

島根畜技セ研報

第 46 号

Bull.Shimane

Live.Tech.C

No.46 2022

ISSN 1882-1030

Bulletin of the  
Shimane Prefectural Livestock Technology Center

**No.46 March 2022**

# 島根県畜産技術センター研究報告

第 46 号

島根県畜産技術センター

出雲市古志町 3775

Shimane Prefectural Livestock Technology Center

Izumo, Shimane, Japan

Bulletin of the  
Shimane Prefectural Livestock Technology Center

No.46 2022

島根県畜産技術センター研究報告 第46号 (2022)



# 島根県畜産技術センター研究報告 第46号

## 目 次

発酵 TMR への稲発酵粗飼料の配合期間の違いが 黒毛和種短期肥育牛の肥育成績に及ぼす影響 森 愛華 藤原浩美 安部亜津子 .....	1
県内産飼料資源を活用した肥育牛用発酵 TMR の試作評価と 黒毛和種短期肥育牛への給与効果 安部亜津子 森 愛華 中村真紀 大渡康夫 <sup>1)</sup> 永田善明 <sup>1)</sup> 森山 綾 成相伸久 .....	8
1) 島根県産業技術センター	
黒毛和種における水酸化アルミニウムゲル吸着卵胞刺激ホルモン製剤を用いた 単回投与型過剰排卵処理プログラムの検討 (第2報) 小川康太 森脇俊輔 .....	18
アニマルモデルによる枝肉6形質に関する育種価の推定 渡部晃弘 秀島遼哉 山木康嗣 森脇俊輔 中村亮一 .....	23



## 発酵 TMR への稲発酵粗飼料の配合期間の違いが 黒毛和種短期肥育牛の肥育成績に及ぼす影響

森 愛華 藤原浩美 安部亜津子

**要約** 稲発酵粗飼料（イネ WCS）や酒粕等の県内産飼料資源を配合した発酵混合飼料（発酵 TMR）給与による黒毛和種去勢短期肥育体系において、肥育中期のイネ WCS 中断によってビタミン A コントロールが可能かどうかを検討するとともに、肥育成績に及ぼす影響を調査した。黒毛和種去勢牛 8 頭を、イネ WCS を肥育全期間給与する全期間区 (n=4) と、肥育中期にイネ WCS を給与しない制限区 (n=4) に区分し、26 か月齢まで肥育した。肥育期間中の血漿中ビタミン A 濃度は、全期間区では 80 IU/dl を下回ることがなかったのに対し、制限区はイネ WCS の配合を中断した 15 か月齢以降低下し、15 か月齢から肥育終了まで全期間区と比べて制限区で有意に低く推移しており、イネ WCS 配合の中断によってビタミン A コントロールが可能であることが示された。乾物の総摂取量は、全期間区と比べて制限区が高い傾向にあったが、発育には有意な差は認められなかった。枝肉成績は、ばらの厚さが全期間区よりも制限区で高い傾向であったが、その他の歩留形質に有意な差は認められなかった。しかし、枝肉の BMS No. は、全期間区と制限区で有意な差は認められず、肉質等級 5 は両区ともみられなかった。肥育期間中の血漿中ビタミン E 濃度は、15 か月齢以降、肥育終了まで制限区が全期間区と比べて制限区で有意に低く推移したが、ロース芯中のビタミン E 含量に有意な差は認められず、制限区でも全期間区と同等の肉の変色防止効果が期待できることが示唆された。

**キーワード**：発酵 TMR 稲発酵粗飼料 黒毛和種肥育牛 ビタミン A コントロール

黒毛和種における肥育期間の短縮は、生産コストの低減に有効な手段として期待されているが、慣行肥育と同等の出荷成績を得るためには、短期間で安定的に飼料を摂取させる必要がある。著者らはこれまでに、黒毛和種去勢牛の 26 か月齢出荷を目指した肥育体系での発酵混合飼料（TMR）の給与効果を検討した結果、29 か月齢出荷の慣行肥育と同等の肥育成績が得られたことから、短期肥育に有効な飼料給与体系であることが示唆された<sup>1)</sup>。さらに、飼料コスト低減を図るため、安価で安定的な入手が可能な稲発酵粗飼料（イネ WCS）や、酒粕等の地域の未利用資源を発酵 TMR の原料として活用した発酵 TMR の給与試験を行ったところ、肉質等級 4 以上率および枝肉重量は購入飼料主体の発酵 TMR 給与と同等の結果が得られ、加えてビタミン E 含量の高いイネ WCS の配合により肉の変色防止効果が期待された<sup>2)</sup>。一方で、肉質等級 5 率の低下が普及上の課題として残された。黒毛和種肥育では、肥育中期に相当する 14 から 20 か月齢の血中ビタミン A 濃度が脂肪交雑に影響することが知られており、肥育中期に飼料からのビタミン A 摂取を制限する、いわゆるビタミン A コントロールが行われている<sup>3,4)</sup>。前報の地域資源を

活用した発酵 TMR を給与した試験区での血漿中ビタミン A 濃度は、肥育中期に低下することなく推移しており<sup>2)</sup>、その原因としてビタミン A の前駆物質である  $\beta$ -カロテン含量が高いイネ WCS<sup>3)</sup> を発酵 TMR 原料として肥育期間を通じて給与したことが考えられた。よって、肥育中期に発酵 TMR へのイネ WCS 配合を中断し、飼料由来の  $\beta$ -カロテン摂取量を制限することで、ビタミン A コントロールが可能になると考えられる。一方、肥育中期に発酵 TMR へビタミン E 含量の高いイネ WCS の配合を中断することにより、ビタミン E 摂取量も低下し、筋肉中のビタミン E 含量が減少することが予想され、イネ WCS 給与により得られる肉の変色防止効果が損なわれることが懸念される。

そこで、発酵 TMR 原料としてイネ WCS を用いた給与体系において、ビタミン A コントロールを可能にすることを目的として、ビタミン制限を行うことが一般的な肥育中期（14 から 20 か月齢）における発酵 TMR へのイネ WCS の配合を中断し、血漿中ビタミン A 濃度の推移を調べるとともに、肥育成績に及ぼす影響を検討した。加えて、血漿中および肉中のビタミン E 含量ならびに肉の変色防止効果について確認した。

材料および方法

供試牛と飼養管理

黒毛和種去勢牛8頭を用い、8か月齢から26か月齢まで発酵TMR給与体系による肥育管理を行った。導入時には、肝蛭駆虫薬（ファシネックス、ノバルティスアニマルヘルス、東京）およびビタミンAD<sub>3</sub>E製剤（デュファゾールAD<sub>3</sub>E、共立製薬、東京）を経口投与するとともに、闘争による事故を防止するために除角を実施した。供試牛は、2頭を1群として、コンクリート床におが屑を敷いた3.2m×5.6mの牛房に収容し、放し飼いで飼育した。

試験区分と飼料給与

試験区は、イネWCSを肥育全期間給与する全期間区（n=4）と、肥育中期にイネWCSを給与しない制限区（n=4）に区分した。試験に用いた発酵TMRの原料構成割合および成分含量を表1に、各区での給与期間を図1に示した。すなわち、全期間区は肥育全期間においてイネWCSを配合した発酵TMRを用い、8から13か月齢には前期TMRを、14から26か月齢には後期TMRを給与した。制限区は、14から20か月齢にイネWCSを配合しな

い中期TMRを給与し、その他の期間は全期間区と同じ発酵TMRを給与した。すべての発酵TMRは、水分43%となるよう原料に加水し、TMRミキサーで混合した。これをフレコンバック内のビニール袋に投入して脱気・密封し、3週間以上発酵貯蔵したものを、飽食となるように給与した。水と鉱塩は自由摂取とした。ビタミンAの補給は、肥育中期において採食量の低下が見られ、ビタミンA簡易測定装置（Aクイック、藤原製作所、東京）を用いた測定により血漿中ビタミンA濃度が概ね50IU/dl以下の個体がみられた場合、ビタミンAD<sub>3</sub>E製剤をビタミンAとして10万IU経口投与にて補給した。

飼料摂取量

毎日13:30の飼料給与前に給与飼料の残食を牛房ごとにそれぞれ計量し、給与量から残食量を差し引いた重量を1日あたりの原物摂取量とした。ただし、同一牛房での2頭の合計摂取量の平均値を、1頭当たり摂取量とした。また、原物摂取量と給与飼料の成分含量から、乾物（DM）、粗タンパク質（CP）および可消化養分総量（TDN）の撰

表1 発酵TMRの原料構成割合と成分含量

	前期TMR	中期TMR	後期TMR
飼料構成（乾物%）			
前期配合	43.6		
後期配合		65.5	67.1
バイパスタンパク質飼料	6.9		
フスマ		6.9	3.7
そば外皮	8.1	3.5	3.8
酒粕	7.1	3.0	5.0
大麦わら	9.3	7.4	8.7
稲わら		13.6	
イネWCS	25.0		11.7
成分含量（乾物中%）			
粗タンパク質	15.9	11.5	12.1
中性デタージェント繊維	41.3	32.6	32.2
可消化養分総量	66.1	74.0	74.7

※可消化養分総量は日本標準飼料成分表(2009年版)に基づく推定値



図1 全期間区と制限区で用いた発酵TMRとその給与期間

取量を推定した。給与飼料の成分含量は常法<sup>5)</sup>に従って分析した。

### 発育

肥育開始時（8か月齢）、肥育前期終了時（14か月齢）、肥育中期終了時（21か月齢）肥育終了時の体重から、肥育前期（8から13か月齢）、肥育中期（14から20か月齢）、肥育後期（21から26か月齢）および肥育全期間（8から26か月齢）の日増体重(DG)を求めた。

### 血液成分

肥育開始後の9か月齢から3か月ごとに、頸静脈血をヘパリンナトリウム入り真空採血管を用いて採取した。得られた血液から血漿を分離後、分析まで-30℃で凍結保存した。測定項目は、ビタミンAおよびビタミンEとした。ビタミンA（レチノール）およびビタミンE（ $\alpha$ -トコフェロール）濃度は、常法<sup>6)</sup>により抽出処理を行い、高速液体クロマトグラフ（LC-10Avp、島津製作所、京都）により、レチノールは蛍光検出器（RF-20A、島津製作所；Ex 325nm、Em 465nm）を、 $\alpha$ -トコフェロールは紫外可視吸光検出器（SPD-20A、島津製作所；292nm）を用いて検出定量した。

### 枝肉成績と肉の理化学分析

枝肉成績は、公益社団法人日本食肉格付協会近畿・中・四国支所島根事務所による格付成績を用いた。牛肉の理化学分析には胸最長筋を用い、採取後真空包装で4℃、14日間保存し、その後分析まで-30℃で保管した。分析項目は、水分、CP、粗脂肪（EE）、ビタミンE含量とした。また、4℃保存期間中の胸最長筋断面におけるメトミオグロビン割合の経日変化を0から10日目まで調査した。水分およびEEは、食肉の理化学分析および官能

評価マニュアル<sup>7)</sup>に準じて分析した。CPはデュマサーム Npro（ゲルハルトジャパン、東京）を用いて燃焼法により測定した。ビタミンE含量は、株式会社つくば分析センター（茨城）に委託し、高速液体クロマトグラフにより測定した。筋断面のメトミオグロビン割合の測定には、胸最長筋から筋線維に対して直角方向に1cm厚に作成したスライスを用い、樹脂製トレイに入れて食品保存用ラップで被覆し、4℃、暗所で保存した。サンプルを切り出し、4℃、30分ブルーミング処理後の測定を0日とし、以後1、3、7および10日目に分光測色計（CM2500d、コニカミノルタ、東京）を用いて520、530、570および580nmにおける反射率を測定し、Stewartら<sup>8)</sup>の方法によりメトミオグロビン割合を算出した。

### 統計処理

Studentのt検定を用いて、試験区間の平均値の差を検定した。得られたP値をもとに、 $P<0.05$ を有意差あり、 $0.05 \leq P<0.1$ を傾向ありと判定した。

### 結果および考察

肥育期間中の血漿中ビタミンA濃度は、図2に示した。制限区の血漿中ビタミンA濃度は、イネWCSの配合を中断した15か月齢以降低下し、15か月齢から肥育終了まで全期間区と比べて有意に低く推移していた（ $P<0.05$ ）。また、制限区ではイネWCSを中断していた15から21か月齢までの間において60 IU/dl以下に制限されており、肥育中期のイネWCS配合の中断により、ビタミンAコントロールが可能であることが示された。なお、ビタミンAの補給は、肥育中期の間に全期間区で2回、制限区で6回行った。

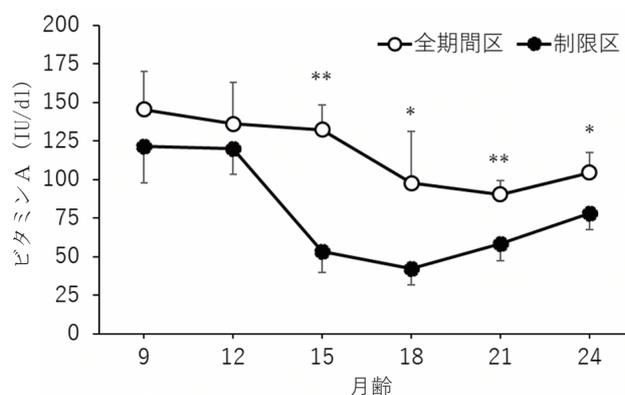


図2 肥育期間中の血漿中ビタミンA濃度の推移

全期間区：n=4，制限区：n=4。○および●は平均値を，エラーバーは標準偏差を示す。同一月齢において試験区間に有意差あり，\*： $P<0.05$ ，\*\*： $P<0.01$ 。

肥育期間中の飼料摂取量と発育は、表2に示した。DM 摂取量は、全期間区よりも制限区で高い傾向にあったが、CP および TDN の摂取量は、試験区間で有意な差は認められなかった。その結果、肥育開始時および終了時の体重にも試験区間で有意な差は認められず、肥育全期間の DG も試験区による有意な差は認められなかった。また、試験区間で異なる設計の発酵 TMR 給与を行った肥育中期の DG にも有意な差は認められなかった。このことから、肥育中期にイネ WCS 配合を中断したことによる飼料摂取量や発育への悪影響はないことが示唆された。

枝肉成績および胸最長筋の理化学分析値は、表3に示した。ばらの厚さは制限区が全期間区と比べて高い傾向であったが、その他の歩留形質には試験区間で有意な差は認められなかった。肉質等級4以上率は制限区が全期間区と比べて高い値となったが、BMS No. には試験区間で有意な差は認められず、胸最長筋中の一般成分にも試験区間で有意な差は認められなかった。また、肉質等級5の個体は両試験区とも得られなかった。黒毛和種肥育では、14 から 20 か月齢の血中ビタミン A 濃度が脂肪交雑に影響しており、16 か月齢におい

て血漿中ビタミン A が 80 IU/dl 以下である方が 80 IU/dl 以上の場合よりも BMS No. が高いことが知られている<sup>3)</sup>。本試験の制限区の血漿中ビタミン A 濃度は、15 から 21 か月齢まで 80 IU/dl 以下にコントロールされていたのに対し、全期間区は 80 IU/dl を上回っていたにもかかわらず、試験区間で BMS No. に有意な差は認められなかった。また、渡辺ら<sup>9)</sup>は、BMS No. が 8 以上に格付された牛のほとんどは、18 から 19 か月齢の血中ビタミン A 濃度が 50IU/dl 以下であったと報告している。しかし、本試験の制限区の 18 か月齢時の平均血漿中ビタミン A 濃度は 43IU/dl であり、制限区の 4 頭のうち 3 頭で 50IU/dl 以下に制限されていたが、BMS No. が 8 以上に格付された牛はみられなかった。黒毛和種肥育において肥育後期は脂肪交雑の向上に重点をおき、粗飼料比率を低下させ、TDN 水準を高める管理が一般に行われている<sup>3)</sup>。本試験において両試験区で肥育後期 (21 か月齢以降) に給与した後期 TMR の原料構成および成分含量は、前報<sup>2)</sup>の設計を踏襲しており、TDN 含量は 74.7% (日本標準飼料成分表 (2009 年版)<sup>10)</sup>に基づく推定値)であった。前報では、慣行 TMR<sup>1)</sup>の購入飼料の一部をイネ WCS や酒粕等の地域資

表2 飼料成分摂取量と発育

	全期間区 (n=4)	制限区 (n=4)	p値
摂取量 (kg)			
乾物	4371 ±25	4731 ±156	0.08
粗タンパク質	642 ±1	678 ±21	0.14
可消化養分総量	3171 ±23	3365 ±106	0.13
体重 (kg)			
肥育開始時 (8か月齢)	265 ±14	269 ±31	0.82
肥育前期終了時 (14か月齢)	492 ±5	490 ±45	0.92
肥育中期終了時 (21か月齢)	694 ±22	697 ±70	0.95
肥育終了時	790 ±58	811 ±71	0.66
日増体重 (kg/日)			
肥育前期 (8-13か月齢)	1.25 ±0.07	1.23 ±0.10	0.77
肥育中期 (14-20か月齢)	0.96 ±0.12	0.97 ±0.12	0.90
肥育後期 (21か月齢-肥育終了時)	0.69 ±0.36	0.84 ±0.13	0.46
肥育全期間 (8か月齢-肥育終了時)	0.99 ±0.15	1.03 ±0.10	0.67

数値は平均±標準偏差を示す。

※可消化養分総量は日本標準飼料成分表 (2009年版) に基づく推定値

源で置き換えたのみであり、TDN 含量の調整は行わなかったため、慣行 TMR の TDN 含量 78.4% (日本標準飼料成分表 (2009 年版)<sup>10)</sup> に基づく推定値) と比べて低い設計となっていた。加えて、酒粕やそば外皮といった地域資源の TDN 含量に関する情報が乏しく、正確な数値が得られていないため、実際に給与した発酵 TMR 中の TDN 含量が設計値と比べて低かった可能性も考えられた。そのため、前報において肉質等級 5 率が低下した原因は、ビタミン A 制限をしなかったことだけではなく、TDN 摂取量が不足していた可能性が考えられた。また、生産現場での給与水準を踏まえて令和 2 年度に作成された「しまね和牛 肥育の手引き」<sup>11)</sup> では、肥育後期 (29 か月齢出荷体系で 18 か月齢以降、24 か月齢出荷体系で 16 か月齢以降) において目安としている飼料中 TDN 含量 81% と比べても本試験の後期 TMR の TDN 含量は低い設定となっていた。よって、本試験の設計では肥育後期の飼料中エネルギー含量が不足しており、ビタミン A 制限を行ったにも関わらず、脂肪交雑向上効果が十分に得られなかった可能性が考えられた。したがって、脂肪交雑を高めるためには、ビタミン A コントロールに加えて、後期に給与する発酵 TMR

のエネルギー含量を高める必要があることが示唆された。なお、本試験は各区 4 頭で行ったが、供試頭数が少なかったために、血統や育成期の管理、その他の環境要因等の影響により試験処理の効果が明確にできなかったことも考えられた。よって、血統および育成条件の統一や、供試頭数を増やしてさらに検討を加える必要も考えられた。

脂肪の色沢と質等級は、制限区では全頭が 5 等級であったのに対し、全期間区は 5 等級が 1 頭、4 等級が 3 頭であった。BFS No. は、制限区が 3.5、全期間区が 4.75 であり、全期間区において脂肪の黄色化がみられた。脂肪の着色に関わる色素は  $\beta$ -カロテンが主体であり、その含有量は飼料中の  $\beta$ -カロテン含量が影響していることが知られている<sup>3)</sup>。本試験の全期間区では  $\beta$ -カロテン含量の高いイネ WCS の配合により脂肪の黄色化がみられたことが推察された。また、飼料からの  $\beta$ -カロテンの供給を制限することで、脂肪中の  $\beta$ -カロテン含量は低下し、脂肪の黄色度は軽減されることが報告されており<sup>12,13)</sup>、本試験の制限区では肥育中期にイネ WCS 配合を中断したことにより脂肪中の  $\beta$ -カロテン含量が低下したために、脂肪の黄色化が軽減されたことが推測された。このことから、肥育中

表3 枝肉成績および胸最長筋の理化学分析値

	全期間区 (n=4)	制限区 (n=4)	p値
枝肉格付成績			
枝肉重量 (kg)	485.9 ± 21.5	509.9 ± 37.0	0.31
胸最長筋面積 (cm <sup>2</sup> )	59.3 ± 8.8	62.5 ± 9.0	0.62
ばらの厚さ (cm)	8.0 ± 0.5	8.8 ± 0.5	0.07
皮下脂肪の厚さ (cm)	2.5 ± 0.3	2.4 ± 0.5	0.86
歩留基準値	74.2 ± 1.1	74.9 ± 0.7	0.33
BMS No.	5.5 ± 1.3	5.8 ± 0.5	0.73
BFS No.	4.8 ± 0.5	3.5 ± 0.58	0.02
肉質等級4以上率	3/4 (75%)	4/4 (100%)	-
肉質等級5率	0/4 (0%)	0/4 (0%)	-
理化学分析値			
水分 (現物中%)	43.0 ± 5.4	41.2 ± 1.0	0.53
粗タンパク質 (現物中%)	14.4 ± 2.6	13.7 ± 0.3	0.59
粗脂肪 (現物中%)	42.1 ± 8.0	44.7 ± 0.9	0.53
ビタミンE含量 (mg/100g現物)	0.6 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.12

数値は平均±標準偏差を示す。

※可消化養分総量は日本標準飼料成分表(2009年版)に基づく推定値

期のイネ WCS 配合の中断は脂肪の黄色化防止に有効であると考えられた。

肥育牛へのビタミン E の給与は、牛肉中のビタミン E 蓄積量を高め、保存中の牛肉の変色を防止することが知られている<sup>14)</sup>。前報では、ビタミン E 含量の高いイネ WCS を肥育全期間にわたって配合したことにより、肉の変色防止効果が認められた<sup>2)</sup>。本試験の制限区では、肥育中期にイネ WCS 配合を中断することで、全期間区と比べてビタミン E 摂取量の低下が予想されることから、血漿中および筋肉中のビタミン E 濃度や、保存中の肉色変化に及ぼす影響を検討した。肥育期間中の血漿中ビタミン E 濃度は、図 3 に示した。制限区の血漿中ビタミン E 濃度は、イネ WCS 配合を中断した 15 か月齢以降低下し、肥育終了まで全期間区と比べて有意に低く推移していた。ところが、胸最長筋中のビタミン E 含量は試験区間で有意な差は

認められなかった (表 3)。また、両区とも肉の変色防止に有効であるとされる  $0.3\text{mg}/100\text{g}^{15)}$  を上回っており、肥育中期にイネ WCS の配合を中断しても、変色防止効果が得られることが推察された。肉色褐色化の指標であるメトミオグロビン割合は、 $4^\circ\text{C}$  保存下において 10 日目まで試験区間で有意な差は認められず (図 4)、前報<sup>2)</sup> の地域資源を配合した発酵 TMR を給与した場合と同等の結果が得られた。メトミオグロビン割合が  $40\%^{16)}$  を上回ると消費者の購買意欲が低下するとされるが、本試験の制限区についても 7 日目まで  $40\%$  を上回ることなく、肥育中期にイネ WCS 配合の中断を行っても、消費者が見た目で判断できるレベルの肉色褐色化抑制効果を得られることが示唆された。

以上のことから、イネ WCS や酒粕等の地域資源を活用した発酵 TMR を用いた肥育体系において、肥育中期に発酵 TMR へのイネ WCS の配合を中断

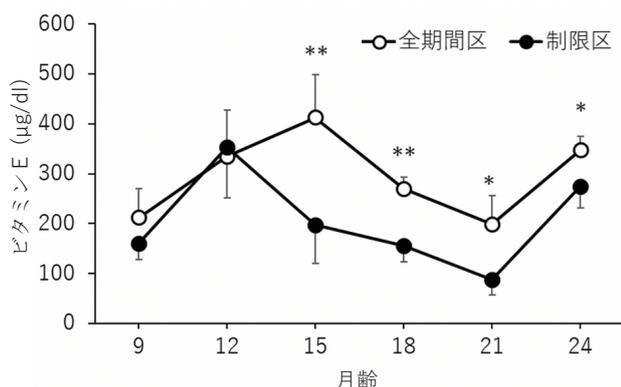


図 3 肥育期間中の血漿中ビタミンE濃度の推移

全期間区：n=4，制限区；n=4。○および●は平均値を，エラーバーは標準偏差を示す。同一月齢において試験区間に有意差あり，\*：P<0.05，\*\*：P<0.01。

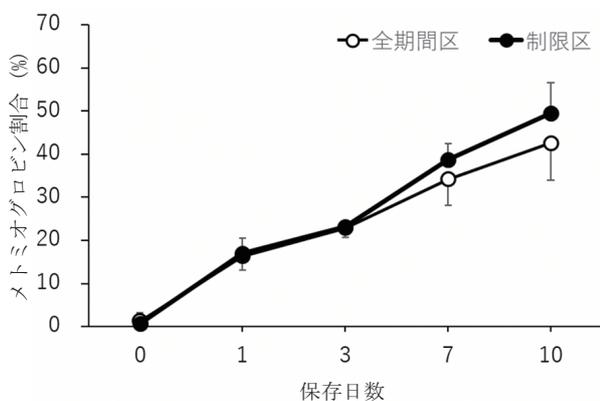


図 4  $4^\circ\text{C}$  保存期間中における胸最長筋表面のメトミオグロビン割合の経日変化

全期間区：n=4，制限区；n=4。○および●は平均値を，エラーバーは標準偏差を示す。

することによって、一般に行われている水準でのビタミン A コントロールが可能であることが示された。また、イネ WCS 配合の中断による胸最長筋中ビタミン E 含量の低下はみられず、イネ WCS を肥育全期間配合した場合と同等の肉の変色防止効果が期待できることが示唆された。しかし、肉質等級や BMS No. の改善効果が得られず、その原因として肥育後期のエネルギー摂取量が不足していたことが考えられた。よって、エネルギー含量を高めた発酵 TMR メニューの設計と肥育成績に及ぼす効果の検証が今後の課題である。

### 引用文献

- 1) 安部亜津子ら. 2019. 日本畜産学会報 90, 121-131.
- 2) 安部亜津子ら. 2021. 鳥根県畜産技術センター研究報告 46, 1-8.
- 3) 農業・食品産業技術総合研究機構編. 2009. 日本飼養標準・肉用牛 (2008 年版). 中央畜産会, 東京.
- 4) 肉用牛研究会編. 2015. 肉用牛の科学. 養賢堂.
- 5) 自給飼料利用研究会編. 2009. 三訂版粗飼料の品質評価ガイドブック. 日本草地畜産種子協会, 東京.
- 6) 日本ビタミン学会編. 1983. 脂溶性ビタミン, ビタミン学実験法 I. 23-26, 東京化学同人, 東京.
- 7) 家畜改良センター. 2010. 食肉の理化学分析および官能評価マニュアル. 7-17, 家畜改良センター, 福島.
- 8) Stewart et al. 1965. Journal of Food Science 30, 464-469.
- 9) 渡辺大作ら. 1999. 栄養生理研究会報 43, 119-128.
- 10) 農業・食品産業技術総合研究機構編. 2009. 日本標準飼料成分表 (2009 年版). 中央畜産会, 東京.
- 11) 鳥根県農業協同組合・鳥根県農林水産部. 2021. しまね和牛 肥育の手引き. 鳥根県農業協同組合・鳥根県, 鳥根.
- 12) 安田三郎ら. 1970. 鹿児島県畜産試験場試験研究報告書 5, 13-16.
- 13) 渡邊彰ら. 2002. 東北農業研究 55, 137-138.
- 14) 三津本充ら. 1995. 日本畜産学会報 66, 962-968.
- 15) Mitsumoto M et al. 1993. Journal of Animal Science 71, 1812-1816.
- 16) Greene BE et al. 1971. Journal of Food Science 36, 940-942.

# 県内産飼料資源を活用した肥育牛用発酵 TMR の試作評価と 黒毛和種短期肥育牛への給与効果

安部亜津子 森 愛華 中村真紀 大渡康夫<sup>1)</sup>  
永田善明<sup>1)</sup> 森山 綾 成相伸久

**要約** 発酵 TMR の生産コスト低減と、県内産の未利用の飼料資源を活用した「しまね和牛」肥育体系の構築を目指し、稲発酵粗飼料（イネ WCS）、酒粕等の県内産飼料資源を配合した発酵混合飼料（発酵 TMR）の品質評価ならびに黒毛和種去勢短期肥育牛への給与試験を行い、肥育成績および牛肉品質に及ぼす影響について調査した。当センター慣行発酵 TMR（前期および後期）を構成する購入飼料の一部を、イネ WCS、酒粕およびそば製粉残さで置き換えた発酵 TMR（地域資源 TMR）をパウチ法により試作した（試験 1）。地域資源 TMR（前期および後期）のフリーク評点は 98 点以上で、良好な発酵品質が得られた。飼料成分分析値および推定 TDN 含量から、飽食給与によって養分要求量を充足できると試算された。地域資源 TMR の  $\beta$ -カロテン含量およびビタミン E 含量は、慣行 TMR と比べて高かった。試験 1 での試作に基づき設計調製した発酵 TMR（W-TMR 区）を黒毛和種去勢肥育牛に給与し、輸入飼料を主体として設計した慣行 TMR（TMR 区）の成績と比較した（試験 2）。飼料摂取量、発育および飼料効率において、試験区間で有意な差は認められなかった。枝肉重量は W-TMR 区の方が高い傾向にあり、また、BMS No. および肉質等級 4 以上率は W-TMR 区（7.0、100%）と TMR 区（7.3、100%）とで差は認められなかったことから、イネ WCS を配合した発酵 TMR を全期間給与しても、肉質を大きく低下させることなく、慣行と同等以上の枝肉成績を確保できることが示唆された。W-TMR 区の胸最長筋中ビタミン E 含量は変色防止に有効であるとされる 0.3 mg/100g を上回り、胸最長筋断面のメトミオグロビン割合は、保存 3 日目以降において TMR 区と比べて有意に低い値を示した（ $P < 0.01$ ）ことから、イネ WCS を含む発酵 TMR の給与によって、牛肉の変色防止効果が期待できることが示唆された。

**キーワード**：発酵 TMR 稲発酵粗飼料 黒毛和種 短期肥育

黒毛和種肥育における肥育期間の短縮は、出荷回転率の向上や飼料費の低減が図られることにより、生産コスト低減のための有効な手段のひとつになりうると期待される。こうした観点から、国の家畜改良増殖目標においても、26 ないし 28 か月齢での出荷を目指し、かつ、慣行肥育と同程度の枝肉重量および肉質等級を目標とすることが定められている<sup>1)</sup>。

慣行肥育と比べて発育設定を高めた短期肥育体系においては、短期間で安定的に飼料を摂取させる必要がある。そこで、著者らは、黒毛和種肥育牛の 26 か月齢出荷を目指した肥育体系において、発酵混合飼料（発酵 TMR）の給与効果を検討した。その結果、分離給与と比べて濃厚飼料摂取量を高く維持でき、また、29 か月齢出荷の慣行肥育と同等の肥育成績が得られ、短期肥育に有効な飼料給与体系であることが示唆された<sup>2)</sup>。しかし、発酵

TMR 給与体系では、TMR 調製に必要な施設設備への投資や、梱包・密封に用いる資材にかかる経費が分離給与に比べて増加するため、原料コストの低減が実用化に向けた課題となっている。加えて、肥育牛の主要な飼料である穀物や粗飼料の大部分は輸入に依存しており、その供給は不安定な状況にある。将来にわたって飼料を安定的に確保するためにも、自給飼料、食品残さといった飼料資源の活用を進める必要がある。

TMR を発酵処理して保存性を高めた発酵 TMR は、自給粗飼料や食品残さといった、保存性が低く、発生に時期的変動がある飼料資源を有効活用できる点で注目されている<sup>3)</sup>。黒毛和種肥育においても、生稲わらサイレージ<sup>4)</sup> や稲発酵粗飼料<sup>5)</sup> 等の自給粗飼料、また、カンショ焼酎粕濃縮液<sup>6)</sup> やトウフ粕、ビール粕等の粕類<sup>7)</sup> といった食品製造残さを用いた発酵 TMR の給与技術が検討されている。

1) 島根県産業技術センター

本試験では、発酵 TMR の生産コスト低減と、県内産の飼料資源を活用した「しまね和牛」肥育体系の構築を目指し、粗飼料として稲発酵粗飼料（イネ WCS）に、穀物飼料の代替として酒粕、そば製粉残さおよび廃棄和菓子に着目して、これらの飼料資源を配合した発酵 TMR の試作ならびに品質評価を行った（試験 1）。さらに、設計した発酵 TMR を黒毛和種去勢牛に給与し、26 か月齢で出荷した場合の肥育成績および牛肉品質に及ぼす影響について検討した（試験 2）。

### 材料および方法

#### 試験 1

#### 地域資源を配合した発酵 TMR の試作と品質評価

##### 飼料設計

酒粕およびそば製粉残さの飼料成分含量（表 1）に基づき、購入飼料を主体として設計された当センター慣行発酵 TMR（前期および後期）を構成する原料の一部を、イネ WCS（品種：たちすずか）、酒粕およびそば製粉残さで置き換えた TMR（地域資源 TMR）を設計した（表 2）。ただし、粗タンパク質（CP）、中性デタージェント繊維（NDF）および粗飼料比率（乾物重量比）は、前期用：

16%、40%、35%、後期用：12%、30%、20% に設定した。また、設計した TMR 中の県内産飼料資源の割合（乾物重量比）は、前期用が 50%（粗飼料 100%、濃厚飼料 23%）、後期用が 32%（粗飼料 100%、濃厚飼料 15%）となった。

##### TMR 調製

飼料原料にサイレージ用乳酸菌製剤（サイマスター LP、雪印種苗、北海道、500mg/kg）を添加し、水分が 43% となるよう加水して混合後、250g を真空包装用ポリ袋に入れ、家庭用脱気シーラーを用いて脱気・密封し、暗所、室温で 4 週間発酵貯蔵した。試験区は、前期用、後期用それぞれについて、廃棄和菓子添加（原物重量比 3%）の有無により 2 区を設定し、各区につき 3 バッチを調製した。

##### 発酵品質

発酵処理後の TMR を 30g 採取し、140mL の蒸留水を加えて 4℃、24 時間静置後、ろ過して抽出液を得た。抽出液は pH メーターを用いて pH を測定するとともに、一部を有機酸およびエタノール測定用サンプルとして -30℃ で保管した。有機酸含量（酢酸、酪酸、プロピオン酸および乳酸）は高速液体クロマトグラフ（HPLC）法<sup>8)</sup>で、エタノール濃度は国税庁所定分析法（昭和 36 年国税庁訓令

表 1 地域資源の飼料成分含量

	水分	CP	EE	CAsh	NDF	ADF	NFC
そば製粉残さ	11.4	9.7	2.9	2.5	47.5	37.0	37.3
酒粕	61.2	29.3	0.5	0.7	22.9	ND	46.7
廃棄和菓子	22.9	3.8	0.4	0.4	9.3	0.9	86.1

CP:粗タンパク質、EE:粗脂肪、CAsh:粗灰分、NDF:中性デタージェント繊維、ADF:酸性デタージェント繊維、NFC:非繊維性炭水化物。水分は原物中%，その他成分は乾物中%を示す。NDは不検出を示す。

表 2 試作した慣行および地域資源TMRの原料構成割合

原料構成（乾物%）	前期用		後期用	
	慣行	地域資源	慣行	地域資源
前期配合	56.4	43.2		
後期配合			74.1	67.6
バイパスタンパク質飼料	6.8	6.9		
大豆粕			1.8	
フスマ			4.3	
チモシー乾草	27.6			
バミューダグラスストロー			9.1	
稲わら			2.2	
大麦わら	9.2	9.2	8.5	8.8
そば皮(石臼)		8.0		3.8
酒粕		7.0		8.3
イネWCS（品種：たちすずか）		25.7		11.4
地域資源による代替率（乾物%）				
濃厚飼料		23		15
粗飼料		100		100
全体		50		32

第1号)に基づきガスクロマトグラフ法で測定した。また、有機酸組成からフリーク評点<sup>8)</sup>を算出した。

#### 飼料成分分析

飼料成分は、一般飼料成分、酸性デタージェント繊維 (ADF)、NDF、デンプンおよびビタミン ( $\beta$ -カロテン、ビタミンE) 含量を調査した。発酵処理後のTMRの一部を採取し、55℃、48時間通風乾燥後に1mmメッシュの粉碎機で粉碎処理し、分析に供した。一般飼料成分、ADFおよびNDFは常法<sup>8)</sup>で、デンプンはTotal Starch Assay Kit (Megazyme International, Ireland) を用いて酵素法で、 $\beta$ -カロテンおよびビタミンE含量はHPLC法<sup>8)</sup>で測定した。分析で得られたNDF含量およびデンプン含量を用いて、可消化養分総量(TDN)を、棟加登と藤吉<sup>9)</sup>が報告した推定式 ( $TDN = -10.8 \times \ln(NDF/デンプン) + 81.2$ ) により算出した。

#### 統計処理

各測定項目について、廃棄和菓子添加の効果をStudentのt検定で検討した。

#### 試験2

##### 地域資源を配合した発酵TMRの黒毛和種去勢肥育牛への給与試験

試験1での試作に基づき設計調製した、地域資源を配合した発酵TMR(W-TMR区)を黒毛和種去勢肥育牛に給与し、肥育経過、枝肉成績および肉の理化学性状を調査するとともに、輸入飼料を

主体として設計した慣行TMR(TMR区)を給与した既報の成績<sup>2)</sup>と比較した。

#### 供試牛と飼養管理

黒毛和種去勢牛6頭を用い、8か月齢から26か月齢まで発酵TMR給与体系による肥育管理を行った。導入時には、肝蛭駆虫薬(ファシネックス、ノバルティスアニマルヘルス、東京)およびビタミンAD<sub>3</sub>E製剤(デュファゾールAD<sub>3</sub>E、共立製薬、東京)を経口投与するとともに、闘争による事故を防止するために除角を実施した。供試牛は、2頭を1群として、コンクリート床におが屑を敷いた3.2m×5.6mの牛房に収容し、放し飼いで飼育した。ただし、試験牛の1頭が18か月齢時に事故により死亡したため、当該牛の同居牛はその後出荷まで1頭で管理した。

#### 供試飼料と給与方法

各発酵TMRの原料構成割合および成分含量は、表3に示すとおりとした。すべての発酵TMRは、水分43%となるよう原料に加水し、TMRミキサーで混合した。これをフレコンバック内のビニール袋に投入して脱気・密封し、3週間以上発酵貯蔵したものを、飽食となるように給与した。水と鈹塩は自由摂取とした。

#### 飼料摂取量

毎日13:30の飼料給与前に給与飼料の残食を牛房ごとにそれぞれ計量し、給与量から残食量を差し引いた重量を1日あたりの原物摂取量とした。ただし、同一牛房での2頭の合計摂取量の平均値

表3 肥育牛への給与試験に用いた発酵TMRの原料構成と成分含量

	前期TMR		後期TMR	
	TMR区	W-TMR区	TMR区	W-TMR区
原料構成(乾物%)				
前期配合	56	43		
後期配合			74	68
バイパスタンパク質飼料	7	7		
加熱大豆粕	7	7	2	
フスマ			4	
チモシー乾草	28			
バミューダグラスストロー			9	
大麦わら	9	9	11	9
そば外皮		8		4
酒粕		7		8
イネWCS		26		11
成分含量				
粗タンパク質(乾物中%)	16	16	12	13
可消化養分総量 <sup>*</sup> (乾物中%)	72	66	78	75
ビタミンE(mg/kg乾物)	9.3	60.2	13.8	23.7
$\beta$ -カロテン(mg/kg乾物)	2.1	6.7	0.3	2.0

<sup>\*</sup>可消化養分総量は日本標準飼料成分表(2009年版)に基づく推定値。

を、1頭当たり摂取量とした。また、原物摂取量と給与飼料の成分含量から、乾物 (DM)、CP および TDN の摂取量を推定した。給与飼料の成分含量は常法<sup>9)</sup>に従って分析した。

### 発育

肥育開始時 (8 か月齢)、肥育前期終了時 (14 か月齢)、肥育終了時の体重から、肥育前期 (8 から 13 か月齢)、肥育後期 (14 から 26 か月齢) および肥育全期間 (8 から 26 か月齢) の日増体重 (DG) を求めた。また、各期間の飼料要求率は、DM、CP および TDN 摂取量を当該期間の体重増加量で除して求めた。

### 血液成分

肥育開始時 (8 か月齢)、肥育前期終了時 (14 か月齢)、肥育後期 (20 か月齢) および出荷前 (25 か月齢) において、頸静脈血をヘパリンナトリウム入り真空採血管を用いて採取した。得られた血液から血漿を分離後、分析まで -30℃ で凍結保存した。測定項目は、グルタミン酸オキサロ酢酸トランスアミナーゼ (GOT)、 $\gamma$ -グルタミルトランスフェラーゼ (GGT)、ビタミン A およびビタミン E とした。GOT および GGT 濃度は、生化学自動分析装置 (富士ドライケム 4000V、富士フィルムメディカル、東京) および専用スライド (GOT-PIII および GGT-PIII、富士フィルムメディカル) を用いて測定した。ビタミン A (レチノール) およびビタミン E ( $\alpha$ -トコフェロール) 濃度は、常法<sup>10)</sup>により抽出処理を行い、高速液体クロマトグラフ (LC-10Avp、島津製作所、京都) により、レチノールは蛍光検出器 (RF-20A、島津製作所; Ex 325nm、Em 465nm) を、 $\alpha$ -トコフェロールは紫外可視吸光検出器 (SPD-20A、島津製作所; 292nm) を用いて検出定量した。

### 枝肉成績と肉の理化学分析

枝肉成績は、(公社) 日本食肉格付協会近畿・中・四国支所島根事務所による格付成績を用いた。牛肉の理化学分析には胸最長筋を用い、採取後真空包装で 4℃、14 日間保存し、その後分析まで -30℃ で保管した。分析項目は、水分、CP、粗脂肪 (EE)、ビタミン E 含量および保水性とした。また、4℃ 保存期間中の胸最長筋断面におけるメトミオグロビン割合の経日変化を 0 ~ 10 日目まで調査した。水分、EE および保水性は、食肉の理化学分析および官能評価マニュアル<sup>11)</sup> に準じて分析した。CP はデユマサーム Npro (ゲルハルトジャパン、東京) を用いて燃焼法により測定した。ビタミン E 含量は、株式会社つくば分析センター (茨城) に委託し、高速液体クロマトグラフにより測定した。筋断面のメトミオグロビン割合の測定には、胸最長筋から筋線維に対して直角方向に 1 cm 厚に作成したスライスを用い、樹脂製トレイに入れて食品保存用ラップで被覆し、4℃、暗所で保存した。サンプルを切り出し、4℃、30 分ブルーミング処理後の測定を 0 日とし、以後 1、3、7 および 10 日目に分光測色計 (CM2500d、コニカミノルタ、東京) を用いて 520、530、570 および 580 nm における反射率を測定し、Stewart ら<sup>12)</sup> の方法によりメトミオグロビン割合を算出した。

### 統計処理

Student の t 検定を用いて、試験区間の平均値の差を検定した。得られた P 値をもとに、 $P < 0.05$  を有意差あり、 $0.05 \leq P < 0.1$  を傾向ありと判定した。ただし、W-TMR 区の 1 頭が 18 か月齢時に事故により死亡したため、当該牛は分析から除外した。

## 結果および考察

### 試験 1

試作した発酵 TMR の発酵品質は表 4 に示した。

表 4 試作した地域資源TMRの発酵品質

項目	和菓子添加				P値
	なし		あり		
前期用	pH	4.36 ± 0.01 <sup>a</sup>	4.50 ± 0.08 <sup>b</sup>	0.04	
	酢酸+乳酸 (乾物中%)	3.86 ± 0.09 <sup>a</sup>	3.11 ± 0.29 <sup>b</sup>	0.02	
	フリーク評点	99.7 ± 0.58	98.7 ± 0.58	0.10	
	エタノール (乾物中%)	6.51 ± 0.41 <sup>a</sup>	7.17 ± 0.43 <sup>b</sup>	0.02	
後期用	pH	4.02 ± 0.03 <sup>a</sup>	4.11 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.01	
	酢酸+乳酸 (乾物中%)	4.72 ± 0.21	4.08 ± 0.42	0.08	
	フリーク評点	99.7 ± 0.58	98.7 ± 0.58	0.10	
	エタノール (乾物中%)	6.07 ± 0.59	6.09 ± 1.72	0.98	

数値は平均値±標準偏差を示す。

a, b: 処理区間で有意差あり ( $P < 0.05$ )

前期用および後期用ともに、廃棄和菓子を追加した区が無添加に比べて有機酸含量が低く、pHが高くなった ( $P<0.05$ ) が、フリーク評点はすべての区において98点以上で、廃棄和菓子添加の有無にかかわらず良好な発酵品質が得られた。今回、乳酸発酵の促進による発酵品質の改善を目的として、乳酸発酵の基質である糖の供給源として廃棄和菓子を添加したが、添加の有無による発酵品質の違いは認められなかった。この原因として、肥育牛用TMRは濃厚飼料割合が高く、もともと非構造性炭水化物が多く含まれるために、廃棄和菓子添加を添加しても明瞭な発酵品質改善効果が見られなかったことが考えられた。

地域資源TMRのエタノール含量(乾物中%)は6.1~7.2で、慣行TMRではほとんど検出されなかったのに対して大きな違いが見られた。地域資源TMRに混合した酒粕は未処理(生)であったため、酒粕中に存在する酵母によってTMR中の非構造性炭水化物からエタノールが産生されたと推察された。また、エタノール合成に非構造性炭水化物が利用されたことで、有機酸合成が相対的に低下したために、地域資源TMRの有機酸含量が低下した可能性が考えられた。飼料由来のエタノール摂取について、乳牛では1日あたり300ないし400gを1週間給与しても問題がないことが報告されている<sup>13,14)</sup>が、長期間給与した際の影響については明らかでない。そのため、エタノールを比較的多量に含む地域資源発酵TMRを肥育牛に対して長期給与した場合の、健康状態などに及ぼす影響について検討する必要があると考えられる。

地域資源TMRの飼料成分含量は表5に示した。

CPおよびTDN含量について、日本飼養標準(2008年版)<sup>15)</sup>から推定したDM要求量を充足するように給与すれば、CPおよびTDNの要求量も充足可能であると試算された。ビタミン含量については、 $\beta$ -カロテンおよびビタミンEともに、イネWCSで粗飼料を代替した地域資源TMRが慣行TMRを大きく上回った。肥育牛に対するビタミンE給与効果として、牛肉の保存中の肉色および脂質安定化<sup>16,17,18)</sup>や、ドリップロスおよびクッキングロスの低減効果<sup>19)</sup>が知られている。また、ビタミンE含量の高い生稲わらサイレージ<sup>4)</sup>や稲発酵粗飼料<sup>5)</sup>を用いた発酵TMRを黒毛和種去勢牛に給与した試験では、胸最長筋中のビタミンE含量の増加が認められ、メトミオグロビン割合増加の抑制効果<sup>5)</sup>も報告されている。これらのことから、ビタミンEを豊富に含む地域資源TMRを給与することで牛肉の品質改善が期待される。一方で、脂肪交雑を高めるためには、筋肉内脂肪の発達時期である肥育中期にビタミンAを制限することが有効であるとされている<sup>15)</sup>が、地域資源TMRは $\beta$ -カロテン含量が高いため、長期間給与することによる血中ビタミンA濃度の推移や、枝肉成績、とくに脂肪交雑に及ぼす影響を調査する必要があると考えられた。

## 試験2

肥育期間中の飼料成分摂取量は表6に示した。DMおよびCPの摂取量はTMR区よりもW-TMR区で高い傾向にあったが、TDNの推定摂取量はW-TMR区とTMR区との間で有意な差は認められず、飼料摂取量に影響がないことが示された。

肥育期間中の発育と飼料要求率は表7に示した。肥育開始および終了時の体重は、試験区間で有意な

表5 試作した地域資源TMRの飼料成分含量

		CP	EE	Cash	ADF	NDF	デンプン	TDN	$\beta$ -カロテン
前期用									
地域資源	平均値	16.8	2.9	5.9	21.6	41.7	23.0	74.8	6.7
	標準偏差	0.76	0.07	0.13	1.06	0.53	1.14	0.56	0.72
慣行(参考値)	平均値	14.5	2.3	4.8	22.8	45.2	16.4	70.2	2.1
	標準偏差	0.46	0.04	0.04	0.98	0.75	0.44	0.40	0.23
後期用									
地域資源	平均値	13.0	3.3	4.2	15.2	30.9	35.9	82.8	2.0
	標準偏差	0.10	0.17	0.07	0.33	0.26	1.46	0.38	0.13
慣行(参考値)	平均値	12.5	3.1	4.5	13.6	30.9	33.4	82.0	0.3
	標準偏差	0.36	0.02	0.14	1.13	1.54	2.07	1.21	0.07

CP; 粗タンパク質、EE; 粗脂肪、Cash; 粗灰分、ADF; 酸性デタージェント繊維、NDF; 中性デタージェント繊維、TDN; 可消化養分総量。

TDNは棟加登と藤吉<sup>9)</sup>の推定式により求めた。

$\beta$ -カロテン、ビタミンEはmg/kg乾物、その他成分は乾物中%を示す。

差がみられなかったが、肥育全期間の日増体重はW-TMR区がTMR区と比べて高い傾向にあった。また、1 kg増体重に要したDM、CPおよびTDNは、前期、後期および全期間いずれにおいても試験区による差は認められなかった。これらのことから、TMR原料に地域資源を用いても、発育や増体効率に悪影響はないことが示唆された。

血漿中GOTおよびGGT濃度の推移は、図1に示した。W-TMR区およびTMR区のいずれにおいても、肥育期間を通じてGOTおよびGGT濃度の顕著な上昇は認められなかった。また、各月齢において、W-TMR区とTMR区との間に有意な差は認められなかったことから、エタノール含量の高いW-TMRを長期間給与しても、肝機能に悪影響は及ぼさないと考えられた。加えて、飼料摂取量や発育

にも試験区間で差がみられなかったことから、地域資源を配合した発酵TMRを肥育期間を通じて長期給与しても、健康上の問題はないと推察された。

血漿中ビタミンAおよびビタミンE濃度の推移は、図2に示した。14か月齢以降、W-TMR区の血漿中ビタミンAおよびビタミンE濃度は、TMR区と比べて有意に高い水準で推移していた(P<0.01)。発酵TMR中のβ-カロテンおよびビタミンE含量は、イネWCSを原料として用いたW-TMR区がTMR区よりも高かったことから(表3)、血漿中濃度の差は飼料からのβ-カロテンおよびビタミンE摂取量の違いを反映した結果であると推察された。

枝肉格付成績および胸最長筋の理化学性状は、表8に示した。枝肉格付成績について、枝肉重量

表6 肥育期間における飼料成分摂取量

項目	期間	(月齢)	TMR区 (n=3)		W-TMR区 (n=3)	
DM	前期	(8-13)	1519 ±	115	1690 ±	58
	後期	(14-26)	3180 ±	283	3623 ±	169
	全期間	(8-26)	4699 ±	378	5313 ±	227
CP	前期	(8-13)	229 ±	23	257 ±	9
	後期	(14-26)	406 ±	34	460 ±	21
	全期間	(8-26)	635 ±	11	717 ±	30
TDN	前期	(8-13)	1094 ±	83	1117 ±	39
	後期	(14-26)	2493 ±	222	2710 ±	126
	全期間	(8-26)	3587 ±	290	3827 ±	165

数値は、平均±標準偏差 (kg) を示す。

DM; 乾物, CP; 粗タンパク質, TDN; 可消化養分総量。

表7 肥育期間中の発育と飼料要求率

項目	期間	(月齢)	TMR区 (n=6)		W-TMR区 (n=5)	
体重 (kg)	開始時	(8mo)	290 ±	21	286 ±	35
	前期終了時	(14mo)	497 ±	48	515 ±	50
	肥育終了時	(26mo)	809 ±	85	878 ±	89
日増体重 (kg/日)	前期	(8-13mo)	1.13 ±	0.20	1.28 ±	0.14
	後期	(14-26mo)	0.88 ±	0.13	1.06 ±	0.13
	全期間	(8-26mo)	0.97 ±	0.15	1.14 ±	0.13
飼料要求率 (kg/kg増体重)						
DM	前期	(8-13mo)	7.5 ±	1.0	7.5 ±	0.7
	後期	(14-26mo)	10.3 ±	1.1	10.2 ±	1.7
	全期間	(8-26mo)	9.1 ±	0.8	9.1 ±	0.8
CP	前期	(8-13mo)	1.1 ±	0.1	1.1 ±	0.1
	後期	(14-26mo)	1.3 ±	0.1	1.3 ±	0.2
	全期間	(8-26mo)	1.2 ±	0.1	1.2 ±	0.1
TDN	前期	(8-13mo)	5.4 ±	0.7	5.0 ±	0.5
	後期	(14-26mo)	8.1 ±	0.9	7.7 ±	1.3
	全期間	(8-26mo)	7.0 ±	0.6	6.6 ±	0.6

数値は、平均±標準偏差を示す。

DM; 乾物, CP; 粗タンパク質, TDN; 可消化養分総量。

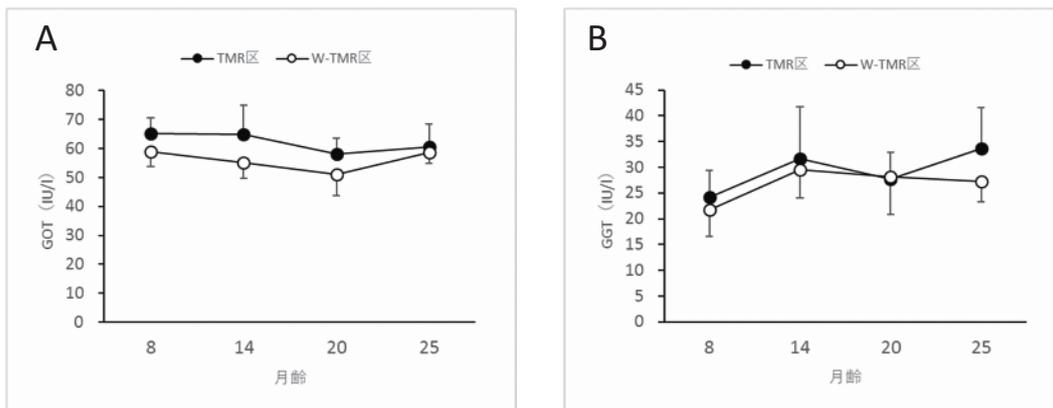


図1 肥育期間中の血漿中GOT (A) およびGGT (B) 濃度の推移

TMR区：n=6, W-TMR区；n=5. ○および●は平均値を, エラーバーは標準偏差を示す.  
 GOT：グルタミン酸オキサロ酢酸トランスアミナーゼ, GGT：γ-グルタミルトランスフェラーゼ.

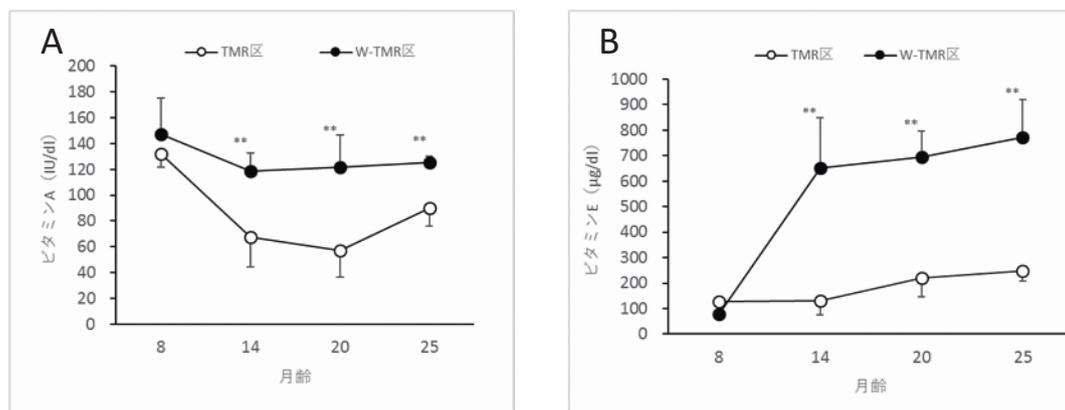


図2 肥育期間中の血漿中ビタミンA (A) およびビタミンE (B) 濃度の推移

TMR区：n=6, W-TMR区；n=5. ○および●は平均値を, エラーバーは標準偏差を示す.  
 \*\*: 同一月齢において試験区間に有意差あり (P<0.01) .

表8 枝肉格付成績および胸最長筋の理化学分析値

項目	TMR区 (n=6)	W-TMR区 (n=5)	P値
<b>枝肉格付成績</b>			
枝肉重量 (kg)	510.5 ± 64.1	581.0 ± 53.9	0.08
胸最長筋面積 (cm <sup>2</sup> )	65.5 ± 8.7	70.4 ± 12.3	0.46
ばらの厚さ (cm)	8.7 ± 1.2	9.7 ± 0.7	0.14
皮下脂肪の厚さ (cm)	2.7 ± 0.5	2.6 ± 0.3	0.50
歩留基準値	74.9 ± 0.9	75.5 ± 1.7	0.48
BMS No.	7.3 ± 1.4	7.0 ± 1.2	0.68
脂肪交雑等級4以上率	100% (6/6)	100% (5/5)	-
脂肪交雑等級5率	33% (2/6)	20% (1/5)	-
<b>理化学分析値</b>			
水分 (原物中%)	43.9 ± 3.2	41.8 ± 4.6	0.41
粗タンパク質 (原物中%)	12.9 ± 1.2	13.4 ± 1.9	0.63
粗脂肪 (原物中%)	42.6 ± 4	42.8 ± 6.1	0.89
ビタミンE含量 (mg/100g原物)	0.25 ± 0.06	0.70 ± 0.08	<0.01
保水性 (%)	76.9 ± 2.4	75.3 ± 1.0	0.25

数値は, 平均±標準偏差を示す.

は W-TMR 区が TMR 区と比べて高い傾向であった ( $P=0.08$ ) が、その他の歩留形質において試験区間で有意な差はみられなかった。BMS No. の平均値は試験区間で有意な差はなく、肉質等級 4 以上率は両区ともに 100%であった。山田ら<sup>5)</sup> は、稲発酵粗飼料を用いた発酵 TMR を 10 から 30 か月齢まで給与した結果、平均 BMS No. は 6.5 で、乾草と配合飼料を給与した対照区との差は認められず、枝肉重量等のその他形質にも試験区による差は認められなかったと報告している。また、 $\beta$ -カロテン含量の高い生稲わらサイレージで稲わらを代替した発酵 TMR を肥育中期に給与した試験<sup>4)</sup> では、枝肉重量は稲わらと濃厚飼料を給与した対照区よりも優れており、BMS No. も同等であったという結果が得られている。これらのことから、 $\beta$ -カロテン含量の高いイネ WCS を原料として用いた発酵 TMR を肥育全期間にわたって給与しても、慣行と比べて脂肪交雑を大きく低下させることなく、同等以上の枝肉重量が確保できることが示唆された。

しかし、本試験における W-TMR 区の肉質等級 5 率は 20%であり、TMR 区の 33%を下回っていた。黒毛和種では、14 から 20 か月齢の血中ビタミン A 濃度が脂肪交雑に影響し<sup>15)</sup>、16 か月齢において血漿中ビタミン A が 80 IU/dl 以下である方が 80 IU/dl 以上の場合よりも脂肪交雑が高いことが知られている<sup>20)</sup>。本試験における W-TMR 区の肥育期間中の血漿中ビタミン A 濃度は、肥育期間を通じて 100 IU/dl を下回ることなく推移していたのに対し、TMR 区では 14 から 20 か月齢は 80IU/dl 以下

の水準に低下しており、このことが、両区での肉質等級 5 率の違いに影響を及ぼした可能性が考えられた。また、渡辺ら<sup>21)</sup> は、BMS No. が 8 以上に格付された牛の大部分は、18 から 19 か月齢の血中レチノール濃度が 50IU/dl 以下であったと報告している。高平ら<sup>4)</sup> は、肥育中期に生稲わらサイレージを配合した発酵 TMR を給与した黒毛和種肥育牛の平均 BMS No. は 6.8 であったが、肥育中期の血中レチノール濃度が 50IU/dl 以上で推移していたことから、BMS No.8 以上を得るためのビタミン A 制限ではなかったと考察している。これらのことから、イネ WCS を発酵 TMR の原料として利用しながら肉質等級 5 を安定的に確保するには、肥育中期における血中ビタミン A を 50IU/dl 以下の水準に制限可能な TMR の飼料構成を検討する必要があると考えられた。

胸最長筋中の水分、CP および EE 含量に試験区間で有意な差は認められず、両区の BMS No. に差がなかったことを反映した結果であると考えられた。胸最長筋中のビタミン E 含量は、W-TMR 区の方が TMR 区よりも有意に高かった ( $P<0.01$ ) が、血漿中ビタミン E 濃度も W-TMR 区の方が TMR 区と比べて高水準で推移していたことから、飼料から摂取したビタミン E が筋肉中へ移行、蓄積していたことが推察された。W-TMR 区の胸最長筋中ビタミン E 含量は 0.70 mg/100g であり、褐色化防止に有効であるとされる 0.3 mg/100g<sup>17)</sup> を上回っていた。そこで、肉色褐色化の指標であるメトミオグロビン割合の経日変化を調査し、結果を図 3

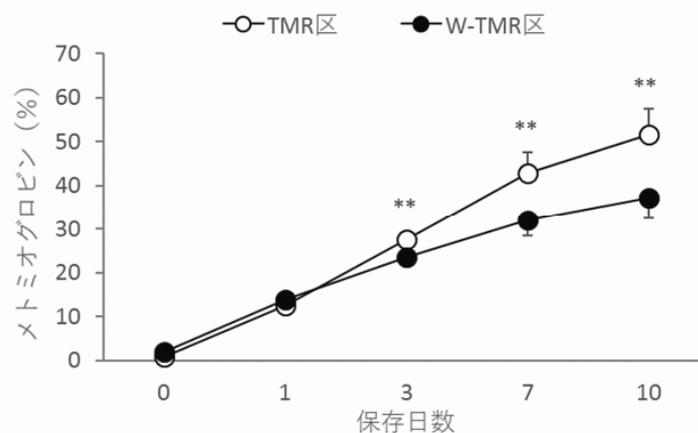


図 3 4°C保存期間中における胸最長筋表面のメトミオグロビン割合の経日変化

TMR区：n=6, W-TMR区；n=5. ○および●は平均値を，エラーバーは標準偏差を示す。  
\*\*：同一日数において試験区間に有意差あり ( $P<0.01$ ) .

に示した。保存3日目以降において、W-TMR区  
のメトミオグロビン割合はTMR区と比べて有意  
に低い値を示した ( $P<0.01$ )。さらに、TMR区  
では7日目以降に、褐色化による色調変化が肉眼で  
識別でき<sup>22)</sup>、消費者の受容性が低下するとされる  
40%<sup>22,18)</sup>を上回ったのに対し、W-TMR区では10  
日目まで40%を上回ることはなかった。このこと  
から、地域資源を配合した発酵TMRの給与によっ  
て、肉色の褐色化を、消費者が見た目で判断でき  
るレベルで抑制する効果が得られることが示唆さ  
れた。ビタミンEは食肉のドリップロス軽減にも  
効果があるとされている<sup>19)</sup>。本試験では、保存中  
のドリップロスの指標となる保水性<sup>23)</sup>を調査した  
が、保水性に試験区による有意な差はみられず、  
イネWCSを配合した発酵TMR給与によるドリッ  
プロスの低減効果は得られなかった。

### ま と め

TMR構成原料の一部をイネWCSおよび酒粕等  
の地域資源で置き換えても、良好な発酵品質で、  
黒毛和種去勢肥育牛の養分要求量を充足できる発  
酵TMRを調製することが可能であった。また、  
黒毛和種去勢短期肥育牛に対して肥育期間を通じ  
て給与しても、飼料摂取や発育、健康状態に悪影  
響を及ぼさず、慣行と比べて肉質を大きく低下さ  
せることなく、同等以上の枝肉重量を確保できる  
ことが示唆された。

地域資源で購入飼料を置き換えることによって、  
本試験の飼料構成では、前期は50%、後期は32%  
を県内産飼料で代替できた。加えて、ビタミンE  
含量の高いイネWCSを含む発酵TMRの給与によ  
って、胸最長筋中のビタミンE含量が増加し、  
肉色の褐色化を抑制する効果が認められた。これ  
らのことから、地域資源を活用した発酵TMR給  
与による肥育体系は、飼料自給率の向上と飼料コ  
ストの低減に加え、地域資源を活用した特色ある  
牛肉生産に寄与できると期待される。

しかしながら、イネWCSで粗飼料を代替した発  
酵TMRを肥育全期間にわたって給与した本試験  
での給与設計では、慣行と比べて肉質等級5率が  
低下した。肉質等級5の安定生産を目指した発酵  
TMR給与による肥育体系の確立のためには、肥  
育中期におけるビタミンA制限が可能なTMRメ  
ニューを検討することが今後の課題であると考え  
られる。

### 謝 辞

分光測色計を用いたメトミオグロビン割合の測  
定は、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合  
研究機構西日本農業研究センター大田研究拠点に  
おいて実施させていただいた。ここに記して感謝  
の意を表する。

### 引用文献

- 1) 農林水産省生産局畜産部. 2020. 家畜改良増  
殖目標. [https://www.maff.go.jp/j/press/seisan/  
c\\_kikaku/attach/pdf/200331-2.pdf](https://www.maff.go.jp/j/press/seisan/c_kikaku/attach/pdf/200331-2.pdf) [2021.10.5 参  
照].
- 2) 安部亜津子ら. 2019. 日本畜産学会報 90, 121-  
131.
- 3) 塩谷繁. 2008. 日本草地学会誌 54, 178-181.
- 4) 高平寧子ら. 2018. 日本畜産学会報 89, 19-27.
- 5) 山田知哉ら. 2012. 肉用牛研究会報 92, 4-9.
- 6) 神谷充ら. 2016. 日本暖地畜産学会報 59, 23-  
28.
- 7) 石崎重信. 2011. 千葉県畜産総合研究センター  
研究報告 11, 1-8.
- 8) 自給飼料利用研究会編. 2009. 三訂版粗飼料  
の品質評価ガイドブック. 日本草地畜産種子協  
会, 東京.
- 9) 棟加登きみ子・藤吉弘子. 福岡県農業総合試  
験場研究報告 19, 115-118.
- 10) 日本ビタミン学会編. 1983. 脂溶性ビタミン,  
ビタミン学実験法 I. 23-26, 東京化学同人, 東京.
- 11) 家畜改良センター. 2010. 食肉の理化学分析  
および官能評価マニュアル. 7-17, 家畜改良セ  
ンター, 福島.
- 12) Stewart MR et al. 1965. *Journal of Food  
Science* 30, 464-469.
- 13) 生田健太郎ら. 平成22年度近畿中国四国農業  
研究成果情報.
- 14) 有安則夫ら. 2012. 岡山県農林水産総合セ  
ンター畜産研究所研究報告 2, 23-25.
- 15) 農業・食品産業技術総合研究機構編. 2009.  
日本飼養標準・肉用牛 (2008年版). 中央畜産会,  
東京.
- 16) Mitumoto M. et al. 1993. *Journal of Animal  
Science* 71, 1812-1816.
- 17) 三津本充ら. 1995. 日本畜産学会報 66, 962-  
968.
- 18) Chan WKM. et al. 1996. *Meat Science* 42, 387-  
399.

- 19) Mitsumoto M. et. al. 1995. *Journal of Animal Science* 73, 2289-2294.
- 20) 甫立京子. 1999. 獣医畜産新報 52, 221-224.
- 21) 渡辺大作ら. 1999. 栄養生理研究会報 43, 119-128.
- 22) Greene BE. et. al. 1971. *Journal of Food Science* 36, 940-942.
- 23) 入江正和. 1996. 日本食品低温保蔵学会誌 22, 103-107.

## 黒毛和種における水酸化アルミニウムゲル吸着卵胞刺激ホルモン製剤を用いた単回投与型過剰排卵処理プログラムの検討 (第2報)

小川康太 森脇俊輔

**要約** 黒毛和種の体内胚採取 (ER) の効率化を目的として、水酸化アルミニウムゲルを吸着したブタ由来卵胞刺激ホルモン (AhG-FSH) の単回皮下投与による過剰排卵処理 (SOV) プログラムにおいて排卵集中化処理を試み、単回の人工授精 (AI) を想定した SOV プログラムを検討した。SOV として AhG-FSH の単回皮下投与を行う 2 つの試験区を設定した。SOV のスタートは共通して膈内留置型プロジェステロン製剤 (CIDR) の挿入と安息香酸エストラジオール製剤 (EB) 投与とした。AhG-2AI 試験区では、AhG-FSH30AU の単回皮下投与後、48 時間目に PGF2 $\alpha$  投与と同時に CIDR を抜去、その 48 時間後に性腺刺激ホルモン放出ホルモン (GnRH) 投与と同時に 1 回目の AI、17 時間間隔を開けて 2 回目の AI を行った。AhG-1AI 試験区では、AhG-FSH30AU の単回投与と同時に PGF2 $\alpha$  の投与 48 時間後に CIDR を抜去、その 24 時間後に GnRH 投与、さらに 24 時間後に 1 回の AI を行った。両試験区を反復した 3 頭において、AhG-FSH 投与後 24 時間間隔での卵胞動態と黄体形成による GnRH 投与後 24 から 48 時間までの排卵を推定した結果 (AhG-2AI 区 vs AhG-1AI 区)、個体 A (10.4 vs 93.8)、個体 B (83.3 vs 100)、個体 C (70.0 vs 100) とともに AhG-1AI 区の値が AhG-2AI 区と比べて高率であった。また、ER 成績を AhG-2AI 試験区、AhG-1AI 試験区、ならびに FSH 漸減投与と 2 回 AI を組み合わせた慣行法とを比較したところ、総採取卵数、正常胚数および未受精卵数に差が認められなかった。以上のことから、CIDR と EB 投与に引き続く AhG-FSH30AU 単回投与 48 時間後の CIDR 抜去とその 24 時間後の GnRH によって有効に排卵が集中化され、AI 回数を 1 回とする SOV プログラムを設定することができるものと推察され、黒毛和種の ER への適用が十分可能であることが示された。

**キーワード** : FSH 単回投与 黒毛和種 過剰排卵 簡易化 排卵集中化

ウシの体内胚採取 (ER) プログラムにおいては、過剰排卵処理 (SOV) が必須であり、一般にはブタ由来卵胞刺激ホルモン (FSH) の漸減投与法で行われるが、簡易的に妊馬血清性性腺刺激ホルモン製剤 (PMSG) の単回皮下投与<sup>1)</sup>、ヒト閉経期性腺刺激ホルモン製剤 (hMG) の 2 回筋肉内投与<sup>2)</sup> および FSH の生理食塩液を基剤とした単回皮下投与<sup>3)</sup> の有効性が報告されている。さらに、磯崎ら<sup>4)</sup> は水酸化アルミニウムゲル (AhG) を吸着した FSH (AhG-FSH) の単回皮下投与を試み、前報<sup>5)</sup> においても漸減投与法と同等の成績が得られることを確認している。しかしながら、SOV における FSH の単回投与によって、作業労力は幾分軽減されたものの人工授精 (AI) が複数回必要であること、ER 成績が高位安定化されていないことなどの課題が残された。

澤ら<sup>6)</sup> は SOV 後の AI に性選別精液を用い、SOV プログラムに排卵集中化処理を補完すると単回の AI が可能であることを示した。このことは、AhG-FSH の単回投与による SOV プログラムに排

卵集中化処理を追加することで、更なる効率的なプログラムを実現できる可能性を示している。

よって、我々は、SOV プログラムの改良として、排卵集中化処置を組み込んだ AhG-FSH の単回投与を検討した。

### 材料および方法

2019 年 5 月から 2021 年 2 月の期間中、同一環境下で飼育した黒毛和種経産牛 16 頭を供試した。SOV として AhG-FSH の単回皮下投与と 2 回の AI を行う AhG-2AI 区および AhG-FSH の単回皮下投与に排卵集中化処理を加えて AI を 1 回とした AhG-1AI 区を試験区として設定し、同一供試牛 (n=8、年齢 : 2 から 12 歳、平均 6.1 歳齢) をランダムに反復して用いた。さらに、FSH 漸減筋肉内投与を行って AI を 2 回行う慣行区 (n=8、年齢 : 2 から 13 歳、平均 5.1 歳齢) を設定した。

過剰排卵、排卵集中化、人工授精および胚採取処理  
過剰排卵、排卵集中化および人工授精を含む胚

採取処理プログラムについては、表1に示した。

すべてのSOV処理において、発情周期の任意の時期（発情観察後8日目から14日目）に腔内留置型プロジェステロン製剤（CIDR；シダー1900、ゾエティス・ジャパン）の挿入と安息香酸エストラジオール製剤（EB；オバホルモン注、あすかアニマルヘルス）1mgの筋肉内投与を行った（起点日：Day0）。

AhG-2AI区では、Day4（16：00）にAhGに吸着したFSH（アントリンR10・AI、共立製薬）30AUを頸部皮下に単回投与した。Day6（16：00）にPGF2 $\alpha$ アナログ（エストラメイト、MSDアニマルヘルス）750 $\mu$ gの筋肉内投与と同時にCIDRを抜去した。Day8（16：00、CIDR抜去後48時間経過時）に、性腺刺激ホルモン放出ホルモンアナログとしての酢酸フェルチレリン（GnRH；スポルネン・注、共立製薬）100 $\mu$ gの筋肉内投与を行った。AIは、Day8（16：00、GnRH投与時）およびDay9（9：00）に行った。ERは、Day15（9：00）に子宮灌流で行った。

AhG-1AI区は、Day4（9：00）にAhG吸着FSH30AUを頸部皮下に単回投与した。同時にPGF2アナログを750 $\mu$ g筋肉内に投与した。Day6（9：00）にCIDRを抜去、Day7（9：00、CIDR抜去後24時間経過時）にGnRHを100 $\mu$ g投与した。AIは、Day8（9：00、GnRH投与の24時間後）に行った。ERは、Day14（9：00）に子宮灌流で行った。

慣行区は、総量20AUのFSH（アントリンR10、共立製薬）をDay4（9：00）から3日間朝夕漸減法（5,5,3,3,2,2）で筋肉内投与し、Day6（9：00と16：00）にPGF2 $\alpha$ （プロナルゴンF注射液、ゾエティス・ジャパン）15mgを筋肉内投与し、2回目のPGF2 $\alpha$ 投与と同時にCIDRを抜去した。CIDR抜去後の処置、AIおよびERは、AhG-2AI区と同じ方法で行った。

#### 過剰排卵処理中の卵胞動態、GnRH投与時の卵胞および排卵観察

AhG-2AI区およびAhG-1AI区において、FSH投与時、投与後48時間目、72時間目および96時間目に、超音波画像診断装置（MyLabOne VET、メディカルタスクフォース）を用いて卵胞数（大卵胞 $\geq$ 8mm、中卵胞5-7mm、小卵胞 $\leq$ 4mm）を計測した。そしてまた、AhG-2AI区、AhG-1AI区および慣行区において、GnRH時の卵胞数を観察した。排卵調査は、AhG-2AI区およびAhG-1AI区の両方を適用した3頭の供試牛について行った。すなわち、FSH投与から120時間後（Day9）まで卵胞数の計測を継続し、Day8からDay9にかけての排卵を観測した。推定排卵数はDay8からDay9までに減少した直径5mm以上の卵胞の数とし、Day8からDay9にかけての排卵率（%：推定排卵数 $\div$ 採胚時の推定黄体数 $\times$ 100）を算出した。

表1 胚採取処理プログラム

試験区分	処理時刻	処理開始からの経過日										
		0	...	4	5	6	7	8	9	...	14	15
AhG-2AI	9:00								AI			ER
	16:00	EB CIDR挿入		AhG-FSH(30AU)		PGF2 $\alpha$ CIDR抜去		GnRH AI				
AhG-1AI	9:00	EB CIDR挿入		AhG-FSH(30AU) PGF2 $\alpha$		CIDR抜去	GnRH	AI			ER	
	16:00											
慣行	9:00	EB CIDR挿入		FSH(5AU)	FSH(3AU)	FSH(2AU) PGF2 $\alpha$			AI			ER
	16:00			FSH(5AU)	FSH(3AU)	FSH(2AU) PGF2 $\alpha$ CIDR抜去		GnRH AI				

EB：安息香酸エストラジオール製剤，CIDR：腔内留置型プロジェステロン製剤，FSH：ブタ由来卵胞刺激ホルモン製剤，AhG-FSH：水酸化アルミニウムゲル吸着FSH製剤，GnRH：性腺刺激ホルモン放出ホルモン製剤，AI：人工授精，ER：胚採取。

統計解析

ER成績(推定黄体数、総採取卵数、正常胚数(品質コード1-3)<sup>7)</sup>、および未受精卵数)およびGnRH投与時の卵胞数に対する試験処理の効果は、分散分析により検討した。試験処理の効果が有意な場合には、Turkey法により多重比較検定を行った。総卵胞数に対する小、中および大卵胞数の割合については、カイ二乗検定により試験区間の差を検定した。SOV中の卵胞数の経時変化については、同一日数において、対応のあるt検定により試験区間の平均値の差を検定した。全ての検定において5%の有意水準を用いた。

結 果

AhG-2AI区およびAhG-1AI区におけるSOV中の卵胞動態(平均±SD)は、図1に示した。小卵胞数および中卵胞数について、いずれの観測日においても両区の間で有意差は認められなかった。大卵胞数については、AhG-FSH投与時から投与後72時間目までは両区の値に有意差は認められなかったが、投与後96時間目ではAhG-2AI区(19.5±10.2個)がAhG-1AI区(12.0±10.0個)と比べて有意に多数観察された(P<0.05)。

SOVプログラムにおけるGnRH投与時の卵胞数および総卵胞数に対するサイズ別出現割合は、表

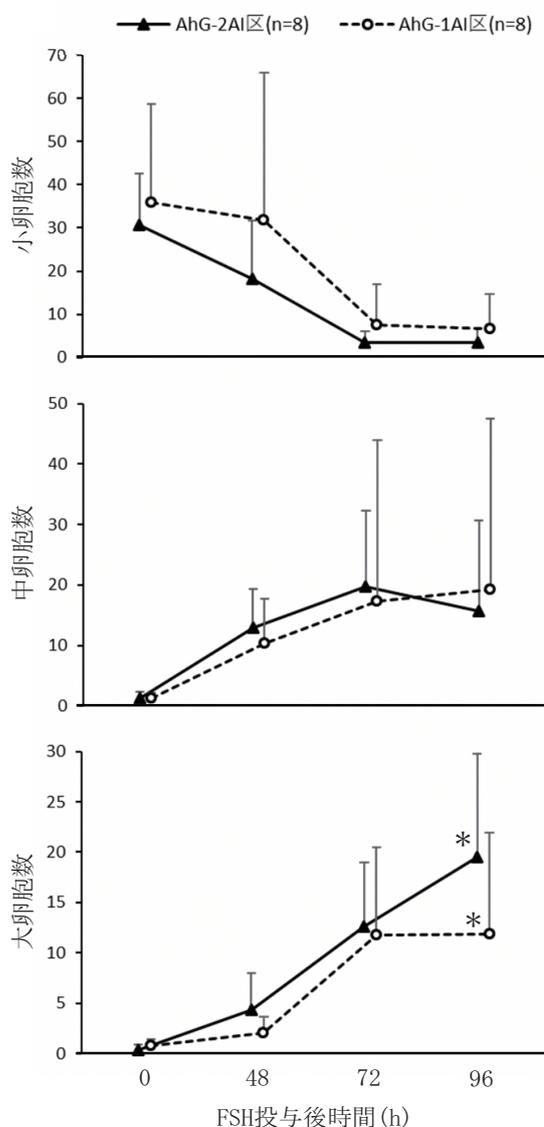


図1 AhG-2AI区およびAhG-1AI区における過剰排卵処理中の卵胞動態

▲および○は平均値を、エラーバーは標準偏差を示す  
\* : 同一経過時間において試験区間に有意差あり (P<0.05)

2に示した。GnRH投与時の卵胞数は、大中小いずれの卵胞サイズにおいても、各区間で有意な差を認めなかった。卵胞サイズ別の総卵胞数に対する出現割合(出現率)は、小卵胞では、AhG-1AI区(20.5%)が慣行区(11.0%)およびAhG-2AI区(8.8%)と比較して高値を示した( $P<0.05$ )。また、中卵胞は、AhG-1AI区(46.9%)が慣行区(37.9%)と比較して高率であり( $P<0.05$ )、さらに、大卵胞は、AhG-1AI区(32.5%)が慣行区(51.1%)およびAhG-2AI区(50.6%)と比較して小さかった( $P<0.05$ )。

各区のER成績は、表3に示した。推定黄体数、総採取卵数、正常胚数、変性胚数および未受精卵数について、各区間で有意差は認められなかった。そしてさらに、試験区(AhG-2AI区 vs AhG-1AI区)を反復した3頭(個体A、BおよびC)で、観察排卵数とER時の推定黄体数をもとに、Day8からDay9での排卵率(%)を算出した結果、個体A(10.4 vs 93.8)、個体B(83.3 vs 100)、個体C(70.0 vs 100)のすべての個体でAhG-1AI区の値がAhG-2AI区と比べて高値を示した。

表2 SOVプログラムにおけるGnRH投与時の卵胞数および総卵胞数に対するサイズ別出現割合  
試験区分

調査項目	AhG-2AI (n=8)	AhG-1AI (n=8)	慣行 (n=8)	P値
卵胞数				
小卵胞	3.4±3.6	7.5±9.9	4.9±8.1	0.56
中卵胞	15.6±16.1	17.1±28.5	16.8±15.0	0.99
大卵胞	19.5±11.0	11.9±9.3	22.6±13.1	0.17
総卵胞	38.5±13.0	36.5±22.7	44.3±17.6	0.68
総卵胞数に対する出現割合(%)				
小卵胞	8.8 <sup>b</sup>	20.5 <sup>a</sup>	11.0 <sup>b</sup>	
中卵胞	40.6 <sup>ab</sup>	46.9 <sup>a</sup>	37.9 <sup>b</sup>	
大卵胞	50.6 <sup>a</sup>	32.5 <sup>b</sup>	51.1 <sup>a</sup>	

卵胞サイズの区分は、小卵胞が4mm以下、中卵胞が5-7mm、大卵胞が8mm以上とした。

卵胞数は、平均値±標準偏差を示す。

同一調査項目の異符号間に有意差あり(a, b:  $P<0.05$ )。

表3 胚採取成績

調査項目	試験区分			P値
	AhG-2AI (n=8)	AhG-1AI (n=8)	慣行 (n=8)	
推定黄体数	26.8±22.1	20.4±21.7	23.0±13.6	0.81
総採取卵数	24.3±22.7	19.6±22.0	19.1±13.8	0.85
正常胚数	15.4±9.5	11.0±14.7	16.0±12.1	0.68
未受精卵数	3.0±4.7	3.8±6.1	1.0±1.3	0.46

数値は、平均値±標準偏差を示す。

推定黄体数は、超音波画像診断装置により計測した胚採取時の黄体数。

正常胚数は、国際胚移植学会(IETS)による「品質コード1-3」と判定した胚数。

## 考 察

今回我々は、AhG-FSHを用いたSOVにおける排卵集中化を試み、ERプログラムにおいてFSH投与とAI回数の単回化を目指した。その排卵集中化は、澤ら<sup>6)</sup>の報告を参考にして、内因性LHサージが引き起こされる前に外因性LHサージを誘導する排卵誘起法に基づく。その手法によれば、GnRH投与27時間後から39時間後の間に排卵が集中誘起されることが明らかとなっている。同報告<sup>6)</sup>においてはまた、SOVプログラムにおいて、PG投与から48時間後にGnRHを投与した場合、多くは内因性LHサージと外因性LHサージの2度のLHピークが生じることとなり、排卵時間に幅が生じるため、複数回のAIで長時間の排卵をカバーする必要も指摘されている。

本試験においては、AhG-FSHを用いたSOVにおける卵胞発育に合わせた最適な排卵誘起のタイミングを含む手法を検討することがメインテーマであった。設定したAhG-1AI区では、PGF2 $\alpha$ 投与をCIDR抜去とずらし、CIDR抜去からGnRH投与までのタイムラグをAhG-2AI区よりも1日短縮した。SOVのFSH投与開始後の卵胞動態をAhG-2AI区およびAhG-1AI区で調べたが、FSH投与後72時間目(AhG-1AI区でのGnRH投与時)まで卵胞動態に差が認められなかったが、96時間目でのAhG-1AI区の大卵胞数がAhG-2AI区と比べて明らかに低値であった。AhG-1AI区では、FSH投与後96時間目には排卵が始まっていた証左と推察された。上村ら<sup>8)</sup>は、黒毛和種のSOVでFSH投与開始から増加を始める中卵胞が漸次大卵胞に移行して、FSH投与開始後96時間まで大卵胞は増数したとしており、このことは、今回のAhG-2AI区の卵胞動態と一致した。その一方で、AhG-1AI区で大卵胞の増数がFSH投与72時間から96時間までで確認されなかったのは、排卵集中化の効果があったものと考えられた。

そして、SOVプログラムにおける排卵集中化と適切なAIの組み合わせは、ER成績に良好に反映されなければならない。一般に、主席性を獲得し

た卵胞は、直径10mm程度まで発育するとFSHからLH依存性に移行することが知られている<sup>9)</sup>。また、卵胞顆粒膜細胞中でのLHレセプターmRNAの発現は、卵胞直径が7mmに達した時期から開始するという見解<sup>10)</sup>もある。さらに、ER成績に差が無かったことから、AhG-1AI区におけるGnRH投与のタイミングは、LH依存性まで発育した卵胞が存在する時期に有効な排卵集中化が誘起され1回のAIで体内受精が十分カバーされた可能性が高い。そしてまた、AhG-1AI区におけるGnRH投与から24時間の排卵率が3頭中2頭で100%、もう一頭でも93.8%であった結果を踏まえても、明らかな排卵集中化の効果が推察された。

以上のことから、黒毛和種の体内胚採取におけるAhG-FSHを用いたFSH投与の単回化に加え、排卵集中化によるAIの単回化が十分可能であることが示唆された。

## 参 考 文 献

- 1) 後藤太一. 東北家畜臨床研究会誌, 18: 65-86. 1995.
- 2) 澤香代子ら. 島根県畜産技術センター研究報告, 40: 6-9. 2008.
- 3) Hiraizumi S, et al. Theriogenology, 83: 466-473. 2015.
- 4) 磯崎良寛ら. 福岡県農業総合試験場研究報告, 26: 61-64. 2007.
- 5) 坂本洋一ら. 島根県畜産技術センター研究報告, 45: 9-14. 2021.
- 6) 澤香代子ら. 島根県畜産技術センター研究報告, 45: 15-22. 2021.
- 7) 社団法人畜産技術協会. 胚の衛生的取り扱いマニュアル (IETSマニュアル第3版), 164-167. 東京. 2001.
- 8) 上村俊一ら. 鹿児島大学農学部学術報告, 51: 29-36. 2001.
- 9) 獣医繁殖学 第4版, 72-75. 2015.
- 10) Nogueira M.F.G., et al. Molecular Reproduction And Development, 74: 680-686. 2007.

## アニマルモデルによる枝肉6形質に関する育種価の推定

渡部晃弘 秀島遼哉 山木康嗣 森脇俊輔 中村亮一

**要約** 鳥根県内の黒毛和種における産肉能力の遺伝的な改良を進めるため、110733件の枝肉成績を用いてアニマルモデルBLUP法による枝肉6形質の育種価を推定した。育種価推定が可能であったのは、種雄牛が2376頭、繁殖雌牛が115325頭であった。育種価を推定した繁殖雌牛のうち、供用中の雌牛が10375頭であり、その中で県内農場の所有牛は4873頭であった。種雄牛育種価は県内利用実績に基づいて公表し、繁殖雌牛育種価は繁殖農場や地域和牛改良基盤組織に提供してきた。平成23年から令和2年にかけての10年間の枝肉形質における改良量は、枝肉重量平均値については雌が21.19kgで去勢が27.55kg、脂肪交雑(BMS No.)平均値については雌が2.63で雄が2.42であった。これらのことは、生産農場における利用価値の高い雌牛の効果的な選定と保留が促進され、両輪として種雄牛の評価と交配活用が生産現場で進むことで、県内の黒毛和種集団の産肉能力は確実に向上していることを示唆しており、歴年の育種価推定とその情報提供の寄与が推測された。

**キーワード** : 黒毛和種 育種価 BLUP法 アニマルモデル

鳥根県では、公益社団法人全国和牛登録協会((公社)全和登)によるアニマルモデル最良線形不偏予測(Best Linear Unbiased Prediction: BLUP)法を用いて、黒毛和種の枝肉形質に関する育種価の推定を平成2年のデータに基づいて開始し、この推定値を活用して、県内の黒毛和種における産肉能力の遺伝的な改良を段階的に進めてきた。今回、最新の枝肉形質育種価の推定(育種価第50報)に係る分析を行うとともに、繁殖牛の産肉能力の遺伝的趨勢についての解析を試みた。

### 材料および方法

#### 分析対象

分析対象とした枝肉評価記録は平成2年から令和2年にかけて収集した110733件であり、その内訳は去勢が69278件、雌が41455件であった。これらの枝肉評価記録は、鳥根県食肉公社ほか92か所の食肉市場から収集した。なお、分析対象とした枝肉形質は、枝肉重量、ロース芯面積、バラの厚さ、皮下脂肪厚、歩留基準値および脂肪交雑(BMS No.)の6形質とした。

#### 育種価分析

育種価分析は、(公社)全和登が作成したBLUP法アニマルモデルによって行った。なお、数値モデルは次に示すとおりである。

$$Y_{ijklm} = \mu + S_i + N_j + H_k + A_{ijklm} + b_1(X_{ijklm} - X) + b_2(X_{ijklm} - X)^2 + b_3(R_{ijklm} - R) + E_{ijklm}$$

$Y_{ijklm}$  : 枝肉成績の観測値

$\mu$  : 枝肉成績の全平均

$S_i$  : 性の効果(母数効果)

$N_j$  : 出荷年次の効果(母数効果)

$T_k$  : と畜場の効果(母数効果)

$H_k$  : 肥育農場の効果(変量効果)

$A_{ijklm}$  : 育種価(変量効果)

$b_1, b_2$  : 出荷月齢に対する1次および2次偏回帰係数

$X_{ijklm}$  : 出荷月齢

$X$  : 出荷月齢の算術平均

$b_3$  : 近交係数に対する1次回帰係数

$R_{ijklm}$  : 近交係数

$R$  : 近交係数の算術平均

$E_{ijklm}$  : 残差

#### 育種価推定値の情報利用

推定した繁殖雌牛の育種価は、生産のための交配、後継牛保留、繫養牛更新などに活用してもらうことを目的として、繁殖農場や地域和牛改良基盤組織(しまね農業協同組合各地区本部)に、経営に係る重要管理情報として提供した。種雄牛の育種価情報については、県内利用実績に基づいて公表し、交配への情報活用を促進した。

### 結果および考察

育種価推定が可能であったのは、種雄牛が2376頭、繁殖雌牛が115325頭であった。育種価を推定した繁殖雌牛のうち、供用中の雌牛が10375頭であり、その中で県内農場の所有牛は4873頭であった。

基本的な統計値として、枝肉評価の記録数、出荷月齢および枝肉評価成績（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、脂肪交雑）を肥育牛の出荷年次別にまとめ、さらに雌および去勢区分を加えて表1に示した。出荷月齢の平均値は、雌が29から31か月齢、去勢が28から29か月齢で、平成2年の調査開始時以来変動がほとんど認められなかった。枝肉形質のうち、枝肉重量、ロース芯面積、バラの厚さ、歩留基準値および脂肪交雑（BMS No.）の平均値は、平成23年から令和2年にかけての10年間で、年々増加の傾向であった。この10年間の増加量は、枝肉重量については雌が21.19kgで去勢が27.55kg、ロース芯面積については雌が9.83cm<sup>2</sup>で去勢が10.24cm<sup>2</sup>、バラの厚さについては雌が0.41cmで去勢が0.62cm、歩留基準値については雌が1.28で雄が1.44、BMS No.については雌が2.63で雄が2.42であった。一方、皮下脂肪厚については、雌、去勢ともに明瞭な年次変動は認められなかった。

枝肉評価成績から推定した産肉形質ごとの遺伝的パラメーターは、表2に示した。枝肉形質別の遺伝率は、枝肉重量が0.492、ロース芯面積が0.564、バラの厚さが0.385、皮下脂肪厚が0.551、歩留基準値が0.607、脂肪交雑が0.593と算出された。

育種価第50報において推定した繁殖雌牛の枝肉6形質育種価に関する基本統計量は、表3に示した。また、繁殖雌牛の出生年別の育種価平均値は図1に示した。平成23年から平成28年までに出生した繁殖雌牛を出生年次で区分して枝肉形質ごとに比較したところ、6形質すべてにおいて改良で期待する方向性に育種価レベルが向上していると判断された。とりわけ、枝肉重量、ロース芯面積および脂肪交雑は、出生年が現在に近づくほど育種価の上昇が著しく、改良進度が急速であることが示唆された。その理由として、近年育種価情報を基にした優良雌牛の保留・導入が定着してきたことに加えて、生産段階で能力の高い種雄牛の活用が特に積極的に行われてきていて、母集団の産肉能力の急激な向上が育種価に反映されたと推測する。

そして、繁殖雌牛の近交係数についても育種価第50報で推算して、平成23年から28年までの出

生年別の平均値を図2に示した。黒毛和種の近交係数と枝肉重量、さらには日増体量との間には負の回帰が報告されている<sup>1)</sup> ことなどから、種雄牛の利用集中が起こりやすい現況もあり、継続的なモニタリングは重要である。今回の解析によって、少なくとも平成23年から28年間に出生した繁殖牛の近交係数の平均値は、3から4%の間で推移しており、解析対象として最も若齢の平成28年生まれの供用中の繁殖雌牛の近交係数の平均値は約4%であることが明らかとなった。現状ではきょうだい交配レベルの12.5%へはほど遠いものの、近親レベルでリスクの高い交配が生産現場で個別事象的に起こっている可能性も示唆された。このたびの解析は、近交退化による悪影響を生じさせないための俯瞰的な情報源であり、継続して行う必要がある。

以上のことから、アニマルモデルBLUP法による育種価推定値によって、生産農場における利用価値の高い雌牛の効果的な選定と保留が促進され、両輪として種雄牛の評価と交配活用が生産現場で進むことで、県内の黒毛和種集団の産肉能力は確実に向上していることが示唆された。今後も、BLUP法による育種価推定値は、市場売却価格の向上を先導するような種雄牛の造成や改良効果の高い雌牛の選定と保留に活用する情報として有用である。さらに、若齢の保留候補牛についての一塩基多型に基づくゲノミック評価<sup>3)</sup>を組み合わせることによって、効果的な牛群改良が加速されると考えられる。

## 謝 辞

本研究のテーマとした黒毛和種の育種価解析について、終始ご指導いただいた公益社団法人全国和牛登録協会の関係諸氏に心より感謝の意を表す。

## 引用文献

- 1) 内田 宏ら. 日本畜産学会報, 64:819-825. 1993.
- 2) 全国和牛登録協会. これからの和牛の育種と改良改訂版, 63-75. 京都. 2007.
- 3) 畜産技術協会. 地域特性を生かした牛ゲノム選抜手法確立事業報告書. 1-48. 2017.

表1 出荷年次別の枝肉成績

区分	項目	出荷年次										
		H2-22 (累年)	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2
雌	記録数	13957	4066	3879	3389	2885	3760	2362	1942	2111	1996	1472
	出荷月齢	29.55	30.13	29.69	29.63	29.42	29.41	29.50	30.02	30.14	30.57	30.71
	枝肉重量(kg)	401.51	423.78	429.81	429.35	428.84	431.10	423.17	426.89	427.88	436.91	444.97
	ロース芯面積(cm <sup>2</sup> )	52.61	55.00	55.34	55.81	56.99	58.61	59.47	60.75	61.25	63.87	64.83
	バラの厚さ(cm)	7.13	7.47	7.57	7.65	7.73	7.75	7.66	7.76	7.83	7.86	7.88
	皮下脂肪厚(cm)	2.55	2.75	2.80	2.74	2.84	2.88	2.85	2.93	2.91	2.81	2.76
	歩留基準値	73.68	73.78	73.77	73.93	74.07	74.23	74.40	74.51	74.63	74.97	75.06
	脂肪交雑 (BMS No.)	4.63	5.27	5.18	5.41	5.77	6.11	6.46	6.82	6.98	7.63	7.90
去勢	記録数	32448	4858	4676	4870	3873	4822	2895	2604	3021	3093	2246
	出荷月齢	28.86	29.46	29.34	28.92	28.94	28.77	28.85	29.13	29.28	29.38	29.48
	枝肉重量(kg)	450.30	477.89	480.97	478.52	478.95	480.61	476.59	487.18	491.45	498.63	505.43
	ロース芯面積(cm <sup>2</sup> )	53.97	56.18	56.46	56.46	57.74	58.54	59.62	60.76	63.34	64.94	66.42
	バラの厚さ(cm)	7.27	7.60	7.73	7.78	7.91	7.93	7.91	8.02	8.12	8.15	8.23
	皮下脂肪厚(cm)	2.35	2.45	2.38	2.40	2.48	2.46	2.49	2.64	2.44	2.43	2.40
	歩留基準値	73.52	73.62	73.76	73.80	73.98	74.09	74.25	74.21	74.73	74.87	75.06
	脂肪交雑 (BMS No.)	4.90	5.37	5.54	5.68	6.05	6.28	6.27	6.44	6.98	7.39	7.80
全体	記録数	46405	8924	8555	8259	6758	8582	5257	4546	5132	5089	3718
	出荷月齢	29.07	29.77	29.50	29.21	29.15	29.05	29.14	29.51	29.64	29.84	29.97
	枝肉重量(kg)	435.63	453.24	457.77	458.34	457.56	458.92	452.58	461.43	465.30	474.42	481.50
	ロース芯面積(cm <sup>2</sup> )	53.56	55.64	55.95	56.19	57.42	58.57	59.55	60.75	62.48	64.52	65.79
	バラの厚さ(cm)	7.23	7.54	7.66	7.72	7.83	7.85	7.80	7.91	8.00	8.04	8.09
	皮下脂肪厚(cm)	2.41	2.58	2.57	2.54	2.63	2.64	2.65	2.76	2.64	2.58	2.54
	歩留基準値	73.57	73.69	73.76	73.86	74.02	74.15	74.32	74.34	74.69	74.91	75.06
	脂肪交雑 (BMS No.)	4.82	5.33	5.38	5.57	5.93	6.21	6.36	6.60	6.98	7.48	7.84

注) 出荷月齢, 枝肉重量, ロース芯面積, バラの厚さ, 皮下脂肪厚, 歩留基準値および脂肪交雑 (BMS No.) は, 当該年次の平均値を示す.

表2 枝肉形質別の遺伝的パラメーター

枝肉形質	遺伝分散	農家分散	残差分散	遺伝率
枝肉重量	1358.264	467.852	934.767	0.492
ロース芯面積	48.595	6.788	30.794	0.564
バラの厚さ	0.325	0.121	0.397	0.385
皮下脂肪厚	0.401	0.066	0.260	0.551
歩留基準値	1.503	0.185	0.788	0.607
脂肪交雑 (BMS No.)	0.377	0.068	0.191	0.593

表3 繁殖雌牛育種価の基本統計量

枝肉形質	分析範囲	分析頭数	育種価			
			平均値	標準偏差	最大値	最小値
枝肉重量	全頭	115325	18.78	25.82	146.55	-83.33
	供用中 <sup>1)</sup>	10375	40.98	26.66	129.36	-70.09
	地域内 <sup>2)</sup>	4873	40.31	26.61	129.36	-47.36
ロース芯面積	全頭	115325	4.91	4.25	37.38	-11.11
	供用中 <sup>1)</sup>	10375	10.33	4.86	37.38	-5.81
	地域内 <sup>2)</sup>	4873	11.01	5.36	37.38	-4.34
バラの厚さ	全頭	115325	0.35	0.38	2.37	-1.21
	供用中 <sup>1)</sup>	10375	0.70	0.37	2.37	-1.06
	地域内 <sup>2)</sup>	4873	0.69	0.38	2.37	-0.50
皮下脂肪厚	全頭	115325	-0.15	0.28	1.61	-1.63
	供用中 <sup>1)</sup>	10375	-0.23	0.35	1.24	-1.63
	地域内 <sup>2)</sup>	4873	-0.25	0.39	1.24	-1.63
歩留基準値	全頭	115325	0.78	0.71	6.14	-2.52
	供用中 <sup>1)</sup>	10375	1.53	0.83	6.14	-1.38
	地域内 <sup>2)</sup>	4873	1.64	0.91	6.14	-1.38
脂肪交雑 (BMS No.)	全頭	115325	0.78	0.57	3.64	-0.94
	供用中 <sup>1)</sup>	10375	1.64	0.49	3.64	-0.05
	地域内 <sup>2)</sup>	4873	1.69	0.54	3.64	0.23

1) 令和2年12月現在，繁殖牛として供用中の雌牛群.

2) 令和2年12月現在で供用中，かつ所有者が島根県内事業者である雌牛群.

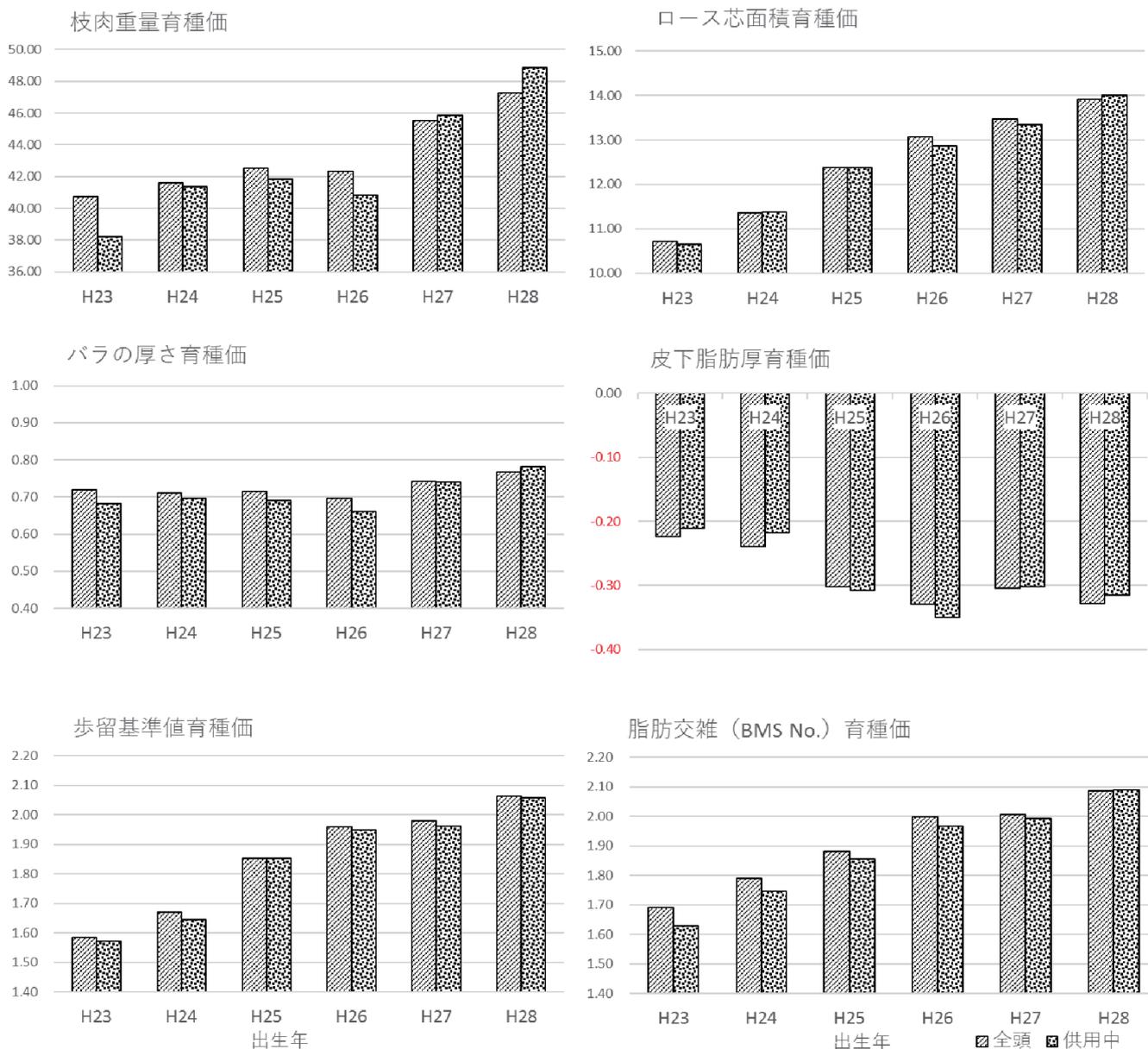


図1 繁殖雌牛の出生年別の枝肉形質育種価 (平均値)

注) 供用中: 令和2年12月現在で, 繁殖牛として供用中の雌牛群.

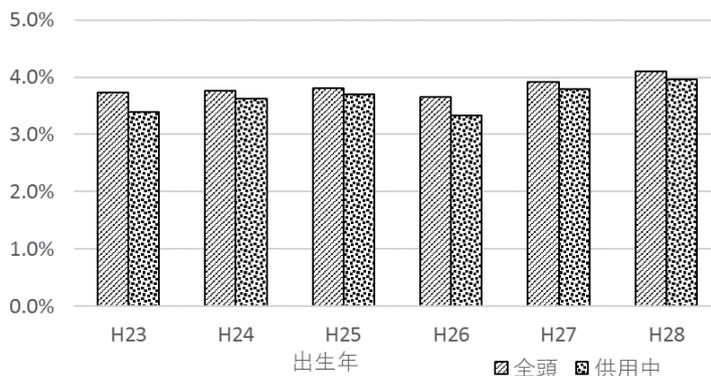


図2 繁殖雌牛の出生年別の近交係数 (平均値)

注) 供用中: 令和2年12月現在で, 繁殖牛として供用中の雌牛群.

## 発行責任者

所 長 長谷川 清 寿

## 編集委員

生産技術部長 桑原 賢治  
育種改良部長 成相 伸久  
肉用牛科長 安部 亜津子  
酪農・環境科長 古瀬 太  
繁殖技術科長 高橋 優  
しまね和牛改良科長 山木 康嗣

Director: Kiyotoshi HASEGAWA

Assistant Director : Kenji KUWABARA

Assistant Director : Nobuhisa NARIAI

Division Chief of Beef Cattle Production : Atsuko ABE

Division Chief of Dairy Cattle・Environment : Futoshi FURUSE

Division Chief of Reproductive Technology : Masaru TAKAHASHI

Division Chief of Shimane-Wagyu Improvement : Koji YAMAKI

## 島根県畜産技術センター研究報告 第46号

---

令和4年3月 発行

編集兼発行

島根県畜産技術センター  
郵便番号 693-0031  
島根県出雲市古志町3775  
電話 (0853) 21 - 2631  
ファックス (0853) 21 - 2632

印刷所

有限会社 ナガサコ印刷  
出雲市下横町350  
電話 (0853) 28 - 2408  
ファックス (0853) 28 - 2401

---