

---

# 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55号

2017年度（平成29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 55 号

2017 年度（平成 29 年度）

## 目 次

### 大家畜分野

- 1 経産牛を活用した高付加価値食肉生産技術の確立  
(3)カビ付き熟成が旨味成分および物理特性に与える影響  
.....安里 直和..... 1
- 2 経産牛を活用した高付加価値食肉生産技術の確立  
(4)カビ付き熟成が香気成分に与える影響  
.....安里 直和..... 9
- 3 和牛種雄牛産肉能力直接検定成績（2017 年度）  
.....末澤 遼平.....13
- 4 和牛種雄牛現場後代検定成績（2017 年度）  
(12)種雄牛「百合桜」「桜大福」「恒福波」および「百合美津」の検定成績  
.....渡慶次 功.....17

### 中家畜分野

- 5 アグーブランド豚と三元交雑種（LWD）の肉質比較  
.....當眞 嗣平.....23
- 6 肉用山羊の有効な繁殖技術の確立  
(1)分娩後の発情誘起による季節外繁殖の検討  
.....安村 陸.....27
- 7 ボア系山羊の人工哺育による発育調査  
.....安村 陸.....33

### 飼料作物分野

- 8 近赤外分析法における検量線の精度および地域限定版検量線の作成  
.....安里 直和.....39

# 経産牛を活用した高付加価値食肉生産技術の確立

## (3) カビ付き熟成が旨味成分および物理特性に与える影響

安里直和 下地秀作\* 津嘉山勤子\* 大城隼人\*  
花ヶ崎敬資\*\* 荷川取秀樹

### I 要 約

カビ付き熟成が黒毛和種経産牛の旨味成分や物理特性に与える影響について検討したところ以下のとおりであった。

1. カビ付き熟成によって水分含量の低下が抑えられ、熟成中、肉表面の硬化が抑制できた。
2. カビ付き熟成によって甘味系アミノ酸、旨味系アミノ酸、苦味系アミノ酸の増加が認められ、総遊離アミノ酸については顕著な増加が認められた。
3. カビ付き熟成によってオレイン酸含量の増加が認められた。
4. 熟成肉に見られる破断応力の低下は、咀嚼前半の応力の低下では無く、咀嚼後半の応力の低下に起因することが明らかとなった。

以上の結果より、経産牛をカビ付きで熟成させることによって、柔らかく、旨味成分に富んだドライエイジングビーフを生産することができた。

### II 緒 言

牛肉の評価はおもに、筋肉中の脂肪交雑（霜降り）の入り具合によって判断され、各県においては脂肪交雑の改良に焦点を当てた研究がなされてきた。しかしながら近年、健康ブームや食に対する多様性などを背景に、脂身の少ない赤身肉に対する需要が高まりつつある。黒毛和種の経産牛<sup>1)</sup>、ホルスタイン種<sup>2)</sup>、褐毛和種<sup>3)</sup>などを活用した赤身主体で、かつ、付加価値の高い食肉生産技術の取り組みがなされている。その中で経産牛については、脂肪が少なく肉本来の旨味があるなどの利点があるが、一般的な肥育牛と比較し、脂肪含量が低く、硬く、ジューシーさに欠けるなどの欠点がある。

と畜後の牛肉については2日程度で死後硬直が起こり、その後、軟化を経て熟成が始まる。通常、牛肉については、と畜後一週間程度の熟成期間が設けられその後、流通・販売される。ドライエイジングは、と畜後の肉を真空パックせずに、一定の温度および湿度のもと、長期間熟成する手法である。熟成の過程において、筋繊維のタンパク質や結合組織等が分解され、柔らかさやアミノ酸等の食味が向上し<sup>4)</sup>、また、熟成にともない独特の香り等が付加されることが報告されている<sup>5)</sup>。しかし、熟成の過程において水分の蒸発に伴う肉表面の変性等が発生するため、可食部の歩留まりが低下するなどのマイナスの面も存在する。

本研究センターでは経産牛をカビ無しで気流のみで熟成させることによって、旨味成分が増加し破断応力等の物理特性が改善されることを確認し、経産牛の高付加価値化への可能性を見いだした<sup>6)</sup>。いっぽう、県内企業においてカビ付きの熟成によって経産牛を活用する事例が見られ、また、（公財）沖縄県畜産振興公社においては、カビ付き熟成による県産経産牛の付加価値化に向けて、「まーさん熟成肉」の製造技術の確立およびブランド化に取り組んでいる。しかし、本県においてカビ付き熟成が経産牛の旨味成分や理化学特性に与える効果について検討した報告は少なく、特に大型熟成庫を用いた実証規模での報告は皆無である。そこで、本研究はカビ付き熟成が経産牛の旨味成分や物理特性に与える効果について検討したので報告する。

### Ⅲ 材料および方法

#### 1. 供試試料

試験に用いた経産牛は宮古島市の農家で飼養された黒毛和種成雌牛3頭(平均150カ月齢)で、増飼期間は210日であった。また、各試験牛のと畜時における枝肉格付けについては、A2, A2, B2で、平均枝肉重量は317kgであった。

#### 2. 熟成および調査方法概要

と畜5日後の枝肉からサーロイン、外モモ、内モモの各部位について約5~8kg程度切り出し熟成に供した。試料は両側の枝肉から採取し、各部位について供試牛1頭から2個の試料を用いた。熟成は宮古島市所在の食肉製造企業の熟成庫で実施した。熟成期間は40日間とし、熟成庫の環境は、温度 $2.6 \pm 0.0^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $88.4 \pm 0.1\%$ で試験期間中一定に保った。熟成に用いたカビについては、熟成庫に継代されている企業保有のカビを用いて実施した。熟成後の試料については速やかに表面をトリミングし、分析に供するまで $-30^{\circ}\text{C}$ で凍結保存した。遊離アミノ酸、機能性成分および理化学特性については、熟成終了後、おおむね1週間以内、水分含量、粗脂肪含量及び脂肪酸組成については、3カ月以内に分析を行った。

#### 3. 調査項目

##### 1) 水分含量、粗脂肪含量、旨味成分(遊離アミノ酸)および機能性成分の測定

遊離アミノ酸については一般的に旨み成分の指標となるグルタミン酸等19種類を分析し、全ての分析値の合計を総遊離アミノ酸とした。また、甘味系アミノ酸(プロリン、スレオニン、アラニン、セリン、グリシン)、旨味系アミノ酸(グルタミン酸、アスパラギン酸、グルタミン、アスパラギン)、苦味系アミノ酸(フェニルアラニン、チロシン、ロイシン、メチオニン、イソロイシン、バリン、システイン、ヒスチジン、リジン、アルギニン)の3種類に分け解析した。

機能性成分については、カルノシン、アンセリン、タウリンおよびオルニチンの4種類を分析し、カルノシン、アンセリンの合計値をイミダゾールジペプチドとした。

##### 2) 理化学的特性の測定

理化学的特性については、噛み応えの指標となる破断応力および歪率を測定した。また、破断応力については、物理特性をより詳細に検討するため、試料が破断に至るまでの歪率から前半(0~50%)と後半(50~100%)に分け、それぞれの範囲における応力を弾性率1と弾性率2とした。弾性率1および2については、肉を噛む際の応力の経時的変化、すなわち咀嚼前半の応力および咀嚼後半の応力と解釈した。

##### 3) 脂肪酸組成の測定

脂肪酸組成については、Folch<sup>7)</sup>の方法により油分を抽出し、脂肪酸メチル化キット(ナカライテスク)により鹸化およびメチルエステル化した後、GC(Agilent, 7890B)で分析した。分析項目は、オレイン酸(C18:1)等8種類で、全脂肪酸に占めるそれぞれの脂肪酸の割合を百分率で算出した。結果については、オレイン酸、飽和脂肪酸および不飽和脂肪酸で示した。

全ての分析項目について、前報<sup>6)</sup>と同様な分析機器および分析方法で行った。また、全ての分析結果については、熟成日数および部位による二元配置分散分析を実施した。

## Ⅳ 結果

#### 1. 熟成に伴うカビの付着およびトリミング後の状態

熟成に伴うカビの付着状況およびトリミング後の肉表面の状況を写真1に示す。各部位とも熟成7日目程度からカビの付着が認められ、熟成40日目においては試料全体を覆う程度付着していた。また、カビ無し熟成のような肉表面の硬化現象<sup>6)</sup>は認められず、ある程度の水分を保持している状態であった。各部位において、カビの付き具合や硬化の程度等の外観的な違いは認められず、ほぼ同じような状態で熟成が進んだ。また、香りについては、カビの付着と同様に熟成7日目程度から感じられるようになり、熟成日数が進むにつれて、ドライエイジングビーフに特有のナッツ香が強く感じられた。

トリミング後の肉色については、通常の食肉と同様な色合いを呈しており、カビ無し熟成の様な黒ずみなどが認められなかった。また、トリミング後の試料についてもナッツ香を呈しており、カビ付きの

肉表面だけではなく、肉内部までしっかりとナッツ香が感じられる結果であった。



写真1 熟成40日目およびトリミング後の写真（左：ロース，中：外モモ，右：内モモ）

## 2. 水分含量，粗脂肪含量，旨味成分（遊離アミノ酸含量）および機能性成分含量

各部位における熟成前後の水分含量および粗脂肪含量を図1に示す。水分については、各部位とも熟成にともない減少傾向を示したが有意差は認められなかった。粗脂肪含量については、外モモおよびサーロインで増加傾向を示したが、有意差は認められなかった。

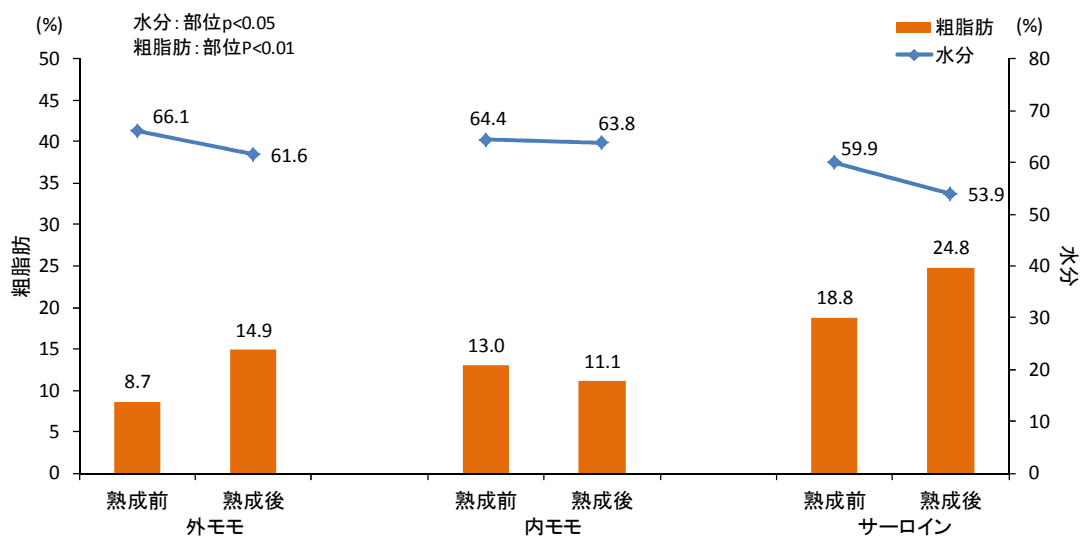


図1 熟成前後における水分および粗脂肪含量の変化

各部位における熟成前後の総遊離アミノ酸，甘味系アミノ酸，旨味系アミノ酸，苦味系アミノ酸の結果を図2に示す。各部位において熟成後，甘味系アミノ酸が3倍程度，旨味系アミノ酸が1.8倍程度，苦味系アミノ酸が5倍から6倍程度増加した。総遊離アミノ酸についても熟成後に3.5倍程度の増加が認められた。いっぽう，各部位間における各種アミノ酸および総遊離アミノ酸に差は認められなかった。

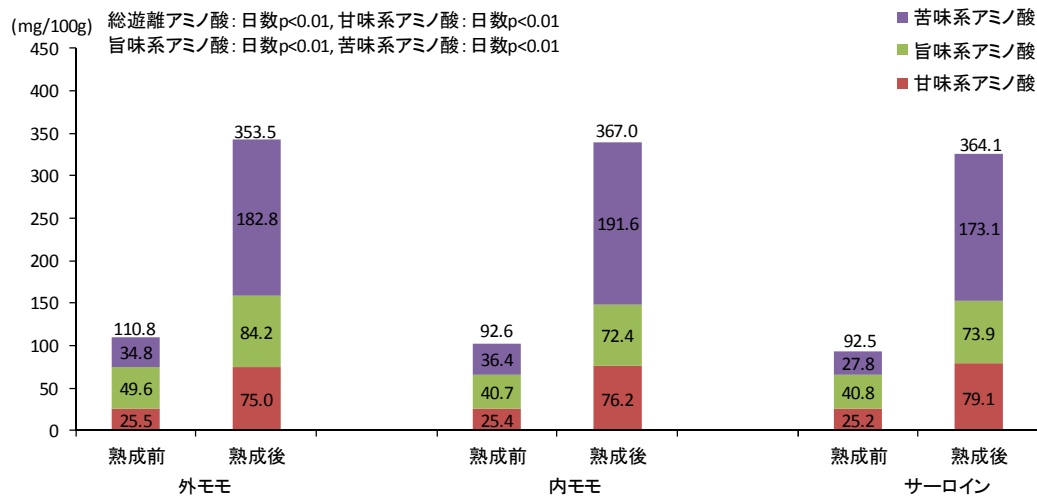


図2 熟成前後におけるアミノ酸の変化

各部位における熟成前後のカルノシン、アンセリン、タウリンおよびオルニチン含量を図3に示す。熟成によって、タウリンおよびオルニチンの増加が各部位で認められた。いっぽう、カルノシンおよびアンセリンのイミダゾールジペプチドについては、熟成による変化は認められなかった。また、タウリンおよびアンセリンについては部位間に差があり、サーロインに比べモモ系で高い値であった。

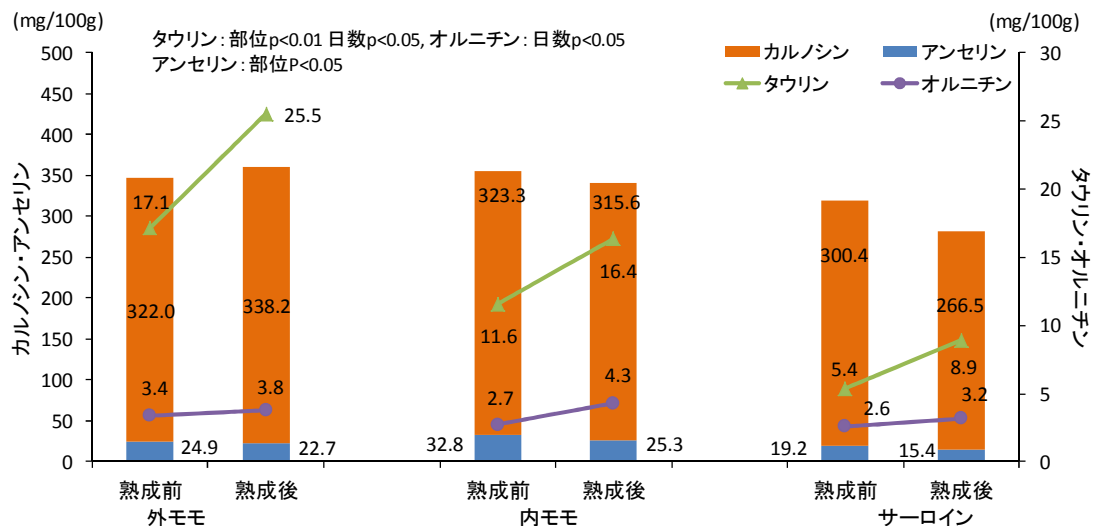


図3 熟成前後における機能性成分の変化

### 3. 理化学的特性（破断応力，歪率および弾性率）

各部位における熟成前後の破断応力および歪率を図4に示す。各部位において熟成後、破断応力および歪率の低下が認められた。外モモ破断応力については熟成前に  $2.3E+06$  N/m<sup>2</sup> と高値であったが、熟成後は  $1.4E+06$  N/m<sup>2</sup> まで低下し、熟成前のサーロインと同じ値となった。内モモについても熟成の効果が認められ、熟成後の値が  $1.1E+06$  N/m<sup>2</sup> と熟成前のサーロインを下回る結果となった。また、サーロインについては、破断応力および歪率とも部位間で最も低く、熟成による破断応力の低下が顕著に認められた。

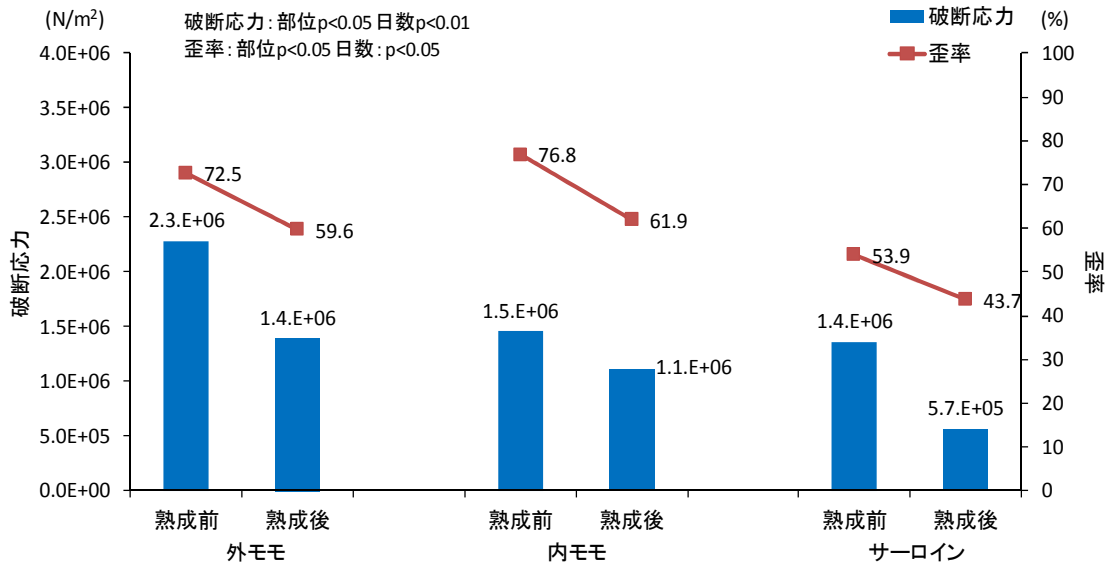


図4 熟成前後における破断応力および歪率の変化

各部位における熟成前後の理化学的特性を詳細に検討するため、各部位における代表的な応力-歪率の波形を図5に示す。各部位とも熟成にともない、破断点が左下にシフトした。すなわち、応力および歪率が低下したことが認められた。いっぽう、波形の形状については違いが認められた。サーロインについては、熟成前後を問わず、破断点に至るまで緩やかな傾きであるのに対して、モモ系においては歪率の変化量に対して応力の増加が大きかった。特に、歪率20~30%近傍から応力の傾きが急になった。また、各部位において熟成後の応力の波形が、破断点に至るまでの全領域において熟成前に比べ低い値で推移した。破断以降の応力の推移についても違いが認められ、特に外モモにおいて熟成前後を問わず、破断後に応力が上下に変動し、凸凹な波形を示す現象が確認された。

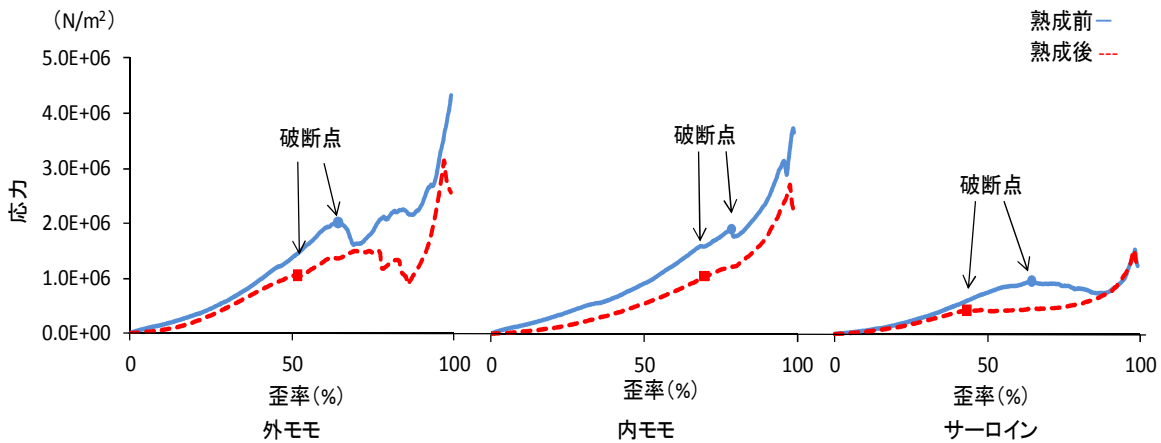


図5 熟成前後における応力-歪率の変化

図5において破断に至るまでの応力の変動に違いが認められたことから、その違いを詳細に検討するため、各部位および熟成前後における弾性率1および弾性率2を図6に示す。弾性率1については各部位で熟成前後に差は認められなかったが、弾性率2については熟成後、各部位において有意な低下が認められた。特に外モモとサーロインにおいて顕著な低下が認められた。この結果は、図4に示した破断応力の結果と一致するものであった。

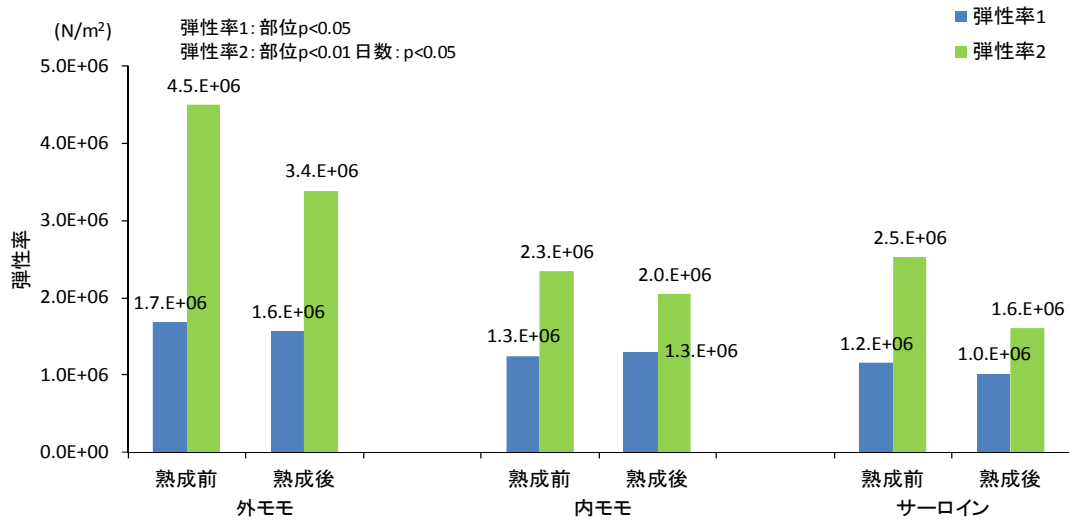


図6 熟成前後における弾性率1および弾性率2の変化

#### 4. 脂肪酸組成 (オレイン酸, 飽和脂肪酸, 不飽和脂肪酸)

各部位における熟成前後のオレイン酸, 飽和脂肪酸および不飽和脂肪酸含量を図7に示す。各部位において熟成後, オレイン酸の増加が認められた。いっぽう, 飽和脂肪酸および不飽和脂肪酸については, 有意差は認められなかったが, それぞれ, 減少 ( $p=0.09$ ) および増加 ( $p=0.09$ ) 傾向を示した。

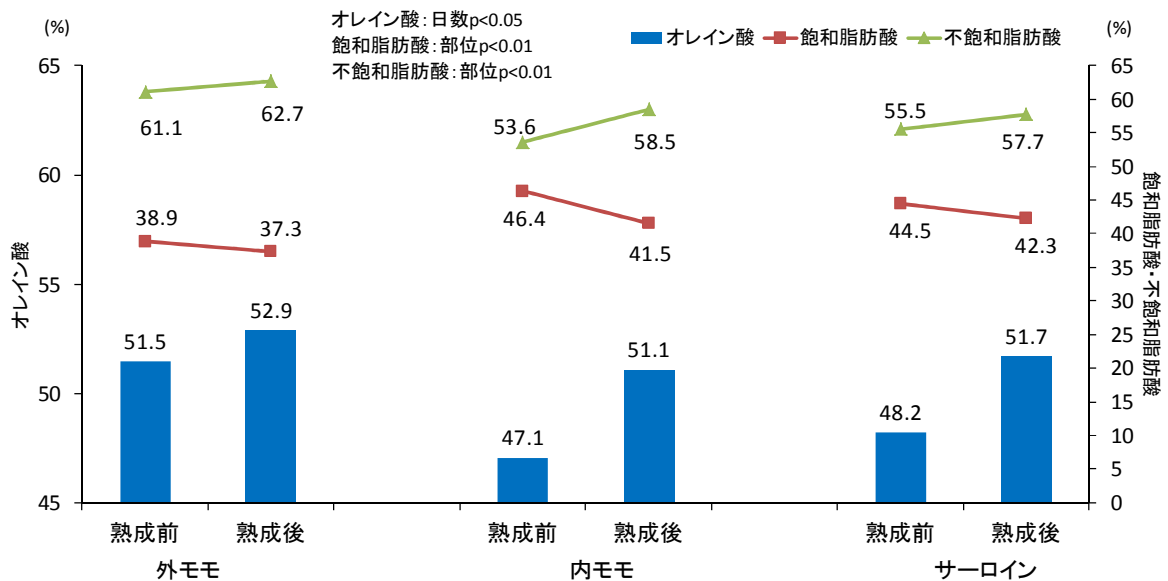


図7 熟成前後におけるオレイン酸, 飽和脂肪酸および不飽和脂肪酸の変化

## V 考 察

ドライエイジングビーフについては, 熟成の過程で水分の蒸発や自己の酵素反応により, 物理的および化学的な反応が起きる。前報の報告<sup>6)</sup>において経産牛のロース, バラおよび外モモをカビ無しで熟成させることによって, 水分含量が減少し, 各種アミノ酸および理化学的特性に変化が起きることが認められた。本研究においてカビ付きによる熟成を実施したところ, カビ無し熟成と同様に各種アミノ酸の増加や理化学的变化等が確認されると同時に, 水分含量では大きな変化が無く, オレイン酸や不飽和脂肪酸が増加する等, カビ無し熟成と異なる結果も認められた。また, 理化学的特性については, 新たな分析手法を取り入れることによって, 熟成の効果をより詳細に検討することが可能となった。まず, 熟



成中の肉表面の状態については、カビ無し熟成に見られた表面の硬化現象および水分含量の減少は認められず、熟成中、水分を保持し潤いが有ることが確認できた。トリミング後の肉内部の水分含量については、熟成前後で変化が無く、カビ無し熟成で見られたような大幅な水分含量の減少は認められなかった。また、熟成中、カビについても湿り気があり、水分を保持していることが認められた。これらのことは、カビの付着によって急激な水分の蒸発が抑えられ、カビ無し熟成で見られた肉表面の硬化が起きなかったと推察された。熟成に伴う肉表面の硬化については、歩留まりに直接的な影響を与えるので、カビ付き熟成による水分保持効果は、歩留まりの向上に期待できる結果となった。

熟成の大きな効果の一つに各種アミノ酸の増加があるが、本研究において熟成後、各部位において各種アミノ酸の増加が認められた。甘味系アミノ酸、旨味系アミノ酸および苦味系アミノ酸の増加割合については、カビ無し熟成とほぼ同様な結果であったが、総遊離アミノ酸については本研究の結果が100mg/100g程度高い値となった。本研究においては熟成後の水分含量に変化が無いことから、水分の蒸発に伴う濃縮効果は小さく、その他の要因に起因すると考えられた。熟成中、自己酵素による様々な作用が報告されており<sup>8)</sup>、本研究においても同様な機序が作用したと考えられるが、カビが各種アミノ酸に与える直接的な効果については不明であり今後の検討課題となった。機能性成分については、熟成によってアンセリン、タウリンおよびオルニチンの増加が認められた。いっぽう、カビ無し熟成においては、カルノシン、アンセリンおよびタウリンの増加が認められ、アンセリンの増加以外は、相反する結果となった。カルノシンについてはメチル化によるアンセリンへの変化、また、酵素反応によるヒスチジンおよび $\beta$ アラニンへの分解など各種アミノ酸への変動があるため<sup>9)</sup>、熟成中のその挙動を把握するのは難しい結果となった。また、これらの成分について、熟成中に変化しないとの報告もあり<sup>10)</sup>、熟成の効果を検証する成分としては検討が必要となった。いっぽう、脂肪酸組成については、カビ無し熟成では認められなかったオレイン酸の増加が確認された。熟成による脂肪酸組成への効果については報告が無く、本研究においてオレイン酸が増加した機序については不明であった。

各種アミノ酸と同様に、熟成の大きな特徴である理化学的な特性にも効果が認められた。各部位において破断応力の低下が認められ、特に熟成前に高値を示していた外モモにおいては、熟成後、サーロインの熟成前と同程度の柔らかさになるなど熟成の効果が示された。これらの特徴についてはカビ無し熟成とほぼ同様な結果となっており、カビの有無が熟成肉の理化学的特性へ与える差異は小さいと考えられた。

肉の理化学的特徴の一つである柔らかさについては、一般的に肉が破断に至る応力、すなわち破断応力で評価しているが、破断応力は肉が破断に至る応力の一点のみを表しており、肉の理化学的特徴を詳細に評価しているとは言いがたい。そこで、本研究においては、応力と歪率の関係を経時的に捉え、破断前、破断直前および破断後の応力の推移および波形の形状からその特徴を捉えてみた。任意の $\Delta$ 歪率における $\Delta$ 応力、すなわち任意の範囲における応力の変化量は波形の傾きと関係があるため、傾きが緩やかだと力のかかり具合が小さいと考えられる。まず、熟成前後における応力-歪率の波形を詳細に見てみると、破断点付近の波形の傾きが熟成後は緩やかになっており、力のかかり具合が破断点直前あたりで低下していることが認められた。実際、試料が破断に至るまでの歪率から前半(0~50%)と後半(50%~100%)に分け、それぞれの範囲の応力である弾性率1と弾性率2を見てみると、弾性率2、すなわち、咀嚼後半における応力が低下している。これらの結果は、熟成によって得られる肉の軟化現象(破断応力の低下)が、咀嚼後半の応力である弾性率2と密接に関連していることを示している。言い換えれば、熟成肉については咀嚼前半(食べ始め)にはその柔らかさを感じられないが、咀嚼後半から破断にかけて、その柔らかさがより顕著に感じられると推察される。

また、外モモにおいて破断以降の波形において特徴的な結果が得られた。熟成前後を問わず、破断後に凸凹な波形が見られた。破断後の応力の推移については噛み応えや食感に影響を与える。実際に熟成後の外モモを食してみると柔らかくなっていると感じられるが、いっぽう、所々に硬い筋繊維が残存する感覚が認められた。外モモにおける破断後の凸凹は、筋繊維の有無による応力の変動を示していると推察された。外モモについては、熟成によって全ての範囲で応力の低下が認められたが、更なる食味の向上、すなわち、柔らかさという付加価値を付けるには、破断後の応力の改善が必要だと考えられた。

以上の結果よりカビ付き熟成によって、カビ無し熟成では認められなかった、水分含量の維持による肉表面の硬化現象の回避、オレイン酸の増加などが認められた。また、総遊離アミノ酸の顕著な増加や

理化学的特性の改善等, 付加価値の高い熟成肉を製造する方法として, カビ付き熟成が有効な手法であることが示された。

## VI 引用文献

- 1) 松本和典 (2013) 耕作放棄地で生産した「放牧仕上げ熟ビーフ」の特徴, 畜産技術, **697**, 7-11
- 2) 山本紫乃・伊藤信一・坪坂修二・脇坂巧・岡田繁・山口悠・前田さくら・口田圭吾 (2014) 十勝若牛<sup>®</sup>を用いた枝肉の客観的評価値と消費者食味特性との関連性, 日畜会報, **85** (3), 315-320
- 3) 中村好徳 (2015) 周年放牧肥育牛肉の特徴ならびに熟成による肉質の変化, 日暖畜報, **58** (2), 261-266
- 4) 沖谷明紘 (1993) 牛肉の熟成条件とフレーバーの生成, 日食工学会誌, **40** (7), 535-541
- 5) 小林正人・佐々木整輝 (2015) 牛肉の匂いに及ぼす熟成と加熱調理の影響, 平成 26 年度食肉に関する助成研究調査成果報告書, 伊藤記念財団, **33**, 39-45
- 6) 安里直和・本田祥嵩・花ヶ崎敬資・荷川取秀樹・(2016) 経産牛を活用した高付加価値食肉生産技術の確立 (1) ドライエイジングによる旨み成分等の経時的変化, 沖縄畜研研報, **45**, 1-10
- 7) Folch, J., M. Lees and G.H. Sloane Stanley (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues, *J. Biol. Chem.*, **226**, 497-509
- 8) Dashmaa Dashdorj, Vinay Kumar Tripathi, Soohyun Cho, Younghoon Kim and Inho Hwang (2016) Dry aging of beef; Review, *J. Anim. Sci. Tech.*, **58** (20),
- 9) Salah E. Gariballa, Alan J. Sinclair (2000) Carnosine: Physiological properties and therapeutic potential, *Age and Ageing*, **29**, 207-210
- 10) 岡山高秀・鎌刈久絵・中川成男・山之上稔・西川勲・光石直起・小西喜八郎 (1991) 黒毛和種腿肉の熟成中における物理・化学的变化, 日畜会報, **62** (2), 178-185

# 経産牛を活用した高付加価値食肉生産技術の確立

## (4) カビ付き熟成が香気成分に与える影響

安里直和 下地秀作\* 津嘉山勤子\* 大城隼人\*  
花ヶ崎敬資\*\* 荷川取秀樹

### I 要 約

カビ付き熟成が黒毛和種経産牛の香気成分に与える影響について検討したところ以下のとおりであった。

1. ガスクロマトグラフィーにて香気成分を分析した結果、36成分のピークが検出され、うち30成分について化合物を定性し、香りを構成する成分として特徴付けた。
2. 熟成後に8成分が有意に増加し、2成分が減少した。
3. 主成分分析によって、熟成前後の香気成分に違いがあることが認められ、また、ナッツ香を呈するPyrazineが大きく寄与していることが示された。
4. 熟成前後で差が認められない香気成分も多数存在し、熟成によって変動しない成分が多数有ることが認められた。

以上の結果より、経産牛をカビ付き熟成させることによって、ナッツ香を呈するドライエイジングビーフを生産することができた。

### II 緒 言

牛肉の評価はおもに、筋肉中の脂肪交雑（霜降り）の入り具合によって判断され、各県においては脂肪交雑の改良に焦点を当てた研究がなされてきた。しかしながら近年、健康ブームや食に対する多様性を背景に、脂身の少ない赤身肉に対する需要が高まりつつある。黒毛和種の経産牛<sup>1)</sup>、ホルスタイン種<sup>2)</sup>、褐毛和種<sup>3)</sup>などを活用した赤身主体で、かつ、付加価値の高い食肉生産技術の取り組みがなされている。ドライエイジングは、と畜後の肉を真空パックせずに、一定の温度および湿度のもと、長期間熟成する手法である。熟成の過程において、筋繊維のタンパク質や結合組織等が分解され、柔らかさやアミノ酸等の食味が向上し<sup>4)</sup>、また、熟成にともない独特の香りが付加されることが報告されている<sup>5)</sup>。牛肉の香りについては、和牛特有の香りについての報告が多くあり、様々な成分が特定され香りに対する効果が検証されている<sup>6,7)</sup>。本研究センターにおいては、経産牛をカビ無し熟成させることによって、果実系の香りが増加し、特徴あるドライエイジングビーフを製造できることを見いだした<sup>8)</sup>。いっぽう、県内企業においてカビ付きの熟成によって経産牛を活用する事例が見られ、また、（公財）沖縄県畜産振興公社においては、カビ付き熟成による県産経産牛の付加価値化に向けて、「まーさん熟成肉」の製造技術の確立およびブランド化に取り組んでいる。しかし、本県においてカビ付き熟成が経産牛の香気成分に与える効果について検討した報告は無く、その動態については未知の部分が多い。そこで、本研究はカビ付き熟成が経産牛の香気成分へどのような影響を与えるのか検討したので報告する。

### III 材料および方法

#### 1. 供試試料、熟成方法

試験に用いた経産牛および熟成方法等は前報<sup>9)</sup>と同一とする。

#### 5. 分析方法および調査項目

香気成分の分析に用いたサンプルは、熟成前（0日目）および熟成後（40日目）の外モモ、内モモ、サーロインの各部位で、サンプルをホモジナイズしたものを用いた。分析方法および分析機器については、前報<sup>8)</sup>と同様な方法で行った。

## IV 結果および考察

## 1. 香気成分の種類

熟成前後の両サンプルにおいて検出された全てのピークは 36 成分であった。そのうち AroChemBase ライブラリでマッチングされたのは 30 成分であった (表 1)。検出された成分については、エーテル臭、油脂様の香りのほか、前報<sup>8)</sup> のカビ無し熟成においても検出された果実系の成分についても多く検出された。また、カビ無し熟成では検出されなかったピラジン類も検出された。ドライエイジングビーフに特有な香りであるナッツ香を呈する成分については、Pyrazine および 3-ethyl-2-acethylpyrazine が検出された。また、こげ臭を呈する 2-methylfuran やロースト臭を呈する 2-Ethyl-3-methylpyrazine も検出された。

表 1 熟成前後の両サンプルで検出された香気成分

化合物名	特徴	化合物名	特徴
RT53.2		2,3-Hexanedione	バター
RT56.1		n-butanol	チーズ, 発酵
Hexane	アルカン, エーテル	Isovaleric acid, Isobutyl ester	アップル, フルーティ
RT62.4		Pyrazine	ナッツ様, ヘーゼルナッツ
Heptane	アルカン, フルーティ, 甘い	Amyl propanoate	アプリコット, フルーティ
Dimethyl sulfide	キャベツ, フルーティ	Thiazole	魚様, ニラネギ
Propanal	エーテル, 刺激臭	RT128.0	
Methyl acetate	エーテル, フルーティ	RT131.3	
2-methylfuran	焦げ臭, チョコレート	Ethyl 2-hydroxypropanoate	バター, フルーティ
Methyl propanoate	エーテル, フルーティ	2-Ethyl-3-methylpyrazine	バルサム様, ロースト
Butan-2-one	バター, チーズ	(Z)-6-nonenal	油脂様
Propyl formate		Formic acid	酸っぱい
Ethyl acrylate	フルーティ, 甘い	1-Octanol	ケミカル, 油脂様
Methyl 3-methylbutanoate	アップル, フルーティ	RT159.6	
3-hexanone	エーテル, フルーティ	3-ethyl-2-acethylpyrazine	ナッツ様
Dimethyl disulfide	キャベツ, タマネギ	Dihydrocarvelly acetate	樟脳, フローラル
Hexanal	ドングリ, 油脂様	(E,E)-2,4-Nonadienal	油脂様, 青草様
2,4,5-Trimethyl-3-oxazoline	カビ臭	Methyl 3-pyridinecarboxylate	ハーブ様, 甘い

## 2. 熟成前後の香気成分の比較 (面積値)

検出された成分の強度を熟成前後で比較するため、DB-WAX におけるピーク面積値を散布図にプロットした (図 1)。検出された 36 成分のうち、熟成後に有意に増加した成分が 8 成分、減少に転じた成分が 2 成分あった。熟成後で増加した成分のうち、化合物名が定性された成分は 6 成分 (Hexane, Heptane, Methyl acetate, Butan-2-one, Pyrazine, (E,E)-2,4-Nonadienal) があった。これらの成分については、フルーティ・甘い香り、バター・チーズの香りを呈する成分のほか、ナッツ香を呈する pyrazine も含まれていた。前報のカビ無し熟成においては、熟成後に有意に変動した成分が 4 成分であったが、本研究においては 10 成分と 2 倍以上増加した。カビ付き熟成においては、カビ無し熟成に比べ、香気成分を付加する効果が高いと考えられた。

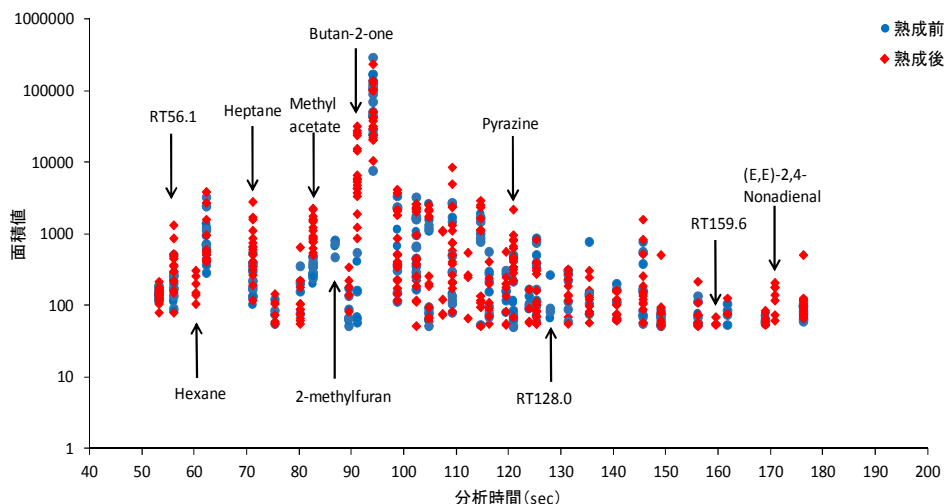


図 1 熟成前後における揮発性成分の検出強度 (DB-WAX)

### 3. 主成分分析による特徴付け

検出された 36 成分を用いて主成分分析を実施し、因子負荷量を算出した (表 2)。第一主成分正方向へは、3-ethyl-2-acetylpyrazine, Amyl propanoate および Thiazole が高い値を示し、負方向へは、Hexane, Dimethyl sulfide および RT159.6 が高い値であった。第二主成分正方向へは、RT159.6, Formic acid および Hexane が高く、また、Pyrazine も高い値を示した。負方向へは、RT53.2, Propyl formate および 2-methylfuran 等が高い値であった。また、寄与率は第 1 主成分で 28.5%, 第 2 主成分で 15.3% であった。

表 2 検出された成分の因子負荷量

化合物名	PC1	PC2	化合物名	PC1	PC2
RT53.2	0.121	-0.265	2,3-Hexanedione	-0.053	-0.067
RT56.1	0.092	0.237	n-butanol	0.241	0.057
Hexane	-0.085	0.297	Isovaleric acid, Isobutyl ester	0.258	0.057
RT62.4	0.015	-0.140	Pyrazine	-0.022	0.296
Heptane	0.034	0.176	Amyl propanoate	0.271	-0.057
Dimethyl sulfide	-0.070	0.200	Thiazole	0.267	-0.032
Propanal	0.239	0.100	RT128.0	0.135	-0.109
Methyl acetate	0.010	0.282	RT131.3	0.241	-0.012
2-methylfuran	0.101	-0.151	Ethyl 2-hydroxypropanoate	0.184	0.054
Methyl propanoate	0.182	-0.074	2-Ethyl-3-methylpyrazine	0.202	0.091
Butan-2-one	0.157	0.095	(Z)-6-nonenal	0.173	0.268
Propyl formate	0.186	-0.171	Formic acid	0.028	0.299
Ethyl acrylate	0.215	0.006	1-Octanol	0.187	-0.035
Methyl 3-methylbutanoate	0.218	-0.110	RT159.6	-0.057	0.359
3-hexanone	0.207	-0.071	3-ethyl-2-acetylpyrazine	0.275	0.030
Dimethyl disulfide	-0.023	-0.019	Dihydrocarvelly acetate	0.120	0.064
Hexanal	0.238	0.065	(E,E)-2,4-Nonadienal	0.166	0.171
2,4,5-Trimethyl-3-oxazoline	-0.001	-0.018	Methyl 3-pyridinecarboxylate	0.004	0.255
			寄与率(%)	28.5	15.3

熟成前後の特徴を明確化するために主成分得点を散布図に示した (図 2)。熟成前後の試料について、おおむね 2 グループに分けることが出来た。熟成前の試料については第二主成分の負の方向、熟成後の試料については第二主成分の正の方向にプロットされた。いっぽう、第一主成分方向へは、熟成の前後を問わず、広範囲にわたって散在する結果となった。これらのことから、熟成前後の香気成分の差異について、第二主成分が大きく関与していることが明らかとなった。

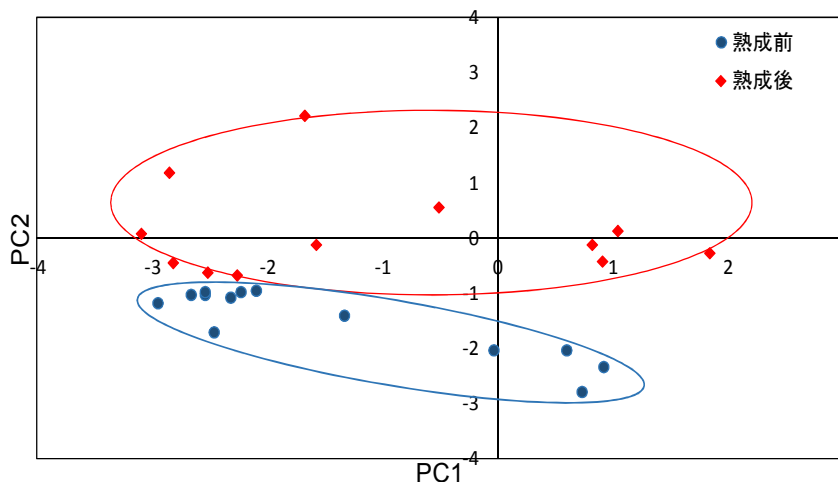


図 2 各試料の主成分得点

つぎに熟成前後の香気成分を特徴付ける成分、すなわち、第二主成分へ寄与する化合物を明らかにするため、因子負荷量を散布図に示し (図 3)、その詳細を検討した。図 3 に示すとおり第二主成分正方向においては、熟成後に増加した成分が多く存在し、RT159.6, Pyrazine, Hexane および Methyl acetate が高い値を示した。いっぽう、図 1 で示したとおり熟成後に増加し、かつ、最もピーク面積値が大きかった Butan-2-one については、因子負荷量が 0.095 と低値であり、第二主成分への寄与は低く、熟成前後における香りの特徴への影響は小さいことが示された。第二主成分への寄与率が高かった Hexane や Methyl acetate についてはエーテルや果実香を呈することが知られているが、熟成中、また、熟成後の

試料においては、これらの香りを感じることはなかった。熟成後の試料について、最も強く感じられた香りがナッツ香であった。ナッツ香については熟成中および熟成期間が長くなるにともない強くなることが認められた<sup>9)</sup>。図1に示すとおり熟成後にナッツ香を呈する Pyrazine の増加が認められ、また、主成分分析の結果、第二主成分への寄与率も高いことなどから、Pyrazine が熟成後の香気成分の特徴に大きく寄与していることが示唆された。しかしながら、Pyrazine 以外にも化合物名が定性できなかった RT159.6 や Hexane 等も増加しており、これらを含む様々な香りが複合的に混ざり合い、熟成肉特有の深みのある香りを構成していると考えられた。いっぽう、第一主成分方向（正負）においては、熟成前後で変化を示さなかった成分が多く存在する結果であった。第一主成分方向においては、図2の主成分得点においても熟成前後を問わず、広範囲にわたって散在しており、主成分得点および因子負荷量の結果から、これらの成分については、熟成肉の香気成分として特徴的な成分では無いことが確認された。

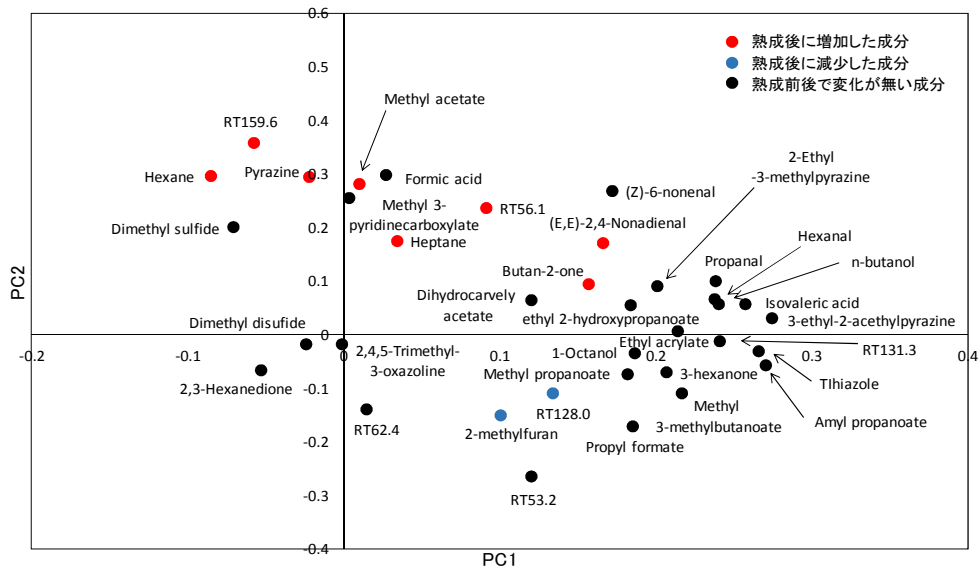


図3 検出された成分の因子負荷量

以上の結果より経産牛をカビ付きで熟成させることによって、Pyrazine の増加に伴うナッツ香を付加し、風味に特徴のあるドライエイジングビーフを製造できることが示された。

## V 引用文献

- 1) 松本和典 (2013) 耕作放棄地で生産した「放牧仕上げ熟ビーフ」の特徴, 畜産技術, **697**, 7-11
- 2) 山本紫乃・伊藤信一・坪坂修二・脇坂巧・岡田繁・山口悠・前田さくら・田口圭吾 (2014) 十勝若牛<sup>®</sup>を用いた枝肉の客観的評価値と消費者食味特性との関連性, 日畜学会報, **85** (3), 315-320
- 3) 中村好徳 (2015) 周年放牧肥育牛肉の特徴ならびに熟成による肉質の変化, 日暖畜報, **58** (2), 261-266
- 4) 沖谷明紘 (1993) 牛肉の熟成条件とフレーバーの生成, 日食工学会誌, **40** (7), 535-541
- 5) 小林正人・佐々木整輝 (2015) 牛肉の匂いに及ぼす熟成と加熱調理の影響, 平成26年度食肉に関する助成研究調査成果報告書, 伊藤記念財団, **33**, 39-45
- 6) 松石正典・久米淳一・伊藤友己・高橋道長・荒井正純・永富宏・渡邊佳奈・早瀬文孝・沖谷明紘 (2004) 和牛肉と輸入牛肉の香気成分, 日畜学会報, **75** (3), 409-415
- 7) 佐藤 雅彦・中村 豊郎・沼田正寛・桑原京子・本間清一・佐藤朗好・藤巻正生 (2004) 牛肉の香気と呈味成分に関する研究, 日畜学会報, **66** (3), 274-282
- 8) 安里直和・本田祥嵩・花ヶ崎敬資・荷川取秀樹 (2016) 経産牛を活用した高付加価値食肉生産技術の確立 (2) ドライエイジングが香気成分に及ぼす影響, 沖縄畜研研報, **54**, 11-14
- 9) 安里直和・下地秀作・津嘉山勤子・大城隼人・花ヶ崎敬資・荷川取秀樹 (2017) 経産牛を活用した高付加価値食肉生産技術の確立 (3) カビ付き熟成が旨味成分および物理特性に与える影響, 沖縄畜研研報, **55**, 1-9

# 和牛種雄牛産肉能力直接検定成績（2017年度）

末澤遼平 本田祥嵩\* 渡慶次功 荷川取秀樹

## I 緒 言

沖縄県畜産研究センターでは、種雄牛候補牛の産肉能力評価のため、和牛種雄牛産肉能力検定（直接検定法）を実施している。2016年から2017年までに検定を終了した種雄牛候補牛の成績について取りまとめたので報告する。

## II 検定牛および検定方法

### 1. 検定牛

肉用牛群改良基地育成事業により生産された雄子牛から、産子調査により9頭を選抜した。その概要を表1に示した。検定牛の父と母方祖父の組み合わせは、田尻系×糸桜系が2頭（No.4, 8）、田尻系×気高系が2頭（No.3, 6）、茂金系×田尻系が1頭（No.7）、気高系×気高系が2頭（No.1, 9）、糸桜系×気高系が2頭（No.2, 5）であった。

表1 検定牛の概要

No. 名 号	生年月日	血 統				生産地
		父	母	母方祖父	母方曾祖父	
1 一賀	2015/12/27	勝忠平	もんた	第2平茂勝	紋次郎	糸満市
2 福山8の2	2016/3/22	光北福	まりこ	百合茂	福栄	宮古島市
3 百合照	2016/4/12	美津照重	たかえ1	百合茂	金幸	今帰仁村
4 光福春	2016/5/6	美津照重	なおこ	北福波	福栄	多良間村
5 福忠	2016/5/17	福福波	かつくに	勝忠平	北国7の8	糸満市
6 照百合	2016/8/5	美津照重	ゆりえ	百合茂	勝忠平	宜野湾市
7 好3	2016/9/23	好平茂	ふくひさ	安福久	平茂勝	今帰仁村
8 照福波	2016/10/5	美津照重	たかふくなみ	北福波	平茂勝	石垣市
9 豊百合勝	2016/11/3	百合茂	とよかつ	勝忠平	豊安福	石垣市

### 2. 検定方法

全国和牛登録協会の和牛種雄牛産肉能力検定（直接検定法）<sup>1)</sup>に基づき実施した。直接検定法とは、種雄牛候補となる6~8カ月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<sup>2)</sup>、体型について実施した。

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

\*現八重山農林水産振興センター農業改良普及課

### Ⅲ 検 定 成 績

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

各調査項目の平均値は、開始時日齢242日、開始時体重273.4kg、終了時体重414.8kg、180日補正体重212.0kg、365日補正体重427.6kg、DG1.26kgであった。DGについては福忠が1.47kgと優れ、365日補正体重については好3が477.0kgと優れていた。

9頭の平均値を2016年度の全国平均値<sup>3)</sup>と比較するとDGは0.14kg大きい。

これらの検定牛のうち、2017年度第3回沖縄県肉用牛改良協議会専門委員会において、2018年度現場後代検定実施牛として、光福春（美華宗春へ改名）、照百合（照百合守へ改名）、豊百合勝を選抜した。

表2 検定成績(体重およびDG)

No.	名 号	開始時 日 齢	体 重 (kg)				DG (kg) 体高 (cm)		選 抜
			開始時	終了時	180日補正	365日補正	終了時	終了時	
1	一賀	240	292.0	445.0	226.5	462.8	1.37	126.8	
2	福山8の2	252	243.0	376.0	182.1	377.2	1.19	125.0	
3	百合照	231	219.0	358.0	185.5	385.3	1.24	126.0	
4	光福春	249	279.0	420.0	210.0	425.0	1.26	130.0	○
5	福忠	238	250.0	415.0	196.4	437.1	1.47	123.6	
6	照百合	249	224.0	424.0	217.2	427.6	1.21	129.2	○
7	好3	250	323.0	473.0	241.0	477.0	1.34	130.8	
8	照福波	238	258.0	374.0	202.4	389.6	1.04	123.8	
9	豊百合勝	238	308.0	448.0	247.3	466.8	1.25	128.2	○
平 均 値		242	273.4	414.8	212.0	427.6	1.26	127.0	
標 準 偏 差		7.8	33.4	38.6	23.1	37.2	0.12	2.7	
全 国 平 均 値		—	—	—	—	—	1.12	124.9	

注1) 全国平均値は2015年度（187頭）の平均値

2) ○は2018年度和牛種雄牛現場後代検定牛として選抜



表3 検定成績(飼料摂取量, 余剰飼料摂取量および体型評点)

No. 名号	粗飼料 摂取率(%)	飼料摂取量(kg)		余剰飼料摂取量(kg)				体型	
		TDN	CP	濃厚飼料	粗飼料	TDN	CP	評点	選抜
1 一賀	64	670	104	-9	150	61	-2	83.7	
2 福山8の2	53	579	101	22	15	40	6	83.3	
3 百合照	48	527	95	15	-62	3	2	82.7	
4 光福春	49	576	98	-4	-71	-7	-4	83.5	○
5 福忠	56	568	91	-50	158	-21	-12	81.7	
6 照百合	61	614	109	-22	79	29	7	83.1	○
7 好3	50	620	116	1	-57	-14	6	82.5	
8 照福波	56	547	99	-8	24	15	5	82.8	
9 豊百合勝	68	636	94	-80	126	28	-12	84.1	○
平均値	56	593	101	-15	16	15	-0.4	83.0	
標準偏差	7.0	45.5	7.9	32.1	85.5	27.1	7.6	0.7	
全国平均値	—	—	—	-28.3	9.1	1.3	-5.7	—	

注1) 全国平均値は2015年度(187頭)の平均値

2) ○は2018年度和牛種雄牛現場後代検定牛として選抜

3) 余剰飼料摂取量の算出方法は、以下のとおりである。

余剰飼料摂取量 = 摂取量 - {a × 代謝体重 + b × 増体量 + c × 他方の摂取量 + C}

代謝体重 = { (開始時体重 + 終了時体重) / 2 }<sup>0.75</sup> 増体量 = 終了時体重 - 開始時体重

他方の摂取量 = 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: 他方の摂取量の係数                      C: 定数

#### IV 引用文献

- 1) 公益社団法人全国和牛登録協会(2013)和牛登録事務必携, 61-69
- 2) 公益社団法人全国和牛登録協会(2016)和牛種雄牛産肉能力検定成績 直接法, 5-6
- 3) 公益社団法人全国和牛登録協会(2016)和牛種雄牛産肉能力検定成績 直接法, 4

検定補助：赤嶺圭作，比嘉正樹，花城義則

# 和牛種雄牛現場後代検定成績（2017年度）

(12)種雄牛「百合桜」「桜大福」「恒福波」および「百合美津」の検定成績

渡慶次功 荷川取秀樹

## I 緒 言

沖縄県畜産研究センターでは、種雄牛の遺伝的能力を判定し、産肉性の向上を図る目的で和牛種雄牛現場後代検定（現場後代検定法）を実施している。そこで、2017年度に終了した4頭の種雄牛について、その成績を報告する。

## II 検定種雄牛および検定方法

検定を実施した種雄牛は、肉用牛群改良基地育成事業で導入し2012年度の直接検定<sup>1)</sup>により選抜された百合桜（ゆりざくら）、桜大福（さくらだいふく）、恒福波（つねふくなみ）および百合美津（ゆりみつ）の4頭で、その概要は表1のとおりである。

検定方法は、全国和牛登録協会の和牛種雄牛現場後代検定法<sup>2)</sup>により実施した。現場後代検定法は、検定する雄牛についてその産子を15頭以上肥育し、通常出荷された現場枝肉情報を活用して、育種価評価を行う検定方法である。今回の検定材料牛は、百合桜が19頭（去勢8頭、雌11頭）、桜大福が24頭（去勢12頭、雌12頭）、恒福波が22頭（去勢13頭、雌9頭）および百合美津が22頭（去勢14頭、雌8頭）の産子を用いて検定を行なった。

表1 検定種雄牛の概要

名 号	百合桜	桜大福	恒福波	百合美津
登 録 番 号	黒原 5626	黒原 5625	黒原 5624	黒 14897
生 年 月 日	2011. 5. 20	2010. 12. 13	2011. 8. 17	2011. 6. 8
審 査 得 点	82.3	82.0	83.2	82.5
産 地	伊 江 村	伊 江 村	名 護 市	沖 縄 市
父	百 合 茂	北 乃 大 福	北 福 波	百 合 茂
母	さ くら	や す う み	ひ が ゆ り こ	よ し か
母 方 祖 父	平 茂 勝	北 国 7 の 8	美 津 福	美 津 福
母 方 曾 祖 父	紋 次 郎	隆 桜	平 茂 勝	平 茂 勝

## III 検 定 成 績

表2に検定種雄牛の育種価評価結果（推定育種価（平成29年9月解析結果））を示した。

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

百合桜の推定育種価は、枝肉重量が89.8kg、ロース芯面積が15.9cm<sup>2</sup>、バラの厚さが0.88cm、皮下脂肪の厚さ（皮下脂肪厚）が-0.001cm、歩留まり基準値（歩留基準値）が1.58および脂肪交雑が2.26であった。

桜大福の推定育種価は、枝肉重量が50.3kg、ロース芯面積が15.7cm<sup>2</sup>、バラの厚さが1.53cm、皮下脂肪厚が-0.06cm、歩留基準値が2.52および脂肪交雑が1.98であった。

恒福波の推定育種価は、枝肉重量が14.2kg、ロース芯面積が9.0cm<sup>2</sup>、バラの厚さが0.39cm、皮下

脂肪厚が-0.79cm, 歩留基準値が1.89および脂肪交雑が1.92であった。

百合美津の推定育種価は, 枝肉重量が46.7kg, ロース芯面積が5.1cm<sup>2</sup>, バラの厚さが0.71cm, 皮下脂肪厚が-0.18cm, 歩留基準値が0.69および脂肪交雑が1.67であった。

沖縄県肉用牛改良協議会専門委員会において, 百合桜と桜大福が供用種雄牛として選抜された。

表2 育種価評価結果 (平成29年9月解析)

種雄牛名	枝肉重量 (kg) (正確度)	ロース芯面積 (cm <sup>2</sup> ) (正確度)	バラの厚さ (cm) (正確度)	皮下脂肪厚 (cm) (正確度)	歩留基準値 (正確度)	脂肪交雑 (正確度)
百合桜	89.8 (0.92)	15.9 (0.92)	0.88 (0.90)	-0.00 (0.93)	1.58 (0.93)	2.26 (0.93)
桜大福	50.3 (0.92)	15.7 (0.91)	1.53 (0.89)	-0.06 (0.92)	2.52 (0.92)	1.98 (0.92)
恒福波	14.2 (0.91)	9.0 (0.90)	0.39 (0.89)	-0.79 (0.92)	1.89 (0.92)	1.92 (0.92)
百合美津	46.7 (0.91)	5.1 (0.90)	0.71 (0.89)	-0.18 (0.92)	0.69 (0.92)	1.67 (0.92)

#### IV 引用文献

- 1) 砂川隆治・運天和彦・森山高広(2012)和牛種雄牛産肉能力直接検定成績(2012年度), 沖縄畜研研報, 50, 7-9
- 2) 公益社団法人全国和牛登録協会(2013)和牛登録事務必携, 70-72, 179-181

検定補助: 玉城照夫, 仲宗根正弘

付属資料

1. 百合桜

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 <sup>2</sup> )	バラ厚 (cm)	皮下脂肪厚 (cm)	歩留 基準値	脂肪交雑 (BMS No.)	歩留 等級	肉質 等級
1	百合桜1	百合桜	照溝	北国7の8	去勢	28.2	479.8	54	7.8	2.8	73.1	5	A	4
2	さんに13	百合桜	北仁	福桜(宮崎)	雌	31.6	442.0	56	7.1	4.4	72.0	6	A	4
3	ゆりざくら2	百合桜	北忠平	晴姫	雌	29.6	457.6	61	7.6	4.0	73.1	5	A	4
4	由香野	百合桜	安平照	晴姫	去勢	28.7	474.1	64	7.6	2.6	74.6	10	A	5
5	おつう10	百合桜	北国7の8	安平	雌	28.2	386.0	50	6.5	2.1	73.5	3	A	2
6	寿84	百合桜	勝忠平	福之国	去勢	28.6	570.0	65	8.4	3.6	73.1	7	A	4
7	石2613	百合桜	美津照	晴姫	去勢	28.9	505.0	54	6.4	3.7	71.1	7	B	4
8	きたさくら	百合桜	北仁	平茂勝	雌	31.3	488.3	58	8.1	3.0	73.5	8	A	5
9	すず	百合桜	福栄	隆桜	雌	28.2	411.5	56	7.4	2.5	74.3	4	A	3
10	ゆりざくら	百合桜	中部6	第20平茂	雌	29.8	467.0	66	7.5	3.2	74.2	5	A	4
11	せれな	百合桜	福安照	北国7の8	雌	29.4	429.2	54	7.1	3.0	73.2	7	A	4
12	ちひろ	百合桜	福栄	北国7の8	雌	30.0	525.4	63	8.7	2.7	74.4	4	A	3
13	福星	百合桜	福栄	北国7の8	去勢	28.7	525.0	56	6.9	3.0	72.0	9	A	5
14	にし36	百合桜	第6高平	糸秀	雌	28.0	387.0	47	6.6	3.0	72.4	4	A	3
15	百合松	百合桜	北福波	神高福	去勢	28.0	408.5	60	7.0	2.5	74.6	7	A	4
16	ゆりざくら3	百合桜	北福波	照溝	雌	30.4	470.1	56	7.4	3.7	72.4	8	A	5
17	友里	百合桜	北福波	勝忠平	去勢	28.6	538.7	68	8.1	4.5	72.9	9	A	5
18	さんに15	百合桜	安重福	北国7の8	雌	31.7	462.0	78	7.4	2.7	76.3	8	A	5
19	百合桜4	百合桜	北福波	晴姫	去勢	27.1	468.7	53	7.5	2.4	73.2	8	A	5

	平均値
と畜時月齢	29.2 ± 1.1
枝肉重量 (kg)	468.2 ± 50.6
ロース芯面積 (cm <sup>2</sup> )	58.8 ± 7.3
バラの厚さ (cm)	7.4 ± 0.6
皮下脂肪厚 (cm)	3.1 ± 0.7
歩留基準値	73.3 ± 1.2
脂肪交雑 (BMS No.)	6.5 ± 2.0

2) 格付けの分布

(頭)

肉質等級 歩留等級	1	2	3	4	5	計
A		1	3	7	7	18
B				1		1
C						
計		1	3	8	7	19

## 2. 桜大福

## 1) 現場後代検定終了成績一覧

番号	名号	父	母の父	母の祖父	性別	月齢	枝肉重量 (kg)	ロース芯 面積(cm <sup>2</sup> )	バラ厚 (cm)	皮下脂肪厚 (cm)	歩留 基準値	脂肪交雑 (BMS No.)	歩留 等級	肉質 等級
1	桜大福1	桜大福	茂隆平	勝海邦	去勢	28.9	542.4	63	9.3	2.9	74.4	7	A	4
2	桜太郎	桜大福	百合茂	安平	去勢	28.1	509.4	60	8.3	2.9	73.8	7	A	4
3	さくら	桜大福	北福波	百合茂	雌	31.7	456.3	69	8.2	2.6	75.8	8	A	5
4	さらら	桜大福	糸幸福	晴姫	雌	31.5	497.6	65	8.2	3.7	73.7	4	A	3
5	世詩野	桜大福	勝海邦	北国7の8	去勢	28.5	491.6	55	7.8	3.0	72.9	4	A	3
6	だい	桜大福	北福波	平茂勝	雌	31.4	434.2	56	6.8	3.5	72.7	7	A	4
7	だいふく	桜大福	平茂勝	紋次郎	雌	29.8	509.5	75	9.3	4.4	75.0	9	A	5
8	さくら	桜大福	北国7の8	安平	雌	28.4	361.5	60	7.5	2.3	75.6	4	A	3
9	えりな	桜大福	茂勝栄	北仁	雌	30.7	431.5	70	8.3	3.2	75.8	10	A	5
10	大勝	桜大福	安茂勝	北国7の8	去勢	27.4	451.5	70	7.3	2.5	75.5	5	A	4
11	さらら	桜大福	平茂勝	安波土井	雌	31.5	418.3	54	7.3	3.6	72.8	7	A	4
12	歩緒宇駆	桜大福	勝忠平	安平	去勢	28.5	496.1	51	7.7	2.9	72.3	9	A	5
13	よしさくら	桜大福	照美	田安幸	雌	30.2	465.5	62	8.1	2.9	74.5	7	A	4
14	桜大	桜大福	百合茂	安平	去勢	28.9	444.0	60	8.6	2.5	75.2	6	A	4
15	あおさくら	桜大福	北国7の8	平茂勝	雌	29.1	386.8	51	7.4	2.1	74.2	4	A	3
16	桜大福2	桜大福	百合茂	隆桜	去勢	28.9	599.5	81	9.3	4.1	74.9	9	A	5
17	さゆり	桜大福	安茂勝	神高福	雌	29.8	415.7	57	7.5	2.5	74.3	9	A	5
18	大福勝	桜大福	平茂勝	安平	去勢	28.8	459.0	53	7.6	3.0	72.9	5	A	4
19	桜安	桜大福	安福勝	北福波	去勢	28.5	419.0	49	6.9	2.6	72.8	3	A	3
20	ふくちゃん	桜大福	北福波	中部6	雌	29.5	398.1	60	7.5	2.4	75.0	6	A	4
21	大進17	桜大福	平茂勝	中部6	去勢	28.0	456.0	64	8.1	3.2	74.6	4	A	3
22	桜大福4	桜大福	景東	平茂勝	去勢	29.0	473.0	50	8.3	3.2	72.6	7	A	4
23	桜大福5	桜大福	勝海邦	平茂勝	去勢	27.3	522.1	58	8.6	2.3	74.1	7	A	4
24	さくらだいふく6	桜大福	勝群星	北福波	雌	31.3	433.8	43	8.7	4.2	71.6	6	B	4

	平均値
と畜時月齢	29.6 ± 1.4
枝肉重量 (kg)	461.3 ± 53.4
ロース芯面積 (cm <sup>2</sup> )	59.8 ± 8.9
バラの厚さ (cm)	8.0 ± 0.7
皮下脂肪厚 (cm)	3.0 ± 0.6
歩留基準値	74.0 ± 1.2
脂肪交雑 (BMS No.)	6.4 ± 2.0

## 2) 格付けの分布

(頭)

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

3. 恒福波

1) 現場後代検定終了成績一覧

番号	名号	父	母の父	母の祖父	性別	月齢	枝肉重量 (kg)	ロース芯 面積(cm <sup>2</sup> )	バラ厚 (cm)	皮下脂肪厚 (cm)	歩留 基準値	脂肪交雑 (BMS No.)	歩留 等級	肉質 等級
1	つねこ	恒福波	平茂勝	第20平茂	雌	30.7	501.1	48	8.3	2.9	72.3	4	A	3
2	恒正2	恒福波	平茂勝	神高福	去勢	27.5	489.9	51	7.6	2.7	72.6	7	A	4
3	路美男	恒福波	第2平茂勝	鶴長	去勢	28.4	431.0	53	8.0	2.6	73.9	4	A	3
4	恒福	恒福波	照美	安福165の9	去勢	29.0	387.5	57	6.7	2.0	74.7	6	A	4
5	美順	恒福波	安茂勝	安平照	去勢	28.8	419.6	50	6.5	2.3	73.0	8	A	5
6	杏奈	恒福波	美津福	晴姫	去勢	27.5	447.8	47	6.8	2.6	72.1	3	A	3
7	勝福波	恒福波	勝海邦	藤波	去勢	27.4	446.4	51	6.3	1.5	73.3	4	A	3
8	さち	恒福波	平茂勝	第5隼福	雌	31.5	384.1	42	6.2	1.9	72.5	5	A	3
9	美恒	恒福波	美津福	北国7の8	去勢	28.2	367.4	43	6.3	2.4	72.5	4	A	3
10	みかつね	恒福波	平茂勝	金鶴	雌	31.4	437.7	65	8.0	2.3	75.7	5	A	4
11	和世丸	恒福波	美津福	谷福土井	去勢	28.1	434.6	62	7.3	2.2	74.9	8	A	5
12	ふくえ	恒福波	北国7の8	幸久	雌	31.3	410.7	62	7.8	2.5	75.3	7	A	4
13	島の1	恒福波	福安照	北仁	去勢	27.7	447.0	54	6.6	2.5	73.0	6	A	4
14	つねちゃん	恒福波	平茂勝	紋次郎	雌	30.2	446.0	51	7.8	3.5	72.5	7	A	4
15	俊太	恒福波	福栄	平茂勝	去勢	28.3	432.4	55	7.3	1.7	74.5	8	A	5
16	つねまなか	恒福波	安福165の10	晴姫	雌	29.5	448.5	43	6.8	4.2	70.2	3	B	3
17	つねひめ	恒福波	勝海邦	晴姫	雌	30.6	478.0	59	7.2	3.6	72.8	4	A	3
18	つねふくなみ2	恒福波	晴姫	安波土井	雌	30.3	420.4	56	6.6	3.3	72.8	5	A	3
19	つねふくなみ3	恒福波	景東	安福165の9	雌	30.2	399.1	52	7.0	3.1	73.1	7	A	4
20	恒福波4	恒福波	百合茂	奥安福	去勢	27.0	452.4	59	6.6	2.0	74.0	7	A	4
21	初恒波	恒福波	家康福	中部6	去勢	29.2	395.5	53	7.7	1.9	74.7	7	A	4
22	恒福波5	恒福波	北乃大福	平茂勝	去勢	29.0	480.9	70	8.0	2.1	75.9	10	A	5

	平均値
と畜時月齢	29.1 ± 1.5
枝肉重量 (kg)	434.4 ± 35.0
ロース芯面積(cm <sup>2</sup> )	53.7 ± 7.2
バラの厚さ(cm)	7.1 ± 0.7
皮下脂肪厚(cm)	2.5 ± 0.7
歩留基準値	73.4 ± 1.4
脂肪交雑(BMS No.)	5.8 ± 1.9

2) 格付けの分布

(頭)

肉質等級 \ 歩留等級	1	2	3	4	5	計
A			8	9	4	21
B			1			1
C						
計			9	9	4	22

## 4. 百合美津

## 1) 現場後代検定終了成績一覧

番号	名号	父	母の父	母の祖父	性別	月齢	枝肉重量 (kg)	ロース芯 面積(cm <sup>2</sup> )	バラ厚 (cm)	皮下脂肪厚 (cm)	歩留 基準値	脂肪交雑 (BMS No.)	歩留 等級	肉質 等級
1	ゆりみつ1	百合美津	北福波	晴姫	雌	29.7	446.2	50	6.8	2.3	72.8	7	A	4
2	百合美津2	百合美津	北福波	北天山	去勢	27.9	466.4	54	7.9	3.0	73.2	5	A	4
3	安美津	百合美津	北平安	平茂勝	去勢	27.6	429.9	56	7.1	3.1	73.2	9	A	5
4	百合美津3	百合美津	北福波	北国7の8	去勢	27.6	490.2	53	7.8	2.6	73.0	7	A	4
5	いし2609	百合美津	福栄	晴姫	雌	30.9	391.7	43	6.3	3.0	71.6	4	B	3
6	ゆりみつさん	百合美津	糸北鶴	気高富士	雌	30.1	507.9	45	8.2	4.1	70.7	3	B	2
7	勝菊百合	百合美津	平茂勝	菊安	去勢	28.7	474.0	49	8.2	2.7	72.9	4	A	3
8	百合美山	百合美津	北福波	紋次郎	去勢	27.1	445.0	41	6.6	2.6	71.2	5	B	3
9	百合大福	百合美津	北乃大福	平茂勝	去勢	25.2	425.5	47	8.0	3.4	72.5	5	A	4
10	上奈美	百合美津	上福	糸波	去勢	28.7	427.0	47	7.5	3.6	72.0	4	A	3
11	たから	百合美津	北福波	平茂勝	雌	31.5	468.5	70	8.0	3.2	75.1	10	A	5
12	西陽芽	百合美津	晴姫	平茂勝	去勢	28.4	469.7	61	8.0	2.3	74.7	6	A	4
13	美津藤	百合美津	藤平茂	安平照	去勢	28.3	461.7	53	7.5	2.8	73.1	4	A	3
14	こうめ	百合美津	糸福	平茂勝	雌	29.8	470.0	56	8.5	3.7	73.1	8	A	5
15	さんに14	百合美津	安重福	北国7の8	雌	31.6	417.0	46	6.9	2.7	72.3	4	A	3
16	春美津	百合美津	北福波	福栄	去勢	29.0	480.6	60	7.1	3.5	72.8	8	A	5
17	糸美百合	百合美津	平茂勝	幸久	去勢	28.8	418.0	54	7.4	3.2	73.3	6	A	4
18	百合北	百合美津	北国茂	金鶴	去勢	27.7	504.2	56	7.5	2.7	73.0	6	A	4
19	清人	百合美津	芳之国	美津福	去勢	27.4	463.7	54	7.2	2.1	73.5	7	A	4
20	ゆりみつ4	百合美津	美国桜	第2平茂勝	雌	31.0	423.1	48	7.0	3.0	72.3	5	A	4
21	百合美津5	百合美津	照溝	姫桜	去勢	28.5	566.3	46	8.1	2.6	71.4	5	B	4
22	ふじこ	百合美津	勝海邦	晴姫	雌	31.8	424.5	49	7.4	5.5	70.5	4	B	3

	平均値
と畜時月齢	28.9 ± 1.7
枝肉重量 (kg)	457.7 ± 38.9
ロース芯面積(cm <sup>2</sup> )	51.7 ± 6.7
バラの厚さ(cm)	7.5 ± 0.6
皮下脂肪厚(cm)	3.0 ± 0.7
歩留基準値	72.6 ± 1.1
脂肪交雑(BMS No.)	5.7 ± 1.9

## 2) 格付けの分布

(頭)

肉質等級 歩留等級	1	2	3	4	5	計
A			4	9	4	17
B		1	3	1		5
C						
計		1	7	10	4	22

# アグーブランド豚と三元交雑種（LWD）の肉質比較

當眞嗣平 親泊元治 二宮恵介 鈴木直人

## I 要 約

市場に流通するアグーブランド豚と三元交雑種（LWD）について肉質調査を行った。加圧保水性はアグーブランド豚が LWD よりも有意に高かった。加熱損失率はアグーブランド豚が LWD よりも有意に低かった。肉のやわらかさを示す破断応力は、アグーブランド豚が LWD よりも小さくやわらかい傾向にあった（ $P=0.06$ ）。脂肪内層の多価不飽和脂肪酸（リノール酸， $\alpha$ -リノレン酸）は、アグーブランド豚が LWD よりも有意に低い値であった（ $p<0.01$ ）。遊離アミノ酸はうま味成分のグルタミン酸を含む 15 成分において、アグーブランド豚が LWD よりも有意に高い値を示した。

以上の結果から、アグーブランド豚は LWD と比べて保水性に優れ、呈味成分である遊離アミノ酸が多いことが示唆された。

## II 緒 言

現在の養豚は生産性に優れたランドレース種（L），大ヨークシャー種（W）およびデュロック種（D）といった大型西洋系品種がおもに利用されている。しかし近年，消費者のニーズは量から質へと変化してきており，特色ある豚肉の生産が望まれている。本県では沖縄アグー豚を活用したアグーブランド豚を作出し，その出荷頭数は順調に増加している<sup>1)</sup>。沖縄アグー豚の肉質については，一般豚と比べ優れた特性を持つことが報告されている<sup>2, 3)</sup>。しかしながら，アグーブランド豚としておもに流通しているのは，西洋品種雌に沖縄アグー豚の雄を交配した交雑種であり，その肉質特性を明らかにすることが生産者および流通関係者から望まれている。そこで本研究では，市場に流通するアグーブランド豚と LWD について肉質調査を行ったので報告する。

## III 材料および方法

### 1. 供試豚肉

供試豚肉は LWD（LW 交雑種雌×D 雄）とアグーブランド豚（LW 交雑種雌×沖縄アグー豚雄）を各 10 頭ずつ合計 20 頭用いた。これらのサンプルは，県内食肉卸業者から購入したもので，と畜の翌日にロース部位を採取し，真空パック後 4℃で 4 日間熟成させた。開封後は最後肋骨から腰椎部を切り出し，各分析に供するまで -80℃で冷凍保存した。

### 2. 分析項目

常法<sup>4)</sup>に準じ脂肪内層融点，筋肉内脂肪含量，加圧保水性，加熱損失率，圧搾肉汁率，破断応力および脂肪内層の脂肪酸組成を分析した。遊離アミノ酸については，赤身部分をホモジナイズした後，除タンパクおよび除脂肪処理を行い，0.2  $\mu\text{m}$  のフィルターでろ過した溶液を分析に供試した。また，統計処理は JMP 8.0（SAS Institute Japan，東京）を用い，品種間の平均値比較は t 検定を行った。

## IV 結 果

表 1 に肉質形質の分析結果を示した。筋肉内脂肪含量および圧搾肉汁率には品種間差は認められなかった。加圧保水性はアグーブランド豚が LWD よりも有意に高い値であり（ $p<0.05$ ），加熱損失率はアグーブランド豚が LWD よりも有意に低い値であった（ $p<0.01$ ）。肉の軟らかさを表す破断応力はアグーブランド豚が LWD よりも小さくやわらかい傾向にあった（ $P=0.06$ ）。



表1 アグーブランド豚とLWDの肉質形質

形質	アグーブランド豚	LWD	有意性	P-value
筋肉内脂肪含量 (%)	3.0	2.9	NS	0.70
加圧保水性 (%)	83.0	80.6	*	0.02
加熱損失率 (%)	28.1	31.7	**	0.01
圧搾肉汁率 (%)	34.5	34.4	NS	0.91
破断応力 ( $10^5\text{N}/\text{m}^2$ )	48.9	53.4	NS	0.06

注) NS : 有意差なし, \* :  $p < 0.05$ , \*\* :  $p < 0.01$

表2に脂肪内層の融点および脂肪酸組成の分析結果を示した。リノール酸および $\alpha$ リノレン酸といった多価不飽和脂肪酸は、アグーブランド豚がLWDよりも有意に低く ( $p < 0.01$ ) , パルミトレイン酸とオレイン酸の合計である一価不飽和脂肪酸は、アグーブランド豚がLWDよりも高い傾向にあった ( $P = 0.09$ ) 。

表2 アグーブランド豚とLWDの脂肪内層融点および脂肪酸組成

形質	アグーブランド豚	LWD	有意性	P-value
脂肪融点 ( $^{\circ}\text{C}$ )	37.4	39.4	NS	0.16
脂肪酸組成 (%)				
ミスチリン酸	1.4	1.4	NS	0.83
パルチミン酸	30.8	30.0	NS	0.12
パルミトレイン酸	2.1	1.9	NS	0.24
ステアリン酸	16.4	16.5	NS	0.78
オレイン酸	42.4	41.6	NS	0.20
リノール酸	6.7	8.3	**	0.01
$\alpha$ -リノレン酸	0.32	0.38	**	0.01
飽和脂肪酸	48.5	47.9	NS	0.35
不飽和脂肪酸	51.5	52.1	NS	0.35
一価不飽和脂肪酸	44.5	43.5	NS	0.09
多価不飽和脂肪酸	7.0	8.6	**	0.01

注) NS : 有意差なし, \* :  $p < 0.05$ , \*\* :  $p < 0.01$

遊離アミノ酸の分析結果を表3に示した。18成分の内、アスパラギン酸、グリシンおよびプロリンを除く15成分および総遊離アミノ酸においてアグーブランド豚がLWDよりも有意に高い値を示した。

表3 アグーブランド豚とLWDの遊離アミノ酸 (mg/100g)

成分	アグーブランド豚	LWD	有意性
総遊離アミノ酸	78.90	57.00	**
旨味・酸味			
アスパラギン酸	0.29	0.00	NS
グルタミン酸	5.83	4.34	*
甘味			
セリン	4.34	2.77	**
グリシン	6.74	6.98	NS
アラニン	14.80	10.60	**
スレオニン	4.86	3.19	**
プロリン	2.88	3.09	NS
風味・苦味			
ヒスチジン	1.81	1.08	**
アルギニン	2.76	2.19	*
チロシン	4.15	2.96	**
パリン	5.07	3.19	**
メチオニン	3.26	2.46	**
システイン	1.78	0.59	**
トリプトファン	3.10	1.81	**
フェニルアラニン	3.93	2.71	**
イソロイシン	3.42	2.11	**
ロイシン	6.68	4.46	**
リジン	3.22	2.51	*

注) NS：有意差なし，\*：p<0.05，\*\*：p<0.01

## V 考 察

本研究では市場に流通するアグーブランド豚と三元交雑種（LWD）について肉質調査を行い理化学分析、脂肪酸組成および遊離アミノ酸の分析を行った。

理化学分析の保水性については、精肉の保水性を表す加圧保水性と加熱時の保水性である加熱損失率のいずれの形質もアグーブランド豚で優れた結果が得られ、肉汁ロスが少ないことが示された。

脂肪内層の脂肪酸組成において、アグーブランド豚は多価不飽和脂肪酸がLWDよりも有意に低く（p<0.01）、一価不飽和脂肪酸はLWDよりも高い傾向にあった（P=0.09）。これらの結果は、沖縄アグー豚の脂肪酸組成を調査した我那覇ら<sup>2)</sup>と類似する結果であった。一価不飽和脂肪酸はフレーバーや食味性と好ましい正の相関が、多価不飽和脂肪酸は負の相関があるとの報告<sup>9, 10)</sup>もあり、今後アグーブランド豚においても検証する必要がある。

遊離アミノ酸においては、うま味成分であるグルタミン酸を含む15成分でアグーブランド豚が有意に高い値を示した。グルタミン酸はうま味への寄与が大きく<sup>11)</sup>、鶏肉において呈味成分の1つであることが明らかにされている<sup>12)</sup>。その他、うま味成分であるアスパラギン酸、甘味成分のセリン、風味・苦味成分のメチオニン、イソロイシン、ロイシン、チロシン、フェニルアラニンおよびアルギニンは熟成における呈味性向上に寄与すると考えられており<sup>13)</sup>、アグーブランド豚はこれらの成分がLWDよりも高い値であった。さらにアグーブランド豚において保水性が優れていることは、精肉時や加熱調理中にこれらの呈味成分を含む肉汁のロスが少ないことが推察され、食味性において有利な点と考えられる<sup>6~8)</sup>。

全国の消費者を対象に実施したアンケート調査によると、アグーブランド豚は「味がよい」という評価項目において第2位にランキングされている<sup>14)</sup>。今回の肉質調査においてアグーブランド豚は、保水

性に優れ呈味成分である遊離アミノ酸が多いという結果が得られた。この特徴はアグーブランド豚の高い評価に寄与している可能性がある。

## VI 引用文献

- 1) 沖縄県アグーブランド豚推進協議会ホームページ, アグー及びアグーブランド豚に関する統計データ (<http://okinawa-agu.com/data.html>)
- 2) 我那覇紀子・當眞嗣平・親泊元治・光部柳子・野中克治 (2014) 沖縄アグー豚の肉質特性, 沖縄畜研研報, **52**, 23-25
- 3) 翁長桃子・我那覇紀子・當眞嗣平・野中克治 (2015) 沖縄アグー豚および一般豚の肉質分析値と官能評価の関係, 沖縄畜研研報, **53**, 19-23
- 4) 食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル, 独立行政法人家畜改良センター
- 5) 入江正和 (2006) 豚肉の品質と評価, 動物遺伝研究, **34**, 33-44
- 6) Devol, D.L., F.K. Mckeith, P.J. Bechtel, J. Novakofski, R. D. Shanks and T. R. Carr (1988) Variation in composition and palatability traits and relationships between muscle characteristics and palatability in random samples of pork carcasses. *Journal of Animal Science*, **66**, 385-395
- 7) Hodgson, R.R., G.W. Davis, G.C. Smith, J.W. Savell and H.R. Cross (1991) Relationships between pork loin palatability traits and physical characteristics of cooked chops. *Journal of Animal science*, **71**, 2018-2025
- 8) Huff-Lonergan, E., T.J. Baas, M. Malek, J.C.M. Dekkers, K. Prusa and M.F. Rothschild (2002) Correlations among selected pork quality traits. *Journal of Animal science*, **80**, 617-627
- 9) Cameron, N.D. and M. Enser (1991) Fatty acid comparison of lipid in longissimus dorsi muscle of Duroc and British Landrace pigs and its relationship with eating quality. *Meat Science*, **29**, 295-307
- 10) Cameron, N.D., M. Enser, G.R. Nute, F.M. Whittington, J.C. Penman, A.C. Fiske, A.M. Perry and J.D. Wood (2000) Genotype with nutrition interaction on fatty acid composition of intramuscular fat and the relationship with flavour of pig meat. *Meat Science*, **55**, 187-195
- 11) 松石昌典・西邑隆徳・山本克博 (2015) 肉の機能と科学 4.1 食肉のおいしさと熟成, 64-65, 朝倉書店, 東京
- 12) Fujimura S, Kawano S, Koga H, Kadowaki M, Ishibashi T (1995) Identification of taste-active components in the chicken meat extract by omission test - Involvement of Glutamic acids, IMP and potassium ion. *Anim. Sci. Technol.*, **66**, 43-51
- 13) Nishimura T (1998) Mechanism involved in the improvement of meat taste during postmortem aging. *Food Sci. Technol. Int. Tokyo*, **4**, 241-249
- 14) 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

# 肉用山羊の有効な繁殖技術の確立

## (1)分娩後の発情誘起による季節外繁殖の検討

安村陸 鈴木直人

### I 要 約

山羊の季節外繁殖を確立するため、早期離乳、早期乾乳、山羊舎内の低照度化、雄山羊による発情誘引など、発情誘起処理を複合的に実施し検討した結果、以下のとおりであった。

1. 雌山羊 10 頭中 9 頭で発情が見られ、そのうち 5 頭が受胎し、8 頭の子山羊を生産した。
2. 供試山羊 10 頭における年間の平均産子数は 2.3 頭となった。
3. 分娩後の発情前後の血中プロゲステロン濃度は、受胎した山羊では発情後にプロゲステロン濃度の上昇が見られ、未受胎の山羊では、発情後にプロゲステロン濃度の大きな変化が見られなかった。

以上のことから、分娩後の雌山羊に発情誘起の処理を行うことで、排卵の伴った発情が誘起されることが示唆された。

### II 緒 言

近年沖縄県では、山羊肉の食文化としての需要が高まっており、多くの山羊肉の供給が求められている。2015 年における県内の山羊肉流通量調査では、県産の山羊肉は 36% となっており<sup>1)</sup>、県内で流通する山羊肉の大部分が外国からの輸入でまかなわれている。そのため、県産山羊肉の増産が課題となっており、山羊の改良や増頭が必要である。

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<sup>2)</sup>。一方、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<sup>3, 4)</sup>。しかし、本来季節繁殖性を示す品種においても、特殊な環境下や発情誘起の処置により季節外に繁殖している事例報告がされている<sup>2, 6)</sup>。本県でも同様に、分娩後の雌山羊に発情誘起の処理を実施することで、季節外の繁殖に成功している山羊農家が見られる。

そこで、本試験では、県内において季節外繁殖の実績がある農家で実施されている発情誘起法などを複合的に活用することによる季節外繁殖について検討したので報告する。

### III 材料および方法

#### 1. 試験期間および試験場所

##### 1) 試験期間

第 1 期(通常繁殖季節)種付け期間	2016 年 10 月 1 日から 11 月 15 日
分娩期間	2017 年 3 月 4 日から 4 月 21 日
発情誘起期間	2017 年 4 月 4 日から 6 月 30 日
第 2 期(季節外)種付け期間	2017 年 5 月 20 日から 6 月 30 日
山羊舎の低照度処置期間	2017 年 3 月 1 日から 6 月 30 日

##### 2) 試験場所

畜産研究センター 試験用山羊舎

#### 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 16~56 カ月、産歴 1~3 回、体重 42.5~64.5kg の雌山羊で過去に季節外繁殖した実績はなかった。

表1 供試山羊の概要

供試No.	月齢(月)	産歴(回)	体重(kg)	季節外繁殖の実績
1	56	3	64.5	無
2	16	1	42.5	無
3	18	1	58.5	無
4	17	1	50.5	無
5	19	1	47.5	無
6	19	1	57.0	無
7	17	1	46.5	無
8	17	1	46.0	無
9	19	1	54.0	無
10	16	1	54.0	無

### 3. 試験方法

#### 1) 発情予定日の仮定

分娩日を0日とし、21日、42日、63日、84日目をそれぞれ発情予定日とした。

#### 2) 分娩後の早期回復によるボディコンディションの調整

分娩後最初の予定日である21日目は子宮および体力の回復期間中であるため、2回目の予定日である42日までに、乾乳とともに子宮および体力の回復を完了させ、発情に最適な中程度のボディコンディションに調整した。また、分娩後の子宮およびボディコンディションの早期回復を促すため、胎盤排出後に子宮洗浄を行うとともに、味噌、ビタミンおよびグリセリン等が配合された市販の栄養補助飼料の給与と青草の飽食とした。栄養補助飼料は分娩後1週間の給与、青草の飽食は乾乳が完了するまでとした。

#### 3) 発情誘起の方法

分娩後の発情誘起処理は、季節外繁殖の実績がある農家の方法を参考に以下4つの処理を行った。

##### (1) 早期離乳

授乳期間は分娩日のみとし、2日目より母子を分離した。

##### (2) 母山羊の早期乾乳処置

早期乾乳処置は、子山羊と分離した日より1カ月間実施した。乾乳のための処置は、通常より狭い房に收容し、制限飲水、青草と乾草のみの給与とした。乾乳のための処置期間中は乳房に触れないようにし、過度な膨脹が見られた場合のみ手搾りで搾乳を行った。乾乳の完了日より濃厚飼料の給与を開始した。

##### (3) 山羊舎の低照度処理

分娩前より山羊舎の高照度位置によらずや遮光用シェードを数枚重ね合わせ、山羊舎全体の平均照度が10ルクス以下になるように低照度処理を行った。

##### (4) 雄山羊による発情誘起

分娩後42、63日目の3～10日前に雄に隣接する房へ移動を行った。63日目以降も発情が来ない個体は、84日目以降の発情予定日の前後に保定による雄の乗駕を行った。分娩や乾乳が遅れた個体は42、63日目より雄の乗駕を行った。

### 4. 調査項目

#### 1) 発情率、受胎率および産子数

発情率は、供試山羊のうち発情した山羊の割合とした。また、受胎確認は超音波映像診断により行い、受胎率は種付けした山羊のうち受胎した頭数の割合とした。さらに、平均分娩頭数は、供試山羊の平均の分娩頭数とした。

#### 2) 発情の鑑定

発情の項目および強度を表2に示した。発情行動の項目は、「尾を振る」、「外陰部の膨張および粘液量増加」、「鳴き騒ぐ」、「雄へ興味を示す」の4項目とした。また、発情の強度は、雌の発情行動の度合いから++、+、±の評価とし、発情の鑑定は朝昼夕の1日3回行った。さらに、発情の確定は雄の乗駕行動を許容することとした。

表2 発情の項目および強度

強度/発情項目	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、大量の粘液が見られる	雄をなめ回し、雄の前で放尿する
+	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、雄に体をなすりつける
±	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

### 3) 血中プロゲステロンの測定

分娩後より、週2回左右いずれかの総頸静脈から毎回5mlずつ採血を行った。採取した血液は直ちに遠心分離(3000rpm=1740×g, 20分間)し、採取した血漿はホルモン測定まで-20℃で保管した。測定は、山羊用のプロゲステロン測定キット(LSBio, Goat Progesterone ELISA Kit)を用いてELISAによって実施した。

## IV 結 果

### 1. 発情率、受胎率および平均産子数

供試山羊の第1期および第2期種付け期間の発情頭数、受胎頭数、分娩した子山羊の頭数を表3に示した。また、発情率、受胎率、平均産子数を表4に示した。第1期では全頭が発情および受胎し、合計で15頭の子山羊を分娩した。第2期では10頭中9頭が発情、5頭が受胎し8頭の子山羊を分娩した。発情率では第1期が100%、第2期が90%であり、受胎率では第1期で100%、第2期で55.6%となった。平均産子数は、第1期で1.5頭、第2期で0.8頭となった。供試山羊10頭の年間の平均産子数は、2.3頭となった。

表3 発情頭数、受胎頭数、および分娩頭数

	供試山羊	発情頭数	受胎頭数	分娩した子山羊の頭数
第1期種付け期間	10	10	10	15
第2期種付け期間	10	9	5	8

表4 発情率、受胎率、および産子数

	発情率(%)	受胎率(%)	平均産子数(頭)
第1期種付け期間	100	100	1.5
第2期種付け期間	90	55.6	0.8
合計			2.3

### 2. 発情処理日および発情の強度

分娩日、乾乳までの日数、発情までの日数、雄の乗駕から発情までの日数および発情の強度を表5に示した。乾乳するまでの期間は乳房が小さい個体ほど短くなる傾向にあった。供試山羊10頭中9頭が発情が見られた。供試No.2, 9は乾乳確認後、最初の発情予定日に雄山羊を隣接させると発情したため、保定による雄山羊の乗駕は行わなかった。供試No.7は、分娩後子宮回復の前に発情したものの、次の発情は確認されなかった。1回目の発情後に乳房炎および関節炎による歩行困難となったため、その影響を受けた可能性がある。供試No.10は乳房炎を発症したものの、乾乳が遅れたのみでそのほか弊害が見られなかったため、保定による雄の乗駕を行ったが発情は見られなかった。

発情日は、供試No.7を除いたすべての供試山羊で乾乳確認日以降となった。発情の強度では「尾を振る」、「外陰部の腫れ」、「雄に興味を示す」の項目において、受胎の有無にかかわらず、すべての山羊で+以上が見られた。特に、「雄に興味を示す」の項目では発情の度合いがより明瞭となっており、雄に体をすりつける、雄を舐める、雄の前で放尿するなどの発情行動が多く見られた。

表5 分娩日、乾乳までの日数、発情までの日数、雄の乗駕から発情までの日数および発情の強度

供試No.	分娩日	乾乳までの日数(日)	発情までの日数(日)	乗駕から発情までの日数(日)	発情の強度			
					尾を振る	鳴き騒ぐ	外陰部の腫れ	雄に興味を示す
1	2017. 4. 10	30	42	2	++	++	++	++
2	2017. 4. 3	41	50	乗駕なし	++	++	++	++
3	2017. 3. 15	51	69	8	++	++	+	++
4	2017. 3. 4	31	86	5	++	++	++	++
5	2017. 3. 24	30	82	5	+	++	++	++
6	2017. 3. 2	57	119	10	+	±	+	++
7	2017. 3. 4	50	20	乗駕なし	++	++	+	++
8	2017. 3. 6	45	113	7	+	+	++	++
9	2017. 4. 3	37	42	乗駕なし	++	++	++	++
10	2017. 3. 26	58	発情なし	発情なし				

### 3. プロジェステロンの測定

発情が見られた山羊のうち、受胎した供試No.1~5および未受胎の供試No.6~9における血中プロジェステロン濃度を図1、図2に示した。受胎した供試No.1~5は、個体毎に濃度のばらつきが見られるものの、共通して発情後にプロジェステロン濃度の上昇が確認された。未受胎の供試No.6~9では、プロジェステロン濃度の大きな変化は見られなかった。

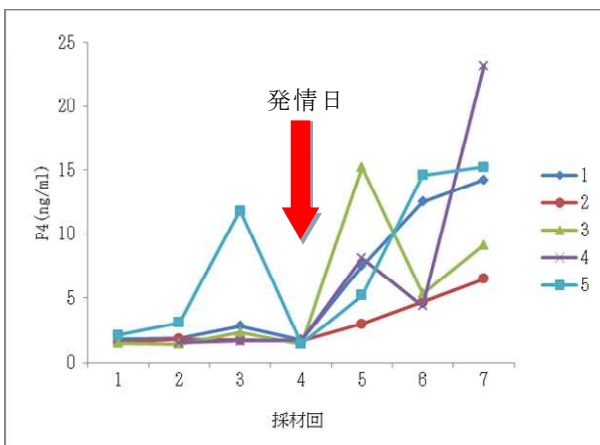


図1 受胎山羊の平均プロジェステロン(P4)濃度

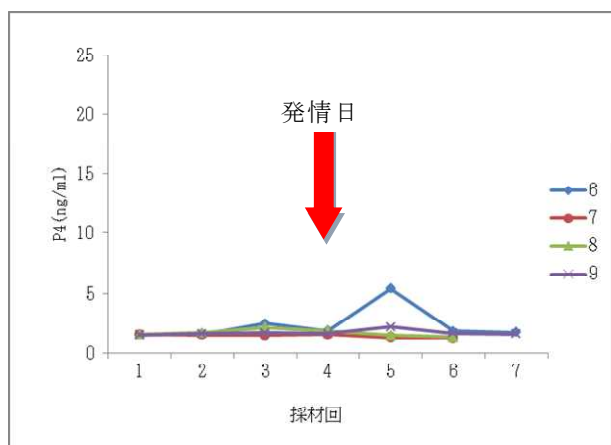


図2 未受胎山羊のプロジェステロン(P4)濃度

## V 考 察

通常、季節繁殖する山羊は光刺激により繁殖性を示しており、長日から短日へと切り替わる秋に繁殖行動を起こし、冬の妊娠期間を経て子育てのしやすい春先に子山羊を分娩する。しかし、環境の変化や人為的な発情誘起、他品種間の交雑などにより、通常の繁殖季節以外に繁殖した例がこれまでに多く報告されている。その中でも人為的な発情誘起法は多岐にわたり、山羊用のCIDERやホルモン剤など利用する方法、日長調整によって発情を誘起する方法<sup>5)</sup>、雄の臭いやフェロモンを利用した方法<sup>6)</sup>などがあり、同じ季節動物であるめん羊では、メラトニンの給与により発情を誘起する方法<sup>7)</sup>もある。季節繁殖が主となる本県

の交雑種山羊においても季節外繁殖の報告<sup>8)</sup>が確認されているが、飼養する山羊の多くを意図的に発情させている農家は少数である。本試験では、上記であげた発情誘起法や安定的な季節外繁殖の実績がある 2 農家の調査結果をもとに、分娩後の雌山羊に複合的な発情誘起処理を行っている。

1 つ目の発情誘起処理は子山羊の早期離乳である。ほ乳中の母山羊は発情誘起の効果が低いため、母子を早期に分離する必要がある。農家調査では、2 農家とも早期離乳を実施しており、子山羊の状態にもよるが、通常は 3 日から 1 週間以内に子山羊を分離している。

2 つめ目の発情誘起処理は母山羊の早期乾乳処置である。分娩後の雌山羊は、摂取した飼料を体力の回復より乳生産を優先して吸収するため、早期の乾乳により乳生産を止め、体力を回復させることで発情に最適なボディコンディショニングを行う。農家調査では 1 農家のみ乾乳処置を行っていたが、両者を比較すると乾乳処置を実施している農家の繁殖成績が大きく優れているため、発情を誘起する際に重要な要因となることが考えられる。

3 つめ目の発情誘起処理は山羊舎の低照度化である。これまでの光刺激を利用した季節外発情の報告では、長日から短日へと処理を行うことで発情を誘起していたが、この処理方法では常に低照度処理した山羊舎にて飼養することで季節性を失うように促している。農家調査では、2 農家とも低照度となっており、最も低い場所で 1~2 ルクス、明るい場所で 15~20 ルクスであった。

4 つ目の発情誘起処理は雄による発情誘起である。雄が生産するフェロモンを利用して雌山羊の発情させる方法であり、山羊以外の動物でも広く知られている。農家調査では、2 農家とも雄山羊を雌山羊に隣接させることで実施していたが、本試験では、雄が隣接しても発情しない雌山羊のみ雄による誘引効果を強めるため、保定による雄の乗駕を実施した。

以上 4 つの発情誘起処理を分娩後の雌山羊 10 頭に行ったところ、これまでに季節外の発情が全く見られなかったにもかかわらず 9 頭で発情が確認され、うち 5 頭が受胎した。日本ザーネン種の分娩頭数において、年間の平均は 1.8 頭<sup>9)</sup>であるが、本試験に供した雌山羊の分娩頭数の年間平均は 2.3 頭と上回った。発情が確認できなかった供試 No.10 に関しては、乾乳するまでの期間中に乳房炎により乾乳が遅れたため、その影響を受けた可能性がある。

発情の処理について、保定による雄の乗駕を行わずに発情した山羊は 3 頭のみであった。残る 6 頭の雌山羊では、分娩後の子宮およびボディコンディションが回復している 42 日目を過ぎても発情の兆候が見られなかったが、保定による雄の乗駕直後に発情が見られるようになった。ネズミやネコなどの小型のほ乳類では、交尾刺激によって排卵を起こすことが知られているが、雄山羊の乗駕による交尾刺激がフェロモンによる発情誘因効果を増幅することで、雌山羊の発情誘起の大きな要因となった可能性が示唆される。

本試験では、受胎しなかった 5 頭のうち 3 頭で第 1 期の種付け日や乾乳の遅れが見られた。それにより発情誘起の開始が他の個体より遅れ、発情周期に対する雄の誘引効果が十分ではなかった可能性がある。このことから、第 1 期の種付けを 10 月中に行い、3 月の分娩後の体力の回復および乾乳を 1 カ月以内に完了することで、多くの発情誘起期間および発情周期の中でさらなる受胎率の向上が見込めると考えられる。

分娩後の微発情を利用した季節外繁殖では、1 期、2 期を合計すると 10 カ月の妊娠期間、分娩後の回復や乾乳などによる 2 カ月の発情準備期間、2 カ月以上の発情誘起期間、合計 14 カ月以上の期間を必要とする。そのため、季節による環境変化による発情への影響や、雌山羊の連続繁殖にかかる負荷などを考慮すると、続けて季節外繁殖したあとは数カ月の休憩期間を設け、雌山羊の回復と季節のズレを戻すことが望ましいことが考えられる。

第 2 期における発情時のプロジェステロン濃度について、受胎した山羊では発情後にプロジェステロン濃度の上昇が見られたものの、未受胎山羊ではプロジェステロン濃度に大きな変化は見られなかった。

以上の結果から、雌山羊の分娩後に複合的な発情誘起処理を実施することにより、排卵を伴う発情を引き起こし、受胎させることが可能であることが示唆された。今後は、本試験で実施したそれぞれの発情誘起の処理が単一でどの程度の効果があるのか検討する必要がある。また、通常繁殖季節の早期種付けや分娩後の早期乾乳処置などを改善し、さらなる受胎率の向上を目指す取り組みが必要である



## 謝 辞

本研究を行うにあたり、山羊のプロゲステロン濃度の測定にご協力いただいた沖縄県北部農林水産振興センター家畜保健衛生課・青木雄也氏に深く感謝いたします。

## VI 引用文献

- 1) 沖縄県農林水産部畜産課(2015)家畜・家きん等の飼養状況調査結果
- 2) 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, 36-37 独立行政法人家畜改良センター企画調整部企画調整課
- 3) 三上仁志(2005)ヤギ, 正田陽一編, 社団法人畜産技術協会, 世界家畜系統事典, 222-223
- 4) 三上仁志(2005)ヤギ, 正田陽一編, 社団法人畜産技術協会, 世界家畜系統事典, 231
- 5) 中西良孝(2005)めん羊・山羊技術ハンドブック, 145, 社団法人畜産技術協会
- 6) 村田健・武内ゆかり(2015)雌ヤギの生殖制御中樞を刺激するプライマーフェロモンの同定, 比較整理生化学, **32**(2), 83-88,
- 7) 太田克明(1994)めん羊における日長調節ならびにメラトニン給与による季節外繁殖誘起, 信州大学農学部紀要, 第**31**巻, 35-43
- 8) 新城明久・當真正徳(1983)日本ザーネン種と沖縄肉用山羊の分娩季節と産子数, 日畜会報, **55**, 377-380
- 9) 独立行政法人家畜改良センター長野牧場業務課(2007)山羊の飼養管理マニュアル, 3, 独立行政法人家畜改良センター企画調整部企画調整課

# ボア系山羊の人工哺育による発育調査

安村陸 鈴木直人

## I 要 約

ボア系山羊の人工哺育による発育値を得るため、ボア系山羊16頭の人工哺育による発育調査を行った結果、以下のとおりであった。

1. 人工哺育による離乳時の体重は雄18.8kg, 雌16.6kg, 体高は雄53.9cm, 雌52.3cm, 十字部高は雄55.4cm, 雌51.8cm, 体長は雄53.4cm, 雌50.2cm, 胸囲は雄58.6cm, 雌57.1cmであった。
2. 2カ月齢から8カ月齢までの育成期間で、肉用山羊の1日あたりの増体重160gに必要な要求量を満たすように飼料を給与したところ、期間中の乾物摂取量は雄155.7kg, 雌137.5kgであった。また、TDN充足率は雄103.1%, 雌104.0%, CP充足率は雄118.7%, 雌113.1%, 飼料要求率は雄5.3kg, 雌5.9kgであった。
3. 離乳後から8カ月齢の6カ月間の育成において、雄31.0kg, 雌28.1kgの増体が見られ、1日の増体重は雄168.6g, 雌153.2gであった。また、発育成績において、体高は雄72.5cm, 雌67.1cm, 十字部高は雄72.8cm, 雌66.3cm, 体長は雄71.5cm, 雌66.5cm, 胸囲では雄86.0cm, 雌83.0cmであった。

## II 緒 言

近年、沖縄県では山羊の飼養頭数が増加傾向にあり、2013年から2017年の過去5年間で、8380頭から9747頭へと1367頭の増加となっている<sup>1)</sup>。しかし、2015年の県内山羊肉流通量の調査では、県産山羊肉の割合は36%にとどまり<sup>1)</sup>、県内で流通する山羊肉の大部分を外国からの輸入に頼っている状況にある。このため、県内山羊肉の増産には、さらなる増頭や産肉性の高い山羊の改良などが必要であると考えられる。

山羊の増頭を図るには、生産規模拡大やそれにもなう人工哺育による子山羊の個体管理技術の確立が必要であると考えられる。通常では、雌山羊の分娩後は2カ月程度の期間子山羊に授乳させることが一般的であるが、人工哺育を行うことで山羊の個体管理が可能となり、事故率の低下や効率的な飼料給与による育成が可能となる。また、人工哺育を行うことで山羊が人慣れするため、削蹄や除ふんなどの飼養管理、治療や消毒などの衛生面の管理のしやすさなどの利点もある。しかし、本県では山羊の人工哺育における発育値などの知見はない。

また、本県では山羊の改良に肉用種「ボア」の利用を推奨しているが、ボア系山羊育成の参考となる資料は少なく、沖縄県発行の「山羊飼養管理マニュアル」<sup>2)</sup>においても、子山羊の飼養管理に関する発育値および給与量などの詳細な知見がない状況にある。

そこで、本調査ではボア系山羊の人工哺育による発育値について調査したので報告する。

## III 材料および方法

### 1. 試験期間及び試験場所

沖縄県畜産研究センターにおいて、2017年3月から12月まで実施した。

### 2. 供試山羊の概要

供試山羊の概要を表1に示した。2017年3月から4月に当所で出生したボアハーフおよびボア1/4の雄8頭、雌8頭の計16頭を供した。

表1 供試山羊の概要

供試No.	品種・系統	生年月日	性別	出生時体重(kg)
1	ボア 1/4	2016. 3. 2	雄	4. 8
2	ボア 1/4	2016. 3. 2	雄	4. 4
3	ボアハーフ	2016. 3. 4	雄	5. 7
4	ボア 1/4	2016. 3. 4	雄	5. 7
5	ボア 1/4	2016. 3. 6	雄	4. 8
6	ボアハーフ	2016. 3. 15	雄	4. 1
7	ボアハーフ	2016. 3. 15	雄	4. 9
8	ボアハーフ	2016. 4. 3	雄	3. 6
雄平均				4. 8
9	ボアハーフ	2016. 3. 4	雌	5. 2
10	ボアハーフ	2016. 3. 4	雌	4. 6
11	ボア 1/4	2016. 3. 4	雌	3. 2
12	ボアハーフ	2016. 3. 5	雌	4. 9
13	ボアハーフ	2016. 3. 4	雌	3. 9
14	ボア 1/4	2016. 3. 7	雌	4. 4
15	ボアハーフ	2016. 3. 24	雌	3. 8
16	ボアハーフ	2016. 3. 26	雌	4. 8
雌平均				4. 4
全体平均				4. 6

注1) ボアハーフは純系ボア種と交雑種山羊を交配させ生まれた山羊とした。

注2) ボア 1/4 はボアハーフと交雑種山羊を交配させ生まれた山羊とした。

### 3. 離乳までの飼養管理

供試山羊は生後2日目以降より保温箱を設置した高床式房(2×3m)にて、性別ごとに4頭ずつ収容した。

代用乳の給与量を表2に示した。また、代用乳の給与は42度の温湯で8倍に希釈し、ペットボトルに山羊用のボトル乳首を装着して給与した。さらに、生後30日齢よりトランスバーラ乾草、トランスバーラ青草および人工乳を少量ずつ与えた。2カ月齢を目安に離乳を行い、代用乳から飼料のみの給与に切り替えた。

表2 人工哺育における代用乳の給与量

単位：ml

日齢	3～10日	11～20日	21～30日	30～40日	40～50日	50～60日
代用乳	1000	1400	1800	1000	700	500

### 4. 離乳後の飼養管理

各月齢における飼料給与量を表3に示した。発育目標は、日本ザーネン種6カ月齢時体重の雄37.2kg、雌32.2kg<sup>3)</sup>とした。給与量は「家畜改良センター山羊飼養管理マニュアル」<sup>3)</sup>、「山羊の化学」<sup>4)</sup>、「NRCG飼養標準」<sup>5)</sup>を参考とし、肉用山羊において1日の増体重が160gとなる要求量を満たすよう算出した。飼料の給与は1日2回午前9時と午後4時に行い、自由飲水とした。

表3 各月齢における飼料給与量

単位：kg

月齢	2～3カ月	3～4カ月	4～5カ月	5～6カ月	6～7カ月	7～8カ月
乾草	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6
青草	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45
濃厚飼料	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.4
人工乳	0.3	0.4	0.3	0.2	0.15(雄のみ)	0.15(雄のみ)

## 5. 給与飼料の養分含量

代用乳および給与飼料の養分含量を表4に示した。トランスバーラ乾草および青草は、近赤外線分析法<sup>6)</sup>にて含有量を測定した。

表4 代用乳および給与飼料の養分含量

	乾物率(%)	TDN(DM%)	CP(DM%)	CF(DM%)	EE(DM%)	ASH(DM%)
代用乳	—	110.0	24.0	1.0	21.0	8.0
人工乳	96	75.5	18.8	10.4	2.1	10.4
山羊用配合飼料	95	78.1	15.8	10.5	2.1	10.5
トランスバーラ乾草	79	54.9	7.5	39.8	2.1	8.3
トランスバーラ青草	28	76.9	12.1	1/4.2	4.0	11.1

## 6. 調査項目

### 1) 離乳時(2カ月齢)の発育成績

調査項目は離乳時の体重、体高、体長、十字部高、胸囲とした。

### 2) 乾物摂取量、飼料要求率、養分の充足率

乾物摂取量は、午前の飼料給与前に残飼量の測定を行い、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を求めた。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。TDNおよびCPの充足率は、期間中の乾物摂取量から維持および増体に必要な養分の要求量を除して求めた。

### 3) 離乳後6カ月間の発育成績

調査項目は、体重、体高、体長、十字部高、胸囲とし、体型測定は誕生日を基準に毎月5、15、25日に行い、試験開始日から終了日まで1カ月毎に合計8回実施した。

## IV 結果および考察

### 1. 離乳時の発育成績

離乳時の発育成績を表5に示した。離乳時の体重は、雄18.8kg、雌16.6kg、体高は雄53.9cm、雌52.3cm、十字部高は雄55.4cm、雌51.8cm、体長は雄53.4cm、雌50.2cm、胸囲は雄58.6cm、雌57.1cmとなった。

表5 離乳時(2カ月齢)の発育成績

品種	性別	体重(kg)	体高(cm)	十字部高(cm)	体長(cm)	胸囲(cm)
ボア系山羊	雄	18.8±2.2	53.9±1.7	55.4±1.3	53.4±2.3	58.6±1.3
	雌	16.6±1.1	52.3±2.2	51.8±1.9	50.2±1.8	57.1±1.6

### 2. 乾物摂取量、飼料要求率および養分の充足率

3カ月齢から8カ月齢までの6カ月間における乾物摂取量、飼料要求率および養分摂取量を表6に示した。TDN充足率は本来110%前後になるように設定していたが、乾草の引き込みなどから残餌が多量となり103~104%の数値となった。CP充足率は、CPの割合が多い配合飼料および人工乳はロスが少なく残餌がほとんどなかったため想定の充足率となった。また、飼料要求率は雄で5.3kg、雌で5.9kgとなり、雌雄で異なる傾向にあった。

表6 乾物摂取量、養分充足率、および飼料要求率

性別	乾物摂取量(kg)	TDN充足率(%)	CP充足率(%)	飼料要求率(kg)
雄	155.7	103.1	118.7	5.3
雌	137.5	104.0	113.1	5.9

### 3. 離乳後6カ月間の発育成績

体重の推移を図1に示した。3カ月齢から8カ月齢までの6カ月間において、雄では31.0kg、雌では28.1kgの増体が見られた。1日の増体重(DG)では、雌は153.2g、雄は168.6gとなった。

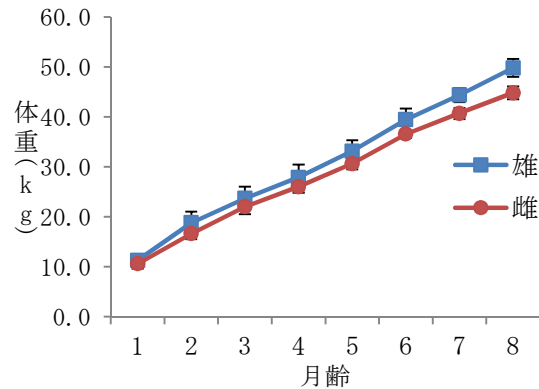


図1 体重の推移

体高、十字部高、体長および胸囲の推移を図2, 3, 4, 5に示した。体高および十字部高では、雌雄ともに6カ月齢以降伸び率が低下し、体長では調査期間をとおして推移は一定であった。胸囲では、雌雄ともに1から4カ月齢に大きく増加し、6カ月齢以降増え幅は低下した。

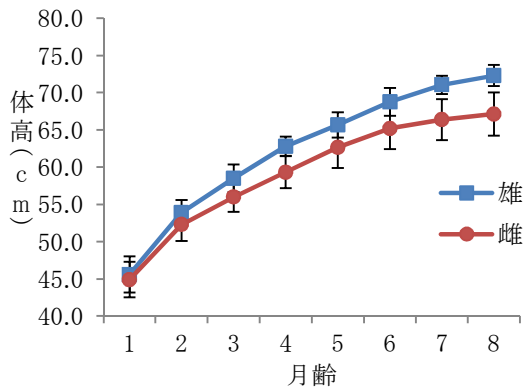


図2 体高の推移

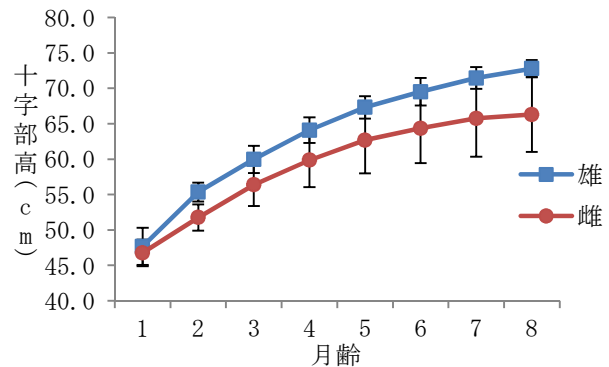


図3 十字部高の推移

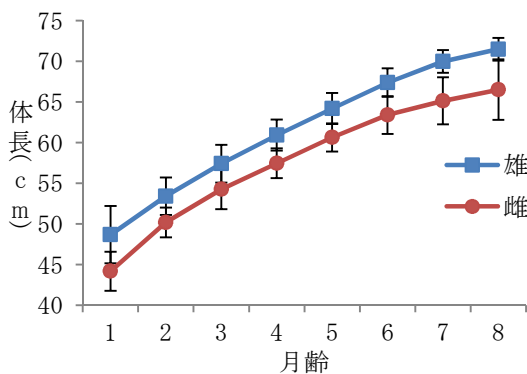


図4 体長の推移

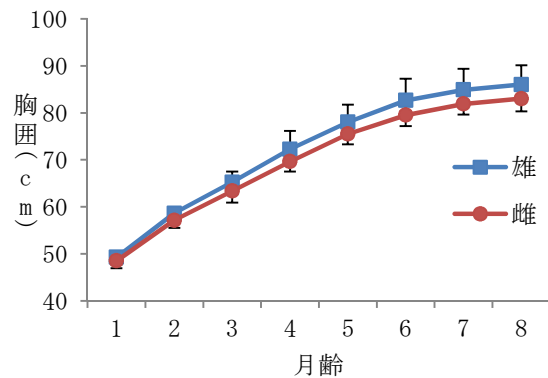


図5 胸囲の推移

以上のことから、人工哺育によるボア系山羊育成の発育値を得ることができた。今後は、品種や系統ごとに発育値の調査や給与水準を変えて育成効果の検討を行う必要がある。

## V 引用文献

- 1) 沖縄県農林水産部畜産課(2012-2016)家畜・家きん等飼養状況調査結果
- 2) 沖縄県おきなわ山羊生産振興対策事業(2015)山羊飼養管理マニュアル
- 3) 独立行政法人家畜改良センター長野牧場業務課(2007)山羊の飼養管理マニュアル, 19, 12-13, 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) 中西良孝(2004), 山羊の化学, 58-60, 朝倉書店
- 5) National Research Council(1981) Requirements of Goats : Daily Nutrient Requirements Per Animal.
- 6) 水野和彦・石栗敏機・近藤恒夫・加藤忠司・大森英之(2017)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(1987), 草地試研報, **38**, 35-47
- 7) 中西良孝・高山浩二(2017)日本ザーネン種ヤギにおける体尺測定値からの体重推定, 日本家畜管理学会誌・応用動物行動学会誌, **53** (2) , 63-67
- 8) 沖縄県農林水産部(2015)肉用山羊の発育基準曲線策定へ向けた取り組み, 第14回沖縄県家畜保健衛生業績発表会抄録, 56-59

研究補助：仲程正巳

## 付属資料1 供試山羊の育成期間中の発育値

## 体重

性別	生時体重(kg)	2カ月齢体重(kg)	4カ月齢体重(kg)	6カ月齢体重(kg)	8カ月齢体重(kg)	DG(g/day)
雄	4.7±0.7	18.8±2.34	27.9±2.18	39.4±1.4	49.8±1.8	168.6±10.8
雌	4.4±0.6	16.7±1.46	26.0±1.14	36.6±1.1	44.8±1.2	153.2±9.5

## 体高

単位：cm

性別	1カ月齢	2カ月齢	3カ月齢	4カ月齢	5カ月齢	6カ月齢	7カ月齢	8カ月齢
雄	45.6±2.4	53.9±1.7	58.5±1.8	62.8±1.3	65.7±1.7	68.8±1.9	71.1±1.2	72.3±1.4
雌	44.9±2.4	52.3±2.2	56.0±2.0	59.3±2.1	62.7±2.8	65.2±2.8	66.4±2.8	67.1±2.9

## 十字部高

単位：cm

性別	1カ月齢	2カ月齢	3カ月齢	4カ月齢	5カ月齢	6カ月齢	7カ月齢	8カ月齢
雄	47.7±2.6	55.4±1.3	60.0±1.9	61.4±1.8	67.3±1.6	69.5±2.0	71.5±1.5	72.8±1.2
雌	46.8±1.9	51.8±1.9	56.4±3.0	59.9±3.8	62.7±4.7	64.4±4.9	65.8±5.4	66.3±5.3

## 体長

単位：cm

性別	1カ月齢	2カ月齢	3カ月齢	4カ月齢	5カ月齢	6カ月齢	7カ月齢	8カ月齢
雄	48.7±3.5	53.4±2.3	57.4±2.3	60.9±1.9	64.2±1.9	67.4±1.8	70.0±1.4	71.5±1.4
雌	44.2±2.4	50.2±1.8	54.3±2.4	57.5±1.8	60.6±1.7	63.4±2.3	65.1±2.9	66.5±3.7

## 胸囲

単位：cm

性別	1カ月齢	2カ月齢	3カ月齢	4カ月齢	5カ月齢	6カ月齢	7カ月齢	8カ月齢
雄	49.3±1.0	58.6±1.3	65.3±2.2	72.3±3.9	78.0±3.7	82.6±4.6	84.9±4.5	86.0±1/4
雌	48.5±1.6	57.1±1.6	63.4±2.5	69.6±2.1	75.5±2.2	79.5±2.3	81.9±2.3	83.0±2.7

## 付属資料2

## 日本ザーネン種および県内交雑種山羊の6カ月齢における発育値

単位：kg, cm

品種及び哺育方法	性別	体重	体高	体長	胸囲
日本ザーネン種 <sup>7)</sup> (参考値)	雄	37.2±0.4	67.8±0.3	70.8±0.0	74.5±0.3
	雌	32.2±0.3	64.7±0.3	68.5±0.2	70.0±0.3
県内交雑種山羊 <sup>8)</sup> (参考値)	雄	40.8±2.2	72.0±2.1	-	77.0±1.3
	雌	37.0±1.8	64.9±1.5	-	71.3±1.4

# 近赤外分析法における検量線の精度および 地域限定版検量線の作成

安里直和 平山なつみ\* 小山裕美子\*  
本田祥嵩\* 荷川取秀樹

## I 要 約

近赤分析法における検量線の精度について、供試試料の偏りが与える影響を検証し、また、地域限定版検量線の精度を検証したところ以下のとおりとなった。

1. 供試試料に偏りのある検量線を用いて、未知試料の粗タンパク含量を分析すると推定精度が低いことが認められた。
2. 検量線の誤差は粗タンパク質含量低値側で大きく、低値側の誤差が検量線全体の精度を低下させていることが明らかとなった。
3. 地域限定版の検量線を作成することによって、粗タンパク質含量低値側の精度を大幅に向上させ、その結果、検量線全体の精度が向上させることが可能となった。

以上の結果より、既存のギニアグラスの検量線よりも分析対象の未知試料が栽培された地域の試料を用いて検量線を作成することによって、検量線（CP）の精度が大幅に向上し、より正確にその栄養価を推定することが可能となった。

## II 緒 言

沖縄県では、亜熱帯の気象条件を生かした暖地型牧草の永年利用が盛んで、ローズグラス、ギニアグラス、ディジットグラスの3草種で4,543haと全牧草作付面積の8割程度を占めている<sup>1)</sup>。牧草の飼料成分については、草種、刈取りステージ、肥培管理、気象条件等の様々な要因によって変動するため一様でない。そのため、牧草の栄養評価は試料ごとに個別の対応が必要となる。一般的に飼料分析については公定法が用いられるが、前処理および分析に時間を費やすため、多くの試料を迅速に分析・評価するには困難である。一方、近赤分析法は飼料成分を迅速に評価する分析方法として広く利用され、牧草、乾草、グラスサイレージ、とうもろこしサイレージ、飼料用イネ<sup>2, 3)</sup>等、さまざまな飼料について分析精度が検討され、その有用性が確認されている。本研究センターにおいては、ギニアグラスの粗タンパク質（CP）および乾物消化率（IVDMD）について近赤分析法によって高い精度で推定できることを明らかにした<sup>4)</sup>。

一般的に作成した検量線について実用面で高い精度を得るには、検量線作成に用いる試料について可能な限り幅広い地域から集め、かつ、広いレンジでの飼料成分値の分散が必要とされている。しかしながら、ある一定の地域で栽培された試料をもとに作成された検量線が、その他の地域で栽培された未知試料に対して、どの程度の精度を有するか検証した報告は無い。そこで本研究は、本研究センター圃場内で栽培された試料をもとに作成されたギニアグラスの検量線が、八重山諸島の黒島で栽培された試料に対してどの程度の精度をもって成分値を推定できるか検討したので報告する。



### Ⅲ 材料および方法

#### 1. 供試試料および分析方法

検量線作成に用いた試料は、本研究センター圃場にて栽培されたギニアグラス 200 点および黒島で栽培されたギニアグラス 138 点を用いた。作成した検量線は粗タンパク質 (CP) で、検量線の作成は部分最小二乗法 (PLSR) により作成した。また、化学分析および近赤外分析の測定方法等については前報<sup>5)</sup>のとおりとした。検定用試料については、黒島にて栽培されたギニアグラス計 35 点 (平均 7.6%, 3.2-13.2%) を用いた。また、本研究センター圃場にて栽培されたギニアグラス 69 点に黒島で栽培されたギニアグラス 69 点を加えて作成した検量線 (平均 7.3%, 3.3-13.6%) および黒島にて栽培されたギニアグラス 138 点 (平均 7.9%, 3.2-14.2%) を用いて作成した検量線について、前途の検定用飼料 35 点を用いてその精度を評価した。

#### 4. 試験の概要および検量線の精度

試験の概要を図 1 に示す。試験は図に示すとおり①～⑥の順番で実施した。まず、既存のギニアグラス検量線を用いて、黒島にて栽培された検定用試料ギニアグラス 35 点を分析しその精度を検証した。つぎに、既存の検量線に黒島で栽培された試料 138 点を追加した検量線を作成し、①で用いた同じ検定試料で新規に作成した検量線の精度を評価した。つぎに、黒島にて栽培されたギニアグラス 138 点を用いて黒島専用の検量線を作成し、①で用いた同じ検定試料で新規に作成した検量線の精度を評価した。最後に①、③および⑤で推定した分析値 (NIRS 推定) と化学分析値との関係から、既存の検量線、既存の検量線試料に黒島栽培試料を加えて作成した検量線および黒島専用の検量線の精度について総合的に評価した。

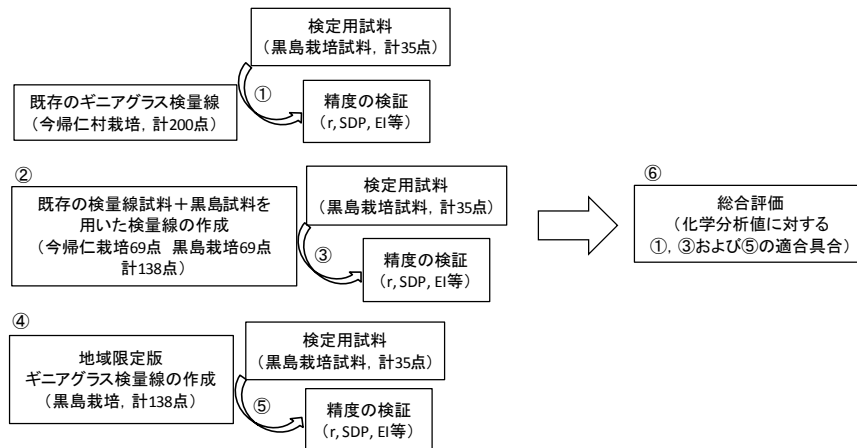


図 1 試験概要

検量線の精度は、NIRS 推定値と化学分析値との相関 ( $r$ )、誤差の平均値 (Bias)、傾き (Slope)、回帰推定からの標準偏差 (SDP) および推定精度の評価指数である EI 法<sup>6)</sup>により評価した。

### Ⅳ 結果および考察

#### 1. 既存のギニアグラス検量線の黒島栽培試料への適合性

既存の検量線について黒島栽培検定用試料で評価した結果を表 1 に示す。 $r$  については 0.80、NIRS 推定値と化学分析値との差の標準偏差である SDP については 2.19 と大きかった。また、精度の評価指数である EI については 43.8、Rank は D 評価となり、実用面での利用は難しい結果であった。

表 1 既存のギニアグラス検量線の検定試料における精度評価

	$r^{1)}$	SDP <sup>2)</sup>	EI <sup>3)</sup>	Rank <sup>4)</sup>
CP <sup>5)</sup>	0.80	2.19	43.8	D

- 注 1)  $r$  : 検量線評価時における相関係数  
 2) SDP : 回帰推定からの標準偏差  
 3) EI :  $2 \times \text{SDP} / \text{Range} \times 100$   
 4) Rank : A(0-12.4%EI, very good), B(12.5-24.9%EI, good),  
 C(25.0-37.4%EI, fair), D(37.5-49.9%EI, poor),  
 E(50.0%EI-, very poor)

つぎに、既存の検量線で分析したギニアグラス検定試料の推定値(NIRS 推定値)と化学分析値の関係を図 2 に示す。NIRS 推定値と化学分析値の差の平均値を示す Bias については -2.44 と大きな Bias を持つ結果となった。Bias をマイナス側に持つことは、NIRS 推定値が化学分析値に対してマイナス側に振れていることを示しており、すなわち、NIRS 推定値が実際の値を過小評価していることになる。実際、化学分析値の 3~7 近傍の値に対して、NIRS 推定値が 0 やマイナスと過少評価をしているカ所が確認された。また、1 に近ければ精度が高いと評価される Slope についても 1.21 と高い値であった。これらの結果より、既存の検量線を用いて黒島で栽培されたギニアグラスの粗タンパク質含量を推定すると、大きな誤差を生じる可能性が明らかとなった。

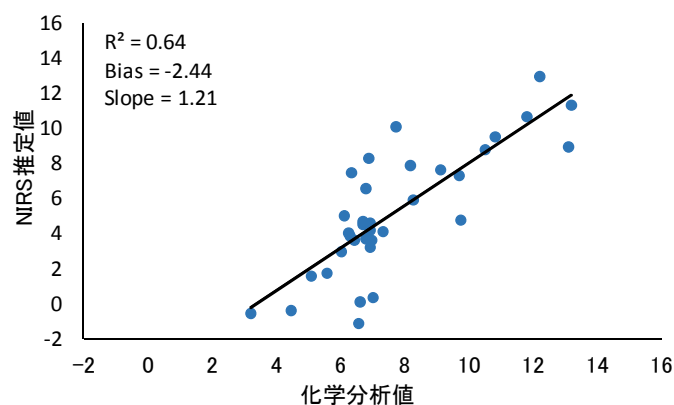


図 2 NIRS 推定値と化学分析値の関係

## 2. 既存の検量線試料に黒島試料を加えた新規検量線の作成

既存の検量線(今帰仁栽培 69 点)に、黒島で栽培された試料 69 点を加えた計 138 点を用いて、新規の検量線を作成した(表 2)。PLSR 法を用いて 7 の因子にて検量線を作成することができた。 $r$  は 0.93 と高い値を示し、また、検量線作成時の標準誤差である SEC については 0.85 と低い値であった。これらの値については、既往の報告<sup>5)</sup>と同程度の精度を有する結果であった。

表 2 検量線作成結果

	Factor <sup>1)</sup>	$r^{2)}$	SEC <sup>3)</sup>
CP <sup>4)</sup>	7	0.93	0.85

- 注 1) Factor : 因子数  
 2)  $r$  : 検量線作成時における相関係数  
 3) SEC : 検量線作成時における標準誤差  
 4) CP : 粗タンパク質含量

つぎに、作成した検量線の精度を黒島栽培検定用試料で評価した結果を表 3 に示す。 $r$  については 0.75, NIRS 推定値と化学分析値との差の標準偏差である SDP については 1.56 となった。また、精度の評価指数である EI については 31.2, Rank は C 評価であった。表 1 で示した既存の検量線よりも精度の向上が認められたが、Rank が C であり、更なる精度の向上が求められる結果であった。

表3 既存の検量線試料に黒島試料を加えた新規検量線の検定試料における精度評価

	$r^{1)}$	SDP <sup>2)</sup>	EI <sup>3)</sup>	Rank <sup>4)</sup>
CP <sup>5)</sup>	0.75	1.56	31.2	C

- 注 1)  $r$  : 検量線評価時における相関係数  
 2) SDP : 回帰推定からの標準偏差  
 3) EI :  $2 \times \text{SDP} / \text{Range} \times 100$   
 4) Rank : A(0-12.4%EI, very good), B(12.5-24.9%EI, good),  
 C(25.0-37.4%EI, fair), D(37.5-49.9%EI, poor),  
 E(50.0%EI-, very poor)

作成した検量線で分析したギニアグラス検定試料の推定値(NIRS推定値)と化学分析値の関係を図3に示す。NIRS推定値と化学分析値の差の平均値を示すBiasについては-0.21と図1と比べ小さくなったが、図2と同様に実際の値を過少評価していることが示された。また、Slopeについても0.56と1から大きくずれるなど、既存の検量線より精度が悪くなる結果となった。

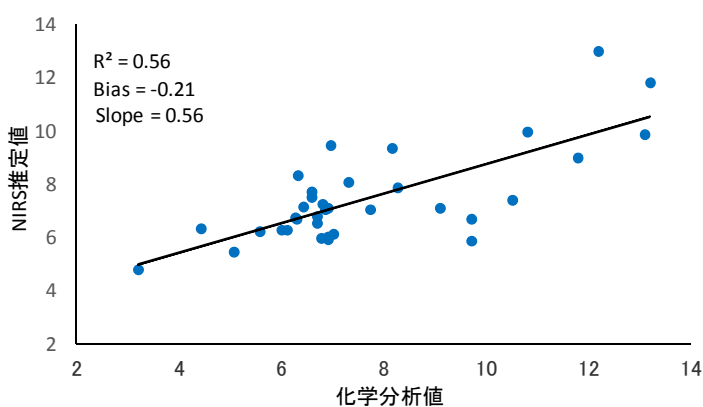


図3 NIRS推定値と化学分析値の関係

### 3. 地域限定版ギニアグラス検量線の作成

既存の検量線および既存の検量線試料に黒島栽培試料を加えて作成した検量線では、黒島で栽培された試料を精度高く推定することが困難であるため、黒島で栽培された試料のみを用いて地域限定版の検量線を作成した。黒島で栽培されたギニアグラス138点を用いて作成した検量線の結果を表4に示す。PLSR法を用いて10の因子にて検量線を作成することができた。 $r$ は0.94と高い値を示し、また、検量線作成時の標準偏差であるSECについては0.79と低い値であった。これらの精度については、表2で示した既存の検量線試料に黒島試料を加えた検量線と類似した結果であった。

表4 検量線作成結果

	Factor <sup>1)</sup>	$r^{2)}$	SEC <sup>3)</sup>
CP <sup>4)</sup>	10	0.94	0.79

- 注 1) Factor : 因子数  
 2)  $r$  : 検量線作成時における相関係数  
 3) SEC : 検量線作成時における標準誤差  
 4) CP : 粗タンパク質含量

つぎに、作成した検量線の精度を黒島栽培検定用試料で評価した結果を表5に示す。 $r$ については0.88、NIRS推定値と化学分析値との差の標準偏差であるSDPについては1.12となった。また、精度の評価指数であるEIについては22.4、RankはB評価となり、実用面で利用できる精度となった。表1で示した既存の検量線および表3で示した既存の検量線試料に黒島試料を加えた検量線よりも全ての項目で精度の向上が認められた。特に、実用面での精度となるRankについてはD評価およびC評価からB評価と大きく改善される結果となった。

表5 地域限定版検量線の検定試料における精度評価

	$r^{1)}$	SDP <sup>2)</sup>	EI <sup>3)</sup>	Rank <sup>4)</sup>
CP <sup>5)</sup>	0.88	1.12	22.4	B

注 1)  $r$  : 検量線評価時における相関係数  
 2) SDP : 回帰推定からの標準偏差  
 3) EI :  $2 \times \text{SDP} / \text{Range} \times 100$   
 4) Rank : A(0-12.4%EI, very good), B(12.5-24.9%EI, good),  
 C(25.0-37.4%EI, fair), D(37.5-49.9%EI, poor),  
 E(50.0%EI-, very poor)

地域限定版検量線で分析したギニアグラス検定試料の推定値(NIRS推定値)と化学分析値の関係を図4に示す。NIRS推定値と化学分析値の差の平均値を示すBiasについては0.01と非常に小さな値となった。また、1に近ければ精度が高いと評価されるSlopeについても0.97とほぼ1に近い値となった。決定係数( $R^2$ )についても0.77と図2および図3に示した検量線より精度が向上したことが確認された。

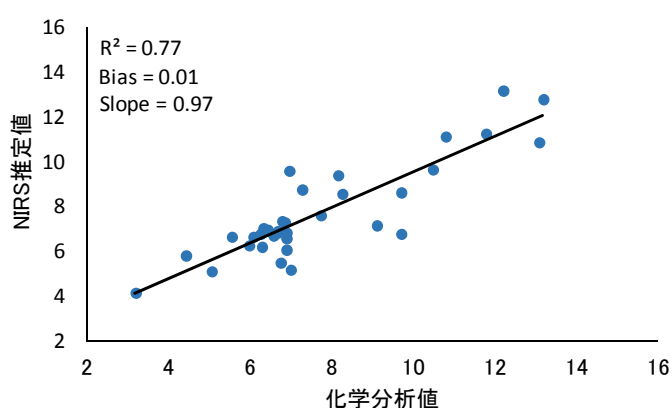


図4 NIRS推定値と化学分析値の関係

#### 4. 総合評価

既存の検量線、既存の検量線試料に黒島栽培試料を加えて作成した検量線および地域限定版の検量線で分析したNIRS推定値と化学分析値の関係を図5に示す。また、各検量線について、化学分析値に対してどの程度の誤差を持つのか詳細に検討するため、誤差と化学分析値の関係を図6に示した。図5に示すとおり既存の検量線については、破線で示す $y=x$ の直線に対して下方にずれこみ、本試験で用いたCPのレンジ幅においては、その栄養価を過小評価する結果となった。また、その誤差については、特にCPの値が低いほど大きく、CP含量が高くなるにともない小さくなった(図6)。いっぽう、既存の検量線に対して黒島栽培の試料を加えて作成した検量線については、CP3から7%近傍では $y=x$ の直線に対して上方へずれこみ、実試料を過大評価する結果となり、逆に、CP7%以上では一転して下方へずれるなど、精度の悪さが際立つ結果となった。誤差については既存の検量線と同様に、CPの値が低いほど大きく、CP含量が高くなるにともない小さくなった。既存の検量線および既存の検量線に対して黒島栽培の試料を加えて作成した検量線ともに、CP含量3~6%における誤差が大きく、表1、図2および表3、図3で示した、これらの検量線の精度が低かった原因については、CP含量低値側における推定精度の低さに起因することが明らかとなった。これらの検量線において、CP含量低値側の推定精度が低くなった原因については不明な部分が多いが、黒島の土質や環境など、さまざまな要因の違いが精度の低下を招いたと考えられる。本試験における検量線の作成は、波長領域400から2500nmにおける全波長領域を用いてPLSRにて作成しているが、PLSRについては特定の波長を選択せず、スペクトルデータを主成分分析によって解析する手法である。すなわち、主成分の中で目的とする成分(CP)と関係が強い主成分に重み付けがなされる。このことは、今帰仁村で栽培された試料と黒島で栽培された試料のCPに対する主成分の違いがある可能性を示唆している。この主成分の違いが、低次の因子なのかあるいは高次の因子なのか、また、どの波長領域に起因するのか未知な部分が多く今後の課題となった。いっぽう、新規に作成した黒島限定版の検量線については、 $y=x$ の直線沿いにほぼ沿っており、全てのレンジにおいて、おおむね直

線上に分布した。Biasについても、既存の検量線や既存の検量線試料に黒島栽培試料を加えて作成した検量線よりも小さかった。また、誤差についてはCP含3%近傍でやや大きかったが、既存の検量線や既存の検量線試料に黒島栽培試料を加えて作成した検量線と比べ顕著に小さく、かつ、おおむね全ての領域において小さいなど他の検量線よりも精度が高いことが示された。

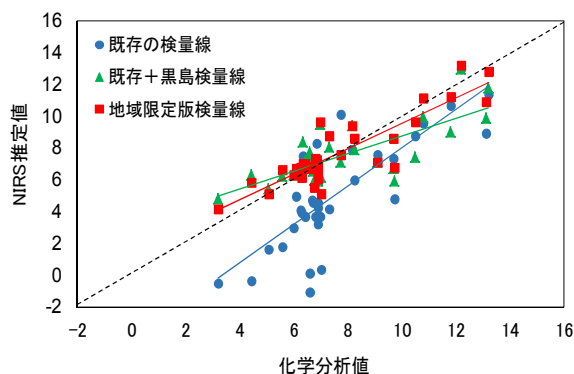


図5 3種類の検量線の精度比較

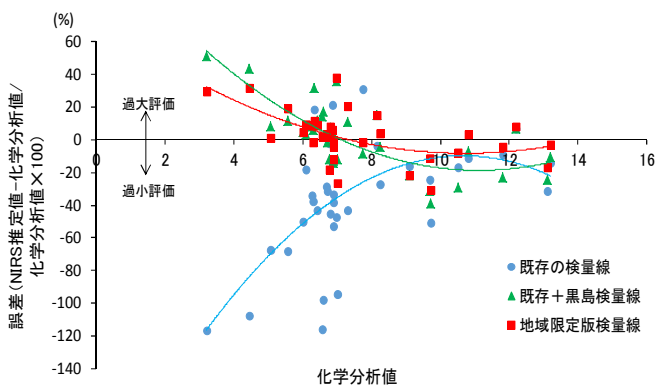


図6 3種類の検量線の誤差比較

以上の結果より、既存のギニアグラス検量線および既存の検量線試料に黒島栽培試料を加えて作成した検量線よりも、分析対象の未知試料が栽培された地域の試料のみを用いて検量線を作成することによって、検量線(CP)の精度が大幅に向上し、より正確にその栄養価を推定することが可能となった。今後の課題として、CP以外の成分であるNDFやADF等について同様な精度確認を行い、また、黒島以外の地域の試料に対しての適合性を評価し、より精度の高い検量線の整備を目指す必要があると考えられた。

## V 引用文献

- 1) 沖縄県農林水産部畜産課(編)(2015)おきなわの畜産, 1-129
- 2) 甘利雅弘・阿部 亮・田野良衛・榎木茂彦・芹沢駿治・古賀照章(1987)近赤外分析法による粗飼料の成分分析と栄養価の推定法. I. キャリブレーションの精度と未知飼料の推定精度, 日本草地学会誌, **33**, 219-226
- 3) 徐 春城・蔡 義民・甘利雅弘・村井 勝・小川増弘(2005)近赤外分析法による飼料イネの飼料成分推定, 日本草地学会誌, **51**, 179-183
- 4) 長利真幸・守川信夫・當眞嗣平・望月智代(2003)近赤外分析法による暖地型牧草の成分および栄養価の推定(1)ギニアグラスにおける粗タンパク質含有量および乾物消化率の検量線作成, 沖縄畜研研報, **41**, 113-117
- 5) 安里直和・幸喜香織・蝦名真澄・甘利雅弘・大森英之・川本康博・島袋宏俊(2017)近赤外分析法を用いた暖地型牧草ブラキアリアグラスの飼料成分推定, 日本草地学会誌, **63**(3), 148-153
- 6) 水野和彦・石栗敏機・近藤恒夫・加藤忠司(1987)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: I 成分および栄養価の推定精度とその評価, 草地試験場研究報告, **38**, 35-47

職 員 一 覧  
(2018 年 3 月現在)

所 長		森山 高広
企画管理班	班 長 研究主幹 主 査 (再) 主 任 主 任 主 事 農林水産技能員 農林水産技能員 農林水産技能員 農林水産技能員 農林水産技能員 農林水産技能員 農林水産技能員 農林水産技能員 農林水産技能員 農林水産技能員 農林水産技能員	久高 将雪 比嘉 直志 下地美智江 下地 隆宏 岩崎 義史 宮平 昌治 照屋 剛 仲宗根正弘 玉城 照夫 仲宗根安利 久田 友美 玉本 博之 仲程 正巳 宮城 広明 平良 樹史 仲村渠 稔 山城 一也 赤嶺 圭作
育種改良班	班 長 主任研究員 主任研究員 主任研究員 研究員 研究員 研究員 (休) 技 師 (臨任)	荷川取秀樹 知念 司 栗田 夏子 安里 直和 渡慶次 功 未澤 遼平 光部 柳子 比嘉 樹
飼養・環境班	班 長 主任研究員 主任研究員 (休) 主任研究員 研究員 研究員	鈴木 直人 親泊 元治 伊禮 判 當眞 嗣平 二宮 恵介 安村 陸

2017 年度（平成 29 年度）編集委員会

編集委員長	久高 将雪
事務局長	比嘉 直志
事務局員	下地美智江
編集委員	親泊 元治
編集委員	栗田 夏子
編集委員	渡慶次 功
編集委員	末澤 遼平
編集委員	二宮 恵介
編集委員	安村 陸

---

沖縄県畜産研究センター試験研究報告第 55 号

平成 30 年 3 月 27 日発行

編 集 沖縄県畜産研究センター試験研究報告編集委員会

発 行 沖縄県畜産研究センター

〒905-0426 沖縄県国頭郡今帰仁村字諸志 2009-5

TEL 0980-56-5142

FAX 0980-56-4803

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

---