
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63号

2025年度(令和7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 63 号

2025 年度（令和 7 年度）

目 次

大家畜分野

- 1 超音波誘導経膈採卵法（Ovum Pick-Up：OPU）技術の確立
（4）OPU 由来胚における緩慢凍結法と ET-ONE ガラス化凍結法の比較試験
..... 堺 龍樹..... 1
- 2 沖縄県内牛群における未診断疾患の原因変異の頻度調査
..... 喜納 愛理..... 11
- 3 和牛種雄牛産肉能力直接検定成績
..... 堺 龍樹..... 15
- 4 和牛種雄牛現場後代検定成績
（20）種雄牛「白鶴桜」「令鵬」「福増白鵬」の検定成績
..... 光部 柳子..... 19

中家畜分野

- 5 TDN 水準の違いがアグー交雑種豚における肥育後期の発育および枝肉成績に及ぼす影響
..... 金城 克之介..... 25
- 6 スマート機器を活用した山羊繁殖技術の確立
（2）耳標型センサーを活用した山羊の分娩前後における体温変動の調査山羊多頭飼育技術の確立
..... 安村 陸..... 31
- 7 スマート機器を活用した山羊繁殖技術の確立
（3）音声解析を活用した山羊の個体識別
..... 安村 陸..... 37
- 8 山羊多頭飼育技術の確立
（2）給与飼料における粗濃比の検討
..... 安村 陸..... 45
- 9 山羊多頭飼育技術の確立
（3）単飼と群飼の違いが山羊育成期の発育に与える影響
..... 安村 陸..... 53
- 10 牛用の膈内投与プロジェステロン除放性性周期同調剤を活用したボア種山羊の発情兆候の明瞭化の検討
..... 安村 陸..... 59
- 11 沖縄県の山羊集団における形態異常個体の発現頻度調査
..... 安村 陸..... 65
- 12 沖縄県における交雑山羊の体重調査
（2）種雄山羊の品種間の体重比較
..... 安村 陸..... 69

飼料作物分野

1 3	秋期の同時播種による草種適性と播種量の検討	幸喜 香織	75
-----	-----------------------	-------	----

短報

1 4	異なる土壌条件で栽培した寒地型牧草の生育	幸喜 香織	81
1 5	異なる施肥量条件で栽培した寒地型牧草の生育	幸喜 香織	89

調査報告

1 6	自給飼料生産課題解決モデル事業 寒地型牧草と暖地型牧草の同時播種の生育調査（県内5カ所）	幸喜 香織	95
1 7	ギニアグラスにおけるミネラル成分の近赤外線分析による迅速同時評価	仲宗根 康	101
1 8	養豚排水処理を高度化するスマート制御技術およびIoT遠隔モニタリングの評価	金城 孝	105

超音波誘導経膈採卵法 (Ovum Pick-Up : OPU) 技術の確立

(4) OPU 由来胚における緩慢凍結法と ET-ONE ガラス化凍結法の比較試験

堺龍樹 建本秀樹* 小山裕美子

要 約

肉用牛の生産振興を目的として、と畜場由来のウシ体外受精胚を緩慢凍結法または KVS-ダイレクトシステム(ET-ONE)によるガラス化凍結法で保存し、融解後の胚の再拡張率(生存性)等を比較検討した。次に、雌ウシから採取した OPU 由来胚において、体外発生(IVC)評価後、緩慢凍結法または ET-ONE ガラス化凍結法を施し、移植試験を実施した。その結果は以下のとおりであった。

1. と畜場由来胚の凍結融解後生存率は、緩慢凍結胚で 47.1%，ET-ONE ガラス化凍結胚で 84.6%であり、ET-ONE ガラス化凍結胚で有意に高値を示した($P<0.01$)。
2. OPU 由来胚の IVC 評価では、平均分割率 65.7%，平均発生率 33.7%であり、緩慢凍結胚を 27 個、ET-ONE ガラス化凍結胚を 22 個作製した。
3. 移植試験では、胎齢約 30 日時点の受胎率は、緩慢凍結 1 胚移植 66.6%，ET-ONE ガラス化凍結法 1 胚移植 75%，同 2 胚移植 60%であった。胎齢約 60 日時点では、ET-ONE ガラス化凍結 1 胚移植で受胎確認された 3 頭中 2 頭が陰転し、受胎率は 25%となった。

以上より、胚生存性は ET-ONE ガラス化凍結法で高いことが示されたが、移植試験における両凍結法による比較は供試数等の観点から困難であった。

緒 言

OPU-IVF による体外受精胚生産 (OPU-IVP) は、子宮灌流による体内胚採卵法に代替し得る胚生産法として、多くの研究者により構築されてきた^{1,2)}。また、OPU-IVP は過剰排卵処置 (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り²⁾、ウシの改良速度を早めることが期待されている。

沖縄県は全国有数の肉用子牛生産地帯であるが、近年、飼料価格の高騰や子牛価格の低迷により、高能力種雄牛の造成と育種価に優れた母牛群の整備が肉用牛生産振興として重要となっている³⁾。そこで、OPU 技術を用いて優良雌牛から継続的に採卵を行い、卵胞卵の体外成熟 (in vitro maturation; IVM)、ならびに優良雄牛精子との体外受精 (in vitro fertilization; IVF) により、凍結保存に耐え得る良質胚を生産できれば、肉用牛の改良を効果的に推進し、併せて遺伝資源の確保を容易にできる。

沖縄県畜産研究センター(当センター)では OPU-IVP 胚の生産技術の研究を進めており、前報⁴⁾において、OPU によるウシ体外作出胚の安定生産ならびにガラス化凍結保存の基盤技術を確立した。いっぽう、IVF に供する種雄牛凍結精液ごとに受精卵の分割率が異なり、IVF に対する適否があることが判明したため、IVF に適する凍結精液を当センターで飼養している種雄牛から選抜した⁵⁾。従来のガラス化凍結胚は緩慢凍結胚と比較すると凍結融解後の生存率が高いものの、胚移植前の耐凍剤希釈等の手技が煩雑であることから、生産現場では十分に普及していない⁶⁾。そこで、生産現場での IVF 胚の普及を目的として、2023 年度よりと畜場由来 IVF 胚による緩慢凍結法を検討してきた⁷⁾。その後、OPU-IVP 胚を作出し、当センターの雌牛に移植する試験を開始した。

近年、北里大学と三菱製紙株式会社の共同研究により、ウシ胚の新規ガラス化凍結・融解移植法として KVS-ダイレクトシステム (ET-ONE) が開発され、製品化が準備されている。ET-ONE は胚のガラス化凍結を簡便かつ安定して行えるとともに、移植現場での胚融解および耐凍剤希釈をワンステップで実施し、融解後直ちに子宮内へ移植できるデバイスである⁸⁾。本試験では、基礎試験として、と畜場由来の IVF 胚を作出し、胚盤胞期胚を緩慢凍結法および ET-ONE ガラス化凍結法で保存した後、融解後の胚の再拡張率(生存性)等を比較検討した。さらに、基礎試験で得られた知見を基に、当センター飼養牛から得た OPU-IVP 胚を用いて、両凍結法による胚移植試験を行った。

* 琉球大学農学部家畜繁殖学研究室

材料および方法

本報告は、沖縄県畜産研究センター実験等基本指針に従って計画し、畜産研究センター実験委員会の審査、承認を得て行った（承認番号：2025004）。

1. 試験期間および試験場所

と畜場由来胚の生存性試験は2024年7月～2024年12月に実施した。OPUおよびOPU由来胚の発生評価と凍結保存は2024年11月～2025年3月に実施した。OPU由来の緩慢凍結胚およびET-ONEガラス化凍結胚の移植試験は2025年3月～2026年2月に実施した。生体を用いない *in vitro* 試験は琉球大学農学部家畜繁殖学研究室で、生体を用いる *in vivo* 試験は当センターで実施した（表1）。

表1 実施内容ごとの試験期間および試験場所

実施項目	試験期間	試験場所
と畜場由来胚の生存性試験	2024年7月～2024年12月	琉球大学農学部家畜繁殖学研究室
OPU	2024年11月～2025年3月	当センター
OPU由来胚の発生評価 と凍結保存	”	琉球大学農学部家畜繁殖学研究室
移植試験	2025年3月～2026年2月	当センター

2. 試験方法

1) と畜場由来胚における緩慢凍結およびET-ONEガラス化凍結融解後の胚生存性試験

(1) 材料

沖縄県中央食肉センターでと畜された雌ウシの卵巣を、高圧蒸気滅菌済みの0.9% (w/v) 生理食塩水に浸漬し、30℃で輸送した。供試卵は、卵巣表面の直径が3～8 mmの小卵胞から採取した卵丘細胞-卵子複合体 (Cumulus-Oocyte Complexes; COCs) を用いた。精液は前報⁴⁾にて選抜した当センター飼養の黒毛和種雄牛の凍結精液を用いた。

(2) IVM

回収したCOCsをTL-HEPES-PVA溶液を用いて35 mmプラスチックディッシュ(#1008; Falcon, Corning, NY, USA)内で再選別および洗浄した後、IVM培地内で3回洗浄した。IVM培地ドロップ(100 μl)毎にCOCsを16-20個入れ、5% CO₂、95%空気、38.5℃で21～22時間培養した。TL-HEPES-PVA溶液およびIVM培地の組成を表2に示す。

表 2 TL-HEPES-PVA 溶液および IVM 培地の組成

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

(3) IVF および IVC

IVM 終了後, IVF 培地 (B0-IVF; IVF Bioscience, Cornwall, UK) 内で COCs を洗浄した後, IVF 培地ドロップ (100 µl) に 15-20 個ずつ移した。精液は, 0.5 ml ストローを 37 °C の精子洗浄液中で約 20~30 秒かけて融解し, 39 °C に余熱した 4 ml の B0-SemenPrep (IVF Bioscience) を入れた 15 ml 遠心チューブへ移した。軽く攪拌後, 328 × g, 5 分間の遠心分離を 2 回行い洗浄した。次に, 約 700 µL の精子懸濁液を残し, この精子懸濁液 4 µl を COCs の入った IVF 培地ドロップに添加して媒精した。その後, 5% CO₂, 95% 空気, 38.5 °C 条件下で 16~20 時間の共培養を行い, 卵透明帯表面に付着している精子および卵丘細胞を受精卵から除去して裸化卵とした。裸化卵を IVC 培地 (B0-IVC; IVF Bioscience) の各ドロップ (50 µl) 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% O₂, 5% CO₂, 90% N₂) 内で IVC 培養を行った。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を評価した。

(4) 緩慢凍結

乾式受精卵凍結装置 (YT フリーザー 80: 株式会社ヤマネテック) を用いた。凍結液は PBS を基本培地とし, 1.8 M エチレングリコール, 0.1 M スクロースならびに 20% NCS (Newborn calf serum) を添加した溶液を用いた。融解液は PBS を基本培地とし, 0.01 M スクロースと 20% NCS を添加した溶液を用いた。凍結および融解方法は下記の手順で行った。

) 緩慢凍結方法

受精卵を融解液で 3 回洗浄後, 凍結液に移し (35 mm ディッシュ), 合計 10~15 分間平衡化した (25~28 °C, 室温)。

0.25 ml 凍結用ストロー内を融解液で 3 回洗浄する。

ストローに融解液 (第 1 ブロック), 融解液 (第 2 ブロック) と凍結液 (第 3 ブロック) を順に作製した。

平衡化後の受精卵を, 第 3 ブロック内に充填し, 続いて融解液で第 4 ブロックを作製して, シーラーで封入した。

ストローを -7 °C に冷却した乾式緩慢凍結器 (YT フリーザー) にセットし, 4 分間後に植氷し, その後 10 分間保持した。

-0.5 °C/分で -30 °C まで冷却し, -30 °C で 10 分間保持後, ストローを液体窒素内へ投入した。

) 融解方法

液体窒素から凍結ストローを取り出し, 空気中で 10~15 秒間保持後, 38.5 °C 温湯で約 20 秒間

融解した。

融解液を約 2~2.5 ml 入れたディッシュ内へストロー内の内容物を移し、38.5 で 5 分間保持した。

発生培地へ移し、IVC を行った。

(5)ET-ONE ガラス化凍結および融解方法

キット内の溶液やデバイスを用い、添付文書に記載の手順に従って実施した。

(6)胚生存性試験

(1)~(5)で得られた胚について、凍結融解後の再拡張率および融解後 48 時間までの脱出胚盤胞期胚率を比較した。統計解析は²検定により行った。

2) OPU 由来胚の IVC 評価と緩慢凍結ならびに ET-ONE ガラス化凍結

(1)OPU による採卵

当センターで飼養する黒毛和種雌ウシ 4 頭 (No. ~) を供卵牛とした (表 3)。供卵牛を梓場に保定し、キシラジンを 0.14 g 筋肉注射した後、プロカイン塩酸塩 0.1 g を尾椎硬膜外投与し、臭化プリフィニウム 60 mg 静脈内投与した。その後、直腸壁越しに卵巣に超音波プローブを当て、超音波画像診断装置 (FHK, HS-2200V) で卵胞の位置を確認し、卵胞卵採取用吸引器 (FHK, FV-6) および採卵針を用いて、膈壁越しに卵巣内の卵胞を穿刺して、卵胞卵子を吸引した (吸引圧: 100 mmHg)。採卵時の灌流液は 0.02% (w/v) polyvinyl alcohol (PVA) 含有乳酸加リンゲル液にヘパリン Na を最終濃度 10 単位/ml とするよう添加したものをを用いた。数日間隔を空け、延べ 7 回の OPU を実施した。ホルモン剤の前処置は、OPU 実施 4 日前にフェルチレリン酢酸塩を 25 μg 筋肉注射し、OPU 実施 2 日前に前葉性卵胞卵刺激ホルモン (FSH) 10 A.U. を筋肉内投与することを基本プログラムとした。

表 3 供卵牛の状況

No.	年齢 (歳)	産歴 (産)	OPU 実施日	生殖器の状態
	9	6	2025/2/5	片側卵巣静止
	9	2	2024/12/13 2025/1/9	子宮粘液症
	8	5	2024/12/13 2025/1/9 2025/2/5	正常 卵胞嚢腫 正常
	7	4	2024/11/15	正常

(2)検卵

OPU 後は直ちに灌流液中で洗浄し、検卵を実施した。4 層以上の卵丘細胞に密に覆われ、卵細胞質が均一な COCs, ならびに一部の裸化卵を選別しサンプルとした。

(3)輸送

サンプルを 1.5 ml エピペンドルフチューブに回収し、10% NCS を添加した TL-HEPES-PVA 溶液 (表 2) を用いて 38.5 で保温し、琉球大学農学部家畜繁殖学研究室まで約 2 時間をかけて輸送した。

(4)培養系

前述に準じて IVM, IVF, IVC を実施した。なお、精液は前報⁴⁾にて選抜した凍結精液を用いた。

(5)凍結

IVC 後に得られた胚盤胞期胚のうち IVF 後 7 日目または 8 日目の活力の高い胚に対して、緩慢凍結または ET-ONE ガラス化凍結を実施した。凍結方法は前述に準じた。

3) OPU 由来の緩慢凍結法および ET-ONE ガラス化凍結法による胚の移植試験

2) で得られた凍結胚 49 胚のうち、緩慢凍結胚 12 胚および ET-ONE ガラス化凍結胚 14 胚を用いて移植試験を行った。

(1) 受卵牛の概要

緩慢凍結法の1胚移植の供試牛は12頭、ET-ONE ガラス化凍結法の1胚移植および2胚移植の供試牛はそれぞれ4頭、5頭とした（表4～6）。胚移植日は発情後7～10日とし、移植前日または当日に受卵予定牛の超音波診断装置（FHK, HS-103V）のカラーDプラモードで黄体を確認した。受卵牛は黄体内血流が十分認められる個体を対象とした（写真1）。

表4 受卵牛の概要（緩慢凍結1胚供試牛）

受卵牛	年齢 (歳)	産歴 (産)	移植日
A	6	4	2025/3/6
B	7	5	2025/4/28
C	4	2	2025/4/28
D	7	5	2025/5/2
E	7	5	2025/6/17
F	7	4	2025/6/28
G	8	2	2025/6/28
H	7	5	2025/10/14
I	2	1	2025/10/14
H	7	5	2025/11/5
J	6	5	2025/12/12
K	8	5	2025/12/16
平均	6.3	4.0	

表5 受卵牛の概要
(ET-ONEガラス化凍結1胚供試牛)

受卵牛	年齢 (歳)	産歴 (産)	移植日
L	7	4	2025/5/19
B	7	5	2025/5/19
M	2	1	2025/6/11
N	8	6	2025/6/11
平均	6	4.0	

表6 受卵牛の概要
(ET-ONEガラス化凍結2胚供試牛)

受卵牛	年齢 (歳)	産歴 (産)	移植日
O	3	2	2025/3/4
P	8	5	2025/3/12
K	8	5	2025/4/12
Q	8	4	2025/4/12
R	4	2	2025/4/15
平均	6.2	3.6	



写真1 受卵対象個体の黄体像

(2) 移植方法

受卵牛を梓場に保定し、プロカイン塩酸塩 0.1 g 尾椎硬膜外投与、臭化プリフィニウム 37.5 mg 静脈内投与した。加えて、ヒドロキシプロゲステロンカブロン酸エステル 100 mg およびプロゲステロン 10 mg 筋肉注射した後、黄体側子宮角の深部に胚を注入した。凍結胚の融解は前述に準じ、緩慢凍結胚は1胚、ET-ONE ガラス化凍結胚は1胚または2胚を用いた。移植器具は受精卵注入カテーテル（株式会社ヤマテック, YTガン）を用いた。

3) 妊娠鑑定

超音波診断装置（FHK, HS-103V）を用いて、胚の移植後約23日（胎齢約30日）と約53日（胎齢約60日）に妊娠鑑定を行った。

結 果

1. と畜場由来胚における緩慢凍結および ET-ONE ガラス化凍結融解後の胚生存性試験

IVM, IVF, IVC 後に, IVF 後 7 日目および 8 日目の活力の高い胚盤胞期胚 103 個が得られた。これらを緩慢凍結と ET-ONE ガラス化凍結に供し, 融解後に胚の再拡張が認められた割合は, 緩慢凍結胚で 47.1% (24/51), ET-ONE ガラス化凍結胚で 84.6% (44/52) であり, ET-ONE ガラス化凍結法で有意に高かった ($P<0.01$) (表 7)。いっぽう, 融解後 48 時間までの脱出胚盤胞期胚率は, 両凍結法間に有意差を認められなかった (表 7)。

表 7 緩慢凍結および ET-ONE ガラス化凍結融解後の胚生存性

凍結法	凍結胚数	再拡張胚 (%)	脱出胚盤胞期胚 (%)
緩慢凍結	51	47.1	16.7*
ET-ONE ガラス化凍結	52	84.6**	22.7*

注 1) 再拡張胚に対する割合

注 2) 凍結方法間で有意差を認める ($P<0.01$)。

2. OPU 由来胚における緩慢凍結法と ET-ONE ガラス化凍結法

1) IVC 評価に対する緩慢凍結法ならびに ET-ONE ガラス化凍結法

OPU 由来胚の平均分割率は 65.7%, 胚盤胞期胚への平均発生率は 33.7% であった。緩慢凍結胚を 27 個, ET-ONE ガラス化凍結胚を 22 個作製した (表 8)。なお, 胚盤胞期胚へ発生したものの, 活力の弱い胚 10 個は凍結せずに淘汰した。

表 8 OPU 由来胚の IVC 成績と凍結胚作製数

供卵牛	媒精 卵子数	分割胚 (%)	胚盤胞期胚 (%)	凍結方法(個)	
				緩慢凍結	ET-ONE
	10	60.0	10.0	0	1
	74	70.3	51.9	17	8
	71	64.8	40.9	9	13
	20	55.0	5.0	1	0
合計/平均	175	65.7	33.7	27	22

2) 緩慢凍結法および ET-ONE ガラス化凍結法のそれぞれに由来した胚の移植試験

胎齢約 30 日時点において, 緩慢凍結法の 1 胚移植による受胎率は 66.6% であった。ET-ONE ガラス化凍結法では, 1 胚移植の受胎率は 75%, 2 胚移植の受胎率は 60% であった (表 9)。胎齢約 60 日時点において, ET-ONE ガラス化凍結の 1 胚移植では, 胎齢約 30 日時点で受胎が確認された 3 頭のうち 2 頭陰転が確認されたため, 胎齢約 60 日時点での受胎率は 25% に低下した。また, ET-ONE ガラス化凍結の 2 胚移植で受胎が確認された個体はいずれも単体であった。

表9 移植試験の受胎状況

	供試頭数	胎齢30日時点の 受胎率（%）	胎齢60日時点の 受胎率（%）
緩慢凍結 1胚	12	66.6	66.6
ET-ONEガラス化 凍結1胚	4	75.0	25.0
ET-ONEガラス化 凍結2胚	5	60.0	60.0

考 察

一般的に、ウシ胚ではガラス化凍結胚の融解後の再拡張率（生存性）は80～90%と高いことが知られている。本研究で用いたET-ONEガラス化凍結法においても同程度の値が得られたことから、融解後生存性に関して大きな問題は無いと考えられた。いっぽう、緩慢凍結法はガラス化凍結法と比較して凍結操作に長時間を必要とすることが指摘されている⁹⁾。しかし、本研究に使用した乾式緩慢凍結器（YTフリーザー）では、約1時間で凍結が完了するため、従来の緩慢凍結胚法より短時間で液体窒素内への投入が可能であった。本条件下で緩慢凍結を行った場合でも、従来法の緩慢凍結の生存性¹⁰⁾と同等以上に維持出来たと考えられた。したがって、ET-ONEガラス化凍結法ならびに乾式緩慢凍結法のいずれもウシ胚の凍結法として有効であり、より高い生存性を得る観点ではET-ONEガラス化凍結法が優れていると判断された。

胚の活力指標として用いられる脱出胚盤胞期胚率¹¹⁾について、融解後に再拡張した胚盤胞期胚を比較したところ、ET-ONEガラス化凍結法は融解後に高い生存性を示したものの、脱出胚盤胞期胚率に有意差を認めなかった。一般に、胚の透明帯からの脱出には、胚側要因と子宮内側要因の双方が関与し、胚の透明帯からの脱出には脱出率が受胎率に直結するとは限らない¹²⁾。実際に本試験では、in vitroでの脱出胚盤胞期胚率（16.7～22.7%）に対し、in vivoの胎齢約30日時点の受胎率（66.6～75%）は高値であり、両者は一致しなかった。このことから受胎成立には生体内要因が大きく関与する可能性が示唆された。

OPU由来胚のIVC評価について、供卵牛およびの胚盤胞期胚への発生率がそれぞれ10%および5%と、供卵牛およびと比較して低い傾向を示した。供卵牛については、OPU時に片側卵巣静止の状態であったことも関与した可能性がある。

ET-ONEガラス化凍結法の1胚移植試験において、胎齢約30日時点で受胎が確認された個体のうち2頭で胎齢約60日時点で陰転が確認された。この考察として、in vitroの培養条件下ではET-ONEガラス化凍結胚を融解し、再拡張させるまでには16時間ほどを要した。同様な現象は、in vivoでも起こっていると考えられる。緩慢凍結胚（約6時間）に比較して、胚再拡張に多くの時間を要するET-ONEガラス化凍結胚を移植する際は、再拡張時間を予測した胚移植を行う必要があると思われる。すなわち、IVF後7日目のET-ONEガラス化胚を移植する場合、発情後7日目ではなく発情後6日目の受卵牛を用いた方が、胚と受卵牛との同期化がスムーズに誘導されるのかもしれない。本試験では、この微妙な同期化のズレが、胎齢約60日時点の陰転に起因した可能性がある。また、一般的に受精卵移植では一定割合で胚死滅または流産が生じることが知られている^{13～15)}。本試験で認められた陰転について、原因は明確に特定できず、偶発的にET-ONEガラス化凍結胚で発生した可能性もある。

ET-ONEガラス化凍結法は、従来のガラス化凍結法で問題となる融解後の段階的希釈操作を要せず、緩慢凍結胚と同様なワンステップでの胚移植が可能である。ET-ONEガラス化凍結法が従来法と同等の生存性を示し、これが受胎率へ反映されるならば、現場普及および受胎率向上に寄与し得る。しかし、本試験の胎齢約30日時点の受胎率では両凍結法の差を明確に示せなかった。要因として、OPU-IVP緩慢凍結胚の一般的受胎率は約40%とされる¹⁶⁾が、本試験の緩慢凍結群の受胎率が高い傾向にあること、両群の供試数が不足していること、ET-ONEを用いた移植手技の経験が浅いこと等が考えられる。したがって、本試験のみからET-ONEガラス化凍結法の有用性を判断することは困難であり、今後は供試数を増やして検討する必要がある。

最後に、本試験により作出された産子牛（写真2）は発育が良好であり、同血統の育種価も高いことから、2026年度の直接検定候補牛として飼養中である。



写真2 当該試験で作出された牛の誕生翌日の様子（受卵牛PとOPU由来の産子）

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。

引用文献

- 1) 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膈採卵, 日本胚移植学会雑誌, 17, 94-101
- 2) 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
- 3) 新・沖縄21世紀農林水産業振興計画 - まーさん・ぬちぐすいプラン - (令和4年度 - 令和13年度), 38
- 4) 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(1), 沖縄畜研研報, 59, 5-11
- 5) 堺龍樹・建本秀樹・平安山英登(2022)超音波誘導経膈採卵法(Ovum Pick-Up: OPU)技術の確立(2), 沖縄畜研研報, 60, 13-17
- 6) 窪田ら(2000)牛胚のガラス化凍結法の検討, 鹿児島県肉用牛改良研究所研究報告, 5, 15-18
- 7) 堺龍樹・建本秀樹・小山裕美子(2024)超音波誘導経膈採卵法(Ovum Pick-Up: OPU)技術の確立(3), 沖縄畜研研報, 62, 1-6
- 8) 永野晶志・桃沢健二(2024)牛ガラス化胚の新規移植法開発・実用化事業 事業概要およびKVSダイレクトシステムによる凍結・融解移植法プロトコール, JRA 畜産振興事業成果報告書(2023.3)
- 9) 永瀬弘・丹波太左衛門・富塚常夫(1963)牛精液の凍結保存技術に関する研究 .グリセリン添加法の簡易化について, 家畜繁殖誌, 9巻, 1号
- 10) Gupta A, Singh J, Anzar M(2016) Effect of cryopreservation technique and season on the survival Of in vitro produced cattle embryos, *Animal Reproduction Science*, 164, 162-168
- 11) Yasumitsu Masuda, et al.(2023) Hatchability evaluation of bovine IVF embryos using OCT-based 3D image analysis, 69(5):239-245
- 12) Thomas E Spencer 1, Fuller W Bazer(2004)Conceptus signals for establishment and maintenance of pregnancy, 2, 49
- 13) 中村聡志(2024)繁殖に影響する栄養管理, NORTH VETS 通信, 52
- 14) 後藤ら(1989)牛の胚移植と人工授精における胚早期死滅の発生率の比較, 東北家畜臨床研報, 12, 42-49
- 15) 林憲悟(2020)ウシの胎盤形成におけるアドレノメデュリンの機能解明と後期胚死滅の予察への展開, 科学研究費助成事業 研究成果報告書
- 16) 受胎率調査成績, 一般社団法人日本家畜人工授精師協会, 令和4年次
<https://aij.lin.gr.jp/3/R4nenjijyutairitu.pdf>

付属資料

1．OPU 由来胚の IVC 成績と凍結胚作製数（詳細）

供卵牛	OPU実施日	媒精 卵子数	分割胚 (%)	胚盤胞期胚 (%)			凍結方法(個)	
				IVF6日後	IVF 7日後	IVF 8日後	緩慢凍結	ET-ONE
	2025/2/5	10	6(60.0)	0(0.0)	1(10.0)	0(0.0)	0	1
小計		10	6(60.0)	0(0.0)	1(10.0)	0(0.0)	0	1
	2024/11/15	24	17(70.8)	5(20.8)	0(0.0)	0(0.0)	5	0
	2024/12/13	21	13(61.9)	0(0.0)	8(38.1)	2(9.5)	7	0
	2025/1/9	29	22(75.9)	0(0.0)	10(34.5)	3(10.3)	5	8
小計		74	52(70.3)	5(20.8)	18(24.3)	5(6.8)	17	8
	2024/12/13	25	16(64.0)	0(0.0)	7(28.0)	6(24.0)	7	0
	2025/1/9	20	11(55.0)	0(0.0)	6(30.0)	0(0.0)	2	4
	2025/2/5	26	19(73.1)	0(0.0)	9(34.6)	1(3.8)	0	9
小計		71	46(64.8)	0(0.0)	22(31.0)	7(9.9)	9	13
	2024/11/15	20	11(55.0)	0(0.0)	1(5.0)	0(0.0)	1	0
小計		20	11(55.0)	0(0.0)	1(5.0)	0(0.0)	1	0
小計				5(3.0)	42(24.0)	12(6.9)		
合計/平均		175	115(65.7)		59(33.7)		27	22

2．緩慢凍結法による 1 胚の移植試験の受胎状況

供卵牛	OPU 実施日	受卵牛	移植日	妊娠鑑定（胎齢）	
				約 30 日	約 60 日
	2024/11/15	A	2025/3/6	○	○
	2025/1/9	B	2025/4/28	×	×
	2025/1/9	C	2025/4/28	×	×
	2025/1/9	D	2025/5/2	○	○
	2025/1/9	E	2025/6/17	×	×
	2025/1/9	F	2025/6/28	○	○
	2025/1/9	G	2025/6/28	○	○
	2024/12/13	H	2025/10/14	×	×
	2024/12/13	I	2025/10/14	○	○
	2024/12/13	H	2025/11/5	○	○
	2024/12/13	J	2025/12/12	○	○
	2024/12/13	K	2025/12/16	○	○
	供試数	12 頭	受胎数	8 頭	8 頭
			受胎率	66.6% (8/12)	

3. ET-ONE ガラス化法による1胚の移植試験の受胎状況

供卵牛	OPU 実施日	受卵牛	移植日	妊娠鑑定 (胎齢)	
				約 30 日	約 60 日
	2025/2/5	L	2025/5/19	○	×
	2025/2/5	B	2025/5/19	○	○
	2025/2/5	M	2025/6/11	×	×
	2025/2/5	N	2025/6/11	○	×
供試数		4 頭	受胎数	3 頭	1 頭
			受胎率	75% (3/4)	25% (1/4)

4. ET-ONE ガラス化法による2胚の移植試験の受胎状況

供卵牛	OPU 実施日	受卵牛	移植日	妊娠鑑定 (胎齢)		胎子数
				約 30 日	約 60 日	
	2025/1/9	O	2025/3/4	×	×	
	2025/1/9	P	2025/3/12	○	○	単体
	2025/1/9	K	2025/4/12	×	×	
	2025/1/9	Q	2025/4/12	○	○	単体
	2025/1/9	R	2025/4/15	○	○	単体
供試数		5 頭	受胎数	3 頭	3 頭	
			受胎率	60% (3/5)	60% (3/5)	

沖縄県内黒毛和種における未診断疾患の有害変異の頻度調査

喜納愛理 佐々木慎二* 棚原武毅** 末澤遼平***
小山裕美子

要 約

沖縄県内黒毛和種における未診断疾患の原因となる有害変異の保因状況ならびに臨床症状との関係を調査した結果、以下のとおりであった。

1. 沖縄県内牛群でのリスクアレル頻度は、発育阻害症、電解質再吸収不全症₂、真菌感染感受性異常症および糖吸収阻害症でそれぞれ0.011, 0.083, 0.032 および 0.026 であった。
2. 真菌感染感受性異常症においてはホモ接合型が1頭存在し、所内で観察を行ったが、真菌症を伴う臍帯炎や臨床症状は認められなかった。
3. 電解質再吸収不全症₁、低ゴナドトロピン症₁ および低ゴナドトロピン症₂ においては、リスクアレルは認められなかった。

緒 言

近年、黒毛和種ではゲノミック選抜に代表される新たな育種手法の導入により、産肉能力の育種改良が著しく進んでいる。いっぽう、特定のエリート種雄牛への供用集中に伴う近交係数の上昇や、世代間隔の短縮により新たな遺伝的不良形質の発生が懸念されている¹⁾。また臨床現場では、遺伝的要因の特定が困難な未診断疾患が数多く存在しているが、遺伝子検査によって保因牛を特定し有効に対策できないことから、生産性の低下や治療費の増加によって、畜産経営を圧迫する要因となっている。

このような背景から沖縄県では他の和牛造成機関と協力し、黒毛和種のほぼ全ての変異を網羅した和牛ゲノムデータベース（以下 WGDB）を構築し、遺伝的不良形質の原因変異を迅速に特定する仕組みを作ってきた^{2, 3)}。

本報告では、WGDB と情報量が豊富なヒトやマウスなど他の動物種の疾患と原因遺伝子・変異の関係をまとめた公共データベースを併用することで、未診断疾患の原因となる有害変異をリストアップした。沖縄県内黒毛和種における保因状況並びに臨床症状との関係を調査したので報告する。

材料および方法

本報告は、沖縄県畜産研究センター実験等基本指針に従って計画し、畜産研究センター実験委員会の審査、承認を得て行った（承認番号：2025005）。

1. 供試材料

2021年度から2025年度にかけて、表1に示す繁殖雌牛、種雄牛、子牛から採材した血液、脂肪、精液からDNAを抽出後、遺伝子型判定に用いた。また、真菌感染感受性異常症は予備的頻度調査から頻度が高いことがわかったため、臍帯炎、尿膜管遺残、臍ヘルニアなど臍帯関連疾患に罹患した牛から採材した。

表1 解析した沖縄県内牛群

	頭数
繁殖雌牛	949
種雄牛	45
子牛	89

2. 対象とした疾患と候補変異が存在する遺伝子機能

調査対象とした疾患と候補変異が存在する遺伝子の機能を表 2 に示す。

表 2 調査対象の疾患

疾患名	想定される主な症状	遺伝子機能
発育障害症	虚弱子牛	アミノ酸トランポーター
電解質再吸収不全症_1	多尿, 脱水, 多飲水	腎臓での電解質の再吸収
電解質再吸収不全症_2	多尿, 脱水, 多飲水	腎臓での電解質の再吸収
真菌感染感受性異常症	臍帯炎, 皮膚真菌症	免疫系による真菌の認識
糖吸収障害症	栄養性の浸透圧性の下痢	二糖の分解酵素
低ゴナドトロピン症_1	中枢性の精液性状不良, 乗駕不良	GnRH 神経細胞の形成
低ゴナドトロピン症_2	中枢性の精液性状不良, 乗駕不良	GnRH 神経細胞の形成

3. 遺伝子型判定

サーマルサイクラー, ABI 3730XL シーケンサーを用いて PCR-direct シーケンス法で変異の遺伝子型判定を行った。判定には, ABI SeqScap を用いた。遺伝子型は, 野生アレルホモ接合型 (AA), ヘテロ接合型 (AB), リスクアレルホモ型 (BB) に分類した。

結果および考察

各未診断疾患における遺伝子型判定結果を表 3 に示した。虚弱子牛などに関係する発育障害症, 多尿などに関係する電解質再吸収不全症_2, 真菌感染感受性異常症, 下痢との関連が疑われる糖吸収障害症で, 沖縄県内牛群でのリスクアレル頻度は, それぞれ 0.011, 0.083, 0.032 および 0.026 であった (表 3)。いっぽう, 電解質再吸収不全症_1, 低ゴナドトロピン症_1 と低ゴナドトロピン症_2 はリスクアレルが認められなかった (表 3)。

発育障害症のリスクアレル頻度は, 0.011 と低く, またホモ接合型個体が存在しなかったことから現時点で当該変異によって虚弱子牛が発生するリスクは低いと考えられる。

電解質再吸収不全症_2 のリスクアレル頻度は, 0.083 と高いもののホモ接合型個体は存在しなかった。多尿症は敷料増加による農家経営の負担や, 飼育地域と海が隣接する沖縄県では環境汚染の影響ともなりうる環境負荷の増大を招く恐れもあることから, 電解質再吸収不全症_1 とともに今後も保因状況の調査が必要であると考えられた。

真菌感染感受性異常症のリスクアレル頻度は, 0.032 でホモ接合型が 1 頭存在した。この 1 頭について所内で観察を行ったが, 真菌症を伴う臍帯炎や臨床症状は認められなかった。真菌感染感受性異常症の原因変異は, 免疫系による真菌の認識に関わる遺伝子上にあることから, ホモ型牛の末梢血単球細胞を真菌細胞壁成分で刺激し免疫活性化物質 IL-6 の産生量を測定したが, 野生型と有意差はなかった。真菌はウシの飼育環境に常在し, ウシは常に暴露されることで様々な経路で免疫系が活性化されていると考えられ, 今回調査した真菌感染感受性異常症の変異だけでは臨床症状を呈する決定因子とはなりにくいと考えられる。現在, 真菌感染感受性異常症の原因変異遺伝子を導入したモデルマウスで機能を検証中である。いっぽう, 臍帯関連疾患は臨床現場で多く発生し, 獣医師の負担となり生産性を低下させる。遺伝的要因の特定のため所外で採材を行っているが, ホモ接合型個体は存在しなかった。今回の研究で臍帯炎のサンプルが多くあつまったことから, 今後これらの材料を活用して真菌感染感受性異常症以外の臍帯関連疾患の遺伝的要因の解明に利用する予定である。

糖吸収障害症は, リスクアレル頻度が 0.026 で, ホモ接合型個体が存在しなかったことから現時点で当該変異による下痢が発生するリスクは低いと考えられる。

今回, WGDB を用い候補有害変異を 7 個リストアップし, 沖縄県内黒毛和種における未診断疾患の有害変異の保因状況を明らかにし, ホモ接合型個体については臨床症状との関連を調査した。いずれも, 沖縄県内牛群において直ちに顕在化するものではないものの, 種雄牛が保因すると集団に一気に広まることから, 今後も種雄牛や基礎雌牛の保因状況について継続して遺伝子型判定することで疾患発生のリス

ク評価を行う必要がある。

表3 各変異の遺伝子型とリスクアレル頻度

疾患名	野生型(AA)	ヘテロ型(AB)	ホモ型(BB)	リスクアレル頻度*
発育障害症	176	4	0	0.011
電解質再吸収不全症_1	133	0	0	0.000
電解質再吸収不全症_2	120	24	0	0.083
真菌感染感受性異常症	799	52	1	0.032
糖吸収障害症	111	6	0	0.026
低ゴナドトロピン症_1	80	0	0	0.000
低ゴナドトロピン症_2	81	0	0	0.000

注) 観測された遺伝子型から、リスクアレル頻度を算出した。リスクアレルとはホモ接合で疾患の発症と関連するアレルのことである。

謝 辞

本研究は日本中央競馬会畜産振興事業の委託により実施しました。深く感謝いたします。

引用文献

- 1) 渡辺大作(2017)黒毛和種牛の指定遺伝的不良形質と最新の話題～イソロイシル tRNA 合成酵素異常症, パーター症候群1型, 前肢帯筋異常症～, 産業動物臨床医学雑誌, 8(1), 1-6
- 2) 佐々木慎二(2020)和牛ゲノムデータベース協議会の立ち上げ(研究レポート), 畜産技術, 785, 42-46
- 3) 佐々木慎二(2018)黒毛和種の多様体データベースの構築による遺伝性疾患の原因変異の迅速な解明, 畜産技術, 762, 8-13

研究補助：玉本博之，仲宗根正弘，山城一也，平良樹史

和牛種雄牛産肉能力直接検定成績

堺龍樹 棚原武毅* 小山裕美子

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)¹⁾を実施している。2024年および2025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。

検定種雄牛および検定方法

本報告は、沖縄県畜産研究センター実験等基本指針に従って計画し、畜産研究センター実験委員会の審査、承認を得て行った(承認番号:2025006)。

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7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×気高系が1頭(1)、田尻系×気高系が1頭(2)、気高系×糸桜系が3頭(3, 5, 6)、気高系×気高系が2頭(4, 7)であった。

表1 検定牛の概要

名号	生年月日	血統					生産地
		父	母	母方祖父	母方曾祖父		
1 若義	2024/1/26	福之姫	さな	幸紀雄	美国桜	糸満市	
2 石2409	2024/3/21	北美津久	はくつるまる	白鵬85の3	百合茂	今帰仁村	
3 盛0624	2024/6/24	美百合	ふゆひめ	福之姫	白鶴85の3	今帰仁村	
4 美之福輝	2024/8/1	美百合	ふき	百合白清2	福乃国	今帰仁村	
5 盛0825	2024/8/25	美百合	ひまのしゅら	福之姫	白鶴85の3	今帰仁村	
6 美裕美	2024/8/29	美百合	おきなわ61	茂北福	美津照重	今帰仁村	
7 美丸	2024/9/21	美百合	おきなわ57	白鵬85の3	安福久	今帰仁村	

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する調査項目である。無駄な飼料摂取量を数値化したものであり、負の値であれば理論上の必要量よりも少ない飼料で増体し、飼料効率が良いという評価、正の値であれば飼料効率が悪いという評価となる。

検定成績

検定成績は、表2に体高、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224.6日、開始時体重286.1kg、終了時体重434.9kg、180日補正

* 現沖縄県営農支援課

体重 239.1kg, 365 日補正体重 473.3kg, DG 1.3kg, 終了時体高 129.2cm であった。7 頭の平均 DG は 2024 年度の直接検定牛における全国平均値²⁾より高い値を示した。また, 粗飼料摂取率, 飼料摂取量, 余剰飼料摂取量および体型評定における平均値は, 粗飼料摂取率 51.1%, 飼料摂取量のうち CP 121.1kg, TDN 641.7kg, 余剰飼料摂取量のうち濃厚飼料 43.7kg, 粗飼料 9.9kg, CP 12.0kg, TDN 28.4kg, 体型評点 84.1 点であった。7 頭の平均余剰飼料摂取量のうち濃厚飼料は全国平均値の -14.8kg より高い値を示し, 粗飼料については全国平均値の 35.6kg より低い値を示した。

沖縄県肉用牛改良協議会専門委員会において, 現場後代検定実施牛として, 若義(紗奈姫へ改名), 石 2 4 0 9 (白鶴久へ改名), 盛 0 6 2 4 (美之姫へ改名)を選抜した。

表 2 検定成績 (体高, 体重および DG)

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 若義	221	294.0	428.0	245.0	466.3	1.20	131.0	○
2 石 2 4 0 9	208	309.0	450.0	272.8	506.7	1.26	131.4	○
3 盛 0 6 2 4	225	262.0	426.0	223.8	466.9	1.46	127.0	○
4 美之福輝	229	253.0	447.0	209.6	488.5	1.73	130.2	
5 盛 0 8 2 5	240	317.0	428.0	247.8	440.9	0.99	127.4	
6 美裕美	236	270.0	403.0	216.8	423.2	1.19	128.2	
7 美丸	213	298.0	462.0	257.9	520.4	1.46	129.2	
平均値	224.6	286.1	434.9	239.1	473.3	1.33	129.2	
標準偏差	10.8	22.7	18.1	21.4	32.1	0.22	1.6	
全国平均値						1.15	125.4	

注 1) 全国平均値は 2024 年度 (182 頭) の平均値

2) は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）

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	TDN	TDN	TDN		
1 若義	55	129	734	29	45	6	39	84.6	○	
2 石2409	49	118	634	13	-45	10	24	83.3	○	
3 盛0624	52	114	597	26	-14	9	3	84.4	○	
4 美之福輝	52	119	619	22	-31	9	-5	83.8		
5 盛0825	48	120	617	71	19	16	39	84.8		
6 美裕美	48	116	599	75	7	15	37	84.0		
7 美丸	54	132	692	70	88	19	62	84.1		
平均値	51.1	121.1	641.7	43.7	9.9	12.0	28.4	84.1		
標準偏差	2.6	6.2	47.9	25.0	42.6	4.3	21.4	0.5		
全国平均値				-14.8	35.6	3.1	2.6			

注 1) 全国平均値は 2024 年度（182 頭）の平均値

2) は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

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(2025)和牛種雄牛産肉能力検定成績 直接法（第 55 輯）（令和 6 年度承認分）

研究補助：山城一也

和牛種雄牛現場後代検定成績

(20) 種雄牛「白鶴桜」「福増白鵬」「令鵬」の検定成績

光部柳子 堺龍樹 小山裕美子

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、2024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。

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2020年度の直接検定¹⁾により選抜された白鶴桜(はくつるざくら)、福増白鵬(ふくますはくほう)および令鵬(れいほう)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²⁾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。検定材料牛として、白鶴桜22頭(去勢13頭、雌9頭)、福増白鵬16頭(去勢10頭、雌6頭)および令鵬19頭(去勢10頭、雌9頭)の産子を用いて肥育を行なった。

本報告は、沖縄県畜産研究センター実験等基本指針に従って計画し、畜産研究センター実験委員会の審査、承認を得て行った(承認番号:2025006)。

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
白鶴桜	2019/6/21	今帰仁村	美国桜	はくつるまる	白鵬85の3	百合茂	85.5	黒15671
福増白鵬	2018/11/18	今帰仁村	福増	おきなわ57	白鵬85の3	安福久	83.9	黒15672
令鵬	2019/9/12	今帰仁村	百合白清2	ひまのちよ	白鵬85の3	美国桜	83.8	黒15673

検定成績

表2に検定種雄牛の現場後代検定における成績を示した。

白鶴桜の成績は全体平均で枝肉重量504.5kg、ロース芯面積66.5cm²、バラの厚さ7.8cm、皮下脂肪厚2.9cm、歩留基準値74.3、BMS.No.9.0、一価不飽和脂肪酸構成割合(MUFA割合)59.0%であった。福増白鵬の成績は、枝肉重量465.2kg、ロース芯面積63.8cm²、バラの厚さ7.4cm、皮下脂肪厚2.8cm、歩留基準値74.3、BMS.No.9.4、MUFA割合59.3%であった。令鵬の成績は、枝肉重量486.0kg、ロース芯面積67.0cm²、バラの厚さ7.7cm、皮下脂肪厚2.4cm、歩留基準値75.0、BMS.No.10.2、MUFA割合58.6%であった。

表2 現場後代検定成績

	月齢	枝肉重量 (kg)	ロース芯面積 (cm ²)	バラの厚さ (cm)	皮下脂肪厚 (cm)	歩留基準値	BMS. No.	MUFA (%)	
白鶴桜	去勢	28.4 ± 0.8	516.6 ± 44.6	66.3 ± 8.4	7.6 ± 0.8	2.7 ± 1.0	74.2 ± 1.5	8.6 ± 2.2	59.1 ± 3.8
	雌	30.9 ± 0.8	490.0 ± 61.9	66.7 ± 7.7	8.1 ± 0.7	3.2 ± 0.7	74.4 ± 1.2	9.4 ± 2.1	58.9 ± 2.0
	全体	29.5 ± 1.5	504.5 ± 53.6	66.5 ± 7.9	7.8 ± 0.8	2.9 ± 0.9	74.3 ± 1.4	9.0 ± 2.1	59.0 ± 2.8
福増白鵬	去勢	28.6 ± 0.4	472.3 ± 49.2	62.3 ± 13.3	7.4 ± 0.8	2.6 ± 0.7	74.2 ± 2.0	9.1 ± 2.2	59.3 ± 2.1
	雌	30.7 ± 1.7	453.3 ± 51.9	66.3 ± 10.5	7.6 ± 0.5	3.2 ± 0.8	74.6 ± 1.9	9.8 ± 2.6	59.3 ± 1.2
	全体	29.4 ± 1.5	465.2 ± 49.4	63.8 ± 12.1	7.4 ± 0.7	2.8 ± 0.7	74.3 ± 1.9	9.4 ± 2.3	59.3 ± 1.6
令鵬	去勢	27.6 ± 1.1	498.9 ± 30.7	69.7 ± 9.2	7.7 ± 0.7	2.3 ± 0.7	75.4 ± 2.0	9.7 ± 2.6	56.8 ± 2.9
	雌	31.5 ± 0.3	471.6 ± 54.5	64.0 ± 8.9	7.7 ± 0.4	2.6 ± 0.6	74.6 ± 1.3	10.7 ± 1.6	60.2 ± 1.1
	全体	29.5 ± 2.1	486.0 ± 44.6	67.0 ± 9.2	7.7 ± 0.6	2.4 ± 0.7	75.0 ± 1.7	10.2 ± 2.2	58.6 ± 2.7

注) 値は平均値 ± 標準偏差

検定種雄牛の推定育種価評価結果(2025年12月解析)を表3に、脂肪酸の推定育種価評価結果(2025年6月解析)を表4に示した。なお、推定育種価は全国和牛登録協会が算出した値を用いた。

推定育種価(BV)とは、個体が産子に伝える遺伝的能力を示す指標である。産子の枝肉成績や血統情報を用いて母牛の遺伝能力および環境要因の影響を統計的に補正することで推定される。

白鶴桜のBVは、枝肉重量、ロース芯面積、バラの厚さならびに歩留基準値が3頭中一番高く、それぞれ79.4kg、28.9cm²、1.41cmならびに4.64であった。令鵬のBVは、枝肉重量が白鶴桜と同等であり、皮下脂肪厚および脂肪交雑が3頭中で最も高く、それぞれ-1.11cmおよび3.38であった。福増白鵬のBVは、脂肪交雑で3.25と高い水準であった。白鶴桜および令鵬におけるMUFA割合のBVは基準集団平均であるBV=0と同等であった。オレイン酸のBVは3頭とも平均以下であった。

表3 枝肉形質の推定育種価評価結果(2025年12月解析)

名号	枝肉重量 (kg)		ロース芯面積 (cm ²)		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
白鶴桜	79.4	0.96	28.9	0.96	1.41	0.95	-0.95	0.97	4.64	0.97	2.74	0.97
福増白鵬	29.9	0.95	18.8	0.95	0.58	0.94	-0.54	0.96	2.95	0.96	3.25	0.95
令鵬	79.4	0.95	25.2	0.95	1.26	0.94	-1.11	0.96	4.15	0.96	3.38	0.96

注) ACCは正確度

表4 脂肪酸の推定育種価評価結果(2025年6月解析)

名号	オレイン酸 (%)		MUFA (%)		後代数
	BV	ACC	BV	ACC	
白鶴桜	-0.63	0.86	0.19	0.83	30
福増白鵬	-1.6	0.83	-0.3	0.80	21
令鵬	-0.43	0.85	0.01	0.82	24

白鶴桜および令鵬は枝肉重量、ロース芯面積、バラの厚さ、歩留基準値、脂肪交雑の検定成績およびBVにおいて良好な結果を示し、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。

引用文献

- 1) 渡慶次功・未澤遼平・荷川取秀樹(2020)和牛種雄牛産肉能力直接検定成績(2020年度), 沖縄畜研研報, 58, 17-19
- 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

研究補助：久田友美，山城一也，玉本博之

付属資料

1. 白鶴桜

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 ²)	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	金星214	白鶴桜	幸紀雄	勝忠平	去勢	28.8	588.6	88	8.3	2.5	76.8	12	A-5	-
2	石2201	白鶴桜	華春福	安福久	去勢	29.2	525.4	69	8.1	1.9	75.5	11	A-5	57.6
3	盛1122	白鶴桜	白清85の3	勝忠平	去勢	26.8	479.4	71	8.0	2.8	75.4	10	A-5	57.3
4	幸紀鶴桜	白鶴桜	幸紀雄	隆之国	去勢	28.7	559.7	66	8.2	2.4	74.3	10	A-5	61.9
5	玉代勢33	白鶴桜	芳之国	華春福	去勢	28.4	412.1	64	6.2	1.5	75.4	10	A-5	-
6	美島桜	白鶴桜	美島福	平茂勝	去勢	28.9	512.5	69	7.1	2.6	74.3	9	A-5	-
7	白秀	白鶴桜	秀幸福	勝忠平	去勢	28.4	558.9	65	9.1	5.4	72.0	9	A-5	60.5
8	光里	白鶴桜	北福波	平茂勝	去勢	28.9	521.1	59	7.6	3.3	72.7	8	A-5	-
9	炭治郎	白鶴桜	茂北福	直太郎	去勢	27.0	501.3	60	7.2	3.1	72.9	6	A-4	52.0
10	白桜	白鶴桜	安茂勝	福栄	去勢	28.6	519.9	63	7.3	2.1	74.1	6	A-4	62.2
11	仲福	白鶴桜	福増	百合茂	去勢	28.4	497.6	68	6.9	1.7	75.1	6	A-4	-
12	白鶴一子	白鶴桜	勝忠平	平茂勝	去勢	29.0	522.8	54	7.2	3.1	71.9	6	B-4	62.5
13	みか	白鶴桜	直太郎	安福久	去勢	31.5	529.4	83	7.9	2.2	76.8	12	A-5	60.0
14	さくら	白鶴桜	美津照重	平茂晴	雌	30.8	489.5	71	8.3	3.2	75.2	11	A-5	55.5
15	あいはくつる	白鶴桜	美穂国	安福久	雌	30.5	571.1	75	8.7	4.5	73.8	11	A-5	55.5
16	めいみ	白鶴桜	美津照重	北福波	雌	31.0	405.3	61	7.6	2.5	75.1	11	A-5	60.7
17	ゆみこ	白鶴桜	勝群星	美津福	雌	31.5	489.7	59	7.4	2.7	73.5	10	A-5	60.3
18	つる40	白鶴桜	安茂勝	安晴福	雌	29.2	437.0	67	9.0	3.2	75.8	10	A-5	-
19	はくひめ	白鶴桜	百合茂	安福久	雌	31.8	504.0	65	8.1	3.7	73.6	9	A-5	60.3
20	たかこ	白鶴桜	百合茂	勝忠平	雌	31.6	593.3	63	9.1	3.7	72.9	8	A-5	59.2
21	やまねざくら	白鶴桜	百合白清2	華春福	雌	30.0	457.8	64	7.6	3.5	73.9	6	A-4	59.6
22	こな	白鶴桜	北福波	安福久	雌	31.1	422.9	59	6.8	3.0	73.6	6	A-4	59.0
						全平均	29.5	504.5	66.5	7.8	2.9	74.3	9.0	59.0
						標準偏差	1.5	53.6	7.9	0.8	0.9	1.4	2.1	2.8

2) 格付の分布

(頭)

肉質等級 \ 歩留等級	1	2	3	4	5	計
A				5	16	21
B				1		1
C						
計				6	16	22

付属資料

2. 福増白鵬

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 ²)	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	島仲150	福増白鵬	美国桜	百合茂	去勢	28.7	423.3	86	7.2	2.0	78.3	12	A-5	-
2	福増平	福増白鵬	勝忠平	安福久	去勢	28.8	524.2	66	7.8	3.1	73.9	11	A-5	58.3
3	百合金	福増白鵬	福福波	晴 姫	去勢	28.5	484.0	67	7.3	2.2	74.9	11	A-5	-
4	順一	福増白鵬	美国桜	平茂勝	去勢	28.8	476.7	77	8.3	3.1	76.2	10	A-5	-
5	隆白鵬	福増白鵬	隆之国	百合茂	去勢	28.5	493.1	54	8.2	3.7	72.4	10	A-5	62.3
6	久良良	福増白鵬	百合茂	福 栄	去勢	27.9	407.0	55	6.3	2.5	73.4	9	A-5	-
7	増清	福増白鵬	百合白清2	安福久	去勢	28.2	553.5	69	8.0	2.8	74.3	9	A-5	-
8	白星	福増白鵬	幸紀雄	茂重桜	去勢	28.4	429.5	52	7.2	1.4	74.4	8	A-5	-
9	福之伸	福増白鵬	北 仁	福 栄	去勢	29.1	425.1	41	5.7	2.4	71	6	B-4	59.1
10	健一郎	福増白鵬	勝群星	糸福栄	去勢	28.6	506.9	56	7.7	2.9	72.9	5	A-4	57.5
11	みつぎ	福増白鵬	北福波	平茂勝	雌	30.8	504.2	81	7.9	3.0	76.2	12	A-5	59.6
12	いぶ	福増白鵬	耕富士	美穂国	雌	31.8	435.3	65	7.3	2.4	75.2	12	A-5	60.2
13	しほ	福増白鵬	百合北	光平照	雌	27.2	364.0	65	7.3	3.6	74.9	11	A-5	-
14	はっぴ	福増白鵬	満天白清	美穂国	雌	31.3	461.7	76	8.3	2.7	76.6	11	A-5	60.1
15	なずな	福増白鵬	北福波	平茂勝	雌	31.6	451.6	57	7.5	4.5	72.2	7	A-4	59.6
16	あんな	福増白鵬	百合桜	福福波	雌	31.6	503.2	54	7.1	3.0	72.2	6	A-4	57.2
						全平均	29.4	465.2	63.8	7.4	2.8	74.3	9.4	59.3
						標準偏差	1.5	49.4	12.1	0.7	0.7	1.9	2.3	1.6

2) 格付の分布

(頭)

肉質等級 歩留等級	1	2	3	4	5	計
A				3	12	15
B				1		1
C						
計				4	12	16

付属資料

3. 令鵬

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 ²)	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	羅雄牛	令鵬	美国桜	百合茂	去勢	26.1	505.3	81	7.8	1.8	77.2	12	A-5	-
2	仲幸	令鵬	幸紀雄	糸福(鹿)	去勢	28.6	507.3	65	8.7	2.2	75.4	12	A-5	-
3	盛0429	令鵬	安福久	勝忠平	去勢	28.1	450.5	86	7.9	1.4	79.0	12	A-5	-
4	勝鵬	令鵬	勝忠鶴	北仁	去勢	26.1	529.6	68	7.8	2.2	74.9	11	A-5	57.9
5	令照	令鵬	安平照	北国7の8	去勢	26.8	475.1	70	6.9	2.3	75.1	11	A-5	56.9
6	令山	令鵬	安茂勝	福栄	去勢	28.4	499.2	66	7.2	1.9	74.8	11	A-5	52.5
7	令幸久	令鵬	幸紀雄	安福久	去勢	28.5	451.2	67	7.3	1.5	76.0	9	A-5	-
8	令福	令鵬	北福波	美津福	去勢	28.4	530.2	77	9.1	2.8	76.3	8	A-5	60.5
9	小籠包	令鵬	北福波	第2平茂勝	去勢	28.8	533.7	61	7.3	3.8	72.2	6	A-4	58.5
10	大鵬	令鵬	福華1	美国桜	去勢	26.8	506.9	56	7.2	2.6	72.8	5	A-4	54.5
11	くになか3の14	令鵬	北福波	第1花国	雌	31.3	551.5	73	8.4	3.8	74.1	12	A-5	59.3
12	ひめみつ	令鵬	美津照重	安茂勝	雌	31.2	416.3	76	7.2	2.3	76.8	12	A-5	-
13	れみ	令鵬	福之姫	勝忠平	雌	31.3	399.1	59	7.3	2.1	75.1	12	A-5	59.2
14	れんこん	令鵬	美津照重	菊平(鹿)	雌	31.4	511.2	52	8.1	3.2	72.3	12	A-5	61.7
15	れい	令鵬	花美千	安福久	雌	31.7	490.4	68	7.9	2.6	75.1	11	A-5	61.3
16	れみ	令鵬	美津照重	北福波	雌	31.5	402.0	51	7.2	2.4	73.7	11	A-5	-
17	さくら1213	令鵬	菊福秀	勝忠平	雌	32.2	508.9	63	8.0	3.1	73.8	9	A-5	60.2
18	れい	令鵬	百合茂	平茂勝	雌	31.7	464.2	63	7.3	1.8	75.0	9	A-5	58.9
19	れいな	令鵬	福安照	平茂勝	雌	31.6	500.8	71	7.8	2.5	75.6	8	A-5	60.9
						全平均	29.5	486.0	67.0	7.7	2.4	75.0	10.2	58.6
						標準偏差	2.1	44.6	9.2	0.6	0.7	1.7	2.2	2.7

2) 格付の分布

(頭)

肉質等級 \ 歩留等級	1	2	3	4	5	計
A				2	17	19
B						
C						
計				2	17	19

TDN 水準の違いがアグー交雑種豚における 肥育後期の発育および枝肉成績に及ぼす影響

金城克之介 普照恭多* 高木和香子** 當眞嗣平

要 約

アグー交雑種における生産性の改善を目的として、異なる栄養水準の飼料（TDN70.5%（以下，TDN 小），TDN73.5%（以下，TDN 中），TDN76.5%（以下，TDN 標準））を用いて、アグー交雑種の肥育後期における飼料の TDN 水準の違いが発育および枝肉成績に及ぼす影響について調査した結果、以下のとおりであった。

1. 発育成績について、試験終了時体重および日増体重、試験終了時背脂肪厚ともに TDN 標準区で最も高く、TDN 小区で最も低い値を示したが処理区間に有意な差は認められなかった。
2. 飼料要求率は TDN 標準区で最も低く、TDN 小区で最も高くなったが処理区間に有意な差は認められなかった。
3. 枝肉成績について、枝肉重量および枝肉背脂肪厚は TDN 標準区で最も高く、TDN 小区で最も低い値を示したが処理区間に有意な差は認められなかった。等級は TDN 標準区が最も低く、TDN 小区が最も高かったが、処理区間に有意な差は認められなかった。
4. 歩留は TDN 標準区が 72.4%および TDN 中区が 72.5%となり、TDN 小区の 70.5%と比較して有意に高かった（ $p < 0.05$ ）。TDN 中区および TDN 標準区では余剰エネルギーが脂肪蓄積に利用され、TDN 小区では他区に比べて摂取エネルギーが低く、脂肪の発達が抑制されたことで枝肉における脂肪の重量差が出たと推察される。

以上の結果から、アグー交雑種の肥育後期における発育を妨げずに脂肪の蓄積を抑制できる飼料の TDN 水準は 70.5%~73.5%付近であることが示唆された。また、アグー交雑種の肥育後期は TDN 水準を低くすることによって枝肉の脂肪蓄積を抑制し、等級を改善できる可能性が示唆された。

緒 言

沖縄県では地域特性を生かした養豚業の振興を図ることを目的に、沖縄アグー豚（以下アグー）を活用したアグーブランド豚の生産を推進している¹⁾。アグーブランド豚として主に流通しているのは、西洋品種の母豚にアグーの雄を交配したアグー交雑種であり、中でも繁殖性の優れたランドレース種（L）と大ヨークシャー種（W）を掛け合わせた交配豚（LW）とアグーの交雑種が最も多い²⁾。アグー交雑種は三元交雑豚（LWD）と比較して優良な肉質特性を持ち³⁾、消費者からの評価も高い⁴⁾。いっぽうで増体性が劣り⁵⁾、脂肪の蓄積が高く肥満になりやすい⁶⁾といった特徴から生産性に課題がある。普照ら⁷⁾はアグー交雑種の蛋白質やエネルギー要求量は西洋品種と比べて低い可能性を示唆しており、過度な脂肪の蓄積を抑制できるエネルギー要求量やアミノ酸要求量を推定し、アグー交雑種に最適な飼料給与と体系の検討を図ることが重要である。

そこで、本研究ではアグー交雑種の肥育後期における飼料の TDN 水準の違いが発育および枝肉成績に及ぼす影響について調査した。

材料および方法

本報告は、沖縄県畜産研究センター実験等基本指針に従って計画し、畜産研究センター実験委員会の審査、承認を得て行った（承認番号：2025003）。

1. 試験期間、場所および供試豚

2024年12月から2025年3月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沖縄アグー豚雄種豚とLWの交配により2024年8月に産まれたアグー交雑種雌豚6頭、去勢豚

* 現沖縄県農林水産部畜産課 ** 現中央家畜保健衛生所

6頭の計12頭を用いた。

2. 試験区分および給与飼料

処理区は3区分とした。エネルギー水準(TDN)の異なる飼料を用いて、各区(TDN 小区, TDN 中区, TDN 標準区)にそれぞれ4頭(雌2頭, 雄2頭)を配置した。

給与飼料のTDN水準は、肥育後期における慣行飼料と同程度のTDN水準であるTDN76.5%とそれ以下のTDN水準としてTDN73.5%およびTDN70.5%に設定した。それぞれの供試飼料の飼料組成を表1, 飼料成分を表2に示した。

表1 供試飼料の飼料組成の計算値

	TDN 小区	TDN 中区	TDN 標準区
原料(%)			
トウモロコシ	58.00	68.57	81.50
大豆粕	0.00	2.50	6.00
フスマ	39.16	26.10	9.69
第三リン酸カルシウム	0.70	0.70	0.70
炭酸カルシウム	0.80	0.80	0.80
食塩	0.16	0.16	0.16
プレミックス	0.20	0.20	0.20
塩酸L-リジン	0.42	0.41	0.39
DL-メチオニン	0.15	0.15	0.15
L-トレオニン	0.16	0.16	0.16
L-トリプトファン	0.05	0.05	0.05
L-イソロイシン	0.11	0.11	0.11
L-バリン	0.09	0.09	0.09

表2 供試飼料の成分組成の計算値

	TDN 小区	TDN 中区	TDN 標準区
成分組成(計算値, 風乾%)			
DM(%)	86.38	86.28	86.16
CP(%)	11.37	11.24	11.20
EE(%)	3.89	3.78	3.63
CF(%)	4.73	3.80	2.64
カルシウム(%)	0.59	0.58	0.58
DE(Mcal/kg)	3.15	3.27	3.42

3. 飼養管理

当センター内単房(1豚房: 1.1 m × 2.5 m = 2.75 m²)で1頭ずつ飼養した。自由飲水, 飼料は朝, 夕2回の制限給餌とした。給与量は表3に示した。

表3 試験区分及び飼料給与量

体重	TDN 小区	TDN 中区	TDN 標準区
	給与量 (kg/日)	給与量 (kg/日)	給与量 (kg/日)
50 kg 以上 ~ 55 kg 未満	2.00	2.00	2.00
55 kg 以上 ~ 65 kg 未満	2.15	2.15	2.15
65 kg 以上 ~ 70 kg 未満	2.20	2.20	2.20
70 kg 以上 ~ 75 kg 未満	2.30	2.30	2.30
75 kg 以上 ~ 80 kg 未満	2.40	2.40	2.40
80 kg 以上 ~ 85 kg 未満	2.50	2.50	2.50
85 kg 以上 ~ 90 kg 未満	2.60	2.60	2.60
90 kg 以上 ~	2.70	2.70	2.70

4. 調査項目および方法

調査項目は体重，総飼料摂取量，日増体重，飼料要求率，背脂肪厚，枝肉重量，歩留，枝肉背脂肪厚，枝肉等級とした。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 (SongKang GLC Co., Ltd, 韓国) を用いて測定した。測定部位は左右の P2 点 (左右の最終肋骨部の正中線から左右に約 6.5cm 下部) とし，測定部位を剃毛し，エコー塗布剤 (プロゼリー，ジェクス株式会社，日本) を塗布し，体表面と直角になるようにプローブをあて測定した。測定した数値を読み取り，左右の値の平均値を背脂肪厚とした。枝肉成績については，枝肉重量，歩留，枝肉背脂肪厚および等級について調査した。

5. 統計処理

統計処理は，危険率 5% 水準で一元配置分散分析により行い，有意差があれば Tukey-Kramer 法による多重比較検定で比較した。

結 果

増体成績および枝肉成績を表 4 に示した。日増体重は TDN 標準区が 0.61 kg/日と最も高く，TDN 小区が 0.57 kg/日と最も低くなったが処理区間に有意な差は認められなかった。飼料要求率は TDN 標準区が 4.0 と最も低く，TDN 小区が 4.3 と最も高かったが，処理区間に有意な差は認められなかった。背脂肪厚は試験開始時から試験終了時にかけて TDN 標準区が最も厚く，TDN 小区が最も薄いままであったが，処理区間に有意な差は認められなかった。枝肉重量および枝肉背脂肪厚は TDN 標準区が最も高く，TDN 小区が最も低い値を示したが処理区間に有意な差は認められなかった。

歩留は TDN 標準区が 72.4% および TDN 中区が 72.5% となり，TDN 小区の 70.5% と比較して有意に高かった ($p < 0.05$)。等級 (上=4，中=3，並=2，等外=1) は TDN 小区が 3.5 と最も高く，TDN 標準区が 2.3 と最も低かったが処理区間に有意な差は認められなかった。

表4 供試豚の増体成績および枝肉成績

	TDN 小区	TDN 中区	TDN 標準区	p 値
試験開始時体重 (kg)	54.6 ± 2.6	55.3 ± 2.6	55.7 ± 3.1	0.849
試験終了時体重 (kg)	114.1 ± 6.8	116.8 ± 5.9	119.3 ± 3.9	0.472
日増体重 (kg/日)	0.57 ± 0.04	0.59 ± 0.04	0.61 ± 0.02	0.334
飼料摂取量 (kg)	256.3 ± 2.4	253.8 ± 2.9	254.9 ± 2.3	0.422
飼料要求率	4.3 ± 0.3	4.1 ± 0.2	4.0 ± 0.1	0.208
試験開始時背脂肪厚 (mm)	12.5 ± 1.1	13.0 ± 1.1	13.3 ± 1.0	0.603
試験終了時背脂肪厚 (mm)	20.6 ± 2.4	21.8 ± 1.5	23.8 ± 4.3	0.362
枝肉重量 (kg)	80.5 ± 4.6	84.7 ± 4.5	86.4 ± 3.5	0.187
歩留 (%)	70.5 ± 0.5 ^a	72.5 ± 0.7 ^b	72.4 ± 0.4 ^b	0.005
枝肉背脂肪厚 (mm)	24.5 ± 0.4	28.0 ± 2.5	29.0 ± 3.6	0.228
等級 ²⁾	3.5 ± 1.0	2.5 ± 0.6	2.3 ± 0.5	0.083

注1) 平均値 ± 標準誤差

注2) 等級を上:4, 中:3, 並:2, 等外:1として算出

注3) a, b ; p<0.05

考 察

本試験では、肥育後期飼料の TDN 水準を慣行飼料と同程度である 76.5%から 70.5%にまで低下させた結果、日増体重および飼料要求率に有意な差は認められなかった。さらに普照ら⁷⁾はアグー交雑種のエネルギー要求量は西洋品種と比べて低いと示唆しており、TDN70.5~76.5%までの TDN 水準差は増体性に有意な差を生じさせるほどではなかったことから、TDN 小区においても発育に必要な最低限のエネルギー要求量を満たしていたと推察された。

TDN 小区は、TDN 中区と TDN 標準区に比べて有意に歩留が低く、等級はエネルギー水準が低い区ほど高くなる傾向にあった (p<0.1)。新垣ら⁹⁾は枝肉歩留の増加は皮下脂肪の増加および骨格組織の発達によるものであるとし、斎藤ら¹⁰⁾は過剰に摂取したエネルギーは脂肪の蓄積に利用され、厚脂の原因になると報告している。肥育後期は脂肪が増加する時期⁸⁾であり、本試験においても TDN 水準の上昇に伴う摂取エネルギーの増加分が主として脂肪蓄積に利用されたと考えられる。さらに、枝肉重量における処理区間の有意な差は認められなかったことから、相対的にみられた枝肉重量の増加傾向および枝肉歩留の上昇傾向については皮下脂肪に加えて内臓脂肪の蓄積が関与している可能性が考えられる。等級については TDN 水準が高い区ほど脂肪蓄積による枝肉背脂肪厚が厚くなり、豚肉取引規格¹¹⁾における等級「中」未満の背脂肪厚の範囲に収まる割合が増えたことによって等級が低くなったと推察される。また、TDN 小区においても発育に必要な最低限のエネルギー要求量を満たされていたと推察されることから、慣行飼料と同程度である TDN 標準区よりも TDN 水準を低くすることで枝肉の脂肪蓄積を抑制し、等級を改善できる可能性が示唆された。

以上の結果から、アグー交雑種における肥育後期飼料の TDN 水準を 76.5%から 70.5%まで低下させることで、発育への影響を最小限に留めながら枝肉への脂肪蓄積を抑制し、等級を改善できる可能性が示唆された。また、TDN76.5%は慣行飼料の TDN 水準に相当することから、アグー交雑種にとって、慣行飼料の TDN 水準は過剰であることが示唆された。

しかしながら、アグー交雑種はアグーブランド豚として一般的な豚枝肉格付に基づかない枝肉単価の値決めによる取引が行われており、等級による格落ちがなく、枝肉重量や歩留の低下に伴う 1 頭あたりの農家収支の減少が懸念される。また、今回の試験では枝肉の理化学特性については調査しておらず、TDN 水準を低くすることによって、枝肉の理化学特性にどのような影響を及ぼすのかについても今後、調査を行う必要がある。

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) 沖縄県農林水産部畜産課畜産政策班(2021)沖縄県産豚肉消費活性化事業報告書, 123
- 3) 眞嗣平・親泊元治・二宮恵介・鈴木直人(2017)アグーブランド豚と三元交雑種(LWD)の肉質比較, 沖縄畜研研報, 55, 23-26
- 4) 日本政策金融公庫農林水産事業(2009)牛肉・豚肉のブランド化への取り組みとその評価, AFC フォーラム別冊, 情報戦略レポート 26, 14-16
- 5) 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(6)アグー交雑種の肥育試験および肉質評価, 沖縄畜研研報, 43, 25-29
- 6) 普照恭多・伊佐常暢・平良祥・片桐慶人(2021)当センターにおける沖縄アグー豚交雑種の発育調査, 沖縄畜研研報, 59, 20-24
- 7) 普照恭多・村上賢太・安村陸・審晶・高木和香子(2023)アグー交雑種去勢豚における肥育後期の飼料切り替え時期が発育および飼料摂取量に及ぼす影響, 沖縄畜研研報, 61, 39-44
- 8) 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
- 9) 新垣祐子・高橋圭二・細野真司(2015), ランドレース去勢豚の屠畜体重の違いが発育, 屠体型質および肉質に及ぼす影響, 千葉県畜産総合研究センター研究報告, 15, 9-13
- 10) 齋藤常幸・須藤秀紀・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, 日豚会誌, 40(3), 121-128
- 11) 牛・豚・枝肉・部分肉取引規格解説書(1996), 32-45, 社団法人日本食肉格付協会

研究補助：照屋剛，又吉博樹

スマート機器を活用した山羊繁殖技術の確立

(2) 耳標型センサーを活用した山羊の分娩前後における体温変動の調査

安村陸 滝口収* 金谷晴一** 當眞嗣平
高木和香子***

要 約

スマート機器を活用した山羊繁殖技術の確立を図るため、耳標型センサーを用いて山羊の分娩前後 5 日間における体温変動を調査した結果、以下のとおりであった。

1. 山羊の分娩季節である 3~4 月における耳標型センサーの値は 35.8~36.2℃、体温計の値はともに 39.1℃であり、耳標型センサーと体温計の測定値の差は約 3℃で推移した。
2. 耳標型センサーと体温計の相関係数について、3 月が 0.65 と中程度の相関が認められ、4 月は 0.71 と強い相関が認められた。
3. 分娩前後 5 日間における 2 時間ごとの体温変動について、最も低い個体では 30.7~36.9℃、高い個体では 32.2~37.6℃で推移した。全個体の平均体温の推移について、分娩日の 2 日前に 35.1℃から 33.3℃まで体温が低下し、分娩直前に 34.4℃まで上昇するものの、分娩直後は 32.9℃まで低下した。分娩 1 日後には分娩前の平常値と同水準まで回復する傾向が認められた。

以上のことから、山羊の分娩時期における耳標型センサーの精度および体温変動の知見が得られ、分娩の検知への可能性が示唆された。

緒 言

沖縄県においては、伝統的な食文化として山羊肉を食用とする習慣が根付いており¹⁾、長年にわたり山羊肉の需要は高い。近年は本県のみならず全国的にも山羊肉の需要が高まっているが、国内消費のほとんどが輸入肉であり²⁾、需要に比して供給が不足している状況が続いている。そのため沖縄県では、生産規模の拡大に向けた肉用山羊の多頭飼育技術の確立が求められている。

肉用山羊の多頭飼育では、分娩兆候の早期発見に熟練の技術が必要とされる。同じ反芻動物である肉用牛の分娩兆候の発見においては、生理的指標である体温変化を把握することが有用とされている^{3,4)}が、直腸温度の定期的な測定は労力を要するため、リモートセンサーを活用した「牛温恵」や「牛歩」などの製品が開発され利用されている。さらに、耳標型のセンサーを装着することにより牛をセンシングする技術も開発されており⁵⁾、これらの ICT を活用した繁殖管理は山羊においても応用できる可能性がある。

そこで、本研究では開発中の山羊用耳標センサーを用いて、分娩前後の体温変動について調査したので報告する。

材料および方法

1. 試験期間および試験場所

1) 試験期間および試験場所

2023 年 11 月 1 日から 2024 年 4 月 30 日までの期間とし、試験場所は沖縄県畜産研究センター雌山羊舎とした。

2) 飼養管理

開口幅 2×奥行 3m の高床式の山羊房で単飼もしくは 2 頭の群飼とした。飼料はオーツ乾草と山羊用濃厚飼料を 1 日 2 回に分け給与し、自由飲水とした。

2. 供試山羊

供試山羊の概要を表 1 に示した。供試山羊はボア種 2 頭、交雑種 6 頭の計 8 頭とし、月齢 30~64 カ月、体重 48.5~68.0kg の雌山羊 8 頭とした。

* (株)アルセンス **九州大学 *** 現沖縄県中央家畜保健所

表1 供試山羊の概要

供試	品種	月齢	体重(kg)
1	ポア種	64	49.0
2	交雑種	44	65.5
3	交雑種	32	55.0
4	交雑種	43	53.5
5	交雑種	41	68.0
6	交雑種	30	58.0
7	ポア種	63	48.5
8	交雑種	44	59.0

3. 試験方法

1) 耳標型センサーの機能および装着方法

耳標型センサーによる体温測定のプロセスを図1に示した。測定には開発中の耳標型センサー（アルセンス社製、写真1）を用い、山羊用のアプリケーターおよびイヤータグにより供試山羊の耳介に装着した(写真2)。測定されたデータは自動で山羊舎に設置されている端末を介しネットワーク上に保存される仕様とした。太陽電池のため夜間は安定的に測定できないことから、測定時間は冬期に畜舎内にて採光可能な8時から16時の間とした。さらに、温度に対する上下変動の値とされる温度表示精度（温度精度）は ± 0.7 とした。

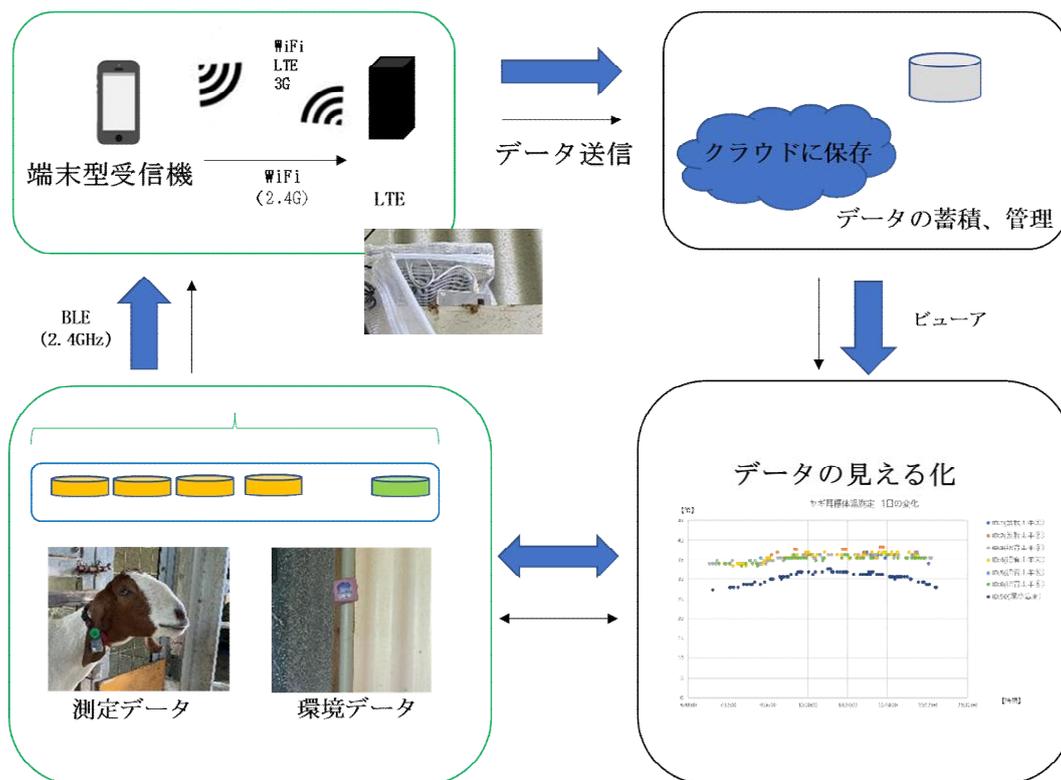


図1 耳標型センサーにおける体温測定のプロセス図



写真1 耳標型センサー



写真2 装着後の様子

2)測定部位および方法

耳標型センサーによる測定部位は耳介の表面温度とし、測定間隔は2時間とした。直腸温度の測定には動物用体温計（Sunnav社製）を用い、朝と夕の1日2回測定した。なお、直腸温度の測定は耳標型センサーを装着している期間のみとした。

4.調査項目

1)耳標型センサーと体温計における測定値の差

山羊の分娩時期における耳標型センサーと体温計の測定値の差について検討するため、山羊の分娩が最も多い3~4月に雌山羊3頭（供試 1~3）の耳介温度と直腸温を測定し、各月で平均値を算出した。

2)耳標型センサーと体温計の相関

山羊の分娩時期における耳標型センサーの精度について検討するため、1)の測定値から直腸温度を測定した時刻と同じ時間帯における耳標型センサーの測定値を抽出し、相関分析を行った。

3)山羊の分娩前後における体温変動

耳標型センサーにより雌山羊5頭（供試 4~8）の分娩前後5日間における日別および2時間ごとの体温変動を調査した。2時間ごとの体温変動の測定値は8時、10時、12時、14時、16時に近い時刻から抽出した。

なお、本研究は沖縄県畜産研究センター実験等基本指針に従って計画し、畜産研究センター実験委員会の審査、承認を得て行った（認定番号：2025002）。

結 果

1. 耳標型センサーと体温計における測定値の差

耳標型センサーおよび体温計の測定値における月ごとの平均値を表2に示した。開発中の山羊用耳標センサーを山羊の耳介に装着し表面温度を測定したところ、試験期間中は安定的に測定可能であることが確認された。

3~4月における耳標センサーの平均値は36.1、体温計の平均値は39.1であり、差は3.0であった。耳標型センサーは体温計よりばらつきが大きく、3月よりも環境温度の高い4月の方が体温計との差が小さい傾向が認められた。また、耳標型センサーは3月と4月で0.4の差があったものの、体温計は平均値およびばらつきの差は認められなかった。

表2 耳標型センサーと体温計の測定値および環境温度 ()

	3月	4月	平均
耳標型センサー(耳介)	35.8±0.9	36.2±1.0	36.1±1.0
体温計(直腸)	39.1±0.5	39.1±0.5	39.1±0.5
差	3.3	2.9	3.0
環境温度	20.2±3.0	25.6±2.8	23.4±3.9

注) 平均値±標準偏差

2. 耳標型センサーと体温計の測定値における相関

耳標型センサーと体温計の相関を図2に示した。3月は耳標センサーが32.8~37.6, 体温計が38.1~40.1の範囲であった。4月は耳標センサーが33.5~38.3, 体温計が38.0~40.1となり、測定値の範囲が3月よりやや高い傾向が認められた。相関係数は3月が0.65と中程度, 4月は0.71と高い相関が認められた。

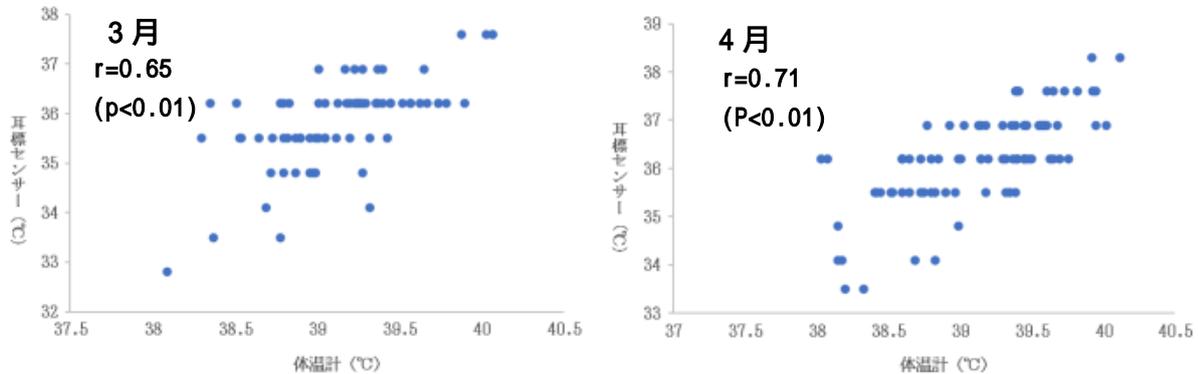


図2 耳標型センサーと体温計の測定値における相関

3. 山羊の分娩前後の体温変動

1) 分娩前後5日間における日別の体温変動

供試山羊の分娩について, 供試 4~7は2023年11月16~19日に, 8は2024年3月15日に分娩した。

山羊の分娩前後5日間における体温変動を図3に示した。分娩前に34.5から33.6まで低下したものの, 分娩から3日後には33.7から34.9まで上昇した。

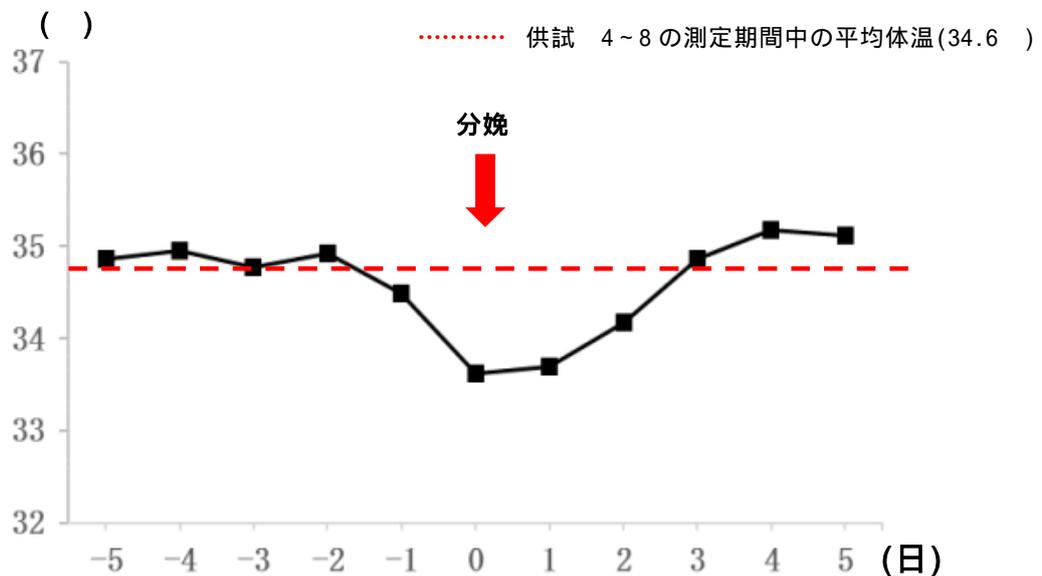


図3 分娩前後5日間における日別の体温変動

2) 分娩前後5日間における2時間ごとの体温変動

分娩前後5日間における2時間ごとの体温変動を図4に示した。最も低い個体は30.7~36.9の間で推移し、もっとも高い個体は32.2~37.6で推移した。個体ごとのばらつきが認められたものの, 分娩日の前日に体温が低下し, 分娩から1~2日経過後に体温が上昇する傾向が認められた。全個体の平均値では分娩の2日前より35.1から33.3まで低下し, 分娩時に34.4まで上昇したものの, 直後に32.9まで低下し, 分娩1日後には分娩前の平常値と同水準まで回復する傾向が認められた。

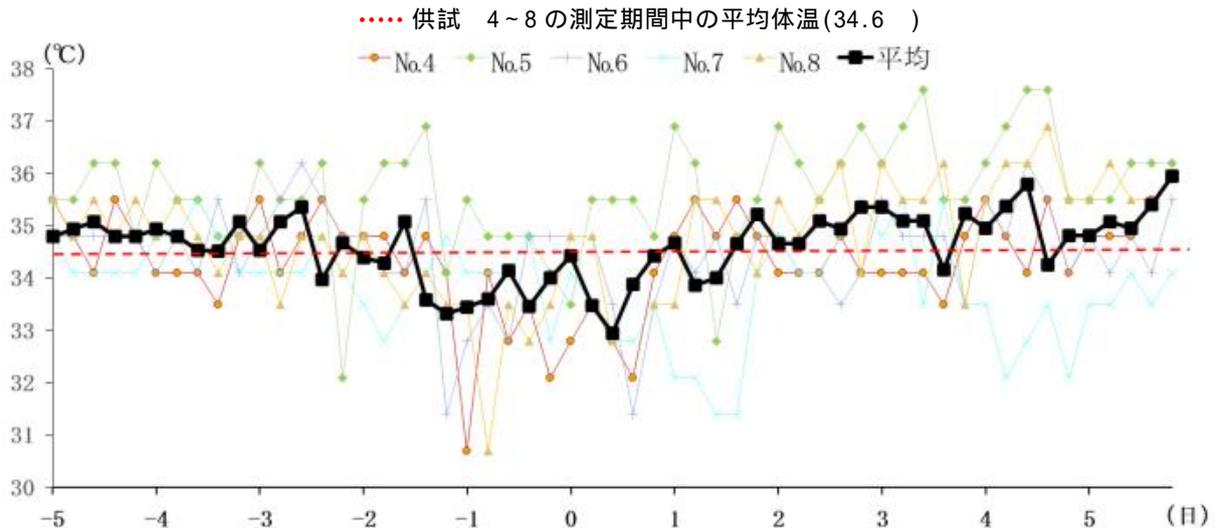


図4 分娩前後5日間における2時間ごとの体温変動

考 察

分娩前後の体温変動に供した山羊5頭のうち4頭は2023年11月、1頭は2024年3月に分娩した。11月に分娩した4頭はホルモン処置による季節外繁殖であり、通常山羊の分娩時期は3月頃とされる⁶⁾。

耳標型センサー装着期間について、重みにより装着部位周辺の出血が認められたため、分娩前後の約1カ月間や分娩季節である3月から4月の約2カ月間しか装着できなかった。今後は長期間の装着を想定し耳標型センサーの軽量化を図る必要がある。

耳標型センサーでは3月と4月で0.4の差が認められたが、環境温度が影響したと考える。皮膚の表面温度は直腸温度より外気温の影響を受けやすいため、気温が低い3月は4月より低い範囲で変動した可能性がある。また、耳介温度は直腸温度より低値を示すため、今後は絶対値ではなく変動パターンに着目した検証が必要である。

耳標型センサーと体温計の相関では山羊の分娩季節である3月と4月でいずれも強い相関関係が認められたことから、山羊の分娩時期においては、耳標型センサーを一定の精度で活用できる可能性がある。3月より4月の方が強い相関関係が認められたが、上述したように環境温度の影響を受けたと考える。肉用牛では、秋期における膈内と外耳道の相関が0.78~0.94であったのに対し、冬季には-0.15まで低下したことが明らかになっている⁷⁾。また、筆者らが9月に同様の手法で測定した事例⁸⁾では耳介表面温度と直腸温度の差は2.6と本試験より差が小さく、相関係数は0.79と本試験より強い相関関係が認められた。これらのことから、外気温が高い方が耳標型センサーを有効に活用できることが示唆される。

分娩前後の2時間ごとの体温変動では、分娩2日前までは平均より高い傾向にあったが、1日前から分娩日にかけて急低下した。分娩日の朝から分娩直前にかけて上昇するものの、分娩直後に再度低下した。

牛では分娩の前日に直腸温度が0.4低下することが確認されている⁹⁾が、変動幅が小さく分娩予知的中確率が低いことから、体温変動以外の総合的評価から分娩を予測するべきとされている⁹⁾。そのため、牛の分娩予知は膈内に挿入したモジュールが破水により体外に押し出されることで温度変化を検知するシステム(牛恩恵, 株式会社デザミス)が主流である。本研究における変動幅は33.3~35.1(図4)と最大で1.8と牛の直腸温度と比較し顕著な差が認められたことから、山羊において耳標型センサーは牛以上に有効な分娩検知ツールとなる可能性が示唆された。

分娩前日の体温低下は牛と同様であったが、本研究では分娩直前にかけて耳介温度が上昇し分娩直後に急低下する牛では見られなかった体温変動が確認された。これらは雌山羊の分娩兆候や分娩前の行動が影響したと考える。山羊は分娩の12時間前より頻繁な起立や伏臥、落ち着きなく歩き回るなどの分娩行動が始まる。運動量が増えることで体温が上昇し、末梢血管が多い耳介の表面温度にも強く影響した可能性がある。さらに、明確な努責が開始することによる分娩直前の体温上昇や、破水による羊水の体外排出を要

因とした体温の急低下など、分娩前後の生理的現象に起因する体温変動を耳標型センサーにより正確に把握できたことが示唆される。

以上のことから、分娩季節における耳標型センサーの精度や分娩前後の体温変動についての知見を得ることができた。本試験における開発段階の山羊用耳標型センサーでは長期間の装着は困難であったが、牛では、長期間装着可能な耳標型センサーにより牛をセンシングする技術が開発⁶⁾されている。山羊も同様に長期間装着が可能な耳標型センサーを開発することにより、高熱や低体温時など広い範囲での耳介温度を測定でき、繁殖への活用だけでなく、疾病の早期発見や飼養管理の簡易化への有効性を検討できると考える。

謝 辞

本研究は伊藤記念財団令和5年度研究助成事業により実施しました。研究費を助成いただいた公益財団法人伊藤記念財団に深く感謝いたします。

引 用 文 献

- 1) 平川宗隆(2003)沖縄のヤギ文化誌, 16 - 24, (有)ポーターインク
- 2) 農林水産省畜産局畜産振興課(2024)めん羊・山羊をめぐる情勢,
https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_katiku/attach/pdf/r6_mensanyo-9.pdf
- 3) 三浦雅史・阪谷美樹・松山秀一・中村翔(2019)牛尾部腹側体表温の測定に基づく分娩予知技術,
https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/nilgs/2019/nilgs19_s04.html
- 4) 阪谷 美樹(2017) ウシ腔温度変化は黄体の状態と発情強度とに関連がある, 畜産技術 2017年, 6, 6-9
- 5) 滝口収(2019)耳標に貼り付けたセンサーから牛をセンシングする技術を開発,
http://exvmw-smf001.ext.pref.okinawa.jp/tempbox/tempbox/attach/id/1_00443368
- 6) 独立行政法人家畜改良センター長野牧場業務課(2007)山羊の繁殖マニュアル, 10, 9, 独立行政法人家畜改良センター企画調整部企画調整課
- 7) 武石秀一・井上一之・木下正徳・松井英徳・野々下雅彦・石田睦夫・池田哲・佐藤哲哉・小田原幸夫・利光政彦(2006)牛体温の常時監視システムの開発, 大分県産業科学センター平成17年試験成績報告書, 35, 47
- 8) 安村陸・滝口収・金谷晴一・高木和香子(2023)スマート機器を活用した山羊繁殖技術の確立(1)耳標型センサーを活用した山羊の体温変動調査, 沖縄畜研研報, 61, 57-62
- 伊藤隆・小番真姫子(1999)肉用牛の発情における体温変動, 東北農業研究所, 52, 129-130
- 9) 栗原昭広・森本一隆・岩尾健・岡田綾子(1998)黒毛和種の分娩前体温低下による分娩時期予測, 鳥取畜試研報, 27, 12-15

研究補助：仲宗根安利

スマート機器を活用した山羊繁殖技術の確立

(3) 音声解析を活用した山羊の個体識別

安村陸 滝口収* 金谷晴一** 當眞嗣平
高木和香子***

要 約

山羊の個体管理の省力化を目的に、音声解析を活用した山羊の個体識別について検討した結果、以下のとおりであった。

1. 山羊の音声の安定的な取得手法について、山羊にストレスを与えず、かつ安定的に鳴声を取得できるような方法を検討した結果、常用している首輪の内側にシリコンケースで保護した録音機を装着する手法を確立した。
2. スペクトル引き算法による前処理として、飼育環境のノイズ（風音や機械音）を除去し山羊の音声波形のみを抽出したことで、解析精度が向上した。それらを3次元のスペクトログラムによって表現した結果、周波数や声量、声のトーンや鳴き方の特徴量に顕著な個体差が確認できたことから、音声解析による山羊の個体識別が可能であることが示唆された。
3. 品種の識別について検討するため、各品種より特徴量が最も顕著であった個体のスペクトログラムを周波数0～2000Hzの範囲で比較したところ、ザーネン種は声量や周波数間隔が広く他品種との識別が可能であることが示唆されたものの、ボア種とヌビアン種は周波数や振幅が類似しているため、今後さらにサンプル数を増やして解析する必要がある。

緒 言

沖縄県では伝統的な食文化として山羊肉を食べる風習がある¹⁾ことから、古くより山羊肉の需要は多い。近年は海外からの観光客向けのハラルフードとして全国的にも山羊肉の需要が高まっているが、国内消費のほとんどが輸入肉である²⁾ことから、需要に対し供給が不足している状況にある。そのため、県内では山羊農家の生産規模拡大が必要とされているが、労働力不足により増頭時の個体管理ができない生産者が多く、山羊の多頭飼育における飼養管理の省力化が課題とされている。

同じ反芻動物である牛では、音声を利用した飼養管理省力化に関する研究が進んでいる。乳牛では個体管理の省力化を目的とした音響情報の分析事例³⁾があり、放牧牛では適正周波数をスピーカーから流すことで簡易に牛を誘導できることが明らかになっている⁴⁾。これらの音声を活用した技術は個体管理の省力化が課題とされている山羊においても応用できる可能性があるものの、山羊における音声の活用事例はない。

そこで本研究では、個体管理の省力化を目的とした鳴声の解析による個体識別について検討したので報告する。

材料および方法

1. 試験期間および試験場所

1) 試験期間および試験場所

2024年8月1日から2025年1月31日までの期間とし、試験場所は沖縄県畜産研究センター飼養試験山羊舎とした。

2) 飼養管理

開口幅2×奥行3mの高床式の山羊房で3頭ずつの群飼とし、飼料はオーツ乾草と山羊用濃厚飼料を1日2回に分け給与し、自由飲水とした。

2. 供試山羊

供試山羊の概要を表1に示した。供試山羊はボア種3頭、ザーネン種3頭、ヌピアン系交雑種3頭の計9頭の雌山羊とした。

表1 供試山羊の概要

供試	品種	性別	体重(kg)
1			49.0
2	ボア種	雌	48.5
3			58.0
4			51.0
5	ザーネン種	雌	52.5
6			49.5
7			58.5
8	ヌピアン系交雑種	雌	65.5
9			78.0

3. 試験方法および項目

1) 山羊鳴声の安定的な取得手法

音声の取得にはICボイスレコーダー(QZT社製:音質1536kbps,連続録音48時間,重量34g,寸法40×35×9.7mm,以下,録音機)を用いた。個体における鳴声の明確化および簡易かつ安定的に音声を取得できるよう,録音機の装着部位は頸部から胸部の周辺とし,山羊への負担軽減のため飼養管理で常用する首輪を用いた手法を検討した。山羊の自然体の鳴声を取得するため,音声は装着から連続して24時間取得した。さらに,破損や脱落なく一定期間の装着が可能かを検討するため,音声を取得する24時間を経過後も168時間連続して装着した。取得手法は,飼養管理に常用する首輪の外側に直接取り付けの手法(以下,手法1),ポーチに収納し首輪に結び付ける手法(以下,手法2),首輪内側にシリコンケースにて装着する手法(以下,手法3)の3つとした。手法1~3については装着の手間,山羊へのストレス,およびデータの取得などの各状況を項目とし,良好を○,不良を×で表した。さらに,24時間以内に録音機が脱落もしくは故障した頭数,全頭が連続で録音機を装着できる時間を調査した。

なお,本研究は沖縄県畜産研究センター実験等基本指針に従って計画し,畜産研究センター実験委員会の審査,承認を得て行った(認定番号:2025002)。



手法1



手法2



手法3

写真1 音声データの取得手法

2) 音声データの解析精度向上処理

音声データは前処理としてスペクトル引き算法⁵⁾による雑音除去を行った。取得した音声データから雑音部分(飼育設備や機械の稼働音などのホワイトノイズ,雨風などの環境音,他の動物の鳴声など)を切り離し,解析に必要な音声データの精度向上を図った。供試山羊1頭につき30サンプルずつ,計270サンプルのデータ解析を行った。

3) 音声データの高精度解析および特徴点のグループ分け

音声データの精度向上を図るため、フーリエ変換を用いて音声波形を周波数成分に分解したスペクトル (Spectrum) 解析法による解析を行った。また、特徴点を比較するため、時間、周波数、振幅の3要素をスペクトログラムにより表現し、縦軸が周波数、横軸が時間、色の濃淡（グレースケール）を振幅とした。各項目における特徴量が最も顕著に確認できるよう、周波数は0～8000Hz、時間は1.5秒、振幅は20dB～80dBの範囲で検討した。

4) 山羊鳴声の識別調査

個体の識別調査は防犯カメラ映像を用い、鳴声時の口の動きと音声データのスペクトログラムを紐づけし判別した。映像の取得にはSMONET社製の防犯カメラ（品番B07LGPVGB3：ビデオキャプチャ解像度500万画素、夜間録画可能、防水対応）を用いた。また、個体の判別精度を上げるため、口を閉じている状態であるような鳴声をC(Close)、口をあけた明瞭な鳴声をO(Open)とし、2つの型で表した。個体識別のスペクトログラムは3)と同様の表現にて特徴量を比較し、品種の識別は交差検証による分類精度に基づき評価した。なお、反応する周波数に着目するため、周波数帯を0～2000Hzとした。

結 果

1．山羊鳴声の安定的な取得手法

各手法の検討結果を表2に示した。手法1は結束バンドを用いて直接首輪に装着するため、取り外しに労力を要した。また、装着个体や同居个体によって首輪を噛む、引っ張る、壁に押し付けるなどのストレス行動が確認された。装着から1日後には9頭中4頭で録音機の破損や取り外す行動が認められた。

手法2は簡易に設置できたものの、異物感を感じるためか首輪を気にする个体があり、装着から3日後に9頭中2頭で脱落が認められた。さらに、録音機がポーチ内で移動したことで雑音が生じ、安定的に音声を取得できなかった。

手法3は簡易に取り外しができ装着後にストレス行動は観察されず、すべての个体が168時間連続して装着することができた。

表2 山羊音声取得手法の検討結果

手法	装着に要する労力	山羊への負荷	音声の取得状況	24時間以内に脱落した頭数(頭)	全个体が連続して装着できた時間(時間)
1	×	×	○	4	24
2	○	×	×	2	72
3	○	○	○	0	168

2．取得したデータの解析精度向上処理

手法3により取得したデータを分析した結果、装着した个体の音声以外にホワイトノイズ、雨風などの環境音、施設内の作業音、他の山羊や動物の鳴声などの雑音が集めて取得されていることが確認された。これらの雑音はそれぞれ固有の周波数を持つことから、スペクトル解析で分離することが可能であった。前処理としてスペクトル引き算法による雑音除去を行った結果、環境音や同居个体の鳴声などの雑音から装着个体の音声波形を切り離すことが可能であった（図1）。

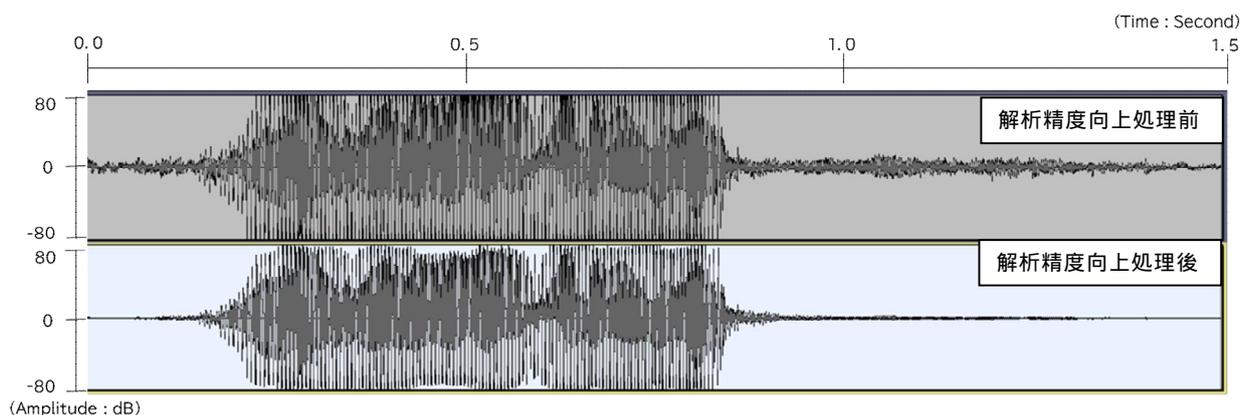


図1 音声データの解析精度向上処理

3. 音声データの高精度解析および特徴点のグループ分け

スペクトログラム解析結果の一例を図2に示した。山羊の鳴声の大きさ (dB) と高さ (Hz) に特徴量を確認でき、特に 2000Hz 以下のグレースケールにて濃く反応することが確認された。

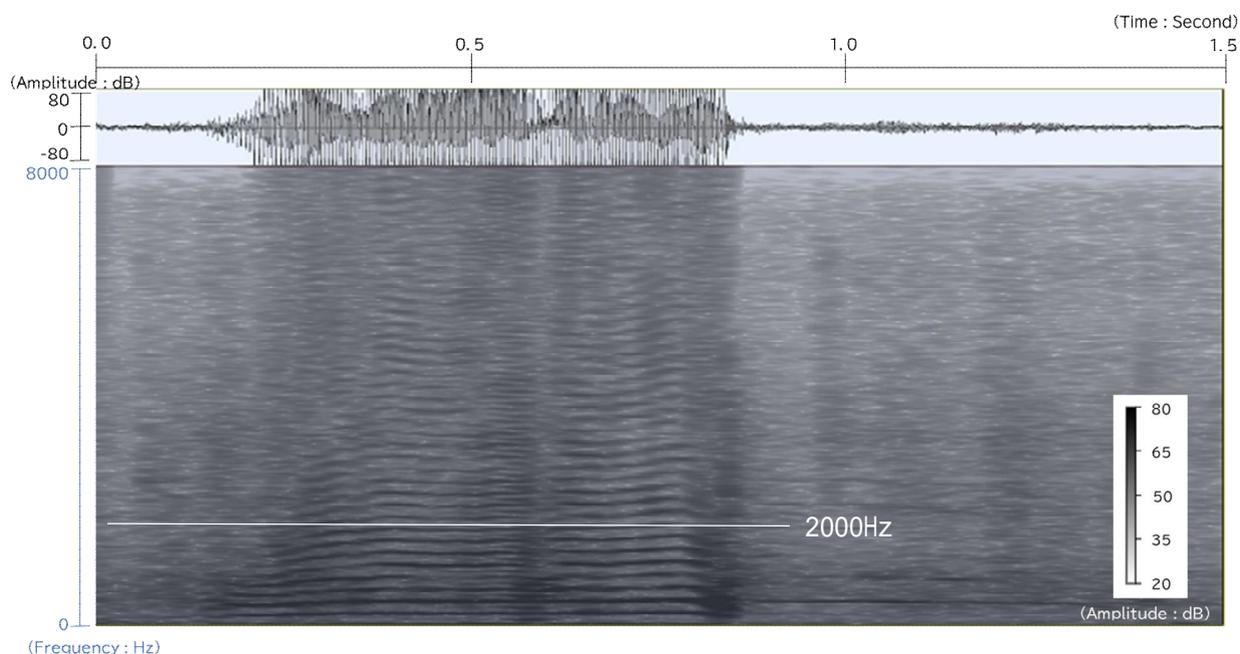


図2 音声データの解析結果 (1 : 周波数 0 ~ 8000Hz, 時間 1.5 秒, 振幅 20dB ~ 80dB)

4. 山羊鳴声の識別調査

1) 個体の識別調査

個体ごとの解析結果について、同品種間で比較するためボア種は 1 と 2, ザーネン種は 4 と 5, ヌビアン系交雑種は 7 と 8 をスペクトログラムにより表現した (図3)。ボア種について、1 は C で低周波のうなるような声を上げ、0 から音量を上げるような鳴き方が特徴であったが、2 は 0 の経過時間が長く、全体的に声が低い特徴が認められた。ザーネン種の 2 個体は特徴が表れる周波数帯や音量が近い傾向にあり、C から 0 への経過時間が短く、0 から急激に声のトーンや音量が上がるような鳴き方も類似していたものの、5 だけは鳴声の経過時間が短かった。ヌビアン系交雑種について、7 は C のうなり声がやや長く、0 は一定のトーンで鳴くのが特徴であった。一方、8 は C の経過時間が長かった。一定のトーンで鳴く特徴は 7 と同様であったが、途中でトーンが下がっており、鳴き方に明確な違いが認められた。

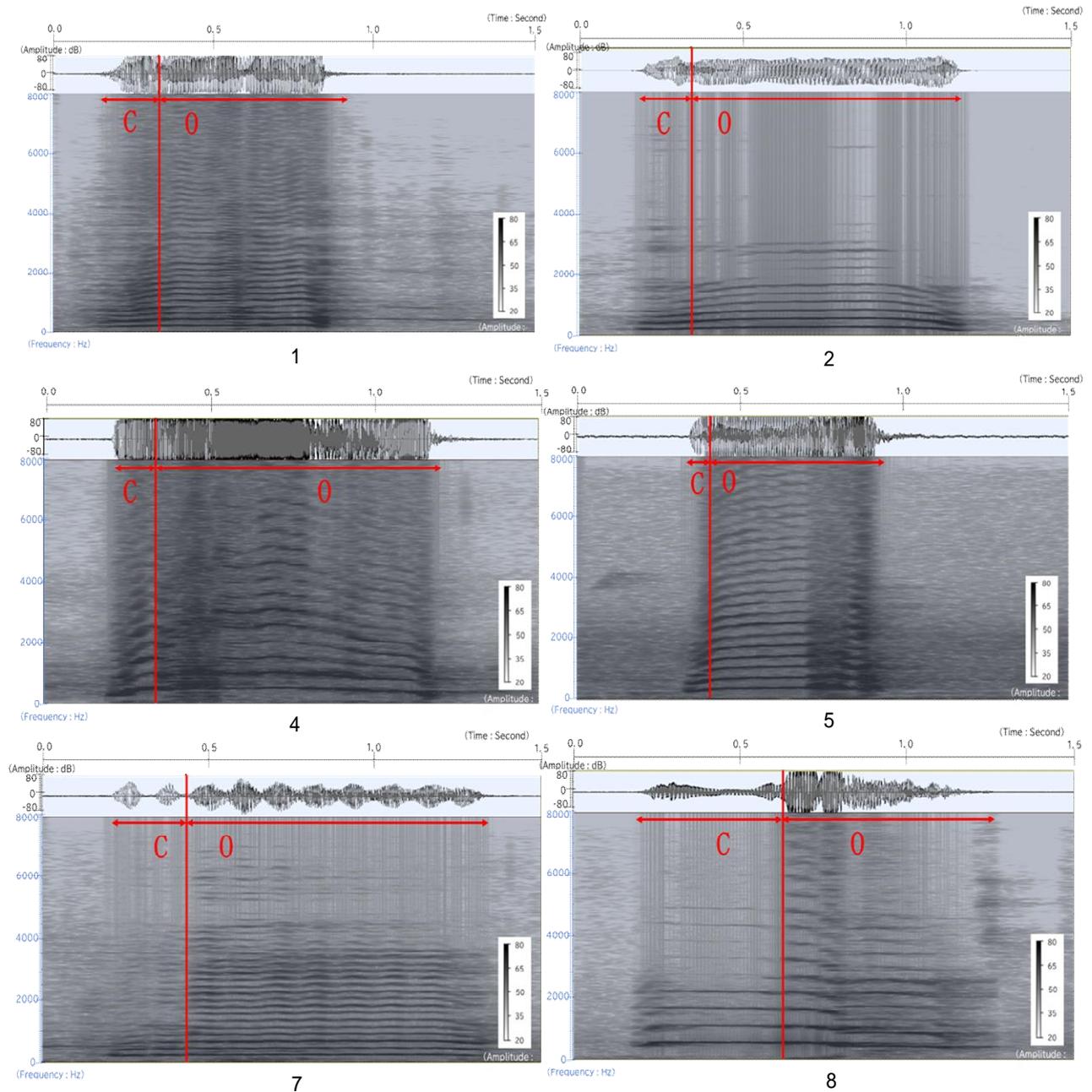


図3 個体ごとのスペクトログラムによる識別（周波数帯：0～8000Hz）

2) 品種の識別調査

品種の識別について検討するため、各品種より特徴量が最も顕著であった 1、4 および 9 のスペクトログラムを図 4 に示した。周波数 0～2000Hz の範囲において比較したところ、品種ごとに強く反応する周波数があり、振幅が大きいほどグレースケールの色が濃くなる特徴が認められた。ボア種は $425 \pm 10\text{Hz}$ を基準に特徴が現れ、口をほとんど開かずの間延びるように小さく短く鳴声し、3 品種の中で最も低音の傾向が認められた。ザーネン種は $998 \pm 10\text{Hz}$ を基準に特徴が現れ、開口して大きな声量で鳴き、3 品種では最も高音の傾向が認められた。ヌピアン系交雑種は $654 \pm 10\text{Hz}$ を基準に特徴が現れ、声の高さや声量はボア種とザーネン種の間程度であり、口をあけた状態でビブラートがかかった声で鳴く傾向が認められた。また、鳴声の経過時間は 3 品種の中で最も長かった。ボア種とヌピアン系交雑種は周波数や振幅（グレースケール）がやや類似する傾向にあった。

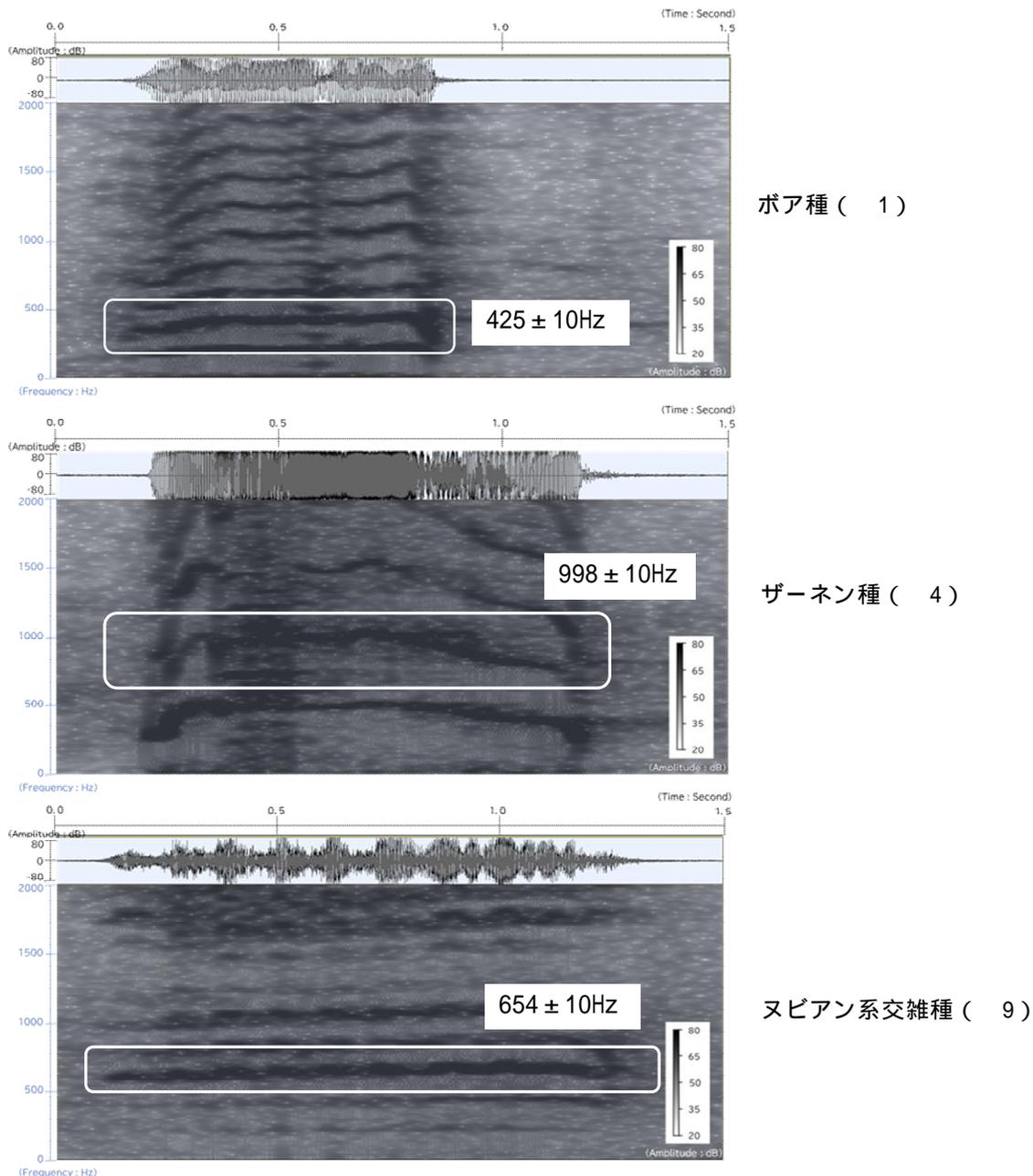


図4 品種ごとのスペクトログラムによる識別 (周波数帯: 0~2000Hz)

考 察

山羊の安定的な音声取得について、手法3は簡易に取り外しができ、装着後山羊がストレスを感じている様子は確認できず、すべての個体が168時間連続して装着することができた。手法3で安定的に音声を取得できた要因として、首輪の内側に録音機を設置したことで音声取得しやすい頸部付近に固定できたこと、首輪の内側に隠れるため別個体が噛みつくなどの行動が引き起こされなかったことなどが考えられる。さらに、睡眠時のいびき、食中のゲップや咀嚼音も取得できたため、引き続きデータを収集し個体ごとの睡眠時間や反芻の状況などを把握することで、山羊の健康管理に活用できる可能性がある。

スペクトログラムの視覚的評価の結果、周波数帯やグレースケールの濃淡(振幅)にて明確な差異が認められたため、特徴点のグループ分けが可能であることが明らかになった。個体ごとの識別では、周波数帯や振幅に加え、鳴声のトーンやC・0それぞれの経過時間、音量や声のトーンなど、3次元のスペクトログラム解析により必要なデータ量が充足されたことで個体間差異が確認でき山羊の個体識別が可能である。

ことが示唆された。乳牛の鳴声に関する知見では、基本周波数 80～100Hz、声量 82～102 dB、長さ 1.3～2.1 秒であったと報告されている⁶⁾。本研究では基本周波数だけでなく、高調波も測定・分離できるので、先行研究より識別精度が向上することが推察される。

品種の識別については、ザーネン種は声量や周波数間隔が広いことから他品種との識別が可能と示唆されたものの、ボア種とヌビアン系交雑種は周波数や振幅（グレースケール）が類似しているため、今後さらにサンプル数を増やし精度を向上させる必要がある。

以上のことから、音声解析によって山羊の個体が識別できる可能性が示唆された。今後は発情や分娩前後の雌山羊の鳴声を解析することで発情の早期発見や分娩の検知に活用できないか検討する。

謝 辞

本研究は伊藤記念財団令和 6 年度研究助成事業により実施しております。研究費を助成いただいた公益財団法人伊藤記念財団に深く感謝いたします。

引 用 文 献

- 1) 平川宗隆(2003)沖縄のヤギ文化誌, 16 - 24, (有)ボーダーインク
- 2) 農林水産省畜産局畜産振興課(2024)めん羊・山羊をめぐる情勢,
https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_katiku/attach/pdf/r6_mensanyo-9.pdf
- 3) 入部百合絵・曾我真子・兒嶋朋貴・増田達明(2019)鳴き声の線形予測残差を用いた牛の個体識別, 畜産研究成果情報, 10, 47-48.
https://www.jstage.jst.go.jp/article/pjsai/JSAI2019/0/JSAI2019_1F40S17b04/_pdf/-char/ja
- 4) 円通茂樹・福川たい一郎・山田明央・土肥宏志(1996) 放牧牛の音響誘導における適正周波数,
http://exvmw-smf001.ext.pref.okinawa.jp/tempbox/tempbox/attach/id/1_00443368
- 5) 緒方伸哉(2006) スペクトル引き算法による音声強調の特性改善, 日本音響学会誌, 63-1, 541
- 6) 柏村文郎・山本正信 (1985) 牛における鳴声の分類と音声分析法の検討, 家畜の管理, 21, 73-83

山羊多頭飼育技術の確立

(2) 給与飼料における粗濃比の検討

安村陸 高木和香子*

要 約

山羊の育成後期における粗飼料を多給した条件下での粗飼料と濃厚飼料の比率(粗濃比)が発育に及ぼす影響について検討するため、粗濃比を8:2(粗飼料多給)を目安に給与する試験区と5:5で給与する対照区を比較した結果、以下のとおりであった。

1. DM, TDN, CPの充足率は両区とも100%を満たしたものの、対照区が高い傾向にあった。また、飼料要求率は試験区が7.9, 対照区が6.5と対照区が1.4低かった。
2. 試験終了時の体重は試験区が59.6kg, 対照区が66.0kgであった。DGは試験区が155.4g, 対照区が193.3gと対照区の方が有意に高かった。
3. 体型測定値では腹囲のみ試験区が高く、それ以外の部位では対照区が高い傾向が認められた。
4. 血液生化学的検査では両区とも健康状態の異常は認められなかった。
5. 試験期間中の飼料費について、増体1kgあたりに必要な飼料費は試験区(285円)が対照区(492円)の6割以下となり、高い生産性を示した。

以上のことから、粗飼料の多給による育成で県内の出荷目安となる体重まで育成でき、健康状態への影響も少なく、さらに生産性にも優れることが明らかとなった。

緒 言

沖縄県では伝統的な食文化として山羊肉を食する習慣があり¹⁾、山羊肉は地域に根ざした重要な畜産物である。近年ではインバウンド需要の増加に伴い、山羊肉の需要はさらに高まっている²⁾。いっぽう、県内の山羊飼養頭数は減少傾向にあり、山羊農家の約91%が1~20頭規模の小規模経営であることが報告されている³⁾。このため、山羊肉の安定供給を図るうえで、県内山羊農家における生産規模の拡大が課題となっている。しかしながら、近年の世界的な情勢を背景とした飼料価格の高騰により、山羊農家における飼料費の負担は増大しており、生産規模の拡大や増頭が困難な状況にある。飼料費の負担軽減策としては、濃厚飼料の使用を抑え、粗飼料を多給する飼養体系が有効と考えられる。しかし、山羊においては粗飼料多給条件下での育成技術に関する知見が乏しく、特に育成期における適正な粗濃比については十分に明らかにされていない。そこで、本研究では山羊の育成後期における粗飼料を多給した条件下での粗濃比が発育に及ぼす影響について検討したので報告する。

材料および方法

1. 試験期間および試験場所

2023年10月8日から2024年4月8日までの6カ月間とし、試験場所は畜産研究センター雌山羊舎とした。

2. 飼養管理

開口幅2m×奥行3mの高床式の山羊房で4頭ずつの群飼とし、飼料の給与は午前と午後の1日2回行い、自由飲水とした。

3. 試験方法

粗飼料を多給する試験区と粗濃比を同じ割合で給与する対照区に群分けし比較した。

4. 給与飼料の養分含量および月齢ごとの給与量

給与飼料の養分含量を表1に、月齢ごとの給与量および給与水準を表2に示した。給与飼料はトランスパーラ乾草、山羊用濃厚飼料、大豆粕とし、粗飼料の割合は試験区が7~8割、対照区が約5割とした。NRC(2007)

* 現沖縄県中央家畜保健所

の Nutrient Requirements of Domestic Animal⁴⁾ を参考に、本県の山羊出荷時の平均体重である 55 kg⁵⁾ の増体に必要な要求量を満たすよう設計した。残餌 100g 以下が 2 日以上続く場合は下記給与量に粗飼料を 100g 追加給与した。

表1 給与飼料の養分含量
(%DM)

飼料名	乾物率	TDN	CP	NDF	EE	ASH
トランスパーラ乾草	84.3	59.1	8.4	76.7	2.4	4.3
濃厚飼料	84.6	81.5	14.4	20.5	3.5	4.4
大豆粕	88.0	78.7	50.6	12.5	2.0	7.1

表2 各月齢における1頭当たりの飼料給与量

月齢	6ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月
試験区 (粗飼料 7~8割)	乾草 (g/日)	750	800	950	1150	1400
	濃厚飼料 (g/日)	100	200	200	200	300
	大豆粕 (g/日)	100	125	125	125	135
	TDN 水準 (%)	63.6	65.3	64.6	63.9	64.0
	CP 水準 (%)	13.6	14.3	13.6	12.9	12.6
対照区 (粗飼料 5割)	乾草 (g/日)	450	550	650	750	900
	濃厚飼料 (g/日)	350	400	450	500	700
	大豆粕 (g/日)	100	150	150	180	200
	TDN 水準 (%)	66.4	68.6	68.3	67.5	68.8
	CP 水準 (%)	14.8	16.2	15.5	15.6	15.7

5. 供試山羊

供試山羊の概要を表3に示した。供試山羊はヌビアン種およびボア種の交雑種とし、月齢は約6カ月齢、体重 28.5~33.5kg の雄の育成山羊 8 頭とした。なお、本研究は沖縄県畜産研究センター実験等基本指針に従って計画し、畜産研究センター実験委員会の審査、承認を得て行った(認定番号: 2025007)。

表3 供試山羊の概要

区分	供試	品種	性別	体重(kg)
試験区	1	ヌビアン系交雑種	雄	28.5
	2	ヌビアン系交雑種		33.5
	3	ヌビアン系交雑種		31.0
	4	ボア系交雑種		33.0
対照区	5	ヌビアン系交雑種	雄	29.0
	6	ヌビアン系交雑種		32.5
	7	ヌビアン系交雑種		29.5
	8	ボア系交雑種		33.0
		平均(試験区)		31.5
		平均(対照区)		31.0

6. 調査項目

1) DM, TDN, CP の摂取量および充足率, 飼料要求率

午前の飼料給与前に残飼料の測定を行い, 給与量と残飼料の差を飼料摂取量とし, 給与飼料の乾物率から乾物摂取量 (DMI) を求めた。DMI, TDN, CP の充足率は, 摂取量から維持および増体に必要な要求量を除して算出した。飼料要求率は試験期間中の乾物摂取量を増体重で除して求めた。

2) 発育成績

測定項目は, 体重, 体高, 体長, 十字部高, 胸囲, 腹囲とし, 体重は1週間ごとに, その他項目は1カ月ごとに測定した。

3) 血液生化学的検査

スポットケム (SP-4410) を用い, グルコース (Glu), 総コレステロール (T-cho), 尿素窒素 (BUN), 総ビリルビン (T-Bil), アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ (GOT), グルタミントランスペプチターゼ (GPT), 総タンパク (T-Pro), アルブミン (Alb) の検査を行った。

4) 濃厚飼料における育成コスト

試験期間中における濃厚飼料および大豆粕の摂取量に飼料単価を乗じて算出した。また, 総費用から試験期間中の増体を除して増体 1kg あたりに必要な濃厚飼料費を算出した。

7. 統計処理

両区から得られたデータをエクセル統計 2010 for Windows (株式会社社会情報サービス東京) を用いて t 検定により統計処理した。

結 果

1. DM, TDN, CP の摂取量および充足率, 飼料要求率

DM, TDN, CP の月ごとの摂取量を図 1 に, 充足率および飼料要求率を表 4 に示した。試験終了時点 (12 カ月齢) で, 試験区は 1 日あたり DM1352g, TDN898g, CP156g 摂取し, 対照区は DM1487g, TDN1052g, CP203g 摂取した。7 カ月齢時点では DM は試験区が多く, TDN と CP は対照区が多かったが, 12 カ月齢ではいずれの摂取量も対照区が多かった。両区とも 8~9 カ月齢と 10~11 カ月齢において摂取量が大きく上昇し, 11~12 カ月齢は上昇幅が減少する傾向にあった。

試験期間中の摂取量について, 両区ともに 6~7 カ月齢に残餌量が多く粗飼料の割合が想定より 1 割低下したものの, 7 カ月齢以降は粗飼料の摂取量が増える傾向にあった。

充足率について, 試験区が DM102.9%, TDN102.1%, CP104.6% となり, 対照区が DM108.3%, 113.8%, 130.8% となった。両区とも充足率 100% を満たしたものの, いずれの項目においても対照区が高かった。飼料要求率について, 試験区が 7.9, 対照区が 6.5 と試験区が 1.4 高かった。

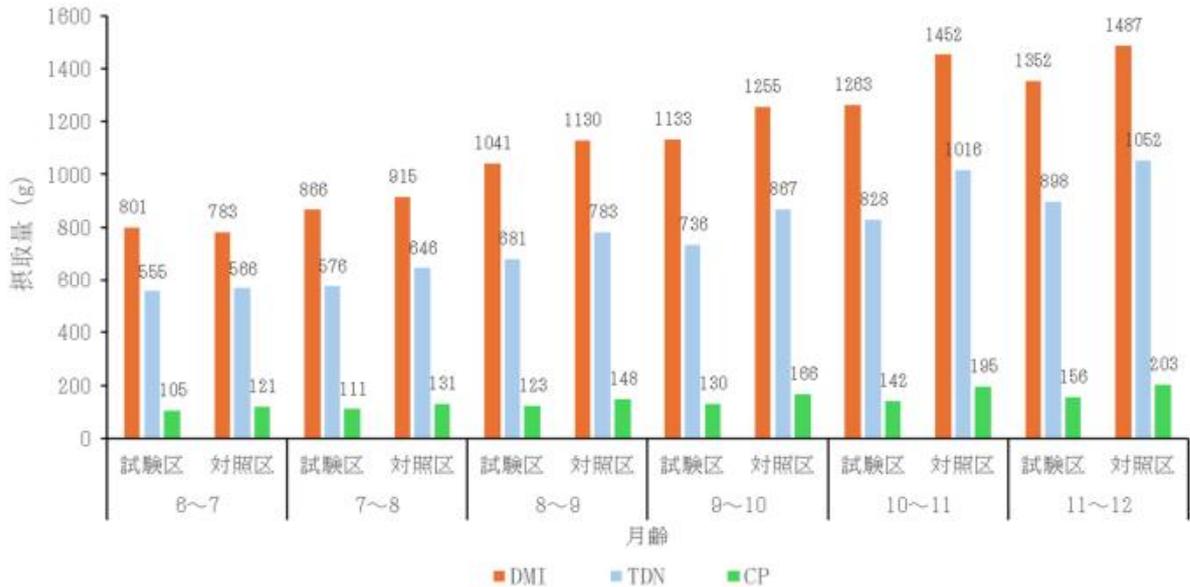


図1 各月齢におけるDM, TDN, CP摂取量

表4 試験期間におけるDM, TDN, CPの摂取量, 充足率および飼料要求率

区分	DM		TDN		CP		飼料要求率
	摂取量 (gDM/頭/日)	充足率 (%/頭/日)	摂取量 (gDM/頭/日)	充足率 (%/頭/日)	摂取量 (gDM/頭/日)	充足率 (%/頭/日)	
試験区	1076	102.9%	712	102.1%	128	104.6%	7.9
対照区	1170	108.3%	822	113.8%	161	130.8%	6.5

2. 発育成績

1) 試験期間中における体重変化およびDG

試験期間中における体重推移およびDGを表5に示した。試験終了時の体重は試験区が59.6kg, 対照区が66.0kgであり, それぞれ28.1kg, 35.0kg増体した。終了時の体重で両区間に有意差は認められなかったものの, 対照区が重い傾向にあった。DGは試験区が155.4g, 対照区が193.3gと対照区の方が37.9g高く, 有意差が認められた。

表5 試験期間中における体重およびDG

	体重		DG (g/頭/日)
	開始時	終了時	
試験区	31.5 ± 2.0	59.6 ± 5.0	155.4 ± 18.2 ^b
対照区	31.0 ± 1.8	66.0 ± 4.4	193.3 ± 17.7 ^a

注1) 平均値 ± 標準偏差

注2) 同列内の小文字に有意差あり (p<0.05)

2) 発育値の推移

試験期間中における発育値の推移を図2に示した。体重は試験区が一定に推移しているのに対し, 対照区は6~9カ月齢より9~12カ月齢の増体が優れていた。また, 9カ月齢までは両区での差はほとんどなかったが, 10カ月齢以降は対照区の上昇幅が増えたため両区間の差が大きくなった。

体高は12カ月齢の試験区が78.3cm, 対照区が81.4cmとなり, それぞれ開始時より11.4cm, 12.9cm伸

長した。両区とも9カ月齢までは急な上昇が認められたものの、10カ月齢以降は上昇幅が狭まった。また、8カ月齢まで両区での差が小さかったものの、8～9カ月齢時に対照区の急な上昇が認められたため、以降は一定の差で推移した。対照区は個体ごとのばらつきが大きい傾向にあった。

体長は12カ月齢で試験区が80.4 cm、対照区が82.5 cmとなり、それぞれ開始時より14.6 cm、16.2 cm伸長した。対照区は8～9カ月齢に急な上昇が認められたものの、それ以外は両区ともに一定に上昇した。他の測定部位より対照区のばらつきが大きい傾向が認められた。

十字部高は12カ月齢で試験区が79.4 cm、対照区が79.1 cmとなり、それぞれ開始時より12.5 cm、12.0 cm伸長した。両区ともに7～8カ月齢で急な上昇が認められ、それ以外は一定に推移した。他の測定部位と違い両区での差はほとんど認められなかった。

胸囲は12カ月齢で試験区が88.3 cm、対照区が91.8 cmとなり、それぞれ開始時より14.0 cm、20.8 cm増加した。両区ともに8カ月齢までは大きく増加したものの、9カ月齢に変動幅が極端に小さくなり、10カ月齢以降は緩やかに推移した。

腹囲は12カ月齢で試験区が110.3 cm、対照区が109.3 cmとなり、それぞれ開始時より29.5 cm、28.0 cm増加した。両区で6～8カ月齢に急な上昇が認められ、以降は変動幅が小さくなる傾向が認められた。測定部位の中で唯一腹囲のみ試験区が大きい傾向にあった。

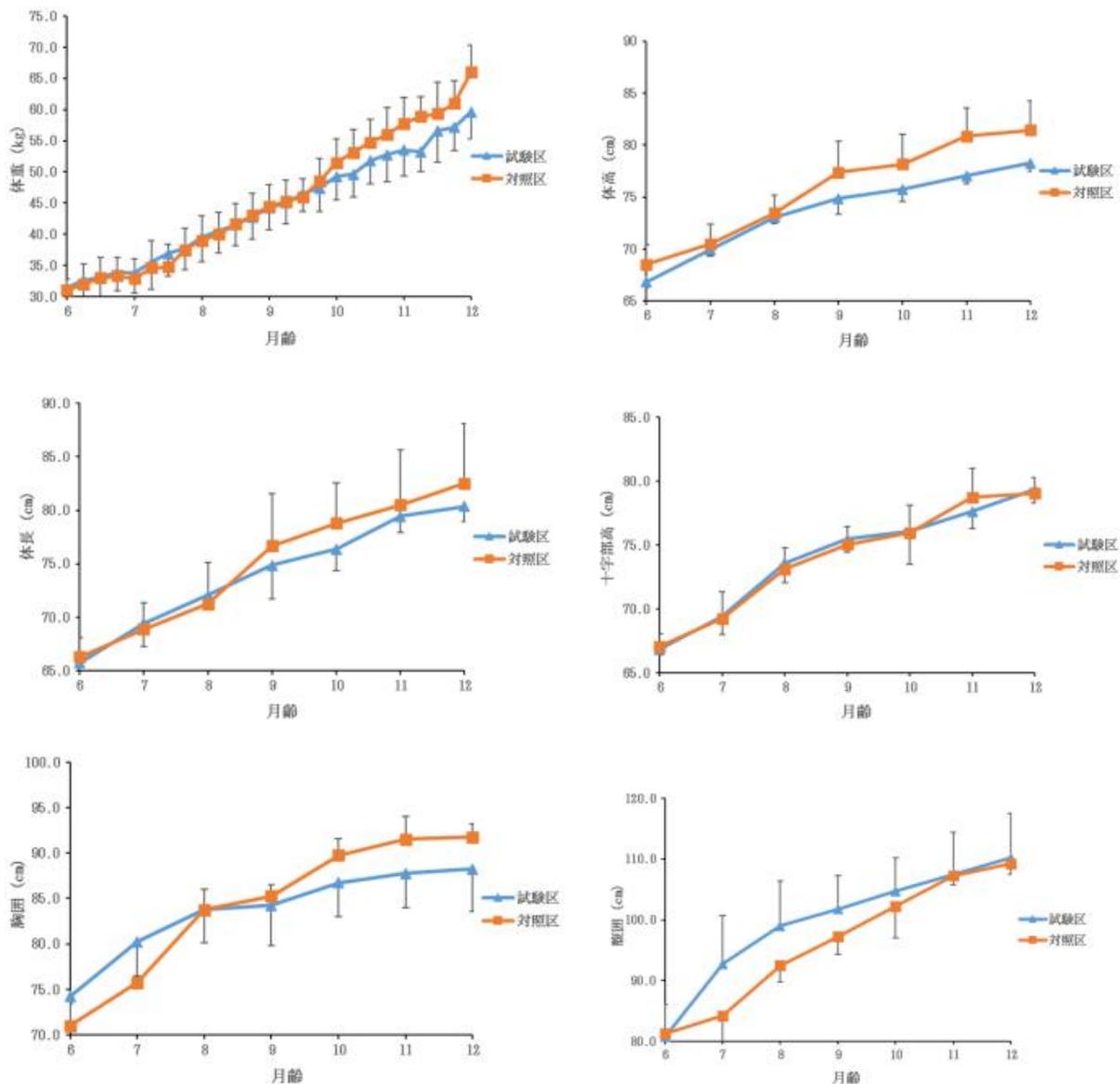


図2 試験期間中における発育値の推移

3) 血液生化学的検査

血液生化学的検査の結果を表6に示した。全項目で両区に有意差は認められなかったものの、GPT ($p<0.057$)とAlb ($p<0.051$)において対照区が高い傾向にあった。県内における肉用山羊の血液生化学性状の値⁶⁾と比較して異常な値は認められなかった。

表6 血液生化学的検査

	Glu(mg/dl)	T-cho(mg/dl)	BUN(mg/dl)	T-Bil(g/dl)	GOT(IU/L)	GPT(IU/L)	T-pro(g/dl)	Alb(g/dl)
試験区	71.3 ± 3.3	84.5 ± 5.3	24.8 ± 2.2	0.2 ± 0.0	92.8 ± 6.7	14.8 ± 3.3	5.6 ± 0.3	3.1 ± 0.0
対照区	70.5 ± 0.5	84.3 ± 11.58	24.8 ± 4.8	0.2 ± 0.0	97.0 ± 22.5	21.5 ± 8.0	5.8 ± 0.1	3.0 ± 0.1

注) 平均値 ± 標準偏差

4) 濃厚飼料における育成コスト

試験期間中における飼料費および増体1kgあたりの飼料費を表7に示した。総飼料費は試験区が7,792円、対照区が17,204円であり、試験区が9,412円安かった。増体1kgあたりに必要な濃厚飼料費は試験区が285円、対照区が492円であり、試験区が207円安かった。

表7 濃厚飼料における育成コスト

区分	濃厚飼料の摂取量 (kg)	濃厚飼料費 ^{注)} (円)	増体1kgあたりに 必要な濃厚飼料費 (円)
試験区	70.2	7,792	285
対照区	160.0	17,204	492

注) 試験開始月の2023年10月時点の単価より算出

考 察

本県の山羊出荷時の平均的な体重55kg⁵⁾を目安に飼料設計したが、DM、TDNおよびCPの摂取量が対照区より少ない試験区においても試験終了時の体重は4.6kg多い59.6kgであったことから、本試験に供したヌビアンおよびボア系交雑種は飼料要求率が低いことが示唆される。

DM、TDN、CPの摂取量について、いずれも試験区より対照区の方が多かったが、嗜好性や飼料の栄養成分が影響した可能性が高い。山羊は一般的に粗飼料より濃厚飼料の方が嗜好性は良く、試験期間中においても濃厚飼料はほとんど残餌がなかったが、粗飼料は両区で残餌が多く確認された。粗飼料より濃厚飼料の方が乾物あたりのTDN、CP含量が高いため、同量を給与しても摂取量に差が生じた可能性がある。

試験区の飼料摂取量について、粗濃比8:2を目指し最大で粗飼料を1400gまで給与したものの、10カ月齢以降は摂取量の上昇幅が減り、12カ月齢時点で1100~1200gの摂取が上限であった。しかし、粗飼料の割合は給与量の約7割を維持でき、本県の出荷目安体重以上に増体した。このことから、同系統の山羊における雄の12カ月齢での出荷を55kgで想定する場合、育成後期における粗飼料多給での粗濃比は7:3が適することが示唆された。

体重について、両区とも6~7カ月時の増体が他の月齢と比較し少ないが、発情期が重なり飼料の摂取量が低下したことが影響したと考える。また、9カ月齢までは両区ともに体重の差が少ないことから、10カ月齢未満での早期出荷を想定する場合は粗飼料多給で育成することで飼料コストがさらに削減できると考える。

体高について、12カ月齢時は対照区が高い傾向($p<0.057$)にあったことから、10カ月齢までに体高の発達を促す場合は濃厚飼料の給与割合を増やすことが効果的であると考えられる。

体高，体長，十字部高，胸囲について，両区とも6～9カ月齢までは急な上昇が認められ，以降は変動幅が緩やかになる傾向にあった。牛の場合，体高は8～9カ月齢頃から変動幅が小さくなることが知られている⁷⁾が，本試験における山羊の測定部位についても同様の傾向が認められた。

十字部高では他の部位と違い両区でほとんど差が認められないことから，粗飼料の多給が十字部高に与える影響は少ないことが示唆された。12カ月齢時点で試験区では体高より十字歩高が高いが，対照区は体高の方が高い。牛では，体高より十字部高が高い場合骨格の形成中のため成長の余地がある⁸⁾とされるが，山羊においても育成後期の粗飼料の多給が12カ月齢以降の成長および骨格形成に影響する可能性がある。

腹囲以外の測定項目では対照区が高いが，腹囲は試験区が高い傾向にある。試験区は第一胃にて滞留する粗飼料の量が多く反芻する時間も長くなるため，それが腹囲の測定値に影響している可能性がある。

血液生化学的検査について，GOTとAlbにおいて対照区が高い傾向にあったが，TDNやCPの摂取量の差が影響したと考える。その他の数値について，対照区が正常値に近く栄養状態が優れていると判断できるものの，県内における肉用山羊の血液生化学性状の値⁶⁾と比較し大きく逸脱するような値は検出されなかったため，粗飼料多給の給与形態が山羊の健康状態に悪影響を与える可能性は低いと考える。

濃厚飼料費について，試験区は対照区の5割以下のコストとなり，1kgの増体に必要な飼料費においても対照区の6割以下となった。Taiwo⁹⁾らが西アフリカ地域矮性品種の小型山羊において粗濃比を検討した結果，濃厚飼料0%では成長効率が最低水準だが飼養が可能とされ，20～40%では高い摂取量かつ経済性にも優れ，60%ではDGが増えるものの飼料効率は悪化するとされた。ヌビアン種およびボア種の交雑種を供試した本試験においては，増体や飼料効率では粗濃比を5：5とする方が優れるものの，生産性の面では粗飼料多給の優位性が明確であった。

以上のことから，飼料費を抑えるため粗飼料を多給する飼養体系としての粗濃比は7：3が適していることが明らかになった。育成後期における粗飼料の多給は育成前期における第一胃の発達が前提となるため，今後は育成前期における育成飼料の給与量についての検討が必要である。

引用文献

- 1)平川宗隆(2003)沖縄のヤギ文化誌，16 - 24，(有)ポーターインク
- 2)農林水産省畜産局畜産振興課(2022)めん羊・山羊をめぐる情勢，
https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kikaku/tikusan_sogo/attach/pdf/sonota-11.pdf
- 3)沖縄県農林水産部畜産課(2022)おきなわの畜産，18
- 4)National Research Council (2007)NUTRIENT REQUIREMENTS OF SMALL RUMINANTS，281-286，National Academies Press
- 5)JA おきなわ山羊振興協議会 (2024)JA おきなわ山羊生産振興協議会第6回定例会，9
- 6)宇地原務・平安山英登・藤井章(2011)肉用山羊の血液生化学性状，沖縄県家畜衛生試験場年報，45，83-86
- 7)一般社団法人日本ホルスタイン登録協会(2020)ホルスタイン種雄牛の推奨発育値，8-9，日本中央競馬会特別振興資金助成事業
- 8)小野(1928)背線高による育成牛の簡易発育把握法，日本畜産学会，3，81 - 87
- 9)Taiwo Patrick Akpede(2021) The Effect of Forage to Concentrate Ratios on the Performance of West African Dwarf Goats，Undergraduate Research Project Report，94

山羊多頭飼育技術の確立

(3) 単飼と群飼の違いが山羊育成後期の発育に与える影響

安村陸 高木和香子* 當眞嗣平

要 約

単飼と群飼の違いが山羊の発育や飼料摂取量に与える影響を調査するため、6カ月齢の山羊を1頭ずつ3房で飼養管理する単飼の区と、3頭で群飼する区に群分けし10カ月齢まで育成した結果、以下のとおりであった。

1. 試験終了時(10カ月齢)における1日あたりの摂取量は、単飼区でDM974g, TDN683g, CP159g, 群飼区でDM1077g, TDN728g, CP163gであった。
 2. DM, TDN, CPの充足率について、単飼はDMが113.9%, TDNが114.5%, CPが131.5%となり、群飼がDM119.4%, TDN116.3%, CP130.9%となった。飼料要求率は単飼が群飼より0.4低く、飼料効率において単飼が高い結果となった。
 3. 10カ月齢時の体重は単飼区が42.6kg, 群飼区が43.8kgであり、試験期間中の増体重およびDGに有意差は認められなかった。
 4. 体高, 胸囲, 十字部高, 体長, 腹囲の発育において、両区間に有意差は認められなかった。
- 以上のことから、群飼区では摂取量が多い傾向がみられたが、発育成績および飼料効率に大きな差は認められなかった。単飼と群飼の飼養形態の違いが育成期山羊の発育に与える影響は限定的であると考えられた。

緒 言

沖縄県では他県にない文化として山羊肉を食する習慣があり、山羊肉の消費量は全国で最も多い¹⁾。しかしながら、新型コロナウイルスの影響による需要の一時減少や飼料価格の高騰、山羊農家の高齢化などに伴い、近年は県内における山羊飼養頭数が減少傾向にあり、2019年から2023年の過去5年間で11703頭から9458頭と2245頭の減少となっている²⁾。そのため、県内の山羊農家では生産規模の拡大が課題となっているが、山羊は生産技術の体系化が進んでいないため、多頭飼育技術の確立が急務とされている。

山羊の多頭飼育では、適正な飼料給与技術や不要なストレスを与えないような飼養環境づくりが重要である。本県の山羊農家の飼養管理形態として高床式山羊房が一般的であることから、限られた飼養スペースで生産性の向上を図るため、群飼での管理がほとんどである³⁾。しかし、群飼は競争して採食するため、強健な個体が過食により過肥になりやすく、逆に虚弱な個体は要求量に対し飼料の摂取量が不足しがちである。特に、虚弱個体においては栄養不足に加え闘争によるケガやストレスから、より重大な疾病に罹患する可能性がある。そこで、本研究では単飼と群飼の違いが山羊育成後期の発育や飼料摂取量に与える影響について検討したので報告する。

材料および方法

1. 試験期間および試験場所

2023年9月1日から2024年1月4日までの期間とし、今帰仁村所在の山羊農家で実施した。

2. 飼養管理

両区とも高床式の山羊房で飼養管理し、飼養面積は1頭あたり2.3m²、飼槽の面積は1頭あたり0.24m²とした。単飼は1頭ずつの計3房、群飼は3頭で1房の管理とした。飼料の給与は午前と午後の1日2回とし、自由飲水とした。

3. 供試山羊

供試山羊の概要を表1に示した。供試山羊は6カ月齢の去勢山羊6頭を用いた。なお、本研究は沖縄

* 現沖縄県中央家畜保健所

県畜産研究センター実験等基本指針に従って計画し、畜産研究センター実験委員会の審査、承認を得て行った(認定番号:2025007)。

表1 供試山羊の概要

区分	供試	性別	生年月日	品種	体重(kg)
単飼区	1		2023年3月22日		23.5
	2	去勢	2023年3月23日	交雑種	23.7
	3		2023年3月24日		20.5
群飼区	4		2023年3月25日		23.9
	5	去勢	2023年3月26日	交雑種	23.2
	6		2023年3月27日		21.2
単飼平均					22.6
群飼平均					22.7

4. 給与飼料

飼料給与量および成分を表2, 3に示した。給与飼料はトランスパーラのサイレージおよび育成飼料とし、給与量は山羊用の飼養標準^{4, 5)}を参考に両区とも1日あたり100g以上増体するために必要な要求量を満たすよう設計した。なお、残餌100g以下が2日続いた場合、下記の給与量にトランスパーラサイレージを100g追加給与した。飼料分析は近赤外線分析法により行った。

表2 給与飼料の養分含量 (%DM)

飼料名	乾物率(%)	TDN	CP	NDF	EE	ASH
トランスパーラサイレージ	76.9	59.9	5.6	74.5	1.0	4.7
育成飼料	85.1	74.6	23.1	27	2.2	7.2

表3 各月齢における1頭当たりの飼料給与量

月齢	6~7カ月	7~8カ月	8~9カ月	9~10カ月
トランスパーラサイレージ (g/日)	500	600	700	900
濃厚飼料(g/日)	600	700	800	800
TDN水準(%)	68.3	68.2	68.1	67.2
CP水準(%)	15.6	15.5	15.4	14.3

5. 調査項目

1)DM, TDN, CPの摂取量および充足率, 飼料要求率

朝の飼料を給与する前に残飼量の測定を行い、給与量と残飼量の差から飼料摂取量を算出した。また、給与飼料の乾物率と飼料摂取量から乾物摂取量を求めた。DM, TDN, CPの充足率は、摂取量から山羊

の生命維持および1日あたりの増体100gに必要な要求量を除して算出した。飼料要求率は試験期間中の乾物摂取量を増体重で除して求めた。

2) 発育成績

測定項目は、体重、体長、体高、十字部高、胸囲、腹囲の5部位とし、1カ月ごとに測定した。

6. 統計処理

両区から得られたデータをエクセル統計2010 for Windows（株式会社社会情報サービス東京）を用いてt検定により統計処理した。

結 果

1. DM, TDN, CPの摂取量, 充足率および飼料要求率

試験期間中におけるDM, TDN, CPの月ごとの摂取量を図1に、充足率および飼料要求率を表4に示した。試験終了時点（10カ月齢）で単飼は1日あたりDM974g, TDN683g, CP159g摂取し、群飼はDM1077g, TDN728g, CP163g摂取した。乾物摂取量は群飼が103g多かったものの、TDNおよびCPの摂取量では大きな差は認められなかった。両区とも6~7カ月齢から7~8カ月齢時にかけて摂取量が大きく上昇したものの、以降の7~10カ月齢は上昇幅が小さく一定に推移する傾向が認められた。充足率は単飼のDMが113.9%, TDNが114.5%, CPが131.5%, 群飼区のDMが119.4%, TDNが116.3%, CPが130.9%となり、両区とも充足率が110%以上と高い水準を満たした。飼料要求率は単飼が7.2, 群飼が7.6であった。

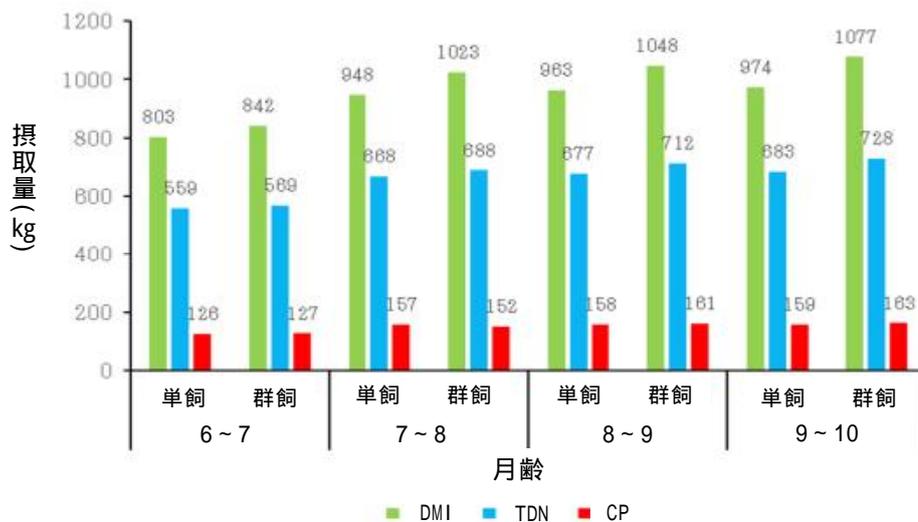


図1 各月齢におけるDM, TDN, CPの摂取量

表4 試験期間中におけるDM, TDN, CPの充足率および飼料要求率

	DM		TDN		CP		飼料要求率
	摂取量 (gDM/頭/日)	充足率 (%/頭/日)	摂取量 (gDM/頭/日)	充足率 (%/頭/日)	摂取量 (gDM/頭/日)	充足率 (%/頭/日)	
単飼	959	113.9	669	114.5	152	131.5	7.2
群飼	1003	119.4	677	116.3	151	130.9	7.6

2. 発育成績

1) 試験期間中における体重変化およびDG

試験期間中の体重推移およびDGを表5に示した。単飼の増体重およびDGはそれぞれ20.1kg, 133.7gであり、群飼の増体重およびDGは21.1kgおよび140.4gであった。両区で有意な差は認められなかったも

のの、増体重および DG とともに群飼が高かった。

表5 試験期間中における体重および DG

	体重			DG
	開始時 (kg)	終了時 (kg)	増体重	(g/頭/日)
単飼	22.6 ± 1.5	42.6 ± 5.2	20.1 ± 4.1	133.7 ± 27.4
群飼	22.8 ± 1.1	43.8 ± 4.2	21.1 ± 3.1	140.4 ± 20.7

注 1) 平均値 ± 標準偏差 . 注 2) NS: 有意差なし

2) 発育値の推移

試験期間中における発育値の推移を図 2 に示した。月齢ごとの体重推移について、両区とも 8~9 カ月齢時の増体が少なかったものの、その他月齢では同様の上昇幅で推移した。体高は 10 カ月齢時で単飼が 70.1 cm, 群飼が 71.0 cm であり, 0.9 cm の差があった。両区とも 6~8 カ月齢より 8~10 カ月齢の方が伸長する傾向が認められた。胸囲は 10 カ月齢の単飼が 86.3 cm, 群飼が 91.3 cm と 5 cm の差が認められ, どの月齢でも群飼が大きかった。十字部高は 10 カ月齢の単飼が 71.4 cm, 群飼が 69.3 cm と 2.1 cm の差があった。他の部位では 10 カ月齢時点での数値は群飼が高かったが, 十字部高のみ単飼が高かった。また, 他の部位では月齢での上昇幅にばらつきがあったものの, 十字部高は両区とも一定に推移する傾向が認められた。体長は 10 カ月齢の単飼が 71.4 cm, 群飼が 71.8 cm と群飼が 0.4 cm 長かった。6~8 カ月齢時点では単飼が長かったが, 10 カ月齢時点では群飼の方が長くなった。月齢ごとの推移では両区とも 7~8 カ月齢での上昇幅が極端に小さかった。腹囲は 10 カ月齢の単飼が 95.7 cm, 群飼が 98.0 cm となり, 群飼が 2.3 cm 大きく, 月齢ごとの推移でも群飼が大きかった。

すべての部位, 月齢で有意差はなかったものの, 群飼が高い傾向にあった。また, 十字部高ではばらつきが小さかったものの, その他部位では月齢が増えればばらつきも大きくなる傾向が認められた。

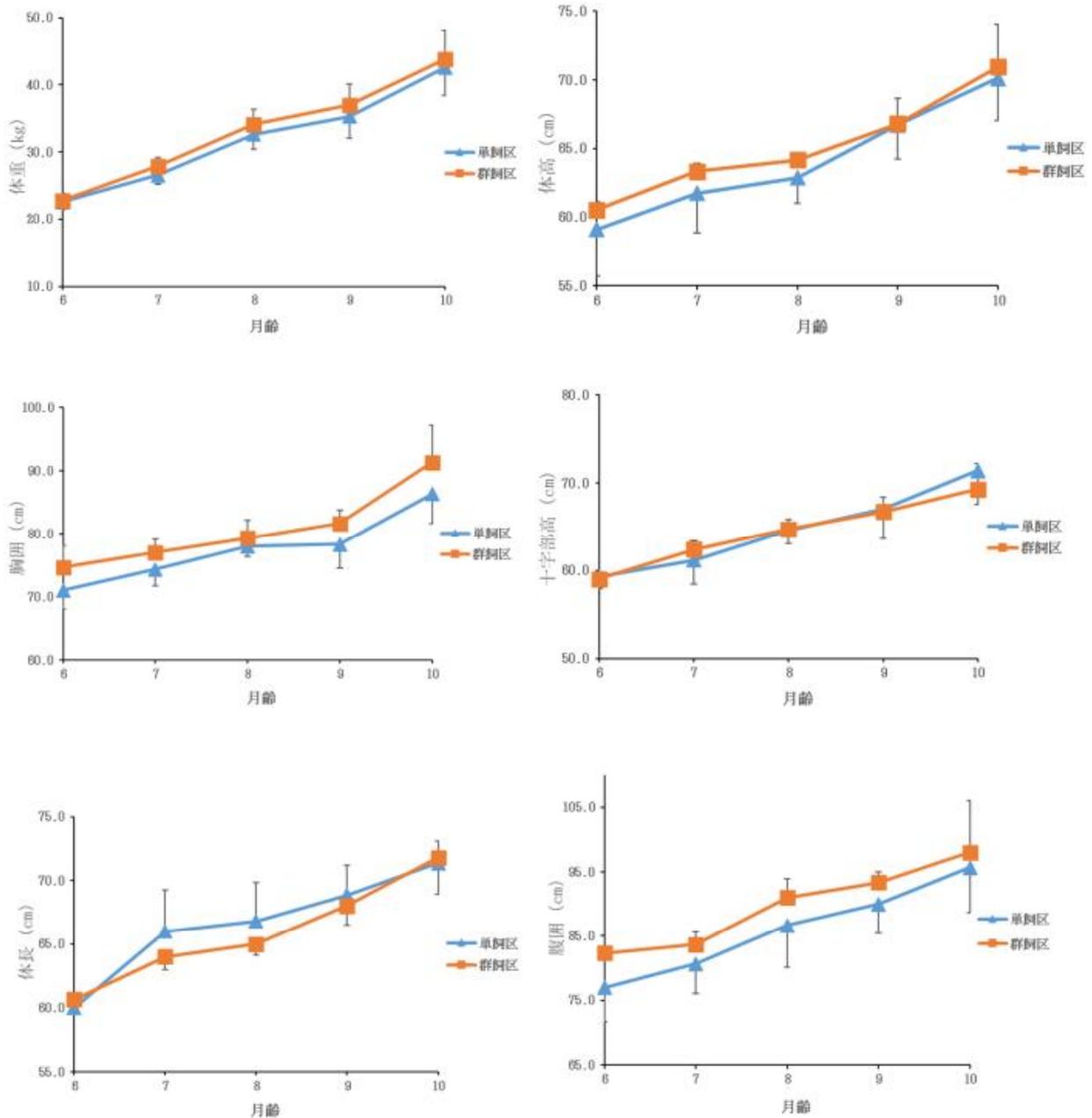


図2 試験期間中における発育値の推移

考 察

DMの摂取量について、10カ月齢時点で両区に100g以上の差が認められたが、群飼による競争から摂取量の差が生じた可能性がある。牛では群内順位や個体の経験値の違いにより摂取量に差が生じることが報告され⁶⁾、山羊においても個体数の増加に伴う社会的促進により群全体の摂取量が増加することが明らかになっている⁷⁾。いっぽう、Yildirimら⁸⁾が山羊における飼料スペースの制限が行動に及ぼす影響を調査した結果、低順位個体の採食時間が短縮される傾向があり、群全体を均一に育成することが難しいことが示唆された。さらに本研究においては、飼料要求率は群飼より単飼の方が低い結果となった。これらの報告や本研究の結果から、群飼では群全体の摂取量は増加するものの、個体単位で評価する場合は単飼の方が生産性に優れ安定的に育成できると考える。

飼料の充足率について、両区ともすべての項目で110%以上と高い水準で満たしており、日本ザーネン

種の10カ月齢時の体重39.3kg⁹)と比較し3kg以上重いことから、交雑山羊としての発育成績は標準的であったと考える。

本試験では、10カ月齢時点での体重やその他発育値で両区に有意差はなく、月齢ごとの推移やばらつきなども近い傾向にあった。牛では群飼より単飼の増体重が多いことが明らかになっている¹⁰⁾が、山羊においては、3頭での群飼と単飼を比較した場合の発育値の差は少ないことが明らかになった。

以上のことから、飼料要求率は単飼でやや低い傾向がみられ、飼料利用効率の面では単飼が有利となる可能性が示唆された。しかし、限られた飼養スペースで生産性を高めるには群飼が適しており、沖縄県の山羊生産現場でもこの方式が主流となっている。そのため、飼育スペースの有効活用という観点から基本的には群飼とし、増体不良の個体や社会的順位の低い個体を適宜「単飼」へ切り替える個別管理を組み合わせることで群全体の均一な発育と農家経営の安定化が期待できると考える。

謝 辞

本研究の実施にあたりご協力頂いた株式会社農業生産法人やんばる牧場代表取締役社長の玉城照夫氏に心より感謝申し上げます。

引用文献

- 1)農林水産省畜産局畜産振興課(2022)めん羊・山羊をめぐる情勢,
https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kikaku/tikusan_sogo/attach/pdf/sonota-11.pdf
- 2)沖縄県農林水産部畜産課(2022)おきなわの畜産, 18
- 3)砂川勝徳(2020)山羊の科学と亜熱帯における大型山羊の生産技術, 233-248, 新星出版
- 4)Robert Spencer(2018)Nutrient Requirements of Sheep and Goats,
<https://www.aces.edu/wp-content/uploads/2018/11/ANR-0812.pdf>
- 5)National Research Council (2007)NUTRIENT REQUIREMENTS OF SMALL RUMINANTS, 281-286, National Academies Press
- 6)白羽知子・清健太郎・鈴木直美・伊藤由紀・八代田真人・大谷滋・大橋修一(2013)放牧経験が放牧和牛の行動配分と採食行動に及ぼす影響, 愛知農総試研報, 45, 85-90
- 7)Do Thi Thanh Van, Nguyen Thi Mui, Inger Ledin (2007) Effect of group size on feed intake, aggressive behaviour and growth rate in goat kids and lambs, Small Ruminant Research, 72, 187-196
<https://www.aces.edu/wp-content/uploads/2018/11/ANR-0812.pdf>
- 8) Mesut Yıldırım・Gürbüz Daş・Christian Lambertz・Mathias Gauly(2019) Feeding, resting and agonistic behavior of pregnant Boer goats in relation to feeding space allowance, Annals of Animal Science, 19, 1133-1142
- 9)砂川勝徳(2024)亜熱帯における大型山羊の生産技術, 63-71, 新星出版
- 10)奥透・岡部裕・真崎新一郎・宮園歴造(2010)長崎県畜産試験場研究報告, 7, 9-11

牛用の膣内投与プロジェステロン徐放性性周期同調剤 を活用したボア種山羊の発情兆候の明瞭化の検討

安村陸 眞嗣平 島袋宏俊

要 約

簡易的なホルモン処置におけるボア種の発情兆候の明瞭化や季節外繁殖事例を得るため、牛用の膣内投与プロジェステロン徐放性性周期同調剤（牛用シダー）を分割・加工し、山羊用のシダー（山羊シダー）を調製し、ホルモン処置による発情誘起に用いたところ、以下のとおりであった。

1. 山羊シダーは挿入期間中に脱落することなく、膣内の炎症やその他の疾病は認められなかった。供試した雌山羊はすべて発情が明瞭化し、雄山羊の乗駕を許容した。
2. 供試山羊5頭すべてが受胎し11頭の子山羊を分娩した。平均産子数は2.2頭であった。供試山羊の産子数の内訳は4つ子が1頭、3つ子が1頭、双子が1頭、単子が2頭であった。
3. 発情誘起処置中の血中プロジェステロン（P4）濃度を測定した結果、シダー挿入後は最大で3.2ng/mlまで上昇した。PMSGの投与およびシダーの除去後にはP4濃度の下降が確認され、発情後は処置前と同等の値となったことから、通常繁殖と同様にP4の維持が可能であることが示唆された。

以上のことから、牛シダーを分割・加工して作成した山羊シダーを用いたホルモン処置によって、ボア種の発情兆候の明瞭化や季節外繁殖が可能であることが明らかになった。

緒 言

山羊は、品種により繁殖特性が異なり、ザーネン種などのヨーロッパ伝来の品種は季節繁殖する¹⁾とされ、シバヤギおよびトカラヤギは周年繁殖する特徴があるとされている²⁾。肉用品種であるボア種は周年繁殖する³⁾とされているものの、実際に沖縄県で飼養されているボア種の多くは繁殖季節（9～11月）に発情する傾向にある。また、沖縄県で飼養されているボア種は交雑種や他品種と比較し発情兆候が微弱なことから空胎日数が長くなる傾向があり、繁殖には熟練の技術が必要とされる。

山羊の季節外繁殖や発情兆候の明瞭化は、山羊用の膣内留置型ホルモン製剤（ゾエティス・ジャパン製、CIDR-G）と馬絨毛性性腺刺激ホルモン（PMSG）を併用する手法が確立されている³⁻⁴⁾が、CIDR-Gは国内未承認のため入手が困難である。筆者らは、牛用シダーから作成した山羊シダーにより交雑種山羊の季節外繁殖が可能であることを明らかにし⁵⁾、その他にも牛用シダーを分解加工し山羊に挿入した事例⁶⁾はあるものの、ボア種の発情誘起に使用した事例はほとんどない。

そこで、本試験では牛用シダーを用いたホルモン処置によるボア種山羊の発情兆候の明瞭化や季節外繁殖について検討したので報告する。

材料および方法

1. 試験期間および試験場所

1) 試験期間

2025年4月7日から4月21日にホルモン処理、交配、採材を行い、同年9月12日から16日に分娩を確認した。

2) 試験場所および飼養管理

試験は畜産研究センター雌山羊舎で実施した。飼養管理は高床式房（3m×2m）にて2頭の群飼とし、飼料はオーツ乾草と山羊用濃厚飼料を1日2回に分け給与し、自由飲水とした。

2. 供試山羊

供試山羊の概要を表1に示した。供試山羊は月齢22～80カ月、体重57.5～68.5kgのボア種雌山羊を供し、山羊シダーと通常の繁殖季節（通常繁殖）による産歴を記した。

表1 供試山羊の概要

供試	月齢	体重(kg)	産歴(産)			前回の分娩日
			通常繁殖	シダー	計	
1	80	68.5	2.0	1.0	3.0	2023年4月17日
2	79	61.5	2.0	1.0	3.0	2023年6月6日
3	79	65.5	1.0	2.0	3.0	2022年4月17日
4	79	57.5	2.0	2.0	4.0	2023年6月6日
5	22	63.5	-	-	-	未経産
平均	67.8	63.3	1.4±0.4	1.5±0.5	3.3±0.4	

注) 産歴の平均は未経産の 5 を除き算出

3. 試験方法

1) 山羊シダーの作成

牛用シダー20g に対し黄体ホルモン 1.9g が全体に満遍なく含まれているとし、山羊シダー3.5g に黄体ホルモンが 0.33g (CIDR-G と同量) となるよう計量および分割した。分割後の 1 片をさらに 3 片に分割し、根元を釣り糸で縛ることで山羊シダーを作成した(写真1)。

2) 発情誘起処理の手法

注射器に作成した山羊シダーを縛り口が逆方向となるよう装填(写真2)し、雌山羊の膣内に挿入した(写真3)。挿入後、脱落を防ぐため人差し指で山羊シダーを膣深部に押し込んだ。

発情誘起のプロセスを図1に示した。雌山羊への膣内挿入を1日目とし、8日目にPMSGを500IU筋肉内に注射し、10日目に山羊シダーを除去後、11日から12日目に発情の確認を行った。なお、本研究は沖縄県畜産研究センター実験等基本指針に従って計画し、畜産研究センター実験委員会の審査、承認を得て行った(認定番号: 2025001)。



写真1 牛用シダー(左)とCIDR-G(中央)と山羊シダー(右)

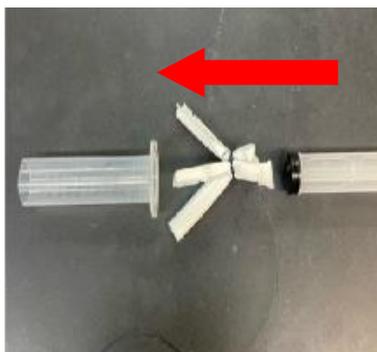


写真2 注射器への装填



写真3 山羊シダー挿入の様子

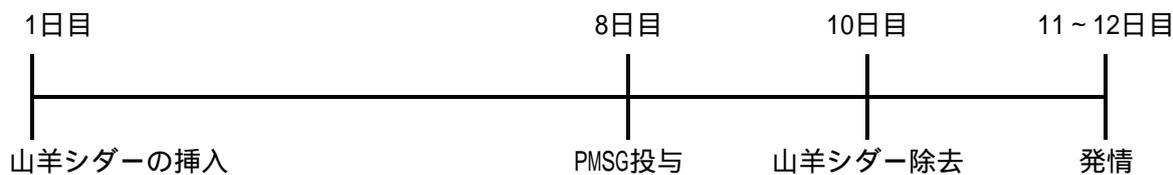


図1 発情誘起のプロセス

3) 種付け，妊娠鑑定および妊娠中の飼養管理

発情が発現した個体は雄山羊により自然交配した。妊娠鑑定はノンリターン法および交配から 40 日前後に超音波映像診断により行い，妊娠が確認できた個体は妊娠の各ステージに応じ適正な飼料給与を行った。

4. 調査項目

1) 発情鑑定

発情兆候および強度を表 2 に示した。発情行動の項目は、「尾を振る」、「鳴き騒ぐ」、「外陰部の膨張および粘液量増加」、「雄へ興味を示す」の 4 項目とし，発情の強度は，雌の発情行動の度合いから ++, +, ± の 3 段階で評価した。発情鑑定は朝昼夕の 1 日 3 回行い，発情行動および強度にて ++ もしくは + が 2 つ以上認められた場合に発情発現を判断した。

表 2 発情兆候と強度

強度/発情兆候	尾を振る	鳴き騒ぐ	外陰部の膨張 粘液量増加	雄に興味を示す
++	頻繁に見られる	頻繁に見られる	大きく膨張し，多量の粘液が見られる	雄をなめ回す，雄の前での放尿
+	複数回見られる	複数回見られる	通常より膨張し，少量の粘液が見られる	雄に近づく，体をなすりつける
±	全く見られない	全く見られない	粘液，膨張ともに全く見られない	雄に興味を示さない

2) 発情頭数，受胎頭数および平均産子数

発情頭数は供試山羊のうち発情の発現を確認した頭数とし，受胎頭数は種付けした山羊のうち受胎を確認した頭数とした。平均産子数は，分娩した子山羊の頭数を供試山羊の頭数で除して算出した。また，各項目において通常繁殖の分娩成績との比較を行った。

3) P4 の測定

採血は 2025 年 4 月 4 日（発情誘起処置 3 日前）から 4 月 21 日（発情から 3 日後）までの期間，2~3 日ごとに左右いずれかの総頸静脈から 5ml ずつ行った。採取した血液は直ちに遠心分離（3000rpm = 1740 × g，15 分間）し，採取した血清はホルモン測定まで -20℃ で保管した。P4 濃度は血漿からエーテル抽出を行った後，2 抗体法による酵素免疫測定法（EIA）にて 2 重測定し，吸光度は吸光マイクロプレートリーダー（MultiskanFC，サーモフィッシャーサイエンス社）を用いて 450nm の波長のフィルターを使用して測定した。

結 果

1. 発情の発現及び強度

発情の発現および強度を表 3 に示した。山羊シダーは挿入期間中に脱落することなく，膣内の炎症やその他の疾病は認められなかった。供試山羊全頭の発情を確認し，3 以外の個体は 2 項目以上で ++ の顕著な発情兆候が確認できた。3 は発情兆候が弱かったものの，雄を近付けるとすり寄る，舐める行動が確認でき雄の乗駕を許容した。発情項目で最も顕著なのは「雄に興味を示す」であり，すべての個体で ++ を確認した。ついで「尾を振る」と「外陰部の膨張と粘液量増加」が 4 頭，鳴き騒ぐが 2 頭で ++ を確認した。

表3 発情の発現および強度

供試	発情項目と強度			
	尾を振る	鳴き騒ぐ	外陰部の膨張 粘液量増加	雄に興味を示す
1	++	+	++	++
2	++	+	++	++
3	±	±	+	++
4	++	++	++	++
5	++	++	++	++

2. 受胎頭数, 妊娠期間, 分娩頭数および平均産子数

供試山羊5頭供が受胎し11頭の子山羊を分娩した。平均産子数は2.2頭であった。供試山羊の産子数の内訳は4つ子が1頭, 3つ子が1頭, 双子が1頭, 単子が2頭であった。なお, 4つ子のうち最も娩出が遅かった子山羊は死産であった。

ホルモン処置による季節外繁殖と通常繁殖における繁殖成績を表4に示した。5を除く経産山羊4頭を前回の通常繁殖時の結果と比較すると, 妊娠期間は短縮しばらつきが大きい傾向にあり, 平均産子数は0.5頭増加した。

表4 ホルモン処置による季節外繁殖と通常繁殖における繁殖成績

繁殖時期・対象個体	供試山羊 (頭)	受胎頭数 (頭)	受胎率 (%)	妊娠期間 (日)	平均産子 数(頭)
今回分娩	5	5	100	152.0±2.2	2.2
今回分娩(未経産除く)	4	4	100	152.3±2.4	2.3
前回分娩(未経産を除く)	4	4	100	152.8±1.8	1.8

注) 平均産子数は死産も含む

3. P4濃度

発情誘起期間中のP4濃度動態を図2に示した。発情誘起処置以前は0に近い値で推移し, シダールの挿入後は最大で3.2ng/mlまで上昇したものの, PMSG投与後は下降し発情確認後には0に近い値となった。また, 1ng以下ではばらつきがほとんどないものの, 1~3ng/mlの範囲において濃度の上昇に伴いばらつきが大きくなる傾向が認められた。

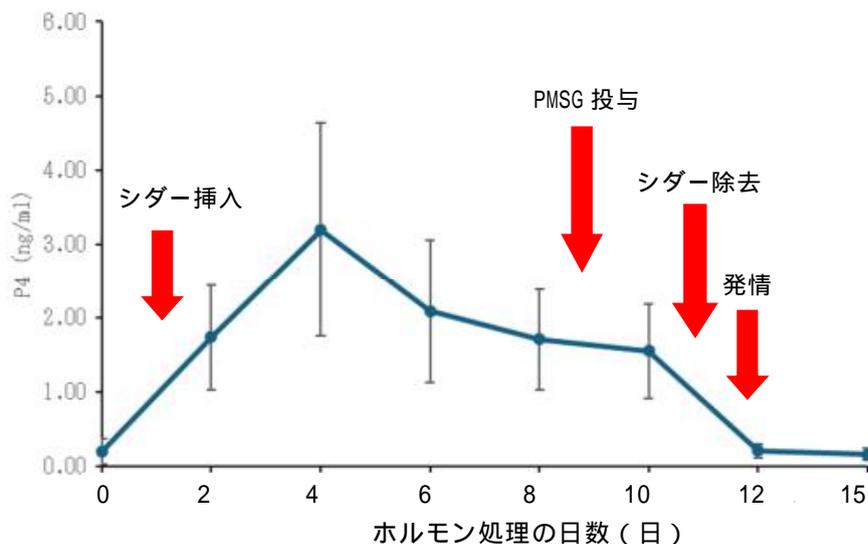


図2 発情誘起期間中のP4濃度動態

考 察

ボア種は通常周年繁殖とされているが、沖縄県内のボア種のほとんどが季節繁殖性である。そのため、繁殖季節の限られた期間内で種付けを行う必要があるが、ボア種の発情兆候は明瞭ではなく、多頭飼育においては特に発情の発見が難しい。これまで筆者らは、同様の手法により交雑種山羊の季節外繁殖が可能であることを明らかにした⁵⁾が、本試験の結果においても受胎率が100%と最良の成績が得られたことから、本手法はボア種の発情兆候の明瞭化や季節外繁殖にも有効であると考えられる。

妊娠期間について、通常繁殖と比較すると1日以下の差であったものの、個体ごとの妊娠期間は最短で149日、最長で155日とばらつきが大きいことから、引き続きホルモン処置による妊娠日数についての調査が必要である。

経産山羊の通常繁殖と本試験による季節外繁殖を比較すると、分娩頭数が2頭、平均産子数が0.5頭増加している。本試験の分娩に4つ子と3つ子が存在したことに起因するが、その要因としてはPMSGによる過排卵処置が強く影響した可能性がある。いっぽう、残った供試山羊3頭の内訳は双子が1頭、単子が2頭と平均産子数は通常繁殖とほとんど変わらなかったが、個体の栄養状況が影響した可能性がある。単子であった雌山羊の2頭は供試山羊の中で最も重い個体と軽い個体であり、それぞれ過肥および消瘦の傾向があった。排卵への影響として、過肥の場合は卵巣周辺の脂肪が増えることで排卵の遅延が起り、低栄養状態の場合は卵胞の発育不全により排卵数が減少することが報告されている⁷⁾が、栄養状態が影響しPMSGの反応が弱まったことで単子となった可能性がある。同様の手法により雑種山羊5頭を季節外繁殖した事例⁵⁾では、雌山羊5頭中4頭が単子であった。この事例では5頭中4頭が通常繁殖から3~4カ月しか経過していなかったため、栄養状態の不良によりPMSGの反応が弱まった可能性がある。

本試験で娩出された4つ子のうち1頭が死産となったが、多胎による分娩時間の延長が死産のリスクを高めた可能性がある。3つ子以上の多胎は母山羊の負担が大きく子山羊の死亡リスクが高まり、逆に単子であれば生産性が低下する。今後は栄養状態など飼養管理に起因する要因とPMSGの体重当たりの投与量などホルモン処置に起因する要因を検証し、安定的に双子を生産できるような技術の確立が必要である。

P4濃度ではシダー挿入前には0.2 ng/mL以下で推移していたが、挿入後は外因性プロゲステロンの供給により速やかに上昇し、挿入1日目には1.7 ng/mLを示した。挿入5日目にはP4濃度は3.2 ng/mLに達したことから、シダー由来P4により黄体期様の内分泌環境が形成されていることが示唆される。その後、PMSG投与後に卵胞発育の促進に伴うP4の減少が認められ、シダー除去後は外因性プロゲステロン供給の中断によりP4濃度は0.1 ng/mL未満まで急速に低下し、発情時には卵胞期に特徴的な低P4状態へと移行した。これら一連の変化はシダーを用いた発情同期化処置において一般に報告されている血中P4動態と一致しており⁸⁾、本手法によりボア種におけるP4濃度の維持が可能であることを示唆している。

本研究の供試山羊は5の未経産個体を除き、同様の手法による発情誘起処置をこれまで1~2回程度、年1回の頻度で実施しており、前回処理からは12カ月以上の間隔があった。PMSGの反復投与では抗PMSG抗体の形成により発情誘起効果の低下が指摘されている⁹⁾が、これらの影響は短期間での連続投与で顕著となる。本研究では処理間隔が12カ月以上経過していたため抗体蓄積の影響は小さいと考えられる。供試山羊において発情発現率や繁殖成績に明らかな低下は認められず、シダーおよびPMSGの年単位の頻度での使用はボア種雌山羊の繁殖機能に大きな悪影響を及ぼさないことが示唆された。

以上のことから、山羊シダーを作成しボア種にホルモン処置を実施した結果、発情兆候を明瞭化しすべての山羊から産子を確実に得ることができた。このことから、発情兆候が不明瞭で空胎日数の長い山羊に対し、繁殖効率を向上させる目的で山羊シダーを活用することは有効であることが明らかになった。

謝 辞

本研究を行うにあたり、山羊ホルモン測定にご協力いただいた東京農工大学大学院獣医臨床繁殖学研究室遠藤なつ美氏に深く感謝いたします。

引用文献

- 1) 正田陽一・上野曄男・三上仁志・田名部雄一・村松晋・橋口勉・吉本正(2005)世界家畜品種辞典, 214-237, 社団法人畜産技術協会
- 2) 中西良孝(2005)めん羊・山羊技術ハンドブック, 106, 社団法人畜産技術協会
- 3) 独立行政法人家畜改良センター長野牧場業務課(2007)山羊の繁殖マニュアル, 9, 15-37 独立行政法人家畜改良センター企画調整部企画調整課
- 4) 寺岡杏奈(2022)TREATMENT OF GOATS 山羊の診療, 83-85, モリモト印刷
- 5) 安村陸・高木和香子 (2023)牛用膣内留置型ホルモン製剤を活用した山羊の季節外繁殖の検討, 沖縄畜研研報, 61, 27-32
- 6) Kotaro SAITO・Tomomi TANAKA・Natsumi ENDO(2024) Application of bovine progesterone intravaginal controlled-release formulation for estrus synchronization treatment in goats, Journal of Reproduction and Development, 70-6, 423-426
- 7) Manai, A.U・ McKelvey, W.A.C.・ Watson, E.D (1996) Effect of undernutrition on gonadotrophin profiles in non pregnant, Animal Reproduction Science, 43-1, 25-33.
- 8) Dogan, I・ Nur, Z・ Gunay, A (2015) Evaluation of progesterone concentrations and estrus response after CIDR treatment in goats, Small Ruminant Research, 129, 1-5.
- 9) Greyling, J.P.C(2000)Reproduction in the goat, Small Ruminant Research, 36, 171-177.

沖縄県の山羊集団における形態異常の発現頻度

安村陸 當眞嗣平 高木和香子*

要 約

沖縄における山羊の先天性の形態異常個体（形態異常）の発現頻度を明らかにするため、沖縄本島の山羊農家 46 戸、山羊 858 頭の形態異常について調査した結果、以下のとおりであった。

1. 調査頭数 858 頭中 138 頭において外見上明瞭な形態異常が確認され、その発現率は 16.1%であった。
2. 形態異常の種類は生殖器形成不全、絞口や下顎前突など口部周辺の形態異常、その他外見上明瞭である構造的な形成異常として無眼球症、眼球突出、鎖肛、頸椎形成異常、多乳頭、足、肩、背の変形などが確認された。
3. 形態異常の内訳は、生殖器形成不全が全体の 6.5%（発現頭数中の 40.5%）と最も多く、次いで口部周辺の異常が 5.4%（同 33.3%）、その他の構造的異常が 4.2%（同 26.1%）であった。

緒 言

沖縄県の山羊肉を食べる習慣は他県にはない伝統的かつ特殊な文化であり、他県との競合性は少ない。2024 年時点では国内の山羊と畜頭数の約 8 割を沖縄県が占めており^{1, 2)}、本県での山羊肉需要は依然として高い。いっぽう、本県の山羊飼養頭数は過去 5 年間減少傾向にあり³⁾、需要に対して供給が十分に満たされていない状況が続いている。さらに、近縁の山羊を繰り返し交配し続けた背景から、本県の山羊が遺伝的に隔離された集団となったことで近交退化の影響による形態異常が発現する事例が見られ⁴⁾、今後さらなる県内の山羊生産性低下が懸念されている。しかしながら、本県における形態異常の調査事例がほとんどないため、沖縄の山羊集団における近交退化の進行度合いは明らかになっていない。そこで、沖縄本島の山羊集団における形態異常の発現頭数について調査したので報告する。

材料および方法

1. 調査期間

調査期間は2024年4月から2025年5月とした。

2. 調査対象および手法

調査対象は沖縄県本島内における山羊農家46戸とし、2024年1月から2025年4月に出生した山羊858頭について調査を行った。調査手法はアンケートおよび山羊農家における現地調査とした。

3. 調査項目

調査内容および形態異常の分類を表1に示した。遺伝的要因の因果関係が明らかになっている生殖器形成不全⁵⁾（間性）は、同一個体に雌雄の生殖器または性徴が見られる個体とした。環境要因も関与するものの遺伝的要因が強く影響するとされる絞口および下顎前突⁶⁾（口部形態異常）は、上下顎の成長不均衡より生じる咬合異常が認められる個体とした。その他形態異常は、遺伝的な因果関係は明らかにされていないものの、出生時点で外見上明瞭に形態異常が確認できる個体（その他形態異常）とした。

表1 調査内容および形態異常の分類

調査戸数 (戸)	調査頭数 (頭)	形態異常の種類		
		間性	口部形態異常	その他形態異常
46	858	同一個体に雌雄の生殖器または性徴が見られる個体	上下顎の成長不均衡より生じる咬合異常が認められる個体	出生時点で外見上明瞭な形態異常を呈する個体

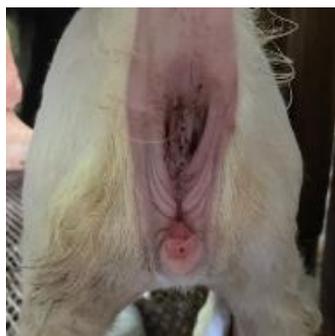
* 現沖縄県中央家畜保健所

結 果

形態異常の発現頭数および割合を表2に、形態異常事例の写真を図1に示した。調査頭数858頭中138頭において形態異常が確認され、全体の発現率は16.1%であった。最も多かった形態異常は間性であり、発現頭数が56頭、発現頭数に占める割合が40.5%、全体での割合が6.5%であった。次いで口部形態異常が46頭であり、発現頭数に対する割合が33.3%、全体での割合が5.4%であった。口部形態異常は大型雑種山羊に多い傾向にあった。その他形態異常の頭数が36頭、発現頭数に対する割合が26.1%、全体での割合が4.2%であった。その他形態異常では足、背骨、肩の変形などの構造的な形態異常が最も多く、その他に無眼球症、眼球突出、鎖肛、頸椎形成異常、多乳頭などが確認された。重度な先天異常である無眼球症と頸椎形成異常は出生後数時間～数日で死亡し、その他の形態異常のうち繁殖に供することが困難な個体についても早期に淘汰されていた。

表2 形態異常の頭数および割合

形態異常の種類	間性	口部形態異常	その他形態異常	計
発現頭数(頭)	56	46	36	138
発現頭数に対する割合(%)	40.5	33.3	26.1	-
全体での割合(%)	6.5	5.4	4.2	16.1



生殖器形成不全



絞口(上)



下顎前突(下)



骨格形成不全(背骨)



多乳頭



鎖肛

図1 形態異常事例

考 察

集団における形態異常の発現率として牛が8627頭の産子を対象とした調査で5.5%⁷⁾、豚が1908頭の死産子豚を対象とした調査で2.9%⁸⁾、山羊が770頭の集団で7.5%⁹⁾の事例があるが、本調査における形態異常の発現率は16.1%と高い傾向にあった。沖縄県の山羊農家は収益性の向上を目的に特定の大型山羊同

士を交配させる傾向があるため、山羊の大型化に伴い集団の近交度が上昇し、その結果として形態異常の発現率が高まった可能性がある。

間性の調査頭数に対する割合は6.3%であったが、1975年に新城ら¹⁾⁰⁾が実施した調査では1459頭のうち23頭の1.6%が間性であり、2005年に平川ら¹⁾¹⁾が実施した調査では1338頭のうち18頭の1.4%が間性であった。1975年から2005年までの30年間では間性の発現頭数に顕著な差はないものの、2005年から2025年の20年間においては急な増加が認められた。間性の山羊は雄山羊独特の臭気が少なくなることで、除角の手間が不要となる等の利点が認められるものの、繁殖不能という大きなデメリットを持つ。間性と角の遺伝子は連鎖しており⁵⁾、無角同士の交配を避けることで発現を抑制することが可能なため、今後は計画的な交配により県内山羊集団での発現頻度を減らす必要がある。

沖縄県ではアメリカザーネン種を祖とした大型山羊が「長田系山羊」の名称で広く知られ³⁾繁殖に供される機会が多く、今回の調査では長田系山羊の特徴が認められる大型山羊で口部形態異常が多く観察される傾向にあった。山羊において、口部周辺は発生学的に遺伝的異常の影響を受けやすい部位とされている¹⁾²⁾ことから、本集団では近交度の上昇が進行していることが示唆され、重度の形態異常の発現リスクが将来的に高まる可能性が示唆される。

2003年の本県の山羊飼養頭数は13227頭であったが、2013年には7773頭まで減少しており、その後は増加に転じたが2023年時点で9493頭となっている³⁾。2003年からの10年間で山羊集団の母数が4割以上減少したことで遺伝的多様性が低下し、近交退化が進行した可能性がある。

本調査では視覚的に確認できる形態異常のみを対象としていたが、調査時の聞き取りでは大型系統の子山羊で出生時に生存性が低い衰弱個体(虚弱山羊)が散見され、虚弱山羊のほとんどが授乳期に死亡している。子山羊が死亡する場合、気温などの環境や飼養管理面の要因もあるが、近交退化に起因する可能性も考えられる。山羊では近交係数が高まることで出生体重が低下することが明らかになっており¹⁾³⁾、Luoら¹⁾⁴⁾は出生体重が20%低い山羊群は離乳前の死亡リスクが高まることを報告している。これらの事例から、直接的に発現する形態異常ではないものの、近交退化に起因する抗病性の低下や著しい低体重などにより、早期死亡のリスクを内在する虚弱山羊が相応の割合で存在する可能性がある。虚弱山羊は形態異常ではないものの、近交度の高まりに起因し発現率が増えている点は同じであり、農家の生産性低下に直結すると考える。

以上のことから、現状における沖縄県の山羊集団における形態異常の発現頻度が高いことが明らかとなった。今後は県内山羊集団の近交係数について調査し、近交退化との関連性を明らかにする必要がある。また、集団の近交緩和には外部導入が有効とされていることから、本県でも同様の対策が必要と考えられる。

引用文献

- 1)農林水産省畜産局畜産振興課(2024)めん羊・山羊をめぐる情勢,
https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_katiku/attach/pdf/r6_mensanyo-9.pdf
- 2)沖縄県農林水産部畜産課(2024)おきなわの畜産, 18, 沖縄県畜産課
- 3)沖縄県農林水産部畜産課(2024)おきなわの畜産, 120, 沖縄県畜産課
- 4)砂川勝徳(2024)亜熱帯における大型山羊の生産技術, 35-38, 新星出版
- 5)渡嘉敷綏宝(1984)沖縄の山羊, 47, 那覇出版社
- 6)Jennifer N. Roberts (2024) Congenital and Inherited Anomalies of the Mouth in Animals
<https://www.msdtvetmanual.com/digestive-system/congenital-and-inherited-anomalies-involving-the-digestive-system/congenital-and-inherited-anomalies-of-the-mouth-in-animals>
- 7)浜名克己(1989)牛の形態異常と日本での発生, 日獣会誌, 42, 29-38.
- 8)R. C. Mulley・M. J. Edwards(1984) Prevalence of congenital abnormalities in pigs ,Australian Veterinary Journal , 61, 116-120.
- 9)N. A. Senna・A. M. Abu-Seida・S. M. Gadallah・Inas N. El-Husseiny・G. M. Rakha (2003) Congenital anomalies in native breeds of sheep and goats: A report on 120 cases of 24 varieties, Veterinary Medical Journal, 51, 363-380.
- 10)新城明久(1979) 沖縄肉用ヤギの雑種化に関する遺伝学的分析, 日畜会報, 50(9), 614-622

- 11)平川宗隆・砂川勝徳・新城明久(2007)沖縄肉用ヤギへの日本ザーネン種の遺伝子の移入率,西日本畜産学会会報, 50, 43-50
- 12)Basrur, P. K(1993)Congenital abnormalities of the goat, Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 9(1), 95-110.
- 13)Marete A G・Oluoch Amimo J・Mosi R O・Junga J O(2011) An analysis of inbreeding levels and factors affecting growth and reproductive traits in the Kenya Alpine dairy goat, Livestock Research for Rural Development, 23, 259
- 14)Luo Y・Zhao Y・Ma W・Lu Q・Zhang X・Xu Y(2023) Effects of birth weight on pre-weaning mortality in Boer, Spanish and crossbred goats, Animals, 14(7), 1085

沖縄県における交雑山羊の体重調査

(2) 種雄山羊が産子の発育に与える影響

安村陸 玉城政信* 當眞嗣平 高木和香子**

要 約

種雄山羊品種が産子の発育に与える影響を明らかにするため、県内の5経営体で飼養されている2020年3月から2025年9月の間に出生したヌビアン種(N)の産子(N系産子)、ボア種(B)の産子(B系産子)、ザーネン種(Z)の産子(Z系産子)239頭の体重を調査した結果、以下のとおりであった。

1. 調査対象山羊における月齢ごとの体重について、雄は出生時3.9 kg, 6カ月齢34.6 kg, 12カ月齢58.9 kg, 18カ月齢70.5 kgであった。雌は出生時3.6 kg, 6カ月齢時30.7 kg, 12カ月齢時51.1 kg, 18カ月齢時60.3 kgであった。すべての月齢において雌より雄が有意に重く($p < 0.01$), 月齢の経過とともに性別での体重差が拡大した。
2. 雄の交雑山羊における月齢ごとの体重について、出生時体重は3品種間で有意差はなかった。6カ月齢のN, Z, Bの体重はそれぞれ34.2 kg, 41.2 kg, 32.7 kgであり, ZがN, Bより有意に重かった($P < 0.01$)。12カ月齢のN, Z, Bの体重はそれぞれ61.1 kg, 61.8 kg, 52.7 kgであり, NおよびZがBより有意に重かった($P < 0.05$)。18カ月齢のN, Z, Bの体重はそれぞれ73.8 kg, 69.5 kg, 69.0 kgとNが他2系統より4 kg以上重かったものの, 有意な差は認められなかった。
3. 雌の出生時体重は3品種間で有意な差は認められなかった。6カ月齢のN, Z, Bの体重はそれぞれ31.1 kg, 29.5 kg, 29.6 kgであり, 有意差は認められなかった。12カ月齢のN, Z, Bの体重はそれぞれ52.7 kg, 47.6 kg, 52.8 kgであり, NがZより有意に重く, BがZより重い傾向($P < 0.09$)が認められた。18カ月齢のN, Z, Bの体重はそれぞれ54.7 kg, 57.6 kg, 62.5 kgであり, 品種間で有意差は認められなかった。

以上のことから、種雄山羊の品種間における体重を比較した結果、雄ではZ系産子が早熟、B系産子が晩熟、N系産子が2品種の中間の発育特性を持ち、雌では6カ月齢までは品種間での大きな差がないものの、12カ月齢以降は品種間差が拡大する傾向があることが明らかになった。

緒 言

山羊は15世紀に沖縄県に伝来したとされ¹⁾、飼養管理の容易さや経営コストが他家畜より少ないことなどの理由から県内各地で飼養されている。近年の山羊飼養頭数は減少傾向にある²⁾が、依然として飼養頭数は全国で最も多い。沖縄県の在来山羊の体重はもともと20 kg程度と小柄³⁾であったが、1926年以降、肉量の増加を目的に長野県よりZが導入され交配された。太平洋戦争後の1947年から1950年にはアジア救済連盟よりZ, N, トッケンブルグ種など2809頭の山羊が導入された⁴⁾。さらに肉用種であるBが1999年に米国、2008年にニュージーランドから導入⁵⁾されており、これら品種の交配による雑種化が進んでいると考えられる。しかし、県内における山羊の雑種交配に関する知見は少なく、特に系統ごとの山羊発育値に関する調査事例はほとんどない。

本研究では山羊の雑種・品種間交配の知見を得るため、本島内の山羊農家の純系品種および交雑種の体重を測定し、種雄山羊品種が産子の発育に与える影響について調査したので報告する。

材料および方法

1. 調査期間

調査期間は2020年3月から2025年9月とした。

2. 供試山羊

供試山羊は沖縄県畜産研究センター、琉球大学農学部附属亜熱帯フィールド科学教育研究センターおよび農家などの計5経営体で2020年3月から2025年9月までの5年間に出生した山羊239頭を用いた。

* 琉球大学農学部非常勤講師 ** 現沖縄県中央家畜保健衛生所

3. 調査項目

1) 調査対象山羊における月齢ごとの体重

調査対象山羊の出生月日は出生届から確認した。調査対象の月齢は、出生時(出生から1日以内の値)、6カ月齢時(173日から193日齢間の値)、12カ月齢時(350日から380日齢間の値)、18カ月齢時(533日から563日齢間の値)とした。

2) 交雑山羊における月齢ごとの体重

雄山羊の掛け合わせと頭数を表1に、雌山羊の掛け合わせと頭数を表2に示した。山羊の交配は種雄山羊がN,Z,Bの3品種とした。母山羊はZ,B,N×交雑種(NC),N×Z(NZ),Z×交雑種(ZC),ヌピアン系交雑種(NNC),B×交雑種(BC)とした。得られたデータはエクセル統計2010 for Windows(株式会社社会情報サービス)を用いて一元配置分散分析を行い、有意差が認められた場合はTukey-Kramer法による多重比較検定で比較した。なお、5%レベルで有意な場合に有意差が認められるとし、5%以上10%未満は傾向があることとした。

表1 雄山羊の掛け合わせと頭数 :頭

種雄山羊	出生時	6カ月齢	12カ月齢	18カ月齢
N	N×NZ:6	N×NZ:6	N×NZ:5	
	N×NC:10	N×NC:10	N×NC:9	N×NC:4
	N×Z:3	N×Z:3	N×Z:3	N×ZC:6
	N×B:5	N×B:5	N×ZC:5	N×BC:3
	N×BC:6	N×BC:5	N×B:3	N×BC:5
Z	Z:6	Z:6	Z:8	Z:7
	Z×BC:3	Z×BC:3	Z×ZC:4	Z×ZC:4
			Z×BC:4	Z×NC:4
B	B×BC:18	B×BC:15	B×BC:14	B×BC:9
	B×NNC:3	B×NNC:3	B×ZC:4	B×ZC:3
	B×ZC:4	B×ZC:4		Z×BC:8

注)N:ヌピアン種, Z:ザーネン種, B:ボア種, C:交雑種

表2 雌山羊の掛け合わせと頭数 :頭

種雄山羊	出生時	6カ月齢	12カ月齢	18カ月齢
N	N×NZ:9	N×NZ:10	N×NZ:6	
	N×NC:13	N×NC:16	N×NC:6	
	N×Z:5	N×Z:5	N×Z:4	N×ZC:3
	NZ×C:5	N×ZC:11	N×ZC:6	
	N×B:15	N×B:15	N×B:10	
N×BC:7	N×BC:5	N×BC:3		
Z	Z:7	Z:10	Z:6	Z:5
	Z×NNC:4	Z×NNC:4	Z×NNC:4	Z×ZC:3
			Z×ZC:3	Z×BC:4
B	B×BC:13	B×BC:11	B×BC:11	B×BC:11
	B×ZC:4	B×ZC:3	B×ZC:3	B×ZC:3

注)N:ヌピアン種, Z:ザーネン種, B:ボア種, C:交雑種

結 果

1. 調査対象山羊における月齢ごとの体重

調査対象山羊における月齢ごとの体重を表3に示した。雄は出生時3.9 kgから6カ月齢時34.6 kg, 12カ月齢時58.9 kg, 18カ月齢時には70.5 kgとなり, 出生時の18.1倍に増加した。雌は出生時3.6 kgから6カ月齢時30.7 kg, 12カ月齢時51.1 kg, 18カ月齢時には60.3 kgとなり, 出生時の16.8倍に増加した。すべての月齢において雌より雄が有意に重く ($p < 0.01$), 月齢の経過とともに性別での体重差が拡大した。

表3 調査対象山羊の月齢ごとの体重

性別	n	月齢							
		出生時		6カ月齢		12カ月齢		18カ月齢	
		n	体重	n	体重	n	体重	n	体重
雄	115	76	3.9±0.7	71	34.6±7.0	74	58.9±11.9	56	70.5±14.9
雌	124	91	3.6±0.6	101	30.7±5.0	73	51.1±8.4	46	60.3±9.3
有意差			**		**		**		**

注1) 体重±標準偏差(n)

注2) ** $p < 0.01$

注3) 2020年3月から2025年9月までに出生し, 調査時点で沖縄県内で飼養されている239頭のヤギ

注4) 各月齢にまたがって測定した個体を含むため, 合計頭数とn数は異なる

2. 雄の交雑山羊における月齢ごとの体重

雄の交雑山羊における月齢ごとの体重を表4に示した。出生時体重はZが3.9~4.0 kgの範囲であり, 3系統間で有意差はなかった。6カ月齢のN, Z, Bの体重はそれぞれ34.2 kg, 41.2 kg, 32.7 kgであり, ZがN, Bより有意に重かった ($P < 0.01$)。12カ月齢のN, Z, Bの体重はそれぞれ61.1 kg, 61.8 kg, 52.7 kgであり, NおよびZがBより有意に重く ($P < 0.05$), 6カ月齢時点と比較しZとNの体重差が減少した。18カ月齢のN, Z, Bの体重はそれぞれ73.8 kg, 69.5 kg, 69.0 kgとNが他2系統より4 kg以上重く, ZとBの体重差はほとんどなかった。

表4 種雄山羊別の雄山羊の体重

(単位: kg)

種雄山羊	出生時		6カ月齢		12カ月齢		18カ月齢	
	n	体重	n	体重	n	体重	n	体重
N	30	3.9±0.8	29	34.2±5.9 ^B	30	61.1±9.3 ^a	13	73.8±16.6
Z	9	4.0±0.5	9	41.2±5.3 ^A	16	61.8±10.6 ^a	23	69.5±12.1
B	26	3.9±0.6	22	32.7±7.7 ^B	18	52.7±13.8 ^b	12	69.0±16.4

注) 同列の異符号間に有意差(大文字: $P < 0.01$, 小文字: $P < 0.05$)あり

3. 雌の交雑山羊における月齢ごとの体重

雌の交雑山羊における月齢ごとの体重を表5に示した。出生時体重は3.4~3.6 kgの範囲であり, 3系統間で差は認められなかった。6カ月齢のN, Z, Bの体重はそれぞれ31.1 kg, 29.5 kg, 29.6 kgであり, 出生時同様に有意差は認められなかった。12カ月齢のN, Z, Bの体重はそれぞれ52.7 kg, 47.6 kg, 52.8 kgであり, NがZより有意に重く ($P < 0.05$), BがZより重い傾向 ($P < 0.09$) が認められた。18カ月齢のN, Z, Bの体重はそれぞれ54.7 kg, 57.6 kg, 62.5 kgであり, 系統間で有意差は認められなかった。

種雄山羊	出生時		6ヵ月齢		12ヵ月齢		18ヵ月齢	
	n	体重	n	体重	n	体重	n	体重
N	54	3.6±0.6	62	31.1±4.8	35	52.7±8.6 ^a	3	54.7±5.9
Z	11	3.5±0.3	14	29.5±3.1	16	47.6±6.9 ^b	12	57.6±7.6
B	17	3.4±0.7	14	29.6±7.5	14	52.8±8.6 ^{ab}	14	62.5±11.0

注) 同列の異符号間に有意差(小文字: P < 0.05)あり

考 察

新城ら⁶⁾は1975年から1976年における県内の肉用雑種山羊12ヵ月齢以上の体重を雄32.9kg、雌31.4kgと報告している。本調査では12ヵ月齢時点で雄が約1.8倍の58.9kg、雌が約1.6倍の51.1kgであった。体重増加の要因として、飼養管理技術の向上や県外導入された山羊の交配が進んだことが影響したと考える。

N系産子雄山羊と平良ら⁷⁾が報告したNの雄山羊(12ヵ月齢43.0kg, 18ヵ月齢60.0kg)を比較すると、いずれの月齢においてもN系産子雄山羊が重く、18ヵ月齢時点で13.8kgの差が認められた。B系産子雄山羊も同様に、平良ら⁷⁾が報告したBの雄山羊(12ヵ月齢41.0kg, 18ヵ月齢59.0kg)と比較すると18ヵ月齢時点でB系産子雄山羊が10kg重かった。これらの交雑山羊は品種および雑種間の交配により体重が増加しているため、雑種強勢が発現した可能性がある。いっぽう、著者ら⁸⁾が報告したZの雄山羊の12ヵ月齢61.4kg, 18ヵ月齢73.1kgとZ系産子雄山羊を比較すると、顕著な差は認められなかった。ザーネン種は乳用種として長期選抜されている⁹⁾ため、同程度もしくは体重が劣るような他品種や交雑山羊が1~2世代掛け合わさった時点では、純系品種を大きく上回る体重になるような雑種強勢の発現はないことが示唆される。

本調査は複数の農家を対象としており、飼養環境や管理条件には一定のばらつきが存在するにもかかわらず、6ヵ月齢においてZ系産子雄山羊が他系統より体重が有意に重かった。ザーネン種は乳用種として長年選抜されてきた背景⁹⁾から育成初期に環境変動の影響を受けにくく、安定して増体する系統特性を有する可能性がある。

雄山羊の12ヵ月齢では、B系産子雄山羊が他系統より有意に軽かった(P < 0.01)。しかしながら、18ヵ月齢ではB系産子雄山羊と別系統での有意差はなく、特にZ系産子雄山羊とはほとんど同じ体重である。いっぽう、NおよびZ系産子雄山羊では、6ヵ月齢で認められたザーネン系の優位性が12ヵ月齢ではほぼ同等と縮小し、18ヵ月齢では有意な差はないもののN系産子雄山羊がZ系産子雄山羊より4.3kg重かった。これらのことから、乳用種のため早熟であるZ系産子雄山羊に対しB系産子雄山羊は育成後期以降に発育が顕著となるような晩熟の発育特性であり、N系産子雄山羊は2系統の間であるものの、最終的に最も重く発育する可能性がある。

雌山羊では、出生時6ヵ月齢までは品種間での大きな差は認められなかったが、12ヵ月齢以降は品種間差が拡大する傾向が認められた。雌山羊は妊娠や泌乳といった繁殖生理の影響を強く受けるため、育成後期においては系統差よりも飼養管理の違いが体重に反映されやすいことから、調査対象農家の繁殖方針などが影響した可能性がある。特にB系産子雌山羊は繁殖用個体として重点的に飼養される傾向があり、栄養管理の差が18ヵ月齢での体重増加に寄与した可能性がある。

以上のことから、種雄山羊の品種間における産子の体重や成長特性などが明らかになった。沖縄県では12~18ヵ月齢の山羊肉が好まれ、12ヵ月齢以上のデータは限られている状況にあり、本調査では雌雄ともに18ヵ月齢の調査頭数が少ない。引き続き調査を実施し、今後はB×NZやNZ×BCなどの3元交配以上の交雑山羊のデータを蓄積することで、より収益性の高い山羊の掛け合わせを検討できると考える。

引 用 文 献

- 1) 渡嘉敷綏宝(1984)沖縄の山羊, 13, 那覇出版社
- 2) 沖縄県農林水産部畜産課(2025)おきなわの畜産, 120
- 3) 新城明久(2009)琉球在来家畜の保存と活用, 日本暖地畜産学会報(1), 52, 5-9

- 4) 琉球政府経済局畜産課(1964)琉球の畜産, 60
- 5) 砂川勝徳(2020)山羊の科学と亜熱帯における大型山羊の生産技術, 254-256, 新星出版
- 6) 新城明久・宮城満・下地孝志(1978)沖縄肉用山羊の飼養実態, 外部形態学的遺伝形質および体型, 日本畜産学会報(6), 49, 413-419
- 7) 平良祥・大竹里佳・片桐慶人(2021)山羊純系品種(ヌビアン種およびボア種)における調査成績, 沖縄畜産研報, 59, 29-31
- 8) 安村陸・玉城政信・高木和香子(2023)沖縄県における交雑山羊の体重調査, 沖縄畜産研報, 61, 71-75
- 9) 正田陽一・上野曄男・三上仁志・田名部雄一・村松晋・橋口勉・吉本正(2005)世界家畜品種辞典, 214-237, 社団法人畜産技術協会

秋期の同時播種による草種適性と播種量の検討

幸喜香織 細井伸浩 仲宗根康 小山裕美子

要 約

9月から12月の秋期に、ローズグラスと寒地型牧草の同時播種による草種適性と播種量を検討した結果、以下のとおりであった。

1. 本島北部での秋期の同時播種により、ローズグラスは春期に発芽し、優先草種の移行期を経て、年間を通じた生産性が確認された。
2. 秋期のローズグラスと暖地型牧草の同時播種では、1番草ではエンバク（Oat）、2番草ではイタリアンライグラス（IR）の生育が旺盛となり、寒地型牧草種の特徴が顕著であった。
3. 組み合わせ草種として、Oat区は年間乾物収量でIR区より有意に高く、収量確保を目的とした利用が可能である。
4. IRの播種量では、標準区は増量区と同等の収量で、倒伏も確認されなかった。IRとの組み合わせ播種では、標準播種量が適当であると考えられた。
5. Oatの播種量では、増量区と標準区の収量は同等であった。春期以降のOat増量区でローズグラスの倒伏が確認されることから、Oatとの組み合わせ播種では、標準播種量が適当であると考えられた。
6. 両草種の発芽および初期生育条件を維持・促進するため、草地更新前の除草剤散布・施肥管理等の適切な草地管理が必要である。

緒 言

沖縄県は寒地型牧草イタリアンライグラスの奨励品種選定（2009）を契機に、冬期の粗飼料増産対策として、暖地型牧草地に寒地型牧草を組み込んだ周年的な安定生産を推進している。現行では、秋期に更新して寒地型牧草を播種し、収穫後春期に再度更新し、暖地型牧草を播種する手法が一般的であるが、労力・時間・コストの負担が大きい。これまで、耕起作業の低減と暖地型牧草への速やかな生育の移行を目指して衰退した既存草地に簡易更新により追加播種する方法が検討されてきた¹⁻⁴⁾。また、同時播種は、草種の播種時期（発芽適温）や草種同士の生育競合が課題であった。近年、秋期の気温上昇が顕著で、暖地型牧草の生育が旺盛である。県畜産課の事業において、本島南部では秋期の同時播種による発芽・生産の安定性が確認されているが、本島北部での同時播種は年次変動が確認されている⁵⁾。温暖化条件の本島北部で、秋期播種により暖地型牧草の発芽・初期生育を維持し、翌春の優先草種の生育移行が速やかであれば、県全域で本技術の活用が可能であると考えられる。本試験では、初期生育の高い暖地型牧草ローズグラスを供試し、秋期に寒地型牧草との同時播種により、草種適性と播種量を検討したので、報告する。

材料および方法

1. 試験期間

試験は2024年12月10日から2025年12月10日まで行った。

2. 試験地

沖縄本島北部の沖縄県畜産研究センター内の圃場で、土壌は細粒赤色土のpH6程度の酸性土壌である。

3. 供試草種・品種

供試草種・品種は、寒地型牧草イタリアンライグラス「Kyushu1」（IR）、エンバク「ニューオールマイティ」（Oat）、暖地型牧草ローズグラス「カタンボラ」（RG）とした。

4. 試験区の設置および施肥設計

試験区は、県指標の播種量を目安に標準播種区（以下標準区）と増量播種区（以下増量区）を設置した。草種・播種量によりIR増量区（IR5kg/10a, RG4kg/10a）、IR標準区（IR 3kg/10a, RG 2kg/10a）、Oat増量区

(Oat 8kg/10a, RG 4kg/10a), Oat 標準区 (Oat 6kg/10a, RG 2kg/10a) とし, 6.25 m² (2.5×2.5) の区画を4反復設置した。施肥量は, 基肥 N:P₂O₅:K₂O=8:10:10(kg/10a), 追肥 N:P₂O₅:K₂O=10:4:6(kg/10a)とした。

5. 調査項目及び方法

調査項目は, 草丈, 暖地型牧草発芽数, 雑草割合, 生草収量, 乾物率および乾物収量である。播種日は2024年12月10日, 刈取日および生育日数は表1のとおりである。

表1 刈取日および生育日数

	1 番草	2 番草	3 番草	4 番草	5 番草
刈取日	4月30日	5月21日	8月7日	9月24日	12月10日
生育(再生)日数	141	21	78	48	77

注) 刈取は2025年4月・出穂期以降に実施。

6. 統計処理

統計処理は1元配置法分散分析を実施し, 有意差が確認されたのちフィッシャーのLSD法により検定をおこなった⁶⁾。

結果および考察

1. 気象概況および初期生育状況

更新準備は降雨や圃場条件, 作業スケジュール管理の観点から9月から開始した。そのため9月以降の気象概況を表2に示した。2024年9月は降雨が多かったため, 耕起等の更新準備は10月から開始した。10月下旬から11月中旬まで降雨が多かったため播種できず12月10日が播種日となった。12月中旬の平均気温は17.1で, 寒地型牧草は良好に発芽したが, 暖地型牧草RGの発芽は確認されなかった。2025年4月まで倒伏程度は低く, 直立型を維持していた。病害が若干いもち病や冠さび病が確認されたが, 大きな影響はなかった⁷⁾。

表2 試験期間の気温および降水量

年	月	旬	平均気温()		最高気温()		最低気温()		降水量の合計(mm)	
			名護	平年値	名護	平年値	名護	平年値	名護	平年値
2024	9	上	28.8	28.2	32.5	31.4	26.2	25.7	128.5	91.7
		中	28.6	27.6	31.2	30.8	26.6	25.2	163.5	67.8
		下	28.2	26.9	30.9	30.0	25.8	24.4	108.5	69.7
	10	上	26.8	26.1	30.1	29.1	24.6	23.6	70.5	75.5
		中	26.9	25.1	30.8	28.1	24.1	22.7	18.0	57.2
		下	27.1	23.9	29.8	26.9	25.1	21.5	226.5	54.7
	11	上	25.4	22.9	27.5	25.9	23.7	20.4	244.5	38.7
		中	24.4	21.9	27.1	24.8	22.7	19.3	135.0	38.4
		下	20.2	20.7	23.2	23.6	18.1	18.2	27.0	42.6
12	上	19.0	19.4	22.3	22.3	16.2	16.9	14.0	38.0	
	中	17.1	18.3	20.2	21.2	14.6	15.6	15.5	35.6	
	下	17.0	17.2	19.9	20.3	14.5	14.5	2.0	35.0	

2. 1 および2番草の生育・収量性

1) 1 番草

1番草は寒地型牧草Oatの生育が旺盛であった。Oat区の草丈はIR区より有意に高くなった。Oat区の

株間から 5 cm 程度の RG が確認された。RG 発芽数は、増量区 27 本/m²、標準区 16 本/m²であった。Oat 区の生草収量は IR より高かったため、乾物率が低いものの乾物収量が有意に高くなった。Oat 増量区の乾物収量は Oat 標準区より有意に高く、IR 標準区の乾物収量は IR 増量区より有意に高くなった。ともに倒伏と病害虫の影響は低く、雑草はみられなかった（表 3）。

表 3 生育・収量調査結果

	1 番草				
	寒地型牧草 草丈 (cm)	暖地型牧草 発芽数 (本 /m ²)	寒地型牧草 生草収量 (kg/10a)	乾物率 (%)	乾物収量 (kg/10a)
IR 増量区	118.6b	-	1418.4b	27.6a	392.2b
IR 標準区	125.9b	-	1755.8b	27.4a	476.8b
Oat 増量区	140.2a	27.1	3591.4a	20.6b	728.8a
Oat 標準区	149.9a	16.3	3502.2a	19.5b	679.8a
標準偏差	13.4	9.2	1066.8	4.0	153.0
変動係数 (%)	10.0	0.4	41.6	17.0	26.9

注 1) 異符号間に 5%水準 (小文字数字) で有意差あり。

2) 1 番草において病害虫、倒伏および雑草は確認されなかった。

2) 2 番草

2 番草は寒地型牧草 IR の生育が旺盛であった。IR 区の草丈は Oat 区より有意に高くなった。IR 区の生草収量および乾物率は Oat 区より高かったため、乾物収量も高くなった。Oat 区 RG の草丈は 1 番草より高くなったが、収量に占める割合は低かった。ともに倒伏と病害虫の影響は低く、雑草はみられなかった（表 4）。

表 4 生育・収量調査結果

	2 番草							
	寒地型牧草 草丈 (cm)	暖地型牧草 草丈 (cm)	寒地型牧草 生草収量 (kg/10a)	乾物率 (%)	寒地型牧草 乾物収量 (kg/10a)	暖地型牧草 生草収量 (kg/10a)	乾物率 (%)	暖地型牧草 乾物収量 (kg/10a)
IR 増量区	99.7a	-	934.8b	24.3	226.7	-	-	-
IR 標準区	103.1a	-	1260.2a	25.0	313.1	-	-	-
Oat 増量区	85.1b	27.3	511.6c	20.8	105.6	26.3	21.6a	5.7
Oat 標準区	93.7ab	32.2	484.0c	20.5	98.9	23.0	19.3b	4.8
標準偏差	9.1	3.7	369.7	2.3	97.9	12.5	2.4	2.9
変動係数 (%)	9.6	12.5	46.4	10.1	52.6	50.7	11.7	54.6

注 1) 異符号間に 5%水準 (小文字英字) で有意差あり。

2) 2 番草において病害虫、倒伏および雑草は確認されなかった。

両番草ともに寒地型牧草種の特徴が顕著で、収量は 1 番草の生育旺盛な Oat、2 番草は多刈可能な IR が多収であった。播種量では IR で標準区、Oat で増量区が多収の傾向がみられた。ともに倒伏と病害虫の影響は低く、品種の病害抵抗性が確認された。適切な草地管理 (更新前の除草剤散布、適切な施肥) により雑草がほぼ確認されなかったことが、Oat の株間から RG が発芽した要因であると考えられた。IR 区も同様に雑草は確認されなかったが、IR の地上部に現れる根の影響により RG は発芽できなかつたと考えられた。2 番草調査終了時点で、寒地型牧草の 6 月以降の再生や RG の収量増加の可能性は低いと推察された。

3)3 番草

試験区内でRGの生育が観察されたため、3番草の刈取調査を実施した。Oat区は、草丈、生草収量および乾物収量において有意に高くなった。IR区はRGの出穂ムラがあり、草丈が低く生草収量0.6t、枯れ株と根により雑草が低く抑えられた。Oat区RGではIR区RGより倒伏が多く、その原因として降雨の影響が考えられた。播種量区間に有意差はみられなかった。3番草から広葉雑草17種とともにイネ科牧草で高収量のブラキアリグラスの侵入が確認された。そのため生草収量に占める割合が高くなったが、大きな影響はみられなかった(表5)。

表5 生育・収量調査結果

	3番草				
	暖地型牧草 草丈 (cm)	暖地型牧草 生草収量 (kg/10a)	雑草割合 (%)	乾物率 (%)	乾物収量 (kg/10a)
IR増量区	112.5b	633.4b	12.2	32.6	207.2b
IR標準区	110.9b	642.0b	8.2	30.8	197.4b
Oat増量区	143.3a	1492.2a	20.2	31.7	473.8a
Oat標準区	136.3a	1453.0a	20.7	31.9	354.9a
標準偏差	16.0	515.4	10.1	1.5	166.6
変動係数 (%)	12.7	48.8	65.7	4.8	49.6

注1) 異符号間に5%水準(小文字英字)で有意差あり。

2) Oat増量区で降雨の影響による倒伏がみられた。

3)4 番草および5番草

4,5番草では、IR区のRGは、収量でOat区より低いが、生育旺盛で有意差が認められなかった。播種量でも有意差が認められなかった(表6)。

表6 生育・収量調査結果

	4番草					5番草				
	暖地型牧草 草丈 (cm)	暖地型牧草 生草収量 (kg/10a)	雑草割合 (%)	乾物率 (%)	乾物収量 (kg/10a)	暖地型牧草 草丈 (cm)	暖地型牧草 生草収量 (t/10a)	雑草割合 (%)	乾物率 (%)	乾物収量 (kg/10a)
IR増量区	130.9	1517.2	13.6	27.5	416.4	111.5	1635.4	23.7	28.2	460.8
IR標準区	121.2	1595.0	17.1	26.6	423.2	107.9	1427.1	17.3	21.9	314.4
Oat増量区	129.9	1808.0	15.7	27.9	505.1	110.7	1685.0	31.7	29.7	499.2
Oat標準区	135.3	1951.0	20.5	26.6	519.2	115.4	1792.9	30.0	27.6	498.0
標準偏差	10.6	243.4	8.6	1.5	71.1	4.3	183.4	9.4	7.1	126.4
変動係数 (%)	8.2	14.2	51.5	5.4	15.3	3.8	11.2	36.7	26.3	28.5

倒伏への影響は春期以降3番草のOat増量区のRGで顕著であった。多収であるものの、刈取しにくくなる等、播種量による影響が確認された。5番草ではOat区とIR区のRG収量性が同等となった。また、近年の秋期播種期は、気温上昇に伴い、草種によらず発芽が可能な気温が続いているが、降水量により播種日、発芽状況が変動するため、草地更新・播種の際は予め気象条件を確認して作業スケジュールを検討する必要がある。また、発芽期・移行期の生育を阻害させないため、適切な施肥・雑草管理が重要であると考えられた。

4)年間乾物収量の比較

年間乾物収量では、Oat増量区で2318kg/10aと最も高く、次いでOat標準区であるが、両区に有意差は認められなかった。IR区は、Oat区より有意に低い収量であったが、増量区と標準区に有意差は認め

られなかった。

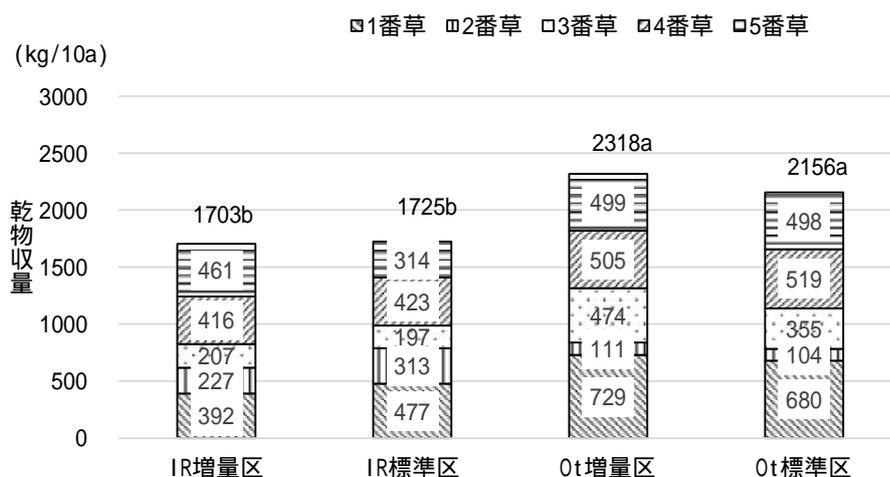


図1 年間乾物収量の比較

以上のことから、本島北部での秋期の同時播種により、暖地型牧草は春期に発芽し、3番草の移行期を経て、年間を通じた安定生産が可能であることが確認された。春期にローズグラスの発芽が確認されたのは、適切な草地管理により雑草による侵入がなかったことが原因であると考えられた。さらに年間乾物収量において、Ot区が有意に高いことから、RGとの組み合わせ草種として収量確保を目的とした利用が可能である。Otが適切であると考えられた。播種量では、Ot区では増量区が高くなったが、種子代が高価になること、暖地型牧草地へ移行した際に倒伏が起る可能性があること、収量増加に対する刈取作業の時間や経費負担等を踏まえて、慎重な判断が必要であると考えられた。

引用文献

- 1) 川本康博 (2008) 放牧による高牧養力草地管理, 日草誌, 54(3), 276-279
- 2) 守川信夫・安谷屋賢二・庄子一成 (1998) ギニアグラス草地におけるイタリアンライグラスの直まき追播法の検討, 沖縄畜試研報, 36, 117-120
- 3) 奥村健治・稲福政・幸喜香織・蝦名真澄 (2006) 冬期追播したイタリアンライグラスの品種および播種時期がギニアグラス永年草地の収量に及ぼす影響, 日草誌, 51(4), 348 - 353
- 4) 栗田夏子・知念司・荷川取秀樹 (2018) ソルガムとイタリアンライグラスの耐病性品種による栽培体系の検討 (2) イタリアンライグラスのトランスパーラ草地への冬季の追播による利用の検討, 沖縄畜研研報, 56, 35-43
- 5) 幸喜香織・外間康洋・春島大河・當眞嗣平・長坂龍志郎・本田祥嵩 (2025) (調査報告) 自給飼料生産課題解決モデル事業暖地型牧草と寒地型牧草の掃除播種時の生育調査 (県内5地域), 沖縄畜研研報, 63, 95-100
- 6) 新城明久 (2000) 新版・生物統計学入門, 46-57, (株) 朝倉書店
- 7) 気象庁 (2025) 過去の気象データ 2024-2025, 沖縄県名護市, <https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php>, 2025年11月10日

(短 報)

異なる土壌条件で栽培した寒地型牧草の生育

幸喜香織 高江洲 齊* 仲宗根 康 細井 伸浩
 小山 裕美子

要 約

異なる土壌条件で栽培した寒地型牧草の収量性および飼料品質を2年間調査した結果、以下のとおりであった。

1. ジャーガル区は年度により変動するが、乾物収量が最も高かった。
2. 島尻マーヅ区は年度や番草により変動するが、乾物収量が最も低かった。
3. 島尻マーヅ区は年度や番草により変動するが、CPにおいて最も高い値を示した。
4. 島尻マーヅ区は硝酸態窒素濃度が高い傾向がみられた。
5. 葉色と硝酸態窒素濃度との間に関係性はみられなかった。

緒 言

沖縄県の草地土壌は酸性で保肥力が低く有機物に乏しい国頭マーヅや弱アルカリ性で耕土が浅く保水力の低い島尻マーヅ¹⁻³⁾、肥沃なジャーガルが分布している⁴⁾。牧草は土壌から養分を吸収するため、土壌の特性が牧草にもたらす影響は大きい。気候や土壌環境に適合し、採草・放牧などの利用目的に適した草種・品種の選択が重要である⁴⁾。

本県では、暖地型牧草を多年利用しているが、冬期の収量低下時は寒地型牧草で自給飼料増産を推進している。県外で育成・導入草種の寒地型牧草は、地域適応性検定試験で選定され⁵⁻⁷⁾奨励品種であるものの⁸⁾、緯度・気象条件・土壌等により異なる生育事例が確認されている。そこで、本調査では、異なる土壌で栽培した寒地型牧草の生育・収量・飼料品質等に及ぼす影響を予備的に調査したので、報告する。

材料および方法

1. 試験期間

2020年12月1日から2021年3月31日(2020年度)および2021年11月5日から2022年4月6日(2021年度)まで行った。

2. 試験地

沖縄本島北部の沖縄県畜産研究センター内である。

3. 供試材料

供試草種・品種は、寒地型牧草イタリアンライグラス極早生品種「さちあおば」およびエンバク極早生品種「ウルトラハヤテ韋駄天」である。土壌は、ジャーガルは農業研究センターから分譲、島尻マーヅは業者から購入、国頭マーヅは所内の土壌(圃場以外)を採取して供試した。

4. 試験区の設置

試験は、0.43 m²(直径74cm)のポットにジャーガル、国頭マーヅ、島尻マーヅを設置し、ジャーガル区、国頭マーヅ区および島尻マーヅ区とした。播種量はイタリアンライグラス 3kg/10a、エンバク 8kg/10aとした。播種日は2020年12月1日および2021年11月5日である。

5. 施肥設計

施肥は尿素(N46-P0-K0)、苦土重焼リン(N0-P35-K0)および塩化カリ(N0-P0-K50)を用いた。各区のポットにそれぞれ10aあたり窒素10kg、8kgおよび6kgを施用した。なお基肥および追肥のP₂O₅、K₂Oは10aあたり10kgとした。反復は設けなかった。

* 現八重山家畜保健衛生所

6. 調査項目及び方法

1) 調査項目

生育・収量調査は、刈取り時の出穂程度、倒伏程度、病害虫程度、草高、草丈、葉色、SPAD 値、生草収量、乾物収量および乾物率について行った。飼料分析項目は、粗タンパク含有率 (CP)、可消化養分総量 (TDN)、酸性デタージェント繊維 (ADF) および硝酸態窒素濃度 (NO_3) を測定した。

2) 調査方法

刈取は地際部から刈取り高 5cm で行った。刈取日は 2020 年度に 2021 年 2 月 24 日 (1 番草・生育日数 85 日)、4 月 2 日 (2 番草・生育日数 35 日)、2021 年度に 2022 年 2 月 10 日 (1 番草・生育日数 97 日)、4 月 6 日 (2 番草・生育日数 55 日) である。出穂程度、倒伏程度および病害虫程度の評価は、1 (または極微) から 9 (甚) の 9 段階評定法とした⁹⁾。葉色は、葉色カラスケール水稲用 (富士平工業株式会社) の色標を用い、葉色濃度 1 (淡) ~ 7 (濃) により評価した。さらに、コニカミノルタ葉緑素計 SPAD-502Plus により SPAD 値 (クロロフィル量) を測定した。測定部位は、止め葉下 2 葉目 (止め葉を 1 葉目と数えて 3 葉目の葉身の長さ) を測定した。刈取りした牧草を温度 60 に設定した通風乾燥機で 48 時間乾燥させ、乾物率および乾物収量を算出した。飼料分析は燃焼法¹⁰⁾を用いた窒素分析装置デュマサーム (Gerhardt 社製) で CP を測定した。デタージェント分析法¹¹⁾を用いた分析装置ファイバーサーム (Gerhardt 社製) で ADF を測定し、TDN 関係式 ($\text{TDN} = 87.57 - 0.737 \times \text{ADF}$) により TDN を推定した^{12)・13)}。また、蒸留水で希釈し簡易反射式光度計 RQ フレックス (Merck 社製) を用いて NO_3 を測定した。

結 果

1. イタリアンライグラス

1) 生育調査結果

(1) 出穂程度、倒伏程度、病害虫程度

出穂程度は 2021 年度 2 番草で評点 8~9 程度の高い出穂程度での刈取調査であったが、それ以外は評点 2 から 5 程度の低い出穂程度での刈取であった。2020 年度は倒伏、病害虫が確認されたが、大きな影響がみられなかった。2021 年度は倒伏、病害虫も確認されなかった (表 1)。

(2) 葉色、SPAD 値

1 番草

2020 年は国頭マージ区で葉色 4.4、SPAD 値 36.7、2021 年ではジャーガル区が葉色 5.0、SPAD 値 40 を示し、最も高い値を示した (表 1)。

2 番草

2020 年は島尻マージ区で葉色 4.5 と濃くなったが、ジャーガル区が SPAD 値 42 と最も高く、葉色と SPAD 値の結果が一致しなかった。2021 年は国頭マージ区で葉色 4.5、SPAD 値 38 と最も高い値を示した (表 1)。

(3) 草高、草丈

1 番草

2020 年度は国頭マージ区で草高 36cm、草丈 40cm と最も高くなった。2021 年度はジャーガル区で草高 54 cm、草丈 69 cm と最も高くなった (表 1)。

2 番草

2020 年度はジャーガル区で草高 56cm、草丈 64cm、2021 年度はジャーガル区で草高 84 cm、草丈 97 cm と最も高くなった (表 1)。

表1 イタリアンライグラスの生育調査結果

土壌	1番草							2番草							
	出穂程度	倒伏程度	病害虫程度	葉色	葉緑素計 SPAD値	草高 (cm)	草丈 (cm)	出穂程度	倒伏程度	病害虫程度	葉色	葉緑素計 SPAD値	草高 (cm)	草丈 (cm)	
2020年度	ジャーガル	2.0	1.0	3.3	2.9	25.7	29.3	33.0	3.0	1.3	1.7	4.0	41.9	55.9	63.6
	標準偏差	0.0	0.0	0.5	0.2	2.6	7.1	6.6	0.8	0.5	0.9	0.3	1.9	1.5	3.0
	変動係数(%)	0.0	0.0	14.1	8.0	9.9	24.2	20.2	27.2	35.4	56.6	8.3	4.4	2.8	4.7
	国頭マージ	2.5	1.0	1.0	4.4	36.7	36.0	39.8	4.3	1.0	1.7	4.3	38.8	46.2	54.4
	標準偏差	1.5	0.0	0.0	0.2	1.3	13.0	15.5	2.5	0.0	0.5	0.3	5.4	13.6	17.6
	変動係数(%)	60.0	0.0	0.0	4.5	3.5	36.1	39.0	57.6	0.0	28.3	7.7	14.0	29.4	32.4
	島尻マージ	1.7	1.0	1.7	4.3	30.4	31.0	31.4	4.3	1.3	2.7	4.5	41.3	44.0	48.3
	標準偏差	0.5	0.0	0.5	0.4	6.0	8.8	9.8	1.9	0.5	0.5	0.1	6.4	6.0	4.5
	変動係数(%)	28.3	0.0	28.3	10.4	19.7	28.4	31.2	43.5	35.4	17.7	3.1	15.5	13.6	9.4
2021年度	ジャーガル	4.0	1.0	1.0	5.0	39.9	53.9	69.2	8.7	1.0	1.0	4.2	36.7	84.4	96.6
	標準偏差	1.4	0.0	0.0	0.2	1.4	5.8	7.2	0.5	0.0	0.0	0.6	3.1	2.7	3.0
	変動係数(%)	35.4	0.0	0.0	3.3	3.4	10.7	10.5	5.4	0.0	0.0	14.7	8.5	3.2	3.1
	国頭マージ	4.7	1.0	1.0	4.7	39.1	50.4	62.4	8.3	1.0	1.0	4.5	38.2	76.7	87.1
	標準偏差	0.9	0.0	0.0	0.2	3.4	4.7	2.8	0.9	0.0	0.0	0.3	1.8	3.7	2.6
	変動係数(%)	20.2	0.0	0.0	4.3	8.8	9.3	4.4	11.3	0.0	0.0	7.4	4.8	4.8	3.0
	島尻マージ	3.3	1.0	1.3	4.6	38.4	48.9	65.3	8.3	1.0	1.0	4.4	33.8	82.8	91.7
	標準偏差	0.5	0.0	0.5	0.5	2.7	2.9	1.0	0.9	0.0	0.0	0.6	4.3	3.3	1.1
	変動係数(%)	14.1	0.0	35.4	10.3	7.0	6.0	1.6	11.3	0.0	0.0	13.1	12.8	4.0	1.2

2) 収量調査結果

(1) 1番草

2020年度の国頭マージ区の生草収量は556kg/10a、乾物収量129kg/10aと最も高くなった。2021年はジャーガル区が生草収量2140kg/10a、乾物収量294kg/10aと最も高くなった。島尻マージ区は2021年の乾物収量で最も低くなった(表2)。

(2) 2番草

2020年度のジャーガル区が生草収量は1233kg/10a、乾物収量237kg/10aと最も高くなった。2021年はジャーガル区が生草収量1512kg/10a、乾物収量330kg/10aと最も高くなった。島尻マージ区は、両年ともに乾物収量で最も低くなった(表2)。

表2 イタリアンライグラスの収量調査結果

土壌	1番草			2番草			
	生草収量 (kg/10a)	乾物率 (%)	乾物収量 (kg/10a)	生草収量 (kg/10a)	乾物率 (%)	乾物収量 (kg/10a)	
2020年度	ジャーガル	297.2	21.6	63.8	1232.6	19.3	236.6
	標準偏差	90.6	0.0	18.6	109.5	0.0	8.1
	変動係数(%)	30.5	2.2	29.2	8.9	8.7	3.4
	国頭マージ	556.1	23.1	128.7	763.6	0.2	163.5
	標準偏差	0.0	0.0	0.0	423.6	0.0	88.4
	変動係数(%)	0.0	0.0	0.0	55.5	12.3	54.1
	島尻マージ	445.5	26.7	118.9	852.7	19.2	161.2
	標準偏差	1.9	0.0	9.9	233.0	0.0	37.9
	変動係数(%)	0.4	8.7	8.3	27.3	6.2	23.5
2021年度	ジャーガル	2139.5	13.7	293.5	1511.6	22.1	330.4
	標準偏差	132.9	0.0	13.2	372.9	0.0	69.3
	変動係数(%)	6.2	1.7	4.5	24.7	4.9	21.0
	国頭マージ	1934.1	14.7	282.3	1306.2	22.7	297.7
	標準偏差	325.8	0.0	36.3	275.4	0.0	68.3
	変動係数(%)	16.8	5.4	12.9	21.1	2.0	22.9
	島尻マージ	1972.9	13.6	268.5	1348.8	21.6	291.4
	標準偏差	199.2	0.0	27.7	214.6	0.0	44.5
	変動係数(%)	10.1	7.0	10.3	15.9	3.8	15.3

3) 飼料分析結果

(1) 1 番草

2020 年度の CP で最も高いのは国頭マージ区, TDN で最も高いのは島尻マージ区, ADF で最も高いのはジャーガル区であった。2021 年度の CP および TDN で最も高いのは島尻マージ区, ADF で最も高いのはジャーガル区であった。NO₃ は島尻マージ区で最も高くなった (表 3)。

(2) 2 番草

2020 年度の CP および TDN で最も高いのは島尻マージ区, ADF で最も高いのはジャーガル区であった。NO₃ は妊娠牛に給与してはいけない程度 (2000ppm, 0.2%) を超える値^{1 4)} が検出された。2020 年と同様に 2021 年度の CP および TDN で最も高いのは島尻マージ区, ADF で最も高いのはジャーガル区であった。NO₃ は島尻マージ区で最も高くなった (表 3)。

表 3 イタリアンライグラスの飼料分析結果

土壌	1番草				2番草				
	CP (%)	TDN (%)	ADF (%)	NO ₃ (ppm)	CP (%)	TDN (%)	ADF (%)	NO ₃ (ppm)	
2020 年度	ジャーガル	7.7	69.6	24.4	113.0	13.8	65.0	30.7	173.3
	標準偏差	0.3	0.4	0.5	0.0	1.2	0.2	0.3	85.2
	変動係数 (%)	4.1	0.5	2.0	0.0	8.9	0.4	1.0	49.2
2020 年度	国頭マージ	10.2	71.5	21.9	113.0	18.8	66.9	28.0	915.3
	標準偏差	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.6	2.2	282.5
	変動係数 (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	2.4	7.8	30.9
2020 年度	島尻マージ	7.3	78.1	19.2	113.0	19.4	67.5	27.3	2271.3
	標準偏差	0.9	6.7	0.7	0.0	3.3	0.7	0.9	1662.7
	変動係数 (%)	12.1	8.5	3.7	0.0	17.3	1.0	3.5	73.2
2021 年度	ジャーガル	11.8	63.8	32.2	218.5	7.9	63.8	32.2	113.0
	標準偏差	1.1	0.3	0.4	133.2	0.8	0.3	0.4	0.0
	変動係数 (%)	9.3	0.5	1.4	61.0	9.5	0.5	1.4	0.0
2021 年度	国頭マージ	12.3	64.3	31.5	290.0	8.4	64.3	31.5	113.0
	標準偏差	1.5	0.4	0.6	146.0	1.0	0.4	0.6	0.0
	変動係数 (%)	11.8	0.6	1.8	50.3	11.3	0.6	1.8	0.0
2021 年度	島尻マージ	13.3	64.8	31.0	418.1	9.6	64.8	31.0	192.1
	標準偏差	2.2	0.8	1.0	336.7	1.9	0.8	1.0	111.9
	変動係数 (%)	16.3	1.2	3.4	80.5	19.6	1.2	3.4	58.2

異なる土壌のイタリアンライグラスにおける乾物収量は、2020 年 1 番草以外で、生草収量の高いジャーガル区が最も高かった。CP および TDN で最も高いのは、乾物収量が最も低い島尻マージ区であった。葉色は CP や硝酸態窒素濃度との関係性は本結果から明らかではなかった。島尻マージ区は 2020 年度 2 番草で基準値以上の濃度が検出された。葉色や SPAD 値との関連性がみられないことから、刈取にあたり生育日数は草丈・収量とのバランスに留意する必要があると思われる。

2. エンバク

1) 生育調査結果

(1) 出穂程度, 倒伏程度, 病虫害程度

出穂程度は 2020 年度に評点 2.3 から 5.0 の出穂初期から出穂期の刈取であったが、2021 年は評点 8.0 から 9.0 で出穂後期の刈取であった。両年、両番草ともに倒伏はみられず、病虫害程度は 2021 年 2 番草の国頭マージで評点 4.7 を示した、大きな影響がみられなかった (表 4)。

(2) 葉色, SPAD 値

1 番草

2020 年は国頭マージ区で葉色 6.1, SPAD 値 51, 2021 年ではジャーガル区が葉色 6.7, 島尻マージ区が SPAD 値 57 を示し、最も高い値を示した (表 4)。

2 番草

2020 年は島尻マージ区で葉色 4.5 と濃くなったが、SPAD 値ではジャーガル区が 41.9 と最も高く、葉色

と SPAD 値の結果が一致しなかった。2021 年は国頭マージ区で葉色 4.5, SPAD 値 38 を示し, 最も高い値を示した(表 4)。

(3)草高, 草丈

1 番草

2020 年度は国頭マージ区で草高 70cm, 草丈 74cm と最も高くなった。2021 年度はジャーガル区で草高 104 cm, 草丈 106 cm と最も高くなった(表 4)。

2 番草

2020 年度は国頭マージ区で草高 59cm, ジャーガル区で草丈 69cm, 2021 年度はジャーガル区で草高 70 cm, 草丈 71 cm と最も高くなった(表 4)。

表 4 エンバクの生育調査結果

土壌	1番草							2番草							
	出穂程度	倒伏程度	病害虫程度	葉色	葉緑素計 SPAD値	草高 (cm)	草丈 (cm)	出穂程度	倒伏程度	病害虫程度	葉色	葉緑素計 SPAD値	草高 (cm)	草丈 (cm)	
2020 年度	ジャーガル 平均值	2.3	1.0	1.7	4.2	36.1	70.1	73.5	4.0	1.0	2.3	5.5	52.3	57.9	68.5
	ジャーガル 標準偏差	0.5	0.0	0.5	0.3	0.3	2.1	4.9	0.8	0.0	1.2	0.4	3.3	2.7	2.8
	ジャーガル 変動係数(%)	20.2	0.0	28.3	6.2	0.8	3.0	6.7	20.4	0.0	53.5	8.2	6.3	4.6	4.2
	国頭マージ 平均值	3.0	1.0	1.0	6.1	50.6	63.1	69.2	5.0	1.0	2.3	5.8	54.2	59.2	62.4
	国頭マージ 標準偏差	0.0	0.0	0.0	0.4	4.5	2.1	1.0	0.0	0.0	0.5	0.7	1.1	0.8	3.7
	国頭マージ 変動係数(%)	0.0	0.0	0.0	6.6	8.8	3.3	1.4	0.0	0.0	20.2	12.8	2.0	1.4	5.9
	島尻マージ 平均值	2.3	1.0	1.0	5.0	43.2	64.0	71.5	4.3	1.0	2.3	5.7	55.4	56.8	59.8
	島尻マージ 標準偏差	0.5	0.0	0.0	0.6	1.3	5.1	3.9	0.5	0.0	0.5	0.2	5.5	1.1	1.4
	島尻マージ 変動係数(%)	20.2	0.0	0.0	12.8	3.1	7.9	5.5	10.9	0.0	20.2	3.6	10.0	1.9	2.3
2021 年度	ジャーガル 平均值	9.0	1.0	2.0	6.7	54.3	103.7	105.5	9.0	1.0	3.7	5.7	41.5	70.3	71.1
	ジャーガル 標準偏差	0.0	0.0	0.0	0.1	1.9	0.7	1.3	0.0	0.0	0.9	0.5	3.3	5.1	4.0
	ジャーガル 変動係数(%)	0.0	0.0	0.0	1.4	3.5	0.7	1.2	0.0	0.0	25.7	8.7	8.0	7.2	5.7
	国頭マージ 平均值	8.7	1.0	2.0	6.5	54.9	92.0	101.5	9.0	1.0	4.7	6.2	48.7	65.4	69.2
	国頭マージ 標準偏差	0.5	0.0	0.0	0.3	0.5	1.1	0.5	0.0	0.0	2.1	0.4	4.7	0.2	1.3
	国頭マージ 変動係数(%)	5.4	0.0	0.0	5.2	0.9	1.2	0.5	0.0	0.0	44.0	6.5	9.6	0.2	1.9
	島尻マージ 平均值	8.0	1.0	2.0	6.6	56.8	94.9	102.4	9.0	1.0	2.3	6.1	49.7	68.1	68.5
	島尻マージ 標準偏差	0.8	0.0	0.0	0.3	2.6	3.9	3.0	0.0	0.0	0.5	0.4	2.7	2.0	1.6
	島尻マージ 変動係数(%)	10.2	0.0	0.0	4.9	4.6	4.2	3.0	0.0	0.0	20.2	7.1	5.5	3.0	2.4

2)収量調査結果

(1)1 番草

2020 年度のジャーガル区の生草収量は 1132kg/10a, 乾物収量 305kg/10a と最も高くなった。2021 年はジャーガル区が生草収量 981kg/10a, 乾物収量 211kg/10a と最も高くなった。島尻マージ区は兩年ともに生草収量と乾物収量で最も低くなった(表 5)。

(2)2 番草

2020 年度のジャーガル区の生草収量は 981kg/10a, 乾物収量 211kg/10a と最も高くなった。2021 年はジャーガル区が生草収量 1415kg/10a, 乾物収量 361kg/10a と最も高くなった。島尻マージ区は, 兩年ともに生草収量および乾物収量で最も低くなった(表 5)。

表5 エンバクの収量調査結果

年度	土壌	1番草			2番草			
		生草収量 (kg/10a)	乾物率 (%)	乾物収量 (kg/10a)	生草収量 (kg/10a)	乾物率 (%)	乾物収量 (kg/10a)	
2020 年度	ジャーガル	平均值	1131.8	26.9	305.1	980.6	21.5	210.5
		標準偏差	129.6	0.3	35.8	93.7	1.0	22.4
		変動係数(%)	11.5	1.1	11.7	9.6	4.7	10.7
	国頭マージ	平均值	1046.5	28.2	295.2	569.8	25.3	142.8
		標準偏差	123.4	0.6	34.7	113.9	1.8	21.7
		変動係数(%)	11.8	2.2	11.8	20.0	7.2	15.2
	島尻マージ	平均值	759.7	28.2	214.1	368.2	23.5	87.0
		標準偏差	106.7	1.0	31.6	61.0	1.1	16.8
		変動係数(%)	14.0	3.5	14.8	16.6	4.5	19.3
2021 年度	ジャーガル	平均值	2976.7	21.6	637.4	1414.7	25.7	360.8
		標準偏差	341.9	1.2	38.9	232.6	1.0	46.4
		変動係数(%)	11.5	5.8	6.1	16.4	4.0	12.9
	国頭マージ	平均值	2170.5	22.4	484.6	1100.8	25.7	282.4
		標準偏差	194.0	1.2	40.7	64.6	1.1	12.2
		変動係数(%)	8.9	5.5	8.4	5.9	4.3	4.3
	島尻マージ	平均值	2267.4	19.9	449.8	1081.4	23.1	250.9
		標準偏差	221.2	1.0	25.9	218.4	0.8	57.0
		変動係数(%)	9.8	5.2	5.8	20.2	3.4	22.7

3) 飼料分析結果

(1) 1番草

2020年度のCPで最も高いのは国頭マージ区, TDNで最も高いのは島尻マージ区, ADFで最も高いのはジャーガル区であった。NO₃は国頭マージ区で最も高くなった2021年度のCPおよびTDNで最も高いのは島尻マージ区, ADFで最も高いのはジャーガル区であった。NO₃は島尻マージ区で最も高くなった(表6)。

(2) 2番草

2020年度のCPおよびTDNで最も高いのは島尻マージ区, ADFで最も高いのはジャーガル区であった。2020年と同様に2021年度のCPおよびTDNで最も高いのは島尻マージ区, ADFで最も高いのはジャーガル区であった。NO₃は両年ともに島尻マージ区で最も高くなった(表6)。

表6 エンバクの飼料分析結果

土壌	1番草				2番草				
	CP (%)	TDN (%)	ADF (%)	NO ₃ (ppm)	CP (%)	TDN (%)	ADF (%)	NO ₃ (ppm)	
2020年度 ジャーガル	平均値	5.7	65.9	29.4	113.0	14.2	65.6	29.8	256.1
	標準偏差	0.2	0.4	0.6	0.0	2.6	0.7	1.0	202.4
	変動係数(%)	3.7	0.6	1.9	0.0	18.4	1.1	3.4	79.0
2020年度 国頭マージ	平均値	9.6	67.3	27.6	124.3	16.2	64.1	31.9	606.4
	標準偏差	1.4	1.2	1.6	16.0	1.4	0.8	1.2	218.8
	変動係数(%)	14.5	1.7	5.7	12.9	8.5	1.3	3.6	36.1
2020年度 島尻マージ	平均値	6.9	66.9	28.0	113.0	18.4	66.3	28.9	1032.1
	標準偏差	0.7	1.4	1.9	0.0	1.5	1.4	1.9	50.8
	変動係数(%)	9.9	2.0	6.6	0.0	7.9	2.1	6.5	4.9
2021年度 ジャーガル	平均値	7.6	59.7	37.8	<113	8.1	63.5	32.6	<113
	標準偏差	0.7	0.7	1.0	0.0	0.4	0.8	1.1	0.0
	変動係数(%)	9.6	1.2	2.6	0.0	4.8	1.3	3.5	0.0
2021年度 国頭マージ	平均値	9.1	62.8	33.6	<150.7	10.8	66.1	29.1	<113
	標準偏差	0.8	0.5	0.7	53.3	0.8	0.6	0.9	0.0
	変動係数(%)	8.4	0.9	2.2	35.4	7.3	1.0	3.0	0.0
2021年度 島尻マージ	平均値	9.8	61.9	34.8	173.3	10.6	64.6	31.1	<195.9
	標準偏差	1.5	0.6	0.9	43.6	0.5	0.6	0.9	117.2
	変動係数(%)	15.5	1.0	2.5	25.2	4.5	1.0	2.8	59.8

異なる土壌におけるエンバクの乾物収量は、すべての年度、番草において生草収量の高いジャーガル区が最も高かった。乾物収量が最も低い島尻マージ区であった。CPでは2020年度2番草，2021年度1番草で島尻マージが最も高かった。国頭マージは2020年1番草，2021年2番草のCPおよびTDNにおいて最も高くなった。葉色はCPや硝酸態窒素濃度との関係性は本結果から明らかではなかった。島尻マージ区はNO₃で最も高かったが、基準値以下の濃度であった。

引用文献

- 1) 新田孝子・森山高広・池田正治(1991) 沖縄県における主要土壌群のミネラル分布(1) 宮古諸島・八重山諸島における草地土壌の特性, 沖縄畜試研報, 29, 119-129
- 2) 新田孝子・森山高広・池田正治(1992) 沖縄県における主要土壌群のミネラル分布(2) 沖縄本島北部における草地土壌の特性, 沖縄畜試研報, 30, 87-91
- 3) 新田孝子・仲宗根一哉・森山高広・池田正治(1992) 沖縄県における主要土壌群のミネラル分布(3) 土壌群別の微量元素含量, 沖縄畜試研報, 30, 93-101
- 4) 沖縄県畜産試験場(1999) 牧草・飼料作物栽培の手引き, 5-14
- 5) 稲福政史・知念司・幸喜香織・奥村健治(2001) 牧草および飼料作物の系統適応性検定試験(27) 極期利用型イタリアンライグラス「山系31号」のいもち病抵抗性と収量性, 沖縄畜試研報, 39, 95-104
- 6) 幸喜香織・稲福政史・蝦名真澄・与古田稔(2008) イタリアンライグラス系統適応性検定試験(28) 極短期利用型「山系33号」の特性, 沖縄畜研研報, 46, 67-73
- 7) 幸喜香織・安里直和・高江洲義晃・島袋宏俊(2015) 早晚性の異なるイタリアンライグラスの品種比較, 沖縄畜研研報, 53, 37-43
- 8) 沖縄県農林水産部畜産課(2023) 沖縄県牧草・飼料作物奨励品種の特性及び栽培基準, 3
- 9) 農林水産技術会議事務局(2023) 飼料作物系統適応性検定試験実施要領(改訂6版), 3-4
- 10) 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)
- 11) 社団法人日本草地畜産種子協会(2009) 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
- 12) 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

13) 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, 89-93

14) 公益社団法人中央畜産会(2022)日本飼養標準肉用牛, 212

研究補助: 宜保永堅, 赤嶺圭作

(短報)

異なる施肥量条件で栽培した寒地型牧草の生育

幸喜香織 高江洲 齊* 仲宗根 康 細井 伸浩
 小山 裕美子

要 約

施肥量について、10a あたり窒素 10,8,6kg を施用する区を設け、異なる施肥量条件 (N10 区, N8 区および N6 区) で栽培した寒地型牧草の生育・収量性および飼料品質を 2 年間調査した結果、以下のとおりであった。

1. イタリアンライグラスでは、両年度および 1, 2 番草ともに N10 区の生草収量および乾物収量が高くなった。N6 区では、両年ともに乾物率は最も高いが、生草収量が低いため乾物収量が低くなった。
2. エンバクでは、両年・番草ともに N8 区の乾物収量が高くなった。鳥尻マーヅ区は両年ともに年度や番草により変動があるが、乾物収量が最も低かった。N6 区では、両年ともに乾物率は最も高いが、生草収量が低いため乾物収量が低くなった。
3. 粗タンパク含有率および硝酸態窒素濃度は N10 区が最も高い傾向がみられたが、年度・番草による変動がみられた。N6 区は両年・両番草ともに最も低くなった。

緒 言

前報¹⁾では、県内に分布する土壤の相違が寒地型牧草の生育・収量・飼料品質に及ぼす影響を調査した。本報では県内に分布する土壤で栽培した寒地型牧草の異なる施肥量条件下における生育を予備的に調査したので、短報として報告する。

材料および方法

1. 試験期間

2020 年 12 月 1 日から 2021 年 3 月 31 日 (2020 年度) および 2021 年 11 月 5 日から 2022 年 4 月 6 日 (2021 年度) まで行った。

2. 試験地

沖縄本島北部の沖縄県畜産研究センター内である。

3. 供試材料

供試草種・品種は、寒地型牧草イタリアンライグラス極早生品種「さちあおば」およびエンバク極早生品種「ウルトラハヤテ韋駄天」である。土壤は、ジャーガルは農業研究センターから分譲、鳥尻マーヅは業者から購入、国頭マーヅは所内の土壤 (圃場以外) を採取して供試した。

4. 試験区の設置および施肥設計

試験は、0.43 m² (直径 74cm) のポットにジャーガル、国頭マーヅ、鳥尻マーヅを設置した。播種量はイタリアンライグラス 3kg/10a, エンバク 8kg/10a とした。反復は設けていない。播種日は 2020 年 12 月 1 日および 2021 年 11 月 5 日である。

施肥は尿素 (N46-P0-K0), 苦土重焼リン (N0-P35-K0) および塩化カリ (N0-P0-K50) を用いた。各区のポットにそれぞれ 10a あたり窒素 10kg, 8kg および 6kg を施用する区を設置し、それぞれ N10 区, N8 区および N6 区とした。なお基肥および追肥の P₂O₅, K₂O は 10a あたり 10kg とした。反復は設けなかった。

5. 調査項目及び方法

1) 調査項目

生育・収量調査は、刈取り時の出穂程度、倒伏程度、病害虫程度、草高、草丈、葉色、SPAD 値、生草収量、乾物収量および乾物率について行った。飼料分析項目は、粗タンパク含有率 (CP), 可消化養分総量 (TDN), 酸性デタージェント繊維 (ADF) および硝酸態窒素濃度 (NO₃) を測定した。

* 現沖縄県八重山家畜保健衛生所

2) 調査方法

刈取は地際部から刈取り高 5cm で行った。刈取日は 2020 年度に 2021 年 2 月 24 日 (1 番草・生育日数 85 日), 4 月 2 日 (2 番草・生育日数 35 日), 2021 年度に 2022 年 2 月 10 日 (1 番草・生育日数 97 日), 4 月 6 日 (2 番草・生育日数 55 日) である。出穂程度, 倒伏程度および病害虫程度の評価は, 1 (または極微) から 9 (甚) の 9 段階評定法とした²⁾。葉色は, 葉色カールスケール水稲用 (富士平工業株式会社) の色標を用い, 葉色濃度 1 (淡) ~ 7 (濃) により評価した。さらに, コニカミノルタ葉緑素計 SPAD-502Plus により SPAD 値 (クロロフィル量) を測定した。測定部位は, 止め葉下 2 葉目 (止め葉を 1 葉目と数えて 3 葉目の葉身の長さ) を測定した。刈取りした牧草を温度 60 に設定した通風乾燥機で 48 時間乾燥させ, 乾物率および乾物収量を算出した。飼料分析は燃焼³⁾を用いた窒素分析装置デュマサーム (Gerhardt 社製) で CP を測定した。デタージェント分析法⁴⁾を用いた分析装置ファイバーサーム (Gerhardt 社製) で ADF を測定し, TDN 関係式 ($TDN=87.57-0.737 \times ADF$) により TDN を推定した^{5, 6)}。また, 蒸留水で希釈し簡易反射式光度計 RQ フレックス (Merck 社製) を用いて NO_3 を測定した。

結果および考察

1. イタリアンライグラス

1) 生育調査結果

(1) 出穂程度, 倒伏程度, 病害虫程度

2020 年度は出穂程度 1.3 から 6.0 の早い段階で刈取した。出穂初期の段階では施肥量の少ない N6 区の出穂日が遅く, N10 区は出穂が速いため出穂程度が高くなる傾向がみられた。2021 年度は 1 番草の出穂程度 3.3 から 4.7 と出穂初期での刈取であった。両年ともに倒伏はなく, 2020 年度 1 番草 N6 区で評点 1.3 の病害虫が確認されたが, 大きな影響がみられなかった。(表 1)

(2) 葉色, SPAD 値

1 番草

2020 年は N10 区で葉色 4.1, N8 区で SPAD 値 33, 2021 年では N10 区で葉色 5.0, SPAD 値 41 を示し, 最も高い値を示した (表 1)。

2 番草

2020 年は N8 区で葉色 4.4, SPAD 値 45, 2021 年では N10 区で葉色 4.9, SPAD 値 40 を示し, 最も高い値を示した (表 1)。

(3) 草高, 草丈

(1) 1 番草

2020 年度は N10 区で草高 41cm, 草丈 45cm と最も高くなった。2021 年度は N10 区で草高 54 cm, 草丈 68cm と最も高くなった (表 1)。

(2) 2 番草

2020 年度は N10 区で草高 53cm, 草丈 61cm と最も高くなった。2021 年度は N8 区で草高 85 cm, N10 区で草丈 95cm と最も高くなった (表 1)。

2) 収量調査結果

(1) 1 番草

2020 年度の N10 区の生草収量は 474kg/10a, 乾物収量 109kg/10a と最も高くなった。2021 年は N10 区が生草収量 2248kg/10a, 乾物収量 296kg/10a と最も高くなった。N6 区は乾物率が最も高いが, 生草収量が低いいため, 乾物収量が低くなった (表 2)。

(2) 2 番草

2020 年度の N10 区の生草収量は 1264kg/10a, 乾物収量 241kg/10a と最も高くなった。2021 年は N10 区が生草収量 1690kg/10a, 乾物収量 342kg/10a と最も高くなった。N6 区は乾物率が最も高いが, 生草収量が低いいため, 乾物収量が最も低くなった (表 2)。

3) 飼料分析結果

(1) 1 番草

2020 年度の N10 区は CP, TDN および ADF で最も高く, N6 区は最も低くなった。2021 年度の N10 区は CP および NO_3 で最も高く, N6 区は最も低くなった (表 3)。

(2)2 番草

2020年度のN8区はCPおよびNO₃で最も高く、次いでN10区の順となった。2021年度もN10区がCPおよびNO₃で最も高くなった(表3)。

異なる施肥量条件で栽培したイタリアンライグラスにおける乾物収量では、乾物率が低いものの生草収量が高いN10区が最も高かった。N6区は生草収量が低く、高い乾物率を示したが乾物収量で低くなった。N10区はCPおよび硝酸態窒素で最も高い傾向がみられたが、年度・番草によりN8区が高くなり、異なる傾向がみられた。葉色はCPや硝酸態窒素濃度との関係性は本結果から明らかではなかった。N8区およびN10区のNO₃は、妊娠牛において、生産性が徐々に低下したり、流産や中毒死も含め、何らかの異常が起こる可能性(1000から2000ppm, 0.1から0.2%)⁷⁾が考えられるため、総給与量の50%以下での給与とする必要があると考えられた。

表1 イタリアンライグラスの生育調査結果

施肥量条件	1番草							2番草							
	出穂程度	倒伏程度	病害虫程度	葉色	葉緑素計SPAD値	草高(cm)	草丈(cm)	出穂程度	倒伏程度	病害虫程度	葉色	葉緑素計SPAD値	草高(cm)	草丈(cm)	
2020年度	N6														
	平均値	2.0	1.0	2.5	3.4	25.1	29.5	30.5	2.0	1.3	1.7	4.0	39.7	42.9	48.9
	標準偏差	0.0	0.0	0.5	0.3	3.0	9.2	6.5	0.8	0.5	0.9	0.4	5.0	11.4	15.0
	変動係数(%)	0.0	0.0	20.0	8.8	12.0	31.1	21.3	40.8	35.4	56.6	9.6	12.6	26.6	30.6
	N8														
	平均値	1.3	1.0	1.7	3.8	32.8	23.9	25.7	3.7	1.0	2.0	4.4	44.8	49.9	56.1
	標準偏差	0.5	0.0	0.9	0.9	4.2	4.7	7.2	0.9	0.0	0.8	0.2	3.7	10.1	10.5
	変動係数(%)	35.4	0.0	56.6	23.4	13.0	19.5	28.0	25.7	0.0	40.8	4.6	8.2	20.3	18.7
	N10														
平均値	2.7	1.0	2.3	4.1	31.0	40.8	44.9	6.0	1.3	2.3	4.3	37.5	53.3	61.3	
標準偏差	0.9	0.0	1.2	0.7	6.6	5.9	7.3	1.4	0.5	0.5	0.3	3.4	3.6	6.9	
変動係数(%)	35.4	0.0	53.5	17.2	21.2	14.4	16.3	23.6	35.4	20.2	7.7	9.2	6.7	11.2	
2021年度	N6														
	平均値	3.3	1.0	1.3	4.4	37.6	48.1	61.2	7.3	1.0	1.0	3.9	32.9	78.4	90.2
	標準偏差	0.5	0.0	0.5	0.4	2.1	3.5	2.0	0.5	0.0	0.0	0.4	3.7	4.6	2.5
	変動係数(%)	14.1	0.0	35.4	8.5	5.7	7.2	3.3	6.4	0.0	0.0	11.1	11.3	5.9	2.8
	N8														
	平均値	4.0	1.0	1.0	4.9	38.8	50.9	67.2	9.0	1.0	1.0	4.3	35.7	85.2	90.8
	標準偏差	1.4	0.0	0.0	0.2	3.0	3.7	6.2	0.0	0.0	0.0	0.3	0.9	3.0	5.0
	変動係数(%)	35.4	0.0	0.0	4.2	7.7	7.3	9.2	0.0	0.0	0.0	8.0	2.4	3.5	5.6
	N10														
平均値	4.7	1.0	1.0	5.0	40.9	54.2	68.4	9.0	1.0	1.0	4.9	40.0	80.2	94.5	
標準偏差	0.9	0.0	0.0	0.0	1.7	5.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.2	1.3	3.2	4.5	
変動係数(%)	20.2	0.0	0.0	0.9	4.1	10.5	5.1	0.0	0.0	0.0	5.0	3.2	4.0	4.7	

表2 イタリアンライグラスの収量調査結果

施肥量条件	1番草			2番草			
	生草収量(kg/10a)	乾物率(%)	乾物収量(kg/10a)	生草収量(kg/10a)	乾物率(%)	乾物収量(kg/10a)	
2020年度	N6						
	平均値	322.6	25.6	86.8	744.2	21.7	152.5
	標準偏差	121.0	3.4	42.0	349.0	0.0	65.6
	変動係数(%)	37.5	13.3	48.3	46.9	14.8	43.0
	N8						
	平均値	271.1	21.2	57.4	841.1	20.0	167.8
	標準偏差	0.0	0.0	0.0	292.7	0.0	57.4
	変動係数(%)	0.0	0.0	0.0	34.8	3.2	34.2
	N10						
平均値	474.2	22.9	108.9	1263.6	19.1	240.9	
標準偏差	59.1	0.0	16.2	98.8	0.0	30.4	
変動係数(%)	12.5	5.6	14.9	7.8	10.0	12.6	
2021年度	N6						
	平均値	1779.1	14.4	255.2	1007.8	22.4	225.6
	標準偏差	212.1	0.4	22.5	33.3	0.5	8.7
	変動係数(%)	11.9	3.1	8.8	3.3	2.3	3.9
	N8						
	平均値	2019.4	14.5	293.5	1469.0	22.6	331.9
	標準偏差	118.7	0.7	10.5	123.5	0.1	27.0
	変動係数(%)	5.9	4.8	3.6	8.4	0.4	8.1
	N10						
平均値	2248.1	13.1	295.7	1689.9	21.4	362.1	
標準偏差	135.0	0.5	30.2	160.7	1.3	35.3	
変動係数(%)	6.0	4.0	10.2	9.5	5.9	9.7	

表3 異なる施肥量条件によるイタリアンライグラスの飼料成分 (%)

施肥量		1番草				2番草				
		CP	TDN	ADF	NO ₃ (ppm)	CP	TDN	ADF	NO ₃ (ppm)	
2020 年度	N6	平均値	7.3	71.4	22.0	113.0	15.7	66.9	28.0	203.4
		標準偏差	0.8	1.5	2.1	0.0	3.3	1.8	2.5	90.4
		変動係数(%)	11.3	2.1	9.4	0.0	20.9	2.7	8.9	44.4
	N8	平均値	7.4	78.3	25.2	113.0	18.4	66.5	28.6	1890.9
		標準偏差	0.0	9.3	0.0	0.0	3.6	1.4	1.9	1802.5
		変動係数(%)	0.0	11.8	0.0	0.0	19.5	2.1	6.7	95.3
	N10	平均値	8.6	71.7	21.5	113.0	17.8	65.9	29.4	1028.3
		標準偏差	1.2	1.7	2.3	0.0	2.2	0.9	1.2	810.9
		変動係数(%)	13.6	2.4	10.8	0.0	12.6	1.4	4.1	78.9
2021 年度	N6	平均値	11.0	64.6	31.1	135.6	7.7	64.6	31.1	113.0
		標準偏差	0.5	0.6	0.8	9.2	0.8	0.6	0.8	0.0
		変動係数(%)	4.9	0.9	2.6	6.8	10.3	0.9	2.6	0.0
	N8	平均値	11.8	63.9	32.1	195.9	8.1	63.9	32.1	113.0
		標準偏差	0.6	0.6	0.8	52.5	0.7	0.6	0.8	0.0
		変動係数(%)	4.8	1.0	2.6	26.8	8.1	1.0	2.6	0.0
	N10	平均値	14.5	64.3	31.5	595.1	10.1	64.3	31.5	192.1
		標準偏差	1.3	0.6	0.8	212.9	1.5	0.6	0.8	111.9
		変動係数(%)	9.1	0.9	2.5	35.8	14.5	0.9	2.5	58.2

2. エンバク

1) 生育調査結果

(1) 出穂程度, 倒伏程度, 病害虫程度

出穂程度は2020年度に評点2.3から4.7の出穂初期から出穂期の刈取であったが, 2021年は評点8.0から9.0で出穂後期の刈取であった。両年, 両番草ともに倒伏はみられず, 病害虫程度は2021年2番草のN6区およびN10区で評点4.0を示した, 大きな影響がみられなかった(表4)。

(2) 草高, 草丈

1 番草

2020年度はN6区で草高68cm, 草丈74cmと最も高くなった。2021年度はN8区で草高99cm, N6区で104cmと最も高くなった(表4)。

2 番草

2020年度はN10区で草丈60cm, N8区で草丈65cmと最も高くなった。2021年度はN8区で草高69cm, 草丈72cmと最も高くなった(表4)。

(3) 葉色, SPAD値

1 番草

2020年はN10区で葉色5.6, SPAD値46, 2021年ではN10区で葉色6.9, SPAD値57を示し, 最も高い値を示した(表4)。

2 番草

2020年はN10区で葉色6.3, SPAD値56, 2021年ではN10区で葉色6.6, SPAD値51を示し, 最も高い値を示した(表4)。

2) 収量調査結果

(1) 1 番草

2020年度のN8区の生草収量は1065kg/10a, 乾物収量295kg/10aと最も高くなった。2021年はN10区が生草収量2662kg/10aと高かった。N8区の乾物率が高いため乾物収量ではN8区が540kg/10aと最も高くなった。N6区は両年ともに乾物率で最も高いが, 生草収量と乾物収量で最も低くなった(表5)。

(2) 2 番草

2020年度のN8区の生草収量は694kg/10a, 乾物収量168kg/10aと最も高くなった。2021年はN10区が生草収量1403kg/10a, 乾物収量346kg/10aと最も高くなった。N6区は乾物率が最も高いが, 生草収量が

低いため、乾物収量が最も低くなった（表5）。

3) 飼料分析結果

1) 1番草

2020年度および2021年度のN10区はCPおよびNO₃で最も高く、N6区は最も低くなった（表6）。

2) 2番草

2020年度および2021年度のN10区はCPおよびNO₃で最も高く、N6区は最も低くなった（表6）。

異なる施肥量条件で栽培したエンバクにおける乾物収量では、1番草において乾物率が高いN8区が最も高かった。2番草では、年度によりN8区およびN10区で高くなった。N6区はどの年度・番草でも生草収量が低く、高い乾物率を示したが乾物収量で低くなった。CPおよびNO₃は2年・両番草ともにN10区が最も高く、N6区が最も低くなった。CPや葉色およびSPAD値との関係性は本結果から見出すことはできなかった。

表4 エンバクの生育調査結果

施肥量 条件		1番草							2番草							
		出穂 程度	倒伏 程度	病害虫 程度	葉色	葉緑素計 SPAD値	草高 (cm)	草丈 (cm)	出穂 程度	倒伏 程度	病害虫 程度	葉色	葉緑素計 SPAD値	草高 (cm)	草丈 (cm)	
2020 年度	N6	平均値	2.7	1.0	1.3	5.0	40.9	68.3	73.8	4.3	1.0	2.0	5.2	49.8	59.6	60.8
		標準偏差	0.5	0.0	0.5	0.6	3.8	3.3	2.5	0.5	0.0	0.0	0.3	2.9	1.5	3.3
		変動係数(%)	17.7	0.0	35.4	11.3	9.2	4.8	3.4	10.9	0.0	0.0	5.7	5.9	2.6	5.5
	N8	平均値	2.3	1.0	1.0	4.8	43.5	63.6	68.9	4.7	1.0	2.0	5.5	56.0	57.7	65.1
		標準偏差	0.5	0.0	0.0	0.8	6.2	2.9	1.5	0.5	0.0	0.8	0.1	3.5	2.0	2.6
		変動係数(%)	20.2	0.0	0.0	16.8	14.2	4.5	2.2	10.1	0.0	40.8	1.5	6.3	3.4	4.1
	N10	平均値	2.7	1.0	1.3	5.6	45.6	65.3	71.5	4.3	1.0	3.0	6.3	56.1	56.7	64.9
		標準偏差	0.5	0.0	0.5	1.1	7.9	5.7	5.4	0.9	0.0	0.8	0.4	1.0	1.2	5.7
		変動係数(%)	17.7	0.0	35.4	19.5	17.4	8.7	7.6	21.8	0.0	27.2	5.9	1.8	2.2	8.8
2021 年度	N6	平均値	9.0	1.0	2.0	6.5	53.3	97.2	104.4	9.0	1.0	4.0	5.6	42.5	66.7	67.9
		標準偏差	0.0	0.0	0.0	0.2	1.1	5.4	1.8	0.0	0.0	1.4	0.2	4.2	3.2	1.9
		変動係数(%)	0.0	0.0	0.0	3.8	2.1	5.6	1.7	0.0	0.0	35.4	4.5	9.9	4.8	2.8
	N8	平均値	8.7	1.0	2.0	6.4	55.3	98.9	101.9	9.0	1.0	2.7	5.9	46.5	69.1	69.3
		標準偏差	0.5	0.0	0.0	0.2	0.9	4.2	2.2	0.0	0.0	0.5	0.4	3.1	4.4	2.4
		変動係数(%)	5.4	0.0	0.0	2.6	1.7	4.3	2.2	0.0	0.0	17.7	6.3	6.7	6.4	3.5
	N10	平均値	8.0	1.0	2.0	6.9	57.4	94.6	103.1	9.0	1.0	4.0	6.6	51.0	68.1	71.7
		標準偏差	0.8	0.0	0.0	0.2	1.9	6.0	3.0	0.0	0.0	2.2	0.2	4.1	3.0	2.8
		変動係数(%)	10.2	0.0	0.0	2.7	3.3	6.3	2.9	0.0	0.0	54.0	2.6	7.9	4.5	3.9

表5 エンバクの収量調査結果

施肥量 条件		1番草			2番草			
		生草収量 (kg/10a)	乾物率 (%)	乾物収量 (kg/10a)	生草収量 (kg/10a)	乾物率 (%)	乾物収量 (kg/10a)	
2020 年度	N6	平均値	910.9	28.4	257.8	538.8	24.1	126.3
		標準偏差	86.1	1.3	18.0	222.5	1.8	42.7
		変動係数(%)	9.5	4.5	7.0	41.3	7.6	33.8
	N8	平均値	1065.9	27.6	294.9	693.8	24.6	167.6
		標準偏差	145.0	0.4	43.0	262.0	1.9	53.7
		変動係数(%)	13.6	1.4	14.6	37.8	7.6	32.0
	N10	平均値	961.2	27.3	261.7	686.0	21.7	146.4
		標準偏差	280.1	0.3	73.9	294.8	1.1	57.8
		変動係数(%)	29.1	1.0	28.2	43.0	5.2	39.5
2021 年度	N6	平均値	2189.9	22.8	500.2	984.5	25.4	252.6
		標準偏差	236.5	1.1	61.1	129.6	2.4	53.9
		変動係数(%)	10.8	4.8	12.2	13.2	9.5	21.3
	N8	平均値	2562.0	21.0	540.2	1209.3	24.4	295.9
		標準偏差	366.0	1.1	94.5	149.2	0.6	44.3
		変動係数(%)	14.3	5.1	17.5	12.3	2.6	15.0
	N10	平均値	2662.8	20.0	531.4	1403.1	24.7	345.6
		標準偏差	526.3	0.9	101.0	221.7	0.9	52.5
		変動係数(%)	19.8	4.5	19.0	15.8	3.6	15.2

表6 エンバクの飼料成分結果

(%)

施肥量 条件		1番草				2番草				
		CP	TDN	ADF	NO ₃ (ppm)	CP	TDN	ADF	NO ₃ (ppm)	
2020 年度	N6	平均値	6.7	67.6	28.5	113.0	14.5	64.0	32.0	512.3
		標準偏差	0.7	1.0	1.8	0.0	2.4	0.7	1.0	401.9
		変動係数(%)	10.6	1.4	6.2	0.0	16.3	1.2	3.2	78.5
	N8	平均値	7.3	67.3	27.3	113.0	15.6	65.7	29.7	583.8
		標準偏差	2.0	0.8	1.3	0.0	1.7	1.0	1.4	392.3
		変動係数(%)	27.2	1.2	4.8	0.0	10.9	1.5	4.6	67.2
	N10	平均値	8.2	65.5	29.2	124.3	18.7	66.3	28.8	798.5
		標準偏差	2.2	0.1	1.1	16.0	1.2	1.1	1.5	183.2
		変動係数(%)	27.0	0.2	3.9	12.9	6.5	1.7	5.3	22.9
2021 年度	N6	平均値	7.8	61.7	35.1	113.0	9.5	65.7	29.7	113.0
		標準偏差	0.7	1.4	1.9	0.0	1.5	1.0	1.3	0.0
		変動係数(%)	8.9	2.2	5.4	0.0	15.4	1.5	4.5	0.0
	N8	平均値	8.7	61.3	35.6	150.7	9.6	64.4	31.4	113.0
		標準偏差	1.5	1.9	2.5	53.3	1.1	0.8	1.1	0.0
		変動係数(%)	16.8	3.0	7.0	35.4	11.7	1.3	3.6	0.0
	N10	平均値	10.0	61.4	35.4	220.4	10.3	64.2	31.7	195.9
		標準偏差	1.0	0.9	1.3	5.7	1.3	1.4	1.9	117.2
		変動係数(%)	10.4	1.5	3.6	2.6	13.0	2.2	5.9	59.8

引用文献

- 1) 幸喜香織・高江洲斉・仲宗根康・細井伸浩・小山裕美子, (2025) 異なる土壌条件で栽培した寒地型牧草の生育, 沖縄畜研報, 53, 81-88
- 2) 農林水産技術会議事務局(2023) 飼料作物系統適応性検定試験実施要領(改訂6版), 3-4
- 3) 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/bunsekiki_jun/01_01\(general\)-04\(inorganic\).pdf](http://www.famic.go.jp/ffis/feed/bunseki/bunsekiki_jun/01_01(general)-04(inorganic).pdf)
- 4) 社団法人日本草地畜産種子協会(2009) 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
- 5) 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
- 6) 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, 89-93
- 7) 公益社団法人中央畜産会(2022) 日本飼養標準肉用牛, 212

研究補助: 宜保永堅, 赤嶺圭作

(調査報告)

自給飼料生産課題解決モデル事業

暖地型牧草と寒地型牧草の混合播種時の生育調査 (県内 5 地域)

幸喜香織 外間康洋* 春島大河** 當眞嗣平
長坂龍志郎*** 本田祥嵩****

要 約

「自給飼料生産課題解決モデル事業」により、普及指導機関の協力の下で、本島北部から八重山地域の県内 5 地域で、秋期 (9 月から 12 月) に暖地型牧草と寒地型牧草の混合播種に係る現地調査を実施した結果、以下のとおりであった。

1. 本島北部で秋期の混合播種による発芽・生産性が確認された。
2. 本島南部では、秋期の混合播種による発芽・生産性が連年で確認されている。
3. 八重山では、秋期の暖地型牧草単独播種が混合播種と同等の収量であった。

緒 言

沖縄県は温暖な気象条件により通年を通じて牧草生産が可能であるが、冬期は生育が緩慢になるため補完牧草が必要となる。2009 年以降、寒地型牧草の耐病性極早生品種を奨励し^{1, 2)}、各地域の経営規模に応じた刈取・利用をしているが、栽培面積は年次により増減しており、安定した栽培技術の確立が必要である³⁾。

沖縄県は南北に長い本島北部と周辺離島からなり気温差が大きい上、降水量の季節分布や変動が大きい⁴⁾。さらに国頭マージ、島尻マージおよびジャーガルの 3 つの特異的な土壌が分布し⁴⁾、草地土壌としての化学性が評価されている⁵⁻⁷⁾。このような要因から各地域の生育状況に差が生じることが確認されている。そこで、県畜産課では「自給飼料生産課題解決モデル事業」により、普及指導機関の協力の下で、本島北部から八重山地域の県内 5 か所で、寒地型牧草の単播、暖地型牧草地への寒地型牧草の追播 (追加播種) および暖地型牧草と寒地型牧草の混合播種 (同時播種) に係る現地調査を実施し、適切な栽培指導について検討した。本報では、各地域の普及指導機関が実施した暖地型牧草と寒地型牧草の混合播種における調査結果をとりまとめたので、報告する。

材料および方法

1. 試験期間および試験地域の土壌条件および緯度

2020 年 11 月から 2023 年 4 月まで行った。試験地域の土壌条件、緯度および平均気温は表 1 に示す。

表 1 調査地域の土壌条件、緯度および平均気温

地域	土壌条件	緯度	平均気温 ^{注1)} ()
北部	国頭マージ	N26.5° 29	19.7
中部	島尻マージ	N26.2° 14	21.2
南部	ジャーガル	N26.1° 8	21.2
宮古	島尻マージ	N24.7° 45	21.2
石垣	国頭マージ	N24.5° 34	21.8

注 1) 平均気温：10 月から 4 月までの平年値^{注2)}の平均。

2) 平年値：1991 年から 2020 年の 30 年間の平均値。

* 中部農業改良普及センター ** 宮古農林水産振興センター *** 畜産課 **** 中央家畜保健衛生所

2. 供試材料および試験条件等

供試材料および試験条件は試験 ~ に示す。調査は肉用牛繁殖農家の協力により実施した。

1) 試験

2020年度に北部地域(宜野座村)で実施した。供試材料は、寒地型牧草イタリアンライグラス「ヤヨイワセ」と暖地型牧草ローズグラス「カリーデ」である。播種量は、両草種ともに3kg/10aとし、混合して播種した。栽培面積は、67aである。播種前に堆肥を4t/10および苦土石灰40kg/10aを投入した。基肥は施用せず、追肥はN:P₂O₅:K₂O=4.0:2.8:2.8(kg/10a)とした。播種日は、2020年11月9日、刈取日は、2021年1月18日、3月13日、4月30日である。

2) 試験

2021年度に北部地域で実施した。供試材料は、寒地型牧草エンバク「ウルトラハヤテ韋駄天」、暖地型牧草ギニアグラス「ナツコマキ」である。播種量は、エンバク6kg/10a、ギニアグラス2kg/10aとし、混合して播種した。栽培面積は20aである。播種前に堆肥を2t/10aを投入した。基肥は施用せず、追肥はN:P₂O₅:K₂O=4.0:2.8:2.8(kg/10a)とした。播種日は、2021年11月19日、刈取日は、2022年2月22日、5月19日である。

3) 試験

2022年に八重山地域(石垣市)で実施した。供試材料は、混合播種区としてイタリアンライグラス「ヤヨイワセ」、ローズグラス「カタンボラ」、対照区としてローズグラス「カタンボラ」を用いた。混合播種区の播種量は、イタリアンライグラス2kg/10a、ローズグラス1kg/10aとし、栽培面積80aである。対照区のローズグラスの播種量は、3kg/10aとし、栽培面積80aである。施肥量は、基肥として、N:P₂O₅:K₂O=9.0:3.5:3.5(kg/10a)とした。播種日は、2022年11月18日、刈取日は、2023年2月16日である。

4) 試験

2023年は、北部、中部、南部および宮古地域の混合播種による展示圃を設置した。

北部地域の供試材料は、混合播種区として、イタリアンライグラス「Kyusyu」、ローズグラス「カリーデ」、対照区として、ローズグラス「カタンボラ」を用いた。播種量は、混合播種区イタリアンライグラス3kg/10a、ローズグラス4kg/10a、対照区のローズグラスは3kg/10aとした。施肥量は、基肥として、N:P₂O₅:K₂O=10.0:4.0:6.0(kg/10a)とした。播種日は、2023年11月13日である。

中部地域の供試材料は、混合播種区として、イタリアンライグラス「Kyusyu」、ローズグラス「カタンボラ」、対照区として、ローズグラス「カタンボラ」を用いた。播種量は、混合播種区で両草種ともに2kg/10a、対照区のローズグラスは2kg/10aとした。施肥量は、基肥として、N:P₂O₅:K₂O=10.0:4.0:6.0(kg/10a)とした。播種日は、2023年11月10日である。

南部地域は、混合播種により

南部地区：播種日：2023/11/7、播種量：少量播種区(IR(きららワセ):1.5kg/10a、増量播種区(IR(きららワセ):3.0kg/10a、Rg(カリーデ):3kg/10a)、Rg区：3kg/10a) N:P:K=7.4:2.8:3.3(kg/10a)

宮古地区：播種日：2023/11/24、播種量：少量播種区(0t(ウルトラハヤテ韋駄天):6kg/10a、Rg(カタンボラ):3kg/10a) N:P:K=7.2:2.8:2.8(kg/10a)

エンバク極早生「ウルトラハヤテ韋駄天」とする)である。

3. 調査項目

1) 調査項目

調査は、生草収量、乾物率、乾物収量とした。試験 および は、生草収量に占める各草種の重量割合を測定した。

結 果

1．試験

11月上旬播種で、ローズグラスとイタリアンライグラスの混合播種の展示圃である。1番草でのローズグラスの生草収量に占める割合が49.8%と高かった。2番草は気温が低く、ローズグラスの生草収量に占める割合が4.5%と低く、イタリアンライグラスは95.5%と高くなった。3番草は多回刈に適應するイタリアンライグラスの生草収量に占める割合が80.5%と高かった。5月以降はローズグラスの生育が優先草種となり、その後、ローズグラス草地へ移行した。混合播種により合計生草収量は7213kg/10aとなり、指標イタリアンライグラス単独播種よりと高くなった。

表2 2020年度の北部地域における混合播種の展示圃結果

		生育日数 (日)	生草収量 (kg/10a)	生草収量に 占める割合 (%)	乾物率 (%)	乾物収量 (kg/10a)
1番草	ローズグラス		1097.5	49.8	11.0	122.0
	イタリアンライグラス	70	1107.5	50.2	12.8	189.3
			2205.0	100.0	11.9	311.3
2番草	ローズグラス		132.5	4.5	11.1	315.2
	イタリアンライグラス	54	2832.5	95.5	14.3	18.9
			2965.0	100.0	12.7	334.1
3番草	ローズグラス		397.5	19.5	19.4	318.7
	イタリアンライグラス	48	1645.0	80.5	19.5	76.8
			2042.5	100.0	19.4	395.5
合計収量		-	7212.5		14.7	1040.9
指標 ^{注)} イタリアンライグラス		-	4000.0		15.3	612.0

注) 指標：沖縄県牧草飼料作物奨励品種栽培の特性及び栽培基準 令和5年2月

2．試験

11月中旬播種でギニアグラスとエンバクの混合播種の展示圃である。供試材料として、ギニアグラスの中でも初期生育の高い「ナツコマキ」を供試したが、1番草でのエンバクの生草収量に占める割合が99.6%と高く、ギニアグラスは0.4%であった。2番草でエンバクは確認されなかったが、雑草が繁茂したため、ギニアグラスの生育が抑制されたと推察された。混合播種により合計生草収量は5005kg/10aと指標エンバク単独播種より低くなった。湿害のある圃場であったことも原因であると思われる。雑草管理を徹底し、土壌条件により草種・品種選択の上、再試験する必要があると思われる。

表3 2021年度における北部地域における混合播種の展示圃結果

		生育日数 (日)	生草収量 (kg/10a)	生草収量に 占める割合 (%)	乾物率 (%)	乾物収量 (kg/10a)
1番草	ギニアグラス	95	14.8	0.4	18.1	705.6
	エンバク		4065.5	99.6	15.3	2.3
			4080.3	100.0	16.7	707.8
2番草	ギニアグラス	86	925.0	100.0	15.8	190.5
	エンバク		-	-	-	-
			925.0	100.0	15.8	190.5
合計収量		-	5005.3		16.3	898.4
指標 ^{注)} エンバク		-	6000.0		15.8	948.0

注) 指標：沖縄県牧草飼料作物奨励品種栽培の特性及び栽培基準 令和5年2月

3. 試験

11月中旬播種で、混合播種区（ローズグラスとイタリアンライグラス）とローズグラスの単独播種区を設置した。混合播種区はイタリアンライグラスとローズグラスが同様に生育し、両草種の合計生草収量 2787kg/10a、ローズグラス 2520kg/10a と同等の収量であった。乾物率ではローズグラスが 22.5%と高いため、乾物収量 562kg/10a と高くなった。春期以降、混合播種区のイタリアンライグラスは衰退し、ローズグラス草地へ移行した。混合播種区は、イタリアンライグラスを混合することにより、イノシシによる被害が確認された。本圃場は、適度な降雨や土壌条件が良好であったことが、秋期の暖地型牧草の播種による発芽・生産性が可能となる要因であると推察された。

表4 2022年度における八重山地域における混合播種区とローズグラスの単独播種区の比較

	生育日数 (日)	寒地型牧草 草丈 (cm)	暖地型牧草 草丈 (cm)	生草収量 (t/10a)	乾物率 (%)	乾物収量 (kg/10a)
ローズグラス		-	72.7	2520.0	22.5	561.7
ローズグラス+ イタリアンライグラス	90	68.9	72.7	2786.7	19.9	555.2
標準偏差	-	6.9	-	276.8	1.8	29.8
変動係数 (%)	-	9.6	-	10.4	8.7	5.3

4. 試験

2023年、北部と中部ではIRとRgの混合播種区およびRg区を設置した。当年は昼は20以上の発芽条件に適した気温であったが、降雨がなく両区ともにRgの発芽が確認されなかった。IR+Rg区においてもIRの発芽に2週間以上要した。生育の確認ができたのは播種後1か月後であった。発芽の遅れは刈取時の生育への影響はみられなかった。11月中旬播種で、IRとRgでの混合播種試験で対照区を設置したため比較が可能な事例である。混合播種区はIRとRgが同等に生育し、生草収量でRg区と同等の収量であった。刈取後、Rgは順調に生育しRg草地へ移行した。IR区を混播することにより、イノシシによる被害が確認された。本圃場は、冬期の暖地型牧草播種で発芽・生育可能な程度に降雨や土壌条件が良好であった。

南部では、異なる播種量で試験区を設置した。生草収量は混合播種区で4400kg/10a程度とRg区の2倍程度であった。気温が北部より0.6度高く、肥沃なジャーガル土壌に起因していると思われる。少量播種区は生草収量で増量播種区より低いが、乾物率が高いため、乾物収量が高くなった。両区ともに春期以降はRg草地へ順調に移行した。

宮古の試験は寒地型牧草のみの調査結果である。寒地型牧草の0tは冬期の干ばつを経ても十分に生育し収量確保が可能であった。暖地型牧草の0tは発芽・生育可能な気温であったが、干ばつの影響を受け、発芽状況が低く、収量が低くなった。

表5 2023年度の県内各地の試験結果

		生草収量 (kg/10a)	乾物率(%)	乾物収量 (kg/10a)
北部	ローズグラス+ イタリアンライグラス	3331.5	14.3	474.9
	ローズグラス	-	-	-
	標準偏差	130.6	0.0	15.6
	変動係数(%)	3.9	6.9	3.3
中部	ローズグラス+ イタリアンライグラス	3340.0	19.3	646.6
	ローズグラス	-	-	-
	標準偏差	790.3	0.6	153.3
	変動係数(%)	23.7	3.1	23.7
南部	ローズグラス+イタリアンラ イグラス(少量播種)	4420.0	23.5	985.6
	ローズグラス+イタリアンラ イグラス(標準播種)	4433.3	20.9	931.7
	ローズグラス	2000.0	19.7	392.7
	標準偏差	1188.0	2.3	296.8
	変動係数(%)	32.7	11.0	38.5
宮古	エンバク	3260.0	24.4	795.2
	ローズグラス	37.4	12.2	114.5
	標準偏差	315.4	1.3	84.9
	変動係数(%)	0.10	0.05	0.11

本事業を連年、県域で実施することにより地域による生育差や年次変動を現地検討等、情報共有を通じながら確認することができた。これまで、本島では、11月以降の暖地型牧草の播種は冬期に向けた気温低下を前提とした草地造成指導が一般的であった。近年の気温上昇により本島北部でも11月以降に発芽・生育・収量性が確認できた。秋期播種の発芽は気温より降水量に制限された。肥沃な土壌の本島南部では、本事業により秋期の混合播種を連年試行し、どの年も春以降の暖地型牧草が順調に生育している。宮古・八重山においても、十分な降雨があれば、秋期の暖地型牧草の単独播種が可能であり、混合播種と同等以上の収量を確保できることが示唆された。

引用文献

- 1) 沖縄県農林水産部畜産課(2023) 沖縄県牧草・飼料作物奨励品種の特性及び栽培基準, 3
- 2) 沖縄県農林水産部(2023) 沖縄県畜産経営技術指標, 135-136
- 3) 沖縄県農林水産部畜産課(2025)おきなわの畜産, 30-31
- 4) 沖縄県畜産試験場(1999) 牧草・飼料作物栽培の手引き, 5-14
- 5) 新田孝子・森山高広・池田正治(1991) 沖縄県における主要土壌群のミネラル分布(1) 宮古諸島・八重山諸島における草地土壌の特性, 沖縄畜試研報, 29, 119-129
- 6) 新田孝子・森山高広・池田正治(1992) 沖縄県における主要土壌群のミネラル分布(2) 沖縄本島北部における草地土壌の特性, 沖縄畜試研報, 30, 87-91
- 7) 新田孝子・仲宗根一哉・森山高広・池田正治(1992) 沖縄県における主要土壌群のミネラル分布(3) 土壌群別の微量元素含量, 沖縄畜試研報, 30, 93-101

(調査報告)

ギニアグラスにおけるミネラル成分の 近赤外線分析による迅速同時評価

仲宗根 康 小山 裕美子 光部 柳子 玉城 侑樹*

緒 言

無機物（ミネラル）は家畜の体内の恒常性維持に重要な役割を果たしている¹⁾。そのため、飼料中のミネラル含量を把握し、適切な飼料設計を行うことが重要である。牧草中に含まれるミネラルの測定においては、公定法では原子吸光光度法となるが、酸分解等に手間や時間がかかる上に熟練の分析技術が必要となる。いっぽう、近赤外線分析法は飼料の栄養成分について迅速かつ簡易に分析できる手法として広く利用されているが、牧草中のミネラル成分の適用事例は限られている。そこで本試験では、牧草中のミネラル成分について、近赤外線分析による推定の可能性を検討した。

材料および方法

1. 供試試料および調製方法

供試試料は沖縄県畜産研究センター圃場内（国頭マージ土壌）において 2023 年に刈取番草や生育ステージを異にして収穫されたギニアグラス「パイカジ」208 点とした。試料は刈取り後、60℃ で 48 時間通風乾燥させ粉砕機で粉砕した。乾燥粉砕サンプル 208 点のうち 156 点は検量モデル作成用、52 点を検量モデル検定用とした。

2. 分析方法

1) 原子吸光光度法による分析

マグネシウム（Mg）、カリウム（K）、カルシウム（Ca）については、原子吸光分光光度計 240FSA（Agilent 社製）を用いて原子吸光光度法²⁾で測定した。

2) 近赤外線分析による検量線作成

近赤外分光計 NIRS XDS Rapid Liquid（Foss 社製）にて、1100～2500nm の波長領域の吸光度を 2nm 間隔で反射測定法により測定してスペクトルデータを取得した。得られたスペクトルについては 2 次微分処理（微分条件：GAP 0 nm、セグメント 20nm）を行った。検量線作成については Near-infrared Spectral Analysis Software を用いて部分最小二乗法（PLS）で作成した。

3) 検量線の推定

作成した検量線は検定用試料 52 点により推定精度の検証を行い、最適な検量線を決定した。推定精度の検証は、検量モデル評価時の決定係数（ R^2 ）、推定誤差の標準偏差（SDP）、推定精度の評価指数である EI³⁾を用いて行った。また、化学分析値と近赤外推定値の関係の強さを示す指標として相関係数（R）も併せて示した。なお、EI が 0-12.4% で A ランク（実用性が極めて高い）、12.5-24.9% で B ランク（実用性が高い）、25.0-37.4% で C ランク（実用性が中程度）、37.5-49.9% で D ランク（実用性が低い）、50% 以上で E ランク（実用性が極めて低い）と評価した。

結 果

1. 供試試料の化学分析値

供試試料の化学分析による成分範囲を表 1 に示した。

Mg は検量線作成用試料で 0.13～0.40%、検定用試料で 0.14～0.46% の範囲に分布しており、他成分と比較してレンジは最も狭く、標準偏差（SD）も 0.06 と小さかった。

K 含量は検量線作成用試料で 1.35～3.78%、検定用試料で 1.15～4.50% と他成分と比較して最も広い

* 現沖縄県農業研究センター

レンジを示し、SDは0.44~0.50であった。

Ca含量は検量線作成用試料で0.13~0.90%、検定用試料で0.16~0.62%の範囲に分布し、SDは0.10~0.12であった。

供試試料の化学分析値はMg、KおよびCaではレンジおよびSDに明確な違いが認められ、いずれの成分においても検量線作成用試料と同程度、またはそれ以上のレンジを有していた。

表1 供試試料の成分範囲(%/DM)

分析項目	検量線作成用試料						検定用試料					
	n	最小値	最大値	レンジ	平均	SD	n	最小値	最大値	レンジ	平均	SD
Mg	156	0.13	0.40	0.27	0.24	0.06	52	0.14	0.46	0.32	0.25	0.06
K	156	1.35	3.78	2.43	2.52	0.50	52	1.15	4.50	3.35	2.63	0.44
Ca	156	0.13	0.90	0.77	0.32	0.12	52	0.16	0.62	0.46	0.35	0.10

注) レンジ：化学分析値の最大値 - 最小値，SD：標準偏差

2. 検量線作成および精度評価

検量線の作成結果および精度評価を表2、PLSにより作成した検量線の検定用試料におけるNIRS推定値と化学分析による実測値との関係を図1~3に示した。

Mgでは因子数11のモデルが選択され、検量線作成時の R^2 は0.72 ($R=0.85$)、SECは0.03%であった。検定用試料における推定精度の R^2 は0.69 ($R=0.83$)、SDPは0.03%であり、EIは18.27となり、精度ランクはBであった。実測値と推定値の間には一定の対応関係が認められ、EIの評価結果から、Mg含量の傾向を把握するための迅速推定への利用可能性が示唆された。

いっぽう、Kでは因子数8のモデルが選択され、検量線作成時の R^2 は0.73 ($R=0.85$)、SECは0.29%であったが、検定用試料における推定精度の R^2 は0.20 ($R=0.45$)、SDPは0.45%となり、EIは26.87で精度ランクはCであった。また、Caでは因子数11のモデルが選択され、検量線作成時の R^2 は0.86 ($R=0.93$)、SECは0.03%と良好な適合性を示した。いっぽう、検定用試料における推定精度の R^2 は0.36 ($R=0.60$)、SDPは0.06%、EIは26.58となり、精度ランクはCであった。このことから、KおよびCaにおいては推定精度が低く、実用的な推定への利用は難しいと考えられた。

表2 検量線の作成結果および精度評価

成分	検量線作成結果				検量線推定精度					
	因子数	R^2	R	SEC (%)	R^2	R	SDP (%)	レンジ	EI	ランク
Mg	11	0.72	0.85	0.03	0.69	0.83	0.03	0.32	18.27	B
K	8	0.73	0.85	0.29	0.20	0.45	0.45	4.50	26.87	C
Ca	11	0.86	0.93	0.03	0.36	0.60	0.06	0.46	26.58	C

注1) R^2 ：決定係数，R：相関係数，SEC：標準誤差，SDP：推定誤差の標準偏差

2) レンジ：検量モデル評価用サンプルの化学分析値の最大値 - 最小値

3) EI： $2 \times \text{SDP} \div (\text{レンジ} \times 100)$

A：0-12.4，B：12.5-24.9，C：25.0-37.4，D：37.5-49.9，E 50

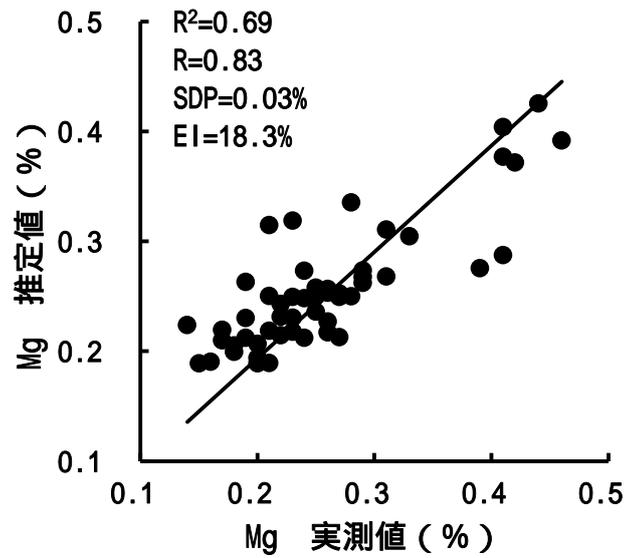


図1 PLSにより作成した検量線の検定用試料におけるNIRS推定値と化学分析による実測値との関係(Mg)

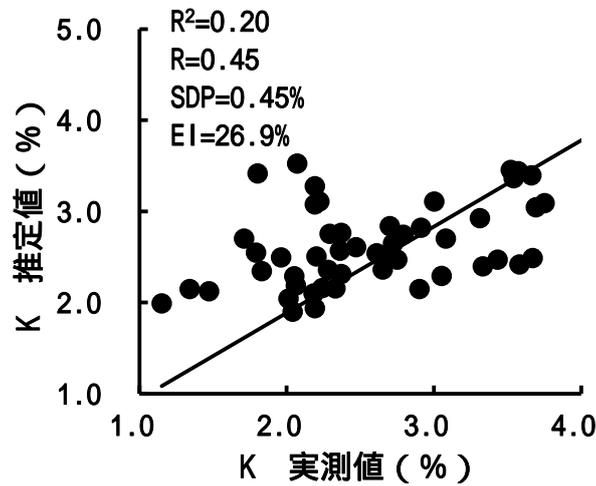


図2 PLSにより作成した検量線の検定用試料におけるNIRS推定値と化学分析による実測値との関係(K)

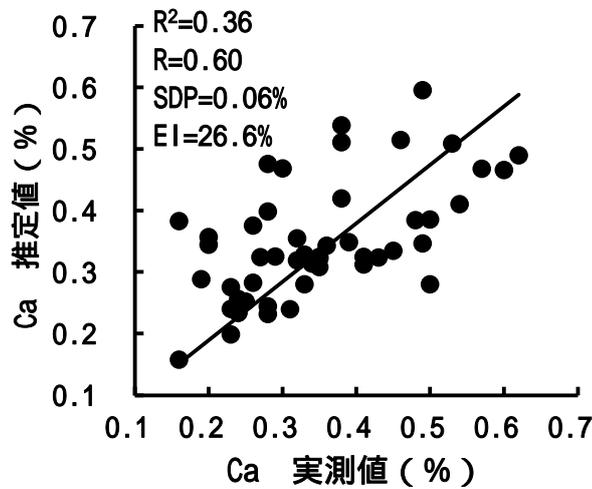


図3 PLSにより作成した検量線の検定用試料におけるNIRS推定値と化学分析による実測値との関係(Ca)

引用文献

- 1) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構編(2022)日本飼養標準・肉用牛(2022年版), 28-32, 中央畜産会
- 2) 自給飼料品質評価研究会編(2009)三訂版粗飼料の品質評価ガイドブック, 40-41, 日本草地畜産種子協会
- 3) 水野和彦・石栗敏機・近藤恒夫・加藤忠司(1988)近赤外線反射率測定法による乾草の成分および栄養価の推定 成分および栄養価の推定精度とその評価, 草地試研報, 38, 35-47

研究補助：宮城広明

(調査報告)

養豚排水処理を高度化するスマート制御技術 および IoT 遠隔モニタリングの評価

金城孝 横山浩* 山下恭広* 當眞嗣平

緒 言

近年、畜産業における硝酸態性窒素等に対する暫定排水基準が厳格化され、畜産経営体には対応が求められるいっぽう、人手不足に由来する諸施設の運転管理のための労働力においては、省力化・効率化が喫緊の課題である。

横山ら¹⁾は発電細菌を利用して生物化学的酸素要求量(BOD)を6時間で測定できる「BOD監視システム」を開発した。従来の水中微生物の酸素消費量を測定する方法では、測定結果が判明するまで5日間を要するが、BOD監視システムにより短時間化が図られ、測定されるBODに対応して予め入力したパターンに沿ったばっ気時間切り替えを自動で行うことが可能となった。また専用サイトからばっ気時間のパターン等入力値の調整を遠隔操作することが可能である。

また、ばっ気槽のMLSSについても、適切なMLSS濃度を維持管理することが求められているが、SS計を設置し、IoT遠隔モニタリングすることで、現場に赴いての採水作業を伴わない測定を行うことができる。このBOD監視システムおよびMLSS濃度のIoT遠隔モニタリングによって、ばっ気槽の維持管理に係る作業時間の削減効果が期待される。

BOD監視システムおよびIoT遠隔モニタリングシステムは、電流値がマイナス値となるなど初期の問題点を改良したものを、茨城県、山形県、千葉県、熊本県、宮崎県および沖縄県の養豚畜舎排水の污水处理施設に設置され、省力化効果について実証試験を行ってきた。

本研究では、当センターの沖縄型回分式酸化溝(酸化溝)に設置したBOD監視システムおよびIoT遠隔モニタリングシステムによる知見が得られたので報告する。

材料および方法

1. 試験施設、試験期間ならびに処理条件

本センターの酸化溝の設計条件は、処理対象汚水量 1.5 m³、ばっ気槽容積 58.5 m³および BOD 容積負荷 0.2kg/m³である²⁾。試験期間は 2024 年 4 月から 2024 年 12 月までとした。

2. BOD 監視システムの構成およびばっ気パターン

BOD 監視システムは既存型をベースに改良したものであり、概略図を図 1 に示した。BOD 監視システムは本体(制御部)と培養器(容量 42.6L)からなり、培養器内に処理水が流入し、発電細菌が有機物を分解する際に発生する電流値を測定することで BOD 濃度を相関的に推定し、あわせて pH 等の測定を行う。推定 BOD 値にあわせて A から G の 7 つのばっ気パターン条件(図 2)を設定後、1 日 1 回処理水を自動で採水・測定し、BOD および pH の値に応じてばっ気制御を行った。ばっ気制御は 2024 年 4 月から開始した。

3. MLSS 測定および SS センサ

オプテックス社製光散乱方式センサを設置し、SS 濃度を継続的に測定した。

4. 監視カメラの設置

排水処理施設の監視カメラとして、ばっ気槽および振動篩い機にアクシス PTZ ネットワークカメラを 3 台設置し、web サイト上で常時監視できるようにした。

5. 分析項目および方法

2 週間に 1 回程度原水および処理水を採水し、水質を調査した。調査項目は浮遊物質(SS)、BOD とした。BOD は圧力センサ式 BOD 自動測定器(BODTrak, HACH)を用いて測定し、MLSS は原水を遠心分離法、処理水をガラス繊維ろ過法により測定した。また、ばっ気槽および付属施設における運転管理時間を記録し、

* 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構畜産研究部門

BOD 監視システム導入以前の管理時間との比較を行った。



図 1 BOD 監視システムの概略図

ばっ気パターン	BOD(mg/L)	pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
A	>50	-	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
B	-	<8.6	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
C	<50	8.3 8.6	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
D	<50	8.0 8.3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
E	<50	7.7 8.0	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
F	<50	7.5 7.7	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
G	<50	<7.5	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

図 2 ばっ気パターン設定

注 1) 着色部：ばっ気，白色部：ばっ気停止

2) ばっ気制御前のばっ気パターンは A と同様である。

3) ばっ気パターンは BOD 監視システム専用サイトからオンラインで設定変更が可能。

結 果

BOD 監視システムにおける発電細菌由来の電流値の変化を図 3 に示した。従来の BOD 監視システムにおいては、低濃度 (<20mg/L) の BOD 濃度においては発電細菌を維持できず、マイナス電流値が発生し BOD を正しく測定できない場合があったが、改良型 BOD 監視システムでは、マイナス電流値を補正する設定に変更したことで、BOD 濃度の変動に応じた反応が見られた。高濃度 BOD 排水を投入した際に電流値の上昇が見られ (矢印 A 時)、発電細菌の活性が良好に維持されていることが確認できた。ばっ気処理した処理水を投入した際 (矢印 B 時) には BOD 濃度の低下に応じた反応が見られ、発電細菌の活性が良好に維持されていることが確認できた。

この結果により、改良型 BOD 監視システムは BOD の濃度変化に伴って電流値の変化が起こることが確認され、推定式を用いることで BOD の推定値を得られることが示唆された。

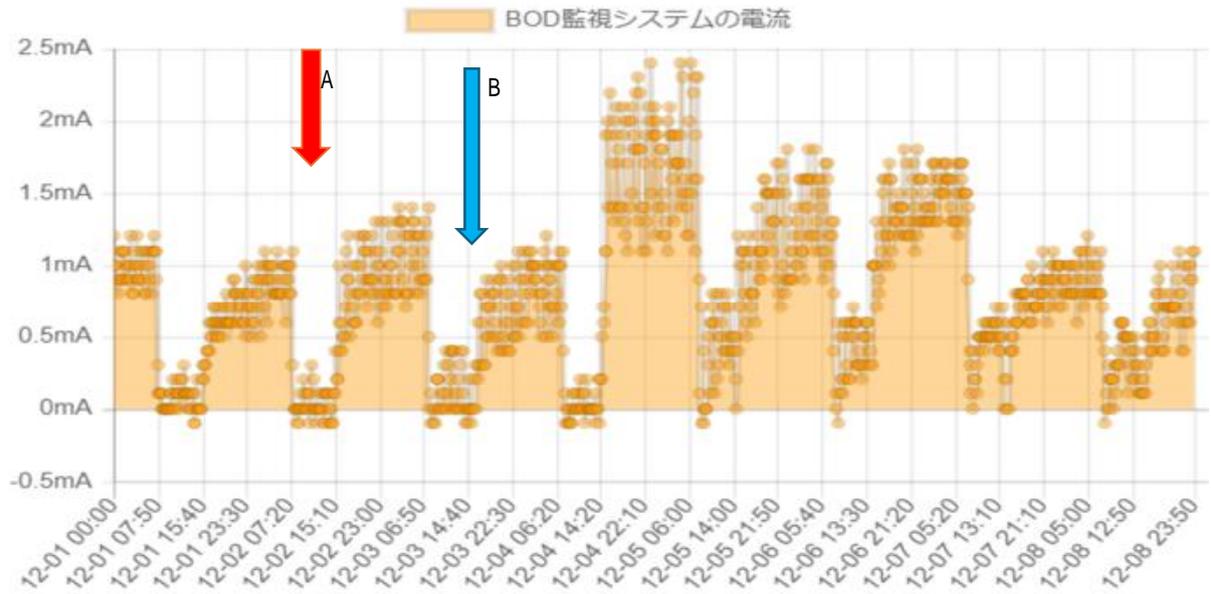


図3 BOD 監視システム WEB 上での電流値の変化モニタリング

BOD 監視システムで即した処理水の BOD 評価値と、処理水を手分析した BOD 値の経時的推移を図 4 に示した。BOD についても推定式から評価値を算出したが、BOD システム評価値と実測値の経時的な推移は近似しており、BOD 監視システムの評価値から処理水中の BOD の経時変化を把握することができる可能性が示唆された。

従来の BOD 測定方法は 5 日間という時間を要し、測定値を参考にした排水処理施設の管理を行う際にタイムラグが発生していたが、BOD 監視システムにより BOD 値の測定に要する時間が大幅に短縮され、より即時的な管理が可能になると考えられる。

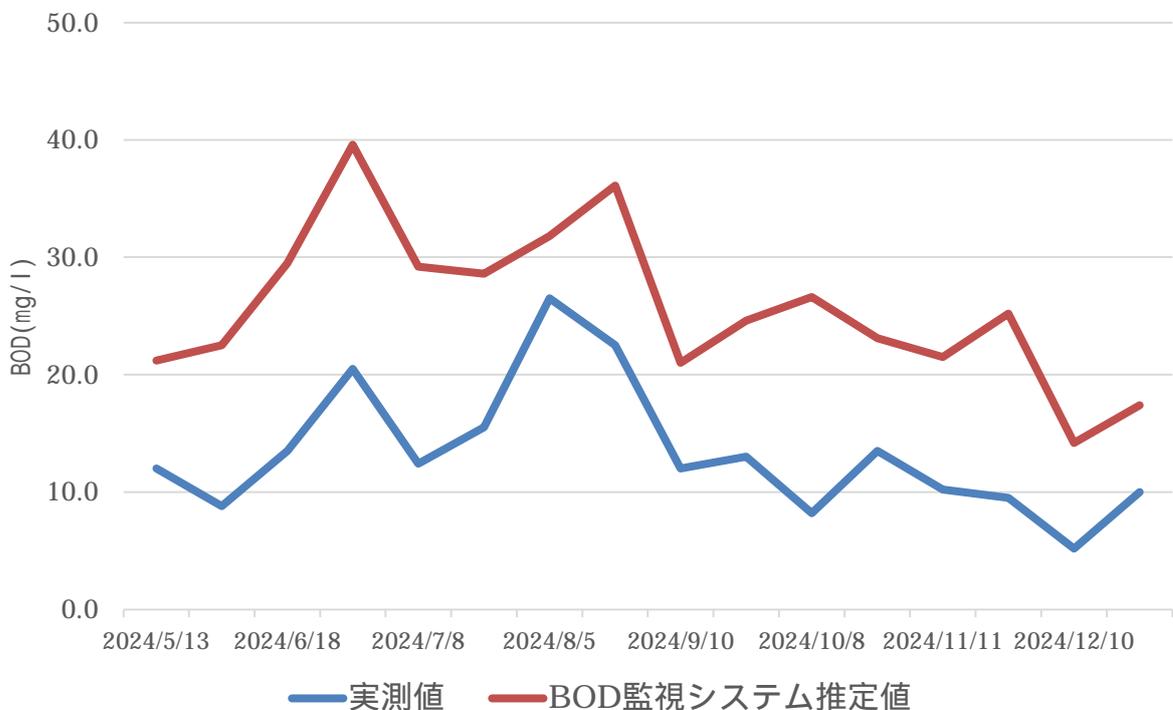


図4 BOD 値の実測値と BOD 監視システムにおける評価値の推移

光散乱方式センサに内蔵されている検量線は MLSS 由来のものではないため、センサの SS 測定値と手分

析 MLSS 測定値との間で検量線の作成 (サンプル数 43, 濃度範囲 6,000~12,000mg/l) を行い, 図 5 に示した。その結果, 決定係数は 0.83 で実測値と SS 計指示値の間に比較的強い相関が認められ, 本センサは養豚排水の MLSS の測定に実用可能な精度であると考えられた。

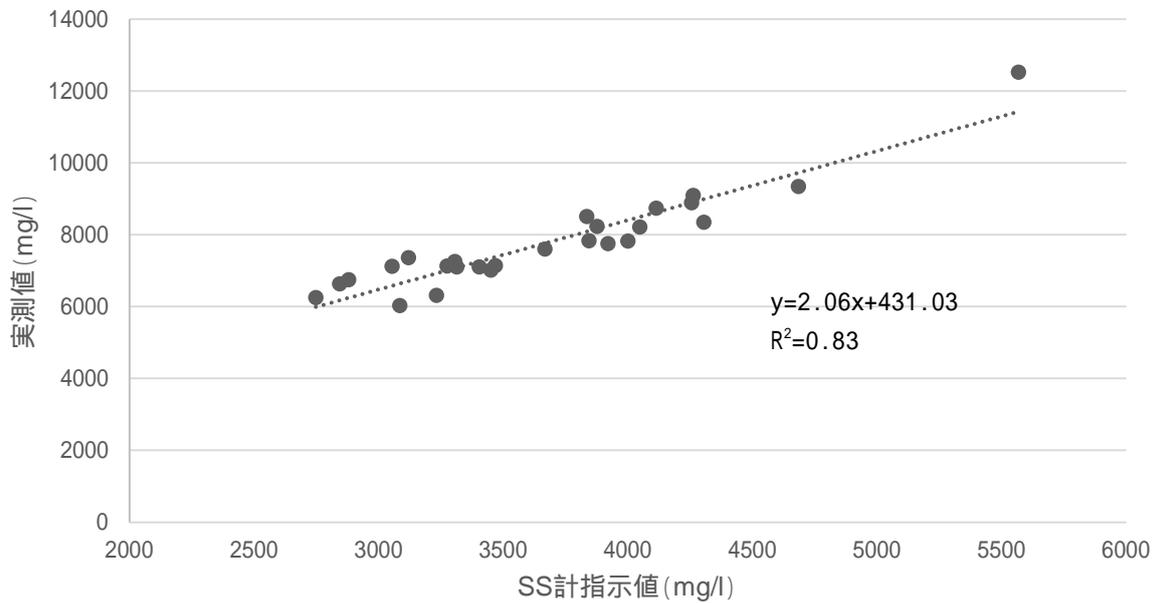


図 5 MLSS の実測値と SS 計指示値における検量線

MLSS 値の実測値と SS モニタリングシステムによる推定 MLSS 値の経時的な比較を図 6 に示した。SS 計の推定 MLSS 濃度と実測値の経時的な推移は近似しており, SS 計の測定値を用いて MLSS 濃度を推定することが可能であることが示唆された。これにより, MLSS 濃度をリアルタイムに測定しながら, 汚泥引抜などの管理を適切に行うことが可能であると考えられる。

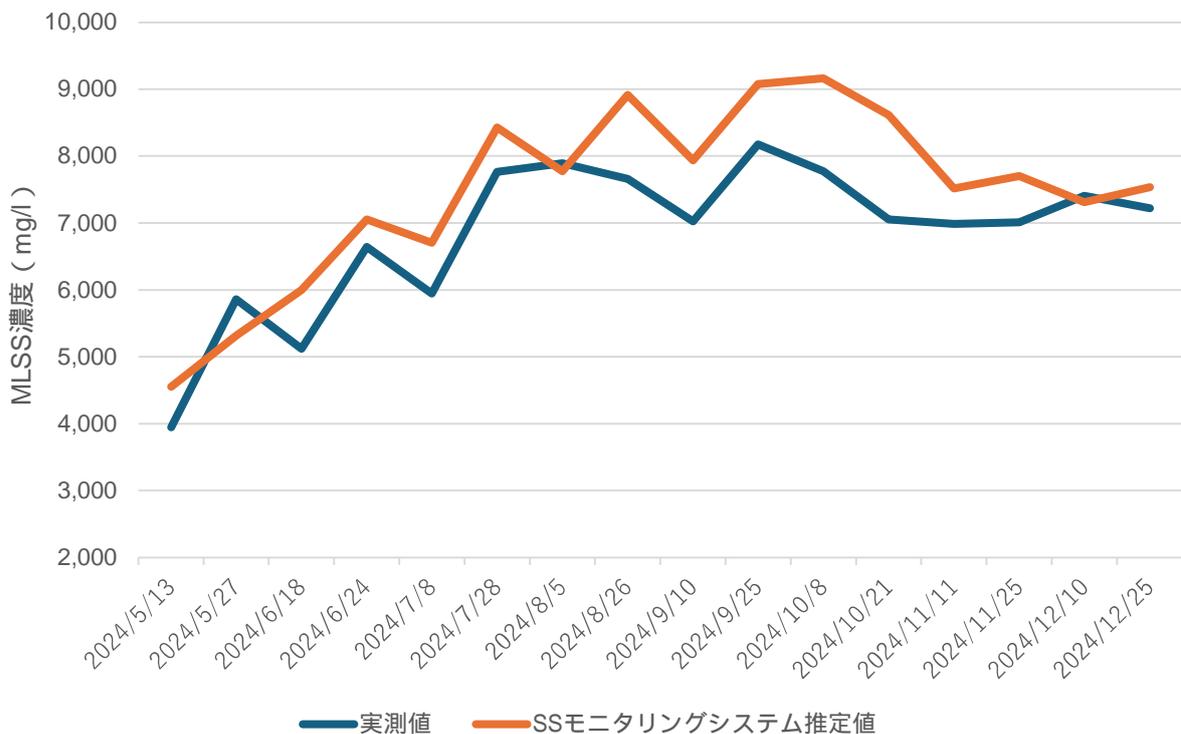


図 6 MLSS 値における実測値と SS 計値の比較

IoT 遠隔監視システムを導入したことによる、ばっ気槽および付属施設における運転管理時間の変化の比較を図 7 に示した。

監視カメラとセンサのデータを可視化する IoT 遠隔モニタリングシステムは、web カメラにより曝気槽や振動振るいの稼働状態を画像で確認できるだけでなく、SS センサの計測値のモニタリング、さらに BOD 監視システムと連携することで、処理水の BOD、pH、曝気槽の水温等も専用サイト上で閲覧可能である。

IoT 遠隔監視システムを導入したことにより、ばっ気槽を直接目視確認する時間が削減され、MLSS 濃度や BOD を専用サイト上で確認するようになったことから、汚泥引き抜きの頻度も最適化され減少し、導入前に 67 時間/月であったものが 20 時間/月へと 70% の削減効果が得られた。

保守管理に要している作業時間

作業内容	時間 (分/回)	監視カメラ		IoT導入後 作業頻度 (回/月)	IoT導入後 月あたり作業 時間 (h/月)	削減時間	
		監視カメラ導入前 作業頻度 (回/月)	導入前 月あたり作業 時間 (h/月)				
	A	B	C=A*B/60	D	E=A*B/60	F=C-E	
見回りAM	移動および衛生管理区域防疫措置(往復)	15	30 毎日	7.5	16 週4	4.0	3.5
	原水槽3箇所(溢れ、水量、送水) & 曝気層(水量、泡立ち、水車)の見回り	25	30 毎日	12.5	4 週1	1.7	10.8
	振動節確認および清掃	20	20 平日	6.7	4 週1	1.3	5.3
	処理水放水レバー開放または汚泥引き抜き	15	30 毎日	7.5	4 週1	1.0	6.5
処理槽の水質管理	SV30、水温、PH、透視度等	30	12 週3	6.0	12 週3	6.0	0.0
見回りPM	移動および衛生管理区域防疫措置(往復)	15	30 毎日	7.5	8 週2	2.0	5.5
	処理水放水レバー閉及び清掃	15	30 毎日	7.5	0 無	0.0	7.5
	原水槽3箇所(溢れ、水量、送水) & 曝気層(水量、泡立ち、水車)の見回り	25	30 毎日	12.5	4 週1	1.7	10.8
IoT	監視カメラ、SS計、BOD監視システム	5			16 週4	1.3	-1.3
		5			16 週4	1.3	-1.3
合計	170		67.7		20	47.3	
						削減率 F/C*100	70.0 %

図 7 畜産排水施設の保守管理時間の削減効果

改良型 BOD 監視システム，SS 計，IoT 遠隔監視システムを導入し運用した結果，MLSS，BOD は安定的に測定されていることが示唆された。

また，IoT 遠隔監視システムにより，これまで毎日行ってきた目視点検（水位・水車の稼働確認等）を，カメラ映像とデータによる遠隔確認に置き換えたことにより，ばっ気槽の運転管理に要する時間が導入前と導入後で 70% 削減されることが示された。これにより同システムは畜産経営体における排水処理施設の現場確認および BOD，MLSS の測定に要する時間を削減する効果があると考えられる。

本研究における一連のシステムは、人手不足に直面する畜産経営において、排水処理施設管理の省力化を進め、より効率的な畜産経営に寄与する有効な手段となり得ると考えられる。

謝 辞

本研究は農研機構生研支援センター「戦略的スマート農業技術などの開発・改良 スマート家畜ふん尿処理コンソーシアム」から受託し実施した。記して感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 横山浩・山下恭広・水口人史・伊藤和紀・松井敏也・佐藤義則・長谷川輝明・鶴田勉・大川夏貴・林田雄大・鈴木直人・二宮恵介・森弘・五十嵐宏行・梁翹楚・池本良子(2018)排水処理に役立つ BOD(生物化学的酸素要求量)監視システム，普及成果情報，

https://www.naro.affrc.go.jp/project/results/4th_laboratory/nilgs/2018/18_022.html

2)伊禮判・宇地原務・山城倫子・仲宗根實(2000)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

研究補助：審晶

職員一覽
(2026年3月現在)

所 長		比嘉 直志
企画管理班	班 長	長利 真幸
	研究主幹	知念 司
	主 任	石嶺 匠悟
	主 事	高良 翼
	技 師	伊藤 虎太郎
	農林水産技能員	宮城 広明
	農林水産技能員	宮里 政人
	農林水産技能員	平良 樹史
	農林水産技能員	山城 一也
	農林水産技能員(再)	照屋 剛
	農林水産技能員(再)	仲宗根正弘
	農林水産技能員(再)	又吉 博樹
	農林水産技能員(再)	仲宗根安利
	農林水産技能員(再)	久田 友美
農林水産技能員(再)	玉本 博之	
農林水産技能員(再)	仲程 正巳	
育種改良班	班 長	小山裕美子
	主任研究員	細井 伸浩
	主任研究員	幸喜 香織
	主任研究員	光部 柳子
	研究員	堺 龍樹
	研究員	喜納 愛理
	技 師	仲宗根 康
飼養・環境班	班 長	當眞 嗣平
	支援主幹	島袋 宏俊
	主任研究員	金城 孝
	主任研究員	金城 克之介
	主任研究員	安村 陸

2025 年度（令和 7 年度）編集委員会

編集委員長	長利 真幸
事務局長	知念 司
編集委員	小山裕美子
編集委員	當眞 嗣平
編集委員	幸喜 香織
編集委員	光部 柳子
編集委員	金城 孝

沖縄県畜産研究センター試験研究報告第 63 号

令和 8 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（代表）
