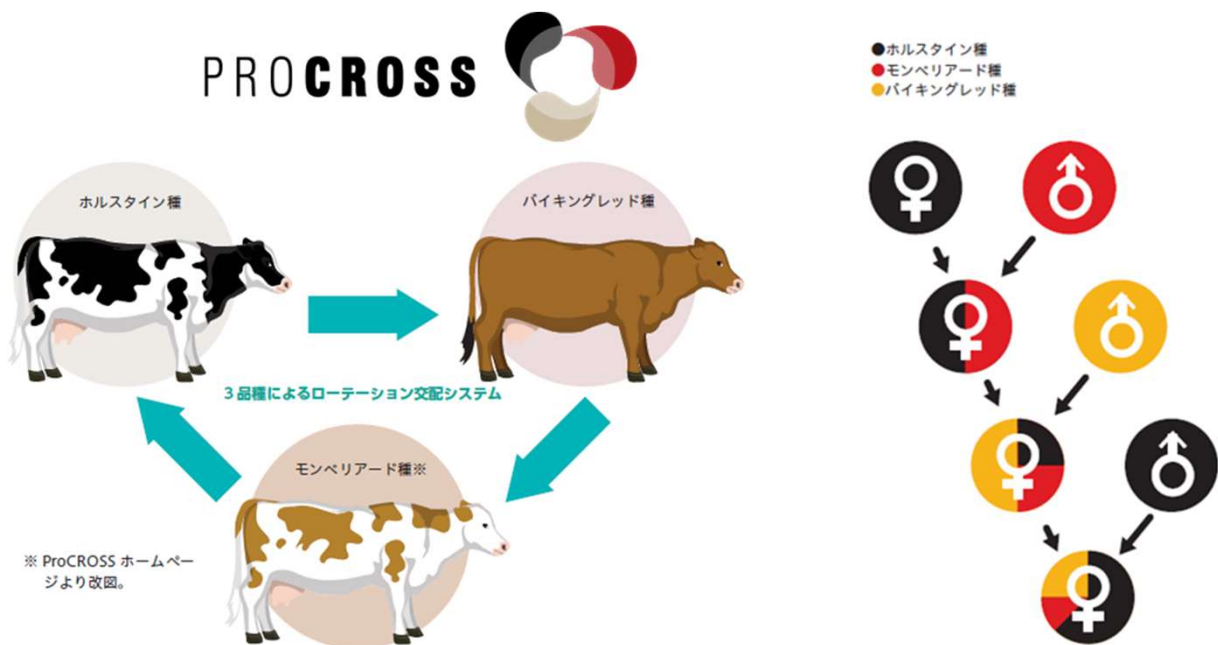


クロスブリーディングで 乳牛の長命連産を目指して

農業総合研究所営農支援センター
訓子府実証農場 畜産技術課
渡邊龍之介

クロスブリーディングについて

図. プロクロス交配スキーム



プロクロスのメリット

- ①繁殖性、耐病性の改善
- ②乳房形質の改善
- ③体細胞の低下
- ④生産寿命の延長
- ⑤生涯生産乳量の増加
- ⑥飼料効率の向上

(A.R.Hazel et al, 2017)

- ・乳牛の置かれている情勢から注目を集めているのがプロクロスと呼ばれるクロスブリーディング
- ・ホルスタイン(HO)、モンベリアード(MO)およびバイキングレッド(VR)をローテーション交配していく
- ・プロクロスを行うことで多くのメリットが得られると報告されている

クロスブリーディングについて

表. 生産性関係における成績

調査項目	HO	MO×HO	優位性
頭数	416	503	
305日乳量(kg)	11,417	10,744	-5.9%
生涯生産乳量(kg)	28,086	32,891	+17.1%
生涯乳脂肪(%)	3.5	3.7	+0.2%
生涯乳蛋白(%)	3.1	3.2	+0.1%
生涯乳脂肪(kg)	996	1,217	+22.2%
生涯乳蛋白(kg)	871	1,050	+20.5%
体細胞スコア	3.27	2.98	-8.8%

表. 生存性および繁殖性における成績

調査項目	HO	MO×HO	優位性
初回種付け(day)	70	63	-7days
空胎日数(day)	148	122	-26days
4産次生存率(%)	29	55	+26%
在籍日数(day)	937	1,150	+213day
生涯利益(\$/head)	4,347	6,503	+49.5%

(B.J.Heins et al、2012)

- ・これはカリフォルニアでの試験結果ですすでに2012年に論文発表されている内容
- ・305日乳量は低下するが、長命性が高く生涯生産乳量は多くなることが最大の特徴
- ・長命性が高いことのひとつとして繁殖成績が良好であることが挙げられる

クロスブリーディングについて

バイキングレッド種



・フィンッシュエアシャー (FA)



・スウェディッシュレッド (SR)



・デニッシュレッド (DR)

・VRは上記3品種の総称として使用されている

・FAはフィンランド、SRはスウェーデンおよびDRはデンマークでエアシャー種を基に改良された品種

クロスブリーディングについて

✓ なぜこのようなメリットが得られるのか？

表. 各品種における形質の5段階評価

品種	産乳性	乳質	産肉性	体型	繁殖性	健康性
ホルスタイン	5	2	2	5	2	2
フィニッシュエアシャー	4	3	2	2	4	4
スウェディッシュレッド	4	3	2	3	4	4
デニッシュレッド	3	3	3	4	3	3
モンベリアード	3	3	5	5	5	5

(E.G.Lidfeldt et al、2006)

- ・繁殖性や健康性など、HO種の弱い部分の改良が進められた品種
- ・特にMO種はHO種と相性が良く繁殖性と健康性に優れている
- ・SR種は成績のバランスが良く、クロスブリードで人気の品種 (S.K.Morten et al、2007)

クロスブリーディングについて

✓ なぜこのようなメリットが得られるのか？



表. HO種と比較したMO種の一般的な成績

遺伝的な能力差	MO種
305日乳量(kg)	-951k
乳脂肪率(%)	+0.03
乳蛋白率(%)	+0.05
初回授精受胎率(%)	+12
初回授精日数(day)	-13

(C.Dezetter et al、2015)

- ・MO種については実際にHO種と比較した際の具体的な能力の差が報告されている
- ・初回授精日数が早く、初回授精の受胎率が高いことがMO種の大きな特徴

クロスブリーディングについて

Bigtime MARBRAE BIGTIME



Yellow PIE X YELLOW



Fantastic DES CRETES FANTASTIC



- ・しかしながら、家畜衛生条件の都合からVR3品種の精液の国内への輸入は実現していない
- ・道内におけるクロスブリーディングについては、SR種の血統カナディアンエアシャー（AY）を選択
- ・訓子府で実際に使用したビッグタイム、イエローおよびファンタスティックもすべてSR種の血統種
- ・HO種、MO種およびAY種を用いた三元交配は世界的にも例がない掛け合わせ

試験結果 (MO × HO種2産および3産次体測結果)

表. 各産次毎における体重データ

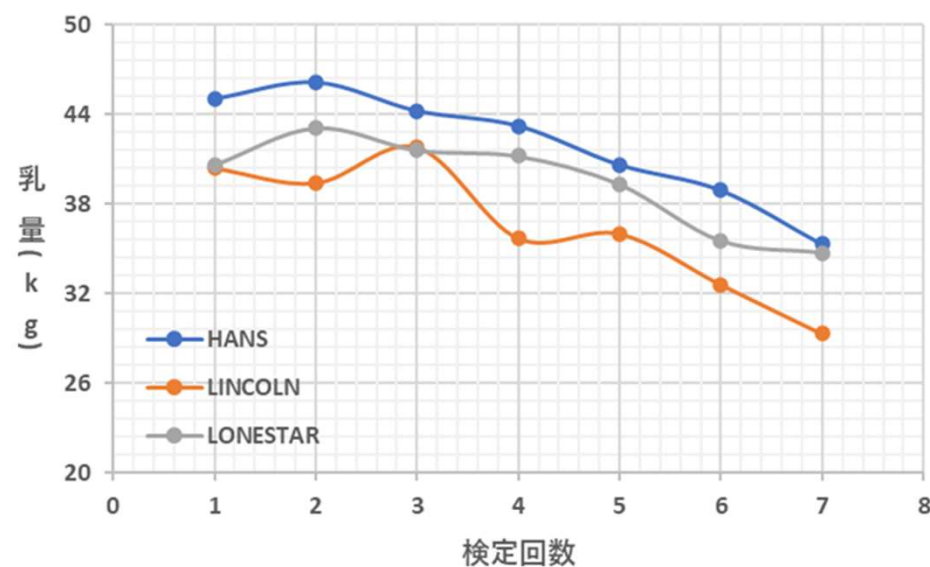
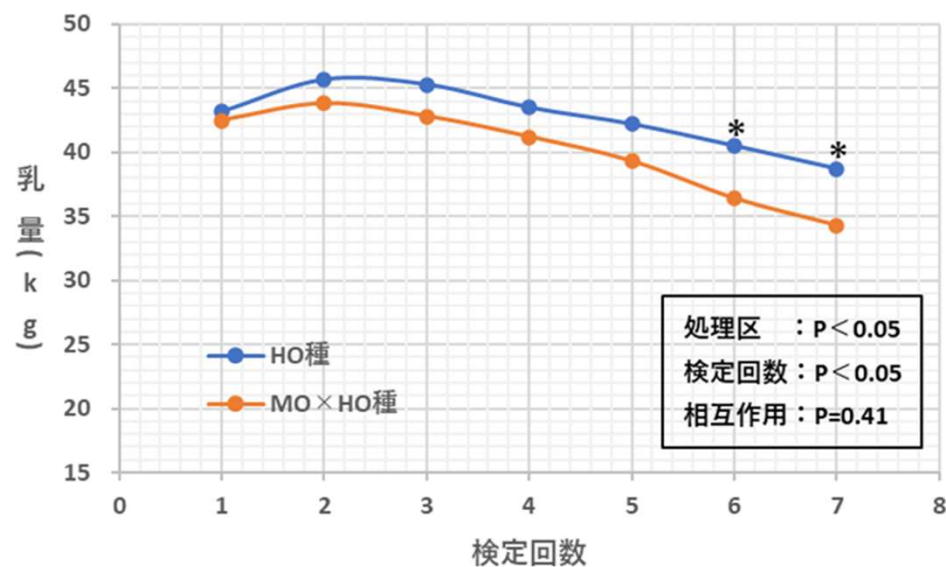
産次	HO種			MO × HO種		
	n	体重(kg)	体高(cm)	n	体重(kg)	体高(cm)
初産	32	652.3 ± 14.4 ^a	146.3 ± 0.5 ^A	22	677.5 ± 18.1 ^b	142.5 ± 0.6 ^B
2産	27	729.1 ± 11.1 ^A	150.7 ± 0.7 ^A	20	765.6 ± 12.9 ^B	146.1 ± 0.8 ^B
3産	16	777.6 ± 15.4 ^A	152.2 ± 0.9 ^A	15	833.7 ± 16.0 ^B	147.9 ± 0.9 ^B

A,B間有意差あり(P<0.05)、a,b間傾向あり(P<0.1)

- ・MO × HO種は、HO種と比較して各産次で体重において高い値を示していた
- ・また、体重差に関しては産次の進行に伴い差が大きくなっていった
- ・MO × HO種は、HO種と比較して各産次で体高において低い値を示していた
- ・ただし、体重差とは違い体高差は各産次毎で同等の値を示している

試験結果 (MO × HO種2産次泌乳成績)

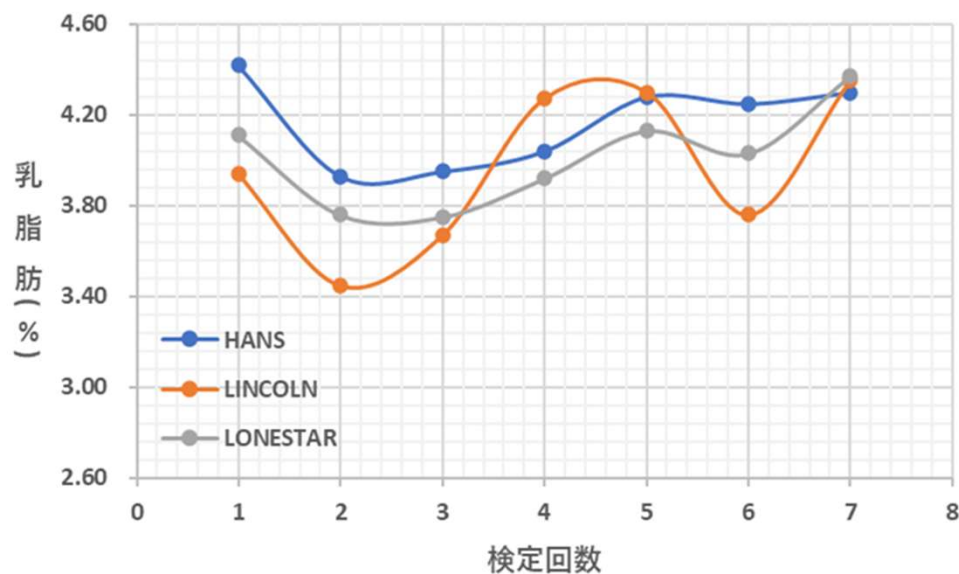
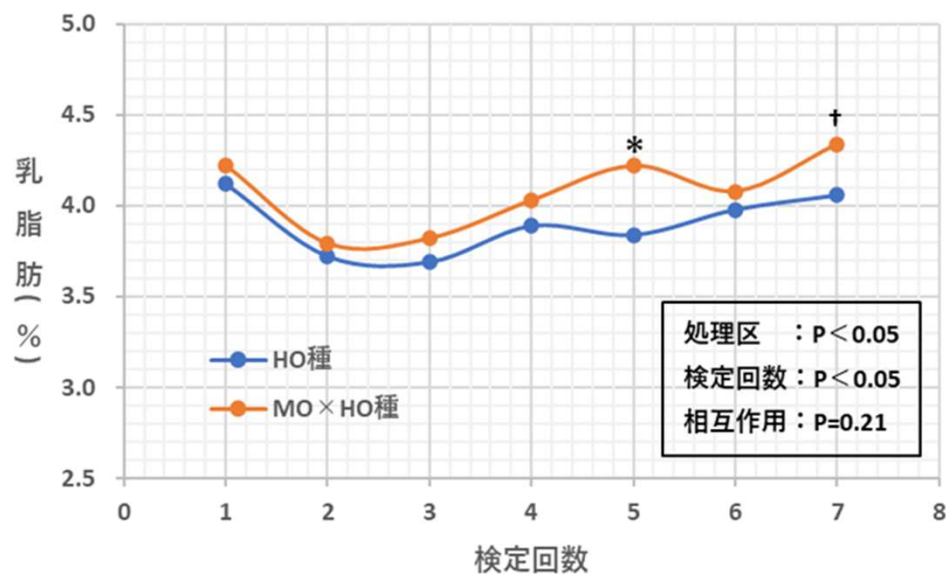
図. MO × HO種およびMO種品種別の2産次乳検における乳量の推移



- ・MO × HO種は、HO種と比較して初産次同様にピーク乳量には差がない
- ・初産次にはHANSのみ持続性が確認されたが、2産次ではそのような傾向はなし
- ・ただし、泌乳成績についてはHANSが最もよく種雄牛の能力通りの結果となっている

試験結果 (MO × HO種2産次泌乳成績)

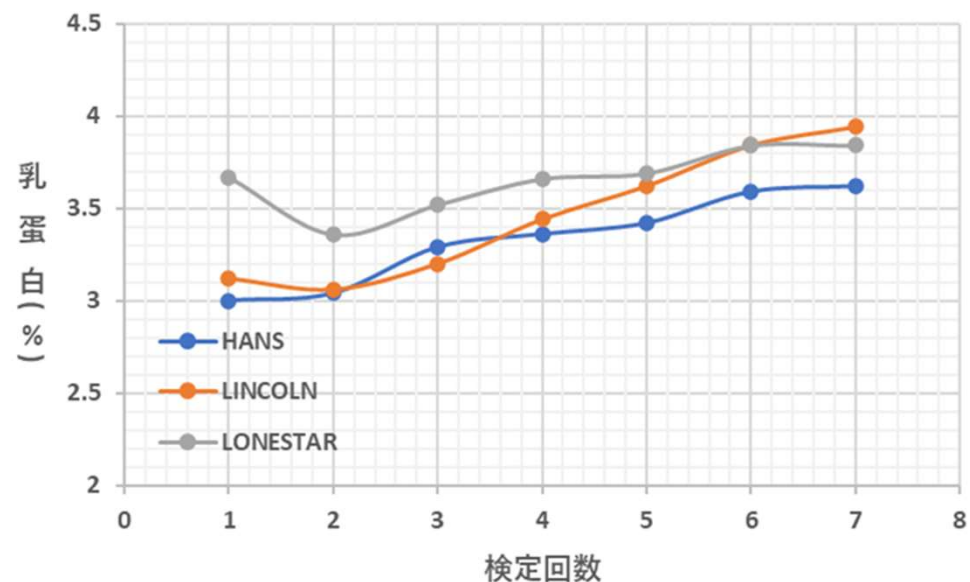
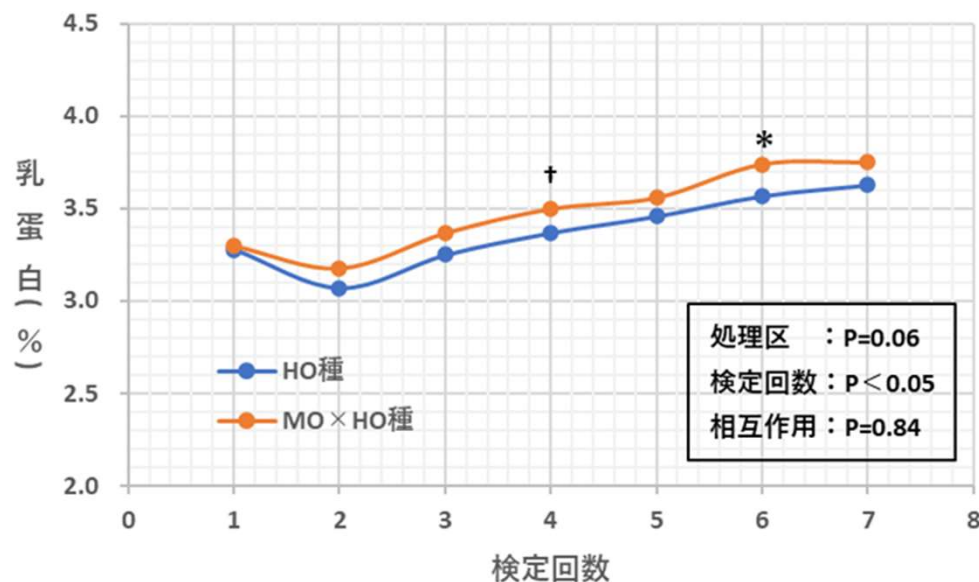
図. MO × HO種およびMO種品種別の2産次乳検における乳脂肪の推移



- ・MO × HO種は、HO種と比較して初産次同様に乳脂肪が高い
- ・MO種の精液別にみても初産次同様にHANSでは乳脂肪が高く推移している

試験結果 (MO × HO種2産次泌乳成績)

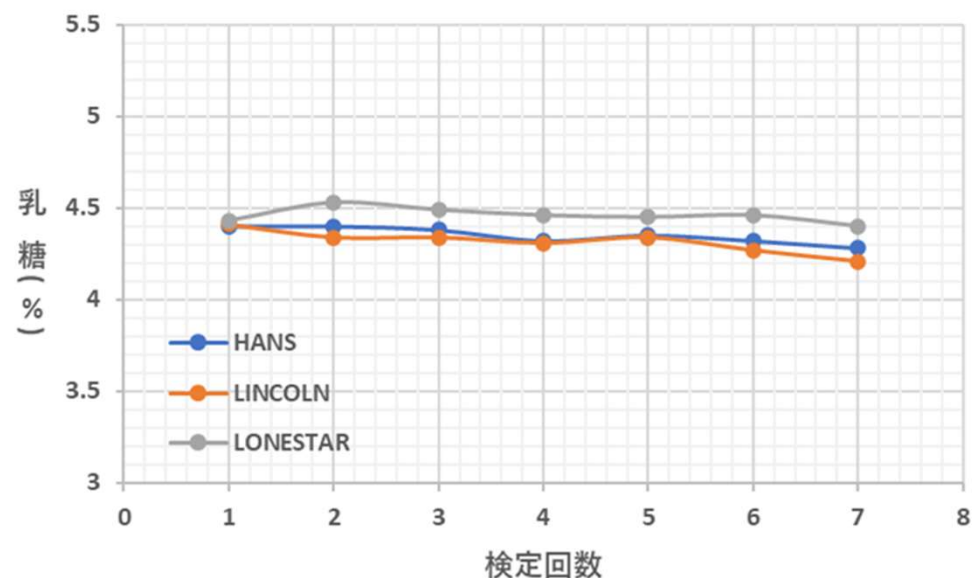
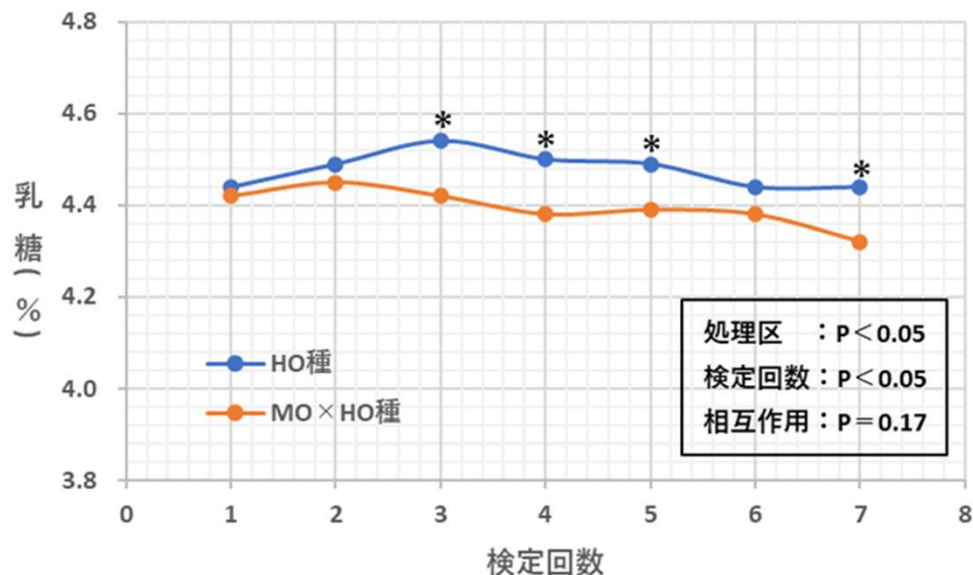
図. MO × HO種およびMO種品種別の2産次乳検における乳蛋白の推移



- ・MO × HO種は、HO種と比較して初産次同様に乳蛋白が高い
- ・MO種の精液別にみても初産次同様にHANSは乳蛋白が低く推移している

試験結果 (MO × HO種2産次泌乳成績)

図. MO × HO種およびMO種品種別の2産次乳検における乳糖の推移



- ・MO × HO種は、HO種と比較して初産次同様に乳糖が低い
- ・LONESTARで若干乳糖が高い値を示しているが、MO種の品種で乳糖が変化する報告はない

調査中 (MO × HO種2産次繁殖成績)

表. MO × HO種の2産次繁殖成績

調査項目	Treatment						P-Values
	n	HO	SEM	n	MO × HO	SEM	
初回授精日数(日)	32	75.56 ^A	1.91	17	68.18 ^B	2.62	0.03
初回受胎率(%)	32	40.63 (13/32)	—	17	35.29 (6/17)	—	0.77
繁殖障害による淘汰(%)	39	10.26 (4/39)	—	21	9.52 (2/21)	—	1.00
受胎までの授精回数(回)	32	2.22	0.24	17	2.53	0.32	0.44
空胎日数(日)	32	130.75	9.85	17	129.00	13.51	0.92

n: 供試牛のサンプル数、Mean: 平均値、SE: 標準誤差、A,B間有意差あり(P<0.05)、a,b間傾向あり(0.05≤P<0.1)

- ・MO × HO種は、HO種と比較して初回授精日数が早く、初産次よりも差が大きかった
- ・初回授精受胎率に関しては低い値を示しており、授精回数も多くなっている
- ・ただし、空胎日数についてはHO種よりも短い

調査中 (MO × HO種2産次繁殖成績)

表. MO × HO種の2産次繁殖成績

精液Type	Treatment								
	全体			通常			判別		
調査項目	HO	MO × HO	P-Values	HO	MO × HO	P-Values	HO	MO × HO	P-Values
初回授精 受胎率(%)	40.63 (13/32)	35.29 (6/17)	0.77	45.83 (11/24)	50.00 (3/6)	1.00	25.00 (2/8)	27.27 (3/11)	1.00
総授精 受胎率(%)	45.02 (32/71)	41.46 (17/41)	0.69	50.90 (28/55)	55.56 (5/9)	1.00	25.00 (4/16)	37.50 (12/32)	0.36

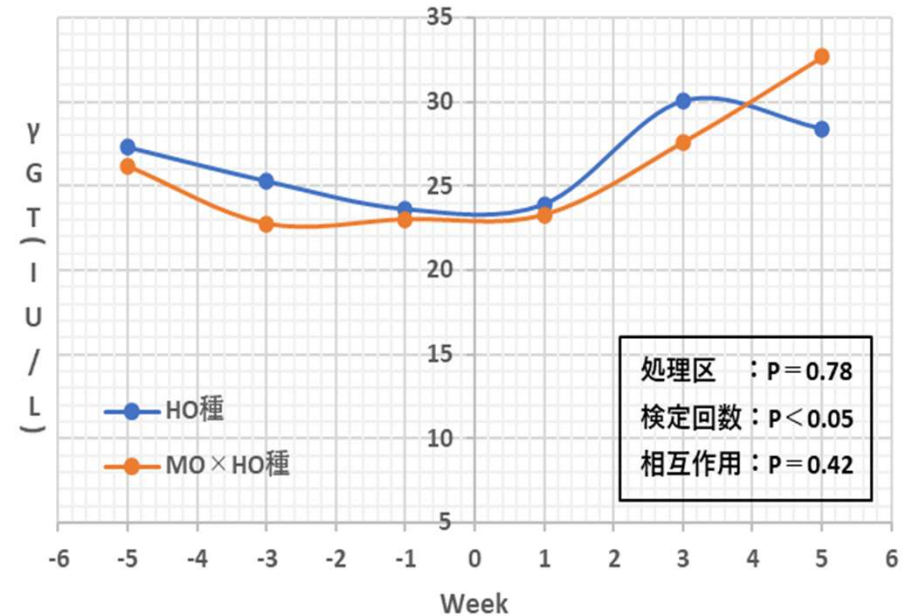
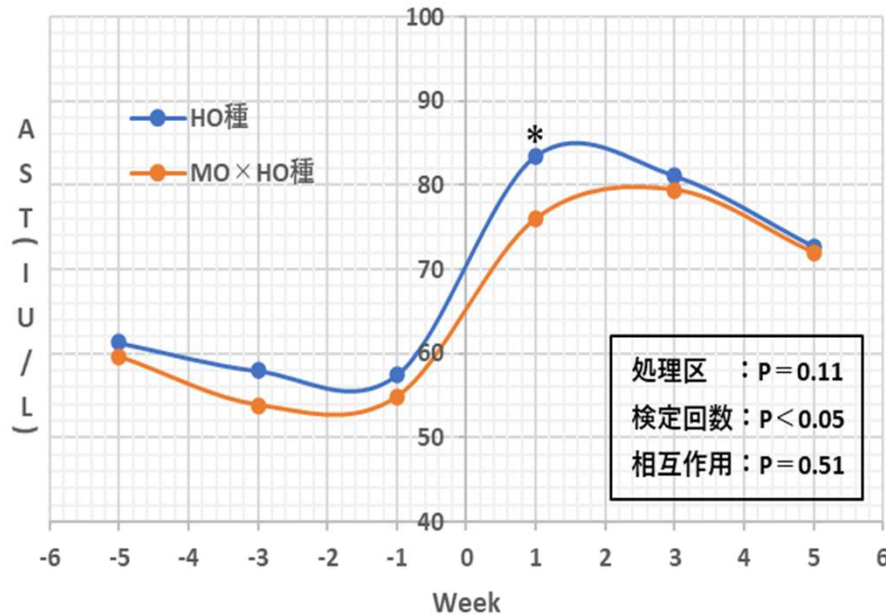
A,B間有意差あり(P<0.05)、a,b間傾向あり(P<0.1)

- ・使用した精液別に見ると、MO × HO種はHO種と比較して初回授精受胎率は高い
- ・受胎までに要した総授精回数についても通常判別ともにMO × HO種で高い
- ・ただし、初産次のように明確な繁殖成績の差は見られなかった

※基本的に性判別精液の方が受胎率が低くなる(濱野光市、人工授精用牛X,Y精子の選別)

調査中 (MO × HO種2産次MPT成績)

図. MO × HO種の2産次肝機能マーカーの推移



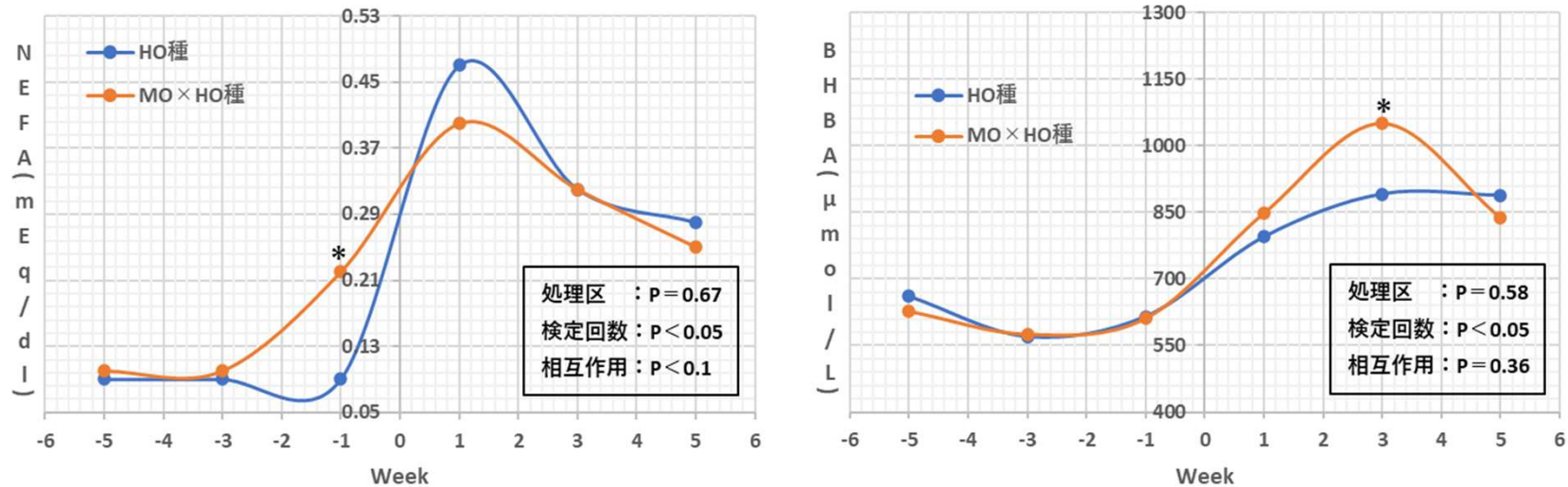
- ・MO × HO種は、HO種と比較してASTにおいて分娩後1週目で有意に低い値を示した
- ・γGTに関しては処理区間で有意な差は認められなかった

※分娩後AST: 80IU/L以上、γGT: 25IU/L以上で肝機能障害が起こっている可能性となる基準値

(K.Kida et al., 2022)

調査中 (MO × HO種2産次MPT成績)

図. HO種およびMO × HO種の2産次体脂肪動員マーカールの推移



- ・両区で分娩後にNEFAの上昇が認められたが、MO × HO種は分娩前から上昇が見られ、分娩前1週でHO種と比較して有意に高い値を示していた
- ・BHBAに関しては分娩後3週目でMO × HO種が有意に高い値を示していた
- ・分娩後BHBA: 1200μmol/Lで潜在性ケトosisと判断される基準値
分娩後NEFA: 0.27~0.40mEq/dLが適正範囲内の体脂肪動員とされる基準値

(K.Kida et al.,2022)

考察と総括

✓MO種精液の選択基準は乳量育種価を指標とするのが良い

- ・現状、繁殖成績については精液による影響はみられていない
 - ➡ 産乳性は遺伝率が高く、繁殖性は遺伝率が最も低い(K.Hagitani et al.,2002)
- ・初産次、2産次の泌乳成績は種雄牛の評価通りとなっている
 - ➡ 経済性が最も高くなる精液の選択は乳量育種価である(C.Dezetter et al.,2017)

資料. Coopex,SIRE DIRECTORYより抜粋

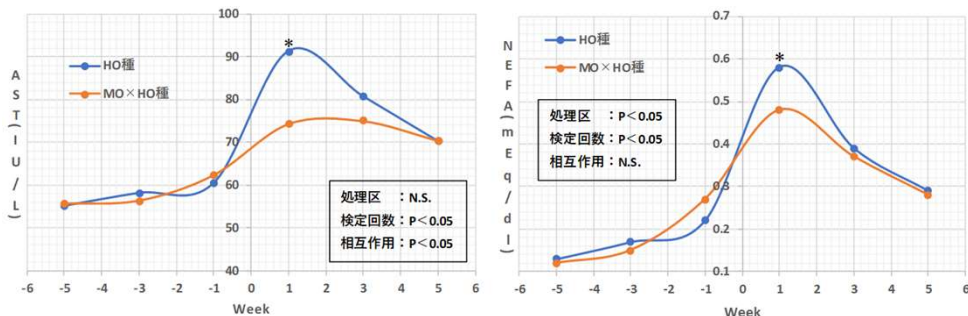
HANS-ET	PEDIGREE URBANISTE / VALFIN JB /	121	LONESTAR	PEDIGREE ITHOS / FELINDRA / O X B O W	117	LINCOLN	PEDIGREE HITECH / FUEGO / R O B I N	109																																																																		
<p>Consultation Sires MORE</p> <p>FUNCTIONAL</p> <table border="1"> <tr><th>VT</th><th>TEMP</th><th>C.E</th><th>C.E.d</th><th>Call VIT</th><th>Call VIT.d</th></tr> <tr><td>+105</td><td>+122</td><td>+90</td><td>+89</td><td>+94</td><td>+93</td></tr> </table> <p>PRODUCTION</p> <p>0 daughter(s) 0 Herd(s) Reliability70</p> <table border="1"> <tr><th>INEL</th><th>Pkg</th><th>Fkg</th></tr> <tr><td>+11</td><td>+6</td><td>+16</td></tr> </table> <table border="1"> <tr><th>P%</th><th>F%</th><th>Milk</th><th>DigeR</th></tr> <tr><td>0.07</td><td>0.26</td><td>+4</td><td></td></tr> </table> <p>Typing Kappa Casein: Beta Casein:</p> 			VT	TEMP	C.E	C.E.d	Call VIT	Call VIT.d	+105	+122	+90	+89	+94	+93	INEL	Pkg	Fkg	+11	+6	+16	P%	F%	Milk	DigeR	0.07	0.26	+4		<p>Consultation Sires MORE</p> <p>FUNCTIONAL</p> <table border="1"> <tr><th>VT</th><th>TEMP</th><th>C.E</th><th>C.E.d</th><th>Call VIT</th><th>Call VIT.d</th></tr> <tr><td>+102</td><td>+109</td><td>+93</td><td>+93</td><td>+94</td><td>+95</td></tr> </table> <p>PRODUCTION</p> <p>505 daughter(s) 412 Herd(s) Reliability95</p> <table border="1"> <tr><th>INEL</th><th>Pkg</th><th>Fkg</th></tr> <tr><td>-1</td><td>0</td><td>-15</td></tr> </table> <table border="1"> <tr><th>P%</th><th>F%</th><th>Milk</th><th>DigeR</th></tr> <tr><td>0.21</td><td>0.07</td><td>-478</td><td>-0.2</td></tr> </table> <p>Typing Kappa Casein: AB Beta Casein: A1A2</p> 			VT	TEMP	C.E	C.E.d	Call VIT	Call VIT.d	+102	+109	+93	+93	+94	+95	INEL	Pkg	Fkg	-1	0	-15	P%	F%	Milk	DigeR	0.21	0.07	-478	-0.2	<p>Consultation Sires MORE</p> <p>PRODUCTION</p> <p>770 daughter(s) 617 Herd(s) Reliability95</p> <table border="1"> <tr><th>INEL</th><th>Pkg</th><th>Fkg</th></tr> <tr><td>-16</td><td>-14</td><td>-26</td></tr> </table> <table border="1"> <tr><th>P%</th><th>F%</th><th>Milk</th><th>DigeR</th></tr> <tr><td>0.17</td><td>0.09</td><td>-838</td><td>-0.6</td></tr> </table> <p>Typing Kappa Casein: BB Beta Casein: A2A2</p> 			INEL	Pkg	Fkg	-16	-14	-26	P%	F%	Milk	DigeR	0.17	0.09	-838	-0.6
VT	TEMP	C.E	C.E.d	Call VIT	Call VIT.d																																																																					
+105	+122	+90	+89	+94	+93																																																																					
INEL	Pkg	Fkg																																																																								
+11	+6	+16																																																																								
P%	F%	Milk	DigeR																																																																							
0.07	0.26	+4																																																																								
VT	TEMP	C.E	C.E.d	Call VIT	Call VIT.d																																																																					
+102	+109	+93	+93	+94	+95																																																																					
INEL	Pkg	Fkg																																																																								
-1	0	-15																																																																								
P%	F%	Milk	DigeR																																																																							
0.21	0.07	-478	-0.2																																																																							
INEL	Pkg	Fkg																																																																								
-16	-14	-26																																																																								
P%	F%	Milk	DigeR																																																																							
0.17	0.09	-838	-0.6																																																																							
乳量で最も高い評価			乳量でマイナスの評価			乳量で最も低い評価																																																																				
乳脂肪でも高い評価			乳蛋白で最も高い評価			乳脂肪と乳蛋白はそこそこ																																																																				

考察と総括

✓クロスブリードの良好な繁殖成績は分娩後のエネルギー代謝が由来？

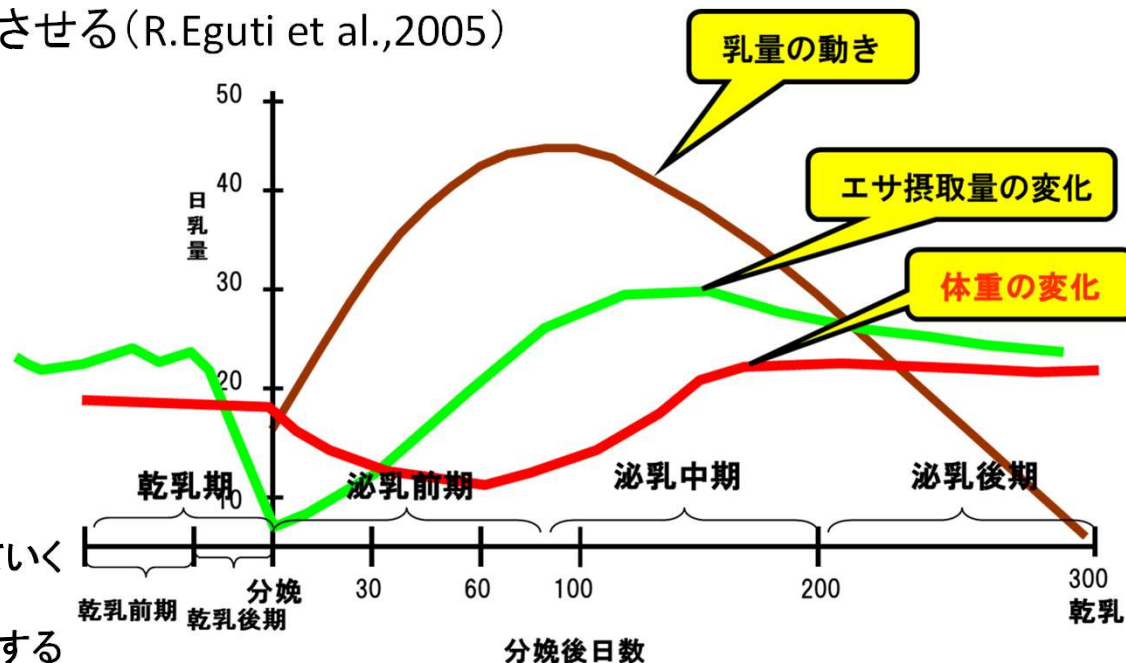
- ・前回初産次データでは割愛したが、MO×HO種は初産次でMPT結果が特に肝機能で良好であった
 ➡ 負のエネルギーバランスは肝機能の低下を引き起こす (T.H.Herd et al.,2000)
- ・MO×HO種のNEFAについてはHO種よりも低い値を示していた
 ➡ 負のエネルギーバランスは繁殖成績を悪化させる (R.Eguti et al.,2005)

図. 初産次のMPT結果



※負のエネルギーバランスのイメージ(右図)

- ・分娩に伴い飼料摂取量が低下し、分娩後に徐々に回復していく
- ・ただし、分娩後は急激に乳量が増加する
- ・乳汁生産に足りないエネルギーを体脂肪から動員して削瘦する



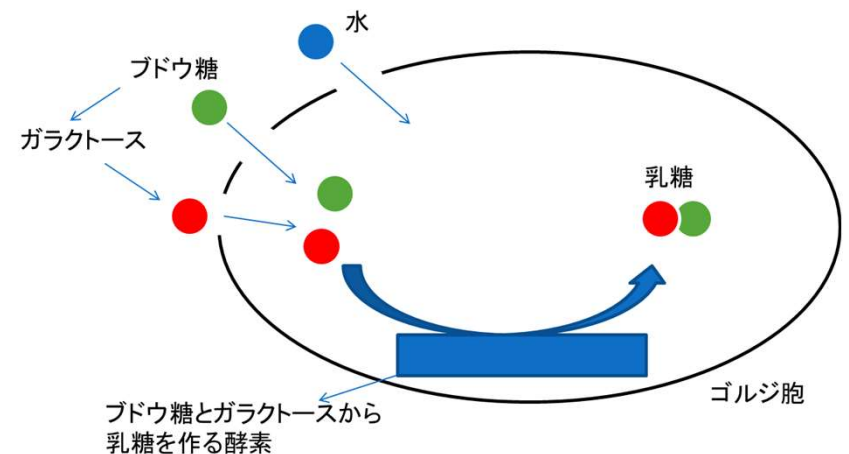
考察と総括

✓クロスブリードを最大限活かすための飼養管理には注意が必要となる

- ・MO×HO種はHO種と比較して乳糖が低いという特徴が見られた
海外でも同様に乳糖が低いという報告がされている (F.Malchiodi et al.,2014、E.Wojtas et al.,2016)
➡ HO種と比較して少ない乳糖で乳汁生産ができる可能性

- ・乳汁生産に必要なエネルギーが少ない分体組織へのエネルギー供給が可能
品種としてインスリン反応に違いがある (T.Yan et al.,2006)
➡ 飼料効率の良さはここから来る？
同時にHO種と同じ飼料では太りやすい要因となる

- ・産次の進行に伴い過肥牛が増えてくる
2産次の繁殖成績ではHO種と大きな差が見られなかった
➡ 過肥な牛の繁殖成績は不良 (A.Busato et al.,2002)



※乳汁生産のイメージ(上図)

- ・乳腺上皮細胞内で乳糖が合成される
- ・細胞内に乳糖が溜まることで浸透圧が上昇する
- ・浸透圧を一定に保つために乳腺内腔に水分が引き込まれる