

宮城畜産
No.6 - 1
資 料

令和 6 年 度

宮城県畜産試験場試験成績書

2025 年 8 月

宮城県畜産試験場

は し が き

新型コロナウイルス感染症の感染症法上の位置づけが「5類感染症」へと変更され2年以上が経過し、日々の生活を含めて従前に戻りつつあります。しかし、一度変革した社会様式は完全には戻らないと想定し、その変革した社会様式等にあわせて進めていくことが今後の重要課題となっていくと考えられます。

一方、畜産を取り巻く情勢も飼料費・燃料費等の高止まりのままでの推移など依然予断を許さない状況が継続しております。

畜産経営者は、品質の良い畜産物を少しでも低コストで生産する工夫を進め、周囲の情勢に影響されない再生産可能な経営の確立実現を図っていくことが重要であります。

畜産試験場では、畜産経営者のこのような取り組みへの一助となるために、より能力の高い家畜への改良や高品質・低コストで安心・安全な畜産物の生産技術確立に向けた試験研究に取り組んでいます。

ここに、令和6年度に実施した試験研究の成果を収録しましたので、参考にしていただき、畜産経営の安定化に少しでも寄与できれば幸甚です。

令和7年8月

宮城県畜産試験場

場長 菊 地 武

目 次

第一部 単年度試験成績

I 家畜関係

1. 乳用牛のベストパフォーマンス発揮に向けた飼養管理手法の確立	
1) ICT 機器等を活用した飼養管理の検証	
(1) 周産期疾病	1
(2) 繁殖障害	5
2) 抗生剤に依存しない飼養管理方法の改善による総合的な疾病予防方法の確立	
(1) 初乳製剤の給与による子牛の疾病予防及び発育改善効果の検証	8
(2) プロバイオティクスの給与による乳房炎の発症予防効果についての検証… 注1	
2. DNA多型マーカーと家畜の生産形質及び遺伝的疾患等との関連に関する研究(牛)	12
3. DNA多型マーカーと家畜の生産形質及び遺伝的疾患等との関連に関する研究(豚)	15
4. 効率的な黒毛和種雄牛造成とその活用法に関する研究	
1) 「脂肪の質」等の育種価推定	23
2) 畜産新技術を活用した肉用牛産肉能力検定技術の確立	26
5. アグリテック活用推進事業	
1) 「仙台牛」の食味向上指標の探索	29
2) ゲノミック評価による新たな形質評価の実用化	35
3) ゲノミック評価による肉用牛改良の加速化	39
6. 牛の受精卵移植技術の実証	41
7. 哺乳動物細胞の乾眠に関する基礎的研究… 注1	
8. 運動良好精子選別によるウシ顕微授精技術の検討	43
9. 優良種豚供給体制の確立	
1) 系統豚「しもふりレッド」	50
2) 系統豚「ミヤギノL2」	55
10. 本県産系統豚の能力向上技術の確立	
1) 繁殖能力向上のための飼養管理技術の開発	59
2) 新たな肉質評価指標の探索	63
11. 薬剤削減のための豚腸－肺免疫連関実証事業	66

II 草地・飼料作関係

1. 飼料作物・牧草適応品種の選定	
1) 飼料用トウモロコシ	
(1) W C S 用	71
(2) 子実用	75
2) オーチャードグラス	79
2. 子実用トウモロコシを導入した高収益・低投入型ブロックローテーション体系の構築… 注1	
3. 気候変動に適応した飼料作物の栽培管理	82

4. 除染後の牧草地における草地管理技術の確立	
1) 除染草地における超過要因解析と対策技術の開発	87
2) 除染後牧草地の維持管理技術の確立	92
5. 堆肥の利用拡大に向けた「特殊肥料等入り指定混合肥料」の製造及び利用 方法の検討	96

Ⅲ その他（参考試験および調査）

1. 肉用種雄牛の検定	
1) 肉用種雄牛の産肉能力直接検定成績について	101
2) 肉用種雄牛の産肉能力現場後代検定成績について	113

第二部 完了試験成績

1. アグリテック活用推進事業	
1) 「仙台牛」の食味向上指標の探索	121
2) ゲノミック評価による新たな形質評価の実用化	131
3) ゲノミック評価による肉用牛改良の加速化	136
2. 本県産系統豚の能力向上技術の確立	
1) 繁殖能力向上のための育種改良手法の検討	140
2) 繁殖能力向上のための飼養管理技術の開発	149
3) 新たな肉質評価指標の探索	169
3. 堆肥の利用拡大に向けた「特殊肥料等入り指定混合肥料」の製造及び利用 方法の検討	180

附 録

I 令和7年度試験研究課題	191
II 令和7年度新規試験研究課題の紹介	192
III 宮城県畜産試験場試験成績書刊行規程・宮城県畜産試験場試験成績書執筆 要領	198

※注1：受託試験等の契約で、成果の公表時期・方法について制約がある試験のため、現時点では成績書に掲載せず、課題名のみの記載

第一部 単年度試験成績

I 家畜関係

家畜関係の試験は、下記の関係者により実施された。

酪農肉牛部

部	長	石 黒 裕 敏
乳牛チーム		
※研究員		福 田 純 子
技 師		羽 鳥 連
肉牛チーム		
※技 師		高 橋 弘 晃
技 師		小 宮 亮 太
技 師		佐々木 孔 亮
バイオテクノロジー研究チーム		
※総 括 研 究 員		及 川 俊 徳
研 究 員		佐 藤 秀 俊
農場業務		
技 師（主任）		加 藤 秀 樹
技 師（主任）		千 葉 美 保
技 師（主任）		岩 浅 忍
技 師（主任）		阿 部 浩
〃		手代木 弘 樹
〃		門 間 恵
〃		小 澤 志 歩

種豚家きん部

部	長	武 田 正 寛
養豚家きんチーム		
※副主任研究員		曾 地 雄一郎
上席主任研究員		高 橋 伸 和
技 師		庄 司 宙 希
原種豚チーム		
※技 師		今 井 勇 志
技 師		小 林 朋 生
農場業務		
技 師（主任）		中 村 義 孝
技 師（主任）		門 脇 裕 司
〃		菅 原 雄 司
〃		天 野 奨 喜
〃		尾 形 敏

※は、チームリーダー

乳用牛のベストパフォーマンス発揮に向けた飼養管理手法の確立

1) ICT 機器等を活用した飼養管理の検証

(1) 周産期疾病

担当：福田純子、羽鳥連、石黒裕敏

1 はじめに

乳用牛の改良が進み、1 頭当たりの乳量は年々向上している。一方で、平均除籍産次は短縮傾向にあり、その背景には周産期の疾病や繁殖成績の悪化といった飼養管理上の課題が指摘されている。特に、分娩直後の乳用牛は、泌乳量の急増に対して飼料摂取量が追いつかず、負のエネルギーバランスに陥りやすく、これが疾病発症のリスクを高める一因となっている。

このように、遺伝的能力の向上に対して管理が追いつかず、「本来のパフォーマンスを発揮できない」状況が見られる中、疾病の早期発見に向けた ICT 機器の活用が注目されている。本研究では、行動センサーにより得られた活動量から 1 日の行動時間配分を算出し、さらに乳成分との関連性を分析することで、より詳細な健康モニタリングの可能性を検討した。

2 試験方法

2024 年 4 月から 2025 年 3 月の期間に、当场において分娩したホルスタイン種経産牛 16 頭を供試対象とした。これらのうち、分娩後 90 日以内に、悪露停滞や蹄病などの軽度疾病により治療が行われた 7 頭（軽度疾病群）および治療を必要としなかった 6 頭（疾病なし群）について、以下の項目について調査を行い、統計解析は両群間の差について有意性を比較した。なお、疾病名は、家畜共済事故病類別表に準拠した。

1) ICT 機器による行動データ

行動データの取得には、牛の首に活動量計（CowScout、ORION 社、北海道）を装着し、採食時間、反芻時間、非活動時間の 3 項目について計測を行った。

解析に用いた計測日は、分娩 20 日前、および分娩後 30 日、60 日、90 日の計 4 時点とし、それぞれについて週移動平均として自動記録されたデータをもとに、1 日の行動時間配分を算出した。

2) 乳成分の測定

乳成分の測定項目は、乳脂肪率（FAT）、乳蛋白率（PRT）、脂肪酸組成、および BHB（ β -ヒドロキシ酪酸）とした。脂肪酸組成については、DnF（De novo Fatty acids、% of FA）、DnM（De novo Milk fat、g/100g milk）、PrF（Preformed Fatty acids、% of FA）、PrM（Preformed Milk fat、g/100g milk）の 4 指標を用いた。検体採取日は、分娩後 30 日、60 日、90 日の計 3 時点とし、各時点のデータを解析に供した。

3 結果および考察

1) 結果

供試牛の概要および認められた疾病を表 1 に示した。

表 1 供試牛の区分

区分	疾病名	No.	産次数	分娩月日	治療(処置)日	30-90 日平均乳量
疾病なし	-	1	4	R7. 1. 24	-	42. 8
		2	3	R6. 10. 16	-	48. 3
		3	2	R6. 8. 1	-	30. 6
		4	2	R7. 1. 14	-	42. 6
		5	1	R6. 8. 1	-	29. 4
		6	1	R6. 8. 2	-	22. 6
軽度疾病	悪露停滞	7	3	R6. 8. 22	R6. 8. 24	37. 0
		8	1	R6. 7. 4	R6. 7. 19	29. 6
		9	1	R6. 7. 2	R6. 7. 9	27. 5
		10	1	R6. 7. 27	R6. 7. 29	29. 4
	蹄病	11	3	R6. 8. 23	R6. 10. 4	38. 3
		12	2	R6. 10. 21	R6. 12. 10	39. 0
		13	3	R6. 12. 13	R6. 12. 30	38. 6

乳成分測定結果については、分娩後 30、60、90 日の各時点において、乳成分 (FAT、PRT、BHB、DnF、DnM、PrF、PrM) を測定した結果、疾病の有無による顕著な差は認められなかった (表 2)。FAT は、両群ともにおおむね 3.9~4.4% の範囲で推移し、軽度疾病群ではわずかに高値を示す傾向がみられたものの、群間に統計的な有意差は認められなかった。PRT は 2.9~3.1% と安定しており、群間差は小さかった。BHB についても、両群とも 0.06~0.09 mmol/L の範囲に収まり、エネルギーバランスの極端な悪化を示す兆候は認められなかった。脂肪酸組成では、デノボ脂肪酸 (DnF、DnM) は日数の経過とともにやや上昇傾向を示したが、軽度疾病群と疾病なし群の間での傾向は類似しており、明確な差異は確認されなかった。プリフォーム脂肪酸 (PrF、PrM) も、両群ともに経時的な減少が見られたが、数値は近似していた。

活動量計測結果について、分娩前 (pre) および分娩後 30、60、90 日の行動指標 (採食時間、反芻時間、非活動時間) を比較したところ、採食時間において、疾病なし群では分娩前の 5 時間 54 分から分娩後 30 日で 5 時間 42 分、60 日で 5 時間 24 分、90 日で 5 時間 41 分と、やや減少傾向が見られた (表 3)。一方、軽度疾病群では、分娩前に 6 時間 23 分と最長であったが、30 日では 4 時間 55 分まで低下し、その後 5 時間 20 分まで回復した。

反芻時間は両群ともに概ね安定していたが、疾病なし群が 4 時間台後半を維持したのに対し、軽度疾病群では 30 日でやや低下する傾向が見られた。非活動時間については、疾病なし群が 10 時間程度で推移したのに対し、軽度疾病群は 30 日で 10 時間 52 分とやや延長していた。これらの結果から、軽度の疾病においても採食時間や非活動時間に一過性の変動がみられる可能性があるが、長期的には疾病なし群と同様に回復

傾向を示した。

表 2 疾病群別の乳検時乳成分データ、表中上段数字は平均値、下段は標準偏差

乳成分測定項目	疾病なし (n=6)			軽度疾病 (n=7)		
	30d	60d	90d	30d	60d	90d
FAT (%)	4.2	3.9	4.0	4.2	4.2	4.4
	0.5	0.5	0.5	0.1	0.5	1.0
PRT (%)	3.0	3.0	3.1	2.9	3.0	3.1
	0.2	0.2	0.3	0.1	0.1	0.2
BHB (mmol/L)	0.08	0.06	0.09	0.08	0.06	0.07
	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03
DnF (%/脂肪酸)	23.7	27.3	26.9	23.3	27.0	27.4
	2.2	3.5	1.2	2.4	2.2	1.8
DnM (g/100g)	23.7	27.3	26.9	23.3	27.0	27.4
	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3
PrF (%/脂肪酸)	43.5	38.7	34.7	42.8	37.7	35.3
	5.6	5.2	2.7	3.7	4.2	2.9
PrM (g/100g)	1.7	1.5	1.3	1.7	1.5	1.5
	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4

表 3 疾病群別の活動量計測データ、表中数字は平均値

活動量計測データ	疾病なし (n=6)				軽度疾病 (n=7)			
	pre	30d	60d	90d	pre	30d	60d	90d
採食時間 (h:mm)	5:54	5:42	5:24	5:41	6:23	4:55	4:58	5:20
反芻時間 (h:mm)	4:01	4:38	4:36	4:46	4:07	4:18	4:37	4:56
非活動時間 (h:mm)	10:44	10:06	10:20	10:07	10:18	10:52	10:40	10:08

2) 考察

本試験では、分娩後の乳牛における軽度疾病（悪露停滞および蹄病）と、乳成分および行動指標（採食・反芻・非活動時間）の変動との関連性について検討した。

乳成分においては、FAT、PRT、BHB、脂肪酸構成いずれの指標においても、疾病の有無による有意な差は確認されなかった。特に、FAT や PRT といった経済的価値に直結する成分については、軽度疾病群においても標準的な範囲内で安定して推移しており、軽度疾病が直ちに乳成分や経済的損失に直結しないことが示唆された。

また、BHB 濃度が両群ともに低値で推移していた点から、分娩後の負のエネルギーバランスの深刻化は認められず、本試験対象の牛群では管理状況が概ね良好であったと考えられる。

一方、活動量の推移においては、軽度疾病群で採食時間が一時的に低下し、非活動時間が延長する傾向が観察された。特に、分娩後 30 日時点では、疾病なし群と比較して採食時間が約 47 分短く、非活動時間が約 46 分長かった。このことから、軽度疾病においても、発症初期には一過性の行動変化が生じうる可能性がある。しかしながら、その変化は短期間で回復傾向を示しており、長期的な影響は限定的であった。このこ

とは、軽度疾病では行動指標に明確な異常が持続的に現れることは少なく、ICT 機器による検知や疾病判別が困難である可能性が高いことを示唆している。Rutten ら¹⁾は、センサーデータによる健康管理は重度疾病の検出には有効だが、軽度または一過性の変調には感度が低い可能性を指摘している。さらに今回、乳成分においても明確な群間差が得られなかったことから、行動や乳成分に顕著な変化を伴わない軽度疾病では、生産面への影響は限定的であり、経済的損失は小さいと推察される。Santschi ら²⁾の報告においても、乳成分はさまざまな環境因子や栄養状態により変動しやすく、単独の健康指標としては限界があると述べている。

以上の結果から、ICT 機器による行動モニタリングは、重篤な疾病の早期発見には有効である一方、軽度疾病や発症初期段階での検知には限界があることが示された。今後は、行動データの蓄積、ならびに他指標との組み合わせによる軽度疾病の検出精度の向上が望まれる。

4 要約

本試験では、軽度疾病（悪露停滞および軽度蹄病）が乳成分および行動指標に及ぼす影響を検討したが、明確な差は認められなかった。行動量は軽度の一過性変化を示したものの早期に回復し、乳成分も経済的損失に直結する変動は見られなかった。これにより、軽度疾病や発症初期段階では ICT 機器による検知が困難である可能性が示唆され、検出精度向上の必要性が明らかとなった。

5 参考文献

- 1) Rutten et al, Sensors to support health management on dairy farms. Journal of Dairy Science, 96(4), 1928–1950. 2013
- 2) Santschi et al, Factors associated with milk urea nitrogen concentrations in Quebec dairy herds. Canadian Journal of Animal Science, 91(2), 243–250. 2011

6 協力研究機関

特になし

乳用牛のベストパフォーマンス発揮に向けた飼養管理手法の確立

1) ICT 機器等を活用した飼養管理の検証

(2) 繁殖障害

担当：福田純子、羽鳥連、石黒裕敏

1 はじめに

乳用牛の改良の進展により、1頭当たりの乳量は向上しているが、供用期間（平均除籍産次）は短縮傾向にある。この要因としては、周産期における疾病発生・繁殖成績悪化等の飼養管理の問題が影響すると考えられている。特に、乳用牛は、分娩直後から増加する泌乳量に見合う飼料摂取量がともなわないことから、エネルギー不足となり、無発情や繁殖障害に陥り受胎が遅延することが知られている。

このように、高泌乳牛に対して、飼養管理の影響により乳用牛が本来保有する能力「ベストパフォーマンス」を十分に発揮できていない状況があるため、発情発見と受胎率の向上目的とした ICT 機器の活用方法の検証を行った。

2 試験方法

1) 調査対象および期間

2024 年 6 月から同年 12 月までの期間に分娩した、臨床的に健康な場繋養のホルスタイン種経産牛 16 頭を対象に、人によって確認された初回発情に対して、行動モニタリングセンサ（ICT 機器）がどの程度反応できているかを評価した。あわせて、分娩後の初回発情日数や ICT による発情検出の有無と、採食行動や乳成分、繁殖成績との関連性について検討を行った。

2) 群分け

供試牛は以下の 4 群に分類した（表 1）。

A 群：分娩後 60 日以内に初回発情が確認され、かつ ICT で検出された個体

B 群：分娩後 60 日以内に初回発情が確認されたが、ICT では検出されなかった個体

C 群：分娩後 60 日を過ぎて初回発情が確認され、ICT で検出された個体

D 群：分娩後 60 日を過ぎて初回発情が確認され、ICT でも検出されなかった個体

3) 調査項目

乳量および乳成分：乳検（分娩後 40～65 日）時の補正乳量、乳脂肪率、乳蛋白率、乳蛋白質/乳脂肪（P/F）比、 β ヒドロキシ酪酸濃度（BHB）、乳脂肪酸組成（DnF、DnM、PrF、PrM）

繁殖関連指標：産次数、分娩後初回発情日数、分娩後受胎日数、授精回数

行動指標：ICT 機器（CowScout、GEA 社）による発情検出、週平均採食時間（分娩後 40～65 日を含む週）

統計解析は、EZR（統計ソフト）を用い、群間の差の検定について、正規性と等分散

性の前提を必要としない Kruskal-Wallis 検定を用いた。有意水準はすべて 5%未満 ($p < 0.05$) とした。

3 結果および考察

初回発情までの日数を基準に、分娩後 60 日以内に発情回帰が見られた A および B 群（以下、正常群）、および 61 日以降に初回発情が見られた C および D 群（以下、遅延群）に区分し、ICT による発情検出率を比較したところ、正常群は 38%、遅延群は 100%であった。正常群では、ICT 未検出となる例がみられ、行動が弱いまま発情を終える個体の存在が明らかとなった。一方で、遅延群において ICT が高い検出率を示したことから、発情の再開が遅れる個体に対して ICT は有効に機能する可能性が示唆された（表 1）。

調査期間中、発情が再開せず、かつ ICT にも反応しなかった D 群に該当する個体は認められなかった。このことは、臨床的に健康な牛を対象とした場合、人の観察と ICT を併用した発情検知体制は高い検出率を有することが示唆された。

A～C 群間での補正乳量および乳成分について解析した結果、C 群は A 群と比較して、乳脂肪率と飽和脂肪酸量（DnM）が有意（ $p < 0.05$ ）に高く、P/F 比は低値を示した（表 2）。C 群は発情再開が遅れたものの ICT で検知された群であり、C 群で認められた乳脂肪率上昇はエネルギーバランスや代謝状態の影響であることが示唆された。これらのことから、分娩後早期の ICT 未検出例には、栄養状態が関与している可能性が考えられた。既報によると、分娩後の初回排卵が遅れる牛（無排卵牛）は、排卵が正常に行われる牛（排卵牛）に比べて、乾乳期から分娩初期にかけて血清 GGT（ γ -グルタミルトランスフェラーゼ）活性が高いことが報告されており¹⁾、これは、肝臓への負荷や肝機能の低下が、排卵の遅延と関連している可能性を示唆している。初回発情の回帰がみられる泌乳初期は、乳牛にとって負のエネルギーバランスが生じやすく、個体ごとの適応能力の差が顕在化しやすい時期であると考えられる。今回の結果から、ICT は遅延発情には有効だが、泌乳初期の行動変化が乏しい牛では限界があり、人の観察との併用が重要であることが示された。しかしながら、A 群では、発情自体は早く回帰し、ICT により発情行動が検出されているにも関わらず、受胎日数や授精回数に有意性は認められず、発情の早期再開が高い受胎率と直結するとは限らないことが示唆された。B 群は ICT での検出がなかったにもかかわらず、少ない授精回数で受胎に至っており、ICT が発情を捉えてもそれが妊娠可能な質の良い発情とは言えず、タイミングの最適化との関連性が今後の検討課題と考えられた。

なお、採食時間については、A 群が平均 5 時間 26 分と最も長く（表 2）、乳成分バランスや脂肪酸指標も相対的に良好であったことから、栄養摂取状況が発情回帰や乳成分に一定の影響を与えている可能性がある。今回は週平均値の採食時間を用いたため、分娩直後からの詳細な変化や因果関係の特定は困難であり、今後の検討課題としたい。

今回の結果から、乳成分のうち、乳脂肪率は、発情や代謝との関連を検討するうえで有効な指標となり得ることが示された。一方、脂肪酸組成について、DnM(g)は生乳 100 mL 中に含まれる脂肪酸の質量であり、乳脂肪率が高ければ必然的に高くなる。さらに DnF (%) や PrF (%) は乳脂肪中の脂肪酸の構成比率であり、分娩後日数、飼料構成および個体差の影響を強く受けやすい。発情との関連性を評価するには、さらなる検証が

必要であると考えられた。

表 1 供試牛区分と繁殖関連指標

指標 項目	ICT 検出	発情 再開	供試 頭数	産次数	分娩後初回 発情日数	分娩後受 胎日数	授精回数
A 群	○	～60 日	5	1.8	37.4	123.0	2.4
B 群	×	～60 日	8	2.1	41.4	105.3	1.4
C 群	○	>60 日	3	1.3	77.3	115.7	2.0

表 2 供試区分と乳量、乳成分および採食時間

指標 項目	補正乳 量(kg)	乳脂 肪率 (%)	乳蛋白 質率 (%)	P/F 比	BHB (mmol/L)	DnF (%)	DnM (%)	PrF (%)	PrM (g)	週平均 採食時間
A 群	11240.0	3.85	3.05	0.79	0.07	24.8	0.9	51.9	1.5	5:26:00
B 群	11275.0	3.96	2.95	0.74	0.08	26.7	1.0	49.2	1.5	5:10:17
C 群	10833.3	4.42	3.14	0.71	0.07	26.3	1.1	52.1	1.8	5:15:40

4 要約

初回発情日数に基づき群分けを行い、ICT による発情検出率を検討した結果、60 日以内では 38%、61 日以降では 100% となり、遅延発情群でも ICT が有効に機能することが示唆された。早期発情群では ICT 未検出例もあり、発情行動の弱さや栄養状態が関与する可能性が示された。

A～C 群間での比較では、60 日以内に初回発情が確認できなかった C 群は A 群と比較して乳脂肪率が高く、P/F 比は低値を示し、代謝バランスの違いが示唆された。A 群は採食時間が最長で乳成分も安定しており、栄養状態が良好であった可能性が高い。しかしながら、分娩後受胎日数および授精回数といった受胎率において、各群間に有意差は認められなかった。

以上より、ICT は遅延発情には有効だが、泌乳初期の行動変化が乏しい牛では限界があり、人の観察との併用が重要である。乳成分の分析は、発情検出の難易度と代謝状態の関連を検討するうえで有効な指標となり得る。

5 参考文献

- 1) Chiho KAWASHIMA ら、Influence of hepatic load from far-off dry period to early postpartum period on the first postpartum ovulation and accompanying subsequent fertility in dairy cows、J Reprod Dev. Mar 3;62(3):289-295、2016

6 協力研究機関

特になし

乳用牛のベストパフォーマンス発揮に向けた飼養管理手法の確立

2) 抗生剤に依存しない飼料管理方法の改善による総合的な疾病予防法の確立

(1) 初乳製剤の給与による子牛の疾病予防及び発育改善効果の検証

担当：福田純子、羽鳥連、石黒裕敏

1 はじめに

近年の乳用牛の育種改良の進展より、成乳牛の1頭当たりの乳量は向上しているが、供用期間は短縮傾向にある。乳用子牛についても、ゲノム評価により育成早期に能力が評価され、抗病性の高い優良な後継牛の確保が可能となっている。しかしながら、下痢や肺炎等の疾病の発生率は依然として高く、育成期の疾病の発生予防と健全な発育のための初乳給与法が重要視されている。

このように、遺伝的能力の向上に対して、飼養管理の影響により乳用牛が本来保有する能力「ベストパフォーマンス」を十分に発揮できていない状況があるため、本研究では、子牛の育成期における健全な発育のため、免疫関連因子、栄養成分や成長因子を豊富に含む初乳製剤を従来法よりも延長して給与することにより、増体や抗病性へ及ぼす効果を調査し、その効果を検証した。

2 試験方法

2024年8月から同年12月の期間に、当場で出生したホルスタイン種雌子牛を供試牛とし、交互に対照区（C区）および試験区（T区）を配置した。なお、両区の平均生時体重に差が生じないように、出生時体重38kg以下と48kg以上の子牛は試験対象外とした。両区とも出生後すぐに牛初乳粉末製剤（免疫グロブリンとして120g含、ヘッドスタート、エランコジャパン、東京）もしくはBLIX値22%以上の良質親初乳を2L給与、その後は6時間毎に計3回、1L以上給与した。24時間以降は、2週齢まで代用乳250gを、生後3週齢からは代用乳375g1日2回給与し、6週齢で離乳した。試験区は1日齢から2週齢まで移行乳初乳製剤70g（ヘッドチョイス、エランコジャパン、東京）を添加した。

血液の採取は、2日齢、1週齢、2週齢、4週齢、6週齢、8週齢、10週齢、13週齢に行い、ディスポシリンジを用いて頸静脈から採取したものをを用いた。得られた全血については、血液一般検査に供し、白血球数（WBC）、赤血球数（RBC）、ヘマトクリット値（Ht）、ヘモグロビン濃度（Hb）を（セルタック、日本光電、東京）測定し、余剰全血から血液塗抹標本を作製して白血球百分比を計測した。また、遠心分離により得られた血清は、血液生化学検査に供し、総タンパク（TP）、アルブミン（ALB）、尿素窒素（BUN）、グルコース（GLU）、総コレステロール（TCHO）、グルタミン酸オキサロ酢酸トランスアミナーゼ（GOT）、ガンマ・グルタミルトランスぺプチダーゼ（ γ -GTP）、カルシウム（Ca）を臨床化学分析装置（富士ドライケム、富士フイルム株式会社、東京）で測定した。

糞便スコアおよび人工乳摂取量の測定は、毎日午前中に実施した。糞便スコアについては、1（硬い）、2（普通）、3（軟便）、4（液状下痢）、5（水溶性下痢）に分類し、

スコアの週平均を算出した。人工乳摂取量については、毎日の人工乳の摂取量の週平均を算出した。増体の指標については、体重、体高、腹囲、胸囲について週1回測定し、体重から日増体量を算出した。疾病の罹患状況については、13週齢以内に発症したものについて随時記録し、1回あたりの治療日数を集計した。

なお、本場の通常哺乳期管理として、生後4日齢までに鼻腔粘膜ワクチン、ESE製剤、鉄剤およびビタミン製剤を全頭に投与した。

データ解析は、C区とT区の2区間について反復測定分散分析を行った。さらに各測定項目について2区間の平均を評価するためt検定を行った。

3 結果および考察

1) 結果

供試牛について、T区およびC区の平均生時体重はそれぞれ42.0 kgおよび42.8 kg、母牛の平均産次はそれぞれ2.5産であり2群間に有意差は認められなかった(表1)。

血液一般検査および血液生化学検査の結果は、のとおりであり、2群間の反復測定分散分析およびt検定の結果、全ての項目で交互作用は認められなかった(表2および表3)。

増体の指標となる各測定項目について、試験区で体重と体高に増体傾向が見られたものの、両区に有意差は認められなかった(図1、2)。

糞便スコアは、試験区において対照区よりも低値を示す傾向($P=0.08$)が認められた(図3)。人工乳摂取量は、両区に有意な差は認められなかった(図4)。

生後3か月までの総治療日数は、試験区で3回および対照区で15回と試験区の方が有意($P<0.01$)に少なかった(表4)。

表1 供試牛の概要

区分	No.	生年月日	体重	産次
試験区	1	R6. 8. 1	47	2
	2	R6. 10. 23	38	5
	3	R6. 11. 9	41	2
	4	R6. 12. 14	40	1
	平均		42	2.5
対照区	5	R6. 9. 14	40	1
	6	R6. 11. 8	49	1
	7	R6. 12. 13	35	1
	8	R6. 12. 17	48	7
	平均		42.8	2.5

表2 血液一般検査成績 (表中数字上段は平均値、下段は標準偏差)

日週令	WBC(10^3 個/ μ L)		RBC(10^{12} 個/ μ L)		HGB(g/dL)		Ht(%)		好中球数(個/ μ L)		リンパ球数(個/ μ L)		Gr/ly	
	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区
2日	90.5 22.0	107.0 52.4	767.8 86.3	834.8 223.5	9.7 0.9	9.1 2.5	30.3 3.8	32.2 10.9	5135.5 2716.5	4030.5 2201.8	3779.5 1427.5	5428.5 3513.6	1.7 1.6	1.0 0.6
1週	82.8 27.7	79.5 22.9	830.8 135.2	763.8 69.3	9.8 1.8	8.6 0.6	33.1 5.6	30.3 2.1	2948.5 956.2	1977.5 1098.4	5190.5 3024.1	5279.3 1926.6	0.8 0.6	0.6 0.4
2週	88.0 39.1	90.3 13.3	904.8 140.6	923.8 82.1	10.2 1.6	9.8 0.5	35.3 5.6	34.9 1.8	3154.0 2469.2	2475.0 1313.6	5217.0 1548.6	6429.5 959.3	0.6 0.4	0.5 0.5
4週	163.5 166.4	107.8 30.3	960.0 80.9	986.0 52.9	10.1 0.5	10.1 0.5	35.7 1.8	35.3 2.1	3833.8 2623.5	3861.5 4386.1	12071.8 13995.0	6428.5 1413.0	0.5 0.3	0.8 1.0
6週	78.5 3.9	96.5 20.8	1019.5 32.7	1060.0 125.8	10.6 0.8	10.4 1.1	37.0 4.0	36.2 4.5	1595.0 690.4	2780.5 990.5	6098.0 931.7	6262.0 1405.6	0.3 0.1	0.6 0.4

表 3 血液生化学検査成績 (表中数字上段は平均値、下段は標準偏差)

日週令	TP (g/dL)		ALB (g/dL)		TCHO (mg/dL)		BUN (mg/dL)		GOT (U/L)		GGT (U/L)		GLU (mg/dL)	
	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区
2日	6.7 0.5	5.7 0.8	2.6 0.1	2.5 0.2	41.3 11.9	49.8 21.1	17.7 5.6	13.4 4.6	68.0 16.3	65.0 28.1	1200.0 0	1138.3 106.8	120.3 28.0	93.5 5.2
1週	6.4 0.8	6.1 0.5	2.8 0.2	2.8 0.1	73.0 12.7	62.5 10.8	13.6 2.2	9.7 0.8	39.8 5.9	39.0 2.8	609.0 224.6	850.3 405.7	76.0 39.3	72.3 13.0
2週	6.0 0.3	5.5 0.6	3.0 0.1	2.9 0.1	94.5 18.3	86.8 13.5	10.0 1.4	9.2 2.2	36.3 4.5	39.5 2.9	309.0 127.4	403.7 376.5	89.3 6.9	88.5 11.8
4週	5.6 0.5	5.2 0.5	3.1 0.3	3.0 0.4	101.8 34.8	114.8 40.7	8.3 1.5	9.1 0.7	41.8 5.8	44.3 3.8	95.3 37.1	125.7 91.3	93.5 3.9	77.5 13.6
6週	5.8	5.7	3.4	3.2	128.0	135.5	10.9	10.2	54.3	58.0	46.3	57.0	86.8	89.0

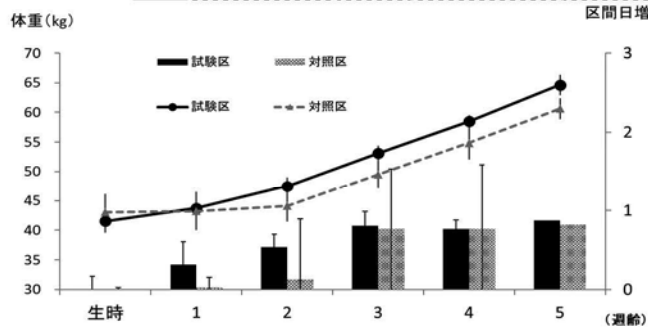


図 1 体重と区間増体量

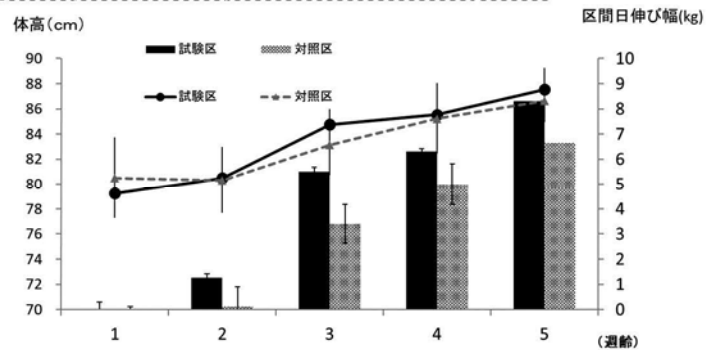


図 2 体高と区間伸び幅

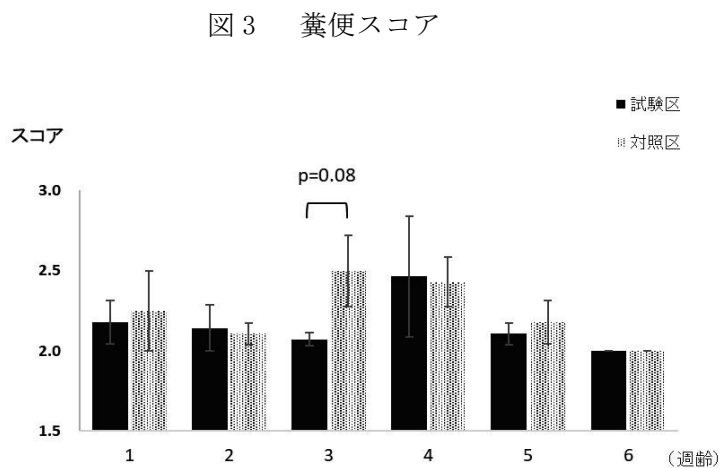


表 4 治療回数

区分	No.	発症日齢	気管支炎 治療回数	胃腸炎 治療回数	全治療 回数
試験区	3	20		1	1
	4	27		2	2
	合計		0	3	3
対照区	5	57		6	6
	6	24	3		3
	7	20	3		3
	8	30	3		3
	合計		9	6	15

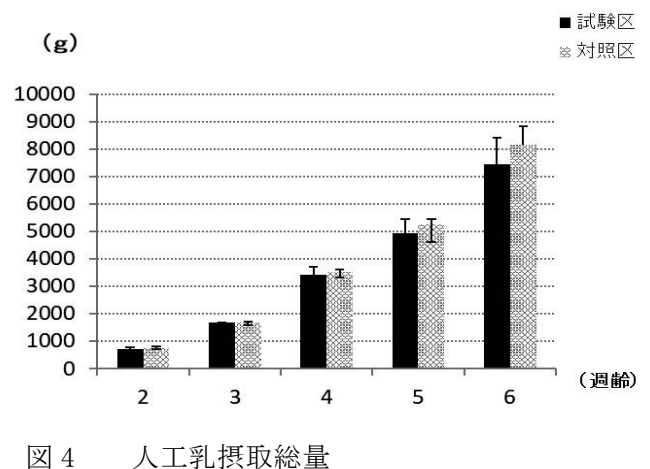


図 4 人工乳摂取総量

3) 考察

今回使用した初乳製剤は、牛初乳のみを原料としたもので、免疫関連因子、栄養成分および成長因子を含む天然の初乳に近いとされる粉末製品を使用した。この初乳製剤を代用乳に添加して生後 2 週間給与したところ、試験区において対照区よりも 3 週齢平均の糞便スコアが低値を示す傾向が認められ、糞便の状態が良好である可能性が示唆された ($P=0.08$)。試験区では治療日数の合計が対照区と比較して有意に少なく、移行乳初乳製剤の給与が疾病リスクの低減に寄与した可能性が示唆された。家畜共済診療点数表¹⁾を元に計算した、子牛の疾病罹患時 1 回の治療費は約 5000 円として考えると、疾病罹患子牛のケアを含めて、初乳製剤延長給与のコストに見合う効果は見込めると考えられる。

今回の結果から、初乳製剤を延長して給与することで、自己免疫を高め、疾病予防につながるものと考えられた。

4 要約

初乳製剤を 2 週間延長して給与し、増体と抗病性へ及ぼす効果を検証したところ、疾病発生時の治癒回数が有意に少なく、糞便の状態が良好である傾向が認められた。よって、本手法は、酪農場における育成管理の一手法として有効であると推察された。

5 参考文献

- 1) 家畜共済診療点数表令和 6 年 4 月、農林水産省ホームページより、
<https://www.maff.go.jp/j/keiei/nogyohoken/nogyokyoai/kachiku/attach/pdf/iyakuhin-18.pdf>

6 協力研究機関

特になし

DNA多型マーカーと家畜の生産形質及び遺伝的疾患等との関連に関する研究（牛）

担当：小宮亮太、佐々木孔亮、高橋弘晃

1 はじめに

DNA 情報を指標とした育種手法を確立するため、ゲノム一塩基多型（SNP）情報を利用した育種価推定を行ってきた。平成 26 年度からは、従来の血縁情報と枝肉情報を用いる BLUP 法における分子血縁係数行列（A 行列）の代わりに、SNP 情報から推定したゲノム関係行列（G 行列）を用いる GBLUP 法により推定を行なってきた。一般的に、ゲノミック育種価（GEBV）の推定精度は、訓練群の頭数が増加するほど高くなる。現在、当場の枝肉 6 形質訓練群の頭数は 9,829 頭となっており、昨年度までの成果により、高い推定精度が得られていることが確認された。一方で、SNP データの収集には多大な労力及び費用が必要となる。そこで、本研究は、GEBV の推定精度に影響を与える要因を調査し、効率的で効果的な訓練群の構成を検討することを目的とした。今年度は訓練群の生年について検討した。

2 試験方法

- 1) 肥育牛頭数と枝肉成績：訓練群には、2003 年から 2023 年にと畜された肥育牛の枝肉成績及び SNP データを使用した。形質は枝肉重量（CW）、ロース芯面積（EM）、バラの厚さ（RT）、皮下脂肪厚（SFT）、歩留（YP）、BMS No.（BMS）の 6 形質とした。枝肉成績の基本統計量を表 1 に示した。
- 2) 評価牛：生年が平成 25 年以降の宮城県有牛種雄牛のうち、SNP 情報を保有する 25 頭を対象とした。
- 3) 評価方法：GBLUP 法は性別（2 区分）、と畜年（18～21 区分）を母数効果とし、出荷月齢（1 次、2 次）を共変量、個体と残差を変量効果とした。ソフトウェアは GBLUP assist を用いた。
- 4) 使用 SNP：illumina GGP BovineLD-24 v4.0 チップにより 30,105SNPs を型判定し、ソフトウェア Beagle により 34,481SNPs へ補完した。
- 5) 推定精度の検証：GEBV と BLUP 法により推定された育種価（EBV）を相関分析することにより、推定精度を検証した。比較対象として、全国和牛登録協会（全和登）が令和 6 年 10 月に BLUP 法により評価した第 52 回宮城県和牛育種価を使用した。相関は、ピアソンの積率相関係数を用いた。
- 6) 生年の影響の検証：9,829 頭の訓練群を次の①～③の条件により 7,500 頭に再構成し、推定精度を比較した。①生年の古い個体から順に 7,500 頭を抽出（old）②ランダムに 7,500 頭を抽出（10 反復）（random）③生年の新しい個体から順に 7,500 頭を抽出（young）。

表 1 訓練群の基本統計量

	月齢 (ヶ月)	枝肉重量 (kg)	ロース芯面積 (cm ²)	バラの厚さ (cm)	皮下脂肪厚 (cm)	歩留 (%)	BMS No.
平均値	30.4	520.6	69.5	8.7	2.6	75.4	8.3
標準偏差	2.0	68.0	14.8	1.0	0.8	2.2	2.5
平均 + 3 σ	36.4	724.6	113.9	11.7	5.0	82.0	15.8
平均 - 3 σ	24.4	316.6	25.1	5.7	0.2	68.8	0.8
最大値	36.9	808.0	154.0	13.3	7.2	85.8	12.0
最小値	22.2	310.0	33.0	4.8	0.2	69.1	2.0

3 結果および考察

生年を条件に訓練群を 3 群に再構築し、推定精度を計算した結果を図 1 に示した。すべての形質において、若い個体で構成された訓練群の精度が、古い個体で構成された訓練群の精度よりも高くなった。このことから、推定精度を維持するためには、新しい訓練群を追加していく必要があることが示された。また、random は、他の 2 群の間になる場合が多いものの、old を下回る、または young を上回る場合もあった。これは、生年以外にも推定精度に影響を与える要因があることを示唆している。

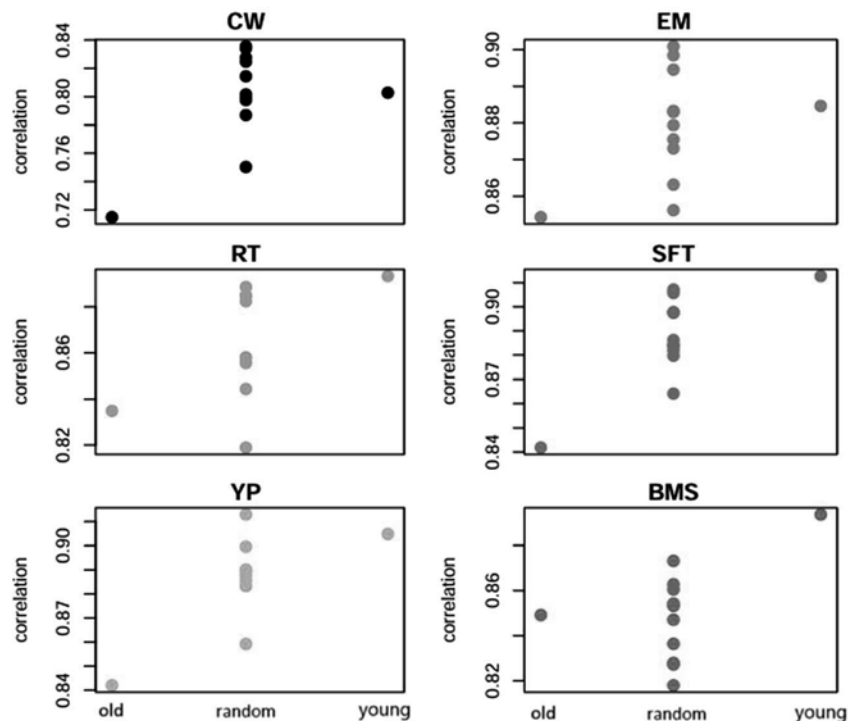


図 1 訓練群の生年により再構成したときの推定精度の変化

4 要約

訓練群の生年を条件に訓練群を再構築し、推定精度を比較した。肥育牛の比較的若い個体で構成された訓練群による推定精度が高い傾向が見られた。一方で、生年以外にも推定精度に影響を与える要因がある可能性が考えられた。

5 参考文献

特になし

6 協力研究機関

(独) 家畜改良センター、(公) 畜産技術協会

DNA多型マーカーと家畜の生産形質及び遺伝的疾患等との関連に関する研究(豚)

担当：小林朋生、今井勇志、庄司宙希、曾地雄一郎、高橋伸和、武田正寛

1 はじめに

近年、薬剤耐性菌問題に伴い、畜産における抗生物質の使用低減に向けた動きが拡大している。養豚業においては、抗生物質に極力頼らない管理手法として、抗病性育種が注目されており、育種選抜の指標となりうる抗病性関連遺伝子マーカーを探索する必要がある。

免疫関連遺伝子の一つである NLRP3 は生体での様々な炎症反応に関与するパターン認識受容体であり、豚では 2906 番目のアデニンがグアニンに変化(A2906G)する一塩基多型(SNP)が存在する。この SNP は、NLRP3 の機能を向上し、炎症性サイトカインの一種であるインターロイキン 1 β (IL-1 β) の産生を亢進することが明らかとなっている。大ヨークシャー種において、*NLRP3*-2906^{A/G}(AG 型：機能亢進型の G 型を一つもつ個体)は、*NLRP3*-2906^{A/A}(AA 型：通常型の A 型のみもつ個体)と比較し、豚胸膜性肺炎およびグレーサー病のワクチンに対する抗体応答が有意に高くなることが報告されている¹⁾。また、一般農場で飼養されている三元交雑豚の集団において、*NLRP3*-2906^{A/G}は、*NLRP3*-2906^{A/A}と比較し、マイコプラズマ性肺炎の重篤度が低下することが示されている²⁾。

これらのことから、NLRP3 遺伝子多型は豚の抗病性マーカーとして活用できる可能性がある。そのため、本研究では本県のランドレース種系統豚「ミヤギノ L 2」における NLRP3 遺伝子多型と発育成績との関連について検証するために、出荷成績およびと畜時の内臓検査結果について調査を実施した。また、ワクチンに対する免疫機能について検討した。

2 試験方法

試験実施場所 畜産試験場種豚家きん部豚舎

試験材料 ランドレース種系統豚「ミヤギノ L 2」

令和 6 年 1 月～2 月に出生し、9 月までに出荷された肥育豚 60 頭

調査時期 通年

調査項目

- 1) 肥育豚 60 頭について、-80℃で凍結保存された耳切片から DNA を抽出し、PCR 反応により NLRP3 遺伝子型判別を行った。一日平均増体量、出荷日齢、枝肉重量、背脂肪厚および内臓検査結果について、NLRP3 の SNP による差の有無について調査した。
- 2) 上記 1) の肥育豚のうち、3 腹から 24 頭 (NLRP3 遺伝子型 AA 型:6 頭、AG 型:13 頭、GG 型:5 頭) を供試し、5 週齢、8 週齢および 12 週齢時に唾液、鼻汁および血液を採らし、検体中の IgA 濃度を測定した。
- 3) 上記 2) の肥育豚のうち、NLRP3 遺伝子型が AA 型:4 頭、AG 型:4 頭、GG 型:3 頭となるよう計 11 頭の肥育豚を供試し、5 週齢および 8 週齢時に *Pasteurella multocida* (Pm) トキソイドワクチンおよび *Mycoplasma hyopneumoniae* (MHP) 不活化ワクチンを接種し

た。接種時および8週齢、12週齢時に採血を行い、Pm毒素(Pm DNT)抗体価およびMHP抗体価を測定した。

3 結果および考察

パターン認識受容体の一つであるNLRP3は、細胞、特にミトコンドリアの損傷を検知するとされており、caspase-1を通じてIL-1 β を活性化することで炎症反応を引き起こす。この作用は、水酸化アルミニウムのワクチンアジュバントとしての機能の発揮に関わっていることが想定されている³⁾。なお、豚のNLRP3遺伝子のG型はデュロック種以外の西洋品種で広く存在が確認されている⁴⁾。

調査1では、12腹60頭(雄25頭、雌25頭)を調査対象とし、NLRP3遺伝子多型は、AA型30頭(雄22頭、雌8頭)、AG型25頭(雄10頭、雌15頭)、GG型5頭(雄3頭、雌2頭)であった。これらの豚の発育および出荷成績を表1に示した。

統計解析はRソフトウェア(R version 4.4.2, R Core Team)を用いて行った。2群間の比較は、Welchのt検定を実施した。この検定は、サンプルサイズが異なる場合や分散が等しくない場合にも適用可能であるため、群間の一日平均増体量における有意差を評価するのに適している。3群間の比較には一元配置分散分析(one-way ANOVA)を実施し、有意差が認められた場合にはTukeyのHSD(Honestly Significant Difference)検定を用いて多重比較を行った。有意水準は5%($p < 0.05$)とした。

各項目をAA型、AG型およびGG型で比較した結果、雄において、AG型はAA型と比較し一日平均増体量が有意に高値であった。と畜時の内臓検査において、肝臓、肺および腸に病変が認められた頭数およびNLRP3多型別の割合を表2に示した。豚回虫に対する駆虫薬を投与しているにも関わらず、寄生性間質性肝炎をはじめとする肝病変の検出率は全体で75%であった。このことから、豚回虫は豚舎において高濃度に常在していることが考えられる。肝臓、肺および腸における病変の有無と一日平均増体量の関係を図1および図2に示した。と畜時に肝病変が検出された豚は検出されなかった豚と比較し一日平均増体量が有意に減少した。一方、肺病変や腸病変の有無と一日平均増体量に有意差は認められなかったことから、豚回虫症により発育が阻害された可能性が示唆された。このように、豚回虫症が増体量に影響を及ぼしたことよりNLRP3遺伝子型間の増体量の差異が隠蔽もしくは不正確な結果として示された可能性がある。すなわち、豚回虫症が交絡因子となっていることが推察されたため、今後、豚回虫症の罹患を考慮した統計解析が必要である。また、今年度の結果では十分な検体数が得られないことから、解析結果の精度を高めるために、今後も情報の蓄積が必要である。

調査2について、唾液および血清中IgA濃度を図3および図4に示した。唾液および血清は5週齢、8週齢および12週齢の測定結果においてNLRP3遺伝子型間で有意差は認められなかった。一方、鼻汁中IgA濃度は12週齢においてAA型がAG型と比較し有意に高値であった(図4)。しかし、今回の測定系においては唾液および鼻汁中IgAが正確に測定されなかった可能性がある。サンプルの処理方法を改善し、より正確な測定結果から結果を考察する必要がある。

調査3について、図5にPm DNT抗体価およびMHP抗体価(ELISA s/p比)を示した。いずれの抗体価および週齢においても、NLRP3遺伝子型間で有意差は認められなかった。5

週齢では Pm DNT 抗体価が比較的高値であったが、これは分娩前に Pm DNT ワクチンを接種した母豚からの移行抗体によるものと考えられる。5 週齢から 8 週齢にかけ時間経過とともに移行抗体は減少し、5 週齢においてワクチンを接種したにもかかわらず、8 週齢では抗体価は上昇しなかった。生後 1 週齢と 3 週齢の子豚において、3 週齢でワクチンを接種した豚は、PCV2 感染後のウイルス血症の有意な減少と血清中 IgM の増加が認められたが、1 週齢でワクチンを接種した豚では認められなかった⁵⁾。この結果が示すように、週齢によりワクチン応答能に差があることから、5 週齢から 8 週齢においては免疫系がワクチンに反応する過渡期にある可能性が推察される。これにより、本研究において 5 週齢から 8 週齢にかけて抗体価の上昇は確認されず、12 週齢ではワクチン反応性に抗体価が上昇したことが考えられる。一方、MHP 抗体価は 5 週齢および 8 週齢で上昇せず、8 週齢から 12 週齢で上昇した。8 週齢から 12 週齢における抗体価上昇の要因は、母豚は分娩前に MHP ワクチン未接種かつ MHP に未感染であったこと、子豚への移行抗体量は比較的低レベルであること、さらに子豚の免疫系が 8 週齢以降に成熟することが考えられる。また、8 週齢および 12 週齢の ELISA s/p 比で NLRP3 遺伝子型間に有意差は認められなかった。松尾らは、形質流動パラフィンをアジュバントとする豚サーコウイルス 2 型ワクチンを 4 週齢時に接種した場合、8 週齢時の抗体価 (ELISA 値) に NLRP3 遺伝子型間の有意差は認められないことを報告している。今回接種したワクチンはアジュバントにそれぞれ水酸化アルミニウムゲルを使用していることから、今後、水酸化アルミニウムゲルや形質流動パラフィン以外のアジュバントでの免疫反応を検討する必要がある。NLRP3 はウイルスや細菌、環境中の刺激物など様々な刺激により活性化されることから⁶⁾、生ワクチンのほか、多様なワクチンについて免疫反応を検討することが必要である。

表 1 肥育豚の発育および出荷成績

	検体数	NLRP3 遺伝子型	一日平均 増体量(g/日)	出荷日齢(日)	出荷成績	
					枝肉重量(kg)	背脂肪厚(cm)
全体	30	AA	594 ± 75	191 ± 19	75.2 ± 7.9	1.9 ± 0.5
	25	AG	649 ± 69	183 ± 15	77.2 ± 5.8	1.9 ± 0.5
	5	GG	640 ± 58	191 ± 18	78.4 ± 6.4	1.6 ± 0.3
雄のみ	22	AA	591 ± 69*	192 ± 18	75.8 ± 8.6	2.0 ± 0.4
	10	AG	691 ± 32*	173 ± 10	77.8 ± 4.5	2.2 ± 0.4
	3	GG	674 ± 40	190 ± 22	82.2 ± 4.9	1.8 ± 0.2
雌のみ	8	AA	603 ± 90	187 ± 20	73.6 ± 5.0	1.6 ± 0.5
	15	AG	620 ± 72	190 ± 15	76.9 ± 6.5	1.7 ± 0.4
	2	GG	590 ± 41	193 ± 7	72.8 ± 3.8	1.4 ± 0.1

(*:p<0.05 平均値±標準偏差)

表 2 と畜時の内臓検査結果

	検体数	NLRP3 遺伝子型	肺病変		腸病変		肝病変	
			頭数	検出率	頭数	検出率	頭数	検出率
全体	30	AA	6	20%	9	30%	25	83%
	25	AG	3	12%	11	44%	17	68%
	5	GG	1	20%	1	20%	3	60%
雄のみ	22	AA	4	18%	6	27%	18	82%
	10	AG	1	10%	3	30%	6	60%
	3	GG	1	33%	0	0%	1	33%
雌のみ	8	AA	2	25%	3	38%	7	88%
	15	AG	2	13%	8	53%	11	73%
	2	GG	0	0%	1	50%	2	100%
合計	60		10	17%	21	35%	45	75%

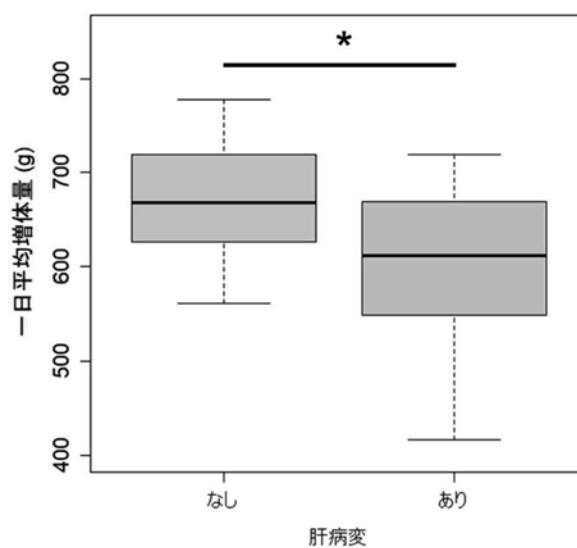


図 1 肝病変の有無と一日平均増体量 (*:p<0.05)

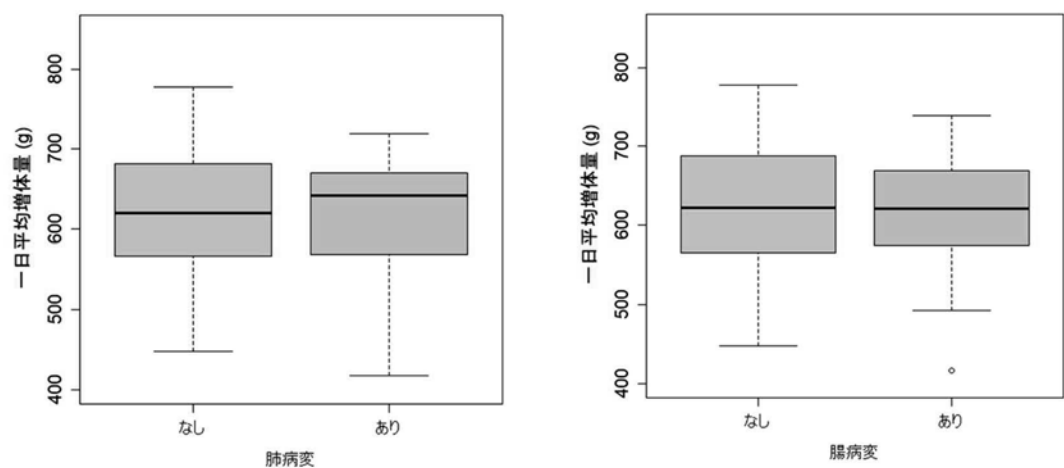


図2 肺（左図）・腸（右図）病変の有無と一日平均増体量

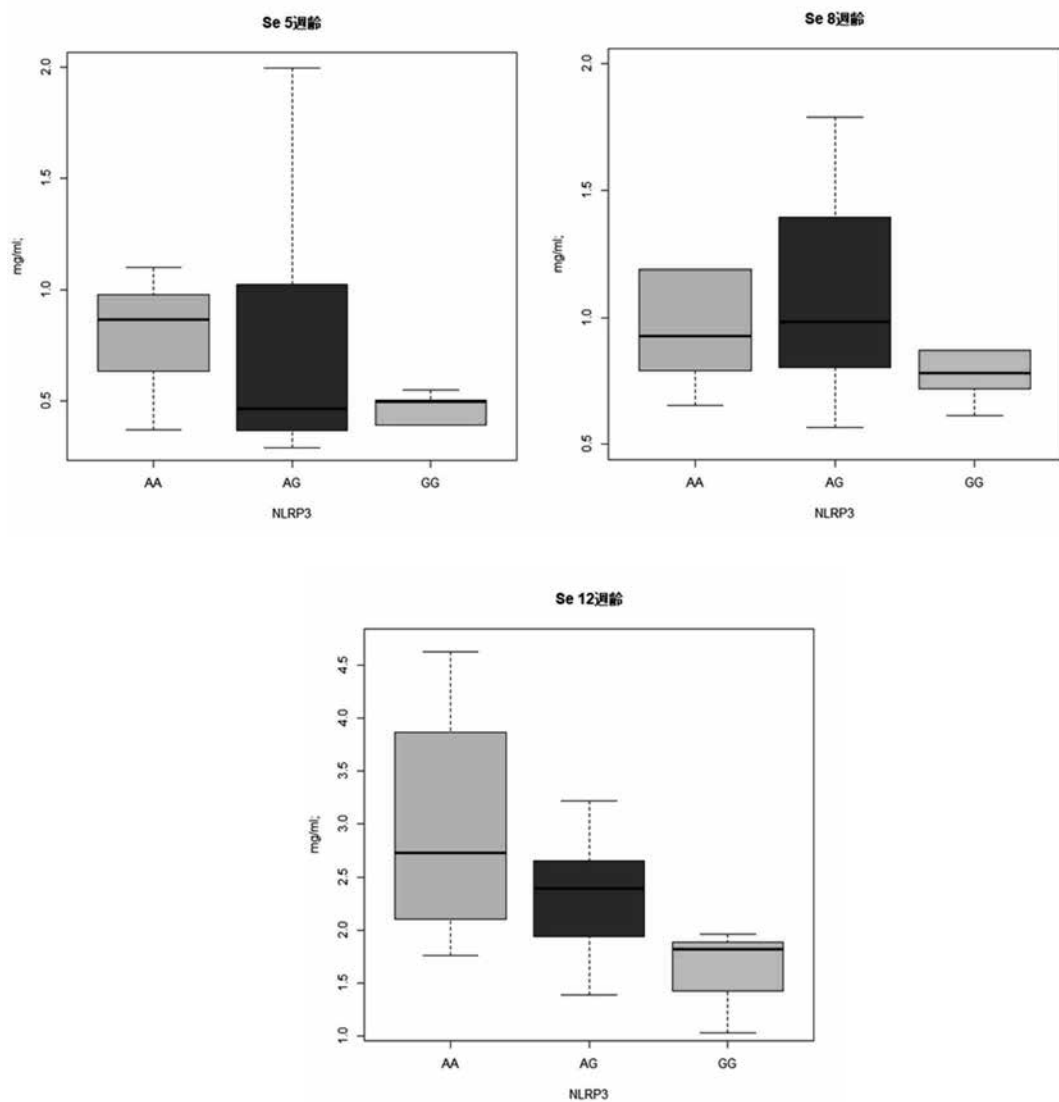


図3 唾液(Sa)中 IgA 濃度測定結果

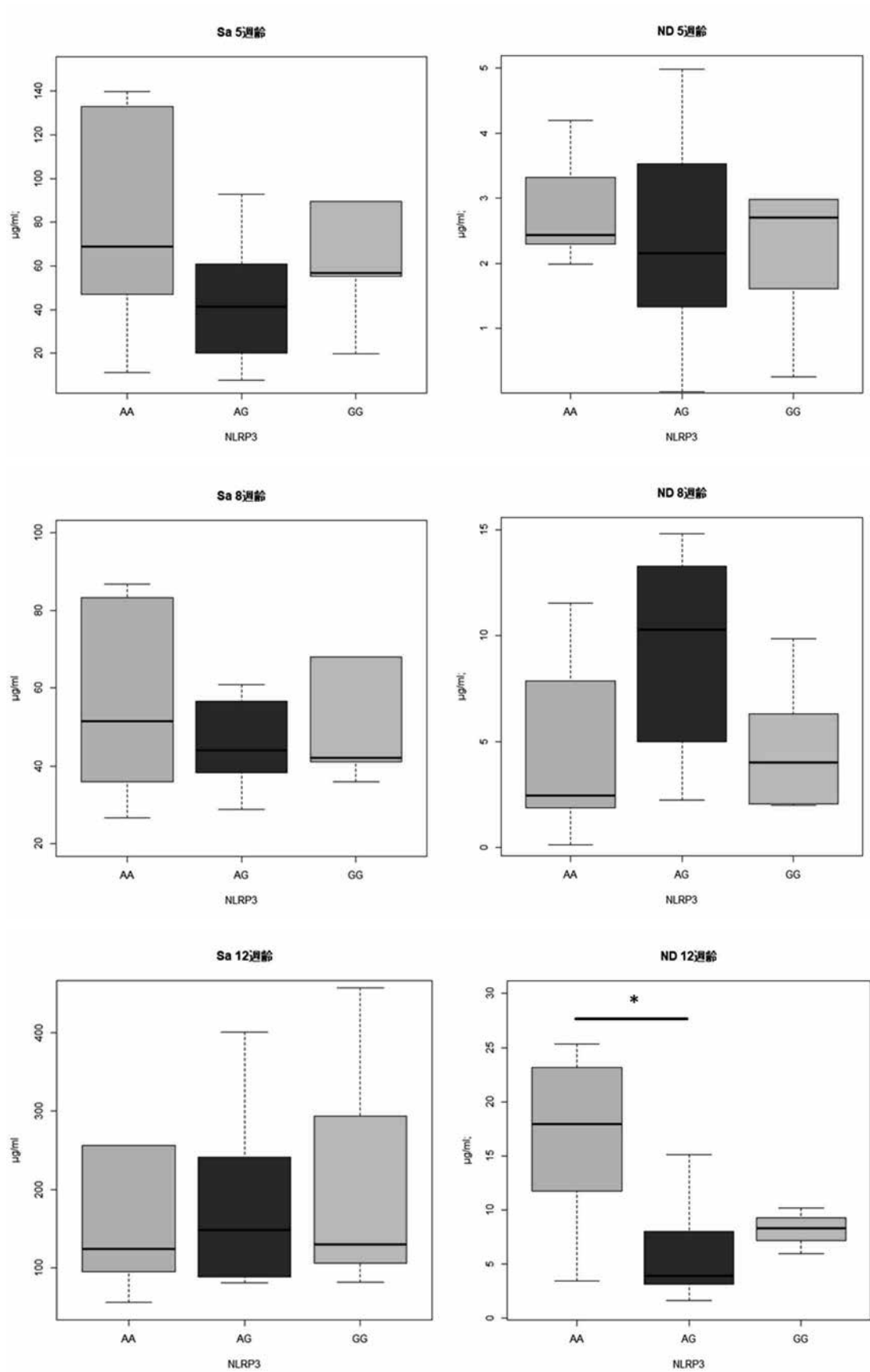


図4 血清(Sa)および鼻汁(ND)中IgA濃度測定結果 (Sa:左列、ND:右列 *:p<0.05)

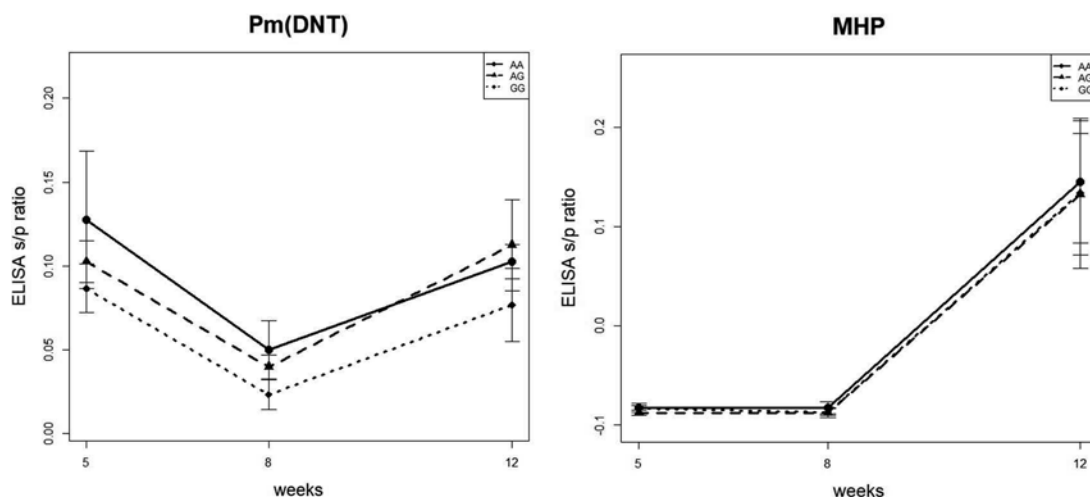


図5 抗体価測定結果
(左 : *Pasteurella multocida* (DNT)、右 : *Mycoplasma hyopneumoniae*)

4 要約

NLRP3 は炎症反応に関連するパターン認識受容体であり、多品種の豚において G 型を持つ個体は通常型の A 型のみをもつ個体に対しワクチン応答など免疫に優れることが報告されている。今回、本県のランドレース種系統豚「ミヤギノ L 2」を用いて NLRP3 遺伝子型と発育成績および免疫機能との関連を調査した結果、雄において、AG 型は AA 型と比較し一日平均増体量が有意に増加した。一方、と畜時に肝病変が検出された豚は検出されなかった豚と比較し一日平均増体量が有意に減少したため、豚回虫症により発育が阻害された可能性が示唆された。また、鼻汁中 IgA 濃度は 12 週齢において AA 型が AG 型と比較し有意に高値であった。一方、水酸化アルミニウムゲルをアジュバントとした *Pasteurella multocida* トキソイドワクチンおよび *Mycoplasma hyopneumoniae* 不活化ワクチン接種による抗体価について、NLRP3 遺伝子型による有意差は認められなかった。

5 引用文献

- 1) Shinkai H, et al. 2018. Q969R polymorphism in NLRP3 is associated with immune responses to vaccination against bacterial infections in pigs. *Anim. Sci. J.* 89(8):1043-1050
- 2) Suzuki K, et al. 2022. Polymorphisms in Pattern Recognition Receptor Genes Are Associated with Respiratory Disease Severity in Pig Farms. *Animals* 12:3163 doi:10.3390/ani12223163
- 3) Eisenbarth SC, Colegio OR, O'Connor W, Sutterwala FS, Flavell RA. Crucial role for the Nalp3 inflammasome in the immunostimulatory properties of aluminium adjuvants. *Nature*. 2008 Jun 19;453(7198):1122-6. doi: 10.1038/nature06939. Epub 2008 May 21. PMID: 18496530; PMCID: PMC4804622.
- 4) 豚の遺伝的な抗病性の改良に向けての取り組み. 上西博英. 家畜感染症学会誌. 2019 8 巻 2 号(57-64)

- 5) Haake M, Palzer A, Rist B, Weissenbacher-Lang C, Fachinger V, Eggen A, Ritzmann M, Eddicks M. Influence of age on the effectiveness of PCV2 vaccination in piglets with high levels of maternally derived antibodies. *Vet Microbiol.* 2014 Jan 31;168(2-4):272-80. doi: 10.1016/j.vetmic.2013.11.012. Epub 2013 Nov 15. PMID: 24315042.
- 6) インフルエンザウイルス認識機構とワクチン開発に関する研究. 一戸猛志. ウイルス. 2015 第 65 巻第 1 号(127-134)

6 協力研究機関

東北大学大学院農学研究科

効率的な黒毛和種種雄牛造成とその活用法に関する研究

1) 「脂肪の質」等の育種価推定

担当：高橋弘晃、佐々木孔亮、小宮亮太

1 はじめに

肉用牛集団育種推進事業により種雄牛の造成・選抜を行っているが、指定交配から供用開始までは6年、さらに供用開始から生産現場での枝肉成績判明までは4年の期間を要する。そのため、種雄牛造成に向けて効率的で効果的な評価手法が求められている。

さらに、黒毛和種の産肉能力の改良目標は、これまでの食肉格付に加えて「脂肪の質」も重視されるようになり、本県でも平成23年に近赤外線脂質測定装置を導入して測定データを蓄積してきた。そこで、今後の改良に向けて、本県肉用牛集団における産肉形質と「脂肪の質」との遺伝的関係性を検討した。

2 試験材料および方法

本県肉用牛集団における産肉形質と「脂肪の質」との遺伝的関係性を明らかにするため、第7回から第19回現場後代検定種雄牛48頭（欠測であった第11回第1次の種雄牛2頭を除く）の枝肉調査で得られた816頭の枝肉格付成績6形質（枝肉重量、ロース芯面積、バラ厚、皮下脂肪厚、歩留基準値およびBMS No.）ならびに近赤外線食肉脂質測定装置で測定したオレイン酸、飽和脂肪酸(SFA)および一価不飽和脂肪酸(MUFA)、あわせて9形質の遺伝的パラメータを求めるとともに育種価を推定した。

5,353頭の血統データを用い、性2区、出荷年13区、出荷月齢9区、肥育農家13区とし、VCE6.0.2により算出した。

3 結果および考察

各形質等の基本統計量を表1に、また、性別による脂肪の質の基本統計量を表2に示した。オレイン酸、SFAおよびMUFAの平均値は、それぞれ53.7、36.9および61.7%、また、オレイン酸およびMUFAはいずれも雌の方が高い値を示した。

表1 各形質等の基本統計量

		頭数	平均値	標準偏差	最大値	最小値
枝肉重量	(kg)	816	500.8	63.7	679	326.5
ロース芯面積	(cm ²)	816	68.1	11.9	120	41
バラ厚	(cm)	816	8.8	0.9	11.8	6.3
皮下脂肪厚	(cm)	816	2.8	0.9	6.5	0.2
歩留	(%)	816	75.4	1.8	82.3	70.3
BMS No.		816	8.1	2.3	12	2
オレイン酸	(%)	816	53.7	2.7	60.3	44.2
SFA	(%)	816	36.9	3.4	48.8	28.8
MUFA	(%)	816	61.7	3.4	69.6	48.5

表 2 性別による脂肪酸組成の基本統計量

	性	頭数	平均値	標準偏差	最大値	最小値
オレイン酸 (%)	去勢	469	53.1	2.7	59.5	44.2
	雌	347	54.5	2.4	60.3	45.5
SFA (%)	去勢	469	37.5	3.5	48.8	29.9
	雌	347	36.0	3.1	47.7	28.8
MUFA (%)	去勢	469	61.1	3.4	68.6	51.3
	雌	347	62.5	3.2	69.6	48.5

各形質の遺伝的パラメータ（表 3）を求めたところ、産肉形質の遺伝率は枝肉重量の 0.46 からロース芯面積の 0.88 であった。本県の黒毛和種種雄牛の産肉形質の改良においては、特に枝肉重量、ロース芯面積および BMS No. を重視してきたが、それら 3 形質の遺伝相関は、枝肉重量とロース芯面積が 0.54、枝肉重量と BMS No. が 0.37、およびロース芯面積と BMS No. が 0.80 を示していた。また、脂肪の質の遺伝率は、オレイン酸が 0.72、SFA が 0.68 および MUFA が 0.66 とほぼ同等の値を示した。

表 3 各形質の遺伝的パラメータ（対角：遺伝率、右上：遺伝相関、左下：表型相関）

	枝肉重量	ロース芯面積	バラ厚	皮下脂肪厚	歩留	BMS No.	オレイン酸	SFA	MUFA
枝肉重量	0.46	0.54	0.52	-0.05	0.34	0.37	-0.14	0.18	-0.16
ロース芯面積	0.45	0.88	0.39	-0.42	0.92	0.80	-0.03	0.02	-0.02
バラ厚	0.56	0.40	0.50	-0.07	0.46	0.33	-0.08	0.13	-0.11
皮下脂肪厚	0.28	-0.17	0.14	0.53	-0.67	-0.05	0.17	-0.08	0.10
歩留	0.10	0.85	0.39	-0.58	0.85	0.67	-0.07	0.04	-0.04
BMS No.	0.23	0.59	0.29	-0.09	0.53	0.75	-0.04	0.01	0.00
オレイン酸	-0.04	-0.03	0.00	0.11	-0.06	0.01	0.72	-0.99	0.96
SFA	0.04	0.02	-0.01	-0.10	0.04	-0.02	-0.98	0.68	-0.98
MUFA	-0.03	-0.02	0.02	0.11	-0.04	0.03	0.96	-0.98	0.66

育種価を推定したところ、候補種雄牛 48 頭のオレイン酸および MUFA の最大値は +3.18 および +2.73、最小値は -2.54 および -2.43 であった。また、本年度終了した第 19 回現場後代検定牛 4 頭の育種価推定値は表 4 のとおりであった。新規基幹種雄牛には「茂勝久」、「孝糸波」および「百合博」の 3 頭が選抜された。

表 4 第 19 回産肉能力現場後代検定牛育種価推定値および合否判定

名号	枝肉 重量	ロース芯 面積	バラの 厚さ	皮下 脂肪厚	歩留 基準値	BMS	オレイン酸	SFA	MUFA	判定
茂勝久	34.5	21.7	0.8	-0.1	3.1	3.6	-0.4	-0.4	0.5	選抜
孝糸波	10.0	17.4	0.7	-0.9	3.5	3.8	-1.5	1.3	-1.1	選抜
百合博	61.8	6.7	1.0	-0.6	1.3	2.4	0.8	-1.0	0.9	選抜
雅糸波	19.1	8.9	0.5	0.3	1.0	1.4	-2.3	2.7	-2.4	淘汰

4 要約

現場後代検定第 7 回次から産肉形質とともに、近赤外線脂質測定装置を用いて脂肪の質の測定値を行ってきた。遺伝率は、産肉形質ではいずれも中程度から高い値を、脂肪の質はいずれも高い遺伝率を示した。また、産肉形質と MUFA の遺伝相関は-0.16 から 0.10 の範囲にあった。

5 参考文献

特になし

6 協力研究機関

特になし

効率的な黒毛和種種雄牛造成とその活用法に関する研究

2) 畜産新技術を活用した肉用牛産肉能力検定技術の確立

担当：佐藤秀俊、及川俊徳、高橋弘晃、小宮亮太、佐々木孔亮

1 はじめに

肉用牛集団育種推進事業における種雄牛選抜においては、直接検定終了後、候補種雄牛を一般繁殖農家の雌牛に交配し、産子を出して肥育農家へ譲渡し後代検定を実施している。本検定は最も現実に即し、かつ精度の高い検定システムであるが、材料牛として候補種雄牛 1 頭当たり 20 頭以上肥育することから、長期間を要し、また多大な経費がかかる。そのため、種畜検査終了直後から候補種雄牛精液を用いて体外受精 (IVF) 胚を出し・移植し、子牛生産を行うとともに、肥育後に枝肉成績を収集し、現場後代検定のデータに IVF 産子のデータを加えることで、産肉能力評価の精度向上が期待できる。本研究では、種雄牛造成に向けて効率的で効果的な評価手法の開発を目的として、候補種雄牛の IVF 産子を生産し、肥育データを収集することで、その有用性について検討した。

2 試験方法

1) 体外受精胚産子による候補種雄牛の産肉能力評価

(1) 供試候補種雄牛

第 19 回次直接検定候補種雄牛「茂勝久」号の肥育が終了し、枝肉成績を調査した。また、第 20 回次直接検定候補種雄牛「華福久」号、「茂花美」号、21 回次直接検定候補種雄牛「幸勝吉」号、「洋糸花」号、「咲太郎」号の、第 22 回次直接検定候補種雄牛「誠平勝」号、「照百合幸」号、「利茂福」号は現在肥育中である。

第 23 回次直接検定候補種雄牛「久勝聖」、「志津茂福」の体外受精卵作出、移植は現在取組中である。

(2) 体外受精由来胚の作出

食肉処理場で登録のある黒毛和種牛の卵巣を採材し洗浄後、2～8mm 以下の卵胞から未成熟卵子を卵胞液と共に吸引採取した。採取した卵胞液をシャーレに展開し、実体顕微鏡下で卵細胞質が均一で卵丘細胞が付着している卵子を選別し洗浄後、5%子牛血清 (CS)、50ng/ml 上皮成長因子 (EGF)、0.01AU/ml 卵胞刺激ホルモン (FSH)、0.2mM ピルビン酸ナトリウムを加えた M199 培地 (成熟培地) 500 μ l を入れた 4well multi dish に 50 個ずつ導入、または、ドナー別に 12well multi dish に作成した成熟培地 200 μ l のドロップに 10～25 個ずつ導入して 22 時間成熟培養を行った。体外受精に用いる精子は、凍結精液を融解しカフェイン添加 TALP 液に加えて 1,300rpm、5 分間遠心分離後に上清を吸引する作業を 2 回行い洗浄し、精子数 2,000 万/ml に調整した。卵子はヘパリン添加 TALP 液の 50 μ l ドロップへ移し、調整した精液を 50 μ l 加え、最終濃度 1,000 万/ml で体外受精を実施した。体外受精後、卵丘細胞を除去し、6mg/ml 牛血清アルブミン (BSA) 加修正卵管合成液 (mSOF) で発生培養を行い、

体外受精後 6～8 日目の拡張胚盤胞期胚を移植に供した。

(3) 体外受精由来胚の凍結保存

(1) を用いて生産された体外受精胚はエチレングリコールを用いた緩慢凍結法で凍結保存した。凍結した胚はダイレクト移植を行った。

(4) 体外受精由来胚の移植

体外受精由来胚は令和 6 年 4 月から令和 7 年 3 月にかけて、主に県内酪農家に飼養されているホルスタイン種に移植を行った。

(5) 産子の肥育および各産肉能力検定成績の比較

生産された体外受精由来の産子は県内の農家で肥育された。給与飼料の内容や育成方法は当該農家の常法に従った。

3 結果および考察

1) 体外受精胚産子による候補種雄牛の産肉能力評価

(1) 体外受精由来胚

第 20 回次直接検定候補種雄牛「華福久」号の体外受精卵産子 7 頭、「茂花美」号の体外受精卵産子 14 頭、第 21 回次直接検定候補種雄牛「幸勝吉」号の体外受精卵産子 14 頭、「洋糸花」号の体外受精卵産子 4 頭、「咲太郎」号の体外受精卵産子 8 頭、第 22 回次直接検定候補種雄牛「誠平勝」号の体外受精卵産子 14 頭、「照百合幸」号の体外受精卵産子 8 頭、「利茂福」号の体外受精卵産子 7 頭は現在肥育中である。

第 23 回次直接検定候補種雄牛「久勝聖」「志津茂福」の体外受精卵作出、移植は現在取組中である。

(2) 体外受精由来産子の枝肉成績

枝肉成績の詳細を表 1 に示した。第 19 回次直接検定候補種雄牛「茂勝久」号の体外受精産子は 5 頭(肥育直後の死亡除く)の肥育が終了し、枝肉重量 629kg、BMS No.10、肉質等級 A5 率は 100 %であった。

表 1 IVF 産子の枝肉成績

	性別	頭数	枝肉重量 (kg)	ロース芯面積 (cm ²)	バラの厚さ (cm)	皮下脂肪厚 (cm)	歩留基準値	BMS No.	肉質投球 A5・A4 率 (%)	肉質等級内訳(頭)	
										A5	A4
茂勝久	♂	3	657.5	84.3	102	2.4	76.8	10	100	4	
	♀	1	516.5	73.0	102	3.5	76.0	11	100	1	
	計・平均	4	629.3	82.0	102	2.6	76.6	10.2	100	5	

4 要約

牛の体外受精技術により子牛を生産・肥育して産肉成績を収集し、黒毛和種候補種雄牛産肉能力検定の可能性を実証した。第 19 回次直接検定候補種雄牛「茂勝久」号の精液を用いた体外受精由来胚から子牛が生産され、農家において育成・肥育され、と畜された肥育牛の枝肉データを収集することができた。

5 引用文献

特になし

6 協力研究機関

特になし

アグリテック活用推進事業

1) 「仙台牛」の食味向上指標の探索

担当：佐々木孔亮、小宮亮太、佐藤秀俊、高橋弘晃、及川俊徳

1 はじめに

「仙台牛」は、宮城県が誇る黒毛和種ブランド牛肉であり、公益社団法人日本格付協会がA5またはB5に格付した超高級牛肉であり、物量も国内トップクラスである。しかし、「仙台牛」のおいしさや機能性物質等の科学的知見が乏しく、消費者嗜好に関しても不明な点が多い。

そこで、先行研究（県単トップブランド「仙台牛」の差別化事業）を引き継ぎ、牛肉の脂肪酸、アミノ酸、糖類および核酸関連物質等の代謝性化合物の化学数値を蓄積する。あわせて、ゲノミック評価も行うことで、有用成分の活用を図り、従来の枝肉格付形質、特に脂肪交雑に加えて、新たなおいしさ指標に優れる種牛群の育種改良を目指す。

今年度は、脂肪酸組成とBMS No.、粗脂肪含量に焦点を当て、胸最長筋の官能評価を行い、その官能特性を明らかにした。

2 材料および方法

1) 供試試料

仙台市中央卸売市場食肉市場に上場した黒毛和種で、県内の卸売会社が競り購買した枝肉のうち左半丸リブブロスブロック（4肋骨分、7～10肋骨）を4頭用いた。第7肋骨面から1cmを理化学分析に、第7肋骨面の5cm後方から第10肋骨までを官能評価に用いた。と畜日から16日以内に -80°C または -20°C で冷凍保管を行った。

2) 理化学分析

(1) 試料調製

左半丸リブブロスブロックから胸最長筋のみを筋膜が入らないように切り出し、マルチビーズショッカーMB1200（安井機器）を用いて、2,500rpmで30～60秒間破砕した。

(2) 粗脂肪

水分を凍結乾燥前後の重量差で算出した後、ソックスレー抽出法により測定した。

(3) 脂肪酸組成

抽出は、ナカライテスク社の脂肪酸抽出キットおよび精製キットを用いた。脂肪酸分析は、ガスクロマトグラフGC-2030（島津製作所）を用いて、水素炎イオン化型検出器（FID）で各脂肪酸を検出させた。標準試料は、スペルコ 37mix（シグマアルドリッチ社）を分析し、得られたリテンションタイムから、用いた脂肪酸は、ミリスチン酸（C14:0）、ミリストレイン酸（C14:1）、パルミチン酸（C16:0）、パルミトレイン酸（C16:1）、ステアリン酸（C18:0）、オレイン酸（C18:1）、リノール酸（C18:2）の7種を同定し、面積値で百分率（%）を算出した。MUFA（モノ不飽和脂肪酸）は、C14:1+C16:1+C18:1、SFA（飽和脂肪酸）は、C14:0+C16:0+C18:0

とした。カラムは、Inert Cap Pure Wax キャピラリー（内径 $0.25\mu\text{m}$ ×長さ 30m ×膜厚 $0.25\mu\text{m}$ 、GL サイエンス）を使用した。ガスは、キャリアがヘリウム（99.995%以上）、メイクアップが窒素（99.999%）、一般水素とした。

3) 嗜好型官能評価

脂肪酸組成の分析結果および格付結果から①高 MUFA4 等級区（以下、H4 区） ②低 MUFA4 等級区（以下、L4 区）③低 MUFA5 等級区（以下、L5 区） ④極低 MUFA5 等級区（以下、EL5 区）の4つの試験区に区分けした。

(1) サンプル調製、調理形態

黒毛和牛肉左半丸リブローズ（4肋骨分）のうち第7面から5cm後方を用い、さらにそのうちの後方を1日目、その前方を2日目に用いた。評価の前日から一晩解凍したサンプルをスライサーで2mm厚にスライスした後、直径4.5cmの型抜きを用い、ローズ部位からくりぬいて成形した。

沸騰した純水にて、30秒ゆで調理した。加熱したサンプルはタッパーに入れ、70℃に設定したタオルウォーマーで提供まで保存した。

(2) パネルコントロール

サンプル番号は3桁の乱数で表示し、提示順序はラテン方格で行と列を無作為化した。カップに盛付をし、1サンプルずつ提供した。オールイン形式でインフォームドコンセントを実施後、回答用紙（図1）を配布。1サンプル終了する度に1分間の休憩を設けた。全サンプルの評価が終了したら、回答用紙を回収し、退室させた。

(3) 評価方法

評価は、8段階の評点による好ましさの評価と Check-All-That-Apply (CATA) 法を用いた官能特性の評価を行った。用語は佐々木ら¹⁾の用語集からスタッフで言葉出しを行い、21用語まで絞った。

3) 統計処理

統計フリーソフト R (version4.2.2) を用いた。好ましさの評価は、評点を応答変数、評価順序、実施日およびサンプルを固定効果、パネリストをランダム効果とした一般混合モデルを作成し、Tukey による多重比較を行った。また、各用語の選択された数をサンプルごとに集計してコレスポンデンス分析を行った。さらに各用語の選択の有無がサンプルの好ましさに及ぼす影響を調査するため、評点を応答変数、評価順序、実施日および各用語を固定効果、パネリストをランダム効果とした一般混合モデルを作成し、ペナルティ分析を行った。

3 結果および考察

好ましさの評点の結果を表3に示した。食感の好ましさに関わる評点についてはサンプル間で有意な差が示され、L5区、EL5区がL4区と比較して高い結果となった。全体の好ましさに関わる評点については有意ではないもののL5区、EL5区がL4区と比較して高い傾向が見られた。味、匂いの好ましさに関わる評点については有意な差はなかった。ペナルティ分析の結果、全体評価については「ほんのり甘い」、「脂肪ののった」、「かみ切りやすい」が有意に正の影響を、「脂臭い」、「獣特有のにおい」が有意に負の影響を与えることが示された。味、食感に関する用語が正の影響を与え、匂いに関する用語が

負の影響を与える結果となった。匂い評価については「香ばしい」、「かみごたえがある」、「あぶらっぽい」、「ほんのり甘い」、「さっぱり」、「繊維状の」、「かみ切りやすい」が有意に正の影響を、「獣特有のにおい」が有意に負の影響を与えることが示された。高く評価される匂いは他項目と比較して多くの表現がされる一方、低く評価される匂いは単一の表現のみとなった。味評価については「うま味」、「脂肪ののった」、「しっとりとした」、「ほんのり甘い」が有意に正の影響を、「獣特有のにおい」が有意に負の影響を与えることが示された。食感評価については「脂肪ののった」、「かみ切りやすい」が有意に正の影響を、「繊維状の」、「脂臭い」が有意に負の影響を与えることが示された。有意に正の影響を与えた用語で「ほんのり甘い」が全体、匂いおよび味と、「脂肪ののった」が全体、味および食感と、「かみ切りやすい」が全体、匂いおよび食感と共通しており、有意に負の影響を与えた用語で「脂臭い」が全体および食感と、「獣特有のにおい」が全体、味および匂いと共通していた。このことから用語は例えば、「かみ切りやすい」が食感を示す用語であるように、匂い、味、食感それぞれを示すものとなっているが、その他の項目の評価にも影響があることがわかる。つまり、「かみ切りやすい」について焦点を当てると、「かみ切りやすい」と感じさせる何かが匂いにも影響を与えているということになる。この「かみ切りやすい」と感じさせる何かが脂肪含量によるものなのか、筋繊維の構造によるものなのか、そしてそれらがどう匂いに影響を与えているのか、今後検討していく必要がある。

コレスポンデンス分析の結果、サンプルについては H4 区と L5 区は比較的近い位置にプロットされ、EL5 区、L4 区は比較的遠い位置にプロットされた。このことから H4 区と L5 区は特性が似ていると評価され、その他の 2 つの区は特性が異なると評価された結果となった。このことから粗脂肪含量、BMSNo.が低い牛肉であっても MUFA 割合が高い値であれば、近い評価が得られることがわかった。しかし、L5 区と近い粗脂肪含量と MUFA 割合を示した L4 区は H4 区と L5 区から遠い位置にプロットされた。これは L4 区が BMS No.7 であるにも関わらず、BMS No.11 の L5 区と同等との粗脂肪含量であったことからサシの形状が粗かった可能性があり、それが起因した可能性が考えられる。EL5 区も遠い位置にプロットされている。これは MUFA 割合が最も低く、粗脂肪含量が最も高かったことが起因していると考えられる。用語については「脂肪味」、「さっぱり」、「油っぽい」、「こくのある味」が非常に近い位置にプロットされた。ペナルティ分析で全体評価に有意に正の影響を与えた 3 つの用語はそれぞれ離れた位置にプロットされ、それぞれが違った意味で用いられていることがわかる。つまり、ゆで調理におけるおいしい牛肉は「脂肪がのっていて、ほんのりと甘く感じることができ、かみ切りやすい牛肉」であると表現できる。

本研究は BMS No.、粗脂肪含量、脂肪酸組成に焦点をあて、ゆで調理における「仙台牛」、「仙台黒毛和牛」の官能特性を調査した。粗脂肪含量、脂肪酸組成が同等のサンプルでも異なるサンプルであると認識されることもあれば、異なる値を示したサンプルが近いサンプルであると認識されることがわかり、これらのサンプルを評価する上で正の影響、負の影響を与える用語も明らかになった。しかし、例数の少なさやパネリストの属性の偏りなど、課題も多く残されている。今後は、実験上の課題を解決しつつ、粗脂肪含量と脂肪酸組成の適正なバランスや赤身に由来する成分が官能特性にどのような影響

を与えているかなどを明らかにする必要がある。

表1 評価に用いたサンプルの理化学分析値

	H4	L4	L5	EL5
BMS No.	7	7	11	12
水分	45.2	38.1	38.5	36.3
EE含量	39.4	49.4	48.4	51.7
C14:0	2.8	2.8	2.4	2.1
C14:1	0.8	0.4	0.6	0.4
C16:0	27.3	29.6	31.2	31.6
C16:1	3.5	3.2	2.4	2.1
C18:0	12.8	14.5	14.4	17.3
C18:1	51.0	47.8	47.0	45.2
C18:2	1.8	1.6	2.0	1.2
SFA	42.9	46.9	48.0	51.1
MUFA	55.3	51.5	50.0	47.7

表2 パネリストの内訳

	10代	20代	30代	40代	50代	60代	70代	合計
男	1	11	1	6	5	6	1	31
女	0	2	1	4	2	1	0	10
合計	1	13	2	10	7	7	1	41

回答用紙

1

枚目

回答者番号

43

Q1. サンプル番号 **151** の牛肉を試食して、あなた自身の基準で匂い、味、食感、全体的について好ましいか、好ましくないかを判定し、回答欄のあてはまるところ1箇所に○印で回答してください。

選択肢	←好ましくない				好ましい→			
	好ましくない 非常に	好ましくない とても	好ましくない	どちらかと言え ば	どちらかと言え ば	好ましい	好ましい とても	好ましい 非常に
匂い								
味								
食感								
全体的								

Q2. Q1で選択した好ましさの基準として当てはまる項目を、以下の表からあなた自身の基準でいくつでも選び、回答欄のあてはまるところに○印で回答してください。

回答	項目	回答	項目	回答	項目
	繊維状の		あぶらっぽい		癖のない味
	舌にまとわりつく		かみ切りやすい		肉様のにおい
	じわりと舌にからまる		こくのある味		脂肪味
	あぶらっこい		脂肪ののった		香ばしい
	まったり		獣特有のにおい		油っぽい
	脂臭い		うま味		ほんのり甘い
	かみごたえがある		しっとりとした		さっぱり

図1 官能評価のアンケート用紙

表3 各区の評点

	評点					有意水準		
	H4	L4	L5	EL5	標準誤差	サンプル	実施日	評価順序
全体の好ましさ	5.62	5.49	5.90	5.93	0.19	0.055 [†]	0.880	0.041 [*]
匂いの好ましさ	5.46	5.66	5.61	5.42	0.21	0.509	0.675	0.484
味の好ましさ	5.72	5.54	5.88	5.85	0.20	0.396	0.872	0.136
食感の好ましさ	5.68 ^{ab}	5.25 ^b	5.95 ^a	5.90 ^a	0.21	0.008 [*]	0.468	0.485

1)最小二乗平均値，同一行内で異なるアルファベット間に有意差あり (p<0.05)

2)混合モデル分析による分散分析における各項目の効果 (†：p<0.1，*：p<0.05)

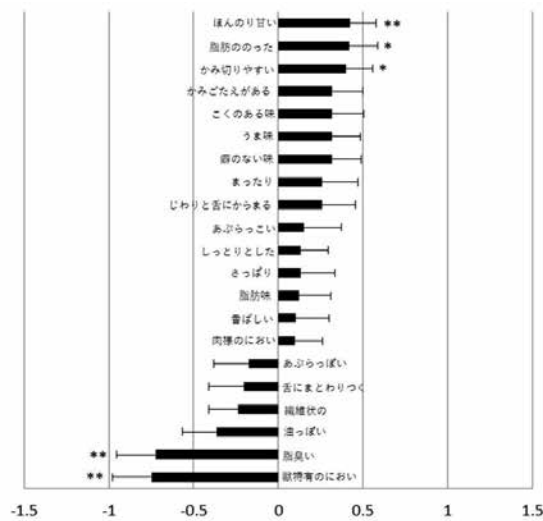


図2 全体評価における用語のペナルティ分析

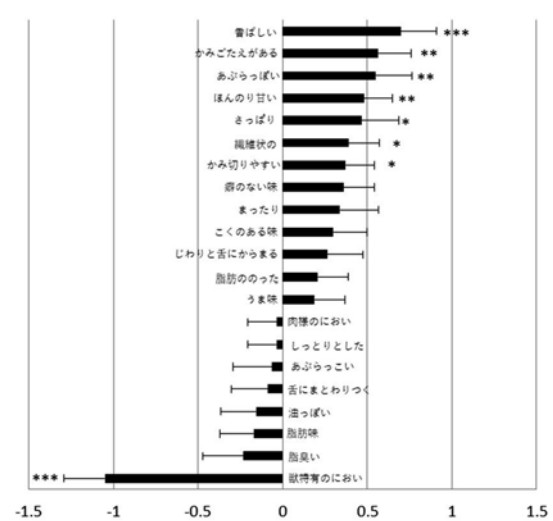


図3 匂い評価における用語のペナルティ分析

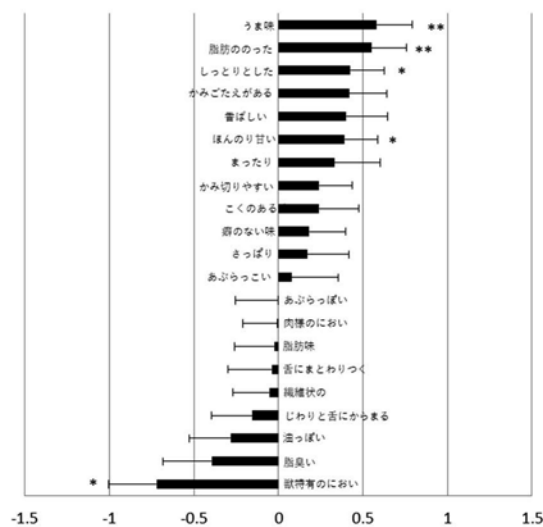


図4 味評価における用語のペナルティ分析

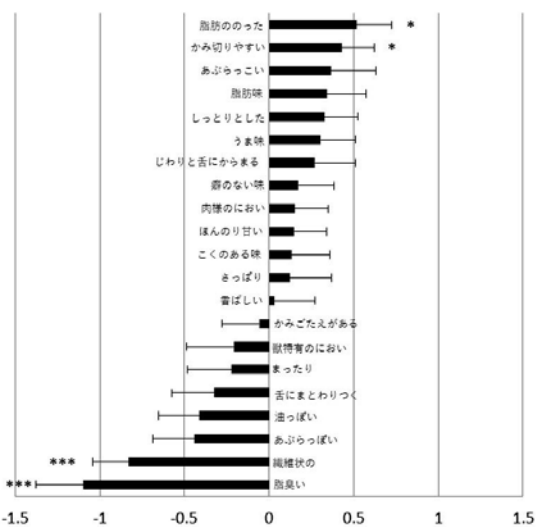


図5 食感評価における用語のペナルティ分析

“***” 0.001 “**” 0.01 “*” 0.05

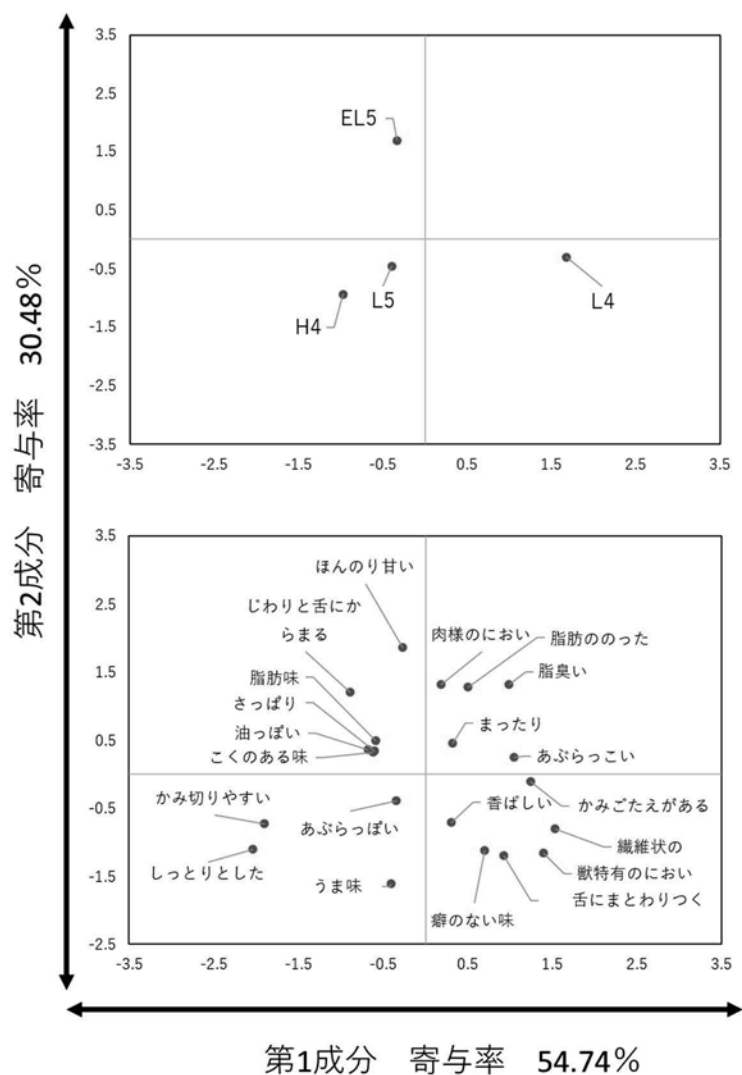


図 6 コレスポンド分析

4 要約

嗜好型官能評価を用いて①高 MUFA4 等級区、②低 MUFA4 等級区、③低 MUFA5 等級区、④極低 MUFA5 等級区の 4 つの試験区で比較した。食感の好ましさに関する評価についてはサンプル間で有意な差が示され、L5 区、EL5 区が L4 区と比較して高い結果となった。それぞれの好ましさに影響を与える用語が示され、全体評価は「ほんのり甘い」、「脂肪ののった」、「かみ切りやすい」が有意に正の影響を与えていることが示された。

5 参考文献

- 1) 佐々木ら、2018. 一般消費者および調理従事者を対象としたアンケートによる食肉の記述的官能評価候補用語集の作成、日本畜産学会報 89 (4)、471-488

6 協力研究機関 なし

アグリテック活用推進事業

2) ゲノミック評価による新たな形質評価の実用化

担当：小宮亮太、佐々木孔亮、高橋弘晃、佐藤秀俊、及川俊徳

1 はじめに

和牛肉の特徴であるオレイン酸等の脂肪酸に加え、香気成分等の分析評価によるおいしさに関する指標づくりが全国的に進められている。宮城県が誇る仙台牛においても同様に、おいしさに関する特徴についても把握する必要がある。同時に改良手法として即応できる体制を整える必要がある。和牛の改良手法の1つとして、一塩基多型（SNP）と呼ばれる遺伝情報を利用したゲノム育種価推定が進められており、これは乳用牛において既に実用化されている。肉用牛においても、実用化に向けた分析が進められていることから、本県においても同様に分析を進め、さらに、おいしさに関する指標を含めた改良速度の向上を目指す。

本課題の「ゲノミック評価による新たな形質評価の実用化」分野においては、おいしさの指標の1つともされる脂肪酸組成を対象とし、SNP 情報により育種価を推定する手法の実用化を目指し、推定式や手法による評価精度の違いを検討した。

2 試験方法

- 1) 脂肪酸組成測定：近赤外食肉脂質測定装置（S-7041、検量線 $n=1226$ ；相馬光学）を用いて、仙台市中央卸売市場食肉市場に上場された黒毛和種肥育牛枝肉の筋間脂肪から、オレイン酸、飽和脂肪酸（SFA）および一価不飽和脂肪酸（MUFA）を光学測定した。
- 2) 肥育牛頭数と脂肪酸組成記録：SNP 情報および脂肪酸組成の表型値を持つ肥育牛を対象とした。使用したデータの基本統計量を表 1 に示した。
- 3) 評価牛：宮城県有種雄牛のうち、SNP 情報を保有する 75 頭を対象とした。
- 4) 評価方法：血縁情報を用いないGBLUP法によりゲノミック育種価を算出した。性別（2 区分）、と畜年（12区分）を母数効果とし、出荷月齢（1次、2次）を共変量、個体と残差を変量効果とした。母数効果、変量効果、分散成分の推定はGBLUP assistを用いた。
- 5) 使用 SNP：illumina GGP BovineLD-24 v4.0、illumina BovineSNP50k v3 により遺伝子型を判定し、ソフトウェア Beagle により 34,481SNPs へ補完した。
- 6) 推定精度の検証：訓練群の頭数を増やし、GBLUP 法によりゲノミック育種価を推定し、従来の血縁情報と枝肉情報を使用する BLUP 法により推定された育種価（推定育種価）を相関分析することにより、推定精度を検証した。比較対象として、全国和牛登録協会（全和登）が令和 6 年 4 月に評価した脂肪酸組成育種価を使用した。相関は、ピアソンの積率相関係数を用いた。
- 7) 訓練群の頭数による精度変化：フルセットの訓練群から無作為に 100、200、300、400、500、800、1000、1500、2000、3000、4000 頭を抽出した新訓練群を各頭数で 5 反復分

作成し、育種価評価（GBLUP 法）を行い、推定育種価との相関分析を行った。

8) 若雄における精度検証：訓練群に後代が含まれていない若雄の評価における精度を検証するため、訓練群から意図的に後代のデータを削除した訓練群で評価を行い、推定育種価との相関分析を行った。

表 1 訓練群の基本統計量

	オレイン酸	飽和脂肪酸	一価不飽和脂肪酸	と畜年	頭数
記録数	4496	4496	4496	2009	18
平均値	53.9	36.6	62.0	2010	68
標準偏差	2.3	3.0	2.9	2011	49
平均+3 σ	60.9	45.4	70.8	2012	0
平均-3 σ	47.0	27.7	53.3	2013	10
最大値	61.1	50.8	69.6	2014	32
最小値	42.0	28.8	47.8	2015	111
				2016	145
性別	頭数			2017	526
去勢	3475			2018	472
雌	1021			2019	162
				2020	796
				2021	601
				2022	417
				2023	1089

3 結果および考察

訓練群の頭数を 4,496 頭に増やし、ゲノミック育種価を推定し、全和登の推定育種価との相関分析を行ったところ表 2 の結果を得た。オレイン酸推定育種価の正確度が 0.9 以上の 14 頭との相関係数は、0.966~0.974 となり極めて高い相関が得られ、遺伝子情報を用いた方法により、高い精度で育種価推定ができることが確認された。

表 2 増頭後の GEBV と推定育種価の相関係数

	頭数	オレイン酸	SFA	MUFA
オレイン酸 ACC>0.8	52	0.663	0.696	0.801
オレイン酸 ACC>0.9	14	0.966	0.974	0.974

訓練群の頭数による推定精度の変化を図 1 に示した。訓練群頭数の増加に伴い、推定精度は上昇し、3000 頭以上の訓練群であればフルセットの訓練群とほぼ同程度の精度が得られ、4000 頭では、ばらつきも小さくなった。この傾向はすべての形質で同様であったため、オレイン酸の結果のみを示した。

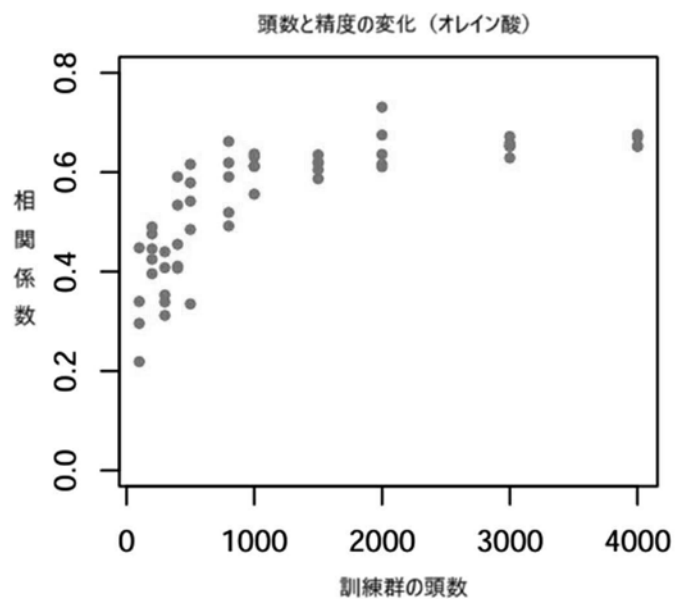


図 1. 訓練群の頭数による推定精度の変化（オレイン酸）

図 1 の結果により、訓練群の頭数を 4000 頭程度まで減らしても、精度に大きな影響を及ぼさないことが示されたため、現場後代検定第 18 回および第 19 回の種雄牛の後代を意図的に削除したデータセットを作成し、GEBV を算出した。GEBV と推定育種価の散布図を図 2、相関係数を表 3 に示した。

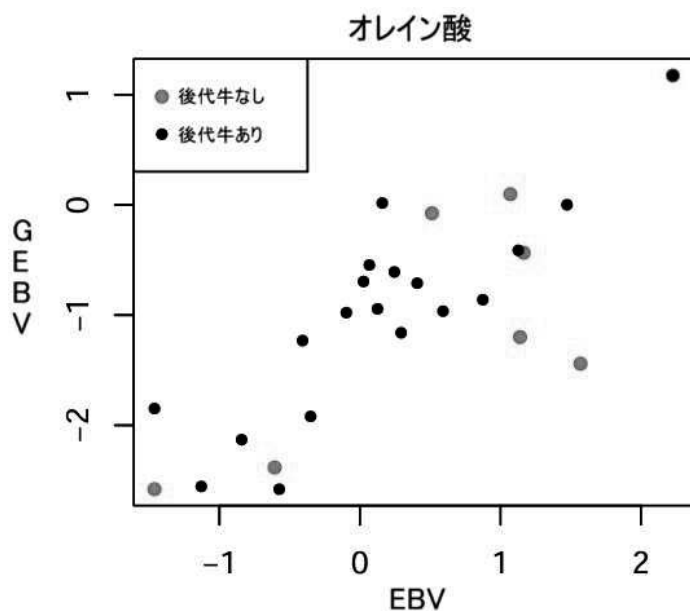


図 2. 後代データを削除した訓練群を用いた場合の GEBV と推定育種価（オレイン酸）

表 3 後代を除いた種雄牛と後代データがある種雄牛における GEBV と推定育種価の相関係数

	頭数	オレイン酸	SFA	MUFA
後代なし	8	0.794	0.779	0.727
後代あり	20	0.859	0.852	0.866

図 2 および表 3 の結果から、後代の成績が含まれていない訓練群を用いた評価においても、後代がある場合には及ばないものの高い精度で推定ができることが示唆された。このことから、GBLUP 法は後代がいない若い牛の能力評価に有用であると考えられた。

4 要約

GBLUP 法により、後代を削除した種雄牛の評価を行ったところ、推定育種価と高い相関が得られたことから、GBLUP 法は後代がいない牛の能力評価に有用であると考えられた。

5 参考文献

特になし

6 協力研究機関

特になし

アグリテック活用推進事業（畜産）

3）ゲノミック評価による肉用牛改良の加速化

担当：佐藤秀俊、及川俊徳、高橋弘晃、小宮亮太、佐々木孔亮

1 はじめに

牛の育種改良においては、移植前の受精卵の段階で遺伝子評価を行い、高い能力が期待できる受精卵を選択して移植することで、改良速度の向上が期待できる。さらに、高能力雌牛からの OPU-IVF 技術によって短期間で多数の胚を生産できることから、ゲノミック評価と合わせることで、子牛生産に関わる大幅なコスト削減および期間短縮による効率的な育種改良が期待できる。

また、これまでの本研究によるゲノム育種価を算出したバイオブシー細胞の残りの胚の移植により生まれた黒毛和種子牛の血液から SNP 解析およびゲノム育種価評価を行い、バイオブシー細胞との SNP データとゲノム育種価の一致状況を調べた。

2 試験方法

当场飼養の黒毛和種雌牛の OPU-IVF により作出した体外受精卵(胚盤胞期～脱出胚盤胞期)および当场飼養の黒毛和種雌牛から過剰排卵処置後に採取した体内受精卵(胚盤胞期)を供試した。バイオブシーは倒立顕微鏡と金属刃を装着したマイクロマニピュレーターにて行ない、栄養膜細胞の 10%程度を採取した。バイオブシー後の残りの胚は 20%FBS 添加 M199 で一晚培養し、生存率を確認し、一部の胚は生存確認後、受精卵移植に供した。バイオブシー細胞および一部の残りの胚は、illustra Single Cell GenomiPhi DNA Amplification Kit (GE ヘルスケアジャパン) を用いて全ゲノム増幅(WGA)後、illumina Bovine LD チップを用いて SNP 型判定を行い、得られた SNP データを元に G-BLUP 法によるゲノム育種価を算出した。過去に算出した個体に関する育種価については、知直近の子牛に関する育種価算出に合わせ、改めて算出を行った。

またゲノム育種価を算出したバイオブシー細胞の残りの胚の移植により生まれた 4 頭の黒毛和種子牛の血液から SNP 解析およびゲノム育種価評価を行い、バイオブシー細胞との SNP データとゲノム育種価の一致状況を調べた。

3 結果および考察

SNP 解析後にゲノム育種価を算出したバイオブシー細胞の残りの胚の移植により生まれた子牛 4 頭とバイオブシー細胞との SNP データとゲノム育種価の一致状況について、バイオブシー細胞と産子の Call rate および SNP 型一致率は表 2 に示すとおりであり、一致率は 4 組とも 90%以上であった。また、ゲノム育種価評価値の差を表 3 に示したが、ゲノム育種価を算出する際に用いた肥育牛 7,691 頭のデータの標準偏差と比較しても、いずれの評価値の差もこれらの差より小さく、概ね一致していると考えられた。

今後はバイオブシー細胞による SNP 解析精度のさらなる向上のための検討および遺

伝子評価後に胚を移植する必要があるため、より受胎率の向上を目指し、バイオブシー細胞の残りの胚の修復培養方法や凍結方法について検討を進める必要がある。

表2 バイオブシー細胞と産子の Call rate と SNP 型一致率

牛番号	Call rate (%)		SNP 型一致率 (%)
	バイオブシー細胞	産子 (血液)	
1	98.3	99.9	96.7
2	92.9	100.0	91.3
3	96.4	99.6	96.3
4	98.3	99.7	98.4

表3 ゲノム育種価評価値のバイオブシー細胞と産子との差

	枝肉重量	ロース芯面積	バラ厚	皮下脂肪厚	推定歩留	脂肪交雑
1	0.302	0.790	0.017	0.066	0.145	0.100
2	4.593	0.645	0.002	0.014	0.117	0.037
3	0.501	1.007	0.016	0.009	0.123	0.045
4	0.809	0.414	0.015	0.074	0.102	0.033

肥育牛 7,691 頭 ゲノム育種価の標準偏差

枝肉重量	ロース芯面積	バラ厚	皮下脂肪厚	推定歩留	脂肪交雑
38.192	6.875	0.416	0.392	0.995	0.674

4 要約

移植前の受精卵の一部を採取し遺伝子評価することを目的にバイオブシーによる SNP 解析を実施した。バイオブシー細胞と生まれた子牛の SNP 解析では、ゲノム育種価も概ね一致していた。

5 参考文献

- 1) T.Fujii(2019):Journal of Reproduction and Development,No. 65,Vol. 3, 251-258

6 協力研究機関

特になし

牛の受精卵移植技術の実証

担当：及川俊徳、佐藤秀俊

1 はじめに

牛の受精卵（胚）移植技術は、供胚牛の選定、過剰排卵処理、胚の回収、凍結保存など胚の処理、受胚牛への移植・妊娠・分娩という繁殖技術全般にわたり、それぞれの技術について安定的かつ効率的な方法の確立が望まれている。

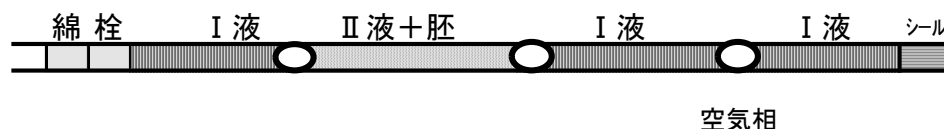
牛受精卵の凍結保存はプログラムフリーザーを用いた緩慢凍結で行うことにより人工授精用精液と同様に庭先での融解により直接移植が可能となっている。凍結保存する際に温度を徐々に下げていくと潜熱の放出が起こりその後の急激な温度低下がおこりそれに耐えられず受精卵は死滅してしまう。そのためマイナス7℃付近で人為的に氷を形成させる植氷が必須である。また、昨年民間企業から自動植氷ストローが販売され凍結操作の省力化が期待される。自動植氷の原理としては、自動植氷ストローにはヨウ化銀が使用されており、その構造が氷の結晶によく似ていることで氷晶核として機能している。

今年度は、自動植氷ストローを使用し牛体外受精卵の凍結融解後の生存性に及ぼす影響について検討した。

2 試験方法

経膈採卵（OPU）実施前に卵胞数をサイズ別に計測した（大卵胞：10mm 以上、中卵胞：6～10mm、小卵胞 5mm 以下）。採取した未成熟卵子は卵丘細胞の付着の程度で分類した（A ランク：卵丘細胞が 4 層以上付着、B ランク：卵丘細胞が 2～3 層付着、C ランク：卵丘細胞が 1 層付着、D ランク：卵丘細胞が部分的に付着、変性：卵細胞質が不均一で変性、裸化：卵丘細胞がまったく付着していない、膨化卵子：卵丘細胞が膨化）。採取卵子のうち、A～D ランクの卵子を体外受精に供した。未成熟卵子の体外成熟培地は牛胎子血清（FBS）、上皮成長因子、卵胞刺激ホルモン、ピルビン酸ナトリウムおよびゲンタマイシンを加えた Medium199 を使用し、38.5℃、5% CO₂、95% 空気 で約 22 時間成熟培養を実施した。体外受精は当场繫養の黒毛和種雄牛 1 頭の凍結精液を使用し、媒精はカフェインおよびヘパリン添加 mTALP 液を使用し、38.5℃、5% CO₂、95% air で約 6 時間培養した。発生培地は BSA 添加 mSOF 培地を使用し、38.5℃、5% CO₂、5% O₂、90% N₂ で体外受精後 8 日目まで培養を継続した。体外受精から 7 あるいは 8 日目に生産された胚盤胞期胚を用いプログラムフリーザーにて緩慢凍結を実施した。

試験区は A 社から販売されている自動植氷ストローを用い、対照区は A 社の通常の受精卵用ストローを使用し、植氷はマイナス 7℃で 1 分間保持した後、胚を封入した液相部分を液体窒素中で冷却したピンセットで挟んで氷晶を形成させた。調査項目は融解後 24 時間および 48 時間での生存性、48 時間での透明帯からの脱出状況について調べた。ストロー内カラムは図 1 のとおりである。



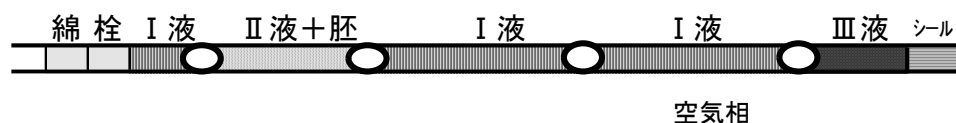
I 液：0.2Mトレハロース(20%FBS添加PBS)

II 液：1.8Mエチレングリコール、0.1M Lグルタミン酸Na (20%FBS添加PBS)

図 1 凍結ストロー内カラムの構成

確認のため以下の試験を実施した。PBS にヨウ化銀を加え 1 %ヨウ化銀液を作成した。通常

凍結するようにストローのカラムを作成し、追加で1%ヨウ化銀液層を作りストローに封入した(図2)。プログラムフリーザーをマイナス7℃に保持しストローを入れ自動植氷されるか調べた。



I 液: 0.2Mトレハロース(20%FBS添加PBS)

II 液: 1.8Mエチレングリコール、0.1M Lグルタミン酸Na (20%FBS添加PBS)

III 液: 1%ヨウ化銀液 (PBS)

図2 ヨウ化銀液によるストロー内封入の構成

3 結果および考察

表1に自動植氷ストローを使用した牛体外受精卵の凍結融解試験成績を示した。24時間での生存率は、自動植氷85.7%、手動植氷94.1%であった。48時間での生存率は、自動植氷85.7%および手動植氷76.5%であった。48時間での透明帯からの脱出率は、自動植氷50.0%、手動植氷52.9%であった。いずれの成績においても有意な差は認められなかった。

表1 自動植氷ストローが牛体外胚の凍結融解に及ぼす影響

区分	供試胚数	生存胚					
		24時間	(%)	24時間	(%)	24時間	(%)
自動植氷	14	12	85.7	12	85.7	7	50.0
手動植氷	17	16	94.1	13	76.5	9	52.9

図2の1%ヨウ化銀液を封入したストローをマイナス7℃に保持したプログラムフリーザーに投入すると1分以内に自動的に植氷が行われた。3回実施したがいずれも同様の結果であった。

以上の結果より、自動植氷ストローを用いても手動植氷と同等の成績であったことから牛の受精卵を凍結保存する場合の省力化につながることがわかった。今後はさらに例数を重ねるとともに自動植氷ストローで作出した凍結胚の移植による受胎性等についても検討する必要があると思われる。

4 要約

OPUにて作出した体外受精卵を自動植氷ストローおよび通常ストローによる手動植氷で凍結保存した。融解後24時間での生存率は、自動植氷85.7%、手動植氷100%であった。48時間での生存率は、自動植氷および手動植氷いずれも85.7%であった。48時間での脱出率は、自動植氷50.0%、手動植氷57.1%であった。いずれの成績においても有意な差は認められなかった。

以上の結果より、自動植氷ストローを用いても手動植氷と同等の成績であったことから牛の受精卵を凍結保存する場合の省力化につながることがわかった。

5 参考文献

T. Kojima, T. Soma, N. Oguri. Effect of silver iodide as an ice inducer on viability of frozen-thawed rabbit morulae. Theriogenology 1986, 26, 341-352.

6 協力研究機関

なし

運動良好精子選別によるウシ顕微授精技術の検討

担当：及川俊徳、佐藤秀俊

1 はじめに

顕微授精技術は生殖補助技術として世界中の不妊クリニックに導入され、男性因子の不妊治療のひとつとして広く用いられている。顕微授精技術は最も少ない精子数で受精卵を作出することが可能であり、精子の利用効率は最も高い。理論的には精子の数だけ受精卵を作出することが可能な技術である。家畜でこの技術を用いる有効性は、遺伝的あるいは経済的に優れた貴重な精子を効率的に活用することが考えられる。ウシの繁殖は、現在ほとんどが凍結精液による人工授精で行われており、貴重な遺伝形質（例えば脂肪交雑が良い肥育牛を生産する黒毛和種など）を持つ種雄牛が存在するため、凍結精液の在庫が少ない場合は人工授精や体外授精に利用することが難しく、顕微授精を選択することで精子の利用効率は高まる。最近、経膈採卵（OPU）が畜産現場でも行われるようになり、OPU では少ない卵子で体外受精を行うため胚発生率が低い個体が課題であり、それらの改善策としても顕微授精の活用が考えられる。さらに、体外受精での受精率の低い精子が存在した場合、顕微授精を応用することで改善できる可能性がある。

ウシ顕微授精はヒトの場合と違い胚発生成績が低いことが知られている。我々は、技術的に改良を行い通常の体外受精と同等の胚発生成績にまで改善し、今までに 40 頭以上の子牛の生産に成功してきた。技術的改良を行ったのは以下の 3 点で、運動精子を用いること、ピエゾマイクロマニピュレーターを用いること、精子注入後 4 時間目に第二極体を確認しエタノール処理することで胚発生成績が良好で子牛生産性の高い胚の生産が可能となった[1]。体外受精と同等の胚発生成績が得られる技術になったが、顕微授精は体外受精と異なり単精子授精であることから体外受精よりも高い胚発生成績になると考えられたが、実際にはそこまでの技術となっていない。顕微授精の胚発生成績を改善するため今まで取り組んで成果があった研究は、卵子側のアプローチとしてエタノールに代わりイオノマイシンと 6 ジメチルアミノプリンによる活性化処理で胚発生成績が改善された[1]。また、精子側からのアプローチとして、ジチオスレイトール（DTT）[2]またはグルタチオン（GSH）[3]で精子を前処理し注入することで胚発生成績が改善することを明らかにした。しかし、DTT および GSH は強力な還元剤であり精子 DNA への影響が懸念されるとの報告もある。

当場では種雄牛を飼養し凍結精液を生産していることから種雄牛によっては体外受精成績の高いまたは低い牛も存在する。産肉能力の高い牛において体外受精成績が低い場合は生産性が著しく低くなってしまう。

そこで本研究では、運動性の高い精子を選別し顕微授精することで胚発生成績が改善できるのではないかと考え、パーコール処理で運動良好精子を選別し顕微授精すること

により胚発生成績が改善可能か検討した。

2 材料および方法

1) 食肉処理場由来卵子の採取

仙台食肉市場において雌牛の卵巢を採取し、生理食塩水で洗浄した後 21G 注射針を付けた 10ml シリンジにて卵巢表面の小卵胞（直径 2～8mm）を吸引し、少なくとも 2 層以上の緊密な卵丘細胞で囲まれ卵細胞質が均一である卵丘卵子複合体（COCs）を選別した。

2) 卵子の体外成熟

当場で実施している常法として COCs の体外成熟培養は、5%牛胎子血清 (Fetal Bovine Serum, FBS ; Gibco BRL) 添加 M199 (Gibco BRL) をベースに 0.1AU/ml 豚由来性腺刺激ホルモン (FSH ; アントリン、共立製薬)、50ng/ml 組み替え型上皮増殖因子 (Epidermal Growth Factor:EGF ; Upstate Biotechnology)、0.2mM ピルビン酸ナトリウム（ナカライテスク）を添加した培地を用いた。培養は、4well-multiplate (Nunc, Thermo) を用いて、1 ウェルあたり 50 個の COCs を加えた。培養条件は 38℃、5%CO₂ の条件で約 22 時間体外成熟培養を実施した。

3) 体外受精

精液は宮城県畜産試験場繋用の黒毛和種雄牛の凍結精液を用いた。凍結精液を 38℃の温湯中で融解しスピッツ管に移した。当場の常法は[2]、融解した精液に 20mM カフェイン（和光純薬）添加 mTALP 液を加え 500G×5 分間、2 回洗浄した。精子濃度 2,000 万/ml となるように 20mM カフェイン添加 mTALP 液で懸濁し精子浮遊液を作成した。体外成熟卵子は、10IU ヘパリン添加 mTALP 液の 50 μ l ドロップへ移し、調整した精液を 50 μ l 加え、最終精子濃度 1,000 万/ml で体外受精を実施した。

4) 体外発生培養

当場の常法[2]では、修正卵管合成液 (mSOF) に 20 μ l/ml の必須アミノ酸液 (×50, Gibco BRL)、10 μ l/ml 非必須アミノ酸 (×100, Gibco BRL)、1mM グリシン（ナカライテスク）、2mM タウリン (Sigma-Aldrich)、ITS supplement（最終濃度 5 μ g/ml インスリン、5 μ g/ml トランスフェリン、5ng/ml セレン、Sigma-Aldrich）、6mg/ml BSA (fatty acid-free、Sigma-Aldrich) を添加した培地を用いた。媒精から約 6 時間後にピペッティングにより卵丘細胞を除去し、mSOF に移して発生培養を行った。胚の観察は媒精開始から 72 時間で卵割した胚および 192 時間で胚盤胞に発育した胚をカウントした。

5) 精子のパーコール処理

パーコール (Sigma-Aldrich) 9ml と等張液 (HEPES、NaCl、NaHCO₃) 1ml を混合し、90%パーコール液を作成した。スピッツ管に 90%パーコールを 10ml 入れ、その上に融解した精液全量を静かに重層した。2,000rpm で 20 分間、遠心分離し、上清を除去した。mTALP 液を 4ml 加え 1,500rpm で 3 分間遠心分離し上清を除去した。そこに 500 μ l の mTALP 液を加え精子を懸濁し顕微授精に供試した。

6) 顕微授精

卵子の成熟培養 22 時間目に 0.1% 牛精巣由来ヒアルロニダーゼ (Sigma-Aldrich) 中でピペティングにより卵子周囲の卵丘細胞を完全に除去し、第一極体放出卵子を選別し実験に供試した。

顕微授精は、倒立顕微鏡とマイクロマニピュレーターおよび PIEZO ドライブユニット (PMM-150FU; プライムテック) で実施した。顕微授精は既報に従い実施した[2、3]。調整した精子浮遊液は 12% ポリビニルピロリドン (PVP: MP Biochemicals) と混合し顕微授精に供試した。精子はインジェクションピペットで精子尾部に衝撃を与え不動化させ吸引した。卵子の第一極体を 12 時あるいは 6 時方向に固定した。PIEZO パルスで透明帯を貫通させ卵子の中央付近までインジェクションピペットを押し込み、数回 PIEZO パルスを付加し卵細胞膜を破り精子を確実に注入した。操作液は 5%FBS 添加 M2 液を使用した。精子を注入した卵子は 38.5°C、5%CO₂、空気中の気相下にて 5%FBS 添加 M199 で 4 時間培養し、1 mg/ml PVP (Sigma-Aldrich) 添加 M199 を基本培地とした 7% エタノール (和光純薬) 液に卵子を 5 分間浸漬し活性化処理を実施した。

7) 受精卵観察装置による胚培養

活性化処理後の卵子は、受精卵観察装置 (アステック社) 専用のシャーレに移動し mSOF にて培養した。15 分間隔で 8 日間撮影し、付属の動画作成装置にて動画を作成し解析した。

8) 統計処理

実験 1 のデータは、分散分析の後 Tukey の多重比較により検定を実施した。実験 2 のパーセンテージのデータは χ^2 乗検定または Fisher の正確確率検定により実施した。二群間の検定は t-検定で実施した。統計的な有意差判定に用いた P 値は 5%未満を有意差ありとした。

9) 実験計画

【実験 1】

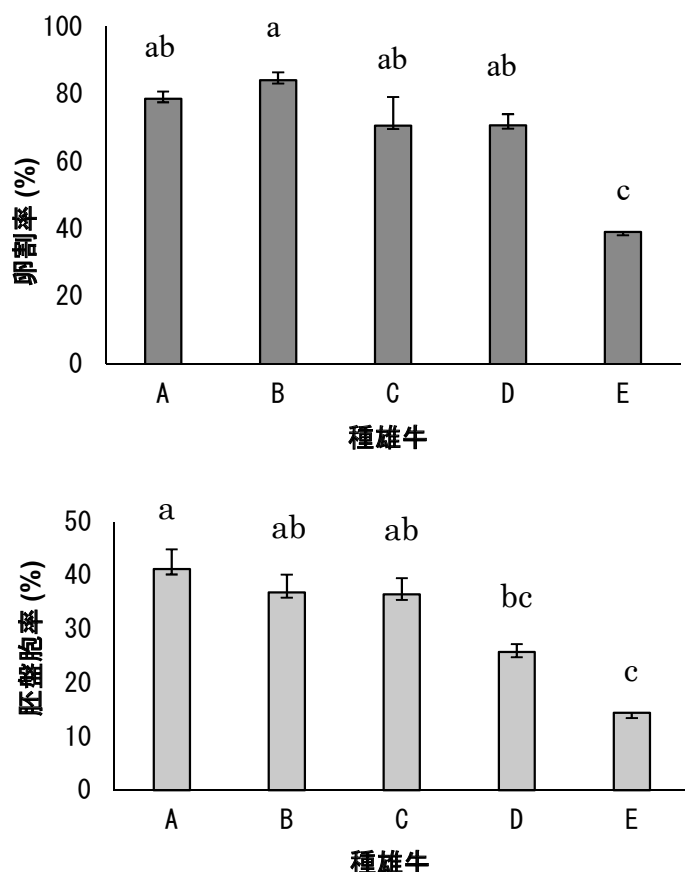
種雄牛 5 頭の凍結精液を用い体外受精による胚発生成績を検討した。

【実験 2】

種雄牛 E の凍結精液を使用し、試験区は、パーコールにより運動良好精子を選別し顕微授精を実施した。対照区としてパーコール処理しない精子を用いて顕微授精を実施し胚発生成績を検討した。胚の培養は受精卵観察装置で行い、作成した動画からの結果を基に第一卵割時間を調べ 2 時間ごとに区分し、その時間内に卵割した卵子の個数を数えグラフを作成し比較検討した。また、平均の第一卵割時間も調べた。

3 結果および考察

図 1 には 5 頭の黒毛和種種雄牛の体外受精成績を示した。上には卵割率のグラフを示し、下には胚盤胞率のグラフを示した。まず、卵割率において、種雄牛 E は他の 4 頭の種雄牛よりも有意に低い成績 (39.2%) であった。次に、胚盤胞率において、種雄牛 E (14.5%) は種雄牛 A (41.2%)、B (36.9%) および C (36.5%) よりも有意に低い成績であった。



異符号間に有意差あり、 $P < 0.05$

図 1 体外受精成績

表 1 には顕微授精後の胚発生成績を示した。比較するため、種雄牛 E の凍結精液を使用した体外受精後の胚発生成績も示した。卵割率は、運動良好精子一顕微授精 (68.9%)

において、体外受精（47.4%）よりも有意に高い成績であった。顕微授精ではどちらの区に対しても有意な差は認められなかった。胚盤胞率 1 では、運動良好精子－顕微授精（35.9%）は体外受精（15.8%）よりも有意に高い成績であった。また、胚盤胞率 2 では、同じように運動良好精子－顕微授精（52.1%）は体外受精（33.3%）よりも有意に高い成績であり、卵割したもののうち半数が胚盤胞に発生することが明らかとなった。

表 1 受精方法別の胚発生成績の比較

	供試卵子数	卵割卵子数	卵割数	胚盤胞数	胚盤胞率 1	胚盤胞率 2※
運動良好精子－顕微授精	103	71	68.9 ^a	37	35.9 ^a	52.1 ^a
顕微授精	56	34	60.7 ^{ab}	12	21.4 ^{ab}	35.3 ^{ab}
体外受精	114	54	47.4 ^b	18	15.8 ^b	33.3 ^b

異符号間に有意差あり (a, b, $P < 0.05$)

実験はそれぞれ 3 回実施した

※卵割卵子数を分母とした場合の胚盤胞率

図 2 には各試験区における第一卵割時間の分布のグラフを示した。運動良好精子－顕微授精では、第一卵割時間は 22 から 28 時間に集中しているが、顕微授精では 26 から 36 時間と幅が大きい結果であった。

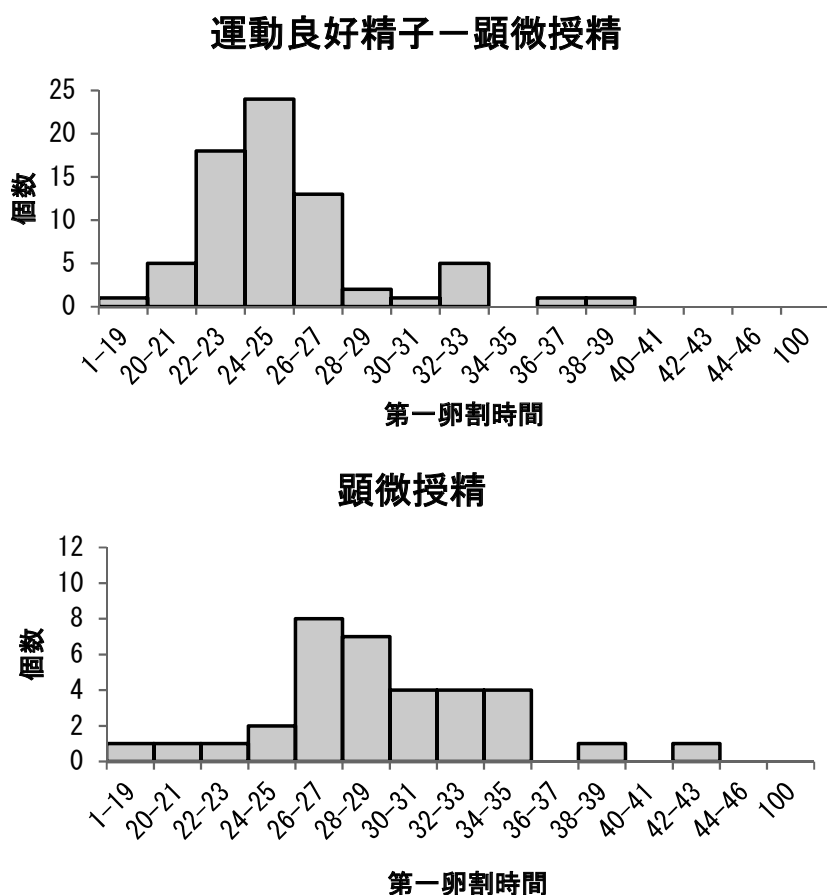


図 2 各試験区における第一卵割時間の分布の違い

表 2 には平均の第一卵割時間を示した。運動良好精子ー顕微授精（25.6 時間）は顕微授精（29.6 時間）よりも有意に早い成績であった。

表 2 第一卵割時間の比較

区 分	時 間
運動良好精子ー顕微授精	25.6±0.4 ^a
顕微授精	29.6±0.8 ^b

異符号間に有意差あり、 $P < 0.05$

今回、5 頭の種雄牛について体外受精を実施したところ胚発生成績の低い種雄牛 E の存在が明らかとなり、種雄牛 E における体外受精の胚発生成績向上を目的として、運動良好精子を選別し顕微授精することで胚発生成績が改善可能か検討した。まず、種雄牛 E における体外受精と顕微授精の胚発生成績を比較すると、有意な差はなかったものの顕微授精することで、卵割率は 13%、胚盤胞率は 5 %程度高くなる結果が得られた。これは、顕微授精では直接運動精子を不動化して注入していること、単精子受精であることが影響しているものと考えられた。通常、体外受精では、精子濃度を調整した精子浮遊液の中に成熟した卵子を導入して受精させるため、卵子に多数の精子が侵入する多精子受精が認められる。多精子受精したものは途中で胚発生を停止するか、胚盤胞に発育したとしても受胎しない。一方、顕微授精は、確実に 1 卵子に 1 精子を注入するため多精子受精はない。パーコールにより選別した運動良好精子を注入することで、通常の顕微授精よりも 14%、体外受精よりも 20%程度胚盤胞率が高くなる結果が得られ、その効果は大きいことが明らかとなった。卵割卵子からの胚盤胞率を比較すると、運動良好精子を顕微授精することで半数が胚盤胞に発生することが明らかとなり、体外受精および通常の顕微授精よりも効率的な胚生産が可能となることが分かった。パーコールは、細胞、ウイルス、細胞内粒子の密度勾配遠心用に使用されている媒質である。PVP でコーティングされた直径 15~30mm のコロイドシリカゲル粒子で構成されている。パーコールを利用したウシ精子に関する研究は以前から行われており、精液中の不純物や死滅精子などを除去することで運動性の高い精子の回収などに使用されてきた。

第一卵割時間について比較すると、運動良好精子を注入することで第一卵割時間は早くなり、その結果、胚発生成績も良好になることが明らかとなった。第一卵割のタイミングについては、Sugimura ら[4]の先行研究において、第一卵割時の形態が正常卵割で卵割時間が 27 時間よりも早いものは胚発生成績が良好で、受胎性も高いことを報告している。今回、第一卵割時の形態については検討していないが、運動良好精子の顕微授精における第一卵割時間が 27 時間よりも早いことがその後の胚発生成績に好影響を及ぼしているものと思われた。

以上の結果から、パーコールで選別した運動良好精子を顕微授精すれば通常の体外受

精よりも多くの胚が生産されると共に、第一卵割時間が早くなることで胚生産効率が高くなることが明らかとなった。従って、体外受精において卵割率および胚盤胞率の低い種雄牛の胚発生成績の改善の一つの方法として有効であることが示唆された。また、今回は運動良好精子の顕微授精における胚発生成績の改善に的を絞った試験であったことから、今後は、運動良好精子の体外受精についても検討する必要があると思われた。

4 要約

黒毛和種種雄牛 5 頭の体外受精成績において胚発生成績の低い種雄牛 E における胚発生成績向上を目的として、運動良好精子を選別し顕微授精することで胚発生成績が改善可能か検討した。選別した運動良好精子を注入することで、通常の顕微授精よりも 14%、体外受精よりも 20%程度胚盤胞率が高くなる結果が得られ、その効果は大きいことが明らかとなった。卵割卵子からの胚盤胞率を比較すると、運動良好精子を顕微授精することで半数が胚盤胞に発生することが明らかとなり、体外受精および通常の顕微授精よりも効率的な胚生産が可能となることが分かった。運動良好精子を注入することで第一卵割時間は早くなり、その結果、胚発生成績も良好になることが明らかとなった。以上の結果から、パーコールで選別した運動良好精子を顕微授精すれば通常の体外受精よりも多くの胚が生産されると共に、第一卵割時間が早くなることで胚生産効率が高くなることが明らかとなった。

5 参考文献

- 1) Oikawa T, Takada N, Kikuchi T, Numabe T, Takenaka M, Horiuchi T. Evaluation of activation treatments for blastocyst production and birth of viable calves following bovine intracytoplasmic sperm injection. Anim Reprod Sci 2005; 86: 187-194.
- 2) Oikawa T, Itahashi T, Numabe T. Improved embryo development in Japanese black cattle by in vitro fertilization using ovum pick up plus intracytoplasmic sperm injection with dithiothreitol. J Reprod Dev 2016; 38: 11-16.
- 3) Oikawa T, Itahashi T, Numabe T. Glutathione treatment of Japanese Black bull sperm prior to intracytoplasmic sperm injection promotes embryo development. J Reprod Dev 2018; 64: 303-309.
- 4) Sugimura S, Akai T, Hashiyada Y, Somfai T, Inaba Y, Hirayama M, Yamanouchi T, Matsuda H, Kobayashi S, Aikawa Y, Ootake M, Kobayashi E, Konishi K, Imai K. Promising system for selecting healthy in vitro-fertilized embryo in cattle. Plos ONE, 2012; 7(5): e36627.

6 協力研究機関

なし

優良種豚供給体制の確立

1) 系統豚「しもふりレッド」

担当：庄司宙希、曾地雄一郎、高橋伸和、武田正寛

1 はじめに

宮城県では、筋肉内脂肪含量が高く、オレイン酸を多く含み肉質に優れたデュロック種系統豚「しもふりレッド」を飼養し、県内農家に広く利用してもらうために維持増殖を継続実施している。そこで本研究では、農家への配布頭数増加を目的に、「しもふりレッド」の検定結果を種豚の選抜に活用することで集団の能力向上を図るとともに、乳化剤を添加することで飼料効率を改善する飼養管理手法について検討し、より高品質な種豚の生産に取り組むものである。

2 試験方法

1) デュロック種系統豚「しもふりレッド」の能力の維持と増殖

- (1) 試験実施場所：畜産試験場種豚家きん部豚舎
- (2) 試験区の構成・規模：「しもふりレッド」種雄豚 20 頭、種雌豚 37 頭及びその産子
- (3) 調査時期、調査項目
 - ・調査時期：通年
 - ・調査項目：繁殖成績、発育成績、産肉成績

2) 系統豚「しもふりレッド」における乳化剤添加試験

- (1) 試験実施場所：畜産試験場種豚家きん部豚舎
- (2) 試験区の構成・規模：
 - 「しもふりレッド」対照区 6 頭、試験区 5 頭
 - 対照区 慣行の肥育後期飼料を不断給餌
 - 試験区 乳化剤を 0.035% 添加した肥育後期飼料を不断給餌
- (3) 調査時期、調査項目
 - ・給与期間：70 kg 到達時から 115 kg 到達時まで
 - ・調査項目：枝肉成績（枝肉重量、枝肉歩留、と体長、背腰長Ⅰ、背腰長Ⅱ、ロース長、と体幅、背脂肪厚【カタ、セ、コシ】）
発育成績（飼料摂取量、一日平均増体量、飼料要求率）
肉質成績（ドリップロス、クッキングロス、物理特性、筋肉色、脂肪色、ロース芯 pH、筋肉内脂肪含量、脂肪酸組成）

3 結果および考察

1) デュロック種系統豚「しもふりレッド」の能力の維持と増殖

しもふりレッドにおける維持開始から令和 6 年度までの繁殖成績を表 1 に示した。育成率は 76.2% となった。令和 6 年度の農家等への配布頭数は、雄 15 頭、雌 30 頭であった。また、「しもふりレッド」精液の配布本数は、6,405 本であった。維持開始から令和 6 年度までの発育成績及び産肉能力等の成績は表 2 に示したとおりであ

る。

2) 系統豚「しもふりレッド」における乳化剤添加試験

「しもふりレッド」において、乳化剤を添加した肥育後期飼料を給与し、発育及び肉質に及ぼす影響を調査した結果、所要日数における平均値は対照区に比べ試験区で低い値を示したものの、有意な差は認められなかった（表4）。枝肉成績については、表3、肉質成績については、表5および表6に示した。

表1 「しもふりレッド」繁殖成績の推移（系統維持開始～令和7年3月まで）

	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20
分娩頭数（頭）	91	87	73	87	79	88	73
平均産次数（産）	1.5	3.4	5.1	5.9	5.4	5.9	6.2
総産子数（頭）	9.9	9.4	10.1	9.0	8.6	9.5	9.2
哺乳開始頭数（頭）	9.1	8.5	8.6	8.2	7.8	8.2	8.3
離乳頭数（頭）	7.6	6.4	6.3	6.5	6.6	6.4	6.2
哺乳開始総体重(kg)	12.4	12.5	12.6	11.7	10.8	10.9	11.1
離乳総体重(kg)	38.6	35.7	28.9	32.7	29.6	27.5	27.0
育成率（％）	83.1	74.7	72.7	79.7	85.2	77.5	74.7

	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27
分娩頭数（頭）	65	56	99	84	82	77	72
平均産次数（産）	6.3	5.8	5.7	4.9	4.6	4.8	4.7
総産子数（頭）	8.3	8.1	9.6	8.3	9.5	9.0	10.1
哺乳開始頭数（頭）	7.5	7.6	8.5	7.7	8.8	8.4	8.8
離乳頭数（頭）	5.7	5.6	6.2	6.0	6.1	5.6	6.8
哺乳開始総体重(kg)	9.7	10.0	11.4	10.3	11.8	11.2	12.3
離乳総体重(kg)	24.0	22.5	26.0	23.9	21.1	21.0	29.6
育成率（％）	75.7	72.9	69.9	79.2	69.7	65.8	77.0

	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4
分娩頭数（頭）	69	72	75	68	63	63	65
平均産次数（産）	5.2	5.6	6.4	6.8	5.2	4.6	4.3
総産子数（頭）	9.4	9.6	8.7	8.6	9.4	9.4	9.9
哺乳開始頭数（頭）	7.7	8.1	7.2	7.0	7.4	7.8	7.9
離乳頭数（頭）	6.2	6.2	5.9	5.8	6.0	6.6	6.8
哺乳開始総体重(kg)	10.8	11.1	9.7	9.5	9.4	10.0	11.0
離乳総体重(kg)	29.2	28.0	27.7	29.2	28.6	31.1	32.6
育成率（％）	79.9	76.4	82.0	82.0	82.0	84.5	83.1

	R5	R6
分娩頭数（頭）	68	55
平均産次数（産）	4.5	5.3
総産子数（頭）	9.7	9.6
哺乳開始頭数（頭）	8.1	7.7
離乳頭数（頭）	6.4	5.8
哺乳開始総体重(kg)	11.5	10.2
離乳総体重(kg)	32.5	29.4
育成率（％）	79.6	76.2

表2 「しもふりレッド」発育成績及び産肉成績の推移

区分	H14		H15		H16		H17		H18	
例数(頭)	去勢4		去勢8, 雌4		去勢2, 雌2		去勢4, 雌4		去勢4, 雌4	
期間	30～105kg		30～105kg		30～105kg		30～105kg		30～105kg	
一日平均増体量 (g)	940.2 ±	65.6	987.2 ±	91.8	1011.3 ±	51.8	950 ±	95.9	939.8 ±	65.1
背脂肪厚 (cm)	2.9 ±	0.3	2.5 ±	0.4	2.57 ±	0.53	2.69 ±	0.49	3.11 ±	0.58
コース芯断面積 (cm ²)	33.4 ±	2.6	33.4 ±	4.2	34.7 ±	4.5	38.5 ±	4	42.4 ±	5
筋肉内脂肪含量	6.3 ±	1.8	4.5 ±	1.6	4.5 ±	0.6	3.7 ±	0.7	5.2 ±	1.3
飼料要求率	4.08 ±	0.35	3.22 ±	0.36	3.22 ±	0.15	3.14 ±	0.15	3.45 ±	0.4

区分	H19		H20		H21		H22		H23	
例数(頭)	去勢2, 雌2		去勢2, 雌1		雌3		去勢2, 雌1		去勢4	
期間	30～105kg		30～105kg		30～105kg		30～115kg		30～115kg	
一日平均増体量(g/日)	954.8 ±	83.9	986.5 ±	135.3	823.9 ±	110.4	838.1 ±	100.4	987.5 ±	71.3
背脂肪厚 (cm)	2.44 ±	0.64	2.28 ±	1.02	2.45 ±	1.13	2.57 ±	0.43	3.23 ±	0.42
コース断面積 (cm ²)	35.3 ±	4.9	33.8 ±	0.9	26.2 ±	2.2	17.9 ±	1.7	32.3 ±	4.2
筋肉内脂肪含量	4.5 ±	1.7	5 ±	0.6	5.3 ±	1.4			5.2 ±	1.6
飼料要求率	3.54 ±	0.19	3.58 ±	0.21	3.67 ±	0.61	3.35 ±	0.4	3.88 ±	0.88

区分	H24		H25		H26		H27		H28	
例数(頭)	去勢2, 雌2		去勢1～3, 雌3		去勢1～2, 雌7		去勢3, 雌3		去勢6, 雌5	
期間	30～115kg		30～115kg		30～115kg		30～115kg		30～115kg	
一日平均増体量(g/日)	1018.3 ±	115.9	941.5 ±	47.7	906.7 ±	28.8	927.1 ±	112.1	985.1 ±	87
背脂肪厚 (cm)	2.91 ±	3.4	2.15 ±	0.28	2.29 ±	0.48	2.59 ±	0.56	2.44 ±	0.48
コース断面積 (cm ²)	15.5 ±	3.4	25.1 ±	4	17.1 ±	1.4	17.8 ±	1.9	18.6 ±	2.1
筋肉内脂肪含量	7.1 ±	0.7	8.9 ±	1.1	6.5 ±	2.5	7.7 ±	1.7	7.1 ±	2.1
飼料要求率	3.74 ±	0.21	4.11 ±	0.28	3.6 ±	0.25	3.85 ±	0.16	3.76 ±	0.43

区分	H29		H30		R1		R2		R3	
例数(頭)	去勢2, 雌4		去勢4		去勢5		去勢6		去勢3, 雌3	
期間	70～115kg		70～115kg		30～115kg		70～115kg		30～105kg	
一日平均増体量(g/日)	822 ±	189	1,038 ±	106	1,018 ±	38	1,066 ±	161	999 ±	39
背脂肪厚 (cm)	2.48 ±	0.33	2.87 ±	0.37	3 ±	0.31	2.67 ±	0.45	2.51 ±	0.48
コース断面積 (cm ²)	21.2 ±	5.8	20.9 ±	4.6	18.2 ±	1.9	19.3 ±	1.4	18.6 ±	2.8
筋肉内脂肪含量	7.7 ±	2.5	9.1 ±	0.4	7.9 ±	1	5.7 ±	0.86	8.3 ±	2.16
飼料要求率	3.58 ±	0.54	3.57 ±	0.15	3.62 ±	0.24	3.43 ±	0.26	2.85 ±	0.25
Tenderness (kgw/cm ²)					27.7 ±	6.8	33.7 ±	6.4	33.5 ±	7.23

区分	R4		R5		R6	
例数(頭)	去勢4, 雌4		去勢3, 雌3		去勢3, 雌3	
期間	30～115kg		30～115kg		30～115kg	
一日平均増体量(g/日)	992 ±	80	855 ±	33	921 ±	47
背脂肪厚 (cm)	2.47 ±	0.39	2.36 ±	0.38	2.39 ±	0.36
コース断面積 (cm ²)	19.1 ±	5.3	20.7 ±	2.7	20.5 ±	2.5
筋肉内脂肪含量	6.5 ±	1.79	5.3 ±	1.35	5.5 ±	2.13
飼料要求率	2.93 ±	0.14	3.12 ±	0.1	2.91 ±	0.25
Tenderness (kgw/cm ²)	31.8 ±	6.7	35.3 ±	9.8	31.4 ±	3.9

※コース断面積はH20までは5～6胸椎間、H21以降は4～5胸椎間。

※令和元年度よりTendernessの値についても記載

表3 枝肉成績

		対照区		試験区		P値
枝肉重量	kg	75.75 ±	2.38	75.00 ±	1.66	0.568
枝肉歩留		0.63 ±	0.01	0.63 ±	0.01	0.947
と体長	cm	93.10 ±	1.70	91.98 ±	0.98	0.226
背腰長Ⅰ	cm	76.98 ±	1.45	75.96 ±	0.88	0.202
背腰長Ⅱ	cm	66.53 ±	1.53	65.02 ±	1.62	0.147
コース長	cm	55.68 ±	1.76	54.48 ±	1.60	0.269
と体幅	cm	34.95 ±	0.94	34.48 ±	1.12	0.466
背脂肪厚【カタ】	mm	36.12 ±	3.27	36.57 ±	4.68	0.856
背脂肪厚【セ】	mm	23.85 ±	3.63	23.84 ±	3.61	0.995
背脂肪厚【コシ】	mm	34.10 ±	4.02	34.85 ±	2.96	0.737

平均値±標準偏差

表4 肥育後期（70kg～115kg）における発育成績

	対照区			試験区			P値
所要日数(日)	48.33	±	7.17	47.17	±	3.97	0.806
増体量(kg)	46.10	±	3.39	44.77	±	2.56	0.759
飼料摂取量(kg)	151.87	±	19.56	154.05	±	11.40	0.853
飼料摂取量(kg/day)	3.17	±	0.40	3.28	±	0.33	0.698
一日平均増体量(kg)	0.96	±	0.09	0.95	±	0.08	0.951
飼料要求率	3.29	±	0.27	3.45	±	0.35	0.628

平均値±標準偏差

表5 肉質成績（保水性，物理特性）

	対照区			試験区			P値
ドロップロス	%						
24時間後	0.34	±	0.40	0.61	±	0.43	0.319
48時間後	1.02	±	0.75	0.77	±	0.23	0.223
72時間後	1.51	±	0.75	1.10	±	0.52	0.337
Tenderness	kgw/cm ²						
Pliability	1.68	±	0.12	1.56	±	0.11	0.167
Toughness	kgw/cm ² ・cm ²						
Brittleness	1.56	±	0.17	1.51	±	0.05	0.562

平均値±標準偏差

表6 肉質成績（肉色，pH）

	対照区			試験区			P値
筋肉色							
L*値	47.82	±	1.66	48.11	±	4.24	0.880
a*値	9.72	±	0.81	8.70	±	2.09	0.298
b*値	5.10	±	0.54	5.19	±	1.36	0.881
脂肪色							
L*値	79.67	±	2.54	79.42	±	1.37	0.850
a*値	3.08	±	1.45	2.80	±	0.96	0.722
b*値	3.97	±	0.62	3.72	±	0.53	0.494
ロース芯 pH	5.93	±	0.17	5.89	±	0.13	0.674
筋肉内脂肪含量	5.49	±	2.13	5.50	±	2.55	0.992

平均値±標準偏差

表7 肉質成績（脂肪酸組成）

		対照区			試験区			P値
C14:0	%	1.1	±	0.1	1.1	±	0.1	0.74
C16:0	%	24.3	±	1.4	25.2	±	1.4	0.50
C16:1	%	1.4	±	0.2	1.3	±	0.2	0.34
C17:0	%	0.4	±	0.1	0.3	±	0.1	0.59
C17:1	%	0.3	±	0.0	0.3	±	0.1	0.63
C18:0	%	16.3	±	1.0	16.9	±	2.3	0.45
C18:1	%	44.0	±	1.4	42.9	±	2.6	0.47
C18:2n-6	%	7.9	±	1.4	7.4	±	1.2	0.55
C18:3n-3	%	0.3	±	0.1	0.3	±	0.0	0.85
C20:0	%	0.2	±	0.0	0.2	±	0.0	0.58
C20:1	%	1.0	±	0.1	0.9	±	0.1	0.54
C20:2n-6	%	0.4	±	0.1	0.3	±	0.0	0.32
C20:4n-6	%	0.1	±	0.0	0.1	±	0.0	0.75
SFA	%	42.3	±	2.1	43.7	±	3.5	0.46
MUFA	%	46.7	±	1.3	45.5	±	2.7	0.42
PUFA	%	8.8	±	1.6	8.3	±	1.3	0.55

4 要約

本年度のしもふりレッドの農家への配布頭数は、雄 15 頭、雌 30 頭であった。精液の配布本数は、6,405 本であった。しもふりレッド」脂肪吸収を促す乳化剤添加した飼料を給与し、飼料効率の改善効果を検討した結果、平均値で所要日数が短くなったものの、有意な差はなかった。

5 参考文献

6 協力研究機関

特になし

優良種豚供給体制の確立

2) 系統豚「ミヤギノ L 2」

担当：今井勇志、小林朋生、武田正寛

1 はじめに

宮城県では、系統豚「ミヤギノ」の後継系統であり、繁殖性、産肉性、抗病性を改良したランドレース種系統豚「ミヤギノ L 2」を飼養しており、県内農家に広く利用してもらうために維持増殖を継続実施している。本研究は、農家への配布頭数増加を目的に、系統豚の検定結果を種豚の選抜に活用することで集団の能力向上を図り、高品質な種豚の生産に取り組むものである。

2 試験方法

1) 系統豚「ミヤギノ L 2」の能力の維持と増殖

一般社団法人日本養豚協会の豚系統に関する証明規定に準じた産肉能力調査を実施した。抗病性は、Goodwin RF¹⁾の方法に基づき、肺病変表面積割合をスコア化して評価した。

(1) 試験実施場所：畜産試験場種豚家きん部豚舎

(2) 試験区の構成・規模：「ミヤギノ L 2」種雄豚 9 頭、種雌豚 20 頭およびその産子

(3) 調査時期、調査項目 ・調査時期：通年

・調査項目：発育成績、産肉成績、マイコプラズマ性肺炎 (MPS) 肉眼病変面積スコア、繁殖成績、肢蹄評価成績

2) 系統豚「ミヤギノ L 2」と他品種との抗病性比較調査

(1) 試験実施場所：畜産試験場種豚家きん部豚舎

(2) 試験区の構成・規模：「ミヤギノ L 2」37 頭、LD 種 7 頭、D 種 14 頭

(3) 調査時期、調査項目 ・調査時期：通年

・調査項目：MPS 肉眼病変面積スコア

3 結果および考察

1) 系統豚「ミヤギノ L 2」の能力の維持と増殖

「ミヤギノ L 2」の造成時から令和 6 年度までの発育成績、産肉成績および MPS 肉眼病変面積スコアを表 1 に、繁殖成績を表 2 に示した。令和 6 年度の農家への育成雌豚の配布頭数は 4 頭だった。繁殖成績を昨年度と比較すると、近交係数は 9.54 と 0.15 上昇し、一腹当たりの離乳頭数は 7.00 頭、離乳総体重は 44.86kg、育成率は 82.78% となり、令和 5 年よりも低値を示した。過年度の繁殖成績と比較して極端な低下を示していないことから、近交係数上昇による繁殖性への影響は明確には表れていないと推察した。また、肢蹄評価成績を表 3 に示した。農家へ配布する約 1 ヶ月前（約 120 日齢）に前肢及び後肢のつなぎの堅さについて調査した結果、もみ殻パドックで育成された豚でつなぎが「標準」と判定された個体の割合は、前肢で

92.7%、後肢で75.6%であり昨年度よりも高い値であった。平成28年度以降各年度の成績はもみ殻パドック非導入時と比べ、改善傾向が続いている。

2) 系統豚「ミヤギノL2」と他品種との抗病性比較調査

L種純粋豚「ミヤギノL2」、LD種交雑豚およびD種純粋豚「しもふりレッド」の出荷豚を用いてMPS肉眼病変面積スコアを比較した結果を、平成27年度以降の結果（令和元年度はLWD種交雑豚の調査は無し）とともに表4に示した。調査の結果、今年度の「ミヤギノL2」のスコアは1.00となり、LD種交雑豚より低値を維持していた。

表1 「ミヤギノL2」の発育成績、産肉成績及びMPS肉眼病変面積スコア

区分	H21	H22	H23	H24	H25
例数	雄9	雄6	雄5	雄15	雄10
期間	30～105kg	30～105kg	30～105kg	30～105kg	30～105kg
一日平均増体量(g/日)	919 ± 53.1	1001.3 ± 62.9	990.5 ± 50.0	1010.9 ± 99.4	972.9 ± 144.1
背脂肪厚(cm)	1.76 ± 0.22	2.03 ± 0.16	2.01 ± 0.20	1.67 ± 0.29	1.66 ± 0.28
ロース断面積(cm ²)	34.8 ± 7.2	29.4 ± 4.5	27.3 ± 3.8	33.9 ± 3.3	41.2 ± 4.7
飼料要求率	2.72 ± 0.26	3.00 ± 0.13	2.92 ± 0.12	3.13 ± 0.28	2.95 ± 0.31
MPS肉眼病変面積スコア	2.05 ± 1.08	0.80 ± 1.49	0.11 ± 1.32	3.54 ± 3.50	2.04 ± 1.35

区分	H26	H27	H28	H29	H30
例数	雄4	雄9	雄3	雄6	雄4
期間	30～105kg	30～105kg	30～105kg	30～105kg	30～105kg
一日平均増体量(g/日)	966.9 ± 53.0	1065.8 ± 61.7	941.9 ± 44.2	982.2 ± 59.2	951.0 ± 56.9
背脂肪厚(cm)	1.65 ± 0.13	1.68 ± 0.20	1.67 ± 0.04	1.78 ± 0.12	1.57 ± 0.13
ロース断面積(cm ²)	38.2 ± 1.0	39.1 ± 4.1	33.4 ± 2.2	31.2 ± 2.1	31.2 ± 1.6
飼料要求率	2.86 ± 0.21	2.86 ± 0.21	2.82 ± 0.13	2.97 ± 0.19	2.62 ± 0.08
MPS肉眼病変面積スコア	1.00 ± 1.31	1.46 ± 1.23	2.41 ± 2.23	0.87 ± 1.41	1.17 ± 2.10

区分	R1	R2	R3	R4	R5
例数	雄5	雄5	雄6	雄8	雄7
期間	30～105kg	30～105kg	30～105kg	30～105kg	30～105kg
一日平均増体量(g/日)	965.9 ± 63.9	1014.0 ± 31.0	967.9 ± 63.0	960.3 ± 102.9	987.5 ± 56.5
背脂肪厚(cm)	1.81 ± 0.21	1.50 ± 0.16	1.69 ± 0.26	2.01 ± 0.43	1.55 ± 0.28
ロース断面積(cm ²)	30.1 ± 3.3	30.4 ± 2.0	29.8 ± 2.4	32.4 ± 2.7	34.6 ± 3.7
飼料要求率	2.86 ± 0.08	2.75 ± 0.15	2.77 ± 0.16	3.05 ± 0.50	2.69 ± 0.20
MPS肉眼病変面積スコア	0.70 ± 1.34	0.57 ± 1.03	0.81 ± 1.11	0.69 ± 1.61	0.76 ± 0.92

区分	R6
例数	雄7
期間	30～106kg
一日平均増体量(g/日)	833.9 ± 28.9
背脂肪厚(cm)	1.40 ± 0.35
ロース断面積(cm ²)	32.6 ± 0.7
飼料要求率	3.16 ± 0.28
MPS肉眼病変面積スコア	1.00 ± 0.34

表2 「ミヤギノL2」の繁殖成績

区分	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28
近交係数	6.02	6.13	6.51	6.65	6.98	7.61	7.35	7.39
総産子数	11.07	11.59	11.78	11.29	11.35	11.03	11.31	10.86
哺乳開始頭数	10.60	10.68	10.62	10.02	10.47	10.25	9.83	8.71
離乳頭数	9.39	8.92	9.00	8.78	8.82	9.05	8.28	7.25
哺乳開始総体重(kg)	15.55	15.21	13.59	13.63	14.80	14.69	13.89	15.17
離乳総体重(kg)	56.04	48.00	44.70	49.00	52.70	51.82	50.01	47.50
育成率(%)	88.88	83.50	81.41	87.05	84.29	88.26	84.21	83.20

区分	H29	H30	R1	R2	R3	R4	R5	R6
近交係数	7.67	7.94	8.47	8.60	8.69	9.02	9.39	9.54
総産子数	11.21	10.09	10.06	9.50	10.56	10.88	11.26	10.88
哺乳開始頭数	9.11	8.06	8.32	8.50	9.74	9.43	9.77	8.40
離乳頭数	7.43	6.71	6.68	7.40	8.46	7.65	8.51	7.00
哺乳開始総体重(kg)	12.36	11.09	11.17	12.00	14.32	13.44	14.47	13.42
離乳総体重(kg)	44.73	38.29	39.08	41.90	47.22	44.91	50.91	44.86
育成率(%)	81.57	83.21	80.23	87.50	86.84	81.17	87.14	82.78

表3 「ミヤギノL2」育成雌の脚の状況

年度	籽殻	調査頭数 (頭)	つなぎ「標準※1」判定個体割合(%)	
			前脚	後脚
R6	あり	41	92.7	75.6
R5	あり	45	75.6	91.1
R4	あり	41	68.3	80.5
R3	あり	63	92.1	95.2
R2	あり	55	83.6	92.7
R1	あり	54	79.6	96.2
H30	あり	47	85.1	95.7
H29	あり	40	85.0	95.0
H28	あり	12	91.7	75.0
H28	なし	12	50.0	25.0

※1 カナダ豚改良センター方式による「3.0」評価のもの

表4 「ミヤギノL2」と他品種とのMPS肉眼病変面積スコアの比較

品種	H27		H28		H29		H30		R1	
	頭数	スコア(%)	頭数	スコア(%)	頭数	スコア(%)	頭数	スコア(%)	頭数	スコア(%)
L	10	1.46±1.23	26	2.41±2.23	22	0.87±1.41	21	1.17±2.10	23	0.70±1.34
LWD	12	19.09±17.23	12	3.71±1.5	13	1.82±2.49	5	1.27±1.52	-	-
D	28	8.64±13.09	34	3.18±2.3	15	1.88±2.18	22	1.82±4.56	13	1.71±1.51

品種	R2		R3		R4		R5		R6	
	頭数	スコア(%)	頭数	スコア(%)	頭数	スコア(%)	頭数	スコア(%)	頭数	スコア(%)
L	35	0.57±1.03	36	0.81±1.11	21	0.69±1.61	18	0.76±0.92	37	1.00±0.34
LWD	7	0.78±0.76	10	1.91±1.70	6	1.06±1.22	2	0.46±0.46	8※	1.46±0.50
D	13	1.95±1.91	12	1.52±1.63	10	1.82±3.64	17	1.12±1.34	14	0.26±0.65

※R6試験豚については、LD種交雑豚を試験豚とした。

平均値 ± 標準偏差

4 要約

本年度の「ミヤギノ L 2」の農家への配布頭数は雌 4 頭だった。系統維持 16 年目の今年度も「ミヤギノ L 2」の繁殖性は維持されるとともに、MPS 肉眼病変面積スコアは依然低値を保っていた。もみ殻床パドックで育成された「ミヤギノ L 2」は肢蹄が保護されることが本年度も確認できた。

5 参考文献

- 1) Goodwin ,R.F. *et al.* 1973. Enzootic pneumonia of pigs: immunization attempts inoculating Mycoplasma suipneumoniae antigen by various routes and with different adjuvants. *Br Vet J.* 129(5):456-464.

6 協力研究機関

特になし

本県産系統豚の能力向上技術の確立

1) 繁殖能力向上のための飼養管理技術の開発

担当：曾地雄一郎、庄司宙希、高橋伸和、武田正寛

1 はじめに

本県では、筋肉内脂肪含量が高く、肉質に優れたデュロック純粋種系統豚「しもふりレッド」を維持しているが、維持開始から 22 年が経過したことから、近交係数の上昇等による繁殖性の低下が危惧されている。繁殖性をさらに高めた種豚を県内養豚農家に配布するため、「しもふりレッド」の優れた肉質および産肉性を維持しつつ、繁殖能力を向上させる飼養管理技術の開発を行う。

5-アミノレブリン酸 (5-ALA) は、エネルギー産生に関わるシトクロムや酸素を運搬するヘモグロビンとなるため、代謝調節機能を持つと言われている。昨年度、5-ALA を離乳後の子豚へ給与したところ、血液成分や発育成績については、有意差は認められなかった。今年度は、哺乳子豚へ 5-ALA を添加給与することで、発育、血液成分および腸内環境に与える影響を検証した。

2 試験方法

1) 材料および飼養方法

試験には、令和 6 年 6 月に分娩した「しもふりレッド」哺乳豚 33 頭（通常区 11 頭、倍量区 11 頭、対照区 11 頭）を供試した。通常区では、5-ALA 製剤を 3ml/頭/日 (5-ALA として 0.03g/日)、倍量区では 5-ALA 製剤を 6ml/頭/日 (5-ALA として 0.06g/日) 給与した。飼養方法は、群飼・成長に合わせた市販子豚用飼料を自由給餌・自由飲水の条件下で飼養した。

2) 調査項目

子豚の発育成績として、体重（哺乳開始時、1、3、5、8 週齢時）および一日平均増体量（0-8 週齢時、0-3 週齢時、3-8 週齢時）を測定した。

1 週齢、3 週齢、8 週齢時に採血を行い、赤血球数、ヘモグロビン量、ヘマトクリット値、血清鉄濃度、鉄結合能および総鉄結合能の測定を行った。また、総タンパク含量 (TP)、総コレステロール量 (T-Cho)、免疫グロブリン (IgG) 濃度の測知恵を行った。

また、3 週齢、8 週齢時に採材を行い、免疫グロブリン A (IgA) 濃度の測定を行った。

試験結果の統計処理については、子豚の発育成績は、産歴、性別および哺乳開始体重の効果を考慮した一般化線形モデルを作成し、分散分析を行った。子豚の血液成分および糞便中 IgA 濃度については、産歴および性別を考慮した一般化線形モデルを作成し、分散分析を行った。なお、統計ソフトは R (version4.3.2) を用いた。

3 結果および考察

子豚の発育成績は、両区に有意差は認められなかった（表 1）。

子豚の血液成分は、子豚の貧血に関する検査項目である赤血球数、ヘモグロビン濃度、ヘマトクリット値、血清鉄濃度は基準値内で推移し、有意差は認められなかった。栄養状

態に関する項目である TP、T-Cho は基準値内で推移し、有意差は認められなかった（表 2）。

子豚の糞便中 IgA 濃度は、8 週齢時において倍量区は対照区に比べて高値を示し、通常区は対照区に比べて有意に高値を示した（ $P<0.05$ ）。

5-ALA 給与母豚の産子は、離乳後に小腸絨毛萎縮が軽減し、リンパ球に占める B 細胞の割合が高かったことが確認されており、産子の小腸粘膜では抗酸化作用やミトコンドリアの活性化が生じた結果、エネルギー産生や粘膜上皮細胞の分化が促進した可能性が示唆されている¹⁾。腸管内に分泌される IgA 抗体は粘膜面の病原体の排除だけでなく、腸内環境の維持に重要な役割を担っていることが知られている²⁾。今回、哺乳子豚への 5-ALA 給与は腸管での IgA 産生を促進し、免疫能に好ましい影響を与える可能性が示唆された。しかしながら、本物質がどのような機序で IgA 産生を促すかについては、今後、さらに検討する必要があると考えられた。

表1 5-ALA給与による子豚の発育成績への影響

	対照区 (n=10)			通常区 (n=11)			倍量区 (n=11)		
平均体重 (kg)									
哺乳開始時	1.22	±	0.04	1.42	±	0.04	1.39	±	0.04
1週令時	2.01	±	0.10	2.34	±	0.11	2.28	±	0.10
3週令時	4.27	±	0.30	4.97	±	0.31	5.14	±	0.30
5週令時	8.10	±	0.47	9.61	±	0.48	9.59	±	0.47
8週令時	19.00	±	0.98	22.10	±	1.01	22.20	±	0.98
一日平均増体量 (kg/day)									
0～8週令	0.30	±	0.02	0.36	±	0.02	0.35	±	0.02
0～3週令	0.14	±	0.01	0.17	±	0.01	0.16	±	0.01
3～8週令	0.41	±	0.02	0.47	±	0.02	0.47	±	0.02

最小二乗平均値±誤差

表2 子豚への5-ALA給与による鉄の栄養状態及び血液成分、糞便中免疫グロブリンA濃度への影響

	対照区 (n=10)			通常区 (n=11)			倍量区 (n=11)		
赤血球数 ($10^4/\mu\text{L}$)									
1週齢	481	±	19.1	496	±	19.2	511	±	19.7
3週齢	635	±	22.3	638	±	22.2	695	±	22.8
8週齢	780	±	44.0	769	±	43.8	740	±	44.9
ヘモグロビン量 (g/dL)									
1週齢	9.5	±	0.4	9.9	±	0.4	10.3	±	0.4
3週齢	12.4	±	0.4	13.2	±	0.4	12.4	±	0.4
8週齢	13.7	±	0.8	13.5	±	0.8	13.1	±	0.8
ヘマトクリット値 (%)									
1週齢	30.5	±	1.2	31.3	±	1.2	32.5	±	1.2
3週齢	38.1	±	1.3	37.8	±	1.3	41.2	±	1.3
8週齢	43.1	±	2.4	42.8	±	2.4	41.4	±	2.5
血清鉄濃度 ($\mu\text{g/dL}$)									
1週齢	181	±	16.0	204	±	17.3	173	±	19.5
3週齢	114	±	9.1	119	±	9.1	127	±	9.3
8週齢	115	±	9.9	101	±	9.9	93.7	±	10.1
TIBC ($\mu\text{g/dL}$)									
1週齢	322	±	26.6	406	±	28.9	317	±	32.5
3週齢	405	±	21.7	402	±	21.6	410	±	22.2
8週齢	546	±	8.6	549	±	8.5	546	±	8.7
UIBC ($\mu\text{g/dL}$)									
1週齢	141	±	27.4	203	±	29.7	145	±	33.5
3週齢	290	±	23.2	284	±	23.1	283	±	23.7
8週齢	432	±	7.8	448	±	8.0	452	±	7.8
TP (g/dL)									
1週齢	4.6	±	0.3	4.8	±	0.3	4.9	±	0.3
3週齢	4.3	±	0.1	4.5	±	0.1	4.5	±	0.1
8週齢	5.5	±	0.1	5.6	±	0.1	5.7	±	0.2
T-Cho (mg/dL)									
1週齢	81.8	±	9.6	92.6	±	11.0	107	±	11.7
3週齢	78.4	±	6.4	87.6	±	5.9	79.4	±	6.1
8週齢	57.7	±	3.5	61.4	±	2.6	53.4	±	4.1
白血球 ($10^2/\mu\text{L}$)									
1週齢	174	±	25.4	244	±	25.5	40.0	±	26.1
3週齢	211	±	24.7	236	±	24.6	214	±	25.2
8週齢	222	±	14.2	241	±	14.1	230	±	14.5
IgG (mg/mL)									
1週齢	52.8	±	17.4	22.8	±	19.9	42.4	±	21.9
3週齢	7.0	±	1.7	11.2	±	1.8	7.5	±	1.8
8週齢	5.6	±	1.0	5.6	±	0.8	6.9	±	1.3
IgA (ng/mg)									
1週齢			NT			NT			NT
3週齢	262	±	56.9	184	±	57.3	294	±	59.0
8週齢	87.1	±	63.2 a	335	±	60.3 b	128	±	59.9

異符号間に有意差あり (a-b:P<0.05)

最小二乗平均値±誤差

4 要約

以上の結果より、哺乳子豚への 5-ALA 給与は、発育および腸内環境に影響は認められなかった。一方で、5-ALA 給与により血液中の IgA 濃度が高値を示したことから、哺乳子豚の免疫能に好ましい影響を与える可能性が示唆された。5-ALA がどのような機序で IgA 産生を促すかについては、今後、さらに検証する必要がある。

5 参考文献

- 1) 谷口慎ら：生物工学、第 99 巻、第 7 号、2021
- 2) 臼井文人ら：化学と生物、第 55 巻、第 9 号、2017

6 協力研究機関

特になし

本県産系統豚の能力向上技術の確立

2) 新たな肉質評価指標の探索

担当：庄司宙希、曾地雄一郎、高橋伸和、今井勇志、武田正寛

1 はじめに

本県では、筋肉内脂肪含量を選抜形質として系統造成したデュロック純粋種系統豚「しもふりレッド」を維持している。本研究課題では、この「しもふりレッド」と国内外で生産される豚肉とのさらなる差別化を図るため、筋肉内脂肪含量以外のおいしさにつながる新たな肉質評価指標を探索する。本課題研究におけるこれまでの成果として令和4年度に行った官能評価試験においては、D種は「ジューシー」、「やわらか」、「甘味」の官能特性があることが示された。今年度は、令和3年度の肥育試験で採材した「しもふりレッド」、ランドレース種および交雑種のロース肉サンプルを用いて、「しもふりレッド」に特徴的な「甘味」に関連する理化学成分の探索を目的として、Direct Analysis in Real Time (DART) /TOFMS（飛行時間型質量分析計）による網羅的解析を行った。

2 試験方法

1) 材料および方法

令和3年度の肥育試験で採材した「しもふりレッド」、ランドレース種および交雑種のロース肉サンプルについて、各区2頭ずつ分析に供試した。分析は、凍結した豚肉サンプルの表面を削り取り、ガラス棒の先端に付着させ試料導入を行うDART/TOFMSにより直接分析を行った。

2) 調査項目

豚肉サンプルより検出された物質のピークのうち、強い強度が検出された約10のピークについて、サンプル間で比較を行い、LWD区、D区に特異的に検出された分子量の物質について、組成式を明らかにし、候補となる化合物を調査した。

3 結果および考察

各豚肉サンプルより検出されたピークの分子および強度について、表1に示した。さらに、LWD区およびD区で特異的に検出されたピークの候補化合物について、表2に示した。候補化合物には、ロースに含まれるアミノ酸類（アラニン、イソロイシン、ロイシン）が確認された。本分析では定性的な結果を得ることができたが、今後はガスクロマトグラフや液体クロマトグラフと組み合わせて、定量的な比較を実施することで、サンプル間に差がみられる物質について探索する必要がある。

表1 各サンプルから検出された物質の分子量と検出強度

D1		D2		L1		L2		LWD1		LWD2	
分子量	強度	分子量	強度	分子量	強度	分子量	強度	分子量	強度	分子量	強度
61.0402	36754.5	61.0403	93156.2					61.0403	24345.3	61.0315	31895.1
								70.0653	15456.9	70.0570	11070.3
74.0605	42378.6	74.0604	61221.2	74.0596	57848.6	74.0602	12489.9				
86.0964	63681.0	86.0965	56805.0	86.0702	58486.0	86.0966	23149.0				
90.0543	116220.1	90.0544	131761.1							90.0471	95484.6
										99.0370	20878.7
										106.0436	13778.6
109.07647	26676.5	109.0763	45201.2	109.0756	89295.6	109.0773	2748.5	109.0765	17129.7	109.0702	23953.9
114.06915	1574249.1	114.0716	1577957.1	114.0697	1574574.1	114.0661	111514.1	114.0664	991350.9	114.0615	1544303.5
115.06846	279872.9	115.0685	315579.2	115.0680	332194.3			115.0683	85738.9	115.0627	216285.0
123.05559	640797.8	123.0556	976795.2	123.0550	384214.6	123.0554	460730.1	123.0554	543386.0	123.0503	1038213.5
124.05864	44002.3	124.0587	68081.0					124.0585	36598.6	124.0534	70870.8
127.03959	66635.3	127.0398	56570.0	127.0391	104375.4			127.0395	72153.3	127.0346	67244.2
132.10282	86943.9	132.1029	90578.4					132.1026	45944.4	132.0980	75329.2
137.04689	24287.7	137.0470	66133.9	137.0465	50038.8						
145.05062	59446.6	145.0506	118907.6	145.0503	65701.8	145.0505	8540.8	145.0504	51258.9	145.0465	155182.9
						151.0975	360843.3	150.0595	6381.7	151.0940	69554.0
						168.1239	80048.5				
227.1241	863494.79	227.12319	1239124.8	227.12465	809257.26	227.1242	2508.6				

表2 LWD種及びD種で特異的に検出されたピークの候補化合物

分子量	組成式	候補化合物	示性式
61.04022	C H4 N2 O	シアン酸アンモニウム	NH ₄ OCN
		尿素	H ₂ NCONH ₂
		ホルムアミドオキシム	H ₂ NCH=NOH
		ホルモヒドラジド	HCONHNH ₂
90.05432	C3 H7 N O2	亜硝酸イソプロピル	(CH ₃) ₂ CHON=O
		アラニン	CH ₃ CH(NH ₂)CO ₂ H
		DL-アラニン	CH ₃ CH(NH ₂)CO ₂ H
		β-アラニン	H ₂ NCH ₂ CH ₂ CO ₂ H
		カルバミン酸エチル	H ₂ NCO ₂ C ₂ H ₅
		グリシン=メチルエステル	H ₂ NCH ₂ CO ₂ CH ₃
		サルコシン	CH ₃ NHCH ₂ CO ₂ H
		システイン	HSCH ₂ CH(NH ₂)CO ₂ H
		1-ニトロプロパン	CH ₃ CH ₂ CH ₂ NO ₂
		2-ニトロプロパン	(CH ₃) ₂ CHNO ₂
		ラクトアミド	CH ₃ CH(OH)CONH ₂
132.1028	C6 H13 N O2	アロイソロイシン	C ₆ H ₁₃ NO ₂
		イソロイシン	C ₆ H ₁₃ NO ₂
		エチオニン	C ₂ H ₅ S(CH ₂) ₂ C(NH ₂)HCO ₂ H
		ノルロイシン	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH(NH ₂)CO ₂ H
		ロイシン	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH(NH ₂)CO ₂ H

4 要約

「しもふりレッド」と国内外で生産された豚肉の差別化につながる新たな肉質評価指標を探索するため、豚肉のロース部について DART/TOFMS（飛行時間型質量分析計）による網羅的解析を行ったところ、LWD 区および D 区に特異的な物質が検出され、その候補化合物にはロース肉を構成するアミノ酸（アラニン、イソロイシン、ロイシン）が含まれていた。

5 参考文献

6 協力研究機関等

公立大学法人 宮城大学食産業学群

薬剤削減のための豚腸 - 肺免疫連関実証事業

担当：今井勇志、小林朋生、庄司宙希、曾地雄一郎、高橋伸和、武田正寛

1 はじめに

我が国の養豚産業において、感染症による損耗は生産コストの増大要因として非常に大きな問題であり、子豚の斃死や、成長過程での損耗、飼料効率の低下のみならず、生産物としての豚肉の品質にも影響を及ぼす。感染症への対策として、抗生剤の投与、飼料への抗菌剤の添加や各種の病原体に対応したワクチンの開発が行われてきたが、薬剤耐性菌の出現や、大腸菌症やサルモネラ症のように原因となる細菌の血清型が多岐にわたりワクチン開発による制御が困難な感染症も多い。

一方で、最近になって豚の慢性感染症や下痢等の腸管感染症において、宿主の腸内細菌叢や乳酸菌等のプロバイオティクスが種々の感染症発症や制御に大きくかかわることや¹⁾、豚の抗病性が品種改良により向上する可能性が示唆されている。

本研究では抗菌剤不含飼料を給与した試験豚にワカメ残渣粉末および乳酸菌培養液を給餌し、免疫物質および回腸下部絨毛陰窩長比の測定を行い、イムノシンバイオティクスの豚腸 - 肺免疫連関に対する効果を検証する。

2 試験方法

1) 試験実施場所

ミヤギノ L 2 分娩舎

2) 試験区の構成、規模

材 料：ランドレース種「ミヤギノ L 2」離乳子豚 計 32 頭

試験区①：抗生物質不含の飼料のみ給与（8 頭）

試験区②：飼料にワカメ粉末のみを添加（8 頭）

試験区③：乳酸菌培養液のみを経口給与（8 頭）

試験区④：飼料にワカメ粉末を添加し、乳酸菌培養液を経口給与（8 頭）

3) 試験期間

令和 6 年 7 月～10 月

4) 試験方法

各区とも群飼、不断給餌、自由飲水とし、飼料は抗菌性物質不含のものをを用いた。給与試験は 3 週齢で群分け、馴致後、4 週齢から 15 週齢まで実施した後、全頭剖検した。ワカメ粉末は、ワカメ加工残渣のうち茎部を入手し、場内で乾燥後粉碎し、使用時まで -20℃で保管した。ワカメ粉末は飼料に 1 %の割合で添加し、均一に攪拌後給与した。乳酸菌は *Ligilactobacillus salivarius* の培養液 (2.5×10^7 cfu/ml) を用い、給与量は想定体重に対し 1 kg あたり 3 ml とした。試験豚への給与は、毎朝 1 回個別に経口給与した。

5) 調査項目

- (1) ワカメ粉末成分分析：水分、粗タンパク質、粗脂肪、粗繊維、粗灰分、NaCl、アルギン酸について一般財団法人日本食品分析センターに依頼し、分析した。

- (2) 発育成績：週 1 回の体重測定及び飼料給与量の記録より、平均体重、一日平均増体量、飼料要求率を算出した。
- (3) 糞便性状スコア：毎日豚房内に排泄された糞便を 10 か所観察し、便の性状を 0（正常便）、1（軟便）、2（泥状便）、3（水様便）の 4 段階に分け記録し、積算したものを各試験区のスコアとした。
- (4) 血中 GLP-2 濃度測定：8 週齢及び解剖時に採血を行い、得られた血清を用いて、市販 ELISA キットを用いて測定した。
- (5) 唾液中および鼻汁中 IgA 濃度測定：8 週齢及び解剖時に唾液および鼻汁を採材し、市販 ELISA キットを用いて測定した¹⁾。
- (6) 回腸下部の絨毛陰窩長比測定：回盲部から頭側 5cm 部分の腸管を採材し、病理組織標本を作成した。作成した標本を光学顕微鏡下で撮影し、1 頭につき 10 か所の絨毛と陰窩の長さの比を測定した。
- (7) 統計解析
調査項目は、Tukey-Kramer 法による多重比較検定を行った。なお、当系ソフトは R (version4.4.2) を用いて分析した。

3 結果および考察

ワカメ粉末の成分値を表 1 に示した。水溶性食物繊維の一種であるアルギン酸の成分値は過去に作製した粉末と同程度であった。このことから、ワカメの収穫年の違いが粉末の成分に与える影響は小さいと推察した。

各試験区の平均体重の推移を図 1 に、発育成績を表 2 に示した。試験終了時の平均体重及び一日平均増体量では、試験区間に有意差は認められなかった。群飼のため、飼料要求率の統計解析は実施しなかった。

糞便性状スコアの結果を図 2 に示した。試験期間中に下痢の流行によるスコアの上昇は認められなかった。また、試験開始時から 6 週齢の期間で、試験区④以外の試験区においてスコア 1.0 以上を記録したものの、元気消失や体重減少は見られず、離乳による軽微な軟便と推察した。

血中 GLP-2 濃度測定結果を表 3 に示した。8 週および 15 週齢時の数値を比較したところ、試験区①が他の区と比較して高値を示したが、有意差は得られなかった。

唾液中の IgA 濃度測定結果を表 4、鼻汁中の IgA 濃度測定結果を表 5 に示した。8 週齢および 15 週齢時の数値を比較したところ、鼻汁では有意差を得られなかったものの、15 週齢時の唾液において、ワカメ非給与区（試験区①、③）に比べワカメ給与区（試験区②、④）が有意な高値を示した。

剖検時に採材した回腸下部の絨毛陰窩長比の測定結果を表 6 に示した。絨毛陰窩長比では各試験区間に有意な差は見られなかった。

本試験では、ワカメ残渣粉末を給与した試験区②、④において唾液中 IgA 濃度の高値が認められた。また鼻汁中 IgA についても有意差は得られなかったが、同様の傾向が見られた。

一方で回腸下部の絨毛陰窩長比については試験区間で差は見られなかったことから、ワカメ粉末および乳酸菌培養液の給与が離乳子豚の免疫能に好影響を与える可能性が示

唆されたものの、この唾液および鼻汁における IgA 濃度の差が腸-肺免疫連関によるものかどうかは判断できなかった。今後はサンプル数及び腸管免疫の指標を増やし、シムンバイオティクスの腸-肺免疫への効果の検証を進める。

表 1 ワカメ加工残渣の成分値

分析項目	R6	過去平均
水分	7.2%	7.2%
粗たんぱく質	5.9%	5.2%
粗脂肪	0.4%	0.6%
粗繊維	6.9%	6.6%
粗灰分	47.5%	49.8%
可溶性部室素物	32.1%	30.6%
ナトリウム	3.70%	4.1%
塩分(NaCl)	9.30%	10.5%
アルギン酸	28.9%	22.2%

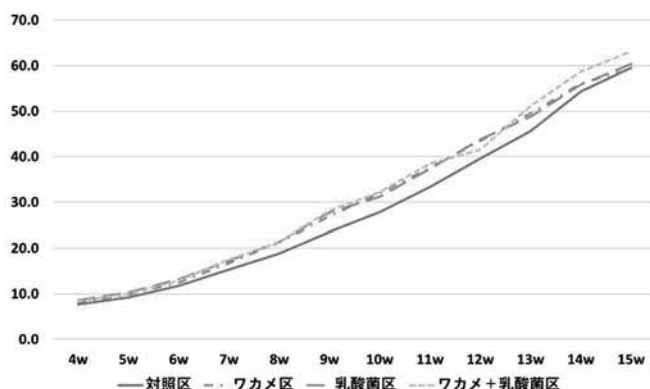


図 1 各試験区の平均体重の推移

表 2 発育成績

	対照区	ワカメ区	乳酸菌区	ワカメ+乳酸菌区
開始時体重(kg)	7.7±0.9	8.1±0.5	8.6±0.4	8.4±0.3
終了時体重(kg)	59.5±3.3	59.3±2.5	60.4±2.5	63.1±2.0
一日平均増体量(g)	682.0±32.1	674.0±28.7	681.6±28.4	719.7±24.0
総飼料給与量(kg)	906.2	936.7	898.7	1048.5
飼料要求率	2.19	2.29	2.17	2.4

平均値±標準誤差

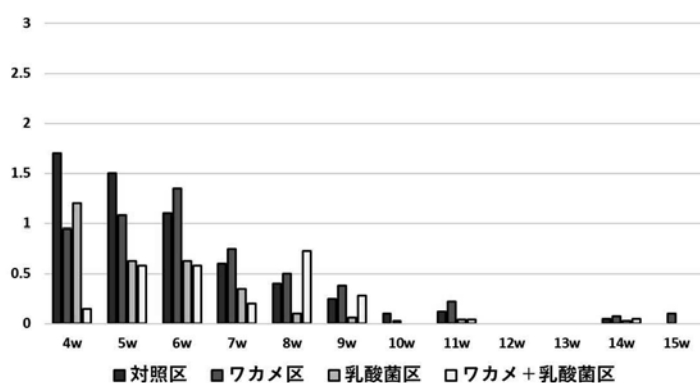


図 2 糞便性状スコア

表 3 血中 GLP-2 濃度測定結果

採材週	8w				15w			
試験区	対照区	ワカメ区	乳酸菌区	ワカメ+乳酸菌区	対照区	ワカメ区	乳酸菌区	ワカメ+乳酸菌区
GLP-2 濃度 (pg/ml)	588.3	491.5	707.8	874.7	1,003.0	825.4	706.6	899.5
	±92.2	±55.3	±87.3	±134.1	±129.4	±47.3	±59.0	±77.4

平均値±標準誤差

表4 唾液中 IgA 濃度測定結果

採材週	8w				15w			
試験区	対照区	ワカメ区	乳酸菌区	ワカメ＋ 乳酸菌区	対照区	ワカメ区	乳酸菌区	ワカメ＋ 乳酸菌区
IgA 濃度 (μ g/ml)	65.4 ± 10.3	73.2 ± 10.6	104.8 ± 11.8	105.6 ± 17.8	112.5 ^a ± 28.3	256.9 ^b ± 19.3	108.8 ^a ± 21.3	332.2 ^b ± 15.3

平均値 $\pm$ 標準誤差

表5 鼻汁中 IgA 濃度測定結果

採材週	8w				15w			
試験区	対照区	ワカメ区	乳酸菌区	ワカメ＋ 乳酸菌区	対照区	ワカメ区	乳酸菌区	ワカメ＋ 乳酸菌区
IgA 濃度 (ng/ml)	4,971.8 $\pm 2,766.4$	2,903.6 ± 589.7	6,662.5 $\pm 2,163.4$	2,118.2 ± 273.7	2,470.9 ± 654.6	3,943.9 $\pm 1,057.3$	1,422.0 ± 407.1	3,149.7 ± 840.6

平均値 $\pm$ 標準誤差

表6 回腸下部絨毛陰窩長比

	対照区	ワカメ区	乳酸菌区	ワカメ＋乳酸菌区
絨毛陰窩長比	1.41 $\pm$ 0.06	1.33 $\pm$ 0.06	1.28 $\pm$ 0.04	1.34 $\pm$ 0.05

平均値 $\pm$ 標準誤差

4 要約

離乳子豚にワカメ残渣粉末および乳酸菌培養液を給与した結果、発育に影響は認められなかった。一方でワカメ残渣粉末の給与により唾液中の IgA 濃度が高値を示したことから、ワカメ残渣粉末の給与により子豚の免疫能に好影響を与える可能性が示唆された。ただし、腸－肺免疫連関による効果は確認できなかったため、今後さらなる検証が必要である。

5 引用文献

- 1) Mizumachi K. *et al.* 2009. Effect of fermented liquid diet prepared with *Lactobacillus plantarum* LQ80 on the immune response in weaning pigs. *Animal* 3(5):670 -676

6 協力研究機関

東北大学大学院農学研究科、宮城大学食産業学群、農研機構動物衛生研究部門

第一部 単年度試験成績

Ⅱ 草地・飼料作関係

草地関係の試験は、下記の関係者により実施された。

草地飼料部

部	長	佐藤俊益
草地飼料チーム		
※副主任研究員	天野祐敏	
副主任研究員	杉本達郎	
環境資源チーム		
※総括研究員	荒木利幸	
技師	伊藤裕之	
農場業務		
技師（主任）	尾形優	
〃	及川真樹	
〃	門間友和	
〃	及川孝昭	

※は、チームリーダー

飼料作物・牧草適応品種の選定

1) 飼料用トウモロコシ

(1) WCS 用

担当：杉本達郎、天野祐敏

1 はじめに

飼料用トウモロコシの流通品種は多数にのぼり、そのうえ品種の改廃も激しいため、農業者が品種特性を把握しながら地域・経営に適したものを選定することは難しい。本試験は県内での栽培に適応する品種を3か年程度継続調査し、成績が優れた品種を選出して奨励品種選定の資料とするため、実施した。

2 試験方法

- 1) 供試品種 6品種（表1のとおり）
- 2) 試験場所 3号ほ場（標高：62m 土壌：黒ボク土）
- 3) 供試区の面積、配置及び反復数 1区12 m²（3×4m）、3反復

表1 供試品種

早晩性	商品名	品種名	RM	栽植本数 (本/10a)	試験 年数等	育成元 /販売元
早生	みとりゆたか	みとりゆたか	100	7018	3(種)	機構
	パイオニア106日	36B08	106		標準(種)	パイオニア
早中生	スノーデント115	LG31.588	115	6667	1	雪印
	パイオニア115日	P1341	115		1	パイオニア
	ゴールドデントKD641	KD641	114		1	カネコ
	パイオニア118日	P2088	118		標準	パイオニア

※(種)：(一社)日本草地畜産種子協会との受託契約による

3) 耕種概要

- (1) 播種期 令和6年5月10日
- (2) 収穫期 早生品種：令和6年8月22日
早中生品種：令和6年9月5日
- (3) 施肥量 N-P-K：17-17-17 100kg/10a
- (4) 土壌改良資材 牛ふん堆肥2,000kg/10a、苦土石灰100kg/10a、ようりん50kg/10a
- (5) 調査項目 飼料作物系統適応性検定試験実施要領に準じて実施
- (6) 検定方法 早晩性毎にDunnett法による多重比較検定
(対照区：早生「パイオニア106日」、早中生「パイオニア118日」)

3 結果と考察

1) 初期生育および熟期（表2）

良好な天候が続き、全品種で発芽が良好であった。

【早生】「みとりゆたか」で初期生育がやや優れた（ $p=0.116$ ）。雄穂・絹糸の抽出期が「みとりゆたか」が標準品種よりもやや早かったが、黄熟期は「みとりゆたか」が2日遅かった。

【早中生】「ゴールドデント KD641」で初期生育が有意に高くなった。

表2 初期生育および熟期

早晩性	品種名/商品名	発芽日	発芽 良否 ¹⁾	初期 生育 ¹⁾	雄穂 抽出期	雄穂 開花期	絹糸 抽出期	黄熟期	収穫日
早生	みとりゆたか	5/17	9.0	7.7	7/9	7/11	7/11	8/14	8/22
	パイオニア 106 日	5/17	9.0	7.0	7/13	7/14	7/11	8/12	8/22
早中生	スノーデント 115	5/17	9.0	5.7	7/16	7/18	7/17	8/15	9/5
	パイオニア 115 日	5/17	9.0	6.0	7/17	7/18	7/17	8/16	9/5
	ゴールドデント KD641	5/18	9.0	7.0*	7/16	7/18	7/18	8/14	9/5
	パイオニア 118 日	5/18	9.0	6.0	7/18	7/19	7/18	8/17	9/5

1) : 極不良1〜極良9

* : p<0.05

2) 生育特性 (表3)

台風・強風の影響がなく、全品種において倒伏・折損は見られなかった。

【早 生】「みとりゆたか」の着雌穂高が有意に低い値となった。

【早中生】いずれの形質において有意な差は認められなかった。

表3 生育特性

早晩性	品種名/商品名	稈長 (cm)	着雌穂高 (cm)	稈径 (mm)	倒伏(%)			折損 (%)
					30 度	60 度	合計	
早生	みとりゆたか	234	102*	23.5	0.0	0.0	0.0	0.0
	パイオニア 106 日	235	111	22.9	0.0	0.0	0.0	0.0
早中生	スノーデント 115	308	132	26.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	パイオニア 115 日	295	129	28.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	ゴールドデント KD641	289	126	26.9	0.0	0.0	0.0	0.0
	パイオニア 118 日	292	140	27.5	0.0	0.0	0.0	0.0

* : p<0.05

3) 収量性 (表4)

【早 生】「みとりゆたか」で先端不稔が散見され、乾物雌穂重割合で有意に低い値となった。

【早中生】「パイオニア 115 日」が、雌穂乾物重、TDN 収量で有意に高い値となった。
その他の品種は標準品種と同程度の収量性であった。

表4 収量性

早晩性	品種名/商品名	有効雌 穂割合 (%)	生重(kg/10a)			乾物率(%)			乾物重(kg/10a)			乾物雌 穂重割 合(%)	TDN 収量 ¹⁾ (kg/10a)
			茎葉	雌穂	総体	茎葉	雌穂	総体	茎葉	雌穂	総体		
早生	みとりゆたか	81.7	4190	1254	5443	20.3	56.6	28.7	853	710	1563	45.4*	1100
	パイオニア106日	88.3	4550	1449	5999	19.5	57.5	28.7	887	834	1721	48.5	1225
早中生	スノーデント115	100.0	5042	1724	6766	22.1	59.5	31.6	1114	1025	2139	47.9	1520
	パイオニア115日	100.0	4986	1937	6923	22.9	60.2	33.4*	1141	1167*	2308	50.6	1656*
	ゴールドデントKD641	96.7	4963*	1634	6596	21.7	62.2*	31.7	1078	1016	2093	48.5	1490
	パイオニア118日	100.0	5281	1702	6983	21.5	59.0	30.6	1136	1003	2139	46.9	1514

1) : 推定式 : TDN=茎葉乾物重×0.582+乾物雌穂重×0.850により算出

* : p<0.05

4) 耐病性及び虫害発生程度 (表5)

全品種において、根腐病、紋枯病が見られたが、いずれも有意な差は見られなかった。

【早 生】「みとりゆたか」で、虫害による折損が多く見られたが、有意な差は認められなかった。

【早中生】いずれの形質においても、有意な差は認められなかった。

表5 病害虫程度

早晩性	品種名/商品名	ごま葉 枯病 ¹⁾	すす 紋病 ¹⁾	根腐病 (%)	紋枯病 (%)	赤カビ 病 ²⁾	虫害による 折損(%)	虫害による 雌穂脱落(%)	虫害による 雌穂食害 ²⁾
早生	みとりゆたか	1.0	1.0	19.0	30.6	2.0	2.8	0.0	2.0
	パイオニア106日	1.0	1.0	15.5	25.0	2.0	0.0	0.0	2.0
早中生	スノーデント115	1.0	1.0	13.5	29.0	3.0	1.2	0.0	2.7
	パイオニア115日	1.0	1.0	19.0	29.8	3.0	2.4	0.0	2.7
	ゴールドデントKD641	1.0	1.0	20.6	22.2	2.7	1.6	0.0	2.7
	パイオニア118日	1.0	1.0	19.8	27.0	2.3	2.0	0.0	2.3

1) : 無1～甚9

2) : 1(0%、0%)、2(0%、5%)、3(5%、10%)、4(10%、25%)、5(25%、40%)、6(40%、55%)、7(55%、70%)、8(70%、85%)、9(85%、100%)

4 要約

令和6年度は全反復を平均すると、黄熟期が8/14、TDN収量は1,418kg/10aとなった。

5 引用文献

- 1) 飼料作物系統適応性検定試験実施要領（改訂6版）国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構畜産研究部門
- 2) 宮城県畜産試験場試験成績書

6 協力研究機関

一般社団法人 日本草地畜産種子協会

7 生育期間の気象概要

【気温】 6月から9月にかけて非常に高い期間が続いた。

【降水量】 7月上旬、下旬、8月中旬に降水量が多い期間が続いた。6月中旬、8月上旬は降水量が少なかった。

【日射量】 生育期間を通じて日照時間が多く、6月中旬、8月上旬は特に多かった。

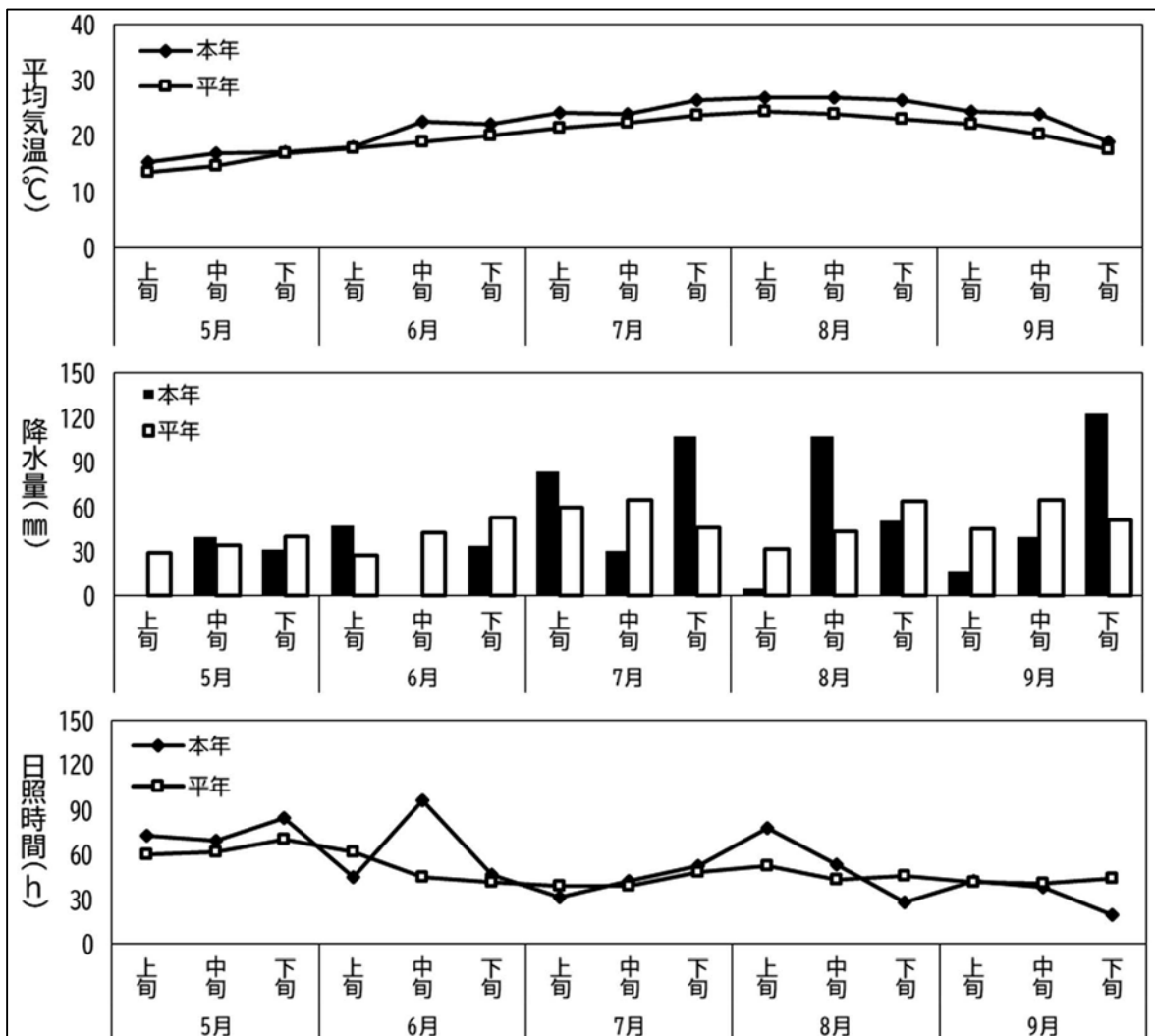


図1 生育期間の気象概要図

飼料作物・牧草適応品種の選定

1) 飼料用トウモロコシ

(2) 子実用

担当：杉本達郎、天野祐敏

1 はじめに

近年、飼料価格高騰対策や水田での新たな転作作物として、飼料用トウモロコシの実取り利用（子実トウモロコシ）に注目が集まっている。トウモロコシの流通品種は多数にのぼり、そのうえ品種の改廃も激しいため、農業者が品種特性を把握しながら地域・経営に適したものを選定することは難しい。本試験は県内での栽培に適応する品種を3ヶ年程度継続調査し、成績が優れた品種を選出して奨励品種選定の資料とするため、実施する。

2 試験方法

- 1) 供試品種 8品種（表1のとおり）
- 2) 試験場所 3号ほ場（標高：62m 土壌：黒ボク土）
- 3) 供試区の面積、配置及び反復数 1区12㎡（3×4m）、3反復

表1 供試品種

早晩性	商品名	品種名	RM	栽植本数 (本/10a)	試験 年数等	育成元 /販売元
極早生	パイオニア93日	P9027	93	7407	2	パイオニア
	プロフィ95	TH13101	95		2	タキイ
	ゴールドデントKD460	DKC4444	95		3	カネコ
	ネオデントエスパス95	SL0746	95		標準	雪印
早生	みとりゆたか	北交94号	100	7018	3(種)	機構
	ロブスト105	TH2176	105		2	タキイ
	パイオニア108日	34N84	108		2	タキイ
	パイオニア106日	36B08	106		標準(種)	パイオニア

※(種)：(一社)日本草地畜産種子協会との受託契約による

3) 耕種概要

- (1) 播種期 令和6年5月10日
- (2) 収穫期 極早生品種：令和6年9月12日
早生品種：令和6年9月18日
- (3) 施肥量 N-P-K：17-17-17 100kg/10a
- (4) 土壌改良資材 牛ふん堆肥2,000kg/10a、苦土石灰100kg/10a、ようりん50kg/10a
- (5) 調査項目 飼料作物系統適応性検定試験実施要領に準じて実施
- (6) 検定方法 早晩性毎にDunnett法による多重比較検定
(対照区：極早生「ネオデントエスパス95」、早生「パイオニア106日」)

3 結果と考察

1) 初期成育および熟期（表2）

良好な天候が続き、全品種で発芽が良好であった。

【極早生】「プロフィ95」にアワノメイガの食害が多く、上位葉も被害が大きかった。

「プロフィ95」の初期成育が標準品種と比較して有意に低い値となり、雄穂抽出期、雄穂開花期、絹糸抽出期が遅れた。

【早生】「ロブスト105」で、初期生育が標準品種と比較して有意に低い値となった。

表2 初期生育および熟期

早晩性	品種名/商品名	発芽日	発芽 良否 ¹⁾	初期 生育 ¹⁾	雄穂 抽出期	雄穂 開花期	絹糸 抽出期	黄熟期	収穫日
極早生	パイオニア93日	5/18	9.0	7.3	7/10	7/12	7/11	8/8	9/12
	プロフィ95	5/18	9.0	4.3**	7/13	7/15	7/13	8/10	9/12
	ゴールドデントKD460	5/18	9.0	6.3	7/10	7/12	7/11	8/11	9/12
	ネオデントエスパス95	5/17	9.0	6.7	7/9	7/11	7/10	8/10	9/12
早生	みとりゆたか	5/17	9.0	7.7	7/10	7/12	7/12	8/14	9/18
	ロブスト105	5/17	9.0	5.7*	7/14	7/16	7/14	8/10	9/18
	パイオニア108日	5/17	9.0	6.3	7/15	7/17	7/16	8/14	9/18
	パイオニア106日	5/17	9.0	7.0	7/13	7/15	7/13	8/12	9/18

1) : 極不良1～極良9

2) 生育特性 (表3)

台風・強風の影響がなく、全品種において倒伏・折損は見られなかった。

【極早生】 稈径で「プロフィ 95」が標準品種と比較して、有意に高い値となった。「プロフィ 95」の前年度作では、稈長及び着雌穂高は高い値を示していたが、今年度作では低い値となり、食害の影響が出ていたことが想定される。

【早 生】「ロブスト 105」が稈長及び稈径で、標準品種と比較して有意に高い値となった。

表3 生育特性

早晩性	品種名/商品名	稈長 (cm)	着雌穂高 (cm)	稈径 (mm)	倒伏(%)			折損 (%)
					30度	60度	合計	
極早生	パイオニア93日	214	96	22.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	プロフィ95	198	103	24.5**	0.0	0.0	0.0	0.0
	ゴールドデントKD460	210	122	23.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	ネオデントエスパス95	213	93	22.2	0.0	0.0	0.0	0.0
早生	みとりゆたか	210	92	22.6	0.0	0.0	0.0	0.0
	ロブスト105	273**	114	25.1*	0.0	0.0	0.0	0.0
	パイオニア108日	246	116*	23.8	0.0	0.0	0.0	0.0
	パイオニア106日	227	102	22.9	0.0	0.0	0.0	0.0

*: p<0.05, **: p<0.01

3) 収量性 (表4)

【極早生】子実乾物重で「プロフィ 95」が標準品種より低い傾向となった (p=0.0996)。

その他の品種は、標準品種と同等の子実乾物重となった。子実含水率で「プロフィ 95」と「ゴールドデント KD460」が有意に低くなった。

【早 生】子実乾物重で「パイオニア 108 日」が高い値となった。「パイオニア 108 日」で生茎葉重及び生総体重で、有意に高い値となった。

表4 収量性

早晩性	品種名/商品名	有効雌 穂割合 (%)	生重(kg/10a)			乾物率(%)			乾物重(kg/10a)			子実乾 物重 (kg/10a)	子実 含水率 (%)
			茎葉	雌穂	総体	茎葉	雌穂	総体	茎葉	雌穂	総体		
極早生	パイオニア93日	101.7	2276	1353	3629	31.7	76.1*	48.3	716	1029	1745	938	23.1
	プロフィ95	101.7	1967*	1077	3044*	31.3	78.9**	48.1	618	849*	1467	798	19.1**
	ゴールドデントKD460	98.3	2705	1320	4025	28.2	76.9**	44.2	761	1014	1776	925	19.5**
	ネオデントエスパス95	100.0	2805	1464*	4269	29.9	72.7	44.7	843	1063	1906	952	23.4
早生	みとりゆたか	95.0	2391	1304	3695	31.0	72.8	45.8	742	950	1692	850	23.0
	ロブスト105	93.3	2772	1355	4127	31.8	73.1	45.2	883	992	1876	908	23.0
	パイオニア108日	100.0	3361*	1536	4897*	30.0	70.8**	42.8	1004	1088	2092	997	24.9*
	パイオニア106日	98.3	2777	1390	4168	30.3	74.4	45.0	844	1034	1878	925	22.2

**: p<0.01, *: p<0.05

4) 耐病性及び虫害発生程度 (表 5)

全品種で根腐病の発生が認められ、虫害による折損も一部で発生した。

【極早生】子実中フモニシン濃度で「プロフィ 95」が有意に高い値となった。

【早 生】「ロブスト 105」で赤カビ病の罹患程度が標準品種より有意に高い値となった。

表 5 病害虫程度

早晩性	品種名/商品名	ごま葉 枯病 ¹⁾	すす 紋病 ¹⁾	根腐病 (%)	赤カビ 病 ²⁾	虫害による 折損 (%)	虫害による 雌穂脱落 (%)	虫害による 雌穂食害 ²⁾	子実中 フモニシン 濃度 (ppm)
極早生	バイオニア93日	1.0	1.0	9.8	2.3	1.9	0.0	2.0	3.6
	プロフィ95	1.0	1.0	15.2	2.7	1.5	0.0	2.0	6.4*
	ゴールドデントKD460	1.0	1.0	3.0	2.7	0.4	0.0	2.0	5.0
	ネオデントエスパス95	1.0	1.0	9.8	2.0	0.0	0.0	2.0	1.4
早生	みとりゆたか	1.0	1.0	2.8	2.0	0.8	0.0	2.0	12.7
	ロブスト105	1.0	1.0	2.0	3.0**	1.2	0.0	2.3	8.6
	バイオニア108日	1.0	1.0	0.8	2.0	0.8	0.0	2.0	2.5
	バイオニア106日	1.0	1.0	0.8	2.0	0.0	0.0	2.0	5.9

1) : 無1~甚9

2) : 1 (0%, 0%)、2 (0%, 5%)、3 (5%, 10%)、4 (10%, 25%)、5 (25%, 40%)、6 (40%, 55%)、7 (55%, 70%)、8 (70%, 85%)、9 (85%, 100%)

** : p<0.01、* : p<0.05

4 要約

令和 6 年度は全反復を平均すると、子実含水率は 22.3%、子実乾物重は 912kg/10a となった。

5 引用文献

- 1) 飼料作物系統適応性検定試験実施要領 (改訂 6 版) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構畜産研究部門
- 2) 宮城県畜産試験場試験成績書

6 協力研究機関

一般社団法人 日本草地畜産種子協会

7 生育期間の気象概要

【気温】 6月から9月にかけて非常に高い期間が続いた。

【降水量】 7月上旬、下旬、8月中旬に降水量が多い期間が続いた。6月中旬、8月上旬は降水量が少なかった。

【日射量】 生育期間を通じて日照時間が多く、6月中旬、8月上旬は特に多かった。

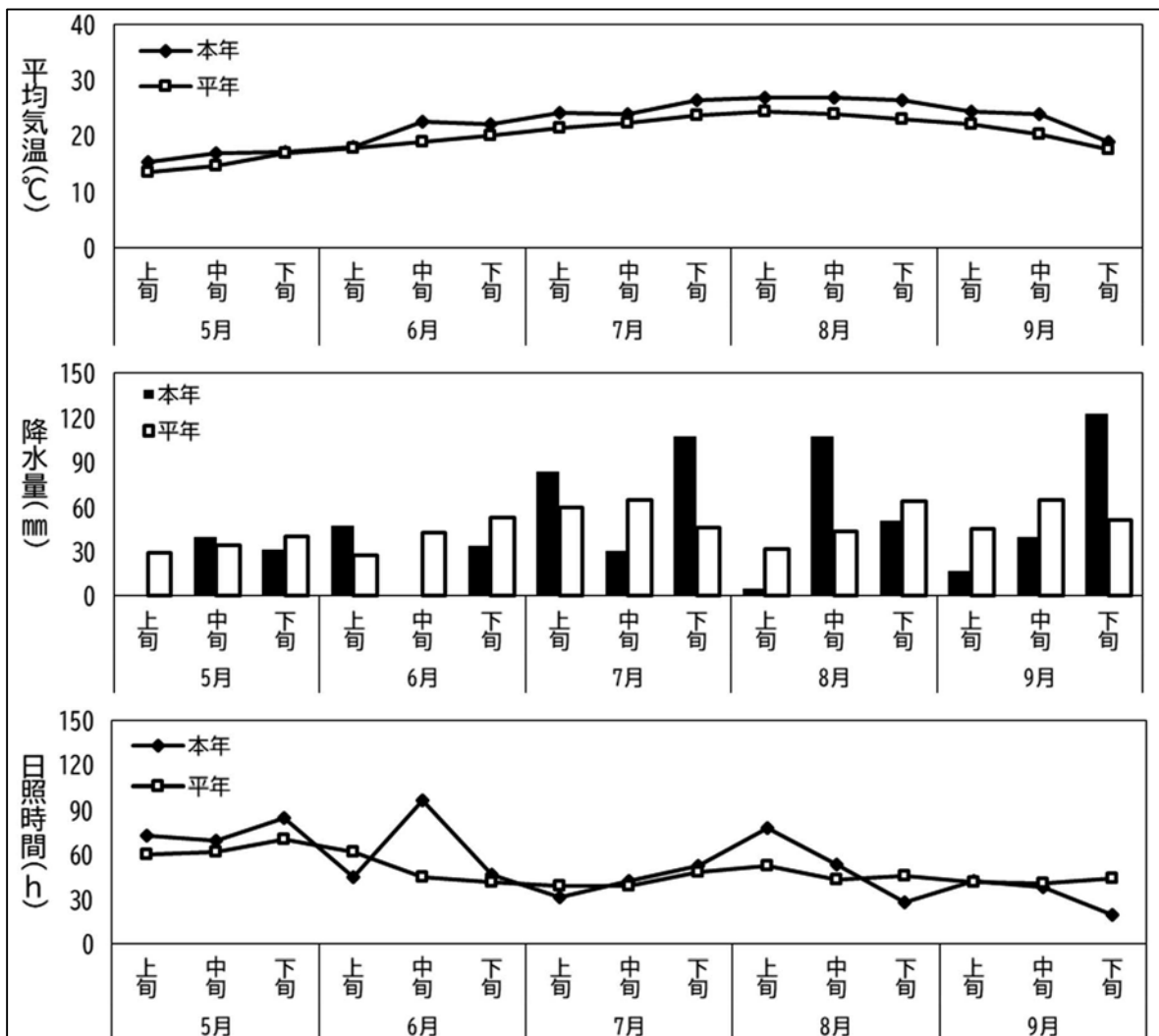


図1 生育期間の気象概要図

飼料作物・牧草適応品種の選定

2) オーチャードグラス

担当：杉本達郎、天野祐敏

1 はじめに

自給飼料生産を拡大するには、牧草優良品種の普及を図ることが必要である。そこで、オーチャードグラスの品種について、宮城県での栽培における適応性を検討し、成績が優れた品種を選出して奨励品種選定の資料とすることを目的とし、生育特性及び生産性について調査を行った。

2 試験方法

1) 供試品種・系統名 表1による

表1 供試品種および播種量

早晩性	品種名	播種量(kg/10a)	備考・終了年
極早生	まきばゆうか	2.8	2026 高越夏性品種
	アキミドリII(標準)	2.0	標準
中生	きよは	2.2	2026
	まきばたろう(標準)	2.0	標準

2) 試験場所 場内3号ほ場(標高62m 土壌：黒ボク土)

3) 播種及び施肥

- ①播種年月日 令和5年9月26日(播種法：条播(条間30cm))
②施肥量 元肥(N-P-K)：10-30-10、追肥(N-P-K)：20-10-20

4) 試験区面積 品種当たり1区面積：6 m² (4m×1.5m)
反復数：4反復、乱塊法

5) 調査項目 飼料作物系統適応性検定試験実施要領に準じて実施

6) 検定方法 早晩性毎にt検定

3 結果と考察

1) 試験経過の概要

極早生品種及び中生品種ともに令和5年9月26日に播種。播種後に各種調査を実施。
今年度の収量調査実施日(収穫日)は、表3のとおり。

2) 生育調査および収量調査結果

(1) 初期成育および越冬性(表2)

【極早生】両品種とも発芽及び定着時草勢が良好であった。越冬性及び越夏性についても同等の成績であった。

【中 生】両品種とも発芽及び定着時草勢が良好であった。越冬性及び越夏性についても同等の成績であった。

表2 初期成育および越冬性

早晩性	品種名	播種日	発芽日	発芽 良否 ¹⁾	定着時 草勢 ¹⁾	褐色小粒 菌核病 ²⁾	越冬性 ¹⁾	早春 草勢 ¹⁾	越夏性	秋の被 度(%)	秋の 草勢 ¹⁾
極早生	まきばゆうか	R5. 9. 26	R5. 10. 2	9. 0	8. 3	1. 0	9. 0	9. 0	8. 0	95. 8	7. 3
	アキミドリⅡ	R5. 9. 26	R5. 10. 2	9. 0	8. 3	1. 0	9. 0	9. 0	8. 0	95. 0	7. 0
中生	きよは	R5. 9. 26	R5. 10. 2	9. 0	8. 3	1. 0	9. 0	9. 0	8. 0	96. 5	7. 5
	まきばたろう	R5. 9. 26	R5. 10. 2	9. 0	8. 3	1. 0	9. 0	9. 0	8. 0	95. 3	7. 0

1) : 極不良1～極良9, 2) : 無1～極甚9

※発芽良否および定着時草勢は、播種年度の調査結果

(2) 生育特性と収量性 (表3、表4)

【極早生】両品種の生育特性及び収量性は同等程度であった。

【中 生】両品種の生育特性は同等程度であった。3番草の生草収量で「きよは」が有意に高い値であった。年間の合計乾物収量では有意な差は認められなかったが、8.4%高い値であった。

表3 生育特性

早晩性	品種名	出穂 始期	収穫調査日			出穂程度 ¹⁾			収穫時草丈(cm)			倒伏程度 ²⁾		
			1番草	2番草	3番草	1番草	2番草	3番草	1番草	2番草	3番草	1番草	2番草	3番草
極早生	まきばゆうか	4/26	5/2	7/19	10/3	3.0	1.0	1.0	117.1	74.6	83.8	1.0	1.0	2.5
	アキミドリⅡ	4/26	5/2	7/19	10/3	3.3	1.0	1.0	116.6	74.3	86.5	1.0	1.0	2.8
中生	きよは	4/30	5/2	7/19	10/3	3.0	1.0	1.0	103.2	79.7	88.6	1.0	1.0	1.8
	まきばたろう	4/30	5/2	7/19	10/3	3.0	1.0	1.0	99.2	84.5	92.4	1.0	1.0	2.0

1) : 無1～極多9, 2) : 無1～極甚9

表4 収量性

早晩性	品種名	生草収量(kg/10a)				乾物率(%)			乾物収量(kg/10a)			
		1番草	2番草	3番草	計	1番草	2番草	3番草	1番草	2番草	3番草	計
極早生	まきばゆうか	5275	1563	1384	8223	17.0	23.3	31.8	899	363	406	1669
	アキミドリⅡ	5344	1653	1489	8486	17.4	21.9	28.9	929	361	426	1716
中生	きよは	4165	1982	1746**	7893	17.6	20.9	27.0	720	417	471	1609
	まきばたろう	3741	1912	1525	7178	18.1	20.5	28.9	653	390	441	1484

** : p<0.01

4 要約

極早生品種「まきばゆうか」は、標準品種と同等程度の成績であった。

中生品種「きよは」は、生育特性は標準品種と同等程度あり、収量性に優れる。

5 引用文献

- 1) 飼料作物系統適応性検定試験実施要領(改訂6版) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構畜産研究部門
- 2) 宮城県畜産試験場試験成績書

6 協力研究機関

一般社団法人 日本草地畜産種子協会

7 生育期間の気象概要

【気温】4月以降は平年より高めに推移し、7月、8月は特に高温であった。

【降水量】7月から9月にかけて降水量が多かったが、4月中旬から5月中旬、6月中旬で少雨の期間が続いた。

【日射量】概ね平年並みであった。

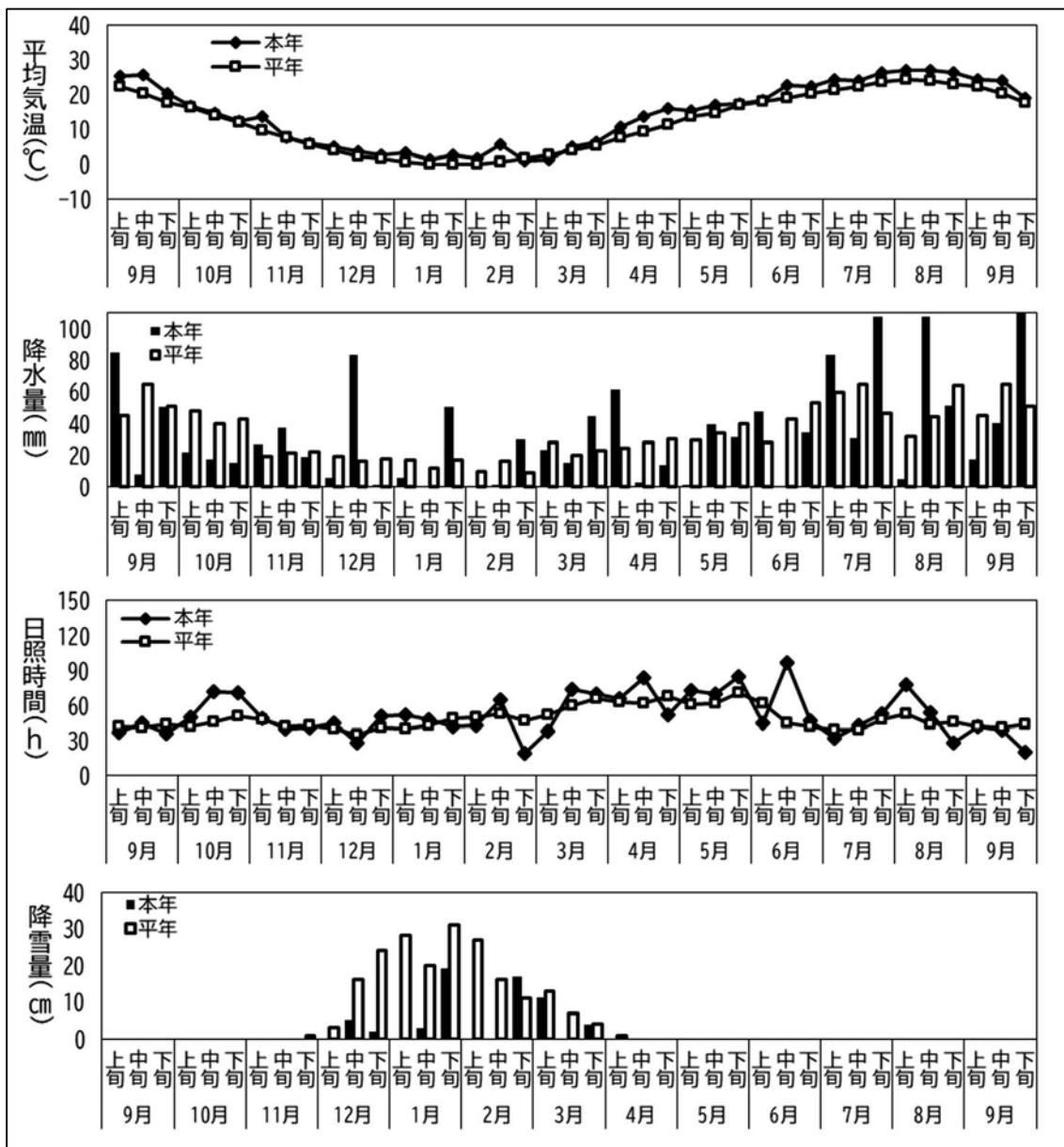


図1 生育期間の気象概要図

気象変動に対応した飼料作物の栽培

オーチャードグラスの栽培管理

担当：天野祐敏、杉本達郎

1 はじめに

近年の温暖化傾向により、高温、豪雨などの気象災害が増加している。牧草地においても高温による夏枯れで雑草が繁茂し、収量や品質に影響を与えている。一方で草地更新の際に豪雨で播種時期を逸したり、播種した種子が流されて再播種など、適期に播種できない事例も散見される。

そこで、強害雑草の防除と播種時期が遅れた場合の栽培体系について検討を行い、良質な牧草生産が安定的になることを目指す。

2 試験方法

1) フロストシーディング実証試験

(1) 試験実施場所 5牧区ほ場、8号圃場、岩出山牧場2牧区

(2) 試験区の構成等

a 5牧区ほ場

①草種：オーチャードグラス（まきばたろう）

②播種：不耕起播種機で9月、12月、3月（早春）に播種。1.5kg/10a設定
各々の播種時には非選択性除草剤を散布し雑草を枯殺

③施肥：9月播種は、播種後速やかに草地用複合肥料121号12kg/10a、早春オール14化成 20kg/10a施肥
12月播種は播種直後施肥なし、早春草地用複合肥料211号20kg/10a施肥
3月播種は播種後早春に12月播種と同量草地用複合肥料211号20kg/10a施肥

b 8号圃場

①草種：オーチャードグラス（まきばたろう）、ペレニアルライグラス(夏越しペレ)

②播種：不耕起播種機で9月（オーチャードグラスのみ）、12月、3月に播種。
1.5kg/10a設定、既存草を残すため非選択性除草剤は散布せず。

c 岩出山牧場2牧区

①草種：オーチャードグラス(まきばたろう、12月のみ)ペレニアルライグラス(夏越しペレ)

②播種：不耕起播種機で12月、3月に播種。1.5kg/10a設定
既存草を残すため非選択性除草剤は散布せず。

(3) 調査項目：発芽、雑草被度、収量、定着率等

表1 播種日および刈取調査日

播種期	播種日	刈取調査日		
		1番草	2番草	3番草
9月（秋）	9/26	5/14	6/26	9/10
12月（フrost）	12/9	6/12	7/19	9/10
3月（春）	3/13	6/12	7/19	9/10

2) ワルナスビ防除試験

(1) 試験実施場所 場内ほ場ワルナスビ発生箇所

(2) 試験区の構成等

①塩素酸塩処理区 ②グリホサート処理区

各区秋期イタリアンライグラス播種

(3) 調査項目 除草剤散布前 ワルナスビ茎数 除草剤散布後ワルナスビ茎数
播種牧草発育状況

表2 除草剤散布日およびイタリアンライグラス播種日

区分	除草剤名	除草剤散布日			イタリアンライグラス
		1回目	2回目	3回目	播種日
塩素酸塩処理区	塩素酸塩粒剤	6/11			10/11
	グリホサートカリウム液剤			9/26	10/11
グリホサート処理区	グリホサートカリウム液剤	6/11	7/23	9/26	10/11

3 結果および考察

1) フロストシーディング実証試験

(1) 5牧区圃場

9月播種(秋まき:標準)に比較し、12月播種(フロスト)、3月播種(春まき)ともにほとんど出穂せず、1番草の草丈は低く、収量も少なかった。2番草、3番草は12月播種、3月播種ともに9月播種を上回ったが、ヒエ、メヒシバが優先していたため雑草の量の差と考えられた。

3番草収穫後のオーチャードグラスの残存個体数は12月播種、3月播種ともに10個体/m²以下でありほとんど枯死した。ヒエの繁茂による被陰と夏期高温の影響と考えられた。12月播種、3月播種の間では草丈、収量とも差は見られなかった。12月播種、3月播種は9月播種よりヒエの生育が多かったため、牧草の定着にはヒエの発芽・生育を抑えることが必要と考えられた。

表3 播種期別刈取調査日草丈

単位:cm

播種期	1番草	2番草	3番草
9月(秋)	110.2 ± 6.4 ^a	60.1 ± 7.1 ^a	79.1 ± 8.3 ^a
12月(フロスト)	78.9 ± 5.5 ^b	92.5 ± 1.8 ^b	47.4 ± 8.4 ^b
3月(春)	74.2 ± 7.9 ^b	88.4 ± 5.4 ^b	38.6 ± 5.4 ^b

※平均値±標準偏差 ※異符号間に有意差有り P<0.05(Tukey-Kramer)

表4 播種期別収量

単位:乾物 kg/10a

播種期	1 番草	2 番草	3 番草
9 月 (秋)	625 ± 216 ^a	250 ± 61 ^a	367 ± 73 ^a
12 月 (フrost)	313 ± 41 ^b	471 ± 66 ^b	470 ± 54 ^b
3 月 (春)	317 ± 8 ^b	492 ± 81 ^b	532 ± 98 ^b

※平均値±標準偏差 ※異符号間に有意差有り P<0.05(Tukey-Kramer)

※12月・3月播種は2番草時で冠部被度80%がヒエ・メヒシバ、3番草時はオーチャードグラスがわずかに残るのみ

表5 越冬後個体数 単位:個体/m²

播種期	1 番草
9 月 (秋)	29.9 ± 17.4 ^a
12 月 (フrost)	1.8 ± 2.5 ^b
3 月 (春)	5.0 ± 3.4 ^b

※平均値±標準偏差 ※異符号間に有意差有り P<0.05(Tukey-Kramer)

12月播種は9月播種できなかった場合の代替措置としての播種期設定だが、図1のように令和5年の冬は平年より暖かい日が多く、2月には平均気温が10℃を超える日があり、オーチャードグラスの発芽がありその後の低温で枯死したものも見られた。フロストシーディングの春まきに対する利点は春作業と競合しない部分であるが、フロストシーディングが行われている北海道東部などと異なり、暖冬の場合、冬期に発芽するリスクがあるため播種量を増やすなどの対策が必要と考えられた。

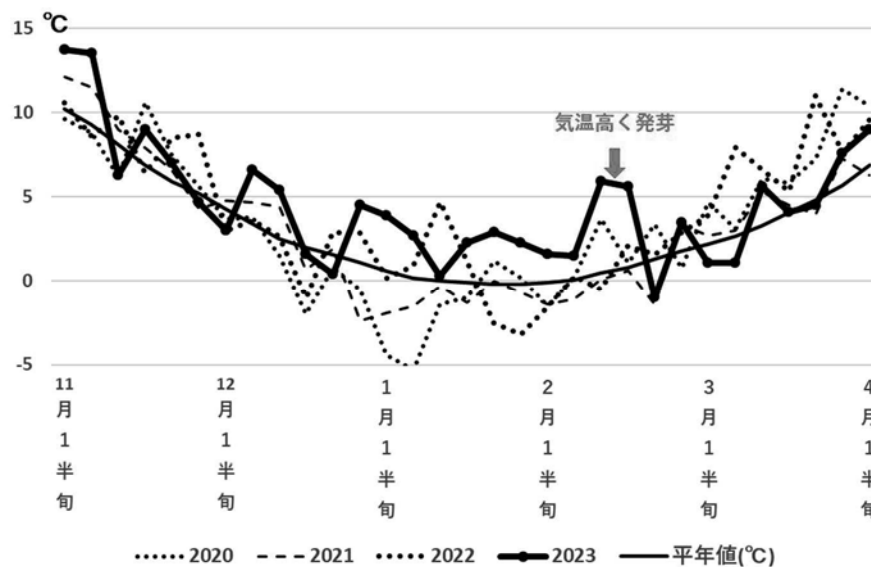


図-1 冬期の半月別平均気温推移 (アメダス古川)

(2) 8号圃場

12月播種、3月播種ともに発芽が早いペレニアルライグラスの初期生育が良かったが、ハコベ、オオイヌノフグリなどに被圧されたほか、自然に落ちた種由来のイタリアンライグラスが優勢となり、5月の1番草刈り取り後には9月播種のオーチャードグラス以外は播種条が判別できなくなった。

表6 8号圃場の状況

播種期	4月11日	5月1日	1番草後
9月(オーチャードグラス)	草丈平均20cm程度	出穂始(イタリアンライグラス優勢)	播種条判別
12月(オーチャードグラス)	1葉～5葉までバラツキ	広葉雑草(イタリアンライグラス)に被陰	播種条判別できず
3月(オーチャードグラス)	発芽あり 1葉期	広葉雑草(イタリアンライグラス)に被陰	播種条判別できず
12月(ペレニアルライグラス)	1葉～5葉までバラツキ	イタリアンライグラスと判別できず	播種条判別できず
3月(ペレニアルライグラス)	発芽あり 1葉期	イタリアンライグラスと判別できず	播種条判別できず

(3) 岩出山牧場2牧区

表土の見える部分ではペレニアルライグラスが順調に生育した。生育量は12月播種が多かった。オーチャードグラスは発芽が確認できなかった。ケンタッキーブルーグラスや白クローバー等地下茎やほふく茎で広がる牧草内に作溝播種された部分ではペレニアルライグラスはほとんど生育しなかった。岩出山牧場2牧区ではイタリアンライグラスはほとんど見られなかった。

表7 岩出山牧場でのペレニアルライグラス生育状況

播種期	5月22日	6月7日(採草収穫後)	
	草丈(cm)	茎数(本/m ²)	出穂茎数(本/m ²)
12月(7月播)	42.4 ± 3.8	208 ± 34	106 ± 40 ^a
3月(春)	31.7 ± 9.6	153 ± 45	12 ± 11 ^b

※平均値±標準偏差 ※異符号間に有意差有り P<0.05(t検定)

2) ワルナスビ防除試験

塩素酸塩処理により、ワルナスビが萎縮する、生育が止まるなどが見られたが地上部が完全に枯れることはなかった。グリホサート処理では地上部が完全に枯死したが程なく新しい茎が発生した。9月5日時点で塩素酸塩1回処理、グリホサート2回処理でワルナスビの茎数、草丈に差がなかった。塩素酸塩処理区の葉色が黒ずむ、グリホサート処理区が開花している状況が見られた。イタリアンライグラスは10月の播種以降順調に発芽生育した。

表 8 除草剤散布前(6/6)の処理区の状況

区分	茎数 (本/m ²)	草丈 (cm)	状況
塩素酸塩処理区	16.3 ± 4.8	63.2 ± 8.6	開花始
グリホサート処理区	19.7 ± 1.2	66.6 ± 8.6	開花始

※平均値±標準偏差 ※異符号間に有意差有り P<0.05(t 検定)

表 9 9月上旬(9/5)の処理区の状況

区分	茎数 (本/m ²)	草丈 (cm)	状況
塩素酸塩処理区	15.7 ± 3.3	50.4 ± 12.0	葉色黒ずむ
グリホサート処理区	16.7 ± 1.4	58.6 ± 4.4	開花

※平均値±標準偏差 ※異符号間に有意差有り P<0.05(t 検定)

4 要約

12月播種（フロストシーディング）を9月播種（通常播種）、3月播種と比較したところ、3月播種と同等な成績であった。しかし、温暖化が懸念される状況では暖冬の場合、冬期に発芽するリスクも増えると予想された。フロストシーディング、3月播種ともにオーチャードグラスは夏期の高温とヒエ等の被陰によりうまく越夏できなかった。播種翌年の越夏対策を検討する必要がある。

ワルナスビは塩素酸塩粒剤を散布しても地上部は枯死しなかったが、9月上旬の茎数、草丈はグリホサート2回散布した場合と同等であった。イタリアンライグラスの発芽、生育に影響は見られなかった。

5 参考文献

なし

6 協力研究機関

特になし

除染後の牧草地における草地管理技術の確立

1) 除染草地における超過要因解析と対策技術の開発

担当：天野祐敏、杉本達郎

1 はじめに

宮城県内の牧草地において、平成 26 年度の除染後牧草の放射性物質検査では、肉用牛の放射性セシウム（以下 RCs）暫定許容値 100 ベクレルに対して 5ha、酪農の自主基準値（50 ベクレル）に対して 40ha が超過しているため、土壌中 RCs 濃度の高い地域や作土層が薄いほ場で効果的な除染技術を確立する。

また、暫定許容値を下回ったほ場においても、牧草中カリ濃度の過剰な上昇を引き起こさないカリ施肥による RCs 吸収抑制対策を確立するための試験を行った。

2 試験方法

1) 令和 4 年度造成した試験ほ場の土壌中カリウム含量が高かったため、試験区全体を 1 年間カリ無施肥で管理し、ゼオライトの施用効果を検証する。

(1) 場所：県内公共牧場（2022 年暫定許容値超過草地 102Bq/kg）

播種日：令和 4 年 9 月 26 日 草種：オーチャードグラス（まきばたろう）

土壌改良資材・施肥：苦土石灰 111kg/10a、粒状ようりん 56kg/10a

草地化成 121 133 kg/10a (N13.3kg、P26.7kg、K13.3kg)

追播：令和 6 年 4 月 8 日

エン麦（スーパーはやて）8kg/10a 不耕起播種による条播

オーチャードグラス（まきばたろう）4kg/10a 散播

(2) 試験区の構成：5 水準×1 区 9 m²(3×3m)×3 反復（表 1）

表 1 区の構成と施肥量 (kg/10a)

区分	令和 5 年							令和 6 年						
	春肥				追肥 (1, 2 番草後)			春肥		追肥 (1 番草後)			追肥 (2, 3 番草後)	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	K ₂ O (珪酸)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	N (尿素)	N (LP)	P ₂ O ₅	N (LP)	P ₂ O ₅
無施肥								10	10	4.6	4.2	1.8	8.4	3.6
標準	10	5	10		10	5	10	10	10	10	4.6	4.2	1.8	8.4
珪酸カリ	10	5	10	20				10	10	10	4.6	4.2	1.8	8.4
ゼオライト添加	10	5	10	20				10	10	10	4.6	4.2	1.8	8.4
ゼオライト混和	10	5	10	20				10	10	10	4.6	4.2	1.8	8.4

※ゼオライト添加区・混和区はゼオライトを R 4 秋播種時に施用

※早春施肥（4/6）標準区のみ刈取毎に追肥

(3) 施肥日：早春：4/8、1 回目調査後：6/17、2 回目調査後：8/6、3 回目調査後：9/24

(4) 調査日：1 回目：6/17、2 回目：8/6、3 回目：9/24

(5) 調査項目：牧草（収量、¹³⁷Cs、Ca、Mg、K）

土壌（¹³⁷Cs、CaO、MgO、K₂O）

(6) 試料の採取及び調製

牧草は 5 月から 9 月の期間に 1 番草から 3 番草まで収穫し、通風乾燥したものを

粉碎し分析に用いた。土壌は牧草収穫後に各区3カ所ずつから深度0～15cmで採取し、風乾後に粉碎し、2mmのふるいでルートマットや石を除去して分析試料とした。

(7) 試料分析

牧草及び土壌はゲルマニウム半導体検出器により測定した。134Csは減衰期が短く、検出しないものもあるため、137Csのみ採用とした。測定値は各試料の採取日に減衰補正した。

ミネラルについては、土壌は1M酢酸アンモニウムで抽出し、牧草は1%塩酸で抽出したものを原子吸光法で測定した。

3 結果および考察

1) 土壌中交換性カリ含量

全ての区でカリを施肥しなかったことにより、2番草収穫時点で土壌中の交換性カリは全ての区で40mg/100g乾土以下となり、3番草収穫時点では大部分が20mg/100g乾土以下となった。1番草収穫時点まではゼオライト混和区が高い値を保っていた(図1、表2)。

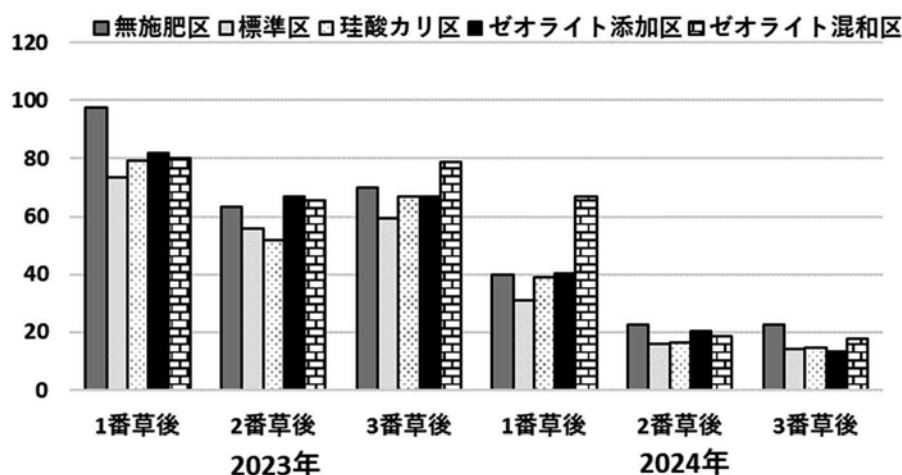


図-1 各処理区の土壌中交換性カリウム濃度の推移

表2 土壌及び牧草中のカリウムの状況

区分	土壌中 K ₂ O (mg/100g 乾土)				牧草中 K 含量 (DM%)		
	春肥前(4月)	1番草後	2番草後	3番草後	1番草	2番草	3番草
無施肥区	62.1±19.7	40.0±5.4 ^{ab}	22.5±3.8	22.7±9.0	2.98±0.14	3.23±0.18	3.13±0.14 ^a
標準区	56.7±3.5	31.2±2.7 ^a	15.7±1.2	14.2±1.5	2.76±0.15	2.90±0.03	2.74±0.01 ^b
珪酸カリ区	54.0±9.7	39.1±13.3 ^a	16.6±2.5	14.6±1.1	2.77±0.03	2.96±0.18	2.81±0.07 ^b
ゼオライト添加区	67.5±9.9	40.4±7.2 ^{ab}	20.3±2.2	13.2±2.3	2.80±0.02	2.96±0.07	2.98±0.11 ^{ab}
ゼオライト混和区	74.0±11.2	66.8±15.8 ^b	18.7±4.1	17.7±3.1	2.88±0.10	2.96±0.17	2.93±0.11 ^{ab}

※平均値±標準偏差 異符号間(同一列内)に有意差有り P<0.05(Tukey-Kramer) n=3

2) 牧草及び土壌中の放射性セシウム

牧草中の放射性セシウムは番草毎、土壌中の交換性カリが低下するのに伴い全体として上昇した。ゼオライト添加区、混和区とも1・2番草では放射性セシウムが他の処理区より低く推移したが3番草では混和区で高い値となった。移行係数についても3番草ではゼオライト混和区が最も高い値となり、ゼオライト施用の効果は判然としなかった(図2・3、表3)。

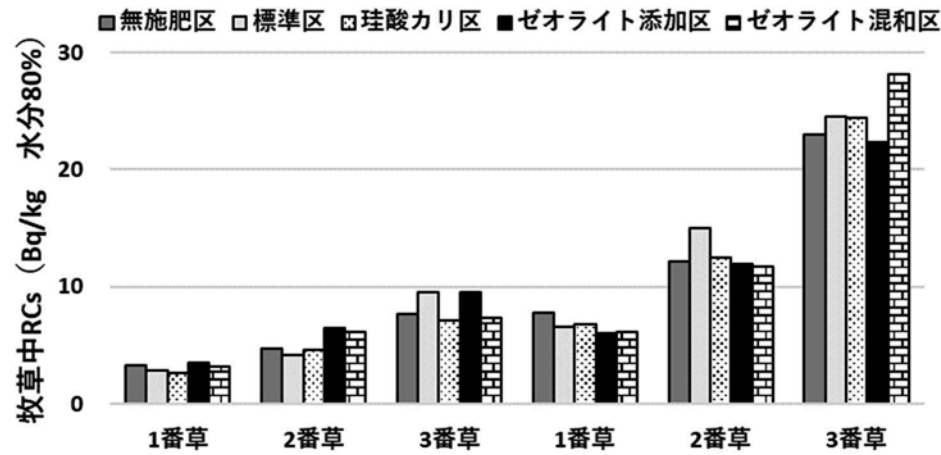


図-2 各処理区の牧草中の放射性セシウムの推移

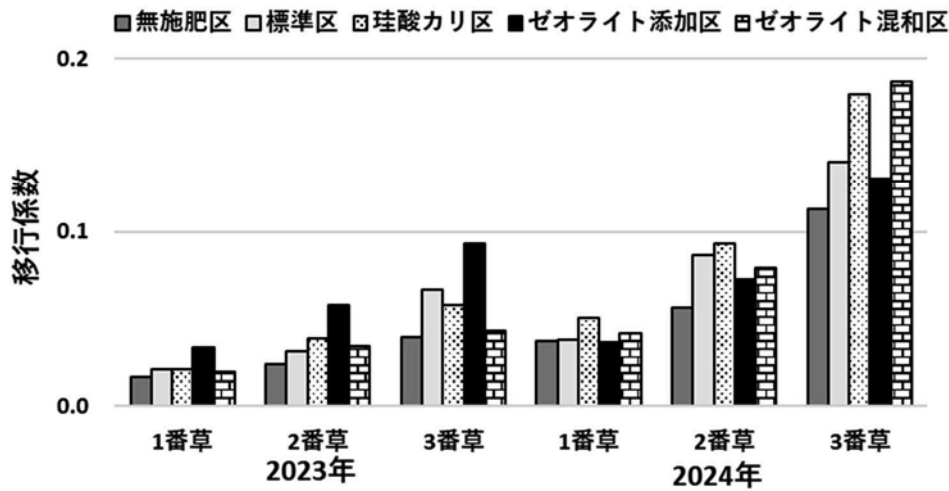


図-3 各処理区の移行係数の推移

表 3 放射性セシウム濃度と移行係数

区分	牧草中 RCs (Bq/kg 水分 80%)			土壌中 RCs (Bq/kg 乾土)	移行係数 (牧草水分 80%乾土)		
	1 番草	2 番草	3 番草	3 番草後	1 番草	2 番草	3 番草
無施肥区	7.8±1.1	12.1±4.8	23.0±7.5	217.5±43.1	0.037±0.012	0.056±0.018	0.113±0.059
標準区	6.6±0.6	15.0±2.0	24.5±7.6	174.0± 6.2	0.038±0.004	0.086±0.008	0.140±0.039
珪酸カリ区	6.8±1.6	12.5±0.9	24.4±2.8	135.8±11.1	0.050±0.013	0.093±0.013	0.180±0.009
ゼオライト添加区	6.0±1.4	11.9±3.4	22.3±3.7	185.5±78.1	0.037±0.015	0.072±0.030	0.131±0.038 ^b
ゼオライト混和区	6.2±1.7	11.7±3.7	28.2±9.6	148.8±28.8	0.041±0.004	0.079±0.020	0.187±0.039

※平均値±標準偏差 異符号間（同一列内）に有意差有り P<0.05 (Tukey-Kramer) n=3 ※RCs=137Cs

3) 牧草のテタニー比

牧草のテタニー比はカリウム無施肥だったこともあり、全区で 2.2 以下となった。
(表 4)

表 4 牧草中カルシウム・マグネシウム及びテタニー比

区分	牧草中 Ca 含量 (DM%)			牧草中 Mg 含量 (DM%)			牧草テタニー比		
	1 番草	2 番草	3 番草	1 番草	2 番草	3 番草	1 番草	2 番草	3 番草
無施肥区	0.57±0.10	0.57±0.06	0.59±0.01	0.23±0.01	0.29±0.01	0.33±0.04	1.63±0.23	1.59±0.04	1.42±0.04
標準区	0.39±0.06	0.53±0.03	0.53±0.03	0.21±0.02	0.30±0.00	0.33±0.03	1.94±0.13	1.46±0.06	1.32±0.09
珪酸カリ区	0.49±0.07	0.61±0.04	0.59±0.03	0.22±0.02	0.29±0.01	0.36±0.03	1.70±0.19	1.36±0.07	1.22±0.04
ゼオライト添加区	0.50±0.12	0.57±0.08	0.56±0.08	0.21±0.02	0.29±0.01	0.32±0.02	1.74±0.34	1.47±0.17	1.42±0.17
ゼオライト混和区	0.50±0.09	0.63±0.06	0.62±0.06	0.22±0.02	0.29±0.01	0.34±0.01	1.73±0.29	1.37±0.14	1.27±0.11

※平均値±標準偏差 異符号間（同一列内）に有意差有り P<0.05(Tukey-Kramer) n=3s

4) 土壌の CEC

土壌の CEC は区間にゼオライト有意な差はなかったが、ゼオライト添加区、ゼオライト混和区の平均値は他区より高かった。

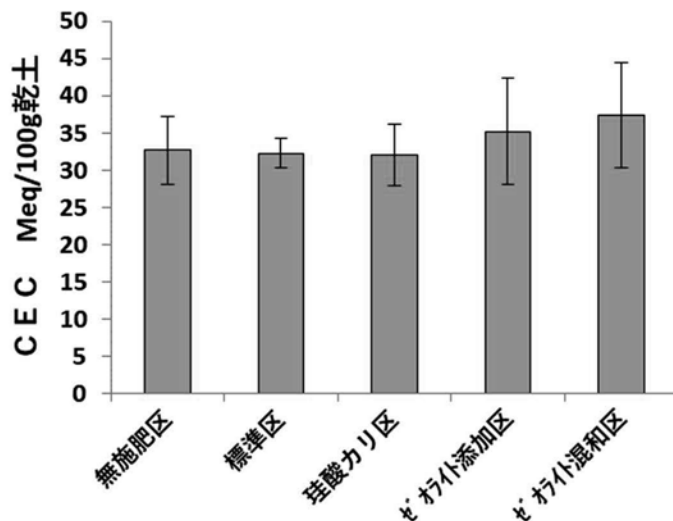


図-4 2 番草後土壌の C E C (エラーバーは標準偏差)

5) 乾物収量とカリウム持出量

乾物収量、カリウム持出量に区間の差はなかった (表 5)。

表 5 乾物収量とカリウム持出量

区分	乾物収量(kg/10a)				K 持ち出し量(kg/10a)			
	1 番草	2 番草	3 番草	年計	1 番草	2 番草	3 番草	年計
無施肥区	475.8± 7.7	282.3±21.2	212.4± 6.9	970.5±27.2	14.2±0.8	9.1±1.2	6.6±0.2	29.9±1.8
標準区	550.0±29.4	290.3±46.4	193.4±25.4	1033.7±81.7	15.2±1.5	8.4±1.4	5.3±0.7	28.9±2.7
珪酸カリ区	540.9±23.0	287.5±28.4	197.6± 6.2	1026.1±42.8	15.0±0.5	8.5±0.4	5.6±0.1	29.0±0.8
ゼオライト添加区	502.8±18.1	280.7±37.0	233.7±16.6	1017.2±70.4	14.1±0.5	8.3±1.0	7.0±0.2	29.3±1.7
ゼオライト混和区	489.0±47.8	276.0±27.1	199.3±14.6	964.3±62.0	14.0±0.9	8.2±1.1	5.8±0.5	28.0±1.2

※平均値±標準偏差 異符号間（同一列内）に有意差有り P<0.05(Tukey-Kramer) n=3

4 要約

試験区全体を 1 年間カリウム無施肥で管理した結果、土壤中カリウム含量は低下し、牧草中の放射性セシウム濃度は高まった。ゼオライト混和区では 1 番草後まで土壤中カリウム含量が高かったが 2 番草後大きく低下した。ゼオライトの効果は今年度の結果からは判然としなかった。

5 参考文献

なし

6 協力研究機関

農研機構畜産研究部門

除染後の牧草地における草地管理技術の確立

2) 除染後牧草地の維持管理技術の確立

担当：荒木利幸、伊藤裕之、天野祐敏、杉本達郎、佐藤俊益

1 はじめに

平成 23 年東日本大震災に係る原発事故の影響で、暫定許容値を超える放射性セシウム（以下 RCs）が牧草から検出され、県内ほぼ全域で牧草の給与自粛となった。

給与自粛解除に向けて、除染（草地更新）作業を実施したが、暫定許容値越えの牧草が散見された。超過要因分析を行った結果、95%が土壌中のカリ不足と低 pH（80%）であった。現在、県内すべての牧草地で除染作業が終了し、利用再開されている。

しかし、適切な肥培管理を行い、暫定許容値を超過しないように維持管理が必要となるが、労力やコストの面から牧草地の肥培管理がおろそかになり、年数が経過することで土壌中カリ濃度が低下している牧草地も散見される。

肥培管理の違いによる牧草や土壌中カリ濃度などの経年変化を把握するための場内試験を行ってきたが、今年度から牧草の暫定許容値超過が散見している地域の牧草地における現地実証試験で、施肥管理の違いによる牧草中 RCs 濃度や土壌中カリ濃度の経年変化を把握するための試験を行った。

2 試験方法

- 1) 試験期間：令和 5 年 11 月～令和 6 年 9 月
- 2) 試験実施場所 牧草の暫定許容値超過散見している地域の放牧採草地
- 3) 試験区の構成：4 設定×1 区 25 m² (5.0×5.0m)×3 反復
- 4) 供試品種：オーチャードグラス 3 kg/10a（平成 24 年秋播種）
- 5) 施肥：表 1 のとおり（施肥日：R5.11.2、早春：4/8、1 回目調査後：5/27、2 回目調査後：7/16）

表 1 R5 年度試験区別施肥量（慣行区以外は各区のカリ乾物施肥量を同等量に設定）

区名	肥料名	施肥量（現物 kg/10a）				年間施肥量（乾物 kg/10a）			
		晩秋	早春	1 回目 調査後	2 回目 調査後	合計	窒素	リン酸	カリ
A 堆肥区	くりこまゆうゆう	2,000	0	0	0	2,000	21.0	51.0	36.0
B 化成区	化成 14-14-14	0	128	64	64	256	35.8	35.8	35.8
C カリ区	塩化カリ	0	30	15	15	60	0.0	0.0	36.0
D 無施肥区	無施肥	-	-	-	-	-	-	-	-

※堆肥の成分（乾物%）水分：50.0%、T-N：2.1%、P₂O₅：5.1%、K₂O：3.6%で設定

6) 調査項目

牧草：収量、草丈、RCs 濃度、全窒素、リン酸、ミネラル（Ca・Mg・K）

土壌：RCs 濃度、pH、EC、全窒素、リン酸、ミネラル（Ca・Mg・K）

7) 試料の採取および調製

牧草は各収穫調査（1 回目：5/17、2 回目：7/14、3 回目：9/22）後に通風乾燥したものを粉碎し、分析に用いた。土壌は牧草収穫直後に各区 2 カ所（最終番草は RCs 分

析のため各区 5 カ所) から深土 0～15cm で採取し、風乾後に粉碎し、2mm のふるいでルートマットを除去して分析試料とした。

8) 試料分析

RCs 濃度はゲルマニウム半導体検出器、全窒素はケルダール法、リン酸は牧草をバナドモリブデン酸比色法、土壌をトリオグ比色法で測定。

ミネラルは土壌を 1M 酢酸アンモニウム、牧草を 1%塩酸で抽出し、原子吸光法で測定した。

土壌の pH・EC は試料 1+蒸留水 5 の割合の抽出液で連続測定した。

3 結果および考察

1) 管理の違いによる牧草の生育状況の変化について

植物への窒素の役割は主に葉や茎を大きく育てる時に必要で、調査時の牧草の生育は窒素の施用量が多い順に化成区、堆肥区の順に多収であった(表 2)。

表 2 収穫調査時草丈および収量(n=3)

区名	草丈(cm)			乾物収量(kg/10a)			
	1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目	計
A 堆肥区	85.8b	72.1b	72.5ab	444b	326ab	276ab	1,046b
B 化成区	94.2b	84.9b	80.7b	534b	426b	294b	1,254c
C カリ区	67.3a	55.2a	73.3ab	206a	272a	227a	705a
D 無施肥区	59.7a	55.4a	65.5a	248a	246a	268ab	762a

※Tukey の多重比較(n=3)をし、異符号間で有意差あり P<0.05

2) 管理の違いによる牧草および土壌中の RCs 濃度の変化について

RCs 濃度は各設定内で土壌・牧草ともバラツキが見られ、牧草中の RCs 濃度は無施肥区の牧草中 RCs 濃度は無施肥区の 1・3 回目調査で 18Bq/kg(水分 80%補正)の区もあったが、その他は 10Bq/kg 程度だった(表 3)。

表 3 収穫時の牧草および土壌中の放射性物質濃度(Cs137)(n=3)

	牧草中 RCs137 (Bq/kg・水分 80%補正)			土壌中 RCs137 (Bq/kg 乾土)				移行係数 (各回牧草中(水分 80%補正)/平均土壌中(乾土))		
	1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目	平均	1 回目	2 回目	3 回目
A 堆肥区	4.9a	6.7	11.3ab	100.2	40.6	92.8	77.8	0.07	0.10	0.17
B 化成区	5.3ab	11.0	7.7ab	130.7	124.8	65.8	107.1	0.06	0.18	0.12
C カリ区	5.3ab	4.5	5.4a	65.9	63.5	46.3	58.6	0.10	0.08	0.09
D 無施肥区	12.7b	10.4	13.7b	222.9	92.2	26.8	114.0	0.16	0.14	0.18

※Tukey の多重比較(n=3)をし、異符号間で有意差あり P<0.05

3) 管理の違いによる土壌および牧草成分の変化について

カリ濃度も各設定区内でバラツキはあったが、堆肥区の施肥量を昨年度の 10a あたり 1 トンから 2 トンに増やしたためか、土壌中のカリ濃度が 3 回目調査で 26mg/100g 乾土と無施肥区の 35mg より低くなり、牧草中の RCs 濃度も 3 回目は 13Bq/kg と少し高くなった。次年度も同様の施肥を行い、堆肥施肥の影響によるものかサンプリング等の誤差によるものかの確認が必要。

牧草は 1～3 回目調査で乾物あたり 4%程度のカリが含まれていた。

収量が多い化成区・堆肥区で牧草収穫によるカリの持出量も増え、カリ収支では無施肥区<化成区<堆肥区の順になった。

今後特に無施肥区・化成区で土壌中カリ濃度が減少し、牧草中の RCs が増加しないか推移を確認する必要がある(表 4・5)。

表 4 収穫時の土壌成分について (n=3)

区名	pH			EC (mS/cm)			CEC (meq/100g 乾土)		
	1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目
A 堆肥区	5.5	5.8b	5.9b	69.5b	45.4a	42.2a	13.2	14.1	14.6
B 化成区	5.3	5.4a	5.3a	71.9b	81.4b	64.6b	14.0	15.7	14.6
C カリ区	5.5	5.4a	5.3a	55.9ab	41.6a	37.8a	13.5	14.5	15.9
D 無施肥区	5.8	5.4a	5.3a	46.9a	36.4a	30.6a	14.3	16.0	14.7

区名	T-N (mg/100g 乾土)			P ₂ O ₅ (mg/100g 乾土)			K ₂ O (mg/100g 乾土)		
	1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目
A 堆肥区	190.4	124.1	110.1	17.1b	8.1	5.3	66.0	28.2	26.4
B 化成区	152.3	145.3	84.5	9.1a	8.8	6.9	41.1	32.3	45.9
C カリ区	139.1	108.1	102.2	9.0a	4.7	5.7	47.9	22.8	45.6
D 無施肥区	178.7	126.7	89.8	8.7a	7.3	3.5	38.6	15.8	34.9

区名	CaO (mg/100g 乾土)			MgO (mg/100g 乾土)		
	1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目
A 堆肥区	126.7	99.7	84.9	29.8b	18.9	13.5
B 化成区	73.2	85.2	50.5	20.6ab	16.1	9.2
C カリ区	74.3	73.6	69.5	15.6a	13.1	10.7
D 無施肥区	53.6	103.9	58.8	17.2a	17.1	9.9

※Tukey の多重比較 (n=3) をし、異符号間で有意差あり P<0.05

表 5 収穫時の牧草の成分等について (n=3)

区名	T-N (乾物%)			P ₂ O ₅ (乾物%)			K ₂ O (乾物%)		
	1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目
A 堆肥区	2.00	2.35	3.21	0.79b	1.03b	1.14	3.92bc	3.88ab	3.77b
B 化成区	2.30	2.23	2.84	0.84b	0.89a	0.97	4.25c	3.90ab	3.63ab
C カリ区	1.81	2.38	3.14	0.67a	0.87a	0.99	3.82b	4.04b	3.86b
D 無施肥区	1.78	2.50	3.01	0.67a	0.90a	1.01	3.34a	3.52a	3.47a

区名	CaO (乾物%)			MgO (乾物%)			テタニー比 (K/(Ca+Mg))		
	1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目
A 堆肥区	0.56ab	1.19b	1.02b	0.39	0.55c	0.27b	1.84ab	0.96a	1.09a
B 化成区	0.28a	0.57a	0.51a	0.31	0.37a	0.38a	2.80b	1.71b	1.65b
C カリ区	0.58ab	1.24b	0.89b	0.30	0.43b	0.38ab	1.84ab	1.06a	1.30ab
D 無施肥区	0.68b	1.38b	1.02b	0.33	0.51c	0.45ab	1.40a	0.82a	1.04a

区名	カリ収支 (kg/10a)					
	吸収 1 回目	吸収 2 回目	吸収 3 回目	年間 吸収量 A	年間 施肥量 B	収支 C=B-A
A 堆肥区	17.5b	12.6b	10.4	40.5b	36.0c	▲4.5b
B 化成区	22.6c	16.6c	10.7	49.9c	35.8b	▲14.1a
C カリ区	7.9a	11.0ab	8.8	27.6a	36.0c	8.4c
D 無施肥区	8.3a	8.6a	9.3	26.2a	0.0a	▲26.2ab

※Tukey の多重比較 (n=3) をし、異符号間で有意差あり P<0.05

4 要約

各区でバラツキがあったが、収量が多い化成区で牧草収穫によるカリの持出量も増え、カリ収支では無施肥区<化成区<堆肥区の順となった。堆肥区の施肥量を昨年度の 10a

あたり 1 トンから 2 トンに増やしたためか、土壌中のカリ濃度で堆肥区が無施肥区より低くなり、牧草中の RCs 濃度も 3 回目は 13Bq/kg と少し高くなった。

5 参考文献

なし

6 協力関係機関等

なし

堆肥の利用拡大に向けた「特殊肥料等入り指定混合肥料」の製造及び利用方法の検討

担当：荒木利幸、伊藤裕之

1 はじめに

土づくりや化学肥料使用量低減のため家畜由来堆肥の利用促進が必要であるが、耕種農家は「堆肥と施肥の2回散布」「堆肥の容積が大きく保管性・運搬性が劣る」「専用散布機が必要」「化学肥料より成分不安定」などの理由で堆肥利用を敬遠している。

平成24年の肥料取締法の改正で堆肥と硫酸等の化学肥料を配合できる「混合堆肥複合肥料」の製造が可能となり、生産量が年々増加したが、堆肥の配合割合・炭素窒素比・製造工程（造粒・成型と加熱乾燥）などの制限があり、全国的な普及には至っていない。

令和元年の肥料制度の見直しで、農業者のニーズに柔軟に対応した肥料生産が進むように、堆肥の含水率50%以下という条件はあるものの配合割合や炭素窒素比の規定がなく、加熱乾燥が不要で特別な施設をもたない畜産農家も製造可能な「特殊肥料入り指定混合肥料」として堆肥と化学肥料の配合が可能になった。

堆肥の利用促進に向け、令和元年度の肥料制度の見直しで新設された「特殊肥料入り指定混合肥料」の普及拡大を図るため、堆肥と化学肥料の配合内容や加工・製造工程等について検討を行った。

2 試験方法

1) 堆肥と化学肥料の配合内容の検討による肥料の試作（堆肥の割合や緩効性肥料の利用検討）

(1) 原料・配合割合：表1のとおり

(2) 調査項目

製品化率 機械調整時ロスを除く投入原材料重量のうち乾燥・放冷後に2mmのふるいを通過しない製品重量

製品含水率 乾燥機で135℃、2時間乾燥させた水分

容積重 容積測定後の約1Lの容器に入るペレット化肥料の重量

保管状況 チャック付きポリエチレン袋にペレット堆肥を約200g程度入れ、実験室内で1～6か月保管した後の製品維持率

2) 散布しやすい加工・製造工程の検討（設備投資を抑えるため旧制度の条件であった造粒・成形・加熱乾燥をしない攪拌混合程度の加工による混合肥料を試作）

(1) 原料・配合割合：表1のとおり。

(2) 加工・製造工程

ア ペレット：混合→造粒（櫛垣内製ツインダイス式、造粒径φ6mm）→乾燥（90℃・10分）→放冷

イ 混合のみ：攪拌機で3分間程度混合（場内の小型ミキサー）

(3) 調査項目

製品化率・製品含水率・容積重：1)－(2)と同じ

保管中の成分変化：チャック付きポリエチレン袋に混合肥料を約 200g 程度入れ、実験室内で 1～6 か月保管した後の水分、pH、EC、全窒素(ケルダール法)測定

土壌埋設による肥料溶出状況：肥料 8g と土 25g を不織布袋に入れ、前半 2 か月は 1～2 週間毎、その後は 1～2 か月毎に毎回 2～3 袋掘出し、全窒素(ケルダール法)等を測定

表 1 混合肥料の配合割合

加工法	区名	配合割合(現物%)				設計成分(乾物%)			
		原料 堆肥	緩効性 化学肥料	速効性 化学肥料	計	水分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
A 混合ペレット区※ ¹	ペレット	85.3	14.7	—	100	25.0	8.4	2.9	5.4
B エコ堆くん(肥料入り)※ ²	簡易加工	98.0	1.0	1.0	100	26.1	3.0	4.3	4.7

※1:堆肥はもとよし有機(もとよし有機センターの牛ふん主体堆肥)、緩効性化学肥料はハイパーCDU 細粒 5 を使用

※2:堆肥:エコ堆くん(加美町土づくりセンターの牛ふん主体堆肥)、緩効性化学肥料:麦パンチ青(セントラル化成㈱)、速効性化学肥料:尿素、JA 加美よつばで R6 春から予約制で試験販売(フレコン 500kg 袋のみ、1 袋 5,000 円(税込))

3) 試作肥料の植物生育試験による肥効の検討

- (1) 試験設計 ブロッコリーの栽培期間中の合計窒素施肥量が同等になるように、混合肥料の配合内容や追肥回数を変えて省力化について調査
- (2) 試験規模 畜産試験場 3-2 圃場 7.8 平米/区×3 反復(条間 70cm×株間 40cm)
- (3) 施肥量 表 2 のとおり窒素換算で約 22 乾物 kgN/10a を施肥
- (4) 供試品種 ブロッコリー サマードーム(サカタ)
- (5) 耕種概要 播種:4 月 5 日、定植:4 月 30 日、収穫:7 月 10 日
施肥:基肥 4 月 30 日、追肥 5 月 14 日及び 6 月 6 日
- (6) 調査項目 草高・最大葉長の推移(定植後から週 1 回)、収穫時の可食収量等

表 2 ブロッコリー栽培試験の施肥量

区名 (施肥回数)	使用肥料名 (窒素-リン酸-加里%)	施用量(現物, kg/10a) (施肥窒素量(乾物 kgN/10a))			
		基肥	追肥 1	追肥 2	計
A 混合肥料一発区 (施肥 1 回)	エコ堆くん(肥料入り) (3.0-4.3-4.7)	1,000 (21.9)			1,000 (21.9)
B 混合肥料+追肥区 (計 3 回=基肥+追肥 2)	エコ堆くん(肥料入り) (3.0-4.3-4.7)	565.1 (12.0)			565.1 (12.0)
	燐硝安加里 S604 (16-10-14)		31.8 (5.0)	31.8 (5.0)	63.5 (10.0)
	MMB 燐加安 14 号 (14-14-14)	85.7 (12.0)			85.7 (12.0)
C 慣行区 (計 3 回=基肥+追肥 2)	燐硝安加里 S604 (16-10-14)		31.8 (5.0)	31.8 (5.0)	63.5 (10.0)

4) 労働費を含めた新肥料導入によるコストの検討

- (1) 慣行栽培とのブロッコリー栽培試験における肥料費の比較

2-3) のブロッコリーの栽培試験で使用した肥料費(散布料別の肥料価格)を令和 6 年秋の農協店頭価格から試算し、慣行栽培と混合肥料の肥料価格を比較。

- (2) 慣行栽培とのブロッコリー栽培試験における化学肥料施肥量の比較

2－3) のブロッコリーの栽培試験で使用した施肥量から堆肥を除いた化学肥料由来の施肥量を試算し、慣行栽培と化学肥料施肥量について比較した。

3 結果および考察

1) 堆肥と化学肥料の配合内容の検討による肥料の試作

堆肥割合 90%以上のペレット肥料(肥料 A)は、製品化率が 87%、保管 6 か月後の維持率は 99%と高い結果となった(表 3)。

表 3 ペレット混合肥料の加工後の変化及び保存性

区名	製品 化率 (%)	水分(%)		容積重(kg/L)			ペレット維持率(%)		
		原料 堆肥	製品	原料 堆肥 A	製品 B	減容率 C=A/B	2 月後	4 月後	6 月後
混合ペレット区	87.0	31.9	26.0	0.37	0.64	57%	99.9	99.9	99.8

※製品化率=製品重量(乾燥・放冷後に 2mm のふるいを通過しない重量)/投入原材料合計重量

※ペレット維持率: 試料中 2mm のふるいを通過しない重量割合

2) 散布しやすい加工・製造工程の検討

堆肥と化学肥料を混合させ保管しておくとき保管中に肥料成分が溶出して、肥料の成分が変化することを懸念されるので、混合肥料 B(エコ堆くん(肥料入り))をポリエチレン袋に約 200g 程度入れ(各 2 反復)、実験室内で 6 カ月保存し、成分の変化を確認したところ、保管 6 か月後の窒素は試験開始時の 87%から 80%台中盤で推移し、保管中の大きな品質の劣化は見られなかった(図 1、表 4)。

肥料を土壌に埋設した際の窒素等成分の溶出状況を確認するため、肥料 8g と土 25g を不織布袋に入れ土壌中に 10 週間埋設し、溶出状況を確認したところ、混合肥料(エコ堆くん(肥料入り))は化学肥料(燐加安 14 号)に比べ緩やかに溶出した(図 2、表 5)

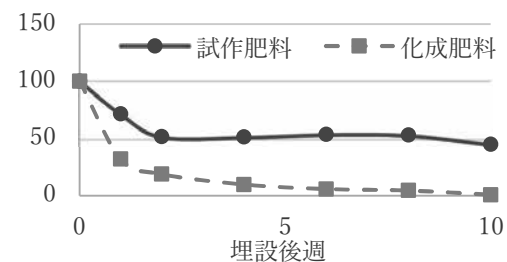
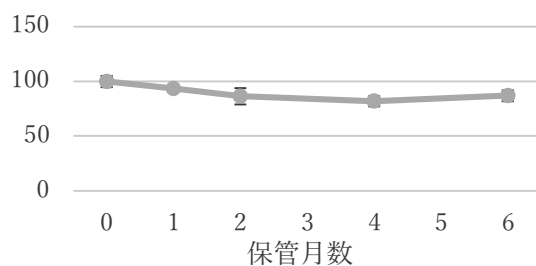


図 1 保管試験における保管期間中の全窒素の推移 図 2 溶出試験における全窒素の残存率(乾物%)

表 4 肥料保管試験における保管期間中の成分の変化

区名	水分(%)					全窒素(乾物%)				
	開始時	1 月後	2 月後	4 月後	6 月後	開始時	1 月後	2 月後	4 月後	6 月後
混合肥料 B	31.2	29.7	27.9	26.6	25.1	2.3	2.2	2. a	1.9	2.0
(エコ堆くん(肥料入り))	(100)	(95)	(89)	(85)	(80)	(100)	(94)	(86)	(82)	(87)

※上段は分析値、下段の()内は保管開始時を 100 とした場合の推移

表 5 肥料溶出試験における溶出後の窒素残存率(乾物%)の変化

	開始時	1 週後	2 週後	4 週後	6 週後	8 週後	10 週後
混合肥料 B(エコ堆くん(肥料入り))	100.0	71.6	51.7	51.2	53.6	52.9	45.0
化学肥料(燐加安 14 号)	100.0	32.1	18.7	9.7	5.7	4.4	0.7

3) 試作肥料の植物生育試験による肥効の検討

栽培期間中の合計窒素施肥量が同等になるように混合肥料の省力化について、ブロッコリーの栽培試験で確認したところ、混合肥料各区は慣行区と比較し草高等の推移や収穫調査時の可食収量等で同程度であった(表 6・7)

表 6 ブロッコリー栽培試験における草高・最大葉長・最大葉幅の推移(cm、n=10)

項目	区名	調査日 (定植後週)								
		1 週	2 週	3 週	4 週	5 週	6 週	7 週	8 週	9 週
草高	A 混合肥料一発区	6.0	8.1	15.7	17.8	29.7	42.0	53.6	57.4	65.5
	B 混合肥料+追肥区	6.5	7.9	15.1	17.6	29.0	41.8	56.3	60.2	69.0
	C 慣行区	5.9	8.8	14.8	18.6	31.9	44.5	58.0	59.6	70.3
最大葉長	A 混合肥料一発区	6.3	9.3	18.2	23.1	38.3	48.8	56.6	55.7	55.2
	B 混合肥料+追肥区	6.9	9.2	18.6	23.6	40.1	50.6	56.8	55.9	56.7
	C 慣行区	6.7	9.5	18.7	24.7	42.1	52.4	58.9	56.4	59.2
最大葉幅	A 混合肥料一発区	3.1	5.5	9.5	14.2	19.7	24.7	26.5	24.1	22.0
	B 混合肥料+追肥区	3.1	5.3	10.2	14.2	21.0	25.4	26.1	24.0	21.0
	C 慣行区	3.2	5.7	10.5	15.5	21.0	25.6	27.9	23.5	22.1

表 7 ブロッコリー収穫調査時における草高・可食収量等について(n=10)

区名	草高 (cm)	最大 葉長 (cm)	最大 葉幅 (cm)	平均 茎長 (cm)	平均 茎高 (cm)	平均 花蕾径 (cm)	可食収量	
							10a 当り kg/10a	1 個当り kg/個
A 混合肥料一発区	66.7	59.2	20.9	41.0	18.7	19.3	2,519	705.4
B 混合肥料+追肥区	69.3	57.9	22.4	42.3	24.0	21.1	2,959	828.6
C 慣行区	71.0	61.4	22.5	40.9	18.9	18.1	2,243	627.9

4) 労働費を含めた新肥料導入によるコストの検討

散布に関する作業時間は測定できなかったが、ブロッコリーの栽培試験の施肥量と各原料肥料の購入価格から 10a あたりの肥料費を試算したところ、A 混合肥料一発区は C 慣行区の 35%、B 混合肥料+追肥区は C 慣行区の 70%とコストが低減することが示唆された(表 8)。

表 8 ブロッコリー栽培試験における肥料費の比較

試験作目	試験区名	肥料費(税込・円/10a 散布料別)			慣行区比
		基肥	追肥	計	
ブロッコリー	A 混合肥料一発区	10,000	—	10,000	35%
	B 混合肥料+追肥区	5,651	14,542	20,193	70%
	C 慣行区	14,355	14,542	28,896	100%

ブロッコリーの栽培試験の 10a あたりの施肥量から堆肥を除いた化学肥料の 10a あたりの投入量の試算結果では、A 混合肥料一発区は C 慣行区の 13%、B 混合肥料+追肥区も 50%と、堆肥を活用した混合肥料で環境負荷が軽減することが示唆された(表 9)。

表 9 ブロッコリー栽培試験における化学肥料利用量の比較

試験作目	試験区名	化学肥料利用量(kg/10a)			慣行区比
		基肥	追肥	計	
ブロッコリー	A 混合肥料一発区	19.6	—	19.6	13%
	B 混合肥料+追肥区	11.1	63.5	74.6	50%
	C 慣行区	85.7	63.5	149.2	100%

4 要約

簡易加工の混合肥料の窒素成分の変化を確認したところ、保管 6 か月後まで 90%近く、土壌埋設後 10 週まで 50%程度で推移した。混合肥料の省力化について、ブロッコリーの栽培試験で一発区は慣行区と同程度の収量が得られ、肥料代や化学肥料利用量が低減することが示唆された。

5 参考文献

なし

6 協力関係機関等

- 1) 宮城県農業・園芸総合研究所
- 2) 宮城県古川農業試験場
- 3) 加美よつば農業協同組合
- 4) 一般社団法人 加美町畜産公社

第一部 単年度試験成績

Ⅲ その他（参考試験および調査）

肉用種雄牛の検定

1) 肉用種雄牛の産肉能力直接検定成績について

担当：高橋弘晃、佐々木孔亮、小宮亮太

1 はじめに

宮城県では、昭和46年から種雄牛候補選抜のための直接検定を実施してきた。この検定牛は、県指定牛である300頭の母牛に県基幹種雄牛等を計画交配し、生産した中から産子調査により選抜された雄子牛である。また、優良雌牛由来の受精卵移植により生産された雄子牛も同様に選抜対象としている。産子調査は年5回実施し、1回あたり1頭から6頭を導入する。回次毎に発育、飼料の利用性および体型を調査し、現場後代検定を実施する候補種雄牛として年間4頭を選抜する。

黒毛和種の増体速度および飼料効率などの形質は、一般に遺伝率が高く改良に有用なことが報告されている。本県の肉用牛改良においては発育速度を重要視しており、これらの形質の有効利用や子牛の期待育種価の利用、または優れた形質の遺伝情報などを利用し、効率的な種雄牛造成を行う必要性がある。

2 試験方法

1) 検定牛

直接検定は年間5回に分けて実施しており、令和5年度に開始し本年度終了したのが1回次（238回、頭）、また本年度開始したのが4回次（第239回から第242回、計11頭）である。

2) 検定場所および検定期間

検定場所は宮城県岩出山牧場直接検定牛舎で、和牛産肉能力直接検定法により実施した。検定期間は、3週間の予備飼育後、16週間（112日間）とした。

3) 飼料給与および管理方法

濃厚飼料は表1に示す直接検定用配合飼料を体重比1.0～1.3%を朝夕2回に分けて給与した。粗飼料はカットしたチモシーを不断給与した。管理はパドック付き牛舎で単飼とし、敷料にはバークを用いた。また、飲水は自由とした。

表1. 直接検定用配合飼料の原料成分割合(重量比%)

とうもろこし	とうもろこし 圧扁	ふすま	脱脂 米ぬか	大豆粕	アルファルファ メール	コーン GF	糖蜜	食塩	ミネラル	カルシウム 剤	ビタミン ADE 剤	CP	TDN
5.7	30.0	28.0	3.7	9.6	5.0	15.0	1.0	0.5	0.03	1.38	0.09	15.5	70

4) 調査項目

(1) 体重、体尺測定

体重は2週間隔及び開始後8週目に、体尺測定は4週間隔で10部位（体高、十字部高、体長、胸囲、胸幅、胸深、尻長、腰角幅、かん幅、座骨幅）を測定した。

(2) 体型審査

検定開始時、開始後8週目および終了時に、子牛判定基準により審査した。

(3) 飼料摂取状況

飼料摂取量は、濃厚飼料と粗飼料に区分して毎日記録し、これらの記録から余剰飼料摂取量を算出した。

3 結果および考察

検定成績の概要を表2に示すとともに、検定を終了したすべての牛の血統および成績を付表として示した。第238回から第242回の検定牛18頭の父牛別頭数は茂福久が12頭、安百合幸が2頭、洋糸波が1頭、勝美桜1が1頭、福之姫が1頭および美津照重が1頭であった。

本年度検定が終了した第238回から第242回検定牛18の検定成績について、1日当たりの平均増体重では、最大値が福響2の8の1.30kg/日、最小値が菊四郎の0.69kg/日であった。365日補正体重では、最大値が幸紀福の511.4kg、最小値が菊四郎の342.6kgであった。また、TDN余剰飼料摂取量は-49～14kg、粗飼料摂取率は51～53%を示していた。

検定成績および血統、期待育種価および発育状況を考慮し、表2のとおり選抜2頭、保留9頭および淘汰7頭と判定した。

なお、令和6年分として検定した第238回から福久勝（改名後：久勝聖）、百合福（改名後：由利福久）を選抜し、現場後代検定を実施した。

表2. 産肉能力直接検定成績

No.	回	検定期間		名 号	生年月日	血 統			1日平均 増体重 (kg/日)	365日 補正体重 (kg)	TDN 余剰飼料 摂取量 (kg)	粗飼料 摂取率 (%)	判 定
		開始	終了			父	母父	母母父					
1	238	R6.1.16	R6.5.7	上品5	R5.5.10	茂福久	勝洋	勝忠平	0.95	374.9	-30	51	淘汰
2	"	"	"	福響2の8	R5.5.10	洋糸波	安福久	第1花国	1.30	494.6	2	51	淘汰
3	"	"	"	岩5の9	R5.5.12	美津照重	茂洋	安福(岐阜)	1.24	430.0	-44	52	淘汰
4	"	"	"	福久勝	R5.5.25	茂福久	勝忠平	安福久	1.13	425.3	-34	51	選抜
5	"	"	"	百合福	R5.6.29	茂福久	百合茂	安福久	0.98	381.1	-49	53	選抜
6	239	R6.4.23	R6.8.13	丸千値州	R5.8.18	茂福久	百合茂	安福久	1.23	445.9	-4	51	保留
7	"	"	"	洋糸幸	R5.8.27	安百合幸	洋糸波	夏秋花	1.09	414.2	-13	52	保留
8	"	"	"	諒福茂	R5.8.30	茂福久	諒太郎	安福久	1.15	409.4	-19	51	保留
9	"	"	"	狛之亮	R5.9.6	福之姫	安福久	第1花国	0.95	404.8	-16	51	淘汰
10	240	R6.6.25	R6.10.15	新山太郎	R5.10.27	茂福久	美国桜	百合茂	1.10	452.1	14	52	保留
11	"	"	"	幸紀福	R5.11.4	茂福久	幸紀雄	安福久	1.29	511.4	-5	51	保留
12	241	R6.9.3	R6.12.24	浩康久	R5.1.5	茂福久	好平茂	百合茂	1.05	387.9	7	52	淘汰
13	"	"	"	第2桃福映	R6.1.4	茂福久	勝洋	百合茂	1.19	430.9	-2	52	保留
14	"	"	"	桜鈴	R6.1.23	勝美桜1	花茂桜	茂洋	0.88	376.6	-20	52	保留
15	242	R6.11.12	R7.3.4	令和612	R6.3.14	茂福久	耕富士	美徳国	1.22	440.2	-20	52	保留
16	"	"	"	勝茂勝	R6.3.16	茂福久	諒太郎	安福久	1.08	452.0	7	52	淘汰
17	"	"	"	菊四郎	R6.4.3	安百合幸	勝洋	安福久	0.69	342.6	-32	52	淘汰
18	"	"	"	神取橋	R6.4.4	茂福久	美国桜	茂洋	1.04	427.1	-29	51	保留
平 均									1.09	422.3	-15.9	51.6	

4 要約

第238回から第242回まで5回18頭の直接検定を実施し、終了した。

5 参考文献

特になし

6 協力研究機関

特になし

産肉能力検定(直接法)成績 その1

検定牛名号 上品5 子牛記号番号 2023子遠黒87
 生年月日 令和5年5月10日 産地 宮城県石巻市三輪田赤柴上111
 検定場所 宮城県岩出山牧場 検定期間 令和6年1月16日～
 所有者 宮城県 令和6年5月7日(112日間)

< 血統 >

父	茂福久 (黒高2058)	祖父	茂洋 (黒高2042)	—	曾祖父	茂勝 (黒高989)
		祖母	ひさこ (黒2283484)	—	曾祖父	安福久 (黒原4416)
母	しげかつひろ (黒原1722531)	祖父	勝洋 (黒原5261)	—	曾祖父	茂洋 (黒高2042)
		祖母	しげかつひら (黒原1354493)	—	曾祖父	勝忠平 (黒原3800)

開始時日齢(日)		251	発育開始時		8週齢	終了時	飼料摂取量(kg)		余剰飼料摂取量	
体	生時	31.0	体高(cm)	116.0	119.2	122.6	濃厚飼料	388	濃厚飼料	-30
	開始時	267.0	胸囲(cm)	151.0	161.0	171.0	乾草	409	粗飼料	-65
	8週時	311.0	胸深(cm)	53.0	57.0	61.0	ワラ	0	C P	15
	重終了時	373.0	尻長(cm)	45.0	47.0	49.0	C P	109	T D N	-30
(kg)	180日補正	200.2	かん幅(cm)	39.0	40.0	42.0	T D N	494		
	365日補正	374.9	終了時審査得点		81.9点	粗飼料摂取率	51%			
1日平均 増体量 (kg/日)	前半	0.79			開始美点	発育 前胸 被毛の密度				
					開始欠点	体深 肋張 後肢 尻形				
	後半	1.11			終了美点	胸幅 体伸 被毛				
					終了欠点	発育 上肩締まり 体積 肩端				
		0.95			精液検査					

検定牛名号 福響2の8 子牛記号番号 2023子み黒257
 生年月日 令和5年5月10日 産地 宮城県大崎市田尻字町235
 検定場所 宮城県岩出山牧場 検定期間 令和6年1月16日～
 所有者 宮城県 令和6年5月7日(112日間)

< 血統 >

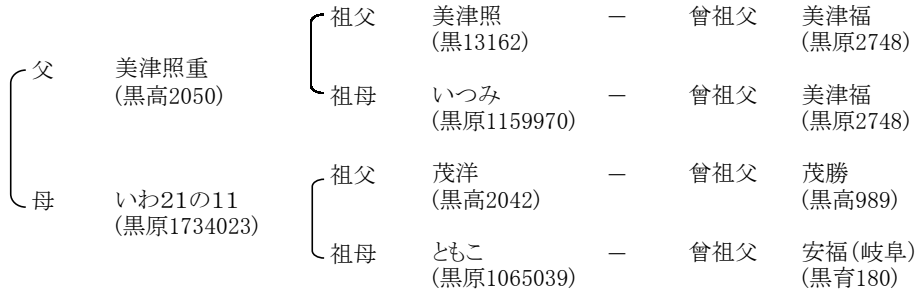
父	洋糸波 (黒高2061)	祖父	茂洋 (黒高2042)	—	曾祖父	茂勝 (黒高989)
		祖母	きくつる (黒2097243)	—	曾祖父	茂糸波 (黒高976)
母	ふくひびき2 (黒原1626478)	祖父	安福久 (黒原4416)	—	曾祖父	安福165の9 (黒原1683)
		祖母	よしか (黒2309670)	—	曾祖父	第1花国 (黒12510)

開始時日齡(日)		251	発育開始時		8週齡終了時		飼料摂取量(kg)		余剰飼料摂取量		
体	生時	47.0	体高(cm)	118.0	122.0	126.0	濃厚飼料	515	濃厚飼料	7	
	開始時	346.0	胸囲(cm)	159.0	170.0	181.0	乾草	536	粗飼料	-30	
	8週時	413.0	胸深(cm)	56.0	59.5	63.5	ワラ	0	C	P	
	終了時	492.0	尻長(cm)	45.0	47.0	49.0	C	P	144	T D N	
(kg)	180日補正	261.4	かん幅(cm)	41.5	44.5	47.0	T	D	N	652	
	365日補正	494.6	終了時審査得点				83.4点	粗飼料摂取率	51%		
1日平均 増体量 (kg/日)	前半	1.20				開始美点	発育 体伸 後軀幅 贅贅				
						開始欠点	肩端 肩後 下腿 後肢				
	後半	1.41				終了美点	発育 体伸 後軀				
						終了欠点	体締まり 骨締まり 肩端				
全期間		1.30			精液検査						

産肉能力検定(直接法)成績 その2

検定牛名号 岩5の9 子牛記号番号 2023子受卵古黒100
 生年月日 令和5年5月12日 産地 宮城県大崎市岩出山南沢小池坂西5
 検定場所 宮城県岩出山牧場 検定期間 令和6年1月16日～
 所有者 宮城県 令和6年5月7日(112日間)

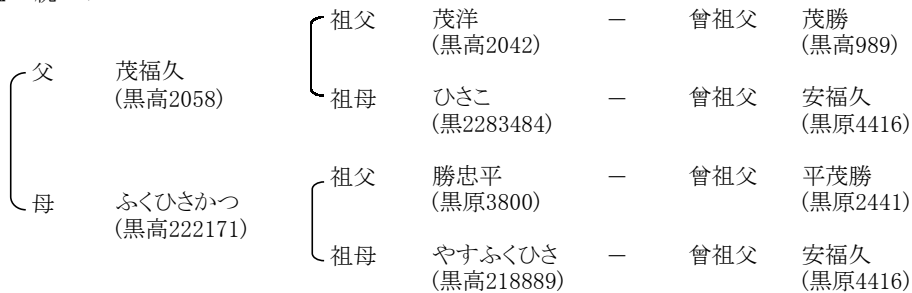
< 血統 >



開始時日齢(日)	249	発育開始時	8週齢終了時	飼料摂取量(kg)	余剰飼料摂取量
体生時	36.0	体高(cm)	121.2 126.0 131.2	濃厚飼料	423 濃厚飼料 -41
開始時	286.0	胸囲(cm)	152.0 163.0 175.0	乾草	451 粗飼料 -84
8週時	343.0	胸深(cm)	55.5 59.5 64.0	ワラ	0 C P 16
終了時	425.0	尻長(cm)	44.0 47.0 49.5	C P	120 T D N -44
(kg) 180日補正	216.7	かん幅(cm)	39.0 42.0 45.0	T D N	541
365日補正	430.0	終了時審査得点	83.7点	粗飼料摂取率	52%
1日平均増体量(kg/日)	前半	1.02		開始美点	体伸 体上線 資質 後肢
	後半	1.46		開始欠点	やや体幅 外腿 後軀幅
	全期間	1.24		終了美点	体伸 肋張 資質
				終了欠点	過大 肩端 やや脚長 腿
			精液検査		

検定牛名号 福久勝 子牛記号番号 2023子栗黒404
 生年月日 令和5年5月25日 産地 宮城県栗原市瀬峰野沢204-3
 検定場所 宮城県岩出山牧場 検定期間 令和6年1月16日～
 所有者 宮城県 令和6年5月7日(112日間)

< 血統 >



開始時日齢(日)	236	発育開始時	8週齢終了時	飼料摂取量(kg)	余剰飼料摂取量
体生時	31.0	体高(cm)	116.0 122.0 128.0	濃厚飼料	416 濃厚飼料 -31
開始時	279.0	胸囲(cm)	152.0 162.0 172.0	乾草	437 粗飼料 -73
8週時	335.0	胸深(cm)	55.5 59.5 63.0	ワラ	0 C P 17
終了時	406.0	尻長(cm)	44.0 47.0 50.0	C P	117 T D N -34
(kg) 180日補正	220.2	かん幅(cm)	39.5 41.5 44.0	T D N	529
365日補正	425.3	終了時審査得点	83.9点	粗飼料摂取率	51%
1日平均増体量(kg/日)	前半	1.00		開始美点	発育 体深 肋張
	後半	1.27		開始欠点	肩端 下腿切り上がり 骨味
	全期間	1.13		終了美点	体積 肋張 毛質
				終了欠点	過大 肘後 下腱 肩端
			精液検査		

産肉能力検定(直接法)成績 その3

検定牛名号 百合福 子牛記号番号 2023子み黒362
 生年月日 令和5年6月29日 産地 宮城県大崎市田尻大沢字夏梨4-2
 検定場所 宮城県岩出山牧場 検定期間 令和6年1月16日～
 所有者 宮城県 令和6年5月7日(112日間)

< 血統 >

父	茂福久 (黒高2058)	祖父	茂洋 (黒高2042)	—	曾祖父	茂勝 (黒高989)
		祖母	ひさこ (黒2283484)	—	曾祖父	安福久 (黒原4416)
母	あさ (黒高224582)	祖父	百合茂 (黒原4086)	—	曾祖父	平茂勝 (黒原2441)
		祖母	ひろふくやす (黒高223890)	—	曾祖父	安福久 (黒原4416)

開始時日齢(日)		201	発育開始時		8週齢終了時	飼料摂取量(kg)		余剰飼料摂取量				
体	生時	31.0	体高(cm)	112.4	116.8	121.2	濃厚飼料	332	濃厚飼料	-54		
	開始時	220.0	胸囲(cm)	142.0	152.0	162.0	乾草	367	粗飼料	-88		
	8週時	267.0	胸深(cm)	51.0	55.0	59.0	ワラ	0	C	P	8	
	重終了時	330.0	尻長(cm)	41.0	43.5	46.0	C	P	95	T	D	N
(kg)	180日補正	200.3	かん幅(cm)	36.0	38.5	41.0	T	D	N	432		
	365日補正	381.1	終了時審査得点			83.1点	粗飼料摂取率	53%				
1日平均増体量(kg/日)	前半	0.84				開始	美点	発育体上線 骨味 肩付				
						欠点	尻形 腿 やや肋張 皮膚ゆとり					
	後半	1.13				終了	美点	体伸 肩付 後肢				
						欠点	資質 体締まり 後軀幅					
全期間		0.98				精液検査						

検定牛名号 丸千値州 子牛記号番号 2023子栗黒805
 生年月日 令和6年8月18日 産地 宮城県栗原市瀬峰清水沢111-6
 検定場所 宮城県岩出山牧場 検定期間 令和6年4月23日～
 所有者 宮城県 令和6年8月13日(112日間)

< 血統 >

父	茂福久 (黒高2058)	祖父	茂洋 (黒高2042)	—	曾祖父	茂勝 (黒高989)
		祖母	ひさこ (黒2283484)	—	曾祖父	安福久 (黒原4416)
母	てまり (黒高227443)	祖父	百合茂 (黒原4086)	—	曾祖父	平茂勝 (黒原2441)
		祖母	まりな (黒原1654491)	—	曾祖父	安福久 (黒原4416)

開始時日齢(日)		249	発育開始時		8週齢	終了時	飼料摂取量(kg)		余剰飼料摂取量		
体	生時	31.0	体高(cm)	120.0	124.6	129.4	濃厚飼料 466		濃厚飼料 -5		
	開始時	303.0	胸囲(cm)	158.0	168.0	178.0	乾草 494		粗飼料 -37		
重	8週時	370.0	胸深(cm)	58.0	61.5	65.0	ワ	ラ	0	C P	18
	終了時	441.0	尻長(cm)	46.0	48.5	51.0	C	P	125	T D N	-4
(kg)	180日補正	227.6	かん幅(cm)	42.0	44.0	46.0	T	D	N	596	
	365日補正	445.9	終了時審査得点			84.2点	粗飼料摂取率		51%		
1日平均増体量(kg/日)	前半	1.20				開始	美点	体伸 前軀幅 骨味 被毛密度			
						欠点	中軀幅 下腿 前つなぎ 尻形				
	後半	1.27				終了	美点	体伸 体深 品位 皮膚ゆとり			
						欠点	過大 下腿部 前つなぎ やや肩後				
	全期間	1.23				精液検査					

産肉能力検定(直接法)成績 その4

検定牛名号 洋糸幸 子牛記号番号 2023子み黒578
 生年月日 令和5年8月27日 産地 宮城県大崎市田尻大貫字下長根54-22
 検定場所 宮城県岩出山牧場 検定期間 令和6年4月23日～
 所有者 宮城県 令和6年8月13日(112日間)

< 血統 >

父	安百合幸 (黒原6106)	祖父	百合茂 (黒原4086)	—	曾祖父	平茂勝 (黒原2441)
		祖母	やすこ (黒高214997)	—	曾祖父	安福久 (黒原4416)
母	ゆうか (黒原1789521)	祖父	洋糸波 (黒高2061)	—	曾祖父	茂洋 (黒高2042)
		祖母	ゆう (黒原1626514)	—	曾祖父	夏秋花 (黒原5468)

開始時日齢(日)		240	発育開始時		8週齢	終了時	飼料摂取量(kg)		余剰飼料摂取量				
体	生時	31.0	体高(cm)	118.2	121.6	124.4	濃厚飼料	423	濃厚飼料	-16			
	開始時	278.0	胸囲(cm)	152.0	162.0	171.0	乾草	451	粗飼料	-46			
	8週時	338.0	胸深(cm)	56.0	60.0	65.0	ワ	0	C	P	15		
	重終了時	400.0	尻長(cm)	44.0	47.0	50.0	C	P	114	T	D	N	-13
(kg)	180日補正	218.3	かん幅(cm)	39.0	41.5	44.0	T	D	N	542			
	365日補正	414.2	終了時審査得点			83.5点	粗飼料摂取率	52%					
1日平均 増体量 (kg/日)	前半	1.07				開始	美点	発育 体伸 体上線 骨味					
						欠点	尻形 前背幅 腿 やや皮膚ゆとり						
	後半	1.11				終了	美点	体伸 体上線 体深 頭頸 肢勢					
						欠点	過大 前軀幅 尻形						
	全期間	1.09				精液検査							

検定牛名号 諒福茂 子牛記号番号 2023子栗黒880
 生年月日 令和5年8月30日 産地 宮城県栗原市高清水北原31-10
 検定場所 宮城県岩出山牧場 検定期間 令和6年4月23日～
 所有者 宮城県 令和6年8月13日(112日間)

< 血統 >

父	茂福久 (黒高2058)	祖父	茂洋 (黒高2042)	—	曾祖父	茂勝 (黒高989)
		祖母	ひさこ (黒2283484)	—	曾祖父	安福久 (黒原4416)
母	あすか (黒原1780550)	祖父	諒太郎 (黒原5605)	—	曾祖父	勝忠平 (黒原3800)
		祖母	すみれ (黒原1590574)	—	曾祖父	安福久 (黒原4416)

開始時日齢(日)		237	発育開始時		8週齢	終了時	飼料摂取量(kg)		余剰飼料摂取量	
体	生時	31.0	体高(cm)	117.8	123.0	128.6	濃厚飼料	416	濃厚飼料	-19
	開始時	262.0	胸囲(cm)	149.0	159.0	170.0	乾草	437	粗飼料	-59
	8週時	344.0	胸深(cm)	55.0	59.0	63.0	ワ	0	C	P
	終了時	391.0	尻長(cm)	43.0	46.0	49.0	C	P	111	T D N
(kg)	180日補正	208.4	かん幅(cm)	39.5	42.0	45.0	T D N	530		
	365日補正	409.4	終了時審査得点			83.4点	粗飼料摂取率	51%		
1日平均増体量(kg/日)	前半	1.46				開始美点	発育 体上線 被毛			
	後半	0.84				欠点	前背幅 体伸 前つなぎ			
						終了美点	体深 肩付 資質			
	全期間	1.15				欠点	過大 体伸 外腿 顔品			
						精液検査				

産肉能力検定(直接法)成績 その5

検定牛名号 狛之亮 子牛記号番号 2023子受卵古黒163
 生年月日 令和7年9月6日 産地 宮城県大崎市岩出山南沢字樋渡1
 検定場所 宮城県岩出山牧場 検定期間 令和6年4月23日～
 所有者 宮城県 令和6年8月13日(112日間)

< 血統 >

父	福之姫 (黒原5689)	祖父	芳之国 (黒14203)	—	曾祖父	第1花国 (黒12510)
		祖母	ふくひめ3 (黒原1345236)	—	曾祖父	勝忠平 (黒原3800)
母	こまはなやす6 (黒高218038)	祖父	安福久 (黒原4416)	—	曾祖父	安福165の9 (黒原1683)
		祖母	はなきたぐに (黒原1230812)	—	曾祖父	第1花国 (黒12510)

開始時日齢(日)		230	発育開始時		8週齢終了時	飼料摂取量(kg)		余剰飼料摂取量				
体生	時	31.0	体高(cm)	113.6	118.4	123.2	濃厚飼料	409	濃厚飼料	-18		
	開始時	277.0	胸囲(cm)	149.0	159.0	168.0	乾草	423	粗飼料	-51		
	8週時	346.0	胸深(cm)	54.0	57.5	61.0	ワラ	0	C	P	12	
	終了時	383.0	尻長(cm)	43.0	45.0	47.0	C	P	108	T	D	N
(kg)	180日補正	223.5	かん幅(cm)	37.5	40.0	43.0	T	D	N	517		
	365日補正	404.8	終了時審査得点			82.8点	粗飼料摂取率	51%				
1日平均増体量(kg/日)	前半	1.23				開始美点	体深 中軀幅 皮膚ゆとり					
						始欠点	肩付 体下線 やや後肢					
	後半	0.66				終了美点	発育 中軀 皮膚ゆとり					
						了欠点	肩付 尻形 肢勢					
全期間		0.95				精液検査						

検定牛名号 新山太郎 子牛記号番号 2023子栗黒1053
 生年月日 令和5年10月27日 産地 宮城県栗原市栗駒泉沢新山下1
 検定場所 宮城県岩出山牧場 検定期間 令和6年6月25日～
 所有者 宮城県 令和6年10月15日(112日間)

< 血統 >

父	茂福久 (黒高2058)	祖父	茂洋 (黒高2042)	—	曾祖父	茂勝 (黒高989)
		祖母	ひさこ (黒2283484)	—	曾祖父	安福久 (黒原4416)
母	ももざくら (黒高229331)	祖父	美国桜 (黒原5204)	—	曾祖父	第1花国 (黒12510)
		祖母	ひさこ (黒原1601177)	—	曾祖父	百合茂 (黒原4086)

開始時日齢(日)		242	発育開始時		8週齢	終了時	飼料摂取量(kg)		余剰飼料摂取量	
体	生時	31.0	体高(cm)	116.0	120.8	125.6	濃厚飼料	473	濃厚飼料	9
	開始時	317.0	胸囲(cm)	159.0	169.0	180.0	乾草	508	粗飼料	-8
	8週時	375.0	胸深(cm)	57.0	60.5	64.0	ワラ	0	C	P
	終了時	440.0	尻長(cm)	44.0	46.0	48.0	C	P	127	T D N
(kg)	180日補正	243.7	かん幅(cm)	40.0	41.0	43.0	T D N	608		
	365日補正	452.1	終了時審査得点		83.4点	粗飼料摂取率	52%			
1日平均増体量(kg/日)	前半	1.04				開始美点	発育 体伸 皮膚ゆとり 体深 内腿			
						始欠点	肩後 肢蹄 やや均称 やや体上線 やや外腿			
	後半	1.16				終了美点	発育 前軀 皮膚ゆとり 毛質			
						了欠点	体上線 やや後肢 下腿部切り上がり 下腿			
全期間		1.10				精液検査				

産肉能力検定(直接法)成績 その6

検定牛名号 幸紀福 子牛記号番号 2023子栗黒1087
 生年月日 令和5年11月4日 産地 宮城県栗原市瀬峰小深沢157
 検定場所 宮城県岩出山牧場 検定期間 令和6年6月25日～
 所有者 宮城県 令和6年10月15日(112日間)

< 血統 >

父	茂福久 (黒高2058)	祖父	茂洋 (黒高2042)	—	曾祖父	茂勝 (黒高989)
		祖母	ひさこ (黒2283484)	—	曾祖父	安福久 (黒原4416)
母	ちほこ1 (黒高225319)	祖父	幸紀雄 (黒原5297)	—	曾祖父	百合茂 (黒原4086)
		祖母	ちほこ (黒高219460)	—	曾祖父	安福久 (黒原4416)

開始時日齡(日)		234	発育開始時		8週齡終了時	飼料摂取量(kg)		余剰飼料摂取量				
体	生時	31.0	体高(cm)	118.0	123.6	129.0	濃厚飼料	508	濃厚飼料	-1		
	開始時	343.0	胸囲(cm)	158.0	169.0	181.0	乾草	522	粗飼料	-40		
	8週時	410.0	胸深(cm)	55.0	59.0	63.0	ワラ	0	C	P	19	
	重終了時	487.0	尻長(cm)	46.0	49.0	53.0	C	P	134	T	D	N
(kg)	180日補正	271.0	かん幅(cm)	43.0	45.0	47.0	T	D	N	640		
	365日補正	511.4	終了時審査得点			83.7点	粗飼料摂取率		51%			
1日平均 増体量 (kg/日)	前半	1.20				開始	美点	体積	資質	体伸	中軀	
						欠点	肩付	外腿	肩端			
						終了	美点	体伸	体幅	肋張	肢勢	
	欠点	肩端				肩後	骨繋り	顔品				
	全期間	1.29				精液検査						

検定牛名号 浩康久 子牛記号番号 2023子登黒2565
 生年月日 令和5年12月24日 産地 宮城県登米市中田町上沼字谷地前33-3
 検定場所 宮城県岩出山牧場 検定期間 令和6年9月3日～
 所有者 宮城県 令和6年12月24日(112日間)

< 血統 >

父	茂福久 (黒高2058)	祖父	茂洋 (黒高2042)	—	曾祖父	茂勝 (黒高989)
		祖母	ひさこ (黒2283484)	—	曾祖父	安福久 (黒原4416)
母	かなやん (黒原1707481)	祖父	好平茂 (黒原5151)	—	曾祖父	茂洋 (黒原2042)
		祖母	ゆりなか (黒原1440383)	—	曾祖父	百合茂 (黒原4086)

開始時日齢(日)		254	発育開始時		8週齢終了時	飼料摂取量(kg)		余剰飼料摂取量				
体	生時	30.0	体高(cm)	112.0	117.0	122.0	濃厚飼料	423	濃厚飼料	-5		
	開始時	271.0	胸囲(cm)	152.0	162.0	171.0	乾草	451	粗飼料	-32		
	8週時	336.0	胸深(cm)	55.0	57.5	60.0	ワラ	0	C	P	35	
	終了時	389.0	尻長(cm)	43.0	45.0	48.0	C	P	132	T	D	N
(kg)	180日補正	200.8	かん幅(cm)	38.0	40.5	43.0	T	D	N	550		
	365日補正	387.9	終了時審査得点			82.2点	粗飼料摂取率		52%			
1日平均増体量(kg/日)	前半	1.16				開始美点	体伸 体深 均称					
	後半	0.95				開始欠点	肩付 下腿部切り上がり 被毛 肋張					
						終了美点	前軀幅 肋張 尻形					
	全期間	1.05				終了欠点	発育 上肩の締まり 下腿部切り上がり					
						精液検査						

産肉能力検定(直接法)成績 その7

検定牛名号 第2桃福映 子牛記号番号 2023子遠黒459
 生年月日 令和6年1月4日 産地 宮城県石巻市桃生町中津山字四軒53
 検定場所 宮城県岩出山牧場 検定期間 令和6年9月3日～
 所有者 宮城県 令和6年12月24日(112日間)

< 血統 >

父	茂福久 (黒高2058)	祖父	茂洋 (黒高2042)	—	曾祖父	茂勝 (黒高989)
		祖母	ひさこ (黒2283484)	—	曾祖父	安福久 (黒原4416)
母	ももゆり3 (黒高229361)	祖父	勝洋 (黒原5261)	—	曾祖父	茂洋 (黒高2042)
		祖母	ももゆり (黒2224802)	—	曾祖父	百合茂 (黒原4086)

開始時日齢(日)		243	発育開始時		8週齢終了時	飼料摂取量(kg)		余剰飼料摂取量				
体生	時	35.0	体高(cm)	117.4	122.8	128.2	濃厚飼料	437	濃厚飼料	-16		
	開始時	286.0	胸囲(cm)	153.0	164.0	175.0	乾草	479	粗飼料	-39		
重	8週時	352.0	胸深(cm)	55.0	59.5	64.0	ワ	ラ	C	P	35	
	終了時	419.0	尻長(cm)	44.0	47.0	51.0	C	P	138	T	D	N
(kg)	180日補正	220.9	かん幅(cm)	39.0	41.0	43.0	T	D	N	575		
	365日補正	430.9	終了時審査得点			83.9点	粗飼料摂取率		52%			
1日平均 増体量 (kg/日)	前半	1.18				開始	美点	発育 体伸 体深 皮膚ゆとり				
						欠点	肩付 尻形 体上線					
	後半	1.20				終了	美点	発育 体伸 体深 前中軀幅				
						欠点	体上線 下腿 後肢の強さ 下腿部切り上がり					
		全期間	1.19				精液検査					

検定牛名号 桜鈴 子牛記号番号 2024子古黒1
 生年月日 令和6年1月23日 産地 宮城県大崎市岩出山南沢小池坂西5
 検定場所 宮城県岩出山牧場 検定期間 令和6年9月3日～
 所有者 宮城県 令和6年12月24日(112日間)

< 血統 >

父	勝美桜1 (黒高6104)	祖父	勝洋 (黒原5261)	—	曾祖父	茂洋 (黒高2042)
		祖母	ゆうこ (黒原1449308)	—	曾祖父	勝忠平 (黒原3800)
母	かりん (黒2786183)	祖父	花茂桜 (黒原5393)	—	曾祖父	第1花国 (黒12510)
		祖母	すずね (黒2487339)	—	曾祖父	茂洋 (黒高2042)

開始時日齢(日)		224	発育開始時		8週齢終了時	飼料摂取量(kg)		余剰飼料摂取量				
体生	時	31.0	体高(cm)	111.0	117.0	122.4	濃厚飼料	367	濃厚飼料	-34		
	開始時	252.0	胸囲(cm)	156.0	156.0	166.0	乾草	395	粗飼料	-60		
重	8週時	304.0	胸深(cm)	53.0	56.0	59.0	ワラ	0	C	P	25	
	終了時	351.0	尻長(cm)	41.0	44.0	47.0	C	P	115	T	D	N
(kg)	180日補正	215.6	かん幅(cm)	36.0	38.0	40.0	T	D	N	479		
	365日補正	376.6	終了時審査得点			83.0点	粗飼料摂取率		52%			
1日平均増体量(kg/日)	前半	0.93				開始美点	発育 体伸 体上線 皮膚ゆとり					
	後半	0.84				欠点	尻形 蹄 やや肋張					
	全期間	0.88				終了美点	体上線 資質 品位(肩付と骨繋り)					
						欠点	体伸 体深 肋張 下腿					
						精液検査						

産肉能力検定(直接法)成績 その8

検定牛名号 令和612 子牛記号番号 2024子受卵南黒169
 生年月日 令和6年3月14日 産地 宮城県大崎市岩出山南沢字樋渡1
 検定場所 宮城県岩出山牧場 検定期間 令和6年11月12日～
 所有者 宮城県 令和7年3月4日(112日間)

< 血統 >

父	茂福久 (黒高2058)	祖父	茂洋 (黒高2042)	—	曾祖父	茂勝 (黒高989)
		祖母	ひさこ (黒2283484)	—	曾祖父	安福久 (黒原4416)
母	うめこ (黒2588961)	祖父	耕富士 (黒原5400)	—	曾祖父	忠富士 (黒原4369)
		祖母	びいち (黒2482760)	—	曾祖父	美穂国 (黒原4617)

開始時日齢(日)			243	発育開始時8週齢終了時			飼料摂取量(kg)		余剰飼料摂取量	
体	生時	31.0	体高(cm)	118.2	124.0	130.0	濃厚飼料	437	濃厚飼料	-29
	開始時	291.0	胸囲(cm)	155.0	165.0	175.0	乾草	465	粗飼料	-65
	8週時	343.0	胸深(cm)	58.0	60.5	63.0	ワ	ヲ	0	C P 32
	終了時	428.0	尻長(cm)	43.0	46.0	50.0	C	P	136	T D N -20
(kg)	180日補正	223.6	かん幅(cm)	40.0	42.5	45.0	T	D	N	567
	365日補正	440.2	終了時審査得点			84.0点	粗飼料摂取率	52%		
1日平均増体量(kg/日)		前半	0.93				開始	美点	発育 体伸 体上線 骨味	
		後半	1.52				欠点	肩端 肩肘後 やや腿		
							終了	美点	体伸 後軀幅 肋張 毛質	
							欠点	肩端 肘後 前肢つなぎ やや尻形		
		全期間	1.22				精液検査			

検定牛名号 勝茂勝 子牛記号番号 2024子栗黒167
 生年月日 令和6年3月16日 産地 宮城県栗原市一迫狐崎大坂前5
 検定場所 宮城県岩出山牧場 検定期間 令和6年11月12日～
 所有者 宮城県 令和7年3月4日(112日間)

< 血統 >

父	茂福久 (黒高2058)	祖父	茂洋 (黒高2042)	—	曾祖父	茂勝 (黒高989)
		祖母	ひさこ (黒2283484)	—	曾祖父	安福久 (黒原4416)
母	ひさりよう (黒高229329)	祖父	諒太郎 (黒原5605)	—	曾祖父	勝忠平 (黒原3800)
		祖母	ゆきひさ (黒原1662833)	—	曾祖父	安福久 (黒原4416)

開始時日齢(日)		241	発育開始時		8週齢	終了時	飼料摂取量(kg)		余剰飼料摂取量			
体	生時	31.0	体高(cm)	119.8	123.6	127.4	濃厚飼料	459	濃厚飼料	-7		
	開始時	318.0	胸囲(cm)	162.0	169.0	177.0	乾草	494	粗飼料	-26		
	8週時	364.0	胸深(cm)	57.0	60.0	63.0	ワ	ヲ	0	C P 38		
	終了時	439.0	尻長(cm)	45.0	48.0	51.0	C	P	144	T D N 7		
(kg)	180日補正	245.4	かん幅(cm)	41.0	43.0	45.0	T	D	N	599		
	365日補正	452.0	終了時審査得点			83.8点	粗飼料摂取率		52%			
1日平均増体量(kg/日)		前半	0.82				開始美点	発育 体積 資質				
		後半	1.34				欠点	尻形 肢勢 肩付 やや体上線				
		全期間	1.08				終了美点	発育 体積 皮膚ゆとり				
							欠点	体上線 肢勢 やや品位				
						精液検査						

産肉能力検定(直接法)成績 その9

検定牛名号 菊四郎 子牛記号番号 2024子み黒176
 生年月日 令和6年4月3日 産地 宮城県遠田郡涌谷町小里字長根南46
 検定場所 宮城県岩出山牧場 検定期間 令和6年11月12日～
 所有者 宮城県 令和7年3月4日(112日間)

< 血統 >

父	安百合幸 (黒原6106)	祖父	百合茂 (黒原4086)	—	曾祖父	平茂勝 (黒原2441)
		祖母	やすこ (黒高214997)	—	曾祖父	安福久 (黒原4416)
母	おきく (黒原1726177)	祖父	勝洋 (黒原5261)	—	曾祖父	茂洋 (黒高2042)
		祖母	ゆりふく (黒高222206)	—	曾祖父	安福久 (黒原4416)

開始時日齢(日)			223	発育開始時			8週齢	終了時	飼料摂取量(kg)			余剰飼料摂取量					
体	生時	31.0	体高(cm)	112.0	116.0	120.0	濃厚飼料			332	濃厚飼料			-46			
	開始時	245.0	胸囲(cm)	145.0	152.0	160.0	乾草			353	粗飼料			-71			
	8週時	275.0	胸深(cm)	53.0	55.0	58.0	ワラ			0	C	P	19				
重	終了時	322.0	尻長(cm)	42.0	44.0	46.0	C			P	103	T D N			-32		
	180日補正	203.7	かん幅(cm)	36.0	37.5	39.5	T			D	N	431					
	365日補正	342.6	終了時審査得点				82.5点	粗飼料摂取率			52%						
1日平均増体量(kg/日)		前半	0.54					開始	美点	発育 体上線 体伸 被毛 肩付							
		後半	0.84					始	欠点	前背中 腿 蹄 やや斜尻							
		全期間	0.69					終了	美点	体伸 体上線 品位							
								了	欠点	発育 体積							
								精液検査									

検定牛名号 神取橋 子牛記号番号 2024子遠黒50
 生年月日 令和6年4月4日 産地 宮城県石巻市和刈字和刈町96
 検定場所 宮城県岩出山牧場 検定期間 令和6年11月12日～
 所有者 宮城県 令和7年3月4日(112日間)

< 血統 >

父	茂福久 (黒高2058)	祖父	茂洋 (黒高2042)	—	曾祖父	茂勝 (黒高989)
		祖母	ひさこ (黒2283484)	—	曾祖父	安福久 (黒原4416)
母	ひろとも (黒原1647906)	祖父	美国桜 (黒原5204)	—	曾祖父	第1花国 (黒12510)
		祖母	しげひら (黒2326951)	—	曾祖父	茂洋 (黒高2042)

開始時日齢(日)		222	発育開始時		8週齢	終了時	飼料摂取量(kg)		余剰飼料摂取量	
体	生時	31.0	体高(cm)	116.6	122.8	129.0	濃厚飼料	402	濃厚飼料	-38
	開始時	279.0	胸囲(cm)	149.0	160.0	171.0	乾草	423	粗飼料	-74
	8週時	325.0	胸深(cm)	55.0	58.0	62.0	ワラ	0	C P	26
	終了時	395.0	尻長(cm)	44.0	47.0	50.0	C P	124	T D N	-29
(kg)	180日補正	232.1	かん幅(cm)	39.0	41.5	44.0	T D N	519		
	365日補正	427.1	終了時審査得点			83.7点	粗飼料摂取率	51%		
1日平均増体量(kg/日)		前半	0.82				開始	美点	発育 体伸 資質 肋張	
		後半	1.25				始	欠点	肩端 上肩締まり 前軀幅 腿	
							終了	美点	体伸 体上線 肋張	
		全期間	1.04				了	欠点	腿 下腿部切り上がり	
						精液検査				

肉用種雄牛の検定

2) 肉用種雄牛の産肉能力現場後代検定成績

担当：高橋弘晃、佐々木孔亮、小宮亮太

1 はじめに

本県種雄牛の産肉能力現場後代検定は、和牛産肉能力直接法（直検）により選抜した候補種雄牛の遺伝的産肉能力を調査するため、県内の繁殖雌牛に交配して得られた産子を肥育したのち、産肉能力を調査し、遺伝的能力を検定する。さらに、この検定により種雄牛を選抜し、基幹種雄牛として県内の肉牛の改良増進に利用する。

2 試験方法

1) 検定種雄牛

第19回現場後代検定は、百合博、雅糸波、孝糸波および茂勝久の4頭について実施した。それらの概要を表1に示した。

表1. 第19回産肉能力現場後代検定牛の概要

名 号	登録番号	生年月日	血 統			1日平均増 体量(kg/日)	産 地
			父	母方祖父	母方曾祖父		
百合博	黒原6360	H30.12.25	茂洋美	百合茂	忠富士	1.03	栗原市
雅糸波	黒原6361	H31.1.24	洋糸波	安糸福	北国7の8	1.03	大崎市
孝糸波	黒原6362	R1.5.22	洋糸波	百合茂	安福久	1.25	丸森町
茂勝久	黒原6363	R1.6.5	茂福久	勝忠平	茂勝	1.13	登米市

2) 検定調査牛

検定調査牛は、繁殖農家が飼養している雌牛を無作為に選定し、調整交配を行い、得られた産子を調査牛とした。

3) 検定方法

公益社団法人全国和牛登録協会の定める現場後代検定法に基づき、後代検定を実施した。

4) 検定頭数及び検定期間

検定頭数および検定期間は表2に示した。

表2. 検定頭数および検定期間

名号	去勢	雌	合計	検定期間
百合博	10	12	22	令和4年4月26日～令和6年2月6日
雅糸波	7	10	17	令和4年4月26日～令和6年1月22日
孝糸波	11	10	21	令和4年6月21日～令和6年4月8日
茂勝久	8	9	17	令和4年6月21日～令和5年4月8日

5) 調査項目

枝肉については、公益社団法人日本食肉格付協会の牛肉格付を利用した。

6) 予測育種価および総合育種価の算出

a. 分析対象：2017 年から 2024 年にかけて仙台市および東京都中央卸売市場食肉市場に出荷された 73,395 頭のデータ及びそれに関連した 165,311 頭の血統データを利用した。

b. 分析方法：分析形質は枝肉重量(CW)、ロース芯断面積(EM)、BMS ナンバー(BMS)とし、遺伝的パラメータの算出は VCE6.02 を用い、予測育種価の算出は PEST4.0 を用いて行った。

分析モデルは性(雌、去勢：2 区)、食肉市場(東京、仙台、その他：3 区)、出荷年(2017～2023：7 区、ただし、第 18 回次の出荷年は 2022 とした)、出荷月齢(平均 $\pm 3\sigma$ を超える値を肥育データから除外した 25～38 ヶ月齢：14 区)を母数効果とし、検定実施農場 13 区を変量効果とした。

c. 総合育種価について

$$H = 0.248 \times g(CW) + 1.790 \times g(EM) + 0.477 \times g(BMS)$$

(宮城県の改良目標値 CW+38.5 kg、EM+5.5 cm²、BMS NO. +1.4 を元に算出。算出式は下記の通り。)

$$Q = (G' R) b$$

$$Pb = R Ga$$

$$b = (G' R)^{-1} Q \quad (1)$$

$$a = (RG)^{-1} Pb \quad (2)$$

$$(1)、(2)より、a = (RG)^{-1} P (G' R)^{-1} Q$$

a：経済重要度 P：表型分散共分散行列 G：遺伝分散共分散行列 R：血縁係数

b：重み付け係数 Q：希望改良量

3 結果および考察

1) 検定調査牛の検定成績

検定調査牛の枝肉成績の概要は表 3 に、各検定牛の推定育種価は表 4 に示した。

表3. 第19回産肉能力現場後代検定成績・全頭(平均値)

名 号	性別	頭数	出荷月齢	枝肉重量 (kg)	ロース芯 面積(cm ²)	バラ厚 (cm)	皮下脂肪 厚(cm)	歩留 基準値	BMS No.	肉質等級 4・5率(%)	判定
百合博	去勢	10	29.4	547.1	76.4	9.0	2.4	76.3	9.8	100%	選抜
	雌	12	29.4	505.5	66.8	9.1	3.1	75.0	8.8	100%	
	計	22	29.4	524.4	71.2	9.0	2.8	75.6	9.3	100%	
雅糸波	去勢	7	29.8	526.5	74.6	8.7	3.2	75.5	9.7	100%	淘汰
	雌	10	28.9	488.1	68.1	8.9	3.6	75.0	7.5	100%	
	計	17	29.3	503.9	70.8	8.8	3.4	75.2	8.4	100%	
孝糸波	去勢	11	30.3	531.9	74.1	9.2	2.2	76.6	10.3	100%	選抜
	雌	10	30.0	465.8	77.6	8.8	2.5	77.3	9.9	100%	
	計	21	30.2	500.4	75.8	9.0	2.3	76.9	10.1	100%	
茂勝久	去勢	8	29.7	527.5	76.6	9.1	2.5	76.6	10.4	100%	選抜
	雌	9	30.1	507.3	77.1	9.3	3.2	76.5	8.7	100%	
	計	17	29.9	516.8	76.9	9.2	2.9	76.5	9.5	100%	

表4. 第19回次産肉能力現場後代検定の推定育種価及び総合育種価

名 号	枝肉重量	ロース芯面積	BMS No.	総合育種価	後代数
百合博	61.8	6.7	2.4	28.5	23
雅糸波	19.1	8.9	1.4	21.3	18
孝糸波	10.0	17.4	3.8	35.4	21
茂勝久	34.5	21.7	3.6	49.2	17
基幹種雄牛 平均値※	35.9	16.5	3.2	39.9	

※令和5年5月時点の10頭

現場後代検定成績及びその検定成績より算出した推定育種価を基に、宮城県肉用牛改良小委員会で検討した結果、今年度は新たな基幹種雄牛として百合博、孝糸波および茂勝久を選抜した。

4 要約

現場後代検定を4頭で実施し、基幹種雄牛として百合博、孝糸波および茂勝久を選抜した。

5 参考文献

特になし

6 協力研究機関

特になし

第19回1次現場後代検定 その1

検定種雄牛 名号「百合博」

生年月日 平成30年12月25日

登録番号 黒原6360(84.6) 直検1.03kg/day

検定期間 令和4年4月26日～令和6年2月6日

父	父	茂洋美 (黒原5587)	祖父	茂洋 (黒高2042)	—	曾祖父	茂勝 (黒高989)
			祖母	ともみ (黒高218036)	—	曾祖父	勝忠平 (黒原3800)
	母	ゆりひろ (黒2395147)	祖父	百合茂 (黒原4086)	—	曾祖父	平茂勝 (黒原2441)
			祖母	ふくえつひさ (黒原1452388)	—	曾祖父	忠富士 (黒原4369)

調査牛番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
生年月日	R3.7.13	R3.8.2	R3.8.8	R3.8.9	R3.8.10	R3.8.10	R3.8.20	R3.8.26	R3.8.29	R3.7.10	R3.7.12	R3.7.17
子牛登記 記号番号	2021子南黒 447	2021子登黒 1890	2021子登黒 1777	2021子栗黒 660	2021子遠黒 997	2021子登黒 1864	2021子登黒 2046	2021子南黒 605	2021子南黒 604	2021子登黒 1094	2021子登黒 1471	2021子栗黒 482
問合番号	2921646758006	2921593486007	2921631964007	2921660548004	2921395135009	2921655838006	29212595868003	2921825755001	2921692431005	2921775263001	2921446616012	29212531654004
母牛名号	あい	さわやか	ゆりえ	いせ	ゆき	ひろこ	やすかめはる	ふじひめ105	ふじひめ75	あゆみ	おくだひら	かすみ
登録番号	2921646758	2921593486	2921631964	2921660548	2921395135	2921655838	29212595868	2921825755	2921692431	2921775263	2921446616	29212531654
開始年月日	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26
開始時日齢	287	267	261	260	259	259	249	243	240	290	288	283
終了日日齢	936	903	897	896	895	895	885	892	876	863	924	856
終了年月日	R6.2.4	R6.1.22	R6.1.22	R6.1.22	R6.1.22	R6.1.22	R6.1.22	R6.2.4	R6.1.22	R5.11.20	R6.1.22	R5.11.20
と殺年月日	R6.2.6	R6.1.23	R6.1.23	R6.1.23	R6.1.23	R6.1.23	R6.1.23	R6.2.6	R6.1.23	R5.11.21	R6.1.23	R5.11.21
枝肉重量	544.9	424.0	500.0	452.0	508.5	659.0	590.5	656.4	548.0	575.5	486.5	523
左半丸重量	272.5	212.5	250.0	226.5	253.5	329.0	295.0	328.0	275.5	291	244	263
ロース芯面積	69.0	72.0	76.0	78.0	65.0	81.0	86.0	86.0	76.0	78	64	76
バラの厚さ	9.9	7.6	8.6	8.1	9	10.3	8.3	9.5	9.4	10.6	8.7	9.5
皮下脂肪厚	2.1	1.6	3.2	1.9	2.6	3.5	2.1	2.9	2.4	3.6	3.6	1.7
推定歩留	76.3	77.1	75.9	77.6	75.2	75.5	76.9	76.1	76.5	76.1	74.2	77.5
筋間脂肪厚												
脂肪交雑	5	3	4	2	2	2.67	5	5	4	2.67	1.67	3
肉の色光沢	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5
きめしまり	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5
脂肪の光沢質	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
格付	A5	A5	A5	A4	A4	A5	A5	A5	A5	A5	A4	A5

調査牛番号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
生年月日	R3.7.23	R3.7.27	R3.7.27	R3.7.28	R3.8.3	R3.8.12	R3.8.18	R3.8.21	R3.8.22	R3.9.10	R3.8.31
子牛登記 記号番号	2021子南黒 401	2021子登黒 1325	2021子栗黒 633	2021子登黒 1294	2021子遠黒 661	2021子栗黒 754	2021子遠黒 921	2021子栗黒 790	2021子遠黒 876	2021子栗黒 1016	2021子登黒 1642
問合番号	2912464304006	2921605468009	2921692559005	2921722597003	2921669260006	2921797361002	2921715434004	2912248741013	2921764901003	2912461931006	2921785894002
母牛名号	はなはる	かつただ	こう194	ふじ	けいちゃん	きこいとなみ	ゆみこ	おおき	かつ	かつただひろ	こまち
登録番号	2912464304	2921605468	2921692559	2921722597	2921669260	2921797361	2921715434	2912248741	2921764901	2912461931	2921785894
開始年月日	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.7.12
開始時日齢	277	273	273	272	266	257	251	248	247	228	315
終了日日齢	913	922	909	901	902	886	887	884		864	874
終了年月日	R6.1.22	R6.2.4	R6.1.22	R6.1.15	R6.1.22	R6.1.15	R6.1.22	R6.1.22	検定除外	R6.1.22	R6.1.22
と殺年月日	R6.1.23	R6.2.6	R6.1.23	R6.1.16	R6.1.23	R6.1.16	R6.1.23	R6.1.23		R6.1.23	R6.1.23
枝肉重量	490.5	533.9	508	591.5	554.5	384.5	564.5	509		345	587.5
左半丸重量	244	269.7	254	294	278.5	191	282	255		173	296.5
ロース芯面積	60	63	76	65	65	68	72	58		57	75
バラの厚さ	10.1	9.1	8.2	10.5	9.8	8.4	9	8.5		6.6	8.9
皮下脂肪厚	4	3.2	2.8	5.2	3.5	2.3	3	2.5		2.1	2.1
推定歩留	74.3	74.1	75.9	72.9	74.3	77	75	74		75	75.8
筋間脂肪厚											
脂肪交雑	2.67	4	4	1.33	2	5	2.33	2		4	2
肉の色光沢	5	5	5	4	5	5	5	5		5	5
きめしまり	5	5	5	4	5	5	5	4		5	4
脂肪の光沢質	5	5	5	5	5	5	5	5		5	5
格付	A5	A5	A5	A4	A4	A5	A5	A4		A5	A4

第19回1次現場後代検定 その2

検定種雄牛 名号「雅糸波」

生年月日 平成31年1月24日

登録番号 黒原6361(84.1) 直検1.03kg/day

検定期間 令和4年4月26日～令和6年1月23日

父	洋糸波 (黒高2061)	祖父	茂洋 (黒高2042)	—	曾祖父	茂勝 (黒高989)
		祖母	きくつる (黒2097243)	—	曾祖父	茂糸波 (黒高976)
	きたつるこ (黒原1472726)	祖父	安糸福 (黒12812)	—	曾祖父	安福165の9 (黒原1683)
		祖母	きたつるしげ (黒2129182)	—	曾祖父	北国7の8 (黒原1530)

調査牛番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
生年月日	R3.7.9	R3.7.18	R3.7.20	R3.7.21	R3.8.11	R3.8.16	R3.8.19	R3.7.24	R3.8.2	R3.8.2	R3.8.6
子牛登記 記号番号	2021子遠黒 841	2021子南黒 445	2021子登黒 1449	2021子遠黒 762	2021子南黒 564	2021子登黒 1694	2021子古黒 840	2021子登黒 1283	2021子古黒 823	2021子遠黒 918	2021子登黒 1336
問合番号	2921669236006	2921631825006	2921584804007	2921744320003	2921748452003	2921789568002	2921586472008	2921807814001	2921568267006	2921709395004	29212620073003
母牛名号	さゆり	かつふきひら	えりこ	ここひめ92	なるみ	ふくはな	ゆり	めるも	あおい	まみ	あかり
登録番号	2921669236	2921631825	2921584804	2921744320	2921748452	2921789568	2921586472	2921807814	2921568267	2921709395	29212620073
開始年月日	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26
開始時日齢	291	282	280	279	258	253	250	276	267	267	263
終了日日齢	927	918	916	915	894	889	886	912	854	854	899
終了年月日	R6.1.22	R6.1.22	R6.1.22	R6.1.22	R6.1.22	R6.1.22	R6.1.22	R6.1.22	R5.12.4	R5.12.4	R6.1.22
と殺年月日	R6.1.23	R6.1.23	R6.1.23	R6.1.23	R6.1.23	R6.1.23	R6.1.23	R6.1.23	R5.12.5	R5.12.5	R6.1.23
枝肉重量	515.5	594	492.5	537.0	581.5	467.5	497.5	546.0	504.0	443.5	507.5
左半丸重量	257	297	245.5	268.0	288.0	232.5	247.0	273.5	252.5	220.0	254
ロース芯面積	66	81	75.0	84.0	65.0	83.0	68.0	93.0	63.0	49.0	65
バラの厚さ	7.7	8.7	8	9.3	10.2	9	7.7	9.2	9.7	7.6	8.8
皮下脂肪厚	2.3	3.7	2.80	3.80	3.60	3.10	3.00	3.40	3.50	3.60	3.6
推定歩留	74.6	75	75.9	76.4	74.2	77.6	74.5	77.8	74.6	72.1	74.2
筋間脂肪厚											
脂肪交雑	1.67	2.67	5	3	3	4	3	4	2	1.67	1.67
肉の色光沢	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4
きめしまり	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4
脂肪の光沢質	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
格付	A4	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A4	A4	A4

調査牛番号	12	13	14	15	16	17	18
生年月日	R3.8.6	R3.8.8	R3.8.10	R3.8.20	R3.8.31	R3.9.8	R3.9.12
子牛登記 記号番号	2021子登黒 1432	2021子南黒 440	2021子古黒 806	2021子遠黒 891	2021子登黒 1775	2021子遠黒 927	2021子登黒 1660
問合番号	2921601918008	2921523948009	2921579230008	2921685510005	2921515062010	2921680537003	2921775282002
母牛名号	ゆりこ	なかつた2の3	いわ22の57	よしほ	ただいとひさ	かつふじ	ゆみ
登録番号	2921601918	2921523948	2921579230	2921685510	2921515062	2921680537	2921775282
開始年月日	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.4.26	R4.7.12
開始時日齢	263	261	259	249	238	230	303
終了日日齢	899		895	885	874	866	862
終了年月日	R6.1.22	検定除外	R6.1.22	R6.1.22	R6.1.22	R6.1.22	R6.1.22
と殺年月日	R6.1.23		45314	R6.1.23	R6.1.23	R6.1.23	R6.1.23
枝肉重量	456.0		520	509.5	470.5	441.5	482.5
左半丸重量	228.5		259	254	236	220.5	242.5
ロース芯面積	63.0		74	79	59	69	67
バラの厚さ	8.5		9	9.1	8.7	9.2	9.6
皮下脂肪厚	3.5		4.1	3.3	3.1	3.2	4.2
推定歩留	74.4		74.9	76.5	74.2	76.1	74.7
筋間脂肪厚							
脂肪交雑	2.00		2.33	3	1.67	2	2
肉の色光沢	5		5	5	4	5	5
きめしまり	5		5	5	4	5	5
脂肪の光沢質	5		5	5	5	5	5
格付	A4		A5	A5	A4	A4	A4

第19回2次現場後代検定 その1

検定種雄牛 名号「孝糸波」

生年月日 令和1年5月22日

登録番号 黒原6362 (84.6) 直検1.25kg/day

検定期間 令和4年6月21日～令和6年4月8日

父	洋糸波 (黒高2061)	祖父	茂洋 (黒高2042)	—	曾祖父	茂勝 (黒高989)
		祖母	きくつる (黒2097243)	—	曾祖父	茂糸波 (黒高976)
	みく (黒高223881)	祖父	百合茂 (黒原4086)	—	曾祖父	平茂勝 (黒原2441)
		祖母	ふくこ (黒原1574311)	—	曾祖父	安福久 (黒原4416)

調査牛番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
生年月日	R3.9.10	R3.9.18	R3.9.18	R3.9.26	R3.9.29	R3.9.29	R3.9.30	R3.9.30	R3.10.1	R3.10.13	R3.11.3
子牛登記 記号番号	2021子登黒 1690	2021子南黒 662	2021子遠黒 1121	2021子登黒 2047	2021子登黒 2005	2021子登黒 1844	2021子南黒 685	2021子黒黒 1142	2021子南黒 723	2021子南黒 700	2021子栗黒 1209
問合番号	2921472807012	2921680476006	2921692528011	2921662897006	29212470939004	2921699836005	29212580419003	2921719625003	2921615305007	2921819969001	2921799111001
母牛名号	かつお4	めぐみ	はるこ	なつこ	うずしお	ゆきひめ	さき	みつこ	なみはな	もみじ	ひさこ2
登録番号	2921472807	2921680476	2921692528	2921662897	29212470939	2921699836	29212580419	2921719625	2921615305	2921819969	2921799111
開始年月日	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21
開始時日齢	284	276	276	268	265	265	264	264	263	251	230
終了日日齢	941	933	933	925	922	922	921	921	920	908	887
終了年月日	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8
と殺年月日	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9
枝肉重量	511.5	551.0	635.0	481.0	469.5	511.0	508.5	588.5	525.5	582.5	487
左半丸重量	253.5	274.0	317.5	240.5	234.5	253.5	254.5	293.0	262.0	291.0	240.5
ロース芯面積	84	75	82	60	78	83	65	83.0	68.0	79.0	58
バラの厚さ	9.3	8.7	10	9.2	9.1	8.8	8.5	10.3	8.8	10	9
皮下脂肪厚	2.1	1.7	3.6	2.2	2.3	1.5	2	1.60	2.30	3.30	2.0
推定歩留	78.3	76.6	75.6	75.4	77.7	78.4	75.4	78.3	75.5	76.1	75.2
筋間脂肪厚											
脂肪交雑	2.67	2	5	3	5	4	3	5	3	4	2.67
肉の色光沢	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
きめしまり	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
脂肪の光沢質	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
格付	A5	A4	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5

調査牛番号	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
生年月日	R3.9.12	R3.9.16	R3.10.1	R3.10.1	R3.10.5	R3.10.8	R3.10.13	R3.10.17	R3.10.25	R3.11.17
子牛登記 記号番号	2021子登黒 1723	2021子登黒 1549	2021子南黒 651	2021子南黒 647	2021子南黒 601	2021子南黒 617	2021子栗黒 1059	2021子南黒 659	2021子遠黒 1068	2021子遠黒 1110
問合番号	2921660585006	2921609831007	2921667096002	2921680481006	2921680472005	2921690049005	2921671644006	2921801615002	2921682078005	29212716057001
母牛名号	ひでひら	ひらかわひろ	かえで	ふじみ	すずこ	ゆりこ	さちこ2	たんど	なつゆり	りんどう1
登録番号	2921660585	2921609831	2921667096	2921680481	2921680472	2921690049	2921671644	2921801615	2921682078	29212716057
開始年月日	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21
開始時日齢	282	278	263	263	259	256	251	247	239	216
終了日日齢	939	935	920	920	916	913	908	904	896	873
終了年月日	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8
と殺年月日	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9
枝肉重量	461.5	512	550	428	544	446.5	475.5	395	518.5	326.5
左半丸重量	230.0	256.5	272	213.5	271.5	224	237	198	259.5	163
ロース芯面積	70.0	85	73	56	90	79	82	84	93	64
バラの厚さ	8.6	9.6	9.7	8.6	9.5	8.2	8.3	8	9.3	7.8
皮下脂肪厚	1.9	3.1	4.1	2	3	2.2	2.1	2.6	1.7	2
推定歩留	76.8	77.7	74.9	75.3	78	77.6	77.8	78.4	79.7	77.1
筋間脂肪厚										
脂肪交雑	4.00	3	2	1.67	3	3	3	5	5	4
肉の色光沢	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5
きめしまり	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5
脂肪の光沢質	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
格付	A5	A5	A4	A4	A5	A5	A5	A5	A5	A5

第18回2次現場後代検定 その2

検定種雄牛 名号「茂勝久」

生年月日 令和1年6月5日

登録番号 黒原6363(84.0) 直検1.13g/day

検定期間 令和4年6月21日～令和6年4月8日

父	茂福久 (黒高2058)	祖父	茂洋 (黒高2042)	—	曾祖父	茂勝 (黒高989)
		祖母	ひさこ (黒2283484)	—	曾祖父	安福久 (黒原4416)
	かつひら (黒原1615436)	祖父	勝忠平 (黒原3800)	—	曾祖父	平茂勝 (黒原2441)
		祖母	かついとし (黒原1340780)	—	曾祖父	茂勝 (黒高989)

調査牛番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
生年月日	R3.9.19	R3.10.5	R3.10.9	R3.10.11	R3.10.18	R3.10.24	R3.10.28	R3.11.20	R3.9.12	R3.9.26
子牛登記 記号番号	2021子み黒 88	2021子登黒 2235	2021子登黒 2099	2021子遠黒 1135	2021子登黒 2117	2021子遠黒 1284	2021子登黒 2100	2021子登黒 2690	2021子登黒 1602	2021子登黒 1751
問合番号	2912716053001	2921692639005	2921490181012	2921395447013	2921696830003	2921659120005	2921490189010	2912495310006	2921519980010	2921469144010
母牛名号	きよ	さちこ	ゆりもん	あきさかえ	ひかり	ひらり	かずこ	さくら	おくやすただ	らつきい
登録番号	2912716053	2921692639	2921490181	2921395447	2921696830	2921659120	2921490189	2912495310	2921519980	2921469144
開始年月日	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21
開始時日齢	275	259	255	253	246	240	236	213	282	268
終了日日齢	932	916	912	910	903	897	893	870	939	925
終了年月日	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8
と殺年月日	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9
枝肉重量	541.5	582	488.0	539.0	462.5	522.0	601.0	484.0	442.0	507.5
左半丸重量	274	291.5	246.0	268.5	230.0	261.0	303.0	241.5	219.0	252.5
ロース芯面積	82	80	69.0	74.0	59.0	77.0	105.0	67.0	51.0	95.0
バラの厚さ	9.6	10.2	8.8	8.7	8.5	8.4	9.1	9.1	8.5	8.7
皮下脂肪厚	2.5	2.7	2.20	2.60	3.10	2.10	1.70	3.00	2.80	2.20
推定歩留	77.4	76.9	76.1	75.8	74.2	76.6	80	75.5	73.7	79.3
筋間脂肪厚										
脂肪交雑	5	4	2.67	2.67	3	5	3	3	1.67	4
肉の色光沢	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5
きめしまり	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5
脂肪の光沢質	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
格付	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A4	A5

調査牛番号	11	12	13	14	15	16	17	18
生年月日	R3.9.29	R3.9.30	R3.10.4	R3.10.8	R3.10.18	R3.10.21	R3.11.6	R3.11.8
子牛登記 記号番号	2021子み黒 149	2021子登黒 1752	2021子登黒 1669	2021子登黒 2094	2021子み黒 173	2021子南黒 657	2021子古黒 1130	2021子登黒 1985
問合番号	2921584745006	2921783204002	2912507139005	2921575812006	2912724708001	2912464303007	2921792031002	2912620079003
母牛名号	ひろはな	ゆりざくら	かつこ	ときはな	あめんぼ	みつはな	みやぎのうし	ひめの
登録番号	2921584745	2921783204	2912507139	2921575812	2912724708	2912464303	2921792031	2912620079
開始年月日	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21	R4.6.21
開始時日齢	265	264	260	256	246	243	227	225
終了日日齢	922	921	917	913	903	900		882
終了年月日	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	R6.4.8	検定除外	R6.4.8
と殺年月日	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9	R6.4.9		R6.4.9
枝肉重量	567.5	484	502.5	567	477.5	548		470
左半丸重量	284.5	240.5	254	282.5	239	273		235.5
ロース芯面積	73.0	69	78	90	77	76		85
バラの厚さ	9.6	8.7	9.4	9.8	9.5	10.5		9
皮下脂肪厚	4.0	3.2	2.8	3.8	2.6	4.6		2.7
推定歩留	74.6	75.3	77	77.2	77.5	75.4		78.2
筋間脂肪厚								
脂肪交雑	1.67	3	4	2	4	1.33		4
肉の色光沢	4	5	5	5	5	4		5
きめしまり	4	5	5	5	5	4		5
脂肪の光沢質	5	5	5	5	5	5		5
格付	A4	A5	A5	A4	A5	A4		A5

第二部 完了試験成績

アグリテック活用推進事業

1) 仙台牛の食味向上指標の探索

担当：佐々木孔亮、小宮亮太、佐藤秀俊、高橋弘晃、及川俊徳

1 はじめに

「仙台牛」は、宮城県が誇る黒毛和種ブランド牛肉であり、公益社団法人日本格付協会が A5 または B5 に格付した超高級牛肉であり、物量も国内トップクラスである。しかし、「仙台牛」のおいしさや機能性物質等の科学的知見が乏しく、消費者嗜好に関しても不明な点が多い。

そこで、先行研究（県単トップブランド「仙台牛」の差別化事業）を引き継ぎ、牛肉の脂肪酸等の理化学分析値を蓄積する。あわせて、ゲノミック評価も行うことで、有用成分の活用を図り、従来の枝肉格付形質、特に脂肪交雑に加えて、新たなおいしさ指標に優れる種牛群の育種改良を目指す。

脂肪酸組成はその割合によって牛肉の味、匂い、食感を変化させるとされ、オレイン酸、MUFA の割合が大きいと脂肪の融点が下がり、食味性に良い影響を与える。また、脂肪酸組成とともに粗脂肪含量にも焦点を当てることで遊離脂肪酸の総量についても検討、そして官能評価によって官能特性を明らかにする。

2 試験方法

1) 可食部筋肉における脂肪酸組成および物質質量（令和3年度）

(1) 供試試料

仙台市中央卸売市場食肉市場に上場した黒毛和種の枝肉で、県内の卸売会社が競り購買した小肉。枝肉格付 A5 が 10 頭、A4 が 10 頭、A3 が 8 頭で、性別は去勢、父牛は、好平茂が 6 頭（A3 は 4 頭）、茂洋が 2 頭、美津百合が 2 頭。

(2) 理化学分析

①試料調製

と畜日から 14 日目に -20°C で冷凍保管を行い、加工前日に 4°C の冷蔵庫で一夜解凍した。加工は、小肉から胸最長筋、僧帽筋、背半棘筋、頭半棘筋、腸肋筋、広背筋、（菱形筋）、胸腹鋸筋に分けて、筋膜が入らないように切り出した。各筋肉は、図 1 のとおり。ミンチは、マルチビーズショッカー MB1200（安井器機）を用いて、 $2,500\text{rpm} \cdot 30 \sim 60$ 秒で破碎した。

②脂肪酸組成および物質質量

抽出は、ナカライテスク社の脂肪酸抽出キットおよび精製キットを用いた。脂肪酸分析は、ガスクロマトグラフ GC-2030（島津製作所）を用いて、水素炎イオン化型検出器（FID）で各脂肪酸を検出させた。標準試料は、スペルコ 37mix（シグマアルドリッチ社）を分析し、得られたリテンションタイムから、用いた脂肪酸は、ミリスチン

酸 (C14:0)、ミリストレイン酸 (C14:1)、パルミチン酸 (C16:0)、パルミトレイン酸 (C16:1)、ステアリン酸 (C18:0)、オレイン酸 (C18:1)、リノール酸 (C18:2) の 7 種を同定し、面積値で百分率 (%) および物質質量 (mg/g) を算出した。MUFA (モノ不飽和脂肪酸) は、C14:1+C16:1+C18:1、SFA (飽和脂肪酸) は、C14:0+C16:0+C18:0 とした。カラムは、Inert Cap Pure Wax キャピラリー (内径 0.25 μ m×長さ 30m×膜厚 0.25 μ m、GL サイエンス) を使用した。ガスは、キャリアがヘリウム (99.995%以上)、メイクアップが窒素 (99.999%)、一般水素とした。

(3) 統計処理

SAS の glm プロシージャーを用いて、枝肉格付 (3 水準) を固定効果、と畜月齢を共変量とし、脂肪酸について分散分析を行った。枝肉格付形質等については、固定効果のみとした。有意 ($p < 0.05$) だった項目は、Tukey-kramer による最小二乗平均値或いは平均値の差の検定を実施した。

2) 胸最長筋における脂肪酸組成および脂肪酸指数 (令和 4 年度)

(1) 供試試料

仙台市中央卸売市場食肉市場および株式会社 J A 食肉かごしま南薩工場に上場した黒毛和種の枝肉で、県内の卸売会社が競り購買した小肉 42 頭分を用いた。枝肉格付は A5 が 23 頭、A4 が 11 頭、A3 が 8 頭で、性別はすべて去勢とした。

(2) 理化学分析

①試料調製

と畜日から 16 日以内に -80°C または -20°C で冷凍保管を行い、加工前日に 4°C の冷蔵庫で一夜解凍した。加工は、小肉から胸最長筋を筋膜が入らないように切り出した。ミンチは令和 3 年度と同様。

②水分含量および粗脂肪含量

水分含量は、凍結乾燥前後における重量差により算出した。粗脂肪含有量は、ソックスレー抽出法により測定した。

③脂肪酸組成および脂肪酸指数

42 頭のうち、28 頭は令和 3 年度と 14 頭は一般財団法人日本食肉分析センターに分析を委託した。脂肪酸指数は「粗脂肪含量×各脂肪酸組成/100」の計算式で算出した。

(3) 統計処理

統計フリーソフト R (version 4.2.2) を用いた。枝肉格付 (3 水準) を固定効果とし、枝肉格付形質、水分、粗脂肪、脂肪酸組成、脂肪酸指数について分散分析を行った。有意 ($p < 0.05$) だった項目は、Tukey-kramer による平均値の差の検定を実施した。

3) 焼き調理における脂肪酸組成および BMSNo. が異なる牛肉の嗜好型官能評価 (令和 5 年度)

(1) 供試試料

仙台市中央卸売市場食肉市場に上場した黒毛和種で、県内の卸売会社が競り購買した枝肉のうち左半丸リブローズブロック (4 肋骨分、7~10 肋骨) を 4 頭用いた。第 7 肋骨面から 1 cm を理化学分析に、第 7 肋骨面の 5 cm 後方から第 10 肋骨までを官能評価に用いた。

(2) 理化学分析

① 試料調製

と畜日から 16 日以内に -80°C または -20°C で冷凍保管を行った。左半丸リブローズブロックから胸最長筋のみを筋膜が入らないように切り出し、マルチビーズショッカー MB1200 (安井機器) を用いて、2,500rpm で 30~60 秒間破碎した。

② 水分含量および粗脂肪

令和 4 年度と同様。

③ 脂肪酸組成

令和 3 年度と同様。

(3) 官能評価

脂肪酸組成の分析結果および枝肉格付の BMS No. から①高 MUFA 高 FAT 区 ②高 MUFA 低 FAT 区 ③低 MUFA 高 FAT 区 ④低 MUFA 低 FAT 区 (以下、①高 M 高 F 区 ②高 M 低 F 区 ③低 M 高 F 区 ④低 M 低 F 区) の 4 区に区分けした。

① サンプル調製、調理形態

黒毛和牛肉左半丸リブローズ (4 肋骨分) のうち第 7 面から 5 cm 後方を用い、さらにそのうちの後方を 1 日目、その前方を 2 日目に用いた。評価の前日から一晩解凍したサンプルをスライサーで 5mm 厚にスライスした後、直径 4.5 cm の型抜きを用い、ローズ部位からくりぬいて成形した。

その後、 180°C に加温したホットプレートにて、表 45 秒、裏 45 秒加熱した。加熱したサンプルはタッパーに入れ、 70°C に設定したタオルウォーマーで提供まで保存した。

② パネルコントロール

サンプル番号は 3 桁の乱数で表示し、提示順序はラテン方格で行と列を無作為化した。カップに盛り付けをし、1 サンプルずつ提供した。オールイン形式でインフォームドコンセントを実施後、回答用紙 (図 1) を配布。1 サンプル終了する度に 1 分間の休憩を設けた。全サンプルの評価が終了したら、回答用紙を回収し、退室させた。

③ 評価方法

評価は、8 段階の評点による好ましさの評価と Check-All-That-Apply (CATA) 法を用いた官能特性の評価を行った。用語は佐々木ら、日本畜産学会報 89 (4)、471-488、

2018 で作成された用語集からスタッフで言葉出しを行い、21 用語まで絞った。その後、21 用語のうち 1 つを「仙台牛」でよく言われる言葉に修正した。

(4) 統計処理

統計フリーソフト R (version4.2.2) を用いた。好ましさの評価は、評点を応答変数、評価順序、実施日およびサンプルを固定効果、パネリストをランダム効果とした一般混合モデルを作成し、分散分析を行った。また、各用語の選択された数をサンプルごとに集計してコレスポンデンス分析を行った。さらに各用語の選択の有無がサンプルの好ましさに及ぼす影響を調査するため、評点を応答変数、評価順序、実施日および各用語を固定効果、パネリストをランダム効果とした一般混合モデルを作成し、ペナルティ分析を行った。

4) ゆで調理における脂肪酸組成および BMS No. が異なる牛肉の嗜好型官能評価 (令和 6 年度)

(1) 供試試料

令和 5 年度と同様。

(2) 理化学分析

①試料調製

令和 5 年度と同様。

②水分含量および粗脂肪

令和 4 年度と同様。

③脂肪酸組成

令和 3 年度と同様。

(3) 嗜好型官能評価

脂肪酸組成の分析結果および格付結果から①高 MUFA4 等級区 (以下、H 4 区)、②低 MUFA4 等級区 (以下、L4 区)、③低 MUFA5 等級区 (以下、L 5 区)、④極低 MUFA5 等級区 (以下、EL 5 区) の 4 つの試験区に区分けした。

①サンプル調製、調理形態

令和 5 年度と同様。調理形態は沸騰した純水にて、30 秒ゆで調理した。加熱したサンプルはタッパーに入れ、70℃に設定したタオルウォーマーで提供まで保存した。

②パネルコントロール

令和 5 年度と同様。

③評価方法

評価は、8 段階の評点による好ましさの評価 (全体評価、味、匂い、食感) と Check-All-That-Apply (CATA) 法を用いた官能特性の評価を行った。用語は佐々木ら¹⁾の用語集からスタッフで言葉出しを行い、21 用語まで絞った。

(4) 統計処理

令和 5 年度と同様。

3 結果および考察

令和 3 年度及び令和 4 年度は脂肪酸組成およびサンプル中の脂肪酸の総量（物質質量及び脂肪酸指数）に焦点を当てた試験を実施した。令和 3 年度では胸最長筋、背半棘筋、腹鋸筋の脂肪酸組成および物質質量を測定した。その結果を表 1 に示す。脂肪酸組成はすべての部位で格付間の有意な差は見られなかった。物質質量では各部位で格付間の差が見られ、特に背半棘筋ではすべての脂肪酸で有意な差が見られた。つまり、脂肪酸の総量では差が見られたため、実際に牛肉を食した場合、官能特性に影響がある可能性が示唆された。しかし、物質質量はサンプル重を考慮して算出しているため、誤差が大きくなる。そのため、令和 4 年度では物質質量に代わり、脂肪酸指数（粗脂肪含量×各脂肪酸組成/100）を検討し、引き続き脂肪酸組成についても検討した。肉中に存在する脂肪酸のほとんどは中性脂肪としてグリセリンと結合した状態で存在しており、その状態だと風味（匂い、呈味）には影響しないが、遊離脂肪酸まで分解されると風味に影響するとされている。遊離脂肪酸は通常すぐに分解されてしまうため、定量は難しいが脂肪酸組成と併せて粗脂肪含量も分析し、遊離脂肪酸の総量として分析する。脂肪酸指数は脂肪酸の総量つまり遊離脂肪酸含量を示すためと考えられている。

結果を表 2 に示した。A5 は、A4 および A3 に比較し、水分含量で有意に低く、粗脂肪含量で有意に高かった。脂肪酸組成では格付間で有意な差は見られなかった。脂肪酸指数では A5 が A4 および A3 に比較し、C18:0 を除く項目で有意に高く、C18:0 は A5 が A3 に比較し、有意に高かった。このことから 5 等級の牛肉が 4 等級、3 等級と比較して、脂肪酸指数が高く、和牛香や脂肪味が強い可能性が示唆された。

令和 5 年度及び令和 6 年度では脂肪酸組成と BMS No. および肉質等級が牛肉の官能特性と好ましさにどのような影響を与えるかに焦点を当て、令和 5 年度では牛肉を焼き調理した場合、令和 6 年度では牛肉をゆで調理した場合を検証した。結果を表 3、4 および図 1、2 に示す。好ましさに関わる評点については各サンプル間で有意な差は見られなかったが、低 M 高 F 区が最も高い結果となった。コレスポンデンス分析の結果、各サンプルはそれぞれ離れた位置関係となった。これはそれぞれのサンプルが異なる特性を感じられたという結果を示している。また、それぞれ離れた位置関係になったものの、MUFA 割合が高ければ縦軸（第 2 成分）において負の方向に、低ければ正の方向に振れ、BMS No. が高ければ横軸（第 1 成分）において負の方向に、低ければ正の方向に振れるなどサンプルの特徴の傾向が表れる結果となった。用語のプロットにおいては、「やわらかい」、「香ばしい甘さ」および「あぶらっぽい味」などの用語が近い位置関係とあり、評価する際に感じた表現として近い意味で用いられたのだと推測された。令和 5 年度の成績書においてはサンプルと用語のプロットを照らし合わせて考察しているが、その使い方は誤りであるためここで訂正する。ペナルティ分析では「うま味」、「かみ切りやすい」、「こくの

ある味」、「しっとりとした」、「香ばしい味わい」、「ほんのりと甘い」などの用語が評点に有意な正の影響を与え、有意ではないものの「まろやかな風味」、「甘い匂い」などの用語が負の影響を与えていることが示された。令和 6 年度では同様の試験をゆで調理で実施し、全体の好ましきだけでなく、匂い、味、食感の好ましきについても調査した。結果を表 5、6 および図 3～7 に示す。食感の好ましきに関わる評点についてはサンプル間で有意な差が示され、L5 区、EL5 区が L4 区と比較して高い結果となった。全体の好ましきに関わる評点については有意ではないものの L5 区、EL5 区が L4 区と比較して高い傾向が見られた。味、匂いの好ましきに関わる評点については有意な差はなかった。ペナルティ分析の結果、各評価項目に影響を与えている用語が明らかになった。全体評価では「ほんのり甘い」、「脂肪ののった」、「かみ切りやすい」が有意に正の影響を、「脂臭い」、「獣特有のにおい」が有意に負の影響を与えることが示された。有意に正の影響を与えた用語で「ほんのり甘い」が全体、匂いおよび味と、「脂肪ののった」が全体、味および食感と、「かみ切りやすい」が全体、匂いおよび食感と共通しており、有意に負の影響を与えた用語で「脂臭い」が全体および食感と、「獣特有のにおい」が全体、味および匂いと共通していた。これらの用語が共通している要因は今回の試験のみでは示せないため、今後検討していく必要がある。コレスポンデンス分析の結果、サンプルについては H4 区と L5 区は比較的近い位置にプロットされ、EL5 区、L4 区は比較的遠い位置にプロットされた。このことから H4 区と L5 区は特性が似ていること、その他の 2 つの区は特性が異なることが評価され、粗脂肪含量、BMS No. が低い牛肉であっても MUFA が高い値であれば、近い評価が得られることがわかった。しかし、L5 区と近い粗脂肪含量と MUFA の値を示した L4 区は H4 区と L5 区から遠い位置にプロットされた。これは L4 区が BMS No. 7 であるにも関わらず、BMS No. 11 の L5 区と同等との粗脂肪含量であったことからサシの形状が粗かった可能性があり、それが起因した可能性が考えられる。EL5 区も遠い位置にプロットされている。これは MUFA 割合が最も低く、粗脂肪含量が最も高かったことが起因していると考えられる。ペナルティ分析で全体評価に有意に正の影響を与えた 3 つの用語はそれぞれ離れた位置にプロットされ、それぞれが違った意味で用いられていることがわかる。つまり、ゆで調理におけるおいしい牛肉は「脂肪がのっていて、ほんのりと甘く感じる」ことができ、かみ切りやすい牛肉」であると表現できる。

以上のことから、粗脂肪含量、脂肪酸組成が同等のサンプルでも異なるサンプルであると認識されることもあれば、異なる値を示したサンプルが近いサンプルであると認識されることがわかり、これらのサンプルを評価する上で正の影響、負の影響を与える用語も明らかになった。

表 1 筋肉内の脂肪酸組成、物質量

筋肉部位	脂肪酸組成		枝肉格付						枝肉格付			
	組成	単位	A3	A4	A5	p-value ¹	単位		A3	A4	A5	p-value ¹
胸横筋 (バラ)	C14:0	%	20±0.2	20±0.1	21±0.1	ns	mg/g		134±1.6	165±1.4	136±1.4	ns
	C14:1	%	0.8±0.1	0.8±0.1	0.9±0.1	ns	mg/g		5.4±0.8	6.6±0.7	5.5±0.7	ns
	C16:0	%	24.3±0.7	24.1±0.6	24.2±0.6	ns	mg/g		149.6±13.1	181.7±11.7	143.9±11.7	ns
	C16:1	%	4.5±0.3	4.5±0.3	4.7±0.3	ns	mg/g		29.4±3.0	36.3±2.7	30.3±2.7	ns
	C18:0	%	9.9±0.8	10.8±0.7	9.5±0.7	ns	mg/g		6.1±0.9	8.1±0.8	5.6±0.8	ns
	C18:1	%	56.7±1.2	55.8±1.1	56.6±1.1	ns	mg/g		337.8±23.0 ^a	411.8±20.8 ^a	327.4±20.5 ^b	*
	C18:2	%	1.8±0.2	2.0±0.2	2.0±0.2	ns	mg/g		11.6±1.3	16.2±1.2	12.6±1.2	†
	MUFA	%	62.0±1.3	61.1±1.1	62.2±1.1	ns	mg/g		372.6±25.0 ^a	454.7±22.4 ^a	363.3±22.3 ^b	*
	SFA	%	36.3±1.3	37.0±1.2	35.8±1.2	ns	mg/g		169.1±15.1	206.3±13.5	163.1±13.5	ns
背半棘筋 (リブマキ)	C14:0	%	2.1±0.2	2.3±0.1	2.3±0.1	ns	mg/g		8.1±1.5 ^a	14.6±1.3 ^b	16.7±1.3 ^b	**
	C14:1	%	0.6±0.1	0.7±0.1	0.7±0.1	ns	mg/g		2.3±0.7 ^a	4.4±0.8 ^a	5.4±0.6 ^b	*
	C16:0	%	27.5±0.8	27.7±0.7	27.3±0.7	ns	mg/g		101.9±11.6 ^a	159.4±10.4 ^a	186.7±10.3 ^b	***
	C16:1	%	3.6±0.3	3.6±0.3	3.9±0.3	ns	mg/g		13.9±2.3 ^a	23.1±2.0 ^a	28.5±2.0 ^b	***
	C18:0	%	12.5±1.1	13.4±1.0	11.4±1.0	ns	mg/g		4.6±0.8 ^a	7.5±0.7 ^a	7.7±0.7 ^a	*
	C18:1	%	52.1±1.5	50.2±1.3	52.4±1.3	ns	mg/g		186.4±19.6 ^a	282.4±17.6 ^b	352.5±17.5 ^c	****
	C18:2	%	1.8±0.2	2.0±0.1	1.9±0.1	ns	mg/g		7.0±1.4 ^a	13.0±1.3 ^b	14.3±1.3 ^b	**
	MUFA	%	56.2±1.6	54.5±1.5	57.0±1.4	ns	mg/g		202.6±21.1 ^a	309.8±18.9 ^b	386.4±18.8 ^c	****
	SFA	%	42.0±1.6	43.5±1.5	41.1±1.4	ns	mg/g		114.6±13.3 ^a	181.5±11.9 ^b	211.1±11.9 ^b	***
胸最長筋 (リブ芯)	C14:0	%	2.3±0.2	2.2±0.1	2.3±0.1	ns	mg/g		11.6±1.3	12.6±1.2	14.9±1.2	ns
	C14:1	%	0.6±0.1	0.6±0.1	0.7±0.1	ns	mg/g		3.2±0.9	3.3±0.8	5.0±0.8	ns
	C16:0	%	28.3±0.7	27.7±0.6	26.8±0.6	ns	mg/g		135.9±7.8 ^a	147.8±7.0 ^a	162.9±7.0 ^b	*
	C16:1	%	3.3±0.3	3.2±0.3	3.6±0.2	ns	mg/g		17.5±2.4	18.6±2.2	24.2±2.2	ns
	C18:0	%	12.7±1.1	13.9±1.0	11.8±1.0	ns	mg/g		6.0±0.6	7.3±0.5	7.0±0.5	ns
	C18:1	%	51.1±1.3	50.4±1.2	52.8±1.2	ns	mg/g		239.7±13.6 ^a	262.3±12.2 ^a	312.3±12.2 ^b	**
	C18:2	%	1.7±0.2	2.0±0.2	2.0±0.2	ns	mg/g		9.4±1.4	12.2±1.3	13.8±1.3	ns
	MUFA	%	55.0±1.5	54.2±1.3	57.1±1.3	ns	mg/g		260.4±16.3 ^a	284.2±14.8 ^a	341.5±14.5 ^b	**
	SFA	%	43.3±1.5	43.8±1.3	40.9±1.3	ns	mg/g		153.5±9.2	167.6±8.2	184.7±8.2	*

数値は最小二乗平均値±標準誤差：C14:0ミリスチン酸；C14:1ミリストレイン酸；C16:0パルミチン酸；C16:1パルミトレイン酸；

C18:0ステアリン酸；C18:1オレイン酸；C18:2リノール酸；MUFA一価不飽和脂肪酸；SFA飽和脂肪酸

¹ †p<0.10；*p<0.05；**p<0.01；***p<0.001；****p<0.0001；ns,not significant；a-c異符号間に有意差あり(p<0.05)。

表 2 胸最長筋における理化学特性

		A3		A4		A5	
		含水率(%)	45.8 ± 4.5 ^a	41.9 ± 2.7 ^a	33.9 ± 2.6 ^b	粗脂肪(%)	36.8 ± 5.8 ^c
脂肪酸組成 (%)	C14:0	2.3 ± 0.3	2.2 ± 0.5	2.6 ± 0.6		C14:1	0.6 ± 0.1
	C14:1	0.6 ± 0.1	0.6 ± 0.3	0.7 ± 0.3		C16:0	28.2 ± 2.9
	C16:0	28.2 ± 2.9	27.7 ± 1.3	27.3 ± 1.6		C16:1	3.3 ± 0.5
	C16:1	3.3 ± 0.5	3.1 ± 1.0	3.5 ± 0.7		C18:0	12.7 ± 2.1
	C18:0	12.7 ± 2.1	14.0 ± 4.3	12.7 ± 2.1		C18:1	51.1 ± 4.4
	C18:1	51.1 ± 4.4	50.3 ± 3.7	51.1 ± 3.1		C18:2	1.7 ± 0.5
	C18:2	1.7 ± 0.5	2.0 ± 0.5	2.1 ± 0.5		MUFA	55.1 ± 4.8
	MUFA	55.1 ± 4.8	54.0 ± 4.5	55.4 ± 3.3		SFA	43.2 ± 4.9
	SFA	43.2 ± 4.9	43.9 ± 4.5	42.5 ± 3.3			
脂肪酸指数	C14:0	0.8 ± 0.1 ^b	1.0 ± 0.2 ^b	1.4 ± 0.4 ^a		C14:1	0.2 ± 0.0 ^b
	C14:1	0.2 ± 0.0 ^b	0.2 ± 0.1 ^b	0.4 ± 0.2 ^a		C16:0	10.3 ± 1.1 ^b
	C16:0	10.3 ± 1.1 ^b	11.9 ± 1.0 ^b	14.8 ± 2.2 ^a		C16:1	1.2 ± 0.2 ^b
	C16:1	1.2 ± 0.2 ^b	1.3 ± 0.4 ^b	1.9 ± 0.5 ^a		C18:0	4.6 ± 0.8 ^b
	C18:0	4.6 ± 0.8 ^b	6.1 ± 2.4 ^{ab}	6.8 ± 1.5 ^a		C18:1	18.9 ± 2.9 ^b
	C18:1	18.9 ± 2.9 ^b	21.6 ± 2.2 ^b	27.5 ± 2.6 ^a		C18:2	0.6 ± 0.2 ^b
	C18:2	0.6 ± 0.2 ^b	0.9 ± 0.2 ^b	1.1 ± 0.3 ^a		MUFA	20.3 ± 3.2 ^b
	MUFA	20.3 ± 3.2 ^b	23.1 ± 2.4 ^b	29.8 ± 3.0 ^a		SFA	15.8 ± 1.8 ^b
	SFA	15.8 ± 1.8 ^b	18.9 ± 3.2 ^b	23.0 ± 3.7 ^a			

格付毎の異符号間に5%水準で有意差あり

C14:0,ミリスチン酸；C14:1,ミリストレイン酸；C16:1,パルミチン酸；

C16:1,パルミトレイン酸；C18:0,ステアリン酸；C18:1,オレイン酸；

C18:2,リノール酸；MUFA,一価不飽和脂肪酸；SFA,飽和脂肪酸

表 3 供試牛肉の理化学分析値(令和5年度)

	高M高F	高M低F	低M高M	低M低F
BMS No.	10	6	10	6
水分	46.8	52.2	41.2	50.3
EE含量	39.2	30.9	45.0	31.8
C14:0	2.2	2.0	2.4	2.2
C14:1	1.0	0.8	0.7	0.6
C16:0	25.0	25.4	26.2	26.3
C16:1	4.0	5.1	3.3	3.0
C18:0	9.9	8.0	12.4	14.1
C18:1	55.6	56.5	52.3	52.0
C18:2	2.4	2.2	2.8	1.7
SFA	37.1	35.5	41.0	42.7
MUFA	60.5	62.3	56.2	55.6

表 4 各区の評点(令和5年度)

	高M高F	高M低F	低M高M	低M低F	標準誤差
評点	5.49	5.54	5.86	5.48	0.189

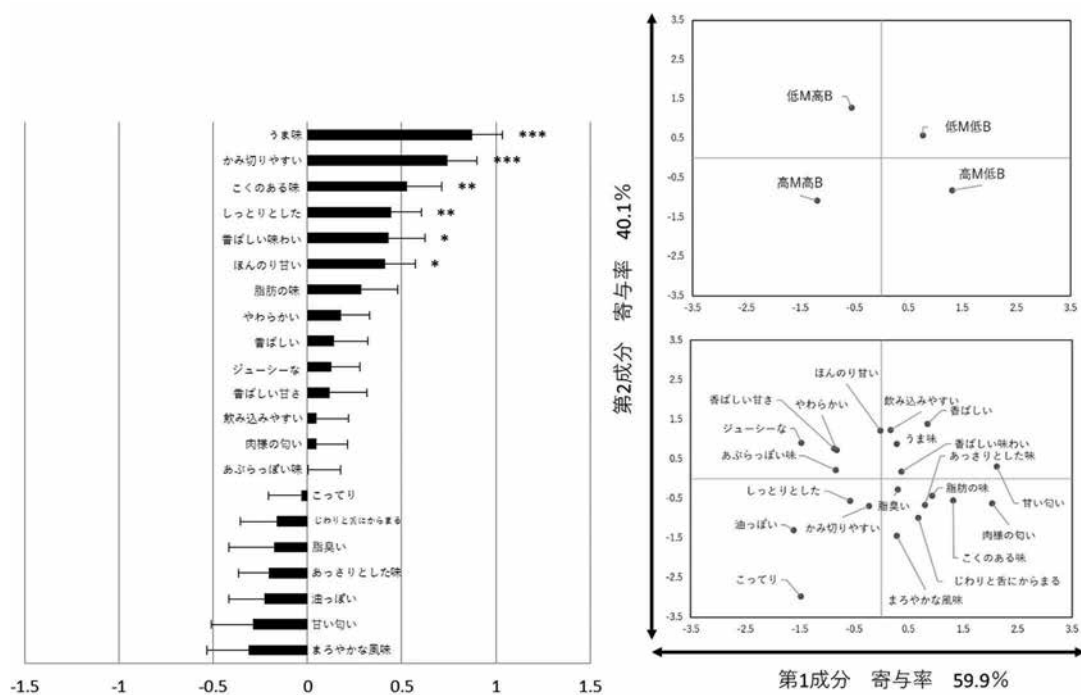


図1 用語のペナルティ分析（令和5年度） 図2 コレスポネンデンス分析（令和5年度）

表5 供試牛肉の理化学分析値（令和6年度）

	H4	L4	L5	EL5
BMS No.	7	7	11	12
水分	45.2	38.1	38.5	36.3
EE含量	39.4	49.4	48.4	51.7
C14:0	2.8	2.8	2.4	2.1
C14:1	0.8	0.4	0.6	0.4
C16:0	27.3	29.6	31.2	31.6
C16:1	3.5	3.2	2.4	2.1
C18:0	12.8	14.5	14.4	17.3
C18:1	51.0	47.8	47.0	45.2
C18:2	1.8	1.6	2.0	1.2
SFA	42.9	46.9	48.0	51.1
MUFA	55.3	51.5	50.0	47.7

表 6 各区の評点

	評点					有意水準		
	H4	L4	L5	EL5	標準誤差	サンプル	実施日	評価順序
全体の好ましさ	5.62	5.49	5.90	5.93	0.19	0.055 [†]	0.880	0.041 [*]
匂いの好ましさ	5.46	5.66	5.61	5.42	0.21	0.509	0.675	0.484
味の好ましさ	5.72	5.54	5.88	5.85	0.20	0.396	0.872	0.136
食感の好ましさ	5.68 ^{ab}	5.25 ^b	5.95 ^a	5.90 ^a	0.21	0.008 [*]	0.468	0.485

1)最小二乗平均値、同一行内で異なるアルファベット間に有意差あり (p<0.05)

2)混合モデル分析による分散分析における各項目の効果 († : p<0.1, * : p<0.05)

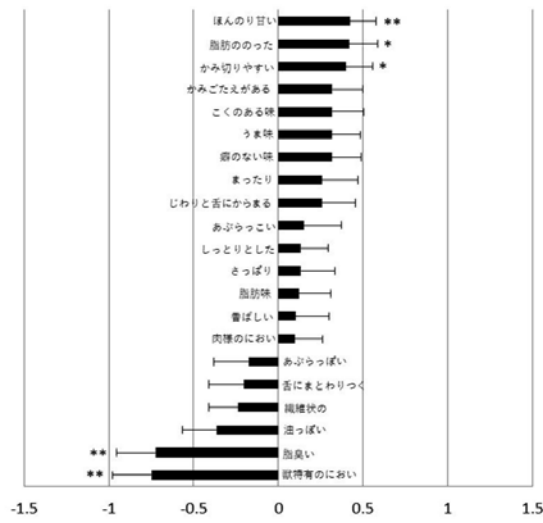


図 3 全体評価における用語のセマンティクス分析

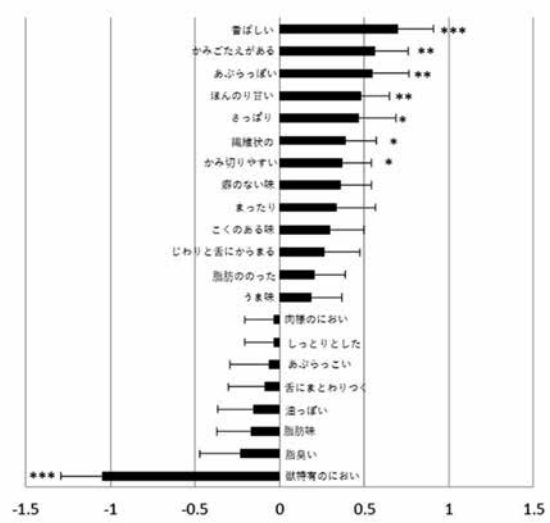


図 4 匂い評価における用語のセマンティクス分析

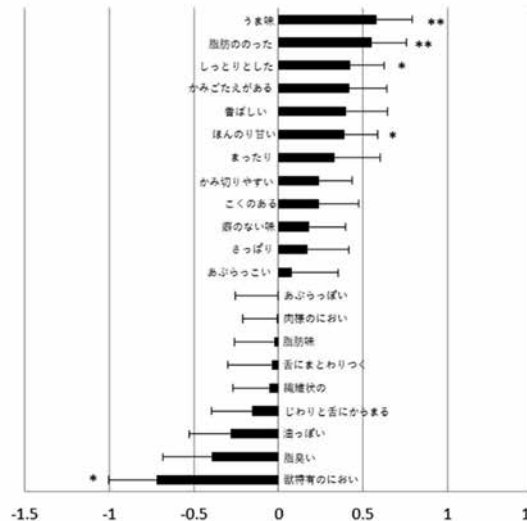


図 5 味評価における用語のセマンティクス分析

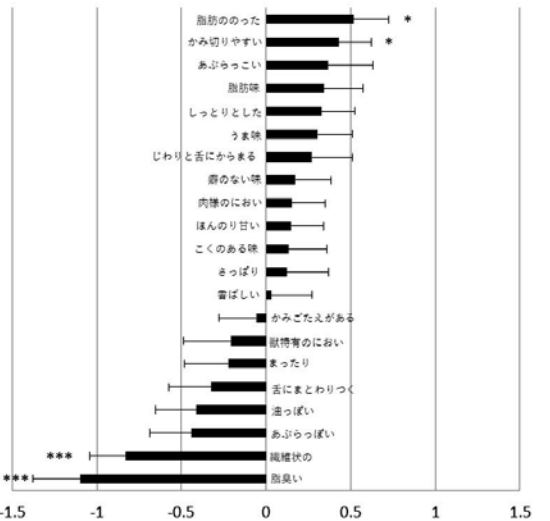


図 6 食感評価における用語のセマンティクス分析

***"0.001 **"0.01 *"0.05

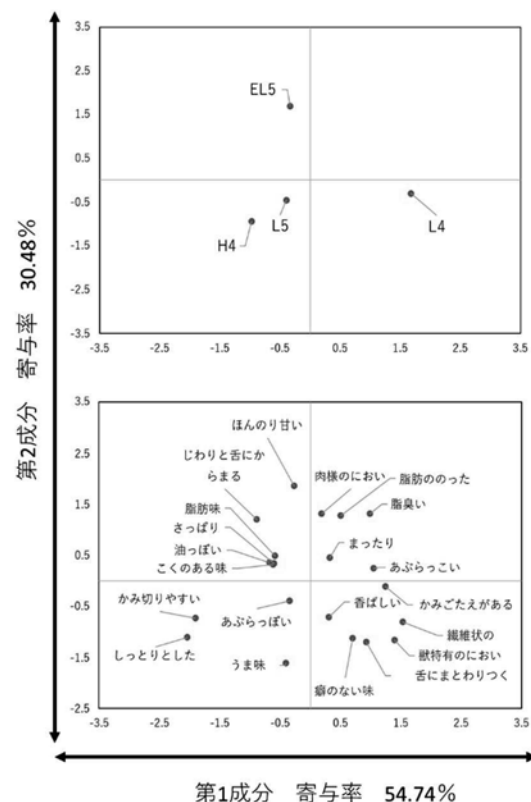


図7 コレスポンデンス分析（令和6年度）

4 要約

「仙台牛」、「仙台黒毛和牛」の特長を調査する令和3年度および令和4年度には脂肪酸組成、粗脂肪含量および脂肪酸指数に焦点を当て、その理化学特性を明らかにした。脂肪酸組成においては格付間で有意な差は見られず、物質含量および脂肪酸指数では有意な差が見られた。このことから、和牛香や脂肪味が強い可能性が示唆された。

令和5年度、令和6年度には脂肪酸組成、粗脂肪含量およびBMS No.を考慮した官能評価を実施し、嗜好性と官能特性を調査した。焼き調理の場合は各区に好ましさに有意な差はなかったものの異なる官能特性を示した。ゆで調理の場合は食感の好ましさに有意な差が見られ、その他の項目は有意な差は見られなかった。また、焼き調理、ゆで調理ともに好ましさに影響を与える用語が明らかになった。

5 参考文献

- 1) 佐々木ら、2018. 一般消費者および調理従事者を対象としたアンケートによる食肉の記述的官能評価候補用語集の作成、日本畜産学会報 89 (4)、471-488

6 協力研究機関

特になし

アグリテック活用推進事業

2) ゲノミック評価による新たな形質評価の実用化

担当：小宮亮太、佐々木孔亮、高橋弘晃、佐藤秀俊、及川俊徳

1 はじめに

和牛肉の特徴であるオレイン酸等の脂肪酸に加え、香気成分等の分析評価によるおいしさに関する指標づくりが全国的に進められている。宮城県が誇る仙台牛においても同様に、おいしさに関する特徴についても把握する必要がある、同時に改良手法として即応できる体制を整える必要がある。和牛の改良手法の1つとして、一塩基多型 (SNP) と呼ばれる遺伝情報を利用したゲノム育種価推定が進められており、これは乳用牛において既に実用化されている。肉用牛においても、実用化に向けた分析が進められていることから、本県においても同様に分析を進め、さらに、おいしさに関する指標を含めた改良速度の向上を目指す。

本課題の「ゲノミック評価による新たな形質評価の実用化」分野においては、おいしさの指標の1つともされる脂肪酸組成を対象とし、SNP 情報により育種価を推定する手法の実用化を目指し、推定式や手法による評価精度の違いを検討した。

2 試験方法

- 1) 脂肪酸組成測定：近赤外食肉脂質測定装置 (S-7041、検量線 $n=1226$; 相馬光学) を用いて、仙台市中央卸売市場食肉市場に上場された黒毛和種肥育牛枝肉の筋間脂肪から、オレイン酸、飽和脂肪酸 (SFA) 及び一価不飽和脂肪酸 (MUFA) を光学測定した。
- 2) 肥育牛頭数と脂肪酸組成記録：SNP 情報及び脂肪酸組成の表型値を持つ肥育牛を対象とした。使用したデータの基本統計量を表 1 に示した。
- 3) 評価牛：宮城県有種雄牛のうち、SNP 情報を保有する 75 頭を対象とした。
- 4) 評価方法：ssGBLUP法、GBLUP法は両手法とも性別 (2区分)、と畜年 (12区分) を母数効果とし、出荷月齢 (1次、2次) を共変量、個体と残差を変量効果とした。ssGBLUP法に用いる血縁情報は肥育牛から5世代 (14,837頭) 遡った。ssGBLUP法では、A行列とG行列を次式のように混合したH行列を用い、 $\alpha=0.95$ 、 $\beta=0.05$ 、 $\tau=1.0$ 、 $\omega=1.0$ に設定し、preGSf90プログラムにより計算した。母数効果、変量効果、分散成分の推定はairemlf90及びGBLUP assistを用いた。

$$\mathbf{H}^{-1} = \mathbf{A}^{-1} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & \tau(\alpha\mathbf{G} + \beta\mathbf{A}_{22})^{-1} - \omega\mathbf{A}_{22}^{-1} \end{bmatrix}$$

- 5) 使用 SNP : illumina GGP BovineLD-24 v4.0、illumina BovineSNP50k v3 により遺伝子型を判定し、ソフトウェア Beagle により 34,481SNPs へ補完した。
- 6) 推定精度の検証：訓練群の頭数を増やし、GBLUP 法によりゲノミック育種価を推定し、

従来の血縁情報と枝肉情報を使用する BLUP 法により推定された育種価（推定育種価）を相関分析することにより、推定精度を検証した。比較対象として、全国和牛登録協会（全和登）が令和 6 年 4 月に評価した脂肪酸組成育種価を使用した。相関は、ピアソンの積率相関係数を用いた。

7) 訓練群の頭数による精度変化：フルセットの訓練群から無作為に 100、200、300、400、500、800、1000、1500、2000、3000、4000 頭を抽出した新訓練群を各頭数で 5 反復作成し、育種価評価（GBLUP 法）を行い、推定育種価との相関分析を行った。

8) 若雄における精度検証：訓練群に後代が含まれていない若雄の評価における精度を検証するため、訓練群から意図的に後代のデータを削除した訓練群で評価を行い、推定育種価との相関分析を行った。

表 1 訓練群の基本統計量

	オレイン酸	飽和脂肪酸	一価不飽和脂肪酸	と畜年	頭数
記録数	4496	4496	4496	2009	18
平均値	53.9	36.6	62.0	2010	68
標準偏差	2.3	3.0	2.9	2011	49
平均+3 σ	60.9	45.4	70.8	2012	0
平均-3 σ	47.0	27.7	53.3	2013	10
最大値	61.1	50.8	69.6	2014	32
最小値	42.0	28.8	47.8	2015	111
				2016	145
				2017	526
				2018	472
				2019	162
				2020	796
				2021	601
				2022	417
				2023	1089

性別	頭数
去勢	3475
雌	1021

3 結果と考察

1) 令和 4 年度・5 年度

GBLUP 及び ssGBLUP により推定した遺伝率は、いずれの形質においても同程度になった（表 2）。

評価を実施した種雄牛 75 頭のうち、全和登による推定育種価を保有する 59 頭を比較対象とした相関分析では、両手法とも中程度の相関係数が得られ、手法による差はほとんどなかった（表 3）。したがって、令和 6 年度の研究においては、血統情報が必要ない GBLUP 法を用いる。

表 2 遺伝的パラメータ

	オレイン酸		SFA		MUFA	
	GBLUP	ssGBLUP	GBLUP	ssGBLUP	GBLUP	ssGBLUP
遺伝分散	1.70	1.77	2.52	2.61	2.31	2.38
環境分散	2.81	2.80	4.09	4.09	3.88	3.87
遺伝率	0.38	0.39	0.38	0.39	0.37	0.38

表 3 全和登推定育種価との相関係数

	オレイン酸	SFA	MUFA
GBLUP	0.54	0.51	0.61
ssGBLUP	0.53	0.50	0.61

2) 令和 6 年度

訓練群の頭数を 4,496 頭に増やし、ゲノミック育種価を推定し、全和登の推定育種価との相関分析を行った結果を表 4 に示した。オレイン酸推定育種価の正確度が 0.9 以上の 14 頭との相関係数は、0.966~0.974 となり極めて高い相関が得られ、遺伝子情報を用いた方法により、高い精度で育種価推定ができることが確認された。

表 4 増頭後の GEBV と推定育種価の相関係数

	頭数	オレイン酸	SFA	MUFA
オレイン酸 ACC>0.8	52	0.663	0.696	0.801
オレイン酸 ACC>0.9	14	0.966	0.974	0.974

訓練群の頭数による推定精度の変化を図 1 に示した。訓練群頭数の増加に伴い、推定精度は上昇し、3000 頭以上の訓練群であればフルセットの訓練群とほぼ同程度の精度が得られ、4000 頭では、ばらつきも小さくなった。この傾向はすべての形質で同様であったため、オレイン酸の結果のみを示した。

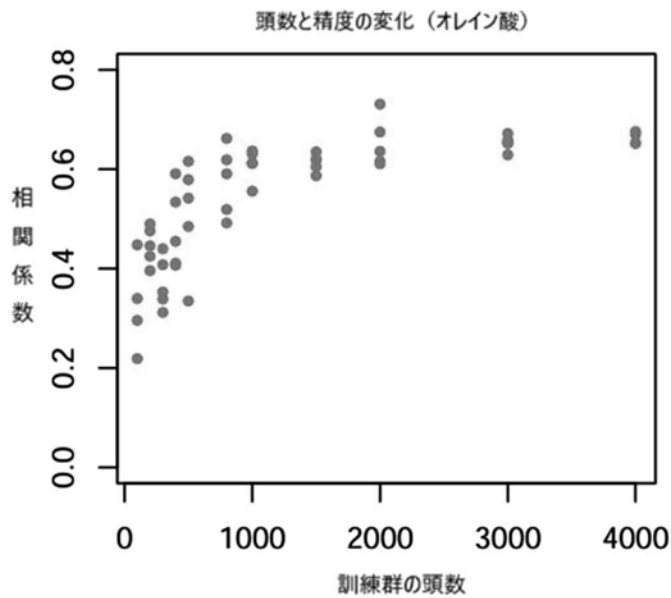


図1 訓練群の頭数による推定精度の変化（オレイン酸）

図1の結果により、訓練群の頭数を4000頭程度まで減らしても、精度に大きな影響を及ぼさないことが示されたため、現場後代検体第18回及び19回の種雄牛の後代を意図的に削除したデータセットを作成し、GEBVを算出した。GEBVと推定育種価の散布図を図2、相関係数を表5に示した。

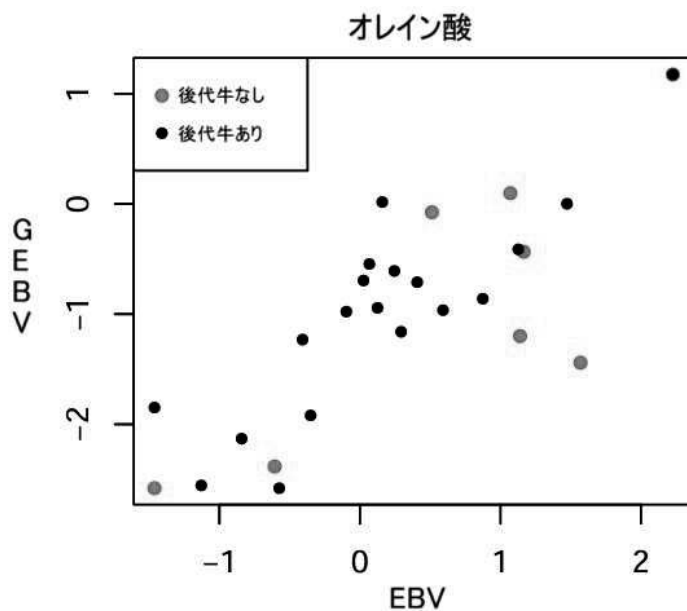


図2 後代データを削除した訓練群を用いた場合のGEBVと推定育種価（オレイン酸）

表 5 後代を除いた種雄牛と後代データがある種雄牛における GEBV と推定育種価の相関係数

	頭数	オレイン酸	SFA	MUFA
後代なし	8	0.794	0.779	0.727
後代あり	20	0.859	0.852	0.866

図 2 及び表 5 の結果から、後代の成績が含まれていない訓練群を用いた評価においても、後代がある場合には及ばないものの高い精度で推定ができることが示唆された。このことから、GBLUP 法は後代がいない若い牛の能力評価に有用であると考えられた。

4 要約

GBLUP 法と ssGBLUP 法による推定では、分散成分及び育種価に大きな差が見られなかった。血統情報を必要としない GBLUP 法により、後代を削除した種雄牛の評価を行ったところ、推定育種価と高い相関が得られたことから、GBLUP 法は後代がいない牛の能力評価に有用であると考えられた。

5 参考文献

- 1) 日本畜産学会編. "ssGBLUP 法-畜産用語辞典." Internet:
<https://animalwiki.yokendo.com/index.php?curid=1513&oldid=2231>, 2021-06-16
[2023-03-16].

6 協力研究機関

特になし

アグリテック活用推進事業

3) ゲノミック評価による肉用牛改良の加速化

担当：佐藤秀俊、及川俊徳、千葉和義、千葉正典、高木理宏、佐々木孔亮

1 はじめに

和牛の改良において、SNP 情報から各個体の産肉能力の遺伝的能力を直接推定するゲノム育種価評価が実用段階にある。現状では出生後の子牛の段階での評価であるが、高能力雌牛からの経膈採卵-体外受精（OPU-IVF）技術等を併用し、受精卵の段階でゲノム育種価を算出し、受精卵移植により高能力個体を選択的に生産することができれば、より効率的かつ計画的な種雄牛造成や優良繁殖牛の作出等、効率的で精度の高い家畜改良が可能になる。しかし、これまで受精卵からのバイオプシー等採材細胞を用いた SNP 解析および産肉能力のゲノム育種価評価の精度は明らかではなく、受精卵ゲノム選抜技術の実用化の検討した既報も少ない。

本研究では、移植前の受精卵の段階で遺伝子評価を行い、高い能力が期待できる受精卵を選択して移植することで、さらなる改良速度の向上を目指した。

2 試験方法

1) ゲノム選抜方法の効率化のための胚保存方法の検討

遺伝子評価により高能力が期待される胚を選抜して移植するためには、凍結保存が不可欠であり、より生存性の高い方法での培養および凍結保存が望まれる。バイオプシー後および凍結融解後の胚の生存率を高める効果が期待されるシステアミン塩酸塩の添加を行い、バイオプシー後および凍結融解後の胚の生存性への影響を検討した。

2) ゲノム選抜方法の効率化のための採材品質の検討

移植前の胚の一部を採取し、事前に確実に遺伝子評価する方法を検討した。すなわち、発生初期段階での割球分離、胚盤胞からの採取を行い、SNP 解析を実施した。

3) 受精卵を用いた SNP 解析手法の検討

胚のバイオプシー細胞と残りの胚を用いて移植、生まれた産子について SNP 解析を実施した。

3 結果および考察

1) ゲノム選抜方法の効率化のための胚保存方法の検討

培養液へのシステアミン塩酸塩添加がバイオプシー後および凍結融解後の胚の生存性に及ぼす影響について検討した。バイオプシー後の生存率の比較において、対照区（98.4%）と添加区（96.2%）に有意差は認められず、両区とも高い生存率が得られた。凍結融解後の生存率の比較においては、緩慢凍結では対照区（68.4%）と添加区（92.1%）で有意差が認められ（ $p=0.019$ ）、超急速凍結では対照区（47.6%）と比較して添加区（83.3%）での生存率が高い傾向（ $p=0.0672$ ）がそれぞれ認められた（表

1)。

2) ゲノム選抜方法の効率化のための採材品質の検討

胚の一部を採取し、事前に確実に遺伝子評価する方法を検討した。その結果、OPU 由来 8 細胞期胚の割球では、SNP 解析品質の指標である Call rate に細胞数による差はなかった。(図 1)。食肉処理場のウシ卵巢由来胚の 4 から 6 細胞期の細胞については OPU 由来細胞に比べ品質が良くなかった。

8 細胞期に割球分離して、各 4 細胞を個別培養したところ胚盤胞発生率は通常の培養の発生率と遜色なかったが、胚の品質は低かった。

全きょうだい受精卵のゲノム育種価にはばらつきが認められ、受精卵段階で全きょうだいの産肉能力の遺伝的能力の差異を識別できれば育種改良に有益であることが示された。以上の結果から、細胞採取方法に改善がこの技術の要であることが示唆された。

3) 受精卵を用いた SNP 解析手法の検討

胚のバイオプシー細胞と残りの胚を用いて移植、生まれた産子について SNP 解析を実施した。SNP 解析ではゲノム育種価も概ね一致していた。

表 1 培養液へのシステアミン塩酸塩添加が凍結融解後の胚の生存性に及ぼす影響

試験区		供試胚数	生存胚数	生存率
緩慢凍結	対照区	38	26	68.4%*
	添加区	38	35	92.1%*
超急速凍結	対照区	21	10	47.6%
	添加区	12	10	83.3%

* 同符号間 : $p < 0.05$

表 2 解析に用いる細胞数が SNP 解析精度に与える影響 (同一種雄牛)

試験区	試験条件	Call rate% (SD)
8a (n=7)	8 細胞期の 3 細胞	78.2 (19.1)
8b (n=7)	8 細胞期の 2 細胞	81.0 (15.7)
8c (n=6)	8 細胞期の 1 細胞	91.0 (12.3)
参考 (n=4)	桑実胚以降バイオプシー	87.7 (20.0)

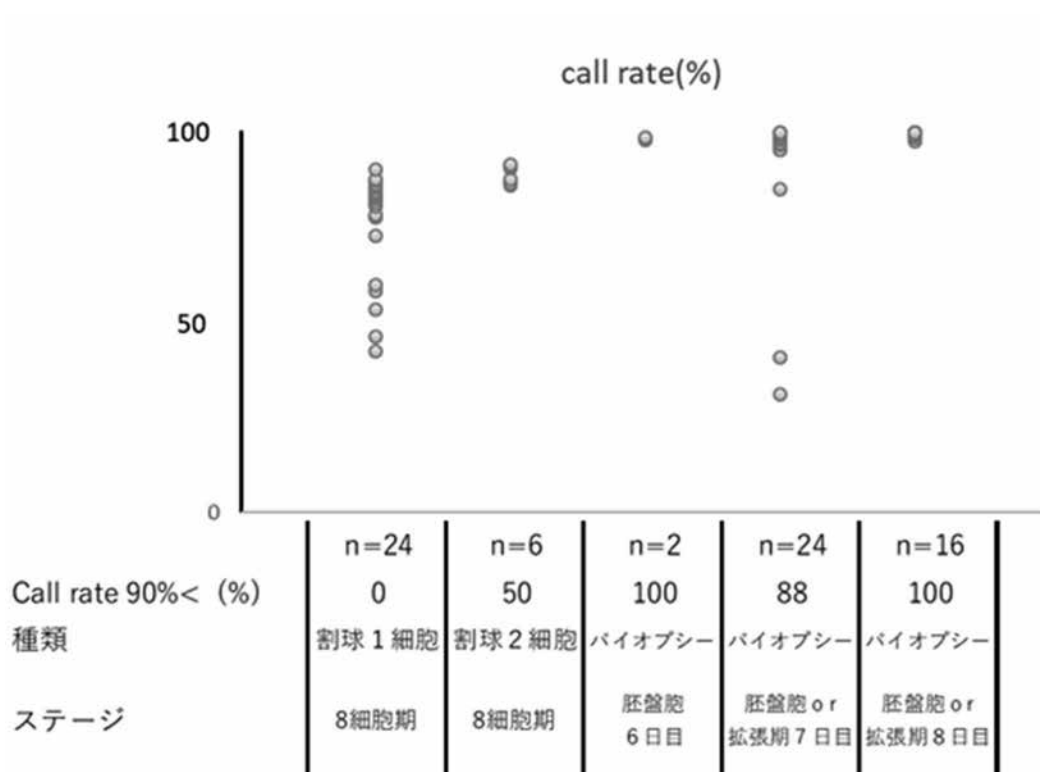


図1 採取した細胞の種類が遺伝子解析材料の品質に与える影響

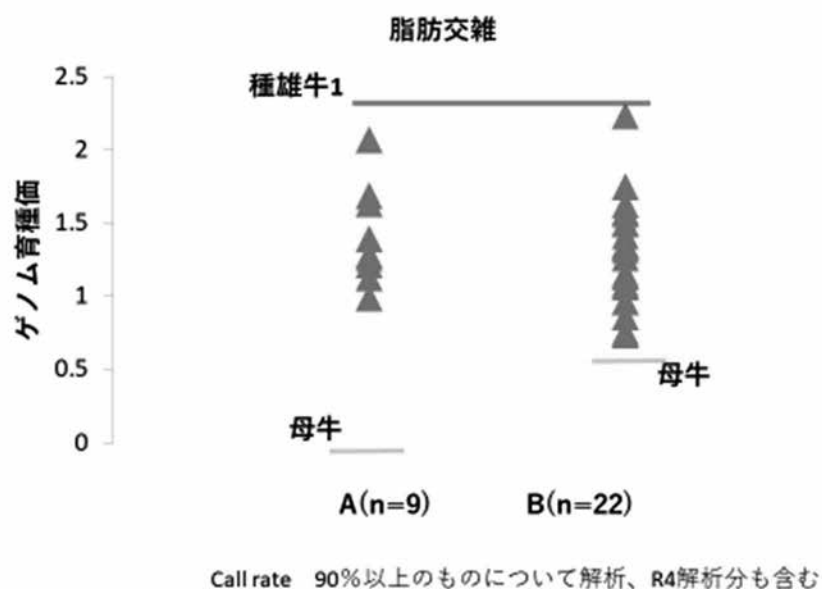


図2 全きょうだい受精卵におけるゲノム育種価のばらつき（種雄牛1と母牛A,B）

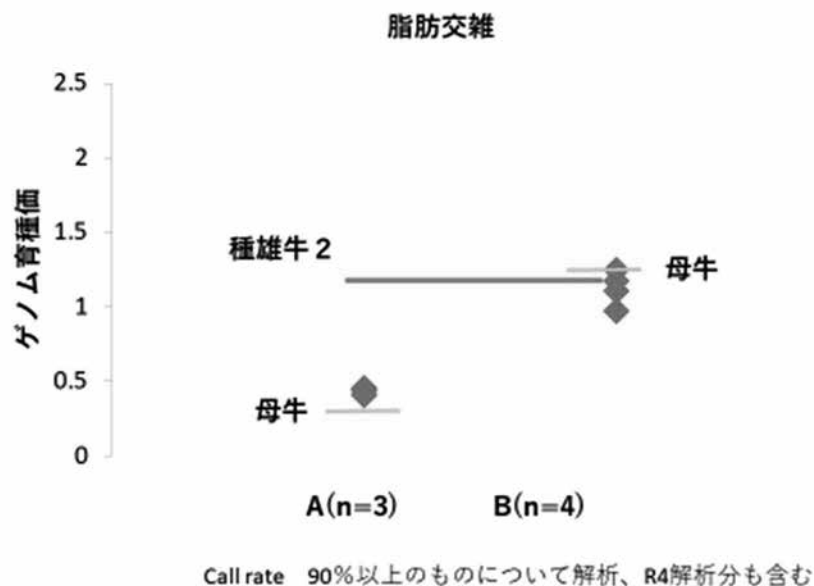


図3 全きょうだい受精卵におけるゲノム育種価のばらつき（種雄牛2と母牛A,B）

4 要約

バイオプシー後および凍結融解後の胚の培養でシステアミン塩酸塩を用いることで、バイオプシー後および凍結融解後の胚の生存性が向上した。また、採材した細胞の品質が良好であれば SNP 解析はどのステージでも可能であった。全きょうだい受精卵のゲノム育種価にはばらつきが認められた。事前に採取した細胞と生まれた産子について SNP 解析を実施、ゲノム育種価は概ね一致していた。受精卵段階で全きょうだいの産肉能力の遺伝的能力の差異を識別できれば育種改良に有益であることが示された。

5 参考文献

- 1) T.Fujii(2019):Journal of Reproduction and Development, No. 65, Vol. 3, 251-258

6 協力研究機関

特になし

本県産系統豚の能力向上技術の確立

1) 繁殖能力向上のための育種改良手法の検討

担当：庄司宙希、曾地雄一郎、高橋伸和、今井勇志、小林朋生、武田正寛

1 はじめに

本県では、筋肉内脂肪含量が高く、肉質に優れたデュロック純粋種系統豚「しもふりレッド」を維持しているが、維持開始から 15 年以上が経過したことから、近交係数の上昇等による繁殖性の低下が危惧されている。繁殖性をさらに高めた種豚を県内養豚農家に配布するため、繁殖能力を向上させる育種改良手法の検討を行う。

本研究では、母豚の繁殖成績を用いて、遺伝的能力の推移や近交度の上昇による影響について、統計的解析を行った。さらに、その背景にある分子生物学的メカニズムについても検討した。

2 試験方法

1) 材料

(1) 「しもふりレッド」母豚における繁殖成績の遺伝的趨勢の検討

「しもふりレッド」の系統造成期間の個体も含めた過去 23 年間（平成 9～令和元年度）の繁殖形質（1,689 産分）を用いた。

(2) 母豚の近交度の上昇が繁殖形質に与える影響の検討

「しもふりレッド」の系統造成期間の個体も含めた過去 24 年間（平成 7～令和元年度）の繁殖形質（1,778 産分）を用いた。

(3) 母豚、父豚および子豚の近交度の上昇が繁殖形質に与える影響の検討

「しもふりレッド」の系統造成期間の個体も含めた過去 26 年間（平成 7～令和 3 年度）の繁殖形質（1,823 産分）を用いた。

(4) 母豚の世代経過に伴う遺伝的適応度や遺伝分散の推移の調査

「しもふりレッド」の系統造成期間の個体も含めた過去 26 年間（平成 7～令和 3 年度）の繁殖形質（1,829 産分）を用いた。

2) 方法

(1) 「しもふりレッド」母豚における繁殖成績の遺伝的趨勢の検討

総産子数、哺乳開始頭数、離乳頭数、哺乳開始総体重、離乳時総体重および平均離乳体重の遺伝的パラメータと育種価を推定した。遺伝的パラメータと育種価の推定には「AIREMLF90」を用い、以下のモデルにより分析した。

$y = Xb + Zu + Wpe + e$ （ y : 観測値のベクトル b : 大環境効果のベクトル u : 相加的遺伝効果のベクトル pe : 永続的環境効果のベクトル e : 誤差のベクトル X : 大環境効果と観測値を対応づける生起行列 Z : 相加的遺伝効果と観測値を対応づける生起行列 W : 永続的環境効果と観測値を対応づける生起行列 観測値: 総産子数、哺乳開始頭数、離乳頭数、哺乳開始総体重、離乳時総体重平均離乳体重 大環境効果: 産次、分娩年、分娩季節)

(2) 母豚の近交度の上昇が繁殖形質に与える影響の検討

死産数、総産子数、哺乳開始頭数、離乳頭数、哺乳開始総体重、離乳時総体重および平均離乳体重の形質について、共分散分析、共分散成分の推定、推定育種価の算出を行い、近交係数による影響の検討を行った。なお、共分散分析には「R」、共分散成分の推定と推定育種価の算出には「REMLF90」と「BLUPF90」、近交係数の算出には「CoeFR」を用い、¹⁾以下のモデルにより分析した。

$y = P + CY + M + b \cdot I + u + pe + e$ (y:繁殖形質の記録 P:産次の母数効果 CY:分娩年の母数効果 M:分娩月の母数効果 b:近交係数に関する一次回帰係数 I:近交係数 u:個体の育種価に関する変量効果 pe:永続的環境効果に関する変量効果 e:残差に関する変量効果)

(3) 母豚、父豚および子豚の近交度の上昇が繁殖形質に与える影響の検討

死産数、総産子数、哺乳開始頭数、離乳頭数、哺乳開始総体重、離乳時総体重および離乳時平均体重の形質について、要因分析および近交係数による影響の検討を行った。なお、要因分析には「R」、各近交係数に関する一次回帰係数の推定には「REMLF90」、近交係数の算出には「CoeFR」を用い¹⁾、以下のモデルにより分析した。

$y = P + CY + M + b_1 \cdot I_d + b_2 \cdot I_s + b_3 \cdot I_o + u + pe + e$ (y:繁殖形質の記録 P:産次の母数効果 CY:分娩年の母数効果 M:分娩月の母数効果 b_1, b_2, b_3 :母豚、父豚、子豚の各近交係数に関する一次回帰係数 I_d, I_s, I_o :母豚、父豚、子豚の各近交係数 u:母豚個体の育種価に関する変量効果 pe:永続的環境効果に関する変量効果 e:残差に関する変量効果)

(4) 母豚の世代経過に伴う遺伝的適応度や遺伝分散の推移の調査

初産母豚の総産子数、哺乳開始頭数、離乳頭数、育成率の記録から遺伝的適応度を推定し、世代経過に伴う遺伝的適応度の推移を確認した(G0～G7:造成世代、G8～G13:維持世代)。また、推定した適応度と近交係数の間で相関分析および回帰分析を行い、近交度の上昇による遺伝的適応度への影響について検討した。さらに、死産数、総産子数、哺乳開始頭数、離乳頭数、哺乳開始総体重、離乳時総体重および離乳時平均体重の形質について、以下の分析モデルを用いて世代経過に伴う遺伝分散の推移を確認した(G0～G7:造成世代、I0～I5:維持世代)。なお、相関分析および回帰分析には「R」、各形質の遺伝分散の推定には「REMLF90」、近交係数の算出には「CoeFR」¹⁾を用い、以下のモデルにより分析した。

$y = P + CY + M + u + pe + e$ (y:繁殖形質の記録 P:産次の母数効果 CY:分娩年の母数効果 M:分娩月の母数効果 u:母豚個体の育種価に関する変量効果 pe:永続的環境効果に関する変量効果 e:残差に関する変量効果)

3 結果および考察

1) 「しもふりレッド」母豚における繁殖成績の遺伝的趨勢の検討

「しもふりレッド」の過去23年間における繁殖形質の遺伝的パラメータを表1に示した。総産子数、哺乳開始頭数、離乳頭数、哺乳開始総体重、離乳時総体重および平均離乳体重の遺伝率は、0.074～0.174と推定された。哺乳開始頭数および離乳総体重の

遺伝的趨勢（世代変化）を図1および図2に示した。哺乳開始頭数の表型値は減少傾向であるのに対して、推定育種価はわずかに上昇し、離乳総体重もほぼ同等の推移を示した。これらの結果から、「しもふりレッド」の繁殖形質に関する遺伝的能力は、造成時から現在まで極端な低下は認められず、維持されていることが示された。繁殖形質における推定育種価と表型値の推移については、両者がリンクしていない事例の報告があり、環境等の他の要因による影響が大きいと結論づけている²⁾。このことから、本試験においても、分娩年ごとの気候や飼養管理等の環境要因や産歴構成が、繁殖形質の表型値に影響していることが考えられた。

表1 繁殖形質の遺伝的パラメータ

	総産子数	哺乳開始頭数	哺乳開始体重	離乳頭数	総離乳体重	離乳体重 (一頭当たり)
総産子数	0.082					
哺乳開始頭数	0.966	0.074				
哺乳開始体重	0.735	0.721	0.091			
離乳頭数	0.835	0.890	0.764	0.081		
総離乳体重	0.673	0.736	0.830	0.951	0.174	
離乳体重（一頭当たり）	0.025	0.033	0.468	0.389	0.716	0.123
遺伝率（対角線上）及び遺伝相関（対角下）						

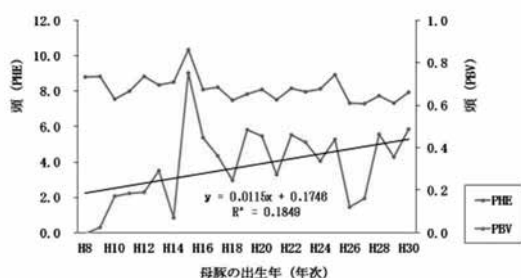


図1 哺乳開始頭数の表型値（PHE）及び推定育種価（PBV）の遺伝的趨勢

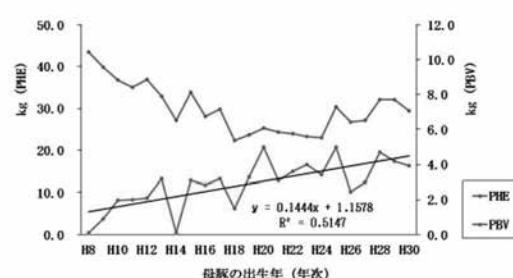


図2 総離乳体重の表型値（PHE）及び推定育種価（PBV）の遺伝的趨勢

2) 母豚の近交度の上昇が繁殖形質に与える影響の検討

共分散分析の結果について、産次の効果は全ての形質において有意性を示した。年次（分娩年）の効果は、離乳頭数を除く6形質で有意であった。月（分娩月）の効果は総産子数を除く6形質で有意であった。一方で、近交係数は離乳時総体重に対して5%水準の有意性、離乳時平均体重に対して0.1%水準の有意性を示したものの、その他5形質において有意性は示さなかった（表2）。

共分散成分の推定値について、遺伝率は0.03～0.14と推定され（表3）、既報（0.07～0.11）と同様の値を示した^{3)、4)}ことから、妥当な結果と確認された。遺伝相関においては、離乳時平均体重と総産子数、哺乳開始頭数、離乳頭数の間で負の遺伝相関が推定された。死産数および離乳時平均体重を除く形質間では、既報（0.44～0.91）と同様の値を示した^{4)、5)}一方で、死産数および離乳時平均体重の形質では異なる傾向を示し、異常データに対する処理などによる影響が考えられた。

近交係数に対する各繁殖形質の一次回帰係数とその有意性について、全ての形質で信頼区間に0が含まれており、有意性はみられなかった。離乳時の形質において、近交

係数の上昇に伴って低下する傾向がみられたが、近交係数 10%上昇あたり離乳頭数-0.42 頭、離乳時総体重-1.93kg、離乳時平均体重-0.19kg とその程度はわずかであった。

(表 4)。統計的に有意な影響は認められなかったものの、繁殖性に与える影響の傾向については、既報^{6)、7)、8)}とやや異なる結果を示した。既報では総産子数や生存産子数といった出生時の形質および離乳頭数のような離乳時形質について、近交度の上昇に伴い低下する傾向を示していたが、本試験では離乳時の形質でのみ低下の傾向を示し、その他の形質では同様の傾向は確認されず、統計モデルの差異や分析手法の違いによる影響が考えられた。

推定育種価の算出結果について、離乳時平均体重を除く全ての形質で、育種価は上昇傾向を示し、遺伝的な能力の明らかな低下は確認されなかった(図 3)。育種価は上昇していたものの、表型値としては低下の傾向がみられていたが、このような傾向は既報³⁾においてもみられており、飼養管理等の環境要因による影響と結論づけられていることから、本試験にみられる表型値の減少についても、環境要因による影響が大きいことが考えられた。

以上より、近交度の上昇による繁殖形質への影響は小さく、産次や分娩年などの効果がより繁殖形質に大きく影響を及ぼしていることが明らかとなった。

表2. 繁殖形質に与える各要因についての分散分析表

	自由度	死産数		総産子数		哺乳開始頭数		哺乳開始体重	
		平方和	F値	平方和	F値	平方和	F値	平方和	F値
産次	11	81.41	4.34 ***	210.0	2.21 *	183.0	2.20 *	911.3	6.62 ***
分娩年	25	191.76	4.49 ***	414.0	1.92 **	319.9	1.69 *	640.6	2.05 **
分娩月	11	35.26	1.88 *	141.2	1.49	185.7	2.23 *	805.5	5.85 ***
近交係数	1	0.89	0.52	1.2	0.14	3.7	0.49	21.6	1.72
残差	1720	2935.65		14832.8		12976.3		21485.4	

	自由度	離乳頭数		離乳時総体重		離乳時平均体重	
		平方和	F値	平方和	F値	平方和	F値
産次	11	427.6	6.65 ***	16775	11.20 ***	86.76	8.24 ***
分娩年	25	204.3	1.40	21041	6.18 ***	323.43	13.51 ***
分娩月	11	423.8	6.59 ***	26592	17.76 ***	287.82	27.32 ***
近交係数	1	13.6	2.33	782	5.75 *	7.67	8.01 ***
残差	1720	9637.7		223273		1570.46	

*** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05

表3. 近交係数を共変量とした時の各繁殖形質の遺伝的パラメーター

	死産数	総産子数	哺乳開始頭数	哺乳開始体重	離乳頭数	離乳時総体重	離乳時平均体重
死産数	0.03	0.61	0.33	0.41	0.31	0.17	0.10
総産子数		0.08	0.95	0.71	0.86	0.60	-0.31
哺乳開始頭数			0.08	0.68	0.92	0.66	-0.37
哺乳開始体重				0.08	0.74	0.82	0.28
離乳頭数					0.07	0.87	-0.05
離乳時総体重						0.13	0.51
離乳時平均体重							0.14

対角：遺伝率 対角右上：遺伝相関

表 4. 近交係数の効果への影響

	一次回帰係数	95%信頼区間
死産数	0.22	-0.21 ~ 0.65
総産子数	0.28	-0.82 ~ 1.39
哺乳開始頭数	0.04	-1.04 ~ 1.12
哺乳開始体重	0.02	-1.43 ~ 1.46
離乳頭数	-0.42	-1.36 ~ 0.52
離乳時総体重	-1.93	-6.89 ~ 3.03
離乳時平均体重	-0.19	-0.57 ~ 0.19

数字は母豚の近交係数10%上昇あたりの各繁殖形質の変化量

3) 母豚、父豚および子豚の近交度の上昇が繁殖形質に与える影響の検討

要因分析の結果について、産次および年次（分娩年）の効果は全ての形質において有意性を示した（表 5）。月（分娩月）の効果は総産子数を除く 6 形質で有意であった。母豚の近交係数は離乳時総体重および離乳時平均体重に対して 5%水準の有意性を示した。父豚の近交係数は離乳時平均体重に対して 5%水準の有意性を示した。子豚の近交係数は離乳頭数および離乳時総体重に対して 1%水準の有意性を示し、離乳時平均体重に対して 5%水準の有意性を示した。

近交係数に対する各繁殖形質の一次回帰係数について、母豚および父豚の近交度の上昇による影響は確認されなかった（表 6、7）が、子豚の近交度の上昇に伴って、母豚の離乳時形質への有意な影響がみられた（表 8）。既報²⁾では、大ヨークシャー種およびランドレース種において分析を行った結果、子豚の近交係数 10%上昇あたり離乳頭数が 0.19 頭および 0.29 頭の有意な減少が報告されている。今回の研究では、子豚の近交係数 10%上昇あたりの離乳頭数への影響は 0.84 頭の減少を示し、従前の研究と同様の傾向を示したものの、やや大きい値を示した。影響の大きさが異なったのは、分析モデルの差異や、本研究のデータ数が相対的に少ないことが影響していると考えられる。

以上より、母豚および父豚の近交度の上昇による有意な影響は確認されなかったものの、子豚の近交度の上昇による母豚の離乳時形質への有意な影響が確認された。

表 5. 繁殖形質に与える各要因についての分散分析表

	死産数			総産子数		哺乳開始頭数		哺乳開始体重	
	自由度	平方和	F値	平方和	F値	平方和	F値	平方和	F値
産次	11	91.6	4.70 ***	283.5	2.99 ***	229.6	2.76 **	1057.4	7.67 ***
分娩年	27	233.1	4.88 ***	509.0	2.18 ***	433	2.12 ***	811.9	2.40 ***
分娩月	11	40.5	2.08 *	100.4	1.06	173.7	2.09 *	838.7	6.08 ***
近交係数（母豚）	1	1.4	0.79	0.1	0.01	1.9	0.25	14.2	1.13
近交係数（父豚）	1	4.2	2.38	11.9	1.38	1.8	0.23	0.5	0.04
近交係数（子豚）	1	1.0	0.59	21.8	2.53	14.4	1.90	22.3	1.78
残差	1775	3143.17		15314.4		13406.3		22207.7	

	離乳頭数		離乳時総体重		離乳時平均体重	
	自由度	平方和 F値	平方和 F値	平方和 F値	平方和 F値	
産次	11	461.6 7.19 ***	17854 12.0 ***	83.83 8.06 ***		
分娩年	27	323 2.05 **	23661 6.46 ***	323.35 12.7 ***		
分娩月	11	432.1 6.73 ***	27243 18.3 ***	287.05 27.6 ***		
近交係数（母豚）	1	12.3 2.11	627 4.63 *	4.95 5.24 *		
近交係数（父豚）	1	1.6 0.27	190 1.40	4.36 4.62 *		
近交係数（子豚）	1	52.1 8.92 **	1471 10.9 **	5.66 5.99 *		
残差	1701	9931.5	229369	1599.37		

*** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05

*** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05

表 6. 母豚の近交度上昇による繁殖形質への影響

	一次回帰係数*	95%信頼区間 (SE*±1.96)		
死産数 (頭)	0.16	-0.29	～	0.61
総産子数 (頭)	0.33	-0.76	～	1.41
哺乳開始頭数 (頭)	0.14	-0.92	～	1.21
哺乳開始総体重 (kg)	0.12	-1.32	～	1.56
離乳頭数 (頭)	-0.22	-1.14	～	0.71
離乳時総体重 (kg)	-0.87	-5.75	～	4.01
離乳時平均体重 (kg)	-0.13	-0.50	～	0.24

*：近交係数10%上昇あたりの各繁殖形質の変化量

表 7. 父豚の近交度上昇による繁殖形質への影響

	一次回帰係数*	95%信頼区間 (SE*±1.96)		
死産数 (頭)	-0.34	-0.74	～	0.07
総産子数 (頭)	-0.27	-1.15	～	0.62
哺乳開始頭数 (頭)	0.11	-0.71	～	0.94
哺乳開始総体重 (kg)	0.43	-0.62	～	1.48
離乳頭数 (頭)	-0.03	-0.76	～	0.71
離乳時総体重 (kg)	2.94	-0.57	～	6.45
離乳時平均体重 (kg)	0.30	0.00	～	0.59

*：近交係数10%上昇あたりの各繁殖形質の変化量

表 8. 子豚の近交度上昇による繁殖形質への影響

	一次回帰係数*	95%信頼区間 (SE*±1.96)		
死産数 (頭)	-0.11	-0.44	～	0.21
総産子数 (頭)	-0.53	-1.24	～	0.17
哺乳開始頭数 (頭)	-0.44	-1.10	～	0.22
哺乳開始総体重 (kg)	-0.52	-1.36	～	0.32
離乳頭数 (頭)	-0.84	-1.43	～	-0.25
離乳時総体重 (kg)	-4.05	-6.88	～	-1.22
離乳時平均体重 (kg)	-0.25	-0.49	～	-0.01

*：近交係数10%上昇あたりの各繁殖形質の変化量

4) 母豚の世代経過に伴う遺伝的適応度や遺伝分散の推移の調査

遺伝的適応度の推移について、上下はみられるものの、下降傾向が確認された（図 3）。近交係数と遺伝的適応度間の相関分析および回帰分析について、有意性は確認されず、近交度の上昇に伴う遺伝的適応度への影響は確認されなかった（図 4）。遺伝分散の推移について、現在まで遺伝分散の低下傾向は確認されなかった。維持期間に対して造成期間では遺伝分散が大きく、造成期間は維持期間に比べて遺伝的多様性に優れていたことが確認された。（図 5～11）。本試験では、遺伝的適応度が下降していたものの、近交度の上昇との相関が確認されず、また遺伝分散の減少による影響も確認されなかった。

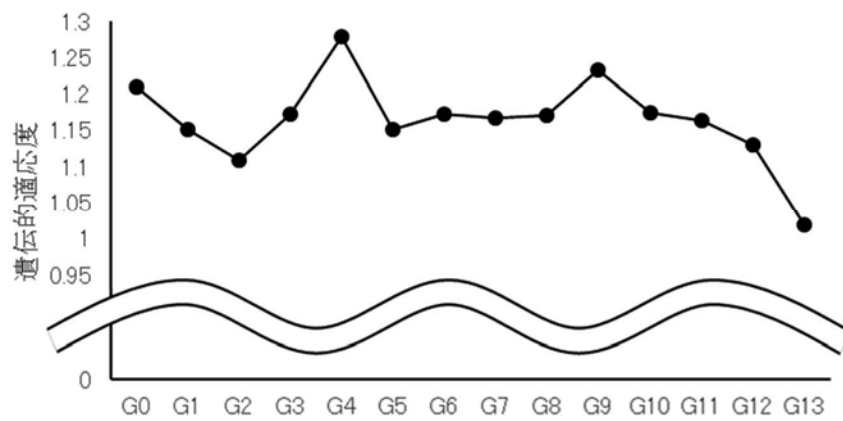


図3 初産母豚の世代経過に伴う適応度の推移

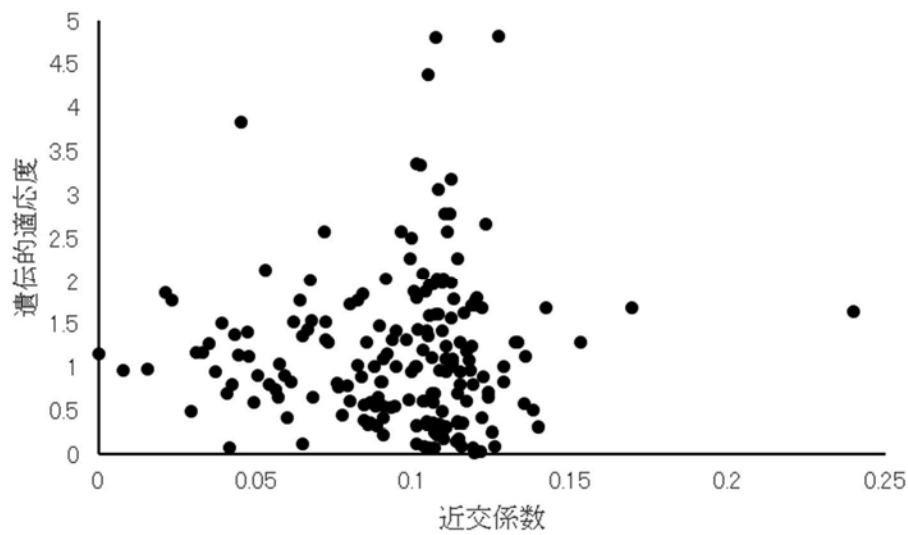


図4 近交係数と遺伝的適応度のプロット

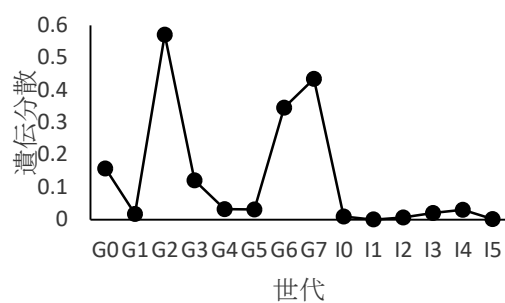


図5 死産数の遺伝分散の推移

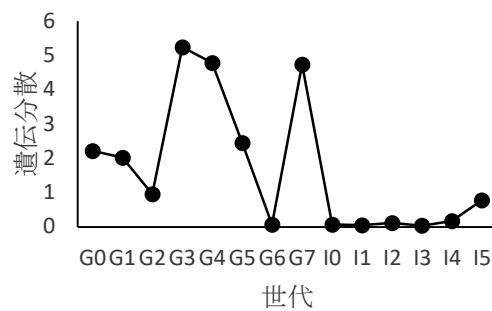


図6 総産子数の遺伝分散の推移

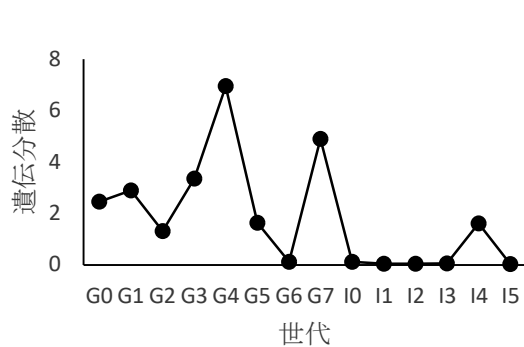


図7 哺乳開始頭数の遺伝分散の推移

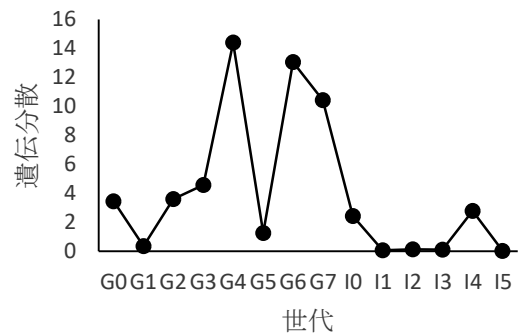


図8 哺乳開始総体重の遺伝分散の推移

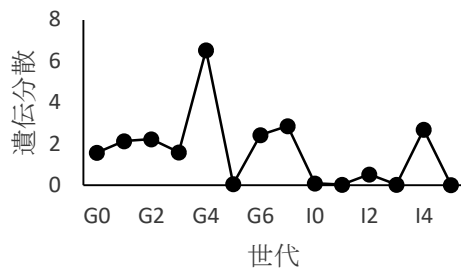


図9 離乳頭数の遺伝分散の推移

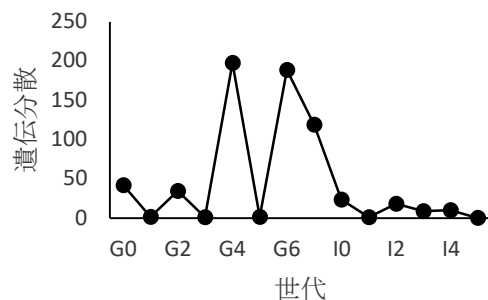


図10 離乳時総体重の遺伝分散の推移

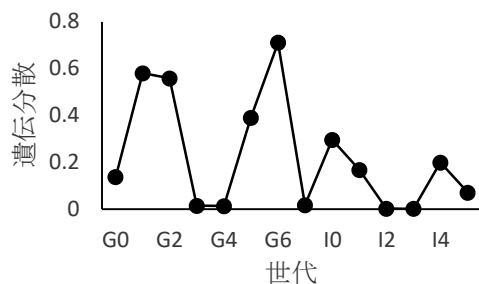


図11 離乳時平均体重の遺伝分散の推移

4 要約

「しもふりレッド」の過去26年間における繁殖記録を用いて、母豚の遺伝的適応度や遺伝分散の推移について検討したところ、遺伝的適応度は世代経過に伴って低下傾向にあることが確認されたが、近交度の上昇や世代経過に伴う遺伝分散の減少に伴う遺伝的適応度への影響は確認されなかった。

5 参考文献

- 1) 佐藤正寛、大規模血統情報から近交係数を算出するプログラムの開発、日本養豚学会誌 37 巻 3 号 p.122-126、2000
- 2) 田口和夫、吉岡豪、今枝紀明(2009). 系統豚「ナガラヨーク」の離乳時体重の改良について、岐阜畜研報、9、47-54
- 3) 白石葉子他、系統豚ユメカナエルの維持増殖に関する試験、神奈川県畜産技術センター研究報告 2 号 p.26-30、2020

- 4) SERENIUS ほか、Selection potential of different prolificacy traits in the finnish Landrace and Large White population, Animal Science54 号 p.36-43, 2004
- 5) Fernandez ほか、Genetic parameter for litter size and weight at different parities in Iberian pigs, Journal of Agricultural Research6 号 p.98-106, 2008
- 6) 永井健一ほか、合成系統豚維持群の血統解析および繁殖形質における近交退化と遺伝的パラメータの推定, 日本養豚学会誌 53 巻 3 号 p.95-104, 2016
- 7) 大山真二ほか、系統豚「ハマユウ L」維持集団における近交係数と繁殖能力との関連性、九州農業研究 55 号 p.103, 1993
- 8) 系統豚維持集団における近交係数と繁殖能力の推移について、日本養豚研究会誌 23 巻 4 号 p.199, 1986

6 協力研究機関

国立大学法人 東北大学大学院農学研究科
公立大学法人 宮城大学食産業学群

本県産系統豚の能力向上技術の確立

2) 繁殖能力向上のための飼養管理技術の開発

担当：曾地雄一郎、庄司宙希、高橋伸和、武田正寛

1 はじめに

本県では、筋肉内脂肪含量が高く、肉質に優れたデュロック純粋種系統豚「しもふりレッド」を維持しているが、維持開始から 22 年が経過したことから、近交係数の上昇等による繁殖性の低下が危惧されている。繁殖性をさらに高めた種豚を県内養豚農家に配布するため、「しもふりレッド」の優れた肉質および産肉性を維持しつつ、繁殖能力を向上させる飼養管理技術の開発を行う。

5-アミノレブリン酸 (5-ALA) は、エネルギー産生へ関わるシトクロムや酸素を運搬するヘモグロビンとなるため、代謝調節機能を持つと言われている。

本研究では、「しもふりレッド」を利用した 5-ALA の給与試験を実施することで、発育、血液成分および腸内環境に与える影響を明らかにするとともに、新たな飼養管理技術の開発を検討した。

2 試験方法

1) 材料および飼養方法

(1) 繁殖母豚への給与試験①

供試豚は、「しもふりレッド」の繁殖母豚 10 頭を用い、5-ALA 区と対照区に 5 頭ずつを配置した。分娩予定日 10 日前から離乳時（分娩後 4 週）までに 5-ALA 区には種豚慣行飼料に 5-ALA 製剤を 5g/日（5-ALA として 0.05g/日）添加給与した。対照区には、5-ALA 製剤を含まない種豚慣行飼料を給与した。飼養形態は単飼で自由飲水とした。子豚は、7 日令から人工乳の給与を開始し、自由給餌とした。その後、成長に合わせた市販子豚用飼料を自由給餌とした。調査期間は、令和 2 年 7 月～9 月に実施した。

(2) 繁殖母豚への給与試験②-1

試験には、令和 3 年 2～3 月（冬分娩）および 7～8 月（夏分娩）に分娩した「しもふりレッド」母豚 24 頭（対照区：12 頭、5-ALA 区：12 頭）を供試した。5-ALA 区の母豚には、分娩予定 10 日前から分娩 4 週後の離乳時まで 5-ALA 製剤を 10g/日（5-ALA として 0.1g/日）給与した。子豚は、7 日令から人工乳の給与を開始し、自由給餌とした。その後、成長に合わせた市販子豚用飼料を自由給餌とした。

(3) 繁殖母豚への給与試験②-2

給与試験②-1 で採取した血清を用いて、血清中のタンパク質、脂質、免疫グロブリン等を追加で分析した。また、昨年度に分析したデータも含めてこれまで得られた全データについて、統計モデルを変更して再解析を行った上で、5-ALA の離乳子豚の発育向上につながる生理的メカニズムの究明を行った。調査期間は、令和 4 年 4 月～12 月に実施した。

(4) 離乳子豚への給与試験

試験には、令和 5 年 6 月に分娩した「しもふりレッド」子豚 33 頭（対照区 16 頭、5-ALA 区 17 頭）を供試した。子豚には、4 週齢の離乳時から 8 週齢の選抜時まで子豚用慣行飼料へ 5-ALA 製剤を 50g/kg（5-ALA として 0.5g/kg）添加し、自由給餌とした。その後、成長に合わせた市販子豚用飼料を自由給餌とした。

（5）哺乳子豚への給与試験

試験には、令和 6 年 6 月に分娩した「しもふりレッド」哺乳豚 33 頭（通常区 11 頭、倍量区 11 頭、対照区 11 頭）を供試した。通常区では、5-ALA 製剤を 3ml/頭/日（5-ALA として 0.03g/日）、倍量区では 5-ALA 製剤を 6ml/頭/日（5-ALA として 0.06g/日）給与した。飼養方法は、群飼・成長に合わせた市販子豚用飼料を自由給餌・自由飲水の条件下で飼養した。

2）調査項目

（1）繁殖母豚への給与試験①

生産された子豚の総産子数、哺乳開始頭数、3 週齢時生存頭数および 3 週齢時生存率を調査した。哺乳開始時から 5 週令時まで体重を測定し、一日平均増体重を算出した。3 週令時に採血を実施し、赤血球数、ヘマトクリット値、ヘモグロビン量、血小板数および白血球数を測定した。繁殖母豚については、分娩 10 日前および離乳時に体重を測定した。また、分娩直後と分娩 3 週後に採血を実施し、赤血球数、ヘモグロビン量、ヘマトクリット値、血小板数、白血球数、血清鉄濃度、鉄結合能（TIBC）、血清総蛋白、アルブミン、総コレステロール、血清尿素窒素および免疫グロブリン（IgG）を測定した。

（2）繁殖母豚への給与試験②-1

試験開始前と終了後に採血を行い、赤血球数、ヘモグロビン量、ヘマトクリット値、血清鉄濃度、鉄結合能および鉄飽和度の測定を行った。母豚の産子について、総産子数、哺乳開始頭数、3 週齢時生存頭数、体重（哺乳開始、1、3、5、8 週齢時）および一日平均増体量を調査した。ここからは夏分娩でのみ調査した項目を記す。各腹から子豚 3 頭合計 36 頭を 5 週令時に抽出して採血を行い、母豚と同様の血液成分について分析を行った。また、4～8 週令時に床に落ちている糞便を観察し、形状でスコアリングして平均糞便スコアおよび AUC を算出した。さらに、各区から子豚 5 頭合計 10 頭を 5 週令時に抽出して採糞を行い、糞便から DNA を抽出後、16S rRNA のアンプリコンシーケンス解析により、腸内細菌叢の占有率を算出した。

試験結果の統計処理については、母豚の体重および血液成分は、産歴と季節の効果を考慮した統計モデルを作成し、有意差検定を行った。子豚の発育成績は、産歴、季節、性および哺乳開始体重の効果を考慮した統計モデルを作成し、有意差検定を行った。子豚の血液成分および糞便スコアは、Student の T 検定を用いた。腸内細菌叢の占有率は、Mann-Whitney 検定により有意差検定を行った。

（3）繁殖母豚への給与試験②-2

母豚については、試験開始前と終了後に採血を行い、昨年度は赤血球数、ヘモグロビン量、ヘマトクリット値、血清鉄濃度、鉄結合能および鉄飽和度の測定を行った。また、今年度は総タンパク含量（TP）、アルブミン含量（ALB）、血清尿素窒素（BUN）、

中性脂肪量 (TG)、総コレステロール量 (T-Cho)、高比重リポ蛋白コレステロール量 (HDL-C)、グルコース量 (GLU)、カルシウム量 (Ca)、無機リン量 (IP)、マグネシウム量 (Mg)、免疫グロブリン濃度 (IgG)、免疫グロブリン A 濃度 (IgA) の測定を行った。

母豚の産子については、総産子数、哺乳開始頭数、3 週齢時生存頭数、体重 (哺乳開始、1、3、5、8 週齢時) および一日平均増体量を調査した。ここからは夏分娩でのみ調査した項目を記す。各腹から子豚 3 頭合計 36 頭を 5 週齢時に抽出して採血を行い、母豚と同様の血液成分について分析を行った。また、4~8 週齢時に床に落ちている糞便を観察し、形状でスコアリングして平均糞便スコアおよび AUC を算出した。

試験結果の統計処理については、母豚の体重および血液成分は、産歴と季節の効果を考慮した一般化線形モデルを作成し、分散分析を行った。子豚の発育成績は、産歴、季節、性および哺乳開始体重の効果を考慮した一般化線形モデルを作成し、分散分析を行った。子豚の血液成分および糞便スコアは、産歴を考慮した一般化線形モデルを作成し、分散分析を行った。なお、統計ソフトは R (version4.1.1) を用いた。

(4) 離乳子豚への給与試験

子豚の発育成績として、体重 (哺乳開始時、1、3、5、8 週齢時) および一日平均増体量 (0-8 週齢時、0-3 週齢時、3-8 週齢時) を測定した。

試験開始前と終了後に採血を行い、赤血球数、ヘモグロビン量、ヘマトクリット値、血清鉄濃度、鉄結合能および総鉄結合能の測定を行った。また、総タンパク含量 (TP)、アルブミン含量 (ALB)、血尿素窒素 (BUN)、中性脂肪量 (TG)、総コレステロール量 (T-Cho)、高比重リポ蛋白コレステロール量 (HDL-C)、グルコース量 (GLU)、カルシウム量 (Ca)、無機リン量 (IP)、マグネシウム量 (Mg)、免疫グロブリン (IgG) 濃度、免疫グロブリン A (IgA) 濃度の測定を行った。

豚房内に落ちている糞便を観察し、形状でスコアリングして平均糞便スコアおよび AUC を算出した。子豚の直腸便における菌叢解析として、8 週齢時に抽出し採糞し (対照区 3 頭、5-ALA 区 5 頭、計 8 頭) 糞便から DNA を抽出し、16S rRNA のアンプリコンシーケンス解析により、腸内細菌の占有率を算出した。

試験結果の統計処理については、子豚の発育成績は、産歴、性別および哺乳開始体重の効果を考慮した一般化線形モデルを作成し、分散分析を行った。子豚の血液成分、糞便スコアおよび腸内細菌叢の占有率については、産歴および性別を考慮した一般化線形モデルを作成し、分散分析を行った。なお、統計ソフトは R (version4.3.2) を用いた。

(5) 哺乳子豚への給与試験

子豚の発育成績として、体重 (哺乳開始時、1、3、5、8 週齢時) および一日平均増体量 (0-8 週齢時、0-3 週齢時、3-8 週齢時) を測定した。

1 週齢、3 週齢、8 週齢時に採血を行い、赤血球数、ヘモグロビン量、ヘマトクリット値、血清鉄濃度、鉄結合能および総鉄結合能の測定を行った。また、総タンパク含量 (TP)、総コレステロール量 (T-Cho)、免疫グロブリン (IgG) 濃度の測定を行った。

また、3 週齢、8 週齢時に採材を行い、免疫グロブリン A (IgA) 濃度の測定を行っ

た。

試験結果の統計処理については、子豚の発育成績は、産歴、性別および哺乳開始体重の効果を考慮した一般化線形モデルを作成し、分散分析を行った。子豚の血液成分および糞便中 IgA 濃度については、産歴および性別を考慮した一般化線形モデルを作成し、分散分析を行った。なお、統計ソフトは R (version4.3.2) を用いた。

3 結果および考察

1) 繁殖母豚への給与試験①

母豚の体重は、5-ALA 給与前後ともに対照区と 5-ALA 区に有意な差が認められなかった (表 1)。分娩直後および分娩 3 週間後の母豚の血液成分を表 3 に示した。分娩直後の血清鉄濃度は、対照区と比較して、5-ALA 区で有意に高くなった。血清尿素窒素は対照区と比較して、5-ALA 区で高い傾向が認められた。また、有意差は認められなかったものの、赤血球数、ヘモグロビン量およびヘマトクリット値は、対照区と比較して 5-ALA 区で高値を示した。子豚の発育成績を表 2 に示した。3 週齢時の生存率が対照区と比較して、5-ALA 区で高い傾向が認められた ($P < 0.1$)。一方、子豚の血液成分は、対照区と 5-ALA 区の間には有意な差が認められなかった (表 4)。

5-ALA は、血液中で酸素を運搬するヘモグロビンの構成要素であるヘムの前駆物質であることが知られており、豚の発育や造血機能への影響が報告されている^{1, 2)}。また、子豚は、鉄欠乏に陥りやすく、発育が阻害されることが知られている。本研究において、分娩前後に 5-ALA を母豚に給与することで、分娩直後の母豚の血清鉄濃度が高くなったことや子豚の 3 週齢時の生存率が高くなったことから、分娩前後の母豚用飼料への 5-アミノレブリン酸添加給与が分娩直後の母豚の鉄欠乏性貧血を改善し、哺乳中の子豚の生存率を改善する可能性が示された。一方、子豚のヘモグロビン濃度等の血液成分に影響は認められなかった。今後は、子豚の造血や免疫機能に与える影響をさらに検討していく必要があると思われる。

表1 5-ALA給与による母豚の体重への影響

	対照区 (n=5)		5-ALA区 (n=5)		P値
給与開始時体重 (kg)	217.2	± 26.0	219.8	± 18.9	0.861
試験終了時体重 (kg)	189.2	± 19.1	192.0	± 17.4	0.814
減少率 (%)	12.5	± 6.7	12.5	± 6.2	0.999

平均値±標準偏差

表2 5-ALA給与による子豚の発育成績への影響

	対照区			5-ALA区			P値
総産子数	9.6	±	3.1	10.0	±	4.3	0.871
哺乳開始頭数	7.4	±	2.6	7.2	±	2.9	0.912
3週齢時生存頭数	6.0	±	2.5	7.0	±	2.7	0.567
3週齢時生存率 (%)	80.0	±	18.3 ^B	98.0	±	4.5 ^A	0.092
平均体重 (kg)							
哺乳開始時	1.30	±	0.30	1.32	±	0.24	0.750
1週齢時	2.19	±	0.54	2.38	±	0.47	0.122
3週齢時	4.72	±	1.54	5.17	±	1.05	0.175
5週齢時	8.72	±	2.54	8.93	±	1.58	0.707
一日平均増体量 (kg/day)	0.22	±	0.04	0.21	±	0.07	0.827
異符号間に有意差あり (P<0.1)							平均値±標準偏差

表3 5-ALA給与による母豚の血液成分への影響

	対照区			5-ALA区			P値
赤血球数 ($10^4/\mu\text{L}$)							
分娩直後	480.8	±	52.9	512.2	±	99.9	0.552
分娩3週後	552.8	±	62.4	524.3	±	82.3	0.601
白血球数 ($10^2/\mu\text{L}$)							
分娩直後	157.4	±	35.5	165.4	±	60.6	0.805
分娩3週後	175.5	±	61.1	184.8	±	74.0	0.853
血小板数 ($10^4/\mu\text{L}$)							
分娩直後	21.0	±	6.5	16.0	±	5.2	0.259
分娩3週後	21.8	±	8.5	22.2	±	3.4	0.929
ヘモグロビン量 (g/dL)							
分娩直後	8.3	±	1.3	9.9	±	2.5	0.242
分娩3週後	10.1	±	0.9	10.3	±	1.4	0.843
ヘマトクリット値 (%)							
分娩直後	27.9	±	2.3	31.3	±	6.0	0.283
分娩3週後	31.7	±	2.7	31.5	±	3.9	0.959
血清鉄濃度 ($\mu\text{g/dL}$)							
分娩直後	87.6	±	25.8 b	106.4	±	24.9 a	0.047
分娩3週後	101.0	±	18.4	93.6	±	26.7	0.337
TIBC ($\mu\text{g/dL}$)							
分娩直後	447.2	±	24.9	435.4	±	23.3	0.160
分娩3週後	462.6	±	50.9	444.7	±	34.7	0.230
血清総タンパク (g/dL)							
分娩直後	7.3	±	0.7	7.2	±	0.6	0.849
分娩3週後	7.5	±	0.7	7.6	±	0.7	0.798
アルブミン (g/dL)							
分娩直後	3.6	±	0.2	3.7	±	0.2	0.512
分娩3週後	3.8	±	0.3	3.7	±	0.1	0.242
総コレステロール (mg/dL)							
分娩直後	59.2	±	18.4	53.2	±	7.7	0.520
分娩3週後	60.2	±	10.7	62.6	±	7.9	0.698
血清尿素窒素 (mg/dL)							
分娩直後	6.7	±	1.9 B	9.6	±	2.5 A	0.072
分娩3週後	6.9	±	3.0	9.1	±	2.6	0.248
IgG (mg/dL)							
分娩直後	681.4	±	68.3	676.1	±	83.5	0.832
分娩3週後	740.4	±	75.7	745.9	±	62.6	0.809

異符号間に有意差あり (A-B:P<0.1, a-b:P<0.05)

平均値±標準偏差

※分娩3週後の赤血球数, 血小板数, 白血球数, ヘモグロビン量, ヘマトクリット値は

対照区 (n=4), 5-ALA区 (n=4)。上記以外の項目は, 対照区 (n=5), 5-ALA区 (n=5)

表4 5-ALA給与による子豚の血液成分への影響

	対照区 (n=15)			5-ALA区 (n=14)			P値
赤血球数 ($10^4/\mu\text{L}$)	553.4	±	67.2	553.7	±	84.7	0.992
ヘモグロビン量 (g/dL)	9.8	±	1.6	9.8	±	1.9	0.961
ヘマトクリット値 (%)	32.4	±	5.4	31.9	±	6.4	0.805
血小板数 ($10^4/\mu\text{L}$)	56.7	±	11.0	60.9	±	20.6	0.489
白血球数 ($10^2/\mu\text{L}$)	201.4	±	79.9	200.5	±	75.2	0.975

平均値±標準偏差

2) 繁殖母豚への給与試験②-1

試験開始前後における母豚の体重では、試験区間に有意差は認められなかった（表 5）。給与期間中の母豚の血清鉄濃度および鉄飽和度の変化量は、対照区と比較して 5-ALA 区で高い傾向が認められ（ $P<0.1$ ）、血清鉄濃度は、給与前後で $35.7 \mu\text{g/dL}$ も増加した（表 6）。子豚の 8 週令時体重は、対照区 18.8kg に対して 5-ALA 区 19.6kg と 0.8 kg 増加し、3～8 週令時における一日平均増体量は、対照区と比較して 5-ALA 区で有意に高かった（ $P<0.05$ ）（表 7）。一方、子豚の血液成分および子豚の糞便スコアでは、有意差は認められなかった（表 8、9）。糞便中における菌叢の属レベルでの占有率では、有意差は認められなかったが、対照区と比較して 5-ALA 区で *Lactobacillus* 属が高値を示し、*Escherichia* 属が低値を示した（表 10、11）。

Wang らは、母豚に 5-ALA を給与することにより、母乳中の鉄分、乳脂肪および乳タンパク質が増加することを報告している^{3, 4)}。Hendawy らは、乳牛に 5-ALA を給与したところ、乳中のカゼインが増加したと報告している⁵⁾。本調査では、5-ALA を給与した母豚の母乳中の成分について分析していないが、5-ALA の給与により、母豚の血清鉄濃度が増加し、その産子の発育が促進されたことから、母乳中の成分へ何らかの影響を与えていることが推察された。また、本調査では、母豚への 5-ALA 給与により、*Lactobacillus* 属の増加や *Escherichia* 属の減少といった産子における腸内細菌叢の変化が認められた。5-ALA を母豚に給与することで、産子の小腸絨毛が長くなり、腸管粘膜のミトコンドリアに関する遺伝子発現量が高くなることが報告されている^{6, 7)}。

これらのことから、母豚への 5-ALA 給与は、腸内環境に好ましい影響を与え、離乳後の発育を促進する可能性が示唆された。

表5 5-ALA給与による母豚の体重への影響

	対照区 (n=12)			5-ALA区 (n=12)		
試験開始時体重 (kg)	174.0	±	4.1	174.0	±	4.2
試験終了時体重 (kg)	160.0	±	3.2	157.0	±	3.3
減少率 (%)	8.2	±	1.6	9.9	±	1.6
最小二乗平均値±誤差						

表6 5-ALA給与による母豚の血液成分への影響

	対照区 (n=12)			5-ALA区 (n=12)		
赤血球数 ($10^4/\mu\text{L}$)						
分娩前	548.0	±	16.7	567.0	±	17.0
離乳時	550.0	±	17.3	554.0	±	17.7
変化量 (離乳時-分娩前)	2.8	±	18.7	-13.0	±	19.0
ヘモグロビン量 (g/dL)						
分娩前	10.4	±	0.3	10.4	±	0.3
離乳時	10.7	±	0.2	10.4	±	0.2
変化量 (離乳時-分娩前)	0.3	±	0.3	0.1	±	0.3
ヘマトクリット値 (%)						
分娩前	32.0	±	0.8	32.2	±	0.9
離乳時	33.0	±	0.7	31.9	±	0.7
変化量 (離乳時-分娩前)	1.0	±	0.9	-0.3	±	1.0
血清鉄濃度 ($\mu\text{g}/\text{dL}$)						
分娩前	98.3	±	6.5	89.3	±	6.7
離乳時	107.0	±	10.6	125.0	±	10.8
変化量 (離乳時-分娩前)	8.2	±	10.6 ^B	35.7	±	10.8 ^A
TIBC ($\mu\text{g}/\text{dL}$)						
分娩前	414.0	±	12.7	392.0	±	12.9
離乳時	483.0	±	16.3	484.0	±	16.6
変化量 (離乳時-分娩前)	69.6	±	19.9	92.2	±	20.3
鉄飽和度 (%)						
分娩前	23.8	±	1.5	23.0	±	1.6
離乳時	21.9	±	1.9	25.6	±	1.9
変化量 (離乳時-分娩前)	-1.8	±	1.8 ^B	2.8	±	1.8 ^A
異符号間に有意差あり (A-B:P<0.1)				最小二乗平均値±誤差		

表7 5-ALA給与による子豚の発育成績への影響

	対照区			5-ALA区		
総産子数	10.6	±	0.7	11.1	±	0.7
哺乳開始頭数	9.0	±	0.7	9.2	±	0.7
3週令時生存頭数	7.7	±	0.6	7.7	±	0.6
3週令時生存率 (%)	87.8	±	3.4	84.0	±	3.5
平均体重 (kg)						
哺乳開始時	1.27	±	0.03	1.21	±	0.03
1週令時	2.07	±	0.04	2.06	±	0.04
3週令時	4.35	±	0.11	4.32	±	0.11
5週令時	7.79	±	0.19	7.85	±	0.20
8週令時	18.80	±	0.40	19.60	±	0.42
一日平均増体量 (kg/day)	0.31	±	0.01	0.32	±	0.01
(0~8週令)						
一日平均増体量 (kg/day)	0.41	±	0.01 ^b	0.43	±	0.01 ^a
(3~8週令)						
異符号間に有意差あり (a-b:P<0.05)				最小二乗平均値±誤差		

表8 5-ALA給与による子豚の血液成分への影響（夏分娩）

	対照区 (n=18)		5-ALA区 (n=18)	
赤血球数 ($10^4/\mu\text{L}$)	568.8	± 49.5	591.3	± 53.6
ヘモグロビン量 (g/dL)	9.6	± 0.8	10.0	± 1.1
ヘマトクリット値 (%)	31.2	± 2.6	31.9	± 4.2
血清鉄濃度 ($\mu\text{g}/\text{dL}$)	144.9	± 67.2	142.9	± 63.3
TIBC ($\mu\text{g}/\text{dL}$)	679.7	± 85.9	674.0	± 58.1
鉄飽和度 (%)	21.8	± 10.0	21.3	± 8.7

平均値±標準偏差

※血清鉄濃度, TIBC, 鉄飽和度は, 対照区 (n=16), 5-ALA区 (n=18)

それ以外の項目は, 対照区 (n=18), 5-ALA区 (n=18)

表9 5-ALA給与による子豚の糞便スコアへの影響（夏分娩）

	対照区 (n=6)		5-ALA区 (n=6)	
4~5週令	1.57	± 0.43	1.66	± 0.31
5~6週令	1.78	± 0.63	1.68	± 0.41
6~7週令	1.45	± 0.49	1.20	± 0.54
7~8週令	0.78	± 0.41	0.71	± 0.40
AUC (時間曲線下面積)	4.41	± 1.40	4.06	± 1.15

平均値±標準偏差

表10 5-ALA給与による子豚の直腸便における細菌叢（門レベル）への影響（夏分娩）

分類 (門)	対照区 (n=5)		5-ALA区 (n=5)	
Firmicutes	66.59	± 3.55	71.79	± 6.10
Bacteroidetes	25.92	± 6.31	24.42	± 4.69
Proteobacteria	5.95	± 4.90	2.62	± 1.59
Actinobacteria	0.59	± 0.79	0.24	± 0.13
Tenericutes	0.61	± 0.64	0.24	± 0.15
F/B比	2.78	± 1.10	3.07	± 0.86

(単位: %)

平均値±標準偏差

表11 5-ALA給与による子豚の直腸便における細菌叢（属レベル）への影響（夏分娩）

分類 (属)	対照区 (n=5)		5-ALA区 (n=5)	
Prevotella	15.82	± 6.36	16.93	± 2.78
Lactobacillus	10.72	± 9.40	14.87	± 9.02
Blautia	6.69	± 3.02	7.58	± 1.61
Streptococcus	5.88	± 5.46	6.38	± 6.88
Faecalibacterium	5.73	± 0.84	5.97	± 2.82
Megamonas	5.33	± 7.27	2.89	± 2.10
Escherichia	3.85	± 4.43	1.86	± 1.16
Megasphaera	2.90	± 1.81	1.77	± 1.17
Roseburia	1.46	± 1.47	2.64	± 0.82
Phascolarctobacterium	1.23	± 0.65	1.84	± 0.78
Coprococcus	1.30	± 0.50	1.66	± 0.71
Dorea	1.17	± 0.33	1.52	± 0.54

(単位: %)

平均値±標準偏差

3) 繁殖母豚への給与試験②-2

母豚の繁殖成績および体重は、試験区間に有意差は認められなかった。給与期間中の母豚の血液成分は、赤血球数、ヘモグロビン濃度に 5-ALA 添加による有意な差は認められなかったが、血清鉄濃度および鉄飽和度の変化量は、対照区と比較して 5-ALA 区で高い傾向が認められた ($P<0.1$) (表 12)。IgG および IgA 濃度は、5-ALA 添加給与による有意な差は認められなかった。また、TP の変化量は、対照区に対して 5-ALA 区で有意に低く ($P<0.05$)、Ca の変化量は、5-ALA 区で低い傾向が認められた ($P<0.1$) (表 13)。

子豚の発育成績は、子豚の 8 週齢時体重では有意差は認められなかったものの、対照区 18.8kg に対して 5-ALA 区 19.6kg と 0.8 kg 高く、3~8 週齢時における一日平均増体量は、対照区と比較して 5-ALA 区で有意に高かった ($P<0.05$) (表 14)。一方、子豚の血液成分は、赤血球数、ヘモグロビン濃度、ヘマトクリット値、血清鉄濃度、TIBC、鉄飽和度に 5-ALA 添加給与による有意な差は認められなかったが、IP は、対照区と比較して 5-ALA 区で有意に低かった ($P<0.05$) (表 15、16)。

子豚の糞便スコアは、各週齢における 5-ALA 添加給与による有意な差は認められなかった。

Wang らは、母豚に 5-ALA を給与することにより、母乳中の鉄分、乳脂肪および乳タンパク質が増加することを報告している^{8、9)}。Hendawy らは、乳牛に 5-ALA を給与したところ、乳中のカゼインが増加したと報告している¹⁰⁾。本調査では、5-ALA を給与した母豚の母乳中の成分について分析していないが、5-ALA の給与により、母豚の血清鉄濃度が増加し、その産子の発育が促進されたことから、母乳中の成分へ何らかの影響を与えていることが推察された。

5-ALA を母豚に給与することで、産子の小腸絨毛が長くなり、腸管粘膜のミトコンドリアに関する遺伝子発現量が高くなることが報告されている^{11、12)}。これらのことから、母豚への 5-ALA 給与は、腸内環境に好ましい影響を与え、その産子における離乳後の発育を促進する可能性が示唆された。

表 12. 5-ALA 給与による母豚の鉄の栄養状態および血清中免疫グロブリン濃度への影響

	対照区 (n=12)			5-ALA区 (n=12)		
赤血球数 ($10^4/\mu\text{L}$)						
分娩前	548	±	16.7	567	±	17.0
離乳時	550	±	17.3	554	±	17.7
変化量 (離乳時-分娩前)	2.8	±	18.7	-13.0	±	19.0
ヘモグロビン量 (g/dL)						
分娩前	10.4	±	0.3	10.4	±	0.3
離乳時	10.7	±	0.2	10.4	±	0.2
変化量 (離乳時-分娩前)	0.3	±	0.3	0.1	±	0.3
ヘマトクリット値 (%)						
分娩前	32.0	±	0.8	32.2	±	0.9
離乳時	33.0	±	0.7	31.9	±	0.7
変化量 (離乳時-分娩前)	1.0	±	0.9	-0.3	±	1.0
血清鉄濃度 ($\mu\text{g}/\text{dL}$)						
分娩前	98.3	±	6.5	89.3	±	6.7
離乳時	107.0	±	10.6	125.0	±	10.8
変化量 (離乳時-分娩前)	8.2	±	10.6 ^B	35.7	±	10.8 ^A
TIBC ($\mu\text{g}/\text{dL}$)						
分娩前	414	±	12.7	392	±	12.9
離乳時	483	±	16.3	484	±	16.6
変化量 (離乳時-分娩前)	69.6	±	19.9	92.2	±	20.3
鉄飽和度 (%)						
分娩前	23.8	±	1.5	23.0	±	1.6
離乳時	22.0	±	1.9	25.8	±	1.9
変化量 (離乳時-分娩前)	-1.8	±	1.8 ^B	2.8	±	1.8 ^A
白血球 ($10^2/\mu\text{L}$)						
分娩前	161	±	14.4	179	±	14.7
離乳時	139	±	16.3	174	±	16.7
変化量 (離乳時-分娩前)	-21.5	±	11.7	-5.7	±	12.0
IgG (mg/mL)						
分娩前	632	±	19.9	660	±	20.3
離乳時	648	±	28.8	640	±	29.4
変化量 (離乳時-分娩前)	16.0	±	20.0	-19.9	±	20.4
IgA (mg/mL)						
分娩前	12.4	±	1.4	10.1	±	1.4
離乳時	14.6	±	1.4	11.8	±	1.4
変化量 (離乳時-分娩前)	2.3	±	0.9	1.6	±	0.9
異符号間に有意差あり (A-B:P<0.1)				最小二乗平均値±誤差		

表 13. 5-ALA 給与による母豚の血液成分への影響

	対照区 (n=12)			5-ALA区 (n=12)		
TP (g/dL)						
分娩前	7.0	±	0.2	7.3	±	0.2
離乳時	7.4	±	0.2	7.2	±	0.2
変化量 (離乳時-分娩前)	0.4	±	0.1 ^a	-0.1	±	0.1 ^b
ALB (g/dL)						
分娩前	3.8	±	0.1	3.7	±	0.1
離乳時	4.2	±	0.1	4.1	±	0.1
変化量 (離乳時-分娩前)	0.4	±	0.1	0.3	±	0.1
A/G 比						
分娩前	1.3	±	0.1	1.1	±	0.1
離乳時	1.4	±	0.1	1.4	±	0.1
変化量 (離乳時-分娩前)	0.1	±	0.1	0.3	±	0.1
BUN (mg/dL)						
分娩前	9.3	±	0.8	10.0	±	0.8
離乳時	8.6	±	0.9	9.5	±	0.9
変化量 (離乳時-分娩前)	-0.6	±	0.9	-0.5	±	1.0
TG (mg/dL)						
分娩前	24.5	±	2.7	24.8	±	2.8
離乳時	11.1	±	2.8	12.2	±	2.8
変化量 (離乳時-分娩前)	-13.4	±	3.8	-12.6	±	3.9
T-Chol (mg/dL)						
分娩前	56.5	±	2.8	55.8	±	2.9
離乳時	74.2	±	3.7	76.2	±	3.7
変化量 (離乳時-分娩前)	17.7	±	4.7	20.4	±	4.8
HDL-C (mg/dL)						
分娩前	20.4	±	0.9	20.4	±	0.9
離乳時	34.3	±	2.4	36.0	±	2.4
変化量 (離乳時-分娩前)	13.9	±	2.0	15.5	±	2.1
GLU (mg/L)						
分娩前	68.9	±	1.5	71.7	±	1.5
離乳時	76.9	±	3.7	75.3	±	3.8
変化量 (離乳時-分娩前)	8.0	±	3.8	3.7	±	3.8
Ca (mg/dL)						
分娩前	8.3	±	0.1	8.5	±	0.1
離乳時	8.7	±	0.1	8.6	±	0.1
変化量 (離乳時-分娩前)	0.5	±	0.1 ^A	0.1	±	0.1 ^B
IP (mg/dL)						
分娩前	6.1	±	0.3	6.0	±	0.3
離乳時	5.5	±	0.2	5.9	±	0.2
変化量 (離乳時-分娩前)	-0.6	±	0.3	0.0	±	0.3
Mg (mg/dL)						
分娩前	2.2	±	0.1	2.3	±	0.1
離乳時	2.3	±	0.1	2.3	±	0.1
変化量 (離乳時-分娩前)	0.1	±	0.1	0.0	±	0.1
異符号間に有意差あり (A-B:P<0.1, a-b:P<0.05)				最小二乗平均値±誤差		

表 14. 5-ALA 給与による子豚の発育成績への影響

	対照区 (n=89)			5-ALA区 (n=89)		
平均体重 (kg)						
哺乳開始時	1.27	±	0.03	1.23	±	0.03
1週令時	2.10	±	0.04	2.09	±	0.04
3週令時	4.40	±	0.10	4.33	±	0.11
5週令時	7.76	±	0.19	7.89	±	0.19
8週令時	18.80	±	0.40	19.60	±	0.42
一日平均増体量 (kg/day)						
0～8週令	0.31	±	0.01	0.32	±	0.01
0～3週令	0.15	±	0.01	0.14	±	0.01
3～8週令	0.41	±	0.01 ^b	0.43	±	0.01 ^a
異符号間に有意差あり (a-b:P<0.05)				最小二乗平均値±誤差		

表 15. 5-ALA 給与による子豚の鉄の栄養状態および血清中免疫グロブリン濃度への影響

	対照区 (n=17)			5-ALA区 (n=16)		
赤血球数 (10 ⁴ /μL)	558	±	13.7	589	±	14.0
ヘモグロビン量 (g/dL)	9.4	±	0.3	10.0	±	0.3
ヘマトクリット値 (%)	30.6	±	0.9	31.8	±	0.9
血清鉄濃度 (μg/dL)	143	±	17.8	145	±	18.2
TIBC (μg/dL)	668	±	19.4	672	±	19.8
鉄飽和度 (%)	21.8	±	2.6	21.6	±	2.7
白血球 (10 ² /μL)	195	±	11.6	176	±	11.9
IgG (mg/mL)	275	±	18.3	288	±	18.7
IgA (mg/mL)	2.9	±	0.4	2.1	±	0.4
				最小二乗平均値±誤差		

表 16. 5-ALA 給与による子豚の血液成分への影響

	対照区 (n=17)			5-ALA区 (n=16)		
TP (g/dL)	4.8	±	0.1	4.8	±	0.1
ALB (g/dL)	2.9	±	0.1	3.0	±	0.1
A/G 比	1.6	±	0.1	1.8	±	0.1
BUN (mg/dL)	11.8	±	1.1	10.4	±	1.2
TG (mg/dL)	40.3	±	7.4	30.8	±	7.5
T-Cho (mg/dL)	69.1	±	3.0	65.3	±	3.0
HDL-C (mg/dL)	32.1	±	1.6	32.9	±	1.6
GLU (mg/L)	116.0	±	4.1	120.0	±	4.1
Ca (mg/dL)	10.0	±	0.1	9.8	±	0.1
IP (mg/dL)	10.9	±	0.3 ^a	10.0	±	0.3 ^b
Mg (mg/dL)	2.3	±	0.1	2.2	±	0.1
異符号間に有意差あり (a-b:P<0.05)				最小二乗平均値±誤差		

4) 離乳子豚への給与試験

子豚の発育成績は、両区に有意差は認められなかった（表 17）。

子豚の血液成分は、子豚の貧血に関する検査項目である赤血球数、ヘモグロビン濃度、ヘマトクリット値、血清鉄濃度は基準値内で推移し、これら変化量は、対照区に対して 5-ALA 区で有意差は認められなかったが、血清鉄濃度の変化量は、5-ALA 区で高値を示した。8 週齢時において、両区で TIBC、UIBC の値が基準値を超え、またヘモグロビン濃度が低い傾向にあったことから、軽微な貧血状態が示唆された。総コレステロール値は、基準値以内で推移したことから、栄養状態が良好であったと推察された。免疫に関連する IgG および IgA 濃度は基準値内で推移し、これら変化量は、対照区に対して 5-ALA 区で有意差は認められなかった（表 18）。また、栄養状態に関する検査項目である TG、T-Cho、HDL-C、GLU は基準値内で推移し、TG の変化量は、対照区に対して 5-ALA 区で有意に低かった（ $P<0.05$ ）（表 19）。

子豚の糞便スコアは、各週齢における 5-ALA 添加給与による有意な差は認められなかった。直腸便中における菌叢の属レベルでの占有率は、両区で有意な差は認められなかった（表 20）。

本試験の結果から、離乳後の子豚への 5-ALA 給与は、発育および腸内環境に影響を与えない可能性が示唆された。豚において哺乳期は、哺乳によって吸収した水分によって豚自身の血液希釈が起こりやすく、急速な発育による体内貯蔵鉄や母乳から供給される鉄の不足による鉄欠乏性貧血に陥りやすいことが知られている^{13, 14)}。5-ALA は、ヘモグロビンの前駆物質として体内の赤血球において酸素運搬の機能を有しており、貧血予防に有効性を示すことが期待されている。今後、貧血多発時期である哺乳期の子豚に対する 5-ALA 給与は、貧血予防に効果を有するかの検証をする必要がある。

表17 5-ALA給与による子豚の発育成績への影響

	対照区 (n=16)			5-ALA区 (n=17)		
平均体重 (kg)						
哺乳開始時	1.59	±	0.08	1.56	±	0.07
1週令時	2.38	±	0.08	2.38	±	0.07
3週令時	4.76	±	0.24	4.86	±	0.22
5週令時	8.24	±	0.44	8.63	±	0.40
8週令時	19.20	±	0.95	18.80	±	0.87
一日平均増体量 (kg/day)						
0～8週令	0.32	±	0.02	0.31	±	0.02
0～3週令	0.16	±	0.01	0.15	±	0.01
3～8週令	0.42	±	0.02	0.41	±	0.02

最小二乗平均値±誤差

表18 離乳子豚への5-ALA給与による鉄の栄養状態及び血清中免疫グロブリン濃度への

	対照区 (n=16)			5-ALA区 (n=17)		
赤血球数 ($10^4/\mu\text{L}$)						
4週齢	654	±	25.7	566	±	25.4
8週齢	685	±	11.7	594	±	11.5
変化量 (8週齢-4週齢)	30.7	±	24.2	27.9	±	23.9
ヘモグロビン量 (g/dL)						
4週齢	10.2	±	0.4	10.2	±	0.4
8週齢	12.1	±	0.2	10.3	±	0.2
変化量 (8週齢-4週齢)	-0.1	±	0.4	0.1	±	0.4
ヘマトクリット値 (%)						
4週齢	35.2	±	1.1	29.2	±	1.1
8週齢	35.5	±	0.6	30.0	±	0.6
変化量 (8週齢-4週齢)	0.2	±	1.1	0.8	±	1.1
血清鉄濃度 ($\mu\text{g/dL}$)						
4週齢	124.0	±	9.0	133.0	±	8.9
8週齢	114.0	±	10.4	152.0	±	10.3
変化量 (8週齢-4週齢)	-9.8	±	15.6	19.3	±	15.4
TIBC ($\mu\text{g/dL}$)						
4週齢	482	±	22.4	439	±	22.1
8週齢	647	±	16.8	623	±	16.6
変化量 (8週齢-4週齢)	165.0	±	21.4	184.0	±	21.1
UIBC ($\mu\text{g/dL}$)						
4週齢	359.0	±	20.0	306.0	±	19.8
8週齢	533.0	±	18.4	471.0	±	18.1
変化量 (8週齢-4週齢)	175.0	±	0.4	165.0	±	22.1
白血球 ($10^2/\mu\text{L}$)						
4週齢	149	±	11.4	108	±	11.3
8週齢	188	±	9.6	188	±	9.5
変化量 (8週齢-4週齢)	38.3	±	13.4	44.0	±	13.3
IgG (mg/mL)						
4週齢	329	±	16.6	361	±	16.4
8週齢	350	±	14.0	360	±	13.8
変化量 (8週齢-4週齢)	20.9	±	15.5	-0.6	±	15.3
IgA (mg/mL)						
4週齢	4.7	±	0.3	4.1	±	0.2
8週齢	7.8	±	0.3	7.6	±	0.3
変化量 (8週齢-4週齢)	3.0	±	0.3	3.5	±	0.3

最小二乗平均値±誤差

表19 5-ALA給与による子豚の血液成分への影響

	対照区 (n=15)			5-ALA区 (n=14)		
TP (g/dL)						
4週齢	4.8	±	0.1	4.4	±	0.1
8週齢	5.6	±	0.1	5.3	±	0.1
変化量 (8週齢-4週齢)	0.8	±	0.1	0.9	±	0.1
ALB (g/dL)						
4週齢	3.0	±	0.1	2.8	±	0.1
8週齢	3.8	±	0.1	3.7	±	0.1
変化量 (8週齢-4週齢)	0.8	±	0.1	0.9	±	0.1
A/G 比						
4週齢	1.6	±	0.1	1.8	±	0.1
8週齢	2.2	±	0.2	2.4	±	0.2
変化量 (8週齢-4週齢)	0.5	±	0.2	0.6	±	0.2
BUN (mg/dL)						
4週齢	13.0	±	1.1	10.5	±	1.1
8週齢	7.3	±	0.7	8.0	±	0.7
変化量 (8週齢-4週齢)	-5.7	±	1.0 ^a	-2.5	±	0.9 ^b
TG (mg/dL)						
4週齢	27.4	±	6.2	48.1	±	6.1
8週齢	32.6	±	2.9	20.8	±	2.8
変化量 (8週齢-4週齢)	5.2	±	6.6 ^a	-27.3	±	6.6 ^b
T-Cho (mg/dL)						
4週齢	71.8	±	4.1	75.0	±	4.0
8週齢	66.7	±	2.9	66.4	±	2.8
変化量 (8週齢-4週齢)	-5.1	±	4.9	-8.6	±	4.9
HDL-C (mg/dL)						
4週齢	40.9	±	1.9	42.2	±	1.9
8週齢	30.2	±	1.8	32.7	±	1.8
変化量 (8週齢-4週齢)	-9.4	±	2.6	-10.7	±	2.6
GLU (mg/L)						
4週齢	109.0	±	6.2	117.0	±	6.1
8週齢	116.0	±	3.4	114.0	±	3.4
変化量 (8週齢-4週齢)	7.3	±	8.3	-2.7	±	8.2
Ca (mg/dL)						
4週齢	9.9	±	0.2	10.4	±	0.2
8週齢	10.9	±	0.1	10.3	±	0.1
変化量 (8週齢-4週齢)	1.0	±	0.3 ^a	0.0	±	0.3 ^b
IP (mg/dL)						
4週齢	10.6	±	0.1	11.3	±	0.1
8週齢	11.3	±	0.4	12.3	±	0.4
変化量 (8週齢-4週齢)	0.7	±	0.5	1.0	±	0.5
Mg (mg/dL)						
4週齢	2.4	±	0.1	2.2	±	0.1
8週齢	2.5	±	0.1	2.4	±	0.1
変化量 (8週齢-4週齢)	0.1	±	0.1	0.2	±	0.1

異符号間に有意差あり (a-b:P<0.05)

最小二乗平均値±誤差

表20 離乳子豚への5-ALA給与による子豚の直腸便における細菌叢（属レベル）への影響

分類（属）	対照区（n=3）			5-ALA区（n=5）		
Prevotella	20.60	±	2.51	17.80	±	1.93
Lactobacillus	8.01	±	2.66	8.70	±	2.04
Streptococcus	9.32	±	1.71	7.40	±	1.31
Megasphaera	8.32	±	1.54	7.29	±	1.19
Blautia	2.42	±	0.55	3.08	±	0.42
Alloprevotella	1.99	±	0.46	2.00	±	0.35
Faecalibacterium	1.86	±	0.41	2.14	±	0.32
Muribaculaceae	1.37	±	0.61	1.48	±	0.46
Agathobacter	0.50	±	0.56	1.38	±	0.43
Terrisporobacter	0.86	±	0.34	1.29	±	0.26
Subdoligranulum	1.29	±	0.27	1.23	±	0.09
Anaerovibrio	1.24	±	0.20	1.19	±	0.16
（単位：％）			最小二乗平均値±誤差			

5) 哺乳子豚への給与試験

子豚の発育成績は、両区に有意差は認められなかった（表 21）。

子豚の血液成分は、子豚の貧血に関する検査項目である赤血球数、ヘモグロビン濃度、ヘマトクリット値、血清鉄濃度は基準値内で推移し、有意差は認められなかった。栄養状態に関する項目である TP、T-Cho は基準値内で推移し、有意差は認められなかった（表 22）。

子豚の糞便中 IgA 濃度は、8 週齢時において倍量区は対照区に比べて高値を示し、通常区は対照区に比べて有意に高値を示した（ $P<0.05$ ）。

5-ALA 給与母豚の産子は、離乳後に小腸絨毛萎縮が軽減し、リンパ球に占める B 細胞の割合が高かったことが確認されており、産子の小腸粘膜では抗酸化作用やミトコンドリアの活性化が生じた結果、エネルギー産生や粘膜上皮細胞の分化が促進した可能性が示唆されている¹⁵⁾。腸管内に分泌される IgA 抗体は粘膜面の病原体の排除だけでなく、腸内環境の維持に重要な役割を担っていることが知られている¹⁶⁾。今回、哺乳子豚への 5-ALA 給与は腸管での IgA 産生を促進し、免疫能に好ましい影響を与える可能性が示唆された。しかしながら、本物質がどのような機序で IgA 産生を促すかについては、今後、さらに検討する必要があると考えられた。

表21 5-ALA給与による子豚の発育成績への影響

	対照区（n=10）			通常区（n=11）			倍量区（n=11）		
平均体重（kg）									
哺乳開始時	1.22	±	0.04	1.42	±	0.04	1.39	±	0.04
1週令時	2.01	±	0.10	2.34	±	0.11	2.28	±	0.10
3週令時	4.27	±	0.30	4.97	±	0.31	5.14	±	0.30
5週令時	8.10	±	0.47	9.61	±	0.48	9.59	±	0.47
8週令時	19.00	±	0.98	22.10	±	1.01	22.20	±	0.98
一日平均増体量（kg/day）									
0～8週令	0.30	±	0.02	0.36	±	0.02	0.35	±	0.02
0～3週令	0.14	±	0.01	0.17	±	0.01	0.16	±	0.01
3～8週令	0.41	±	0.02	0.47	±	0.02	0.47	±	0.02

最小二乗平均値±誤差

表22 子豚への5-ALA給与による鉄の栄養状態及び血液成分、糞便中免疫グロブリンA濃度への影響

	対照区 (n=10)			通常区 (n=11)			倍量区 (n=11)		
赤血球数 (10 ⁴ /μL)									
1週齢	481	±	19.1	496	±	19.2	511	±	19.7
3週齢	635	±	22.3	638	±	22.2	695	±	22.8
8週齢	780	±	44.0	769	±	43.8	740	±	44.9
ヘモグロビン量 (g/dL)									
1週齢	9.5	±	0.4	9.9	±	0.4	10.3	±	0.4
3週齢	12.4	±	0.4	13.2	±	0.4	12.4	±	0.4
8週齢	13.7	±	0.8	13.5	±	0.8	13.1	±	0.8
ヘマトクリット値 (%)									
1週齢	30.5	±	1.2	31.3	±	1.2	32.5	±	1.2
3週齢	38.1	±	1.3	37.8	±	1.3	41.2	±	1.3
8週齢	43.1	±	2.4	42.8	±	2.4	41.4	±	2.5
血清鉄濃度 (μg/dL)									
1週齢	181	±	16.0	204	±	17.3	173	±	19.5
3週齢	114	±	9.1	119	±	9.1	127	±	9.3
8週齢	115	±	9.9	101	±	9.9	93.7	±	10.1
TIBC (μg/dL)									
1週齢	322	±	26.6	406	±	28.9	317	±	32.5
3週齢	405	±	21.7	402	±	21.6	410	±	22.2
8週齢	546	±	8.6	549	±	8.5	546	±	8.7
UIBC (μg/dL)									
1週齢	141	±	27.4	203	±	29.7	145	±	33.5
3週齢	290	±	23.2	284	±	23.1	283	±	23.7
8週齢	432	±	7.8	448	±	8.0	452	±	7.8
TP (g/dL)									
1週齢	4.6	±	0.3	4.8	±	0.3	4.9	±	0.3
3週齢	4.3	±	0.1	4.5	±	0.1	4.5	±	0.1
8週齢	5.5	±	0.1	5.6	±	0.1	5.7	±	0.2
T-Chol (mg/dL)									
1週齢	81.8	±	9.6	92.6	±	11.0	107	±	11.7
3週齢	78.4	±	6.4	87.6	±	5.9	79.4	±	6.1
8週齢	57.7	±	3.5	61.4	±	2.6	53.4	±	4.1
白血球 (10 ² /μL)									
1週齢	174	±	25.4	244	±	25.5	40.0	±	26.1
3週齢	211	±	24.7	236	±	24.6	214	±	25.2
8週齢	222	±	14.2	241	±	14.1	230	±	14.5
IgG (mg/mL)									
1週齢	52.8	±	17.4	22.8	±	19.9	42.4	±	21.9
3週齢	7.0	±	1.7	11.2	±	1.8	7.5	±	1.8
8週齢	5.6	±	1.0	5.6	±	0.8	6.9	±	1.3
IgA (ng/mg)									
1週齢			NT			NT			NT
3週齢	262	±	56.9	184	±	57.3	294	±	59.0
8週齢	87.1	±	63.2 a	335	±	60.3 b	128	±	59.9

異符号間に有意差あり (a-b:P<0.05)

最小二乗平均値±誤差

4 要約

本県系統豚にアミノ酸の一種でヘムの前駆物質である 5-アミノレブリン酸 (5-ALA) を給与することで、母豚では血清鉄濃度を高め、その産子における離乳後の発育や腸内環境に好ましい影響を与える可能性が示された。離乳豚では発育および腸内環境に影響を与えない可能性が示唆された。哺乳豚では IgA 濃度が高値を示したことから、哺乳豚の免疫能に好ましい影響を与える可能性が示唆された。

5 参考文献

- 1) Wang, J.P., Kim, H.J., Chen Y.J., Yoo, J. S., Cho, J. H., Kang, D. K., Hyun, Y., Kim, I. H. (2009). Effects of delta-aminolevulinic acid and vitamin C supplementation on feed intake, backfat, and iron status in sows. *Journal of animal science*, 87(11), 3589-3595.
- 2) 水上佳大、伊藤貢、谷口慎、丹羽美次 (2018). 5-アミノレブリン酸 (5-ALA) 添加配合飼料の母豚への給与が産子に及ぼす影響、*日豚会誌*, 55(4)、172
- 3) Wang, J.P., Kim, H.J., Chen Y.J., Yoo, J. S., Cho, J. H., Kang, D. K., Hyun, Y., Kim, I. H. (2009). Effects of delta-aminolevulinic acid and vitamin C supplementation on feed intake, backfat, and iron status in sows. *J. anim. Sci.*, 87(11), 3589-3595.
- 4) Wang, J.P., Kim, I.H. (2012). Effects of iron injection at birth on neonatal iron status in young pigs from first-parity sows fed delta-aminolevulinic acid. *Anim. feed Sci. Technol.* 178, 151-157.
- 5) Hendawy, A. O., Shirai, M., Takeya, H., Sugimura, S., Miyanari, S., Taniguchi, S., Sato, K. (2019). Effects of 5-aminolevulinic acid supplementation on milk production, iron status, and immune response of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 102, 11009-11015.
- 6) 神保いつき、河田祐樹、小林良奈、川崎浄教、堀晃宏、宇佐美聖人、谷口慎、塚原隆充、井上亮、母豚への 5-アミノレブリン酸 (5-ALA) 給与が仔豚の腸管及び免疫系の発達に及ぼす影響、*日本畜産学会、第 124 回大会講演要旨*, p. 178 (2018)
- 7) 神保いつき、前田真知、川崎浄教、堀晃宏、谷口慎、井上亮、母豚への 5-アミノレブリン酸 (5-ALA) 給与が仔豚の腸管粘膜の遺伝子発現に及ぼす影響、*日本畜産学会、第 126 回大会講演要旨*, p. 66 (2019)
- 8) Wang, J.P., Kim, H.J., Chen Y.J., Yoo, J. S., Cho, J. H., Kang, D. K., Hyun, Y., Kim, I. H. (2009). Effects of delta-aminolevulinic acid and vitamin C supplementation on feed intake, backfat, and iron status in sows. *J. anim. Sci.*, 87(11), 3589-3595.
- 9) Wang, J.P., Kim, I.H. (2012). Effects of iron injection at birth on neonatal iron status in young pigs from first-parity sows fed delta-aminolevulinic acid. *Anim. feed Sci. Technol.* 178, 151-157.
- 10) Hendawy, A. O., Shirai, M., Takeya, H., Sugimura, S., Miyanari, S., Taniguchi, S., Sato, K. (2019). Effects of 5-aminolevulinic acid

supplementation on milk production, iron status, and immune response of dairy cows. J. Dairy Sci. 102, 11009-11015.

- 1 1) 神保いつき、河田祐樹、小林良奈、川崎浄教、堀晃宏、宇佐美聖人、谷口慎、塚原隆充、井上亮、母豚への 5-アミノレブリン酸 (5-ALA) 給与が仔豚の腸管及び免疫系の発達に及ぼす影響、日本畜産学会、第 124 回大会講演要旨、p. 178 (2018)
- 1 2) 神保いつき、前田真知、川崎浄教、堀晃宏、谷口慎、井上亮、母豚への 5-アミノレブリン酸 (5-ALA) 給与が仔豚の腸管粘膜の遺伝子発現に及ぼす影響、日本畜産学会、第 126 回大会講演要旨、p. 66 (2019)
- 1 3) 熊谷哲夫、豚病学、近代出版、第三版 (1987)
- 1 4) 大倉一郎、機能性アミノレブリン酸の科学と医学応用 (2015)
- 1 5) 谷口慎、川崎浄教、生物工学、第 99 巻、第 7 号 (2021)
- 1 6) 臼井文人、新藏礼子、化学と生物、第 55 巻、第 9 号 (2017)

6 協力研究機関

特になし

本県産系統豚の能力向上技術の確立

3) 新たな肉質評価指標の探索

担当：庄司宙希、曾地雄一郎、高橋伸和、今井勇志、武田正寛

1 はじめに

本県では、筋肉内脂肪含量を選抜形質として系統造成したデュロック純粋種系統豚「しもふりレッド」を維持している。本研究課題では、この「しもふりレッド」と国内外で生産される豚肉とのさらなる差別化を図るため、筋肉内脂肪含量以外のおいしさにつながる新たな肉質評価指標を探索する。

本研究では、「しもふりレッド」、ランドレース種および交雑種の肥育試験を実施し、採取したロース肉サンプルを用いて、理化学成分分析や官能評価を実施することで「しもふりレッド」と他品種の豚肉について、品種間の比較検討を行った。

2 試験方法

1) 材料および方法

(1) 肥育試験による豚肉サンプルの作出

ランドレース種系統豚「ミヤギノ L2」、デュロック種系統豚「しもふりレッド」および「ミヤギノ L2」と「しもふりレッド」を交雑して生産した LWD 種をそれぞれ去勢、雌とも 3 頭ずつ配置し、合計 18 頭を供試材料とした。体重約 30 kg から 70 kg まで肥育前期飼料 (TDN78%, CP16%) を給与し、体重 70 kg から肥育後期飼料 (TDN77%, CP14%) を給与した。飼養形態は単飼、不断給餌、自由飲水とした。なお、肥育試験は、令和 3 年 6 月～9 月に実施した。

(2) マウス舌組織由来味蕾細胞を用いた豚肉の「甘味」原因物質の探索

マウス舌組織由来味蕾細胞の初代培養培地には、37℃で温めた Penicillin、FBS および D-MEM を用いた。クリーンベンチ内で D-MEM 440ml に FBS 50ml および Penicillin 10ml を入れ、攪拌した。0.22 μ m filter にかけ分注し、-20℃で保存した。

マウス (ICR) から舌全体を採取し、採取した舌を PBS で洗い、培地 5ml にディスポーゼ 25g を加えた溶液に 30 分間浸し、ディスポーゼ処理を行った。その後舌の表側を剥離し、PBS の中で組織を細かく単離した後、クリーンベンチ内で、単離した組織を 24 ウェルプレート of 各ウェルに入れ培養細胞を採取した。それぞれのウェルに培地を 1000 μ l 程度入れ、インキュベーターで培養した。培地は 3 日ごとに交換した。

飽和脂肪酸 (ステアリン酸およびパルミチン酸) は、これらの最終濃度が 400 μ mol/L になるよう、調整した。ステアリン酸ナトリウムおよびパルミチン酸ナトリウム 1.23g をそれぞれ Dimethyl sulfoxide 1ml に溶かした溶液を 99ml の培地に混ぜ、ステアリン酸およびパルミチン酸の添加における培地とした。

令和 3 年 6 月から 9 月にかけて肥育した試験豚 (D 種、LWD 種) 計 12 頭の豚肉サンプルの脂肪部分をそれぞれ 0.2g 測り取り、蒸留水 3ml を加えてホモジナイズし、

遠心分離 (3000g、4℃、15 分) を行った。フィルターに通して、50ml の培地に混ぜ、D 種および LWD 種の脂肪部分の添加における培地とした。対照区の培地には、99ml の培地に対し Dimethyl sulfoxide 1ml を加えた。

(3) ロース肉サンプルに含まれる理化学成分の網羅的解析による品種間比較

令和 3 年度の肥育試験で採材した「しもふりレッド」、ランドレース種および交雑種のロース肉サンプルについて、各区 2 頭ずつ分析に供試した。分析は、凍結した豚肉サンプルの表面を削り取り、ガラス棒の先端に付着させ試料導入を行う DART/TOFMS (飛行時間型質量分析計) により直接分析を行った。

2) 調査項目

(1) 肥育試験および理化学成分分析

試験開始後 1 週間毎に体重を測定し、30~105kg 間の飼料摂取量、一日平均増体量および飼料要求率について調査した。約 115 kg で出荷し、24 時間絶食後と殺した。枝肉を 24 時間放冷後、枝肉重量、と体長、ロース長、と体幅、背脂肪厚および第 4~5 胸椎部のロース芯面積の測定を行った。肉質調査は、24 時間放冷後の枝肉の第 4~5 胸椎部位から 9 胸椎分のロース肉を採材後、4℃で冷蔵保存し、と畜後 4 日目に試料の調製を行った。調整当日にロース肉を 5mm の厚さで 3 枚スライスした肉片を標本ケースにぶら下げ、4℃の冷蔵庫内で 24, 48 および 72 時間放置した。それぞれの時間に肉片の重さを測定することにより、自然に流出する肉汁の割合を算出し、ドリップロスとした。また、約 25 g の長方形に整形したロースの肉片を 2 個採材し、ビニール袋に密封し、70℃の温湯中で 30 分加熱した。その後、30 分以上流水に浸して冷却してから秤量し、加熱前の肉片重量に対する損失した重量の割合をクッキングロスとした。加熱した肉片を筋繊維方向に沿って厚さ 1cm 程度に整形後、円筒形プランジャーを装着したテンシプレッサーを用いて物理的特性 (Tenderness (軟らかさ)、Pliability (しなやかさ)、Toughness (噛み応え)、Brittleness (脆さ)) を測定した。筋肉色および脂肪色については、カラーアナライザー色差計 (TES-135A プラス、株式会社佐藤商事、神奈川) を用いて測定した。ロース芯 pH は、pH 計を用いて測定した。水分含量は、凍結乾燥前後における重量差により算出した。脂肪含量は、水分含量測定後のサンプルを用いて、ソックスレー抽出法により測定した。核酸関連物質の測定は、凍結した豚ロース肉約 0.15mg に 5%過塩素酸を 1ml 加えて粉碎後、遠心分離した上清を KOH で中和し、上清をフィルター濾過して HPLC の分析試料とした。HPLC のカラムには Finepak SIL C18T-5 (日本分光株式会社、東京) を使い、50mM リン酸カリウム緩衝液を 1ml/min で流すことで分離を行った。遊離アミノ酸の測定は、凍結した豚ロース肉約 0.1g に 75%エタノールを添加して粉碎後、遠心分離を行った。上清 700ul をフィルター濾過したものを分析試料として、高速アミノ酸分析計 (LA8080 AminoSAAYA、株式会社日立ハイテクサイエンス、東京) で測定を行った。グリコーゲンの測定は、抽出液にアルコールを加えグリコーゲンを沈殿させ、沈殿を分別してグリコーゲンをアントロン硫酸法で定量した。グルコースの測定は、サンプル 100mg を秤量し、水 500 μ l およびクロロホルム 500 μ l を添加してホモジナイズ後、遠心分離を行った。上清 10 μ l に

グルコオキシダーゼ、ペルオキシダーゼおよびジアニシジン溶液を各 100 μ l ずつ添加して、37℃で 10 分間インキュベート後、マイクロプレートリーダーを用いて波長 505nm で吸光度を測定した。背脂肪内層の脂肪酸組成は、クロロホルム・メタノール (2:1) 混合液で脂肪を抽出後、脂肪酸メチル化キット (ナカライテスク株式会社、京都) および脂肪酸精製キット (ナカライテスク株式会社、京都) を用いてメチル化および精製を行い、ガスクロマトグラフィー (Nexis GC-2030、株式会社島津製作所、京都) で測定した。

試験結果の統計処理は、統計フリーソフト R (version. 4.1.1) を用いて品種及び性を要因とした分散分析および最小二乗平均値を求めた。なお、最小二乗平均値間の差の検定には Tukey 法を用いた。

(2) 嗜好型官能評価

官能評価は、令和 4 年 6 月 24 日および 28 日に実施し、被験者 47 名の嗜好データを収集した (表 1)。ロース肉について、縦 5cm (うち 1cm 皮下脂肪) $\times$ 横 2.5 cm $\times$ 厚さ 4mm に成型し、5%食塩水に浸漬後、ホットプレート 230℃で表裏 45 秒「焼く」調理をしたものを評価に供した。サンプルは、提供まで約 70℃に保温した。各サンプルは 3 桁の乱数で表示し、盛り付け票を添えて、カップに盛り付けした。被験者は、オールイン形式で評価室に入室し、インフォームドコンセントを実施後、回答用紙を配布した (図 1)。パワーポイントを用いて評価方法を説明し、3 分間回答用紙を黙読させた。サンプルは 1 点ずつ提供し、評価終了後、1 分間の休憩をはさみ、次のサンプルを提供した。提示順序はラテン方格 (3 $\times$ 3) で 1 人ずつ変更した。全サンプルの評価が終了したら、回答用紙を回収し、退室させた。

評価は、8 段階の評点による好ましさの評価と選択したパネルが少なかった「とろける」以外の 20 の特性用語による Check-All-That-Apply (CATA) 法を用いた官能特性の評価を行った。統計解析は、好ましさの評価は、評点を応答変数、提示順序およびサンプルを固定効果、パネリストをランダム効果とした一般混合モデルを作成し、Tukey による多重比較を行った。また、各用語の選択された数をサンプルごとに集計してコレスポンデンス分析を行った。さらに各用語の選択の有無がサンプルの好ましさに及ぼす影響を調査するため、ペナルティ分析を行った。

(3) マウス舌組織由来味蕾細胞を用いた豚肉の「甘味」原因物質の探索

培養し増殖した細胞を、調整した添加物質入り培地で 48 時間培養した。対照区、ステアリン酸添加区、パルミチン酸添加区、D 種抽出脂肪添加区、LWD 種抽出脂肪添加区それぞれ 3 ウェルずつ培養した。培養した細胞は RNA 抽出、cDNA 合成後、リアルタイム PCR (Hold 95℃、30 分、2stepPCR 95℃、5 分・60℃、30 分、dissociation 95℃、15 分・60℃、30 分・95℃、15 分) で甘味味覚受容体遺伝子の発現量を確認した。

QuantiChrom Calcium Assay Kit (BioAssay Systems 社) を用いて、培地内のカルシウム (Ca) 濃度の変化を確認した。スタンダードは、0、2、4、6、8、12、16、20mg/dL に希釈した。スタンダードおよび回収した培地サンプル各 5 μ l を 96 マイクロプレートの各ウェルに入れた。試薬 A および B を等量混ぜ、各ウェルに 200 μ l 入れた。軽くたたいて混ぜ、室温で 3 分間インキュベートした。吸光マイクロプレートリーダーで、620nm で吸光度を測定した。

(4) ロース肉サンプルに含まれる理化学成分の網羅的解析による品種間比較

豚肉サンプルより検出された物質のピークのうち、強い強度が検出された約 10 のピークについて、サンプル間で比較を行い、LWD 区、D 区に特異的に検出された分子量の物質について、組成式を明らかにし、候補となる化合物を調査した。

3 結果および考察

1) 肥育試験および理化学成分分析

発育成績は、各区間に有意差が認められなかった（表 1）。と体長およびロース長は、D 区が最も短くなり、と体長では、L 区と比較して LWD 区および D 区が有意に短く、ロース長では、L 区と比較して D 区が有意に短かった（表 2）。ドリップロスでは、L 区と比較して LWD 区および D 区が有意に低く、クッキングロスでは、L 区と比較して D 区が有意に低かった（表 3）。Tenderness および Pliability では、L 区と比較して LWD 区および D 区が有意に低かった。筋肉色では、b*値が L 区と比較して、LWD 区と D 区で有意に高かった（表 4）。ロース芯 pH では、L 区と比較して D 区が有意に高かった。水分は、L 区および LWD 区と比較して D 区が有意に低く、脂肪含量では、D 区が最も高かった（表 5）。核酸関連物質では、ヒポキサンチンが L 区および LWD 区と比較して D 区で有意に高かった。遊離アミノ酸含量、グリコーゲンおよびグルコースでは、各区間に有意差が認められなかった。背脂肪内層の脂肪酸組成では、L 区と比較して LWD 区および D 区で飽和脂肪酸割合が有意に高く、一価不飽和脂肪酸割合が有意に低かった（表 6）。特に、C16:0 では、L 区と比較して LWD 区および D 区が有意に高く、C18:0 では、L 区と比較して D 区が有意に高くなった。C18:1 および C20:1 では、L 区と比較して LWD 区および D 区が有意に低かった。

D 区は、L 区および LWD 区と比較して脂肪含量および pH が高く、Tenderness および Pliability が低かった。「しもふりレッド」は、一日平均増体量、ロース断面積、背脂肪厚および筋肉内脂肪含量を選抜形質として 7 世代選抜した結果、一日平均増体量および筋肉内脂肪含量が改良されるとともに、Tenderness が低くなり、肉のやわらかさも改良された¹⁾。本研究の結果から、維持開始から 15 年以上経過しても「しもふりレッド」の特徴である肉のやわらかさは変わらずに維持されていることが再確認された。Beltrán らは、pH と官能評価での牛肉の軟らかさとの間には正の相関があり、pH が高い牛肉が軟らかいのは、カルパインによってタンパク質が分解されるためであると報告している²⁾。また、Melody らは、カルパイン活性等のタンパク質分解が、豚肉のやわらかさや保水能力の違いに関連していることを報告している³⁾。本研究では、カルパインを分析していないが、pH の高い D 区の肉は、L 区および LWD 区と比較して m-カルパイン活性が高く、タンパク質分解が促進され、豚肉のやわらかさに影響を与えていることが推察された。

D 区は、L 区および LWD 区と比較してドリップロスおよびクッキングロスが低かった。ドリップや加熱による肉汁の漏出は、栄養成分および呈味成分の損失とされる⁴⁾。また、と殺後も pH が高いままの筋肉では、アクトミオシン間の電氣的反発が起こったままとなるため、間隔も広いままとなり、水分が筋原線維内に保持される⁵⁾。本研究では、D 区の肉は、pH が高かったことから、L 区および LWD 区の肉と比較してアクト

ミオシン間に水分が多く保持されていたと推察された。このことから、「しもふりレッド」は、「保水性」に優れ、保存中および加熱中の栄養成分および呈味成分の損失が少ない可能性が示された。

本研究では、呈味成分である核酸関連物質および遊離アミノ酸に大きな差は認められなかった。一方、背脂肪内層の脂肪酸割合では、L 区と比較して LWD 区および D 区で飽和脂肪酸割合が有意に高く、一価不飽和脂肪酸割合が有意に低かった。

表 1 品種の違いが発育成績へ及ぼす影響

		品種			性		有意水準		
		L	LWD	D	雌	去勢	品種	性	品種×性
飼料摂取量	kg/day	2.70	2.86	2.85	2.70	2.90	n. s.	n. s.	n. s.
一日平均増体量	kg/day	0.94	0.96	1.00	0.94	0.99	n. s.	n. s.	n. s.
飼料要求率		2.89	2.97	2.84	2.87	2.93	n. s.	n. s.	n. s.

表 2 品種の違いが枝肉成績へ及ぼす影響

		品種			性		有意水準		
		L	LWD	D	雌	去勢	品種	性	品種×性
出荷体重	kg	116	114	116	117	114	n. s.	n. s.	n. s.
枝肉重量	kg	77.3	74.5	73.8	76.1	74.4	n. s.	n. s.	n. s.
歩留まり		0.67	0.65	0.64	0.65	0.65	n. s.	n. s.	n. s.
と体長	cm	95.4 ^a	91.8 ^b	91.0 ^b	93.7	91.8	**	n. s.	n. s.
ロース長	cm	59.2 ^a	56.5 ^{ab}	55.3 ^b	57.6	56.4	†	n. s.	n. s.
と体幅	cm	32.8	34.1	33.8	33.8	33.3	n. s.	n. s.	n. s.
背脂肪厚（背）	mm	20.6	21.1	25.1	22.3	22.2	n. s.	n. s.	n. s.
ロース芯面積	cm ²	20.3	21.4	17.5	20.7	18.8	n. s.	n. s.	n. s.

異符号間に有意差あり (P<0.05)

有意水準：†=P<0.1, *=P<0.05, **=P<0.01, ***=P<0.001, n. s.=P>0.05

表 3 品種の違いがロース肉の保水性および物理特性へ及ぼす影響

		品種			性		有意水準		
		L	LWD	D	雌	去勢	品種	性	品種×性
ドリップロス									
24時間後	%	2.49 ^a	1.06 ^b	0.73 ^b	1.52	1.28	**	n. s.	n. s.
48時間後	%	3.68 ^a	1.64 ^b	0.93 ^b	2.22	1.95	**	n. s.	n. s.
72時間後	%	4.57 ^a	2.26 ^b	1.18 ^b	2.82	2.55	**	n. s.	n. s.
クッキングロス	%	23.8 ^a	22.9 ^{ab}	21.5 ^b	23.0	22.5	†	n. s.	n. s.
Tenderness	kgw/cm ²	46120 ^a	39453 ^b	33578 ^b	38715	40719	**	n. s.	*
【軟らかさ】									
Pliability		1.65 ^a	1.48 ^b	1.42 ^b	1.51	1.52	**	n. s.	n. s.
【しなやかさ】									
Toughness	kgw/cm ² ・cm ²	9644	8670	8151	8529	9114	n. s.	n. s.	*
【噛みごたえ】									
Brittleness		1.51	1.61	1.55	1.55	1.56	n. s.	n. s.	n. s.
【脆さ】									

異符号間に有意差あり (P<0.05)

有意水準：†=P<0.1, *=P<0.05, **=P<0.01, ***=P<0.001, n. s.=P>0.05

表 4 品種の違いがロース肉の肉色および pH へ及ぼす影響

		品種			性		有意水準		
		L	LWD	D	雌	去勢	品種	性	品種×性
筋肉色									
L*値		49.8	50.8	51.4	50.1	51.2	n. s.	n. s.	n. s.
a*値		12.6	13.6	12.7	12.4	13.5	n. s.	n. s.	†
b*値		3.38 ^b	5.11 ^a	5.21 ^a	4.55	4.58	*	n. s.	n. s.
脂肪色									
L*値		78.7	78.7	78.7	78.7	78.7	n. s.	n. s.	n. s.
a*値		5.11	4.88	5.03	5.28	4.73	n. s.	n. s.	n. s.
b*値		0.88	0.77	0.14	0.57	0.63	†	n. s.	n. s.
ロース芯 pH		5.61 ^b	5.82 ^{ab}	5.92 ^a	5.8	5.76	*	n. s.	n. s.

異符号間に有意差あり (P<0.05)

有意水準：†=P<0.1, *=P<0.05, **=P<0.01, ***=P<0.001, n. s.=P>0.05

表5 品種の違いがロース肉の水分、脂肪含量、遊離アミノ酸含量および核酸関連物質へ及ぼす影響

		品種			性		有意水準		
		L	LWD	D	雌	去勢	品種	性	品種×性
水分	%	73.1 ^a	72.0 ^a	70.0 ^b	72.2	71.3	*	n. s.	n. s.
脂肪含量	%	2.68 ^c	5.00 ^b	8.33 ^a	4.69	5.99	*	n. s.	n. s.
核酸関連物質									
IMP	μmol/g	3.82	4.17	4.04	3.93	4.09	n. s.	n. s.	n. s.
Hx	μmol/g	1.35 ^b	1.37 ^b	1.59 ^a	1.56 ^a	1.31 ^b	*	**	†
Ino	μmol/g	1.98	1.93	1.80	1.99	1.82	n. s.	n. s.	n. s.
遊離アミノ酸									
Asp	μmol/g	0.01	0.01	0.02	0.02 ^a	0.01 ^b	n. s.	†	n. s.
Thr	μmol/g	0.34	0.30	0.27	0.32	0.28	n. s.	n. s.	n. s.
Ser	μmol/g	0.39	0.42	0.37	0.44	0.35	n. s.	†	n. s.
Glu	μmol/g	0.34	0.40	0.35	0.40 ^a	0.32 ^b	n. s.	†	n. s.
Gly	μmol/g	1.20	0.99	1.25	1.17	1.12	n. s.	n. s.	n. s.
Ala	μmol/g	1.80	1.50	1.66	1.74	1.56	n. s.	n. s.	n. s.
Val	μmol/g	0.34	0.34	0.30	0.35	0.30	n. s.	n. s.	n. s.
Cys	μmol/g	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	n. s.	n. s.	n. s.
Met	μmol/g	0.17	0.17	0.12	0.17	0.14	n. s.	n. s.	n. s.
Ile	μmol/g	0.23	0.23	0.19	0.23	0.20	n. s.	n. s.	n. s.
Leu	μmol/g	0.41	0.44	0.36	0.44	0.36	n. s.	n. s.	n. s.
Tyr	μmol/g	0.20	0.21	0.17	0.22	0.17	n. s.	†	n. s.
Phe	μmol/g	0.20	0.19	0.15	0.20	0.16	n. s.	n. s.	n. s.
Lys	μmol/g	0.30	0.30	0.27	0.31	0.26	n. s.	n. s.	n. s.
His	μmol/g	0.11	0.10	0.09	0.11 ^a	0.09 ^b	n. s.	†	n. s.
Arg	μmol/g	0.20	0.22	0.17	0.22	0.18	n. s.	n. s.	n. s.
旨味系	μmol/g	0.35	0.41	0.37	0.42 ^a	0.33 ^b	n. s.	n. s.	n. s.
甘味系	μmol/g	3.73	3.20	3.54	3.67	3.31	n. s.	n. s.	n. s.
苦味系	μmol/g	2.15	2.20	1.82	2.25	1.86	n. s.	n. s.	n. s.
総量	μmol/g	6.24	5.83	5.74	6.36	5.51	n. s.	n. s.	n. s.
グリコーゲン	mg/100mg	0.19	0.29	0.29	0.27	0.24	n. s.	n. s.	n. s.
グルコース	mg/100mg	1.36	1.41	1.35	1.38	1.37	n. s.	n. s.	n. s.

異符号間に有意差あり (P<0.05)

有意水準: †=P<0.1, *=P<0.05, **=P<0.01, ***=P<0.001, n. s.=P>0.05

旨味系: Asp+Glu, 甘味系: Thr+Ser+Gly+Ala, 苦味系: Val+Met+Ile+Leu+Tyr+Phe+Lys+His+Arg

総量: Asp+Glu+Thr+Ser+Gly+Ala+Val+Cys+Met+Ile+Leu+Tyr+Phe+Lys+His+Arg

表6 品種の違いが背脂肪内層の脂肪酸組成へ及ぼす影響

		品種			性		有意水準		
		L	LWD	D	雌	去勢	品種	性	品種×性
脂肪酸割合									
C14:0	%	1.0	1.2	1.1	1.1	1.1	*	n. s.	n. s.
C16:0	%	23.8 ^b	26.2 ^a	25.6 ^a	25.1	25.4	***	n. s.	n. s.
C16:1	%	1.3	1.6	1.4	1.4	1.4	n. s.	n. s.	n. s.
C17:0	%	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5	n. s.	n. s.	n. s.
C17:1	%	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	n. s.	n. s.	n. s.
C18:0	%	16.0 ^b	17.0 ^{ab}	18.4 ^a	17.2	17.1	*	n. s.	n. s.
C18:1	%	46.4 ^a	42.4 ^b	42.1 ^b	43.6	43.7	***	n. s.	n. s.
C18:2n-6	%	7.1	7.5	7.3	7.6	7.0	n. s.	n. s.	n. s.
C18:3n-3	%	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	n. s.	†	n. s.
C20:0	%	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	n. s.	n. s.	n. s.
C20:1	%	1.2 ^a	1.0 ^b	0.9 ^b	1.1	1.0	*	n. s.	n. s.
C20:2n-6	%	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	n. s.	n. s.	n. s.
C20:4n-6	%	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	n. s.	n. s.	n. s.
SFA	%	41.4 ^b	45.1 ^a	45.9 ^a	44.0	44.3	***	n. s.	n. s.
MUFA	%	49.2 ^a	45.2 ^b	44.7 ^b	46.2	46.5	***	n. s.	n. s.
PUFA	%	8.0	8.3	8.1	8.5	7.8	n. s.	n. s.	n. s.

異符号間に有意差あり (P<0.05)

有意水準: †=P<0.1, *=P<0.05, **=P<0.01, ***=P<0.001, n. s.=P>0.05

2) 嗜好型官能評価

サンプルの好ましさの評点は、各区に有意な差が認められなかった(表2)。コレスポンデンス分析の結果、D区は、「ジューシー」、「やわらか」、「甘味」の官能特性があり、L区は「後味が強い」の官能特性が認められた(図2)。また、ペナルティ

分析の結果、「ジューシー」、「やわらか」、「うま味がある」という用語が評点にプラスに影響し、「かみごたえがある」、「ばさばさ」という用語が評点にマイナスに影響することが示された（図3）。

小平らは、筋肉内脂肪含量の異なる豚肉を用いて官能評価を行った結果、6.0%以上含む豚肉は、3.6%の豚肉より「やわらかさ」、「多汁性」、「風味」の項目で高く評価されたことを報告している⁶⁾。この結果は、本試験の結果と一致しており、遺伝的に脂肪含量が高い「しもふりレッド」は、評点にプラスに影響する「ジューシー」、「やわらか」の官能特性があり、この面から、他の豚肉と差別化が可能と推察された。本試験では、「ジューシー」、「やわらか」に関連する理化学成分を確認することができたが、今後は、「甘味」に関連する理化学成分を解明し、「しもふりレッド」の肉質の特性を明らかにしつつ、「おいしさ」につながる新たな肉質評価指標を探索していく。

表7 パネリストの性別および年齢構成

性別	10代	20代	30代	40代	50代	60代	合計
男性	5	7		7	11	7	37
女性	1	1	2	5	1		10
合計	6	8	2	12	12	7	47

回答用紙 1 枚目

回答者番号
490

Q1. サンプル番号 783 **の豚肉を試食して、あなた自身の基準で好ましいか、好ましくないかを判定し、回答欄のあてはまるところ1箇所**
○印で回答してください。

選択肢	←好ましくない				好ましい→			
	好ましく 非常に ない	好ましく とても ない	好ましく ない	どちらか 好ましく ない 言えば	どちらか 好ましく ない 言えば	好ましく あま い	好ましく あま い	好ましく あま い 非常に ない
回答欄								

Q2. Q1で選択した好ましさの基準として当てはまる項目を、以下の表からあなた自身の基準でいつでも選び、回答欄のあてはまるところに○印で回答してください。

回答	項目	回答	項目	回答	項目
	きめの細かい		コクのある		あっさりした味
	癖のない		ひきしまった		まろやか
	肉らしい香り		やわらか		舌ざわりがよい
	かみごたえがある		甘い香り		しっかりした
	あふらっぽい香り		ばさばさ		うま味がある
	甘味		脂肪の味		とろける
	かみ切りやすい		後味の強い		ジューシー

図1 官能評価アンケート用

表 8 品種の違いが豚肉の好ましさの評点へ及ぼす影響

	品種				有意水準			Tukey		
	L	LWD	D	S. E.	品種	実施日	提供順	L×D	LWD×D	LWD×L
好ましさ	5.60	5.73	5.89	0.17	0.430	0.048	0.057	0.394	0.747	0.834

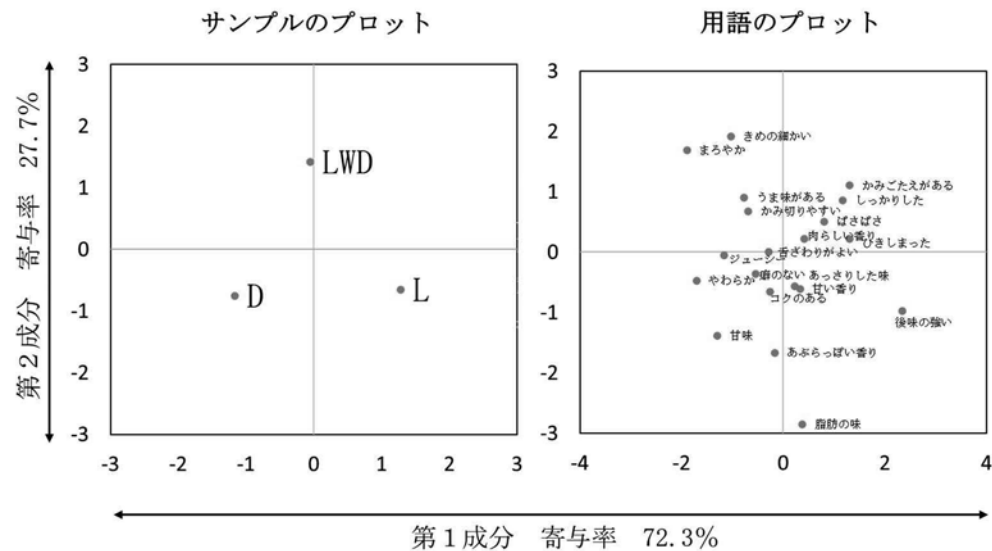


図 2. 品種の違うサンプルを用いた官能評価におけるコレスポンデンス分析の結果

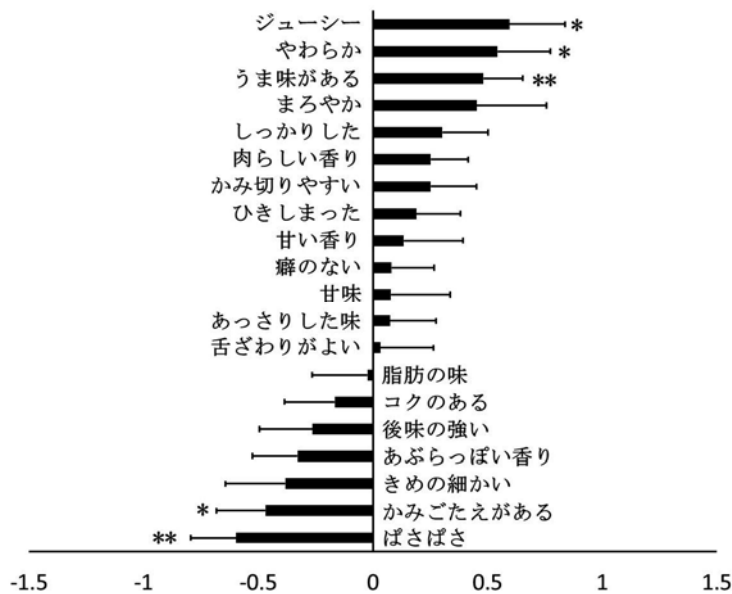


図 3 品種の違うサンプルを用いた官能評価におけるペナルティ分析の結果

3) マウス舌組織由来味蕾細胞を用いた豚肉の「甘味」原因物質の探索

味蕾細胞における味覚受容体遺伝子の発現動態について、全ての区において甘味受容体遺伝子 (T1R2 及び T1R3) の発現が確認された。また、LWD 種抽出脂肪添加区を除

く全ての区において脂肪酸受容体遺伝子 (GPR120) の発現が確認された (表 1)。培養培地内相対 Ca 濃度は、対照区に対してステアリン酸添加区および LWD 種抽出脂肪添加区において有意に高かった (図 1)。甘味受容体は G タンパク質共役型受容体 (GPCR) であり、培地内相対 Ca 濃度は GPCR の活性化指標である。GPCR は活性化により Ca 放出が誘導され、細胞内 Ca 濃度が上昇する⁷⁾。本試験においては、ステアリン酸および LWD 種抽出脂肪の添加によって GPCR が活性化されたと考えられる一方で、D 種の抽出脂肪添加区では有意な Ca 濃度の上昇が確認されなかった。

表9 飽和脂肪酸や脂肪抽出液の添加が脂肪酸及び甘味受容体遺伝子発現量へ及ぼす影響

	対照区		ステアリン酸添加区		パルミチン酸添加区		D種抽出脂肪添加区		LWD種抽出脂肪添加区	
T1R2	2.59	± 1.22 ^a	0.97	± 0.38 ^{ab}	0.83	± 0.22 ^b	1.81	± 0.73 ^{ab}	0.42	± 0.00 ^{ab}
T1R3	3.54	± 0.7 ^a	0.79	± 0.22 ^b	1.00	± 0.52 ^b	1.12	± 0.40 ^{ab}	2.03	± 0.99 ^a
GPR120	1.06	± -	0.78	± 0.24	1.93	± 1.41	1.04	± 0.00	-	± -

異符号間に有意差あり (P<0.05)

— 平均値±標準偏差

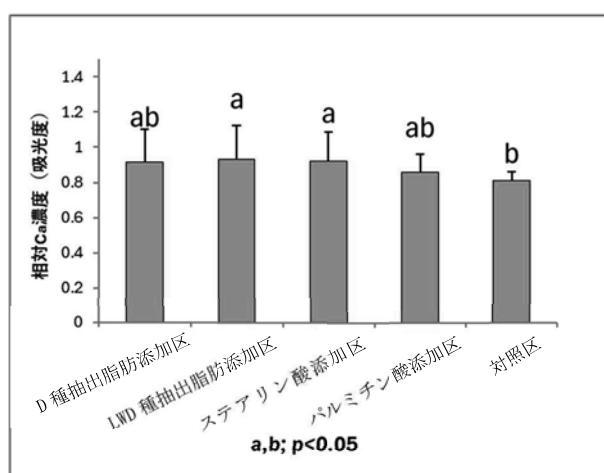


図 4 培養培地内相対 Ca 濃度

4) ロース肉サンプルに含まれる理化学成分の網羅的解析による品種間比較

各豚肉サンプルより検出されたピークの分子および強度について、表 1 に示した。さらに、LWD 区および D 区で特異的に検出されたピークの候補化合物について、表 2 に示した。候補化合物には、ロースに含まれるアミノ酸類 (アラニン、イソロイシン、ロイシン) が確認された。

表5 各サンプルから検出された物質の分子量と検出強度

D1		D2		L1		L2		LWD1		LWD2	
分子量	強度	分子量	強度	分子量	強度	分子量	強度	分子量	強度	分子量	強度
61.0402	36754.5	61.0403	93156.2					61.0403	24345.3	61.0315	31895.1
								70.0653	15456.9	70.0570	11070.3
74.0605	42378.6	74.0604	61221.2	74.0596	57848.6	74.0602	12489.9				
86.0964	63681.0	86.0965	56805.0	86.0702	58486.0	86.0966	23149.0				
90.0543	116220.1	90.0544	131761.1							90.0471	95484.6
										99.0370	20878.7
										106.0436	13778.6
109.07647	26676.5	109.0763	45201.2	109.0756	89295.6	109.0773	2748.5	109.0765	17129.7	109.0702	23953.9
114.06915	1574249.1	114.0716	1577957.1	114.0697	1574574.1	114.0661	111514.1	114.0664	991350.9	114.0615	1544303.5
115.06846	279872.9	115.0685	315579.2	115.0680	332194.3			115.0683	85738.9	115.0627	216285.0
123.05559	640797.8	123.0556	976795.2	123.0550	384214.6	123.0554	460730.1	123.0554	543386.0	123.0503	1038213.5
124.05864	44002.3	124.0587	68081.0					124.0585	36598.6	124.0534	70870.8
127.03959	66635.3	127.0398	56570.0	127.0391	104375.4			127.0395	72153.3	127.0346	67244.2
132.10282	86943.9	132.1029	90578.4					132.1026	45944.4	132.0980	75329.2
137.04689	24287.7	137.0470	66133.9	137.0465	50038.8						
145.05062	59446.6	145.0506	118907.6	145.0503	65701.8	145.0505	8540.8	145.0504	51258.9	145.0465	155182.9
						151.0975	360843.3	150.0595	6381.7	151.0940	69554.0
						168.1239	80048.5				
227.1241	863494.79	227.12319	1239124.8	227.12465	809257.26	227.1242	2508.6				

表6 LWD種及びD種で特異的に検出されたピークの候補化合物

分子量	組成式	候補化合物	示性式
61.04022	C H4 N2 O	シアン酸アンモニウム	NH ₄ OCN
		尿素	H ₂ NCONH ₂
		ホルムアミドオキシム	H ₂ NCH=NOH
		ホルモヒドラジド	HCONHNH ₂
90.05432	C3 H7 N O2	亜硝酸イソプロピル	(CH ₃) ₂ CHON=O
		アラニン	CH ₃ CH(NH ₂)CO ₂ H
		DL-アラニン	CH ₃ CH(NH ₂)CO ₂ H
		β-アラニン	H ₂ NCH ₂ CH ₂ CO ₂ H
		カルバミン酸エチル	H ₂ NCO ₂ C ₂ H ₅
		グリシン=メチルエステル	H ₂ NCH ₂ CO ₂ CH ₃
		サルコシン	CH ₃ NHCH ₂ CO ₂ H
		システイン	HSCH ₂ CH(NH ₂)CO ₂ H
		1-ニトロプロパン	CH ₃ CH ₂ CH ₂ NO ₂
		2-ニトロプロパン	(CH ₃) ₂ CHNO ₂
		ラクトアミド	CH ₃ CH(OH)CONH ₂
132.1028	C6 H13 N O2	アロイソロイシン	C ₆ H ₁₃ NO ₂
		イソロイシン	C ₆ H ₁₃ NO ₂
		エチオニン	C ₂ H ₅ S(CH ₂) ₂ C(NH ₂)HCO ₂ H
		ノルロイシン	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH(NH ₂)CO ₂ H
		ロイシン	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH(NH ₂)CO ₂ H

4 要約

「しもふりレッド」と国内外で生産された豚肉の差別化につながる新たな肉質評価指標を探索したところ、「しもふりレッド」に特徴的な優れた肉質が再確認された。さらに、官能評価により新たに「甘味」の特性が確認され、飽和脂肪酸の関与が示唆された。網羅的解析により LWD 区および D 区に特異的な物質にはロース肉を構成するアミノ酸が確認された。

5 参考文献

- 1) Suzuki, K., Irie, M., Kadowaki, H., Shibata, T., Kumagai, M., & Nishida, A. (2005). Genetic parameter estimates of meat quality traits in Duroc pigs selected for average daily gain, longissimus muscle area, backfat thickness, and intramuscular fat content. *Journal of Animal Science*, 83(9), 2058-2065.
- 2) Beltrán, J. A., Jaime, I., Santolaria, P., Sanudo, C., Alberti, P., & Roncalés, P. (1997). Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. *Meat Science*, 45(2), 201-207.
- 3) Melody, J. L., Lonergan, S. M., Rowe, L. J., Huiatt, T. W., Mayes, M. S., & Huff-Lonergan, E. (2004). Early postmortem biochemical factors influence tenderness and water-holding capacity of three porcine muscles. *Journal of animal science*, 82(4), 1195-1205.
- 4) 畑江敬子. 1996. 6. 食肉の調理. In: 沖谷明紘 (ed.), 肉の科学, 初版. pp. 112-118. 朝倉書店, 東京.
- 5) 若松純一. 2011. 第2章 肉の科学 2. 筋肉の死後変化と食肉の品質特性 5. 保水力(保水能). In: 齋藤忠夫 (ed.), 畜産物利用学, 第1版. p. 142. 文永堂出版, 東京.
- 6) 小平貴都子, 奥村寿章, 齋藤 薫, 佐久間弘典, 中山佐智雄, 大橋史恵, 佐藤進司, 松本和典, 入江正和. 2021. 消費者の嗜好性に及ぼす豚肉の脂肪交雑と筋肉内脂肪含量の影響. 日畜会報 92(3);309-318
- 7) Ozdener, M.H.; Subramaniam, S.; Sundaresan, S.; Sery, O.; Hashimoto, T.; Asakawa, Y.; Besnard, P.; Abumrad, N.A., 2014, CD36- and GPR120-mediated Ca^{2+} signaling in human taste bud cells mediates differential responses to fatty acids and is altered in obese mice, *Gastroenterology* 146, 995-1005

6 協力研究機関等

公立大学法人 宮城大学食産業学群

堆肥の利用拡大に向けた「特殊肥料等入り指定混合肥料」の製造及び利用方法の検討

担当：荒木利幸、伊藤裕之

1 はじめに

土づくりや化学肥料使用量低減のため家畜由来堆肥の利用促進が必要であるが、耕種農家は「堆肥と施肥の2回散布」「堆肥の容積が大きく保管性・運搬性が劣る」「専用散布機が必要」「化学肥料より成分不安定」などの理由で堆肥利用を敬遠している。

平成24年の肥料取締法の改正で堆肥と硫酸等の化学肥料を配合できる「混合堆肥複合肥料」の製造が可能となり、生産量が年々増加したが、堆肥の配合割合・炭素窒素比・製造工程（造粒・成型と加熱乾燥）などの制限があり、全国的な普及には至っていない。

令和元年の肥料制度の見直しで、農業者のニーズに柔軟に対応した肥料生産が進むように、堆肥の含水率50%以下という条件はあるものの配合割合や炭素窒素比の規定がなく、加熱乾燥が不要で特別な施設をもたない畜産農家も製造可能な「特殊肥料入り指定混合肥料」として堆肥と化学肥料の配合が可能になった。

堆肥の利用促進に向け、令和元年度の肥料制度の見直しで新設された「特殊肥料入り指定混合肥料」の普及拡大を図るため、堆肥と化学肥料の配合内容や加工・製造工程等について検討を行った。

2 試験方法

1) 堆肥と化学肥料の配合内容の検討による肥料の試作（堆肥の割合や緩効性肥料の利用検討）

(1) 原料・配合割合：表1のとおり

(2) 調査項目

製品化率 機械調整時ロスを除く投入原材料重量のうち乾燥・放冷後に2mmのふるいを通過しない製品重量

製品含水率 乾燥機で135℃、2時間乾燥させた水分

容積重 容積測定後の約1Lの容器に入るペレット化肥料の重量

保管状況 チャック付きポリエチレン袋にペレット堆肥を約200g程度入れ、実験室内で1～6か月保管した後の製品維持率

2) 散布しやすい加工・製造工程の検討

ペレット混合肥料に加え、設備投資を抑えるため旧制度の条件であった造粒・成形・加熱乾燥をしない攪拌混合程度の加工による混合肥料の2形状の肥料を試作

(1) 原料・配合割合：表1のとおり。

(2) 加工・製造工程：(図1～2)

ア ペレット状混合肥料：混合→造粒（楕円内製ツイングダイス式、造粒径φ6mm）→乾燥（90℃・10分）→放冷

イ 簡易加工（混合のみ）混合肥料：攪拌機で3分間程度混合（場内の小型ミキサー）

(3) 調査項目

製品化率・製品含水率・容積重：1)－(2)と同じ

保管中の成分変化：チャック付きポリエチレン袋に混合肥料を約 200g 程度入れ、実験室内で1～6 か月保管した後の水分、pH、EC、全窒素(ケルダール法)測定

また、宮城県農業・園芸総合研究所(以下、「農園研」という)では、令和4年に畜産試験場で園芸作物の栽培試験用として作成・配布したペレット状の混合肥料を2年間保管し、保管後の成分の変化を確認。

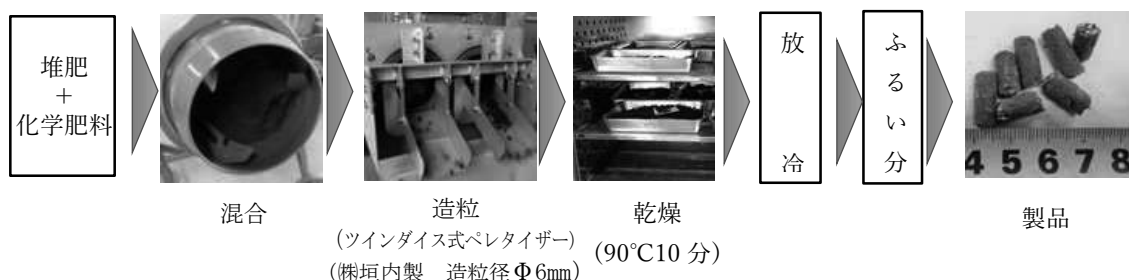


図1 特殊肥料等入り指定混合肥料のペレット化の工程

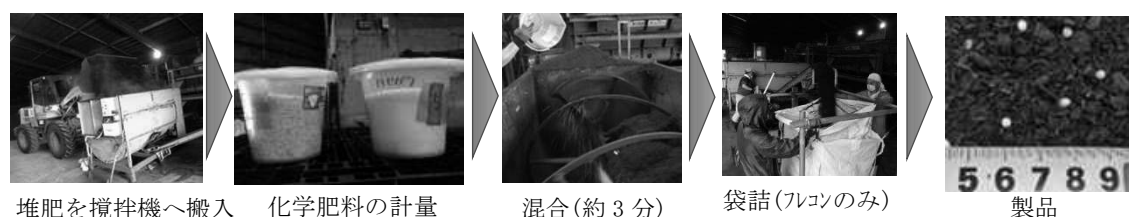


図2 特殊肥料等入り指定混合肥料の簡易加工の工程

表1 混合肥料の配合割合

加工法	区名	配合割合(現物%)				設計成分(乾物%)			
		原料 堆肥	緩効性 化学肥料	速効性 化学肥料	計	水分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
ペレット	混合ペレット区※ ¹	85.3	14.7	—	100	25.0	8.4	2.9	5.4
簡易加工	エコ堆くんプラス※ ²	98.9	1.1	—	100	26.5	2.4	4.4	4.7
	エコ堆くん(肥料入り)※ ²	98.0	1.0	1.0	100	26.1	3.0	4.3	4.7

※1:堆肥はもとよし有機(もとよし有機センターの牛ふん主体堆肥)、緩効性化学肥料はハイパーCDU 細粒5を使用

※2:堆肥:エコ堆くん(加美町土づくりセンターの牛ふん主体堆肥)、緩効性化学肥料:セラコート R44(セントラル化成㈱)

JA 加美よつばで R5 夏から予約制で試験販売(フレコン 500kg 袋のみ、1 袋 4,000 円(税込、店頭引渡価格))

※3:堆肥:エコ堆くん(加美町土づくりセンターの牛ふん主体堆肥)、緩効性化学肥料:麦パンチ青(セントラル化成㈱)、速効性化学肥料:尿素、JA 加美よつばで R6 春から予約制で試験販売(フレコン 500kg 袋のみ、1 袋 5,000 円(税込、店頭引渡価格))

3) 試作肥料の植物生育試験による肥効の検討

(1) ペレット状混合肥料による植物生育試験（農園研におけるエダマメ・タマネギの栽培試験（R4～5））

ア 試験設計 農園研で栽培期間中の合計窒素施肥量が同等になるように、基肥をペレット状混合肥料にした区と慣行施肥体系と比較

イ 施肥内容等 施肥量・耕種概要等は表2のとおり

ウ 調査項目 草高・最大葉長の推移（定植後から週1回）、収穫時の可食収量等

表2 混合肥料の栽培試験の施肥内容(現物<乾物>kg/10a R4~5 農園研)

作目	区名	施肥量<成分量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O>		備考(栽培概要)
		基肥	追肥	
エダマメ	混合ペレット区	98.7<6.0-2.2-3.7>	—	品種：湯あがり娘、条間 75×株間
	慣行区	40.0<6.0-6.0-6.0>	—	20cm 播種 6/2、収穫 8/15
タマネギ	混合ペレット区	164.5<10-3.7-6.2>	$\left. \begin{array}{l} 62.5 \\ \leq 10.0-6.3- \\ 8.8 \end{array} \right\}$	品種：ネオアース、条間 24×株間
	慣行区	66.7<10-16-10>		12cm。播種 9/6、定植 10/27 追肥 3/3、収穫 6/6

※栽培期間中の窒素施肥量が同等になるように慣行栽培(緩効性化学肥料施肥)と比較

※混合ペレット区の基肥は表1のとおり。慣行区の基肥はCDU たまご化成 S555、各区の追肥は燐硝安加里 S604 を施肥

(2) 簡易加工の混合肥料による植物生育試験

ア 野菜の現地実証試験 (JA 加美よつば管内の圃場でハクサイ等の現地実証栽培)
JA 加美よつば・加美町土づくりセンターなどと協力して、基肥の全部または一部に指定混合肥料を使用し、追肥以降は慣行栽培に準拠し、慣行栽培と比較

(ア) 試験設計

表3のとおり慣行体系の基肥の全部または一部を簡易加工の混合肥料に変え、追肥以降は慣行栽培に準拠し、ハクサイ等で慣行栽培と比較

(イ) 耕種概要 (品種・栽培面積・定植日ほか) : 表4のとおり

(ウ) 調査項目 各作目で定植後4~5週目から2週間に1回程度、草丈・最大葉長等の生育状況を調査

表3 野菜の現地実証試験の施肥量

品目	施肥窒素量(kg/10a)				供試肥料		
	試験区		慣行区		基肥		追肥
	基肥	追肥	基肥	追肥	試験区	慣行区	試験区・慣行区
R4							
ハクサイ							
A 圃場	38.5	9.6	4.1	9.6	エコ堆くんプラス	硫安・硫マグ	燐硝安加里 S604
B 圃場	38.5	1.6	5.6	1.6	エコ堆くんプラス	+SE 野菜専用 403	燐硝安加里 S604
	+2.8				+SE 野菜専用 403		
R5							
ソラマメ	17.0	14.8	14.4	14.8	エコ堆くんプラス	エコレット 203	プロゲン・メリット黄色
キャベツ	10.4	3.4	14.8	3.4	エコ堆くんプラス	エコ堆くん	BM480
					エコレット 208	エコレット 208	
長ネギ	8.5	4.8	★	4.8	エコ堆くんプラス	★	燐加安 S604 エコレット 208
加工トマト	36.4	16.8	★	16.8	エコ堆くんプラス	★	
					CDU たまご化成		
ハクサイ	23.0	12.8	—		エコ堆くんプラス	—	MMB 燐加安 14 号 プロゲン
					高度化成 15-10-10		

★：生産者からの耕種概要聞取時に肥料名・施肥量の記録が不明確だったもの

※エコ堆くんプラス：堆肥(エコ堆くん)500kg(現物)と緩効性肥料(セコート R スカイ 44)4kg の混合肥料。設計成分(現物%)N-P-K:1.7-2.8-3.2)

表4 野菜の現地実証試験の耕種概要

品目	品種名	面積(a)		作業月日				
		試験区	慣行区	播種	基肥	定植	追肥	収穫始
R4								
ハクサイ								
A 圃場	黄楽 90 α	10	10	8/5	8/22	8/29	9/13	12/1
B 圃場	黄楽 70・80	16	16	8/7	8/19・22	8/25	9/10	10/25
R5								
ソラマメ	打越一寸	5	5	2/11	3/16・19	3/25	3/31、4/19、5/21・29	6/10
キャベツ	翠青・いろどり・みくに	25	25	3/1	3/19	3/30	5/2・6/3	6/28
長ネギ	夏扇タナ・ホワイトソート	20	20	4/17	5/17	6/9	6/18、7/20	11/23

イ 畜産試験場におけるブロッコリーの栽培試験 (R6)

- (ア) 試験設計 ブロッコリーの栽培期間中の合計窒素施肥量が同等になるように、混合肥料の配合内容や追肥回数を変えて省力化について調査
- (イ) 試験規模 畜産試験場 3-2 圃場 7.8 平米/区×3 反復(条間 70cm×株間 40cm)
- (ウ) 施肥量 表5のとおり窒素換算で約 22 乾物 kgN/10a を施肥
- (エ) 供試品種 ブロッコリー サマードーム(サカタ)
- (オ) 耕種概要 播種：4月5日、定植：4月30日、収穫：7月10日
施肥：基肥 4月30日、追肥 5月14日及び 6月6日
- (カ) 調査項目 草高・最大葉長の推移(定植後から週1回)、収穫時の可食収量等

表5 ブロッコリーの畜産試験場内での栽培試験の施肥量

区名 (施肥回数)	使用肥料名 (窒素-リン酸-加里%)	施用量(現物, kg/10a) (施肥窒素量(乾物 kgN/10a))			
		基肥	追肥 1	追肥 2	計
A 混合肥料一発区 (施肥 1 回)	エコ堆くん(肥料入り) (3.0-4.3-4.7)	1,000 (21.9)			1,000 (21.9)
B 混合肥料+追肥区 (計 3 回=基肥+追肥 2)	エコ堆くん(肥料入り) (3.0-4.3-4.7)	565.1 (12.0)			565.1 (12.0)
	燐硝安加里 S604 (16-10-14)		31.8 (5.0)	31.8 (5.0)	63.5 (10.0)
C 慣行区 (計 3 回=基肥+追肥 2)	MMB 燐加安 14 号 (14-14-14)	85.7 (12.0)			85.7 (12.0)
	燐硝安加里 S604 (16-10-14)		31.8 (5.0)	31.8 (5.0)	63.5 (10.0)

4) 労働費を含めた新肥料導入によるコストの検討

- (1) 慣行栽培とのエダマメ・タマネギ・ブロッコリー栽培試験における肥料費の比較
農園研のエダマメ・タマネギ栽培試験 (R4~5) 及び畜産試験場でのブロッコリーの栽培試験 (R6) で使用した肥料費(散布料別の肥料価格)を令和 6 年秋の農協店頭価格から試算し、慣行栽培と混合肥料の肥料価格を比較。
- (2) 慣行栽培とのエダマメ・タマネギ・ブロッコリー栽培試験における化学肥料施肥量の比較
農園研のエダマメ・タマネギ栽培試験 (R4~5) 及び畜産試験場でのブロッコリーの栽培試験 (R6) で使用したで使用する施肥量から堆肥を除いた化学肥料由来の施肥量を試算し、慣行栽培と化学肥料施肥量について比較した。

3 結果および考察

1) 堆肥と化学肥料の配合内容の検討による肥料の試作

堆肥割合 90%以上のペレット肥料(肥料 A)は、製品化率が 87%、保管 6 か月後の維持率は 99%と高い結果となった(表 6)。

表 6 ペレット混合肥料の加工後の変化及び保存性(R6)

区名	製品 化率 (%)	水分(%)		容積重(kg/L)			ペレット維持率(%)		
		原料 堆肥	製品	原料 堆肥 A	製品 B	減容率 C=A/B	2 月後	4 月後	6 月後
混合ペレット区	87.0	31.9	26.0	0.37	0.64	57%	99.9	99.9	99.8

※製品化率=製品重量(乾燥・放冷後に 2mm のふるいを通過しない重量)/投入原材料合計重量

※ペレット維持率:試料中 2mm のふるいを通過しない重量割合

2) 散布しやすい加工・製造工程の検討

堆肥と化学肥料を混合させ保管しておくに保管中に肥料成分が溶出して、肥料の成分が変化することを懸念されるが、ポリエチレン袋に約 200g 程度入れ(各 2 反復)、実験室内で 6 カ月保存し、成分の変化を確認したところ、ペレットでも簡易加工でも大きな変化は見られなかった(表 7)。

なお、混合ペレット区については、農園研の試験結果では、2 年以上保管しても成分の大きな変化は見られなかった(表 8)。

表 7 肥料保管試験における保管期間中の成分の変化(R5~6)

区名		水分(%)					全窒素(乾物%)				
		開始時	1 月後	2 月後	4 月後	6 月後	開始時	1 月後	2 月後	4 月後	6 月後
ペレット	混合ペレット区 (R5)	31.3 (100)	32.1 (103)	31.5 (101)	32.4 (104)	31.2 (100)	1.9 (100)	1.8 (93)	1.9 (100)	2.2 (114)	1.8 (95)
	エコ堆くん	31.7	34.4	34.2	33.9	34.6	2.1	2.0	2.0	1.9	2.3
簡易加工	プラス R5	(100)	(109)	(108)	(107)	(109)	(100)	(94)	(95)	(90)	(111)
	エコ堆くん(肥料入り)(R6)	31.2 (100)	29.7 (95)	27.9 (89)	26.6 (85)	25.1 (80)	2.3 (100)	2.2 (94)	2.0 (86)	1.9 (82)	2.0 (87)

※上段は分析値、下段の()内は保管開始時を 100 とした場合の推移

表 8 混合肥料の保存年数による成分濃度の変化(R 4~6 農園研、現物%)

区名	保存年数	水分	全炭素	全窒素	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O
混合ペレット区	0	21.1	30.6	6.08	2.25	3.75	2.92	1.24	0.38
	1	21.9	30.6	6.66	2.09	4.04	2.97	1.23	0.37
	2	21.8	31.7	6.48	2.26	4.63	2.62	1.35	0.40

※混合ペレットは R 4 年度作成時のもので、二重にしたポリ袋に入れ室内で常温保存した

肥料を土壌に埋設した際の窒素等成分の溶出状況を確認するため、肥料 8g と土 25g を不織布袋に入れ土壌中に 10 週間以上埋設し、溶出状況を確認したところ、混合肥料(エコ堆くん(肥料入り))は化学肥料(燐加安 14 号)に比べ緩やかに溶出した(図 3、表 9)

また、農園研でエダマメの栽培試験時に行った混合ペレットの溶出試験でも、図 4

のとおり堆肥を多く配合することで窒素肥効が緩やかであった。

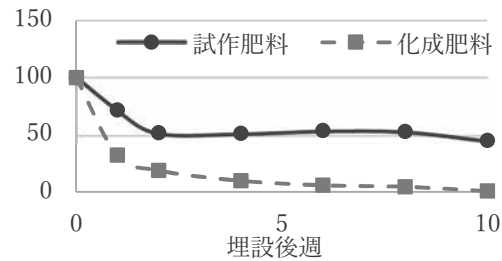


図3 溶出試験における全窒素の残存率(乾物%)

表9 肥料溶出試験における溶出後の窒素残存率(乾物%)の変化

	開始時	1 週後	2 週後	4 週後	6 週後	8 週後	10 週後
混合肥料 B(エコ堆くん(肥料入り))	100.0	71.6	51.7	51.2	53.6	52.9	45.0
化学肥料(燐加安 14 号)	100.0	32.1	18.7	9.7	5.7	4.4	0.7

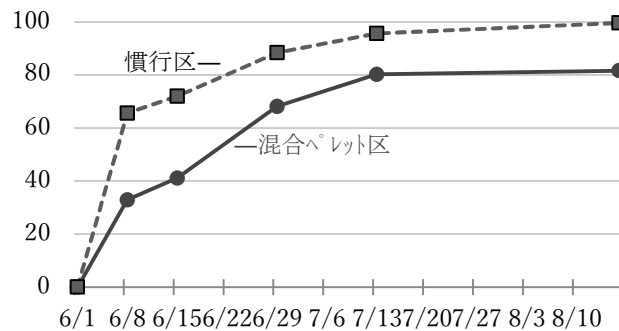


図4 エダマメ栽培試験における混合ペレットの窒素溶出率(全窒素当たり%)の推移 (R4 農園研)

3) 試作肥料の植物生育試験による肥効の検討

(1) ペレット状混合肥料による植物生育試験 (農園研におけるエダマメ・タマネギの栽培試験 (R4~5))

ペレット状混合肥料による農園研のエダマメ・キャベツの栽培試験で慣行の肥料体系と同程度の収量が得られ、堆肥を多く配合することで窒素肥効が緩やかな肥料を作製できた(図5~6)。

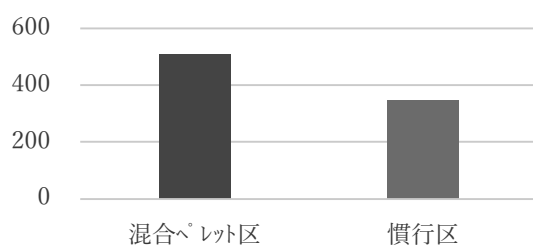


図5 エダマメの可販収量(kg/10a、R4 農園研)

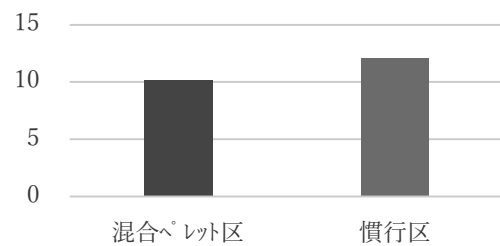


図6 タマネギの可販収量(t/10a、R4~5 農園研)

(2) 簡易加工の混合肥料による植物生育試験

ア 野菜の現地実証試験 (JA 加美よつば管内の圃場でハクサイ等の現地実証栽培)

(ア) ハクサイの現地実証試験 (R4)

令和4年のハクサイの現地実証試験で、混合肥料のエコ堆くんプラスを利用した試験区と慣行栽培の対照区と比較したところ、定植後約1か月後から約2週間間隔で調査した最大葉長の推移はA・B両圃場とも試験区と対照区で大きな差は見られなかった(図7)。

A圃場の収穫時のハクサイの結球サイズ・収量・成分についても試験区と対照区で大きな違いは見られなかった(表11)。

JAから聞き取った圃場別の出荷ケースをもとに10aあたりの出荷収量を算出したところ、B圃場で試験区の方がやや収量が多くなったが、A圃場ではほぼ同じで、試験区と対照区で同等の成績が得られた(図8、表12)。

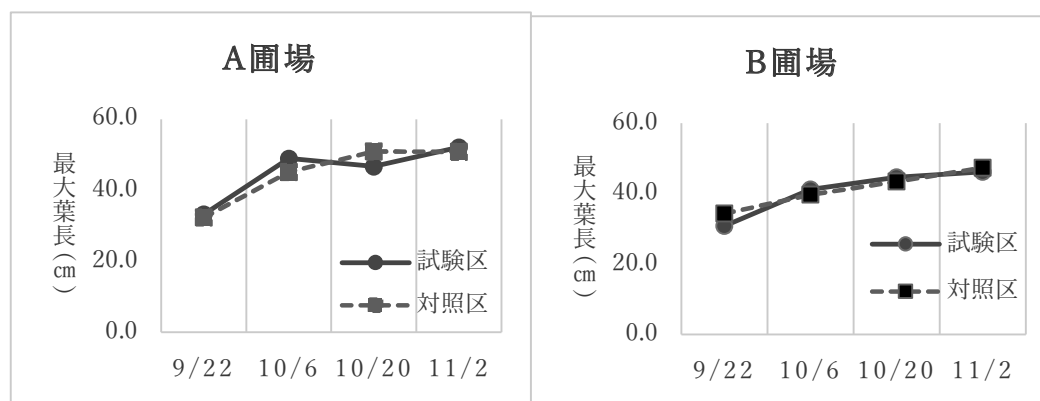


図7 ハクサイ現地実証試験の最大葉長の推移

表10 ハクサイ現地実証試験の土壌成分

		pH		EC (mS/m)		全窒素 (mg/100g 乾土)		リン酸 (mg/100g 乾土)		カリ (mg/100g 乾土)	
		定植前	収穫時	定植前	収穫時	定植前	収穫時	定植前	収穫時	定植前	収穫時
A 圃場	試験区	6.43	6.14	0.85	0.13	304	173	174	211	3,797	147
	対照区	6.03	6.38	0.46	0.53	255	181	52	184	155	88
B 圃場	試験区	7.18	6.33	0.34	0.32	263	227	199	111	4,088	177
	対照区	7.13	6.34	0.06	0.17	193	240	133	57	4,258	104

※採取日：定植前8/22、収穫時11/9

表11 A圃場のハクサイ収穫調査結果(11/9収穫, n=3)

	収穫時結球サイズ(cm)			結球収量(g/個, %)			結球成分(乾物%)		
	球長	球径	胴回	新鮮重	乾物重	水分	窒素	リン酸	カリ
試験区	35.0	15.7	49.3	2,506	117.1	95.3	3.21	2.19	6.83
対照区	33.3	15.7	50.0	2,337	124.5	94.7	3.23	1.89	6.63

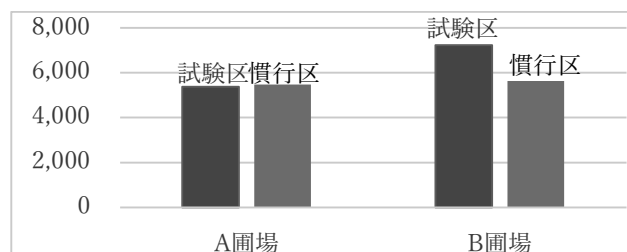


図8 ハクサイ現地実証試験の圃場別収量(kg/10a)

表 12 ハクサイ現地実証試験の出荷重量

		圃場面積 (a)	区出荷ケース (1 ケース 15kg)	出荷重量 (kg/区)	単収 (kg/10a)
A 圃場	試験区	10	358	5,370	5,370
	対照区	10	365	5,475	5,475
B 圃場	試験区	16	770	11,550	7,219
	対照区	16	600	9,000	5,625

(イ) ソラマメ・キャベツ・長ネギの現地実証試験(R5)

令和 5 年度に JA 加美よつば管内の圃場で、混合肥料のエコ堆くんプラスで行ったソラマメ等の現地実証栽培試験では、ソラマメ・ハクサイ・長ネギの試験区の初期の生育が慣行区に比べ小ぶりであった。

JA からは「生産者から聞き取った肥料散布時間や収量は慣行栽培と同程度だった」と報告があった。実証試験用の混合肥料は堆肥+緩効性肥料なので特に初期で生育が 1 週間程度遅れたと推察される(図 9～11、表 13～15)。

初期生育が劣る点を改良するため、関係者と相談し、混合肥料を初期生育も確保できるように肥料の改良を行った。

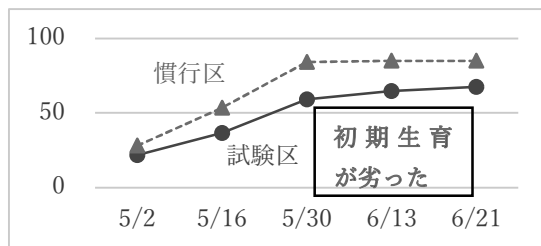


図 9 ソラマメの草丈の推移(cm)

表 13 ソラマメの草丈(cm)の推移

	5/2	5/16	5/30	6/13	6/21
試験区	21.9	36.5	59.1	64.8	67.5
慣行区	28.1	53.6	84.3	85.0	85.0

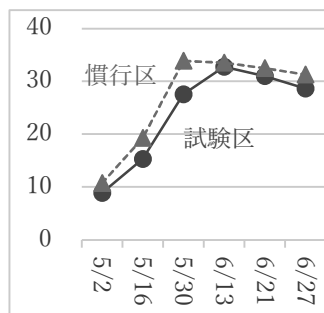


図 10 キャベツの草高の推移(cm)

表 14 キャベツの草高(cm)・最大葉長(cm)・最大葉幅(cm)の推移

		5/2	5/16	5/30	6/13	6/21
草 高 (cm)	試験区	8.9	15.3	27.5	32.8	31.0
	慣行区	10.8	19.3	33.9	33.5	32.5
最大葉長 (cm)	試験区	21.0	30.3	33.1	31.5	32.5
	慣行区	23.5	35.5	36.8	36.3	36.9
最大葉幅 (cm)	試験区	8.9	17.6	25.8	30.5	30.9
	慣行区	10.8	23.0	33.6	35.3	37.6

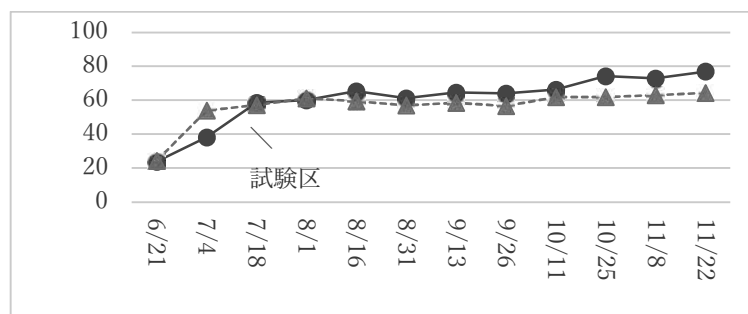


図 11 長ねぎの草丈の推移(cm)

表 15 長ネギの草丈(cm)・葉鞘径(mm)の推移

		6/21	7/4	7/18	8/1	8/16	8/31	9/13	9/26	10/11	10/25	11/8	11/22
草丈 (cm)	試験区	23.9	38.3	58.6	60.1	65.3	61.3	64.6	64.0	66.3	74.1	72.9	77.0
	慣行区	24.5	54.0	57.3	61.3	59.5	57.1	58.6	56.8	61.9	61.9	63.1	64.4
葉鞘径 (mm)	試験区	4.5	8.1	12.6	15.4	17.1	16.6	17.1	17.1	18.3	22.6	25.6	27.3
	慣行区	5.0	10.5	15.4	16.0	17.4	16.6	18.8	19.6	19.8	20.8	25.3	25.1

イ 畜産試験場におけるブロッコリーの栽培試験

初期生育が劣る点に完了するため、混合肥料を初期生育も確保できる一発肥料を目指して配合内容等変更したエコ堆くん(肥料入り)で、栽培期間中の合計窒素施肥量が同等になるように混合肥料の省力化について、ブロッコリーの栽培試験で確認したところ、混合肥料各区は慣行区と比較し草高等の推移や収穫調査時の可食収量等で同程度であった(図 12～13、表 16～17)

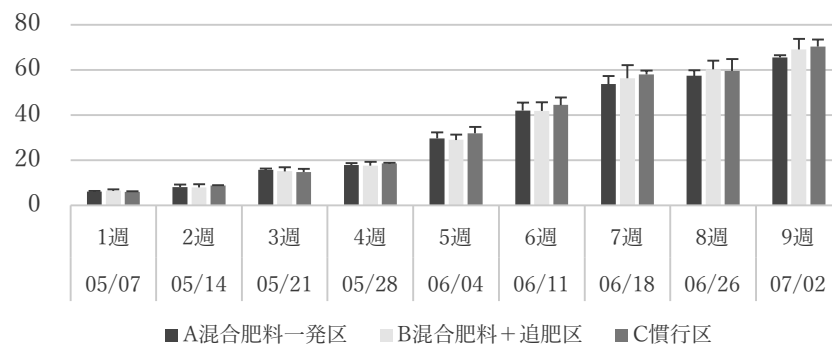


図 12 ブロッコリーの草丈の推移(cm)

表 16 ブロッコリー栽培試験における草高・最大葉長・最大葉幅の推移(cm、n=10)

項目	区名	調査日 (定植後週)								
		1 週	2 週	3 週	4 週	5 週	6 週	7 週	8 週	9 週
草高	A 混合肥料一発区	6.0	8.1	15.7	17.8	29.7	42.0	53.6	57.4	65.5
	B 混合肥料+追肥区	6.5	7.9	15.1	17.6	29.0	41.8	56.3	60.2	69.0
	C 慣行区	5.9	8.8	14.8	18.6	31.9	44.5	58.0	59.6	70.3
最大葉長	A 混合肥料一発区	6.3	9.3	18.2	23.1	38.3	48.8	56.6	55.7	55.2
	B 混合肥料+追肥区	6.9	9.2	18.6	23.6	40.1	50.6	56.8	55.9	56.7
	C 慣行区	6.7	9.5	18.7	24.7	42.1	52.4	58.9	56.4	59.2
最大葉幅	A 混合肥料一発区	3.1	5.5	9.5	14.2	19.7	24.7	26.5	24.1	22.0
	B 混合肥料+追肥区	3.1	5.3	10.2	14.2	21.0	25.4	26.1	24.0	21.0
	C 慣行区	3.2	5.7	10.5	15.5	21.0	25.6	27.9	23.5	22.1

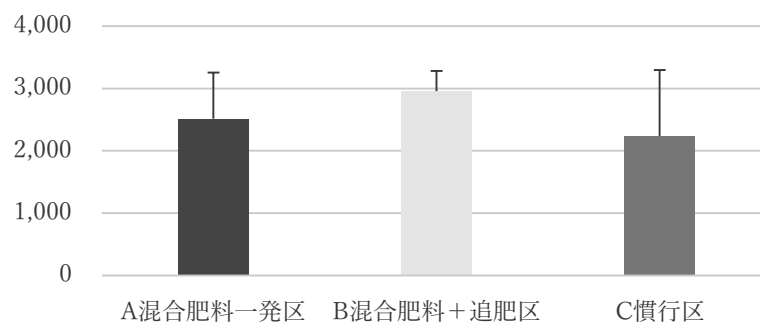


図 13 ブロッコリーの可食収量(kg/10a)

表 17 ブロッコリー収穫調査時における草高・可食収量等について (n=10)

区名	草高 (cm)	最大 葉長 (cm)	最大 葉幅 (cm)	平均 茎長 (cm)	平均 茎高 (cm)	平均 花蕾径 (cm)	可食収量	
							10a 当り kg/10a	1 個当り kg/個
A 混合肥料一発区	66.7	59.2	20.9	41.0	18.7	19.3	2,519	705.4
B 混合肥料+追肥区	69.3	57.9	22.4	42.3	24.0	21.1	2,959	828.6
C 慣行区	71.0	61.4	22.5	40.9	18.9	18.1	2,243	627.9

4) 労働費を含めた新肥料導入によるコストの検討

農園研のエダマメ・タマネギ、畜産試験場のブロッコリーの各栽培試験の施肥量から肥料費について試算したところ（散布に関する作業時間は測定できなかったため散布料は考慮せず、購入肥料価格のみから試算）、ペレット混合肥料のエダマメ・タマネギの栽培試験の肥料費のでは、加工費が 1kg あたり 50 円程度以下なら慣行栽培より肥料代が安く、簡易加工のブロッコリーの栽培試験の肥料代では、一発区は慣行区の 35%、追肥区は 70%と肥料コストが低減する可能性が示唆された(表 18)。

表 18 各栽培試験における混合肥料と慣行区の肥料費の比較(円/10a、%)

加工法	試験 作目	試験区名	基肥 原料費	追肥 原料費	原料費 計	原料費 慣行比	加工費	合計	合計 慣行比
ペレット	エダマメ	混合ペレット区	4,225	—	4,225	44%	4,935	9,160	95%
	マメ	慣行区	9,600	—	9,600	100%	—	9,600	100%
	タマネギ	混合ペレット区	7,041	14,313	21,354	70%	8,225	29,579	98%
簡易加工	タマネギ	慣行区	16,008	14,313	30,321	100%	—	30,321	100%
	ブロッコリー	混合肥料一発区	10,000	—	10,000	35%	—	10,000	35%
	ブロッコリー	混合肥料+追肥区	5,651	14,542	20,193	70%	—	20,193	70%
	ブロッコリー	慣行区	14,355	14,542	28,896	100%	—	28,896	100%

栽培試験の施肥から堆肥を除いた化学肥料の利用量は慣行区比でペレット混合肥料のエダマメ試験は 36%、タマネギの栽培試験は 67%、簡易加工のブロッコリーの栽培試験では一発区で 13%、追肥区は 50%となり、環境負荷が軽減された(表 19)。

表 19 各栽培試験における混合肥料と慣行区の化学肥料利用量の比較(kg/10a、%)

加工法	試験作目	試験区名	基肥	追肥	計	慣行比
ペレット	エダマメ	混合ペレット区	14.4	—	14.4	36%
		慣行区	40.0	—	40.0	100%
	タマネギ	混合ペレット区	23.9	62.5	86.4	67%
		慣行区	66.7	62.5	129.2	100%
簡易加工	ブロッコリー	混合肥料一発区	19.6	—	19.6	13%
		混合肥料+追肥区	11.1	63.5	74.6	50%
		慣行区	85.7	63.5	149.2	100%

4 要約

家畜ふん尿由来堆肥の利用拡大と化学肥料の利用量低減を図るため、堆肥の配合割合を 80%以上で取り扱いやすく成分が安定したペレット状の混合肥料と肥料製造業者が取り組みやすいように攪拌混合程度の簡易加工の混合肥料の 2 形状の特殊肥料等入り指定混合肥料を作製し、慣行栽培と同程度の収量が得られ、肥料代や化学肥料利用量が低減される可能性が示唆された。

5 参考文献

- 1) 高橋菜央子、瀧典明、志賀紗智：堆肥の利用拡大に向けた「特殊肥料等入り指定混合肥料」の製造及び利用方法の検討 2) 野菜輪作における施肥効果及び土づくり効果の検討、令和4年度宮城県農業・園芸総合研究所試験研究成績概要書
- 2) 高橋菜央子、阿部倫則、堀越綾子：堆肥の利用拡大に向けた「特殊肥料等入り指定混合肥料」の製造及び利用方法の検討 2) 野菜輪作における施肥効果及び土づくり効果の検討、令和5年度宮城県農業・園芸総合研究所試験研究成績概要書

6 協力関係機関等

- 1) 宮城県農業・園芸総合研究所
- 2) 宮城県古川農業試験場
- 3) 加美よつば農業協同組合
- 4) 一般社団法人 加美町畜産公社

附 録

I 令和 7 年度試験研究課題

II 令和 7 年度新規試験研究課題の紹介

III 宮城県畜産試験場試験成績書刊行規程・
宮城県畜産試験場試験成績書執筆要領

I 令和7年度試験研究課題

令和7年4月1日現在

課 題 名	対象区分	専門部門	試験期間	試験場所	担当部
1 乳用牛のベストパフォーマンス発揮に向けた飼養管理手法の確立	乳用牛	生理・栄養	令 5～令 9	場内	酪農肉牛部
2 肉用種雄牛の検定	肉用牛	育種・繁殖	昭 55～	〃	酪農肉牛部
3 DNA多型マーカーと家畜の生産形質及び遺伝的疾患等との関連に関する研究（牛）	肉用牛	育種・繁殖	平 11～	〃	酪農肉牛部
4 効率的な黒毛和種種雄牛造成とその活用法に関する研究	肉用牛	育種・繁殖	平 15～	〃	酪農肉牛部
5 デジタル技術による仙台牛のプレミアム化プロジェクト	肉用牛	育種・繁殖	令 7～令 8	〃	酪農肉牛部
6 牛の受精卵移植技術の実証	乳肉用牛	育種・繁殖	昭 58～	〃	酪農肉牛部
7 哺乳動物細胞の乾眠に関する基礎的研究	乳肉用牛	育種・繁殖	令 5～令 7	〃	酪農肉牛部
8 優良種豚供給体制の確立	豚	育種・繁殖	平 21～	〃	種豚家さん部
9 DNA多型マーカーと家畜の生産形質及び遺伝的疾患等との関連に関する研究（豚）	豚	育種・繁殖	平 8～	〃	種豚家さん部
10 開放型育種によるデュロック種造成試験	豚	生理・栄養	令 7～令 13	〃	種豚家さん部
11 薬剤削減のための豚腸-肺免疫関連実証事業	豚	生理・栄養	令 6～令 8	〃	種豚家さん部
12 飼料作物・牧草適応品種の選定	草地飼料作	草地生産管理	昭 57～	〃	草地飼料部
13 子実用トウモロコシを導入した高収益・低投入型ブロックローテーション体系の構築	草地飼料作	草地生産管理	令 5～令 7	〃	草地飼料部
14 気象変動に適応した飼料作物の栽培管理	草地飼料作	草地生産管理	令 3～令 7	〃	草地飼料部
15 除染後の牧草地における草地管理技術の確立	草地飼料作	草地生産管理 放射能関連	平 31～令 7	現地	草地飼料部
16 特殊肥料等入り指定混合肥料のほ場での効果検証	草地飼料作	草地生産管理	令 7～令 9	場内	草地飼料部

試験研究計画設計書（2025 年 2 月作成）

東北＞畜産草地＞家畜育種・繁殖＞肉用牛＞宮城畜試

課 題 名：デジタル技術による仙台牛のプレミアム化プロジェクト
ゲノミック評価による新たな形質評価の実用化

担当部署名：宮城畜試・酪農肉牛部・肉牛チーム

担 当 者 名：小宮亮太、高橋弘晃、佐々木孔亮、氏家哲

協 力 分 担：

予算(期間)：県単・国庫（2025 年度－2026 年度）

1. 背景・目的並びに期待される成果

1) 背景・目的

令和 9 年に開催される第 13 回全国和牛能力共進会北海道大会では、鹿児島大会に引き続き、脂肪の質にも着目した改良が求められている。令和 6 年度までの研究により、脂肪の質のゲノミック評価体制が確立された。今後は、一般農家で飼養する繁殖雌牛のゲノミック評価を進め、脂肪の質に優れた牛群整備を目指す。

さらに、近年は、脂肪交雑の形状にも注目が集まっている。本県においても、令和 6 年度からミラー型撮影装置によるデータの蓄積を開始した。本年度は、評価に用いる指標を精査し、脂肪交雑の形状に関する遺伝的な特徴を捉えることを目的とする。

2) 期待される成果、普及性

牛肉のおいしさに関与する形質について、遺伝的な能力評価手法を確立し、一般農家の繁殖牛や種雄牛の評価を行うことで、改良速度の向上に寄与する。

2. 既往の関連成果

アグリテック活用推進事業のうちゲノミック評価による新たな形質評価の実用化において、オレイン酸、飽和脂肪酸、一価不飽和脂肪酸を対象形質として、GBLUP 法によるゲノミック評価手法を確立した。

3. 本年度のねらいと目標

脂肪酸組成については、継続して肥育牛データの蓄積を行うとともに、直接検定牛および一般繁殖農家の繁殖雌牛の能力評価を積極的に実施する。

脂肪交雑の形状については、評価に使用する指標を精査し、蓄積したデータを用いて、遺伝的パラメータの推定を行う。

4. 試験研究方法

1) 試験実施場所

DNA 解析に使用する脂肪サンプルの採材は仙台市中央卸売市場食肉市場、その他の採材は一般繁殖農家または当場内で行う。

2) 試験区の構成、規模

DNA 解析に使用する肥育牛脂肪サンプルおよび筋肉サンプル 600 検体、繁殖牛および子牛の鼻腔内粘膜サンプルまたは血液サンプル 500 検体、脂肪交雑の形状データ 500 件

3) 解析方法

委託分析により得た SNP 情報を用いてゲノミック評価手法の検討を行なう。

5. 全体計画

	2025 年度	2026 年度
(1) 脂肪交雑の形状等調査	←	→
(2) ゲノミック評価手法の検討	←	→

令和7年度 試験研究計画設計書（2025年2月作成）
東北＞畜産・草地＞家畜栄養・生理＞豚＞宮城畜試

課 題 名：開放型育種によるデュロック種造成試験

担当部署名：宮城畜試・種豚家さん部・養豚家さんチーム・原種豚チーム

担 当 者 名：曾地雄一郎・庄司宙希・高橋伸和・小林朋生・今井勇志・武田正寛

協 力 分 担：

予算(期間)：県単（2025-2031年度）

1. 背景・目的並びに期待される成果

1) 背景・目的

国内の養豚情勢は、養豚農家の減少と高齢化、飼料の高騰、外国産の安い豚肉の輸入増加の懸念等から、生産性が高く、特色のある豚肉づくりが必要である。本県では、肉質に優れたデュロック純粋種系統豚「しもふりレッド」、繁殖性と抗病性に優れたランドレース種系統豚「ミヤギノL2」を維持・増殖しており、銘柄豚「宮城野豚」や銘柄豚「しもふりレッド」の素豚として県内で広く利用されている。一方、「しもふりレッド」は維持開始から22年が経過したことから、近交係数の上昇への対応が課題となっている。

そこで、「しもふりレッド」をベースに外部の優良種豚を導入することで、産肉性、肉質背及び強健性に優れた新しい種豚を造成し、系統豚の長期的維持並びに能力をさらに高めた種豚を県内養豚農家に配布する。

2) 期待される成果、普及性

- ・産肉性、肉質及び強健性に優れた種豚の完成と普及利用により、能力をさらに高めた種豚を県内農家に配布することができる。その結果、県内農家における効率的な養豚生産が実現し、県内消費者へ安全で高品質な豚肉の提供が可能となる。
- ・また、「しもふりレッド」は、銘柄豚肉「宮城野豚」や「しもふりレッド」の素豚で、特にデュロック種純粋銘柄豚肉である「しもふりレッド」は、肉質に定評があり、希少性が高いことから、国内外産豚肉との差別化により、県内産豚肉のさらなるアピールにつながる。

2. 既往の関連成果

1) 繁殖能力向上のための育種改良手法の開発（2020-2024 年度）

- ・「しもふりレッド」の過去 23 年間における繁殖形質について、遺伝的パラメータと育種価を推定したところ、「しもふりレッド」の繁殖形質に関する遺伝的能力は、造成時から現在まで極端な低下は認められず、維持されていることが示された。
- ・「しもふりレッド」の過去 24 年間における繁殖記録について、遺伝的パラメータ及び育種価を推定し、母豚の近交度の上昇による影響について検討したところ、現段階では遺伝的な能力の低下および近交度の上昇による有意な影響は認められなかった。
- ・「しもふりレッド」の過去 26 年間における繁殖記録を用いて、母豚、父豚及び子豚の近交度の上昇による母豚の繁殖形質への影響について分析したところ、母豚及び父豚の近交度の上昇による有意な影響は確認されなかったものの、子豚の近交度の上昇による母豚の離乳時形質への有意な影響が確認された。
- ・「しもふりレッド」の繁殖形質について、母豚の遺伝的適応度は世代経過に伴って低下傾向にあることが確認された。一方で、近交度の上昇に伴う遺伝的適応度への影響は確認されなかった。また、遺伝分散の推移より、遺伝分散の減少は確認されなかった。
- ・「しもふりレッド」造成世代（第 3～7）の凍結精液を用いて世代間での生殖細胞における化学修飾（DNA メチル化）度合を比較し、世代経過に伴う遺伝的適応度の推移との関連性に調査したところ、精液中の DNA 濃度は $3215.6 \sim 4759.4 \text{ ng}/\mu\text{l}$ であった。

2) 繁殖能力向上のための飼養管理技術の開発（2020-2024 年度）

- ・アミノ酸の一種でヘムの前駆物質である 5-アミノレブリン酸（5-ALA）を分娩前後の母豚へ添加給与したところ、分娩直後の母豚における鉄欠乏性貧血を改善し、哺乳中の子豚の発育を改善する可能性が示された。
- ・5-ALA を哺乳子豚へ添加給与したところ、糞便中 IgA 濃度を高め、腸管の免疫機能の向上に効果を示すことが示唆された。

3) 新たな肉質評価指標の探索 (2020-2024 年度)

- ・ランドレース種、交雑種及びデュロック種の発育、枝肉成績及び肉質について比較したところ、デュロック種は、ランドレース種と比較して、pHが高く、保水性や肉の軟らかさが優れていることが再確認された。
- ・社内一般パネルを用いた嗜好型官能評価を実施した結果、「しもふりレッド」は、「ジューシー」、「やわらか」、「甘味」の官能特性があることが示された。
- ・ランドレース種、デュロック種、交雑種の脂肪酸組成について比較したところ、デュロック種はランドレース種と比較して飽和脂肪酸含量が高いことが再確認された。また、マウス舌組織由来培養味蕾細胞において、ステアリン酸や交雑種の脂肪抽出液による甘味受容体の活性化が示唆され、飽和脂肪酸が豚肉の「甘味」に関連する理化学成分である可能性が考えられた。
- ・L種、LWD種、D種「しもふりレッド」の肥育豚から得られた豚肉サンプルを用いて、飛行時間型質量分析計 (TOFMS) により脂肪中の理化学成分を網羅的に解析し、品種間で比較することで「しもふりレッド」にみられる甘味に関連する理化学成分を探索した結果LWD種及びD種において、分子量が61～132の10物質について高い強度が検出され、「しもふりレッド」に特徴的な肉質に関連する理化学成分である可能性が考えられた。

3. 本年度のねらいと目標

開放型育種によるデュロック種の造成に当たり、当該育種集団を想定したシミュレーションを行い、導入精液の検討、改良計画の有効性の評価、世代間における選抜形質の改良量・近交係数の推移等の確認により、能力に優れた種豚の改良につなげる。

4. 試験研究方法

1) 統計育種解析

(1) 試験区の構成、規模

H7年からH14年の「しもふりレッド」造成期間に得られた7世代分の検定記録

(2) 調査時期、調査項目

一日平均増体重や背脂肪厚等の「しもふりレッド」造成期間の検定記録について、推定した遺伝的パラメータをもとに、選抜指数を算出するプログラム“SIndex”により、改良の達成に必要な世代数等について検討する。

5. 全体計画

- ・基礎豚として、「しもふりレッド」雌雄豚、外部導入精液を用いた開放型育種とし、交配、分娩、第一次選抜、能力検定、枝肉調査、第二次選抜、交配し、次世代の豚を生産する。1年1世代で選抜交配を繰り返して第五世代で種豚造成を完了する。
- ・育種改良形質は一日平均増体量、背脂肪厚、ロース芯面積、筋肉内脂肪含量、哺乳開始産子数、肢蹄の強化等より選択し、産肉性、肉質及び強健性に優れた種豚を造成する。

○選抜基本計画

交配	分娩	第一次選抜	能力検定(30kg～105kg)	第二次選抜
20頭	60頭	育成雌♀ 32頭	-----	20頭
4頭	60頭	育成雄♂ 16頭	-----	4頭
		調査豚 30頭	-----	枝肉調査

(この過程を5世代繰り返す)

本県の今後の養豚飼養計画について



試験研究計画設計書（2025年2月作成）

東北 > 畜産草地 > 草地生産管理 > ふん尿利用 > 宮城畜試

課 題 名：特殊肥料等入り指定混合肥料のほ場での効果検証

担当部署名：宮城畜試・草地飼料部・環境資源チーム

担 当 者 名：荒木利幸、伊藤裕之

協 力 分 担：農業・園芸総合研究所、古川農業試験場

予 算：家畜由来の堆肥活用促進事業（2025～2027年度）

1. 背景・目的並びに期待される成果

1) 背景・目的

- ・農業者のニーズに柔軟に対応した肥料生産が進むように、令和元年に肥料制度が見直しされ、条件が緩和された結果、肥料の加熱乾燥も不要となることから特別な製造施設が不要になり、堆肥と化学肥料を混合した肥料（以下、「特殊肥料等入り指定混合肥料」という。）が製造可能になった。
- ・近年の国際情勢不安による肥料価格の高騰や SDGs の流れもあり、作業の省力化を図りながら効率的に循環型農業を推進する必要がある。
- ・「特殊肥料等入り指定混合肥料」の普及拡大により堆肥の利用促進を図るため、県内有機センターと連携しながら、追肥回数削減による作業の省力化など耕種農家がより使いやすくするように混合肥料を試作・改良し、使用する堆肥と化学肥料の配合内容や園芸作物・水稻などの圃場での実証による効果を検討するもの。

2) 期待される成果、普及性

- ・特殊肥料等入り指定混合肥料の利用増加により堆肥利用拡大・化学肥料抑制が図られる。
- ・堆肥利用拡大による循環型農業の推進が図られる。

2. 既往の関連成果

- ・堆肥の利用拡大に向けた「特殊肥料等入り指定混合肥料」の製造及び利用方法の検討(R4～6 宮城畜試、農園研、古試)
- ・加美町で堆肥と緩効性肥料を混合した指定混合肥料が販売され、現地実証試験では慣行施肥区と比較し初期生育が劣るものの散布時間・収量は同程度であった。
- ・エダマメおよびタマネギの栽培において試作した指定混合肥料を施用したところ、慣行と同等以上の収量が確保できた。

3. 本年度のねらいと目標

- ・初期生育も慣行並の野菜基肥一発肥料に改良
- ・水稻などその他作物用の基肥一発肥料の開発
- ・試作肥料の栽培試験によるほ場での効果検証。

4. 試験研究方法

①耕種農家が利用しやすい指定混合肥料への改良

1) 試験実施場所

畜産試験場内

2) 試験区の構成、規模

- ・指定混合肥料の試作（表1のとおり）
堆肥、緩効性肥料（異なる溶出日数等）、化学肥料、加工方法を組合せた肥料を試作
- ・試作肥料の保管中の成分変化やほ場埋設による溶出状況の確認
- ・試作肥料の栽培試験 ほ場埋設試験脇(1区9㎡程度)で一部試作肥料(A・E区)でキャベツのテスト栽培

表1 R7 試作指定混合肥料の配合案

区	肥料名+配合割合（現物%）				設計成分(乾物%) N-P ₂ O ₅ -K ₂ O, 水分%	加工 方法	栽培試験		
	堆肥	化学肥料	緩効性肥料[溶出日数]				試作園芸	水稻	
A	エコ堆くん 98.0	尿素 1.0	麦パンチ青[15] 1.0		3.0-4.3-4.7, 26.1	簡易加工	○	○	—
B	エコ堆くん 97.1	尿素 2.9	—		3.7-4.2-4.6, 25.9	簡易加工	○	○	—
C	エコ堆くん 98.5	—	セラコート RL40[40] 1.5		2.8-4.3-4.7, 26.3	簡易加工	○	○	—
D	エコ堆くん 98.1	—	セラコート R70[70] 1.9		2.9-4.3-4.6, 26.2	簡易加工	○	—	○
E	郷の有機 85.0	—	ハイパーCDU細粒5[50] 15.0		7.0-1.3-1.8, 18.1	ペレット	○	○	—
F	郷の有機 70.0	硫安 15.0	ハイパーCDU細粒5[50] 15.0		10.2-1.3-1.8, 14.9	ペレット	○	○	—
G	郷の有機 96.2	硫安 3.8	—		2.8-1.5-2.1, 20.5	ペレット	○	—	○
H	郷の有機 98.0	—	セラコート R30[30] 2.0		2.8-1.6-2.2, 20.9	簡易加工	○	○	—
I	郷の有機 97.5	—	セラコート R70[70] 2.5		3.1-1.5-2.2, 20.8	簡易加工	○	—	○

※加工方法 ペレット：混合→造粒→乾燥→放冷→ふるい分け。簡易加工：攪拌・混合のみで成形・造粒・加温ナシ

※エコ堆くん：加美町土づくりセンターの牛ふん主体堆肥（設計水分 26.7%）

※郷の有機：JA 新みやぎあさひなオーガニックプラントの牛ふん主体堆肥（設計水分 35.0%）

3) 調査時期、調査項目

試作品の保管時の成分変化や土壌埋設による肥料溶出

作物収量、作物中の窒素などの成分、土壌中の窒素などの成分など

②圃場での実証による効果検証

ア) 園芸作物での効果検証

a) 試験場内試験

1) 試験実施場所 農業・園芸総合研究所内ほ場

2) 試験区の構成、規模

供試作物 バレイショ 栽培面積 1.5a 構成・施肥 表2のとおり

表2 農園研場内試験の構成・施肥量

区名	加工法	区	肥料名+配合割合(現物%)			設計成分(乾物%) N-P ₂ O ₅ -K ₂ O, 水分%	施肥量 kg/10a
			堆肥	化学肥料	緩効性肥料		
試験区①	簡易加工	A	エコ堆くん 98.0	尿素 1.0	麦パンチ青 1.0	3.0-4.3-4.7, 26.1	337
試験区②	簡易加工	B	エコ堆くん 97.1	尿素 2.9	—	3.7-4.2-4.6, 25.9	317
試験区③	簡易加工	C	エコ堆くん 98.5	—	セラコート RL40 1.5	2.8-4.3-4.7, 26.3	375
慣行区	無加工		—	高度化成 14-14-14	100	14.0-14.0-14.0, 0	57

3) 調査時期、調査項目

生育調査(1~2か月毎)、収量調査(収穫期)、ほ場埋設法による肥料窒素溶出率の推移、静置培養法による窒素無機化量の推移、養分吸収量

b) ポット試験

供試作物 コマツナ

1) 試験実施場所 農園研内ハウス内、1/2000 ワグネルポットによる栽培試験

2) 試験区の構成 表3のとおり

表3 農園研ポット試験の構成・施肥量

区名	加工法	区	肥料名+配合割合(現物%)			設計成分(乾物%) N-P ₂ O ₅ -K ₂ O, 水分%	施肥量 kg/10a
			堆肥	化学肥料	緩効性肥料		
試験区①	ペレット	E	郷の有機 85.0	—	ハイパーCDU細粒5 15.0	7.0-1.3-1.8, 18.1	337
試験区②	ペレット	F	郷の有機 70.0	硫安 15.0	ハイパーCDU細粒5 15.0	10.2-1.3-1.8, 14.9	317
試験区③	簡易加工	H	郷の有機 98.0	—	セラコート R30 2.0	2.8-1.6-2.2, 20.9	375
慣行区	無加工		—	燐硝安加里 S604	100	16.0-10.0-14.0, 0	57

※試験区③を除いて基肥は N30kg/10a

c) 現地ほ場での実証試験

1) 試験実施場所

- ・試験最終年に JA 加美よつば、大郷有機センター等と連携し、JA 管内の生産者のほ場

2) 試験区の構成、規模

- ・代表的な試作肥料を基肥に活用し、10a 程度栽培

3) 調査時期、調査項目

- ・生育調査、収量調査

イ) 水稻などその他作物での効果検証

a) 試験場内試験

1) 試験実施場所

古川農業試験場 10a ほ場

2) 試験区の構成、規模 表 4 のとおり

表 4 古川農試の場内試験の構成・施肥量

区名	加工法	区	肥料名＋配合割合（現物％）			設計成分（糞％） N-P ₂ O ₅ -K ₂ O, 水分％	施肥量 kg/10a
			堆肥	化学肥料	緩効性肥料]		
試験区①	ペレット	G	郷の有機 96.2	硫安 3.8	—	2.8-1.5-2.1, 20.5	519.8
試験区②	ペレット	I	郷の有機 97.5	—	セラコート R70	2.5 3.1-1.5-2.2, 20.8	512.1
試験区③	簡易加工	D	エコ堆くん 98.1	—	セラコート R70	1.9 2.9-4.3-4.6, 26.2	509.5
慣行区	無加工		—	—	てまいらず 100	16.0-16.0-16.0, 0	37.5

3) 調査時期、調査項目

生育調査 草丈・茎数：分げつ期、幼穂形成期、減数分裂期

葉色：分げつ期、幼穂形成期、減数分裂期、穂揃期

成熟期調査 稈長・穂長、稲体窒素吸収量（湿式分解法）

収量調査 収量構成要素、玄米品質（サタケ社 RGQI100B）、玄米粗タンパク含有率（湿式分解法による玄米窒素含有率に換算係数 5.95 を乗じて算出）

b) 現地ほ場での実証試験

1) 試験実施場所

- ・試験最終年に JA 加美よつば、JA 新みやぎ等と連携し、JA 管内の生産者のほ場

2) 試験区の構成、規模

- ・代表的な試作肥料を基肥に活用した試験ほ場 1 筆と生産者慣行管理ほ場 1 筆

3) 調査時期、調査項目

- ・生育調査、収量調査

5. 全体計画

試験内容	2025 年度	2026 年度	2027 年度
①耕種農家が利用しやすい指定混合肥料への改良 ・堆肥と化学肥料の配合内容の検討 ・保管性や溶出状況等品質の検証	←	→	→
②圃場での実証による効果検証 ・園芸作物での効果検証 ・水稻などその他作物での効果検証	←	→	→

Ⅲ 宮城県畜産試験場試験成績書刊行規程・宮城県畜産試験場試験成績書執筆要領

宮城県畜産試験場試験成績書刊行規程

宮城県畜産試験場で行った研究の成果は、次の刊行物により発表する。

宮城県畜産試験場試験成績書（以下「試験成績書」という）

試験成績書は第１部と第２部により構成され、巻末に次年度の試験研究課題一覧を付す。

- 1 第１部は当該年度に実施した全ての研究課題についてその成績を発表するものである。
なお、単年度で完了した課題は第２部に掲載する。
- 2 第２部は当場で実施した継続研究課題について完了時における研究の成果を発表するものであり、完了課題の成果を発表する。
- 3 原稿作成は別に定める宮城県畜産試験場成績書執筆要領による。
- 4 試験成績書の刊行は年１回とし、その時期は試験実施年度の翌年度８月とする。
- 5 原稿の校正については、編集委員が行うものとし、編集委員は各部のリーダーから企画委員会の委員長が指名する。

付則、この規程は令和４年５月２６日より施行する。

宮城県畜産試験場試験成績書執筆要領

宮城県畜産試験場試験成績書刊行規程に基づき、次のように定める。

- 1 論文の構成は、次のとおりとする。
表題、著者名、本文
- 2 本文の配列順序は、次のとおりとする。
「１ はじめに」、「２ 試験方法」、「３ 結果および考察」、「４ 要約」、
「５ 引用文献（参考文献）」、「６ 協力研究機関」
- 3 前項「１ はじめに」の項には、試験実施の背景、目的および試験の概要についての説明を簡単に記し、「２ 試験方法」の項には、１）試験期間、２）試験場所を明記し、ついで試験材料等、試験の設定条件を明確にすること。
- 4 論文の作成方法は、次のとおりとする。
 - 1）表題は中央揃えでMSゴシック太文字 13 ポイントとし、担当氏名との間に 1 行開ける。
副題は中央揃えでMSゴシック細文字 13 ポイントとし、担当氏名との間に 1 行開ける。
なお、副題はアラビア数字を使用する
 - 2）著者名は右揃えMS明朝細文字 10.5 ポイントとし、本文との間に 1 行開ける。著者が 2 名以上の場合は、読点（、）で区切る。
 - 3）本文の「１ はじめに」の項には、試験実施の背景、目的および試験の概要についての説明を簡単に記す。
 - 4）「２ 試験方法」の項には、１）試験期間、２）試験場所を明記し、ついで試験材料等、試験の設定条件を明確にすること。
 - 5）図表類は本文の説明に必要なものに限り、図と表の重複は避ける。表の標題は上部に図・写真の標題は下部に付ける。また、論文毎に表 1、図 1 のように通し番号を付ける。
なお、一つの表(図)を分割した場合は、表 1－1 (図 1－1) のようにする。

6) 「4 要約」は、目的、方法、結果、結論の要点を簡潔、明瞭に記す。

7) 引用文献リストの書き方は、次のとおりとする。

(1) 雑誌 番号) 著者名*. 西暦発行年. 標題. 誌名 巻(号)**; 引用ページ (各項目の後のピリオドは必ず付ける。) **通巻ページのものには"号"を入れない。

(2) 単行書 番号) 著者名(編・訳者名). 西暦発行年. 書名. 版次(初版以外の場合). 発行地(東京以外の場合). 発行所. 引用ページ*

(3) 著者名

著者名は姓、名の順に記載する。2名以上の場合は、カンマ(,)で、区切り、列記する。

(4) 記載例

6) 古池寿夫.1978.機械的手段による雑草防除.雑草研究 23;49-54

7) 永田雅輝.御手洗正文.1975.小型トラクタ用ウィードに関する研究.第5報.甘し
よ.ラッカセイ.ナタネ.ダイズに対する適用性.農機誌 37;171-178

29) 渡辺兵力.1978.村落の理解(渡辺兵力編著,農業集落論) 竜溪書舎.p.21

5) Nielsen.R.L. 1977. Response of soybean Cultivars to narrow rows and planring
rates under weed-free conditins. Agron.J.69:89-92

3) Bakos.K.;Nilsson.A.1969. Respons of soybean plant to planting patterns. Agron.

J.61:290-293

5 原稿の作成は以下を参考にする。

1) 原稿はA4を縦方向に使用し、本文はMS明朝 10.5 ポイントの40字×40行とし、余白は左右、上下30mmとする。

なお、1～6の項目はMSゴシック体、太文字、10.5ポイントとする。

2) 本文の項目およびこれを細分する項目に見出し番号を付ける場合は次の順序とする。

1. (MSゴシック体、太文字、10.5ポイント)

1) (以下、MS明朝 10.5ポイント)

(1)

a

a)

(a)

ただし、見出しでない本文中の区分、および本文中で項目を列挙する場合は①、②、③・・・を用いる。

3) 本文の最初の行は、1文字下げとする。

4) 数字は原則としてアラビア数字を用いて半角で入力する。ただし、次のような場合は漢数字を用いる。

① ひと(つ)、ふた(つ) のように読む場合 例:3本一組、二つ目

② 数の概念が薄い場合 例:一般

③ 概数を表すような場合 例:十数倍

④ アラビア数字と併用し、大きな数字を表すとき 例:2万回

⑤ 慣用となっていると認められる場合 例:一酸化炭素、二乗

5) 学術用語は各学会の用語集に従う。専門用語は各分野の使用法に従う。

正誤表は原則として発行しない。

付則) この要領は令和4年5月26日より施行する。

編 集 委 員

福 田 純 子 高 橋 弘 晃

及 川 俊 徳 曾 地 雄一郎

天 野 祐 敏

宮城県畜産試験場試験成績書（令和 6 年度）

令和 7 年 8 月発行

編集兼発行 宮城県畜産試験場
宮城県大崎市岩出山南沢字樋渡 1
電話番号 (0229)-72-3101
郵便番号 989-6445

