

目 次

一般論文

【肉用牛】

簡易冷却施設を利用した黒毛和種供胚牛の暑熱対策効果の検討

北野典子・須崎哲也・松尾麻未 ----- 1

簡易冷却施設を用いた黒毛和種雌牛の暑熱ストレス軽減と採胚成績の向上

須崎哲也・松尾麻未・北野典子・河村隆介 ----- 5

マイクロ流体デバイスによって選別捕集したウシ精子を用いた体外受精成績の検討

杉野文章・松尾麻未 ----- 14

黒毛和種雌牛における腔内電気抵抗値と性ホルモン濃度および採胚性との関連性について

杉野文章・鍋西久・須崎哲也・北野典子・松尾麻未 ----- 19

【養 豚】

多産系産子の肉質向上試験（第1報）

壱岐侑祐・岩切正芳・岐本博紀 ----- 26

肥育豚への機能性焼酎粕給与試験

壱岐侑祐・岩切正芳・岐本博紀 ----- 29

中ヨークシャー種の育成試験（第1報）

岩切正芳・壱岐侑祐・岐本博紀 ----- 34

種雄豚への散水頻度が精液性状に及ぼす影響

岩切正芳・壱岐侑祐・岐本博紀 ----- 37

種雄豚への豚用注水機による注水が精液性状に及ぼす影響

岩切正芳・壱岐侑祐・岐本博紀 ----- 43

【養鶏】

ふ化後えづけ開始時期の違いがみやざき地頭鶏の発育に及ぼす影響

堀之内正次郎・中山広美・加藤さゆり ----- 48

【環境衛生】

宮崎県における養豚排水処理施設の水質分析と適正処理の支援

柴田翔平・森弘・諏佐尚哉 ----- 5 4

紙シュレッダー資材による養豚排水脱窒試験

柴田翔平・森弘・諏佐尚哉 ----- 5 7

簡易冷却施設を利用した黒毛和種供胚牛の暑熱対策効果の検討

北野 典子・須崎 哲也・松尾 麻未

Effects of heat countermeasures using simple cooling room on embryo collection
in Japanese black cattle

Noriko KITANO, Tetsuya SUZAKI, Mami MATSUO

<要約>黒毛和種供胚牛の暑熱対策として牛房の一角をコンパネで覆い、スポットエアコンを取り付け簡易冷却施設を作製した。暑熱期(7月から9月)に3頭の供試牛(クーリング区)をこの簡易冷却施設内で飼養し、採胚成績、腔温および2-チオバルビツール酸反応性物質(TBARS)濃度を通常環境で飼養した異なる3頭の供試牛(非クーリング区)と比較した。採胚成績は個体毎のバラツキが大きく明確な傾向は認められなかったものの、腔温およびTBARS濃度はクーリング区が非クーリング区よりも低く、スポットエアコンを用いた簡易冷却施設で飼養することにより黒毛和種の暑熱ストレス軽減効果が認められた。

近年の地球温暖化は家畜の生産性や繁殖性に大きな影響を与えており、特に暑熱期の高温による影響は年々深刻さを増している。繁殖性に及ぼす暑熱ストレスの影響のうち顕著なものとして乳牛の受胎率低下が挙げられるが、発生初期の胚は暑熱ストレスを受けやすく、暑熱期の母体の体温上昇による初期胚の発育阻害がその一因と考えられる。

これらの対策として近年、胚移植(ET)技術が利用されている。ETは暑熱ストレスを受けにくい、発育ステージの進んだ胚を受胎牛に移植するため夏季における受胎率向上につながることから、酪農家からの胚の需要は夏季に増加する傾向がある。

一方で、過剰排卵処理による体内胚生産成績は供胚牛の飼養環境などの影響によるバラツキが大きく、胚の需要が増加する夏季は暑

熱ストレスによる採胚成績の低下が懸念される。

著者らはこれまでに、黒毛和種供胚牛の採胚成績向上を目的としてシャワー散水や冷却ジャケット着用等による暑熱対策を試みその効果を検証している(宮崎県畜産試験場研究報告,2019)が、明確な成果は得られていない。

そこで本研究では、より高い冷却効果が得られるようにスポットエアコンを用いて作製した簡易冷却施設内で黒毛和種供胚牛を飼養し、その効果を検証した。

試験方法

1 作製した簡易冷却施設の概要

既存の牛舎に、断熱材を入れたコンパネとタルキで囲った部屋を作製し、スポットエア

コンの吹出口をダクトを用いて天井に取り付けた。牛の出入口側は厚手のビニールを吊るし、冷気を逃がさず明るさを確保できるよう工夫した(図1)。施設の床面積は9.18m²(幅3.4m、奥行:2.7m)で、牛が横臥できる程度の広さを確保した。また、施設内は常に清潔に保ち供試牛にストレスがかからないよう留意した。



図1 作製した簡易冷却施設
スポットエアコン

2 試験期間および供試牛

試験期間は令和元年7月から9月の暑熱期で、場内で飼養する黒毛和種供胚牛6頭をクーリング区と非クーリング区の各3頭ずつに区分し、供試した。

クーリング区は採胚に伴う過剰排卵処理開始の約1週間前から、簡易冷却施設内で9時から15時の間飼養し、それ以外の時間はパドックと自由に往来できるようにした。非クーリング区は通常の牛舎で飼養し、1日2回の給餌時間にスタンションに繋留する以外は、クーリング区と同様に自由行動とした。

3 調査項目

試験期間中、簡易冷却施設内の温湿度および供試牛の腔内温度をデータロガーを用いて10分間隔で測定した。なお、腔内温度の測定に用いたロガーは使用後の洗浄済み腔内留置型

プロジェステロン製剤(C I D R)に装着して使用した。採胚は常法に従って行い、クーリング区と非クーリング区の採胚成績を比較した。また、酸化ストレス指標として、T B A R S濃度の測定をTBARS Assay Kit(Cayman CHEMICAL)を用いて行った。

結 果

1 簡易冷却施設内温湿度

簡易冷却施設内および非クーリング区で使用した通常牛舎内温度の日内変動を図2に示した。施設内は終日牛舎内より低い温度が保たれ、試験期間中施設内が30℃を超えることはなかった。

7月18日から29日までの平均温度と温湿度指数(T H I)は表1のとおりで、どちらも通常牛舎内より簡易冷却施設内の方が低かった。

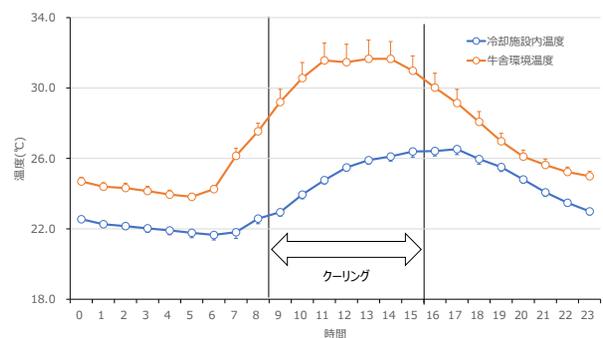


図2 簡易冷却施設内および牛舎内温度の日内推移

表1 簡易冷却施設内および牛舎内平均温度と T H I

	クーリング施設内	牛舎環境	P値
温度 (°C)	23.9 ± 1.92	27.4 ± 3.51	<0.01
THI	73.2 ± 3.22	73.7 ± 3.13	0.09

※ 2019/7/18~7/29のデータ
※ 平均±SD

2 腔内温度

試験牛の腔内温度は、クーリングを行った9時から15時の間はほぼ全ての時間帯でクーリング区が非クーリング区よりも有意に低かった(図3)。また、クーリング区の腔温は16時以降にいったん上昇し非クーリング区と同程度になるものの明け方にかけて低下していき、再び非クーリング区よりも低くなる傾向がみられた。

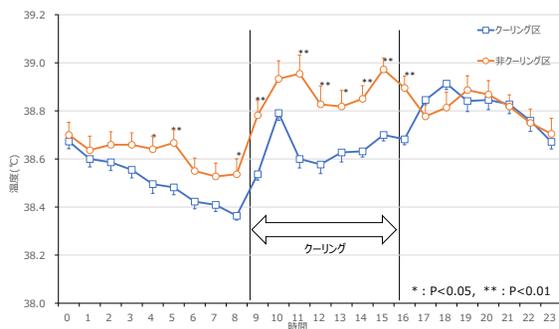


図3 腔内温度の推移

3 採胚成績

採胚成績は表2のとおりで、いずれの項目も個体によるバラツキが大きく明確な傾向は認められなかった。

表2 採胚成績

区分	延頭数	総回収卵数	正常胚数	変性胚数	未受精卵数
クーリング区	3	12.3±4.9	4.0±2.8	5.3±6.2	3.0±1.4
非クーリング区	3	8.3±6.5	4.3±4.8	2.7±2.0	1.3±0.9

※平均±SE

4 T B A R S 濃度

採胚前の過剰排卵処理開始日、人工授精日および採胚におけるT B A R S濃度はいずれもクーリング区が非クーリング区よりも低く、採胚日はクーリング区が7.15μM、非クーリング区が8.62μMであった(図4)。

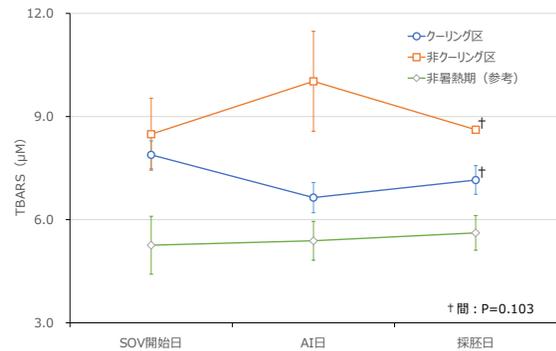


図4 T B A R S 濃度

考 察

本試験で作製した簡易冷却施設内は温度の変動が小さく、外気温に関わらず終始25°C前後を保持しており、十分な冷却効果が認められた。

黒毛和種は乳牛と比較し暑さに強いことが知られているが、夏季の飼料摂取食後や日中にはその体温は冬季と比較し0.5°C近く上昇する(Sakataniら 2012)。簡易冷却施設内で飼養したクーリング区の腔温は、明け方から夕方まで多くの時間帯でクーリング区より低く推移する傾向がみられたことから、暑熱による黒毛和種の体温上昇抑制に効果的であったと考えられた。

今回試験期間を7月から9月と設定したことにより供試牛の反転は行わずに採胚を実施したため採胚成績については両区を比較することができないが、非クーリング区の中には暑熱期以外に採胚した場合より著しく正常胚率が低下した牛も存在した。場内の過去の実績では、10月まで採胚成績低下の傾向が認められていることから、今後は試験期間を10月まで延長し反転試験により採胚に及ぼす影響をさらに検証する必要がある。

酸化ストレス指標であるT B A R S濃度はクーリング区が非クーリング区よりも低く、

簡易冷却施設での飼養により酸化ストレスが軽減されることが明らかとなった。

体温上昇に伴う酸化ストレスの亢進はDNA障害やタンパク質変性、胚発生に重要なホルモン分泌等の生理機能に悪影響を及ぼし、繁殖性の低下を引き起こす(Covarrubias, Lら 2008)。本試験で体温上昇の抑制と酸化ストレス軽減が確認されたことから、スポットエアコンを用いた簡易冷却施設が繁殖牛の暑熱対策として受胎率等の生産性向上にも応用できる可能性が示唆された。

参考文献

- Sakatani M, et al. 2012. Effect of summer heat environment on body temperature, estrous cycles and blood antioxidant levels in Japanese Black. AnimSci J, 83, 394-402
- Covarrubias, L et al. 2008. Function of reactive oxygen species during animal development: passive or active?. Dev Bio 1, 320, 1-11

平成31年度畜産関係学術研究委託調査に係る調査研究報告書

簡易冷却施設を用いた黒毛和種供胚牛の暑熱ストレス軽減と採胚成績の向上

須崎 哲也・松尾 麻未・北野 典子・河村 隆介¹⁾

¹⁾ 宮崎大学

Reduction of heat stress and improvement of embryo collection results of Japanese Black cows Donor using a simple cooling facility

Tetsuya SUZAKI, Mami MATSUO, Noriko KITANO, Ryusuke KAWAMURA

<要約>暑熱期における採胚成績の向上を目的に、既存牛舎の牛房を改造した簡易冷却施設を作製し、スポットエアコンによる連続クーリングを行った場合の黒毛和種供胚牛への影響を調査した。簡易冷却施設の温度はいずれの期間も低く抑えられ、平均で約 2.0 °C の冷却効果が認められた。温湿度指数 (THI) も温度同様いずれの期間も低く抑えられ、THI 値が平均で 4.3 低下し冷却効果が認められた。正常胚数は暑熱期 (7.8 個) は通常期 (6.3 個) と同様な成績であり、さらなる暑熱対策により採胚成績の向上が期待されることが示唆された。暑熱期に簡易冷却施設で飼養した供試牛の 2-チオバルビツール反応性物質 (TBARS) 濃度は通常期と同様な数字であったが若干低くなり、また血液性状もエネルギー代謝や肝機能で改善され、簡易冷却施設による効果が期待できる結果となった。以上の結果から、暑熱期において黒毛和種供胚牛に暑熱対策を行うことで、暑熱ストレス軽減が図られ、採胚成績の向上につながることを示唆された。

暑熱ストレスは、牛の発情発現率や卵子品質の低下などの悪影響を及ぼすことが知られており、暑熱期の採胚成績の低下は、胚の効率的な生産を考える上で大きな問題となっている。

暑熱期 (7 月から 9 月) の最高気温が 35 °C 付近にまで達する本県では、乳用牛に比べ、比較的暑熱ストレスに強いとされる肉用牛においても適温域 (10 から 20 °C) (Berman AY et al. 1985) をはるかに超えるため、採胚個数の大幅な減少や胚品質

の低下が顕著に見られ、年間を通じた高品質胚の安定生産・供給に支障をきたしている。地球温暖化の影響が叫ばれて久しいが、実際にどの程度温暖化が進んでいるのかを気象庁のデータから作図した。日地平均気温 (地点: 宮崎県都城市) が肉用牛の適温域以上になる期間は 1980 から 2010 年の 31 年間では年間 139 日、2011 から 2020 年の直近 10 年間では 151 日と、年間 12 日間も増加していることが明らかとなった (表 1)。

表1 肉用牛の適温域(20℃)以上期間の比較

区分	適温域以上の期間	適温域外の日数
1980年～2010年の日平均気温	5月24日～10月9日	139日間
2011年～2020年の日平均気温	5月11日～10月12日 (うち4日間は20℃未満)	151日間

* 気象庁データより作図(地点:宮崎県都城市)

試験方法

一方、ホルスタイン種では暑熱期の人工授精の受胎率低下が大きな問題となっている。この現象の一因として、卵子が受精能を獲得するまでの過程において暑熱が何らかの悪影響を及ぼしていることが考えられる。この対策として、黒毛和種の受精後の胚を乳牛へ移植することを本県では推奨しているが、酪農家からは少しでも受胎率の高い新鮮胚を求める声が多い。しかしながら上述したように、暑熱期に黒毛和種の採胚成績が落ちるため、酪農家の要望に十分応えられていない。

現在、肉用牛の生産現場において暑熱対策の主流である送風ファンや細霧装置など気化熱を利用した防暑システムでは冷却効果に限界もあり、また本県が位置する西南暖地の暑熱期では効果も限定的である。

そこで、現場で利用可能な簡易冷却施設を作製し、スポットエアコンを使用した連続クーリングを行うことで、暑熱対策を講じ黒毛和種供胚牛の暑熱ストレス軽減と採胚成績の向上を図った。

簡易冷却施設として、既存の牛房をコンクリートとパネル(以下コンパネ)で囲い、天井部を農業用ビニールで覆った部屋(W:260cm、L:350cm、H:250cm;以下冷却室)を2部屋作製した(図1)。1部屋あたりスポットエアコンを2台設置し、冷却室の天井部から24時間連続通風させた。飼料給与は朝夕2回とし、スタンションの周りに厚手のビニールを垂らし、摂食時に首だけが牛房からできるようにし、冷気が外部に漏れにくいように工夫した。

供試牛は当场で繋養している黒毛和種供胚牛4頭(平均年齢9歳、平均体重508kg)を用いた。7月から9月を暑熱期、それ以外の時期を通常期とし、供試牛1頭あたり3回(暑熱期1回、通常期2回)の採胚を行った。計測したデータを記録するデータロガーを冷却室内の床上40、90、170cmの3カ所に、対照として牛舎内通路床上170cmに設置し、空気温度、相対湿度、THIを測定した(図2)。

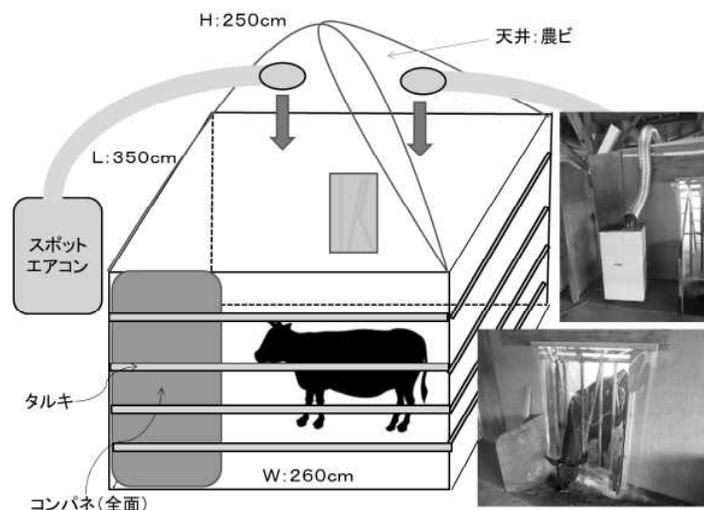


図1 冷却室の概要

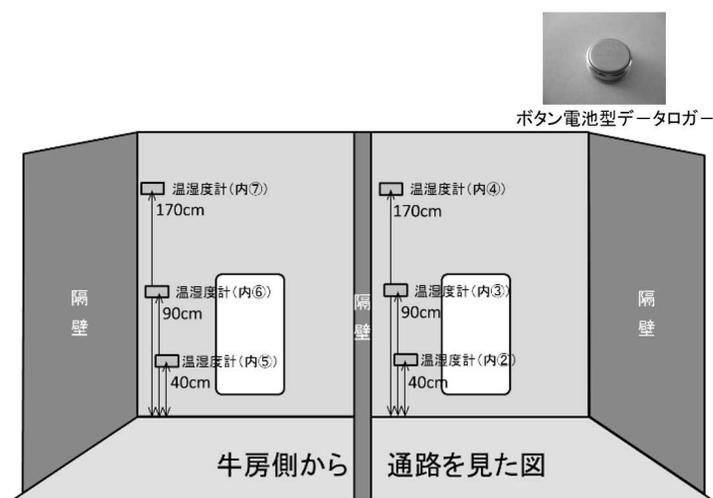


図2 冷却施設のデータロガー設置箇所

過剰排卵処理に伴う処置は、図3に示すスケジュールに準じて行った。

発情後の黄体を確認し、膈内留置型プロジェステロン製剤（CIDR）を膈内挿入（day0）し、プロスタグランジンF_{2α}（PG；クロプロステノール750 μg）を筋肉内投与、7日目に性腺刺激ホルモン放出ホルモン誘導体（GnRH；酢酸ブセレリン5 μg）筋肉内投与、10日目に卵胞刺激ホルモン（FSH；アントリンR10）30AUをアルミニ

ウムゲルに融解し皮下内1回投与、12日目にCIDRを膈内から抜去し、PG（750 μg）を筋肉内投与した。13日目にGnRH（10 μg）筋肉内投与、14日目の午後に人工授精（AI）し、21日目に常法により採胚した。暑熱期は処理開始日（day0）から採胚日（day21）まで冷却室で飼養し、通常期はフリーバーン牛舎（冷却室と同一牛舎）で飼養した。

区分	Day 0	Day 7	Day 10	Day 12	Day 13	Day 14	Day 21
AM	CIDR挿入 PG		FSH30AU	CIDR抜去 PG			採胚
PM		GnRH			GnRH	AI	

図3 過剰排卵処理プログラム

採血は処理開始日（Day0）と採胚日（Day21）の2回で、給与開始の5時間後（14:00）に行った。

なお、すべての項目について student の t 検定で統計処理を行い、P<0.05 のものを有意あり、P<0.1 のものを有意傾向ありとした。

結果

1 温度、温湿度指数THI

冷却室内の温度、THIはいずれの期間も対照より低く推移し、温度は平均で2.0℃、THIは平均で4.3低下した（図4、5）。

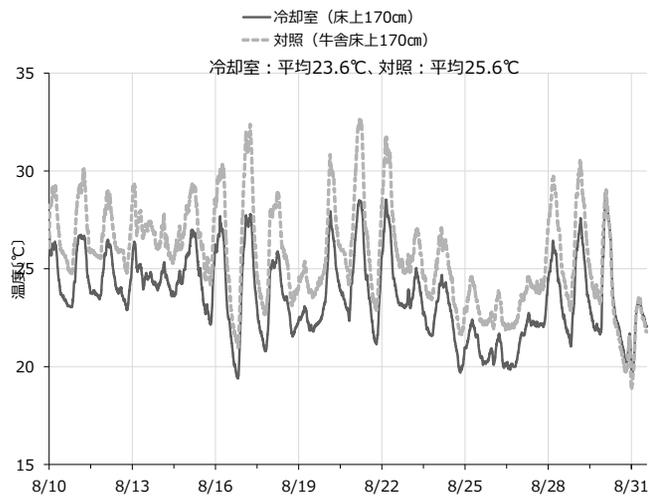


図4 冷却室の温度変化

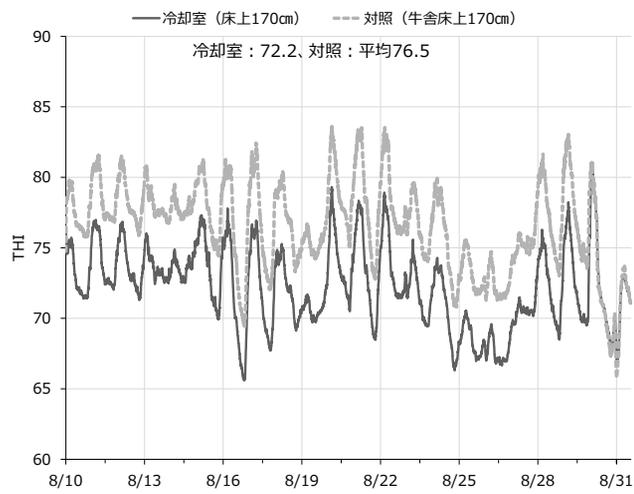


図5 冷却室のTHI変化

冷却室と対照の温度差の推移を示した (図 6)。冷却室は対照に比べ最大で約 5.1 °C、最小で約 1.5 °C 温度が低下した。

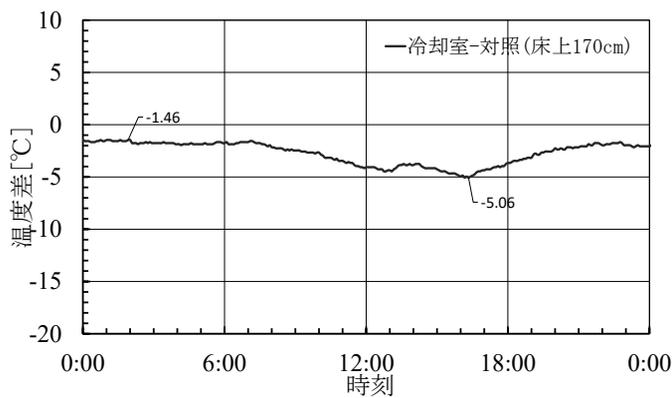


図6 冷却室と対照の温度差(日内変動)

冷却室と対照のTHI差の推移を示した(図7)。HIが低下した。冷却室は対照に比べ最大で約6.0、最小で約3.4T

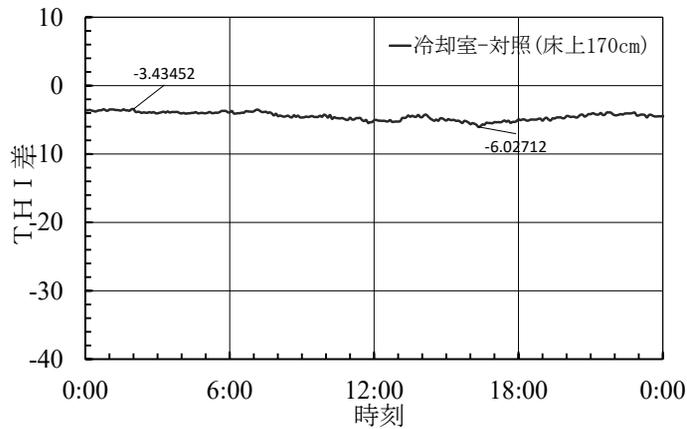


図7 冷却室と対照のTHI差(日内変動)

床上からの高さが異なる地点での温度、THIの時間推移を図8および図9に示した。日が昇る6時頃から気温、THIとも上昇し13時から17時の間は高いまま維持し、その後、日の入りとともに

に低下した。温度、THIとも床上から高いほど上昇したが、対照と比べるといずれの時間帯も低く推移した。

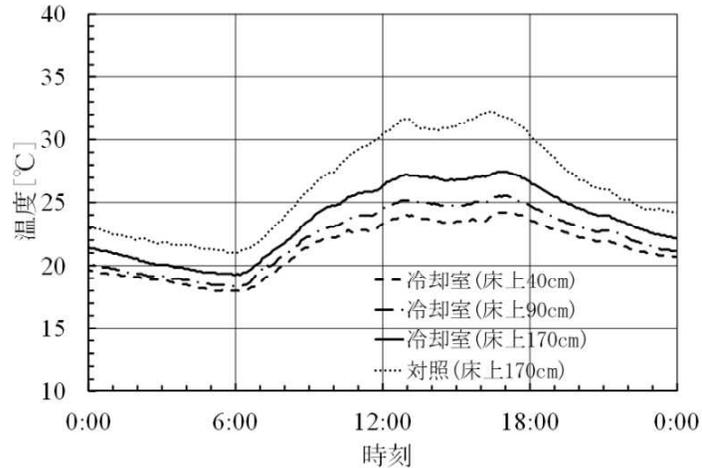


図8 冷却室の温度変化(日内変動)

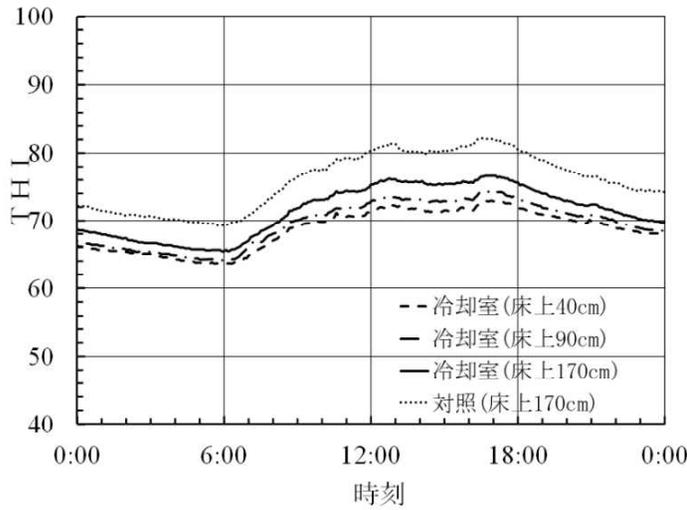


図9 冷却室のTHI変化(日内変動)

2 採胚成績

当場が過去に行った採胚 (n=725) では、暑熱期に正常胚数の減少が見られた (図 10)。今回暑熱対策 (冷却室+スポットエアコン) を行った場合の採胚成績を表 2 に示した。回収卵数、正常胚数、未受精卵数とも暑熱期は通常期と同様な成績であった。

暑熱対策を施した供試牛のA I時 (過剰排卵処理開始 14 日後) 卵巣の超音波画像の 1 例を示した (写真 1)。過剰排卵処理の反応も良く、多数の卵胞の存在を確認できた。また、暑熱対策を行った 4 頭の供卵牛からはいずれも移植可能な正常胚が回収できた。

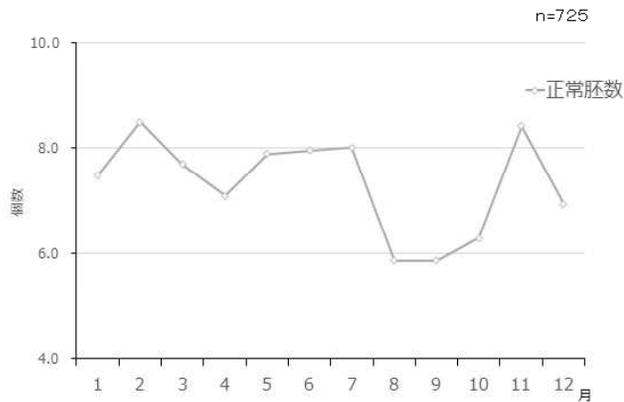


図10 月ごとの採胚成績

表2 採胚成績

区分	延べ供試頭数 (頭)	回収卵数 (個)	正常胚数 (個)	未受精卵数 (個)
暑熱期	4	22.0 ± 6.4	7.8 ± 3.9	7.8 ± 1.5
通常期	8	14.9 ± 13.5	6.3 ± 8.2	4.9 ± 5.8

平均値±SD

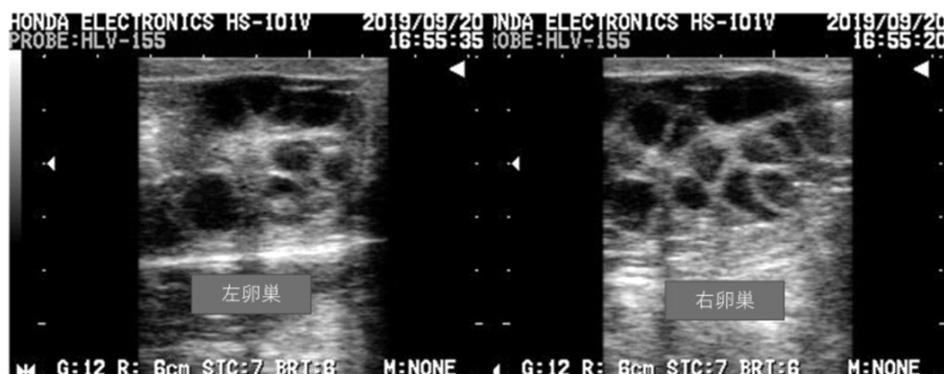


写真 過剰排卵処理後の卵巢(処理開始14日後AI時)

3 暑熱ストレス

T B A R S は、酸化ストレスに応答して濃度が上昇する物質の総称で、脂質ヒドロペルオキシドやアルデヒドなどが含まれる。T B A R S 濃度を処理開始日 (day0) と採胚日 (day21) で比較した。暑

熱ストレスを受けると T B A R S 濃度は上昇するが、冷却室で連続クーリングすると、暑熱期においても通常期と同様な数字であり、冷却室での連続クーリングの効果が期待できた (表 3)。

表3 TBARS濃度

(単位: μM)

区分	供試頭数	処理開始日	採卵日	P値
暑熱期	4	5.3 ± 1.6	5.4 ± 0.7	ns
通常期	8	4.8 ± 1.3	5.5 ± 1.0	ns

平均値 ± SD

4 血液性状

血液性状の結果を表 4 に示した。血中グルコース濃度 (Glu) はエネルギー代謝の指標であり、適正範囲以外の牛群では一般的に繁殖性が悪いと言われる。処理開始日は適正範囲以上であったが、採胚日には適正範囲内であった。

血中総コレステロール (T-cho) もエネルギー代謝の指標であり、乾物摂取量と正の相関がある。処理開始日、採胚日とも適正範囲内であった。

血中尿素態窒素 (BUN) は、タンパク代謝の指標となり、適正範囲以下では発情兆候が微弱になり、また卵巢機能の低下を招く。処理開始日、採

胚日とも適正範囲以下であったが、採胚日の BUN 値は適正範囲により近づいた。

γ グルタルトランスフェラーゼ (GGT) は肝細胞が破壊されると血中濃度が高まることから肝臓障害の指標として用いられる。処理開始日は適正範囲以上であったが、採胚日では適正範囲内となった。

グルタミン酸オキサロ酢酸トランスフェラーゼ (GOT) は肝臓の実質障害の程度を知ることができ、急性の肝疾患により上昇する。処理開始日は適正範囲以上であったが、採胚日には適正範囲内となった。

表4 血液性状

項目	Glu(mg/dl)	T-cho(mg/dl)	BUN(mg/dl)	GGT(IU/L)	GOT(IU/L)
処理開始日(day0)	77.3±3.2	90.0±26.1	3.9±1.2	24.3±6.1	70.8±2.9
採胚日(day21)	64.8±5.6	71.8±17.3	7.0±0.9	22.3±3.7	60.5±11.7
適正範囲	64±5	89±18	11±2	19±5	57±9

注) 網掛けは適正範囲内

平均値±SD

考 察

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構の研究 (Sakatani et al. 2012) や当場の報告 (鍋西, 2014) によると、暑熱期は黒毛和種繁殖雌牛の発情周期が有意に延長することやスタンディング発情が有意に低下することが報告されている。過去に当場で行った黒毛和種供胚牛からの採胚では正常胚数は暑熱期が通常期より減少する状況であり大きな問題となっていた。暑熱期では暑熱ストレスにより乾物摂取量、特に粗飼料の摂取量が現象することが知られており、その結果ルーメン内の発酵が異常をきたし、繁殖成績の低下をもたらすと言われている。今回、冷却室で連続クーリングを行ったことにより、暑熱期に特異的に見られる粗飼料の節食量の減少といった現象は見られなかった。血液性状などからもルーメン発酵が良好に行われていたと推察でき、暑熱ストレスの軽減により暑熱期の代謝が改善されたと考えられた。

図 10 で示したとおり、当場で過去に行った採胚においては、7月までは正常胚の現象は見られず、8月から10月に正常胚の現象が見られている。環境温度という観点から見ると約1ヶ月のタイムラグが生じていることになる。卵子の発育には数ヶ月かかることが知られており、暑熱期に比べ気温が下がる10月に排卵した卵子でも、その発育段階で暑熱ストレスを受けており、10月に入っても正常胚の減少が続いていると考えられた。今回、冷却室での連続クーリングにより暑熱期の正常胚数は通

常期と同様であった。暑熱は卵子の発育、受精、8細胞期胚までに影響を及ぼすと言われている。過剰排卵処理開始から採胚までの21日間、冷却室で連続クーリングを行ったことで、卵子の発育や受精、初期胚発生といった時期の暑熱ストレスが軽減できたものと推察された。

当場では、県内の家畜保健衛生所を通して、黒毛和種胚を1個あたり20,952円で販売している。今回実施した冷却室1室あたりの作製費や電気代からコスト試算を行った(表5)。資材費が143,252円(スポットエアコン2台含む)、スポットエアコンの電気代は1台につき1時間あたり15円とした。冷却室1室で1シーズン3頭採胚できるので、1頭あたり正常胚が2個増えると仮定すると2年目で採算はとれると試算できた。

これまで、本県が位置する西南暖地で多く見られる開放式牛舎やその牛房でエアコンなどの冷却装置を用いて暑熱対策を行うことは、コストの面から現実的でないという考えが一般的であった。一方、生産現場からは暑熱期の採胚成績の低下を防ぐ手法の確立を求める声が多く聞かれていた。今回作製した冷却施設は、既存の牛房にコンパネを貼るなどといった簡易な施設であり、作製にあたって特殊な機材や工具を必要としなかった。その冷却能力やコスト面からも現実的なものであり、今後の現場普及が期待できるものである。

以上のことから、黒毛和種供胚牛を暑熱期に冷却室で連続クーリングすることで、暑熱ストレスが軽減され、採胚成績の低下を防ぐことが示された。

表5 コスト試算

(単位：円)

		1年目	2年目
収入	胚販売単価	20,952	20,952
	採胚頭数(頭)	3	6
	正常胚数(個/頭)	2	2
	計	125,712	251,424
支出	資材費	143,252	143,252
	電気代	45,360	90,720
	計	188,612	233,972
収支		-62,900	17,452

注) スポットエアコン消費電力：15円/h/台

採卵頭数6頭：3頭/年×2年

参考文献

Berman A, Folman Y, Kaim M., Mamen M, Herz Z, Wolfenson D, Arieli A, Graber Y. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. 1985. J Dairy Sci 68. 1488-1495.

Sakatani M, Balboula A. Z, Yamanak K, Takahashi M. Effect of summer heat environment on body temperature, estrous cycles and blood antioxidant levels in Japanese Black cow. 2012. Anim Sci J. 83. 394-402.

鍋西久. 乳・肉用牛の繁殖性に及ぼす環境要因の影響と考えられる対策. 2014. 第21回日本胚移植研究会大会.

渡邊貴之,小西一之. 2015. 多頭飼養における黒毛和種繁殖雌牛生産性向上のための代謝プロフィールテストを用いた飼養管理マニュアル

マイクロ流体デバイスによって選別捕集した ウシ精子を用いた体外受精成績の検討

杉野 文章・松尾 麻未

Investigation of in vitro fertilization results using bovine sperm
and collected by microfluidic devices

Fumiaki SUGINO, Mami MATSUO

<要約>「牛用の運動性精子選別器具 (Diffuser-type micro fluidic sperm sorter : DMS S)」にて選別・捕集されたウシ精子を用い、体外受精を行った結果、Aランク胚率が向上し、Bランク胚率が低下した。しかし、DMS Sによる精子選別・捕集では、体外受精に必要な精子数を確保できず、卵割率が低下し、結果として胚盤胞発生率が低下した。DMS Sにて選別された精子を用いることにより品質の良い胚を生産できる可能性があるものの、DMS Sの捕集効率や操作性には改善の余地があり、現時点でウシ体外受精に活用できる可能性は低い。

近年、黒毛和種の需要増加から、乳用牛への胚移植 (E T) による黒毛和種生産が急増し、本県においてもE T頭数は年々増加している。

また、E T頭数の増加に伴い、体外胚の利用も年々増加しており、今後も需要の増加が見込まれる。しかしながら、本県の2019年におけるE T頭数5,317頭の内、体外胚は497頭 (9.3%) に留まっており、広く普及していない現状にある。体外胚移植が現場普及しない大きな要因として、体内胚と比較し、受胎率が低いことが挙げられる (農林水産省 2015)。また、流産や難産率が高いことも知られており、体外胚の品質向上が望まれている。

そのような中、ヒトの不妊治療の分野では精子側の研究が進められ、マイクロ流体デバイス (M F S S) を用いて選別された精子はD N A異常が低いことが報告されており (Shi rotaら 2016)、そのような精子を用いて体外受精や顕微授精を行う手法が開発されている。

また、マウスの分野においても、M F S Sで選別・捕集された精子を体外受精に用いることにより、受精率が向上したと報告されている (Nakaoら 2020)。

ウシの分野においては、国立研究開発法人産業総合研究所 (以下、産総研) がDMS Sを開発し (YAMASITAら 2014)、これにより選別・捕集された精子はD N A損傷率が低く、ミトコンドリア活性が高いことが確認されている (Nagataら 2018)。さらに、体外受精の前処理として用いられているSwim-up法で選別された精子と比べても前進運動率や運動速度が高いことが認められている (緒方ら 2018)。

そこで、本研究では、産総研が開発したDMS Sにより運動性の高い精子を捕集し、この選別精子を用いた体外受精により、卵割率やその後の胚発生率が向上するか検証した。

試験方法

1 供試卵子および試験区分

食肉処理場で採取した黒毛和種雌牛53頭の卵巢および場内で飼養されている黒毛和種雌牛2頭から卵丘細胞卵子複合体(COCs)を回収した。場内飼養牛については、発情周期の任意の時期に、延べ7回経膈採卵(OPU)を行いCOCsを回収した。吸引したCOCsの内、細胞質が均一で、かつ、卵丘細胞が少なくとも1層以上付着しているものを試験に供した。

試験区分は、DMS Sにて選別捕集された精子を体外受精に用いた試験区と既存の手法により体外受精を実施した対照区を設定した。

2 成熟培養

COCsは、0.02 AU/mL卵胞刺激ホルモン(FSH; アントリンR10、共立製薬)および5% FCS (Hyclone、SH30088.03)を添加したTCM-199 (Medium 199; GIBCO、12340-030)を用い、38.5°C、5% CO₂、95%空気、湿度飽和の気相条件で22時間成熟培養を行った。

3 体外受精

対照区の体外受精は、株式会社機能性ペプチド研究所が示した方法(株式会社ペプチド研究所 2019)を一部変更して実施した。すなわち、黒毛和種の凍結精液(一般社団法人宮崎県家畜改良事業団)を38.5°Cの微温湯中で40秒間かけて融解し、媒精液(牛体外受精用媒精液IVF100; 株式会社機能性ペプチド研究所)に加えて軽く攪拌した後、1,800rpm・5分間の遠心分離を2回実施することにより精子を洗浄した。洗浄後、上清を除去して上述IVF100液と等量希釈し、精子濃度が 5×10^6 /mLになるよう調整した。この精子液を用いて、100 μ Lの精子ドロップを作成し、上面をミネラルオイル

で被覆してCOCsを導入した。

試験区では、対照区と種雄牛およびロットが同一の凍結精液を2から3本融解した後、5 mmol/LのEGTA (Sigma、E3889)を加えたIVF100液内に加え、軽く攪拌した後、38.5°Cの微温湯内で15分間インキュベートした。その後、DMS S内にインキュベートされた精子を移し、倒立顕微鏡下で精子の選別・捕集を実施した。なお、ソーティング液はIVF100液を使用した。その後、選別・捕集された精子をソーティング液とともに吸引し、1,800rpm・5分間の遠心分離で精子を洗浄して上清を除去した後、100 μ Lの精子ドロップを作成し、上面をミネラルオイルで被覆してCOCsを導入した。どちらの区も38.5°C、5% CO₂、95%空気、湿度飽和の気相条件で6時間媒精を実施した。

4 発生培養および胚の凍結

食肉処理場由来のCOCsについては、媒精終了後、前発生培養液(卵子成熟・共培養培養液IVMD101; 機能性ペプチド研究所)内で、卵丘細胞とともに20から24時間の前培養を実施した。食肉処理場由来COCsは前培養終了後、OPU由来COCsについては、媒精終了後にピペッティングにより卵子を裸化し、5% FCSを添加した発生培地(裸化受精卵培養液IVD101; 機能性ペプチド研究所)を用い、38.5°C、5% CO₂、5% O₂、90% N₂、湿度飽和の気相条件で発生培養を実施した。

媒精から48時間目に、未受精卵、2細胞期、3から4細胞期および5細胞期以上の個数を調べ、卵割率を算出した。食肉処理場由来のものについては、媒精日を0日として、6から10日目に胚盤胞発生率を調べ、10日目には胚盤胞に発生したものの内、生存胚および脱出胚盤胞の数を調査した。OPU由来のものについては、6から9日目の胚盤胞発生率を調べ、胚盤胞まで発育したものの内、AおよびBラ

ンクに発育したものを移植可能胚として凍結保存を行った。なお、凍結保存は、場内定法である宮崎シンプル法（村田ら 1992）にて実施した。

5 胚の融解

凍結保存した胚は、宮崎シンプル法の定法に従い融解した後、100 μmol/L β-メルカプトエタノールおよび10% FCSを添加したTCM-199を用い、38.5℃、5% CO₂、95%空気、湿度飽和の気相条件で培養を実施し、胚の生存性および脱出胚盤胞率について調査した。生存性の調査は培養から24、48、72時間目に実施し、前の観察時からのステージから発育が進んだものを生存胚とした。

6 統計処理

食肉処理場由来のものについては、実験を3度繰り返して実施した。すべての項目についてχ²乗検定で統計処理を行い、P<0.05のものを有意、P<0.1のものを有意傾向ありとし

た。

結果および考察

食肉処理場由来COCsにおける体外培養結果を表1に示した。48時間目の検査において、卵割率および5細胞以上胚率は対照区で有意に高い結果となった。卵割率が対照区が高かったため、結果として、胚盤胞発生率および脱出胚盤胞率も対照区で有意に高くなった。

次に、OPU由来COCsにおける体外培養結果を表2に示した。OPU由来COCsにおける体外培養についても同様に、卵割率、5細胞以上胚率および胚盤胞発生率が対照区で有意に高い結果となった。さらに、移植可能胚数も対照区で有意に高い結果となった。しかし、試験区において、Aランク胚率が高く、Bランク胚率が低い傾向があり、DMSで選別された精子を体外受精に用いることにより、Aランク率が向上し、品質の良い胚を生産できる可能性が示唆された。

表1 食肉処理場由来COCsを用いた体外培養結果

供試卵数	48時間目		胚盤胞発生数(%)		10日目での胚盤胞の形態	
	分割胚数(%)	5cell≤ (%)	day6-10		生存胚数(%)	脱出胚盤胞数(%)
対照区	268	214 (79.9) ^a	158 (59.0) ^A	150 (56.0) ^A	124 (82.7)	100 (66.7) ^a
試験区	280	191 (68.2) ^b	135 (48.2) ^B	132 (47.1) ^B	99 (75.0)	61 (46.2) ^b

^{A,B} 同列異符号間に有意差あり (P<0.05)

^{a,b} 同列異符号間に有意差あり (P<0.01)

表2 OPU由来COCsを用いた体外培養結果

供試卵数	48時間目		胚盤胞発生数(%)	移植可能胚数(%)	移植可能胚の内訳		
	分割胚数(%)	5cell≤ (%)	day6-9	day6-9	Aランク(%)	Bランク(%)	
対照区	41	27 (65.9) ^a	17 (41.5) ^a	25 (61.0) ^a	23 (56.1) ^a	10 (43.5) [†]	13 (56.5) [†]
試験区	60	26 (43.3) ^b	12 (20.0) ^b	22 (36.7) ^b	17 (28.3) ^b	12 (70.6) [†]	5 (29.4) [†]

^{A,B} 同列異符号間に有意差あり (P<0.05)

^{a,b} 同列異符号間に有意差あり (P<0.01)

[†] 同列間に有意傾向あり (P<0.1)

表3にOPU由来胚における凍結融解後の生存率および脱出胚盤胞率を示した。どの時点においても生存率および脱出胚盤胞率に有意な差は認められず、運動性の高い精子を体外受精に用いても、融解後の生存性には大きな影響を与えないと考えられた。

試験区で卵割率が低下した要因として、DMSSによる精子捕集の効率が悪く、体外受精に必要な精子数が確保できなかったことが挙げられた。山下は1本の凍結精液ストローから100万から1,000万の数の運動性の高い精子を捕集できたと報告しているが（山下ら 2020）、筆者が選別した場合、2から3本の凍結精液ストローを使用しても20万から50万程度の数しか捕集できなかった。これはDMSSの操作者間に技術の差がある他、機材（特に倒立顕微鏡）の性能の差で捕集効率に開きが出たものと考えられた。結果として、精子ドロップ中の精子数が少なくなり、受精率が低下したことが大きな要因であると考えられた。また、食肉処理場由来COCsを用いた試験において、10日目での脱出胚盤胞率が低下した要因として、精子ドロップ中の精子数が少ないことから、精子とCOCsの衝突回数が

少なく、受精までに時間を要し、胚の生育が遅くなったことも考えられた。

ヒトの生殖医療分野においても、MFSSによる運動精子分離法が考案されているが、現時点で分離された運動性精子数が通常体外受精に必要な数に達していないとされている（Matsuuraら 2020）。今回の試験においても同様の結果となったことから、体外受精にDMSSを活用するためには、器具の改良が必要であると考えられた。

しかしながら、運動性の高い精子と受精し、胚盤胞まで達したものは、既存の方法で受精したものと比較し、Bランク胚率が低く、Aランク胚率が向上する傾向が認められ、DMSSによって選別された精子を用いることにより、品質の良い胚を生産できる可能性は十分にあると考えられた。

以上により、DMSSで選別・捕集された精子を用いることにより、品質の良い胚を生産できる可能性があるものの、現在のDMSSは操作性や捕集効率に改善の余地があり、現時点では体外受精に用いるには難しい技術であると考えられた。

表3 OPU由来の凍結胚の融解後の生存率および脱出胚盤胞率

	供試卵数	24時間目		48時間目		72時間目	
		生存胚数(%)	脱出胚盤胞数(%)	生存胚数(%)	脱出胚盤胞数(%)	生存胚数(%)	脱出胚盤胞数(%)
対照区	23	15 (65.2)	14 (60.9)	4 (17.4)	14 (60.9)	6 (26.1)	
試験区	17	9 (52.9)	9 (52.9)	0 (0.0)	9 (52.9)	3 (17.6)	

謝辞

本研究を遂行するに当たり、DMS S の提供および使用方法をご指導いただきました国立研究開発法人産業総合研究所 山下健一様、永田マリア・ポーシャ様に深く感謝の意を表します。

また、試験材料である卵巣の提供をいただきましたウエルネスミート株式会社および卵巣採取についてご指導いただきました都城食肉衛生検査所の各位に心より感謝いたします。

参考文献

- 農林水産省. 2015. 家畜生産. 農林水産省生産局. 東京 [引用2020年9月11日]. URL : www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_katiku/attach/pdf/index-10.pdf
- Shirota K, Yotsumoto F, Itoh H, Obama H, Hidaka N, Nakajima K, Miyamoto S. 2016. Separation efficiency of a microfluidic spermsorter to minimize sperm DNA damage. *Fertil Steril* 105(2) : 315-21
- Nakao S, Takeo T, Watanabe H, Kondoh G, Nakagata N. 2020. Successful selection of mouse sperm with high viability and fertility using microfluidics chip cell sorter. *Scientific Reports* 10 : 8862
- YAMASITA Kenichi, NAGATA Maria Portia, MIYAZAKI Masaya, MAEDA Hideaki. 2014. 精子の選抜部構造および同精子の選抜構造を備えた精子スクリーニング装置並びに授精用精子液の調製方法. 特許番号 ; 6202501
- Nagata MPB, Endo K, Ogata K, Yamanaka K, Egashira J, Katafuchi N, Yamanouchi T, Matsuda H, Goto Y, Sakatani M, Hojo T, Nishizono H, Yotsushima K, Takenouchi N, Hashiyad Y, Yamashita K. 2018. Live births from artificial insemination of microfluidic-sorted bovine spermatozoa characterized by trajectories correlated with fertility. *Proc Natl Acad Sci U S A* 115(14) : E3087-E3096
- 緒方和子, 山之内忠幸, 松田秀雄, 永田 マリア・ポーシャ, 山下健一, 橋谷田豊. 2018. マイクロ流体デバイスまたはSwim upで選別捕集されたウシ精子の特性の比較. 日本畜産学会第124回大会講演要旨集. 208
- 株式会社ペプチド研究所. 2019. ニュース. 株式会社ペプチド研究所. 山形 [引用2020年9月11日]. URL : www.func-p.co.jp/news.html#news19
- 村田定信, 谷之木精悟, 永田建一, 坊園正恒. 1992. 哺乳動物胚の凍結保護物質の簡易除去法. 特許番号 ; 2582327
- 山下健一. 2020. 牛の繁殖用精液の半世紀ぶりの再発明を目指した受胎性向上のための技術開発. 畜産技術2020年9月号 : 17-22
- Matsuura Koji, Takenami Mami, Kuroda Yuka, Hyakutake Toru, Yanase Shinichiro, Naruse Keiji. 2012. Screening of sperm velocity by fluid mechanical characteristics of a cycroolefin polymer microfluidic sperm-sorting device. *Reproductive BioMedicine Online* 24 : 109-115

黒毛和種繁殖雌牛における膣内電気抵抗値と性ホルモン濃度および採胚性との関連性について

杉野 文章・鍋西 久¹⁾・須崎 哲也・北野 典子・松尾 麻未
¹北里大学

The relationship between vaginal electrical resistance and sex hormone concentrations and embryonic properties in japanese black cows

Fumiaki SUGINO, Hisashi NABENISHI, Tetsuya SUZAKI,
Noriko KITANO, Mami MATSUO

<要約>ブタ用の膣内電気抵抗（V E R）値測定器を用い、発情誘起を施した黒毛和種雌牛8頭（延べ9頭）のV E R値および性ホルモン濃度の推移、過剰排卵処置（S O V）を施した黒毛和種供胚牛17頭（延べ25頭）のV E R値の推移を調査した。その結果、V E R値は発情前に一過性の低下を示すことが明らかとなり、血中プロジェステロン（P4）濃度と正の相関も認められた。また、正常胚が回収できなかった群について、正常胚を回収できた群と比較しS O V前のV E R値が有意に低くなり、V E R値が供胚牛の選定に活用できる可能性が示唆された。以上のことから、ウシにおいてもV E R値測定器を活用することで、発情日やP4濃度の推定が可能であり、人工授精適期や供胚牛の選定判断に活用できる。

本県における黒毛和種繁殖雌牛の頭数は、増加傾向であるが、全国的な素牛不足の影響から子牛価格の高騰は続いており、繁殖基盤の強化および生産性の向上が喫緊の課題となっている。本県における繁殖雌牛の平均分娩間隔は409.7日となっており（公益社団法人全国和牛登録協会宮崎県支部 2020）、繁殖性は大きく改善していない現状である。繁殖性が改善されない大きな要因として、発情発見効率の低迷が挙げられる。鍋西（2015）は、県内の肉用牛繁殖農家594戸、延べ101,416頭の成績を分析した結果、分娩間隔が長期化する農家は、受胎率が低いわけではなくむしろ、発情発見効率が低いことが要因であると報告しており、発情発見効率をいかに向上させるかが分娩間隔を短縮させる第一歩であると考え

えられる。

ウシの人工授精（A I）適期の判定は、Trimberger（1948）によって提唱されたスタンディング発情を目安としたAM-PM法にて実施されているのが一般的である。しかし、近年、肉用牛における発情持続時間が短くなっていると報告され（竹之山ら 2013）、スタンディング発情の確認が難しくなっている可能性がある。農家での発情確認は目視での観察が一般的であり、発情持続時間が短ければ、発情の見逃しが多くなり、結果として授精率の低下が引き起こされる危険性がある。

そのため、発情発見効率を向上させるためには、外部兆候のみならず、性ホルモン値の変化や膣粘液の流出などの内部兆候も客観的に評価できるツールが必要である。現在、外部兆候については、発情時に行動量が増加することを指標とした発情

兆候検出器具や乗駕されたことを確認するためのテールペイントやヒートマウントディテクター等の製品がすでに市販されている。しかし、内部兆候については、家畜人工授精師や獣医師による直腸検査に頼る例が多く、農家自らが内部兆候を評価する手段がほとんどないのが現状である。

そのような中、発情期には子宮頸管粘液は発情日前後に急激な変化を示し、発情日には電気伝導度が急激に上昇することが報告されている(森ら1979)。養豚分野においてはVER値をモニタリングすることによりAI適期判定が可能であると、すでにVER値測定器が現場で活用されている。

そこで本研究では、養豚分野で活用されているVER値測定器を用い、黒毛和種繁殖雌牛のVER値と性ホルモン濃度の関連性およびVER値と採胎成績の関連性について調査をした。

試験方法

1 実験1

当場のパドック付きのフリーバーン牛舎で飼養されている黒毛和種繁殖雌牛8頭(延べ9頭)を用い、発情誘起処置から発情終了時までのVER値およびP4濃度および黄体形成ホルモン(LH)濃度の関連性について調査をした。試験は5頭および4頭を2回に分けて行った。試験開始時の供試牛の年齢は 7.7 ± 2.7 歳であった。なお、供試牛は卵巣に異常がなく、直腸検査にて黄体が確認されたものを用いた。

試験の発情誘起処置のプロトコールは大澤(2012)が紹介した手法により実施した(図1)。まず、1回目の試験ではCIDR-synch法を、2回目の試験ではPRID-synch法を用いた。すなわち、腔内留置型プロジェステロン製剤(PD)を供試牛に挿入し、CIDR-synch法では同時にエストラジオール- 17β (EB;エストラジオール安息香酸エステル4mg)を筋肉内に投与した。そして7

日目の9時にPDを腔内から抜去すると同時にプロスタグランジン $F_{2\alpha}$ (PG;クロプロステノール0.75mg)を筋肉内に投与し、PG投与日をDay0として、Day2の9時に性腺刺激ホルモン放出ホルモン誘導体(GnRH;ブセレリン酢酸塩12.6 μ g)を筋肉内に投与することにより発情を誘起した。VER値の測定および採血は、Day0の9時からDay3の17時まで4時間ごと、計21回、その都度スタンションに繋留して行った。採血は頸静脈から真空採血管を用いて採取し、遠心分離後ヘパリン血漿を -80°C で測定まで保管した。VER値の測定は市販されているブタ用のVER値測定器(図2、チヨダエレクトリック株式会社;ブリードテスタPIT-1)を腔内に挿入し、3回計測した平均値をそのときのVER値とした。なお、測定はVER値測定器の電極部が腔壁上部に当たるようにして行った。そして、保管されたヘパリン血漿から、P4濃度とLH濃度を測定した。

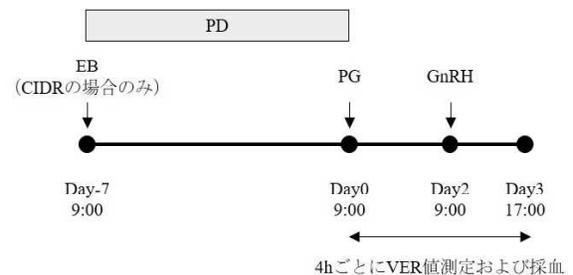


図1 実験1のプロトコール



図2 ブタ用のVER値測定器
(ブリードテスタPIT-1)

2 実験2

当場で飼養されている黒毛和種供胚牛17頭（延べ25頭）を用い、SOV時におけるVER値の推移および採胚成績との関連性について調査をした。試験時における供試牛の年齢は 9.1 ± 2.7 歳であった。供試牛のSOVは場内定法で実施した。すなわち、発情後に黄体形成を確認し、発情後8から14日目から卵胞刺激ホルモン（FSH；アントリンR10、共立製薬）を投与した後、PG製剤を投与し発情を誘起する手法、任意の時期にPDを挿入し、GnRHを用いて卵胞ウェーブを調整後にSOVを行う2つの手法を用いた。AIはPG投与から55時間目に1回、翌日も発情兆候があるようであれば再度AIを実施し、AIの際にスタンディング発情の有無をテールペイントで判定した。また、VER値の測定はSOV開始前の黄体形成確認時もしくはPD挿入時（CL期）、PG投与時（0）、PG投与から7、24、31、48、55、72、79時間目、採胚時（EC）の計10回、実験1と同様の手法により行った。

採胚は子宮灌流法によってAIから7日後に行い、採取された胚は場内の基準（※）に従いA、B、B'、C、変性卵（deg）、未受精卵にランク分けした。この内、A-Cランクまでを正常胚とし、正常胚率を算出した。また、供試牛には実験1と同様に牛歩計を装着させ、歩数データも計測した。

※ 場内における受精卵のランク基準

- A : 変性部位が10%未満
- B : 変性部位が10～30%
- B' : 変性部位が30～50%
- C : 変性部位が50%より多い
- deg : 発育が著しく遅れている胚や変性の度合いが著しく、輪郭不明瞭な部分が多い胚

3 統計処理

統計解析はJMP[®]8（SAS Institute Inc., Cary, NC, USA）を用いてTukey-Kramer法による多重比較分析および相関分析を行い、 $P < 0.05$ を有意とした。

結果および考察

1 実験1の結果および考察

すべての供試牛についてPG投与から64から68時間目の間に直腸検査および超音波診断装置による卵巣診断を実施し、発情確認を行った。その結果、1頭を除く個体で主席卵胞の発育が確認され、子宮収縮および発情粘液の流出が認められた。

表1にVER値とP4およびLH濃度の相関関係を示した。VER値とP4には中程度の正の相関（ $r = 0.489$ 、 $P < 0.01$ ）が認められた。アグー種豚において、VER値とP4濃度には高い相関があり、VER値は卵巣の周期的変化を反映していると報告されており（仲村ら 2007）、ウシにおいてもVER値はP4濃度と関連性があり、卵巣の周期的変化を反映している可能性がある。一方で、LH濃度はVER値との相関係数が0.182と低く、VER値はLH濃度よりもP4濃度との関連性が強いことが示された。次に試験牛のVER値の推移を図3に示した。VER値はPG投与後、有意に低下し、28時間目に最低値を示した。なお、その際のVER値はそれぞれ $253.3 \pm 43.9 \Omega \text{cm}$ 、 $188.5 \pm 24.3 \Omega \text{cm}$ であり、変化率は0.74であった。その後、44時間目に一度上昇し、その後低下した。また、P4およびLH濃度の推移を図4に示した。P4濃度はVER値と同様にPG投与から有意に減少し、試験期間中は低値で推移した。一方、LH濃度は個体によるバラツキが大きく、44時間目にLHサージ様の上昇が認められたものの、有意な変化は認められなかった。

以上のことから、VER値はPDの影響下では高値を示し、PD除去およびPG投与による発情誘起により有意に低下することが明らかとなった。また、発情前後は低値で推移することが明らかとなった。さらにVER値はP4濃度と正の相関が認められ、黒毛和種繁殖雌牛の発情周期を把握するうえでVER値が有効に活用できる可能性が示唆された。

表1 VER値とP4およびLHとの相関関係

	P4	LH
相関係数 (r)	0.489 **	0.182 *

*: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$

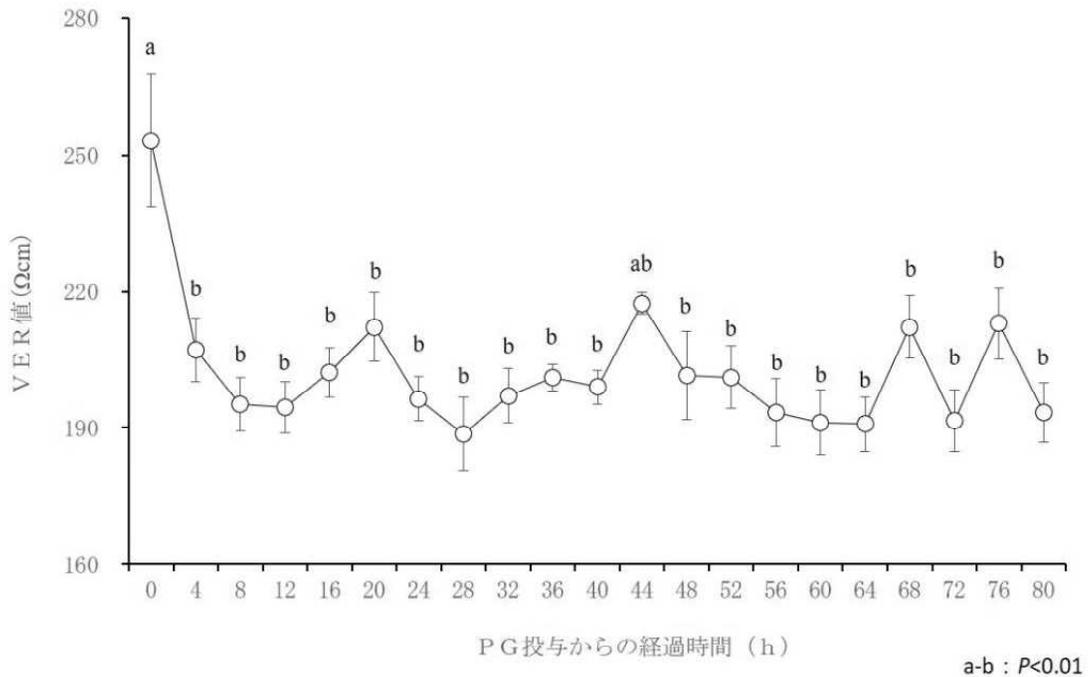


図3 VER値の推移

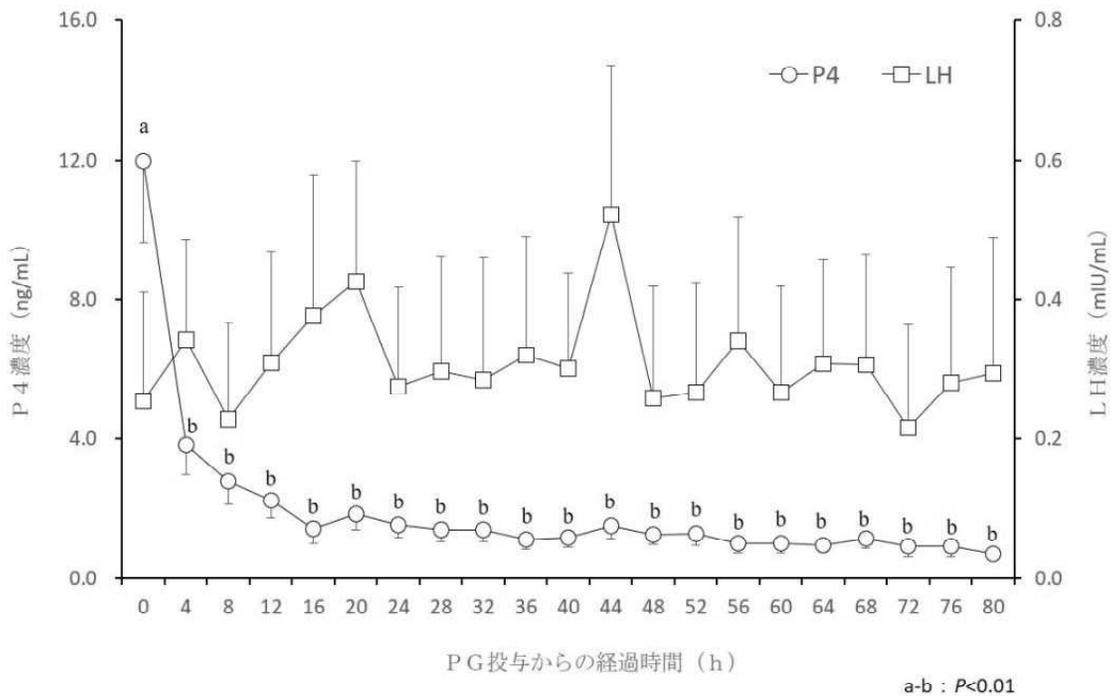


図4 P4およびLH濃度の推移

2 実験2の結果および考察

図5にSOV時におけるVER値および歩数の推移を示した。歩数は移動平均値(/24h)を用いた。VER値は試験1と同様にPG投与から有意に低下し、31時間目に最低値となり、その後、48時間目以降に上昇した。なお、CL期のVER値は $256.7 \pm 27.0 \Omega \text{ cm}$ 、31時間目 $205.7 \pm 33.2 \Omega \text{ cm}$ であり、変化率は80.1であった。

このことから、VER値はPG投与とともに低下し、歩数の増加、つまり発情兆候が開始されるに従い増加することが明らかとなった。詫摩らもPG投与から32時間目までVER値は低下し、その後64時間目までは上昇する傾向があると報告している(詫摩ら 2005)。このことからVER値が低下し、その後上昇したタイミングがAI適期である可能性が示唆され、VER値を継続的にモニタリングすることは、発情周期の把握に有効であると考えられた。

次に、正常胚が回収できた群(+群)と正常胚が回収できなかった群(-群)についてVER値の比較分析を行った。分析対象は回収卵数が1個以上であった20頭(内訳: +群13頭、-群7頭)である。+群の採胚成績は総卵数 15.6 ± 9.5 個、正常胚数 9.2 ± 6.4 個(正常胚率58.6%)、-群の総卵数は 6.4 ± 5.6 個、正常胚数は0であった。

+群および-群におけるSOV時のVER値の推移を図6に示した。-群はCL期に有意にVER値が低い結果となった($P=0.013$)。発情周期7-8日目およびSOV前のP4濃度が低い個体はSOVによる卵巣反応性が悪いことが報告されており(細川 2008)、VER値を測定することで間接的にP4濃度の推定が可能であったと思われる。

この結果から、SOV開始前にVER値を測定することにより、P4濃度の推定ができる可能性があり、供胚牛の選定にVER値が活用できる可能性が示唆された。

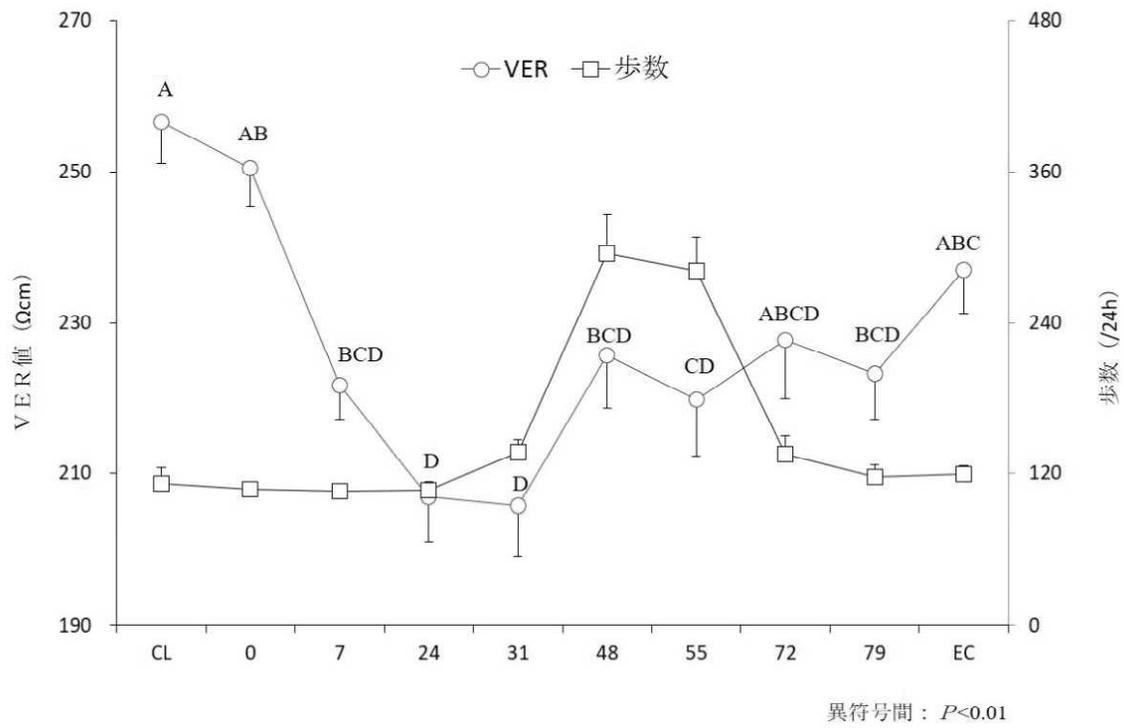


図5 SOV時におけるVER値および歩数の推移

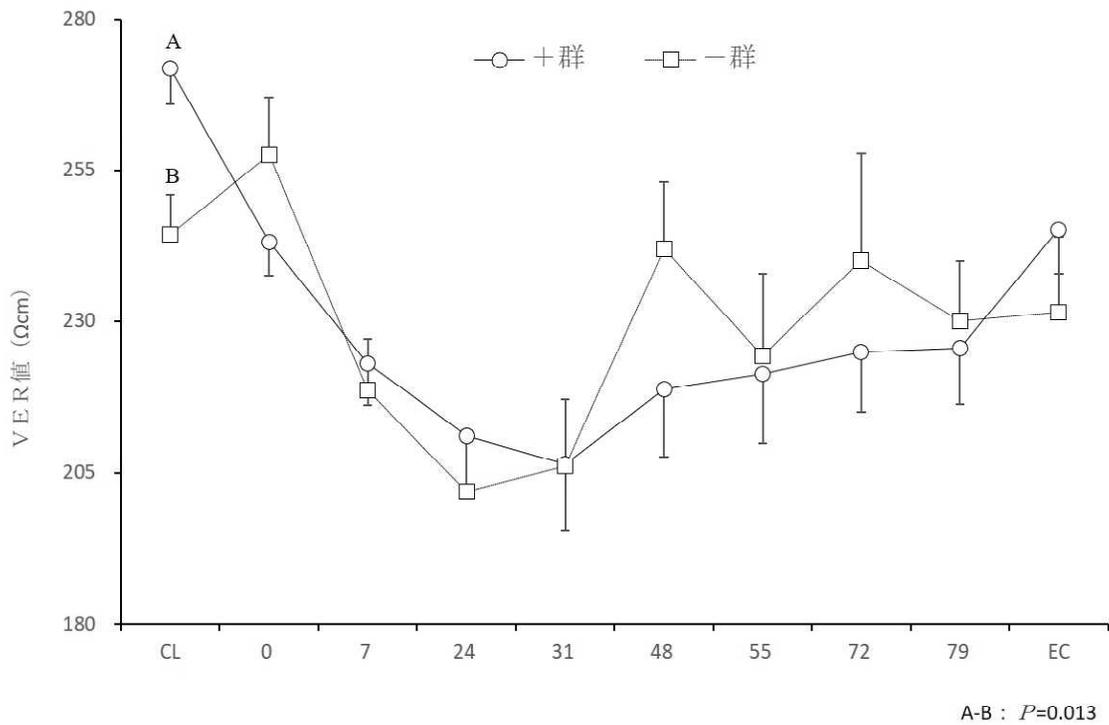


図6 +および-群におけるVER値の推移

以上により、ブタ用のVER値測定器をウシに応用することにより、VER値の変動をモニタリングすることが可能であることが明らかとなった。また、VER値は性周期に伴って変動し、発情前に一過性の低下が認められた。このことからVER値の一過性の低下を確認することによりAI適期の推定が可能であることが示唆された。また、VER値はP4濃度を間接的に推定できる可能性があり、SOV前の供胚牛の選定にも活用できる可能性がある。

本研究は独立行政法人農畜産業振興機構（平成31年度畜産関係学術研究委託調査）の助成を受けて実施した。

参考文献

- 公益社団法人全国和牛登録協会宮崎県支部. 2020. 調査報告. 2. 公益社団法人全国和牛登録協会宮崎県支部. 宮崎
- 鍋西久. 2015. 肉用牛繁殖経営における分娩間隔短縮のための取組. 日本草地学会誌61(1) : 39-42
- 竹之山直樹, 福重直輝. 2013. 発情行動・微弱発情. 日本胚移植学雑誌35(3) : 97-108
- 大澤健司. 2012. 牛の排卵同期化・定時人工授精プログラムの現状と最近の進歩. 日本獣医師会雑誌65 : 673-681
- 森純一, 富塚常夫, 広木政昭, 仮屋堯由. 1979, 牛の性周期中における子宮頸管粘液のpHならびに電気伝導度の変化—生体内測定による検討. 家畜繁殖誌25(1) : 6-11
- 仲村敏, 島袋宏俊, 稲嶺修, 山内昌吾, 吉元哲兵, 建本秀樹, 与古田稔. 2007. 琉球在来豚(アグー)の効率的繁殖技術の確立 (3) 膣内粘液電気抵抗値の変動と性ホルモン濃度の動態との関連. 沖縄県畜産研究センター研究報告45 : 25-30
- 詫摩哲也, 大坪利豪, 陣内孝臣, 北島輝雄, 黒川洋介. 2005. 過剰排卵処理時における膣内粘液電気抵抗値の変化. 九州農業研究67 : 83
- 細川泰子. 2008. 子宮頸管粘液pHによる黒毛和種の過剰排卵処理後卵巢反応の推定. 平成20年度岩手県農業研究センター試験研究成果書

多産系産子の肉質向上試験 (第1報)

壱岐 侑祐・岩切 正芳・岐本 博紀

Meat quality improvement test for prolific pigs of growing finishing pigs

Yusuke IKI, Masayoshi IWAKIRI and Hironori KIMOTO

＜要約＞多産系母豚の止め雄としてX社のデュロック（対照区）と独立行政法人家畜改良センター宮崎牧場で育種しているユメサクラエース（試験区）をそれぞれ交配し、産子の発育や肉質への影響を調査した。発育では、止め雄の違いによる影響は見られなかった。肉質では、試験区で対照区よりも脂肪融点が高くなった。食味性は、試験区で対照区よりも食感、ジューシーさ及び柔らかさが好まれた。以上の結果から、止め雄の違いが多産系産子の食味性向上に寄与する可能性が示唆された。

緒言

近年、我が国の養豚業は労力低減や出荷頭数の増加を目的に多産系母豚の導入が進んでいる。多産系母豚とは、母豚1頭当たりの年間離乳頭数が30頭以上の海外品種を指すことが多い。養豚農業実態調査2018によると、九州地域における海外ハイブリット豚の導入状況は、全体の22.3%を占め、今後も増加することが予想されている。

多産系母豚は、繁殖性に注目されることが多い。このため、産子における発育や肉質についての報告は少ない。

そこで、本試験では多産系母豚の産子について発育や肉質を調査するとともに、止め雄の違いによる影響について検討した。

材料および方法

1 試験場所および試験期間

宮崎県畜産試験場川南支場（以下、「川南支場」という。）において令和元年10月から令和2年1月に実施した。

2 試験区分および飼養管理

試験区分：試験区分及び供試頭数を表1に示した。

対照区は多産系品種（LW）にX社で販売しているデュロック種を掛け合わせて作出した産子を用いた。

試験区は、多産系に家畜改良センター宮崎牧場で販売しているデュロック種「ユメサクラエース」の精液を掛け合わせて作出した産子を用いた。供試頭数は、各区で去勢雄3頭、雌3頭の計12頭を用いた。なお供試豚は、分娩日の差が1週間以内の母豚6頭（対照区3頭、試験区3頭）から1腹当たり去勢雄及び雌を1頭ずつ選んだ。

試験開始体重は約37kgとした。なお、開始日齢は71から78日齢の範囲とし、平均74日齢であった。試験期間は開始体重到達時から出荷体重到達（体重約110kg）までとした。

飼養管理：供試豚は、カーテン式開放豚舎にて、約3.9m²の豚房に各3頭を配置し、不断給餌、自由飲水で飼育した。給与飼料は肥育豚用の前期飼料（粗タンパク質（CP）15.5以上、可消化養分総量（TDN）78以上）及び後期飼料（CP13.5以上、TDN77以上）の市販配合飼料を用いた。

3 発育及び枝肉成績

発育調査は、試験開始時の日齢及び体重、試験終了時の日齢及び体重、一日増体重、飼料摂取量及び飼料要求率を調査した。

枝肉成績は、日本食肉格付協会の格付に準じて格付、枝肉重量及び背脂肪厚を調査した。

表1 試験区分

試験区分	交配雄	給与飼料	肥育期間	供試頭数
対照区	デュロックX	市販飼料	肥育前期～肥育後期	6頭（去勢雄3頭、雌3頭）
試験区	ユメサクラエース	市販飼料	（体重37kg～107kg）	6頭（去勢雄3頭、雌3頭）

※供試豚は、分娩日の差が1週間以内の母豚6頭からそれぞれ去勢と雌を1頭ずつ選抜した。

4 肉質分析

ロース肉中の水分含量は加熱乾燥法（135℃、2時間）、粗脂肪含量はエーテルによるソックスレー抽出法で測定した。

ドリップロス、入江（入江 2002）のナイロンバック法を参考にした。胸最長筋を筋繊維に沿って立方体状にサンプルを切り出し、重量測定後サンプルをナイロンネットに入れ、紐で結び、ビニール袋に入れ密封した。この際、袋の中に空気を入れ、サンプルと袋が触れないようにした。4から5℃の冷蔵庫内に紐で吊し、48時間後のサンプル重量を測定して試料作成時に対する重量の減少から割合を求めた。

加熱損失は、冷凍状態でロース肉の線維が縦に走るように2cm×2cm×5cmにカットしたサンプルを70℃で60分湯煎し、30分放冷後、紙タオルで表面のドリップを拭き取り、拭き上げ後の重量を測定、重量減少率で示した。

剪断力価は、加熱損失測定後のサンプルを用いてインストロンによる Warner - Bratzler 剪断力価の測定した（入江 2002）。

脂肪融点は、脂肪を105℃で3.5時間加熱抽出したサンプルを用い、ガラス毛细管を用いた常法により測定した。

5 食味試験

食味試験は、川南支場で実施した。試験場職員20名をパネリストとして評価した。室温25度に設定した部屋で、サンプルの提供時及び評価時に会話を慎むよう事前に説明を行った上で実施した。供試肉の調理は、去勢豚の腰椎部のロースを厚さ5mmにスライスし、脂肪1cm、高さ3cm、幅3cmに成形後1.5%食塩水中に10分浸漬した。浸漬後、230℃のホットプレートで表面30秒、裏面30秒加熱した。

評価方法は二点嗜好法を用いた。評価項目は、味、

食感、香り、柔らかさ、ジューシーさ、全体の好ましさの6項目とした。統計処理は、二項検定を行った。

結果および考察

1 発育成績および枝肉成績

発育成績及び枝肉成績を表2に示した。

発育成績では、試験終了日齢、試験終了体重、一日増体重、飼料摂取量、飼料要求率に有意差は認められなかった。

枝肉成績では、枝肉重量、背脂肪厚、上物頭数に有意差は認められなかった。

このことから、今回の試験では多産系産子の発育及び枝肉に止め雄の影響は見られなかったと考えられる。

2 肉質成績

肉質成績を表3に示した。肉質成績では、ロース中の水分含有率、粗脂肪含有率、加熱損失、剪断力価に有意差は認められなかった。

脂肪融点で、試験区が対照区より高くなった。

3 食味試験

食味検査の結果を図1に示した。

対照区に比べて試験区で食感、ジューシーさ、柔らかさが有意に好まれた。また、その他の全ての項目において対照区に比べて試験区で好まれた。

剪断力価と食味の硬さについては、関係性があることが知られている。今回の試験では、有意差はないものの対照区に比べて試験区で剪断力価が低くなっていることから、肉の硬さに関連する柔らかさや食感の評価項目で対照区に比べて試験区で好まれた可能性がある。

以上の結果から、本試験で供試した多産系母豚にユメサクラエース等の肉質に着目した止め雄を交配することで、多産系産子の食味が向上する可能性が示唆された。

表 2 発育及び枝肉成績

項目	対照区	試験区
試験開始日齢(日)	78.0 ± 1.55 ^a	71.5 ± 0.55 ^b
試験開始体重 (kg)	37.4 ± 6.34	37.0 ± 5.51
試験終了日齢 (日)	140.2 ± 7.44	133.7 ± 10.65
試験終了体重 (kg)	107.2 ± 0.98	107.0 ± 1.79
一日増体重 (g/日)	1,127.7 ± 114.22	1,141.6 ± 122.88
飼料摂取量 (kg)	207.1 ± 10.46	196.5 ± 21.55
飼料要求率	2.9 ± 0.13	2.8 ± 0.14
枝肉重量 (kg)	70.2 ± 1.13	70.9 ± 3.40
背脂肪厚 (cm)	1.8 ± 0.22	2.0 ± 0.36
上物頭数	6/6	6/6

注：肩文字の異符号間a,bに止め雄で有意差あり (p<0.05)

表 3 肉質成績

項目	対照区	試験区
水分含有率 (%)	72.7 ± 1.14	72.6 ± 1.47
粗脂肪含有率 (%)	3.5 ± 1.08	3.6 ± 0.37
ドリップロス (%)	4.3 ± 1.02	4.9 ± 2.37
加熱損失率 (%)	26.6 ± 1.39	25.1 ± 1.55
脂肪融点 (°C)	30.7 ± 0.34 ^a	31.5 ± 0.26 ^b
剪断力価 (g)	6,062.3 ± 887.15	4,865.4 ± 1634.37

注：肩文字の異符号間に止め雄で有意差あり (p < 0.05)

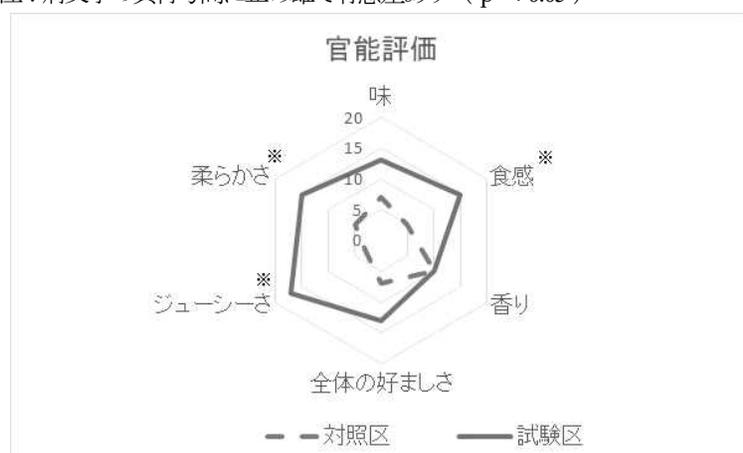


図 1 多産系の食味試験結果

参考文献

- 1.入江正和. (2002 年) 豚肉質の評価法.日豚会誌 39 巻 4 号 221-254
- 2.一般社団法人日本養豚協会(JPPA).平成 31 年 3 月, 養豚農業実態調査 2018
- 3.公益社団法人日本食肉格付協会. 2014, 豚枝肉取引規格の概要

謝辞

本試験を実施するにあたり、ユメサクラエースの精液を提供をいただきました独立行政法人家畜改良センター宮崎牧場の皆様に心より感謝いたします。

肥育豚への機能性焼酎粕給与試験（第1報）

壱岐 侑祐・岩切 正芳・岐本 博紀・喜田 珠光¹⁾・山本 英樹¹⁾・水谷 政美¹⁾

¹⁾ 食品開発センター

Feeding Examination of Functionality Shochu Distillery By-product
for Growing Finishing pigs

Yusuke IKI, Masayoshi IWAKIRI, Hironori KIMOTO,
Tamami KIDA, Hideki YAMAMOTO and Masami MIZUTANI

<要約> 肥育豚へ肥育前期から後期（35から113kg）に、オルニチン等を含む機能性焼酎粕を30%代替給与（試験区）しても、発育および枝肉に影響はなかった。肉質では、試験区でドリップロスが対照区より有意に多くなった。食味試験では、試験区に比べて対照区で鼻に香る匂いが有意に好まれた（ $p < 0.01$ ）。

以上の結果から、肥育豚に機能性焼酎粕を30%代替給与しても発育に影響なく利用できることが示唆された。

緒言

本県の焼酎出荷量は、約15万キロリットル（平成26年酒造年度）で全国1位となっている。一方で、焼酎粕も約27万キロリットル排出されている。焼酎粕は、水分含量が高く腐敗しやすい特徴を持つが、乳酸菌添加によりサイレージ化することで発酵焼酎粕になり保存性を高めること知られており、北諸県地域や西臼杵地域で、発酵焼酎粕の給与が牛を中心に行われている。

宮崎県食品開発センターで作出された特殊な乳酸菌を発酵焼酎粕の調製時に用いることでオルニチンを生産することが報告されている。オルニチンは、尿素サイクルの代謝中間体であり、肝臓での尿素生成に関与することで肝機能改善が期待できることが知られている（浅桐 2016）が、肥育豚における知見はない。

そこで、本試験では肥育豚への機能性焼酎粕給与が、発育や肉質に及ぼす影響を調査した。

材料および方法

1 試験場所および試験期間

本試験は宮崎県畜産試験場川南支場（以下、「川南支場」という。）において令和元年10月から令和2年1月に実施した。

2 試験区分および飼養管理

試験区分：試験区分および供試頭数を表1に示した。供試豚は川南支場で飼育されているLWD去勢豚16頭を用いた。開始時の体重は約36kg、開始日齢は約85日齢とした。対照区は基礎飼料で飼育した。試験区は、対照区と基礎飼料の現物重量30%を機能性焼酎粕で代替して給与した。なお、今回の試験は、平成30年度に実施した予備試験の結果から発育に影響を与えず、可能な限り焼酎粕を利用できる代替量を協議して割合を決定した。

飼養管理：供試豚は、カーテン式開放豚舎で、約3.9m²の豚房に各4頭を配置し、不断給餌、自由飲水で飼育した。給与飼料は肥育豚用の前期飼料（粗タンパク質（CP）15.5以上、可消化養分総量（TDN）78以上）及び後期飼料（CP13.5以上、TDN77以上）の市販配合飼料を基礎飼料として用いた。

3 発育および枝肉成績

発育調査は、試験開始日齢、終了日齢、開始体重、終了体重、一日増体重、乾物飼料摂取量及び乾物当たりの飼料要求率を調査した。

と畜後、枝肉は、と畜場の冷蔵庫で保管し、翌日、豚産肉検定に準じて、と体長、と体幅、ロース長を測定した。なお、枝肉の調査は、同日に対照区と試験区から出荷された3頭ずつ計6頭を用いた。また、日本食肉格付協会の格付けに準じて格付、枝肉重量及び背脂肪厚を全ての試験豚で調査した。

区分	供試飼料	品種:LWD	供試頭数
対照区	市販飼料		8
試験区	市販飼料+機能性焼酎粕30%代替		8

※性別は全て去勢雄

4 肉質分析

ロース肉中の水分含量は加熱乾燥法（135℃、2時間）、粗脂肪含量はエーテルによるソックスレー抽出法で測定した。

色調は、ロース肉および背脂肪を切り出し、測色色査計 ZE-2000（日本電色工業株式会社）を用い、L値（明度）、a値（赤色度）、b値（黄色度）を測定した。

ドリップロスは、入江（入江 2002）のナイロンバック法を参考にした。胸最長筋を筋繊維に沿って立方体状にサンプルを切り出し、重量測定後サンプルをナイロンネットに入れ、紐で結び、ビニール袋に入れ密封した。この際、袋の中に空気を入れ、サンプルと袋が触れないようにした。4から5℃の冷蔵庫内に紐で吊し、48時間後のサンプル重量を測定して試料作成時に対する重量の減少から割合を求めた。

加熱損失は、冷凍状態でロース肉の線維が縦に走るように2cm×2cm×5cmにカットしたサンプルを70℃で60分湯せんし、30分放冷後、紙タオルで表面のドリップを拭き取り、拭き上げ後の重量を測定、重量減少率で示した。

剪断力価は、加熱損失測定後のサンプルを用いてインストロンによる Warner - Bratzler 剪断力価の測定を行った（入江 2002）。

脂肪融点は、脂肪を105℃で3.5時間加熱抽出したサンプルを用い、ガラス毛细管を用いた常法によ

り行った。

5 食味試験

食味試験は、食品開発センター職員50名をパネリストとして評価した。室温を一定にした個室で実施した。供試肉は、去勢豚の腰椎部のロースを厚さ5mmにスライスし、脂肪1cm、高さ3cm、幅3cmに成形後1.5%食塩水中に10分浸漬した。浸漬後、230℃のホットプレートで表面30秒、裏面30秒加熱した。評価方法は、2点嗜好法を用いた。評価項目は香り、食感、風味、全体、柔らかさ、ジューシーさ、臭み、旨味とした。統計処理は、二項検定を行った。

結果および考察

1 飼料成分

機能性焼酎粕のアミノ酸含量を表2に、供試飼料の配合後の乾物当たりの一般成分を表3に示した。

機能性焼酎粕はアルギニンからオルニチンを生成しているため、アルギニン含量が低くなった。

試験区は対照区に比べて前期から後期でタンパク質が高く、TDNが低い飼料であったが、豚の肥育期間中に必要なタンパク質の要求量は満たしており問題ないと考えられる。

表2 機能性焼酎粕の必須アミノ酸含量 単位: mg/L

アルギニン	39.0
ヒスチジン	339.7
イソロイシン	468.8
ロイシン	1960.3
リジン	77.3
メチオニン+シスチン	454.0
フェニルアラニン+チロシン	1259.2
トレオニン	84.5
トリプトファン	1.5
バリン	750.5

表3 供試飼料の乾物当たりの一般成分

	肥育前期 (試験開始~75kg)		肥育後期 (75kg~115kg)	
	対照区	試験区	対照区	試験区
粗タンパク	17.3	20.4	15.1	18
粗脂肪	2.8	5.5	2.2	3.0
粗繊維	4.5	3.0	4.5	2.4
粗灰分	6.7	4.4	6.7	4.1
TDN	78以上	75.5	77以上	72.9

2 発育成績および枝肉成績

発育成績及び枝肉成績を表4に示した。

発育成績では、一日増体重、乾物摂取量、乾物当たりの飼料要求率に差はなかった。このことから機能性焼酎粕を30%代替して給与しても発育に影響がないことが示唆された。

枝肉成績では、と体長、と体幅、ロース長、枝肉

重量、背脂肪厚および上物頭数に差はなく、機能性焼酎粕の30%代替は枝肉成績に影響を及ぼさないと考えられる。

表4 発育成績及び枝肉成績

項目	対照区		試験区	
	値	誤差	値	誤差
開始日齢 (日)	84.4	2.33	85.4	2.20
終了日齢 (日)	145.3	9.00	139.625	6.7
開始体重 (kg)	37.0	8.63	36.0	6.65
終了体重 (kg)	113.6	5.22	109.8	2.83
日増体重 (kg/日)	1,284.9	264.56	1,382.2	235.35
乾物飼料摂取量 (kg)	180.9	3.06	173.2	78.55
飼料要求率 (DM)	2.4	0.12	2.2	0.23
と体長 (cm)	90.7	0.33	93.7	10.33
と体幅 (cm)	54.7	6.33	55.7	6.33
ロース長 (cm)	35.5	0.75	35.4	1.56
枝肉重量 (kg)	72.4	20.49	71.6	4.53
背脂肪厚 (cm)	1.9	0.12	2.0	0.24
上物頭数	8/8		5/8	

3 肉質成績

肉質成績を表5に示した。肉質成績では、ロース中の水分、粗脂肪、加熱損失、剪断力価及び脂肪融点のいずれにおいても両区に差はなかった。これは、堀之内らが乾燥焼酎粕を30kg以降の肥育豚に給与した試験の結果と一致している（堀之内ら2009）。

ドリップロス試験は試験区に比べて対照区で有意に低下した。筋内脂肪が多い場合、水分が少ないだけでなく、脂質成分が水を取り囲むことになり、一般的に保水性が向上することが知られている。対照区と試験区では、ロース肉中の粗脂肪に約1%の差があり、今回の試験では、試験区で保水性が低下した可能性がある。

表5 肉質成績

項目	対照区		試験区	
	値	誤差	値	誤差
ロース肉中の水分 (%)	72.8	2.08	72.8	0.41
ロース肉中の粗脂肪 (%)	4.5	1.14	3.7	0.91
ドリップロス (24h) (%)	2.8	1.80 ^a	5.1	1.23 ^b
加熱損失 (%)	24.9	1.76	26.4	1.60
剪断力価 (g)	6,562.8	2,179.85	6,466.3	1,932.82
脂肪融点 (°C)	32.1	5.69	32.0	1.66
肉色 (48h)				
L値	54.6	6.36 ^a	57.5	5.83 ^b
a値	10.6	4.9	9.3	4.06
b値	10.6	0.39	9.7	5.58
脂肪色 (48h)				
L値	73.3	14.05 ^a	77.5	4.63 ^b
a値	5.7	1.79	5.3	0.58
b値	8.8	0.20	8.4	0.86

注：肩文字の異符号間にp<0.01で有意差あり

4 食味試験

食味試験の全体結果を図 1、各年代別の結果を図 2 から 7 に示した。

全体の結果から鼻で嗅ぐ香りでは、対照区で試験区に比べて有意に好まれた。また、臭みでは有意差はないものの対照区で試験区に比べて好まれた。

そこで、各年代ごとに鼻で嗅ぐ香りと臭みについて評価した。鼻で嗅ぐ香りでは、20 代から 50 代で試験区に比べて対照区で高く、この結果が全体の結果に反映されたと考えられる。臭みでは、30 代から 60 代で対照区に比べて試験区で臭みが強いと回答する人数が多かったため、全体の結果に反映されたと考えられる。

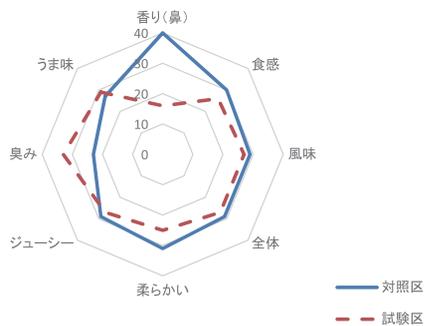


図 1 食味試験結果 (全体)



図 2 食味試験結果 (20 代)

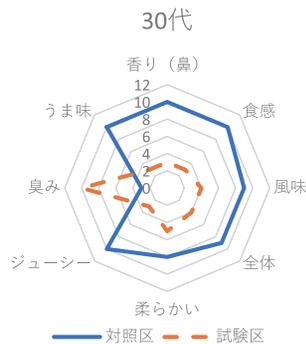


図 3 食味試験結果 (30 代)

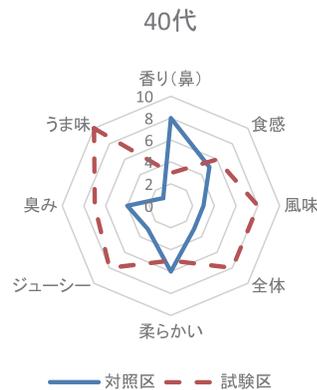


図 4 食味試験結果 (40 代)



図 5 食味試験結果 (50 代)

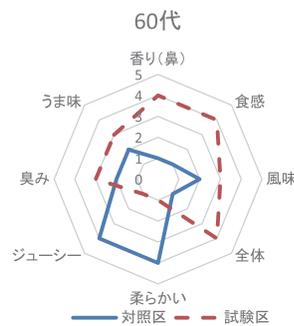


図 6 食味試験結果 (60 代)

本試験の結果から、機能性焼酎粕を市販飼料の 30 % 代替として利用しても、発育や枝肉に影響を及ぼさないが、肉質において、ドリップロスを増加させる可能性がある。また、食味性において、鼻で嗅ぐ香りで市販飼料を給与した豚よりも好まれない可能性がある。このことから機能性焼酎粕による市販飼料の 30 % 代替は、発育や枝肉に影響はないが、肉質や食味性に影響する可能性があり、配合割合の更なる検討が必要であることが明らかになった。

なお、本試験は平成 31 年度産業廃棄物税使途事業「食品廃棄物を用いた機能性成分高含有飼料の製造及び家畜への給餌に関する研究」により実施した。

参考文献

1. 浅桐公男.2016.外科と代謝・栄養 50 卷 2 号
185-18,オルニチン
2. Folch, J., Lees, M., Sloane, Stanley, G. H.
1957. A simple method for the isolation and
purification of total lipids from animal tissues. *J.
Boil. Chem.* 226, 497-509.
3. 堀之内正次郎,中塩屋正志,岩切正芳,尾花尚明,入
江正和,高橋俊浩,森田哲夫,林國興.2009.肥育豚に
対する乾燥焼酎粕給与試験（第2報）.宮崎畜試研
報第22号,60-71
- 4.入江正和.2002 豚肉質の評価法.日豚会誌 39 卷 4 号
- 5.公益社団法人日本食肉格付協会. 2014,
豚枝肉取引規格の概要
- 6.Nishimura, T., Rhue, M., R., Okitani, A., Kato, H.
1988.Components conditioning to the improvement
of meat taste during storage.
Agric. Biol. Chem. 52, 2323-2330.
- 7.Takenoyama, S., Kawahara, S., Murata, H.,
Yamauchi, K. 1999. Investigation of some
preparation procedures of fatty acid methyl esters for
capillary gas - liquid chromatographic analysis of
conjugated linoleic acid in meat. *Anim. Sci. J.* 70,
336-342.

中ヨークシャー種の育成試験 (第1報)

岩切 正芳・壺岐 侑祐・岐本 博紀

Examination of the growth of Middle White (Vol. 1)

Masayoshi IWAKIRI, Yusuke IKI, Hironori KIMOTO

<要約>中ヨークシャー種の育成期における飼料の適正給与試験を行った結果、雌豚では体重30から70kgで子豚育成飼料を不断給餌した上で、体重70から100kgで低TDN種豚育成用飼料を不断給餌すると、体重100kgの平均到達日齢は176.3日となり、過肥が抑えられて十分な発育をした。体重100kg以降は種豚用飼料を制限給餌することで、初回交配の平均日齢は257.2日、平均体重は141.4kgとなり、交配成績が最も良好な結果となった。

本県の環境に適応した中ヨークシャー種の育成手法を確立し、育成管理マニュアルを作成するため、3カ年の育成試験に取り組んだ。これまでの試験結果から、コーンサイレージを10%代替することにより過肥を抑えて適正な育成をすることができた。しかし、育成期間は一般的に群飼いであるため、制限給餌では飼料摂取量に差が出るため発育が不揃いになりやすい。

このため、低TDNの種豚育成用飼料（以下、低TDN飼料）を育成期に不断給餌することにより、豚の発育に応じて自由に栄養を摂取し、過肥を抑えながら十分な発育ができないか検討した。

試験方法

1 試験期間

令和元年10月16日から令和2年5月15日

2 材料および方法

(1) 供試豚および試験区分

平成27年2月に中ヨークシャー種を導入し、維

持群の母豚15頭と種雄豚5頭を交配し生産された体重30kgの雌子豚22頭、雄子豚9頭を供試した。

試験区分を表1に示した。対照区、試験区①、試験区②の3区分とし、対照区では体重30から70kgで子豚育成用飼料を不断給餌、体重70から100kgで高TDN飼料を不断給餌、体重100kg以降から種豚用飼料を制限給与した。これに対して、試験区①では体重70から100kgで低TDN飼料を不断給餌し、以降は種豚用飼料を制限給餌、試験区②では体重70kgから8カ月齢まで低TDN飼料を不断給餌した。

なお、給与飼料はいずれも市販飼料で、種豚用飼料の給与量は他県の中ヨークシャー種の給与事例を参考にした。

(2) 供試豚の飼養方法

体重約30kgから検定豚舎（カーテン式開放豚舎）に移動し、約5㎡の豚房に雌を2頭飼育、雄を体重100kg以降に2頭から1頭飼育とした。雌雄とも体重100kgで繁殖候補豚として、雌15頭（各試験区5頭ずつ）、雄5頭を選定し、8カ月齢までに種豚舎に移動した。

3 調査項目

(1) 発育成績

体重 30 から 100kg では毎週、体重測定を行い、DG を調査した。体重 70 から 100kg では飼料投入量と残餌量を記録し、飼料摂取量を調査した。体重 100kg 時点で各部位の体型と P2 点背脂肪厚を測定した。

表 1 試験区分

区分	30~70kg	70~100kg	100kg~8カ月齢	8カ月齢~交配
対照区	不断給餌 子豚育成用飼料 TDN77 CP15.0 ♀22・♂9	不断給餌 高TDN飼料 TDN77 CP13.0 ♀10・♂4	2.0kg/日 種豚用飼料 TDN75 CP14.5 ♀5・♂3	2.2kg/日 種豚用飼料 TDN75 CP14.5 ♀5・♂3
試験区①		不断給餌 低TDN飼料 TDN70 CP14.0 ♀6・♂5	2.0kg/日 種豚用飼料 TDN75 CP14.5 ♀5・♂2	2.2kg/日 種豚用飼料 TDN75 CP14.5 ♀5・♂2
試験区②		不断給餌 低TDN飼料 TDN70 CP14.0 ♀6	不断給餌 低TDN飼料 TDN70 CP14.0 ♀5	2.2kg/日 種豚用飼料 TDN75 CP14.5 ♀5

※雄は対照区と試験区①のみ

結 果

1 発育成績

雌の発育成績を表 2、雄の発育成績を表 3 に示した。体重 70 から 100kg において、雌の発育成績では試験区①,②と対照区との間に有意差はなかった。しかし、試験区①,②は発育がやや劣り、体重 100kg の平均到達日齢が 176.3 日で対照区より 2.4 日長くなった。これは、雄も雌と同様な傾向であった。

表 2 雌の発育成績（70~100kg）

項目	対照区（♀10頭）	試験区①②（♀12頭）
日数	43.3±2.8	47.8±10.3
増体量(kg)	32.2±3.6	30.4±3.0
DG(g)	745±84	657±123
1日飼料摂取量(kg)	3.0±0.3	2.8±0.4
体重100kg日齢	173.9±7.9	176.3±13.8

(2) 交配成績

雌は種豚舎のストールで飼育し、初回発情を確認して 2 回目の発情で自然交配した。雄は 7 カ月齢前後から擬牝台で乗駕訓練し、初回交配前に精子活力を検査し、8 カ月齢前後から交配に使用した。

表 3 雄の発育成績（70~100kg）

項目	対照区（♂4頭）	試験区①（♂5頭）
日数	42.5±5.7	44.2±4.5
増体量(kg)	34.8±3.7	33.3±2.3
DG(g)	822±67	761±104
1日飼料摂取量(kg)	2.7±0.2	3.0±0.4
体重100kg日齢	160.0±4.2	171.0±9.7

2 体型成績

体重 100kg 時点の雌の体型を表 4、雄の体型を表 5 に示した。雌の体型は、試験区①,②の方が対照区より前幅、後幅、および P2 点背脂肪厚が有意に小さくなった。特に P2 点背脂肪厚は平均 6mm 薄くなり、過肥が抑えられた。これは、雄も雌と同様な傾向であったが、胸囲と胸深が有意に小さくなった。

表4 雌の体型 (100kg)

項目	対照区 (♀10頭)	試験区①② (♀12頭)
体高 (cm)	59.7±2.8	61.4±1.3
体長 (cm)	112.3±3.6	111.6±3.2
胸囲 (cm)	110.0±2.4	108.3±3.0
胸深 (cm)	35.0±1.0	33.8±2.1
前幅 (cm)	30.9±1.1 A	28.8±1.0 B
後幅 (cm)	29.3±1.0 a	27.7±1.7 b
P2点背脂肪厚 (mm)	33.6±3.9 A	27.6±3.1 B

a,b<0.05, A,B:<0.01

表5 雄の体型 (100kg)

項目	対照区 (♂4頭)	試験区① (♂5頭)
体高 (cm)	62.2±0.7	62.5±2.0
体長 (cm)	111.9±2.9	112.0±4.8
胸囲 (cm)	110.8±2.1 a	107.2±1.0 b
胸深 (cm)	35.0±0.9 A	33.2±0.6 B
前幅 (cm)	30.5±1.6	29.7±1.0
後幅 (cm)	28.3±0.6	28.7±0.6
P2点背脂肪厚 (mm)	30.3±2.2	27.4±6.1

a,b<0.05, A,B:<0.01

表6 雌の交配成績 (選抜豚)

	対照区 (♀5頭)	試験区① (♀5頭)	試験区② (♀5頭)
8カ月齢体重 (kg)	135.8±9.7	134.1±5.1	135.8±12.7
初回発情日齢 (日)	236.3±13.0	235.8±11.4	236.5±8.4
初回交配日齢 (日)	262.6±17.7	257.2±12.0	259.2±8.0
	※1頭無発情(PMSG注で受胎)		※1頭無発情(PMSG注で受胎)
初回交配時体重 (kg)	140.9±7.1	141.4±6.3	142.7±14.8
交配時背脂肪厚 (mm)	31.2±2.3 ab	27.4±1.9 a	26.8±1.6 b
受胎頭数/初回交配頭数	4/5	5/5	4/5

a,b<0.05

表7 雄の交配成績 (選抜豚)

	対照区 (♂3頭)	試験区① (♂2頭)
8カ月齢体重 (kg)	139.3±6.7	139.3±1.8
交配期間 (月)	7.8~10.0	8.2~9.4
交配前精子活力	90#以上	90#以上
受胎頭数/交配雌頭数	8/10	5/5

3 交配成績

雌の交配成績を表 6、雄の交配成績を表 7 に示した。雌の交配成績は、試験区①では無発情豚がおらず初回交配の受胎率は100%であった。試験区①は、試験区②および対照区よりも交配成績が良好な結果で、低 TDN 種豚育成用飼料を不断給餌しても、過肥となった。成績が良かった試験区①の初回交配平均日齢は 257.2 日、平均体重は 141.4kg であった。

また、交配用に選抜した雄 5 頭の交配成績も、試験区①の方が対照区より受胎率が良好であった。

考 察

以上の結果から、雌豚では体重 30 から 70kg で子豚育成飼料を不断給餌した上で、体重 70 から 100kg で、低 TDN 種豚育成用飼料を不断給餌しても、過肥が抑えられて十分な発育をした。しかし、体重 100 kg 以降は、種豚用飼料を制限給餌した方が不断給餌よりも交配成績が良好な結果となった。

今回の試験結果を踏まえ、次年度も育成試験を継続して行い、育成管理マニュアルを作成する。

参 考 文 献

- 1 宮崎涼子、内山伸二、西礼華、竹之山慎一：新
生みやざき豚の創出試験，宮崎県畜産試験場研究
報告第 29 号,平成 30 年

種雄豚への散水頻度が精液性状に及ぼす影響

岩切 正芳・壺岐 侑祐・岐本 博紀

Effect of watering frequency to sows on semen properties

Masayoshi IWAKIRI, Yusuke IKI, Hironori KIMOTO

＜要約＞低コストで効果的な暑熱対策法を開発するため、暑熱期に種雄豚への直接散水することにより、暑熱期の精液性状への影響を軽減することができないか検討した。雄豚に省力的に水をかける方法として、水道蛇口から引いたホースの途中で市販の散水タイマーを取り付け、設定した時間に豚房上に固定したノズルからシャワー状に広がって雄豚に水がかかるようにした。雄豚へ直接、水をかけて2週間に1回採精し精液性状を調査した結果、朝10時から夜9時に1時間おき5分間の頻繁な直接散水を行うことにより、暑熱による総精子数と精子活力への影響を軽減する傾向が見られた。この散水方式は低コストで種雄豚に有効な暑熱対策法であることが示唆された。

夏期の高温多湿は、飼料摂取量の低下や繁殖生理機能の低下による受胎率や分娩率の低下、精液性状の悪化などを招く。近年は高温の日が長期間継続することが多く、従来の大型換気扇に加えて、低コストで効果的な暑熱対策法を開発する必要がある。そこで、暑熱期における種雄豚への直接散水することによる精液性状の効果を検討した。

試 験 方 法

1 試験期間

令和元年6月13日から令和元年10月10日

2 材料および方法

(1) 供試豚と飼育方法

供試した種雄豚は中ヨークシャー種3頭を用いた。供試豚は陰圧式のウインドウレス豚舎スノコ式平飼いで、6 m² (2m×3m) の豚房に1頭ずつ飼養し、飼料は制限給餌、自由飲水とした。

(2) 試験区分

試験区分を表1に示した。試験区①、試験区②及び対照区の3区分に設定し、試験区①(1時間おき)は1回の散水時間5分間(散水量170)で1日に12回の散水回数(散水時間帯10～21時)、試験区②(2時間おき)は1回の散水時間5分間(散水量170)で1日に6回の散水回数(散水時間帯10～20時)、対照区(散水なし)は散水をしない通常飼養とした。

(3) 散水方法

試験区①における散水時間表を写真1、シャワーの様子を写真2に示した。雄豚に省力的に水をかける方法として、水道蛇口から引いたホースの途中で市販の散水タイマーを取り付け、設定した時間に豚房上に固定したノズルからシャワー状に広がって雄豚に水がかかるようにした。

3 調査項目

調査項目は、(1)豚舎内温度、(2)精液量、(3)精子活力、(4)総精子数、(5)奇形精子率、(6)血中GOT、(7)血中γ-GTP、(8)血中尿素窒素、(9)血中総コレステロールとした。

表 1 試験区分

区分	内容	散水時間帯	種雄豚			豚房面積
			頭数	品種	月齢	
対照区(散水なし)	通常飼養 (ウインドウ豚舎、換気扇)	-	1	Y種	28ヶ月	6㎡(2×3)
試験区①(1時間おき)	通常飼養+散水1時間おき (5分間×12回/日)	10~21時	1	Y種	28ヶ月	6㎡(2×3)
試験区②(2時間おき)	通常飼養+散水2時間おき (5分間×6回/日)	10~20時	1	Y種	28ヶ月	6㎡(2×3)



写真1 散水時間表 (試験①)

↑散水タイマー



写真2 シャワーの様子 ※シャワー口の高さ160cm

4 調査方法

種雄豚は2週間に1回採精し、直ちに精液性状を検査した。総精子数は分光光度計で測定し、3回の平均値を総精子数とした。精子活力は顕微鏡で運動が激烈で、最活発な前進運動を行うもの(■)の割合を示した。奇形精子数は3%食塩水で希釈した精液を顕微鏡でトーマの血球計算板により算出し、2回の平均値を奇形精子数とした。

試験の最初と中間と最後に採血し、遠心分離後に血漿を冷凍保存し、主な血漿成分を民間の分析機関で委託分析した。

結 果

1 精液量

豚舎内温度を図1、精液量を図2に示した。精液量は、各試験区間に大きな差は見られなかった。

2 精子活力

精子活力を図3に示した。対照区では豚舎内の最高気温30℃以上が続いた7月下旬から8月21日まで、9月上旬から9月14日までの期間は85■に低下したが、散水を行った試験区①、②では90■以上になり、暑熱の影響はほとんど見られなかった。

3 総精子数

総精子数を図4に示した。対照区と試験区②では、真夏日が続いた7月下旬および9月上中旬で低下したが、試験区①は変動が小さかった。

4 奇形精子率

奇形精子率を図5に示した。対照区は7月に数値かやや高くなったが、これは呼吸器疾患による食欲不振が原因と見られる。それ以外は全区とも0.2~1.8%の範囲にあり、暑熱による影響は見られなかった。

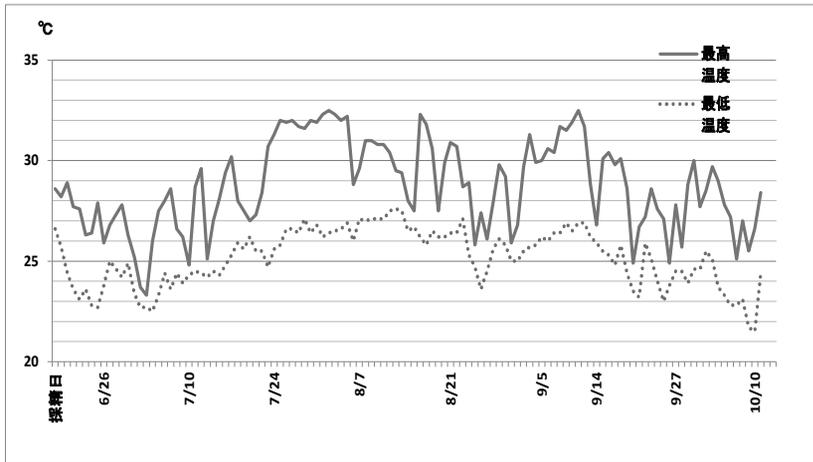


図1 豚舎内温度

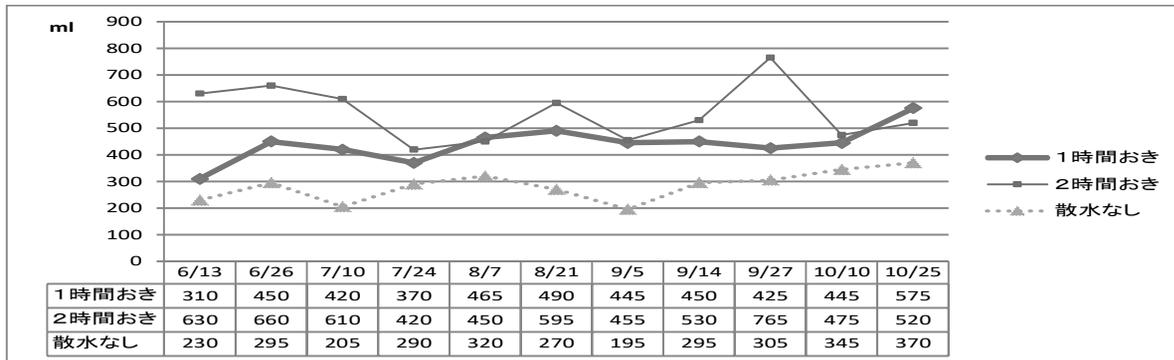


図2 精液量 (ml)

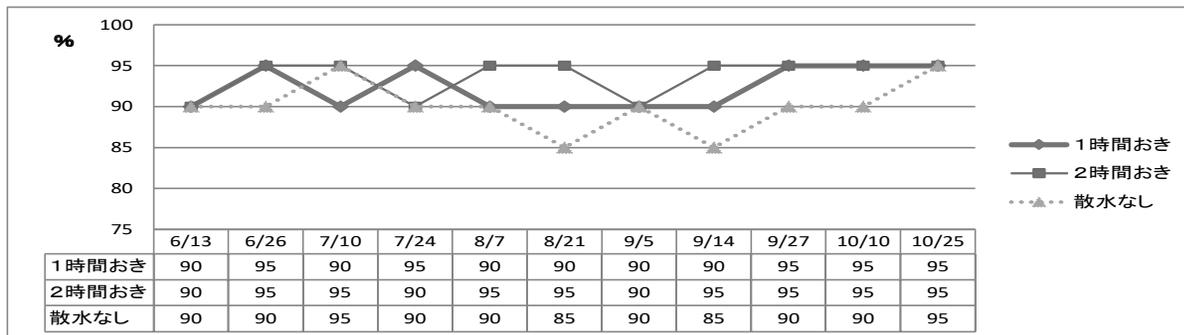


図3 精子活力 卍 (%)

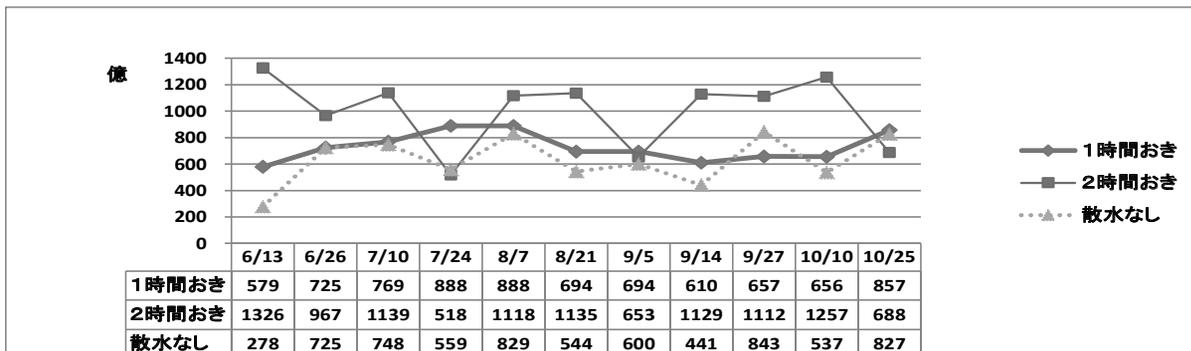


図4 総精子数 (億)

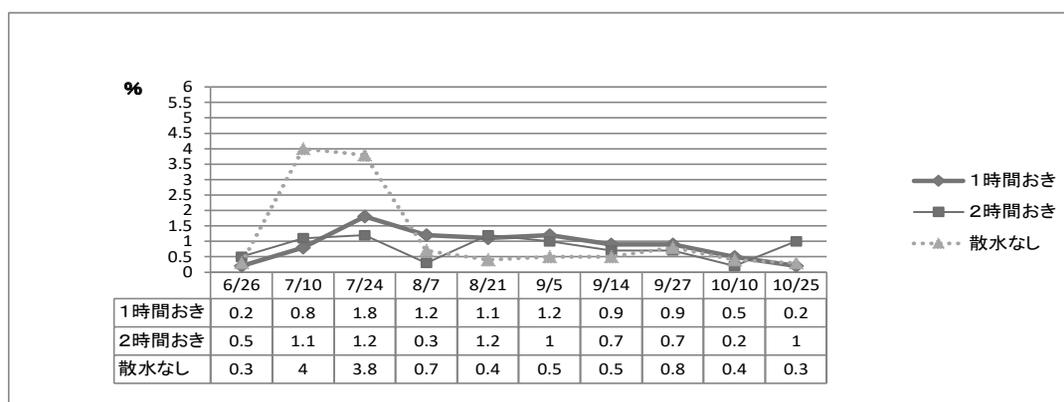


図5 奇形精子率 (%)

)

5 血液検査

血中の各検査項目を図6～図9に示した。各試験豚とも各検査項目の数値に異常や一定の傾向は見られなかった。

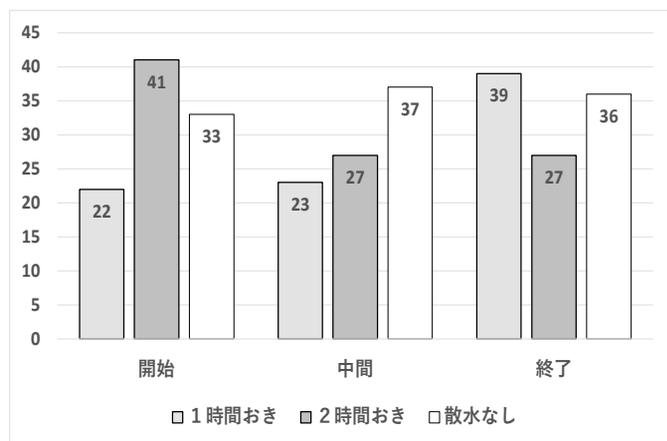


図6 血中 GOT (U/L)

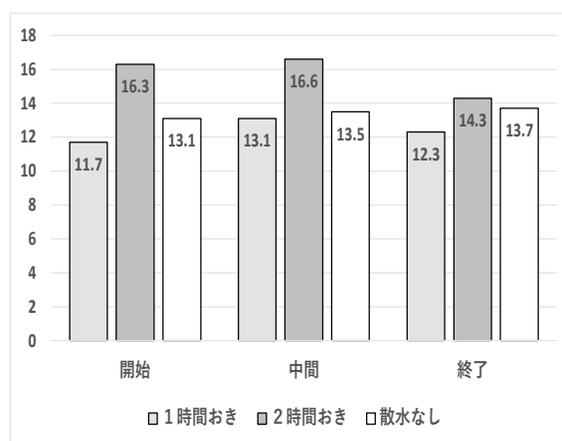


図8 血中尿素窒素 (UN)

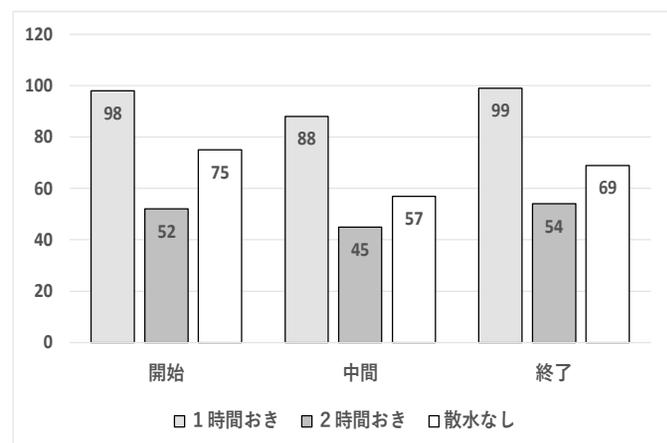


図7 血中 γ -GTP (U/L)

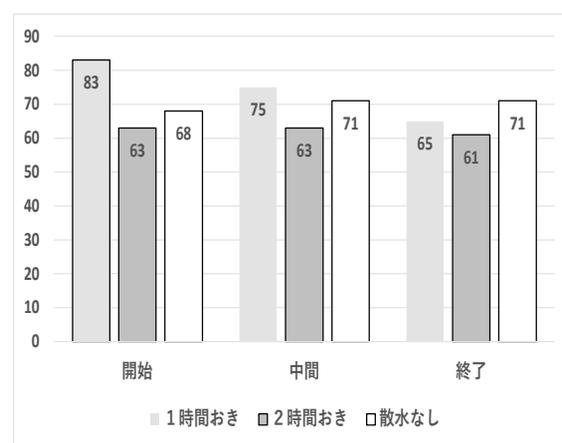


図9 血中総コレステロール (mg/dL)

考 察

試験の結果、市販の散水タイマーとシャワーノズルを取り付けて、水道水を朝10時から夜9時に種雄豚へ1時間おき5分間の頻繁な直接散水を行うことにより、暑熱による総精子数と精子活力への影響を抑制する効果が確認された。この散水装置は低コストで簡単に取付け取外しができ、種雄豚の暑熱対策に有効なものであると思われる。暑熱期の繁殖性低下が見られる養豚現場では、従来の空気調整に加え、この散水方式を補完的に取り組むことで改善が期待できると思われる。

参 考 文 献

- 1 笹田裕司・向坂優雅：トマト及びアルギニン給与による種雄豚の夏期繁殖向上試験，香川畜試報告52 (2017)
- 2 家畜人工授精講習会テキスト，一般社団法人日本家畜人工授精師協会
- 3 宮崎涼子、西礼華、岩切正芳：凍結精液による夏季の生産性向上の検討，宮崎県畜産試験場研究報告第28号，平成28年

種雄豚への豚用注水機による注水が精液性状に及ぼす影響

岩切 正芳・壺岐 侑祐・岐本 博紀

Effect of pouring water by means of the Butayou Chusuiki to sows on semen properties

Masayoshi IWAKIRI, Yusuke IKI, Hironori KIMOTO

<要約>「豚用注水機」によって種雄豚に注水する注水区と注水なしの対照区において、7月から10月の暑熱期に試験を行った結果、全調査項目とも有意な差はなかったが、精子活力では注水区が9月と10月に対照区より高くなった。総精子数では注水区が10月に対照区を大きく上回った。奇形精子率も注水区が10月に対照区より低くなった。注水によって、9月から10月に精液性状が良くなる傾向が見られたが、これは試験後半になると雄豚が「豚用注水機」のセンサー付近に来ることが多くなり注水回数が増加したこと、注水で濡れた床でよく休息していたことが影響したものと思われる。「豚用注水機」は強制的な注水ではなく、雄豚がセンサーに近づくと注水する仕組みになっているため、雄豚にストレスがかからない暑熱対策である。

当初計画では、グンゼ株式会社から、熱伝導性の高い繊維で作成した「豚衣」と、センサー感知式の「豚用注水機」の提供を受け、試験を行う予定であったが、予備試験で「豚衣」を陰囊に常時装着させておくことが困難と判断されたため、「豚用注水機」のみを活用し、種雄豚への注水が暑熱による精液性状への影響を軽減することができないか検討した。

試験方法

1 試験期間

令和元年7月9日から令和元年10月13日

2 材料および方法

(1) 供試豚と飼育方法

供試した種雄豚の品種はデュロック種で、4頭(3歳)を用いた。豚舎は開放豚舎のスノコ式平飼いで、15 m² (4.4m×3.4m) の豚房に1頭ずつ飼養し、飼料は制限給餌、自由飲水とした。大型ファンが3豚房間隔に設置され、豚舎内温度により回転量が自動

調節されている。

(2) 試験区分

試験区分を表1に示した。「豚用注水機」を豚房内に設置した試験区(注水区)2豚房と、設置なしの対照区2豚房に区分した。

(3) 注水方法

「豚用注水機」の仕組みを図1、注水の様子を写真1に示した。「豚用注水機」は、給水器の上部に設置したセンサーに豚が近づくと感知し、約1m離れたシャワー用電磁弁から水道水が細かなシャワー状に出る仕組みになっている。注水1回あたりの注水時間を15秒に設定し、その水量は約530mlである。

3 調査項目

調査項目は、(1)1時間当たり及び1日当たりの注水回数、(2)精液量、(3)精子活力、(4)総精子数、(5)奇形精子率、(6)血中GOT、(7)血中γ-GTP、(8)血中尿素窒素、(9)血中総コレステロールとした。

4 調査方法

注水回数は「豚用注水機」の配電盤にあるメモリーカードに記録され、パソコンで回数を確認した。

種雄豚は2週間に1回採精し、直ちに精液性状を検査した。総精子数は分光光度計で測定し、3回の平均値を総精子数とした。精子活力は顕微鏡で運動が激烈で、最活発な前進運動を行うもの(Ⅲ)の割合

を示した。奇形精子数は3%食塩水で希釈した精液を顕微鏡でトーマの血球計算板により算出し、2回の平均値を奇形精子数とした。

試験の最初と中間と最後に採血し、遠心分離後に血漿を冷凍保存し、主な血漿成分を民間の分析機関に委託分析した。

表1 試験区分

区分	内容	種雄豚			豚房面積 (1頭当り)
		頭数	品種	月齢	
対照区	通常飼養(開放豚舎、大型ファン)	2頭	D種	36ヶ月	15m ² (4.4×3.4)
試験区(注水区)	通常飼養+豚用注水機	2頭	D種	36ヶ月	15m ² (4.4×3.4)

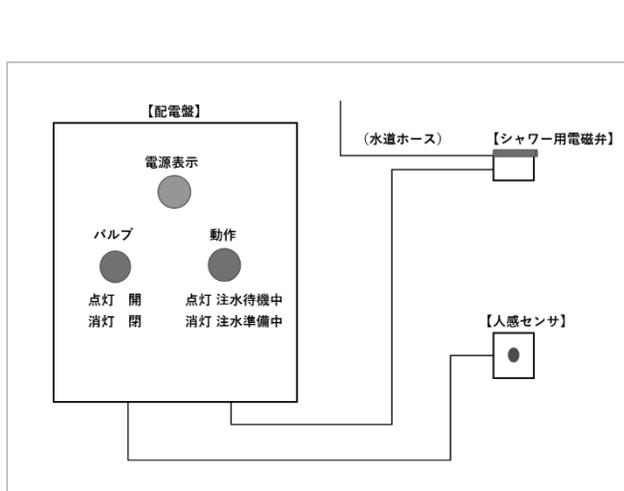


図1 豚用注水機の仕組み



写真1 注水の様子

(センサーと注水機の距離120cm、注水機口の高さ140cm)

結果

1 注水回数

1時間当たりの注水回数を図2、1日当たりの注水時間を図3に示した。給水器に近づいた雄豚をセンサーが感知して豚体の後方に水がかかることが多く、1時間当たりの注水回数は8時から17時、特に15時から16時が多く、1日当たりの注水回数は8月よりも9月以降の方がやや多くなった。

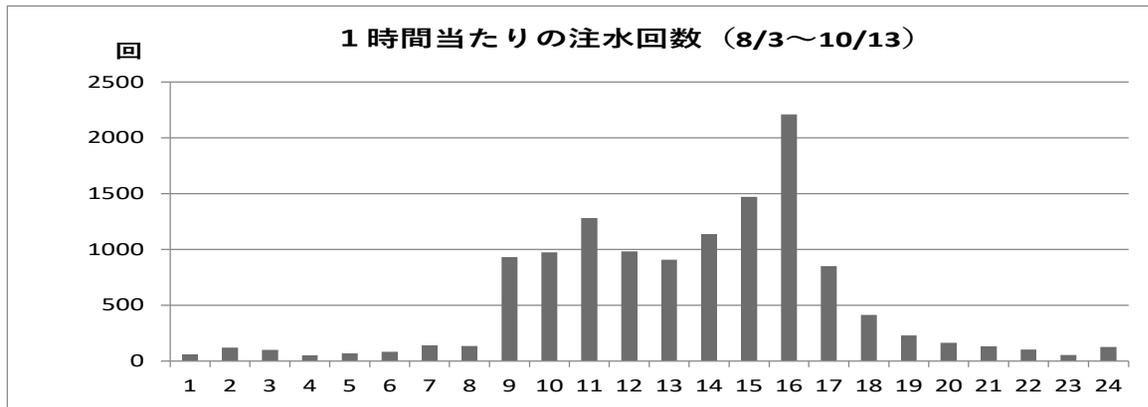


図2 1時間当たりの注水回数

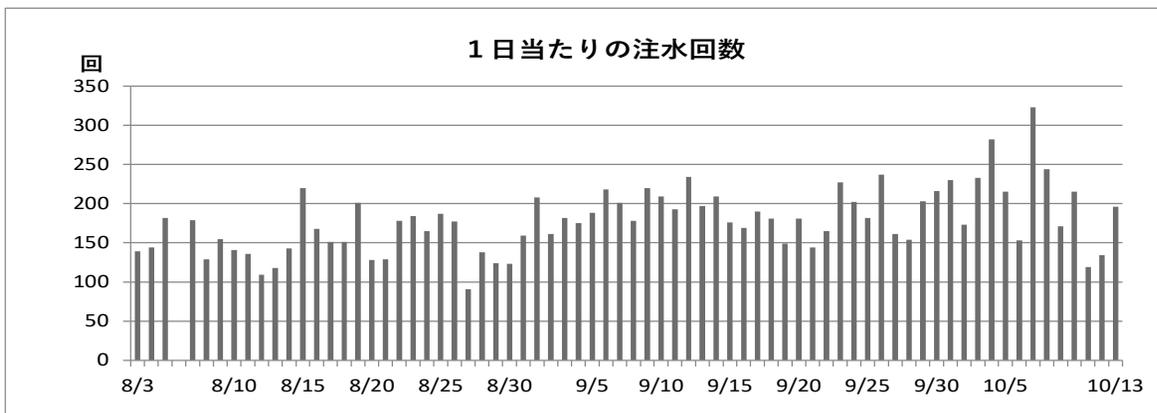


図3 1日当たりの注水回数

2 精液性状

精液性状の各項目の調査結果を表2から表5に示した。注水区と対照区において、精液性状の全調査項目ともに有意な差はなかった。しかし、精子活力では注水区が9月と10月に対照区より高くなった。

総精子数では注水区が10月に対照区を大きく上回る数値となった。奇形精子率も注水区が10月に対照区より低くなった。

表2 精液量 (ml)

区分	試験開始前(7/3)	7月(2回)	8月(2回)	9月(2回)	10月(10/7)
対照区	250.0±21.2	313.8±42.1	317.5±35.7	353.8±45.5	477.5±123.7
注水区	287.5±24.7	263.8±63.4	272.5±66.5	323.8±57.6	337.5±109.6

表3 精子活力^卍 (%)

区分	試験開始前(7/3)	7月(2回)	8月(2回)	9月(2回)	10月(10/7)
対照区	92.5±3.5	88.8±4.8	90.0±0.0	90.0±4.1	90.0±0.0
注水区	82.5±3.5	82.5±10.4	88.8±7.5	91.3±4.8	92.5±3.5

表4 総精子数 (億)

区分	試験開始前(7/3)	7月(2回)	8月(2回)	9月(2回)	10月(10/7)
対照区	798.8±684.9	581.7±167.9	1229.2±101.7	851.7±534.3	1014.3±544.5
注水区	591.9±142.1	591.1±244.7	1133.1±486.8	848.6±637.4	1327.3±85.1

表5 奇形精子率 (%)

区分	試験開始前(7/3)	7月(2回)	8月(2回)	9月(1回)	10月(10/7)
対照区	1.4±1.1	1.5±0.7	1.2±0.9	2.1±1.4	2.3±1.6
注水区	2.0±0.7	2.4±2.0	1.2±0.7	2.3±0.6	1.2±0.5

3 血液検査

血液検査結果を図4から図7に示した。各試験区とも調査項目の数値に異常は見られなかった。

また、試験区間に有意差は見られなかった。

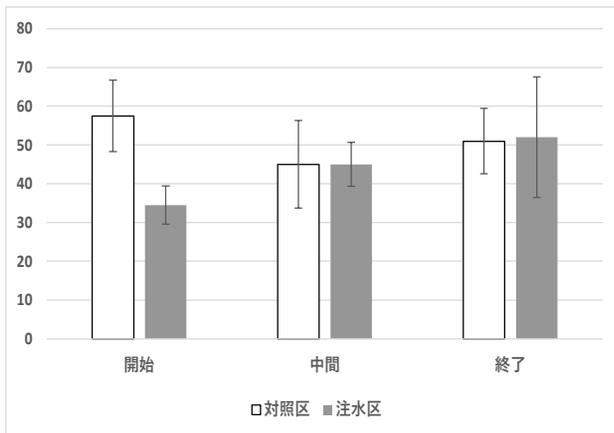


図4 血中GOT (U/L)

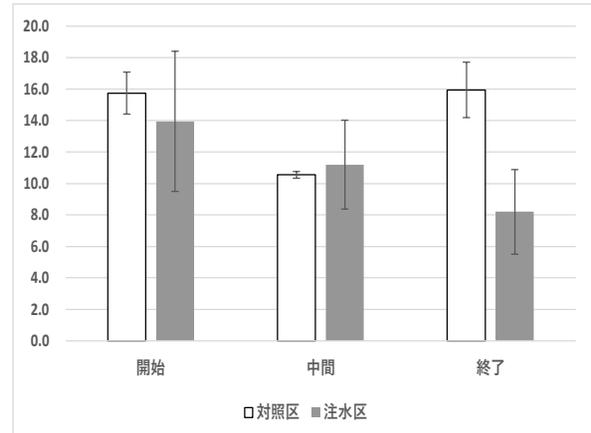


図6 血中尿素窒素 (UN)

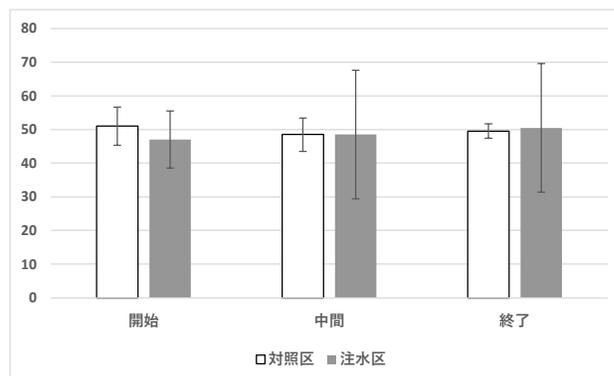


図5 血中γ-GTP (U/L)

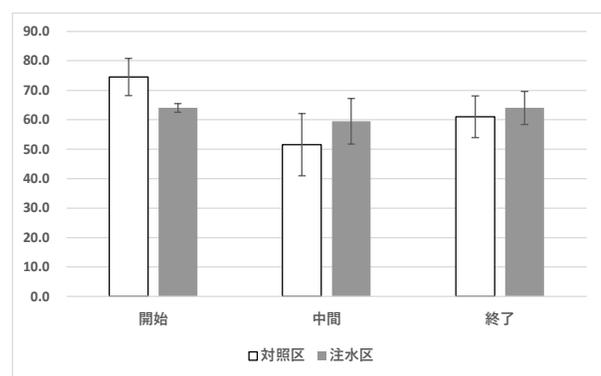


図7 血中総コレステロール (mg/dL)

考 察

注水によって9月から10月にかけて精液性状が良くなる傾向が見られた。これは試験後半になると雄豚が「豚用注水機」のセンサー付近に来ることが多くなり注水回数が増加したこと、注水で濡れた床でよく休息していたことが影響したものと思われる。

「豚用注水機」は豚に強制的に水をかけるのではなく、雄豚がセンサーに近づくと水がかかる仕組みになっているため、ストレスのない暑熱時の散水方法であることが示唆された。「豚用注水機」は、暑熱による精液性状の影響を軽減できる技術として現場での活用が期待される。

謝 辞

本試験を実施するにあたり、「豚用注水機」の制作設置と操作等のご指導をいただきましたグンゼ株式会社の研究開発部の皆様に心より感謝いたします。

参 考 文 献

- 1 吉本正：養豚場の夏場対策，日豚会誌 32 巻 2 号 1995, 6 月
- 2 家畜人工授精講習会テキスト，一般社団法人日本家畜人工授精師協会
- 3 宮崎涼子、西礼華、岩切正芳：凍結精液による夏季の生産性向上の検討，宮崎県畜産試験場研究報告第 28 号, 平成 28 年

ふ化後えづけ開始時期の違いが みやざき地頭鶏の発育に及ぼす影響

堀之内正次郎・中山広美¹⁾・加藤さゆり

¹⁾中部農林振興局

Effect of difference in start time for starter diet feeding on growth in Miyazaki-Jitokko chicken

Shojiroh HORINOUCI, Hiromi NAKAYAMA, Sayuri KATOU,

<要約>同日ふ化したみやざき地頭鶏のひなを用いて、ふ化日入雛およびふ化翌日入雛の 2 群に分け、さらに、それぞれを入雛直後えづけおよび入雛 2 時間後えづけの 2 群に分けた合計 4 試験区を設け、飼料給与量等は全て同一条件で飼育したところ、雄ではふ化日入雛した場合の各週齢体重が、ふ化翌日入雛の場合よりも有意に大きく、えづけが早いほど発育が優れる傾向が見られた。雌では雄ほど明確ではないものの、同様の傾向が見られた。このことから、ふ化後速やかに入雛・えづけ開始をすることで出荷体重が増加する可能性が示唆された。

はじめに

JAS 規格で定義される地鶏の飼養期間は 75 日齢であるが、みやざき地頭鶏は雄がおおむね 120 日齢、雌がおおむね 150 日齢と飼養期間が長いことが特徴である。その分、出荷時に体重差が大きくなりやすい傾向にある。

著者らはこれまで、みやざき地頭鶏の幼雛期管理を一工夫することで増体が向上し、出荷体重増加につながると報告してきた(堀之内ら、2018、2019)。これら試験を実施する中で、「ふ化後のえづけを早めた方が発育が良くなる」という仮説を立て、試験に着手した。「みやざき地頭鶏飼養管理マニュアル(2013)」には「ふ化当日に受け入れたひなの場合には翌日にえづけを行う」と記載されており、これはふ化後間もないひなの腹内に卵黄が残っていることを根拠としている。しかしながら、孵卵器内のひなのふ化は全て同時に行われているわけではなく、若干の誤差があり、全てのひなが十分に卵黄を残しているわけではないと推察される。

そこで、本研究では、ふ化後のえづけ開始時期が発育に及ぼす影響について調査を行った。

材料と方法

本試験は、宮崎県畜産試験場動物実験等実施規定に基づき実施した。

令和元年 5 月 22 日に川南支場で同日発生したみやざき地頭鶏を供試した。飼養条件はみやざき地頭鶏飼養管理マニュアルに準じ、保温には 4 週齢時までチックガードとガスブルーダーを用いた。

発生日から 4 週齢までは 1 試験区あたり雄 90 羽、雌 90 羽の計 180 羽を飼養し、4 週齢時に 1 試験区あたり雌雄別に各 24 羽をランダムで選抜した。試験期間中、飼料と水は自由摂取とした。

試験区分の設定は、表 1 に示したとおりであり、ふ化当日および翌日に鶏舎に入雛する群に分け、更にそれぞれの群を、入雛直後速やかにえづけ飼料を給与する群、入雛 2 時間後にえづけ飼料を給与する群に分け、合計 4 試験区を設けた。なお、入雛日およびえづけ開始時期以外の環境条件はすべての区で統一し、飼料の給与量もすべての区で同一量とした。

給餌飼料は、ふ化日(0 日齢)から 3 週齢までの前期飼料(CP22%、ME3000Kcal)、3 週齢から出荷 2

週間前までに給与する後期飼料 (CP18%、ME3230Kcal) および出荷前 2 週間に給与する仕上げ飼料 (CP18%、ME3230Kcal) を用いた。

表1 試験区分

	入雛日	えづけ開始	供試羽数
試験区1	ふ化日	入雛直後	♂90 ♀90
試験区2	ふ化日	入雛2時間後	♂90 ♀90
試験区3	ふ化翌日	入雛直後	♂90 ♀90
試験区4	ふ化翌日	入雛2時間後	♂90 ♀90

※同日(R1.5.22)ふ化のひなを供試した。

※入雛日、えづけ開始以外の諸条件はすべて統一した。

試験鶏の体重測定は、ふ化日 (0 日齢)、1、2、3、4、5、7、9、11、12、13、14、15、16、17 週齢時に実施した。週齢間増体量は、週齢間の体重差とした。体重測定時に飼料残餌量を測定し、飼料投入量計から差し引いて飼料摂取量を算出した。飼料要求率は、週齢間の飼料摂取量を週齢間の体重増加量で除して算出した。

得られた数値の統計解析はすべてフリー統計ソフトの R を用いて行った。一般化線形モデルを用いて入雛日の違い、およびえづけ開始時期の違いによる影響が有意かを判定した。モデル式は以下のとおり設定した。

$$y = \mu + C_a a + C_{ff} f + e$$

ここで、 y は各項目ごとの数値 (体重、週齢間増体量、飼料要求率)、 μ は切片、 a は入雛日 (ふ化日 : 0、ふ化翌日 : 1 の係数)、 f はえづけ開始時期 (入雛直後 : 0、入雛 2 時間後 : 1 の係数)、 e は標準誤差残差とした。

結果

表 2 に雄の体重および週齢間増体量に係る一般化線形モデルによる計算結果を示した。1、2、3、4、9、11、12、13、14 週齢体重において、ふ化日入雛がふ化翌日入雛よりも有意に重くなった。また、14 週齢体重は入雛直後のえづけが入雛 2 時間後のえづけよりも有意に重くなった。0-1、1-2、7-9、11-12 週齢間増体量において、ふ化日入雛がふ化翌日入雛よりも有意に優れ、全飼養期間を 3 区分 (0-4、4-9、9-14 週齢間) に分けた場合、0-4、9-14 週齢間増体量において、ふ化日入雛がふ化翌日入雛より

も有意に優れていた。また、5-7、9-14 週齢間増体量は入雛直後のえづけが入雛 2 時間後のえづけよりも有意に優れていた。

表 3 に雌の体重および週齢間増体量に係る一般化線形モデルによる計算結果を示した。1、2、3、4、5、7、9、11、12 週齢体重において、ふ化日入雛がふ化翌日入雛よりも有意に重くなった。0-1、1-2、12-13 週齢間増体量において、ふ化日入雛がふ化翌日入雛よりも有意に優れ、全飼養期間を 4 区分 (0-4、4-9、9-14、14-17 週齢間) に分けた場合、0-4、4-9 週齢間において、ふ化日入雛がふ化翌日入雛よりも有意に優れていた。また、5-7、11-12 週齢間増体量は入雛直後のえづけが入雛 2 時間後のえづけよりも有意に優れ、9-11 週齢間増体量は逆に入雛 2 時間後のえづけが入雛直後のえづけよりも有意に優れていた。

図 1 に、表 2、3 で得られた数値をモデル式に当てはめて推定された 1、3 (雄雌とも)、14 (雄のみ)、17 (雌のみ) 週齢体重を示した。1 週齢体重の時点で入雛日の違いによる影響が明確に示されており、雄雌それぞれの出荷週齢までその影響が続いている傾向が見られた。

表 4 に雄雌それぞれの飼料要求率に係る一般化線形モデルによる計算結果を示した。雄は 1-2、2-3、3-4 週齢間、雌は 0-1、1-2、2-3、0-4 週齢間で入雛日の違いによる有意差が確認されたが、全期間 (雄 : 0-14 週齢間、雌 : 0-17 週齢間) では差が見られなかった。一方で、入雛直後えづけと入雛 2 時間後えづけの違いでは、雌の全期間 (0-17 週齢間) で有意差が確認されたが、一定の傾向を示すものではなかった。

表2 入雛日およびえづけ開始の違いがみやざき地頭鶏雄の体重および週齢間増体量に及ぼす影響

	Intercept		入雛日 (ふ化日vsふ化翌日)		えづけ開始 (入雛直後vs入雛2時間後)	
体重						
0週齢	40.6 ±	0.4	0.2 ±	0.5	0.2 ±	0.5
1週齢	112.9 ±	1.2	-9.9 ±	1.4 ***	0.6 ±	1.4
2週齢	250.2 ±	2.0	-16.5 ±	2.3 ***	0.8 ±	2.3
3週齢	466.8 ±	2.1	-19.6 ±	2.5 ***	0.3 ±	2.5
4週齢	719.3 ±	4.8	-14.0 ±	5.6 *	3.7 ±	5.6
5週齢	931.7 ±	7.9	-17.6 ±	9.3	15.3 ±	9.3
7週齢	1659.3 ±	13.2	-6.5 ±	15.4	-10.0 ±	15.4
9週齢	2377.1 ±	18.8	-51.0 ±	22.0 *	-1.9 ±	22.0
11週齢	2920.7 ±	28.6	-68.5 ±	33.4 *	-12.0 ±	33.4
12週齢	3218.8 ±	31.2	-108.6 ±	36.4 **	-37.4 ±	36.4
13週齢	3539.4 ±	32.1	-121.3 ±	37.4 **	-53.1 ±	37.5
14週齢	3791.9 ±	37.0	-135.0 ±	43.2 **	-98.9 ±	43.2 *
週齢間増体量						
0-1週齢間	72.4 ±	1.2	-10.2 ±	1.3 ***	0.4 ±	1.3
1-2週齢間	137.3 ±	1.3	-6.5 ±	1.6 ***	0.2 ±	1.6
2-3週齢間	216.6 ±	1.8	-3.1 ±	2.1	-0.5 ±	2.1
3-4週齢間	252.5 ±	4.2	5.6 ±	4.9	3.4 ±	4.9
4-5週齢間	212.4 ±	5.9	-3.7 ±	6.9	11.6 ±	6.9
5-7週齢間	727.6 ±	9.5	11.1 ±	11.0	-25.3 ±	11.0 *
7-9週齢間	717.8 ±	11.9	-44.5 ±	13.9 **	8.2 ±	13.9
9-11週齢間	543.7 ±	18.5	-17.5 ±	21.6	-10.1 ±	21.6
11-12週齢間	297.9 ±	13.1	-39.8 ±	15.3 *	-25.1 ±	15.3
12-13週齢間	320.6 ±	11.6	-12.7 ±	13.6	-15.6 ±	13.6
13-14週齢間	250.9 ±	12.7	-10.5 ±	14.8	-42.5 ±	14.9
0-4週齢間	678.7 ±	4.9	-14.2 ±	5.7 *	3.5 ±	5.7
4-9週齢間	1657.8 ±	17.1	-37.1 ±	19.9	-5.5 ±	19.9
9-14週齢間	1414.8 ±	27.9	-83.9 ±	32.6 *	-97.0 ±	32.6 **
0-14週齢間	3751.3 ±	37.0	-135.2 ±	43.2 **	-99.1 ±	43.2 *

※ $y = \text{入雛日 (ふ化日: 0, ふ化翌日: 1)} + \text{えづけ (入雛直後: 0, 入雛2時間後: 1)}$

※ * $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

表3 入雛日およびえづけ開始の違いがみやざき地頭鶏雌の体重および週齢間増体量に及ぼす影響

	Intercept		入雛日 (ふ化日vsふ化翌日)		えづけ開始 (入雛直後vs入雛2時間後)	
体重						
0週齢	40.2 ±	0.5	0.1 ±	0.5	-0.7 ±	0.5
1週齢	113.5 ±	1.2	-15.8 ±	1.4 ***	-1.2 ±	1.4
2週齢	239.2 ±	1.8	-22.0 ±	2.0 ***	-0.7 ±	2.0
3週齢	424.0 ±	1.9	-24.1 ±	2.2 ***	-1.6 ±	2.2
4週齢	640.5 ±	3.9	-25.0 ±	4.4 ***	-5.0 ±	4.4
5週齢	810.6 ±	6.4	-34.3 ±	7.3 ***	2.2 ±	7.3
7週齢	1373.8 ±	10.7	-47.6 ±	12.2 ***	-18.9 ±	12.2
9週齢	1833.3 ±	17.3	-63.9 ±	19.7 **	-21.3 ±	19.7
11週齢	2165.1 ±	19.5	-62.1 ±	22.3 **	8.1 ±	22.3
12週齢	2314.5 ±	20.7	-52.4 ±	23.7 *	-19.1 ±	23.7
13週齢	2474.2 ±	23.1	-28.3 ±	26.4	-28.9 ±	26.4
14週齢	2588.8 ±	25.3	-36.6 ±	28.9	-28.2 ±	28.9
15週齢	2708.9 ±	28.2	-47.0 ±	32.2	-30.2 ±	32.2
16週齢	2823.9 ±	30.1	-31.9 ±	34.4	-27.4 ±	34.4
17週齢	2912.3 ±	33.8	-41.9 ±	38.6	-31.4 ±	38.6
週齢間増体量						
0-1週齢間	73.2 ±	1.1	-15.9 ±	1.3 ***	-0.4 ±	1.3
1-2週齢間	125.7 ±	1.2	-6.2 ±	1.3 ***	0.5 ±	1.3
2-3週齢間	184.8 ±	1.5	-2.1 ±	1.8	-0.9 ±	1.8
3-4週齢間	216.5 ±	3.1	-0.8 ±	-3.4	-3.4 ±	3.6
4-5週齢間	170.1 ±	5.0	-9.3 ±	5.7	7.1 ±	5.7
5-7週齢間	563.2 ±	7.6	-13.3 ±	8.7	-21.0 ±	8.7 *
7-9週齢間	459.4 ±	12.4	-16.3 ±	14.1	-2.5 ±	14.1
9-11週齢間	331.9 ±	12.8	1.7 ±	14.6	29.5 ±	14.6 *
11-12週齢間	149.3 ±	8.0	9.8 ±	9.2	-27.2 ±	9.2 **
12-13週齢間	160.0 ±	8.5	24.6 ±	9.7 *	-10.4 ±	9.7
13-14週齢間	113.4 ±	7.7	-4.0 ±	8.7	3.0 ±	8.7
14-15週齢間	120.1 ±	6.1	-10.4 ±	7.0	-2.0 ±	7.0
15-16週齢間	120.0 ±	6.7	11.9 ±	7.6	-0.4 ±	7.6
16-17週齢間	87.1 ±	7.0	-9.2 ±	7.9	-3.1 ±	7.9
0-4週齢間	600.3 ±	4.0	-25.1 ±	4.6 ***	-4.2 ±	4.6
4-9週齢間	1192.7 ±	16.4	-38.9 ±	18.8 *	-16.4 ±	18.8
9-14週齢間	755.5 ±	20.0	27.3 ±	22.9	-6.9 ±	22.9
14-17週齢間	323.5 ±	14.4	-5.3 ±	16.4	-3.2 ±	16.4
0-17週齢間	2872.0 ±	33.8	-42.0 ±	38.6	-30.7 ±	38.6

※ $y = \text{入雛日 (ふ化日: 0, ふ化翌日: 1)} + \text{えづけ (入雛直後: 0, 入雛2時間後: 1)}$

※ * $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

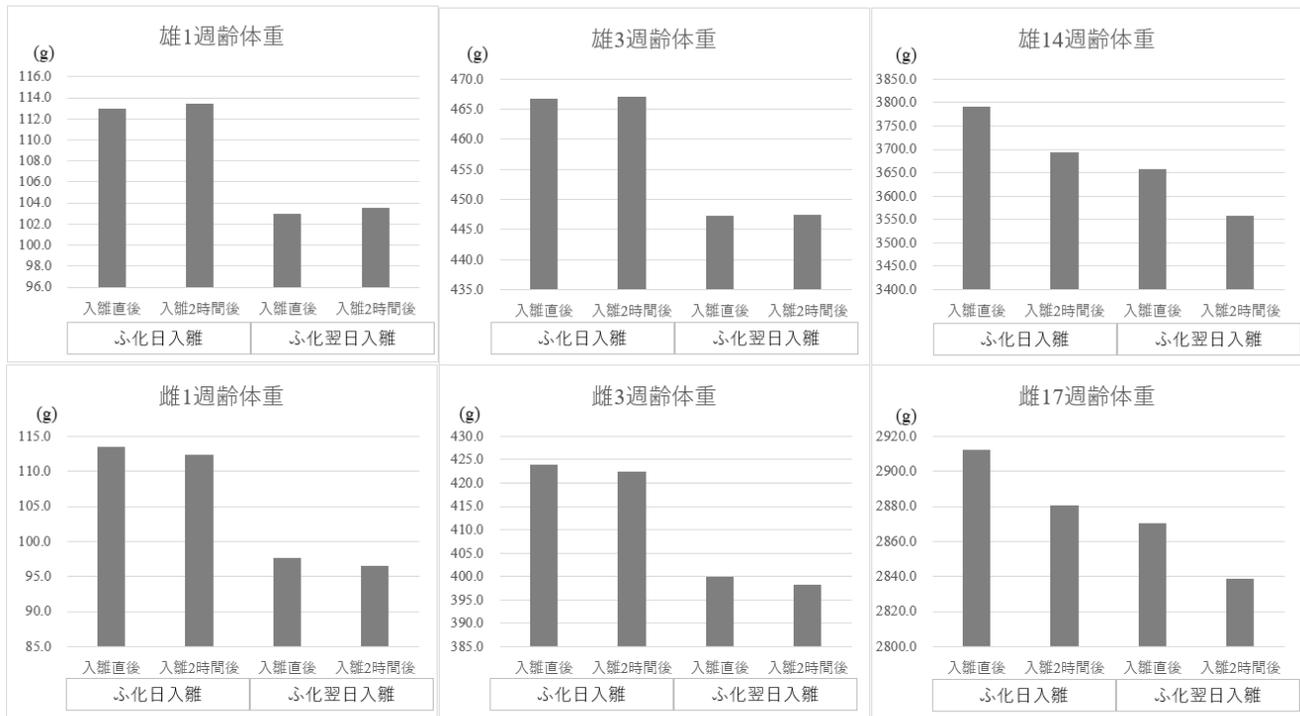


図1 一般化線形モデル式から推定された各週齢体重

表4 入雛日およびえづけ開始の違いがみやざき地頭鶏の飼料要求率に及ぼす影響

	Intercept	入雛日 (ふ化日 vs ふ化翌日)		えづけ開始 (入雛直後 vs 入雛2時間後)	
雄					
0-1週齢間	2.38 ± 0.04	0.00 ± 0.05		0.05 ± 0.05	
1-2週齢間	0.98 ± 0.01	0.16 ± 0.01 ***		-0.01 ± 0.01	
2-3週齢間	1.25 ± 0.01	0.06 ± 0.01 ***		-0.04 ± 0.01 ***	
3-4週齢間	1.76 ± 0.03	-0.08 ± 0.03 *		0.01 ± 0.03	
0-4週齢間	1.50 ± 0.01	0.02 ± 0.01		-0.01 ± 0.01	
4-9週齢間	2.36 ± 0.03	0.03 ± 0.03		0.01 ± 0.03	
9-14週齢間	3.60 ± 0.08	0.11 ± 0.09		0.20 ± 0.09 *	
0-14週齢間	2.67 ± 0.03	0.03 ± 0.03		0.04 ± 0.03	
雌					
0-1週齢間	2.35 ± 0.04	0.25 ± 0.05 ***		0.06 ± 0.05	
1-2週齢間	1.07 ± 0.01	0.18 ± 0.01 ***		-0.02 ± 0.01	
2-3週齢間	1.47 ± 0.01	0.06 ± 0.01 ***		-0.05 ± 0.01 ***	
3-4週齢間	2.04 ± 0.03	-0.03 ± 0.04		0.08 ± 0.04 *	
0-4週齢間	1.70 ± 0.01	0.06 ± 0.01 ***		0.02 ± 0.01	
4-9週齢間	2.96 ± 0.05	0.06 ± 0.05		0.16 ± 0.05 **	
9-14週齢間	4.76 ± 0.13	0.00 ± 0.14		0.22 ± 0.14	
14-17週齢間	7.59 ± 0.31	0.15 ± 0.36		-0.24 ± 0.36	
0-17週齢間	3.62 ± 0.04	0.08 ± 0.05		0.12 ± 0.05 *	

※ y=入雛日 (ふ化日 : 0、ふ化翌日 : 1) +えづけ (入雛直後 : 0、入雛2時間後 : 1)

※ *p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

考察

みやざき地頭鶏初生ひなは県内 3 カ所のひなセンターから各農家へ供給されているが、必ずしも「ふ化日」にすぐ入雛およびえづけされていないのが現状で、これまでの「みやざき地頭鶏飼養管理マニュアル(2013)」では「ふ化当日に受け入れたひなの場合には翌日にえづけを行う」としている。本試験ではふ化日に入雛し速やかにえづけを行った区が最も発育が良好であり、えづけが遅くなるほど発育が悪くなる傾向が見られた。ただし、本試験では「ひなセンターから生産農場までのひな運搬」にかかる影響については再現が困難であったため、要因として考慮していない。

本試験の結果の活用にあたっては、ただえづけを早く行えば発育が良くなる、ということではなく、鶏舎の受け入れ準備が万全にできていることが前提であることに留意しなければならない。受け入れ準備とは、鶏舎内の消毒、温湿度、照明、給水器、給餌器などが十分に準備されていることを指す。さらに、入雛し、えづけを開始した後のひな観察も怠ってはならない。給餌器や給水器を常に清潔に保ち、「ひなが快適に過ごせている」ことが最重要である。

著者らは、これまでの報告(2018、2019)でみやざき地頭鶏の発育には幼雛期の管理が重要であることを繰り返し述べてきた。本試験では僅か 1 日のえづけ開始の遅れが出荷体重に影響を及ぼすことを明らかにした。つまり入雛後 1 週間が重要であり、特に入雛直後の管理次第で発育に大きく差が出ることが示唆された。

結論として、えづけを早くするほど発育が良好になり、出荷体重にまで影響を及ぼす可能性があることが明らかになった。今後は、本研究結果の現場普及のために作成した「みやざき地頭鶏飼養マニュアル」の改訂版の周知に努め、生産者および指導員に対し啓発を行う予定である。

参考文献

堀之内正次郎・中山広美・加藤さゆり：幼雛期飼料の CP 含量がみやざき地頭鶏の発育に及ぼす影響：宮崎県畜産試験場試験研究報告 第 29 号(2018)、54-59

堀之内正次郎・中山広美・加藤さゆり：練り餌処理した幼雛期飼料がみやざき地頭鶏の発育および体重バラツキに及ぼす影響：宮崎県畜産試験場試験研究報告 第 29 号(2018)、60-64

堀之内正次郎・中山広美・加藤さゆり：幼雛期の飼槽面積の違いがみやざき地頭鶏の発育に及ぼす影響：宮崎県畜産試験場試験研究報告 第 30 号(2019)、75-79

堀之内正次郎・中山広美・加藤さゆり：幼雛期における高 CP 飼料の給与期間がみやざき地頭鶏の発育に及ぼす影響：宮崎県畜産試験場試験研究報告 第 30 号(2019)、80-85

みやざき地頭鶏事業協同組合：「みやざき地頭鶏」飼養管理マニュアル(2013)

宮崎県における養豚排水処理施設の水質分析と適正処理の支援

柴田翔平・森弘・¹⁾諏佐尚哉¹⁾畜産振興課

Support for water quality analysis and proper treatment of pig farm wastewater treatment facilities in Miyazaki Prefecture

Shohei SHIBATA, Hiromu MORI, Naoya SUSA

＜要約＞平成 29 年度から令和元年度において、県内 14 戸の養豚排水処理施設を対象に、190 点の水質分析を実施し、各地域農業改良普及センター（以下普及センター）と連携して適正処理の指導・助言等を行った。処理水の水質は、一部排水基準値を超過するものも見られたが、平均値では全ての項目で基準内であった。硝酸性窒素等濃度は、冬期にピークが現れ、どの年度も 1 月の平均値が最も高い数値となった。また、原水の BOD/N 比が 3 以上の農家は全体の約 6 割を占めており、硝酸性窒素等濃度と BOD/N 比には明確な相関関係は認められなかった。

また、原水の BOD/N 比が 3 を下回る 75 点のうち、52 点（約 7 割）は、硝酸性窒素等濃度が 100mg/L 以下であり、これは、固液分離等の適正な管理により浄化槽の負荷が低くなっていることが要因の一つであると考えられた。

緒 言 試 験 方 法

養豚排水処理においては、環境規制の強化や地域環境との調和の観点から、より高度かつ安定的な処理が求められている。特に畜産排水における硝酸性窒素等濃度の排水基準は年々厳しくなっており、令和元年 7 月の改正により暫定排水基準は 500mg/L に引き下げられた。さらに、将来は一般排水基準である 100mg/L まで引き下げられる可能性があり、養豚排水の窒素除去は重要な技術となっている。硝酸性窒素等の規制が強化されたことにより、浄化槽の運転管理については窒素除去の原理と手法を確実に理解した上で、従来の浄化槽管理より高度な操作を行う必要がある。

本試験では、各地域の普及センターと連携し、県内養豚場の水質分析を実施し、得られたデータを基に適正処理の指導・助言を行うことで、処理技術向上を図った。また、窒素除去に関連があるとされている原水の BOD/N 比（畜舎汚水の処理技術マニュアル 2018、和木ら 2010）についても調査を行った。

1 供試サンプル

平成 29 年度から令和元年度において、県内 14 戸の養豚排水処理施設を対象に、190 点の水質分析を実施した。サンプリングは、各地域の普及センター職員が採水、あるいは試験場の研究員が現地で直接採水した。採水サンプルは、原水、曝気槽内汚水、最終処理水を 1 セットとした。採水後は速やかに冷蔵にて保存し、翌日水温を 20℃前後に調節した後、分析した。

2 分析項目

分析項目は、pH、電気伝導度（EC）、透視度、着色度、濁度、浮遊物質（SS）、化学的酸素要求量（COD）、生物化学的酸素要求量（BOD）、T-N、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、硝酸性窒素等（NH₄-N × 0.4 + NO₂-N + NO₃-N）、リンとし、曝気槽内汚水については、MLSS 濃度、SV₃₀ および F₅（ろ紙ろ過量）を測定した。

試験結果及び考察

処理水は、一部の項目で排水基準値を超過しているものも見られたが、平均値では全ての項目で基準値内であった。(表 1)。

処理方式別平均値で見ると、回分式が連続式に比べ窒素濃度 (T-N, 硝酸性窒素等) が低値であった。これは、沈殿工程において、十分な BOD を得られ易い処理方式である回分式の方が脱窒が促進されたためと推察された (表 2)。地域別で見ると、排水基準値を上回っている地域はなく、地域間に大きな差は認められなかった (表 3)。

表1 処理水の分析結果

分析項目	処理水(N=190)			(参考) 排水 基準値
	平均	最小値	最大値	
pH	7.4	3.0	9.3	5.8~8.6
EC	ms/cm	2.5	0.2	7.7
透視度	度	9.1	1.2	30.0
着色度		1179	101	5882
濁度		127	0	1105
SS	mg/l	106	0	1300
COD	mg/l	107	16	620
BOD	mg/l	74	1	1857
T-N	mg/l	185	0	1392
NH ₄ -N	mg/l	98	0	923
NO ₂ -N	mg/l	21	0	319
NO ₃ -N	mg/l	45	0	546
硝酸態窒素等	mg/l	104	1	695
リン	mg/l	20	2	69

表2 方式別の処理水の分析結果

分析項目	連続式(N=34)			回分式(N=156)		
	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値
pH	6.9	4.3	8.1	7.5	3.0	9.3
EC	ms/cm	3.2	1.1	6.8	2.3	0.2
透視度	度	11.0	1.2	25.4	8.8	1.2
着色度		1,295	312	3,214	1,155	101
濁度		92	0	286	135	7
SS	mg/l	83	0	475	112	1
COD	mg/l	169	33	620	93	16
BOD	mg/l	63	1	262	76	1
T-N	mg/l	227	21	547	175	0
NH ₄ -N	mg/l	93	0	485	99	0
NO ₂ -N	mg/l	59	0	319	12	0
NO ₃ -N	mg/l	61	1	286	41	0
硝酸態窒素等	mg/l	157	2	432	93	1
リン	mg/l	24	5	45	19	2

表3 地域別の処理水の分析結果

処理水	児湯(N=47) 平均値	西諸県(N=85) 平均値	北諸県(N=15) 平均値	東臼杵(N=33) 平均値
pH	6.9	7.9	7.6	6.7
EC	ms/cm	3.0	2.5	2.5
透視度	度	10.1	6.9	13.2
着色度		1,056	1,403	1,269
濁度		108	161	87
SS	mg/l	80	137	91
COD	mg/l	107.7	107.9	120.6
BOD	mg/l	43.8	107.1	55.8
T-N	mg/l	190.7	203.8	181.6
NH ₄ -N	mg/l	51.0	137.9	114.7
NO ₂ -N	mg/l	27.0	13.5	33.8
NO ₃ -N	mg/l	74.1	35.4	15.6
硝酸態窒素等*	mg/l	121.5	104.1	95.3
リン	mg/l	30.1	17.4	10.7

硝酸性窒素等濃度の推移を見ると、各年度とも冬期にピークが現れ、特に 1 月が最も高い数値であり (図 1)、これは水温の低下により微生物の活性が低下したためであると考えられた。このことから、冬期に集中して水質検査や指導・助言などを行うことが有効であると考えられた。

なお、処理水質の分析を実施した全 190 点のうち、硝酸性窒素等濃度の基準値を超過したのは、2 点のみであった (図 2)。

硝酸性窒素等の効率的な除去には、原水の BOD/N 比が 3 以上が好ましいとされているが、原水 180 件中これらの条件を満たすものは 105 件 (全体の約 6 割) で、硝酸性窒素等濃度と BOD/N 比に明確な相関関係は認められなかった。また、原水の BOD/N 比が 3 を下回る 75 点のうち、52 点 (約 7 割) が硝酸性窒素等濃度 100mg/L 以下であった。これは畜舎内および曝気槽投入前の固液分離の適切な実施により、曝気槽の負荷が低くなっていたことや、曝気槽内の汚泥量の適切な管理等により安定的な運転が行われていたことが要因であると考えられた (図 3)。

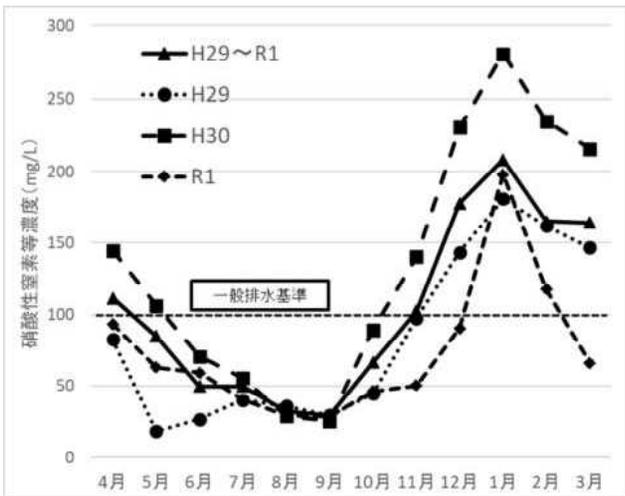


図1 硝酸性窒素等濃度の月別推移

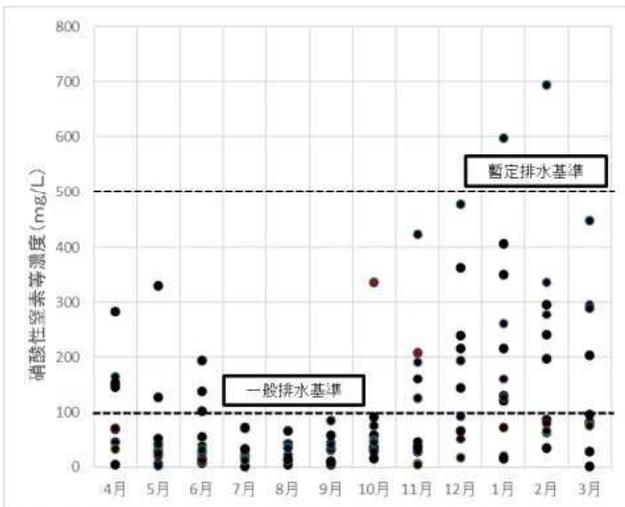


図2 硝酸性窒素等濃度の月毎の分布

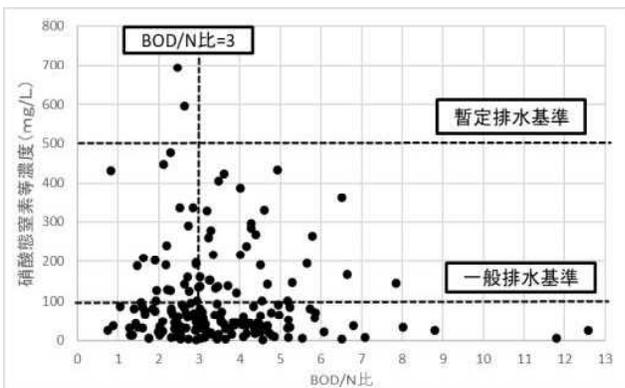


図3 硝酸性窒素等濃度と原水の BOD/N 比の関係

えられた。また、今回の調査農家数は14戸であり、その全てが排水量 50 m³/日以下の農家であったため、県内の養豚排水処理の状況を把握するには、さらに中・大規模層の農家を対象とした調査が必要である。

硝酸性窒素等と原水の BOD/N 比の関係については、今回の調査では明確な相関関係は見られなかったが、前述した通り調査農家の汚水処理に対する意識が全体的に高く偏りがあったため、今後は農家の選定を無作為に行う必要があると考えられた。

参 考 文 献

一般財団法人畜産環境整備機構. 2018. 畜舎汚水の処理技術マニュアル.

和木美代子、安田知子、福本泰之、黒田和孝、坂井隆宏、鈴木直人、鈴木良地、松葉賢次、鈴木一好. 2010. 養豚廃水の活性汚泥処理施設から排出される窒素の特性.

紙シュレッダー資材による養豚排水脱窒試験

柴田翔平・森弘・¹⁾諏佐尚哉

¹⁾畜産振興課

Denitrification test of pig farm wastewater with shredder dust

Shohei SHIBATA, Hiromu MORI, Naoya SUSA

<要約> 畜産排水における硝酸性窒素等濃度の排水基準が厳しくなっている現状を踏まえて、ノッチタンク式脱窒槽で低コストな脱窒資材として紙シュレッダー資材を用いた脱窒試験を行ったところ、紙シュレッダーによる脱窒は、処理水の水温が大きく影響し、20℃以上では50%以上の脱窒率を確保できるが、10℃以下では大きく低下した。また、紙シュレッダーを用いて間欠曝気と組み合わせた脱窒試験を行い、脱窒能を検証したところ、曝気をしなかった場合が最も脱窒率が高い結果となった。しかし、間欠曝気条件下でもある程度の脱窒は確認されたことから、アンモニア態窒素が多く残った養豚排水においては嫌気条件と好気条件を組み合わせることによって硝化と脱窒をバランス良く促進し、窒素除去が有利になる可能性が示唆された。ノッチタンク式脱窒槽のイニシャルコスト及びランニングコストについて、母豚100頭一貫経営の農家を想定した場合、イニシャルコストは約115万円となった。ランニングコストは硫黄資材を用いる場合は電気代と硫黄資材費あわせて57,238円/月、紙シュレッダー資材を用いる場合は電気代のみ238円/月となった。

結 言

畜産排水における硝酸性窒素等濃度の排水基準は年々厳しくなっており、令和元年7月の改正により暫定排水基準は500mg/Lに引き下げられた。また、将来は一般排水基準である100mg/Lまで引き下げられる可能性があり、農家にとって手軽で低コストな窒素除去技術が求められている。畜産分野以外の産業排水の窒素除去では、メタノール添加脱窒法が適用されている例もあるが、メタノールは引火性があり、取扱いに注意が必要であることや、硝酸性窒素濃度によってメタノールの添加量を制御する必要があることなど、畜産分野での利用は課題が多く、資材コストもかかる。畜産分野で利用可能な簡易脱窒法として、硫黄脱窒法についての研究が進められている(田中ら2013、長谷川ら2014)が、どうしても資材コストはかかってしまう。そこで本試験では、低コストな脱窒資材としての利用が検討されて

いる紙シュレッダー資材(田中2019)と、土木工事等で利用されるノッチタンクを用いた脱窒試験を行い、畜産排水処理に応用できる脱窒システム構築を検討した。また、間欠曝気と組み合わせた脱窒試験を行い、間欠曝気条件下での紙シュレッダーの脱窒能を検証した。

試 験 方 法

1 供試サンプル

場内養豚処理水に硝酸ナトリウムを加えて硝酸性窒素濃度を約300mg/Lに調整した供試汚水を用いた。シュレッダー資材は川南支場の事務所で発生したものをを用いた。

2 試験区分

試験Iでは紙シュレッダーを脱窒資材としたノッチタンク式脱窒槽に供試汚水を投入し、1回の試験を31日間とし、季節による変動を確認するため夏期、

秋期、冬期と3回試験を実施した。試験の実施条件は表1に示した。

試験Ⅱではネットで包んだ紙シュレッダーを入れたタンクを3つ用意し、排水穴を開けて容量が40Lとなるように調整し、供試汚水を投入した。試験Ⅱでは、曝気しないものを試験区①、6時間中1時間曝気するものを試験区②、3時間中5分間曝気するものを試験区③とした(表2)。

3 分析項目

試験Ⅰ・Ⅱとも脱窒槽を通過して排出された処理水を分析した。分析項目はpH、電気伝導度(EC)、溶存酸素量(DO)、酸化還元電位(ORP)、着色度、濁度、アンモニア性窒素(NH₄-N)、硝酸性窒素(NO_x-N)とした。

試験結果

1 試験Ⅰ

試験期間中の水温は夏期23から27.5℃、秋期18.6から22.4℃、冬期9から12℃であった。夏期試験の最大脱窒率は87.5%でNO_x-N濃度は37.2mg/L、秋期試験の最大脱窒率は49.8%でNO_x-N濃度は147.0mg/L、冬期試験の最大脱窒率は21.4%でNO_x-N濃度は225.3mg/Lであった(表3、図1)。

また、窒素成分以外の分析項目については、顕著な変動は認められなかった(表3)。

表1 試験Ⅰの実施条件

	資材投入量(L)	通水量(L/日)	水有効容積(L)	水滞留時間(日)	水温
夏期	24	24	48	2	23~27.5℃
秋期					18.6~22.4℃
冬期					9~12℃

表2 試験Ⅱの実施条件

	資材投入量(L)	通水量(L/日)	槽容量(L)	水滞留時間(日)	曝気時間
試験区①	20	10	40	4	曝気なし
試験区②					6時間中1時間曝気
試験区③					3時間中5分間曝気

2 試験Ⅱ

試験期間中の水温は20.1から23.2℃であった。試験区①では最大脱窒率は27日目で100%であり、NO_x-Nは完全に除去された。試験区②では最大脱窒率は27日目で66.6%、NO_x-N濃度は99.4mg/Lであった。試験区③では最大脱窒率は23日目で67.1%、NO_x-N濃度は98mg/Lであった(表4、図2)。

また、窒素成分以外の分析項目については、濁度が試験区①で他の試験区よりも高い値となった(表4、図3)。

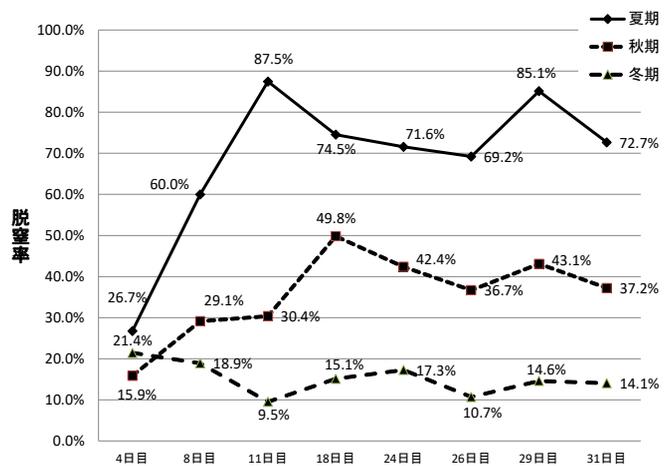


図1 試験Ⅰにおける脱窒率の推移

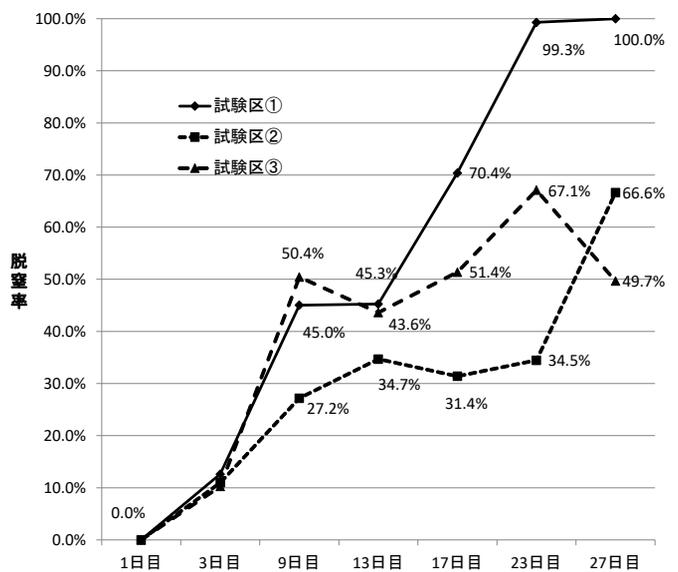


図2 試験Ⅱにおける脱窒率の推移

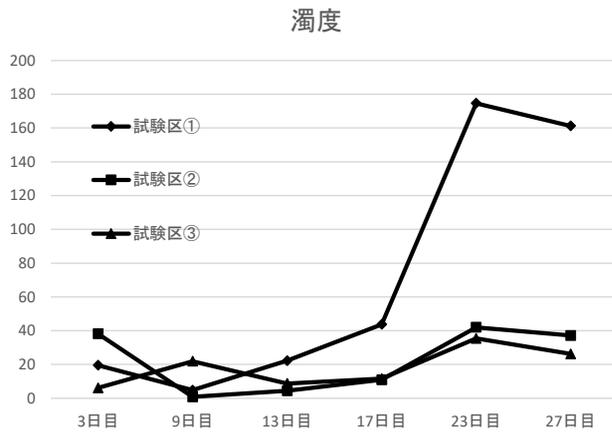


図3 試験Ⅱにおける濁度の推移

3 イニシャルコスト及びランニングコスト

イニシャルコスト及びランニングコストを(表5)に示した。母豚100頭一貫経営の農家を想定し、汚水の目標処理量を10 m³/日として試算した。導入コストは、脱窒槽は6 m³のノッチタンクを2基とし、ポンプ等をあわせて約115万円となった。ランニングコストは、硫黄資材を用いる場合は電気代約238円/月、硫黄資材約57,000円/月のあわせて57,238円/月となった。また、紙シュレッター資材を用いる場合、ランニングコストは電気代のみの238円/月となった。

表3 試験Ⅰの分析結果

区分	pH	EC	DO	ORP	着色度	濁度	NH4-N (mg/L)	脱窒率最大時のNO _x -N (mg/L)
夏期	8.0 ± 0.2	2.6 ± 0.4	6.0 ± 1.6	216.0 ± 19.6	218.6 ± 36.4	25.5 ± 8.8	1.4 ± 1.7	37.2
秋期	8.1 ± 0.3	2.9 ± 0.1	8.2 ± 1.5	197.1 ± 21.8	180.0 ± 47.9	14.9 ± 18.3	0.2 ± 0.6	147.0
冬期	7.6 ± 0.1	3.1 ± 0.2	7.4 ± 1.0	243.0 ± 26.6	224.6 ± 18.5	8.7 ± 6.6	1.3 ± 1.3	225.3

表4 試験Ⅱの分析結果

区分	pH	EC	DO	ORP	着色度	濁度	NH4-N (mg/L)	脱窒率最大時のNO _x -N (mg/L)
試験区①	7.6 ± 0.3	3.2 ± 0.1	4.1 ± 2.8	52.7 ± 193.4	497.0 ± 329.5	71.0 ± 69.6	1.5 ± 2.4	0.0
試験区②	7.9 ± 0.4	3.3 ± 0.1	7.5 ± 0.7	148.8 ± 68.4	253.3 ± 32.9	22.2 ± 17.2	1.0 ± 1.8	99.4
試験区③	7.8 ± 0.4	3.3 ± 0.1	6.9 ± 0.7	173.0 ± 65.0	250.8 ± 36.9	18.3 ± 10.4	2.2 ± 3.5	98.0

表5 ノッチタンク式脱窒槽のコスト試算(母豚100頭一貫経営・処理量10 m³/日)

【イニシャルコスト】			【ランニングコスト】		
名称	仕様	価格(税別)	名称	内容	価格(月額)
脱窒槽	6m ³ ノッチタンク2基	¥900,000	電気代	7.93円/日 [※]	¥238
原水ポンプ	フロートスイッチ付き水中ポンプ	¥30,000	資材費	紙シュレッター資材	¥-
流量調整槽	汚水計量槽(3m ³ 程度)	¥200,000		硫黄資材	¥57,000
流量計	1.5~25L/min	¥20,000			
	計	¥1,150,000			

※ポンプの消費電力:0.305kW
 九電産業用電気代参照:12円/時間
 1日のポンプ稼働時間:130分

考

察

試験Ⅰから、水温 20℃以上では 50%以上の脱窒率を確保できるが、10℃以下では効果が大きく低下する結果となった。これは低温下で脱窒細菌の活性が落ちたことによるものと考えられた。安定した脱窒（50%以上）を得るには水温を 20℃以上に保つ必要があると推察された。

試験Ⅱでは、試験区①で濁度の値が大きくなっているが、これは紙シュレツダー資材が加水分解によって処理水中へ溶け出したためであると考えられた。紙シュレツダーの流出は処理水中の BOD 濃度の上昇が考えられるため、今後は BOD 濃度の値も追っていく必要がある。

試験Ⅱでは、常時嫌気状態であった試験区①が最も脱窒率が高く、その他の区では間欠曝気による好気状態が脱窒率の低下につながったと推察された。しかし間欠曝気条件下でも一定の脱窒は確認されており、アンモニア態窒素が多く残った排水の処理においては、硝化と脱窒をバランス良く促進できる可能性が示唆された。また、曝気によって脱窒槽内が攪拌され、通水時に効率よく汚水と紙シュレツダーの接触が起こることから、水質によってはノッチタンク式脱窒槽での間欠曝気の適用も考えられた。

参 考 文 献

- 田中康男、長谷川輝明、杉本清美、山下恭広. 2013. 硫黄酸化脱窒細菌による畜舎排水窒素除去への微粉末硫黄の利用可能性.
- 長谷川輝明、田中康男. 2014. 汎用粉末硫黄を用いた硫黄酸化脱窒細菌による畜舎排水の窒素低減技術. 田中康男. 2019. シュレツダー古紙による畜舎排水中硝酸性窒素の脱窒処理.