

---

# 沖縄県畜産研究センター試験研究報告

Bulletin of the Okinawa Prefectural Livestock and Grassland Research Center

---

第60号

2022年度（令和4年度）

沖縄県畜産研究センター

Okinawa Prefectural Livestock and Grassland Research Center



# 沖縄県畜産研究センター試験研究報告第 60 号

2022 年度（令和 4 年度）

## 目 次

### 大家畜分野

- 1 黒毛和種における 1 塩基多型（SNP）情報解析  
（3）枝肉形質に関する育種価の推定  
..... 棚原 武毅..... 1
- 2 黒毛和種における 1 塩基多型（SNP）情報解析  
（4）現場後代検定牛選抜におけるゲノム育種価の有効性の検討  
..... 棚原 武毅..... 7
- 3 超音波誘導経膈採卵法（Ovum Pick-Up : OPU）技術の確立  
（2）と場卵巢由来卵胞卵を用いた培養試験  
..... 堺 龍樹..... 13
- 4 和牛種雄牛産肉能力直接検定成績（2022 年度）  
..... 堺 龍樹..... 19
- 5 和牛種雄牛現場後代検定成績（2022 年度）  
（16）種雄牛「照百合守」「豊百合勝」および「美華宗春」の検定成績  
..... 照屋 喬己..... 23

### 中家畜分野

- 6 飼料給与量の違いがアグー繁殖育成豚の発育に及ぼす影響  
..... 普照 恭多..... 29
- 7 沖縄アグー豚繁殖豚における基礎調査  
（1）畜産研究センターにおける母豚繁殖成績  
..... 普照 恭多..... 35
- 8 体外胚生産移植におけるアグー豚の生産について  
..... 伊佐 常暢..... 41
- 9 沖縄アグー豚精液からのウイルス除去法の検討  
..... 伊佐 常暢..... 45
- 10 豚の抗病性に着目した選抜指標の検討  
..... 普照 恭多..... 49

牧草育種分野

- 1 1 沖縄県におけるエンバク極早生品種特性試験  
「スナイパー」および「たちあかね」の品種特性  
..... 玉城 侑樹..... 53
- 1 2 エンバク極早生品種の最適播種時期の検討  
..... 玉城 侑樹..... 61

畜産環境分野

- 1 3 酪農経営における活性汚泥法牛舎汚水浄化処理に関する考察  
(1)家畜ふん尿処理施設の設計・審査技術による乳用牛ふん尿処理コストの  
シミュレーション  
..... 恩田 寛..... 71

# 黒毛和種における 1 塩基多型 (SNP) 情報解析

## (3) 枝肉形質に関する育種価の推定

棚原武毅 照屋喬己 堺龍樹 平安山英登

### I 要 約

肉用牛全国枝肉データベースおよび(公社)沖縄県家畜改良協会から得られた 266941 頭の枝肉成績を用いて、枝肉重量、ロース芯面積、バラの厚さ、皮下脂肪の厚さ、推定歩留および脂肪交雑 No. の 6 形質に関する遺伝率を推定するとともに、アニマルモデルにより種畜の推定育種価を算出した結果、以下のとおりであった。

1. 各形質の基本統計量より、皮下脂肪の厚さと脂肪交雑 No. はバラツキが大きく、推定歩留は他の形質と比較してバラツキが小さいことが認められた。
2. 各形質の遺伝率の推定値は、枝肉重量で 0.554、ロース芯面積で 0.573、バラの厚さで 0.435、皮下脂肪の厚さで 0.619、推定歩留で 0.646、脂肪交雑 No. で 0.673 となり、中程度から高めの値となった。
3. 種雄牛および繁殖雌牛の育種価の推定値について、ロース芯面積、皮下脂肪の厚さ、推定歩留および脂肪交雑 No. は繁殖雌牛より種雄牛の方が高く推定され、枝肉重量およびバラの厚さは種雄牛より繁殖雌牛の方が高く推定された。
4. 県内牛群の遺伝的すう勢について、枝肉重量、ロース芯面積、バラの厚さ、推定歩留および脂肪交雑 No. は概ね正の遺伝的すう勢、皮下脂肪の厚さは負の遺伝的すう勢を示していた。

以上のことより、本県では、育種価評価を活用することで、効率的な産肉能力の改良が進められていることが認められた。

### II 緒 言

県内繁殖雌牛の登記情報、繁殖情報及び子牛市場情報等、各種の県内肉用牛情報を解析し、解析結果を生産現場で活用することは肉用牛農家の経営安定化にとって有効である。

また、アニマルモデルによる育種価評価は集団中の血縁個体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、予測された育種価は真の育種価と相関が高いといわれている<sup>1-3)</sup>。

いっぽう、VanRanden により提唱された、SNP 情報をもとにした選抜モデルである G-BLUP 法<sup>4)</sup>による SNP 情報は、生後すぐに得ることができきょうだいの比較も可能であるが、本県ではゲノム育種価(以下、GEBV)を現場後代検定牛選抜の指標としてよいかどうかを現行の BLUP 法による期待育種価と比較して検討している段階である<sup>5)</sup>。また、その比較に用いている育種価は(公社)沖縄県家畜改良協会が算出した推定育種価のデータであり、沖縄県種雄牛の期待育種価を算出する際の母親の推定育種価について死亡した母親はデータベースから削除されるため、期待育種価を算出できた沖縄県種雄牛が少ないなど課題があった。

そこで、本研究では、GEBV との比較に資する基礎資料および枝肉市場からの格付情報を育種情報として有効に活用するため、アニマルモデルによる種雄牛および繁殖雌牛の育種価評価を行った。

### III 材料および方法

#### 1. 材料

本県で生産され、県内および県外各地で肥育された肉用牛の産肉データを肉用牛全国枝肉データベースおよび(公社)沖縄県家畜改良協会から取得し、そのうち 1999 年 1 月から 2020 年 2 月までにと畜された黒毛和種 266941 頭の格付成績を分析に用いた。

#### 2. 分析対象形質

分析に用いた対象形質は、枝肉重量 (CW)、第 6~7 肋骨間のロース芯面積 (REA)、バラの厚さ (RT)、

皮下脂肪の厚さ (SFT), 部分肉の推定歩留まり (YE), 脂肪交雑 No. (BMS) の 6 形質で, (社) 日本食肉格付協会の格付員により評価された格付値を用いた。

### 3. 統計分析

遺伝的パラメータおよび個体の育種価は, 母数効果として性, 食肉市場, と畜年, と畜月および肥育農家を取りあげ, 共変量としてと畜時月齢への 2 次までの回帰を考慮した以下のアニマルモデルを用いて推定した。

プログラムは, 遺伝的パラメータの推定には AIREMLF90<sup>6)</sup> を用い, 個体の育種価の推定には JAA<sup>7)</sup> を用いた。また, 遺伝率および個体の育種価は単形質モデルで推定した。

$$y_{ijklmn} = S_i + T_j + Y_k + M_l + H_m + u_{ijklmn} + a_1 t_{ijklmn} + a_2 t_{ijklmn}^2 + e_{ijklmn}$$

- $y_{ijklmn}$  : 枝肉形質の観測値
- $S_i$  : i 番目の性の効果
- $T_j$  : j 番目の食肉市場の効果
- $Y_k$  : k 番目のと畜年の効果
- $M_l$  : l 番目のと畜月の効果
- $H_m$  : m 番目の農家の効果
- $u_{ijklmn}$  : 個体の効果
- $t_{ijklmn}$  : 個体のと畜月齢の平均からの偏差
- $a_1$  : 各記録に対すると畜月齢の一次回帰係数
- $a_2$  : 各記録に対すると畜月齢の二次回帰係数
- $e_{ijklmn}$  : 残差

## IV 結果および考察

### 1. 各形質の基本統計量

各形質の基本統計量を表 1 に示した。変動係数を見ると, 特に皮下脂肪の厚さと脂肪交雑 No. が高い値を示しており, バラツキが大きいことが認められた。いっぽう, 推定歩留の変動係数は他の形質と比較してかなり低い値となり, バラツキが小さかった。

表1 各形質の基本統計量

区 分	平均値	標準偏差	最大値	最小値	変動係数
枝肉重量 (CW)	445.35 kg	57.69	736.5	250.0	13.0%
ロース芯面積 (REA)	56.17 cm <sup>2</sup>	9.61	130.0	20.0	17.1%
バラの厚さ (RT)	7.49 cm	0.91	18.3	3.2	12.1%
皮下脂肪の厚さ (SFT)	2.57 cm	0.77	7.7	0.1	30.0%
推定歩留 (YE)	73.84	1.51	84.5	69.0	2.0%
脂肪交雑No. (BMS)	5.61	2.27	12	1	40.5%
出荷月齢	29.52 ヶ月	1.68	35.9	24.0	5.7%

### 2. 遺伝率

各形質の遺伝率の推定値を表 2 に示した。遺伝率の推定値は低いものでバラの厚さの 0.435, 高いもので脂肪交雑 No. の 0.673 と, 中程度から高めの値であり, これらの枝肉形質が十分な遺伝的変異を持っていることが推察された。

表2 各形質の遺伝率の推定値

CW	REA	RT	SFT	YE	BMS
0.554	0.573	0.435	0.619	0.646	0.673

### 3. 育種価の推定

#### 1) 種雄牛および繁殖雌牛の育種価

種雄牛および繁殖雌牛の育種価の推定値を表3に示した。各形質の育種価推定値の平均は、ロース芯面積, 皮下脂肪の厚さ, 推定歩留および脂肪交雑No. において繁殖雌牛より種雄牛の方が高く推定され, 枝肉重量およびバラの厚さにおいて種雄牛より繁殖雌牛の方が高く推定された。また, 標準偏差を見ると, 全ての形質について繁殖雌牛の方が小さく, 種雄牛と比較して繁殖雌牛のバラツキが小さい傾向が認められた。

表3 種雄牛および繁殖雌牛の育種価の推定値

形質	平均	標準偏差	最大	最小	
CW	種雄牛	8.24	34.82	113.25	-117.51
	繁殖雌牛	15.99	25.55	130.07	-95.69
REA	種雄牛	6.65	5.50	26.29	-7.08
	繁殖雌牛	4.68	5.47	33.72	-13.39
RT	種雄牛	0.26	0.46	2.05	-1.24
	繁殖雌牛	0.31	0.38	1.94	-1.25
SFT	種雄牛	-0.32	0.43	1.19	-1.77
	繁殖雌牛	-0.21	0.40	1.96	-1.81
YE	種雄牛	1.26	0.97	4.66	-1.80
	繁殖雌牛	0.83	0.98	5.94	-2.78
BMS	種雄牛	2.80	1.61	8.43	-1.70
	繁殖雌牛	2.03	1.85	7.89	-3.35

#### 2) 遺伝的すう勢

アニマルモデルの特徴のひとつとして, 枝肉情報を持たない個体の育種価も推定できる点がある。そのため, 繁殖雌牛の推定育種価を用い, 雌牛側からの県内牛群の遺伝的すう勢(牛群の遺伝的な能力の年次推移)を図1から図6に示し, 現在まで改良がどのように進んできたかを検討した。枝肉重量, ロース芯面積, バラの厚さ, 推定歩留および脂肪交雑No. は概ね正の遺伝的すう勢, 皮下脂肪の厚さは負の遺伝的すう勢を示しており, これまで順調に改良が進められていると考えられる。また, 各形質の年次推移を見ると, 枝肉重量およびバラの厚さは1996年頃を境に急激に上昇に転じており, ロース芯面積, 推定歩留および脂肪交雑No. は1990年頃から上昇している。真喜志ら<sup>8-10)</sup>は沖縄県における黒毛和種繁殖雌牛の父牛の系統調査を行い, 枝肉重量およびやや肉質面に優れる晴美系・気高系を父に持つ繁殖雌牛の割合が1989年から1991年生まれの雌牛では12.3%であったものが, 1998年から2000年生まれでは39.2%を占めていること, また, 肉質面に優れる田尻系を父に持つ繁殖雌牛の割合が1986年から1988年生まれの雌牛では25.6%であったものが, 1995年から1997年生まれでは47.5%を占めていることを報告しており, 枝肉重量, ロース芯面積, バラの厚さ, 推定歩留および脂肪交雑No. の急激な上昇の一因となっていることが推察された。

これらのことから, 本県では, 育種価評価を活用し, 経済性の高い形質を持つ系統を適切に取り入れ, 効率的な産肉能力の改良を進めていることが認められた。

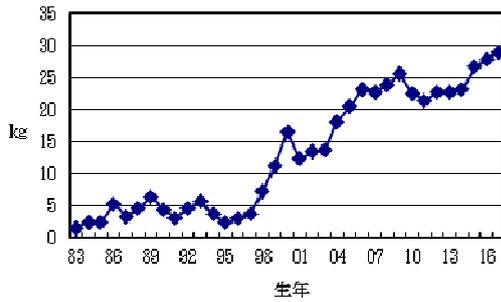


図1 枝肉重量育種価の年次推移

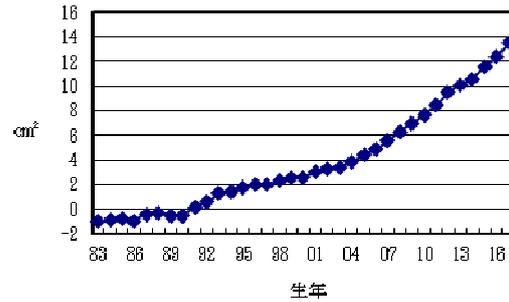


図2 ロ-ス芯面積育種価の年次推移

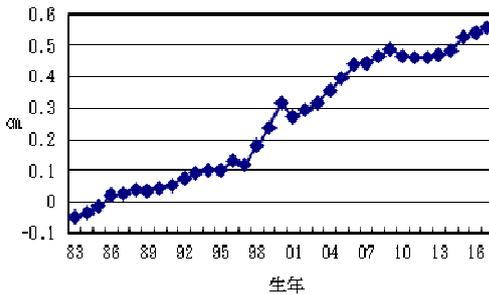


図3 バラの厚育種価の年次推移

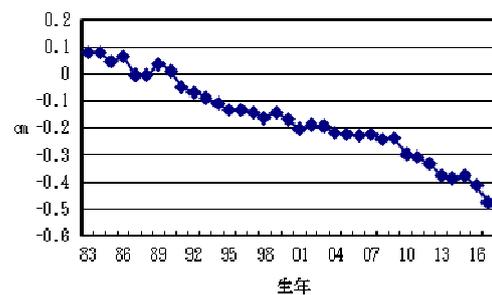


図4 皮下脂肪厚育種価の年次推移



図5 推定歩留育種価の年次推移

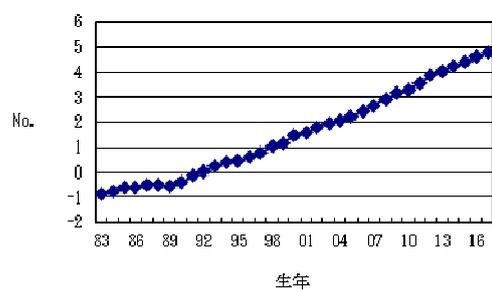


図6 脂肪交雑育種価の年次推移

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、血統データ等の情報収集にご協力いただいた（公社）沖縄県家畜改良協会に深謝いたします。

## V 引用文献

- 1) 向井文男(1996)和牛のフィールド記録を利用した枝肉形質の改良(1), 畜産の研究, 50(4), 452-458
- 2) 向井文男(1996)和牛のフィールド記録を利用した枝肉形質の改良(3), 畜産の研究, 50(7), 755-760
- 3) 向井文男(1996)和牛のフィールド記録を利用した枝肉形質の改良(4), 畜産の研究, 50(8), 851-856
- 4) VanRaden PM. (2008)Efficient methods to compute genomic prediction, *Journal of Dairy Science*, 91, 4414-4423
- 5) 末澤遼平・本田祥嵩・小山秀美・井上慶一・笹子奈々恵・竹田将悠規・小島孝敏・荷川取秀樹(2020)黒毛和種における1塩基多型(SNP)情報解析(1) 沖縄畜研セ研報, 58, 12-16

- 
- 6) Misztal I, Tsuruta S, Strabel T, Auvray B, Druet T, Lee D (2002) BLUPF90 and related programs (BGF90), Proceedings of the 7<sup>th</sup> World congress on genetics applied to livestock production, Montpellier, France, Communication No. **28-07**
  - 7) Misztal I, Gianola D (1987) Indirect solution of mixed equations, Journal of Dairy Science, **70**, 716-723
  - 8) 真喜志修, 棚原武毅, 運天和彦, 千葉好夫, 兼次浩三 (2001) 沖縄県における黒毛和種肉用牛の系統 (1), 沖縄畜試研報, **39**, 25-30
  - 9) 真喜志修・棚原武毅・運天和彦 (2002) 沖縄県における黒毛和種肉用牛の系統 (2), 沖縄畜試研報, **40**, 33-39
  - 10) 真喜志修・棚原武毅・運天和彦 (2003) 沖縄県における黒毛和種肉用牛の系統 (3), 沖縄畜試研報, **41**, 51-57



# 黒毛和種における1塩基多型(SNP)情報解析

## (4)現場後代検定牛選抜におけるゲノム育種価の有効性の検討

棚原武毅                      末澤遼平\*                      一関可純\*\*                      笹子奈々恵\*\*  
竹田将悠規\*\*                      小島孝敏\*\*                      平安山英登

### I 要 約

1塩基多型(SNP)をSNPチップで解析することにより、沖縄県黒毛和種種雄牛のゲノム育種価(以下、GEBV)をG-BLUP法により算出した。GEBVの有効性を調査した結果、下記のとおりだった。

1. 枝肉6形質の推定育種価とGEBVを比較したところ、いずれの形質も高い相関が認められた。
2. BLUP法による期待育種価およびGEBVについて、推定育種価との相関を比較したところ、いずれの形質においてもGEBVのほうが推定育種価との間により高い相関が認められた。

これらのことから、沖縄県ではGEBVが現場後代検定牛選抜の指標として有効だと考えられる。

### II 緒 言

現在、能力の優れた黒毛和種種雄牛を選抜する方法としてHendersonが開発した<sup>1,2)</sup> BLUP法がよく用いられている。ただしこの方法ではメンデルアンサンプリングを考慮できないため、同じ父親と母親をもつ全きょうだいの期待育種価は同じ値として評価される。

VanRandenは、SNP情報をもとにした選抜モデルであるG-BLUP法を提唱した<sup>3)</sup>。SNP情報は生後すぐに得ることができ、全きょうだいの比較も可能である。

アメリカの乳牛では2009年よりこのSNP情報から得られるGEBVを活用しており、乳量、生産寿命など1年当たりの遺伝的改良量の増加について報告<sup>4)</sup>がされている。

今回、全国の黒毛和種肥育牛群の枝肉成績とSNP情報から沖縄県種雄牛のGEBVを算出し<sup>5)</sup>、GEBVの有効性を検討するため推定育種価とGEBVの相関を調べた。また、GEBVを現場後代検定牛選抜の指標として活用するため、現行のBLUP法による期待育種価と比較したので、その結果を報告する。

### III 材料および方法

#### 1. 沖縄県黒毛和種肥育牛および沖縄県黒毛和種種雄牛のSNP型判定

肥育牛のDNAは、核酸自動分離装置(クラボウ社製)を用いて、県内で肥育された黒毛和種肥育牛の腎周囲脂肪から抽出した。種雄牛は、Lysation Bufferを用いて、精液からDNAを抽出した。DNA抽出後、濃度測定(Thermo Fisher Scientific社製)と電気泳動により断片化が確認されたものは解析対象から除外した。抽出したDNAより、肥育牛はGGP Bovine LD Beadchip(illumina社製)、種雄牛はBovine HD Beadchip(illumina社製)にてSNP型を判定した。

#### 2. 沖縄県黒毛和種種雄牛のGEBV

(独)家畜改良センター、全国20道県、(一社)ジェネティクス北海道、全国農業共同組合連合会ET研究所からなる和牛ゲノミック評価コンソーシアムが収集した黒毛和種肥育牛55604頭および、本県の(株)沖縄県食肉センター出荷牛640頭、(株)八重山食肉センター出荷牛304頭を含む枝肉成績とSNP情報から、(独)家畜改良センターがGEBVを算出した。

#### 3. 沖縄県黒毛和種種雄牛のBLUP法による推定育種価および期待育種価

前報<sup>6)</sup>では(公社)沖縄県家畜改良協会が算出した推定育種価のデータを使用した。死亡した母親はデータベースから削除されるため、期待育種価を算出できた沖縄県種雄牛は12頭であった。本報ではできるだけ多くの種雄牛の期待育種価を算出するため、畜産研究センターにて推定育種価を解析し、期待育種価を算出した。なお、両親の推定育種価を足して2で割ったものを種雄牛自身の期待育

\* 現宮古農林水産振興センター宮古家畜保健衛生所      \*\* (独)家畜改良センター

種価とした。

分析には、本県で生産され、県内および県外各地で肥育された肉用牛の産肉データを肉用牛全国枝肉データベースおよび（公社）沖縄県家畜改良協会から取得し、そのうち1999年1月から2020年2月までにと畜された黒毛和種266941頭の格付成績を用いた。

遺伝的パラメータおよび個体の育種価は、母数効果として性、食肉市場、と畜年、と畜月および肥育農家を取りあげ、共変量としてと畜時月齢への2次までの回帰を考慮した以下のアニマルモデルを用いて推定した。

プログラムは、遺伝的パラメータの推定にはAIREMLF90<sup>7)</sup>を用い、個体の育種価の推定にはJAA<sup>8)</sup>を用いた。また、個体の育種価は単形質モデルで推定した。

$$y_{ijklmn} = S_i + T_j + Y_k + M_l + H_m + u_{ijklmn} + a_1 t_{ijklmn} + a_2 t_{ijklmn}^2 + e_{ijklmn}$$

$y_{ijklmn}$  : 枝肉形質の観測値

$S_i$  : i番目の性の効果

$T_j$  : j番目の食肉市場の効果

$Y_k$  : k番目のと畜年の効果

$M_l$  : l番目のと畜月の効果

$H_m$  : m番目の農家の効果

$u_{ijklmn}$  : 個体の効果

$t_{ijklmn}$  : 個体のと畜月齢の平均からの偏差

$a_1$  : 各記録に対すると畜月齢の一次回帰係数

$a_2$  : 各記録に対すると畜月齢の二次回帰係数

$e_{ijklmn}$  : 残差

#### 4. GEBVの有効性の評価

##### 1) 沖縄県黒毛和種種雄牛の推定育種価とGEBVの相関解析

正確度が高いほど、種雄牛の推定育種価が真の能力値に近づくため、枝肉重量の推定育種価における正確度が0.95以上の沖縄県種雄牛60頭を用いて、GEBVと推定育種価の相関係数を算出し、GEBVの有効性を調査した。

##### 2) 沖縄県黒毛和種種雄牛の推定育種価に対する期待育種価およびGEBVの相関係数の比較

BLUP法により期待育種価が算出できた沖縄県種雄牛は56頭であり、その56頭の期待育種価およびGEBVについて推定育種価との相関を比較した。また、56頭の父親と母親の推定育種価における正確度の範囲は表1のとおりだった。

表1 種雄牛56頭の父親と母親の推定育種価における正確度の範囲

項目	枝肉重量	ロース芯面積	バラの厚さ	皮下脂肪の厚さ	推定歩留	脂肪交雑
父親	0.985～	0.985～	0.983～	0.986～	0.986～	0.986～
	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
母親	0.707～	0.708～	0.704～	0.709～	0.710～	0.711～
	0.919	0.920	0.910	0.923	0.925	0.926

## IV 結果および考察

### 1. 沖縄県黒毛和種種雄牛の推定育種価とGEBVの相関解析

枝肉6形質の推定育種価とGEBVの相関係数を算出したところ、表2のとおり0.802～0.933といずれの形質でも高い相関が認められた。また散布図は図1のとおりであり、沖縄県ではGEBVが黒毛和種種雄牛の能力を計る指標として有効だと考えられる。

表2 GEBVと推定育種価の相関係数

項目	枝肉重量	ロース芯面積	バラの厚さ	皮下脂肪の厚さ	推定歩留	脂肪交雑
相関係数	0.891	0.826	0.856	0.802	0.827	0.933

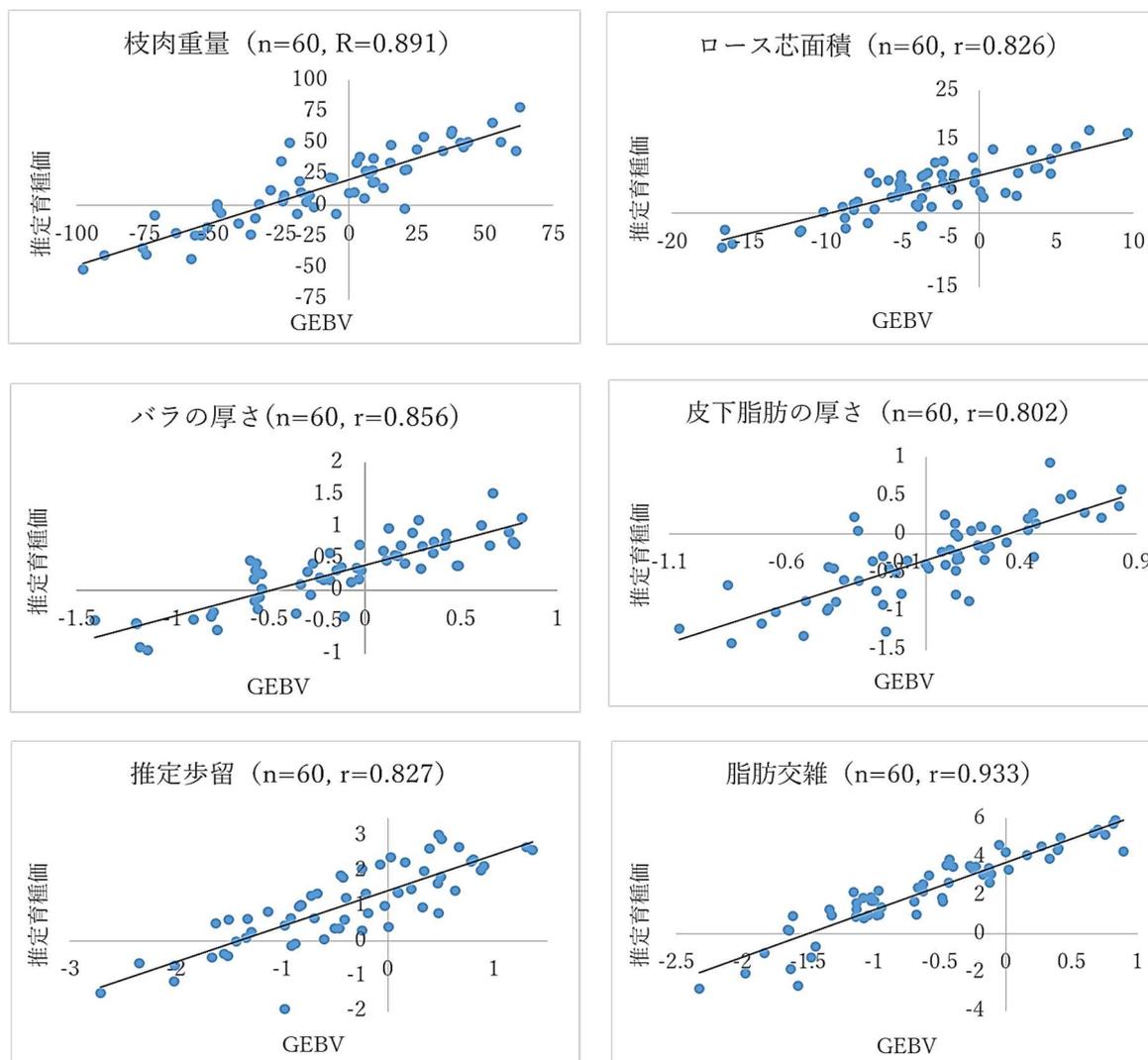


図1 GEBVと推定育種価の散布図

## 2. 沖縄県黒毛和種種雄牛の推定育種価に対する期待育種価およびGEBVの相関係数の比較

推定育種価に対する期待育種価およびGEBVの相関係数は表3、散布図は図2に示した。推定育種価に対する期待育種価の相関係数の中で、皮下脂肪の厚さは0.568となり、他の形質と比較して低い傾向にあった。今回、これら期待育種価を算出できた種雄牛のGEBVは、いずれの形質においても、現行の期待育種価に比べ推定育種価との間により高い相関が認められた。

表3 推定育種価に対する期待育種価およびGEBVの相関係数

項目	枝肉重量	ロース芯面積	バラの厚さ	皮下脂肪の厚さ	推定歩留	脂肪交雑
期待育種価	0.806	0.669	0.677	0.568	0.622	0.830
GEBV	0.868	0.825	0.775	0.757	0.807	0.907

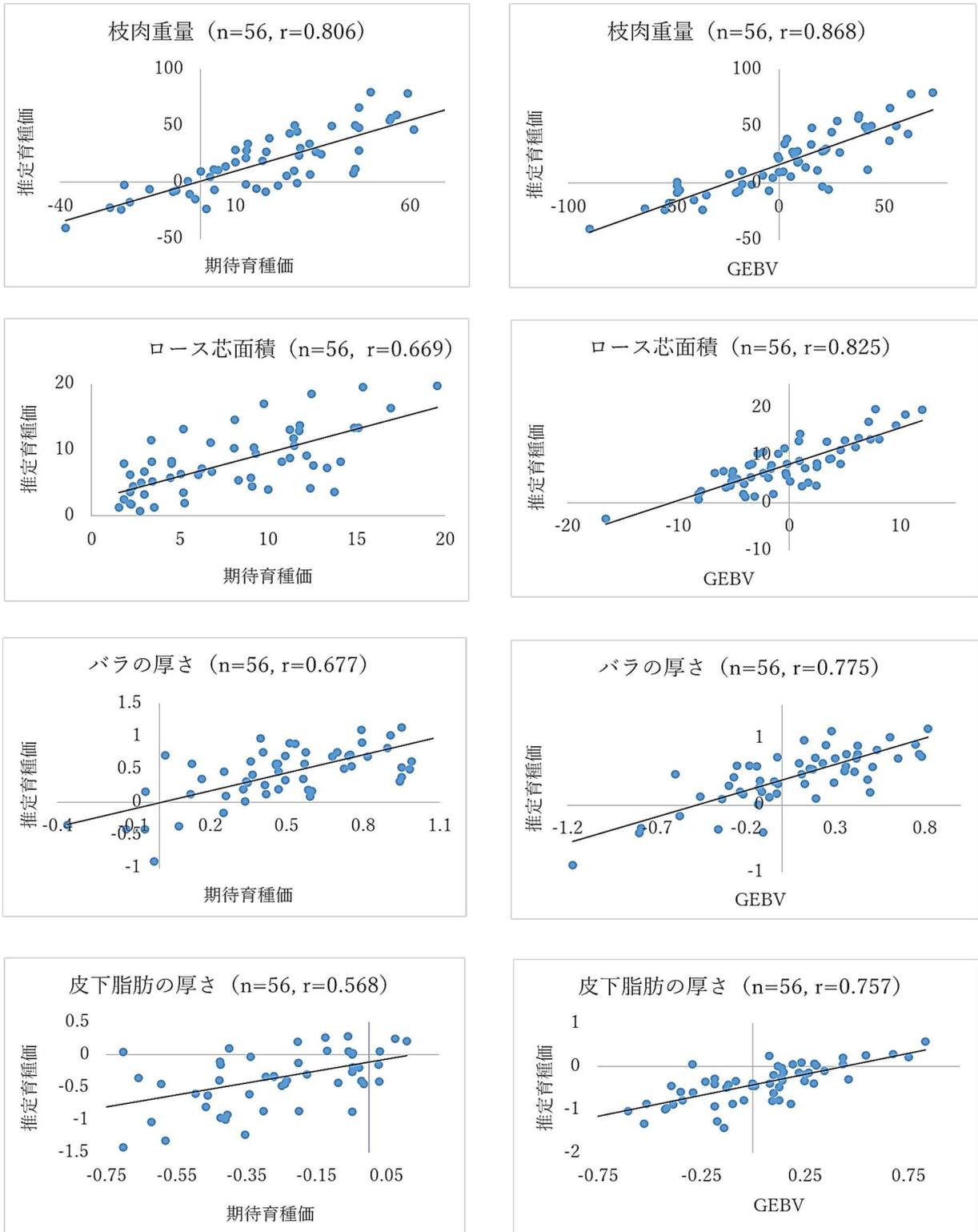


図2-1 推定育種価に対する期待育種価およびGEBVの散布図

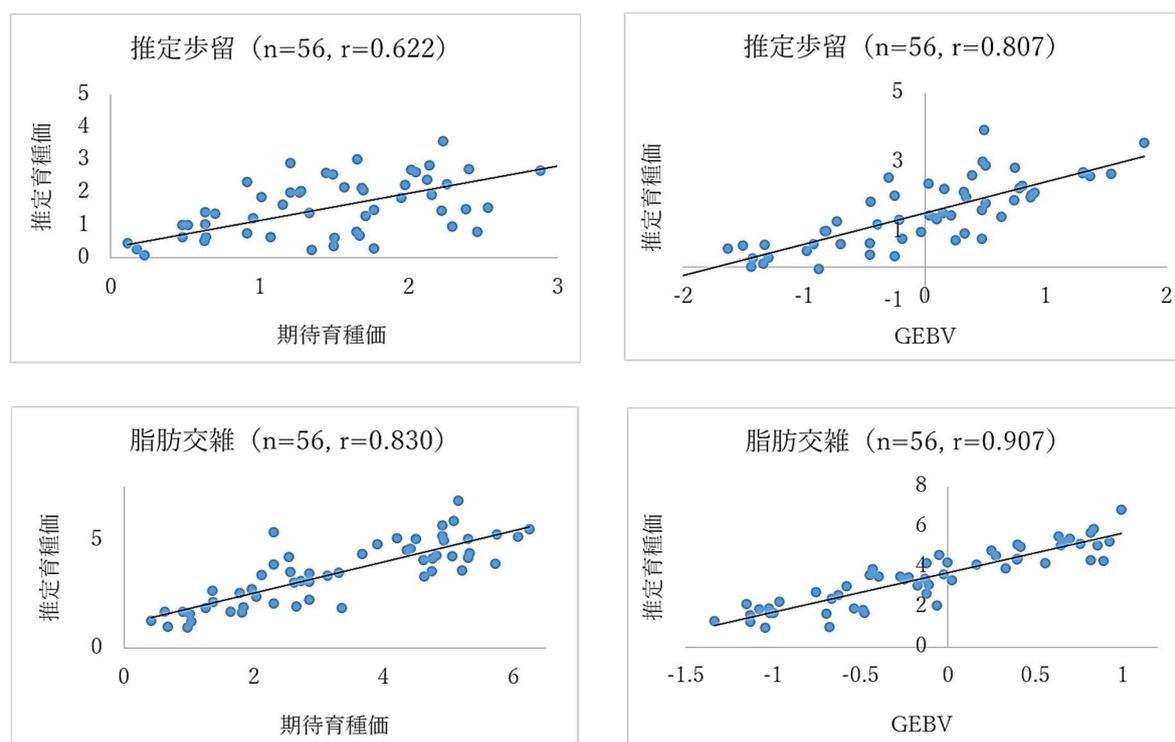


図2-2 推定育種価に対する期待育種価およびGEBVの散布図

GEBVは現行のBLUP法による期待育種価よりも推定育種価との間に高い相関が認められたことや、全きょうだいを区別することができるといった点から、現場後代検定牛選抜の指標として有効であると考えられる。

また、前報では沖縄県種雄牛12頭を用いての解析であったが、本報では56頭の沖縄県種雄牛を用いた解析であり、よりGEBVの信頼性が高まったと考える。

## 謝 辞

本研究の実施にあたりご指導頂いた、独立行政法人家畜改良センターの職員の皆様、一般社団法人家畜改良事業団の渡邊敏夫様、また、共同研究グループである和牛ゲノミック評価コンソーシアムの皆様に心から感謝申し上げます。なお、本研究は、公益社団法人畜産技術協会「和牛の地域特性活用ゲノム選抜手法普及事業」の一環として実施しました。

## V 引用文献

- 1) Henderson CR. (1963) Selection index and expected genetic advance, *National Academy of Science*, 141-163
- 2) Henderson CR. (1973) Sire evaluation and genetic trends, *American Society of Animal Science*, 10-14
- 3) VanRaden PM. (2008) Efficient methods to compute genomic prediction, *Journal of Dairy Science*, **91**, 4414-4423
- 4) Adriana Garcia-Ruiz., John B. Cole., Paul M. VanRanden., George R. Wiggans., Felipe J. Ruiz-López. (2016) Changes in genetic selection differentials and generation intervals in US Holstein dairy cattle as a result of genomic selection, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **113**, 28
- 5) 渡邊敏夫 (2017) 地域特性を生かした牛ゲノム選抜手法確立(1) 畜産技術, **9**, 22-27

- 
- 6) 末澤遼平・本田祥嵩・小山秀美・井上慶一・笹子奈々恵・竹田将悠規・小島孝敏・荷川取秀樹  
(2020) 黒毛和種における1塩基多型(SNP)情報解析(1) 沖縄畜研セ研報, **58**, 12-16
- 7) Misztal I, Tsuruta S, Strabel T, Auvray B, Druet T, Lee D(2002) BLUPF90 and related programs(BGF90), Proceedings of the 7<sup>th</sup> World congress on genetics applied to livestock production, Montpellier, France, Communication No. **28-07**
- 8) Misztal I, Gianola D(1987) Indirect solution of mixed equations, *Journal of Dairy Science*, **70**, 716-723

# 超音波誘導経膈採卵法 (Ovum Pick-Up : OPU) 技術の確立

## (2) と場卵巢由来卵胞卵を用いた培養試験

堺龍樹 建本秀樹\*

### I 要 約

OPUにより体外受精(IVF)を実施するにあたり、その基礎研究の追究として、前報<sup>1)</sup>とは異なる3頭の種雄牛C, Y, およびKの凍結精液を媒精に用い、IVFによる胚作出技術への適応性を検査するため、屠殺された雌畜の卵巢を用いた精子受精の評価試験および胚発生(IVC)試験をおこなった。その結果は以下の通りであった。

- 1 種雄牛C, Y, およびKの3種類の凍結精液を用いた結果、各々の体外成熟(IVM)卵への精子侵入率は順に89.5%, 50.0%および90.6%であった。
- 2 種雄牛C, Y, およびKの雄性前核形成卵率は順に100.0%, 88.9%および96.9%であった。
- 3 種雄牛C, Y, およびKにおける総胚盤胞期胚の発生率は順に44.4%, 2.6%および47.4%であった。
- 4 種雄牛CおよびKは種雄牛Yと比較し受精能と総胚盤胞期胚の発生率は高く、特に総胚盤胞期胚の発生率においてはYとの間に有意な差を認めた。

上記のことから種雄牛CおよびKの凍結精液は、IVFによる胚作出に適応性があると判明した。

### II 緒 言

OPUとIVFによる体外受精胚生産は、子宮灌流による体内胚採卵法を代替する胚生産法として多くの研究者により開発されてきた<sup>2, 3)</sup>。また、体内受精卵生産の際に必須の過剰排卵処置(SOV)を必ずしも必要としないため、SOVに反応しない供卵牛(繁殖障害等)や妊娠期牛からも採卵が可能である<sup>3)</sup>などの期待は大きい。

沖縄県は肉用子牛生産において全国有数の繁殖地帯であり、高能力種雄牛の造成と育種価に優れた母牛群の整備が今後の課題となっている。そこで、OPU技術を用いて優良雌牛から継続的に週に1-2回の頻度で採卵をおこない、卵胞卵のIVM、ならびに優良雄牛精子とのIVFにより、凍結保存に耐え得るだけの良質な胚を生産できれば、効果的な優良牛の普及拡大ならびに遺伝資源の保護が容易になる。

そこで、本研究ではOPUによるIVF/IVC由来胚の生産技術の研究を進めており、前報<sup>1)</sup>において、OPUによるウシ体外作出胚の安定した生産ならびにガラス化凍結保存の根幹は確立されたが、IVFに供する種雄牛凍結精液毎にその適応性が大きく異なった。そこで、今回は沖縄県で現在繋養している種雄牛から3頭を選び、IVF/IVCによる体外での胚生産に利用できる種雄牛凍結精液を選抜することを目的とした。

### III 材料および方法

#### 1. 試験期間および試験場所

試験は2022年11月から2023年1月まで琉球大学農学部家畜繁殖学研究室にて培養実験を実施した。

#### 2. 試験方法

##### 1) 材料

(株)沖縄県食肉センターで屠殺された雌牛卵巢を高圧蒸気滅菌済み0.9%(w/v)生理食塩水内で30℃輸送し、卵巢表面の直径が3~8mm以下の小卵胞から吸引採取した4層以上の卵丘細胞に密に覆われ卵細胞質が均一な卵胞卵を用いた。

媒精には沖縄県畜産研究センターで製造し、供用されている種雄牛C, Y, およびKの凍結精液を用いた。

## 2) IVM

吸引採取した卵丘細胞-卵子複合体 (COCs) は、TL-HEPES-PVA 溶液内で再選別および洗浄を行った。そして、IVM 培地ドロップ (100  $\mu$ L) 毎に卵丘細胞-卵子複合体 (Cumulus-Oocyte Complexes; COCs) を 16-20 個ずつ入れ、5%CO<sub>2</sub>、95%空気、38.5°Cで 21-22 時間の IVM 培養をおこなった。TL-HEPES-PVA 溶液および IVM 培地組成は、表 1 に示した。

表 1 TL-HEPES-PVA溶液およびIVM培地の組成

TL-HEPES-PVA溶液		IVM培地	
NaCl	114mM	Medium 199 HEPES Modification	
KCl	3.2mM	-Powder (M-2520; Sigma-Aldrich,	
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.34mM	-St. Louis, MO, USA)	15mg/ml
MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	0.5mM	NaHCO <sub>3</sub>	26.18mM
CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	2mM	New born calf serum (NCS)	10%(v/v)
NaHCO <sub>3</sub>	2mM	Cysteine	0.6mM
HEPES	10mM	LH	0.02U/ml
Na-pyruvate	0.2mM	FSH	0.04U/ml
Na-lactate	10mM	Penicillin G	100IU/ml
Penicillin G	100IU/ml	Streptomycin	50 $\mu$ g/ml
Streptomycin	50 $\mu$ g/ml		
PVA	0.01%(w/v)		

## 3) IVF および IVC

IVM 終了後、IVF 培地 (BO-IVF; IVF Bioscience, Cornwall, UK) 内で COCs を洗浄した後、IVF 培地ドロップ (100  $\mu$ L) に 15-20 個ずつ移した。一方、0.5 mL ストローの牛凍結精液を融解し BO-SemenPrep (IVF Bioscience) に攪拌し遠心分離操作で 2 回洗浄し、精子濃度が約  $1.0 \times 10^8$ /ml で 4  $\mu$ L を COCs の入った IVF 培地ドロップに加えて培精をおこない、5% CO<sub>2</sub>、95%空気、38.5°C条件下で 16~20 時間の共培養の後、各核相の卵子を観察し、精子受精の評価試験をおこなった。また、IVF 後、卵透明帯表面に付着している精子および卵丘細胞をピペッティングにより削剥した裸化卵を IVC 培地 (BO-IVC; IVF Bioscience) の各ドロップ (50  $\mu$ L) に 20~30 個ずつ移し、マルチガスインキュベーター (38.5°C, 5% O<sub>2</sub>, 5% CO<sub>2</sub>, 90% N<sub>2</sub>) 内で 8 日間の IVC 培養をおこなった。

### 3. 調査項目

#### 1) 各種雄牛凍結精液における受精能

3 種類の県有種雄牛凍結精液を用いて IVF をおこない、各凍結精液の精子侵入率、多精子侵入率および雄性前核形成率を調査し、体外受精による受精能を比較した。

#### 2) 総胚盤胞胚発生率

IVF 日を 0 日目とし、2 日目 (IVF 40 時間後) に分割率を、6~8 日目で胚盤胞期胚への発生率を調査した。

#### 3) 統計処理

統計処理は、カイ二乗検定を用い、5%棄却域で有意差を求めた。

## IV 結 果

### 1. 各種雄牛凍結精液における受精能

3種類の県有種雄牛凍結精液を用いて IVF をおこない、各精子の受精能を調べた結果を表 2 に示した。種雄牛 C および K で、それぞれ 89.5%と 90.6%の高い精子侵入率が得られた。いっぽう、種雄牛 Y の精子を用いた IVF 時には、50.0%の精子侵入率であった。供試卵数が少なく統計処理による有意差は認められなかったが、種雄牛 C 及び K の受精能力は種雄牛 Y に比較して高い傾向にあった。また、いずれの個体の凍結精子においても、高い雄性前核形成率(88.9-100.0%)が観察された。

表 2 3種類の種雄牛凍結精液を用いた体外受精による受精能の比較試験

種雄牛	媒精卵子数	各核相の卵子数 (%)		
		精子侵入卵	多精子侵入卵 <sup>1)</sup>	雄性前核形成卵 <sup>1)</sup>
C	19	17 (89.5)	2 (11.8)	17 (100.0)
Y	18	9 (50.0)	0 (0.0)	8 (88.9)
K	32	29 (90.6)	6 (20.7)	28 (96.9)

注 1) 精子侵入卵当たりの卵子数.

### 2. 種雄牛凍結精液別発生率

3種類の県有種雄牛凍結精液を用いて IVF をおこない、各精子の胚発生能を調べた結果を表 3 に示した。IVF 後 2 日目の分割率は、種雄牛 C および種雄牛 K が 92.6%, 92.1%であり、共に高い分割率を示した。しかし、種雄牛 Y の分割率は 5.3%であり、他の 2 種雄牛に比較して有意に低い値であった(P<0.05)。そして、高い分割率を示した種雄牛 C と種雄牛 K の IVF 由来胚は、それぞれ 44.4%と 47.4%の非常に高い胚盤胞期胚への発生率を示した。胚盤胞期胚の出現日に着目すると、種雄牛 C の IVF 由来胚の方が種雄牛 K の IVF 由来胚に比べて 1 日早い発生を示した。

表 3 3種類の種雄牛凍結精液を用いた体外受精後の胚発生試験

種雄牛	媒精卵子数	分割率 (%)	胚盤胞期への発生胚数 (%)			総胚盤胞期胚数 (%)
			6日目	7日目	8日目	
C	27	25 (92.6)	0 (0.0)	9 (36.0)	3 (11.1)	12 (44.4)
Y	38	2 (5.3)*	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (2.6)	1 (2.6) *
K	38	35 (92.1)	0 (0.0)	6 (15.8)	12 (34.3)	18 (47.4)

注) 他の個体に比較して有意差を認める(P<0.05).



写真1 種雄牛Cで作出したIVF7日後の胚盤胞期胚

## V 考 察

各種雄牛凍結精液における受精能の比較試験について、精子侵入率は種雄牛C, YおよびKでそれぞれ89.5%, 90.6%, 50.0%であり、雄性前核形成率は、それぞれ100.0%, 88.9%, 96.9%であった。この結果からは、種雄牛3種類ともに、今後のOPU卵による体外発生胚作出を目指した各種試験に供する受精能力を持っていると考えられた。

一方IVFによる胚盤胞発生数及び発生率は、個体により大きな差があると報告されている<sup>4, 5)</sup>。3種類の沖縄県種雄牛凍結精液の内、種雄牛C及びKは胚盤胞期胚への発生率が高い傾向にあった。この結果から、OPU卵を用いたIVFを行う際の凍結精液は種雄牛C及びKが最適であると考えられた。いっぽう、種雄牛Yの受精率は50%と低く、胚盤胞期胚への発生は僅か2.6%であった。他の種雄牛に比較して受精率ならびに発生率が低い値を示したことから、種雄牛Yは体外での発生能が極めて低い精子であると考えられる。今回のIVC試験では、媒精卵子数が少ないため、確証は得られないが、種雄牛Yの繁殖能力に関わる遺伝子に何らかの欠損がある可能性を否定できない。

また、IVCをIVF Bioscience社製のIVF培地とIVC培地を使用し、3種混合インキュベーター内で酸素分圧を5%に低下させた条件で行ったところ、種雄牛C及びKのIVF由来胚の胚盤胞期胚への発生率は44.4~47.4%と非常に高い値を示し、特に、種雄牛CのIVF由来胚では、IVF後7日目で総胚盤胞期胚の3/4に及ぶ大多数の胚が胚盤胞期に発生した。いっぽう、種雄牛KではIVF後8日目で多くの胚が胚盤胞期に達した。このことは、種雄牛Cの胚発生の活力が高いことを意味しており、OPUによるIVF/IVC胚を移植した際に種雄牛Cの方が高い受胎率が得られるものと推察できる。さらに、胚盤胞の品質の新たな指標<sup>6, 7)</sup>などに沿った胚の選別、すなわち、今後、胚盤胞期胚における割球数やTUNEL陽性細胞数の測定を実施することで、胚発生能や品質のさらなる検討が必要であると考えられる。また、今後OPUによって作出した胚盤胞期胚を受胎牛に移植することを考えると、フィールドでの1step融解が可能なプログラムフリーザーを使用した緩慢凍結胚を作出し、実用化に向けた研究を実施する必要がある。

## 謝 辞

本研究に協力していただきました琉球大学農学部家畜繁殖学研究室の皆様へ深く感謝いたします。また、卵巣採取に協力していただきました(株)沖縄県食肉センター職員の皆様へ感謝申し上げます。

## VI 引用文献

1) 西山朱音・建本秀樹・平安山英登(2021)超音波誘導経膈採卵法(Ovum Pick-Up: OPU)技術の確立, 沖

縄畜研研報, 59, 5-11

2) 坂口慎一・井口光国・小林直彦・藤谷泰裕・三溝成樹・内海恭三(1995)超音波診断装置を利用した繁殖不適和牛からの連続経膣採卵, 日本胚移植学会雑誌, 17, 94-101

3) 今井敬・田川真人(2006)OPU-IVFによるウシ胚の作出, その効率と汎用性, 日本胚移植学会雑誌, 28, 29-35

4) 秋山清・坂上信忠・仲澤慶紀(2009)経膣採卵と体外受精による牛胚の生産, 神奈川県畜産技術センター研究報告, 2, 1-5

5) 黒澤功(1993)牛の改良を目的とした体外受精, 群馬農業研究 C 畜産, 10, 151-154

6) Satoshi Sugimura, Tomonori Akai, Yutaka Hashiyada, Tamas Somfai, Yasushi Inaba, Muneyuki Hirayama, Tadayuki Yamanouchi, Hideo Matsuda, Shuji Kobayashi, Yoshio Aikawa, Masaki Ohtake, Eiji Kobayashi, Kazuyuki Konishi, Kei Imai(2012)Promising System for Selecting Healthy In Vitro-Fertilized Embryos in Cattle, *PLoS One*, 7(5), e36627

7) 中橋冬陽・小林大誠・山下秀幸(2019)ウシ体外受精胚生産における高品質胚の簡易判別技術の開発と培養液の改善, 千葉県畜産総合研究センター研究報告, 19, 1-6



# 和牛種雄牛産肉能力直接検定成績(2022年度)

堺龍樹

## I 緒 言

沖縄県畜産研究センターでは、種雄牛候補牛の産肉能力評価のため、全国和牛登録協会が規定する和牛種雄牛産肉能力検定(直接検定法)<sup>1)</sup>を実施している。2022年に検定を終了した種雄牛候補牛の成績について取りまとめたので報告する。

## II 検定牛および検定方法

### 1. 検定牛

肉用牛群改良基地育成事業により生産された雄子牛から、表1に示す6頭を選抜し和牛種雄牛産肉能力検定(直接検定法)を実施した。検定牛の父と母方祖父の組み合わせは糸桜系×田尻系が2頭(No.1, No.6)、糸桜系×気高系が3頭(No.2, No.3, No.4)、糸桜系×糸桜系が1頭(No.5)であった。

表1 検定牛の概要

No.	名 号	生年月日	血 統				
			父	母	母方祖父	母方曾祖父	生産地
1	福美津	2020/12/1	茂北福	ていあら	美津照重	安茂勝	宮古島市
2	石2115	2021/3/20	福福波	はくつるまる	白鵬85の3	百合茂	今帰仁村
3	山福	2021/4/1	福福波	ゆきひら1	百合茂	平茂晴	糸満市
4	茂俊貴	2021/5/17	茂北福	きらら	百合茂	安福久	石垣市
5	北百合平2	2021/5/24	北百合平	おきなわ61	茂北福	美津照重	八重瀬町
6	大海之福	2021/6/9	茂北福	たいかいみさ	美津照重	百合茂	宮古島市

### 2. 検定方法

全国和牛登録協会の和牛種雄牛産肉能力検定(直接検定法)に基づき実施した。直接検定法とは、種雄牛候補となる200~259日齢の雄子牛を単房式牛房にて112日間飼養し、粗飼料として乾草を飽食給与、濃厚飼料は朝夕の2回給与で、1日の給与量は適正な育成管理となる範囲でおおむね体重比1.0~1.3%を目安としている。

調査は増体量、発育、飼料摂取量、余剰飼料摂取量、体型について実施した。

余剰飼料摂取量とは、同じ代謝体重、同じ増体量のもとで、摂取する飼料の量を減らすことを目的として作出された調査項目である。無駄な摂取量を数値化したものであり、負の値であれば必要な摂取量よりも摂取量が少なく効率がよいという評価、正の値であれば、必要な摂取量よりも摂取量が多く効率が悪いという評価となる。

## III 検 定 成 績

検定成績は、表2に体重および1日当たり増体量(DG)、表3に飼料摂取量、余剰飼料摂取量および体型評点を示した。

各調査項目の平均値は、開始時日齢226.3日、開始時体重254.0kg、終了時体重390.5kg、180日補正体重192.2kg、365日補正体重423.0kg、DG1.22kgであった。6頭の平均DGは2021年度の直接検定牛における全国平均値<sup>2)</sup>より高い値を示した。

これらの検定牛のうち、令和4年度第1回沖縄県肉用牛改良協議会専門委員会において、令和5年度

現場後代検定実施牛として、石2115(白鶴波へ改名)、茂俊貴(茂茂へ改名)、北百合平2(北百合茂へ改名)、大海之福を選抜した。

表2 検定成績(体重およびDG)

No.	名号	開始時 日齢	体 重 (kg)				DG(kg)	終了時 体高(cm)	選抜
			開始時	終了時	180日補正	365日補正			
1	福美津	240	253.0	402.0	197.3	419.3	1.33	125.2	
2	石2115	243	312.0	441.0	244.9	452.5	1.15	122.4	○
3	山福	231	277.0	405.0	222.5	430.1	1.14	120.0	
4	茂俊貴	220	222.0	360.0	187.1	400.7	1.23	120.2	○
5	北百合平2	213	242.0	384.0	209.2	434.7	1.27	124.0	○
6	大海之福	211	218.0	351.0	192.4	400.9	1.19	120.4	○
	平均値	226.3	254.0	390.5	208.9	423.0	1.22	122.0	
	標準偏差	13.7	35.7	32.9	21.7	20.3	0.07	2.2	
	注1) 全国平均値						1.17	125.9	

2) ○は令和5年度和牛種雄牛現場後代検定牛として選抜

表3 検定成績(飼料摂取量, 余剰飼料摂取量および体型評点)

No.	名号	粗飼料 摂取率 (%)	飼料摂取量(kg)		余剰飼料摂取量(kg)				体型 評点	選抜
			CP	TDN	濃厚飼料	粗飼料	CP	TDN		
1	福美津	44	106	578	93	-25	11	43	85.2	
2	石2115	47	109	659	97	23	4	62	83.6	○
3	山福	49	109	609	72	14	9	47	83.1	
4	茂俊貴	45	117	571	85	-24	25	51	83.3	○
5	北百合平2	49	133	656	130	67	36	111	83.4	○
6	大海之福	41	119	577	125	-34	28	67	83.4	○
	平均値	45.8	115.5	608.3	100.3	3.5	18.8	63.5	83.7	
	標準偏差	3.1	10.0	40.3	22.8	38.7	12.6	25.0	0.77	
	注1) 全国平均値					-24.0	12.6	3.1	-1.2	

2) ○は令和5年度和牛種雄牛現場後代検定牛として選抜

3) 余剰飼料摂取量の算出方法は、以下のとおりである。

$$\text{余剰飼料摂取量} = \text{摂取量} - \{a \times \text{代謝体重} + b \times \text{増体量} + c \times \text{他の飼料摂取量} + d\}$$

$$\text{代謝体重} = \{(\text{開始時体重} + \text{終了時体重}) / 2\}^{0.75} \quad \text{増体量} = \text{終了時体重} - \text{開始時体重}$$

他の飼料摂取量 = 濃厚飼料の余剰飼料摂取量を求める場合は、粗飼料の摂取量を回帰として取り込み、粗飼料の余剰飼料摂取量を求める場合は、濃厚飼料の摂取量を回帰として取り込む。

a: 各飼料における代謝体重の係数

b: 各飼料における増体量の係数

c: 他の飼料摂取量の係数

d: 切片

---

#### IV 引用文献

- 1) 公益社団法人全国和牛登録協会(2017)和牛登録事務必携, 63-71, 177-179
- 2) 公益社団法人全国和牛登録協会(2022)和牛種雄牛産肉能力検定成績 直接法 令和3年度, 4-10

---

研究補助：又吉博樹



# 和牛種雄牛現場後代検定成績(2022年度)

## (16)種雄牛「照百合守」「豊百合勝」および「美華宗春」の検定成績

照屋喬己 渡慶次功\*

### I 緒言

沖縄県畜産研究センターでは、種雄牛の遺伝的能力を判定し、産肉性の向上を図る目的で和牛種雄牛現場後代検定(現場後代検定法)を実施している。本報では、2022年度に終了した3頭の種雄牛について、その成績を報告する。

### II 検定種雄牛および検定方法

検定を実施した種雄牛は、肉用牛群改良基地育成事業で導入し2017年度の直接検定<sup>1)</sup>により選抜された照百合守(てるゆりもり)、豊百合勝(とよゆりかつ)および美華宗春(みかむねはる)の3頭で、その概要は表1のとおりである。

検定方法は、全国和牛登録協会の和牛種雄牛現場後代検定法<sup>2)</sup>により実施した。現場後代検定法は、検定する雄牛についてその産子を肥育し、通常出荷された現場枝肉情報を活用して育種価評価を行う検定方法である。今回の検定材料牛は、照百合守が17頭(去勢12頭、雌5頭)、豊百合勝が18頭(去勢7頭、雌11頭)および美華宗春が20頭(去勢13頭、雌7頭)の産子を用いて肥育を行なった。

表1 検定種雄牛の概要

名号	生年月日	産地	父	母	母方祖父	母方曾祖父	審査得点	登録番号
照百合守	2016/8/5	宜野湾市	美津照重	ゆりえ	百合茂	勝忠平	84.1	黒原6122
豊百合勝	2016/11/3	石垣市	百合茂	とよかつ	勝忠平	豊安福	84.3	黒15356
美華宗春	2016/5/6	多良間村	美津照重	なおこ	北福波	福栄	83.0	黒原6123

### III 検定成績

表2に検定種雄牛の育種価評価結果(令和5年1月解析の推定育種価結果)を示した。

推定育種価(BV)とは検定種雄牛の遺伝的能力を指し、産子の枝肉成績から母牛遺伝能力および環境要因を除くことで算出される。

照百合守のBVは、枝肉重量が34.7kg、ロース芯面積が20.8cm<sup>2</sup>、バラの厚さが0.85cm、皮下脂肪の厚さ(皮下脂肪厚)が-1.08cm、歩留まり基準値(歩留基準値)が3.86および脂肪交雑が3.25であった。

豊百合勝のBVは、枝肉重量が79.3kg、ロース芯面積が9.3cm<sup>2</sup>、バラの厚さが1.26cm、皮下脂肪厚が-0.57cm、歩留基準値が1.10および脂肪交雑が1.99であった。

美華宗春のBVは、枝肉重量が28.3kg、ロース芯面積が23.9cm<sup>2</sup>、バラの厚さが1.10cm、皮下脂肪厚が-0.02cm、歩留基準値が4.11および脂肪交雑が2.44であった。

照百合守は脂肪交雑、ロース芯面積、歩留基準値のBVにおいて歴代沖縄県種雄牛の中でも高い値を記録するなど良好な結果を示し、沖縄県肉用牛改良協議会専門委員会において供用種雄牛として選抜された。

\*現沖縄県畜産課

表2 育種価評価結果(2023年1月解析)

名号	枝肉重量 (kg)		ローズ芯面積 (cm <sup>2</sup> )		バラの厚さ (cm)		皮下脂肪厚 (cm)		歩留基準値 (%)		脂肪交雑 (基準値)	
	BV	ACC	BV	ACC	BV	ACC	BV	ACC	BV	ACC	BV	ACC
照百合守	34.7	0.95	20.8	0.94	0.85	0.93	-1.08	0.95	3.86	0.95	3.25	0.95
豊百合勝	79.3	0.98	9.3	0.98	1.26	0.97	-0.57	0.98	1.10	0.98	1.99	0.98
美華宗春	28.3	0.94	23.9	0.93	1.10	0.92	-0.02	0.94	4.11	0.94	2.44	0.94

#### IV 引用文献

- 1) 末澤遼平・本田祥嵩・渡慶次功・荷川取秀樹(2017)和牛種雄牛産肉能力直接検定成績(2017年度), 沖縄畜研研報, 55, 13-15
- 2) 公益社団法人全国和牛登録協会(2017)和牛登録事務必携, 72-74, 180-184

検定補助: 山城一也

## 付属資料

## 1. 照百合守

## 1) 現場後代検定終了成績一覧

番号	名号	父	母の父	母の祖父	性別	月齢	枝肉重量(kg)	ロース芯面積(cm <sup>2</sup> )	バラ厚(cm)	皮下脂肪厚(cm)	歩留基準値	脂肪交雑(BMS No.)	等級	MUFA(%)
1	勝照百合	照百合守	勝忠平	美津福	去勢	32.2	438.4	47	6.5	1.7	72.8	5	A-4	63.4
2	照守	照百合守	福福波	肥後桜	去勢	28.8	520.7	52	8.0	1.9	73.3	7	A-4	49.1
3	福之勝	照百合守	北国茂	美津福	去勢	31.5	515.7	72	7.5	2.0	75.5	10	A-5	60.9
4	照照	照百合守	安茂勝	福栄	去勢	32.0	459.0	55	6.5	2.2	73.1	8	A-5	57.9
5	かつこ	照百合守	菊花国	安茂勝	雌	31.8	482.3	66	8.5	2.5	75.4	10	A-5	63.9
6	てるも	照百合守	北福波	第2平茂勝	雌	28.3	398.9	80	6.8	1.8	77.7	11	A-5	62.4
7	喜永	照百合守	安茂勝	福桜(宮崎)	去勢	28.2	517.6	59	8.6	2.1	74.5	8	A-5	58.7
8	照安	照百合守	秀菊安	忠富士	去勢	31.4	533.7	49	8.6	2.1	72.7	8	A-5	65.4
9	みやぞん	照百合守	百合茂	北福波	雌	27.9	420.4	64	6.9	1.8	75.4	8	A-4	59.8
10	朝晴花	照百合守	安茂勝	福鶴	去勢	31.9	463.7	63	7.4	2.2	74.7	9	A-5	63.6
11	なみもり	照百合守	美国桜	安福久	雌	27.7	512.5	77	8.7	2.2	76.9	12	A-5	59.8
12	照志守	照百合守	勝忠平	第1花国	去勢	28.4	474.9	66	7.1	1.6	75.4	10	A-5	57.4
13	美徳照	照百合守	美徳国	福桜(宮崎)	去勢	31.5	486.9	57	8.5	1.6	74.9	8	A-5	60.9
14	はるか	照百合守	安茂勝	金秀土井	雌	28.5	541.6	72	8.6	1.8	76.1	7	A-4	66.1
15	百合大福	照百合守	北乃大福	百合茂	去勢	28.8	420.2	59	6.9	1.7	74.9	9	A-5	57.3
16	百合栄	照百合守	福栄	平茂勝	去勢	28.9	453.5	47	7.5	2.9	72.2	6	A-4	
17	照北福	照百合守	北福波	晴桜2	去勢	27.9	471.8	60	7.8	3.0	73.8	7	A-4	66.0
						全平均	29.7	477.2	61.5	7.7	2.1	74.7	8.4	60.8
						標準偏差	1.8	42.5	10.0	0.8	0.4	1.5	1.8	4.3

## 2) 格付けの分布

(頭)

肉質等級 歩留等級	肉質等級					計
	1	2	3	4	5	
A				6	11	17
B						
C						
計				6	11	17

## 付属資料

## 2. 豊百合勝

## 1) 現場後代検定終了成績一覧

番号	名号	父	母の父	母の祖父	性別	月齢	枝肉重量 (kg)	ロース芯面積 (cm <sup>2</sup> )	バラ厚 (cm)	皮下脂肪厚 (cm)	歩留基準値	脂肪交雑 (BMS No.)	等級	MUFA (%)
1	とよみどり	豊百合勝	北福波	安福久	雌	32.0	466.0	62	7.5	2.9	74.1	9	A-5	61.4
2	友成	豊百合勝	美津照重	安平	去勢	28.7	512.2	63	8.2	2.4	74.5	5	A-4	66.0
3	とよゆりかつ2	豊百合勝	安福久	安茂勝	雌	31.6	502.8	62	8.1	3.4	73.5	8	A-5	65.9
4	おきなわ	豊百合勝	百合茂	安福久	雌	32.0	498.0	52	9.1	1.8	74.3	7	A-4	／
5	寿味	豊百合勝	福栄	平茂勝	去勢	28.9	491.6	46	7.6	2.7	71.9	6	B-4	64.3
6	みさき	豊百合勝	飛騨白清	福桜 (宮崎)	雌	31.7	407.0	65	6.8	1.5	75.9	8	A-5	49.7
7	とよこ	豊百合勝	安福久	平茂勝	雌	30.9	470.0	68	7.8	2.0	75.7	8	A-5	／
8	涼仔	豊百合勝	金幸	平茂勝	去勢	28.4	518.0	59	8.4	2.1	74.3	6	A-4	58.1
9	とよみ1	豊百合勝	美国桜	平茂勝	雌	31.9	459.6	69	8.1	1.5	76.7	6	A-4	57.1
10	はなとよ	豊百合勝	福北光	安茂勝	雌	31.1	471.2	58	8.5	2.1	74.8	9	A-5	58.7
11	豊花国	豊百合勝	第1花国	平茂勝	去勢	28.3	441.7	41	7.2	2.7	71.6	3	B-2	60.2
12	とよあさ1	豊百合勝	安福久	百合茂	雌	30.2	490.0	72	7.3	3.4	74.5	10	A-5	／
13	せきかつ	豊百合勝	菊安舞鶴	北福波	雌	31.9	437.9	46	7.5	3.3	71.9	6	A-4	62.9
14	豊志百合	豊百合勝	美津照重	勝忠平	去勢	28.4	508.7	65	8.6	2.8	74.7	9	A-5	60.0
15	ともこ	豊百合勝	安茂勝	北福波	雌	31.5	451.6	73	8.6	3.9	75.5	8	A-5	60.2
16	さちこ	豊百合勝	百合茂	安福久	雌	29.8	368.8	54	6.4	1.7	74.6	7	A-4	／
17	豊美津照	豊百合勝	美津照重	茂勝栄	去勢	28.3	461.2	70	7.7	2.9	75.3	9	A-5	／
18	豊勝	豊百合勝	北福波	平茂勝	去勢	28.6	472.4	52	7.7	2.7	73.0	8	A-5	63.3
						全平均	30.2	468.3	59.8	7.8	2.5	74.3	7.3	60.6
						標準偏差	1.5	38.2	9.5	0.7	0.7	1.4	1.7	4.3

## 2) 格付けの分布

(頭)

肉質等級 歩留等級	肉質等級					計
	1	2	3	4	5	
A				5	10	15
B		1		2		3
C						
計		1		7	10	18

## 付属資料

## 3. 美華宗春

## 1) 現場後代検定終了成績一覧

番号	名号	父	母の父	母の祖父	性別	月齢	枝肉重量(kg)	ロース芯面積(cm <sup>2</sup> )	バラ厚(cm)	皮下脂肪厚(cm)	歩留基準値	脂肪交雑(BMS No.)	等級	MUFA(%)
1	美華宗山	美華宗春	勝晴姫	中部6	去勢	28.9	487.9	58	7.3	3.4	72.7	6	A-4	57.3
2	多良間	美華宗春	芳之国	安茂勝	去勢	28.8	517.2	58	7.9	3.0	73.1	7	A-4	60.9
3	真広	美華宗春	平茂勝	北国7の8	去勢	28.5	427.8	51	7.4	2.6	73.2	7	A-4	54.0
4	ゆりひめ	美華宗春	百合茂	平茂勝	雌	31.9	489.9	57	8.8	2.4	74.4	7	A-4	57.8
5	美春	美華宗春	諒太郎	福栄	去勢	27.8	504.6	81	9.0	2.2	77.6	11	A-5	55.1
6	あおちゃん	美華宗春	百合茂	安福久	雌	31.9	484.4	74	8.0	3.2	75.5	7	A-4	60.0
7	まさみ	美華宗春	耕富士	第1花国	雌	31.8	418.3	71	8.6	2.2	77.2	10	A-5	62.2
8	うめ	美華宗春	茂勝栄	糸秀	雌	31.7	488.7	74	8.9	4.2	75.1	7	A-4	59.3
9	宗春57	美華宗春	金照	安茂勝	去勢	28.0	468.5	67	8.1	2.5	75.5	8	A-5	/
10	令和	美華宗春	平茂勝	神高福	去勢	28.9	462.3	74	7.4	1.4	76.9	8	A-4	56.3
11	美華平	美華宗春	茂隆平	松福美	去勢	28.8	509.1	54	8.5	2.3	73.6	7	A-3	55.3
12	宗春	美華宗春	百合茂	金幸	去勢	28.6	528.1	54	8.5	2.5	73.3	4	A-4	56.8
13	美華宗春3	美華宗春	勝安福3	神高福	去勢	28.8	428.0	62	7.4	1.8	75.4	7	A-4	59.8
14	千吉	美華宗春	福福波	北仁	去勢	28.7	383.2	53	6.9	1.4	74.9	6	A-4	60.4
15	美華乃春	美華宗春	百合茂	美国桜	去勢	28.9	563.4	72	8.5	2.7	75.0	8	A-5	61.4
16	美福	美華宗春	北福波	平茂勝	去勢	28.9	449.7	50	7.1	2.5	72.8	4	A-2	57.5
17	さんま	美華宗春	茂勝栄	福栄	雌	31.2	442.7	76	7.1	2.5	76.2	4	A-3	/
18	みかふじ	美華宗春	耕富士	福之国	雌	29.7	404.1	61	8.2	3.3	74.8	10	A-5	61.5
19	友紀春	美華宗春	美国桜	勝忠平	去勢	28.5	478.0	67	7.4	2.6	74.8	9	A-5	/
20	まりこ221	美華宗春	諒太郎	平茂勝	雌	29.7	470.6	70	8.1	4.3	74.2	7	A-4	62.2
						全平均	29.5	470.3	64.2	8.0	2.7	74.8	7.2	58.7
						標準偏差	1.4	44.5	9.5	0.7	0.8	1.4	1.9	2.6

## 2) 格付けの分布

(頭)

肉質等級 歩留等級	1	2	3	4	5	計
A		1	2	11	6	20
B						
C						
計		1	2	11	6	20



# 飼料給与量の違いがアグー繁殖育成豚の発育に及ぼす影響

普照恭多 伊佐常暢 平良祥 片桐慶人

## I 要 約

沖縄アグー豚（以下アグー）の繁殖育成豚について、飼料給与量の違いや性差が発育や背脂肪厚の発達に及ぼす影響について調査した。試験は、沖縄県畜産研究センター（以下、当センターとする）内豚舎で2021年12月から2022年3月に行い、アグー繁殖育成豚9頭（雌6頭、雄3頭）を用いた。試験1では市販飼料を通常給与した基準区（雌3頭）、多給した多給区（雌3頭）を設け、試験2では市販飼料を多給した雄区（雄3頭）と雌区（3頭、試験1同一個体）を設けた。

1. 試験1では、体重は多給区が基準区より重くなる傾向（ $P < 0.09$ ）にあった。背脂肪厚は多給区が基準区より厚くなったが有意差はなかった。

2. 試験2では、体重に有意差はなく、背脂肪厚は雄区が雌区より厚くなる傾向（ $P < 0.1$ ）にあった。

以上のことから、アグー繁殖育成豚において飼料給与量を増加させると、雌の増体性が向上することが示唆され、雄では雌と同等の増体性だが、背脂肪厚が厚くなることが示唆された。

## II 緒 言

アグーは日本唯一の在来豚で、現在沖縄県内に約700頭が飼養されている<sup>1)</sup>。アグーは西洋品種に比べて、発育が遅く<sup>2)</sup>、小型である<sup>3)</sup>ため、日本飼養標準豚<sup>4)</sup>に準拠した飼料給与ではなく、沖縄県アグーブランド豚推進協議会より発行された飼養管理マニュアル<sup>5)</sup>を基に飼料給与されている。最適な増体に基づく適正な給与水準については十分に明らかにされていないが、マニュアルにおける繁殖育成豚の飼料給与例は、約40kgから種豚飼育用配合飼料を雄1.5kg、雌1.0kgを基本量に、個体毎の発育状況に応じて給与量を増減すると記載されている。また、アグーの発育試験は大城ら<sup>6)</sup>や當眞ら<sup>7, 8)</sup>が行っているが、飼料給与量に着目した知見は少ない。飼料摂取量は増体、肉質、繁殖成績等に影響し<sup>9~11)</sup>、過剰な摂取や過度の制限は過肥や繁殖障害をきたす<sup>4, 12)</sup>とされており、適切な飼料摂取量が適正な発育に繋がることから、アグーにおいても適正な飼料給与量の検討が必要である。そこで本研究では、アグーの繁殖育成豚について、飼料給与量の違いや性差が発育や背脂肪厚の発達に及ぼす影響について調査した。

## III 材料および方法

### 1. 試験期間、場所および供試豚

2021年12月15日から2022年3月9日にかけて沖縄県畜産研究センター内豚舎で、試験を行った。供試豚は当センターにて2021年9月に生まれたアグー雌6頭、雄3頭（2腹）を用いた。

### 2. 給与飼料

供試飼料成分を表1に示した。

表1 供試した飼料の成分組成

区 分	成分割合 (%)	区 分	成分割合 (%)
TDN	72.0	粗灰分	10.0
粗タンパク質	13.0	Ca	0.70
粗脂肪	1.5	P	0.55
粗繊維	9.0		

注) 供試飼料は種豚飼育用配合飼料

### 3. 試験区分および飼養管理

#### 試験1：飼料給与量の違いがアグー繁殖育成雌豚の発育に及ぼす影響

試験区分と飼料給与量を表2に示した。試験は14～26週齢の期間で実施し、試験区分は14～18週齢に1.3kg/日、18～22週齢に1.5kg/日、22～26週齢に1.7kg/日飼料給与した基準区、14～18週齢に1.5kg/日、18～22週齢に1.7kg/日、22～26週齢に1.9kg/日飼料給与した多給区とした。当センター内2豚房(1豚房：2.7 m×2.7 m=7.29 m<sup>2</sup>)で3頭ずつ飼養した。自由飲水、飼料は朝、夕2回の制限給餌とし、その他の管理は当センターの通常管理とした。

**表2 試験区分と飼料給与量(試験1)**

試験区分	群編成		配合飼料給与量(kg/日, 1頭あたり)		
	性別	頭数	14～18週齢	18～22週齢	22～26週齢
基準区	雌	3	1.3	1.5	1.7
多給区	雌	3	1.5	1.7	1.9

#### 試験2：飼料を多給給与したアグー繁殖育成豚における性差の比較

試験区分と飼料給与量を表3に示した。試験は14～26週齢の期間で実施し、供試飼料は試験1と同様の多給区の給与量とした。当センター内2豚房(1豚房：2.7 m×2.7 m=7.29 m<sup>2</sup>)で雄、雌3頭ずつ飼養した。自由飲水、飼料は朝、夕2回の制限給餌とし、その他の管理は当センターの通常管理とした。

**表3 試験区分と飼料給与量(試験2)**

試験区分	群編成		配合飼料給与量(kg/日, 1頭あたり)		
	性別	頭数	14～18週齢	18～22週齢	22～26週齢
雄区	雄	3	1.5	1.7	1.9
雌区	雌	3	1.5	1.7	1.9

### 4. 調査項目および方法

調査項目は体重、総飼料摂取量、DG、飼料要求率および背脂肪厚とした。体重測定は試験開始から試験終了まで1週間隔で測定した。総飼料摂取量は飼料給与量から残飼量を差し引いた値とした。背脂肪厚は試験開始から試験終了まで1週間隔でエニースキャンBF(グローバルピッグファーム株式会社, 日本)を用いて、P2点背脂肪厚測定法で測定した。

### 5. 統計処理

統計処理は、t検定により両区間で比較した。

## IV 結果および考察

試験1の結果を表4に、体重および背脂肪厚の推移を図1に示した。本試験の基準区における試験終了時体重は66.8kgと、當眞ら<sup>7)</sup>の報告にある67.4kgと同等の結果となったことから、概ね正常に発育したものと考えられる。いっぽう、多給区は試験開始17週齢あたりから基準区と差がみえはじめ、試験終了時は71.5kgと基準区に比べ重くなる傾向がみられた(P<0.09)。これは、多給区が基準区に比べ総飼料摂取量が多く、DGが高まったことが要因と考えられる。しかし、飼料要求率は多給区と基準区に有意差はなく、筆者ら<sup>1,3)</sup>の先行研究と同様の結果となった。背脂肪厚は両区とも試験開始時よりも増加し、基準区で3mm程度、多給区で5.5mm程度増加したが、両区に有意差はなかった。基準区は試験開始22週齢以降、多給区は16～21週齢と23週齢以降で増加する傾向がみられ、これは飼料給与量の増加に連動しているものと考えられた。脂肪の蓄積は、品種での差異があり、蓄積されるタンパク

質と脂肪の割合は発育ステージにより変化し、一般的に発育ステージが進むにつれて増体に占める脂肪蓄積割合も大きくなる<sup>4)</sup>。アグーは増体に占める脂肪蓄積の割合が多いと考えられ、飼料給与量の増加に伴い摂取エネルギーが増加し、脂肪蓄積に利用されることで背脂肪厚の増加に繋がったと推察される。また、當眞ら<sup>7)</sup>や筆者ら<sup>13)</sup>はアグー繁殖育成雌豚において13~16週齢以降に1.3kg/日で制限給餌すると背脂肪厚の発達を抑制されると報告しており、背脂肪の発達を抑制する場合は、1.3kg/日の制限給餌が有効だと考えられる。しかし、制限給餌によって脂肪の蓄積は避けられるが、繁殖供用までの飼養日数が長くなることが考えられる。また、アグーにおける繁殖供用豚の標準的な背脂肪厚は明らかになっていないことから、繁殖性や発育との関連性の検証を重ねていくことが重要と考えられる。

表4 アグー繁殖育成雌豚への飼料給与量の違いが発育に及ぼす影響(試験1)

調査項目	基準区	多給区	有意差
開始体重(kg)	38.2±3.2	38.7±2.8	ns
終了時体重(kg)	66.8±2.7	71.5±2.3	ns
総飼料摂取量(kg)	127.6	144.4	
DG(g/日)	341.3±11.9	390.9±15.0	*
飼料要求率	4.5±0.2	4.4±0.2	ns
開始背脂肪厚(mm)	18.0±1.8	17.7±1.9	ns
終了時背脂肪厚(mm)	20.8±3.7	23.3±2.4	ns

注1) ns：有意差なし

2) \*：試験区間で有意差あり (P<0.05)

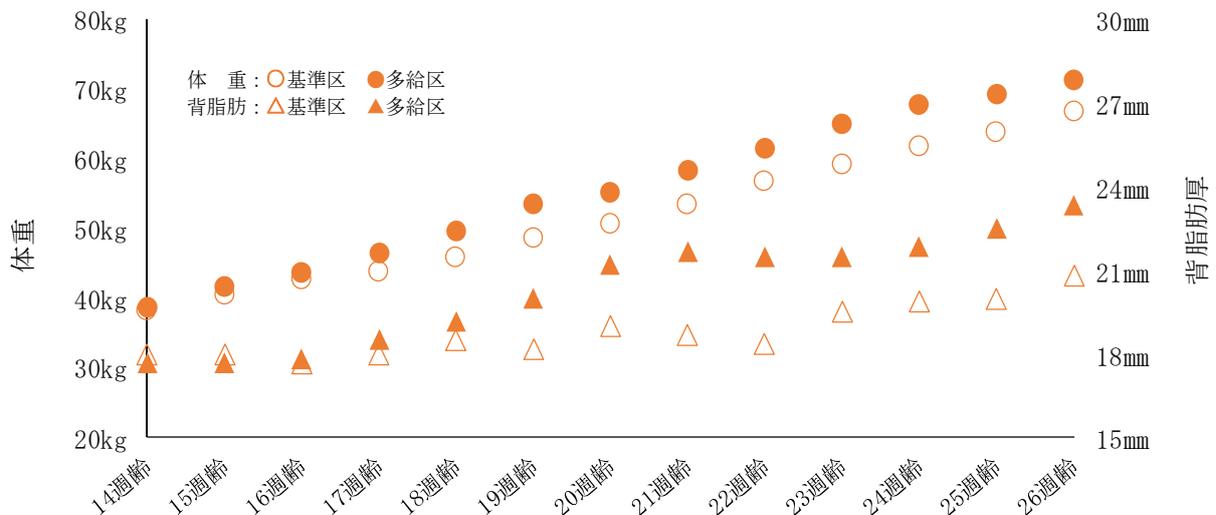


図1 体重と背脂肪厚の推移(試験1)

試験2の結果を表5に、体重および背脂肪厚の推移を図2に示した。本試験の雄区における試験終了時体重は72.7kgと、當眞ら<sup>8)</sup>の報告の67.3kgよりも重く、同条件で飼養した雌区に比べても重かったが有意差はなかった。総飼料摂取量、DG、飼料要求率は両区とも同程度で有意差はなかった。背脂肪厚は両区とも試験開始時よりも増加し、雄区で8mm程度、雌区で5.5mm程度増加し、雄区が雌区に比べ厚くなる傾向がみられた(P<0.1)。雄区の背脂肪厚は試験開始15~17週目と20週目以降で増加する傾向がみられ、雌区は試験開始16~21週目と23週目以降で増加する傾向がみられたが、試験後半にあたる20週齢以降の背脂肪厚の増加量は、雌区より雄区が顕著な増加がみられた。脂肪厚について、一般的な雄の肥育豚では制限給餌、不断給餌に関わらず雌および去勢と比べ脂肪厚は薄いとされる<sup>4)</sup>が、子豚育成期に脂肪の付着を多くするような栄養管理を行うと、仕上げ段階に制限給餌をしても厚脂になる可能性が高くなる<sup>4)</sup>ともされている。本試験に供試した雄区の開始背脂肪厚は、雌区と比べ厚

く、子豚期の栄養管理が、本試験の背脂肪厚の増加に影響した可能性が考えられる。一般的な種雄豚の育成時期における最適な増体は十分に明らかとなっていないが、育成期の発育が良好な個体ほど精巢の発育や精子発生が早いとされる<sup>4)</sup>。いっぽう、過肥の個体は交尾欲不振や後肢への負担増大、発育不良の個体は精子発生の遅れや精液性状が劣るとされる<sup>4)</sup>。これらのことから、アグーにおいても乗駕意欲や精液性状が安定した種雄豚の生産を目的に、引き続き子豚期および繁殖育成雄豚の最適な飼料給与量および栄養水準を検討していくことが重要である。

表5 アグー繁殖育成豚へ飼料を多給与した場合の性差の比較(試験2)

調査項目	雄区	雌区	有意差
開始体重(kg)	38.2±0.5	38.7±2.8	ns
終了時体重(kg)	72.7±2.8	71.5±2.3	ns
総飼料摂取量(kg)	144.6	144.4	
DG(g/日)	410.7±27.3	390.9±15.0	ns
飼料要求率	4.2±0.3	4.4±0.2	ns
開始背脂肪厚(mm)	19.0±1.3	17.7±1.9	ns
終了時背脂肪厚(mm)	26.7±1.3	23.3±2.4	ns

注) ns: 有意差なし

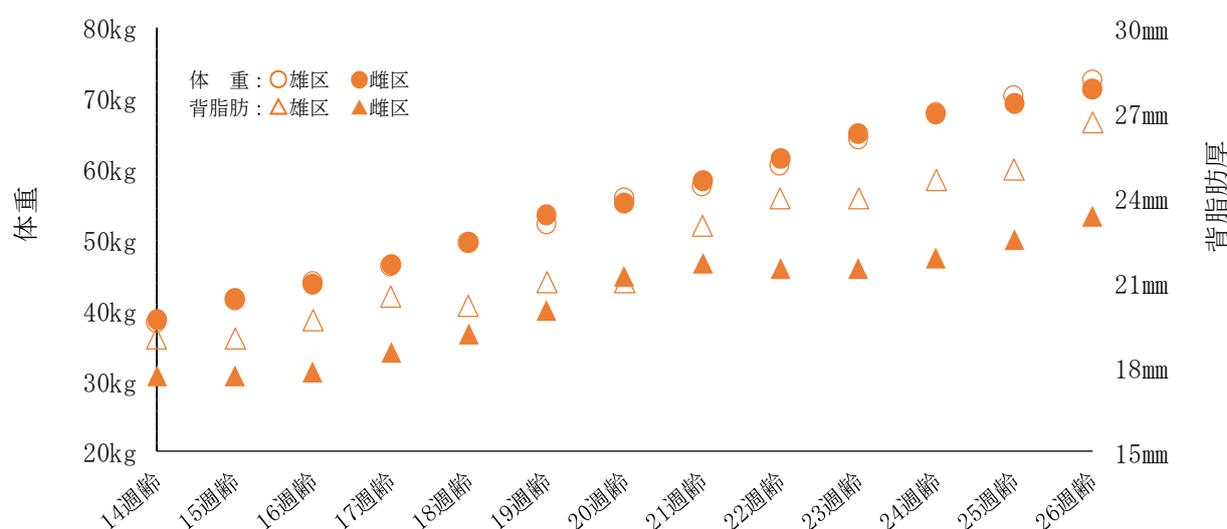


図2 体重と背脂肪厚の推移(試験2)

## V 引用文献

- 1) 沖縄県アグーブランド豚推進協議会ホームページ, 2021, (<http://okinawa-agu.com/data.html>)
- 2) 大城まどか・仲村敏・鈴木直人・太田克之・渡久地政康(2003)琉球在来豚(アグー)を活用した銘柄豚の確立 (3)アグーの肥育試験および肉質調査, 沖縄畜試研報, 41, 71-78
- 3) 稲嶺修・仲村敏・島袋宏俊・永田存・石井和雄(2008)琉球在来豚(アグー)の近交退化を緩和するための育種技術の確立 (2) フィールド調査による体型と特徴, 沖縄畜研セ研報, 46, 31-41
- 4) 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構(2013)日本飼養標準 豚 (2013年版), 中央畜産会。東京
- 5) アグーブランド豚推進協議会(2008)琉球在来豚アグー飼養マニュアル, 沖縄県
- 6) 大城まどか・仲村敏・鈴木直人・太田克之・渡久地政康・玉代勢秀正(2005)琉球在来豚(アグー)を活用した銘柄豚の確立 (5) アグー雄と他品種の雌との交配による分娩成績および育成成績, 沖

- 
- 縄畜研セ研報, 43, 21-24
- 7) 当真嗣平・親泊元治(2021)5つの発育曲線モデルによる沖縄アグー種雄豚の発育様相の検討, 日豚会誌, 58, 10-18
  - 8) 当真嗣平・親泊元治(2021)沖縄アグー繁殖育成豚の発育および背脂肪厚の発達, 日豚会誌, 58(4), 155-164
  - 9) 齋藤常幸・須藤英紀・五十嵐宏行・今田哲雄(2003)給与飼料中のTDNおよびCP水準の違いが肉豚の産肉能力および窒素排泄量に及ぼす影響, 日本養豚学会誌, 40(3), 121-128
  - 10) 吉田早希・江藤格・福島達哉・高橋圭二・鈴木和美(2018)繁殖母豚の育成段階における制限給餌が繁殖成績に及ぼす影響, 千葉畜総研セ研報, 18, 1-6
  - 11) Lin Hu Fang・Ying Hai Jin・Sung Ho Do・Jin Su Hong・Byung Ock Kim・Tae Hee Han・Yoo Yong Kim(2019)Effects of dietary energy and crude protein levels on growth performance, blood profiles, and carcass traits in growing-finishing pigs, *Journal of Animal Science and Technology*, 61(4), 204-215
  - 12) 山田豊・中村正斗(1997)飽食および制限給与が繁殖雌豚の長期間の繁殖性に及ぼす影響, 日本養豚学会誌, 34(2), 32-40
  - 13) 普照恭多・伊佐常暢・平良祥・片桐慶人(2021)飼料給与水準の違いが沖縄アグー豚繁殖育成豚の発育および背脂肪厚の発達に及ぼす影響, 沖縄畜研セ研報, 59, 25-28
- 

研究補助：伊藝博志，宮城広明



# 沖縄アグー豚繁殖豚における基礎調査

## (1) 畜産研究センターにおける母豚繁殖成績

普照恭多 伊佐常陽 平良祥 片桐慶人

### I 要 約

近年における沖縄アグー豚(以下アグー)の繁殖能力を把握するため、畜産研究センター(以下当センター)における2021年度および2022年度のアグー母豚35頭の繁殖成績の調査を行った。アグーの産歴構成は、2021年度では0産歴(未経産豚)が15頭と最も多く、1~6産歴の母豚はそれぞれ1頭ずつであった。2022年度では、0産歴が13頭と最も多く、1~2産歴がそれぞれ2頭、3~5産歴は0頭、6産歴が1頭であった。受胎率、分娩率、発情再帰日数は、2021年度では36.8%、23.7%、10.3日であった。2022年度では45.5%、38.6%、9.0日であった。総産子数、生存産子数、死産数、黒子数、圧死数、衰弱死数、かみ殺し数、離乳頭数は、2021年度では5.9頭、4.6頭、0.8頭、0.4頭、0.1頭、1.0頭、0.3頭および3.3頭であった。2022年度では7.0頭、5.8頭、0.8頭、0.4頭、0.9頭、0.8頭、0.1頭および4.1頭であった。生時生存率、死産率、離乳時生存率、ほ乳事故率は、2021年度では78.0%、22.0%、70.4%、29.6%であった。2022年度は83.9%、16.1%、73.1%、26.9%であった。

### II 緒 言

アグーブランド豚肉の原種豚であるアグーは復元の過程や保存の過程において、小集団の中での交配が継続的に行われた影響<sup>1)</sup>や、防疫上の理由から農場間の遺伝的交流が制限により近交度の上昇が懸念されている<sup>2, 3)</sup>。一般的に近交度の上昇は、産子能力、強健性などが低下するとされており<sup>4)</sup>、アグーの繁殖性の低下が懸念されている。そこで近年のアグーの繁殖能力を把握するため、当センターで飼養しているアグー母豚の繁殖成績の現状調査を行った。

### III 材料および方法

#### 1. 調査期間および調査対象豚

当センターのアグー母豚35頭を対象に、2021年4月1日から2023年1月31日の期間で調査した。

#### 2. 調査項目および方法

##### 1) 産歴構成および繁殖成績

産歴構成と繁殖成績について、調査項目および方法を表1に示した。なお、発情再帰日数については離乳日を0日とし、雄豚の接近や背圧反応で静止姿勢を示す発情判定を行い、授精可能日を発情再帰日とした。

##### 2) 種付け方法

種付けは液状精液による人工授精または種雄豚による自然交配で行った。人工授精は発情判定後、スポンジ型子宮体部深部注入器を用いて、2~3回授精した。自然交配は、種雄豚による発情確認後、1~2回の交配を行った。

表1 調査項目および方法

項目	方法
産歴構成	年度毎の母豚産次数
受胎率	受胎腹数÷種付母豚の腹数×100(%)
分娩率	分娩腹数÷種付母豚の腹数×100(%)
発情再帰日数	経産豚の離乳後発情までの日数(日)
総産子数	生存産子数+死産数+黒子数の合計(頭)
生存産子数	分娩時に生存していた産子(頭)
死産数	分娩時に死亡していた産子(頭)
黒子数	黒子として分娩された産子(頭)
圧死数	哺乳開始後、圧死で死亡した子豚の数(頭)
衰弱死数	哺乳開始後、衰弱して死亡した子豚の数(頭)
噛み殺し数	哺乳開始後、噛み殺された子豚の数(頭)
離乳頭数	生存産子数-(圧死数+衰弱死数+噛み殺し数)の合計(頭)
生時生存率	生存産子数÷総産子数×100(%)
死産率	(死産数+黒子数)÷総産子数×100(%)
離乳時生存率	離乳頭数÷生存産子数×100(%)
ほ乳事故率	(圧死数+衰弱死数+噛み殺し数)÷生存産子数×100(%)

## IV 結果および考察

表2に産歴構成を示す。2021年度は、0産歴(未經産豚)が15頭と最も多く、1~6産歴の母豚はそれぞれ1頭ずつであった。2022年度は、0産歴が13頭と最も多く、1~2産歴がそれぞれ2頭、3~5産歴は0頭、6産歴が1頭であった。各年度ともに未經産が最も多かったが、これはアグーの繁殖能力が低い<sup>5, 6)</sup>、母豚候補豚を多く確保することが要因としてあげられる。一般豚において2~5産歴の構成割合が高くなるよう<sup>7, 8)</sup>産歴構成を管理するが、アグーでは1~6産歴は0~2頭と、各産歴が同程度の頭数となっている。これは、繁殖能力に個体差があり、廃用基準や更新する時期が定まっていないことが要因としてあげられる。年齢構成について、2021年度は0~1歳が8頭、1~2歳が8頭、2~3歳が3頭、3~4歳が3頭、4歳以上が1頭であった。2022年度は0~1歳が7頭、1~2歳が8頭、2~3歳が2頭、3~4歳が0頭、4歳以上が1頭であった。

表2 年度別の産歴構成

年度	n	産歴							年齢(歳)				
		0	1	2	3	4	5	6	0~1	1~2	2~3	3~4	4~
2021年度	23	15	1	1	1	1	1	1	8	8	3	3	1
2022年度	18	13	2	2	0	0	0	1	7	8	2	0	1

表3に受胎率および分娩率を示す。2021年度の種付け腹数は76頭、受胎腹数は28頭で受胎率は36.8%、分娩腹数は18頭で分娩率は23.7%であった。2022年度の種付け腹数は44頭、受胎腹数は20頭で受胎率は45.5%、分娩腹数は17頭で分娩率は38.6%であった。一般豚における受胎率および分娩率は85~90%<sup>9, 10)</sup>とされ、受胎率と分娩率を同義と見なしているが、アグーの場合は受胎率と分娩率に差がある。これは、何らかの理由で早期胚死滅が起こり、胎芽の体内への吸収や流産が生じ、分娩まで至らな

かったことが要因と考えられる。いっぽう、年度毎によって受胎率と分娩率に差がある要因として、日々の飼養管理方法を改善したことが影響した可能性が考えられる。また、種付け方法によっても受胎率と分娩率に差があると考えられる。今後、飼養管理方法や母豚のボディコンディション等を調査し、繁殖性との関係を検討するとともに、種付け方法別の受胎率および分娩率の調査を行う必要がある。

表3 年度別の受胎率、分娩率

年度	種付腹数 (腹)	受胎腹数 (腹)	分娩腹数 (腹)	受胎率(注1) (%)	分娩率(注2) (%)
2021年度	76	28	18	36.8%	23.7%
2022年度	44	20	17	45.5%	38.6%

注1) 受胎腹数 ÷ 種付腹数 × 100%

2) 分娩腹数 ÷ 種付腹数 × 100%

表5に発情再帰日数を示す。2021年度の発情再帰日数は10.3日、2022年度は9.0日であった。離乳後の発情再帰は母豚の栄養状態、すなわち授乳中の飼料摂取量が影響を及ぼす<sup>11)</sup>とされている。本調査で発情遅延が確認された母豚5頭のうち4頭は離乳時期が6~8月と夏期にあたる時期であったことから、暑熱環境下における飼料摂取量の低下、それに伴う卵巣および子宮機能の回復遅延が発情再帰日数に影響したと考えられる。いっぽう、発情遅延が確認された母豚を除いた場合の発情再帰日数は、一般豚における発情再帰日数である平均5~6日<sup>11), 12)</sup>と同程度の5.0~5.2日であった。

表4 年度別の発情再帰日数

年度	発情再帰日数			発情再帰日数(発情遅延を除く)		
	腹数 (腹)	日数 (日)	最大値 (日)	腹数 (腹)	日数 (日)	最大値 (日)
2021年度	11	10.3±12.4	43	9	5.0±0.7	6
2022年度	14	9.0±7.6	23	11	5.2±0.9	6

表6に繁殖成績を示す。2021年度の総産子数、生存産子数、死産数、黒子数は5.9頭、4.6頭、0.8頭および0.4頭であり、圧死数、衰弱死数、噛み殺し数、離乳頭数は、0.1頭、1.0頭、0.3頭および3.3頭であった。生時生存率、死産率、離乳時生存率、ほ乳事故率はそれぞれ、78.0%、22.0%、70.4%、29.6%であった。2022年度の総産子数、生存産子数、死産数、黒子数は7.0頭、5.8頭、0.8頭および0.4頭であり、圧死数、衰弱死数、噛み殺し数、離乳頭数は、0.9頭、0.8頭、0.1頭および4.1頭であった。生時生存率、死産率、離乳時生存率、ほ乳事故率はそれぞれ、83.9%、16.1%、73.1%、26.9%であった。これまでの研究報告<sup>5), 6)</sup>では、アグーの繁殖成績について総産子数、生存産子数、死産数、黒子数は4.8~5.0頭、4.1~4.2頭、0.4~0.7頭、0.4~1.4頭と報告しており、生時生存率、離乳時生存率についてそれぞれ85.5%、67.5~78.5%と報告している。これまでの報告値と比較して、本調査の総産子数、生存産子数および離乳時頭数は増加傾向、生時生存率と離乳時生存率は同程度であった。総産子数、生存産子数および離乳時頭数が増加傾向であったのは、世代を重ねることで繁殖能力の低い個体が淘汰され、能力の高い個体が残っていったことが、繁殖成績に影響している可能性がある。しかし、本報のデータ数は少なく、その要因は明らかではない。今後は、近交度やSNP情報も考慮した評価を検討していく必要がある。

表5 年度別の繁殖成績

項目	2021年度		2022年度	
	平均値±標準偏差	最大値	平均値±標準偏差	最大値
総産子数(頭)	5.9±1.7	9	7.0±2.0	11
生存産子数(頭)	4.6±2.2	8	5.8±2.2	11
死産数(頭)	0.8±1.7	6	0.8±0.9	3
黒子数(頭)	0.4±0.6	2	0.4±1.0	4
圧死数(頭)	0.1±0.3	1	0.9±1.5	5
衰弱死数(頭)	1.0±1.8	6	0.8±0.9	3
噛み殺し数(頭)	0.3±0.8	3	0.1±0.2	1
離乳頭数(頭)	3.3±2.2	6	4.1±2.1	9
生時生存率(%)	78.0%	-	83.9%	-
死産率(%)	22.0%	-	16.1%	-
離乳時生存率(%)	70.4%	-	73.1%	-
ほ乳事故率(%)	29.6%	-	26.9%	-

近年の当センターにおけるアグー母豚について繁殖成績が明らかとなった。当センターの産歴構成は未経産豚が多く、1~6産歴がそれぞれ0~2頭となっており、未経産豚に偏った産歴構成となっていた。受胎率は一般豚と比較してかなり低く、分娩率は更に低くなる傾向にあった。発情再帰日数は、発情再帰が遅れる個体はいたものの、環境的な要因が影響していたと考えられ、多くの個体は一般豚と同様に離乳後5日程度で発情再帰していた。繁殖成績は、これまでの報告と比較して、総産子数、生存産子数および離乳時頭数が増加傾向にあった。アグーは遺伝的多様性の低下によって、繁殖性の低下が懸念されているが、本調査から飼養管理、繁殖関連技術、環境的要因も繁殖性に影響していることが示唆された。以上のことから、遺伝的多様性を考慮した交配計画はもちろんのこと、アグーの繁殖性と飼養管理や環境との関連性を検討し、アグーの繁殖性の改善を図っていくことが重要と考えられる。

## V 引用文献

- 1) 新城明久(2010)沖縄の在来家畜 その伝来と生活史, 55, ボーダーインク
- 2) 大城まどか・稲嶺修・仲村敏・佐藤正寛・石井和雄・蝦名真澄(2006)琉球在来豚(アグー)の近交退化を緩和するための育種技術の確立(1)23個のマイクロサテライトマーカーを用いたアグーのDNA多型解析, 沖縄畜研セ研報, 44, 39-42
- 3) 島袋宏俊・稲嶺修・仲村敏・大城まどか・美川智・佐藤正寛・石井和雄・与古田稔(2008)琉球在来豚(アグー)の近交退化を緩和するための育種技術の確立(3)ミトコンドリアDNA d-loop領域における母系解析, 沖縄畜研セ研報, 46, 43-50
- 4) ファルコナーDS(1993)量的遺伝学入門(原書第3版), 312, 蒼樹書房
- 5) 大城まどか・仲村敏・鈴木直人・太田克之・渡久地政康(2003)琉球在来豚(アグー)を活用した銘柄豚の確立(2)アグーの繁殖性および哺育・育成成績への近親交配による影響, 沖縄県畜試研報, 41, 67-70.
- 6) 當眞嗣平・親泊元治・翁長桃子・嘉数良子・野中克治(2015)近交係数増加が沖縄アグー豚の繁殖成績に及ぼす影響, 沖縄畜研セ研報, 53, 25-28
- 7) 養豚界 = The pig magazine, 46(6), 30-33, 2011-06 チクサン出版社
- 8) 瀬瀬雄三・佐々木羊介・飯田涼介(2022)農場データ分析での母豚繁殖成績と生涯成績およびそのリスク因子・予測因子と農場レベル因子, 日豚会誌, 59(1), 1-17
- 9) 養豚農業実態調査報告書(2021)一般社団法人日本養豚協会

- 
- 10) 鈴木一好・染井英夫(2006)養豚農家における人工授精の実態と意識調査, 千葉畜セ研報, **6**, 39-43
  - 11) 伊東正吾・岩村祥吉(2018)新母豚全書増補改訂版, 90-91, 株式会社緑書房
  - 12) 稲永敏明・津田健一郎・山下裕昭・家入誠(2017)種雄豚および繁殖雌豚への玄米の長期給与が繁殖性に及ぼす影響, 日豚会誌, **54 (3)**, 142-149

---

研究補助：伊藝博志, 宮城広明



# 体外胚生産移植におけるアグー豚の生産について

伊佐常暢 Tamas Somfai\* 親泊元治\*\* 普照恭多  
 當眞嗣平\*\*\* 鈴木直人 金子浩之\* 片桐慶人  
 菊地和弘\*

## I 要 約

沖縄アグー豚(以下、アグーという)の胚(受精卵)を受胚豚へ移植して子豚を生産することを目的に、体外胚生産・移植技術の実現可能性について検討するため、12頭のアグー雌豚の卵巣より卵子を採取し、成熟培養後にアグー雄豚の凍結精子を用いて体外受精および体外胚生産移植を行ったところ、以下のとおりであった。

1. 作製したアグーの胚を4頭を受胚豚に移植し、うち1頭が妊娠した。
2. 妊娠した受胚豚1頭の総産子数は、計8頭(雄5頭、雌3頭)で、うち1頭(雄)は死産、1頭(雌)は虚弱のため分娩翌日に死亡、1頭は31日後に死亡し、残りの5頭は順調に発育した。

以上の結果からアグーにおいて、体外胚生産・移植技術を用いて子豚の生産が可能であることが示唆された。

## II 緒 言

アグーは、沖縄県内でのみ飼養されている貴重な豚であり、ブランド化を推進している<sup>1)</sup>。しかし、過去に著しく数を減らし復元の過程でも小集団で維持されてきた<sup>2)</sup>ことから、遺伝的多様性が少なく特定家畜伝染病の侵入による防疫措置などで一度絶滅してしまえば生体での復元は難しい。そのため遺伝子資源の保全が必要であり、受精卵を用いたアグー子豚を生産する技術の確立が求められている。現状西洋種においての報告<sup>3, 4)</sup>はあるがアグーについての報告はない。そこで本研究では体外胚生産・移植技術を用いたアグー子豚生産の可能性について検討を行ったので報告する。

## III 材料および方法

### 1. 試験期間

試験期間は、2020年8月から2021年2月までの間に4回の卵巣採取および胚移植実験を行った。

### 2. 試験場所

試験場所は、畜産研究センター(以下、当センターという)内の精液処理室および手術室で行った。

### 3. 供試豚

#### 1) 供卵豚

供卵豚は、当センターにて飼養している空胎期のアグー雌豚12頭(13.1~64.6ヶ月齢)とし、4回の実験で3頭ずつ供試した。また卵巣摘出手術当日は絶食とした。

#### 2) 受胚豚

受胚豚は、当センターにて飼養している雌のランドレース種4頭(11.3~17.0ヶ月齢)とした。受精卵移植当日に発情が来るように移植日の5日前に1000単位eCG(セロトロピン®、あすかアニマルヘルス)を筋肉注射し、その3日後に500単位hCG(動物用ゴナトロピン3000®、あすかアニマルヘルス)を筋肉注射した。また移植手術当日は絶食とした。

### 4. 実験方法

実験は独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構生物機能利用研究部門の動物実験委員会が承認したプロトコル(承認番号H30-005)に従って実施した。

\* 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 \*\* 現沖縄県中央家畜保健衛生所  
 \*\*\* 現沖縄県宮古農林水産振興センター家畜保健衛生課

供卵豚と受胎豚は保定前に導入麻酔としてメシル酸マホブラジン(マフロパン®、DSファーマアニマルヘルス)を体重1 kgあたり0.05 mlとして計算して筋肉内投与した。保定後、耳介静脈より翼状針を用いてチアミラールナトリウム(イソゾール注射用 0.5g®、日医工)を投与した。その後麻酔が完全に効いていることを確認し、豚を手術台に乗せて保定し、手術中は吸引麻酔としてイソフルラン(イソフルラン吸入麻酔薬®、ファイザー)を4%程度で導入し、豚の様子を見ながら2%以下で維持した。滅菌した器具を用いて皮下織、筋肉、腹膜を切開し、切開部位から子宮・卵管・卵巣を確認後、供卵豚の場合は卵巣を摘出、受胎豚の場合は子宮に受精卵移植を行った。

### 1) 体外成熟(以下、IVM という)

IVM は回収した全ての卵巣を、回収液(抗生物質を含むダルベッコリン酸緩衝生理食塩水)を含むペトリ皿に入れ、ピンセットで卵巣を押さえながら全ての胞状卵胞を切開し、卵丘細胞-卵子複合体(COC)を実体顕微鏡下でマウスピペットによって探索し取り出し、4 ウェル皿の各ウェルにおいて30~50個ずつ入れ、はじめの22時間を10%(v/v)ブタ卵胞液、1 mM ジブチリル cAMP(dbcAMP)、10 ng/ml 表皮成長因子(EGF)、10 IU/ml eCGおよび10 IU/ml hCGを含むブタ卵子培養液(POM、機能性ペプチド研究所)で、続く22~24時間をdbcAMP含まない液で、5%CO<sub>2</sub>、5%O<sub>2</sub>、39°Cの加湿空気中で行った。

### 2) 体外受精(以下、IVF という)

IVF は Kikuchi ら<sup>5)</sup>および Linh<sup>6)</sup>らの報告に基づき、以下の方法で実施した。IVM 終了後、IVF 液(90 mM NaCl, 12 mM KCl, 25 mM NaHCO<sub>3</sub>, 0.5 mM NH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>O, 0.5 mM MgSO<sub>4</sub>7H<sub>2</sub>O, 10 mM Sodium lactate, 10 mM Hepes, 8 mM CaCl<sub>2</sub>2H<sub>2</sub>O, 2 mM Sodium pyruvate, 2.00 mM Caffeine, 抗生物質, 5 mg/ml BSA, Phenol red)でCOCを3回洗浄し、IVF液滴に20個ずつ移した。一方、0.5 ml ストローで凍結保存したアグー豚精巣上体精子を融解し7 mlの精子洗浄培養液(TCM-199 pH 7.8)に導入し、2000 rpm (760×g)で2分間遠心分離を行い、精子濃度が1.0×10<sup>5</sup>/mlで50 μlをCOCの入ったIVF培地ドロップに加えて、IVMと同じ条件下で4時間共培養を行った。

## IV 結 果

### 1. 移植結果

4回のアグー豚の体外胚生産移植の結果を表1に示した。12頭のアグーから合計1061個の卵子を回収し、体外成熟・体外受精後、4頭の受胎豚に合計616個の受精卵を移植した。移植した4頭のうち3頭は発情が回帰し、1頭の妊娠が確認された。

表1 アグー豚胚の体外生産と受胎豚への移植

実験回数	供卵豚数	体外受精卵生産		胚移植		結果
		採卵数	体外成熟・受精卵数	移植胚数	受胎豚数	
1	3	228	133	129	A	不受胎
2	3	299	166	160	B	不受胎
3	3	247	146	146	C	受胎
4	3	287	181	181	D	不受胎
計	12	1061	626	616	4	

### 2. 分娩結果

妊娠した受胎豚の分娩結果を表2に示した。総産子数8頭のうち生存産子数は7頭、1頭は死産、その後1頭が出生翌日に衰弱死、1頭が生後31日目に事故死しており、離乳した子豚は、5頭(雌:1頭,雄:4頭)となった。(令和5年3月6日現在)

なお離乳したそれぞれの個体については、親子関係がある事を確認している。

表2 分娩結果

総産子数	分娩時 生存頭数	死産	衰弱死	事故死	離乳頭数
8	7	1	1	1	5

## V 考 察

体外受精による子豚生産の成功例は、そのほとんどが西洋種に限られており<sup>3, 4)</sup>、アグーでの報告はこれまでされていない。本研究により、従来の体外胚生産・移植技術がアグーにも有効であることが示唆された。また、これまで淘汰されてきたアグー雌豚を供卵豚として用いることで、遺伝資源としての活用の可能性も考えられる。ただし採卵は通常、食肉処理場で屠畜された豚から得られた卵巣を用いて体外受精を行うが、沖縄県の屠畜場では屠畜する際に脱毛のために熱湯処理を行っており、それによる熱が卵巣にダメージを与えることが懸念される。このため本研究では生体のアグー雌豚から手術により採取した卵巣を用いた。またアグーの総産子数の平均は4~5頭と報告されているが<sup>2)</sup>、今回は8頭の子豚を得ることができた。これは、受胚豚として使用した西洋種の子宮のサイズがアグーと比べて大きかったことが影響したと考えられる。今回の分娩例では1例のみであり、今後例数を増やすとともに受胎率を上げる研究を行う必要がある。なお、本研究の成果は、Animal Science Journal 2022, e13685に掲載した。

## VI 引 用 文 献

- 1) 沖縄県アグーブランド豚推進協議会ホームページ(<https://okinawa-agu.com/>)
- 2) 當眞嗣平・親泊元治・翁長桃子・嘉数良子・野中克治(2015)近交係数増加が沖縄アグー豚の繁殖成績に及ぼす影響, 沖縄畜研セ研報, **53**, 25-28
- 3) Marchal, R., Feugang, J. M., Perreau, C., Venturi, E., Terqui, M., & Miemillod, P. (2001). Meiotic and developmental competence of prepubertal and adult swine oocytes. *Theriogenology*, **56**(1), 17-29. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(01\)00539-8](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(01)00539-8)
- 4) Misumi, K., Hirayama, Y., Suzuki, M., Nakai, M., Kaneko, H., Noguchi, L., & Kikuchi, K. (2014). Production of Middle White piglets after transfer of embryos produced in vitro. *Journal of Reproduction and Development*, **60**(3), 246-249. <https://doi.org/10.1262/jrd.2013-088>
- 5) Kikuchi, K., Onishi, A., Kashiwazaki, N., Iwamoto, M., Noguchi, J., Kaneko, H., Akita, T., & Nagai, T. (2002). Successful piglet production after transfer of blastocysts produced by a modified in vitro system. *Biology of Reproduction*, **66**(4), 1033-1041. <https://doi.org/10.1095/biolreprod66.4.1033>
- 6) Linh, N. V., Somfai, T., Nguyen, T. H., Nhung, N. -r., Hong, N. -r., Dat, N. -r., Thinh, N. H., van, N. K., Quyen, D. V., Chu, H. H., son, N. & Kikuchi, K. (2018). Optimization of the in vitro fertilization protocol for frozen epididymal sperm with low fertilization ability in Ban-A native Vietnamese pigs. *Animal Science Journal*, **89**(8), 1079-1084. <https://doi.org/10.1111/asj.13045>



# 沖縄アグー豚精液からのウイルス除去法の検討

伊佐常暢 普照恭多 平良祥 審晶 片桐慶人

## I 要 約

沖縄アグー豚(以下、アグーという)精液からのウイルス除去を目的に、中空糸膜透過処理およびパーコール遠心分離処理がアグー精液活力に及ぼす影響について検討した。またそれぞれの方法で処理した精液を PCR 検査し、ウイルス除去が可能かどうか検討したところ以下のとおりであった。

1. 豚液状精液を中空糸膜透過処理後、精液活力を検査した結果 80.3%であり、処理前より活力が 12.1 ポイント低下した。
2. 豚液状精液をパーコール遠心分離処理後、精液活力を検査した結果 60.3%であり、処理前より活力が 32.1 ポイント低下した。
3. PRRS ウイルスを添加した豚液状精液をそれぞれ中空糸膜透過処理、パーコール遠心分離処理を行い、PCR 検査を実施した結果、どちらも陽性反応を示しウイルス除去効果を確認することはできなかった。

## II 緒 言

アグーは、沖縄県内でのみ飼養されている貴重な豚であり、ブランド化を推進している<sup>1)</sup>。しかし、過去に著しく数を減らし復元の過程でも小集団で維持されてきたことから、遺伝的多様性が少なく<sup>2)</sup>特定家畜伝染病の侵入による防疫措置などで絶滅する危険性がある。このため遺伝的多様性を維持していくためにも農家間での遺伝子交流が求められているが、PRRS ウイルスの伝搬が懸念されることもあり、実施されていないのが現状である。

そのため、アグー豚液状精液から PRRS ウイルスを除去する技術の確立が必要である。現状西洋種においてはパーコールを用いたウイルス除去に関する検討報告はあるが<sup>3)</sup>、アグーにおいては報告されていない。また血液中の HIV ウイルス除去法として、中空糸膜による方法も検討されている<sup>4)</sup>。そこで本研究ではアグー豚精液からのウイルス除去を目的に、中空糸膜透過処理およびパーコール遠心分離処理が精液活力に及ぼす影響について検討した。またそれぞれの除去方法で処理した精液を PCR 検査し、ウイルス除去が可能かどうか検討したので報告する。

## III 材料および方法

### 1. 試験方法

#### 1) 供試精液

供試精液は畜産研究センターにて飼養しているアグー雄から採取した精液を、38°Cで加温した精液希釈液(HIRO SWINE B液)で2倍希釈し、精子運動率を精子運動解析装置(SMAS;Sperm Motility Analysis System, DITECT, 東京)で解析後、試験に供試した。

#### 2) 中空糸膜透過処理

中空糸膜透過処理の概要を図1に示した。希釈した精液を中空糸膜モジュール(SPECTRUM, 直径 0.7mm, 細孔径 0.65 $\mu$ m, 有効長 41.5cm, 表面積 30cm<sup>2</sup>)を用いて透過処理し、精子運動率を調査した。アグー精液を左のシリンジに入れ、プランジャーを押し下げて右シリンジに精液を押し出す。1番右のシリンジに精子が濃縮され、透過成分は右から2番目のシリンジに集まる。処理作業は1回のみ実施した。

#### 3) パーコール遠心分離処理

パーコール遠心分離処理の概要を図2に示した。パーコール液(GE Healthcare Percoll<sup>™</sup> PLUS)と精液希釈液を1:1の割合で希釈して50%パーコール液を作製した。その後15mlのプラスチック遠沈管に50%パーコール液を5ml入れ、その上に希釈した豚液状精液5mlをパーコール液と混ざらないように積

層する。その後 800 g で 30 分間遠心し、最下層に沈殿した精子の運動率を調査した。

#### 4) PCR 検査

PRRS ウイルスを添加した精液中中空糸膜透過処理およびパーコール遠心分離処理を行った精液を、それぞれ PCR 検査した。また、検査手法は Kono ら<sup>5)</sup>の方法を用いて行った。RT-PCR のプライマーは PRRSV21 5' -GTACATTCTGGCCCTGCC-3' と PRRSV26 5' -GCCCTAATTGAATAGGTGAC-3' で使用キットは QIAGEN One Step RT-PCR Kit (QIAGEN. Cat. 210210, 210212, 210215) RNaseOUT recombinant (RNase inhibitor) (Invitrogen. Cat. 10777-019) を用いた。RT 反応を 50°C 30 分, 95°C 15 分で行い、続いて 1 サイクル 94°C 30 秒, 56°C 30 秒, 72°C 40 秒として、35 サイクルした後 72°C で 7 分の条件で PCR 反応を行った。Nested PCR のプライマーは北米型 No. 22/Forward TCGTTCGCGTCCCGCTCC と No. 24/Reverse TTGACGACAGACACAATTGC で使用キットは Go Taq green master mix を用いた。PCR 反応を 95°C 5 分, 続いて 1 サイクル 94°C 30 秒, 60°C 30 秒, 72°C 30 秒として、25 サイクルした後 72°C で 7 分の条件で PCR 反応を行った。

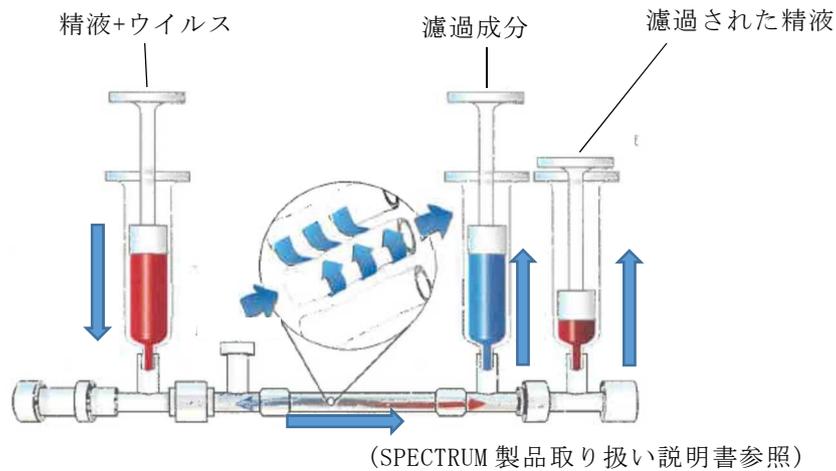


図 1 中空糸膜透過処理の概要

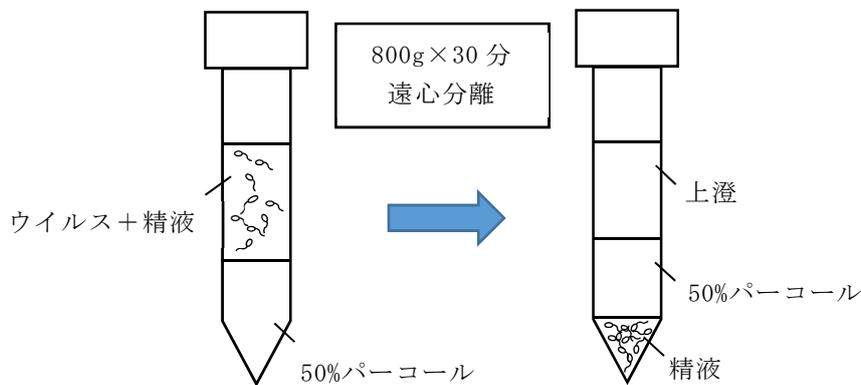


図 2 パーコール遠心分離処理の概要

## IV 結果および考察

処理前後の精子運動率を表 1 に示した。精子運動率は、処理前の 92.4% と比べて中空糸膜処理後では平均 80.3% まで低下した。これは中空糸膜処理時に圧力がかかり、精子にダメージを与えられたことが原因と推察された。パーコール処理後の精子運動率は処理前の 92.4% と比べて平均 60.3% まで低下した。

**表1 精子運動率**

処理前	中空糸膜処理	パーコール処理
92.4%	80.3%	60.3%

PCR 検査の結果を表 2 に示した。中空糸膜処理, パーコール処理どちらも陽性反応を示した。本試験では中空糸膜透過処理, パーコール遠心分離処理ともに PRRS フリーにはできなかった。鈴木ら<sup>3)</sup>は西洋種におけるパーコール処理では, PRRS ウイルスフリーにはできなかったとしており, 本試験でも同様な結果となった。

**表2 PCR検査結果**

精液	精液+ウイルス	中空糸膜処理	パーコール処理
-	+	+	+

注) -:陰性, +:陽性

アグーの遺伝的交流を推進するには, 確実に PRRS ウイルスフリーの遺伝子源を保存する技術・手法の確立が必要となる。しかし, 精液の活力を維持しつつ, 確実にウイルスフリーとする技術の確立はハードルが高い事が考えられる。断続的な隔離検査などによる生体での導入体制の検討が今後必要である。

## VI 引用文献

- 1) 沖縄県アグーブランド豚推進協議会ホームページ(<https://okinawa-agu.com/>)
- 2) 當眞嗣平・親泊元治・翁長桃子・嘉数良子・野中克治(2015)近交係数増加が沖縄アグー豚の繁殖成績に及ぼす影響, 沖縄畜研セ研報, **53**, 25-28
- 3) 鈴木千恵 (2012) ブタの精液と疾病伝搬について, 日本 SPF 豚研究会 **41**, 30-36
- 4) 横木正信 (1999) セルロース中空糸膜におけるウイルス分離, 繊維学会誌, **55**(10), 338-342
- 5) Yoji KONO, Toru KANNO, Misugu SHIMIZU, Shunji YAMADA, Seiichi OHASHI, Machiko NAKAMINE, Junsuke SHIRAI, (1996) Nested PCR for Detection and Typing of Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome (PRRS) Virus in pigs, *The journal of veterinary medical science*, **58**, issue 10, 941-946.



# 豚の抗病性に着目した選抜指標の検討

普照恭多 當眞嗣平\* 片桐慶人 上西博英\*\*

## I 要 約

沖縄県家畜改良センター（以下改良センター）におけるランドレース種集団 92 頭を用いて、分子機能に影響を与え、豚の抗病性改良の DNA マーカーとして有用性が高いことが想定される TLR5 (1205C/T), NLRP3 (2906A/G), NOD1 (1922G/A あるいは 2752G/A), NOD2 (2197A/C) の抗病性遺伝子の遺伝型の分布を検証した。TLR5 の機能低下型 (1205T) の頻度は 11.4%と、一般的な集団での頻度を大幅に下回った。NOD1 及び NLRP3 では、一般的な集団と同様に多様性が見られた。NOD2 では、他の一般的な集団ではほとんど見られない機能亢進型が観察された。また、生産形質と抗病性遺伝子の相関について、生産形質に負の影響を与えることがないことも明らかとなった。以上から、改良センターにおけるランドレース種集団の抗病性遺伝子の遺伝子型分布の特徴が解明され、種豚選抜の際に抗病性改良 DNA マーカーの活用が可能であることが示唆された。

## II 緒 言

養豚業において感染症は生産性を損なう主要な原因であり、その対策は急務である。抗菌剤の使用が制限されている現在の状況下においては、豚自体の遺伝的抗病性を向上させることが重要である。これまでに、感染最初期にマクロファージ等の自然免疫細胞に発現しているパターン認識受容体と呼ばれる分子が病原体を認識し、抗体等の獲得免疫系も含めた宿主の免疫系を活性化し病原体の排除を促進することが明らかになっている<sup>1)</sup>。また、豚のパターン認識受容体遺伝子で数多くの多型が存在し、またその多くが受容体分子の病原体認識等の分子機能に関与する部分に集中しており、それらの多型の中のいくつかは実際に病原体の認識等の分子機能に影響を与えている<sup>2, 3)</sup>。さらには、パターン認識受容体の一つであり細菌の鞭毛タンパク質の認識に関連性を有するものや、ワクチン接種後の特異的抗体価と関連性を有するものが商用豚品種中に広く高頻度で存在することも明らかとなっている<sup>4, 5)</sup>。そこで、パターン認識受容体遺伝子のうち、抗病性改良 DNA マーカー候補としての有用性が高いことが想定される TLR5 (1205C/T), NLRP3 (2906A/G), NOD1 (1922G/A あるいは 2752G/A), NOD2 (2197A/C) の多型について遺伝型決定の検討、生産形質および抗病性改良 DNA マーカーとの関連性についての検証を行った。

## III 材料および方法

### 1. 期間、場所および供試豚

調査は 2018 年 7 月から 2021 年 12 月にかけて行い、改良センター産のランドレース種 92 頭を供試豚とした。

### 2. 調査項目および方法

#### 1) 遺伝型決定

DNA 抽出は、供試豚の組織片をプロテイナーゼ K (10mg/ml:和光純薬工業株式会社製) が含まれた抽出バッファー (1.2%SDS, 12.0mM EDTA, 100mM Tris-HCl[pH8.5], 0.5%NP-40) で溶解後、フェノールクロロホルム法にて精製し、イソプロパノール沈殿法で行った。遺伝型決定は、豚の抗病性改良 DNA マーカー候補としての有用性が高いことが想定される TLR5 (1205C/T), NLRP3 (2906A/G), NOD1 (1922G/A あるいは 2752G/A), NOD2 (2197A/C) の多型について行った。遺伝型決定は農研機構へ委託した。

\* 現沖縄県宮古農林水産振興センター家畜保健衛生課

\*\* 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構

## 2) 生産形質

生産形質はデータ提供のあった16頭について、一日平均増体量（DG）および飼料要求率を調査した。

## 3. 統計処理

T検定を行った。

## IV 結果および考察

表1にパターン認識受容体の機能<sup>1)</sup>を、表2に豚の主要品種における抗病性改良DNAマーカー候補の遺伝型分布<sup>3)</sup>を、表3に供試豚の抗病性改良DNAマーカー候補の遺伝型分布を示した。TLR5-1205の機能低下型（1205T）の頻度は10.9%であり、県外の集団での頻度を大幅に下回るものであった。TLR5の機能低下型については、サルモネラ菌の実験感染により下痢スコアの悪化あるいは排菌量の増加が見られるなど抗病性の観点で不利な遺伝型であることが明らかとなっているが<sup>4)</sup>、供試したランドレース集団は、何らかの選択圧が働き、下痢に対する抵抗性の低いタイプが排除されている可能性が考えられた。本SNPは例えヘテロ型であっても下痢に対する抵抗性の面でやや不利であると想定されており、肉豚が交雑豚として生産されることを考慮しても、TLR5-1205Tを集団中から排除する、ないし低頻度に維持しておくことは有意義であると考えられる。NLRP3-2906及びNOD1-2752については、他のランドレース種集団と同様に多様性が見られた。NOD1-1922については通常型（機能亢進型）のみが観察され、機能低下型は存在しなかった。NOD2-2197の機能低下型（2197A）の頻度は79.9%であった。すなわち、機能亢進型が20.1%存在しており、県外集団<sup>3, 6)</sup>より高頻度で観察された。

**表1 パターン認識受容体とその機能**

分子	機能
TLR5	フラジェリン(鞭毛タンパク質)を認識
NLRP3	様々な細胞・ミトコンドリアストレスに応答
NOD1	ペプチドグリカンの一部(iE-DAP)を認識
NOD2	ペプチドグリカンの一部(ムラミルジペプチド)を認識

**表2 豚主要品種における抗病性改良DNAマーカー候補の遺伝型分布**

抗病性マーカー候補	品種毎の機能低下型の頻度 (%)			
	L	W	D	B
TLR5-1205	50.0	0	0	0
NLRP3-2906	83.3	93.8	100.0	75.0
NOD1-1922	0.0	0	34.4	0
NOD1-2752	27.7	61.5	40.6	69.8
NOD2-2197	100.0	83.3	53.1	90.6

表 3 L種豚集団における抗病性改良DNAマーカー候補の遺伝型分布 (n=92)

抗病性マーカー候補	機能亢進型	機能低下型	機能亢進型ホモ	ヘテロ	機能低下型ホモ	沖縄県における機能低下型の頻度 (%) *	県外における機能低下型の頻度 (%) **
TLR5-1205	C	T	73	18	1	10.9	50.0
NLRP3-2906	G	A	9	38	45	69.6	83.3
NOD1-1922	G	A	92	0	0	0.0	0.0
NOD1-2752	G	A	58	30	4	20.7	27.7
NOD2-2197	C	A	3	31	58	79.9	100.0

\* [(ヘテロ÷2)+機能低下型] / 92 × 100%

\*\* 表2より抜粋

表 4 から 7 に各抗病性改良 DNA マーカーと生産形質との関連性を示した。表 4 の TLR5-1205 における生産形質について、機能亢進型 (CC) とヘテロ (CT) の間に有意な差はみられなかった。表 5 の NLRP3-2906 と生産形質について、機能亢進型 (2906G) を有する個体 (AG) が機能低下型ホモ接合体個体 (AA) と比較して飼料要求率が改善する傾向が見られた (P<0.1)。表 6 の NOD1-2752 と生産形質について、機能亢進型 (GG) とヘテロ (AG) の間に有意な差はみられなかった。表 7 の NOD2-2197 と生産形質について、機能低下型 (AA) とヘテロ (AC) の間に有意な差はみられなかった。なお、NOD1-1922 は全ての個体で機能亢進型 (GG) であったため、生産形質との比較検討は行わなかった。

表 4 TLR5-1205と生産形質との関連性

項目	遺伝型		有意差
	機能亢進型 (CC) n=12	ヘテロ (CT) n=4	
日増体量 (g)	1020.3 ± 68.7	1099.1 ± 103.7	ns
飼料要求率	3.01 ± 0.15	2.91 ± 0.11	ns

表 5 NLRP3-2906と生産形質との関連性

項目	遺伝型		有意差
	機能低下型 (AA) n=11	ヘテロ (AG) n=5	
日増体量 (g)	1035.5 ± 27.7	1072.5 ± 38.0	ns
飼料要求率	3.09 ± 0.08	2.88 ± 0.14	P<0.1

表 6 NOD1-2752と生産形質との関連性

項目	遺伝型		有意差
	機能亢進型 (GG) n=9	ヘテロ (AG) n=6	
日増体量 (g)	1061.2 ± 68.7	1050.8 ± 25.9	ns
飼料要求率	3.03 ± 0.14	2.95 ± 0.16	ns

表7 NOD2-2197と生産形質との関連性

項目	遺伝型およびn数		有意差
	機能低下型 (AA)	ヘテロ (AC)	
	n=5	n=10	
日増体量 (g)	1037.1±49.4	1083.7±51.7	ns
飼料要求率	2.93±0.15	2.99±0.14	ns

以上のことから、沖縄県家畜改良センターにおけるランドレース種集団の抗病性改良 DNA マーカーについて遺伝子型分布の特徴が明らかとなった。また、ランドレース種集団において、TLR5-1205 の機能低下型の頻度が低く維持されている等、感染症抑止の点で好ましい状態となっていることが示唆された。さらに、生産形質と抗病性改良 DNA マーカーの相関については、検定頭数の関係上、明確な関連性は観察されなかったものの、NLRP3-2906 について、飼料要求率が改善する傾向にあった。抗病性改良 DNA マーカーと疾病に関連する生産形質について、豚サーコウイルス 2 型が浸潤した豚群での斃死や成長阻害防止効果<sup>7)</sup>や、豚胸膜性肺炎およびマイコプラズマ性肺炎抑制効果について報告されていることや<sup>7, 8)</sup>、抗病性改良 DNA マーカーによる選抜が生産形質に負の影響を与えないことも明らかとなってきた。これらのことから、本県においても抗病性改良 DNA マーカーを選抜指標として活用することが可能であるものと考えられた。

## V 引用文献

- 1) 上西博英 (2019) 豚の遺伝的な抗病性の改良に向けての取り組み, 家畜感染症学会誌, **8(2)**, 57-64
- 2) Hirohide Uenishi・Hiroki Shinkai・Takeya Morozumi・Yoshihiro Muneta (2012) Genomic survey of polymorphisms in pattern recognition receptors and their possible relationship to infections in pigs, *Vet Immunol Immunopathol*, **148(1-2)**, 69-73
- 3) 上西博英 (2017) 豚の抗病性育種に向けたゲノム情報の活用, 豚病会報, **70**, 11-18
- 4) Yoshihiro Muneta, Nobuo Arai, Yoko Yakabe, Masahiro Eguchi, Tomoyuki Shibahara, Akiko Sakuma, Hiroki Shinkai, Hirohide Uenishi, Kensuke Hirose, Masato Akiba (2018) In vivo effect of a TLR5 SNP (C1205T) on *Salmonella enterica* serovar Typhimurium infection in weaned, specific pathogen-free Landrace piglets, *Microbiol Immunol*, **62**, 380-387
- 5) Hiroki Shinkai, Kei Terada, Daisuke Toki, Masanori Tohno, Hirohide Uenishi, (2018) Q969R polymorphism in NLRP3 is associated with immune responses to vaccination against bacterial infections in pigs, *Japanese Society of Animal Science*, **89(8)**, 1043-1050
- 6) Kosuke Jozaki, Hiroki Shinkai, Maiko Tanaka-Matsuda, Takeya Morozumi, Toshimi Matsumoto, Daisuke Toki, Naohiko Okumura, Tomoko Eguchi-Ogawa, Chihiro Kojima-Shibata, Hiroshi Kadowaki, Eisaku Suzuki, Yasuhiko Wada, Hirohide Uenishi (2009) Influence of polymorphisms in porcine NOD2 on ligand recognition, *Molecular Immunology*, **47**, 247-252
- 7) Kasumi Suzuki, Hiroki Shinkai, Gou Yoshioka, Toshimi Matsumoto, Junji Tanaka, Noboru Hayashi, Haruki Kitazawa, Hirohide Uenishi (2021) NOD2 Genotypes Affect the Symptoms and Mortality in the Porcine Circovirus 2-Spreading Pig Population, *Genes (Basel)*, **12(9)**, 1424
- 8) Kasumi Suzuki, Hiroki Shinkai, Gou Yoshioka, Toshimi Matsumoto, Takato Takenouchi, Junji Tanaka, Masanori Shimizu, Haruki Kitazawa, Hirohide Uenishi (2022) Polymorphisms in Pattern Recognition Receptor Genes Are Associated with Respiratory Disease Severity in Pig Farms, *Animals (Basel)*, **12(22)**, 3163

# 沖縄県におけるエンバク極早生品種特性試験

## 「スナイパー」および「たちあかね」の品種特性

玉城侑樹 栗田夏子\* 平安山英登

### I 要 約

冬期の自給飼料増産を目的とし、エンバク極早生品種「スナイパー」および「たちあかね」について、本県奨励品種「ウルトラハヤテ韋駄天」を比較品種とし、品種特性試験を行った結果、以下のとおりであった。

1. 「スナイパー」は出穂が早く、播種から出穂までの日数は 54 日から 64 日であった。乾物収量は 346kg/10a～501kg/10a で「ウルトラハヤテ韋駄天」比 87.1%～103.9%であった。
2. 「スナイパー」は可消化養分総量(以下、TDN)が 60.4%～63.5%で「ウルトラハヤテ韋駄天」比 99.0%～106.6%であった。TDN 収量は 209kg/10a～318kg/10a で「ウルトラハヤテ韋駄天」比 88.8%～111.3%であった。
3. 「たちあかね」は生草収量が「ウルトラハヤテ韋駄天」比 94.9%～105.9%であったが、乾物率が低く、乾物収量は 293kg/10a～492kg/10a で「ウルトラハヤテ韋駄天」比 82.1%～87.8%であった。
4. 「たちあかね」は TDN が 58.9%～61.9%で「ウルトラハヤテ韋駄天」比 99.5%～103.0%であった。TDN 収量は 173kg/10a～305kg/10a で「ウルトラハヤテ韋駄天」比 85.2～87.7%であった。

以上の結果から、「スナイパー」は短期間での飼料確保が可能であり、「たちあかね」は生草収量が多いため、刈取りを遅らせて乾物率を増加させることで、高収量が期待できる品種であると示唆された。

### II 緒 言

本県では、亜熱帯の気象条件から暖地型牧草の利用が盛んであるが、冬期になると暖地型牧草の生産性が低下するため、冬期の粗飼料不足が課題となっている。イタリアンライグラスは沖縄の冬期において、品質が優れる冬作牧草<sup>1)</sup>であり、本県において主流となりつつある草種である。しかし、収穫は播種した翌年 2 月以降となることが多く、それまでには一時的な粗飼料不足が起こる<sup>2)</sup>。また近年、温暖化の影響で寒地型牧草の播種適期が遅れ、生育期間が限られてきている。エンバクの極早生品種は生育期間が約 2 ヶ月余りの短期栽培<sup>3)</sup>のため、病虫害の発生リスクも低く、冬期の一時期の粗飼料不足対策として利用できる。

そこで、本試験では冬期の自給飼料増産を目的とし、エンバク極早生品種の生育特性について試験を行ったので報告する。

本試験は、一般社団法人日本草地畜産種子協会の高能力飼料作物品種選定調査を受託し実施された。

### III 材料および方法

試験は、牧草およびえん麦系統適応性検定試験実施要領(暫定版)<sup>4)</sup>に準拠し、以下のとおり実施した。

#### 1. 試験期間

試験は 2020 年 10 月から 2023 年 1 月まで行った。2020 年度は 2020 年 10 月 19 日から 2021 年 1 月 13 日、2021 年度は 2021 年 10 月 19 日から 2022 年 1 月 4 日、2022 年度は 2022 年 10 月 19 日から 2023 年 1 月 4 日に行った。

#### 2. 試験地および供試圃場の土壌条件

試験地は沖縄本島北部の沖縄県畜産研究センター内の圃場で、土壌は国頭マージの細粒赤色土であった。

\*現沖縄県北部農林水産振興センター農林水産整備課

### 3. 供試品種

供試品種はエンバクの極早生品種である「スナイパー」、「たちあかね」および比較品種の「ウルトラハヤテ韋駄天」の3品種を供試した。

### 4. 試験区制および調査面積

試験区は1区6.0 m<sup>2</sup> (1.5m×4.0m)の区を、3反復、乱塊法にて設置し、1区あたり畝幅0.3m、長さ4.0mの畝を5列設置した。調査面積は、試験区6.0 m<sup>2</sup>のうち、左右端1列と前後0.5mを番外とし、0.3m幅×3列×3.0m=2.7 m<sup>2</sup>とした。

### 5. 播種量および播種法

播種量は8.0kg/10aで、条播とした。また、播種後は軽く覆土し、足で鎮圧した。

### 6. 施肥量および施肥法

試験に使用した肥料および施肥量を表1に示した。施肥は牧草専用1号(N20-P8-K12)、BMようりん(N0-P20-K0)および塩化カリ(N0-P0-K60)を用い、N、P、Kがそれぞれ10aあたり10kgとなるように調製、施用した。なお、基肥は堆肥無施用とした。

表1 施肥量

肥料名	成分 (N-P-K)	施肥量 (kg/a)	要素量 (kg/a)				方法
			N	P <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MgO	
牧草専用1号	20-8-12	5.0	1.0	0.4	0.6	0.05	全面散布
BMようりん	0-20-0	3.0		0.6		0.36	全面散布
塩化カリ	0-0-60	0.67			0.4		全面散布
基肥 合計		8.67	1.0	1.0	1.0	0.41	

### 7. 調査項目

調査項目は発芽良否、初期生育、病害虫程度、倒伏程度、草丈、出穂始期、生草収量、乾物率および乾物収量について調査した。なお、刈取調査は1番草のみとし、刈取調査したサンプルを70℃で48時間以上乾燥し、乾物率および乾物収量を算出した。

### 8. 飼料分析

飼料分析は燃焼法<sup>5)</sup>を用いた窒素分析装置デュマサーム(Gerhardt社製)で粗タンパク質含有率(以下、CP)を測定し、インキュベーター(ANKOM社製)を用いてペプシンセルラーゼ法<sup>6)</sup>にて乾物消化率(以下、IVDMD)を測定した。繊維成分はデタージェント分析法<sup>7)</sup>を用いた分析装置ファイバーサーム(Gerhardt社製)で酸性デタージェント繊維(以下、ADF)および中性デタージェント繊維(以下、NDF)を測定した。得られたADFから津留崎ら<sup>8)</sup>が示したTDN関係式(TDN=87.57-0.737×ADF)により可消化養分総量(以下、TDN)を推定した。また、TDNと乾物収量からTDN収量を算出した。

### 9. 気象概況

気象概況は試験期間における名護気象台の気温、降水量および日照時間を別表1および別表2に示した<sup>9)</sup>。

#### 1) 2020年度

平均気温は11月、12月上旬および下旬で平年より高かった。特に、11月中旬は平年より1.9℃高かった。

降水量は10月下旬、12月上旬、12月下旬および翌年1月上旬で平年より多かった。特に、10月下旬および12月上旬は降水量が多く、それぞれ138.5mmおよび177.0mmであった。

日照時間は10月下旬、11月中旬および11月下旬で平年より多く、12月は平年より少なかった。特に12月上旬が少なく、0.8hであった。

#### 2) 2021年度

平均気温は12月下旬および翌年1月上旬は平年より高く、10月下旬から12月中旬まで平年より低かった。

降水量は12月下旬以外の時期で平年より少なく、生育期間を通して平年より降水量が少ない年であった。

日照時間は11月下旬および12月下旬で平年より少なく、その他の時期は平年より多かった。

### 3) 2022年度

平均気温は10月下旬、11月中旬から12月上旬および翌年1月上旬で平年より高かった。特に11月中旬および下旬は平年より2.1℃高かった。

降水量は11月から12月で平年より多く、生育期間を通して平年より降水量が多い年であった。特に、11月下旬は降水量が多く120.0mmであった。

日照時間は11月上旬、11月下旬および12月で平年より少なかった。

### 10. 統計処理

統計処理はTukey法による多重比較検定を行った。

## IV 結果

### 1. 生育特性

#### 1) 生育調査

生育調査結果を表2に示した。

「スナイパー」は3年間ともに発芽良否が最も低かった。初期生育は6.7～8.3であった。草丈は87cm～112cmであった。「たちあかね」は発芽良否において良好で、初期生育は6.8～8.3であった。草丈は78cm～112cmであった。「ウルトラハヤテ韋駄天」は発芽良否において良好で、初期生育は7.8～8.8であった。草丈は96cm～115cmであった。全品種ともに病害虫は見られず、倒伏もほぼ見られなかった。

表2 生育調査結果

		発芽良否 <sup>1)</sup>	初期生育 <sup>1)</sup>	病害虫程度 <sup>2)</sup>	倒伏程度 <sup>2)</sup>	草丈 (cm)
2020年度	スナイパー	6.0	6.7	1.0	2.3	110 a
	たちあかね	9.0	8.3	1.0	2.3	103 b
	ウルトラハヤテ韋駄天	9.0	8.7	1.0	2.3	109 a
2021年度	スナイパー	6.5	7.0	1.0	1.0	112 ns
	たちあかね	7.0	6.8	1.0	1.0	112
	ウルトラハヤテ韋駄天	7.5	7.8	1.0	1.3	115
2022年度	スナイパー	8.8	8.3	1.0	1.0	87 b
	たちあかね	9.0	7.0	1.0	1.0	78 c
	ウルトラハヤテ韋駄天	9.0	8.8	1.0	1.3	96 a

注 1) 発芽良否, 初期生育 1～9(極不良～極良)の9段階評価

注 2) 病害虫程度, 倒伏程度 1～9(無～甚)の9段階評価

注 3) 同試験年度において異符号間で有意差あり(p<0.05, Tukey)

注 4) ns:有意差なし

#### 2) 出穂始期

調査時生育ステージおよび出穂始期を表3に示した。

「スナイパー」は3品種の中で出穂が最も早く、播種から出穂までの日数は54日から64日であった。「たちあかね」は2020年および2021年は年内出穂であったが、2022年は遅く、翌年の出穂となった。播種から出穂までの日数は65日から77日であった。「ウルトラハヤテ韋駄天」も「たちあかね」同様、2020年および2021年は年内出穂であったが、2022年は遅く、翌年の出穂となった。播種から出穂までの日数は62日から77日であった。

表3 調査時生育ステージおよび出穂始期

	年度	調査時生育ステージ	出穂始期 (年月日)	播種～出穂までの日数 (日)
スナイパー	2020	出穂期	12.12	54
	2021	乳熟期	12.13	55
	2022	出穂期	12.22	64
たちあかね	2020	出穂期	12.23	65
	2021	開花期	12.27	69
	2022	出穂始期	2023.1.4	77
ウルトラハヤテ韋駄天	2020	出穂始期	12.27	69
	2021	開花期	12.20	62
	2022	出穂期	2023.1.4	77

### 3. 収量特性

収量調査結果を表4に示した。

「スナイパー」は3年間ともに生草収量が最も低かったが、乾物率が最も高かった。そのため乾物収量は346kg/10a～501kg/10aで「ウルトラハヤテ韋駄天」比87.1%～103.9%であった。「たちあかね」は生草収量が「ウルトラハヤテ韋駄天」と同程度か、それより高く、「ウルトラハヤテ韋駄天」比94.9%～105.9%であった。いっぽう、乾物率が最も低かった。そのため乾物収量は最も低く、293kg/10a～492kg/10aで「ウルトラハヤテ韋駄天」比82.1%～87.8%であった。「ウルトラハヤテ韋駄天」は生草収量が2,370kg/10a～3,260kg/10aで、乾物率は「スナイパー」に次いで高かった。乾物収量は357kg/10a～575kg/10aであり、2020年度および2021年度で他品種より高かった。

3年間ともに乾物収量において品種間で有意差は認められなかった。

表4 収量調査結果

	生草収量 (kg/10a)	ウルトラハヤテ 韋駄天比(%)	乾物率 (%)	乾物収量 (kg/10a)	ウルトラハヤテ 韋駄天比(%)
2020年度	スナイパー	2,830 a	86.8	12.2 ns	346 ns
	たちあかね	3,250 b	99.7	10.4	338
	ウルトラハヤテ韋駄天	3,260 b	100	11.8	385
2021年度	スナイパー	2,730 b	85.3	18.3 a	501 ns
	たちあかね	3,390 a	105.9	14.6 b	492
	ウルトラハヤテ韋駄天	3,200 ab	100	18.0 a	575
2022年度	スナイパー	2,140 ns	90.3	17.9 b	371 ns
	たちあかね	2,250	94.9	13.0 a	293
	ウルトラハヤテ韋駄天	2,370	100	15.0 ab	357

注1) 同試験年度において異符号間で有意差あり(p<0.05, Tukey)

注2) ns:有意差なし

### 4. 飼料品質

飼料成分を表5に示した。

「スナイパー」はCPが14.1%～18.4%であった。ADFは32.6%～36.9%, NDFは57.8%～62.9%でIVDMDは67.0%～83.8%であった。TDNは60.4%～63.5%で「ウルトラハヤテ韋駄天」比99.0%～106.6%であった。「たちあかね」はCPが13.7%～19.4%であった。ADFは34.8%～38.9%, NDFは60.8%～63.8%でIVDMDは64.4%～86.8%であった。TDNは58.9%～61.9%で「ウルトラハヤテ韋駄天」比99.5%～103.0%であった。「ウルトラハヤテ韋駄天」はCPが12.4%～18.4%であった。ADFは34.4%～41.2%, NDFは61.8%～66.9%でIVDMDは61.7%～81.6%であった。TDNは57.2%～62.2%であった。

	CP	ADF	NDF	IVDMD	TDN	ウルトラハヤテ 韋駄天比 (%)	
2020 年度	スナイパー	17.5 ns	36.9 ns	62.9 ns	83.8 ns	60.4 ns	99.0
	たちあかね	19.4	35.9	60.7	86.8	61.1	100.2
	ウルトラハヤテ韋駄天	18.4	36.1	61.8	81.6	61.0	100
2021 年度	スナイパー	18.4 ns	32.6 ns	62.9 ns	68.0 b	63.5 ns	102.1
	たちあかね	13.7	34.8	60.8	72.5 a	61.9	99.5
	ウルトラハヤテ韋駄天	15.4	34.4	63.5	74.0 ab	62.2	100
2022 年度	スナイパー	14.1 ns	36.1 b	57.8 b	67.0 a	61.0 b	106.6
	たちあかね	13.7	38.9 a	63.8 a	64.4 ab	58.9 a	103.0
	ウルトラハヤテ韋駄天	12.4	41.2 a	66.9 a	61.7 b	57.2 a	100

注 1) 同試験年度において異符号間で有意差あり ( $p < 0.05$ , Tukey)

注 2) ns:有意差なし

## 5. TDN 収量

TDN 収量を表 6 に示した。

「スナイパー」は TDN 収量が 209kg/10a~318kg/10a で「ウルトラハヤテ韋駄天」比 88.8%~111.3%であった。「たちあかね」は TDN 収量が 173kg/10a~305kg/10a で「ウルトラハヤテ韋駄天」比 85.2~87.7%であった。「ウルトラハヤテ韋駄天」は TDN 収量が 204kg/10a~358kg/10a であった。

表 6 TDN 収量

		TDN 収量 (kg/10a)	ウルトラハヤテ 韋駄天比 (%)
2020 年度	スナイパー	209 ab	88.9
	たちあかね	206 b	87.7
	ウルトラハヤテ韋駄天	235 a	100
2021 年度	スナイパー	318 ns	88.8
	たちあかね	305	85.2
	ウルトラハヤテ韋駄天	358	100
2022 年度	スナイパー	227 ns	111.3
	たちあかね	173	84.8
	ウルトラハヤテ韋駄天	204	100

注 1) 同試験年度において異符号間で有意差あり ( $p < 0.05$ , Tukey)

注 2) ns:有意差なし

## V 考 察

「スナイパー」は出穂までの日数が約 2 ヶ月と早く、年内出穂および収穫が可能な品種であった。本試験では全品種を一斉刈取りとしたため、出穂が最も早い「スナイパー」の生育ステージは他品種より進行していたと考えられ、乾物率も最も高かった。しかし ADF および NDF の繊維成分は 2020 年度および 2021 年度では品種間で有意な差が認められず、2022 年度は他品種より有意に低い数値となり、出穂後の飼料品質の低下が緩やかな品種であることが示唆された。エンバクは出穂後の茎の硬化が遅い<sup>10)</sup>とされ、晩刈りに関して飼料成分としての問題がない<sup>11)</sup>ことが報告されている。「スナイパー」のように飼料品質が優れている品種においては出穂後すぐに刈取るのではなく、刈取りを少し遅らせることで乾物率を増やし、乾物収量の増加を目指すことも可能であると考えられる。「たちあかね」は生草収量が「ウルトラ

ハヤテ韋駄天」と同程度かそれより高かったものの、乾物率が低かったため乾物収量が最も少なくなった。本試験では、「たちあかね」の出穂が他品種より遅かったため刈取り時の出穂割合が少なく、また生育ステージも若くなり、乾物率が低くなったと考えられる。また、本試験において乾物率が全品種ともに最も高かったのは2021年度であり、他年度より乾物収量が100kg/10a~200kg/10a多かった。これは2021年度の生育ステージが開花期~乳熟期であり、他年度より生育が進行していたためだと考えられる。しかし、飼料品質は他年度より劣らずTDNに関しては他年度より優れた結果であり、エンバク極早生品種が高収量かつ高栄養価となる刈取り時期は開花期から乳熟期頃であると推察される。「たちあかね」は生草収量が多い品種であったため、乳熟期頃まで刈取りを遅らせて乾物率を確保することで「ウルトラハヤテ韋駄天」以上の高収量を期待できると考えられる。

## VI 引用文献

- 1) 幸喜香織・稲福政史・新田宗博(2011)牧草および飼料作物の系統適応性検定試験(29)イタリアンライグラス「山系34号」および「山系35号」の特性, 沖畜研報, **49**, 31-39
- 2) 知念司・荷川取秀樹(2019)極早生エンバク3品種の特性調査, 沖畜研報, **57**, 1-9
- 3) 小池袈裟市(1984)エンバクの品種と栽培の改善, 牧草と園芸, **32**(8), 15-20
- 4) 農林水産技術会議事務局, 牧草およびえん麦系統適応性検定試験実施要領(暫定版)
- 5) 独立行政法人農林水産消費安全技術センター(FAMIC), 飼料分析基準, 7-8,  
[http://www.famic.go.jp/ffis/feed/bunseki/bunsekikijun/01\\_01\(general\)-04\(inorganic\).pdf](http://www.famic.go.jp/ffis/feed/bunseki/bunsekikijun/01_01(general)-04(inorganic).pdf)
- 6) Goto I, Ninson DJ(1977)Prediction of the dry matter digestibility of tropical grasses using a pepsin-cellulase assay, *Animal Feed Science and Technology*, **2**, 247-253
- 7) 社団法人日本草地畜産種子協会, 三訂版粗飼料の品質評価ガイドブック, 自給飼料利用研究会編, 12-21
- 8) 津留崎正信・棟加登きみ子・阿部亮(1990)牧乾草と牧草サイレージに共通したTDN含量の推定, 日本草地学会誌, **36**(別), 139-140
- 9) 国土交通省気象庁, <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 10) 前田綾子・小野晃一・星一美・田澤倫子・片柳裕・千枝健一(2006)秋作エンバクの安定栽培技術の開発, 栃木県酪農試験場
- 11) 原田久富美・吉村義則・魚住順・石田元彦・佐々木寛幸・神山和則・須永義人・畠中哲哉(2002)晩秋から冬季におけるエンバク(*Avena sativa L.*)およびソルガム(*Sorghum bicolor Moench*)の生育と硝酸態窒素濃度の経時変化, *Grassland Science*, **48**(5), 433-439
- 12) 沖縄県農林水産部営農支援課(2019)自給粗飼料の安定生産と品質管理②寒地型牧草利用のすすめ

別表 1 試験期間中の平均気温と降水量

月 旬	気温 (°C)				降水量 (mm)			
	2020年度	2021年度	2022年度	平年値	2020年度	2021年度	2022年度	平年値
10 下	23.5	22.9	24.4	23.9	138.5	23.0	16.0	58.4
11 上	23.7	22.0	23.0	23.0	10.0	37.0	63.0	40.0
中	23.7	20.5	23.9	21.8	4.0	10.5	59.5	37.2
下	21.5	20.3	22.9	20.8	23.5	38.5	120.0	42.1
12 上	20.0	18.5	20.2	19.4	177.0	1.5	77.0	38.0
中	17.6	18.1	17.6	18.2	34.0	8.0	46.0	36.0
下	17.8	17.3	16.2	17.2	54.0	60.0	45.5	35.7
1 上	14.6	17.6	17.0	16.8	47.5	15.0	5.0	26.3
中	15.3	—	—	16.6	13.0	—	—	37.8

別表 2 試験期間中の日照時間

月 旬	日照時間 (h)			
	2020年度	2021年度	2022年度	平年値
10 下	61.1	65.2	63.7	55.7
11 上	43.1	43.8	26.2	47.7
中	50.3	46.0	39.8	37.6
下	43.2	28.8	33.6	39.3
12 上	0.8	48.0	22.5	37.3
中	13.9	54.7	26.1	33.0
下	31.3	21.7	20.5	37.7
1 上	16.9	34.2	51.3	32.1
中	31.4	—	—	30.1



# エンバク極早生品種の最適播種時期の検討

玉城侑樹 平安山英登

## I 要 約

沖縄県における安定した冬季の粗飼料確保を目的とし、エンバク極早生品種「ウルトラハヤテ韋駄天」、  
「九州 14 号」および「アーリーキング」を用いて、異なる播種時期（10 月上旬、10 月下旬、11 月上旬、  
11 月下旬、12 月上旬、12 月下旬）における生育調査を行った結果、以下のとおりであった。

1. 播種から出穂までの日数は、全品種ともに 10 月上旬播種で最も短く、12 月上旬播種で最も長かった。
2. 生草収量は播種時期が遅くなるにつれて増加傾向にあり、10 月上旬播種で有意に低く、11 月下旬播種で最も高収量であった。
3. 粗タンパク質含有率（以下、CP）および可消化養分総量（以下、TDN）は播種時期が遅くなるにつれて低下する傾向であった。
4. TDN 収量は「ウルトラハヤテ韋駄天」および「九州 14 号」において 11 月下旬播種が最も高かった。「アーリーキング」は 12 月下旬播種で最も高かったが、10 月下旬播種以降、同程度であった。

以上のことより、本試験において、本県でのエンバク極早生品種の最適播種時期は高収量かつ高栄養価となる 11 月下旬播種（平均気温 20℃）であると示唆された。

## II 緒 言

本県では、亜熱帯の気象条件から暖地型牧草の利用が盛んであるが、冬季になると暖地型牧草の生産性が低下するため、冬季の粗飼料不足が課題となっており、寒地型牧草の利用が検討されている<sup>1)</sup>。

寒地型牧草のエンバクは環境適応性および栽培適地が広く<sup>2)</sup>、イタリアンライグラスと並ぶ秋冬の代表的な飼料作物として人気がある<sup>3)</sup>。また、乾物で 10a 当たり 0.5~0.7t の収量があり<sup>4)</sup>、草姿が直立型で機械刈りに適するうえにイタリアンライグラスよりも 1 番草の収量がやや高い傾向にある<sup>5)</sup>ことから、冬季の粗飼料不足対策として期待できる草種である。

本県の栽培基準<sup>6)</sup>では、エンバクは 10 月下旬から 12 月下旬に播種することが示されている。いっぽう、沖縄気象台によると近年の温暖化の影響で本県における年平均気温は 100 年あたり約 1.7℃上昇し、季節別では秋および冬において 100 年あたり約 2℃上昇していると報告されている<sup>7)</sup>。このような温暖化に伴い、寒地型牧草の生育期間は短くなり、新しい病害虫の出現も報告されており<sup>8)</sup>、栽培基準どおりに播種をしても栽培が上手くいかないことが多くなると考えられる。エンバクの極早生品種は生育期間が約 2 ヶ月余りの短期栽培<sup>9)</sup>のため、病害虫の発生リスクも低く、昨今の温暖化への適応性が高い草種と考えられる。そこで、本試験では安定した冬季の粗飼料確保を目的にエンバク極早生品種の最適播種時期について調査したので報告する。

## III 材料および方法

試験は牧草およびえん麦系統適応性検定試験実施要領（暫定版）<sup>10)</sup>に準拠し、以下のとおり実施した。

### 1. 試験期間

試験は 2021 年 10 月から 2022 年 3 月に行った。播種時期は 10 月上旬、10 月下旬、11 月上旬、11 月下旬、12 月上旬、12 月下旬の 6 時期とした。各播種時期の播種日および刈取調査日を表 1 に示した。

表1 各播種時期の播種日および刈取調査日

	播種時期	播種日	刈取調査日
10月	上旬	10/4	12/8
	下旬	10/19	2022/1/4
11月	上旬	11/1	2022/2/1
	下旬	11/24	2022/2/28
12月	上旬	12/6	2022/3/9
	下旬	12/20	2022/3/14

## 2. 試験地および供試圃場の土壌条件

試験地は沖縄本島北部の沖縄県畜産研究センター内の圃場で、土壌は国頭マージの細粒赤色土であった。

## 3. 供試品種

供試品種はエンバクの県奨励極早生品種である「ウルトラハヤテ韋駄天」、「九州14号」および「アーリーキング」の3品種を供試した。

## 4. 試験区制および調査面積

試験区は1区6.0 m<sup>2</sup> (1.5m×4.0m)の区を、3反復、乱塊法にて設置し、1区あたり畝幅0.3m、長さ4.0mの畝を5列設置した。調査面積は、試験区6.0 m<sup>2</sup>のうち、左右端1列と前後0.5mを番外とし、0.3m幅×3列×3.0m=2.7 m<sup>2</sup>とした。

## 5. 播種量および播種法

播種量は8.0kg/10aで、条播とした。また、播種後は軽く覆土し、足踏みで鎮圧した。

## 6. 施肥量および施肥法

試験に使用した肥料および施用量を表2に示した。施肥は牧草専用1号(N20-P8-K12)、BMようりん(N0-P20-K0)および塩化カリ(N0-P0-K60)を用い、N, P, Kがそれぞれ10aあたり10kgとなるように調製、施用した。なお、基肥は堆肥無施用とした。

表2 施用量

肥料名	成分 (N-P-K)	施用量 (kg/a)	要素量 (kg/a)				方法
			N	P <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MgO	
牧草専用1号	20-8-12	5.0	1.0	0.4	0.6	0.05	全面散布
BMようりん	0-20-0	3.0		0.6		0.36	全面散布
塩化カリ	0-0-60	0.67			0.4		全面散布
基肥 合計		8.67	1.0	1.0	1.0	0.41	

## 7. 調査項目

調査項目は出穂始期および調査時の生育ステージ、冠さび病害程度、生草収量、乾物率、乾物収量について調査した。なお、刈取調査は1番草のみとし、刈取調査したサンプルを70℃で48時間以上乾燥し、乾物率および乾物収量を算出した。

## 8. 飼料分析

飼料分析は燃焼法<sup>1)</sup>を用いた窒素分析装置デュマサーム(Gerhardt社製)で粗タンパク質含有率(CP)を測定した。デタージェント分析法<sup>2)</sup>を用いた分析装置ファイバーサーム(Gerhardt社製)で酸性デタージェント繊維(ADF)を測定し、津留崎ら<sup>3)</sup>が示したTDN関係式(TDN=87.57-0.737×ADF)により可消化養分総量(TDN)を推定した。また、TDNと乾物収量からTDN収量を算出した。

## 9. 気象概況

気象概況は試験期間における名護気象台の気温、降水量および日照時間を別図1および別図2に示した<sup>4)</sup>。

## 1) 気温

気温は10月上旬、1月下旬および3月中旬で平年より約2℃高く、1月中旬および2月下旬で平年より約2℃低かった。その他は平年並みであった。

## 2) 降水量

降水量は12月上旬が少なく、1月下旬が多かった。

## 3) 日照時間

日照時間は10月上旬から2月下旬まで減少傾向で3月上旬から増加した。

## 10. 統計処理

統計処理はTukey法による多重比較検定を行った。

## IV 結果

## 1. 出穂始期および生育ステージ

播種時期ごとの出穂始期および刈取調査時の生育ステージを表3に示した。

播種から出穂までの日数は、全品種ともに10月上旬播種が最も短く、46日から56日であった。また、全品種ともに12月上旬播種が最も長く、84日から91日であった。

表3 播種時期ごとの出穂始期および生育ステージ

時期	品種	播種日	出穂始期	播種～出穂までの日数	収量調査日	生育ステージ
10月上旬	ウルトラハヤテ韋駄天		11/29	56		乳熟期
	九州14号	10/4	11/19	46	12/8	乳熟期
	アーリーキング		11/29	56		出穂期
10月下旬	ウルトラハヤテ韋駄天		12/20	62		開花期
	九州14号	10/19	12/7	49	1/4	乳熟期
	アーリーキング		12/17	59		開花期
11月上旬	ウルトラハヤテ韋駄天		1/25	83		出穂期
	九州14号	11/1	1/4	64	2/1	乳熟期
	アーリーキング		1/11	71		乳熟期
11月下旬	ウルトラハヤテ韋駄天		2/18	86		開花期
	九州14号	11/24	2/4	72	2/28	乳熟～糊熟期
	アーリーキング		2/15	83		乳熟期
12月上旬	ウルトラハヤテ韋駄天		3/7	91		出穂期
	九州14号	12/6	2/28	84	3/9	乳熟期
	アーリーキング		3/3	87		出穂～開花期
12月下旬	ウルトラハヤテ韋駄天		3/8	78		開花～乳熟期
	九州14号	12/20	3/3	73	3/14	乳熟期
	アーリーキング		3/11	81		開花～乳熟期

## 2. 冠さび病害程度

播種時期ごとの冠さび病害程度を表4に示した。

冠さび病は「ウルトラハヤテ韋駄天」および「九州14号」で、11月下旬播種以降わずかに見られた。

表4 冠さび病害程度

	10月上旬	10月下旬	11月上旬	11月下旬	12月上旬	12月下旬
ウルトラハヤテ韋駄天	1.0	1.0	1.0	1.3	2.0	2.0
九州14号	1.0	1.0	1.0	1.3	1.0	1.7
アーリーキング	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

注) 1~9(無~甚)の9段階評価

## 3. 収量特性

### 1) 生草収量

播種時期ごとの生草収量を図1に示した。

生草収量は10月上旬播種から11月下旬播種まで増加傾向であり、全品種ともに11月下旬播種で最も高く、10月上旬播種で最も低かった。また、10月下旬播種以降の各播種時期間で有意差は認められなかった。

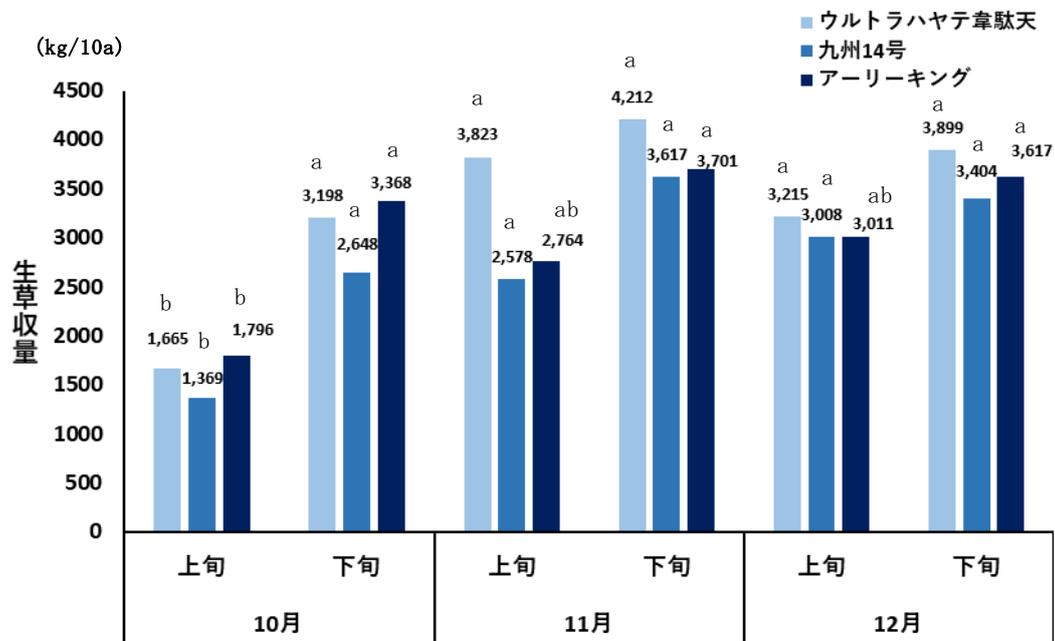


図1 播種時期ごとの生草収量

注) 各品種において異符号間で有意差あり ( $p < 0.05$ , Tukey)

### 2) 乾物率

播種時期ごとの乾物率を図2に示した。

乾物率は全品種において12月上旬播種で最も高かった。また、「九州14号」および「アーリーキング」で11月下旬播種、「ウルトラハヤテ韋駄天」は10月上旬播種で最も低かった。各播種時期間で有意差は認められなかった。

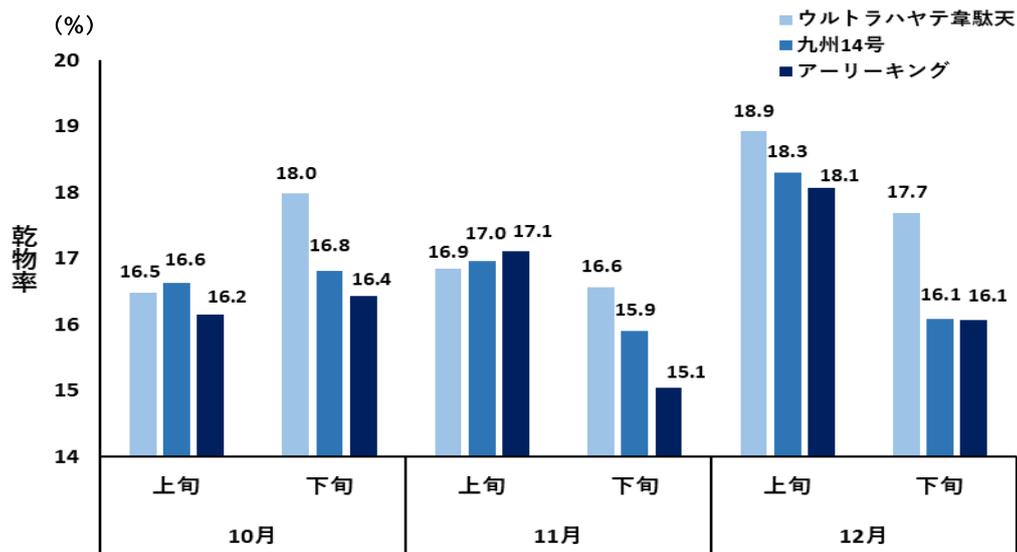


図2 播種時期ごとの乾物率

### 3) 乾物収量

播種時期ごとの乾物収量を図3に示した。

乾物収量は「ウルトラハヤテ韋駄天」および「九州14号」において11月下旬播種、「アーリーキング」は12月下旬播種で最も高く、全品種ともに10月上旬播種で最も低かった。また、10月下旬播種以降の各播種時期間で有意差は認められなかった。

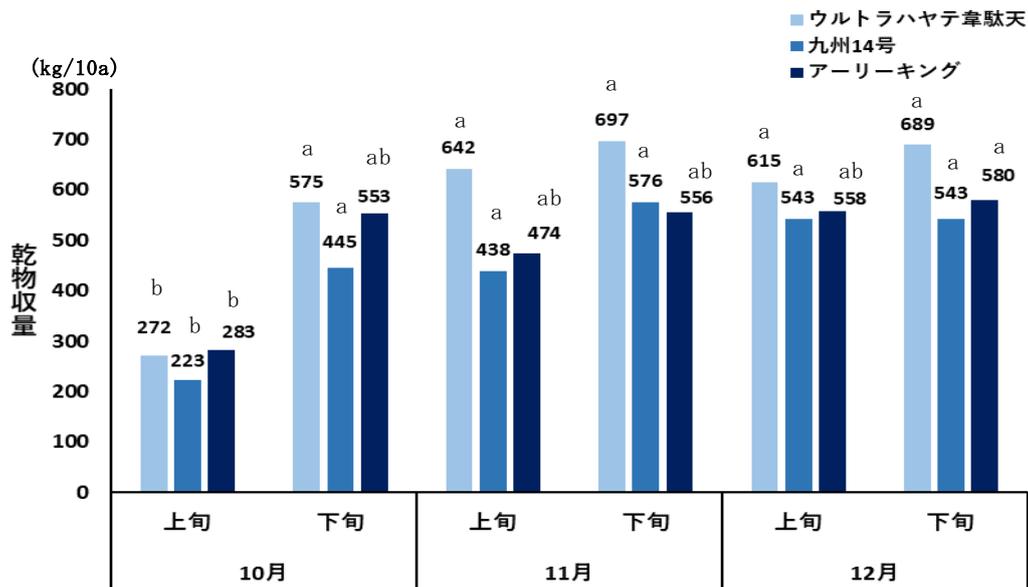


図3 播種時期ごとの乾物収量

注) 各品種において異符号間で有意差あり (p<0.05, Tukey)

### 3. 飼料品質

#### 1) CP

播種時期ごとのCPを図4に示した。

CPは全品種ともに播種時期が遅くなるにつれて、低下する傾向にあった。特に12月上旬播種以降、CPが著しく低下した。

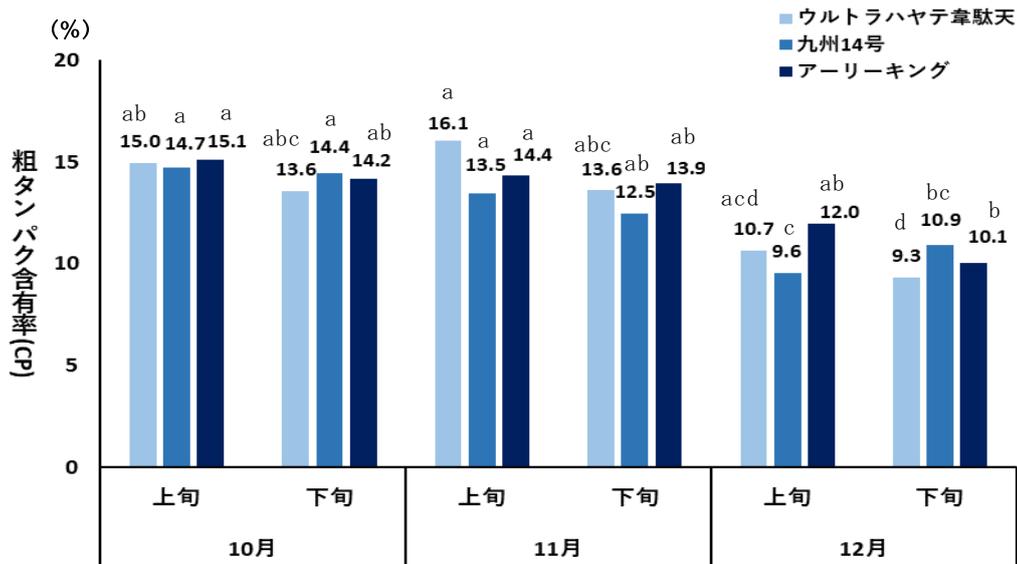


図4 播種時期ごとのCP

注) 各品種において異符号間で有意差あり ( $p < 0.05$ , Tukey)

## 2) TDN

播種時期ごとのTDNおよびTDN収量を図5および図6に示した。

TDNは「ウルトラハヤテ韋駄天」および「九州14号」において10月下旬播種、「アーリーキング」は11月上旬播種で最も高かった。また、TDNは播種時期が遅くなるにつれて低下する傾向であり、11月下旬播種以降著しく低下した。

TDN収量は「ウルトラハヤテ韋駄天」および「九州14号」において11月下旬播種、「アーリーキング」において12月下旬播種で最も高く、全品種ともに10月上旬播種で最も低かった。また、10月下旬播種以降の各播種時期間で有意差は認められなかった。

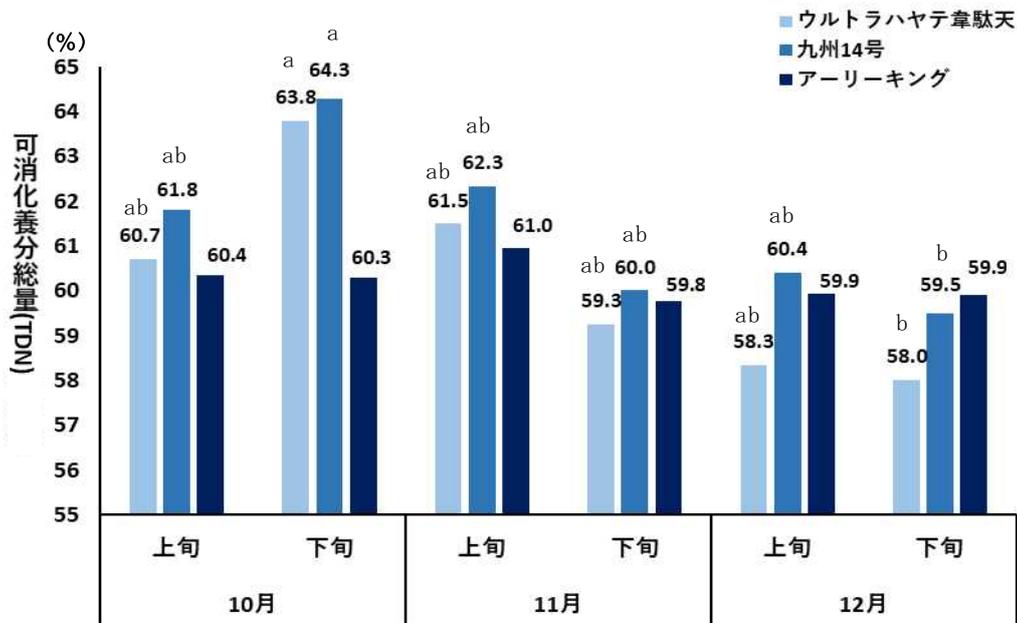


図5 播種時期ごとのTDN

注) 各品種において異符号間で有意差あり ( $p < 0.05$ , Tukey)

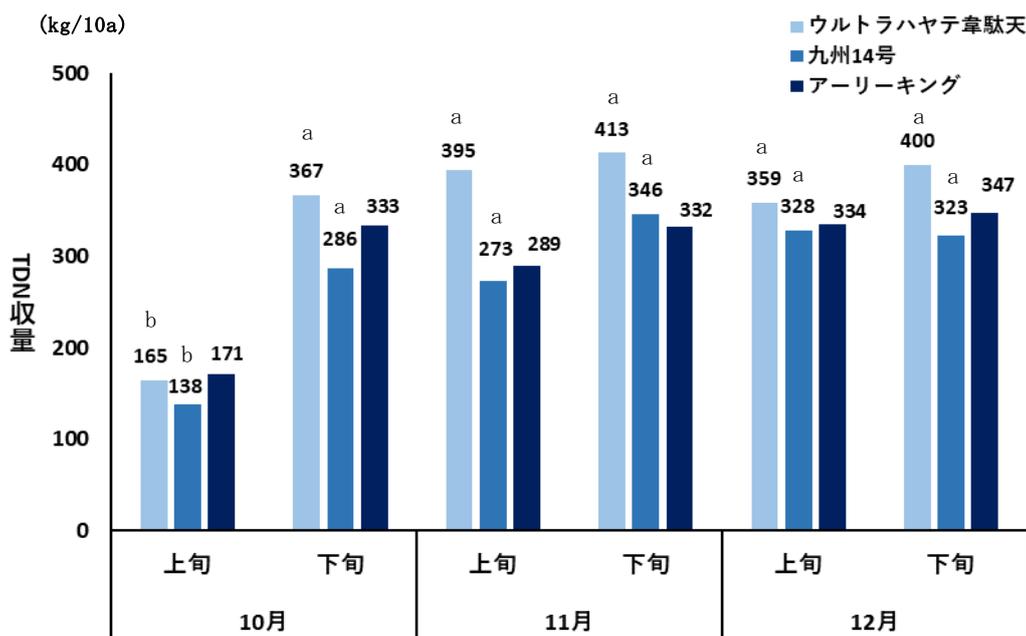


図6 播種時期ごとの TDN 収量

注) 各品種において異符号間で有意差あり ( $p < 0.05$ , Tukey)

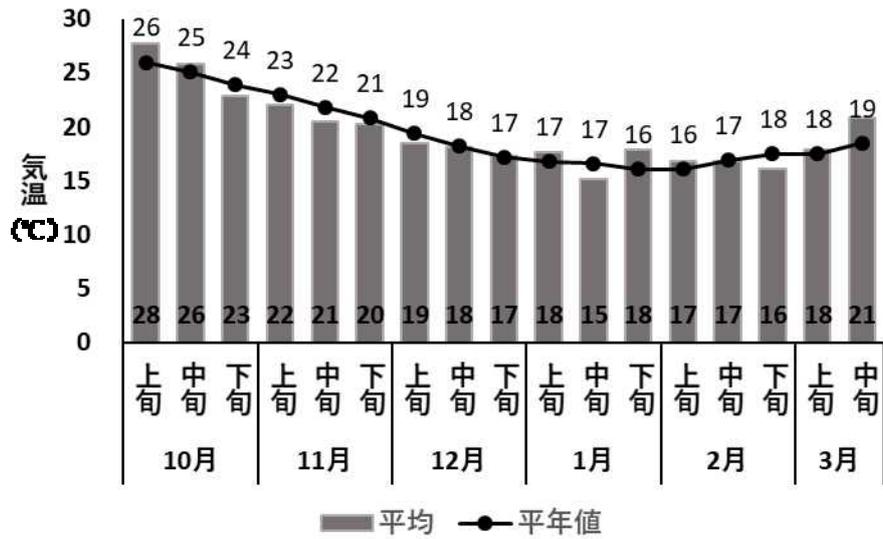
## V 考 察

寒地型牧草の生育適温は  $15^{\circ}\text{C} \sim 22^{\circ}\text{C}$ <sup>15)</sup>とされているが、残暑が残る時期に早播きをすると生育が旺盛となり生育ステージが早く進行する<sup>16)</sup>ことが知られている。つまり高温下で成長すると生育ステージの進行が早く、低温下になると生育が停滞し緩やかに生育ステージが進行する。本試験においても播種から出穂までの日数が10月上旬播種で最も早く、12月上旬播種で最も長くなる結果となった。いっぽう、生育ステージが早く進むことは、栄養成長期間が短縮することに繋がり、結果収量が低下する<sup>17)</sup>。10月上旬播種において、収量性が他播種時期より著しく劣った原因は、生育ステージの進行が早すぎたことによるものだと考えられる。本試験では、出穂までの日数が長い播種時期で多収の傾向にあり、生草収量は11月下旬播種で最も高かった。11月下旬播種は生育期間の気温が $15^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ と寒地型牧草の生育適温内であり、生育が緩やかに進行したことや、初期生育時の日照時間が他播種時期よりも多かったことにより良好な生育となり高収量となったと考えられる。また、飼料品質は早播きほど高品質であり、播種時期が遅くなるにつれてCPやTDNが低下する傾向であった。同じ寒地型牧草であるイタリアンライグラスでは、播種が早くなるほど草量は多くなり、逆に可消化養分総量(TDN)などの栄養価は低下する<sup>18)</sup>と報告されており、収量と栄養価は反比例の関係にあることが分かる。これは生育に伴い、細胞壁の構成成分が増え、繊維成分が増加し、反対に細胞内容物に含まれる栄養価は低下する<sup>19)</sup>ことによるものであり、多収であるほど栄養価は低くなる。本試験でも播種時期が遅くなるにつれて収量は増加し、栄養価は低下する傾向が見られた。そのため、収量と栄養価が最大となる時期を検討する必要がある。本試験では、CPは11月下旬播種以降、TDNは12月上旬播種以降で著しく低下したものの、TDN収量では「ウルトラハヤテ韋駄天」および「九州14号」において、11月下旬播種が最も優れており、高収量および高品質が期待できるのは11月下旬播種であることが示唆された。いっぽう、「アーリーキング」はTDN収量が12月下旬播種で最も高かったが、10月下旬播種以降、同程度であり、播種時期の影響を受けにくい品種であると考えられた。また、本県では春先に冠さび病が発生することがエンバクの栽培面積が拡大しない一因になっている<sup>19)</sup>。冠さび病の最適温度は $20^{\circ}\text{C}$ <sup>20)</sup>とされており、収穫が3月に突入する12月以降の播種では冠さび病リスクが高まることから留意する必要がある。

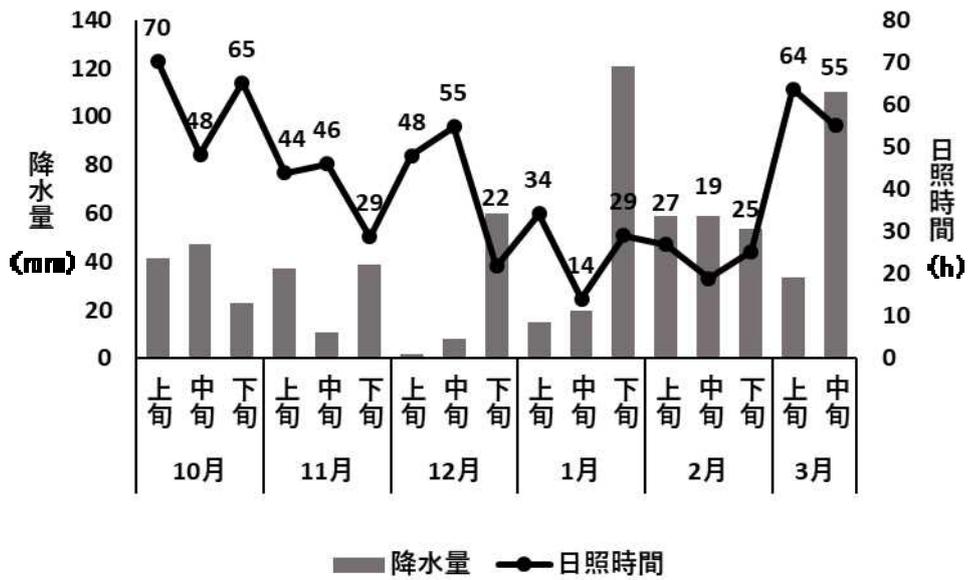
以上より、本試験において、本県でのエンバク極早生品種の最適播種時期は11月下旬播種(平均気温 $20^{\circ}\text{C}$ )であると示唆された。

## VI 引用文献

- 1) 栗田夏子・荷川取秀樹(2019)沖縄県における寒地型牧草の栽培利用技術の確立(1)イタリアンライグラスおよびエンバクにおける施肥量の違いによる生育成分に関する調査, 沖畜研報, **57**, 28-35
- 2) タキイ種苗株式会社(2023)タキイの牧草飼料-緑肥・景観用作物 2023 都府県版-, 18
- 3) 小山内光輔(2011)極早生エンバク新旧品種対決「スーパーハヤテ隼」対「ウルトラハヤテ韋駄天」-品種の特性とその利用方法について-, 牧草と園芸, **59**(4), 6-8
- 4) 庄子一成・与那覇龍雄・池田正治(1990)牧草及び飼料作物の適応性試験(10)えん麦の耐冠さび病品種選定, 沖畜研報, **28**, 123-131
- 5) 庄子一成・与那覇龍雄・池田正治(1990)牧草及び飼料作物の適応性試験(10)えん麦の耐冠さび病品種選定, 沖畜研報, **28**, 123-131
- 6) 沖縄県農林水産部畜産課(2011)牧草・飼料作物奨励品種の特性及び栽培基準, 12
- 7) 沖縄気象台, 沖縄の気候変動監視レポート 2022
- 8) 橋爪健(2014)地球温暖化とその対応策, 持続的農業のご紹介, 牧草と園芸, **62**(2), 6-11
- 9) 小池袈裟市(1984)エンバクの品種と栽培の改善, 牧草と園芸, **32**(8), 15-20
- 10) 農林水産技術会議事務局, 牧草およびえん麦系統適応性検定試験実施要領(暫定版)
- 11) 独立行政法人農林水産消費安全技術センター(FAMIC), 飼料分析基準, 7-8,  
[http://www.famic.go.jp/ffis/feed/bunseki/bunsekikijun/01\\_01\(general\)-04\(inorganic\).pdf](http://www.famic.go.jp/ffis/feed/bunseki/bunsekikijun/01_01(general)-04(inorganic).pdf)
- 12) 社団法人日本草地畜産種子協会, 三訂版粗飼料の品質評価ガイドブック, 自給飼料利用研究会編, 12-21
- 13) Goto I, Ninson DJ(1977)Prediction of the dry matter digestibility of tropical grasses using a pepsin-cellulase assay, *Animal Feed Science and Technology*, **2**, 247-253
- 14) 国土交通省気象庁, <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 15) 沖縄県農林水産部営農支援課(2019)自給粗飼料の安定生産と品質管理②寒地型牧草利用のすすめ
- 16) 小池袈裟市(1984)エンバクの品種と栽培の改善, 牧草と園芸, **32**(8), 15-20
- 17) 前田綾子・小野晃一・星一美・田澤倫子・片柳裕・千枝健一(2006)秋作エンバクの安定栽培技術の開発, 栃木県酪農試験場
- 18) 小林英和・松本和典・高橋佳孝・山本直幸・安藤貞(2011)冬季イタリアンライグラスの生育・栄養価に及ぼす播種時期の影響, 近畿中国四国農業研究, **18**, 79-84
- 19) 川本康博(2022)沖縄の草地の利用拡大による自給飼料生産基盤の構築を考える, 1-64
- 20) 庄子一成・与那覇龍雄・池田正治(1990)牧草及び飼料作物の適応性試験(10)えん麦の耐冠さび病品種選定, 沖畜研報, **28**, 123-131
- 21) 中野敬護・石井健太郎(2022)イタリアンライグラスとムギ類の特性と主要病害と対策のご紹介, 牧草と園芸, **70**(4), 21-22



別図1 試験期間における平均気温



別図2 試験期間における平均降水量および平均日照時間



# 酪農経営における活性汚泥法牛舎汚水浄化処理に関する考察

## (1)家畜ふん尿処理施設の設計・審査技術による 乳用牛ふん尿処理コストのシミュレーション

恩田寛

### I 要 約

沖縄県内の酪農経営における活性汚泥法牛舎汚水浄化処理の可能性を提示することを目的に、「家畜ふん尿処理施設の設計・審査技術（以下、設計・審査技術）<sup>1)</sup>」の設計諸元および設計計算方法により乳用牛ふん尿処理コストをシミュレートしたところ、以下のとおりであった。

1. 「牛舎内ふん尿分離・汚水浄化処理」は、回分式活性汚泥法で、乳用牛ふん尿処理コストは「牛舎内ふん尿混合・堆肥化処理」および「牛舎内ふん尿混合・液肥化処理」に比べ、1.0～1.1倍と大きな差はなかった。また、放流水水質は水質汚濁防止法の一律排水基準以下での放流が可能で、「牛舎内ふん尿混合・堆肥化処理」に比べ堆肥化処理必要量が25%減少し、堆肥化処理が必要な牛舎内分離ふん、篩別固形物、余剰汚泥は水分84.4%の半固形状になると試算された。

2. 「牛舎内ふん尿混合・汚水浄化処理」は、膜分離活性汚泥法で、乳用牛ふん尿処理コストは「牛舎内ふん尿混合・堆肥化処理」および「牛舎内ふん尿混合・液肥化処理」に比べ、4.2～4.9倍大きかった。いっぽう、放流水水質は本県でもっとも厳しい上乘せ排水基準以下での放流が可能で、「牛舎内ふん尿混合・堆肥化処理」に比べ堆肥化処理必要量が41%減少し、堆肥化処理が必要な分離固形物および脱水固形物は水分82.3%の固形状になると試算された。

以上のことから、「牛舎内ふん尿分離・汚水浄化処理」は、酪農経営における新たな乳用牛ふん尿処理方式になりえることが示唆された。

### II 緒 言

近年、本県の酪農経営において飼養戸数は減少傾向にあるが、1戸あたりの飼養頭数は増加し、経営規模は拡大傾向にある<sup>2)</sup>。経営規模の拡大により、1戸あたりの乳用牛ふん尿量は必然的に増加することになる。また、乳用牛ふん尿量およびその水分は、平均乳量により異なる<sup>3)</sup>。さらに、牛舎から排出される乳用牛ふん尿の水分は、牛舎の構造により異なり、自然流下式牛舎やフリーストール式牛舎は、牛舎内ふん尿混合で排出されるため、尿が含まれるだけその水分は高くなる。

牛舎から排出される乳用牛ふん尿は、その水分により、固形状（水分84%未満）、半固形状（水分84%～87%）、スラリー状（水分87%以上）の3種類に分類される。固形状はそのまま積み上げることが可能であるが、半固形状は高水分のため、積み上げても50cm程度の高さにはしかない。スラリー状はきわめて高水分で、流動性が高いため、ポンプでの搬送が可能である<sup>4)</sup>。本県の酪農経営は、自然流下式牛舎やフリーストール式牛舎が多いことから、スラリー状で排出されるケースが多いと推察される。

乳用牛ふん尿は、その水分が高いため、堆肥化処理には水分調整材として多量の副資材が必要になる。副資材をオガコにする場合、本県は島しょ県のため、流通するオガコ量が限られていることに加え、昨今の資材価格高騰にともないオガコの販売価格が上昇しているため、オガコの安定確保と購入コストが課題となる。また、副資材を戻し堆肥にする場合、戻し堆肥の水分を50%以下<sup>5)</sup>に低下させるための天日乾燥ハウスが必要となり、施設スペースの確保が課題となる。さらに、天日乾燥ハウスでの水蒸発量を1.0kg/m<sup>2</sup>・日以上に設定し、水蒸発量が低下する冬期の手段や施設を具備しない場合は、戻し堆肥の循環サイクルが成立しなくなることが懸念される<sup>6)</sup>。液肥化処理は、乳用牛ふん尿をスクリーンプレスやローラープレスなど固液分離機で固液分離するため、分離固形物の水分が低下し、副資材量が減少するメリットがあるが、分離液を液肥としてほ場に還元する必要がある。そのため、狭あいな県土で混住化が進む本県では、液肥を散布するほ場の周年確保が課題となる。また、施用基準を超えた過剰な液肥散布や、曝気処理をしない液肥散布による悪臭発生など環境への悪影響が懸念される。

このように乳用牛ふん尿は、その水分の高さゆえに堆肥化処理、液肥化処理いずれにも課題が存在する。そのため、乳用牛ふん尿処理が酪農経営の経営規模拡大を妨げる要因になっていると推察される。

いっぽう、養豚経営においても豚舎から豚ふん尿および豚房洗浄水がスラリー状で排出されるため、その処理が課題になっていた。しかし「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律（家畜排せつ物法）」が平成11年に制定された後は、活性汚泥法豚舎汚水浄化処理が普及しており、現在では豚舎汚水を活性汚泥法により浄化処理し、処理水を河川に放流するのが一般的になっている。そこで本稿では、本県の酪農経営における活性汚泥法牛舎汚水浄化処理の可能性を提示することを目的に、「設計・審査技術」の設計諸元および設計計算方法により乳用牛ふん尿処理コストのシミュレートを試みたので報告する。

### Ⅲ 材料および方法

#### 1. 想定する酪農経営

想定する酪農経営の諸元は、「沖縄県畜産経営技術指標（以下、県指標）<sup>7)</sup>」に準じ、平均乳量8,800kg/年・頭、経産牛90頭規模、フリーストール式牛舎とした。牛舎構造は、牛舎床にバーンスクレーパーおよび尿溝を設置して「牛舎内ふん尿分離」で排出する方式と、慣行の「牛舎内ふん尿混合」で排出する方式を設定した。

#### 2. 設計諸元

乳用牛ふん尿浄化処理施設の規模算定に用いる設計諸元数値<sup>8)</sup>を表1に示した。設計諸元数値には、牛乳処理室の排水が含まれている。

乳用牛ふん尿堆肥化処理施設の規模算定に用いる設計諸元数値<sup>3)</sup>を表2に示した。堆肥化処理対象ふん量は乳量によって異なり、1頭あたり年間乳量7,600kg程度の場合36kg/日、10,000kg程度の場合50kg/日、10,000kg以上の場合54kg/日で設定する。本稿では「県指標」に準じて1頭あたり年間乳量8,800kgで設定し、ふんの水分、尿量は設定した処理対象ふん量に連動させて設定した。また、牛舎内ふん尿混合の場合は、尿量をふん尿量に加算して処理対象ふん尿量とするため、本稿の「牛舎内ふん尿混合」の水分は尿量を加えて計算した。なお、堆肥化処理の副資材はオガコと戻し堆肥を設定し、オガコ水分25%、戻し堆肥水分40%でそれぞれ試算した。

表1 乳用牛ふん尿汚水浄化処理施設の規模算定に用いる設計諸元数値

	汚水量 (ℓ/頭・日)	BOD量 (g/頭・日)	SS量 (g/頭・日)	BOD濃度 (mg/L)	SS濃度 (mg/L)
牛舎内ふん尿分離	60	350	350	5,834	5,834
牛舎内ふん尿混合	80	1,140	5,475	14,250	68,438

表2 乳用牛ふん尿堆肥化処理施設の規模算定に用いる設計諸元数値（年間乳量8,800kg/頭）

	ふん量 (kg/頭・日)	ふん水分 (%)	尿量 (kg/頭・日)	ふん尿混合物 水分(%)
搾乳牛	45.0	85.3	15.5	89.1
育成牛	16.0	78.0	7.0	84.7

#### 3. 乳用牛ふん尿処理方式

本稿でシミュレートした乳用牛ふん尿処理方式を図1から図4に示した。

「牛舎内ふん尿分離・汚水浄化処理」は回分式活性汚泥法で、「牛舎内ふん尿混合・汚水浄化処理」は膜処理活性汚泥法で、それぞれ牛舎汚水と牛乳処理室から排出される排水を合わせて浄化処理し、放流水水質は水質汚濁防止法の一律排水基準以下になる設定とした。回分式活性汚泥法は沖縄式酸化溝型浄化槽<sup>9)</sup>を想定し、膜分離活性汚泥法は全国で導入実績がある牛舎内ふん尿混合汚水の排水処理システ

ム<sup>10)</sup>を想定した。また「牛舎内ふん尿分離・汚水浄化処理」は、牛舎内分離ふんに加え、浄化処理工程で発生する篩別固形物、余剰汚泥を堆肥化処理し、「牛舎内ふん尿混合・汚水浄化処理」は、浄化処理工程で発生する分離固形物および脱水固形物を堆肥化処理する設定とした。

慣行の乳用牛ふん尿処理方式は、「牛舎内ふん尿混合・堆肥化処理」および「牛舎内ふん尿混合・液肥化処理」とした。「牛舎内ふん尿混合・堆肥化処理」は、発酵槽の堆積厚 0.5m で堆積物表面からの水蒸発量を 1.5kg/m<sup>2</sup>・日とし、ブローアによる通気は無し、天日乾燥ハウスの堆積厚 0.3m で堆積物表面からの水蒸発量を 3.0kg/m<sup>2</sup>・日とし、副資材を戻し堆肥にする場合、冬期 3 ヶ月は戻し堆肥の全量を夏期に貯蔵していた乾燥堆肥でまかなうことにした。「牛舎内ふん尿混合・液肥化処理」は、ふん尿混合物をローラープレス（固形物回収率 60%、分離固形物水分 80%）で固液分離し、分離液は液肥化処理、分離固形物は堆肥化処理する処理方式を設定した。また、液肥からの悪臭発生防止、浮遊物や沈殿物を粉碎攪拌するため、スラリーポンプで 24 時間連続曝気処理する設定とした。

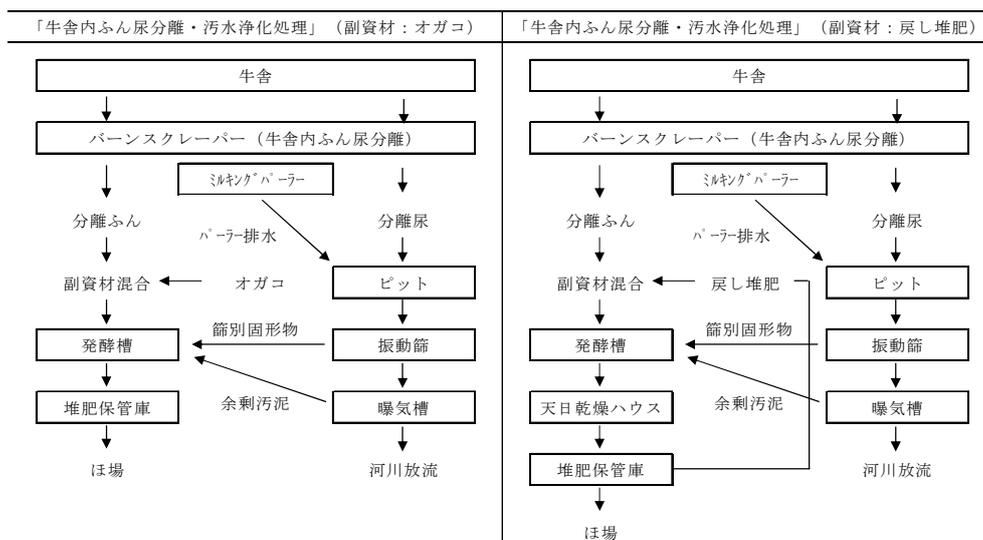


図 1 「牛舎内ふん尿分離・汚水浄化処理」フロー図

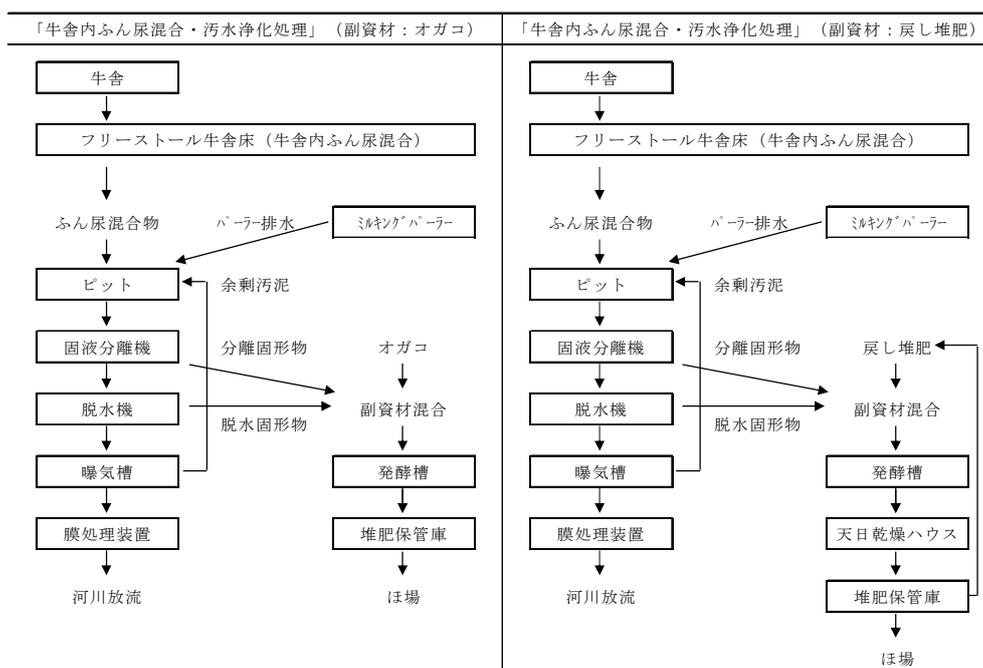


図 2 「牛舎内ふん尿混合・汚水浄化処理」フロー図

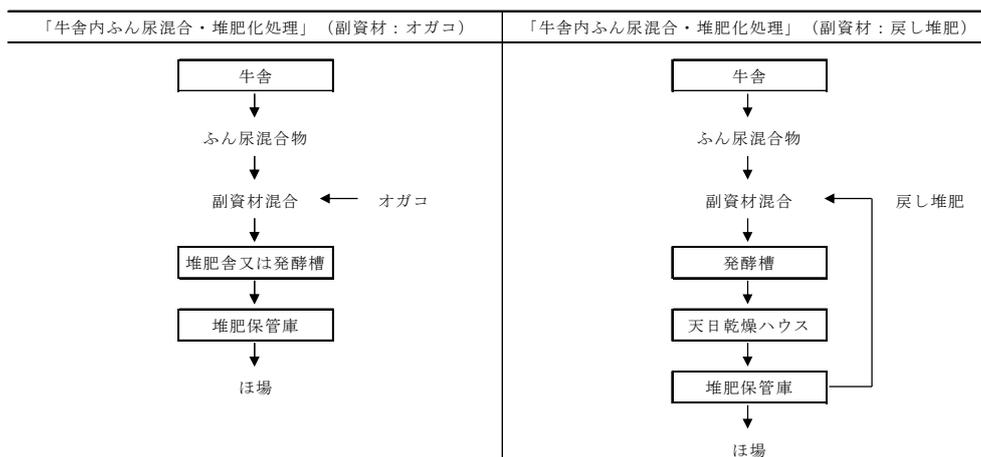


図3 「牛舎内ふん尿混合・堆肥化处理」フロー図

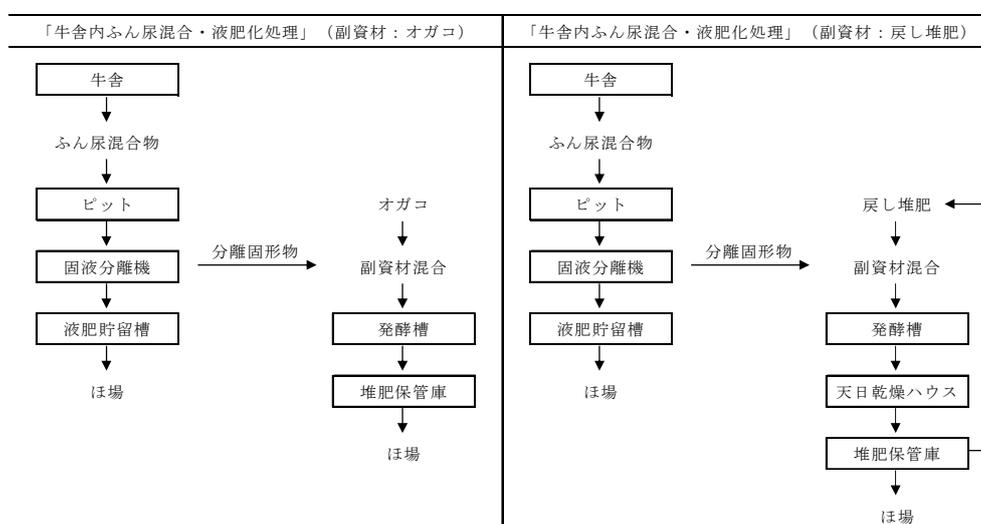


図4 「牛舎内ふん尿混合・液肥化处理」フロー図

#### 4. 試算方法

乳用牛ふん尿処理コストは、「県指標」の積算方法に準じ、農薬衛生費（消毒薬）、諸材料費（オガコ）、修繕費、動力光熱費（電気）、減価償却費（施設・機械）を試算した。膜分離活性汚泥法牛舎汚水浄化処理施設の農薬衛生費（凝集剤、消毒薬、メタノール）、減価償却費（施設・機械）は、全国で導入実績がある牛舎内ふん尿混合汚水の排水処理システムを開発した企業に調査して試算した。なお、乳用牛ふん尿処理コストには、堆肥運搬用ダンプカーおよび液肥運搬用バキュームカーの修繕費、減価償却費（機械）を含めているが、運搬に要する動力光熱費（軽油）は含めていない。

回分式活性汚泥法牛舎汚水浄化処理施設の放流水水質および曝気槽容積、堆肥化处理施設の堆肥化处理必要量とその水分、施設必要面積、副資材量は、「設計・審査技術」の設計計算方法に基づき試算した。また、膜分離活性汚泥法牛舎汚水浄化処理施設の放流水水質および曝気槽容積は、全国で導入実績がある膜分離活性汚泥法牛舎汚水浄化処理施設の設計計算方法<sup>10)</sup>に基づき試算した。

## IV 結果および考察

### 1. 乳用牛ふん尿処理コスト

試算した乳用牛ふん尿処理コストを表3に示した。

「牛舎内ふん尿分離・汚水浄化処理」の乳用牛ふん尿処理コストは、「牛舎内ふん尿混合・堆肥化处理」および「牛舎内ふん尿混合・液肥化处理」に比べ、1.0～1.1倍と大きな差はなかった。大きな差がなか

った要因として、回分式活性汚泥法は沈殿槽を必要とせず、構造がシンプルであるため牛舎汚水浄化処理施設の初期投資コストが小さくなることが挙げられる。

いっぽう、「牛舎内ふん尿混合・汚水浄化処理」の乳用牛ふん尿処理コストは、「牛舎内ふん尿混合・堆肥化処理」および「牛舎内ふん尿混合・液肥化処理」に比べ、4.2～4.9倍大きかった。牛舎内ふん尿混合汚水は濃度が濃いため、経済性の面から「牛舎内ふん尿混合・汚水浄化処理」は避けるべきとされている<sup>11)</sup>。「県指標」の経産牛90頭規模の生乳年間販売収入105,336千円<sup>7)</sup>で、本稿で試算された「牛舎内ふん尿混合・汚水浄化処理」の乳用牛ふん尿処理コストをまかなうのは難しいと示唆される。また、全国の膜分離活性汚泥法による排水処理システム導入事例は、経産牛1,000頭規模クラスのメガファームが多いことから、本県における現状の酪農経営規模では費用対効果が合わないと推察される。

表3 乳用牛ふん尿処理コスト（経産牛90頭規模） (単位：千円/年)

	牛舎内ふん尿分離 汚水浄化処理		牛舎内ふん尿混合 汚水浄化処理		牛舎内ふん尿混合 堆肥化処理		牛舎内ふん尿混合 液肥化処理	
	オガコ	戻し堆肥	オガコ	戻し堆肥	オガコ	戻し堆肥	オガコ	戻し堆肥
	浄化処理							
農薬衛生費	219	219	3,465	3,465	—	—	—	—
修繕費	140	140	2,079	2,079	—	—	—	—
動力光熱費	371	371	10,056	10,056	—	—	—	—
減価償却費	1,787	1,787	22,622	22,622	—	—	—	—
うち施設	778	778	3,655	3,655	—	—	—	—
うち機械	1,009	1,009	18,967	18,967	—	—	—	—
堆肥化処理								
諸材料費	2,113	0	1,378	0	3,738	0	622	0
修繕費	393	526	361	490	430	689	201	376
動力光熱費	394	439	285	369	500	519	121	185
減価償却費	4,938	6,871	4,299	6,155	5,669	9,427	2,311	4,376
うち施設	2,010	3,228	1,370	2,512	2,741	5,070	596	1,233
うち機械	2,928	3,643	2,929	3,643	2,928	4,357	1,715	3,143
液肥化処理								
修繕費	—	—	—	—	—	—	423	423
動力光熱費	—	—	—	—	—	—	958	958
減価償却費	—	—	—	—	—	—	4,389	4,389
うち施設	—	—	—	—	—	—	318	318
うち機械	—	—	—	—	—	—	4,071	4,071
合計	10,355	10,353	44,545	45,236	10,337	10,635	9,025	10,707

## 2. 放流水水質

試算した牛舎汚水浄化処理後の放流水水質を表4に示した。

「牛舎内ふん尿分離・汚水浄化処理」は、回分式活性汚泥法で、放流水水質は水質汚濁防止法の一律排水基準（BOD濃度：日間平均120mg/L，SS濃度：日間平均150mg/L）以下での放流が可能であった。

「牛舎内ふん尿混合・汚水浄化処理」は、膜分離活性汚泥法で、放流水水質は本県でもっとも厳しい上乗せ排水基準（BOD濃度：日間平均20mg/L，SS濃度：日間平均70mg/L）以下での放流が可能であった。

表4 牛舎汚水浄化処理後の放流水水質（経産牛90頭規模）

処理方法	放流水水質 (mg/L)		曝気槽容積 (m <sup>3</sup> )	曝気槽水深 (m)
	BOD濃度	SS濃度		
牛舎内ふん尿分離 回分式活性汚泥法	72	99	169	1.5
牛舎内ふん尿混合 膜分離活性汚泥法	5	1	260	4.0

## 3. 堆肥化処理必要量

試算した堆肥化処理必要量およびその水分を表5に示した。

「牛舎内ふん尿混合・堆肥化処理」の堆肥化処理必要量に比べ、「牛舎内ふん尿分離・汚水浄化処理」

は25%減少し、「牛舎内ふん尿混合・汚水浄化処理」は41%減少すると試算された。

また、「牛舎内ふん尿分離・汚水浄化処理」の牛舎内分離ふん、篩別固形物、余剰汚泥の水分は84.4%の半固形状になると試算され、「牛舎内ふん尿混合・汚水浄化処理」の分離固形物、脱水固形物の水分は82.3%の固形状になると試算された。いずれも「牛舎内ふん尿混合・堆肥化処理」のふん尿混合物の水分88.5%に比べ水分が低下し、積み上げや搬送は容易になると推察される。

なお、「牛舎内ふん尿混合・液肥化処理」は堆肥化処理必要量がもっとも少なく、その水分はもっとも低い、いっぽうで、分離液を液肥としてほ場に還元する必要がある。牛ふん尿の液状きゅう肥を暖地型牧草の採草地に還元する場合、年間15t/10aが施用基準となっている<sup>1,2)</sup>。本稿では、経産牛90頭規模は1日あたり3,792kg、年間1,384tの液肥が発生すると試算しており、その全量を採草地に還元するには、923aが必要になる。「県指標」の酪農経営における採草地面積は260a<sup>7)</sup>で設定されており、液肥の全量を還元するには十分な面積ではないことから、液肥化処理を選択する場合は耕種農家との連携が不可欠になることが示唆される。

表5 堆肥化処理必要量および水分（経産牛90頭規模）

処理方法	堆肥化処理 必要量 (kg/日)	水分 (%)	形状	備考	
牛舎内ふん尿分離	浄化処理	4,344	84.4	半固形状	牛舎内分離ふん 篩別固形物 余剰汚泥
	浄化処理	3,424	82.3	固形状	分離固形物 脱水固形物
牛舎内ふん尿混合	堆肥化処理	5,779	88.5	スラリー状	ふん尿混合物
	液肥化処理	1,987	80.0	固形状	分離固形物

#### 4. 堆肥化処理施設必要面積および副資材量

試算した堆肥化処理施設必要面積および副資材量を表6に示した。

「牛舎内ふん尿混合・堆肥化処理」の堆肥化処理施設必要面積に比べ、「牛舎内ふん尿分離・汚水浄化処理」は副資材がオガコの場合27%、戻し堆肥の場合36%縮小し、「牛舎内ふん尿混合・汚水浄化処理」は副資材がオガコの場合50%、戻し堆肥の場合50%縮小すると試算された。

「牛舎内ふん尿混合・堆肥化処理」の副資材量に比べ、「牛舎内ふん尿分離・汚水浄化処理」はオガコの場合44%、戻し堆肥の場合40%減少し、「牛舎内ふん尿混合・汚水浄化処理」はオガコの場合63%、戻し堆肥の場合59%減少すると試算された。

表6 堆肥化処理施設必要面積および副資材量（経産牛90頭規模）

処理方法	副資材	必要面積 (㎡)	副資材量 (kg/日)
牛舎内ふん尿分離	オガコ	699	1,149
	戻し堆肥	1,143	2,550
	オガコ	424	750
	戻し堆肥	839	1,748
牛舎内ふん尿混合	オガコ	1,011	2,034
	戻し堆肥	1,865	4,239
液肥化処理	オガコ	235	338
	戻し堆肥	425	852

注)副資材量はオガコ水分25%、戻し堆肥水分40%で積算

以上のことから、「牛舎内ふん尿分離・汚水浄化処理」は、回分式活性汚泥法で、乳用牛ふん尿処理コストは、本県の慣行の乳用牛ふん尿処理方式である「牛舎内ふん尿混合・堆肥化処理」および「牛舎内

ふん尿混合・液肥化処理」に比べ、1.0～1.1倍と大きな差はなく、放流水水質は水質汚濁防止法の一律排水基準以下での放流が可能で、堆肥化処理必要量は25%減少した。いっぽう、堆肥化処理が必要な牛舎内分離ふん、篩別固形物、余剰汚泥は水分84.4%と高水分な半固形状であるが、きわめて高水分で流動性が高いスラリー状に比べ積み上げや搬送は容易になると推察されることから、「牛舎内ふん尿分離・汚水浄化処理」は、酪農経営における新たな乳用牛ふん尿処理方式になりえることが示唆された。ただし、本県の酪農経営で多くみられる自然流下式牛舎やフリーストール式牛舎など牛舎内ふん尿混合で排出される牛舎は、牛舎内ふん尿分離に構造を改修する必要がある。今後は、県外における「牛舎内ふん尿分離・汚水浄化処理」の事例調査や、牛舎の構造を牛舎内ふん尿混合から、牛舎内ふん尿分離に改修する手法について検討する必要がある。

「牛舎内ふん尿混合・浄化処理」は、膜分離活性汚泥法で、乳用牛ふん尿処理コストは「牛舎内ふん尿混合・堆肥化処理」および「牛舎内ふん尿混合・液肥化処理」に比べ、4.2～4.9倍大きかった。いっぽう、放流水水質は本県でもっとも厳しい上乗せ排水基準以下で放流することが可能で、堆肥化処理必要量が41%減少し、分離固形物、脱水固形物は水分82.3%の固形状になるメリットがあることから、今後は、施設機械の量産化による価格低下や、膜分離で厳格な上乗せ排水基準以下まで浄化処理をせず、水質汚濁防止法の一律排水基準以下に浄化処理する低処理コストな排水処理システムの開発が期待される。

## V 引用文献

- 1) 財団法人畜産環境整備機構(2004)家畜ふん尿処理施設の設計・審査技術, 財団法人畜産環境整備機構
- 2) 沖縄県農林水産部畜産課(2022)おきなわの畜産, 4, 沖縄県農林水産部畜産課
- 3) 財団法人畜産環境整備機構(2004)家畜ふん尿処理施設の設計・審査技術, 10, 財団法人畜産環境整備機構
- 4) 田中稔(2019)北海道酪農における乳牛ふん尿の処理及び利用技術, 寒地土木研究所月報, 799, 41
- 5) 中央畜産会(2000)堆肥化施設設計マニュアル, 7, 社団法人中央畜産会
- 6) 財団法人畜産環境整備機構(2004)家畜ふん尿処理施設の設計・審査技術, 17, 財団法人畜産環境整備機構
- 7) 沖縄県農林水産部(2023)沖縄県畜産経営技術指標(第7版), 沖縄県農林水産部
- 8) 財団法人畜産環境整備機構(2004)家畜ふん尿処理施設の設計・審査技術, 121-122, 財団法人畜産環境整備機構
- 9) 伊禮判(1999)畜産公害対策試験(6)酸化溝型回分式活性汚泥法による高濃度豚舎汚水の低コスト処理試験, 沖縄畜試研報, 37, 78-83
- 10) 一般財団法人畜産環境整備機構(2022)家畜汚水処理施設設計・維持管理マニュアル, 225-230, 一般財団法人畜産環境整備機構
- 11) 財団法人畜産環境整備機構(2004)家畜ふん尿処理施設の設計・審査技術, 122, 財団法人畜産環境整備機構
- 12) 沖縄県農林水産部畜産試験場(1996)家畜ふん尿の施用基準, 4, 沖縄県農林水産部畜産試験場



職 員 一 覽  
(2023 年 3 月現在)

所 長		鈴木 直人
企画管理班	班 長 研究主幹 主 任 主 事 農林水産技能員 農林水産技能員 農林水産技能員 農林水産技能員 農林水産技能員 農林水産技能員 農林水産技能員 農林水産技能員 農林水産技能員 農林水産技能員 (再) 農林水産技能員 (再)	恩田 寛 稲福 政史 山城 勇太 平良 優光 宜保 永堅 仲宗根 安利 久田 友美 宮城 広明 玉本 博之 又吉 博樹 仲程 正巳 平良 樹史 山城 一也 伊藝 博志 照屋 剛
育種改良班	班 長 主任研究員 主任研究員 主任研究員 研究員 研究員 研究員 主 事	平安山英登 棚原 武毅 細井 伸浩 小山裕美子 照屋 喬己 堺 龍樹 玉城 侑樹 玻名城政宗
飼養・環境班	班 長 研究員 研究員 研究員 主 事	片桐 慶人 普照 恭多 平良 祥 伊佐 常暢 審 晶

2022 年度（令和 4 年度）編集委員会

編集委員長	恩田	寛
事務局長	稲福	政史
編集委員	棚原	武毅
編集委員	細井	伸浩
編集委員	堺	龍樹
編集委員	平良	祥
編集委員	玉城	侑樹

---

沖縄県畜産研究センター試験研究報告第 60 号

令和 5 年 3 月 31 日発行

編 集 沖縄県畜産研究センター試験研究報告編集委員会

発 行 沖縄県畜産研究センター

〒905-0426 沖縄県国頭郡今帰仁村字諸志 2009-5

TEL 0980-56-5142

FAX 0980-56-4803

E-mail [xx049410@pref.okinawa.lg.jp](mailto:xx049410@pref.okinawa.lg.jp)（代表）

---