

ISSN 2185-0437

山口県農林総合技術センター研究報告

第6号

平成27年3月

BULLETIN OF THE YAMAGUCHI PREFECTURAL AGRICULTURE & FORESTRY
GENERAL TECHNOLOGY CENTER

No. 6

March, 2015

Yamaguchi Prefectural Agriculture & Forestry General Technology Center

Ouchi Hikami, Yamaguchi City, Yamaguchi Prefecture, Japan

山口県農林総合技術センター

山口県山口市大内氷上一丁目1番1号

山口農林総技セ研報

Bull. Yamaguchi Agri.

& For. Gen. Tech. Ctr.

山口県農林総合技術センター研究報告(平成 27 年 3 月)

目 次

601	山口県産多収米品種の米粉特性とパン加工適性および米粉麵製造方法 岡崎 亮・平田 達哉・中村 紀美子	1
602	鶏糞を活用した小麦「ニシノカオリ」の施肥技術 内山 亜希・中司 祐典・谷崎 司・明石 義哉	7
603	新品種「はなっこりーME」と「はなっこりーL」の品種の特性を活かした栽培 方法と作型 藤井 宏栄・日高 輝雄・片川 聖	13
604	ブドウにおける斑状着色障害の発生原因と亜リン酸含有液肥による防止技術 中谷 幸夫・河村 俊和・吉岡 陸人	21
605	ハダニ類の簡易薬剤感受性検定法の開発 溝部 信二・中川 浩二・殿河内 寿子	29
606	現場で可能なトマト灰色かび病菌の薬剤感受性簡易検定法の開発 吉原 茂昭・唐津 達彦・村本 和之	33
607	種雄牛の採精及び凍結精液作成技術に関する研究 竹下 和久・稲吉 洋裕	38
608	見島ウシの近交度を考慮した適正交配に関する検討 稲吉 洋裕・竹下 和久	44
609	無角和種の近交度を考慮した適正交配に関する検討 稲吉 洋裕・竹下 和久	54
610	乳牛の糞の性状及び MUN 値の長命連産に適した飼養管理改善への応用 森 実希・大石 理恵	64
611	遊休水田等を利用した放牧期間延長技術の開発 刀禰 瑞世・古澤 剛・脇本 雄樹・引田 久美子	69

山口県産多収米品種の米粉特性とパン加工適性

および米粉麺製造方法

岡崎 亮・平田 達哉・中村 紀美子*

Characteristics and Bread Processing Suitability of Rice Flours Made from Yamaguchi Prefecture's High-Yielding Rice Varieties and Production Methods for Rice Flour Noodles

Akira OKAZAKI, Tatsuya HIRATA and Kimiko NAKAMURA

Abstract: This study examined various rice flours for characteristics and suitability for bread processing. Four high yielding rice varieties grown in Yamaguchi Prefectural Agriculture and Forestry General Technology Center were used: "Hoshiaoba," "Takanari," and "Hokuriku 193 gou," three varieties used for feed, and "Yamadawara" used for sake-kakemai. The production method for rice flour noodles was also examined. There was no significant difference in the amylose content between the varieties of rice. Based on the damaged starch content, particle size distribution, gelatinization characteristics, and the taste and expansion of the bread produced, "Hokuriku 193 gou," and "Yamadawara" were considered to be excellent quality for baking. For production of rice flour udon noodles, the addition of 0.5% propylene glycol alginate acid ester was necessary to preserve the chewy texture of the noodles. Steaming the dough for 2-3 minutes before rolling was effective for making noodles that did not break easily.

Key Words : damaged starch, physical property, propylene glycol alginate

キーワード : アルギン酸エステル、物性、デンプン損傷度

緒言

我が国の食料自給率の向上と水田の有効活用を図る上で、「米粉」をパン等に利用することが緊急の課題となっている。しかしながら、本県の米粉を利用した加工食品は、学校給食の米粉パンなど、地産地消の動きから増加しつつあるが、その利用場面はまだ多くはない。これは、米粉が小麦粉よりも割高であることに加え、消費者に受け入れられる加工品を作るには、どのような特性の米粉を用いればよいか不明であることが原因の一つである。

本県では、多収米として飼料用米品種と酒の掛米品

種の選択を進めている。収量が期待できるこれら多収米品種を米粉として利用することで低価格での提供が可能と考えられる。しかしながら、多収米品種の米粉特性やパン加工適性は明かでない。また、麺製造においては生地材料の配合や製麺方法等が不明である。

そこで、はじめに多収米品種の米粉としての特性及びパン加工適性を、次に有望であった品種を用い、うどん麺製造方法を検討した。

材料および方法

1 多収米品種の米粉特性とパン加工適性

*現在：柳井農林事務所

1) 供試材料

2010年及び2011年に、山口県農林総合技術センター内の圃場で栽培した飼料用米の「ホシアオバ」、「タカナリ」、「北陸193号」及び酒掛米用の「やまだわら」を用いた。また、比較のため食用米の「ヒノヒカリ」を、また、2011年度は「日本晴」についても調査した。

2) 精米の製粉方法

2010年産米は、K社（大阪府）に委託し、湿式気流粉砕機で製粉した。また、2011年産米は、県内の農業高校が所有する乾式気流粉砕機（株山本製作所製MP2-350YS2）で製粉した。

3) 分析方法

(1) 米粉の品種特性

各品種の米粉について、水分含量、タンパク質含量、アミロース含量、デンプン損傷度、粒度分布、糊化特性を調査した。

水分含量は、135℃2時間乾燥法を用いた。

タンパク質含量は、ケルダール法により測定した全窒素に米の係数である5.95を乗じて求めた。

アミロース含量とデンプン損傷度は、アミロース／アミロペクチン測定キット及び損傷デンプン測定キット（いずれも日本バイオコン社製）を用いて測定し、米粉のデンプン中含量として表した。

粒度分布は、100メッシュ（152μm）から440メッシュ（35μm）までの5段階の篩を用いて篩い分けし、それぞれの篩に残った粒子の重量を測定した。

糊化特性は、ビスコグラフ（ブラベンダー社製）を用い、最高粘度、最低粘度、ブレークダウン、最終粘度、コンシステンシーを測定した。

(2) 米粉のパン加工適性

2010年産米粉を用い、米粉とグルテンの割合を80:20とし、第1表の材料を米粉とグルテンの含量を100とした配合割合で加え、通常の製造方法に従い混合した。その後、製パン器（株式会社松下電器製SD-BT102）で生地を捏ね、成形、発酵させた後、200℃のガスオーブンで焼成し、食パンを製造した。食パンは5回製造し、比容積と老化度の測定及び官能検査を行った。

比容積は、菜種置換法を用いて測定した。老化度は、物性試験器（株式会社山電製RE-3305）を用い、16mmφプランジャーを使用した。測定速度1mm/sec、測定歪率50%で圧縮したときの応力を、製造直後と1日経過後に測定し、その差を老化度とした。食味は、当研究室員4名が官能検査により評価した。

第1表 米粉食パンの配合割合と配合量

材料	配合割合%	配合量 g
米粉	80.0	224.0
グルテン	20.0	56.0
バター	3.9	11.0
砂糖	6.1	17.0
スキムミルク	2.9	8.0
食塩	1.6	4.5
ドライイースト	1.2	3.4
水	67.9	190.0

2 多収米の米粉麺製造方法

1) 供試材料

多収米品種の「やまだわら」を、乾式気流粉砕機（株山本製作所製MP2-350YS2）で製粉した

米粉と、添加物として多糖類のアルギン酸エステル（正式名：アルギン酸プロピレングリコールエステル）（株式会社キミカ 500シリーズ）を用いた。

2) 製麺方法

(1) アルギン酸エステルの添加量

米粉に食塩、水を加え、さらにアルギン酸エステルを0.1~0.5%（米粉200gに対し0.2~1.0g）の範囲で加え5処理区を設けた（第2表）。捏ね機（キッチンエイド、FMI社）（回転速度2）にて5分間捏ねた後、ドウを2分割して、めん棒で約8mmの厚さまでのばし、この生地を蒸し器で30秒間蒸した。蒸した生地を熱いうちに圧延ローラ（キッチンエイドアタッチメントローラKPR、FMI社）で延ばし、厚さ0.2cm×長さ20cmにカットしてうどん麺とし、物性試験に供試した。

第2表 米粉麺配合表

米粉	200 g
食塩	2 g
アルギン酸エステル	0.2~1.0 g
水	100 g

(2) 蒸し時間

米粉に食塩、水及びアルギン酸エステル0.5%（第2表配合表で1g）を加え、捏ね機にて5分間捏ねた後、ドウを2分割して、めん棒で約8mmの厚さまでのばし、蒸し器で1~3分間蒸した。蒸し時間は1.0、1.5、2.0、2.5、3.0分の5段階とした。この生地を(1)と同様に圧延ローラで延ばし、カットして物性試験に供試した。

3) 物性（引張り、切断）の測定方法

米粉うどん麺を約10倍量の沸騰水に投入し、5分間茹でた後ただちに流水で冷却した。引張り試験には

この麺の両端をカットして除去し 10cm にそろえた麺を、また、切断試験には、同様に 5cm にそろえた麺を用いた。測定は、卓上物性測定器 (RE2-3305S 株式会社山電製) を用いた。測定条件は、引張り試験では麺類引張用プランジャーを用い、測定速度 5mm/sec、測定歪み率 300%とし、最大荷重と破断変形を測定した。切断試験では、くさび形プランジャー (長さ 2cm、切断面幅 1mm) を用い、測定速度 1mm/sec、測定歪み率 99%とし、破断荷重と脆さ荷重を測定した。

結果および考察

1 多収米品種の米粉特性とパン加工適性

1) 米粉の品種特性

(1) 水分含量

2010 年産米粉の水分含量は、14.3~15.1%であり、「ヒノヒカリ」が最も多く「タカナリ」が少なかった。2011 年産米粉は、9.8~12.3%であった。「日本晴」を除く各品種とも、2011 年産米粉に比べて 2010 年産米粉の水分含量が多かった (第 3 表)。これは、年次変動と言うよりは粉砕方法の違いによるもので、湿式気流粉砕方式による 2010 年産米粉に比べ乾式気流粉砕方式による 2011 年産米粉の水分含量が低かったと考えられる。また、2010 年産米粉に比べ 2011 年産米粉の水分含量の品種による差が大きかったことも、粉砕方式の違いによるものであろう。

(2) タンパク質含量

タンパク質含量は、2010 年産米粉について調査した (第 2 表)。タンパク質含量は、7.0~8.6%の範囲にあった。「北陸 193 号」、「ホシアオバ」が少なく「タカナリ」が多かった。

(3) アミロース含量

アミロース含量は、2010 年産米粉について調査した (第 3 表)。アミロース含量は、18.3~22.6%の範囲にあった。用いた水稻品種は、いずれも中アミロース品種であり、その中では、「ヒノヒカリ」が最も少なく、「北陸 193 号」と「タカナリ」が多かった。パン加工において米粉のアミロース含量は 16~25%が良いとされている (高橋ら、2009) ことから、アミロース含量については、パン加工適性に品種間の優劣は無いものと考えられた。

(4) デンプン損傷度

デンプン損傷度は、湿式気流粉砕機で製粉した 2010 年産米粉では、「やまだわら」が 5.7%と最も低く、次

いで「ヒノヒカリ」が 7.4%、「北陸 193 号」が 7.6%であり、「ホシアオバ」が 9.0%と最も高かった。乾式気流粉砕機で粉砕した 2011 年産米では、「北陸 193 号」と「日本晴」が 8.7%と最も低く、次いで「タカナリ」が 9.0%であり、「ホシアオバ」が 11.8%と最も高かった (第 3 表)。パン加工において、デンプン損傷度 6%以下が適するとされている (松本ら、1991) が、本試験では、湿式気流粉砕による「やまだわら」の米粉が該当し、「北陸 193 号」がこれに続いた。

湿式に比べ乾式の気流粉砕方式により製粉された米粉は、損傷デンプンが多いとされているが (興座ら、2010)、本試験においても同様の傾向にあった。その中で「北陸 193 号」が 8.7%と最も優れ、次いで「タカナリ」、「やまだわら」であった。「ホシアオバ」は、両年度において損傷度が高く、パン加工適性は低いと考えられた。

第 3 表 品種別年次別の米粉特性 (%)

品 種	水分		タンパク質		アミロース		デンプン損傷度	
	2010年産	2011年産	2010年産	2010年産	2010年産	2011年産	2010年産	2011年産
ホシアオバ	14.5	9.9	7.1	22.1	9.0	11.8	8.6	9.0
タカナリ	14.3	10.5	8.6	20.9	7.6	8.7	15.1	11.7
北陸193号	14.4	9.8	7.0	22.6	5.7	9.1	12.3	9.8
やまだわら	14.8	11.1	7.7	20.0	7.4	9.1	-	-
ヒノヒカリ	15.1	11.7	7.6	18.3	8.7	8.7	-	-
日本晴	-	12.3	-	-	-	-	-	-

注) タンパク質は乾物中、アミロースとデンプン損傷度はデンプン中の割合
2010年産米粉は湿式気流粉砕機、2011年産米粉は乾式気流粉砕機で製粉

(5) 粒度分布

2010 年産米粉の粒度分布を第 4 表に示した。「タカナリ」「北陸 193 号」「やまだわら」および「ヒノヒカリ」は、140 メッシュ残の粒子の割合が最も高かった。また、「北陸 193 号」と「やまだわら」は、100 メッシュ残の粒子の割合が他の品種に比べ高かった。一方、「ホシアオバ」は、200 メッシュ残の粒子の割合が最も高く、他の品種に比べてもその割合は高かった。粒度分布とデンプン損傷度の関係では、米の微粒化の進行により損傷デンプンが増大するとされており (長沼、2003)、本試験でも小さい粒子の割合が多い「ホシアオバ」のデンプン損傷度が最も大きかった。

第 4 表 2010年産米粉の品種別粒度分布 (%)

品 種	100メッシュ残	140メッシュ残	200メッシュ残	330メッシュ残	440メッシュ残
	(152 μm)	(109 μm)	(76 μm)	(46 μm)	(35 μm)
ホシアオバ	2.0	19.4	54.5	23.8	0.4
タカナリ	9.8	79.5	10.4	0.1	0.1
北陸193号	47.3	50.7	1.8	0.1	0.1
やまだわら	38.2	58.6	3.0	0.1	0.1
ヒノヒカリ	28.0	65.5	6.4	0.1	0.1

注: 数値は各メッシュのふるいに残った粉の重量割合

(6) 糊化特性

米粉の糊化特性を第 5 表に示した。最高粘度は、2010 年産では「やまだわら」と「北陸 193 号」が高く、「ホシアオバ」、「タカナリ」は低かった。また、2011 年産

では、「やまだわら」は高かったが「北陸193号」は低かった。ブレイクダウン値(最高粘度-最低粘度)も同様であった。コンシステンシー値(最終粘度-最低粘度)は、「ホシアオバ」、「やまだわら」で高かった。ブレイクダウン値が高いほど、パンの食味が良く、コンシステンシー値が低いほど老化しにくいとされている。このことから、「やまだわら」が最もパン加工に適すると考えられた。また、2011年産のコンシステンシー値は劣るものの、「北陸193号」がこれに次ぐと考えられた。

第5表 米粉の品種と糊化特性 (B. U.)

品 種	2010年産				
	最高粘度	最低粘度	ブレイク ダウン	最終 粘度	コンシス テンシー
ホシアオバ	321	122	200	214	92
タカナリ	355	130	226	217	88
北陸193号	364	128	235	204	76
やまだわら	378	124	254	212	89
ヒノヒカリ	384	123	260	194	71

品 種	2011年産				
	最高粘度	最低粘度	ブレイク ダウン	最終 粘度	コンシス テンシー
ホシアオバ	300	110	190	211	101
タカナリ	353	127	226	228	101
北陸193号	310	110	199	218	108
やまだわら	415	129	286	217	88
ヒノヒカリ	310	113	197	217	105
日本晴	380	140	239	242	102

2) 米粉のパン加工適性

米粉80に対しグルテンを20添加して米粉パンを製造したところ、湿式気流粉碎による2010年産の米粉では、比容積が3.4~3.9、老化度が0.10~0.32であった。比容積、食味とも小麦粉のパンに比べるといずれの品種も劣ったが、多収米の中では、「北陸193号」と「やまだわら」が優れた。老化度では、「タカナリ」が優れ、次いで「北陸193号」であった。「やまだわら」は硬くなり劣った。2011年産の乾式気流粉碎による米粉パンの特性は、2010年産の米粉に比べて比容積の値が小さく膨らみが悪かった(第6表)。パンとして成立しなかったため老化度と食味の値は記載しなかった。これは、乾式気流粉碎の米粉は、湿式に比べてデンプン損傷度が大きくなったことで、パンの膨らみが劣ったと考えられる。

米粉パン製造では、強力粉に米粉を配合して作る方法と、米粉のみで作る方法が行われている。前者の方法に関しては、米粉の配合割合が30%を超えると膨らみが悪くなり、40%を超えると比容積が5以下となり

第6表 品種による米粉パン加工特性

品 種	比容積 (cm ³ /g)		老化度 (N)		食味
	2010年産	2011年産	2010年産	2011年産	
ホシアオバ	3.5	2.5	0.32	45.5	
タカナリ	3.4	3.0	0.10	44.8	
北陸193号	3.9	2.6	0.15	50.3	
やまだわら	3.8	2.5	0.23	47.8	
ヒノヒカリ	4.1	2.4	0.19	50.2	
小麦粉(対照)	4.8	-	0.21	79.0	

パンのふくらみが悪いとの報告がある(小河ら、2003)。本試験では米粉のみで試験しているため、いずれの品種でも比容積はそれよりもかなり小さかった。

以上より、総合的に判断するとパン加工に適する多収米品種としては「北陸193号」と「やまだわら」が優れると考えられた。なお、「タカナリ」は、老化度は低く優れたが、デンプン損傷度と糊化特性が劣った。

本試験では、米粉80%、グルテン20%とグルテンを多く添加して試験を行ったが、グルテンを20%も使用するとコスト高になってしまい普及は難しい。実際、本県で製造する学校給食用の米粉パン(コッペパン)は、小麦粉90%、米粉10%に配合した粉に、グルテンを5%添加して製造されている。米粉5%程度では、品種は問わずに製造が可能と考えられるが、米粉の量を増やして作ろうとするならば、本試験で明らかになった製パン適性に優れた品種を使用することが好ましいと考えられる。

2 多収米の米粉麵製造方法

1) アルギン酸エステルの添加量

アルギン酸エステルの添加量を変えて製造した麵の物性は、その添加量の増加に伴い、引張り試験の最大荷重が大きくなった。一方、破断変形は0.1、0.2%添加では変わらず、0.3%以上の添加で大きくなった。切断試験においても、破断荷重は添加量の増加によって増大し、特に、0.4%以上の添加から変化が大きくなった。一方、もろさ荷重は、0.4%添加までは荷重が小さく、0.5%添加で大きくなった(第7表)。

麵製造に適するアルギン酸エステル添加量は、破断荷重及びもろさ荷重が大きいことから、0.5%添加が優れると判断した。

これまでのうどん麵製造では、物性改良のため米粉の中にグルテンやじゃがいもデンプンを配合することが一般的であるが、これらの方法は色や茹で時の切れに課題を残していた。本試験においては、切れやすさを防ぐために、すでにパン及びパスタ麵の改良材等に使用されている多糖類の一種であるアルギン酸エステ

第7表 アルギン酸エステル添加量がうどん麺品質に及ぼす影響

アルギン酸 エステル 添加量 (%)	引張り		切断		
	最大荷重	破断変形	破断荷重(a)	もろさ荷重(b)	a-b
	(N)	(cm)	(N)	(N)	(N)
0.1	0.08 B	1.22 b	0.23 D	0.00 B	0.23 C
0.2	0.11 B	1.29 b	0.43 C	0.00 B	0.43 B
0.3	0.17 AB	2.17 a	0.44 C	0.04 AB	0.40 B
0.4	0.19 AB	2.07 ab	0.60 B	0.04 AB	0.56 A
0.5	0.23 A	2.32 a	0.74 A	0.12 A	0.62 A

1) 処理条件：蒸し時間 30秒

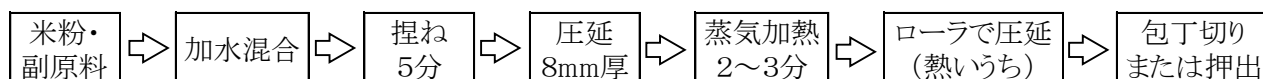
2) 各分析項目内で同種異符号間に有意差有り (Turkeyの多重比較法、大文字：1%、小文字：5%水準) (n=15)

第8表 蒸し時間がうどん麺品質に及ぼす影響

時 間 (分)	引張り		切断		
	最大荷重	破断変形	破断荷重(a)	もろさ荷重(b)	a-b
	(N)	(cm)	(N)	(N)	(N)
1.0	0.31 C	14.55 B	0.74 B	0.11 C	0.63 b
1.5	0.43 B	22.35 AB	0.72 B	0.07 C	0.65 b
2.0	0.44 B	24.33 AB	1.43 A	0.44 A	0.99 a
2.5	0.39 B	17.40 AB	1.33 A	0.47 A	0.87 ab
3.0	0.45 A	28.35 A	1.33 A	0.36 B	0.96 a

1) 処理条件：アルギン酸エステル添加量 0.5%

2) 各分析項目内で同種異符号間に有意差有り (Turkeyの多重比較法、大文字：1%、小文字：5%水準) (n=15)



第1図 米粉麺製造工程

ルを使用することとした。アルギン酸エステルは、添加するほど最大荷重、破断荷重が大きくなることから、架橋剤としての役割を担っていると考えられる。しかしながら、破断変形及びもろさ荷重が小さいことから、0.4%までの添加では切れやすくコシのないうどん麺になってしまう。そのため、同じ高分子であるデンプンになじませ、うどん麺らしい構造に変えていくには、アルギン酸エステルの量は0.4%では少なく、0.5%が必要であると考えられた。

2) 蒸し時間

アルギン酸エステルを0.5%添加することにより破断変形の値は2.32cmと高くなったが、うどん麺としてはまだ切れやすいと考えられたため、次に蒸し時間を検討した。

蒸し時間を変えて製造した麺の物性は、蒸し時間が長くなるにつれて大きくなる傾向がみられた。すなわち、引っ張り試験では、最大荷重は、1.0分が最も小さく、次いで1.5、2.0、2.5分、そして3.0分が最も大きかった。破断変形は、1.0分と3.0分の間で違いが認められ、3.0分の値が大きく優れていた。1.5~2.5分の間では明白な傾向はみられなかった。いずれにせよ、蒸し時間30秒に比べて1分以上加熱することによ

り破断変形の値はかなり大きくなった。切断試験では、破断荷重は1.0、1.5分では小さく、2.0分以上で大きかった。もろさ荷重は2.0~2.5分が大きく、優れていたが、3.0分ではむしろ小さくなった。これらの結果から、蒸し時間は2~3分が優れると判断した(第8表)。

最大荷重及び破断荷重から、蒸し時間が長い程必ずしも良いといえないが、第7表のアルギン酸エステル添加量0.5%と比較すると、加熱が製麺の一因子として重要であることがわかる。また、2分以上の蒸し時間で製造することで伸びやコシの強さがあらわれる。同じ米粉麺であるビーフンが2回の高熱処理をおこなうことに比べれば、十分な加熱量とはいえないが、うどん麺製造では2分以上の蒸し時間でα化が促進されているのであろう。そこに補助剤としてのアルギン酸エステルの添加が物性をさらに安定させていると思われる。

これらの結果から、筆者らは第1図に示す工程が米粉うどん麺作りに適していると考えた。

なお、アルギン酸エステル添加量と蒸し時間の2つの因子の相互作用は明らかでないが、この方法により小麦粉を全く使用せず、小麦粉のうどんと遜色ないうどん麺を製造することができる。

摘 要

山口県農林総合技術センターで栽培した多収米品種である飼料用米の「ホシアオバ」、「タカナリ」、「北陸 193 号」及び酒掛米用の「やまだわら」を用い、米粉としての特性およびパン加工適性を調査した。また、米粉麺の製造方法を検討した。

- 1 アミロース含量は、多収米品種間の優劣はなかった。
- 2 各品種のデンプン損傷度、粒度分布、糊化特性およびパン加工適性から、「北陸 193 号」と「やまだわら」が製パン性に優れた。
- 3 米粉麺(うどん)製造では、コシのある物性を保つためにアルギン酸エステルを 0.5%添加すること、また、切れにくくするために生地を 2~3 分蒸すことが有効であった。

引用文献

- 田中康夫. 松本博編. 1991. 製パンプロセスの科学. p. 27-62. 光琳, 東京.
- 長沼誠子. 2003. 米粉の理化学的性質および調理特性に及ぼす微粉化の影響. 秋大教研紀要. 58:29-35.
- 小河拓也. 田端広之進. 井上喜正. 2003. 米粉の配合がパンの外観及びレオロジー的性質に及ぼす影響. 兵庫農技総研報(農業). 51:25-28.
- 高橋誠. 本間紀之. 諸橋敬子. 中村幸一. 鈴木保宏. 2009. 米の品種特性が米粉パン品質に及ぼす影響. 食科工. 56:394-402.
- 與座宏一ら. 2010. 製粉方法の異なる米粉の特性と製パン性の関係. 食総研報. 74:37-44.

鶏糞を活用した小麦「ニシノカオリ」の施肥技術

内山 亜希・中司 祐典*・谷崎 司・明石 義哉**

Fertilization of “Nishinokaori” Wheat Using Chicken Droppings

Aki UCHIYAMA, Masamichi NAKATSUKASA, Tsukasa TANIZAKI and Yoshiya AKASHI

Abstract: It has been proved in previous research that chicken droppings can be an effective fertilizer for wheat. However the yield of wheat when only using chicken droppings was lower than when using standard cultivation techniques with chemical fertilizer. Therefore, in this study, the influence that using a combination of chicken droppings and chemical fertilizer had on the growth and yield of the wheat was examined. Chicken droppings were effective as a basal application. But fertilizer response did not continue past the topdressing at the tillering stage. Therefore in addition to chicken droppings, the wheat was fertilized with nitrogen at 7kg/10a, using either ammonium sulfate or coated urea as a nitrogen source. As a result, the growth and yield of the wheat were greater than when only using chicken droppings. Furthermore, the yield and quality of the wheat was equal to the yield and quality of wheat fertilized in the standard technique with nitrogen at 12kg/10a using chemical fertilizers. These results indicate that the use of chemical fertilizer in standard cultivation can be reduced by using chicken droppings in conjunction with chemical fertilizer.

Key Words : ammonium sulfate , coated urea

キーワード : 被覆尿素、硫安

緒 言

鶏糞は、地域で調達可能な肥料成分の高い有機質肥料として、リン酸、加里等の化学肥料の価格が高騰する状況においても輸入に頼らなければならない中、広く活用されつつある。また、食の安心・安全、環境保全が求められる中、鶏糞の肥料的活用は、化学肥料の削減や、循環型農業をすすめる手段として期待されている。

山口県では、採卵鶏、肉養鶏が約 370 万羽飼養されており (山口県畜産振興課, 2013)、その排せつ物の一部は、すでに小麦・水稲二毛作体系に利用されている。小麦・水稲二毛作体系では、小麦を収穫して直ぐに田に入水し代かき作業を行うため、水稲作

前の鶏糞施用は難しく、水稲を収穫した後の小麦作付前に施用されている。筆者らは、山口県での小麦・水稲二毛作体系における鶏糞利用の実態に即し、小麦作付前に施用した鶏糞がパン用小麦「ニシノカオリ」と水稲「ヒノヒカリ」の収量に及ぼす影響を検討し、小麦への施肥効果、水稲へのリン酸、加里の施肥効果が認められることを報告した (内山ら, 2014)。ただし、鶏糞のみの施用では小麦の収量は化学肥料のみで栽培した慣行栽培より劣り、鶏糞の過剰施用は土壌中のリン酸の蓄積を招く恐れがあることから、適正量の鶏糞施用とそれにより不足する窒素は化学肥料で補う必要があると考えられた。

そこで本試験では、鶏糞と化学肥料の組み合わせが小麦「ニシノカオリ」の生育、収量に及ぼす影響

*現在 : 農林水産政策課 ・ **現在 : 農業振興課

鶏糞を活用した小麦「ニシノカオリ」の施肥技術

第1表 供試発酵鶏糞の成分量

施用年度	水分 (%)	全窒素	全炭素	リン酸 石灰 苦土 加里			
				現物 (%)			
2009	20.3	2.2	14.3	7.5	19.1	2.0	5.0
2010	20.0	1.7	13.5	7.4	15.4	2.0	5.8
2011	18.3	1.8	16.9	6.1	15.9	1.6	4.4
3年平均	—	1.9	14.9	7.0	16.8	1.9	5.1

第2表 「鶏糞と化学肥料の組み合わせ試験」の試験区の構成

区名	化学肥料施肥体系 (窒素施肥量kg/10a)	鶏糞 施用量 (kg/10a)	供試年次		
			2009/ 2010	2010/ 2011	2011/ 2012
鶏糞無施用	重焼リン (P ₂ O ₅ : 4 kg/10a)、 塩化カリ (K ₂ O: 5 kg/10a) のみ施用	0	○	○	○
鶏糞のみ	化学肥料施用なし	500	○	○	○
鶏糞 + 化学 肥料	硫安追肥 (分げつ肥-穂肥-開花期追肥 = 2 - 3 - 2)	500	○	○	○
	LP30	L P 30 (リニア型) を全量基肥施用 (7)	500	○	○
	LP30/LPS30	L P 30とL P S 30 (シグモイド型) を全量基肥施用 (各3.5kg/10a)	500	○	○
	U30	ユートップ ³ 30 (シグモイド型) を全量基肥施用 (7)	500	-	○
	U50	ユートップ ³ 50 (シグモイド型) を全量基肥施用 (7)	500	-	○
慣行栽培	緩効性肥料 (ユートップ12号 ² N-P-K=24-8-10) を全量基肥 (12)	0	○	○	○

²ユートップ12号の窒素は速効性50%とユートップ30および50を各37%、13%配合

を調査し、慣行栽培と同等の収量を得ることができ
る鶏糞を活用した施肥技術について検討し、一定の
知見を得たので報告する。

なお、本試験は、全国農業協同組合連合会の肥料
委託試験として実施した。

材料および方法

試験は、2009/2010年～2011/2012年の3年間、山
口県農林総合技術センター農業技術部 (山口市大内
御堀) の同一ほ場 (14号田、礫質灰色低地土) で行
った。供試品種は小麦が「ニシノカオリ」、水稻は「ヒ
ノヒカリ」を用いた。

鶏糞は、3年間とも発酵鶏糞 (採卵鶏) を用いた。
鶏糞の現物あたりの成分量は、第1表のとおり3年
間の平均で窒素1.9%、リン酸7.0%、加里5.1%で
あった。なお、鶏糞の分析は、風乾後にミルで粉砕
した試料を「堆肥等有機物分析法」(日本土壤肥料協
会、2010) により行った。

小麦は、一回耕起した後、トラクタでサイドリッ

ジヤを装着したドリルシーダをけん引して耕うんお
よび畦立てと同時に播種した。畦幅は、1畦150cm
の4条とし、畦上の条間を20, 40, 20cmとした。
播種期は2009年が11月26日、2010年、2011年が
11月17日とし、播種量はいずれも6kg/10aとした。

なお、前作の稲わらは、水稻作のコンバイン収穫
時に細断して圃場全面に散布し、一回目の耕起時に
全量すき込んだ。また、小麦作前には炭酸苦土石灰
を100kg/10a施用した。

試験区は、第2表のとおりとし、鶏糞無施用区、
鶏糞のみ区、鶏糞+化学肥料区、慣行栽培区を設け、
小麦の生育、収量、子実タンパク質含有率 (以下子
実タンパク) などへ及ぼす影響を調査した。鶏糞無
施用区は、リン酸と加里のみ化学肥料で施用した。鶏
糞のみ区は麦作前に鶏糞を500kg/10a施用し、化学
肥料無施用で栽培した。鶏糞+化学肥料区は、麦作
前に鶏糞を500kg/10a施用し、窒素肥料のみを硫安
による追肥 (以下硫安追肥区) もしくは被覆尿素を
全量基肥で施用した。鶏糞からの窒素供給量は、鶏
糞の窒素含有率を2%、無機化率50%と仮定し、鶏

糞500kgから供給される窒素を5kg/10aと推定し、化学肥料での窒素施用量は慣行栽培区の12kg/10aとの差である7kg/10aとした。硫安追肥区は、分げつ肥(1月末)、穂肥(2月末)、開花期追肥(4月中旬)の3回実施し、それぞれ窒素で2kg/10a、3kg/10a、2kg/10a施用した。被服尿素は、リニア型被覆尿素LP30(以下LP30区)、LP30とシグモイド型被覆尿素LPS30を1:1に混合した肥料(以下LP30/LPS30区)、シグモイド型被覆尿素ユートップ30(以下U30区)、同50(以下U50区)の4処理区を設けた。なお、U30区は2010/2011年と2011/2012年の2カ年、U50区は2011/2012年の1年のみ設けた。

また、慣行栽培区は、鶏糞を施用せず、緩効性被覆肥料ユートップ12号(N-P₂O₅-K₂O=24%-8%-10%)を用いて窒素12kg/10a全量を基肥として施用した。ユートップ12号の窒素成分24%の内訳は、速効性窒素12%、30日タイプのシグモイド型被覆尿素ユートップ30が8.9%、50日タイプのシグモイド型被覆尿素ユートップ50が3.1%である。

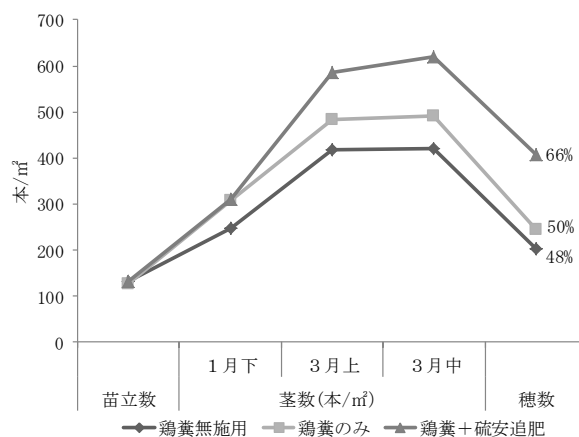
その他の管理として、2月中旬頃に中耕(畦中央の条間のみ)、出穂後に本県防除基準に準じて赤かび病の防除を行った。

試験区の1区面積は、30~80㎡の2反復とし、生育中庸な同一地点(1.5㎡)の茎数および穂数を調査し、収量調査は4.5㎡を刈り取って行った。なお、調査は原則として小麦調査基準(農業研究センター、1986)に準じて行い、これに拠らない項目は図表の脚注に調査方法などを記載した。

なお、3年間とも麦跡には水稻を作付する二毛作体系を実施した。

結果

鶏糞のみ区は、鶏糞無施用区より1月までの茎数増加は多くなったが、2月から3月の茎数増加は同程度であった。それに対して、硫安追肥区は、分げつ肥を施用した1月下旬以降茎数が大きく増加し、3月中旬まで茎数が増加した(第1図)。また、硫安追肥区は3月中旬以降の葉色が、鶏糞のみ区より濃く維持され(第3表)、有効茎歩合が高く、穂数が多くなった。さらに、千粒重も重かったため、収量が多くなった。子実タンパクは硫安追肥区で高くなった。外観品質は硫安追肥の有無による有意な差は認



第1図 鶏糞と硫安追肥の施用による茎数の推移と穂数
2009/2010年~2011/2012年の平均値。数字は有効茎歩合

められなかった(第4表)。鶏糞に被覆尿素を全量基肥で組み合わせた場合、溶出期間によって茎数の動きに差が認められるものの、硫安追肥区と比べて、初期茎数が概して多くなる(第2~4図)が、3月中旬以降の葉色が同等からやや淡く推移し(第5表)、有効茎歩合がやや低くなった。溶出期間が30日タイプのLP30区、LP30/LPS30区、U30区は、2月下旬が最高分げつ期となり、その後は茎数が減少する傾向が認められた。特に、2011/2012年のU30区では、最高茎数が多くなり、有効茎歩合が大きく低下した(第4図)。

また、50日タイプのU50区は、初期茎数が最も少なかったが2月下旬頃から茎数が順調に確保され、3月中下旬が最高分げつ期となった(第4図)。このため、穂数は組み合わせた被覆尿素的の違いによる差は認められず、いずれも、硫安追肥区と同等からやや少なくなった(第2~4図)。収量は、2009/2010、2010/2011年は組み合わせる被覆尿素による有意な差は認められず、硫安追肥区と同等であった(第6、7表)。2011/2012年は、U30区では千粒重がやや軽くなる傾向が認められ、やや少なくなり、すべての被覆尿素全量基肥区が硫安追肥区より少なかった(第8表)。外観品質は、3カ年とも組み合わせる被覆肥料による差は認められなかった(第6~8表)。子実タンパクは、2009/2010、2010/2011年や組み合わせる被覆尿素による差は認められなかった(第6、7表)が、2011/2012年はU50区でやや高くなる傾向が認められた(第8表)。

慣行栽培との比較では、硫安追肥区、被覆尿素全量基肥区とも2009/2010、2010/2011年は収量、外観品質、子実タンパクに有意な差はなかった。

鶏糞を活用した小麦「ニシノカオリ」の施肥技術

第3表 鶏糞と硫安追肥の施用が葉色に及ぼす影響

区名	葉色 (CS) ^z							
	2009/2010		2010/2011			2011/2012		
	3/19	4/26	3/15	3/29	5/2	3/21	4/17	5/5
鶏糞無施用	3.9	3.9	3.3	3.4	4.1	3.8	3.9	3.8
鶏糞のみ	4.4	4.3	3.8	4.0	4.8	4.0	4.2	4.2
硫安追肥	5.4	5.2	4.8	4.7	5.3	4.9	4.9	5.5

^z葉色は(株)富士平工業製水稻用葉色カラスケールで測定した(第5表も同様)。

第4表 鶏糞と硫安追肥の施用が収量、品質に及ぼす影響

区名	収量 ^z (kg/10a)	同左比 (%)	容積重 ^y (g/L)	千粒重 ^x (g)	子実タンパク ¹ (%)	外観品質 ^v (1-6)
鶏糞無施用	173	100	801	38.6	11.1	3.3
鶏糞のみ	258	149	796	39.5	11.1	3.7
硫安追肥	419	242	809	41.6	11.5	3.0
分散分析結果 ^u						
施肥体系 A	**	-	ns	**	*	ns
年次 B	ns	-	**	**	**	ns
A×B	ns	-	ns	ns	ns	ns

2009/2010～2011/2012年の平均値

^z収量は2.2m篩選し、水分12.5%換算して求めた。

^y容積重は2.2mの篩選で得られた精子実をブラウエル穀粒容積重計で測定した。

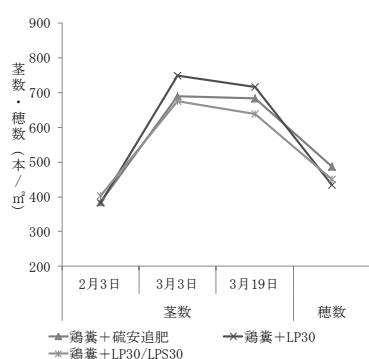
^x千粒重は2.2mの篩選で得られた精子実で求めた。

¹子実タンパクはNIRECO製MODEL-4500^{sp} 外プロトメーターで測定し、水分13.5%換算した。

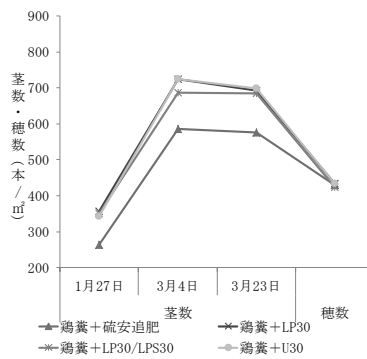
^v外観品質は1(上上)～6(下)の6段階で示し、3が概ね1等の下限となるようにした。

^u分散分析の**、*はそれぞれ1%、5%水準で有意差があり、nsはないことを示す。

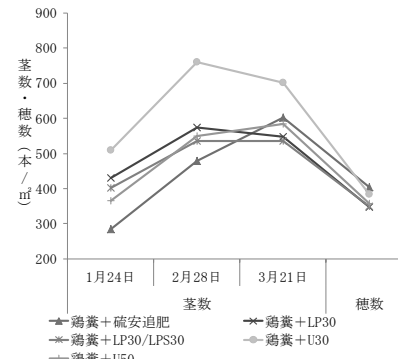
(^z以降、以下第6～7表も同様)



第2図 鶏糞と化学肥料の施用による茎数の推移と穂数 (2009/2010)



第3図 鶏糞と化学肥料の施用による茎数の推移と穂数 (2010/2011)



第4図 鶏糞と化学肥料の施用による茎数の推移と穂数 (2011/2012)

第5表 鶏糞と化学肥料の施用が葉色に及ぼす影響

区名	葉色 (CS)							
	2009/2010		2010/2011			2011/2012		
	3/19	4/26	3/15	3/29	5/2	3/21	4/17	5/5
硫安追肥	5.4	5.2	4.8	4.7	5.3	4.9	4.9	5.5
LP30	5.4	5.2	4.5	4.5	5.4	4.4	4.8	4.9
LP30/LPS30	5.4	4.9	4.5	4.3	5.3	4.3	4.8	5.2
U30	-	-	4.8	4.7	5.3	4.5	4.8	5.1
U50	-	-	-	-	-	4.2	4.9	5.2

^z葉色は(株)富士平工業製水稻用葉色カラスケールで測定した。

第6表 鶏糞と化学肥料の施用が収量、品質に及ぼす影響 (2009/2010年)

区名	収量 (kg/10a)	同左比 (%)	容積重 (g/L)	千粒重 (g)	子実 タンパク (%)	外観 品質 (1-6)
硫安追肥	469	100	834	43.3	10.7	3.3
LP30	439	93	826	42.6	10.3	3.3
LP30/LPS30	447	95	833	43.0	10.5	2.8
慣行栽培	427	91	829	42.7	10.4	3.5
分散分析結果 ^z	ns	-	ns	ns	ns	ns

第7表 鶏糞と化学肥料の施用が収量、品質に及ぼす影響 (2010/2011年)

区名	収量 (kg/10a)	同左 比 (%)	容積重 (g/L)	千粒重 (g)	子実 タンパク (%)	外観 品質 (1-6)
硫安追肥	388	100	795	38.4	12.3	3.3
LP30	411	106	794	37.7	11.8	3.3
LP30/LPS30	384	99	796	38.0	11.7	3.0
U30	386	99	804	37.6	11.9	3.3
慣行栽培	439	113	792	37.7	11.4	4.0
分散分析結果	ns	-	ns	ns	ns	ns

第8表 鶏糞と化学肥料の施用が収量、品質に及ぼす影響 (2011/2012年)

区名	収量 ^z (kg/10a)	同左 比 (%)	容積重 (g/L)	千粒重 (g)	子実 タンパク (%)	外観 品質 (1-6)
硫安追肥	399 a	100	797	41.6	11.6	2.5
LP30	353 bc	88	811	42.0	11.9	2.3
LP30/LPS30	361 b	91	796	42.2	12.1	2.5
U30	334 c	84	815	41.7	11.9	2.5
U50	356 bc	89	798	42.1	12.6	2.5
慣行栽培	256 d	64	824	42.3	12.4	2.0
分散分析結果	*	-	ns	ns	ns	ns

^z異なるアルファベット文字間にはTukeyの多重比較により5%水準で有意差があることを示す、

2011/2012 年は、慣行栽培区より穂数が多く、収量も多かった。外観品質は同等であったが、子実タンパクは、U50 区以外の区はやや低くなる傾向が認められた (第6～8表)。

考 察

鶏糞は肥料成分が多く含まれており、肥効も化学肥料に近い効き方をする (藤原, 2007) ため、化学肥料の削減効果が期待できる。著者らは、小麦作付前の鶏糞施用は、小麦に対して施肥効果を示すことを確認した (内山ら, 2014)。しかし、鶏糞のみの施用では、初期生育は確保されるが、2月から3月の茎数増加は、鶏糞無施用区と同等であった。そこで、1月末に分げつ肥として窒素 2 kg/10a、2月末に穂肥として同 3 kg/10a、4月中旬に開花期追肥として同 2 kg/10a を硫安で施用した。その結果、2月以降も茎数が順調に確保され、有効茎歩合も高くなり、収量は鶏糞のみ区より多くなった。加えて子実タンパクも高まった。このことから、小麦作付前に施用した鶏糞は、基肥としての効果は認められるが、1月末の分げつ肥施用時期以降は窒素の肥効が続かないと考えられた。このため、分げつ肥以降に硫安追肥を実施することで、その後の生育が改善され収量

が向上されると考えられた。

一方、鶏糞と被覆尿素窒素 7 kg/10a を全量基肥で施用した場合、硫安追肥区より初期茎数がやや多くなるが、有効茎歩合が低く、穂数が同程度からやや少なくなった。これは、被覆尿素が分げつ肥施用前から溶出しているためと推察された。ただし、「ニシノカオリ」における緩効性肥料の全量基肥施用では、窒素同量であれば、開花期追肥を含む分施体系と概ね同等の収量が得られる (中司ら, 2010) とされており、本試験でも、被覆尿素的の種類に関わらず 2009/2010、2010/2011 年の収量は硫安追肥区と同程度であった。2011/2012 年は、硫安追肥区より収量が少なかったが、これは、2011/2012 年に小麦縞萎縮病が発生したことによる生育抑制の影響と考えられた。小麦縞萎縮病等のウイルス病は、後期追肥により被害が軽減される (岩手県立農業試験場, 1991) と言われており、生育後半に追肥された硫安追肥区は、被覆尿素全量基肥区より縞萎縮病の影響が軽減されたと考えられた。

また、「ニシノカオリ」における緩効性肥料の全量基肥施用では、窒素の溶出タイプにより生育や収量、子実タンパクへの影響が異なると報告されている (中司ら, 2010)。本試験でも、溶出期間 30 日タイプと 50 日タイプでは生育の推移が異なる傾向が認

められた。特に、2011/2012年は、溶出期間が30日タイプで茎数が多く推移したU30区は、有効茎歩合が大きく低下し、千粒重がやや軽くなり、収量がやや少なかったことから、被覆尿素を使用して茎数が多く推移した場合、生育後半に肥料切れする可能性があると考えられた。

また、U50区は初期茎数が最も少なく推移するが、2月下旬以降茎数が増加し、子実タンパクが高くなる傾向が認められた。これは、U50の溶出期間が50日タイプであり、本試験で用いた被覆尿素的なかで最も長かったことによるものと推察された。これらのことから、溶出期間の異なる被覆尿素を組み合わせることで収量、子実タンパクともに安定することが期待できると考えられた。

以上のことから、鶏糞と硫安や被覆尿素を組み合わせることで鶏糞のみで栽培した場合に比べて2月以降の生育が改善され、収量が向上することが明らかとなった。

また、本試験では、窒素含有率約2%鶏糞に窒素7kg/10aを硫安追肥や被覆尿素的の全量基肥施用で組み合わせることで、化学肥料を窒素12kg/10a全量基肥施用して栽培した慣行栽培区とほぼ同等の収量・品質が確保できたことから、鶏糞を活用し、慣行栽培より化学肥料を低減することが可能と考えられた。

ただし、鶏糞の窒素含有量は、飼育目的や処理方式によって差があり(村上ら, 2007, 2009)、森らは、窒素含有率3%の鶏糞580kg/10aを施用し、小麦ならびに大麦を鶏糞のみで栽培した結果、化学肥料区と同程度の収量が得られた(森ら, 2012)と報告している。このため、窒素含有率の高い鶏糞を用いる場合、組み合わせる化学肥料の施用量を減らす等、鶏糞の窒素含有量に応じて調整する必要がある。

摘 要

鶏糞を活用した小麦の施肥技術を確立するため、鶏糞と化学肥料の組み合わせが小麦「ニシノカオリ」の生育、収量に及ぼす影響について検討を行った。

小麦作付前に施用した鶏糞は、基肥としての効果は認められたが、1月末の分けつ肥を施用する時期以降は窒素の肥効が続かなかった。そこで、鶏糞に窒素7kg/10aの硫安追肥や被覆尿素的の全量基肥施用を組み合わせることで、鶏糞のみで栽培した場合

に比べ2月以降の生育が改善され、収量が向上した。さらに、化学肥料を窒素12kg/10aで栽培した慣行栽培区とほぼ同等の収量及び品質が確保できた。以上のことから、鶏糞と化学肥料を組み合わせる体系により、慣行栽培と同等の収量を確保し、さらに慣行栽培より化学肥料を低減できる。

なお、本試験は、窒素含有率約2%の鶏糞を用いて得られた結果である。組み合わせる化学肥料の量は鶏糞の窒素含有量に応じて調整する必要がある。

引用文献

- 藤原俊六郎. 2007. 社団法人 農山漁村文化協会編 肥料・土づくり資材大辞典, p. 419. 農山漁村文化協会. 東京.
- 岩手立農業試験場. 1991. コムギ萎縮病及び縞萎縮病の発生生態と被害低減対策. 東北農業研究成果情報. 16.
- 森清文・西裕之・古江広治・脇門英美・松元順・渋川洋・相本涼子・小玉泰生・井上健一・永田茂穂・山下純・森田重則・後藤忍. 2012. 家畜ふん堆肥の連用が普通畑作物収量と養分収支並びに土壌化学性に及ぼす影響. 鹿児島農総セ研報(耕種). 6: 39-48.
- 村上圭一・小阪幸子・原正之. 2007. 高窒素鶏ふん肥料の開発とその利用. 農及園. 82: 801-806.
- 村上圭一・小阪幸子・藤原孝之・原正之. 2009. 三重県内で生産された鶏糞堆肥の成分特性. 土肥誌. 80: 165-167.
- 中司祐典・木村晃司・有吉真知子. 2010. 緩効性肥料を利用した小麦「ニシノカオリ」における施肥の効率化. 山口農林総技セ研報. 1: 56-70
- 農業研究センター. 1986. 小麦調査基準 第1版
- 日本土壌肥料協会. 2010. 堆肥等有機物分析法(2010年版). p. 1-211. 財団法人日本土壌肥料協会. 東京.
- 内山亜希・中司祐典・谷崎司・明石義哉. 2014. 小麦・水稻二毛作体系で小麦作付前に施用した鶏糞が小麦と水稻の収量に及ぼす影響. 日作紀. 83: 314-319
- 山口県畜産振興課. 2013. 山口県畜産調査表. 第1章. 家畜飼育状況. 4.

新品種「はなっこりーME」と「はなっこりーL」の 品種の特性を活かした栽培方法と作型

藤井 宏栄・日高 輝雄・片川 聖*

Cultivation Methods and Cropping Type Utilizing the Varied Characteristics of the New Species of Resynthesized *Brassica napus* cv. 'Hanakkori ME' and 'Hanakkori L'

Kouei FUJII, Teruo HIDAKA and Satoshi KATAKAWA*

Abstract: Cultivation methods for the new resynthesized *Brassica napus* cv. 'Hanakkori ME' and 'Hanakkori L' were examined in order to establish the best cultivation techniques and achieve long term stability for shipping and production. For high quality and productivity, the best timing for thinning of the first bud was when it grew to plant height. Yields sufficient for operation were obtained applying the entire quantity of 3.0kg/a nitrogen as basal fertilization, using a 50 day controlled release fertilizer. A cropping type model for Yamaguchi Prefecture was constructed using the new and preexisting cultivars of Hanakkori where 'ME' is planted in coastal areas in early-October and shipped from December to February and planted in hilly areas in mid-October and shipped from February to March. 'L' is planted in hilly and mountainous areas in mid-October and shipped from March onward.

Key Words : fertilization, long term shipping stability, time of planting, time of thinning

キーワード : 長期安定出荷、施肥、摘芯、定植時期

緒 言

合成ナプスははなっこりーはサイシンとブロッコリーの間雑種として育成され、1999年8月に品種登録された山口県のオリジナル野菜である(松本ら, 1997)。その後、花茎部分を収穫対象とする軽量野菜であることや、栽培が容易であることから生産者の、そして食味の良さから消費者の支持を得て、県内各地で栽培面積を拡大していった。栽培面積が拡大し、生産量が増加してくると、より多くの販路拡大が望まれるようになった。しかし、はなっこりーは耐寒性や低温伸長性が劣り、年明け後の安定した生産が困難なことから、市場や量販店が求める長期安定出荷への対応が課題となり、販路の拡大が進まず、2005

年を境に栽培面積が頭打ち状態になった。その後、年明け後の低温期栽培に適した新品種「はなっこりーME」(以下「ME」と省略)と「はなっこりーL」(以下「L」と省略)が2010年に育成され(藤井ら, 2012)、県内の各産地へ普及されることとなった。そこで、新品種の摘芯、施肥、定植時期といった栽培方法を検討した。そして、9月から翌年5月までのはなっこりーの長期安定出荷に向けて、従来の「はなっこりー」を含めた3品種で構築した作型を検討したので報告する。

本試験を遂行するにあたり、現地試験に協力いただいた山口県農林水産部の関係機関、全農山口県本部、農業協同組合、そして生産者の方々に感謝の意を表す。

*現在 : 光市役所

材料および方法

1 「ME」、「L」の摘芯時期の違いが収量と品質に及ぼす影響

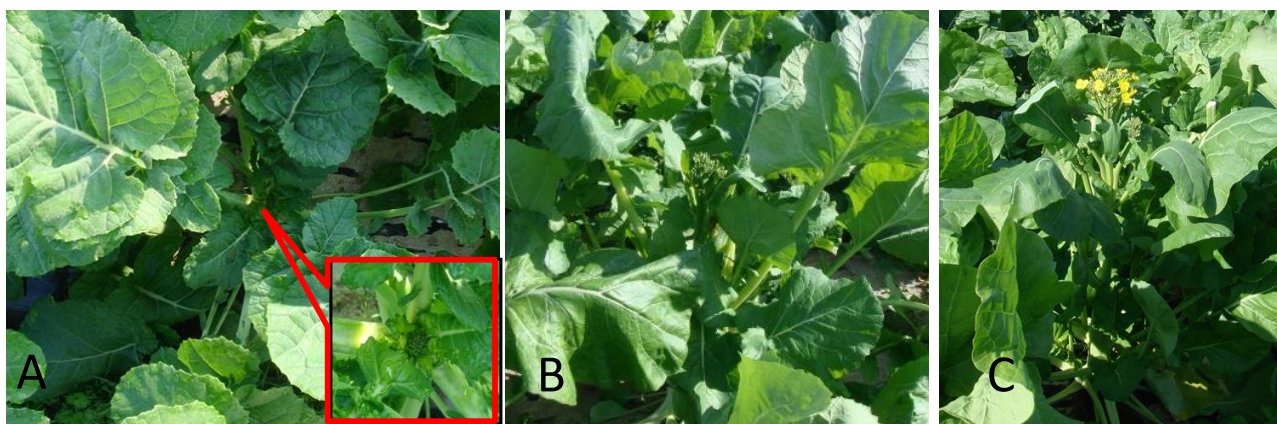
試験は、山口県農林総合技術センターの82号田で行った。畝幅1.6m、株間40cmの二条植えとした。肥料は、緩効性肥料の70日タイプを22kg/a(N成分4.0kg/a)用い、黒色ポリエチレンマルチをし、全量基肥で施用した。両品種とも、2011年の9月20日にセルトレイ(128穴)へ播種し、同年10月11日に露地圃場へ定植した。摘芯時期の違いによる収量と品質を調査するため、頂花蕾を確認できた時点で摘芯する区、頂花蕾が伸長し、草高と同程度の位置に達した時点で摘芯する区、頂花蕾が伸長し、開花した時点で摘芯する区の3処理区を設けた(第1図)。摘芯位置は摘芯後の傷痕が大きくなるように、先端部の花蕾だけを摘み取った。各区は20株3反復とし、同一圃場にランダムに配置した。収量調査は花茎を収穫後、はなっこりーの出荷規格に合わせて側枝長20cm、17cm、15cmで調製し、重量を測定し、単位面積当たりの収量を算出した。収穫の終了は花径の太さが直径5mm以下になる頃とした。また、はなっこりーの出荷規格では、花径の太さが14mm以上になると優品扱いとなり品質が低く評価されることから、収穫調製した花茎の切り口部分の直径を計測し、14mm以上の太い花茎の発生割合を算出した。

2 肥料のタイプおよび量が「ME」と「L」の収量に及ぼす影響

試験は、山口県農林総合技術センターの72号田で

行った。栽植密度は試験1と同様にした。試験は2011年と2012年の2か年で行った。畝は黒マルチを基準とし、両品種とも2011年は育苗3週間の苗を10月11日に定植した。施肥は従来のはなっこりーの慣行法に従い全量基肥で施用した。用いた肥料のタイプは、窒素成分が緩効性の50日タイプと70日タイプの2種類であった。これらの肥料は即効性肥料と緩効性肥料が各々50%の構成になっている。また25℃の条件下で、50日タイプは約50日で緩効性肥料の80%が溶出し、70日タイプは約70日で緩効性肥料の80%が溶出するようになっている。対照区は緩効性肥料の70日タイプで窒素成分量4.0kg/aとした。試験区は、緩効性肥料50日タイプで窒素成分量4.0kg/aと対照区と同タイプの肥料を用いて施肥量を窒素成分で1.5倍にした6.0kg/a、1/2倍にした2.0kg/a、対照区と同タイプ・同量の肥料に2月上旬と3月上旬に追肥として燐加安14号を各2.0kg/a加える区、そしてマルチ無しの対照区と同様の施肥区を設けた。各区は20株3反復とし、同一圃場にランダムに配置し収量調査を行った。収量調査は花茎を収穫後、はなっこりーの出荷規格に合わせて、側枝長20cm、17cm、15cmで調製し、重量を測定した。また、一本重が50gを超える花茎は規格外として収量には含めなかった。収穫開始から収穫終了までの全期間にわたり、単位面積当たりの収量を算出し、月ごとの収量と総収量を求めた。収穫の終了時期は試験1と同様にした。

2012年は育苗3週間の苗を「ME」は10月10日に、「L」は10月19日に定植を行った。施肥は2011年の結果を踏まえ、緩効性肥料70日タイプで窒素成分



第1図 各摘芯時期における「ME」株の様相

- A: 頂花蕾が確認できる状態
- B: 頂花蕾が草高位置
- C: 頂花蕾が開花

第1表 摘芯時期の違いが収量と花茎の太さに及ぼす影響²(2011年)

処理区	ME ^Y			L ^X		
	平均摘芯日	総収量(kg/a)	太い花茎 ^W の割合(%)	平均摘芯日	総収量(kg/a)	太い花茎の割合(%)
頂花視認時摘芯	11/14	47	65.4a ^V	12/1	100	36.0a ^V
頂花草高時摘芯	11/28	47	46.0 b	12/21	100	26.8 b
開花時摘芯	12/9	45	31.8 c	1/5	109	31.6ab
		n. s. ^V			n. s. ^V	

²10月11日定植^YMEの収穫期間は11月24日から収穫不可能となった2月27日まで^XLの収穫期間は12月9日から花茎の直径が5mm以下となった4月17日まで^W太い花茎は、はなっこりーの出荷規格から優品となる花茎直径14mm以上のものを示す^VTukey検定(5%)で異なる英小文字は有意差が有ることを示し、n. sは有意差が無いことを示す

量4.0kg/aを対照区とし、緩効性肥料50日タイプで窒素成分量4.0kg/a区と窒素成分量3.0kg/a区を設けた。全処理区の畝に黒マルチをし、各区は20株3反復とし、同一圃場にランダムに配置し、2011年と同様に収量調査を行った。収穫の終了時期は、試験1と同様にした。

3 「ME」、²L」の定植時期の違いが収量に及ぼす影響

試験は、山口県農林総合技術センターの62号田で行った。栽植密度と施肥は試験1と同じ条件とし、試験は2011年と2012年の2か年で行った。両品種とも、育苗期間が3週間になるように播種し、2011年は9月5日から11月9日まで、2012年は9月18日から10月25日までおよそ10日間隔で定植した。各区は20株3反復とし、同一圃場にランダムに配置し、収量調査を行った。収量調査は試験2と同様に行い、総収量と月別収量を算出した。2012年の3月には、凍霜害を受けた後の腐敗などによる損傷程度を定植時期ごとに調査した。

定植時期の違いによる月別収量の年次変動を見るために、「ME」について10月5日前後に定植した2009年、2011年そして2012年の収量データと平均気温を、10月15日前後に定植した2008年から2012年までの収量データと平均気温をそれぞれ整理した。2008年から2010年までの収量調査も2011年、2012年と同じ栽培、調査方法で行ったものである。

更に、山口県のはなっこりーの主要産地における「ME」の収量特性を把握して、今後の栽培に活用するために、2011年と2012年にわたって各産地の収量データを収集した。栽培は、はなっこりーの栽培基準に従い行った。

結果

1 「ME」、²L」の摘芯時期の違いが収量と品質に及ぼす影響

「ME」の収穫期間は11月24日から収穫不可能となった2月27日まで、「L」の収穫期間は12月9日から花径の直径が5mm以下と細くなった4月17日までとした。「ME」も「L」も摘芯時期の違いで総収量に有意な差はみられなかった。しかし、「ME」では頂花蕾が開花する頃に、「L」では草高と同じくらの長さの頃に摘芯することでそれぞれ31.8%、26.8%と太い花茎の割合は有意に減少した(第1表)。

2 肥料のタイプおよび量が「ME」と²L」の収量に及ぼす影響

2011年の「ME」の収量は、マルチ無し区で31kg/aと有意に少なくなった他は、肥効タイプの違いや追肥の有無による差はなかった(第2表)。「L」はマルチ無し区と窒素量2.0kg/a(慣行の1/2倍量)区で総収量がそれぞれ72kg/a、75kg/aと有意に少なくなり、月別収量では2月から有意な差として現れた。逆に窒素量6.0kg/a(慣行の1.5倍量)区でも収量の増加は認められなかった。

2012年でも、両品種とも本収穫期間で緩効性肥料の肥効タイプの違いによる収量への有意な差は見られず、月別収量でも差はなかった(第3表)。また、施肥窒素量の違いによる総収量や月別収量への影響もなかった。

3 「ME」、²L」の定植時期の違いが収量に及ぼす影響

「ME」の総収量は、2011年、2012年とも10月中旬頃定植で有意に増加し、それぞれ最大で165kg/aと174kg/aであった(第4表)。2011年の

新品種「はなっこりーME」と「はなっこりーL」の品種の特性を活かした栽培方法と作型

第2表 緩効性肥料のタイプおよび量が収量に及ぼす影響^Z (2011年)

肥効タイプ	試験区			MEの総収量 ^Y (kg/a)	Lの収量 (kg/a) ^W					
	基肥N量 (kg/a)	追肥 ^X	マルチ		総収量	12月	1月	2月	3月	4月
緩効性肥料50日	4.0	無	有	54a	124a	2	7	29a	44ab	42. a
緩効性肥料70日	4.0	無	有	49a	114a	3	10	21ab	44ab	37ab
緩効性肥料70日	4.0	無	無	31 b	72 b	1	3	11 c	34 b	23 bc
緩効性肥料70日	4.0	有	有	51a	132a	3	7	27a	48a	47a
緩効性肥料70日	6.0	無	有	49a	113a	4	10	29a	33 b	38ab
緩効性肥料70日	2.0	無	有	46a	75 b	3	6	18 bc	30 b	18 c

n. s. n. s.

^Z10月11日定植

^YMEの収穫期間は11月から1月

^X追肥は磷加安14号を2月上旬と3月上旬に各2.0kg/a施した

^W異なる英小文字はTukey検定(5%)により有意差があることを示し、n. s. は有意差がないことを示す

第3表 緩効性肥料のタイプおよび量が収量に及ぼす影響 (2012年)

品種	定植日	試験区		総収量±SD ^Z (kg/a)	12月 (kg/a)	1月 (kg/a)	2月 (kg/a)	3月 (kg/a)	4月 (kg/a)
		肥効タイプ	基肥N量 (kg/a)						
ME	10/10	緩行性肥料50日	3.0	183±12	1	21	59	103	-
		緩行性肥料50日	4.0	156±9	1	15	49	92	-
		緩行性肥料70日	4.0	154±6	1	18	48	86	-
				n. s. ^Y	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	
L	10/19	緩行性肥料50日	3.0	169±13	-	-	9	103	57
		緩行性肥料50日	4.0	169±1	-	-	7	106	56
		緩行性肥料70日	4.0	170±9	-	-	10	112	47
				n. s.		n. s.	n. s.	n. s.	

^ZSDは標準偏差を表す

^Yn. s. はTukey検定(5%)の結果有意差がなかったことを示す

11月以降の定植では109kg/aと有意に減少した。

また、2011年の9月中旬から10月上旬定植や2012年の9月定植では総収量は有意に減少し、最小値は72kg/aであった。次に月別の収量についてみる。11月に高い収量が得られたのは9月上中旬定植であった。12月に高い収量が得られたのは2011年で9月から10月上旬、2012年では9月中下旬定植であった。1月に最も収量が得られたのは両年とも10月上旬定植であった。2月に高い収量が得られたのは2011年で10月中旬、2012年で10月上中旬定植であった。3月に高い収量が得られたのは2011年で10月中下旬、2012年で10月上旬から下旬定植であった。4月に高い収量が得られたのは2011年で10月中旬以降、2012年で10月下旬定植であった。

「L」の総収量は、2012年は定植時期による有意差はなかったが、2011年は10月上中旬が、その前後の定植期に比べて有意に増加し、10月17日定植で最大の193kg/aとなった(第4表)。また、2011

年の9月定植と11月定植では、有意に総収量が減少した。次に月別収量についてみる。12月に高い収量が得られたのは2011年で9月上旬から下旬、2012年で9月中旬定植であった。1月に比較的高い収量が得られたのは2011年で9月上旬から10月上旬、2012年では9月中下旬定植であった。2月に高い収量が得られたのは2011年で10月上旬、2012年で9月下旬から10月上旬定植であった。3月に高い収量が得られたのは2011年で10月上旬から下旬、2012年で9月中旬から10月下旬定植であった。4月に高い収量が得られたのは両年とも10月中下旬定植であった。

定植時期の違いによる株の損傷率は、両品種とも9月に定植することで有意に多くなった。特に「ME」は、9月18日定植のように早く定植すると88.4%と極めて多かった(第5表)。

次に「ME」の10月上旬定植における3か年のデータをまとめた(第2図)。月別収量は、平均気温の変

第4表 「ME」と「L」における定植時期の違いによる収量特性 (2011、2012年)

品種	年次	定植日	総重量 ^z (kg/a)	10月 (kg/a)	11月 (kg/a)	12月 (kg/a)	1月 (kg/a)	2月 (kg/a)	3月 (kg/a)	4月 (kg/a)
ME	2011	9/5	129 abc	20	65	36	9	0	0	-
		9/16	77 cd	-	43	26	8	0	0	-
		9/27	80 cd	-	29	38	9	4	0	-
		10/6	72 d	-	1	47	16	6	3	-
		10/17	165 a	-	-	6	13	32	47	69
		10/28	142 ab	-	-	-	1	8	64	70
		11/9	109 bcd	-	-	-	-	-	32	77
	2012	9/18	129 bc	-	39	34	15	14	29	-
		9/25	105 c	-	16	35	10	16	28	-
		10/5	152 ab	-	1	9	33	36	75	-
		10/15	174 a	-	-	-	6	51	98	19
		10/25	170 a	-	-	-	-	9	105	57
		n. s.								
	L	2011	9/5	150 b	5	67	33	19	9	16
9/16			132 bc	-	33	42	22	13	21	-
9/27			103 cd	-	14	42	17	15	16	-
10/6			160 ab	-	-	9	22	25	60	44
10/17			193 a	-	-	1	8	16	78	91
10/28			134 bc	-	-	-	-	-	60	74
11/9			68 d	-	-	-	-	-	18	50
2012		9/18	192	-	13	33	23	37	85	-
		9/25	177	-	1	11	24	50	92	-
		10/5	192	-	-	-	7	59	109	17
		10/15	181	-	-	-	1	16	112	52
		10/25	151	-	-	-	-	1	86	63

^z同一品種・年次の異なる英小文字はTukey検定(5%)により有意差があることを示し、n. s.は有意差がないことを示す

第5表 定植時期の違いによる株の損傷率 (2012年)^z

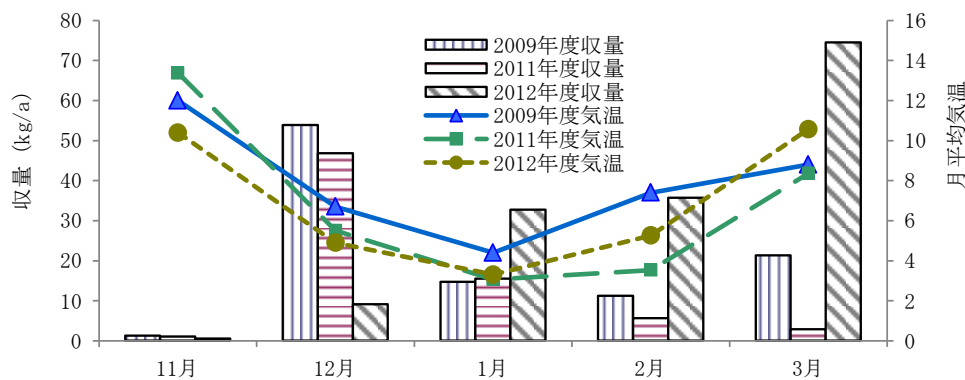
品種	定植日	損傷率 (%) ^y
ME	9/18	88.4 a
	9/25	66.1 b
	10/5	29.7 c
	10/15	18.6 c
	10/25	0.0 d
L	9/18	22.0 ab
	9/25	24.0 a
	10/5	5.9 bc
	10/15	3.3 c
	10/25	0.0 c

^z株の損傷率は3月下旬に調査した
^y異なる英小文字はTukey(5%)で有意差があることを示す

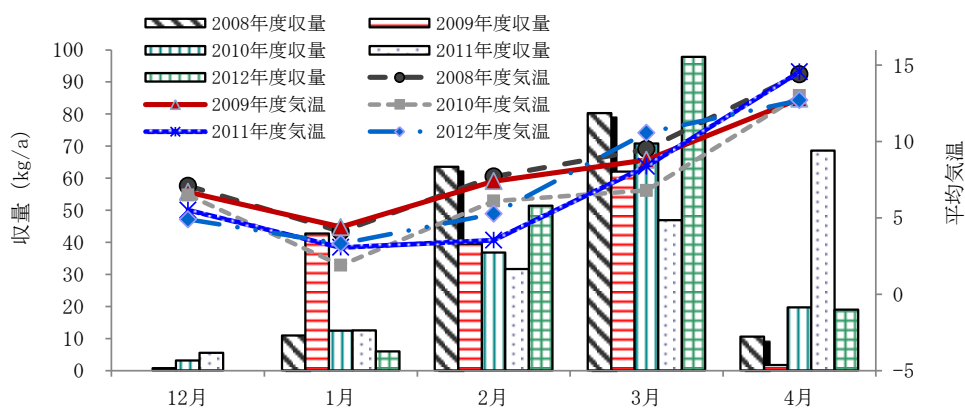
化に伴い低温期で収量が少なく、気温上昇に伴い増加し、どの年も主要な収穫は12月からとなった。そして2011年を除いて3月に再び収量が増加した。

「ME」の10月中旬定植については、5か年分のデータをまとめた(第3図)。これによると年明け後、平均気温の上昇に伴って月別収量が増加する傾向にあった。主要な収穫は1月からとなるが、概ね2月から収量が多くなり、3月に収量のピークを迎えるパターンを示した。

山口県の各地域における「ME」の収量実績をみてる(第6表)。2011年も2012年も山口県沿岸部では100kg/a以上の総収量が得られ、200kg/aを超える地域もみられた。月別収量は、多くの地域で1月から概ね20kg/a~50kg/a程度得られていたが、年あるいは定植時期によって12月からあるいは2月から多くなる地域も見られた。また、いずれの地域も



第2図 「ME」の10月上旬定植における月別平均収量と平均気温の年時パターン



第3図 「ME」の10月下旬定植における月別平均収量と平均気温の年時パターン

第6表 山口県内の各地域におけるMEの収量実績 (2011、2012年)

年	区分	地区	定植日	月別収量(kg/a)						総収量(kg/a)
				11月	12月	1月	2月	3月	4月	
2011	沿岸部	下関市吉見	9/29	9	36	29	42	70	17	204
		萩市大井	10/3	11	19	31	23	72	41	197
		岩国市通津	10/9	0	1	55	47	111	-	214
		阿武町奈古	10/12	0	2	23	24	42	-	92
		山口市名田島	10/15	0	0	21	71	67	6	165
		岩国市由宇	10/20	0	6	25	27	52	-	116
		光市室積	10/25	0	3	46	39	92	33	212
	中間地	山口市鑄銭司	10/3	0	31	13	3	9	5	61
		山口市大内	10/6	1	47	16	6	3	-	72
		長門市三隅	10/10	0	7	4	21	54	21	107
山口市鑄銭司		10/12	0	3	15	17	33	18	86	
2012	沿岸部	下関市大字吉見	9/28	4	25	29	35	25	-	118
		阿武町奈古	10/4	0	9	17	35	53	0	114
		長門市日置	10/8	0	2	20	47	43	3	114
		山口市名田島	10/11	0	0	30	102	67	-	200
		岩国市通津	10/15	0	0	0	37	119	31	187
		山口市名田島	10/16	0	0	4	66	90	-	159
		熊毛郡平生町	10/20	0	8	28	56	68	-	160
		光市室積	10/24	0	18	37	54	76	30	215
中間地	長門市真木	10/3	0	4	19	27	20	-	69	
	山口市大内	10/5	1	9	33	36	75	-	153	

3月に収量が増加する傾向がみられた。

一方山口県中間地では、総収量が100kg/aに満たなかった地域がほとんどであった。特に10月上旬に定植すると、少なくなることが多かった。

考 察

1 「ME」、「L」の摘芯時期の違いが収量と品質に及ぼす影響

農作物生産において収量の向上は重要であるが、同時に品質の向上も重要である。はなっこりーの出荷規格は花茎の太さで等級が分けられており、秀品として扱われるのは直径8mmから14mmまでのものである。「ME」と「L」は低温伸長性と収量性は従来の「はなっこりー」よりも優れるが、花茎が太くな

りやすい特性がある(藤井ら, 2012)。そこで、花茎の太さをコントロールするため、摘芯時期の試験を行った結果、「ME」も「L」も摘芯時期の違いによる総収量に有意な差はなかった。しかし、花茎の太さでは有意な差がみられた。つまり、「ME」では頂花蕾が開花を始める頃、「L」では頂花蕾が草高と同じくらいの長さから開花を始める頃に摘芯をすることで太い花茎の割合を減少させることができた。従来の「はなっこりー」は頂花蕾が見え、その直径が1cm程度になった頃に主茎葉数を8枚程度残して摘芯するようになっている(陶山ら, 2011)。「ME」や「L」では、摘芯を遅くすることで花茎の太さをある程度コントロールすることが可能で、頂花蕾が草高と同じくらいの長さから開花を始めるくらいで摘芯すると秀品の割合を高めることができると考えられた。

2 肥料のタイプおよび量が「ME」と「L」の収量に及ぼす影響

新品種の多収を目指した最適施肥量を明らかにするために、2年にわたり施肥試験を行った。施肥体系の基本は、年明けどりのブロッコリーなどの露地野菜の作型では緩効性肥料の全量全面全層施肥が有効とされている(日置ら, 1997、白井ら, 2001)ように、はなっこりーでも施肥労力の減少と施肥効率の向上のために、緩効性肥料を用いた全量基肥施用を栽培の基本としている。従って本試験では緩効性肥料についての試験を実施した。緩効性肥料のタイプについては窒素肥料の溶出期間が、50日タイプ、70日タイプのどちらでも収量に影響はなかった。施肥量はポリエチレンフィルムによるマルチ栽培を前提にすれば、窒素成分3.0kg/aで4月までの収穫には十分であることが分かり、従来の3/4量に減少させることができ、経済的にも有効であると考えられた。ただし、両品種ともに10月に定植した場合、窒素量3.0kg/a、4.0kg/aのいずれでも、4月には葉色は淡くなっており(データ無)、葉色からは肥料切れの様相が伺えた。従って、5月以降も収穫を継続していくならば、追肥は必要と推測された。ただし、1月や2月のような低温期に追肥をしても外気温が低いとすぐに肥効は現れず、気温が上昇し始めた3月後半から4月にかけて葉色が濃く回復する様相を示した。また、本試験期間中は収量にも有意な差は現れなかったが、5月まで調査を行えば追肥の効果が収量に現れると推定している。本施肥試験から、50日タイプの緩効性肥料の窒素量3.0kg/aの全量基肥で4月までで経営的に十分な収量が確保できると考えられた。

3 「ME」、「L」の定植時期の違いが収量に及ぼす影響および作型の検討

ブロッコリーでは作型に合った品種を活用して播種期をずらし、長期連続生産を可能にしている(馬場・相星, 1994、福元ら, 1995)。収量の向上を図るため、品種の特性を十分に発揮させ、品種に適した定植時期を見出すことは、はなっこりーにおいても長期安定生産を実現していく上で重要である。本試験では2011年と2012年の2年にわたって「ME」と「L」の栽培に適した定植時期の試験を行った。また同時に年次変動を考慮した総合的な考察を行うため、「ME」について過去のデータを集計して月別の収量パターンを検討した。

第4表に示したように、2011年と2012年の結果から「ME」は10月中下旬定植、「L」は10月上旬定植で総収量が最も多くなった。一方、特徴的なのは、2011年では両品種ともに9月定植で著しく収量が減少していることである。これはこの年の定植後から11月の高気温での推移と、その後の1月、2月にわたる激しい寒波に遭遇した影響であると考えられた。このことは、第2図の気温の推移からもうかがえる。収穫開始後に厳しい低温が続くことは好ましくないものと考えられた。実際に、この寒波後、即ち2月以降からの収穫が多くなった10月中下旬定植の作型では収量減少の影響をあまり受けなかった。また厳寒期を経過後、3月における定植時期別の株の損傷度を示した第5表の結果からも、この低温の影響は、特に「ME」の方が受けやすいと考えられた。「ME」は9月定植では年内から収穫となるため、収穫して花茎を折り採るごとに増える株の傷と1月から2月の凍害との影響で損傷を受けやすくなる。一方、「L」は9月定植でもほとんどが年明け後からの収穫となり、「ME」ほど収穫後の傷が多くないことも株の損傷が多くなる要因ではないかと考えられた。ただし、「L」の9月定植は、出蕾までの栄養生長が過大になりやすく、第一次側枝が出荷規格を超える太さになりやすい欠点もある(藤井ら, 2012)。

これらのことから、その年の気象による変動はあるものの、両品種とも10月中旬ごろに定植することで総収量が安定すると考えられた。しかし、「L」は晩生種で本来3月以降に収穫することを目指した(藤井ら, 2012)品種であるため10月中旬定植でよいが、「ME」は10月中旬に定植すると主に2月以降の収穫となり、3月や4月に「L」と収穫が重なってしまう。はなっこりーの長期安定出荷を実現する場合は「ME」による12月から2月までの収穫作型が必要である。第2図をみると年による変動はあるが、10月上旬定植で概ね12月から2月までの収量を確保できる可能性があると考えられた。加えて、第6表の山口県内各産地の定植時期と月別収量データをみると、2011年に寒波の影響で中間地の農林総合技術センター圃場では収量が激減した年でも、沿岸部の産地では減収とはならず、1月や2月の収量が確保できていた。従って、「ME」で12月から2月の収量を確保した上で、総収量の安定を図るためには、県沿岸部の産地に限定した10月上旬定植を行うことが望ましいと考えられた。以上のことから山口県と

新品種「はなっこりーME」と「はなっこりーL」の品種の特性を活かした栽培方法と作型



第4図 山口県内ではなっこりーを長期安定出荷するための作型図

してのはなっこりーの長期安定出荷を図るためには、第4図のように従来の「はなっこりー」で年内収量を確保し、中早生品種の「ME」を県沿岸部では10月上旬に定植して12月から2月の収量を、県中間地では10月中旬に定植して2月から3月までの収量を確保する。そして晩生品種の「L」を県中山間部で10月中旬に定植して3月以降の収量を確保する作型がよいと考えた。

以上、本研究結果に基づく品種に適した摘芯時期、定植時期そして施肥量は、今後はなっこりーの栽培基準に反映させることで、はなっこりー生産の拡大、経営安定そして長期安定出荷への基盤となることを期待したい。

摘 要

新品種「はなっこりーME」と「はなっこりーL」の栽培方法を確立し、はなっこりーの長期安定出荷を図るために栽培試験を行った。新品種の高品質・高生産のための効果的な摘芯時期は、頂花蕾が草高位置以降になった時であった。施肥に関しては、緩効性肥料の50日タイプを用いて窒素成分で3.0kg/aを全量基肥で施用することで、経営的に十分な収量を確保できることが判明した。また従来の「はなっこりー」と新品種を組み合わせ、長期安定出荷を考慮した作型として、「ME」は山口県沿岸部での10月上旬定植・12月から2月出荷、中間地での10月中旬定植・2月から3月出荷、「L」は中山間部で10月中旬定植・3月以降出荷の作型組合せモデルを構築した。

引用文献

白井一則・山田良三・今川正弘. 2001. 鈣質土壤畑での全量基肥栽培における施肥位置が秋冬作野菜の生育に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 33 : 161-168.

陶山紀江・杉山久枝・片川聖. 2011. 年内どり「はなっこりー」の省力的な摘み取り方. 平成23年度新たに普及に移しうる試験研究の成果. 36 : 11-12.

馬場高行・相星勝美. 1994. 秋-冬どりブロッコリーの新作型と有望品種. 九州農業研究. 56 : 175-175.

福元伸一・和田文男・内村力. 1995. 無霜地におけるブロッコリーの秋まき冬どり作型と有望品種. 九州農業研究. 57 : 180-180.

藤井宏栄・岡藤由美子・陶山紀江. 2012. 「はなっこりーME」と「はなっこりーL」の育成および特性. 山口農林総技セ研報. 3 : 25-30.

日置雅之・池田彰弘・山田良三. 1997. 肥効調節型肥料を用いた露地野菜の全量基肥施肥法(2). 愛知農総試研報. 29 : 121-126.

松本理・岡藤由美子・金子和彦・片川聖. 1997. 胚珠培養による新野菜「はなっこりー」の育成. 山口農試研報. 48 : 21-24.

ブドウにおける斑状着色障害の発生原因と亜リン酸含有液肥による防止技術

中谷 幸夫・河村 俊和・吉岡 陸人

Causes of Spot-like Coloring Disorder on the Skin of Grapes and the Prevention with Liquid Fertilizer Containing Phosphorous Acid

Yukio NAKATANI, Toshikazu KAWAMURA and Rikuto YOSHIOKA

Abstract: This study was conducted to determine whether the cause of the spot-like coloring disorder on the skin of grapes was related to mineral nutrient content, disease, or pests as well as develop a prevention method using liquid fertilizer containing phosphorous acid. Comparing vineyards where the disorder occurred yearly to locations where the disorder was rare, there was no difference in mineral nutrient content in the leaves, young berries, or skins of maturing berries besides the concentrations of manganese and copper which have been shown to be unrelated to the disorder. Similarly any differences between the mineral content in the skin where the disorder had occurred and unaffected areas of the skin were restricted to the unrelated manganese. Neither were any fungi or pests found on clusters in the vineyard where the disorder occurs every year, meaning that the cause for the disorder could not be connected to mineral content, disease, or pests. Although the cause could not be determined, it was shown that spraying liquid fertilizer containing phosphorous acid on the grape skin three times could suppress occurrence of the disorder. The components of the fertilizer were isolated, and the solution containing only phosphorous acid significantly reduced the disorder, indicating that phosphorous acid is the active component in reducing the occurrence of the disorder. The solution was most effective at suppressing the disorder when applied between the latter stages of berry formation and veraison (31 to 52 days after full bloom).

Key Words : disease, mineral nutrient, pests

キーワード : 病気、害虫、無機成分

緒言

近年、県内のブドウ園において、着色期以降の果皮に着色しない部分が斑点状あるいは斑状に発生する障害(斑状着色障害、仮称、第1図)の発生が確認されるようになった。本障害が発生すると、正果率の低下や出荷調製時の間引き労力の増加に加えて、無核栽培では障害果を間引くことによる房形の乱れ等も問題となるため、経営に及ぼす影響は大きい。

ブドウの着色に関する障害としては、近年の温暖化による着色不良(杉浦ら, 2007)や、ウイルスが原因

の味なし果(矢野, 1981)、マンガン欠乏によるジベレリン処理デラウェアのゴマシオ型着色不良(竹下ら, 1984)などの報告がある。前2者は果房全体が着色不良になる症状を示し、ゴマシオ型着色不良は一つの果房の中に正常に着色する果粒と着色しない果粒が混在する障害である。一方、斑状着色障害の症状としては、一つの果粒の中に着色する部分と着色しない部分が混在するのが特徴であり、既報の着色に関する障害とは明確に区別できる。同様の障害は三重県(輪田ら, 2009)や大分県(釘宮ら, 2011)においても発生しており、果皮の一部が着色しないという外観的特徴から、本



第1図 斑状着色障害の発生果房

県における障害と、三重県および大分県における障害とは、同一のものと考えられる。

障害の発生原因については、土壌理化学性および果粒の無機成分との間に一定の傾向は認められなかったとする釘宮ら（2011）の報告があるのみであり、障害発生と無機成分含量との関係を詳細に調査した報告はない。また、障害の原因について病害虫の面から検討した報告はなく、障害発生と病害虫との関係は不明である。

一方、障害の原因は明らかでないものの、障害の抑制方法については、早期の袋かけが有効であることが報告されている。輪田ら（2009）は「安芸クイーン」において、満開後47日に果実袋をかけた区では障害発生率が100%であったのに対し、満開後5日に果実袋をかけた区では障害が全く発生しなかったとしている。また、釘宮ら（2011）は、「ピオーネ」において、満開後35日に果実袋をかけた区では障害発生率が58%であったのに対し、満開後15日では9%であったことを報告している。しかし、園地全体で障害が発生するなど、障害発生面積の大きい場合には、すべての果房について早期に果実袋をかけることは労力的に困難であるため、より実用的な防止技術の開発が必要である。

本試験で障害防止試験に供試した亜リン酸は、リン酸 (H_3PO_4) より酸素原子が1つ少ない化合物であり、化学式 H_2PO_3 で表される。リン酸より溶解性が高く、葉や根から吸収されやすいのが特徴であり、収量や果実重の増加、糖度向上等の効果が報告されている (Lovatt・Mikkelsen, 2006)。また、疫病菌などの卵菌目を抑制する効果も確認されており、(Thao・Yamakawa, 2009)、卵菌目に属するブドウべと病菌も亜リン酸により抑制されることが確認されている (Magareyら, 1991; Wicksら, 1991)。県内には、新梢伸長期から収穫期にかけて亜リン酸を含む液肥の葉

面散布が複数回行われている園地があり、著者らがその中の一つの園地において、亜リン酸含有液肥の果房への付着の有無と障害発生との関係を調査したところ、亜リン酸含有液肥の付着した果房において障害が抑制される傾向が認められた。

本研究では、障害の根本的な原因を明らかにするための基礎資料を得ることを目的として、障害発生と無機成分含量および病害虫との関係を調査した。また、障害の防止方法として、亜リン酸含有液肥の果房散布の有効性を明らかにするとともに、液肥中の障害抑制成分の特定および障害抑制に効果的な処理時期について検討を行った。

材料および方法

1 障害発生原因の解明

1) 障害発生と無機成分との関係

障害発生と無機成分との関係を明らかにするため、2013年に、障害が例年発生する県内の園地（以下、多発生園）と、障害発生が少ない山口県農林総合技術センター果樹栽培試験ほ場（以下、微発生園）との間で、葉および果粒における無機成分含量の比較を行った。供試樹には、多発生園では17年生の長梢剪定自然形整枝、有核栽培の「巨峰」1樹を、微発生園では短梢剪定平行整枝、無核栽培の5年生「巨峰」1樹を用いた。葉の採取は、開花後（多発生園：満開後3日、微発生園：満開後9日）、果粒肥大期（多発生園：満開後28日、微発生園：満開後33日）、成熟期（多発生園：満開後80日、微発生園：満開後68日）の計3回行った。採取部位は、果房の着生している新梢の基部から8～11節目とし、1新梢当たり1枚、計30～50枚を採取した。果粒の採取は果粒肥大期と成熟期の2回行った。果粒肥大期における採取は、葉の採取と同日に行い、無作為に選んだ15～20果房の各房から2粒ずつ、計30～40粒を採取した。成熟期における採取は、多発生園では満開後70～97日に、微発生園では葉の採取日と同日に行い、各園地とも10房から各10粒ずつ、計100粒を採取した。葉および果粒肥大期に採取した幼果は、表面を洗浄後、通風乾燥機 (DK600, Yamato) により70℃で4日間乾燥させ、粉碎機 (フォースミル、大阪ケミカル) で粉碎して分析用の試料とした。成熟期に採取した果粒については、果粒表面を洗浄後、剥皮した果皮を真空凍結乾燥機 (VF-350, ADVANTEC) により乾燥させ、粉碎機で粉碎して分析用試料とした。

分析した元素は窒素 (N)、リン (P)、カリウム (K)、カルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg)、マンガン (Mn)、鉄 (Fe)、銅 (Cu)、亜鉛 (Zn)、ホウ素 (B) の 10 元素であり、N は NC アナライザー (SUMIGRAPH NC-22F、住化分析センター) により測定し、その他の元素については、湿式灰化した後、P はバナドモリブデン法、K、Ca、Mg は原子吸光分光光度法 (Z-5000、HITACHI)、Mn、Fe、Cu、Zn、B は ICP 発光分光分析法 (ICPE-9000、SHIMADZU) により測定した。

また、障害発生果粒における障害部と健全部における無機成分含量を比較するため、2013 年に多発生園の 17 年生「巨峰」1 樹から障害発生果房 110 房を満開後 119 日に採取した。採取後、各々の果房から障害部と健全部の境界が明瞭な果粒を選び、果皮表面を洗浄後、果皮から障害部と健全部をそれぞれ採取した。その際、同一果粒から採取する障害部と健全部の面積が同程度となるように調整した。剥皮した果皮は、真空凍結乾燥機で乾燥後、粉碎機で粉碎し、前述の方法で無機成分含量を分析した。

2) 障害発生と病害虫との関係

障害発生と病害虫との関係を明らかにするため、2012 年に多発生園の 16 年生巨峰 3 樹を供試し、適用病害虫の異なる農薬 4 剤をそれぞれ果房に散布して病害虫の有無と障害発生を比較した。供試した農薬は、殺菌剤のシモキサニル・ファモキサドン水和剤 2500 倍希釈液、殺虫剤のクロルフェナピル水和剤 2000 倍希釈液、アセタミプリド水和剤 2000 倍希釈液、アセキノシル水和剤 1000 倍希釈液の計 4 剤であり、これらの農薬を満開後 12 日と 33 日の計 2 回、果房に散布した。散布にはハンドスプレーを用い、溶液が滴り落ちるよう、果房全体に十分量を散布した。園地における慣行防除薬剤の果房への付着を防ぐため、隙間をセロハンテープで塞いだ果実袋 (フクキューエリート窓開大、福友産業) を満開後 12 日の 1 回目散布直後にかけて、その後は常時袋で管理した。無処理区も同様に、満開後 12 日以降、常時袋で管理した。

病害虫調査用サンプルの採取は、開花直前に 1 回、果粒肥大期に 3 回 (満開後 12、33、47 日)、成熟期に 1 回 (満開後 68 日) 行った。開花直前は各樹から 5 花穂ずつ、計 15 花穂を採取した。満開後 12 日は試験薬剤の散布前に各樹から 5 果房ずつ、計 15 果房を採取した。満開後 33 日以降は、試験区ごとに各樹から 5 果房ずつ、計 15 果房を採取した。なお、満開後 33 日は満開後 12 日と同様、薬剤散布前に果房を採取した。

採取した花穂、果房はチャック付き袋に入れて持ち帰り、病害虫の調査を行った。開花直前に採取した花穂については、アルコール洗い出し法により害虫を調査した後、各花穂から 1 cm 程度の穂軸を小花穂の付いた状態で 3 つ切り出し、70%エタノールに 1 分、1% 次亜塩素酸ナトリウム溶液に 1 分浸漬した後、滅菌水で洗浄した。その後、PDA 平板培地に置床し、25°C で静置した。果粒肥大期 (満開後 12、33、47 日) に採取した果房については、以下のとおり病害虫を調査した。シモキサニル・ファモキサドン水和剤区は、各果房から任意に 3 果粒を選んで 2~5 mm 角の果皮切片を各果粒 4 つずつ作成し、1 つを顕微鏡で観察して病原菌の有無を確認するとともに、3 つを前述の方法で表面殺菌、PDA 培地への置床を行った。また、各果房の残りの果粒全てを 70%エタノールに 1 分間浸漬、滅菌水で洗浄後、1 つずつ個別にチャック付き袋入れ、温室条件で室温に静置した。殺虫剤を処理した 3 区は、アルコール洗い出し法による害虫調査のみ行い、無処理区は害虫調査を行った後、シモキサニル・ファモキサドン水和剤区と同様の方法で病原菌を調査した。成熟期 (満開後 68 日) に採取した果房については、果粒肥大期と同様の方法で病害虫を調査するとともに、シモキサニル・ファモキサドン水和剤区は病原菌調査前に、殺虫剤を処理した 3 区と無処理区は害虫調査後に、障害発生粒率を調査した。なお、成熟期に採取した果房から作成した果皮切片の大きさは 5 mm 角程度とし、その中に障害部と健全部の境界部を含むように切り出した。

2 亜リン酸含有液肥による障害防止技術

多発生園に植栽されている長梢剪定自然形整枝の有核栽培「巨峰」1 樹 (2012 年現在で 16 年生) を供試し、以下の試験を実施した。亜リン酸含有液肥には、株式会社ファイトクロームの Ele-Max4-30-20 (N : P₂O₅ : K₂O = 4 : 30 : 20) を用いた。溶液の散布にはハンドスプレーを用い、溶液が滴り落ちるよう、果房全体に十分量を散布した。いずれの試験も各区 10 房ずつ供試した。

1) 亜リン酸含有液肥の果房散布が障害発生におよぼす影響

2012 年に、亜リン酸含有液肥の 1000 倍希釈液を果粒肥大後期から果粒軟化期に 2 週間隔で計 3 回 (満開後 26、40、54 日)、果房散布した。対照区として、水処理区および無処理区を設けた。満開後 83 日に果房を採取し、障害発生粒率を調査した。

2) 無機成分含有溶液の果房散布が障害発生におよぼす影響

亜リン酸含有液肥に含まれる各成分の障害抑制効果を明らかにするため、ICP 発光分光分析法および硝酸銀を用いた簡易テストにより、亜リン酸含有液肥に含まれる無機成分分析を行ったところ、N、P、Kの他にNaとClが含まれていることを確認した(第1表)。そこで、これら5元素を所定の濃度で含有する溶液を、第1表の亜リン酸試薬以下、6種類調製した。溶液の調製に用いた試薬は、N：尿素(和光純薬工業)、P：亜リン酸(和光純薬工業)、K：硫酸カリウム(関東化学)、NaおよびCl：塩化ナトリウム(関東化学)であり、水は脱イオン水(カートリッジ純水器G-1A、オルガノ)を用いた。2013年に、調製した溶液および亜リン酸含有液肥1000倍希釈液を果粒肥大後期から果粒軟化期(満開後31、42、52日)に計3回、処理した。満開後70~97日に、障害発生粒率を調査できる状態になった果房、すなわち、果房中の全果粒において、果粒表面全体が着色した状態となった果房から順次採取し、障害発生粒率を調査した。

3) 亜リン酸含有液肥の処理時期と障害発生との関係

2013年に、開花前から果粒軟化期までの期間を5つの生育ステージに区分し、それぞれのステージで亜リン酸含有液肥の1000倍希釈液を3~4日間隔で計3回、処理した。5つの生育ステージおよび処理日は次のとおりである。開花前(満開前21、18、14日)、果粒肥大初期(満開後3、7、10日)、果粒肥大中期(満開後17、21、24日)、果粒肥大後期(満開後31、35、38日)、硬核期~果粒軟化期(満開後45、49、52日)。満開後70~97日にかけて果房を順次採取し、障害発生

粒率を調査した。

結果および考察

1 障害発生原因の解明

葉における無機成分含量については、微発生園と比較して多発生園においてMn含量の高い傾向が認められた(第2表)。また、多発生園では成熟期に採取した葉において微発生園の30倍程度のCu含量が検出された。幼果および成熟期に採取した果皮においても、多発生園では微発生園と比較してMn含量が高かった(第3表)。また、Mn含量の差は障害発生果粒の障害部と健全部の比較においても認められ、健全部より障害部においてやや高かった(第4表)。MnおよびCu以外の成分については、一定の傾向は認められなかった(第2表、第3表、第4表)。

ブドウはMn過剰になると、葉脈の黒褐色化(清水, 1990)、葉脈間への黄色斑点の発生や葉縁部への褐色斑点の発生(稲部・中田, 1986)、葉の黄化(古屋ら, 2006; 稲部・中田, 1986)などの症状を示すとともに、生育は不良となり(古屋ら, 2006; 稲部・中田, 1986)、落葉して枯死に至る場合もある(古屋ら, 2006)。果実に及ぼす影響としては、果房重の低下(古屋ら, 2006; 稲部・中田, 1986)や果皮への黒褐色斑点の発生(稲部・中田, 1986)、果皮色や糖度の低下(古屋, 2006)などが報告されている。しかし、Mn過剰により果皮に斑状着色障害が発生するという報告はない。また、稲葉・中田(1986)、古屋ら(2006)の報告を合わせて考えると、Mn過剰症は葉中Mn濃度が900~1000ppm程度まで増加すると症状があらわれ始めると推察されるが、本試験における多発生園の葉中Mn含量は、最大値を示した成熟期においても83ppmであり、障害が発生すると考えられる濃度と比べると著しく低かった。また、採取した葉にも、前述のようなMn過剰の症状はあらわれていなかった。以上のことから、Mn過剰が障害の原因である可能性は低いと考えられる。また、成熟期の葉において検出された高Cu含量(第2表)は、ボルドー液散布の影響によるものであると考えられる。本試験では、微発生園では成熟期に葉を採取するまでボルドー液を散布していなかったのに対し、多発生園では葉の採取前にボルドー液を散布していた。ボルドー液によりCu含量が高くなることは博谷(1975)も報告しており、本試験においても、ボルドー液の散布により葉表面に付着したCuあるいは葉内部に吸収されたCuが

第1表 亜リン酸含有液肥および調製溶液における元素濃度

液肥または 調製溶液	元素濃度(ppm)				
	N	P	K	Na	Cl
亜リン酸含有液肥 ²	40	170	190	1.5	5~100
亜リン酸試薬	0	200	0	0	0
5元素	50	200	200	32	50
5元素-N	0	200	200	32	50
5元素-P	50	0	200	32	50
5元素-K	50	200	0	32	50
5元素-Na,Cl	50	200	200	0	0

² N-P₂O₅-K₂O=4-30-20の1000倍希釈液であり、N濃度は保証成分値、P、K、Na濃度はICP分析による実測値、Cl濃度は硝酸銀を用いた簡易テストによる推定値

第2表 障害多発生園および微発生園における葉中無機成分含量

採取時期	採取場所	無機成分含量									
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn	B
		(mg g ⁻¹ DW)					(μg g ⁻¹ DW)				
開花後	多発生園	22.3	1.01	9.94	11.1	1.55	57.6	54.3	10.2	30.2	11.6
	微発生園	25.3	0.87	9.50	11.2	1.79	36.4	53.0	8.2	32.7	6.1
果粒肥大期	多発生園	19.0	0.70	8.44	15.8	1.74	69.0	50.0	6.6	28.9	7.8
	微発生園	22.0	0.73	8.06	17.0	2.06	51.9	50.9	8.2	40.7	6.4
成熟期	多発生園	22.2	0.81	8.30	26.5	1.63	82.9	57.8	230	30.7	6.0
	微発生園	19.3	0.71	9.07	21.5	1.87	61.7	53.8	7.8	54.0	8.9

第3表 障害多発生園および微発生園における幼果および果皮中無機成分含量

採取時期	採取場所	無機成分含量 ²									
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn	B
		(mg g ⁻¹ DW)					(μg g ⁻¹ DW)				
果粒肥大期	多発生園	8.58	0.68	12.3	3.67	0.36	14.5	25.9	4.6	12.9	8.6
	微発生園	7.26	0.64	12.4	2.57	0.38	6.3	19.0	3.5	10.8	8.7
成熟期	多発生園	5.92	0.44	15.0	1.68	0.35	7.7	21.2	3.1	6.0	13.1
	微発生園	7.32	0.63	18.9	1.41	0.36	4.3	15.0	3.7	5.6	12.0

² 果粒肥大期は幼果全体における含量、成熟期は果皮における含量

第4表 障害発生果粒の障害部および健全部における無機成分含量

分析部位	無機成分含量									
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn	B
	(mg g ⁻¹ DW)					(μg g ⁻¹ DW)				
障害部	7.15	0.42	16.9	1.58	0.36	12.8	27.8	6.2	7.5	17.8
健全部	8.48	0.45	14.8	1.45	0.36	7.5	29.3	4.5	7.8	15.6

検出されたものと推察される。Mn、Cu以外の元素については、多発生園と微発生園との間に差は認められなかった。障害発生と無機成分含量との関係については釘宮ら(2011)も報告しており、果実中のP、K、Ca、Mg、Mn、Fe、Zn、Na含量と障害発生との間には、一定の傾向は認められなかったとしている。

病害虫と障害発生との関係を調べた試験における各区の障害発生粒率は、シモキサニル・ファモキサドン水和剤34.8%、クロルフエナピル水和剤45.2%、アセタミプリド水和剤41.4%、アセキノシル水和剤45.7%、無処理区42.0%であり、いずれの剤でも障害は抑制されなかった(第5表)。病害虫調査の結果、花穂からは病原菌、害虫ともに確認されなかった。果房からは、PDA平板培地に果皮を置床する方法で一部の果粒から糸状菌と細菌が確認されたが、いずれもブドウを加害する既報の病原菌ではなかった。顕微鏡観察および湿室処理では、糸状菌、細菌ともに確認されな

かった。また、一部の果房からダニ類が確認されたものの、既報の害虫ではなかった。

以上のとおり、本試験では障害の原因について無機成分および病害虫の2点から調査を行ったが、障害の原因を特定するには至らなかった。障害の原因解明にあたっては、生理障害や病害虫以外の可能性も考慮しながら、今後も引き続き調査を行う必要がある。

2 亜リン酸含有液肥による障害防止技術

亜リン酸含有液肥の障害抑制効果について調査したところ、障害発生粒率は無処理区で73.3%、水処理区で65.7%であったのに対し、亜リン酸含有液肥処理区では1.7%と有意に低かったことから、亜リン酸含有液肥を果房に散布することで障害を抑制できることが示された(第2図)。

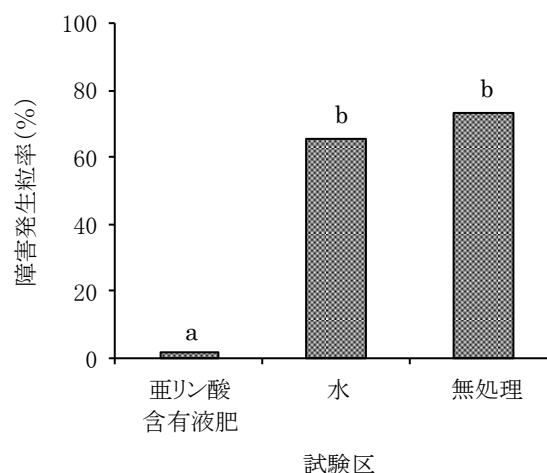
障害の抑制方法については、これまでに早期の袋かけが有効であることが報告されている。輪田ら(2009)が「安芸クイーン」を供試して行った試験では、満開

第5表 農薬の果房散布が障害発生に及ぼす影響

試験区 ²	障害発生粒率 (%)
シモキサニル・ファモキサドン水和剤	34.8
クロルフェナピル水和剤	45.2
アセタミプリド水和剤	41.4
アセキノシル水和剤	45.7
無処理	42.0
有意性	ns ^y

² 満開後12日と33日の2回、各薬剤を果房散布
満開後12日の1回目散布直後に果実袋をかけ、それ以降、
有袋で管理した

^y 一元配置の分散分析により有意差のないことを示す



第2図 亜リン酸含有液肥の果房散布が障害発生に及ぼす影響

満開後26、40、54日の計3回、果房散布
異符号間には、Tukeyの多重比較により
1%水準で有意差あり

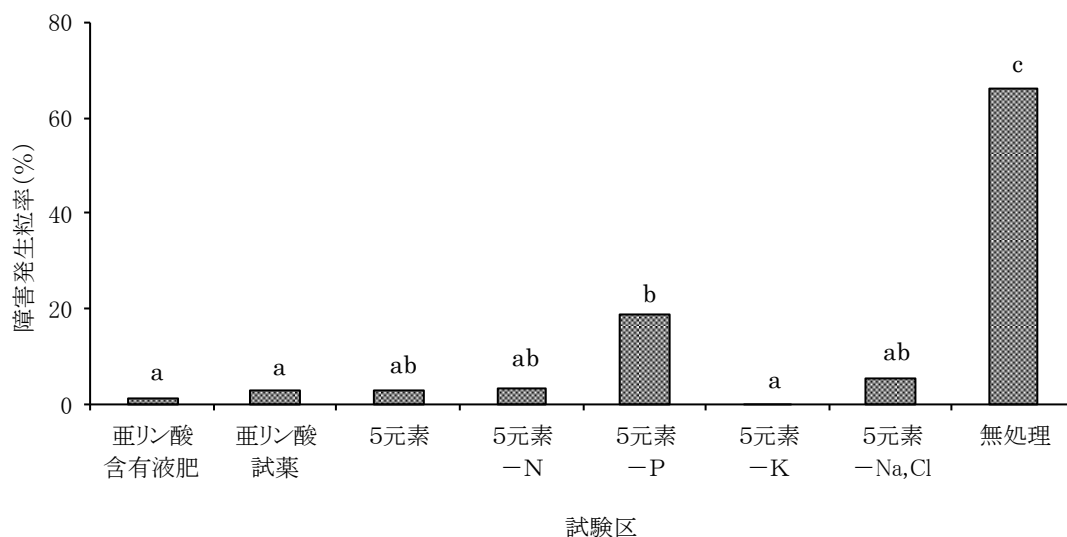
後47日に果実袋をかけた区では障害発生率が100%であったのに対し、満開後5日に果実袋をかけた区では障害が全く発生しなかった。釘宮ら(2011)が「ピオーネ」を用いて行った試験では、満開後35日に果実袋をかけた区の障害発生粒率が58%であったのに対し、満開後15日では9%程度まで抑制された。品種や試験年次、栽培方法、環境条件等が異なるため、単純に比較することはできないが、亜リン酸含有液肥の障害抑制には早期袋かけと同程度、あるいはそれ以上の障害抑制効果があると考えられる。また、実用性に関して両技術を比較した場合、早期袋かけは、障害発生が園地全体に及ぶなど障害発生面積が大きい場合、すべての果房に対して実施するのは労力的に困難である。これに対し、亜リン酸含有液肥の散布は障害発生面積の大小にかかわらず実施可能であるため、早期袋かけと比べるとその実用性は高く、障害防止のための有効な手段となりうると考えられる。

2012年の試験において、水のみを散布した果房では障害が抑制されなかったことから(第2図)、亜リン酸含有液肥の障害抑制効果は、その中に含まれる何らかの成分によるものと考えられた。そこで2013年に障害抑制成分を特定するための試験を行った。亜リン酸試験区の障害発生粒率は2.9%であり、無処理区66.2%と比較して有意に低く、亜リン酸含有液肥区1.5%と同程度であった(第3図)。また、亜リン酸とその他の元素を同時に含む溶液においても、障害発生粒率は0.3~5.7%であり、有意に抑制された。このことから、亜リン酸含有液肥に含まれる成分の中で、障害を抑制するのは亜リン酸であると考えられた。

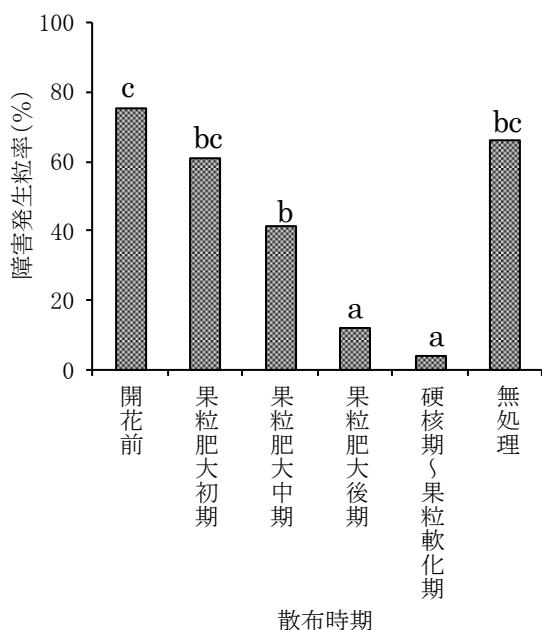
亜リン酸は卵菌目に属する多くの病原菌を抑制するとされており(Thao・Yamakawa, 2009)、卵菌目に属

するブドウべと病菌も亜リン酸により抑制されることが確認されている(Magareyら, 1991; Wicksら, 1991)。また、その他の効果として、収量や果実重の増加、糖度向上等、植物体の生育に良好な影響を及ぼすことも報告されており(Lovatt・Mikkelsen, 2006)、国内においても、コムギの穂発芽防止(木村, 2004; 小谷野ら, 2004)、ダイズの生育促進と収量増加(来田ら, 2013)等の効果が報告されている。しかしその一方で、植物体は根や葉から亜リン酸を吸収するものの、栄養素として直接利用することはできないとする報告もあり(Thao・Yamakawa, 2009)、その作用機構は十分に解明されていない。本研究では亜リン酸の障害抑制メカニズムについては検討しておらず、なぜ亜リン酸により障害が抑制されたのかは不明である。また、亜リン酸を含まない溶液、すなわち、N、K、Na、Clの4元素を含む溶液を散布した果房においても、亜リン酸ほどではないものの障害が抑制されたことから(第3図)、亜リン酸以外の成分にも障害抑制効果のある可能性が示唆される。今後、亜リン酸その他成分の障害抑制効果およびその作用機作について、詳細な検討が必要である。

亜リン酸の障害抑制メカニズムについては不明であるが、前述のように障害抑制のための有効な手段となりうることから、亜リン酸含有液肥による障害防止技術の実用化に向け、散布時期と障害発生との関係を調査した。亜リン酸含有液肥の散布時期が遅いほど障害発生粒率の低い傾向が認められた(第4図)。無処理区



第3図 亜リン酸含有液肥および無機成分含有溶液の果房散布が障害発生に及ぼす影響
満開後31、42、52日の計3回、果房散布
異符号間には、Tukeyの多重比較により5%水準で有意差あり



第4図 亜リン酸含有液肥の散布時期が障害発生に及ぼす影響
亜リン酸含有液肥(N-P₂O₅-K₂O=4-30-20)の1000倍液を以下の期間に3〜4日間隔で計3回果房散布
開花前: 満開前21〜14日
果粒肥大初期: 満開後3〜10日
果粒肥大中期: 満開後17〜24日
果粒肥大後期: 満開後31〜38日
硬核期〜果粒軟化期: 満開後45〜52日
異符号間には、Tukeyの多重比較により5%水準で有意差あり

の障害発生粒率 66.2%に対して有意に差が認められたのは果粒肥大後期および硬核期〜果粒軟化期の両区であり、障害発生粒率はそれぞれ 12.5%、4.2%であった。また、両区の果房は目視による外観観察においても障害は目立たなかった。このことから、亜リン酸含有液肥の散布適期は果粒肥大後期から果粒軟化期であると考えられた。なお、亜リン酸の濃度と散布回数については本試験で検討していないため、今後詳細な検討が必要であるが、障害抑制成分を特定するために行った試験において亜リン酸をPとして200ppm含むよう調製した各種溶液を散布適期である果粒肥大後期から果粒軟化期にかけて3回散布することで障害をほぼ完全に防止できたことから(第1表、第3図)、適期に散布する場合には、亜リン酸濃度はPとして200ppm、処理回数は3回で十分であると考えられる。

摘要

ブドウにおける斑状着色障害と、無機成分含量および病虫害との関係を調査するとともに、亜リン酸含有液肥による防止技術について検討した。

- 1 障害がごくわずかしか発生しない園地と比較して、障害が例年発生する園地では、葉、幼果、成熟果皮いずれにおいてもマンガン含量の高い傾向が認められた。成熟期の葉では銅含量も高かった。また、マンガン含量は健全部と比較して障害部において

- 高かった。しかし、マンガン、銅ともに障害の原因であるとは考えられなかった。
- 2 障害が例年発生する園地からは、病原菌、害虫ともに確認されず、障害との関係は明らかでなかった。
 - 3 障害の原因は明らかでなかったが、亜リン酸含有液肥を果房に3回散布することで、障害を抑制できることが示された。
 - 4 亜リン酸のみを含む溶液を処理した果房において有意に障害が抑制されたことから、亜リン酸含有液肥に含まれる成分の中で、障害抑制効果を有するのは亜リン酸であると考えられた。
 - 5 亜リン酸含有液肥の処理適期について検討したところ、果粒肥大後期から果粒軟化期（満開後31～52日）における処理で有意に障害が抑制された。

引用文献

- 古屋 栄・齊藤典義・手塚誉裕. 2006. 水耕法によるブドウ「巨峰」の要素過剰症の再現と栄養障害診断システムの開発. 山梨果試研報. 11 : 57-73.
- 稲部善博・中田久雄. 1986. 砂丘地ブドウ園におけるマンガン栄養に関する研究. 石川砂丘地農試報. 2 : 1 - 23.
- 木村 清. 2004. 小麦粒の α -アミラーゼ活性発現を抑制する亜リン酸塩の葉面散布効果. 日作紀. 73 (別2) : 10-11.
- 來田康男・前川和正・澤田富雄・村上玖仁子. 2013. 丹波黒大豆への亜リン酸肥料施用の効果. 作物研究. 58 : 65-70.
- 小谷野茂和・木村 清・掘田 貢・梶田淳史. 2004. 亜リン酸によるコムギ種子の発芽特性および休眠性への影響. 日作紀. 73 (別2) : 12-13.
- 釘宮伸明・今井 寛・川田重徳・清原祥子・植山昌人. 2011. ブドウ「ピオーネ」の着色向上法. 大分農林水研指セ研報 (農業研究部編). 1 : 89-101.
- 樽谷勝. 1975. ブドウの葉脈黄変葉の発生に関する研究 (第1報) 葉脈黄変葉の葉内要素含量について. 園学雑. 43 : 393-398.
- Lovatt, C. J. and R. L. Mikkelsen. 2006. Phosphite fertilizer : What are they? Can you use them? What can they do?. Better Crops. 90 : 11-13 .
- Magarey, P. A., M. F. Wachtel, M. R. Newton. 1991. Evaluation of phosphonate, fosetyl-Al and several phenylamide fungicides for post-infection control of grapevine downy mildew caused by *Plasmopara viticola*. Australasian Plant Pathology. 20 (2) : 34-40.
- 清水 武. 1990. 原色要素障害診断事典. p105. 農文協. 東京.
- 杉浦俊彦・黒田治之・杉浦裕義. 2007. 温暖化がわが国の果樹生育に及ぼしている影響の現状. 園学研. 6 : 257-263.
- 竹下 修・沢田真之輔・高橋国昭・村上英行・多久田達雄・梅野利雄・上野良一・石井卓爾・河野良洋. 1984. ジベレリン処理デラウェアの着色障害に関する研究. 島根農試研報. 19 : 1 ~71
- Thao H. T. B. and T. Yamakawa. 2009. Phosphite (phosphorous acid): Fungicide, fertilizer or bio-stimulator?. Soil Science and Plant Nutrition. 55 : 228-234.
- 矢野 龍. 1981. ウイルス病 (味なし果) . 技 331 - 334. 農業技術体系果樹編 2 ブドウ. 農文協. 東京.
- 輪田健二・三井友宏・西川 豊. 2009. 三重県で発生しているブドウ果皮の着色ムラ (仮称) について. 園芸学会東海支部平成 21 年度研究発表要旨 : 2
- Wicks, T. J., P. A. Magarey, M. F. Wachtel and A. B. Frensham. 1991. Effect of postinfection application of phosphorous (phosphonic) acid on the incidence and sporulation of *Plasmopara viticola* on grapevine. Plant Disease. 75 (1) 40-43.

ハダニ類の簡易薬剤感受性検定法の開発

溝部 信二・中川 浩二・殿河内 寿子

Simple Procedure for Monitoring Insecticide Resistance of Spider Mites

Shinji MIZOBE, Koji NAKAGAWA and Hisako TONOGOUCHI

Abstract: A simple method to test for insecticide resistance of spider mites on strawberries was developed by using paper bags. The technique used was as follows. Infested strawberry leaves were dipped into common chemical concentrations and then stored in paper bags. The paper bags were opened and stood upright in the room for 24 hours. After words, mites walking on the paper bags could be observed with the naked eye. This method is less expensive and easier than the common leaf-disc method.

Key Words : monitoring, paper bag, resistance, spider mite

キーワード : ハダニ、紙袋、検定、抵抗性

緒 言

近年、イチゴのハダニ類では、薬剤抵抗性の発達が問題となっており、その程度は地域や農家によって大きく異なっている。

そのため、ハダニ類の効果的な防除を実施するためには、抵抗性検定を実施し、抵抗性の発達状況を把握する必要がある。

しかしながら、病害虫防除所等の指導機関で実施している検定方法は、ハダニの生死を判定するために、実体顕微鏡等の高価な設備や専門的な技術が必要であるため、検定できる点数は限定され、個別ほ場への対応は困難である。

そこで、2009年～2013年に、簡易薬剤感受性検定法の開発を目的に試験を行った。その結果、肉眼で有効薬剤の判定が可能となる簡易薬剤感受性検定法を開発したので報告する。

材料および方法

1 紙袋を利用したハダニ類の確認

2009年6月～11月に山口県内のイチゴ巡回調査ほ場(20ほ場)におけるハダニ類の密度を調査した。

慣行調査：発生子察事業の調査実施基準に基づき、イチゴ50株(1株3複葉)についてハダニの種名および寄生雌成虫数を肉眼で見取り調査した。

簡易調査：発生が認められたほ場(14ほ場)で、ランダムにイチゴの下位葉を10葉採集し、白色の紙袋(80mm×260mm×460mm)に入れた後に、ポリエチレン袋に入れて持ち帰った。

室内で紙袋の上部を開放して常温で静置し、24時間後に、紙袋の上部を歩行するハダニ類の成幼虫数を肉眼で調査した。

2 ハダニ類の調査方法

1) イチゴ葉の見取り調査

試験は、2011年12月8日に下関市豊北町で採集したナミハダニ黄緑型 *Tetranychus urticae* Koch (green form) (以下ナミハダニ) の寄生したイチゴの葉を用いて、予め実体顕微鏡で成幼虫数を調査したのち、三角フラスコに1葉挿して供試した。調査対象者は、農林総合技術センターの職員(24～70歳、男性7人、女性8人)とし、肉眼(老眼鏡の使用あり)で見取り調査

した虫数と比較した。調査は1人あたり20回実施し、調査時間の目安は1回当たり30秒程度とした。供試したナミハダニ成幼虫数は2~380頭/葉であった。

2) 紙袋調査法

農林総合技術センターの職員(41~70歳、男性4人、女性2人)を対象に、イチゴの葉を入れた紙袋の上部を歩行しているナミハダニを肉眼(老眼鏡の使用あり)で調査した。

3 簡易薬剤感受性検定法と慣行検定法との比較

1) 材料および供試薬剤

試験には、2011年5月17日に宇部市東岐波、12月8日に下関市豊北町の施設栽培イチゴで採集したナミハダニを供試した。

供試薬剤はピリダベン水和剤(サンマイトフロアブル1000倍)、ミルベメクチン水和剤(コロマイト水和剤2000倍)、シフルメトフェン水和剤(カネマイトフロアブル1000倍)、クロルフェナピル水和剤(コテツフロアブル2000倍)、アセキノシル水和剤(ダニサラバフロアブル1000倍)、酸化フェンブタズ水和剤(オサダンフロアブル1000倍)、蒸留水(対照)とし、薬液には展着剤(クミテン5000倍)を加用した。

2) 簡易薬剤感受性検定法(紙袋法)

ハダニが寄生したイチゴの複葉を薬液に10秒間浸漬し、余分な薬液を除去して紙袋に入れた。室温で4~48時間保管した後、肉眼で紙袋上を歩行するハダニ(成幼虫)を生存虫とした。得られた死虫率からAbbottの補正式を用いて補正死虫率を算出した。処理虫数は8~205頭/複葉であり、3反復とした。12月の試験では、処理16時間以降は25℃の恒温室で保管した。

3) 慣行検定法(リーフディスク法)

イチゴ葉で作った直径2cmのリーフディスクにハダニの雌成虫を乗せ、回転散布塔を用いて薬液を5ml散布した。24時間後に実体顕微鏡下で生死を判定し、得られた死虫率からAbbottの補正式を用いて補正死虫率を算出した。苦悶虫は死虫に含めた。処理虫数は区あたり10~20頭とし、処理は3反復とした。

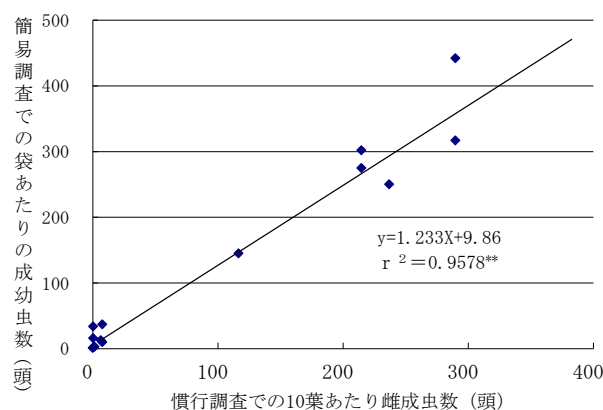
4 簡易薬剤感受性検定法に対する農家アンケート

2012年5月10日~7月20日、県内9会場で開催したIPM講習会において、簡易薬剤感受性検定法(以下紙袋法)について農家にアンケートを実施し、94人から回答を得た。

結果

1 紙袋を利用したハダニ類の確認

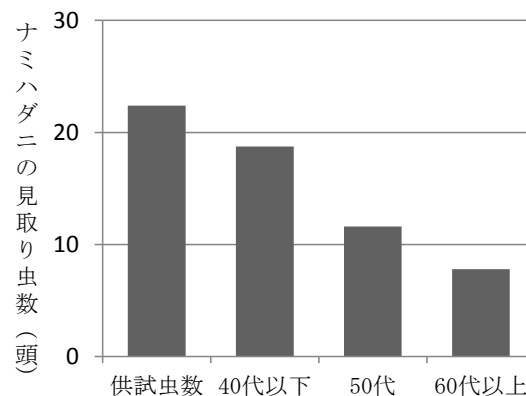
県内のイチゴ巡回調査ほ場において、ナミハダニおよびカンザワハダニ(*Tetranychus kanzawai* Kishida)が認められた。慣行の見取り調査での虫数(雌成虫数)と、簡易調査における虫数(成幼虫数)には、高い相関が認められた(第1図)。



第1図 慣行調査と簡易調査におけるハダニ類虫数の関係

1) ハダニ寄生葉の見取り調査と年齢の比較

イチゴ葉に寄生したナミハダニ虫数を肉眼(老眼鏡の使用あり)で見取り調査し、年代別に比較したところ、年齢が高くなるにつれて見取り虫数は少なくなった(第2図)。



第2図 年代別ナミハダニ見取り虫数

発生予察調査基準の発生程度別に区分した葉と確認した虫数を比較したところ、多~甚発生(雌成虫数11頭以上/葉)を無~少発生(0~3頭/葉)と誤って判断した割合は40代以下では3.3%、50代では7.1%、60代以上では22.2%となり、年代が上がるにつれてハダニを見落とす割合が高くなった。特に60代以上では多発生を無(0頭)と判断した割合は16.7%と高かった(第1表)。

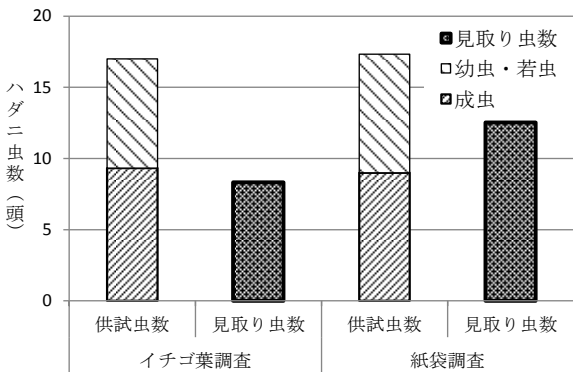
第1表 葉の見取り調査におけるハダニ発生程度の誤認状況

年代	多発生を少発生以下と判断			多発生を無発生と判断		
	40代以下	50代	60代以上	40代以下	50代	60代以上
回答数	2	6	8	1	1	6
比率(%)	3.3	7.1	22.2	1.7	1.2	16.7

多発生:11頭/葉以上、中発生:3~10頭/葉、少発生:1~2頭/葉 無発生:0頭/葉

2) イチゴ葉と紙袋のナミハダニ見取り調査比較

イチゴ葉のハダニと、イチゴ葉を紙袋に入れて室内に静置して翌日に紙袋の上部を歩くハダニを肉眼により見取り調査した結果を比較したところ、葉の見取り調査に比べ、紙袋上を歩行するハダニ成幼虫の見取り調査の誤差が小さかった(第3図)。



第3図 イチゴ葉と紙袋のナミハダニ見取り虫数

3 簡易薬剤感受性検定法と慣行法との比較

1) 処理時間後のハダニ歩行虫の推移

イチゴのハダニ類について、紙袋を利用した簡易薬剤感受性検定法(紙袋法)を実施した結果、イチゴ葉の乾燥とともにハダニが袋の上部に移動した。5月の試験では、薬剤浸漬処理後にハダニが紙袋上部に移動するのに要する時間は、14~24時間であると考えられた。処理48時間後にはハダニ類は袋の外に逃亡し、生死を判別できなかった(第4図)。

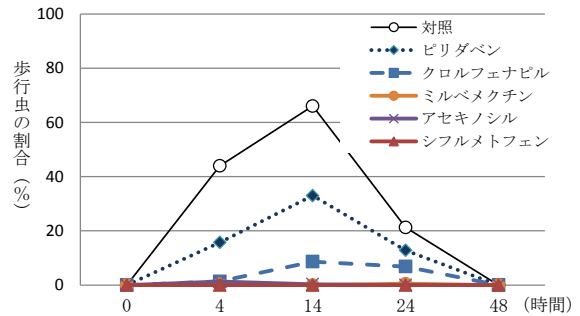
12月の試験では、気温が低い室内に置いたことによって、イチゴ葉の乾燥が不良であったため、ハダニの移動は16時間後には認められなかった。その後、25℃の室内に移したところ、24時間後に歩行虫が認められた。歩行虫の一部は29時間後には袋の外に逃亡した(第5図)。

2) 検定法の違いによる補正死虫率の比較

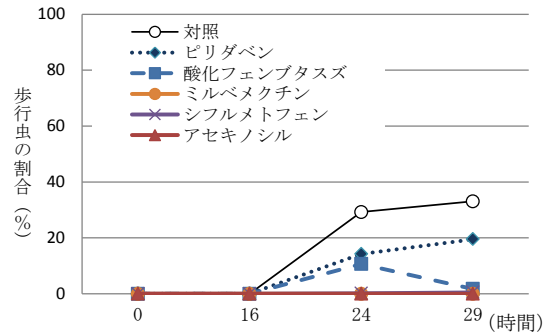
紙袋法の歩行虫を生存虫として補正死虫率を算出し、慣行法(リーフディスク法)での処理24時間後の補正死虫率と比較した。

5月の試験では、シフルメトフェン、アセキノシル、ピリダベン、クロルフェナピルは同等であった。ミルベメクチンでは、慣行法に比べ紙袋法で高かった(第6図)。

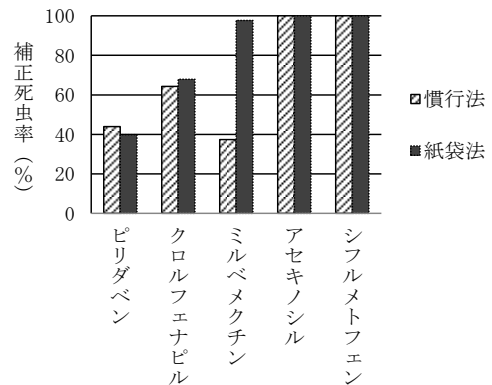
12月の試験では、全般に歩行虫の割合が低かった。シフルメトフェン、アセキノシル、ミルベメクチンは同等であったが、ピリダベン、酸化フェンブタスズでは慣行法に比べ、紙袋法が高かった(第7図)。



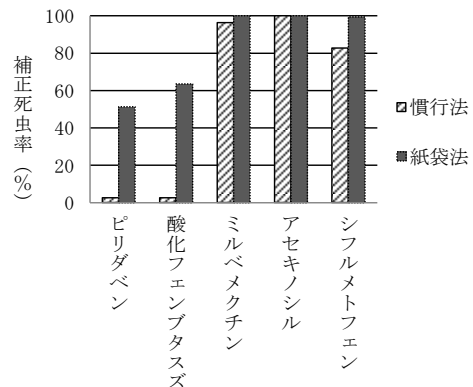
第4図 簡易検定における処理後の時間と歩行虫の割合(5月)



第5図 簡易検定における処理後の時間と歩行虫の割合(12月)



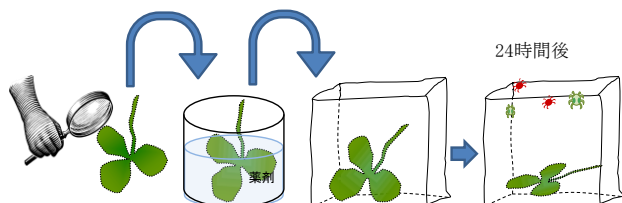
第6図 検定方法別の24時間後の補正死虫率(5月)



第7図 検定方法別の24時間後の補正死虫率(12月)

4 簡易検定法に対する農家アンケート結果

紙袋を使ったハダニの簡易薬剤感受性検定法（第8図）を、農家に提示してアンケート調査を実施したところ、薬剤選定の参考になるため実施したいとの回答が多かった（第2表）。



第8図 ハダニの簡易薬剤感受性検定法（模式図）

第2表 紙袋を使ったハダニの検定法に対するアンケート結果（人、%）

項目	はい		いいえ		無回答	
	回答数	比率	回答数	比率	回答数	比率
紙袋上のハダニが見えましたか	77	84	10	11	7	5
この簡易検定は薬剤選定に役立ちそうですか	76	83	2	2	16	15
講習会にイチゴの葉を持ってきて試したいと思いませんか	39	42	36	39	19	18
指導者*がハダニを集めて来てほしいと思いませんか	36	39	32	35	26	26
自分で試してみたいと思いませんか	46	50	24	26	24	24

注：回答者の年齢構成：30代以下4%、40代6%、50代11%、60代34%、70代以上45%
指導者：農林事務所・J A等

考 察

ハダニ類の移動は寄生作物上の湿度と関連し、移動を開始したハダニ類は負の走地性を示す（HUSSEY and PARR, 1963）。さらに、垂直の壁面を登はんした個体は壁の上縁部に達した後、上縁にそって水平移動を繰り返す（井上, 1990）ことから、寄生葉を紙袋に入れて乾燥させることによって、肉眼でハダニの発生が確認できる。高齢者は、イチゴ葉上のハダニを見落とすことが多いが、紙袋上ではその頻度は低くなることから、紙袋を用いたハダニの確認方法は有効である。

即効性の薬剤を対象にしたハダニの感受性検定では、処理24時間～48時間後に生死を確認する（1997, 浜村）ことから、ハダニの寄生葉を常用濃度の薬液に浸漬して紙袋に保管し、24時間後に紙袋上を歩行するハダニを肉眼で観察することによって、感受性の判定が可能である。

紙袋法が慣行法に比べて効果が高く現れることがあるが、その原因は、ミルベメクチン剤（コロマイト等）では、ダニの活動を抑制して効果を発揮する作用特性がある（上野ら 2011）こと、12月の試験では気温が低かったこと、酸化フェンブタズ（オサダン水和剤）では、やや遅効的である（上野ら 2011）ことが

影響したと考えられる。

この方法は、即効性の薬剤の判定に利用できるが、殺卵および殺幼虫剤、遅効性の薬剤の検定には適さない。歩行虫が認められた場合は、その多少に関わらず、薬剤抵抗性が発達して効果が低下している可能性を疑う必要がある。

イチゴでは、ハダニ類が急増する春期は供試虫の確保が容易である。判定結果は次年度栽培の育苗～本ばいにおける薬剤選択の資料として活用できる。

カーネーションのように葉が厚く、葉の乾燥が遅い植物では、ハダニの移動までに3～4日要した。葉を長さ2cmに裁断することで乾燥が促進され、24時間後の判定が可能であった（未発表）ことから、この方法はイチゴ以外の作物でも適用可能と考えられる。

この技術を農家に提示したアンケートでは、「薬剤選定に役立つ」との回答が多く、高い評価を得ている。

以上のことから、紙袋を用いた薬剤感受性検定法は、慣行のリーフディスク法に比べ、簡易な現場向きの検定手法である。

摘 要

イチゴのハダニ類の薬剤に対する抵抗性は、紙袋を用いて簡単に調査することができる。具体的な手順は、イチゴの葉上にハダニが寄生していることを確認し、その葉を常用濃度の薬液に短時間浸漬する。取り出した葉は余分な薬液を除いた後、口を開けて直立させた紙袋に入れる。その袋を室内に置き、24時間後に紙袋の上を歩行するハダニを肉眼で観察する。

この方法は、従来のリーフディスクを用いる方法に比べ非常に簡単である。そのため、特別な設備や技術がなくとも実施可能で、農家が自分で薬剤の効果の判定できる。

引用文献

- 浜村徹三. 1997. 植物防疫 51 : 45-47.
井上雅央. 1990. 応動昆 34 : 49- 53.
HussEY N. W. and W. J. PARR. 1963. Dispersal of glasshouse red spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acarina, Tetranychidae). *Entomol. Exp. Appl.* 6 : 207- 214.
上野雅子ら. 2011. 農業ハンドブック 2011年版 : 85-86, 133-134.

現場で可能なトマト灰色かび病菌の薬剤感受性簡易検定法の開発

吉原 茂昭*・唐津 達彦・村本 和之

Development of Simple On-Site Methods for Monitoring Fungicide Sensitivity of *Botrytis cinerea*

Shigeaki YOSHIHARA, Tatsuhiko KARATSU and Kazuyuki MURAMOTO

Abstract: Two simple methods for monitoring the fungicide sensitivity of *Botrytis cinerea* were developed. For the first method, a slice of daikon radish treated with fungicide and a cotton swab inoculated with *Botrytis cinerea* were placed on an inverted paper cup topped with a plastic cup. Sensitivity was determined by the spread of the fungus to the daikon and paper cup. For the second method, fungicide treated toothpicks were stuck directly into the lesions of affected tomatoes. Sensitivity was determined by fungal growth on the toothpicks. The conventional method requires *Botrytis cinerea* to be isolated and cultured in specialized facilities, but both of these simple methods can be done without specialized facilities and expertise. The new methods are quick and inexpensive, and should prove practical for farmers when choosing effective fungicides.

Key Words : daikon radish, paper cup, toothpick

キーワード : ダイコン、紙コップ、爪楊枝

緒 言

近年、トマト灰色かび病では、チオファネートメチル剤やプロシミドン剤等の耐性菌が多く発生し、問題となっている。

そのため、灰色かび病の効果的な防除を実施するには、薬剤感受性検定を実施し、耐性菌の発生状況を確認する必要がある。

しかし、従来の薬剤感受性検定法は、発病果等から灰色かび病菌の分離や培養を行い、検定培地上で菌叢生育等を確認するため、クリーンベンチ等の無菌操作を行うための設備や専門的な技術が必要である。また、2～3週間の長い試験期間を要するため、実際に必要な時期の防除対策には検定結果が反映されにくい。

園芸作物における灰色かび病菌の薬剤感受性簡易検定法については、既にいくつかの報告がある。爪楊枝

を使用して接種する方法(佐藤ら, 1997)では、早期に判別可能であるが、選択培地が必要である。また、薬液浸漬した果実に接種する方法(手塚ら, 1976)では、健全果や病原菌の前培養が必要とされる。

そこで、2011年から2013年の3年間、現場の生産者自身が実施しやすい検定法の確立を目的として試験を実施し、紙コップや爪楊枝を用いた、従来の方法に比べ簡易な薬剤感受性検定法を開発したので報告する。

材料および方法

1 ダイコン、紙コップ、プラカップ、PDAを含む綿棒を用いた薬剤感受性簡易検定法の確立

1) 慣行法による薬剤感受性検定と菌株の選抜

2012年10月、県内トマト主要産地から灰色かび病菌50菌株を分離し、供試菌とした。

※現在：農業振興課

PDA平板培地により20℃で3日間培養した供試菌の先端をコルクボーラーで直径4mmのディスクに打抜き、チオファネートメチル100ppm、プロシミドン5ppm、ジエトフェンカルブ10ppmを添加したPDA平板培地及び薬剤無添加PDA平板培地（無処理区）に菌叢面を下にして置床した。暗条件下、20℃で2日間培養後、菌叢生育の有無等により各薬剤に対する感受性を検定した。

また、薬剤感受性簡易検定のため、異なる薬剤感受性を示す2菌株を選抜した。

2) ダイコンを使用した薬剤感受性簡易検定法

(1) ダイコンの適用性及び慣行法との比較

上記慣行法による薬剤感受性検定で選抜した2菌株を供試菌株とした。

灰色かび病菌の培養にダイコンが利用可能かどうかを確認するため、ダイコンを上、中、下3部位に分け、市販のスライサーや型抜きを利用して直径25mm、1mm厚のディスク（以下、ダイコンディスク）を作成し、チオファネートメチル水和剤1,500倍、プロシミドン水和剤1,000倍、チオファネートメチル・ジエトフェンカルブ水和剤1,000倍に調製した薬液と水道水（無処理区）の中に1分間浸漬した後、直ちに伏せた紙コップの底面中央にのせた。その後、PDA平板培地により20℃で7日間培養した2菌株の各菌叢に、すみやかにPDAを染ませた綿棒（片方の綿部は切り落とす）の先端を軽く触れ、ダイコンディスクおよび紙コップの中央に開けた穴に、綿部を上にして差し込み、プラカップでふたをした。

15～20℃の実験室内で10日間培養後、ダイコンディスク及び紙コップ上への菌叢生育の有無により各薬剤に対する感受性を検定し、慣行法による薬剤感受性検定結果と比較した。

(2) 培養条件が判定に与える影響

ダイコンディスクを水道水の中に1分間浸漬した後、直ちに伏せた紙コップの底面中央にのせた。

PDA平板培地により20℃で7日間培養した灰色病菌の菌叢に、すみやかにPDAを染み込ませた綿棒（片方の綿部は切り落とす）の先端を軽く触れ、ダイコンディスク及び紙コップの中央に開けた穴に綿部を上にして差し込んだ。

その後、10℃、15℃、20℃、25℃、30℃の5段階に設定したインキュベーター内（暗条件下）で5～12日間培養し、ダイコンディスク及び紙コップ上への灰色かび病菌の菌叢生育の有無を調査した。

(3) 接種源が判定に与える影響

2014年1月、山口市のトマトほ場から採取したトマト灰色かび病罹病果、葉、茎の菌叢にPDAを染ませた綿棒（片方の綿部は切り落とす）の先端を軽く触れ、水道水に1分間浸漬処理したダイコンディスクの中央

及び紙コップの中央に開けた穴に、綿部を上にして差し込み、プラカップでふたをした。

15～20℃の実験室内で7日間培養後、ダイコンディスク及び紙コップ上への灰色かび病菌の菌叢生育の有無を調査した。

2 爪楊枝を使用した薬剤感受性検定法

1) 慣行法による薬剤感受性検定

2014年12月、山口市のトマト栽培ほ場から採取したトマト灰色かび病罹病果16果から16菌株を分離し、供試菌株とした。

PDA平板培地により20℃で3日間培養した供試菌の先端をコルクボーラーで直径4mmのディスクに打ち抜き、チオファネートメチル100ppm、プロシミドン5ppm、フルジオキシニル0.2ppmを添加したPDA平板培地及び薬剤無添加PDA平板培地（無処理区）に菌叢面を下にして置床した。暗条件下、20℃で2日間培養後、菌叢生育の有無等により各薬剤に対する感受性を検定した。

2) 爪楊枝を使用した薬剤感受性検定と慣行法の比較

上記慣行法による薬剤感受性検定の菌株分離に用いたトマト灰色かび病罹病果16果をプラカップに入れて、チオファネートメチル水和剤1,500倍、プロシミドン水和剤1,000倍、フルジオキシニル水和剤1,000倍に調整した各薬液に爪楊枝を約5分間浸漬し、爪楊枝の表面が乾く程度に数分間風乾した後、菌叢周辺の褐変部に15～20mm突き刺した。

その後、カップ全体をポリ袋で覆い、20℃のインキュベーター内（明条件下）に4日間静置し、爪楊枝上方への灰色かび病菌の菌叢伸長により各薬剤に対する感受性を検定した。また、慣行法による薬剤感受性検定結果と比較した。

3) 爪楊枝突き刺し後の菌叢生育

トマト灰色かび病罹病果5果をプラカップに入れ、チオファネートメチル水和剤1,500倍、プロシミドン水和剤1,000倍、フルジオキシニル水和剤1,000倍に調製した各薬液に爪楊枝を約5分間浸漬後、表面が乾く程度に数分間風乾し、菌叢周辺の褐変部分に15～20mm突き刺した。

カップ全体をポリ袋で覆い、20℃のインキュベーター内（明条件下）に7日間静置し、灰色かび病菌の爪楊枝上方への菌叢伸長を調査した。

結 果

1 ダイコン、紙コップ、プラカップ、PDAを含む綿棒を用いた薬剤感受性簡易検定法

1) 慣行法による薬剤感受性検定と菌株の選抜

本県のトマト主要産地における灰色かび病菌の薬剤感受性検定では、チオファネートメチル水和剤、プロシミドン水和剤、ジエトフェンカルブ水和剤の順で多くの耐性菌が認められた (第1表)。

また、チオファネートメチル水和剤、プロシミドン水和剤、ジエトフェンカルブ水和剤の複合耐性菌が多く認められた (第2表)。

なお、本試験により、チオファネートメチル感受性 (S)、プロシミドン耐性 (R)、ジエトフェンカルブ耐性 (R) に分類される菌株ト-4 (SRR) 及びチオファネートメチル耐性 (R)、プロシミドン感受性 (S)、ジエトフェンカルブ感受性 (S) に分類される菌株ト-6 (RSS) の2菌株を得た。

第1表 トマト灰色かび病菌の慣行法による薬剤感受性検定結果

採取場所	菌株数	耐性菌率%					
		チオファネートメチル水和剤		プロシミドン水和剤		ジエトフェンカルブ水和剤	
		S ^a	R	S	R	S	R
山口市	26	15.4	84.6	30.8	69.2	84.6	15.4
萩市	24	12.5	87.5	50.0	50.0	87.5	12.5
平均		14.0	86.1	40.4	59.6	86.1	14.0

^a Sは感受性菌、Rは耐性菌

第2表 トマト灰色かび病菌の各薬剤に対する感受性による分類

採取場所	各薬剤に対する感受性による分類 ^a %		
	SRR	RSS	RRS
山口市	15.4	30.8	53.8
萩市	12.5	50.0	37.5
平均	14.0	40.4	45.7

^aチオファネートメチル水和剤、プロシミドン水和剤、ジエトフェンカルブ水和剤の順に、3剤に対してトマト灰色かび病菌が示す感受性を3文字表記したもので、Sは感受性菌、Rは耐性菌

2) ダイコンを使用した薬剤感受性簡易検定法

(1) ダイコンの適用性及び慣行法との比較

ダイコン上部、中部を用いた場合、ト-4菌株では、無処理区及びプロシミドン水和剤区で、ト-6菌株では、無処理区及びチオファネートメチル水和剤区でダイコンディスク及び紙コップ上への菌叢生育が認められた。これらは、慣行法のPDA平板培地上で菌叢生育が認められ、耐性菌と判定した結果と一致した。

また、ト-4菌株では、チオファネートメチル水和剤区及びチオファネートメチル・ジエトフェンカルブ水和剤区で、ト-6菌株では、プロシミドン水和剤区及びチオファネートメチル・ジエトフェンカルブ水和剤区でダイコンディスク及び紙コップ上への菌叢生育が認められなかった。これらは、慣行法のPDA平板培地上で菌叢生育が認められず、感受性菌と判定した結果と一致した。

以上の結果から、本法は、慣行の薬剤感受性検定と同様の結果が得られることがわかった。

しかし、ダイコン下部を用いた場合は、ダイコンディスクのほとんどが腐敗し、薬剤感受性の判定が出来なかった (第3表、第1図)。

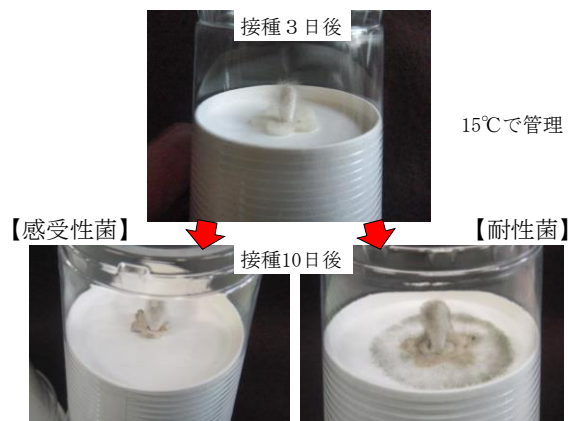
第3表 簡易検定法においてダイコンの部位が薬剤感受性検定に与える影響

菌株	検定薬剤 ^a	簡易検定法で使用するダイコンの部位									慣行法 ^b			
		上部 (杯軸部)			中部 (根上部)			下部 (根下部)						
		反復	1	2	3	1	2	3	1	2		3		
ト-4	無処理	+	+	+	+	+	+	+	+	+	腐	腐	腐	+
	チオファネートメチル水和剤	-	-	-	-	-	-	-	-	-	腐	腐	腐	-
	プロシミドン水和剤	+	+	+	+	+	+	+	腐	腐	腐	腐	+	
	チオファネートメチル・ジエトフェンカルブ水和剤	-	-	-	腐	-	-	-	腐	-	腐	-	-	
ト-6	無処理	+	+	+	+	+	+	腐	腐	腐	腐	腐	+	
	チオファネートメチル水和剤	+	+	+	+	+	+	腐	腐	-	-	-	+	
	プロシミドン水和剤	-	-	-	-	-	-	-	腐	腐	腐	腐	-	
	チオファネートメチル・ジエトフェンカルブ水和剤	-	-	-	-	-	-	-	腐	-	腐	-	-	

^a簡易検定法は、チオファネートメチル1,500倍、プロシミドン水和剤1,000倍、チオファネートメチル・ジエトフェンカルブ水和剤1,000倍、慣行法は、チオファネートメチル水和剤100ppm、プロシミドン水和剤5ppm、ジエトフェンカルブ10ppmで実施

^b慣行法で、ジエトフェンカルブで耐性 (+) かつチオファネートメチル感受性 (-)、またはジエトフェンカルブ感受性 (-) かつチオファネートメチル耐性 (+) の場合は、チオファネートメチル・ジエトフェンカルブ水和剤の評価を感受性 (-) とした

^c+: 菌叢生育が認められる、-: 菌叢生育が認められない、腐: ダイコンが腐敗し、菌叢生育の判定不能



第1図 感受性菌と耐性菌の判定

(2) 培養条件が判定に与える影響

灰色かび病菌のダイコンディスク及び紙コップ上への菌叢生育は、気温が高いほど早く、20℃では5日目に、15℃では7日目に、10℃では10日目に認められた。しかし、気温25℃以上では、早期からダイコンディスク上に雑菌の繁殖が認められ、菌叢生育の判定が困難であった。

また、灰色かび病菌の菌叢生育が認められたダイコンディスク上でも、気温が高いほど早い時期から雑菌の繁殖が認められた。

以上から、本法は、気温15~20℃、培養日数7~10日の培養条件が適していた (第4表)。

第4表 気温・培養日数の違いが簡易検定法における菌叢生育に与える影響

培養日数	気温 ^a				
	10℃	15℃	20℃	25℃	30℃
5日	- ^b	-	+	判定不能	判定不能
7日	-	+	+(雑)	判定不能	判定不能
10日	+	+	判定不能	判定不能	判定不能
13日	+	+(雑)	判定不能	判定不能	判定不能

^aインキュベーターにて、終日一定気温、暗黒下で管理

^b+: 菌叢生育が認められる、-: 菌叢生育が認められない、(雑): 雑菌繁殖、判定不能: 雑菌の繁殖により菌叢生育の判定不能

3) 接種源が判定に与える影響

トマト灰色かび病に罹病した果実、葉、蕾のいずれを用いても、全てダイコンディスク及び紙コップ上に灰色かび病菌の菌叢生育が認められ、判定可能であった。しかし、茎を用いた場合は、灰色かび病菌の菌叢生育率が69.2%であり、一部の検体は、検定に不向きであった(第5表)。

第5表 簡易薬剤感受性検定^aにおいて接種源が菌叢生育に与える影響

接種源	ダイコン・紙コップ上の菌叢生育	菌叢生育率	
		生育あり	生育なし
部位	検体数	生育あり	生育なし
果実	18	18	0
茎	13	9	4
葉	10	10	0
蕾	3	3	0
計	44	40	4
			90.9

^aダイコン、紙コップ、プラカップ、PDAを含む綿棒を用いた薬剤感受性検定

2 爪楊枝を使用した薬剤感受性検定法

1) 慣行法による薬剤感受性検定

山口市のほ場から分離したトマト灰色かび病菌 16 菌株は、チオファネートメチル水和剤に対しては、全て耐性菌であった。また、プロシミドン水和剤、フルジオキシソニル水和剤の両剤に対しては、全て感受性菌であった(第6表)。

第6表 トマト灰色かび病菌の慣行法による薬剤感受性検定結果

採取場所	菌株数	耐性菌率%					
		チオファネートメチル水和剤		プロシミドン水和剤		フルジオキシソニル水和剤	
		S ^a	R	S	R	S	R
山口市	16	0	100	100	0	100	0

^aSは感受性菌、Rは耐性菌

2) 爪楊枝を使用した薬剤感受性検定と慣行法の比較

無処理区及びチオファネートメチル水和剤区では、16 菌株全てに爪楊枝上方への灰色かび病菌の菌叢伸長が認められた。これらは、慣行法のPDA平板培地上で灰色かび病菌の菌叢生育が認められ、耐性菌と判定した結果と一致した。

一方、プロシミドン水和剤区及びフルジオキシソニル水和剤区では、16 菌株とも爪楊枝上方への灰色かび病菌の菌叢伸長は認められなかった。これらは、慣行法のPDA平板培地上で灰色かび病菌の菌叢生育が認められず、感受性菌と判定した検定結果と一致した。

以上から、本法は、慣行の薬剤感受性検定と同様の結果が得られることがわかった(第7表)。

第7表 爪楊枝を使用した薬剤感受性検定と慣行法の比較^a

検体数	耐性菌率%				
	(爪楊枝上の平均菌叢長またはPDA培地上の平均菌叢直径mm)				
	無処理	チオファネートメチル水和剤	プロシミドン水和剤	フルジオキシソニル水和剤	
爪楊枝を使用した方法	16	100 (33.2 ^b)	100 (33.0)	0 (0)	0 (0)
慣行法	16	100 (46.6 ^c)	100 (38.8)	0 (0)	0 (0)

^a山口市の同一ほ場から採集したトマト灰色かび病罹病果を用い、爪楊枝を使用した薬剤感受性簡易検定とその罹病果から分離した16菌株を用いたPDA培地による慣行の薬剤感受性検定の結果を比較した

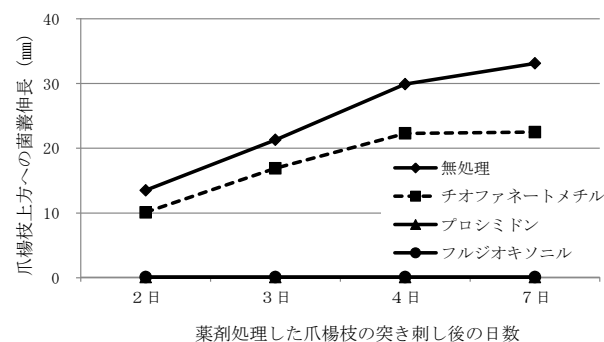
^b接種4日後に果実上から爪楊枝上方へ伸長した灰色かび病菌の平均菌叢長 (mm)

^c接種2日後のPDA培地上の灰色かび病菌の平均菌叢直径 (mm)

3) 爪楊枝突き刺し後の菌叢生育

無処理区及びチオファネートメチル水和剤区では、トマト果実に爪楊枝を突き刺して2日後から爪楊枝上方への灰色かび病菌の菌叢伸長が認められ、4日後までゆるやかに上昇した。しかし、それ以降は、爪楊枝上方への灰色かび病菌の菌叢伸長はほとんど認められなかった。

これに対し、プロシミドン水和剤区及びフルジオキシソニル水和剤区では、試験期間中、爪楊枝上方への灰色かび病菌の菌叢伸長は全く認められなかった(第2図)。



第2図 爪楊枝上へのトマト灰色かび病菌の菌叢伸長

以上から、本法では、爪楊枝突き刺し2~3日後の爪楊枝上方への灰色かび病菌の菌叢伸長の有無で、薬剤感受性検定が可能であった(第3図)。



第3図 爪楊枝上方へ伸長した灰色かび病菌の菌叢

※ 矢印は、果実上から爪楊枝上方に伸長した菌叢

考 察

摘 要

園芸作物における灰色かび病菌の薬剤感受性簡易検定法については、無菌操作等の必要がなく、生産者自身でも実施しやすい検定法が求められている。

このたび開発した、ダイコン、紙コップ、プラカップ、PDAを含む綿棒を用いた薬剤感受性検定法（以下、ダイコン・カップ検定法）（第4図）、爪楊枝を使用した薬剤感受性検定法（以下、爪楊枝スティック法）（第5図）とも、実験室内での専門的操作の必要がなく、生産者自身が現場で実施できる簡易な検定方法と考える。特に、爪楊枝スティック法は、生きた植物体を用いることもなく、薬剤処理した爪楊枝を灰色かび病罹病果の菌叢周辺に突き刺して検定するため、より簡易な薬剤感受性検定法である。

また、これらの検定法は1回当たりの検定が10円程度で実施可能であり、コストパフォーマンスにも優れているため、簡易で安価な現場向きの検定手法である。

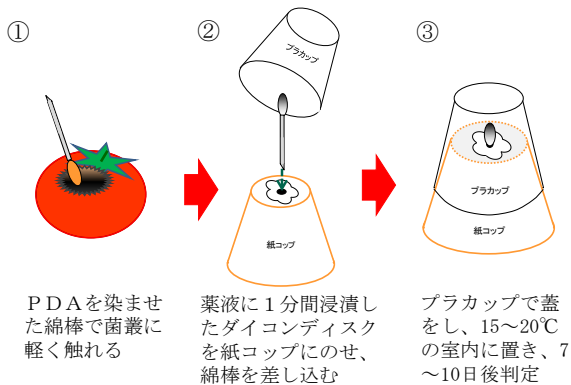
今後、他薬剤の適用性を確認することで、これらの薬剤感受性簡易検定法の利用価値がさらに高まるものと期待する。

トマト灰色かび病について、現場で実施可能な、簡易薬剤感受性検定方法を開発した。

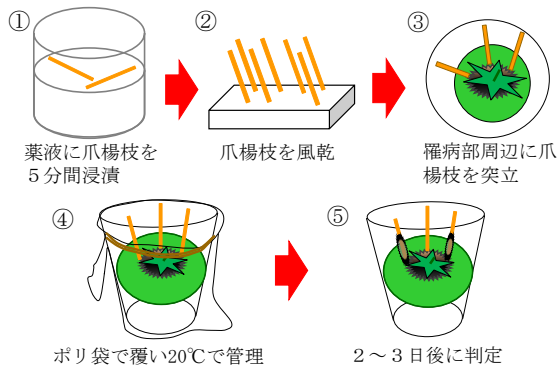
ダイコン・カップ検定法、爪楊枝スティック法とも、慣行法に比べ簡易でありながら、慣行法と同様の検定結果が得られた。また、これらの方法は、従来の薬剤感受性検定で必要とされていた菌の分離や培養などの無菌操作や専門的な設備は必要なく、簡易かつ安価であることから、灰色かび病菌の簡易な薬剤感受性検定法として現場農家レベルで役立つものと期待する。

引用文献

佐藤充通, 山田正和・中澤靖彦・堀江博道. 1997. 関東東山病害虫研究会年報. 44 : 97-101.
 手塚信夫・木曾 皓. 1976. 日本農薬学会誌. 1 : 321-324.
 日本植物病理学会殺菌剤耐性菌研究会. 1998. 植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル I. 日本植物防疫協会. 東京. p. 28-33.



第4図 ダイコン・カップ法



第5図 爪楊枝スティック法

種雄牛の採精及び凍結精液作成技術に関する研究

竹下 和久・稲吉 洋裕*

Research on Bull Semen Collection and Semen Freezing Technology

Kazuhisa TAKESHITA, Yousuke INAYOSHI

Abstract: This study researched effects of the injection of hormones on the mounting behavior of bulls with weak sex drive when presented with dummy cows. A diluted solution to improve the quality of frozen bull semen was also examined. Bulls were injected with the hormone GnRH, however a significant difference in mounting behavior could not be confirmed. Lactoferrin was added to the semen diluter before freezing. At 0.5mg/ml lactoferrin, a small improvement was seen in the motility of the sperm. This trend was more visible for sperm that started with a lower motility. There was no difference found in sperm motility after adding sodium pyrovate to the semen diluter.

Key Words : GnRH、lactoferrin、pyrovate

キーワード：ピルビン酸ナトリウム、ラクトフェリン

緒 言

県内肉用牛の生産振興及び産肉性等経済能力の向上を図るため、当部では、優れた遺伝的能力を有する黒毛和種種雄牛を造成し、これらの種雄牛から凍結精液の生産を行い、県内畜産農家へ供給している。

遺伝的能力の優れた種雄牛の場合、その精液の需要は飛躍的に多く、そのような種雄牛に繁殖障害が起これば人工授精事業自体が被る経済的損失が多にばかりでなく、その精液の利用を希望する畜産農家へ与える影響も大きい。優れた遺伝能力が期待できる種雄牛候補牛の中には、乗駕欲の弱い等の理由から採精が困難となり、凍結精液が安定的に生産できない場合がある。また、牛の精子は、個体差が大きいことや同じ個体からの精液でも採取した季節や精子の成熟度の違いによって精子の耐凍能が異なることも知られている。

そこで、採精時の乗駕行動の改善を目的としたホルモン剤の投与及び凍結精液の生産量増加と品質向上を

図るため凍結精液作成用希釈液の改良を検討した。

材料および方法

1 ホルモン剤投与による乗駕行動改善効果の検討

1) 供試牛 場内繋養種雄牛 3頭

採精訓練において、乗駕欲を示さなかった種雄牛

第1表 供試牛の概要

	品種	月齢 (処理時)
A	黒毛和種	15.4
B	見島ウシ	19.3
C	黒毛和種	18.5

2) ホルモン剤投与

採精訓練を行う3日目にホルモン剤 (GnRH) を投与し、採精訓練時の乗駕行動への影響を調査した。

3) 血中テストステロン濃度の測定

*現在：山口農林事務所畜産部

ホルモン投与時に採血を行い、その後テストステロン測定キットにより濃度を測定した。

なお、テストステロン測定キットによる測定は山口大学共同獣医学部で実施した。

2 凍結精液作成用希釈液の改良

1) 供試牛 場内繋養種雄牛 6頭

人工膾法により採取した精液を用いて、試験を実施した。

希釈液は卵黄-トリス-糖液〔第2表〕にラクトフェリン、ピルビン酸ナトリウムを添加したものと無添加のものを使用し、それぞれラクトフェリン区、ピルビン酸ナトリウム区、対照区とした。なお、添加濃度はラクトフェリン区が0.5mg/ml、1.0mg/ml、ピルビン酸ナトリウム区が1mM、5mMとした。

これらの希釈液を用い精子数を1ml当たり7千万に調整し、常法により凍結した。

凍結後、35℃の条件下で融解し、顕微鏡下で精子の運動性（活力）を観察した。

また、35℃の好氣的条件下で5時間培養し、培養開始直後およびその後1時間ごとに、顕微鏡下で精子の運動性（活力）と生存率を観察した。

第2表 牛凍結精液用希釈液の組成

成分名	分量
トリスアミノメタン	13.63g
クエン酸	7.62g
乳糖	15.00g
ラフィノース	27.00g
果糖	3.75g
テオフェリン	0.09g
蒸留水	800mlに調整
卵黄	200ml
ペニシリンGカリウム	1,000,000単位
ストレプトマイシン	1g力価
計	1,000ml

結果

1 ホルモン剤投与による乗駕行動改善効果の検討

GnRH投与と乗駕行動を〔第3表〕に示した。

供試牛Aでは、GnRHを6回投与して、1回乗駕行動を示したが、採精はできなかった。

供試牛Bでは、GnRHを6回投与して、3回乗駕行動を示し、そのうち1回は採精ができ精子の活力も良好で、凍結精液が作成できた。

供試牛Cでは、GnRHを2回投与して、2回乗駕

行動を示し、そのうち1回は採精ができたが、精子の活力が不良であった。

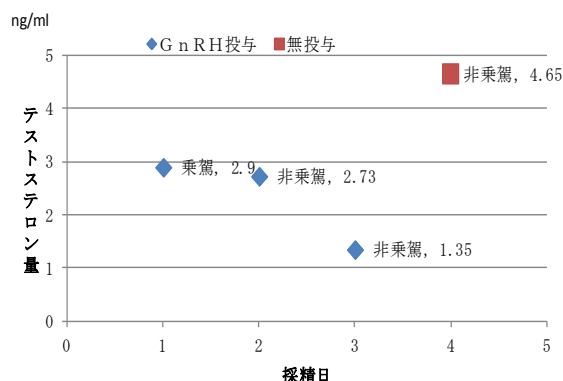
血中テストステロン濃度と乗駕行動を〔第1、2図〕に示した。

供試牛Aでは、GnRH投与時のテストステロン濃度が同じような数値でも乗駕と非乗駕があり、テストステロン濃度の数値が高いときでも非乗駕であった。

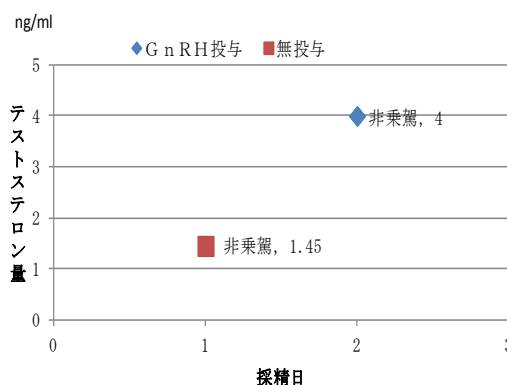
供試牛Bでは、テストステロン濃度に関わらず、非乗駕であった。

第3表 GnRH投与と乗駕行動

供試牛	GnRH投与回数	単位：回	
		乗駕あり	採精
A	6	1	0
B	6	3	1
C	2	2	1



第1図 GnRH投与時のテストステロン量と乗駕行動（供試牛A）



第2図 GnRH投与時のテストステロン量と乗駕行動（供試牛B）

2 凍結精液作成用希釈液の改良

ラクトフェリン添加における牛精液の凍結前後の精液性状の比較を〔第4表〕に示した。

供試牛Dでは、凍結融解後の精子の活力が0.5mg添加より無添加区に比べて、高い傾向を示した。

供試牛Eでは、凍結融解後の精子の活力が0.5mg添加区が無添加および1.0mg添加区より高い傾向を示した。

供試牛Fでは、凍結融解後の精子の活力が0.5mg添加区及び無添加区が1.0mg添加区より高い傾向を示した。

供試牛Gでは、凍結融解後の精子の活力が0.5mg添加区より無添加および1.0mg添加区より高い傾向を示し、無添加区が1.0mg添加区より高い傾向を示した。

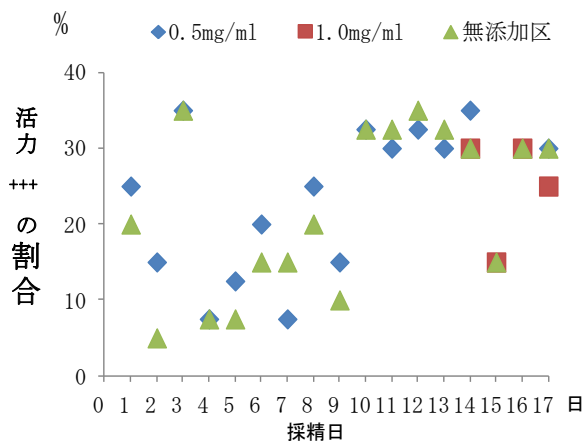
第4表 牛精液の凍結前後の精液性状の比較(ラクトフェリン)

供試牛	区分	例数	原精液		2次希釈後		融解後		標準偏差
			+++	活力 %	+++	活力 %	+++	活力 %	
D	0.5mg	2	80.0	50.0	32.5	2.5			
	1.0mg	2	80.0	50.0	27.5	2.5			
	無添加区	2	80.0	50.0	30.0	0.0			
E	0.5mg	5	82.0	72.0	29.0	9.6			
	1.0mg	5	82.0	72.0	28.0	9.2			
	無添加区	5	82.0	72.0	28.0	9.2			
F	0.5mg	3	83.3	66.7	31.7	2.2			
	1.0mg	3	83.3	66.7	30.0	3.3			
	無添加区	3	83.3	66.7	31.7	2.2			
G	0.5mg	3	86.7	53.3	26.7	7.8			
	1.0mg	3	86.7	53.3	23.3	12.2			
	無添加区	3	86.7	53.3	25.0	10.0			

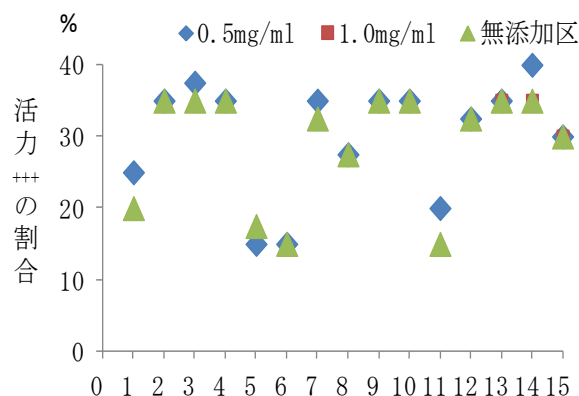
供試牛D、Eの凍結日ごとのラクトフェリン添加における牛精液の凍結融解後の精液性状の比較を〔第3、4図〕に示した。

供試牛Dでは、無添加区において融解後の精子の活力が低いとき、添加区で無添加区より精子の活力が高くなる傾向がみられた。

供試牛Eでは、無添加区において融解後の精子の活力が低いとき、添加区で無添加区より精子の活力が高くなる傾向がみられたが供試牛Dより顕著な傾向ではなかった。



第3図 ラクトフェリン添加による精子の活力への影響 (供試牛D)



第4図 ラクトフェリン添加による精子の活力への影響 (供試牛E)

また、供試牛D、Eについて、無添加区の凍結融解後の精子の活力ごとにまとめた比較を〔第5、6図〕に示した。

供試牛Dでは、無添加区の精子の活力(++)が10%以下、10~20%、20~30%の場合、0.5mg添加区の精子の活力が無添加区に比べて、高くなった。

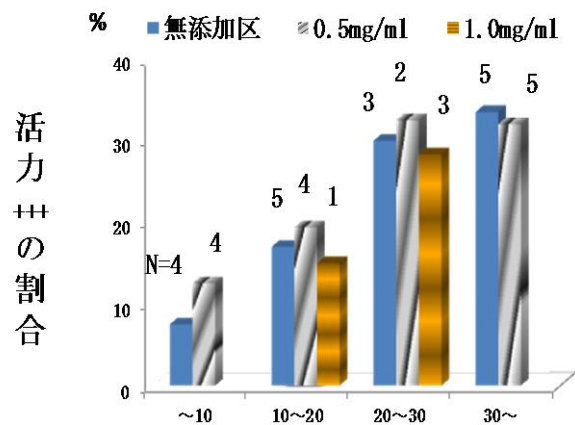
無添加区の精子の活力が低いほど、添加区との差が大きい傾向にあった。

供試牛Eでは、無添加区の精子の活力ごとにまとめても変わらない傾向にあった。

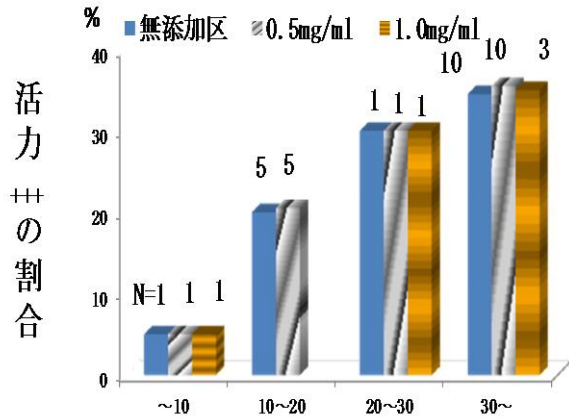
供試牛Dについて、融解後の精子の生存率および精子の活力を経時的に観察した結果を〔第7、8図〕に示した。

精子の生存率は、添加、無添加ともに時間とともに同じように低下していく傾向がみられた。

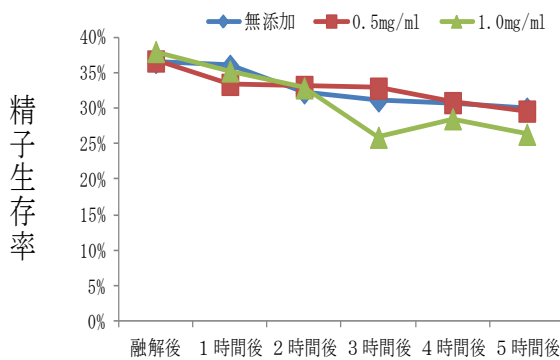
精子の活力は、1.0mg添加区は他の2区と比較して、低く推移していたが、無添加区と0.5mg添加区は時間とともに同じように低下していく傾向がみられた。



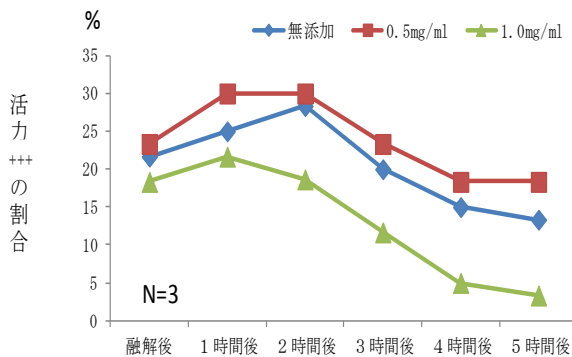
第5図 無添加区の活力(+++)による区分 (供試牛D)



第6図 無添加区の活力(+++)による区分 (供試牛E)



第7図 凍結融解後の経時的変化 (供試牛D)



第8図 凍結融解後の経時的変化 (供試牛D)

ピルビン酸ナトリウム添加における牛精液の凍結前後の精液性状の比較を〔第5表〕に示した。

供試牛H、Iとも無添加区、添加区ともに凍結融解後の精子の活力に差がみられなかった。

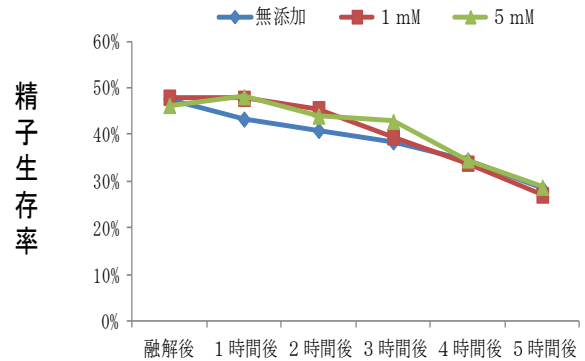
供試牛Hについて、融解後の精子の生存率および精子の活力を経時的に観察した結果を〔第9、10図〕に示した。

精子の生存率は添加、無添加ともに時間とともに同じように低下していく傾向がみられた。

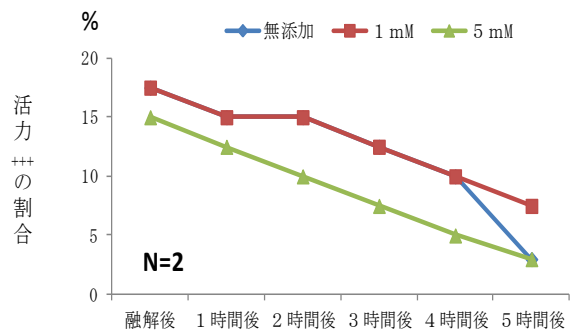
精子の活力は、5mM添加区は他の2区と比較して、低く推移していたが、無添加区と1mM添加区は時間とともに同じように低下していく傾向がみられた。

第5表 牛精液の凍結前後の精液性状の比較(ピルビン酸Na)

供試牛	区分	例数	原精液		2次希釈後		融解後		標準偏差
			活力	%	活力	%	活力	%	
H	1mM	2	90.0	65.0	27.5	2.5			
	5mM	2	90.0	65.0	27.5	2.5			
	無添加区	2	90.0	65.0	27.5	2.5			
I	1mM	3	70.0	33.3	13.3	4.4			
	5mM	3	70.0	33.3	13.3	4.4			
	無添加区	3	70.0	33.3	15.0	3.3			



第9図 凍結融解後の経時的変化 (供試牛H)



第10図 凍結融解後の経時的変化 (供試牛H)

考 察

乗駕欲を示さなかった種雄牛に対して、乗駕欲の改善効果を期待して、GnRH投与を実施し、乗駕行動が発現し、精液が採取できた場合もあったが、GnRH投与後常に乗駕行動が発現せず、GnRHによる明確な乗駕欲改善効果は確認できなかった。

雄牛の精巣機能減退の場合のホルモン療法として、PMSG(妊馬血清性腺刺激ホルモン)やHCG(人絨毛性腺刺激ホルモン)が行われるが、その効果は一様でない(社団法人畜産技術協会 2004)と報告されており、今回のGnRH投与も同様に常に乗駕行動が発現しなかったため、その投与効果も同じであった。

血中テストステロンと乗駕行動の関係では、GnRH投与時の血中テストステロン濃度と乗駕行動は、血中テストステロン濃度が同じような値でも乗駕や非乗駕の場合もあり、テストステロン濃度と乗駕行動の関係に一定の傾向は認められなかった。

肉用雄牛における繁殖行動を抑制するために使用した経口活性プロゲステンについて調査した試験において、乗駕行動とテストステロン濃度について、調べた結果、乗駕行動はテストステロン濃度とは関連はなかった（IMWALLEら2002、LUNSTRAら1989）と報告されており、今回のテストステロン濃度と乗駕行動の関係と同様であった。

雄牛の交尾欲は直接的には精巣から分泌されるアンドロジェンに支配され、根本的には種雄牛の栄養状態、飼養管理の条件および精神的要因などによって左右される。遺伝的要因、ビタミンA、タンパク質、ミネラルなどの不足、栄養失調、過肥、削蹄失宜、運動不足、四肢の障害などが考慮され、供用過度による性的消耗、精液採取失宜による疼痛・恐怖の経験なども性欲の発現を抑制する。これらの対応では、種雄牛が過肥または栄養失調の場合に給与飼料を改善する。他の疾病が存在している場合には治療を実施する。適度の運動と日光浴、牛舎環境の改善が重要であり、供用過度の場合には精液採取を停止し、休養させる必要がある。

その後、ホルモン療法を実施することで乗駕行動の改善をはかることが示されており、今回は栄養状況や飼養環境体制には問題がないと考え、GnRH投与を実施したが、乗駕行動との関係に一定の傾向は認められなかった。

今後、乗駕欲の弱い牛が発現したら、給与飼料や牛舎環境を検討しつつ、PMSGやhCGなどによるホルモン剤投与を実施して、乗駕行動の改善に努めていくことが必要であると考えられた。

当部で使用している凍結精液作成用希釈液にラクトフェリン添加が凍結融解後精子の活力に及ぼす効果試験の結果、0.5mg添加が無添加と比較して、精子の活力が高くなる傾向が認められ、無添加の精子の活力が低い時にその添加効果が高まる傾向であった。牛精子希釈液への0.5mg/ml濃度のラクトフェリン添加は、個体差はあるが、凍結融解後の運動精子率および良好な精子生存率を高めることが明らかになり、耐凍能が極めて低い種雄牛において、凍結精液の製品化率が高くなる傾向を示したと報告（岩手県畜産研究所

2006）があり、その結果と同様な結果であった。

ラクトフェリンは精巣上体漿液および精漿に含まれ、精子頭部に結合する主要な精子被覆抗原であり、精子被覆抗原は、凍結に対して安定しており凍結時のストレスから精子細胞膜を保護している可能性があると考えられており（小林ら2006）、ラクトフェリン添加することにより、凍結融解後の精子の凝集が抑制され、運動精子率が向上したと考えられた。

また、ラクトフェリン添加と無添加の凍結精液による人工授精を198頭で実施した結果、それぞれ56.6%、52.5%であり、有意な差はなかったと報告があり（小林ら2005）、凍結融解後の経時的に精子の活力および生存率を調査した結果、ラクトフェリン添加と無添加とも時間の経過により低下がみとめられ、ラクトフェリン添加によって、耐凍能の悪い種雄牛の精子の活力は向上するものの、精子の活力の持続時間の向上や受胎率向上への効果までにはつながらないものと考えられた。

しかしながら、山口県には、稀少性のある無角和種や見島ウシが存在し、遺伝資源の保存として、凍結精液の確保は大変重要であり、ラクトフェリン添加によって、少しでも精子の活力が向上されて凍結できるため、希釈液の改良に応用できるものと考えられた。

ピルビン酸ナトリウムは細胞が利用しやすい炭水化物源として、受精卵の培養等に利用されているが、今回、凍結精液希釈液にピルビン酸ナトリウム添加した結果、添加と無添加ともに同じ数値を示し、凍結融解後の精子の活力および精子生存率に改善効果は認められなかった。

また、精子凍結用希釈液にピルビン酸ナトリウムを添加し、凍結・融解後に経時的に調査した結果、運動精子率では常に添加区が慣行区より高い値で推移し、運動速度では融解後1時間までは両区ともほぼ同じ値で推移したが、2時間以降は添加区が慣行区より高い値で推移し、ピルビン酸ナトリウム添加は、凍結・融解後の精子生存性・運動性の改善に効果のある可能性が示唆されたと報告（新福ら2005）しており、今回の試験結果と異なったが、ピルビン酸ナトリウム添加したことで、精子の活力や精子生存率が低下するなどの悪影響はなかったことからピルビン酸ナトリウムも凍結精液用希釈液に添加しても問題はないものと考えられた。

摘 要

新福ら. 2005. 牛凍結精液の有効利用に関する研究. 鹿児島県肉用牛研究所研究報告. 10:10-12.

乗駕欲の弱い牛に対して、採精時の乗駕行動の改善を目的としてホルモン剤を投与し、その後の乗駕行動について調査した。また、牛凍結精液の耐凍性を向上させるため、凍結精液作成用希釈液の改良を検討した。

乗駕欲の弱い牛に対して、ホルモン剤としてGnRH投与を実施し、乗駕行動が発現し、精液が採取できた場合もあったが、GnRH投与後常に乗駕行動が発現せず、GnRHによる明確な乗駕欲改善効果は確認できなかった。

凍結精液作成用希釈液にラクトフェリン添加が凍結融解後精子の活力に及ぼす効果試験の結果、0.5mg添加が無添加と比較して、精子の活力が高くなる傾向が認められ、精子の活力が低い時にその添加効果が高まる傾向であった。

凍結精液作成用希釈液にピルビン酸ナトリウム添加したが凍結融解後精子の活力に及ぼす効果は認められなかった。

引用文献

IMWALLE D B, SCHILLO K K, DAXENBERGER A. Effects of melengestrol acetate on reproductive behavior and concentration of LH and testosterone in bulls. 2002. J Anim Sci. 80:1059-1067.

岩手県畜産研究所. 2006. 平成 18 年度試験研究成果書. 7 ; 1-2.

小林 仁ら. 2005. 凍結希釈液へのラクトフェリン添加がウシ精子の運動性および受胎率に及ぼす影響. 東北畜産学会報. 55(2), 30.

小林 仁ら. 2006. ウシ凍結精液へのラクトフェリン添加が融解後の精子運動性に及ぼす影響. 2006. 日本胚移植学雑誌. 28(1), 55.

LUNSTRAD D, BOYD G W, CORAH L R. Effects of natural mating stimuli on serum luteinizing hormone, testosterone and estradiol-17 β in yearling beef bulls. 1989. J Anim Sci. 67:3277-3288.

社団法人畜産技術協会. 2004. 牛の人工授精マニュアル

見島ウシの近交度を考慮した適正交配に関する検討

稲吉 洋裕*・竹下 和久

Analysis of the Best Mating Method for Mishima Cattle with Regards to Inbreeding Coefficient

Yousuke INAYOSHI, Kazuhisa TAKESHITA

Abstract: The inbreeding coefficient of Mishima cattle is increasing as mating continues within the small-scale closed population, causing concerns about inbreeding depression. Various mating methods designed to control the rapid rise of the inbreeding coefficient and maintain genetic diversity were examined to determine which would be most appropriate. Circular group mating and minimum coancestry mating are both considered to be effective methods to avoid inbreeding. In circular group mating, a population is divided into subgroups based on the coefficient of relationship, and males are transferred between neighboring groups in a circular pattern. In minimum coancestry mating, the male that will produce a child with the lowest possible inbreeding coefficient is selected for breeding. Computer simulations were used to determine the long term effects of the different mating methods on the average coefficient of relationship and average inbreeding coefficient of the herd. It was determined that circular group mating was most appropriate for Mishima cattle. There was no significant difference in rate of increase of the average inbreeding coefficient compared to the minimum coancestry method, but the rate of increase for the average coefficient of relationship was slower. Moreover, it was determined that the increase of the inbreeding coefficient could be more efficiently controlled by using the most genetically unique bulls for breeding.

Key Words : circular group mating, coefficient of relationship, minimum coancestry mating

キーワード : 血縁係数、巡回型グループ交配、最小血縁交配

緒言

見島ウシが飼養されている山口県萩市見島は、萩市の西北 44.3km 沖の日本海に位置する周囲 17.45km、面積 7.74km²の孤島で、平成 20 年 (2008 年) 1 月現在で、総戸数 523 戸、人口 1,078 人となっている。そのうち農家戸数は 98 戸で、主な農畜産物は、米、キュウリ、牛、タマネギ等が広く耕作、飼養されている (萩市, 2008)。

日本古来の「在来牛」は、明治時代に入ってさまざま

な外国種との交雑が行われ始めた。その後、改良方針のない混乱期を経て 1938 年に全国一律の登録制度が始まり、1944 年に「黒毛和種」「褐毛和種」「無角和種」、1957 年に「日本短角種」が固定品種として誕生した (社団法人全国和牛登録協会, 2007)。見島ウシは外国種との交雑を受けることなく「在来牛」の血統を守り続けている牛で、昭和 3 年 (1928 年) に国の天然記念物に指定された。飼養頭数は昭和 30 年 (1955 年) まで 500 頭台を維持していたが、社会・経済情勢等が変化する中で漸減

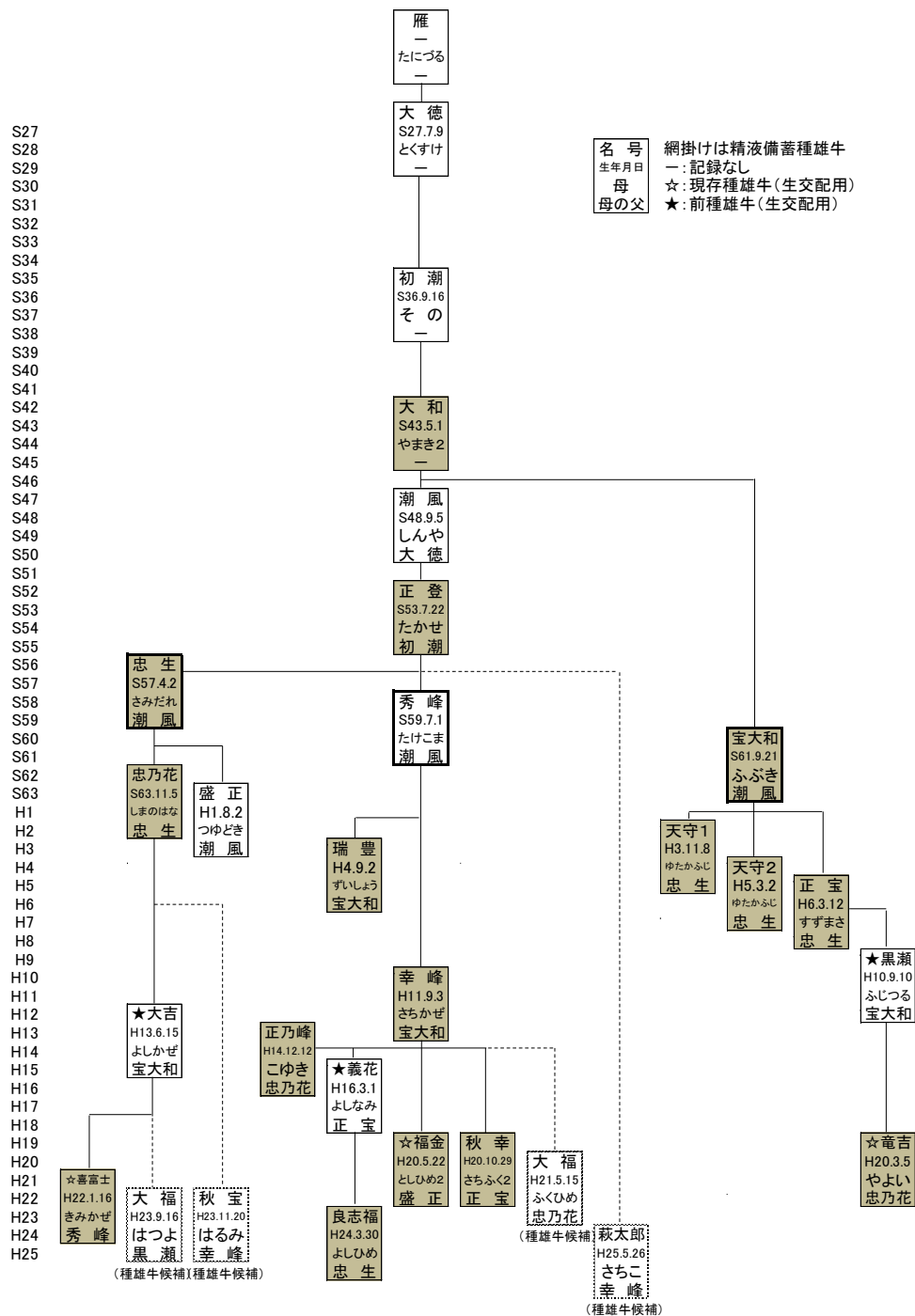
*現在 : 山口農林事務所

し、昭和 50 年 (1975 年) には 33 頭まで減少した (岸, 1975)。しかし、関係者の尽力により飼養頭数が回復し、平成 25 年 (2013 年) 3 月 31 日現在 80 頭が飼養されている。このように一時的に極端な頭数の減少を経験すると共に、その後小規模閉鎖集団内での交配が行われてきたことから近交度が上昇し (原田ら, 1998)、現在では、繁殖雌牛の近交係数が 34.1%まで上昇しており、発育や繁殖等への弊害、いわゆる近交退化が危惧されている。

見島ウシの飼養形態は、4～11 月にかけて 2 か所の公共放牧場 (第一放牧場 : 3.4ha、第二放牧場 : 6.3ha) に

それぞれ種雄牛 1 頭と繁殖雌牛を放牧し生交配を行い、残りの牛は牛舎あるいは個人の放牧場や休耕田にて飼養している。なお、種雄牛は基本的に 3 系統の生交配用種雄牛をそれぞれ 1 頭ずつ計 3 頭飼養している。また、一部では人工授精も行われている。

これまで、近交度の急激な上昇を抑制するために種雄牛 3 系統 (忠生系、秀峰系、宝大和系 : 第 1 図) による順繰り交配が行われていたが、より近交回避の精度を高めるために、平成 17 年 (2005 年) 以後は、萩農林事務所畜産部において、独立行政法人農業生物資源研究所で開発されたプログラム「CoeFR」 (佐藤, 2000) を用



第 1 図 見島ウシ種雄牛の系統

いて近交係数及び血縁係数を算出することとなり、近交度の上昇を最も抑制する種雄牛を選定し交配する方法（以下、最小血縁交配）が導入された。

平成 22 年（2010 年）以降は当部がプログラムを引き継ぎ、最小血縁交配による適正交配種雄牛の選定を行っている。最小血縁交配の問題点として、繁殖雌牛群と血縁の遠い特定の種雄牛に供用が集中し、後継牛がこの種雄牛を父とする姉妹ばかりになるという点があげられる。この場合、次世代の近交度上昇の抑制に成功したとしても、血縁係数の急激な上昇、つまり遺伝的多様性が急激に低下することになる。一方、近交度の上昇を回避する方法として、集団をいくつかの遺伝的に近縁なグループに分け、グループ間で雄をローテーションさせて交配する巡回型グループ交配（以下、巡回型 G 交配）が有効とされている（村松・大石, 1990 ; 野村, 1992 ; Nomura・Yonezawa, 1996 ; 佐々木, 1994）。この交配方法の場合、グループ毎に交配対象種雄牛が制限されるため、先に述べたような特定の種雄牛に供用が集中する状況を回避することが可能となる。そこで、見島ウシ集団について遺伝的多様性を維持しつつ、近交度の急激な上昇を抑制する交配方法としてより効果的な方法を選定するために、最小血縁交配を行った場合と巡回型 G 交配を行った場合について交配シミュレーションを行い、繁殖雌牛の平均近交係数と平均血縁係数の長期的な推移について予測し、比較検討した。なお、巡回型 G 交配を行うに当たっては、あらかじめ遺伝的に近縁な個体を集めたグループ分けを行う必要があるが、系統は遺伝的に近縁なグループとはならない可能性があるため、血統データを分析しグループ分けを行った。また、遺伝的多様性回復の一助とするため、遺伝的希少個体を特定した。

材料および方法

1 材料

繁殖雌牛 75 頭と種雄牛 21 頭（生交配用種雄牛、凍結精液備蓄種雄牛、育成牛）の計 96 頭について可能な限り血統を遡り得られた血統情報を用いた。

2 方法

1) 近交係数、血縁係数の算出

血統情報に基づき独立行政法人農業生物資源研究所で開発されたプログラム「C o e F R」を用いて算出した。

2) 遺伝的希少個体の特定

神戸大学大学院農学研究科附属食資源教育研究セン

ターに依頼し遺伝的多様性指数を最大化する各個体の供用頻度（次世代への遺伝的寄与）の算出、及び遺伝的希少個体の特定を行った。

分析個体（N=96 個体）の共祖係数行列を次のとおりとし、

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1N} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{N1} & f_{N2} & \cdots & f_{NN} \end{bmatrix}$$

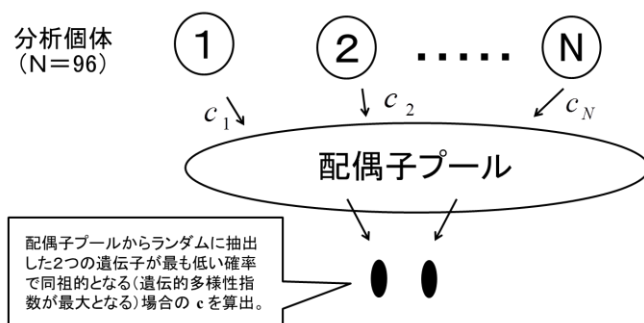
個体 i ($= 1 \sim N$) に由来する配偶子が仮想的な配偶子プール（第 2 図）に占める割合を c_i とすると、仮想的な配偶子プールの遺伝的多様性指数は次のとおりとなる。

$$\text{遺伝的多様性指数} : GD = 1 - \mathbf{c}'\mathbf{F}\mathbf{c} \\ (\mathbf{c}' = [c_1 \ c_2 \ \cdots \ c_N])$$

配偶子プールの遺伝的多様性指数を最大化するための \mathbf{c} ($= \mathbf{c}_{\min}$) は、

$$\mathbf{c}_{\min} = \frac{\mathbf{F}^{-1}\mathbf{1}_N}{\mathbf{1}'_N\mathbf{F}^{-1}\mathbf{1}_N}$$

として求められる ($\mathbf{1}'_N = [1 \ 1 \ \cdots \ 1]_{1 \times N}$)。



第 2 図 仮想的な配偶子プールの概念図

3) グループ分け

血縁係数を用いたクラスター分析による樹形図の作成を神戸大学大学院農学研究科附属食資源教育研究センターに依頼し、グループ分けを行った。

4) 有効な交配方法の検討

平成 25 年 4 月時点の繁殖雌牛 71 頭について、近交係数及び血縁係数の上昇抑制効果があると考えられる交配方法で交配シミュレーションを行い、平成 50 年までの平均近交係数及び平均血縁係数の推移予測値について比較検討した。なお、交配シミュレーションを行うに当たっての前提条件は現状を考慮し、次のとおりとした。

(1) 交配シミュレーションの前提条件

a 牛群の規模

見島ウシについては、繁殖雌牛100頭を目標に増頭が進められていることから、平成25年4月時点の繁殖雌牛71頭は平成34年までに29頭増頭（1年間で3～4頭増頭）し100頭となり、平成34年以降は100頭を維持することとした。

b 初産分娩月齢、分娩間隔

平成18～24年度までの初産分娩月齢の平均は40.3カ月齢であり（第1表）、1年間の子牛生産率の平均は23.3%（第2表）であることから生涯生産頭数を3～4頭とした。なお、生産される子牛について、雄と雌の割合は1対1とし、雌は全頭後継牛として保留することとした。

c 生交配用種雄牛の造成

交配は3系統3頭の種雄牛による生交配のみとし、現存の生交配用種雄牛（忠生系：「喜富士」、秀峰系：「福金」、宝大和系：「竜吉」）からそれぞれ後継種雄牛を造成することとした。なお、供用開始は3歳からとし、造成間隔は現存種雄牛と前種雄牛との造成間隔（4～10年、平均7.7年 第1図）から8年とした。ただし、巡回型G交配については親子交配を避けるために造成間隔を4年とした。

第1表 初産分娩頭数と月齢

単位：頭、ヶ月		
年度	頭数	平均月齢
H18	5	34.5
H19	8	41.7
H20	2	41.1
H21	3	48.6
H22	2	34.6
H23	4	38.4
H24	3	43.6
計	27	40.3

第2表 子牛生産率 単位：頭、%

年度	繁殖雌牛頭数(A)	分娩頭数	子牛生産率
H18	75	27	36.0
H19	80	21	26.3
H20	74	16	21.6
H21	70	17	24.3
H22	66	10	15.2
H23	69	13	18.8
H24	72	14	19.4
計	506	118	23.3

d 種雄牛の選定

造成する種雄牛については、近交係数が最も低い個体

を選定することとした。ただし、ランダム交配における種雄牛の選定はランダムに行うこととした。

e 交配方法の概要

① 最小血縁交配

各繁殖雌牛の産子の近交係数を最も抑制する交配種雄牛を3頭の中から選定する方法。

② 最小血縁交配（交配割合制限）

最小血縁交配を行うと特定の種雄牛に供用が集中し、次世代の血縁係数が急激に上昇する可能性があるため、種雄牛の交配割合が3等分になるよう供用を制限する方法。

③ 巡回型G交配

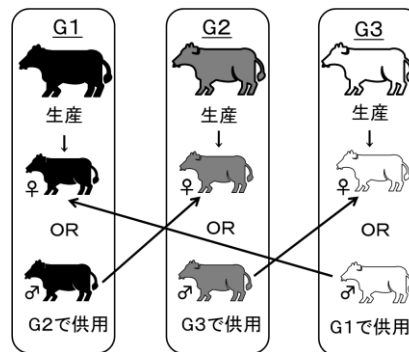
各繁殖雌牛へ交配する種雄牛は、繁殖雌牛が分類されたグループ以外の特定のグループに属する種雄牛のみとし、種雄牛をグループ間でローテーションさせる方法（第3図）。

④ ランダム交配

各繁殖雌牛へ交配する種雄牛を3頭の中からランダムに選定する方法。

結果および考察

1 遺伝的希少個体の特定



第3図 巡回型グループ交配

GDが最大になるようなcを算出し、遺伝的希少個体26頭を特定した（第3表）。

第3表 遺伝的希少個体

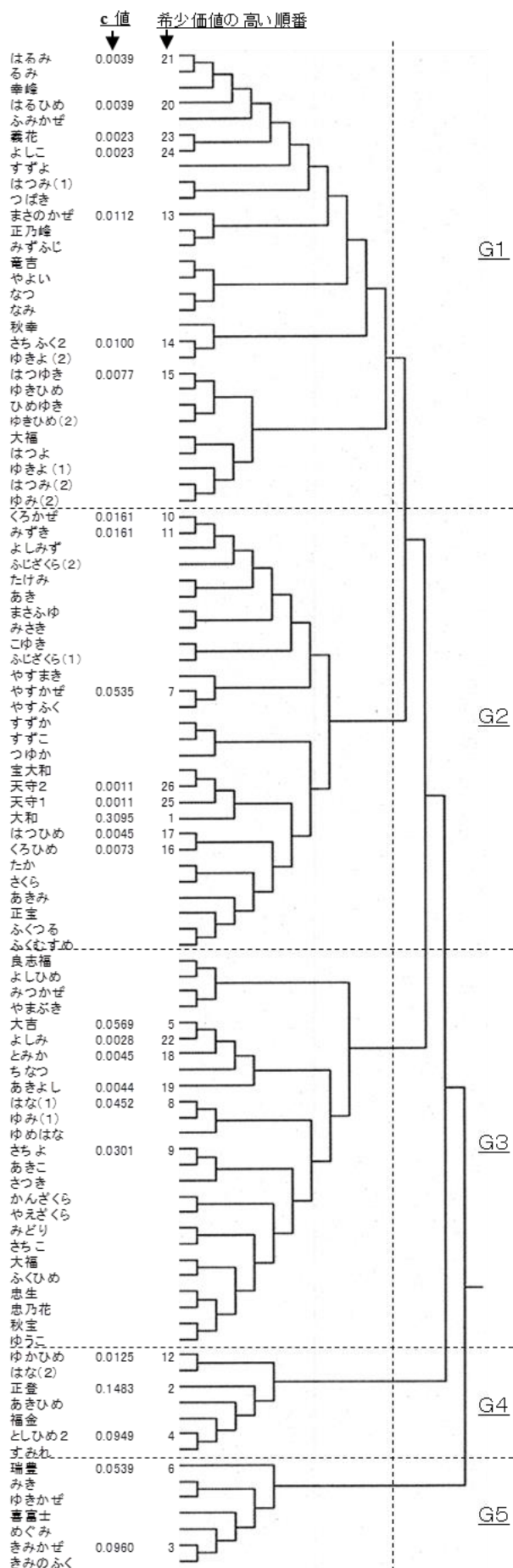
希少価値の高い順番	名号	c値	希少価値の高い順番	名号	c値
1	大和	0.3095	14	さちふく2	0.0100
2	正登	0.1483	15	はつゆき	0.0077
3	きみかぜ	0.0960	16	くろひめ	0.0073
4	としひめ2	0.0949	17	はつひめ	0.0045
5	大吉	0.0569	18	とみか	0.0045
6	瑞豊	0.0539	19	あきよし	0.0044
7	やすかぜ	0.0535	20	はるひめ	0.0039
8	はな	0.0452	21	はるみ	0.0039
9	さちよ	0.0301	22	よしみ	0.0028
10	くろかぜ	0.0161	23	義花	0.0023
11	みずき	0.0161	24	よしこ	0.0023
12	ゆかひめ	0.0125	25	天守1	0.0011
13	まさのかぜ	0.0112	26	天守2	0.0011

2 グループ分け

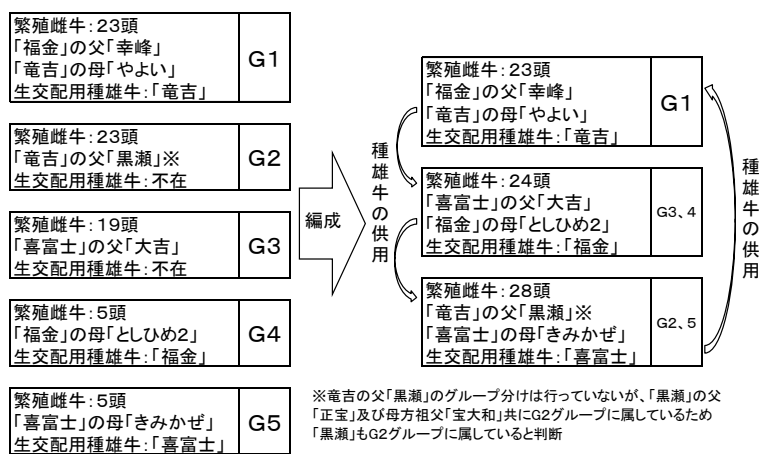
繁殖雌牛75頭と種雄牛21頭の血縁係数を用いたクラスタ分析により樹形図を作成した。樹形図を基に5グループに分類した(第4図)。

なお、3頭の生交配用種雄牛で巡回型G交配を行うには3グループにする必要があるため、各グループの規模、3頭の生交配用種雄牛及び父、母の所属グループを考慮し、小グループ4、5をそれぞれグループ3、2に吸収させて3グループとし、生交配用種雄牛をローテーションさせる順番をG1→G3+G4→G2+G5とした(第5、6図)。

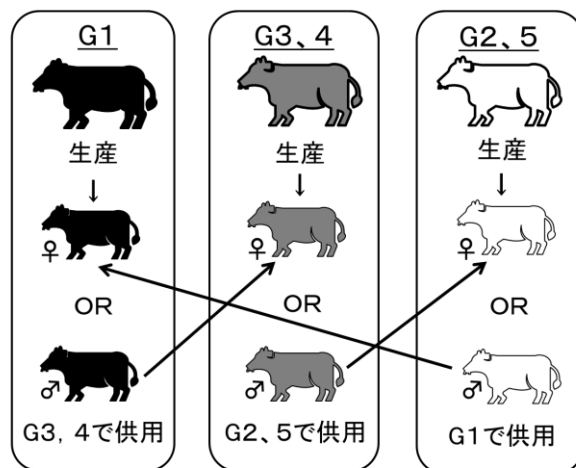
種雄牛の系統とクラスタ分析によるグループ分けを比較すると、忠生系は主にG3に分類され、一部がG1、G5に分類された。秀峰系は主にG1に分類され、一部がG3、G4、G5に分類された。宝大和系は主にG2に分類され、一部がG1に分類された。なお、忠生系は造成年が古い牛はG3に分類されるが、造成年が新しい牛はG1、G5に分類された。同様に秀峰系は造成年が古い牛(「瑞豊」を除く)はG1に分類されるが、造成年が新しい牛はG3、G4に分類された。宝大和系は造成年が古い牛はG2に分類されるが、造成年が新しい牛



第4図 クラスタ分析による樹形図を用いたグループ分け



第5図 グループの編成及び種雄牛供用のローテーション



第6図 見島ウシにおける巡回型グループ交配

はG1に分類された。このことは、これまで様々な系統間交配が行われて造成された結果、系統の特徴が失われてきたためと考えられた(第4表)。

なお、秀峰系の「瑞豊」がG1に分類されずG5に分類された理由としては、「瑞豊」は後継牛(種雄牛及び繁殖用雌牛)を全く残していないため、供用頻度が少ない希少な集団の一つであるG5に分類されたものと判断した。

繁殖雌牛75頭について、本牛が分類されたグループと父牛が分類されたグループを比較した結果、25頭については、父牛が分類されたグループとは異なるグループに分類された(第5表)。個体へ与える遺伝的影響は母方祖父や母方曾祖父と比較して父牛によるものが最も大きいにも関わらず、3割の繁殖雌牛が父牛とは異なるグループに分類された理由としては、先に述べたとおり各種雄牛の遺伝的特徴が小さくなってきているためと考えられた。

3 有効な交配方法の検討

ランダム交配、巡回型G交配、最小血縁交配、最小血縁交配(交配割合制限)を行った場合の平均近交係数及び平均血縁係数について長期的な推移予測を行った。

平均近交係数については、ランダム交配では急激に上昇するものの、他の交配方法の場合、長期的には上昇抑制効果に差は認められなかった(第7図)。平均血縁係数については、他の交配方法と比較して巡回型G交配で最も上昇抑制効果が認められた(第8図)。

第4表 種雄牛の系統とクラスター分析によるグループ分け

連番	名号	生年	系統	クラスター分析によるグループ
1	大和	1968年	-	G2
2	正登	1978年	-	G4
3	忠生	1982年	忠生	G3
4	忠乃花	1988年	忠生	G3
5	大吉	2001年	忠生	G3
6	喜富士	2010年	忠生	G5
7	秋宝	2011年	忠生	G3
8	大福	2011年	忠生	G1
9	瑞豊	1992年	秀峰	G5
10	幸峰	1999年	秀峰	G1
11	正乃峰	2002年	秀峰	G1
12	義花	2004年	秀峰	G1
13	秋幸	2008年	秀峰	G1
14	大福	2009年	秀峰	G3
15	福金	2008年	秀峰	G4
16	良志福	2012年	秀峰	G3
17	宝大和	1986年	宝大和	G2
19	天守1	1991年	宝大和	G2
20	天守2	1993年	宝大和	G2
18	正宝	1994年	宝大和	G2
21	竜吉	2008年	宝大和	G1

第5表 繁殖雌牛及び父牛の系統とクラスター分析によるグループ分け

連番	本牛			父牛		
	名号	父系統	クラスター分析によるグループ	名号	父系統	クラスター分析によるグループ
1	みつかげ	忠生	G3	忠生	忠生	G3
2	やまぶき	忠生	G3	忠生	忠生	G3
3	よしひめ	忠生	G3	忠生	忠生	G3
4	ふくひめ	忠生	G3	忠乃花	忠生	G3
5	やえざくら	忠生	G3	忠乃花	忠生	G3
6	みどり	忠生	G3	忠乃花	忠生	G3
7	あきこ	忠生	G3	忠乃花	忠生	G3
8	ゆうこ	忠生	G3	忠乃花	忠生	G3
9	ゆみ(1)	忠生	G3	忠乃花	忠生	G3
10	あきよし	忠生	G3	大吉	忠生	G3
11	とみか	忠生	G3	大吉	忠生	G3
12	ゆめはな	忠生	G3	大吉	忠生	G3
13	よしみ	忠生	G3	大吉	忠生	G3
14	ちなつ	忠生	G3	大吉	忠生	G3
15	さつき	忠生	G3	大吉	忠生	G3
16	あき	忠生	G2	忠生	忠生	G3
17	やよい	忠生	G1	忠乃花	忠生	G3
18	ゆきひめ	忠生	G1	忠乃花	忠生	G3
19	やすふく	忠生	G2	大吉	忠生	G3
20	すずこ	忠生	G2	大吉	忠生	G3
21	よしみず	忠生	G2	大吉	忠生	G3
22	めぐみ	忠生	G5	大吉	忠生	G3
23	はつゆき	忠生	G1	盛正	忠生	-
24	ゆかひめ	忠生	G4	盛正	忠生	-
25	としひめ2	忠生	G4	盛正	忠生	-
26	はつみ(1)	秀峰	G1	幸峰	秀峰	G1
27	すずよ	秀峰	G1	幸峰	秀峰	G1
28	はるひめ	秀峰	G1	幸峰	秀峰	G1
29	よしこ	秀峰	G1	幸峰	秀峰	G1
30	はるみ	秀峰	G1	幸峰	秀峰	G1
31	ゆきよ(1)	秀峰	G1	幸峰	秀峰	G1
32	なつ	秀峰	G1	幸峰	秀峰	G1
33	ふみかげ	秀峰	G1	幸峰	秀峰	G1
34	るみ	秀峰	G1	幸峰	秀峰	G1
35	はつみ(2)	秀峰	G1	幸峰	秀峰	G1
36	まさのかげ	秀峰	G1	正乃峰	秀峰	G1
37	みずふじ	秀峰	G1	正乃峰	秀峰	G1
38	ゆみ(2)	秀峰	G1	正乃峰	秀峰	G1
39	ゆきよ(2)	秀峰	G1	義花	秀峰	G1
40	ふじざくら(1)	秀峰	G2	幸峰	秀峰	G1
41	つゆか	秀峰	G2	幸峰	秀峰	G1
42	やすまき	秀峰	G2	幸峰	秀峰	G1
43	はな(1)	秀峰	G3	幸峰	秀峰	G1
44	さちよ	秀峰	G3	幸峰	秀峰	G1
45	さちこ	秀峰	G3	幸峰	秀峰	G1
46	はな(2)	秀峰	G4	義花	秀峰	G1
47	すみれ	秀峰	G4	義花	秀峰	G1
48	きみのふく	秀峰	G5	幸峰	秀峰	G1
49	きみかげ	秀峰	G5	秀峰	秀峰	-
50	ゆきひめ(2)	秀峰	G1	福金	秀峰	G4
51	はつひめ	宝大和	G2	正宝	宝大和	G2
52	ふくつる	宝大和	G2	正宝	宝大和	G2
53	まさふゆ	宝大和	G2	正宝	宝大和	G2
54	ふくむすめ	宝大和	G2	正宝	宝大和	G2
55	あきみ	宝大和	G2	正宝	宝大和	G2
56	やすかげ	宝大和	G2	黒瀬	宝大和	(G2)
57	みさき	宝大和	G2	黒瀬	宝大和	(G2)
58	すずか	宝大和	G2	黒瀬	宝大和	(G2)
59	こゆき	宝大和	G2	黒瀬	宝大和	(G2)
60	たけみ	宝大和	G2	黒瀬	宝大和	(G2)
61	くろひめ	宝大和	G2	黒瀬	宝大和	(G2)
62	ふじざくら(2)	宝大和	G2	黒瀬	宝大和	(G2)
63	くろかげ	宝大和	G2	黒瀬	宝大和	(G2)
64	たか	宝大和	G2	黒瀬	宝大和	(G2)
65	みずき	宝大和	G2	黒瀬	宝大和	(G2)
66	さくら	宝大和	G2	黒瀬	宝大和	(G2)
67	さちふく2	宝大和	G1	正宝	宝大和	G2
68	ひめゆき	宝大和	G1	黒瀬	宝大和	(G2)
69	つばき	宝大和	G1	黒瀬	宝大和	(G2)
70	はつよ	宝大和	G1	黒瀬	宝大和	(G2)
71	あきひめ	宝大和	G4	黒瀬	宝大和	(G2)
72	みき	宝大和	G5	黒瀬	宝大和	(G2)
73	かんざくら	宝大和	G3	正宝	宝大和	G2
74	ゆきかげ	宝大和	G5	竜吉	宝大和	G1
75	なみ	宝大和	G1	竜吉	宝大和	G1

(G2): 「黒瀬」のグループ分けは行っていないが、「黒瀬」の父「正宝」及び母方祖父「宝大和」共にG2に属しているため、「黒瀬」はG2に属すると判断。

- : 分析未実施

見島ウシの近交度を考慮した適正交配に関する検討

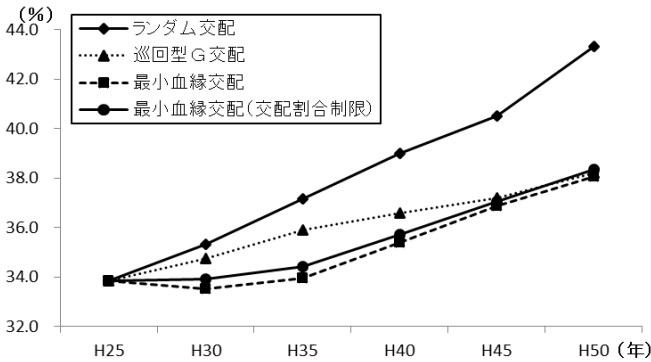
また、平成 25 年 4 月時点のグループ内及びグループ間平均血縁係数 (第 6 表) と、各交配方法を行った場合の平成 55 年 (30 年後) 時点のグループ内及びグループ間平均血縁係数 (第 7、8、9、10 表) を比較した結果、巡回型 G 交配を行った場合、グループ内平均血縁係数は他の交配方法と同等だが、グループ間平均血縁係数は他の交配方法を行った場合よりも低いことが確認された。これは、他の交配方法と比較して遺伝的に近縁なグループを維持しているためと考えられた。以上のとおり交配方法の違いにより、近交度の上昇抑制効果に差は認められなかったが、平均血縁係数の上昇抑制には巡回

型 G 交配が有効であることから見島ウシの交配には、遺伝的多様性の維持という点で巡回型 G 交配が適していると判断した。

4 頭数の違いによる平均近交係数及び平均血縁係数の上昇抑制効果の検討

前述の結果に基づき見島ウシ牛群に巡回型 G 交配を導入した場合の、繁殖雌牛及び生交配用種雄牛の頭数の違いが平均近交係数及び平均血縁係数の推移に与える影響について検討した。

1) 繁殖雌牛の飼養頭数の違いによる比較



第 7 図 見島ウシ近交係数の推移予測 (交配方法の比較)

第 6 表 グループ内及びグループ間の平均血縁係数 (H25)

< 5 グループの比較 >					※ () 内は頭数
	G1 (21)	G2 (22)	G3 (19)	G4 (4)	G5 (5)
G1	58.48%	—	—	—	—
G2	55.21%	59.39%	—	—	—
G3	54.90%	53.49%	57.40%	—	—
G4	53.01%	52.22%	52.28%	61.94%	—
G5	53.42%	51.89%	52.29%	50.12%	65.44%

第 7 表 グループ内及びグループ間の平均血縁係数 (H55 ランダム交配後)

< 5 グループの比較 >					※ () 内は頭数
	G1 (37)	G2 (24)	G3 (29)	G4 (3)	G5 (7)
G1	62.23%	—	—	—	—
G2	60.96%	63.81%	—	—	—
G3	62.02%	60.90%	63.35%	—	—
G4	60.69%	59.00%	62.65%	59.02%	—
G5	62.59%	59.90%	62.10%	61.13%	63.48%

第 8 表 グループ内及びグループ間の平均血縁係数 (H55 巡回型 G 交配後)

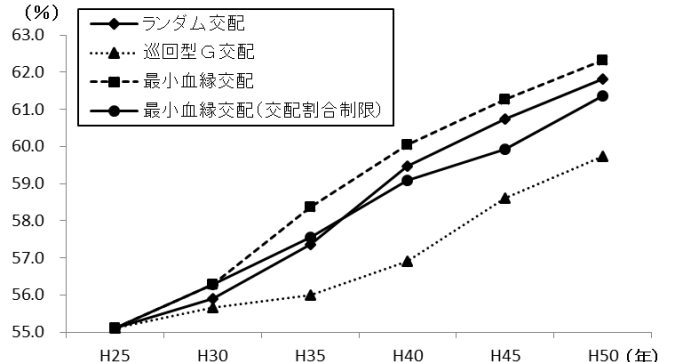
< 5 グループの比較 >					※ () 内は頭数
	G1 (38)	G2 (23)	G3 (29)	G4 (3)	G5 (7)
G1	62.25%	—	—	—	—
G2	58.41%	62.25%	—	—	—
G3	58.36%	58.56%	62.57%	—	—
G4	57.87%	58.90%	62.08%	59.71%	—
G5	58.77%	61.98%	58.71%	58.94%	61.83%

第 9 表 グループ内及びグループ間の平均血縁係数 (H55 最小血縁交配後)

< 5 グループの比較 >					※ () 内は頭数
	G1 (38)	G2 (24)	G3 (28)	G4 (3)	G5 (7)
G1	62.93%	—	—	—	—
G2	62.97%	63.50%	—	—	—
G3	62.02%	62.22%	61.89%	—	—
G4	61.54%	61.60%	61.21%	60.10%	—
G5	61.60%	61.74%	61.49%	60.44%	62.87%

第 10 表 グループ内及びグループ間の平均血縁係数 (H55 最小血縁交配 (交配割合制限) 後)

< 5 グループの比較 >					※ () 内は頭数
	G1 (38)	G2 (24)	G3 (28)	G4 (3)	G5 (7)
G1	61.34%	—	—	—	—
G2	61.16%	62.95%	—	—	—
G3	61.37%	60.77%	61.81%	—	—
G4	61.12%	62.06%	61.15%	60.52%	—
G5	61.17%	61.31%	61.39%	61.60%	62.08%



第 8 図 見島ウシ血縁係数の推移予測 (交配方法の比較)

< 3 グループの比較 >				※ () 内は頭数
	G1 (21)	G2,5 (27)	G3,4 (23)	
G1	58.48%	—	—	
G2,5	54.88%	57.22%	—	
G3,4	54.57%	53.02%	55.97%	

< 3 グループの比較 >				※ () 内は頭数
	G1 (37)	G2,5 (31)	G3,4 (32)	
G1	62.23%	—	—	
G2,5	61.33%	62.38%	—	
G3,4	61.90%	61.01%	63.20%	

< 3 グループの比較 >				※ () 内は頭数
	G1 (38)	G2,5 (30)	G3,4 (32)	
G1	62.25%	—	—	
G2,5	58.49%	62.13%	—	
G3,4	58.32%	58.62%	62.47%	

< 3 グループの比較 >				※ () 内は頭数
	G1 (38)	G2,5 (31)	G3,4 (31)	
G1	62.93%	—	—	
G2,5	62.66%	62.84%	—	
G3,4	61.97%	61.99%	61.75%	

< 3 グループの比較 >				※ () 内は頭数
	G1 (38)	G2,5 (31)	G3,4 (31)	
G1	61.34%	—	—	
G2,5	61.16%	62.32%	—	
G3,4	61.35%	61.01%	61.68%	

繁殖雌牛が50頭、100頭、150頭の場合について、平均近交係数及び平均血縁係数の推移予測を行った。

なお、生交配用種雄牛はいずれの場合も3頭とした。

平均近交係数については、繁殖雌牛が50頭の場合、他と比較して上昇する傾向が認められ（第9図）、平均血縁係数については、繁殖雌牛が150頭の場合、他と比較して上昇を抑制する傾向が認められた（第10図）。

2) 生交配用種雄牛の飼養頭数の違いによる比較

生交配用種雄牛が3頭、5頭の場合について、平均近交係数及び平均血縁係数の推移予測を行った。なお、繁殖用雌牛はいずれの場合も100頭とした。

平均近交係数については、頭数の違いによる影響は認められなかった（第11図）が、平均血縁係数については、5頭の場合で高い上昇抑制効果が認められた（第12図）。

なお、平均血縁係数について第10図と第12図を比較

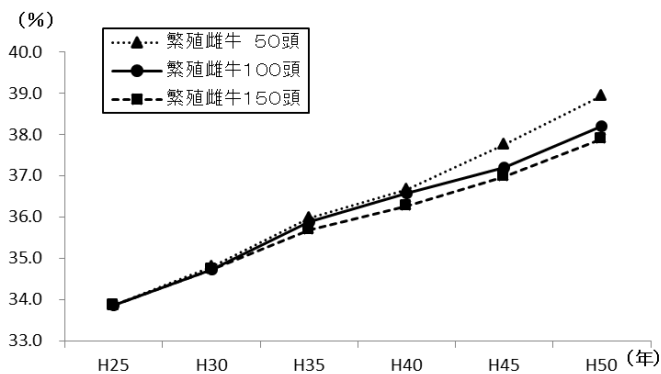
すると、繁殖雌牛を150頭まで増頭するよりも生交配用種雄牛を5頭に増頭する方がより高い上昇抑制効果を得られることが確認された。

5 遺伝的希少個体の活用

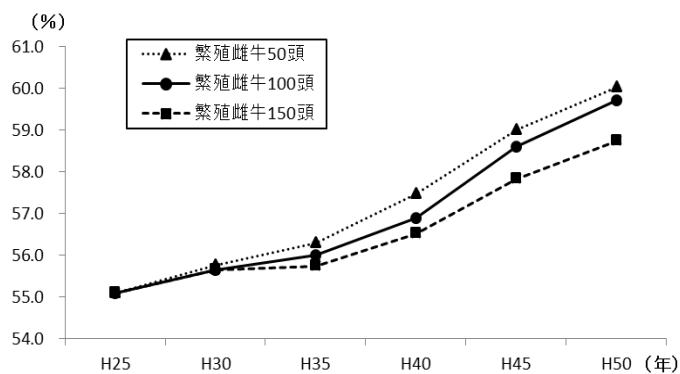
生交配用種雄牛3頭の内、遺伝的希少価値の高い「大和」及び「正登」で造成した2頭を供用した場合について、平均近交係数及び平均血縁係数の長期的な推移予測を行った。

平均近交係数については、遺伝的希少個体を活用することにより、高い上昇抑制効果が確認された（第13図）。平均血縁係数については、遺伝的希少個体を活用することにより、長期的には種雄牛5頭の場合と同等の上昇抑制効果が確認された（第14図）。

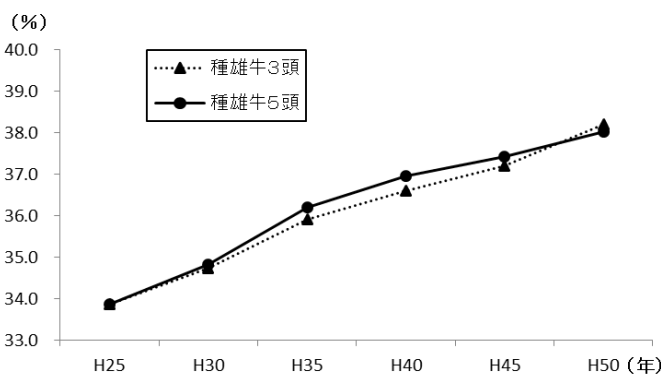
このことから、生交配用種雄牛が現状の3頭のままで、遺伝的希少個体を活用することで、平均近交係数及



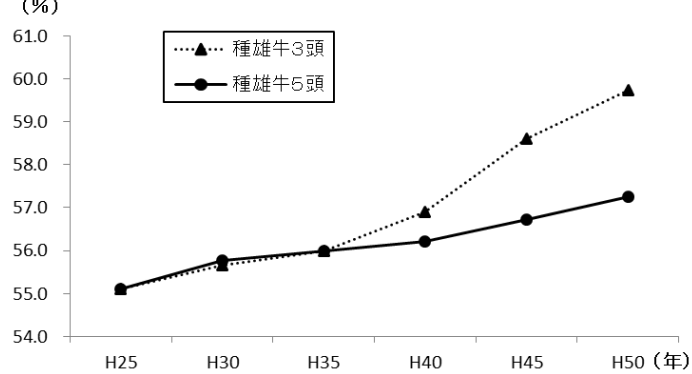
第9図 見島ウシ近交係数の推移予測 (繁殖雌牛の頭数による違い)



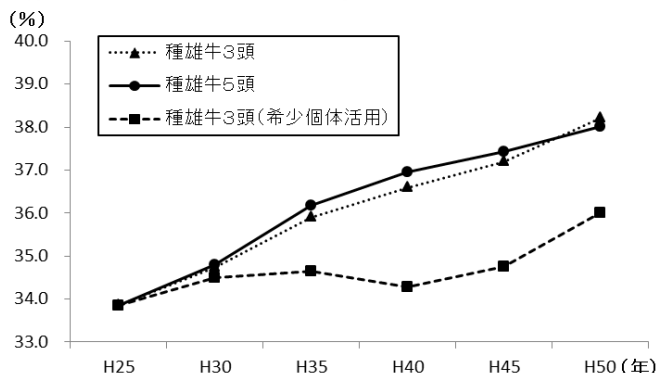
第10図 見島ウシ血縁係数の推移予測 (繁殖雌牛の頭数による違い)



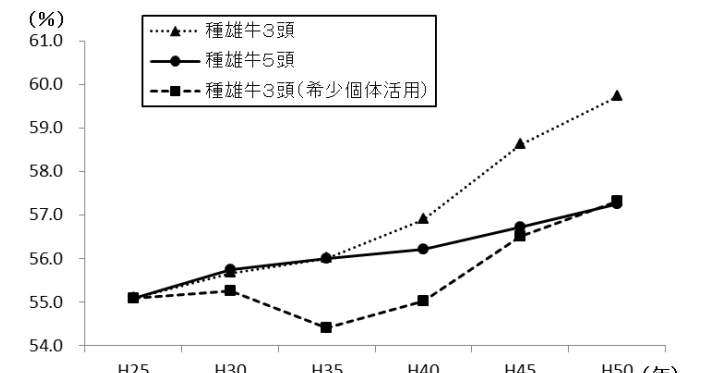
第11図 見島ウシ近交係数の推移予測 (種雄牛の頭数による違い)



第12図 見島ウシ血縁係数の推移予測 (種雄牛の頭数による違い)



第13図 見島ウシ近交係数の推移予測 (遺伝的希少個体の活用)



第14図 見島ウシ血縁係数の推移予測 (遺伝的希少個体の活用)

び平均血縁係数共に高い上昇抑制効果が得られることが確認された。

6 現地へ巡回型G交配を導入する際の留意事項

今回、見島ウシ牛群に適していると判断した巡回型G交配を現場へ導入するに当たっては、次の状況を想定して適正交配種雄牛を選定する必要がある。

例として、G2に所属する繁殖用雌牛Aに対して、G3に所属する生交配用種雄牛Bを交配して繁殖用後継雌牛Cが出生したとする。繁殖用雌牛Aと生交配用種雄牛Bの後継牛が確保できたことから、今後、繁殖用雌牛Aに生交配用種雄牛Bを交配することは遺伝的多様性の確保の観点から望ましくない。また、繁殖用後継雌牛Cへの生交配用種雄牛Bの交配は親子交配となるため実施できない。このため、G3に所属する生交配用後継種雄牛Dを造成しておく必要がある。しかし、4年毎に種雄牛を造成できていない可能性が考えられる。その場合は、G3に所属する精液備蓄種雄牛による人工授精を行う必要がある(第15図)。さらに、人工授精が行えない状況が生じた場合はG1に所属する生交配用種雄牛を交配することとし、同一グループ(G2)に所属する種雄牛の

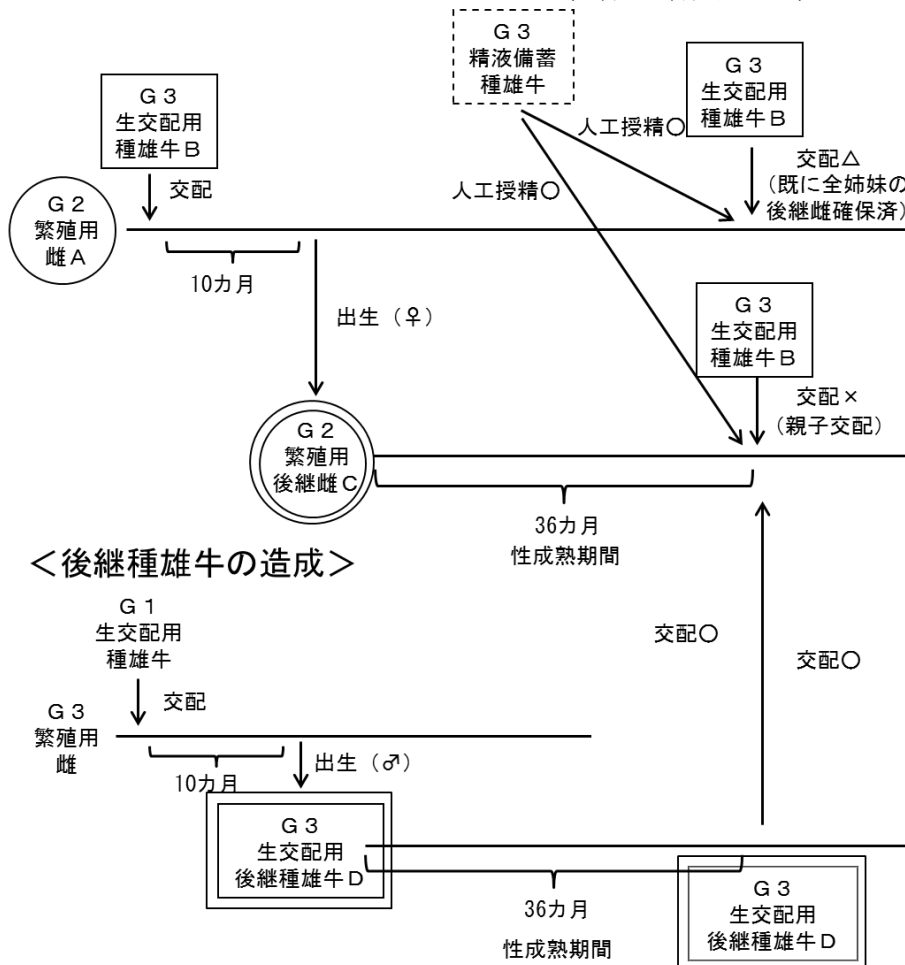
交配は避けるべきである。

また、現地においては様々な事情により、巡回型G交配が原則に従って実施できない可能性が高いことから、定期的に繁殖雌牛の平均近交係数及び平均血縁係数を算出し、上昇の程度を確認する必要がある。また、世代が更新した際には血縁係数のクラスター分析を再度実施し、再度グループ分けを実施した上で巡回型G交配を行う等の対応が必要と考える。

摘 要

見島ウシは小規模閉鎖集団内での交配により近交度が上昇しており、近交退化が危惧されている。そこで、牛群の遺伝的多様性を維持しつつ、近交度の急激な上昇を抑制することを目的に、効果的な交配方法について検討した。

巡回型グループ交配と最小血縁交配は近親交配を避ける有効な交配方法とされている。巡回型グループ交配とは、集団をいくつかの遺伝的に近縁なグループに分け、特定のグループのみから供給された雄を交配する方法。また、最小血縁交配とは、産子の近交係数が最も小さく



第15図 巡回型G交配における後継牛への適正交配

なる雄を交配する方法。見島ウシに巡回型グループ交配、あるいは最小血縁交配を導入した場合の繁殖雌牛の平均近交係数と平均血縁係数の長期的な推移予測を行った結果、平均血縁係数をより低く維持できる巡回型グループ交配が適していると判断した。なお、平均近交係数については、交配方法の違いによる上昇抑制効果に差は認められなかった。また、特定した遺伝的希少個体の内、希少度の高い個体から造成した種雄牛を供用することで、より効率的に近交度の上昇を抑制できることを確認した。

謝 辞

本試験の実施にあたり、ご指導をいただいた神戸大学大学院農学研究科附属食資源教育研究センターの大山教授、本多助教に深謝いたします。

引用文献

- 原田佳典, 小澤忍. 1998. 山口県畜産試験場研究報告. 14号. 43-58.
- 萩市. 2008. 国指定天然記念物見島ウシ産地保存管理計画. 1-3.
- 岸浩. 1975. 天然記念物見島牛の起源に関する研究 (上). 獣医畜産新報. 652. 20-32.
- 村松晋, 大石孝雄. 1990. 遺伝 別冊3号. 91-99.
- 野村哲郎. 1992. 京都産業大学国土利用開発研究所紀要. 13号. 99-113.
- T. Nomura and K. Yonezawa. 1996. Genet Sel Evol. 28. 141-159.
- 佐々木義之. 1994. 動物の遺伝と育種. 142-170.
- 佐藤正寛. 2000. 大規模血統情報から近交係数を算出するプログラムの開発. 日本養豚学会誌. 37(3号). 122-126.
- 社団法人全国和牛登録協会. 2007. これからの和牛の育種と改良改訂版. 8-13.

無角和種の近交度を考慮した適正交配に関する検討

稲吉 洋裕*・竹下 和久

Analysis of the Best Mating Method for Japanese Polled Cattle with Regards to Inbreeding Coefficient

Yousuke INAYOSHI, Kazuhisa TAKESHITA

Abstract: The inbreeding coefficient of Japanese Polled cattle is increasing as mating continues within the small-scale closed population, causing concerns about inbreeding depression. Various mating methods designed to control the rapid rise of the inbreeding coefficient and maintain genetic diversity were examined to determine which would be most appropriate. Circular group mating and minimum coancestry mating are both considered to be effective methods to avoid inbreeding. In circular group mating, a population is divided into subgroups based on the coefficient of relationship, and males are transferred between neighboring groups in a circular pattern. In minimum coancestry mating, the male that will produce a child with the lowest possible inbreeding coefficient is selected for breeding. Computer simulations were used to determine the long term effects of the different mating methods on the average coefficient of relationship and average inbreeding coefficient of the herd. It was determined that minimum coancestry mating was most appropriate for Japanese Polled cattle. The rate of increase of the average inbreeding coefficient was slower when compared to the circular group mating. The most genetically unique individuals were determined using the coefficient of relationship calculated by comparing each individual to each of the members of the herd.

Key Words : circular group mating, coefficient of relationship, minimum coancestry mating,

キーワード : 血縁係数、巡回型グループ交配、最小血縁交配

緒言

山口県における無角和種造成の発端は、大正5年(1916年)畜産試験場中国支場(広島県庄原市)にイギリスから、アバディーンアンガス種種雄牛1頭、雌2頭が輸入されたことに始まる。畜産試験場中国市場から山口県(当時の阿武郡大井村)へは大正9年(1920年)にアバディーンアンガス系1代雑種種雄牛「小雀」号が導入された。その後、関係者の長年にわたる努力が実を結び、昭和19年(1944年)に和牛の一品種として認められ、早熟・早肥等の特性が固定した肉用牛として育種されたことによ

り、多くの農家の畜産経営に貢献してきた。しかし、優れた特性を有する反面、県内の一部地域における閉鎖的育種改良により近交度が高まるとともに「皮下脂肪が着き易く脂肪交雑が入りにくい」等の問題も生じていた。

そこで近交緩和と二次的な肉質向上を目的に昭和49年(1974年)但馬牛との交配による血液更新が行われ、若干の肉質向上も認められた(山口県畜産試験場, 2001)。しかし、高度経済成長に伴う牛肉需要が、肉質中心に移行したため、脂肪交雑の低い無角和種の子牛価格・枝肉価格は低落し、ピーク時の昭和38年(1963年)には9,790頭だった飼養頭数は平成25年(2013年)2月時点で199

*現在 : 山口農林事務所

頭（内繁殖雌牛113頭）まで減少した。平成25年（2013年）4月現在、繁殖雌牛の近交係数が10.5%まで上昇し、発育や繁殖等への弊害いわゆる近交退化が危惧されている。

近交度の急激な上昇を抑制するために、これまでは種雄牛6系統（「歌豊泉系」「瑞豊系」「泉谷系」「泉高系」「畜谷系」「畜福系」）による順繰り交配が推進されていたが、この内4系統は1頭の種雄牛「高繁」から派生したものであり、さらに「泉谷」「泉高」は父「高繁」母「はぎみつ」の全兄弟であるため系統と呼べるようなそれぞれ特徴を持った集団ではない（第1図）。

このため、さらに効率的に近交度の上昇を抑制するために、交配シミュレーションにより近交係数を算出し、近交度上昇を最も抑制する種雄牛を特定し、交配する手法（以下、最小血縁交配）の導入が求められた。そこで、平成22年（2010年）7月に公益社団法人全国和牛登録協会へ、当時の繁殖雌牛82頭に対し、それぞれ11頭の凍結精液備蓄種雄牛を交配した場合の交配シミュレーションによる産子の近交係数の算出を依頼し、その結果を基に同年9月より、最小血縁交配の導入を開始した。さらに、同年12月には公益社団法人全国和牛登録協会から現存繁殖雌牛について可能な限り遡った血統データの提供を受け、翌年5月から当部において独立行政法人農業生物資源研究所が開発したプログラム「CoeFR」（佐藤, 2000）を用いて近交係数及び血縁係数を算出可能な体制を整備し、精度の向上を図った。

最小血縁交配の問題点として、繁殖雌牛群と血縁の遠い種雄牛に供用が集中する場合があります。後継牛がこの種雄牛を父とする姉妹ばかりになる可能性がある。この場合、次世代の近交度上昇の抑制に成功したとしても、血縁係数の急激な上昇、つまり遺伝的多様性が急激に低下することになる。一方、近交度上昇を回避する方法としては、集団をいくつかの遺伝的に近縁なグループに分け、グループ間で雄をローテーションさせて交配する巡回型グループ交配（以下、巡回型G交配）が有効とされている（村松・大石, 1990；野村, 1992；Nomura・Yonezawa, 1996；佐々木, 1994）。この交配方法の場合、グループ毎に交配対象種雄牛が制限されるため、先に述べたような特定の種雄牛に供用が集中する状況を回避することが可能となる。そこで、無角和種集団について遺伝的多様性を維持しつつ、近交度の急激な上昇を抑制するためのより効果的な交配方法を選定するために、最小血縁交配を行った場合と巡回型G交配を行った場合について交配シミュレーションを行い、近交係数と血縁係数の長期的な推移

について予測し比較検討した。なお、巡回型G交配を行うに当たっては、あらかじめ遺伝的に近縁なグループ分けを行う必要があるが、系統は遺伝的に近縁なグループとはならない可能性があることから、血統データを分析しグループ分けを行った。また、遺伝的多様性回復の一助とするため、遺伝的希少個体を特定した。

材料および方法

1 材料

繁殖雌牛109頭と融解後の活力が+++25以上の凍結精液が備蓄されている種雄牛33頭の計142頭について可能な限り血統を遡り得られた血統情報を用いた。なお、血統情報は公益社団法人全国和牛登録協会の登録情報を活用した。

2 方法

1) 近交係数、血縁係数の算出

血統情報について独立行政法人農業生物資源研究所が開発したプログラム「CoeFR」を用いて算出した。

2) 遺伝的希少個体の特定

公益社団法人全国和牛登録協会へ総当たりの平均血縁係数の算出を依頼し、値の低い上位1/5を遺伝的希少個体とした。

3) グループ分け

血縁係数を用いたクラスター分析による樹形図の作成を公益社団法人全国和牛登録協会へ依頼し、グループ分けを行った。

4) 有効な交配方法の検討

平成25年4月時点の繁殖雌牛90頭を現世代とし、それぞれの交配方法について交配シミュレーションを行い、第9世代までの近交係数及び血縁係数の推移予測値について比較検討した。なお、交配シミュレーションを行うに当たっての前提条件は現状を考慮し、次のとおりとした。

(1) 交配シミュレーションの前提条件

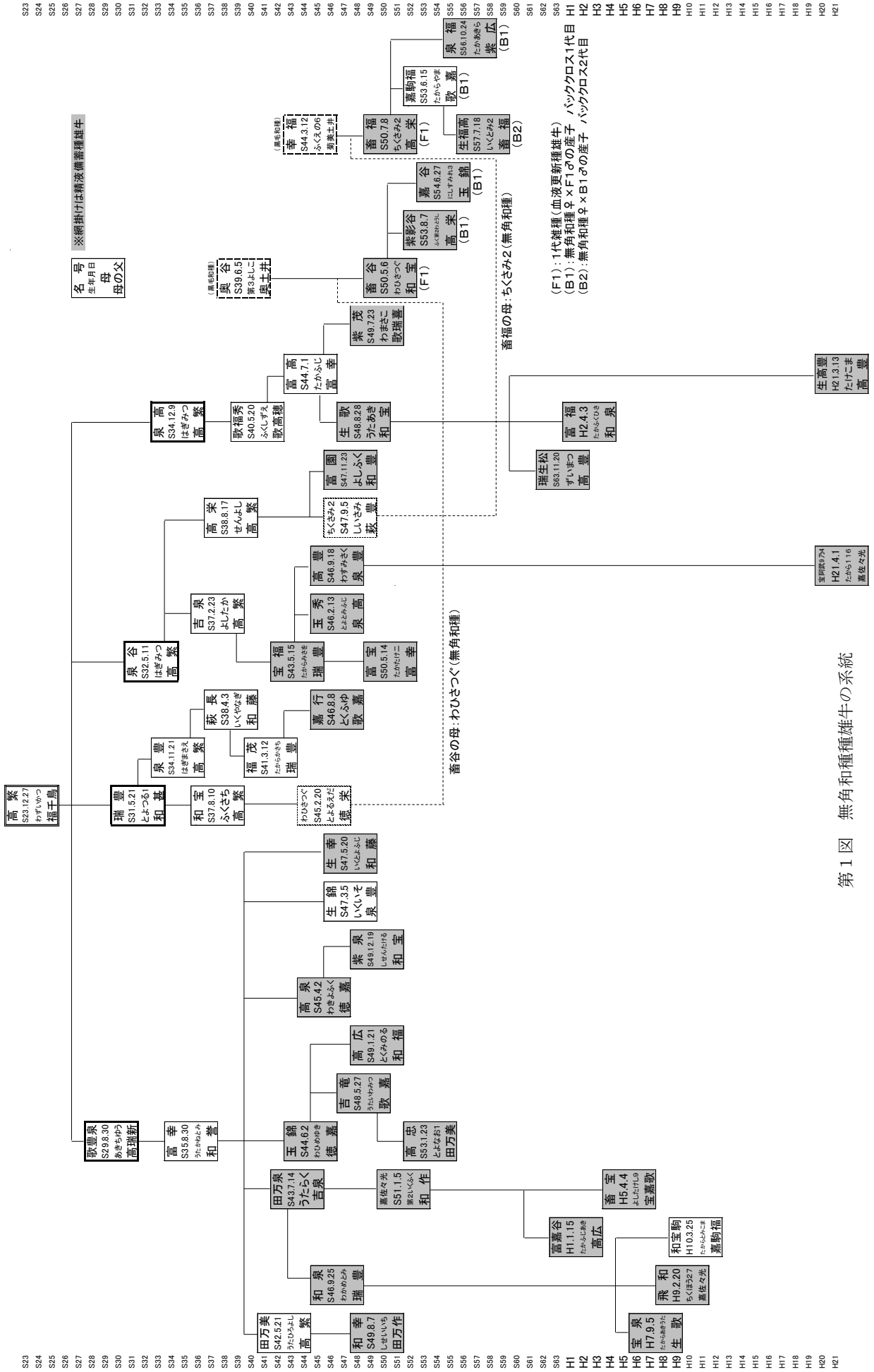
a 牛群の規模

無角和種については、増頭のための施策が推進されていることから次の条件とした。

現世代（平成25年4月時点）の繁殖雌牛90頭は2世代目までに10頭増頭し100頭となり、2世代目以降は100頭を維持することとした。

現世代の繁殖雌牛90頭の内、遺伝的希少価値の高い上位7頭を除く83頭はそれぞれ1頭の後継牛を残すこととし、2位から7位の6頭は2頭の後継牛を残し、1位

無角和種の近交度を考慮した適正交配に関する検討



第1図 無角和種雄牛の系統

の「まいける」については、平成25年4月時点で7カ月と若いことから5頭の後継牛を残すことで100頭に達することとした。2世代目以降は100頭の繁殖雌牛がそれぞれ1頭の後継牛を残すこととした。

b 交配に使用する凍結精液

現在備蓄済みの凍結精液（33頭、2013年10月時点20,608本）と各世代で造成する種雄牛の凍結精液を活用することとした。なお、平成23年2月1日に当部が施行した『山口県種雄牛の「凍結精液」製造、備蓄及び譲渡、廃棄に関する要領』に基づき、血液更新牛の「畜谷」「畜福」「嘉谷」「泉福」「紫影谷」「生福高」については在庫が300本未満となった場合は種雄牛造成のための交配以外には使用しないこととした。その他の27頭については在庫が100本未満となった場合は種雄牛造成のための交配以外には使用しないこととした。

c 各世代で造成する種雄牛の選定等

各世代で造成する種雄牛については、その世代で生産される牛の中から近交係数の最も低い個体を選定することとした。凍結精液は3,000本保存し、次の世代から供用を開始することとした。なお、種雄牛造成のために供用した凍結精液備蓄種雄牛は、それ以後、種雄牛造成のためには供用しないこととした。

各世代で造成する種雄牛の頭数については、凍結精液備蓄種雄牛の内過去10年間に造成された種雄牛は2頭（第1表）であり、今後もこの状況が継続すると想定し1世代（10～15年）につき0頭、1頭、3頭造成されることを想定した。

d 繁殖雌牛へ交配する種雄牛の選定

繁殖雌牛へ交配する種雄牛は、交配対象となる凍結精液備蓄種雄牛の中で近交係数の上昇を最も抑制する種雄牛を交配することとした。1頭の繁殖雌牛は1世代の間に、後継牛生産に2本の凍結精液、肥育牛生産に20本の凍結精液、合計22本を使用することとした。なお、使用本数が凍結精液の備蓄本数を超えた時点で、当該凍結精液は使用できないこととした。

e 交配方法の概要

① 最小血縁交配

各繁殖雌牛の産子の近交係数を最も抑制する交配種雄牛を全ての凍結精液備蓄種雄牛33頭の中から選定することとした。

② 巡回型G交配

繁殖雌牛へ交配する種雄牛は、繁殖雌牛が分類されたグループ以外の特定のグループに属する種雄牛のみとし、種雄牛をグループ間でローテーションさせた（第2

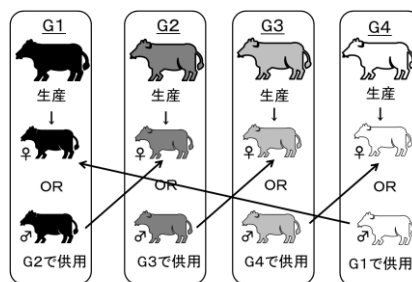
図）。

③ 巡回型G交配（変法）

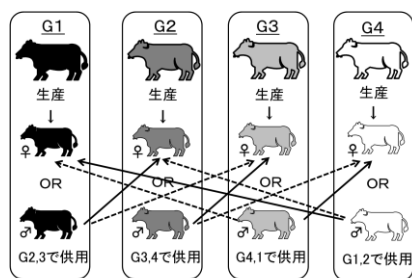
巡回型G交配では、種雄牛の所属頭数が少ないグループの種雄牛造成を行わなかった場合、精液の供給を受けるグループの近交係数がある世代を境に急激に上昇する。例えば、G1に4頭の種雄牛が所属している場合、G2の5世代目以降の繁殖雌牛へ交配する種雄牛は1～4世代で既に交配した種雄牛を交配せざるを得なくなり、近交度が急激に上昇する。この状況を避けるため、交配対象種雄牛を2グループに広げた「巡回型G交配（変法）」についても検討した（第3図）。

第1表 種雄牛の造成年

連番	系統	名号	造成		凍結精液備蓄 (2003年以降) (+++25以上)	
			生年	1989年以前 過去10年間		
1	歌豊泉	田万泉	1968年	○	○	
2	泉谷	宝福	1968年	○	○	
3	歌豊泉	玉錦	1969年	○	○	
4	歌豊泉	高泉	1970年	○	○	
5	歌豊泉	和泉	1971年	○	○	
6	泉谷	高豊	1971年	○	○	
7	泉谷	玉秀	1971年	○	○	
8	瑞豊	嘉行	1971年	○	○	
10	歌豊泉	生幸	1972年	○	○	
11	泉谷	富園	1972年	○	○	
12	歌豊泉	吉竜	1973年	○	○	
13	泉高	生歌	1973年	○	○	
14	歌豊泉	高広	1974年	○	○	
15	歌豊泉	和幸	1974年	○	○	
16	歌豊泉	紫泉	1974年	○	○	
17	泉高	紫茂	1974年	○	○	
18	泉谷	富宝	1975年	○	○	
19	畜谷	畜谷	1975年	○	○	
20	畜福	畜福	1975年	○	○	
21	歌豊泉	嘉佐々光	1976年	○	○	
22	歌豊泉	高忠	1978年	○	○	
23	畜谷	紫影谷	1978年	○	○	
24	畜谷	嘉谷	1979年	○	○	
25	畜福	泉福	1981年	○	○	
26	畜福	生福高	1982年	○	○	
27	泉高	瑞生松	1988年	○	○	
28	歌豊泉	富嘉谷	1989年	○	○	
29	泉高	富福	1990年		○	
30	歌豊泉	畜宝	1993年		○	
31	歌豊泉	宝泉	1995年		○	
32	歌豊泉	飛和	1997年		○	
34	泉谷	宝阿武9乃4	2009年		○	
35	泉高	生高豊	2009年		○	
				27頭	2頭	33頭



第2図 巡回型グループ交配



第3図 巡回型グループ交配（変法）

結果および考察

1 遺伝的希少個体の特定

総当たりの平均血縁係数が上位1/5の28頭を遺伝的希少個体とした(第2表)。

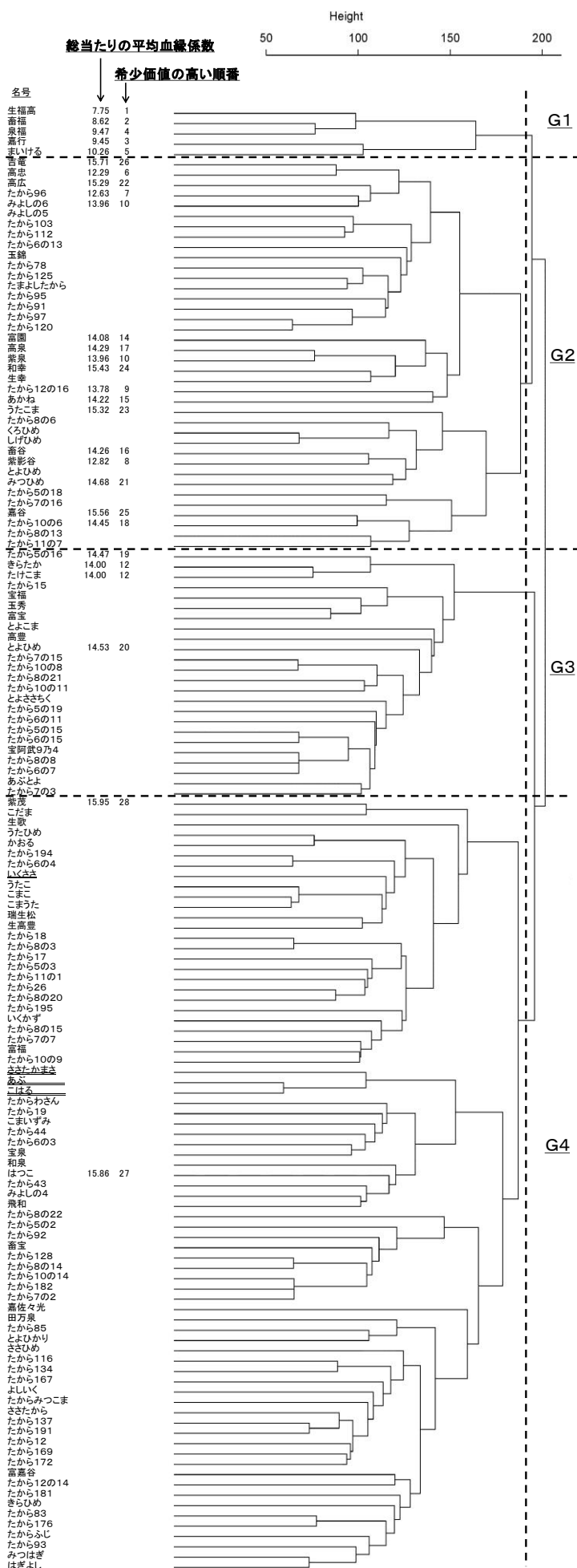
第2表 遺伝的希少個体

名号	総当たりの平均血縁係数	希少価値の高い順番
生福高	7.75	1
畜福	8.62	2
嘉行	9.45	3
泉福	9.47	4
まいける	10.26	5
高忠	12.29	6
たから96	12.63	7
紫影谷	12.82	8
たから12の16	13.78	9
紫泉	13.96	10
みよしの6	13.96	10
たけこま	14.00	12
きらたか	14.00	12
富園	14.08	14
あかね	14.22	15
畜谷	14.26	16
高泉	14.29	17
たから10の6	14.45	18
たから5の16	14.47	19
とよひめ	14.53	20
みつひめ	14.68	21
高広	15.29	22
うたこま	15.32	23
和幸	15.43	24
嘉谷	15.56	25
吉竜	15.71	26
はつこ	15.86	27
紫茂	15.95	28
142頭の平均	18.64	

2 グループ分け

繁殖雌牛109頭と凍結精液備蓄種雄牛33頭の血縁係数を用いたクラスター分析により樹形図を作成した。樹形図について、繁殖雌牛や精液備蓄種雄牛の頭数等を考慮し4グループに分類した(第4、5図)。

繁殖雌牛109頭の中から平成25年4月時点で生存していた90頭について、本牛が分類されたグループと父牛が分類されたグループを比較した結果、1頭「ささたかまさ」を除き各繁殖雌牛のグループは父牛のグループと一致することが分かった(第3表)。これは、個体への遺伝的影響は祖父や曾祖父と比較して父親の影響が強くなることに加え、無角和種の種雄牛造成が1980年代まで積極的に行われた(精液備蓄種雄牛33頭の内、27頭が1980年代までに造成)が、それ以降は6頭の造成に留まって



第4図 血縁係数のクラスター分析による樹形図を用いたグループ分け



いること(第1表)から、種雄牛については、世代の更新が進んでおらず、各系統の基礎となる牛の遺伝的影響が強く残っているためと考えられた。父牛のグループに属しなかった「ささたかまさ」は、血縁係数の分析により「あぶ」「こはる」とクラスターを形成している(第4図)。「あぶ」「こはる」は「ささたかまさ」の娘であるだけでなく、「あぶ」「こはる」の父「和泉」は「ささたかまさ」の母方曾祖父でもあり(第4表)、さらに「ささたかまさ」の母方祖父「嘉佐々光」は「和泉」の半兄弟(父:田万泉)である(第1図)ことから、「さ

第5図 各グループの頭数及び凍結精液の備蓄本数(2013年10月)

第3表 繁殖雌牛及び父牛の系統とクラスター分析によるグループ分け

連番	本牛			父牛			連番	本牛			父牛		
	名号	父系系統	クラスター分析によるグループ	名号	父系系統	クラスター分析によるグループ		名号	父系系統	クラスター分析によるグループ	名号	父系系統	クラスター分析によるグループ
1	たから83	歌豊泉	G4	嘉佐々光	泉谷	G4	46	たから5の15	泉谷	G3	高豊	G3	
2	たから85	歌豊泉	G4	嘉佐々光	泉谷	G4	47	たから5の16	泉谷	G3	高豊	G3	
3	たから116	歌豊泉	G4	嘉佐々光	泉谷	G4	48	たから5の19	泉谷	G3	高豊	G3	
4	たから134	歌豊泉	G4	嘉佐々光	泉谷	G4	49	たから6の11	泉谷	G3	高豊	G3	
5	たからふじ	歌豊泉	G4	嘉佐々光	泉谷	G4	50	たから6の15	泉谷	G3	高豊	G3	
6	たからみつこま	歌豊泉	G4	嘉佐々光	泉谷	G4	51	たから7の15	泉谷	G3	高豊	G3	
7	たから169	歌豊泉	G4	嘉佐々光	泉谷	G4	52	たから8の8	泉谷	G3	高豊	G3	
8	たから172	歌豊泉	G4	嘉佐々光	泉谷	G4	53	たから8の21	泉谷	G3	高豊	G3	
9	たから167	歌豊泉	G4	嘉佐々光	泉谷	G4	54	とよひめ	泉谷	G3	高豊	G3	
10	たから176	歌豊泉	G4	嘉佐々光	泉谷	G4	55	とよさちく	泉谷	G3	高豊	G3	
11	たから181	歌豊泉	G4	嘉佐々光	泉谷	G4	56	とよこま	泉谷	G3	高豊	G3	
12	たから191	歌豊泉	G4	嘉佐々光	泉谷	G4	57	たけこま	泉谷	G3	高豊	G3	
13	ささたから	歌豊泉	G4	嘉佐々光	泉谷	G4	58	たから6の7	泉谷	G3	高豊	G3	
14	たから12	歌豊泉	G4	嘉佐々光	泉谷	G4	59	たから7の3	泉谷	G3	高豊	G3	
15	みつはぎ	歌豊泉	G4	嘉佐々光	泉谷	G4	60	たから10の8	泉谷	G3	高豊	G3	
16	とよひかり	歌豊泉	G4	嘉佐々光	泉谷	G4	61	たから10の11	泉谷	G3	高豊	G3	
17	はぎよし	歌豊泉	G4	嘉佐々光	泉谷	G4	62	ささたかまさ	泉谷	G4	高豊	G3	
18	きらひめ	歌豊泉	G4	嘉佐々光	泉高	G4	63	たから194	泉高	G4	生歌	G4	
19	ささひめ	歌豊泉	G4	嘉佐々光	泉高	G4	64	たから195	泉高	G4	生歌	G4	
20	たから12の14	歌豊泉	G4	嘉佐々光	泉高	G4	65	たから17	泉高	G4	生歌	G4	
21	たから92	歌豊泉	G4	畜宝	泉高	G4	66	たから26	泉高	G4	生歌	G4	
22	たから182	歌豊泉	G4	畜宝	泉高	G4	67	たから5の3	泉高	G4	生歌	G4	
23	たから7の2	歌豊泉	G4	畜宝	泉高	G4	68	たから8の3	泉高	G4	生歌	G4	
24	たから8の14	歌豊泉	G4	畜宝	泉高	G4	69	たから8の15	泉高	G4	生歌	G4	
25	たから8の22	歌豊泉	G4	畜宝	泉高	G4	70	たから8の20	泉高	G4	生歌	G4	
26	たから10の14	歌豊泉	G4	畜宝	泉高	G4	71	いくささ	泉高	G4	生歌	G4	
27	たから19	歌豊泉	G4	和泉	泉高	G4	72	うたひめ	泉高	G4	生歌	G4	
28	たから43	歌豊泉	G4	和泉	泉高	G4	73	うたこ	泉高	G4	生歌	G4	
29	たから44	歌豊泉	G4	和泉	泉高	G4	74	いくかず	泉高	G4	生歌	G4	
30	はつこ	歌豊泉	G4	和泉	泉高	G4	75	たから6の4	泉高	G4	生歌	G4	
31	みよしの4	歌豊泉	G4	和泉	泉高	G4	76	たから7の7	泉高	G4	生歌	G4	
32	こまいずみ	歌豊泉	G4	和泉	泉高	G4	77	こまこ	泉高	G4	生歌	G4	
33	たから6の3	歌豊泉	G4	和泉	泉高	G4	78	かおる	泉高	G4	生歌	G4	
34	あぶ	歌豊泉	G4	和泉	泉高	G4	79	たから10の9	泉高	G4	生歌	G4	
35	こはる	歌豊泉	G4	和泉	泉高	G4	80	こまうた	泉高	G4	生歌	G4	
36	たから91	歌豊泉	G2	玉錦	泉高	G4	81	たから11の1	泉高	G4	生歌	G4	
37	たから95	歌豊泉	G2	玉錦	泉高	G4	82	こだま	泉高	G4	紫影谷	G4	
38	たから96	歌豊泉	G2	玉錦	畜谷	G2	83	たから8の6	畜谷	G2	紫影谷	G2	
39	たから103	歌豊泉	G2	玉錦	畜谷	G2	84	とよひめ	畜谷	G2	紫影谷	G2	
40	たから6の13	歌豊泉	G2	玉錦	畜谷	G2	85	くろひめ	畜谷	G2	紫影谷	G2	
41	みよしの5	歌豊泉	G2	玉錦	畜谷	G2	86	しげひめ	畜谷	G2	紫影谷	G2	
42	みよしの6	歌豊泉	G2	玉錦	畜谷	G2	87	みつひめ	畜谷	G2	紫影谷	G2	
43	たから12の16	歌豊泉	G2	高忠	畜谷	G2	88	うたこま	畜谷	G2	紫影谷	G2	
44	あかね	歌豊泉	G2	高忠	畜谷	G2	89	たから11の7	畜谷	G2	嘉谷	G2	
45	まいける	瑞豊	G1	嘉行	畜谷	G2	90	たから10の6	畜谷	G2	嘉谷	G2	

第4表 「ささたかまさ」と産子の血統

名号・グループ	本牛		父		母		母方祖父		母方曾祖父	
	系統	(名号・グループ)	系統	(名号・グループ)	系統	(名号・グループ)	系統	(名号・グループ)	系統	(名号・グループ)
ささたかまさ	G4	泉谷 (高豊 G3)	G4	やまさ7	歌豊泉 (嘉佐々光 G4)	G4	歌豊泉 (和泉 G4)	G4	歌豊泉 (和泉 G4)	G4
あぶ	G4	歌豊泉 (和泉 G4)	G4	ささたかまさ	泉谷 (高豊 G3)	G3	歌豊泉 (嘉佐々光 G4)	G4	歌豊泉 (嘉佐々光 G4)	G4
こはる	G4	歌豊泉 (和泉 G4)	G4	ささたかまさ	泉谷 (高豊 G3)	G3	歌豊泉 (嘉佐々光 G4)	G4	歌豊泉 (嘉佐々光 G4)	G4
いくささ	G4	泉高 (生歌 G4)	G4	ささたかまさ	泉谷 (高豊 G3)	G3	歌豊泉 (嘉佐々光 G4)	G4	歌豊泉 (嘉佐々光 G4)	G4

無角和種の近交度を考慮した適正交配に関する検討

さたかまさ」は父「高豊」の属するグループではなく、「田万泉」「和泉」「嘉佐々光」の属するグループに分類され「あぶ」「こはる」とクラスターを形成したものと考えられた。なお、「ささたかまさ」の娘は他に「いくささ」がいるが、父が「生歌」であることから「あぶ」「こはる」ほど「ささたかまさ」との共通点がないことから、これらとクラスターを形成することなく「生歌」の属するグループに分類されたものと考えられた。なお、種雄牛の系統とクラスター分析によるグループ分とを比較すると、歌豊泉系はG 2とG 4、泉谷系はG 2とG 3、泉高系はG 4、瑞豊系はG 1、畜谷系はG 2、畜福系はG 1に分類された（第5表）全兄弟である泉谷系と泉高系が異なったグループに分類された理由としては、供用頻度の差によるものと推察した。現存牛90頭中、3代祖までに泉谷系の種雄牛が交配された頭数は34頭であるのに対し、泉高系の種雄牛が交配された頭数は62頭と高い割合で交配されたためと考えられた（第6表）。また、畜谷は瑞豊系の種雄牛「和宝」のを父に持つ「わひさつぐ」と黒毛和種「奥谷」との交配により造成された種雄牛（第1図）であるため、畜谷系と瑞豊系は同一グループ

第5表 種雄牛の系統と血縁係数のクラスター分析によるグループ分け

連番	名号	生年	系統	クラスター分析	
				によるグループ	凍結精液 備蓄本数 (+++25以上)
1	玉錦	1969年	歌豊泉	G2	209
2	高泉	1970年	歌豊泉	G2	129
3	生幸	1972年	歌豊泉	G2	31
4	吉竜	1973年	歌豊泉	G2	27
5	高広	1974年	歌豊泉	G2	399
6	和幸	1974年	歌豊泉	G2	10
7	紫泉	1974年	歌豊泉	G2	369
8	高忠	1978年	歌豊泉	G2	258
9	田万泉	1968年	歌豊泉	G4	12
10	和泉	1971年	歌豊泉	G4	194
11	嘉佐々光	1976年	歌豊泉	G4	868
12	富嘉谷	1989年	歌豊泉	G4	75
13	畜宝	1993年	歌豊泉	G4	359
14	宝泉	1995年	歌豊泉	G4	395
15	飛和	1997年	歌豊泉	G4	383
16	宝福	1968年	泉谷	G3	15
17	高豊	1971年	泉谷	G3	45
18	玉秀	1971年	泉谷	G3	184
19	富宝	1975年	泉谷	G3	9
20	宝阿武9乃4	2009年	泉谷	G3	1,315
21	富園	1972年	泉谷	G2	764
22	生歌	1973年	泉高	G4	48
23	紫茂	1974年	泉高	G4	3,689
24	瑞生松	1988年	泉高	G4	161
25	富福	1990年	泉高	G4	51
26	生高豊	2009年	泉高	G4	3,134
27	嘉行	1971年	瑞豊	G1	151
28	畜谷	1975年	畜谷	G2	1,731
29	紫影谷	1978年	畜谷	G2	1,258
30	嘉谷	1979年	畜谷	G2	505
31	畜福	1975年	畜福	G1	2,231
32	泉福	1981年	畜福	G1	943
33	生福高	1982年	畜福	G1	656
				合計	20,608

第6表 3代祖までに交配された系統一覧

連番	本牛 名号	3代祖までに交配された系統					
		歌豊泉	瑞豊	泉谷	泉高	畜谷	畜福
1	たから83	①				②	
2	たから85	②			①		
3	たから116	①			①	①	
4	たから134	①			①	①	
5	たからふじ	②				①	
6	たからみつこま	①			①		①
7	たから169	①			①	①	
8	たから172	①			①	①	
9	たから167	①			①		①
10	たから176	①				②	
11	たから181	①			①	①	
12	たから191	①			①	①	
13	ささたから	①			①	①	
14	たから12	①			①	①	
15	みつはぎ	①				①	①
16	とよひかり	②			①		
17	はぎよし	①				①	①
18	きらひめ	②				①	
19	ささひめ	①		①	①		
20	たから12の14	②			①		
21	たから92	②					①
22	たから182	②			①		
23	たから7の2	②			①		
24	たから8の14	②			①		
25	たから8の22	①		①			①
26	たから10の14	②			①		
27	たから191	①			①	①	
28	たから43	②				①	
29	たから44	①			①	①	
30	はつこ	②					①
31	みよしの4	②					①
32	こまいずみ	①			①		①
33	たから6の3	①			①	①	
34	あぶ	②		①			
35	こはる	②		①			
36	たから91	③					
37	たから95	②				①	
38	たから96	①					②
39	たから103	①			①	①	
40	たから6の13	②		①			
41	みよしの5	①			①		①
42	みよしの6	①				①	①
43	たから12の16	②				①	
44	あかね	②			①		
45	まいける	①	①			①	
46	たから5の15	①		①	①		
47	たから5の16			①	①	①	①
48	たから5の19	①		①	①		
49	たから6の11	①		①		①	
50	たから6の15	①		①	①		
51	たから7の15	①		①	①		
52	たから8の8	①		①	①		
53	たから8の21	①		①	①		
54	とよひめ	①		①	①	①	
55	とよささちく	②		①	①		
56	とよこま	①		①	①		
57	たけこま	①		①	①	①	①
58	たから6の7	①		①	①		
59	たから7の3	①		①	①		
60	たから10の8	①		①	①		
61	たから10の11	①		①	①		
62	ささたかまさ	②		①	①	①	
63	たから194			①	①	①	
64	たから195	②			①		
65	たから17	①			②		
66	たから26	①			①	①	
67	たから5の3	①			①	①	
68	たから8の3	②			①		
69	たから8の15	②			①		
70	たから8の20	①			①	①	
71	いくささ	①		①	①		
72	うたひめ	①		①	①		
73	うたこ	①		①	①		
74	いくさず	①		①	①	①	
75	たから6の4			①	①	①	
76	たから7の7	②			①		
77	こまこ	①		①	①		
78	かおる	①		①	①		
79	たから10の9	②			①		
80	こまうた	①		①	①		
81	たから11の1	①			①	①	
82	こだま	①			②		
83	たから8の6	②				①	
84	とよひめ	①		①		①	
85	くろひめ	①			①	①	
86	しげひめ	①			①	①	
87	みつひめ	①				②	
88	うたこま			①	①	①	
89	たから11の7			①	①	①	
90	たから10の6	①				②	
		113	1	34	62	45	15

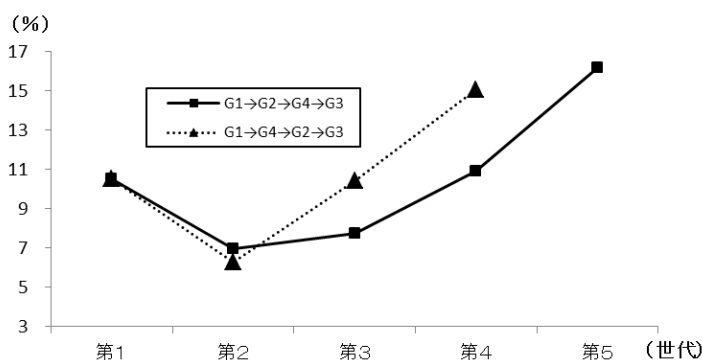
※表中の丸数字は交配回数。①:1回、②:2回、③:3回

ブに分類されるものと予想していたが、瑞豊系と同一グループに分類されたのは畜福系であった。この理由も、供用頻度の差によるものであり、現存牛90頭中、3代祖までに瑞豊系及び畜福系の種雄牛が交配された頭数はそれぞれ、1頭、15頭であるのに比べ、畜谷系の種雄牛が交配された頭数は45頭と高い割合で交配されたためと考えられた(第6表)。

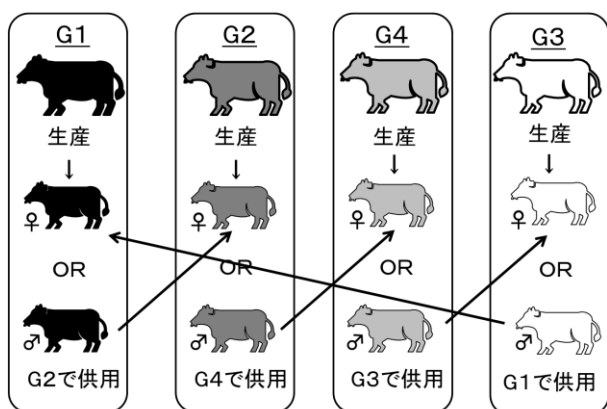
3 有効な交配方法の検討

1) 巡回型G交配及び、巡回型G交配(変法)において種雄牛をローテーションさせる順序

種雄牛をローテーションさせる順序については、グループに所属する繁殖雌牛の頭数や精液の備蓄本数から、G1→G2→G4→G3とG1→G4→G2→G3のい



第6図 巡回型G交配におけるローテーションの違いによる近交係数の推移(新規種雄牛造成なし)



第7図 巡回型グループ交配

ずれかが適当と判断した。このため、それぞれの順序で巡回型G交配のシミュレーションを行った結果、G1→G2→G4→G3の順序で種雄牛をローテーションさせる方が、より近交度の上昇を抑制した(第6図)。このため、巡回型G交配における種雄牛の供用対象繁殖雌牛は第7図、巡回型G交配(変法)における種雄牛の供用対象繁殖雌牛は第8図のとおりとし、交配シミュレーションを実施した。

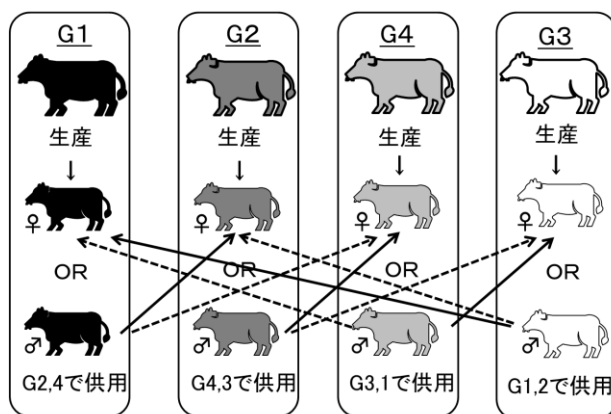
2) 近交係数及び血縁係数の長期的な推移予測結果

最小血縁交配、巡回型G交配、巡回型G交配(変法)を行った場合の平均近交係数及び平均血縁係数について次の条件に基づき長期的な推移予測を行った。

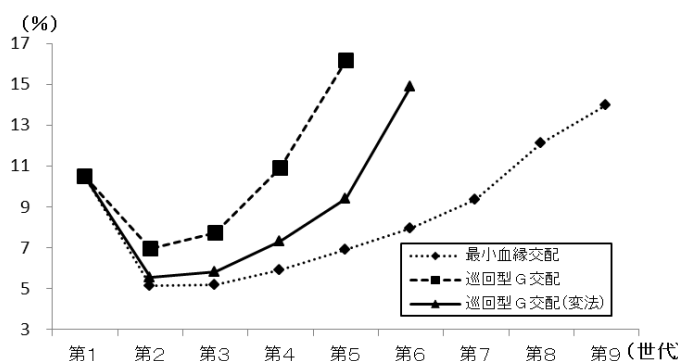
(1) 種雄牛を新たに造成しなかった場合(第9、10図)

巡回型G交配及び巡回型G交配(変法)は、近交度が一旦低下するものの、種雄牛の交配対象が制限されたため、その後急激に上昇し、それぞれ5世代目、6世代目で交配対象種雄牛の凍結精液の在庫が無くなった。最小血縁交配は、種雄牛の交配対象が制限されないため、7世代までは急激な近交度上昇を抑制可能だが、備蓄精液の在庫の種類及び本数が減少するために8世代以降、近交係数血縁係数ともに急激に上昇した。

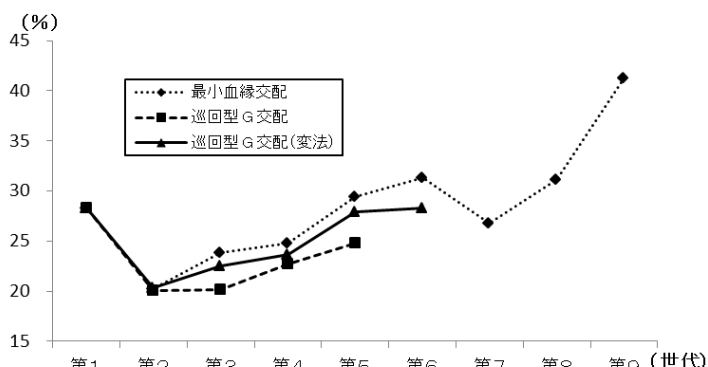
このことから、種雄牛を新たに造成しなかった場合は最小血縁交配が最も有効だと判断した。



第8図 巡回型グループ交配(変法)



第9図 無角和種近交係数の推移予測(新規種雄牛造成なし)

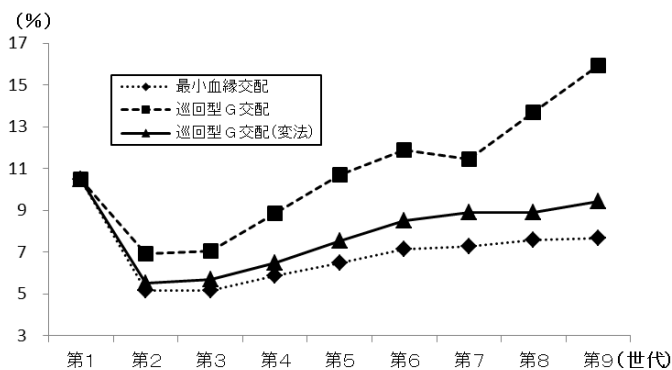


第10図 無角和種血縁係数の推移予測(新規種雄牛造成なし)

(2) 種雄牛を1世代毎に1頭造成する場合 (第11、12図)

巡回型G交配は、1世代毎に1頭の種雄牛を造成しても交配対象が制限されるため4世代以降、近交度が上昇した。巡回型G交配(変法)は、長期的に近交度の上昇を抑制することが可能だが、最小血縁交配と比較すると上昇抑制効果は劣った。最小血縁交配は、他と比較して長期的に最も近交度の上昇を抑制した。なお、血縁係数については世代が進んだ第8、9世代を比較すると巡回型G交配(変法)と最小血縁交配で上昇抑制効果が認められた。

また、第1世代目のグループ内及びグループ間平均血縁係数(第7表)と、各交配方法を行った場合の第9世代目のグループ内及びグループ間平均血縁係数(第8、9、10表)を比較した結果、グループ内及びグループ間平均血縁係数の上昇を抑制したのは最小血縁交配だった。



第11図 無角和種近交係数の推移予測(種雄牛造成1頭/世代)

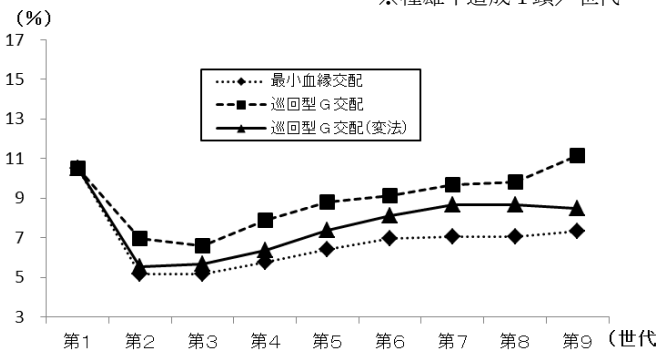
第7表 グループ内及びグループ間の平均血縁係数(第1世代) ()内は頭数

	G1 (1)	G2 (17)	G3 (16)	G4 (56)
G1	—	—	—	—
G2	20.47%	25.25%	—	—
G3	16.12%	22.11%	42.71%	—
G4	16.35%	23.31%	28.07%	32.46%

第9表 グループ内及びグループ間の平均血縁係数(第9世代 巡回型G交配後) ()内は頭数

	G1 (5)	G2 (22)	G3 (17)	G4 (56)
G1	56.68%	—	—	—
G2	30.35%	47.29%	—	—
G3	25.65%	19.79%	37.85%	—
G4	14.92%	26.77%	14.32%	49.83%

※種雄牛造成1頭/世代



第13図 無角和種近交係数の推移予測(種雄牛造成3頭/世代)

た。なお、巡回型G交配及び巡回型G交配(変法)は、グループ間平均血縁係数の上昇抑制効果は高いもののグループ内の平均血縁係数の上昇が確認された。

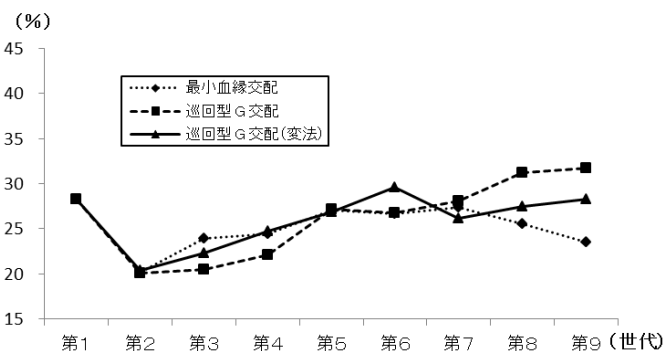
このことから、種雄牛を1世代毎に1頭造成する場合は最小血縁交配が最も有効だと判断した。

(3) 新規種雄牛を1世代毎に3頭造成する場合(第13、14図)

巡回型G交配は、長期的に近交度の上昇を抑制することが可能だが、他の交配方法と比較すると上昇抑制効果が低かった。巡回型G交配(変法)は、2番目に近交度の上昇抑制効果が高かった。最小血縁交配については、最も近交度の上昇抑制効果が高かった。

なお、血縁係数については3種類の交配方法に明瞭な差は認められなかった。

また、第1世代目のグループ内及びグループ間平均血縁係数(第7表)と、各交配方法を行った場合の第9世



第12図 無角和種血縁係数の推移予測(種雄牛造成1頭/世代)

第8表 グループ内及びグループ間の平均血縁係数(第9世代 最小血縁交配後) ()内は頭数

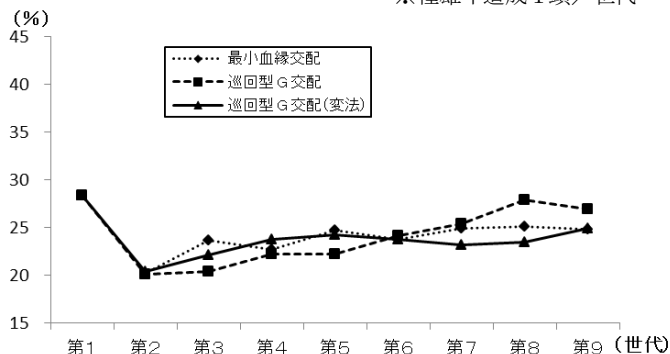
	G1 (5)	G2 (22)	G3 (17)	G4 (56)
G1	40.60%	—	—	—
G2	22.84%	23.63%	—	—
G3	23.83%	23.44%	29.05%	—
G4	20.77%	23.77%	22.53%	23.85%

※種雄牛造成1頭/世代

第10表 グループ内及びグループ間の平均血縁係数(第9世代 巡回型G交配(変法)後) ()内は頭数

	G1 (5)	G2 (22)	G3 (17)	G4 (56)
G1	43.40%	—	—	—
G2	39.27%	41.86%	—	—
G3	21.71%	18.38%	36.37%	—
G4	18.15%	20.04%	27.87%	36.11%

※種雄牛造成1頭/世代



第14図 無角和種血縁係数の推移予測(種雄牛造成3頭/世代)

摘要

代目のグループ内及びグループ間平均血縁係数（第11、12、13表）を比較した結果、グループ内及びグループ間平均血縁係数の上昇を抑制したのは最小血縁交配と巡回型G交配（変法）だった。なお、巡回型G交配は、グループ間平均血縁係数の上昇抑制効果は高いもののグループ内の平均血縁係数の上昇が確認された。

このことから、種雄牛を1世代毎に3頭造成する場合は最小血縁交配が最も有効だと判断した。

以上、1世代毎の種雄牛の造成頭数が0、1、3頭のいずれの場合も、最小血縁交配が近交度の上昇を最も抑制することから、無角和種集団には最小血縁交配が最も有効だと判断した。

第11表 グループ内及びグループ間の平均血縁係数
（第9世代 最小血縁交配後）（ ）内は頭数

	G1 (5)	G2 (22)	G3 (17)	G4 (56)
G1	41.18%	—	—	—
G2	21.89%	25.16%	—	—
G3	31.68%	21.64%	28.08%	—
G4	26.82%	24.23%	25.16%	24.96%

※種雄牛造成3頭/世代

第12表 グループ内及びグループ間の平均血縁係数
（第9世代 巡回型G交配後）（ ）内は頭数

	G1 (5)	G2 (22)	G3 (17)	G4 (56)
G1	45.38%	—	—	—
G2	19.44%	40.32%	—	—
G3	23.16%	16.64%	30.15%	—
G4	17.38%	25.02%	17.69%	36.73%

※種雄牛造成3頭/世代

第13表 グループ内及びグループ間の平均血縁係数
（第9世代 巡回型G交配（変法）後）（ ）内は頭数

	G1 (5)	G2 (22)	G3 (17)	G4 (56)
G1	25.96%	—	—	—
G2	23.46%	27.84%	—	—
G3	19.38%	19.09%	27.81%	—
G4	18.79%	19.22%	21.65%	33.73%

※種雄牛造成3頭/世代

4 留意事項

今回、無角和種集団について遺伝的多様性を維持しつつ、近交度の急激な上昇を抑制することにより効果的な交配方法として最小血縁交配を選定した。遺伝的多様性を維持・回復させる方法の一つとして、遺伝的希少個体の後継牛を多数残すことが考えられる。遺伝的希少個体は繁栄しなかった祖先の血を引き継いでいる個体であり、繁栄しなかった祖先は、家畜としての能力が優れていないと判断された可能性がある。このことから、今回、遺伝的に希少と判断した種雄牛については、間接検定成績や本牛の体型値等を考慮して供用を決定する必要がある。

無角和種は、小規模閉鎖集団内での交配のために近交度が上昇しており、近交退化が危惧されている。そこで、牛群の遺伝的多様性を維持しつつ、近交度の急激な上昇を抑制することを目的に、効果的な交配方法について検討した。

巡回型グループ交配と最小血縁交配は近親交配を避ける有効な交配方法とされている。巡回型グループ交配とは、集団をいくつかの遺伝的に近縁なグループに分け、特定のグループのみから供給された雄を交配する方法。また、最小血縁交配とは、産子の近交係数が最も小さくなる雄を交配する方法。無角和種に巡回型グループ交配、あるいは最小血縁交配を導入した場合の繁殖雌牛の平均近交係数と平均血縁係数の長期的な推移予測を行った結果、平均近交係数を最も抑制できる最小血縁交配が適していると判断した。また、総当たりの血縁係数を算出し、遺伝的希少個体を特定した。

謝辞

本試験の実施にあたり、ご指導をいただいた公益社団法人全国和牛登録協会の山口企画研修室長、芥川担当に感謝いたします。

引用文献

- 村松晋, 大石孝雄. 1990. 遺伝 別冊3号. 91-99.
 野村哲郎. 1992. 京都産業大学国土利用開発研究所紀要. 13号. 99-113.
 T. Nomura and K. Yonezawa. 1996. Genet Sel Evol. 28. 141-159.
 佐々木義之. 1994. 動物の遺伝と育種. 142-170.
 佐藤正寛. 2000. 大規模血統情報から近交係数を算出するプログラムの開発. 日本養豚学会誌. 37(3号). 122-126.
 山口県畜産試験場. 2001. 無角が歩んだ道. 85-93.

乳牛の糞の性状及び MUN 値の長命連産に適した飼養管理改善への応用

森 実希・大石 理恵*

Application of MUN Values and Feces Characteristics in Improvement of Feeding Management for Long-lived Continuous Calving in Dairy Cattle

Miki MORI, Rie OISHI

Abstract: In Yamaguchi Prefecture, the feces and Milk Urea Nitrogen (MUN) of dairy cattle was examined to determine whether the data can be used as an index for feeding management to raise long-lived dairy cattle suitable for continuous calving. Using results for the 305-day corrected milk yield, age at culling, and calving number before culling from the Dairy Herd Performance Test, the 3 highest-performing and 3 lowest-performing dairy farms in this study were selected. Feces with a score 3 were measured for pH values immediately after excretion, however there was not a significant difference between the high-performing and low-performing dairy farms. Feces were also washed with water and then measured using a sieve. The residue weight from feces measure with 4mm mesh showed a significant difference between the high and low performing groups. However, the small amounts make application in the field difficult, and before these values can be used for an index, further study regarding the relationship to diet is required. The appropriate range for MUN and milk protein percentage values in Yamaguchi Prefecture were calculated based on the results from the high-performing group. Appropriate values vary based on feeding method. For Total Mixed Ration (TMR) feeding the MUN range was 10.0~11.0mg/dl and the milk protein ratio was 3.3~3.4 percent. When feeds are fed as separate ingredients, the MUN range was 10.0~12.0mg/dl and the milk protein ratio was 3.2~3.4 percent. These results indicate that MUN and milk protein percentage can be used to create an index usable for feeding management in Yamaguchi Prefecture.

Key Words : dairy herd improving testing result, index of feeding management

キーワード : 飼養管理の指標、牛群検定成績

る (釧路農業協同組合連合会, 2008)。

緒言

酪農経営において、乳用牛の長命連産が強く望まれているにも関わらず能力を十分に発揮する前に廃用となる牛が多い。特に、高能力化した乳牛を管理するには高レベルな観察力と飼養管理技術が必要とされる。中でも、糞の性状観察は牛が実際に食べた餌の状態に反映し、餌や環境の変化に対し反芻の次に反応が早く表れるとされており、日頃から糞の状態を観察することで今の牛の状態を読み取ることができるとされてい

また MUN (乳中尿素態窒素) は、ルーメン内のエネルギーとタンパク質のバランスを確認することができ、給与飼料の栄養評価に利用できることから、北海道を始めとした他県においてもこの値を応用した飼養管理を行っている事例もある (宮崎県, 2008)。

しかし、山口県ではこれらに関する詳細なデータがなく、十分に応用されていないことから糞の性状及び MUN 値における当県での現状把握と、これらが飼養管理改善のための技術指標に応用可能か検討した。

*現在 : 畜産振興課

材料および方法

1 調査研究期間

本研究期間は、2009年～2013年で、その間に糞の分析及び牛群検定成績を用いたデータ分析を行った。

2 調査対象

1) 糞の性状について

(1) 糞のpH (夏場における経時的変化)

対象農家戸数及び頭数は、3戸・19頭とした。

(2) ムチンの有無

対象農家戸数及び頭数は、16戸・244頭とした。なお、ムチンの有無については、糞を洗浄した際、メッシュ上の残渣物に粘液性の赤みがかかった物が確認された場合を「ムチン有」と判断した。

(3) 牛群検定の違いによる糞残渣物重量とpH

対象農家戸数及び頭数は、18戸・232頭(うちTMR給与農家7戸・92頭、分離給与農家11戸・140頭)とした。

2) MUN値について

対象農家戸数及び頭数は32戸・901頭(うちTMR給与農家14戸・332頭、分離給与農家18戸・569頭)とした。

3 調査項目

1) 糞の性状について

糞のpHは、pHメーター(ハンナポケットタイプpHメーターPICCOLO+)、(株)ハンナインスツルメンツ・ジャパン社製)で測定した。

糞の形状は、マニユアスコアを基にスコア1～5に分類し(生産獣医療システム乳牛編2, 1998)、本試験においては、排糞直後のマニユアスコア3の糞を採材しpH、ムチン、重量を計測した(第1表)。

糞は均等に採取できるよう、4～5か所で現物あたり500g程度の量をカップに採材し、pH値については、上部から約10cmの深さで計測した。その後3段階(4mmメッシュ、2mmメッシュ、1mmメッシュ)のふるいを重ねて水洗した後に、85°C48時間通風乾燥を行い直ちに重量を測定した(第1図)。

2) MUN値について

MUN値は赤外線吸光度検査法により求められた個体

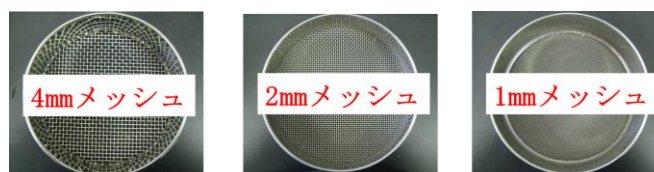
の牛群検定成績データとバルク中のデータを用いた。

また、摂取エネルギーとタンパク質の関係性を分析するための、乳蛋白質率は牛群検定成績を利用した。

第1表 マニユアスコア

スコア	糞の状態と栄養改善指標
1	極めて液体状の糞。豆のスープのような密度。病気でなければ、飼料中の分解性タンパク質または、デンプンが多すぎる。
2	糞が柔らかすぎて、ちゃんとしたパイル(円盤状で崩れない状態)を形成しない。繊維の少ない飼料プログラムで、分解性タンパク質が比較的多い。通過スピードアップ→デンプンとRDPも後部消化管に移行する量が増える。→そこで発酵すると糞は水分含量が増える。
3	オートミール状の密度。長靴のつま先を糞の中につっこんだとき、長靴の先に糞がくっつくかどうか。くっつければ、タンパク質と水のバランスがうまくいっている。
4	中程度の固さ。ブーツにはくっつかないくらい乾いている。繊維の多い飼料だと、デンプンの摂取量が少なく、ルーメンの通過速度が遅い。消化率は高くなり、ロスが減少。
5	固い糞。ボール状。ワラだけか重度の脱水。

(生産獣医療システム 乳牛編を参照に作成)



第1図：糞分析に用いた3段階のふるい

4 技術指標の検討

生産性及び長命連産に関するデータとして、牛群検定成績の中から、305日補正乳量、除籍牛年齢、除籍産次数を基に農家の序列付けを行い、TMR給与農家・分離給与農家とも上位3戸を上位農家、下位3戸を下位農家と分類分けを行い、糞の性状及びMUN値についてそれぞれ比較を行った。

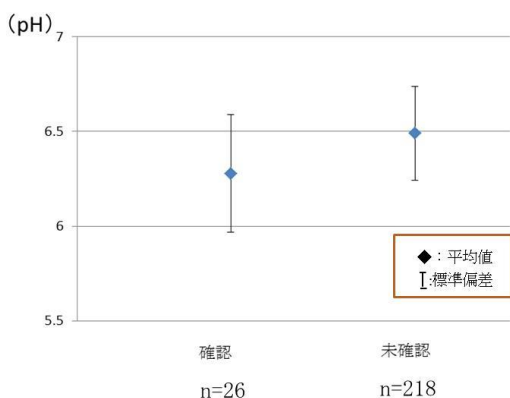
結果

1 糞の性状について

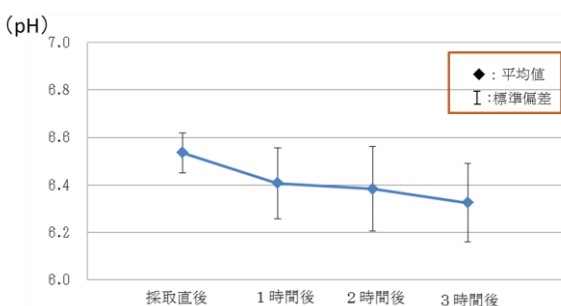
糞のpH値はムチンが確認された糞6.28±0.31(平均±標準偏差)と未確認の糞pH値6.49±0.25とで有意な差が見られた(第2図)。

また、採取直後から1時間ごとのpH値を測定した結果、pH値は経時的に低下し、バラつきも大きくなっていった。(第3図)。

次に、糞のpHについて、採取直後に測定した値を比較した。TMR給与農家と分離給与農家別及び上位農家



第2図：ムチンの有無における糞pHの推移



第3図：経時変化とpHの推移

と下位農家の間に差は見られなかった (第2表)。

牛群検定成績を基にした重量割合は、TMR 給与農家については、4mmメッシュのふるい上の糞残渣物重量割合は、下位農家と比較して有意に高い結果となった。また2mmメッシュ、1mmメッシュ上の糞残渣物重量割合については、差が見られなかった (第3表)。

分離給与農家についても、同様に4mmメッシュのふるい上の糞残渣物重量割合は、下位農家と比較して有意に高かった。また同様に、2mm、1mmメッシュ上の糞残渣物重量割合に差が見られなかった (第4表)。

また糞残渣物のうち、有意差が認められた4mmメッシュ上の残渣物を粗飼料と濃厚飼料に分け、その比率を調査した。その結果、どちらの給与形態についても牛群検定成績による違いは見られない結果となった (第5表)。

第2表 牛群検定の違いによる給与形態別の糞の pH比較

	糞の pH比較	
	TMR給与農家	分離給与農家
上位農家	7.37±0.06	7.38±0.20
下位農家	7.15±0.18	7.20±0.28
調査農家平均	7.26±0.17	7.35±0.21

第3表 牛群検定成績の違いによる糞の重量割合(TMR給与農家) (単位 %)

農家名	糞の重量割合		
	4mmメッシュ	2mmメッシュ	1mmメッシュ
上位農家	0.62±0.39 ^A	1.28±0.38	2.19±0.65
下位農家	0.36±0.22 ^B	1.22±0.73	2.07±1.12

※異符号間に1%水準で有意差あり (t検定)

第4表 牛群検定成績の違いによる糞の重量割合 (分離給与農家) (単位 %)

農家名	糞の重量割合		
	4mmメッシュ	2mmメッシュ	1mmメッシュ
上位農家	0.45±0.25 ^a	1.16±0.34	2.15±0.67
下位農家	0.36±0.19 ^b	1.05±0.33	2.30±0.74

※異符号間に5%水準で有意差あり (t検定)

第5表 牛群検定成績の違いによる給与形態別の糞重量割合の粗濃比率割合 (単位 %)

農家名	TMR給与農家		分離給与農家	
	粗飼料	濃厚飼料	粗飼料	濃厚飼料
上位農家	66	34	59	41
下位農家	70	30	57	43

2 MUN 値について

本研究において、調査農家全体の MUN の平均値は、10.6±2.65であった。なお、給与形態の違いにより比較した場合、TMR 給与農家は 11.2±2.10 (mean±SD)、分離給与農家は 10.3±2.84 と有意な差が見られた (第6表)。TMR 給与農家における上位農家の MUN 値は、有意差は見られなかったが、下位農家よりも低い傾向が見られた (P=0.06)。

また分離給与農家の上位農家の MUN 値は、下位農家と比較すると有意に高い結果となった (第7表)。

第6表 県内酪農家のMUNの平均値 (単位 mg/dl)

給与形態	MUN値
TMR給与農家	11.2±2.10 ^A
分離給与農家	10.3±2.84 ^B
調査農家平均	10.6±2.65

※異符号間に1%水準で有意差あり (t検定)

第7表 牛群検定成績の違いによる給与形態別のMUNの関係 (単位 mg/dl)

農家名	TMR給与農家	分離給与農家
上位農家	10.4±0.64	11.4±1.35 ^a
下位農家	11.9±0.84	9.5±1.73 ^b
調査農家平均	11.2±2.10	10.3±2.84

※異符号間に5%水準で有意差あり

考 察

1 糞の性状について

本試験において、マニユアスコア3の糞を採材対象にした理由は、飼料の摂取バランスと牛の栄養状態が適正な際の糞と考えられており、そのスコアの糞を調査し比較することで、成績による違いが確認できればマニユアスコア3の糞であっても今後起こりうる牛の変化や動向をいち早く発見することに繋がる可能性があると考えたためである。

今回は、夏場のみの測定であったが糞の pH 値は時間が経過するにつれ、低下していくことが考えられたことから、pH 値を飼養管理に応用するには、排糞直後に

採取し直ちに計測することが妥当だと考えられた。

しかし、ムチンの有無が確認された糞 pH 値は、排糞後 3 時間程度経過した後測定した結果に差は見られたものの、排糞直後に測定した糞 pH 値について、牛群検定成績による差がなかったことからマニュアルスコア 3 によるムチンの有無と pH 値のみでは、表に現れにくい乳牛の体調変化の確認には不適であると考えられた。

糞の性状を観察する際、直腸糞を採材し、水洗、ふり分けて残渣物を確認した方法では、乾物摂取量と、糞中残渣量との時差に正の相関があることが報告されているが（萩原, 2003）、成績の違いによる糞残渣物の粗飼料、濃厚飼料の比率割合の結果から、どちらの給与形態も成績の違いによる大きな差は認められなかった。この結果から、粗飼料由来の乾物摂取量が下位農家の方が少ないことが理由で成績に違いが表れることは確認できなかった。今後、給与飼料の構成などを把握した上でさらなる検討が必要である。

マニュアルスコア 3 の糞は目視だけでは違いが分かりづらいが、糞残渣物重量については牛群検定成績の違いにより差が見られた。しかし、残渣物重量が極めて小さい値であったこと、また採材の度に洗浄、乾燥する手間を考慮すると、生産現場における簡易な技術指標としての普及は難しいと考えられたが、牛群検定成績など要素を加味した上で、牛群または個体の変化に気づく一助となりえる可能性があると考えられた。

2 MUN 値について

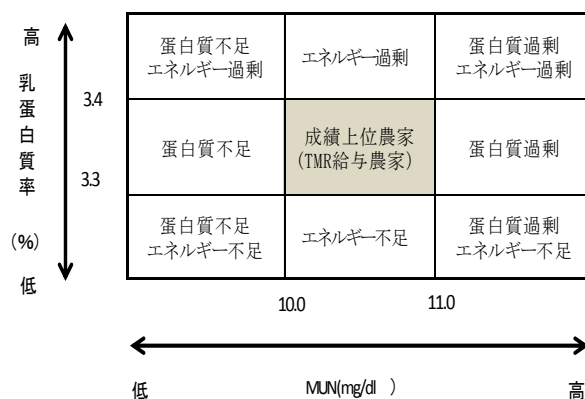
MUN は乳牛の第一胃では、微生物が飼料由来のタンパク質をアンモニアに分解し、微生物体タンパクを経てアミノ酸として利用される。その過程で余ったアンモニアは肝臓で尿素となり、これが生乳中に移行したものである。

また、同時に尿素へ変換するためには油脂ではなく、糖やデンプンなどの炭水化物が必要なため、摂取飼料のバランスも判断できることから、乳蛋白質率と MUN の関係で表される。

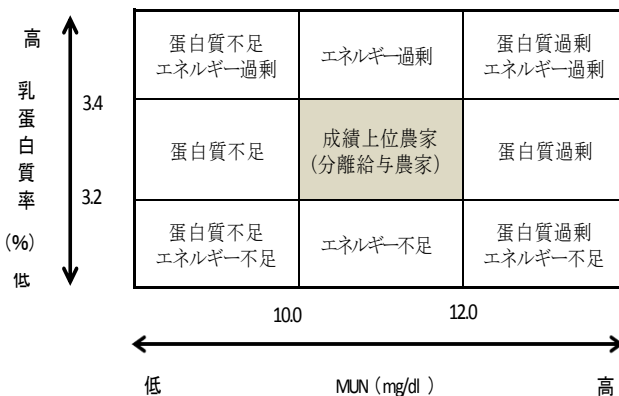
北海道において、MUN 値は 10～14mg/dl（北海道, 1998）を適正範囲としており、鳥取県では MUN 値は 9～13mg/dl、乳蛋白質率は 3～3.5% を適正範囲としており（池本ら, 2008）、地域により様々である。

本試験についても、成績上位農家と下位農家の間および給与形態別に差が認められたため、上位農家の数値を飼養管理改善のための指標の一つとして利用できると示唆された。

以上のことから、第 7 表に示した上位農家の MUN 値を参考に、同様の条件下で求めた乳蛋白質率と合わせて、既報を参考に（秋山ら, 2010、北海道北見管内乳質改善協議会, 1998）、MUN 値と乳蛋白質率の平均値と標準偏差から TMR 給与農家の MUN 値は 10.0～11.0mg/dl、乳蛋白質率は 3.3～3.4%、分離給与農家の MUN 値は 10.0～12.0mg/dl、乳蛋白質率は 3.2～3.4% という山口県版の新たな指標を作成した（第 3 図、第 4 図）。



第3図：乳蛋白質率とMUNの関係（TMR給与農家）



第4図：乳蛋白質率とMUNの関係（分離給与農家）

なお、指標については、既報が示す MUN 値及び乳蛋白質率の適正範囲と大きく差は見られない結果となった。

本試験は、給与形態別に上位 3 戸の農家を対象に新たな指標を示す結果となったが、既報に示す値と比較すると、適正範囲の誤差より小さくなっており、今後現場において、これら推奨値を技術指標として利用できると考えられた。

本試験により、当県における糞の性状と MUN 値についての現状把握を行い、また牛群検定成績の違いにより飼養管理改善のためのモニタリング方法の項目の一つとして応用可能であることを確認できた。

また、山口県において、これらの結果から得られた基礎的資料を長命連産や生産性の向上に向けての酪農

指導などの際に用いることで、乳牛の飼養管理改善に繋がれると考えられる。

摘 要

山口県において、糞の性状と MUN 値の現状把握と、これらが飼養管理改善のための技術指標に応用可能か検討した。

その結果、糞の性状については、糞残渣物重量割合においては牛群検定成績の上位農家が下位農家より有意に高い結果となったが、簡易な技術指標としての普及は難しいと考えられた。

また MUN 値については、成績上位農家の牛群検定成績を基に長命連産に繋がる飼養管理の指標新たな推奨値を示した。

これらの結果より、糞の性状及び MUN 値は乳牛の健康状態をモニタリングする方法の一つとして応用できる可能性を示唆した。

謝 辞

本試験研究を実施するにあたり、山口県の酪農家の皆様にサンプリング採材においてご協力いただいたことに深謝いたします。

引用文献

- 秋山清・折原健太郎・水宅清二・平井久美子. 2010. 神奈川県内の乳用牛の乳中尿素態窒素濃度及び乳蛋白質率の実態 : 30-33.
- 北海道北見管内乳質改善協議会. 1998. MUN で牛のシグナルを読み取ろう!!
- 池本千恵美・長谷川理恵. 2006. バルク乳検査による管内酪農家へのアプローチ(第1報) H18年度鳥取県家畜保健衛生所業績発表会抄録. No.17.
- 釧路農業協同組合連合会. 2008. 『牛のモニタリング ③』釧路農協連通信. 22 : 4-7.
- 宮崎県. 2008. MUN を飼養管理に活かそう〈宮崎県版 MUN マニュアル〉
- 萩原一也. 2003. 乳牛における糞中残渣モニタリング 臨床獣医 Vol. 21, No. 6.
- (社)全国家畜畜産物衛生指導協会. 1998. 生産獣医医療システム 乳牛編2 : 120-124.

遊休水田等を利用した放牧期間延長技術の開発

刀禰 瑞世・古澤 剛・脇本 雄樹*・引田 久美子**

Development of Techniques to Extend Grazing Periods in Unused Paddy Fields

Mizuyo TONE, Takeshi FURUSAWA, Yuuki WAKIMOTO and Kumiko HIKITA

Abstract: This study examined techniques to extend the grazing period for grazing cattle in unused paddy fields during the autumn and winter. For autumn grazing, Aobamillet was the most effective through September, and Sorghum was best from October. Grazing capacity for Aobamillet was best when fertilized with nitrogen at 4kg per 10are after seeding. For winter grazing, oat and Italian ryegrass showed high grazing capacity. Seeding with a mix of oat, Italian ryegrass and barley also proved to be an effective method with a high grazing capacity of over 35CD/10a. The utilization ratio of the pasturage was further increased by using strip grazing, with narrower strips proving to be most effective. These results show that *Yamaguchi-style grazing* can be extended from a spring through autumn method to a yearlong grazing method with appropriate selection of pasture species and management of fertilization and grazing.

Key Words : grazing capacity, yearlong grazing

キーワード : 周年放牧、牧養力

諸 言

本県では、遊休水田等に簡易な電気牧柵を設置して牛を放牧し、農地を省力的に管理する「山口型放牧」の普及・推進に取り組んでいる。

山口型放牧は、春期から秋期にかけての野草が繁茂する時期の放牧が一般的であるが、飼養管理の一層の省力化や労力軽減等を図るために、生草が乏しくなる秋期から翌初春期の放牧管理技術の開発が求められている。

そこで、年間を通して放牧地利用が出来る周年放牧の可能性について検討するため、遊休水田等での秋期から冬期放牧に適した牧草種の選定およびそれらの最適な組み合わせによる栽培、利用方法の検証を行った。

本研究の実施にあたり、御協力をいただいた農事組合法人杵崎の里に対し、深甚なる謝意を表す。

材料および方法

試験 1 秋期放牧に適した夏作草種の検討

秋期以降、放牧利用可能な夏作草種等を検討するため、耐湿性の強い青葉ミレット、グリーンミレットおよびカラードギニアグラスで収量・植被度等の調査を行った。そして、成績が良かった草種で施肥量の違いによる牧養力の比較を実施し、さらに、成績が良かった草種と立毛貯蔵の利用が可能とされているソルゴー (Goto et al, 1987 ; 手島ら, 2010) で、秋期の牧養力の調査を行った。試験期間は 2011 年度で、農事組合法人杵崎の里 (山口市秋穂二島) の遊休水田 75a を利用して行った。

1 夏作草種の収量および植被度の比較

1) 供試草種および播種量

(1) 青葉ミレット区 : 4 kg / 10a

(2) グリーンミレット区 : 5 kg / 10a

*現在 : 退職 ・ **現在 : 下関農林事務所

- (3) カラードギニアグラス区：3kg/10a
- 2) 播種期（施肥期）
各草種 2011年7月10日
- 3) 施肥量（窒素成分量）
各草種 4kg/10a
- 4) 調査日
(1) 青葉ミレット
植被度：2011年9月7日
生草収量：2011年9月25日
(2) グリーンミレット
植被度：2011年9月7日
生草収量：2011年9月7日
(3) カラードギニアグラス
植被度：2011年9月7日
生草収量：2011年9月16日
- 5) 調査項目
(1) 各草種の生草収量 (g/m²)：1m×1m内の生草の原物重量
(2) 各草種の植被度 (%)：2m×2m内の各植物が占める割合

2 青葉ミレットの施肥量の違いによる牧養力の比較

- 1) 供試牛
黒毛和種繁殖雌牛：延4頭（2頭×2区）
- 2) 供試草種および播種量
青葉ミレット：4kg/10a
- 3) 播種期（施肥期）
2011年7月10日
- 4) 施肥量（窒素成分量）
(1) 4kg/10a区
(2) 2kg/10a区
- 5) 放牧期間
(1) 4kg/10a区
2011年9月25日～2011年10月4日
(2) 2kg/10a区
2011年9月21日～2011年9月27日
- 6) 放牧方法
各区連続放牧
- 7) 調査項目
各区の牧養力 (CD/10a)
算出法

$$\text{牧養力} = [A \times \{B \times C \times (10/D)\}] / E$$

A：開始・終了時平均体重のTDN要求量 (kg)

B：放牧日数 C：放牧頭数 D：放牧面積 (a)

E：500kgの成雌牛のTDN要求量 (kg)

AおよびEのTDN要求量は、日本飼養標準を参考にし、放牧を加味して15%増、厳寒期は、寒冷時の影響を加味して更に35%増とした。

3 青葉ミレットとソルゴの牧養力の検討

- 1) 供試牛
黒毛和種繁殖雌牛：延4頭（2頭×2草種）
- 2) 供試草種および播種量
(1) 青葉ミレット：4kg/10a
(2) ソルゴ：1kg/10a
- 3) 播種期（施肥期）
(1) 青葉ミレット：2011年7月10日
(2) ソルゴ：2011年6月18日
- 4) 施肥量（窒素成分量）
各草種 3kg/10a
- 5) 放牧期間
(1) 青葉ミレット
2011年10月14日～2011年11月11日
(2) ソルゴ
2011年10月4日～2011年10月11日
- 6) 放牧方法
(1) 青葉ミレット：連続放牧
(2) ソルゴ：ストリップ放牧
- 7) 調査項目
各草種の牧養力 (CD/10a)

試験2 冬期放牧に適した冬作草種等の検討

冬期の放牧利用に適した冬作牧草の草種等を検討するため、一年生牧草のイタリアンライグラス（以下、イタリアン）、えん麦、多年生牧草のペレニアルライグラス、トールフェスク、ケンタッキーブルーグラスおよび未利用資源である立枯れ野草、再生イネと立枯れ野草・イタリアンの同時利用における冬期牧養力の調査を行った。また、その中で牧養力が高い草種による組み合わせの混合播種栽培で冬期の牧養力の調査を行った。試験期間は2010年から2011年度で、農事組合法人杵崎の里（山口市秋穂二島）遊休水田 151.5a および山口県農林総合技術センター畜産技術部圃場 30a を利用して行った。

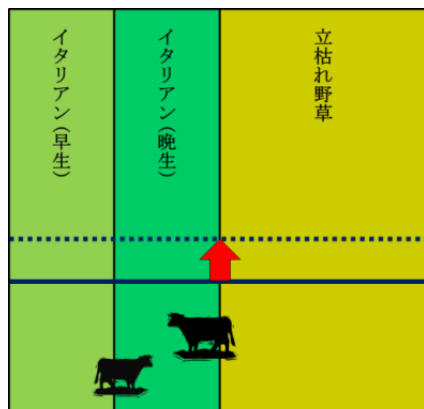
1 冬作草種等の牧養力の比較

- 1) 供試牛
黒毛和種繁殖雌牛：延10頭（2頭×4草種、ただし再生イネのみ反復）
- 2) 供試草種および播種量
(1) 立枯れ野草：—

- (2) 再生イネ：—
- (3) イタリアンライグラス (以下、イタリアン) 晩生：
4kg/10a
- (4) エンバク：4kg/10a
- (5) ペレニアルライグラス：4kg/10a
- (6) トールフェスク：4kg/10a
- (7) ケンタッキーブルーグラス：4kg/10a
- 3) 播種期 (施肥期)
各草種 2010年10月1日
- 4) 施肥量 (窒素成分量)
各草種 1.5kg/10a
- 5) 放牧期間と草種
 - (1) 2010年12月7日～2010年12月14日：再生イネ (12月上中旬)
 - (2) 2010年12月14日～2010年12月21日：再生イネ (12月中下旬)
 - (3) 2010年12月21日～2011年1月6日：立枯れ野草
 - (4) 2011年1月6日～2011年1月25日：えん麦
 - (5) 2011年1月25日～2011年2月14日：イタリアン晩生
- 6) 放牧方法
各草種連続放牧
- 7) 調査項目
各草種の牧養力 (CD/10a)

2 立枯れ野草とイタリアンの同時利用による牧養力の調査

ほ場の半分を耕起し、その耕起部分の半分に早生のイタリアン、残りの半分に晩生のイタリアンを播種し、帯状の試験区を横断的に区切ったストリップ放牧を行った(第1図)。



第1図 試験区概要図

- 1) 供試牛
黒毛和種繁殖雌牛：2頭
- 2) 供試草種および播種量

- (1) 立枯れ野草：—
 - (2) イタリアン (早生、晩生)：各4kg/10a
 - 3) 播種期 (施肥期)
2010年9月29日
 - 4) 施肥量 (窒素成分量)
5kg/10a
 - 5) 放牧期間
2010年12月9日～2011年1月4日
 - 6) 放牧方法
ストリップ放牧
 - 7) 調査項目
 - (1) 牧養力 (CD/10a)
 - (2) 各草種放牧前後の植被度 (%)
- ### 3 冬作草種の混合播種による牧養力の比較
- 1) 供試牛
黒毛和種繁殖雌牛：延6頭 (2頭×3区)
 - 2) 供試草種及び播種量
 - (1) 試験区A
えん麦5kg/10a 大麦3kg/10a の混合播種
 - (2) 試験区B
えん麦4kg/10a イタリアン (中晩生) 3kg/10a の混合播種
 - (3) 試験区C
えん麦3kg/10a イタリアン (早生) 5kg/10a の混合播種
 - 3) 播種期 (施肥期)
各区 2011年9月16日
 - 4) 施肥量 (窒素成分量)
各区4kg/10a
 - 5) 放牧期間
 - (1) 試験区A
2011年12月5日～2012年1月5日
 - (2) 試験区B
2012年1月5日～2012年2月1日
 - (3) 試験区C
2012年2月20日～2012年3月19日
 - 6) 放牧方法
各区ストリップ放牧
 - 7) 調査項目
 - (1) 各区の牧養力 (CD/10a)
 - (2) 各区の作物体中の硝酸態窒素濃度 (ppm)

試験3 冬期ストリップ放牧の拡張面積の違いによる牧草の利用率比較

放牧牛は、自身が踏み倒したり、糞尿がかかった牧草を食べない等の理由から、牧草の利用率が悪くなるのが想定される。放牧期間の延長には牧養力を高めることが重要であり、草の利用率向上も大きな要因となる。昨今、放牧地の草の利用率向上を目的に電気柵で带状に放牧地を拡張していく放牧方法（以下：ストリップ放牧）が行われている。そこで、ストリップ放牧において、拡張面積の違いによる牧草の利用率の調査を行った。試験期間は2014年度で農事組合法人杵崎の里（山口市秋穂二島）遊休水田 21.6a を利用して行った。

1) 供試牛

黒毛和種繁殖雌牛:延4頭（2頭×2区）

2) 供試草種および播種量

えん麦 4kg/10a イタリアン、（中晩生） 3kg/10a の混合播種

3) 播種期（施肥期）

2013年9月23日

4) 施肥量（窒素成分量）

4kg/10a

5) 試験区の設定

第1表に示すD、Eの2区

第1表 試験区の概要

区分	総面積 (㎡)	ストリップ回数	拡張平均面積 (㎡)
試験区D	977	2	488
試験区E	1177	4	294

6) 放牧期間

(1) 試験区D

2013年12月11日～2013年12月24日

(2) 試験区E

2013年12月24日～2014年1月6日

7) 放牧方法

各区ストリップ放牧

8) 調査項目

(1) 牧養力(CD/10a)

(2) 放牧前の生草収量 (g/㎡) および一般成分分析

(3) 推定 TDN 量

日本標準飼料成分表（2009年版）の消化率により推定した。

(4) 推定牧養力

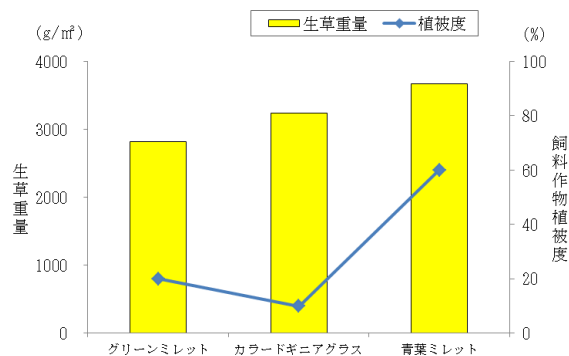
推定 TDN 量を 500kg の成雌牛の TDN 要求量で除した値を推定牧養力とした。

結果および考察

試験 1 秋期放牧に適した夏作草種の検討

1 夏作草種の収量および植被度の比較

グリーンミレット、カラードギニアグラスおよび青葉ミレットの生草収量（1㎡当たり）は、それぞれ、2,825g、3,236g、3,673gであった。また、植被度は、同様に20%、10%、60%で、生草収量、植被度ともに青葉ミレットが高い値を示した（第2図）。さらに、若松は、青葉ミレットが最も耐湿性に優れ、土地が湛水していても栽培が可能であることを報告している（若松, 2002）。このことから、遊休水田等における秋期放牧は、各3草種の中では、青葉ミレットが適当であると推測される。



2 青葉ミレットの施肥量の違いによる牧養力の比較

結果を第2表に示した。4kg/10a、2kg/10a 施肥区の牧養力は、それぞれ 25.8CD/10a、19.8CD/10a で4kg/10a 施肥区が高く、放牧期間延長のためには、施肥量は2kg/10a より4kg/10a が優位であると考えられた。

3 青葉ミレットとソルゴの牧養力の検討

10月以降の利用草種として、青葉ミレットとソルゴを調査した結果について第3表に示した。青葉ミレットは、10月～11月の牧養力が10.9CD/10a、試験1

第2表 青葉ミレットの施肥量の違いによる牧養力

区分	供試牛頭数 (頭)	放牧面積 (a)	期間	開始時体重 (kg)	終了時体重 (kg)	牧養力 (CD/10a)
4kg/10a施肥	2	6.7	2011.9.25 ~ 2011.10.4	469	499	25.8
				446	486	
2kg/10a施肥	2	5.5	2011.9.21 ~ 2011.9.27	360	360	19.8
				522	522	

第3表 青葉ミレットとソルゴの牧養力

草種	供試牛頭数 (頭)	放牧面積 (a)	期間	開始時体重 (kg)	終了時体重 (kg)	牧養力 (CD/10a)
青葉ミレット	2	46.5	2011.10.14 ~ 2011.11.11	417 475	392 460	10.9
ソルゴ	2	2.9	2011.10.4 ~ 2011.10.11	428 483	419 471	44.6

第4表 各草種の牧養力

草種	供試牛頭数 (頭)	放牧面積 (a)	期間	開始時体重 (kg)	終了時体重 (kg)	牧養力 (CD/10a)
再生イネ(12月上中旬放牧)	2	17	2010.12.7 ~ 2010.12.14	395 410	391 403	7.0
再生イネ(12月中下旬放牧)	2	23.6	2010.12.14 ~ 2010.12.21	391 403	406 409	5.0
野草	2	40	2010.12.21 ~ 2011.1.6	406 409	417 412	6.9
えん麦	2	13.4	2011.1.6 ~ 2011.1.25	417 412	430 439	25.1
イタリアン(晩生)	2	14.8	2011.1.25 ~ 2011.2.14	430 439	408 423	23.9

第5表 立枯れ野草とイタリアンの同時利用による牧養力

草種	供試牛頭数 (頭)	放牧面積 (a)	期間	開始時体重 (kg)	終了時体重 (kg)	牧養力 (CD/10a)
同時利用 (イタリアン+立枯れ野草)	2.0	30.0	2010.12.9 ~ 2011.1.4	558 469	570 482	17.9

の2における9月のミレットの牧養力19.8~25.8CD/10a(第2表)と比較して低値であり、10月以降の利用には適さないことが考えられた。また、11月のソルゴは半枯れ状態であるが嗜好性は良く、44.6CD/10aと高い牧養力を示した。後藤らは、遅播きしたソ類の立毛貯蔵による利用の有用性を示しており(Goto et al, 1987)、さらに手島らは、ソルゴ型ソルガムにおいて1kg/頭程度のアルファルファペレットの給与を行ったものの1~3月まで放牧を実施したことを報告している(手島ら, 2010)。以上のことから、ソルゴは、秋期以降においても利用が可能な草種と考えられる。ただし、放牧後に太い根や固い茎部が残留することから、次回利用時には除去が必要な場合がある(第3図)とともに、耐湿性が弱いため、遊休水田利用の際には湿田を避け、乾田を利用することが望まれる。今後、耐湿性が強い秋期以降の放牧利用に適した草種の検討が必要であると考えられる。



第3図 放牧後のソルゴ区

多年生牧草のペレニアルライグラス、トールフェスタおよびケンタッキーブルーグラスは年度内冬期の発育が不十分で、放牧が不可能であったため、前述以外の各草種の牧養力を第4表に示した。冬作牧草の牧養力が優れ、高い順にえん麦、イタリアン(晩生)で、それぞれ25.1CD/10a、23.9CD/10aと冬期放牧利用への可能性が示唆された。また、再生イネおよび野草の牧養力は、5.0~7.0CD/10aと低値であった。再生イネは、降霜があった12月中下旬においては嗜好性が悪くなり、12月上中旬に比べ牧養力が劣る結果となった。しかし、今回の再生イネは、食用米であり、刈り取った後に施肥をしていないことから、今後飼料用イネ等を使った再生イネや刈り取り後の施肥の有効性等を踏まえて再考する必要がある。

2 立枯れ野草とイタリアンの同時利用による牧養力の調査

牧養力を第5表、放牧前後のイタリアン(極早生)、イタリアン(晩生)、および立枯れ野草の植被度を第4図に示した。牧養力は17.9CD/10aとなったが、放牧地は半分がイタリアン、半分が立枯れ野草であり、これは、試験2の1のイタリアンと立枯れ野草の牧養力それぞれ23.9CD/10a、6.9CD/10a(第4表)の平均15.4CD/10aと比べると、やや上回る牧養力となっている。この一要因として、イタリアンと立枯れ野草の同時利用は、放牧方法がストリップ放牧であるのに対し、2草種を各々で放牧利用した調査は、連続放牧であり、放牧方法の違いによることも考えられた。また、イタリアンの植被度は放牧前後で95~100%から5%へ反対に立枯れ野草の植被度は75%から63%へと僅か8%

試験2 冬期放牧に適した冬作草種等の検討

1 冬作草種等の牧養力の比較

遊休水田等を利用した放牧期間延長技術の開発

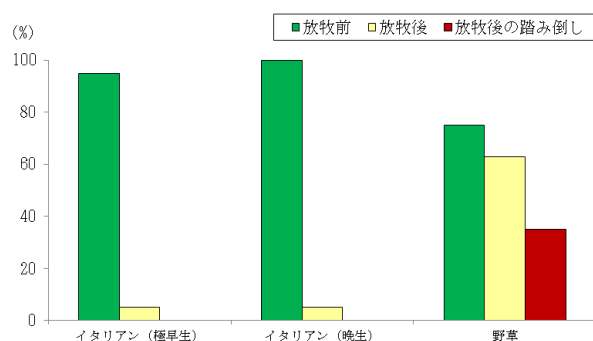
第8表 ストリップの拡張面積の違いによる牧養力の比較

試験区	供試牛頭数	放牧面積 (a)	期間	開始時体重 (kg)	終了時体重 (kg)	牧養力 (CD/10a)	推定TDN量 ² (kg/10a)	推定牧養力 (CD/10a)	利用率 ¹ (%)
試験区d	2	9.8	2013.12.11 ~ 2013.12.24	522	468	27.4	306.0	62.4	43.9
				562	522				
試験区e	2	11.8	2013.12.24 ~ 2014.1.6	468	502	22.1	174.0	35.5	62.4
				522	510				

¹第7表のTDNを参考に、各試験区のTDNを合わせ、10a当たりのTDN量を算出した。

²牧養力を推定牧養力で除して、放牧地の牧草をどの程度利用したかを表した値。

と90~95%減少しており、十分な採食量が考えられた。しかし減少しておらず、採食量は僅かと考えられた。また放牧後の立枯れ野草植被度63%のうち半分以上35%が踏み倒しによるものであった(第4・5図)。これは生草のイタリアンと立枯れ野草の嗜好性の差に大きく起因すると考えられた。



第4図 放牧前後の植被度



第5図 放牧後の野草地

3 冬作草種の混合播種による牧養力の比較

大麦、えん麦およびイタリアンを用いた混合播種栽培による牧養力と硝酸態窒素濃度の結果を第6表に示した。12月から3月の牧養力は、前半麦後半イタリア

ン主体の組合せにすることで、各組合せとも35CD/10a以上の牧養力を示した。長尾、木曾田は、イタリアン1番草の冬期放牧利用の際、硝酸態窒素濃度が高値を示すことから、他の飼料との組合せを提唱している(長尾・木曾田, 2011)。そこで、各区の11月28日時点の硝酸態窒素濃度を調査したところ、試験区A(えん麦5大麦3)で87ppm、試験区B(えん麦4イタリアン3)で12ppm、試験区C(イタリアン5えん麦3)で458ppmと粗飼料の品質評価ガイドブックに掲載されている安全値1,000ppm以下の値となった。これは、施肥量の違いか、出穂時期が早い麦類によって濃度が薄まったか原因は定かではないが、一般に硝酸態窒素濃度は出穂前ステージに高値になりやすいため、利用時に分析するか、放牧期間中は出穂後ステージの牧草の組合せもしくは出穂前と後のステージの組合せが安全と考えられる。以上より、硝酸態窒素濃度に留意すれば、大麦、えん麦およびイタリアンの混合播種栽培を利用することにより冬期放牧が可能であると考えられた。

試験3 冬期ストリップ放牧の拡張面積の違いによる牧草の利用率比較

えん麦+イタリアン混播牧草地の生草の一般成分および推定TDN量を第7表に、ストリップ放牧の区画面積の違いによる牧養力ならびに推定牧養力との比較を第8表に示した。試験区d(平均488m²拡張)の牧養力は27.4CD/10aで推定牧養力の43.9%の利用率であったのに対して、試験区e(平均294m²拡張)はそれぞれ、22.1CD/10a、62.4%であった。肉用牛放牧の手引きによると、野草地の場合、踏み倒しや固い茎部を残す

第7表 区画毎の面積、生草重量、一般成分およびTDN

区分	面積 (m ²)	生草収量 (g/m ²)	水分 (%)	粗蛋白質 (%)	粗脂肪 (%)	NEF (%)	粗繊維 (%)	粗灰分 (%)	(水分以外は、乾物中)
									推定TDN量 (kg/各試験区面積)
試験区d-1	409.5	2,785	82.3	8.0	3.2	60.3	22.1	6.4	145.92
試験区d-2	567.0	1,805	79.2	7.1	3.0	66.7	16.2	7.0	153.95
試験区e-1	336.4	355	74.9	5.4	2.4	68.0	18.0	6.2	65.79
試験区e-2	276.4	565	76.4	4.8	1.9	66.8	20.1	6.3	45.92
試験区e-3	260.6	1,105	79.4	5.7	2.3	67.9	17.2	7.0	42.45
試験区e-4	303.9	625	73.6	5.7	2.5	68.7	15.9	7.1	49.94

ことから本来必要な量の量が必要とされている（近畿地域飼料増産行動会議, 2008）。以上のことから、ストリップ放牧の面積を狭くすることで、踏み倒しが減少し、牧養力が向上したと考えられる。

なお、試験1から3において、牧養力測定のために使った供試牛に異常は認められなかった。

以上の結果から、本県においても適切な牧草選択、施肥管理により、冬期放牧が可能であることが実証されるとともに、「山口型放牧」による周年放牧の可能性が示唆された。

本試験は、殆どを冬期の気候が比較的温暖な瀬戸内海側の地域で実施しており、気候条件が異なる地域への本技術の適用の可否については十分な検討が必要である。

摘 要

遊休水田等を活用した放牧期間の延長技術について検討した。

- 1 秋期の夏作草種では、生草収量および植被度に優れる青葉ミレットが有効であった。また、青葉ミレットの播種時に窒素成分量4 kg/10 aの施肥で牧養力が向上した。
- 2 ソルゴーは10月の放牧利用で、青葉ミレットと比較して高い牧養力を示した。
- 3 冬期は、えん麦、イタリアンが高い牧養力を示した。また、冬作草種の混合播種も高い牧養力を示すことから、有効な方法である。
- 4 冬期においても放牧面積を狭く区切る効率的なストリップ放牧をすることで、牧養力が向上した。

引用文献

- 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 編.
2008. 日本飼養標準 肉用牛
- 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 編.
2009. 日本標準飼料成分表
- 社団法人 日本草地畜産種子協会 自給飼料品質評価研究会編. 2001. 改訂 粗飼料の品質評価ガイドブック
- Masakazu Goto・Atsuta Nishijima・Tadashi Goto・Osamu Morita. 1987. Palatability and chemical composition of sorghum (*sorghum*) Foggage. J. Japan Grassl. Sci. 33: 246-255.

- 近畿地域飼料増産行動会議（事務局：近畿農政局）編.
2008. 肉用牛放牧の手引き～荒れた農地 牛が草刈り 飼料減らし 景観保全～
- 手島茂樹・池田哲也・進藤和正. 2010. ソルゴー型ソルガムを利用した冬期放牧の検討 2. ソルゴー型ソルガム3品種の検討. 日草誌. 56(別): 170.
- 長尾伸一郎・木曾田繁. 2011. イタリアンライグラス等を用いた冬期放牧期間延長技術の検討. 岡山農総セ畜研報. 1: 13-21.
- 若松勇. 2002. 暖地型牧草のラインアップ. 牧草と園芸. 50(4): 6-8.

山口県農林総合技術センター研究報告投稿規程

平成 21 年 6 月 1 日制定

平成 25 年 2 月 1 日改正

平成 26 年 7 月 16 日改正

1 目 的

山口県農林総合技術センター研究報告（以下「研究報告」という。）および山口県農林総合技術センター特別研究報告（以下「特別研究報告」という。）に係る投稿の取り扱いについては、この規程に定めるところによる。

2 投 稿 者

投稿者は、山口県農林総合技術センターの研究職員または当センターの研究職員であった者に限る。ただし、共同執筆者に前記以外の者を含むことは差しつかえない。

3 論 文

(1) 研究報告に投稿できる論文は、山口県農林総合技術センター試験研究評価実施要領に規定する中間内部評価または事後内部評価において成果の取り扱いを研究報告とされた課題（以下「研究報告課題」という。）および受託試験事業で受託した課題（以下「受託課題」という。）についてとりまとめた報文または短報とする。論文は未発表のものに限る。

ただし、学会などにおいて口頭・ポスター発表したもので、別途発表していないものはこの限りでない。

(2) 投稿できる期限は原則として、研究報告課題については評価を受けた年度の翌々年度、受託課題については課題が終了した年度の翌々年度までとする。

(3) 短報は、報文にまとめ得ないが速やかに発表すべき内容を持つもので、分割報告の形式はとらない。研究が完成した場合の再掲載は妨げない。

(4) 特別研究報告に投稿できる論文は、完了した試験研究課題の成果を総合的にとりまとめた報文一編で博士論文相当のものとする。

4 原稿の作成及び提出

(1) 研究報告に投稿する論文は、別途定める作成要領に基づいて作成するものとする。その論文のページ数は、図表を含め原則として原稿 10 ページ以内とし、短報は 2 ページとする。

(2) 研究報告に投稿する論文は、担当編集委員の校閲を受けた上で、編集委員会で定めた日までに編集委員会事務局に提出しなければならない。

(3) 特別研究報告に投稿する論文は、別途定める作成要領に基づいて作成するものとする。

(4) 特別研究報告に投稿する論文は、随時編集委員会事務局へ提出できる。

5 投稿された論文の掲載採否及び順位

(1) 研究報告は、編集委員会において投稿された論文の掲載採否及び順位の案を作成し、農林総合技術センター所長（以下「所長」という）が決する。

(2) 特別研究報告は、編集委員会において投稿された論文の採否の案を作成し、所長が決する。

6 校正及び印刷

(1) 研究報告または特別研究報告に投稿された論文は、編集委員会が必要と認めた場合、著者に原稿または図・表の校正を要求し、あるいは説明を求めることができる。

(2) 研究報告または特別研究報告に投稿された論文の著者による校正は原則として初校のみとし、文章、図・表の改変や追加は原則として認めない。

(3) 研究報告に投稿された論文は、編集委員会での内容に基づき報文と短報の区分替えを行うことができる。

7 その他

この規程に定めるもののほか、研究報告および特別研究報告について必要な事項は編集委員会で別に定める。

附則

- 1 平成 25 年 2 月 1 日改正は平成 25 年 4 月 1 日から施行する。
- 2 平成 26 年 7 月 16 日改正は平成 26 年 8 月 1 日から施行する。

山口県農林総合技術センター研究報告編集委員会
Editorial Board

編集委員長
Chairman

刀 禰 茂 弘
Shigehiro TONE

編集委員

弘 中 久 史
Hisashi HIRONAKA

西 一 郎
Ichirou NISHI

永 久 栄 作
Eisaku NAGAHISA

藤 本 和 正
Kazumasa FUJIMOTO

谷 崎 司
Tsukasa TANIZAKI

倉 重 威 見
Takemi KURASHIGE

井 上 浩 一 郎
Kouichirou INOUE

元 永 利 正
Toshimasa MOTONAGA

角 田 佳 則
Yoshinori SUMIDA

右 田 哲 文
Tetsubun MIGITA

石 光 照 彦
Teruhiko ISHIMITSU

山口県農林総合技術センター研究報告
第6号

発行日 2015年3月

発 行 山口県農林総合技術センター
〒753-0231 山口県山口市大内氷上一丁目1番1号
TEL 083-927-0211
FAX 083-927-0214

BULLETIN OF THE YAMAGUCHI PREFECTURAL AGRICULTURE & FORESTRY
GENERAL TECHNOLOGY CENTER
No6 March
CONTENTS

601	Characteristics and Bread Processing Suitability of Rice Flours Made from Yamaguchi Prefecture's High-Yielding Rice Varieties and Production Methods for Rice Flour Noodles Akira OKAZAKI, Tatsuya HIRATA and Kimiko NAKAMURA	1
602	Fertilization of "Nishinokaori" Wheat Using Chicken Droppings Aki UCHIYAMA, Masamichi NAKATSUKASA, Tsukasa TANIZAKI and Yoshiya AKASHI	7
603	Cultivation Methods and Cropping Type Utilizing the Varied Characteristics of the New Species of Resynthesized <i>Brassica napus</i> cv. 'Hanakkori ME' and 'Hanakkori L' Kouei FUJII, Teruo HIDAHA and Satoshi KATAKAWA	13
604	Causes of Spot-like Coloring Disorder on the Skin of Grapes and the Prevention with Liquid Fertilizer Containing Phosphorous Acid Yukio NAKATANI, Toshikazu KAWAMURA and Rikuto YOSHIOKA	21
605	Simple Procedure for Monitoring Insecticide Resistance of Spider Mites Shinji MIZOBE, Koji NAKAGAWA and Hisako TONOGOCHI	29
606	Development of Simple On-Site Methods for Monitoring Fungicide Sensitivity of <i>Botrytis cinera</i> Shigeaki YOSHIHARA, Tatsuhiko KARATSU and Kazuyuki MURAMOTO	33
607	Research on Bull Semen Collection and Semen Freezing Technology Kazuhisa TAKESHITA, Yousuke INAYOSHI	38
608	Analysis of the Best Mating Method for Mishima Cattle with Regards to Inbreeding Coefficient Yousuke INAYOSHI, Kazuhisa TAKESHITA	44
609	Analysis of the Best Mating Method for Japanese Polled Cattle with Regards to Inbreeding Coefficient Yousuke INAYOSHI, Kazuhisa TAKESHITA	54
610	Application of MUN Values and Feces Characteristics in Improvement of Feeding Management for Long-lived Continuous Calving in Dairy Cattle Miki MORI, Rie OISHI	64
611	Development of Techniques to Extend Grazing Periods in Unused Paddy Fields Mizuyo TONE, Takeshi FURUSAWA, Yuuki WAKIMOTO AND Kumiko HIKITA	69