

Bulletin of the  
Tottori Prefectural  
Animal Husbandry Experiment Station  
No. 41

鳥取県畜産試験場研究報告

第41号

令和8年3月（2026年）

鳥取県畜産試験場

鳥取県東伯郡琴浦町

# 目次

“強化” 哺育を活用した和子牛育成技術確立試験（第3報） 高取 等・山本路子・山本理恵・福田孝彦	1~7
黒毛和種子牛育成期の配合飼料給与量漸減が発育に及ぼす影響 小林 努	8~12
和子牛3カ月齢における1日最大哺乳量と哺乳回数を増加による人工哺乳法の検討 小林 努・相見千恵子・小江敏明	13~18
黒毛和種去勢牛の短期肥育における枝肉形質および脂肪の質向上の検討 西谷竜希・小江敏明・大羽真理・邨上正幸	19~27
効率的なOPU卵子回収方法の検討 渡部健一・樋口久美	28~31
鳥取県産黒毛和種牛肉における粗脂肪含量相対量の調査 西村雅美・野儀卓哉・小西博敏	32~37
県産牛乳のおいしさ評価試験 高橋 希・加藤栄喜・水野恵・米原尚子	38~47
飼料作物奨励品種選定試験（令和5年度） 飯田美紅・村上菜奈・加藤栄喜	48~53
<b>【抄録】</b>	54~56
<b>Three-dimensional live imaging of bovine embryos by optical coherence tomography</b> Yasumitsu MASUDA, Ryo HASEBE, Yasushi KURUMI, Masayoshi KOBAYASHI, Misaki IWAMOTO, Mitsugu HISHINUMA, Tetsuya OHBAYASHI, Ryo NISHIMURA	
<b>Three-Dimensional Live Imaging of Bovine Preimplantation Embryos: A New Method for IVF Embryo Evaluation</b> Yasumitsu MASUDA, Ryo HASEBE, Yasushi KURUMI, Masayoshi KOBAYASHI, Misaki IWAMOTO, Mitsugu HISHINUMA, Tetsuya OHBAYASHI, Ryo NISHIMURA	
<b>Hatchability evaluation of bovine IVF embryos using OTC-based 3D image analysis</b> Yasumitsu Masuda, Ryo Hasebe, Yasushi Kuromi, Mitsugu Hishinuma, Tetsuya Ohbayashi, Ryo Nishimura	

# “強化” 哺育を活用した和子牛育成技術確立試験（第3報）

高取 等\*・山本路子\*\*・山本理恵\*\*\*・福田孝彦\*\*\*\*

\*現西部農業改良普及所、\*\*現倉吉家畜保健衛生所、\*\*\*鳥取改良普及所、\*\*\*\*令和7年3月退職

## 要 約

黒毛和種子牛の哺育育成技術を確立するため、高蛋白・低脂肪の代用乳を多給し、子牛の初期発育を向上させる“強化” 哺育について、より円滑な離乳を行うための哺乳及び飼料給与プログラムの検討を行った。黒毛和種雄子牛 14 頭を用いて高蛋白・低脂肪の代用乳を日量 1,000g まで多給する区（標準強化区）と、1,200g まで多給し強化区より早めに給与量を漸減させる区（改良強化区）に区分した。離乳は人工乳摂取量にかかわらず 90 日齢で行い、離乳から育成期にかけ、出生から生後 8.5 ヶ月齢までの黒毛和種雄子牛の発育、飼料摂取量、血液性状に及ぼす影響を検討した。

- 1 育成期終了時の体重は標準強化区 297.1kg、改良強化区 307.7kg となったが有意な差は認められなかった。体型測定値のうち生後 1,3 か月齢の体長、1 か月齢の腹囲については改良強化区が上回ったが ( $P<0.05$ )、体高、十字部高、尻長、かん幅、胸囲は差がなかった。
- 2 日増体量 (DG) は、生時から 3 か月齢までの哺乳期、生時から 0.5 か月齢まで、2.5 月齢から 3.0 か月齢までの DG について、標準強化区を改良強化が上回った。
- 3 生後 0.5~3.0 か月齢の哺乳期間の哺乳量、飼料摂取量は両区に差は無かったが、3~8.5 か月齢の育成期間には改良強化区が濃厚飼料を多く摂取した ( $P<0.05$ )。特に、2.5~4.0 か月齢で改良強化区が人工乳を多く摂取した ( $P<0.01\sim 0.05$ )。標準強化区は離乳後、飼料摂取量の停滞が見られた。
- 4 血中総タンパク (TP) は 4, 4.5, 6 か月齢で改良強化区が標準強化区より高く推移する傾向がみられた。

以上のことから、高蛋白、低脂肪の代用乳を多給する“強化” 哺育の代用乳給与方法において、日量 1,200g まで増給し漸減させる改良強化哺育は、離乳は人工乳摂取量にかかわらず 90 日齢で行う条件下において、日量 1,000g まで増給して 1,000g 給与を 49 日間継続する標準強化哺育と比較して、8.5 か月齢時の体重に差は見られないものの、離乳前後の飼料摂取量ことに人工乳摂取量が高まりやすく、円滑な離乳が可能であることが示唆された。

## 緒 言

我々はこれまでに、高蛋白、低脂肪の代用乳を多給する“強化” 哺育は、従来型の標準的な成分・量を給与する標準哺育と比較して、生後 3 ヶ月齢までの黒毛和種雄子牛の哺乳期において特に優れた発育効果が認められ、哺乳期に得られた増体格差は 8.5 ヶ月齢まで維持されることを確認してきた。しかしながら、強化哺育実施区は離乳後、人工乳から育成飼料への切り替え時に消化不良性の下痢の発症によって飼料摂取量の低下が見られた。そこで、より円滑な離乳により消化不良性下痢の発生を

抑制し発育停滞をなくすために、哺乳期中にさらに人工乳の摂取を高め、かつ、離乳前後でより緩やかな飼料摂取量の増加及び人工乳から育成飼料への移行となる哺乳・飼料給与プログラムを検討した。

## 材 料 及 び 方 法

### 1 試験区分

高蛋白、低脂肪の代用乳（製品名カーフトップ EX ブラック、全酪連、CP28%、EE18%、TDN108%）を 90 日間 79kg 給与する哺育期間において、生後 12 日齢で日量

1,000g まで増給して 1,000g 給与を 70 日齢まで継続、以後 800g を 7 日間、600g を 7 日間、300g を 6 日間給与する区を標準強化区、生後 17 日齢で 1,200g まで増給して 40 日齢まで維持、その後 1,000g を 10 日間、800g を 10 日間、600g を 8 日間、300g を 11 日間と哺乳量を漸減給与する区を改良強化区とした。(図 1)

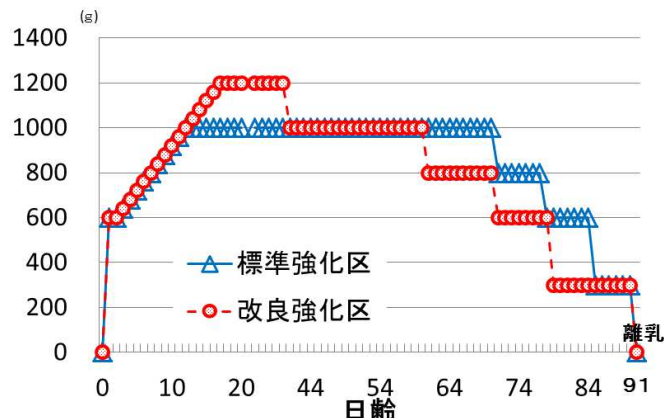


図 1 各試験区の代用乳給与計画

## 2 供試牛及び試験期間

供試牛は、平成 27 年 8 月から平成 29 年 8 月に生まれた、表 1 に示す黒毛和種雄子牛 10 頭を用いた。試験期間は各供試牛の出生後から 8.5 ヶ月齢とし、平成 27 年 8 月から平成 30 年 4 月まで実施した。

表 1 供試牛の概要

区分	生年月日	父	祖父	曾祖父	出生時体重
標準強化区	H27.8.28 ET	白鵬85の3	百合茂	安福久	38.0
	H27.10.31 ET	高森	百合茂	白清85の3	35.5
	H28.6.15	元花江	勝忠平	美津照	41.5
	H28.10.5	勝美照	安福久	安平	41.5
	H29.7.9	白鵬85の3	安福久	平茂勝	38.5
	H29.7.12 ET	白鵬85の3	百合茂	安福久	34.4
改良強化区	H29.8.10 ET	秀菊安	百合茂	白清85の3	39.5
	H27.8.19 ET	白鵬85の3	百合茂	安福久	36.0
	H27.10.20 ET	高森	百合茂	白清85の3	32.0
	H28.6.12	元花江	勝安波	白清85の3	41.0
	H28.9.3 ET	白鵬85の3	百合茂	安福久	42.0
	H28.10.25 ET	白鵬85の3	百合茂	安福久	40.0
平均	H29.1.27	白鵬85の3	白清85の3	糸福(岐阜)	34.5
	H29.2.4	白鵬85の3	百合茂	安福久	38.5
	標準強化区				38.4
改良強化区				37.7	

## 3 飼養管理

供試牛は出生後直ちに母牛から隔離し体重測定後、屋外に設置したカーブハッチまたは牛舎内の個体ペンに收容し個別飼育とした。收容後、臍帯の消毒、鉄剤の頸部筋肉内注射を行い、人工初乳(商品名グッドスタート、全酪連)1,000g を出生後 24 時間以内に 3 回に分けてストマックチューブを用いて強制投与した。

標準強化区、改良強化区ともに生後 2 日目から 5 倍量の温湯で溶解した代用乳の給与を開始した。標準強化区は代用乳を 1 日 600g から始め生後 12 日齢で日量 1,000g まで増給して 1,000g 給与を 70 日齢まで継続、以後 800g を 7 日間、600g を 7 日間、300g を 6 日間給与した(図 2)。改良強化区は生後 17 日齢で 1,200g まで増給して 40 日齢まで維持、その後 1,000g を 10 日間、800g を 10 日間、600g を 8 日間、300g を 11 日間と哺乳量を漸減給与した(図 3)。なお、離乳はスターターの摂取量に関係なく 90 日齢に到達した時点で行った。

週齢	1日給与量 (g/日)	1回給与量 (g/回)	温湯量 (リットル/回)	給与回数 (回/日)	人工乳	粗飼料	水
0	初乳: 1,000gを24時間以内に強制投与						
1	600~800	300~400	1.5~2.0	2	生後3日齢から不断給餌		自由飲水
2	840~1,000	420~500	2.1~2.5				
3	1,000	500	2.5				
4							
5							
6							
7	800	400	2.0				
8							
9							
60日齢	600	300	1.5	夕方1			
79日齢	300	300	1.5				
90日齢	離乳						
計	79,000						

図 2 標準強化区の代用乳給与計画

週齢	1日給与量 (g/日)	1回給与量 (g/回)	温湯量 (リットル/回)	給与回数 (回/日)	人工乳	粗飼料	水
0	初乳: 1,000gを24時間以内に強制投与						
1	600~800	300~400	1.5~2.0	2	生後3日齢から不断給餌		自由飲水
2	840~1,080	420~540	2.1~2.7				
3	1,200	560~600	2.8~3.0				
4							
5							
6							
7	1,000	500	2.5				
50日齢							
60日齢							
60日齢	800	400	2.0	夕方1			
70日齢	600	300	1.5				
79日齢	300	300	1.5				
90日齢	離乳						
計	79,000						

図 3 改良強化区の代用乳給与計画

人工乳は両区とも生後 3 日齢から、粗飼料は細断したクレイングラスを生後 30 日齢から給与開始し、自由採食とした。水はバケツまたはウオーターカップからの自由飲水とした。哺乳及び飼料給与は 1 日 2 回、午前 8 時 30

分と午後3時30分に行った。屋外に設置したカーフハッチまたは牛舎内の個体ペンでの個別飼育を4ヵ月齢まで継続し、4ヵ月齢以降は月齢の近い個体を組み合わせ、2～3頭の群飼育とした。飼料給与は、表2に示す飼料給与プログラムに基づき、それぞれの個体の飼料摂取能力に応じて濃厚飼料、粗飼料を段階的に増量した。濃厚飼料は、3ヵ月齢に達してから1ヵ月間かけて人工乳(商品名:直味,全酪連,CP18%,TDN71.5%)から育成用配合飼料(製品名:鳥取和牛前期,全酪連,CP18%,TDN70%,平成29年5月以降はニュービーフスター,全酪連,CP19%,TDN71%)に切り替えるとともに、4～6ヵ月齢の間、モネンシン含有育成飼料(製品名:プラチナ育成,中部飼料,CP17%,TDN68%)を日量0.5kg給与し、合わせた育成用配合飼料の給与量の上限を日量4.5kgとした。なお、モネンシン含有育成飼料は給与開始から10日間かけて増給し、給与終了時は30日間かけて0kgとし、8ヵ月齢以降は給与しなかった。粗飼料は細断した米国産クレイングラス乾草及び米国産チモシー乾草を自由採食とした。水はバケツまたはウォーターカップからの自由飲水とし、飼料給与は1日2回、午前8時30分と午後3時30分に行った。また、全頭4ヵ月齢を過ぎてから観血法により去勢した。

表2 飼料給与プログラム(標準区・強化区共通)

月齢	濃厚飼料			粗飼料		備考
	人工乳 (直味)	育成飼料 (鳥取和牛前期 ニュービーフスター)	育成飼料 (プラチナ育成)	クレイングラス 乾草(米国産)	チモシー 乾草(米国産)	
3	1.0			0.1		粗飼料は自由採食を基本とする。濃厚飼料は日量4.5kgを上限とする。
	1.6			0.2		
	2.5		0.2	0.3		
4	2.7			0.4		
	3.2	0.0	0.5	0.6		
	0.0	3.5		0.7		
5		3.7		1.0		
		4.0	0.5	1.3		
6		4.0	0.5	1.8		
				2.2	0.3	
7		4.0	0.3	2.5	0.5	
			0.2	2.5	0.8	
8		4.0	0.1	2.5	1.0	
				2.5	1.5	
9		4.0		2.0	2.0	

#### 4 調査項目

##### 1) 発育調査

体重、体高、十字部高、体長、尻長、かん幅、胸囲、腹囲を2週間毎に測定した。

##### 2) 飼料摂取量

毎日夕方の飼料給与前に残飼を回収計量し給与量との差を飼料摂取量とした。

##### 3) 血液検査

血液検査は4週間毎とし、発育調査時に頸静脈からヘパリンナトリウム入真空採血管で採取し、3000rpmで15分間遠心により血漿を分離した。ドライケミストリー法(FUJI-Dry-Chem5500V,富士メディカルシステム、東京、平成29年10月以降測定分はFUJI-Dry-Chem7000VZ,富士メディカルシステム、東京)により、総蛋白(TP)アルブミン(ALB)、血液尿素窒素(BUN)、総コレステロール(Tcho)、アルカリフォスファターゼ(ALP)を測定し、高速液体クロマトグラフィー(SPD-20AV,島津製作所,京都)によりレチノール(Vit.A)、 $\alpha$ -トコフェロール(Vit.E)を測定した。

## 結果

##### 1) 発育調査

3ヵ月齢時、試験終了時の体型測定値を表3,4に示す。これら時点においては、いずれの項目についても区間に差はなかった。

出生時、3ヵ月齢時、8.5ヵ月齢時の体重及びそれぞれの期間のDGを表5に示した。これらの期間における体重、DGともに有意な差は認められなかった。

体重の推移については、両区に差は見られなかったが(図4)、DGについては、0～0.5及び2.5～3.0ヵ月齢時で、改良強化区の方が大きい数値となった(図5)。

その他期間中の体型測定値の推移については、生後1,3ヵ月齢の体長(図6)、1ヵ月齢の腹囲(図7)に

表3 3ヵ月齢時の体型測定値

区分	標準強化区		改良強化区	
体重(kg)	109.5 ± 13.6		114.8 ± 11.8	
体高(cm)	91.9 ± 2.7		92.5 ± 3.6	
十字部高(cm)	96.0 ± 2.6		94.9 ± 3.0	
体長(cm)	93.6 ± 2.8		94.5 ± 3.3	
尻長(cm)	32.6 ± 1.5		32.3 ± 1.4	
寛幅(cm)	29.1 ± 1.1		29.1 ± 1.1	
胸囲(cm)	107.6 ± 2.5		109.0 ± 4.0	
腹囲(cm)	120.1 ± 6.6		123.9 ± 7.9	

については改良強化区が上回ったが (P<0.05)、体高、宇部高、尻長、かん幅、胸囲は差がなかった。

表4 試験終了時の体型測定値

区 分	標準強化区	改良強化区
体 重(kg)	297.1 ± 35.9	307.7 ± 20.9
体 高(cm)	116.1 ± 3.5	116.8 ± 1.4
十字部高(cm)	117.8 ± 3.2	118.5 ± 1.3
体 長(cm)	128.3 ± 4.0	130.2 ± 2.4
尻 長(cm)	44.1 ± 1.8	44.1 ± 1.6
寛 幅(cm)	38.9 ± 2.3	39.1 ± 0.9
胸 囲(cm)	149.7 ± 7.8	152.6 ± 3.9
腹 囲(cm)	183.6 ± 11.3	186.3 ± 7.1

表5 発育成績

区分	体重(kg)			D G		
	出生時	3ヵ月齢	8.5ヵ月齢	0~3ヵ月	3~8.5ヵ月	0~8.5ヵ月
標準区	38.4	109.5	297.1	0.79	1.14	1.01
強化区	37.7	114.8	307.7	0.86	1.15	1.05

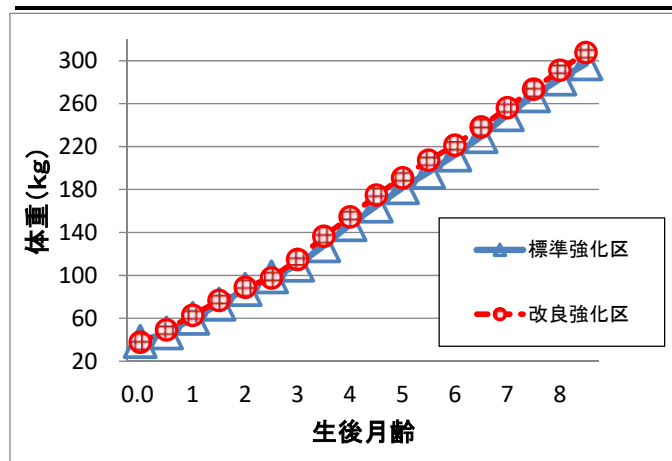


図4 体重の推移

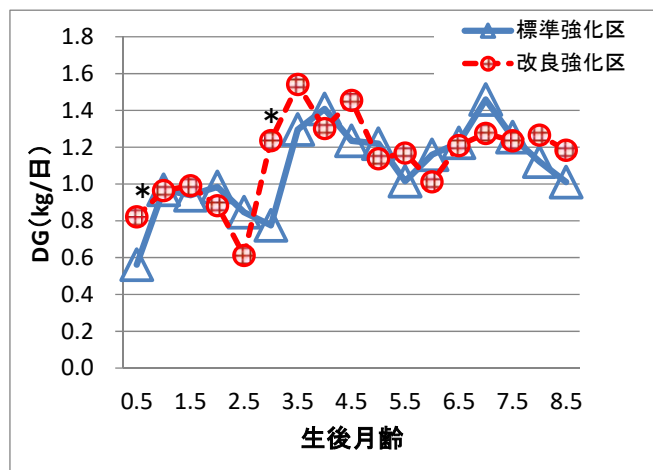


図5 DGの推移

\*P<0.05

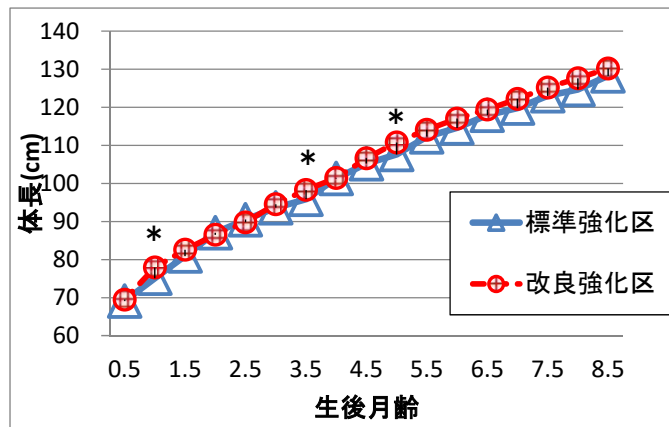


図6 体長の推移

\*P<0.05

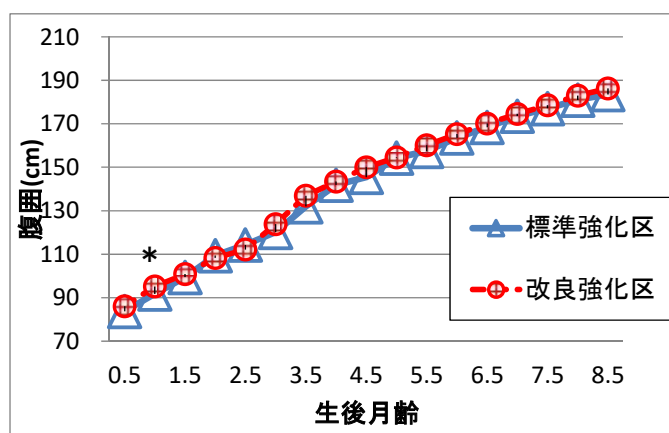


図7 腹囲の推移

\*P<0.05

## 2) 飼料摂取量

哺乳期間の通算飼料摂取量については両区間に差はなかった (表6)。

3ヵ月齢から8.5ヵ月齢までの育成期間中の濃厚飼料の総摂取量は改良強化区が多く摂取し、TDN、CPについても多く摂取した (表7)。0.5ヵ月齢毎の濃厚飼料の摂取量は3.0~3.5、4.0~4.5、6.0~6.5ヵ月齢においては改良強化区が標準強化区を有意に上回ったが、その他の月齢では差はなかった。標準強化区では3.5ヵ月齢以降に消化不良性の下痢を起因とする食欲低下が見られ濃厚飼料摂取量増加が停滞したが、改良強化区は比較的順調な増加を示した (図8)。ことに、2.5~4.0ヵ月齢で改良強化区が人工乳を多く摂取し (図9) 改良強化区では全頭が離乳時1kg以上を摂取した (図10)。

表6 哺乳期間中の飼料摂取量(kg/頭)

区分	標準強化区	改良強化区
代用乳	77.8	75.8
人工乳	30.5	40.9
粗飼料	4.1	4.0
TDN	108.1 (84.0)	113.3 (81.8)
CP	27.7 (21.8)	29.0 (21.2)
EE	14.5 (14.0)	14.3 (13.6)

( ) 数値は代用乳由来の摂取量

表7 育成期間中の飼料摂取量(kg/頭)

区分	標準強化区	改良強化区
濃厚飼料	606.6	645.1 *
粗飼料	283.6	311.0
TDN	593.1	636.1 *
CP	138.4	148.2 *

\*: P<0.05

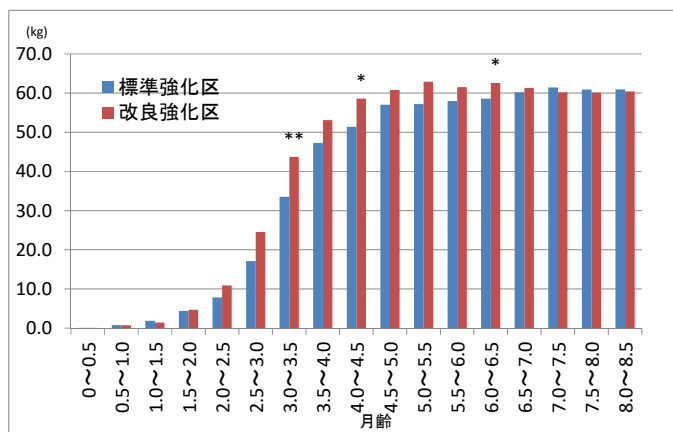


図8 濃厚飼料摂取量の推移 \*\*P<0.01 \*P<0.05

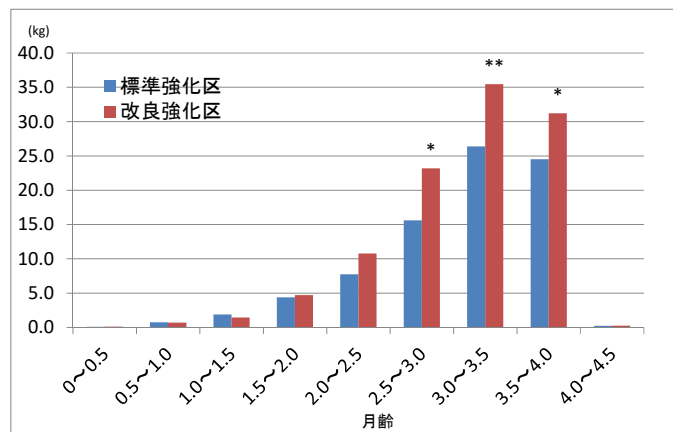


図9 人工乳摂取量の推移 \*\*P<0.01 \*P<0.05

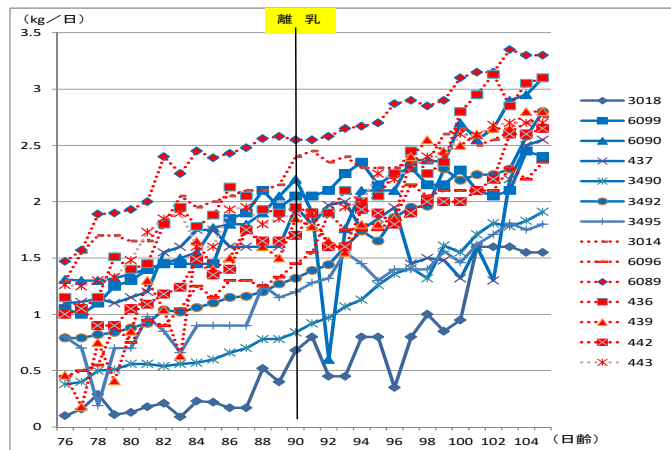


図10 離乳前後の人工乳摂取量の推移

### 3) 血液検査

血液検査項目のうち、ALB、ALPについては、機種依存によると思われる数値の差異が見られた。TPは4,4.5,6か月齢で改良強化区が標準強化区より高く推移する傾向がみられた(図11)。Tchoは4ヵ月齢時には改良強化区が高かったが、他の月齢では有意な差は認められなかった(図12)。

BUNは離乳後両区とも上昇し、改良強化区が標準強化区より4か月齢で高かったが、7か月齢では低かった(図13)。VitAは1.5,3.0か月齢で改良強化区が標準強化区より高かったが、7か月齢では低かった(図14)。VitEは3ヵ月齢時に標準強化区が高かったが、他の月齢では差は無かった(図15)。

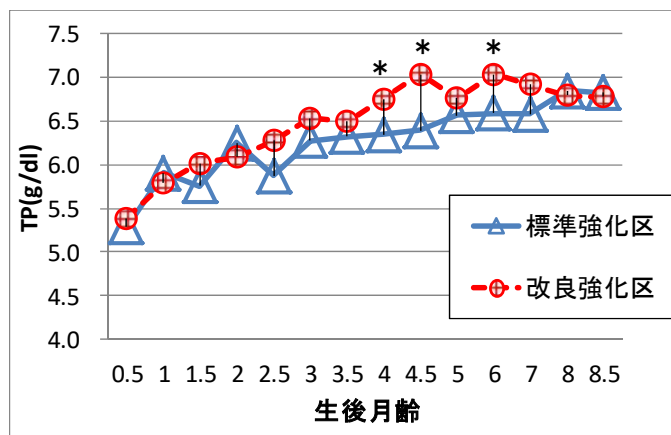


図11 TPの推移 \*P<0.05

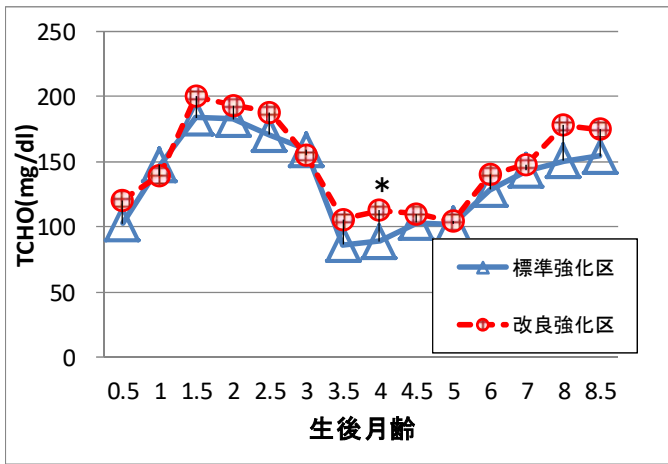


図12 Tcho の推移 \*P<0.05

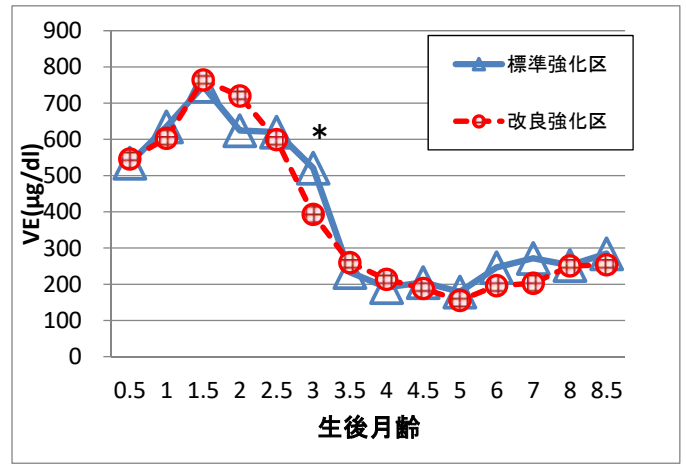


図15 Vit.E の推移 \*P<0.05

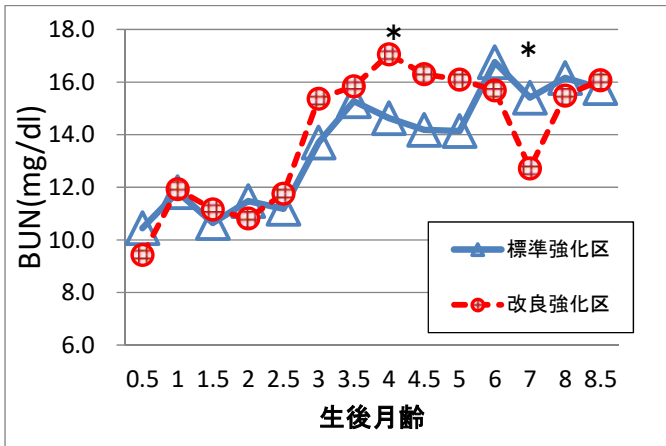


図13 BUN の推移 \*P<0.05

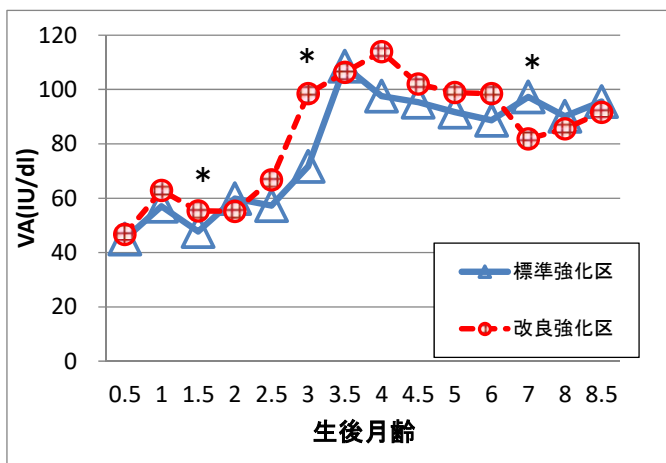


図14 Vit.A の推移 \*\*P<0.01

## 考 察

黒毛和種雄子牛の人工哺育において、高蛋白、低脂肪の代用乳を多給する“強化”哺育について、メーカー推奨の方法の標準的な量を給与する標準強化哺育と、円滑な離乳を図るための改良強化哺育を、人工乳摂取量にかかわらず90日齢で離乳を行う方法で比較した。

これまでに我々は、標準強化哺育では哺乳期において優れた発育効果を確認したが、育成期については、離乳後、人工乳から育成飼料への切り替え時に消化不良性の下痢が発症することによってDGに差が無くなることを確認している。<sup>1)2)3)</sup>今回の試験では、この問題に対応するため、両区ともに離乳期にモネンシン含有飼料を定量・期間制限での給与を行った。今回も、既報<sup>1)2)3)</sup>と同様、標準強化区では離乳後、人工乳から育成飼料への切り替え時に、消化不良性の下痢の発症によって飼料摂取量の低下が見られた。しかしながら、早い日齢で標準強化区より多くの代用乳を給与し、かつ、離乳前の代用乳の少ない期間が長い改良強化区は、下痢の発生はあったものの、飼料の摂取量にそれほど大きな影響はなかった。また、改良強化区は標準強化区より、離乳期～育成期の飼料摂取量が多い傾向が見られ、ことに人工乳の摂取量が多くなった。このことから、標準強化哺育と哺乳期間中の代用乳の給与量は同じであるが、給与カーブの異なる

改良強化哺育をすることにより、人工乳の摂取が高まり円滑な離乳が可能になったものと我々は考えている。メーカーが現在推奨している離乳方法では、90日齢で離乳するのではなく、人工乳を確実に1kg/日以上を摂取してから離乳することとなっており<sup>4)</sup>、改良強化区では確実にこの量の人工乳を食べることが出来るようになったため、離乳後の飼料摂取量も円滑に高まったものと考えられた。

これらのことから、強化区の供試牛のルーメン機能の発達がこの飼料摂取量増加速度に追いつけない状態にあり、加えて離乳による心理的ストレス、人工乳から育成飼料への切り替えが下痢を助長する事となったのではないかと推測していた前回の課題を、今回の改良強化哺育によって、解決できたものと考えている。

今回の試験牛は白鵬85の3の雄子牛が中心であり、概ね計画通りに発育させることが出来たが、雌子牛に同様の給与プログラムを適用した場合には、栄養度が高くなるなどの課題も見つかった。さらに、鳥取県では隆福也、元花江などの新たな高能力種雄牛が誕生しており、それらの特性に合った飼料給与方法の検討が必要と考えられる。

## 謝 辞

本研究の実施に当たり多大なるご指導、ご協力をいただいた全国酪農業協同組合連合会の齋藤昭研究開発顧問をはじめ職員の方々に深謝します。

## 参 考 文 献

- 1) 森下康ら、和子牛の育成に関する試験、鳥取県畜産試験場研究報告、第39号、11-18(2015)
- 2) 山本路子ら、“強化”哺育を活用した和子牛育成技術確立試験(第1報)、鳥取県畜産試験場研究報告、投稿中(予定は第40号、37-41(2019))
- 3) 福田孝彦ら、“強化”哺育を活用した和子牛育成技術確立試験(第2報)、鳥取県畜産試験場研究報告、投稿中(予定は第40号、42-47(2019))

4) 全酪連セミナー2019「子牛の管理と腸の健康」、全国酪農業組合連合会 p297

# 黒毛和種子牛の育成期における濃厚飼料の早期漸増・漸減給与が発育に及ぼす効果について

Feeding the Japanese black calves with the concentrated feed further at their early growth stages and reduce it earlier ameliorates their obese scores.

Tsutomu KOBAYASHI・Kouta UEDA

小林 努\*・上田剛太\*\*

\*現鳥取県食肉衛生検査所、\*\*令和7年3月退職、

## 要 約

当場は黒毛和種子牛を高蛋白低脂肪の代用乳多給により人工哺育育成している。場内で哺育育成する子牛36頭（去勢19頭、雌17頭）の栄養度を調査した結果、24頭（去15雌9）は8.5か月迄に栄養度6以上（過肥傾向）を示したため、育成期における濃厚飼料給与法の改良を試みた。従来法（第I群）と、I群と同量の哺乳後に育成用配合飼料（濃厚飼料）を早期に漸増漸減させた群（第II群）、代用乳給与量をI、II群の1200g/日より800g/日に減少、濃厚飼料はII群同様に早期漸増漸減給与した群（第III群）を設定し生後8.5か月齢までの子牛の発育及び血液性状を調査した。離乳後育成初期において去勢子牛の体重、胸囲、Vit AはI群よりII群とIII群で増加したが、育成後期には差を認めなかった、一方栄養度は標準以上（6以上）を示す個体はII群とIII群で少なく、濃厚飼料の早期漸増漸減により発育を犠牲にすることなく過肥を防げることが明らかとなった。

## 緒 言

当試験場は黒毛和種子牛を人工哺乳により哺育育成しており、これまで哺育育成に関する研究は代用乳の哺乳方法、哺乳量及び哺乳期間等を中心に実施してきた<sup>1)</sup><sup>2)</sup><sup>3)</sup>。一方、近年造成される種雄牛は以前と比べ大型・高能力であり<sup>6)</sup>、これらに適する哺育育成技術の改良が必要である。当場で哺育育成した和子牛の近年の各種測定成績を調査したところ5か月齢以降の育成牛の67%で過肥傾向が認められた（表2）。このため、過肥を抑制できる、育成期配合飼料（以下“濃厚飼料”と記載）給与方法を検討したのでここに報告する。

## 材 料 及 び 方 法

### 1 供試動物等

当場で哺育育成する黒毛和種子牛を各種調査及び試験の対象とした。雄は種雄牛候補とするもの以外は概ね4.5

か月齢以降に去勢した。本報告では雄は全て去勢として記載した。

### 2 栄養度予備調査

令和1年7月から令和2年10月に得られた当場の産子36頭（去勢19頭、雌17頭）について月齢・部位別の栄養度を調査した。栄養度測定は方法4に記載した方法で実施した。

### 3 試験区の設定

飼料給与量は図のとおりとした（図1）。当場で実施している強化哺育法<sup>1)</sup>を第I群とし、第I群と同量（最大1.2kg/日/頭、90日哺育、79kg給与）の代用乳（カーフトップEXブラック、全酪連、CP28%, EE18%, TDN108%）で濃厚飼料（育成用もりもりライト、全農くみあい飼料、CP18.%, EE1.5%, CF12%, TDN70%, 各%以上）を第I群よりも早期に漸増・漸減させた群（最大量150日齢）を第II群、第II群と同様に濃厚飼料を早期漸増漸減給与し、代用乳は第I、II群より減少（最大0.8kg/日、90日哺育、63kg給与）させた群を第III群と設定した。濃厚飼料

には代用乳 104.6kg (ニューメイクスター, 全酪連) とモネンシン含有飼料 51.8kg (パワフル FP, 全農くみあい飼料) を各群同量含んでいる。給与量は日々の摂餌状況に応じ調整、残餌も毎日計量し摂餌量を記録した。試験供試牛の生年月日、血統等の概要を表に示した (表 1)。

#### 4 子牛の発育状況調査と血液生化学検査

出生子牛は、生後 8.5 か月齢まで 0.5 か月毎に計 17 回、発育状況 (体重・測尺・栄養度) 及び血液生化学性状を調査した。発育状況は体重、体長、十字部高、体長、尻長、寛幅、胸囲、腹囲を測定、栄養度は「公益社団法人全国和牛登録協会栄養度判定基準」に従い 1 から 9 の 9 段階で、き甲部、背骨、肋骨、腰角、臀部、尾根部について判定した。血液生化学検査は頸静脈採血後分離した血清を富士ドライケム (7000V、富士フィルム) により次の項目を測定した。総蛋白 (TP)、アルブミン (ALB)、血中尿素窒素 (BUN)、総コレステロール (TCHO)、アルカリフォスファターゼ (ALP)。血中ビタミン (Vit) A 及び E の含量は高速液体クロマトグラフ (Prominence, 島津製作所) 及び UV 検出器 (SPD-20AV, 島津製作所) を用い測定した。

#### 5 統計解析

各種結果の試験群間の比較と検定は去勢と雌別に実施した。摂餌量、各種血液検査及び体重及び体長等の測定・測尺値は Tukey-Kramer の多重比較法で、栄養度は  $X^2$  検定後、有意な場合には残差分析を行った。調整  $p$  値は Benjamini&Hochberg 法 (BH 法) で算出した。  $p < 0.05$  で有意差有りとした。

表 1 試験供試牛の概要

群	生年月日	性	1代祖	2代祖	3代祖	生時 体重(kg)	8.5か月 体測日	
I 群	R2.6.4	去	元花江	勝安波	白清85の3	35	R3.2.19	
	R2.6.16	去	白鷗85の3	百合茂	安福久	37	R3.3.3	
	R3.1.8	去	白弓6	福増安	安平照	34.5	R3.9.23	
	R3.1.14	去	白鷗85の3	百合茂	安福久	35	R3.9.29	
	R3.2.11	去	百合白清2	福増安	安平照	36.5	R3.10.26	
	R3.3.5	去	美津照重	安福久	美津照	39.5	R3.11.20	
	R3.3.17	去	美津照重	安福久	美津照	35	R3.12.2	
	R3.5.1	去	百合福久	美津照重	勝忠平	35.5	R4.1.16	
	R3.5.6	去	光平照	百合福久	福増	34	R4.1.21	
	R2.11.19	雌	元花江	白鷗85の3	勝安波	35.5	R3.8.3	
	R2.11.20	雌	白鷗85の3	勝忠平	茂勝	31.5	R3.8.4	
	R2.12.21	雌	元花江	白鷗85の3	安福久	37	R3.9.5	
	R2.12.26	雌	元花江	国牽白清	安福(岐阜)	32	R3.9.10	
	R2.12.28	雌	光平照	美津照重	百合茂	26	R3.9.12	
	R3.2.9	雌	美津照重	光平照	白清85の3	33	R3.10.24	
	R3.3.14	雌	光平照	百合白清2	白清85の3	22.5	R3.11.29	
	R3.5.23	雌	大山雲	美津照重	安福久	32.5	R4.2.7	
	II 群	R3.11.29	去	百合白清2	勝忠平	美津照	44.5	R4.8.13
		R3.12.26	去	福之姫	秀菊安	白鷗85の3	38.5	R4.9.10
R3.12.27		去	元花江	百合茂	安福久	37.5	R4.9.11	
R4.1.3		去	百合白清2	美徳国	第1花園	31.5	R4.9.18	
R3.10.19		雌	秀菊安	福増	福之国	29	R4.7.4	
R3.12.20		雌	美津照重	美徳国	安福久	33.5	R4.9.4	
R3.12.26		雌	百合福久	白鷗85の3	北平安	38	R4.9.10	
R4.5.18		雌	百合福久	美津照重	安福久	36	R5.2.2	
III 群	R3.8.9	去	秀菊安	百合茂	安福久	34	R4.4.24	
	R3.9.14	去	大山雲	元花江	平茂勝	36.5	R4.5.29	
	R4.4.3	去	百合福久	勝安波	百合茂	40	R4.12.18	
	R4.9.6	去	百合鷗2	元花江	平茂勝	41	R5.5.21	
	R3.8.18	雌	秀菊安	百合茂	安福久	29.5	R4.5.3	
	R3.8.26	雌	秀菊安	百合茂	安福久	31.5	R4.5.11	
	R4.4.5	雌	百合福久	美津照重	百合茂	43.5	R4.12.20	
	R4.4.26	雌	百合福久	百合白清2	白清85の3	34	R5.1.10	

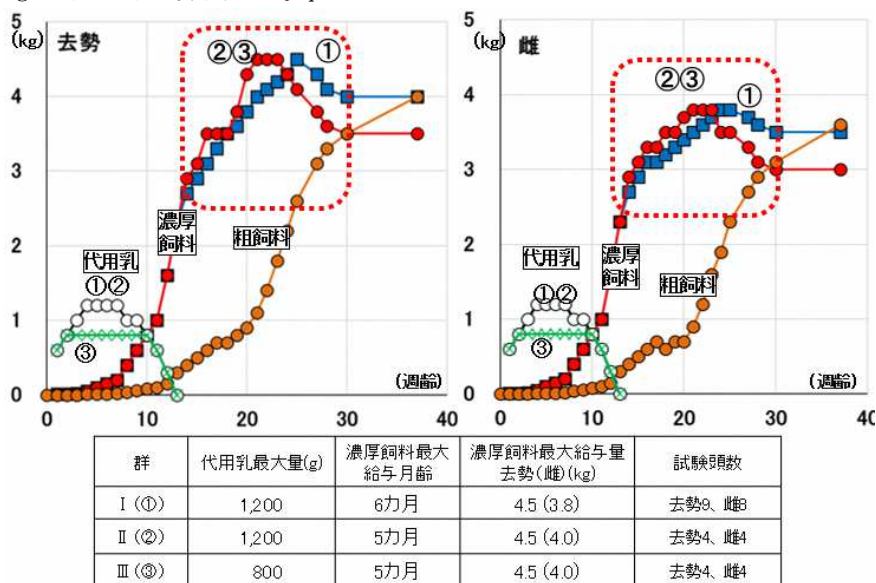


図1 哺育育成期の飼料給与量による試験群の設定  
濃厚飼料は育成濃厚飼料の他、人工乳及びモネンシン含有濃厚飼料を含む

## 結 果

### 1 場内哺育育成和子牛 36 頭の栄養度(予備調査)

場内哺育育成した和子牛 36 頭 (雄 19 頭、雌 17 頭) の 8.5 か月齢までの栄養度測定結果から、栄養度 6 (太り気味) 以上は 24 頭 (雄 15 頭、雌 9 頭)、全体の 66% で認められた。このうち雄は 15/19 頭 (79%)、雌は 9/17 頭 (53%) で栄養度 6 以上を示した。また栄養度 6 以上となる初発月齢は早いものは 5 か月齢 (雌 2 頭) で、主に 6.5 か月齢から認められた (表 2, 図 2)。栄養度の雌雄差は、頭数ベースでは差は認めなかったが (表 2)、0.5 か月毎、6 か所の栄養度の延べ数の比較では、栄養度 6 以上は去勢が雌より多いことが明らかとなった (表 3)。

表2 栄養度6以上及び5以下を示す頭数\*

	5以下	6以上	計
去	4 (21)	15 (79)	19 (100)
雌	8 (47)	9 (53)	17 (100)
計	12 (33)	24 (67)	36 (100)

\*栄養度6: 栄養度区分「太り気味」  
括弧内は%を示す

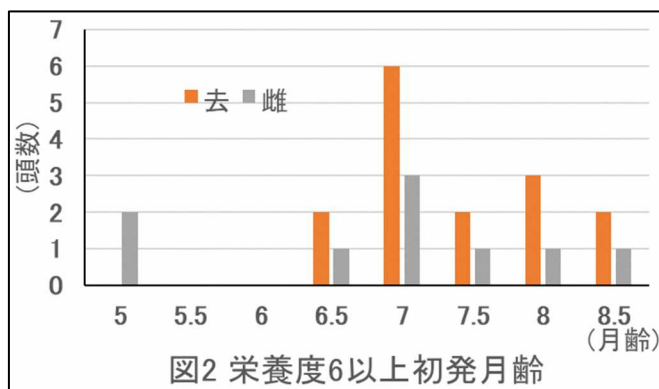


表4 摂餌量の群間比較

	n	代用乳(粉乳)	人工乳(スターター)	濃厚飼料 (除人工乳)	粗飼料
去 I 群	9	77.9 (1.2) a	77.1 (5.9) b	478.2 (23.9) -	393.9 (11.8) -
II 群	4	75.2 (1.7) a	120.4 (10.0) a	531.5 (6.7) -	419.2 (37.9) -
III 群	4	62.0 (0.8) b	104.5 (17.8) ab	555.7 (9.0) -	390.5 (11.1) -
雌 I 群	8	78.0 (2.2) a	88.9 (5.3) -	415.5 (8.5) b	356.8 (17.8) -
II 群	4	74.8 (1.9) a	81.5 (6.4) -	482.3 (4.4) a	323.2 (26.5) -
III 群	4	62.7 (0.4) b	93.8 (8.1) -	476.2 (13.0) a	279.9 (25.8) -

286日間の摂餌量。単位はkg。( )内は標準誤差。異符号間に有意差有り( $p < .05$ )

### 2 試験群の摂餌量、身体測定及び血液検査結果

各群の摂餌量を表4に示した。代用乳は去勢・雌共に III群で少なく、去勢の人工乳はII群がI群より多く、雌の濃厚飼料はI群が最も少ない結果となった。身体測定及び血液検査結果は、群間差の無い項目は結果を示していないが、殆どの項目で差は認めなかった。群間差を認めた項目を図に示した。一部、去勢の体重、胸囲、Vit Aは、離乳後 (90日) の育成初期 (4-5か月) において、対照のI群よりもII群、III群で高値を示したが、試験終了時の8.5か月齢では3群間で差は認められなかった (図 3, 図4, 図5)。一日増体量に関しても有意差は認めなかった。

表3 従来法飼養和子牛の栄養度6以上出現回数(延べ)

	6以下	6以上	計
去勢	1876(1892.61) -3.631▽	62(45.39) 3.631▲	1938
雌	1710(1693.39) 3.631▲	24(40.61) -3.631▽	1734
計	3586	86	3672

上段: 実測値(期待値) 下段: 調整済標準化残差と有意差  
X<sup>2</sup>p値: 0.000283。残差分析: 調整p(BH法)  
▲, 有意に多い、▽, 有意に少ない( $p < .05$ )

### 3 栄養度調査結果

0.5 か月齢時から 8.5 か月齢時まで 0.5 か月毎に計 17 回、6 か所で栄養度を調査した。栄養度 6 以上及び 5 以下を示す回数を集計・解析した結果、次のことが明らかとなった(表 5)。(1) I 群 (対照群) は去勢、雌、共に過肥傾向の個体が多く、標準以下の栄養度を示す個体は少ない。(2) II 群の去勢は過肥傾向の個体が少なく、標準以下の個体が多い。(3) III 群は去勢・雌共に過肥傾向の個体が少なく、標準以下の個体が多い。これらの結果より、濃厚飼料の給与量を早期漸増・漸減させた II 群 (去勢) と III 群 (去勢と雌) では、対照群 (I 群) と比較して過肥抑制効果があることがわかった。

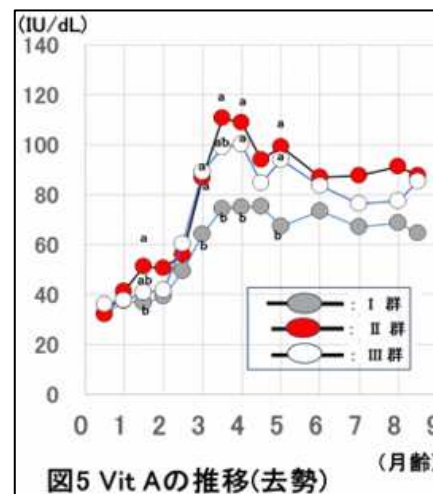
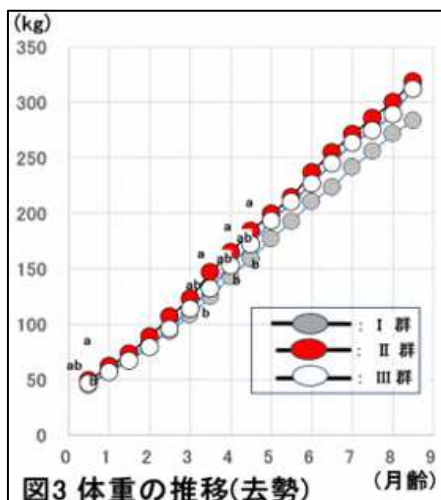
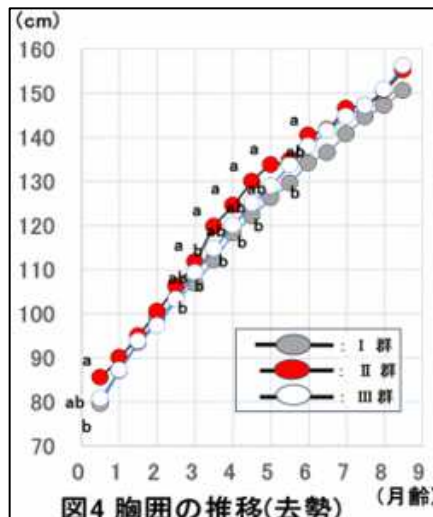


図3, 4, 5 異符号間に有意差あり

表5 栄養度6(太り気味)以上出現回数の比較

去勢	I 群 (対照)	II 群 (1200)	III 群 (800)	計
6以上	28 (15.88)	1 (7.06)	1 (7.06)	30
	4.471▲	-2.631▽	-2.631▽	
5以下	890 (902.12)	407 (400.94)	407 (400.94)	1704
	-4.471▽	2.631▲	2.631▲	
計	918	408	408	1734

雌	I 群 (対照)	II 群 (1200)	III 群 (800)	計
6以上	19 (11)	1 (5.5)	2 (5.5)	22
	3.434▲	-2.231▽	-1.735	
5以下	797 (805)	407 (402.50)	406 (402.50)	1610
	-3.434▽	2.231▲	1.735	
計	816	408	408	1632

上段: 延べ測定回数(期待値). 下段: 調整済標準化残差, 有意差.

$X^2$   $p$  値; 0.0000456 (去勢), 0.0026222 (雌).

残差分析; 調整  $p$  (BH法)  $< 0.05$  で有意. ▲有意に多い、▽有意に少ない ( $p < 0.05$ )

## 考 察

本試験場は従来から黒毛和種子牛の哺育育成試験の内容及び結果を反映させた「和子牛の哺育育成マニュアル」を作成してきた。本報告中の試験も次世代版を作成すべく実施してきた試験の一つであった。試験結果は一足先に設定された次世代版で仮定された通りの結果となった。

予備調査で確認した過肥傾向（表2、表3、図2）は、離乳後の濃厚飼料の早期漸増漸減（図1）により改善し（表5）、本法により過肥化予防可能なことが明らかとなった。一方、濃厚飼料の漸増漸減時期の変更による発育阻害等の影響は認められなかった（図3、図4、図5）。また第III群では代用乳給与量の低減で代用乳摂取量は少ないが（表4）最終的な発育に差は認めず（図3、図4）、過肥防止のため代用乳量を低減する必要は無いことが分かった。濃厚飼料の早期漸増漸減による去勢子牛第II群の離乳から育成初期における一時的な良好な発育（図3、図4）は人工乳の摂餌量の多さ（表4）に起因すると推察できる。

育成期に濃厚飼料を制限し、粗飼料主体で和子牛の育成を行なう手法は過去にも検討され、有効な結果が得られている<sup>4) 5)</sup>、本報告では肥を防ぐため、子牛育成方法の基本に立ち返り、試験した結果、期待通りの過肥抑制という結果を得ることができた。しかしながら、過去に試験・報告されたのは今（2025年3月）から20年程度前であり、本報告までには、種雄牛の能力のみならず黒毛和種全体の能力も上がってきており<sup>6)</sup>、当時と同じ給与量では不足するのが明らかである。過肥を防ぎながら、近年の高能力種雄牛に適した哺育育成方法の確立には、哺乳等の条件も更に改良を進めることが必要であろう。

## 参 考 文 献

1) 山本路子ら、"強化"哺育を活用した和子牛育成技術確立試験（第1報）、鳥取県畜産試験場研究報告、40. 40-45. (2020)

<https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/1203139/kenkyuuho/ukoku40.pdf>

2) 福田孝彦ら、"強化"哺育を活用した和子牛育成技術

確立試験（第2報）、鳥取県畜産試験場研究報告、40. 46-51. (2020)

<https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/1203139/kenkyuuho/ukoku40.pdf>

3) 高取等ら、"強化"哺育を活用した和子牛育成技術確立試験（第3報）、鳥取県畜産試験場研究報告、41. 1-7. (2025)

4) 塩崎達也ら、濃厚飼料制限型子牛育成試験（第1報）、鳥取県畜産試験場研究報告、32. 18-21. (2004)

<https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/215268/32-2.pdf>

5) 川戸和昭ら、濃厚飼料制限型子牛育成試験（第2報）、鳥取県畜産試験場研究報告、33. 18-21. (2005)

<https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/215268/33-2.pdf>

6) 肉用牛をめぐる情勢（令和6年11月）農林水産省畜産局畜産振興課、2024

[https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/1\\_katiku/attach/pdf/r6\\_nikuyougyuu-2.pdf](https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/1_katiku/attach/pdf/r6_nikuyougyuu-2.pdf)

# 1 日最大哺乳量と哺乳回数を増加させた人工哺育法は和子牛 3 か月齢の 発育を促進する

The increments of the amount and the frequency of milk replacer feeding gives better growth rates in 3 months old of Japanese black calves.

Tsutomu KOBAYASHI, Chieko AIMI, Toshiaki OE

小林努\*、相見千恵子、小江敏明

\*現鳥取県食肉衛生検査所

## 要 約

当場で実施していた黒毛和種子牛の人工哺乳時の 1 日最大哺乳量 1200g、1 日給与回数 2 回（2 回法）を 1.5 倍、1 日最大 1800g、1 日 3 回給与（3 回法）とした哺育育成試験を 10 頭（雄 5 頭、雌 5 頭）の子牛で試行した。3 回法の試行 1 頭目（A）と 6 頭目（F）は予定通り哺乳量が伸びず、哺乳期間を標準 90 日のところ、107 日（A）、109 日（F）と大幅に延長したが、他 8 頭は概ね設定した給与量に沿った哺乳量で給与可能であった。これら 3 回法 10 頭と 2 回法で哺育育成した 17 頭（雄 10 頭、雌 7 頭）の 3 か月齢までの哺育・発育成績を比較した。生体重及び離乳日数に差を認めず、3 か月齢時の平均体重 (kg) は雌雄混合及び雌での比較で 3 回法が 2 回法より優れていた。1 日増体量 (kg/日) は雌雄混合、雄、雌の全ての場合で 3 回法が 2 回法を上回った。体高は雌で、体長は雌と雌雄混合で 3 回法が優れていた。3 回法は、生時体重による哺乳量の調整は必要であるが、概ね設定した標準給与表どおり 1800g/日の哺乳が可能で、2 回法より増体も良くなると見込まれた。

## 緒 言

当場では新生子牛（黒毛和種）は人工哺乳法により哺育育成している。その中で近年は「強化哺育法」、即ち、高タンパク質・低脂肪の代用乳給与による哺育法で実施してきた<sup>1), 2), 3)</sup>。一方、近年各県の和子牛市場に出される子牛を見ると大型化の傾向にある。この中で鳥取県の和子牛市場に出荷される子牛の体格は全国的にも小さなものが多い状況である。和牛の需要の増加を考えると、これからは黒毛和種子牛も肥育素牛として、繁殖雌牛の何れの用途でも大型の子牛の方が肥育効率や次世代産子の面で有利であることは明白である。大きな子牛を哺育育成するには、まずは(1)大きな産子を得、(2)可能な限り哺乳量を増やし、(3)かつその後の育成時に適切な時期に適切な量の濃厚育成飼料と多くの粗飼料を給与することが必要となる。本報告は大型和子牛の哺育育成が可能となるよう、まずは当場が実施してきた人工哺乳量、1 日

最大 1200g、2 回哺乳より多い 1.5 倍量、1 日最大 1800g、3 回哺乳での哺育が可能かどうか、また朝夕 2 回哺乳法から朝昼夕の 3 回哺乳法を導入して実際に給与可能かどうかを検討し、これらの発育状況について比較した。

## 材 料 及 び 方 法

### 1 試験牛の設定と哺育育成

当場で生産された黒毛和種子牛 10 頭（雄 5、雌 5）について、1 日 2 回、最大 1200g/日（2 回法）に代わり 1 日 3 回、最大 1800g/日の哺乳プログラム（3 回法）により人工哺乳を実施した。2 回法の哺乳時間は原則 8 時 30 分と 15 時 30 分で<sup>1)</sup>、3 回法の哺乳は 8 時、13 時、18 時で実施した。哺乳に用いる代用乳、カーフトップ EX ブラック（全酪連）を使用 방법에従い 100g につき 500mL の 45℃の湯に溶解し、哺乳用バケツ（ファームエイジ Co. Ltd.）で給与した。哺育期間は 2 回哺乳法と同様、原則 90 日とし、3 回哺乳法による人工乳給与量は 2 回法と比べ哺乳

期間中の総量が 1.5 倍となるように給与表を設定した (図 1、STD)。設定量を残した場合、残量を差引いた実摂取量を記録した。設定量を摂取できない日が続く場合は適宜給与量を調整、また給与増加量を減らし哺乳期間を延長させることにより総量を設定量に近づけるようにした。

## 2 2 回法と 3 回法の比較

当場で哺育育成した黒毛和種子牛を 2 群に分けて比較した。2 回法は令和 5 年 1 月から 8 月生れの 17 頭(雄 10、雌 7)、3 回法は令和 5 年 10 月から令和 6 年 2 月生れの 10 頭(雄 5、雌 5、表 1)、計 27 頭について、生時体重、総哺乳量、哺乳日数を記録した。場内の子牛について、毎週実施している 0.5 か月毎の身体測定(体測)の 3 か月齢時の計測値について、2 回法と 3 回法の体重 (BW)、1 日増体量 (DG)、体高、体長について比較した(週 1 度計測のため日齢差が生ずる)。これらの計測項目は 2 回法と 3 回法の間で Welch の t 検定により比較した。

J) に示した。

3 回法の試行 1 頭目(A)は生時体重 19kg と小さく、2 日齢に 0.5L の輸血を実施している。8 日齢、840g/日あたりより標準設定量の哺乳が困難となり、日々設定量より漸減し哺乳、設定した総哺乳量に近づけるため哺乳期間を延長し、当初設定した最大 1800g/日給与 (52 日齢) に近い 1780g/日には 88 日齢、36 日遅れで到達した。結果、離乳日齢も 107 日齢と 17 日延長し、総哺乳量は 116.2kg と当初設定量 117.9kg と同等な量を 17 日遅れで得られた(表 1、図 1A)。試行 6 頭目(F)は 1500g/日程度までは設定どおりの哺乳量であったが、これ以降は 3 回哺乳で 3 回目の夕方に飲めない日が多くなり、67 日齢からは朝夕 2 回哺乳とした(1280g/日)。B、C、D、E、G、H、I、J については一部、C、E 及び J では体調不良時等に予定哺乳量摂取不可の時期があったが、他はほぼ標準給与表通りの哺乳量を摂取でき、総哺乳量も概ね標準給与プログラム通りとなった(図 1)。

## 結 果

### 1 1 日 3 回最大 1800g 哺乳法(3 回法)による哺乳状況

1 日 3 回最大 1800g 哺乳法(3 回法)と 1 日 2 回最大 1200g 哺乳法(2 回法)の標準給与プログラムは図 1 右下 (STD) に示した。3 回法を実施した 10 頭(雄 5、雌 5)の概要を表 1 に示した。また哺乳量と摂餌量の記録を図 1 (A から

表 1 1 日最大哺乳量 1800g、哺乳回数 3 回/日による試験牛概要と総哺乳量及び発育状況

試験牛	生年月日	性別	生時体重(kg)	総哺乳量(kg)	総哺乳量/設定量(%)	哺乳日数	3カ月齢時日齢*	3カ月齢時濃厚飼料総摂取量*	3カ月齢時BW(kg)*	3カ月齢時DG*(kg)	3カ月齢時体高(cm)	3カ月齢時体長(cm)
(A)	R5.10.2	雄	19.0	116.2	98.6%	107	94.0	6.8	106.0	0.93	87.00	89.00
(B)	R5.11.7	雄	37.5	118.0	100.1%	94	91.0	33.0	141.0	1.14	94.20	95.00
(C)	R5.11.9	めす	34.0	112.4	95.4%	95	89.0	9.7	107.5	0.83	92.40	92.60
(D)	R5.11.21	めす	43.0	117.7	99.8%	90	91.0	18.3	127.5	0.93	97.40	92.20
(E)	R5.12.12	雄	34.5	110.7	93.9%	92	91.0	32.6	134.0	1.09	95.40	97.00
(F)	R6.1.11	雄	34.9	112.2	95.1%	109	89.0	9.0	108.0	0.82	92.80	93.80
(G)	R6.1.24	めす	31.0	138.5	117.5%	113	90.0	10.7	117.5	0.96	96.00	94.60
(H)	R6.2.19	めす	28.0	119.4	101.3%	104	92.0	33.4	120.0	1.00	94.40	93.00
(I)	R6.2.27	めす	36.0	114.1	96.8%	96	91.0	23.8	113.0	0.85	99.60	100.00
(J)	R6.2.29	雄	43.5	106.9	90.7%	94	89.0	18.7	120.0	0.86	98.40	98.20
平均 雄			33.9	112.8	95.7%	99.2	90.8	20.0	121.8	0.97	93.56	94.60
平均 めす			34.4	120.4	102.1%	99.6	90.6	19.2	117.1	0.91	95.96	94.48
平均(雌雄)			34.1	116.6	98.9%	99.4	90.7	19.6	119.5	0.94	94.76	94.54

\*, 3か月齢計測時の値(週 1 度実施のため、日齢変動有), BW.体重、DG. 1 日増体量

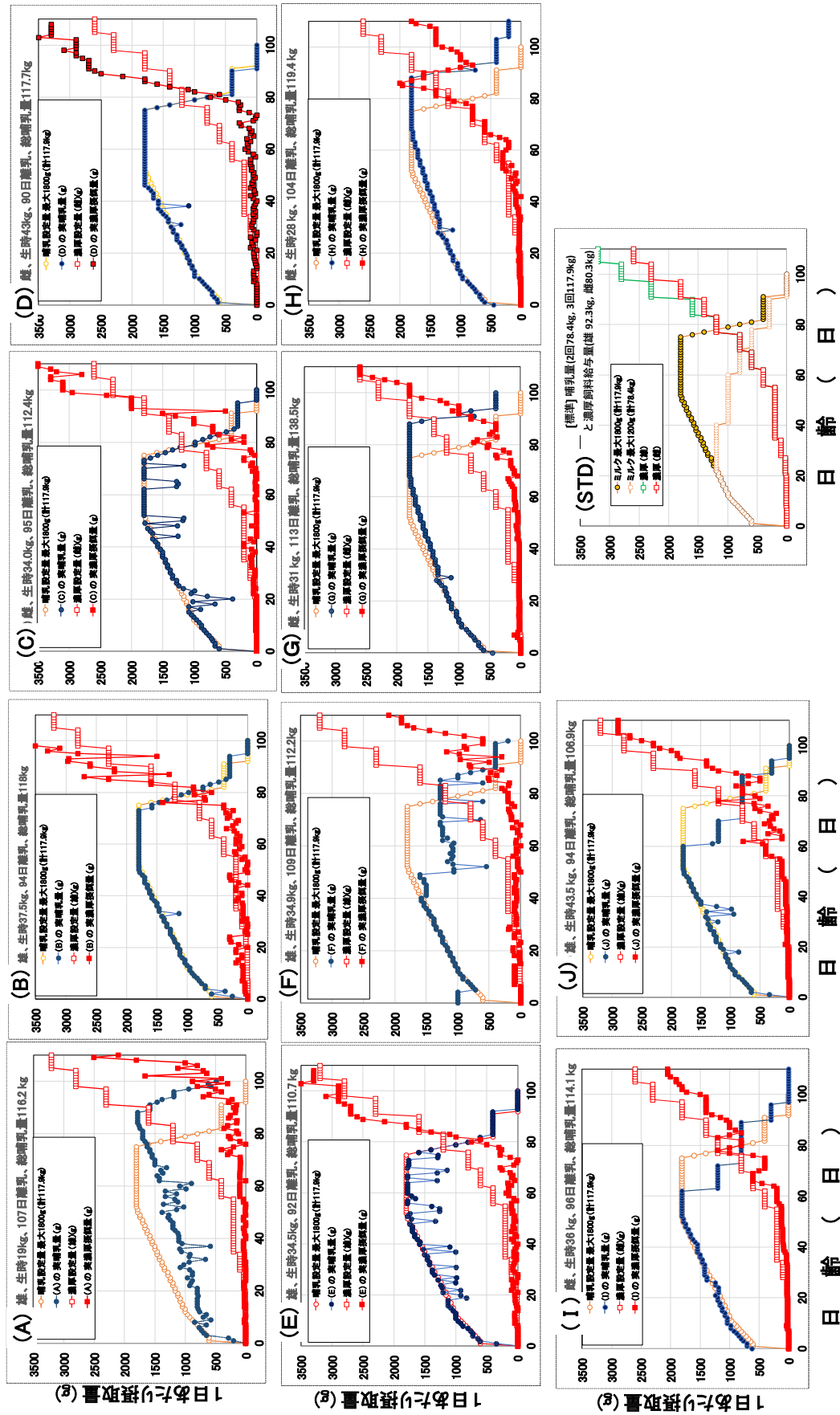


図1 標準給与法の概要 (STD) と3回法試験牛の哺乳実施結果 (A-J)

## 2 2回法と3回法の比較

2回法17頭（雄10頭、雌7頭）と3回法10頭（雄5頭、雌5頭）の生時体重、総哺乳量、離乳日齢、濃厚飼料摂取量、3か月齢時の体重、一日増体量、体高及び体長を比較した（表2）。生時体重、哺乳日数に有意差を認められず、総哺乳量は2回法より3回法が多かった。3か月齢時までの濃厚飼料摂取量は雌雄及び雄の2回法が3回法より多く、雌も有意差はないが2回法の方が多い傾向があった。3か月齢時の体重は雌雄と雌の3回法が2回法を上回り、雄でも多い傾向があった。3か月齢時の1日増体量は雌雄、雄、雌の全ての比較において3回法が2回法より多かった。また、体高は雌で3回法が2回法を上回り、体長は雌雄と雌の比較で3回法が2回法を上回った。

## 考 察

本報告では子牛の哺乳量と回数を当场で行われてきた1日2回最大1200g/日の哺育法（2回法）を1日3回最大1800g/日の哺育法（3回法）とし、3回法の実施可能性の検討及び2回法との比較を行った。結果、以下の事が明らかとなった。（1）3回法は実施した10頭のうち、8頭で概ね設定量どおりの哺乳ができ、生時体重等の要因により哺乳量の増加スピード等の調整は必要であるが、実施可能であること。（2）2回法と3回法の3か月齢時の発育状況は、3回法で哺育した子牛の発育は、特に1日増体量は2回法を上回ること。（3）3か月齢時までの濃厚飼料摂取量は雌雄及び雄の比較において2回法が3回法を上回ること。

実施可能性（1）については、10頭中8頭で概ね予定通りの哺乳が実施できており（図1、AとFを除く8頭）、哺乳量も設定の90～117%（表1）と2回法よりは多い総哺乳量を確保できた（表2）。本試験実施前に和子牛の家畜市場販売時の体重と生時体重の相関関係を調査・集計したところ、生時体重が35kg以上の子牛は市場時の体重も期待できるとの結果がある（調査結果示さず）。本試験では生時体重はAが19kg、Fは34.9kgと、生時体重と市場時体重の相関調査で出てきた”35kg”以下であり、生時体重により哺乳プログラムを調整する必要がある。

発育状況の比較（2）については哺乳回数と量を増

加することによる1日増体量の増加は明らかで、これに伴う体高と体長の増加が特に雌で見られた（表2、1日増体量、体高、体長）。ホルスタインで1日3回哺乳と2回哺乳の比較が近年報告されている<sup>4)</sup>。ここでは、2回哺乳群は最大850g/日、3回哺乳群は最大1275g/日で6週間（42日）離乳で比較し、体重は4週齢、5週齢で、1日増体量は3週齢で、3回哺乳法群は2回哺乳群より良い発育であったが、離乳時（6週）では2回哺乳法の方が1日増体量が高く、これはスターターの摂取量が2回哺乳法の方が多いためと結論されている<sup>4)</sup>。我々の結果も、濃厚飼料摂取量は2回法の方が3回法よりも多く一致するが、一方、1日増体量に関しては、3回法が2回法よりも多く（表2）、この点は異なっていた。ただし、このホルスタイン子牛での報告<sup>4)</sup>では42日齢離乳と、我々が設定した離乳日齢（90日齢）の半分以下であり、単純な比較はできない。しかしながら、哺乳回数を増やすとスターターの食い上がりに影響を及ぼすという点は一致しており（表2、濃厚飼料摂取量）、今後は離乳時期以降の育成方法の検討が必要である（離乳時期の哺乳量の減弱に関して試験牛I、Jで一部試行しているが本報告ではこの点は省略する）。

黒毛和種の雌子牛51頭で本試行試験と同様な先行研究がなされている<sup>5)</sup>。本試行試験と同様の最大9L/日を60日間、41日間、及び7L/日を40日間哺乳した3群で、発育と繁殖成績を比較し、初回分娩月齢に群間差は認めないが、農林水産省が目標とする月齢より2カ月早いとされている。発育は初回人工授精（体重 $\geq$ 270kg、体高 $\geq$ 116cm）の月齢で比較し7L/日給与群より9L/日給与群の方が早いと報告している<sup>5)</sup>。我々の試験とは発育の計測の時期が異なるため発育に関して単純な比較はできないが、哺乳量に関しては9L/日の哺乳は我々が実施した1800g/9L/日と同等と考えられ、1日最大1800g/日の哺乳は黒毛和種子牛において実施可能なことがこの報告からも裏付けることができる。

本報告で実施した試験の2群は同時期に哺育育成しておらず、年及び季節が異なるため、今回の試行試験のみでは厳密な比較はできないのかもしれない。しかし、3か月齢までの限定した結果（表2、1日増体量、体高、体長）からではあるが、3回法で哺育育成した子牛は2回法を上回る発育を示す見込みが十分にあると考えられ

表2 1日最大哺乳量及び哺乳回数が3か月齢時の発育状況に与える効果(2回法と3回法の比較)

性別	1日あたり 最大哺乳量・回数	n	生時 体重(kg)	総哺乳 量(kg)	哺乳 日数	3か月齢 時日齢*	3か月齢時濃厚 飼料総摂取量*	3か月齢 時BW(kg)*	3か月齢時 DG*(kg)	3か月齢時 体高(cm)	3か月齢時 体長(cm)
雌雄	1200g、2回	17	32.8 (1.53)	<u>80.4</u> (1.24)	96.1 (1.29)	92.5 (0.88)	<u>37.8</u> (4.47)	<u>105.2</u> (3.43)	<u>0.78</u> (0.03)	91.9 (1.08)	<u>90.3</u> (1.20)
	1800g、3回	10	33.6 (3.99)	<u>116.6</u> (2.72)	95.6 (2.98)	91.2 (0.80)	<u>19.6</u> (3.35)	<u>119.5</u> (3.71)	<u>0.94</u> (0.03)	94.8 (1.13)	<u>94.5</u> (1.01)
雄	1200g、2回	10	34.4 (1.98)	<u>79.0</u> (1.45)	95.0 (1.74)	93.5 (1.20)	<u>43.0</u> (6.64)	110.6 (4.41)	<u>0.81</u> (0.03)	93.5 (1.62)	93.1 (1.01)
	1800g、3回	5	33.9 (4.05)	<u>112.8</u> (1.97)	99.2 (3.62)	90.8 (0.92)	<u>20.0</u> (5.58)	121.8 (6.93)	<u>0.97</u> (0.06)	93.6 (1.88)	94.6 (1.59)
雌	1200g、2回	7	30.4 (2.27)	<u>82.4</u> (2.06)	97.6 (1.90)	91.0 (1.13)	30.4 (4.38)	<u>97.6</u> (4.27)	<u>0.74</u> (0.04)	<u>89.7</u> (0.71)	<u>86.2</u> (1.54)
	1800g、3回	5	34.4 (2.54)	<u>120.4</u> (4.69)	99.6 (4.03)	90.6 (0.51)	19.2 (4.39)	<u>117.1</u> (3.36)	<u>0.91</u> (0.03)	<u>96.0</u> (1.23)	<u>94.5</u> (1.44)
雌雄計	2回、3回計	27	33.3 (1.25)	93.8 (3.65)	97.3 (1.26)	91.8 (0.60)	31.1 (3.48)	110.5 (2.85)	0.84 (0.03)	93.21 (0.83)	91.86 (0.92)

\*-数値は平均(SE)、BW、体重、DG、1日増体量

\*\*、3か月齢計測時の値(週1度実施のため、日齢変動有)

-2回哺乳群と3回哺乳群はWelchのt検定法で比較。太字; <0.05、太字と下線; <0.01

る。本報告より3回法を採用し、離乳後の育成方法の改良も進めれば、新たな哺育育成方法の開発につながると考えている。

## 参 考 文 献

- 1) 山本路子ら、"強化"哺育を活用した和子牛育成技術確立試験(第1報)、鳥取県畜産試験場研究報告、40. 40-45. (2020)
- 2) 福田孝彦ら、"強化"哺育を活用した和子牛育成技術確立試験(第2報)、鳥取県畜産試験場研究報告、40. 46-51. (2020)
- 3) 高取等ら、"強化"哺育を活用した和子牛育成技術確立試験(第3報)、鳥取県畜産試験場研究報告、41. 1-7. (2025)
- 4) Lydia K et al. Growth performance of neonatal calves fed milk replacer 2 vs. 3 times per day. *Transl Anim Sci.* 2024 Oct 23;8:txae151.
- 5) Taguchi Y et al. Effects of feeding high volumes of milk replacer on reproductive performance and on concentrations of metabolites and hormones in blood of Japanese black heifer calves. *Anim Sci J.* 2021 Jan-Dec;92(1):e13505.

# 黒毛和種去勢牛の短期肥育における 枝肉形質および脂肪の質の向上の検討

西谷竜希、小江敏明、大羽真理\*、邨上正幸\*\*

\*現西部家畜保健衛生所、\*\*現鳥取県庁畜産振興課

## 要 約

黒毛和種の肥育技術や育種改良により、脂肪交雑（BMS）の高い和牛肉が多く生産できるようになった一方で、脂肪の質向上や飼料高騰による経営状況の悪化などの課題が浮上している。そこで、平成30年から令和5年にかけて、肥育期間チモシー、パイン粕を多く含んだ飼料、米ぬか、脂肪酸カルシウム（100g区、200g区）、鉄を多く含んだ飼料、パイン粕を多く含んだ飼料及び脂肪酸カルシウム、全肥育期間高ビタミンA及びパイン粕を多く含んだ飼料及び脂肪酸カルシウム給与区（以下高ビタミンA）の8つの試験区を設定し、短期肥育（24ヵ月齢出荷）による肥育技術の向上を検討した。調査項目は飼料摂取量、体測表、血液検査、枝肉格付成績及びオレイン酸含有率（光学及びガスクロマトグラフィー）とした。枝肉成績の評価にはゲノム育種価を用い、遺伝的効果を補正（ゲノム育種価補正值）した。結果は対照区と比較して優れた格付成績を出した試験区がみられたが、いずれの試験区でも有意な差はみられなかった。また、オレイン酸（光学）において対照区と高ビタミンA、脂肪酸カルシウムと高ビタミンAの試験区間において有意な差がみられた（ $P<0.05$ ）。

## 緒 言

黒毛和種の肥育技術の改良、育種改良により令和5年度の黒毛和種去勢のA5等級割合は約63%、A4等級割合約26%に達し<sup>1)</sup>、全国的に脂肪交雑（以下BMS）の優れた成績の枝肉が多く生産されている。そのような中、令和4年度鹿児島で開催された第12回全国和牛能力共進会においては肉牛区の評価に「脂肪の質」が追加されるなど和牛肉に求められる要素が年々変化しつつある。

鳥取県ではオレイン酸含有率が55%以上の和牛肉を「鳥取和牛オレイン55」、脂肪の質のよいブランド牛として販売しているが、オレイン酸含有率向上に効果のある飼料、添加剤が見つかっていない状況である。

また、飼料価格が高騰により農家の経営状況の悪化が続いており、肥育期間の短縮による経営コスト削減を狙った短期肥育が注目されている。一方で短期肥育の和牛

肉は通常出荷と比較してオレイン酸含有量が低く、枝肉形質も劣る傾向があるため、生産者が自ら率先して取り組める確立された技術に至っていないのが現状である。

そこで様々な飼料や添加剤を給与し、オレイン酸含有率向上、短期肥育技術の向上について検討した。

## 材 料 及 び 方 法

### 1 供試牛および試験設定

鳥取県畜産試験場産かつ場内で育成した平均月齢9ヶ月齢以上の黒毛和種去勢牛を用いた。

1区画あたり2~3頭に設定し、平成30年から令和5年にかけて試験を実施した。8~14ヵ月齢未満を肥育前期、14~19ヵ月齢未満を肥育中期、19~出荷までを肥育後期とした。また、出荷月齢は24ヵ月齢までとした。

試験区設定及び血統は表 1 のとおりである。

### 1) 肥育期間チモシー試験区 (試験区 I)

通常、肥育では中期から出荷にかけてビタミンコントロールにより血中ビタミン A 濃度を低く保つことで脂肪交雑を高める手法が一般的である。しかし、ビタミン A 欠乏による食欲低下、尿石発生など牛の生産性低下が懸念されている。近年血中ビタミン A 濃度を下げずに脂肪交雑に優れた枝肉が生産できる<sup>2)</sup>との報告もあり、ビタミン A コントロールを行わなくとも脂肪交雑に優れた枝肉生産が可能であれば和牛肉の生産性の低下を防ぐことができる。

肥育前期にビタミン A 含有量の多いチモシー等の良質な乾草を給与し、肥育中期から出荷時まで稲わらなどのビタミン A 含有量の低い乾草に置換しての給与が一般的な肥育方法であるが、本試験では肥育全期間チモシーのみを粗飼料として給与することでの枝肉への影響を検討した。

### 2) パイン粕を多く含んだ飼料試験区 (試験区 II)

パイン粕を多く含んだ飼料(株式会社 毛利産業:岐阜)は鳥取県内のオレイン酸含有量の高い枝肉を生産している農家を用いていた飼料である。発酵バカスを主体とした飼料であり、パイン粕や酵母、乳酸菌等を含み、食い止まりにも効果があるとされる。発酵バカスの代替としてパイン粕を多く含んだ飼料を給与することで枝肉への影響を検討した。

パイン粕を多く含んだ飼料は 1 頭当たり 500g 給与し、2 頭ずつ 2 回 (計 4 頭) 試験を実施した。

### 3) 米ぬか試験区 (試験区 III)

米ぬか (全農くみあい飼料) は不飽和脂肪酸を多く含み、脂肪の質を高める効果があるとされている。米ぬかを中期から出荷にかけ 1 頭当たり 700g 給与し枝肉への影響を検討した。

### 4) 脂肪酸カルシウム試験区 (試験区 IV)

$\alpha$ -リノレン酸を含むアマニ油を原料に使用した脂肪酸カルシウム飼料 (太陽樹脂株式会社) を給与することで増体および出荷時期の短縮、肉質の向上に効果がある

とされる。脂肪酸カルシウムを 1 頭当たり 100g 給与し、枝肉への影響を検討した。

### 5) 脂肪酸カルシウム増量試験区 (試験区 V)

試験区 IV で脂肪酸カルシウムを 100g 給与していたが、同飼料を 1 頭当たり 200g に増量し枝肉への影響を検討した。

### 6) 鉄を多く含んだ飼料試験区 (試験区 VI)

鉄を多く含んだ飼料 (小野田化学工業株式会社) はゼオライトとリモナイトを原料に調整された添加剤 (鉄、マンガン、カルシウム等含む) であり、糞便の悪臭低減や食欲増進作用、ミネラル補給などの効果が期待される。上記飼料を 1 頭当たり 100g 給与し枝肉への影響を検討した。

### 7) パイン粕を多く含んだ飼料及び脂肪酸カルシウム試験区 (試験区 VII)

パイン粕を多く含んだ飼料、脂肪酸カルシウムの試験区が好成績であったため、2 種の飼料を併用して給与し、枝肉への影響を検討した。パイン粕を多く含んだ飼料を 1 頭当たり 500g、脂肪酸カルシウムを 1 頭当たり 150g 給与した。

### 8) 高ビタミン A 高維持試験区 (試験区 VIII)

試験区 I にて、チモシー乾草を用いてビタミン A 高維持を図ったが、本試験ではビタミン A 剤を用いて血中ビタミン A 濃度を高く保ち、その効果を検証した。

血中ビタミン A 濃度の高維持目標値を 100IU/dl とし、体測時採血の数値が設定値を下回っていれば随時ビタミン A 剤を経口投与した。

さらにこの試験区は脂肪酸カルシウムを 150g と発酵バカスの代替としてパイン粕を多く含んだ飼料を給与した。

## 2 飼料給与設定および飼養管理

飼料給与設定は以下の図 1 及び表 2 に示した。1 日の給与量は表記月齢時の設定量に沿って給与した。粗飼料として肥育全期間を通して稲わら、バカスを給与し、素牛導入から 13 ヶ月齢までは粉碎ヘイキューブを、同じく

14 ヶ月齢までは良質乾草としてチモシーを給与した。

濃厚飼料は、肥育用配合飼料として乾物換算 TDN75% の飼料（全農くみあい飼料）を給与した。また、素牛導入から 14 ヶ月齢まで一般ふすま、同じく 16 ヶ月齢まで大豆粕、18 ヶ月齢から出荷まで乾物換算 TDN76% の後期肥育牛用の配合飼料を全試験区にて給与した。

飼料は 1 日朝及び夕方の 2 回給与し、朝の給与前に残滓があれば計測した。

飲水はウォーターカップによる自由飲水とした。また、尿石予防の鉍塩を設置した。

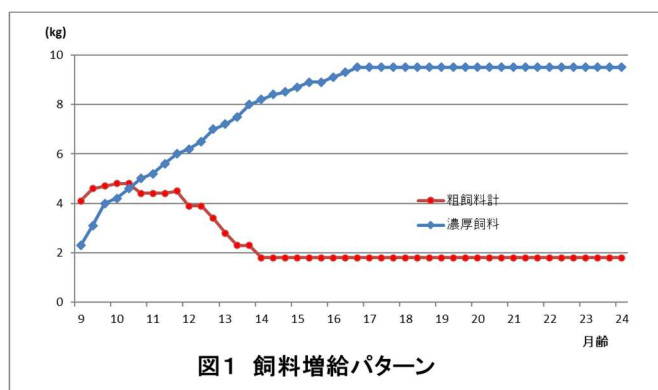


図1 飼料増給パターン

表1 供試牛の血統

区分	性別	生年月日	開始月齢	父	母方の祖父
対照区	去勢	H29.1.27	9.5	白鵬 8 5 の 3	白清 8 5 の 3
	去勢	H29.2.4	9.3	白鵬 8 5 の 3	百合茂
試験区 I	去勢	H29.8.7	9.6	元花江	安平照
	去勢	H29.8.10	9.5	秀菊安	百合茂
試験区 II	去勢	H31.3.6	9.7	隆福也	白鵬 8 5 の 3
	去勢	H31.3.23	9.1	白鵬 8 5 の 3	美津照重
	去勢	H30.12.22	10.7	秀菊安	第 1 花国
試験区 III	去勢	H31.1.31	9.3	白鵬 8 5 の 3	福栄
	去勢	H30.5.25	9.5	美穂国	安福久
試験区 IV	去勢	H30.5.30	9.4	白鵬 8 5 の 3	勝安波
	去勢	H30.10.28	9.4	白鵬 8 5 の 3	白清 8 5 の 3
	去勢	H30.11.6	9.1	白鵬 8 5 の 3	百合茂
試験区 V	去勢	H30.11.12	9.1	秀菊安	第 1 花国
	去勢	R2.6.4	9.7	元花江	勝安波
試験区 VI	去勢	R2.6.16	9.3	白鵬85の3	百合茂
	去勢	R3.1.14	9.9	白鵬85の3	百合茂
試験区 VII	去勢	R3.2.11	9.0	百合白清2	福増
	去勢	R2.1.3	9.8	元花江	百合白清2
試験区 VIII	去勢	R2.1.14	9.4	元花江	福増
	去勢	R3.12.26	9.5	福之姫	秀菊安
	去勢	R3.12.27	9.5	元花江	百合茂
	去勢	R4.1.3	9.2	百合白清2	美穂国

表2 期間あたり目標摂取量 (kg/頭/日)

区分	前期	中期	後期	全期間
粗飼料	3.63	1.80	1.80	2.49
濃厚飼料	5.55	9.26	9.50	7.94

### 3 調査項目

毎日の給与量から残滓量を差し引き、試験区ごとの飼料摂取量を算出した。

また、毎月1回体測を実施し体重、体高、体長、胸幅、胸深、尻長、腹囲、胸囲を測定した。区画ごとの平均体重を用いて1日平均増体重（以下DG）を算出した。体測時に採血し、その血漿から液体クロマトを用いて血中ビタミンA濃度を分析した。

枝肉成績については公益社団法人日本食肉枝肉格付協会が格付した格付表を用いた。オレイン酸含有率は光学分析とガスクロマトグラフィー（以下ガスクロ）分析を実施し、光学分析値は鳥取県牛肉販売協議会が測定した数値（測定部位：筋間脂肪）、ガスクロは当場の分析数値（測定部位：ロース芯）を用いた。

また、供試全個体のゲノム育種価を算出し、ゲノム育種価算出時の全平均を足した数値と名形質のゲノム育種価から算出した推定値より、遺伝的に予想される格付結果と実際の格付けと比較しゲノム育種価補正値を算出することで試験飼料・添加剤の効果を調査した。

ゲノム育種価は供試牛個体を含まない14349頭（オレイン酸（光学）は7028頭）の訓練群を用いて、G-BLup法により算出した。

統計処理は一元配置分散分析を行い、群間に差のあったものについてはTukey多重比較検定を行った。

## 結 果

### 1 飼料摂取量

試験区ごとの粗飼料摂取量を表3、濃厚飼料摂取量を表4に示した。

表3 粗飼料摂取量 (kg/頭/日)

区分	前期	中期	後期	全期間	
対照区	4.29	2.42	1.81	2.67	
試験区Ⅰ	3.88	1.79	1.43	2.26	
試験区Ⅱ①	4.85	2.74	1.68	2.88	
試験区Ⅱ②	4.67	2.66	1.90	2.89	
粗飼料	試験区Ⅲ	4.65	2.16	1.88	2.71
試験区Ⅳ	4.38	1.81	1.50	2.32	
試験区Ⅴ	4.42	2.02	1.88	2.61	
試験区Ⅵ	4.24	1.92	1.72	2.57	
試験区Ⅶ	4.65	2.06	1.72	2.61	
試験区Ⅷ	4.36	2.22	2.03	2.77	

表4 濃厚飼料摂取量 (kg/頭/日)

区分	前期	中期	後期	全期間	
対照区	4.00	7.76	8.60	7.10	
試験区Ⅰ	3.89	7.75	6.77	6.21	
試験区Ⅱ①	4.64	8.81	9.33	7.91	
試験区Ⅱ②	4.71	8.96	8.83	7.78	
濃厚飼料	試験区Ⅲ	4.90	8.41	7.81	7.24
試験区Ⅳ	4.87	8.07	7.96	7.22	
試験区Ⅴ	5.16	8.26	9.10	7.77	
試験区Ⅵ	5.58	9.40	10.02	8.44	
試験区Ⅶ	5.15	9.04	9.65	8.25	
試験区Ⅷ	5.58	9.49	9.48	8.33	

### 2 発育成績

試験区ごとの平均DGを表5、平均体重の推移を表6に示した。

表5期間あたりDG

区分		前期	中期	後期	通算
対照区	平均	0.89	1.07	0.77	0.89
	標準偏差	0.01	0.06	0.06	0.01
試験区Ⅰ	平均	0.74	0.87	0.49	0.65
	標準偏差	0.03	0.14	0.21	0.14
試験区Ⅱ①	平均	1.25	1.06	0.88	1.05
	標準偏差	0.12	0.11	0.04	0.05
試験区Ⅱ②	平均	1.09	1.09	0.82	0.99
	標準偏差	0.11	0.30	0.12	0.16
試験区Ⅲ	平均	1.02	0.86	0.62	0.82
	標準偏差	0.07	0.04	0.13	0.09
試験区Ⅳ	平均	0.95	0.96	0.90	0.85
	標準偏差	0.14	0.16	0.18	0.18
試験区Ⅴ	平均	1.08	0.89	0.90	0.96
	標準偏差	0.16	0.01	0.17	0.12
試験区Ⅵ	平均	0.97	1.04	1.01	0.96
	標準偏差	0.03	0.05	0.05	0.06
試験区Ⅶ	平均	1.15	1.04	0.95	1.04
	標準偏差	0.13	0.06	0.05	0.08
試験区Ⅷ	平均	1.01	1.18	0.91	0.99
	標準偏差	0.22	0.04	0.09	0.03

表6体重の推移

(kg)

区分	開始時	前期終了時	中期終了時	終了時
対照区	315.5 ±3.5	447.0 ±2.0	577.0 ±5.0	720.0 ±6.0
試験区Ⅰ	270.5 ±6.5	383.0 ±11.0	492.0 ±28.0	610.0 ±78.0
試験区Ⅱ①	316.0 ±28.0	506.0 ±46.0	636.0 ±60.0	806.0 ±52.0
試験区Ⅱ②	308.0 ±9.0	474.0 ±25.0	607.0 ±61.0	752.0 ±82.0
試験区Ⅲ	305.0 ±18.0	462.5 ±29.5	566.0 ±34.0	680.0 ±58.0
試験区Ⅳ	285.0 ±20.2	430.3 ±15.6	546.7 ±39.3	673.3 ±74.1
試験区Ⅴ	271.0 ±5.0	436.5 ±29.5	545.0 ±29.0	708.0 ±58.0
試験区Ⅵ	307.5 ±13.5	453.0 ±17.0	589.0 ±25.0	744.0 ±38.0
試験区Ⅶ	318.0 ±8.0	492.0 ±28.0	619.0 ±35.0	763.0 ±49.0
試験区Ⅷ	310.0 ±7.8	464.0 ±20.1	634.0 ±27.8	798.0 ±24.5

### 3 血中ビタミンA濃度推移

試験区ⅠとⅡ①、Ⅱ②を図2に、試験区Ⅲ、Ⅳ、Ⅴを図3に、試験区Ⅵ、Ⅶ、Ⅷを図4に血中ビタミンA濃度の推移をそれぞれ示した。

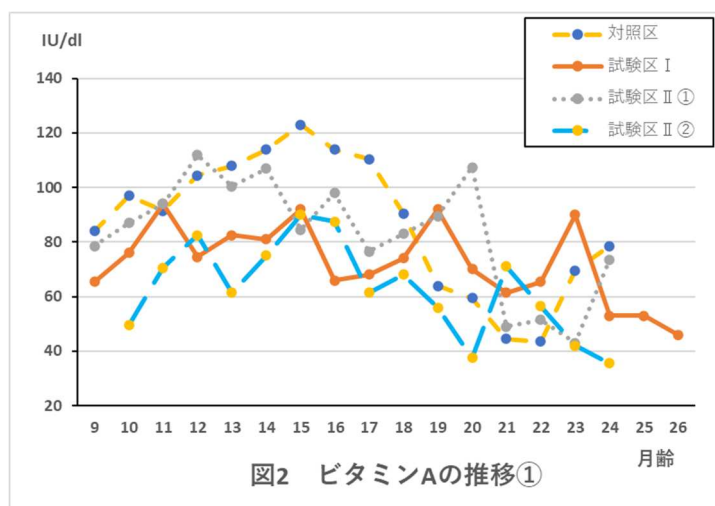


図2 ビタミンAの推移①

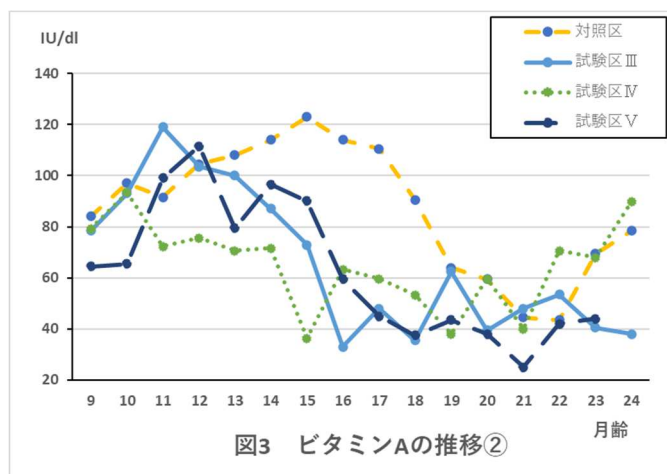


図3 ビタミンAの推移②

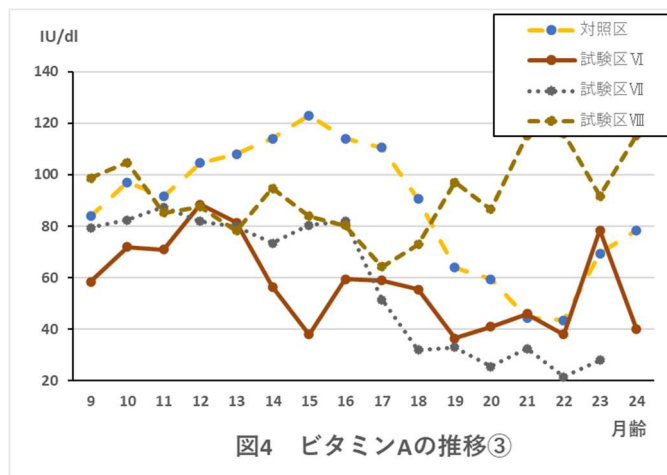


図4 ビタミンAの推移③

### 4 枝肉成績

試験区ごとの枝肉成績を表7に示した。

表7 枝肉成績

区分	出荷月齢 (ヶ月)	格付	枝重 (kg)	ロース (cm <sup>2</sup> )	バラ (cm)	皮下脂肪厚 (cm)	歩留基準値 (%)	BMS (No.)	BCS (No.)	オレイン酸 光学分析 (%)	オレイン酸 ガスクロ (%)	備考	
対照区	24.6	A5	439.3	63	7.7	2.1	75.3	9	4	43.4	48.4		
	24.3	A5	458.7	83	7.6	2.1	77.6	12	3	42.5	48.1		
	平均		449.0	73.0	7.7	2.1	76.45	10.5	3.5	43.0	48.3		
	標準偏差		0.13	9.70	10.00	0.05	0.00	1.20	1.50	0.50	0.45	0.15	
試験区Ⅰ	27.5	A4	321.9	50	5.9	1.8	74.2	5	4	50.8	50.5		
	27.4	A5	450.4	61	7.7	3.3	73.9	11	3	48.4	48.7		
	平均		27.4	386.2	55.5	6.8	2.6	74.1	8.0	3.5	49.6	49.6	
	標準偏差		0.05	64.25	5.50	0.90	0.75	0.15	3.00	0.50	1.20	0.90	
試験区Ⅱ①	25.1	A5	550.2	81	10.4	4.2	76.2	12	3	42.7	46.7		
	24.1	A5	448.4	59	6.8	3.2	73.2	9	4	51.7	52.4	左肩シコリ	
	平均		24.6	499.3	70.0	8.6	3.7	74.7	10.5	3.5	47.2	49.6	
	標準偏差		0.50	50.90	11.00	1.80	0.50	1.50	1.50	0.50	4.50	2.85	
試験区Ⅱ②	25.5	A5	439.3	91	8.7	3.1	78.8	12	3	39.6	54.2		
	24.1	A4	486.9	66	7.9	2.6	74.8	7	3	51.4	51.5		
	平均		24.8	463.1	78.5	8.3	2.9	76.8	9.5	3.0	45.5	52.9	
	標準偏差		0.66	23.80	12.50	0.40	0.25	2.00	2.50	0.00	5.90	1.35	
試験区Ⅲ	24.6	A5	451.4	58	7.1	3.7	72.8	8	5	47.7	47.6		
	24.4	A5	380.1	54	7.6	3.2	73.8	10	5	52.9	54.0		
	平均		24.5	415.8	56.0	7.4	3.5	73.3	9.0	5.0	50.3	50.8	
	標準偏差		0.08	35.65	2.00	0.25	0.25	0.50	1.00	0.00	2.60	3.20	
試験区Ⅳ	25	A5	369.0	66	7.1	2.6	75.8	11	4	44.8	50.1		
	24.7	A5	499.5	85	8.0	2.9	76.9	12	4	44.6	48.8		
	24.5	A5	427.2	94	8.8	1.8	80.5	12	3	40.5	45.5		
	平均		24.7	431.9	81.7	8.0	2.4	77.7	11.7	3.7	43.3	48.1	
標準偏差		0.21	53.38	11.67	0.69	0.46	2.01	0.47	0.47	1.98	1.65		
試験区Ⅴ	24.8	A5	384.3	59	7.2	1.8	75.4	9	3	48.5	54.2		
	24.4	A5	458.0	71	7.2	2.9	75.1	8	3	47.6	51.5	左肩アタリ	
	平均		24.6	421.2	65.0	7.2	2.4	75.3	8.5	3.0	48.1	52.9	
	標準偏差		0.20	36.85	6.00	0.00	0.55	0.00	0.50	0.00	0.45	1.35	
試験区Ⅵ	24.8	A5	448.4	98	9	2.2	80.6	12	3	48.9	58.4		
	23.9	A5	469.7	68	8.2	2.1	76.0	9	3	50.6	54.2		
	平均		24.4	459.1	83.0	8.6	2.2	78.3	10.5	3.0	49.8	56.3	
	標準偏差		0.45	10.65	15.00	0.40	0.05	2.30	1.50	0.00	0.85	2.10	
試験区Ⅶ	24.6	A5	508.5	70	9.2	2.2	76.2	10	3	54.3	50.7		
	24.2	A5	439.2	68	8.0	2.2	76.0	9	3	51.1	54.4		
	平均		24.4	473.9	69.0	8.6	2.2	76.1	9.5	3.0	52.7	52.6	
	標準偏差		0.18	34.65	1.00	0.60	0.00	0.10	0.50	0.00	1.60	1.85	
試験区Ⅷ	24.7	A5	477.0	61	8.2	2.4	74.7	9	4	50.4	51.3		
	24.7	A5	510.0	63	8.2	2.3	74.6	9	3	53.1	51.4		
	24.5	A4	461.9	58	8.4	1.9	75.1	7	3	53.8	52.2		
	平均		24.6	483.0	60.7	8.3	2.2	74.8	8.3	3.3	52.4	51.6	
標準偏差		0.1	20.1	2.1	0.1	0.2	0.01	0.9	0.5	1.5	0.40		

表8 各試験区結果における「格付」と「ゲノム育種価から算出した推定値との差」

※ゲノム育種価補正值（実際の格付－ゲノム育種価から算出した推定値）

	枝肉重量		ロース芯面積		バラ厚		皮下脂肪	
対照区	-16.0	(449.0－465.0)	5.6	(73.0－67.4)	-0.3	(7.7－8.0)	-0.1	(2.1－2.2)
試験区Ⅰ	-59.4	(386.2－445.6)	-9.5	(55.5－65.0)	-1.4	(6.8－8.2)	0.1	(2.6－2.4)
試験区Ⅱ①	7.6	(499.3－491.7)	3.9	(70.0－66.1)	0.1	(8.6－8.5)	0.9	(3.7－2.8)
試験区Ⅱ②	-3.6	(463.1－466.7)	10.7	(78.5－67.8)	-0.1	(8.3－8.4)	0.1	(2.9－2.7)
試験区Ⅲ	-48.5	(415.8－464.3)	-5.7	(56.0－61.7)	-1.0	(7.4－8.3)	0.5	(3.5－3.0)
試験区Ⅳ	-39.4	(431.9－471.4)	10.8	(81.7－70.9)	-0.3	(8.0－8.3)	0.0	(2.4－2.4)
試験区Ⅴ	-38.2	(421.2－459.4)	0.2	(65.0－64.8)	-0.6	(7.2－7.8)	0.0	(2.4－2.4)
試験区Ⅵ	-31.0	(459.1－490.0)	11.9	(83.0－71.1)	0.3	(8.6－8.3)	-0.2	(2.2－2.3)
試験区Ⅶ	-9.7	(473.9－483.5)	4.4	(69.0－64.6)	0.4	(8.6－8.2)	-0.2	(2.2－2.4)
試験区Ⅷ	-7.2	(483.0－490.2)	-6.9	(60.7－67.6)	-0.3	(8.3－8.5)	-0.3	(2.2－2.5)

	歩留		BMS		オレイン酸（光学）		オレイン酸（GC）	
対照区	0.8	(76.5－75.7)	1.1	(10.5－9.4)	-9.9	(43.0－52.9) <sup>a</sup>	-3.7	(48.3－52.0)
試験区Ⅰ	-1.5	(74.1－75.6)	-0.9	(8.0－8.9)	-3.3	(49.6－52.9)	-1.5	(49.6－51.1)
試験区Ⅱ①	-0.3	(74.7－75.0)	0.9	(10.5－9.6)	-6.5	(47.2－53.7)	-3.7	(49.6－53.3)
試験区Ⅱ②	1.3	(76.8－75.5)	0.9	(9.5－8.6)	-7.7	(45.5－53.2)	2.3	(52.9－50.6)
試験区Ⅲ	-1.2	(73.3－74.5)	0.9	(9.0－8.1)	-3.0	(50.3－53.3)	-0.4	(50.8－51.2)
試験区Ⅳ	1.7	(77.7－76.1)	2.5	(11.7－9.1)	-8.9	(43.3－52.2) <sup>b</sup>	-2.5	(48.1－50.6)
試験区Ⅴ	0.1	(75.3－75.2)	-0.3	(8.5－8.8)	-5.4	(48.1－53.5)	1.7	(52.9－51.2)
試験区Ⅵ	2.3	(78.3－76.0)	1.5	(10.5－9.0)	-4.3	(49.8－54.1)	3.2	(56.3－53.2)
試験区Ⅶ	1.0	(76.1－75.1)	1.4	(9.5－8.1)	-0.2	(52.7－52.9)	1.3	(52.6－51.4)
試験区Ⅷ	-0.7	(74.8－75.5)	-0.4	(8.3－8.7)	0.2	(52.4－52.3) <sup>ab</sup>	1.3	(51.6－50.3)

※異符号間で有意差あり(P<0.05)

## 5 ゲノム育種価から算出した推定値との差

試験区ごとの格付とゲノム育種価から算出した推定値との差（ゲノム育種価補正值）を表8に示した。

値が49.6、49.6と対照区より大きい値となった。

また、ゲノム育種価補正值において全ての推定値を下回ったことから肥育全期間チモシーにしたことによる影響だと推測される。

## 考 察

### 1 試験区Ⅰ（肥育全期間チモシー）

飼料給与量において全期間を通して規定量摂取することができなかった。それがDGや出荷時平均体重、枝肉格付に悪影響を及ぼしたことが考えられる。しかし、オレイン酸含有率において光学分析値、ガスクロ分析

### 2 試験区Ⅱ（パイン粕を多く含んだ飼料）

通算DGが試験区Ⅱ①と試験区Ⅱ②がそれぞれ1.05kg、0.99kg、終了時平均体重が806kg、752kgと対照区より大きい傾向であり、全期間の濃厚飼料摂取量が7.91kg、7.78kgと多く採食したからであると考えられる。一方で格付成績はオレイン酸含有率においてⅡ①が47.2、49.6、Ⅱ②が45.5、52.9と対照区と比較し

て大きい傾向となった。

ゲノム育種価補正值においてロース芯面積、BMS が推定値より大きい傾向となった。

また、試験区Ⅱ①の1頭に左肩シコリがみられた。シコリはビタミンAの欠乏など飼養管理を含む環境要因等が起因する<sup>4)5)</sup>ことが指摘されており、試験区Ⅱ①では20ヵ月齢でビタミンAが急激に低下したことが発生原因と推測される。飼養管理を含む環境要因等が作用することで発生する可能性も挙げられており、シコリが発生しないような飼養管理を検討する必要がある。

### 3 試験区Ⅲ (米ぬか)

濃厚飼料摂取量が前期4.90 kg、中期8.41 kg摂取していたが、後期に1頭の不調により7.81 kgに減少した。それに伴い後期DGが0.62 kgと伸び悩み、通算DGが0.82と対照区よりやや小さい傾向となった。枝肉成績においては濃厚飼料摂取量が後期に減少したため枝重415 kg、ロース芯面積56 m<sup>2</sup>、BMSNo. 9.0と対照区より小さい傾向になったが、オレイン酸含有率においては光学分析50.3、ガスクロ分析50.8とやや高い傾向となった。

ゲノム育種価補正值において、BMSにおいて向上効果がみられたが、枝肉重量、ロース芯面積において補正值を下回り、不調による悪影響が反映されたことが推測される。また、本試験では肥育中期から米ぬかを給与したが、給与期間が短いと効果が小さくなることと言われており<sup>3)</sup>、肥育全期間給与した際の影響も検討したい。

### 4 試験区Ⅳ (脂肪酸カルシウム)

濃厚飼料摂取量が前期4.87 kg、中期8.07 kg摂取していたが、出荷前月の食欲不振により後期濃厚飼料摂取量が7.96 kgとなった。その影響で通算DGが対照区よりやや小さい傾向となった。

枝肉成績においてはロース芯面積81.7 m<sup>2</sup>、BMSNo. 11.7と対照区より大きい傾向となったが、オレイン酸含有率については光学分析43.3、ガスクロ分析48.1となり向上効果はみられなかった。

ゲノム育種価補正值において枝肉重量、オレイン酸

(光学)が大きく下回ったが、ロース芯面積、BMSにおいて推定値より大きい傾向となった。また、試験区Ⅷとの間に有意な差がみられた (P<0.05)。

### 5 試験区Ⅴ (脂肪酸カルシウム増量)

濃厚飼料摂取量前期5.16 kg、中期8.26 kg、後期9.10 kgと全期間において対照区より多く摂取した。通算DGも1.08 kgと大きい傾向となった。

枝肉成績は枝重421 kg、ロース芯面積65 m<sup>2</sup>と対照区より小さい傾向がみられたが、オレイン酸含有率において光学分析48.1、ガスクロ分析52.9であり対照区よりやや大きい値となった。肥育開始時体重が対照区315 kg、試験区Ⅴ271 kgと40 kg程度差があり、その差が枝肉重量に影響したことが考えられる。

ゲノム育種価補正值において枝肉重量、オレイン酸(光学)が推定値を下回ったが、オレイン酸(ガスクロ)においては推定値より大きい傾向となった。

### 6 試験区Ⅵ (ゼオ丹マッシュ)

濃厚飼料摂取量は前期5.58 kg、中期9.40 kg、後期10.02 kgと全期間を通して、対照区より多く摂取した。

枝肉成績において枝重459 kg、ロース芯83 m<sup>2</sup>、オレイン酸含有率が光学分析49.8、ガスクロ分析56.3と対照区より大きい傾向がみられた。

ゲノム育種価補正值において枝肉重量、オレイン酸(光学)において推定値を下回ったが、ロース芯面積、BMS、オレイン酸(ガスクロ)において推定値を上回った。

### 7 試験区Ⅶ (パイン粕を多く含んだ飼料&脂肪酸カルシウム)

濃厚飼料摂取量が前期5.15 kg、中期9.04 kg、後期9.65 kg全期間を通して対照区より多く摂取した。その影響か通算DG1.04 kg、出荷時体重も763 kgとなり、対照区と比べ良好だったといえる。

枝肉成績はロース芯面積69 m<sup>2</sup>とやや小さい傾向となったが、枝重473.9 kg、オレイン酸含有率光学分析52.7、ガスクロ分析52.6と対照区より大きい傾向となった。

ゲノム育種価補正值において枝肉重量が推定値を下

回ったが、ロース芯面積、BMS において推定値をやや上回った。

## 8 試験区Ⅷ（ビタミンA高維持&パイン粕を多く含んだ飼料&脂肪酸カルシウム）

通算 DG は 0.99、出荷時平均体重 798 kg であり、対照区よりも大きい傾向となった。また、通算 DG において有意な差がみられた。いずれのオレイン酸数値も 52.4、51.6 と対照区よりも高い結果となった。

ゲノム育種価補正值において枝肉重量、ロース芯面積がやや小さい傾向となった。また、オレイン酸（光学）において対照区、試験区Ⅳとの間に有意な差がみられた ( $P < 0.05$ )。

血中ビタミン A 濃度を高く維持していたことによりビタミン A 欠乏による食欲不振が発生しなかったこと、パイン粕を多く含んだ飼料と脂肪酸カルシウムを給与したことが枝肉重量やオレイン酸含有量に影響したのではないかと推測される。

血中ビタミン A 濃度を低く保つことで脂肪交雑が入りやすくなるといわれているが、試験区Ⅷの BMSNo. 8.3 となり、ビタミン A 処置を施した対照区含めその他試験区より低い結果であったことから、血中ビタミン A 濃度を高くすることで BMS が入りにくくなる可能性が示唆された。

しかし、本試験ではパイン粕を多く含んだ飼料と脂肪酸カルシウムも給与しており、血中ビタミン A 濃度を維持したことによる影響かどうか疑わしい。そのため、上記 2 飼料を給与しないビタミン A 高維持試験区を設け、改めて検討する必要がある。

### 1, 総括

多くの試験区において肥育前期・肥育中期の濃厚飼料を食い込めなかったが、濃厚飼料の設定量が多かった可能性や粗飼料を規定量以上採食したために濃厚飼料を十分に採食できなかったことが考えられる。次回以降の試験ではそれらの結果を加味したうえで飼料設計を検討する必要がある。

また、ゲノム育種価補正值において全体的に枝肉重量、オレイン酸数値が推定値よりも低い傾向であった

が、ゲノム育種価が通常出荷（30 ヶ月齢程度）格付データを基にした数値であることが理由として挙げられる。またオレイン酸含有率も肥育期間の長い牛のほうが高い傾向にあり、肥育短縮期間日数分の枝肉重量、オレイン酸含有率低下を招いたことが考えられる。

格付において全ての試験区にてオレイン酸含有率が対照区より大きい傾向となった。しかし、いずれの区もオレイン酸含有率 55% を下回っており、鳥取和牛ブランド「オレイン 55」には届かなかった。今後も短期肥育でオレイン酸 55% 以上かつ通常肥育並みの枝肉形質の和牛肉を生産する手法を改めて検討していきたい。

## 謝 辞

この度の試験にあたり飼料の調整、研究設定等に携わっていただいた企業の皆様、当場の皆様に深謝いたします。

## 参 考 文 献

- 1) 令和 5 年度【牛枝肉格付け結果】（公益社団法人日本食肉格付協会）
- 2) 三根ら、黒毛和牛去勢牛のビタミン A コントロールレベルの検討、千葉県畜産総合研究センター研究報告（2023）
- 3) 小林ら、肥育後期における生米ぬか及び脂肪酸カルシウムの給与が黒毛和種去勢牛の肉質に及ぼす影響（短報）、千葉県畜産総合研究センター研究報告第 11 号（2011）
- 4) 西博巳ら、枝肉のシコリ発生状況及び発生牛の血液性状から見た発生要因（2004）
- 5) 石田ら、ロジスティック回帰分析による黒毛和種枝肉における 取掘 E 発生に及ぼす環境および遺伝的要因の解析（2013）

# 効率的な OPU 卵子回収方法の検討

渡部 健一\*・樋口 久美

\*現西部家畜保健衛生所

## 要 約

近年、OPU-IVF による胚生産技術が注目されており、体内胚採取に代わる技術として広く活用されている。OPU 実施前のホルモン処置により卵子回収率や採取卵子の発生能が向上することが示唆されている。今回、OPU 実施前処理として性腺刺激ホルモン製剤 (FSH) を用いた方法と安息香酸エストラジオール製剤 (EB) を用いた 2 つの方法の有効性を検証したところ、FSH を用いた試験群では卵子回収率 74.4±23.0%、胚盤胞発生率 31.1±20.6%、EB を用いた試験群では卵子回収率 71.7±26.6%、胚盤胞発生率 25.3±19.0%となった。

## 緒 言

OPU-IVF は、経膈採卵 (Ovum Pick-Up:以下 OPU) と体外受精 (In Vitro Fertilization: 以下 IVF) を活用した胚生産技術である。OPU はヒトの不妊治療で使われていた超音波画像診断装置による卵子採取技術を牛に応用したものであり、1991 年にはこの技術を用いた子牛の誕生が報告されている。<sup>1)</sup> OPU-IVF の特徴は、体内胚採取と比べて短時間で連続して処置を行うことができ、また直腸検査が可能で卵巣が保定できる牛であれば、若齢牛や妊娠牛でも胚生産が可能なことである。日本においても OPU-IVF の技術開発が行われており、体内胚採取に代わる胚生産技術として広く活用されている。受胎率や凍結保存方法、過大児などの課題もあるが、世界における受精卵移植状況は 2017 年を境に体内胚から体外胚へと移行しており、2019 年には全世界で実施されている受精卵移植のうち 72.7%が体外胚であったと報告されている。<sup>2)</sup>

OPU は任意の時期で実施することが可能であるためホルモン処置をせずに行われることもあり、それが OPU の利点とされてきた。しかし、OPU 実施前にホルモン処置

を行うことで卵子の回収数や採取卵子の発生能が向上することがいくつか報告されている。たとえば性腺刺激ホルモン製剤 (FSH) を投与すると、卵胞が発育し卵子の品質および回収率が向上すること<sup>3)</sup>や、安息香酸エストラジオール製剤 (EB) の単回投与により卵胞ウェーブを調整する方法など、OPU の前処理として様々な方法が提唱されている。今回、効率的に胚生産を行うことを目的として、OPU 時の回収卵の品質および回収率、胚盤胞発生率などについて前述の FSH および EB を利用したホルモン処置が有効であるか検討を行った。

## 材 料 及 び 方 法

### 1 供試牛

鳥取県畜産試験場および県内農家にて飼養管理している黒毛和種経産牛計 30 頭を供試牛とした。OPU の実施回数は延べ 118 回。供試牛の平均月齢は 84.9 カ月齢、平均産歴は 3.0 産であった。

### 2 前処理

OPU 実施前処理として以下の処理を実施した。試験群と

して(1)(2)と設定した。前処理は繁殖周期にかかわらず任意の時期に行った。

(1) OPU実施96時間前EB(動物用オバホルモン注、あすかアニマルヘルス)1mg投与

(2) OPU実施96時間前GnRH(スポルネン注、共立製薬)、48時間前FSH(アントリンR10、共立製薬)5AU投与

### 3 経膣採卵および卵子回収

供試牛は柵場に保定し、徐糞後2%塩酸プロカイン(動物用塩プロ注)による尾椎硬膜外麻酔および臭化プリフィニウム(パドリニウム注)による静脈内投与を実施。その後、外陰部の清拭および消毒を行った。超音波画像診断装置(HS-1600、本多電子)に専用プローブ(HCV-7710MV、本多電子)を装着し、膣内に挿入。直腸越しに卵巣を保定し、ディスプレイ採卵針(ミサワ医科工業株式会社)により卵胞の吸引を実施、吸引圧は110~120mmHgに設定した。回収液は乳酸加リンゲル(ハルゼンV液、日本全薬工業)に10単位/mlヘパリン、1%子牛血清(GIBCO)および0.1%の抗生物質(硫酸カナマイシン注、共立製薬)を加えたものを使用、卵胞内卵子とともに50mlチューブに吸引採取した。回収液はセルコレクター(FHK)もしくはEASY Strainer(Grainer)を用いてろ過し、顕微鏡下で採取した卵子を検索した。採取した卵子は家畜改良センター技術マニュアルに準じて以下の通りに分類し、A~Cランクの卵子を体外受精に供試できる培養卵子とした<sup>4)</sup>

A ランク: 卵丘細胞が3層以上または透明帯周囲全体に付着しているもの

B ランク: 卵丘細胞が2層以下または透明帯周囲に1/3以上に付着しているもの

C ランク: 完全な裸化卵子またはBより卵丘細胞の付着が少ないもの

D ランク: 卵丘細胞が膨化または蜘蛛の巣状に変性しているもの

### 4 成熟培養

成熟培養はMedium199(GIBCO)を基礎培地として、5%子牛血清(GIBCO)、FSH(アントリンR10、共立製薬)、500ng/mL db-cAMPを添加したものを使用。培養気相条件

は38.5℃、5%CO<sub>2</sub>、95%空気、湿潤下とし、培養時間は22~24時間とした。

### 5 体外受精

体外受精はIVF100(機能性ペプチド研究所)を用いて、媒精処理を実施し精子濃度を5×10<sup>6</sup>/mlとなるように調整をした。培養気相条件は38.5℃、5%CO<sub>2</sub>、95%空気、湿潤下とし、培養時間は5~6時間とした。使用精液は県内種雄牛および県外種雄牛のものを使用した。

### 6 発生培養

発生培養は桃沢らが報告した既知組成培地、改変KSOM/aa(以下、mKSOM/aa)を基本培地とし<sup>5)</sup>、10%(v/v)RDを添加したもの(RPMI1640:DMEM, 1:1 v/v, 10%RD-mKSOM/aa)を使用した。培養気相条件は38.5℃、5%CO<sub>2</sub>、5%O<sub>2</sub>、90%N<sub>2</sub>、湿潤下とし、体外受精から8日目にかけての胚盤胞発生状況を確認した。

### 7 調査項目

試験群(1)(2)のそれぞれについてOPU実施時の平均推定卵胞数、卵胞の大きさ別の割合、平均卵子回収数、推定卵胞数から実際に回収された卵子の割合として卵子回収率、回収卵子のランク別の割合、黄体の有無、胚盤胞発生率を調査した。有意差検定はt検定で実施した。

## 結果

### 1 卵胞

OPU実施前に超音波画像診断装置と専用プローブを用いて左右の卵巣における卵胞の個数を確認し、直径10mm以上を大卵胞、5~9mmを中卵胞、5mm未満を小卵胞とした。(1)、(2)それぞれのOPU実施時における卵巣内の推定卵胞数は表1の通りとなった。また卵胞を大きさ別に分類し、その割合を表2に示した。

表1 推定卵胞数 (個)

	(1)	(2)
卵胞数	20.1±7.9	19.5±8.1

値は平均値±標準誤差

表2 卵胞大きさ別分類 (%)

	(1)	(2)
大	6.4±6.8 <sup>a</sup>	14.4±15.6 <sup>b</sup>
中	27.9±14.4	30.3±13.8
小	65.7±13.7 <sup>a</sup>	55.2±15.8 <sup>b</sup>

値は平均値±標準誤差

異符号間に有意差あり、P<0.05

## 2 卵子

(1)、(2)それぞれのOPUによる卵子回収個数および卵子回収率を算出し、その個数と回収率を表3および表4に示した。また回収した卵子をA、B、C、Dランクにそれぞれ分類し、その割合を表5に示した。

表3 卵子回収数 (個)

	(1)	(2)
卵子回収個数	16.9±12.0	14.8±10.4

値は平均値±標準誤差

表4 卵子回収率 (%)

	(1)	(2)
卵子回収率	72.3±27.7	67.5±26.9

値は平均値±標準誤差

表5 ランク別平均回収卵子割合 (%)

	(1)	(2)
A	17.3±14.1	16.3±16.1
B	47.1±21.8	46.5±18.4
C	20.7±20.3	16.8±13.7
D	14.9±12.5	20.4±16.6

値は平均値±標準誤差

## 3 黄体

(1)、(2)それぞれにおいてOPU実施時に左右卵巣のいずれかもしくは両方に黄体の存在が認められたもの(+)と認められなかったもの(-)に分け、(+)の割合を表5に示した。

表5 黄体の有無 (%)

	(1)	(2)
+	58.7±0.49 <sup>a</sup>	83.0±0.32 <sup>b</sup>

値は平均値±標準誤差

異符号間に有意差あり、P<0.05

## 4 胚盤胞発生率

OPU実施から9日目(体外受精から8日目)にかけて(1)、(2)それぞれの胚盤胞発生率を表6に示した。

表6 胚盤胞発生率 (%)

	(1)	(2)
平均(%)	25.3±19.0	31.1±20.6

値は平均値±標準誤差

## 考 察

牛の胚生産に影響を与える要因として、多排卵処置プロトコル、ドナー牛、環境などが挙げられる。OPUにおいても効率的に卵子を回収するためには、ドナー牛の卵胞発育を事前に調整することがきわめて重要となる。Hidakaらは、黒毛和種経産牛の黄体期に安息香酸エストラジオール製剤1mgを投与したところ、無処置の場合と比較して成績が優位に向上したと報告している。<sup>6)</sup>一方、OPU前処理としてFSH投与による卵胞刺激を行うことにより、OPUに利用できる卵胞数を増加させる効果や採取卵子の発生能が向上させることが示唆されている。また、FSH投与前に主席卵胞の除去を目的としてOPU実施4日前にGnRH投与を行った。主席卵胞はエストラジオール17βやインヒビンを分泌することで下垂体前葉からのFSH分泌を抑制し、次席卵胞(直径8mm未満)以下の発育を抑制することが知られている。<sup>7)</sup>主席卵胞を除去することで、次席以下の卵胞の閉鎖退行を防ぎ正常性を維持することが可能となる。また、Okazakiらは、GnRH投与48時間後に総卵胞数が有意に増加することを報告している。<sup>8)</sup>今回、(1)(2)ともにOPU実施時の推定卵胞数に差は認められなかった。卵胞の大きさ別の分類においては、大卵胞の割合が(2)において(1)よりも有意

に増加しており、また中卵胞の割合も増加傾向がみられた。FSH の投与により卵胞の発育が刺激された結果と考えられる。

回収された卵子の個数について、(1) (2) の間に有意差は認められなかった。また、推定卵胞数から実際に回収された卵子の割合を卵子回収率と定義し、(1) (2) ともに 70%台の成績となり、両者において卵子回収率の差はみられなかった。また、回収した卵子のランク別分類においては培養に供試できる A~C ランクの有効卵率では(1) が(2) を上回ったが有意差は認められなかった。また、A ランクの良質卵においては(1) が若干上回った。

OPU 実施時に左右卵巣のいずれかもしくは両方に黄体の有無を調べたところ、(2) において(1) よりも有意に多くなった。前処理は発情周期の任意の時期に行っているが、主席卵胞が存在していた場合、OPU は GnRH 投与から 4 日目にあたり排卵後の黄体が形成されたものと考えられる。黄体の存在により卵子回収率には影響することはほとんどなかった。

胚盤胞発生率は(2) において(1) よりも上回る結果となったが有意差は認められなかった。また、卵子回収個数に胚盤胞発生率をかけ合わせた胚盤胞発生個数は(1) では 4.28 個、(2) では 4.73 個となり、(1) および(2) の前処理方法にはほぼ差はないことが分かった。本試験では自作培地を使用した安定した発生培養を行うためにも今後は市販培地を用いて例数を重ねていきたいと考えている。

## 参 考 文 献

- 1) Pieterse et al, Theriogenology 35 (4) :857-862 (1991)
- 2) 日本農業新聞 : 2023 年 3 月 9 日付け (2023)
- 3) Blondin, Biol Reprod66 (1) :38-43 (2002)
- 4) (独) 家畜改良センター、技術マニュアル 19 「ウシ生体卵子吸引・体外受精技術マニュアル」 (2009)
- 5) Momozawa K, Fukuda Y, Establishment of an advanced chemically defined medium for early embryos derived from in vitro matured and fertilized bovine oocytes. J Reprod Dev. 2011 Dec;57 (6) :681-689 (2011)
- 6) Hidaka T et al, Estradiol benzoate treatment before

oocyte pick-up increases the number of good quality oocytes retrieved and improves the production of transferable embryos in Japanese black cattle. Vet Anim Sci 5: 1-6. (2018)

7) Kaneko et al, Domest Anim Endocrinol14 (4) :263-271 (1997)

8) 岡崎ら、島根県畜試技術センター研究報告第 36 号、12-15(2003)

# 鳥取県産黒毛和種牛肉における粗脂肪含量相対値の調査

西村 雅美・野儀 卓哉・小西 博敏\*

\*現鳥取県庁畜産振興課

## 要 約

和牛肉の食味性に脂肪交雑形状、いわゆる小ザシが関与し、その指標の一つとして粗脂肪含量相対値（Relative Fat Value：RFV）が近年、注目されている。当県における改良形質としての可能性を検討するため、鳥取県産黒毛和種牛肉の RFV について調査した。鳥取和牛肉 11,640 頭分の胸最長筋を用いて、肉分析計により粗脂肪含量推定値を測定し、当該脂肪交雑基準（BMS No.）ごとの平均粗脂肪含量推定値と標準偏差から RFV を算出した。その結果、RFV と粗脂肪含量推定値には正の相関関係がみられ、枝肉形質やオレイン酸など食味性に関係する形質との相関関係はみられなかった。また、RFV は、BMS No. 3 から 12 において雌が去勢と比較して低値を示した。RFV の遺伝率は 0.33 であり、種雄牛によって育種価に違いがあることから、RFV は育種改良が可能な形質であると推察された。

## 緒 言

これまで、黒毛和種牛の育種改良は、主に脂肪交雑に重点を置いて進められてきた。その結果、脂肪交雑は飛躍的に向上し、現在でも右肩上がりですり上がり続けている（独立法人家畜改良センター令和 4 年度枝肉成績とりまとめ概要より）、一方で高度すぎる脂肪交雑による食味性の低下が懸念されている。また、健康志向の高まりや食味性の観点から高度すぎる脂肪交雑を避ける消費者や食肉流通関係者も少なからず存在し、これまで重視されてきた脂肪交雑以外の新たな食味性評価指標が望まれている。

近年、粗脂肪と粗タンパク質のバランスや脂肪交雑形状の食味性への関連が注目され、それを評価する方法として、画像解析により脂肪交雑形状を評価する方法<sup>1)</sup>や食肉脂質測定装置による粗脂肪含量相対値（Relative Fat Value: RFV）評価が行われている。前者は専用の枝肉カメラや画像解析ソフトが必要である。また、後者は実用化に向けて調査中であるが、第 13 回全国和牛能力共進

会の審査参考とすることが検討されている。

そうした中、本県では平成 25 年度から肉分析計を用いた胸最長筋の粗脂肪含量推定値を分析しており、10,000 頭分を超えるデータが蓄積されている。そこで、今回、このデータを活用して理化学分析による RFV が脂肪交雑形状の指標として新たな改良形質になり得るか調査した。

## 材 料 及 び 方 法

### 1 材料

鳥取県産黒毛和種肥育牛 11,640 頭（去勢 7,066 頭、雌 4,574 頭）の格付時における第 6-7 肋骨間の胸最長筋を採取し、分析まで -30°C で保管した。サンプルの各形質における基本統計量は、表 1 の通りであった。

表1 サンプルの基本統計量

形質	データ数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
枝肉重量 (kg)	11,640	485.9	58.6	225.9	713.6
ロース芯面積 (cm <sup>2</sup> )	11,640	66.6	12.9	25.0	135.0
BMS	11,640	8.0	2.4	2.0	12.0
オレイン酸 (%) *	11,498	53.8	3.2	32.6	63.2
グリコーゲン水分補正	11,616	3.4	1.6	0.1	15.6
と殺月齢	11,640	28.9	1.5	21.0	45.0

\*食肉脂質測定装置による測定

## 2 粗脂肪含量推定値の測定

サンプルは均一なミンチ状にし、水分含量及び粗脂肪含量推定値をマイクロ波乾燥式水分計 (ProFAT、CEM Japan (株)) で測定した。粗脂肪含量推定値は、サンプルの採取から1週間以内に測定した。また、枝肉の Beef Marbling Standard (BMS) No.を (公社) 日本食肉格付協会から入手し、本調査に供した 11,640 頭の BMS No.ごとの粗脂肪含量推定値の平均値及び標準偏差を算出した。

## 3 RFV の算出

RFV は、サンプルの粗脂肪含量推定値から当該 BMS No.における粗脂肪含量推定値の平均値を減算し、当該 BMS No.における粗脂肪含量推定値の標準偏差で除することにより算出した。

$$\text{粗脂肪含量相対値} = \frac{\text{測定値} - \text{当該BMSの粗脂肪含量の平均}}{\text{当該BMSの粗脂肪含量の標準偏差}}$$

## 4 RFV に関する遺伝パラメーター及び育種価の推定

遺伝的パラメーター及びその標準誤差は、プログラム VCE-6 (version 6.0.2) を用いたアニマルモデル REML 法で推定した。性、出荷年及び屠場を母数効果とし、肥育農家を変数効果とした。性は去勢及び雌の2水準、出荷年は 2013 年から 2024 年の 12 水準、屠場は鳥取、神戸及び大阪の3水準、肥育農家は 44 水準 (出荷頭数が5頭未満の農家についてはひとまとめ) であった。また、近交係数及び出荷月齢に対する1次回帰を取り上げた。

形質データは、枝肉記録、RFV の情報を持つ 11,640 頭とした。他の形質との遺伝相関を確認するため、11,640 頭の中でオレイン酸 (光学) の数値を持つ 11,498 頭のデー

タ、グリコーゲン水分補正のデータを持つ 11,616 頭のデータも加えた。血統データは、枝肉記録を持つ 11,640 頭の個体から5代遡って得られた 51,256 頭とした。枝肉形質の評価値は (公社) 日本食肉格付協会による格付結果を用いた。

## 5 統計解析

RFV の性による違いについて、Welch 又は Student の t 検定により有意差判定を行った。

# 結果

## 1 BMS No.と粗脂肪含量推定値

粗脂肪含量推定値は、BMS No.があがるにつれて高い値を示した (表2)。また、同じ BMS No.において、粗脂肪含量推定値には 13~47% のばらつきがみられた (表2、図1)。

## 2 RFV 及び粗脂肪含量推定値の基本統計量と分布

サンプルの RFV 及び粗脂肪含量推定値の基本統計量を表3、RFV のヒストグラムを図2に示す。RFV の分布は、正規分布に従うと考えられた。

## 3 BMS No.と RFV

各 BMS No.における RFV を表4及び図3に示す。いずれの BMS No.においても RFV には個体間の大きなばらつきがみられた。

## 4 RFV と BMS No.及び粗脂肪含量推定値との関係

RFV と BMS No.に相関関係は認められなかったが (相

関係数-0.009、図4)、粗脂肪含量推定値と正の相関がみられた(相関係数 0.520、図5)。

### 5 性による違い

RFVは、去勢と比較して雌で有意に低い値を示した(表5、図6)。また、BMS No.別の比較では、BMS No.2では雌と比較して去勢で有意に低い値を示し、BMS No.3、5、8、9、11、12では去勢と比較して雌で有意に低い値を示した(表6、図7)。BMS No.2で他のBMS No.と異なる結果となったのは、検体数が極端に少ないことが影響したと考えられる(表6)。

表2 BMS No.と粗脂肪含量推定値

BMS No.	粗脂肪含量推定値 (%)				
	データ数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
2	18	25.5	3.8	19.7	32.9
3	254	30.3	3.7	21.3	39.5
4	605	35.3	4.0	24.2	52.2
5	1,010	39.2	4.4	27.5	68.5
6	1,365	42.7	4.2	31.8	59.8
7	1,737	46.1	4.3	33.8	66.5
8	1,526	48.8	4.6	27.1	74.0
9	1,656	51.3	4.4	33.8	66.6
10	1,339	53.6	4.5	35.5	78.4
11	1,015	56.0	4.7	39.1	80.2
12	1,115	60.6	5.2	40.7	80.2
総計	11,640	48.4	8.5	19.7	80.2

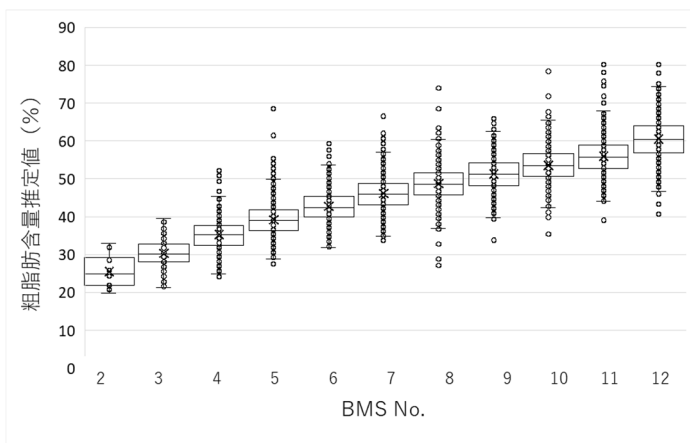


図1 BMS No.と粗脂肪含量推定値

表3 RFV及び粗脂肪含量推定値の基本統計量

形質	データ数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
粗脂肪含量推定値	11,640	48.4	8.5	19.7	80.2
RFV	11,640	0.001	0.995	-4.754	6.666

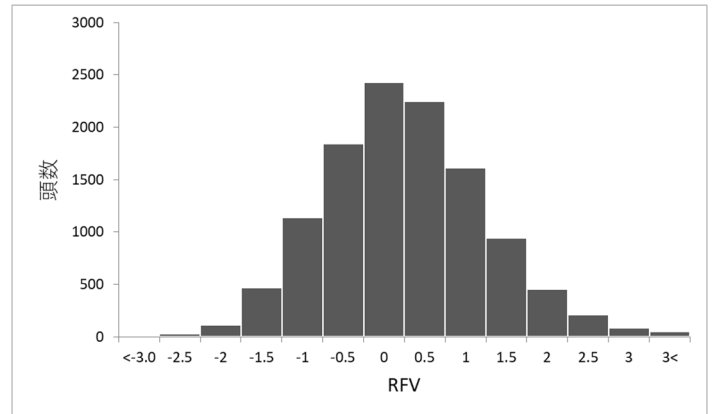


図2 RFVのヒストグラム

表4 BMS No.とRFV

BMS No.	RFV				
	データ数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
2	18	0.0000	1.0000	-1.5310	1.9232
3	254	0.0000	1.0000	-2.4619	2.5065
4	605	0.0000	1.0000	-2.7683	4.2187
5	1,010	0.0000	1.0000	-2.6645	6.6660
6	1,365	0.0000	1.0000	-2.5958	4.0162
7	1,737	0.0000	1.0000	-2.8854	4.7723
8	1,526	0.0000	1.0000	-4.7535	5.5298
9	1,656	0.0067	0.9624	-3.7812	3.3119
10	1,339	0.0000	1.0000	-4.0122	5.4856
11	1,015	0.0000	1.0000	-3.6186	5.1756
12	1,115	0.0000	1.0000	-3.7763	3.7527
総計	11,640	0.0010	0.9947	-4.7535	6.6660

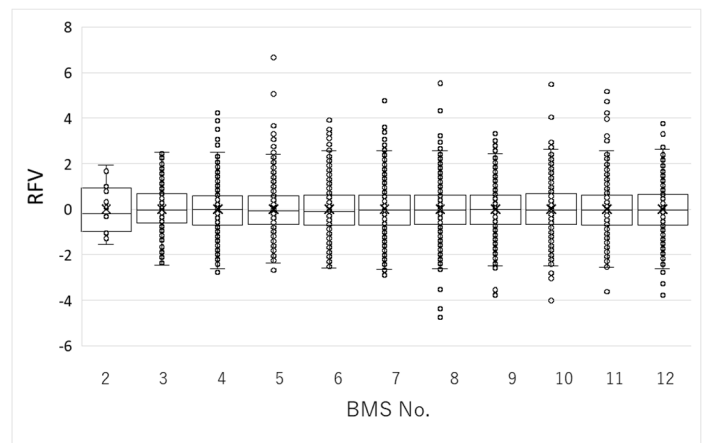


図3 BMS No.とRFV

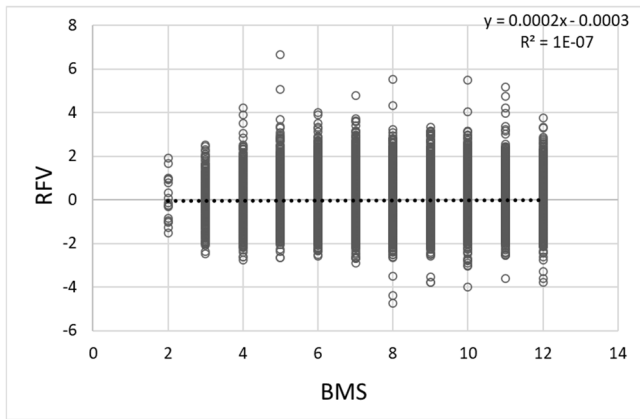


図4 RFV と BMS No.の相関関係

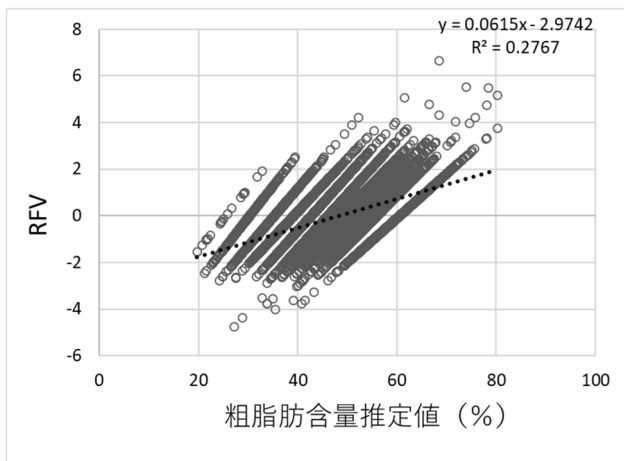


図5 RFV と粗脂肪含量推定値との相関関係

表5 RFV の性による違い

性別	個数	平均	標準偏差	最小	最大
雌	4,574	-0.084	0.993	-4.012	6.666
去勢	7,066	0.056	0.992	-4.754	5.530

\*\*\*P<0.001

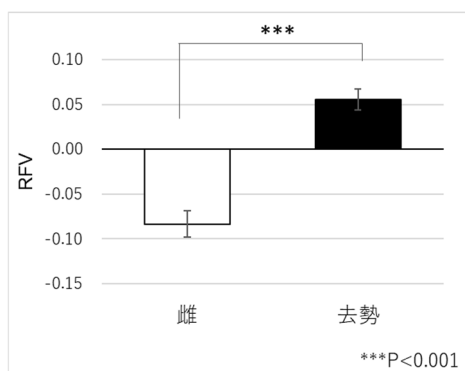


図6 RFV の性による違い

表6 BMS No.と雌雄別 RFV

BMS No.	雌		去勢		t-検定	
	n数	RFV平均値	n数	RFV平均値	p	有意差
2	13	0.249	5	-0.646	0.0398	*
3	131	-0.143	123	0.152	0.0191	*
4	263	-0.054	342	0.041	0.2505	
5	434	-0.141	576	0.106	0.0001	***
6	584	-0.045	781	0.034	0.1517	
7	789	-0.040	948	0.033	0.1325	
8	648	-0.063	878	0.046	0.0349	*
9	659	-0.084	997	0.067	0.0017	**
10	501	-0.007	838	0.004	0.8391	
11	329	-0.180	686	0.086	0.0001	***
12	223	-0.340	892	0.085	0.0000	***
総数/平均	4,574	-0.084	7,066	0.056		

\*P<0.05, \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001

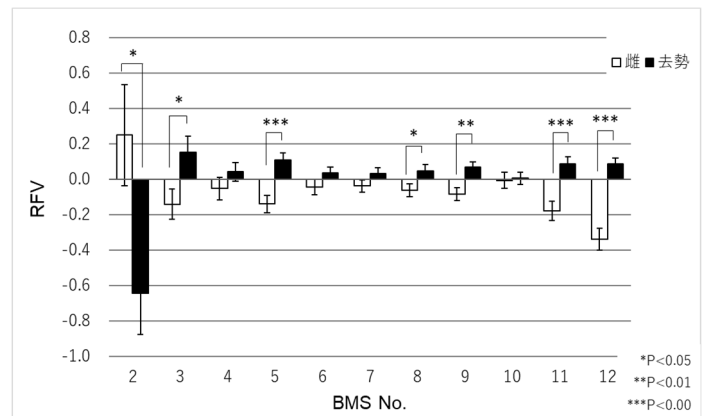


図7 BMS No.と雌雄別 RFV

## 6 RFV に関する遺伝的パラメーター及び表型相関

RFV の遺伝率は 0.33 と推定された (表 7)。RFV と BMS No. に表型相関は認められなかったが (相関係数 -0.009)、弱い正の遺伝相関がみられた (遺伝相関 0.245)。RFV と粗脂肪含量推定値には正の遺伝相関及び表型相関が見られた (遺伝相関 0.587、表型相関 0.520)。その他の形質 (枝肉重量、ロース芯面積、オレイン酸、グリコーゲン水分補正值) とは相関関係はみられなかった (表 8)。

## 7 種雄牛と RFV 育種価

RFV 育種価が算出された産子数が 50 頭以上の種雄牛は 42 頭であり、種雄牛ごとに育種価の違いがみられた。

表7 RFVの分散成分推定値

形質	遺伝分散	残渣分散	遺伝率 ± SE
RFV	0.34	0.62	0.333 ± 0.006

表8 RFVと枝肉形質の単相関係数

形質	遺伝相関	表型相関
枝肉重量	-0.046	0.037
ロース芯面積	0.143	0.101
BMS	0.245	-0.009
オレイン酸(光学)	-0.037	-0.006
グリコーゲン水分補正	0.083	-0.018
粗脂肪含量推定値	0.587	0.520

## 考 察

和牛枝肉は、脂肪交雑の基準であるBMS No.に重点を置いて評価されている。脂肪交雑は、肉の柔らかさや多汁性など食味性に影響する重要な要素ではあるが<sup>2)</sup>、過度な増加は食味の向上の抑制あるいは低下を招くという報告もある<sup>3) 4)</sup>。また、粗脂肪と粗タンパクのバランスが食味性に関連すると言われており、適度な粗脂肪含量に留めることが食味性を保つ上で重要と考えられる。

本調査では、既存の報告と同様に牛枝肉の粗脂肪含量推定値はBMS No.があがるにつれて高くなり、同一BMS No.内における粗脂肪含量推定値には大きなばらつきがみられた(図1)。このばらつきは粗ザシや小ザシといった脂肪交雑形状と関連があると考えられている<sup>5)</sup>。脂肪交雑形状は、消費型官能評価試験において粗ザシよりも小ザシの方が嗜好性が高く評価されることが報告されており<sup>6)</sup>、和牛肉の食味性に影響する要素の一つと考えられる。本研究では、11,640頭の鳥取和牛肉の胸最長筋を用いて同じBMS No.内の粗脂肪含量の多寡を評価するRFVを算出したところ、同一BMS No.においてRFVに大きなばらつきがみられたことから(表4、図3)、RFVは間接的に和牛肉の食味性に関与する脂肪交雑形状の評

価にもつながると考えられる。しかしながら、RFVが脂肪交雑形状の間接的な評価指標として適切かどうかについては、実際の脂肪交雑形状と突き合わせて検証する必要がある。

RFVと他の形質の相関関係について調べたところ、RFVは粗脂肪含量推定値と正の相関を示した。また、粗脂肪含量推定値とBMS No.には高い正の相関関係がみられるが、RFVとBMS No.との表型相関は無相関であった(図4、表8)。RFVは、同一BMS No.における粗脂肪含量の平均値を用いた相対値を算出しており、各BMS No.におけるRFVの分布は0付近がピークとなる形質であるため、RFVと粗脂肪含量推定値の表型相関関係がみられなかったと考えられる。しかしながら、前述のとおり同一BMS No.内においてRFVに大きなばらつきがあることは、肉質等級を落とさずに食味性を損なわない粗脂肪含量に抑えることができる可能性を示している。その他の枝肉形質及び食味性関連形質との相関関係は、BMS No.との弱い遺伝相関(0.245)を除き、遺伝相関、表型相関共に無相関であり、RFVはこれらの形質に影響しないことが示された。

次いで、RFVの性別による違いを調査した結果、RFVは去勢と比較して有意に低い値を示した(図6)。また、BMS No.ごとの比較において、BMS No. 2を除いた全てのBMS No.においてRFVは去勢より雌で有意に低値あるいは低い傾向がみられ(図7)、脂肪交雑形状は雌の方が去勢よりも小ザシである可能性が示された。この結果は、ミラー型牛枝肉測定装置(枝肉カメラ)を用いてあらさ指数及び細かさ指数を算出した黒木らの報告<sup>7)</sup>において、脂肪交雑粒子の形状は去勢が雌より有意に粗い傾向にあり、雌が去勢より有意に細かい傾向であったという研究結果と合致した。

RFVに関する遺伝的評価において、遺伝率は0.33と中程度であった(表7)。この遺伝率は、枝肉カメラを用いた新細かさ指数の遺伝率0.67<sup>8)</sup>や新細かさ指数2の遺伝率0.55<sup>9)</sup>より低いものの、脂肪交雑形状は遺伝的改良の十分可能な形質であると考えられた。また、種雄牛ごとの育種価評価では、RFV育種価の順位、特に上位10位と下位10位に入る種雄牛は、食肉流通者や肥育農家が経験則を通して種雄牛に持つ脂肪交雑形状のイメージと概ね一致する結果であった(データ未発表)。

以上、RFVの遺伝率は中程度であり、種雄牛により育種価に違いがみられることから遺伝的改良が可能な形質であると考えられた。一方、新たな改良形質として活用する際には、BMS No.と表型相関はないものの弱い正の遺伝相関があることに留意する必要がある。

## 謝 辞

本研究を実施するにあたり、検体の採取にご理解とご協力をいただいた全農ミートフーズ株式会社鳥取支部及び鳥取県食肉センターの皆様、また、分析に携わって頂いた同研究チームの豊嶋会計年度任用職員にこの場を借りて感謝いたします。

## 参 考 文 献

- 1) 口田圭吾ら、画像解析による牛枝肉横断面の評価とその遺伝、動物遺伝育種研究、34(2),45-52(2006)
- 2) 沖谷明紘、食肉のおいしさの決定要因、栄養学雑誌、60(3),119-129(2002)
- 3) Iida F et al., Effect of fat content on sensory characteristics of marbled beef from Japanese Black steers. Anim Scie J. 86,707-715(2015)
- 4) 北川貴志ら、黒毛和種牛肉の官能評価において総合法かに寄与する官能特性と脂肪含量の関係、日畜会報、87(3),235-241(2016)
- 5) 西和隆、牛肉の品質ならびに食味性形質の網羅的収集分析・分類、一般社団法人全国肉用牛振興基金協会、和牛肉の新価値観構築事業に関する報告書、3-35(2024)
- 6) 阿佐玲奈ら、黒毛和種の脂肪交雑形状および消費者型官能評価との関係性、日畜会報、88(2),139-143(2017)
- 7) 黒木信ら、画像解析によるロース芯断面の脂肪交雑粒子に関する客観的評価法の検討、宮崎県畜産試験場試験研究報告、26,11-16(2014)
- 8) 口田圭吾、牛肉の格付における小ザシの取り扱いと改良の可能性、食肉の科学、56(1),15-19(2015)
- 9) 後藤弥子ら、黒毛和種におけるロース芯内脂肪交雑の細かさの新たな評価法、日畜会報、91(2),103-110(2020)

# 県産牛乳のおいしさ評価試験

## Taste evaluation of milk from Tottori prefecture

高橋希 加藤栄喜\*・水野恵\*\*・米原尚子\*\*\*

\*令和7年3月退職\*\*西部家畜保健衛生所\*\*\*鳥取家畜保健衛生所

### 要 約

牛群検定加入率日本一など高い乳質に定評がある県産牛乳の更なるブランド力向上・消費拡大を目的として、県産牛乳の「おいしさ」をより明確化するため科学的・客観的評価を実施。試験場産乳牛の生乳を使用した基礎データ調査を行い、市販牛乳（県内産・県外産）を用いて成分測定、味覚センサーによる味成分の分析、脂肪酸測定、官能評価試験、香气成分測定を実施。試験結果から鳥取県産牛乳は他県にない新鮮さ、搾乳牛の良好な健康状態・飼養管理が示唆された。また異常風味成分の低値を確認し、牛乳の香り・全体的な好ましさで高評価を得た。成果は当场 HP・乳業専門農協の広報誌に掲載し情報提供を実施。また乳業専門農協と試験結果の共有・データ活用方法について検証を行い、販売部門との連携による消費拡大につなげる。

### 緒 言

鳥取県の酪農産業は、牛群検定加入率日本一、全国有数の体細胞数の低さ、短時間で集乳から製造・販売まで行える生産体制など、生産者や製造業者などの努力により高い乳質やおいしさを維持している。今回の試験は、鳥取県産牛乳の「おいしさ」について科学的、客観的に県産牛乳を評価し、その特徴やおいしさを生み出すメカニズムを解析することで、他県産牛乳との差別化やブランド力の向上を図り、県産牛乳の消費拡大に繋げることを目的とする。

### 材 料 及 び 方 法

#### 1 予備試験（2022年3月）

県産牛乳5品目、県外産牛乳11品目の合計16品目（牛乳A～P）を対象に、脂肪酸測定、味覚センサー試験、ミルコスキャンによる成分測定を行った。試験は2022年3月に行い、検体は一般販売された牛乳より採取した。

#### ①味覚センサー試験

地方独立行政法人鳥取県産業技術センター食品開

発研究所水畜産食品グループに検査を依頼。試験実施日の1週間前に、味覚センサープローブ（AAE、CAO、CT0、CO0、AN0、GL1、BT0）のプリコン作業を行った。試験実施日には一般販売された牛乳を保冷した状態で運び入れ、測定用サンプルとして各300ml程度分取した。分取したサンプルを用いて検査を実施。県産の主力商品である牛乳Aを基準として他の牛乳サンプルと比較した。

#### ②脂肪酸測定

①で使用した牛乳と同じ牛乳をサンプルとし、牛乳サンプルから粗脂肪を抽出し、けん化、メチルエステル化してガスクロマトグラフィーによる分析に用いた。ガスクロマトグラフィーによる脂肪酸組成分析方法は以下の通り。

分析装置：GC-2014Plus

カラム：FAMEWAX（Restek社；Cat.No.1015-10699）

分析条件：注入口温度 250℃

気化室温度 260℃

カラム上昇条件 開始温度；120℃

3℃/minで昇温；40min（240℃まで）

240℃で20min保持

分析時間；計60min

標準物質：スペルコ 37 種 FAME Mix(脂肪酸標準品)

### ③ミルコスキャン

大山乳業農業協同組合に検査を依頼した。①で使用した牛乳と同じ牛乳を大山乳業農業組合に冷蔵状態で持ち込んだ。

## 2 本試験 (2022 年 8 月)

予備試験で 16 品目の牛乳を対象に味覚センサー試験を実施した結果から、味や規格の傾向により 16 品目の牛乳を 4 グループに分類した。県産牛乳の主力商品である牛乳 A と、4 グループから各 1 品目 (牛乳 E、F、J、K) を選び、合計 5 品目により本試験を行った (表 1)。試験は 2022 年 8 月に行い、検体は一般販売されている牛乳より採取した。

表 1 本試験で用いる検体

検体	産地	殺菌温度	成分表示
牛乳A	県産	120°C2秒間	8.5以上、3.6以上
牛乳E	県産	85°C20分	8.5以上、3.7以上
牛乳F	県外産	130°C2秒間	8.3以上、3.5以上
牛乳J	県外産	130°C2秒間	8.3以上、3.5以上
牛乳K	県外産	130°C2秒間	8.3以上、3.5以上

### ① 官能評価試験

鳥取県畜産試験場、大山乳業農業協同組合それぞれで同じ検体を使って嗜好型官能評価試験 (2 点嗜好法) を行った。県内産の主力商品である牛乳 A と牛乳 E、F、J、K を比較した。

パネリストは牛乳 A と、牛乳 E、F、J、K のうち 1 品目の、合計 2 品目の牛乳を飲み比べ、「香り」「甘味」「苦味」「塩味」「濃厚さ」「好み」に関する 6 つの項目について、自分がより強く感じた方を、予めラテン方格によって決定された番号によって回答した。

鳥取県畜産試験場では同一の 9 人グループが牛乳 A と牛乳 E の比較、牛乳 A と牛乳 F の比較の 2 回の試験を行い、別の 9 人グループが同様に牛乳 A と牛乳 J の比較、牛乳 A と牛乳 K の比較の 2 回の試験を行った。大山乳業農業協同組合では同一の 18 人のグループが牛乳 A と牛乳 E、F、J、K の比較の 4 回の試験を行った。

### ② 味覚センサー試験

予備試験と同様の方法で試験を行った。

### ③ 脂肪酸分析

予備試験と同様の方法で試験を行った。

### ④ 香気成分測定

捕臭は Monotrap を用いた。Clean Pin Hole Septum with Vial(40ml)にそれぞれ牛乳検体を 20ml、内部標準物質として 0.0001%シクロヘキサノールを 2ml 入れ、60°Cで 2 時間温め、捕臭した。Monotrap は、Monotrap RGPS TD を用いた。捕臭した Monotrap を用いて GC-MS による香気成分測定を行った。

条件：分離カラム：DB WAX (直径：0.32mm 長さ：60m 膜厚：0.5 μm)

カラム温度：80°Cで 0.1 分保持、330°Cまで 9.6°C/min で昇温し、2.86 分保持

キャリアガス：水素ガス、流量は 1.8ml/min、注入口の温度は 250°C

検出器：FID、温度は 340°C

標的成分として、ヘキサナール、アセトン、ジメチルサルファイド、インドール、ヘキサン酸エチル、デルタドデカラクトンを定め、各成分の標準物質を牛乳サンプルの測定と同条件で測定した。その結果を基に、牛乳サンプルから得た香気成分中の標的成分を同定した。検出量の比較は、クロマトグラムピーク面積を測定し内部標準物質のピーク面積で除して校正した値で行った。

## 結果

### 1 予備試験

#### ① 味覚センサー試験

味覚センサー試験は鳥取県産の牛乳 A を基準とし、各味における他の牛乳との差を判定。1 以上の差で一般的に人がその違いを判別でき、0.5 以上で味に敏感な人やその食材を食べ慣れている人には違いが判別できるといわれている。試験の結果は表 2 の通りで、クラスター分析 (図 1) から 16 種類の牛乳を 4 つのグループに分類した。

グループ①は苦味雑味、渋み刺激、甘味が基準 (牛乳 A) と比べてやや低く、他の味では基準と大きな違

いが認められない、牛乳 A と比較的近似の味のグループ。県産牛乳のうち牛乳 A を含めて 3 品目がこのグループに入った。

グループ②は全国展開をしている牛乳を含む 4 品目で、塩味、苦味がやや高く、牛乳 F と O の 2 品目では苦味雑味、渋味刺激も高い数値であった。

グループ④はパステライズ牛乳 4 品目が入り、苦味雑味、渋味刺激、渋味、甘味が相対的に低かった。

グループ③は他のグループに分類されなかった残りの品目で、牛乳 K は苦味雑味、渋味刺激が大きくプラスに傾くなど、味の傾向が他と大きく異なっていた。

表 2 味覚センサー試験の結果

		苦味雑味	渋味刺激	旨味	塩味	苦味	渋味	旨味コク	甘味
	牛乳A(県産)	0	0	0	0	0	0	0	0
①	牛乳C(県産)	-0.05	-0.07	-0.03	-0.01	-0.03	-0.04	-0.11	-0.04
	牛乳D(県産)	-0.49	-0.82	0.10	-0.16	0.07	-0.32	0.08	-0.20
	牛乳J(県外産)	-0.15	-0.31	0.03	0.14	0.00	-0.09	0.21	-0.27
	牛乳M(県外産)	-0.27	-0.53	0.05	-0.02	0.13	-0.19	0.17	-0.13
	牛乳N(県外産)	0.07	0.04	0.04	0.14	0.13	0.05	0.25	-0.01
②	牛乳F(県外産)	0.48	0.80	0.04	0.33	0.07	0.26	0.14	0.11
	牛乳O(県外産)	0.50	0.69	0.00	0.42	0.13	0.27	-0.02	0.19
	牛乳G(県外産)	-0.16	-0.11	-0.08	0.41	0.14	-0.02	0.16	-0.06
	牛乳L(県外産)	0.12	-0.10	-0.03	0.17	0.20	-0.01	-0.01	-0.02
③	牛乳H(県外産)	0.04	-0.17	-0.04	0.18	0.17	-0.07	0.58	0.14
	牛乳K(県外産)	1.10	2.86	-0.07	0.46	0.03	0.72	0.06	0.32
④	牛乳B(県産)	-0.68	-0.77	0.01	-0.02	0.19	-0.28	-0.10	-0.42
	牛乳I(県外産)	-1.23	-1.46	-0.04	0.05	0.14	-0.53	0.10	-0.57
	牛乳P(県外産)	-1.06	-0.94	0.01	-0.10	0.08	-0.42	0.11	-0.58
	牛乳E(県産)	-1.27	-1.43	0.24	-0.53	0.01	-0.61	0.27	-0.66

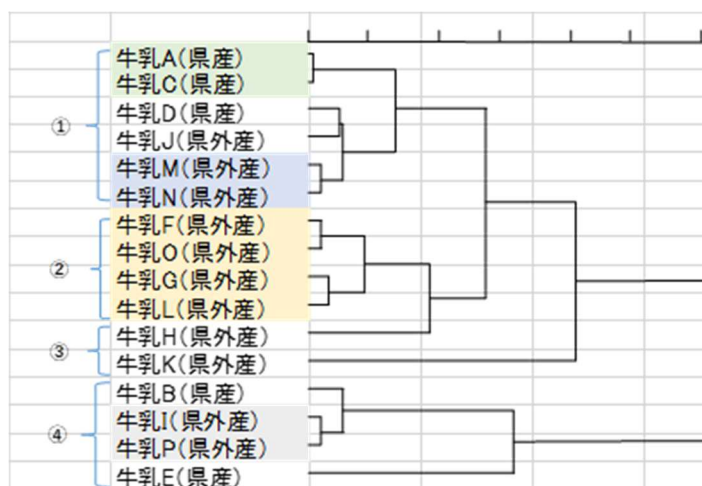


図 1 クラスタ分析結果

②脂肪酸測定

脂肪酸測定の結果から、16品目（うち鳥取県内産5品目）の牛乳が含有する、炭素数14以下のデノボ脂肪酸、炭素数18以上のプレフォームド脂肪酸、炭素数16のミックスド脂肪酸の割合を求めた（表3）。鳥取県産の牛乳はデノボ脂肪酸、ミックスド脂肪酸の割合が高く、プレフォームド脂肪酸の割合が低い傾向が認められた。

表3 デノボ脂肪酸、ミックスド脂肪酸、プレフォームド脂肪酸割合  
 （多いものから順に並べ、黄色は鳥取県産牛乳多いものから順に並べ、黄色は鳥取県産牛乳）

≦C14	%	C16	%	C18≧	%
1 牛乳 A (県産)	26.08	1 牛乳 C (県産)	37.77	1 牛乳 J (県外産)	42.49
2 牛乳 O (県外産)	25.35	2 牛乳 D (県産)	37.45	2 牛乳 K (県外産)	39.75
3 牛乳 C (県産)	25.33	3 牛乳 B (県産)	37.33	3 牛乳 G (県外産)	39.74
4 牛乳 P (県外産)	25.32	4 牛乳 M (県外産)	37.27	4 牛乳 L (県外産)	39.24
5 牛乳 H (県外産)	25.29	5 牛乳 E (県産)	36.88	5 牛乳 F (県外産)	38.84
6 牛乳 I (県外産)	25.27	6 牛乳 A (県産)	36.62	6 牛乳 E (県産)	38.37
7 牛乳 B (県産)	25.16	7	36.52	7 牛乳 N (県外産)	38.33
8 牛乳 D (県産)	24.73	8 牛乳 K (県外産)	36.41	8 牛乳 M (県外産)	37.21
9 牛乳 F (県外産)	24.71	9 牛乳 O (県外産)	36.14	9 牛乳 H (県外産)	37.16
10 牛乳 N (県外産)	24.67	10 牛乳 P (県外産)	35.83	10 牛乳 P (県外産)	37.06
11 牛乳 L (県外産)	24.56	11 牛乳 H (県外産)	35.73	11 牛乳 O (県外産)	36.60
12 牛乳 G (県外産)	24.28	12 牛乳 N (県外産)	35.16	12 牛乳 I (県外産)	36.35
13 牛乳 M (県外産)	23.69	13 牛乳 F (県外産)	34.65	13 牛乳 D (県産)	35.85
14 牛乳 J (県外産)	23.38	14 牛乳 L (県外産)	34.45	14 牛乳 B (県産)	35.57
15 牛乳 E (県産)	23.15	15 牛乳 G (県外産)	34.17	15 牛乳 A (県産)	35.46
16 牛乳 K (県外産)	22.24	16 牛乳 J (県外産)	32.44	16 牛乳 C (県産)	35.10

② ミルコスキャン結果

ミルコスキャンの結果の中から、脂肪、無脂固形、蛋白、乳糖、体細胞は表4の通りの結果となった。県産の牛乳Aは平均より高い体細胞数であったが、他の県産牛乳4品目は平均より低い値であった。

表4 乳脂肪、無脂固形、蛋白、乳糖、体細胞

品目	脂肪 (%)	無脂固形 (%)	蛋白 (%)	乳糖 (%)	体細胞 (千個/ml)
牛乳A (県産)	4.28	8.98	3.45	4.69	65
牛乳B (県産)	4.12	8.81	3.3	4.66	3
牛乳C (県産)	4.14	8.86	3.36	4.64	27
牛乳D (県産)	4.11	8.92	3.38	4.68	45
牛乳E (県産)	4.1	8.99	3.43	4.71	39
牛乳F (県外産)	4.04	8.84	3.38	4.6	34
牛乳G (県外産)	3.96	8.87	3.38	4.63	73
牛乳H (県外産)	4.02	8.85	3.39	4.6	158
牛乳I (県外産)	3.99	8.81	3.4	4.56	34
牛乳J (県外産)	4.1	8.89	3.42	4.61	62
牛乳K (県外産)	4.06	8.85	3.41	4.58	34
牛乳L (県外産)	4.12	8.86	3.38	4.62	19
牛乳M (県外産)	3.96	8.84	3.35	4.63	54
牛乳N (県外産)	3.95	8.84	3.38	4.61	32
牛乳O (県外産)	4.08	8.87	3.42	4.59	50
牛乳P (県外産)	3.93	8.72	3.25	4.63	80
平均	4.06	8.86	3.38	4.6275	50.56

2 本試験

① 官能評価試験

大山乳業と畜産試験場の試験を統合した結果、比較1 (牛乳Aと牛乳E) で「全体的な好ましさ」において牛乳Aを選ぶモニターが有意に多い結果となった。また、比較2 (牛乳Aと牛乳F) において「香りの好

ましさ」と「全体的な好ましさ」で牛乳Aを選ぶモニターが有意に多い結果になった。その他の比較では、「全体的な好ましさ」「香りの好ましさ」「甘味」「味の濃厚さ」などで牛乳Aを選ぶモニターが、また「苦味」「塩味」でもう一方の牛乳を選ぶモニターが多い傾向は認められたものの、有意差はなかった。(表5)

表5 官能評価試験の結果

比較1 牛乳A (県産) と牛乳E (県産)														
日付	場所	人数	香りが好ましい		甘味を感じる		苦味を感じる		塩味を感じる		味が濃厚		全体として好ましい	
			牛乳A	牛乳E	牛乳A	牛乳E	牛乳A	牛乳E	牛乳A	牛乳E	牛乳A	牛乳E	牛乳A	牛乳E
2022/8/29	大山乳業	18	15	3	15	3	3	15	5	13	12	6	17	1
2022/8/30	畜産試験場	9	3	6	1	8	8	1	4	5	2	7	3	6
		27	18	9	16	11	11	16	9	18	14	13	20*	7
比較2 牛乳A (県産) と牛乳F (県外産)														
日付	場所	人数	香りが好ましい		甘味を感じる		苦味を感じる		塩味を感じる		味が濃厚		全体として好ましい	
			牛乳A	牛乳F	牛乳A	牛乳F	牛乳A	牛乳F	牛乳A	牛乳F	牛乳A	牛乳F	牛乳A	牛乳F
2022/8/29	大山乳業	18	17	1	14	4	6	12	6	12	7	11	17	1
2022/8/30	畜産試験場	9	8	1	3	6	4	4	2	7	6	3	6	3
		27	25*	2	17	10	10	16	8	19	13	14	23*	4
比較3 牛乳A (県産) と牛乳J (県外産)														
日付	場所	人数	香りが好ましい		甘味を感じる		苦味を感じる		塩味を感じる		味が濃厚		全体として好ましい	
			牛乳A	牛乳J	牛乳A	牛乳J	牛乳A	牛乳J	牛乳A	牛乳J	牛乳A	牛乳J	牛乳A	牛乳J
2022/8/29	大山乳業	18	14	4	11	7	8	10	8	10	10	8	14	4
2022/8/30	畜産試験場	9	5	4	4	5	3	6	6	3	4	5	5	4
		27	19	8	15	12	11	16	14	13	14	13	19	8
比較4 牛乳A (県産) と牛乳K (県外産)														
日付	場所	人数	香りが好ましい		甘味を感じる		苦味を感じる		塩味を感じる		味が濃厚		全体として好ましい	
			牛乳A	牛乳K	牛乳A	牛乳K	牛乳A	牛乳K	牛乳A	牛乳K	牛乳A	牛乳K	牛乳A	牛乳K
2022/8/29	大山乳業	18	13	5	8	10	10	8	8	10	11	7	9	9
2022/8/30	畜産試験場	9	5	4	5	4	3	6	3	6	6	3	5	4
		27	18	9	13	14	13	14	11	16	17	10	14	13

\* : p < 0.05

② 味覚センサー試験

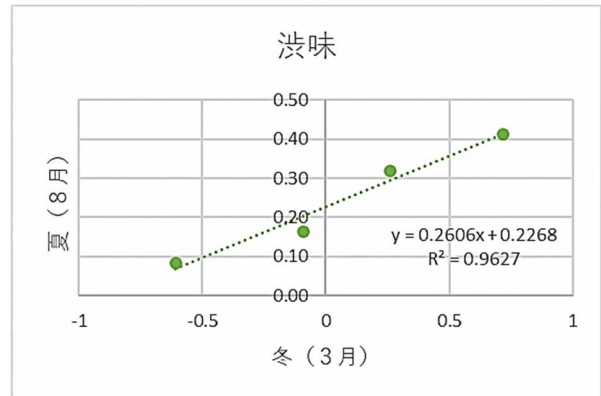
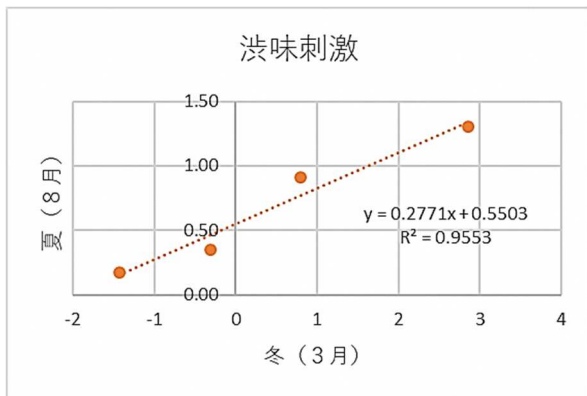
対象の 5 品目の結果については表 6 のようになった。苦味雑味、渋味刺激の 3 月の結果では、牛乳 A と牛乳 E、牛乳 A と牛乳 K の間で一般に味の違いが認識されるといわれる 1.0 以上の違いが検出され、8 月の結果では牛乳 A と牛乳 K の間で 1.0 以上の違いが検出されている。塩基性苦味では、3 月の結果では牛乳 A

と牛乳 F、J、K の間に、8 月の結果では牛乳 A と牛乳 K の間で 1.0 以上の違いが認められた。

3 月の試験と 8 月の試験の結果を比べると、渋味刺激、苦味、渋味に関しては高い相関が認められた（ただし苦味は負の相関）。一方で、旨味、旨味コク、塩基性苦味では相関が認められなかった（図 2）。

表 6 味覚センサー試験結果

2022年		苦味雑味	渋味刺激	旨味	塩味	苦味	渋味	旨味コク	甘味
冬(3月)	牛乳A(県産)	0	0	0	0	0	0	0	0
	牛乳E(県産)	-1.27	-1.43	0.24	-0.53	0.01	-0.61	0.27	-0.66
	牛乳F(県外産)	0.48	0.8	0.04	0.33	0.07	0.26	0.14	0.11
	牛乳J(県外産)	-0.15	-0.31	0.03	0.14	0	-0.09	0.21	-0.27
	牛乳K(県外産)	1.1	2.86	-0.07	0.46	0.03	0.72	0.06	0.32
2022年		苦味雑味	渋味刺激	旨味	塩味	苦味	渋味	旨味コク	甘味
夏(8月)	牛乳A(県産)	0	0	0	0	0	0	0	0
	牛乳E(県産)	0.46	0.17	0.06	-0.06	0.06	0.08	0.13	0.23
	牛乳F(県外産)	0.72	0.91	0.12	0.32	-0.01	0.32	0.18	0.30
	牛乳J(県外産)	0.49	0.35	0.18	-0.01	0.08	0.16	0.20	0.19
	牛乳K(県外産)	1.11	1.30	-0.08	0.19	0.02	0.41	0.04	0.37
2022年		塩基性苦味	酸性苦味						
冬(3月)	牛乳A(県産)		0.00	0.00					
	牛乳E(県産)		0.33	-0.02					
	牛乳F(県外産)		3.02	0.05					
	牛乳J(県外産)		-2.83	0.00					
	牛乳K(県外産)		2.41	0.04					
2022年		塩基性苦味	酸性苦味						
夏(8月)	牛乳A(県産)		0.00	0.00					
	牛乳E(県産)		-0.52	0.02					
	牛乳F(県外産)		-0.72	0.01					
	牛乳J(県外産)		-0.95	0.01					
	牛乳K(県外産)		1.14	0.04					



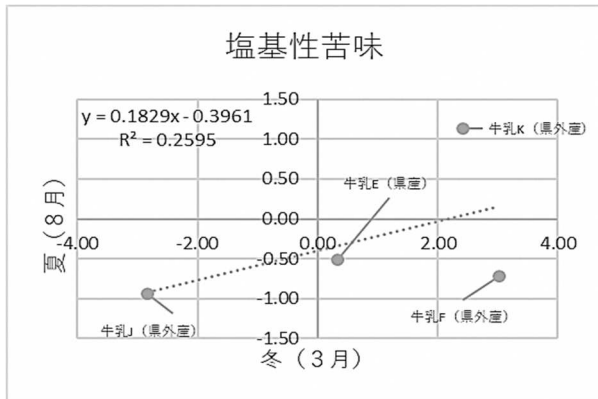
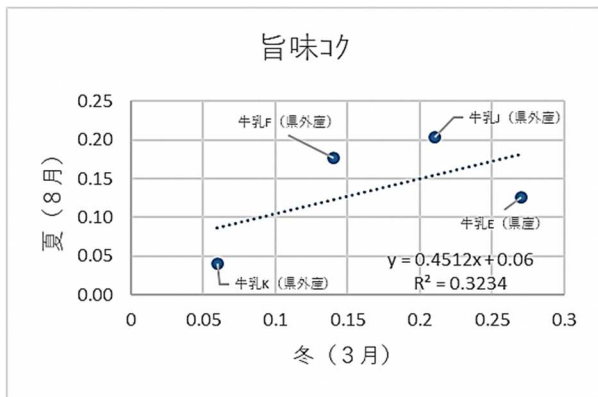
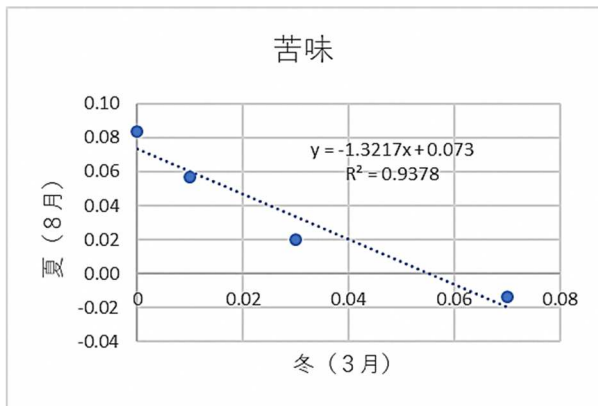


図2 夏と冬の各味の相関グラフ

### ③ 脂肪酸

脂肪酸の割合を比較したところ、牛乳Aは他の牛乳に比べ、C4～C14のデノボ脂肪酸、C16のミックスド脂肪酸の割合が大きく、C18以上のプレフォームド脂肪酸の割合が小さかった(表7)。また、酸化によりヘキサナールを生み出すとされるリノール酸、 $\alpha$ リノレン酸では牛乳Jが最も高い数値であった(表8)。

表7 デノボ脂肪酸、ミックスド脂肪酸、プレフォームド脂肪酸の割合

	≦C14	C16	C18≧
牛乳A	25.47	37.34	35.25
牛乳E	24.66	37.53	35.86
牛乳F	23.95	36.23	37.92
牛乳J	22.41	32.48	43.28
牛乳K	22.41	37.50	38.22

表8 リノール酸、 $\alpha$ -リノレン酸の割合

	C18:2cis9,12 リノール酸	C18:3 cis9,12,15 $\alpha$ -リノレン酸
牛乳A	2.64	0.34
牛乳E	2.60	0.34
牛乳F	2.78	0.28
牛乳J	3.60	0.48
牛乳K	2.53	0.30

### ④ 香気成分測定

牛乳サンプルの測定で得られた結果と、ヘキサナール、アセトン、ヘキサン酸エチル、ジメチルサルファイド、インドール、デルタドデカラクトンの標準物質の測定で得られたピークを照らし合わせ、各牛乳サンプルの香気成分を同定した。その結果、ヘキサナール、アセトン、ヘキサン酸エチルの検出が確認された。一方で、ジメチルサルファイド、インドール、デルタドデカラクトンはどの牛乳サンプルからも検出されなかった。ヘキサナール、アセトン、ヘキサン酸エチルの検出結果は図3のとおりである。

ヘキサナールは県産牛乳Aで一番低い数値、一方で全国販売の牛乳Fで最も高い数値が検出された。アセトンは、牛乳F、牛乳J、牛乳Kで同程度の水準であり、県産の牛乳Aで低く、牛乳Eからは検出されなかった。ヘキサン酸エチルは牛乳Kで最も高く、県産の牛乳Aでは低い数値であり、牛乳Eからは検出されなかった。

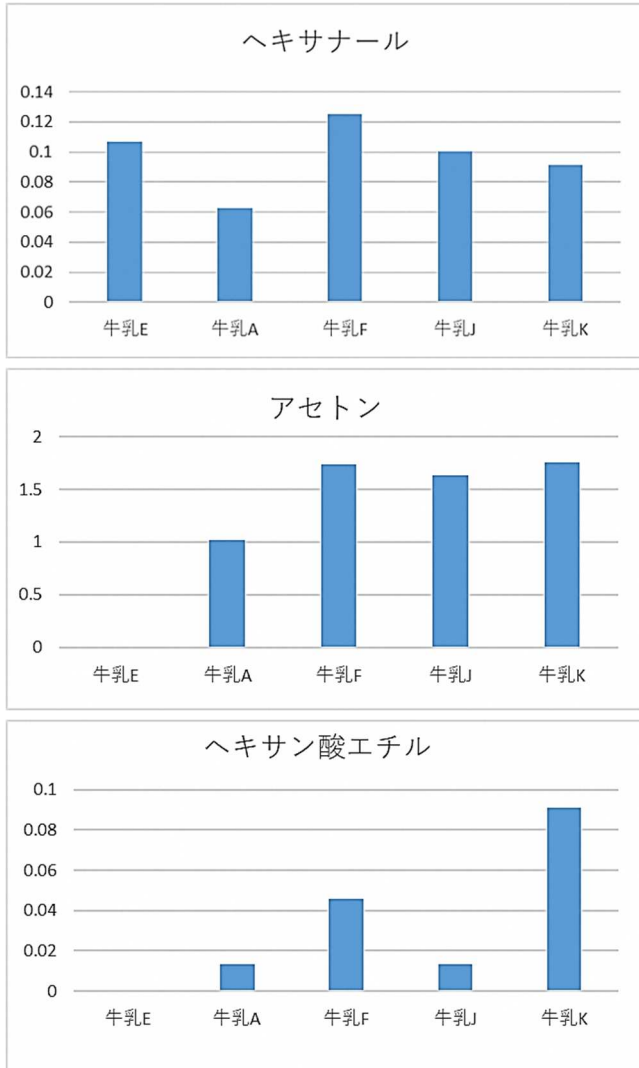


図3 ヘキサナール、アセトン、ヘキサン酸エチルの検出結果

⑤ 乳脂肪、無脂固形、体細胞

県産牛乳である牛乳A、Eの乳脂肪、無脂固形、体細胞数は表9のとおりである。

表9 牛乳A、Eの乳脂肪、無脂固形、体細胞

品目	乳脂肪 (%)	無脂固形 (%)	体細胞 (千/ml)
牛乳A	3.72	8.75	120
牛乳E	3.95	8.8	96

考 察

1 官能評価試験・味覚センサー試験の結果について  
8月の味覚センサー試験の結果では、牛乳Aと牛乳Kの間で「苦味雑味」「渋味刺激」の項目で一般に味の違いがわかるとされている1.0以上の差が出てい

る。一方で、官能評価試験における牛乳Aと牛乳Kの比較では、いずれの項目にも有意差はなかった。この比較において、味覚センサーで測定された「苦味雑味」「渋味刺激」の味の違いは官能評価試験に関しては大きな影響を及ぼさなかったと考えられる。

また、官能評価試験の牛乳Aと牛乳Fの比較において、「香りの好ましさ」と「全体的な好ましさ」で有意に牛乳Aの評価が高かった。一般に「おいしさ」は香り、口触り、味の順に影響し、牛乳の場合は香りが特に重要とされている<sup>(1)</sup>。クロス表とカイ二乗検定の結果、「香りの好ましさ」と「全体的な好ましさ」の間に有意な関連性は認められなかった(表10)が、香りが牛乳Aと牛乳Fを区別する大きな要因になった可能性が考えられる。

3月と8月の2回の試験結果を比較すると、渋味刺激、苦味、渋味に関しては、2回の試験による相関が認められた。この結果から、これらの味は季節による変動の影響を強く受けない、銘柄特有の傾向であることが考えられる。一方で、塩味、苦味雑味、甘味は弱い相関性があり、旨味、旨味コク、塩基性苦味は相関性が認められなかった。これらの味には季節等による変動があった可能性が考えられる。

味覚センサー試験の項目の中で、「苦味雑味」「渋味刺激」「旨味」「塩味」は先味として、「苦味」「渋味」「旨味コク」は後味として感じられる味覚といわれている。また、先味旨味は「濃厚さ」、先味の「渋味刺激」は「刺激由来のコク」に関連していると言われており、「刺激由来のコク」は殺菌加熱時のコゲとの関連がいられている<sup>(2)</sup>。「渋味刺激」は先述の通り3月と8月の結果の相関性から銘柄特有の傾向の可能性が高く、牛乳成分等の要因の他、製造工程における殺菌加熱の方法が味に影響していることも考えられる。

体細胞数と味には関連性があり、体細胞数が多いと苦味雑味、渋味刺激、塩味、塩基性苦味が増加するといわれている<sup>(3)</sup>。3月の体細胞のデータでは、全検体が3~158(千/ml)の間に収まっていた。最も体細胞が多い牛乳H(体細胞数158千/ml)の味覚センサー試験の結果では、苦味雑味、渋味刺激、塩味に高い数値はみられず、体細胞数が苦味雑味、渋味刺激、塩味に

及ぼす影響は少なかったと考えられる。また、8月の官能評価試験においても、牛乳Hと牛乳Aの比較において体細胞数の影響が考えられる項目（「苦味」「塩味」）で、有意差は認められなかった。

## 2 香気について

自発性酸化臭を生み出す元の物質は、乳脂肪に含まれる多価不飽和脂肪酸である。リノール酸、リノレン酸等の多価不飽和脂肪酸は酸化されヘキサナールというアルデヒドが多く生成される<sup>4</sup>。そのためヘキサナールは自発性酸化臭の指標物質としてよく用いられる。8月に行った香気成分測定では、ヘキサナールの検出は牛乳Aが最も少なく、牛乳Fが最も多い結果であった。また、同時に行った官能評価試験において牛乳Aと牛乳Fは「香りの好ましさ」で有意に牛乳Aの評価が高かった。これらの結果から、官能評価試験で牛乳Fが牛乳Aよりも香りの評価が低かった原因の一つに、牛乳Fは牛乳Aに比べ酸化が進み、酸化臭の影響があった可能性が考えられる。

多価不飽和脂肪酸の酸化は搾乳した時点から進み、ホモジナイズを伴う殺菌処理を行うことで停止することが知られている。つまり、搾乳から殺菌までの時間が長い牛乳ほど酸化は進行すると考えられる。県産の牛乳Aは鳥取県内の農場で生産された生乳が即座に県内の工場に集められ、殺菌・製造工程に進むことから、搾乳から殺菌処理までに要する時間が極めて短い。一方で、全国販売をしている牛乳Fは、搾乳から殺菌までの時間が牛乳Aに比べて長いことが考えられ、それだけ酸化が進行することが考えられる。

異常風味の一つである移行臭は、多くの場合、乳牛の呼吸器を介して移行した臭気と考えられている。アセトンなどのケトン体は、移行臭の一つである乳牛臭の指標物質であり、乳牛が負のエネルギーバランスに陥った場合、貯蓄していた脂肪が動員されて肝臓で生成される。アセトンが閾値以上に含まれた場合、乳は獣臭い乳牛臭を発するとされている<sup>4</sup>。乳牛臭をはじめとした移行臭は、乳牛の飼養方法や飼養環境の影響を受けるものであり、適切な飼養管理を行うことがおのずと防止策になる。今回の結果では、県産の牛乳Eからはアセトンが未検出、同じく県産の牛乳Aも他の牛乳に比べアセトンの検出が少なかった。鳥取県内の

乳牛は飼養管理が良く、移行臭の少ないおいしい牛乳を生み出していると考えられる。

## 3 脂肪酸について

脂肪酸の中でも短鎖脂肪酸は牛乳の独特の風味を生み出す構成成分の一つである<sup>5</sup>。脂肪酸は炭素の数により、C4～C14の脂肪酸をデノボ脂肪酸、C18以上の脂肪酸をプレフォームド脂肪酸、C16の脂肪酸をミックスド脂肪酸と分類される。デノボ脂肪酸はルーメン発酵で生成された酢酸や酪酸を原料にして乳腺で生成される。一方で、プレフォームド脂肪酸は餌の油脂として含まれる脂肪分と、牛自身の体脂肪を元に作られる。ミックスド脂肪酸は半分がデノボ合成由来で半分が飼料由来と言われている<sup>4</sup>。デノボ脂肪酸が高値の場合、搾乳牛のルーメンが健康に稼働していることが考えられ、農場の栄養管理やカウコンフォートが良好であることが言える。逆に、デノボ脂肪酸が低い場合、過肥や肢蹄の状態の悪さ、飼養管理が不十分などの可能性も示唆され、牛が身を削って乳を生産していることが考えられる<sup>6,7</sup>。

3月の試験では、県産牛乳E以外の県産牛乳はデノボ脂肪酸、ミックスド脂肪酸の割合が高く、プレフォームド脂肪酸の割合が低いという傾向が示された。8月の試験では、県産牛乳A、E共にデノボ脂肪酸、ミックスド脂肪酸の割合が高く、プレフォームド脂肪酸の割合が低い傾向が示された。デノボ脂肪酸割合が高いことから、鳥取県産の牛乳が適切な飼養管理の元で飼育された健康な牛から生産されていることが示唆される。

また、鳥取県産牛乳はミックスド脂肪酸が他の県より多く、C16のパルミチン酸の割合が高いことがわかった（図4）。パルミチン酸はリパーゼを活性化させるため、脂肪分解が促進され、増加すると脂肪分解臭のリスクが高くなるという報告もある<sup>8</sup>。

## 4 冬と春の比較について

牛乳A、Eの二品目の乳脂肪、無脂固形は3月より8月の方が低い値であった。一般に生乳における乳脂肪は冬に高く、夏は牛が水分を多くとるために低くなるといわれている<sup>9</sup>。また、牛乳A、Eともに体細胞数は、3月より8月の方が高い値を示した。生乳における体細胞数は、乳牛が暑熱に弱く、体力が落ちる夏季

に乳房炎が発症しやすいことから、夏季に高い数値となる傾向がある<sup>(10)</sup>。今回のデータから、鳥取県産の牛乳の乳脂肪、無脂固形、体細胞数について、季節変動の影響を受けていることがわかった。

#### 【総括】

おいしさの基準には個人差があり、おいしさに関わる要素は味覚、香り、見た目など直接的・間接的な様々なものがある。「おいしい牛乳」について明らかな定義はなく、しいて言えば正常な牛乳に個人的な好みを加わった表現である<sup>(1)</sup>。よって、一般的に「おいしい牛乳」はどのような牛乳かといえば、「多くの人がおいしい、好きと思う牛乳」がそれに近いものであると考えることができる。

今回の試験では、鳥取県産の牛乳（特に主力商品である牛乳 A）のおいしさを科学的に調査し、ブランド力向上や消費の拡大、よりおいしい牛乳を作るためのフィードバックにつなげることを目的とした。香氣成分の測定から鳥取県産牛乳は脂肪酸化臭の原因となるヘキサナールの検出が他の牛乳より少ないことが示された。脂肪の酸化は搾乳した時点から進行するが、鳥取県は農場から生産工場まで生乳が集められ製品化されるまでの時間が極めて短く、消費者は新鮮な牛乳を飲むことができる。比較的狭い県土の中に酪農家が集約されており、生乳が迅速に工場へ集められ製造されるという体系が、他県にない新鮮さを実現させていることは、鳥取県の大きな強みと考えられる。

また、脂肪酸の測定では鳥取県産の牛乳はデノボ脂肪酸の割合が高く、搾乳牛のルーメン発酵が良好に行われていることが示唆された。鳥取県は牛群検定加入率日本一、生乳の体細胞数の少なさが全国トップレベルなど、飼養管理の評価が高く、農家と組合が一体となって飼養管理の改善に取り組み、高品質な生乳の生産を実現した結果であると考えられる。

今回の試験は製品化された牛乳を対象としたものであったが、生乳中の脂肪酸組成や抗酸化物質などの測定による潜在的な異常風味のリスクを検証することで、牛乳のおいしさをより向上させるための飼養管理法に繋がる可能性がある。また、今回測定できたパルミチン酸の高さは脂肪分解臭のリスクを示唆するものであり、脂肪分解臭は過攪拌や過搾乳により脂肪

球膜が破壊されて生じるといわれているため、殺菌製造工程での攪拌方法や搾乳方法などを精査し、脂肪分解臭の発生を抑えるよう作業を行っていくことも課題である

#### 参 考 文 献

- 1) 阿久澤良造ら、牛乳・乳製品の機能性・おいしさを科学する  
<https://www.rakusouken.net/symposium/session/120203/lecture-3.html>
- 2) 鈴木知之ら、発酵 TMR に含まれるカンショ焼酎濃縮液の乳牛への給与が乳生産および生乳の風味に及ぼす影響、日本畜産学会報 89(1). 37-45 (2018)
- 3) 「食と環境の未来ネット」総会報告  
[http://skmirainet.sakura.ne.jp/06festa/sokai/15soukai\\_hokoku.html](http://skmirainet.sakura.ne.jp/06festa/sokai/15soukai_hokoku.html)
- 4) 三谷朋弘、「乳牛の飼養管理と生乳の品質、風味について」乳業技術 Vol.69 (2019)
- 5) 「牛乳の風味とは？ - タカナシミルク」  
<https://www.takanashimilk.com/html/page19.html>
- 6) 釧路総合振興局、脂肪酸組成情報（デノボ）について  
<https://www.kushiro.pref.hokkaido.lg.jp/ss/nkc/gijyutu/R3/2109tyu.html>
- 7) 根室農業改良普及センター 北根室支所、「脂肪酸組成の調査で見えてきたことと改善による効果について～新たな検査項目「デノボ」でルーメンの健康状態をモニタリング!!～」  
[https://www.hro.or.jp/list/agricultural/research/konsen /R3\\_konsensingijutsu.pdf](https://www.hro.or.jp/list/agricultural/research/konsen /R3_konsensingijutsu.pdf)
- 8) 組合だより JA おからく 10月号 (2020)  
<http://www.okaraku.or.jp/jaokaraku/jaokaraku0210.pdf>
- 9) 牛乳のはてな？-季節による違い  
<https://www.dairy.co.jp/kidsfarm/hatena/gh0105.html>
- 10) 新しい牛群検定成績表について（その8）  
<http://liaj.lin.gr.jp/uploads/liaj12201.pdf>

# 飼料作物奨励品種選定試験（令和5年度）

Selection Test of Recommended Varieties Forage Crops

飯田美紅・村上栞那\*・加藤栄喜\*\*

\*現畜産振興局畜産振興課 \*\*令和7年3月退職

## 要 約

現在、国内において市販されている飼料用トウモロコシおよびイタリアンライグラスについて、鳥取県の栽培環境に適する奨励品種を選定するための基礎資料を得る目的で、飼料用トウモロコシ8品種、イタリアンライグラス11品種の生育特性および収量性を調査した。

### 1 飼料用トウモロコシ

- 1) 単年度の総合評価ではスノーデント118R、P2105が優良な品種であると示唆された。
- 2) 試験が終了した品種はTX1334、NS118スーパー、スノーデント118R、TX1277、SD-SH4813、P2105であり、スノーデント118Rのみが標準品種の総合評点を上回っていた。

### 2 イタリアンライグラス

- 1) 令和5年度単年度では、乾物収量はすくすくダッシュ、はやまき18、ガルフが良好な成績であった。
- 2) 試験が終了した品種としては、タチユウカ、うし想い、タチマサリ、すくすくダッシュ、ダイセンキラリ、フウジンSR、ダイヤモンド、タチサカエであり、うし想い、ダイセンキラリ、フウジンSRの乾物収量が標準品種の成績を大きく上回っていた。

## 緒 言

飼料用トウモロコシは、高エネルギーで家畜の嗜好性に優れ、高収量が期待できる飼料作物であり、本県でも主要な夏作物飼料作物として多く作付けされている。

秋播き飼料作物についてはイタリアンライグラスが代表的な草種であり、ロールバールラッピングサイレージに適する草種でもある。

鳥取県奨励品種選定の基礎資料を得るため、上記の飼料作物について将来有望を目され、流通量の多い品種の比較試験を行い、その結果を検討した。

## 材 料 及 び 方 法

### 1 試験期間

- 1) 飼料用トウモロコシ  
令和5年5月～9月
- 2) イタリアンライグラス  
令和4年10月～令和5年5月

### 2 試験場所

鳥取県畜産試験場試験圃場（黒色火山灰土壌）

### 3 試験方法

飼料作物系統適応性検定試験実施要領（改訂6版）<sup>1)</sup>に準じた。

1) 供試品種系統

(1) 飼料用トウモロコシ

表1-1に令和1年度からの供試状況を示した。令和5年度は8品種系統を供試した。

(2) イタリアンライグラス

表1-2に令和1年度からの供試状況を示した。令和5年度は5品種系統を供試した。

2) 試験区の設置、反復及び面積

(1) 飼料用トウモロコシ

1区画14m<sup>2</sup>、3反復、乱塊法

(2) イタリアンライグラス

1区6m<sup>2</sup>、調査面積3.36m<sup>2</sup>、3反復、乱塊法

3) 耕種概要

(1) 飼料用トウモロコシ

・播種期

相対熟度120以下：令和5年5月16日

相対熟度121以上：令和5年5月26日

・播種方法

714本/a、畝幅70cm、株間20cm

・施肥量 (kg/a)

堆肥300、炭カル11、N1.2、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>1.4、K<sub>2</sub>O1.2

なお、堆肥は耕起前に全面散布し、肥料用石灰と化学肥料は播種前に散布した。

・除草剤及び殺虫剤

播種直後、ゲザプリム150ml/10a、ラッソー500ml/10a、ガードベイド3kg/10a、第5葉期にアルファード150ml/10a、バサグラン150ml/10aを全面散布した。

・収穫期

各品種の黄熟期に収穫した。

(2) イタリアンライグラス

・播種期

令和4年10月20日

・播種量

2倍体：250g/a

4倍体：400g/a

・播種方法

散播

・施肥量 (kg/a)

元肥：堆肥300、苦土石灰5、N1.2、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>1.4、K<sub>2</sub>O1.2

追肥：N0.65、K<sub>2</sub>O1.25

なお、堆肥は耕起前に全面散布し、肥料用石灰と化学肥料は、播種前に散布した。また、追肥は各刈取後に行った。

・収穫期

各品種の1番草、2番草とも標準品種の出穂期に刈取を実施した。

ニオウダチ、すくすくダッシュ、はやまき18は1番草の刈り取りを令和5年4月13日に行い、2番草の刈り取りを令和5年5月24日に行った。

同様に、ヒタチヒカリ、ガルフの刈り取り調査については1番草は令和5年5月1日、2番草は令和5年5月31日に行った。

表1-1 供試品種系統名

品種名					相対熟度	備考
令和1年度	令和2年度	令和3年度	令和4年度	令和5年度		
KD641	KD641	-	-	KD641	114	雑穀 (標準品種)
TX1334	TX1334	-	-	-	115	雑穀
NS118スーパー	NS118スーパー	-	-	NS118スーパー	118	雑穀
スノーデント118R	スノーデント118R	-	-	スノーデント118R	118	雪印
-	-	-	-	スノーデント110	110	雪印
P2023	-	-	-	-	125	ハイネア (令和1年までの標準品種)
-	P2307	-	-	P2307	125	ハイネア (令和2年からの標準品種)
SD-SH4812	SD-SH4813	-	-	-	125	雪印
TX1277	TX1277	-	-	TX1277	124	雑穀
P2105	P2105	-	-	P2105	123	ハイネア
-	-	-	-	NS129	129	雑穀

※令和3年、4年においては台風被害等により収量調査未実施

表1-2 供試品種系統名

利用型	品種名					倍体数	備考
	令和1年度	令和2年度	令和3年度	令和4年度	令和5年度		
短期	ニオウダチ	ニオウダチ	ニオウダチ	ニオウダチ	ニオウダチ	2	公的育成 (標準品種)
短期	タチカ	-	-	-	-	2	雪印
短期	うし想い	-	-	-	-	2	雑穀
短期	TKクリト	販売中止	-	-	-	4	公的育成
短期	-	タチマサ	タチマサ	タチマサ	-	2	雪印
短期	-	-	すくすくダッシュ	すくすくダッシュ	すくすくダッシュ	2	全酪連
短期	-	-	-	-	はやまき18	2	公的育成
長期	ヒタチヒカリ	ヒタチヒカリ	ヒタチヒカリ	ヒタチヒカリ	ヒタチヒカリ	4	公的育成 (標準品種)
長期	グアイセンケラ	グアイセンケラ	グアイセンケラ	-	-	4	雑穀
長期	-	グアイマジン	グアイマジン	グアイマジン	-	4	雑穀
中期	タチカエ	-	-	タチカエ	-	4	雑穀
中期	-	フウジンSR	フウジンSR	フウジンSR	-	4	雑穀
中期	-	-	-	-	ガルフ	4	雑穀、雪印

## 結果

### 1 飼料用トウモロコシ

1) 生育特性 (表2 参照)

(1) 稈長

各品種の稈長は 202.8cm~256.3cm の範囲であった。

(2) 着雌穂高

各品種の着雌穂高は 87.6cm~111.7cm の範囲であつ

た。

(3) 病虫害

虫害は5品種でみられ、虫害率は0%~3.1%の範囲であつた。虫害はアワノメイガ、ツマジロクサヨトウによるものであつた。

表2 生育特性成績

品種名	令和1年					令和2年					令和5年				
	収穫期	収穫日数	虫害率 (%)	稈長 (cm)	着雌穂高 (cm)	収穫期	収穫日数	虫害率 (%)	稈長 (cm)	着雌穂高 (cm)	収穫期	収穫日数	虫害率 (%)	稈長 (cm)	着雌穂高 (cm)
KD641	8/19	91	4.1	236.3	100.2	9/2	113	1.7	232.7	90.5	8/18	89	2.2	202.8	87.6
TX1344	8/19	91	2.4	241.7	105.7	9/2	113	0	218.3	82.7					
NS118スーパー	8/19	92	6.1	233.5	90.9	9/2	113	0	235.1	94.5	8/18	89	0	209.1	102.2
スノーデント118R	8/19	92	6.9	237.3	94.3	9/2	113	17.1	239.3	87.7	8/18	88	1.5	225.2	108.8
スノーデント110											8/18	89	3.1	224.1	96.0
P2023	9/20	108	3.1	251.0	99.7										
P2307						9/3	91	0	263.6	114.1	9/1	90	1.4	256.3	111.7
SD-SH4813	9/20	108	7.9	259.9	103.2	9/3	91	5.1	271.5	103.7					
TX1277	9/20	108	3.8	256.4	118.8	9/3	91	5.7	232.4	94.6	9/1	91	0	243.0	105.1
P2105	9/20	108	5.2	245.5	95.7	9/3	91	9.3	236.4	86.4	9/1	91	0.7	239.6	95.6
NS129											9/1	89	0	247.1	110.6

2) 収量調査成績 (表3 参照)

(1) 乾物収量

乾物総重は 138.0kg/a~216.5kg/a の範囲であつた。年度による差も大きいため、年度を超えた比較では各年度に標準品種と比較して評価することが重要である。

(2) TDN収量

TDN収量 (kg/a) は新得方式により、次の計算式を用いて算出した。

$$\text{TDN収量} = \text{乾物茎葉中} \times 0.582 + \text{乾物雌穂重} \times 0.850$$

TDN収量は 98.4kg/a~147.6kg/a の範囲であつた。スノーデント 118R は良好なTDN収量成績で、収量性については有望な品種である。

表3 収量調査成績

品種名	令和1年				令和2年				令和5年			
	乾物収量			TDN収量 kg/a	乾物収量			TDN収量 kg/a	乾物収量			TDN収量 kg/a
	茎葉 kg/a	雌穂 kg/a	合計 kg/a		茎葉 kg/a	雌穂 kg/a	合計 kg/a		茎葉 kg/a	雌穂 kg/a	合計 kg/a	
KD641	86.4	129.9	216.3	160.7	97.5	112.4	210.0	152.3	85.9	71.5	157.4	110.7
TX1344	68.9	118.4	187.3	140.7	96.5	100.3	196.8	141.4				
NS118スーパー	106.6	126.3	232.9	169.4	80.5	85.1	165.6	119.2	78.3	62.1	140.4	98.4
スノーデント118R	124.0	155.9	279.9	204.7	114.2	121.7	236.0	170.0	76.8	87.6	164.4	119.2
スノーデント110									63.0	74.9	138.0	100.4
P2023	105.7	125.2	230.9	168.0								
P2307					118.9	110.7	229.6	163.3	136.2	80.3	216.5	147.6
SD-SH4813	80.1	131.1	211.2	158.1	90.1	90.9	181.0	129.7				
TX1277	79.7	114.1	193.8	143.4	77.1	89.3	166.3	120.7	132.8	70.0	202.8	136.8
P2105	78.0	119.8	197.8	147.2	75.9	102.4	178.3	131.2	101.7	104.0	205.8	147.6
NS129									134.2	60.1	194.2	129.1

3) 総合評価

地域の気象条件に適した品種を評価するには、栄養収量、対病虫害性および対倒伏性を加味した数値による総合評価方式が望ましい。

そこで、今回、耐病性については、表4のElliot and Jenkins 罹病指数を利用し、近畿中国地域で申し合い

表4 Elliot and Jenkins 罹病指数

指数	基準
0.5	下位葉に1~2個の小さな病斑
1	下位葉に数個の病斑
2	下位葉にかなりの数の病斑
3	下位葉に多数の病斑、中位葉に数個の病斑
4	下位葉、中位葉に多数の病斑、上位葉にも病斑を認める
5	全ての葉に多数の病斑、時に成熟前枯死状態

によって決められた総合評価方式(表5)<sup>2)</sup>に基づいて、各品種の評価を行った。

各品種における令和1年度から5年度の試験成績から算出した総合評価について表6に示した。

令和5年度成績で標準品種を上回った品種は、スノーデント118RとP2105であった。

3年間の試験が終了した品種はTX1334、NS118スーパー、スノーデント118R、SD-SH4813、TX1277、P2105であり、スノーデント118Rは3年間とも標準品種を上回る成績であった。

表6 総合評価成績

系統品種名	R1収穫	R2収穫	R5収穫	平均
標準	76	78	71	75.0
TX1334	70	74		80.7
NS118スーパー	74	66	67	69.0
スノーデント118R	94	82	83	86.3
スノーデント110			71	71.0
標準	78	90	68	78.7
SD-SH4813	74	68		72.7
TX1277	74	63	68	68.3
P2105	76	69	82	75.7
NS129			68	68.0

※TX1334、SD-SH4813の平均はH30～R2の成績から算出

表5 総合評価基準

項目	配点	配点基準
1a当のTDN収量	25点	供試品種の平均値を100%として、120%以上25点、111～119%22点、101～110%19点、91～100%16点、81～90%13点、80%以下10点
1日当のTDN収量	20点	供試品種の平均値を100%として、120%以上20点、111～119%17点、101～110%14点、91～100%11点、81～90%18点、80%以下5点
乾物雌穂重率	15点	55%以上15点、51～54%13点、46～50%11点、41～45%9点、36～40%7点、31～35%5点、30%以下3点
耐倒伏性	15点	無15点、微(1～15%)12点、少(16～35%)9点、中(36～60%)6点、多(61～80%)2点
耐病性	15点	Elliot and Jenkinsの調査基準区分による。0～0.5%未満15点、0.5～1%未満13点、1～2%未満11点、2～3%未満9点、3～4%未満7点、4～5%未満5点、5は3点
耐害虫性	10点	無10点、微(1～15点)8点、少(16～35%)6点、中(36～60%)4点、多(61～80%)2点
総評点	100点	

## 2 イタリアンライグラス

### 1) 生育特性(表7～8参照)

#### (1) 発芽の良否

短期利用型では各品種に大きな差は認められなかったが、中期・長期利用型ではガルフが若干不良であった。

#### (2) 草丈

短期利用型では、すすくダッシュ、はやまき18の1番草は標準品種より高く、2番草は標準品種より低かった。中期・長期利用型では、ガルフの1番草、2番

草とも標準品種より低かった。

#### (3) 倒伏性

短期利用型では、すべての品種の1番草、2番草で若干倒伏が見られた。中期・長期利用型では、ガルフの1番草で著しい倒伏が見られた。

表7 生育特性成績(1)

品種系統名	令和1年				令和2年				令和3年				令和4年				令和5年							
	発芽良否	初期草勢	草丈(cm)		品種系統名	発芽良否	初期草勢	草丈(cm)		品種系統名	発芽良否	初期草勢	草丈(cm)		品種系統名	発芽良否	初期草勢	草丈(cm)						
			1番	2番				1番	2番				1番	2番				1番	2番	1番	2番			
ニオウダチ	5.3	5.3	103.9	92.9	ニオウダチ	4.7	4.7	104.5	80.7	ニオウダチ	6	6	83.6	73.9	ニオウダチ	8.0	7.7	117.7	94.2	ニオウダチ	8.0	8.0	116.0	122.4
チユウカ	5.3	5.0	104.8	95.4																				
うし想い	6.3	5.7	109.2	98.4																				
TK770	5.3	4.7	98.1	97.3																				
					チマサリ	5.0	5.0	108.6	88.9	チマサリ	6.0	7.0	87.3	86.8	チマサリ	8.0	7.7	115.1	96.9					
					すすくダッシュ	6.3	6.3	87.1	76.0	すすくダッシュ	8.0	8.0	115.3	92.3	すすくダッシュ	8.0	7.3	117.5	122.2					
					はやまき18	7.3	8.3	118.0	115.9															
ヒチヒカリ	5.0	4.7	104.4	106.0	ヒチヒカリ	6.0	5.7	124.9	111.9	ヒチヒカリ	6.3	6.0	99.7	90.2	ヒチヒカリ	6.3	6.0	141.5	95.2	ヒチヒカリ	6.3	7.3	138.4	120.9
ダインケリ	6.0	6.3	113.7	103.8	ダインケリ	7.7	7.3	109.8	107.9	ダインケリ	7.0	7.0	102.1	87.2										
					ダイマジン	5.3	5.3	113.0	109.0	ダイマジン	6.3	7.7	106.7	88.2	ダイマジン	6.3	7.7	125.7	94.0					
					フウジンSR	7.3	7.3	116.8	102.7	フウジンSR	7.0	7.3	103.2	88.9	フウジンSR	7.0	7.3	133.1	91.0					
チサカエ	6.3	6.0	111.7	110.4						チサカエ	7.0	7.0	137.1	94.9										
					ガルフ	8.3	8.7	124.0	87.1															

表8 生育特性成績（2）

品種系統名	令和1年度成績				令和2年度成績				令和3年度成績				令和4年度成績				令和5年度成績							
	刈取時 出穂程度		刈取時 倒伏程度		刈取時 出穂程度		刈取時 倒伏程度		刈取時 出穂程度		刈取時 倒伏程度		刈取時 出穂程度		刈取時 倒伏程度		刈取時 出穂程度		刈取時 倒伏程度					
	1番	2番	1番	2番	1番	2番	1番	2番	1番	2番	1番	2番	1番	2番	1番	2番	1番	2番	1番	2番				
ニオウダチ	1.0	8.0	3.7	1.0	ニオウダチ	2.3	7.0	1.0	2.0	ニオウダチ	5.3	9.0	3.3	1.0	ニオウダチ	8.3	9.0	6.3	1.0	ニオウダチ	7.3	9.0	6.3	8.0
タチユカ	4.7	8.7	1.7	1.0																				
うし想い	1.3	8.7	3.0	1.0																				
TKクトロ	7.3	8.7	4.3	1.0	タチマサリ	4.0	4.7	3.7	2.0	タチマサリ	6.0	9.0	4.3	1.0	タチマサリ	8.7	9.0	5.7	1.0	タチマサリ				
										すくすくダッシュ	8.0	9.0	4.3	1.0	すくすくダッシュ	9.0	9.0	7.7	1.0	すくすくダッシュ	8.7	9.0	6.0	7.0
															はやまき18	8.0	9.0	7.7	1.0	はやまき18	8.0	9.0	7.7	5.3
ヒタチヒカリ	1.0	9.0	1.0	1.0	ヒタチヒカリ	2.0	6.0	2.3	2.3	ヒタチヒカリ	6.3	6.0	2.0	1.0	ヒタチヒカリ	9.0	8.0	7.7	1.0	ヒタチヒカリ	9.0	9.0	1.3	1.0
ダイセンキラリ	1.0	8.7	1.0	3.0	ダイセンキラリ	1.3	8.0	2.7	3.7	ダイセンキラリ	9.0	8.0	3.3	1.0	ダイセンキラリ					ダイセンキラリ				
					ダイマジン	1.3	7.0	2.3	2.3	ダイマジン	8.0	7.0	2.0	1.0	ダイマジン	9.0	8.3	6.3	1.3	ダイマジン				
					フウジンSR	1.3	7.7	1.7	4.3	フウジンSR	8.3	7.7	2.0	1.0	フウジンSR	9.0	9.0	6.7	4.3	フウジンSR				
タチサカエ	1.0	9.0	1.3	4.3											タチサカエ	8.7	8.3	6.7	8.3	タチサカエ				
															ガルフ	9.0	9.0	9.0	3.7	ガルフ				

注1：刈取時出穂程度 1（極少）～9（極多）

注2：刈取時倒伏程度 1（無）～9（甚）

### 3) 通算成績（表10参照）

## 2) 収量調査成績（表9参照）

### (1) 乾物収量

短期利用型ではすくすくダッシュ、はやまき18の2品種どちらも標準品種を上回る成績であり、中期・長期利用型のガルフも標準品種を上回った。

令和1年から5年の収穫において、乾物収量の通算成績について検討した。短期利用型において、うし想い、タチマサリ、すくすくダッシュが3年間の平均で標準品種を上回った。中期・長期利用型においてはダイセンキラリ、ダイマジン、タチサカエ、フウジンSRが3年間の平均で標準品種を上回っており、ダイセンキラリ、フウジンSRは3年間とも安定しており優良な品種と考えられる。

表9 乾物収量 (kg/a) と対標準品種収量比

品種系統名	令和1年度成績				令和2年度成績				令和3年度成績				令和4年度成績				令和5年度成績							
	1番	2番	合計	対標比	1番	2番	合計	対標比	1番	2番	合計	対標比	1番	2番	合計	対標比	1番	2番	合計	対標比				
ニオウダチ	85.4	64.4	149.9	100.0	ニオウダチ	99.4	67.3	166.7	100.0	ニオウダチ	48.7	56.3	105.1	100.0	ニオウダチ	106.0	105.6	211.6	100.0	ニオウダチ	85.8	93.6	179.4	100.0
タチユカ	70.9	51.7	122.6	81.8																				
うし想い	71.6	46.0	117.6	78.5																				
TKクトロ	88.4	55.3	143.7	95.9	タチマサリ	129.8	54.7	184.5	110.7	タチマサリ	37.8	64.8	102.6	97.7	タチマサリ	100.9	94.0	195.0	92.1	タチマサリ				
										すくすくダッシュ	47.0	68.2	115.2	109.6	すくすくダッシュ	113.1	90.5	203.6	96.2	すくすくダッシュ	112.3	89.5	201.8	112.4
															はやまき18	106.0	89.4	195.4	108.9	はやまき18				
ヒタチヒカリ	68.0	87.1	155.1	100.0	ヒタチヒカリ	135.7	71.1	206.8	100.0	ヒタチヒカリ	84.2	60.4	144.6	100.0	ヒタチヒカリ	135.6	94.0	229.6	100.0	ヒタチヒカリ	96.6	56.2	152.8	100.0
ダイセンキラリ	101.1	84.2	185.3	119.5	ダイセンキラリ	150.4	80.4	230.8	111.6	ダイセンキラリ	93.1	61.0	154.1	106.6	ダイセンキラリ					ダイセンキラリ				
					ダイマジン	144.0	72.0	216.0	104.4	ダイマジン	94.9	61.3	156.2	108.0	ダイマジン	129.6	91.8	221.4	96.5	ダイマジン				
					フウジンSR	146.5	85.5	232.0	112.2	フウジンSR	99.3	56.7	156.0	107.9	フウジンSR	146.6	93.2	239.8	104.5	フウジンSR				
タチサカエ	88.0	97.2	185.2	119.3											タチサカエ	111.1	90.4	201.5	87.8	タチサカエ				
															ガルフ	126.6	43.0	169.6	111.0	ガルフ				

表10 合計乾物収量 (kg/a) と対標準品種比（複数年成績を有し、試験の終了したもの）

品種系統名	R1収穫	対標比	R2収穫	対標比	R3収穫	対標比	R4収穫	対標比	R5収穫	対標比	平均	対標比平均
ニオウダチ	149.9	100.0	166.7	100.0	105.0	100.0	211.6	100.0	179.4	100.0	162.5	100.0
タチユカ	122.6	81.8									124.4	97.2
うし想い	117.6	78.5									139.0	110.8
タチマサリ			184.5	110.7	102.6	97.7	195.0	92.1			160.7	100.2
すくすくダッシュ					115.2	109.6	203.6	96.2	201.8	112.4	173.5	106.1
ヒタチヒカリ	155.1	100.0	206.8	100.0	144.6	100.0	229.6	100.0			184.0	100.0
ダイセンキラリ	185.3	119.5	230.8	111.6	154.1	106.6					190.1	112.6
ダイマジン			216.0	104.4	156.2	108.0	221.4	96.5			197.9	103.0
フウジンSR			232.0	112.2	156.0	107.9	239.8	104.5			209.3	108.2
タチサカエ	185.2	119.3					201.5	87.8			185.7	119.8

※うし想いにおいてはH29～R1、タチサカエにおいてはH30・R1・R4の成績から平均を算出

## 考 察

### 1 飼料用トウモロコシ

3年間の試験が終了した6品種のうち、TDN収量、1日当たりTDN収量、乾物雌穂重量、対倒伏率、対病害性及び対害虫性等から算出され、生育特性及び収量性を加味した総合評価により各供試品種を検討するとスノーデント118Rは3期中3期とも標準品種を上回る成績であり、有望な品種あるといえる。

### 2 イタリアンライグラス

3年間の試験期間が終了した中期・長期利用型のダイセンキラリ、フウジンSRが有望な品種としてあげられる。

## 参 考 文 献

- 1) 飼料作物系統適応性検定試験実施要項（第6版）、農林水産省、畜産草地研究所編（2001）
- 2) 細谷肇ら：サイレージ用トウモロコシの品種総合評価法

【抄録】

## Three-dimensional live imaging of bovine embryos by optical coherence tomography

Yasumitsu MASUDA, Ryo HASEBE, Yasushi KUROMI, Masayoshi KOBAYASHI, Misaki IWAMOTO, Mitsugu HISHINUMA, Tetsuya OHBAYASHI, Ryo NISHIMURA

### 要 約

ウシ胚移植 (ET) は広く行われているが、その受胎率は低い。より効果的な ET 用ウシ胚の選別法を確立するために、我々は光干渉断層撮像 (OCT) により非侵襲的に撮影した 3 次元 (3D) 画像を用いて、生きている胚の形態学的パラメータを定量化した。体外受精により生産され、培養 7 日後に拡張胚盤胞期に達した黒毛和種のウシ胚 7 個を、OCT で画像化した後に移植した。3D 画像から、内細胞塊、外胚葉、透明帯の厚さと体積、胚盤胞と胚全体の体積を含む 22 のパラメータを定量化し、7 頭に移植したところ 4 頭が受胎した。これらの 22 のパラメータは、体外受精前のウシ胚の品質評価に使用できる可能性があることを示唆した。

J. Reprod. Dev. 67:149-154, 2021

【抄録】

## Three-Dimensional Live Imaging of Bovine Preimplantation Embryos: A New Method for IVF Embryo Evaluation

Yasumitsu MASUDA, Ryo HASEBE, Yasushi KUROMI, Masayoshi KOBAYASHI, Misaki IWAMOTO, Mitsugu HISHINUMA, Tetsuya OHBAYASHI, Ryo NISHIMURA

### 要 約

ウシの胚移植の受胎率は人工授精の受胎率よりも低い。ウシでは胚移植 (ET) が広く行われているが、移植された胚の多くは発育しないため、ET に適したウシ胚をより効果的に選択する方法が求められている。ウシの着床前胚 (2 細胞期胚および胚盤胞) の発育能を評価するために、我々は非侵襲的手法である光干渉断層計 (OCT) を用いてライブ画像を取得した。この画像により、胚盤胞の内部細胞塊の体積や外胚葉 (TE) の厚さなど、22 項目のパラメータを評価した。ウシの胚は、黒毛和牛から卵子を採取して吸引した卵丘-卵母細胞複合体を体外受精 (IVF) させて得た。胚盤胞の品質を倒立顕微鏡で観察し、国際胚移植学会の胚評価基準に従い、すべて Code1 であることを確認した。胚の OCT 画像は、移植前の 2 細胞期と胚盤胞期に撮影した。OCT は、胚に近赤外光を数分間照射し、3 次元画像を撮影した。OCT により 2 細胞期の胚の核が明瞭に観察され、2 細胞期の多核細胞も明瞭に観察された。また、胚盤胞期の胚の観察により、そのパラメータを評価することができた。OCT 後の受胎率 (15/30 ; 50%) は ET の一般的なものであり、新生子牛に過大児や死亡がみられなかったことから、OCT が ET に悪影響を及ぼさなかったことが示された。主成分分析では妊娠成立に関連するパラメータを同定することはできなかったが、階層的クラスタリング分析を用いることで、TE 体

積がウシ胚の評価パラメータの一つであることが示唆された。今回の結果は、体外受精胚の時間依存的変化を調べるために OCT イメージングが使用できることを示している。さらに改良を加えれば、高品質な移植胚の選別に有用である。

Front. Vet. Sci. 8:639249, 2021

### 【抄録】

## Hatchability evaluation of bovine IVF embryos using OCT-based 3D image analysis

Yasumitsu Masuda, Ryo Hasebe, Yasushi Kuromi, Mitsugu Hishinuma, Tetsuya Ohbayashi, Ryo Nishimura

### 要 約

牛の胚移植は広く行われているが、移植された胚の多くは受胎に至らない。ウシの胚評価における新たなパラメータを決定するため、我々は最近確立した光干渉断層撮像 (OCT) を用いて、孵化率と胚形態学的パラメータとの関係を検討した。ウシ胚は体外受精により黒毛和種から得た。胚盤胞の品質を倒立顕微鏡で観察し、IETS の胚評価基準に従ってコード 1~3 と確認した。胚の OCT 画像は体外受精後 7 日目に撮影し、孵化可能性を判定するために胚を 9 日目まで培養した。OCT では、胚に近赤外光を数分間照射し、3 次元画像を得た。合計 42 個の胚について 22 個のパラメータを評価したところ、25 個が孵化し (H 胚)、17 個が孵化しなかった (NH 胚)。H 胚は NH 胚に比べ、外胚葉 (TE) および TE+透明帯 (ZP) の厚さが薄く、TE、ZP、胚盤胞、全胚の体積および胚盤胞直径が大きかった。PCA の結果、TE およびまたは ZP の厚さ関連値の減少とともに、胚盤胞関連値の増加がウシ体外受精胚の孵化性を評価する指標となることが確認された。これらの結果は、OCT で取得した胚盤胞期胚の構造データが、ウシ胚の品質を予測するための潜在的なモデルとして使用できるという考えを支持するものである。

J. Reprod. Dev. 69:239-245, 2023

### 【抄録】

## Three-dimensional morphology of bovine blastocysts hatched against lipopolysaccharide exposure *in vitro*

Yasumitsu Masuda, Ryo Hasebe, Yasushi Kuromi, Minami Matsuo, Mitsugu Hishinuma, Tetsuya Ohbayashi, Ryo Nishimura

### 要 約

牛の胚移植は世界的に普及しているが、受胎率は人工授精よりも低い。子宮内には独自の細菌が存在し、子宮内膜炎に罹患した子宮ではグラム陰性菌由来のリポ多糖 (LPS) 濃度が健康な子宮よりも高く、胚形成を抑制する。本研究

の目的は、光干渉断層計（OCT）システムを用いて、LPS 刺激下で孵化に成功したウシ胚盤胞の形態を解析することにより、より高い生存率と着床性を有するウシ胚の形態学的特徴を調べることである。7 日目に胚盤胞期に達した体外受精による発育中の胚を、OCT システムを用いて 3 次元的にスキャンし、その後、孵化の有無を判定する 9 日目まで、LPS の有無にかかわらず培養を続けた。OCT で撮影した三次元画像を用いて、内細胞塊（ICM）、外胚葉、胚盤胞、胚体積など 20 種類の指標を定量化し、それぞれのパラメータを孵化胚と未孵化胚で比較した。LPS 刺激下では、孵化胚は未孵化胚よりも ICM の厚みと体積が大きく、外胚葉の厚みが小さかった。さらに、LPS 刺激下で孵化した胚は、LPS 刺激なしの孵化胚よりも ICM の厚みと体積が高かった。本結果は、OCT システムにより算出された ICM 厚および ICM 体積が、良質なウシ胚の指標となる可能性を示唆している。

Reprod. Biol. 24:100843, 2024

=====

鳥取県畜産試験場研究報告第41号

令和8年3月23日 発行

発行者 鳥取県畜産試験場

場長 井上 真寛

〒689-2503 鳥取県東伯郡琴浦町松谷 606

TEL 0858-55-1362 (代)

FAX 0858-55-0330

E-mail [chikusanshiken@pref.tottori.lg.jp](mailto:chikusanshiken@pref.tottori.lg.jp)

[http:// www.pref.tottori.lg.jp/chikushi](http://www.pref.tottori.lg.jp/chikushi)

=====