

ISSN 0386-0132
KDNNKH 31 (2009)

鹿児島大学農学部附属農場研究報告

鹿児島大学農学部

農場研究報告

第31号

Bulletin of the Experimental Farm
Faculty of Agriculture, Kagoshima University
No. 31

第三十一号

平成二十一年三月
(二〇〇九)

鹿児島大学農学部附属農場

平成21年3月

Experimental Farm, Faculty of Agriculture
Kagoshima University, March 2009

目 次

原著論文

ケラジミカン (<i>Citrus keraji</i> hort. ex Tanaka) の果実肥大特性	山本雅史・中川剛志・久保達也・富永茂人 1
ダイジョの生育に及ぼすウニコナゾール P の影響	遠城道雄 7
牧草採草地に設置した 2 段張り電気柵のニホンジカ侵入防止効果	高山耕二・内山雄紀・石井大介・赤井克己・廣瀬 潤 片平清美・伊村嘉美・中西良孝 11
農場研究報告投稿規程および論文原稿作成要領.....	17

Contents

Original Articles

Characteristics of Fruit Development in Keraji (<i>Citrus keraji</i> hort. ex Tanaka)	
.....Masashi Yamamoto, Tsuyoshi Nakagawa, Tatsuya Kubo and Shigeto Tominaga	1
Effect of Uniconazol-P on the Growth of Water Yam (<i>Dioscorea alata</i> L.)	
.....Michio Onjo	7
The Effect of Fences with 2-stage Electric Wires on Sika Deer (<i>Cervus nippon</i>) Invasion on the Meadow in Livestock Farm	
.....Koji Takayama, Yuki Uchiyama, Daisuke Ishii, Katsumi Akai, Jun Hirose,	
.....Kiyomi Katahira, Yoshimi Imura and Yoshitaka Nakanishi	11
Contribution Rules and Preparation of Manuscripts	17

ケラジミカン (*Citrus keraji* hort. ex Tanaka) の果実肥大特性

山本雅史*・中川剛志・久保達也・富永茂人

鹿児島大学農学部果樹園芸学研究室 890-0065 鹿児島市郡元

Characteristics of Fruit Development in Keraji (*Citrus keraji* hort. ex Tanaka)

Masashi Yamamoto*, Tsuyoshi Nakagawa, Tatsuya Kubo and Shigeto Tominaga

Laboratory of Fruit Science, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065

Summary

This study was conducted to reveal the characteristics of fruit development of Keraji (*Citrus keraji* hort. ex Tanaka), which is a local cultivar mainly grown on Kikajima island, Kagoshima prefecture. In this experiment, the following items were examined; 1) seasonal variation of fruit development, 2) relationships between number and size of juice sac and fruit size, 3) relationship between condition of fruit bearing and fruit size. The results were as follows. Ovary of Keraji was smaller than that of 'Okitsu Wase' at the flowering stage, and fruit of Keraji was smaller than that of 'Okitsu Wase' during entire investigation. However, no clear difference was observed between rate of fruit development between Keraji and 'Okitsu Wase'. The larger fruit tended to have many segments and number of juice sacs per segment and larger juice sac in Keraji. Number of juice sacs per segment was fewer and size of juice sac was larger in Keraji compared with other citrus cultivars. A positive correlation was revealed between all investigated items such as height of the fruit location and fruit direction and fruit weight. Highest correlation coefficient was obtained between diameter of peduncle ($r=0.642^{**}$), followed by diameter of fruiting mother shoot ($r=0.535^{**}$) and fruit size.

Key Words: citrus, growth

キーワード：カンキツ，成長

緒 言

筆者らは、奄美諸島の在来カンキツをこの地域の特産果樹として利用することを目標に、有人島全8島においてカンキツ遺伝資源の調査を行った(山本ら, 2006)。それら多数の遺伝資源のうち、喜界島のケラジミカン(*Citrus keraji* hort. ex Tanaka)の果実は無核性、早生性、芳香性を備え、既存の経済栽培品種と比較しても遜色が無い点が多かった。そのため、その無核性機構の解明(Yamamoto・Tominaga, 2002)、果実品質の詳細な調査(山本ら, 2005)、機能性成分の分析(山本ら, 2008)を実施し、その利用の可能性を検討してきた。これら一連の研究を通して、ケラジミカンを普及する上での最大の問題点は、果実が小さいことであると考えられた。平均すると果実重は70~80 g程度であり、我が国で最も生産量の多いウンシュウミカンと比較してもかなり小さい。カンキツにおいて果実の大きさは遺伝的に決定されている部分が多いが、環境条件によっても変化する。

今後、従来よりも大果のケラジミカンの栽培法を開発

するためには、まず、果実の大きさに関係する要因について解明する必要がある。その目的のため、本研究ではケラジミカン果実の肥大の季節的变化、砂じょう等果実構成要素と果実の大きさとの関係、および結実条件と果実の大きさとの関係について検討した。その結果、若干の知見が得られたので報告する。

材料および方法

1. 材料

鹿児島大学農学部附属農場唐湊果樹園で露地栽培されているケラジミカン成木を供試した。対照としてウンシュウミカンの「興津早生」(*Citrus unshiu* Marcow.)およびキシウミカンの「桜島コミカン」(*Citrus kinokuni* hort. ex Tanaka)の成木を用いた。いずれもカラタチを台木とした慣行の栽培法で栽培されていた。

2. 果実の大きさの季節的变化

ケラジミカンおよび「興津早生」を供試した。2002年5月7日に開花直後の10花の子房の縦経および横経を測定した。樹上に結実している果実の調査は5月18日から11月22日まで実施した。樹冠赤道部の果実を無作為に20果選び、果実横経をほぼ1週間毎に計測した。なお、10月

18日は欠測である。果実横径の肥大率は、ある測定日の果実横径を前回の果実横径で除して求めた。

3. 果実の大きさとその構成要素との関係

2003年11月11日にケラジミカン、‘興津早生’および‘桜島コミカン’の樹冠赤道部の果実を採取した。ケラジミカンにおいては、平均的な大きさの果実を「中」、それよりも小さい果実を「小」、大きい果実を「大」として、各10果を採取した。‘興津早生’および‘桜島コミカン’においては、平均的な大きさの果実のみを採取し、「中」とした。

各果実は採取した当日に果実重、果肉重、じょうの数、じょうのう重、じょうのう当たりの砂じょう数および砂じょう重を計測した。

4. 結実条件と果実の大きさとの相互関係

2003年11月18日にケラジミカンの果実を無作為に150果採取した。採取の際に果梗の太さ、果実の向き、結果枝（1年枝）の着葉数、2年枝（結果母枝）の長さおよび太さ、3年枝の向き、4年枝の向き並びに結実部位の高さを測定した。その後直ちに果実の縦径および横径ならびに果実重を計測した。なお、枝および果実の向きは、下向きを「1」、水平を「3」、上向きを「5」とする5段階で、結実部位の高さは地面から90 cmまでを「1」、90～150 cmを「2」、150 cm以上を「3」とする3段階で、それぞれ評価した。各調査項目間の相互関係の程度は、相関係数で表した。相関係数の有意性は奥野（1986）に従って検定した。

結果および考察

1. 果実の大きさの季節的变化

開花時の子房の大きさは‘興津早生’がケラジミカンよりも縦径で約1.7倍、横径で約1.8倍大きかった（第1表）。両者とも果実の横径は、S字型成長曲線を示し、調査期間を通して、‘興津早生’の果実がケラジミカンよりも大きかった。最終調査日の11月22日で、果実横径はケラジミカンで55 mm、‘興津早生’で71 mmであった（第1図）。

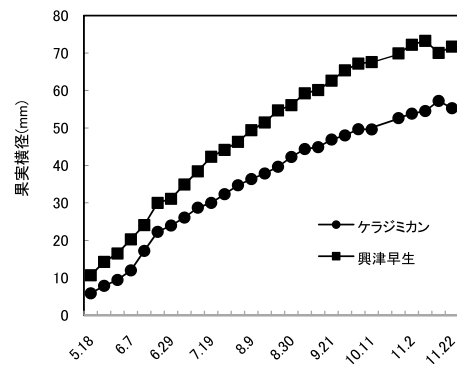
果実横径の肥大率は、いずれも果実成長の初期で高く、特にケラジミカンで高い傾向にあった。両者とも、6月29日に成長率が急激に低下した後、7月にかけてやや高くなった。この傾向はケラジミカンよりも‘興津早生’で顕著であった。両者ともに8月以降、果実の肥大率はほぼ1.05前後で推移した（第2図）。

カンキツの果実肥大がS字型成長曲線を示すことは既に知られている（新居，1989）。本研究の結果、ケラジミカンにおいても他のカンキツ同様、果実肥大はS字型成長曲線を示した。ケラジミカンよりも果実の大きい‘興津早生’と比較すると、開花時から調査終了時まで常にケラジミカン果実は小さかった。しかし、果実横径の肥大率はケラジミカンと‘興津早生’で大差は認められなかった。これらのことから、収穫期にケラジミカ

第1表 ケラジミカンと対照品種の‘興津早生’における開花時の子房の大きさ（2002年5月7日）

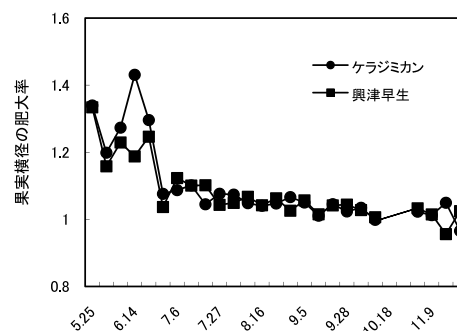
品 種	縦径(mm)	横径(mm)
ケラジミカン	2.2±0.07	2.8±0.11
興津早生	3.7±0.18	4.9±0.15

調査花数：各10花。



第1図 ケラジミカンと対照品種の‘興津早生’における果実横径の季節的变化（2002年）

調査果実数：各20果



第2図 ケラジミカンと対照品種の‘興津早生’における果実横径の肥大率の季節的变化（2002年）

調査果実数：各20果

ンの果実が興津早生と比較して小さいのは、開花から成熟にかけての肥大率が低いことによるのではなく、開花時の子房の大きさの違いが収穫期の果実の大きさにまで影響しているためだと推察できた。

2. 果実の大きさとその構成要素との関係

ケラジミカン果実を大きさ別に、果実当たりのじょうの数、じょうのう重、じょうのう当たりの砂じょう数および砂じょう重を調べた（第2表）。果実重は、「大」で94.0 g、「中」で74.8 g、「小」で55.1 gであった。果肉重は「大」で62.5 g、「中」で45.4 g、「小」で37.3 gであった。果実当たりのじょうのう数は、果実の大きさにかかわらずほぼ9個であった。砂じょう重は「大」で81 mg、「中」で69 mgおよび「小」で65 mgであった。じょうのう当たりの砂じょう数は、果実の大きさと密接な関係があった。「大」では77.9個、「中」では73.7個であったのに対して、「小」では59.8個であった。その結果として、じょうのう重も果実の大きさに比例した。

第2表 ケラジミカンと対照品種の‘興津早生’および‘桜島コミカン’における果実重、果肉重、果実当たりのじょうの数、じょうのう重、じょうのう当たりの砂じょう数および砂じょう重

品 種	果実の 大きさ	果実重 (g)	果肉重 (g)	果実当たりの じょうの数	じょうのう重 (g)	じょうのう 当たりの 砂じょう数	砂じょう重 (mg)
ケラジミカン	大	94.0 (6.8)	62.5 (5.4)	9.3 (0.8)	6.8 (0.9)	77.9 (14.4)	81 (18)
	中	74.8 (1.6)	45.4 (1.9)	9.1 (1.0)	5.4 (0.7)	73.7 (16.2)	69 (16)
	小	55.1 (6.4)	37.3 (4.8)	8.8 (1.3)	4.2 (0.8)	59.8 (11.1)	65 (12)
興津早生	中	118.1(10.9)	96.2 (7.9)	10.1 (1.0)	9.6 (1.9)	183.6 (36.4)	51 (15)
桜島コミカン	中	36.1 (1.9)	27.9 (1.2)	9.9 (0.9)	3.0 (0.4)	74.6 (18.9)	39 (9)

供試果実数：各10果.

果実採取日：2003年11月11日.

括弧内は標準偏差.

対照としてケラジミカンより果実の大きい‘興津早生’および小さい‘桜島コミカン’の中庸の果実を用いて同様の調査を行った. 果実重は‘興津早生’で118.1 g, ‘桜島コミカン’で36.1 gであった. ‘興津早生’ではじょうのう当たりの砂じょう数が183.6個とケラジミカンよりも2倍以上多かった. ‘桜島コミカン’の砂じょう数は74.6個でケラジミカンとほぼ同等であった. 砂じょう重は‘興津早生’で51 mg, ‘桜島コミカン’で39 mgといずれもケラジミカンのものより軽かった. じょうのう重はケラジミカンと比べて, ‘興津早生’で重く, ‘桜島コミカン’で軽かった. また, 果実当たりのじょうのう数は, いずれも約10個でケラジミカンよりもほぼ1個多かった.

ケラジミカンの果実重と, 果実当たりのじょうのう数, じょうのう当たりの砂じょう数および砂じょう重との関係は, いずれにおいても認められた. これらの中で特に, 小さい果実のじょうのう当たりの砂じょう数が顕著に少なかった. カンキツ果実において砂じょうは開花期に子室内壁上の小突起として発生し, 果実発育の初期にその数を急激に増加させ, その後肥大することがわかっている(倉岡・菊池, 1961; 楊ら, 2009). このことから, ケラジミカンにおいて小さな果実は, 砂じょう数の増加が早く停止したか, 増加速度が遅かったものと考えられた. また, 果実の大きさが「大」と「中」および「小」との間では, 砂じょう重に差異が認められた. 大きな果実は砂じょう数決定後の, 砂じょう肥大においても優れていることがわかった.

たとえ大きな果実であってもケラジミカンのじょうのう当たりの砂じょう数は, ‘興津早生’の半分以下であり, 果実の小さな‘桜島コミカン’とほとんど変わらなかった. 新居(1990)によると, ネーブルオレンジやブントランではじょうのう当たりの砂じょう数が700個以上のものもあり, 最少のシュンコウカンでも110個であった. すなわち, ケラジミカンの砂じょう数が, カンキツの中では非常に少ないことが確認できた.

一方, ケラジミカンの砂じょう重は, ‘興津早生’および‘桜島コミカン’よりも重かった. 新居(1990)の報告でも, 砂じょう重が80 mg以上になるものは, ブントランおよびハッサクに限られ, その他の多数品種では14~60 mgであった. ケラジミカンの砂じょう重はカンキ

ツ類の中では重いようである.

以上の結果から, ケラジミカン果実においてはじょうのう当たりの砂じょう数は, カンキツ類の中でも少ないが, 砂じょう重は重いことが判明した. 本研究では収穫時での大きさ別で果実を区分したのみであるため, 砂じょう数に及ぼす樹体および環境条件については検討できなかったが, 今後, これについて明らかにすることで, 大果のケラジミカン生産の可能性が拓けるものと考えられる.

3. 結実条件と果実の大きさの相互関係

すべての調査項目と果実重との間において有意な正の相関関係を認めることができた(第3表). 果実重に直接関係する果実縦径および横径を除くと, 果実重は果梗の太さとの相関係数が0.642***と最も高く, 2年枝の太さ($r=0.535^{***}$)が続いた. 一方, 果実の向きとの相関係数は0.190**と最も低かった. 高い位置で上向きの枝から発生した長く太い2年枝に結実していて, 着葉数が多く, 上向きで果梗の太い果実が大きい傾向にあった. また, 果実重は果実縦径($r=0.723^{***}$)よりも果実横径($r=0.953^{***}$)との相関係数が高かった. また, ほとんどの調査項目間で有意な正の相関関係が認められ, 有意でなかったものは, 果実の向きと着葉数等, 数項目に過ぎなかった.

結実の条件と果実の大きさとの関係についてはウンシュウミカン(木原ら, 1981)やポンカン(富永, 1989)で明らかにされている. それらによると, 結実部位が高いこと, 着葉数が多いこと, 上向きに結実していること, 果梗が太いことが, 果実を大きくする. また, ケラジミカンにおいても着葉数および果梗の太さと果実重との間に正の相関関係があることが既に明らかにされている(山本ら, 2005). 本研究のケラジミカンで得られた結果は, 従来の知見と一致するものであった. しかし従来, 3, 4年枝の向きと果実の大きさとの関係について検討した報告は無く, その点については本研究に新規性がある. その結果, 上向きの強い枝が基となっている果実が大きい傾向にあることがわかった. すなわち, ケラジミカンにおいては樹勢を強化することが大果生産につながる可能性が示唆された. 樹勢は剪定によってある程度制御可能であるので(河瀬, 1999), 今後は大果生産につながる

第3表 ケラジミカンの結実条件と果実形質との相互関係

	結実部位				果実						
	2.0	3.2	3.2	3.2	着葉数 (枚)	向き ^y	果梗の太さ(mm)	縦径(mm)	横径(mm)	果形指数	果実重(g)
平均値	2.0	3.2	3.2	3.2	2.3	2.0	3.1	47.1	56.2	119.4	78.3
標準偏差	0.82	0.95	0.95	0.95	2.61	0.85	0.48	3.39	4.96	8.75	16.10
4年枝の向き	0.676***x										
3年枝の向き	0.615***	0.715***									
2年枝の長さ(cm)	0.176*	0.406***	0.314***								
2年枝の太さ(mm)	0.424***	0.595***	0.498***	0.750***							
着葉数	0.328***	0.389***	0.313***	0.393***	0.603***						
向き	0.280***	0.270***	0.329***	0.079**	0.234**	-0.046					
果梗の太さ	0.337***	0.441***	0.395***	0.345***	0.578***	0.279***	0.519***				
縦径(mm)	0.221**	0.168*	0.200*	0.099	0.134	-0.068	0.332***	0.489***			
横径(mm)	0.502***	0.504***	0.474***	0.390***	0.594***	0.476***	0.221**	0.643***	0.599***		
果形指数	0.380***	0.443***	0.368***	0.378***	0.585***	0.633***	-0.055**	0.300***	-0.256**	0.618***	
果実重(g)	0.424***	0.435***	0.406***	0.366***	0.535***	0.410***	0.190**	0.642***	0.723***	0.953***	0.433***

供試果実数：150果。

果実採取日：2003年11月18日。

^z 1: 0-90cm, 2: 90-150cm, 3: 150cm以上 (地面からの高さ)。^y 1: 下向き, 2: やや下向き, 3: 水平, 4: やや上向き, 5: 上向き。^x *: 5%水準で有意, **: 1%水準で有意, ***: 0.1%水準で有意(奥野(1986)に従い, 有意性を検定した)。

る整枝・剪定法の開発が必要である。

また、果実重は果実縦径よりも横径との相関係数が高かった。一般に果実肥大においては横径の成長が縦径の成長よりも長く続く(倉岡・菊池, 1961)ので、この結果は果実肥大の後期もしくは成熟期に十分肥大した果実が最終的に大きかったことを示している。この点については前述の砂じょうの肥大も関連するものであり、適切な摘果の程度(葉果比)の解明も含めて、今後の重要な課題である。

なお、一般にカンキツにおいては果実が大きくなると糖度が低下する傾向にあり(木原ら, 1981; 富永, 1989)、大果の生産は必ずしも果実品質の向上にはつながらない。しかし、ケラジミカンにおいては果実の大きさと糖度との間に有意な関係が認められておらず(山本ら, 2005)、大果の生産は、ケラジミカンの商品価値の向上に直結するものである。今後は、本研究の知見を基にして、大果生産につながる栽培技術の開発に取り組む必要がある。

要 約

喜界島の特産カンキツであるケラジミカン (*Citrus keraji hort. ex Tanaka*) 果実の肥大の季節的变化、砂じょう数および砂じょうの大きさ等と果実の大きさとの関係、および結実条件と果実の大きさとの関係について検討した。開花時の子房の大きさがケラジミカンでは対照とした興津早生よりも小さく、果実の大きさも調査期間を通してケラジミカンで「興津早生」よりも小さかった。しかし、果実の肥大率は両者で大差なかった。大きな果実ほど、果実当たりのじょうの数、じょうの当たりの砂じょう数および砂じょう重が多くまたは重くなる傾向にあった。他のカンキツと比較した場合、ケラジミカン果実はじょうの当たりの砂じょう数は少なく、砂じょう重が重かった。結実部位の高さ、枝の向きなどすべての調査項目と果実重との間において有意な正の相関関係を認めることができた。果実重は果梗の太さとの相関係数が0.642***と最も高く、2年枝の太さ ($r=0.535***$) が続いた。

引用文献

- 井上 宏・織田義彦. 1979. 温州ミカンの果実肥大に及ぼす結果枝着葉数ならびに含有砂じょう数の影響. 園芸学研究集録. 9: 48-53.
- 河瀬憲次. 1999. 整枝・せん定. p. 454-477. 岩堀修一・門屋一臣編著. カンキツ総論. 養賢堂. 東京.
- 木原武士・伊庭慶昭・西浦昌男. 1981. ウンシュウミカン果実の特性が糖・酸含量とその変動に及ぼす影響. 果樹試報. B8. 13-36.
- 倉岡唯行・菊池卓郎. 1961. カンキツ果実の発育に関する組織学的研究(第1報) 温州ミカンについて. 園学雑誌. 30: 189-196.
- 新居直祐. 1989. 果樹・果実の形態機構と発育[1]一良

- 品果生産の基礎一．農及園．64: 877-882.
- 新居直祐．1990．果樹・果実の形態機構と発育[17]—良品果生産の基礎一．農及園．65: 1425-1432.
- 奥野忠一．1986．応用統計ハンドブック．p. 91-193. 養賢堂．東京．
- 富永茂人．1989．ポンカン (*Citrus reticulata* Blanco) 果実の品質向上に関する研究．鹿大農学術報告．39: 17-87.
- 山本雅史・河野留美子・上野景子・橋本文雄・小橋謙史・松本亮司・吉岡照高・富永茂人．2005．ケラジ (*Citrus keraji*) における果実品質の時期別変化とそれらの相互関係．熱帯農業．49: 280-287.
- 山本雅史・松本亮司・上地義隆・伊地智 告・久保達也・富永茂人．2008．喜界島における在来カンキツのポリメトキシフラボノイド含量．鹿大農学術報告．58: 1-7.
- 山本雅史・松島健一・伊地智 告・上地義隆・川口昭二・中野八伯・野村哲也・谷村音樹・久保達也・富永茂人．2006．奄美諸島における在来カンキツ遺伝資源の調査とその保存．鹿大農場研報．29: 5-11.
- Yamamoto, M. and S. Tominaga. 2002. Relationship between seedlessness of keraji (*Citrus keraji* hort. ex Tanaka) and female sterility and self-incompatibility. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 71: 183-186.
- 楊 学虎・富永茂人・平井孝宣・久保達也・山本雅史．2009．タンカン (*Citrus tankan* Hayata) の果実発育, 着色, 果汁成分, 砂じょう成長および呼吸活性の時期別変化．園学研．8: 227-234.

ダイジョの生育に及ぼすウニコナゾール P の影響

遠城道雄

鹿児島大学農学部附属農場 890-0065 鹿児島市郡元

Effects of Uniconazol-P on the growth of water yam (*Dioscorea alata* L.)

Michio Onjo

Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065

Summary

For the purpose of clarifying the action mechanism of the gibberellins concerning the growth of water yam (*Dioscorea alata* L.), the effect of Uniconazole-P which was the gibberellins biosynthesis inhibitor was examined. Water yam, strain "Solo yam", plants were sprayed with Uniconazole-P (100ppm) on early growth stage. As the result, the development of the branches was promoted, and the growth of the above-ground parts increased in comparison with the control. In the meantime, the conversion to the vigorous growth of the tubers, which was encountered in the short day in natural condition, was not induced. And this phenomenon was continued until the harvest time. Therefore, there was the high possibility by inhibiting the synthesis of the endogenous gibberellins, and in water yam, it was estimated with that the endogenous gibberellins is deeply concerned in the growth of above ground parts and the enlargement of the tubers.

Key Words: Gibberellins biosynthesis inhibitor, tubers, Uniconazol-P, water yam

キーワード：ウニコナゾール P, 塊茎, ジベレリン生合成阻害剤, ダイジョ

緒 言

ダイジョ (*Dioscorea alata* L.) は東南アジア原産であるが、アフリカ、中南米、オセアニアなど世界で最も広く栽培されているヤマイモのひとつである (Purseglove, 1972)。日本においても、南九州以南でツクネイモ、コウシャマンなどと呼ばれて栽培されている (安溪, 1986; 堀田, 1983)。

これまでのダイジョ成長に関する研究では、塊茎の肥大成長は短日条件により誘起されることが明らかにされ、日長に対する塊茎肥大成長の感受性の違いから系統における早晩性が区分できることなどが報告されている (志和地ら, 1995; 志和地ら, 1999; 志和地ら, 2000)。一方、この肥大成長に関与する植物成長調節物質の研究はこれまでほとんど行われていない。著者ら (遠城ら, 2001; 遠城ら1999) は、ダイジョ塊茎の肥大成長に関与する物質の探索を続けており、茎葉や根に処理した外生ジベレリンが、長日条件下でも塊茎の肥大成長を促進することを発見し、早晩性系統のジベレリンに対する塊茎肥大の成長反応が、日長に対する肥大反応とよく一致していることから、ジベレリンがダイジョ塊茎の成長現象に密接に関与しているものと推察している。当然のこと

ながら、ジベレリンに対するダイジョの作用機作を解明するためには、ジベレリン生合成阻害剤の作用も検討する必要があると考えられる。

ジベレリン生合成阻害剤は、いくつかの種類が開発されており、そのひとつウニコナゾール P は矮化剤として開発され、比較的多くの植物に矮化作用を示すジベレリン生合成阻害剤である (Izumi et al, 1985; 泉ら, 1986; 大塩ら, 1990)。これまでに、著者ら (遠城ら, 2001) は、ダイジョ茎葉にウニコナゾール P の散布を行い、処理後40日目までの生育における作用を検討した。その結果、ウニコナゾール P はダイジョの生育に対して、ジベレリンとは逆の作用を持つことが明らかとなった。しかし、その研究では、処理後40日間という短期間のみの作用を見たものであった。そこで、本研究では、生育初期にウニコナゾール P 処理をしたダイジョ植物体が、収穫期までにどのような生育パターンを示すかを調査し、ウニコナゾール P がダイジョの生育期全般に及ぼす影響について検討を行った。

材料および方法

本研究では鹿児島大学農学部がインドネシアから導入した晩生系統のダイジョ「ソロヤム」系統を供試した (石畑ら, 1984)。前年に収穫し、温室内で保存していた塊茎を種イモとした。種イモは4月下旬に約80グラムに

切断し、チウラムベノミル100倍液に10分間浸漬した後、温室内で風乾した。5月10日に砂壤土を8ℓ入れた不織布製の鉢に定植した。発芽後、茎は1本仕立てとし、1.2mの支柱に誘引した。肥料は、窒素、リン酸、カリウムが成分量でいずれも20 kg/10 aとなるように化成肥料を元肥で施用した。なお、本研究は農学部附属農場指宿植物試験場で実施した。

7月15日に生育がそろっている80ポットを選び、それらを実験的に2等分した。2等分した40ポットに蒸留水(対照区)を、残りの40ポットにウニコナゾール P100 ppm(商品名: スミセブン P, 住友化学(株)製: ウニコナゾール P 含有量 0.025%を希釈)溶液をそれぞれ1ポット当たり100 ml葉面に散布した。展着剤として、Tween20を1ℓあたり数滴、添加した。そして処理後1ヶ月目の8月15日から12月15日まで毎月1回、計5回掘り取りにより調査を行った。いずれの処理区とも1回につき8個体を供試した。乾物重については、80℃の通風乾燥機で96時間以上乾燥させて、求めた。

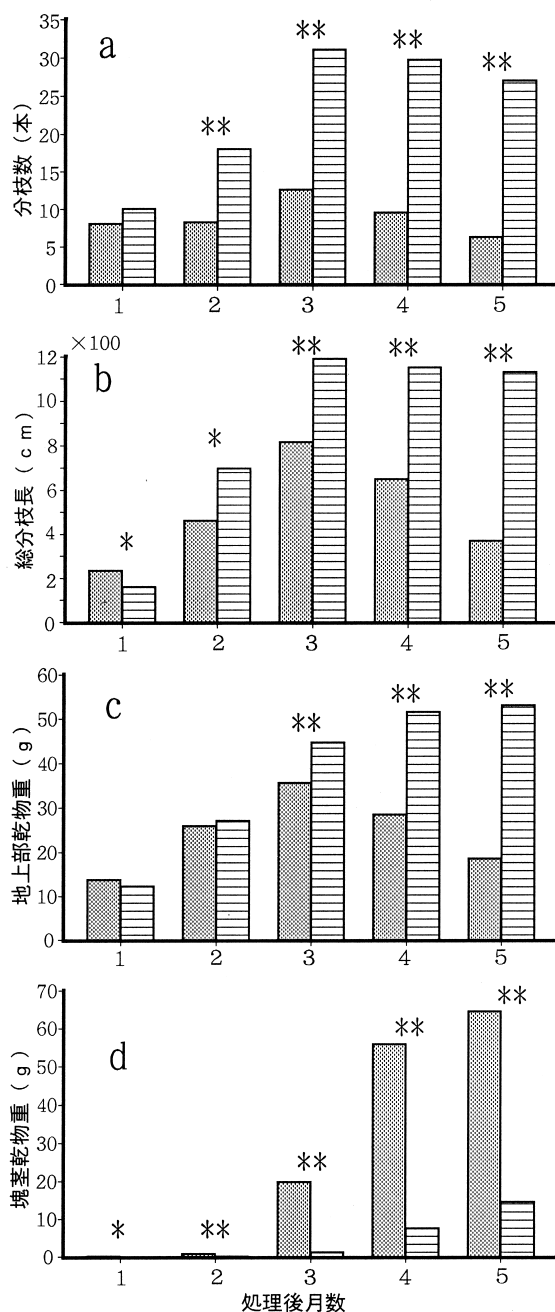
結果および考察

これまでの研究で、生育初期のダイジョ「ソロヤム」系統にジベレリン生合成阻害剤であるウニコナゾール P 100ppm溶液散布した場合、処理後40日目では、地上部の生育が促進され、塊茎の肥大成長が抑制されることを明らかにしてきた(遠城ら, 2001)。これは40日という限定された期間であったため、本研究では処理から収穫期までの生育パターンについて調査を行った。

ウニコナゾール P がソロヤム系統の分枝発生数、総分枝長、地上部乾物重および塊茎乾物重に及ぼす影響を調査し、それらの経時的推移を第1図に示した。

まず、分枝の発生状況(第1図 a)を見ると、分枝数は処理後1ヶ月目で、ウニコナゾール P 区が対照区より多くなる傾向はあったが、有意な差異は認められなかった。処理後2ヶ月目では、ウニコナゾール P 区は対照区よりも有意に多くなり、処理後3ヶ月目の分枝数ではさらに大きな差異が認められ、両区における分枝数の差は、3倍近くとなった。処理後3ヶ月目の8月中旬以降は、両処理区とも分枝数は減少傾向を示したが、その傾向は対照区が著しく、処理後3ヶ月目から収穫期の5ヶ月目までで約2分の1に減少したのに比べ、ウニコナゾール P 区では、5分の4程度の減少であった。また、この時期のウニコナゾール P 区は対照区の約4倍となった。

次に発生したすべての分枝を加算した総分枝長(第1図 b)を見ると、処理後1ヶ月目を除いては、分枝の発生本数とおおむね似た傾向が認められた。第2図に示したようにウニコナゾール P 処理後に発生した分枝では、節間長が短くなるというジベレリン生合成阻害剤によく見られる矮化現象が観察された。本研究では、1 cm程度に伸長した分枝から測定を開始しており、ウニコナゾール P 処理により、処理後1ヶ月目の分枝数は増加傾向



第1図. ウニコナゾール P 処理によるソロヤム系統の分枝数(a)、総分枝長(b)、地上部乾物重(c)および塊茎乾物重(d)の経時変化

*, **: それぞれ 5%および 1% 水準で有意差があることを示す。

■ 対照区 ▨ ウニコナゾール P 100ppm区

を示していながら、それが総分枝長に反映されていないのは、分枝発生の開始期であり、矮化現象などにより、発生数が多いものの、その伸長がまだ不十分であったためと思われる。

ダイジョでは、葉腋部から発生する分枝数やその長さが系統間で異なり、分枝の発生パターンが地上部の成長量や草姿に影響を及ぼしていることが知られている(遠城ら, 1991; 志和地, 2000)。著者らは、生育初期の「ソロヤム」にジベレリンを散布した場合、発生する分枝数は減少し、分枝の伸長も抑制されるが、ウニコナゾール P 処理後40日目では、分枝の発生が促進されること

を明らかにしてきた(遠城ら, 2001). 本研究では, ウニコナゾールP処理により, 全生育期間を通じて, 分枝の発生が促進され, それにより, 総分枝長が大きくなるという, ジベレリンとは逆の作用があることが示された.



第2図. ウニコナゾールP処理による茎のわい化作用
左: 対照区 (36cm)
右: ウニコナゾール P100ppm 区 (8.5cm)
いずれも節数は6節

地上部乾物重(第1図c)は, 処理3か月目からウニコナゾールP区が有意に大きくなり, それは, 処理後5ヶ月目である12月の収穫期まで継続し, 対照区に比べて, 3倍程度大きくなった. これは分枝量の違いを反映しているものと思われた. また, 対照区では, 下位葉や分枝の枯死により, 分枝数, 総分枝長, 地上部乾物重とも処理後4ヶ月目から減少に転じた. 一方, ウニコナゾールP処理区では, 収穫期まで地上部乾物重は増加する傾向が認められた. これは, 発生した分枝に着生する葉の展開・伸張量が, 枯死する茎葉量よりも多くなったためと推察された.

第1図dに塊茎乾物重の推移を示した. 本研究における対照区の塊茎乾物重増加の推移は, 林ら(1999)の報告と一致するものであり, 順調な生育を示していたものと考えられる. 対照区と比較して, ウニコナゾールP区では, 処理後1ヶ月目から塊茎乾物重は, 有意に小さくなり, その後は, 緩慢な肥大成長が続いたものの, その差異は大きくなり, 収穫期である5ヶ月目で5分の1程度となった.

志和地ら(1995)は, ダイジョの新しい塊茎は, 系統間で異なるものの, 植え付け後14日から45日で形成され,

その後の成長は緩慢であり, 短日条件に遭遇することにより旺盛な肥大成長への転換が起こることを報告している. そして, 「ソロヤム」では, 植え付け後40日程度で塊茎が形成され, 急速な肥大成長開始期は, 9月以降であるとしている. ウニコナゾールP区では, 自然日長が短日となり, 対照区の塊茎が旺盛な肥大成長へと転換した処理後3ヶ月以降も, 転換は認められず, 成長の抑制が収穫期まで継続した.

なお, 対照区では, 処理後3ヶ月目の肥大成長転換期以降, 同化産物の地上部器官から地下部器官への転流により, 地上部乾物重は減少したが, ウニコナゾールP区ではその転流が少なかったために, 地上部乾物重が減少しなかったものと考えられた.

このように, ウニコナゾールP区において, 塊茎の旺盛な肥大成長の転換が誘起されなかったのは, ジベレリン生合成阻害剤によってダイジョ植物体の内生ジベレリンの合成が阻害されたことに起因するものと推察された.

以上の結果は, これまでの研究で得られたジベレリン処理によるダイジョ生育の経時的な推移(遠城ら, 2001)とは逆の作用を示しており, ジベレリンがダイジョにおける生育相の転換や同化産物の転流にも深く関与していることを改めて強く示唆するものであると考えられる. また, ダイジョではジベレリンによる休眠誘導も知られており(朴ら, 2003), ダイジョはジベレリンに対して特異的な作用を示す作物であるものと考えられる.

著者らはダイジョ植物体に内生する植物成長調節物質の消長についても, 検討を行っている(菊野ら, 2002). 本研究においてもイネ短銀坊主による生物検定法を用いてウニコナゾールPを処理した茎葉から内生ジベレリンの検出を試みた. しかし, ウニコナゾールPが原因と思われる成長抑制作用を取り除くことができなかった. 今後, 抽出・精製の方法などの検討を行い, 内生ジベレリンの消長についても調査することが必要である.

謝辞: 本研究の遂行にあたり, 終始, 懇切丁寧なご助言とご指導を賜りました, 鹿児島大学農学部名誉教授 林 満博士に深甚なる感謝の意を表します.

要 約

ダイジョ (*Dioscorea alata* L.) の生育に関与するジベレリンの作用機作を解明することを目的として, ジベレリン生合成阻害剤であるウニコナゾールPの作用を検討した.

生育初期のダイジョ系統「ソロヤム」の茎葉にウニコナゾール P100 ppm溶液を散布した. その結果, 分枝の発生が促進され, 地上部の成長量は対照区に比べて大きくなった. 一方, 短日条件に遭遇した後も塊茎の旺盛な肥大成長への転換が誘起されず, この現象は収穫期まで継続した. これは植物体に内生するジベレリンの合成が阻害されたことに起因する可能性が高く, ダイジョでは, 内生ジベレリンが生育や塊茎の肥大成長に深く関与して

いるものと推定された。

引用文献

- 安溪遊地. 1986. 西表島のヤマノイモ類—その伝統的栽培方法と利用法—. 南島史学. 28: 22-48.
- 林 満・石畑清武. 1990. ヤムイモ (*Dioscorea* spp.) の生育並びに塊茎の肥大成長について. 第1報導入品種ソロヤム (*Dioscorea alata* L.) の生育の特徴. 熱帯農業. 34: 151-155.
- 堀田 満. 1983. イモ型有用植物の起源と系統—東アジアを中心に—. p.17-42. 佐々木高明編. 日本農耕文化の源流. 日本放送出版協会. 東京.
- 石畑清武・福村和則・中崎 明. 1984. インドネシア産ソロヤム Solo Yam, *Dioscorea alata* L. の植え付け時期が収量に及ぼす影響. 鹿児島大学農場研報. 9: 13-17.
- 泉 和夫・岩井智子・大塩裕陸. 1989. ウニコナゾールの矮化作用. 植物の化学調節. 34: 151-155.
- Izumi K., Kamiyama Y., Sakurai A., Oshio H. and Takahashi N. 1985. Studies of site action of a new plant growth retardant (E)-1-(4-Chlorophenyl)-4, 4-dimethyl-2-(1,2,4-triazol-1-yl)1-penten-3-ol(S-3307) and comparative effects of its stereoisomers in a cell-free system from *Cucurbita maxima*. Plant Cell Physiol. 26: 821-827.
- 菊野日出彦・朴 炳宰・遠城道雄・林 満. 2002. ダイジョ (*Dioscorea alata* L.) 塊茎の肥大生長の転換と内生植物ホルモンとの関係. 熱帯農業. 46: 39-46.
- 大塩裕陸・田中鎮也・泉 和夫. 1990. 矮化剤ウニコナゾールの開発とその作用機作並びに利用に関する研究. 植物の化学調節. 25(1): 8-18.
- 遠城道雄・平田典子・片岡勝美. 1991. 熱帯産ヤマノイモ *Dioscorea alata* L. の生産特性に関する研究. I. 地上部の生育と収量について. 玉川大学農研報. 31: 115-122.
- 遠城道雄・林 満. 2001. ダイジョ (*Dioscorea alata* L.) の生育に及ぼすジベレリン, アブシジン酸およびウニコナゾール P の作用. 熱帯農業. 45: 133-141.
- 遠城道雄・岡本繁久・林 満. 1999. ヤムイモ (*Dioscorea* spp.) の生育並びに塊茎の肥大生長について. 第3報ジベレリンがダイジョ (*Dioscorea alata* L.) の茎葉及び塊茎の生育並びに休眠に及ぼす作用. 熱帯農業. 43: 65-70.
- 朴 炳宰, 遠城道雄, 富永茂人, 志和地弘信, 林 満. 2003. ダイジョ (*Dioscorea alata* L.) 塊茎の休眠覚せいと内生ジベレリンとの関係. 熱帯農業. 47: 51-57.
- Purseglove, J. W. 1972. Tropical Crops Monocotyledon 1. p. 97-117. Longman, London.
- 志和地弘信. 2000. ヤムイモ (*Dioscorea* spp.) の生態および形態的特性に関する研究. 鹿児島大学大学院連合農学研究科博士論文. p.105-120.
- 志和地弘信・張 光鎮・林 満. 1995. ヤムイモ (*Dioscorea* spp.) における導入系統の生態および形態的特徴と評価. 鹿大農学術報告. 45: 1-17.
- 志和地弘信・遠城道雄・林 満. 1999. ダイジョ (*D. alata* L.) とナガイモ (*D. opposita* Thunb.) およびジネンジョ (*D. japonica* Thunb.) における諸形質の比較. 熱帯農業. 43: 149-156.
- 志和地弘信・遠城道雄・林 満. 2000. ダイジョ (*D. alata* L.) とナガイモ (*D. opposita* Thunb.) およびジネンジョ (*D. japonica* Thunb.) の光周反応. 熱帯農業. 44: 107-114.

牧場採草地に設置した2段張り電気柵のニホンジカ侵入防止効果

高山耕二^{1*}・内山雄紀^{1a}・石井大介^{1b}・赤井克己²・廣瀬 潤³・
片平清美³・伊村嘉美³・中西良孝¹

¹鹿児島大学農学部家畜管理理学研究室 〒890-0065 鹿児島市郡元

²タイガー株式会社 〒565-0822 大阪府吹田市

³鹿児島大学農学部附属農場入来牧場 〒895-1402 薩摩川内市入来町

The Effect of Fences with 2-stage Electric Wires on Sika Deer (*Cervus nippon*) Invasion on the Meadow in Livestock Farm

Koji Takayama^{1*}・Yuki Uchiyama^{1a}・Daisuke Ishii^{1b}・Katsumi Akai²・Jun Hirose³・
Kiyomi Katahira³・Yoshimi Imura³ and Yoshitaka Nakanishi¹

¹ Laboratory of Animal Behaviour and Management, Faculty of Agriculture,
Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima-shi 890-0065

² Tiger MFG Co., LTD. Suita, Osaka 565-0822

³ Iriki Livestock Farm, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Satumasendai-shi,
Kagoshima 895-1402

Summary

The present study was conducted to develop the effective techniques for preventing sika deer (*Cervus nippon*) invasion on the meadow. We investigated the behavioural response of the domesticated deer to fences with 2-stage electric wires (no electricity) and the effect of those (electricity) on the invasion on the meadow. (1)The 7 deer used for this study were very cautious against electric wires (no electricity) fixed at the heights of 0-60cm (stage 1) and 60-120cm (stage 2). Five of them touched the wires with their lips, and eventually, the rest passed between 0-60cm wires. This exploratory behaviour was observed on only stage 1 (60cm) wires. (2)The 3 kinds of electric fences (stage 4 wires at the height of 140cm, stage 2 wires at the height of 120cm and stage 2 wires at the height of 90cm) set around the meadow were more effective in preventing the sika deer invasion than the 175cm fence composed of synthetic fiber and wire nets. In the case of fences with 2-stage wires, the arrangement at the heights of 0-45cm (stage 1) and 45-90cm (stage 2) was effective in preventing the sika deer invasion on the meadow in livestock farm.

These findings indicated that both stage 4 wires at the height of 140cm and stage 2 wires at the height of 90cm were effective in preventing the sika deer invasion on the meadow in livestock farm, and the latter had lower costs and labors as fencing than the former.

Key Words: preventing sika deer invasion, electric fences, *Cervus nippon*, meadow

キーワード：シカ害防除, 電気柵, ニホンジカ, 牧場採草地

緒 言

野生鳥獣による農産物被害は中山間地域を中心に年々深刻化しており, 被害防止法の確立が緊要な課題となっている (江口ら, 2002; 農林水産省, 2007). 鹿児島大学農学部附属農場入来牧場 (以下, 入来牧場: 薩摩川内市入来町浦之名大谷) では, 年間を通じて夜間, ニホンジカ (以下, シカ: *Cervus nippon*) が採草地に侵入し, 牧草の盗食を繰り返している (高山ら, 2008a) (第1図).



第1図 牧場採草地に侵入した野生シカ
(入来牧場内採草地)

2008年12月10日 受理

* Corresponding author. E-mail: takayama@agri.kagoshima-u.ac.jp

^a 現在: 愛知県畜産総合センター

^b 現在: 鹿児島大学農学部附属農場入来牧場

2～3月のピーク時には一晩に200頭近いシカの侵入が確認されており（高山ら，2008a），その結果，採草地において秋から春にかけて栽培されるイタリアンライグラス（*Lolium multiflorum* Lam.）の生産量は低下し，肉用牛飼養に甚大な被害が及んでいる．

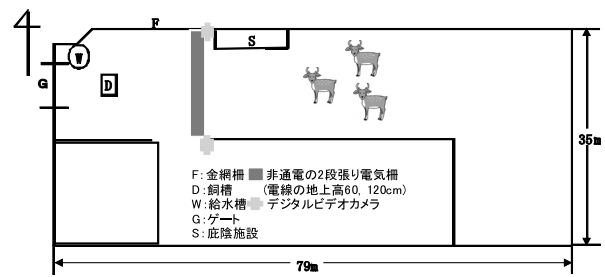
農地へのシカ侵入防止については，ネットや金網など物理的防護柵や電気柵の設置，忌避剤の利用などが行われている（井上・金森，2006）．中でも，電気柵は通電状態の電線にシカが接触することで強力な電気（嫌悪）刺激による痛みを忌避（罰）学習させるものであり，シカのみならずサルやイノシシなど他の獣害対策に広く利用されている（農林水産省農林水産技術会議，2006）．小野山ら（1990）はエゾシカによる農作物被害の実態と防除法についてアンケート調査を行い，網，爆音器，忌避剤に比べ，電気柵による防除効果が大きいと報告しており，高山ら（2008b）も4段張り電気柵（電線の地上高：30，60，100および140 cm）を採草地周囲に設置したところ，物理的防護柵（金網・ネット併用柵：地上高175 cm）に比べシカ侵入防止効果が顕著であったと報告している．しかしながら，草地など広範囲な面積における電気柵の利用には，資材費（4段張り電気柵の場合，1,000 m当たり約40万円：タイガー株式会社試算）に加え，設置と下草管理に時間と労力を費やすことから，それらを低減することが重要である．一般に，シカ用電気柵の設置に関して，高さは150 cm程度，電線は4段張り以上が推奨されている（井上・金森，2006）ものの，科学的な根拠は明確にされていない．2段張り電気柵を設置した場合，1,000m当たりの資材費は4段張り電気柵に比べ30～40%節減され，設置に費やす時間も大幅に低減することが期待される．

そこで本研究では，採草地における省力かつ効果的なシカ用電気柵の設置方法の開発を目的とし，まず新奇障害物として非通電の2段張り電気柵を提示した場合の飼育シカの行動反応を明らかにし，次に採草地での通電した2段張り電気柵の設置が野生シカの侵入に及ぼす影響を検討した．

材料および方法

1. 非通電の2段張り電気柵に対する飼育シカの行動反応

試験は2006年9月15日に鹿児島県薩摩川内市における個人所有のシカ飼育場でこれまで電気柵に対する視覚的・嗅覚的・触覚的経験のない1歳以上の成シカ7頭（♂1，♀6，頭部高80～100 cm）を用いて行った．飼育場内における飼槽の手前約5mの地点でシカと飼槽を遮る形で，非通電の2段張り電気柵（電線の地上高：60,120 cm）を設置した（第2図）．シカが目視できる形で飼料を提示し，電気柵（非通電）に対するシカの行動をデジタルビデオカメラにより6時間45分（19:00～1:45）録画した．ビデオカメラで録画したシカの行動から電気柵への接近状況（柵から2および7mの距離に近づくまでに要した時間），電線に対する探索行動（認知手段および電線への接触開



第2図 シカ飼育場の概要

始までに要した時間・接触回数），飼槽側への侵入（侵入個体数，侵入に要した時間および侵入方法）について個体毎に調査した．

2. 通電した2段張り電気柵による採草地への野生シカの侵入防止効果

2006年11月7日～2007年4月26日にかけて，4つの採草地A～D（いずれもイタリアンライグラスを10月に播種）を用いて，試験を行った．周囲に物理的防護柵（地上高175 cmの金網・ネット併用柵）（高山ら，2008 a）を設置した採草地Aを対照区（約8 ha）とし，採草地B～Dの周囲には直径2.2 mmの青色電線を用いて，4段張り電気柵（電線の地上高：30,60,100および140 cm）を設置した慣行区（約7 ha），2段張り電気柵（電線の地上高：60および120 cm）を設置した60-120区（約3 ha）および2段張り電気柵（電線の地上高：45および90 cm）を設置した60-120区（約3 ha）を2006年11月7日～同年11月22日にかけてそれぞれ設けた．慣行区，60-120区および45-90区には，ソーラー式電柵器（TAK-4300DC1-SL，タイガー株式会社製）から瞬間電圧3,000 V以上のパルス電流による通電を行った．

2006年11月から翌年4月にかけての各区へのシカ侵入頭数をライトセンサス法（20:00～21:00）（田名部ら，1995）により，月1～2回，計8回調査するとともに，早朝（6:00～7:00）の肉眼観察による調査を計19回行った．さらに，慣行区，60-120区および45-90区では電気柵の破損状況（電線の弛みや断線の有無）をほぼ1週間毎に37，31および25回調査した．

3. 統計処理

得られたデータのうち，ライトセンサスおよび早朝の肉眼観察時における採草地へのシカ侵入頭数について，一元配置分散分析による比較を各区分で行った．

結果および考察

1. 非通電の2段張り電気柵に対する飼育シカの行動反応

非通電の2段張り電気柵に対する飼育シカの行動反応を第1表に示した．電気柵の設置直後，飼育シカ7頭は柵から7m以内に接近し，電気柵を新奇障害物として強く警戒する様子が観察された．うち2頭（個体 No.1および2）は試験終了時まで電気柵から2m以内に近づくことなく，電気柵や他の個体の行動を目視するのみであった．

第1表 非通電の2段張り電気柵¹⁾に対する飼育シカの行動反応

個体 No.	性別	電気柵への接近 ²⁾		電線への探索行動				飼槽側への侵入	
		7m以内 (分)	2m以内 (分)	目視 ³⁾ (回)	接触開始 (分)	口唇による接触回数		侵入時間 ⁴⁾ (分)	侵入方法 通過箇所
						1段目(60cm)	2段目(120cm)		
1	♀	2	接近なし						
2	♀	2	接近なし						
3	♀	1	1	18	2	1	0	侵入なし	
4	♀	1	322	9	350	3	0	侵入なし	
5	♀	1	323	5	357	4	0	侵入なし	
6	♂	1	1	17	1	9	0	2	通り抜け 地面～1段目の間
7	♀	2	2	7	159	32	0	358	通り抜け 地面～1段目の間

¹⁾ 電線の地上高60および120 cm.

²⁾ 電気柵設置後、飼育シカが接近し、その前肢が柵から7および2mの範囲内に初めるまでの経過時間を示す.

³⁾ 電気柵から2m以内の範囲内で目視に伴い、頭部を上下させた回数を示す.

⁴⁾ 飼育シカの後肢が電気柵を越え、飼槽側に入った時間を示す.

一方、残りの5頭（個体 No.3～7）については、電気柵から2m以内に接近（試験開始1～323分後）した後、頭部を上下しながら2本の電線を目視（5～18回）し、続いて口唇を使った電線への接触（1～32回）を試みる一連の行動が観察された。電線への接触は地上高60 cmに設置した1段目の電線に集中しており、口唇先端部での電線への軽い接触が最初にみられ、その後、上下の口唇で電線を挟み、強く引っ張る行動も観察された。口唇による探索行動が多くみられた No.6および7については、試験開始からそれぞれ2および358分後に地面と1段目の電線の間を注意深く通り抜ける様子が観察された。残りの3個体については、口唇による電線への接触が観察されたものの、その回数は少なく、電線に対する強い警戒心が認められ、試験終了時までには飼槽側に侵入することはなかった。

高山ら（2008b）は非通電の4段張り電気柵（電線の地上高：30，60，100および140 cm）を飼育シカに提示した場合、シカが強い警戒心を示すと同時に、口唇を使った電線への探索行動を繰り返すことで提示された新奇障害物（電気柵）の安全性を確かめる様子を観察しており、2段張り電気柵を飼育シカに提示した本研究でも同様な行動が認められた。シカの口唇は他の部位（前頭部、背部、腹部および右前肢）よりも電気刺激を感受し易い（通電し易い）ことが明らかにされており（高山ら，2008b），本研究の結果から、採草地周囲に通電した2段張り電気柵を張った場合、野生シカは飼育シカと同様な探索行動を示し、その結果、口唇を介して強い電気刺激を受ける可能性が高いと推察された。

また、高山ら（2008b）は非通電の4段張り電気柵の場合には、飼育シカの探索行動は地上高60 cmの電線に対するものが最も多く、次いで30 cm，100 cmの順であり、シカは最終的に30 cmと60 cmの電線間を通り抜けたと報告している。シカは高い跳躍能力を有するものの、防護柵に対しては柵の基部に生じた間隙から通り抜けにより侵入を試みることが明らかにされている（池田，2001；高山ら，2008b）。本研究でも、飼育シカによる電線への探索行動が60 cm（1段目）に対してのみ行われ、飼槽側

に侵入したシカはいずれも1段目の電線の下を通り抜けた。このことから、2段張り電気柵の場合には、1段目を地上高40～50 cm，2段目を90～100 cm程度と、本研究で飼育シカに提示した電線の地上高60および120 cmよりも若干低く設定することでシカ侵入防止効果がより高まるものと考えられた。

2. 通電した2段張り電気柵による採草地への野生シカの侵入防止効果

対照区，慣行区，60-120区および45-90区への野生シカの侵入状況を第2表に示した。ライトセンサスでは、2006年11月～翌年4月における計8回の調査で採草地内外において延べ351頭のシカの出現が確認され、対照区，慣行区，60-120区および45-90区には延べ頭数で45，0，18および2頭のシカの侵入が認められた。一方、早朝に行った肉眼観察（計19回実施）では、延べ頭数で対照区139頭，慣行区5頭，60-120区28頭および45-90区11頭の侵入が確認され、1日当たりの侵入頭数は対照区に比べ電気柵を設置した3区で有意に少なく（ $P<0.01$ ），顕著なシカ侵入防止効果が認められた。

本研究で用いた物理的防護柵（金網・ネット併用柵）と通電した4段張り電気柵（慣行電気柵）の採草地におけるシカ侵入防止効果を比較した高山ら（2008b）は、前者に対して後者の侵入防止効果が顕著であることを明らかにしており、本研究でも同様な結果が認められた。シカの侵入防止を目的とした電気柵の設置に関しては、一般に150cm程度の高さと通り抜けを防ぐために電線を30～40 cm間隔で4段以上張ることが推奨されている（井上・金森，2006）。本研究では、4段張り電気柵を設置した慣行区と同様に、2段張り電気柵を設置した60-120区および45-90区においてもシカ侵入防止効果が認められた。慣行区，60-120区および45-90区では、いずれも30～60 cmの電線を中心とした電線の弛みが頻繁に確認されており（第3表），飼育シカの電線に対する行動反応の結果（第1表）から、野生シカが口唇などで電線に接触したことで弛みが生じ、それと同時にシカは電気刺激を忌避学習したものと推察された。しかしながら、60-120

第2表 2段張り電気柵の設置が採草地へのシカ侵入頭数に及ぼす影響

区 分	調 査 方 法					
	ライトセンサス(n=8) ¹⁾			早朝における肉眼観察(n=19) ²⁾		
	延べ侵入 頭数	最大侵入頭数 (頭/日)	侵入頭数 ³⁾ (頭/日)	延べ侵入 頭数	最大侵入頭数 (頭/日)	侵入頭数 (頭/日)
対照区 ⁴⁾	45	30	5.6±10.3	139	32	7.3±9.3 ^a
慣行区 ⁵⁾	0	0	0	5	3	0.3±0.8 ^b
60-120区 ⁶⁾	18	7	2.3±3.0	28	10	1.5±3.2 ^b
45-90区 ⁷⁾	2	1	0.3±0.5	11	5	0.6±1.6 ^b

^{a,b} P<0.01¹⁾ 調査は2006年11月30日～2007年4月17日にかけて計8回実施.²⁾ 調査は2006年11月23日～2007年4月15日にかけて計19回実施.³⁾ 平均値±標準偏差⁴⁾ 物理的防護柵（地上高175 cmの金網・ネット併用柵）を設置.⁵⁾ 4段張り電気柵（電線の地上高：30，60，100および140 cm）を設置.⁶⁾ 2段張り電気柵（電線の地上高：60および120 cm）を設置.⁷⁾ 2段張り電気柵（電線の地上高：45および90 cm）を設置.

第3表 野生シカによる電気柵の破損状況

慣行区 ¹⁾ (n=37) ²⁾			60-120区 ³⁾ (n=31)			45-90区 ⁴⁾ (n=25)		
電線の 地上高(cm)	線の破損 ⁵⁾ (延べ数)	発生割合 ⁶⁾ (%)	電線の 地上高(cm)	線の破損 (延べ数)	発生割合 (%)	電線の 地上高(cm)	線の破損 (延べ数)	発生割合 (%)
140	11	12	120	23	49			
100	13	14				90	17	30
60	34	36	60	24	51			
30	36	38				45	40	70

¹⁾ 4段張り電気柵（電線の地上高：30，60，100および140 cm）を設置.²⁾ () 内は調査回数を示す.³⁾ 2段張り電気柵（電線の地上高：60および120 cm）を設置.⁴⁾ 2段張り電気柵（電線の地上高：45および90 cm）を設置.⁵⁾ 電線の弛みを示す.⁶⁾ (各電線の破損箇所の延べ数/電気柵全体の破損箇所の延べ数)×100

区に関しては、ライトセンサスおよび早朝に行った肉眼観察における延べ侵入頭数、1日当たりの最大侵入頭数、平均侵入頭数のいずれにおいても慣行区および45-90区に比べ多くのシカの侵入が認められた（第1表）。さらに、60-120区に侵入したシカが電線を警戒しながらも地面と60 cmの間をくぐり抜ける様子が2007年2月12日に目撃された（第3図）。ことから、2段張り電気柵の場合には、電線の高さを45および90 cmに設置することで侵入防止効果が高まることが示された。



第3図 60-120区より脱柵する雄シカ
(右端の野生シカが電線の下から通り抜けを試みている)

以上より、牧場採草地に設置した電気柵のシカ侵入防止効果は著しく、2段張り電気柵においても、電線の地上高を45および90 cmにすることで4段張り電気柵と同程度のシカ侵入防止効果が得られたことから、設置に係る労力の省力化ならびに低コスト化が図れる可能性が示唆された。

要 約

牧場採草地における省力かつ効果的なシカ侵入防止法を開発することを目的とし、まず非通电の2段張り電気柵に対する飼育シカの行動反応を明らかにし、次に採草地での通电した2段張り電気柵設置が野生シカの侵入に及ぼす影響を検討した。1) 非通电の2段張り電気柵（電線の地上高：60および120 cm）に飼育シカは強い警戒を示した。7頭中5頭で口唇による電線への接触が観察され、口唇を使った探索行動は1段目（60 cm）で多く認められ、2段目（120 cm）では観察されなかった。7頭中2頭が電線に触れた後、地面～1段目（0～60 cm）を通り抜けた。2) 採草地周囲に張った4段張り電気柵（電線の地上高：30，60，100および140 cm）ならびに2種類の2段張り電気柵（電線の地上高：60および120 cm，45および90 cm）

は物理的防護柵（地上高175 cmの金網・ネット併用柵）に比べ高いシカ侵入防止効果を示した。2段張り電気柵では、60および120 cmに比べ、45および90 cmに電線の地上高を設定することでより高い侵入防止効果が認められた。

以上より、牧場採草地に設置した電気柵のシカ侵入防止効果は著しく、2段張り電気柵においても、電線の地上高を45および90 cmにすることで4段張り電気柵と同程度のシカ侵入防止効果が得られ、設置に係る労力の省力化ならびに低コスト化が図れる可能性が示唆された。

謝 辞：本研究を遂行するに当たり、試験地を提供するとともに飼育シカの調査の便宜を図って頂いた鹿児島県薩摩川内市の下菌孝康氏に深く感謝する。

引用文献

江口祐輔・三浦慎吾・藤岡正博. 2002. 鳥獣害対策の手引2002. 154p. 社団法人 日本植物防疫協会. 東京.
池田浩一. 2001. 福岡県におけるニホンジカの生息および被害状況について. 福岡県森林林業技術センター研究報告. 3: 1-83.
井上雅央・金森弘樹. 2006. 山と田畑をシカから守る

おもしろ生態とかしこい防ぎ方. 134p. 社団法人 農山漁村文化協会. 東京.
農林水産省編. 2007. 平成19年度 食料・農業・農村白書. p.150-151. 財団法人 農林統計協会. 東京.
農林水産省農林水産技術会議 監修. 2006. 農林水産研究開発レポート No.17 「野生動物による農林業被害を防ぐ技術」. 18p. 農林水産省農林水産技術会議事務局. 東京.
小野山敬一・赤川武彦・刈田康雄. 1990. エゾジカによる農作物被害の実態と防除法およびその効果－アンケート調査－. 帯広畜産大学研究報告 I. 17: 57-67.
高山耕二・内山雄紀・赤井克己・花田博之・伊村嘉美・中西良孝. 2008a. 牧場採草地へのニホンジカ侵入に対する防護柵の影響. 鹿児島大学農学部農場研究報告. 30: 11-14.
高山耕二・内山雄紀・赤井克己・廣瀬 潤・片平清美・伊村嘉美・中西良孝. 2008b. 電気柵設置による牧場採草地へのニホンジカの侵入防止効果. 西日本畜産学会報. 51: 33-38.
田名部雄一・和 秀雄・藤巻裕蔵・米田政明：野生動物学概論. 1995. p.30-51. 朝倉書店. 東京.

農場研究報告投稿規程および原稿作成要領 (平成21年1月改訂)

(投稿規程)

1. 鹿児島大学農学部農場研究報告 (以下、本報告と呼ぶ) に掲載する論文は、農学部教員、技術職員、学生などが、原則として農場の施設、設備、生産物などを利用して行った学術的に価値があり、かつ農業現場において利用価値のある未発表の原著論文および資料、総説とする。
 - 1) 原著論文:
 - 2) 資料: 農学に関する学術情報、統計等を解説的に紹介したもの。
技術および検査方法等を教育的に解説したもの。
環境因子 (土壌、気象、生物など) の記録・分析結果、部局発展の歴史など。
 - 3) 総説: 特定の問題について、研究の状況および進展に関して著者の観点からまとめられたもの。
2. 論文の投稿者は原則として農学部教員 (退職者または転任者を含む) であること。技術職員、学部学生、大学院生、研究生および留学生が筆頭著書のときは教員が共著者であること。学部外の共著者については、所属先の所在地を併記する。
3. 本報告に掲載された論文の著作権は、鹿児島大学農学部農場研究報告編集委員会 (以下、編集委員会と呼ぶ) に帰属する。また、本報告を他に利用しようとする場合、当該利用者は、あらかじめその利用につき編集委員会の許可を得なければならない。
4. 投稿予定者は9月30日までに、著者名、所属、表題、種類 (論文-和文・英文、資料) および本文、図、表を含む原稿の刷り上がり頁数を記載した「投稿原稿申し込みカード」を編集委員会事務局 (農場事務総務担当係長) に提出する。なお、頁数については、おおむね和文は1,500字が、英文は2,800字が、それぞれ刷り上がり1頁に相当することを勘案して計算する。
5. 論文は和文、英文のいずれも受け付けるが、下記に定める原稿作成要項に基づいて作成する。
6. 作成した原稿は、正1部、コピー2部を11月30日までに編集委員会事務局に提出する。その際は一括して大形封筒に入れ、編集委員会指定の「投稿原稿送付カード」を貼り付ける。「投稿原稿送付カード」に記載する事項は、投稿責任者とその連絡先および著者名、所属機関名、表題、別刷希望数、原稿 (本文、図、表、写真等) の枚数などである。なお、投稿が11月30日を超えた場合は投稿辞退とみなすものとする。
7. 投稿原稿は投稿された日を受付日とし、編集委員会によって採択された日をもって受理日とする。受付日と受理日は論文の第1頁目の脚注に記載する。
8. 受付原稿は編集委員会が選定した校閲者により、校閲を受ける。また、受付原稿について編集委員会はその内容、字句について、加除・訂正を行うことがある。
9. 印刷経費についてはその年度の実状に応じて、著者にその一部を請求する場合がある。カラー印刷の図版 (写真を含む) は実費の全額を著者負担とする。
10. 別刷は論文1篇につき100部まで無償とし、それを超える分の経費については著者負担とする。
11. 投稿者がカラー写真代等の著者負担金の支払いを怠っているときは、論文掲載を保留することがある。
12. 原稿が採択された場合は、最終稿1部と、それを納めた CD または USB フラッシュメモリ、DVD を編集委員会事務局に提出する (図、写真を含む)。
13. 原稿と CD または USB フラッシュメモリ、DVD は、印刷終了後に返却する。
14. 「投稿原稿申し込みカード」と「投稿原稿送付カード」は、別添カードをコピーして使用するものとする。
15. この規程に定めのない事項は、編集委員会が処理するものとする。

(原稿作成要領)

1. 投稿原稿は「Word」または「一太郎」を用いて執筆し、A4判用紙に印刷する。
書式設定は、和文は1頁を40字×25行、英文は1頁を60字×25行 (語間のスペース、ピリオド、ハイフン等を含む) とし、字の大きさは12ポイントで、行間を充分にあけて横書きにする。余白は上下左右とも25mm程度あけ、用紙の下端部中央に頁数を明記する。
2. 和文論文の内容区分および配列は以下のとおりとする。
 - ①表題、②著者名、③所属機関名および所在地、④以上の①~③の英文訳、⑤Summary、⑥Key Words (英文)、⑦キーワード (和文)、⑧本文 (原則として緒言、材料および方法、結果、考察、⑨要約、⑩引用文献、⑪表、図、写真の順とする。ただし、結果と考察を一括して結果および考察としてもよい。また、謝辞を入れる場合は要約の最後に続けて記載する。
3. 表紙の書き方は次のとおりとする。

- 1) 表題, 著者名, 所属機関名, その所在地は英文訳を付けて原稿の1枚目に記す. さらに, 内容を端的に表す略表題 (ランニングヘッド) を記入する. 和文では28字以内, 英文では40 字以内とする.
- 2) 著者が複数で同一機関に所属する場合は著者名を連記し, 次欄に所属機関名とその所在地を記す. 著者が異なる機関に所属する場合は, 著者名を連記し, その右肩に肩付き数字 [^{1,2,...}] を付け, 次欄に数字ごとに所属機関名とその所在地を記す. 投稿責任者氏名の右肩に*を付して, 脚注に「*Corresponding author. E-mail: xxx x@yyy.zz.jp」と記す. なお, 著者に所属機関の変更が生じた場合は著者名の右肩に [^{a,b,...}] を付し, 脚注にその旨を記す (投稿責任者を除き, 所在地の記述はしない).
- 3) 上記和文記載の英訳については, 著者名は名, 姓の順に書き, 所属機関名とその所在地はイタリック表記とする.
4. Summary は原稿の2頁より始め, 1行65字ダブルスペース25行を原則として記載する. 字数は400字以内とする. Summary に続けて, 5語以内の Key words および日本語のキーワードを加え, いずれもアルファベット順 (ABC 順) に記載する.
5. 3頁以降は, 諸言, 材料および方法, 結果, 考察, 要約 (謝辞), 文献の各項目に区分して記述する.
 - 1) 句読点は「, .」とする. また, 句読点, 括弧, ハイフン等は全角とし, 数字は半角とする. 数字と単位の間には半角スペースを挿入する. ただし, °C, % の場合に限り, スペースは挿入しない.
 - 2) 数字は原則として, アラビア数字を用いるが, 熟語として使用されている数字は漢字とする (例: 一部分, 一度).
 - 3) 字体の指定は, ゴシック体 ~~~~, イタリック体 _____, のように該当語の下に赤線で入れる.
 - 4) 文献引用の記載については, 単名の場合は (藤巻, 2002; 稲葉, 2003; Mowlen, 1987), 2名の場合は (中條・堀込, 1998), 3名以上の場合は ((Bakke ら, 1997; 藤川ら, 1971) のように記載する (番号 記入は廃止する).
 - 5) 文献の記載順序は, 筆頭著者, 2番目以降の著者を含め, ABC 順とする. 著者名がすべて同一の場合は, 年代順とし, 同一著者かつ同一年の場合は発表年にあとにアルファベットを附記し区別する (例: 大森, 1999a, b).
 - 6) 用語, 単位など
数字は, 算用数字を用い, 度量衡の単位および略語は CGS 単位または SI 単位を用いる. 数字および英字は半角文字を用いる.
[例] 度量衡の単位および略語
mol, mmol, N, %, m, cm, mm, μm , nm, pm, cm^2 , kl, dl, l, ml, μl , kg, g, mg, μg , ng, pg, hr, min, sec, rpm, Hz, Bq, cpm, dpm, ppm, ppb, °C, J, pH, Ld_{50} , IU, KDa
- 7) 外国語
外国名, 外国機関名等は, 原語のまま第1字を大文字で記述する. ただし, 国名, 地名等は原則としてカタカナで表示する.
- 8) 動植物名および学名
動植物名は, 原則として漢字を使用する. ただし, 一般的に使用されているものに限り, それ以外のものは, カタカナで表示する. 学名は, 初出の箇所では, 必ず2名法による正式名を記す. それ以外の箇所では混乱の起こらない限り, 属名はイニシャルのみとしてよい. 種名について論ずる場合等はこの限りでない. 学名はイタリック体とし, 命名者名は普通字体とする. (英文も同じ)
- 9) 薬品名など
薬品・機器名: 原則として, 薬品名は一般名または局方名をカタカナで表示し, 機器名等は一般に使われている名称を和文で表示する.
6. 表・図 (写真) の作成は次のとおりとする.
 - 1) 表, 図 (写真) は1枚ごとに作成する. 表題および説明は和文, 英文のいずれでも可とする. 表, 図 (写真) はそれぞれ第1表 (Table 1.), 第1図 (Fig. 1.) というように一連の番号を付ける. ただし, 本文中に引用する場合は英文であっても, 第1図, 第1表とし, Fig. 1, Table 1. としない.
 - 2) 表はエクセルで作成する. 表の表題は表の上側に置く. 表中の縦罫線は使用しない. 脚注を示すにはアルファベットの逆順に (^{a, b, c, ...}) 肩付けする. 統計的有意差を示すにはアルファベットの正順に (^{a, b, c, d, ...}) 用い, その旨を脚注に示す. アステリスク (*5%, **1%) の使用は可.
 - 3) 写真は, 図と記載して一連の番号をつける. カラー印刷を希望する場合は, その旨を明記する (費用は著者負担).
 - 4) 図 (写真) の表題および説明文は, 図の番号順にまとめて別紙に記載し, 図の前に置く.
 - 5) 表, 図には, それぞれ右肩に黒鉛筆書きで筆頭著者名と番号を記入する.
7. 本文中での表, 図, 写真の挿入箇所は, 原稿の右欄外に赤字で指定する.
8. 引用文献の記載は次のとおりとする.

- 1) 記載順序は、2番目以降の著者名を含め、全てアルファベット順とし、著者名が同一の場合は発表年順とする。
- 2) 文献記載は、著者名、年次、表題、誌名、巻、頁とする。
- 3) 引用文献リスト中の英数字の後に付すコンマ (,), ピリオド (.), セミコロン (;), コロン (:) は半角文字とし、その後に半角スペースを挿入する。誌名の短縮形は、それぞれの学会誌の指示に従うものとする。各巻を通じて頁を付してある場合は、巻のみとし、号数は省略する。
- 4) 私信や未発表のデータを引用する場合は、引用文献に記載せず、本文中の引用箇所それぞれ (私信), (未発表) と記す。ただし、投稿して受理されたものは、印刷中 (in press) を巻の後にカッコ付けで付し、引用文献に列記する。
- 5) 単行本の場合は、著者名、年次、書名、頁、発行者、発行地とする。
- 6) 訳本の場合は、著者名、年次、書名 (訳者名)、頁、発行者、発行地とする。
- 7) その他、引用文献記載は所属学会誌に準ずるものとする。なお、英文論文の文献リストにおいては、日本語論文の場合は (In Japanese) を末尾に、日本語論文で Summary ないしは Abstract がある文献には (In Japanese with English summary (or abstract)) を末尾に記入する。日本語で書かれた単行本の場合、英文の題名、著者名、出版社名などがあるときは、ヘボン式ローマ字で表記し、いずれも (In Japanese) を末尾に記入する。

[引用文献の例]

Bakke, H., T. Steine and A. Eggum. 1997. Flavour score and content of free fatty acids in goat milk. *Acta Agric. Scand.* 27: 245-249.

中條忠久・堀込 充. 1998. おおつぶ星. 品種登録. 6926.

藤川琢磨・浜島守男・安田耕作. 1971. 短鎖脂肪酸を含むグリセリドのガスクロマトグラフィーによる脂肪酸組成分析法. *油化学*. 20: 138-143.

藤巻 宏. 2002. 生物統計解析と実験計画. p.86-98. 養賢堂. 東京.

稲葉昭治. 2003. 野菜のポストハーベスト. p.152-190. 矢沢 進編著. 図説野菜新書. 朝倉書店. 東京.

Mowlen, A. 1987. 家畜. p.78-87. Broom, D. M. 編著. 動物大百科第10巻 (正田陽一監修. 澤崎徹他共訳). 平凡社. 東京.

9. 英文原稿の内容区分および配列

- 1) 表紙に Title, Author(s)' name(s), Affiliation(s) and Mailing address(es), 2頁に Summary, Key Words, 3頁以降に Text (Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Acknowledgements, References), 和文要約 (表題, 著者名, 所属機関名および所在地を記入) を順番に作成し、最後に Tables and Figures を添付する。ただし、表紙にランニングヘッド (英文) を記入して置く。
- 2) 原稿は著者の責任において文法上の誤りのないようにし、提出前に熟達者の校閲を受けること。外国人英文校閲者の紹介は、編集委員会では行わない。

10. 資料および総説の内容区分と配列

- 1) 資料は、表紙に①表題、②著者名、③所属機関名および所在地、④以上の①～③の英文訳、2頁以降に⑤本文 (体裁は投稿者の裁量とする)、⑥要約、⑦キーワード、⑧引用文献を番号順に作成し、最後に⑨表、図、写真を添付する。
- 2) 総説は、資料の内容区分から⑥要約、⑦キーワードを除いた形で執筆・配列する。

11. 執筆に当たっては、本報告の最新号に掲載してある論文を参照すること。

農場研究報告投稿原稿申し込みカード

(申し込み締め切り 9月30日)

著 者	連絡責任者に※印を付けること		
所 属 (連絡責任者)	学 科		
	講 座		
	内 線 番 号 : メールアドレス :		
表 題			
種 類	原著論文 (和文 英文)	総 説	資 料
備 考			

農場研究報告投稿原稿送付カード

(申し込み締め切り 11月30日)

著 者

連絡責任者に※印を付けること

所 属

学科

講座

(連絡責任者)

内 線 番 号 :

メールアドレス :

表 題

種 類

原著論文 (和文 英文)

総 説

資 料

内 訳

- | | | |
|----------------|--------------|------|
| 1) 本 文 | 枚 (印刷予想ページ | ページ) |
| 2) 表 | 枚 | |
| 3) 図 | 枚 | |
| 4) 写真白黒 | 枚 | |
| カ ラ ー | 枚 | |
| 5) アート紙使用の有無 | 有 | 無 |
| 6) 別 刷 り 希 望 数 | 部 (100部まで無償) | |

備 考

編集委員会の欄

受理年月日

年

月

日

校 閲 者