

石川畜試研報  
Bull.Ishikawa Pref.List.  
Res.Center

ISSN 1347-913X

Bulletin  
of the  
Ishikawa Prefectural Agriculture And Forestry Research Center  
Livestock Experiment Station  
No. 48  
December-2019

# 石川県農林総合研究センター 畜産試験場研究報告

第48号

令和1年12月

石川県農林総合研究センター  
畜産試験場

石川県羽咋郡宝達志水町坪山

Ishikawa Prefectural Agriculture And Forestry Research Center  
Livestock Experiment Station  
Hodatsushimizu, Ishikawa, Japan

# 石川県農林総合研究センター畜産試験場研究報告

## 第48号

令和1年12月

## 目 次

1. モヤシ残さ発酵TMRが搾乳牛に与える影響・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
  
2. 石川県における能登牛の産肉性形質に関する育種価からみた改良の推移  
・・ 5
  
3. 乳用牛の受胎率向上に向けた不受胎要因の検討・・・・・・・・・・・・ 13
  
4. 魚醬油製造残渣油を活用した特色のある豚肉生産技術の検討・・・・ 23

# モヤシ残さ発酵TMRが搾乳牛に与える影響

竹内拓朗、高野光

石川県農林総合研究センター畜産試験場

Effect of fermented TMR containing soybean sprout waste in dairy cows.

Takuro Takeuchi, Hikaru Takano

キーワード：モヤシ、食品残さ、発酵TMR、乳牛

## 要約

モヤシ製造工場から排出されるモヤシ残さを飼料化するために、試験1は現物配合割合22%、試験2は49%の発酵TMRを細断型ロールベラーを用いて調製した。発酵TMRのpHは、試験1で3.77、試験2で3.94と良好な結果であった。V-scoreは同様に、試験1が98.80、試験2で84.25であり、発酵品質はともに良好であった。また、発酵臭も問題はなく、牛への嗜好性も良好であった。次に給与試験の結果より、モヤシ残さの発酵TMRを搾乳牛に与えても乳質、乳量には有意な差はみられなかった。また、血液生化学、血球数についても有意な差はなく、代謝への影響はなかった。これらにより、モヤシ残さは、飼料原料として乳用牛に利用可能なものであると考えられた。

## I 緒論

酪農をとりまく状況は、飼料原料を輸入に依存しており、飼料価格は為替や気候変動の影響を受けやすい。さらに近年、酪農後進国においては酪農の近代化が進み、輸入元の飼料需要が高まり、今後輸入飼料価格が上昇することが懸念される。このような状況に対応するため、良質で安価な国産飼料の生産・利用拡大を推進しているが、高水分な未利用資源は保存性が悪いことから活用が進まない状況にある。しかし、近年、食品副産物等の高水分の残さについても飼料化についての研究がなされており、石田ら(2017)は高水分のモヤシ残さのサイレージ発酵について検討し、また、有吉ら(2009)、小橋ら(2016)

はモヤシ残さを発酵TMRにし、有用な飼料原料であることを報告している。そこで、本研究では、県内において排出される高水分モヤシ残さを発酵混合飼料(以下：発酵TMRとする)化し、発酵品質および搾乳牛に対する影響について調査した。

## II 材料および方法

### 1 モヤシ残さの発酵TMRの調製

#### (1) モヤシ残さ

石川県金沢市内のモヤシ製造工場より排出された緑豆モヤシ残さを用いた(図1)。残さは、緑豆、種皮、根、子葉部、折れるなどして製造ラインから外

れたモヤシであり、スクリーンプレスで脱水されたものであった。成分分析値を表1に示した。

表1 モヤシ残さの分析値

水分	CP	EE	CF	ASH
現物%	乾物%			
82.8	18.7	1.0	27.8	3.0

## (2) 発酵 TMR の調製

原料をショベルローダーにて攪拌後、細断型ロールペラー（株タカキタ製 MR-820）にて成型後（図2）、ラッピングし、約6か月間野外にて保存した。



図1 モヤシ残さ



図2 発酵 TMR の調製

## 2 試験方法

### 試験1) モヤシ残さの配合割合 22%の発酵 TMR

#### (1) 供試動物

当场繋養ホルスタイン種搾乳牛6頭を3頭ずつ2群に分け、予備試験期間10日間、本試験期間4日間を1期とし、3期間による反転試験法（クロスオーバー法）を実施した。試験牛の概要を表2に示した。

表2 試験牛の概要

区分	供試牛	生年月日	産次	分娩月日	I期	II期	III期
A群	NO.1	H23.8.11	4	H29.6.19	対照区	試験区	対照区
	NO.2	H26.2.4	2	H29.9.23			
	NO.3	H27.9.1	1	H29.6.9			
B群	NO.4	H25.2.17	3	H29.3.28	試験区	対照区	試験区
	NO.5	H25.11.29	2	H29.8.6			
	NO.6	H27.4.10	1	H29.3.9			

#### (2) 試験期間

平成29年11月10日～12月21日

I期：平成29年11月10日～11月23日

II期：平成29年11月24日～12月7日

III期：平成29年12月8日～12月21日

#### (3) 給与飼料

給与飼料は、発酵 TMR、自家配合飼料、アルファルファヘイキューブ、チモシー乾草とし、発酵 TMR の配合割合は表3に示したようにモヤシ残さ 22%の配合割合で調整した。給与量及び要求量充足率は表4に示し、試験区は対照区の乾物 20%相当量を発酵 TMR で置換した。給与方法は発酵 TMR を朝8時30分と夕方4時の2回給与し、配合飼料、アルファルファヘイキューブ及びチモシー乾草は8時30分、13時及び16時に給与した。

表3 発酵 TMR の配合割合

	(%)
モヤシ残さ	22
チモシー乾草	21
自家配合飼料	20
水	37

表4 給与量及び要求率充足率

	給与飼料		乾物 給与量 (kg)	充足率	
	*慣行飼料 現物(kg/日)	発酵TMR		TDN	CP
対照区	21～29	0	22.8	106	98
試験区	16～24	10～11	22.4	105	98

\*慣行飼料は自家配合飼料、アルファルファヘイキューブ、チモシー乾草

#### (4) 調査項目

乳量、乳成分、血液生化学、血球数について調査した。乳量は本試験1日目から4日目まで調査した。乳成分は本試験2日目と3日目を採取し、北陸酪農業協同組合連合会に分析を依頼した。血液生化学及び血球数は本試験3日目10時に頸静脈より採血し、石川県南部家畜保健衛生所に分析を依頼した。

### 試験2) モヤシ残さの配合割合 49%の発酵 TMR

#### (1) 供試動物

当场繋養ホルスタイン種搾乳牛6頭を3頭ずつ2群に分け、予備試験期間10日間、本試験期間4日間をI期とし、3期間による反転試験法（クロスオーバー法）を実施した。試験牛の概要を表5に示した。

表5 試験牛の概要

区分	供試牛	生年月日	産次	分娩月日	I期	II期	III期
A群	N0.1	H25.3.31	3	H30.10.2	対照区	試験区	対照区
	N0.2	H25.2.17	4	H30.8.2			
	N0.3	H28.2.2	1	H29.12.15			
B群	N0.4	H28.7.2	1	H30.8.18	試験区	対照区	試験区
	N0.5	H25.7.18	2	H29.11.29			
	N0.6	H25.11.29	3	H30.10.1			

## (2) 試験期間

平成30年11月9日～12月20日

I期：平成30年11月9日～11月22日

II期：平成30年11月23日～12月6日

III期：平成30年12月7日～12月20日

## (3) 給与飼料

給与飼料は、発酵TMR、自家配合飼料、アルファルファヘイキューブ、チモシー乾草とし、発酵TMRの配合割合は表6に示したようにモヤシ残さ49%の配合割合で調整した。給与量及び要求量充足率は表7に示し、試験区は対照区の乾物29%相当量を発酵TMRで置換した。給与方法は試験1と同様とした。

表6 発酵TMRの配合割合

	(%)
モヤシ残さ	49
チモシー乾草	12
自家配合飼料	14
イネWCS	25

表7 給与量及び要求率充足率

	給与飼料		乾物 給与量	充足率	
	*慣行飼料	発酵TMR		TDN	CP
	現物(kg/日)		(kg)	(%)	
対照区	23～33	0	26.3	103	95
試験区	16～24	15～20	26.0	102	97

\*慣行飼料は自家配合飼料、アルファルファヘイキューブ、チモシー乾草

表8 発酵TMRの発酵品質

	pH	VBN- TN	乳酸	酢酸	プロピ オン酸	イソ 酪酸	酪酸	V- score
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
試験1	3.77	5.1	1.15	0.31	0.005	ND	ND	98.80
試験2	3.94	8.6	1.48	0.73	0.030	ND	0.04	84.25

## (4) 調査項目

試験1と同様とした。

## III 結果および考察

表8に示したようにモヤシ残さを含む発酵TMRのpHは、サイレージのpHが4.2以下が良とされる中で(自給飼料利用研究会, 2009)、試験1で3.77、試験2で3.94と良好な結果であった。V-scoreは同様に80以上が良とされる中で(自給飼料利用研究会, 2009)、試験1が98.80、試験2で84.25であり、発酵品質はともに良好であった。また、発酵臭も問題はなく、牛への嗜好性も良好であった。

表9より、モヤシ残さの発酵TMRを搾乳牛に給与しても乳質、乳量には有意な差はみられなかった。また、表10、11より、血液生化学、血球数についても有意な差はなかった。これらにより、モヤシ残さは、飼料原料として乳用牛には利用可能なものであると考えられた。なお、本試験では細断型ロールペーラーを使用して、発酵TMRを調製したことにより、短時間で効率的な作業が可能であった。

また、本試験では冬季に試験を実施したが、モヤシ残さは腐敗が早く、夏場の高温では嗜好性低下が懸念される。このため、開封後、速やかに給与することに留意が必要である。

表9 乳質及び乳量

		乳蛋白質	乳中尿素窒素	乳脂肪	乳糖	無脂乳固形	乳量
		(%)	(mg/dl)	(%)	(%)	(%)	(kg/日)
試験1	対照区	3.5	6.6	4.6	4.4	8.9	27.5
	試験区	3.5	6.1	4.6	4.4	8.9	27.6
試験2	対照区	3.2	6.1	4.4	4.4	8.7	28.3
	試験区	3.3	6.8	4.5	4.5	8.7	25.7

表10 血液生化学

		TP	Alb	A/G	BUN	Glu	GOT	$\gamma$ GTP	T-cho
		(g/dl)	(g/dl)		(mg/dl)	(mg/dl)	(IU/l)	(IU/l)	(mg/dl)
試験1	対照区	7.7	3.6	0.9	6.8	67	68	28	205
	試験区	7.8	3.6	0.9	8.1	66	69	28	193
試験2	対照区	7.9	3.9	1.0	8.0	65	74	30	178
	試験区	7.7	3.8	1.0	6.2	62	69	29	185

表11 血球数

		WBC	RBC	LY	MO	EO	GR
		(cells/ $\mu$ l)	( $\times 10^3$ cells/dl)	(%)	(%)	(%)	(%)
試験1	対照区	5944	5854	46.8	0.4	7.6	45
	試験区	5611	5792	46.4	0.4	6.6	47
試験2	対照区	6833	6266	40.4	0.3	6.3	53
	試験区	7211	6109	39.3	0.5	8.5	52

#### IV 謝辞

本試験を実施するにあたり、有限会社三吉商店様にはモヤシ残さを提供していただきましたことに深く感謝の意を表します。

#### V 引用文献

石田元彦, 常川千春, 浅野圭吾, 小柳喬, 長井誠. 2017.

モヤシ残さの発酵品質に及ぼす乳酸菌とアクレモセルラーゼ入り乳酸菌製材の添加の影響とサイレージの栄養価. 日本畜産学会報 86, 457-464

有安則夫, 長尾伸一郎, 申田晴彦. 2009. 地域資源活用型 TMR センター構築による飼料自給率向上システムの確立ーモヤシ屑の飼料化技術の検討ー, 岡山県総合畜産センター研究報告 19, 11-14

小橋有里, 関誠, 小宮山智, 平賀久芳. 2015. モヤシ残さのギ酸添加による変敗防止, 飼料成分と乳牛における第一胃内での分解特性. 日本畜産学会報 86, 457-464

吉田実. 1975. 畜産を中心とする実験計画法, 養賢堂, 東京.

農業・食品産業技術総合研究機構編. 2006. 日本飼養標準乳牛(2006年版), 中央畜産会, 東京.

自給飼料利用研究会編. 2009. 三訂版粗飼料の品質評価ガイドブック. 社団法人日本草地畜産種子協会, 東京

# 石川県における能登牛の産肉性形質に関する 育種価からみた改良の推移

石田美保

石川県農林総合研究センター能登畜産センター

Review of the Genetic Improvement Based on Breeding Values for Carcass Traits  
of NOTOUSHI in Ishikawa Prefecture

Miho Ishida

キーワード：育種価，産肉形質，改良

## 要 約

石川県で1989年から2018年の30年間に生産された黒毛和種肥育牛11,941頭について、アニマルモデルBLUP法による育種価の推定を行った。その結果、育種価から推定される繁殖雌牛の期待枝肉成績の分布では、枝肉6形質で評価全体よりも供用中が好ましい方向に傾いていた。育種価から推定される繁殖雌牛の期待枝肉成績の遺伝的趨勢についても皮下脂肪を除いて右肩上がりの曲線を描いており、石川県における黒毛和種の改良は良好に推移していることが解った。

## I 結 論

石川県では、1995年に県、関連団体、食肉事業者等によって「能登牛銘柄化推進協議会」が設立され、石川県の銘柄牛「能登牛」の認定基準を定めた。以降、生産者とともに、県、関連団体が連携し、能登牛の生産拡大と品質の向上を図ってきた。2018年度、生産頭数が目標とする1,000頭を超え、さらに銘柄牛としての基礎を強化するべく生産力および品質の向上を図っている。

一方、黒毛和種の産肉能力6形質（枝肉重量、ロース芯面積、バラの厚さ、皮下脂肪厚、歩留基準値、脂肪交雑）に関する遺伝的能力評価手法として、1991年よりアニマルモデルBLUP法による育種価推定法が行われるようになり（(公社)全国和牛登録協会1998）、2019年6月現在、全国45道府県52地域で実施されている（(公社)全国和牛登録協会

2019a）。本県においても1993年から育種価評価を開始し、1989年次分より2018年次までに年次毎、計30回の評価を行ってきた。評価結果は公表し、能登牛改良指針に反映させ、石川県農林総合研究センター能登畜産センター（以下能登畜産センター）に繋養する繁殖雌牛への交配種雄牛の選定に活用している。

今回は、これまでの石川県における産肉能力各形質の育種価の推移から能登牛の改良の経緯を解析し、これからの改良の方向性について考察する。

## II 材料および方法

石川県内で生産または肥育され、1989年1月から2018年3月までの30年間に出荷された肥育牛11,941頭（去勢牛8,083頭、雌3,858頭）の枝肉成績とその血統を遡り、1975年までに出現する種

雄牛 1,068 頭, 雌牛 20,370 頭の血縁情報を用い、公益社団法人全国和牛登録協会の育種価算出プログラムにより育種価の推定を実施した。

枝肉 6 形質の各形質の基本統計量は表 1, 歩留・肉質等級の分布は表 2, 脂肪交雑の分布は表 3 に示した。

なお、解析にあたっては、性（去勢、雌の 2 水準）、出荷年次（1989 年～2018 年の 30 水準）、農家の効果（53 戸の農家と 2 地域の計 55 水準）、出荷月齢（2 次回帰）および近郊係数（1 次回帰）を環境の効果として取り上げた（表 4）。

表 1 各形質の基本統計量

	単位	平均	標準偏差	最大値	最小値
枝肉重量	kg	437.4	64.1	658.8	209.0
ロース芯面積	cm <sup>2</sup>	54.1	9.2	110.0	26.0
バラの厚さ	cm	7.4	0.9	11.2	4.0
皮下脂肪厚	cm	2.5	0.8	7.0	0.1
歩留基準値	%	73.7	1.3	81.2	68.9
脂肪交雑基準値	Unit	1.7	0.9	5.0	0.3
屠殺時月齢	月	29.0	2.1	48.6	21.0

枝肉成績(記録を持つ個体数11,941頭)

表 2 歩留及び肉質等級の分布

	1	2	3	4	5	計
A	2	663	3,027	4,100	2,899	10,691
	0.0	5.6	25.3	34.3	24.3	89.5
B	1	208	574	367	95	1,245
	0.0	1.7	4.8	3.1	0.8	10.4
C	0	4	1	0	0	5
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
計	3	875	3,602	4,467	2,994	11,941
	0.0	7.3	30.2	37.4	25.1	100.0

単位 頭:上段  
%:下段

表 3 脂肪交雑(BMS)の分布

BMS No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
交雑基準値	0	0+	1-	1	1+	2-	2	2+	3-	3	4	5
頭数	0	271	1,574	2,112	1,900	1,537	1,397	1,300	860	544	290	156
割合(%)	0.0	2.3	13.2	17.7	15.9	12.9	11.7	10.9	7.2	4.6	2.4	1.3

### Ⅲ 結果

#### 1. 石川県産黒毛和種の肥育牛生産頭数の推移と肉質等級の内訳

石川県産黒毛和種の肥育牛生産頭数の推移と肉質等級の内訳を図 1 に示した。生産頭数は、2010

年次の 421 頭までは微増に留まっていたが、それ以降、急速に増頭した。肥育技術も向上し、上物率（肥育牛生産頭数の 4 等級以上の割合）が 2010 年次の 55.6%から 2018 年次には 89.5%に上昇した。

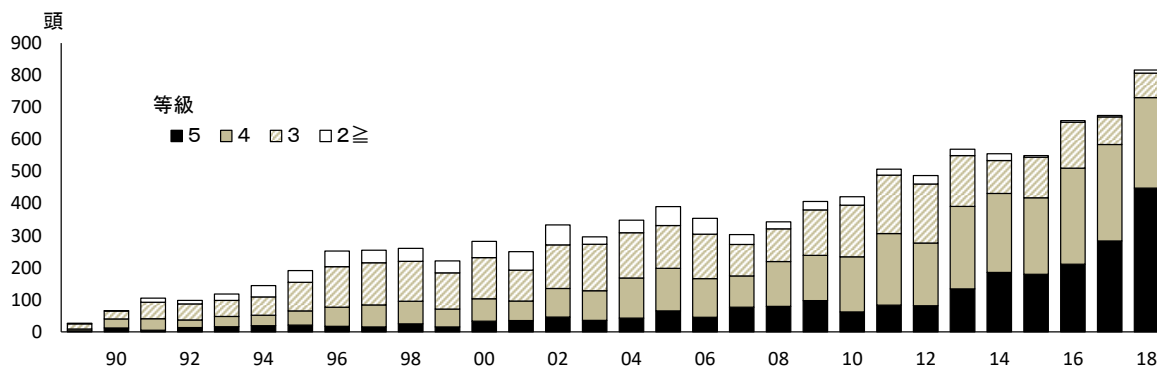


図 1 石川県産黒毛和種の肥育牛生産頭数の推移と肉質等級の内訳



## 2. 環境の効果

産肉能力育種価を推定するために取り上げた環境の効果を表4に示した。性に関する効果は、枝肉重量で大きくなった。

表4 環境の効果

要因	枝肉重量 (kg)	ロース芯 面積 (cm <sup>2</sup> )	バラ厚 (cm)	皮下脂肪 (cm)	歩留 基準値 (%)	脂肪交雑 基準値 (Unit)
全平均	395.633	47.264	6.856	2.770	72.667	0.950
性別						
雌	-24.404	-0.876	-0.076	0.211	-0.051	-0.049
去勢	24.404	0.876	0.076	-0.211	0.051	0.049
出荷年次						
1989	5.589	-1.742	0.072	-0.086	-0.139	0.771
1990	2.041	-3.679	-0.353	0.009	-0.722	0.768
1991	6.602	-2.824	0.068	-0.041	-0.341	0.359
1992	16.120	-2.872	0.040	0.175	-0.669	0.471
1993	21.273	-2.839	0.170	-0.119	-0.392	0.505
1994	6.104	-2.631	0.189	0.022	-0.290	0.319
1995	2.657	-1.849	0.116	-0.116	-0.075	0.241
1996	3.547	-0.755	0.174	-0.189	0.149	0.132
1997	-6.509	-2.948	0.289	-0.126	0.019	0.086
1998	-10.704	-2.118	0.116	-0.204	0.129	0.125
1999	-9.204	-1.737	0.128	-0.200	0.158	-0.022
2000	-8.133	-1.193	0.087	-0.271	0.264	-0.015
2001	-8.239	0.183	-0.176	-0.067	0.083	-0.104
2002	-13.979	1.020	-0.099	-0.014	0.263	-0.073
2003	-21.430	0.052	0.040	-0.185	0.486	-0.083
2004	-15.107	-0.260	0.029	-0.129	0.297	-0.085
2005	-11.348	-0.832	0.018	-0.107	0.142	-0.102
2006	-1.185	-0.331	-0.044	0.134	-0.172	-0.271
2007	3.642	1.046	-0.109	0.079	-0.053	-0.160
2008	-1.966	1.992	-0.032	0.039	0.218	-0.175
2009	8.010	4.077	0.211	0.129	0.425	-0.272
2010	2.616	3.290	-0.050	-0.001	0.332	-0.435
2011	7.348	3.088	-0.016	0.076	0.211	-0.357
2012	12.620	3.801	0.068	0.113	0.254	-0.446
2013	5.519	3.281	-0.027	0.167	0.170	-0.320
2014	0.602	2.806	-0.048	0.082	0.233	-0.099
2015	-1.925	1.938	-0.103	0.032	0.159	-0.116
2016	1.722	1.931	-0.105	0.129	0.025	-0.250
2017	5.622	0.962	-0.165	0.198	-0.264	-0.100
2018	4.110	0.456	-0.124	0.179	-0.268	-0.042
農家						
最大値	45.045	5.798	0.721	0.364	0.688	0.646
最小値	-45.872	-4.648	-0.516	-0.437	-0.385	-0.398
出荷月齢 (平均29.0ヶ月)						
1次	3.131	0.374	0.024	0.012	0.014	0.046
2次	-0.333	-0.041	-0.005	0.000	-0.005	-0.004
近交係数(平均2.77%)						
1次	-1.589	-0.096	-0.017	-0.008	0.003	0.009

### 3. 各枝肉形質の遺伝率

各枝肉形質の遺伝率は、最も大きい歩留基準値でも 0.489 であり、いずれも 0.5 に満たなかった(表 5)。

### 4. 育種価の概要

#### (1) 育種価判明状況

育種価判明頭数は、種雄牛が 1,068 頭、繁殖雌牛が 20,370 頭であり、繁殖雌牛のうち過去 3 年間に分娩が確認されたものを「供用中」とし、その

頭数は 1,641 頭であった。育種価判明率は、2019 年 6 月時点で 82.4%と推定された((公社)全国和牛登録協会 2019a)。

また、石川県繁殖雌牛の生年別育種価評価頭数について評価全体と供用中の推移を図 2 に示した。評価全体では 1990 年以降漸減していた。現在供用中の繁殖雌牛は 2006 年から 2008 年生まれの牛が多く、10 歳以上の牛を中心に構成されていた。

表5 各枝肉形質の遺伝率

形質	遺伝率
枝肉重量	0.394
ロース芯面積	0.401
バラの厚さ	0.356
皮下脂肪厚	0.447
歩留基準値	0.489
脂肪交雑基準値	0.487

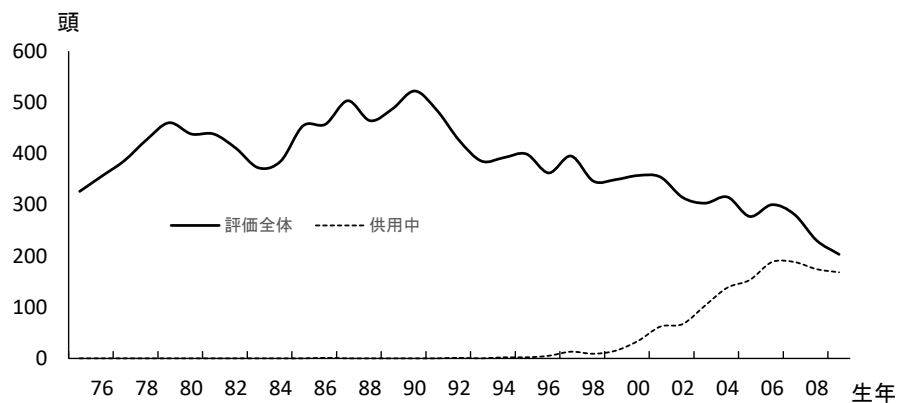


図2 繁殖雌牛の生年別育種価評価頭数の推移

#### (2) 育種価から推定される繁殖雌牛の期待枝肉成績の分布状況

各産肉形質における育種価から推定される繁殖雌牛の期待枝肉成績の分布を図 3~8 に示した。全 6 形質で評価全体よりも供用中のものが、より好ましい方向に傾いていた。この傾向は枝肉重量、ロース芯面積、脂肪交雑の育種価で特に顕著であった。

#### (3) 育種価から推定される繁殖雌牛の期待枝肉成績の遺伝的趨勢

各産肉形質の遺伝的趨勢を見るために、繁殖雌牛の生年別に育種価を図 9~14 に示した。いずれの形質も右肩上がりの曲線を描いており、順調に改良が進んでいることが示されているが、皮下脂肪厚については他の形質ほど進んでいない。

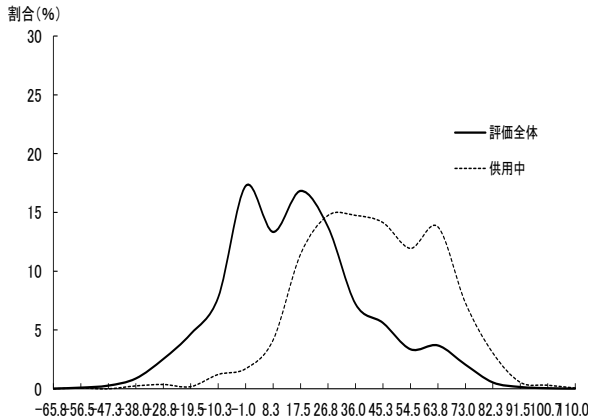


図3 繁殖雌牛の期待枝肉重量の分布

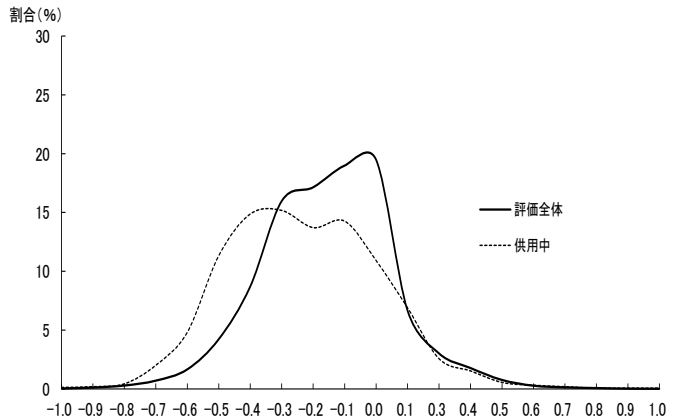


図6 繁殖雌牛の期待皮下脂肪厚の分布

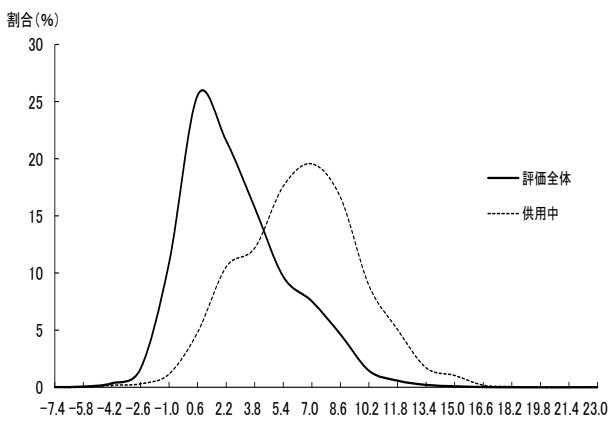


図4 繁殖雌牛の期待ロース芯面積の分布

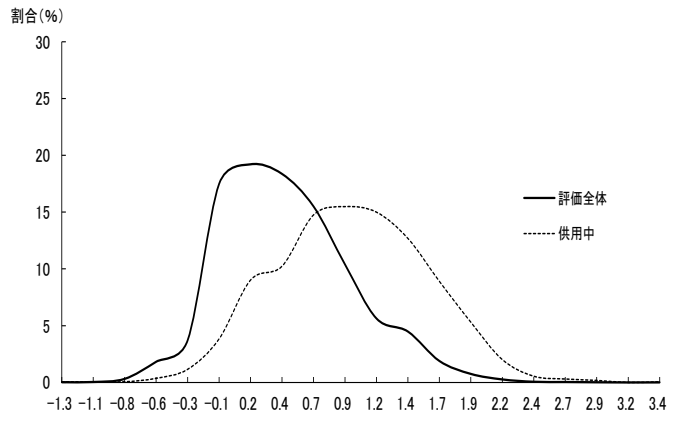


図7 繁殖雌牛の期待歩留基準値の分布

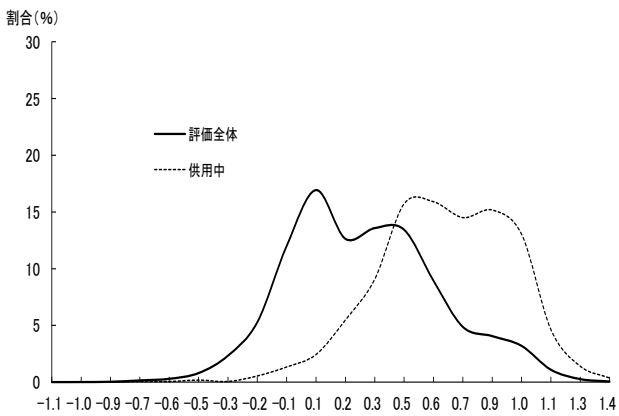


図5 繁殖雌牛の期待バラ厚の分布

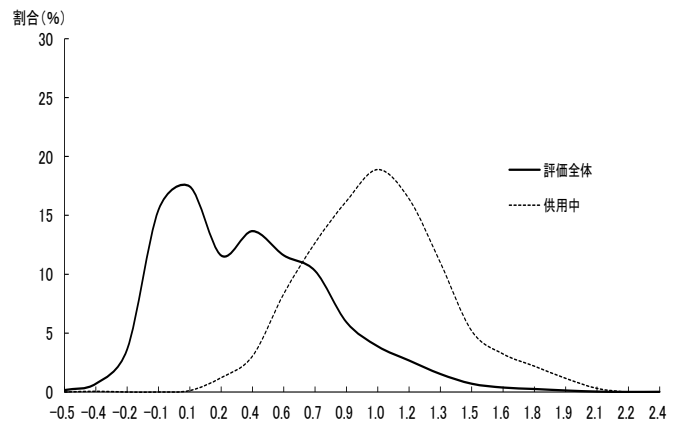


図8 繁殖雌牛の期待脂肪交雑の分布

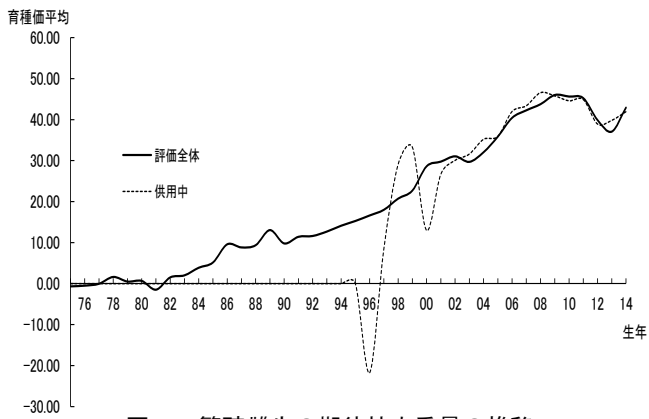


図 9 繁殖雌牛の期待枝肉重量の推移

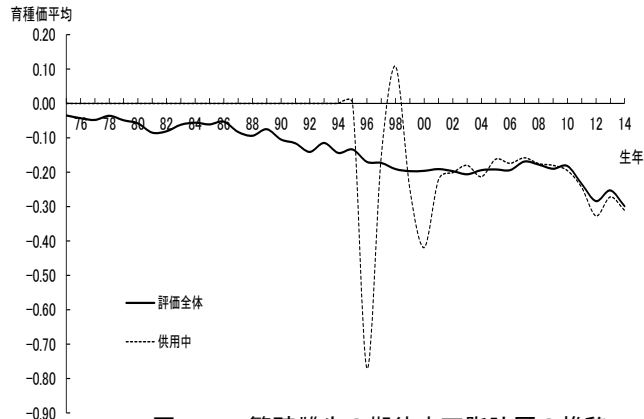


図 1 2 繁殖雌牛の期待皮下脂肪厚の推移

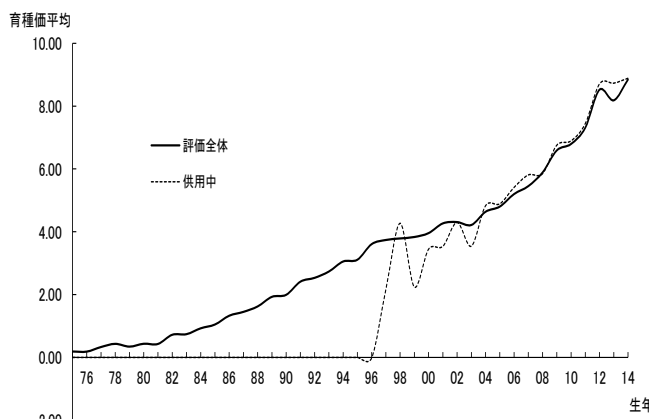


図 1 0 繁殖雌牛の期待ロース芯面積の推移

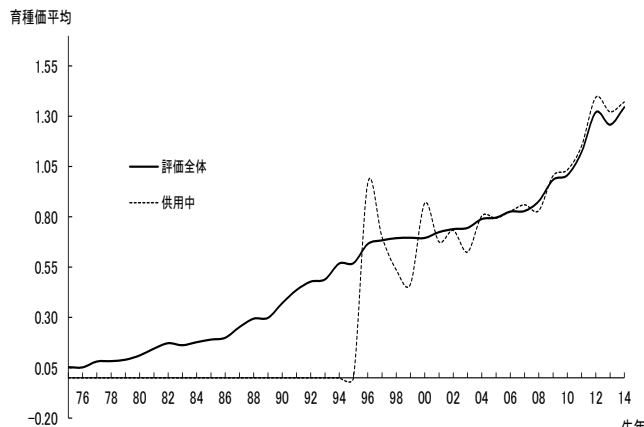


図 1 3 繁殖雌牛の期待歩留基準値の推移

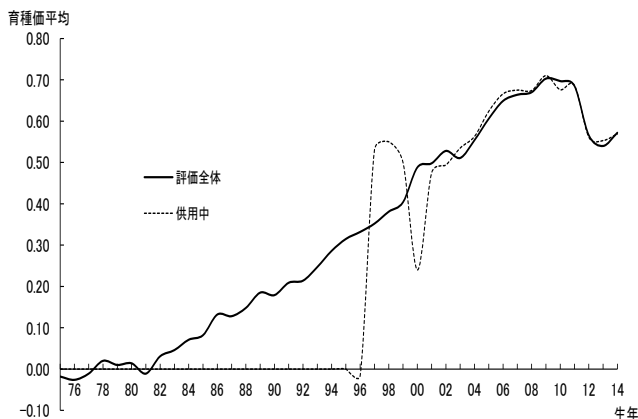


図 1 1 繁殖雌牛の期待バラ厚の推移

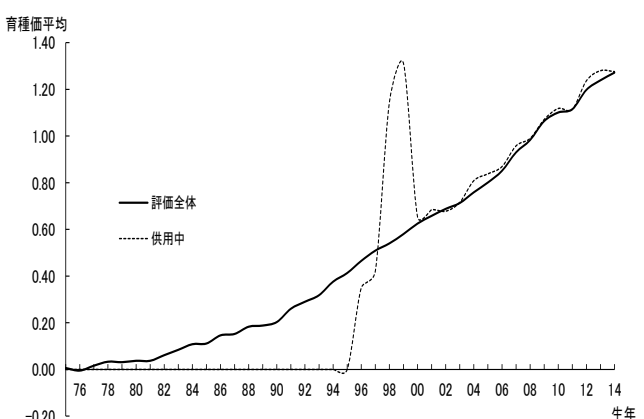


図 1 4 繁殖雌牛の期待脂肪交雑の推移

## 5 近交係数の年次変化

繁殖雌牛の近交係数の趨勢を図 15 に示した。石川県における近交係数は 3.3～3.7% で推移してお

り、懸念されるほど高い値ではないが、右肩上がりで上昇していた。

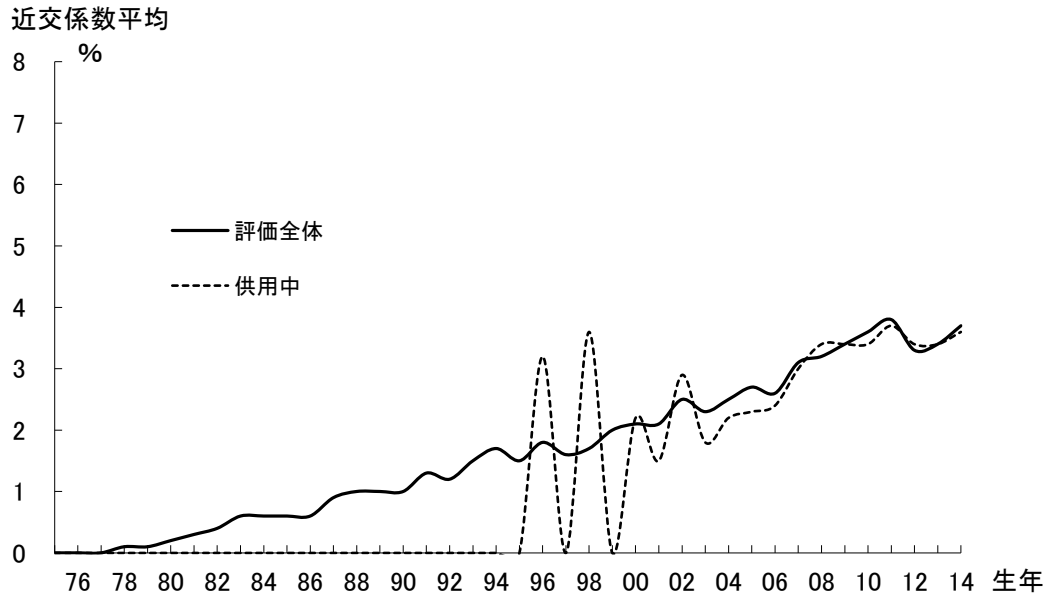


図 15 繁殖雌牛の近交係数の推移

## IV 考察

石川県産黒毛和種の肥育牛生産頭数は、2010 年までは微増で推移してきたが、それ以降急増した。この要因としては、石川県が同年に「能登牛 1000 頭生産整備事業」を創設し、能登牛の増産に対し支援を行うとともに、新規就農の推進を実施してきたことの成果と考える。

枝肉格付け成績の向上については、生産者の飼養管理技術の向上もあるが、育種価から推定される繁殖雌牛の期待枝肉成績の分布 (図 3～8) と繁殖雌牛の期待枝肉成績の遺伝的推移 (図 9～14) に示したとおり、改良による貢献も大きい。特に、枝肉形質、ロース芯面積および脂肪交雑で成績の向上が顕著であった。これら 3 形質の成績は能登牛の課題となっていたこともあり、これら形質に優れた種雄牛を中心に選抜が行われてきたことが要因として考えられる。一方で、皮下脂肪厚についても好ましい方向に傾いてはいるが、改良の度合いは大きくない。小島ら (2001) が、栃木県に

おいて出荷された黒毛和種で枝肉形質の経済的 중요付けの検討を行った結果、脂肪交雑が最も高く (相関係数 0.788)、皮下脂肪厚が最も低い (0.129) ことを報告したとおり、皮下脂肪厚は枝肉価格に大きく反映することがないため経済形質として重要視されていないことに要因があると推察できる。

石川県では、現在、種雄牛を保有していないため、繁殖雌牛からの改良が有効である。アニマルモデル BLUP 法による育種価評価は、集団中の血縁情報を利用して、それぞれの個体の育種価を予測する方法で、複雑な血統構造に動的かつ柔軟に対応でき、繁殖雌牛でも雄牛の直接検定に匹敵する正確度で、枝肉形質の育種価評価が可能である (向井 1994)。石川県では、2010 年生まれ以降の繁殖雌牛の産肉能力は肉量、肉質ともに優れており、これは育種価に基づく保留や交配種雄牛の選定方法が定着した成果と考えられる。繁殖雌牛の生産頭数は種雄牛に比較して極めて少なく、相対的に後代への影響は小さいが、枝肉形質は相対的に遺

伝するものであり、繁殖雌牛の改良は、産肉能力の向上を図る上で重要であると考え、繁殖雌牛への交配種雄牛選定に際しては、脂肪交雑の育種価が高い種雄牛に人気が集まり利用される傾向が指摘されている（(公社)全国和牛登録協会 2015）が、向井（1994）は、アニマルモデルBLUP法による育種価評価によって遺伝的趨勢が生産現場で確認されることにより、世代間隔の長期化の原因となっている特定種雄牛の長期供用や若齢の雄牛を敬遠するといった弊害の解消が期待できるとしている。遠藤ら（2016）は、種雄牛の産肉能力育種価から経済効果を金額として算出する方法を用いて、交配種雄牛の選定や繁殖雌牛の保留・導入の際に指標とすることで、種雄牛選択の幅が広がり、より経済性の高い子牛を生産することができるとしている。

また、育種価による選抜・交配の普及とともに、近年、近交係数の上昇による遺伝的多様性の減少が憂慮されている。2015年生まれ繁殖雌牛の平均近交係数が8.3%（(公社)全国和牛登録協会2019b）であることを念頭におけば、石川県の現状は懸念におよばないと考えられるが、ここ数年、供用種雄牛の偏りが顕著であり、近交係数の上昇が大きい。このような状況が進むと、長期的に遺伝的改良量が減少することは必至であり対策を講じる必要があると考える。

各形質の遺伝率については、公益社団法人全国和牛登録協会の調査（2019a）では全国平均が脂肪交雑0.58、歩留基準値0.57、皮下脂肪厚0.52およびロース芯面積0.5であったとしており、それに比較すると石川県の値は低いが、遺伝率としては中程度であり、石川県の繁殖雌牛における産肉能力の更なる遺伝的改良の可能性が示唆された。

現在、石川県では、肥育頭数の増加に伴い、肥育素牛の供給が需要に追いついていない状況にある。能登畜産センターでは、受精卵の生産供給を行いET産子による肥育素牛の増産を推進しており、2018年次の県内肥育牛の約2割が能登畜産センタ

ー由来である。能登畜産センターにおける受精卵の生産にあたっては育種価を活用し、特に枝肉重量、脂肪交雑の向上を図ってきた。今回の結果から、育種価評価を活用した後代の選定は能登牛の改良に効果的であることを確認できたものと考え、今後は、「能登牛」のおいしさの特長であるオレイン酸含有率についても育種価算出が可能となったことから、県内繋養繁殖雌牛の実態を調査し、育種価を活用した牛群の改良の推進、高位安定を図っていきたい。

## V 引用文献

- 遠藤治, 藤原和隆, 桑原賢治, 森脇秀俊, 来間正展. 2016. 研究ノート 枝肉形質に関する育種価評価結果を用いた黒毛和種種雄牛産肉能力に関する経済効果推定の試み. 島根県畜産技術センター研究報告 44, 13-15.
- 小島浩一, 神辺佳弘, 櫻井由美, 久利生正邦. 2001. 肉用牛の育種価に関する調査研究-枝肉形質の経済的加重付けの検討と遺伝パラメータの推定-. 栃木県畜産試験場研究報告 17, 1-8.
- 向井文雄. 1994. 黒毛和種の産肉形質の選抜法ならびに遺伝的評価に関する研究 (総説). 日本畜産学会報 65, 890-905.
- (公社)全国和牛登録協会. 1998. 育種価評価の現状. 和牛誌 205, 47-54.
- (公社)全国和牛登録協会. 2015. 育種価評価の現状. 和牛誌 273, 7-29.
- (公社)全国和牛登録協会. 2019a. 育種価評価の現状. 和牛誌 289, 16-40.
- (公社)全国和牛登録協会. 2019b. SNP データを用いた系統分類と集団構造の現状について. 和牛誌 288, 32-38.

# 乳用牛の受胎率向上に向けた不受胎要因の検討

林みち子、森下 康、北元香菜子、宮澤胡桃、堀家 慎一、土屋いづみ、堀 登

Study of the factor affecting conception rate  
following Embryo transfer in Holstein cows

Michiko Hayashi, Yasushi Morishita, Kanako Kitamoto, Kurumi Miyazawa,  
, Shinichi Horike, Idumi Tsuchiya, Noboru Hori

キーワード：ISG15 遺伝子発現量、血中プロジェステロン濃度、受精卵移植基準、乳用牛

## 要 約

石川県で能登牛を増産するために欠かせない乳用牛への受精卵（黒毛和種）移植（ET）の受胎率は 40%前後で推移している。この受胎率を向上させるため、受精卵と受卵牛（レシピエント）の受胎阻害要因を検索し、改善策を検討した。

過去の受精卵移植成績より、高品質の後期桑実胚（CM）の受胎率が高い傾向にあったことから、① 受精卵側の要因としては、CM の生産個数を向上させるため、現行採卵プログラムの改良と、新たに開発・販売された市販の超急速ガラス化法による直接移植が可能器具を用いた受精卵凍結法の検討を行った。②受卵牛の要因については、白血球への Interferon-stimulated gene 15kDa protein（ISG15）遺伝子発現量と血中プロジェステロン濃度（P4）の測定により、ET 後の受精卵の発育をモニタリングしながら、阻害要因の検証を行うと共に、野外の農家において、ET を実施する際の受卵牛の状態について調査し、受胎を阻害する因子について検討した。

その結果、①プログラム変更により CM は増加傾向にあったが、高品質卵の割合は低下した。また、凍結法の検討では、従来の緩慢凍結法と比較し、未経産牛で高い受胎率であったが、有意差はなかった。②移植時の P4 濃度が受胎を左右する要因として重要であることは判明したが、不受胎の要因については特定できなかった。しかし同時に行った野外の酪農家での ET 時の受卵牛の状態と、受胎性との関連性については、移植時の血中 P4 濃度と同時に、血中ケトン体濃度、BCS が重要であることが示唆された。

以上の結果より、受精卵側の要因を解決するためには、さらに CM 卵の品質を向上させ、新しく開発された超急速ガラス化法の直接移植可能な器具を用いた移植の実施、受卵牛の要因として、移植時の P4 濃度を高めるため、移植前の適正な BCS になるための飼養管理やホルモン前処置の実施により、受胎率が改善する可能性が示唆された。

## I 緒 論

近年、乳牛の高泌乳化に伴い分娩間隔が延長し、生産性を低下させる要因となっている<sup>1)</sup>。各研究機関は、その改善へ向け様々な検討を重ねているが、依然とし

て初回授精受胎率は低下傾向で推移、また分娩間隔は横ばいで推移しているものの、一層の短縮が必要との見解が農水省の令和元年度家畜改良増殖目標として、乳用牛研究会より出されたところである。

石川県では、能登牛のブランド化を推進するため、平成 22 年度より能登牛 1000 生産体制整備事業等を展開、その増頭に取り組んでいる。能登牛の一層のブランド化を推進するためには、優良和牛子牛の増産が必須であるが、和牛繁殖農家の高齢化等により、和牛繁殖のみでの能登牛の増頭は困難な状況となっている。この状況を補うため、県では年間約 900 個の和牛受精卵を生産し、主に酪農家へ供給し、乳牛への受精卵移植(ET)により和牛子牛を生産する体制をとっているが、乳牛への和牛受精卵移植(ET)受胎率は平均 40%となっており、能登牛をより一層増頭するには、受精卵の供給個数を増加させるとともに、この受胎率を向上させる必要がある。

受胎率低下の原因には、主に受精卵、移植師、受卵牛(レシピエント)の 3 つの問題があり、このいずれが欠けても受胎に繋がらない。石川県での受胎率向上を目的とした試験は、平成 3 年度より開始され、これらの問題解決へ向けた各種取組を行ってきたが、前述通り、試験終了後も ET 受胎率は平均 40%にとどまり、如何に受胎率を向上させることが難しいのかを物語っている。

この状況を少しでも改善するため、平成 28 年度から 3 か年計画で、「和牛受精卵を用いた能登牛増産技術向上試験」と題し、高品質受精卵の作成法の検討と受卵牛の低受胎要因の究明を図り、総合的な受胎率向上を目指す試験を実施した。

県で作成した体内受精卵は、採胚時に家畜人工授精講習会テキスト(平成 8 年 3 月改訂版)に沿ってランク付けし、品質を、A、A'、B、C の 4 段階に分類し、A、A'、B ランク胚を緩慢凍結法にて凍結し、供給している。また発育ステージにおいては、後期桑実胚(CM)～胚盤胞(BL)までの受精卵を凍結・供給している。平成 19～27 年度の体内受精卵の受胎率を調査したところ、ランク別では、A ランクで 42.0%、A' ランクで 41.7%、B ランクで 37.4%で

あり、さらに発育ステージ別では、CM で 46.3%、BL で 37.1%であり、受精卵のランクが良いほど、また発育ステージが早いほど受胎率が高い傾向にあることが判明した。

これらの調査結果より、CM ステージの A 及び A' ランクの受精卵の割合を増加させる技術の検討を行うこととした。

体内より採取された受精卵は、堂地ら<sup>2)</sup>の手法を参考に、平成 10 年度より現行の 1.5Mエチレングリコールと 0.1Mシュークロースを凍結媒液とし、プログラムフリーザーを用いる緩慢凍結法を実施している。受精卵の凍結法には、他にガラス化法や超急速ガラス化法等が挙げられるが、性判別のための切断処理を加えた体内受精卵を用いた超急速ガラス化法による凍結受精卵の受胎率は 50%前後にまで上昇することを、我々は過去の試験においても確認している<sup>3) 4)</sup>。しかし、当時の手法は、受胎率は緩慢凍結法よりも改善されたものの、その移植法が煩雑であり、県内の移植機関では普及しなかった。この課題に対しては、全国の試験研究機関でも試験がなされ、移植ストロー内で簡単な操作を行うことにより、農家で直接融解できる器具が開発され、平成 27 年より販売された<sup>5)</sup>。本試験では、その市販の器具を用いた試験を実施し、その汎用性や県内での移植成績等について検討した。また移植経験の豊富な移植師が一農家で実施した平成 23～26 年度の経産牛の CM の A、A' ランク胚を用いた ET 成績の月別推移を調査したところ、1 年間の総計受胎率が 52.6%であったものの、低い月で 37.5%、高い月で 72.0%と幅が見られた。これは受卵牛側の何らかの要因が不受胎に関与しているものと推察された。受胎を阻害する因子としては、免疫細胞より分泌される炎症性サイトカインの 1 種である腫瘍壊死因子(Tumor necrosis factor)- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ )や栄養状態が関わるとされている<sup>6)</sup>。TNF $\alpha$ は肝臓の代謝を変化させ、 $\beta$ ヒドロ



キシ酪酸(BHBA)の発生を誘発し、BHBAは免疫細胞を機能低下させ、さらに乳房炎などの感染を助長し、さらにTNF- $\alpha$ が分泌されるようになる。また、分娩前3週間から分娩後のいわゆる移行期に、NEFAやBHBAの血中濃度が高いと、乾物摂取量が低下するため、さらに繁殖成績を悪化させると言われている。我々はこれらの受胎阻害因子(炎症性物質、栄養状態)が受精卵の発育に及ぼす影響について、調査することとした。

ISG15とはInterferon-stimulated gene 15kDa proteinの略で、末梢血液中の白血球、特に単核球にその遺伝子が発現すると言われている。ISG15遺伝子は、透明帯から脱出する頃(受精後7日目)~着床・胎盤形成(受精後18日目ごろ)まで、反芻家畜の受精卵より分泌される子宮内のインターフェロン・タウ(INF $\tau$ )と正の相関を持つとされる<sup>7,8)</sup>。また卵巣の黄体より分泌される性ホルモンの1つであり、妊娠を維持するために必要な血中プロゲステロン濃度(P4)は、INF $\tau$ により分泌が維持される。このISG15遺伝子とP4を用い受精卵の発育をモニタリングしながら、受精卵の死滅、つまり不受胎の要因についての検証をおこなった。

さらに、野外の酪農家で飼養されている乳用牛へETを実施する際の受卵牛の状態について把握するため、細川ら<sup>9)</sup>の報告を基に、受胎を阻害する因子についての検討も加えた。

## II 材料および方法

### ①受精卵側の要因の検討

#### 試験1. 良質受精卵生産技術の検討

##### 1. 供試牛

供胚牛として当場で飼養している黒毛和種繁殖用雌牛を供試した。

##### 2. 試験内容

従来の体内胚の採胚方法は、臍内留置型プロジェ

ステロン製剤(P)を留置し(0日目)、5日目にエストラジオール(E2)による卵胞波初期化後、9日目より11日目まで卵胞刺激ホルモン(FSH)を17AU漸減投与し、11日目にプロスタグランジン(PG)の投与およびPの抜去、13日目に性腺刺激ホルモン放出ホルモン(GnRH)を投与する過剰排卵処置(SOV)を行い、人工授精(AI)後に子宮内灌流法により、発情後7日目に採胚を実施した(従来法)。新プログラムでは、GnRH投与時期を13日目から12日目へ、プロスタグランジンF2 $\alpha$ 製剤(PG)投与時期を11日目より10日目へ変更して採卵成績を検討した。

### 3. 統計処理

比率の比較は、 $\chi^2$ 検定により有意差検定を行い、危険率5%未満を有意差ありとした。

## 試験2. 受精卵凍結保存法の検討

### 1. 供試卵

試験1同様の供卵牛を供し、従来法で採取した受精卵を供した。

### 2. 試験内容

市販の凍結媒液(特注ウシ胚ガラス化保存液キット:機能性ペプチド研究所)と市販の移植器具(ストローキャップ YGF60セット:富士平工業)を用いた超急速ガラス化法による凍結を実施し、従来の凍結法である1.5Mエチレングリコールと0.1Mシュークロースを凍結媒液とし、ホルスタイン種経産牛36頭および未經産牛5頭へ移植し、移植成績を従来法のそれと比較した。

### 3. 統計処理

比率の比較は、 $\chi^2$ 検定により有意差検定を行い、危険率5%未満を有意差ありとした。また未經産牛の成績では、Yatesの補正を行った後、統計処理を

実施した。

## ②受卵牛側の要因の検討

### 試験 1. 受胎阻害因子の検討

#### 1. 供試牛

平成 28 年度から 30 年度に場内で飼養している乳用種（ホルスタイン）受卵牛のうち、ET にて受胎した牛のべ 9 頭、不受胎であった牛のべ 6 頭を供した。

#### 2. 試験内容

発情(0)から、5、7、16、18、21、25 日目に受卵牛の頸静脈より採血を実施した。得られた血清、血漿、白血球を用い、血中プロジェステロン濃度(P4)、ISG15 遺伝子発現量、血液生化学検査（肝機能・栄養学的指標）、炎症性物質(TNF $\alpha$ )濃度測定を実施し、受胎群と不受胎群間での受精卵の発育阻害要因について解析した。

#### 3. P4 濃度の測定

ヘパリン管で採取した血液は、採血直後より氷冷し、4℃、3,000 回転で 30 分間遠心した後、血漿を分離し、-20℃で凍結保存した。凍結した血漿の P4 濃度の測定は外部へ依頼し、時間分解蛍光免疫測定法にて実施した。

#### 4. 白血球の分離および RNA 抽出、ISG15 測定

EDTA 管で採取した血液は 4℃で 3,000 回転 30 分遠心した後、白血球試層のみを 0.15M NaCl へ移し、DW、0.6M NaCl の順に添加し、1,000 回転 5 分遠心。上清を捨て、沈査を再度 0.15M NaCl へ浮遊。1000 回転 5 分遠心し、得られた沈査を検体として 1. 用いた。

白血球からの RNA 抽出は ISOGEN(ニッポンジーン)を用いたフェノール・クロロホルム抽出法にて実施した。

得られた RNA からの ISG-15 発現量の測定は、Matsuyama ら<sup>10)</sup>の方法に則り、金沢大学学際実験科学センターにて Realtime PCR 法で実施した。

#### 5. 血液生化学検査

採取した血液は、3,000 回転 30 分遠心し、血清を回収。検査に供するまで-20℃で凍結保存した。検査には、小型生化学自動分析装置 CA-180（古野電気株式会社製）を用いた。

検査項目は栄養学的指標として総タンパク質(TP)、血中アルブミン(A1b)、血中アルブミン・グロブリン比(A/G 比)、血中尿素体窒素(BUN)、総コレステロール(T-Cho)、血中グルコース濃度(Glu)、血中遊離脂肪酸濃度(NEFA)、血中カルシウム濃度(Ca)、血中リン濃度(IP)、肝機能の指標として、グルタミン酸オキサロ酢酸トランスアミナーゼ(GOT)、 $\gamma$ -GTP( $\gamma$ グルタミルトランスペプチダーゼ)、乳酸脱水素酵素(LDH)をそれぞれ測定した。

#### 6. 炎症性物質検査

市販のウシ TNF $\alpha$  ELISA キット（岩井化学薬品株式会社）を用いた。

#### 7. 統計処理

得られたデータについて、平均の差の検定は、F 検定を行った後、T 検定にて実施し、危険率 5%未満を有意差ありとした。

## 試験 2. 一酪農家での調査による受胎阻害要因の検討

### ①受精卵側の要因の検討

#### 1. 供試牛

平成 28 年から 29 年までに ET に供した 30 頭の乳用種（ホルスタイン）を用いた。

胚の品質を統一するため、酪農家所有の市販（全農）の凍結受精卵を用い、ET は発情周期 7~8 日目

に実施した。また、妊娠鑑定は移植後 60 日目に胎膜触知法により実施した。

## 2. 試験内容

ET 実施直前の血漿を用い、血中 P4 濃度を前述と同様の方法で計測。栄養学的指標として血中  $\beta$ -ヒドロキシ酪酸（ケトン体）濃度は、ポータブル測定器（Abbott Laboratories、Precision Xceed）を用い、抗凝固剤（ヘパリン）入り採血管にて尾静脈より採血して得られた血液を用い、採血直後に計測した。また対象牛のボディコンディションスコア（BCS）を Wildman ら<sup>11)</sup>手法を基に ET 時に調査し、P4 濃度、ケトン体濃度および BCS と受胎性との関連性について解析した。

## 3. 統計処理法

得られたデータについての  $\chi^2$  検定（Yates の補正）により行い、危険率 5% 未満を有意差ありとした。

## III 結果

### 1. 試験 1

採取卵に占める供給可能卵率は 51.9% から 63.6% へ有意に増加。未受精卵の占める割合は 18.7% から 5.6% へ有意に低下した（図 1）。供給可能卵に占める CM 卵率は 55.2% から 58.1% へ上昇したものの、有意差は認められなかった（図 2）。また供給可能卵に占める A、A' ランク卵率は、それぞれ 38.4% から 34.3%、36.6% から 30.9% へ有意に低下したが、B ランク卵率は 25.0% から 34.8% へ有意に上昇した（図 3）

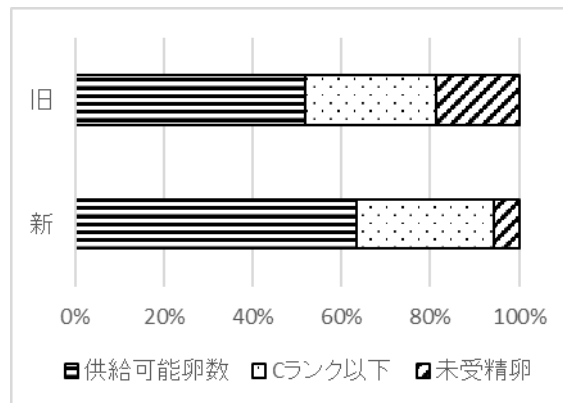


図 1. 採取卵の内訳

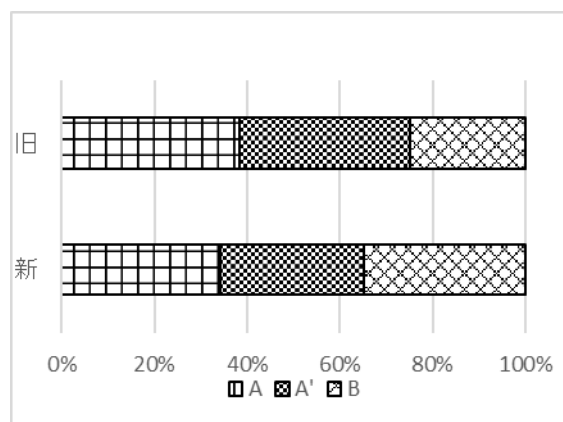


図 2. 供給可能卵に対するステージ別割合

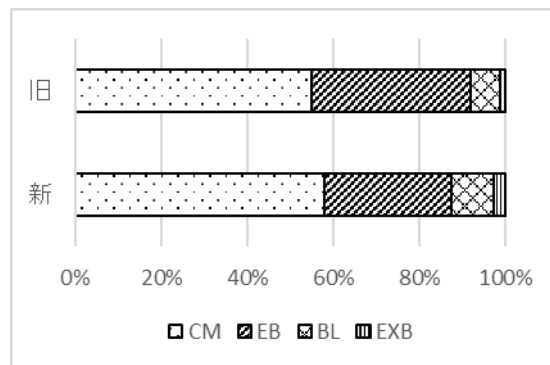


図 3. 供給可能卵の品質割合

### 2. 試験 2

受胎率は乳用牛経産牛で 27.8%（10/36 頭）、未經産牛で 60.0%（3/5 頭）であった。従来法での受胎率、経産牛 37.3%（670/1795 頭）、未經産牛 41.9%（52/124 頭）と比較したが、有意差は認められなかった。

## ②受卵牛側の要因の検討

### 1. 試験 1.

P4 (ng/ml) は、発情から 7 日目 (受胎  $3.03 \pm 0.99$ 、不受胎  $1.82 \pm 0.77$ )、18 日目 (受胎  $5.86 \pm 1.91$ 、不受胎  $3.93 \pm 1.05$ )、21 日目 (受胎  $5.59 \pm 0.96$ 、不受胎  $2.23 \pm 2.67$ )、25 日目 (受胎  $5.84 \pm 1.91$ 、不受胎  $0.82 \pm 0.52$ ) で不受胎群に比較し、受胎群が有意に高く推移した。ISG15 発現量 (発情後 7 日目を 1 とした比) は 21 日目 (受胎  $8.84 \pm 6.03$ 、不受胎  $1.10 \pm 0.42$ )、25 日目 (受胎  $7.19 \pm 4.88$ 、不受胎  $1.48 \pm 0.71$ ) で受胎牛が不受胎牛に対し有意に高かった (図 4、表 1、 $P < 0.05$ )。これらの結果より、

発情から 7 日目、18 日目に受精卵の発育を阻害する何らかの不受胎要因があることが想定されたため、発情後 7 日目および 18 日目の血液生化学検査成績、炎症性物質 (TNF  $\alpha$ ) 濃度を比較した (表 2)。

その結果、発情後 7 日目 ( $110.4 \pm 68.1$ 、不受胎  $267.6 \pm 385.6$ ) および 18 日目 (受胎  $128.6 \pm 41.9$ 、不受胎  $223.2 \pm 253.9$ ) で、NEFA は受胎群に不受胎群が高い数値を示したが、有意差は認められなかった。その他の血液生化学検査項目では、いずれの数値も受胎牛と不受胎牛間で差はみられなかった。また血中 TNF  $\alpha$  濃度は、いずれの検体も検出限界 ( $3.5 \text{ pg/mL}$ ) 以下であった。

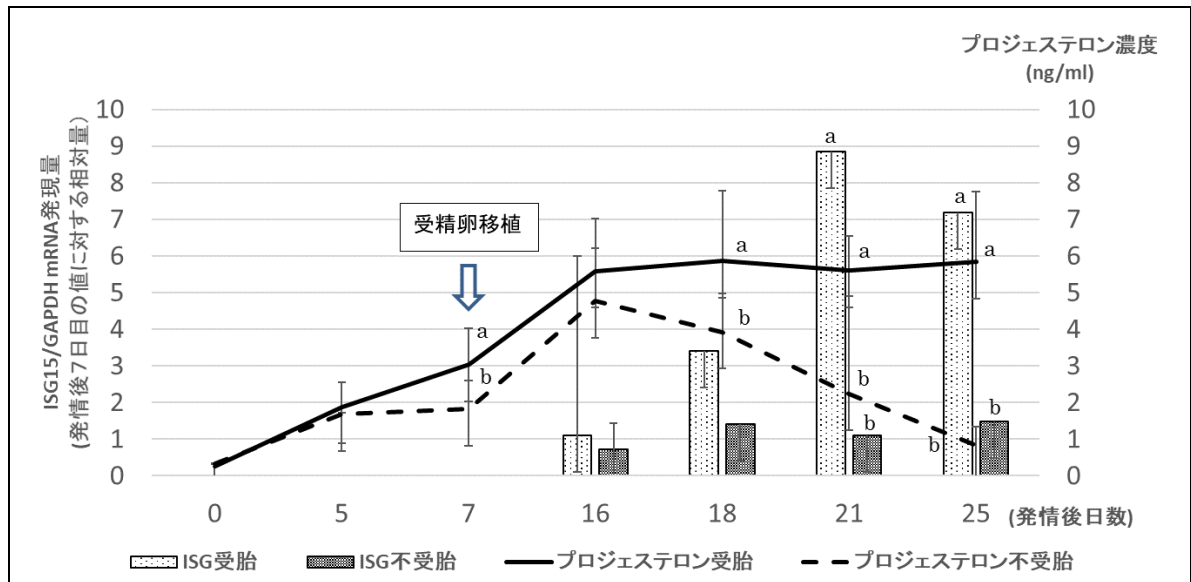


図 4. 受胎牛と不受胎牛の血中 P4 濃度と ISG15 発現量

表 1. 受胎牛と不受胎牛の血中 P4 濃度と ISG15 発現量 (受胎牛 n=9, 不受胎 n=6)

項目		発情後日数	0	5	7	16	18	21	25
ISG	受胎	平均値 ± SD				$1.11 \pm 0.65$	$3.41 \pm 2.83$	$8.84 \pm 6.03^a$	$7.19 \pm 4.88^a$
	不受胎	平均値 ± SD				$0.73 \pm 0.27$	$1.41 \pm 0.58$	$1.10 \pm 0.42^b$	$1.48 \pm 0.71^b$
P4	受胎	平均値 ± SD	$0.25 \pm 0.08$	$1.87 \pm 0.67$	$3.03 \pm 0.99^a$	$5.58 \pm 1.44$	$5.86 \pm 1.91^a$	$5.59 \pm 0.96^a$	$5.84 \pm 1.91^a$
	不受胎	平均値 ± SD	$0.42 \pm 0.14$	$1.68 \pm 0.05$	$1.82 \pm 0.77^b$	$4.77 \pm 1.44$	$3.93 \pm 1.05^b$	$2.23 \pm 2.67^b$	$0.82 \pm 0.52^b$

同列異符号間に有意差あり (a vs b:  $p < 0.05$ )

表 2. 血液生化学検査成績

項目	TP (g/dl)		ALB (g/dl)		A/G比		BUN(mg/dl)		GOT(U/L)		γGTP(U/L)	
発情後日数	7	18	7	18	7	18	7	18	7	18	7	18
受胎群	7.8±0.6	7.9±0.7	3.5±0.2	3.6±0.3	0.9±0.2	0.9±0.1	6.9±3.2	7.1±3.1	60.2±6.5	69.1±24.8	25.6±6.9	27.4±6.6
不受胎群	7.5±0.7	7.5±0.9	3.5±0.3	3.4±0.4	0.9±0.2	0.9±0.2	7.7±2.3	7.6±4.3	64.0±9.7	64.0±8.4	21.2±3.3	23.0±3.9
項目	T-Cho(mg/dl)		Glu(mg/dl)		Ca(mg/dl)		IP(mg/dl)		LDH(U/L)		NEFA(μEq/L)	
発情後日数	7	18	7	18	7	18	7	18	7	18	7	18
受胎群	156.6±53.7	158.9±56.3	62.0±11.8	60.1±7.7	9.7±0.4	9.9±0.4	6.0±1.1	5.7±0.9	931.6±217.1	968.2±221.6	110.4±68.1	128.6±41.9
不受胎群	154.8±58.6	160.2±57.4	58.3±11.9	55.2±10.1	9.8±0.7	9.7±0.6	6.8±0.8	6.4±1.3	956.0±95.7	944.3±155.2	267.6±385.6	223.2±253.9

## 2. 試験 2

ET に供した牛の P4 濃度は 2.55±0.69ng/ml で受胎率は 36.7% であった。P4 濃度別では、2.5 ng/ml 未満で受胎率 12.5%、2.5 ng/ml 以上で受胎率 64.3% であり、2.5 ng/ml 以上で有意に受胎率が高かった (表 3、p<0.05)。ケトン体濃度別では、1.0mmol/l 未満で 45.5%、1 以上で 12.5% で高い傾向にあった (表 4)。BCS 別では 2.5 以下で 15.4%、2.75 以上で 52.9% であり、2.75 以上で統計的に受胎率が高い傾向にあった (表 5、P<0.05)。

表 3. P4 濃度別受胎成績

P4濃度(ng/ml)	平均P4濃度	移植頭数	受胎頭数	受胎率(%)
2.5未満	2.07±0.36	16	2	12.5 <sup>a</sup>
2.5以上	3.10±0.55	14	9	64.3 <sup>b</sup>

同列異符号間に有意差あり (a vs b:p<0.05)

表 4. ケトン体濃度別受胎成績

ケトン体濃度(mmo/l)	移植頭数	受胎頭数	受胎率(%)
1.0未満	22	10	45.5
1.0以上	8	1	12.5

表 5. BCS 別受胎成績

BCSスコア	移植頭数	受胎頭数	受胎率(%)
2.5以下	13	2	15.4 <sup>a</sup>
2.75以上	17	9	52.9 <sup>b</sup>

同列異符号間に傾向あり (a vs b:p<0.05)

## IV まとめおよび考察

乳用牛への黒毛和種受精卵の ET 受胎率を向上させるため、低受胎へつながる受精卵側の要因、受卵牛側の要因について、それぞれ検討を行った。

受精卵側の要因として、黒毛和種供卵牛の採卵プログラムの検討を行ったところ、過去の移植成績より、受胎率の良いとされた、発育ステージが CM 割合は増加傾向にあった。PG を 1 日、GnRH を 1 日早く投与することで、卵子の減数分裂再開が早まり、人工授精時に成熟卵が増加したことで、受精卵および供給可能卵が増加したものと考えられた。しかし、高品質 A、A' ランク) 卵の割合が低下し、品質が伴わない結果であった。受精卵の品質の低下については、十分に成熟していない状態での排卵による影響もしくは、供卵牛 (ドナー) の栄養状態による影響が考えられた。我々が平成 27 年度から 29 年度にかけて実施した「黒毛和種における胚生産能力予測技術および卵巣機能改善技術の検討」では、サプリメント等の補助飼料給与により、胚の品質の維持に効果があるとの結果を得ており<sup>12)</sup>、また、TAKAHASHI ら<sup>13)</sup>も不飽和脂肪酸を含むルーメンバイパス処理されたサプリメントを黒毛和種での採卵に用いることで、移植可能卵が有意に向上したと報告していることから、今回実施したプログラムと補助補助飼料の給与により、さらなる高品質の CM が得られる可能性があると考えられた。

さらに現在の受精卵の凍結法（緩慢凍結法）を超急速ガラス化保存法の直接移植が可能な市販の器具を用い、受胎率について検討したところ、有意差はなかったが未経産牛で高い受胎率であった。高橋ら<sup>5)</sup>は同様の器具を用い、フィールドで体内受精卵の AB ランクで 55.6%、低ランクでも 50% の受胎率を得ていることから、有用な手法であると考えられる。

また乳用牛の受卵牛への不受胎要因調査では、ISG15 により受精卵の発育をモニタリングしながら、その要因を栄養学的や炎症性産物の面から検討を加えた。その結果、移植時の P4 濃度の重要性は判明したものの、不受胎の要因は特定できなかった。Humblot ら<sup>14)</sup>は、妊娠認識（受精後＝発情後 16 日）以前に胚が死滅した場合を早期胚死滅、それ以後 42 日目までを後期胚死滅と定義し、不受胎の 4 分の 1 は後期胚死滅が原因であり、後期胚死滅は栄養状態や泌乳との関連性が高く、経産牛は未経産牛よりもその割合が高い報告している。今回の研究では、栄養状態が受胎・不受胎群間で差が見られず、またデータには示さなかったが、乳量（分娩後の泌乳時期）との関連も見い出せなかった。P4 濃度と受胎率の間には正の相関があることは、既知の報告の通り<sup>15,16,17)</sup>であり、黄体の機能が、受胎群で良好であったことが受胎へつながったと推測される。また松井<sup>18)</sup>は、排卵後に速やかに血中 P4 濃度が上昇することが、胚発育を支える子宮機能の発現に不可欠であるとも述べていることから、子宮内の環境も整っていたものと推測された。また有意差はなかったものの、NEFA は受胎群に対し、不受胎群が高い数値を示した。高い NEFA は乾物摂取量を低下させ、繁殖成績を悪化させるとの報告もあることから、少なからず影響があったものと推測するが、炎症性産物（TNF $\alpha$ ）濃度を上昇させるほど、高い NEFA 濃度の持続がなかったものと推測する。また、TNF $\alpha$  がいずれも検出

されなかったが、これは今回の対象牛は分娩後の経過日数が長い牛（平均 180 日以上）を対象としたためと推測する。

しかし、同時に行った ET 時の BCS 並びに、P4 濃度、血中ケトン体濃度と受胎性との関連性についての解析結果では、移植時の血中 P4 濃度と同時に、血中ケトン体濃度、BCS が重要であることが示唆された。分娩前後の BCS の急激な低下は繁殖成績に大きな影響を及ぼすことはよく知られている<sup>19)</sup>が、移植時の BCS と受胎成績についての報告は少ない。高田ら<sup>20)</sup>は、乳牛における移植時期は泌乳最盛期であることが多く、BCS に示される栄養状態が受胎率に影響したと報告している。今回の供試牛も泌乳最盛期の牛が多かったことから、分娩前後からの栄養状態の悪化が移植成績に影響したものと推測した。

ケトン体の中でも  $\beta$  ヒドロキシ酪酸 (BHBA) 濃度が 1.0mmol/L～1.4 mmol/L の範囲で潜在性ケトosisであると診断されてきた<sup>21)</sup>。潜在性ケトosis は明らかな臨床症状を伴わないケトosis で、周産期病や繁殖障害を引き起こすため、生産性の低下に深く関与していると言われている。今回も 1.0mmol/l 以上で受胎率が高い傾向にあったことから、潜在性ケトosis が受胎率へ関与していた可能性が考えられた。

BCS や血中ケトン体は現場での計測が可能であるが、移植時に重要である P4 濃度の測定は、現場での実施が非常に難しく、本報告に記載はしなかったが、筆者らも現場での測定法を確立するため、金コロイド標識抗体を用いたイムノクロマトグラフィ法による簡易キットの作成を試みたが、適切な P4 抗体が見つからず、作成を断念した。現時点で現場での P4 濃度測定は困難であるため、正確かつ迅速に P4 濃度の測定ができる体制作りも必要である。

移植時の P4 濃度を高めるため、発情後 5～7 日

目までに性腺刺激ホルモン放出ホルモン (GnRH) 製剤やヒト絨毛性性腺刺激ホルモン (hCG) 製剤を投与し、主席卵胞を排卵させ新たな黄体を形成させる方法や、膣内留置型 P4 製剤を用い、血中 P4 濃度を上昇させる方法などがあるが、いずれの方法も BCS の低い個体や産歴の高い牛では効果を発揮しにくいとの報告もある<sup>18)</sup>。P4 濃度のみならず、適正な飼養管理に努めることも受胎率向上のために重要であると考えられた。

## V 謝辞

本研究の実施にあたり、YGF60 を用いた受精卵の凍結法を教授いただいた山形県農業総合研究センター畜産試験場 高橋文昭先生、ISG15 の測定法をご教授いただいた名古屋大学大学院生命農学研究科 動物科学専攻 動物生産科学研究室 松山秀一先生、イムノクロマトグラフィーの作成にご協力いただいた(株)バイオデバイステクノロジー 牛島ひろみ先生に深謝いたします。

## VI 引用文献

- 1) 平子 誠ら (2011), 乳牛の繁殖性低下の現状と子宮環境—繁殖性向上に向けた取り組み—, 日本家畜臨床感染症研究会誌 6(3), 123-130
- 2) 堂地修ら (1991), Ethylene glycol を用いて凍結したウシ胚の Direct Transfer 法による移植, 第 84 回日本畜産学会大会講演要旨 61
- 3) 田中 政嗣ら (2013), 雌雄産み分け技術共同試験のこれまでの取り組み, 日本胚移植学雑誌 35(2), 61-66
- 4) 佐野文彦ら (2010), ウシ性判別胚の超急速保存法, 日本胚移植学雑誌 32(3), 113-118
- 5) 高橋文明ら (2014), 牛超急速ガラス化保存胚の実用化に向けたダイレクト移植技術の確立, 山形県農業研究報告 第 6 号 別冊, 83-91
- 6) 鈴木保宜 (2013), 乳牛の移行期の栄養管理と繁殖, 日獣会誌 66, 689-695
- 7) 唄 花子ら (2013), 反芻動物の妊娠・着床期における研究の現状と課題, 日畜会報 84(3), 301-308
- 8) Roberts RM, et al (1992), Interferon as hormones of pregnancy, Endocrin Reviews 13, 432-452
- 9) 細川泰子ら (2009), 受胎率向上のための黒毛和種受胎牛の飼料給与プログラムと血液検査指標値, 平成 21 年度岩手県農業研究センター研究成果書
- 10) Matsuyama S, et al (2012), Relationship between quantity of IFNT estimated by IFN-stimulated gene in peripheral blood mononuclear cells and bovine embryonic mortality after AI or ET, Reprod Biol Endocrinol, 10-21
- 11) Wildman E, et al (1982), A dairy cow body system and its relationship to selected production characteristics, J. Dairy. Sci 65, 495-501
- 12) 北元香菜子ら (2018), 黒毛和種における胚生産能力予測技術および卵巣機能改善技術の検討, 石川県畜産総合センター研究報告 47, 9-14
- 13) Masahiro TAKAHASHI et al (2013), Improvement of Superovulatory Response and Pregnancy Rate after Transfer of Embryo Recover from Japanese Black Cows Fed Rumen Bypass Polyunsaturated Fatty Acids, J. Vet. Med. Sci 75(11), 1485-1490
- 14) Humblot P (2001), Use of pregnancy specific proteins and progesterone assays to monitor pregnancy and determine the timing, frequencies and sources of embryonic mortality in ruminants, Theriogenology 56, 1417-1433
- 15) 佐藤繁ら (1985), 牛の人工授精後における血清中プロゲステロン濃度の変動と受胎成績, 日獣会誌 38, 506-509
- 16) Stronge A, et al (2005), Post-insemination milk progesterone concentration and embryo survival in dairy cows, Theriogenology 64,

1212-1224

17) Lonergan p, et al (2007), Effect of embryo source and recipient progesterone environment on embryo development in cattle, *Reprod. Fertil. Dev.* 19, 861-868

18) 松井基純 (2012), 受胎率向上を目指したホルモン剤によるウシ子宮機能制御, *家畜感染症学会誌* 1 巻 3 号, 85-90

19) 阿部 榮ら (2004), 乳牛のボディコンディションスコアの変化と繁殖成績, *家畜臨床誌* 27 (2), 46-50

20) 高田直和ら (2002), 受精卵移植における hCG 投与が受胎率に及ぼす影響, *東北農業研究* 55, 133-134

21) 及川伸 (2015), 乳牛の潜在性ケトーシスに関する最近の研究動向, *日獣会誌* 68, 33-42



# 魚醬油製造残渣油を活用した特色のある豚肉生産技術の検討

橋本果林・遠藤斗南・東和彦

Examination of characteristic pork production technology using fish sauce production residual oil.

Karin Hashimoto, Tonami Endo, Kazuhiko Higashi

キーワード：魚醬油，EPA，DHA，豚

## 要約

EPA, DHA を多く含んでいる魚醬油の製造残渣に含まれる油分（以下残渣油）を豚に給与し、特色のある豚肉生産技術の検討を行った。試験 1 は、市販配合飼料に残渣油を 1% 添加し、肥育後期豚に給与した結果、豚肉脂肪中に EPA, DHA が移行することが確認できた。試験 2 は、市販配合飼料に残渣油を 1 から 4% で添加し、肥育後期豚に給与した結果、添加割合が高くなるに従い、豚肉脂肪中の EPA, DHA 含有割合が高くなることが確認された。官能評価では、残渣油を 4% 添加した飼料を給与して生産した豚肉は残渣油給与に起因する独特な風味から嗜好性が低かった。試験 3 は、市販配合飼料に残渣油を 1.5% 添加し、肥育後期豚に対し 4 から 6 週間給与した結果、6 週間給与して生産した豚肉の脂肪中の EPA, DHA 含有割合は 4 週間給与して生産した豚肉に比べて有意に高値を示した。本県独自の未利用資源である残渣油の活用により、特色を持った豚肉の生産が期待できる。

## I 緒論

養豚経営においては、TPP11 や日 EU 経済連携協定などによる安価な輸入豚肉の流入に伴う、豚肉価格下落の影響が懸念されており、対抗策として県産豚肉の高付加価値化が求められている。

石川県内では、サバやイワシなどの魚類やイカを塩に漬け込む伝統食品である魚醬油が生産されており、その残渣油には、エイコサペンタエン酸 (EPA) やドコサヘキサエン酸 (DHA) といった  $\omega$ -3 系脂肪酸が豊富に含まれている (表 1)。この EPA, DHA は、多価不飽和脂肪酸であり、EPA は、血小板凝集作用や血液中の中性脂肪およびコレステロール低下作用など、DHA は、学習能力向上作用や視覚機能の維持向上などヒトにおける生理作用が明らかにされてい

る成分である (鈴木 1999)。また、イワシから抽出した油等を配合飼料に添加し、豚に給与することで、豚肉脂肪中に EPA, DHA が移行することが知られている (石田ら 1996; 入江ら 1989; 田辺ら 2006)。

本研究では、肥育後期豚に残渣油を市販配合飼料に 1 から 4% の割合で添加給与する試験及び 4~6 週間残渣油添加飼料を給与する試験を実施し、本県独自の未利用資源である残渣油の活用による EPA, DHA を含有する特色のある豚肉生産技術の検討を行った。

表1 残渣油及び魚油に含まれる脂肪酸組成

	残渣油 (%)	魚油 (%)
C14:0	2.1	2.8
C16:0	9.5	18.4
C16:1	2.7	4.8
C18:0	2.4	5.0
C18:1	9.0	16.2
C18:2	2.3	1.3
C18:3	0.5	0.5
C20:5 (EPA)	9.3	5.8
C22:6 (DHA)	26.5	27.7
others	35.7	17.5

魚油：マグロやカツオなどを主原料とした DHA 強化油

## II 材料および方法

### 試験1) 残渣油添加給与試験

#### (1) 供試動物

体重が  $71.5 \pm 3.1$  kg の LWD 種、肥育後期豚を各試験区に6頭（去勢雄3頭、雌3頭）の計12頭供試した。各試験区の平均体重が概ね均等になるとともに、遺伝的に偏りがなくなるよう、同腹の豚を各試験区に一定数ずつ選抜した。

#### (2) 試験期間

平成28年5月19日～6月30日に実施した。

#### (3) 試験方法

給与飼料は、対照区：肥育後期豚用の市販配合飼料、残渣油区：市販配合飼料に残渣油を1%添加した飼料とした。添加した残渣油は、ヤマサ商事株式会社（石川県鳳珠郡能登町）が製造したイカ由来の魚醤油の製造残渣のうち、その上層に分離した油分を用いた。

単飼、不断給餌、自由飲水条件で体重110kgを目安として出荷した。

#### (4) 調査項目

発育成績（日増体量、飼料効率）、枝肉成績（枝肉重量、背脂肪厚、歩留り）、肉質成績（水分、加熱損失率、剪断力価、脂肪融点、豚肉脂肪中の脂肪酸組

成）について調査した。

発育成績については、試験開始時と終了時に体重および残飼測定を行い、日増体量と飼料効率を算出した。

枝肉成績は、(公社)日本食肉格付協会の発行する豚枝肉格付明細書を用いた。

肉質成績は胸最長筋および周囲の脂肪を用いて測定した。測定方法は、食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル（齋藤ら 2010）や小橋ら（2009）を参考に実施した。水分は、挽肉状にした筋肉を6～7g アルミ箔に秤量し、100℃に調節した乾燥器に24時間入れた後、デシケーター内で1時間放冷し、秤量し、最初の重量に占める乾燥前後の重量の減少の割合を水分とした。

加熱損失率は、筋肉を縦約1cm×横約1cm×長さ約6～9cmで重量が20～22gになるように切り出し、真空包装した肉片を恒温水槽で70℃、1時間加熱した後、冷水で30分間冷却し、離水後秤量し、最初の重量に占める加熱前後の重量の減少の割合を加熱損失率とした。

剪断力価は、加熱損失率の測定に使用した加熱後の肉片から筋肉繊維方向に沿って1cm角の立方体に成形した後、レオメーターCR-500DX（サン科学、東京）のせん断力用アダプター（No.10）を用いて剪断した際の最大荷重とした。

脂肪融点は、背脂肪の内層を100℃に設定した乾燥機内で融解、ろ紙でろ過し、毛細管に1cmつめて4℃で冷却、凝固した後、ホットスターラー上のビーカーの水中に凝固した脂肪が下になるように毛細管を設置、加温し、脂肪が溶けて毛細管内を上昇し始めた時点の温度を脂肪融点とした。

豚肉脂肪中の脂肪酸組成は、筋間脂肪1gに無水硫酸ナトリウムを適量とヘキササン10mlを加えて攪拌し、55℃のウォーターバスで30分加温後、ろ過し、脂質を抽出した。抽出した脂質約200mgをヘキササン2mlで溶解後、2mol/l水酸化カリウム-メタノール溶液を0.2ml加え、脂質濃度が10mg/ml程度になるよう希釈したものを試験溶液（脂肪酸メチルエステル）

とし、ガスクロマトグラフ GC-2025（島津製作所、京都）で分析した。カラムは、キャピラリーカラム DB-WAX（30m×0.25mmφ×0.25um, Agilent J&W）、キャリアーガスは水素を用い、温度設定は 140℃～230℃（140℃で 2 分保持、140℃～230℃の昇温速度：5℃/min、230℃で 20 分保持）とした。

#### (5) 統計処理

全ての調査項目において、性と飼料を要因とする二元配置の分散分析を行った。

### 試験 2) 添加割合の検討

#### (1) 供試動物

体重が 72.3±4.5kg の LWD 種、肥育後期豚を各試験区 6 頭（去勢雄 3 頭、雌 3 頭）ずつの計 24 頭を供試した。各試験区の平均体重が概ね均等になるとともに、遺伝的に偏りがなくなるよう、同腹の豚を各試験区に一定数ずつ選抜した。

#### (2) 試験期間

平成 29 年 11 月 24 日～平成 30 年 1 月 11 日に実施した。

#### (3) 試験方法

給与飼料は、対照区：肥育後期豚用の市販配合飼料、1%区：市販配合飼料に残渣油を 1%添加、2%区：市販配合飼料に残渣油を 2%添加、4%区：市販配合飼料に残渣油を 4%添加した飼料とした。

単飼、不断給餌、自由飲水で 7 週間給与し、出荷した。

#### (4) 調査項目

試験 1 と同じ項目を測定するとともに官能評価を実施した。また、測定方法は以下の通り変更した。

豚肉脂肪中の脂肪酸組成は、筋間脂肪 0.05～0.1g に塩酸-メタノールを 2ml 加え、120℃で 2 時間加熱しメチル化を行い、純水 2ml、ヘキサン 5ml を加え攪拌し、水層を除去の上、無水硫酸ナトリウムの添

加により脱水したヘキサン層を試験溶液（脂肪酸メチルエステル）とした。試験溶液をガスクロマトグラフ GC-14（島津製作所）で分析した。カラムは、キャピラリーカラム SH-Rtx-WAX（60m×0.53mmφ×1um、島津製作所）、キャリアーガスは窒素を用い、温度設定は 150℃～240℃（150℃～220℃の昇温速度：2℃/min、220℃～240℃の昇温速度：10℃/min、240℃で 10 分保持）とした。

官能評価では、対照区と 4%区のロースを厚さ 0.3cm×縦 4cm（脂肪 1cm、胸最長筋 3cm）×横 4cm に成形し、1%食塩水で 90 秒間茹でた豚肉を各試験区 2 枚ずつパネリストに提供し、①食感が好ましい、②味が好ましい、③においが好ましい、④脂肪の味が好ましい、⑤においが豚肉らしい、⑥においが魚らしい、⑦総合的に好ましいの 7 項目について 2 点比較法（n 数：17）で評価した。

#### (5) 統計処理

官能評価以外は、性と飼料を要因とする二元配置の分散分析を行い、試験区間の比較を Tukey の多重比較法により有意差を評価した。官能評価は二項検定法により行った。

### 試験 3) 給与期間の検討

#### (1) 供試動物

体重が 70.5±6.7kg の LWD 種、肥育後期の去勢雄を各試験区 8 頭ずつの計 32 頭を供試した。各試験区の遺伝的に偏りがなくなるよう、同腹の豚を各試験区に一定数ずつ選抜した。

#### (2) 試験期間

令和元年 5 月 22 日～7 月 17 日に実施した。

#### (3) 試験方法

給与飼料は、図 1 で示したとおり対照区：試験開始から 6 週目の出荷日まで肥育後期豚用の市販配合飼料、4 週区：試験開始 2 週目まで市販配合飼料、2 週目以降から 6 週目までは市販配合飼料に残渣油を

1.5%添加した飼料（以下試験飼料），5週区：試験開始1週目まで市販配合飼料，1週目以降から6週目は試験飼料，6週区：試験開始から6週目まで試験飼料とした。さらに飼料の脂肪中の脂肪酸組成は，表2で示したとおり，対照区よりも脂肪酸組成に占めるEPA，DHAの割合が高かった。

単飼，不断給餌，自由飲水で，試験開始6週目に出荷した。

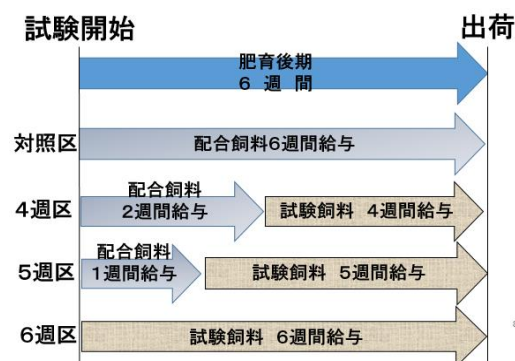


図1 試験飼料の給与期間

表2 試験飼料の脂肪酸組成に占めるEPA，DHAの割合

	市販配合飼料	試験飼料
EPA (%)	0.13	3.39
DHA (%)	0.00	5.49

#### (4) 調査項目

調査項目は，試験2の調査項目ともに測定方法を以下の通り変更した。

発育成績は，試験飼料給与開始と終了時に体重および残飼測定を行い日増体量と飼料効率を算出した。

豚肉脂肪中の脂肪酸組成は，筋間脂肪1gに0.05%ブチルヒドロキシトルエンを含むクロロホルム・メタノール混液（1:2）を10ml加えホモジナイザーで均質化し脂質を抽出した。抽出した脂質10~30mgを1mlの脱水トルエンで溶解後，メタノール性塩基2mlを加えて80℃で20分加熱しメチル化した。その後，

純水1ml，ヘキサン1mlを加えて混和し，ヘキサン層をピックアップし試験溶液（脂肪酸メチルエステル）とした。ガスクロマトグラフをGC-2014（島津製作所），カラムをキャピラリーカラムDB-WAX（30m×0.25mmφ×0.25um，島津製作所）に変更した。

官能評価では，6週区のうちEPA，DHAの割合が多い方から3頭の豚のロースと対照区の豚3頭分のロースを用い，厚さ0.3cm縦4cm（脂肪1cm，胸最長筋3cm）×横4cmに成形し，1%食塩水で90秒間茹でた豚肉を各試験区2枚ずつパネリストに提供し，2反復実施した。質問項目は①食感が好ましい，②香りが好ましい，③赤身の味が好ましい，④脂肪の味が好ましい，⑤さっぱりしている，⑥うま味が強い，⑦総合的に好ましいの7項目について2点比較法（n数：54）で評価した。

#### (5) 統計処理

飼養成績，枝肉成績，肉質成績は，一元配置分散分析を行い，有意差が確認された項目については，さらにTukeyの多重比較法により有意差を評価した。官能評価は試験2と同様とした。

### III 結果および考察

試験1は，表3，4で示したとおり発育成績，枝肉成績，脂肪酸組成以外の肉質成績において，残渣油区は対照区と有意な差がなかった。一方，豚肉脂肪中の脂肪酸に占めるEPA，DHAの割合は，表5で示したとおり対照区よりも残渣油区が有意に多かった。以上から，残渣油を市販配合飼料に添加し肥育後期豚に給与することで，残渣油に含まれるEPA，DHAが豚肉脂肪中に移行することが確認された。

表3 発育成績および枝肉成績

	去勢雄		雌	
	対照区	残渣油区	対照区	残渣油区
日増体量 (kg/日)	1.1±0.1	1.0±0.0	1.0±0.0	1.1±0.1
飼料効率	0.28±0.02	0.27±0.01	0.31±0.02	0.29±0.03
試験期間* (日)	41.3±4.9	37.3±3.2	40.0±3.3	40.0±3.3
枝肉重量 (kg)	76.9±0.4	73.1±0.9	75.3±2.5	74.9±3.0
歩留り (%)	66.7±1.7	66.7±0.9	66.0±0.7	65.8±0.6
背脂肪厚 (cm)	2.3±0.2	2.0±0.3	2.1±0.3	1.7±0.5
開始体重 (kg)	71.7±3.8	71.5±3.1	72.6±2.0	70.3±2.9
出荷体重 (kg)	115.4±2.9	109.6±1.7	114.1±3.1	113.7±4.7

\*試験開始から出荷までの期間

表4 肉質成績

	去勢雄		雌	
	対照区	残渣油区	対照区	残渣油区
水分 (%)	71.4±1.4	71.2±2.0	69.3±4.5	72.4±0.9
加熱損失率 (%)	25.8±8.3	19.9±2.8	25.1±1.6	25.7±2.9
剪断力価 (N)	36.3±3.3	25.9±3.1	29.2±8.1	26.6±2.6
脂肪融点 (°C)	33.7±1.5	31.9±1.8	37.1±1.2	35.0±3.7

表5 豚肉脂肪中の脂肪酸組成に占める EPA, DHA の割合

	去勢雄		雌		P値		
	対照区	残渣油区	対照区	残渣油区	飼料	性	飼料×性
EPA (%)	0.00±0.00	0.14±0.01	0.00±0.00	0.14±0.00	**	ns	ns
DHA (%)	0.07±0.00	0.72±0.03	0.08±0.01	0.74±0.05	**	ns	ns

異符号間に飼料を要因とした有意差 (P<0.05) あり.

\*\* : P<0.01, \* : P<0.05, ns:P≥0.05

次に、試験2として残渣油を1~4%の割合で市販配合飼料に添加し、肥育後期豚に給与した結果、表6、表7で示したとおり発育成績、枝肉成績、脂肪酸組成以外の肉質成績において、試験区間に差がなかった。豚肉脂肪中の脂肪酸に占めるEPA, DHAについては、表8で示したとおり残渣油の添加割合が高くなるにつれて有意に高くなったが、性別間の差はなかった。よって、試験1においても豚肉脂肪中に占めるEPA, DHAの割合に性による影響がなかったこと

から、性別によって残渣油の添加割合を変える必要はないと考えられる。

また、官能評価は、表9で示したとおり「味が好ましい」、「においが好ましい」、「脂肪の味が好ましい」、「においが豚肉らしい」、「総合的に好ましい」の項目において、対照区を選択したパネリストが有意に多かった (P<0.05)。この結果は、残渣油の添加給与が豚肉の味やにおいに影響を及ぼし、嗜好性が低下したと考えられる。

表6 発育成績および枝肉成績

	去勢雄				雌			
	対照区	1%区	2%区	4%区	対照区	1%区	2%区	4%区
日増体量 (kg/日)	1.0±0.0	1.0±0.1	1.1±0.1	1.1±0.2	1.1±0.4	1.2±0.5	1.0±0.4	1.1±0.4
飼料効率	0.24±0.01	0.23±0.03	0.21±0.02	0.22±0.04	0.23±0.11	0.23±0.09	0.23±0.10	0.25±0.09
枝肉重量 (kg)	80.5±2.4	81.4±4.3	83.7±3.3	84.9±9.1	81.0±2.4	87.3±6.4	81.9±2.7	84.3±11.1
歩留り (%)	66.4±0.4	68.0±1.7	67.7±0.7	68.3±0.7	66.6±0.1	67.2±0.1	67.0±0.1	67.7±0.1
背脂肪厚 (cm)	1.8±0.2	2.5±0.3	2.3±0.1	2.1±0.1	2.3±0.4	2.8±0.4	1.8±0.2	2.2±0.9

表7 肉質成績

	去勢雄				雌			
	対照区	1%区	2%区	4%区	対照区	1%区	2%区	4%区
水分 (%)	71.6±0.7	68.5±2.1	70.8±0.6	71.6±0.2	69.6±3.5	69.4±1.7	71.4±1.3	70.8±1.3
加熱損失率 (%)	31.5±1.0	30.7±1.9	32.5±2.1	29.9±1.4	32.3±2.2	31.2±1.2	31.8±2.2	29.6±1.0
剪断力価 (N)	22.5±7.3	35.0±2.0	31.9±7.0	19.9±9.2	26.6±8.3	24.6±7.9	22.7±11.9	19.7±12.8
脂肪融点 (°C)	33.6±3.8	35.5±3.1	34.6±5.8	34.2±1.5	32.0±1.3	33.7±1.7	31.8±2.2	34.4±2.7

表 8 豚肉脂肪中の脂肪酸組成に占める EPA, DHA の割合

	去勢雄				雌				P値		
	対照区	1%区	2%区	4%区	対照区	1%区	2%区	4%区	飼料	性	飼料×性
EPA (%)	0.00±0.00 <sup>a</sup>	0.03±0.00 <sup>a</sup>	0.35±0.11 <sup>b</sup>	0.85±0.10 <sup>c</sup>	0.00±0.00 <sup>a</sup>	0.11±0.01 <sup>a</sup>	0.32±0.01 <sup>b</sup>	0.74±0.11 <sup>c</sup>	**	ns	ns
DHA (%)	0.00±0.00 <sup>a</sup>	0.62±0.03 <sup>b</sup>	1.36±0.31 <sup>c</sup>	2.50±0.24 <sup>d</sup>	0.00±0.00 <sup>a</sup>	0.74±0.03 <sup>b</sup>	1.23±0.07 <sup>c</sup>	2.30±0.16 <sup>d</sup>	**	ns	ns

同じ性別内において、異符号間に飼料を要因とした有意差 (P<0.05) あり。

\*\* : P<0.01, \* : P<0.05, ns:P≥0.05

表 9 官能評価結果

	対照区	4%区	有意差
食感が好ましい	11	6	ns
味が好ましい	14	3	*
においが好ましい	15	2	**
総合的に好ましい	14	3	*
脂肪の味が好ましい	14	3	*
においが豚肉らしい	13	4	*
においが魚らしい	6	11	ns

統計処理 : 2 項検定

\*\* : P<0.01, \* : P<0.05, ns:P≥0.05

n 数 : 17 (パネリスト数 : 17 人, 1 反復)

次に、試験 3 として残渣油を 1.5%添加し、4 から 6 週間肥育後期豚に給与し、給与期間の検討を行った。試験結果は、表 10、表 11 で示したとおり発育成績、枝肉成績、脂肪酸組成以外の肉質成績において、試験区間に差がなかった。豚肉脂肪中の脂肪酸に占める EPA の割合は 6 週区および 5 週区が 4 週区に比べて有意に高くなり、DHA の割合は、6 週区が 4 週区に比べて有意に高く、5 週区は 6 週区および 4 週区と差がなかった (表 12)。以上から残渣油の添加給与により豚肉に EPA, DHA を移行させるためには 6 週間以上の給与が適切であると考えられ、これは過去の報告とも合致する (入江 1992 ; 勝俣ら 2009)。

また、官能評価は、表 13 で示したとおり「香り

が好ましい」と「総合的に好ましい」の 2 項目で 6 週区よりも対照区が有意に好ましいという結果になった (P<0.05)。試験 2 の官能評価の結果では有意差があった「脂肪の味が好ましい」という項目に有意差がみられず、これは残渣油の添加割合の減少による改善傾向を示すと考えられるものの、依然として残渣油の添加給与が豚肉の嗜好性に影響を与えていることを示している。

今後は、残渣油の添加給与に起因する独特な風味の改善のための飼料設計や調理方法の検討する必要がある。さらに、現在県内では飼料の配合施設が存在しないため、残渣油の市販配合飼料への添加方法が問題となっており、生産現場への技術普及のために、市販配合飼料への残渣油添加方法も検討する必要がある。

表 10 発育成績および枝肉成績

	対照区	4週区	5週区	6週区
日増体量 (kg/日)	1.03±0.12	1.11±0.07	1.06±0.12	1.10±0.09
飼料効率	0.29±0.03	0.28±0.02	0.28±0.04	0.31±0.03
枝肉重量 (kg)	75.2±7.3	78.5±4.5	78.8±3.2	78.4±4.3
歩留り (%)	67.6±2.6	66.9±1.1	67.3±1.0	67.0±0.8
背脂肪厚 (cm)	2.4±0.5	2.8±0.5	2.5±0.3	2.6±0.5

表 11 肉質成績

	対照区	4週区	5週区	6週区
水分 (%)	72.1±1.3	70.9±2.2	70.8±1.2	71.3±1.3
加熱損失率 (%)	24.7±4.3	23.4±3.9	22.4±2.9	23.1±3.5
剪断力価 (N)	23.5±4.0	23.0±3.1	28.0±6.0	23.2±6.1
脂肪融点 (°C)	39.0±1.4	38.6±0.9	38.0±1.6	38.8±1.1

表 12 豚肉の脂肪中の脂肪酸組成に占める C20:5 (EPA), C22:6 (DHA) の割合

	対照区	4週区	5週区	6週区
EPA (%)	0.00±0.00 <sup>a</sup>	0.09±0.0 <sup>b</sup>	0.14±0.02 <sup>c</sup>	0.15±0.03 <sup>c</sup>
DHA (%)	0.00±0.00 <sup>a</sup>	0.41±0.08 <sup>b</sup>	0.50±0.11 <sup>bc</sup>	0.60±0.05 <sup>c</sup>

異符号間に試験飼料の給与期間を要因とした有意差(P<0.05)あり。



表 13 官能評価結果

	対照区	6週区	有意差
食感が好ましい	33	20	ns
香りが好ましい	38	16	**
赤みの味が好ましい	32	22	ns
脂肪の味が好ましい	34	20	ns
さっぱりしている	32	22	ns
うま味が強い	29	25	ns
総合的に好ましい	37	16	**

統計処理：2項検定

\*\*：P<0.01，\*：P<0.05，ns：P>0.05

n数：53~54(パネリスト数：27人，2反復)

#### IV 謝辞

本試験を実施するにあたり，供試材料を提供していただきましたヤマサ商事株式会社様に深く感謝の意を表します。

#### V 引用文献

石田光晴，今野義博，鈴木啓一，小川ゆう子，阿部博行. 1996. n-3系脂肪酸を高度に含む魚油添加飼料給与による豚肉脂質および呈味成分への影響. 日本食品科学工学会誌 43, 1219-1226.

入江正和. 1992. 豚における脂肪の質，特に給与飼料の影響に関する研究. 日本養豚学会誌 29, 92-95.

入江正和，崎元道男，藤谷泰裕，町田登. 1989. エイコサペンタエン酸，ドコサヘキサエン酸を含む魚油を給与した豚の脂肪における脂肪酸組成の変化と理化学的性状. 日本畜産学会報 61, 771-779.

勝俣昌也，佐々木啓介，斉藤真二，石田藍子，京谷隆寺，本山三知代，大塚誠，中島一喜，澤田一彦，三津本充. 2009. 肥育後期豚への玄米の給与が皮下脂肪の性状に及ぼす影響. 日本養豚学会誌 80, 64-69

小橋有里，石黒智子，若松純一，奥村朋之，高萩陽一，岩渕修，飯村祐二，川島知之，小林泰男，服部昭仁，村上博，森松文毅. 2009. 養豚農場に

おける液状ホエーの給与がブタの生産性へ与える影響. 日本畜産学会報 80, 443-450.

齋藤薫，奥村寿章，曾和拓，佐久間弘典，山田信一. 2010. 家畜改良センター技術マニュアル 21 食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル，3-54，有限会社ワタベ印刷所，福島

鈴木平光. 1999. 魚油の健康機能. 日本油化学会誌 48, 57-64.

田辺勉，久保長政，水口智越. 2006. 魚油を利用した EPA, DHA 含量の高い豚肉の生産. 福井県畜産試験場研究報告 19, 17-20.

