

Bulletin of the
Akita Prefectural Livestock Experiment Station

NO.36 March 2022

秋 田 県 畜 産 試 験 場 研 究 報 告

第 36 号
令和4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36号(令和4年3月)

目 次

1 黒毛和種の産肉能力検定成績 (2021年度)	
.....	関屋万里生 1～5 渡部 一弥 今野 紗知 高橋ひろの
2 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 (第2報)	
.....	西野 瞭 6～12 加藤真姫子 佐藤 楓
3 飼料作物奨励品種選定試験 ーフェストロリウムー	
.....	西野 瞭 13～21 鈴木 人志 由利奈美江 渡邊 潤
4 コレシストキニンA受容体遺伝子を指標とした比内地鶏の発育改善に関する研究 (第1報) ーコレシストキニンA受容体遺伝子の一塩基多型 (g.420 C>A) と比内地鶏の発育形質との関連性ー	
.....	力丸 宗弘 22～28 大久保 武 高橋 秀彰
5 比内地鶏の飼料体系の確立に関する試験 (第3報) ー幼雛期, 中雛期, 仕上げ期用飼料の栄養水準の検討ー	
.....	福田 栞 29～36 伊藤 剛 青谷 大希
6 秋田県畜産試験場 学術論文掲載一覧	 37

黒毛和種の産肉能力検定成績（2021 年度）

関屋万里生・渡部一弥・今野紗知・高橋ひろの

要 約

種雄牛候補選抜のため、公益社団法人全国和牛登録協会が規定する検定法に基づき各種検定を実施した。

1. 直接検定

(1) 検定牛

秋義 6 3（血統：松糸華×隆之国×安福久）

(2) 検定成績

終了時体高 126.0 cm，終了時体重 405.0 kg，1 日当たり平均増体重 1.32 kg

2. 現場後代検定

(1) 検定種雄牛

朝陽（血統：美津照重×百合茂×北国 7 の 8）

(2) 検定成績（検定調査牛 18 頭の平均）

枝肉重量 519.4 kg，ロース芯面積 60.4 cm²，バラ厚 8.2 cm，皮下脂肪厚 2.5 cm，歩留基準値 74.0，BMSNo.7.6

緒 言

県内における黒毛和種の改良推進のため、高い産肉能力を持つ種雄牛の造成が重要である。秋田県では、昭和 59 年から、公益社団法人全国和牛登録協会が規定する各種産肉能力検定法により種雄牛を選抜し、多くの県有種雄牛を造成してきた。2021 年度は、直接検定法および現場後代検定法によりそれぞれ 1 頭の種雄牛候補について検定を実施した。

材料および方法

1. 直接検定

(1) 検定牛

検定牛の概要を表 1 に示す。この検定牛は、県内において脂肪交雑の育種価が上位である繁殖雌牛から生産された雄子牛の中から、産子調査により選抜された。

表 1 直接検定を実施した検定牛の概要

名号	生年月日	血統			産地
		父	母父	母母父	
秋義 6 3	R3. 1. 14	松糸華	隆之国	安福久	大仙市

(2) 検定方法

公益社団法人全国和牛登録協会が定める産肉能力検定（直接検定法）（2017）に準じ、次のとおり実施した。

1) 検定場所

秋田県畜産試験場（秋田県大仙市神宮寺）の肉牛検定牛舎で実施した。

2) 検定期間

令和 3 年 8 月 25 日から 12 月 15 日までの 16 週間（112 日間）で実施した。検定開始前には 20 日間の予備飼育を行った。

3) 給与飼料

濃厚飼料は直接検定用飼料で、配合割合を表2に示す。濃厚飼料は体重比で概ね1.0～1.3%を1日の給与量とし、朝夕2回に分けて給与した。粗飼料は購入チモシーをカットし不断給与した。飲水は自由とした。

4) 検定調査項目

①体重測定

開始時および2週間ごとに測定した。

②体型測定

体高、十字部高、体長、胸囲、胸幅、胸深、尻長、腰角幅、かん幅、坐骨幅の10部位を開始時および4週間ごとに測定した。

③体型審査

開始時および終了時に実施した。

④飼料摂取量

濃厚飼料と粗飼料に区分し給与量と残飼量を毎日記録。これらから飼料摂取量、余剰飼料摂取量、TDNおよびCPの摂取量を算出した。

2. 現場後代検定

(1) 検定種雄牛

検定種雄牛の概要を表3に示す。この検定種雄牛は2016年度に実施した産肉能力検定(直接検定法)において選抜された候補種雄牛であった。

(2) 検定調査牛

当场および県内の繁殖農家などが飼育する雌牛に、検定種雄牛の凍結精液を用いて調整

交配を行い、それらの産子を検定調査牛とした。

(3) 検定方法

公益社団法人全国和牛登録協会が定める産肉能力検定(現場後代検定法)に準じ、次のとおり実施した。

1) 肥育期間

肥育開始月齢は13ヵ月齢未満とし、肥育終了月齢は去勢牛で29ヵ月齢未満、雌牛で32ヵ月齢未満とした。

2) 検定場所および検定牛頭数

検定調査牛を肥育した検定農場および検定牛頭数を表4に示す。

3) 飼養管理

各検定農場の肥育方法で飼養管理を行った。当场の検定飼料は次のとおり。

- ・濃厚飼料：肥育前期用(和牛肥育用、日清丸紅飼料(株)、TDN 69.0%以上、CP 15.0%以上)、肥育後期用(和牛仕上用、日清丸紅飼料(株)、TDN 72.0%以上、CP 12.5%以上)
- ・粗飼料：オーチャードグラス(1番草、出穂期、当场産)、稲わら

4) 検定調査項目

①枝肉成績

公益社団法人日本食肉格付協会の格付員により評価された6形質(枝肉重量、ロース芯面積、バラ厚、皮下脂肪厚、歩留基準値、BMS No.)の記録を使用した。

表2 直接検定用濃厚飼料の配合割合(重量比:%)

とうもろこし	とうもろこし圧扁	ふすま	脱脂米ぬか	大豆粕	アルファルファミール	コーンGF	糖蜜	食塩	ミネラル	カルシウム剤	ビタミンADE剤	CP	TDN
5.7	30.0	28.0	3.7	9.6	5.0	15.0	1.0	0.5	0.03	1.38	0.09	15.5	70.0

表3 現場後代検定を実施した検定種雄牛の概要

名号	登録番号	生年月日	血統			直接検定成績	
			父	母父	母母父	1日当たり 平均増体重	体格 得点
朝陽	黒原6149	H28.1.24	美津照重	百合茂	北国7の8	1.21	85.0

②一価不飽和脂肪酸およびオレイン酸

枝肉確認時に冷凍庫内で、食肉脂質測定装置（S-7040, (株) 相馬光学, 東京）を使用し、第6-7肋骨間切開面の筋間脂肪部位の一価不飽和脂肪酸（MUFA）およびオレイン酸（C18:1）を測定した。

結果および考察

1. 直接検定

(1) 発育成績

秋義63の直接検定成績を表5に示す。

検定終了時（335日齢，11.0ヵ月齢）の体高は126.0 cm，体重は405.0 kgで，公益社団法人全国和牛登録協会が示す黒毛和種種雄

牛の発育推定値の平均を大きく上回った。また，1日当たり平均増体重も1.32 kgと増体も十分な成績であった。

(2) 体型審査

検定終了時の美点としては，発育，体の伸び，腿下がり，毛質が挙げられ，欠点としては，肩後の充実，やや肩付き，外腿の充実が挙げられた。また，審査得点は84.1点となった。

2. 現場後代検定

(1) 枝肉成績

検定調査牛個々の枝肉成績，全頭平均および性別平均を表6に示した。

表4 現場後代検定の検定農場および検定調査牛の頭数

検定農場		検定調査牛頭数		
農場名	所在地	去勢	雌	計
秋田県畜産試験場	大仙市	4		4
秋田県農業公社	大仙市	4		4
A農場	鹿角市		1	1
B農場	鹿角市		1	1
C農場	山本郡藤里町		1	1
D農場	秋田市	1		1
E農場	由利本荘市	1		1
F農場	仙北市	2	3	5
G農場	横手市	1		1
9農場	計	13	6	19

表 5 直接検定成績

検定期間		日齢(日)		体高(cm)		体重(kg)			1日平均	余剰飼料摂取量		粗飼料
開始	終了	開始時	終了時	開始時	終了時	開始時	終了時	365日補正	増体重(kg)	TDN	CP	摂取率(%)
R3. 8. 25	R3. 12. 15	223	335	114.0	126.0	257.0	405.0	444.6	1.32	76	16	55

朝陽の現場後代検定は、去勢 13 頭、雌 5 頭の計 18 頭で終了し、平均枝肉重量が 519.4 kg、ロース芯面積が 60.4 cm²、バラ厚が 8.2 cm、皮下脂肪厚が 2.5 cm、歩留基準値が 74.0、BMSNo. が 7.6 であった。

全体の平均枝肉重量については、秋田県におけるこれまでの検定種雄牛の中で最も大きい結果であった。

(2) MUFA および C18:1

検定調査牛全体の MUFA の平均は 63.6 %、C18:1 の平均は 58.0 %であり、ともに秋田県において令和 3 年 7 月の脂肪酸育種価評価に使用した枝肉データ (MUFA 4,289 頭、C18:1 12,238 頭) の平均値 (MUFA 60.30 %、C18:1 55.77 %) を上回る結果であった。

近年、黒毛和種の改良においては、脂肪質、特に脂肪の融点に関連する不飽和脂肪酸が注目されていることから、朝陽については、県内の黒毛和種集団の脂肪質の改善への貢献が期待できる。

(3) 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などを基に、朝陽を県有種雄牛に選抜した。

謝 辞

検定に御協力いただいた、繁殖農家、検定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. 2017. 和牛登録事務必携 (平成 29 年度版). 63-74, 174-181.

表 6 現場後代検定調査牛の枝肉成績

調査牛 番号	性別	血統		と畜月齢 (カ月)	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. ^{※1}	脂肪酸割合 (%) ^{※2}		格付
		母父	母母父								MUFA	C18:1	
1	去勢	義平福	福桜	29.4	610.0	77	9.2	2.3	75.9	10	63.8	57.4	A-5
2	去勢	第2平茂勝	北国7の8	28.8	548.5	60	8.8	3.7	72.9	7	62.0	56.4	A-4
3	去勢	百合茂	茂重桜	29.1	492.5	50	7.4	2.3	72.7	4	59.9	54.3	A-3
4	去勢	金幸福	平茂勝	29.1	545.5	47	7.3	2.4	71.4	4	65.3	59.4	B-3
5	去勢	茂重安福(岐阜)	安平	29.0	456.0	51	6.7	2.5	72.6	6	62.2	56.2	A-4
6	去勢	義平福	第1花国	28.4	602.0	57	8.6	2.8	72.5	7	66.5	60.0	A-4
7	去勢	松糸華	第1花国	28.9	484.0	56	7.7	1.7	74.3	6	65.6	60.2	A-4
8	去勢	糸福(鹿)	平茂勝	28.9	472.5	47	7.6	2.0	72.9	6	62.1	57.6	A-4
9	去勢	義平福	篤桜	27.8	516.0	68	9.2	2.6	75.6	9	-	-	A-5
10	去勢	勝忠平	安平	28.1	578.5	56	7.8	2.8	72.1	7	66.6	60.8	A-4
11	去勢	美国桜	安平照	28.4	548.0	78	8.3	2.4	76.1	12	62.1	57.6	A-5
12	去勢	勝忠平	北国7の8	28.3	524.5	69	8.4	2.3	75.4	8	63.5	58.9	A-4
13	去勢	徳茂勝	第1花国	29.6	583.0	62	9.4	3.1	73.6	8	-	-	A-5
14	雌	第1花国	美津福	29.5	446.5	57	7.5	2.6	73.9	6	62.0	56.8	A-4
15	雌	第1花国	安福久	30.6	569.0	73	8.2	2.7	74.8	8	64.6	57.5	A-5
16	雌	美津百合	金安平	28.4	488.5	69	8.4	2.4	75.8	8	63.1	58.2	A-5
17	雌	徳悠翔	義平福	31.6	461.0	52	8.3	2.6	73.7	9	64.5	58.6	A-5
18	雌	勝忠平	第1花国	29.4	423.0	59	8.5	2.2	75.5	11	64.1	58.8	A-5
平均													
					535.5	59.8	8.2	2.5	73.7	7.2	63.6	58.1	A4・5率
					477.6	62.0	8.2	2.5	74.7	8.4	63.7	58.0	
					519.4	60.4	8.2	2.5	74.0	7.6	63.6	58.0	88.9%

※1 BMSNo. : Beef Marbling Standard No.

※2 脂肪酸割合 : 食肉脂質測定器による筋間脂肪部位の測定値から算出。MUFAは一価不飽和脂肪酸、C18:1はオレイン酸、-は未測定。

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（第2報）

西野瞭・加藤真姫子・佐藤楓

要 約

ホールクロップサイレージ用イネの極短穂型品種を用いて、疎植栽培で施肥量を変えた疎植 N10 kg 区、疎植 N12 kg 区、疎植 N14 kg 区の3区を設定して試験を行い、施肥に対する効果を検証した。その結果、草丈は、慣行区に比べ、疎植 N14 kg 区が最も高い値となり、1株あたりの茎数は、各疎植区で増加する傾向にあった。特に、疎植 N14 kg 区は1株あたりの茎数の増加が大きくなる傾向にあったが、収量調査時には他の区と同等の茎数まで減少したため、施肥量は有効茎の増加には寄与していない可能性があることが示唆された。葉色は、各疎植区で慣行区に比べ濃くなる傾向があった。収量は、1株あたりの収量は各疎植区で増加したが、10 aあたりの乾物収量は慣行区に比べ、各疎植区で低い値となった。本試験では出穂前に収量調査を行っており、極短穂型品種は、熟期の早い段階では、疎植栽培で収量が低くなる可能性があることが示唆された。また、疎植区の中では、施肥量を増やすほど乾物収量が増加しており、極短穂型品種の疎植栽培においても、施肥量を増加させることで、増収効果があることが確認された。生産コストは、乾物収量が低かったため、慣行区に比べ、各疎植区でコストが高くなる結果となった。今後は、生育ステージによる乾物収量の違いや、疎植栽培において収量を安定化させるための方法について、さらに検討していく必要がある。

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2年度で、1,107 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ほとんどが食用品種の「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、食用品種や東北向けの飼料用イネ専用品種は、穂の割合が高いため、畜産農家、特に酪農家からは穂の小さ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、「つきあやか」や、「つきすずか」といった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、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、既存

の作業体系で実践可能な省力・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いる。食用品種では疎植栽培を行っても、1株あたり茎数の増加により茎数が補償され、1穂あたりの粒数が増えるため、収量が同程度になることが報告されている（広島県 2006、木村ら 2005）。

前報告（西野ら 2020）では、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した。その結果、乾物収量は疎植栽培が慣行栽培よりも高くなり、生産コストも低減されたが、施肥量を多くした疎植多肥栽培の乾物収量が低下し、施肥の効果が不明瞭だったことを報告した。

そこで、本報告では、施肥量を変えて疎植栽培を行った3区を設定し、極短穂型品種の疎植栽培

における施肥に対する効果の検証を行った。

材料と方法

1. 試験期間

令和3年5月～令和3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：約38 a）とした。

3. 試験区分及び施肥量

栽植密度を15.2株/m²、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11.2株/m²、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N10 kg区」、栽植密度を11.2株/m²、施肥量を10 aあたり基肥N-P-K=12 kg- 6 kg- 6 kgとした「疎植N12 kg区」、栽植密度を11.2株/m²、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N14 kg区」の計4区を設定した。また、試験ほ場には堆肥を2 t / 10 a施用し、追肥は施用しなかった。

4. 供試品種

各区とも、「つきすずか」を供試した。

5. 移植日

各区とも、令和3年5月19日に機械移植を行い、その後手で植え付け本数を4本に調整した。

6. 調査項目

各区10株×2列の計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25日、7月5日、7月15日、7月30日とした。

収量は調査日を8月26日とし、各区から無作

為に4株×3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（2020年版）（秋田県2020）の水稻10 ha規模を参考とし、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

最寄りのアメダス地点（秋田県南秋田郡大潟村）における令和3年5月から令和3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、5月中旬で平年値より2.3℃、6月中旬で平年値より2.1℃高くなり、その後7月上旬から8月上旬にかけて猛暑が続き、7月中旬や8月中旬では平年値より3℃以上高くなり、非常に暑い日が続いたが、高温障害は確認されなかった。

降水量は、5月中旬から6月上旬にかけて平年値の2倍以上となった。その後6月中旬から7月下旬にかけて降水量が少なくなり、6月下旬では平年比20%、8月中旬では平年比29%と、非常に降水量が少なくなった。8月下旬は降水量が平年より多くなったが、その後の9月は平年の約半分程度の降水量となった。

日照時間は、5月下旬が平年比30%と非常に少なくなったが、その後は平年より20%程度多くなり、7月中旬では平年の2倍以上の日照時間となった。8月中旬から8月下旬にかけては、平年より40%程度少なくなったが、その後は平年並の日照時間であった。

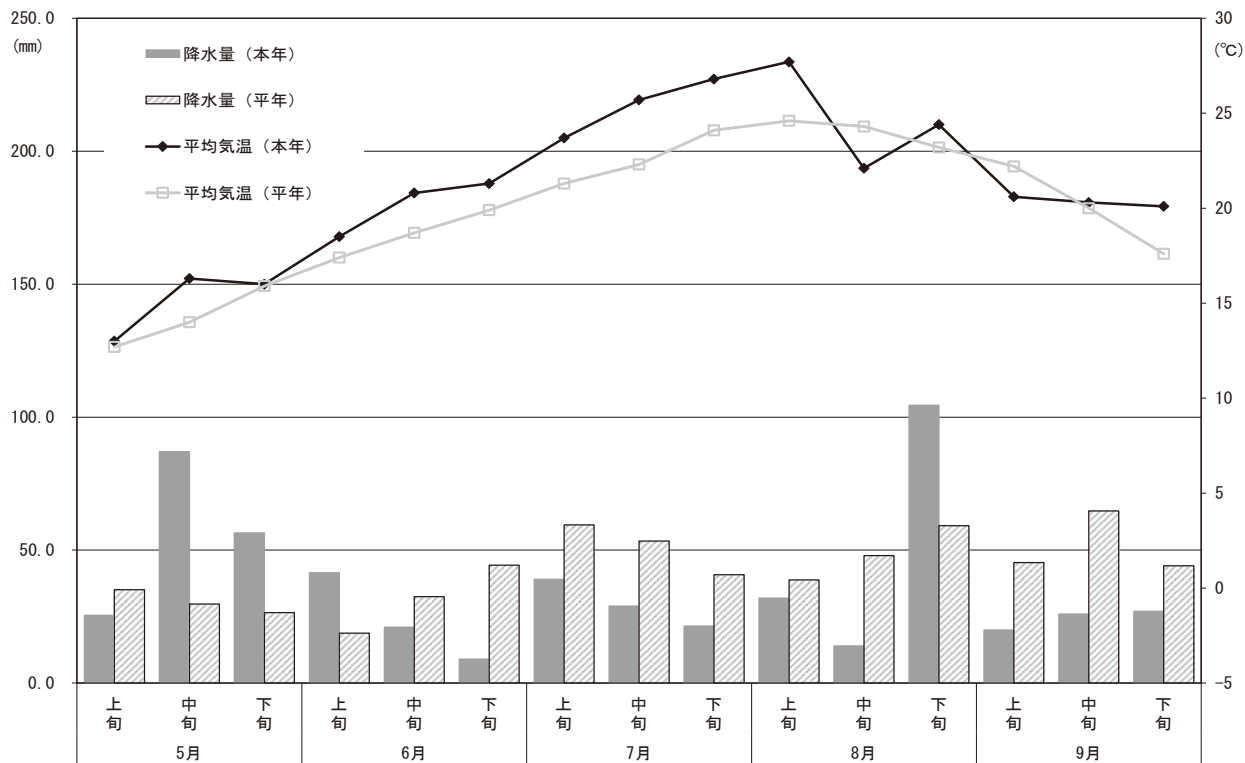


図1 平均気温と降水量（大潟村）

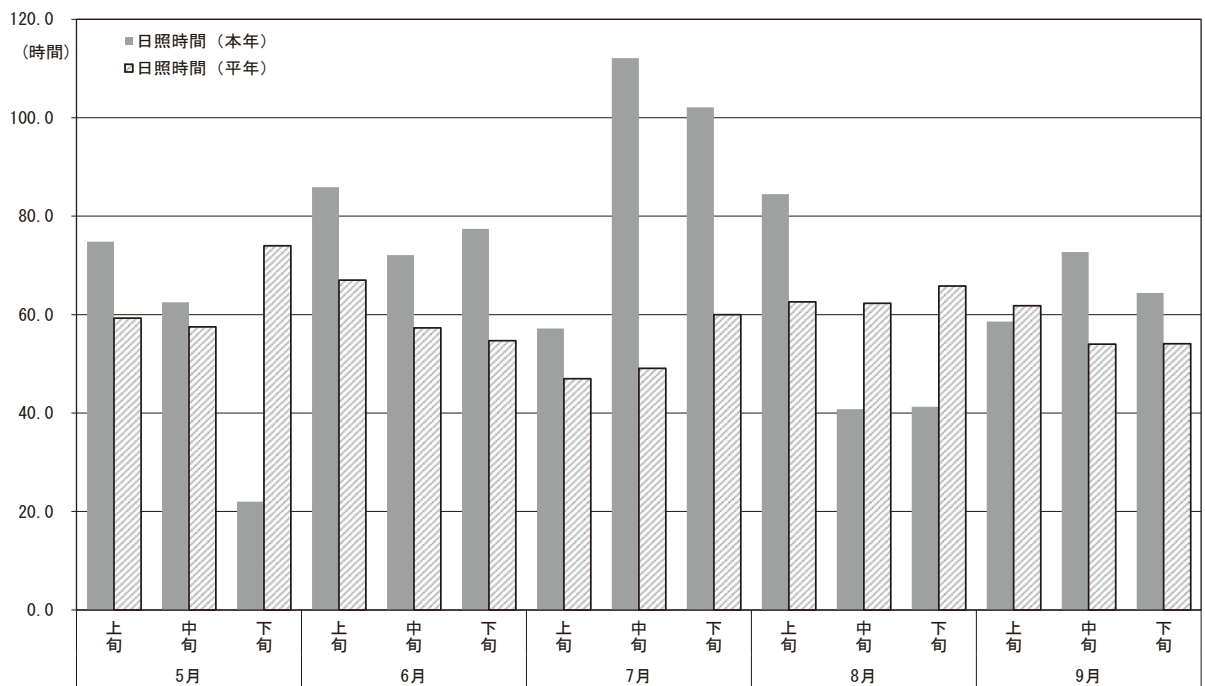


図2 日照時間（大潟村）

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。草丈は、6月25日で各区同程度の値であり、その後は慣行区と疎植N14 kg区がほかの区よりも高い値を示した。しかし、7月30日には慣行区に比べ各疎植区で草丈が高い値となり、8月26日には疎植N14kg区が最も高い値となった。

1株あたりの茎数の推移を表2に示した。7月5日までは、疎植N14 kg区を除き、各区で大きな差は見られなかったが、7月15日以降、慣行区に比べ、各疎植区で茎数が増加する傾向にあった。疎植N14 kg区は、ほかの区に比べ、茎数の増加が多かったが、8月26日にはほかの疎植区と同程度の茎数となった。

1 m²あたりの茎数の推移を表3に示した。1 m²あたりの茎数は、栽培期間を通して慣行区の方が高かったが、各疎植区の1株あたりの茎数が増加したため、生育期間が進むにつれて差は縮小した。

葉色（SPAD値）の推移を表4に示した。7月15日までの葉色は、各区とも同程度の値だった。各区とも、7月30日の時点で葉色の低下が始まっており、8月26日では慣行区に比べ、各疎植区で葉色が高い値となっていた。

収量調査の結果を表5に示した。現物収量は、疎植N14 kg区が最も高い値となった。また、疎植N10 kg区の現物収量が最も低くなり、慣行区、疎植N12 kg区では大きな差は無かった。

表1 草丈の推移(cm)

区画／調査日	6月25日	7月5日	7月15日	7月30日	8月26日
慣行区	31.4 ± 1.6	45.3 ± 2.5	65.7 ± 3.4	83.9 ± 3.0	102.7 ± 3.3
疎植N10kg区	29.4 ± 1.6	42.4 ± 1.6	60.3 ± 1.7	85.9 ± 3.9	104.0 ± 2.7
疎植N12kg区	30.8 ± 1.7	42.3 ± 2.0	60.3 ± 1.9	88.4 ± 4.9	102.9 ± 3.3
疎植N14kg区	32.7 ± 2.0	45.2 ± 2.6	65.2 ± 2.8	88.7 ± 3.3	106.9 ± 2.1

平均±標準偏差

表2 茎数の推移（本／株）

調査日	6月25日	7月5日	7月15日	7月30日	8月26日
慣行区	12.1 ± 2.6	21.0 ± 3.5	24.6 ± 4.5	22.3 ± 2.9	20.6 ± 3.1
疎植N10kg区	10.4 ± 1.4	21.8 ± 2.8	26.3 ± 3.6	27.1 ± 3.5	25.3 ± 2.8
疎植N12kg区	10.7 ± 2.4	22.5 ± 4.6	26.1 ± 3.5	26.2 ± 3.8	24.6 ± 3.4
疎植N14kg区	11.7 ± 1.7	25.9 ± 3.6	29.1 ± 3.6	28.7 ± 3.1	25.8 ± 3.0

平均±標準偏差

表3 茎数の推移（本／m²）

調査日	6月25日	7月5日	7月15日	7月30日	8月26日
慣行区	183.3 ± 39.2	318.2 ± 52.9	372.7 ± 68.7	337.1 ± 43.4	311.4 ± 46.8
疎植N10kg区	116.8 ± 15.1	244.3 ± 31.8	295.1 ± 39.9	303.3 ± 39.4	283.8 ± 31.7
疎植N12kg区	120.0 ± 27.3	251.7 ± 51.7	292.6 ± 39.6	293.2 ± 42.7	275.8 ± 38.4
疎植N14kg区	131.2 ± 18.8	289.8 ± 40.5	325.7 ± 39.9	321.2 ± 34.8	289.3 ± 34.1

平均±標準偏差

表4 葉色の推移 (SPAD値)

調査日	7月5日	7月15日	7月30日	8月26日
慣行区	43.1 ± 1.8	42.4 ± 1.7	38.5 ± 2.4	34.1 ± 2.6
疎植N10kg区	43.2 ± 1.6	43.7 ± 1.8	41.3 ± 1.6	37.5 ± 1.4
疎植N12kg区	43.5 ± 1.5	43.2 ± 2.3	41.1 ± 1.7	37.4 ± 2.0
疎植N14kg区	43.8 ± 2.5	44.5 ± 1.5	38.7 ± 2.2	36.7 ± 0.9

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26日	3,657.5	875.6	76.3
疎植N10kg区	出穂前	8月26日	3,267.5	745.3	76.0
疎植N12kg区	出穂前	8月26日	3,624.8	801.8	77.3
疎植N14kg区	出穂前	8月26日	3,789.1	843.5	77.6

表6 生産コスト試算

区画	乾物収量 (kg/10a)	生産コスト (円/10a)						乾物収量1kgあたり にかかる費用 (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	866	73,730	3,300	6,913	3,440	4,960	11,100	85.1
疎植N10kg区	783	71,278	2,442	6,913	2,545	4,550	10,810	91.0
疎植N12kg区	824	72,660	2,442	8,295	2,545	4,550	10,810	88.2
疎植N14kg区	847	74,043	2,442	9,678	2,545	4,550	10,810	87.4

乾物収量は、慣行区が最も高い値となった。疎植区の中では、疎植 N14 kg 区、疎植 N12 kg 区、疎植 N10 kg 区の順に乾物収量が多く、施肥量が多いほど乾物収量が増加する傾向にあった。しかし、どの区も慣行区より乾物収量は低い値となった。

本試験における生産コストの試算を表6に示した。乾物収量 1 kg あたりにかかる費用は、慣行区が最も安くなり、乾物収量が低かったため、疎植 N10 kg 区が最も高くなった。また、疎植区の

中で最もコストの低い疎植 N14 kg 区でも、慣行区に比べ 2.3 円高い結果となった。

考 察

前報告において、極短穂型品種を用いて疎植栽培を行った結果、草丈は栽植密度間で差が無く、1 株あたりの茎数は増加し、葉色は疎植栽培の方が濃くなる傾向があることが報告された。また、乾物収量は疎植区が慣行区よりも高くなり、生産コストも低減されたが、施肥量を多くした疎植多

肥区の乾物収量が低下し、施肥の効果が不明だった。

そのため、本報告では、施肥量を変えて疎植栽培を行った3区を設定し、極短穂型品種の疎植栽培における施肥の効果を検証した。

その結果、草丈は、慣行区に比べ疎植 N14 kg 区が最も高い値となった。(加藤ら 2013)によると、草丈は栽植密度間で差がないことが報告されており、本報告でも、慣行区と疎植 N10 kg 区、疎植 N12 kg 区の草丈に大きな差は見られなかった。しかし、疎植 N14 kg 区の草丈が最も高くなっていたため、施肥量の増加によって草丈が伸びた可能性があることが示唆された。

1株当たりの茎数は、慣行区に比べ、各疎植区で増加する傾向にあった。水稻の疎植栽培では、1株当たりの茎数が増加することが分かっており(加藤ら 2013)、前報告と本報告でも同じ傾向があることが確認された。このことから、極短穂型品種であっても、疎植栽培を行うことで1株当たりの茎数が増加することが明らかになった。また、疎植栽培では、最高分げつ期が慣行区に比べ遅れることが報告されている(池尻ら 2013)。本試験でも、各疎植区では、茎数が減少し始める時期が慣行区に比べ遅かったため、最高分げつ期は遅くなっていると予想される。また、疎植 N14 kg 区では、ほかの区に比べ1株当たりの茎数の増加が大きくなる傾向にあったが、8月26日にはほかの疎植区と同程度の茎数になった。このことから、本試験において、施肥量は有効茎の増加には寄与していない可能性があることが示唆された。

葉色は、各疎植区で慣行区に比べ高い値となっていた。食用品種の「ヒノヒカリ」では、葉色は疎植になるほど濃く推移することが報告されており(安田ら 2006)、前報告でも疎植区は葉色が濃くなったことが報告されている。そのため、極短穂型品種の疎植栽培では、慣行栽培に比べ葉色

が濃くなる傾向があることが明らかになった。また、疎植 N14 kg 区において、ほかの区と同様に葉色の低下が起こっていた。そのため、疎植多肥条件である疎植 N14 kg 区においても、窒素の吸収は終わっていたことが推察され、施用した窒素はすべて吸収されたと考えられる。

収量は、1株当たりの収量は各疎植区で増加したが、10 aあたりの乾物収量は、慣行区に比べ、すべての疎植区で低い値となった。(谷村ら 2017)によると、イネ WCS 専用品種である「リーフスター」で、止葉と第2葉の幅、穂長、稈径が疎植栽培で有意に増加したことが報告されており、本試験において、1株あたりの収量が増加した要因も、葉や稈径の増加によるものと考えられる。

また、茎葉型で、イネ WCS 専用品種である「リーフスター」の出穂期地上乾物重は、疎植栽培で低い傾向があったことが報告されている(谷村ら 2017)。本試験では、収量調査を出穂前に行っており、同じく茎葉型で、極短穂型品種である「つきすずか」も、熟期の早い段階では、疎植栽培の方が収量が低くなる可能性があることが示唆された。加えて、食用品種では、出穂期、成熟期は疎植栽培で遅れる傾向にあることが報告されており(大野ら 2001)、本試験においても、疎植区の生育ステージが遅れていた可能性が考えられる。施肥の効果については、本試験の疎植区の中では、施肥量を増やすほど乾物収量が増加しており、極短穂型品種の疎植栽培においても、施肥量を増加させることで、増収効果があることが確認された。

生産コストは、乾物収量が高く、施肥量が多くなかったため、慣行区が最も低コストとなった。各疎植区では種苗費や農薬費等、育苗にかかるコストが節減されたが、乾物収量が低かったため、疎植 N10 kg 区が最もコストが高くなり、疎植 N10 kg 区よりも乾物収量が増加した疎植 N12 kg 区、疎植 N14 kg 区においても、慣行区に比

ベコストが高くなった。そのため、本試験においては、疎植栽培のほうがコストがやや高くなるという結果となった。

以上のことから、極短穂型品種の疎植栽培において、施肥量を変えることで、草丈、葉色は慣行栽培と同程度か、やや数値が高くなる傾向がみられた。1株当たりの茎数は、施肥量にかかわらず、疎植栽培のほうが増加する傾向にあったが、1㎡あたりの茎数は、施肥量を増加させても、慣行区より高くなることはなかった。収量は、前報告では、疎植栽培において施肥量を増加させても収量が増加しなかったが、本試験では、施肥量を増加させるほど収量が増加した。しかし、乾物収量は、慣行区に比べすべての疎植区で低い値となった。それに伴い、生産コストも慣行区に比べ、各疎植区の方が高くなった。本試験において、極短穂型品種の疎植栽培では、施肥量を多くすることで、乾物収量が増加することは明らかになったが、慣行区に比べ、すべての疎植区で収量が低い結果となった。今後は、生育ステージによる乾物収量の違いや、疎植栽培において収量を安定化させるための方法について、さらに検討していく必要がある。

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

- 秋田県農林水産部. 2020. 作目別技術・経営指標 (2020年版), 12-14. 秋田県.
- 広島県農業改良普及センター, 広島県穀物改良協会. 2006. 疎植栽培マニュアル (改訂版), 3-8. 広島県.
- 池尻明彦, 中司祐典, 前岡庸介. 2013. 疎植栽培が水稻の生育, 収量, 品質に及ぼす影響 第1報 疎植栽培における主要品種の生育特性. 山口県農林総合技術センター研究報告 4, 11-18.
- 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.
- 西野瞭, 佐藤楓, 鈴木人志. 2020. 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. 秋田県畜産試験場研究報告 35, 12-17.
- 大野高資, 杉山英治, 川崎哲郎. 2006. 水稻疎植栽培が省力・低コストに及ぼす影響. 愛媛県農業試験場報告 36, 1-5.
- 谷村健太, 加藤盛夫, 雑賀正人, 永西修, 林久喜. 2017. 低コスト・省力栽培を目指した飼料用イネ疎植栽培における生育および乾物収量の比較. 第244回日本作物学会講演会要旨.
- 安田英樹, 宮下武則, 福島淳, 山田千津子. 2006. 水稻疎植栽培と短期育成苗を組み合わせた省力低コスト栽培法の確立. 香川県農業試験場研究報告 58, 9-17.

飼料作物奨励品種選定試験 —フェストロリウム—

西野瞭・鈴木人志^{*1}・由利奈美江^{*2}・渡邊潤^{*3}

^{*1}現：秋田県鹿角地域振興局，^{*2}現：秋田県南部家畜保健衛生所，

^{*3}現：秋田県立大学

要 約

フェスク類とライグラス類を交雑して開発された新規牧草種である「フェストロリウム」を，秋田県飼料作物奨励品種として選定するため，「東北1号」，「那系1号」の2品種について畜産試験場内で栽培試験を行い，秋田県における生育特性を確認した．その結果，両品種とも対照品種の「アキミドリⅡ」と比べて収量が同程度かそれ以上であり，耐病性に優れることが確認された．しかし，冬に低温が続いた場合の越冬性が劣るため，秋田県沿岸部の積雪が少ない地域における奨励品種として有望であることが示唆された．

緒 言

「フェストロリウム」は，フェスク類とライグラス類を交雑することにより開発された新規牧草種（属間雑種）である．フェスク類の環境ストレス耐性と，ライグラス類の多収・高品質といったそれぞれの長所を併せ持っており，東北では耐湿性に優れる「東北1号」や，越夏性に優れる「那系1号」の2品種がすでに流通している．

「東北1号」は湛水条件でも生育を示すことが報告されており（米丸ら 2011），耐湿性に劣るオーチャードグラス（的場ら 2001）が利用できない転作田などの土壌水分の高い土地での利用が期待できる．耐湿性に優れるライグラスを育種母材に持つ「那系1号」も，オーチャードグラスに比べ耐湿性に優れることが期待できる．また，フェストロリウムは初期生育が早い（米丸ら 2006，農研機構 2021）ことから，草地の追播や簡易更新にも利用が期待できる草種である．しかし，秋田県におけるフェストロリウムの栽培事例はほとんどなく，秋田県内で栽培した場合の生育特性や

収量性は不明である．

そこで，耐湿性に優れ，採草利用に向く特徴を持つ「東北1号」と，越夏性に優れる特徴を持つ「那系1号」の2品種について，秋田県における生育特性を確認するため，畜産試験場内の試験ほ場において栽培試験を行った．

材料および方法

1. 試験ほ場概要

試験ほ場は，秋田県畜産試験場内（大仙市）のほ場を使用した．試験区画は，1区画あたり3 m×3 m=9 m²とし，各品種4反復の乱塊法で設置した．

2. 供試品種および播種量

供試品種は，対照品種にオーチャードグラスの「アキミドリⅡ」，試験品種にフェストロリウムの「東北1号」，「那系1号」の計3品種を供試した．播種量は，各品種3 kg/10 aとし，平成29年9月8日に散播で播種を行った．なお，本県の

奨励品種にはフェストロリウムが登録されていないため、対照品種には本県の基幹草種であるオーチャードグラスの品種を設定した。

また、平成30年度に雪腐病が多発し、フェストロリウム2品種が枯死したため、同年度の春に追播を行った。

3. 施肥量

施肥量は基肥として苦土石灰を10 kg/10a、窒素8 kg/10a、リン酸8 kg/10a、カリウム8 kg/10aを全面散布した。追肥は、早春に窒素8 kg/10a、リン酸8 kg/10a、カリウム8 kg/10aと、1番草収穫後に窒素5 kg/10a、リン酸2.5 kg/10a、カリウム5 kg/10aを全面散布した。

4. 調査項目

各年度雪解け後の4月に越冬性を調査し、以降は刈り取り日に生育および収量特性を調査した。調査項目は、平成30年度は草丈、生草収量、乾物収量で、令和元年度、令和2年度は草丈、生草収量、乾物収量、倒伏程度、病害程度、出穂程度とした。

5. 統計処理

得られたデータは一元配置の分散分析によって有意差の検定を行い、品種間の検定にはTukey-Kramer法を用いた。

結 果

1. 試験期間中の気象概要

平成29年9月から令和2年8月までの気象状況について、最寄りのアメダス地点（秋田県大仙市大曲）の平均気温、降水量、日照時間を図1～図6に示した。

1) 平成30年度の気象概要

平成29年9月から平成30年8月までの平均気温、降水量を図1に、日照時間を図2に示した。

平均気温は、1月下旬から2月下旬にかけて平年より最大4℃低くなり、平年以下の気温が続いた。その後3月から5月にかけては概ね平年程度の気温だったが、6月下旬から7月下旬にかけて平年より高い気温となった。

降水量は、4月上旬が平年の約2倍、5月中旬が平年の約4倍以上と非常に降水量が多くなった。その後は概ね平年並の降水量となったが、7月下旬は降水量が2.6 mmと、ほとんど降水がなかった。

日照時間は、7月下旬で平年より33時間多くなったが、それ以外の期間は概ね平年並で推移した。

2) 令和元年度の気象概要

平成30年9月から令和元年8月までの平均気温、降水量を図3に、日照時間を図4に示した。

平均気温は、3月上旬から3月中旬にかけて平年より高く推移し、雪解けが早く進んだ。5月上旬は平年より約3℃高くなり、その後7月下旬から8月中旬にかけて、平年より約2℃高い期間が続いた。

降水量は、4月は概ね平年並で推移したが、5月中旬は降水量が0.5 mmと、ほとんど雨が降らなかった。また、7月上旬、下旬は平年に比べ約10%と、非常に少ない降水量となった。

日照時間は、4月は概ね平年並であった。5月は日照時間が多く推移し、5月中旬では、日照時間が110時間を超えた。その後は平年並で推移したが、7月上旬は平年の2倍程度と日照時間が多かった。

3) 令和2年度の気象概要

令和元年9月から令和2年8月までの平均気温、降水量を図5に、日照時間を図6に示した。

平均気温は、12月中旬から3月下旬まで高めに推移し、暖冬となった。その後4月下旬で3℃低くなり、6月上旬で2℃高くなったが、それ以外の期間は概ね平年並で推移した。

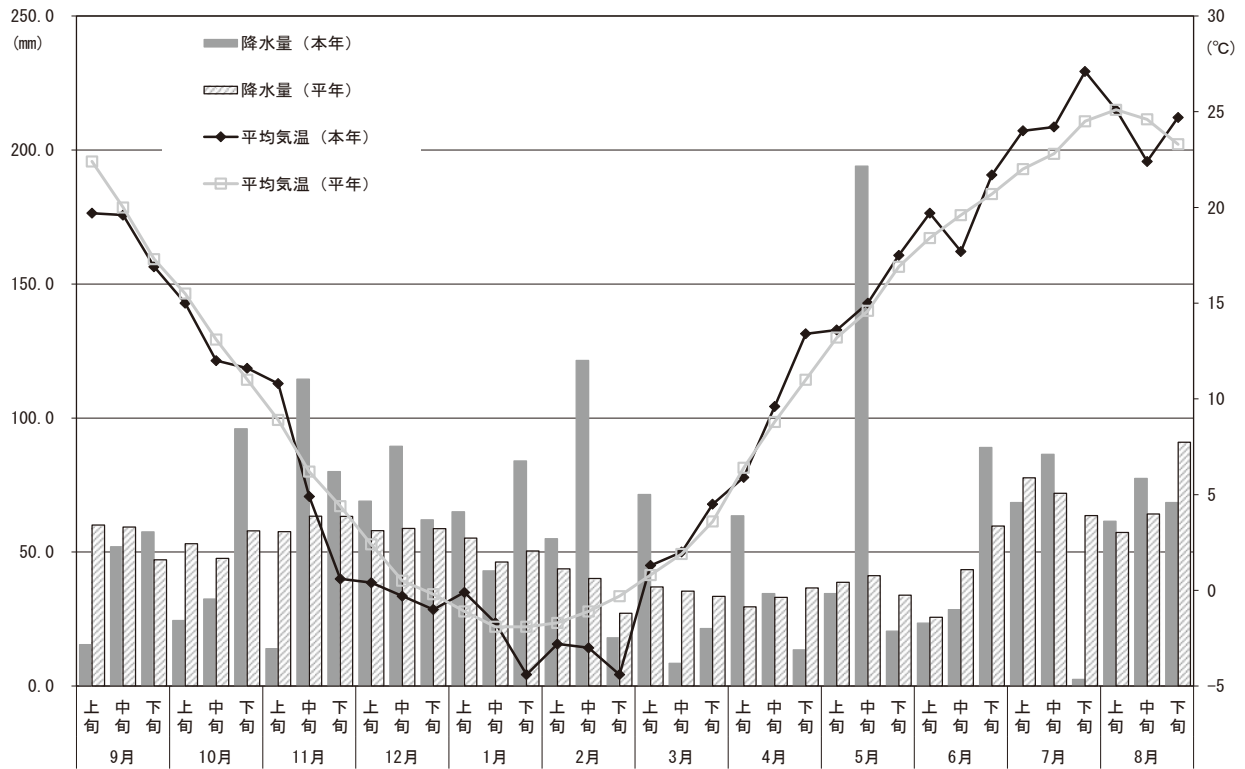


図1 平均気温と降水量（平成30年度）

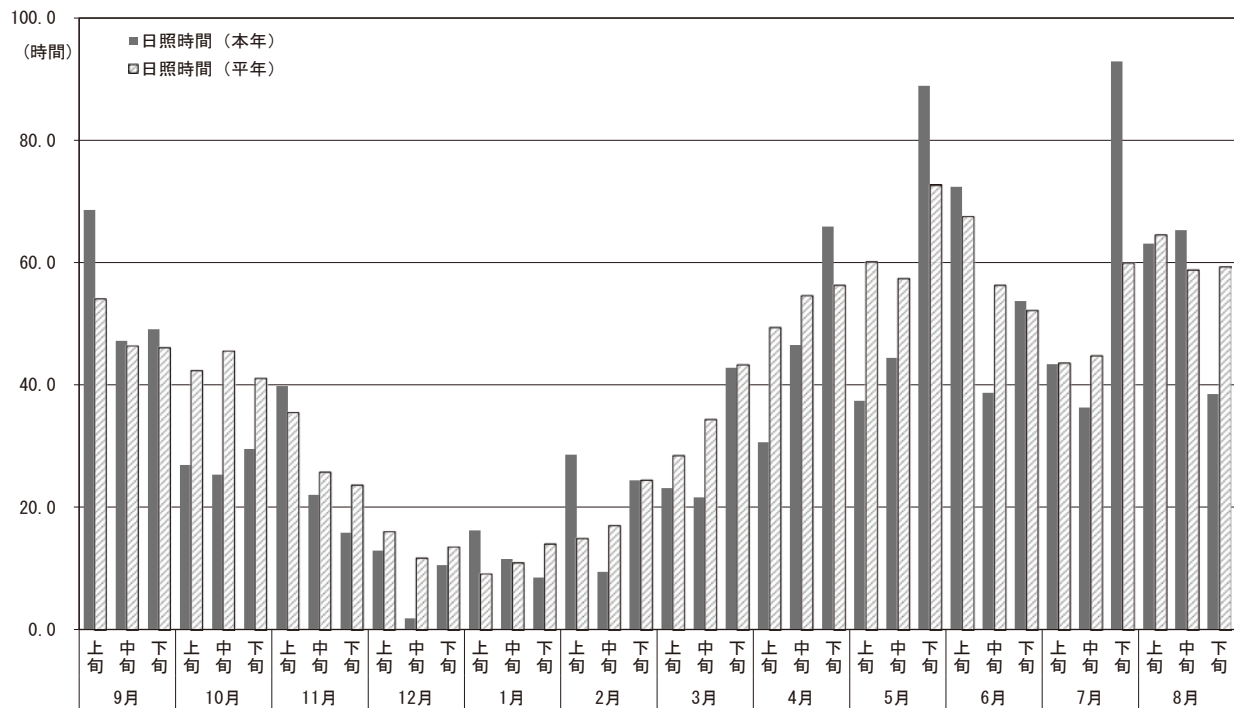


図2 日照時間（平成30年度）

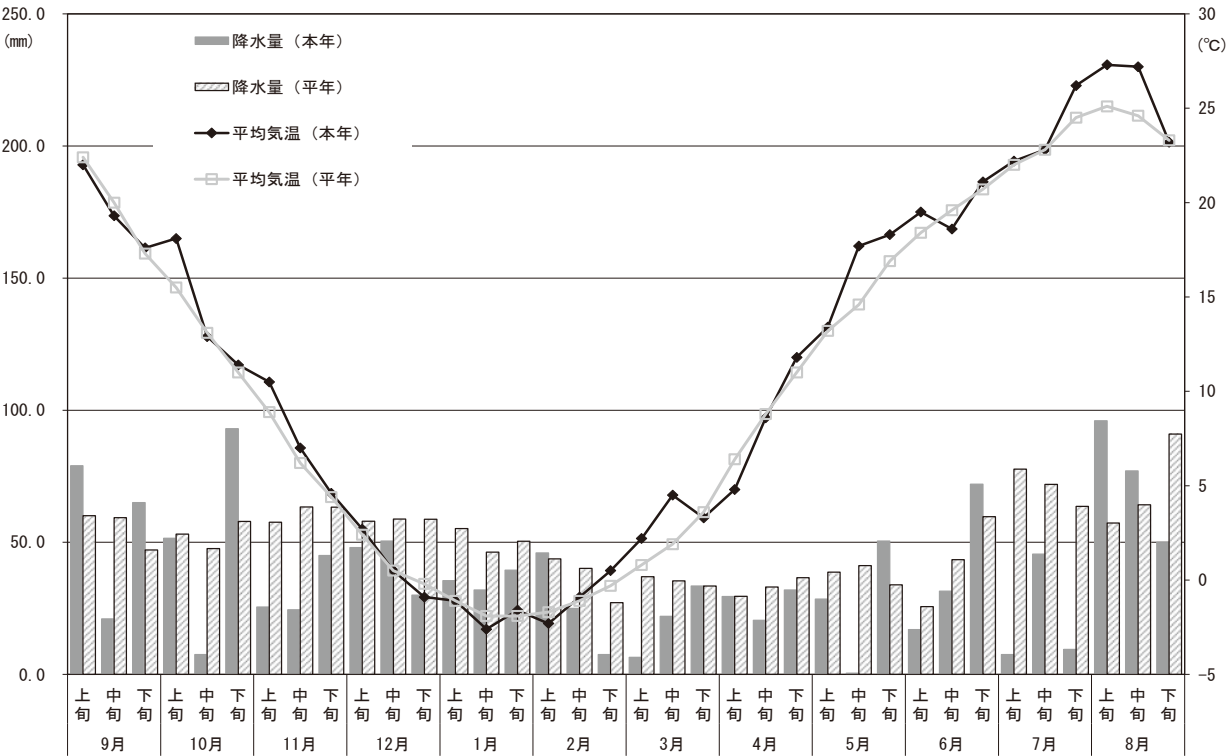


図3 平均気温と降水量（令和元年度）

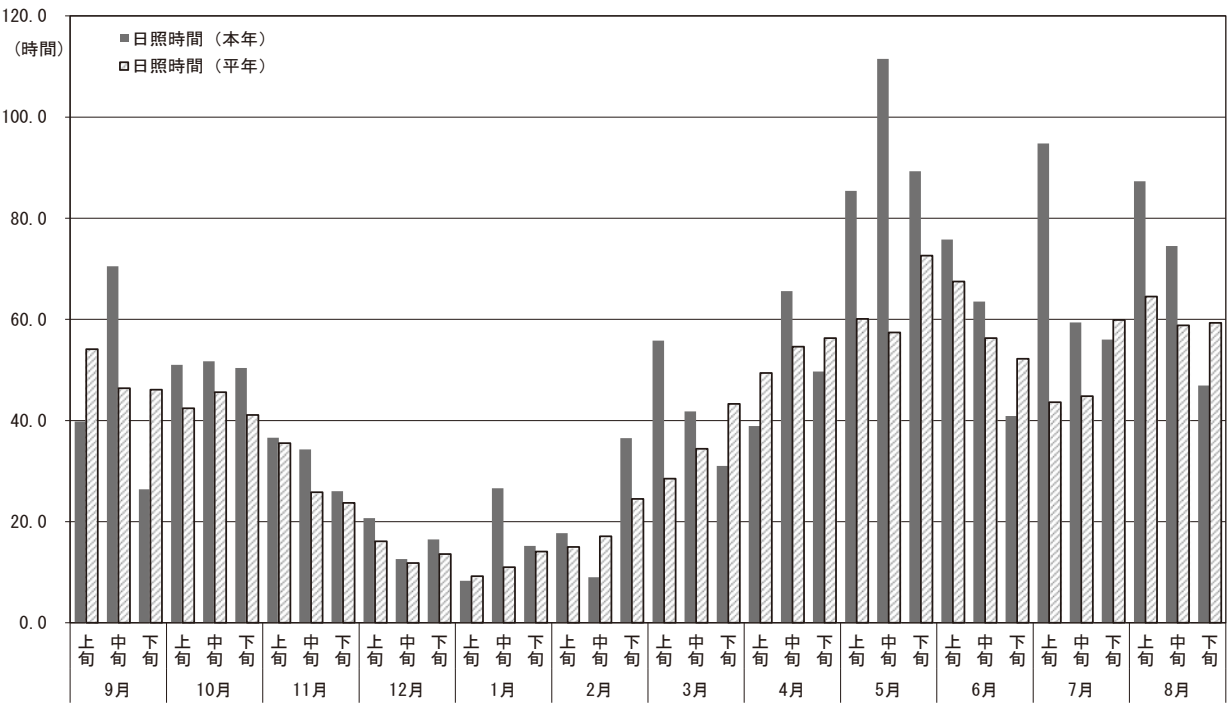


図4 日照時間（令和元年度）

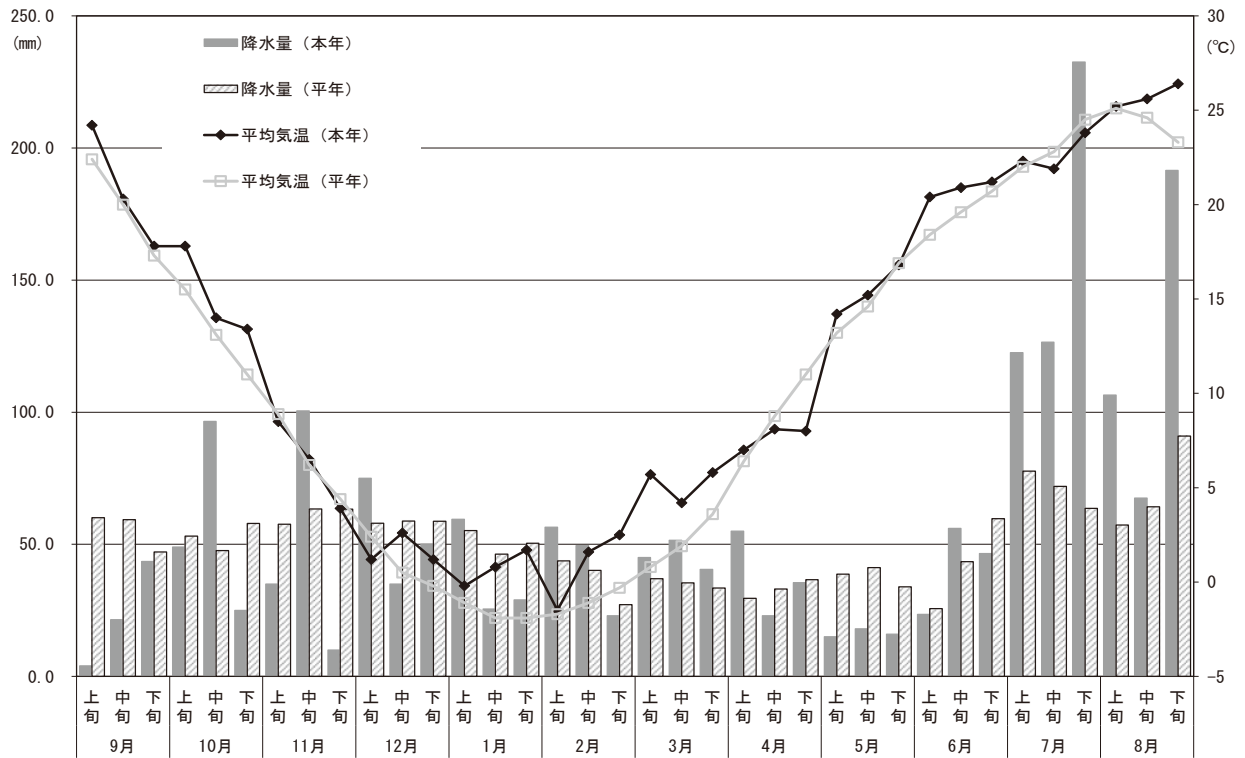


図5 平均気温と降水量（令和2年度）

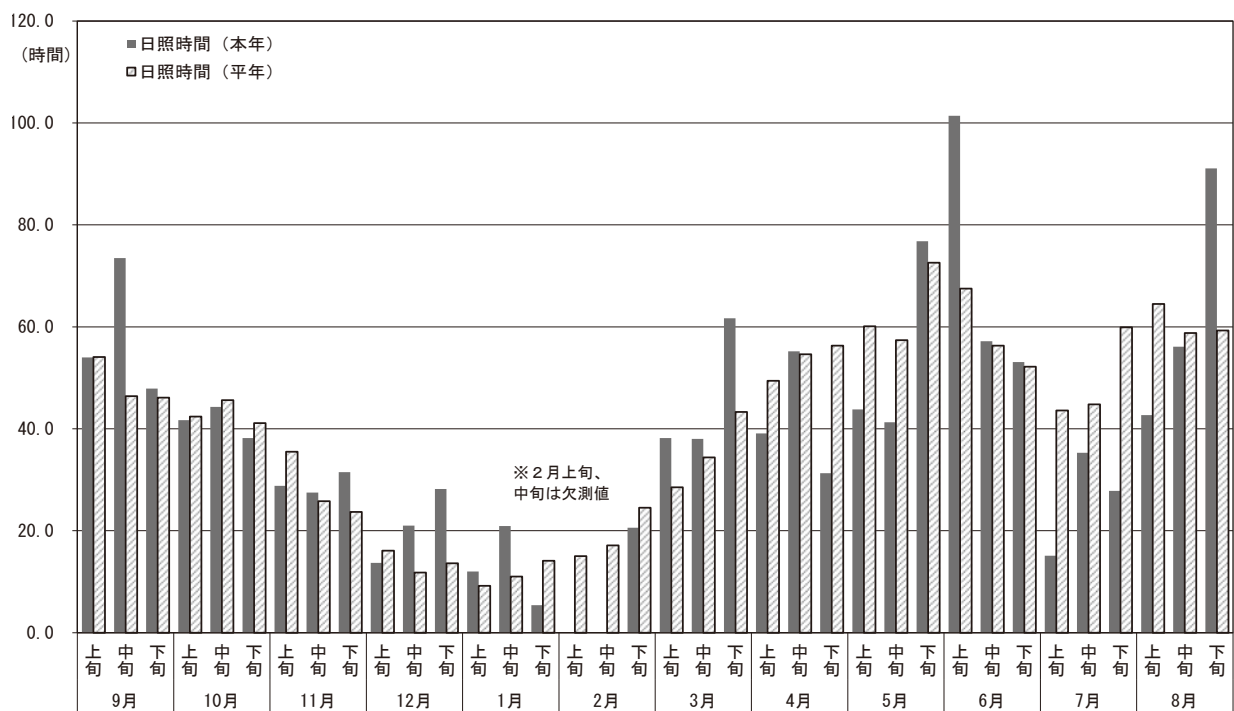


図6 日照時間（令和2年度）

降水量は、5月上旬から5月下旬にかけて平年の半分程度で推移した。その後、7月上旬から8月上旬にかけて平年より大幅に多くなり、7月下旬で平年の約4倍、8月下旬で平年の約2倍の降水量となった。

日照時間は、4月上旬から5月中旬まで平年並かやや低く推移した。その後6月上旬で平年より約30時間多くなり、7月上旬から8月上旬にかけては平年より低めに推移した。

2. 生育特性と収量調査の結果

1) 平成30年度の調査結果

平成30年度の生育特性を表1に示した。平成29年の1月から2月にかけて、平均気温が平年値を大幅に下回る期間が続いたため、「東北1号」、「那系1号」で雪腐病が多発した。その結果、越冬性は「東北1号」、「那系1号」とともに「アキミドリⅡ」より有意に低い値となった。

平成30年度の収量特性を表2に示した。草丈は、1番草では各品種同程度だったが、2番草では「アキミドリⅡ」と比べ、「東北1号」

表1. 生育特性（平成30年度）

調査項目	越冬性 ¹⁾
アキミドリⅡ	7.5 a
東北1号	1.8 b
那系1号	2.0 b
調査日	H30.4.6

a, b : 異符号間に有意差あり ($P<0.05$)
1) 極不良を1、極良を9とする

表2 収量特性（平成30年度）

調査項目	草丈 (cm)		生草収量 (kg/a)			乾物収量 (kg/a)			乾物率 (%)	
	1番草	2番草	1番草	2番草	合計	1番草	2番草	合計	1番草	2番草
アキミドリⅡ	89.8	70.6 a	123.8	88.8	212.6	34.4	22.8	57.2	28.0 a	25.6 a
東北1号	80.4	62.5 b	188.8	73.8	262.6	38.6	19.2	57.9	20.3 b	26.3 a
那系1号	88.5	65.7 ab	206.3	100.0	306.3	45.1	22.4	67.4	22.1 b	22.4 b
調査日	H30.6.18	H30.8.8	H30.6.18	H30.8.8		H30.6.18	H30.8.8		H30.6.18	H30.8.8

a, b : 異符号間に有意差あり ($P<0.05$)

表3 生育特性（令和元年度）

調査項目	越冬性 ²⁾	倒伏程度 ³⁾		病害程度 ⁴⁾		出穂程度 ⁵⁾	
		1番草 ¹⁾	2番草	1番草 ¹⁾	2番草	1番草 ¹⁾	2番草
アキミドリⅡ	8.0	1.0	7.8 a	1.0	6.3 a	9.0	1.0 a
東北1号	7.5	1.0	1.0 b	1.0	1.8 b	9.0	9.0 b
那系1号	7.0	1.0	1.8 b	1.8	1.3 b	9.0	3.8 c
調査日	H31.4.9	R1.6.3	R1.7.22	R1.6.3	R1.7.22	R1.6.3	R1.7.22

a, b, c : 異符号間に有意差あり ($P<0.05$)
1) 出穂が早かったため、アキミドリⅡの1番草調査は5/27に実施
2) 極不良を1、極良を9とする
3) 無を1、甚を9とする
4) 無または極微を1、甚を9とする
5) 無を1、極多を9とする

が有意に低い結果となった。生草収量と乾物収量は、1番草、2番草ともに各品種間で有意差は認められなかったが、「東北1号」、「那系1号」とともに、「アキミドリⅡ」に比べ1番草で収量が高い傾向が見られた。乾物率は、1番草では「東北1号」、「那系1号」とともに「アキミドリⅡ」より有意に低い値だった。2番草では「那系1号」が「アキミドリⅡ」、「東北1号」より有意に低い値だった。

2) 令和元年度の調査結果

令和元年度の生育特性を表3に示した。雪腐

病はほとんど見られなかったため、越冬性は各品種同程度となった。倒伏程度は、2番草において「東北1号」、「那系1号」とともに「アキミドリⅡ」より有意に低い値となった。病害程度は、2番草において「東北1号」、「那系1号」とともに「アキミドリⅡ」より有意に低い値となった。出穂程度は、2番草において「アキミドリⅡ」が未出穂だったため最も低い値となり、「東北1号」が「那系1号」より有意に高い値となった。

令和元年度の収量特性を表4に示した。草丈

表4 収量特性（令和元年度）

調査項目	草丈 (cm)		生草収量 (kg/a)			乾物収量 (kg/a)			乾物率 (%)	
	1番草 ¹⁾	2番草	1番草 ¹⁾	2番草	合計	1番草 ¹⁾	2番草	合計	1番草 ¹⁾	2番草
アキミドリⅡ	118.4 a	92.3 a	242.5 a	160.0	402.5	60.0 a	42.4	102.4	24.7 a	26.5 a
東北1号	89.5 b	80.9 b	321.3 b	160.0	481.3	73.5 b	39.7	113.1	22.9 ab	24.8 a
那系1号	100.1 c	67.2 c	341.3 b	173.8	515.0	75.4 b	39.4	114.8	22.1 b	22.7 b
調査日	R1.6.3	R1.7.22	R1.6.3	R1.7.22		R1.6.3	R1.7.22		R1.6.3	R1.7.22

a, b, c : 異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)

1) 出穂が早かったため、アキミドリⅡの1番草調査は5/27に実施

表5 生育特性（令和2年度）

調査項目	越冬性 ¹⁾	倒伏程度 ²⁾		病害程度 ³⁾		出穂程度 ⁴⁾	
		1番草	2番草	1番草	2番草	1番草	2番草
アキミドリⅡ	7.5	6.5 a	1.0 a	2.8 a	3.8 a	9.0 a	1.0 a
東北1号	7.8	1.5 b	3.5 b	1.0 b	1.0 b	6.5 b	9.0 b
那系1号	6.8	1.3 b	1.3 a	1.0 b	1.0 b	8.0 c	9.0 b
調査日	R2.4.3	R2.5.29	R2.7.21	R2.5.29	R2.7.21	R2.5.29	R2.7.21

a, b, c : 異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)

1) 極不良を1、極良を9とする

2) 無を1、甚を9とする

3) 無または極微を1、甚を9とする

4) 無を1、極多を9とする

表6 収量特性（令和2年度）

調査項目	草丈 (cm)		生草収量 (kg/a)			乾物収量 (kg/a)			乾物率 (%)	
	1番草	2番草	1番草	2番草	合計	1番草	2番草	合計	1番草	2番草
アキミドリⅡ	107.6	99.4 a	388.8	170.0	558.8	74.5	43.2	117.7	19.2 a	25.4 a
東北1号	103.7	89.7 ab	381.3	190.0	571.3	70.8	46.9	117.6	18.6 ab	24.7 ab
那系1号	106.4	81.9 b	396.3	170.0	566.3	69.8	38.1	107.9	17.6 b	22.4 b
調査日	R2.5.29	R2.7.21	R2.5.29	R2.7.21		R2.5.29	R2.7.21		R2.5.29	R2.7.21

a, b : 異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)

は、1番草、2番草ともに「東北1号」、「那系1号」が「アキミドリⅡ」より有意に低い値となった。しかし、生草収量と乾物収量は、1番草では「東北1号」、「那系1号」とともに「アキミドリⅡ」より有意に高くなった。2番草は各品種同程度の収量となった。乾物率は、1番草では「那系1号」が「アキミドリⅡ」より有意に低くなり、2番草では「那系1号」が「アキミドリⅡ」、「東北1号」より有意に低い値となった。

3) 令和2年度の調査結果

令和2年度の生育特性を表5に示した。令和元年12月～3月にかけて平均気温が平年より高く推移したため、雪腐病はほとんど見られず、越冬性は各品種同程度となった。倒伏程度は、1番草において「東北1号」、「那系1号」とともに「アキミドリⅡ」より有意に低い値となった。2番草において「東北1号」で倒伏が発生し、「アキミドリⅡ」、「那系1号」と比べて有意に低い値となった。病害程度は、1番草、2番草ともに「東北1号」、「那系1号」が「アキミドリⅡ」と比べて有意に低く、病害がほとんど見られなかった。出穂程度は、1番草において「アキミドリⅡ」が最も高い値となり、「那系1号」が「東北1号」と比べて有意に高い値となった。2番草において「アキミドリⅡ」が未出穂だったため、「東北1号」、「那系1号」より有意に低い値となった。

令和2年度の収量特性を表6に示した。草丈は、1番草では各品種とも同程度だったが、2番草では、「那系1号」が「アキミドリⅡ」と比べ有意に低い値となった。生草収量と乾物収量は、1番草、2番草ともに品種間の有意差は認められなかったが、2番草において、「那系1号」の乾物収量が低い傾向がみられた。乾物率は、1番草、2番草ともに「那系1号」が「アキミドリⅡ」に比べ有意に低い値となった。

ま と め

フェストロリウム品種「東北1号」、「那系1号」について、秋田県における生育特性を確認するため、栽培試験を行った。その結果、両品種とも収量がオーチャードグラス品種の「アキミドリⅡ」と比べて、3ヵ年を通して同程度か、それ以上であることが確認された。加えて、2番草における病害程度が両品種とも「アキミドリⅡ」より有意に低く、越冬性に優れる特徴を持つ「那系1号」に加え、「東北1号」も夏の病害に強いことが確認された。乾物率は、「東北1号」、「那系1号」とともに3ヵ年を通して「アキミドリⅡ」と比べてやや低い傾向があることが確認された。このことから、「東北1号」、「那系1号」は「アキミドリⅡ」と比べて水分含量が高いことが明らかになった。ライグラスは乾きにくい特徴があることから（雪印種苗株式会社、2019）、ライグラス類の特徴を持つフェストロリウムも、乾きにくい特徴を持っていることが推察される。そのため、フェストロリウムを利用する場合は、放牧利用かグラスサイレージとしての利用が望ましい。

本試験では確認できなかったが、「東北1号」は耐湿性に優れることが報告されており（米丸ら2011）、転作田のような土壤水分が高い土地での利用が期待できる。なお、維持年限は「東北1号」で最大3年程度（農研機構2013）、「那系1号」で3～4年程度（農研機構2021）といわれているため、その年限を超えて利用する場合は更新や追播が必要である。

しかし、平成30年度の結果から冬の低温が続いた場合、両品種とも越冬性が著しく低くなることが明らかになった。「東北1号」は、積雪期間が90日を超える草地・飼料畑での利用は推奨しておらず（米丸ら2011）、「那系1号」についても、平成30年度の越冬性は著しく低かったため、両品種とも秋田県の積雪地帯では、越冬できない可能性が示唆された。そのため、「東北1号」、「那系

1号」は、秋田県沿岸部などの積雪が少ない地域における奨励品種として、有望であることが示唆された。

引用文献

- 的場和弘，田村良文，伏見昭秀．2001．フェストロリウム（*x Festulolium*）品種の特性評価－越冬性と耐湿性－．日草誌，47（別），138-139．
- 農研機構東北農業研究センター．2013．フェストロリウム東北1号栽培マニュアル改訂版2.0，岩手県．
- 農研機構畜産研究部門．2021．採草用多年生イネ科牧草フェストロリウム品種「那系1号」標準作業手順書，1．茨城県．
- 米丸淳一，上山泰史，久保田明人．2011．フェストロリウム新品種「東北1号」の育成．東北農研研報113，17-28．
- 米丸淳一，久保田明人，上山泰史．2006．フェストロリウム選抜系統「盛系1号」の生育特性．東北農業研究59，95-96．
- 雪印種苗株式会社．2019．牧草と園芸．第67巻第4号，1-4．雪印種苗株式会社．北海道．

コレシストキニン A 受容体遺伝子を指標とした比内地鶏の発育改善に関する研究 (第 1 報)

—コレシストキニン A 受容体遺伝子の一塩基多型 (g.420 C > A) と比内地鶏の発育形質との関連性—

力丸宗弘・大久保武^{*1}・高橋秀彰^{*2}

^{*1} 茨城大学農学部

^{*2} 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構畜産草地研究部門

(現：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構本部企画戦略室)

要 約

我々はこれまで発育が異なる比内鶏系統個体を交配し、作出したF₂家系集団において、コレシストキニンA受容体遺伝子 (*CCKAR*) の 5' 非翻訳領域の特定部位における一塩基多型 (SNP, g. 420 C > A) とF₂個体の発育形質との間に有意な関連性を確認し、AアリルはCアリルよりも発育形質に対する効果が優れていることを報告した。さらに、当該SNPによって発育形質が改良されていない比内鶏の発育が改善されることを明らかにした。本研究では、*CCKAR*のg. 420 C > A SNPが比内地鶏の発育等に及ぼす影響を明らかにするため、異なる遺伝子型を持つ比内地鶏を作出し、発育試験を行った。比内地鶏のヒナを同日にふ化し、各個体における当該SNPの遺伝子型 (A/A, A/C, C/C) をミスマッチ増幅変異アッセイ法により4週齢までに判定した後、遺伝子型ごとに20羽ずつ23週齢まで飼育した。その結果、AアリルはCアリルよりも発育形質に対する効果が有意に優れ、A/A型個体はC/C型個体より14週齢以降における平均日増体重および23週齢体重が有意に優れていた。試験期間における飼料摂取量に差はほとんど認められなかったが、A/A型個体およびA/C型個体はC/C型個体より給餌30分後の飼料摂取量が有意に多く、飼料要求率はA/A型個体が最も優れていた。以上の結果から、*CCKAR* g.420 C>A SNP は比内地鶏の発育成績を改善するための有望な候補マーカーであることが示唆された。

緒 言

日本国内では地域固有の日本鶏品種が肉用鶏の生産に用いられており、日本農林規格(農林水産省 1999)では地鶏と定義されている。比内地鶏は比内鶏の雄とロードアイランドレッド種の雌の交雑種であり、肉の旨味が強いことが特徴である(力丸ら 2011)。しかし、比内地鶏はブロイラーや他の地鶏と比較して成長が遅いため、長い飼育日数を要する。また、飼料価格の高騰や為替レートの変動等により、農家の経営状況は悪化の一途をたどっている。そのため、比内地鶏生産現場では発

育の改善が急務とされている。

我々は、これまでニワトリの発育形質に影響する遺伝子を特定するため、比内鶏のF₂交雑家系を用いて発育形質に関する量的形質遺伝子座 (QTL) 解析を行い、ニワトリの食欲に関連すると予測される候補遺伝子として、満腹感を司る神経情報伝達を担うペプチドホルモンとして知られているコレシストキニンA受容体遺伝子 (以下、「*CCKAR*」という) と発育形質との関連性を明らかにした (Rikimaru ら 2012)。また、F₂交雑家系における*CCKAR*の特定の一塩基多型 (以

下, 「SNP」という) (A/C) と発育形質との関連性について解析した結果, Aアリルは体重や日増体重を高める効果を持つことを明らかにした (Rikimaru ら 2013). さらに, 異なるCCKARのSNP型を持つ比内地鶏を材料として, 発育, 飼料摂取量, 飼料要求率を調査した結果, A/A型を有する個体は他の遺伝子型 (A/C型, C/C型) 個体よりも発育が優れ, 飼料要求率が改善されることを確認した (力丸ら 2014). これらの結果から, CCKARの当該SNPを指標とした効率的な比内地鶏の発育改善の可能性が示された.

そこで本研究では, CCKARの当該SNPを指標として, 異なる遺伝子型を持つ比内地鶏を作出し, CCKARの当該SNPが比内地鶏の発育等に及ぼす影響について調査を行った.

材料と方法

1. 供試材料

秋田県畜産試験場で2013年5月22日にふ化した比内地鶏の雌を試験に用いた.

2. 飼養管理

ふ化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) で飼育した. CCKARの当該SNPの遺伝子型判定後, 各遺伝子型 (A/A, A/C, C/C) の比内地鶏を20羽ずつに分け, 4週齢から出荷時期である23週齢まで運動場が付随したパイプハウスで飼育した. 飼育期間は2013年5月22日から10月30日までとした.

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 (CP22%; ME3,000 kcal/kg); 2) 10週齢まで中雛用飼料 (CP18%; ME2,850 kcal/kg); 3) 14週齢まで大雛用飼料 (CP15%; ME2,800 kcal/kg); 4) 23週齢まで仕上げ用飼料 (CP16%; ME2,900 kcal/kg). 飼育期間中, 水と飼料は自由摂取とし, 照明時間は自然

日長とした.

3. 表型値の測定

4週齢以降, 10, 14, 18, 23週齢に体重, 飼料摂取量の測定を行った. 4-10, 10-14, 14-18, 18-23, 4-23週齢における平均日増体重は各週齢における体重, 飼料要求率 (4-10, 10-14, 14-18, 18-23, 4-23週齢) は飼料摂取量と平均日増体重から算出した. また, 13週齢から14週齢に各遺伝子型の給餌30分後の飼料摂取量と1日の飼料摂取量を測定した. 給餌30分後の飼料摂取量は給餌前後の飼料重量から算出した. 1日の飼料摂取量は給餌当日と前日の飼料重量から算出した.

4. CCKARの遺伝子型判定

比内地鶏各個体におけるCCKARのg.420 C > A SNPの遺伝子型判定の識別はRikimaru ら (2013) の方法で行った. 簡単に論述すれば, 1種類のフォワードプライマー (5'-GAATGTGTGTCTGCGTGCTT-3') と2種類のリバースプライマー (Aアリルプライマー: 5'-GGATCCACAGGTTAGCTGCGAT-3', およびCアリルプライマー: 5'-GGATCCACAGGTTAGCTGCGAG-3') を組み合わせてAおよびCアリルを検出するPCR反応液を調製した. PCR反応液は, プライマー 2 pmol, 4 μ Lの2×PCRミックス (EmeraldAmp: タカラバイオ, 大津), FTA クラシックカードから回収したDNA溶液 1 μ L, 滅菌蒸留水を混合し, 最終容量 9 μ Lに調整した. PCRサイクルは熱変性 (98°C, 10秒間), アニーリング (65°C, 30秒間), 伸長反応 (72°C, 30秒間) のサイクルを30回繰り返した. PCR反応後, AアリルおよびCアリルを検出するPCR反応液 (各5 μ L) を各2 μ Lを1×TAE (Tris Acetate EDTA: トリス酢酸エチレンジアミン四酢酸) バッファーを使用した2%アガロースゲルを用いて電気泳動を行い, PCR増幅産物を検出した. 遺伝子型はAアリルリバースプラ

イマーを用いた反応液のみでPCR増幅が認められた場合はA/A型, Cアリルリバースプライマーを用いた反応液のみでPCR増幅が認められた場合はC/C型, 両方の反応系でPCR増幅が認められた場合はA/C型と判定した. 各個体の遺伝子型判定は飼育試験を開始する4週齢までに行った.

5. CCKARのmRNA発現

CCKARのmRNA発現量の測定には, 飼育試験とは別に同日にふ化した比内地鶏の雌を用いた. 4週齢と10週齢時に遺伝子型ごとに10羽ずつと殺し, 主要発現部位である肝臓, 脾臓, 十二指腸を採材した. 得られた組織より, Trizol (インビトロジェン, カリフォルニア, アメリカ) を用いて総RNAの抽出を行った後, さらにDNase I (プロメガ, 東京) 処理を行い, 逆転写用のRNAを調製した. 1 μ gの各総RNAをOligo-dT17プライマーとReverTra Ace (東洋紡, 大阪) を用いて42℃で45分間の逆転写反応に供した. CCKARのmRNA発現は得られた逆転写産物を鋳型とし, 特異的プライマー, 5'-ACAACAACAGCACAGCCAAC-3' (フォワード) および5'-TATGAGCAGCAGGAAGGTGT-3', を用いたリアルタイムPCRにより解析した. PCRは95℃ 5秒, 60℃ 30秒を1サイクルとする反応を40サイクルとした. CCKARのmRNA発現は β -アクチンmRNA発現に対する相対値で表した.

6. 統計解析

比内地鶏の表現型値およびCCKARのmRNA発現量については, 測定形質ごとに分散分析を行い, 有意な項目についてはTukeyの多重検定によりP値が0.05未満の場合, 有意差ありと判定した.

結 果

比内地鶏の発育形質とCCKAR g. 420 SNPとの関

連性

表1に比内地鶏の発育形質及びCCKAR g. 420 C > A SNPとの関連性を示した. A/A型個体はC/C型個体より23週齢体重が有意に大きかったが, 試験期間を通してA/A型個体とA/C型個体の体重に有意差は認められなかった. 14-18週齢における平均日増体重はA/A型個体がA/C型個体およびC/C型個体より有意に優れていた. 18-23週齢における平均日増体重はA/A型個体とA/C型個体がC/C型個体より有意に優れていた. また, 4-23週齢における平均日増体重はA/A型個体がC/C型個体より有意に優れていた.

CCKAR g. 420 C > A SNPと発育成績との関連性については, 相加的効果についてAアリルが23週齢体重, 14-18週齢, 18-23週齢, 0-23週齢における平均日増体重において有意な効果を示した. 優性効果については, Cアリルが18週齢体重と14-18週齢における平均日増体重において有意な効果を示した.

比内地鶏の飼料摂取量および飼料要求率とCCKAR g. 420 C > A SNPとの関連性を表2に示した. A/A型個体およびA/C型個体はC/C型個体と比べて13週齢および14週齢における給餌30分後の飼料摂取量が有意に多かったが, 1日の飼料摂取量は遺伝子型間で有意な差は認められなかった. 4-23週齢における飼料摂取量は遺伝子型間でほとんど差が認められなかったが, A/A型個体は飼料要求率が遺伝子型間で最も優れていた.

CCKAR g. 420 C > A SNPと比内地鶏の主要発現部位におけるmRNA発現量の比較

4週齢ではA/A型個体が全ての臓器においてC/C型個体より高い傾向を示したが, 有意な差は認められなかった. 10週齢ではA/A型個体が脾臓と肝臓, C/C型個体が十二指腸において他の遺伝子型個体より高い傾向を示したが, 有意な差は認められなかった (図1).

表 1 比内地鶏の発育形質とCCKAR g. 420 C > A SNPとの関連性

発育形質	A/A (n=20)		A/C (n=20)		C/C (n=20)		相対的効果		優性効果		F _{var}	R _{var}	分散割合 (%)
	平均	標準誤差	平均	標準誤差	平均	標準誤差	平均	標準誤差	平均	標準誤差			
4週齢体重(g)	335.6 ± 5.6		335.6 ± 5.6		335.6 ± 4.7		0.1 ± 3.8		0.6 ± 0.6		3187.6	3187.2	0.01
10週齢体重(g)	1,108.6 ± 28.5		1,141.1 ± 27.9		1,177.4 ± 35.0		-34.4 ± 21.6	n.s.	-28.9 ± 38.0		10982.79	10401.89	5.29
14週齢体重(g)	1,730.5 ± 28.6		1,718.6 ± 32.2		1,762.5 ± 39.3		-16.0 ± -16.0	n.s.	-27.9 ± -27.9		12717.79	12515.34	1.59
18週齢体重(g)	2,320.1 ± 29.1		2,197.9 ± 41.1		2,265.1 ± 39.4		27.5 ± 25.8	n.s.	-94.7 ± 45.4	*	16340.67	14882.83	8.92
23週齢体重(g)	2,873.2 ± 48.0	a	2,743.9 ± 45.7	ab	2,703.4 ± 38.9	b	84.9 ± 31.1	**	-44.4 ± 54.8	n.s.	24796.08	21658.88	12.65
4-10週齢日増体重(g/day)	18.4 ± 0.7		18.5 ± 0.7		20.0 ± 0.9		-0.8 ± 0.5	n.s.	-0.7 ± 0.9	n.s.	658.8	625.5	5.05
10-14週齢日増体重(g/day)	22.2 ± 0.7		21.6 ± 0.6		20.9 ± 0.6		0.7 ± 0.4	n.s.	0.0 ± 0.8	n.s.	454.5	437.2	3.80
14-18週齢日増体重(g/day)	21.1 ± 0.8	a	17.1 ± 0.8	b	18.0 ± 0.7	b	1.6 ± 0.5	**	-2.4 ± 0.9	*	819.9	650.0	20.73
18-23週齢日増体重(g/day)	15.8 ± 1.0	a	15.8 ± 1.0	a	12.8 ± 0.5	b	1.6 ± 0.6	**	1.4 ± 1.1	n.s.	945.5	811.3	14.19
4-23週齢日増体重(g/day)	19.1 ± 0.4	a	18.1 ± 0.3	ab	17.8 ± 0.3	b	0.6 ± 0.2	**	-0.3 ± 0.4	n.s.	139.3	121.6	12.74

n.s.: 有意差なし
F_{var}: モデル式から得られる残差分散
R_{var}: モデル式からSNPの効果を除いたモデルにおける残差分散
分散割合: $100 \times (1 - R_{var} / F_{var})$
異符号間に有意差あり (P < 0.05)
* P < 0.05, ** P < 0.01.

表 2 比内地鶏の飼料摂取量および飼料要求率とCCKAR g. 420 C > A SNPとの関連性

項目	A/A		A/C		C/C	
	平均	標準誤差	平均	標準誤差	平均	標準誤差
1日当たりの飼料摂取量 (g/羽/日) ¹	101.7 ± 2.3		96.7 ± 2.3		97.0 ± 2.0	
給餌30分後の飼料摂取量 (g/羽) ¹	18.1 ± 1.4	a	20.1 ± 2.1	a	12.8 ± 1.0	b
4-23週齢における1日当たりの飼料摂取量 (g/羽/日) ²	105.0		102.4		100.1	
4-23週齢における飼料要求率 ²	5.50		5.65		5.62	

¹ 平均値 ± 標準誤差. 飼料摂取量は13週齢から14週齢に測定 (n=7)

² 期間全体における区ごとの比較のため、統計処理は未実施.

a, b 異符号間に有意差あり (P < 0.05)

考 察

我々はこれまで、*CCKAR* g. 420 C > A SNPによって発育形質が改良されていない比内鶏の発育が改善されることを明らかにした(力丸ら 2014)。本研究では、コマーシャル鶏である比内地鶏を用いて体重、平均日増体量、飼料摂取量および飼料要求率と当該SNPとの関連性について調査を行った。

比内地鶏を遺伝子型ごとに分けて23週齢まで飼育した結果、23週齢体重と*CCKAR* g. 420 C > A SNPとの間に有意な関連性が確認され、A/A型個体はC/C型個体と比べて体重が有意に大きかった。平均日増体重においても14週齢以降有意な関連性が確認され、A/A型個体はC/C型個体と比べて14-18週齢、18-23週齢、4-23週齢における平均日増体重が有意に優れていた。また、*CCKAR* g. 420 C > A SNPと発育形質(23週齢体重、14-18週齢、18-23週齢、0-23週齢)との間に有意な関連性が認められ、AアリルはCアリルに比べ体重や平均日増体重を増加させることが示唆された。この結果は比内鶏において、A/A型個体がC/C型個体と比べて体重や平均日増体重が優れていた我々のこれまでの研究結果(Rikimaru ら 2013, 力丸ら 2014)を支持している。近年、他の地鶏においても当該SNPと発育性との関連性が確認されており、A/A型個体がC/C型個体と比べて体重や平均日増体重が優れることが確認されている(Horinouchi ら 2018; Ishikawa ら 2019; Takahashi ら 2019)。これらの結果は、*CCKAR* g.420 C>A SNPが純粋種や交雑種に限らずニワトリの増体を改善することを示唆している。しかし、当該SNPが発育成績に影響を与える時期は我々のこれまでの研究結果(Rikimaru ら 2013, 力丸ら 2014)と異なっていた。比内鶏では4-14週齢において平均日増体重に有意な差が認められたのに対し、比内地鶏では14週齢以降で確認された。また、天草大王やみやざき地頭鶏では、よ

り若い日齢において当該SNPと平均日増体重との関連性が確認されている(Horinouchi ら 2018; Takahashi ら 2019)。これらのことから当該SNPが発育に影響を与える時期は品種や系統によって異なると考えられる。飼料摂取量については、13週齢から14週齢における1日の飼料摂取量及び4-23週齢における飼料摂取量に有意差は認められなかったが、A/A型個体およびA/C型個体はC/C型個体と比べて給餌30分後の飼料摂取量が有意に多かった。これらの結果は当該SNPが飼料摂取量の短期的な抑制には関与するが、長期的な飼料摂取量には影響を及ぼさないことを示唆している。4-23週齢における飼料要求率については、A/A型個体が最も優れていた。この結果は比内鶏において、遺伝子型間で飼料摂取量に差はないが、A/A型個体がC/C型個体と比べて飼料要求率が優れていた結果(力丸ら 2014)と一致していた。

Dunn ら(2013)はブロイラーと白色レグホーンの異品種間交雑家系を分析した結果、*CCKAR*の多型と発育性に有意な相関があることを報告している。彼らは発育が早いハプロタイプをホモで保有する個体群は発育が遅いハプロタイプをホモで保有する個体群と比べて視床下部における食欲促進ペプチドであるアグーチ関連ペプチド(AGRP)の発現量が有意に多く、十二指腸、盲腸、脾臓、髄脳、視床下部における*CCKAR*のmRNA発現量が有意に少なかったと報告している。これらの結果は、AGRPの発現量に応じて摂食行動が発現し、*CCKAR*のmRNA発現量に対応した満腹刺激が求心性内臓神経経路を介して視床下部に伝達されていることを示唆している。さらに、CCKオクタペプチド硫酸塩(CCK8)をニワトリの腹腔内に移植した結果、発育が早いハプロタイプをホモで保有する個体群はCCKに対する応答が低く、CCK8投与30分間の飼料摂取量はほとんど減少しないが、発育が遅いハプロタイプをホモで保有する個体群では、飼料摂取量が減少する

ことを確認している。これらのことから、Dunnら（2013）はCCKARの多型によってニワトリの発育性に差が生ずる原因として、視床下部におけるAGRP発現量や消化器官におけるCCKAR発現量を反映した摂食行動の違いが一つの要因であると推察している。一方、我々の研究結果では、給餌30分後の飼料摂取量では遺伝子型間で有意差が認められたが、1日の飼料摂取量及び飼育期間全体における飼料摂取量に有意差は認められなかった。主要発現部位におけるmRNA発現量については、本研究では4週齢と10週齢しか調査していないため、CCKARの多型とCCKAR発現量との関連については詳細な調査を必要とするが、CCKARのg.420 C>A SNPは飼料摂取量そのものに影響するのではなく、摂取した飼料を体重増加に変化する代謝効率の違いが発育性の違いに及ぼす影響の方が大きいのではないかと考えられる。しかしながら、なぜCCKARのg.420 C>A SNPがニワトリの発育性に影響を与えるのかについては、現時点では不明であり、当該SNPがニワトリの発育性に与える影響を解明するには、さらなる研究を必要とする。

以上の結果から、CCKAR g.420 C>A SNPは比内地鶏の発育成績を改善するための有望な候補マーカーであることが示唆された。今後は比内地鶏の父系種鶏（比内鶏）および母系種鶏（ロードアイランドレッド種）について、CCKAR g.420 C>A SNPを指標として選抜し、Aアレルに固定された種鶏から作出された比内地鶏においても同様の効果が得られるか検証する予定である。

謝 辞

本研究は、平成25年度公益財団法人伊藤記念財団の支援を受けて行った。

本報告はThe Journal of Poultry Science, 57, 99-106. 2020に掲載された論文を改変したものである。

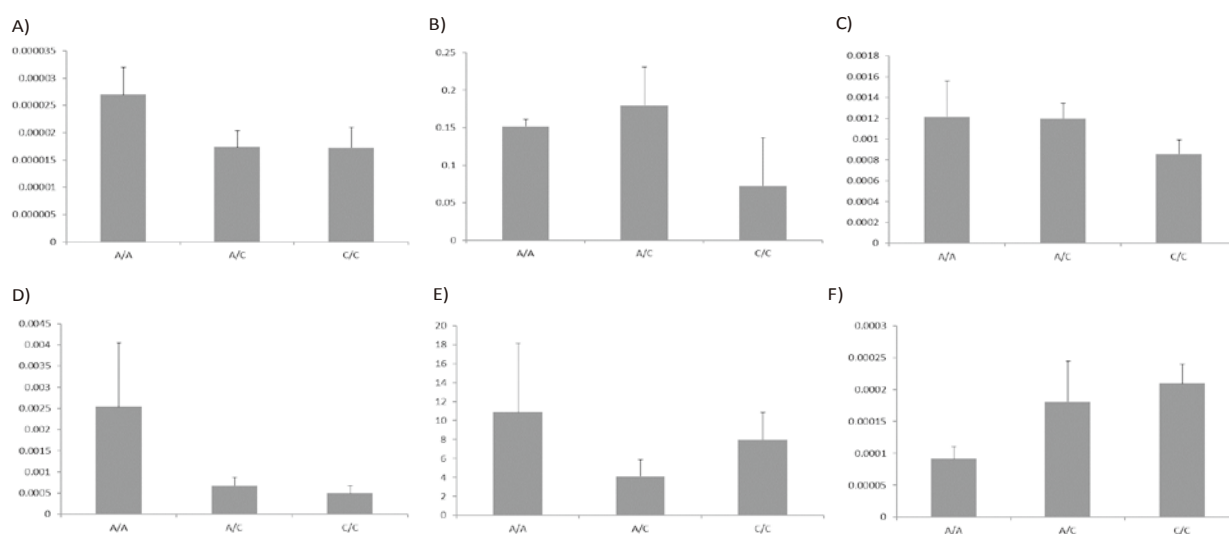


図1 CCKAR g. 420 C > A SNPと比内地鶏の主要発現部位におけるmRNA発現の比較

A) : 4週齢肝臓; B) : 4週齢脾臓; C) : 4週齢十二指腸; D) : 10週齢肝臓; E) 10週齢脾臓; F) 10週齢十二指腸

引用文献

- Dunn IC, Hocking PM, Meddle SL, Wilson PW, Wardle C, Law AS, Bishop A, Hindar C, Robertson GW, Burt DW, Ellison SJL and Morrice DM. 2013. Decreased expression of the satiety signal receptor CCKAR is responsible for increased growth and body weight during the domestication of chickens. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism* 304, E909-E921.
- Horinouchi S, Nakayama H and Takahashi H. 2018. Effect of a single nucleotide polymorphism in the cholecystokinin type A receptor gene on growth traits of the Miyazaki Jitokko chicken. *The Journal of Poultry Science* 56, 96-100.
- Ishikawa S, Asano M, Sakai K and Takahashi H. 2019. Verification of the effectiveness of an SNP marker in the cholecystokinin type A receptor gene for improving growth traits in Okumino-kojidoru chickens. *The Journal of Poultry Science* 57, 107-113.
- 農林水産省. 地鶏肉の日本農林規格. 1999.
- 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のおいしさとの関連性の解明 (第1報) - 比内地鶏とブロイラーの肉質評価 -. 秋田農技セ畜試研究報告25, 75-83.
- Rikimaru K, Komatsu M, Suzuki K, Uemoto Y, Takeda H and Takahashi H. 2012. Association between cholecystokinin type A receptor haplotypes and growth traits in Japanese Hinai-dori crossbred chickens. *Molecular Biology Reports* 39: 4479-4484.
- Rikimaru K, Takeda H, Uemoto Y, Komatsu M, Takahashi D, Suzuki K and Takahashi H. 2013. Effect of a single-nucleotide polymorphism in the cholecystokinin type A receptor gene on growth traits in the Hinai-dori chicken breed. *The Journal of Poultry Science* 50, 206-211.
- 力丸宗弘, 武田尚人, 大久保武, 高橋大希, 小松恵, 高橋秀彰. 2014. コレシストキニンA受容体遺伝子の一塩基多型 (g.420 C > A) は比内地鶏の発育を改善する. 日本家禽学会誌 51, 43-48.
- Takahashi H, Katayama M, Michishita K and Yamashita H. 2019. The A allele of the cholecystokinin type A receptor gene g.420 C>A polymorphism improves growth traits in Amakusa Daio cross chicken. *The Journal of Poultry Science* 56, 91-95.

比内地鶏の飼料体系の確立に関する試験（第3報）

－ 幼雛期，中雛期，仕上げ期用飼料の栄養水準の検討－

福田 栞・伊藤剛^{*1}・青谷大希^{*2}

^{*1} 現：秋田県雄勝地域振興局 ^{*2} 現：秋田県北部家畜保健衛生所

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，慣行の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ME3,100 kcal区がME3,070 kcal区と比較して2週齢時までは有意に体重が大きかったが，4週齢時においてはME3,070 kcal区が有意に大きかった．中雛期はCP19％区と比較してCP18％区，CP17％区が発育に優れ，CP18％区は8週齢以降，CP17％区は11週齢時において体重が大きかった．仕上げ期は体重に有意な差は認められなかった．慣行飼料または試験飼料を幼雛期から仕上げ期まで通して給与した結果から，幼雛期はME3,070 kcal区，中雛期はCP18％区，仕上げ期は添加物を調整した試験飼料が望ましいと考えられ，生産性を改善しつつ飼料費を削減できることが示された．

緒 言

佐藤ら（2016，2018）が開発した，高能力ロード種鶏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，これまで現行の飼料設計を基に栄養水準を調整した飼料を用い，給与試験を行ってきた．前報（福田ら，2021）では，代謝エネルギー（ME）を調整した幼雛用飼料，粗タンパク（CP）含量を調整した中雛用飼料をそれぞれ用いて給与試験を行い，発育に及ぼす影響を調査した．幼雛期はME3,100 kcal条件がME3,000 kcal条件より発育に優れる結果が得られた．中雛期は当時の慣行であるCP19％条件と比較してCP17％条件で発育に優れ，比内地鶏の生産性を改善しつつ飼料費を削減できる可能性が示された．

そこで本研究では，前年度試験で良好な成績を得た栄養水準を基に調整した幼雛用・中雛用飼料，添加物を調整した仕上げ用飼料を給与す

ることにより，生産性を改善または維持することができ，かつ経済的な飼料体系を構築しうるかを検証した．

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）を給与する区をそれぞれ2反復で，計4区を設定した（表1）．中雛期（4週齢～11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)。
仕上げ期(11週齢～22週齢)において添加物を調整した試験飼料を給与する区、ならびに現行の飼料(秋田比内地鶏完熟, J A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4区を設定した(表3)。なお、結果は栄養水準ごとにそれぞれ2区画のデータをプールしたものを示す。

2. 試験期間および供試鶏
試験期間は令和元年8月28日～令和2年1月29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57羽、中雛期は各試験区37羽、仕上げ期は各試験区54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4区に振り分けた。乱数の発生にはエクセルソフト

表 1 幼雛期 試験区分

	CP(%)	ME(kcal)	形状
慣行①	21	3,100	クランブル
慣行②	21	3,100	クランブル
試験①	21	3,070	クランブル
試験②	21	3,070	クランブル

表 2 中雛期 試験区分

	CP(%)	ME(kcal)
慣行①	19	2,900
慣行②	19	2,900
試験1-①	18	2,900
試験1-②	18	2,900
試験2-①	17	2,900
試験2-②	17	2,900

表 3 仕上げ期 試験区分

	CP(%)	ME(kcal)	主な変更点
慣行①	16	2,900	
慣行②	16	2,900	
試験①	16	2,900	カルシウム、リン、アミノ酸含量を調整、フィターゼ配合
試験②	16	2,900	カルシウム、リン、アミノ酸含量を調整、フィターゼ配合

ウェア（マイクロソフト、レドモンド、アメリカ）を用いた。同様の方法で中雛期については幼雛期の試験区ごとに6区、仕上げ期については幼雛期、中雛期の試験区ごとに4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（1区画5.4 m × 2.7 m 飼育密度 中雛期2.54羽/m²、仕上げ期3.7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, 11, 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, 11, 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。

5. 統計処理

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。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）について、体重、増体量、飼料摂取量および飼料要求率を表4～6に示した。体重はME3,100 kcal区がME3,070

kcal区と比較して1および2週齢時で有意に大きかったが、4週齢時には有意に小さかった。増体量はME3,100 kcal区がME3,070 kcal区と比較して0から1週齢では有意に大きく、2から4週齢では有意に小さかった。飼料摂取量はME3,070 kcal区がME3,100 kcal区よりも多い傾向が見られた。飼料要求率は同等だった。

中雛期（4週齢～11週齢）について、体重、増体量、飼料摂取量および飼料要求率を表7～9に示した。CP18%区はCP19%区と比較して8から10週齢までの間に体重測定を行った全ての時点で体重が大きかった。CP17%区はCP19%区と比較して11週齢時の体重が有意に大きかった。また、CP19%区と比較して、CP18%区は6から10週齢までの体重測定を行った全ての時点までの増体量が大きく、CP17%区は7から9週齢、10から11週齢の増体量が大きかった。飼料摂取量はCP17%区が少ない傾向にあった。飼料要求率はCP17%区が低い傾向にあった。

仕上げ期（11週齢～22週齢）について、体重、増体量、飼料摂取量および飼料要求率を表10～12に示した。慣行区と試験区での体重に有意な差は認められなかった。17から22週齢までの増体量は慣行区が試験区と比較して有意に大きかった。飼料摂取量は11から14週齢までは慣行区が多く、14週齢以降は試験区が多い傾向にあった。飼料要求率は慣行区と比較して試験区が高い傾向にあった。

幼雛期から仕上げ期まで全て試験飼料を給与した鶏、全て慣行飼料を給与した鶏の体重を表13に示した。1週齢時の慣行区で中雛期にCP17%を給与した区と比較して有意に大きかった。1週齢以降の体重に有意な差は認められなかった。

表4 幼雛期 体重 (g)

	ME3, 100 kcal区	ME3, 070 kcal区	
0 w	38 ± 3	38 ± 3	
1 w	91 ± 10	83 ± 9	*
2 w	155 ± 18	148 ± 14	*
3 w	269 ± 26	271 ± 23	
4 w	391 ± 35	401 ± 34	*

平均±標準偏差, n=114

* $P < 0.05$

表5 幼雛期 増体量 (g)

	ME3, 100 kcal区	ME3, 070 kcal区	
0-1 w	53 ± 9	44 ± 8	*
1-2 w	64 ± 16	65 ± 12	
2-3 w	114 ± 12	123 ± 13	*
3-4 w	122 ± 14	129 ± 14	*

平均±標準偏差, n=114

* $P < 0.05$

表6 幼雛期 飼料摂取量 (g/羽・日) および飼料要求率

	ME3, 100 kcal区	ME3, 070 kcal区
飼料摂取量		
0-4 w	23.3	23.8
飼料要求率		
0-4 w	1.85	1.85

表7 中雛期 体重 (g)

	CP19%区	CP18%区	CP17%区
4 w	395 ± 35	395 ± 34	394 ± 32
5 w	525 ± 46	533 ± 44	529 ± 43
6 w	707 ± 63	717 ± 59	708 ± 62
7 w	915 ± 87	939 ± 68	918 ± 80
8 w	1,114 ± 103 ^b	1,152 ± 80 ^a	1,129 ± 104 ^{ab}
9 w	1,297 ± 127 ^b	1,359 ± 103 ^a	1,331 ± 126 ^{ab}
10 w	1,493 ± 143 ^b	1,571 ± 112 ^a	1,532 ± 142 ^{ab}
11 w	1,659 ± 160 ^b	1,752 ± 118 ^a	1,724 ± 141 ^a

平均±標準偏差, n=74

異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)

表 8 中雛期 増体量 (g)

	CP19%区	CP18%区	CP17%区
4-5 w	130 ± 21	138 ± 21	135 ± 20
5-6 w	183 ± 24	186 ± 19	181 ± 21
6-7 w	212 ± 27 ^b	222 ± 15 ^a	213 ± 28 ^{ab}
7-8 w	199 ± 31 ^b	215 ± 28 ^a	215 ± 26 ^a
8-9 w	189 ± 42 ^b	214 ± 26 ^a	212 ± 29 ^a
9-10 w	194 ± 54 ^b	214 ± 25 ^a	201 ± 32 ^{ab}
10-11 w	178 ± 34 ^b	184 ± 31 ^{ab}	191 ± 30 ^a

平均±標準偏差、n=74

異符号間に有意差あり ($P<0.05$)

表 9 中雛期 飼料摂取量 (g/羽・日) および飼料要求率

	CP19%区	CP18%区	CP17%区
飼料摂取量			
4-5 w	49.1	47.8	47.0
5-6 w	69.9	73.8	67.8
6-7 w	98.7	109.9	87.3
7-8 w	115.9	105.9	109.5
8-9 w	129.3	128.3	120.1
9-10 w	143.3	148.5	137.7
10-11 w	140.1	145.9	141.3
飼料要求率			
4-5 w	2.6	2.4	2.4
5-6 w	2.7	2.8	2.6
6-7 w	3.3	3.5	2.9
7-8 w	4.2	3.4	3.6
8-9 w	4.8	4.2	4.0
9-10 w	5.2	4.9	4.8
10-11 w	5.5	5.6	5.2

表10 仕上げ期 体重 (g)

	慣行区	試験区
11 w	1,712 ± 157	1,712 ± 134
14 w	2,107 ± 184	2,104 ± 155
17 w	2,463 ± 200	2,457 ± 182
22 w	2,963 ± 268	2,909 ± 256

平均±標準偏差、n=108

*: $P<0.05$

表11 仕上げ期 増体量 (g)

	慣行区	試験区	
11-14 w	404 ± 90	397 ± 85	
14-17 w	360 ± 65	353 ± 63	
17-22 w	490 ± 117	452 ± 127	*

平均±標準偏差、n=108

* $P<0.05$

表12 仕上げ期 飼料摂取量 (g/羽・日) および飼料要求率

	慣行区	試験区
飼料摂取量		
11-14 w	146.2	145.8
14-17 w	165.5	167.0
17-22 w	171.5	177.5
飼料要求率		
11-14 w	7.6	7.7
14-17 w	9.7	10.0
17-22 w	12.2	13.7

表13 全期間通しての体重 (g)

	試験区①		試験区②		慣行区	
幼雛-中雛-仕上げ	ME3, 070 kcal-CP17%-試験		ME3, 070 kcal-CP18%-試験		ME3, 100 kcal-CP19%-慣行	
0 w	38 ± 3		38 ± 3		38 ± 3	
1 w	78 ± 7 ^b		82 ± 9 ^{ab}		89 ± 13 ^a	
2 w	145 ± 15		145 ± 15		153 ± 20	
3 w	264 ± 22		267 ± 24		268 ± 28	
4 w	388 ± 27		397 ± 34		388 ± 42	
5 w	525 ± 41		539 ± 47		520 ± 54	
6 w	702 ± 65		725 ± 67		693 ± 67	
7 w	920 ± 84		941 ± 86		889 ± 92	
8 w	1,122 ± 107		1,155 ± 82		1,080 ± 105	
9 w	1,336 ± 119		1,358 ± 131		1,261 ± 153	
10 w	1,533 ± 135		1,565 ± 143		1,456 ± 178	
11 w	1,710 ± 166		1,744 ± 162		1,636 ± 174	
14 w	2,071 ± 173		2,147 ± 148		2,066 ± 191	
17 w	2,411 ± 226		2,492 ± 162		2,419 ± 217	
22 w	2,836 ± 292		2,953 ± 230		2,888 ± 309	

平均±標準偏差

試験区① n=17, 試験区② n=19, 慣行区 n=18

異符号間に有意差あり ($P<0.05$)

考 察

幼雛期において、ME3,100 kcal 区は ME3,070 kcal 区と比較して 2 週齢時までの体重は有意に大きかったが、その後発育の差は減少し、4 週齢時においては ME3,070 kcal 区の体重が大きかった。一般的に、鶏は ME 水準が高いほど飼料摂取量が少なくなるとされており、本試験でも 4 週齢までの平均飼料摂取量は 3,100 kcal 区が 3,070 kcal 区よりも少なかった。

前報（福田ら，2021）の試験では、幼雛期に ME3,100 kcal、ME3,050 kcal および ME3,000 kcal の飼料を給与した結果、4 週齢時の体重は ME 水準に比例して ME3,100 kcal 条件で最も大きかった。この結果を考慮すると、比内地鶏の幼雛期に必要とされる ME 水準は 3,070 kcal 以上であると考えられ、3,050 kcal 条件では ME 水準がやや低かった可能性がある。本試験での 3,070 kcal 条件では必要な ME 水準を満たしており、かつ飼料摂取量が増えたため、4 週齢時の体重が ME3,100 kcal 条件と比較して大きくなったと思われる。したがって、幼雛期の飼料は 3,070 kcal 条件が望ましいと考えられる。

中雛期において、CP17% 区と CP18% 区が CP19% 区と比較して発育に優れた。前報（福田ら 2021）でも CP17% 条件が CP19% 条件より発育に優れ、本試験結果と一致する。Shewangizaw ら（2011）の研究でも、ロードアイランドレッドにおいて、CP が一定の水準までは直線的に体重が増加したが、それ以上の CP 水準では減少した。これらのことから、必要量以上の CP 水準の飼料を与えると発育が劣ることが示され、排泄等にかかるエネルギーとして無駄に消費された可能性が要因として挙げられる。以上のことから、中雛期においては CP17%～18% が望ましく、生産性を改善しつつ飼料費を削減できることが示された。

仕上げ期において、体重に有意な差はなかったが、17 から 22 週齢までの増体量について慣行区と比較して試験区が劣った。試験飼料の具体的な変更点は、飼料米、コーングルテンミール、ポークチキンミールを活用したこと、カルシウムを 10% 低減したこと、フィターゼを使用し、有効リンを節約したことであったが、増体量に何が影響を与えたかは不明であり、今後検討が必要である。

慣行飼料と試験飼料を幼雛期から仕上げ期まで通して給与した結果、出荷重量に有意な差はなかったが、幼雛期 ME3,070 kcal 区—中雛期 CP18% 区—仕上げ期試験区の飼料を給与した試験区で最も体重が大きかった。生産性や経済性を考慮すると、この飼料体系が望ましいと考えられる。また、本試験は出荷時の体重や肉質に変化を及ぼさないことに考慮したため、仕上げ期の栄養水準は変更しなかった。しかし、仕上げ用飼料の消費量が最も多いことから、今後は仕上げ用飼料の栄養水準を下げても生産性を維持する飼料体系を確立できるか検証する必要がある。

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

- 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．
- 福田 栞，力丸宗弘，青谷大希．2021．比内地鶏の飼料体系の確立に関する試験（第 2 報）．秋田県畜産試験場研究報告 35，22-28．

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.

Shewangizaw Wolde1, Tegene Negesse and Aberra Melesse. 2011. Effect of dietary protein concentration on feed intake, body mass gain and carcass traits of Rhode Island Red chicken. Journal of science and development1(1), 53-64. ISSN 2222-5722.

秋田県畜産試験場 学術論文掲載一覧（2021年4月～2022年3月）

誌 名	題 名	掲 載 者	掲 載 年 等
日本家禽学会誌	配合飼料へのユーグレナ (<i>Euglena gracilis</i>) とクロレラ (<i>Chlorella Sorokiniana</i>) 添加が比内地鶏の肉質に及ぼす影響	渡邊翔太, 三浦徳也, 鈴木健吾, 杉本良太, <u>力丸宗弘</u>	日本家禽学会誌 58,J1-J6.2021
日本家禽学会誌	採取部位による骨格筋の違いを考慮した鶏もも肉の官能評価サンプル調製手法の提案	<u>青谷大希</u> , 安部亜津子, 佐藤悠紀, 中村亮一, 森 愛華, 本山三千代, 中島郁世, 渡邊源哉, 佐々木啓介	日本家禽学会誌 58,J12-J19.2021

秋田県畜産試験場研究報告

令和4年3月18日発行

編集兼発行 秋田県畜産試験場
代表者 長谷部 毅
〒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

F A X 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
F A X 0187(62)0426

「この印刷物は、225部印刷して、単価は445円です。」

