

秋田県畜産試験場研究報告 第35号(令和3年3月)

目 次

1 種雄牛産肉能力検定成績（現場後代検定法：2020年度）	高橋 利清 1～7 相馬 祐介 佐々木航弥 渡部 一弥 藤田 歩
2 母牛初乳と人工初乳の併用給与による乳用子牛の育成技術の検討	平川 百佳 8～11 渡部 一弥 千葉 祐子 渡邊 潤
3 飼料用イネの疎植栽培が生育，収量およびコストに及ぼす影響	西野 瞭 12～17 佐藤 楓 鈴木 人志
4 DNAバルクサンプルの全ゲノムシーケンスによる 比内地鶏の行動的ストレス反応性関連遺伝子の探索	青谷 大希 18～21
5 比内地鶏の飼料体系の確立に関する試験（第2報）	福田 栞 22～28 力丸 宗弘 青谷 大希
6 秋田県畜産試験場 学術論文掲載一覧	29

種雄牛の産肉能力検定成績（現場後代検定法：2020年度）

高橋利清・相馬祐介¹⁾・佐々木航弥・渡部一弥・藤田歩²⁾¹⁾ 現：公益社団法人秋田県農業公社，²⁾ 現：秋田県農林水産部畜産振興課

要 約

県有種雄牛について、候補種雄牛の産肉能力を調査するために、公益社団法人全国和牛登録協会が規定する現場後代検定法に基づいて、後代検定を実施した。

(1) 黄金乃花（血統：第1花国×平茂晴×義安福）

（枝肉データ：23頭平均）枝肉重量：497.5 kg，ロース芯面積：66.0 cm²，
バラ厚：8.0 cm，皮下脂肪厚：2.2 cm，歩留基準値：75.1，BMS No.：9.3

(2) 宝乃花（血統：第1花国×安福久×勝忠平）

（枝肉データ：19頭平均）枝肉重量：474.7 kg，ロース芯面積：59.2 cm²，
バラ厚：7.7 cm，皮下脂肪厚：2.7 cm，歩留基準値：73.9，BMS No.：7.9

緒 言

県内における黒毛和種の改良推進のため、早期に種雄牛の能力を把握することは非常に重要である。そこで、公益社団法人全国和牛登録協会が規定する産肉能力検定（直接検定法）で選抜された候補種雄牛について、後代検定を実施した。

材料および方法

1 検定種雄牛

検定種雄牛は、産肉能力検定（直接検定法）において、一日当たり平均増体量、飼料利用性および体型等により選抜された黒毛和種の雄牛を用いた（表1）。

2 検定調査牛

当场および県内の繁殖農家等が飼育管理している雌牛に、検定種雄牛の凍結精液を用いて調整交配を行い、その産子を検定調査牛とした。

3 検定方法

産肉能力検定（現場検定法，2013）に基づき、次のとおり実施した。

- 1) 肥育開始月齢：13ヶ月齢未満
- 2) 肥育終了月齢：去勢牛 29ヶ月齢未満
雌牛 32ヶ月齢未満
- 3) 検定頭数：1検定種雄牛当たり15頭以上

表1 後代検定候補種雄牛一覧

名号	登録番号	生年月日	血統			直接検定成績	
			父	母の父	母の母の父	1日当たり平均増体量	体格得点
黄金乃花	黒原6079	平成27年8月2日	第1花国	平茂晴	義安福	1.56	84.3
宝乃花	黒15297	平成27年6月2日	第1花国	安福久	勝忠平	1.16	83.2

4) 検定農場および飼養管理：当场および県内の肥育農場を検定農場とし、各検定農場の肥育方法で飼養管理を行った(表2)。

4 検定調査項目

公益社団法人日本食肉格付協会が枝肉取引規格に基づいて実施した、枝肉格付明細書の成績を調査項目とした。

結果および考察

1 検定成績

(1) 黄金乃花

黄金乃花の後代検定は、去勢15頭、雌8頭の計23頭で終了し、平均枝肉重量が497.5 kg、ロース芯面積が66.0 cm²、バラの厚さが8.0 cm、皮下脂肪の厚さが2.2 cm、歩留基準値が75.1、BMSNo.が9.3であった。全頭平均および性別ごとの平均枝肉成績を表3に示した。また、検定材料牛個体ごとの枝肉成績は、表4に示した。

検定材料牛の母牛の系統について、田尻系・気高系・藤良系の3つに分類して枝肉成績を纏めたところ、気高系や田尻系(特に義平福娘牛)との交配で、枝肉重量やBMSNo.が良好であることが示唆された(表6)。

(2) 宝乃花

宝乃花の後代検定は、去勢9頭、雌10頭の計19頭で終了し、平均枝肉重量が474.7 kg、ロース芯面積が59.2 cm²、バラの厚さが7.7 cm、皮下脂肪の厚さが2.7 cm、歩留基準値が73.9、BMSNo.が7.9であった。全平均および性別ごとの平均枝肉成績を表3に示した。また、検定材料牛個体ごとの枝肉成績は、表5に示した(月齢超過を含む)。

黄金乃花と同様に、検定材料牛の母牛を3系統に分類し枝肉成績を纏めたところ、田尻系(特に義平福娘牛)や藤良系との交配で、枝肉重量やBMSNo.が良好であることが示唆された(表7)。

表2 種雄牛別の検定頭数および検定農場数

名号	検定頭数			農場数
	去勢	雌	合計	
黄金乃花	15	8	23	9
宝乃花	9	10	19	10

表3 種雄牛別の検定頭数および検定農場数

名号	現場後代検定に係る枝肉成績						
	性別	枝肉重量(kg)	ロース芯面積(cm ²)	バラ厚(cm)	皮下脂肪厚(cm)	歩留基準値	BMSNo.
黄金乃花	去勢	507.8	66.2	8.0	2.3	74.9	9.2
	雌	478.3	65.8	8.1	2.2	75.4	9.6
	全体	497.5	66.0	8.0	2.2	75.1	9.3
宝乃花	去勢	489.5	52.7	7.5	2.4	73.0	7.8
	雌	461.5	65.0	7.9	2.9	74.7	8.1
	全体	474.7	59.2	7.7	2.7	73.9	7.9

2 選抜結果

現場後代検定法における成績およびアニマルモデルBLUP法による育種価評価等を基に、黄金乃花、宝乃花ともに選抜された。

表 4 「黄金乃花」現場後代検定の枝肉成績

番号	性別	血統		と番月齡	格付	枝肉重量 (kg)	左半丸 (kg)	ロース芯 面積(cm ²)	バラ厚 (cm)	皮下脂肪 厚(cm)	歩留 基準値	BMS No.	BCS No.	締まり	きめ	BFS No.
		母の父	母の母の父													
1	去勢	安平照	茂重桜	29.0	A-4	461.0	233.0	62	7.6	2.8	74.2	7	3	4	5	2
2	去勢	金幸福	百合茂	28.4	A-4	545.5	271.5	62	8.5	1.7	74.8	6	4	4	5	3
3	去勢	安福久	勝忠平	27.4	A-5	542.5	271.0	73	9.5	2.8	76.0	12	4	5	5	2
4	去勢	徳茂勝	安平照	29.0	A-5	529.0	263.5	65	7.5	1.8	74.7	11	4	5	5	2
5	去勢	百合茂	安平照	28.4	A-5	514.0	254.0	63	8.7	2.7	74.6	8	3	5	5	3
6	去勢	国牽白清	福之国	25.9	A-4	397.5	201.0	66	5.3	1.2	75.4	7	4	4	4	2
7	去勢	糸福(鹿)	安平	25.8	A-4	442.5	221.0	60	7.9	2.4	74.8	7	3	4	5	3
8	去勢	平茂勝	安福165の9	28.9	A-5	527.5	264.0	60	8.6	2.3	74.3	11	4	5	5	2
9	去勢	義平福	龍平	28.8	A-5	520.5	260.5	66	8.7	2.7	74.9	11	4	5	5	3
10	去勢	義平福	福谷福	28.6	A-5	606.5	304.0	88	8.0	2.0	76.8	12	3	5	5	3
11	去勢	義平福	美津福	28.7	A-5	541.5	274.0	83	8.4	2.2	77.0	12	4	5	5	2
12	去勢	美国桜	安福165の9	29.3	A-5	571.5	287.0	64	8.5	3.6	73.0	9	3	5	5	3
13	去勢	百合茂	第1花園	25.9	A-5	500.5	251.5	57	7.6	1.9	73.9	9	4	5	5	2
14	去勢	安糸福	茂重桜	28.0	A-3	367.5	182.0	52	5.7	1.3	74.3	5	4	3	4	2
15	去勢	幸紀雄	安茂勝	29.1	A-5	550.0	274.5	72	8.8	2.5	75.5	11	4	5	5	2
16	雌	義平福	美津福	29.6	A-5	426.0	214.0	61	7.6	2.0	75.3	9	3	5	5	2
17	雌	徳茂勝	糸福(鹿)	31.2	A-4	571.5	283.5	56	8.5	3.6	72.1	7	4	4	4	3
18	雌	百合茂	福桜	31.4	A-5	567.0	279.5	67	8.4	2.8	74.2	11	4	5	5	3
19	雌	安福久	安平照	31.5	A-5	468.0	233.0	89	8.9	2.0	79.3	12	3	5	5	2
20	雌	勝忠平	神高福	29.6	A-4	453.5	227.5	64	6.6	1.7	74.9	8	5	4	5	4
21	雌	茂重安福(岐)	美津照	31.1	A-5	472.0	238.0	54	9.2	2.1	74.7	8	4	5	5	3
22	雌	好平茂	茂勝栄	27.8	A-5	459.0	230.0	78	7.8	1.3	77.8	11	4	5	5	3
23	雌	松昭秀	安茂勝	27.0	A-5	409.0	202.0	57	7.4	1.8	75.1	11	4	5	5	2

BMSNo.:Beef Marbling Standard No.、BCSNo.:Beef Color Standard No.、BFSNo.:Beef Fat Standard No.

表5 「宝乃花」現場後代検定の枝肉成績

番号	性別	血統		と番月齢	格付	枝肉重量 (kg)	左半丸 (kg)	ロース芯 面積(cm ²)	バラ厚 (cm)	皮下脂肪 厚(cm)	歩留 基準値	BMS No.	BCS No.	締まり	きめ	BFS No.
		母の父	母の母の父													
1	去勢	義平福	北仁	27.9	A-4	448.5	224.5	50	6.3	2.2	72.5	6	3	4	4	2
2	去勢	福華1	北仁	30.7	A-5	473.0	236.0	58	7.9	2.4	74.2	8	4	5	5	2
3	去勢	徳茂勝	糸福(鹿)	29.0	B-4	492.0	250.5	41	7.3	2.3	71.3	5	3	4	4	3
4	去勢	徳茂勝	安平照	30.1	A-5	581.5	292.5	60	8.5	2.3	73.5	8	3	5	5	3
5	去勢	21世紀	徳茂勝	29.0	B-5	503.5	252.0	45	7.6	3.1	71.3	11	4	5	5	3
6	去勢	百合茂	義安福	25.5	A-4	399.5	199.5	54	6.2	1.6	74.2	6	3	4	4	3
7	去勢	福之國	安平	29.0	A-5	514.0	257.0	52	8.2	2.6	72.9	10	4	5	5	2
8	去勢	華春福	安平	28.8	A-5	516.0	259.0	69	8.2	2.8	74.9	9	4	5	5	2
9	去勢	松糸華	第1花園	28.6	B-4	477.5	236.0	45	7.3	2.6	71.9	7	3	4	5	2
10	雌	義平福	福桜(宮崎)	28.1	A-4	441.0	220.0	53	8.6	4.3	72.7	6	3	4	4	2
11	雌	栄11	金幸	28.0	A-4	417.5	212.0	46	8.1	3.5	72.4	5	3	4	4	2
12	雌	義平福	百合茂	32.5	A-5	494.5	247.5	72	8.2	3.5	74.9	11	4	5	5	3
13	雌	平茂勝	北国7の8	28.6	A-2	454.0	227.0	56	7.7	2.7	73.7	3	5	2	3	2
14	雌	華春福	安糸福	30.0	A-5	475.0	236.5	72	7.8	2.9	75.5	12	3	5	5	3
15	雌	義平福	百合茂	31.8	A-5	462.5	230.0	85	8.4	1.5	79.0	11	4	5	5	4
16	雌	義平福	北国4の3	29.0	A-5	433.5	216.0	89	7.2	2.2	78.4	9	3	5	5	3
17	雌	義平福	平茂晴	30.5	A-5	501.5	248.0	74	8.3	2.6	76.0	12	4	5	5	3
18	雌	北仁	美津福	31.6	A-4	467.5	233.0	51	7.4	2.6	72.8	7	4	4	4	3
19	雌	百合茂	義安福	32.5	A-3	467.5	235.5	52	7.3	3.5	72.0	5	4	3	4	3

BMSNo.:Beef Marbling Standard No.、BCSNo.:Beef Color Standard No.、BFSNo.:Beef Fat Standard No.

表 6 「黄金乃花」号検定材料牛の母牛の系統別枝肉成績

	全体						去勢						雌							
	頭数	平均値	標準偏差	最小値	最大値	頭数	平均値	標準偏差	最小値	最大値	頭数	平均値	標準偏差	最小値	最大値	頭数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
田尻系																				
枝肉重量	12	472.6	69.5	367.5	606.5	7	491.0	85.9	367.5	606.5	5	446.8	27.8	409.0	472.0					
ロース芯面積	12	69.1	12.9	52.0	89.0	7	70.0	12.4	52.0	88.0	5	67.8	15.1	54.0	89.0					
バラ厚	12	7.8	1.3	5.3	9.5	7	7.6	1.6	5.3	9.5	5	8.2	0.8	7.4	9.2					
皮下脂肪厚	12	2.0	0.6	1.2	2.8	7	2.1	0.7	1.2	2.8	5	1.8	0.3	1.3	2.1					
推定歩留	12	75.9	1.5	74.2	79.3	7	75.5	1.1	74.2	77.0	5	76.4	2.0	74.7	79.3					
BMS No.	12	9.8	2.5	5.0	12.0	7	9.4	3.0	5.0	12.0	5	10.2	1.6	8.0	12.0					
気高系																				
枝肉重量	9	528.7	36.6	453.5	571.5	6	527.8	18.7	500.5	550.0	3	530.7	66.9	453.5	571.5					
ロース芯面積	9	62.9	5.0	56.0	72.0	6	63.2	5.1	57.0	72.0	3	62.3	5.7	56.0	67.0					
バラ厚	9	8.1	0.7	6.6	8.8	6	8.3	0.6	7.5	8.8	3	7.8	1.1	6.6	8.5					
皮下脂肪厚	9	2.3	0.6	1.7	3.6	6	2.2	0.4	1.7	2.7	3	2.7	1.0	1.7	3.6					
推定歩留	9	74.3	1.0	72.1	75.5	6	74.6	0.5	73.9	75.5	3	73.7	1.5	72.1	74.9					
BMS No.	9	9.1	2.0	6.0	11.0	6	9.3	2.1	6.0	11.0	3	8.7	2.1	7.0	11.0					
藤良系																				
枝肉重量	2	507.0	91.2	442.5	571.5	2	507.0	91.2	442.5	571.5	0	-	-	-	-					
ロース芯面積	2	62.0	2.8	60.0	64.0	2	62.0	2.8	60.0	64.0	0	-	-	-	-					
バラ厚	2	8.2	0.4	7.9	8.5	2	8.2	0.4	7.9	8.5	0	-	-	-	-					
皮下脂肪厚	2	3.0	0.8	2.4	3.6	2	3.0	0.8	2.4	3.6	0	-	-	-	-					
推定歩留	2	73.9	1.3	73.0	74.8	2	73.9	1.3	73.0	74.8	0	-	-	-	-					
BMS No.	2	8.0	1.4	7.0	9.0	2	8.0	1.4	7.0	9.0	0	-	-	-	-					

表7 「宝乃花」号検定材料牛の母牛の系統別枝肉成績

田尻系	全体					去勢					雌				
	頭数	平均値	標準偏差	最小値	最大値	頭数	平均値	標準偏差	最小値	最大値	頭数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
枝肉重量	7	465.6	26.5	433.5	501.5	2	463.0	20.5	448.5	477.5	5	466.6	30.7	433.5	501.5
ロース芯面積	7	66.9	17.6	45.0	89.0	2	47.5	3.5	45.0	50.0	5	74.6	14.0	53.0	89.0
バラ厚	7	7.8	0.8	6.3	8.6	2	6.8	0.7	6.3	7.3	5	8.1	0.5	7.2	8.6
皮下脂肪厚	7	2.7	0.9	1.5	4.3	2	2.4	0.3	2.2	2.6	5	2.8	1.1	1.5	4.3
推定歩留	7	75.1	2.9	71.9	79.0	2	72.2	0.4	71.9	72.5	5	76.2	2.6	72.7	79.0
BMS No.	7	8.9	2.5	6.0	12.0	2	6.5	0.7	6.0	7.0	5	9.8	2.4	6.0	12.0
気高系	全体					去勢					雌				
頭数	平均値	標準偏差	最小値	最大値	頭数	平均値	標準偏差	最小値	最大値	頭数	平均値	標準偏差	最小値	最大値	
枝肉重量	10	478.0	51.1	399.5	581.5	6	494.3	59.3	399.5	581.5	4	453.5	25.5	417.5	475.0
ロース芯面積	10	55.3	10.0	41.0	72.0	6	54.5	10.3	41.0	69.0	4	56.5	11.1	46.0	72.0
バラ厚	10	7.7	0.6	6.2	8.5	6	7.6	0.8	6.2	8.5	4	7.7	0.3	7.3	8.1
皮下脂肪厚	10	2.7	0.6	1.6	3.5	6	2.4	0.5	1.6	3.1	4	3.2	0.4	2.7	3.5
推定歩留	10	73.3	1.5	71.3	75.5	6	73.2	1.6	71.3	74.9	4	73.4	1.6	72.0	75.5
BMS No.	10	7.2	2.9	3.0	12.0	6	7.8	2.1	5.0	11.0	4	6.3	3.9	3.0	12.0
藤良系	全体					去勢					雌				
頭数	平均値	標準偏差	最小値	最大値	頭数	平均値	標準偏差	最小値	最大値	頭数	平均値	標準偏差	最小値	最大値	
枝肉重量	2	490.8	32.9	467.5	514.0	1	514.0	-	-	-	1	467.5	-	-	-
ロース芯面積	2	51.5	0.7	51.0	52.0	1	52.0	-	-	-	1	51.0	-	-	-
バラ厚	2	7.8	0.6	7.4	8.2	1	8.2	-	-	-	1	7.4	-	-	-
皮下脂肪厚	2	2.6	0.0	2.6	2.6	1	2.6	-	-	-	1	2.6	-	-	-
推定歩留	2	72.9	0.1	72.8	72.9	1	72.9	-	-	-	1	72.8	-	-	-
BMS No.	2	8.5	2.1	7.0	10.0	1	10.0	-	-	-	1	7.0	-	-	-

謝 辞

現場後代検定に御協力いただいた、繁殖農家、肥育農場および関係団体等の皆様に感謝いたします。

引用文献

公益社団法人全国和牛登録協会. 2013. 和牛登録事務必携 (平成 25 年度版). 70-72, 179-181.

母牛初乳と人工初乳の併用給与による乳用子牛の育成技術の検討

平川百佳・渡部一弥・千葉祐子*・渡邊潤**

*現：秋田県中央家畜保健衛生所 **現：秋田県立大学生物資源科学部

要 約

健康な子牛の育成には、出生時に十分な抗体を含む初乳を給与し、子牛の免疫力を高めることが重要である。しかしながら、母牛の初乳（以下、母牛初乳）に含まれる抗体量は個体差が大きいため、十分な抗体量を含む人工初乳製剤（以下、人工初乳）の活用が推奨されている。一方で、母牛初乳には、免疫に関する成分だけでなく、ホルモンやビタミン等の機能性成分も含まれているため、人工初乳だけでは得られない効果が期待される。そこで、母牛初乳と人工初乳を併用して給与した際の子牛の増体性や抗病性を調査し、より健康な子牛を育成するための哺育技術について検討した。その結果、母牛初乳と人工初乳の併用給与により、人工初乳のみの区と比較して生後3日目および5日目における免疫グロブリンG濃度が有意に高くなった。また、日増体量も有意に高くなり、疾病罹患率が低減された。

以上の結果から、母牛初乳と人工初乳の併用給与により、血中の抗体量が増加し、初期発育が向上することが示唆された。また、疾病罹患率の低減効果も認められたことから、本技術の有効性が確認された。

緒 言

出生直後の子牛は免疫を持たずに生まれ、母牛初乳のタンパク質に含まれる免疫抗体から免疫を得ることによって抗病性を獲得する。分娩後の初乳の成分組成は通常の生乳と異なり、母牛由来の移行抗体である免疫グロブリン (Ig) が豊富に含まれている。初乳に含まれるIgは免疫グロブリンG (IgG) が主要な構成成分であり、子牛の小腸から吸収され、血清抗体として免疫応答を行う。また、出生後の子牛におけるIgG吸収率は、時間の経過とともに低下するといわれており、生後12時間を過ぎると極度に低減する (小林ら, 2002) との報告がある。したがって、子牛を感染症から守り、健康に育成するためには、出生後早期に十分な抗体量を含む初乳を給与することが極めて重要である。

平成26年度の家畜共済制度の保険支払い実績によると、秋田県の乳用子牛等のへい死率は5.3%

(NOSAI 秋田, 2014) と高い水準にあり、乳用雌子牛の後継牛確保をより厳しくする一因となっている。自家産の後継牛確保をより確実にするための乳用雌子牛をはじめ、酪農経営の下支えとなる、交雑種や乳用雄子牛を含めた乳用子牛を適切に哺育・育成し、へい死率を改善する必要がある。また、哺乳期の乳用雌子牛の増体が泌乳期の乳量増加に影響するという報告 (Soberon et al, 2012) もあることから、子牛の発育を阻害する大きな要因となる下痢等の疾病を予防し、将来の生産性向上を図るためにも、子牛の哺育技術の改善が必要である。

そこで、新たな乳用子牛の哺育技術の可能性として、人工初乳で抗体量を確保しつつ、母牛初乳を併用給与する方法について検討し、子牛の増体性や抗病性に及ぼす影響を調査した。

材料および方法

1. 試験1 併用給与試験

1) 供試牛

当場で生産されたホルスタイン種および交雑種の子牛計 31 頭

(ホルスタイン種：雌 8 頭, 雄 8 頭, 交雑種：雌 8 頭, 雄 7 頭)

2) 試験に用いた初乳

母牛初乳：当場のホルスタイン種から搾乳し、牛白血病の感染リスク低減を図るために、ジッパー付きビニール袋内で凍結保存したもの。

(合計 15 頭分：1 産が 3 頭, 2 産が 7 頭, 3 産が 5 頭)

人工初乳：市販の人工初乳製剤

3) 初乳の融解

事前に凍結保存していた母牛初乳を、50～55℃の温湯で融解した。人工初乳は、1 袋あたり 225 g の粉末を 50～55℃の温湯 750 ml で攪拌・融解した。

4) 試験区分

試験区では、子牛 15 頭 (ホルスタイン種：雌 4 頭, 雄 4 頭, 交雑種：雌 4 頭, 雄 3 頭) を対象として、母牛初乳を出生直後に 1.0 L、出生後 6 時間以内に母牛初乳 1.0 L および人工初乳 1 袋を併用給与した。対照区では、子牛 16 頭 (ホルスタイン種：雌 4 頭, 雄 4 頭, 交雑種：雌 4 頭, 雄 4 頭) を対象として、出生直後および出生後 6 時間以内に人工初乳を 1 袋ずつ給与した。

5) 調査項目

① 血液中抗体量

出生直後、出生後 3 日目、5 日目および 7 日目の血液血清糖度 (Brix 値) から、血清中抗体量の指標となる免疫グロブリン G (IgG) 濃度 (mg/ml) を算出 (福本ら, 2016) した。

計算式： $=14.824 \times \text{Brix 値} - 99.166$

② 血液生化学成分

出生直後、出生後 3 日目、5 日目、および 7 日目の各期日に、供試牛の頸静脈より血液を採取した。採血後に遠心分離 (3,000 回転/分, 10 分) を行い、動物用臨床化学分析装置 (富士ドライケム 7000 V, 富士フィルム) により、血液生化学検査を実施した。検査項目は、GOT, GGT, ALB, BUN, CRE, TCHO, Ca, IP, Mg, GLU の 10 項目とした。

③ 日増体量

供試牛の品種および性別毎に、出生時から生後 3 週齢までの 1 日あたり体重増加量を算出した。

④ 抗病性

生後 3 週齢までの疾病罹患頭数を用いて評価した。

2. 試験2 農家実証

県内大規模酪農家 (200 頭規模) および小規模酪農家 (20 頭規模) で実証試験を実施した。

1) 供試牛

各牧場で生産されたホルスタイン種雌子牛

2) 試験区分

母牛初乳と人工初乳併用区 (試験区) と人工初乳のみの区 (対照区) について、大規模酪農家では各区 11 頭ずつ、小規模酪農家では各区 3 頭ずつ供試牛を用いた。

3) 調査項目

月 1 回の体重測定にて日増体量 (DG) を調査した。生後初回測定体重から推定生時体重を算出し、30 日齢までの増体量で推定 DG を算出した。

3. 統計処理

得られたデータは、Tukey's の t 検定で統計処理した。

結果および考察

1. 試験1 併用給与試験

① 血液中抗体量

血液中抗体量は、試験区および対照区において、出生直後が14.86 mg/ml vs 15.47 mg/ml、生後7日目は、同じく24.86 mg/ml vs 23.66 mg/mlとなり、試験区と対照区で有意な差は確認されなかった。一方で、出生後3日目では、試験区および対照区において31.29 mg/ml vs 22.71 mg/ml、5日目では32.27 mg/ml vs 25.67 mg/mlとなり、対照区と比較して試験区で有意に高くなった(図1)。このことから、母牛初乳と人工初乳の併用給与によって子牛の生後初期における血液中抗体量が高まり、生後の免疫獲得に効果があることが示唆された。

② 血液生化学成分

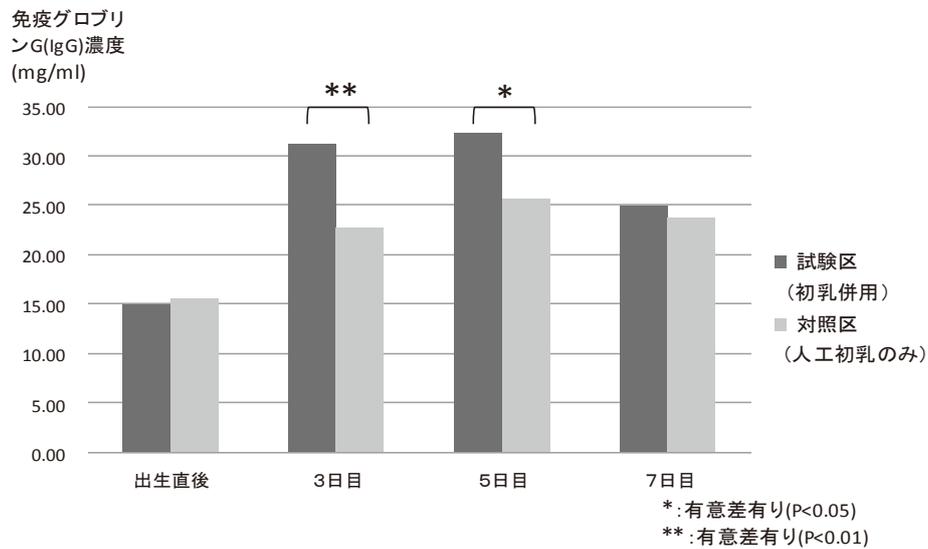


図1 乳用子牛への母牛初乳と人工初乳併用給与による血液中の抗体量

表1 乳用子牛への母牛初乳と人工初乳併用給与による3週齢の1日当たり増体量

区分	ホル雌		ホル雄		交雑種雌		交雑種雄		全体	
	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区
供試頭数	4	4	4	4	4	4	3	4	15	16
DG(kg)	0.86	0.64	0.63	0.47	0.63	0.33	0.69	0.58	0.70	0.50
差	* 0.22		0.16		0.30		0.11		** 0.20	

試験区: 初乳併用
対照区: 人工初乳のみ

*: 有意差有り(P<0.05)
**: 有意差有り(P<0.01)

試験区および対照区において、各項目に異常な値はみられなかった。

③ 日増体量

ホルスタイン種雄、交雑種雌および雄で試験区と対照区に有意な差はみられなかった。一方で、ホルスタイン種雌と全体では、対照区と比較して試験区で有意に発育が良くなった(表1)。

④ 抗病性

3週齢までの疾病罹患頭数は、試験区で1/15頭(6.7%)、対照区で3/16頭(18.8%)であり、治療を要する頭数は試験区で減少した。疾病の内訳は、試験区が出生時における虚弱1頭、対照区が下痢2頭、口内炎1頭であった。十分な抗体量を含んだ初乳を給与したことによって、抗病性の強化が示唆された。

表2 乳用子牛への母牛初乳と人工初乳併用給与による農家実証
(1日当たり増体量: DG)

	区分	頭数	DG (kg)			
			平均	±標準偏差	最大値	最小値
大規模	試験区	11	0.73	±0.18	1.23	0.52
	対照区	11	0.72	±0.23	1.24	0.24
小規模	試験区	3	0.69	±0.02	0.72	0.66
	対照区	3	0.62	±0.14	0.77	0.42

試験区: 初乳併用
対照区: 人工初乳のみ

2. 試験2 農家実証

大規模酪農家では、平均日増体量 (DG) は試験区が 0.73 kg で最大値が 1.23 kg, 最小値が 0.52 kg であった。対照区は、0.72 kg で最大値が 1.24 kg, 最小値が 0.24 kg であり、各区間で差はみられなかった。小規模酪農家における DG は、試験区が 0.69 kg で最大値が 0.72 kg, 最小値が 0.66 kg であった。対照区は、0.62 kg で最大値が 0.77 kg, 最小値が 0.42 kg であり、差はみられなかった。また、小規模酪農家では、試験区において標準偏差の値が小さく、バラツキが少ないことが示唆され、最小値では対照区よりも高い値となった (表2)。

3. まとめ

本試験では、機能性成分を含む母牛初乳と、抗体が確実に含まれる人工初乳を併用給与した場合の子牛の増体性や抗病性について調査した。人工初乳を給与したことによる IgG の増加に加えて、母牛初乳に豊富に含まれているタンパクやビタミン、ミネラルなどの栄養素を摂取した結果、抗病性が強化され、初期発育も向上することが示唆された。

また、出生直後の黒毛和種に初乳製剤を給与し、その後自然哺乳した場合、母乳のみを給与した場合と比較して、子牛の血中 IgG 濃度が高くなるという報告 (福島, 2012) もあり、本試験と同様の効果が得られたと考えられる。

以上の結果から、母牛初乳と人工初乳の併用給与により、血中の抗体量が増加し、初期発育が向

上することが示唆された。また、疾病罹患率の低減効果も認められたことから、本技術の有効性が確認された。

引用文献

- F.soberon, E.Raffrenato, R.W.Everett, M.E.Van Amburgh. 2012. Prewaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, Vol95, P783-793
- 福島護之. 2012. 子牛の栄養と感染症. 家畜感染症学会誌, 第1巻2号, 49-55.
- 斉藤清美, 奥友正範, 藤澤牧人, 西川裕夫. 2007. ホルスタイン種乳牛における初乳中免疫グロブリン (Ig)G 濃度の簡易推定法. 岩手県獣医師会会報, 33, 145-147.
- 福本奈津子, 居城伸次, 久保喜広, 山内健治. 2016. 血清糖度 (Brix) 値による子牛と子馬の受動免疫獲得状況の推定. 北海道獣医師会雑誌, 60, 572-575.
- 小林茂樹, 増田樹哉, 中村寛士, 梶尾和子. 2002. 乳用種子牛哺育・育成時の早期離乳における不完全受動免疫. 明治大学農学部研究報告, 131, 1-15.
- NOSAI 秋田. 2014. 平成26年度家畜共済事業実績書.
- 岡峰友恵, 玉野光博, 宮本徳子, 保本朋宏, 萬城守郎. 2009. 和牛受精卵移植産子における初乳給与状況の簡易な推定法の検討. 広島県獣医学会雑誌, 24, 47-50.

飼料用イネの疎植栽培が生育、収量および生産コストに及ぼす影響

西野瞭・佐藤楓・鈴木人志

要 約

秋田県は、全国でも有数のホールクロップサイレージ用イネの栽培地帯であるが、飼料用イネ専用品種の作付は少ない。また、家畜への給与を考えると、消化率の高さから極短穂型の専用品種が望まれる。しかし、極短穂型の品種は他の品種と比較して種子価格が高いことが、作付拡大につながらない主な原因と考えられている。そのため、低コスト栽培技術である疎植栽培を極短穂型品種の「つきすずか」を用いて行い、収量性や生産コストについて検討した。その結果、「つきすずか」の疎植栽培は、慣行栽培と比べ草丈が同程度でありながら、1株あたりの茎数が増える傾向があり、乾物収量が増加することが示唆された。また、種苗費や育苗にかかるコスト低減が可能であることが示唆された。ただし、施肥を多くした「疎植多肥区」について、乾物収量の低下がみられるなど、多肥の効果が不明であり、施肥量の検討が必要である。加えて、今後はサイレージ品質や家畜に与える影響について検討を重ねていく必要がある。

緒 言

本県におけるホールクロップサイレージ（以下WCS）用イネの作付面積は、令和元年度で、1,144 haと全国でも有数の栽培地帯である。しかし、作付されている品種の約7割が食用品種の「あきたこまち」であり、飼料用イネ専用品種の作付は少ない。また、「あきたこまち」等の食用品種や東北向けの飼料用イネ専用品種は穂割合が高い。一般的に籾は消化率が低い傾向がみられることから、イネWCSを利用する畜産農家、特に酪農家からは、籾の少ない品種に対する要望が高い。

この要望に応える品種として、近年、西日本農業研究センターで育成された「たちあやか」や「たちすずか」、 「つきすずか」などの極短穂型品種が挙げられる。極短穂型品種は、茎葉割合が高く、茎葉中の糖含量が多いため、消化性やサイレージ品質が良好である。しかし、極短穂型の品種は穂が小さく、種子生産量が少ないことから、種子価格が高いことが問題点として挙げられる。一方で、水稻栽培では省力・低コスト化のための

技術として、植え付け株間を広げて移植する疎植栽培技術が知られており、食用品種では疎植栽培を行っても、収量は同程度になることが報告されている（広島県 2006, 木村ら 2005）。

そこで、種子や育苗にかかるコスト低減のため、極短穂型のイネWCS専用品種を用いて疎植栽培を行い、収量性や生産コストについて検討することとした。

材料および方法

1. 試験期間

令和2年5月～令和2年9月の5ヶ月間とした。

2. 試験ほ場

秋田県山本郡三種町の生産者が有する水田を、試験ほ場（面積：50 a）とした。

3. 試験区分および施肥量

栽植密度を50株/坪、施肥量を10 aあたり基肥N-P-K=10 kg- 5 kg- 5 kgとした「慣行区」、

栽植密度を50株／坪、施肥量を10aあたり基肥N-P-K=14 kg- 7 kg- 7 kgとした「慣行多肥区」、栽植密度を37株／坪、施肥量を10 aあたり基肥N-P-K=10 kg- 5 kg- 5 kgとした「疎植区」、栽植密度を37株／坪で施肥量を10 aあたり基肥N-P-K=14 kg- 7 kg- 7 kgとした「疎植多肥区」の計4区を設定した。また、試験ほ場には堆肥を10 aあたり2t施用し、追肥は施用しなかった。

4. 供試品種

各区とも、消化性と作業分散を考慮し、8月下旬の時点で出穂を迎えずに収穫可能であり、籾の収量が低く、縞葉枯病抵抗性を持つ「つきすずか」を供試した。

5. 移植日

各区とも、令和2年5月18日に移植を行った。

6. 調査項目

各区10株×2列＝計20株の調査区を設置し、草丈、茎数、葉色を調査した。葉色は葉緑素計（SPAD502、コニカミノルタ）を用いてSPAD値を計測した。調査日は6月23日、7月6日、7月14日、7月27日、8月4日とした。

収量は調査日を8月25日とし、各区から無作為に4株×2カ所を採取し、重量を測定して現物収量を算出した。その後60℃、48時間の通風乾燥により、水分と乾物重量を測定して乾物収量を算出した。

7. 生産コスト

作物別技術・経営指標（2014年版）（秋田県、2014）の水稻10 ha規模を参考とし、農家からの聞き取りによる実費用をもとに、乾物収量1 kgあたりにかかる生産コストを算出した。

結果

1. 栽培期間中の気象概要

近隣地点（秋田県南秋田郡大潟村）における令和2年5月から令和2年9月までの旬別平均気温、降水量を図1に、日照時間を図2に示した。

平均気温は、6月上旬から7月上旬にかけて平年より約2℃高く推移し、9月上旬では平年を大きく上回り、5.6℃上昇した。

降水量は、5月上旬と5月下旬～6月上旬において平年より約10 mm減少した。その後6月中旬～6月下旬で約10 mm、7月中旬と8月上旬で約20 mm増加した。また、8月中旬～8月下旬では平年値の約1/3まで降水量が減少し、その後9月上旬で約40 mm、9月中旬で約100 mmと平年に比べ大きく増加した。

日照時間は5月上旬～5月中旬にかけて平年より約20時間少なく推移したが、その後5月下旬で約10時間、6月上旬で約30時間増加した。7月上旬、7月下旬～8月中旬にかけては平年より10時間以上減少したが、8月下旬～9月上旬にかけて約20時間増加した。

2. 生育、収量および生産コスト

草丈の推移を表1に示した。「疎植区」の草丈は、「慣行区」および「慣行多肥区」と同程度の値で推移したが、8月4日で「慣行多肥区」よりも低い値となった。「疎植多肥区」の草丈は、他の区と比べて低い値で推移したが、8月4日には「慣行区」、「疎植区」と同程度の値となった。

1株あたりの茎数を表2に示した。6月23日を除き、生育期間を通して「疎植多肥区」の茎数が最も多い値を示した。また、「疎植区」の茎数は「疎植多肥区」より低い値で推移したものの、「慣行区」、「慣行多肥区」と比べ多くなる傾向があった。

1 m²あたりの茎数を表3に示した。「疎植区」、「疎植多肥区」の1 m²あたりの茎数は生育期間を

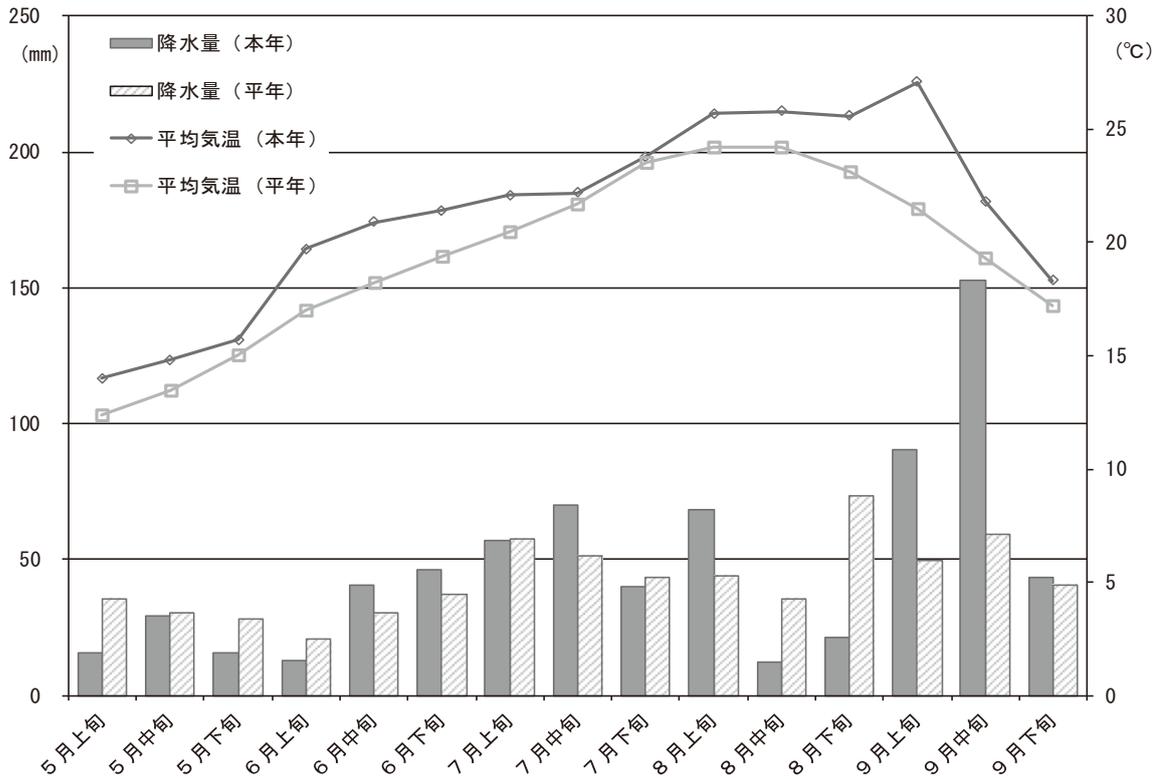


図1 旬別平均気温、降水量（大潟）

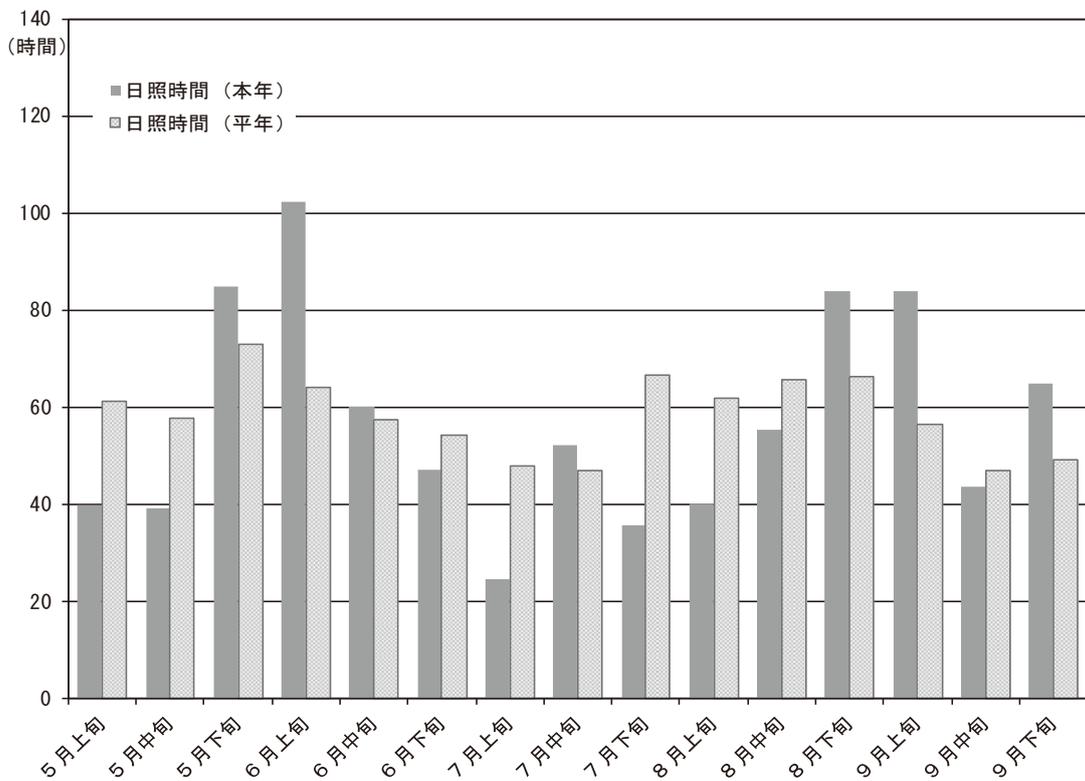


図2 旬別日照時間（大潟）

表1 草丈の推移 (cm)

調査日	6月23日	7月6日	7月14日	7月27日	8月4日
慣行区	32.3 ± 2.3	54.3 ± 3.2	65.9 ± 2.3	82.3 ± 2.5	93.1 ± 2.2
慣行多肥区	33.4 ± 2.9	52.9 ± 2.3	65.4 ± 1.7	83.0 ± 3.6	95.6 ± 3.3
疎植区	32.7 ± 3.2	53.4 ± 3.5	64.0 ± 2.5	81.1 ± 2.2	93.4 ± 2.5
疎植多肥区	31.1 ± 2.4	50.8 ± 2.7	60.4 ± 3.2	79.5 ± 4.0	93.3 ± 2.4

平均±標準偏差

表2 茎数の推移 (本/株)

調査日	6月23日	7月6日	7月14日	7月27日	8月4日
慣行区	12.7 ± 3.9	19.3 ± 5.4	21.7 ± 5.8	23.1 ± 5.6	22.5 ± 5.7
慣行多肥区	12.4 ± 3.5	20.7 ± 5.6	23.4 ± 6.1	24.6 ± 6.0	23.9 ± 5.5
疎植区	12.9 ± 3.8	20.7 ± 4.4	23.8 ± 4.1	26.4 ± 3.7	26.5 ± 4.4
疎植多肥区	12.6 ± 3.0	21.4 ± 5.9	24.5 ± 4.1	28.1 ± 5.2	27.9 ± 5.3

平均±標準偏差

表3 茎数の推移 (本/m²)

調査日	6月23日	7月6日	7月14日	7月27日	8月4日
慣行区	192.3	293.4	329.8	350.4	341.2
慣行多肥区	196.1	313.9	354.9	373.9	363.3
疎植区	143.9	231.3	266.6	295.7	297.0
疎植多肥区	140.6	239.7	274.4	314.2	312.5

平均±標準偏差

表4 葉色の推移 (SPAD値)

調査日	7月6日	7月14日	7月27日	8月4日
慣行区	45.2 ± 2.7	46.0 ± 2.0	43.0 ± 1.7	40.7 ± 1.4
慣行多肥区	45.6 ± 1.1	45.4 ± 1.7	45.5 ± 2.1	40.2 ± 2.0
疎植区	47.0 ± 1.4	46.1 ± 1.4	44.4 ± 1.8	45.2 ± 1.5
疎植多肥区	45.9 ± 2.1	46.0 ± 1.3	43.8 ± 2.7	44.2 ± 1.9

平均±標準偏差

表5 収量

品種・区画名	出穂日	調査日	収量 (kg/10a)		水分 (%)
			現物	乾物	
慣行区	出穂前	8月25日	3,231.7	886.7	72.6
慣行多肥区	出穂前	8月25日	3,474.7	988.1	71.6
疎植区	出穂前	8月25日	3,235.0	976.8	69.9
疎植多肥区	出穂前	8月25日	3,309.2	857.2	74.1

表6 コスト試算表

区画	乾物収量 (kg/10 a)	コスト (円/10 a)					kg単価 (円/kg)	
		総費用(労働費含む)	うち種苗費	うち肥料費	うち農薬費	うち諸材料費		うち労働費
慣行区	887	79,212	3,000	6,913	6,471	5,630	11,100	89.3
慣行多肥区	988	82,054	3,000	9,678	6,471	5,707	11,100	83.0
疎植区	977	77,085	2,220	6,913	5,752	5,288	10,814	78.9
疎植多肥区	857	79,760	2,220	9,678	5,752	5,198	10,814	93.0

通して「慣行区」,「慣行多肥区」よりも少ない値だったが,生育時期が進むにつれて差は縮小した。また,「疎植多肥区」の1 m²あたりの茎数は,7月6日以降,「疎植区」よりも高い値となった。

葉色(SPAD値)の推移を表4に示した。「疎植区」,「疎植多肥区」の葉色は8月4日の時点で「慣行区」,「慣行多肥区」より高い値となり,「疎植区」が最も高い値となった。

収量調査の結果を表5に示した。現物収量,乾物収量共に「慣行多肥区」が最も多い値となった。「疎植区」の現物収量は「慣行区」と同程度の値であったが,乾物収量は「疎植区」が「慣行区」より多い値となった。また,「慣行多肥区」の乾物収量は「慣行区」より多い値となったが,「疎植多肥区」では「疎植区」よりも少ない値となった。

本試験における生産コスト試算を表6に示した。乾物収量1 kgあたりにかかる費用は,「慣行区」の89.3円,「慣行多肥区」の83.0円に対し,「疎植区」が78.9円と最も安かった。しかし,「疎植多肥区」では乾物収量が低かったことから,93.0円となった。乾物収量が多くなり,種苗費や,育苗にかかる農薬,諸材料,労働費が低減したことから,10 aあたりの総費用は「疎植区」が「慣行区」と比較して約2,000円低減できることが示唆された。

考 察

水稻の疎植栽培では,草丈は栽植密度間で差がなく,1株あたりの茎数は増加することが分かっている(加藤ら,2013)。本試験においても,「疎植区」や「疎植多肥区」の草丈は「慣行区」と同程度となり,1株あたりの茎数は増加する傾向にあった。

「疎植区」や「疎植多肥区」で葉色が濃くなった要因については,栽植密度が低くなることにより,1株あたりの窒素吸収量が多くなったためと考えられる。また,1株あたりの日照量が多くなったことも要因の一つと考えられる。

食用品種では,疎植栽培において,収量や品質が慣行栽培と同程度であることが報告されている(広島県,2006)。しかし,本試験においては,「疎植区」の乾物収量は「慣行区」を上回る結果となった。加藤ら(2014)によると,疎植栽培では稈径や葉身が増大することが報告されている。本試験において,「疎植区」の1茎あたりの乾物重量が「慣行区」や「慣行多肥区」よりも重くなっており,乾物収量が増加した要因の一つではないかと推察される。

WCS用イネ専用品種は,食用イネ品種に比べ多肥栽培で全乾物収量が増加しやすい特性を持っており(日本草地畜産種子協会,2020),茎葉多収の極短穂型品種においても,窒素施肥量10 kg/10 aに比べ窒素施肥量20 kg/10 aの方が乾物重が増加しやすいことが報告されている(草ら2018)。しかし,「疎植多肥区」では「疎植区」よりも乾物収量が低下した。これは,刈り取り時の

水分が高かったためであり、日照不足が原因で水分が高くなったと考えられる。生育期間中の日照時間は7月上旬、7月下旬～8月中旬にかけて平年より10時間以上減少した。そのため、栽植密度が低く施肥量が多い「疎植多肥区」において、イネの窒素吸収が遅れ、水分が高かったのではないかと推察される。

水稻の疎植栽培では慣行栽培に比べて育苗用の苗箱数が減少し、育苗費や労働時間の低減につながる事が分かっている(奈良県, 2007)。また、関矢と河本(2011)によると、東北地域において飼料用イネの疎植栽培(37株/坪)を行ったところ、慣行栽培(60株/坪)に比べて苗箱数が約6割に削減されたことが報告されている。本試験においても、「疎植区」は「慣行区」よりも育苗にかかるコスト低減が可能であることが示唆された。

これらのことにより、「疎植区」は乾物収量の増加に加え、種苗費等の削減により、乾物1 kgあたりの生産コストを低減できる可能性があることが示唆された。ただし、「疎植多肥区」において収量が低下し、多肥の効果が不明だったため、疎植栽培における施肥量を検討する必要がある。また、今後は疎植栽培で生産された飼料用イネサイレージ品質や、家畜に与える影響についても検討が必要であると考えられる。

謝 辞

本試験にご協力いただいた生産農家に深く感謝申し上げます。

引用文献

- 秋田県. 2014. 作目別技術・経営指標(2014年版), 13-15. 秋田県農林水産部.
- 一般社団法人 日本草地畜産種子協会. 2020. 稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル, 第7版, 23-24.
- 広島県. 2006. 疎植栽培マニュアル(改訂版), 3-8. 広島県農業改良普及センター, 広島県穀物改良協会.
- 加藤盛夫, 植田智美, 齊藤直人, 永西修, 林久喜. 2014. 疎植栽培における1株植付本数が飼料用イネ品種の生育と乾物収量に及ぼす影響. 日本作物学会紀事83(別1), 286-287.
- 加藤盛夫, 植田智美, 永西修, 林久喜, 丸山幸夫. 2013. 草型の異なる飼料イネ品種の疎植栽培における形態形質の変化と乾物および子実収量の評価. 日本作物学会紀事82(別1), 268-269.
- 木村浩, 森重陽子, 杉山英治, 住吉俊治, 河内博文, 川崎哲郎. 2005. 疎植水稻の生育特性と安定生産技術. 愛媛県農業試験場研究報告, 39, 1-9.
- 草佳那子, 上垣隆一, 木村俊之. 2018. 窒素施肥と収穫時期が稲発酵粗飼料用品種「たちすずか」の材料草およびサイレージの化学成分と発酵品質に及ぼす影響. 日本草地学会誌, 64, 7-17.
- 奈良県. 2007. 水稻疎植栽培マニュアル(平坦ヒノヒカリ編), 2-4. 奈良県農業総合センター.
- 関矢博幸, 河本英憲. 2011. 東北地域における飼料用稲疎植栽培の収量性. 東北農業研究, 64, 7-6.

DNA バルクサンプルの全ゲノムシーケンスによる 比内地鶏の行動的ストレス反応性関連遺伝子の探索

青谷大希

要 約

比内地鶏における行動的ストレス反応性関連遺伝子の候補領域を探索するため、次世代シーケンサーを用いたDNAバルクサンプルの全ゲノムシーケンスを行った。比内地鶏のメスを用いて初生時に実施した行動反応試験の結果をもとに行動的ストレス反応性の異なる仮定の調査群を作成し、血液から抽出したDNAを群ごとに等量ずつ混ぜ合わせ、シーケンス解析に供した。

解析の結果、約11,000,000座位の変異が検出された。これらの中から影響度の高い変異を抽出し、各座位における、全冗長度に占める変異塩基の割合を群における変異の頻度であると仮定して、カイ二乗検定により群間で有意に頻度の異なる領域を調べたところ、6,153座位が検出された。このうち、機能が明らかとなっているものは2,732座位であった。今後は、個体レベルの多型とストレス反応性との関連解析や当該領域の変異が遺伝子の発現および機能にもたらす影響について調査を行う必要がある。

緒 言

比内地鶏の生産現場において、圧死事故による育成期間中の損耗が大きな問題となっている。そこで我々は、圧死事故の発生に関与すると考えられる行動的ストレス反応性に着目し、ニワトリにおける行動的ストレス反応性の品種間差や生産性との関連について調査を行ってきた。その過程で、比内地鶏の初生時における行動的ストレス反応性と、その後の発育や悪癖（つつき；feather pecking）の発生との間に有意な関連があることを明らかにした。

初生時のストレス反応性には、遺伝的な要因が大きく影響していると推察されることから、育種改良への応用が期待されるが、改良効率を向上させるとともに、同様の問題を抱える全国各地の地鶏生産現場へ速やかに技術を普及するためには、ニワトリの行動的ストレス反応性に関与する遺伝子を明らかにして、マーカーアシスト選抜を可能にする必要がある。しかしながら、現在のところこの分野に関する有力な知見は存在しない。

そこで本研究では、当該においてこれまでに行動的ストレス反応性を調査した比内地鶏個体から採取した血液よりDNAを抽出して全ゲノムシーケンスを行い、参照配列に対する変異塩基の頻度を行動的ストレス反応性の異なる群間で比較することにより関連遺伝子を探索した。

材料および方法

1. 材料

平成27年6月から平成29年6月までの間に行動反応試験に供した、882羽の比内地鶏メスのデータと血液サンプルを用いた。なお、行動反応試験および採血は、秋田県畜産試験場動物実験委員会の承認を受けた上で実施された。

2. Tonic Immobility試験

行動的ストレス反応性を評価するための行動反応試験として、Tonic Immobility (TI；緊張不動) (Jones, 1986)試験を用いた。ヒナを仰向けにして木製の台座に寝かせて胸部を軽く抑え、ヒナが不

動姿勢をとった時点で静かに手を放し、不動状態の持続時間、すなわちヒナが起き上がるまでの時間を、180秒を上限として測定した。なお、手を放してから5秒以内にヒナが起き上がった場合は、TIに誘導されなかったものとして、直ちに誘導操作を繰り返し、TIに誘導されるまでの試行回数を記録した。

3. 調査群の作成

TI試験の結果から、行動的ストレス反応性の異なる2つの仮定の調査群を作成した。TIへの誘

導に複数回の試行を必要とし、かつ持続時間が短かった個体を抽出してTI Short群(n = 31)とし、一度目の試行でTIに誘導され、かつ持続時間が180秒に到達した個体群をTI Long群(n = 30)とした。両群のTI試験のスコアを図1および2に示す。

4. DNAバルクサンプルの調製

調査群に選抜された各個体の血液サンプルからDNeasy Blood & Tissue Kit (キアゲン ヒルデンドイツ) を用いてゲノムDNAを抽出した。

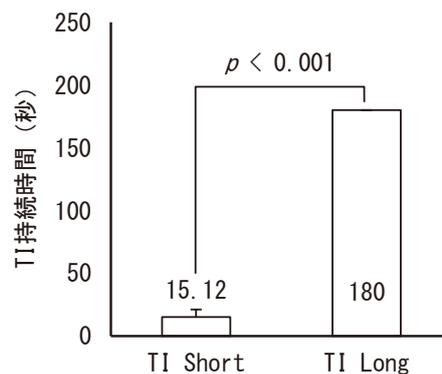


図1 各調査群におけるTIの持続時間
 p 値は次の帰無仮説に対するt検定により求めた。

$$H_0: \mu_{\text{TI Short}} = 180$$

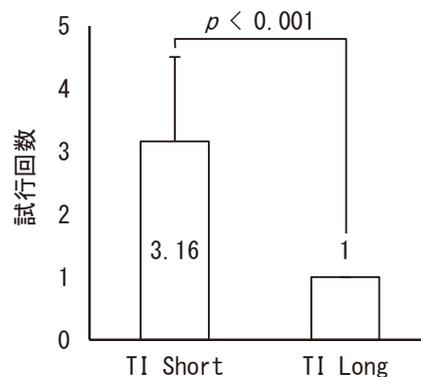


図2 各調査群におけるTIへの誘導に要した試行回数
 p 値は次の帰無仮説に対するt検定により求めた。

$$H_0: \mu_{\text{TI Short}} = 1$$

抽出したDNAサンプルの濃度を50 ng/ μ lに調整した後、群ごとに等量ずつ混合しDNAバルクサンプルを調製した。

5. 全ゲノムシーケンス

DNAバルクサンプルの全ゲノムシーケンスは、タカラバイオ株式会社に委託して実施した。サンプルは品質検定として濃度、純度および断片化の有無を確認した後、TruSeq DNA PCR-Free Library Prep Kit (イルミナ サンディエゴ アメリカ)を用いてシーケンスライブラリーを作製した。作製はTruSeq DNA PCR-Free Library Prep Reference Guideに沿って行われた。なお、本解析においては、2つのライブラリーを混合してシーケンスを行ったため、アダプターはサンプルを選別するためのindex付きのものを用いた。作製したシーケンスライブラリーは品質検定後に混合され、シーケンス解析に供された。クラスター形成およびシーケンス解析に使用した機器はそれぞれ、cBot Cluster Generation SystemおよびHiSeq X Five Sequencing System (ともにイルミナ)で、操作は両機器の標準プロトコルによる。

シーケンス解析により得られた塩基配列情報(リード)は、アダプターおよび低品質領域を除去した上でセキショクヤケイのゲノム配列(assembly名: Gallus_gallus-5.0 アクセス番号: GCF_000002315.4)を参照配列としてマッピングし、変異を検出した。変異の種類は一塩基置換、挿入変異および欠失変異とした。なお、リードのクリーニングにはTrimmomatic(Bolger et al.

2014)、マッピングにはBWA-MEM (Li, 2013)、変異の検出にはLoFreq (Wilm et al. 2012)ソフトウェアをそれぞれ用いた。

6. 候補遺伝子の探索

検出された変異のうち、アノテーション結果から影響が大きいと予測されたもの、すなわち転写、スプライシングおよび翻訳の開始または終了に影響を与えるもの、あるいはアミノ酸配列あるいはタンパク質の構造に重篤な影響を与える可能性があるものを抽出し、両群における変異塩基の頻度を比較することにより候補遺伝子の探索を行った。両群における変異塩基の頻度は、当該部位における全冗長度に占める変異塩基の割合とし、カイ二乗検定により頻度のちがいの有意性を検定した。統計処理にはエクセルソフトウェア(マイクロソフト レドモンド アメリカ)を用いた。

結果と考察

各群においてシーケンス解析により検出された全変異の数ならびに影響度が大きいと予測された変異の数を表1に示す。これらの変異のうち、影響度が大きく、群間でその頻度が有意($p < 0.05$)に異なったものの数は6,153座位であった。このうち、すでに機能が明らかになっているものは同一遺伝子内の変異を含めて2,732座位であった。この中には、ストレス反応に関連する神経伝達物質であるモノアミンや、自律神経に関連する神経伝達物質であるアセチルコリンの関連遺伝子が複数含まれていた。

本研究で用いた手法は、シーケンス解析にお

表1 DNAバルクサンプルの全ゲノムシーケンスにより検出された変異数

	変異の種類			影響度の高い 変異の数
	一塩基多型	挿入	欠失	
TI Short 群	9,906,644	589,831	645,444	54,340
TI Long 群	10,052,316	604,306	658,082	55,534

ける冗長度を利用して両群の変異頻度を仮定したものであり、これらの結果をもってストレス反応性の関連遺伝子であると結論付けることはできない。しかしながら、これまでにヒトや他の動物種において報告されているストレス関連神経伝達物質の関連遺伝子 (Brunner et al. 1993, Lesch et al. 1996) が検出されたことから、ニワトリのストレス反応においても同様のシステムが機能しており、関連遺伝子の多型がストレス反応性に影響を及ぼしている可能性が考えられる。今後は候補領域について個体レベルの多型解析を行い、ストレス反応性との関連を解析するとともに、当該領域の変異が遺伝子の発現および機能にどのような影響をもたらすかを解析することで、地鶏の行動的ストレス反応性関連遺伝子の特定を目指す。

謝 辞

本研究は平成29年度公益財団法人伊藤記念財団の助成を受けたものです

引用文献

Andreas Wilm, Pauline Poh Kim Aw, Denis Bertrand, Grace Hui Ting Yeo, Swee Hoe Ong, Chang Hua Wong, Chiea Chuen Khor, Rosemary Petric, Martin Lloyd Hibberd, Niranjana Nagarajan. 2012. LoFreq: A sequence-quality aware, ultra-sensitive variant caller for uncovering cell-population heterogeneity from high-throughput sequencing datasets. *Nucleic Acids Res.* 40, 11189–11201.

Bolger A. M., Lohse M. & Usadel B. 2014. Trimmomatic: A flexible trimmer for Illumina sequence data. *Bioinformatics* 30, 2114–2120.

Heng Li. 2013. Aligning sequence reads, clone sequences and assembly contigs with BWA-MEM. (preprint)

HG Brunner, M Nelen, XO Breakefield, HH Ropers, BA van Oost. 1993. Abnormal behavior associated with a point mutation in the structural gene for monoamine oxidase A. *Science* 262, 578–580.

K P Lesch, D Bengel, A Heils, S Z Sabol, B D Greenberg, S Petri, J Benjamin, C R Müller, D H Hamer, D L Murphy. 1996. Association of anxiety-related traits with a polymorphism in the serotonin transporter gene regulatory region. *Science* 274, 1527–1531.

R. Bryan Jones. 1986. The tonic immobility reaction of the domestic fowl: a review. *World's Poultry Science Journal.* 42, 82–96.

比内地鶏の飼料体系の確立に関する試験（第2報）

— 幼雛期，中雛期飼料の栄養水準の検討 —

福田栞・力丸宗弘*・青谷大希

*現：秋田県農林水産部畜産振興課

要 約

新ロードを母系とした比内地鶏により適した飼料の栄養水準を明らかにするため，現在利用されている比内地鶏専用飼料の設計を基に前報の結果をふまえてCP，MEを調整し，飼育試験を行った。

幼雛期は慣行区であるME3,100 kcal区と比較してME3,000 kcal区は有意に発育に劣ったものの，ME3,050 kcal区は同等の発育が見られた。中雛期は，7週齢以降，慣行区であるCP19%区と比較してCP17%区が発育に優れ，10週齢時においてはCP17%区が最も発育に優れた。試験終了時の22週齢時の体重に幼雛期，中雛期飼料の有意な影響は認められなかった。

以上の結果から，現行の比内地鶏専用飼料を用いても新ロードより生産される比内地鶏の発育能力を十分に発揮できることが示唆された。一方でCP，MEを調整することで，飼料費の削減により生産者における収益性を向上させられる可能性も示された。

緒 言

佐藤ら（2016，2018）が開発した，高能力ロード種鶏（新ロード）より作出される比内地鶏により適した飼料の栄養水準を明らかにするため，前報（福田ら，2020）において，現在利用されている比内地鶏専用飼料の設計を基に幼雛用飼料の粗タンパク質含量（CP）と代謝エネルギー（ME）を調整し，幼雛期およびそれ以降の発育に及ぼす影響を調査した。幼雛期においてはME3,000 kcal条件が当時の慣行であるME3,100 kcal条件より発育に優れることを示唆する結果を得た。また，飼料形状と発育との関連から，同一の栄養水準であってもマッシュ飼料とクランブル飼料とでは明らかにクランブル飼料で発育成績が優れたことより，クランブル飼料を用いた再試験が必要であると考えられた。そこで本研究では幼雛用飼料のMEを調整

した再試験を行うとともに，中雛期飼料についてはCPを調整して給与試験を行い，中雛期およびそれ以降の発育に及ぼす影響を調査した。

材料と方法

本研究は全てのプロセスに関し，秋田県畜産試験場動物実験委員会の承認を受けた上で実施された。

1 試験区分

幼雛期（0週齢～4週齢）においてMEを調整した2種類の試験飼料を給与する区，ならびに現行の飼料（秋田比内地鶏えつけNC，JA全農北日本くみあい飼料株式会社，宮城）を給与する区の計3区を設定した（表1）。なお，飼料の形状は全てクランブル飼料とした。中雛期（4週齢～10週齢）においてCPを調整した2種類の試験飼料を給与する区，ならびに現行

表1 幼雛期 試験区分

CP (%)	ME (kcal)	形状
21	3,100	クランブル
21	3,050	クランブル
21	3,000	クランブル

表2 中雛期 試験区分

CP (%)	ME (kcal)
19①	2,900
19②	2,900
17①	2,900
17②	2,900
15①	2,900
15②	2,900

の飼料（秋田比内地鶏中期，JA全農北日本くみあい飼料株式会社）を給与する区をそれぞれ2反復で，計6区を設定した（表2）．10週齢以降の仕上げ期には現行の飼料（秋田比内地鶏完熟，JA全農北日本くみあい飼料株式会社）を給与した．

2 試験期間および供試鶏

試験期間は平成30年10月17日～平成31年3月20日の154日間とし，比内地鶏メスの初生ひなを幼雛期は各試験区80羽，中雛期は各試験区39羽ずつ供試した．幼雛期の各試験区への供試鶏の振り分けにあたっては全個体の体重を測定した上で，乱数を用いて各試験区の平均体重が等しくなるように振り分けた．乱数の発生にはエクセルソフトウェア（マイクロソフト，レドモンド，アメリカ）を用いた．中雛期については幼雛期の試験区ごとに同様の方法で6区に振り分けた．

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，4週齢以降はパイプハウス（5.4 m × 2.7 m 飼育密度2.67羽/m²）で放し飼いとした．全期間を通して不断給餌，自由飲水とした．その他の管理は当場の慣行とした．

4 調査項目

(1) 発育成績

0，1，2，3，4，5，6，7，8，9，10，14，17，22週齢時に全個体の体重を測定した．

(2) 平均飼料摂取量，平均飼料要求率

4，5，6，7，8，9，10，14，17，22週齢時にそれぞれの区の飼料摂取量を測定した．平均飼料要求率は平均日増体重および平均飼料摂取量から算出した．

(3) 部位別重量

各試験区10羽を解体調査に供した．160日齢で生産現場における慣行に準じて食鳥処理および解体を行い，生体重量，と体重量ならびに全骨，モモ，ムネ，ササミ，手羽元，手羽先，肝臓，心臓，腺胃，筋胃，卵巣および腹腔内脂肪の重量を測定した．

5 統計処理

幼雛期飼料が幼雛期の発育に及ぼす影響について，ばらつきの比較として，4週齢時における全個体の体重データを用いて，F検定により等分散性の検定を行った．検定はME3,050 kcal区，ME3,000 kcal区それぞれについて慣行区を対照区とする対比較により行った．発育の比較としてはスミルノフ・グラブス検定により，外れ値を除いたうえで，一元配置の分散分析およびTukeyの多重比較検定を行った．その他の週齢における体重並びに，解体後部位別重量に

ついては一元配置の分散分析および Tukey の多重比較検定を行った。統計処理にはエクセル統計ソフトウェア（株式会社 社会情報サービス, 東京）を用いた。

結 果

幼雛期（0 週齢～4 週齢）の体重を表 3 に示した。3 および 4 週齢時において ME3,100 kcal 区が ME3,000 kcal 区と比較して有意に発育に優

れた。全個体の 4 週齢体重の分散を表 4 に示した。慣行区である ME3,100 kcal 区と比較して ME3,000 kcal 区で等分散性が否定された。中雛期以降（4 週齢～22 週齢）の体重について、区画ごとの平均体重を表 5、栄養水準ごとにそれぞれ 2 区画のデータをプールした体重を表 6 に示した。なお、8～9 週齢の CP19%－②区、CP17%－①区については体重測定時点で給餌器の飼料が底をついており、飽食状態ではな

表 3 幼雛期 体重 (g) および羽数

	ME 3,100kcal 区	ME 3,050kcal 区	ME 3,000kcal 区
体重			
0w	40 ± 2	40 ± 2	39 ± 2
1w	79 ± 7	78 ± 8	79 ± 8
2w	160 ± 21	163 ± 19	158 ± 18
3w	284 ± 25 ^a	280 ± 29 ^{ab}	272 ± 28 ^b
4w	408 ± 35 ^a	403 ± 39 ^{ab}	389 ± 40 ^b
羽数			
0w	79	80	78
1w	78	80	78
2w	78	80	75
3w	75	80	75
4w	76	79	75

スミルノフ・グラブス検定により、外れ値を除いた。

平均±標準偏差

異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)

表 4 全個体の 4 週齢体重の分散

	体重 (g)	羽数	分散	P 値
ME 3,100kcal 区	408	78	1,565	-
ME 3,050kcal 区	403	79	1,530	0.46
ME 3,000kcal 区	384	77	2,315	0.044

ME3,050kcal区、ME3,000kcal区それぞれについて慣行区 (ME3,100kcal区) を対照区とする対比較により F 検定を行い、P 値を算出した。

表 5 中雛期以降 区画ごとの体重 (g)

	CP19%①区	CP19%②区	CP17%①区	CP17%②区	CP15%①区	CP15%②区
4w	401 ± 38	401 ± 39	399 ± 39	402 ± 39	401 ± 38	402 ± 45
5w	478 ± 65	461 ± 73	476 ± 65	495 ± 45	481 ± 60	459 ± 73
6w	647 ± 71 ^{ab}	636 ± 88 ^{ab}	652 ± 68 ^{ab}	681 ± 59 ^a	656 ± 75 ^{ab}	626 ± 78 ^b
7w	831 ± 88 ^{ab}	831 ± 114 ^{ab}	850 ± 81 ^{ab}	886 ± 72 ^a	844 ± 85 ^{ab}	815 ± 92 ^b
8w	1,026 ± 105 ^b	1,040 ± 116 ^{ab}	1,050 ± 92 ^{ab}	1,098 ± 87 ^a	1,054 ± 99 ^{ab}	1,017 ± 97 ^b
9w	1,211 ± 115	1,219 ± 122	1,230 ± 102	1,332 ± 99	1,262 ± 116	1,226 ± 103
10w	1,415 ± 128 ^b	1,450 ± 134 ^{ab}	1,458 ± 117 ^{ab}	1,505 ± 118 ^a	1,421 ± 128 ^b	1,435 ± 105 ^{ab}
14w	2,028 ± 155	2,073 ± 164	2,071 ± 157	2,118 ± 164	2,021 ± 170	2,058 ± 145
17w	2,342 ± 180	2,344 ± 184	2,337 ± 195	2,388 ± 192	2,331 ± 209	2,368 ± 181
22w	3,075 ± 279	3,041 ± 232	3,055 ± 302	3,082 ± 270	3,004 ± 281	3,027 ± 256

平均±標準偏差、n=39

異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)

8～9 週齢の CP19%②区、CP17%①区（網掛け部分）については、体重測定時点で給餌器の飼料が底をついており、飽食状態ではなかったと考えられるため、9 週齢時の体重は解析対象から除外した。

ったと考えられるため、参考データとする。中雛期はCP17%区が発育に優れ、CP15%区に対しては7および10週齢時において有意に平均体重が大きかった。CP19%区に対しては、7から10週齢までの間に体重測定を行った全ての時点で平均体重が大きかった。仕上げ用飼料への切り替え後、14、17、22週齢時における各区の平均体重に有意な差は認められなかった。

幼雛期の1日1羽あたりの平均飼料摂取量及

び飼料要求率を表7、幼雛期における1羽あたりの飼料摂取総量を図1に示した。また、中雛期以降の1日1羽あたりの平均飼料摂取量及び飼料要求率を表8、幼雛期、仕上げ期における1羽あたりの飼料摂取総量を図2に示した。

部位別重量のと体重に対する割合を表9に示した。モモの割合はCP15%区と比較してCP17%区が大きく、肝臓の割合はCP17%区と比較してCP15%区が大きかった。

表6 中期以降 栄養水準ごとの体重 (g)

	CP 19%区	CP 17%区	CP 15%区
4w	401 ± 38	401 ± 39	401 ± 41
5w	470 ± 69	486 ± 56	469 ± 67
6w	642 ± 80	666 ± 65	640 ± 78
7w	831 ± 101 ^b	868 ± 78 ^a	828 ± 89 ^b
8w	1,033 ± 110 ^b	1,074 ± 92 ^a	1,035 ± 98 ^{ab}
9w	1,215 ± 117	1,281 ± 112	1,243 ± 110
10w	1,433 ± 131 ^b	1,482 ± 119 ^a	1,424 ± 122 ^b
14w	2,050 ± 160	2,094 ± 161	2,038 ± 158
17w	2,343 ± 181	2,362 ± 194	2,349 ± 194
22w	3,058 ± 256	3,068 ± 285	3,015 ± 266

平均±標準偏差、n=78

異符号間に有意差あり (P<0.05)

8~9週齢のCP19%区、CP17%区(網掛け部分)については、体重測定時点で給餌器の飼料が底をついており、飽食状態ではなかったと考えられるため参考データとし、9週齢時の体重は解析対象から除外した。

表7 幼雛期 飼料摂取量 (1日1羽あたり平均, g) 及び飼料要求率 (期間摂取量/期間増体重)

	ME 3,100kcal区	ME 3,050kcal区	ME 3,000kcal区
飼料摂取量			
0w-4w	675.5	680.5	657.0
飼料要求率			
0w-4w	1.8	1.9	1.9

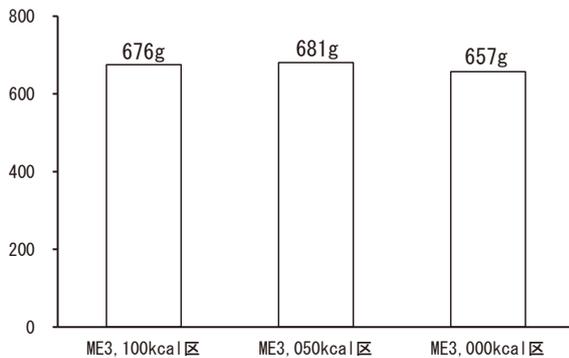


図1 幼雛期における1羽あたり飼料摂取総量

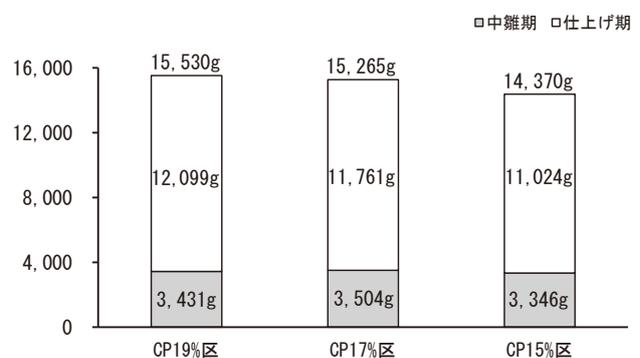


図2 中雛期, 仕上げ期における1羽あたり飼料摂取総量

表8 中期以降 飼料摂取量（1日1羽あたり平均，g）及び飼料要求率（期間摂取量/期間増体重）

	CP 19%区	CP 17%区	CP 15%区
飼料摂取量			
4-5w	30.4	39.0	31.3
5-6w	61.1	70.4	64.2
6-7w	75.3	80.2	76.5
7-8w	94.9	93.0	92.1
8-9w	104.5	104.2	105.9
9-10w	118.6	113.8	108.0
10-14w	141.6	138.3	129.7
14-17w	145.1	140.2	119.2
17-22w	145.3	141.3	139.7
飼料要求率			
4-5w	3.1	3.2	3.2
5-6w	2.5	2.7	2.6
6-7w	2.8	2.8	2.8
7-8w	3.3	3.2	3.1
8-9w	4.0	3.5	3.6
9-10w	3.8	4.0	4.1
10-14w	6.4	6.3	6.0
14-17w	10.4	11.0	8.1
17-22w	7.1	7.0	7.4
4-22w	5.8	5.7	5.5

網掛け部分は体重測定時点で給餌器の飼料が底をついており、飽食状態ではなかったと考えられるため、参考データとする。

表9 各部位のと体重に対する割合（％）

	CP 19%区	CP 17%区	CP 15%区
と体重	93.5 ± 0.73	93.9 ± 1.18	93.0 ± 0.92
全骨	16.4 ± 1.07	16.6 ± 1.14	16.4 ± 0.94
モモ	20.4 ± 0.8 ^{ab}	21.0 ± 0.94 ^a	19.8 ± 0.87 ^b
ムネ	16.7 ± 1.0	17.0 ± 1.2	16.0 ± 1.23
ササミ	3.3 ± 0.36	3.4 ± 0.43	3.2 ± 0.17
手羽元	3.4 ± 0.32	3.5 ± 0.19	3.3 ± 0.28
手羽先	3.9 ± 0.28	3.8 ± 0.2	3.8 ± 0.27
肝臓	1.7 ± 0.26 ^{ab}	1.5 ± 0.19 ^b	1.8 ± 0.22 ^a
心臓	0.5 ± 0.07	0.5 ± 0.05	0.5 ± 0.14
腺胃	0.4 ± 0.11	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.13
筋胃	1.5 ± 0.27	1.5 ± 0.2	1.6 ± 0.21
卵管	4.4 ± 1.03	3.7 ± 1.62	5.0 ± 0.85
腹腔内脂肪	5.3 ± 1.65	5.0 ± 1.09	5.6 ± 1.6

平均±標準偏差、n=10

異符号間に有意差あり（ $P < 0.05$ ）

と体重は、生体重に対する割合

考 察

幼雛期は慣行区である ME3,100 kcal 区と比較して ME3,000 kcal 区は有意に発育に劣ったものの、ME3,050 kcal 区は同程度の発育が見られた。前報（福田ら、2020）の試験では ME3,000 kcal と ME 3,100 kcal の発育成績は同程度であり、本研究の結果とは矛盾する。この点については飼料形状が影響したものと考える。飼料原料を粉碎・混合して作られたマッシュ飼料は、経済的であるが、選り食いにより栄養が不均一になりやすい（Jahan et al, 2006）。一方、マッシュ飼料に蒸気を加えてペレット状に加圧成型し、さらに食べやすいように荒く砕いたクランブル飼料は栄養素の分離が少なく、嗜好性が高いため飼料摂取量が増加し、飼料要求率が改善される（S. Jafarnejad et al 2010, Jahan et al 2006）。したがって、本研究ではクランブル飼料を用いたことで、摂取量の向上により、飼料の栄養水準が個体の発育に強く影響を及ぼした結果として、有意な影響が認められたものと考えられる。

また、仕上がり重量に対する、幼雛期飼料の有意な影響は認められなかったことから、幼雛期飼料の ME を下げることで、生産性を維持しながら、飼料費を削減することが可能であると考えられる。しかし、ME3,000 kcal 区は慣行である ME3,100 kcal 区と比較して 4 週齢時の体重の分散が有意に大きく、個体間の体重のばらつきが大きいことを示している。このことは、ME3,000 kcal 区は必要な栄養水準を満たしておらず、個体間競争や、社会的順位による飼料摂取機会の差が、摂取栄養量の差として発育に影響を及ぼした結果、体重のばらつきが大きくなったものと考えられる。また、本研究で飼育した個体全体における 4 週齢体重と 22 週齢体重の相関は中程度 ($p < 0.45$) であり、4 週齢時

における体重のばらつきは出荷時の体重のばらつきにつながる可能性があることから、幼雛期の飼料には ME3,050 kcal 以上が望ましいと考えられる。

中雛期以降は、7 週齢から 10 週齢において CP17% 区が CP19% 区（慣行）と比較して有意に発育に優れ、7、10 週齢時には CP17% 区が CP15% 区と比較して有意に発育に優れた。ブロイラーにおいて、飼料のカロリーとタンパク質比は発育成績に重要な役割を果たすことが分かっており（NRC, 1994）、カロリーとタンパク質のバランスが適切であれば良好な成績が得られることが報告されている（F.A.S.Dairo, 2010）。本試験においても 10 週齢までは CP17% 区が CP19% 区より発育成績が優れていたことより、中雛期の適切な CP 水準は CP19% より低い可能性が推察され、CP を下げることで、比内地鶏の生産性を改善しながら飼料費を削減できる可能性が示された。

部位別のと体重に対する割合は CP15% 区が CP17% 区と比較して、肝臓が大きく、モモが小さかった。低栄養状態ではタンパク質の欠乏により中性脂肪の分泌が抑制され脂肪肝が発生すること（福井、1998）、低 CP、高 ME 飼料を与えることにより肉の重量が少なくなること（F.A.S.Dairo, 2010）が報告されており、本試験においても同様の結果が得られたと考える。

以上のことより、現行の比内地鶏専用飼料を用いても、新ロードより生産される比内地鶏の発育能力を十分に発揮することが可能であることが示された。一方で CP、ME を調整することで、飼料費の削減により生産者における収益性を向上させられる可能性も示された。

謝 辞

本研究で用いた試験飼料の調製でご協力いただいた、JA 全農北日本くみあい飼料株式会社の各位に深く感謝申し上げます。

引用文献

- F. A. S. Dairo, A. O. K. Adesehinwa², T. A. Oluwasola¹ and J. A. Oluyemi. 2010. High and low dietary energy and protein levels for broiler chickens. *African Journal of Agricultural Research* 5(15), 2030-2038.
- 福井博. 1998. 栄養障害と steatohepatitis : その根底にあるものは何か?. *肝臓* 39 巻 1 号
- 福田栞, 青谷大希, 力丸宗弘, 佐藤悠紀. 2020. 比内地鶏の飼料体系の確立に関する試験 (第 1 報). *秋田県畜産試験場研究報告* 34, 40-42
- M.S. Jahan, M. Asaduzzaman and A.K. Sarkar. 2006. Performance of Broiler Fed on Mash, Pellet and Crumble. *International Journal of Poultry Science* 5 (3), 265-270.
- National Research Council. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th rev. ed. Washington: National Academy Press.
- 佐藤悠紀, 青谷大希, 力丸宗弘, 山崎司. 2016. 比内地鶏母系原種鶏の系統造成と利用系統の組合せ試験 (第 1 報). *秋田県畜産試験場研究報告* 31, 57-61.
- 佐藤悠紀, 青谷大希, 力丸宗弘. 2018. 比内地鶏母系原種鶏の系統造成と利用系統の組合せ試験 (第 2 報). *秋田県畜産試験場研究報告* 32, 21-28.
- S. Jafarnejad, M. Farkhoy, M. Sadegh, and A. R. Bahonar. 2010. Effect of Crumble-Pellet and Mash Diets with Different Levels of Dietary Protein and Energy on the Performance of Broilers at the End of the Third Week, *Veterinary Medicine International*.

秋田県畜産試験場 学術論文掲載一覧 (2020年4月～2021年3月)

誌名	題名	掲載者	掲載年等
The Journal of Poultry Science	Is a Single Nucleotide Polymorphism Marker in the Cholecystokinin A Receptor Gene Practically Suitable for Improving the Growth Traits of Hinai-jidori Chickens ?	Kazuhiro Rikimaru, Yuki Sato, Yukari Ito, Shiori Fukuda, Senetsu Sasaki and Hideaki Takahashi	The Journal of Poultry Science 57,99-106,2020

秋田県畜産試験場研究報告

令和3年3月24日発行

編集兼発行 秋田県畜産試験場

代表者 **小坂純治**

〒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、225部印刷して、単価は455円です。」