

ISSN 2432-6658 (Print)
ISSN 2432-7867 (Online)

Bulletin of the NARO
Livestock and Grassland Science

農研機構研究報告

畜産研究部門

No.18
March, 2018
(平成30年3月)



農研機構は、みなさまと共に食と農の未来を創ります。

農研機構畜産研究部門編集委員会
Editorial Board

研究部門長 Director-General	塩谷 繁 Shigeru SHIOYA
畜産飼料作研究監 Director of Forage and Livestock Research	大同 久明 Hisaaki DAIDO
編集委員長 Editor-in-Chief	阿部 啓之 Hiroyuki ABE
副編集委員長 Deputy Editor	下田 勝久 Katsuhisa SHIMODA
編集委員 Associate Editor	秋山 典昭 Fumiaki AKIYAMA
	間野 吉郎 Yoshiro MANO
	菅野 勉 Tsutomu KANNO
	手島 茂樹 Shigeki TEJIMA
	住田 憲俊 Noritoshi SUMIDA
	小林 栄治 Eiji KOBAYASHI
	粕谷 悦子 Etsuko KASUYA
	萩 達朗 Tatsuro HAGI

農研機構研究報告 畜産研究部門

第18号 (平成30年3月)

目次

原著論文

- オーチャードグラスの新品種「まきばたろう」の育成とその特性
…………… 内山和宏・荒川明・水野和彦・杉田紳一・小松敏憲・矢萩久嗣・
廣井清貞・水上優子・神戸三智雄 …… 1
- 稲発酵粗飼料給与が交雑種および褐色和種牛肉の理化学的特性と貯蔵性に及ぼす影響
…………… 中西直人・井出忠彦・石崎重信・吉羽宣明・山田知哉・石田元彦 …… 17

技術論文

- 耕作放棄地放牧実施圃場におけるライムギ (*Secale cereale* L.) を用いた放牧延長
…………… 平野清・中神弘詞・中尾誠司・進藤和政・井出保行 …… 27

短報

- ヌカ類および製造粕類におけるデタージェント連続分析の有用性
…………… 甘利雅拡・田島清・大森英之 …… 35

BULLETIN OF THE NARO, LIVESTOCK AND GRASSLAND SCIENCE

No.18 (March2018)

CONTENTS

Research Papers

Kazuhiro UCHIYAMA, Akira ARAKAWA, Kazuhiko MIZUNO, Shin-ichi SUGITA,
Toshinori KOMATSU, Hisashi YAHAGI, Kiyosada HIROI, Yuko MIZUKAMI and
Michio KANBE :

Breeding of "Makibatara" Orchardgrass and its Characteristics 1

Naoto NAKANISHI, Tadahiko IDE, Shigenobu ISHIZAKI, Nobuaki YOSHIBA,
Tomoya YAMADA and Motohiko ISHIDA :

Effects of Feeding Whole Crop Rice Silage on Meat Quality of Crossbred (Japanese
Black × Holstein) and Japanese Brown Cattle 17

Technical Paper

Kiyoshi HIRANO, Koji NAKAGAMI, Seiji NAKAO, Kazumasa SHINDO and
Yasuyuki IDE :

Extension of Grazing Period by Growing Rye (*Secale cereale* L.) in an Abandoned
Cultivated Land Grazing 27

Research Note

Masahiro AMARI, Kiyoshi TAJIMA and Hideyuki OHMORI :

The Utility of Continuous Method of Detergent Analysis in Brans and Food Processing
By-products 35

オーチャードグラスの新品種「まきばたろう」の育成とその特性

内山和宏・荒川明^a・水野和彦^b・杉田紳一^c・小松敏憲^b・矢萩久嗣^d・廣井清貞^e・水上優子^f・神戸三智雄^b

農研機構畜産研究部門 飼料作物研究領域, 那須塩原市, 329-2793

要 約

農研機構畜産研究部門(旧畜産草地研究所)では機構内における牧草育種の全国分担の中でオーチャードグラスについて寒冷地(南部)から温暖地向き新品種の育成を担当しており,現在までに4品種を育成した。そのうち雲形病・うどんこ病・黒さび病等主要病害抵抗性の中生品種として1981年に育成された「マキバミドリ」は育成後20年以上経過し,黒さび病における新たなレースの出現や新たに発生した黄さび病によりさび病に対する罹病化がみられていた。「まきばたろう」は,「マキバミドリ」以上の病害抵抗性と多収性を目標に,畜草研育成品種・系統と雲形病抵抗性育種母材「Sc-3」の交配母系,畜草研育成品種・系統と黒さび病抵抗性・高嗜好性フランス品種「Lude」の交配母系,九州エコタイプ³の3つの基礎集団から4世代の母系または集団選抜(表現型循環選抜)を行って育成され,2006年にオーチャードグラス農林11号として登録,公表し,2009年に品種登録した。その主要特性は次のとおりである。出穂始日は,中生の「マキバミドリ」より全試験機関平均で約3日早い,極早生の「アキミドリII」より約8日遅く,中生の早に属する。収量性は「マキバミドリ」より明らかに優れ,試験期間中の合計乾物収量は青森から大分までの8試験機関平均で「マキバミドリ」比で8%高い。また,すべての試験機関で「マキバミドリ」を上回る収量性が認められ,東北北部から九州高標高地まで適応地域は広い。病害抵抗性に極めて優れており,さび病抵抗性は「マキバミドリ」より優れ,「アキミドリII」よりやや優れる“強~極強”,雲形病抵抗性は「マキバミドリ」と同程度で,「アキミドリII」よりやや優れる“強~極強”,うどんこ病抵抗性は「マキバミドリ」よりやや優れる“強”,炭そ病抵抗性は「マキバミドリ」よりやや優れる“やや強”である。秋の草勢が「マキバミドリ」より優れる。東北における越冬性は「マキバミドリ」と同程度,耐雪性は「マキバミドリ」と同程度の“中”である。乾物消化率は「マキバミドリ」よりやや高い。採種性は「マキバミドリ」と同程度である。極早生,早生の品種と組み合わせて作付されることにより,収穫適期が拡大され,良質な粗飼料生産に寄与することが期待される。

キーワード: オーチャードグラス, 乾物収量, 循環選抜, 耐病性, 中生

緒 言

オーチャードグラスは我が国の永年草地の基幹草種として北海道から九州の高冷地まで広く栽培され,採草および放牧に利用されている。北海道東部における越冬性は極強のチモシーには劣るもののその他の地域での越冬

性は十分であり,しかも温暖地における越夏性も寒地型牧草中で極強にランクされるトールフェスクに次いで良好であり,我が国では最も適応地域の広い寒地型牧草である。このため,本草種の育種は農研機構北海道農業研究センター(札幌市)と農研機構畜産研究部門(栃木県那須塩原市)で対象地域を分担して実施されており,

2016年8月16日受付, 2017年12月25日受理

^a 現 農研機構九州沖縄農業研究センター

^b 退職

^c 現 日本草地畜産種子協会

^d 現 茨城県

^e 現 農研機構北海道農業研究センター

^f 現 愛知県

畜産研究部門(旧畜産草地研究所, 草地試験場)では1963年に早生の「アオナミ」、1976年に極早生の「アキミドリ」、1981年に中生の「マキバミドリ」および1995年に極早生の「アキミドリⅡ」を育成しており、これらは青森以南の各県で奨励品種に指定されてきた。そのうち雲形病・うどんこ病・黒さび病等主要病害抵抗性の中生品種として1981年に育成された「マキバミドリ」⁷⁾は、育成後20年以上経過しさび病に対する罹病化がみられていた。これは、黒さび病の新レースの出現²⁾、または新たなさび病として黄さび病の発生が見られたためと考えられる。これらの病害・レースに対する抵抗性品種を育成するためには、現在普及している適応性を持った品種と新たな抵抗性育種素材を交配し、選抜と交配を繰り返し、抵抗性遺伝子・個体の頻度を向上させることが有効である。また、病害抵抗性に優れることは、枯葉部分等の減少により飼料品質の向上につながると考えられる。

現在、府県向けのオーチャードグラスは、ほとんど極早生～早生の品種が利用されているが、オーチャードグラスは1番草を刈り遅れると品質の低下が著しいため、中生品種も利用することにより刈取期の分散が可能となり、より品質の優れた適期に刈取りが容易になると考えられる。また、出穂も遅く放牧での利用もしやすいと考えられる。夏以降秋の伸長性に優れる品種が育成されれば、季節生産性の平準化や放牧期間の延長も可能となる。このような背景のもと「まきばたろう」は、「マキバミドリ」以上の病害抵抗性と多収性を目標に育成されたもので、2006年にオーチャードグラス農林11号として登録、公表し、2009年に品種登録された。

材料および方法

1. 育種目標・育種方法および育成経過

1) 育種目標

東北地方の平坦地から九州の高冷地に適する雲形病・うどんこ病・黒さび病抵抗性および収量性に優れる中生品種を育成し、「マキバミドリ」に置き換える。

2) 育種方法

母系選抜法および集団選抜法による。

3) 育成経過

「まきばたろう」(「那系27号」)の育成経過の概略は図1に示すとおりである。(1)1992年から1993年までの選抜基礎集団の養成、(2)1993年から2002年までの4サイクルの母系選抜および集団選抜と「那系27号」の育成、(3)2002年から2006年までの系統適応

性検定試験、特性検定試験、育成地における採種性検定試験、個体植特性調査、飼料成分の分析、育種家種子の生産の大きく3段階に分けられる。

(1) 選抜基礎集団の養成

「まきばたろう」の選抜基礎集団の養成に用いた育種素材を表1に示した。

a. 雲形病選抜基礎集団の養成

1992年に北海道農業試験場(現農研機構北海道農業研究センター)育成の雲形病抵抗性系統「Sc-3」192個体から幼苗接種検定により抵抗性個体102個体を選抜した。1993年に「Sc-3」と「那系21～24号」(24号は「アキミドリⅡ」)をそれぞれ隔離圃場で交配し、最終的に「Sc-3」75個体から個体別に採種した。

b. 黒さび病抵抗性・高嗜好性選抜基礎集団の養成

1992年に高嗜好性・黒さび病抵抗性品種「Lude」と「マキバミドリ」の収量調査5年目の条播試験から個体選抜を行った。さらに「極早生・早生母系系統」(「那系21～25号」)の選抜母集団)の収量調査2年目の条播試験から6母系を選抜した。1993年に「Lude」と「那系25号」(PE9201)、「極早生・早生選抜母系系統」(PE9202)、「マキバミドリ」(PM9203)をそれぞれ隔離交配し、「Lude」から採種した。

(2) 母系選抜および集団選抜と「那系27号」の育成

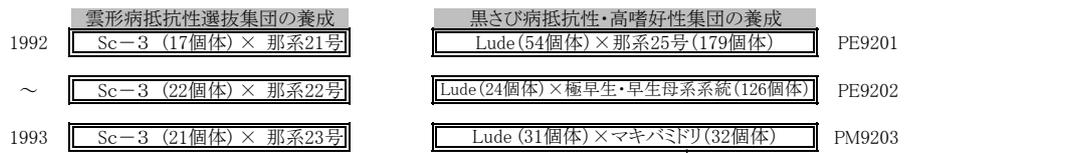
a. 第1次サイクル

①1993年に選抜基礎集団 Sc9204として、4交配群に由来する75母系2064個体を養成した。1995年に草勢、黒さび病抵抗性で予備選抜した。1996年に春の草勢、耐病性、出穂期で選抜した。早生群(Sc96E)として16母系16個体、中生群(Sc96M)として41母系54個体を選抜し、2群に分け切穂交配、採種した。②1993年に選抜基礎集団 PE9201, PE9202, PM9203として合計2240個体養成した。さらに、③耐暑性選抜基礎集団として九州エコタイプ50系統1068個体も新たに養成した。1995年に耐病性、越夏性、秋の草勢で予備選抜した。1996年に春の草勢、出穂期で選抜した。早生群(PE96)として合計48母系・系統73個体、中生群(PM96)として合計17母系・系統34個体を選抜し切穂交配、採種した。

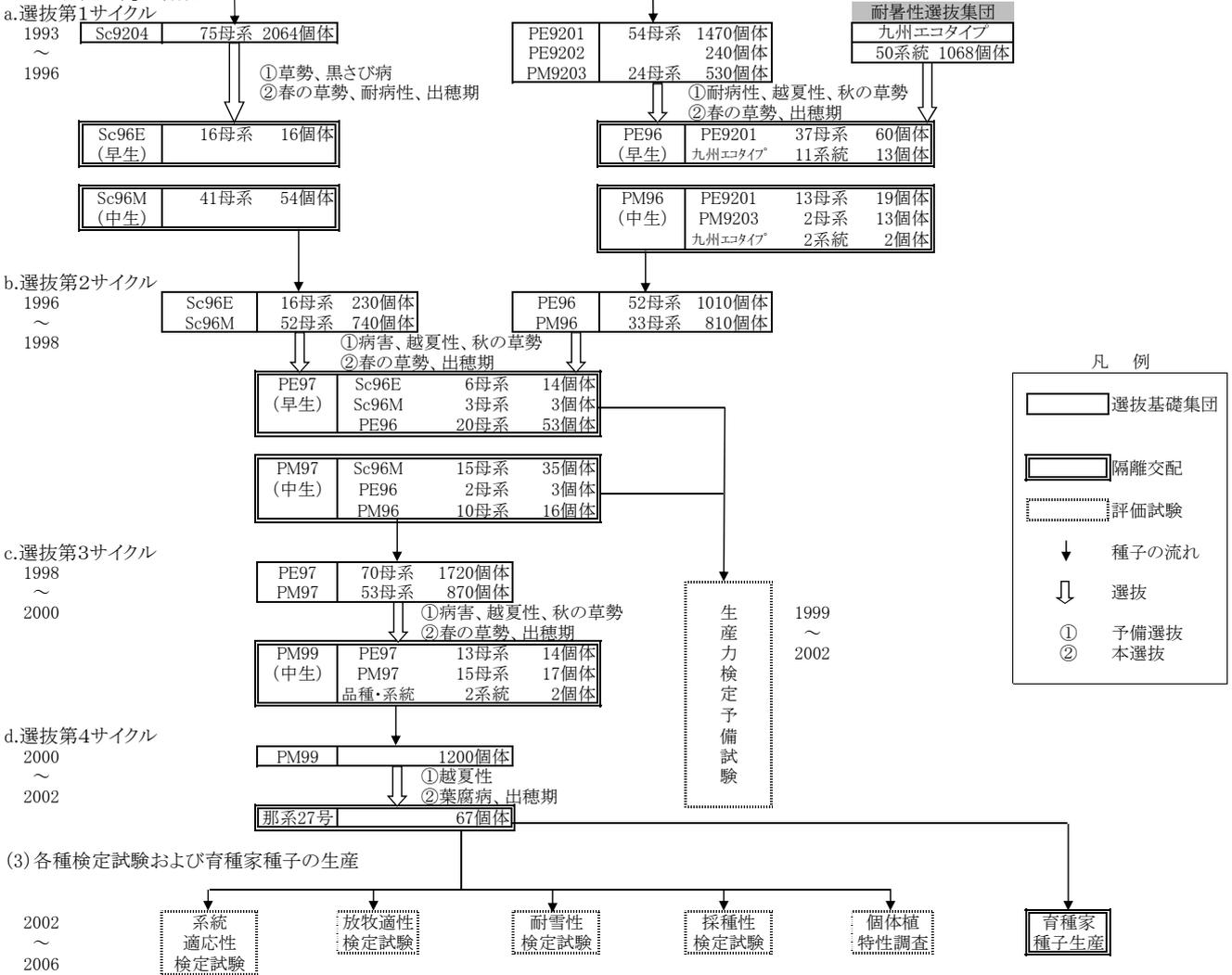
b. 第2次サイクル

1996年に選抜基礎集団 Sc96E, Sc96M, PE96, PM96として、合計153母系2790個体を養成した。1997年に病害抵抗性、越夏性、秋の草勢で予備選抜した。1998年に春の草勢と出穂期で選抜した。早生群(PE97)として合計29母系70個体、中生群(PM97)として合計27母系54個体を選抜し、2群に分けて切穂交配、採

(1) 育成系統と耐病性品種・系統との交配による選抜基礎集団の養成



(2) 母系選抜および集団選抜と「那系27号」の育成



(3) 各種検定試験および育種家種子の生産

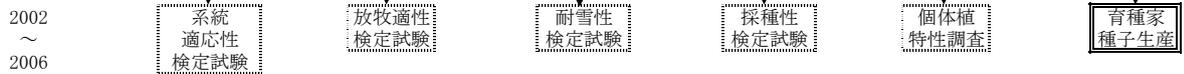


図1. 「まきばたろう」(「那系27号」)の育成経過

表1. 「まきばたろう」の育成に用いた育種素材

材料	特性	出穂期	由来
Sc-3	雲形病抵抗性	中生の晩	北海道農業試験場 ¹⁾
Lude	黒さび病抵抗性、高嗜好性	中生	フランス
那系21～25号	うどんこ病抵抗性	極早生～早生	草地試験場 ²⁾
極早生・早生母系系統	うどんこ病抵抗性	極早生～早生	草地試験場
マキバミドリ	雲形病・うどんこ病抵抗性	中生	草地試験場
九州エコタイプ	耐暑性	-	収集

¹⁾ 現・農研機構北海道農業研究センター、²⁾ 現・農研機構畜産研究部門

種した。なお、第2次サイクルの各個体からの採種種子を等量混合し、1999年から2002年まで生産力検定

予備試験を行い、収量性が「マキバミドリ」、「アキミドリII」に劣らないことを確認した(結果省略)。

c. 第3次サイクル

1998年に選抜基礎集団 PE97, PM97として、合計123母系2590個体を養成した。1999年に病害抵抗性、越夏性、秋の草勢で予備選抜した。2000年に春の草勢と出穂期で選抜した。中生群 (PM99)として30母系・系統33個体を選抜し、切穂交配、採種した。

d. 第4次サイクル

2000年に各個体からの採種種子を等量混合し、選抜基礎集団 PM99として1200個体を養成した。2001年に越夏性により108個体を予備選抜し、隔離圃場に移植した。2002年に葉腐病発病個体を淘汰し、出穂期により絞り込んだ67個体から集団採種し、「那系27号」の系統名を付した。

(3) 各種検定試験および育種家種子の生産

2002年産の種子 (増殖第1代)を用いて、2002年から2006年まで系統適応性検定試験、特性検定試験、育成地における採種性検定試験、個体植特性調査試験および飼料成分の分析を実施した。また、2004年から2006年まで育種家種子 (増殖第2代)を生産した。

2. 系統適応性検定試験、特性検定試験および育成地における試験の方法

1) 供試系統

「まきばたろう」にあたる「那系27号」,「那系26号」(同時に育成された早生系統),「マキバミドリ」および「アキミドリII」の4品種・系統を供試した。標準品種は「マキバミドリ」,比較品種は「アキミドリII」とした。一部の試験研究機関では、比較品種として、「ナツミドリ」,「ポトマック」および「ベンチマーク」も加えた(「ベンチマーク」は畜草研のみ供試した)。

2) 系統適応性検定試験 (育成地における生産力検定試験を含む)

東北から九州に至る8試験機関で試験が実施された。試験機関別の試験方法の概要は表2に示したとおりである。調査は「飼料作物系統適応性検定試験実施要領(改訂第5版)」(平成13年4月)¹³⁾に準拠して実施され、時期別収量、草勢、病害罹病程度などが調査された。山形畜産試験場および長野畜産試験場では播種が1年遅れ、滋賀県技術振興センターでは播種が2年遅れた。滋賀県技術振興センターでは利用2年間、畜産草地研究所では4年間、その他の6試験機関では3年間調査が行われた。

3. 特性検定試験および育成地における試験

1) 耐雪性検定試験

耐雪性検定試験は、家畜改良センター奥羽牧場で実施された。前述の4品種・系統に加えて、北海道農業試験場(現農研機構北海道農業研究センター)で育成された「ワセミドリ」を比較品種として供試した。2002年9月10日と2003年9月22日播種で2回の検定が行われた。1区面積0.96m²,3反復乱塊法とした。調査項目は、葉腐面積率や枯死面積率であり、これらにより耐雪性を評価した。

2) 放牧適性検定試験

放牧適性検定試験も、家畜改良センター奥羽牧場で実施された。2004年9月10日に、播種量200g/aで播種し、試験区は1区25m²の散播で、試験配置は4反復乱塊法とした。2年間の検定が行われた。供試家畜は黒毛和種育成牛で、2005年は5回(放牧開始の日:6月23日,7月19日,8月4日,8月31日,10月5日),2006

表2. 系統適応性検定試験各場所における試験方法

研究機関名	播種 年月日	播種量 (g/a)	播種法 (畦間 cm)	年次別 刈取回数 '03,04,05,06	元肥 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg/10a)	追肥 (kg/10a) N-P ₂ O ₅ -K ₂ O			
						2003	2004	2005	2006
青森県農林総合研究センター畜産試験場 (野辺地町)	2002. 9.11	200	散播	4, 4, 4, -	5-5-5	15-10-10	20-15-15	22-15-15	-
山形県農業総合研究センター畜産試験場 (新庄市)	2003. 9. 5	200	散播	- , 4, 4, 4	6-6-6	-	18-18-18	18-9-18	18-15-24
宮城県畜産試験場 (大崎市)	2002.10. 4	200	条播(30)	4, 4, 4, -	8-6-12	20-10-20	18-13-19	20-10-20	-
畜産草地研究所 (那須塩原市)	2002. 9.19	200	条播(30)	4, 4, 4, 4	8-8-8	30-30-30	31-31-31	38-38-38	30-30-30
長野県畜産試験場 (塩尻市)	2003. 9. 8	200	条播(30)	- , 4, 4, 4	0-14-0	-	15-5-5	15-5-5	33-65-49
石川県畜産総合センター (宝達志水町)	2002.10.10	200	条播(50)	3, 3, 3, -	6-12-6	20-10-10	20-10-10	20-10-10	-
滋賀県畜産技術振興センター (日野町)	2004. 9. 9	230	条播(40)	- , - , 5, 3	10-10-10	-	-	25-0-25	20-0-20
大分県畜産試験場 (竹田市)	2002. 9.25	200	条播(30)	5, 5, 5, -	8-9-6	34-20-34	37-20-37	36-20-35	-

注) 1区面積は6.0m², 実験計画は4反復(大分のみ3反復)乱塊法が採用された。

また、刈取り調査は1番草(1部は2番草も)早生群と中生群に分けて刈る方法で実施された。研究機関名は、試験が行われた当時の名称とした。

年は4回（5月29日, 6月22日, 7月26日, 8月30日）の時間制限放牧が実施された。調査項目は、採食率, 草丈利用率, 放牧後の被度等であった。

3) 個体植えによる特性調査

個体植えによる特性調査は、育成地（旧畜草研, 那須塩原市）で行った。ガラス室で苗を養成し、2002年10月9日に栽植間隔80 cm × 50 cm, 1区1列25個体4反復乱塊法で定植した。昭和52年度種苗分類特性調査報告書¹²⁾に則って調査を行った。

4) 飼料成分の調査

飼料成分の調査は、育成地で行った。飼料成分の分析サンプルには育成地の生産力検定試験1～3年目（2003年～2005年）の1～4番草を供試し、分析項目は乾物分解率（2003年は0.2%セルラーゼおよび0.01%アミラーゼの混合液, 2004年および2005年は0.5%セルラーゼ), 粗蛋白質（マイクロケルダール法), ADF（定法）とした。ただし, 粗蛋白質とADFは2004年のサンプルのみ供試した。

5) 採種性検定試験

採種性検定試験は、育成地で行った。2002年9月19日に播種量80g/aで条播し、試験区は1区条長4m × 条間0.5m × 2条（1区4m², 採種面積2m²）で、4反復乱塊法とした。2003年は、生育・出穂が不十分のため調査は行わず、調査は2004～2006年の3年間行った。それぞれの年に採種量, 穂数, 1穂あたり種子重, 千粒重を調査した。

結 果

1. 系統適応性検定試験（耐雪性検定試験を含む）

1) 乾物収量

系統適応性検定試験試験機関における「まきばたろう」の乾物収量を対「マキバミドリ」百分比で表3に示した。全試験機関の年次別乾物収量が100を下回ったのは宮城の2003年の98のみで、その他は101～118（平均108）とやや多収を示した。「アキミドリⅡ」とは同程度、

表3. 年次別および試験期間中の合計乾物収量（マキバミドリを100とする百分比）

年次	品種	青森	山形	宮城	畜草研	長野	石川	滋賀	大分	平均
2003	まきばたろう (中生)	106	—	98	106	—	101	—	108	104
	マキバミドリ (中生)	102.4	—	123.1	128.7	—	132.9	—	164.4	130.3
	アキミドリⅡ (早生)	102	—	106	107	—	101	—	100	103
	ナツミドリ (早生)	98	—	85 **	100	—	98	—	—	95
	ポトマック (早生)	94	—	94	100	—	96	—	—	96
	ベンチマーク (早生)	—	—	—	104	—	—	—	—	—
2004	まきばたろう (中生)	104	103	111	107	107	108	—	113	110
	マキバミドリ (中生)	93.7	121.0	148.4	102.7 *	156.5	155.8	—	168.9	124.4
	アキミドリⅡ (早生)	103	96	109	109	117	88 *	—	107	107
	ナツミドリ (早生)	108	94	109	97 **	—	96	—	—	102
	ポトマック (早生)	104	94	105	102	—	93 *	—	—	103
	ベンチマーク (早生)	—	—	—	103	—	—	—	—	—
2005	まきばたろう (中生)	106	102	102	110	113	118	117	104	109
	マキバミドリ (中生)	100.9	108.2	131.7	123.1 **	127.6	125.5 **	94.9 *	165.3	121.4
	アキミドリⅡ (早生)	101	101	106	111	107	110	119	110	108
	ナツミドリ (早生)	95 **	97	103	101 **	—	115	105	—	103
	ポトマック (早生)	95 **	94 *	97	96 **	—	107 *	107	—	99
	ベンチマーク (早生)	—	—	—	100 **	—	—	—	—	—
2006	まきばたろう (中生)	—	108	—	118	101	—	116	—	111
	マキバミドリ (中生)	—	100.6	—	107.7 **	131.7	—	96.9 *	—	109.2
	アキミドリⅡ (早生)	—	97 *	—	113	106	—	110	—	106
	ナツミドリ (早生)	—	86 **	—	104 **	—	—	98 *	—	96
	ポトマック (早生)	—	89 **	—	110	—	—	101	—	100
	ベンチマーク (早生)	—	—	—	106 *	—	—	—	—	—
合計	まきばたろう (中生)	105	104	104	110	107	109	117	109	108
	マキバミドリ (中生)	297.0	329.9	403.2	461.9 **	415.8	414.1	191.9 *	498.6	376.1
	アキミドリⅡ (早生)	101	98	107	110	111	99	114	106	106
	ナツミドリ (早生)	100	92 **	100	101 **	—	103	101 *	—	99
	ポトマック (早生)	98	92 **	99	102 **	—	98	104 *	—	99
	ベンチマーク (早生)	—	—	—	103 **	—	—	—	—	—

「マキバミドリ」は実数 (kg/a), * および ** は、「まきばたろう」との間にそれぞれ5% および1%水準で有意差があることを示す。「ナツミドリ」と「ポトマック」の平均値は、大分を含まない値である。

「ナツミドリ」および「ポトマック」よりもやや多収を示した。

時期別乾物収量割合については、前期（1番草）は、青森と山形で「まきばたろう」の収量割合が「マキバミドリ」より低い傾向がみられ、それ以外では高い傾向がみられたが、全試験機関平均では差がなかった。中期（最終番草を除く2番草以降）は前期と逆の傾向がみられ、青森と山形で「まきばたろう」の収量割合が「マキバミドリ」より高い傾向がみられ、それ以外では低い傾向がみられ、全試験機関平均では「マキバミドリ」より低い傾向がみられた。後期（最終番草）では、すべての試験機関で「まきばたろう」の収量割合が高かった。収量の時的割合は秋の収量割合が高い傾向があるとみられた（表4）。

2) 草丈

系統適応性検定試験における草丈は前期（1番草）では「マキバミドリ」より高く、中期（最終番草を除く2番草以降）ではやや高く、後期（最終番草）では明らかに高かった（表5）

3) 病害抵抗性

夏から秋に発生がみられたさび病（黒さび病（*Puccinia graminis* Persoon f. sp. *dactylidis* Gaumann）、黄さび病（*Puccinia striiformoides* M. Abbasi, Hedjar. & M.

Scholler [= *P. striiformis* var. *dactylidis* Manners]), 小さび病（*Uromyces dactylidis* Otth var. *dactylidis*) が含まれる) の罹病程度（表6）は、抵抗性が強とされる「アキミドリII」より低く、「マキバミドリ」、「ナツミドリ」、「ポトマック」より明らかに低かった。

周年発生 の雲形病（*Rhynchosporium orthosporum* Caldwell）の罹病程度（表7）は、「マキバミドリ」と同程度に低く、「アキミドリII」、「ポトマック」、「ベンチマーク」より有意に低い場合が多く、「ナツミドリ」よりいつでも有意に低かった。

1番草と2番草で発生がみられたうどんこ病（*Blumeria graminis* (de Candolle) Speer f.sp. *dactylidis* Oku, Yamashita, Doi et Nishihara）の罹病程度（表8）は、抵抗性品種の「アキミドリII」と同程度に低く、「マキバミドリ」、「ナツミドリ」、「ポトマック」、「ベンチマーク」より低い傾向がみられた。

夏に発生する炭そ病（*Colletotrichum graminicola* (Cesati) G.W.Wilson）の罹病程度（表9）は、「マキバミドリ」の罹病程度よりやや低く、「アキミドリII」、「ナツミドリ」、「ポトマック」、「ベンチマーク」と同程度で発病程度はやや低い傾向がみられた。

夏から初秋にかけて発生がみられた葉腐病（*Rhizoctonia solani* Kuhn）の罹病程度（表10）は、ど

表4. 時期別乾物収量割合 (%)

時期	品種	青森	山形	宮城	畜草研	長野	石川	大分	平均
前期	まきばたろう	36.1 ns	38.8	36.3 ns	38.7 ns	28.5 ns	48.8	31.2 ns	36.9
	マキバミドリ	37.6	40.9 *	34.6	37.9	28.3	48.2	29.8	36.7
	アキミドリII	37.3	39.9	38.8	38.8	28.2	41.7 **	31.5	36.6
中期	まきばたろう	52.9 ns	45.5 ns	45.1	45.1	52.3	30.4	54.7 ns	46.6
	マキバミドリ	52.4	45.1	48.4 **	47.6 **	54.9 *	31.6	58.5	48.3
	アキミドリII	51.8	44.4	43.3	44.9	52.9	36.1 **	53.7	46.7
後期	まきばたろう	11.0 ns	15.7	18.6	16.2	19.1	20.8 ns	14.2	16.5
	マキバミドリ	10.0	14.0 *	17.0 *	14.5 **	16.9 *	20.2	11.8 **	14.9
	アキミドリII	10.9	15.7	17.9	16.3	18.9	22.3	14.8	16.7

注) 前期: 1番草, 中期: 2番草以降 (除最終番草), 後期: 最終番草

ns: 品種間に有意差なし。* および ** は、「まきばたろう」との間にそれぞれ 5% および 1% 水準で有意差があることを示す。

表5. 時期別草丈 (cm)

時期	品種	青森	山形	宮城	畜草研	長野	石川	滋賀	大分	平均
前期	まきばたろう	78.2 ns	92.0 ns	90.3	85.9	83.7	112.1 ns	100.3	88.3	91.3
	マキバミドリ	78.4	91.1	85.4 *	75.4 **	75.7 **	112.8	85.5 **	77.3 *	85.2
中期	まきばたろう	70.4 ns	67.9 ns	81.8 ns	75.1 ns	90.0 ns	103.0 ns	59.1 ns	77.1	78.1
	マキバミドリ	68.9	66.0	82.3	73.3	84.8	102.4	55.4	74.5 **	75.9
後期	まきばたろう	34.4	57.6	68.0	60.7	68.2	89.1	55.0 ns	58.5	61.4
	マキバミドリ	30.7 *	47.5 **	62.1 **	51.7 **	56.9 **	83.8 **	49.9	51.2 **	54.2

注) 前期: 1番草, 中期: 2番草以降 (除最終番草), 後期: 最終番草

ns: 品種間に有意差なし。* および ** は、「まきばたろう」との間にそれぞれ 5% および 1% 水準で有意差があることを示す。

表 6. さび病罹病程度 (1:無または極微~9:甚)

場所名	調査年月日	まきばたろう	マキバミドリ	アキミドリII	ナツミドリ	ポトマック	ベンチマーク
山形	2005.10.26	1.3	3.5 **	2.0	3.8 **	3.0 **	-
畜草研	2003.10.14	1.8	3.5 *	3.0 *	3.5 **	4.5 **	2.3
畜草研	2004.10.25	1.5	3.3 **	2.5	3.8 **	2.5	2.0
畜草研	2006.10.26	1.0	3.8 **	2.3	4.5 **	4.3 **	2.5
長野	2004.11. 4	3.0	7.0 **	3.0	-	-	-
滋賀	2005. 6. 9	2.0	2.5	5.5 **	6.3 **	5.8 **	-
滋賀	2005. 7. 8	1.3	2.5 **	1.5	2.3 *	2.3	-
滋賀	2005. 9. 9	1.8	2.8	2.0	2.8	3.0	-
滋賀	2006. 7.14	3.0	4.3 *	3.0	3.8	4.5 *	-
平均		1.8	3.7	2.8	3.8	3.7	-

2003年畜草研は小さび病, 2004年畜草研および長野は黒さび病 (他のさび病名は不明)。

* および ** は, 「まきばたろう」との間にそれぞれ5% および1% 水準で有意差があることを示す。

表 7. 雲形病罹病程度 (1:無または極微~9:甚)

場所名	調査年月日	まきばたろう	マキバミドリ	アキミドリII	ナツミドリ	ポトマック	ベンチマーク
宮城	2003. 6. 2	1.3	1.0	2.8 *	5.5 **	3.3 **	-
宮城	2003. 9. 4	1.5	2.0	2.5	8.0 **	2.8	-
畜草研	2003. 8.19	2.5	1.8	2.5	5.8 **	3.5	3.3
畜草研	2004. 6.30	2.0	1.8	4.0 **	7.0 **	4.8 **	5.3 **
畜草研	2005. 7.10	1.0	1.5	3.0 **	6.8 **	3.0 **	3.8 **
畜草研	2006. 6.28	1.0	2.0	4.3 **	6.3 **	4.0 **	4.8 **
平均		1.5	1.7	3.2	6.5	3.5	4.3

* および ** は, 「まきばたろう」との間にそれぞれ5% および1% 水準で有意差があることを示す。

表 8. うどんこ病罹病程度 (1:無または極微~9:甚)

場所名	調査年月日	まきばたろう	マキバミドリ	アキミドリII	ナツミドリ	ポトマック	ベンチマーク
畜草研	2003. 5. 7	2.0	3.3	2.8	4.0 *	5.3 **	4.0 *
畜草研	2005. 6.22	1.0	2.0	1.3	1.8	3.3 **	2.0
畜草研	2006. 6.28	1.0	2.8 **	1.0	1.0	1.0	1.0
平均		1.3	2.7	1.7	2.3	3.2	2.3

* および ** は, 「まきばたろう」との間にそれぞれ5% および1% 水準で有意差があることを示す。

表 9. 炭そ病罹病程度 (1:無または極微~9:甚)

場所名	調査年月日	まきばたろう	マキバミドリ	アキミドリII	ナツミドリ	ポトマック	ベンチマーク
畜草研	2004. 8.12	2.3	3.0	1.8	2.0	2.5	2.3
畜草研	2005. 8.22	2.8	3.8 **	2.8	2.5	3.5 *	2.5
畜草研	2006. 6.28	1.0	2.3 **	1.3	1.0	2.0 *	1.0
畜草研	2006. 8.30	3.0	5.5 **	3.0	4.5 *	3.8	3.8
平均		2.3	3.6	2.2	2.5	2.9	2.4

* および ** は, 「まきばたろう」との間にそれぞれ5% および1% 水準で有意差があることを示す。

表 10. 葉腐病罹病程度 (1:無または極微~9:甚)

場所名	調査年月日	まきばたろう	マキバミドリ	アキミドリII	ナツミドリ	ポトマック	ベンチマーク
宮城	2003. 9. 4	4.3	5.3	4.8	6.8 *	5.5	-
畜草研	2003. 8.19	4.3	4.3	3.5	3.5	3.5	3.3
畜草研	2004. 9. 1	1.5	1.8	1.8	3.0	2.8	1.8
畜草研	2005. 8.29	4.5	5.3	5.3	5.0	6.8 *	6.3
畜草研	2006. 8.30	3.0	3.3	5.0 **	4.0	5.0 **	4.5 *
平均		3.5	4.0	4.1	4.5	4.7	3.9

* および ** は, 「まきばたろう」との間にそれぞれ5% および1% 水準で有意差があることを示す。

表 11. 葉枯性病害の罹病程度 (1:無または極微~9:甚)

場所名	調査年月日	まきばたろう	マキバミドリ	アキミドリII	ナツミドリ	ポトマック	ベンチマーク
青森	2004. 7. 2	3.0	3.5	3.0	5.0 **	3.0	-
青森	2005. 7.15	1.8	1.5	2.0	3.5 **	2.0	-
山形	2004.10.18	1.3	1.8	2.5 **	4.0 **	2.8 **	-
山形	2005. 7.15	1.8	1.3	3.0 **	5.0 **	2.8 **	-
山形	2005. 9. 1	3.0	2.8	3.3	2.5	3.3	-
山形	2006.10.26	1.0	4.8 **	1.5	6.0 **	2.8 **	-
宮城	2003. 7.17	2.0	1.5	3.3 **	7.5 **	3.8 **	-
宮城	2003.10.27	1.3	3.8 **	3.5 **	6.8 **	3.5 **	-
宮城	2005. 6.30	2.0	1.8	2.8 *	4.0 **	3.3 **	-
宮城	2005. 8. 4	3.3	3.0	3.8	4.8 **	4.8 **	-
宮城	2005.10.23	2.0	4.0 **	3.0 **	4.8 **	3.3 **	2.5
畜草研	2004. 9. 1	2.8	3.8 *	3.5	3.3	4.8 **	3.3
畜草研	2004.10.25	2.3	2.8	2.8	4.8 **	3.3 *	3.0
畜草研	2005. 5.15	1.3	1.5	1.8	4.3 **	1.8	2.0
畜草研	2005. 6.29	1.5	2.0	2.0	1.0	2.3 *	2.3 *
畜草研	2005.10.25	2.0	2.0	2.5	3.5 **	2.8	2.5
畜草研	2006. 8.30	3.0	4.5 **	4.0 **	4.5 **	5.0 **	4.3 **
畜草研	2006.10.26	2.0	4.0 **	3.3 *	5.3 **	4.3 **	3.0
長野	2006.10.20	1.0	2.8	1.3	-	-	-
大分	2003. 4.22	2.7	3.0	5.0 *	-	-	-
大分	2004. 4.30	1.3	1.0	1.7	-	-	-
大分	2004. 6. 7	3.0	2.7	3.7	-	-	-
大分	2004. 7.22	1.3	1.7	2.0	-	-	-
大分	2004. 9. 9	2.7	2.7	3.3	-	-	-
大分	※1	2.0	1.0 *	2.3	-	-	-
大分	※2	2.0	2.7	2.3	-	-	-
大分	2005. 9.13	2.3	3.0	2.7	-	-	-
大分	2005.11. 9	2.0	4.3 **	2.7	-	-	-

※1:「まきばたろう」,「マキバミドリ」は2005.5.2, その他は2005.4.25

※2:「まきばたろう」,「マキバミドリ」は2005.6.7, その他は2005.5.23

*および**は,「まきばたろう」との間にそれぞれ5%および1%水準で有意差があることを示す。

の品種も中程度以上の発病がみられることが多く,明らかに抵抗性が高いものはなかった。しかしながら,「まきばたろう」は他の品種よりも若干罹病程度が低い傾向がみられた。

病害名を特定しないで調査された葉枯性病害(表11)は6試験機関のべ28回の調査が行われたが,「まきばたろう」は,どの調査でも罹病程度が低い場合がほとんどで,「ナツミドリ」,「ポトマック」よりほとんどの調査で有意に低く,「マキバミドリ」,「アキミドリII」より有意に低い場合もみられた。

4) 越冬性および耐雪性(耐雪性検定試験を含む)

系統適応性検定試験で調査された越冬性を表12に示した。調査点数は少なかったが,平均では「マキバミドリ」,「アキミドリII」と同程度であった。

家畜改良センター奥羽牧場で実施された耐雪性検定試験の結果を表13に示した。葉腐面積率,枯死面積率とも大差がなく,すべての品種が中と判定された。

5) 耐暑性および越夏性

耐暑性および越夏性の指標として,盛夏期の再生草勢

表 12. 越冬性 (1:極不良~9:極良)

場所名	調査年月日	まきばたろう	マキバミドリ	アキミドリII
青森	2003. 4.14	5.3	5.3	6.0
青森	2004. 4. 5	7.0	6.8	7.3
青森	2005. 5. 2	7.5	7.3	7.5
山形	2004. 4.13	7.5	6.3	7.3
山形	2005. 4.26	8.3	7.8	7.3
山形	2006. 4.17	7.0	7.0	6.3
宮城	2003. 3. 5	4.8	4.8	5.5
宮城	2004. 3.17	4.3	4.0	3.5
宮城	2005. 3.24	3.3	3.5	3.3
評点平均		6.1	5.8	6.0

表 13. 耐雪性特性検定試験の結果(家畜改良センター奥羽牧場)

品種	葉腐面積率(%)		枯死面積率(%)		耐雪性判定	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004
まきばたろう	70.0	76.7	16.7	8.3	中	中
マキバミドリ	63.3	60.0	10.0	6.7	中	中
アキミドリII	60.0	76.7	6.7	10.0	中	中
ワセミドリ	76.7	73.3	20.0	8.3	中	中

根雪日数は,2003年は100日,2004年は84日。

および越夏後の草勢をそれぞれ表 14 および表 15 に示した。盛夏期の再生草勢には「まきばたろう」, 「マキバミドリ」, 「アキミドリⅡ」との間で差がなかった。越夏後の草勢では, 「まきばたろう」は, 「マキバミドリ」より優れる傾向がみられ, 「アキミドリⅡ」と同程度であった。両者から判断して, 「まきばたろう」の耐暑性・越夏性は「マキバミドリ」よりやや優れるとみられた。

6) (その他の) 生育特性

(1) 出穂始および出穂期

「まきばたろう」の出穂始日は全試験機関平均で, 極早生の「アキミドリⅡ」より約 8 日遅く, 中生の「マキバミドリ」より約 3 日早かった。早生の晩「ナツミドリ」よりやや遅い傾向がみられ, 「まきばたろう」の出穂始

表 14. 盛夏期の再生草勢 (1: 極不良~9: 極良)

場所名	調査年月日	まきばたろう	マキバミドリ	アキミドリⅡ
山形	2004. 7. 8	7.3	6.5	7.8
山形	2006. 7.13	6.5	6.3	6.5
宮城	2003. 7.17	6.3	5.3 *	6.0
宮城	2004. 8.17	5.3	5.5	5.5
宮城	2005. 8.11	2.0	3.0	2.8
畜草研	2004. 7.18	7.0	6.0	7.0
畜草研	2005. 7.28	5.5	5.8	5.3
大分	2003. 7.18	9.0	9.0	9.0
大分	2004. 7.30	8.3	8.0	8.3
大分	2005. 7.27	8.0	8.0	8.0
平均		6.5	6.3	6.6

* は, 「まきばたろう」との間に 5% 水準で有意差があることを示す。

表 15. 越夏後の草勢 (1: 極不良~9: 極良)

場所名	調査年月日	まきばたろう	マキバミドリ	アキミドリⅡ
青森	2005. 9.20	7.0	7.3	6.8
山形	2004. 9. 1	7.5	6.0 **	8.0
山形	2005. 9.14	6.8	6.8	7.5
山形	2006. 9.20	7.5	6.8	7.0
宮城	2003. 9. 4	5.8	4.0 *	4.3 *
宮城	2004. 9. 6	4.5	4.0	4.3
宮城	2005. 9. 9	6.0	5.8	6.8
畜草研	2003. 9. 3	5.5	4.5 *	5.3
畜草研	2004. 9.14	6.0	5.0 *	6.5
畜草研	2005. 9. 8	5.0	4.0	4.8
畜草研	2006. 9.11	5.0	4.0	4.5
長野	2004. 8.28	7.0	7.0	7.0
長野	2005. 9.14	6.3	4.8	7.0
長野	2006. 9.25	6.8	5.5 *	7.0
石川	2003. 9. 4	7.0	7.0	7.0
石川	2004. 8.27	7.0	7.0	7.0
石川	2005. 8.26	7.0	6.0 **	7.0
大分	2003. 8.16	8.3	8.3	9.0
大分	2004. 9.22	7.3	7.0	6.7
大分	2005. 9.21	6.7	5.0 *	6.7
平均		6.5	5.8	6.5

* および ** は, 「まきばたろう」との間にそれぞれ 5% および 1% 水準で有意差があることを示す。

日は, 中生の早と判断した (表 16)。

(2) 春および越冬前 (秋) の草勢

春の草勢は「マキバミドリ」よりやや優れる傾向がみられた (表 17)。越冬前 (秋) の草勢は, 「マキバミドリ」よりやや優れ, 「アキミドリⅡ」と同程度であった (表 18)。

(3) 秋の被度

秋の被度は各試験機関とも大差なく, 最終年の平均では「マキバミドリ」と同程度であった (表 19)。

(4) 倒伏程度

1 番草の倒伏程度は, 「マキバミドリ」よりやや大きい傾向がみられた。2 番草以降では「マキバミドリ」と大差なかった (表 20)。

2. 特性検定試験および育成地における試験 (耐雪性検定試験を除く)

1) 放牧適性

「まきばたろう」の採食率は年次・放牧回数で一定の傾向がみられず, 延べ 8 回の放牧の平均では「マキバミドリ」と同程度であった (表 21)。放牧前後の草丈から求めた草丈利用率は各放牧回次共にほぼ同程度であった (表 22)。最終放牧後の牧草基部被度にも大差は認められなかった (表 23)。従って, 「まきばたろう」の放牧適性は「マキバミドリ」と同程度であった。

2) 個体植えによる特性

個体植え試験における形態的特性を表 24 に示した。稈長は「マキバミドリ」より長く「アキミドリⅡ」と同程度であった。葉身長は, 「マキバミドリ」よりやや短く, 「アキミドリⅡ」と同程度であった。茎の太さ, 草型, 穂長および葉身幅は「マキバミドリ」および「アキミドリⅡ」と同程度であった。

出穂始日および形態的特性について, 標準偏差および変動係数の値は「マキバミドリ」および「アキミドリⅡ」と同程度か, やや小さかった (表 24)。

3) 飼料成分

「まきばたろう」の乾物消化率は, 1, 2, 3 番草で「マキバミドリ」よりやや高い傾向がみられた (表 25)。「まきばたろう」の粗蛋白質含量は, 全番草で「マキバミドリ」とほぼ同程度であった (表 26)。「まきばたろう」の ADF 含量は, 4 番草を除いて「マキバミドリ」と同程度であった (表 27)。

4) 採種性

表 28 に育成地で行われた採種性検定試験の結果を示した。種子収量, 穂数, 1 穂当たり種子重, 千粒重とも 3 年間の平均でみると, すべて同程度であった。従って,

表 16. 出穂始日の比較 (月、日)

年		青森	山形	宮城	畜草研	長野	石川	滋賀	大分	平均
2003	マキバミドリとの差	※1	-	-3	-2	-	-2	-	-4	-2.6
	アキミドリⅡとの差	※1	-	+10	+7	-	+8	-	+7	+7.9
	(まきばたろう)	※1	-	(5.11)	(5.6)	-	(5.13)	-	(4.25)	
	(マキバミドリ)	※1	-	(5.14)	(5.8)	-	(5.14)	-	(4.29)	
	(アキミドリⅡ)	※1	-	(5.1)	(4.29)	-	(5.5)	-	(4.18)	
	(ナツミドリ)	※1	-	(5.11)	(5.5)	-	(5.8)	-	-	
	(ポトマック)	※1	-	(5.7)	(4.30)	-	(5.6)	-	-	
2004	マキバミドリとの差	※1	-2	-3	-5	±0	-6	-	※2	-3.8
	アキミドリⅡとの差	※1	+4	+13	+7	+8	+7	-	+6	+7.4
	(まきばたろう)	※1	(5.19)	(5.11)	(5.13)	(5.8)	(4.30)	-	(4.27)	
	(マキバミドリ)	※1	(5.20)	(5.14)	(5.18)	(5.8)	(5.6)	-	※2	
	(アキミドリⅡ)	※1	(5.15)	(4.28)	(5.6)	(4.30)	(4.23)	-	(4.21)	
	(ナツミドリ)	※1	(5.17)	(5.7)	(5.10)	-	(4.30)	-	-	
	(ポトマック)	※1	(5.13)	(5.6)	(5.8)	-	(4.23)	-	-	
2005	マキバミドリとの差	-1	-1	-5	-8	-3	-4	-2	-6	-3.6
	アキミドリⅡとの差	+4	+4	+9	+9	+5	+7	+11	+13	+8.4
	(まきばたろう)	(6.2)	(5.29)	(5.13)	(5.9)	(5.5)	(5.4)	(5.5)	(4.27)	
	(マキバミドリ)	(6.3)	(5.30)	(5.18)	(5.17)	(5.8)	(5.8)	(5.7)	(5.3)	
	(アキミドリⅡ)	(5.29)	(5.25)	(5.4)	(4.30)	(4.30)	(4.27)	(4.24)	(4.14)	
	(ナツミドリ)	(5.31)	(5.29)	(5.13)	(5.8)	-	(5.2)	(4.27)	-	
	(ポトマック)	(5.29)	(5.24)	(5.9)	(5.4)	-	(4.28)	(4.25)	-	
2006	マキバミドリとの差	-	-2	-	-4	-3	-	-7	-	-3.9
	アキミドリⅡとの差	-	+5	-	+10	+6	-	+16	-	+9.1
	(まきばたろう)	-	(5.20)	-	(5.8)	(5.15)	-	(5.3)	-	
	(マキバミドリ)	-	(5.22)	-	(5.12)	(5.18)	-	(5.10)	-	
	(アキミドリⅡ)	-	(5.16)	-	(4.28)	(5.9)	-	(4.17)	-	
	(ナツミドリ)	-	(5.19)	-	(5.6)	-	-	(5.1)	-	
	(ポトマック)	-	(5.17)	-	(5.2)	-	-	(4.25)	-	
平均	マキバミドリとの差	-0.5	-1.3	-3.7	-4.6	-2.1	-3.9	-4.5	-4.8	-3.2
	アキミドリⅡとの差	+4.0	+4.1	+10.7	+8.0	+6.2	+7.3	+13.5	+8.6	+7.8

マキバミドリとの差およびアキミドリⅡとの差は、それぞれ(まきばたろうの出穂始日-マキバミドリの出穂始日)および(まきばたろうの出穂始日-アキミドリⅡの出穂始日)(日)

※1:青森の2003年(1年目)および2004年(2年目)は全系統出穂前に1番草を刈取り。

※2:大分の2004年(2年目)は、マキバミドリの出穂前に1番草を刈取り。

表 17. 春の草勢 (1:極不良~9:極良)

場所名	調査年月日	まきばたろう	マキバミドリ
青森	2003.5.2	5.3	4.8
青森	2005.5.13	7.3	6.8
山形	2004.4.8	8.0	6.3 **
山形	2005.5.6	6.0	5.8
山形	2006.4.25	7.3	7.8
宮城	2003.3.28	5.0	4.8
畜草研	2003.4.16	5.5	3.8 **
畜草研	2004.4.22	5.5	3.5 **
畜草研	2005.4.25	6.0	3.8 **
長野	2004.4.1	7.3	6.8
長野	2005.4.4	7.0	7.0
長野	2006.4.28	5.5	4.5
石川	2003.4.14	7.0	7.0
石川	2004.4.6	7.8	6.8 *
石川	2005.4.8	8.0	7.8 **
大分	2003.3.26	8.3	6.3
大分	2004.3.31	9.0	9.0
大分	2005.3.24	7.3	4.7 **
平均		6.7	5.8

* および ** は、「まきばたろう」との間にそれぞれ5%および1%水準で有意差があることを示す。

表 18. 秋の草勢 (1:極不良~9:極良)

場所名	調査年月日	まきばたろう	マキバミドリ	アキミドリⅡ
青森	2005.11.24	6.0	6.0	5.8
山形	2004.10.30	8.0	7.5	8.0
宮城	2003.11.4	5.0	3.8	4.3
宮城	2004.10.22	5.8	5.3	5.3
宮城	2005.11.21	4.8	4.3	5.0
畜草研	2004.10.13	6.8	4.8 **	6.5
畜草研	2005.9.25	5.5	3.8 **	5.8
畜草研	2006.10.4	6.0	3.8 **	5.8
長野	2004.11.20	9.0	7.5	8.5
長野	2005.11.17	7.0	6.5	7.0
長野	2006.10.30	7.0	6.3	7.0
石川	2004.10.28	8.0	7.5	7.8
石川	2005.10.28	8.0	8.0	8.0
大分	2003.10.5	8.3	8.3	9.0
大分	2004.11.24	8.3	6.7	7.3
大分	2005.11.30	7.3	6.7	8.0
平均		6.9	6.0	6.8

最終番草刈り取り前と刈取り後のデータを含む。

** は、「まきばたろう」との間に1%水準で有意差があることを示す。

表 19. 秋の被度 (%)

場所名	調査年月日	まきばたろう	マキバミドリ
青森	2005.10.27	67.5	68.8
山形	2004.10.18	65.5	62.3
山形	2005.10.26	46.3	58.5
山形	2006.10.26	56.8	60.1
宮城	2005.11. 1	78.8	79.3
畜草研	2004.11.29	100.0	100.0
畜草研	2005.11. 2	98.4	99.1
畜草研	2006.11. 6	97.3	98.7
長野	2004.11.20	98.8	99.0
長野	2005.11.17	96.0	93.8
長野	2006.10.30	97.5	98.8
石川	2004.10.28	86.9	87.4
石川	2005.10.28	92.6	90.8 **
大分	2003.10. 5	99.7	99.3
大分	2004.11.11	97.2	97.8
大分	2005.11.21	97.7	98.0
平均	(最終年のみ)	84.0	84.9

** は、「まきばたろう」との間に 1% 水準で有意差があることを示す。

表 20. 倒伏程度 (1: 無または微~9: 甚)

場所名	番草	調査年月日	まきばたろう	マキバミドリ
青森	2 番草	2005. 7.15	2.0	1.8
青森	3 番草	2005. 9. 6	2.0	2.0
山形	1 番草	2004. 5.17	5.5	1.3 **
山形	2 番草	2004. 6.17	5.3	6.5 **
宮城	2 番草	2005. 6.30	1.5	1.6
宮城	3 番草	2005. 8. 4	3.5	3.4
宮城	4 番草	2005.10.23	2.8	3.0
長野	1 番草	2004. 5.12	1.8	4.3
長野	2 番草	2006. 7.28	3.3	2.8
石川	1 番草	2004. 4.28	5.0	1.8
石川	1 番草	2005. 5.16	1.3	1.0
大分	1 番草	2003. 5. 1	2.0	1.3
大分	2 番草	2004. 6. 7	3.7	2.3 *
大分	3 番草	2005. 7.19	4.0	3.0
大分	4 番草	2005. 9.13	3.0	2.0
平均			3.1	2.5

* および ** は、「まきばたろう」との間にそれぞれ 5% および 1% 水準で有意差があることを示す。

表 21. 採食率 (%)

品種	2005 年					平均	2 年間 平均
	1 回目 6 月 23 日	2 回目 7 月 19 日	3 回目 8 月 4 日	4 回目 8 月 31 日	5 回目 10 月 5 日		
まきばたろう	64.4	47.5	83.8	45.0	66.7	61.5	
マキバミドリ	60.0 ns	53.8 ns	83.8 ns	43.8 ns	52.5 ns	58.8	
品種	2006 年					平均	2 年間 平均
	1 回目 5 月 29 日	2 回目 6 月 22 日	3 回目 7 月 26 日	4 回目 8 月 30 日			
まきばたろう	-	74.2	51.7	53.3		59.7	60.8
マキバミドリ	-	63.8 ns	55.0 ns	56.3 ns		58.3	58.6

2006 年の 1 回目の放牧は、放牧前草丈が高く（まきばたろうが約 74cm）、放牧に不適と判断しデータを除外した。
ns: 「まきばたろう」と「マキバミドリ」の間に有意差なし。

表 22. 草丈利用率 (%)

品種	2005 年					平均	2 年間 平均
	1 回目 6 月 23 日	2 回目 7 月 19 日	3 回目 8 月 4 日	4 回目 8 月 31 日	5 回目 10 月 5 日		
まきばたろう	49.1	37.7	62.5	44.6	39.8	46.7	
マキバミドリ	50.6 ns	29.8 ns	60.6 ns	43.1 ns	35.1 ns	43.8	
品種	2006 年					平均	2 年間 平均
	1 回目 5 月 29 日	2 回目 6 月 22 日	3 回目 7 月 26 日	4 回目 8 月 30 日			
まきばたろう	-	46.6	36.6	38.0		40.4	44.3
マキバミドリ	-	45.4 ns	43.6 ns	22.4 ns		37.1	41.3

2006 年の 1 回目の放牧は、放牧前草丈が高く（まきばたろうが約 74cm）、放牧に不適と判断しデータを除外した。
ns: 「まきばたろう」と「マキバミドリ」の間に有意差なし。

表 23. 最終放牧後の被度 (%)

品種	2005 年			2006 年		
	オーチャードグラス	雑草	裸地	オーチャードグラス	雑草	裸地
まきばたろう	75.0	16.7	8.3	43.5	8.5	54.6
マキバミドリ	87.5 ns	7.5 ns	5.0 ns	41.3 ns	11.3 ns	47.5 ns
基部被度				刈取り直後に調査 緑部分割合		

ns: 「まきばたろう」と「マキバミドリ」の間に有意差なし。

表 24. 個体植調査における諸特性の平均値, 標準偏差および変動係数 (%)

形質		まきばたろう			マキバミドリ			アキミドリII		
		平均値	標準偏差	変動係数	平均値	標準偏差	変動係数	平均値	標準偏差	変動係数
出穂始日	4月の日 ¹⁾	39	4.5	11.6	45	4.4	9.8	32	7.0	22.1
茎の太さ	cm	1.9	0.3	17.2	1.8	0.3	18.4	1.8	0.3	16.8
草型	1~9:ほふく	3.1	0.7	22.1	3.8	1.1	28.0	2.9	0.6	21.7
稈長	cm	115.1	9.7	8.5	98.3	11.7	11.9	114.1	11.0	9.6
穂長	cm	17.6	4.2	23.7	17.3	3.4	19.7	16.8	3.8	22.4
葉身長	cm	20.9	4.7	22.2	23.1	4.9	21.5	19.8	3.7	18.9
葉身幅	mm	8.6	1.7	19.9	9.2	1.6	18.0	8.4	1.6	18.8

¹⁾ 4月1日を1とした日 (4月1日からの暦日)

表 25. 乾物消化率 (%)

年次	品種	1番草	2番草	3番草	4番草	平均
2003	まきばたろう	52.9	42.3	33.1	50.5	44.7
	マキバミドリ	50.3*	39.5*	33.1	49.2*	43.0
	アキミドリII	48.1*	42.9	32.9	50.2	43.5
2004	まきばたろう	41.7	44.4	30.3	52.3	42.2
	マキバミドリ	40.6	42.7*	28.1*	52.5	41.0
	アキミドリII	42.9	38.0	30.4	53.8	41.3
2005	まきばたろう	45.6	38.5	29.8	48.5	40.6
	マキバミドリ	46.2	37.2*	29.7	49.3	40.6
	アキミドリII	46.6	35.8*	31.7	48.5	40.6
平均	まきばたろう	46.7	41.7	31.1	50.4	42.5
	マキバミドリ	45.7	39.8	30.3	50.4	41.5
	アキミドリII	45.8	38.9	31.6	50.8	41.8

2003年は0.2%セルラーゼと0.01%アミラーゼ,

2004および2005年は0.5%セルラーゼによる乾物分解率。

*は、「まきばたろう」との間に5%水準で有意差があることを示す。

表 26. 粗蛋白質含量 (%) 2004年

品種	1番草	2番草	3番草	4番草	平均
まきばたろう	7.8	12.2	10.0	13.4	10.8
マキバミドリ	8.1	12.1	10.2	14.4	11.2
アキミドリII	8.4	10.6*	9.8	13.3	10.5

*は、「まきばたろう」との間に5%水準で有意差があることを示す。

表 27. ADF含量 (%) 2004年

品種	1番草	2番草	3番草	4番草	平均
まきばたろう	36.8	37.2	41.2	30.6	36.5
マキバミドリ	36.8	36.8	40.9	28.3**	35.7
アキミドリII	38.8*	39.4*	41.7	30.2	37.5

*および**は、「まきばたろう」との間にそれぞれ5%および1%水準で有意差があることを示す。

表 28. 採種量とその関連形質

品種	2004年	2005年	2006年	平均
種子収量 (kg/10a)				
まきばたろう	42.5	71.7	58.1	57.4
マキバミドリ	33.8 ns	80.0 ns	65.2 ns	59.7
穂数 (本/m ²)				
まきばたろう	253	478	448	393
マキバミドリ	303 ns	539 ns	362 ns	401
1穂あたり種子重 (g/本)				
まきばたろう	0.17	0.15	0.13	0.15
マキバミドリ	0.11 **	0.15 ns	0.18 *	0.15
千粒重 (g)				
まきばたろう	0.716	0.728	0.688	0.711
マキバミドリ	0.765 ns	0.683 ns	0.721 ns	0.723

ns: 「まきばたろう」と「マキバミドリ」の間に有意差なし。

*および**は、5%および1%水準で有意差があることを示す。

「まきばたろう」の採種性は「マキバミドリ」と同程度であった。

考 察

以上の結果から、「まきばたろう」の適地および栽培・利用上の留意点は次のとおり考えられた。適地はその収量性と環境耐性からみて「アキミドリⅡ」, 「マキバミドリ」と同様であり、現在の「アキミドリⅡ」, 「マキバミドリ」の奨励品種採用県とその普及態度から、青森（標高 400m まで）から九州の高冷地（標高 700m 以上）の採草および放牧草地に適するとみられる。オーチャードグラスの通常の栽培管理で良いが、放牧利用では早春の草丈伸長が旺盛なので、早期の放牧開始を心がけることが必要である。

温暖地向け品種の要件としては、夏期病害抵抗性および耐暑性等のストレス耐性要因の向上が必要であるが、これに加えて雑草競合要因として夏期以降の伸長性（短日伸長性）の向上が必要である。「まきばたろう」は出穂の早晚性では「マキバミドリ」と同じ中生品種であるが、さび病に関して抵抗性が向上している。オーチャードグラスに発生するさび病には、黒さび病、小さび病、黄さび病がある。このうち、黒さび病がさび病の中では最も被害の大きい重要病害である。これまで 5 つのレースが報告されていたが、新レースが出現し、この新レースには、「マキバミドリ」の抵抗性個体率が 0% であることが報告されている²⁾。「マキバミドリ」は、育成された当初は、黒さび病抵抗性に優れていたが、このように新レースの出現などのため抵抗性の崩壊現象が起これ、最近ではさび病に罹病することが育成地においても観察されていた。また、最近我が国で初めて発病が確認された黄さび病にもかなり罹病しやすいことも観察されていた。

「まきばたろう」は、育成経過において「那系 21 ~ 25 号」（24 号は「アキミドリⅡ」）および「マキバミドリ」と雲形病抵抗性育種素材「Sc-3」または黒さび病抵抗性・高嗜好性フランス品種「Lude」を交配した材料、および耐暑性に優れることが期待される九州エコタイプの 3 つの基礎集団をもとに 4 世代の母系選抜または集団選抜を行い、育成された中生品種である（表 1）。概ね、母材に用いた材料の特性が導入され育種目標どおりの品種が育成されたと考えられる。

「まきばたろう」の育成に用いたこれら母材の特性は次のとおりである（表 1）。「那系 21 号 ~ 25 号」は、主にうどんこ病中間母本「ER571」, 「ER571」×「アキ

ミドリ」の材料にうどんこ病抵抗性を目標として育成した系統群である。「Sc-3」は、雲形病抵抗性育種素材として北海道農業試験場（現農研機構北海道農業研究センター）で育成された系統である¹⁴⁾。雲形病抵抗性には高度な抵抗性を示すが、北海道の材料であるため、越夏性等温暖地適応性が問題である。「Lude」はフランス INRA ルジニオン試験場で育成された中生品種である。さび病抵抗性・嗜好性に優れる一方、葉腐病抵抗性には劣る。「九州エコタイプ」は、越夏性等に優れることが期待されるが、我が国エコタイプの特性として秋の伸長性が十分でないという特性も持っていた。これらの良い点と欠点を持っていた材料から循環選抜を行い、病害抵抗性を中心に良い点を抽出し、欠点を落とすことに成功したと考えられる。

「まきばたろう」の主要な母材の一つとなったフランスの品種「Lude」については、育成機関における 4 年間にわたるホルスタイン牛を用いた嗜好性試験から、オーチャードグラスの中で特に嗜好性が季節・年次を問わず常に高いことが初めて示された品種である⁸⁾。また、本品種の嗜好性以外の特長として、さび病とさび病以外の葉枯性病害全般に対する高度な抵抗性があること、茎葉の柔軟性が明らかに高く、手触りが特に柔らかく感じられる品種であること、カルシウム含有量が他の品種より明らかに高く、ミネラルバランスに優れること、などが明らかにされている¹⁰⁾。この高いカルシウム含有量が病害抵抗性の高さに結びついている可能性が示唆されている¹⁰⁾。またさらに、本品種の嗜好性の高さ自体が家畜生産性に直接寄与する乾物採食量（DMI）にプラスの効果を与えている可能性が示唆されている¹¹⁾。他方、「まきばたろう」の採食性については、放牧適性試験の結果は「マキバミドリ」と同程度で、明らかな差異は認められなかった。これは、今回の放牧適性試験が小規模で短期間の放牧で試験が行われたことが原因の一つと考えられる。しかし、オーチャードグラスの品種の嗜好性はその品種の病害抵抗性の高さと有意な正の相関があり⁹⁾、高い病害抵抗性を持つ「まきばたろう」の嗜好性は「Lude」同様に高い可能性があるものと考えられ、消化性の高さと併せて、「まきばたろう」の自由採食量も既存品種を超える可能性があるものと期待される。今後、規模の大きな放牧試験を行い検証していく必要があると考えられる。

「まきばたろう」の育種法では、オーチャードグラスの育種に従来用いられてきた合成品種育種法ではなく、母系選抜等を繰り返す表現型循環選抜法を用いた。これまで他殖性の寒地型多年生牧草の品種育成によく用いら

れてきた合成品種法では、後代検定を行い親株に戻って選抜を行うため選抜世代があまり進まなかったり、親株の維持・株分けや後代検定試験に、労力・時間がかかるといった欠点がある。世代が進まないという目的とした形質に遺伝的に組換えが起こる機会や遺伝子の集積が少なくなると考えられる。

温暖地における越夏性を中心とした循環選抜は最短2年1サイクルが可能である。1年目の夏に育苗を開始し、秋に圃場に定植を行い、2年目に越夏性・耐病性・秋の草勢を評価して母系の選抜を行い、その後3年目に、春の草勢・出穂期に関して選抜母系内の個体選抜を行い、初夏までに選抜個体の交配・採種を行い、実質丸2年のサイクルを完了する。我々は、この操作を繰り返し積極的に世代を進め、目的とした形質に遺伝的に組換えが起こった母系の選抜を繰り返した。また、病害抵抗性品種における抵抗性遺伝子頻度・個体を高めるためにも循環選抜は、非常に有効な手段と考えられる。Caslerら¹⁾は、Among and Within Family selection (Vogelら¹⁷⁾は、Between and Within Family Selection)と呼んでいる。すなわち、まず目的とする選抜形質に関して、母系をしばらく、さらにその母系内の優れた個体を選抜する手法である。これは温暖地向けの多年生牧草育種では山梨県酪農試験場でのペレニアルライグラスとハイブリッドライグラスなどの育種で積極的に取り入れられ、その越夏性の向上に大きく寄与してきた育種法である¹⁸⁾。「まきばたろう」の育成により、温暖地向けのオーチャードグラスでも耐病性と越夏後の草勢などの改良に有効であることが示された。

「まきばたろう」は合計乾物収量で「マキバミドリ」より約8%高かった。年次別にみても「マキバミドリ」比で100を下回ったのは、宮城の2003年のみであり、場所・年次を問わず非常に安定した多収性を示した。また、極早生の「アキミドリⅡ」より全試験機関平均で2ポイント高かった。収量性に関しては、直接選抜してないが、循環選抜の過程において、実際の栽培条件に近い、密個体植え条件下での草勢や株の大きさに関する選抜、「マキバミドリ」より優れる低温・短日条件下での伸長性などが収量の向上につながったと考えられる。

「まきばたろう」は、「マキバミドリ」と比較して、最終番草の比率が高く、草丈も高いことから低温・短日生長性が優れていると考えられる。一方、越夏性は、同程度かやや優れる傾向がみられた。また、東北3試験機関(青森, 山形, 宮城)における越冬性は、同程度であった。一般に低温・短日生長性に優れる品種は、越冬性が劣るという強い負の相関が見られるが、「まきばたろう」は、

「マキバミドリ」と同等の越冬性を維持しながら、秋の収量性(低温・短日生長性)を改良できた意義は大きいと考えられる。

井澤は、黒さび病³⁾、うどんこ病⁴⁾、葉腐病⁵⁾、雲形病⁶⁾の罹病が進むと、乾物率、リグニン含量などが増加し、可溶性糖類、粗脂肪、可消化養分総量などが減少することを報告している。また、杉田ら¹⁶⁾は、うどんこ病抵抗性の品種間差異が、茎葉の乾物分解率に影響することを報告している。「まきばたろう」は、「マキバミドリ」と比べて、消化性が高い傾向がみられた。これは、さび病、うどんこ病、雲形病等に対する抵抗性が優れることが、消化性の向上に寄与したと考えられる。今後、自給飼料の高品質化のためには、病害抵抗性のさらなる向上と合わせて、消化性による直接的な選抜を行っていく必要があると考えられる。

近年の地球温暖化による夏季の高温ストレスの増加に対応するためには、越夏性のさらなる強化が求められており、より夏が厳しい九州等での選抜や、越夏性の構成要素(耐旱性、耐暑性、耐病性等)に分けての選抜などにより、循環選抜を行い関連遺伝子を集積し、対処する必要があると考えられる。また、越夏性を高めるためには、品種自体の能力を上げるだけでなく、越夏前(梅雨明け頃)の刈り取り時期・高さなどの管理方法も重要と考えられ、今後、品種とセットにした、栽培法等の提案が必要であると考えられる。

今後、さらに高度な越夏性と越冬性の両立、さらなる耐病性の向上のためには、農研機構北海道農業研究センターと農研機構畜産研究部門の系統の交配により越夏性と越冬性の両立、秋の伸長性と越冬性の負の相関の打破、北海道品種への耐病性の導入などにより、広域適応性品種の育成が期待される。このことを達成するためには、北海道農業研究センターでは越冬性、農研機構東北農業研究センター(盛岡市)では耐病性、畜産研究部門では越夏性を中心とした評価を分担するなど、3試験機関の連携も重要である。

謝 辞

系統適応性検定試験、特性検定試験は、以下の試験研究機関、担当者各氏(試験実施当時在籍)により実施された。これらの試験を担当していただいた方々、ならびに農研機構畜産研究部門において育種研究・試験をサポートしていただいた業務科職員および非常勤職員の数多くの方々に厚く御礼申し上げる。

系統適応性検定試験

青森県農林総合研究センター畜産試験場 貝森一夫・上原子俊之・佐藤義人・逢坂憲政

山形県農林総合研究センター畜産試験場 石黒明裕・佐藤文博・鈴木和仁

宮城県畜産試験場 庄司理津子・佐藤元道・及川克徳・半沢康弘・天野裕敏

長野県畜産試験場 大脇直人・有野陽子・中山利明・百瀬義男・高井智之

石川県畜産総合研究センター 表俊雄・荒邦昌宏・泉秀幸・南庄一・潤口良夫

滋賀県畜産技術センター 竹下雅文

大分県畜産試験場 中村進・堀元司・吉川淳二

特性検定試験

耐雪性検定試験 家畜改良センター奥羽牧場 小林裕

放牧適性検定試験 家畜改良センター奥羽牧場 小林裕・齊藤幸紀

引用文献

- 1) Casler M.D. and Brummer E.C. (2008). Theoretical expected genetic gains for among- and-within-family selection methods in perennial forage crops, *Crop Sci.*, 48, 890–902.
- 2) 林万史子・久保瑠美子・曹清里・柳田直樹・但見明俊 (2000). 新レースによる黒さび病抵抗性オーチャードグラス品種「アキミドリ」の罹病, *日草誌*, 46(別), 154–155.
- 3) 井澤弘一 (1982a). 病害による牧草・飼料作物の質的被害に関する研究. I. さび病菌に感染した飼料作物の飼料成分の変化, *草地試研報*, 21, 30–53.
- 4) 井澤弘一 (1982b). 病害による牧草・飼料作物の質的被害に関する研究. II. うどんこ病菌に感染したオーチャードグラスとアカクローバの飼料成分の変化, *草地試研報*, 22, 74–82.
- 5) 井澤弘一 (1983a). 病害による牧草・飼料作物の質的被害に関する研究. IV. リゾクトニア病菌に感染した飼料作物の飼料成分の変化, *草地試研報*, 24, 57–70.
- 6) 井澤弘一 (1983b). 病害による牧草・飼料作物の質的被害に関する研究. V. 雲形病菌及びすじ葉枯病菌に感染したオーチャードグラスの飼料成分の變化, *草地試研報*, 26, 60–70.
- 7) 川端習太郎・佐藤信之助・小田俊光・宝示戸貞雄・池谷文夫・吉山武敏・田中弘敬・関塚清蔵 (1981). オーチャードグラス新品種「マキバミドリ」の育成とその特性, *草地試研報*, 20, 42–63.
- 8) 水野和彦・塩谷繁・藤本文弘 (1997a). オーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.) における品種の嗜好性. 1. 嗜好性の品種間差異と季節・年次変動, *日草誌*, 43, 306–315.
- 9) 水野和彦・塩谷繁・藤本文弘 (1997b). オーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.) における品種の嗜好性. 2. 季節別にみた嗜好性と農業形質との関係, *日草誌*, 43, 316–324.
- 10) 水野和彦・塩谷繁・藤本文弘 (1998a). オーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.) における品種の嗜好性. 5. 嗜好性と関連した品種特性の多変量解析, *日草誌*, 44, 158–168.
- 11) 水野和彦・塩谷繁・杉田紳一・藤本文弘 (1998b). オーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.) における品種の嗜好性. 6. 嗜好性の異なる品種間における採食量の比較, *日草誌*, 44, 278–285.
- 12) 日本飼料作物種子協会 (1978). 昭和 52 年度種苗特性分類調査報告書, 日本飼料作物種子協会, 7–61.
- 13) 農林水産技術会議事務局・農業技術研究機構畜産草地研究所・家畜改良センター (2001). 飼料作物系統適応性検定試験実施要領(改訂 5 版)・飼料作物特性検定試験実施要領(改訂 3 版)・飼料作物地域適応性等検定試験実施要領, 農業技術研究機構畜産草地研究所, 59p., (畜草研資料, 平成 13-1).
- 14) 杉田紳一・宝示戸貞雄・荒木博・大同久明 (1987). オーチャードグラスの雲形病抵抗性検定法の改善と選抜効果, *北海道農試研報*, 147, 135–146.
- 15) Sugita, S. (1991). Breeding of new cultivar of perennial ryegrass in Japan, *JARQ*, 25, 195–201.
- 16) 杉田紳一・藤本文弘・神戸三智雄・水野和彦・山口秀和・樋口誠一郎・水上優子 (1995). オーチャードグラスの新品種「アキミドリ II」の育成とその特性, *草地試研報*, 52, 1–11.
- 17) Vogel K.P. and Pedersen J.F. (1993). Breeding systems for cross-pollinated perennial grasses, *Plant Breeding Review*, 11, 251–274.

Breeding of "Makibataro" Orchardgrass and its Characteristics

Kazuhiro UCHIYAMA, Akira ARAKAWA^a, Kazuhiko MIZUNO^b, Shin-ichi SUGITA^c, Toshinori KOMATSU^b,
Hisashi YAHAGI^d, Kiyosada HIROI^e, Yuko MIZUKAMI^f and Michio KANBE^b

Forage Crop Research Division,
Institute of Livestock and Grassland Science, NARO,
Nasushiobara, 329-2793 Japan

Summary

"Makibataro," a new cultivar of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.), was developed by NARO Institute of Livestock and Grassland Science (NILGS) and was registered as Norin No. 11 of orchardgrass by the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries in 2006 and also registered by the Plant Variety Protection and Seed Act in 2009. "Makibataro" was bred through three cycles of maternal line selection plus one cycle of mass selection, after crossing breeding lines bred at NILGS with "Sc-3" resistant to scald caused by *Rhynchosporium oryzae* and "Lude", highly resistant to stem rust caused by *Puccinia graminis* and other foliar diseases.

The heading date of "Makibataro" was three days earlier than that of "Makibamidori", a medium heading cultivar, in the regional performance test. "Makibataro" is highly resistant to stem rust and scald, resistant to powdery mildew caused by *Blumeria graminis*, and moderately resistant to anthracnose caused by *Colletotrichum graminicola*. Because of 8% higher dry matter yield and similar winterhardiness and snow endurance comparing to "Makibamidori", "Makibataro" is considered to be adaptable in the wide area from northern Tohoku region to high altitudes of Kyushu region. Dry matter digestibility of "Makibataro" is superior to "Makibamidori" partly because of foliar disease resistance. Seed yield of "Makibataro" is the same level as that of "Makibamidori." It can be used for hay-making, silage and grazing.

Key words: disease resistance, dry matter yield, medium heading, orchardgrass, phenotypic recurrent selection

^a Present address: NARO Kyushu Okinawa Agricultural Research Center

^b Retired

^c Present address: Japan Grassland Agriculture and Forage Seed Association

^d Present address: Ibaraki Prefecture

^e Present address: NARO Hokkaido Agricultural Research Center

^f Present address: Aichi Prefecture

稲発酵粗飼料給与が交雑種および褐色和種牛肉の理化学的特性と貯蔵性に及ぼす影響

中西直人¹・井出忠彦¹・石崎重信²・吉羽宣明³・山田知哉⁴・石田元彦⁴

農研機構畜産研究部門 飼養管理技術研究領域, 那須塩原市, 329-2793

¹長野県畜産試験場, 塩尻市, 399-0711

²千葉県畜産総合研究センター, 八街市, 289-1113

³埼玉県農業技術研究センター, 熊谷市, 360-0102

⁴石川県立大学, 野々市市, 921-8836

要 約

長野県畜産試験場(長野県畜試), 千葉県畜産総合研究センター(千葉県畜総研), 埼玉県農業技術研究センター(埼玉県農技)で行われた稲発酵粗飼料を給与した肥育試験で生産された胸最長筋を分析に供した。長野県畜試, 千葉県畜総研では交雑種牛に稲発酵粗飼料を全期間給与する全期間区, 稲発酵粗飼料を肥育の前期と後期に給与し中期は稲わらを給与する前後期区, 肥育前期はチモシー乾草を給与し肥育中期以降は稲わらを給与した対照区を設けた。牛肉中の α -トコフェロール含量は, 全期間区>前後期区>対照区の順に多くなった。冷蔵庫に貯蔵中におきる肉色の劣化の程度を示すメトミオグロビン割合, 脂質の酸化の程度を示すTBARS値は, 長野県畜試で生産された牛肉では対照区に比較して全期間区や前後期区で低い値を示した。千葉県畜総研でも全期間区と前後期区のTBARS値は抑制された。メトミオグロビン割合は, 全期間区が前後期区より有意に低い値を示した。埼玉県農技で褐毛和種を用いて農家で行われた2回の試験でも肥育全期間に稲発酵粗飼料を給与した試験区は稲発酵粗飼料を給与しなかった対照区より α -トコフェロール含量が有意に多くなり, 試験区ではTBARS値が抑制された。メトミグロビン割合は, 試験区と対照区で差がなかった。

胸最長筋の脂肪含量は各試験場で区間に有意差はなかった。牛肉の軟らかさを示す剪断力価は, 千葉県畜総研では前後期区が対照区より有意に低い値を示したが, 長野県畜試と埼玉県農技の試験では区間に有意な差は認められなかった。長野県畜試では, 皮下脂肪と筋間脂肪において全期間区は前後期区及び対照区に比較してパルミチン酸の割合が少なくオレイン酸の割合が多くなり, 千葉県畜総研では筋肉内脂肪で前後期区が対照区よりオレイン酸の割合が多くなった。以上より, α -トコフェロールを豊富に含む稲発酵粗飼料を肥育牛に給与することによって, 牛肉に α -トコフェロールが蓄積し, 肉色の劣化や脂質の酸化が抑制されることが示された。

キーワード: 稲発酵粗飼料, 牛肉, α -トコフェロール, TBARS, メトミオグロビン

緒 言

我が国の畜産は輸入飼料に依存した生産体系であることから, 飼料自給率は低迷しており, 飼料自給率の向上や家畜排せつ物の適切な農地還元による資源循環型畜産

の推進が課題となっている。このような状況の中, 水田において稲発酵粗飼料の生産を推進することは, 飼料増産にとって有力な方法であると考えられる。さらに畜産農家にとっても, 輸入粗飼料の価格上昇に対する対策として, また口蹄疫やBSEの発生以降の国内産の安全な

粗飼料として稲発酵粗飼料の重要性が増加している。稲発酵粗飼料は嗜好性に優れており、ビタミンEを豊富に含んでいるため、稲発酵粗飼料を肥育牛へ給与することによって、ビタミンEが牛肉へ蓄積することが期待されている^{17,20)}。牛肉に蓄積されたビタミンEは、肉色の劣化や脂質の酸化を防止する効果があり^{6,8,9)}、牛肉の付加価値の向上につながると考えられる。そこで本試験では、稲発酵粗飼料の給与が牛肉へのビタミンEの蓄積、また肉色の劣化防止や脂質酸化防止に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、地域農業確立総合研究「関東地域における飼料イネの資源循環型生産・利用システムの確立」で行われた肥育試験^{2,3,21)}において生産された牛肉の理化学分析結果をとりまとめた。さらに稲発酵粗飼料の給与が体脂肪の脂肪酸組成や牛肉の軟らかさなどに及ぼす影響に関しては未だ明らかでないため、稲発酵粗飼料の給与が牛肉の理化学的特性に与える影響についても検討した。

材料および方法

1. 肥育方法

長野県畜産試験場（長野県畜試）²⁾、千葉県畜産総合研究センター（千葉県畜総研）³⁾、埼玉県農業技術研究センター（埼玉県農技）²¹⁾において肥育試験を実施した。長野県畜試ではホルスタイン種雌牛に黒毛和種雄牛を交配して生産された交雑種牛12頭（去勢牛3頭、雌牛9頭）を用いた。肥育試験の概要を表1²⁾に示した。配合飼料は、発育と摂取状況に応じて各試験区ともに1日当たり4.5～13kg給与した。粗飼料給与に関しては、牛肉中へ α -トコフェロールを確実に蓄積させるため、肥育全期間にわたって稲発酵粗飼料を給与する全期間区、稲発酵粗飼料を肥育前期と後期に給与し、ビタミンAの影響が最も大きい肥育中期に¹²⁾は稲わらを給与する前後期区、慣行肥育として肥育前期にチモシー乾草を給与し、中期以降稲わらを給与してビタミンA制御を行った対照区を設けて試験を行った。千葉県畜総研では交雑種去勢牛（黒毛和種雄牛×ホルスタイン種雌牛）12頭を用いた。肥育試験の概要を表2³⁾に示した。配合飼料は、各試験区ともに発育と摂取状況に応じて1日当たり5～12kg給与した。粗飼料給与は、長野県畜試と同様に稲発酵粗飼料を全期間給与する全期間区、稲発酵粗飼料を肥育前期と後期に給与する前後期区、前期にチモシー乾草を給与し、中期以降は稲わらを給与する対照区を設けた。埼玉県農技では同じ農場で2つの試験が行われた。肥育試験の概要を表3²¹⁾に示した。供試

牛は、試験1では褐毛和種雌牛5頭を用い、試験区が2頭、対照区が3頭であった。また試験2では褐毛和種去勢牛5頭を用い、試験区が2頭、対照区が3頭であった。それぞれの肥育試験で給与された飼料の β -カロテンと α -トコフェロール含量を表4^{2,3,21)}に示した。

表1. 長野県畜産試験場で行われた肥育試験の概要²⁾

試験区分 (供試頭数)	肥育前期 8～15ヵ月齢	肥育中期 15～22ヵ月齢	肥育後期 22～28ヵ月齢
全期間区 (4頭)	稲WCS(7kg) ^{注)} 配合飼料 7L7A7P(200g)	稲WCS(5kg) 配合飼料	稲WCS(5kg) 配合飼料
前後期区 (4頭)	稲WCS(7kg) 配合飼料 7L7A7P(200g)	稲わら(1.5kg) 配合飼料	稲WCS(5kg) 配合飼料
対照区 (4頭)	チモシー乾草(3kg) 配合飼料 7L7A7P(200g)	稲わら(1.5kg) 配合飼料	稲わら(1.5kg) 配合飼料

稲WCS：稲発酵粗飼料 7L7A7P：7L7A7P^レレット
注)：()内の数値は、1日当たりの給与量

表2. 千葉県畜産総合研究センターで行われた肥育試験の概要³⁾

試験区分 (供試頭数)	肥育前期 8～14ヵ月齢	肥育中期 14～20ヵ月齢	肥育後期 20～26ヵ月齢
全期間区 (4頭)	稲WCS(7kg) ^{注)} 配合飼料 7L7A7P(200g)	稲WCS(5kg) 配合飼料	稲WCS(4kg) 配合飼料
前後期区 (4頭)	稲WCS(7kg) 配合飼料 7L7A7P(200g)	稲わら(2kg) 配合飼料	稲WCS(4kg) 配合飼料
対照区 (4頭)	チモシー乾草(3kg) 配合飼料 7L7A7P(200g)	稲わら(2kg) 配合飼料	稲わら(1.5kg) 配合飼料

稲WCS：稲発酵粗飼料 7L7A7P：7L7A7P^レレット
注)：()内の数値は、1日当たりの給与量

表3. 埼玉県農業技術研究センターで行われた肥育試験の概要²¹⁾

試験1	
試験区分 (供試頭数)	肥育前期 11～27ヵ月齢
試験区 (2頭)	自家配合飼料 稲発酵粗飼料 5～6kg
対照区 (3頭)	自家配合飼料・市販配合飼料 稲わら 1～1.5kg
試験2	
試験区分 (供試頭数)	肥育期間 11～26ヵ月齢
試験区 (2頭)	自家配合飼料・市販配合飼料 稲発酵粗飼料 6～10kg
対照区 (3頭)	自家配合飼料・市販配合飼料 イタリアンライグラスストロー 1.6～2.6kg

表 4. 給与飼料のβ-カロテン含量およびα-トコフェロール含量 (mg/ 乾物 1kg)

	長野畜試		千葉県畜総研		埼玉県農技 1		埼玉県農技 2	
	β-カロテン	α-トコフェロール	β-カロテン	α-トコフェロール	β-カロテン	α-トコフェロール	β-カロテン	α-トコフェロール
配合飼料	0.2	11.5						
稲 WCS	37.2	329.4	5.1 ~ 14.3	6.1 ~ 49.1	26.3	71.0	32.3	149.1
アルファルファペレット	64.9	51.8						
稲わら	1.3	23.8			0.2	5.6		
ホシ-乾草	15.6	8.6						
イタリアンライグラスストロー							0.4	7.5

埼玉県農技 1：埼玉県農業技術研究センター 試験 1

埼玉県農技 2：埼玉県農業技術研究センター 試験 2

長野畜試：長野県畜産試験場

千葉県畜総研：千葉県畜産総合研究センター

2. 牛肉の分析方法

サーロイン部の胸最長筋を分析に用いた。牛肉は、と畜後 2 週間以内に研究室に到着後ただちに、真空パックし -30℃で分析まで凍結保存した。ただし調理ロスと剪断力価用の牛肉は、厚さ 2.5cm に試料を切断後真空パックし、と畜後 2 週間まで 4℃で貯蔵後、-30℃で凍結保存した。試料は一晚 4℃で解凍した後、分析を行った。水分は、2 回ミンチ後 100℃で 24 時間乾燥させて測定した。粗脂肪は、水分測定で乾燥させた牛肉をエーテルで抽出して測定した。調理ロスは、試料を 70℃で 1 時間水浴して調理し、一晚 4℃で冷蔵庫においたときの目減りの量とした。剪断力価は、調理した牛肉を 1cm × 1cm の肉片とし、ワーナーブラツラーシェアー測定装置により測定した。牛肉中の α-トコフェロールは、液体クロマトグラフ蛍光検出器（日本分光 FP-920）を用いて測定した¹⁴⁾。サーロイン部より皮下脂肪、筋間脂肪を採取して脂肪酸組成を測定し、胸最長筋のミンチを用いて筋肉内脂肪の脂肪酸組成を測定した。総脂質の抽出は Folch¹⁵⁾の方法により行った。メチルエステル化した脂肪サンプルの脂肪酸組成を、ガスクロマトグラフ（島津製 GC-14A）を用いて測定した。FID 検出器の温度は 250℃とした。カラムオープン温度は 150℃から 250℃まで 1 分当たり 5℃上昇させた後、250℃で 10 分保持した。カラムは Stabilwax（島津）を用いた。冷蔵庫に貯蔵中の肉色や脂質の酸化は、厚さ 1cm の牛肉を滅菌シャーレにいれ、PVC フィルム（酸素透過率 2.5 × 10⁴mL/m² · 24h · atm）で覆い、4℃で暗所に保存して測定した。測定は冷蔵庫に貯蔵後 1, 7, 13 日目に行った。肉表面のメトミオグロビン割合の測定は、色差計（ミノルタ社製 CM - 2600d）を用いて行った¹⁸⁾。脂質の酸化度としてチオバルビツール反応性物質（TBARS: Thiobarbituric Acid Reactive Substances）の値を三津

本ら⁹⁾の方法で測定した。

3. 統計分析

SAS Add-In 6.1 for Microsoft Office を用いて統計分析を行った。処理区を独立変数とする一元配置分散分析を行い、処理による有意性が認められた場合、処理区の平均値を PLSD 法で多重比較した。また胸最長筋の α-トコフェロール含量とメトミオグロビン割合、α-トコフェロール含量と TBARS 値の間で非線形回帰分析を行った。

結 果

表 5 には、4 つの試験の胸最長筋の理化学的特性値を示した。埼玉県農技では 2 つの試験で試験区と対照区に胸最長筋の脂肪含量で差がなかった。長野畜試では、胸最長筋の脂肪含量は全期間区 < 前後期区 < 対照区となり、稲発酵粗飼料の給与期間が長い程脂肪含量が少なくなったが有意ではなかった。千葉県畜総研では、前後期区の胸最長筋の筋肉内脂肪含量がもっとも多くなったが有意ではなかった。埼玉県農技では 2 回の試験ともに対照区より稲発酵粗飼料を全期間給与した試験区の方が有意に α-トコフェロール含量が多くなった。長野畜試、千葉県畜総研ともに、全期間区の α-トコフェロール含量が対照区より有意に多くなった。また前後期区は、対照区と有意な差はなかったが、対照区より α-トコフェロールが多い値を示した。剪断力価は埼玉県農技の試験 2 と長野畜試では区間に有意な差はなかったが、千葉県畜総研では前後期区が対照区より有意に低い値を示した。調理ロスは埼玉県農技の試験 2、長野畜試、千葉県畜総研で有意な差はなかった。

冷蔵庫に貯蔵中の牛肉のメトミオグロビン割合の変化

を表6に示した。長野県畜試の成績では、全期間区と前後期区の間でメトミオグロビン割合が対照区より抑制され、13日目のメトミオグロビン割合は、全期間区が対照区より有意に低かった。千葉県畜総研では、対照区と前後期区の間でメトミオグロビン割合は、貯蔵日数と関係なくほぼ同様の値を示したが、13日目には全期間区の間でメトミオグロビン割合が前後期区より有意に低くなった。埼玉県農技で行われた2つの試験では、試験区と対照区で

メトミオグロビン割合に差はなかった。

表7には冷蔵庫に貯蔵中の牛肉のTBARS値の変化を示した。長野県畜試の結果では、全期間区と前後期区の間でTBARS値は、対照区に比較して有意に抑制された。また有意ではないが、全期間区は前後期区よりもTBARS値が低い値を示した。千葉県畜総研でも、有意性はないが稲発酵粗飼料の給与期間が長いほどTBARS値は抑制され、長野県畜試と同様の結果を示した。埼玉県農技では、

表5. 稲発酵粗飼料の給与期間が胸最長筋の理化学測定値に及ぼす影響

試験区分	埼玉県農技1		埼玉県農技2		長野畜試			千葉県畜総研		
	試験	対照	試験	対照	全期	前後	対照	全期	前後	対照
供試頭数	2	3	2	3	4	4	4	4	4	4
筋肉内脂肪含量 (%)	18.0	15.1	25.4	23.0	20.1	22.7	27.5	28.1	35.9	28.1
α-トコフェロール (mg/kg)	6.4 ^a	3.0 ^b	5.2 ^a	2.9 ^b	4.4 ^a	3.6 ^{ab}	2.5 ^b	3.2 ^a	3.1 ^{ab}	2.4 ^b
剪断力値 (kg/cm ²)			2.0	2.4	2.4	2.4	1.9	2.0 ^{ab}	1.8 ^a	2.4 ^b
調理ロス (%)			22.6	22.6	20.2	22.4	20.1	21.2	18.9	21.4

a,b: 異なる文字は同一試験場内で区間に5%水準で有意差あり

埼玉県農技1: 埼玉県農業技術研究センター 試験1

埼玉県農技2: 埼玉県農業技術研究センター 試験2

長野県畜試: 長野県畜産試験場

千葉県畜総研: 千葉県畜産総合研究センター

表6. 稲発酵粗飼料の給与期間が胸最長筋のメトミオグロビン割合 (%) に及ぼす影響

試験区分	埼玉県農技1		埼玉県農技2		長野畜試			千葉県畜総研		
	試験	対照	試験	対照	全期	前後	対照	全期	前後	対照
供試頭数	2	3	2	3	4	4	4	4	4	4
貯蔵日数										
1日	12.7	10.6	8.7	10.0	10.9	9.3	9.4	4.8	5.7	6.1
7日	27.1	45.2	33.3	32.7	27.9	29.6	34.7	25.4	30.5	30.6
13日	58.1	55.3	65.7	71.1	38.7 ^a	48.5 ^{ab}	65.7 ^b	40.6 ^a	56.3 ^b	53.0 ^{ab}

a,b: 異なる文字は同一試験場内で区間に5%水準で有意差あり

埼玉県農技1: 埼玉県農業技術研究センター 試験1

埼玉県農技2: 埼玉県農業技術研究センター 試験2

長野県畜試: 長野県畜産試験場

千葉県畜総研: 千葉県畜産総合研究センター

表7. 稲発酵粗飼料の給与期間が胸最長筋のTBARS値 (mgMDA/牛肉1kg) に及ぼす影響

試験区分	埼玉県農技1		埼玉県農技2		長野畜試			千葉県畜総研		
	試験	対照	試験	対照	全期	前後	対照	全期	前後	対照
供試頭数	2	3	2	3	4	4	4	4	4	4
貯蔵日数										
1日	0.09	0.11	0.09	0.08	0.10	0.10	0.21	0.11	0.17	0.17
7日	0.19	0.84	0.12	0.34	0.23 ^a	0.69 ^{ab}	1.43 ^b	0.36	0.54	0.64
13日	0.45	1.98	0.61	1.08	0.57 ^a	1.12 ^a	2.85 ^b	0.68	0.98	1.19

a,b: 異なる文字は同一試験場内で区間に5%水準で有意差あり

埼玉県農技1: 埼玉県農業技術研究センター 試験1

埼玉県農技2: 埼玉県農業技術研究センター 試験2

長野県畜試: 長野県畜産試験場

千葉県畜総研: 千葉県畜産総合研究センター

2つの試験ともに有意性はないが、試験区が対照区より低いTBARS値を示した。

図1、2には、交雑種牛を用いほぼ同様の試験が行われた長野県畜試と千葉県畜総研の合計24頭を用いて胸最長筋のα-トコフェロール含量と冷蔵庫に貯蔵後13日目のメトミオグロビン割合及びTBARS値の関係を図1と図2にそれぞれ示した。統計分析の結果、両者の関係は有意であり、α-トコフェロール含量が多くなるほどメトミオグロビン割合、TBARS値ともに低下しており、稲発酵粗飼料の給与によってα-トコフェロール含量を増加させることが肉色の保存や脂質酸化防止に効果があることが示された。

表8には長野県畜試で生産された牛肉の脂肪酸組成を示した。皮下脂肪、筋間脂肪、筋肉内脂肪ともに全期

間区のアレイン酸割合が大きな値を示し、皮下脂肪、筋間脂肪では有意であった。皮下脂肪、筋間脂肪では、全期間区のパルミチン酸割合が低くなり、筋間脂肪では全期間区が前後期区より有意に低かった。千葉県畜総研では、皮下脂肪は脂肪酸組成に区間で有意差がなかった。筋間脂肪では、前後期区のスチアリン酸割合が全期間区、対照区より有意に低くなった。筋肉内脂肪では、前後期区のアレイン酸割合が対照区より有意に多くなった(表9)。埼玉県農技では、試験1では皮下脂肪、筋間脂肪で脂肪酸割合に区間差がなかった(表10)。試験2では、皮下脂肪で試験区の総不飽和脂肪酸割合が対照区より有意に低くなった。筋肉内脂肪で試験区のミリスチン酸割合が、対照区より有意に多くなった(表11)。

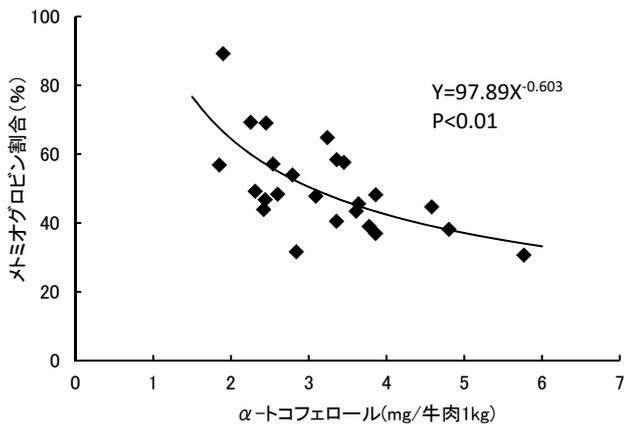


図1. 胸最長筋のα-トコフェロール含量と4℃で13日間貯蔵後のメトミオグロビン割合の関係

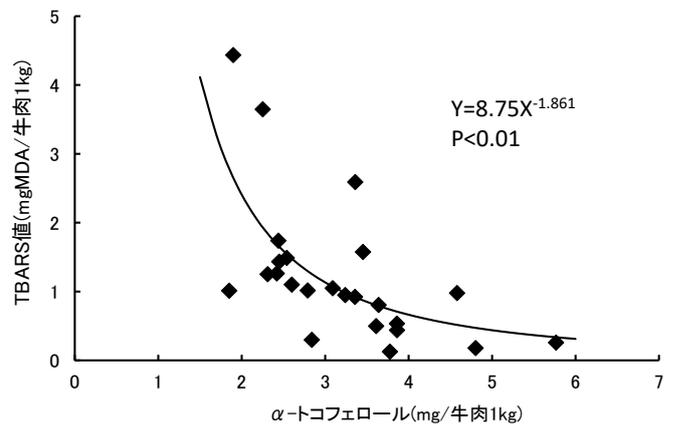


図2. 胸最長筋のα-トコフェロール含量と4℃で13日間貯蔵後のTBARS値の関係

表8. 稲発酵粗飼料の給与が脂肪酸割合(%)に及ぼす影響(長野県畜産試験場)

試験区分	皮下脂肪			筋間脂肪			筋肉内脂肪		
	全期	前後	対照	全期	前後	対照	全期	前後	対照
供試頭数	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ミリスチン酸(14:0)	2.4	2.7	2.7	2.2	3.0	3.2	2.7	3.2	2.9
ミリスチン酸(14:1)	1.5	1.8	1.4	1.0 ^a	1.5 ^b	1.2 ^{ab}	1.0 ^{ab}	1.2 ^a	0.8 ^b
パルミチン酸(16:0)	22.8	24.5	25.1	20.5 ^a	25.0 ^b	24.7 ^{ab}	24.9	27.8	26.6
パルミトリン酸(16:1)	5.8	6.4	6.5	4.4 ^a	5.2 ^{ab}	5.6 ^b	4.6	4.7	4.3
ステアリン酸(18:0)	6.4	6.9	7.1	9.9	9.8	10.0	9.1	9.5	10.3
オレイン酸(18:1)	56.9 ^a	54.0 ^{ab}	52.9 ^b	57.8 ^a	51.9 ^{ab}	51.2 ^b	53.4	49.6	50.8
リノール酸(18:2)	2.9	2.6	3.1	2.8	2.5	3.0	2.7	2.6	2.9
リノレン酸(18:3)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
総飽和脂肪酸	32.6	35.0	35.9	33.9	38.7	38.8	38.0	41.6	40.9
総不飽和脂肪酸	67.4	65.0	64.1	66.1	61.3	61.2	62.0	58.4	59.1

a,b: 異なる文字は5%水準で有意差あり

表9. 稲発酵粗飼料の給与が脂肪酸割合 (%) に及ぼす影響 (千葉県畜産総合研究センター)

試験区分 供試頭数	皮下脂肪			筋間脂肪			筋肉内脂肪		
	全期	前後	対照	全期	前後	対照	全期	前後	対照
ミリスチン酸 (14:0)	3.2	2.9	3.2	3.7	3.2	3.5	3.6	3.2	3.7
ミリストレイン酸 (14:1)	1.7	2.0	1.8	1.5	1.8	1.4	1.0	1.1	1.1
パルミチン酸 (16:0)	26.1	26.5	26.9	26.8	26.7	27.9	28.7	28.6	30.6
パルミトレイン酸 (16:1)	5.9	6.6	5.7	5.4	6.0	4.6	4.4	4.2	4.1
ステアリン酸 (18:0)	9.1	7.1	8.8	11.1 ^a	8.6 ^b	11.6 ^a	11.4	10.4	12.2
オレイン酸 (18:1)	50.9	51.6	50.7	48.7	50.5	48.1	47.9 ^{ab}	49.3 ^a	45.4 ^b
リノール酸 (18:2)	2.0	2.2	2.1	1.8	2.2	2.0	1.8	1.9	1.8
リノレン酸 (18:3)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
総飽和脂肪酸	39.3	37.4	39.6	42.4	39.4	43.8	44.6	43.3	47.4
総不飽和脂肪酸	60.7	62.6	60.4	57.6	60.6	56.2	55.4	56.7	52.6

a,b: 異なる文字は5%水準で有意差あり

表10. 稲発酵粗飼料の給与が脂肪酸割合 (%) に及ぼす影響 (埼玉県農業技術研究センター 試験1)

試験区分 供試頭数	皮下脂肪		筋間脂肪	
	試験	対照	試験	対照
ミリスチン酸 (14:0)	2.1	2.4	2.5	2.9
ミリストレイン酸 (14:1)	1.4	1.4	1.2	1.2
パルミチン酸 (16:0)	21.3	23.3	23.9	25.4
パルミトレイン酸 (16:1)	6.0	5.5	4.8	4.7
ステアリン酸 (18:0)	6.5	8.2	10.0	11.1
オレイン酸 (18:1)	60.1	56.2	55.0	51.7
リノール酸 (18:2)	2.0	2.1	1.7	2.0
リノレン酸 (18:3)	0.2	0.1	0.1	0.1
総飽和脂肪酸	30.4	34.7	37.1	40.2
総不飽和脂肪酸	69.6	65.3	62.9	59.8

表11. 稲発酵粗飼料の給与が脂肪酸割合 (%) に及ぼす影響 (埼玉県農業技術研究センター 試験2)

試験区分 供試頭数	皮下脂肪		筋間脂肪	
	試験	対照	試験	対照
ミリスチン酸 (14:0)	3.1	2.5	3.4 ^a	2.9 ^b
ミリストレイン酸 (14:1)	1.6	1.6	1.0	0.9
パルミチン酸 (16:0)	25.3	24.3	28.4	27.7
パルミトレイン酸 (16:1)	6.0	5.9	4.5	4.0
ステアリン酸 (18:0)	9.2	7.7	11.8	11.5
オレイン酸 (18:1)	51.6	54.9	48.1	49.8
リノール酸 (18:2)	2.2	2.2	1.9	2.0
リノレン酸 (18:3)	0.2	0.2	0.1	0.1
総飽和脂肪酸	38.4 ^a	35.1 ^b	44.3	43.0
総不飽和脂肪酸	61.6 ^a	64.9 ^b	55.7	57.0

a,b: 異なる文字は5%水準で有意差あり

考 察

ビタミンEの製剤を肥育牛に肥育終了前に給与して、牛肉にビタミンEを蓄積させることはすでに行われており⁶⁾、ビタミンE製剤を投与した牛肉は、肉色劣化の指標であるメトミオグロビン割合の増加が抑制され、脂質酸化の指標であるTBARS値が抑制されることが示されている。また、植物体のビタミンE含量が多いことを利用して、肥育牛へビタミンEを蓄積させる試みも行われている^{14,15)}。山田ら²⁰⁾篠田ら¹⁷⁾は、稲発酵粗飼料を給与すると牛肉へ α -トコフェールが肉色や脂質の劣化を防止することが可能なレベルまで蓄積することを示した。本試験においても、長野県畜試と千葉県畜総研の全期間区は対照区より α -トコフェール含量が有意に多くなり、埼玉県農技でも試験区は対照区より α -トコフェール含量が有意に多くなった。また長野県畜試、

千葉県畜総研の前後期区は有意ではないが対照区より α -トコフェール含量が多い傾向にあった。したがって、稲発酵粗飼料の給与により牛肉の α -トコフェール含量が多くなり、さらに給与期間が長いほど牛肉中の蓄積量が多くなることが示された。

本試験では、肉色悪化の指標であるメトミオグロビン値と脂質酸化の指標であるTBARS値についても、各試験場で稲発酵粗飼料を給与した区と対照区で有意差が認められた。さらに長野県畜試、千葉県畜総研では全期間区が前後期区より稲発酵粗飼料の給与効果が大きく、稲発酵粗飼料の給与期間が長いほど効果が大きいことが示された。三津本¹⁰⁾は、牛肉中の α -トコフェール含量と牛肉貯蔵後16日目のメトミオグロビン割合の関係を検討し、 α -トコフェール含量が牛肉1kg当たり3.5mg以上あれば、メトミオグロビン割合を消費者が購入を控える目安となる30~40%以下に抑えることができる

とした。本試験では、稲発酵粗飼料の給与により α -トコフェロールの増加にともない13日目のメトミオグロビン割合が抑制されることを示したが、 α -トコフェロールが3.5mg/牛肉1kgでメトミオグロビン割合は40%を超える値を示した。本試験では、凍結した牛肉を解凍後、冷蔵庫に貯蔵してメトミオグロビン割合とTBRAS値を分析したため、三津本らの結果より高いメトミオグロビン割合を示したと考えられる。

胸最長筋の脂肪含量では、千葉県畜総研の前後期区で高くなったが、これは肥育中期の血液中ビタミンA濃度が前後期区で最も低下し、ビタミンAのコントロールが適切に行われたためとされている³⁾。しかしながら、千葉県畜総研の全期間区、前後期区、対照区の脂肪含量に有意差は認められず、埼玉県農技の2つの試験、長野県畜試の試験においても、対照区と稲発酵粗飼料を給与した区で脂肪含量に有意差がなかった。これらのことから、稲発酵粗飼料の給与により β -カロテンを摂取することによってビタミンAのコントロールが難しくなっても、稲発酵粗飼料の β -カロテンが脂肪含量へ及ぼす影響は小さいのではないかと推察された。剪断力価は、千葉県畜総研の前後期区が有意に小さくなったが、これは前後期区の脂肪含量が高いためであると考えられる。ただ長野県畜試、千葉県畜総研、埼玉県農技の各区の剪断力価は2kg/cm²前後の低い値を示し、非常に軟らかい牛肉であり¹²⁾、稲発酵粗飼料給与が牛肉の軟らかさに及ぼす影響は極めて少なかったと考えられる。

長野県畜試の肥育試験の結果では、皮下脂肪、筋間脂肪で全期間区のオレイン酸割合が対照区より有意に多くなった。千葉県畜総研では筋肉内脂肪で前後期区が、対照区よりオレイン酸割合が有意に多くなった。Juarezら⁵⁾は、肥育期間に去勢牛へ大麦を多給した試験においてビタミンEを添加すると、筋肉内脂肪のオレイン酸割合が有意に増加したことを示しているが、その要因を考察では明らかにしていない。Juarezら⁴⁾、Mapiyeら⁷⁾は、ビタミンEを肥育牛に給与することによって、胸最長筋の筋肉内脂肪においてtrans11-18:1の割合が増加し、trans10-18:1の割合が減少することを示し、その原因として反芻胃での不飽和脂肪酸の水素添加にビタミンEが影響をあたえるのではないかとしている。Pottierら¹⁶⁾は乳牛にビタミンE含量の多い飼料を給与し、乳脂肪中のtrans11-18:1割合が多くなったことを報告しているが、この理由として低繊維、高炭水化物の飼養条件下で減少する繊維分解性細菌の成長と機能をビタミンEが維持することにより、反芻胃内での水素添加が変化するためとしている。これらの研究

は、牛肉および牛乳が人間の健康に及ぼす影響の観点から、ビタミンEの短期間給与が微量なtrans11-18:1とtrans10-18:1割合に与える影響を検討したものであった。本研究では、ビタミンE含量の多い稲発酵粗飼料を肥育用飼料として給与しているが、ビタミンEの長期間摂取が牛肉脂肪中のオレイン酸割合に及ぼす影響はほとんど検討されていない。オレイン酸は牛肉の食味に影響を与えるとされており¹⁹⁾、近年注目されている。稲発酵粗飼料の給与により牛肉中のオレイン酸割合が高くなると稲発酵粗飼料の新たな付加価値を提供することになると考えられる。本件に関しては今後、さらに検討を行う必要があると思われる。

以上より、 α -トコフェロールを豊富に含む稲発酵粗飼料を肥育牛に給与することによって、牛肉に α -トコフェロールが蓄積し、肉色の劣化や脂質の酸化による酸化臭の発生が抑制されることが明らかにされた。これらより、稲発酵粗飼料の給与により牛肉の付加価値向上が期待される。

引用文献

- 1) Folch, J.M., Lees, M. and Stanley, G.H.S. (1957). Simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues, *J. Biol. Chem.*, 226, 497-509.
- 2) 井出忠彦・古賀照章 (2009). 稲発酵粗飼料を用いた肉用繁殖牛・肥育牛の給与技術の確立、関東地域における飼料イネの資源循環型生産・利用システムの確立. 最終報告書 II. 研究報告編 (農研機構中央農業総合研究センター編), 農研機構中央農業総合研究センター, つくば, 279-290.
- 3) 石崎重信・山田真希夫 (2008). 稲発酵粗飼料を利用した交雑種去勢牛肥育, 千葉県畜産総合研究センター研究報告, 8, 1-7.
- 4) Juarez, M., Dugan, M.E.R., Aalhus, J.L., Aldai, N., Basarab, J.A., Baron, V.S. and McAllister, T.A. (2010). Dietary vitamin E inhibits the trans 10-18:1 shift in beef backfat, *Canadian J. Anim. Sci.*, 90, 9-12.
- 5) Juarez, M., Dugan, M.E.R., Aalhus, J.L., Aldai, N., Basarab, J.A., Baron, V.S. and McAllister, T.A. (2011). Effects of vitamin E and flaxseed on rumen-derived fatty acid intermediates in beef intramuscular fat, *Meat Sci.*, 88, 434-440.
- 6) Liu, Q., Lanari, M.C. and Schaefer, D.M. (1995).

- A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality, *J. Anim. Sci.*, 73, 3131–3140.
- 7) Mapiye, C., Dugan, M.E.R., Juarez, M., Basarab, J.A., Baron, V.S., Turner, T., Yang, X., Aldi, N. and Aalhus, J.L. (2011). Influence of α -tocopherol supplementation on trans-18:1 and conjugated linoleic acid profiles in beef from steers fed a barley-based diet, *Animal*, 6, 1888–1896.
 - 8) Mitsumoto, M., Cassens, R.G., Schaefer, D.M., Arnold, R.N. and Scheller, K.K. (1991). Improvement of color and lipid stability in beef with dietary vitamin E and vitamin C dip treatment, *J. Food. Sci.*, 56, 1489–1492.
 - 9) Mitsumoto, M., Arnold, R.N., Schaefer, D.M. and Cassens, R.G. (1995). Dietary vitamin E supplementation shifted weight loss from drip to cooking loss in fresh beef longissimus during display, *J. Anim. Sci.*, 73, 2289–2294.
 - 10) 三津本充 (1995). ビタミン E 投与による牛肉品質の安定化, 栄養生理研究会報, 39, 147–156.
 - 11) Muramoto, T., Higashiyama, M. and Kondo, T. (2005). Effect of pasture finishing on beef quality of Japanese shorthorn steers, *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 18, 420–426.
 - 12) 村元隆行・前野かおり・岡田祐季・手塚咲・鎌田丈弘 (2014). 日本短角種牛肉における剪断力価と軟らかさとの関係, 東北畜産学会報, 64, 7–12.
 - 13) 農業・食品産業技術総合研究機構 (2009). 日本飼養標準・肉用牛, 2008年版, 中央畜産会, 東京, 105–109.
 - 14) O'Sullivan, A., O'Sullivan, K., Galvin, K., Moloney, A.P., Troy, D.J. and Kerry, J.P. (2002). Grass silage versus maize silage effects on retail packaged beef quality, *J. Anim. Sci.*, 80, 1556–1563.
 - 15) O'Sullivan, A., O'Sullivan, K., Galvin, K., Moloney, A.P., Troy, D.J. and Kerry, J.P. (2004). Influence of concentrate composition and forage type on retail packaged beef quality, *J. Anim. Sci.*, 82, 2384–2391.
 - 16) Pottier, J., Focant, M., Debier, C., Buysser, G.D., Goffe, C., Mignolet, E., Froidmont, E. and Larondelle, Y. (2006). Effect of dietary vitamin E on rumen pathways and milk fat depression in dairy cows fed high-fat diets, *J. Dairy Sci.*, 89, 685–692.
 - 17) 篠田満・櫛引史郎・新宮博行・上田靖子・村井勝 (2007). 黒毛和種の肥育後期におけるイネホールクロップサイレージ給与が増体, 血液性状および枝肉性状に及ぼす影響, 日本畜産学会報, 78, 201–208.
 - 18) Stewart, M.R., Ziper, M.W. and Watts, B.W. (1965). The use of reflectance spectrophotometry for the assay of raw meat pigments, *J. Food Sci.*, 30, 464–469.
 - 19) Westerling, D.G. and Hedricks, H.B. (1979). Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex and anatomical location and relationship to sensory characteristics, *J. Anim. Sci.*, 48, 1343–1348.
 - 20) 山田知哉・樋口幹人・中西直人 (2012). 稲発酵粗飼料を用いた発酵 TMR 給与が黒毛和種去勢牛の肥育成績ならびに牛肉の抗酸化能に及ぼす影響, 肉用牛研究会報, 92, 4–9.
 - 21) 吉羽宣明 (2008). 稲発酵粗飼料の給与が褐毛和種の肥育成績および牛肉の特性に及ぼす影響, 埼玉県農林総合研究センター研究報告, 8, 25–32.

Effects of Feeding Whole Crop Rice Silage on Meat Quality of Crossbred (Japanese Black × Holstein) and Japanese Brown Cattle

Naoto NAKANISHI, Tadahiko IDE¹, Shigenobu ISHIZAKI², Nobuaki YOSHIBA³,
Tomoya YAMADA and Motohiko ISHIDA⁴

Division of Animal Feeding and Management Research,
Institute of Livestock and Grassland Science, NARO,
Nasushiobara, 329-2793 Japan

¹Nagano Animal Industry Experimental Station,
Shiojiri, 399-0711 Japan

²Chiba Prefectural Livestock Research Center,
Yachimata, 289-1113 Japan

³Saitama Prefectural Livestock Center,
Kumagaya, 360-0102 Japan

⁴Ishikawa Prefectural University,
Nonoichi, 921-8836 Japan

Summary

We investigated the effect of feeding whole crop rice silage (WCRS) on meat quality and fatty acid composition of fattening cattle. Twelve crossbred cattle (Japanese Black × Holstein) were raised in the Nagano Animal Industry Experimental Station and Chiba Prefectural Livestock Research Center. Crossbred cattle were divided into three groups (WF, FF, and control). The WF group was fed WCRS from the age of 8 to 28 months. The FF group was fed WCRS from the age of 8 to 15 months and 22 to 28 months, and also was fed rice straw from the age of 15 to 22 months. The control group was fed timothy hay from the age of 8 to 15 months and rice straw from the age of 15 to 28 months. The α -tocopherol levels of the longissimus muscle (LM) increased in this order: control < FF < WF. The percentage of metmyoglobin in LM was significantly lower in the WF and FF groups than in the control group. The thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) numbers of LM were also significantly lower in the WF and FF groups than in the control group. The fat contents and shear force values of LM did not show significant differences among the three groups. The oleic acid percentages of intermuscular and subcutaneous fat were significantly higher in the WF group than in the control group in the Nagano Animal Industry Experimental Station.

Next, we investigated the effects of WCRS feeding on Japanese brown cattle fattened on the farm. Japanese brown heifers were fed WCRS (WCRS group) or rice straw (control group) from the age of 11 to 27 months. In addition, Japanese brown steers were fed WCRS (WCRS group) or Italian ryegrass straw (control group) from the age of 11 to 26 months. In both experiments, LM from the WCRS groups showed higher α -tocopherol concentrations and lower TBARS numbers than the control groups.

These results indicate that WCRS feeding promotes the accumulation of α -tocopherol in LM and stabilizes meat color and lipids.

Key words: rice, silage, beef, α -tocopherol, metmyoglobin

耕作放棄地放牧実施圃場におけるライムギ (*Secale cereale* L.) を用いた放牧延長

平野清・中神弘詞¹・中尾誠司・進藤和政・井出保行

農研機構畜産研究部門 草地利用研究領域, 那須塩原市, 329-2793

¹農研機構畜産研究部門 草地利用研究領域, 御代田町, 389-0201

要 約

本研究ではライムギを用いた放牧期間の延長技術を評価するため、耕作放棄地放牧を行っている生産現場において実証試験を行った。栃木県茂木町の耕作放棄地へ7月から8月に黒毛和種繁殖牛を放牧し、野草を食べ尽くさせた後、8月下旬から9月上旬にかけてライムギ草地を造成し、10/20頃から放牧を行った。

ライムギを用いた放牧期間（放牧頭数/面積）は、2014年度で84日間（3頭/65a）、2015年度で85日間（7頭/130a）であった。放牧期間中におけるライムギの乾物重は、2014年度は開始時（10/19）の290kgDM/10aから終了時（1/12）の519kgDM/10aへ、2015年は開始時（10/21）の260kgDM/10aから終了時（1/13）の521kgDM/10aへ、それぞれ増加した。放牧期間中におけるライムギのTDN含量、CP含量はそれぞれ平均で53.8%、8.4%で、供試牛の平均日増体量は0.28kg/日であった。

本試験では、栃木県茂木町において耕作放棄地へ造成したライムギ草地を放牧に供することで放牧期間を10月下旬から1月中旬まで延長できることが実証された。期間中の牧養力は2年平均で424頭・日/haであったことから、1haで黒毛和種繁殖牛5頭を85日間放牧出来ると算出された。なお、本放牧期間において、妊娠中期までの黒毛和種繁殖牛はライムギのみで飼養可能であるが、妊娠末期の黒毛和種繁殖牛には11月以降にライムギのTDN含量、CP含量ともに要求量を下回るため、補助飼料の給与が必要であると考えられた。

キーワード：放牧延長、耕作放棄地、ライムギ

緒 言

耕作放棄地は年々増加傾向にあり、2015年の時点で42.3万haとなっている⁸⁾。その主要な発生理由として高齢化や労働力不足があるが¹⁴⁾、放牧は、畜産経営における飼養管理を省力化でき、耕作放棄地の解消にも有効であることから近年注目されている⁹⁾。この耕作放棄地放牧を推進するためには、畜産経営において放牧を実施するメリットを増やしうる放牧技術の開発が必要であり、放牧期間の延長技術は、その一つと考えられている。すなわち、これまで耕作放棄地放牧の期間は主に野草が生長する春から秋の半年間であり、残りの半年間は牛を牛舎で飼う必要があったが、秋から冬にかけて放牧期間

を延長できれば、その期間は牛舎での給餌作業や糞尿処理作業から解放され、放牧の導入による省力効果は増大する。

放牧期間の延長技術として、多年生の寒地型牧草が使える地域では、オーチャードグラス、トールフェスク、ペレニアルライグラスを用いたASPの利用方法が検討された^{1,7)}。また、多年生の寒地型牧草が利用できない温暖な地域の生産現場では、1年生の草種であるイタリアンライグラス^{10,13)}、エンバク⁴⁾、飼料イネ⁶⁾が利用されてきた。これまでに北川ら²⁾は、イタリアンライグラスとムギ類であるエンバク、ライムギ、オオムギを比較評価し、晩秋から冬季放牧用草種としてライムギが最も高い年内収量を示すことを明らかにした。また、山本

ら^{11,12)}は、ライムギは、年内利用後から翌年春にかけて再生草量が得られることも明らかにした。このように、ライムギは晩秋から冬季の牧草として高い有用性を示すことが明らかにされているものの、いずれも試験レベルでの結果であり、生産現場においてライムギを用いて放牧延長を行った事例は、ほとんどない。生産現場で放牧延長を行うには、年間の放牧スケジュールが図1のようになると想定される。すなわち、平坦で農業機械が利用可能な耕作放棄地を放牧後、晩秋から冬季にライムギ、夏季に栽培ヒエを栽培する事により、通常5月から10月の放牧期間を、翌年1月まで放牧延長する方式が想定される。本研究では、このうち放牧延長に用いられるライムギの生産現場における放牧期間や栄養価を明らかにするため、実証試験を行った。

材料と方法

試験は栃木県茂木町の耕作放棄地（東経 140.20 度，北緯 36.57 度，標高 42m）で，2014 年の夏から 2016 年の初春にかけて行った。図 2 に近隣地となる那須烏山市のアメダスデータ（気象庁 <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>）から作製した 2014 年度と 2015 年度の月平均気温および月間降水量を示した。試験期間の気象条件は，平年並みであった。

2014 年度と 2015 年度の 2 年間，隣接する異なる耕作放棄地へ放牧を行い，野草を食べ尽くさせた後，8 月下旬から 9 月上旬にかけてライムギ草地を造成し，10 月中下旬から翌年 1 月中旬までライムギを用いた放牧（以下ライムギ放牧）を行った。それぞれの年度におけ

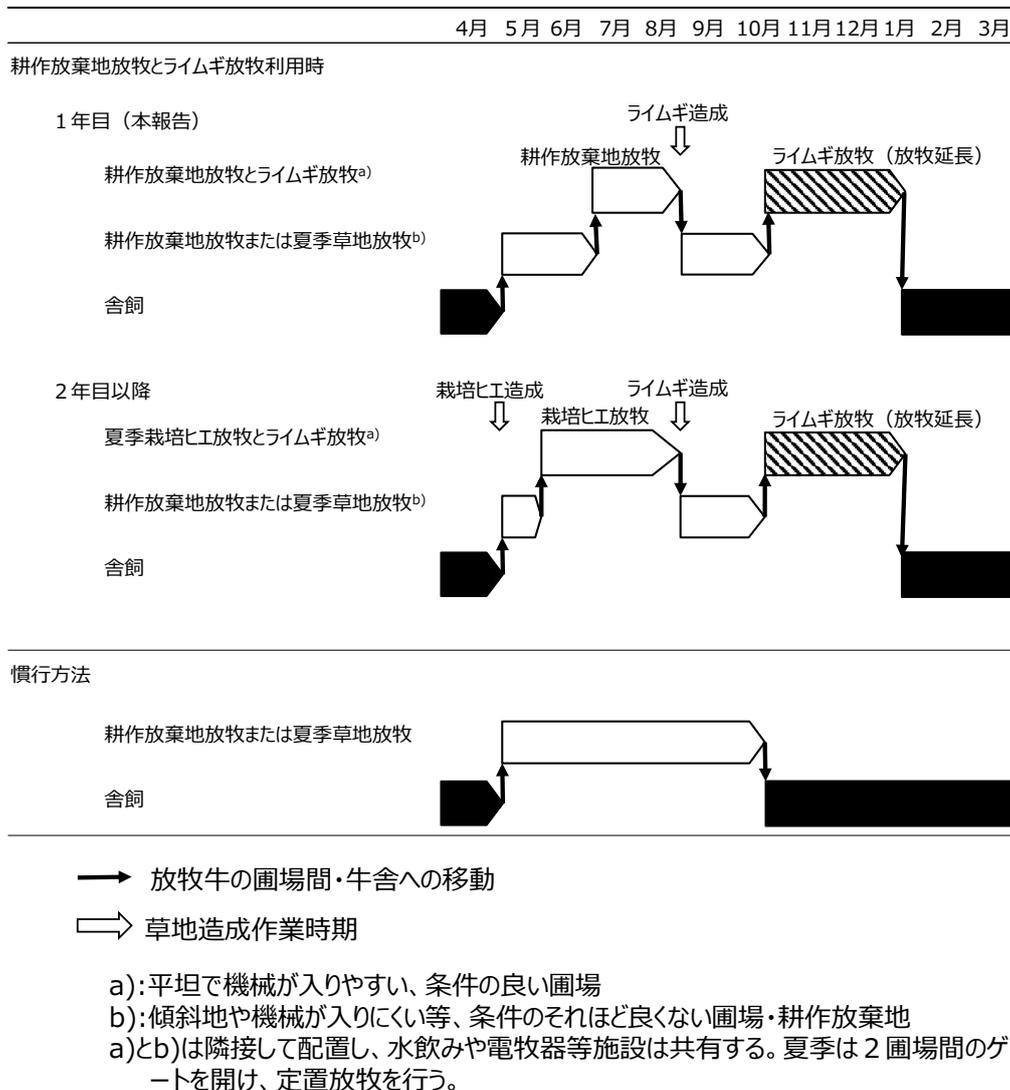


図 1. 想定される耕作放棄地放牧を利用した放牧の年間スケジュール

る各作業の具体的な日程を表1に、耕作放棄地での放牧とライムギ放牧に関する放牧頭数等の放牧実績を表2に示した。供試牛は黒毛和種繁殖牛で、放牧経験があり、試験期間中に妊娠末期になることはなかった。

ライムギ草地の造成前に、耕作放棄地に自生する野草が全て無くなるまで供試牛を放牧した。しかし放牧終了時に、両年とも地表を木質化したクズの茎が覆っており、耕起作業においてロータリ等に茎が絡みつ়ことが想定されたため、シュレツダ (Ferri 社 MP230) を用いて茎を細断した。

造成作業の手順は以下の通りである：牛糞堆肥 (2t/10a) を散布後、ロータリで耕起し、肥料を

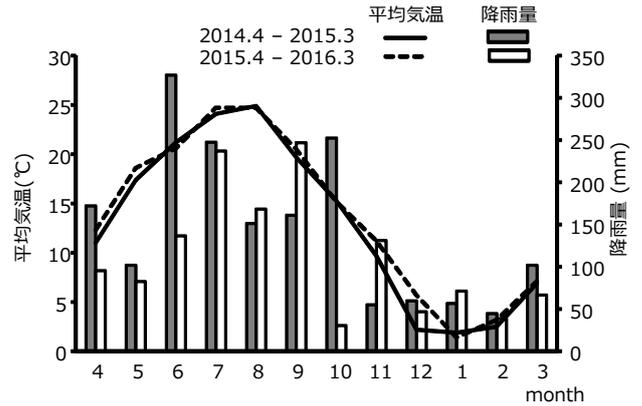


図2. 本試験期間における月平均気温と月間降雨量
那須烏山地方の地域気象観測システム (AMeDAS) データを基に作製

表1. 耕作放棄地放牧, ライムギ草地造成およびライムギ放牧の作業日程

手順	時期	具体的作業	作業日	
			2014 年度	2015 年度
1. 耕作放棄地放牧	7月から8月			
		開始	7/18	7/14
		終了	8/8	8/25
2. ライムギ草地造成	8月下旬から9月上旬			
		シュレツダーによる木質化したクズ茎の細断 ^{a)}	8/27	8/27
		堆肥散布 ^{b)}	8/28-29	-
		施肥	8/28	8/28
		ロータリ耕	8/29	8/28-30
		播種	9/1	8/31
		覆土 ^{c)}	9/1	8/31
3. ライムギ放牧	10月下旬から1月中旬			
		開始	10/21	10/19
		終了	1/13	1/12

a) 耕作放棄地放牧終了後、地表を木質化したクズの茎が覆っており、耕起作業においてロータリ等に茎が絡みつ়ことが想定されたため、シュレツダ (Ferri 社 MP230) を用いて茎を細断した。
 b) 2014 年のみ実施
 c) 管理農家が鎮圧農機を持っていなかったため、鎮圧作業は浅くロータリ耕を行う方法とした。

表2. 耕作放棄地放牧とライムギ放牧の状況

項目	2014 年度	2015 年度
面積	65a	130a
耕作放棄地放牧		
主要植生	カモジグサ (<i>Elymus tsukushiensis</i> var. <i>transiens</i>) クズ (<i>Pueraria lobate</i> (Willd.) Ohwi)	ススキ (<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss) セイタカアワダチソウ (<i>Solidago altissima</i> L.) クズ (<i>Pueraria lobate</i> (Willd.) Ohwi)
放牧頭数 (頭)	5	7
放牧日数 (日)	21	42
牧養力 (頭・日/ha)	162	226
ライムギ放牧		
放牧頭数 (頭)	3	7
放牧日数 (日)	84	85
牧養力 (頭・日/ha)	388	459

N:P₂O₅:K₂O 各 5kg/10a で施用し、ライムギ（品種ライ太郎）を 10kg/10a で播種し、最後に覆土としてロータリで表面を浅く攪拌した。現地圃場を管理している農家がパッカ等の鎮圧用農業機械を保有していないため、鎮圧は行わなかった。また、2015 年度に堆肥散布は行わなかった。

ライムギ放牧の開始日は、夏季の公共牧場等での多年生寒地型牧草を用いた放牧やシバ型草種等を用いた野草地放牧が終了する 10/20 頃を目安とし、2014 年度は 10/21、2015 年度は 10/19 とした（表 1）。供試牛の頭数は、2014 年度は 3 頭、2015 年度は 7 頭で（表 2）、放牧方式はストリップグレーディングとした。ストリップグレーディングには、ピッグテールポール（地上部高 750mm）とポリワイヤーを用い、1 日 1 回ポリワイヤーを移動した。ポリワイヤーの移動距離については、放牧開始時は下記式より求め、放牧開始後はライムギの食べ残しや供試牛の様子を基に、農家に一任した。

移動距離 (m) = (9 (kg/頭/日) × 頭数) / (300 (kg/10a) / 1000 × 圃場幅 (ストリップグレーディングでの採食に用いるポリワイヤーの長さ, m))

この式において、9kg/頭/日は 1 頭が 1 日に採食する餌の量（黒毛和種繁殖牛の標準的な体重 450kg の体重 2% を採食量として算出）、300kg/10a はライムギの放牧開始時の概ねの乾物重である。なお、採食後のライムギ草地に禁牧処理などは行わず、供試牛が自由に行動できる状態とした。

放牧期間中のライムギの乾物重は、10 月中下旬から

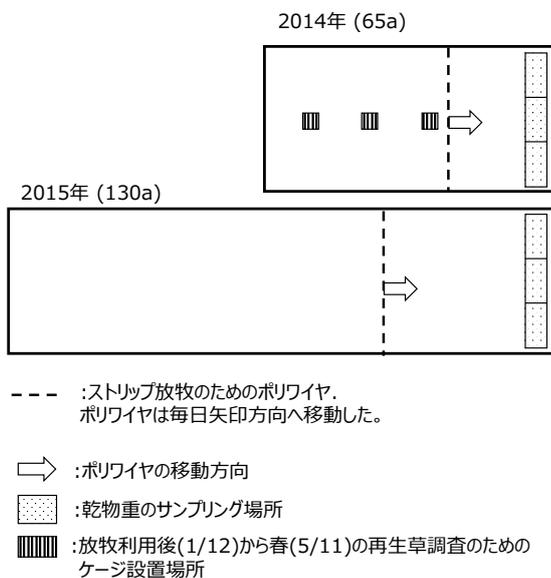


図 3. 圃場におけるストリップグレーディング実施方法とライムギのサンプリング場所

1 月中旬まで約 20 日間隔で 3 つの 3m × 15m の区画から、それぞれ 1 m × 0.5m の面積を刈高 5cm でサンプリングし（図 3）、ライムギと雑草に草分けた後、70℃で 48 時間以上乾燥して測定し求めた。同時に、ストリップグレーディング実施時のライムギの利用率を明らかにするため、2015 年度に放牧直後の区域の草量を上記と同じ方法で 3 点刈取り測定した。また、放牧利用後から春までのライムギの再生量を調べるため、2014 年度は放牧後の草地にケージ 3 点を 1/13 に設置し、5/11 までの再生草量を上記と同じ方法で刈取り測定した。ライムギ放牧期間の体重推移を明らかにするため、2014 年度に約 20 日間隔で供試牛の体重を測定した。

ライムギの飼料成分の分析には 2014 年度のサンプルを用いた。TDN の算出には NRC2001 の方法を用い、計算に必要となる CP, ADICP, NDICP はケルダール法、NDF, ADL はデタージェント法、EE はソックスレー法を用いてそれぞれ測定した。

結果と考察

本試験におけるライムギ放牧期間は、2014 年度は 10/21 から 1/13 までの 84 日間、2015 年度は 10/19 から 1/12 の 85 日間であった（表 1、表 2）。ライムギ放牧時の牧養力（利用頭数 × 放牧期間 / ha）は、2014 年度は 388 頭・日 / ha、2015 年度は 459 頭・日 / ha であった。ライムギ乾物重の放牧期間中の推移は、2014 年度は放牧開始時の 290kgDM/10a から終了時の 519kgDM/10a へ、2015 年は放牧開始時の 260kgDM/10a から終了時の 521kgDM/10a となり、両年とも同様に増加する傾向にあった（図 4）。本試験では堆肥の散布は 2014 年度のみであったが（表 1）、堆肥施用の有無がライムギ乾物

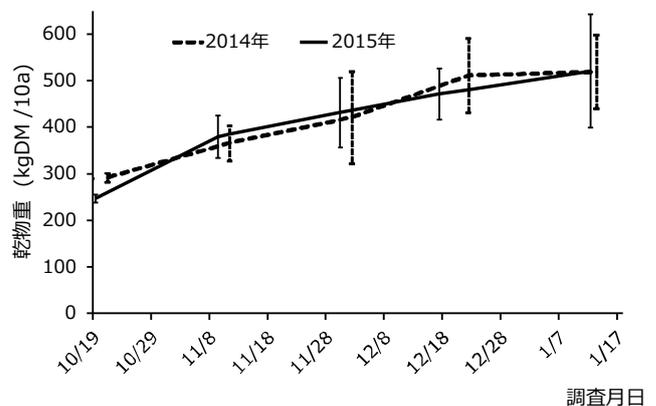


図 4. 放牧期間におけるライムギ乾物重の推移（エラーバーは標準偏差を示す）

重におよぼす影響について本試験では明らかではなかった。この要因として、以下のことが考えられた。本試験圃場では、表 2 に示すように自生していた前植生が、2014 年度に用いた圃場ではカモジグサ・クズ主体と比較し、2015 年度に用いた圃場ではススキ・セイダカアワダチソウ・クズ主体で地上部の植物体の量が多い傾向にあった。これは、2015 年度の圃場は 2014 年度の圃場と比較し、元々の地力が高かった可能性があるとともに、地上部の植物体が糞尿や細断を通じて多くの有機物として土壤に還元された可能性がある。これらの影響から、2015 年度は堆肥無施用にもかかわらず、堆肥施用した 2014 年度と比較し、ライムギ乾物量の違いは明らかにならなかったと考えられた。

過去に栃木県北部の那須塩原市で行われたライムギの年内備蓄草量に関する試験は表 3 の通りであり、栃木県南部で行われた本試験における年内のライムギ乾物重は、これら既存の試験結果より多かった。これは、本試験は既存の試験と比較し、年平均気温が高いこと、播種日が早い日程で行われたこと、播種量が多いことが要因と考えられた。一方で、施肥量は各成分が 5kg/10a と他の試験で最も低い値と同量であった。

2014 年度の放牧期間中におけるライムギの TDN 含量、CP 含量はそれぞれ平均で 53.8%、8.4% であったが、調査時期により値は変動した (図 5)。TDN 含量は 10/21 (出穂前) の 65% から 11/11 (出穂期) には 50% へ減少し、その後 1/13 (登熟期以降) まで 52%–51% で維持された。黒毛和種繁殖牛の維持に必要な TDN 含量は、体重にかかわらず約 50% であり⁵⁾、ライムギ放牧期間中はライムギのみで TDN 要求量を満たすことが明らかとなった。一方、妊娠末期の黒毛和種繁殖牛に必要な TDN 含量は、56% (体重 350kg) から

54% (体重 600kg) であることから、10 月中はライムギのみで TDN 要求量を充足できるが、11 月以降にはライムギに加え補助飼料の給与が必要と考えられた。

CP 含量は 10/21 の 11% から 1/13 の 6.4% へ、生育に伴いおおむね直線的に減少した。黒毛和種繁殖雌牛の維持に必要な CP 含量は体重にかかわらず 8% とされており⁵⁾、12 月上旬まではライムギのみで CP 要求量を満たすが、それ以降は補助飼料の給与を検討した方がよいことが明らかになった。妊娠末期の黒毛和種繁殖牛に必要な CP 含量は、10% (体重 350kg) から 9% (体重 600kg) であることから、10 月中はライムギのみで CP 要求量を充足できるが、11 月以降はライムギに加え補助飼料の給与が必要と考えられた。

2015 年度のライムギ利用率は、利用開始時で 90% と高いが、その後 82% から 86% の間で変動し、4 回の平均は 85% であった。山本ら¹¹⁾の試験はライムギ放牧での利用率を 86% と報告しており、本試験とほぼ同様の数値であった。

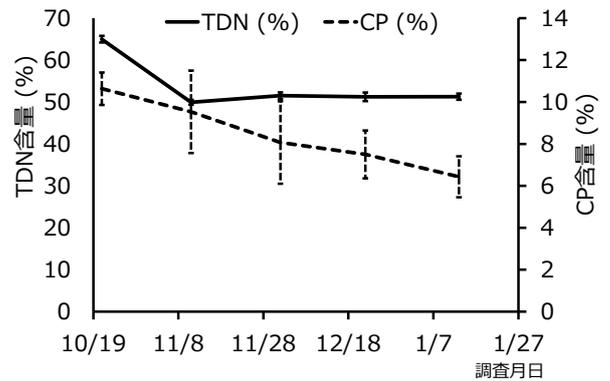


図 5. 放牧期間におけるライムギ TDN 含量とライムギ CP 含量の推移 (2014 年度) (エラーバーは標準偏差を示す)

表 3. 栃木県内で実施された他のライムギ研究における乾物重と関連情報

ライムギ乾物重	約 215–255	約 235	35–445	11–368	275–520
初回利用草量 (kgDM/10a)	約 215–255	約 235	35–445	11–368	275–520
(調査日)	(12/7–1/16)	(12/4–1/11)	(10/15–12/18)	(10/15–12/18)	(10/20–1/13)
再生草量 (kgDM/10a)	約 240–230	約 205–230	–	–	187
(初回利用時から再生草までの期間)	(12/7–4/2, 1/16–4/2)	(12/8–4/2, 1/11–4/2)			(1/13–5/11)
播種日	9/27	9/19	9/3	9/18	9/1
播種量 (kg/10a)	5	6	6	6	10
品種	春一番	春一番	ライ太郎	ライ太郎	ライ太郎
施肥量 (N:P2O5:K2O, kg/10a)	9.5 : 9.5 : 9.5	10.2 : 10.2 : 10.2	5.0 : 5.0 : 5.0	5.0 : 5.0 : 5.0	5.0 : 5.0 : 5.0
調査場所 (市町村)	那須塩原市	那須塩原市	那須塩原市	那須塩原市	茂木町
引用文献 (番号)	山本ら (11)	山本ら (12)	北川ら (13)	北川ら (2)	本試験

– : 未測定

ライムギ放牧開始時から終了時までの供試牛の体重は平均 23kg 増加し、平均日増体量は 0.28kg/日であった (図 6)。試験期間に伴う日増体量は、10/24 から 12/22 は 0.46kg/日と増加し、その後 12/22 から 1/13 は -0.18kg/日と僅かな減少に転じた。ライムギの CP 含量が黒毛和種繁殖牛維持要求量の 8% を下回る時期と、供試牛体重の減少時期が重なることから、ライムギの CP 含量の不足は、この時期の日増体量減少の要因の一つとして考えられた。このように、供試牛の僅かな体重減少を伴う期間が一時認められるが、ライムギ放牧開始時と比較し放牧終了時で体重は増加し、放牧期間中に急激な体重の増減は認められないことから、10月下旬から1月中旬の期間、ライムギのみで妊娠末期以外の黒毛和種繁殖牛に必需な TDN は確保出来ていたと考えられた。

放牧終了時 (1/13) にケージを設置し、春 (5/11) までのライムギの再生草量を評価したところ、その平均値は 187.2kgDM/10a (s.d.=91.8kgDM/10a) であった。標準偏差が大きく、春先のライムギの再生草量の変動は大きい現象が認められた理由としては、ストリップグレンジング直後から 1/13 までの期間の供試牛の採食行動や踏圧が影響したことが原因として考えられた。山本ら¹⁴⁾は、12月から1月のライムギの初回放牧後から4月までのライムギの再生草量は 230kgDM/10a であり (表 3)、本研究と同様にライムギの再生草は放牧利用できる可能性を示している。本試験から推定されるライムギの再生草の牧養力は 201 頭・日/ha (1,807 (kgDM/ha) / 9 (kg/頭/日: 1頭が1日に採食する餌の量))、黒毛和種繁殖牛 5 頭を 20 日間放牧できる計算となる。実際のライムギの再生草の利用時には、再生草量の変動

が大きいことから上記数値を目安とし、再生草の現存量から放牧期間を調整する必要があると考えられる。

以上のことから、耕作放棄地での放牧実施圃場におけるライムギを用いた黒毛和種繁殖牛の放牧が 10月下旬から1月中旬まで可能であることが実証され、その期間の牧養力は 2 年平均で 424 頭・日/ha であり、1ha あたり黒毛和種繁殖牛 5 頭を 85 日間放牧出来ると考えられた。また、本放牧期間において、妊娠中期までの黒毛和種繁殖牛の飼養がライムギのみで可能であるが、妊娠末期の黒毛和種繁殖牛には 11 月以降にライムギの TDN 含量、CP 含量ともに要求量を下回るため、補助飼料の給与が必要であると考えられた。そして、ライムギの春先の再生草も利用可能であることが示唆された。

なお、ライムギ放牧期間中は、以下の作業が省力化できる: 舎飼飼養において通常行われる 1 日 2 回の給餌作業、糞尿処理作業、その舎飼期間に排泄される糞尿を基にした堆肥の調整と運搬・散布作業等が無くなる等。一方でライムギ放牧を行うにあたり、飼料イネ立毛放牧と同様に以下が必要となる: 土地や牧柵施設、毎年の草地造成作業、ストリップ放牧を行うため 1 日 1 回の電牧の移動作業。ライムギ放牧に取り組む際には、これら家畜飼養作業等の省力化部分と増加部分の双方を考慮する必要がある。またライムギの安全性について、本試験ではライムギ放牧に用いた供試牛も後日無事に子牛を出産したことから問題が無かったと考えるが、一方でライムギの硝酸態窒素含量は未測定で明らかでない。ライムギの硝酸態窒素含量は、播種日が早いほど、生育が進むほど低くなる³⁾ことから、ライムギ放牧実施の際には、この点を考慮し注意して利用する必要があると考えられる。

謝 辞

本実証試験の遂行にあたり、多大なご尽力をいただいた栃木県茂木町の瀬尾亮氏に深謝する。

本報告の調査には栃木県畜産酪農研究センター環境飼料部草地飼料研究室の斎藤栄氏にご協力願った。本報告の調査取りまとめには農研機構畜産研究部門草地利用研究領域契約職員鈴木博子氏にご協力願った。また、生産現場における草地造成や調査には農研機構畜産研究部門畜産飼料作研究拠点技術支援センター那須業務科職員、同契約職員の方々にご尽力願った。ここに併せて謝意を表す。

本研究は、農林水産省が予算措置し、農研機構生研支援センターが実施する「攻めの農林水産業の実現に向け

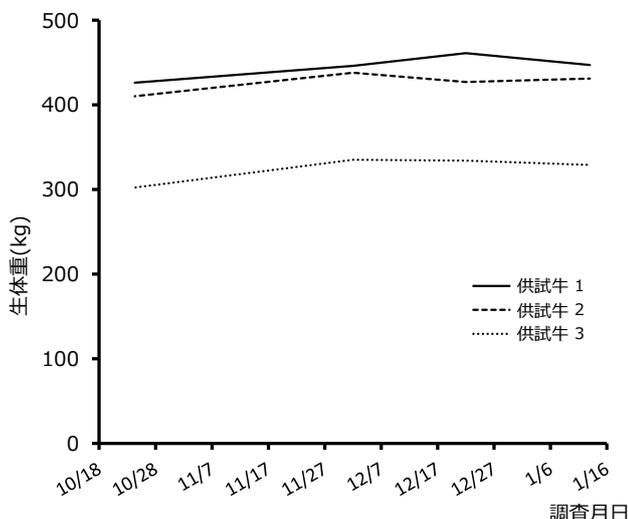


図 6. ライムギ放牧期間における黒毛和種繁殖牛の体重推移 (2014 年度)

た革新的技術緊急展開事業」の支援を受けて行った。

引用文献

- 1) 井村毅 (1999). 冬季の使用を中心とした技術的課題-ASP を中心にして、畜産技術, 531, 13-15.
- 2) 北川美弥・中神弘詞・平野清 (2017). 関東甲信越地域の中・高標高地における晩秋期放牧に適した飼料ムギ類の選抜と播種時期ならびに放牧延長期間の検討, 日草誌, 62, 9-14.
- 3) 前田綾子・菅沼京子・小野晃一・星一美・田澤倫子・千枝健一・片柳裕 (2006). 飼料用麦類の冬作における安定栽培技術の開発, 栃木酪試研報, 129, 13-28.
- 4) 的場和弘・梅村恭子・大槻和夫・高橋繁男 (2011). 栃木県内の酪農農場への集約放牧導入事例, 日草誌, 56, 278-283.
- 5) 農業・食品産業技術総合研究機構 (2009). 日本飼養標準・肉用牛, 2008 年版, 中央畜産会, 東京, 234p.
- 6) 農研機構中央農業研究センター (2013). 水田放牧の手引き, 農研機構中央農業総合研究センター, つくば, 93p.
- 7) 農林水産技術会議事務局 (1979). 肉用牛のためのウィンターグレイジング技術確立に関する研究, 研究成果, 117, 260p.
- 8) 農林水産省 (2016). 2015 年農林業センサス 第 2 巻 農林業経営体調査報告書 - 総括編 -, URL <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001154297> [2017 年 11 月 1 日参照].
- 9) 農林水産省 (2015). 耕作放棄地への放牧による肉用牛繁殖経営, 食料・農業・農村白書, 平成 26 年版, 農林統計協会, 東京, 95.
- 10) 進藤和政・小川恭男・小山信明 (1994). 九州低暖地における暖地型及び寒地型牧草地の組合わせ放牧利用 3. バヒアグラス草地とイタリアンライグラス草地の組合わせ利用による肉用肥育素牛の放牧育成・草生産量について, 日草誌, 40(別), 293-294.
- 11) 山本嘉人・北川美弥・西田智子 (2006). 周年放牧に向けた冬季放牧草地の造成管理利用技術の開発 1. 冬季放牧草地の草種選定, 日草誌, 52(別), 214-215.
- 12) 山本嘉人・北川美弥・平野清・的場和弘・梅村恭子 (2008). 周年放牧に向けた冬季放牧草地の造成管理利用技術の開発 2. ライムギとイタリアンライグラス単播草地の生産量, 日草誌, 54(別), 96-97.
- 13) 山本嘉人・北川美弥・西田智子 (2008). 栽培ヒエとイタリアンライグラスを組み合わせた水田放牧草地の植生と乾物生産量, 日草誌, 54, 7-11.
- 14) 全国農業会議所 (1999). 遊休農地の実態と今後の活用に関するアンケート調査結果, 全国農業会議所, 東京, 205p.

Extension of Grazing Period by Growing Rye (*Secale cereale* L.) in an Abandoned Cultivated Land Grazing

Kiyoshi HIRANO, Koji NAKAGAMI¹, Seiji NAKAO, Kazumasa SHINDO and Yasuyuki IDE

Division of Grassland Farming,
Institute of Livestock and Grassland Science, NARO,
Nasushiobara, 329-2793 Japan

¹Division of Grassland Farming,
Institute of Livestock and Grassland Science, NARO,
Miyota, 389-0201 Japan

Summary

This study aimed at evaluating the effectiveness of growing rye for extending the grazing period on abandoned cultivated lands that were less grazed. The study was performed on abandoned cultivated lands, with decreased grazing from July to August, in Tochigi Prefecture, Motegi-machi. Thereafter, rye grassland was renovated from late August to early September, and extension of grazing period was assessed from late October, using Japanese Black Cattle that strip-grazed on rye.

Extension of grazing periods (head/area) were by 84 (3 head/65a) and 85 (7 heads/130a) days in the fiscal years 2014 and 2015, respectively. The weight of dry matter (DM) of rye plants increased gradually from 290 kg/10a on October 19, 2014 to 519 kg/10a on January 12, 2015 and from 260 kg/10a on October 21, 2015 to 521 kg/10a on January 13, 2016. The average values of total digestible nutrients and crude protein in rye during the period from October 21 to January 13 were 53.8 and 8.4%, respectively. The average daily weight gain of cattle was 0.28 kg/day.

This study demonstrates the extension of grazing period from late October to middle January, by growing rye in an abandoned cultivated land. The average grazing capacity during the two years for extended grazing was 424 head·day/ha, which indicates the use of 1 ha rye grassland for grazing by about 5 cattle heads for 85 days. In addition, during this period of rye use, cattle can be raised only on rye until the middle of pregnancy, but cattle at the end of pregnancy need to be provided with supplementary feed after November.

Key words: abandoned cultivated lands, grazing period extension, *Secale cereale* L.

ヌカ類および製造粕類におけるデタージェント連続分析の有用性

甘利雅弘・田島清・大森英之¹

農研機構畜産研究部門 家畜代謝栄養研究領域, つくば市, 305-0901

¹農林水産省農林水産技術会議事務局, 東京, 100-8950

要 約

酸性デタージェント繊維 (ADFom) は結晶性セルロースとリグニンを示す指標とされているが、飼料中のペクチン質が含まれているため過大に評価されている。ADFom をより正確な飼料評価の指標とするため、aNDFom, ADFom および ADL を連続して分析 (連続分析) し、その有用性について検討した。供試試料は、大豆粕、フスマ、脱脂米ヌカ、ビートパルプ、ビール粕、豆腐粕であった。aNDFom および ADL では、常法と連続分析との分析値の差は、それぞれ -0.5 ~ 0.8 パーセントポイント (% P), -0.3 ~ 0.0% P であり、大きな差は認められず、連続分析による分析値は、常法の aNDFom および ADL と同等に扱うことができると考えられた。常法による ADFom 分析値と連続法による ADFom 分析値 (n-ADFom) では、すべての飼料種で n-ADFom が低い値を示した。ビール粕および豆腐粕では、それぞれ 4.6, 4.3% P の差がみられ、他の飼料でも 1.9 ~ 3.2% P の差が認められた。また、製造粕類は ADFom 中に残留する粗タンパク質 (CP) を多く含むものもあり、残留 CP を除外し補正した ADFom, n-ADFom についても比較した。残留 CP を補正した ADFom と n-ADFom の差は、ビール粕および豆腐粕が、それぞれ 3.0, 3.6% P であり、他の飼料は 1.1 ~ 2.8% P の差が認められた。このことからペクチン質が酸性デタージェント溶液 (AD 溶液) による加熱処理過程でろ過し難い物質の生成に寄与し、ADFom を過大に評価していることが明らかとなり、連続分析による n-ADFom は総繊維中の結晶性セルロースとリグニンを示す飼料の消化特性や栄養評価に有効な指標となりうるものと考えられた。

キーワード : aNDFom, n-ADFom, 連続分析, ヌカ類, 製造粕類

緒 言

乳牛の飼養管理においては、その能力を最大限に引き出して安定的な乳生産を図るため、成長や生産量に応じた栄養要求量の適正給与が必要である。また、酪農経営での生産費の 50% を超える飼料費^⑧の節減は経営の安定・強化を図る上で重要な課題である。反芻家畜においては、飼料中の繊維成分は重要な栄養素である。特に配合飼料原料等に用いられるヌカ類および製造粕類は、牧草などの粗飼料と異なり繊維成分の組成がそれぞれ大きく異なるものと考えられる。

飼料中の繊維成分の評価手法としてデタージェント分析法^{10,11)}による中性デタージェント繊維 (aNDFom),

酸性デタージェント繊維 (ADFom) および酸性デタージェントリグニン (ADL) が飼料の栄養評価および給与診断の指標として世界的に広く利用されてきている。しかしながら、飼料の種類によっては、aNDFom より ADFom の分析値の方が大きくなるなどの事例^{1,8)}がみられる。本来、飼料中の総繊維量として定義される aNDFom 中の結晶性セルロースとリグニンが ADFom であることから、適正な分析値として評価されていないと考えられる。その原因は、飼料中の多糖類を主要画分とするペクチン質の存在によるものとされている^{1,3,4)}。野菜類や果実粕等では顕著な差がみられ、牧草類等の粗飼料でもペクチン質に由来する差が認められる報告^{1,2)}がある。この解決策として、中性デタージェン

ト溶液 (ND 溶液) 処理後の残渣について ADFom 分析 (n-ADFom), ADL を連続して分析する方法が提案¹⁾されている。また, ADFom 中に残留する粗タンパク質は, 結合性タンパク質として定義され, 粗タンパク質のウシ第一胃内での分解性に基づく画分として利用されているが, ADFom の構成物質である結晶性セルロースとリグニンを明確に表示させるためには ADFom 中に含まれる粗タンパク質の存在も考慮する必要がある。

そこで製造粕類について aNDFom, n-ADFom, ADL を連続分析することによりペクチン質および残留する粗タンパク質を除去した定量値を従来の方法で定量した分析値と比較し, デタージェント分析の連続法による分析値の飼料評価への有用性を検討した。

材料と方法

1. 供試試料

供試試料は, 大豆粕, フスマ, 脱脂米ヌカ, ビートパルプ, ビール粕, 豆腐粕であった。供試試料は熱乾法により 60℃で 18 時間乾燥させ, 室温で 1 日間放置した後, 1mm のメッシュを通過する粒度で粉碎し, 飼料分析に供した。

2. 飼料成分分析

飼料成分分析は, 一般分析法⁵⁾による水分, 粗タンパク質 (CP), デタージェント分析法^{6,10,11)}に基づく aNDFom および ADFom と ADL を分析する方法 (常法) であり, それらに加えて ND 溶液で処理した残渣を AD 溶液で煮沸し, それ以降は常法に準じた分析操作で aNDFom, n-ADFom, ADL を連続させて定量する方法¹⁾ (連続分析) によった。これらのデタージェント分析には, 同一の試薬を用い, アクタック ファイバートテスト (VELP SCIENTIFICA FIWE6) を用いて定量した。本

試験において, デタージェント分析に供した試料量は, aNDFom の分析法⁶⁾に従い 0.5g とした。これらの分析は 2 反復で実施し, 2 反復の分析値の相対誤差が 2% 以内のものを平均し分析値として用いた。また, 製造粕類には高タンパク質含有の飼料もあり, aNDFom および ADFom 中に CP が多く残留している可能性もあることから aNDFom および ADFom 中に残留する CP を定量した。得られた aNDFom, ADFom, n-ADFom 分析値から aNDFom, ADFom, n-ADFom 中の残留 CP を差し引いて補正した分析値について, これらの差を比較することにより検討した。

結果と考察

供試試料について, それぞれのデタージェント分析法で分析した結果を表 1 に示した。aNDFom では, 常法と連続法の分析値は -1.3 ~ 0.8% P の差が認められた。常法と連続分析における aNDFom 分析値では, 異なる要因が補正する灰分量の違いによるもののみであり, それらの違いが反映されていると考えられる。大豆粕, フスマ, 脱脂米ヌカではそれぞれ 0.5, 1.3, 0.2% P と連続法が大きい値を示し, ビール粕は同じ値であり, ビートパルプ, 豆腐粕は, それぞれ -0.8, -0.1% P と連続法が小さい値を示した。aNDFom における常法での灰分量と ADL 中の灰分量との差は, 最も大きい差を示したビートパルプでも 0.85%, 他の飼料は 0.02 ~ 0.33% の範囲にあり, これらの分析誤差は軽微な差であると考えられる。

このことから連続法による aNDFom において, ADL 中の灰分量を代用することは, 今回の結果をみる限り各種飼料における aNDFom 分析値に大きな影響を与えるものではなく常法の aNDFom と同等に扱うことができるものと考えられる。なお, ADL の分析を行

表 1. ヌカ類および製造粕類におけるデタージェント分析による飼料成分

	aNDFom				ADFom				ADL		
	常法	連続法	差	相対比	常法	連続法	差	相対比	常法	連続法	差
Soy bean meal	12.2	12.7	-0.5	-3.6	9.6	6.4	3.2	49.5	0.3	0.3	0.0
Wheat bran	43.4	44.7	-1.3	-2.9	14.7	12.6	2.0	16.2	3.1	3.4	-0.3
Defatted rice bran	34.3	34.6	-0.2	-0.7	15.9	12.8	3.1	24.0	4.7	5.2	-0.4
Beet pulp	46.9	46.0	0.8	1.8	25.7	23.8	1.9	8.2	1.6	1.8	-0.2
Brewers grains	70.2	70.2	-0.1	-0.1	25.0	20.4	4.6	22.7	4.9	5.0	0.0
Tofu cake	33.1	33.0	0.1	0.3	21.2	16.9	4.3	25.5	1.1	1.3	-0.1

Chemical composition of brans and food processing by-products by detergent analysis.

差: 常法分析値 (DM%) と連続法分析値 (DM%) との差 (DM%), 相対比: 連続法分析値に対する差の割合 (%), aNDFom: 中性デタージェント繊維, ADFom: 酸性デタージェント繊維, ADL: 酸性デタージェントリグニン

わず n-ADFom のみの分析では、aNDFom 分析値は、n-ADFom 分析における灰分量が ADL における灰分量を下回ることがないことから、n-ADFom 分析の灰分量を用いて補正し、aNDFom 分析値として用いることも可能と考えられる。

次に、aNDFom 中に残留する CP 含量と CP を補正した aNDFom 値を表 2 に示した。供試した試料の CP 含量は大豆粕 53.1%，フスマ 19.2%，脱脂米ヌカ 21.1%，ビートパルプ 7.6%，ビール粕 24.5%，豆腐粕 27.7% とビートパルプ以外の試料は高い CP 含量を有していた。これらの残留 CP を差し引いた aNDFom 値と aNDFom 分析値との差は、ビール粕が 15.2% P と著しく大きく、脱脂米ヌカおよびビートパルプがそれぞれ 5.5, 5.6% P, 他の試料では 2.3～4.4% P の範囲にあった。飼料種類によって大きな違いはあるものの aNDFom を総繊維量の指標として用いるためには無視できる範囲のものでなく、今後、aNDFom 中の残留 CP を補正したより aNDFom の真値に近い分析値を飼料評価の指標として活用していくことが課題であると考えられる。

ADFom における常法と連続法との分析値では、すべての飼料の種類で連続法の方が低い値を示した。ビール粕、豆腐粕はそれぞれ 4.6, 4.3% P の差がみられ、他の試料でも 1.9～3.2% P の差が認められた。相対比についてみると ADFom 含有量の少ない大豆粕では 49.5%，脱脂米ヌカ、ビール粕、豆腐粕は 22.7～25.5% と大きな差が認められ、粗飼料²⁾ や野菜残渣¹⁾ などと同様に aNDFom と ADFom との差をヘミセルロスとして評価する場合には、これらの試料のヘミセルロースを過小評価してしまうことになる。一般に粗飼料として利用されている牧草や飼料作物では ADFom 中の残留 CP 含量は大きなものではなく分析値に大きな影響は与えていな

い¹⁾。これらの飼料の種類では、常法の ADFom と連続法における n-ADFom との差をペクチン質に由来するものと考えられているが、製造粕類では子実などが原料であるため、牧草などの植物体が有する繊維構造や繊維質を構成する物質と異なるものと考えられる。

また、aNDFom と同様に、ADFom および n-ADFom 中の残留 CP も大きく影響するものと考えられることから、残留 CP を補正した ADFom について表 2 に示した。常法による ADFom では、大豆粕の残留 CP は 23.2% と aNDFom の残留 CP% より大きく、ビール粕が 11.2%，他の飼料は 2.9～4.5% の範囲にあった。一方、連続法における n-ADFom では、大豆粕が 1.6% と常法の場合と大きく異なる結果であった。脱脂米ヌカ、ビール粕、豆腐粕では常法のものとは比べ低い値であり、フスマ、ビートパルプは常法と連続法で大きな差は認められなかった。本試験においては残留粗タンパク質のアミノ酸組成の分析を実施していないため、明確な言及はでき得ないが、ADFom 分析において AD 溶液により酸可溶性のアミノ酸類が流出したのに対し n-ADFom 分析では ND 溶液と AD 溶液によって中性および酸可溶性のアミノ酸類⁷⁾ が流出したためと推察される。残留 CP を補正した ADFom と n-ADFom についてみると、n-ADFom の方がすべての試料で小さくその差は 1.1～3.6% P であり、ADFom 分析値に対する n-ADFom 分析値との比率（相対比）は 7.6～22.4% の範囲にあった。これらの差は、常法における ADFom 分析値の中にコロイド状多糖類を主要画分とするペクチン質が含まれているためである^{3,4)}。これらペクチン質は、糖と酸の存在下でゼリー状になる性質を持つが、ペクチン質の多糖体はその構造が複雑でその定量法も確立されていないことから含有量を示すことができ得ないが、ペクチン質が AD 溶液

表 2. 残留粗タンパク質を補正したデタージェント成分値

	aNDFom									ADFom						
	常法			連続法						常法			連続法			
	分析値	残留 CP%	補正值	分析値	残留 CP%	補正值	差	相対比	分析値	残留 CP%	補正值	分析値	残留 CP%	補正值	差	相対比
Soy bean meal	12.2	18.6	9.9	12.7	18.6	10.3	-0.4	-3.6	9.6	23.2	7.4	6.4	1.6	6.3	1.1	16.6
Wheat bran	43.4	10.1	39.0	44.7	10.1	40.2	-1.1	-2.9	14.7	2.9	14.3	12.6	2.7	12.3	2.0	15.9
Defatted rice bran	34.3	16.2	28.8	34.6	16.2	29.0	-0.2	-0.7	15.9	4.5	15.2	12.8	3.2	12.4	2.8	22.4
Beet pulp	46.9	12.0	41.2	46.0	12.0	40.5	0.7	1.8	25.7	3.5	24.8	23.8	3.1	23.1	1.7	7.6
Brewers grains	70.2	21.7	54.9	70.2	21.7	55.0	-0.1	-0.1	25.0	11.2	22.2	20.4	5.8	19.2	3.0	15.8
Tofu cake	33.1	8.2	30.4	33.0	8.2	30.3	0.1	0.3	21.2	4.0	20.3	16.9	0.8	16.7	3.6	21.4

Analytical value of detergent analysis except for a remains crude protein.

aNDFom, ADFom, 差, 相対比: 表 1 参照, 残留 CP% (DM%): aNDFom, ADFom 中の粗タンパク質含量, (aNDFom 中の残留 CP% は常法と連続法が同一処理であり双方の相対誤差が 1% 以内であったため平均値を採用), 補正值: 残留 CP を除去した aNDFom, ADFom 分析値

による加熱処理過程でろ過し難い物質の生成に寄与しているものと推察され、ADFom中に残留し過大にその含量を評価してしまうものと考えられる。一方、連続処理ではaNDFom分析の過程でND溶液による煮沸処理によりペクチン質が流出し、ADFom分析に影響を及ぼさないことから結晶性セルロースとリグニンのより真値に近い分析値が得られるものと考えられる。これらの飼料のADFomは、牧草などの粗飼料に比べ含有量が低いが、相対比からみても無視できるものではなく、試料中の繊維成分を適正に評価する観点からは不適当であると考えられる。本試験において供試した製造粕類では、脱脂米ヌカ、ビール粕、豆腐粕はADFomとn-ADFomとの差が大きく、相対比も大きかった。このように飼料の種類によってはADFomを大きく過大評価することになり、飼料の栄養的な価値を過小評価してしまうことになる。また、反芻家畜における繊維成分の消化性区分をよりの確に表示するために提案され、粗繊維と可溶無窒素物との化学的不合理を解決するために、粗繊維分析から派生したADFom分析法であるが、飼料中の総繊維量を可消化部分であるヘミセルロースと結晶性セルロースとリグニンとに分類するためにもaNDFomとn-ADFomとの差をヘミセルロースとする方がよりの確に飼料の栄養価を示す指標として利用できるものと期待される。特に、野菜残渣、果実粕および食品残渣等のペクチン質が多く含まれると考えられる飼料、並びにADFom分析値がaNDFom分析値より大きい値を示す飼料では、連続法によるn-ADFom分析が推奨される。

ADLについては、常法と連続法との分析値の差は、すべての飼料で-0.4～0.0% Pの範囲にあり、aNDFomの場合と同様に、常法の分析値と同等に扱えるものと考えられた。

先に述べたようにaNDFom並びにADFomが持つ飼料中の総繊維、総繊維中の結晶性セルロースとリグニンという観点からその差をヘミセルロースとするならば、aNDFom残渣についてADFomを分析するn-ADFomは、理論的には適切な方法と言える。今回の分析結果が示すようにADFomとn-ADFom分析値との間には大きな差が認められることから、n-ADFom分析値を従来のADFom分析値と同一に扱うことはできない。したがって、n-ADFom分析値を使用する際には、これら画分の化学的な性質を理解し、分析法を明記した上で用いるべ

きであると考ええる。さらに、n-ADF分画の栄養学的な意義を家畜試験等によりその有効性を検証し、データ蓄積を図っていく必要があると考ええる。

引用文献

- 1) 甘利雅弘・永西修・寺田文典・野中和久 (2009). 野菜におけるデタージェント分析法適用上の問題点、畜産草地研究所研究報告, 10, 9–13.
- 2) 甘利雅弘・田島清・大森英之 (2017). aNDFom, ADFom および ADL 連続分析の有用性, 農研機構研究報告畜産研究部門, 17, 7–11.
- 3) 浅岡久俊 (1986). 化学セミナー 14 糖質, 丸善, 東京, 149–151.
- 4) Cassida, K.A., Turner, K.E., Foster, J.G. and Hesterman, O.B., (2007). Comparison of detergent fiber analysis methods for forages high in pectin. *Anim. Feed Sci. & Tech.*, 135, 283–295.
- 5) 石橋晃 (2001). 新編動物栄養試験法, 養賢堂, 東京, 642p.
- 6) 自給飼料利用研究会 (2008). 粗飼料の品質評価ガイドブック, 三訂版, 日本草地畜産種子協会, 東京, 195p.
- 7) 森本宏 (1969). 家畜栄養学, 改訂版, 養賢堂, 東京, 7–8.
- 8) 野中和久・名久井忠・篠田満 (1994). ニンジンサイレージの調製と飼料価値, 北海道農業試験場研究報告, 159, 73–85.
- 9) 農林水産省大臣官房統計部 (2016). 農業経営統計調査 平成 27 年度牛乳生産費 (全国), http://www.maff.go.jp/j/tokei/sokuhou/noukei/seisanhi_tikusan/gyunyu/h27/index.html [2016年9月15日参照].
- 10) Van Soest, P.J. (1963). Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. I. Preparation of fiber residues of low nitrogen contents. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 46, 825–829.
- 11) Van Soest, P.J. (1963). Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of Plant cell wall constituents, *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 50, 50–55.

The Utility of Continuous Method of Detergent Analysis in Brans and Food Processing By-products

Masahiro AMARI, Kiyoshi TAJIMA and Hideyuki OHMORI¹

Division of Animal Metabolism and Nutrition,
Institute of Livestock and Grassland Science, NARO,
Tsukuba, 305-0901 Japan

¹Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council,
Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries,
Tokyo, 100-8950 Japan

Key words: aNDFom, n-ADFom, Continuous method, brans and food processing by-products

© 2018 Institute of Livestock and Grassland Science, NARO

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced without the permission of the copyright holder.

Published by Institute of Livestock and Grassland Science,
National Agriculture and Food Research Organization (NARO)
Ikenodai 2, Tsukuba, Ibaraki 305-0901 Japan

編 集 委 員 会 事 務 局

企画管理部企画連携室
那須企画管理室企画連携チーム

本研究報告から転載，複製を行う場合は，農研機構畜産研部門の許可を得てください。

※農研機構は，国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（略称）です。

平成 30 年 3 月 印刷
平成 30 年 3 月 発行

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 畜産研究部門

〒305-0901 茨城県つくば市池の台2
TEL 029-838-8600(代)
FAX 029-838-8606

印刷所 朝日印刷株式会社つくば支社

(目的)

第1条 農研機構研究報告 畜産研究部門及び畜産研究部門研究資料への投稿については、刊行物著作権取扱規程（14規程第56号）に定めるもののほか、この要領の定めるところによる。

(投稿者の資格)

第2条 投稿者は、農研機構職員（以下「職員」という。）、流動研究員、依頼研究員、日本学術振興会特別研究員及び日本学術振興会外国人特別研究員（以下「他の研究員」という。）等とする。

- 一 職員が投稿する内容は、主として畜産研究部門（以下「部門」という。）で行った研究とする。
- 二 他の研究員等が投稿する内容は、部門で行った研究とする。

(投稿原稿の内容)

第3条 投稿原稿の内容は、次のとおりとする。

- 1 農研機構研究報告 畜産研究部門（Bulletin of the NARO, Livestock and Grassland Science / 略誌名：(和文)農研機構報告 畜産部門 (英文) Bull. NARO, Livest. & Grassl. Sci.)
 - 一 原著論文：部門において行った試験研究及び部門以外の者に委託して行った試験研究の成果に関わる論文とする。
 - 二 短報：一以外の研究の予報、速報などの短報とする。
 - 三 技術論文：新しい技術や技術の組立、実証などを主体とする報告。
 - 四 総説：畜産草地研究に関わるものとする。総説は投稿のほか、編集委員会が依頼したものを含む。
 - 五 学位取得論文：部門において主として行った試験研究による学位取得論文とする。
- 2 畜産研究部門研究資料（Memoirs of Institute of Livestock and Grassland Science, NARO / 略誌名：(和文)畜産部門研資 (英文) Mem. Inst. Livest. Grassl. Sci., NARO)

調査資料・技術資料・研究資料：部門において行った試験研究及び部門が部門以外の者に委託して行った試験研究のうち、学術的・産業的に有用な未発表の資料とする。

(原稿の執筆)

第4条 原稿の執筆に当たっては、別に定める農研機構研究報告 畜産研究部門及び畜産研究部門研究資料執筆要領（13畜草B第44号）に基づくものとする。使用する言語は日本語又は英語とする。

(原稿の提出)

第5条 次の手続により原稿及び原稿提出票を事務局に提出する。

- 一 職員は、原稿提出票に必要事項を記載し、所属研究領域長等の校閲を受ける。
- 二 他の研究員等は、原稿提出票に必要事項を記載し、所属研究領域長等の校閲を受ける。

(受付)

第6条 受付日は、原稿及び原稿提出票を事務局が受取った日とする。受理日は、編集委員会の審査の結果、掲載が妥当と認められた日とする。

(審査)

第7条 編集委員会は、次の手続により論文を審査する。ただし、学位取得論文については審査を省略することができる。

- 一 編集委員会は、論文の内容により審査員正副をそれぞれ1名決定し、論文審査を依頼する。審査員は、部門内及び部門外の研究者等とし、その氏名は公表しない。
- 二 審査員は、論文審査票により審査を行う。また必要に応じて指摘事項を書出し提出する。
- 三 事務局は、審査員と著者の間のやり取りの対応に当たる。
- 四 編集委員会は、審査員の審査結果を参考にして掲載の可否を判断する。

審査の内容によっては、著者に原稿の訂正を求めることができる。
- 五 著者は、審査結果を受領後、編集委員会が指定する期日までに修正原稿を事務局に提出する。

(校正)

第8条 著者による校正は原則として初校のみとする。校正は、誤植の訂正程度にとどめる。なお、やむを得ず大きな変更等を行う場合には、編集委員会の承認を得なければならない。

附 則

この規定は、平成14年4月1日から施行する。

附 則

この規定は、平成15年10月1日から施行する。

附 則

この規定は、平成18年4月1日から施行する。

附 則

この要領は、平成20年4月1日から施行する。

附 則

この要領は、平成23年4月1日から施行する。

附 則

この要領は、平成23年8月8日から施行する。

附 則

この要領は、平成27年4月1日から施行する。

附 則

この要領は、平成28年4月1日から施行する。

附 則

この要領は、平成29年3月14日から施行する。

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
畜産研究部門

Institute of Livestock and Grassland Science,
National Agriculture and Food Research Organization (NARO)