

1 遺伝子情報を活用した交配技術の検討

担当部署名：家畜繁殖研究室

担当者名：○北條享、櫻井由美、川野辺章夫

研究期間：平成 25 年度～27 年度（完了）

予算区分：県単

1. 目的

乳用牛の遺伝的能力は向上し、乳量が増加しているが、繁殖成績の低下や乳房炎など乳生産に関わる疾病の影響により、生産性は伸び悩んでいる。一方、遺伝子解析技術の向上により、各種経済形質に影響する遺伝子が報告され、それらを活用した改良技術が求められている。

そこで、遺伝子の多型と実際の乳生産や採卵成績との関連性を検証するとともに、それら情報を活用した改良方法を開発する。

2. 方法

乳牛の乳量、乳質及び採卵性に関与すると報告されている GH、DGAT1 及び GRIA1 遺伝子について、当センターで繁養する雌牛の遺伝子の多型を解析し、牛群検定成績の乳量、乳脂率及び実際の採卵成績と比較した。

3. 結果の概要

- (1) 乳量に関与するとされる GH 遺伝子の多型は、LL 型 27 頭、LV 型 4 頭、VV 型 1 頭で、305 日補正乳量から換算した日乳量(kg/日)を比較すると、LL 型(25.3) > LV 型(20.5) > VV 型(18.0)であった(表 1)。
- (2) 乳脂肪率に関与する DGAT1 遺伝子の多型は、AA 型 17 頭、AK 型 5 頭、KK 型 10 頭で、乳脂肪率は KK 型(4.8%)が AA 型(4.0%)に比べて有意に高かった ($p < 0.01$) (表 2)。
- (3) 採卵性に関与する GRIA1 遺伝子の多型は、SS 型 1 頭、SN 型 17 頭、NN 型 16 頭で、21 頭(SS 型の 1 頭を除く)における胚回収数の平均は SN 型(15.1 個)が NN 型(9.6 個)より多い傾向にあった(表 3)。
- (4) 乳用種雄牛 15 頭の精液について GH、DGAT1 及び GRIA1 遺伝子の多型を解析した結果、DGAT1 遺伝子型が KK ホモの種雄牛は見つからなかった。そこで、乳量または採卵性の能力を改善することを期待し、これらの種雄牛と上記の雌牛について GH 遺伝子では LL ホモ及び GRIA1 遺伝子では SS ホモまたは SN ヘテロの組合せになる交配計画を作成し、受精卵を活用して後継牛の作出を試みた。その結果、4 頭の雌牛から合計 34 個の正常胚を採取し、これまで 13 個を移植した結果、4 頭が受胎し、うち 1 頭が雌を分娩した(表 4)。

4. 今後の問題点と次年度以降の計画

本試験は、雌牛と種雄牛の双方について経済形質に関与する遺伝子の多型を解析し、意図した遺伝子の多型をもつ後継牛を生産することを試みたもので、乳量や採卵性などの経済形質が優れている可能性がある高能力牛を生産する手法の一助となると考えられる。

表1 GH遺伝子の多型と乳量との関係

	LL型	LV型	VV型
頭数	27	4	1
乳量(kg/日)	25.3 ± 6.3	20.5 ± 2.6	18.0

平均値±標準偏差

表2 DGAT1遺伝子の多型と乳成分との関係

	AA型	AK型	KK型
頭数	17	5	10
乳脂率(%)	4.0 ± 0.4 ^a	4.5 ± 0.4	4.8 ± 0.6 ^b
乳タンパク質率(%)	3.2 ± 0.2	3.4 ± 0.1	3.4 ± 0.3
無脂固形分率(%)	8.7 ± 0.2	8.9 ± 0.2	8.9 ± 0.3

平均値±標準偏差

a, b異符号間に有意差有り(P<0.01)

表3 GRIA1遺伝子の多型と採胚数との関係

	SN型	NN型
頭数	14	7
採胚数(個)	15.1 ± 10.4	9.6 ± 5.6
正常胚数(個)	7.0 ± 8.7	4.8 ± 2.1

平均値±標準偏差

表4 遺伝子型の組合せ、採胚及び移植状況

単位:個

交配の組合せ (上段:母牛/下段:種雄牛)	遺伝子型			正常胚数	移植数 (うち新鮮胚)	受胎数
	GH	DGAT1	GRIA1			
A スパイラル	LV LL	AA AK	SS SS	4	1 (0)	0
A ランカスター	LV LL	AA AA	SS SN	5	3 (1)	1
B ランカスター	LL LL	AK AA	SN SN	17	7 (2)	3
C フィーバー	LV LL	AA AK	SN SN	2	2 (0)	0
D スパイラル	LL LL	AA AK	NN SS	6	0 (0)	—
E ランカスター	LL LL	AA AA	NN SN	0	—	—

1頭分娩済み

2 代謝プロファイルテストを活用した高度栄養管理技術の確立

担当部署名：家畜繁殖研究室

担当者名：○櫻井由美、高崎久子、川野辺章夫

研究期間：平成26年度～28年度 予算区分：県単

1. 目的

県内酪農家で飼養されている乳用牛に代謝プロファイルテストを実施し、繁殖成績と血液性状等との関連を調査する。

乳用牛161頭について、採血時に給与飼料、飼養形態、牛群検定成績を調査、血液の一般成分等分析後、代謝プロファイルテストデータ（血液・産乳成績）を作成した。調査農家は芳賀農業振興事務所管内2戸（45頭）、下都賀農業振興事務所管内2戸（48頭）、那須農業振興事務所管内3戸（68頭）である。

2. 方法

(1) 調査対象：県内の酪農家7戸（フリーストール牛舎、つなぎ牛舎）

(2) 供試牛：泌乳ステージ（初期、前期、中期、後期、乾乳期）を5期に分け、各ステージから産次数1産から3産の牛5頭を抽出（この条件を満せない場合は3産以上から抽出）、7戸の酪農家で161頭を供した。

(3) 調査項目

ア 血液性状；Ht、GLU、T-Chol、BUN、GOT、 γ -GTP、ALB、TP、Ca、Mg、IP、NEFA

イ ボディコンディションスコア（BCS）

ウ 牛群検定による合計乳量（kg/日）、平均乳脂率、平均蛋白質率

(4) 繁殖成績の評価：分娩間隔の全国平均値435日を基準とし、分娩間隔が平均以下の農家を分娩間隔短期群（短群）、平均を上回る農家を分娩間隔長期群（長群）に分けて血液性状やBCS、牛群検定成績との関係を分析した。

- I. 分娩間隔短期群（短群）：4戸、91頭
- II. 分娩間隔長期群（長群）：3戸、70頭

3. 結果の概要

(1) 乳量及び乳脂率では泌乳前期と中期に両区に有意な差が認められ、乳脂率は短群に比べて長群が低くなった（表1）。

(2) BCSは有意な差は認められないものの、乳量の高い泌乳初期から中期にかけて長群ではコンディションが高く（表1、図2）、乳量を上げるためにエネルギーの給与量が過剰となり、体脂肪を蓄積していると考えられた。

(3) 肝機能の指標となるGOT、 γ -GTPは長群が高く、特に乳量の多い泌乳初期においては短群に比べて有意に高くなっており、アルブミンの値も有意差は認められないものの短群に比べて低下していることから、肝機能低下、肝機能障害を起こしていると推察された（表2、図3、4、5）。

(4) 長群では短群に比べて肝機能の指標となるGOT、 γ -GTPの値が高く、特に泌乳初期では有意な差が認められたことから、肝機能の低下が分娩間隔に影響している可能性があるかと推察された。

[具体的データ]

表1 牛群検定成績

区分	頭数	BCS	乳量 kg/d	乳脂率 %	乳蛋白質 %
初期	I	16	3.03	35.4	3.98
	II	16	3.08	36.3	4.00
前期	I	17	3.09	41.5 A	3.56 A
	II	16	3.13	41.8 B	3.30 B
中期	I	21	3.07	37.0 A	3.86
	II	14	3.23	36.7 B	3.83
後期	I	19	3.25	28.1	4.03
	II	14	3.16	31.4	4.18
dry	I	18	3.49		
	II	10	3.48		

表2 血液性状

異符号間に有意差あり AB:P<0.01

区分	頭数	Glc mg/dL	NEFA μEq/L	T-Cho mg/dL	Ht %	BUN mg/dL	Alb g/dL	TP g/dL	GOT IU/L	γ-GTP IU/L	Ca mg/dL	iP mg/dL	Mg mg/dL
初期	I	16	51.1	295.2	143.2	35.5	9.6	3.66	6.58 a	83.4 A	32.6 a	9.6	6.14 A
	II	16	50.7	250.1	176.8	34.4	11.3	3.63	7.16 b	93.6 B	38.6 b	9.5	6.08 B
前期	I	17	54.8	149.8 a	251.0	35.6	12.0	3.68 a	6.96	84.7 A	40.0	9.5	6.02
	II	16	58.4	171.5 b	259.1	32.7	12.7	3.63 b	7.58	80.5 B	35.6	9.4	6.11
中期	I	21	57.5	104.0	275.8	36.3	11.6	3.70	7.17	81.4	42.6	9.6	5.96
	II	14	55.5	106.2	313.6	35.7	14.6	3.63	7.29	83.8	46.5	9.5	5.95
後期	I	19	56.3	94.7 a	253.4	36.6	9.7	3.70	6.96	79.6	39.3	9.7	6.07
	II	14	56.8	111.4 b	274.2	36.0	13.7	3.65	7.20	83.2	41.7	9.7	5.95
dry	I	18	57.9	135.9 a	144.4	38.6	9.3	3.63	7.04	70.2	32.0	9.6	5.91
	II	10	57.5	223.6 b	164.2	38.5	12.3	3.65	6.93	60.8	29.1	9.6	6.17

異符号間に有意差あり ab:P<0.05, AB:P<0.01

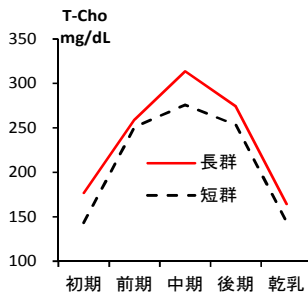


図1 総コレステロール(T-Cho)

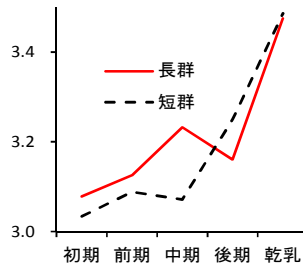


図2 ホテインコンディションスコア

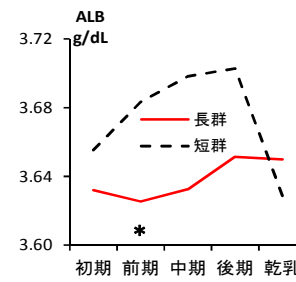


図3 アルブミン(ALB)

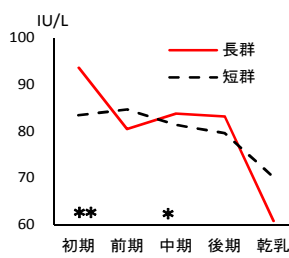


図4 GOT

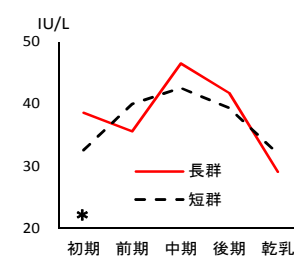


図5 γ-GTP

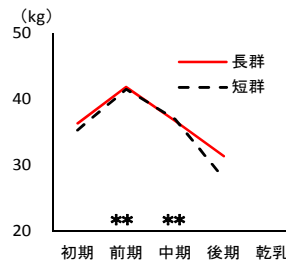


図6 乳量

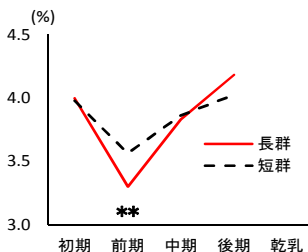


図7 乳脂率

4. 今後の問題点と次年度以降の計画

肝機能に関する GOT、γ-GTP と繁殖成績との関係を分析するとともに、これらの値が高い原因を調査する。

3 飼料用粃米等の効率的な給与による低コスト生乳生産技術の開発と実証

担当部署名：乳牛飼養研究室

担当者名：○室井章一、大輪真司、林美貴成、川野辺章夫

研究期間：平成 27 年度（完了） 予算区分：受託

1. 目的

飼料自給率向上が喫緊の課題となっている現状で、輸入穀類の代替として水田を活用して生産できる飼料用粃米の利用が注目されているが、乳牛への給与事例は極めて少ない。

そこで、泌乳中期ホルスタイン種を供試し、破砕粃米や破砕粃米サイレージを加えた TMR の給与試験を実施し、乳生産等に及ぼす影響を明らかにする。

また、破砕粃米や破砕粃米サイレージの消化特性を明らかにする。

2. 方法

- (1) 泌乳中期のホルスタイン種 5 頭を 3 群（1 群 1～2 頭）に分け、給与飼料乾物中市販配合飼料 55%、エンバク乾草 3.5% にトウモロコシサイレージ 40% を加えた対照区、対照区のトウモロコシサイレージ 20% 分を破砕した粃米に代替した区を破砕区、同じくトウモロコシサイレージ 20% 分を破砕した粃米サイレージに代替した区をサイレージ区とし、試験区を 3 区を設定した。破砕区とサイレージ区は、粃米給与により、対照区に比べ市販配合飼料が減り、エンバク乾草と大豆粕が増える飼料設計となった（表 1）。
- (2) 試験実施は、3×3 のラテン方格法とし、飼料給与は、混合（TMR）し、自由採食させた。
- (3) 調査項目は、飼料摂取状況、体重、乳生産、第一胃内容液、血液性状、消化率とした。

3. 結果の概要

- (1) 乾物摂取量、日乳量、乳脂率、乳タンパク質率、無脂固形分率および乳中尿素窒素は、試験区間に有意差は認められなかった（表 2）。
- (2) 第一胃内容液の pH、総 VFA 濃度及び組成、アンモニア態窒素は、試験区間に有意差は認められなかった（表 3）。
- (3) 血液性状は、試験区間に有意差は認められなかった（表 3）。
- (4) 破砕粃米サイレージはフレコンバックに詰め調製し、開封後のサイレージの pH は、上段 4.17、中段 3.23、下段 2.91 であった。
- (5) 各試験区の乾物消化率は、対照区（59.5%）、破砕区（63.8%）、サイレージ区（67.6%）であり、対照区とサイレージ区間に有意差（5%水準）が認められた。

以上のことから、泌乳中期ホルスタイン種において、給与飼料乾物中 20% の破砕粃米や破砕粃米サイレージの給与は、同割合のトウモロコシサイレージ給与に比べ、飼料摂取量、乳生産は同等であり、また、第一胃内容液や血液性状に及ぼす影響も認められなかった。

[具体的データ]

項目 \ 試験区	対 照	破 砕	サイレージ
配合割合			
トウモロコシサイレージ	40.5	21.7	21.7
飼料用粳米 (破碎)		21.0	
飼料用粳米 (破碎) サイレージ			20.8
市販配合飼料 (粗飼料入り)	55.2	31.6	31.7
エンバク乾草	3.5	17.5	17.5
大豆粕		7.0	7.1
リン酸カルシウム	0.4	0.4	0.4
炭酸カルシウム		0.4	0.4
ビタミン剤	0.4	0.4	0.4
計	100	100	100
成分含量等 ¹⁾			
可消化養分総量	68.0	69.3	69.3
粗タンパク質	13.6	13.8	13.8
中性デタージエント繊維	35.5	34.2	34.3
粗脂肪	3.6	2.9	2.9

¹⁾ 設計値

項目 \ 試験区	対 照	破 砕	サイレージ	
供試頭数	5	5	5	
体 重	kg	647	662	660
乾物摂取量	kg/日	24.8	24.0	23.6
乳 量	kg/日	34.8	33.1	33.9
乳脂率	%	4.05	4.20	4.12
乳タンパク質率	%	3.51	3.63	3.65
無脂固形分率	%	9.11	9.21	9.16
乳中尿素窒素	mg/dl	9.2	10.3	8.5

項目 \ 試験区	対 照	破 砕	サイレージ	
第一胃内容液				
pH		6.61	6.86	6.97
アンモニア態窒素	mg/dl	9.3	7.2	7.5
総VFA濃度	mmol/dl	8.91	7.93	8.42
酢酸	mmol/dl	5.36	4.81	5.23
プロピオン酸	mmol/dl	2.29	1.75	1.78
酢酸/プロピオン酸比		2.40	2.85	3.07
血液				
総コレステロール	mg/dl	193	180	178
尿素窒素	mg/dl	8.4	10.9	9.8
γ-GTP	IU/L	44.9	41.5	51.1
遊離脂肪酸	μEq/l	178	172	200

4. 今後の問題点と次年度以降の計画

粳米サイレージの加工形態や給与方法に応じた泌乳牛向け推奨給与メニューを試験場レベルでの長期給与試験で開発し、現地酪農家での飼料給与試験により成果を実証する。

4 生乳中機能性成分を増加させる飼養管理が泌乳牛の乳生産に及ぼす影響

担当部署名：乳牛飼養研究室

担当者名：○大輪真司、林美貴成、室井章一、川野辺章夫

研究期間：平成26年度～平成27年度（完了） 予算区分：県単

1. 目的

近年、牛乳消費量が低迷する一方、チーズや発酵乳等の乳加工品の需要が高まっている。このような中、酪農家から高品質で加工後も特徴が生かせる生乳の生産技術が求められている。そこで、乳中に含まれる機能性成分（ α -トコフェロール等）を高める飼養管理技術を開発すると共に、乳牛へのプラス効果（暑熱時の酸化ストレス低減効果等）についても分析することで、酪農家の収益の増加に寄与する。

2. 方法

(1) 供試家畜：泌乳中期ホルスタイン種6頭（各試験区2頭×3群）

(2) 試験：3×3ラテン方格法による飼養試験

(3) 試験区 3区設定（表1）

対照区：米ぬか及び加熱大豆の給与を乾物中0%とした区。

米ぬか区：米ぬかの給与を乾物中12%とした区。

大豆区：加熱大豆の給与を乾物中12%とした区。

※いずれの試験区も粗飼料の主体（乾物約35%）をイネWCSとしたTMRを給与

(4) 調査項目：飼料摂取量、乳量、乳成分、第一胃内容液性状、血液性状、生乳生産費、生乳及びその加工品（チーズ）中の脂溶性ビタミン濃度

3. 結果の概要

(1) 乾物摂取量は試験区間で差は認められなかったが、大豆区で他の2区に比べて低い傾向を示した（表2）。

(2) 日乳量は米ぬか区で他の2区に比べて低い値を示した（表2）。また、乳成分については試験区間で有意な差は認められなかった（表2）。

(3) 乳中の α -トコフェロール、レチノールおよび β カロテンは試験区間で有意な差は認められなかった（図1）。

(4) 試験で得られた生乳を原料に生産したチーズ中の α -トコフェロール、レチノールおよび β カロテンは、試験区間で有意な差は認められなかった（図2）。

以上のことから、泌乳中期ホルスタイン種に米ぬかまたは加熱大豆を乾物中12%給与しても乳中の脂溶性ビタミン濃度に影響しないことが明らかとなった。また、イネWCSを粗飼料の主体としたTMR給与において、米ぬかを乾物中12%給与することにより、日乳量の低下が見られることが明らかとなった。

表1 飼料組成及び成分含量(乾物%)

項目\試験区	対照区	米ぬか区	大豆区
飼料組成			
米ぬか	0	14.9	0
加熱大豆	0	0	14.6
イネWCS	33.0	35.0	34.4
トウモロコシサイレージ	4.9	9.2	13.3
オーツ乾草	8.3	0	2.4
トールフェスクストロー乾草	0	2	2.5
市販配合飼料(粗飼料入り)	43.9	29.7	31.1
市販配合飼料(高蛋白)	6.4	0	0
脱脂大豆粕	1.9	6.6	0
その他	1.6	4.6	4.2
成分含量			
乾物率	56.5	52.5	49.9
可消化養分総量	68.7	68.7	69.9
粗蛋白質	14.4	14.6	15.5
粗脂肪	3.1	5.6	5.7
中性デタージェント繊維	35.4	35.2	35.3

表2 飼料摂取量および乳生産

項目\試験区	対照区	米ぬか区	大豆区	
乾物摂取量	kg/日	23.5	22.6	20.8
日乳量	kg/日	32.7 a	28.3 b	32.2 a
乳脂率	%	3.53	3.55	3.45
乳蛋白質率	%	3.11	2.99	3.04
無脂固形分率	%	8.43	8.30	8.39
乳中尿素窒素	mg/dl	11.8	14.9	15.2

同一行の異符号間に有意差有り ($P < 0.05$)

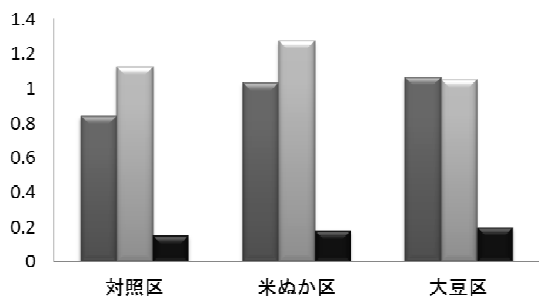


図1 乳中ビタミン濃度

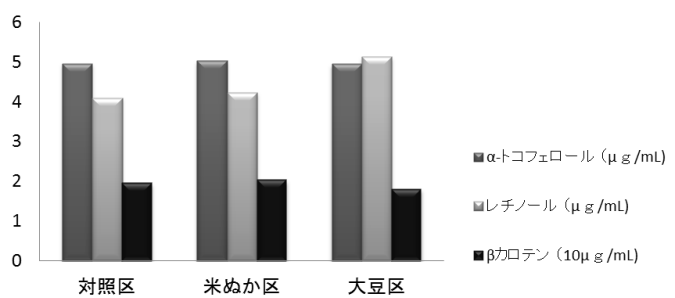


図2 チーズ中ビタミン濃度

4. 今後の問題点と次年度以降の計画

泌乳前期の乳牛を用いて、TMR 中のイネ WCS の割合が乳中の脂溶性ビタミン濃度に与える影響を検討する。