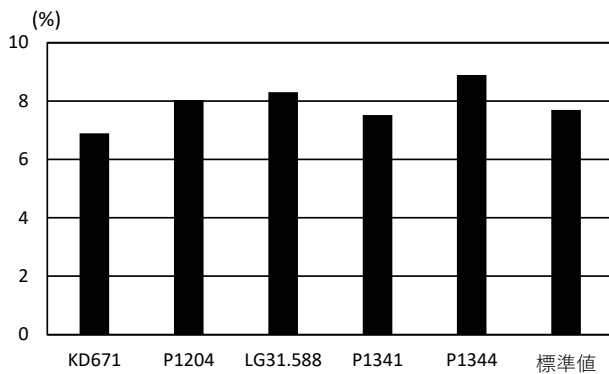


図1 乾物中C P割合

標準値は日本標準飼料成分表(2009)による。

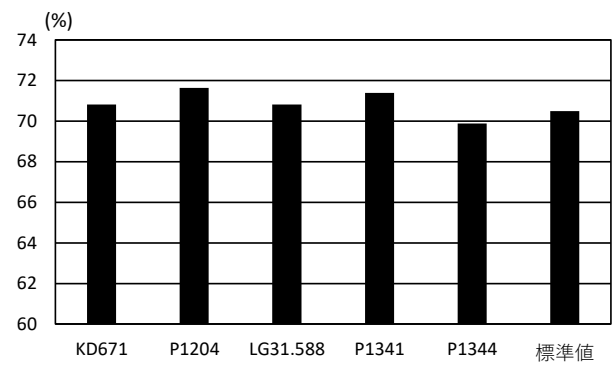


図2 乾物中T D N割合

## 飼料作物奨励品種選定試験 (令和4年度)

## 2. ソルガム

井上優子・黒木邦彦・廣津美和

## Selection Test of Recommended Varieties for Forage Crops

## 2. Sorghum

Yuko INOUE, Kunihiko KUROKI, Miwa HIROTSU

<要約>本県に適した飼料作物奨励品種を選定するため、今後、有望と見込まれるソルガムの各市販品種と既奨励品種の比較試験を実施した。3カ年の試験実績がないため、奨励品種としての評価は行わなかった。

本県で生産されている多くの自給粗飼料の中でも、特に適応性が高いソルガムについては、県の奨励品種として指定し、現場での普及を進めている。品種による収穫差は極めて大きいため、本試験では国内で市販されている品種のうち、有望視されている品種について本県における適応性を調査し、3カ年の試験結果をもとに、奨励品種への指定を検討する。

## 試験方法

## 1 試験地

宮崎県畜産試験場第10-2号ほ場(黒色火山灰土壌)

## 2 供試品種(表1)

標準品種: ハイグレンソルゴー

供試品種: ハイブリッドソルゴー (JG-H18)

## 3 播種日

令和4年5月9日

## 4 播種量

2 kg/10 a

## 5 播種法

条播

## 6 試験区

1区 12 m<sup>2</sup> (4 m×条間 0.75 m×4条)とし、ラテン方格法による3反復制で実施した。収量調査の際は、他品種の影響を除外するため、試験区の両端2条および前後 1.0 mを除いた 3 m<sup>2</sup> (1.5 m×1.0 m×2条)を調査した。

## 7 施肥

基肥として、牛糞堆肥を令和4年2月3日に、NK2号、過燐酸石灰、ようりんを令和4年4月16日に全面散布した。追肥はそれぞれ発芽後、刈り取り後にNK2号を条間散布した(表2)。施肥量は以下のとおり。

## (1) 基肥 (kg/a)

牛糞堆肥 300、過燐酸石灰 0.2、  
ようりん 4.5、NK2号 6

## (2) 追肥 (kg/a)

NK2号 2

## 8 管理作業

播種直後に鎮圧し、同日、播種後にゲザノ

ソールド(250 mL/水 100 L/10 a)を散布した。  
令和4年5月8日から令和4年6月6日まで防鳥網を設置した。なお、生育期間中の除草は手取り除草を行い、中耕は行わなかった。

1 番草の調査を令和4年8月29日に行った。  
再生草の調査を令和4年11月21日に行った。

## 9 刈取期

## 10 調査方法

宮崎県飼料作物奨励品種調査要領(2022)に準じて行った。

表1 供試品種、播種法、播種日

系統名	流通名	取扱	継続年数 今年含む	備考
	ハイグレンソルゴー	雪印	2*	標準・ 宮崎県奨励品種
JG-H18	ハイブリッドソルゴー	日本緑農	2	

継続年数の\*は、今回以外の過去に供試したことがある品種であることを示す。

表2 施肥

肥料名	施肥日 月/日	施用量 (kg/a)	要素量(kg/a)			方法
			N	P2O	K2O	
牛ふん堆肥	2/3	300	0.5	0.9	1.4	全面散布
過磷酸石灰	5/2	0.2	-	0.04	-	全面散布
ようりん	5/2	4.5	-	0.9	-	全面散布
NK2号	5/2	6.0	1.0	-	1.0	全面散布
基肥 合計			1.5	1.9	2.3	
追肥(NK2号)	6/15	2.0	0.3	-	0.3	条間散布
追肥(NK2号)	8/29	2.0	0.3	-	0.3	条間散布
合計			2.2	1.9	3.0	

## 試験結果

## 総合評価

試験の結果を表3～6、図1～4にそれぞれ示した。全品種で紫斑点病、ひょう紋病が見られた。7月中旬の降雨の影響により生育が遅れ、8月下旬の調査となった。11月の気温が高く再生草は11月下旬に乳熟期での調査が可能であった。品種ごとの成績は以下のとおりである。

供試品種の中に3カ年の品種比較試験を行った品種がなかったため、新たに本県の飼料作物奨励品種に指定された品種はなかった。

JG-H18は、1番草は病害が最も多く見られたが、稈長が最も高く、生草収量、乾物収量共に最も多かった。再生草は標準品種に比べて収量が少なかったが、全体収量は標準品種を上回った。

## 参考文献

宮崎県.2022.宮崎県飼料作物奨励品種調査要領  
.2022版.宮崎県,宮崎.

表3 生育調査結果 (1番草)

品種	発芽期 月日	発芽良否 *	初期生育 *	出穂期 月日	稈長 cm	穂長 cm	稈径 mm	茎数 本/m <sup>2</sup>	刈取時 熟期	倒伏 **	病害**		
											紫斑点	ひょう紋	条斑細菌
ハイグレソルゴー	5/16	9.0	9.0	7/28	203.8	21.5	8.6	41.8	糊熟期	1.0	4.3	4.0	3.3
JG-H18	5/16	9.0	8.7	8/3	222.9	24.7	9.9	38.7	糊熟期	1.0	4.7	5.3	5.0

\*極良9-1極不良

\*\* 甚9-1無

表4 生育調査結果 (再生草)

品種	再生良否 *	出穂期 月日	稈長 cm	穂長 cm	稈径 mm	茎数 本/m <sup>2</sup>	刈取時 熟期	倒伏 **	病害**		
									紫斑点	ひょう紋	条斑細菌
ハイグレソルゴー	9.0	11/6	166.6	19.0	10.2	39.1	乳熟期	1.0	6.0	1.0	1.0
JG-H18	8.8	11/6	187.9	21.1	12.3	28.0	乳熟期	1.0	5.7	1.0	1.0

\*極良9-1極不良

\*\* 甚9-1無

表5 生草収量

品種	生草収量(kg/10a)						生草収量 (kg/10a) ①+②
	茎葉		穂		①	②	
	①	②	①	②			
ハイグレソルゴー	5897.6	4101.1	165.8	293.3	6063.3	4394.4	10457.8
JG-H18	6638.4	3553.3	194.0	285.8	6832.4	3839.1	10671.6

① : 1番草 ② : 2番草

表6 乾物率および乾物収量

品種	乾物率(%)				乾物収量(kg/10a)						乾物収量 (kg/10a)		
	茎葉		穂		①		②		①	②	①	②	①+②
	①	②	①	②	①	②	①	②					
ハイグレソルゴー	16.9	13.2	63.3	26.5	18.2	14.0	1000.2	539.7	104.7	77.3	1104.9	617.0	1721.9
JG-H18	19.1	14.6	54.1	29.4	20.0	15.7	1266.5	519.9	104.2	84.2	1370.7	604.2	1974.8

① : 1番草 ② : 2番草

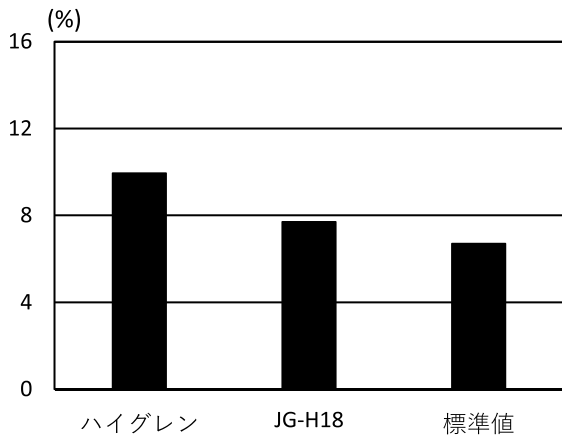


図1 乾物中CP割合（1番草）

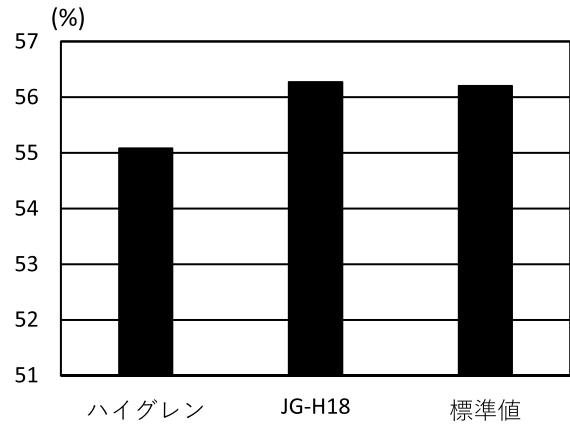


図2 乾物中TDN割合（1番草）

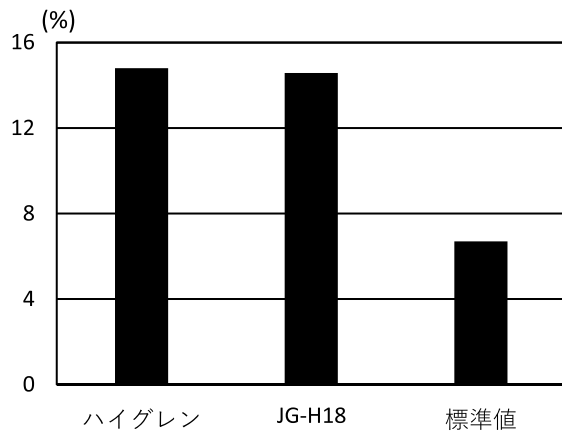


図3 乾物中CP割合（再生草）

標準値は日本標準飼料成分表(2009)による。

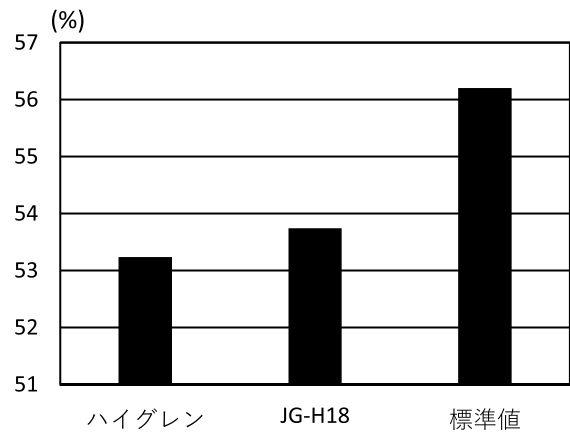


図4 乾物中TDN割合（再生草）

# 飼料作物奨励品種選定試験 (令和4年度)

## 3. イタリアンライグラス

井上優子・黒木邦彦・廣津美和

### Selection Test of Recommended Varieties for Forage Crops

#### 3. Italian ryegrass

Yuko INOUE, Kunihiko KUROKI, Miwa HIROTSU

〈要約〉本県に適した飼料作物奨励品種を選定するため、今後、有望と見込まれるイタリアンライグラスの各市販品種と既奨励品種の比較試験を実施した。3カ年の試験実績がないため、奨励品種としての評価は行わなかった。

本県で生産されている多くの自給粗飼料の中でも、特に適応性が高いイタリアンライグラスについては、県の奨励品種として指定し、現場での普及を進めている。品種による収穫差は極めて大きいため、本試験では国内で市販されている品種のうち、有望視されている品種について本県における適応性を調査し、3カ年の試験結果をもとに、奨励品種への指定を検討する。

## 試験方法

### 1 試験地

宮崎県畜産試験場第10-1号ほ場(黒色火山灰土壌)

### 2 供試品種(表1)

標準品種: タチュウカ

供試品種: ライジン2、いなずまGT、うし想い、たちモン

### 3 播種日

令和4年10月13日

### 4 播種量

2 kg/10 a

### 5 播種法

条播

### 6 試験区

1区12 m<sup>2</sup> (3 m×条間0.3 m×5条)とし、ラテン方格法による3反復制で実施した。収量調査の際は、他品種の影響を除外するため、試験区の両端2条および前後0.5 mを除いた1.8 m<sup>2</sup> (2.0 m×0.3 m×3条)を調査した。

### 7 施肥

基肥として、牛糞堆肥を令和4年9月7日に、NK2号、過燐酸石灰、ようりんを令和4年10月3日に全面散布した。追肥はそれぞれ発芽後、刈り取り後にNK2号を条間散布した(表2)。施肥量は以下のとおり。

(1) 基肥 (kg/a)

牛糞堆肥 300、

ようりん 4.5、NK2号 6

(2) 追肥 (kg/a)

NK2号 2

表1 供試品種、播種法

品種	取扱	継続年数 今年含む	備考
タチユウカ	雪印	1	標準・ 宮崎県奨励品種
ライジン2	カネコ	1	
いなずまGT	カネコ	1	
うし想い	タキイ	1	
たちモン	雪印	1	

表2 施肥

肥料名	施肥日 月/日	施用量 (kg/a)	要素量(kg/a)			方法
			N	P2O	K2O	
牛ふん堆肥	9/7	300	0.5	0.9	1.4	全面散布
よりのん	10/3	4.5	-	0.9	-	全面散布
NK2号	10/3	6.0	1.0	-	1.0	全面散布
基肥 合計			1.5	1.8	2.3	
追肥(NK2号)	11/21	2.0	0.3	-	0.3	条間散布
追肥(NK2号)	4/10	2.0	0.3	-	0.3	条間散布
合計			2.2	1.8	3.0	

## 8 管理作業

播種直後に鎮圧し、播種日から再生草の刈取調査日まで、ほ場の周囲に防獣網を設置した。なお、生育期間中の除草は手取り除草を行い、中耕は行わなかった。

## 9 刈取期

1番草の調査を令和5年4月4日に行った。  
再生草の調査を令和5年5月17日に行った。

## 10 調査方法

宮崎県飼料作物奨励品種調査要領（2022）に準じて行った。

# 試験結果

試験の結果を表3～5、図1～4にそれぞれ示した。品種ごとの成績は以下のとおりであ

る。

ライジン2は、1番草の初期生育が最も良かった。1番草で倒伏が見られた影響で再生草草勢が最も低い結果となったが、再生草での倒伏は見られなかった。

いなずまGTは、1番草の出穂が最も早く、再生草の欠株はタチユウカと並んで最も少なかった。1番草の生草収量が最も多かった。

うし想いは、1番草は最も草丈が高く、倒伏も少なかった。また乾物率が最も高く、乾物収量が最も多かった。再生草草勢および草丈はタチユウカの次に高かった。

たちモンは、中生品種のため収量調査時の出穂程度は最も低かった。再生草の欠株が最も多く見られた。

## 総合評価

## 参考文献

供試品種の中に3カ年の品種比較試験を行った品種がなかったため、新たに本県の飼料作物奨励品種に指定された品種はなかった。

宮崎県.2022.宮崎県飼料作物奨励品種調査要領.2022版.宮崎県,宮崎.

表3 生育調査結果(1番草)

品種名	発芽良否 *	初期生育 *	出穂始 月日	草丈 cm	倒伏 **	病害 **	出穂程度 **
タチユウカ	9.0	8.2	3/25	143.9	3.3	1.0	5.0
ライジン2	8.6	9.0	3/30	128.9	5.3	1.0	3.0
いなずまGT	8.7	8.5	3/20	141.3	3.0	1.0	5.0
うし想い	8.7	7.9	3/24	150.6	2.0	1.0	5.0
たちモン	8.4	8.8	3/29	129.1	2.0	1.0	2.0

\*極不良1-9極良

\*\* 無1-9甚

表4 生育調査結果(再生草)

品種名	欠株割合 %	再生草草勢 *	出穂始 月日	草丈 cm	倒伏 **	病害 **	出穂程度 **
タチユウカ	0.7	9.0	4/28	126.0	1.0	1.3	7.0
ライジン2	1.4	7.5	4/28	112.4	1.0	1.0	6.3
いなずまGT	0.7	8.0	4/28	113.6	1.0	1.0	7.0
うし想い	1.9	8.8	4/28	125.6	1.0	1.0	6.0
たちモン	3.1	8.4	5/11	114.4	1.0	1.0	4.0

\*極不良1-9極良

\*\* 無1-9甚

表5 収量調査結果

品種名	生草収量(kg/10a)		乾物率(%)		乾物収量(kg/10a)		合計収量(kg/10a)	
	①	②	①	②	①	②	生草収量	乾物収量
タチユウカ	6741.9	1665.9	15.4	18.8	1010.0	313.1	8407.8	1323.2
ライジン2	8507.0	1871.6	13.0	15.4	1107.5	287.8	10378.6	1395.4
いなずまGT	6018.3	1345.2	18.1	17.7	1086.3	238.2	7363.5	1324.5
うし想い	5839.8	1374.9	19.5	20.3	1141.3	279.2	7214.8	1420.5
たちモン	7244.4	1998.1	13.7	15.1	997.0	302.4	9242.6	1299.4

①: 1番草 ②: 2番草



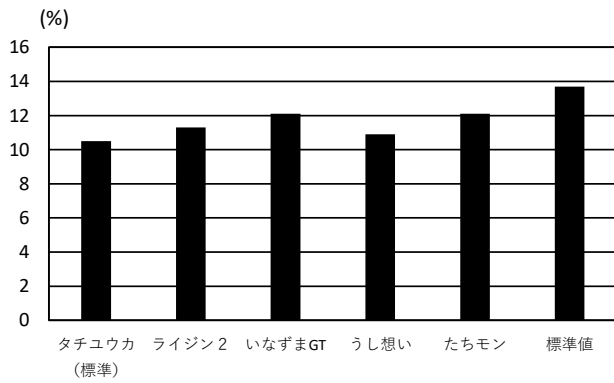


図1 乾物中CP割合（1番草）

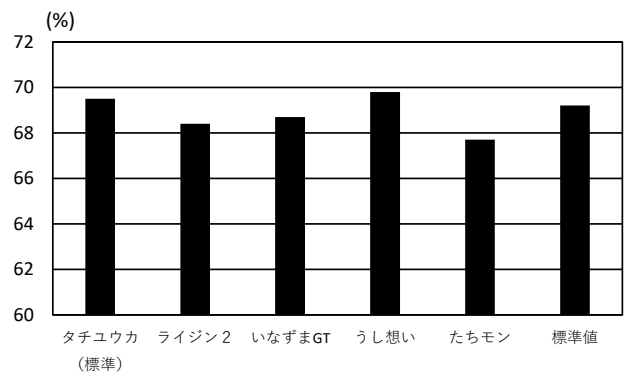


図2 乾物中TDN割合（1番草）

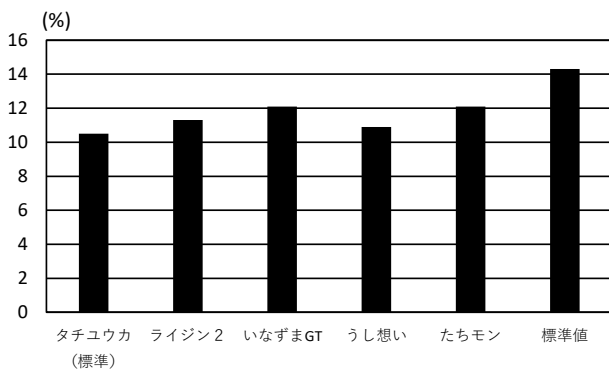


図3 乾物中CP割合（再生草）

標準値は日本標準飼料成分表(2009)による。

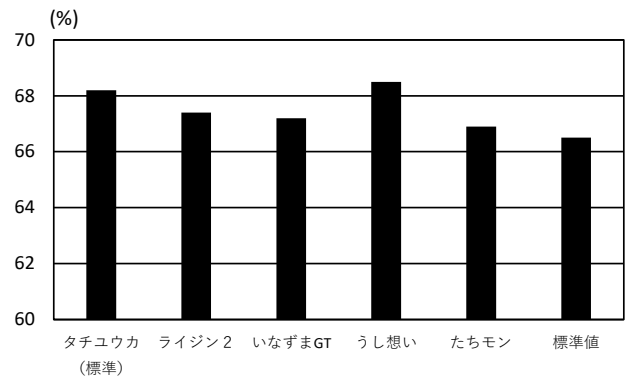


図4 乾物中TDN割合（再生草）

# 飼料用トウモロコシにおける ツマジロクサヨトウの効果的な防除対策

井上優子・黒木邦彦・廣津美和

Evaluation of Insect Damage and Yield Loss of Forage Maize by Fall Armyworm

Yuko INOUE, Kunihiko KUROKI, Miwa HIROTSU

＜要約＞ツマジロクサヨトウの被害が確認されている飼料用トウモロコシについて、播種時期および薬剤散布回数を変えて被害および収量調査を行った。ツマジロクサヨトウが飛来し、個体数が増えた後の植物体の小さい時期の被害が収量に影響するため、夏播きおよび二期作における生育中期までの防除が効果的であると示唆された。

ツマジロクサヨトウは国内では 2019 年 7 月 9 日に鹿児島県で初めて幼虫が確認され、宮崎県内では 2019 年 7 月 10 日に飼料用トウモロコシのほ場で初めて確認された（農林水産省 2019）。2020 年には 42 道府県で発生が確認されており、報告された作物の約 8 割が飼料用および食用のトウモロコシであった（農林水産省 2020）。

ツマジロクサヨトウのトウモロコシへの被害の特徴は、雌成虫により展開間もない新葉に産卵されふ化した後、若齢幼虫は葉の表面を削り取るように加害し、その後、葉の芯の部分に潜り、抽出中の葉や雄穂を加害すると報告されている（石井・大野 2021;農林水産省 2021）

急速に分布を拡大したツマジロクサヨトウは、今後もさらなる発生拡大と毎年新たな個体群の飛来が予想されることから、場内ほ場で飼料用トウモロコシの栽培を行い、播種時期および薬剤散布回数を変えることにより宮崎県におけるツマジロクサヨトウの被害状況と収量への影響を調査した。

## 試 験 方 法

### 1 試験地

宮崎県畜産試験場試験ほ場（黒色火山灰土壌）

### 2 供試品種

4 月播種：ゴールドデント KD671 (KD671)  
6～8 月播種：スノーデントおとは (PI2008)

### 3 播種日

2022 年 4 月 20 日、6 月 3 日、7 月 1 日、7 月 26 日、8 月 3 日

### 4 播種法

ジェットシーダによる播種  
条間 0.75 m、株間 0.2 m

### 5 試験区

試験区は表 1 に示すとおり設定した。1 区 15 m<sup>2</sup> (5 m×5 条) とし、ラテン方格法の 3 反復制で実施した。

表1 試験区

試験区設定	播種後 3週目	播種後 5週目	播種後 7週目	播種後 10週目
無防除区				
1回防除区	○			
2回防除区	○	○		
完全防除(4回)区	○	○	○	○

防除に使用する薬剤は登録上では2回までの使用であるが、ツマジロクサヨトウの加害を完全に防いだ場合の試験区として4回防除を行う完全防除区を設定した。また、7月26日播種区については8月2日に高原町個体群(2022年5月採集)の幼虫(1~2齢期)を1区あたり30頭放飼した。

## 6 薬剤処理

使用薬剤：カルタップ塩酸塩(パダン SG 水溶剤)

希釈倍率：1000倍

散布量：300 L/10 a

## 7 被害調査

4-5葉期を生育初期、9-10葉期を生育中期として各区10株についてそれぞれ被害スコアを調査した。また無防除区を対照に幼虫の種類を調査した。収穫調査時は各区10株について雌穂の被害スコアを調査した。被害スコアは表2および表3に示したとおり、農研機構九州沖縄農業研究センターが作成した5段階の基準を利用した。

表2 茎葉における被害の評価方法

評点	被害の特徴	簡易	簡易版(読み替え)
1	目に見える被害なし	1	葉に加害跡がない、または、下位葉にピンホール状の加害跡がわずかにみられるのみである
2	1、2枚の下位葉にピンホール状の加害跡がわずかにある		
3	いくつかのピンホール状の穴や、小さな円形の加害跡が数枚の葉(4枚以下)にある	2	ピンホール状の穴や、小さな円形の穴が複数の葉に観察される。または、抽出中の葉に加害跡がみられるが長さは1.3cm以下である。
4	複数のピンホール状の穴や、小さな円形の加害跡が複数の葉(6-8枚)にあり、上位葉にも長さ1.3cm以下の加害跡がある		
5	長さ2.5cm以上※の加害跡を持つ葉が8-10枚あることに加え、上位葉に2.5cm以下の不定形の穴が観察される	3	長さ2.5cm以上の加害跡を持つ葉が8枚以上(または半数以上)ある。抽出中の葉には中小の不定形の穴が見られるが、2.5cmを上回る加害跡は見られない。
6	長さ2.5cmを大きく上回る加害跡や、上位葉に2.5cm以上の大きな不定形の穴がいくつか観察される		
7	長さ2.5cmを大きく上回る加害跡の数が多くなり、大きな不定形の穴が上位葉に観察される	4	ほとんどの上位葉に長さ2.5cmを大きく上回る加害跡が多数ある。抽出中の葉にも多数の不定形の穴が観察される。
8	ほとんどの上位葉に長さ2.5cmを大きく上回る加害跡が多数ある。抽出中の葉にも多数の不定形の穴が観察される		
9	食害により抽出中の葉がほぼなくなり、植物体が枯死する	5	食害により抽出中の葉がほぼなくなり、植物体が枯死する。

表3 雌穂における被害の評価方法

評点	被害の特徴	簡易	簡易版(読み替え)
1	目に見える加害跡なし	1	被害なし
2	加害された粒が5粒以下あるいは全体の5%未満	2	被害が全体の10%未満
3	加害された粒が6-15粒あるいは全体の10%未満		
4	加害された粒が16-30粒あるいは全体の15%未満	3	被害が全体の35%未満
5	加害された粒が31-50粒あるいは全体の35%未満		
6	加害された粒が51-75粒あるいは全体の35%以上-50%未満	4	被害が全体の60%未満
7	加害された粒が76-100粒あるいは全体の51%以上-60%未満		
8	加害された粒が101粒以上あるいは全体の60%-100%未満	5	被害が全体の60%以上
9	ほぼ100%の加害		

8 収量調査

黄熟期に各区10株を刈り取り、生草収量、乾物収量、TDN収量を調査した。

いて、一元配置分散分析により比較を行った。

試験結果

9 収量調査日

2022年8月4日、9月9日、10月4日、10月19日、10月27日

試験期間中の気温および降水量を図1に示した。場内に設置したトラップでは、4月1日に初飛来を確認後、場内ほ場で5月20日に幼虫を確認した。飼料用トウモロコシの生育期間中の気温および降水量は4月下旬、7月中旬、9月中旬の降水量が平年より多かった。

10 統計処理

EZRを使用した(Kanda 2013)。被害調査結果について、クラスカルワリス検定により比較を行った。また、収量調査結果につ

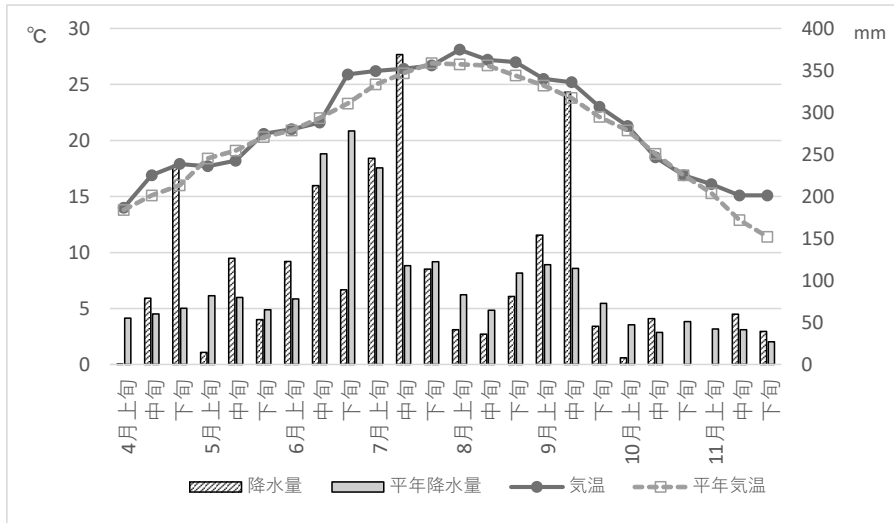


図1 気温および降水量 (気象庁HP)

4月播種の被害スコアを表4に示した。生育初期および生育中期では無防除区、収穫期には2回防除区が最も高い傾向にあったが、有意差は認められなかった。

4月播種の乾物収量を表5に示した。2回防除区が最も多かったが、有意差は認められなかった。

表4 4月播種被害スコア

試験区	生育初期	生育中期	収穫期
無防除区	1.3	1.2	1.1
1回防除区	1.0	1.0	1.1
2回防除区	1.0	1.0	1.2
完全防除区	1.1	1.0	1.1

表5 4月播種乾物収量

試験区	茎葉乾物収量 (kg/10a)	雌穂乾物収量 (kg/10a)	総乾物収量 (kg/10a)
無防除区	699.1	652.9	1352.0
1回防除区	765.9	737.8	1503.7
2回防除区	806.2	807.5	1613.7
完全防除区	800.1	744.6	1544.7

6月播種の被害スコアを表6に示した。生育初期および生育中期では無防除区、収穫期では1回防除区が最も大きい傾向にあったが、有意差は認められなかった

表6 6月播種被害スコア

試験区	生育初期	生育中期	収穫期
無防除区	1.6	1.4	1.3
1回防除区	1.1	1.2	1.4
2回防除区	1.2	1.0	1.2
完全防除区	1.1	1.1	1.1

6月播種の乾物収量を表7に示した。2回防除区が最も多く、無防除区よりも有意に多かった ( $p < 0.05$ )。

表7 6月播種乾物収量

試験区	茎葉乾物収量 (kg/10a)	雌穂乾物収量 (kg/10a)	総乾物収量 (kg/10a)
無防除区	473.0	322.2	795.2 b
1回防除区	585.5	471.5	1057.0 ab
2回防除区	695.2	472.9	1168.1 a
完全防除区	663.1	383.6	1046.7 ab

ab異符号間に有意差あり ( $p < 0.05$ )

7月上旬播種の被害スコアを表8に示した。生育初期では無防除区、生育中期では無防除区と1回防除区と2回防除区、収穫期では無防除区と1回防除区が最も高かったが、有意差は認められなかった。

表8 7月上旬播種被害スコア

試験区	生育初期	生育中期	収穫期
無防除区	1.1	1.2	1.4
1回防除区	1.0	1.2	1.4
2回防除区	1.0	1.2	1.3
完全防除区	1.0	1.1	1.0

7月上旬播種の乾物収量を表9に示した。2回防除区が最も多かったが、有意差は認められなかった。

表9 7月上旬播種乾物収量

試験区	茎葉乾物収量 (kg/10a)	雌穂乾物収量 (kg/10a)	総乾物収量 (kg/10a)
無防除区	526.5	467.1	993.6
1回防除区	539.5	516.8	1056.3
2回防除区	579.2	592.8	1172.1
完全防除区	578.6	553.4	1132.0

7月下旬播種の被害スコアを表10に示した。生育初期では1回防除区、生育中期では無防除区、収穫期では1回防除区と2回防除区が最も高い傾向にあった。生育中期の無防除区は完全防除区よりも有意に高かった ( $p < 0.05$ )。

表10 7月下旬播種被害スコア

試験区	生育初期	生育中期	収穫期
無防除区	2.1	1.9 a	1.2
1回防除区	2.3	1.4 ab	1.3
2回防除区	2.0	1.3 ab	1.3
完全防除区	2.0	1.1 b	1.1

ab異符号間に有意差あり ( $p < 0.05$ )

7月下旬播種の乾物収量を表11に示した。2回防除区が最も多かったが、有意差は認められなかった。

表11 7月下旬播種乾物収量

試験区	茎葉乾物収量 (kg/10a)	雌穂乾物収量 (kg/10a)	総乾物収量 (kg/10a)
無防除区	1049.2	418.1	1467.3
1回防除区	1038.0	525.8	1563.8
2回防除区	1075.4	547.3	1622.7
完全防除区	1096.5	455.5	1552.0

8月播種の被害スコアを表12に示した。生育初期では1回防除区、生育中期および収穫期では無防除区が最も高かったが、有意差は認められなかった。

表12 8月播種被害スコア

試験区	生育初期	生育中期	収穫期
無防除区	1.1	1.1	1.4
1回防除区	1.2	1.0	1.2
2回防除区	1.1	1.0	1.1
完全防除区	1.0	1.0	1.2

8月播種の乾物収量を表13に示した。完全防除区が最も多かったが、有意差は認められなかった。

表13 8月播種乾物収量

試験区	茎葉乾物収量 (kg/10a)	雌穂乾物収量 (kg/10a)	総乾物収量 (kg/10a)
無防除区	820.0	392.1	1212.1
1回防除区	796.3	362.4	1158.7
2回防除区	875.1	344.6	1219.7
完全防除区	846.2	387.4	1233.6

全体の被害スコアを表14に示した。生育初期および生育中期では無防除区、収穫期では無防除区と1回防除区が最も高い傾向にあった。生育中期の無防除区は2回防除区および完全防除区よりも有意に高く、収穫期の完全防除区はすべての区より有意に低かった ( $p < 0.05$ )。

表14 全体平均被害スコア

試験区	生育初期	生育中期	収穫期
無防除区	1.4	1.3 a	1.3 a
1回防除区	1.3	1.2 ab	1.3 a
2回防除区	1.3	1.1 b	1.2 a
完全防除区	1.3	1.1 b	1.1 b

ab異符号間に有意差あり ( $p < 0.05$ )

全体の乾物収量を表15に示した。2回防除区が最も多かったが、有意差は認められなかった。

表15 全体平均乾物収量

試験区	茎葉乾物収量 (kg/10a)	雌穂乾物収量 (kg/10a)	総乾物収量 (kg/10a)
無防除区	713.6	450.5	1164.0
1回防除区	745.0	522.9	1267.9
2回防除区	806.2	553.0	1359.3
完全防除区	796.9	504.9	1301.8

## 考 察

全体として、2回防除までは防除回数が増えるほど生育中期までの被害は少なく、収量は多い傾向にあった。また、収穫期の被害は収量への影響が小さいと考えられた。播種時期別では4月播種では被害が少ない傾向にあり、ツマジロクサヨトウの飛来時期から生育期間中の個体数が少ないと考えられた。6月播種は梅雨の影響により生育が悪く、収量が低かったと考えられた。7月以降の播種では生育期間を通して被害が確認され、生育期間中のツマジロクサヨトウの個体数が多いと考えられた。

## 結 論

生育中期までの被害が収量に影響を及ぼすことが示唆された。また、ツマジロクサヨトウは4月から5月頃に飛来し、7月頃に個体数が多くなることから4月に播種を行う春播き体系や、5月に播種を行う晩播体系では播種から生育中期までのツマジロクサヨトウの個体数が少なく被害が小さいため加害による収量への影響は小さく、7月から8月に播種を行う夏播きおよび二期作ではツマジロクサヨトウの個体数が多いため播種から生育中期までの被害が大きくなり加害による収量への影響が大きいと考えられた。このことから夏播きおよび二期作での生育初期から生育中期までに

防除を行うことでツマジロクサヨトウ被害による収量低下が抑えられることが示唆された。

マニュアル本編（第2版）.農林水産省，東京；[cited 21 July 2023]. Available from URL:[https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/keneki/k\\_kokunai/attach/pdf/tumajiro-150.pdf](https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/keneki/k_kokunai/attach/pdf/tumajiro-150.pdf)

## 謝 辞

試験にご協力いただきました農研機構九州沖縄農業研究センター（現農林水産省技術会議事務局）の加藤直樹氏、宮崎県総合農業試験場生物環境部の竹原剛史氏に感謝申し上げます。

本研究は生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」（JPJ007097）の支援を受けて実施した。

## 参 考 文 献

- 石井康之・大野和朗.2021.ツマジロクサヨトウ防除飼料生産マニュアル改訂二版.宮崎大学，宮崎；[cited 21 July 2023]. Available from URL:<http://www.miyazaki-u.ac.jp/ags/bunner/38051e8c575540e69efb349fc07e28604f778405.pdf>
- Kanda Y.2013.Investigation of the freely Available easy-to-use software ‘EZR’ for medical statistics.Bone Marrow Transplant.2013.48,452-8.
- 農林水産省.2019.令和元年のツマジロクサヨトウの発生状況（令和2年3月5日更新）.農林水産省，東京；[cited 21 July 2023]. Available from URL:[https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/keneki/k\\_kokunai/attach/pdf/tumajiro-77.pdf](https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/keneki/k_kokunai/attach/pdf/tumajiro-77.pdf)
- 農林水産省.2020.令和2年のツマジロクサヨトウの発生状況（令和2年11月6日更新）.農林水産省，東京；[cited 21 July 2023]. Available from URL:[https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/keneki/k\\_kokunai/attach/pdf/tumajiro-146.pdf](https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/keneki/k_kokunai/attach/pdf/tumajiro-146.pdf)
- 農林水産省.2021.「ツマジロクサヨトウ」防除

# 「BOD監視システム」によるスマート養豚排水処理の実証 (第2報)

甲斐敬康・三角久志・長峰孝文<sup>1)</sup>・横山浩<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 三桜電気工業株式会社、<sup>2)</sup> 農研機構畜産研究部門

Demonstration of Smart pig farm wastewater treatment by "BOD monitoring system" (Vol.2)

Noriyasu KAI, Hisashi MISUMI, Takahumi NAGAMINE, Hiroshi YOKOYAMA

＜要約＞養豚排水処理については、硝酸性窒素等の規制強化に伴い、一層の窒素除去の効率化と適正処理が求められており、また、経営基盤強化の観点からも、処理の高度化、省力化およびコスト低減は、益々重要な課題となっている。そこで、本研究では、横山らが近年開発した「BOD監視システム」を都城市内の養豚場のA排水処理施設（施設Ⅰ）とB排水処理施設（施設Ⅱ）に設置し、年間を通じた排水処理の現地実証を実施した。その結果、排水処理施設の電気システムの故障や台風災害等で一部のデータは得られなかったものの、設置後3年が経過した「BOD監視システム」は、年間を通じて、問題なく稼働することが実証された。また、自動制御された日最大曝気時間を基準とした自動制御後の曝気時間の削減時間は、データが収集できなかった月を除き、施設Ⅰで年間970.2時間（月当たり97.0時間）、施設Ⅱで年間678.7時間（月当たり84.8時間）と集計された。

養豚排水処理においては、環境規制の強化や地域環境との調和の観点から、より高度かつ安定的な処理が求められている。特に、畜産排水における硝酸性窒素等濃度の排水基準は年々厳しくなっており、令和4年7月の改正により暫定排水基準は400 mg/Lに引き下げられた。さらに、将来は一般排水基準である100 mg/Lまで引き下げられる可能性があり、養豚排水の窒素除去は重要な技術となっている。硝酸性窒素等の規制が強化されたことにより、浄化槽の運転管理については、窒素除去の原理と手法を確実に理解した上で、従来の浄化槽管理より高度な操作を行う必要がある。

そこで本研究では、新しく開発された「BOD監視システム」を設置している都城市内の実証施設において、原水、曝気槽水および処理水の水質モニタリングを月2回の頻度で実施し、装置の設置後数年を経過しても、年間を通じて効率的な処理が可能であるかなどについて検証した。

## 材料および方法

### 1 調査方法

#### (1) 「BOD監視システム」

「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、2016～2019）」で開発されたBOD監視装置を用いた。この装置は、発電細菌を培養する「培養器」と、ポテンショスタット（電位制御装置）やシステムの制御装置が入った「本体」から構成され、発電細菌が汚水中のBODと反応して発生する起電力によりBOD値を推定し、処理水のBODと曝気槽のpHの値に基づいて、曝気槽のプロアをOn/Off制御する。また、スマートフォンやパソコンからBOD、pH、水温などのデータを閲覧できるアラート機能付IoTを備えているため、現場に行くことなく、排水処理施設の状況を把握することができる。

#### (2) 実証施設



「BOD監視システム」を設置してある都城市内の養豚農場の連続式活性汚泥法処理施設（施設Ⅰ、施設Ⅱ）において、原水、曝気槽水および処理水のモニタリングを行い、BOD、窒素の浄化能力および曝気時間の削減効果等について検証した。

#### 【処理施設概要】

##### ① 施設Ⅰ

処理対象：肥育豚2,400頭（2022.6月現在）  
 豚舎タイプ：糞尿分離（スクレーパー方式）  
 1次処理法：固液分離機（振動型スクリーン、最初沈殿槽）  
 処理方式：膜分離方式連続式活性汚泥法  
 原水槽容積：64.8 m<sup>3</sup>  
 曝気槽数：4槽＋膜分離槽1槽  
 曝気槽総容積：884.8 m<sup>3</sup>（膜分離槽含む）  
 処理水量：22.8 m<sup>3</sup>/日 注）設計計算値  
 滞留時間：38.8day  
 BOD容積負荷：0.1 kg/m<sup>3</sup>/day注）設計計算値  
 「BOD監視システム」のタイプ：3号機（開発事業で最終形として製作されたもの）  
 曝気制御方式：BOD推定値およびpH値による制御

##### ② 施設Ⅱ

処理対象：肥育豚換算2,000頭（2022.6月現在）  
 豚舎タイプ：糞尿分離（スクレーパー方式）  
 1次処理法：固液分離機（振動型スクリーン、最初沈殿槽）  
 処理方式：膜分離方式連続式活性汚泥法  
 原水槽容積：12.0 m<sup>3</sup>  
 曝気槽数：4槽＋膜分離槽2槽  
 曝気槽総容積：516.3 m<sup>3</sup>  
 処理水量：47.5 m<sup>3</sup>/日 注）当初設計値  
 滞留時間：10.9day  
 BOD容積負荷：0.48 kg/m<sup>3</sup>/day注）設計計算値  
 「BOD監視システム」のタイプ：2号機（開発事業でプロトタイプ2号機として試作されたもの）  
 曝気制御方式：BOD推定値およびpH値による制御

##### (3) 供試サンプル

令和4年4月から令和5年3月までの間、月2回（原則

として第2・第4火曜日）サンプリングした。なお、サンプリングは、共同研究者（当該施設のメンテ契約者）である三桜電気工業株式会社が行い、分析用サンプルは、原水、曝気槽内水、最終処理水を1セットとし、採水当日にクール宅急便で現場に送付し、翌日、現場に到着後、水温を20℃前後に調節し、分析に供した。

## 2 調査項目

- (1) 原水（曝気槽への流入水）および処理水  
 pH、EC、透視度、着色度、濁度、BOD、COD、SS、TN、リン、BOD/N比（原水のみ）、NH<sub>4</sub>-N（処理水のみ）、NO<sub>2</sub>-N（処理水のみ）、NO<sub>3</sub>-N（処理水のみ）、NO<sub>x</sub>-N（処理水のみ）、硝酸性窒素等（処理水のみ）、大腸菌数（処理水のみ、消毒前）
- (2) 曝気槽水  
 MLSS濃度、SV30、F5（ろ紙ろ過量）
- (3) その他  
 日々の選択された曝気パターン、BODとpHの計測値（IoT）、曝気時間  
 なお、BOD監視装置では、毎日一定時間での水温、BOD、pH等を自動で記録した。

## 3 測定機器および方法

pH：pHメーター（TOA社製 HM-30G）  
 EC：ECメーター（TOA社製 CM-20S）  
 透視度：透視度計（IWAKI社製 5930T0-SET30およびSET50）  
 SS：ガラス繊維ろ紙法  
 COD：過マンガン酸カリウム法  
 BOD：圧力センサ式BOD自動測定器（HACH社製 BODTrak II）  
 TN、NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>x</sub>-N：ケルダール法およびブレンナー法  
 濁度および着色度：濁度・色度計（日本電色工業社製 Drainage Analyzer NDR2000）  
 大腸菌群数：3M Petrifilm（EC）

## 4 各施設の制御および曝気パターン

各施設の曝気制御条件および曝気パターンは、表1および図1に示すとおりである。

表1 曝気制御パターン (年間)

施設Ⅰ【鹿児島県側】			施設Ⅱ【宮崎県側】		
区分		4/1~	区分		4/1~
A	0	24	A	0	24
B	1	20	B	1	20
C	2	18	C	2	18
D	3	16	D	3	16
E	4	14	E	4	14
F	5	12	F	5	12
G	6	22	G	6	22

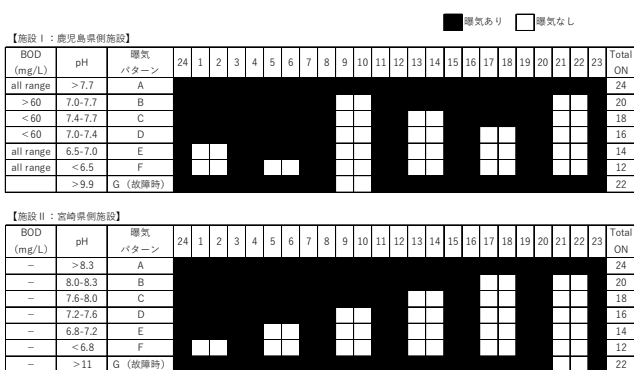


図1 曝気制御パターン (例)

## 結果

### 1 年間の主な運転管理内容

#### (1) 施設Ⅰ

令和4年5月10日：汚泥流出の可能性があったため電源を切断

令和4年6月14日：電源を入れ稼働再開

令和4年8月9日：第二水中ポンプの位置を第二曝気槽から最初沈殿槽に変更

令和4年9月13日：濁度計 (SS計) 設置

令和4年9月27日：台風14号被害状況確認調査 (沈殿槽屋根破損、pHセンサー鞘管の緩み)

令和4年10月11日：濁度計警報読取値を5,000に設定変更

令和4年12月6日：培養器の電極清掃

令和5年1月10日：pHセンサーと参照電極を交換 (pHセンサーの鞘管折損)

令和5年1月24日：pHセンサーの鞘管を透明なものに交換し、ヒーターのヒューズを交換

#### (2) 施設Ⅱ

令和4年4月22日：培養器の電極を強めに洗浄

令和4年9月27日：台風14号被害確認調査 (pHセンサー管の折れと損耗・断線、屋根損壊、制御盤の電源Off→再起動、曝気パターンを「C」に設定)

令和4年11月1日：培養器ヒーターの不良発生

令和5年1月24日：ヒーターのヒューズを交換

※ 電源を入れたところ、起動しなくなったため、ブロワを制御盤制御に切り替え、その後は「BOD監視システム」を稼働停止した。

### 2 原水、曝気槽水および処理水の水质

各処理施設の原水、曝気槽水および処理水の水质分析値、年間の推移、年平均値を表2、表3、図2から図8に示した。9月に台風14号による被害があり、特に施設Ⅱでは「BOD監視システム」に不具合が生じたものの、処理水质については、年間を通じて概ね良好な水质であった。特に、硝酸性窒素等については、施設Ⅰで最大値74.1 mg/L、最小値3.5 mg/L、年平均27.0 mg/L、施設Ⅱで最大値127.7 mg/L、最小値4.8 mg/L、年平均34.7 mg/Lと、施設Ⅱの2月以外は、一般排水基準 (100 mg/L) 以下の良好な水质であった。また、BOD/N比は、施設Ⅰで、最大値17.1、最小値4.5、年平均値8.8、施設Ⅱで、最大値10.9、最小値2.7、年平均値8.0と、年間通じていずれも概ね3.0以上であった。

### 3 月ごとの曝気時間と曝気削減時間の推移

月ごとの曝気時間と曝気削減時間の推移を表4、図9に示した。機器の故障や停電等により、一部でデータが得られなかった月があった。自動制御前では、通常、施設の管理者が活性汚泥濃度や溶存酸素などの状況を見ながら曝気時間を調整しているが、今回の曝気制御前の月曝気時間は、自動制御された日最大曝気時間の月合計値により算出した。その結果、いずれの施設でも自動制御による曝気時間の削減効果が認められ、削減時間は、データが収集できなかった月を除き、施設Ⅰで年間970.2時間 (月当たり97.0時間)、施設Ⅱで年間678.7時間 (月当たり84.8時間) と集計された。





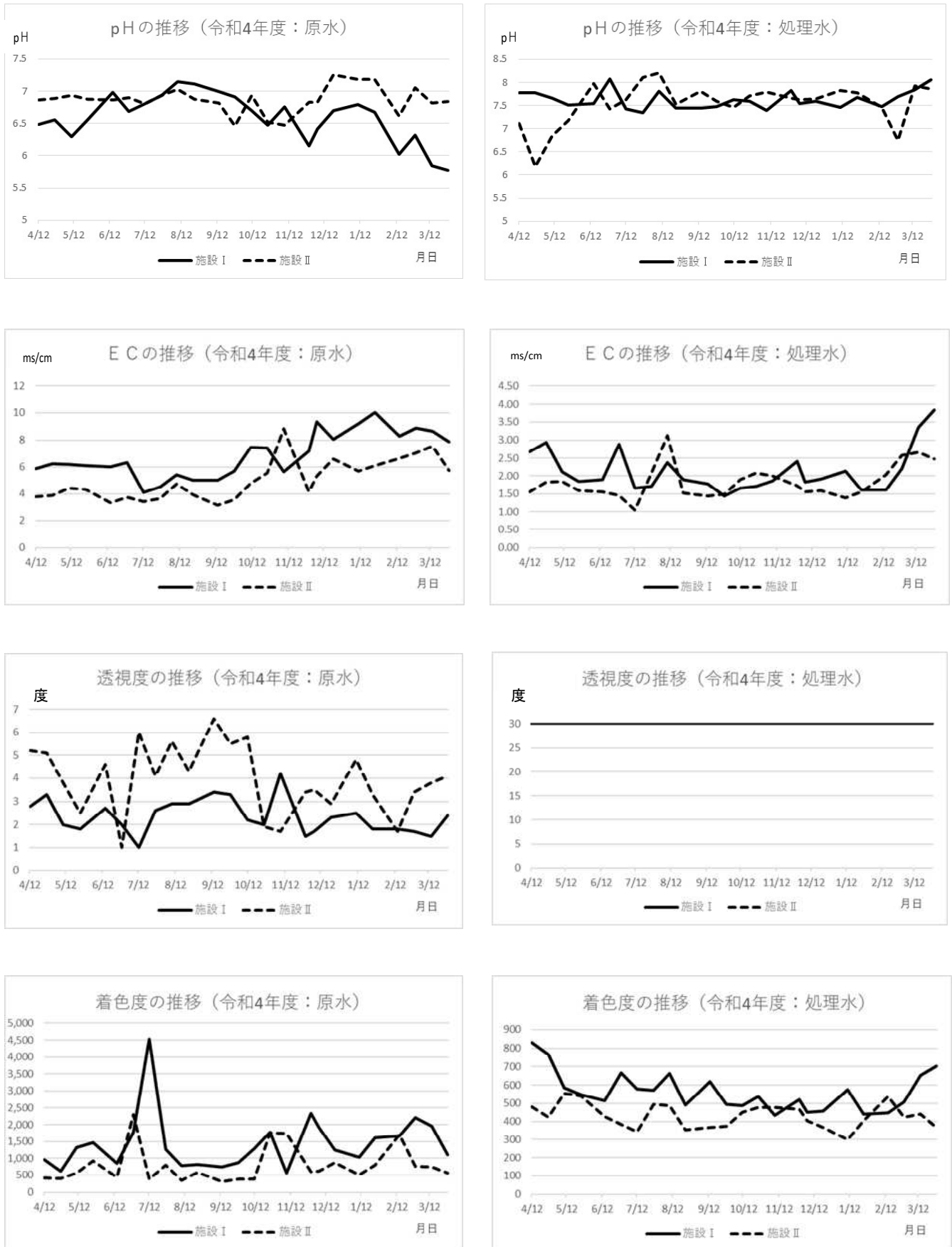


図2 各処理施設における水質の推移（その1）

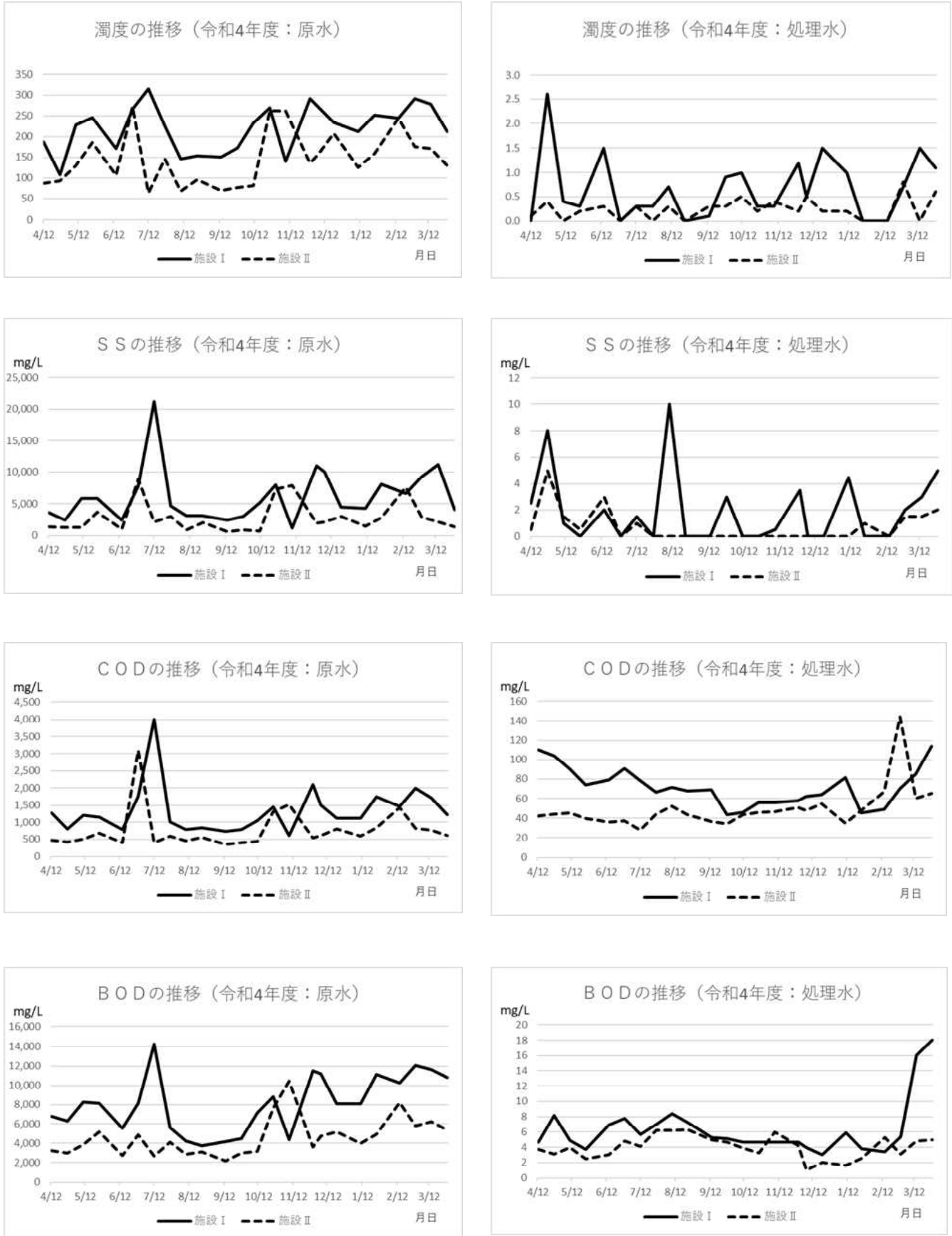


図3 各処理施設における水質の推移 (その2)

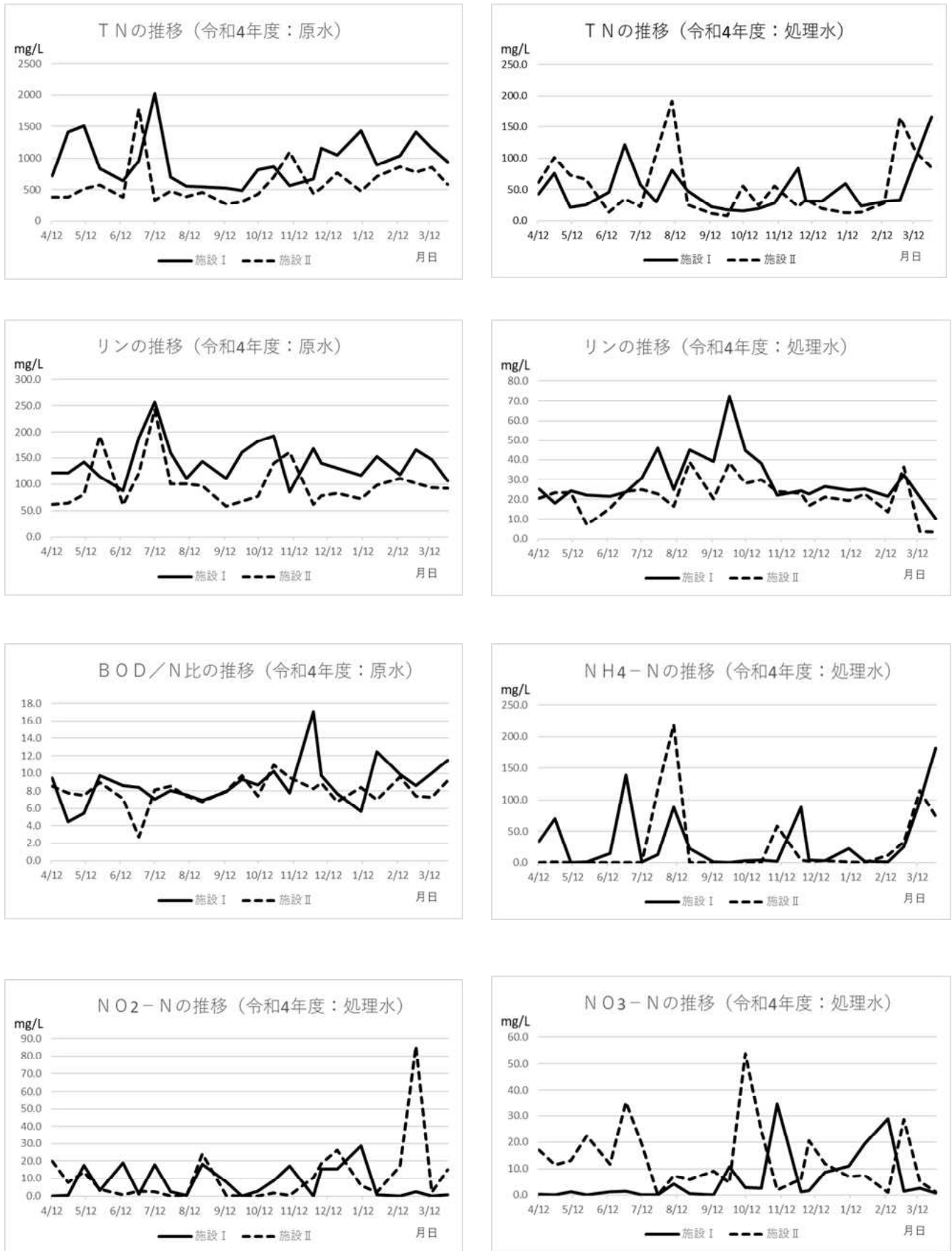


図4 各処理施設における水質の推移（その3）



図5 各処理施設における水質の推移 (その4)



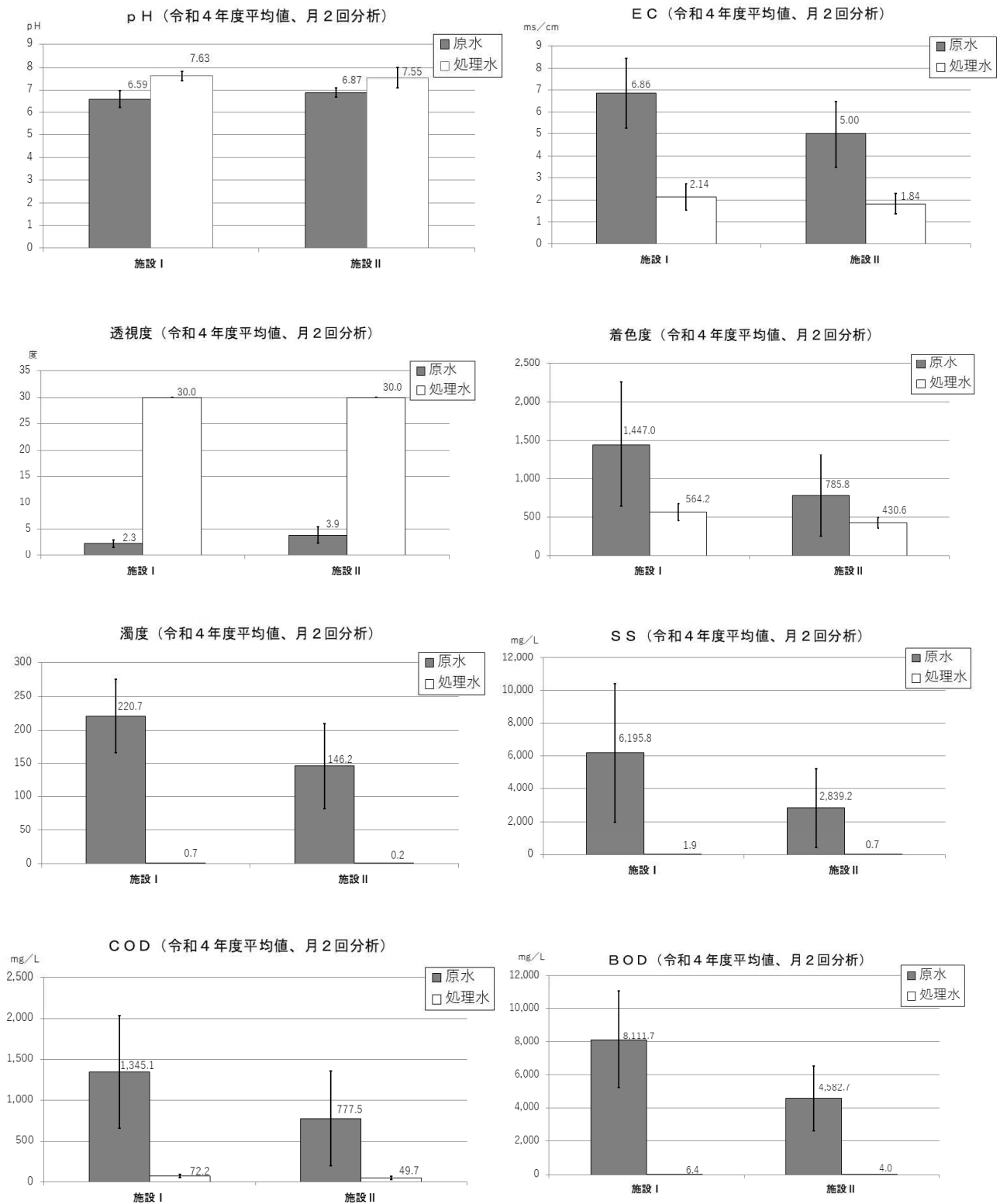


図6 各処理施設における年平均水質（その1）

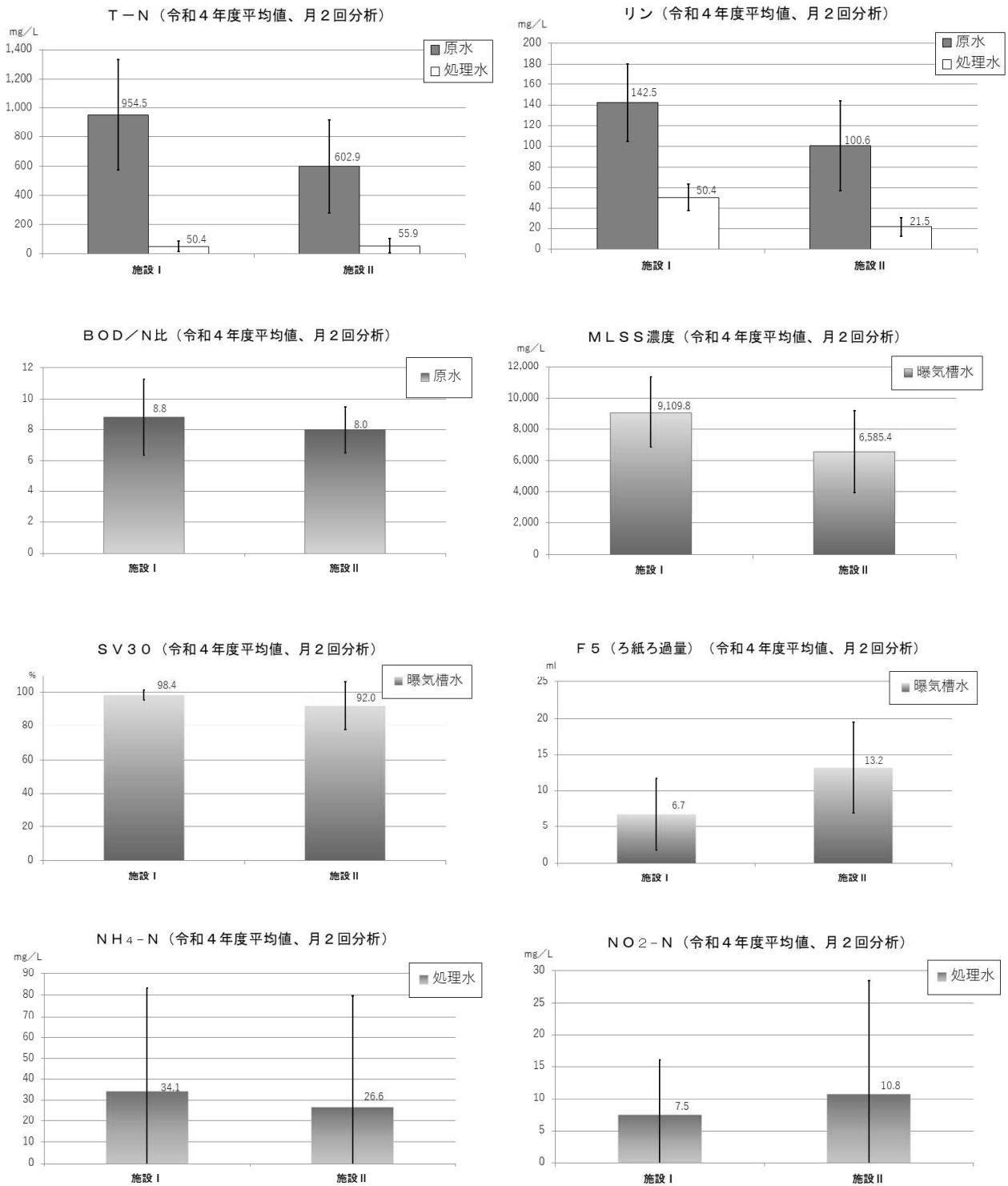


図7 各処理施設における年平均水質 (その2)

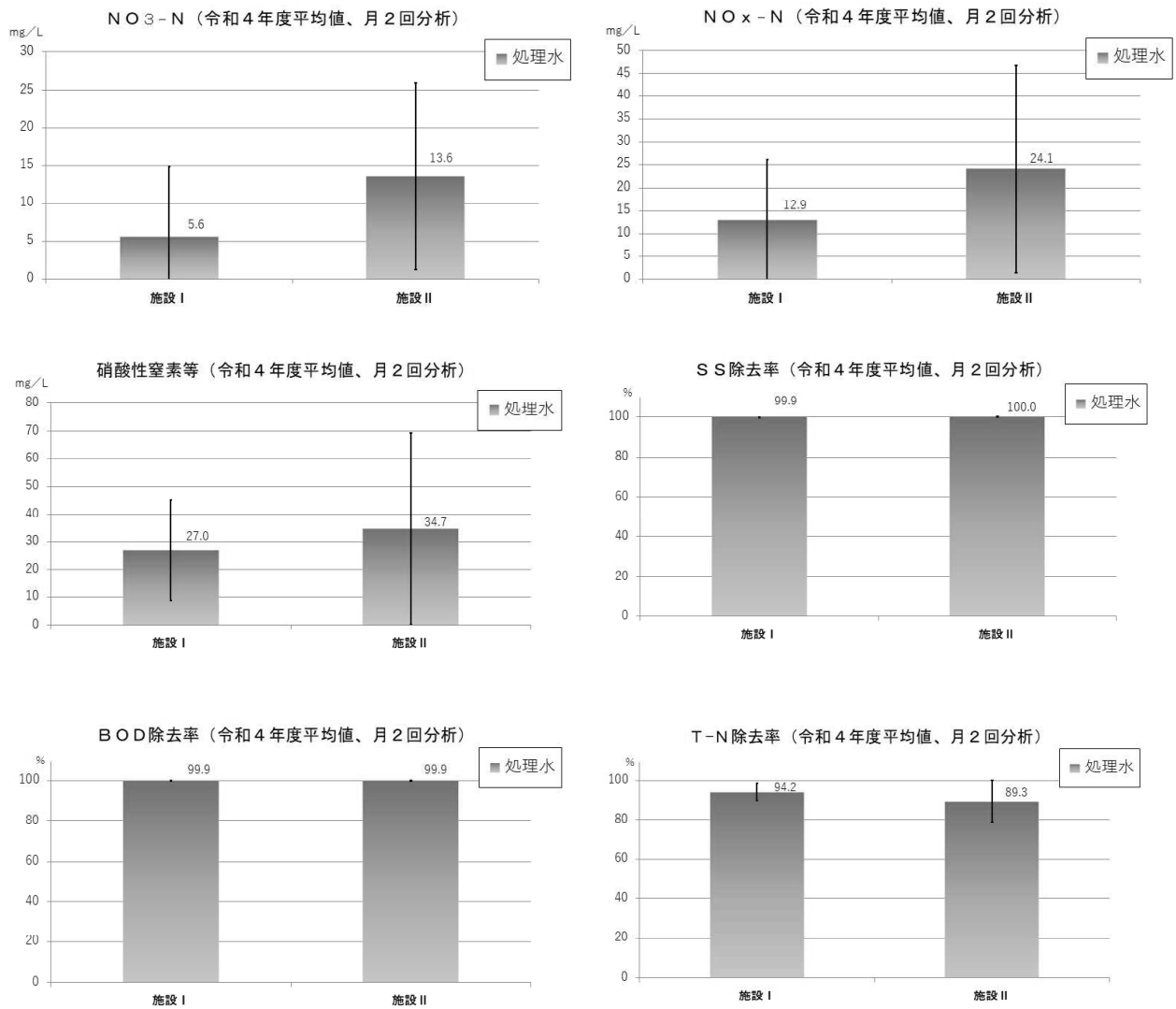


図8 各処理施設における年平均水質（その3）

表4 各処理施設における月ごとの曝気時間と曝気削減時間 (令和4年度)

月	施設Ⅰ					施設Ⅱ				
	曝気時間 (h)		曝気削減時間 (h)			曝気時間 (h)		曝気削減時間 (h)		
	制御前	制御後	月当たり	1日当たり	年間	制御前	制御後	月当たり	1日当たり	年間
4	720.0	610.7	109.3	3.6						
5						744.0	623.0	121.0	3.9	
6						720.0	555.3	164.7	5.5	
7	744.0	584.7	159.3	5.1		744.0	624.8	119.2	3.8	
8	744.0	617.8	126.2	4.1		744.0	676.3	67.7	2.2	
9	720.0	522.8	197.2	6.6						
10	682.0	564.0	118.0	3.8		682.0	557.5	124.5	4.0	
11	660.0	645.0	15.0	0.5		540.0	539.0	1.0	0.0	
12	682.0	654.8	27.2	0.9		620.0	579.2	40.8	1.3	
1	744.0	615.7	128.3	4.1		620.0	580.2	39.8	1.3	
2	672.0	582.3	89.7	3.2						
3	744.0	744.0	0.0	0.0						
月平均	711.2	614.2	-	-		676.8	591.9	-	-	
年間計	7,112.0	6,141.8	97.0	3.2	970.2	5,414.0	4,735.3	84.8	2.8	678.7

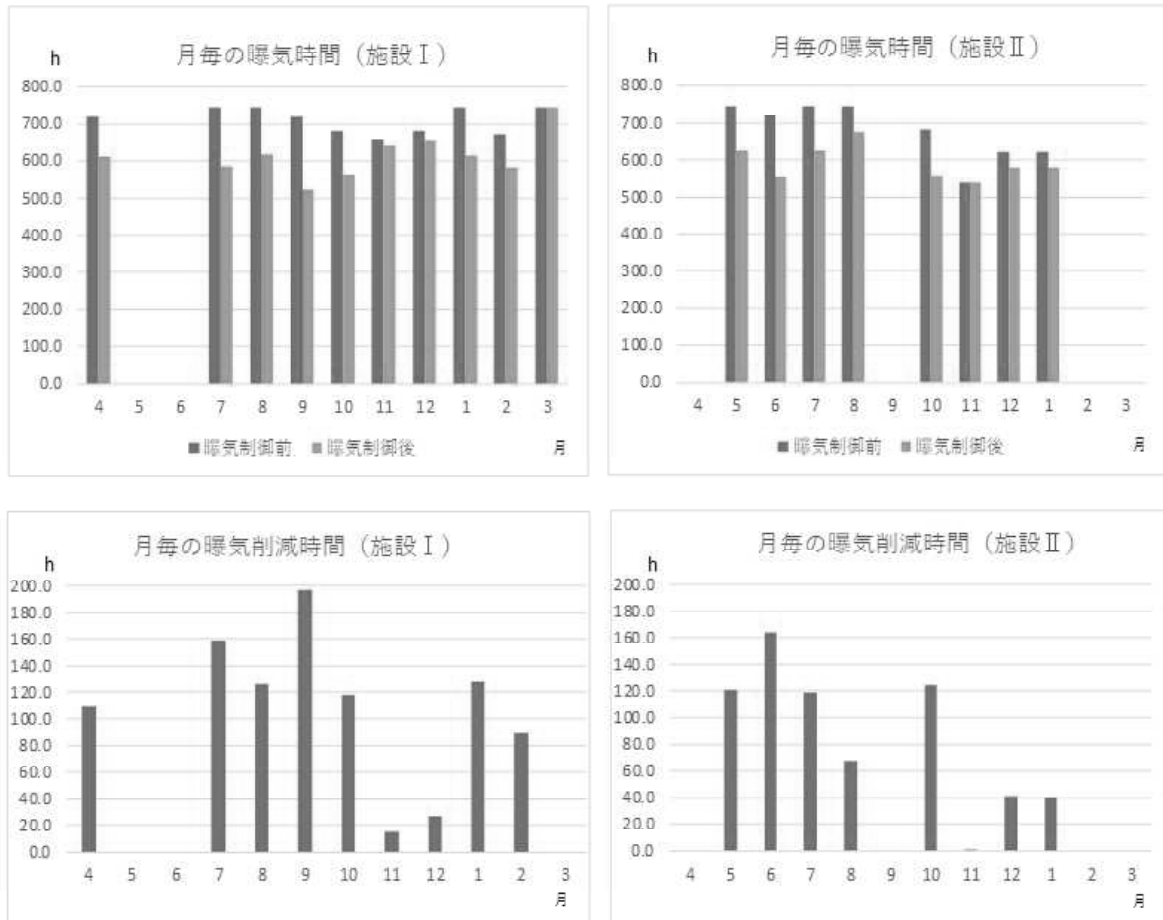


図9 各処理施設における月ごとの曝気時間と曝気削減時間の推移 (令和4年度)

表5 月ごとの「BOD監視システム」の測定値（評価値） ※ IoTデータからの月平均集計値

【施設Ⅰ】						【施設Ⅱ】					
月	測定値（評価値）					月	測定値（評価値）				
	BOD	pH	気温 °C	処理槽 水温°C	培養槽 水温°C		BOD	pH	気温 °C	処理槽 水温°C	培養槽 水温°C
4月	48.4	7.6	17.6	26.3	29.9	4月	32.2	7.6	18.8	30.0	30.0
5月	32.8	7.6	18.9	26.9	29.9	5月	37.0	7.3	19.5	30.0	30.0
6月	19.1	7.7	25.6	30.8	30.5	6月	38.3	7.6	23.6	30.6	30.2
7月	21.9	7.6	27.5	31.6	30.9	7月	38.5	7.7	27.2	32.2	31.0
8月	25.8	7.6	28.8	32.6	31.5	8月	37.4	7.8	28.6	33.4	32.3
9月	21.6	7.4	26.0	31.0	30.3	9月					
10月	22.1	7.4	20.2	28.4	29.9	10月	22.1	7.4	20.2	28.4	29.9
11月	22.9	7.6	16.4	26.0	29.7	11月	37.9		16.0	24.3	
12月	21.9	7.9	7.9	21.3	29.3	12月	27.9		7.6	18.9	
1月	33.9	7.7	7.1	19.2		1月					
2月	42.4	7.9	10.1	21.1	29.6	2月					
3月						3月					
平均	28.4	7.6	18.7	26.8	30.2	平均	33.9	7.6	20.2	28.5	30.5
(SD)	9.24	0.15	7.48	4.42	0.63	(SD)	5.67	0.16	6.23	4.43	0.84

## 考 察

「BOD監視システム」は、南九州地域における膜分離方式活性汚泥処理施設において、年間を通じて、窒素除去と無駄な曝気の削減によるランニングコストの低減（省エネ）が可能であることが実証されたが、一方では、機器の故障等により処理に不具合が生じると、期待する曝気時間削減効果は得られなくなる。このため、「BOD監視システム」の能力を発揮するためには、IoT機能により日々の運転状況を確認し、トラブル時に速やかに対応することが重要と考えられた。

今後、AIによる固液分離の自動制御、曝気槽における汚泥濃度の自動制御、遠隔操作が可能なBOD監視システムへの改良、さらには膜圧や水中ポンプなどの機器の監視など、IoT遠隔監視システムの強化を図ることにより、畜産経営における省力化・低コスト化はもとより、排水処理のさらなる安定化や温室効果ガス（GHG）削減などの環境負荷低減にも大きく寄与することが期待される。

## 文 献

- Yamashita T. et al, (2016) Sci. Rep. 6:38552  
 農研機構 2018 年普及成果情報「排水処理に役立つ BOD(生物化学的酸素要求量)監視システム」  
 甲斐敬康, 芝田翔平, 長峰孝文, 横山浩. 2021. 「BOD監視システム」によるスマート養豚排水処理の実証（第1報）（甲斐ら 2021）

# 地域資源を活用した環境負荷軽減型配合飼料の効果実証 (第 3 報)

三角久志・甲斐敬康・柴田翔平<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 東臼杵農林振興局

Examination of pig farming compound feed that reduces odor and environmental load (Vol.3)

Hisashi MISUMI, Noriyasu KAI, Hiroyoshi NABEKURA, Shohei SHIBATA

**<要約>**本県産の地域資源を活用した低タンパク質アミノ酸バランス改善飼料（以下低 CP バランス飼料）を肥育豚に給与したところ、粗タンパク質（CP）含量が高い対照区との間に、日増体量（DG）の差（ $P = 0.898$ ）はなく、飼料要求率も同様であり、肥育豚の生産性への影響は認められなかった。また一方で、低 CP 飼料を給与した試験区の 1 日 1 頭当たりの糞中窒素排せつ量は、有意（ $P = 0.010$ ）に低下し、総窒素排せつ量では、より有意（ $P = 0.004$ ）に低下した。また、対照区に慣行 CP 配合飼料を給与し、地域資源を活用した低 CP バランス飼料と飼料費の比較を行ったところ、試験区の試験期間における 1 日 1 頭当たり飼料費が有意（ $P = 0.016$ ）に低下し、地域資源を活用することにより、飼料費の低減につながる可能性が示された。さらに、飼料摂取量と飼料中の CP 含量から求められる窒素摂取量と総窒素排せつ量の間には、強い正の相関（ $r = 0.931$ ）が認められ、肥育期間の総窒素摂取量を用いて総窒素排せつ量の予測が可能な回帰式（ $y = 0.690x - 15.32$ 、 $R^2 = 0.867$ ）が得られた。

農林水産省が策定した「みどりの食料システム戦略」の具体的な取組においては、「地域・未利用資源の一層の活用に向けた取組」の推進や、「高い生産性と両立する持続的生産体系への転換」が示されている。

本県の養豚生産における「地域・未利用資源の活用に向けた取組」については、食品残さ等の地域資源を飼料として活用する農家がみられるものの、一部の農家では、給与飼料の栄養バランスの不備が原因と思われる発育遅延、出荷日齢の延長等、生産性への影響がみられており、肥育豚の生産性を改善するための技術が求められている。また、「高い生産性と両立する持続的生産体系への転換」については、養豚経営から排出される窒素を削減し、温室効果ガス等（GHG）の排出の抑制につなげる技術の普及が必要となっている。

そのような中で、低 CP バランス飼料を給与することで、発育を低下させることなく、糞尿由来の窒

素排せつ量が低減し、養豚排水処理における負荷軽減、臭気低減効果および GHG 削減効果が期待できると報告されている（山本ら 2002、尾上ら 2010、須藤ら 2016）。

そこで本試験では、本県産の食品残さ等の地域資源を活用した低 CP バランス飼料を設計・製造し、肥育豚に給与した場合の発育や飼料効率への影響、糞尿排せつ量および窒素排せつ量の低減効果、さらに、飼料費への影響を検証した。

## 材料および方法

### 1 試験期間

試験期間は、令和 2 年が 9 月 28 日から 10 月 26 日、令和 3 年が 10 月 4 日から 11 月 1 日、令和 4 年が 10 月 17 日から 11 月 14 日とした。また、各年ともに、1 週間の予備飼育と 1 週間の本試験を 2 反復行った（試験 1 および試験 2）。

## 2 供試豚および試験区分

供試豚は、場内で生産されたLWD去勢豚20頭で、年度別の内訳は、令和2年度（R2年）が8頭、令和3年度（R3年）が6頭、令和4年度（R4年）が6頭を用いた。また、各年度ともに対照区と試験区の試験1の予備飼育開始時には、平均体重が均等になるように配置した。

試験区分は、表1と図1のとおり県内産の食品残さ等の地域資源を配合した低CPバランス飼料を給与する試験区と、慣行のCP含量の配合飼料を給与する対照区とした。また、図1のとおり、供試豚を2つのグループに分け、試験1と試験2で供試豚を反転させるクロスオーバー法により試験を実施した。

表1 試験区分

区分	年度	供試頭数	開始体重	供試飼料
試験区	R2	8頭	49.0kg	地域・未利用資源を15%配合した低CPバランス飼料（肥育前期）
	R3	6頭	33.5kg	地域・未利用資源を15%配合した低CPバランス飼料（肥育前期）
	R4	6頭	62.8kg	地域・未利用資源を33%配合した低CPバランス飼料（肥育前期）
対照区	R2	8頭	49.0kg	地域・未利用資源を15%配合した慣行CP飼料（肥育前期）
	R3	6頭	33.0kg	市販慣行CP配合飼料（肥育前期）
	R4	6頭	62.5kg	市販慣行CP配合飼料（肥育前期）

区分	試験1（2週間）		試験2（2週間）	
	予備飼育	本試験	予備飼育	本試験
試験区 低CPバランス飼料	供試豚A：10頭 (R2：4頭、R3：3頭、R4：3頭)		供試豚B：10頭 (R2：4頭、R3：3頭、R4：3頭)	
対照区 慣行CP飼料	供試豚B：10頭 (R2：4頭、R3：3頭、R4：3頭)		供試豚A：10頭 (R2：4頭、R3：3頭、R4：3頭)	

図1 供試豚の配置

## 3 供試飼料

供試飼料の飼料原料と成分量および1kg当たりの飼料単価を表3に示した。

試験区は、食品残さ等の地域資源を配合した肥育前期用配合飼料（肥育前期飼料）をベースに、大豆粕の配合割合を変更することによって、飼料設計値のCP含量を約13%に低減させ、不足するアミノ酸を充足した飼料を設計・製造し給与した。なお、年度別の地域資源の配合割合は菓子粉を含めてR2年とR3年が15%、R4年が輸入穀物価格の高騰により、トウモロコシの代替えとして配合した米粉（くず米）を含めて33%であった。

対照区は、R2年では地域資源を15%配合し、CP含量を慣行の肥育前期飼料と同等の水準とした飼料を給与し、R2年とR3年については、市販の肥育前

期飼料を給与した。

また、飼料給与方法は、制限給餌とし、予備飼育開始時体重の4.2%量を毎朝1回給与し、翌日の朝残餌の計量を行った。なお、飲水は自由摂取とした。

## 4 飼料成分分析

飼料の一般成分分析は、十勝農業協同組合連合会農産化学研究所（北海道帯広市）に依頼し、一般成分およびアミノ酸組成を分析した。

なお、可消化養分総量（TDN）は、飼料成分分析値を基に、主要原料であるトウモロコシの日本標準飼料成分表（豚）の可溶無窒素物（NFE）、CP、粗脂肪（EE）および粗繊維（CF）の各消化率を乗じて、TDN計算式により算出した。

表2 供試飼料

	試験区			対照区		
	R2年	R3年	R4年	R2年	R3年	R4年
トウモロコシ等	70.4%	70.6%	52.8%	65.8%	64.0%	64.0%
大豆油かす等	10.0%	10.0%	10.0%	15.0%	21.0%	21.0%
そうこう類	—	—	—	—	6.0%	6.0%
魚粉等	2.0%	1.4%	1.1%	2.0%	1.0%	1.0%
その他（菓子粉含む）	7.6%	13.0%	13.1%	7.2%	8.0%	8.0%
米粉	—	—	18.0%	—	—	—
食品残さ等	10.0%	5.0%	5.0%	10.0%	—	—
粗タンパク質（CP）	14.4%	13.8%	13.0%	16.0%	16.0%	16.0%
粗脂肪（EE）	5.9%	4.5%	4.6%	5.8%	4.0%	4.0%
粗繊維（CF）	2.2%	2.0%	2.3%	2.4%	6.0%	6.0%
カルシウム（Ca）	0.61%	0.59%	0.70%	0.63%	0.50%	0.50%
リン（P）	0.48%	0.38%	0.39%	0.50%	0.35%	0.35%
可消化養分総量（TDN）	80.1%	78.6%	78.5%	79.6%	78.0%	78.0%
飼料単価（消費税込み）	38.4円	56.8円	78.0円	37.9円	68.0円	91.0円

## 5 調査項目

調査項目は、一日増体量（DG）、飼料摂取量、飼料要求率、糞尿排せつ量、糞尿中窒素排せつ量、総窒素排せつ量および飼料費（円）とした。

なお、DG、飼料摂取量および飼料要求率の調査は、試験1、試験2および全体の予備飼育期間、本試験期間および全期間について実施した。

## 6 消化試験

糞尿は、本試験期間中の4日間分を採取し、クロスオーバー法を用いて2反復行った。

尿中窒素は、全尿採取法、糞中窒素は全糞採取法およびインデックス法により行い、7日間の予備飼育の後、本試験4日間の糞および尿を全量採取した。

糞尿の採取は、図2に示すような装置を製作し、スノコの下に設置して行った。また、窒素の揮散を防ぐため、糞尿採取装置内にあらかじめ5%硫酸を200 ml投入した。なお、R3およびR4については、スノコの隙間をコーキングで埋めて、ピットに尿が落ちることを防いだ。さらに、試験飼料には、イン

デックス法の指標物質として、酸化チタンを0.1%添加した。採取した糞は、十分均質化した後、4日間の重量比率により混合し、分析に供するまで冷凍保存した。採取した尿は、毎日の総量を計量、十分攪拌した後、200 ml程度をサンプリングし、分析に供するまで冷凍保存した。

## 7 糞尿の化学分析

糞中窒素の分析は、十勝農業協同組合連合会農産化学研究所（北海道帯広市）へ、尿中窒素の分析は、クリタ分析センター（茨城県つくば市）へ依頼した。

なお、糞尿中窒素の分析はケルダール法を用い、1日1頭当たりの糞尿中の窒素排せつ量は、表3に示す計算式により求めた。また、尿については前処理として3,000 rpmで20分間遠心分離し、上澄みを分析に供した。糞中酸化チタンの分析は、糞を60℃で24時間風乾し、微粉碎したものを分析に供した。分析は、大森ら（2013）の方法を参考に行い、乾式灰化を行った後、30%過酸化水素溶液で発色させ、吸光波長408 nmで比色定量した。



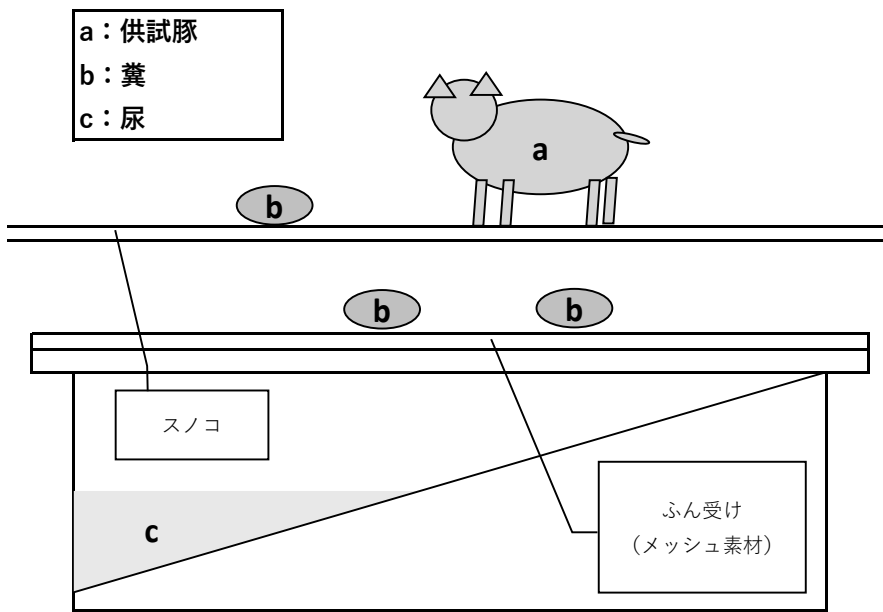


図2 糞尿採取装置

表3 糞尿中窒素排せつ量の算出式

項目	方法	算出式
尿中窒素排せつ量	全尿採取法	尿量 × 尿中窒素濃度
糞中窒素排せつ量	全糞採取法	糞量 × 糞中窒素濃度
	インデックス法	窒素摂取量 × (1 - 窒素消化率%※)

※ 窒素消化率 (%) = (1 - 飼料中酸化チタン% / 糞中酸化チタン% × 糞中窒素% / 飼料中窒素%) × 100

## 8 飼料費

飼料費は、各供試豚の1日当たり飼料費を、1日当たり飼料摂取量および1kg当たり飼料単価(円)から求めた。

## 9 統計解析

統計解析は、R2年からR4年までの全データについて、Rパッケージを用いた最小二乗分散分析(守屋ら2017)により実施した。なお、最小二乗分散分析のモデル式における説明変数は、供試豚、クロスオーバー法の反復回、試験区分とした。

## 10 相関分析および回帰分析

糞中窒素排せつ量の全糞採取法とインデックス法の比較については、両手法の相関関係と回帰について分析を行った。

また、簡易な窒素排せつ量の予測手法を確立するために、窒素摂取量と窒素排せつ量の間の相関分析と回帰分析を行った。

## 結果および考察

### 1 供試飼料の成分分析値

各年度の供試飼料の成分分析値を表4に示した。給与した飼料中のCP含量(原物中)は、対照区がR2年16.0%、R3年16.6%、R4年16.3%であったのに対して、試験区では、同様に13.6%と14.8%および13.5%と、R2年が2.4%、R3年が1.8%、R4年が2.8%低くなった。また、TDN含量は、EE含量とCF含量の差により若干のバラツキがみられたが、CP含量への影響はみられなかった。さらに、給与した飼料のリジン(Lys)等のアミノ酸含量は、アミノ酸添加により大差はなく、添加したアミノ酸は、肥育前期豚のアミノ酸要求量を充足していた。

表4 供試飼料の成分分析値

(単位：%、Mcal)

区分	年度	DM	TDN	DE	CP	EE	CF	NDF	Ca	P	Lys	Met	Thr
試験区	R2	85.0	76.8	3.38	13.6	5.0	7.8	12.6	0.64	0.53	0.69	0.17	0.52
	R3	86.2	78.6	3.49	14.8	5.5	9.2	14.9	0.89	0.58	0.90	0.19	0.75
	R4	87.1	82.4	3.63	13.5	5.6	8.4	9.8	0.69	0.41	0.94	0.40	0.59
対照区	R2	84.5	75.2	3.31	16.0	4.9	8.3	13.7	0.63	0.54	0.83	0.15	0.53
	R3	85.8	78.0	3.43	16.6	4.9	10.2	16.4	0.59	0.52	1.02	0.25	0.76
	R4	86.7	76.6	3.38	16.3	3.7	11.2	13.3	0.62	0.46	0.91	0.11	0.55

※数値は原物中の値

2 増体成績

各区の DG を図 3 に示した。

DG 平均値は、試験区が 823.0 g、対照区が 828.8 g と両区に差はなく (P=0.898)、発育に対する影響はみられなかった。

このことは、配合飼料中の CP 含量を低くしても、リジン、メチオニン (Met) 等の不足するアミノ酸を添加して、アミノ酸バランスを改善すれば、発育に影響がないとする報告 (須藤ら 2016) と一致する結果となった。また、食品残さ等を給与する県内の一部の養豚農家では、飼料中の CP 含量が低く、そのことを要因とした肥育豚の発育低下や出荷日齢の延長がみられている。これらの農家では、アミノ酸含量等の飼料分析を行った上で、給与飼料のアミノ酸バランスを調整することにより、発育の低下を防ぐことができ、農家の生産性向上と経営改善につながる可能性が示された。

3 飼料利用性

各年度の 1 日 1 頭当たり飼料摂取量を表 5 に、各区の飼料要求率の平均値を図 4 に示した。

飼料摂取量は、年度によって試験 1 開始時の平均体重に差があり、体重を基準に制限給与を行ったために、各年度間の平均値に差はあるものの、年度毎では差はなく、給与飼料の影響はみられなかった。また、飼料要求率の平均値では、試験区が 2.75、対照区が 2.83 と有意な差はなく (P=0.603)、低 CP バランス飼料の給与による飼料効率への悪影響は認められなかった。

表5 1日1頭当たり飼料給与量 (単位：kg)

年度	開始体重	試験区	対照区
R2	49.0±2.5	2.21±1.95	2.26±2.26
R3	33.3±2.3	1.58±2.26	1.55±1.90
R4	62.7±2.1	2.72±5.53	2.83±3.50

※平均値±標準偏差

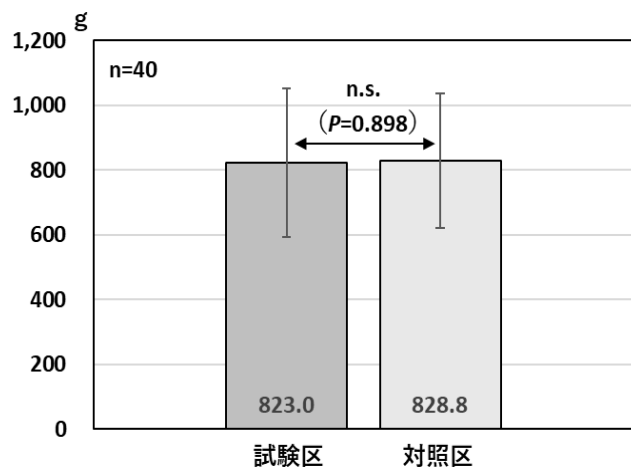


図3 日増体量 (DG)

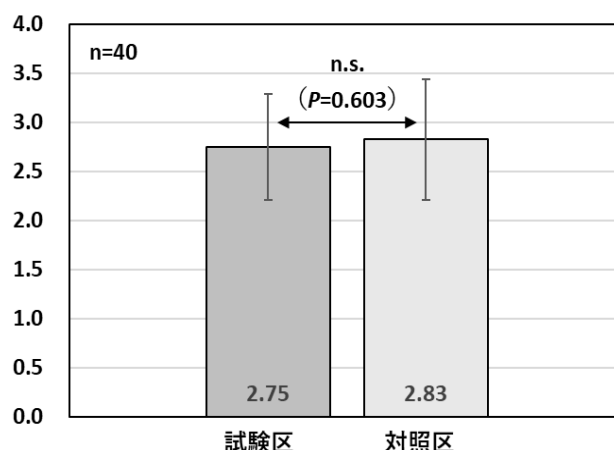


図4 飼料要求率

#### 4 糞尿排せつ量

##### (1) 糞排せつ量

1日1頭当たり糞排せつ量を図5に示した。

1日1頭当たり糞排せつ量は、試験区が784 g、対照区が978.6 gと、試験区が有意 ( $P=0.025$ ) に少なく、糞排せつ量が約20%削減された。なお、糞排せつ量が減少した要因としては、地域資源を配合した試験区飼料のEE含量が高く、また、NDF含量が低かったことにより、飼料の消化性が高まり、消化・吸収されずに糞として排せつされる量が減少したのではないかと推察された。

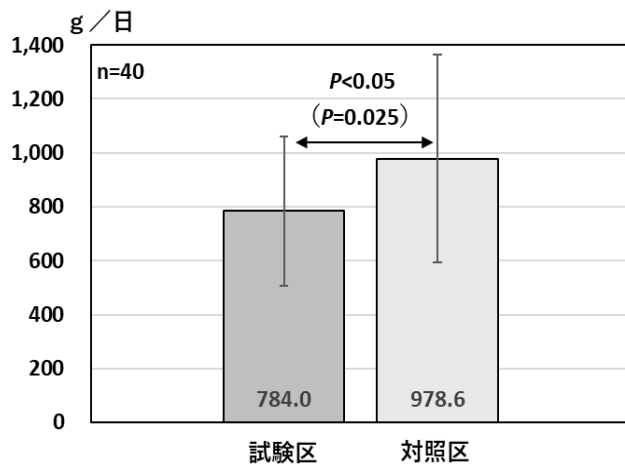


図5 糞排せつ量

##### (2) 尿排せつ量

1日1頭当たり尿排せつ量を図6に、各区の尿中窒素濃度を図7に示した。

図6のとおり、尿排せつ量は、試験区が2.48 L、対照区が2.45 Lと差がなく ( $P=0.894$ )、低CPバランス飼料の給与により尿排せつ量が減少したとする報告 (山本ら 2002、尾上ら 2010、須藤ら 2016) と異なる結果となった。

これは、試験区において食品残さを配合した飼料を給与したのに対して、R2年とR3年の対照区では、市販配合飼料を給与したことが要因の一つとして考えられた。食品残さは、通常の配合飼料より塩分濃度が高く、塩分濃度の高い食品残さを給与すると、食品残さの給与割合が高くなるほど、飲水回数と尿排せつ量が増加するとした報告 (鈴木ら 2017) があり、塩分濃度が高いと推察される食品残さを配合し

た飼料を試験区で給与したことが、尿排せつ量に差が認められなかったことの要因と推察された。

図7のとおり、各区の尿中窒素濃度は、試験区が4,397 mg/L、対照区が5,753 mg/Lと、低CPアミノ酸バランス飼料を給与した試験区が有意 ( $P=0.006$ ) に低くなった。また、年度毎の対照区比は、R2年度が78.6%、R3年度が76.8%、R4年度が74.0%と、試験区が21.3%~26.0%窒素濃度がうすくなった。

これは、試験区において低CPバランス飼料の給与により尿中に排せつされる窒素量が減少したことに加え、塩分濃度が通常の飼料原料より多いと推察される地域資源の給与に起因して飲水量が増加したことが、尿中窒素濃度の低下につながったのではないかと考えられた。

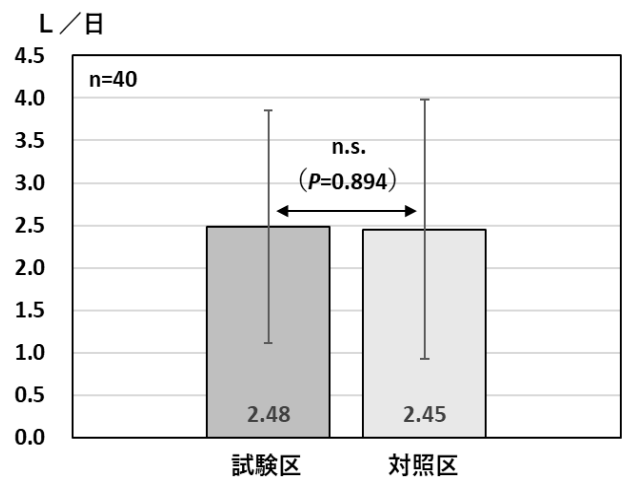


図6 尿排せつ量

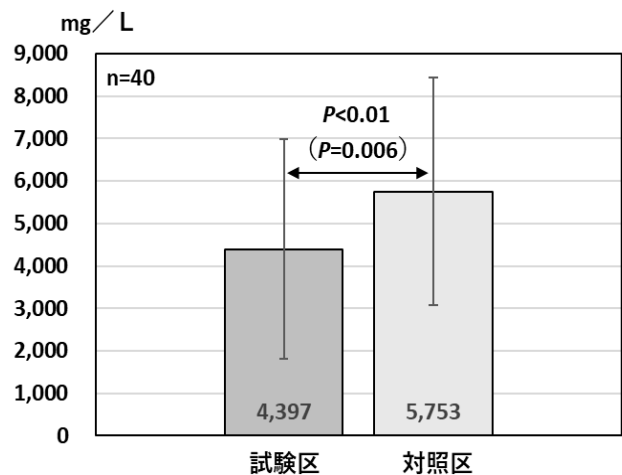


図7 尿中窒素濃度

## 5 糞中窒素排せつ量

### (1) 手法別の糞中窒素排せつ量

全糞採取法による糞中窒素排せつ量の平均値を図8に、インデックス法による平均値を図9に示した。

1 日 1 頭当たりの全糞採取法による糞中窒素排せつ量は、試験区が 9.38 g、対照区が 12.18 g と試験区が有意 ( $P<0.05$ ) に低かった。また、図 8 のとおりインデックス法による糞中窒素排せつ量においても、それぞれ 10.15 g と 13.05 g と、全糞採取法と同様に試験区が有意 ( $P=0.017$ ) に低く、低 CP バランス飼料の給与により糞中窒素排せつ量が削減された。

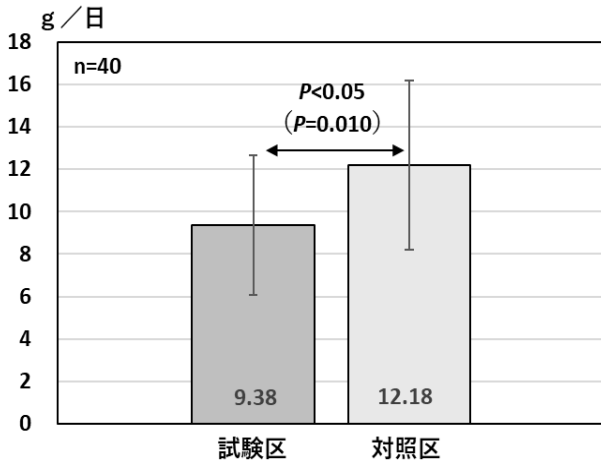


図8 糞中窒素排せつ量 (全糞採取法)

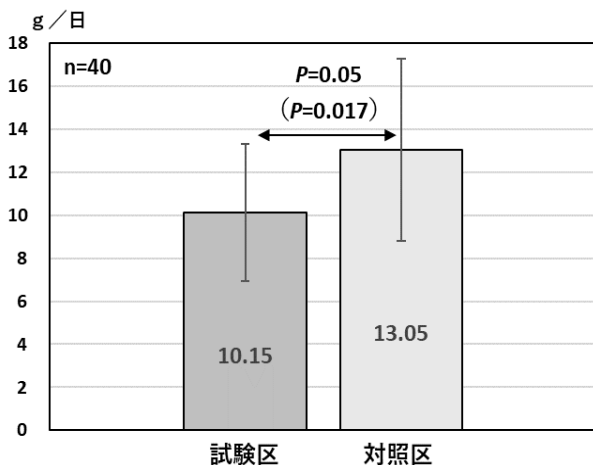


図9 糞中窒素排せつ量 (インデックス法)

### (2) 全糞採取法とインデックス法の関係

糞中窒素排せつ量の測定における全糞採取法とインデックス法の間を図 10 に示した。

両手法の相関係数は強い正の相関関係 ( $r=0.910$ ) にあり、糞中窒素排せつ量の簡易な測定手法であるインデックス法を用いた調査によっても、糞中窒素排せつ量を評価できることが示された。また、回帰分析により得られた回帰式 ( $y = 0.9499x - 0.2375$ ) では、高い精度 ( $R^2=0.946$ ) で、全糞採取法による糞中窒素排せつ量の予測が可能であった。

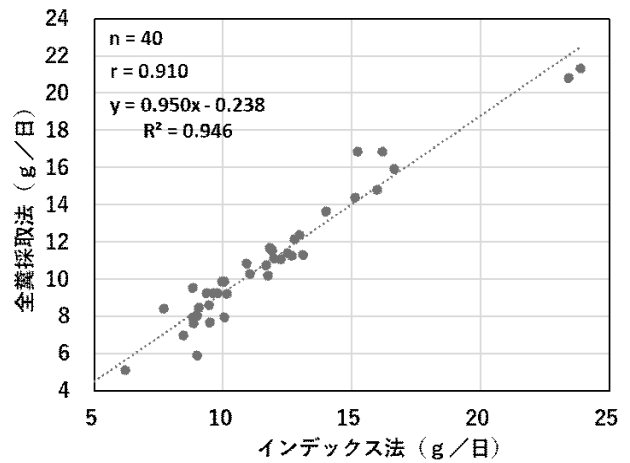


図10 全糞採取法とインデックス法の関係

## 6 尿中窒素排せつ量

全尿採取法による 1 日 1 頭当たり尿中窒素排せつ量を図 11 に示した。

図のとおり、尿中窒素排せつ量は、試験区が 8.77 g、対照区が 10.71 g と、試験区が少ない傾向 ( $P=0.055$ ) にあったものの、有意に低下したとするこれまでの報告 (山本ら 2002、尾上ら 2010、須藤ら 2016、柴田ら 2021、三角ら 2022) と異なり、尿中への窒素排せつ量が多くなった。これは、尿中窒素濃度では試験区が有意 ( $P=0.006$ ) に低かったものの、尿排せつ量は両区に差がなく ( $P=0.894$ )、塩分濃度が高いと推察される地域資源の給与が影響したものと推察された。

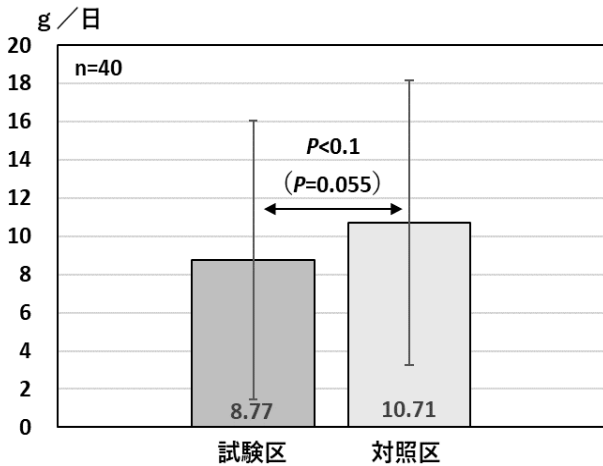


図11 尿中窒素排せつ量

### 7 総窒素排せつ量

1日1頭当たりの総窒素排せつ量（全糞尿採取法）を図12に示した。

糞中窒素排せつ量と尿中窒素排せつ量を合計した総窒素排せつ量は、試験区が18.15g、対照区が22.88gと、試験区が有意（ $P=0.004$ ）に低く、これまでの報告（山本ら2002、尾上ら2010、須藤ら2016、柴田ら2021、三角ら2022）と同様の結果を示し、低CPバランス飼料の給与により総窒素排せつ量が20.7%削減された。

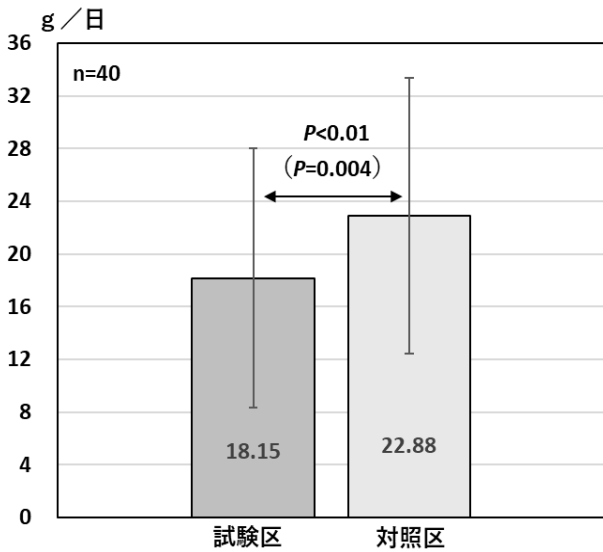


図12 総窒素排せつ量

### 8 窒素摂取量と総窒素排せつ量

窒素摂取量と総窒素排せつ量の関係を図13に示した。なお、発熱により本試験期間中の飼料摂取量が激減した1頭の結果は、成績から除外した。

図のとおり、飼料摂取量と飼料のCP含量から求められる窒素摂取量と総窒素排せつ量は強い正の相関関係（ $r=0.931$ ）にあり、回帰分析により得られた単回帰式（ $y = 0.690x - 15.32$ ）を用いることにより、正確に（ $R^2=0.867$ ）、総窒素排せつ量を予測することができると考えられた。

消化試験は、多大な労力を要し、また、実際の養豚農場の飼養環境と異なる条件下で実施する必要がある。しかし、今回の試験で得られた回帰式を用いた総窒素排せつ量の測定を新たな調査項目とすることにより、養豚農場の飼養環境に近い条件下で、試験を行うことができると考えられる。

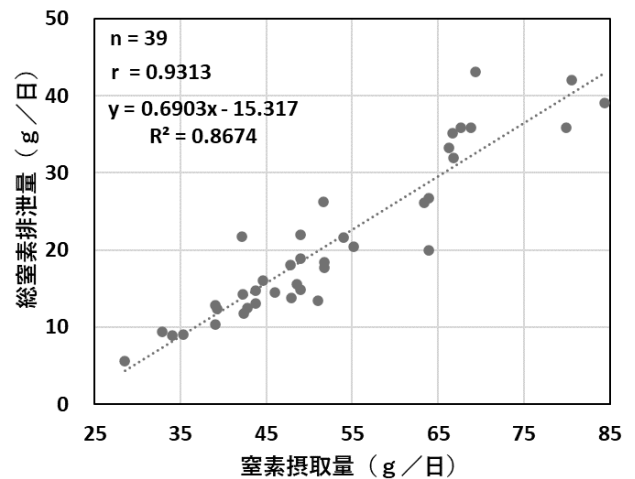


図13 窒素摂取量と総窒素排せつ量の関係

### 9 飼料費

1日1頭当たり飼料費を図14に示した。

飼料費は、試験区が124.4円、対照区が143.1円と、試験区が有意（ $P = 0.016$ ）に低かった。なお、対照区の飼料に市販配合飼料を給与したR3年度とR4年度の飼料費は、試験区がより有意（ $P = 0.007$ ）に低く、食品残さや米粉等の単価が安い地域・未利用資源を活用することにより、飼料費の削減はもとより、飼料自給率の向上にもつながることが期待される。

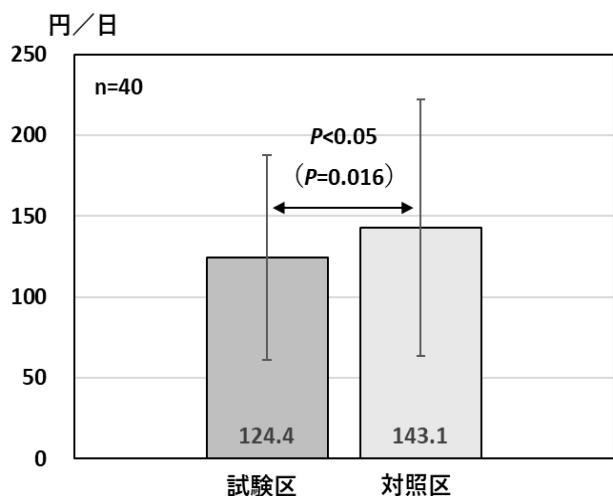


図14 1日1頭当たり飼料費

## 10 まとめ

本研究では、豚の肥育期間の一部の時期において試験を実施し、低 CP バランス飼料の給与によって、これまでの報告（山本ら 2002、尾上ら 2010、須藤ら 2016、柴田ら 2021、三角ら 2022）と同様に発育と飼料効率に影響を与えることなく、窒素排せつ量を削減することができた。また、酸化チタンを指標物質としたインデックス法による糞中窒素排せつ量の測定の有効性が確認され、群飼下における飼養試験の調査方法としての活用が可能である。さらに、窒素摂取量を用いた総窒素排せつ量の予測が可能な回帰式が得られ、窒素排せつ量推定のための調査方法としての活用が期待される。

## 謝 辞

本研究を遂行するに当たり、供試材料の調製や調達に御協力いただいた株式会社綾豚会の皆様、研究開始当初から試験設計、飼料設計および統計解析に御助言と御指導いただいた農研機構畜産研究部門食肉用家畜研究領域食肉用家畜飼養技術グループの大森英之氏に深く感謝いたします。

## 文 献

- 山本朱美, 高橋栄二, 古川智子, 伊藤稔, 石川雄治, 山内克彦, 山田未知, 古屋修. 2002. 肉豚へのアミノ酸添加低タンパク質飼料の給与による尿量, 窒素排せつ量およびアンモニア発生量の低減効果. 日本養豚学会誌 39 巻, 1-7.
- 尾上武, 立花文夫, 鮫ヶ井靖雄, 小山太, 手島信貴, 山口昇一郎, 浅田研一. 2010. アミノ酸添加低タンパク質飼料の肥育豚への給与が季節別の尿量および窒素排せつ量に与える低減効果. 日本養豚学会誌 47 巻, 1-7.
- 須藤立, 長田隆, 荻野暁史, 羽成勤. 2016. アミノ酸添加低タンパク質飼料を給与した肥育豚尿の汚水処理過程から発生する環境負荷ガスの排出量低減効果. 日本畜産学会報 87 (4), 373-380.
- Ohmori H, Nonaka I, Ohtani F, Tajima K, Kawashima T, Kaji Y, Terada F. 2013. An improved dry ash procedure for the detection of titanium dioxide in cattle feces. *Animal Science Journal*, 84:726-731
- 中央畜産会. 日本標準飼料成分表(2009年版). 3 章 3.2
- 守屋和幸, 広岡博之. 2017. R パッケージを用いた最小二乗分散分析と最小二乗平均値の算出. 日本畜産学会報 89(1), 1-6.
- 鈴木雅大, 栗田隆之. 2017. 肥育豚に対する守口漬残さの給与が豚の嗜好性および水分出納に及ぼす影響. 愛知県農業総合試験場研究報告 49, 139-142.
- 柴田翔平, 甲斐敬康, 鍋倉弘良. 2021. 地域資源を活用した環境負荷低減型配合飼料の効果実証(第 1 報). 宮崎県畜産試験場研究報告 32, 64-69.
- 三角久志, 甲斐敬康, 鍋倉弘良, 柴田翔平. 2022. 地域資源を活用した環境負荷低減型配合飼料の効果実証(第 2 報). 宮崎県畜産試験場研究報告 33, 65-71.