

Bulletin of the  
Akita Prefectural Livestock Experiment Station

NO.28 March 2014

---

---

# 秋 田 県 畜 産 試 験 場 研 究 報 告

第 28 号  
平成26年3月

---

---

Akita Prefectural Livestock Experiment Station  
Daisen, Akita, Japan

秋田県畜産試験場  
秋 田 県 大 仙 市



## 秋田県畜産試験場研究報告 第28号(平成26年3月)

### 目 次

- 1 ラップフィルム巻数が稲わらロールベールサイレージの長期保管に与える影響 ..... 渡邊 潤 ..... 1～5
- 2 初産乳牛の移行期に適した飼料の段階的増給法及び繋留条件の検討(第2報) ..... 加藤真姫子 ..... 6～12  
渡邊 潤  
佐藤 寛子
- 3 乳用交雑種肥育牛への飼料用米ソフトグレインサイレージの多給試験 ..... 千田 惣浩 ..... 13～17  
渡邊 潤  
相馬 祐介  
高橋 利清  
西宮 弘  
伊藤 隆  
酒出 淳一
- 4 黒毛和種肥育牛への飼料用米ソフトグレインサイレージの多給試験 ..... 千田 惣浩 ..... 18～27  
相馬 祐介  
渡邊 潤  
高橋 利清  
酒出 淳一  
伊藤 盛徳
- 5 超急速ガラス化保存したバイオブシー胚および低ランク胚のストロー内融解後の直接移植による子牛生産 ..... 高橋 利清 ..... 28～33  
西宮 弘  
千田 惣浩  
酒出 淳一  
伊藤 隆
- 6 種雄牛造成事業における産肉能力直接検定成績(第18期) ..... 千田 惣浩 ..... 34～38  
高橋 利清  
相馬 祐介  
酒出 淳一  
伊藤 盛徳
- 7 アマニ及び飼料用米給与が豚の発育及び肉質に与える影響(第1報) ..... 鈴木 人志 ..... 39～44  
由利奈美江
- 8 アマニ及び飼料用米給与が豚の発育及び肉質に与える影響(第2報) ..... 鈴木 人志 ..... 45～50  
由利奈美江

9	比内地鶏生産性向上のためのロード種鶏群の改良(第2報) .....	小松 恵 高橋 大希 力丸 宗弘 山崎 司	..... 51~56
10	比内地鶏の去勢に関する試験(第4報) -仕上げ期の飼料と飼育方法の違いが去勢鶏の発育と肉質に及ぼす影響-	力丸 宗弘 小松 恵 高橋 大希 石塚 条次	..... 57~66
11	高度不飽和脂肪酸と鶏肉のおいしさとの関連性の解明(第3報) -アラキドン酸油脂添加が肉中のアラキドン酸含量に及ぼす影響-	力丸 宗弘 清原 玲子 山口 進 高橋 大希 小松 恵 石塚 条次 高橋 秀彰	..... 67~73
12	比内鶏の発育形質関連QTL解明とその検証(第2報) -比内鶏F <sub>2</sub> 家系集団におけるコレシストキニンA受容体遺伝子の ハプロタイプと発育形質との関連性-	力丸 宗弘 小松 恵 上本 吉伸 武田 尚人 鈴木 啓一 高橋 秀彰	..... 74~82
13	比内鶏の14週齢体重における選抜反応と遺伝率の推定 .....	力丸 宗弘 高橋 大希 小松 恵 佐藤 正寛 鈴木 啓一	..... 83~89
14	飼料体系の違いが比内地鶏の生産性および肉質に及ぼす影響 .....	高橋 大希 力丸 宗弘 小松 恵 塚本 研一	..... 90~95
15	飼料作物奨励品種選定試験 -飼料用とうもろこし(平成24年度)- .....	佐藤 寛子 渡邊 潤 加藤真姫子	..... 96~98
16	秋田県畜産試験場 学術論文掲載一覧 .....		99

## ラップフィルム巻数が稲わらロールベールサイレージの長期保管に与える影響

渡邊 潤

### 要 約

秋季に、雨の多い秋田県の天候を踏まえると、圃場に排出された稲わらについては、速やかに収集し、ラップフィルムにより、密閉・梱包することが必要であると考えられる。しかし、ラップフィルムの資材費用は、飼料生産コストを押し上げる要因であることから、その節減対策が必要となる。そこで、本試験では、稲わらサイレージの低コスト生産と長期保管性を両立するラップフィルム巻数について検討したところ、以下の結果を得られた。

- ①水分は、保管2ヶ月で約30%であったが、2層巻きでは、保管6ヶ月では44.4%、8ヶ月では45.9%に増加した
- ②保管水分の増加した2層巻では、8ヶ月後にヘミセルロースの低下が認められた。4および6層巻では、ヘミセルロース含量の低下は認められなかった。
- ③保管8ヶ月でのピンホール状況を調査したところ、ベール1個当たりのピンホール箇所数は、4層巻きで1箇所、6層巻きで0.2箇所と、6層巻きに比べ、4層巻きでは5倍であった。

### 緒 言

1年のうち秋季の一時期に集中して発生する稲わらを飼料として、安定的に利用するためには、飼料としての適性を保持しながら、最長で一年間保管する必要がある。

秋季に、雨の多い秋田県の天候を踏まえると、圃場に排出された稲わらについては、速やかに収集し、ラップフィルムにより、密閉・梱包することが必要であると考えられる。しかしながら、ラップフィルムの使用は、飼料用稲わらを生産しようとする場合に、大きな経費として算出される。秋田県農業公社の調査では、水田ほ場からの、稲わらの収集運搬に関わる費用のうち、実に約30%が、ラップフィルムの資材経費となる(秋田県、2013)。一方で、経費節減で、ラップフィルム巻数を減らしてしまうと、ラッピング時に、稲わらの桿の部分が、フィルムを突き抜けてしまうピンホールの発生や、グラブによる把持作業時のすり切れ損傷等が増加する。

そこで、長期保管するための、ラップフィルム使用量を最低限度とするために、巻数について検討する。

### 材料および方法

- 1) 試験期間：平成22年と23年の10月に採取した稲わらについて、その後8ヶ月間経時的調査をした。
- 2) 長期保管：圃場の稲わらを、自走ロールベールにより、直径120 cmのロールベールとして収集・梱包し、その後、ラップマシーンで、密封した。その際、ラップフィルムの重なり層数により、2層巻き、4層巻き、6層巻きの3種類とした。
- 3) 長期保管性の評価：ラップフィルムにより、密閉したロールベールを、保管8ヶ月まで、経時的に開封し、稲わら試料を採材した。試料は、以下の①~③の飼料成分に係る数値をもって評価した。尚、分析は、飼料成分分析の常法に従

って行った(粗飼料の品質評価ガイドブック, 自給飼料利用研究会).

①栄養成分(水分, 粗蛋白質, 粗脂肪, 粗繊維)から, 稲わら全体の品質を評価する.

②セルロース, ヘミセルロース, リグニンから原料適正を評価する.

③pHから発酵品質を評価する.

4) ラップフィルムの巻数と強度に関する評価:

①ロールバールの保管8ヶ月時における, ピンホール(稲わらが, ラップフィルムを突き破り, 穴が開いた状態)の数を調査する.

② 実際の収集運搬作業工程に照らし合わせ, 工程①ラッピング→グラブ把持→トラック荷台, 工程②トラック荷台→グラブ把持→保管場所の2工程における, ロールバールへの破れ等損傷およびピンホール発生数を調査する.

また, 併せて, フィルムの損傷が発生しやすい, グラブでのバール把持状態からの, 滑り落ち時についても調査した.

## 結 果

1. 栄養評価: 水分は, 保管2ヶ月で約30%であった. 4層, 6層巻きでは, 保管8ヶ月まで, 水分含量の変動は認められなかったものの, 2層巻きでは, 保管6ヶ月では44.4%, 8ヶ月では45.9%に増加した(図1). 粗蛋白質および粗脂肪含量については, 保存期間中に, 経時的変動は認められなかった(表1). しかしながら, 粗繊維含量では, 保管6ヶ月までは, 2, 4, 6層巻の間に差は認められず, 同等の値であったものの, 2層巻・8ヶ月時に, 低下が認められた(図2).

表1. 粗蛋白質および粗脂肪含量

粗蛋白質		保管期間(ヶ月)			粗脂肪		保管期間(ヶ月)		
巻数	2	6	10	巻数	2	6	10		
2	4.7	5.2	5.9	2	1.5	2.1	0.7		
4	4.5	4.9	5.2	4	1.0	1.5	1.1		
6	4.1	5.0	5.1	6	1.0	1.5	1.7		

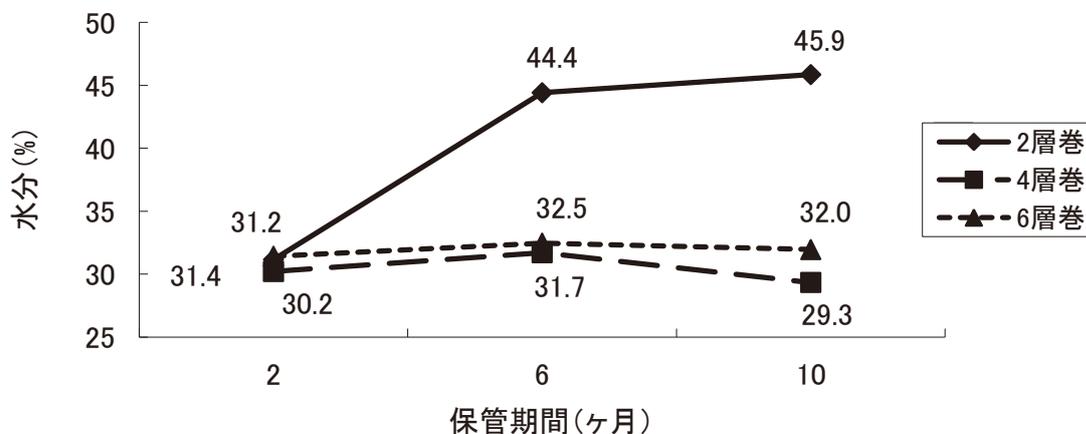


図1. 保管期間と水分の推移

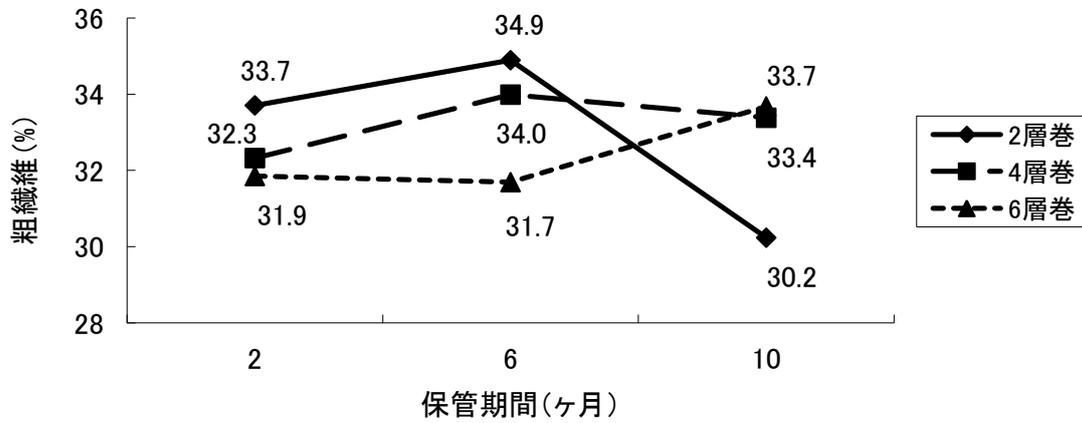


図2 繊維含量

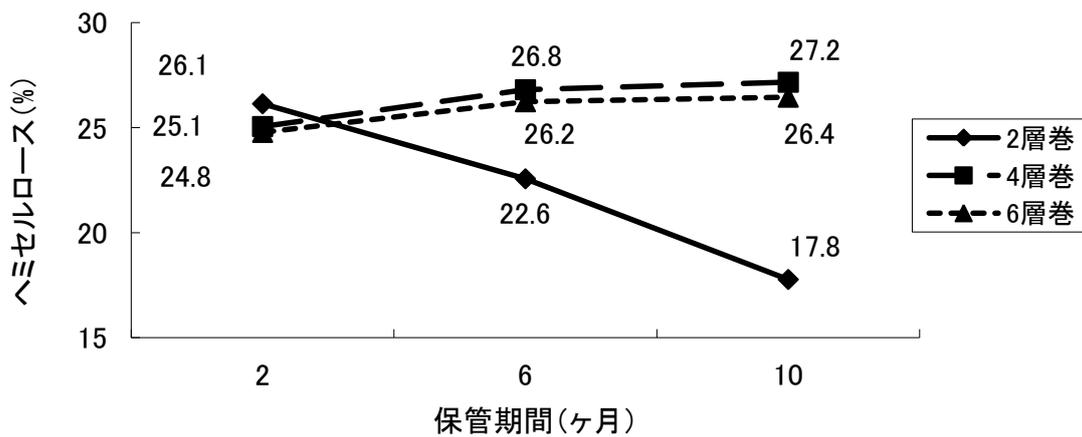


図3 ヘミセルロース含量の推移

- 原料適正：保管水分の増加した2層巻では、8ヶ月後にヘミセルロースの低下が認められた(図3)。4および6層巻では、ヘミセルロース含量の低下は認められなかった。また、セルロースについては、保管期間中セルロース、リグニン含量を維持し、また、巻数による差は認められなかった(表2)。
- 発酵品質：pHを表に示した。保管2ヶ月で、2層巻；6.78、4層巻；6.47、6層巻；6.18と、巻数の増加に伴ってpHが低下する傾向が認め

られた。保管6ヶ月でも、2層巻；6.51、4層巻；6.31、6層巻；6.24と同様に、巻数増加とpH低下の関係が認められた(表3)。保管6ヶ月は、保管2ヶ月に比較して、わずかな低下もしくは同等のpHで、保管中の品質は、保たれていたものと推測される。

- ラップフィルムの巻数とピンホール等発生状況  
4-1)保管8ヶ月でのピンホール状況を調査したところ、バール1個当たりのピンホール箇所

数は、4層巻きで1箇所、6層巻きで0.2箇所と、6層巻きに比べ、4層巻きでは5倍であった(表4)。

4-2)作業工程とラップフィルムの損傷の関係では、ラッピング直後からの工程①では、4層巻きで1ロールペール当たり1.7箇所、6層巻き

では、0.3箇所と、約6倍の差があった。工程②では、4層巻きで0.3箇所、6層巻きでは新たな損傷は認められなかった。滑り落ち試験では、4層巻きでは、ペール1個当たり2.0箇所、6層巻きでは0.7箇所と、4層巻きで損傷の割合が大幅に高かった(表5)。

表2 セルロースおよびリグニン

セルロース	保管期間(ヶ月)			リグニン	保管期間(ヶ月)		
	巻数	2	6		10	巻数	2
2	33.6	33.7	30.8	2	4.2	5.2	7.0
4	30.4	31.1	33.5	4	4.1	4.2	6.8
6	30.3	31.2	33.8	6	4.8	4.6	5.4

表3 PH

pH	保管期間(ヶ月)	
	巻数	2
2	6.78	6.51
4	6.47	6.31
6	6.18	6.24

表4 長期保管ロールとピンホール数

巻数	ピンホール数
	(平均個/ロール個)
4層	1.0
6層	0.2

※保管8ヶ月で調査

表5 作業工程とラップフィルム損傷の関係

	損傷箇所(個)/1ロール		
	行程①	工程②	グラブからの滑り落ち
4層	1.7	0.3	2.0
6層	0.3	0.0	0.7

※工程①：ラッピング→グラブ把持→トラック荷台  
 工程②：トラック荷台→グラブ把持→保管場所

### 考 察

一般的に、イネ科牧草や、飼料用イネ、飼料用トウモロコシをラップフィルムにより、密閉する際に、巻数は、4層巻が標準とされているが、茎の硬い粗剛な原料を用いる場合は、6層巻にした方が良くとされている(ホクレン, 2004).

本試験での結果からは、2層巻きでは、8ヶ月の保管において水分の増加やヘミセルロス含量の低下が認められた。また、4層巻きでは、ピンホールの発生等が無ければ、長期保管可能であった。しかしながら、実際に4層巻きと6層巻きの、フィルム損傷状況を確認してみると、6層巻きに比べ、4層巻きで明らかにピンホールの発生数やすり切れる状況が多く発生していた。斉藤と米本(2006)も、飼料用イネをサイレージ化の際の、ラップフィルム巻数について検討した結果、4層巻では、水分が増加し、カビによる廃棄率も増加することを示し、6層および8層では10ヶ月間の長期保管可能としている。また、工程別確認調査では、ラッピングから保管場所までの作業工程のうち、ほとんどはラッピング時に既に発生する。稲わらよりも粗剛性が高いと考えられるソルガム(増田, 2003)や、粗飼料の広域流通時における荷姿を調査した結果でも6層巻が多く採用されている(日本草地畜産種子協会, 2013)ことから、実作業規模では6層巻きが最小巻数として採用されるべきと考えられる。

ただし、これらの結果について、視点を変えてみると、2層巻でも、6ヶ月は、粗繊維やヘミセル

ロス含量の低下無しに、保管可能であること、また4層巻きでも8ヶ月保管は可能であったと言える。ホクレン(2004)は、2層巻でも、水分30%以下の原料では、無被覆では発生するカビ等の防止効果もあるとしている事からも、保管期間が短い原料については、2層および4層巻きを採用するなど、稲わらの開封時期によって、巻数を調整することにより、フィルム使用量削減と総合的な低コスト化も考えられる。

### 文 献

- 秋田県ソフトセルロス利活用プロジェクト。  
2013. 収集・運搬実証事業実績報告書. P35-41.  
秋田。  
斉藤健一, 米本貞夫. ラップフィルムの巻数数が飼料用イネサイレージの長期貯蔵性に及ぼす影響(担報). 千葉県畜産総合研究センター研究報告, 第4号, p63-64. 2006.  
自給飼料利用研究会. 2009. 三訂版 粗飼料の品質評価ガイドブック. P6-25, P67-68. 東京.  
社団法人日本草地畜産種子協会. 粗飼料広域流通実態調査報告書～平成24年度被災地粗飼料生産利用円滑化緊急対策事業～. P5-7.  
ホクレン施設資材部. 2004. 牧草用サイレージラップフィルム取扱マニュアル. P11.  
増田隆晴, 斉藤節男, 三浦賢一郎. ソルガムのロールラップ作業体系による収獲調製技術. 岩手県農業研究センター研究報告, 第3号, p101-104. 2003.

## 初産乳牛の移行期に適した飼料の段階的増給法及び繋留条件の検討 (第2報)

加藤真姫子・渡邊 潤・佐藤寛子

### 要 約

初産牛は母体と胎児の成長を両立しなければならず、新規環境に対するストレスに弱いため、経産牛とは異なる管理が必要である。初産牛をタイストール牛舎に馴致させるにあたり、ストレスを軽減し、その後の産乳成績や繁殖成績を向上させる繋留条件を検討するために、初妊牛19頭を供試し、飼養試験を行った。その結果、馴致としての分娩前繋留期間を4週間以上確保し、経産牛と隣り合わない配置で繋留することにより、分娩前後の乾物摂取量が増加し泌乳成績および繁殖成績についても良好な結果が得られた。

### 緒 言

近年、牛群検定における乳牛の平均産次は2.7産と短くなっている。生涯生産性が低迷している原因として、乳用牛群中の3割を占める初産牛の移行期における飼養管理の不備による事故が挙げられる。初産牛の移行期は、体躯が成長途中にあり、養分要求量が急増するため、産乳成績や繁殖成績は、栄養分の充足により大きく影響される。また、出産、泌乳を初めて経験する点からも、経産牛とは異なる飼養管理が必要である。筆者らは、前報(加藤ら 2012)において県内における初産牛の現状を把握し、移行期の飼養管理技術における問題点や傾向を拾い上げることを目的として県内酪農家の聞き取り調査を行った。その結果、県内においても初産牛の疾病・事故が多く、その要因として、「初産牛に対して経産牛と同様の管理をしている」または「育成に手が回らず、初産牛として十分な骨格に達していない」等が挙げられた。

本研究では、タイストール牛舎における分娩前の繋留期間や繋留条件が乾物摂取量、産乳成績および繁殖成績に与える影響について比較し、酪農家が現状において工夫できる具体的な管理方法について検討した。

### 材料および方法

#### 1. 供試牛、飼養管理および供試飼料

##### 1) 供試牛および試験区分

当場で繋養している平成23年1月～平成25年3月に分娩したホルスタイン種初産牛19頭を供試した。分娩予定日に基づいて馴致期間を設定し、タイストール牛舎へ繋留したが、試験区分における分娩前繋留期間は、搾乳牛舎へ移動した日から実際に分娩した日までの日数とした。分娩日前の繋留期間が3週間未満であった区を3週間未満区(4頭)、3～4週間であった区を3-4週間未満区(3頭)、以下4-5週間未満区(4頭)、5-6週間未満区(5頭)、6-8週区(3頭)として調査した。

##### 2) 飼養管理

供試牛は、育成管理牛舎(フリーバーン)から搾乳牛舎(ニューヨークタイストール)に繋留した。分娩後の搾乳は、朝7:30および夕方16:00に行い、飼料は朝夕の搾乳時および13:00に残飼が十分に出る量を自由採食させた。水および鉱塩(ZENOAC)は自由摂取させた。

## 3) 供試飼料

TMRの飼料構成割合および養分含量を表1に示した。

TMR原料をミキサーで混合した後、細断型ロールペーラーにより成型・梱包後にラッピングを行い、3週間以上静置したものを発酵TMRとして給与した。また、搾乳牛舎への繋留開始後は、発酵TMRへの馴致を徐々に行い、分娩3週間前には発酵TMRの自由採食とした。さらに、分娩予定日の1週間前には、配合飼料1 kgを増給し、その後のアシドーシスを想定して乾草を自由採食とした。

## 2. 試験区分

試験区分における分娩前繋留期間は、搾乳牛舎へ移動した日から実際に分娩した日までの日数とした。

## 3. 調査の項目と方法

## 1) 飼料摂取状況

飼料設計は、日本飼養標準・乳牛(2006年版)により計算した。協定試験成績等により初産牛の泌乳前期において、栄養濃度を高めずに乾物摂取量を確保できる栄養水準として推奨されTDN73%, CP16%のTMRとして調整し、分娩前後1週間の採食量調査を行い、乾物摂取量を計算した。

## 2) 産乳成績

乳量は、毎日朝夕2回の搾乳時にミルクメーター(ミルクン,オリオン機械)で計測し、分娩後、1週間毎の積み上げ量を各区の平均値として比較した。

乳成分率は多成分赤外線分析装置(ミルコスキャンマイナー, FOSS)で、毎月分析した。

表1 給与TMRの原料構成比率および飼料成分

構成比率 (DM%)					飼料成分			
トウモロコシ サイレージ (DM28%)	牧草ロール サイレージ	配合飼料 (TDN75, CP18) パルキー	ビートパルプ	酒粕	TDN (%)	CP (%)	NDF (%)	乾物率 (%)
32.3	19.9	35.3	8.6	4.0	72.8	15.7	38.9	50.0

表2 分娩前繋留期間による試験区の概要

区 分	頭数 (頭)	分娩時月齢 (ヶ月)	分娩時体重 (kg)	分娩産子体重 (kg)
3週未満	4	26.8 ± 7.2	567.0 ± 103.9	36.7 ± 3.9 <sup>b</sup>
3-4週未満	3	27.8 ± 5.2	676.7 ± 142.2	35.7 ± 12.2
4-5週未満	4	28.4 ± 3.2	629.8 ± 69.9	35.5 ± 6.6 <sup>b</sup>
5-6週未満	5	25.5 ± 3.5	630.6 ± 90.0	43.1 ± 5.4 <sup>a</sup>
6-8週	3	27.7 ± 3.0	669.0 ± 81.0	41.0 ± 4.5
全 体	19	27.1 ± 4.3	630.4 ± 94.3	38.6 ± 6.8

平均値±標準誤差

ab:  $P < 0.05$

### 3) 繁殖成績

分娩後初回授精までの日数および受胎までの日数を調査した。

### 4) 分娩後の増体日量

体重は、分娩日から毎月一回、体重推定尺により2回測定した平均値として求め、増体日量を計算した。供試牛のうち、経産牛に挟まれて繋留された区(6頭)と初産牛に挟まれて繋留された区(5頭)について、分娩後6ヵ月間における増体日量の推移を比較した。

## 4. 統計処理の方法

データは平均値±標準偏差で示した。有意差の検出には一元配置分散分析により差の検定を行い、区間の検定はTukeyの方法を用いた。

## 結果および考察

### 1. 飼料摂取状況

分娩前繋留期間別の分娩前後1週間の乾物摂取量を図1に示す。各区において分娩前後に差は認められず、試験区間においては分娩前の繋留期間3週未満区に対して4-5週および5-7週区間で有意に多かった。

乳牛の移行期の乾物摂取量は、分娩日を底として、分娩前後の1週間が最も乾物摂取量が低下し、かつ栄養エネルギー不足のピークとなる時期である。分娩前の馴致を含めた繋留期間は、経産牛の移行期として必要とされる3週間では不十分であり、4週間以上確保することで、馴致がうまくいき、初産牛のエネルギーバランスが最も過酷な場面での乾物摂取量を底上げできる可能性が示唆された。

### 2. 産乳成績

分娩後の各区における週間毎の積算乳量を図2に示した。各区の乳量は、1週目の立ち上がりから4週目に渡って、3週未満区に比較して6-8週区が有意に高い乳量であり、いずれの期間においても3週未満区に比較して、繋留馴致期間が長い区が乳量も高くなる傾向が認められた。また、分娩後1週目の積算乳量の各区の差は、図1における分娩前1週間の乾物摂取量の差にリンクする結果と考えられた。産乳成績においても、分娩前の繋留馴致期間を4週間以上確保することは乳量の増加にも貢献すると考えられた。

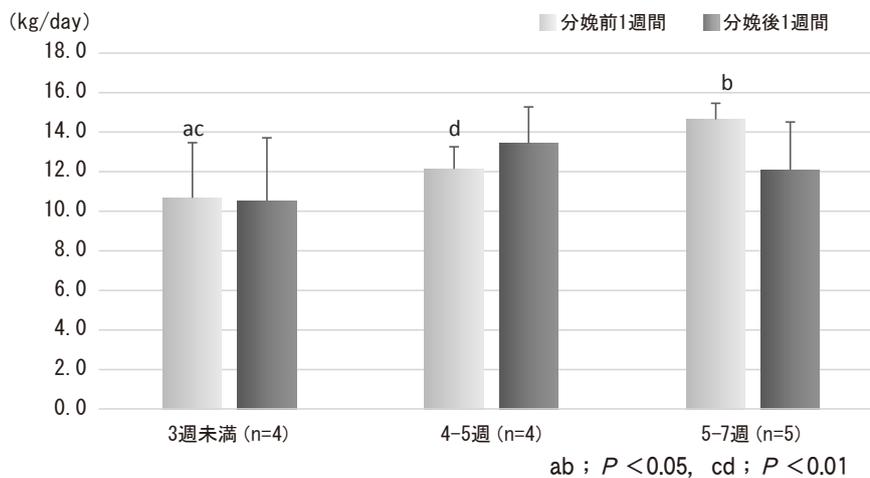


図1 分娩前後1週間の乾物摂取量

分娩後6ヵ月間の乳成分の推移を表3に示した。乳脂肪率は、1ヵ月目で3週未満区が5-6週未満区に対して有意に高い結果であった。乳脂肪率は、粗飼料の充足率の指標となるデータであるが、泌乳初期に4.5%以上の場合は周産期疾病が疑われる。3週未満区及び4-5週未満区の1ヵ月目の乳脂肪率は4.5%を大幅に超えており、泌乳初期の負のエネルギーバランスにより体脂肪が動員され、ケトージスや脂肪肝へのリスクが高まっていたことが想定される。2ヵ月目以降はエネルギーが充足していたと考えられる。

乳蛋白率は、2ヵ月目の6-8週区に対して4-5週未満区、5-6週未満区が、4ヵ月目の3週未満区に対して5-6週未満区が、5ヵ月目の6-8週区に対して3-4週未満区、4-5週未満区、5-6週未満区が、6ヵ月目の6-8週区に対して5-6週未満区が有意に高かった。測定期間を通して6-8週区が低い傾向にあったが、標準値の範囲で推移した。乳蛋白率は第一胃内の微生物タンパク質の生産と必要なデンプン等のエネルギー充足率の指標にもなることから、タンパクとエネルギーのバラ

ンスにおいて、逸脱した区は無かったものと考えられた。

無脂固形分率においては、4ヵ月目の3週未満区に対して5-6週未満区が有意に高かった。

無脂固形分率は、濃厚飼料の充足率の指標とされているが、この期間は配合飼料給与量が乳量に応じて増量されており、各区間に大差は無く、エネルギーはほぼ充足していたと解釈できる。乳成分値からは、3週未満区の1ヵ月目におけるエネルギー充足が追いつかず、泌乳初期の立ち上がりが悪かったことが推測された。

### 3. 分娩後の増体日量

搾乳牛舎への移動時、社会的に強い経産泌乳牛に挟まれる配置で繋留された区(6頭)と、両隣が初産牛あるいは片側が初産牛で片側の牛床が1つ空いている配置で繋留された区(5頭)の分娩後6ヵ月間における増体日量の推移を図3に示す。試験区間に有意差は認められなかったものの、経産牛に挟まれて繋留された区において、分娩後1ヵ月間の体重低下およびその後の体重回復についても遅れる傾向が認められた。

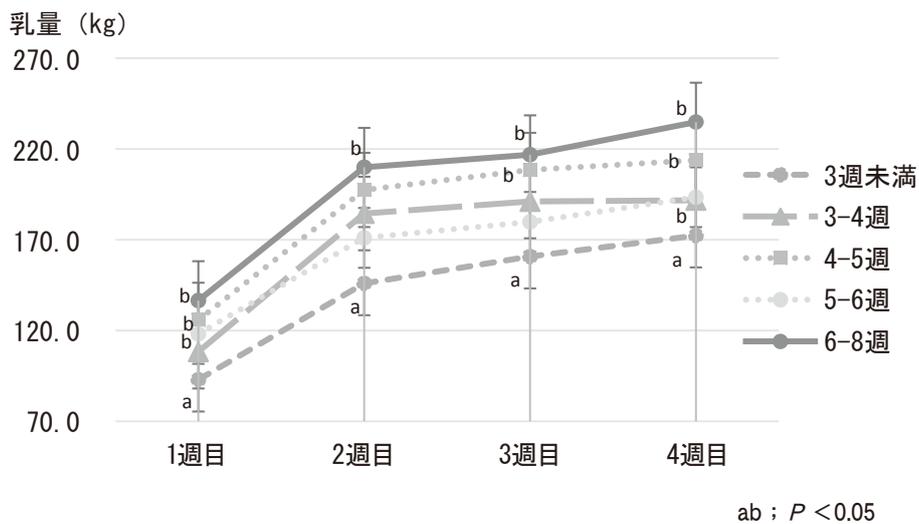


図2 分娩前繋留期間別分娩後の乳量推移

表3 乳成分値の推移

区分	1ヶ月目	2ヶ月目	3ヶ月目	4ヶ月目	5ヶ月目	6ヶ月目
乳脂率(%)						
3週未満	5.15 ± 1.05 <sup>b</sup>	3.93 ± 0.52	3.59 ± 0.33	4.18 ± 0.30	3.89 ± 0.90	3.80 ± 0.35
3-4週未満	4.03 ± 0.66	3.75 ± 0.17	3.97 ± 0.35	4.10 ± 0.18	4.30 ± 0.35	3.86 ± 0.43
4-5週未満	4.91 ± 0.98	3.71 ± 0.34	3.81 ± 0.54	4.18 ± 1.01	3.94 ± 1.30	4.45 ± 0.87
5-6週未満	4.05 ± 0.54 <sup>a</sup>	4.57 ± 1.05	3.98 ± 0.55	4.41 ± 1.44	3.90 ± 1.30	4.23 ± 0.38
6-8週	4.20 ± 0.58	3.97 ± 0.20	3.32 ± 0.54	4.75 ± 1.03	3.93 ± 0.20	4.00 ± 0.96
乳蛋白率(%)						
3週未満	3.18 ± 0.32	3.08 ± 0.13	3.07 ± 0.15	3.23 ± 0.19 <sup>b</sup>	3.33 ± 0.19	3.44 ± 0.22
3-4週未満	3.27 ± 0.13	3.07 ± 0.36	3.27 ± 0.20	3.38 ± 0.23	3.44 ± 0.07 <sup>b</sup>	3.50 ± 0.30
4-5週未満	3.63 ± 0.67	3.18 ± 0.14 <sup>b</sup>	3.24 ± 0.23	3.29 ± 0.35	3.46 ± 0.24 <sup>b</sup>	3.53 ± 0.39
5-6週未満	3.22 ± 0.31	3.19 ± 0.16 <sup>b</sup>	3.27 ± 0.20	3.48 ± 0.08 <sup>a</sup>	3.44 ± 0.07 <sup>b</sup>	3.51 ± 0.09 <sup>b</sup>
6-8週	3.03 ± 0.15	2.93 ± 0.03 <sup>a</sup>	3.07 ± 0.15	3.42 ± 0.35	3.15 ± 0.05 <sup>a</sup>	3.30 ± 0.09 <sup>a</sup>
無脂固形率(%)						
3週未満	8.44 ± 0.30	8.47 ± 0.25	8.58 ± 0.25	8.63 ± 0.26 <sup>b</sup>	8.84 ± 0.20	8.96 ± 0.16
3-4週未満	8.67 ± 0.12	8.69 ± 0.25	8.80 ± 0.13	8.88 ± 0.18	8.95 ± 0.18	8.90 ± 0.22
4-5週未満	8.84 ± 0.45	8.76 ± 0.29	8.84 ± 0.31	8.83 ± 0.37	8.90 ± 0.34	8.93 ± 0.47
5-6週未満	8.67 ± 0.34	8.69 ± 0.25	8.73 ± 0.37	8.89 ± 0.15 <sup>a</sup>	8.94 ± 0.22	9.00 ± 0.22
6-8週	8.58 ± 0.21	8.47 ± 0.25	8.65 ± 0.25	8.90 ± 0.35	8.72 ± 0.15	8.7 ± 0.06

平均値±標準誤差

ab ;  $P < 0.05$

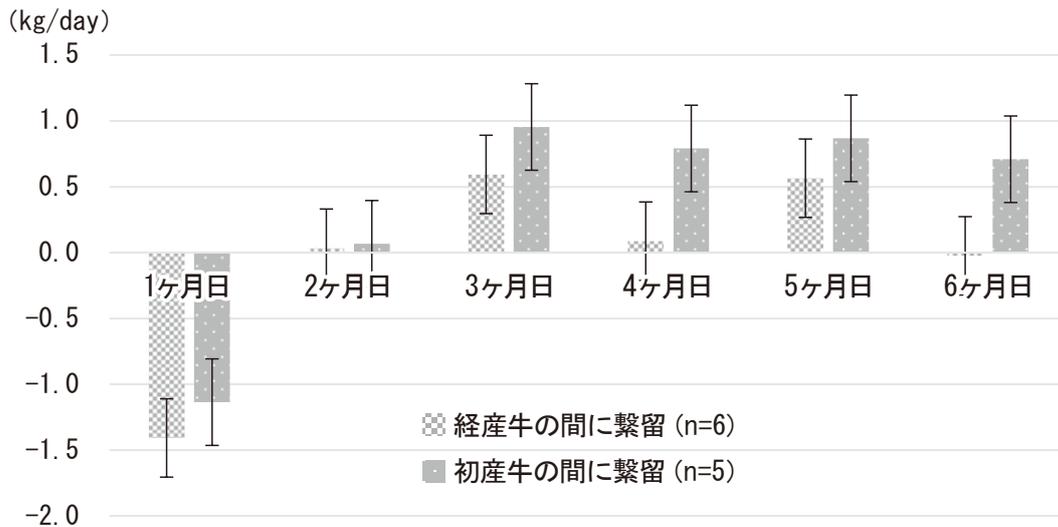


図3 繫留条件による 分娩後6ヵ月の増体量

乳牛では、経産牛および初産牛ともに、移行期の乾物摂取量は、著しく低下することが知られている。分娩後8~10週程度でようやく養分要求量が充足するようになり、それ以降からボディコンディションスコアの回復が始まることが報告されている。本試験においても、体重の回復は2ヵ月

目にプラスに転じ、3ヵ月目には増体へ向かったと判断できる。しかし、経産牛に挟まれて繫留した場合はさらに回復が遅れていることから、初産牛の採食行動には不利な条件が重なり、分娩後も長期間に渡り継続的に乾物摂取量が抑制されていることが想定された。

表4 初産牛の繁殖成績

項目	3週未満	3-4週	4-5週	5-6週	6-8週
初回授精日数(日)	142 ± 75 <sup>a</sup>	139 ± 66	135 ± 72	135 ± 51	92 ± 39 <sup>b</sup>
受胎までの日数(日)	177 ± 71 <sup>a</sup>	177 ± 85	135 ± 72 <sup>b</sup>	161 ± 52	121 ± 45 <sup>b</sup>

平均値±標準誤差

ab ;  $P < 0.05$

#### 4. 繁殖成績

分娩後初回授精までの日数および受胎までの日数を表4に示した。初回授精までの日数は、分娩前の繋留期間3週未満の区に対して6-8週の区間で有意に短かった。また、受胎するまでの日数は、3週未満の区に対して4-5週および6-8週の区間で有意に短い結果であった。移行期の栄養代謝状態は、その後の繁殖成績と関連すること、分娩後の体重減少率は、初回排卵・発情、および授精時期の指標となりうる事が報告されている。また、一般に、体脂肪動員の程度は乳量よりも乾物摂取量に関連するとされており、3週未満区においては、乾物摂取量が低かったことがその後の繁殖成績に影響を与えたと考えられた。この点からも、分娩前の繋留馴致期間として、少なくとも4週間以上のゆとりをもって移動し、いかに乾物摂取量を増やしてやるかで、その後の生涯生産性に大きな影響を与えたと考えられる。

初産牛の栄養管理では、乳生産とともに増体も考慮しなければならない。しかし、実際には移行期に乾物摂取量を確保できないケースは多く、そのことがエネルギー不足などによる疾病増加や繁殖成績の低下につながり、経産平均産次の短縮の一因となっている。近年では、初産乳量が9,000 kgを超える個体も増えており、高い栄養要求量に対して低い乾物摂取量を改善できなければ、経産牛よりも周産期病のリスクが高いと言っても過言

ではない。1回当たりの採食時間や量が少ないため、必要な養分を確保するには飼料へのアクセス時間が長く必要である。そのような点からも、社会的に強い経産牛の間に挟まれた場合、盗食や嫌がらせ等により初産牛の採食行動には不利な条件が重なり、固め喰いや、継続的な乾物摂取量の抑制による悪循環に陥りやすいことが想定された。酪農家が現状でできる対策として、育成から分娩房または搾乳舎への繋留の時期は、分娩前1~2ヵ月の期間に確実に移動させ、馴致期間をなるべく長めにとりたい。また、分娩前の搾乳舎への移動時に際しては、初産牛を優先的に割り当てる牛床を計画的にまとめて確保し、可能な限り経産牛からの影響を受けにくい配置にすることで、初産牛とその後の生涯生産性に良い影響を与えることが示唆された。初産牛の能力を引き出せない管理は、農場全体の生産量に大きな影響を与える。次報では、初産牛移行期における濃厚飼料の段階的増給法とアシドーシスに陥りにくい飼養管理について検証する。

#### 文 献

加藤真姫子, 渡邊潤, 佐藤寛子. 2013. 初産乳牛の移行期に適した飼料の段階的増給法及び繋留条件の検討(第1報) - 乳用牛の県内フィールド調査から - , 秋田畜試研究報告 27, 11-16.  
菅原徹, 楠原徹, 植田郁恵, 栗原三枝, 小林博史,

富田道則, 芹澤正文, 永田浩章, 高原康実, 岡あかね, 時田康広, 森和彦, 石田武, 倉本慶子, 田鎖直澄, 野中最子, 栗原光規, 永西修, 寺田文典. 2004. 泌乳前期における初産牛へのTDN 給与水準. 平成19年度関東東海北陸農業研究成果情報.

泉賢一, 吉原慶子, 田代ゆうこ, 野英二. 2001. 高栄養濃度の混合飼料 (TMR) 給与が低泌乳初産牛の採食量, 産乳成績およびルーメン内発酵様相に及ぼす影響. J.Rakuno Gakuen Univ. 26 (1). 63-70.

江口里香, 山岸則夫, 李仁納, 大星健治, 高木光博, 中川昭. 2005. 乳牛の移行期における臨床検査成績とその後の繁殖成績との関係. 家畜臨床誌 28(2), 34-41.

生田健太郎, 佐藤繁, 岡田啓司, 水口人史, 伊藤和紀, 星川俊也. 2012. 乳牛における分娩前の乾物摂取量と分娩後の濃厚飼料増給速度が乳生産, 血液成分および第1胃液性状に及ぼす影響. 産業動物臨床医誌 3(2)68-69.

## 乳用交雑種肥育牛への飼料用米ソフトグレインサイレージの多給試験

千田惣浩・渡邊 潤・相馬祐介・高橋利清・西宮 弘\*・伊藤 隆\*・酒出淳一

\* 秋田県北部家畜保健衛生所

### 要 約

飼料用米ソフトグレインサイレージ(以下, SGS)の給与限界量を把握するため, 乳用交雑種肥育牛を供試し, 濃厚飼料の40%及び50%を目安に代替(原物割合)する給与試験を実施. 試験開始から屠畜出荷までの飼料摂取状況や発育体重および28ヶ月齢屠畜の枝肉重量, ならびに枝肉販売価格から試験期間中の飼料費を差し引いて試算した収益性から40%が給与限界量と考えられた.

### はじめに

近年, 穀物需給の逼迫, さらには円安, 異常気象等を背景とする, 飼料価格の高騰が肉用牛経営圧迫の一要因となっている. その対策として, 輸入依存型のトウモロコシを主原料とする濃厚飼料の代替として, 飼料用米の家畜・家禽への給与が全国的に検討されてきた. 本県でも, 「水田の有効利用」として, 飼料稲の作付け面積が年々増加し, 平成21年の127 ㍍ターが平成23年には1,848 ㍍ターと急速に増加している. しかし利用形態はホールクロップサイレージが多く, 飼料用米の肥育牛への給与技術としては, その給与時期や給与量は統一されていない.

今回, 肥育牛現場での飼料用米の活用指針とすべく, 乳用交雑種を供試し, 粳米サイレージ(以下, 粳米SGS)の給与体系で, その配合割合を濃厚飼料の40%および50%を代替給与する多給試験を行った. なお, 本試験は農林水産省委託プロジェクト(国産飼料プロ)の3-2系, 水田肉牛チームの共同試験として実施した.

### 材料および方法

#### (1) 供試牛および試験区

当場で生産された, 乳用交雑種(黒毛和種×

ホルスタイン種)雌牛8頭で, 濃厚飼料の代替割合を40%, 50%の2水準とし(原物比), 粳米SGSを肥育全期間(給与期間:19ヶ月間)に給与する2区を設定した. なお, 供試牛全頭, 父牛は秋田県の種雄牛である篤桜号に統一した. また, 去勢牛1頭は粳米SGS無給与として, 得られたデータは参考値とした.

#### (2) 粳米SGSの調製および飼料給与

平成22年10月に秋田県大仙市の圃場で生産された, 食用品種(あきたこまち)を収穫時フレコンバックに生粉で詰め込み(重量500 kg), 乳酸菌(畜草1号:雪印種苗(株))を0.1%の割合でダイレクトに添加・密封調製した. 給与は飼料米破砕機(デリカ社DHC-2000)を用い0.2 mmメッシュを2回通過させ破砕処理し, 規定量を濃厚飼料と給与時に混合し, 朝夕2回給与した. なお, 試験開始から13ヶ月齢までは粗タンパク質不足解消のため補助飼料として市販の大豆粕を200 g/日添加した. また, 粗飼料は乾草(チモシー:13ヶ月齢まで)と稲ワラ(青森産:全期間)で, 配合飼料と同様に残量を毎日記録した.



図1 粳米SGSの調整 (ダイレクト処理法)

## 結 果

### (1) 体重の推移

概ね9ヶ月齢から試験を開始し、28ヶ月齢を目安に屠畜出荷した。表1に開始時、15ヶ月齢、20ヶ月齢、25ヶ月齢、出荷時の体重を示した。試験開始時から出荷時までの5ヶ月毎の体重の推移は、40%区が50%区より有意に高い値を示し ( $P < 0.05$ )、全期間のDGは40%区が  $0.80 \pm 0.10$  kg、50%区が  $0.72 \pm 0.06$  kgで、1日当たり約80g、40%区で発育が良い結果となった。

### (2) 飼料摂取状況

試験期間中の給与メニュー別摂取量を表2-1に、また1日1頭当りの摂取量を表2-2に示した。概ね20ヶ月齢以降の肥育後期から粳米SGS、濃厚飼料ともに食い込める牛、食い込めない牛の個体差が顕著となった。1日当りの摂取量は、40%区が粳米SGSを  $3.9 \pm 0.2$  kg、濃厚飼料を  $5.5 \pm 0.2$  kgに対し、50%区は粳米SGS  $4.4 \pm 0.3$  kg、濃厚飼料  $4.7 \pm 0.1$  kgとなり、残飼が多く食い止まりを起こす個体が多かった。



図2 飼料米粉砕機(デリカ・DHC-4000M)

### (3) 調査項目

調査項目は、①体重の推移、②飼料摂取状況、③枝肉成績、④牛肉の脂肪酸組成、⑤血液性状、胃液の揮発性脂肪酸組成(VFA)とpHおよび尿pHで、得られたデータは全項目、一元配置分散分析により差の検定を行い、区間の検定はTukeyの方法で統計処理した。

表1 体重の推移

試験区分	開始時月齢 (ヶ月齢)	終了時月齢 (ヶ月齢)	開始時 (kg)	15ヶ月齢到達時 (kg)	20ヶ月齢到達時 (kg)	25ヶ月齢到達時 (kg)	終了時 (kg)	全期間増体量 (kg/日)
40%区	9.7 ± 0.6	28.2 ± 0.6	348.5 ± 8.5	538.8 ± 30.8	674.0 ± 46.8	742.9 ± 45.6	799.5 ± 57.8	0.80 ± 0.10
50%区	9.4 ± 0.7	28.0 ± 0.4	305.3 ± 20.8	462.2 ± 45.0	591.5 ± 21.5	680.1 ± 19.4	714.8 ± 29.6	0.72 ± 0.06
無給与 (参考値)	9.1	28.4	357	562	691	762	812	0.80

平均値±標準偏差

表2-1 飼料摂取状況 (全期間)

	濃厚飼料	SGS	稲ワラ	乾草
40%区	3,117 ± 138	2,209 ± 180	637 ± 159	240 ± 96
50%区	2,636 ± 51	2,483 ± 219	761 ± 161	182 ± 24
無給与 (参考値)	3,732	—	460	402

平均値±標準偏差

\*開始時から稲ワラ給与, 乾草は13ヶ月齢まで

表2-2 飼料摂取状況 (1日1頭当り)

区分	粃米SGS	濃厚飼料	粗飼料
40%区	3.9 ± 0.2	5.5 ± 0.2	1.6 ± 0.2
50%区	4.4 ± 0.3	4.7 ± 0.1	1.7 ± 0.2
無給与 (参考値)	—	8.2	1.7

平均値±標準偏差

### (3) 枝肉成績

概ね28ヶ月齢で屠畜・解体した枝肉成績を表3に示した。歩留形質のうち枝肉重量、ばらの厚さで有意に50%区が劣った ( $P < 0.05$ )。肉質形質のうちBMSNo.は40%区で1頭が12段階の6等級であったが、そのほかは全て4等級、

また肉色(BCS)は全牛5段階の4等級、脂肪の光沢と質(BFC)は全牛3等級であり、給与割合の違いによる肉質への影響は認められなかったが、50%区の4頭中1頭で、カタとロースのシコリ、1頭がスネのズルと呼ばれる、枝肉の損傷とされる瑕疵があった。

## (4) 牛肉の脂肪酸組成

リブローズ肉の脂肪酸組成を表4に示した。飽和、不飽和、一価不飽和脂肪酸に差は認められなかった。また、牛肉の旨味に関与するとされるオレイン酸(C18:1)は、40%区が46.1±0.9%、50%区が45.8±1.6%と違いは認められなかったが、両区全頭とも、無給与(参考値)の41.7%より高い値を示したが、飼料用米の給与効果かは特定できなかった。

## (5) 血液性状、胃液の揮発性脂肪酸組成(VFA)とpHおよび尿pH

各々の月齢ステージの測定値を表5に示した。血液性状は両区とも、BUNが全ステージ低濃度に推移し、濃厚飼料の給与不足が示唆されたが、T-CHOはステージで違いがあるものの正常に推移した。また、出荷直近のGLUも正常であった。

表3 枝肉成績

区分	歩 留					肉 質				等級
	枝肉重量 (kg)	ロース芯 (cm <sup>2</sup> )	ばら厚 (cm)	皮下脂肪 (cm)	歩留 基準値	BMS No.	BCS No.	締まり・ きめ等級	BFS No.	
40%区	501.3 <sup>a</sup>	48.8	7.6 <sup>a</sup>	3.5	69.4	4.5	4.0	3.3	3.0	B-4 1頭 B-3 2頭 C-3 1頭
50%区	447.0 <sup>b</sup>	51.0	6.4 <sup>b</sup>	2.5	70.5	4.0	4.0	2.8	3.0	A-3 1頭 B-3 2頭 B-2 1頭 (瑕疵2頭)
無給与 (参考値)	514.0	55.0	6.7	4.0	69.0	4.0	4.0	3.0	3.0	B-3 1頭

縦列異符号間に有意差あり(P&lt;0.05)

表4 脂肪酸組成(リブローズ肉)

単位: %

検査項目	40%区		50%区		無給与
飽和脂肪酸	43.0	± 1.0	43.0	± 1.0	48.1
不飽和脂肪酸	54.7	± 0.8	54.7	± 1.9	49.8
一価不飽和脂肪酸	52.5	± 0.7	52.3	± 2.0	47.9
ミスチン酸(C14:0)	2.5	± 0.2	2.5	± 0.4	3.3
ミストレン酸(C14:1)	0.6	± 0.1	0.5	± 0.3	0.4
パルミチン酸(C16:0)	26.3	± 0.9	26.6	± 1.4	28.4
パルミトレイン酸(C16:1)	3.1	± 0.2	3.2	± 0.7	3.2
ステアリン酸(C18:0)	13.1	± 0.6	12.9	± 1.9	15.3
オレイン酸(C18:1)	46.1	± 0.9	45.8	± 1.6	41.7
リノール酸(C18:2(n-6))	2.1	± 0.2	2.2	± 0.3	1.8
リノレイン酸(C18:3(n-3))	0.1	± 0.0	0.03	± 0.05	±

VFA濃度は15ヶ月齢で総濃度と酢酸で40%区が50%区より高い値を示したが、この時期は大豆粕や乾草の給与停止、飼料の食い込み量の違いに起因したと考えられた。胃液や尿のpHは一定の傾向は認められなかったが、アシドーシスを起因とする極端な低値はなかった。

まとめと考察

枝肉販売価格から飼料費を差し引いた値を差益として算出し、表6に示した。本試験の収益は1頭あたり、40%区が233,548円、50%区が151,375

円と82,173円の差があり、40%区で収益性が高い結果となった。これは、50%区で安価なSGSの多給で飼料費は削減されるものの、発育性が枝肉重量に反映し、精算額が低下したことによるもので、産肉性が劣ることが明らかとなった。このことから、粳米SGSの給与限界割合は40%と考えられたが、今後、黒毛和種への現場利用を条件に、飼料価格の高値推移や枝肉相場価格変動への対応を考慮した、肥育経営体が安心して利用できる、肥育ステージ別給与割合を検討する必要がある。

表5 血液性状、胃液内VFA濃度とPh、尿Phの測定値

検査項目	単位	40%区					50%区					無給与区					
		開始時	15ヶ月	20ヶ月	25ヶ月	出荷時	開始時	15ヶ月	20ヶ月	25ヶ月	出荷時	開始時	15ヶ月	20ヶ月	25ヶ月	出荷時	
血液性状	BUN	mg/dl	9.9	8.0	8.6	6.8	8.1	8.2	7.2	8.7	7.7	9.1	7.9	10.8	10.9	7.8	8.5
	TCHO		107	135	148	126	143	90	137	146	124	175	109	153	167	148	125
	GLU		—	—	—	—	73	—	—	—	—	71	—	—	—	—	70
VFA濃度	total	μmol/dl	—	8.6 <sup>a</sup>	6.8	—	—	—	7.2 <sup>b</sup>	8.8	—	—	—	5.4	5.4	—	—
	酢酸		—	5.0 <sup>a</sup>	4.0	—	—	—	4.3 <sup>b</sup>	5.3	—	—	—	3.2	3.2	—	—
	プロピオン酸		—	2.3	1.6	—	—	—	1.8	2.0	—	—	—	1.3	1.2	—	—
	酪酸		—	1.0	0.9	—	—	—	0.8	1.1	—	—	—	0.7	0.7	—	—
胃液 Ph 値			—	—	7.0	6.9	6.4	—	—	6.3	6.6	6.4	—	—	7.1	6.1	7.3
尿 Ph 値			—	—	7.1	6.4	7.0	—	—	6.1	7.1	6.2	—	—	7.2	6.2	7.2

\* —は未測定  
横列異符号間に有意差あり(P < 0.05)

表6 収益計算

試験区分	販売価格		飼料費 b)			差益* (a-b)
	枝肉単価	枝肉精算額 a)	濃厚飼料代金	SGS代金	粗飼料費	
40%区	1,013	530,254	176,057	69,582	51,067	233,548
50%区	925	432,175	149,268	78,215	53,317	151,375
無給与 (参考値)	1,000	538,328	266,045	—	59,072	213,211

\* 素牛導入費、育成期の飼料費、減価償却費は含まず。  
・SGS代金：@31.5円 濃厚飼料費：前期飼料@53円、後期飼料@51円、大豆粕@75円  
粗飼料費：稲ワラ@50円、乾草(チモシー)@70円

## 黒毛和種肥育牛への飼料用米ソフトグレインサイレージの多給試験

千田惣浩・相馬祐介・渡邊 潤・高橋利清・酒出淳一・伊藤盛徳

### 要 約

黒毛和種肥育牛への飼料用米ソフトグレインサイレージ(SGS)の効率的利用、普及を目的に、その種類を籾米(以下、籾米SGS)と膨軟化処理籾米(以下、膨軟化SGS)の2種類、給与割合を濃厚飼料の原物代替率40%を目安とし、給与試験を実施した。

- 1) 膨軟化SGS給与牛は相対的に、飼料の利用性が高く、籾米SGS給与牛や無給与牛と比較し増体重が高い値を示した。
- 2) 28ヶ月齢を目途に屠畜解体した枝肉成績においては、個体差があるものの、膨軟化SGS給与牛で、枝肉重量、ロース芯、ばらの厚さが高い値を示し、歩留まり基準値では有意に無給与牛より高い値となった( $P<0.05$ )。また、脂肪交雑(BMSNo.)、肉色、光沢と質、締まり・きめについては、区間に差は認められず、枝肉等級も同等であった。
- 3) 肉の口溶け等、特に風味や甘みに関与しているとされるオレイン酸を「食肉脂質測定装置」で測定したところ有意な差は認められないものの、飼料用米給与牛で、相対的に高い値を示した。
- 4) 血中ビタミン濃度の推移から、飼料用米給与の多給、濃厚飼料給与量の不足による弊害である、ビタミンA欠乏は認められなかった。

### はじめに

本県では、飼料自給率の向上、水田の有効活用、さらには秋田産ブランド牛肉生産体系の確立のため、濃厚飼料の代替として飼料用米の肥育牛への給与が検討されている。前報告(千田ら, 2014)では黒毛和種肥育去勢牛と発育性が類似した、乳用交雑肥育雌牛への籾米SGSの給与試験を行い、原物代替率は40%程度が給与限界割合であることを報告した。

今回、黒毛和種肥育牛現場での飼料用米の活用指針とすべく、原物代替率40%に統一し、さらに飼料用米ソフトグレインサイレージ(SGS)の種類を籾米SGSと、籾米を加水・加圧処理してサイレージ化した膨軟化処理籾米区を設定し、比較検討した。

なお、本試験は農林水産省委託プロジェクト(国産飼料プロ)の3-2系、水田肉牛チームの共同試

験において、第2クール分として実施した。

### 材料および方法

#### 1) 供試牛および試験区

試験牛の概要を表1に示した。全頭当場で生産された、“篤桜”号産子去勢牛を供試した。試験開始月齢は9.2~11.6ヶ月齢で、満28ヶ月齢を目途に肥育出荷した。

試験区は、前報告同様、完熟期籾米を未破碎のまま0.1%乳酸菌(畜草1号:雪印種苗)を添加、ダイレクト処理し、飼料米粉砕機(デリカ社製)で粉碎給与した籾米SGS区(以下、籾米S区)とプレスパンダーを用いて、加水/加圧でサイレージ化された膨軟化処理籾米SGS(以下、膨軟米S区)の給与区を設置した。給与量は2種類とも、前報告で乳用交雑種肥育雌牛の給与限界量と考えられた、原物代替率40%を目

途に肥育全期間給与した。なお、濃厚飼料のみを給与した籾米無給与(以下、無給与区)を対照とし、それぞれの区に供試牛をランダムに4頭配置した。

2) 給与飼料

飼料は朝夕2回、飽食給与とした。表2に給与飼料の成分値および購入単価を示した。SGSの分析値は、水分が籾米SGSで26.8%に対し膨軟米SGSが40.5%、可消化粗蛋白(DCP)と可消化養分総量は籾米SGSが3.0%、56.9%に対し、膨軟米SGSは2.6%、46.2%であった。

濃厚飼料は試験開始から概ね12ヶ月齢までを肥育前期飼料(CP:15.0%, TDN:68.0%)、その後、25~26ヶ月齢を肥育後期飼料A(CP:11.0%, TDN:71.0%)、その後屠畜出荷まで肥育後期飼料B(CP:12.0%, TDN:72.0%)を給与した。なお、蛋白不足解消のため、肥育前期(概ね14, 15ヶ月齢まで)に大豆粕を日量300g、ビタミンA含有飼料を仕上げ期(24, 25ヶ月齢~出荷)に肥育後期飼料Bに日量800g補助給与した。また、前期飼料から後期飼料への切

り替えは、馴致目的で2週間かけ、等量給与した。

粗飼料は、チモシー主体乾草を概ね13~15ヶ月齢まで給与し、全量稲ワラに切り替えた。稲ワラは青森産ロールであった。

3) その他飼養管理

供試牛は、籾米S区と無給与区は試験開始から肥育後期(概ね20~25ヶ月齢まで)まで月齢に応じ2頭飼育、その後出荷までの期間は単飼とした。膨軟米S区は18ヶ月齢まで2頭飼育、概ね18ヶ月齢から4頭の群飼育とした。また、自由飲水、セレン入り鉍塩の自由舐食、敷料は籾殻+おが屑とした。

4) 調査項目

(1) 体重の推移

1ヶ月に1回、体重、体高、胸囲、腹囲を測定した。体重の推移は、開始時、15, 20および25ヶ月齢到達体重の算出、出荷時の5ステージについて取りまとめた。

表1 試験牛の概要

試験区分	管理No.	生年月日	性別	血統			開始月齢	屠畜月齢	試験日数
				父	母の父	祖母の父			
籾米S区	白14	H23.2.1	去勢	篤桜	北国7の8	神高福	10.7	28.6	543
	白15	H23.2.4	去勢	篤桜	広景福	安福	10.6	28.5	543
	白21	H23.4.24	去勢	篤桜	安平照	平茂勝	10.0	28.8	571
	白22	H23.5.18	去勢	篤桜	義安福	安平	9.2	28.5	585
膨軟米S区	白17	H23.3.31	去勢	篤桜	安平	福桜	10.8	28.7	543
	白18	H23.4.11	去勢	篤桜	福金	北国7の8	10.5	28.8	557
	白19	H23.4.15	去勢	篤桜	茂重安福	平茂勝	10.3	28.2	543
	白20	H23.4.20	去勢	篤桜	義安福	糸勝	10.2	28.5	557
無給与区	白13	H23.1.4	去勢	篤桜	美津福	北国7の8	11.6	28.3	508
	白16	H23.2.26	去勢	篤桜	義安福	栃富士	10.8	28.7	543
	白23	H23.5.5	去勢	篤桜	義安福	宮菅	10.6	28.5	542
	白24	H23.6.8	去勢	篤桜	茂勝	高栄	9.7	27.9	552

表2 給与飼料の成分値(%)および単価(円)

種類	水分	成分(原物中)						可消化粗蛋白(DCP)	可消化養分総量(TDN)	単価*	摘要	
		粗蛋白質	粗脂肪	NFE	粗繊維	ADF	粗灰分					
SGS	粳米SGS	26.8	5.2	1.6	56.1	6.6	8.3	3.7	3.0	56.9	31.5	分析値
	膨軟米SGS	40.5	4.5	1.2	45.3	5.7	6.8	2.8	2.6	46.2	42.0	
濃厚飼料	肥育用前期	—	15.0	2.0	—	10.0	—	10.0	—	68.0	55.7	メーカー保証成分
	肥育用後期A	—	11.0	2.0	—	9.0	—	9.0	—	71.0	53.6	
	肥育用後期B	—	12.5	2.0	—	10.0	—	10.0	—	72.0	59.7	
補助飼料	大豆粕	11.8	45.0	1.9	29.5	5.3	8.5	6.4	41.4	76.8	75.0	日本標準飼料成分表
	後期(ビタミンA含有)	—	12.0	2.0	—	8.0	—	8.0	—	74.0	58.3	ビタミンA 5,000IU/kg

\*消費税込

## (2) 飼料摂取量

毎朝、給餌前に前日給与分の残飼料を測定した。なお、2週間に1回給与量の見直しを行った。

## (3) 枝肉調査

個体毎に屠畜2日後、日本食肉格付協会の格付値から枝肉成績を取りまとめた。また、同日「食肉脂質測定装置」を用い、枝肉左半丸の第6、第7胸椎間横断面における筋間脂肪のオレイン酸推定値を測定した。なお、温度変化等を勘案し、同部位を3回測定し平均値を算出した。

## (4) 血中ビタミン濃度と一般血液性状

血液サンプルは、頸静脈から採取し、血中ビタミン濃度は高速液体クロマトグラフ、一般血液性状は富士ドライケムにより測定した。血中ビタミン濃度はビタミンA、βカロテン、ビタミンEの3項目、一般血液性状は肝機能の指標としてGOT(グルタミン酸オキザロ酢酸トランスアミナーゼ)とGGT(γ-グルタミルトランスぺプチダーゼ)を、栄養の指標としてBUN(尿素態窒素)、TCHO(総コレステロール)およびGLU(グルコース)を、無機質としてCa(カルシウム)、P(リン)およびMg(マグネシウム)を測定項目とした。

なお、測定値のとりまとめは、①開始時、②15ヶ月齢、③20ヶ月齢、④25ヶ月齢、⑤出荷時の5ステージの直近値とした。

## (5) 胃液pHと尿pH

胃液は経口採取器、尿は自然排尿により、サンプル採取し、直ちにpHメータで測定した。採取時期は血液と同様、①開始時、②15ヶ月齢、③20ヶ月齢、④25ヶ月齢、⑤出荷時の5ステージの直近としたが、採取時間は、朝給餌から5時間後の午後1:00~2:00に統一した。

## 5) 統計処理

得られたデータは全項目、一元配置分散分析により差の検定を行い、区間の検定はTukeyの方法で統計処理した。

## 結 果

## 1) 体重の推移

概ね10ヶ月齢から試験を開始し、28ヶ月齢を目安に屠畜出荷した。表3に開始時、15ヶ月齢、20ヶ月齢、25ヶ月齢、終了(出荷)時の体重を示した。各ステージで有意な差は認められないものの、膨軟米S区で25ヶ月齢および終了(出荷)時の体重が大きい値を示し、全期間増体重は0.90

±0.09 kgと、籾米S区の0.82±0.07 kg、無給与区の0.82±0.16 kgに比べ1日当たり約80 g、発育が良い結果となった。

2) 飼料摂取状況

試験期間中の給与メニュー別摂取量を表4-1に、また1日1頭当りの摂取量を表4-2に示した。全期間の飼料摂取量は、籾米S区でSGSを1,805±177 kg、濃厚飼料を3,064±112 kgに対し、膨軟米S区はSGSを2,092±35 kg、濃厚飼料を3,013±62 kgであった。これを1日1頭当りに換算すると、濃厚飼料摂取は平均値で5.5 kgと同量であったが、SGS摂取量は、籾米が3.2±0.4 kgに対し、膨軟米処理籾米は3.8±0.1 kgと有意に多い値となった(P<0.05)。これは、25ヶ月齢以降の、籾米S区の4頭中2頭(白21、白

22)で、SGSの残飼が増え食い止まりがあり、採食量が減った結果であり、飼料設計で40%に設定した代替率は36%となった。一方、膨軟米S区は肥育後半の群飼の影響もあったが、粗飼料の摂取を含め、採食量が全試験期間を通して多く、代替率は41.2~42.3%であった。

3) 枝肉成績とオレイン酸推定値

概ね28ヶ月齢で屠畜・解体した枝肉成績とオレイン酸推定値を表5に示した。歩留形質のうち枝肉重量、ロース芯面積、ばらの厚さにおいて膨軟米S区が籾米S区および無給与区より高い傾向、また皮下脂肪の厚さで少ない傾向を示し、歩留まり基準値は74.0%と無給与区の72.5%より有意に高い値となった(P<0.05)。肉質形質のうち霜降りの度合いを示すBMS No.は、無給

表3 体重の推移

試験区分	開始時月齢 (ヶ月齢)	終了時月齢 (ヶ月齢)	開始時 (kg)	15ヶ月齢到達時 (kg)	20ヶ月齢到達時 (kg)	25ヶ月齢到達時 (kg)	終了時 (kg)	全期間増体重 (kg/日)
籾米S区	10.1 ± 0.7	28.6 ± 0.1	340.7 ± 37.0	481.8 ± 39.0	617.6 ± 45.9	748.4 ± 45.0	800.0 ± 63.2	0.82 ± 0.07
膨軟米S区	10.5 ± 0.3	28.6 ± 0.3	356.0 ± 22.7	481.6 ± 41.1	612.0 ± 53.5	766.8 ± 74.9	850.8 ± 65.4	0.90 ± 0.09
無給与区	10.7 ± 0.8	28.4 ± 0.3	361.6 ± 25.6	461.3 ± 23.4	604.7 ± 28.4	756.6 ± 66.0	804.0 ± 67.9	0.82 ± 0.16

平均値±標準偏差

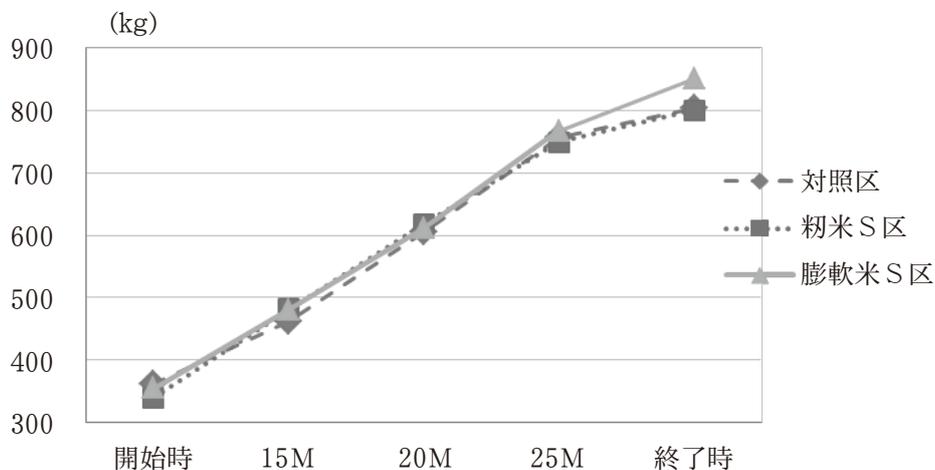


図1 体重の推移グラフ

表 4-1 飼料摂取状況 (全期間)

	SGS	濃厚飼料	稲ワラ	乾草
粳米S区	1,805 ± 177	3,064 ± 112	717 ± 64	297 ± 9
膨軟米S区	2,092 ± 35	3,013 ± 62	815 ± 7	262 ± 9
無給与区	—	4,377 ± 496	690 ± 110	230 ± 27
平均値±標準偏差		*開始時から稲ワラ給与、乾草は13ヶ月齢まで		

表 4-2 飼料摂取状況 (1日1頭当り)

区分	SGS	濃厚飼料	粗飼料
粳米S区	3.2 ± 0.4 <sup>a</sup>	5.5 ± 0.3 <sup>a</sup>	1.8 ± 0.1 <sup>a</sup>
膨軟米S区	3.8 ± 0.1 <sup>b</sup>	5.5 ± 0.04 <sup>a</sup>	2.0 ± 0.1 <sup>b</sup>
無給与区	—	8.2 ± 0.8 <sup>b</sup>	1.7 ± 0.1 <sup>a</sup>

縦列異符号間に有意差あり ( $P < 0.05$ )

与区でNo. 5が3頭(白13, 白23, 白24), No. 4が1頭(白16)に対し, 粳米S区ではNo. 9が1頭(白15), No. 6が2頭(白21, 白22), No. 3が1頭(白14), 膨軟米S区ではNo. 6が1頭(白18), No. 5が2頭(白17, 白20), No. 4が1頭(白19)であり, SGSの影響は認められなかった. また肉色を示すBCS No.や肉の締まり/きめ, 肉の光沢・質を示すBFSNo.も同等であった. 総合的に枝肉の等級において, A-4等級以上の上物率は, 粳米S区で4頭中3頭(75%), 膨軟米S区および無給与区で4頭中1頭(25%)であった.

また, 枝肉の損傷とされる瑕疵が付記された. 粳米S区ではA-5等級の白15が“スネのズル(筋水腫)”と“ロースのアタリ(外傷)”, A-4等級の白22が“ロースのアタリ(外傷)”, B-2等級の白14が“ももとロースのズル(筋水腫)”と4頭中3頭と高割合で瑕疵があった. 肥育期間のビタミンAの制御等のストレスがあったものと考えられた. また, 膨軟米S区ではA-3等級の白17が“ばらのシコリ(筋炎)”, 無給与区ではA-3等級の白23が“すねのカツジョ”があった.

一方オレイン酸推定値は, 粳米S区が58.4±3.6%, 膨軟米S区が56.9±1.6%と有意な差は認められないものの, 無給与区の53.9±1.8%より高い傾向にあった.

#### 4) 血中ビタミン濃度

脂溶性ビタミンである, ビタミンA,  $\beta$ カロチン, ビタミンEの推移を表6に示した. ビタミンAは開始時において, 膨軟米S区が157.4±21.3I U/dlと粳米S区の109.6±30.3 IU/dl, 無給与区の117.4±13.7 IU/dlに比べ有意に高値( $P < 0.05$ )を, また25ヶ月齢で膨軟米S区が66.4±9.9 IU/dlと粳米S区の49.1±8.4 IU/dlと有意に高値を示した( $P < 0.05$ ). 開始時は乾草の摂取量の違い, また25ヶ月齢はビタミンA含有飼料を補助飼料として給与開始した時期であったことが影響したものと考えられたが, 全区とも月齢とともに漸減し, 正常範囲である33 IU/dl以上であった. 次に $\beta$ カロチンは開始時にビタミンAと同様, 膨軟米S区で239.7±40.2と粳米S区および無給与区より高値を示したが, それ以降は飼料用米の給与の有無に係わ

らず全ステージとも正常範囲である20 μg/dlを下回るか検出限界以下の低値で推移し、粳米S区の20ヶ月齢では4頭とも検出限界以下を示した。ビタミンEは測定値に幅があるものの、開始時と20ヶ月齢で有意な差が認められたが(P<0.05)、正常範囲である70 μg/dlを上回った。

ったが、15ヶ月齢以降は正常に推移した。

また、GLUは出荷時において膨軟米S区が無給与区より有意に少ない値(P<0.05)となったが、正常下限値の45 mg/dlを上回った。なお、Ca, P, Mgのミネラルの測定値は全期間、正常であった。

5) 一般血液性状の推移

肝機能の指標となるGOTは全区とも正常範囲(40~100 U/L)、またGGTは15ヶ月齢と20ヶ月齢で区間に有意な差が認められたが(P<0.05)、正常範囲(40~100 U/L)であった。次に栄養の指標として測定した、BUNは開始時から15ヶ月齢まで全区とも低値に推移したが、20~25ヶ月齢には正常値を示し、T-CHOは開始時に正常下限値の100 mg/dlを下回る個体があ

6) 胃液pHおよび尿pH

胃液pHは膨軟米S区で開始時と15ヶ月齢で、粳米S区および無給与区より有意に高値であった(P<0.05)。一方、尿pHは無給与区において、開始時に膨軟米S区より高値、出荷時に粳米S区より低値で有意な差となった(P<0.05)。胃液pHは尿のpHより1~2程度低い値を示したが、全期間を通して一定の傾向は認められなかったものの、アシドーシスを起因とす

表5 枝肉成績とオレイン酸推定値

区分	歩 留					肉 質				等級	オレイン酸推定値 * (%)
	枝肉重量 (kg)	ロース芯 (cm <sup>2</sup> )	ばら厚 (cm)	皮下脂肪 (cm)	歩留基準値	BMS No.	BCS No.	締まり・きめ等級	BFS No.		
粳米S区	510.9 ±52.5	56.5 ±4.9	8.2 ±0.4	3.4 ±1.1	72.8 ±1.6	6.0 ±2.4	4.0 ±0.8	3.8 ±1.3	3.0 ±0.0	A-5 1頭 A-4 2頭 B-2 1頭 (瑕疵3頭)	58.4±3.6
膨軟米S区	538.6 ±39.4	61.8 ±4.6	8.6 ±0.5	2.8 ±0.3	74 <sup>a</sup> ±0.4	5.0 ±0.8	4.5 ±0.6	3.5 ±0.6	3.0 ±0.0	A-4 1頭 A-3 3頭 (瑕疵1頭)	56.9±1.6
無給与区	502.5 ±40.9	54.5 ±6.5	8.1 ±0.7	3.5 ±1.0	72.5 <sup>b</sup> ±0.4	4.8 ±0.5	4.0 ±0.0	3.3 ±0.5	3.0 ±0.0	A-4 1頭 A-3 3頭 (瑕疵1頭)	53.9±1.8

上段：平均値、下段：標準偏差  
縦列異符号間に有意差あり(P<0.05)

\* 「食肉脂質測定装置」による

表6 血中ビタミン濃度の推移

検査項目	単位	粳米S区					膨軟米S区					無給与区				
		開始時	15ヶ月	20ヶ月	25ヶ月	出荷時	開始時	15ヶ月	20ヶ月	25ヶ月	出荷時	開始時	15ヶ月	20ヶ月	25ヶ月	出荷時
ビタミンA	IU/dl	109.6 <sup>A</sup>	101.0	82.3	49.1 <sup>a</sup>	44.9	157.4 <sup>B</sup>	118.9	99.1	66.4 <sup>b</sup>	39.2	117.4 <sup>A</sup>	128.7	94.1	53.1	42.7
β カロチン	μ g/dl	88.9 <sup>C</sup>	20.5	2.4	11.1	9.1	239.7 <sup>D</sup>	12.9	—	10.6	10.6	100.7 <sup>C</sup>	14.9	5.8	12.6	10.8
ビタミンE	μ g/dl	105.7 <sup>E</sup>	265.3	361.7 <sup>e</sup>	364.4	308.0	183.7 <sup>F</sup>	131.4	189.0 <sup>f</sup>	305.5	298.9	147.5	210.5	269.2 <sup>e</sup>	331.5	295.3

\* —は検出限界以下  
横列、同測定ステージの異符号間に有意差あり(P<0.05)

表7 一般血液性状の推移

検査項目		籾米S区					膨軟米S区					無給与区				
		開始時	15ヶ月	20ヶ月	25ヶ月	出荷時	開始時	15ヶ月	20ヶ月	25ヶ月	出荷時	開始時	15ヶ月	20ヶ月	25ヶ月	出荷時
GOT	U/L	65.8	57.8	59.8	66.0	59.8	66.3	54.8	52.3	60.3	60.3	54.5	64.3	64.5	69.0	55.5
GGT		22.0	25.8 <sup>A</sup>	30.3 <sup>a</sup>	36.5	38.8	20.5	19.8 <sup>B</sup>	24.5 <sup>b</sup>	34.0	31.3	20.0	26.0 <sup>A</sup>	31.5	35.5	29.8
BUN	mg/dl	6.5	6.0	11.6	12.3	13.9 <sup>C</sup>	10.7	6.4	7.5 <sup>c</sup>	11.3	16.4 <sup>D</sup>	9.2	8.1	15.1 <sup>d</sup>	13.3	14.0 <sup>C</sup>
T-CHO		99.5	139.5	177.5	162.5	138.8	106.0	113.5	128.5	144.3	169 <sup>E</sup>	81.5	110.3	182.3	158.0	133.3 <sup>F</sup>
GLU		—	72.0	81.3	77.5	64.8	—	—	84.3	73.0	63.0 <sup>G</sup>	—	78.0	89.5	79.8	71.0 <sup>H</sup>

\* —は検出限界以下  
横列、同測定ステージの異符号間に有意差あり ( $P < 0.05$ )

表8 胃液pHと尿pH値の推移

検査項目		籾米S区					膨軟米S区					無給与区				
		開始時	15ヶ月	20ヶ月	25ヶ月	出荷時	開始時	15ヶ月	20ヶ月	25ヶ月	出荷時	開始時	15ヶ月	20ヶ月	25ヶ月	出荷時
胃液pH		7.40 <sup>A</sup>	6.48 <sup>a</sup>	6.93	7.02	7.26	9.03 <sup>B</sup>	7.09 <sup>b</sup>	6.74	7.24	6.79	6.98 <sup>A</sup>	6.64 <sup>a</sup>	6.64	7.06	6.98
尿pH		8.18	7.44	8.39	7.58	7.89 <sup>C</sup>	7.10 <sup>c</sup>	7.80	8.32	7.51	7.59	8.65 <sup>d</sup>	7.72	7.89	6.70	7.34 <sup>D</sup>

横列、同測定ステージの異符号間に有意差あり ( $P < 0.05$ )

るような極端な低値はなかった。

#### まとめと考察

前報(千田ら, 2014)で, 乳用交雑種雌牛へ籾米SGSを濃厚飼料の原物代替率40%と50%の2区を設定し比較検討したところ, 飼料摂取状況と発育性ならびに枝肉成績から40%区の成績が良好なこと, また枝肉販売価格から試験期間中の飼料費を差し引いて試算した収益性も高かったことを報告した。今回, 黒毛和種肥育去勢牛を供試し, 肥育期間中の飼料用米ソフトグレインサイレージの原物代替率40%に統一し, 籾米SGSに加え, 新たに膨軟米SGSの給与試験を実施し, それぞれの飼料特性をSGS無給与区と比較検討した。

#### 1) 採食性と発育性からの飼料用米SGSの給与効果

秋田県で給与されているイネSGSの飼料成分ならびに第一胃内消失率を調査した報告(渡邊ら, 2013)では, 籾米SGSが緩やかな消化性に対し, 膨軟化SGSは速やかな消失が認められて

いる。今回の調査で, 試験牛の飼養形態に違いはあったものの, 膨軟米S区の採食性は優れており発育体重は籾米S区および無給与区に比較し, 約50 kg重く仕上がり, 試験期間の1日当たり増体重(DG)も, 約80 g良い結果となった。成分分析値で水分含量に大きな違いがあり, 高水分の膨軟米SGSは嗜好性が高く, 濃厚飼料と混和しやすく選び食いが無く飼料の特性に優れていることが示唆された。一方, 籾米SGSは給与時に粉碎機で籾殻と玄米部分が分離されることで, 栄養価が高まると考えられるが, 残餌は殆ど籾殻が多かった, 食い止まりは, 肥育中期～後期に, 無給与区を含め認められたが, 今回, 肥育後期飼料にビタミンA含有補助飼料を添加給与したことが血中ビタミンA濃度の測定値から効果があったものと推察された。また, 濃厚飼料に比べ粗蛋白質含量, 可消化養分総量が劣るため肥育前期の大豆粕の補助給与は必要と考えられた。籾米を原料とするSGS, 消化性

の高いデンプンを多く含む飼料用米の給与は第一胃の異常発酵による、ルーメンアシドーシスの発生が懸念されるが、本試験で測定した胃液pHからは目安とされる5以下の低値は認められなかったことから40%程度の飼料米SGSの代替は、临床上、牛の健康を害さないことが明らかとなった。

## 2) 枝肉成績とオレイン酸推定値からの飼料用米SGSの給与効果

枝肉成績は枝肉等級において、上物率が粳米S区で4頭中3頭(75%)と、膨軟米S区および無給与区で4頭中1頭(25%)と比較し、頭数は少ないが優れた結果となった。また、膨軟米S区では、枝肉重量、ロース芯面積、バラの厚さ、皮下脂肪等の枝肉形質で良好な値を示し、その結果、歩留まり基準値が無給与区より高い値となったことから、粳穀を含む粳米SGSの原物40%代替給与は、無給与と産肉性において遜色がないものと考えられた。しかし、血中ビタミン濃度中のβカロチンや一般血液性状に異常値があったこと、また、枝肉格付けにおいてビタミンA欠乏を起因とするズル(筋水腫)等の瑕疵が高割合で記録されたことは、無給与区を含め、飼料の変更等、何らかのストレスがあったことが示唆された。肥育中期のビタミンA制御は脂肪細胞の増殖と分化、さらには筋肉内脂肪の形成に重要であるが、ビタミンAの前駆物質であるβカロチンは飼料用米ではほとんど含有されない。本試験では無給与区を含め低値であったことは、この時期からビタミンA含有補助飼料の添加、もしくは注射や経口による強制投与の検討が必要と考えられた。

一方、牛肉脂肪の口溶けの良さに関連し、新たな肉質評価の指標とし、一価不飽和脂肪酸(MUFA)の中でオレイン酸が注目されている。飼料用米給与により、その割合が向上するという報告や県内の肥育現場でも「飼料用米を仕上

げ後期に給与することで脂肪の質が変わった」という生産者の声も聞かれている。また、昨今、近赤外線を利用した「食肉脂質測定装置」が開発され、県内では出品牛全頭を調査し、従来の脂肪交雑等の枝肉格付けのほかに、「甘み賞」として表彰対象に位置づけられた共励会も開催されている。本試験においても飼料用米SGSを給与した区が、有意な差はないものの無給与区よりも高い値を示している。鹿島(2014)は、十勝枝肉市場に出荷された、黒毛和種肥育牛15,388頭のオレイン酸を測定し、REML法による2形質アニマルモデルにより従来の枝肉形質のほかにオレイン酸推定値による育種価評価を行い、0.62の遺伝相関が得られたと報告している。今後、牛肉のおいしさが消費者、食肉卸売業者、さらには外食産業からも益々注目されることが予想され、育種改良への応用、飼料による付加価値の向上が求められるものと思われる。

## 3) 収益性からの飼料用米給与の経済性評価

枝肉販売価格から飼料費を差し引いた値を差益として算出し、表9に示した。本試験の収益は1頭当たり、粳米S区が516,767円、膨軟米S区512,645円と、無給与区の517,688円と同等となった。飼料費は粳米S区においてはフレコンバック等の資材費や稲刈りの人件費および減価償却費は含まず、圃場所有法人に支払った原材料単価31.5円/kgから算出した。一方、膨軟米S区は肉用牛飼養農家で組織する株式会社から製品として購入した単価42.0円/kgで算出しており、約10円の開きがあるが、膨軟米S区では発育性が良く、枝肉重量が担保できたことから、差益に違いはなかったものと考えられた。

秋田県では平成24年4月家畜市場が統合され、新規にオープンした「あきた総合家畜市場」の稼働、また、平成24年10月長崎県で開催された第10回全国和牛能力共進会において肉牛

の部、若雄後代検定牛群で準グランプリを獲得した県有種雄牛“義平福”号の人気も相まって子牛価格は平均で50万円超と高値取引されている。今回の試算は、子牛導入費や育成期の飼料費等を含んでないが、これを含むと差益が赤字になることから、さらに飼料自給率を高め、高品質牛肉を作出する方策が必要と考えられる。(社)日本食肉格付協会が実施する格付けには歩留・肉質等級のほかに、牛肉の損徴とされ

る瑕疵の評価がある。ズル(筋水腫)は肥育過程での過度のビタミンAの低減、アタリ(筋炎)は群飼育時の牛の競合による打撲が原因とされ、シコリ(筋炎)は発生原因が明確になってないが筋肉への物理的的刺激として注射・バイオプシーや馬栓棒の影響が指摘されている(撫, 2013)。

また、シコリの発生で枝肉単価が90~100円程度減額されているとの報告もある(岡本ら, 2005)。本試験の枝肉成績で、供試牛に瑕疵が高頻度で

### 枝肉写真



無給与区(白23号)

- 品 種：黒毛和種
- 血 統：篤桜×義安福×宮菅
- 性 別：去勢
- 出 荷 体 重：830kg
- 出 荷 月 齢：28.5ヶ月
- 枝 肉 重 量：518.5kg
- ロース芯面積：58cm<sup>2</sup>
- ばら厚さ：8.3cm
- 皮下脂肪厚：4.5cm
- B M S No.：5
- ◎枝肉格付け：A-3

瑕疵：すねのカツジョ



籾米S区(白15号)

- 品 種：黒毛和種
- 血 統：篤桜×広景福×安福(岐阜)
- 性 別：去勢
- 出 荷 体 重：777kg
- 出 荷 月 齢：28.5ヶ月
- 枝 肉 重 量：500.5kg
- ロース芯面積：62cm<sup>2</sup>
- ばら厚さ：8.3cm
- 皮下脂肪厚：2.5cm
- B M S No.：9
- ◎枝肉格付け：A-5

瑕疵：すねのズル、ロースのアタリ



膨軟米S区(白18号)

- 品 種：黒毛和種
- 血 統：篤桜×福金×北国7の8
- 性 別：去勢
- 出 荷 体 重：774kg
- 出 荷 月 齢：28.8ヶ月
- 枝 肉 重 量：496kg
- ロース芯面積：59cm<sup>2</sup>
- ばら厚さ：8.6cm
- 皮下脂肪厚：3.1cm
- B M S No.：6
- ◎枝肉格付け：A-4

瑕疵：すねのカツジョ

表9 収益計算

区分	販売価格		飼料費 b)			差益* (a-b)
	枝肉単価	枝肉精算額 a)	濃厚飼料代金	SGS代金	粗飼料費	
粳米S区	1,488	778,558	169,094	56,866	35,831	516,767
膨軟米S区	1,438	808,206	166,977	87,844	40,740	512,645
無給与区	1,513	792,857	240,674	—	34,495	517,688

\*素牛導入費、育成期の飼料費、減価償却費はふくまず。  
 ・SGS代金：粳米@31.5円、膨軟米@42.0円  
 ・濃厚飼料費：前期飼料@55.7円、後期飼料A@53.6円・後期飼料B@59.7円  
 ・補助飼料費：大豆粕@75.0円、ビタミンA含有後期飼料@58.3円  
 ・粗飼料費：稲ワラ@50円、乾草(チモシー)@70円

認められたことは、少なからず本試験での枝肉販売価格に影響があったものと考えられる。

4) 秋田産ブランド牛肉の確立に向けて

県では秋田県産牛肉のブランド化のため、各地に存在する銘柄を統一する動向があり、その特徴付けとして飼料用米を給与する検討が進んでいる。また昨今、昭和45年から適用されてきた水田の減反政策が平成30年には完全廃止される政策が打ち出され、全国的に家畜用への飼料用米給与が進むことが予想される。飼料用米給与の実用化を思慮した場合、保管施設の問題、また乾燥コスト等の問題があり、サイレージ化することは必須条件と考えられる。この段階で粳米を粉砕するか否か、また粳殻を除去し白米を利用するか(膨潤米)今後の検討課題であるが、加工処理により飼料用米の消化性は著しく向上されるものと考えられる。飼料用米の給与が普及・定着している山形県では、ウルチ米およびモチ米の粉砕玄米で15%と20%の代替給与を行い、どちらもルーメン内容液や血液性状の推移は適正で発育も良く、枝肉格付け上位等級のA5、A4の割合が75%だったと報告している(三上ら、2012)。

耕種農家、肥育農家の連携、さらにはTMRセンターの設置を含め、現場に即した形態での飼

料用米のSGSの効率的利用と普及拡大、さらには圧片化等で完全配合飼料としての利用が期待される。

文 献

千田惣浩, 渡邊潤, 相馬祐介, 高橋利清, 西宮弘, 伊藤隆, 酒出淳一. 乳用交雑種肥育牛への飼料用米ソフトグレインサイレージの多給試験. 秋田畜試研報2014. 28, 13-17(掲載予定).  
 渡邊潤, 佐藤寛子, 加藤真姫子, 酒出淳一. 秋田県で給与されているイネソフトグレインサイレージの飼料特性. 秋田畜試研報27, 1-7.  
 鹿島聖志. 食肉脂質測定装置によるオレイン酸推定値を用いた黒毛和種の育種価評価. 肉牛ジャーナル2014. 1, 40-43.  
 撫年浩執筆. シコリの発生実態と原因・対策. 最新農業技術畜産vol. 6, 農文協発行. 33-40.  
 岡本圭介, 大澤剛史, 長谷川未央, 口田圭吾, 日高智, 加藤貴之. 2005. 牛枝肉の瑕疵が枝肉単価与える影響ならびにそれら形質に対する遺伝的影響の検討. 肉用牛研究会報. 78. 61-66.  
 三上豊治, 野川真, 阿部巖, 庄司則章. 2012. 黒毛和種肥育牛への飼料用米給与が発育肉質に及ぼす影響. 山形県農業研報第4号. 49-56

## 超急速ガラス化保存したバイオブシー胚および低ランク胚の ストロー内融解後の直接移植による子牛生産

高橋利清・西宮 弘\*・千田惣浩・酒出淳一・伊藤 隆\*

\* 秋田県北部家畜保健衛生所

### 要 約

性判別などの遺伝子診断用にバイオブシーした胚や、過排卵処理で生産される低品質胚など耐凍性が低いとされるウシ胚について、野外で普及させるために、超急速ガラス化保存胚のストロー内融解後の直接移植について検討を行った。液体窒素で冷却したアルミ盤上で、Solid Surface Vitrification法で超急速ガラス化保存した胚と、棒状に凍結した希釈液をストロー内に挿入して封入することにより、直接移植可能なストロー構成が可能となった(秋田畜試式)。本手法による融解後の胚生存性は、48時間後でも88.9%以上と高く、直接移植後の受胎率においても、バイオブシー胚で50.0%(11/22)、低品質胚で47.4%(9/19)と良好な結果が得られた。本手法により正常産子が生産され、この内2頭が本県の県有種雄牛として後代検定を実施中である。秋田畜試式を用いることにより、超急速ガラス化保存法によるウシ胚のストロー内融解および直接移植が可能となり、移植後の受胎性も良好で産子を生産できたことから、ウシ胚の移植現場で簡易な手法として利用可能であると考えられる。

### 緒 言

近年、ウシにおいて、性選別精液を利用して雌雄の産み分けを行う研究が行われ(Seidel et al, 1999, Sasaki et al, 2011), 乳用種を中心に普及が進んでいる。出生前に性別を知ること、乳用種では生乳生産のために雌畜を選択し、肉用種では増体に優れた雄畜や、繁殖用の雌畜を生産するなど、計画的な産子獲得が可能となる。しかし、現在のところ、性選別精液は流通する種雄牛の種類が制限されているため、胚段階における性判別も有効な手段であると考えられる。また、近年ではウシの遺伝性疾患が検査可能となり、特に黒毛和種においては、新しい遺伝性疾患も報告され、その数が増加している。このため、致死性が高い項目を保因している雄牛は、種雄牛として登録が認められないなどの措置がとられている(全国和牛登録協会, 2013)が、繁殖雌牛に関しては項目により未

検査牛も多い状況にある。

そこで我々は、ウシの胚段階における遺伝子診断に着目し、ホットスタートPCRを応用した反応系の改良を検討し、検出感度を10 pg以下に向上させ、性別を含む複数の遺伝性疾患の検査を可能にした(伊藤ら, 2011)。この成果により、性別や遺伝性疾患のみならず、有用とされる経済形質など他の遺伝子情報についても、検査の可能性を見いだした。

一方、生産現場ではウシ胚移植の多くが凍結胚を用いているが、遺伝子診断用にサンプリングしたバイオブシー胚は、耐凍性が低いため凍結胚としての利用が難しい。また、過剰排卵処理によるウシ体内由来胚の採取においては、低品質な胚が採取される場合があるが、バイオブシー胚と同様に耐凍性が低く、廃棄される場合もある。近年では、従来の凍結方法である緩慢凍結法(Leibo, 1984,

Dochi et al, 1998)に加えて、超急速ガラス化保存法において、バイオプシー胚や低品質胚で、融解後の高い生存性や受胎率が報告されている。しかし、超急速ガラス化保存法では、オープンブロードストロー法(Vajta et al, 1998)や、ゲルローディングチップ法(Tominaga and Hamada, 2001)クライオトップ法(Kuwayama et al, 2005)など保存用具を用いる場合が多く、胚移植時に庭先での融解が困難であることが、普及の妨げとなっている。そこで、超急速ガラス化保存したバイオプシー胚や低品質胚について、胚移植用のストロー内で融解し、直接移植可能な手法について検討し、融解後の生存性や受胎率および産子生産について調査した。

#### 材料および方法

試験に用いた試薬に関して、特に記載がない場合は、全てSigma-Aldrich (St Louis, MO, USA)のものを使用した。

#### 1. 供試胚

##### (1) 低品質胚

体内由来胚は、卵胞刺激ホルモン製剤(FSH, アントリンR・10®, 共立製薬株式会社)を3日間減量投与(総量20 AU)し、FSH処理開始48時間後にプロスタグランジンF2 $\alpha$ 製剤(エストラメイト®, ナガセ医薬品株式会社)を投与して過排卵処理を施した黒毛和種雌牛に、人工授精(AI)して作出した。AI後7日目にエンブリオテック(日本全薬工業株式会社)を回収液として非外科的に胚を採取した。採取胚は顕微鏡下(IMT-2, オリパス株式会社)で品質評価し、変性部分が約50%以上のものを低ランク胚として試験に用いた。

##### (2) バイオプシー胚

低品質胚と同手法で採取した体内由来胚を用い、マイクロマニピュレータにより栄養外

胚葉の側面の透明帯にスリットを入れ、38.5℃、5%O<sub>2</sub>、5%CO<sub>2</sub>、90%N<sub>2</sub>、飽和湿度条件下で6~20時間培養を行った。培養液は、既報(高橋ら, 2011)と同じ組成のものを用いた。

培養後、透明帯から突出した細胞塊を、マイクロマニピュレータに装着したマイクロフェザーブレードを用いて切除した。細胞塊は0.3% Polyvinylalcohol加PBS(+)に回収して遺伝子診断用のサンプルとし、透明体内の胚について、バイオプシー胚として試験に用いた。

#### 2. 直接融解可能な超急速ガラス化保存

ガラス化液として、15% Ethylene glycol (EG, Wako co. Tokyo, Japan), 15% Dimethylsulfoxide (DMSO), 0.5 mol/L Sucrose (Suc)を添加した修正199(m199)を用いた。また、ガラス化液をm199で等量希釈したものを平衡液とした。

超急速ガラス化保存はSolid Surface Vitrification法(Dinnyes et al, 2000)の変法で行った。即ち、平衡液で胚を5分間処理した後、ガラス化液に移し、30秒以内にマイクロピペットを用いて0.8  $\mu$ Lのガラス化液と共に、液体窒素で冷却したアルミ盤上に滴下し、瞬時にドロップ状に固化させた。

胚移植用ストロー内の中程まで移植液(0.4% BAS加m-199)および希釈液(0.2 mol/L Suc加PBS)を吸引し、冷却したアルミ盤上で凍結させ、ガラス化した胚のドロップおよび予め棒状に凍らせておいた(図1)希釈液と共にストロー内に入れ、ポイントシーラー(EX-15, 富士インパルス)を用いて封入し、液体窒素中に保存した(秋田畜試式, 図2)。

#### 3. 胚の融解および移植

胚の融解は、液体窒素中で保存したストローを取り出し、空気中で10秒間保持した後、35℃の温

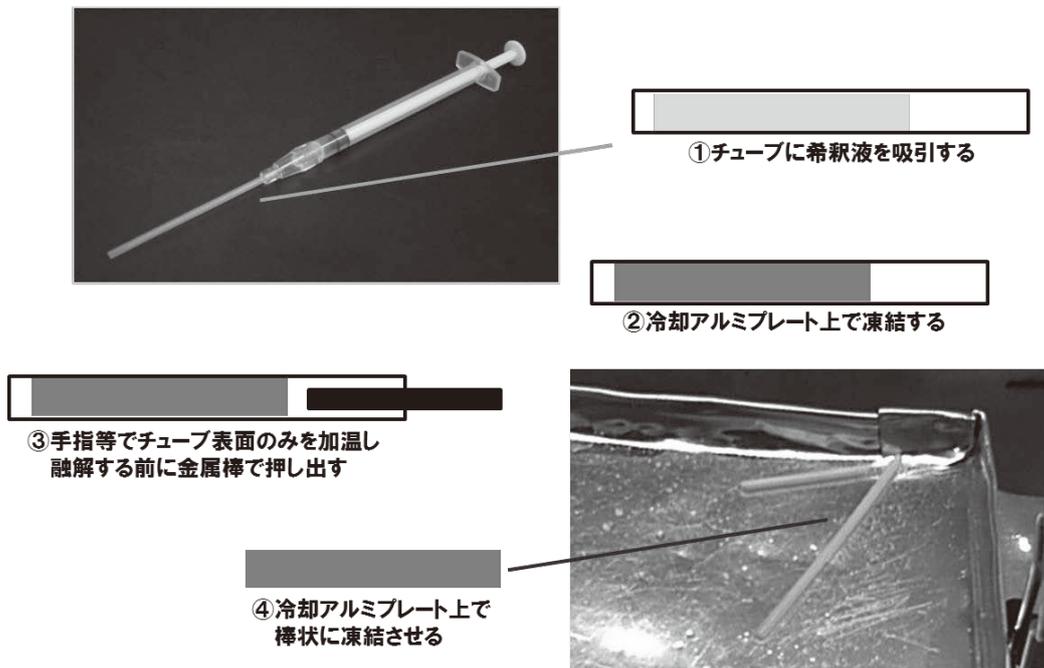


図1 超急速ガラス化ダイレクトの冷凍希釈液の作製方法

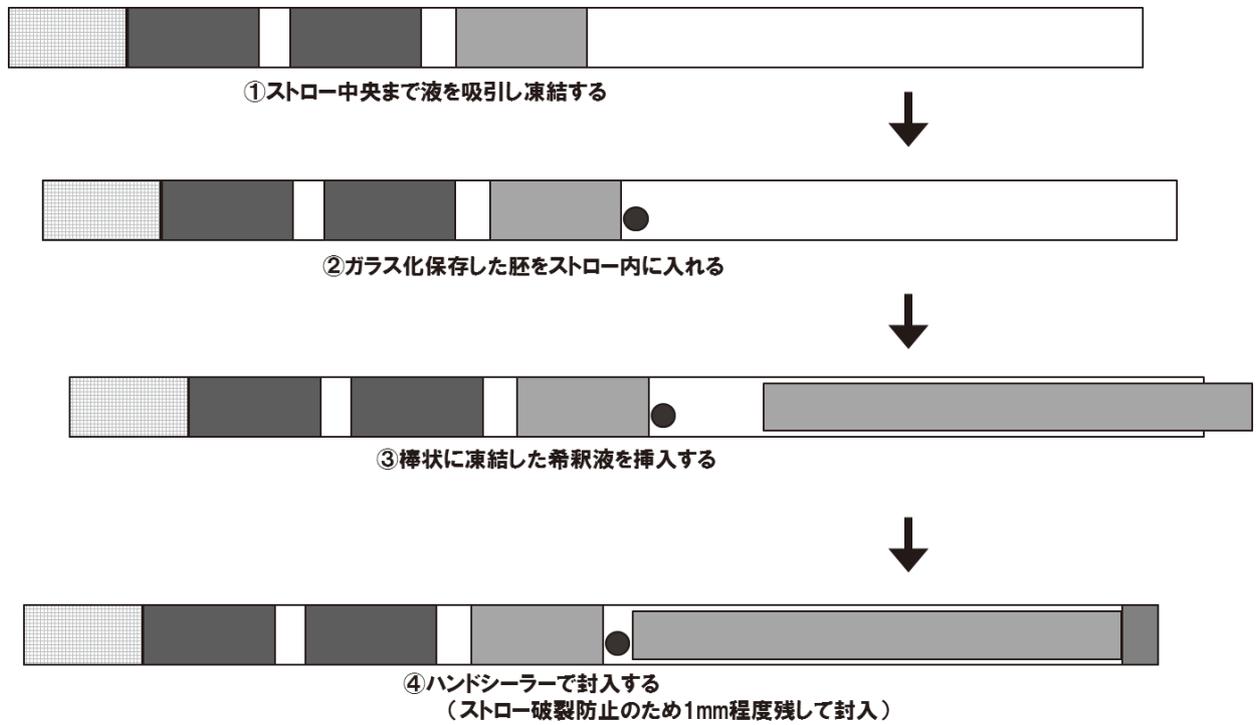


図2 超急速ガラス化ダイレクトの封入手順およびストロー構成

湯に20秒間浸漬して行った。その後、胚移植用の移植器にセットし、当場の常法により移植した。

#### 4. 統計処理

データの統計処理は、カイ二乗検定で行った。

##### 試験1 直接融解後の生存性調査

秋田畜試式で超急速ガラス化保存を行ったバイオプシー胚および低品質胚について、空气中10秒、35℃温湯中20秒で融解し、37℃の加温板上で5分間保持後に、50  $\mu$ mol/L Cysteamine+0.4% BSA 加m-199に移し、38.5℃、5%CO<sub>2</sub>、95%空気、飽和湿度の条件下で培養した。培養後、3、24、48時間後の生存率を調査した。なお、胚の生存性は胞胚腔の再形成により判別した。

##### 試験2 移植試験

当場の常法により、発情7日後の繁殖雌牛に秋田畜試式で超急速ガラス化保存を行ったバイオプシー胚および低品質胚を移植し、受胎率を調査した。

なお、移植は県内の経験豊富な獣医師およびET師3名で実施し、妊娠鑑定については、移植7週後に直腸検査または超音波により診断を行った。

#### 結 果

##### 1 直接融解後の生存性調査

低品質胚およびバイオプシー胚における融解後の生存性については、それぞれ、3時間で93.5% (43/46) および100% (9/9)、24時間で93.5% (43/46) および100% (9/9)、48時間で91.3% (42/46) および88.9% (8/9) となり、ストロー内融解においても高い生存率が得られた。

##### 2 移植成績および産子作出

受胎率は低品質胚で47.4% (9/19)、バイオプシー胚で50% (11/22) となり、それぞれで正常な産子が生産された(表2)。なお、バイオプシー胚では、性および複数の遺伝性疾患を事前判定し、秋田畜試式で保存・融解後に移植して誕生した雄子牛が、種雄牛として繋養中である(図3)。

表1 超急速ガラス化保存-ダイレクト融解によるウシ低品質およびバイオプシー胚の生存性

区分	供試胚数	融解後の生存		
		3時間後	24時間後	48時間後
低品質	46	43 (93.5%)	43 (93.5%)	42 (91.3%)
バイオプシー	9	9 (100%)	9 (100%)	8 (88.9%)

表2 超急速ガラス化保存-ダイレクト融解後の直接移植

区分	移植頭数	受胎頭数	受胎率
低品質	19	9	47.4%
バイオプシー	22	11	50.0%



図3 遺伝子診断したバイオプシー胚を超急速ガラス化保存しダイレクト移植して誕生した雄子牛 (現在、秋田県有種雄牛として後代検定中)

### 考 察

ウシ胚移植技術は、高能力牛の増産による改良促進や、高品質素牛の効率的な生産が可能になることから、我が国でも広く利用されている。

更に、胚の長期保存方法として、従来の緩慢凍結法に加え超急速ガラス化保存法について検討が行われ、融解後の高い生存率が報告されている (Vajta et al, 1998, Tominaga and Hamada, 2001, Kuwayama et al, 2005)。しかし、冷却速度を高めるために器具を利用することから、庭先融解による直接移植について研究が進められている。

今回、超急速ガラス化保存法による直接融解可能な方法について、胚移植用ストロー内の構成を検討した結果、近年研究が進められている、クライオトップ法の1段階希釈による胚生存性や移植成績 (佐野ら, 2010, 高田ら, 2012, 田中ら, 2013) と同等の良好な成績が得られた。このことにより、移植用ストロー内のみでの希釈が有効に行われ、生存性の低下を軽減したことが示唆された。

小田ら (2004) は、バイオプシーしたウシ胚のガラス化保存における希釈液において、Sucroseの添加が有効であり、濃度が融解後の生存性に影響を及ぼさずとし、0.3および0.5 mol/Lでは、より低濃度条件下において生存性が高いことを示唆してい

る。本法においても、Sucroseを0.2 mol/Lの濃度で添加しており、細胞の収縮作用に伴う耐凍剤除去効果が効果的に働いたものと考えられる。

以上の結果から、超急速ガラス化保存した、バイオプシー胚および低品質胚において、庭先でストロー内融解後に直接移植し、産子を得られることが示された。本手法は、胚移植現場において、従来と同様の手法で利用できるものであり、今後ウシ生産現場での普及が期待される。一方で、希釈液やストロー内構成などについては、更なる改良も必要であると考えられる。

### 文 献

- Dinnyés A, Dai Y, Jiang S, Yang X. 2000. High developmental rates of vitrified bovine oocytes following parthenogenetic activation, in vitro fertilization, and somatic cell nuclear transfer. *Biol Reprod* 63, 513-518.
- Dochi O, Yamamoto Y, Saga H, Yoshida N, Kano N, Maeda J, Miyata K, Yamauchi A, Tominaga K, Oda Y, Nakashima T, Inohae S. 1998. Direct transfer of bovine embryos frozen-thawed in the presence of propylene glycol or ethylene glycol under on-farm conditions in an integrated embryo transfer program.

- Theriogenology 49, 1051-1058.
- 伊藤隆, 高橋利清, 西宮弘, 平野貴. 2011. ウシ低ランク胚および体外操作胚の有効活用による高品質肉用牛生産技術の検討(第2報). 秋田農技セ畜試研報25, 48-55.
- Kuwayama M, Vajta G, Kato O, Leibo SP. 2005. Highly efficient vitrification method for cryopreservation of human oocytes. *Reprod Biomed Online* 11, 300-308.
- Leibo SP. 1984. A one-step method for direct nonsurgical transfer of frozen-thawed bovine embryos. *Theriogenology* 21, 767-790.
- 小田頼政, 黒岩力也, 古川恵, 有安則夫, 水木剛. 2004. 雌雄判別ガラス化保存ウシ胚のストロー内希釈の検討. 岡山総畜セ研報 15, 28-33.
- 佐野文彦, 北山智広, 増山龍一, 白石徹, 河野良輝, 稲谷憲一, 小田頼政, 林みち子, 森安悟, 稲葉泰志, 今井敬. 2010. ウシ性判別胚の超急速保存法. 日本胚移植学雑誌 32, 113-120.
- Sasaki O, Kimura H, Ishii K, Satoh M, Nagamine Y, Yokouchi K. 2011. Economic effects of using sexed semen in Japanese dairy herds. *Anim Sci J* 82, 486-493.
- Seidel GE Jr, Schenk JL, Herickhoff LA, Doyle SP, Brink Z, Green RD, Cran DG. 1999. Insemination of heifers with sexed sperm. *Theriogenology* 52, 1407-1420.
- 高橋利清, 西宮弘, 伊藤隆. 2011. ウシ低ランク胚および体外操作胚の有効活用による高品質肉用牛生産技術の検討(第1報). 秋田農技セ畜試研報25, 42-47.
- 高田広達, 谷口俊仁, 黒田順史, 樽本英幸, 中本和弘. 2012. 超急速ガラス化保存したウシ性判別胚による産子生産. 和歌山県農林水技セ研報13, 63-70.
- 田中政嗣, 影山聡一, 星一美, 秋山清, 鈴木希伊, 神藤学, 佐野文彦, 佐藤義政, 北山智広, 林みち子, 犬養尚子, 高田広達, 長谷川清寿, 中原仁, 磯崎良寛, 林武司, 鍋西久, 亀樋成美, 齋藤公治, 稲葉泰志, 今井敬. 2013. 雌雄産み分け技術共同試験のこれまでの取り組み. 日本胚移植学雑誌 35, 61-66.
- Tominaga K, Hamada Y. 2001. Gel-Loading Tip As Container for Vitrification of In Vitro-Produced Bovine Embryos. *J Reprod Dev* 47, 267-273.
- Vajta G, Holm P, Kuwayama M, Booth PJ, Jacobsen H, Greve T, Callesen H. 1998. Open pulled straw (OPS) vitrification: a new way to reduce cryoinjuries of bovine ova and embryos. *Mol Reprod Dev* 51, 53-58.
- 全国和牛登録協会編. 2013. 和牛登録事務必携. 平成25年度改訂版. 全国和牛登録協会, 京都市.

## 種雄牛造成事業における産肉能力直接検定成績(第18期)

千田惣浩・高橋利清・相馬祐介・酒出淳一・伊藤盛徳

## 要 約

全国和牛登録協会が規定する検定事務要領に基づき、指定種雄牛を“徳茂勝”とし、その雄産子5頭の産肉能力直接検定を実施した。検定成績ならびに体型審査から“糸茂”と“源氏147”が候補種雄牛として選抜された。

## はじめに

秋田県では、黒毛和種の育種改良のため、種雄牛を昭和30年代から県外より導入し供用してきた。昭和37年兵庫県美方から導入された田尻系の“栃錦”号の功績は大きく、県内はもとより県外からも高い評価を受け、今なお語り継がれている。また昭和48年に茂金系の“益美”号、昭和50年代には藤良系の“宮桜”号や田尻系の“福谷1”号が導入され、その時代時代の繁殖雌牛の増産に貢献してきた。

その後、育種価情報の浸透、受精卵移植技術の確立等があり、平成5年からこれらの情報、技術を活用した「新技術活用型種雄牛造成事業」がスタートした。平成24年10月、長崎県で開催された第10回全国和牛能力共進会において肉牛若雄後代検定牛群部門で3頭セットの枝肉成績が評価され、準グランプリを獲得した“義平福”号は第13期に造成された種雄牛である。

今回、第18期として、指定種雄牛を“徳茂勝”号とし、その雄育成産子5頭の産肉能力直接検定を実施した。

## 材料および方法

## 1. 指定種雄牛

指定種雄牛は“徳茂勝”である(表1)。本牛は、平成11年県内生まれであるが、民間団体で造成され地域の育種改良に貢献した。廃用となる平成18

年まで、数多くの産子を得、子牛評価も高かった。平成25年現在1,253頭の肥育データが判明しているが、昨今子牛市場に上場される子牛の数も少なくなった。今回、肥育牛生産者、素牛購買者から強い要望があり、その後継牛造りに供用したものである。

## 2. 検定牛

表2に概要を示した。検定は第1クール4頭、第2クール1頭の2回実施した。第1クールの4頭は、母牛が“いとはな”で、いずれも受精卵移植産子である。また、第2クールの源氏147は“みずさわ47”から人工授精により生産された。両牛とも育種価が判明しており、指定された平成23年の秋田県公表育種価における脂肪交雑形質の順位は“いとはな”が全県1位、“みずさわ47”が全県6位であり、検定牛の期待育種価は表のとおりである。

## 3. 検定方法

## (1) 検定期間および場所

和牛能力直接法に従い、3週間の予備飼育後の16週間(112日間)、また、検定場所は施設として承認されている秋田県畜産試験場の検定牛舎である。

## (2) 給与飼料および飼養管理

給与飼料の成分とクール別給与期間を表3

に示した。濃厚飼料は指定されている直接検定用配合飼料(CP15.5%, TDN70.0%)を体重比1.0~1.3%とし朝夕2回給与し、粗飼料は全期間チモシーの出穂期(1番草)と再生草(2番草)を不断給餌、また切断稲ワラを、第1クールが91日間、第2クールで35日間、朝に濃厚飼料と混合し同時に給与した。なお、稲ワラは県内産で約2cmにカットした。また、飼養形態は単房飼育で自由引水、尿石症予防のため鉍塩(セレン入り)を自由舐食とした。なお、敷料はおが屑である。

(3) 調査項目

1) 体重および体尺の測定

体重、体高、胸囲、腹囲は2週間に1回、その他体尺測定(十字部高、体長、胸幅、胸深、尻長、腰角幅、かん骨幅、坐骨幅)は4週間隔とした。

2) 飼料摂取状況

毎日、濃厚飼料および粗飼料の残量を記録し、余剰飼料摂取量ならびに粗飼料摂取率を算出した。

表1 徳茂勝の血統

- 登録番号: 黒原4077
- 生年月日: 平成11年9月20日生
- 産地: 秋田県仙北市

**父: 平茂勝**  
(黒原2411)

- 祖父: 第20平茂 (黒育 134)
- 祖母: ふくみ (黒高106567)

**母: ふくゆう**  
(黒原860060)

- 祖父: 安福165の9 (黒原1683)
- 祖母: ひめざくら (黒原692809)

- 曾祖父: 気高 (黒育 9)
- 曾祖母: 第13ひらしげ (黒高16819)
- 曾祖父: 宝勝 (黒育 175)
- 曾祖母: はつこ (黒原156592)
- 曾祖父: 安福(岐阜) (黒育 180)
- 曾祖母: しげふじ13の7 (黒高67760)
- 曾祖父: 宮桜 (黒高 892)
- 曾祖母: ゆうひめ (黒原432751)

育種価 (H25秋田県公表)						
後代数	枝肉重量 (PBV)	ロース芯面積 (PBV)	バラ厚 (PBV)	皮下脂肪厚 (PBV)	歩留り (PBV)	脂肪交雑 (PBV)
1,253	104.476	9.331	1.481	0.341	0.665	2.268
順位	15	112	13	322	245	9

表2 検定牛の概要

回次	管理No.	名号	生年月日	血統				産地	期待育種値							
				父牛	母牛				枝肉重量 (PBV)	ロース芯面積 (PBV)	パラ厚 (PBV)	皮下脂肪厚 (PBV)	歩留り (PBV)	脂肪交雑 (PBV)		
					名号	父	母の父								母の祖父	
第1クール	1	金龍22	H24.7.31	徳茂勝	いとはな	糸福(鹿児島)	平茂勝	北国7の8	羽後町	99.318	11.866	1.518	0.308	1.145	2.557	
	2	糸茂	H24.8.7	徳茂勝	いとはな	糸福(鹿児島)	平茂勝	北国7の8								湯沢市
	3	源氏136	H24.7.30	徳茂勝	いとはな	糸福(鹿児島)	平茂勝	北国7の8								大仙市
	4	小杉山166	H24.7.24	徳茂勝	いとはな	糸福(鹿児島)	平茂勝	北国7の8								大仙市
第2クール	5	源氏147	H24.10.18	徳茂勝	みずさわ47	百合茂	安福165の9	紋次郎	大仙市	85.718	9.334	1.235	0.159	0.862	2.413	

表3 給与飼料の成分と給与期間

種類	水分	成分(原物中:%)					可消化 養分総量 (TDN)	粗灰分	摘要	給与期間		
		粗蛋白質	粗脂肪	NFE	粗繊維	ADF				第1クール	第2クール	
濃厚飼料	直接検定配合飼料	—	15.5	2.5%以上	—	10.0以上	—	10.0以下	70.0	標示値	112日	—
粗飼料	チモシー(出穂期)	6.5	5.3	1.8	44.2	36.0	39.6	6.2	47.4	分析値	49日	—
	チモシー(再生草、出穂期前)	6.6	6.6	3.4	53.6	22.1	26.1	7.7	60.5		63日	112日
	稲ワラ(切断)	6.1	4.4	2.4	42.2	32.3	38.3	12.6	42.7		91日	35日

## 3) 体型審査

全国和牛登録協会秋田県支部により、検定開始時と終了時に測尺値等を参考に黒毛和種子牛判定基準に基づき審査が行われた。

## 結 果

表4に検定成績を示した。第1クールの4頭は、同ドナー由来の新鮮卵移植による産子であったため生年月日も近かったが、源氏136の導入時体重は大きく、すでに他牛との間に開きがあった。検定期間中の飼料の食い込みも旺盛で、一日当たり

平均増体重は1.21 /kgと際立っていたが、過大牛であり審査時、体型的欠点が多かったことから選抜されなかった。一方、ほか3頭の検定成績は同等であったが、糸茂の体型的優点と思われる脂質が評価され選抜された。第2クールは1頭のみ検定であったが、源氏147の一日当たり平均増体重は1.25 /kg、体高や胸囲、それに腹囲の発育も良好であった。試験期間中の余剰飼料摂取量、粗飼料摂取率から飼料の効率性が高く、審査得点も高かったことから、選抜された。

表4 直接検定成績

調査項目		検定牛				
		金龍22	糸茂	源氏136	小杉山166	源氏147
体重 (kg)	開始時	246	247	312	229	245
	終了時	360	361	447	349	385
	増体重(DG)	1.02	1.01	1.21	1.07	1.25
	365補正体重	402.8	409.5	496.4	386.5	465.0
体高 (cm)	開始時	111	111	117	109	114
	終了時	120	122	129	121	124
胸囲 (cm)	開始時	144	142	151	140	143
	終了時	165	160	173	161	162
腹囲 (cm)	開始時	169	158	183	159	165
	終了時	195	182	201	183	193
余剰飼料 摂取量	CP	-3	-2	-1	-2	-15
	TDN	3	12	-13	10	-47
粗飼料摂取率		55.0	54.6	53.6	55.0	53.3
審査得点		83.3	83.4	83.3	81.5	84.8
選抜待機		×	○	×	×	○

## まとめと考察

宮城県では、平成23年度だけで検定を5回に分け実施し、22頭の検定牛から、1頭を選抜、9頭を現場後代検定候補牛に保留している(2013, 鈴木ら)。本県は、血統的に多様性に欠けているところがあるが、検定成績ならびに体型審査から“糸茂”と“源氏147”の2頭が候補種雄牛として選抜され

た。本検定において、母牛が異なるにせよ、同農場で生産された源氏136、源氏147の発育性は他の3頭と異なるものであった。今後、種雄牛候補として、飼育を種雄牛舎に移し精液採取、また牧牛としての活用を含め現場後代検定を行う予定である。“義平福”に続く秋田県基幹種雄牛の誕生が待たれるところである。

## 検定牛写真

1. 金龍22		➔		<p>×非選抜</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●生年月日：H24. 7. 31</li> <li>●血統：徳茂勝×糸福×平茂勝</li> <li>●終了時体重：360kg</li> <li>●" 体高：120cm</li> <li>●一日増体重：1.02kg</li> <li>●審査得点：83.3</li> <li>・美点：品位、体上線、脂質、均称</li> <li>・欠点：肩端、外腿</li> </ul>
2. 糸茂		➔		<p>◎選抜</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●生年月日：H24. 8. 7</li> <li>●血統：徳茂勝×糸福×平茂勝</li> <li>●終了時体重：361kg</li> <li>●" 体高：122cm</li> <li>●一日増体重：1.01kg</li> <li>●審査得点：83.4</li> <li>・美点：品位、脂質、体の伸び</li> <li>・欠点：やや体幅、外腿</li> </ul>
3. 源氏136		➔		<p>×非選抜</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●生年月日：H24. 7. 30</li> <li>●血統：徳茂勝×糸福×平茂勝</li> <li>●終了時体重：447kg</li> <li>●" 体高：129cm</li> <li>●一日増体重：1.21kg</li> <li>●審査得点：83.3</li> <li>・美点：体積、脂質</li> <li>・欠点：過大、肩付き尻の形状、やや肢蹄</li> </ul>
4. 小杉山166		➔		<p>×非選抜</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●生年月日：H24. 7. 30</li> <li>●血統：徳茂勝×糸福×平茂勝</li> <li>●終了時体重：349kg</li> <li>●" 体高：121cm</li> <li>●一日増体重：1.07kg</li> <li>●審査得点：81.5</li> <li>・美点：脂質、体上線</li> <li>・欠点：肩付き、外腿</li> </ul>
5. 源氏147		➔		<p>◎選抜</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●生年月日：H24. 10. 18</li> <li>●血統：徳茂勝×百合茂×安福165の9</li> <li>●終了時体重：385kg</li> <li>●" 体高：124cm</li> <li>●一日増体重：1.25kg</li> <li>●審査得点：84.8</li> <li>・美点：体積、体の伸び、品位、脂質、骨じまり</li> <li>・欠点：肩端、肘後、前背幅、やや深み、尻</li> </ul>

## 文 献

和牛登録事務必携(平成25年度改訂版). 2013. 全国和牛登録協会編 61-69.

鈴木秀彦, 齊藤陽介, 渡邊智. 2013. 肉用種雄牛の産肉能力直接検定成績について. 宮城県畜産試験場試験成績書・業務年報. 11-23.

## アマニ及び飼料用米給与が豚の発育及び肉質に与える効果(第1報)

鈴木人志・由利奈美江

## 要 約

飼料自給率を向上させながら、低コストかつ高付加価値のアマニ給与豚肉生産を実現する目的で本研究を実施した。

配合飼料のみを給与した区、配合飼料をベースに、アマニを5%に固定した上で、併せて飼料用米をそれぞれ10%、20%、30%給与した区の計4区を設け試験を行ったところ、飼料用米の給与割合が多いほど増体・飼料要求率が良くなる傾向が見られたが、飼料用米30%給与において厚脂の傾向がみられたことから、アマニ5%と飼料用米を併せて給与する際には20%程度が望ましいと推察された。

また官能検査の結果、アマニと飼料用米を給与した豚肉がおいしいとする者が50%の多数を占めた。

## 緒 言

平成17年度、肥育豚にと畜前3週間5%のアマニを給与することにより、消費者の健康志向ニーズに対応した $\alpha$ -リノレン酸を豊富に含む豚肉生産技術(アマニの短期高添加率給与技術)を確立した。また、機械化された農家への技術導入を促進するため、平成20～21年度にかけて肥育後期全期間2.5%のアマニを給与する「アマニの長期低添加率給与技術」を開発した。

これらの研究成果をふまえ、平成24～25年度、飼料自給率を向上させながら、低コストかつ高付加価値のアマニ給与豚肉生産を実現する目的で、アマニに加え県産の飼料用米やアマニ粕を併せて給与する新たな飼料給与技術を開発する研究に取り組んでいる。

具体的には、平成24年度はアマニに飼料用米を組み合わせた給与試験を実施し、平成25年度はアマニ及び飼料用米にアマニ粕を組み合わせた給与試験を計画している。なお本報告は24年度試験に該当する。

## 材料及び方法

## 1. 試験区

試験区は表1のとおりとし、配合飼料のみを給与する「対照区」、配合飼料85%に、飼料用米10%、アマニ5%を添加した「米10%アマニ5%区」、配合飼料75%に、飼料用米20%、アマニ5%を添加した「米20%アマニ5%区」、配合飼料65%に、飼料用米30%、アマニ5%を添加した「米30%アマニ5%区」を設けた。

また、肥育豚の体重毎の飼料給与設計は表2のとおりとした。

## 2. 供試豚

供試豚は、当场飼養のLW種雌豚に、同じく当场飼養のD種雄豚を交配し、平成24年5月18日から同年6月11日に分娩した計4腹の三元交雑豚(LWD)より、去勢8頭、雌8頭、計16頭を抽出し、各区4頭(去勢2頭、雌2頭)ずつ、計4区に分けて試験に供した。

## 3. 配合飼料

肥育期間中に給与した配合飼料は、当场において慣行給与している「肉豚肥育前期用配合飼料(以下、前期飼料という。)」(子豚育成用配合飼料、TDN78.0%以上、粗たん白質16.0%以上、粗脂肪

2.5%以上, 粗繊維4.0%以下, 粗灰分7.0%以下, カルシウム0.50%以上, リン0.40%以上)及び「肉豚肥育後期用配合飼料(以下, 後期飼料という.)」(肉豚肥育用配合飼料, TDN77.0%以上, 粗たん白質14.0%以上, 粗脂肪2.5%以上, 粗繊維5.0%以下, 粗灰分7.0%以下, カルシウム0.50%以上, リン0.40%以上)を用いた。

なお配合飼料は体重が30 kgから70 kgまでは前期飼料を, 体重70 kgから出荷までは後期飼料を用いた。

#### 4. アマニ及び飼料用米

アマニ及び飼料用米は, 予め粉碎机で粉碎したのち, 配合飼料に添加した。また, 粉碎粒度がアマニで1 mm程度, 飼料用米で3 mm程度となるよう粉碎机を調整し粉碎を行った。なお, アマニについては, 油脂割合が多く, アマニ単体で粉碎すると粉碎机内にアマニの油脂分が付着し粉碎困難と

なることから, 重量比で配合飼料2に対しアマニを1の割合であらかじめ混合し, 配合飼料でアマニの油脂分を吸着させるようにしながら粉碎した。粉碎後は, すみやかに配合飼料に添加し, 試験に供した。

#### 5. 飼養管理

##### 1) 試験期間

試験期間は, と畜前3週間(体重90 kg~105 kg程度)とし, 平成24年10月15日から11月26日までであった。

##### 2) 肥育開始~試験開始

供試豚の平均体重が30 kgに到達する前に, 当场離乳豚房(群飼育)から当场検定豚舎(単房飼育)に移動し, 子豚用飼料を給与した。供試豚の体重が30 kgを超えた時点で肥育を開始し前期飼料を給与した。また供試豚の体重が70 kgを超えた時点で後期飼料を給与した。

表1 試験区

試験区名	アマニ給与方法
対照区	配合飼料 <sup>1)</sup> のみ
米10%アマニ5%区	配合飼料 <sup>1)</sup> に重量比で10%の飼料用米, 5%のアマニを添加し, 体重90kgから3週間給与
米20%アマニ5%区	配合飼料 <sup>1)</sup> に重量比で20%の飼料用米, 5%のアマニを添加し, 体重90kgから3週間給与
米30%アマニ5%区	配合飼料 <sup>1)</sup> に重量比で30%の飼料用米, 5%のアマニを添加し, 体重90kgから3週間給与

1) 配合飼料は, 3. に示す飼料を使用

表2 飼料給与設計

区	肥育期 (体重)	肥育後期
	70~90kg	90kgから3週間
対照区	配合飼料 <sup>1)</sup>	配合飼料 <sup>1)</sup>
米10%アマニ5%区		配合飼料 <sup>1)</sup> 85%、米10%、アマニ5%
米20%アマニ5%区		配合飼料 <sup>1)</sup> 75%、米20%、アマニ5%
米30%アマニ5%区		配合飼料 <sup>1)</sup> 65%、米30%、アマニ5%

1) 配合飼料は, 3. に示す飼料を使用

表3 肉質分析項目及び方法

項目	方法
ドリップロス	5°C条件下で3日後の重量を測定し水分損失率を算出。
クッキングロス	70°C条件下で60分処理、30分放冷後の重量を測定し水分損失率を算出。
肉色、脂肪色	色差計(Z-1001DP、日本電色工業社)によりL*(明度)、a*(赤色度)、b*(黄色度)を測定。
破断荷重	クリープメータ(山電)により測定。
脂肪融点	上昇融点法により測定。

## 3) 体重測定

体重30 kgを超えた時点(子豚用飼料から前期飼料への切替時期)、体重70 kgを超えた時点(前期飼料から後期飼料への切替時期)、体重90 kgを超えた時点(後期飼料から試験飼料への切替時期)、試験終了時点の各時点において週1回体重測定を行った。

## 4) 試験開始

供試豚の体重が90 kg程度となった時点で試験飼料を給与した。以降、試験終了まで同一場所で単房飼育した。また、供試豚は、肥育開始から終了まで、全て不断給餌及び自由飲水とした。

## 5) 試験終了

試験開始後3週間経過した個体をと畜、枝肉調査を行い、肉質分析用サンプルを採取した。

## 6) 日増体重(DG)

3)の体重測定に基づいてDGを算出した。

## 7) 飼料摂取量及び飼料要求率

試験期間中に給与(あるいは残存)した飼料量を記録し、飼料摂取量を算出した。

また、上記の飼料摂取量及び上記3)の体重測定に基づいて飼料要求率を算出した。

## 8) 枝肉調査

枝肉重量、肉質等級、背脂肪厚、ロース長、ロース芯面積について調査を行った。

## 9) 肉質分析

表3に示すとおり、ドリップロス、クッキングロス、肉色及び脂肪色(L\*(明度)、a\*(赤色度)、b\*(黄色度))、破断荷重、脂肪融点について分析を行った。

## 10) 官能検査

官能検査は場職員20名を対象に2点比較法により実施した。サンプルはいずれもロース(第6～第11胸椎)の同一部位を用い、ホットプレートで焼いて速やかに検査に供した。なお検査は、試験区を明らかにせず実施した。

## 11) 統計処理

得られたデータは、一元配置分散分析によって有意差の検定を行い、区間の検定にはTukeyの方法を用いた。

## 結果及び考察

## 1. 体重の推移(表4)

試験開始時体重は、90.0～92.3 kgであった。出荷時体重は、106.4～114.6 kgで、飼料用米を多給するほど出荷時体重が増加する傾向がみられた。

表4 体重の推移

	試験開始時(kg)	出荷時(kg)
対照区	90.0±2.3	106.4±2.7
米10%アマニ5%区	92.1±1.8	109.9±4.1
米20%アマニ5%区	92.3±3.7	112.0±4.0
米30%アマニ5%区	92.1±5.1	114.6±8.0

平均値±標準偏差、n = 4  
出荷時体重は、と畜日の2日前に測定。

表5 各期開始時の日令

	試験開始時(日)	と畜時(日)
対照区	158.0±17.9	179.0±17.9
米10%アマニ5%区	154.8±5.2	175.8±5.2
米20%アマニ5%区	153.3±10.8	174.3±10.8
米30%アマニ5%区	154.8±19.2	175.8±19.2

平均値±標準偏差、n = 4

表6 試験期間及び日増体重(DG)

	試験期間(日)	DG(kg/日)
対照区	21	0.78±0.22
米10%アマニ5%区	21	0.85±0.14
米20%アマニ5%区	21	0.94±0.24
米30%アマニ5%区	21	1.07±0.25

平均値±標準偏差、n = 4

表7 1頭当たりの飼料摂取量、飼料要求率等

	飼料摂取量(kg)	飼料要求率	アマニ総摂取量(kg)	米総摂取量(kg)
対照区	76.4±10.4	4.86±1.03	—	—
米10%アマニ5%区	77.5±8.1	4.43±0.66	3.7	7.8
米20%アマニ5%区	83.1±8.9	4.39±0.99	4.0	16.6
米30%アマニ5%区	88.6±13.4	4.02±0.50	4.2	26.6

平均値±標準偏差、n = 4

## 2. 肥育期間及び日増体重(DG) (表5, 表6)

出生から試験開始までの日令は153.3日~158.0日, と畜時日令は174.3日~179.0日, 試験期間は21日であった。DGは0.78~1.07 kg/日で, 飼料用米を多給するほどDGが高くなる傾向にあった。

## 3. 飼料摂取量及び飼料要求率(表7)

試験期間の飼料摂取量(各区4頭の平均)は76.4

kg~88.6 kgで, 飼料用米を多給するほど増加する傾向にあった。飼料要求率は4.02~4.86で, 飼料用米を多給するほど低下する傾向にあった。

## 4. アマニ及び米摂取量(表7)

アマニ総摂取量(4頭平均)は, 3.7~4.2 kgで, 飼料用米を多給するほど増加する傾向にあった。米総摂取量は, 7.8~26.6 kgであった。

表8 枝肉調査結果

	枝肉重量	肉質等級	背脂肪厚	ロース長	ロース芯面積	
	(kg)		(cm)	(cm)	4-5胸椎間(cm <sup>2</sup> )	11-12胸椎間(cm <sup>2</sup> )
対照区	69.9±2.3	1.5±0.6	1.83±0.25	56.4±1.5	20.6±1.2	34.2±6.3
米10%アマニ5%区	71.4±3.0	1.5±0.6	1.85±0.48	56.1±0.6	20.4±6.7	38.8±6.2
米20%アマニ5%区	72.1±0.9	1.3±0.5	1.83±0.17	57.1±2.2	19.6±1.4	37.0±4.7
米30%アマニ5%区	74.3±3.7	1.5±0.6	2.10±0.29	57.0±2.3	19.5±2.6	37.3±3.8

平均値±標準偏差、n = 4

肉質等級は、上 = 1、中 = 2、並 = 3 として数値化

表9 肉質分析結果

	対照区	米10%アマニ5%区	米20%アマニ5%区	米30%アマニ5%区
ドリップロス(3日後、%)	5.4±1.1	4.8±1.5	4.1±1.2	4.6±0.3
クッキングロス(%)	25.4±1.9	25.3±1.6	24.5±2.2	24.9±1.6
破断荷重(N)	14.6±0.8	14.2±1.4	15.0±1.0	14.2±1.0
肉色				
L*	50.1±2.1	48.7±2.6	48.0±1.6	47.8±1.5
a*	12.4±0.8	12.6±1.0	11.3±0.3	12.0±1.0
b*	10.5±1.5	9.6±2.6	8.4±0.6	9.3±1.3
脂肪色(背脂肪内層)				
L*	75.4±1.2	74.6±3.5	74.7±1.5	75.5±1.4
a*	6.1±1.2	6.8±1.8	5.0±1.0	4.6±0.9
b*	7.8±0.9	7.9±1.5	7.6±0.3	7.6±0.5
融点(°C 背脂肪内層)	38.1±4.6	37.8±4.0	38.5±1.7	35.3±4.9

平均値±標準偏差、n = 4

L\* = 明度、a\* = 赤色度、b\* = 黄色度

#### 5. 枝肉調査結果(表8)

枝肉重量は、69.9~74.3 kgであった。肉質等級は1.3~1.5であった。背脂肪厚は1.83~2.10 cmであった。ロース長は56.1~57.1 cmであった。

ロース芯面積は、4-5胸椎間で19.5~20.6 cm<sup>2</sup>、11-12胸椎間で34.2~38.8 cm<sup>2</sup>であった。上記の各項目について有意な差はみられなかった。

#### 6. 肉質分析結果(表9)

ロースのドリップロス(3日後)は、4.1~5.4%であった。ロースのクッキングロスは、24.5~25.4%であった。ロースの破断荷重は、14.2~15.0Nであった。ロースの肉色は、L\*で47.8~50.1、a\*で11.3~12.6、b\*で8.4~10.5であった。背脂肪内層の色は、L\*で74.6~75.5、a\*で4.6~6.8、b\*で

表10 官能検査結果 (対象：場職員20名)

	おいしい	脂の口溶けがよい	脂の質がさっぱりしている	香りがよい	やわらかい	ジューシーである	うまみがある
対照区	20%	25%	40%	30%	15%	20%	35%
米30%アマニ5%区	50%	50%	50%	50%	45%	40%	45%
差がない	30%	25%	10%	20%	40%	40%	20%

検査は2点比較法により、区を明示せずに実施。

サンプルは同一部位のロース（第6胸椎～第11胸椎）をホットプレートで焼いて検査に供した。

7.6～7.9であった。背脂肪内層の融点は、35.3～38.5℃であった。上記の各項目について有意な差はみられなかった。

#### 7. 官能検査結果(表10)

アマニ及び飼料用米を給与した豚肉(米30%アマニ5%区)を「おいしい」とする者が50%を占めた。その他の各項目もアマニ及び飼料用米を給与した豚肉が総じて高い評価を得た。

#### 8. 考察

本試験を通じ、アマニ5%に加え、飼料用米を30%まで併せて給与しても、DGや飼料要求率、枝肉成績、肉質の各項目に問題がないことが確認できた。ただし飼料用米を30%配合した区において、やや厚脂傾向がみられたことから、アマニを5%添加した上で、併せて飼料用米を配合する場合は20%程度の配合割合に抑えることが望ましいと推察された。

また、官能検査の結果、アマニ及び飼料用米を給与した豚肉をおいしいとする者が50%の多数を占めた(対照区20%、差がない30%)ことから、良食味による高付加価値化につながる技術であることが実証できた。

今後は、農家の飼養実態に即した群飼での実証試験を行うとともに、アマニに飼料用米を併給しても高機能性豚肉が生産可能であることを実証す

るため、豚肉脂肪中の $\alpha$ -リノレン酸割合についても調査する予定である。

#### 文 献

佐々木浩一, 千田惣浩, 嵯峨久光. 2006. 高品質豚肉の生産技術の開発～飼養管理技術の検討(肥育試験)～ - 肥育豚への粉碎アマニ種実の給与が産肉性及び肉質の品質向上に及ぼす効果について-. 秋田畜試研報. 21:42-49.

鈴木人志, 佐々木浩一. 2011. アマニ給与が豚の発育および肉質に与える効果(第1報). 秋田畜試研報. 25:56-62.

鈴木人志, 佐々木浩一. 2012. アマニ給与が豚の発育および肉質に与える効果(第2報). 秋田畜試研報. 26:20-27.

## アマニ及び飼料用米給与が豚の発育及び肉質に与える効果(第2報)

鈴木人志・由利奈美江

### 要 約

飼料自給率を向上させながら、低コストかつ高付加価値のアマニ給与豚肉生産を実現する目的で本研究を実施した。

第1報において飼料用米30%給与で厚脂の傾向がみられたことから、配合飼料のみを給与した区、配合飼料をベースに、アマニ5%、飼料用米20%給与した区(以下、米アマニ区という)の計2区を設け、農家の実態に即し群飼での実証試験を行った。その結果、飼料要求率は、米アマニ区でやや改善傾向がみられた。脂肪酸組成のうち $\alpha$ -リノレン酸は、対照区0.7%に対し米アマニ区で2.0%と約3倍高くなり、有意な差がみられた。

### 緒 言

平成17年度、肥育豚にと畜前3週間5%のアマニを給与することにより、消費者の健康志向ニーズに対応した $\alpha$ -リノレン酸を豊富に含む豚肉生産技術(アマニの短期高添加率給与技術)を確立した。また、機械化された農家への技術導入を促進するため、平成20～21年度にかけて肥育後期全期間2.5%のアマニを給与する「アマニの長期低添加率給与技術」を開発した。

これらの研究成果をふまえ、平成24～25年度、飼料自給率を向上させながら、低コストかつ高付加価値のアマニ給与豚肉生産を実現する目的で、アマニに加え県内産の飼料用米やアマニ粕を併せて給与する新たな飼料給与技術を開発する研究に取り組んでいる。

具体的には、平成24年度はアマニに飼料用米を組み合わせた給与試験を実施し、平成25年度はアマニ及び飼料用米にアマニ粕を組み合わせた給与試験を計画している。なお本報告は24年度試験に該当する。

### 材料及び方法

#### 1. 試験区

試験区は表1のとおりとし、配合飼料のみを給与する「対照区」、配合飼料75%に、飼料用米20%、アマニ5%を添加した「米20%アマニ5%区(以下、米アマニ区という。)」を設けた。

また、肥育豚の体重毎の飼料給与設計は表2のとおりとした。

#### 2. 供試豚

供試豚は、当场飼養のLW種雌豚に、同じく当场飼養のD種雄豚を交配し、平成24年8月24日から同年9月1日に分娩した計4腹の三元交雑豚(LWD)より、去勢6頭、雌8頭、計14頭を抽出し、各区7頭(去勢3頭、雌4頭)ずつ、計2区に分けて試験に供した。

#### 3. 配合飼料

肥育期間中に給与した配合飼料は、当场において慣行給与している「肉豚肥育前期用配合飼料(以下、前期飼料という。)」(子豚育成用配合飼料、TDN78.0%以上、粗たん白質16.0%以上、粗脂肪2.5%以上、粗繊維4.0%以下、粗灰分7.0%以下、

表1 試験区

試験区名	アマニ給与方法
対照区	配合飼料 <sup>1)</sup> のみ
米20%アマニ5%区	配合飼料 <sup>1)</sup> に重量比で20%の飼料用米、5%のアマニを添加し、体重90kgから3週間給与

1) 配合飼料は、3. に示す飼料を使用

表2 飼料給与設計

区	肥育期 (体重)		肥育後期
	70~90kg		90~105kg
対照区	配合飼料 <sup>1)</sup>		配合飼料 <sup>1)</sup>
米20%アマニ5%区	配合飼料 <sup>1)</sup>		配合飼料 <sup>1)</sup> 75%、米20%、アマニ5%

1) 配合飼料は、3. に示す飼料を使用

カルシウム0.50%以上、りん0.40%以上)及び「肉豚肥育後期用配合飼料(以下、後期飼料という。)(肉豚肥育用配合飼料, TDN77.0%以上, 粗たん白質14.0%以上, 粗脂肪2.5%以上, 粗繊維5.0%以下, 粗灰分7.0%以下, カルシウム0.50%以上, りん0.40%以上)を用いた。

なお配合飼料は体重が30 kgから70 kgまでは前期飼料を、体重70 kgから105 kgまでは後期飼料を用いた。

#### 4. アマニ及び飼料用米

アマニ及び飼料用米は、予め粉碎機で粉碎したのち、配合飼料に添加した。また、粉碎粒度がアマニで1 mm程度、飼料用米で3 mm程度となるよう粉碎機を調整し粉碎を行った。なお、アマニについては、油脂割合が多く、アマニ単体で粉碎すると粉碎機内にアマニの油脂分が付着し粉碎困難となることから、重量比で配合飼料2に対しアマニを1の割合であらかじめ混合し、配合飼料でアマニの油脂分を吸着させるようにしながら粉碎した。

粉碎後は、すみやかに配合飼料に添加し、試験に供した。

#### 5. 飼養管理

##### 1) 試験期間

試験期間はと畜前3週間(体重90 kg~105 kg程度)とし、平成25年1月14日から3月4日までであった。

##### 2) 肥育開始~試験開始

供試豚の平均体重が30 kgに到達する前に、当场離乳豚房(群飼育)から当场肥育豚舎(群飼育)に移動し、子豚用飼料を給与した。供試豚の平均体重が30 kgを超えた時点で肥育を開始し前期飼料を給与した。また各区の供試豚の平均体重が70 kgを超えた時点で後期飼料を給与した。

##### 3) 体重測定

体重30 kgを超えた時点(子豚用飼料から前期飼料への切替時期)、体重70 kgを超えた時点(前期飼料から後期飼料への切替時期)、体

重90 kgを超えた時点(後期飼料から試験飼料への切替時期)、試験終了時点の各時点において週1回体重測定を行った。

#### 4) 試験開始

供試豚の体重が90 kg程度となった時点で同肥育豚舎内の試験豚房に移し、試験飼料を給与した。以降、試験終了まで同一場所で群飼育した。また、供試豚は、肥育開始から終了まで、全て不断給餌及び自由飲水とした。

#### 5) 試験終了

試験開始後3週間を経過した個体をと畜、枝肉調査を行い、肉質分析用サンプルを採取した。

#### 6) 日増体重(DG)

3)の体重測定に基づいてDGを算出した。

#### 7) 飼料摂取量及び飼料要求率

試験期間中に給与(あるいは残存)した飼料量を記録し、飼料摂取量を算出した。

また、上記の飼料摂取量及び上記3)の体重測定に基づいて飼料要求率を算出した。

#### 8) 枝肉調査

枝肉重量、肉質等級、背脂肪厚、ロース長、ロース芯面積について調査を行った。

#### 9) 肉質分析

表3に示すとおり、ドリップロス、クッキングロス、肉色及び脂肪色(L\*(明度)、a\*(赤色度)、b\*(黄色度))、破断荷重、脂肪融点、脂肪酸組成について分析を行った。

#### 10) 統計処理

得られたデータは、一元配置分散分析によって有意差の検定を行い、区間の検定にはTukeyの方法を用いた。

### 結果及び考察

#### 1. 体重の推移(表4)

試験開始時体重は、91.4~91.9 kgであった。出荷時体重は、106.8~107.9 kgであった。

#### 2. 肥育期間及び日増体重(DG)(表5、表6)

出生から試験開始までの日令は151.6日~152.4

表3 肉質分析項目及び方法

項目	方法
ドリップロス	5°C条件下で3日後の重量を測定し水分損失率を算出。
クッキングロス	70°C条件下で60分処理、30分放冷後の重量を測定し水分損失率を算出。
肉色、脂肪色	色差計(Z-1001DP、日本電色工業社)によりL*(明度)、a*(赤色度)、b*(黄色度)を測定。
破断荷重	クリープメータ(山電)により測定。
脂肪融点	上昇融点法により測定。
脂肪酸組成	ガスクロマトグラフィーにより測定。

日、と畜时日令は172.6日～173.4日、試験期間は21日であった。DGは0.73～0.76 kg/日であった。

### 3. 飼料摂取量及び飼料要求率等(表7)

試験期間の飼料摂取量は、65.5 kg～67.2 kgであった。飼料要求率は4.12～4.36で、米アマニ区において改善される傾向にあった。

### 4. アマニ及び米摂取量(表7)

米アマニ区のアマニ総摂取量は3.1 kg、米総摂取量は13.1 kgであった。

### 5. 枝肉調査結果(表8)

枝肉重量は、71.4～72.2 kgであった。肉質等級は1.3～1.5であった。背脂肪厚は1.92～2.03 cmであった。ロース長は54.5～56.1 cmであった。ロース芯面積は、4-5胸椎間で19.2～21.0 cm<sup>2</sup>、11-12胸椎間で35.5～38.2 cm<sup>2</sup>であった。いずれも両区に差はみられなかった。

表4 体重の推移

	試験開始時(kg)	出荷時(kg)
対照区	91.4±1.5	106.8±4.4
米20%アマニ5%区	91.9±3.2	107.9±6.3

平均値±標準偏差、n = 7

出荷時体重は、と畜日の2日前に測定。

### 6. 肉質分析結果(表9)

ロースのドリップロス(3日後)は、4.5～5.2%であった。ロースのクッキングロス、24.9～25.2%であった。ロースの破断荷重は、13.7～14.8Nであった。ロースの肉色は、L\*で48.6～50.4、a\*で11.0～11.8、b\*で8.0～9.0であった。背脂肪内層の色は、L\*で73.9～75.2、a\*で5.6～6.4、b\*で7.5～7.7であった。背脂肪内層の融点は、両区とも39.5℃であった。いずれも両区に有意な差はみられなかった。

### 7. 脂肪酸組成分析結果(表10)

α-リノレン酸において、対照区0.7%に対し、米アマニ区2.0%と約3倍まで有意に増加した。その影響によってn-6/n-3比も、対照区18.2に対し、米アマニ区6.5と約1/3まで有意に低下した。

表5 各期開始時の日令

	試験開始時(日)	と畜時(日)
対照区	151.6±10.5	172.6±10.5
米20%アマニ5%区	152.4±8.1	173.4±8.1

平均値±標準偏差、n = 7

表6 試験期間及び日増体重(DG)

	試験期間	
	期間(日)	DG(kg/日)
対照区	21	0.73±0.17
米20%アマニ5%区	21	0.76±0.20

平均値±標準偏差、n = 7

表7 1頭当たりの飼料摂取量、飼料要求率等

	飼料摂取量(kg)	飼料要求率	アマニ総摂取量(kg)	米総摂取量(kg)
対照区	67.2	4.36	—	—
米20%アマニ5%区	65.5	4.12	3.1	13.1

平均値（群飼のため標準偏差なし）、n = 7

表8 枝肉調査結果

	枝肉重量 (kg)	肉質等級	背脂肪厚 (cm)	ロース長 (cm)	ロース芯面積 4-5胸椎間(cm <sup>2</sup> ) 11-12胸椎間(cm <sup>2</sup> )	
対照区	71.4±2.7	1.3±0.5	1.92±0.33	56.1±2.6	19.2±1.2	35.5±3.5
米20%アマニ5%区	72.2±2.7	1.5±0.5	2.03±0.32	54.5±0.9	21.0±3.5	38.2±4.6

平均値±標準偏差、n = 6

肉質等級は、上 = 1、中 = 2、並 = 3として数値化

表9 肉質分析結果

	対照区	米20%アマニ5%区
ドリップロス(3日後、%)	5.2±1.3	4.5±0.6
クッキングロス(%)	25.2±1.4	24.9±0.9
破断荷重(N)	13.7±2.2	14.8±1.2
肉色		
L*	50.4±4.6	48.6±2.5
a*	11.8±0.9	11.0±0.9
b*	9.0±2.7	8.0±0.8
脂肪色(背脂肪内層)		
L*	75.2±2.4	73.9±1.9
a*	5.6±0.5	6.4±1.6
b*	7.5±0.4	7.7±1.2
脂肪融点(背脂肪内層)	39.5±1.4	39.5±1.9

平均値±標準偏差、n = 6

L\* = 明度、a\* = 赤色度、b\* = 黄色度

表10 脂肪酸組成分析結果 (単位: %)

	背脂肪内層	
	対照区	米20%アマニ5%区
C14-0(ミリスチン酸)	1.4±0.2	1.3±0.1
C16-0(パルミチン酸)	24.3±1.4	23.8±1.7
C16-1(パルミトレイン酸)	1.5±0.2	1.5±0.2
C18-0(ステアリン酸)	15.3±0.9	15.0±0.8
C18-1(オレイン酸)	40.1±1.0	39.1±0.5
C18-2(リノール酸)	11.7±1.2	12.2±1.7
C18-3( $\alpha$ -リノレン酸)	0.7±0.1a	2.0±0.2b
総飽和	41.6±2.1	40.8±2.4
総不飽和	58.0±2.0	58.9±2.1
一価不飽和	45.0±1.0	43.8±0.7
多価不飽和	13.0±1.3	15.1±2.1
n-6/n-3比	18.2±0.8a	6.5±0.5b

平均値±標準偏差、n = 4

区間で異符号間に有意差あり ( $P < 0.05$ )

## 8. 考察

第1報より、米30%アマニ5%区において厚脂傾向がみられたことから、本試験では飼料用米を20%とし、アマニ5%と組み合わせて試験を実施した。また、農家の飼養実態に即して、群飼での実証試験を実施した。

その結果、本試験を通じて、アマニ5%に加え、飼料用米を20%併せて給与しても、DGや飼料要求率、枝肉成績、肉質の各項目に問題がなく、厚脂傾向もみられないことが確認できた。

また、アマニに飼料用米を併給しても、従来のアマニ給与豚肉での試験結果と同様に、豚肉脂肪中の $\alpha$ -リノレン酸割合が3倍程度まで増加することが確認できたことから、本研究の目的とする飼料自給率の向上、低コスト化、高付加価値化を実現できる、健康に配慮した新たな機能性豚肉生産技術が確立できたものと考えている。

今後は、一層の飼料自給率の向上、低コスト化に向けて、アマニ及び飼料用米に、アマニ粕を組み合わせた試験を計画している。

## 文 献

- 佐々木浩一, 千田惣浩, 嵯峨久光. 2006. 高品質豚肉の生産技術の開発～飼養管理技術の検討(肥育試験)－肥育豚への粉碎アマニ種実の給与が産肉性及び肉質の品質向上に及ぼす効果について－. 秋田畜試研報. 21: 42-49.
- 鈴木人志, 佐々木浩一. 2011. アマニ給与が豚の発育および肉質に与える効果(第1報). 秋田畜試研報. 25: 56-62.
- 鈴木人志, 佐々木浩一. 2012. アマニ給与が豚の発育および肉質に与える効果(第2報). 秋田畜試研報. 26: 20-27.

## 比内地鶏生産性向上のためのロード種鶏群の改良(第2報)

小松 恵・高橋大希・力丸宗弘・山崎 司

### 要 約

兵庫R、岡崎Rおよび畜試Rの交配による4とおりの三元交雑鶏から作出した比内地鶏の生産性について比較検討した。その結果、前報で産卵性が優れていた三元交雑鶏から作出した【比内鶏×(兵庫R・畜試R×岡崎R)】は、現在の比内地鶏と比較して増体性が低かったことから、今回の交配様式の中には、前報からの目的である種鶏の産卵性向上と比内地鶏の増体性の維持を両立できる交配はなかった。

### 緒 言

比内地鶏は比内鶏とロードアイランドレッド(ロード)の交配(比内鶏×ロード)により作出される秋田県の特産鶏である。当場は比内鶏とロードの原種鶏群の維持・改良と、比内地鶏の素雛を生産する民間孵化場への種鶏供給を担っている。

これまで、生産現場の要望に応えるため、独立行政法人家畜改良センター兵庫牧場由来のロード種86系統(兵庫R)を用い、平成21～22年度に比内地鶏の増体性改善の試験を実施した(小松ら2012)。コマーシャル鶏である比内地鶏については現状の増体性を維持する必要があるが、一方で、良質な素雛を安定的に生産供給しなければならない素雛生産業者からは、雌系の産卵率の改善を強く要望されており、種鶏の生産性が低いことが大きな課題となっている。そこで、産卵性の改良を図るための育種素材鶏として、独立行政法人家畜改良センター岡崎牧場から産卵性能に優れたロード種YA系統(岡崎R)を導入し、兵庫R、当場保有のロード(畜試R)との三元交雑鶏を作出して種鶏性能の比較を行った。その結果、雌系が岡崎Rである【(兵庫R×畜試R)×岡崎R】区は、対照区と比較して産卵率が有意に高いことが明らかになった(小松ら 2013)。今回は、これらの三元交雑鶏より作出した比内地鶏の生産性について調査した。

### 材料および方法

#### 1. 供試鶏および試験期間

試験区分と供試羽数は表1に示したとおり、各区30羽を供試した。前報の供試鶏である兵庫R、岡崎Rおよび畜試Rによる三元交雑鶏を雌系とし、これに比内鶏の雄を交配し、対照区の5区を含め5とおりの比内地鶏を作出した。交配は人工授精により行った。なお、1区、2区、3区、4区、5区の雌系は、第1報の試験1区、試験2区、試験3区、試験4区、対照区に対応している。

試験期間は平成24年4月18日から24年9月20日(0～154日齢)とした。

#### 2. 飼養管理

餌付けから28日齢まではバタリー育雛器で飼育、28日齢以降は運動場が隣接するパイプハウスで放し飼いとした。

飼料は、餌付けから28日齢までは幼雛前期用(CP22%, ME3,000 kcal/kg)、28日齢から70日齢までブロイラー肥育前後期用(CP19%, ME2,900 kcal/kg)、70日齢以降はブロイラー肥育後期用(CP16%, ME2,900 kcal/kg)を給与した。全期間を通じて飼料と水は自由摂取とした。その他の管理は当場の慣行によった。

表1 試験区分

区分	雄系	雌系	羽数
1区 試験区	比内鶏♂ 兵庫R♂	×(岡崎R♂×畜試R♀)	30羽
2区 "	比内鶏♂ 畜試R♂	×(兵庫R♂×岡崎R♀)	30羽
3区 "	比内鶏♂ (兵庫R♂×岡崎R♀)×	畜試R♀	30羽
4区 "	比内鶏♂ (兵庫R♂×畜試R♀)×	岡崎R♀	30羽
5区 対照区	比内鶏♂ 畜試R		30羽

## 3. 調査項目

調査項目は、発育成績(体重, 飼料摂取量), 解体成績, 肉質(モモ肉の一般成分, 脂肪酸組成, 遊離アミノ酸含量およびイノシン酸含量), 食味, 経済性とした。

## 1) 発育成績

0, 28, 70, 98, 126, 154日齢に全個体の体重を測定した。飼料摂取量は、体重測定時に残飼を計量し、給与量から差し引いて求めた。

## 2) 解体成績

解体調査は、155日齢時に各区5羽を約24時間絶食させ、放血による屠殺後解体を行った。生体, と体, 可食内臓, 腹腔内脂肪, および正肉(モモ肉, ムネ肉, ササミ)の重量を測定し、生体重に占める重量割合を算出した。

## 3) 肉質分析

水分含量は、凍結乾燥器を用いて測定した。粗脂肪含量はエーテル抽出法を用いて測定した。脂肪酸分析は、ガスクロマトグラフィー法を用いて各脂肪酸含量の定量を行った。遊離アミノ酸含量およびイノシン酸含量は、日本ハム株式会社中央研究所に分析を依頼した。

## 4) 食味

食味の評価は、解体調査した鶏のうち各区2羽分の冷凍したモモ肉およびムネ肉を用い、サンプルは解凍後一口大にカットし、塩をふったものを区ごとに同型の別のホットプレートで焼いて提供した。パネル数は16人。評価は評点法により行い、対照区(5区)と試験区

(1, 2, 3, 4区)をそれぞれ比較し、香り, やわらかさ, うまみ, 総合評価の各項目について5段階(-2, -1, 0, 1, 2)評価を行った。

## 5) 経済性

経済性は、各区の平均体重, 解体成績のと体割合, 飼料摂取量から1羽当たり利益として算出した。

## 4. 統計処理

データの統計処理は、Tukey法による多重比較検定により試験区間の比較を行った。食味評価については、対応のある平均値の差の検定により対照区と各試験区との有意差検定を行った。危険率5%未満で有意とした。

## 結 果

体重および増体量を表2に示した。

0日齢体重では、3区の体重が4区と比較して有意に大きかった。28日齢では、1, 5区の体重が4区と比較して有意に大きかった。70日齢以降は、全ての日齢で4区の体重が他区と比較して有意に小さかった。

増体量においては、0-28日齢では4区が1, 5区と比較して有意に小さかった。28-70日齢では4区が他区と比較して有意に小さかった。70-98日齢では4区が2, 3, 5区と比較して有意に小さかった。98-126日齢では4区が2区と比較して有意に小さかった。126-154日齢では各区间に有意差は認められなかった。また0-154日

表2 体重および増体量

項目		1区	2区	3区	4区	5区
体重						
0日齢	g	42.7 ± 2.0 <sup>ab</sup>	43.0 ± 2.2 <sup>ab</sup>	43.4 ± 2.6 <sup>a</sup>	41.5 ± 1.9 <sup>b</sup>	42.3 ± 1.8 <sup>ab</sup>
28日齢	g	401.8 ± 43.1 <sup>a</sup>	372.7 ± 42.6 <sup>ab</sup>	373.9 ± 33.8 <sup>ab</sup>	349.9 ± 38.3 <sup>b</sup>	380.2 ± 41.3 <sup>a</sup>
70日齢	g	1414.7 ± 108.5 <sup>a</sup>	1345.4 ± 99.0 <sup>a</sup>	1357.1 ± 105.4 <sup>a</sup>	1227.1 ± 114.7 <sup>b</sup>	1363.4 ± 102.0 <sup>a</sup>
98日齢	g	1981.9 ± 153.3 <sup>a</sup>	1931.1 ± 153.0 <sup>a</sup>	1962.4 ± 140.4 <sup>a</sup>	1756.1 ± 166.7 <sup>b</sup>	1955.0 ± 142.9 <sup>a</sup>
126日齢	g	2339.8 ± 203.2 <sup>a</sup>	2325.5 ± 199.5 <sup>a</sup>	2320.5 ± 147.8 <sup>a</sup>	2077.5 ± 196.7 <sup>b</sup>	2296.7 ± 171.7 <sup>a</sup>
154日齢	g	2680.2 ± 248.7 <sup>a</sup>	2656.8 ± 249.3 <sup>a</sup>	2619.1 ± 204.6 <sup>a</sup>	2350.2 ± 220.5 <sup>b</sup>	2559.9 ± 215.5 <sup>a</sup>
増体量						
0 - 28日齢	g/日	12.8 ± 1.5 <sup>a</sup>	11.8 ± 1.5 <sup>ab</sup>	11.8 ± 1.2 <sup>ab</sup>	11.0 ± 1.4 <sup>b</sup>	12.1 ± 1.5 <sup>a</sup>
28 - 70日齢	g/日	24.1 ± 2.1 <sup>a</sup>	23.2 ± 1.7 <sup>a</sup>	23.4 ± 2.0 <sup>a</sup>	20.9 ± 2.2 <sup>b</sup>	23.4 ± 1.8 <sup>a</sup>
70 - 98日齢	g/日	20.3 ± 2.6 <sup>ab</sup>	20.9 ± 2.9 <sup>a</sup>	21.6 ± 2.1 <sup>a</sup>	18.9 ± 2.5 <sup>b</sup>	21.1 ± 2.2 <sup>a</sup>
98 - 126日齢	g/日	12.8 ± 2.7 <sup>ab</sup>	14.1 ± 3.2 <sup>a</sup>	12.8 ± 2.0 <sup>ab</sup>	11.5 ± 2.4 <sup>b</sup>	12.2 ± 2.0 <sup>ab</sup>
126 - 154日齢	g/日	12.2 ± 4.3	11.8 ± 4.4	10.7 ± 4.2	9.7 ± 3.0	9.4 ± 3.6
0 - 154日齢	g/日	17.1 ± 1.6 <sup>a</sup>	17.0 ± 1.6 <sup>a</sup>	16.7 ± 1.3 <sup>a</sup>	15.0 ± 1.4 <sup>b</sup>	16.3 ± 1.4 <sup>a</sup>

平均±標準偏差、n=30

行内異符号間に有意差あり(P<0.05)

表3 飼料摂取量および飼料要求率

項目		1区	2区	3区	4区	5区
飼料摂取量						
0 - 28日齢	g/日	30.4	30.5	30.4	30.8	32.6
28 - 70日齢	g/日	77.9	76.1	71.2	66.4	72.6
70 - 98日齢	g/日	106.0	104.0	109.1	90.1	100.4
98 - 126日齢	g/日	113.3	102.4	101.6	92.6	102.1
126 - 154日齢	g/日	121.0	120.7	107.8	110.7	116.4
0 - 154日齢	g/日	87.3	84.7	82.2	76.7	83.1
飼料要求率						
0 - 28日齢		2.4	2.6	2.6	2.8	2.7
28 - 70日齢		3.2	3.3	3.0	3.2	3.1
70 - 98日齢		5.2	5.0	5.0	4.8	4.8
98 - 126日齢		8.9	7.3	7.9	8.1	8.4
126 - 154日齢		10.0	10.2	10.1	11.4	12.4
0 - 154日齢		5.1	5.0	4.9	5.1	5.1

齢の全期間では4区が他区と比較して有意に小さかった。

1日当たりの飼料摂取量および飼料要求率を表3に示した。

各期間の飼料摂取量は、4区が他区と比較して少なめで推移したものの、飼料要求率では差はなかった。

解体成績を表4に示した。

と体、可食内臓、腹腔内脂肪および正肉割合において各試験区間に有意差は認められなかった。

モモ肉の一般成分および脂肪酸組成を表5に示した。

水分含量では、2区が3、4、5区と比較して有意に低い割合であった。粗脂肪含量では、2区が3、4、5区と比較して有意に高い割合であった。

脂肪酸組成では、C14:0の割合が、1区が2区よりも有意に高く、5区が2、3、4区よりも有意に高かった。他の脂肪酸では試験区間に有意差は認められなかった。

モモ肉の遊離アミノ酸含量およびイノシン酸含

量を表6に示した。

遊離アミノ酸では、3区のグルタミン酸が1区と比較して有意に高い値を示した。グルタミンは5区が2区と比較して有意に高い値を示した。リジンは3区が2区と比較して有意に高い値を示した。その他のアミノ酸やイノシン酸については、試験区間に有意差は認められなかった。

食味について表7に示した。

5区と比較して、1区はうまみ、総合評価の評点が有意に高かった。2区は4項目全ての評点が有意に高かった。3区並びに4区は有意差は認められなかった。

経済性は、1羽当りの利益を算出した結果を表8に示した。

5区と比較して1, 2, 3区は利益が多くなり、4区は少なかった。

表4 解体成績 (生体重に対する各部位の割合) (%)

項目	1区	2区	3区	4区	5区
と体	94.4 ± 1.1	95.1 ± 3.0	94.2 ± 1.5	93.3 ± 1.0	93.3 ± 1.8
可食内臓	3.8 ± 0.3	4.2 ± 0.3	4.1 ± 0.3	4.4 ± 0.5	3.8 ± 0.3
腹腔内脂肪	3.7 ± 1.6	4.1 ± 1.0	2.6 ± 1.2	3.1 ± 1.6	3.4 ± 1.4
モモ肉	19.4 ± 1.2	19.5 ± 1.1	20.0 ± 1.4	19.7 ± 1.0	21.4 ± 0.7
ムネ肉	13.9 ± 0.9	13.7 ± 0.6	13.8 ± 1.1	14.4 ± 1.7	13.8 ± 0.8
ササミ	3.5 ± 0.3	3.3 ± 0.2	3.8 ± 0.5	3.6 ± 0.4	3.5 ± 0.1
正肉	36.8 ± 2.2	36.5 ± 1.6	37.5 ± 2.9	37.8 ± 2.8	38.7 ± 1.4

平均値±標準偏差、n = 5

表5 モモ肉の一般成分および脂肪酸組成

項目	1区	2区	3区	4区	5区
一般成分					
水分含量	70.3 <sup>ab</sup>	68.7 <sup>b</sup>	73.0 <sup>a</sup>	73.1 <sup>a</sup>	73.8 <sup>a</sup>
粗脂肪含量	8.9 <sup>ab</sup>	11.0 <sup>a</sup>	6.2 <sup>b</sup>	5.9 <sup>b</sup>	5.1 <sup>b</sup>
脂肪酸組成					
C14:0 (ミリスチン酸)	0.66 <sup>ac</sup>	0.59 <sup>b</sup>	0.64 <sup>bc</sup>	0.61 <sup>bc</sup>	0.70 <sup>a</sup>
C16:0 (パルミチン酸)	23.19	23.32	22.85	22.43	23.84
C16:1 (パルミトリン酸)	4.15	4.99	3.88	3.79	4.33
C17:0 (ヘプタデカン酸)	0.16	0.14	0.14	0.18	0.12
C18:0 (ステアリン酸)	7.02	6.94	7.69	7.42	7.26
C18:1 (オレイン酸)	35.71	37.06	35.24	33.97	33.87
C18:2n-6 (リノール酸)	21.57	19.23	21.50	21.76	20.76
C18:3n-6 (γ-リルン酸)	0.18	0.21	0.14	0.16	0.12
C18:3n-3 (α-リルン酸)	0.76	0.68	0.78	0.78	0.75
C20:1 (エイコセン酸)	0.25	0.23	0.26	0.25	0.25
C20:2n-6 (エイコサジエン酸)	0.18	0.18	0.19	0.22	0.24
C20:3n-6 (エイコサトリエン酸)	0.21	0.21	0.28	0.27	0.31
C20:4n-6 (アラキドン酸)	1.86	2.19	2.44	2.42	2.83
C22:6n-3 (ドコサヘキサエン酸)	0.46	0.56	0.60	0.60	0.64
C20:4 (リグノセリン酸)	0.17	0.20	0.30	0.29	0.31
未同定	3.00	2.80	2.63	4.39	3.16
飽和脂肪酸	31.20	31.19	31.63	30.92	32.24
一価不飽和脂肪酸	40.11	42.29	39.38	38.01	38.46
多価不飽和脂肪酸	25.22	23.26	25.93	26.22	25.66

行内異符号間に有意差あり (P < 0.05)、n = 3

表6 モモ肉の遊離アミノ酸含量およびイノシン酸含量

項目		1区	2区	3区	4区	5区
遊離アミノ酸						
アスパラギン酸	Asp	17.3	18.3	17.3	16.3	16.0
スレオニン	Thr	4.3	4.7	5.7	5.0	3.7
セリン	Ser	10.7	11.3	9.3	9.7	10.7
アスパラギン	Asn	2.7	3.0	2.7	2.7	2.7
グルタミン酸	Glu	19.7 <sup>b</sup>	20.0 <sup>ab</sup>	23.7 <sup>a</sup>	22.0 <sup>ab</sup>	22.0 <sup>ab</sup>
グルタミン	Gln	33.0 <sup>ab</sup>	30.3 <sup>b</sup>	37.7 <sup>ab</sup>	35.0 <sup>ab</sup>	46.7 <sup>a</sup>
プロリン	Pro	2.3	2.3	3.0	2.3	2.7
グリシン	Gly	9.3	9.7	8.7	9.0	8.3
アラニン	Ala	17.0	16.7	17.3	18.0	14.0
バリン	Val	3.3	3.3	4.3	4.0	3.3
メチオニン	Met	1.3	1.0	1.7	1.3	1.0
イソロイシン	Ile	2.3	2.3	2.3	2.3	2.0
ロイシン	Leu	4.0	3.3	4.7	4.7	3.7
チロシン	Tyr	2.3	2.3	2.7	3.0	2.3
フェニルアラニン	Phe	2.0	2.0	2.3	2.3	2.0
ヒスチジン	His	3.7	3.7	4.0	3.7	3.0
リジン	Lys	6.3 <sup>ab</sup>	5.0 <sup>b</sup>	9.0 <sup>a</sup>	7.7 <sup>ab</sup>	7.3 <sup>ab</sup>
アルギニン	Arg	4.3	4.7	5.7	5.3	6.3
核酸関連物質						
イノシン酸	IMP	77.8	77.0	49.7	55.3	76.9

行内異符号間に有意差あり ( $P < 0.05$ )、 $n = 3$

表7 食味(5区との比較による評価)

項目	1区	2区	3区	4区
香り	0.20	0.31 *	0.00	0.31
やわらかさ	0.38	0.56 *	0.38	0.38
うまみ	0.73 *	0.56 *	0.06	0.06
総合評価	0.44 *	0.56 *	0.00	0.00

値は評点の平均値

\*,  $P < 0.05$

表8 経済性

区分	利益(円)
1区 H×(兵×岡畜)	581
2区 H×(畜×兵岡)	610
3区 H×(兵岡×畜)	599
4区 H×(兵畜×岡)	461
5区 H×畜	535

利益(円) = 生体重(kg) × 体割合(%) × キロ単価(735円) - 1羽当り飼料費(円) - 素糶代(300円)

飼料単価(1kg当り): 幼雛前期用 64.365円

ブロイラー肥育前後期用 78.750円

ブロイラー肥育後期用 69.972円

## 考 察

前報において、兵庫R、岡崎Rおよび畜試Rの三元交雑鶏4とおりの種鶏性能の比較を行った結果、産卵率が高く、新たな種鶏として有望と思われる区があった。そこで本試験では、種鶏としての実用性を検討するため、三元交雑鶏から作出した比内地鶏の生産性について比較検討した。

発育において、総じて4区の体重および増体量が他の区よりも小さい値で推移し、154日齢では対照区の5区よりも200 g以上少ない体重であった。飼料摂取量は4区が他の区より少ない量で推移したため、飼料要求率には差は認められなかった。

解体成績においては、生産者の収益の根拠となる、と体重量割合や、正肉割合に試験区間の差は認められなかったことから、種鶏の系統を変更しても歩留まりへの影響はなく、収益を左右するのが生体重や飼料摂取量であることがわかった。

コマーシャル鶏である比内地鶏の増体性は、種鶏の系統を変更しても現状以上を維持するということが生産者の要望であり、さらに流通業者や消費者の立場からすると、種鶏の系統変更により食味は大きく変わることがあってはならない。鶏肉の食味には、遊離アミノ酸やイノシン酸の含有量などが関与すると言われている(Fujimuraら1994)。グルタミン酸含量は1区と3区との間に有意差が認められたが、食味において5区と比較して有意に評価の高かった2区のグルタミン酸含量は、5区との間に有意差は認められなかった。またイノシン酸は平均値の区間差が大きいように見えるが、個々の数値をみると個体差が大きかったこともあり、試験区間に有意差は認められず、食味評価との関連性は確認できなかった。

1羽当りの利益は2区が最も多く、5区との差は75円であった。次いで3区、1区が多かったが、4区のみ5区よりも74円少なかった。新たな種鶏として有望であると期待されていた雌系【(兵庫R×畜試R)×岡崎R】から作出された4区の比内地鶏の生産性は、対照区よりも劣ることが明らかになった。以上の結果から、本試験の目的達成には至らなかったため、今後も引き続き系統の組合せを検討し、種鶏およびコマーシャル鶏のどちらも現状を上回る能力となるように改良を進めていく必要がある。

## 文 献

- Fujimura, S, Muramoto T, Katsukawa M, Hatano, T, and Ishibashi, T. 1994. Chemical analysis and sensory evaluation of free amino acids and 5'-inosinic acid in meat of Hinai-dori, Japanese native chicken: Comparison with broilers and layer pullets. *Animal Science Technology* 65, 610-618.
- 古川秀子. 1994. おいしさを測る－食品官能検査の実際－. 第1版. 幸書房, 東京.
- 小松恵, 高橋大希, 力丸宗弘, 石塚条次, 山崎司. 2013. 比内地鶏生産性向上のためのロード種鶏群の改良(第1報). 秋田県畜産試験場研究報告27. 23-26.
- 小松恵, 力丸宗弘, 高橋大希, 石塚条次. 2012. 比内地鶏増体改善のためのロード種鶏群の改良. 秋田県農林水産技術センター畜産試験場研究報告 26. 61-66.

## 比内地鶏の去勢に関する試験(第4報)

— 仕上げ期の飼料と飼育方法の違いが去勢鶏の発育と肉質に及ぼす影響 —

力丸宗弘・小松 恵・高橋大希・石塚条次

## 要 約

本研究では、去勢鶏の仕上げ期における飼育技術を確立するため、仕上げ期の飼料と飼育方法が去勢鶏の発育と肉質へ及ぼす影響について調査をおこなった。22週齢まで運動場が付随したパイプハウスで飼育後、放し飼い区と22週齢カゴ飼い区(カゴ飼い区)に分け、29週齢まで飼育した。放し飼い区は仕上げ用飼料に飼料用米を10%、カゴ飼い区は仕上げ用飼料に飼料用米と全粉乳をそれぞれ10%添加した。29週齢体重に有意な差は認められなかったが、カゴ飼い区の26-29、22-29週齢日増体重は放し飼い区より有意に優れていた。解体成績に有意な差は認められなかったが、カゴ飼い区では腹腔内脂肪割合が高くなる傾向を示した。モモ肉の脂肪酸組成については、カゴ飼い区のミリスチン酸割合が放し飼い区より有意に高く、飽和脂肪酸/不飽和脂肪酸比率が有意に低い値を示した。次に放し飼い区、14週齢カゴ飼い区、18週齢カゴ飼い区に分け、29週齢まで飼育した結果、29週齢体重、14-22週齢日増体重に有意な差は認められなかったが、18週齢カゴ飼い区が他の区より発育が優れる傾向を示した。飼料摂取量と飼料要求率は試験区間でほとんど差は認められなかったが、18週齢カゴ飼い区の飼料要求率が一番優れていた。14週齢カゴ飼い区の腹腔内脂肪割合は18週齢カゴ飼い区と放し飼い区より高い傾向を示し、モモ肉中の粗脂肪含量についても同様に高い傾向を示した。29週齢までの生産に要した飼料費は、18週齢カゴ飼い区、22週齢カゴ飼い区、14週齢カゴ飼い区の順に安かった。以上の結果から、仕上げ期の飼料や飼育方法によって去勢鶏の発育や肉質が改善されることが示唆された。また、発育成績や飼料費から総合的に判断すると、カゴ飼いの開始時期は18週齢が適期であると考えられた。

## 緒 言

去勢鶏とは精巣を外科的に取り除いた雄鶏のことである。雄鶏は雄の特徴であるとさかや肉垂が発達するが、去勢鶏のとさかや肉垂は幼すう時のままで、赤色を示さない。去勢鶏の頭の大きさと形は小さく見え、外見は雌らしくなり、首周りの毛、尾、鞍羽が長く伸びる。去勢鶏は雄性ホルモンの欠如によって、雄の特性を発揮しなくなるか、失う傾向があり、活発的でなくなり、おとなしく温順になる。また、鳴くことが少なくなり、闘争もほとんどなくなる。その結果、闘争などに費やされるエネルギーが大きく減少し、より効率的に飼料を摂取し、脂肪を蓄積することによって肉質

が改善される(Jacob と Mather 2000)。去勢鶏の生産の利点は、一般的に若い雄鶏よりも大きく成長し、肉が柔らかく、霜降り肉の様な状態となり、販売時により高い価格で売ることができることである(Loyal 1936)。フランスのプレス鶏の去勢鶏(シャボン)は世界的にも有名であり、非常に高い価格で取引されている。

我々は、これまで未利用である比内地鶏の雄雛の有効活用を図るため、去勢が比内地鶏の発育や肉質に及ぼす影響について調査した結果、去勢鶏では腹腔内脂肪量が増加し、肉質が大きく改善されることを報告した(力丸ら2010a, b)。さらに、早期日齢における効率的な去勢技術を確立した

(力丸ら2011)。しかしながら、仕上げ期における飼育技術はまだ十分に確立されていない。上質な去勢鶏を生産するためには、仕上げ期における飼育技術の確立が必要である。プレス鶏では、仕上げ期にエピネットと呼ばれる木製のケージで最低2週間以上肥育することが義務付けられており、約8ヶ月齢で出荷されている(吉田ら1993)。そこで、本研究では、去勢鶏の仕上げ期における飼育技術を確立するため、仕上げ期の飼料と飼育方法が去勢鶏の発育と肉質へ及ぼす影響について調査をおこなった。

試験1 仕上げ期の飼料と飼育方法の違いによる去勢鶏の比較

### 材料と方法

#### 1. 供試鶏および試験区分

2010年4月28日に当場でふ化した比内地鶏の雄びなを供試した。試験区は放し飼い区とカゴ飼い区とした。

#### 2. 試験期間

試験期間は2010年9月29日から11月17日(22~29週齢)までとした。

#### 3. 飼養管理

餌付けから4週齢まではバタリー育雛器で飼育した。去勢は力丸ら(2011)の方法に従い4週齢におこなった。4週齢以降22週齢まで運動場が付随したパイプハウスで飼育後、36羽ずつ放し飼い区とカゴ飼い区に分けた。カゴ飼い区は22週齢以降木製のケージで29週齢まで飼育した。木製ケージ(高さ120 cm, よこ90 cm, 奥行90 cm)の飼育羽数は1ケージあたり5羽あるいは6羽とした(写真1)。放し飼い区は29週齢までパイプハウスで飼育した。育雛飼料は以下の3つの市販飼料を給与した; 1) 4週齢まで幼雛用飼料(CP21%; ME 3,000 kcal/kg); 2) 18週齢まで中雛用飼料(CP18%; ME2,850 kcal/kg); 3) 29週齢まで仕上げ用飼料(CP16%; ME2,900 kcal/kg)。また、放し飼い区には仕上げ用飼料に飼料用米を10%、カゴ飼い区には仕上げ用飼料に飼料用米と全粉乳をそれぞれ10%添加した(写真2)。飼料は不断給餌とし、飲水は自由とした。その他の飼養管理は当場の慣行とした。

本研究における動物の取り扱いならびに飼養は、「動物実験の適正な実施に向けたガイドライン」(日本学術会議 2006)に則りおこなった。



写真1. 放し飼いとカゴ飼い (左: 放し飼い 右: カゴ飼い)



写真 2. 試験に用いた飼料

左：配合飼料＋飼料用米10%＋全粉乳10%  
(カゴ飼い区)

右：配合飼料＋飼料用米10%  
(放し飼い区)

#### 4. 調査項目

##### 1) 発育成績

22, 26, 29週齢に生体重を測定し、生体重から日増体重(22-26, 26-29, 22-29週齢)を算出した。飼料効率は日増体重と飼料摂取量から算出した。

##### 2) 解体成績

29週齢に各区からランダムに5羽ずつ抽出し、18時間の絶食後と殺した。放血、脱毛後、体温が8℃に低下するまでと体を氷水で冷却した。と体はモモ、ムネ、ササミ、手羽、心臓、肝臓、砂肝、腹腔内脂肪に分け、ムネ肉とモモ肉の骨を抜いた後、各部位の重量を測定した。歩留まり割合は絶食体重に対する各部位の重量から算出した。片側のモモ肉は、皮を取り除き、ミートチョッパー(No.5-A, ベリタス, 東京)でミンチした後、ポリ袋に入れ、分析まで-30℃で保存した。

##### 3) 肉質分析

29週齢に解体したサンプルについて、各区からランダムに3羽ずつ抽出した。脂肪酸組成の分析は日本食品分析センターへ依頼した。脂肪酸組成はガスクロマトグラフィー法で分析をおこなった。

#### 5. 統計処理

全ての統計処理はExcel-Statistics 2006 software

(Excel, Microsoft Corp., Remond, WA; Socail Survey Research Information, 東京)を用いておこなった。

平均値はTukey's, Bonferroni's, Sheffe'sの比較テストを用いて比較し、全ての比較テストにおいてP値が0.05未満である時に有意とした。

#### 結果および考察

カゴ飼いと放し飼いにおける発育の比較を表1に示した。29週齢体重に有意な差は認められなかったが、カゴ飼い区は放し飼い区より約180g体重が重かった。カゴ飼い区の26-29, 22-29週齢日増体重は、放し飼い区より有意に優れていた( $P < 0.05$ )。カゴ飼い区では26週齢以降日増体重の低下が認められなかったが、放し飼い区では日増体重が大きく低下した。

飼料摂取量および飼料要求率の比較を図1に示した。カゴ飼い区の1日平均飼料摂取量は202.6gと放し飼い区の170.4gより約30g多かった。飼料要求率は試験区間にほとんど差は認められなかった。

表2にカゴ飼いと放し飼いにおける解体成績の比較を示した。解体成績に有意な差は認められなかったが、カゴ飼い区では、腹腔内脂肪割合が高い傾向を示し、腹腔内脂肪量が増加した。写真3に29週齢のカゴ飼いと放し飼いの屠体の比較を示した。

表1. カゴ飼いと放し飼いに於ける発育の比較

	カゴ飼う区	放し飼う区
22週齢体重(g)	3613 ± 266	3597 ± 231
26週齢体重(g)	4008 ± 288	3960 ± 280
29週齢体重(g)	4341 ± 310	4162 ± 321
22-26週齢日増体重(g)	14.1 ± 6.2	13.7 ± 47.3
26-29週齢日増体重(g)	15.4 ± 4.8 <sup>a</sup>	10.9 ± 8.6 <sup>b</sup>
22-29週齢日増体重(g)	14.4 ± 3.1 <sup>a</sup>	12.5 ± 2.9 <sup>b</sup>

平均値 ± 標準偏差 (n=36)

a, b同列の異符号間に有意差あり (P < 0.05)

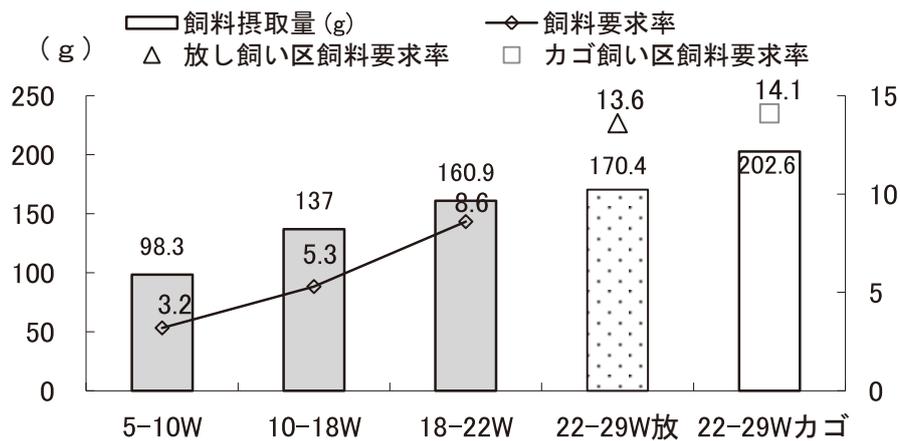


図1. カゴ飼いと放し飼いに於ける飼料摂取量および飼料要求率の比較

と体を比較すると、カゴ飼う区では皮下への脂肪の付着が多くなっていることがわかる。

表3にカゴ飼うと放し飼うに於けるモモ肉の脂肪酸組成の比較を示した。カゴ飼う区では、放し飼う区と比較してミリスチン酸割合が有意に増加した (P < 0.01)。また、リノール酸割合が減少し、パルミチン酸が増加する傾向を示した。その結果、不飽和脂肪酸や多価不飽和脂肪酸割合が減少、飽和脂肪酸割合が増加し、不飽和脂肪酸/飽和脂肪酸比率が有意に低下した (P < 0.05)。比内地鶏の雌と比

較してもカゴ飼う区に於ける去勢鶏の肉はリノール酸割合が低く、パルミチン酸、ステアリン酸、ミリスチン酸割合が高い (表4)。これは、パルミチン酸をはじめステアリン酸やミリスチン酸を多く含む全粉乳の影響が大きい。

これらの結果から、仕上げ期の飼料とカゴ飼うが去勢鶏の発育や脂肪の蓄積、そして肉の脂肪酸組成に影響を及ぼすことが示唆された。

表 2. カゴ飼いと放し飼いに於ける解体成績の比較

29週齢	絶食体重(A)	屠体重(B)	肉			内臓			
			モモ肉(B)	ムネ肉(B)	ササミ(B)	肝臓(B)	心臓(B)	砂肝(B)	腹腔内脂肪(B)
カゴ飼区(g)	4225±30	3840±61	955±29	522±24	132±12	46±4	17±2	68±9	186±38
(%)	100	90.9±0.8	22.6±0.5	12.3±0.6	3.1±0.3	1.1±0.1	0.4±0.1	1.6±0.2	4.4±0.9
放し飼区(g)	4142±64	3743±58	905±14	509±23	136±7	47±7	18±2	76±4	119±21
(%)	100	90.4±0.8	21.8±0.6	12.3±0.5	3.3±0.1	1.1±0.2	0.4±0.1	1.8±0.1	2.9±0.5

平均±標準偏差 (n = 5)

% : B (各部位) / A (絶食体重)



写真 3. カゴ飼いと放し飼いに於ける屠体の比較 (29週齢)

左 : 放し飼い 右 : カゴ飼

表 3. カゴ飼いと放し飼いに於けるモモ肉の脂肪酸組成の比較 (%)

29週齢	カゴ飼区	放し飼区
ミスチン酸 (C14:0)	1.6 ± 0.2 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>b</sup>
ミストレイン酸 (C14:1)	0.2 ± 0.0	0.1 ± 0.1
パルミチン酸 (C16:0)	24.6 ± 0.2	23.6 ± 1.6
パルミトレイン酸 (C16:1)	4.8 ± 0.7	4.9 ± 1.3
ヘプタデカン酸 (C17:0)	0.2 ± 0.0	0.1 ± 0.1
ステアリン酸 (C18:0)	7.2 ± 0.7	7.1 ± 0.1
オレイン酸 (C18:1)	41.4 ± 3.6	41.1 ± 0.5
リノール酸 (C18:2, n-6)	15.7 ± 2.8	18.1 ± 2.5
α-リノレン酸 (C18:3, n-3)	0.8 ± 0.1	0.8 ± 0.1
アラキジン酸 (C20:0)	0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.0
エイコセン酸 (C20:1)	0.2 ± 0.0	0.3 ± 0.0
エイコサジエン酸 (C20:2, n-6)	0.0 ± 0.1	0.0 ± 0.1
アラキドン酸 (C20:4, n-6)	1.3 ± 0.3	1.4 ± 0.1
ドコサペンタエン酸 (C22:5, n-3)	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.1
ドコサヘキサエン酸 (C22:6, n-3)	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.0
飽和脂肪酸	33.7 ± 0.9	31.7 ± 0.9
不飽和脂肪酸	64.9 ± 1.0	67.1 ± 0.1
一価不飽和脂肪酸	46.7 ± 4.3	46.4 ± 1.9
多価不飽和脂肪酸	18.2 ± 3.3	20.7 ± 2.5
不飽和脂肪酸/飽和脂肪酸	1.92 ± 0.1 <sup>b</sup>	2.12 ± 0.1 <sup>a</sup>

平均±標準偏差 (n = 5)

a, b 同列の異符号間に有意差あり (P < 0.05)

表 4. 去勢鶏と雌のモモ肉の脂肪酸組成の比較(%)

	オレイン酸	パルミチン酸	リノール酸	ステアリン酸	パルミトレイン酸	ミリスチン酸	アラキドン酸
去勢鶏(29週齢)	41.4	24.6	15.7	7.2	4.8	1.6	1.3
雌(23週齢)*	39.9	23.9	17.3	6.8	5.6	0.6	1.2

\*, 高橋ら 2012

試験 2 仕上げ期におけるカゴ飼い期間の違いによる去勢鶏の比較

### 材料と方法

#### 1. 供試鶏および試験区分

カゴ飼い開始の適期を検討するため、仕上げ期におけるカゴ飼い期間の違いによる去勢鶏の比較をおこなった。2011年4月20日にふ化した比内地鶏の雄びなを供試した。試験区は放し飼い区、14週齢カゴ飼い区、18週齢カゴ飼い区の3区とし、飼育羽数は各区11羽とした。

#### 2. 試験期間

試験期間は2011年7月27日から11月9日(14~29週齢)までとした。

#### 3. 飼養管理

餌付けから4週齢まではバタリー育雛器で飼育した。去勢は力丸ら(2011)の方法に従い4週齢におこなった。14週齢カゴ飼い区は4週齢以降14週齢まで運動場が付随したパイプハウスで飼育後、14週齢以降木製のケージで29週齢まで飼育した。18週齢カゴ飼い区は4週齢以降18週齢まで運動場が付随したパイプハウスで飼育後、18週齢以降木製のケージで29週齢まで飼育した。放し飼い区は29週齢までパイプハウスで飼育した。木製ケージの飼育羽数は1ケージあたり5羽あるいは6羽とした。育雛飼料は以下の3つの市販飼料を給与した；1) 4週齢まで幼雛用飼料(CP21%；ME 3,000 kcal/kg)；2) 14週齢まで中雛用飼料(CP18%；ME 2,850 kcal/kg)；3) 29週齢まで仕上げ用

飼料(CP16%；ME2,900 kcal/kg)。また、放し飼い区には仕上げ用飼料に飼料用米を10%、カゴ飼い区には仕上げ用飼料に飼料用米と全粉乳をそれぞれ10%添加した。飼料は不断給餌とし、飲水は自由とした。その他の飼養管理は当場の慣行とした。

#### 4. 調査項目

##### 1) 発育成績

10, 14, 18, 22, 26, 26, 29週齢に生体重を測定し、生体重から日増体重(14-18, 18-22, 22-26, 26-29, 18-29週齢)を算出した。飼料効率は日増体重と飼料摂取量から算出した。

##### 2) 解体成績

29週齢に各区からランダムに3羽ずつ抽出し、18時間の絶食後と殺した。放血、脱毛後、体温が8℃に低下するまでと体を氷水で冷却した。と体はモモ、ムネ、ササミ、手羽、心臓、肝臓、砂肝、腹腔内脂肪に分け、ムネ肉とモモ肉の骨を抜いた後、各部位の重量を測定した。歩留まり割合は絶食体重に対する各部位の重量から算出した。片側のモモ肉は、皮を取り除き、ミートチョッパー(No. 5-A, ベリタス, 東京)でミンチした後、ポリ袋に入れ、分析まで-30℃で保存した。

##### 3) 肉質分析

モモ肉中の粗脂肪含量は、エーテル抽出方により測定した。

#### 5. 統計処理

全ての統計処理はExcel-Statistics 2006 software (Excel, Microsoft Corp., Remond, WA; Socail Survey

Research Information, 東京)を用いておこなった。平均値はTukey's, Bonferroni's, Sheffe'sの比較テストを用いて比較し、全ての比較テストにおいてP値が0.05未満である時に有意とした。

結果および考察

カゴ飼いの飼育期間の違いによる発育の比較を表5に示した。18週齢体重では、14週齢カゴ飼いが18週齢カゴ飼いと放し飼いで有意に劣っていた( $P < 0.05$ )。29週齢体重では試験区間に有意な差は認められなかったが、18週齢カゴ飼いが14週齢カゴ飼いと放し飼いで約130 g体重が重かった。日増体重では、14-18週齢において14週齢カゴ飼いが18週齢カゴ飼いと放し飼いで有意に劣っていた( $P < 0.05$ )。18-22週齢では、18週齢カゴ飼いが14週齢カゴ飼いで有意に劣っていた( $P < 0.05$ )。22-26週齢

では、放し飼いが18週齢カゴ飼いで有意に劣っていた( $P < 0.05$ )。仕上げ期間全体における14-22週齢日増体重に有意な差は認められなかったが、18週齢カゴ飼いが(19.9 g/日)、14週齢カゴ飼いが(19.1 g/日)、放し飼いが(19.0 g/日)の順となり、18週齢カゴ飼いの日増体重が一番優れていた。日増体重は試験1の結果と同様にカゴ飼いが放し飼いで有意に劣る傾向にあった。しかしながら、カゴ飼いの開始時期が早まるにつれ、その後4週間の日増体重の低下が大きくなっていることから、カゴへの移動後、いかに増体を落とさずに管理するかが課題である。

飼料摂取量および飼料要求率の比較を表6に示した。仕上げ期間における飼料摂取量および飼料要求率は試験区間でほとんど差は認められなかった。

表7にカゴ飼いの飼育期間の違いによる解体成

表5. カゴ飼いの飼育期間の違いによる発育比較

	カゴ飼い14週齢区	カゴ飼い18週齢区	放し飼いで
体重、g			
10週齢	1667.7 ± 110.7	1684.2 ± 112.4	1665.4 ± 111.5
14週齢	2395.0 ± 133.1	2470.8 ± 163.4	2437.1 ± 171.5
18週齢	3107.7 ± 152.2 <sup>b</sup>	3357.5 ± 215.6 <sup>a</sup>	3341.4 ± 178.0 <sup>a</sup>
22週齢	3756.4 ± 190.6	3839.6 ± 274.5	3854.3 ± 219.8
26週齢	4146.8 ± 174.2	4324.6 ± 301.7	4225.0 ± 289.0
29週齢	4405.5 ± 215.4	4560.0 ± 398.5	4429.6 ± 267.6
日増体重、g/日			
10-14週齢	26.0 ± 2.9	28.1 ± 3.3	27.6 ± 3.0
14-18週齢	25.5 ± 4.5 <sup>b</sup>	31.7 ± 2.7 <sup>a</sup>	32.3 ± 3.2 <sup>a</sup>
18-22週齢	23.2 ± 3.2 <sup>a</sup>	17.2 ± 6.7 <sup>b</sup>	18.3 ± 4.0 <sup>ab</sup>
22-26週齢	13.9 ± 3.0 <sup>ab</sup>	17.3 ± 3.7 <sup>a</sup>	13.2 ± 4.8 <sup>b</sup>
26-29週齢	12.3 ± 2.5	11.2 ± 6.9	9.7 ± 3.4
14-29週齢	19.1 ± 1.9	19.9 ± 3.3	19.0 ± 2.4

平均±標準偏差(n=11)

a, b 同列の異符号間に有意差あり( $P < 0.05$ )

表6. カゴ飼いの飼育期間の違いによる飼料摂取量および飼料要求率の比較

	カゴ飼い14週齢区	カゴ飼い18週齢区	放し飼い区
飼料摂取量、g/日			
14-18週齢	136.3	—	138.3
18-22週齢	156.5	149.7	148.1
22-26週齢	155.3	152.4	154.4
26-29週齢	148.4	154.6	142.2
14-29週齢	147.9	147.3	145.6
飼料要求率			
14-18週齢	5.4	—	4.3
18-22週齢	6.7	8.7	8.1
22-26週齢	11.1	8.8	11.7
26-29週齢	12.0	13.8	14.6
14-29週齢	7.7	7.4	7.7

表7. カゴ飼いの飼育期間の違いによる解体成績の比較

29週齢	肉					内臓			
	絶食体重(A)	屠体重(B)	モモ肉(B)	ムネ肉(B)	ササミ(B)	肝臓(B)	心臓(B)	砂肝(B)	腹腔内脂肪(B)
14週齢カゴ飼い区(g)	4101.7±216.2	3731.7±201.1	923.3±82.8	526.7±45.4	131.7±10.4	45.0±5.0	13.3±7.6	65.0±8.7	168.3±53.0
(%)	100	91.0±0.9	22.5±1.2	12.8±0.8	3.2±0.2	1.1±0.1	0.3±0.2	1.6±0.1 <sup>b</sup>	4.1±1.4
18週齢カゴ飼い区(g)	4018.3±166.5	3686.7±141.9	921.7±41.6	521.7±5.8	140.0±8.7	50.0±0	16.7±2.9	76.7±2.9	146.7±88.1
(%)	100	91.8±1.8	23.0±1.1	13.0±0.5	3.5±0.4	1.2±0.1	0.4±0.1	1.9±0.1 <sup>a</sup>	3.6±2.0
放し飼い(g)	3985.0±222.7	3633.3±243.0	898.3±57.5	533.3±41.6	148.3±12.6	45.0±8.7	11.7±2.9	76.7±5.8	150.0±67.3
(%)	100	91.1±1.1	22.5±0.3	13.3±0.6	3.7±0.1	1.1±0.2	0.3±0.1	1.9±0.1 <sup>a</sup>	3.7±1.5

平均±標準偏差(n=3)

% : B (各部位)/A (絶食体重)

a, b 同列の異符号間に有意差あり(P&lt;0.05)

績の比較を示した。解体成績では、14週齢カゴ飼いの砂肝割合が18週齢カゴ飼いの区と放し飼い区より有意に低かった(P<0.05)が、その他の項目については有意な差は認められなかった。14週齢カゴ飼いの区は腹腔内脂肪割合は18週齢カゴ飼いの区や放し飼い区より高い傾向を示し、モモ肉中の粗脂肪含量についても同様に高い傾向を示した(表8)。この結果は、カゴ飼いの飼育期間が長くなるほど腹腔内脂肪割合や肉中の粗脂肪含量が高くなることを示唆している。

去勢鶏の生産に要した飼料費を表9に示した。29週齢までに要した飼料費は14週齢カゴ飼いの区で3079.1円、18週齢カゴ飼いの区で2753.9円、22週齢カゴ飼いの区で3019.3円となり、18週齢カゴ飼

いの区が一番安かった。22週齢カゴ飼いの区は仕上げ期の飼料摂取量が多かったため、18週齢カゴ飼いの区より飼料費が高くなった。以上の結果から、総合的に判断すると、カゴ飼いの開始時期は18週齢頃が最適であると考えられる。

去勢鶏の出荷時期については、体全体に丸みを帯び、胸前の皮下に脂肪が蓄積してきた頃が適期であり、比内地鶏の去勢鶏の場合は29週齢から34週齢が適期である(写真4)。それ以上飼育期間が長くなると、肉がかたくなり、肉質を損ね、経済性も悪くなることから、34週齢頃までには出荷すべきである。

表 8. カゴ飼いの飼育期間の違いによるモモ肉中の粗脂肪含量の比較(%)

14週齢カゴ飼い区	9.1	±	2.1
18週齢カゴ飼い区	7.9	±	1.4
放し飼い区	7.2	±	1.9

表 9. 去勢鶏の生産に要した飼料費の比較

14週齢カゴ飼い区飼料費(円)	1-4週齢	5-14週齢	14-18週齢	18-22週齢	22-26週齢	26-29週齢	
日数(日)	35	63	28	28	28	21	
給与飼料	前期	中期	仕上げ	仕上げ	仕上げ	仕上げ	
飼料費(円)	103.0	423.3	292.5	267.0	266.6	191.1	
飼料米費(円)			15.3	17.4	17.4	12.5	
全粉乳費(円)			384.7	438.9	438.3	314.1	
飼料費合計(円)	103.0	423.3	692.5	723.3	722.4	517.7	3079.1

18週齢カゴ飼い区飼料費(円)	1-4週齢	5-14週齢	14-18週齢	18-22週齢	22-26週齢	26-29週齢	
日数(日)	35	63	28	28	28	21	
給与飼料	前期	中期	仕上げ	仕上げ	仕上げ	仕上げ	
飼料費(円)	103.0	512.5	296.8	257.0	261.7	199.1	
飼料米費(円)				16.8	17.1	13.0	
全粉乳費(円)				422.5	430.1	327.3	
飼料費合計(円)	103.0	512.5	296.8	696.3	708.9	539.3	2753.9

22週齢カゴ飼い区飼料費(円)	1-5週齢	5-10週齢	10-18週齢	18-22週齢	22-29週齢	
日数(日)	35	35	56	28	49	
給与飼料	前期	中期	中期	仕上げ	仕上げ	
飼料費(円)	103.0	285.4	636.4	345.3	608.7	
飼料米費(円)					39.7	
全粉乳費(円)					1000.7	
飼料費合計(円)	103.0	285.4	636.4	345.3	1649.1	3019.3

前期、中期、仕上げ飼料の単価はそれぞれ93.45円/kg、82.95円/kg、76.65円/kgとした。  
飼料用米、全粉乳の単価はそれぞれ40円/kg、1008円/kgとした。



写真 4. 出荷適期の去勢鶏

### まとめ

仕上げ期にカゴ飼いで全粉乳を添加した飼料を給与することによって、去勢鶏の発育や肉質が改善されることが示唆された。また、発育成績や飼料費から総合的に判断すると、カゴ飼いの開始時期は18週齢が適期であると考えられた。

### 文 献

- 動物実験の適正な実施に向けたガイドライン。  
2006. 日本学会会議. 東京.
- Jacob, CY and Mather FB. 2000. Capons. Factsheet PS-54. Department of Animal Science, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and agricultural Service, University of Florida, Gainesville.
- Loyal F. Payne. 1936. Capon production. Agricultural experiment station, Kansas state college of agriculture and applied science.
- 力丸宗弘, 小松恵, 小川秀治, 石塚条次. 2010a. 比内地鶏の去勢に関する試験(第2報)－比内地鶏の去勢が肉質に及ぼす影響－. 秋田農技セ畜試研究報告24, 59-65.
- 力丸宗弘, 小松恵, 安田正明, 石塚条次. 2010b. 比内地鶏の去勢に関する試験(第1報)－比内地鶏の去勢が発育およびと体成績に及ぼす影響－. 秋田農技セ畜試研究報告24, 53-58.
- 力丸宗弘, 小松恵, 高橋大希, 石塚条次, Marc. A. Nichols. 2011. 比内地鶏の去勢に関する試験(第3報)－早期日齢における比内地鶏の効率的な去勢技術の確立－. 秋田農技セ畜試研究報告24, 53-58.
- 高橋大希, 力丸宗弘, 小松恵, 石塚条次. 2012. 仕上げ期の飼料用米添加飼料給与による比内地鶏の生産性への影響. 秋田畜試研報26, 74-80.
- 吉田忠, 宮崎昭, 小島洋一. 1993. 高品質銘柄鶏肉の生産実態－フランスのプレス鶏とルエ鶏－. 畜産の研究47, 245-248.

## 高度不飽和脂肪酸と鶏肉のおいしさとの関連性の解明 (第3報)

—アラキドン酸油脂添加が肉中のアラキドン酸含量に及ぼす影響—

力丸宗弘・清原玲子<sup>\*1</sup>・山口 進<sup>\*1</sup>・高橋大希・小松 恵・石塚条次・高橋秀彰<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup>株式会社 J-オイルミルズ 油脂基盤技術研究所

<sup>\*2</sup>独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 畜産草地研究所

### 要 約

我々は前報において、アラキドン酸高含有油(AAO)を配合飼料に5%添加することによって、鶏肉のおいしさが向上することを報告した。本研究では、AAOの添加と肉中のアラキドン酸(AA)含量との関係を明らかにするために、AAOの飼料添加割合がモモ肉の脂肪酸組成ならびに味覚へ及ぼす影響について調査をおこなった。試験区はAAO1/2区(2.5%)、AAO1/4区(1.25%)、AAO1/8区(0.625%)、パーム油区(PO区)、コーン油区(CO区)の5区とした。各油脂を珪酸と7:3の比率で混合後、仕上げ飼料へ5%の割合で添加し、屠殺前の1週間比内地鶏へ給与した。AAO1/2区およびAAO1/4区は、AAO1/8区、PO区、CO区よりAA含量が有意に高かった。またAA含量はAAO添加の割合が高くなるにつれて、直線的( $y=0.6578+0.2911x$ )に増加した。官能評価では、素材の味の強さにおいて、AAO1/2区がAAO1/8区より有意に高い値を示したが、それ以外の項目については、試験区間に有意な差は認められなかった。以上の結果から、AAOの飼料添加によって、鶏肉中のAA含量を調節できることが示唆された。

### 緒 言

比内地鶏は官能評価において、ブロイラーより嗜好性が良いと報告されている(畠山1983)。グルタミン酸(Glu)やイノシン酸(IMP)を含む遊離アミノ酸(FAA)含量は、鶏肉のうま味に関連していることがこれまでの研究で示唆されているが(Nishimuraら1988; 福永ら1988; 唐澤ら1989; Fujimuraら1994, 1996; 松石ら2005)、これらの要因が本当に鶏肉の風味における役割を果たしているのかどうかはまだ解明されていない。

我々は鶏肉のおいしさに関連する候補物質を特定するため、比内地鶏とブロイラーを同一飼養環境下で飼育し、モモ肉の肉質(FAA, IMP含量, 脂肪酸組成)について比較をおこなった。その結果、アラキドン酸(AA20:4 n-6)を多く有すること

が比内地鶏の肉の特徴であることを明らかにした(力丸ら2011)。

AAは動物脂質に存在する多価不飽和脂肪酸であり、特に炎症、免疫、中枢神経系を調節する細胞機能が並んだ20以上の異なるエイコサノイドの媒体となるシグナル伝達経路「アラキドン酸カスケード」の先端部分に存在する(Brash 2001)。近年、AAを含む多価不飽和脂肪酸(PUFA)が食品の旨味(L-グルタミン酸塩味)やこく味(おいしさの継続性、広がり、厚み; Yamamotoら2009)の風味を高めることが報告されており、AAを含む植物油で炒飯、牛肉コロッケ、野菜スープなどの食品を調理すると、おいしさの数値が増加する(清原ら2009)。これらの調査結果は、AAが鶏肉のおいしさに関連していることを示唆

している。

我々は前報において、AAと比内地鶏のおいしさとの関係を解明するため、仕上げ飼料へパーム油(PO)、コーン油(CO)、アラキドン酸高含有油(AAO)をそれぞれ5%添加し、屠殺前2週間比内地鶏へ給与した結果、AAO区のもも肉は、PO区およびCO区よりAA含量が有意に高く、官能評価では、AAO区はチキンスープと蒸し肉の両方において全体的な味の強さ、旨味、こく味、後味がPO区およびCO区より有意に高い値を示し、AAOを飼料へ添加することによって、鶏肉のおいしさが向上することを報告した(力丸ら2012)。本研究では、AAOの添加割合と鶏肉中のAA含量との関係を明らかにするため、比内地鶏へ3つの異なる添加割合のAAO(AAO1/2, AAO1/4, AAO1/8)ならびに他の油脂(PO, CO)を含む飼料をそれぞれ比内地鶏へ給与し、生化学ならびに官能検査による肉質評価をおこなった。

## 材料と方法

### 1. 供試鶏ならびに試験設計

本研究における動物の取り扱いならびに飼養は、「動物実験の適正な実施に向けたガイドライン」(日本学術会議2006)に則りおこなった。

秋田県農林水産技術センター畜産試験場で同一

日にふ化した比内地鶏の雌雛25羽を4段の育雛バタリーで4週齢まで飼育し、その後、21週齢まで運動場が付随したパイプハウスで飼育した。飼料は以下の3つの市販飼料を給与した；1)4週齢まで幼雛用飼料(CP24%；ME3,000 kcal/kg)；2)10週齢まで中雛用飼料(CP18%；ME2,850 kcal/kg)；3)20週齢まで仕上げ用飼料(CP16%；ME2,900 kcal/kg)(北日本くみあい飼料株式会社, 仙台)。

AAO(SUNTGA40S, 日本水産, 東京), PO(ヨウ素価=60, 融点15℃, J-オイルミルズ, 東京), CO(J-オイルミルズ), を添加飼料として用いた。SUNTGA40Sは41.5%のAA, 0.1%のエイコサペンタエン酸を含有する。AA含有油1/2(2.5%), 1/4(1.25%), 1/8(0.125%), PO, COを含む5つの試験飼料を準備し、これらの油脂を珪酸塩(TIXOSIL38A, Rhodia Silica Korea Co., ソウル, 韓国)と7:3の割合で混合し、仕上げ飼料に添加した。飼料中の脂肪酸割合を表1に示した。

油脂の添加期間は2011年9月14日～9月20日とした。21週齢に25羽の雌を個々のケージに移動し、均等に5羽ずつ5つの試験区に分けた：(1)パーム油(PO), (2)コーン油(CO), (3)AAO/PO 1:1の混合物であるAA含有油1/2(AAO1/2), (4)AAO/PO 1:3の混合物であるAA含有油1/4

表1 飼料中の脂肪酸割合

項目		仕上げ飼料		PO飼料		CO飼料		AAO1/2 (2.5%) 飼料		AAO1/4 (1.25%) 飼料		AAO1/8 (0.625%) 飼料	
		(g/100g)	脂肪酸割合%	(g/100g)	脂肪酸割合%	(g/100g)	脂肪酸割合%	(g/100g)	脂肪酸割合%	(g/100g)	脂肪酸割合%	(g/100g)	脂肪酸割合%
ミリスチン酸	C14:0	0.01	0.3	0.04	0.6	0.01	0.1	0.03	0.5	0.04	0.6	0.04	0.6
パルミチン酸	C16:0	0.45	13.3	1.90	27.5	0.83	12.0	1.37	19.8	1.63	23.2	1.76	25.6
パルミトレイン酸	C16:1n-9	0.02	0.6	0.02	0.3	0.02	0.3	0.02	0.3	0.02	0.3	0.02	0.3
ステアリン酸	C18:0	0.11	3.1	0.26	3.7	0.16	2.4	0.30	4.3	0.28	3.9	0.27	3.9
オレイン酸	C18:1n-9	1.07	31.4	2.46	35.6	2.03	29.4	1.87	27.2	2.16	30.7	2.31	33.5
リノール酸	C18:2n-6	1.45	42.6	1.80	26.1	3.45	50.0	1.78	25.8	1.79	25.4	1.79	26.0
α-リノレン酸	C18:3n-3	0.07	0.0	0.08	1.2	0.09	1.4	0.08	1.2	0.08	1.2	0.08	1.2
γ-リノレン酸	C18:3n-6	0.02	1.9	0.00	0.1	0.00	0.0	0.05	0.7	0.02	0.4	0.01	0.2
アラキジン酸	C20:0	0.02	0.7	0.04	0.6	0.04	0.5	0.04	0.6	0.04	0.6	0.04	0.6
エイコサトリエン酸	C20:3	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.06	0.8	0.03	0.4	0.01	0.2
アラキドン酸	C20:4n-6	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.77	11.2	0.39	5.5	0.19	2.8
リグセリン酸	C24:0	0.00	0.0	0.00	0.1	0.01	0.1	0.15	2.2	0.10	1.4	0.04	0.6
未同定		0.21	6.2	0.30	4.3	0.26	3.8	0.37	5.4	0.45	6.4	0.32	4.6

異符号間に有意差あり ( $P < 0.05$ )

(AAO1/4), (5) AAO/PO 1 : 7 の混合物である AA 含有油 1/8 (AAO1/8). 5 つの飼料は 21-22 週齢まで 1 羽当たり 100 g/日 給与した. 給与した全ての飼料を摂取させるため, 通常の比内地鶏の飼料摂取量より少なめに給与した. 水は任意に給与した.

## 2. サンプルの準備および保存

22 週齢に試験鶏を 18 時間絶食させた後, 屠殺した. 放血脱毛後, と体が 8℃ に達するまですぐに氷水で冷却した. 屠体を解体し, モモ肉から骨を取り外した後, 片側のモモ肉をミートチョッパー (No.5-A, ベリタス, 東京) を用いてミンチした. ミンチした肉ならびにもう片方のモモ肉をそれぞれポリ袋に入れ, 分析まで -30℃ で保存した.

## 3. 水分, 粗脂肪含量ならびに脂肪酸組成

水分含量は凍結乾燥器 (RL-B07, 共和真空技術株式会社, 東京) を用いて測定した. 粗脂肪含量は, エーテル抽出方法 (960.39 (a)) (AOAC1990) を用いて測定した.

脂肪酸分析は, Iverson ら (2001) の方法により, 凍結肉 0.1 g にクロロホルム : メタノール (2 : 1 vol/vol) 3 ml を加え脂質を抽出した. 抽出脂質を 1.5 ml ヘキサンに溶かし, 2 MKOH メタノール溶液 200  $\mu$ L を加え 30 秒間攪拌した. 飽和食塩水 2 ml を加えた後, 5 分遠心 (1000 g) し, 上層を採取した. 脂肪酸メチルエステルはガスクロマトグラフ (GC2010 ; 島津製作所, 東京) にて, 0.25 mm  $\times$  30 m  $\times$  0.25  $\mu$ m のキャピラリーカラム DB-23 を用いて測定した. カラムは 80℃ 2 分保持後, 160℃ まで 35℃/分 で加温し, 続いて 185℃ まで 2℃/分 で加温, 続いて 230℃ まで 10℃/分 で加温し, 9 分間維持のプログラムで分析した. 注入口と FID 検出口温度は 250℃ とし, キャリアガスは He で流量 1.49 mL/分, 流速 35.4 cm/秒 とした. 脂肪酸は Supelco 37 Component FAMEMix (Sigma-Aldrich Co., セン

トルイス, ミズーリ, アメリカ) とのリテンションタイムの比較によって同定した. また, ガスクロマトグラフィー法 (日本油化学会 2009) を用いて内部標準物質による各脂肪酸含量の定量を行った.

## 4. 官能分析

### (1) 「蒸し肉」の準備

モモ肉を 15 分間流水で解凍し, 皮を取り除いた後, ミートチョッパー (No.5-A, ベリタス) で 2 度挽きした. ひき肉は一回評価分 (62 g) ずつラップに包み, 評価時までポリ袋に入れ, -30℃ で保存した.

ひき肉を 10 分間流水で解凍し, 10 g ずつふた付きの電子レンジ用プラスチック容器 (1741,8.1  $\phi$   $\times$  3.4H cm, イノマタ化学株式会社, 東京) に入れ, 500 W の電子レンジ (NE-P7, パナソニック株式会社, 大阪) で 90 秒加熱し (5 パックで), 温かい状態で評価した.

### (2) 官能評価

官能評価は株式会社 J-オイルミルズ油脂基盤技術研究所の訓練されたパネリストによって, 分析型パネルによる五段階評点法 (清原 ら 2009) により実施した. パネリストは 10 組の肉サンプル (PO-CO, PO-AA1/2, PO-AA1/4, PO-AA1/8, CO-AA1/2, CO-AA1/4, CO-AA1/8, AAO1/2-AAO1/4, AAO1/2-AAO1/8, AAO1/4-AAO1/8) について評価を行った. 評価は 2 サンプルのうち先に試食した方 (コントロールサンプル) を基準として, 後に試食したサンプル (テストサンプル) を 5 段階で評価をおこなった. 評価は 11 項目 (香りの強さ, 香りの好ましさ, 全体の味の強さ, 甘味の強さ, 酸味の強さ, うま味の強さ, コク味の強さ, 後味の強さ, 素材の風味のよさ, 肉のかたさ, 全体の好ましさ) とした. パネリストはコントロールサンプル

(評点=0)に対してテストサンプルが強い/良い(スコア=+2, +1)あるいは弱い/悪い(スコア=-2, -1)かどうか記載した。「蒸し肉」の評価は一回の評価につき15人程度のパネリストによっておこなった。

## 5. 統計処理

全ての統計処理はウィンドウズソフトSPSS15.0Jを用いておこなった。官能評価データを除き、平均値の比較はTukey HSDおよびDunnnett T3テストを用いて比較し、P値が0.05未満の時に有意とした。官能評価の分析には、Wilcoxonの符号順

位差検定を用い、P値が0.05未満の時に有意とした。飼料中のAAO含量とモモ肉中のAA含量の関係は、単回帰分析を用いて評価をおこなった。

## 結 果

5つの試験区におけるモモ肉の水分ならびに粗脂肪含量を表2に示した。水分と粗脂肪含量は試験区間で有意な差は認められなかった。モモ肉の脂肪酸含量ならびに割合を表3, 4に示した。AA含量はAAO1/2区, AAO1/4区, AAO1/8区, CO区, PO区の順に高かった。AAO1/2区はAAO1/4区, AAO1/8区, CO区, PO区より有意に高く、

表2 モモ肉の水分ならびに粗脂肪含量

試験区	PO区	CO区	AAO1/2区	AAO1/4区	AAO1/8区
n	5	5	5	5	5
水分 (%)	71.7 ± 0.7	72.7 ± 0.7	71.0 ± 0.6	72.9 ± 0.6	71.5 ± 0.8
粗脂肪 (%)	8.0 ± 0.8	6.7 ± 0.7	8.5 ± 0.8	6.3 ± 0.5	7.5 ± 0.9

PO=パーム油; CO=コーン油; AAO=アラキドン酸高含有油

表3 モモ肉の脂肪酸含量 (mg/g)

試験区	PO区	CO区	AAO1/2区	AAO1/4区	AAO1/8区	
n	5	5	5	5	5	
ミリスチン酸	C14:0	0.30 ± 0.02	0.26 ± 0.01	0.32 ± 0.03	0.24 ± 0.02	0.29 ± 0.03
パルミチン酸	C16:0	11.45 ± 0.82	9.75 ± 0.6	12.38 ± 1.19	9.38 ± 0.67	10.90 ± 1.34
パルミトレイン酸	C16:1n-9	2.35 ± 0.23	2.07 ± 0.12	2.44 ± 0.40	1.87 ± 0.18	2.26 ± 0.39
ヘプタデカン酸	C17:0	0.07 ± 0.01	0.06 ± 0.00	0.07 ± 0.01	0.06 ± 0.00	0.07 ± 0.01
ステアリン酸	C18:0	3.43 ± 0.26	3.03 ± 0.20	3.81 ± 0.25	2.96 ± 0.12	3.32 ± 0.30
オレイン酸	C18:1n-9	19.29 ± 1.33	15.73 ± 1.23	19.96 ± 1.85	15.69 ± 1.03	18.32 ± 2.63
リノール酸	C18:2n-6	8.02 ± 0.70	6.99 ± 0.41	8.51 ± 0.74	6.43 ± 0.36	7.51 ± 0.81
α-リノレン酸	C18:3n-3	0.40 ± 0.03	0.30 ± 0.02	0.40 ± 0.05	0.30 ± 0.02	0.36 ± 0.05
γ-リノレン酸	C18:3n-6	0.08 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.07 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.10 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.06 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.07 ± 0.01 <sup>b</sup>
エイコセン酸	C20:1n-9	0.13 ± 0.01	0.11 ± 0.01	0.15 ± 0.01	0.12 ± 0.01	0.13 ± 0.02
エイコサジエン酸	C20:2n-6	0.08 ± 0.00	0.08 ± 0.00	0.09 ± 0.01	0.07 ± 0.00	0.08 ± 0.00
アラキジン酸	C20:3	0.08 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.08 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.12 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.08 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.09 ± 0.00 <sup>b</sup>
アラキドン酸	C20:4n-6	0.83 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.85 ± 0.02 <sup>c</sup>	1.28 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.01 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.91 ± 0.04 <sup>ab</sup>
リグノセリン酸	C24:0	0.09 ± 0.00	0.09 ± 0.01	0.10 ± 0.01	0.09 ± 0.00	0.09 ± 0.00
ドコサヘキサエン酸	C22:6n-6	0.21 ± 0.01	0.21 ± 0.01	0.20 ± 0.01	0.19 ± 0.01	0.20 ± 0.01
未同定		0.48 ± 0.06 <sup>ab</sup>	0.33 ± 0.02 <sup>ab</sup>	0.60 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.31 ± 0.05 <sup>b</sup>	0.48 ± 0.10 <sup>ab</sup>

PO=パーム油; CO=コーン油; AAO=アラキドン酸高含有油

異符号間に有意差あり (P < 0.05)

AAO1/4区, AAO1/8区はCO区, PO区より有意に高かった. また, AAO1/2区の $\gamma$ -リノレン酸含量はAAO1/4区, AAO1/8区, CO区より有意に高く, アラキジン酸含量はAAO1/4区, AAO1/8区, CO区, PO区より有意に高かった. 脂肪酸割合では, AAO1/2区とAAO1/4区のAA割合がAAO1/8区, PO区より有意に高かった. AAO1/2区の $\gamma$ -

リノレン酸含量はAAO1/4区, AAO1/8区, CO区より有意に高く, アラキジン酸含量はPO区より有意に高かった.

「蒸し肉」の官能評価結果を表5に示した. 官能評価では, AAO1/2区とAAO1/8区の比較において, AAO1/2区の素材の風味の強さがAAO1/8区より有意に高い値を示したが, それ以外の組み

表4 モモ肉の脂肪酸割合(%)

試験区		PO区	CO区	AAO1/2区	AAO1/4区	AAO1/8区
n		5	5	5	5	5
ミスチン酸	C14:0	0.63 ± 0.00	0.65 ± 0.01	0.63 ± 0.01	0.61 ± 0.02	0.64 ± 0.02
パルミチン酸	C16:0	24.2 ± 0.20	24.38 ± 0.13	24.4 ± 0.27	24.07 ± 0.33	24.20 ± 0.14
パルミトレイン酸	C16:1n-9	5.00 ± 0.42	5.19 ± 0.23	4.72 ± 0.42	4.75 ± 0.20	4.88 ± 0.26
ヘプタデカン酸	C17:0	0.15 ± 0.01	0.15 ± 0.01	0.15 ± 0.01	0.15 ± 0.00	0.15 ± 0.01
ステアリン酸	C18:0	7.25 ± 0.33	7.56 ± 0.12	7.63 ± 0.40	7.67 ± 0.23	7.51 ± 0.33
オレイン酸	C18:1n-9	40.78 ± 0.33	39.16 ± 0.80	39.44 ± 0.39	40.34 ± 0.52	40.27 ± 0.87
リノール酸	C18:2n-6	16.89 ± 0.62	17.52 ± 0.52	16.83 ± 0.30	16.58 ± 0.36	16.81 ± 0.42
$\alpha$ -リノレン酸	C18:3n-3	0.83 ± 0.03	0.76 ± 0.02	0.79 ± 0.03	0.77 ± 0.01	0.81 ± 0.02
$\gamma$ -リノレン酸	C18:3n-6	0.18 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.16 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.20 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.15 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.16 ± 0.01 <sup>b</sup>
エイコセン酸	C20:1n-9	0.28 ± 0.01	0.27 ± 0.02	0.30 ± 0.02	0.31 ± 0.01	0.28 ± 0.01
エイコサジエン酸	C20:2n-6	0.17 ± 0.01	0.19 ± 0.01	0.18 ± 0.01	0.19 ± 0.01	0.19 ± 0.01
アラキジン酸	C20:3	0.17 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.20 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.23 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.21 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.21 ± 0.02 <sup>ab</sup>
アラキドン酸	C20:4n-6	1.83 ± 0.16 <sup>b</sup>	2.21 ± 0.14 <sup>ab</sup>	2.66 ± 0.23 <sup>a</sup>	2.68 ± 0.11 <sup>a</sup>	2.18 ± 0.25 <sup>ab</sup>
リグノセリン酸	C24:0	0.19 ± 0.02	0.24 ± 0.03	0.20 ± 0.01	0.23 ± 0.02	0.22 ± 0.03
ドコサヘキサエン酸	C22:6n-6	0.45 ± 0.04	0.52 ± 0.02	0.40 ± 0.02	0.50 ± 0.03	0.46 ± 0.05
未同定		1.00 ± 0.07 <sup>ab</sup>	0.84 ± 0.06 <sup>ab</sup>	1.19 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.79 ± 0.10 <sup>b</sup>	1.02 ± 0.13 <sup>ab</sup>

PO=パーム油; CO=コーン油; AAO=アラキドン酸高含有油  
異符号間に有意差あり(P < 0.05)

表5 「蒸し肉」の官能評価結果

組み合わせ									
PO-CO <sup>1</sup>	PO-AAO1/2 <sup>1</sup>	PO-AAO1/4 <sup>1</sup>	PO-AAO1/8 <sup>1</sup>	CO-AAO1/2 <sup>1</sup>	CO-AAO1/4 <sup>1</sup>	CO-AAO1/8 <sup>1</sup>	AAO1/2-AAO1/4 <sup>1</sup>	AAO1/2-AAO1/8 <sup>1</sup>	AAO1/4-AAO1/8 <sup>1</sup>
0.1	0.0	-0.3	0.3	0.3	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.1
0.0	0.4	0.1	0.1	-0.3	-0.1	-0.1	0.0	0.3	-0.1
-0.1	0.1	-0.1	-0.1	0.1	0.4	0.1	-0.4	0.1	-0.1
0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.4	0.1	-0.3	-0.1	0.4
0.1	-0.1	0.1	-0.3	-0.3	-0.1	-0.3	-0.1	0.4	0.0
-0.1	0.8	0.0	0.1	0.4	-0.3	0.1	-0.5	0	0.1
0.3	0.5	0.0	0.0	0.3	-0.3	0.0	-0.4	-0.3	0.0
0.0	0.6	0.0	0.4	-0.3	0.1	0.1	-0.1	-0.1	-0.3
0.1	-0.4	0.1	-0.4	0.3	0.3	0.4	-0.5	-0.5*	-0.3
0.0	0.1	0.0	-0.4	-0.3	0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0
0.3	0.50	-0.1	0.0	0.6	-0.5	0.1	-0.4	-0.1	0.1

<sup>1</sup>左側のサンプルのスコアを0としたときの右側のサンプルのスコアの平均値

\* P < 0.05

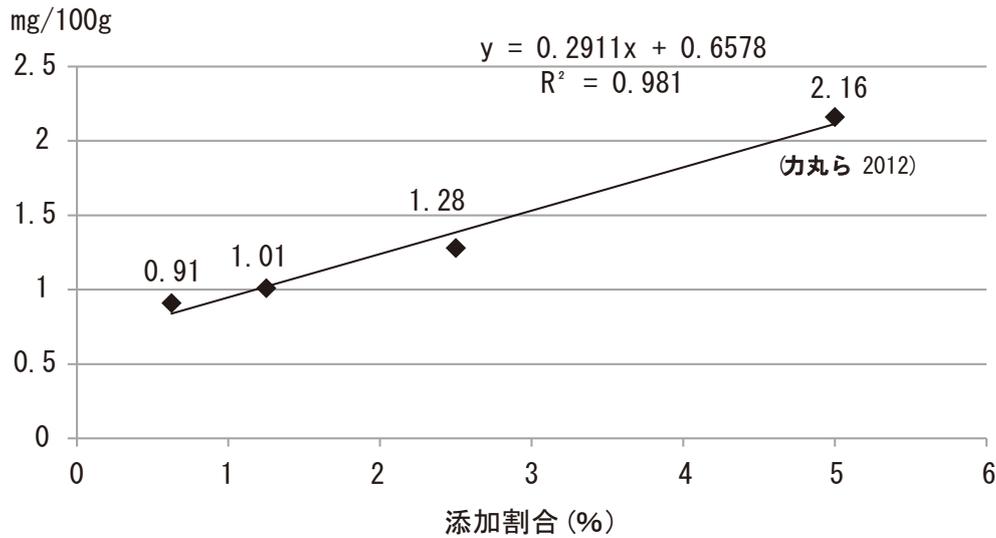


図1 アラキドン酸高含有油の添加割合とモモ肉中のアラキドン酸含量の関係

合わせについては有意な差は認められなかった。アラキドン酸高含有油の添加割合とモモ肉中のアラキドン酸含量の関係を図1に示した。回帰直線分析は正の相関 $y=0.6578+0.2911x$  ( $R^2=0.981$ )を示し、肉中のAA含量はAAO添加の割合の増加とともに直線的に増加した。

#### 考 察

ヒトでは甘味、酸味、塩味、苦味、そしてうま味の存在が広く認知されている。最近の研究から、油脂が味覚に関与していることが示唆されている (Chaudhari と Roper2010)。飼料中の脂肪は、味覚刺激に影響しないトリグリセリドの形であるが、舌の表面における脂肪センサーによって検出が可能となるのに十分な遊離脂肪酸を生成する (Kawai と Fushiki2003)。

ヒト、ネズミ、ラットでは、遊離脂肪酸の味覚への変換メカニズムが報告されている。例えば、遊離脂肪酸の選択に敏感に反応する遅延整流性 $K^+$ チャンネルがラット茸状乳頭から遊離した味覚受容体細胞で特定されている (Gilbertson ら 1997)。

CD36ならびにGタンパク質共役受容体 (GPR120とGPR40)は、近年、遊離脂肪酸味受容体として特定されている (Laugerette ら 2005; Cartoni ら 2010)。Laugeretteら (2005)は、CD36はマウス味蓄におけるいくつかのタイプII (甘味、苦味、うま味) 受容体細胞で発現することを報告している。Cartoni ら (2010)は、GPR120とGPR40は主にタイプIIおよびタイプI細胞で発現することを報告している。これらの結果は、味の受容体分布に基づき遊離脂肪酸が塩味、甘味、苦味、うま味の味覚感知に影響するかもしれないことを示唆している。一方、Oikeら (2006)は、AAはタイプII受容体細胞中で甘味、苦味、うま味の味覚伝導路に位置するTRPM5陽イオンチャンネルを活性化させることを報告している。

TRPM5が欠損したマウスは、甘味物質に対してなめる反応がなく、甘味とうま味物質に対する選択比率が減少し、苦味物質に対して反応の減少を示す (Damak ら 2006)。これらの結果は、AAがTRPM5チャンネルを調節することによってタイプII受容体細胞中で直接、味覚感知に影響してい

るかもしれないことを示唆している。

我々は以前に、AAOを配合飼料に5%添加することによって、鶏肉のおいしさが向上することを報告した(力丸ら2012)。この結果は、AAがTRPM5チャンネルを通して直接、甘味、苦味、うま味の味覚感知に影響するかもしれないという仮説とよく一致している。本研究の結果は、比内地鶏のモモ肉中のAA含量が飼料中のAAO割合と正比例の関係にあり、飼料へAAOを添加することによって、AA含量が直線的に増加することを示唆している。しかしながら、今回の官能評価では、AAO1/2区はPO区やCO区よりうま味の強さ、こく味の強さ、全体の好ましさにおいて高い数値を示したが、AAO1/2区とAAO1/8区の素材の風味の強さ以外に有意な差は認められなかった。この原因として、試験区間ではAA含量に有意な差が認められるものの、PO区やCO区のAA割合がそれぞれ1.83%と2.21%と通常の比内地鶏とほとんど変わらない(力丸ら2011)ことから、官能評価では差が認められなかったと考えられる。

以上の結果から、飼料へAAOを添加することによって、鶏肉中のAA含量を調節できることが示唆された。AAOの添加に要するコストは現時点では単価が高いこと、比内地鶏ではもともと肉中のAA含量や割合が高いことから、配合飼料へAAOをわざわざ添加する必要はないと考えられる。しかしながら、肉中のAA割合が少ない肉用鶏では、配合飼料へのAAO添加は肉質の向上に有効な手法になりうると考えられる。

#### 謝 辞

本研究は、株式会社J-オイルミルズの助成によるものです。

#### 文 献

Association of Official Analytical Chemists. Fat "crude" or ether extract in meat. 1990. Pages 931-932 in Official Methods of Analysis of the

Association of Official Analytical Chemists (#960. 39). AOAC, Washington, DC. USA.

Brash AR. 2001. Arachidonic acid as a bioactive molecule. *The Journal of Clinical Investigation* 107, 1339-1345.

Cartoni C, Yasumatsu K, Ohkuri T, Shigemura N, Yoshida R, Godinot N, leCoutre J, Ninomiya Y and Damak S. 2010. Taste preference for fatty acids is mediated by GPR40 and GPR120. *The Journal of Neuroscience* 30, 8376-8382.

Chaudhari N and Roper SD. 2010. The cell biology of taste. *The Journal of Cell Biology* 190, 285-296.

Damak S, Rong M, Yasumatsu K, Kokrashvili Z, Perez CA, Shigemura N, Yoshida R, Mosinger Jr, B, Glendinning JI, Ninomiya Y and Margolskee RF. 2006. Trpm5 null mice respond to bitter, sweet, and umami compounds. *Chemical Senses* 31, 253-264.

動物実験の適正な実施に向けたガイドライン. 2006. 日本学術会議. 東京.

Fujimura S, Muramoto T, Katsukawa M, Hatano T and Ishibashi T. 1994. Chemical analysis and sensory evaluation of free amino acids and 5'-inosinic acid in meat of Hinai-dori, Japanese native chicken : Comparison with broilers and layer pullets. *Animal Science Technology* 65, 610-618.

Fujimura S, Koga H, Takeda H, Tone N, Kadowaki M and Ishibashi T. 1996. Chemical compositions of pectoral meat of Japanese native chicken, Hinai-jidori, and broiler of the same and marketing age. *Animal Science and Technology* 67:541-548.

比内鶏の発育形質関連QTL解明とその検証(第2報)  
 —比内鶏F<sub>2</sub>家系集団におけるコレシストキニンA受容体遺伝子の  
 ハプロタイプと発育形質との関連性—

力丸宗弘・小松 恵・上本吉伸<sup>\*1</sup>・武田尚人<sup>\*2</sup>・鈴木啓一<sup>\*3</sup>・高橋秀彰<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup>独立行政法人家畜改良センター

<sup>\*2</sup>独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構畜産草地研究所

<sup>\*3</sup>東北大学大学院農学研究科

要 約

我々は、発育が異なる比内鶏系統個体を交配して作出したF<sub>2</sub>家系集団の量的形質遺伝子座(QTL)解析を行い、第4番染色体のMCW0240-ABR0622間に体重と平均日増体重のQTLを検出した。コレシストキニンA受容体遺伝子(CCKAR)は、その領域における発育形質に影響する候補遺伝子である。本研究では、比内鶏F<sub>2</sub>家系集団におけるCCKAR遺伝子のハプロタイプと発育形質との関連性について調査を行った。P世代全個体を対象として、CCKAR遺伝子の全5つのエクソン領域を含む塩基配列をPCRダイレクトシーケンス法によって決定し、F<sub>2</sub>家系集団に出現するCCKAR遺伝子のハプロタイプを同定した。次に、ミスマッチ増幅変異アッセイ法によって、F<sub>2</sub>家系集団各個体のディプロタイプを識別した。その結果、5つのハプロタイプ(ハプロタイプ1-5)が同定された。3つのハプロタイプ(ハプロタイプ-1, 3, 4)の組み合わせから得られた6つの遺伝子型について、CCKAR遺伝子のハプロタイプと発育形質との関連性について調査を行った結果、ハプロタイプ-1は10および14週齢体重、4-10および10-14週齢平均日増体重において、ハプロタイプ-3より有意に優れていた。以上の結果から、CCKAR遺伝子のハプロタイプは、比内鶏の発育形質改良のための選抜指標として有効であることが示唆された。

緒 言

経済的に重要な形質へ有意な影響を及ぼす量的形質遺伝子座(QTL)の候補遺伝子の同定や利用は、家畜育種においてますます重要になってきている。QTLを探索するための方法として、交配集団の連鎖地図に基づいたポジショナルクローニング法と候補遺伝子を用いたファンクショナルクローニング法の2つがある(Andersson2001)。ポジショナルクローニング法は、DNAマーカーと表現値の2つの情報から表現型に影響を与えるQTLを染色体上に位置付け、効果を推定する方法である。候補遺伝子を用いたファンクショナルクロー

ニングは、これまでの生理学分野での研究結果から候補遺伝子としてすでに報告されている遺伝子について、その遺伝子内のDNA変異と表現型との関連性を調査する方法である。

ニワトリでは、これまで体重などの発育形質に関するQTLマッピングが広く研究されている(Abashtら2006; Huら2007)。また、第1番染色体上の*thyroid hormone responsive spot 14 α* (Caoら2007)や*PIT1* (*pituitary-specific positive transcription factor 1*) (Nieら2008); 第2番染色体上の*IGFBP* (*insulin-like growth factor binding protein*) 1, 3 (Quら2009); 第3番染色体上の*ODC*

(*ornithine decarboxylase*) (Uemotoら. 2011); 第5番染色体上の*calpain3* (Zhangら2009); 第7番染色体上の*IGFBP2* (Leiら2005; Liら2006; Lengら2009); 第9番染色体上の*GHSR* (*growth hormone secretagogue receptor*) (Fangら 2010); 第10番染色体上の*IGF* (*insulin-like growth factor*) 1 (Leiら2008)のような候補遺伝子と発育形質との関連性が数多く調査されている。

前報において、発育が異なる比内鶏2系統を交配し、作出したF<sub>2</sub>家系集団についてQTL解析を行った結果、10と14週齢体重および4-10週齢と10-14週齢の平均日増体重に影響を与えるhighly significant QTLが第1番染色体上の*ADL0198* (*chr1:171.7 Mb*)と*ABR0287* (*chr1:173.4 Mb*)間と第4番染色体上の*MCW0240* (*chr4:69.9 Mb*)と*ABR0622* (*chr4:86.3 Mb*)間の共通領域に検出された(力丸ら2013)。Ankra-Baduら(2010)は発育が異なる方向に選抜されてきたプロイラーの系統間交配についてQTL解析を行い、比内鶏の系統間交配で検出されたQTL領域と重なる領域に発育形質に影響を与えるhighly significant QTLを*LEI0073*と*MCW0240* (*chr4:69.9-88.4 Mb*)間に検出している。発育形質への遺伝子の直接的な関与はまだ解明されていないものの、Ankra-Baduら(2010)は*MCW0240*と*LEI0073*間における発育形質の候補遺伝子として、コレシストキニンA受容体(*Cholecystokinin type A receptor*) (*CCKAR*) (*chr4:75.6 Mb*), *PPAR-γ* (*peroxisome proliferator-activated receptor gamma, coactivator 1 alpha*) (*chr4:76.6 Mb*), *SOD3* (*Extracellular superoxide dismutase 3*) (*chr4:76.2 Mb*), *C1QTNF7* (*c1q and tumor necrosis factor-related protein 7*) (*chr4:79.7 Mb*), *FGFBP1* (*fibroblast growth factor binding protein 1*) および *FGFBP2* (*chr4:79.5 Mb*) を挙げている。さらに、Rubinら(2010)は他の候補遺伝子として*TBC1* (*tre-2/USP6, BUB2, cdc16 domain family, member 1*) (*chr4:71.8 Mb*)と発育形質と

の関連性を報告している。第4番染色体上の発育形質の候補遺伝子のうち、我々は*CCKAR*遺伝子に着目した。なぜなら、比内鶏の系統間交配による解析によって、第4番染色体上のQTL領域のピーク直下に*CCKAR*遺伝子が特定され、それはヒトの肥満の候補遺伝子(Aryaら2004)であるからである。そこで本研究では、比内鶏のF<sub>2</sub>家系集団における*CCKAR*遺伝子のDNA多型および発育形質との関連性について調査を行った。

## 材料と方法

### 1. F<sub>2</sub>資源家系および表型値の測定

3羽の保存会の雄と9羽の秋田畜試の雌を用いて1~3羽の雌を無作為にそれぞれの雄に交配し、F<sub>1</sub>集団を作出した。F<sub>1</sub>集団の雄17羽と雌60羽を全兄弟交配し、206羽の雄と212羽の雌からなる合計418羽のF<sub>2</sub>家系集団を作出した。F<sub>2</sub>家系集団は同じ日にふ化した後、同一鶏舎で飼育し、試験期間を通して同一飼料を給与した。体重は4, 10, 14週齢に測定した。0-4, 4-10, 10-14週齢における平均日増体重は、各週齢における体重から算出した。

### 2. CCKARハプロタイプの同定

本研究では、カリフォルニア大学の利用可能なニワトリゲノムのドラフトシーケンス、Santa Cruz (UCSC) Genome Browser (2006) および Ensembl Genome Browser (2006) を用いた。F<sub>2</sub>家系集団における遺伝子の塩基配列の違いを決定するため、ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)増幅、ダイレクトシーケンスにより、親個体における*CCKAR*遺伝子の5つのエクソンについて塩基配列を決定した。F<sub>2</sub>家系集団の各ゲノムDNAは、DNA抽出キット(セパジーン:三光純薬, 東京)を用いて抽出した。*CCKAR*遺伝子の5つのエクソンを増幅するために5つのPCRプライマーを設計し、PCRを行った(表1)。反応液(15-μL)は、各プライマー(10

pmol), 1×Buffer for KOD-Plus-(東洋紡, 東京), dNTP(200 μmol/L; 東洋紡), MgSO<sub>4</sub>(1.2 mmol/L; 東洋紡), 0.125UのKOD-Plus-(KOD-201;東洋紡), 上記のDNA10 ngを混合することにより調整した. PCR反応は96-wellプレートでサーマルサイクラー(iCyclerサーマルサイクラー: バイオ・ラッドラボラトリーズ株式会社, ハーキュリーズ, カリフォルニア, アメリカ)を用いて行った. PCRサイクルは, 94°Cにて2分間の熱変性後, 熱変性(94°C, 15秒間), アニーリング60°C(エクソン1), 54.5°C(エクソン2), 57°C(エクソン3, 4, 5)30秒, 伸長反応(68°C, 60秒間)のサイクルを30回行い, 最後に68°Cにて9分30秒間伸長反応を行った. PCR産物は, High Pure 96 UFCleanup Plates(ロシュ・ダイアグノスティックス株式会社, マンハイム, ドイツ)を用いて精製し, BigDye Terminator Cycle Sequencing FS ReadyReactionkit(パーキンエルマーアプライドバイオシステムズ, フォスターシティ, カリフォルニア, アメリカ)を用いてサイクルシーケンシングを行った. PCR増幅には同じプライマーを用いた. シークエンシングは両方向行い, それぞれのシーケンシング産物についてDNAシーケンサー(モデル3100: パーキンエルマーアプライドバイオシステムズ)を用いて解析し, F<sub>2</sub>家系集団における親個体のCCKAR遺伝子のハプロタイプを同定した.

### 3. 統計解析

発育形質に対するハプロタイプ効果を評価するために混合遺伝モデルを用いた. Qxpakソフトウェア(Pérez-Enciso と Misztal2004)のld\_fixオプションによるハプロタイプ解析を行った. F<sub>2</sub>家系集団においてハプロタイプ2を持つ個体は全く検出されなかったこと, また, ハプロタイプ5はF<sub>2</sub>家系集団では1個体しか存在しなかったため解析から除いた. そのため, 本研究では, 3つのハプロタイプを用いて解析を行った. 各形質のモデル式は以下の通りである.

$$y_i = sex_j + \sum_{k=1}^3 \sum_{h=1}^2 \lambda_{ikh} g_k + u_i + e_i$$

ここで,  $y_i$ は各形質について個体*i*の表型値,  $Sex_j$ は性*j*(雄および雌)の母数効果,  $\lambda_{ikh}$ は0および1からなる指示変数であり, 個体*i*のアレル*h*( $h = 1, 2$ )がハプロタイプ*k*( $k = 1 \sim 3$ )である場合に1となりそれ以外の場合は0,  $g_k$ はハプロタイプ*k*の相加的遺伝子効果,  $u_i$ は変量効果として共分散行列 $\mathbf{A}\sigma_u^2$ に従うポリジーン効果( $\mathbf{A}$ は分子血縁行列),  $e_i$ は残差効果である. 本研究では, 分子血縁係数行列を作成するために基礎集団の血統までさかのぼり, 合計520羽を解析に用いた. ハプロタイプ効果を含むおよびハプロタイプ効果を除いたモデル式のそれぞれから求めた尤度により算出

表1 コレシストキニンA受容体遺伝子における5つのエクソンの増幅プライマー

エクソン	フォワードプライマー (5' → 3')	リバースプライマー (5' → 3')	サイズ (bp)
エクソン 1	TATCACTCTCATCACTCACCG	TTTCTCATCCTAACTTATCAGCA	702
エクソン 2	AAAACATAAAACCAGGCAGGC	TGTTCAATAGCAGATAGAAAAAA	464
エクソン 3	CAGGAGTATCAGCACGGAGA	CAAGGCAAACATTGTAAAAG	663
エクソン 4	CTCCTCCAACCCTCCAGTAG	AACGGAATCACCTCAGTCAA	485
エクソン 5	GAACAAACAGTGTCTTCCGT	ACCAGATGATGTCCACTTGA	829

した。この尤度比は自由度3の $\chi^2$ 分布に従うことから、 $\chi^2$ 検定によりP値を得た。

モデル式によって説明される全分散に占めるハプロタイプ効果の分散の割合は以下の式となる。

$$\text{haplotype variance} = (R\_var - F\_var) / R\_var \times 100$$

ここで、R\_varはモデル式よりハプロタイプ効果を除いたモデルでの残差分散、F\_varはモデル式より得られる残差分散を示す。

### 結 果

シーケンシングの結果、11個の一塩基多型(SNPs)がニワトリゲノムのドラフトシーケンスに対応する領域と異なり、5つのハプロタイプ(ハプロタイプ1-5)が親個体で同定された(表2)。

5つのハプロタイプの塩基配列は日本のDNAデータバンク(DDBJ)で以下のアクセシオン番号に登録されている(AB604331, AB604332, AB604333, AB604334, AB604335)。F<sub>2</sub>家系集団において、これらのハプロタイプから15の異なる遺伝子型(1/1, 2/2, 3/3, 4/4, 5/5, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 2/3, 2/4, 2/5, 3/4, 3/5, 4/5)が分離される可能性が示唆された。したがって、Chaら(1992)によって述べられているように15の遺伝子型を識別するためにミスマッチ増幅変異アッセイ(MAMA)PCRプロトコルを開発した。次にCCKAR遺伝子のハプロタイプを識別するために6つのPCRプライマーを設計し、表3に示したようにPCRと遺伝子解析を行った。

15個の予想される遺伝子型のうち、7個(1/1, 1/3, 1/4, 1/5, 3/3, 3/4, 4/4)がF<sub>2</sub>個体で検出された。ハプロタイプ2を示すF<sub>1</sub>個体はF<sub>2</sub>家系集団で偶然選ばれなかったため、F<sub>2</sub>家系集団においてハプロタイプ2を持つ個体は全く検出されなかった。さらに、1/5個体は1羽だけしか検出されなかったため、この個体は統計解析から除外した。

表4に3つのCCKAR遺伝子のハプロタイプ(ハプロタイプ1, 3, 4)と発育形質との関連性を示した。これら3つのハプロタイプと発育形質(10, 14週齢体重, 4-10, 10-14, 0-14週齢平均日増体重)との間に有意な関連性が認められ、ハプロタイプ1はハプロタイプ3および4より優れていた。また、ハプロタイプが全表型分散に占める割合は7.2-12.0%であった。

### 考 察

コレシストキニン(CCK)は、食欲の調節に関与する消化管ペプチドである(Gibbsら1973)。哺乳類では、CCKは胃内容物の排出を抑制するとともに、胆嚢収縮を促進し、膵酵素と重炭酸塩の分泌を増加させる。また、胃酸の分泌を抑制し、空腹を遅らせ、食物摂取量を減少させる(Gibbsら1973; Kissileffら1981)。CCKの2つのGタンパク質共役受容体はCCKAR(Sankaranら1980)とコレシストキニンタイプB受容体(CCKBR; InnisとSnyder1980)として同定されている。CCKARは消化管、CCKBRは脳に主に分布するが、両方の受容体サブタイプは中枢神経系と腸に分布する。

表2 F<sub>2</sub>家系集団における親個体の遺伝子型

個体	数	遺伝子型
雄親	1	3/5
	2	3/4
	3	3/4
雌親	1	1/2
	2	1/1
	3	1/1
	4	1/1
	5	1/1
	6	1/1
	7	1/1
	8	1/1
	9	1/1

表3 ミスマッチ増幅変異アッセイ法に用いたPCRプライマー

プライマーセット	プライマー (5'→3')	サイズ (bp)	ターゲットポジション (AB214534; Ohkubo, 2005)	PCR増幅ハプロタイプ				
				1	2	3	4	5
CCKAR-220-145	CCCAACAGTAGGCCAGTAACA GGTGAAGTAAGCTCTTTAAC <sub>a</sub> At	190	g 220. A > G	+	-	-	+	+
CCKAR-220-23	CCCAACAGTAGGCCAGTAACA GGTGAAGTAAGCTCTTTAAC <sub>a</sub> Ac	190	g 220. A > G	-	+	+	-	-
CCKAR-767-125	GAGcGTGTCTACATTCAAC <sub>a</sub> Tc GTTGGCTGTGCTGTTGTTGT	208	g 767. T > C	+	+	-	-	+
CCKAR-749-34	CTATGTGCAGGTATCTCTGTG <sub>c</sub> Gt GTTGGCTGTGCTGTTGTTGT	228	g 749. T > C	-	-	+	+	-
CCKAR-1547-1	GCTGC <sub>a</sub> CTAAGCAGAA <sub>a</sub> GaCa CCACTTGTAGCCCCTTCTGA	151	g 1547. G > A	+	-	-	-	-
CCKAR-1547-2345	CTGC <sub>c</sub> CTAAGCAGAA <sub>a</sub> GaCg CCACTTGTAGCCCCTTCTGA	187	g 1547. G > A	-	+	+	+	+

小文字のアンダーラインで示した箇所は、誘導されるミスマッチを表す。3' - 末端の小文字で示した部分は、目的とする一塩基多型を表す。それぞれのプライマーセットがPCRによって増幅可能、不可能なハプロタイプは、それぞれ「+」または「-」として示す。

表4 F2家系集団における発育形質の表型値およびコレシストキニンA受容体遺伝子ハプロタイプの影響

形質	個体数	表型値			ハプロタイプ			分散		
		平均値 ± 標準偏差	LRT	P値	ハプロタイプ1	ハプロタイプ3	ハプロタイプ4	Rvar	Fvar	(Rvar-Fvar)/Rvar (%)
4週齢体重 (g)	417*	231.1 ± 38.3	1.5	n.s.	-	-	-	-	-	-
10週齢体重 (g)	418	960.6 ± 163.5	36.6	$5.7 \times 10^{-8}$	547.9 ± 17.0	496.8 ± 18.2	502.7 ± 18.9	16554.7	15325.1	7.4
14週齢体重 (g)	418	1,466.9 ± 260.7	57.7	$1.9 \times 10^{-12}$	867.1 ± 23.2	779.2 ± 24.8	790.0 ± 25.7	31852.9	28021.5	12.0
0-4週齢平均日増体重 (g/日)	417*	5.2 ± 1.0	1.5	n.s.	-	-	-	-	-	-
4-10週齢平均日増体重 (g/日)	417*	17.4 ± 3.3	46.5	$4.4 \times 10^{-10}$	10.1 ± 0.3	9.0 ± 0.4	9.0 ± 0.4	6.8	6.2	9.4
10-14週齢平均日増体重 (g/日)	418	18.1 ± 4.4	50.1	$7.5 \times 10^{-11}$	11.4 ± 0.2	10.1 ± 0.3	10.2 ± 0.3	7.1	6.3	11.5
0-14週齢平均日増体重 (g/日)	418	14.6 ± 2.7	57.5	$2.2 \times 10^{-12}$	8.7 ± 0.2	7.8 ± 0.3	7.9 ± 0.3	3.3	2.9	12.0

LRT: 対数尤度比, n. s. 有意差なし

Rvar: ハプロタイプ効果を除いた性とポリジーン効果を含むモデルでの残差分散, Fvar: 性、ハプロタイプ、ポリジーン効果を含んだモデルでの残差分散

\* 4週齢体重と0-4、4-10週齢平均日増体重 (g/日)は、1個体データ不足による。

CCK, CCKAR, CCKBRの機能は鳥類や哺乳類で広く研究されている。例えば、CCKの静脈注射はニワトリの食物摂取量を抑制する (Savory と Gentle, 1980)。また、CCKはニワトリの腸運動 (Rodríguez-Sinovas ら 1997; Martin ら 1995; Martinez ら 1995)、胆嚢の胆汁の流れ (Duke ら

1987)を調節する。さらに、CCKはニワトリとアヒルの膵臓からアミラーゼ分泌を刺激する (Satoh ら 1994; Xiao と Cui 2004)。近年、Ohkuboら (2007)は、CCKARのmRNAは、前胃と砂嚢を除き、主に消化管に分布するが、CCKBRのmRNAは主に脳に存在することを報告している。

これらの研究は、CCK, CCKAR, CCKBRが哺乳類と同様に鳥類の食欲調節に重要な役割を果たしていることを示唆している。

これらの3つの遺伝子の作用を研究するためにCCK, CCKAR, CCKBR遺伝子ノックアウトマウスが作出されている(Robinsonら2000)。しかしながら、飽満へのCCKの影響が立証されているにもかかわらず、3頭のノックアウトマウスは全て成長し、正常な体重を示す。対照的に、遺伝子突然変異(Miyasakaら1994)のためにCCKAR遺伝子を欠くOtsuka Long Evans Tokushima Fatty (OLETF)ラットはコントロール(Long Evans Tokushima Otsuka)ラットより出生後1日目から大きくなるまで体重が重い(Schroederら2006)。CCKAR遺伝子ノックアウトマウスとOLETFラットとの表現型における違いは、CCKAR遺伝子の欠損が生理学的変化に影響を及ぼす種間差によるものかもしれない。

本研究では、CCKAR遺伝子がノックアウトされていないので、タンパク質配列によるハプロタイプと発育形質との関連性について説明することはできない。さらに、CCKAR遺伝子のコード領域に検出されたSNPsによるアミノ酸配列の違いは認められなかった。よって、CCKAR遺伝子のタンパク質は機能上正常であり、今のところ、CCKAR遺伝子のハプロタイプに何か機能的意義があるかどうかは不明である。本研究で検出された関連は、直接これらの形質の調節にかかわるハプロタイプと別の連鎖遺伝子との間の連鎖不平衡によって引き起こされる可能性も考えられる。

CCKAR遺伝子のハプロタイプと発育形質との関連性を説明する1つの可能性として、CCKAR遺伝子の5'非翻訳領域(5' UTR)におけるSNPがCCKAR遺伝子の発現調節に関与している可能性が考えられる。実際、CCKAR遺伝子の5' UTRにおける推定YY1結合部位(TCTTC(C/A)TAG)(ParkとAtchison1991; Shiら1991)に対応し

たSNPが第4番染色体上のドラフトシーケンスマップ(2006 assembly)(AB604331:g.420C>A)75630198bpに検出された。g.420C>Aにおいてハプロタイプ1のSNPはAアリルであったが、ハプロタイプ3および4、ニワトリゲノムのドラフトシーケンスではCアリルであった。これまでブロイラー、レイヤー、烏骨鶏について、このSNPは報告されていない(Ensembl Genome Browser 2004)。

YY1はプロモーターに依存する転写活性化因子、抑制体、転写開始要素結合タンパク質として機能する亜鉛フィンガータンパク質である(ShrivastavaとCalame1994)。Houstonら(2006)はブタのCCKAR遺伝子の5' UTRにおけるYY1結合部位のSNPが飼料摂取量や発育に影響することを報告している。このメカニズムはHoustonら(2006)によって推察されているものと同様であり、ブタとニワトリとの種間差に関係がないと考えられる。しかしながら、各SNPが遺伝子発現調節に及ぼす影響を解明するためには、今後更なる研究が必要である。

以上の結果から、発育が異なる比内鶏の系統間交配により作出されたF<sub>2</sub>家系集団において、CCKAR遺伝子のハプロタイプと発育形質に有意な関連性が認められ、CCKAR遺伝子のハプロタイプが比内鶏の発育形質改良のための選抜指標として有効であることが確認された。

## 謝 辞

本研究は「動物ゲノムを活用した新市場創出のための技術開発(動物ゲノム情報を活用した新市場創造のための研究)」委託事業によるものです。

## 引用文献

Abasht B, Dekkers JCM, Lamont SJ. 2006. Review of quantitative trait loci identified in the chicken. Poultry Science 85, 2079-2096.

- Ankra-Badu GA, Le Bihan-Duval E, Mignon-Grasteau S, Pitel F, Beaumont C, Duclos MJ, Simon J, Carré W, Porter TE, Vignal A, Cogburn LA, Aggrey SE. 2010. Mapping QTL for growth and shank traits in chickens divergently selected for high or low body weight. *Animal Genetics* 41, 400-405.
- Andersson L. 2001. Genetic dissection of phenotypic diversity in farm animals. *Nature Reviews Genetics* 2, 130-138.
- Arya R, Duggirala R, Jenkinson CP, Almasy L, Blangero J, O'Connell P, Stern MP. 2004. Evidence of a novel quantitative-trait locus for obesity on chromosome 4p in Mexican Americans. *The American Journal of Human Genetics* 74, 272-282.
- Cao ZP, Wang SZ, Wang QG, Wang YX, Li H. 2007. Association of spot14 $\alpha$  gene polymorphisms with body weight in the chicken. *Poultry Science* 86, 1873-1880.
- Cha RS, Zarbl H, Keohavong P, Thilly WG. 1992. Mismatch amplification mutation assay (MAMA): application to the c-H-ras gene. *PCR Methods and Applications* 2, 14-20.
- Duke GE, Larntz K, Hunter H. 1987. The influence of cholecystokinin, vasoactive intestinal peptide and secretin on pancreatic and biliary secretion in laying hens. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Pharmacology* 86, 97-102.
- Ensembl Genome Browser. European Bioinformatics Institute, UK. <http://uswest.ensembl.org/index.html>. 2004.
- Fang M, Nie Q, Luo C, Zhang D, Zhang X. 2010. Associations of GHSR gene polymorphisms with chicken growth and carcass traits. *Molecular Biology Reports* 37, 423-428.
- Gibbs J, Young RC, Smith GP. 1973. Cholecystokinin decreases food intake in rats. *Journal of Comparative and Physiological Psychology* 84, 488-495.
- Houston RD, Haley CS, Archibald AL, Cameron ND, Plastow GS, Rance KA. 2006. A polymorphism in the 5'-untranslated region of the porcine cholecystokinin type A receptor gene affects feed intake and growth. *Genetics* 174, 1555-1563.
- Hu ZL, Fritz ER, Reecy JM. 2007. AnimalQTLdb: a livestock QTL database tool set for positional QTL information mining and beyond. *Nucleic Acids Research* 35, 604-609.
- Innis RB, Snyder SH. 1980. Distinct cholecystokinin receptors in brain and pancreas. : *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 77, 6917-6921.
- Kissileff HR, Pi-Sunyer FX, Thornton J, Smith GP. 1981. C-terminal octapeptide of cholecystokinin decreases food intake in man. *The American Journal of Clinical Nutrition* 34, 154-160.
- Lei M, Peng X, Zhou M, Luo C, Nie Q, Zhang X. 2008. Polymorphisms of the IGF1R gene and their genetic effects on chicken early growth and carcass traits. *BMC Genetics* 9, 70.
- Lei MM, Nie QH, Peng X, Zhang DX, Zhang XQ. 2005. Single nucleotide polymorphisms of the chicken insulin-like factor binding protein 2 gene associated with chicken growth and carcass traits. *Poultry Science* 84, 1191-1198.
- Leng L, Wang S, Li Z, Wang Q, Li H. 2009. A polymorphism in the 3' -flanking region of insulin-like growth factor binding protein 2 gene associated with abdominal fat in chickens. *Poultry Science* 88, 938-942.
- Li ZH, Li H, Zhang H, Wang SZ, Wang QG, Wang YX. 2006. Identification of a single nucleotide polymorphism of the insulin-like growth factor binding protein 2 gene and its association with

- growth and body composition traits in the chicken. *Journal of Animal Science* 84, 2902-2906.
- Martin MT, Fernández E, Rodríguez-Sinovas A, Goñalons E. 1995. Effects of cholecystokinin on chicken cecal motility: mechanisms involved. *Life Sciences* 56, 601-610.
- Martinez V, Jiménez M, Goñalons E, Vergara P. 1995. Modulation of the migrating myoelectric complexes by cholecystokinin and gastrin in the gastrointestinal tract of chickens. *Poultry Science* 74, 563-576.
- Miyasaka K, Kanai S, Ohta M, Kawanami T, Kono A, Funakoshi A. 1994. Lack of satiety effect of cholecystokinin (CCK) in a new rat model not expressing the *CCKAR* receptor gene. *Neuroscience Letters* 180, 143-146.
- Nie Q, Fang M, Xie L, Zhou M, Liang Z, Luo Z, Wang G, Bi W, Liang C, Zhang W, Zhang X. 2008. The *PIT1* gene polymorphisms were associated with chicken growth traits. *BMC Genetics* 9, 20.
- Ohkubo T, Shamoto K, Ogino T, 2007. Structure and tissue distribution of cholecystokinin-1 receptor in chicken. *Journal of Poultry Science* 44, 98-104.
- Park K and Atchison M. 1991. Isolation of a candidate receptor/activator, NF-E1(YY-1,  $\delta$ ), that bind to the immunoglobulin k 3' enhancer immunoglobulin heavy-chain  $\mu$  E1 site. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 88, 9804-9808.
- And the Pérez-Enciso M, Misztal. I. 2004. Qxpak: a versatile mixed model application for genetical genomics and QTL analyses. *Bioinformatics* 20, 2792-2798.
- Qu JT, Tang SQ, Sun DX, Zhang Y. 2009. Polymorphisms of three neuroendocrine-correlated genes associated with growth and reproductive traits in the chicken. *Poultry Science* 88, 722-727.
- 力丸宗弘, 佐々木修, 小出水規行, 小松恵, 高橋大希, 鈴木啓一, 高橋秀彰. 2013. 比内鶏の発育形質関連QTL解明とその検証 (第1報) - 比内鶏の発育形質に関するQTL解析 -. 秋田県畜産試験場研究報告 27, 27-33.
- Robinson SW, Dinulescu DM, Cone RD. 2000. Genetic models of obesity and energy balance in the mouse. *Annual Review of Genetics* 34, 687-745.
- Rodríguez-Sinovas A, Fernandez E, Manteca X, Fernández AG, Goñalons E. 1997. CCK is involved in both peripheral and central mechanisms controlling food intake in chickens. *The American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 272, R334-340.
- Rubin CJ, Zody MC, Eriksson J, Meadows JR, Sherwood E, Webster MT, Jiang L, Ingman M, Sharpe T, Ka S, Hallböök F, Besnier F, Carlborg O, Bed'hom B, Tixier-Boichard M, Jensen P, Siegel P, Lindblad-Toh K, Andersson L. 2010. Whole-genome resequencing reveals loci under selection during chicken domestication. *Nature* 464, 587-591.
- Sankaran H, Goldfine ID, Deveney CW, Wong KY, Williams JA. 1980. Binding of cholecystokinin to high affinity receptors on isolated rat pancreatic acini. *The Journal of Biological Chemistry* 255, 1849-1853.
- Satoh S, Furuse M, Choi YH, Okumura J. 1994. Cholecystokinin is not a major regulator in the digestive system in the chicken. *Cellular and Molecular Life Sciences* 50, 812-814.
- Savory CJ and Gentle MJ. 1980. Intravenous injections of cholecystokinin and caerulein suppress food intake in domestic fowls. *Experientia* 36, 1191-1192.
- Schroeder M, Zagoory-Sharon O, Lavi-Avnon Y, Moran TH, Weller A. 2006. Weight gain and maternal behavior in CCK1 deficient rats. *Physiology and Behavior* 89, 402-409.

- Shi Y, Seto E, Chang LS, and Shenk T. 1991. Transcriptional repression by YY1, a human GLI-kruippel-protein, and relief of repression by adenovirus E1A protein. *Cell* 67, 377-388.
- Shrivastava A, Calame K. 1994. An analysis of genes regulated by the multi-functional transcriptional regulator Yin Yang-1. *Nucleic Acids Research* 22, 5151-5155.
- UCSC Genome Browser Home. University of California, Santa Crus, USA. <http://genome.ucsc.edu/>. 2004.
- Uemoto Y, Sato S, Ohtake T, Sato S, Okumura Y, Kobayashi E. 2011. Ornithine decarboxylase gene is a positional candidate gene affecting growth and carcass traits in F2 intercross chickens. *Poultry Science* 90, 35-41.
- Xiao R and Cui Z J. 2004. Mutual dependence of VIP/PACAP and CCK receptor signaling for a physiological role in duck exocrine pancreatic secretion. *The American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 286, R189-198.
- Zhang ZR, Liu YP, Yao YG, Jiang XS, Du HR, Zhu Q. 2009. Identification and association of the single nucleotide polymorphisms in calpain3 (CAPN3) gene with carcass traits in chickens. *BMC Genetics* 10, 10.

## 比内鶏の14週齢体重における選抜反応と遺伝率の推定

力丸宗弘・高橋大希・小松 恵・佐藤正寛<sup>\*1</sup>・鈴木啓一<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構畜産草地研究所

<sup>\*2</sup> 東北大学大学院農学研究科

### 要 約

14週齢体重を指標として選抜された比内鶏集団における雄728個体、雌1,676個体を用いて、2006年から2010年の5年間における選抜反応を調べるとともに、遺伝率を推定した。4世代にわたる家系内選抜の結果、比内鶏集団の14週齢体重は世代の経過に伴って増加し、その選抜反応は雄が264 g、雌が179 gであった。最終世代における14週齢体重は雄が2,521 g、雌が1,930 gとなり、14週齢体重の世代に対する直線回帰係数はそれぞれ51.8 g/年、35.8 g/年となった。集団全体の育種価の世代に対する直線回帰係数は35.1 g/年となり、有意に増加した( $P < 0.01$ )。REML法による14週齢体重における遺伝率は0.45と推定された。また、体重選抜による他形質に対する悪影響は認められなかった。以上の結果から、比内鶏集団の14週齢体重は今後も選抜による育種改良が可能であると推察された。

### 緒 言

秋田県畜産試験場では、1973年に種卵を導入し、比内鶏の保存を開始するとともに、本県の特産鶏である「比内地鶏」生産の雄種鶏として体重等の能力の改良を図りながら、毎年世代更新を行ってきた。畜産試験場へ導入した当時の比内鶏の180日齢の平均体重は雄で1.93 kg、雌で1.46 kgと小さく(豊住ら1974)、飼料の利用性、産卵性ともに他の種鶏と比較して大幅に劣っていたため、その能力向上のために育種改良を開始した。1989年からは、300日齢体重を改良目標として新たな種鶏群の造成に取り組み、1996年には300日齢の平均体重は雄で3.26 kg、雌で2.44 kgまで改良された(松浦と佐々木1998)。種鶏群造成後は、ニワトリの骨格や筋肉が形成される育雛後期である14週齢体重の表型値を選抜形質とし、引き続き選抜が行われた。その結果、2006年における14週齢の平均体重は雄で2.26 kg、雌で1.75 kgにまで改良された(小松ら2008)。種鶏の改良に伴い、

肉用鶏である比内地鶏の体重も改良され、作出当時の雌の体重は150日齢で1.69 kg(畠山ら1978)であったが、近年の22週齢における雌の体重は2.54 kg(Rikimaruら2009)と約800g改良されている。

ニワトリ集団を育種改良するためには、集団内における各個体の遺伝的能力を正確に推定し、優れた種鶏を選抜することが必要である。そのためには、まず当該集団において改良したい形質における遺伝的パラメーターを推定する必要がある。次に、推定した遺伝的パラメーターを用い、BLUP法により年次と性の母数効果を補正した上で育種価を推定することで、表型選抜よりも効率的な遺伝的改良が期待される。今後、比内鶏における発育の改良をBLUP法によって効率的に進めるためには、発育形質における遺伝的パラメーターを推定しておく必要がある。そこで本研究では、比内鶏におけるこれまでの選抜反応を調べるとともに、さらなる発育形質の向上の可能性を探るため、14

週齢体重における遺伝率を推定することを目的とした。

### 材料と方法

#### 1. 供試材料

当場で系統造成している20家系からなる比内鶏を分析対象とした。解析には、2006年から2010年にふ化した雄728羽、雌1,676羽の14週齢体重の記録を用いた。個体間の血縁情報は、2006年にふ化した世代より2世代さかのぼり、2004年にふ化した雄20羽、雌98羽ならびに2005年にふ化した雄20羽、雌143羽を加え、さらに2006年から2010年にふ化した個体のうち、14週齢体重の記録を持たない雄2羽、雌126羽を加えた。なお、14週齢体重の記録を持たない個体に関しては12週齢体重を選抜形質として利用したが、その割合は記録を持つ個体の6%程度と少ないため、本研究では14週齢体重のみの1形質での解析を行った。

#### 2. 飼養管理

ふ化したヒナのうち、雌は家系ごとにすべての個体を餌付けし、雄は母親の産卵成績により1家系あたり平均8.6羽(1~16羽)を選抜して餌付けした。ヒナは餌付けから4週齢までバッテリー育雛器(間口88.5 cm×奥行73.0 cm×高さ48.3 cm)で、その後育成ケージ(間口90.6 cm×奥行き60.5 cm×高さ60.5 cm)で雌雄別に1ケージ当たり雄は5羽、雌は6羽とした群飼で育成した。各世代とも育成期飼料は、0~4週齢まで幼雛(CP21%以上、ME2,900 kcal以上)、5~9週齢まで中雛(CP18%以上、ME2,850 kcal以上)、10~17週齢まで大雛(CP14.5%以上、ME2,800 kcal以上)用飼料を給与した。飼料および水は自由摂取とし、照明時間は自然日長とした。

#### 3. 選抜形質と選抜方法

選抜形質はニワトリの骨格や筋肉が形成される

時期である14週齢体重を改良目標とし、選抜は、まず外貌が不良なもの(単冠、羽装、脚、嘴等の不良)を独立淘汰したのち、14週齢時に体重測定を実施し、1家系内あたり雄は1羽、雌は平均10.2羽(1~15羽)を選抜した。従って選抜は家系内個体選抜である。

選抜個体は家系間で交配し、毎世代の近交係数が最小となるように家系を組み合わせ、自然交配によって1年ごとに次世代を更新した。

#### 4. 遺伝率の推定

##### (1) 実現遺伝率の推定

実現遺伝率は累積選抜差に対する累積選抜反応の回帰によって推定した。なお、各世代の選抜差は、選抜個体が次世代に残した子の数で重み付けして求めた。

##### (2) REML法による遺伝率の推定

分散成分の推定には制限付き最尤法によるMTDFREML (Boldman ら 1995) プログラムを用いた。母数効果は年次、性とし、アニマルモデルREML法により遺伝的パラメータを推定した。数学モデルは以下の通りである。

$$y = Xb + Zu + e,$$

ここで、 $y$ は14週齢体重の観測値のベクトル、 $b$ は母数効果のベクトルで、年次(1~5)、性(1~2)を含む。 $u$ は個体の育種価のベクトル、 $e$ は誤差ベクトル、 $X$ および $Z$ はそれぞれ $y$ と $b$ および $u$ の関係を表す生起行列である。また、 $u$ と $e$ は、

$$E(u) = E(e) = 0, \text{ var}(u) = \sigma_a^2 A, \text{ var}(e) = \sigma_e^2 I, \text{ cov}(u, e') = 0$$

に従うものとする。ただし、 $A$ は分子血縁行列、 $\sigma_a^2$ は相加的遺伝分散、 $\sigma_e^2$ は誤差分散である。

結果および考察

本研究では、比内鶏のさらなる発育形質の向上の可能性を図るため、過去5年間における14週齢体重のデータを用いて遺伝率を推定し、今後の選抜の指標の一つとしての可能性について検討を行った。

4世代における選抜の結果、比内鶏の14週齢体重は雄では2,257 gから2,521 g、雌では1,751 gから1,930 gへと増加した(表1)。各世代の選抜差は雄が99.4~231.8 g、雌が19.7~69.2 gであった。選抜差を標準偏差で除した標準選抜差は雄が0.48~1.12、雌が0.17~0.53であった。雄と雌の累積標準選抜差は5年でそれぞれ3.92、1.50、1世代あたりの単純平均値はそれぞれ0.78、0.30となった。

比内鶏における14週齢体重の年次に対する線形回帰を図1に示した。4世代における実現選抜反応は、雄では264 g、雌では179 gであった。回帰係数は、雄では51.8 g/年、雌では35.8 g/年となったが、有意ではなかった。これは、年次による変動の影響が大きかったことが原因と考えられる。しかし、14週齢体重における比内鶏の推定育種価はほぼ直線的に向上しており、集団全体の回帰係数は35.1 g/年と有意( $P < 0.01$ )な増加を示していることから(図2)、発育形質は順調に改良がなされていると考えられる。

比内鶏における14週齢体重の遺伝率の推定値を表2に示した。REML法による14週齢体重の遺伝率は $0.45 \pm 0.06$ と比較的高い値が推定された。累積選抜差に対する累積選抜反応の回帰によって算出した実現遺伝率は $0.39 \pm 0.34$ となり、REML法により推定した遺伝率よりやや低い値となった。実現遺伝率の誤差が大きくなった要因としては、比内鶏の産卵率自体が約30%と非常に低く、年によって産卵率や雄の受精能力が家系内でばらつくこと、また、家系内選抜を行っていることから、ふ化羽数が多くても、必ずしも発育の優れた個体のみを選抜することができなかったこと、その他天候等による環境要因がその主な要因と考えられる。特に2008年では体重の減少が見受けられたが、これはその年のふ化羽数自体が少なく、種鶏群を維持するために体重の小さな鶏も残さざるを得なかったことが原因と考えられる。

一般的にニワトリの体重に関する遺伝率は低から中程度の値が報告されている。Siegel(1962)は、176報の文献を調査し、ニワトリの6-12週齢体重における遺伝率をとりまとめ、その平均は0.41(0.29-0.45)と報告している。肉専用種においては、ホワイトプリマスロックと白色コーニッシュの7週齢体重の遺伝率はそれぞれ0.10~0.27、0.19~0.33(Danbaroら1995)と推定されている。

表1. 比内鶏における14週齢体重の年次別基本統計量および選抜差

年度	雄						雌					
	選抜対象羽数	平均体重±SD (g)	選抜羽数*	選抜差 (g)	標準選抜差	累積標準選抜差	選抜対象羽数	平均体重±SD (g)	選抜羽数*	選抜差 (g)	標準選抜差	累積標準選抜差
2006	126	2,257 ± 243	19	161.8	0.67	0.67	434	1,755 ± 130	101	69.2	0.53	0.53
2007	131	2,425 ± 207	20	231.8	1.12	1.79	250	1,867 ± 136	81	23.1	0.17	0.70
2008	156	2,208 ± 218	19	190.5	0.87	2.66	259	1,752 ± 179	77	65.8	0.37	1.07
2009	158	2,419 ± 207	19	99.4	0.48	3.14	307	1,867 ± 124	112	32.5	0.26	1.33
2010	157	2,521 ± 148	20	115.7	0.78	3.92	426	1,930 ± 113	131	19.7	0.17	1.50

\* 選抜羽数は次世代を残した実現選抜羽数

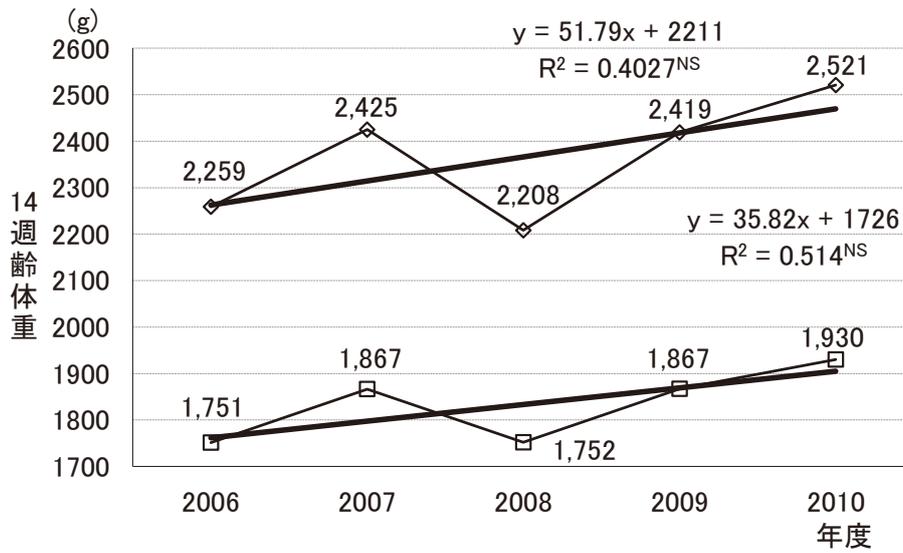


図1. 比内鶏における14週齢体重(g)の年次別平均値の推移  
◇: 雄, □: 雌

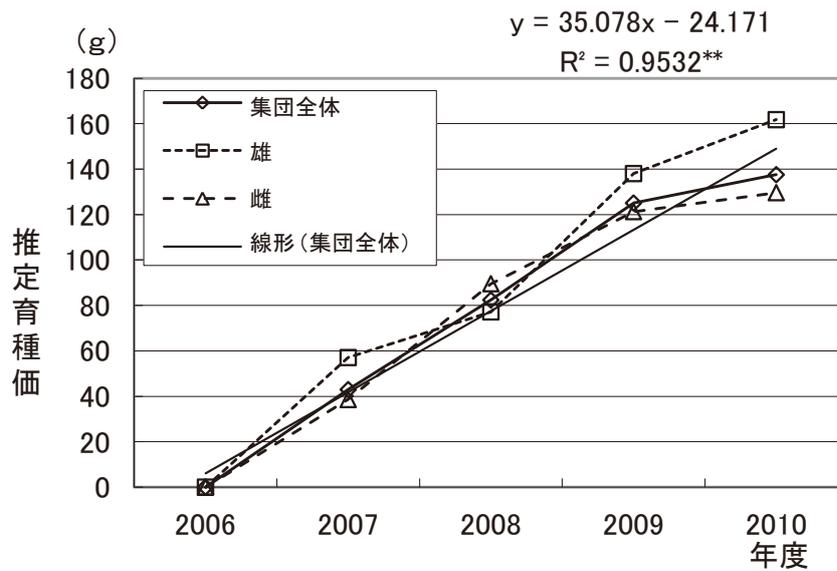


図2. 比内鶏における14週齢体重(g)の遺伝的趨勢  
\*\* 1%で有意差あり

表2. 比内鶏における14週齢体重の遺伝率の推定値

算出方法	遺伝率	±	標準誤差
REML法	0.45	±	0.06
実現遺伝率	0.39	±	0.34

また、近年のプロイラーにおける6～7週齢体重の遺伝率は0.17-0.39 (Le Bihan-Duval ら 2001; Zerehdaran ら 2004; Closter ら 2012) と低い値が推定されている。一方、在来鶏では、薩摩鶏の雄の9週齢体重における遺伝率は0.18 (岡本 ら 2003)、名古屋種の10週齢体重における遺伝率は0.40と推定されている (加藤 ら 1984)。海外の在来鶏においても発育形質に関する遺伝的パラメーターが推定されており、10～13週齢体重における推定遺伝率は0.30～0.68と中程度から比較的高い値が報告されている (Norris と Ngambi 2006; Kamali ら 2007; Chen ら 2008; Larivière ら 2009)。遺伝率は、長期間にわたる繰り返し選抜によって低下することが報告されている (Sharma ら 1996)。プロイラーでは、体重の遺伝率は低い値が報告されているが、これは長年強い選抜によって改良されてきた結果、遺伝分散が小さくなったことを反映したものである。一方、在来鶏では、体重の遺伝率は中程度から比較的高い値が報告されていることから、多くの在来鶏でこれまであまり強い選抜が行われていなかった可能性が高い。本研究においても、比内鶏の14週齢体重における推定遺伝率は0.45と比較的高い値を示したことから、今後も選抜による改良は可能である

ことが推察された。

ニワトリの週齢間体重の遺伝相関および表型相関は週齢間が近い程高く、遠い程低くなることが報告されている (Martin ら 1953; Siegel 1963; 佐伯 ら 1969)。プロイラーのような肉専用種では、出荷日齢が早いため、早期日齢における遺伝的パラメーターが重要となるが、比内地鶏は流通のほとんどが雌であり、出荷日齢は150日齢以降 (秋田県, 2008) であることから、14週齢体重を指標とした選抜は、比内地鶏の発育を改善するうえで重要な情報となる。一方、体重の選抜に伴う他形質に対する間接選抜反応について、Siegel と Wolford (2003) は過去50年において若齢期体重を増加させる選抜試験では、一般的に体重の増加によって産卵数が減少し、卵重が増加することを報告している。本試験では、各世代における産卵調査期間が若干異なるため、直接の比較は難しいが、各世代の産卵率は基礎世代目と比較して増加する傾向を示した (表3)。卵重についても同様に基礎世代目と比較して増加する傾向を示した。また、受精率およびふ化率の影響も認められなかったことから、体重選抜による他形質に対する悪影響は認められなかった。

表3. 比内鶏における年次別ふ化成績および産卵成績

年度	ふ化成績				産卵成績		
	入卵個数 (個)	受精率(%)	ふ化羽数 (羽)	ふ化率(%)	300日卵重* (g)	産卵率** (%)	産卵調査期間
2006	1,332	76.1	936	70.3	56.5	31.2	169-448日齢
2007	844	76.7	544	64.5	57.9	—	
2008	920	74.1	616	67.0	57.4	37.8	182-420日齢
2009	887	84.1	696	78.5	—	36.8	175-434日齢
2010	1,352	83.1	1,013	74.9	57.4	35.2	168-434日齢

ふ化率は入卵個数に対する割合

\* 300日卵重：2009年は未調査

\*\* 産卵率：2007年は未調査

以上の結果から、比内鶏の14週齢体重における推定遺伝率は0.45と比較的高い値を示したため、今後も選抜による改良は可能であると推察された。また、今後、表型値による選抜ではなく、BLUP法を用いて選抜することにより、これまでよりも改良速度を速めることが可能となる。さらに、今後は産卵率や卵重等の産卵記録を測定し、その遺伝的パラメーターを推定することにより、これらの経済形質と発育を同時に改良することを目指している。したがって、本研究で得られた結果は、今後より効率的な改良を進める上で重要な情報になると考えられる。

#### 文 献

- 秋田県における認証制度に対応した比内地鶏飼養管理マニュアル。2008。秋田県，秋田。
- Boldman KG, Kriese LA, Van Vleck LD, Van Tassell CP and Kachman SD. 1995. A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. U.S.
- Chen JL, Zhao GP, Zheng MQ, Wen J and Yang N. 2008. Estimation of genetic parameters for contents of intramuscular fat and inosine-5'-monophosphate and carcass traits in Chinese Beijing-You chickens. *Poultry Science* 87, 1098 - 1104.
- Closter AM, van As P, Elferink MG, Croojimanns RPMA, Groenen MAM, Vereijken ALJ, van Arendonk JAM and Bovenhuis H. 2012. Genetic correlation between heat ratio and body weight as a function of ascites frequency in broilers split up into sex and health status. *Poultry Science* 91, 556 - 564.
- Danbaro G, Oyama K, Mukai F, Tsuji S, Tateishi T and Mae M. 1995. Heritabilities and genetic correlations from a selection experiment in broiler breeders using restricted maximum likelihood. *Japanese Poultry Science* 32, 257 - 266.
- 畠山義祝, 勝浦勉, 赤川淳美. 1978. 比内鶏の利用に関する試験. -比内鶏の交雑利用-(第3報). 昭和52年度秋田県畜産試験場研究報告, 81-89.
- Kamali MA, Ghorbani SH, Sharbabak MM and Zamiri MJ. 2007. Heritabilities and genetic correlations of economic traits in Iranian native fowl and estimated genetic trend and inbreeding coefficients. *British Poultry Science* 48, 443 - 448.
- 加藤貞臣, 大塚勝正, 野田賢治, 大藪哲也, 廣瀬一雄. 1984. 名古屋種の増体選抜試験-肉用系統鶏の第10世代までの選抜効果-(第3報). 愛知県農業総合試験場研究報告16, 404-409.
- 小松恵, 力丸宗弘, 石塚条次. 2008. 比内鶏およびロードアイランドレッド種の性能調査. 秋田県畜産試験場研究報告 22, 75 - 80.
- Larivière JM, Michaux C, Verleyen V and Leroy P. 2009. Heritability estimate and response to selection for body weight in the Ardennaise chicken breed. *International Journal of Poultry Science* 8, 952 - 956.
- Le Bihan-Duval E, Berri C, Baeza E, Millet N and Beaumont C. 2001. Estimation of the genetic parameters of meat characteristics and of their genetic correlations with growth and body composition in an experimental broiler line. *Poultry Science* 80, 839 - 843.
- Martin GA, Glazener EW and Blow WL. 1953. Efficiency of selection for broiler growth at various ages. *Poultry Science* 32, 716 - 720.
- 松浦千恵子, 佐々木茂. 1998. 寒冷地に適した複合養鶏の安定生産技術の確立. -特産鶏肉安定生産のための選抜試験-(第5報). 秋田県畜

- 産試験場研究報告 13, 43- 46.
- Norris D and Ngambi JW. 2006. Genetic parameter estimates for body weight in local Venda chickens. *Tropical Animal Health and Production* 38, 605 - 609.
- 岡本新, 松岡尚二, 橋口勉, 前田芳實. 2003. 薩摩鶏の飼料効率に関する遺伝的パラメーター. *日本家禽学会誌* 40, J168-J171.
- Rikimaru K, Yasuda M, Komatsu M and Ishizuka J. 2009. Effects of caponization on growth performance and carcass traits in Hinai-jidori chicken. *The Journal of Poultry Science* 46, 351 - 355.
- 佐伯祐弼, 秋田富士, 大西晴彦. 1969. プロイラー用鶏の育種に関する研究. VII. 各週齢間体重の相関ならびに遺伝率からみた早期選抜適期の推定. *畜産試験場研究報告*19, 53-59.
- Sharma D, Johari DC, Kataria MC, Singh BP, Singh DP and Hazary RC. 1996. Effect of long term selection on genetic parameters of economic traits in White Leghorn. *Asian-Austrasian Journal of Animal Science* 9, 455 - 459.
- Siegel PB. 1962. Selection for body weight at eight weeks of age. 1. Short term response and heritabilities. *Poultry Science* 41, 141 - 145.
- Siegel PB. 1963. Selection for body weight at eight weeks of age. 2. Correlated responses of feathering, body weight, and reproductive characteristics. *Poultry Science* 42, 896 - 905.
- Siegel PB and Wolford JH. 2003. A review of some results of selection for juvenile body weight in chickens. *The Journal of Poultry Science* 40, 81 - 91.
- 豊住登, 本郷直喜, 藤原久康, 吉川芳秋, 菊池正美. 1974. 肉用鶏に対する地鶏(比内鶏)の利用に関する試験. (第1報)比内鶏の発育に関する試験. *昭和48年度秋田県畜産試験場研究報告*, 159-164.
- Zerehdaran S, Vereijken ALJ, van Arendonk JAM and van der Waaij EH. 2004. Estimation of genetic parameters for fat deposition and carcass traits in broilers. *Poultry Science* 83, 521-525.

## 飼料体系の違いが比内地鶏の生産性および肉質に及ぼす影響

高橋大希・力丸宗弘・小松 恵・塚本研一\*

\*秋田県総合食品研究センター

### 要 約

飼料体系の違いが比内地鶏の生産性および品質に及ぼす影響を明らかにするため、県内で利用されている2つの飼料体系および現場で考案したものからなる3つの飼料体系で比内地鶏を飼養し、発育、肉質および飼料費を調査した。

各試験区に比内地鶏の雌20羽を供し、初生から28日齢まではバタリー式育雛器で、28日齢から160日齢の解体調査までは運動場が付随したパイプハウスで放し飼いとした。発育成績として体重、部位別重量、平均飼料摂取量、肉質成績としてモモ肉の一般成分および中性脂肪の脂肪酸組成を調査した。飼料費は飼料摂取量と飼料単価から算出した。

発育成績のうち、体重では7日齢および28日齢において試験区間で有意差が見られたが、160日齢において有意差は見られなかった。肉質成績ではモモ肉中中性脂肪の脂肪酸組成に有意な差が見られ、仕上げ飼料による影響であると考えられた。一羽あたりの飼料費は飼料体系による差が大きかった。これらの結果から飼料体系の違いにより比内地鶏の仕上がり重量およびモモ肉の一般成分に差はないが、経済性及び肉中の脂肪酸組成には違いがあることが示された。

### 緒 言

比内地鶏は年間50万羽以上出荷される本県特産の地鶏であり、その生産は比内鶏発祥の地である県北部を中心に県内全域で行われている。優れた食味により全国的なブランドとなっている一方で、処理および加工業者からは生産物の重量や品質について、地域あるいは生産者間でのばらつきの大さを指摘する声も挙がっている。比内地鶏のブランド力をより高めていくためには、このような声に応え、生産物の品質を向上させるとともに、品質のばらつきをなくしていくことが必要である。

生産物の品質に影響を与える要素としては、飼養環境、飼養管理および遺伝的要因が考えられるため、本試験では飼養管理のうち飼料体系の違いに着目した。現在、県内では複数の飼料体系が利用されており、このことが生産物の品質にばら

つきを与える一つの要因である可能性がある。そこで、飼料体系の違いが比内地鶏の生産性および品質に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、異なる飼料体系で飼養した比内地鶏の発育および肉質を比較した。

また、生産コストの大部分を占める飼料費の削減による収益性向上の可能性を調査する目的で、飼料費についても比較を行い、飼料体系の違いが経済性に及ぼす影響についても調査した。

### 材料および方法

#### 1. 試験区分

飼料体系の違いにより、飼料A、BおよびC区の3つの試験区を設定した。飼料AおよびB区はそれぞれ県内で利用されている2つの飼料体系により飼養する区である。これらに加えてC区とし

て14週齢まで安価な採卵鶏用の飼料を給与し、その後比内地鶏仕上げ用飼料を給与する区を設定した。なお飼料C区における仕上げ用飼料は飼料A区と同一である。

## 2. 試験期間および供試鶏

発育調査の試験期間は2012年5月9日～10月16日の160日間とし、各試験区に比内地鶏の雌を20羽ずつ供した。

## 3. 飼育管理

### (1) 飼育施設

供試鶏は初生から28日齢までバタリー式育雛器で飼育し、28日齢で運動場が付随したパイプハウスへ移動し、160日齢まで放し飼いとされた。飼料は不断給餌、飲水は自由とした。その他の飼養管理は当場の慣行とした。

### (2) 給与飼料

各試験区における給与飼料のMEおよびCPを表1に、各飼料の給与期間を表2に示した。

## 4. 調査項目

### (1) 体重

体重は初生時および7, 28, 61, 70, 98, 120, 140および160日齢に測定した。

### (2) 部位別重量

各試験区5羽を解体調査に供した。試験鶏は160日齢から一晩絶食後、161日齢で屠殺解体し、生体重量、屠体重量ならびに部位別(ムネ、モモ、ササミ、手羽、心臓、肝臓、筋胃、腺胃、腹腔内脂肪および全骨)の重量を測定した。

### (3) 平均飼料摂取量および平均飼料要求率

28日齢以降、概ね1週間ごとに飼料残量を測定し、給与量との差から各日齢間における平均飼料摂取量および平均飼料要求率を算出した。

### (4) 飼料費

各飼料について単価と給与期間における飼

表1. 各試験区における給与飼料の成分

試験区	飼料	ME(kcal/kg)	CP
飼料A区 市販配合飼料1	幼雛	3,100	21.0%
	中雛	2,900	19.0%
	仕上げ	2,900	16.0%
飼料B区 市販配合飼料2	餌づけ	3,000	24.0%
	幼雛	2,920	21.0%
	中雛	2,840	17.5%
飼料C区 採卵鶏用飼料 +比内地鶏仕上げ	仕上げ	2,900	17.5%
	幼雛	3,000	24.0%
	中雛	2,850	18.0%
	大雛	2,800	15.0%
	仕上げ	2,900	16.0%

表2. 各試験区における飼料給与期間

日齢	0	7	28	61	70	98	120	160
飼料A区		幼雛	中雛					仕上げ
飼料B区		餌づけ	幼雛	中雛				仕上げ
飼料C区		幼雛	中雛		大雛			仕上げ

料摂取量から各区1羽あたりの飼料費を算出した。

#### (5) モモ肉の一般成分

モモ肉はフードプロセッサーを用いてミンチにし、水分、粗脂肪および粗タンパク含量を測定した。水分については乾燥法、粗脂肪についてはエーテル抽出法、粗タンパクについてはケルダール法を用いた。

#### (6) モモ肉中中性脂肪の脂肪酸組成

ミンチにしたモモ肉サンプルからFolch et al. (1957)の方法により中性脂肪を抽出してメチルエステル化を行い、ガスクロマトグラフィーにより脂肪酸組成を分析した。

### 5. 統計処理

得られたデータについて一元配置の分散分析およびTukeyの多重比較検定を行い、危険率5%未満で有意差を検出した。

### 結果および考察

各日齢における平均体重を表3に、解体後部位別重量のと体重に対する割合を表4に示した。7日齢および28日齢の体重において試験区間で有意

差が認められたが、試験終了時の体重に有意差はなかった。部位別重量は実測値および屠体重に対する割合のどちらにおいても試験区間で差は見られなかった。このことに加え、当場の既報(小松ら2012, 高橋ら2012)において、配合飼料の一部を飼料用米で代替して給与しても比内地鶏の発育に影響がなかったことから、現在のどの飼料体系も比内地鶏の発育能力を発揮する上での栄養要求量を満たしていると考えられる。

育成期間中における1羽あたりの飼料摂取量の推移を図1に、飼料ごとおよび1羽あたり全期間の飼料摂取量ならびに飼料費を表5に示した。飼料B区が70日齢以降に飼料摂取量が増加し、全期間摂取量が最も大きくなったが、飼料費は飼料A区が最も高く、飼料C区が最も有利となった。生産者における収益性を向上させる上で飼料費の削減は不可欠な要素である。近年は飼料用米を利用した飼料費削減の取り組みが生産現場において盛んに行われているが、先に述べた点もふまえ、今後は栄養水準や添加物の見直しのための試験などを行い飼料価格のレベルから飼料費の削減を目指していくべきと考える。

表3. 各日齢における体重(g)

	0日齢	7日齢	28日齢
飼料A区	40.7 ± 2.0	58.4 ± 6.8 <sup>b</sup>	376.4 ± 47.6
飼料B区	40.9 ± 4.3	61.4 ± 8.6 <sup>a</sup>	336.6 ± 40.3
飼料C区	40.7 ± 2.7	52.7 ± 4.8 <sup>b</sup>	356.5 ± 33.7
	61日齢	70日齢	98日齢
飼料A区	1082.5 ± 111.9	1269.3 ± 116.4	1848.4 ± 155.4
飼料B区	1024.8 ± 104.0	1206.6 ± 152.5	1798.4 ± 143.3
飼料C区	1004.5 ± 124.1	1212.7 ± 123.8	1762.0 ± 122.9
	120日齢	140日齢	160日齢
飼料A区	2120.9 ± 158.7	2298.3 ± 191.7	2612.5 ± 245.2
飼料B区	2074.3 ± 133.5	2233.8 ± 148.0	2595.5 ± 159.8
飼料C区	2073.8 ± 145.0	2265.8 ± 139.4	2578.4 ± 199.8

平均値±標準偏差

a, b 異符号間に有意差あり ( $P < 0.05$ )

表 4. 各部位のと体重に対する割合(%)

	と体	モモ	ムネ
飼料A区	94.78 ± 0.70	21.10 ± 0.84	13.72 ± 0.62
飼料B区	94.12 ± 0.85	21.14 ± 0.50	14.24 ± 0.89
飼料C区	94.26 ± 1.18	21.10 ± 0.58	13.72 ± 0.89

	ササミ	手羽	全骨
飼料A区	3.50 ± 0.12	8.26 ± 0.32	17.96 ± 0.84
飼料B区	3.48 ± 0.19	8.02 ± 0.51	17.18 ± 0.23
飼料C区	3.52 ± 0.25	7.88 ± 0.30	17.80 ± 0.27

	心臓	肝臓	筋胃
飼料A区	0.36 ± 0.05	1.34 ± 0.17	2.94 ± 0.40
飼料B区	0.38 ± 0.04	1.34 ± 0.05	2.44 ± 0.34
飼料C区	0.42 ± 0.04	1.36 ± 0.11	2.84 ± 0.43

	腺胃	腹腔内脂肪
飼料A区	0.28 ± 0.11	2.46 ± 0.74
飼料B区	0.26 ± 0.05	2.84 ± 0.78
飼料C区	0.23 ± 0.05	2.58 ± 0.91

平均値±標準偏差

と体重のみ、一晩絶食後の生体重に対する割合

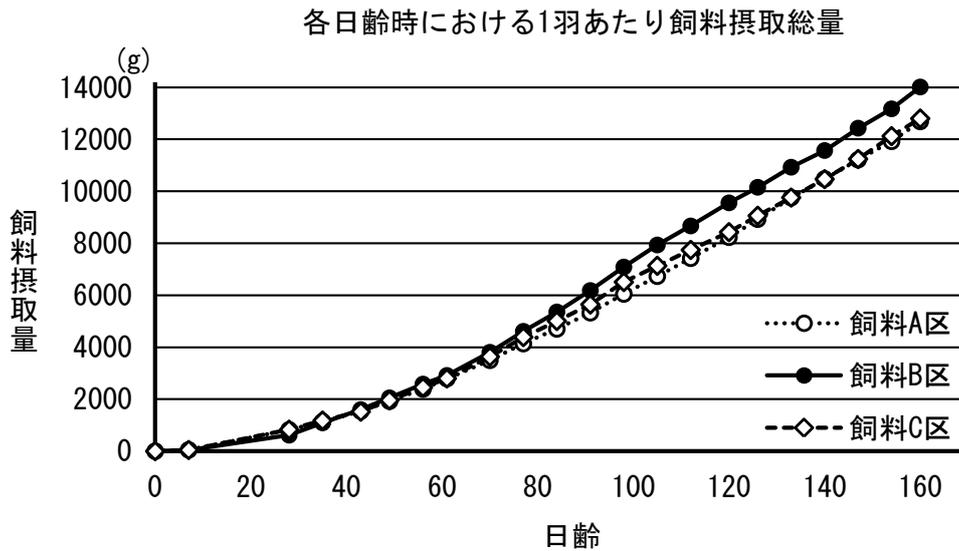


図 1. 育成期間中における1羽あたりの飼料摂取量の推移

表5. 飼料ごとおよび一羽あたり全期間の飼料摂取量ならびに飼料

	飼料	摂取量(g)	飼料費	合計(g)	全期間飼料費
飼料A区	幼雛	825.3	66円	12683.6	853円
	中雛	1965.1	142円		
	仕上げ	9893.2	645円		
飼料B区	餌づけ	44.8	5円	14011.7	834円
	幼雛	571.2	50円		
	中雛	8939.5	522円		
飼料C区	仕上げ	4456.5	257円	12798.9	765円
	幼雛	828.8	60円		
	中雛	2806.2	153円		
	大雛	2871.4	142円		
	仕上げ	6292.5	410円		

各飼料の単価は2012年の4～6月期ならびに7～9月期の価格を採用した

表6. モモ肉の一般成分(%)

	水分	粗脂肪	粗タンパク
飼料A区	71.14 ± 2.12	8.23 ± 2.35	19.37 ± 0.42
飼料B区	70.23 ± 2.39	8.23 ± 2.06	19.48 ± 0.73
飼料C区	71.75 ± 1.30	7.29 ± 1.49	20.39 ± 1.07

平均値±標準偏差

表7. もも肉中中性脂肪の脂肪酸組成(%)

		飼料A区	飼料B区	飼料C区
ミリスチン酸	(C14:0)	0.8 ± 0.04	0.8 ± 0.05	0.7 ± 0.05
ペンタデカン酸	(C15:0)	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01
パルミチン酸	(C16:0)	24.0 ± 1.15	24.1 ± 1.49	23.2 ± 0.64
ヘプタデカン酸	(C17:0)	0.2 ± 0.03	0.2 ± 0.02	0.2 ± 0.03
ステアリン酸	(C18:0)	7.1 ± 0.39	7.0 ± 0.44	7.4 ± 0.91
エイコセン酸	(C20:0)	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.04	0.1 ± 0.02
ミリストレイン酸	(C14:1)	0.2 ± 0.03	0.2 ± 0.02	0.1 ± 0.04
パルミトレイン酸	(C16:1)	4.6 ± 0.82	5.2 ± 0.61	4.2 ± 0.89
オレイン酸	(C18:1)	36.8 ± 0.82 <sup>b</sup>	39.1 ± 0.94 <sup>a</sup>	36.7 ± 0.96 <sup>b</sup>
イコセン酸	(C20:1)	0.3 ± 0.03	0.4 ± 0.28	0.3 ± 0.04
リノール酸	(C18:2 ω6)	22.7 ± 1.94	20.0 ± 1.59	23.3 ± 0.93
γ-リノレン酸	(C18:3 ω6)	0.2 ± 0.03	0.2 ± 0.03	0.2 ± 0.04
アラキドン酸	(C20:4 ω6)	1.3 ± 0.29	1.2 ± 0.21	1.6 ± 0.40
イコサジエン酸	(C20:2)	0.2 ± 0.02	0.1 ± 0.03	0.2 ± 0.02
イコサトリエン酸	(C20:3)	0.2 ± 0.02	0.2 ± 0.03	0.2 ± 0.02
α-リノレン酸	(C18:3 ω3)	0.9 ± 0.07	1.0 ± 0.11	1.0 ± 0.05
ドコサペンタエン酸	(C22:5 ω3)	0.2 ± 0.06	0.2 ± 0.02	0.2 ± 0.06
ドコサヘキサエン酸	(C22:6 ω3)	0.3 ± 0.10 <sup>ab</sup>	0.2 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.4 ± 0.09 <sup>a</sup>

平均値±標準偏差

a, b 異符号間に有意差あり (P < 0.05)

肉質成績のうち、モモ肉の一般成分には有意差は見られなかったが(表6)、脂肪酸組成ではオレイン酸およびドコサヘキサエン酸の割合に試験区間で有意差が認められた(表7)。飼料A区およびC区の仕上げ飼料は同一であり、2区の間では脂肪酸組成に有意差が見られなかったことから、モモ肉中中性脂肪の脂肪酸組成は、仕上げ期の給与飼料の影響を受けるということが推察される。力丸ら(2011, 2012)は比内地鶏のおいしさに長鎖高度不飽和脂肪酸であるアラキドン酸の含量が関係していることを明らかにしたが、本試験においてはアラキドン酸含量には試験区間で差が見られず、食味への大きな影響はないと考えられる。

以上の結果から飼料体系の違いにより比内地鶏の仕上がり重量およびモモ肉の一般成分に差はないが、経済性及び脂肪酸組成には違いがあることが示された。しかし、本試験では産地間における生産物の重量および品質の違いについて原因を明らかにすることができなかった。今後は飼料の給与方法や回数、飼養規模や温度管理など給与飼料以外の飼養管理ならびにハウスの形状や立地条件など飼養環境に関して、生産者に対するモニタリング調査などを行い、比内地鶏の品質の向上および斉一化に有用な飼養管理方法について検討していく必要がある。

## 文 献

- Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Jarnal of Biological Chemistry* 226, 497-509.
- 小松恵, 力丸宗弘, 高橋大希, 石塚条次. 2012. 粳米の給与が比内地鶏の生産性に及ぼす影響. 秋田県農林水産技術センター畜産試験場研究報告 第26号, 67-73
- 高橋大希, 力丸宗弘, 小松恵, 石塚条次. 2012. 仕上げ期の飼料用米添加飼料給与による比内地鶏の生産性への影響. 秋田県農林水産技術センター畜産試験場研究報告 第26号, 74-80
- 力丸宗弘, 高橋大希, 小松恵, 石塚条次, 清原玲子, 山口進, 高橋秀彰. 2011. 高度不飽和脂肪酸と鶏肉とのおいしさの関連性の解明(第1報) —比内地鶏とブロイラーの肉質評価—. 秋田県農林水産技術センター畜産試験場研究報告 第25号, 75-83
- 力丸宗弘, 清原玲子, 山口進, 高橋大希, 小松恵, 石塚条次, 高橋秀彰. 2012. 高度不飽和脂肪酸と鶏肉とのおいしさの関連性の解明(第2報) —アラキドン酸等油脂添加飼料が比内地鶏の肉の味に及ぼす影響—. 秋田県農林水産技術センター畜産試験場研究報告 第26号, 45-53



表2 供試した飼料用トウモロコシ品種・系統

	品種・系統	相対熟度 (カタログ値)	販売メーカー 育成場所
1	TH875	95~100	タキイ種苗
2	TH1809	100	タキイ種苗
3	P9400	100~105	パイオニア
4	KE8500A	105	カネコ種苗
5	奨励 標準 36B08	106	パイオニア
6	KE1581	108	カネコ種苗
7	KE0604	110	カネコ種苗
8	北交72号	110	北農研
9	奨励 標準 セシリア	115	パイオニア
10	B308	115	パイオニア
11	KE9601	115	カネコ種苗
12	B703	120	パイオニア
13	SM8490	122	雪印種苗
14	SM8656	125	雪印種苗
15	標準 32F27	126	パイオニア
16	KE7750	127	カネコ種苗

## 結果および考察

播種は5月9日に行った。播種後の平均気温が  
 平年並みに推移したため、発芽までに要した日数  
 は11日と平年並みであった。発芽から播種後40日  
 まで、気温と日照時間は平年並みまたは平年値以  
 上で推移したため、播種後40日に調査した草丈は、  
 平年よりも7~11 cm高かった。

発芽が確認された5月下旬~7月下旬までの気  
 温と日照時間は平年並みか平年値以上で推移した  
 ため、絹糸の抽出が確認された時期は平年並みで  
 あった。

8月と9月は高温且つ日照時間も平年より3割  
 程度多かったこともあり、黄熟期に達する日数  
 は、早生および中生品種は平年並み、晩生品種は

平年よりも早かった。乾物収量は、早生品種は平  
 年よりも1割程度少なく、中生品種と晩生品種は  
 平年並みであった。

相対熟度が95~106日までの品種は、P9400  
 が播種後40日に調査した草丈が80.3 cmと標準  
 品種である36B08の76.6 cmに比較して高く(表  
 3)、乾物総重量とTDN収量も標準品種を上回って  
 いた。相対熟度が108~115日の品種は、乾物収量  
 とTDN収量において標準品種であるセシリアを  
 上回る品種は無かった。相対熟度が120~127日ま  
 での品種を比較すると生総重量、乾物収量および  
 TDN収量において標準品種である32F27とほぼ同等  
 であったが、乾雌穂重割合が41%と低い結果で  
 あったKE7750はTDN収量が劣っていた(表4)。

表3 生育特性

No	品種・系統名	相対熟度	初期生育草丈 (cm)	絹糸抽出日 (月日)	収穫月日 (月日)	収穫熟度	倒伏 (%)	折損 (%)	稈長 (cm)	着雌穂高 (cm)
1	TH875	95~100	78.9	7/23	9/7	黄後	0.0	0.2	251.8	111.7
2	TH1809	100	75.9	7/23	9/7	完初	0.0	0.7	242.1	105.3
3	P9400	100~105	80.3	7/23	9/7	完初	0.0	0.4	239.9	115.5
4	KE8500A	105	76.2	7/23	9/7	黄後	0.0	0.2	259.5	120.8
5	標準 36B08	106	76.6	7/23	9/7	黄中	0.0	0.1	219.5	97.3
6	KE1581	108	78.2	7/23	9/7	黄中	0.0	0.1	240.6	104.6
7	KE0604	110	72.6	7/25	9/7	黄中	0.0	0.2	253.1	109.7
8	北交72号	110	79.9	7/23	9/7	黄中	0.0	0.2	240.3	116.5
9	標準 セシリア	115	76.0	7/25	9/12	黄後	0.0	0.1	240.7	117.4
10	B308	115	68.5	7/23	9/12	黄中	0.0	0.1	250.5	110.8
11	KE9601	115	76.0	7/28	9/12	黄中	0.0	0.2	266.4	111.9
12	B703	120	72.8	7/30	9/12	黄中	0.0	0.2	270.3	115.8
13	SM8490	122	75.0	7/30	9/19	黄中	0.0	0.4	293.8	145.5
14	SM8656	125	75.8	7/28	9/25	黄中	0.0	0.5	275.2	137.8
15	標準 32F27	126	75.9	7/26	9/25	完初	0.0	0.5	292.9	139.3
16	KE7750	127	63.0	7/30	9/25	黄中	0.0	0.4	291.5	151.2

表4 収量特性

No	品種・系統名	相対熟度	生総重量		乾物収量				乾雌穂 重割合 (%)	栄養収量		
			(kg/10a)	標比 (%)	茎葉 (kg/10a)	雌穂 (kg/10a)	総重 (kg/10a)	標比 (%)		DCP (kg/10a)	TDN	標比 (%)
1	TH875	95~100	4224	103	921	1063	1985	107	54	116	1388	105
2	TH1809	100	4282	105	768	1210	1978	106	61	118	1423	108
3	P9400	100~105	4543	111	863	1203	2065	111	58	122	1469	111
4	KE8500A	105	5066	124	1038	1036	2074	111	50	119	1431	108
5	標準 36B08	106	4095	100	791	1072	1863	100	58	110	1322	100
6	KE1581	108	5229	98	975	1107	2082	89	53	121	1453	87
7	KE0604	110	4735	88	840	1208	2047	88	59	122	1461	87
8	北交72号	110	4881	91	859	1191	2050	88	58	121	1458	87
9	標準 セシリア	115	5352	100	880	1446	2326	100	62	140	1678	100
10	B308	115	5102	95	799	1491	2290	98	65	139	1670	100
11	KE9601	115	5519	103	1195	634	1830	79	35	99	1189	71
12	B703	120	6181	101	965	1573	2538	96	62	152	1830	98
13	SM8490	122	6609	108	1719	1155	2874	109	40	159	1910	102
14	SM8656	125	6746	110	1312	1318	2630	99	50	151	1815	97
15	標準 32F27	126	6107	100	1162	1483	2645	100	56	155	1867	100
16	KE7750	127	7112	116	1511	1068	2579	98	41	144	1722	92

## 文 献

独立行政法人畜産草地研究所. 2001. 飼料作物系  
 統適応性検定試験実施要領(改定5版). 畜産装  
 置研究所平成13-1資料. 農林水産技術会議事務  
 局



## 秋田県畜産試験場研究報告

---

平成26年3月17日発行

編集兼発行 秋田県畜産試験場

代表者 **柿崎正博**

〒019-1701

秋田県大仙市神宮寺字海草沼谷地13-3

電話 総務企画室 0187(72)2511

飼料・家畜研究部 3814, 3871

比内地鶏研究部 3813

FAX 総務企画室 0187(72)4371

研究部 2807

印刷所 株式会社 **三森印刷**

〒014-0021

秋田県大仙市福田町12-29

電話 0187(62)0433

FAX 0187(62)0426

---

「この印刷物は、350部印刷して、単価は399円です。」



