

鹿児島大学農学部

# 農場研究報告

第42号

*Bulletin of the Experimental Farm  
Faculty of Agriculture, Kagoshima University  
No. 42*

鹿児島大学農学部附属農場

令和3年3月

*Experimental Farm, Faculty of Agriculture  
Kagoshima University, March 2021*

## 鹿児島大学農学部農場研究報告

編集委員長

山 本 雅 史

編集委員

下田代 智 英

下 桐 猛

赤 木 功

遠 城 道 雄

本誌に掲載された著作物を複写したい方は、  
著作権者である本誌編集委員会の許諾を  
受けて下さい。

## 目 次

### 原著論文

|                                          |                   |
|------------------------------------------|-------------------|
| ネコブセンチュウの初期密度がオクラの生育および収量に及ぼす影響<br>..... | 赤木 功・福丸瑛里紗・樗木直也 1 |
|------------------------------------------|-------------------|

|                                       |                                                     |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 鹿児島県島嶼部および沖縄県の在来カンキツの調査とその保存<br>..... | 山本雅史・寺本さゆり・喜多正幸・北島 宣・川口昭二・福留弘康・<br>廣瀬 潤・西澤 優・香西直子 7 |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------|

|                                       |               |
|---------------------------------------|---------------|
| 葉や土壤に付着した桜島の降灰が栽培作物の生育に及ぼす影響<br>..... | 黒瀬絵里奈・志水勝好 17 |
|---------------------------------------|---------------|

### 資 料

|                                     |                                                                      |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 附属農場から発信する学部横断的な食育啓発への取り組み<br>..... | 石井大介・富永 輝・松元里志・柳田大輝・飯盛 葵・関 綾子・野川恵美子・<br>片平清美・上川畑花恵・安松直哉・高田智祐・大島一郎 25 |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|

|                                          |                              |
|------------------------------------------|------------------------------|
| ナトリウム塩化物泉の温泉水の施用がトマト果実の品質に及ぼす影響<br>..... | 田浦一成・谷村音樹・勘米良祥多・遠城道雄・朴 炳宰 31 |
|------------------------------------------|------------------------------|

### 付 録

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 農場研究報告投稿規程および原稿作成要領..... | 37 |
|--------------------------|----|

## Contents

### Original Articles

|                                                                                                 |                                               |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---|
| Effect of Initial Population Density of Root-knot Nematode on Growth and Yield of Okra<br>..... | AKAGI Isao, FUKUMARU Erisa and CHISHAKI Naoya | 1 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---|

|                                                                                                                                             |                                                                                                                                                   |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Investigation and Preservation of Local Citrus Genetic Resources Grown on the Islands belonged to Kagoshima and Okinawa Prefecture<br>..... | YAMAMOTO Masashi, TERAMOTO Sayuri, KITA Masayuki, KITAJIMA Akira,<br>KAWAGUCHI Shoji, FUKUDOME Hiroyasu, HIROSE Jun, NISHIZAWA Yu and KOZAI Naoko | 7 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|

|                                                                                                       |                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----|
| Effect of the Ash Fall on Leaves and Soil by Sakurajima Volcano on Cultivating Crops Growth.<br>..... | KUROSE Erina and SHIMIZU Katsuyoshi | 17 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----|

### Note

|                                                               |                                                                                                                                                                                                        |    |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| The Activities of University-Wide Dietary Education<br>... .. | ISHII Daisuke, TOMINAGA Akira, MATSUMOTO Satoshi, YANAGITA Daiki, ISAKARI Aoi,<br>SEKI Ayako, NOGAWA Emiko, KATAHIRA Kiyomi, KAMIKAWABATA Hanae,<br>YASUMATSU Naoya, TAKATA Tomohiro and OSHIMA Ichiro | 25 |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                                |                                                                             |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Effect of Sodium Hot Spring Water Application on Tomato Fruit Quality<br>..... | TAURA Issei, TANIMURA Otoki, KANMERA Shota, ONJO Michio and PARK Byoung-Jea | 31 |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----|

### Appendixes

|                                  |  |    |
|----------------------------------|--|----|
| Preparation of Manuscripts ..... |  | 37 |
|----------------------------------|--|----|

## ネコブセンチュウの初期密度がオクラの生育および収量に及ぼす影響

赤木 功\*・福丸瑛里紗・樗木直也

鹿児島大学農学部植物栄養・肥料学研究室 890-0065 鹿児島市郡元

### Effect of Initial Population Density of Root-knot Nematode on Growth and Yield of Okra

AKAGI Isao\*, FUKUMARU Erisa and CHISHAKI Naoya

Laboratory of Plant Nutrition and Fertilizers, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065

#### Summary

Damage on okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) caused by root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) infection is a serious problem in Japan. In order to clarify the relationship between initial population density of root-knot nematodes and the degree of damage to growth and fruit yield of okra, we cultivated okra on soils with different levels of population density of root-knot nematodes and investigated its growth parameters and fruit yields. It was shown that the plant heights decreased with increase in levels of population density of root-knot nematodes. The relative values of plant heights to control plot (initial population density: 0 numbers/20 g soil) were 84.8–89.9%, 72.5–79.0%, and 75.6–78.1 % in the level I plot (6.3 numbers/20 g soil), level II plot (45.6 numbers/20 g soil), and level III plot (476 numbers/20 g soil), respectively. Moreover, the cumulative yields of okra fruits had the same tendency. The relative values of cumulative yield to control plot were 50.3–76.4%, 42.2–64.7%, and 20.4–42.5%, respectively. The cumulative yields were negatively correlated with the logarithmic values of cumulative yields, which suggested that the initial population density of root-knot nematodes can be an effective index for calculating the degree of decrease in fruits yields of okra.

**Key Words:** initial population density, okra (*Abelmoschus esculentus*), root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.)

キーワード：ネコブセンチュウ (*Meloidogyne* spp.), オクラ (*Abelmoschus esculentus*), 初期密度

#### 緒 言

江戸時代末期に我が国へ渡来したと考えられているオクラ (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) は、近年ではふだんの食卓にのぼる機会も多い緑黄色野菜として広く定着している。国内における栽培面積は579 ha (2000年) から837 ha (2018年) へと最近18年間において微増傾向にあり (農林水産省, 2000, 2018), 鹿児島県をはじめとする西南暖地の地域特産野菜の1つとして重要な品目となっている。

オクラの安定生産を行う上で問題となっている重要病害虫の一つとしてネコブセンチュウ (*Meloidogyne* spp.) が挙げられる (住田, 2004)。ネコブセンチュウの多くは多犯性であり、我が国で栽培されている数多くの園芸作物に寄生することが知られているが (吉田, 1992), オクラにおいても例外ではない。オクラにネコブセンチュウが寄生すると、ウリ科あるいはナス科果菜類などで見られる症状と同様に、根に多数のこぶが形成され、葉の黄化とともに地上部の生育が抑制される。被害が激

しい場合は、落葉や萎凋といった症状が現れ、枯死に至ることもある。また、ネコブセンチュウの寄生は土壤伝染性病害との複合病を引き起こす場合のあることが知られているが (平野, 1973; 佐藤, 2014), オクラにおいてもその寄生が苗立枯病などの土壤病害の発生を助長させている可能性も否定できない。

現在、オクラ栽培における土壤有害線虫の防除手段として、殺線虫効果を有する薬剤による栽培前の予防的な土壤処理が行われているが、被害の実態に即した適正な薬剤防除を行うためには、土壤有害線虫の発生程度 (発生密度) とオクラの被害程度との関係性について把握する必要がある。しかしながら、我が国において、これらに関して数量的に調査を行った事例は、わずかに山下ら (1984) の調査報告があるだけである。本研究では、ネコブセンチュウ密度の異なる土壤下でオクラの栽培試験を行うことで、栽培前の土壤中ネコブセンチュウ密度 (初期密度) がオクラの生育および収量に及ぼす影響について解析を試みた。

#### 材料および方法

##### 1. 供試土壤および土壤中ネコブセンチュウ密度の調査法

ネコブセンチュウによる被害が確認された鹿児島大学

農学部附属農場（鹿児島市）のオクラ栽培圃場からネコブセンチュウを含む土壌を採取した。これを市販培土と混合し、プラスチックコンテナに充填した後、ネコブセンチュウ感受性品種のミニトマト（品種‘ブリッツ’）を数ヶ月にわたって栽培した。このようにして、ネコブセンチュウの増殖および定着を図ったものをネコブセンチュウ汚染土壌（以下、汚染土壌）とした。なお、PCR-RFLP解析（岩堀，2010；植原，2014）によれば、この汚染土壌中に生息しているネコブセンチュウはサツマイモネコブセンチュウ（*M. incognita* (Kofoed and White) Chitwood）に判別されるものであった。一方、鹿児島大学農学部附属農場唐湊果樹園（鹿児島市）の園地から採取し、乾燥器内で24時間以上加熱処理（約80℃）することで線虫を死滅させた土壌を、ネコブセンチュウに汚染されていない土壌（以下、健全土壌）とした。この健全土壌については後述のバールマン法によってネコブセンチュウが分離されないことを確認した。栽培試験に供する土壌のネコブセンチュウ密度は、上記の汚染土壌および健全土壌をそれぞれ任意の割合で混和することで調整した。

土壌からの線虫の分離はバールマン法（土壌20 g、室温、46時間静置）で行った（佐野，2014）。分離した線虫の中からネコブセンチュウ2令幼虫を顕微鏡下で識別・計数し、その密度を求めた。この一連の土壌中のネコブセンチュウ密度の調査は2反復で行った。本報告では、ネコブセンチュウの土壌中密度を土壌20 gあたりの頭数（頭/20 g）として示した。

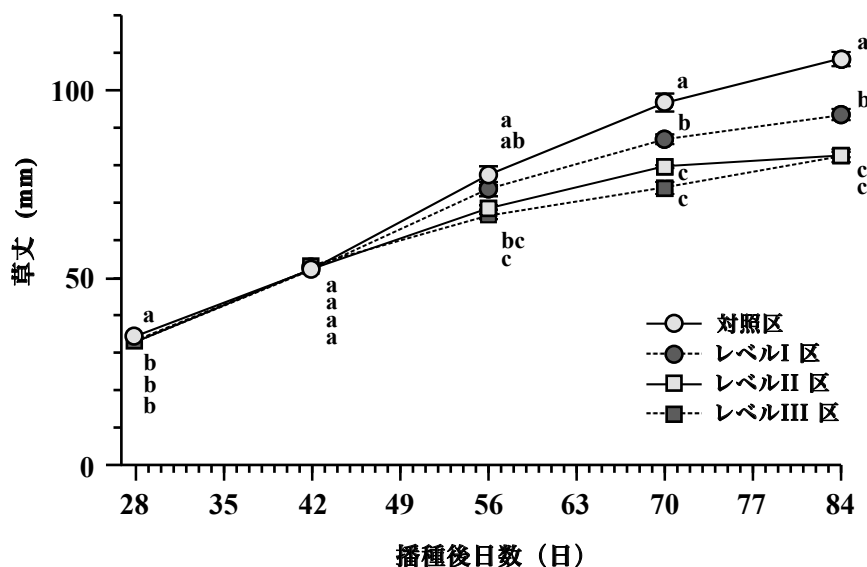
## 2. 栽培試験

2017年に鹿児島大学農学部附属農場内の網室で栽培試験を実施した。ネコブセンチュウ密度を調整した土壌をポリポット（直径30.5 cm、高さ30.5 cm、容積17.9 L）にそれぞれ12 kgずつ充填した。ここでは、ネコブセンチュウ密度の異なる4水準の試験区（対照区、レベルI区、

レベルII区およびレベルIII区）を設けた。いずれの試験区も4反復とした。各試験区のネコブセンチュウ密度（4反復の平均値±標準偏差）は、対照区が $0 \pm 0$  頭/20 g、レベルI区が $6.3 \pm 1.4$  頭/20 g、レベルII区が $45.6 \pm 9.4$  頭/20 g、レベルIII区が $476 \pm 12$  頭/20 gであった。基肥は硫安、苦土重焼リンおよび塩化カリを用いて、1ポット当たり $N:P_2O_5:K_2O = 1.2 g:2.2 g:0.7 g$ となるように施用した。追肥は、第1果収穫期以降、オクラの草勢を見ながら、1ポット当たり $N:K_2O = 0.6 g:0.6 g$ 相当量の硫安および塩化カリを3回に分けて施用した。6月22日にオクラ品種‘ブルースカイZ’を播種し、発芽が揃った後1株3本仕立てとした。灌水はポットの乾燥状態に応じて適宜行った。播種後28日目以降、14日間隔で草丈および茎径（子葉節の直上）を計測した。また、播種後56日目、70日目および84日目に葉緑素計SPADメータ（SPAD-502Plus、コニカミノルタ株式会社）を用いて、最上位葉から数えて5葉目の葉身中心部のSPAD値を測定した。8月4日以降、果実長が8 cm程度に達したものを目安に適宜収穫を行った。形状不良果および肥大不良果は摘果・除去した。栽培試験は9月14日（播種後84日目）まで実施した。植物体を丁寧に掘り上げた後、地上部を茎と葉に分け、それぞれ裁断し80℃で3日間乾燥させ乾物重を計量した。

## 結果および考察

試験期間（播種後28日目から84日目）における草丈の推移を第1図に示した。草丈は初期密度が高い試験区ほど低い傾向にあり、レベルII区およびIII区は播種後56日目以降、レベルI区は播種後70日目以降において、健全区との間に有意な差が認められた。また、播種後56日目頃より、レベルII区およびIII区のオクラは葉色の淡化が観察された。最上位葉から5枚目の葉のSPAD値の



第1図 試験期間におけるオクラの草丈の推移

図中の誤差線は標準誤差を示す。

各播種後日数の同一英文字間には5%水準で有意差がないことを示す（Tukey HSD法，n=4）。

第1表 試験期間中における各試験区の葉の平均 SPAD 値

|           | 播種後日数 |          |      |         |      |          |
|-----------|-------|----------|------|---------|------|----------|
|           | 56日   |          | 70日  |         | 84日  |          |
| 対照区       | 42.3  | ± 2.5* a | 39.3 | ± 3.7 a | 32.6 | ± 3.7 a  |
| レベル I 区   | 40.9  | ± 1.3 a  | 37.3 | ± 2.0 a | 32.0 | ± 2.9 a  |
| レベル II 区  | 36.8  | ± 1.5 b  | 29.8 | ± 4.2 b | 28.8 | ± 2.1 ab |
| レベル III 区 | 34.3  | ± 1.0 b  | 29.8 | ± 2.4 b | 26.3 | ± 1.6 b  |

\* 値は平均値±標準誤差

各播種後日数の同一英文字間には5%水準で有意差がないことを示す (Tukey HSD 法, n=4)

第2表 試験終了時におけるオクラ地上部の生育状況

|       | 草丈    |          | 節数   |       |       | 茎径   |       | 地上部乾物重 |       |       |       |   |
|-------|-------|----------|------|-------|-------|------|-------|--------|-------|-------|-------|---|
|       | (cm)  |          |      |       |       | (cm) |       | (g／株)  |       |       |       |   |
| 対照区   | 108.3 | ± 3.2* a | 21.5 | ± 0.6 | a     | 16.7 | ± 0.6 | a      | 165.5 | ± 5.4 | a     |   |
| レベルⅠ区 | 93.5  | ± 2.6    | b    | 19.8  | ± 0.9 | ab   | 15.9  | ± 0.6  | a     | 99.7  | ± 5.4 | b |
| レベルⅡ区 | 82.5  | ± 3.0    | c    | 18.0  | ± 1.2 | b    | 13.8  | ± 0.7  | b     | 57.9  | ± 5.6 | c |
| レベルⅢ区 | 82.8  | ± 1.2    | c    | 19.1  | ± 1.3 | b    | 12.7  | ± 0.8  | b     | 49.3  | ± 3.7 | c |

\* 値は平均値±標準誤差

各項目の同一英文字間には5%水準で有意差がないことを示す (Tukey HSD 法, n=4)

測定結果を第1表に示しているが、レベル III 区は播種後56日目、70日目および84日目、レベル II 区は播種後56日目および70日目において、健全区との間に有意な差が認められた。このことは、初期密度の高いレベル II 区および III 区は播種後56日目頃より、植物体内における窒素の栄養状態の低下が生じていると推察される。

試験終了時（播種後84日目）におけるオクラの草丈、節数、茎径および地上部乾物重を第2表に示した。レベル I、II および III 区はいずれも対照区より草丈が有意に低く、対照区に対する相対値（対照区の平均値に対する比率）はレベル I、II および III 区の順にそれぞれ84.8～89.9 (86.4) %、72.5～79.0 (76.2) % および75.6～78.1 (76.5) % であった（括弧内の数値は平均値）。地上部乾物重も、草丈と同様に、レベル I、II および III 区はいずれも対照区より有意に低く、対照区に対する相対値はそれぞれ54.8～69.0 (60.2) %、29.7～44.4 (35.0) % および24.4～33.6 (29.8) % であった（括弧内の数値は平均値）。また、初期密度の高いレベル II 区および III 区は節数および茎径においても対照区と有意差が認められ、生育が抑制されていることが示された。

試験終了時（播種後84日目）における根の生育状態を第2図に示した。I 区、II 区および III 区はいずれもネコブセンチュウの寄生による根こぶの形成が認められ、大きな根こぶが連なり肥大した根が観察された。対照区は健全な白色の根がポット全体に広く発達していたのに対し、レベル II 区および III 区は根の腐敗が進行し、根長が短く、細根の量も少ない状態であった。

試験期間（播種後49日目から84日目）におけるオクラ果実の累積収量の推移を第3図に示した。果実の累積収量は初期密度が高い試験区ほど低く推移し、レベル III 区は播種後63日目以降（収穫開始後21日目）、レベル II 区は播種後70日目以降（収穫開始後28日目）、レベル I 区は播種後84日目（収穫開始後42日目）において、健全区との間に有意な差が認められた。

試験終了時（播種後84日目）における累積収量の対照区に対する相対値は、レベル I 区、レベル II 区およびレベル III 区の順に、それぞれ50.3～76.4 (67.4) %、42.2～64.7 (51.9) % および20.4～42.5 (34.9) % であり、ネコブセンチュウの初期密度が高い試験区ほど低い傾向にあった。ネコブセンチュウの初期密度（対数値）と栽培終了時（播種後84日目）におけるオクラ果実の累積収量との関係を第4図に示したが、両者の間には明瞭な負の相関が認められた。このような関係性は、初期密度、すなわち栽培前の土壤中ネコブセンチュウ密度が、オクラの果実収量の減収程度を予想する上での有効な指標となる可能性があることを示唆している。

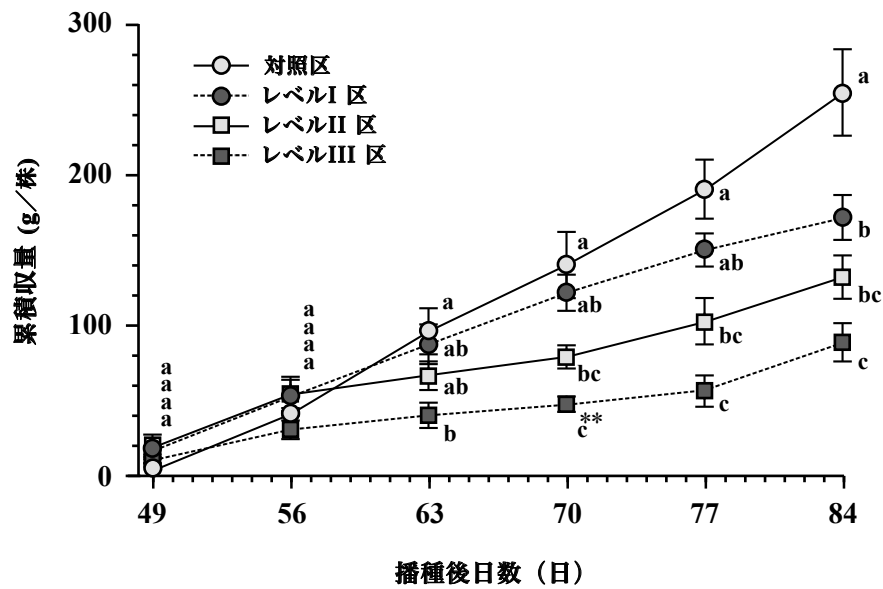
露地圃場において調査を行った山下ら（1984）の報告によれば、ネコブセンチュウの初期密度がバールマン法で10頭/50 g（4頭/20 gに相当）以上の場合、オクラは生育初期の段階から生育や収量に影響が現れると述べられている。ここで、ネコブセンチュウの初期密度が4頭/20 g の場合について、以上に示した初期密度と果実の累積収量との関係（第4図）を基に見積もれば、オクラ果実の収量は対照区と比較して13%程度の減収が生じると推定される。なお、本研究で得られた結果は収穫開始後1ヶ月間程度の調査によるものである。一般的に数ヶ月にわたって栽培・収穫が行われる実際のオクラの営利栽培では、この推定よりも果実収量の減収率はさらに大きくなると予想される。

土壌有害線虫について、防除判断の指標とされる要防除水準が設定されている事例はまだ少ない状況にあるが、北海道ではサツマイモネコブセンチュウによるトマトおよびキュウリの被害、キタネコブセンチュウ（*Meloidogyne hapla* Chitwood）によるニンジンおよびゴボウの被害について、当該線虫の栽培前の土壤中密度（初期密度）を基にした要防除水準が設定されている（日本植物防疫協会, 2019）。これによれば、前者が定植時において2頭/25 g 以上、後者が播種時において2～3



第2図 試験終了時におけるオクラの根の生育状況

図の右から対照区，レベルⅠ区，レベルⅡ区およびレベルⅢ区。

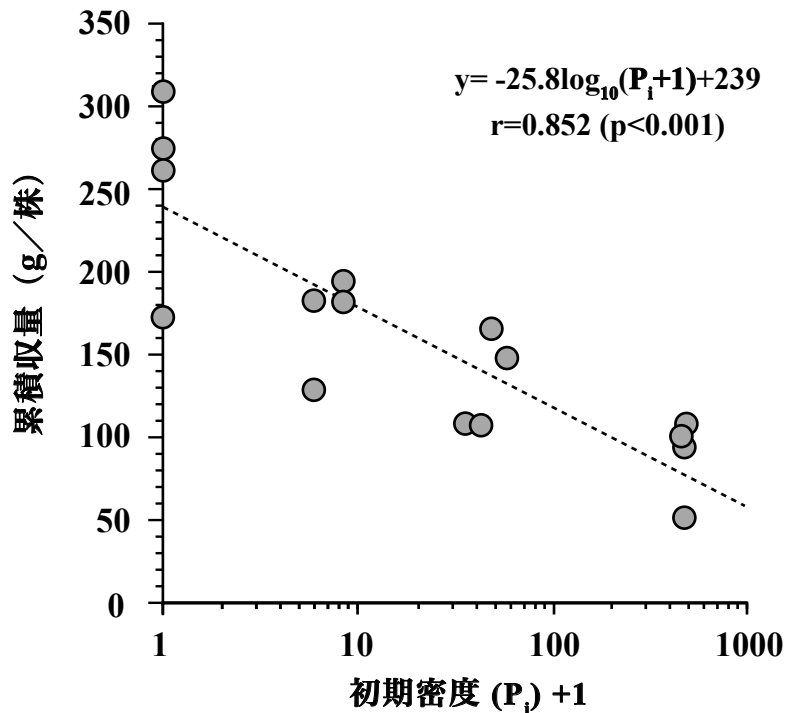


第3図 試験期間におけるオクラ果実の累積収量の推移

図中の誤差線は標準誤差を示す。

各播種後日数の同一英文字間には5%水準で有意差がないことを示す (Tukey HSD 法,  $n=4$ )。





第4図 ネコブセンチュウの初期密度とオクラ果実の累積収量との関係

頭/25 g 以上（いずれもパールマン法による分離）とされている。要防除水準を設定するにあたっては作物の被害許容水準をどの程度にすべきか慎重な検討が必要であるが、本研究の結果を見る限りにおいては、これらと同程度の厳しい水準が求められるのではないかと予想される。

ただし、当然ながら、ネコブセンチュウの初期密度とオクラの果実収量との関係はさまざまな栽培環境要因、耕種的要因などにより変動すると考えられる。例えば、栽培土壌のタイプ（土壌型）によって、オクラのネコブセンチュウによる被害の程度に違いがあることが外間（1998）によって報告されている。また、国内における研究事例ではないが、オクラ品種間でネコブセンチュウに対する抵抗性に違いがあることも報告されている（Hussain ら, 2016；Mukhtar ら, 2017）。信頼性のある、実用的な要防除水準を策定するためには、対象地域の実態を考慮した調査等によるデータのさらなる蓄積が必要である。

## 要 約

我が国のオクラ栽培において、ネコブセンチュウによる被害が大きな問題となっている。本研究では、ネコブセンチュウ密度の異なる土壌でオクラを栽培し、その生育経過および果実収量を調査することで、ネコブセンチュウの初期密度とオクラの生育および果実収量との関係性について解析を試みた。オクラの草丈は初期密度が高い試験区ほど低下する傾向にあった。草丈について対照区（初期密度：0 頭/20 g）に対する相対値で示すと、レベル I 区（初期密度：6.3 頭/20 g）、レベル II 区（初

期密度：45.6 頭/20 g）およびレベル III 区（初期密度：476 頭/20 g）の順にそれぞれ 84.8～89.9%，72.5～79.0% および 75.6～78.1% であった。また、オクラ果実の累積収量も同様の傾向にありった。対照区に対する相対値はレベル I、II および III 区の順にそれぞれ 50.3～76.4%，42.2～64.7% および 20.4～42.5% であり、初期密度（対数值）と累積収量の間には明瞭な負の相関が認められた。このことは、ネコブセンチュウの初期密度はオクラの果実収量の減収程度を予測する上での有効な指標となることを示唆している。

## 引用文献

- 平野和弥. 1973. 線虫と他の微生物による複合病の諸問題. 日線虫研誌. 3: 1-8.
- 外間数男. 1998. サツマイモネコブセンチュウによるオクラの被害と土壌との関係. 九州病虫研報. 44: 95-100.
- Hussain, M. A., T. Mukhtar and M. Z. Kayani. 2016. Reproduction of *Meloidogyne incognita* on resistant and susceptible okra cultivars. Pak. J. Agri. Sci. 53: 371-375.
- 岩堀英晶. 2010. 九州沖縄地域における有害線虫の分類と地理学的分布. 植物防疫. 64: 239-246.
- Mukhtar, T., M. A. Hussain, M. Z. Kayani. 2017. Yield responses of 12 okra cultivars to southern root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*). Bragantia 76: 108-112.
- 日本植物防疫協会. 2019. 都道府県が設定している要防除水準（野菜）. [Online] [http://www.jppn.ne.jp/jpp/bouteq/bojosuijun\\_data/yasai.pdf](http://www.jppn.ne.jp/jpp/bouteq/bojosuijun_data/yasai.pdf). (2020年9月閲覧)

- 農林水産省. 2000. 地域特産野菜生産状況調査 / 確報 平成12年産地域特産野菜生産状況. [Online] [http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokusan\\_yasai/](http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokusan_yasai/). (2020年9月閲覧)
- 農林水産省. 2018. 地域特産野菜生産状況調査 / 確報 平成30年産地域特産野菜生産状況. [Online] [http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokusan\\_yasai/](http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokusan_yasai/). (2020年9月閲覧)
- 佐野善一. 2014. ベールマン法. p.192-193. 水久保隆之・二井一禎編. 線虫学実験. 京都大学学術出版会. 京都.
- 佐藤恵利華. 2014. 植物寄生性線虫と土壌伝染性病害の複合病. 土と微生物. 68: 21-26.
- 住田 敦. 2004. オクラ栽培の基礎. p.323-336. 野菜園芸大百科 第2版 7ピーマン・生食用トウモロコシ・オクラ. 農文協. 東京.
- 植原健人. 2014. RCR-RFLP法(及び種特異的プライマー)による同定法. p.60-65. 水久保隆之・二井一禎編. 線虫学実験. 京都大学学術出版会. 京都.
- 山下 泉・堀内崇裕・井上 孝. 1984. 露地オクラにおける病害虫の発消長およびサツマイモネコブセンチュウによる被害の解析. 四国植防. 19: 67-76.
- 吉田睦浩. 1992. サツマイモネコブセンチュウ. p.133-137. 中園和俊編. 線虫研究の歩み—日本線虫研究会創立20周年記念誌. 日本線虫研究会. つくば.

## 鹿児島県島嶼部および沖縄県の在来カンキツの調査とその保存

山本雅史<sup>1\*</sup>・寺本さゆり<sup>2a</sup>・喜多正幸<sup>3b</sup>・北島 宣<sup>4c</sup>・川口昭二<sup>5</sup>・福留弘康<sup>5</sup>・  
廣瀬 潤<sup>5</sup>・西澤 優<sup>5</sup>・香西直子<sup>1</sup>

<sup>1</sup>鹿児島大学農学部果樹園芸学研究室 〒890-0065 鹿児島市郡元

<sup>2</sup>琉球大学農学部 〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原

<sup>3</sup>農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所カンキツ研究領域 〒424-0292 静岡県清水区興津中町

<sup>4</sup>京都大学大学院農学研究科附属農場 〒619-0218 京都府木津川市城山台

<sup>5</sup>鹿児島大学農学部附属農場唐湊果樹園 〒890-0081 鹿児島市唐湊

### Investigation and Preservation of Local Citrus Genetic Resources Grown on the Islands belonged to Kagoshima and Okinawa Prefecture

YAMAMOTO Masashi<sup>1\*</sup>, TERAMOTO Sayuri<sup>2a</sup>, KITA Masayuki<sup>3b</sup>, KITAJIMA Akira<sup>4c</sup>, KAWAGUCHI Shoji<sup>5</sup>,  
FUKUDOME Hiroyasu<sup>5</sup>, HIROSE Jun<sup>5</sup>, NISHIZAWA Yu<sup>5</sup> and KOZAI Naoko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Fruit Science, Faculty of Agriculture, Kagoshima University,  
Korimoto, Kagoshima 890-0065

<sup>2</sup> Faculty of Agriculture, University of The Ryukyus, Senbaru, Nishihara, Okinawa 903-0213

<sup>3</sup>Citrus Research Division, National Institute of Fruit Tree Science Okitsu, Shizuoka,  
Shimizu, Shizuoka, 424-0292

<sup>4</sup>Experimental Farm, Graduate School of Agriculture, Kyoto University,  
Shiroyamada, Kizugawa, Kyoto 619-0218

<sup>5</sup> Toso Orchard, Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Kagoshima University,  
Toso, Kagoshima 890-0081

#### Summary

Investigation and collection of local citrus genetic resources grown on the islands belonged to Kagoshima and Okinawa Prefecture were undertaken from 2008 to 2018. A total of 75 samples were investigated. Their details were as follows: nine in Koshikijima, eleven in Kuroshima, one in Tanegashima, four in Kikaijima, three in Amami Oshima, eight in Kakeromajima, seventeen in Yoronjima, fourteen in Okinawa Honto, one in Ishigakijima, three in Kohamajima, and three in Yonagunijima. Shiikuwasha was the most distributed species and its diversity of fruit traits was observed. Yurimikan in Kuroshima was the only citron germplasm discovered. Some mandarin accessions could not be identified as any of the known citrus. Thirty-one accessions includes a large variety of Shiikuwasha that were considered to be important were grafted on trifoliate orange rootstock. They have been preserved at the Toso Orchard of Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Kagoshima University. Their details were as follows: three of Koshikijima, nine of Kuroshima, two of Amami Oshima, one of Kakeromajima, five of Yoronjima, eight of Okinawa Honto, two of Kohamajima, and one of Yonagunijima. Almost half of them were Shiikuwasha accessions.

**Key words:** Amami Islands, germplasms, Nansei Islands, Ryukyu Islands, Shiikuwasha

キーワード：奄美群島、遺伝資源、南西諸島、琉球列島、シイクワサー

#### 緒 言

カンキツはインドアッサム地方から中国雲南地方が原産と考えられ、主に東に伝播し多様な種類が発生したと考えられている（國賀，2010）。日本はその東端に位置

し、タチバナおよびシイクワサーが自生した（田中，1926）。その後の人類の活動によってカンキツ類は世界中に拡がり、さらに多様性が増加した。日本でも同様に、中国や東南アジアから種々のカンキツ類が伝来した（國賀，2013）。カンキツ類の栽培が盛んになるにつれ、それらを母本として様々なカンキツが偶発実生として発生した。現在の主要カンキツであるウンシュウミカンやナツミカン等はこのようなして誕生したとされる（Shimizu ら，2016）。鹿児島県島嶼部および沖縄県においても状況は同じで、シイクワサーが原生し、交易等によってクネンボ、ダイダイやブンタン等が伝わり、そ

2020年10月16日受付

2020年11月24日受理

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

<sup>a</sup> 現 プータン王国中西部地域園芸農業振興プロジェクト

<sup>b</sup> 現 農研機構果樹茶業研究部門生産・流通研究領域

<sup>c</sup> 現 京都先端科学大学バイオ環境学部

れら自生種と導入種を親としてカーブチー等の在来カンキツが発生したと考えられている（山本, 2018）。これらのうち、自生種のシクワサーおよび偶発実生由来のカンキツ類は、この地域にしか存在しない貴重な遺伝資源である。

鹿児島県および沖縄県島嶼部の在来カンキツ遺伝資源のうち、沖縄県のシクワサーは産業的にも重要で生産量も多いが（鹿児島県農政部農産園芸課, 2019）、他の種類や他の島の在来カンキツについては、産業上重要視されていないことから減少傾向にあり、特に徳之島以南ではカンキツグリーニング病の感染拡大によっても消失の危機にある（津田, 2017）。このため、これら地域のカンキツ遺伝資源の調査・保存は緊急を要する課題である。そのため、筆者らはまず奄美群島における調査を先行し、その結果については既に報告した（山本ら, 2006, 2008）。その後、調査地域を北東から南西に広げ、不備はあるものの2008年から2018年にかけて甌島から与那国島までの11島において在来カンキツ遺伝資源の調査を行い、主要なものについては保存に着手した。このうち一部の結果は報告したが（喜多ら, 2013; 寺本（稲福）ら, 2010）、調査内容や目的に異なる点も多いため、それらも含めてここに報告する。

### 材料および方法

2012年から2018年にかけての7回の在来カンキツ遺伝資源調査における11島の結果を記録した。調査地および調査日程は第1表の通りである。喜界島、奄美大島および加計呂麻島並びに石垣島、小浜島および与那国島の調査は各々連続して実施した。また、喜界島、奄美大島、加計呂麻島および与論島以外の7島は初調査であった。

調査においては調査樹の栽培・生育状況を記録したうえ、原則として葉および果実を採取した。今後の再調査や保存に資するため、可能な限りGPSで位置情報を記録した。調査樹の選定において、同種類と考えられる場合は健全な大木を対象とした。採取した葉の形質は現地で、果実の形質は鹿児島大学農学部で調査した。各5枚および5果の調査を基準としたが、未採取や不足した場合もあった。調査点数が多かったシクワサーおよびキンカン（与論島のシクワサー）については、混乱を避けるため、呼称の後に調査番号の数字を付して区別した。調査系統の学名はTanaka (1977) に準拠したが、それでは種名が決定できなかった場合はSwingle・Reece (1967) の分類も併用した。これは特にマンダリン遺伝資源に該当する。本研究における*Citrus reticulata* はTanaka (1977) の分類で指すボンカンではなく、Swingle・Reece (1967) の分類におけるマンダリンである。マンダリンにおいて、クロシマミカン（シマミカン）のようにTanaka (1977) の分類における学名は不明でも、一つのグループとして他と区別できる場合は、一般名はクロシマミカンとした。一方、形態的にはマンダリンであるものの、その種類が不明な場合の一般名はマンダリ

第1表 在来カンキツの調査地および調査日程

| 調査地   | 調査日程            |
|-------|-----------------|
| 鹿児島県  |                 |
| 甌島    | 2018年12月13, 14日 |
| 黒島    | 2016年2月18日      |
| 種子島   | 2014年12月11日     |
| 喜界島   | 2012年9月13日      |
| 奄美大島  | 2012年9月12日      |
| 加計呂麻島 | 2012年9月10, 11日  |
| 与論島   | 2013年11月13, 14日 |
| 沖縄県   |                 |
| 沖縄本島  | 2008年9月23, 24日  |
| 石垣島   | 2012年9月4日       |
| 小浜島   | 2012年9月5日       |
| 与那国島  | 2012年9月3日       |

ンとした。

調査樹の中から代表的な個体を保存した。ただし、シクワサーについては種内に多様性が存在している（山本ら, 1998; Yamamoto ら, 2017）ので、数点を保存した。徳之島以南からはカンキツグリーニング病のため穂木を導入することはできない。本研究では奄美群島以南の調査においては穂木を導入せず、採取した果実から採種し、珠心胚実生を作出して、それをカラタチ台木に接ぎ木した。沖縄本島のタニブタ（OH04）は単胚性であるので2個体を保存した。このタニブタ（OH04）は自生樹で、おそらく種子繁殖したものと考えられるため、栽培品種とは異なり実生樹の保存も意義があると考ええる。甌島の在来カンキツについては調査前の2016年3月に穂木の分譲を受けた。黒島の調査樹については調査時に穂木を採取して接ぎ木した。接ぎ木して2年後に鹿児島大学農学部附属農場唐湊果樹園の圃場に定植した。

### 結 果

鹿児島県島嶼部における調査結果は第2表に示した。

甌島では下甌島で9点を調査した。調査時期が12月上旬で、果実の着色も進み、果実本来の形質が確認できた。このうち、コウズミカン（KS02）は庭先での栽培が多く、自家消費されていた。ヤマタテ（KS01）、ユズ（KS07）、ガラガラミカン（KS09）およびトウミカン（KS10）は、他の島では認められていないものである。ユズ（KS07）は本来のユズ（*C. junos*）とは明らかに異なるが、ユズの香りを備えていた。ガラガラミカン（KS09）の外観はカーブチーに似るものの、特有の香気が少なかった。トウミカン（KS10）は下甌島でも内川内地区にのみ存在する遺伝資源で、香酸カンキツとして利用されていた。

黒島では11点を調査した。現地調査が2月と遅かったため、果実は鳥害等で全く結実していなかったもので、葉形質のみの調査となった。しかし、黒島ミカン（KR01, 02）については現地調査前年の12月に分譲を受けた果実

第2表 鹿児島県島嶼部で調査した在来カンキツの葉および果実形質

| 調査<br>番号                                    | 呼称       | 学名                     | 一般名        | 地名     | 調査地       |           |           | 葉形質 (mm) |    |         | 果実形質    |            |          |         |          |         |         |      |            |         |    |
|---------------------------------------------|----------|------------------------|------------|--------|-----------|-----------|-----------|----------|----|---------|---------|------------|----------|---------|----------|---------|---------|------|------------|---------|----|
|                                             |          |                        |            |        | 緯度<br>(°) | 経度<br>(°) | 高度<br>(m) | 葉長       | 葉幅 | 翼葉<br>長 | 翼葉<br>幅 | 果実<br>重(g) | 果形<br>指数 | 果皮<br>色 | 果面<br>粗滑 | 剥皮<br>性 | 果肉<br>色 | 糖度   | 滴定<br>酸(%) | 種子<br>数 | 胚性 |
| 飯島 (2018年12月調査)                             |          |                        |            |        |           |           |           |          |    |         |         |            |          |         |          |         |         |      |            |         |    |
| KS01 <sup>z</sup>                           | ヤマタテ     | <i>C. reticulata</i>   | マンダリン      | 下飯島手打  | 31.331    | 129.417   | 4         | 80       | 30 | 4.2     | 2.1     | 29         | 147      | 橙       | 中        | 易       | 橙       | 7.5  | 2.4        | 10.4    | 多  |
| KS02                                        | コウズミカン   | <i>C. reticulata</i>   | クロシママカン    | 下飯島手打  | 31.381    | 129.417   | 7         | 73       | 33 | 4.4     | 1.7     | 69         | 163      | 橙       | 滑        | 易       | 橙       | 10.1 | 1.3        | 17.6    | 多  |
| KS03                                        | キノス      | <i>C. aurantium</i>    | ダイダイ       | 下飯島手打  | 31.381    | 129.417   | 7         | 88       | 47 | 11.6    | 5.4     | 230        | 121      | 橙       | 滑        | 難       | 黄橙      | 9.1  | 4.2        | 27.0    | 多  |
| KS04                                        | ボンタン     | <i>C. maxima</i>       | ブンタン       | 下飯島手打  | 31.381    | 129.417   | 8         | 128      | 80 | 22.3    | 19.0    | 1Kg以上      | 164      | 黄       | 滑        | 難       | 赤       | -    | -          | 100以上   | 単  |
| KS05                                        | シロミカン    | <i>C. oto?</i>         | オートー?      | 下飯島手打  | 31.330    | 129.417   | 20        | 79       | 41 | 7.7     | 2.9     | 79         | 117      | 黄緑      | 滑        | 易       | 黄橙      | 9.4  | 1.6        | 12.0    | 多  |
| KS06                                        | キネブ      | <i>C. nobilis</i>      | クネンボ       | 下飯島手打  | 31.385    | 129.419   | 38        | 116      | 60 | 10.0    | 3.4     | 172        | 120      | 橙       | 滑        | 難       | 橙       | 9.7  | 1.1        | 22.5    | 多  |
| KS07                                        | ユズ       | <i>C. junos</i> 雑種?    | ユズ雑種?      | 下飯島手打  | 31.385    | 129.419   | 39        | 81       | 41 | 10.0    | 3.2     | 55         | 111      | 黄       | 滑        | 易       | 黄       | 8.8  | 5.5        | 13.0    | 単  |
| KS08                                        | ガラガラミカン  | <i>C. reticulata</i>   | マンダリン      | 下飯島手打  | 31.385    | 129.419   | 22        | 61       | 35 | 7.3     | 2.9     | 62         | 141      | 黄       | 粗        | 易       | 黄       | 9.8  | 0.7        | 14.5    | 多  |
| KS10                                        | トウミカン    | <i>C. reticulata</i>   | マンダリン      | 下飯島内川内 | 31.433    | 129.436   | 263       | 63       | 36 | 5.4     | 2.8     | 47         | 118      | 黄緑      | 滑        | 易       | 橙       | 9.6  | 3.6        | 13.3    | 多  |
| 黒島 (KR01, 02:2015年12月調査, KR10~18:2016年2月調査) |          |                        |            |        |           |           |           |          |    |         |         |            |          |         |          |         |         |      |            |         |    |
| KR01                                        | 黒島ミカン    | <i>C. reticulata</i>   | クロシママミカン   | 黒島上中田  | -         | -         | -         | 112      | 41 | 7.0     | 1.6     | 48         | 136      | 橙       | 滑        | 易       | 橙       | 9.2  | 1.4        | 9.0     | 多  |
| KR02                                        | 黒島ミカン    | <i>C. reticulata</i>   | クロシママミカン   | 黒島赤生木  | -         | -         | -         | -        | -  | -       | -       | 54         | 147      | 橙       | 滑        | 易       | 橙       | 10.1 | 1.3        | 9.8     | 多  |
| KRI0                                        | 黒島ミカン    | <i>C. reticulata</i>   | クロシママミカン   | 黒島大里   | -         | -         | -         | 93       | 38 | 5.0     | 1.9     | -          | -        | -       | -        | -       | -       | -    | -          | -       | -  |
| KRI1                                        | ユリミカン    | <i>C. medica</i>       | シロン        | 黒島大里   | -         | -         | -         | 120      | 53 | 5.9     | 2.8     | -          | -        | -       | -        | -       | -       | -    | -          | -       | -  |
| KRI2                                        | カワバタ (A) | <i>C. spp</i>          | 不明         | 黒島大里   | -         | -         | -         | 108      | 71 | 24.3    | 23.6    | -          | -        | -       | -        | -       | -       | -    | -          | -       | -  |
| KRI3                                        | 赤ミカン     | <i>C. maxima?</i>      | ブンタン?      | 黒島大里   | -         | -         | -         | 80       | 35 | 7.0     | 2.1     | -          | -        | -       | -        | -       | -       | -    | -          | -       | -  |
| KRI4                                        | 八月ミカン    | <i>C. spp</i>          | 不明         | 黒島大里   | -         | -         | -         | 64       | 34 | 6.9     | 2.3     | -          | -        | -       | -        | -       | -       | -    | -          | -       | -  |
| KRI5                                        | コズミカン    | <i>C. depressa?</i>    | シクワサーサー?   | 黒島大里   | -         | -         | -         | 96       | 52 | 6.9     | 2.5     | -          | -        | -       | -        | -       | -       | -    | -          | -       | -  |
| KRI6                                        | キネーブ     | <i>C. nobilis</i>      | クネンボ       | 黒島大里   | -         | -         | -         | 95       | 54 | 14.2    | 7.5     | -          | -        | -       | -        | -       | -       | -    | -          | -       | -  |
| KRI7                                        | カワバタ (B) | <i>C. spp</i>          | 不明         | 黒島大里   | -         | -         | -         | 85       | 57 | 14.1    | 9.3     | -          | -        | -       | -        | -       | -       | -    | -          | -       | -  |
| KRI8                                        | シリトンガリ   | <i>C. spp</i>          | 不明         | -      | -         | -         | -         | 108      | 39 | 7.0     | 2.6     | -          | -        | -       | -        | -       | -       | -    | -          | -       | -  |
| 種子島 (2014年12月調査)                            |          |                        |            |        |           |           |           |          |    |         |         |            |          |         |          |         |         |      |            |         |    |
| TN01                                        | コズ       | <i>C. spp</i>          | 不明         | 中種子町古房 | -         | -         | -         | 67       | 22 | 5.1     | 1.4     | -          | -        | -       | -        | -       | -       | -    | -          | -       | -  |
| 喜界島 (2012年9月調査)                             |          |                        |            |        |           |           |           |          |    |         |         |            |          |         |          |         |         |      |            |         |    |
| KK16                                        | ウスカワ     | <i>C. kinokuni</i>     | キシウエミカン    | 喜界町志戸桶 | 28.358    | 130.025   | -         | 66       | 34 | 3.9     | 2.0     | 32         | 117      | 緑黄      | 滑        | 中       | 橙       | -    | -          | 2.0     | 単  |
| KK17                                        | ボンタン     | <i>C. maxima</i>       | ブンタン       | 喜界町羽里  | 28.309    | 129.952   | -         | 115      | 76 | 25.6    | 20.0    | -          | -        | 黄       | 滑        | 難       | 赤       | -    | -          | -       | -  |
| KK18                                        | 不明       | <i>C. depressa</i> 雑種? | シクワサーサー雑種? | 喜界町川嶺  | -         | -         | -         | 87       | 43 | 5.1     | 2.1     | 11         | 125      | 緑       | 粗        | 易       | 黄緑      | -    | -          | 8.0     | 多  |
| KK19                                        | アッコウ     | <i>C. aurantium</i>    | ダイダイ       | 喜界町荒木  | 28.299    | 129.919   | -         | 105      | 54 | 26.9    | 13.2    | -          | -        | -       | -        | -       | -       | -    | -          | -       | -  |

太字・下線の系統は鹿児島大学農学部附属農場唐津果樹園で保存。

<sup>z</sup> 太字・下線の系統は鹿児島大学農学部附属農場唐湊果樹園で保存。

第2表 鹿児島県嶺部で調査した在来カンキツの葉および果実形質 (続き)

| 調査<br>番号          | 呼称          | 学名                   | 一般名       | 地名       | 調査地       |           | 葉形質 (mm)  |     |    |         | 果実形質    |            |          |         |          |         |         |      |            |         |    |
|-------------------|-------------|----------------------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----|----|---------|---------|------------|----------|---------|----------|---------|---------|------|------------|---------|----|
|                   |             |                      |           |          | 緯度<br>(°) | 経度<br>(°) | 高度<br>(m) | 葉長  | 葉幅 | 翼葉<br>長 | 翼葉<br>幅 | 果実<br>重(g) | 果形<br>指数 | 果皮<br>色 | 果面<br>粗滑 | 剥皮<br>性 | 果肉<br>色 | 糖度   | 滴定<br>酸(%) | 種子<br>数 | 胚性 |
| 奄美大島 (2012年9月調査)  |             |                      |           |          |           |           |           |     |    |         |         |            |          |         |          |         |         |      |            |         |    |
| AO13              | 赤ミカン        | <i>C. tangerina</i>  | オオベニミカン   | 瀬戸内町篠川   | 28.226    | 129.300   | -         | 86  | 43 | 10.4    | 3.0     | 29         | 136      | 黄緑      | 滑        | 易       | 黄       | -    | -          | 9.2     | 多  |
| AO14              | シクワ-サー (14) | <i>C. depressa</i>   | シクワ-サー    | 瀬戸内町西古見  | 28.241    | 129.172   | -         | 64  | 37 | 5.5     | 2.2     | 17         | 113      | 緑       | 中        | 易       | 黄       | -    | -          | 15.0    | 多  |
| AO15              | シクワ-サー (15) | <i>C. depressa</i>   | シクワ-サー    | 瀬戸内町古仁屋  | 28.147    | 129.315   | -         | 65  | 38 | 5.4     | 2.2     | 11         | 122      | 緑       | 滑        | 易       | 黄緑      | -    | -          | 2.6     | 多  |
| 加計呂麻島 (2012年9月調査) |             |                      |           |          |           |           |           |     |    |         |         |            |          |         |          |         |         |      |            |         |    |
| KM02              | 四角ブンタン      | <i>C. maxima</i>     | ブンタン      | 加計呂麻島諸鈍  | 28.096    | 129.330   | -         | 103 | 69 | 24.3    | 17.0    | -          | -        | -       | -        | 難       | 赤       | -    | -          | -       | -  |
| KM05              | 不明          | <i>C. spp</i>        | 不明        | 加計呂麻島俵   | 28.135    | 129.241   | -         | 103 | 54 | 10.6    | 4.9     | -          | -        | -       | -        | -       | -       | -    | -          | -       | -  |
| KM06              | シマミカン       | <i>C. reticulata</i> | クロシマシマミカン | 加計呂麻島知之浦 | -         | -         | -         | 60  | 31 | 3.9     | 1.7     | 28         | 122      | 緑       | 滑        | 易       | 橙       | -    | -          | 8.8     | 多  |
| KM07              | シクワ-サー (7)  | <i>C. depressa</i>   | シクワ-サー    | 加計呂麻島知之浦 | -         | -         | -         | 70  | 40 | 5.6     | 2.1     | 11         | 113      | 緑       | 滑        | 易       | 黄緑      | -    | -          | 4.0     | 多  |
| KM08              | シマミカン       | <i>C. reticulata</i> | クロシマシマミカン | 加計呂麻島知之浦 | 28.161    | 129.262   | -         | 67  | 33 | 6.4     | 1.8     | 28         | 126      | 緑       | 滑        | 易       | 黄橙      | -    | -          | 7.8     | 多  |
| KM09              | シクワ-サー (9)  | <i>C. depressa</i>   | シクワ-サー    | 加計呂麻島芝   | -         | -         | -         | 58  | 34 | 3.8     | 2.0     | 13         | 124      | 緑       | 滑        | 易       | 黄       | -    | -          | 2.6     | 多  |
| KM10              | シクワ-サー (10) | <i>C. depressa</i>   | シクワ-サー    | 加計呂麻島花富  | -         | -         | -         | 69  | 42 | 4.4     | 2.3     | 18         | 124      | 緑       | 滑        | 易       | 黄橙      | -    | -          | 7.4     | 多  |
| KM11              | シクワ-サー (11) | <i>C. depressa</i>   | シクワ-サー    | 加計呂麻島西阿室 | -         | -         | -         | 80  | 46 | 6.3     | 2.4     | 12         | 121      | 緑       | 滑        | 易       | 黄       | -    | -          | 7.2     | 多  |
| 与論島 (2013年11月調査)  |             |                      |           |          |           |           |           |     |    |         |         |            |          |         |          |         |         |      |            |         |    |
| YR01              | キンカン (1)    | <i>C. depressa</i>   | シクワ-サー    | 与論町茶花    | 27.025    | 128.254   | 27        | 78  | 43 | 6.8     | 1.9     | 17         | 125      | 黄       | 滑        | 易       | 黄橙      | 10.7 | 4.0        | 9.2     | 多  |
| YR02              | キンカン (2)    | <i>C. depressa</i>   | シクワ-サー    | 与論町茶花    | 27.025    | 128.254   | 27        | 78  | 45 | 6.5     | 1.8     | 14         | 120      | 黄緑      | 滑        | 易       | 黄橙      | 8.8  | 5.5        | 9.4     | 多  |
| YR03              | キンカン (3)    | <i>C. depressa</i>   | シクワ-サー    | 与論町茶花    | 27.025    | 128.254   | 27        | 79  | 45 | 7.4     | 1.6     | 21         | 136      | 緑       | 滑        | 易       | 黄橙      | 8.7  | 4.7        | 9.6     | 多  |
| YR04              | キンカン (4)    | <i>C. depressa</i>   | シクワ-サー    | 与論町茶花    | 27.025    | 128.254   | 27        | 84  | 44 | 7.3     | 1.9     | 18         | 121      | 緑       | 滑        | 易       | 黄橙      | 8.5  | 4.2        | 9.7     | 多  |
| YR06              | キンカン (6)    | <i>C. depressa</i>   | シクワ-サー    | 与論町那間    | 27.032    | 128.260   | 22        | 73  | 39 | 4.7     | 1.8     | 22         | 123      | 緑       | 滑        | 易       | 黄橙      | 9.2  | 4.8        | 8.6     | 多  |
| YR07              | キンカン (7)    | <i>C. depressa</i>   | シクワ-サー    | 与論町栗畑    | 27.031    | 128.267   | 22        | 81  | 46 | 8.9     | 2.0     | 8          | 124      | 緑       | 滑        | 易       | 黄緑      | 8.4  | 6.4        | 2.0     | 多  |
| YR08              | キンカン (8)    | <i>C. depressa</i>   | シクワ-サー    | 与論町朝戸    | 27.019    | 128.263   | 58        | 76  | 40 | 5.6     | 2.1     | 18         | 125      | 黄緑      | 滑        | 易       | 黄橙      | 9.1  | 5.1        | 8.8     | 多  |
| YR09              | キンカン (9)    | <i>C. depressa</i>   | シクワ-サー    | 与論町朝戸    | 27.019    | 128.263   | 58        | 86  | 51 | 5.2     | 1.8     | 13         | 126      | 黄緑      | 滑        | 易       | 黄緑      | 8.4  | 4.6        | 2.3     | 多  |
| YR10              | キンカン (10)   | <i>C. depressa</i>   | シクワ-サー    | 与論町城     | 27.017    | 128.259   | 66        | 89  | 51 | 5.7     | 1.7     | 21         | 128      | 黄緑      | 滑        | 易       | 黄       | 8.6  | 4.2        | 7.3     | 多  |
| YR11              | キンカン (11)   | <i>C. depressa</i>   | シクワ-サー    | 与論町立長    | 27.020    | 128.253   | 17        | 77  | 42 | 5.4     | 1.9     | 14         | 137      | 黄緑      | 滑        | 易       | 黄橙      | 8.1  | 3.5        | 0.3     | 多  |
| YR12              | キンカン (12)   | <i>C. depressa</i>   | シクワ-サー    | 与論町立長    | 27.020    | 128.253   | 17        | 95  | 51 | 5.9     | 2.4     | 22         | 131      | 黄緑      | 滑        | 易       | 黄       | 8.7  | 4.9        | 3.0     | 多  |
| YR13              | キンカン (13)   | <i>C. depressa</i>   | シクワ-サー    | 与論町朝戸    | 27.021    | 128.260   | 95        | 78  | 38 | 5.6     | 1.9     | 20         | 118      | 緑       | 滑        | 易       | 黄橙      | 8.7  | 3.8        | 11.2    | 多  |
| YR14              | キンカン (14)   | <i>C. depressa</i>   | シクワ-サー    | 与論町朝戸    | 27.020    | 128.266   | 77        | 100 | 50 | 5.4     | 2.1     | 15         | 122      | 黄緑      | 滑        | 易       | 黄橙      | 8.6  | 5.2        | 2.3     | 多  |
| YR15              | キンカン (15)   | <i>C. depressa</i>   | シクワ-サー    | 与論町朝戸    | 27.020    | 128.265   | 52        | 89  | 49 | 5.8     | 2.1     | 16         | 122      | 黄緑      | 滑        | 易       | 黄       | 9.1  | 5.9        | 3.6     | 多  |
| YR16              | キンカン (16)   | <i>C. depressa</i>   | シクワ-サー    | 与論町朝戸    | 27.020    | 128.265   | 52        | 75  | 41 | 6.6     | 1.9     | 20         | 131      | 黄緑      | 滑        | 易       | 黄       | 8.9  | 4.7        | 2.8     | 多  |
| YR17              | キンカン (17)   | <i>C. depressa</i>   | シクワ-サー    | 与論町朝戸    | 27.020    | 128.265   | 52        | 103 | 55 | 7.4     | 2.2     | 16         | 126      | 黄緑      | 滑        | 易       | 黄橙      | 9.0  | 4.9        | 4.2     | 多  |
| YR18              | キンカン (18)   | <i>C. depressa</i>   | シクワ-サー    | 与論町朝戸    | 27.020    | 128.265   | 52        | 88  | 43 | 6.3     | 1.8     | 16         | 124      | 黄緑      | 滑        | 易       | 黄       | 8.8  | 5.3        | 4.8     | 多  |

<sup>z</sup> 太字・下線の系統は鹿児島大学農学部附属農場唐湊果樹園で保存。

を用いて調査を行った。若干滴定酸含量が高く、本来の収穫期は12月下旬から1月だと考えられた。これは甌島のコウズミカンと同様、クロシマミカンであった。呼称からユリミカン (KR11)、カワバタ (KR12, 17) およびシリトンガリ (KR18) 等が特有の遺伝資源の可能性はあるが、果実を確認していないので現時点では断定できない。ただし、ユリミカンは鹿児島県および沖縄県における調査で初めて確認したシトロン遺伝資源である。

種子島には在来カンキツが少なく、聞き取り調査ではクロシマミカンおよびコズの存在しか認められなかった。本調査ではコズ (TN01) のみが調査できた。在来カンキツの種類は屋久島と同様であった。

喜界島は6回目の調査であったので、主に新規遺伝資源の4点のみを調査した。調査時期が9月中旬のため、果皮色等本来の形質が不明な点もあったが、種類の同定には問題なかった。これは下記の奄美大島および加計呂麻島調査も同様である。ウスカワ (KK16) はクロシマミカンと果実形質が似るものの、香気や種子が単胚であることからキシウミカンである。奄美群島にはクロシマミカンは広く分布するが、キシウミカンはこのウスカワだけであった。喜界島には白肉と赤肉のブンタンが存在するが、このKK17は赤肉系統であった。呼称不明のKK18はシクワサーに由来する交雑種と考えられたが、詳細は不明であった。

奄美大島も2回目の調査であったので、新規の3点のみを調査した。調査は島の南側の瀬戸内町のみで実施した。シクワサーを主な対象とした。調査した2点のシクワサーの果実特性は異なった。AO15に比べてAO14の方が果実が大きく種子が多かった。

加計呂麻島も2回目の調査であったので、シクワサーを主な対象として8点を調査した。調査したシクワサー4点のうち、KM10とKM07、KM09およびKM11の果実形質がやや異なった。前者の果実が大きかった。データではいずれも同様であるが、厳密には後者の果面がより滑であった。

与論島は2回目の調査であった。11月上旬の調査で、ほとんどの果実形質は調査できたが、果皮色についてはまだ緑色が残っているものが多く、本来の果皮色は不明な点が多かった。シクワサーのみを対象として17点を調査した。いずれも特有のシクワサー香を備えていたが、他の形質には多様性が認められた。果実重は8~22g、果形指数は118~137、糖度は8.6~10.7度、滴定酸は3.5~6.4%および種子数は0.3~11.2個まで分布した。

沖縄県における調査結果は第3表に示した。

沖縄本島の調査は9月下旬に実施した。主要な在来カンキツを対象として調査した。果皮は未着色であったが、他の果実形質は調査可能であった。葉形質は調査しなかった。シクワサー5系統中、大宜味クガニーが最も一般的なシクワサーである。大宜味クガニーにもある程度の多様性が存在し、OH02が基本種であった。タニブタ (OH04) は寺本 (稲福) ら (2010) によってタチバナと同定されたものである。シクワサーや九

州以北のタチバナと異なり、単胚性であった。数値データはないが、10月には低酸であった。カープチャー、タロガヨおよびオートーは南西諸島で偶発実生として発生したと考えられている (Yamamoto ら, 2011)。いずれもシクワサーよりも果実は大きかった。これらの中ではカープチャーが最も低酸であった。ウンジュは聞き取り調査ではタロガヨとは異なるとのことであったが、葉形質および果実形質からはタロガヨと同種類と考えられた。ブンタン遺伝資源 (OH18) は赤肉であった。

石垣島の調査は9月上旬であった。果皮色等本来の形質が不明な点もあったが、種類の同定には問題なかった。これは下記の小浜島および与那国島調査も同様である。タチバナ (IG07) 1点のみを調査した。果実重が5gと非常に小果であった。単胚性であり、沖縄本島で調査したタニブタ (OH04) と同じ種類と考えられた。シクワサーは調査できなかったが、聞き取り調査で於茂登山にシクワサーが自生しているとの情報を得た。

小浜島ではシクワサー3点を調査した。KH08は果実が結実していなかった。KH09とKH10はシクワサーの大木が少なくとも5本以上自生している群落から収集した。両者の果実形質は似通っていた。

与那国島では4点調査した。ダマンニンはシクワサーであるが、与那国島では沖縄本島のシクワサーとは区別し、シクワサーよりも香気が強いのことであった。比川ミカンは与那国島固有のマングリンと考えられた。果実形質全体はオートーに似るが、香気はカープチャーに近かった。タモチャとレモンは導入種と考えられた。

本研究における調査点数は鹿児島県の53点、沖縄県の22点の合計75点であった。

以上の遺伝資源のうち、甌島の3点、黒島の9点、奄美大島の2点、加計呂麻島の1点、与論島の5点、沖縄本島の8点、小浜島の2点および与那国島の1点の計31点を2013年2月~2019年2月に鹿児島大学農学部附属農場唐湊果樹園に定植して保存した (第2, 3表)。種類別では、シクワサーが16点、タチバナが1点、クロシマミカンが2点、カープチャーが1点、オートーが1点、タロガヨが2点、クネンボが1点、マングリンが1点、ブンタンが1点、シトロンが1点および種類不明が4点であった。

## 考 察

以前の調査 (山本ら, 2006, 2008) では奄美群島の有人島全8島を調査しており、未報告ながら屋久島および吐噶喇列島の中之島でも予備的な調査収集を行っている。本研究の結果と併せて、不完全ではあるが甌島から与那国島に至る島嶼部における在来カンキツ遺伝資源調査が達成された。

最も広範囲に分布していたものはこの地域原生 (田中, 1948) のシクワサーであった。黒島のコズミカ

第3表 沖縄県で調査した在来カンキツの葉および果実形質

| 調査<br>番号                                             | 呼称          | 学名                   | 一般名      | 地名        | 調査地       |           |           | 葉形質 (mm) |    |     | 果実形質    |             |          |         |          |         |         |     |             |         |    |
|------------------------------------------------------|-------------|----------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----|-----|---------|-------------|----------|---------|----------|---------|---------|-----|-------------|---------|----|
|                                                      |             |                      |          |           | 緯度<br>(°) | 経度<br>(°) | 高度<br>(m) | 葉長       | 葉幅 | 翼長  | 翼葉<br>幅 | 果実<br>重 (g) | 果形<br>指数 | 果皮<br>色 | 果面<br>粗滑 | 剥皮<br>性 | 果肉<br>色 | 糖度  | 滴定<br>酸 (%) | 種子<br>数 | 胚性 |
| 沖縄本島 (OH01~03, 06~14 : 2008年9月調査, OH04 : 2009年10月調査) |             |                      |          |           |           |           |           |          |    |     |         |             |          |         |          |         |         |     |             |         |    |
| OH01                                                 | 大宜味クガニー     | <i>C. depressa</i>   | シクワーサー   | 大宜味村上原    | -         | -         | -         | -        | -  | -   | -       | 26          | 113      | 緑       | 滑        | 易       | 黄       | 7.8 | 5.6         | 14.6    | 多  |
| OH02 <sup>z</sup>                                    | 大宜味クガニー     | <i>C. depressa</i>   | シクワーサー   | 大宜味村嘉納    | -         | -         | -         | -        | -  | -   | -       | 22          | 116      | 黄緑      | 滑        | 易       | 黄       | 7.7 | 5.4         | 13.2    | 多  |
| OH03                                                 | イシクニブ       | <i>C. depressa</i>   | シクワーサー   | 大宜味村大保    | -         | -         | -         | -        | -  | -   | -       | 17          | 116      | 黄緑      | 滑        | 易       | 淡緑      | 8.0 | 6.4         | 5.6     | 多  |
| OH04                                                 | タニブタ        | <i>C. tachibana</i>  | タチバナ     | 大宜味村喜如嘉   | -         | -         | -         | -        | -  | -   | -       | 14          | 136      | 黄       | 滑        | 易       | 黄       | 5.5 | -           | 3.3     | 単  |
| OH06                                                 | 小核系         | <i>C. depressa</i>   | シクワーサー   | 大宜味村喜如嘉   | -         | -         | -         | -        | -  | -   | -       | 13          | 117      | 緑       | 滑        | 易       | 黄       | 7.7 | 5.3         | 2.0     | 多  |
| OH07                                                 | トークニブ       | <i>C. nobilis</i>    | クネンボ     | 名護市羽地     | -         | -         | -         | -        | -  | -   | -       | -           | -        | -       | -        | -       | -       | -   | -           | -       | 多  |
| OH08                                                 | ウンジュ        | <i>C. tarogayo</i>   | タロガヨ     | 名護市       | -         | -         | -         | -        | -  | -   | -       | 62          | 138      | 緑       | 滑        | 易       | 黄橙      | 8.2 | 2.4         | 1.4     | 多  |
| OH09                                                 | カーブチー       | <i>C. keraji</i>     | カーブチー    | 本部町伊豆味    | -         | -         | -         | -        | -  | -   | -       | 62          | 125      | 緑       | 粗        | 易       | 黄橙      | 7.9 | 1.9         | 14.3    | 多  |
| OH10                                                 | タロガヨ        | <i>C. tarogayo</i>   | タロガヨ     | 本部町伊豆味    | -         | -         | -         | -        | -  | -   | -       | 89          | 128      | 緑       | 滑        | 易       | 黄       | 7.6 | 2.4         | 15.8    | 多  |
| OH11                                                 | オートー        | <i>C. oto</i>        | オートー     | 本部町伊豆味    | -         | -         | -         | -        | -  | -   | -       | 69          | 122      | 緑       | 滑        | 易       | 淡緑      | 8.2 | 3.3         | 14.3    | 多  |
| OH12                                                 | 伊豆味クガニー     | <i>C. depressa</i>   | シクワーサー   | 本部町伊豆味    | -         | -         | -         | -        | -  | -   | -       | 24          | 130      | 緑       | 滑        | 易       | 黄       | 7.7 | 4.0         | 3.6     | 多  |
| OH13                                                 | タロガヨ        | <i>C. tarogayo</i>   | タロガヨ     | 本部町伊豆味    | -         | -         | -         | -        | -  | -   | -       | 85          | 124      | 黄緑      | 滑        | 易       | 黄橙      | 7.6 | 2.2         | 13.0    | 多  |
| OH14                                                 | ウンジュ        | <i>C. tarogayo</i>   | タロガヨ     | 本部町伊豆味    | -         | -         | -         | -        | -  | -   | -       | 75          | 128      | 緑       | 滑        | 易       | 黄橙      | 8.3 | 2.5         | 10.3    | 多  |
| OH18                                                 | ボンタン        | <i>C. maxima</i>     | ブンタン     | 本部町今帰仁    | -         | -         | -         | -        | -  | -   | -       | -           | -        | -       | 滑        | 難       | 赤       | -   | -           | -       | 単  |
| 石垣島 (2012年9月調査)                                      |             |                      |          |           |           |           |           |          |    |     |         |             |          |         |          |         |         |     |             |         |    |
| IG07                                                 | 不明          | <i>C. tachibana</i>  | タチバナ     | 石垣市伊土名    | 24.290    | 124.137   | 17        | 66       | 41 | 4.9 | 2.4     | 5           | 120      | 緑       | 滑        | 易       | 黄緑      | -   | -           | 1.0     | 単  |
| 小浜島 (2012年9月調査)                                      |             |                      |          |           |           |           |           |          |    |     |         |             |          |         |          |         |         |     |             |         |    |
| KH08                                                 | シクワーサー (8)  | <i>C. depressa</i>   | シクワーサー   | 竹富町大岳展望台横 | 24.208    | 123.587   | 107       | 72       | 41 | 5.0 | 1.9     | -           | -        | -       | -        | -       | -       | -   | -           | -       | -  |
| KH09                                                 | シクワーサー (9)  | <i>C. depressa</i>   | シクワーサー   | 竹富町クーヤ    | 24.212    | 123.584   | 19        | 78       | 39 | 4.7 | 1.9     | 25          | 115      | 緑       | 粗        | 易       | 黄緑      | -   | -           | 6.7     | -  |
| KH10                                                 | シクワーサー (10) | <i>C. depressa</i>   | シクワーサー   | 竹富町クーヤ    | 24.212    | 123.584   | 19        | 82       | 38 | 4.8 | 1.4     | 16          | 116      | 緑       | 粗        | 易       | 黄緑      | -   | -           | 6.2     | -  |
| 与那国島 (2012年9月調査)                                     |             |                      |          |           |           |           |           |          |    |     |         |             |          |         |          |         |         |     |             |         |    |
| YN01                                                 | ダマンニン       | <i>C. depressa</i>   | シクワーサー   | 与那国町比川    | 24.267    | 122.583   | 52        | 73       | 39 | 6.0 | 1.6     | 12          | 109      | 緑       | 滑        | 易       | 黄       | -   | -           | 8.2     | 多  |
| YN02                                                 | 比川ミカン       | <i>C. reticulata</i> | マンダリン    | 与那国町比川    | 24.268    | 122.583   | 46        | 71       | 44 | 5.9 | 2.7     | 45          | 118      | 緑       | 中        | 易       | 黄       | -   | -           | 11.5    | 多  |
| YN03                                                 | タモチャ        | <i>C. aurantium</i>  | タイダイ     | 与那国町粗内    | 24.277    | 123.001   | 34        | -        | -  | -   | -       | -           | -        | -       | -        | -       | -       | -   | -           | -       | -  |
| YN04                                                 | レモン         | <i>C. meyeri?</i>    | マイヤーレモン? | 与那国町粗内    | 24.277    | 123.001   | 34        | -        | -  | -   | -       | -           | -        | -       | -        | -       | -       | -   | -           | -       | -  |

<sup>z</sup> 太字・下線の系統は鹿児島大学農学部附属農場唐湊果樹園で保存。



ン (KK15) がシクワサーであれば、黒島から与那国島まで分布が認められた。コズミカン (KK15) がシクワサーでない場合、奄美大島以南に分布することとなる。南西諸島においては与那国島が西端となるが、シクワサーは台湾にも自生している (田中, 1948)。実際に、筆者ら (北島・山本, 未発表) も現地遺伝資源調査で台湾のシクワサーを確認しており、シクワサーは南西諸島から台湾まで広範囲に分布していることが再確認できた。シクワサーは種内に多様性が存在することが知られている (山本ら, 1998; Yamamoto ら, 2011)。従って、本調査ではシクワサーについて最も多くの点数を調査収集した。調査場所や時期が異なり、環境的要因の影響は受けるもの調査時点でも多様な果実形質が認められた。本研究での調査系統と以前に収集した系統を併せた21系統のシクワサーのDNA分析の結果 (Yamamoto ら, 2017) では、種内における多様性が確認されている。ただし、シクワサー全系統は対照の他種とは明確に区別され、シクワサーの独自性も明らかにされている。シクワサーについてはアイソザイム分析 (Yamamoto ら, 2011) や染色体分析 (Yamamoto・Tominaga, 2003) でも他の地域原産のカンキツとは区別できることが報告されている。このようにシクワサーは世界の他の地域には認められない貴重な遺伝資源である。

沖縄本島および石垣島で調査したタチバナもこの地域特有の遺伝資源である。九州、四国および本州に分布するタチバナが多胚性であるのに対して、沖縄のものは単胚性である特徴を備える。このタチバナは田中 (1957) によって報告され、寺本 (稲福) ら (2010) によって再発見されたものである。本研究でも寺本 (稲福) ら (2010) に準拠してタチバナとしたが、前述のDNA分析 (Yamamoto ら, 2017) では一般的なタチバナよりもシクワサーに近縁となる結果が得られている。従って、沖縄のタチバナの分類については更なる研究が必要である。

導入種ではクネンボとダイダイは多くの地域で確認できた。本研究では鹿児島大学農学部で保存しているものと果実形質が似通っている場合は調査しなかった。この2種は九州以北にも広く分布している。クネンボがベトナムを、ダイダイがインドをそれぞれ原産としていることから (田中, 1948)、これらは南西諸島を経由して我が国に伝播した可能性が高い。同様に、黒島の黒島ミカンや甌島のコウズミカン等のクロシマミカン遺伝資源も広範囲に分布していた。これは果実形質から中国由来のマンダリンと考えられる。前回の調査 (山本ら, 2006) と併せると、徳之島以北に分布しており、多くの地域で、クロシマミカンあるいはシマミカンと呼ばれている。最北の確認地は長島である。奄美大島では以前は小規模園地で栽培されていたが、現在では減少している。一方、黒島では果実特有の香気を活かした加工品が開発され、島おこしの素材として注目されている。いずれのクロシマミカンも同様の果実形質を示し、DNA分析によって

も区別できなかった (谷ら, 2018)。ブンタンも比較的広く分布していた。ブンタンには果肉がクリーム色の白肉種と桃～紅色の赤肉種が存在するが、甌島、喜界島、加計呂麻島および沖縄本島の調査系統はいずれも赤肉であった。ただし、聞き取り調査では白肉種の存在も確認できたので、島嶼部のブンタンがすべて赤肉種であるわけではない。

本研究で初めてシトロン遺伝資源が確認できた。黒島のユリミカンである。シトロンはインド原産であり、わが国にも古くに渡来したようである (田中, 1946)。耐寒性に欠けるため、九州以北では越冬が困難とされている。それ以南では露地で生育可能であるが、黒島以外では確認することはできなかった。調査樹は挿し木または取り木樹であり、果実を正月にお供えとして飾るとのことで、大切に栽培されていた。このユリミカンの特性を明らかにするとともに、他の地域でのシトロン遺伝資源の有無についても調査を続ける必要がある。

自生のシクワサーと渡来したクネンボを親として発生した偶発実生由来種が、カーブチー、タロガヨおよびオートである (Yamamoto ら, 2011)。このうちカーブチーは中之島から沖縄本島までの多数の島で栽培されていた。各島で呼称が異なることから (山本ら, 2006)、栽培の歴史は長いと考えられる。一方、タロガヨは沖縄本島でのみ確認できた。今回の調査で興味深いのはオートーの分布である。従来、沖縄本島、与論島および沖縄永良部島で確認されていたが、今回の調査で甌島のシロミカンがオートーの可能性が高くなった。DNA分析でもシロミカンがオートーである可能性は高い (谷ら, 2018)。徳之島以北では確認されていないことから、シロミカンは人を介して伝播した可能性が高い。その他にも、甌島のヤマタテ、ガラガラミカンおよびトウミカン、黒島のカワバタおよび八月ミカン並びに与那国島の比川ミカンのように他では見ることのない島固有の遺伝資源も存在した。特に黒島の調査系統は果実を確認していないため、今後保存樹の果実形質について調査する必要がある。さらに、採取した葉のDNA分析による遺伝的特性解明も重要である。

以前までの収集分も併せて、鹿児島大学農学部附属農場唐湊果樹園における鹿児島県島嶼部および沖縄県由来の在来カンキツ保存樹は60点以上となった。今回の調査が2回目となる加計呂麻島および与論島では前回調査の供試樹の一部が枯死していた。このことから、遺伝資源保存の重要性を痛感した。2020年現在、保存樹の約半数は安定して開花・結実している。現在、これらの果実特性を解明し、その利用を図るための研究を推進しており (山本・西口, 2017)、果実に含まれる機能性成分であるポリメトキシフラボノイドの含有量を報告した (Yamamoto ら, 2019)。本研究の調査系統では2008年調査の保存樹は安定して開花・結実しており、2012年調査保存樹は開花している。また、穂木導入の甌島および黒島由来の保存樹は開花を始めたが、樹体が小さく、安定した結実までにはあと数年を要すると考えられる。これ

らについても、果実中の機能性成分等を分析する予定である。加えて、DNA 分析によって、類縁関係の解明や分類も実施していく。

以上のように、筆者らの調査によって鹿児島から沖縄に至る島嶼部におけるカンキツ遺伝資源の分布をある程度解明することができた。さらに、保存樹は開花・結実を開始しており、果実特性検討の材料として有効利用が可能である。単なる遺伝資源の保存にとどまることなく、在来カンキツ遺伝資源が備える特長を解明することによって、カンキツを用いた地域振興の一助になることを目指して研究を推進する予定である。

## 要 約

鹿児島県および沖縄県に位置する11島において2008年から2018年にかけて在来カンキツ遺伝資源の調査および収集を実施した。調査した在来カンキツは、甌島の9点、黒島の11点、種子島の1点、喜界島の4点、奄美大島の3点、加計呂麻島の8点、与論島の17点、沖縄本島の14点、石垣島の1点、小浜島の3点および与那国島の4点の計75点であった。調査系統ではシクワサーが最も広く分布しており、果実形質の多様性も確認できた。黒島のユリミカンは唯一確認できたシトロン遺伝資源であった。他にも島固有のマングリン遺伝資源も確認できた。多様なシクワサーを含めて調査系統のうち主要なものの31点を鹿児島大学農学部附属農場唐湊果樹園で保存した。内訳は甌島の3点、黒島の9点、奄美大島の2点、加計呂麻島の1点、与論島の5点、沖縄本島の8点、小浜島の2点および与那国島の1点である。このうち約半数がシクワサーであった。

## 謝 辞

現地調査において多数の方の協力を得た。ここ深謝の意を表す。また、本研究は科学研究費（19405019, 24405025）、平成24年度植物遺伝資源探索事業および鹿児島大学島嶼教育センター小島嶼の自立性予算で実施した。

## 引用文献

鹿児島県農政部農産園芸課, 2019. 果樹生産統計資料 (平成29年産実績). p. 52. 鹿児島県.  
喜多正幸・山本雅史・稲森博行・坂上陽美・関田俊治・田原章貴・實 浩希. 2013. 鹿児島県奄美群島における在来カンキツ遺伝資源の探索収集. 植探報. 29: 107-117.  
國賀 武. 2010. カンキツ. p. 431-461. 鶴飼保雄・大澤 良編著. 品種改良の世界史・作物編. 悠書館. 東京.  
國賀 武. 2013. カンキツ. p. 345-377. 鶴飼保雄・大澤 良編著. 品種改良の日本史. 悠書館. 東京.

Shimizu, T., A. Kitajima, K. Nonaka, T. Yoshioka, S. Ohta, S. Goto, A. Toyoda, A. Fujiyama, T. Mochizuki, H. Nagasaki, E. Kaminuma and Y. Nakamura. 2016. Hybrid origins of citrus varieties inferred from DNA marker analysis of nuclear and organelle genomes. PLoS ONE 11: e0166969. doi:10.1371/journal.pone.0166969  
Swingle, W. T. and P. C. Reece. 1967. The botany of *Citrus* and its wild relatives. p. 190-430. In: Reuther, W., H. J. Webber and J. D. Batchelor (eds.). The Citrus Industry 1. University of California. Berkeley.  
田中長三郎. 1926. 日本領土の野生柑橘について. 九州帝大農学芸雑. 2: 51-58.  
田中長三郎. 1957. 琉球の柑橘 (琉球柑橘豫察報文). p. 1-61. 琉球政府経済局. 沖縄.  
Tanaka, T. 1977. Fundamental discussion of citrus classification. Stud Citrol. 14: 1-6.  
田中諭一郎. 1946. 日本柑橘図譜 (上巻). p. 99-102. 養賢堂. 東京.  
田中諭一郎. 1948. 日本柑橘図譜 (下巻). p. 294-300, 424-427, 481-484. 養賢堂. 東京.  
谷 佳那美・香西直子・山本雅史. 2018. CAPS 分析による鹿児島県島嶼域在来カンキツ類の類縁関係の解明. 園学研. 17別 2: 414.  
寺本 (稲福) さゆり・山本雅史・金城秀安・北島 宣・和田浩二・川満芳信. 2010. 沖縄本島北部のカンキツ遺伝資源およびそのポリメトキシフラボン含量. 園学研. 9: 263-271.  
津田勝男. 2017. 薩南諸島のゴマダラカミキリ類と農業被害. p. 18-35. 鹿児島大学生物多様性研究会編. 奄美群島の外来生物 生態系・健康・農林水産業への脅威. 南方新社. 鹿児島.  
山本雅史. 2018. 薩南諸島のカンキツ. p. 218-230. 鹿児島大学生物多様性研究会編. 奄美群島の野生植物と栽培植物. 南方新社. 鹿児島.  
Yamamoto, M., R. Kouno, T. Nakagawa, T. Usui, T. Kubo and S. Tominaga. 2011. Isozyme and DNA analyses of local *Citrus* germplasm on Amami Islands, Japan. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 80: 268-275.  
山本雅史・久保達也・富永茂人. 2008. 沖永良部島における在来シクワリブ (*Citrus depressa* Hayata) 遺伝資源の調査. 鹿児島大学農場研報. 30: 15-17.  
山本雅史・松尾洋一・國賀 武・松本亮司・山田彬雄. 1998. シクワシャー類のアイソザイム及び RAPD 分析. 果樹試報. 30・31: 39-51.  
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. 鹿児島大学農場研報. 29: 5-11.  
山本雅史・西口奈月. 2017. 奄美群島在来カンキツ類の果実特性. 園学研. 16別 2: 108.  
Yamamoto, M., N. Nishiguchi, A. Shimada and R.

- Matsumoto. 2019. Polymethoxylated flavone content of major cultivars and local accessions of citrus cultivated in Kagoshima, Japan. Hort. J. 88: 320–328.
- Yamamoto, M., A. Takakura, A. Tanabe, S. Teramoto and M. Kita. 2017. Diversity of *Citrus depressa* Hayata (Shiikuwasha) revealed by DNA analysis. Genet. Res. Crop Evol. 64: 805–814.
- Yamamoto, M. and S. Tominaga. 2003. High chromosomal variability of mandarins (*Citrus* spp.) revealed by CMA banding. Euphytica 129: 267–274.



## 葉や土壤に付着した桜島の降灰が栽培作物の生育に及ぼす影響

黒瀬絵里奈・志水勝好\*

鹿児島大学農学部 鹿児島市郡元1-21-24

### Effect of the Ash Fall on Leaves and Soil by Sakurajima Volcano on Cultivating Crops Growth.

KUROSE Erina and SHIMIZU Katsuyoshi\*

Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto 1-24-24, Kagoshima city, 890-0065

#### Summary

Sakurajima is the volcano in the gulf of Kagoshima, and is increase erupting times and ash falls, recently. Ash falls affects agricultural production of Sakurajima farmers. Therefore we tried to make clear the mechanisms of fallen ash to typical 5 vegetables in Sakurajima, soy (*Glycin max* Merr.cv. Fukunomame), maize (*Zea mays* L. cv. luncher 82), egg plant (*Solanum melnigena* L.cv. Kokuyou), bell pepper (*Capsicum annuum* L.cv. Kyousuzu), and tomato (*Solanum lycopersicum* L. cv. Red ole). We cultivated them in the glass house at Kagoshima University Experimental Farm. As ash treatments, we dredged plant + soil(PS) or soil(S) with ash. As a result, there were no differences of plant lengths or main stem length between control and treatments after treatment started. In PS treatment, leaves surface were observed by a microscope. Some stellate hairs of egg plant and trichomes of tomato were observed and they prevented ash on the surface of leaves from being blown away by wind. It was estimated that some stellate hairs and trichomes would keep ash on the surface of leaves, and ash might inhibit the evaporation of stomata, then photosynthetic rate would decrease and plant growth and production might decrease.

**Key Words:** Ash fall, Stellate hair, Trichome

キーワード：降灰, 星状毛, 葉毛

#### 緒言

桜島は始良（あいら）カルデラ（南北17 km, 東西23 km）の南縁部に生じた安山岩～デイサイトの成層火山で、北岳、中岳、南岳の3峰と権現山、鍋山、引ノ平などの側火山からなり、人口が密集する鹿児島市の市街地に近接している（気象庁, 2020a）。1914年（大正3年）の噴火前、桜島は鹿児島湾内の火山島であったが、大正噴火で流出した溶岩により大隅半島と陸続きになった。現在は東西12.2 km, 南北9.5 km, 周囲52 kmの不規則な楕円形の小半島となっている（気象庁, 2020a）。桜島は2008年以降活発な噴火活動が継続しており、噴出物（火山ガス・火山灰・火山礫・噴石など）や爆発時の空振、また、二次災害としての土石流などにより各方面に被害を及ぼしている（気象庁, 2020a）。

桜島の主要農産物の生産額は、降灰の被害が少なかった昭和45年に763万円であったのが、降灰の被害が拡大した10年間で381万円（昭和54年）となった（石村, 1985）。近年桜島では噴火回数が激増しており、2010年から2019年の10年間で、1年あたり平均約792回の噴火を起こしている（気象庁, 2020b）。気象庁（2020b）によると2015年には過去最多噴火回数を更新し、その噴火回

数は1252回、降灰量は23,886g m<sup>-2</sup>を記録した（鹿児島県, 2020a）。

鹿児島県の経済を支えている農産業に降灰による被害が出ることは、鹿児島県全体の経済に影響を及ぼすことになる。そこで、降灰が農作物にもたらす被害を分析することは、桜島の活動が激化している現在において重要な課題であると考えられる。鹿児島県（2020b）は、降灰が農作物に及ぼす被害の軽減対策として、作物に堆積した灰をブロワーによる送風や動噴による高圧散水等により除灰すること、散水の場合は、十分な水量で行うなどを推奨しており、他に手で拭きとるなどが行われているが、水道や電気など設備や人などが必要な対策がほとんどで、資金不足や人手不足が問題となっている現在の農業にはもっと簡便な方法が望まれる。

そこで本研究では、新しい降灰対策技術を考察するため、火山灰が農作物の生育に及ぼす影響を分析し、その作用機作を明らかにすることを目的とした。具体的には、作目が豊富な夏季において栽培する主要な畑作物を5種選び、降灰処理を行い、火山灰が作物の生育に及ぼす影響を及ぼすかを調査した。

また、堆積した灰に雨水が加わると土壤の通気性が悪化すること、有機物が含まれていないために地力消耗が著しいこと、土壤含有物が酸化することによる土壤の酸性化などが報告されている（坂上, 1987）。そこで降灰処理により降灰が土壤にもたらす影響を土壤のpHとECの値を測定し、調査した。

2020年9月14日受付

2020年12月2日受理

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

## 材料および方法

供試作物として、ダイズ (*Glycin max* Merr.cv. 福の豆), トウモロコシ (*Zea mays* L. cv. ランチャー82), ナス (*Solanum melnigena* L.cv. 黒陽), ピーマン (*Capsicum annuum* L.cv. 京鈴), トマト (*Solanum* L. cv. レッドオーレ) を用いた。栽培実験は鹿児島大学農学部圃場内のガラスハウス室内で行った。2019年5月21日に各作物3粒ずつボラ土4kgを充填した1/2000aワグネルポットに播種した。基肥として化成肥料(くみあい高度化成肥料14:14:14, 14g N m<sup>-2</sup>, 14g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> m<sup>-2</sup>, 14g K<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>)を各3g施肥した。栽培中は朝と夕方の2回、水道水各200mlを灌水した。発芽後随時間引きを行い、各ポット1植物体として、7月2日に火山灰を各作物に散布した。新聞紙でポットを囲み、できるだけ灰が外に散ることが無いようにした。処理した火山灰は鹿児島大学農学部内研究棟数箇所の雨が当たらない軒下の吹きだまりに堆積したもので、夾雑物の見られなかった表面から採取したものをを用いた。また、散布した灰の量は2009年～2018年の4月～10月の平均月降灰量である154gとした。処理区として、土壌のみに灰を散布した土壌散布区(土壌散布区)、植物体全体に灰を散布した植物表面散布区のを設け、各処理6反復とした。

生育調査を7月2日(播種後42日)から、ダイズとトウモロコシは8月6日まで、ナス、ピーマンとトマトは8月20日まで、一週間毎に草丈または主茎長を測定した。ダイズとトウモロコシは8月6日(播種後78日)、ナス、ピーマンとトウモロコシは8月20日(播種後92日)に収穫し、80℃で48時間通風乾燥した後、各作物の葉、茎、根の乾物重を測定した。葉の表面の灰の付着の様子を観察するため、7月8日(降灰処理から6日後)に対照区と各作物の植物散布区の葉を1枚ずつ採取し、双眼顕微鏡(EM-30, メイジテクノ株式会社)で観察した。降灰が土壌に及ぼす影響について調査することを目的とし、土壌のpHおよびEC(電気伝導度)を調べた。対照区および処理区の各ポットから20gずつ土壌を採取

し、水50mlを加えて30分間浸とうさせた。その後、軽く振とうして懸濁液とし、pHメーター(AGRITEST, Hanna Instruments JAPAN)によりpHを測定した。この懸濁液に水50mlを加えて振とうさせ、ECメーター(PCD-431, 佐藤商事株式会社)でEC値を測定した。

## 結果

ダイズの主茎長の推移は3処理間で差は見られず、植物散布区の推移は全期間を通して低い傾向を示した(第1図)。葉の乾物重は対照区に比し植物散布区に低い傾向が見られ、土壌散布区は低かった(第1表)。茎の乾物重は対照区に比較して土壌散布区と植物散布区は低くなった(第1表)。総地上部乾物重は対照区より植物散布区は低くなった。葉の収量(収穫物)には処理間の差は見られなかった(第1表)。植物散布区の葉の表面観察では葉の中央に多く、葉脈に沿い、灰が付着しており、外縁に向けて灰の付着が減少なくなっていた(第2図)。葉の表面には葉毛が存在し、その周辺に灰が付着していた(第3図)。

トウモロコシは7月6日に雄花序の抽出開花が始まり、7月11日には全ての個体が開花した。草丈は3処理間で差は見られなかった(第4図)。トウモロコシの乾物重は全ての部位で差は見られなかった。穂収量にも差が見られなかった。植物散布区の葉では葉身の中肋(中心部の葉脈)で灰の付着は多く、外縁部ではほとんど蓄積は見られなかった(第5図)。光学顕微鏡の観察により、葉の中央部分は他の作物と同じように、葉脈に沿って灰が付着していた。(第6図)。

ナスは7月8日に開花が始まり、7月19日に全ての個体が開花した。処理開始から21日目までは土壌散布区の主茎長が大きい傾向があったが、その後低く推移し、収穫時には3処理の主茎長は差が見られなくなった(第7図)。茎および根の乾物重は土壌散布区と植物散布区の間には差は見られなかったが、両処理区共に対照区に比較し低かった(第1表)。収量(収穫物)には対照区と比

第1表 ダイズ, ナス, ピーマンの各部位乾物重

| 作物   | 処理区   | 乾物重 (g) |    |     |   |     |    |      |   |       |   |         |   |        |    |
|------|-------|---------|----|-----|---|-----|----|------|---|-------|---|---------|---|--------|----|
|      |       | 葉       |    | 茎   |   | 根   |    | 収穫物  |   | 地上部 * |   | 総地上部 ** |   | 合計 *** |    |
| ダイズ  | 対照区   | 2.3     | a  | 4.1 | a | 2.6 | a  | 11.8 | a | 11.8  | a | 18.2    | a | 20.8   | a  |
|      | 土壌散布区 | 0.6     | b  | 2.9 | b | 2.2 | a  | 12.4 | a | 12.4  | a | 15.9    | a | 18.1   | ab |
|      | 植物散布区 | 1.4     | ab | 2.9 | b | 1.9 | a  | 10.5 | a | 10.5  | a | 14.8    | b | 16.8   | b  |
| ナス   | 対照区   | 3.7     | a  | 5.6 | a | 4.1 | a  | 3.6  | a | 9.3   | a | 18.7    | a | 22.9   | a  |
|      | 土壌散布区 | 2.4     | a  | 4.0 | b | 2.7 | ab | 3.2  | a | 6.5   | a | 13.0    | a | 15.7   | a  |
|      | 植物散布区 | 2.7     | a  | 3.8 | b | 2.5 | b  | 2.1  | a | 6.5   | a | 13.1    | a | 15.6   | a  |
| ピーマン | 対照区   | 3.0     | a  | 4.2 | a | 3.4 | a  | 3.1  | a | 7.3   | a | 14.6    | a | 18.0   | a  |
|      | 土壌散布区 | 3.7     | a  | 4.2 | a | 3.3 | a  | 4.4  | a | 8.0   | a | 16.0    | a | 19.3   | a  |
|      | 植物散布区 | 1.6     | b  | 3.9 | a | 2.2 | a  | 2.3  | a | 5.6   | a | 11.1    | a | 13.4   | a  |

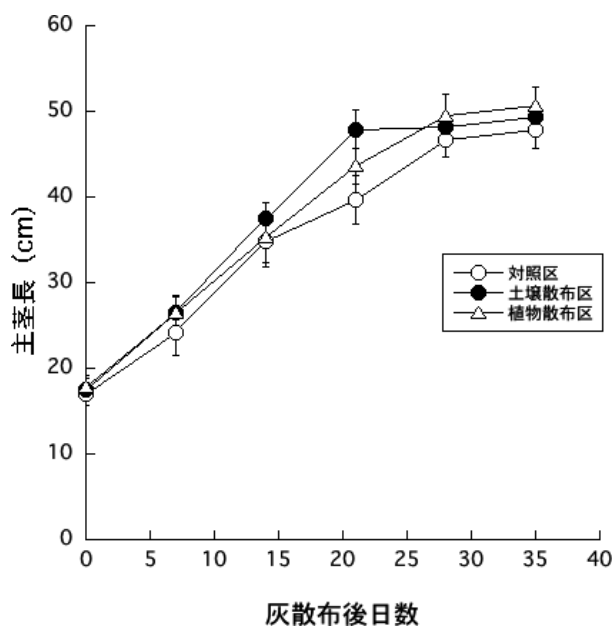
同一アルファベットはTukey法により各部位間で5%水準で有意でないことを示す。

対照区(n=4) 土壌散布区: 土壌表面散布区(n=6), 植物散布区: 植物表面散布区(n=5)。

\* : 葉の乾物重+茎の乾物重。

\*\* : 葉の乾物重+茎の乾物重+収穫物の乾物重。

\*\*\* : 葉の乾物重+茎の乾物重+収穫物の乾物重+根の乾物重。

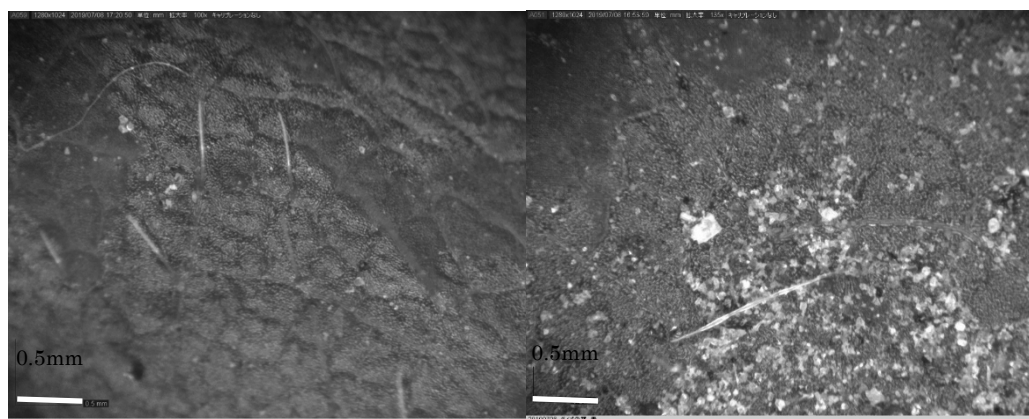


第1図 ダイズの主茎長の推移

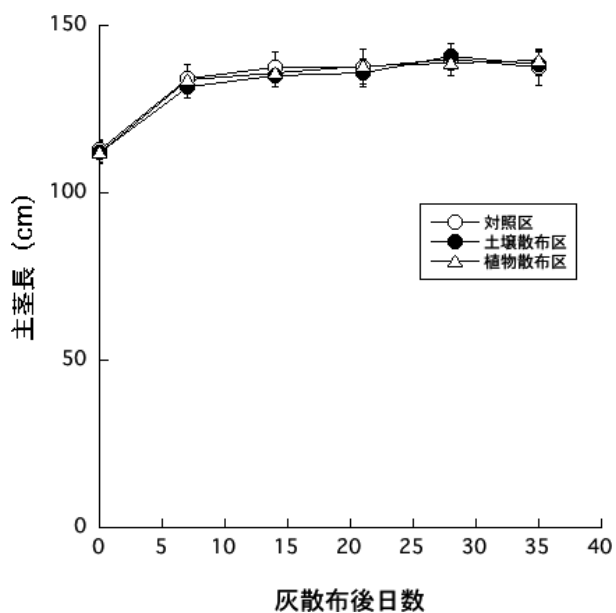
垂線は標準誤差を示す。(対照区 n=6, 土壌散布区 n=6, 植物散布区 n=6)



第2図 植物散布区のダイズの葉の様子



第3図 対照区（左）および植物散布区（右）のダイズの葉の表面の様子



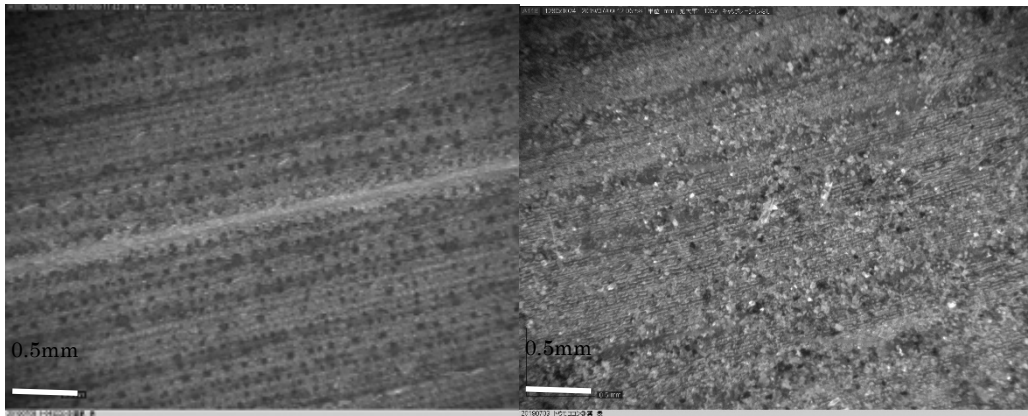
第4図 トウモロコシの草丈の推移

垂線は標準誤差を示す。(対照区 n=6, 土壌散布区 n=6, 植物散布区 n=6)

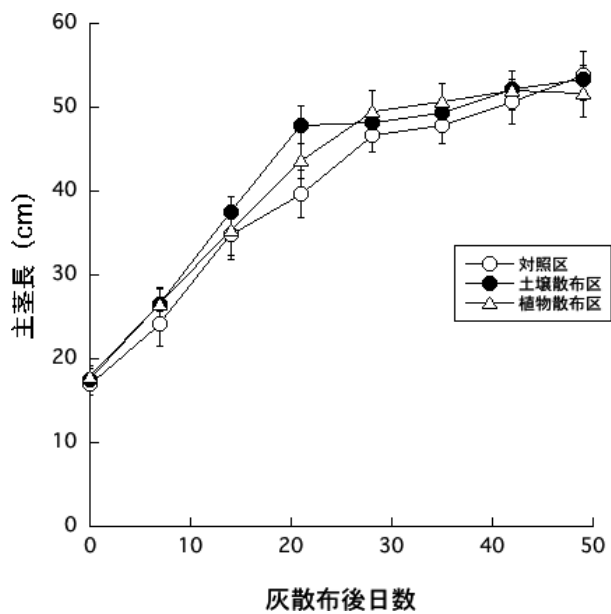


第5図 降灰処理後のトウモロコシの様子





第6図 対照区（左）および植物散布区（右）のトウモロコシの葉の表面の様子

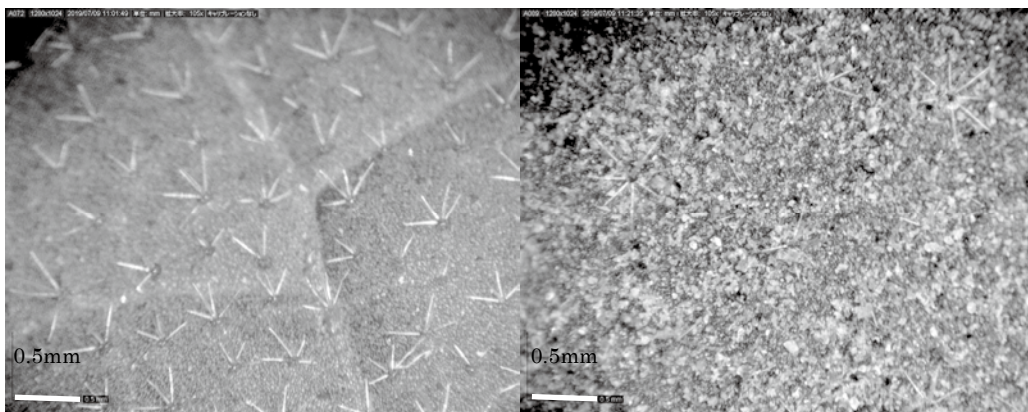


第7図 ナスの主茎長の推移

垂線は標準誤差を示す。(対照区 n=6, 土壌散布区 n=6, 植物散布区 n=6)



第8図 降灰処理後のナスの様子



第9図 対照区（左）および植物散布区（右）のナスの葉の表面の様子



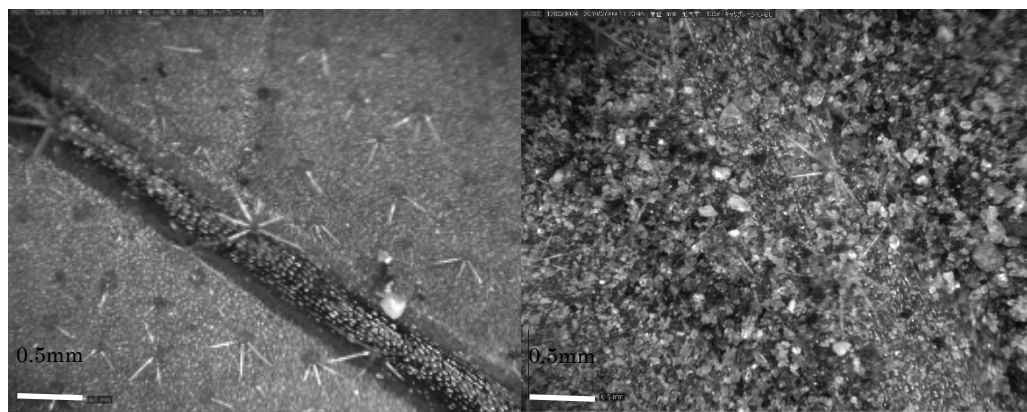
較して植物散布区では有意差は見られなかったが低い傾向があった（第1表）。植物散布区の葉では灰が葉脈に沿いつ着していた（第8図）。葉の表面に星状毛と呼ばれるトゲのような葉毛が存在しており、その周辺に灰が付着していた（第9、10図）。

ピーマンは7月10日に開花が始まり、7月22日に全ての個体が開花した。処理開始から21日目までは植物散布区では主茎長は低かったが、21日を過ぎてから高く推移した（第11図）。葉の乾物重は対照区と土壌散布区には差は見られなかったが、植物散布区は低かった（第1表）。収穫物の乾物重は差は見られなかった（第1表）。植物散布区の葉の灰の付着はほとんど見られなかった（第12図）。光学顕微鏡で表面を観察したところ、葉毛の存在は見られず葉脈沿いに付着するのみであった（第13図）。

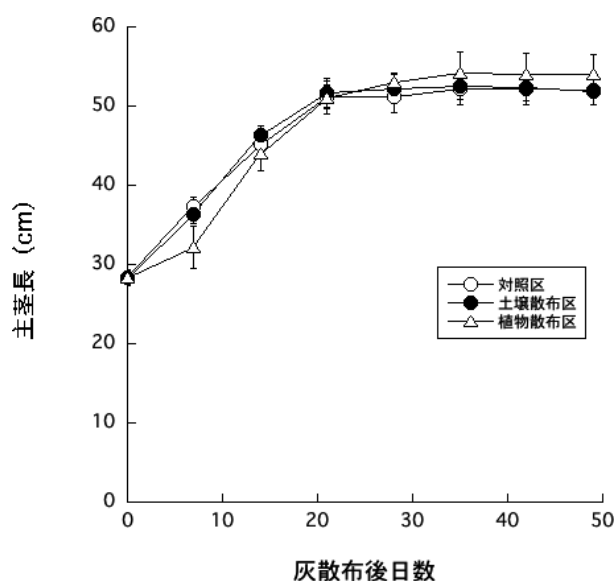
トマトは7月8日に開花が始まり、7月26日全ての個体が開花した。結実是对照区3個体、土壌散布区3個体、植物散布区で1個体のみ見られたが、乾物重に差は見られなかった（第1表）。全期間を通して植物散布区の主

茎長が高く推移する傾向があり、土壌散布区の主茎長が低い傾向が見られた（第14図）。植物散布区の葉に灰が広く付着した（第15図）。光学顕微鏡での観察では葉脈と茎にも葉毛が存在が確認でき、その周辺に灰が付着していた（第16図）。

土壌のpHの測定結果について、どの作物も処理区間で統計的な差は見られなかった（ダイズ：6.1~6.2, トウモロコシ：6.6~6.8, ナス：6.5~6.8, ピーマン：6.4~6.7, トマト：6.5~6.7）。土壌ECについて、どの作物も処理区間で統計的な差は見られなかった（ダイズ：51~139 mScm<sup>-1</sup>, トウモロコシ：26~42 mScm<sup>-1</sup>, ナス：41~50 mScm<sup>-1</sup>, ピーマン：41~50 mScm<sup>-1</sup>, トマト：39~55 mScm<sup>-1</sup>）。



第10図 対照区（左）および植物散布区（右）のナスの葉の葉脈付近の様子

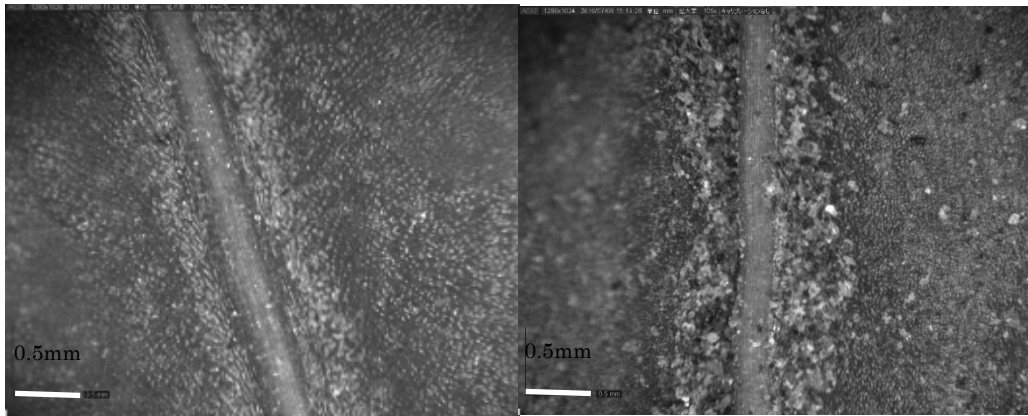


第11図 ピーマンの主茎長の推移

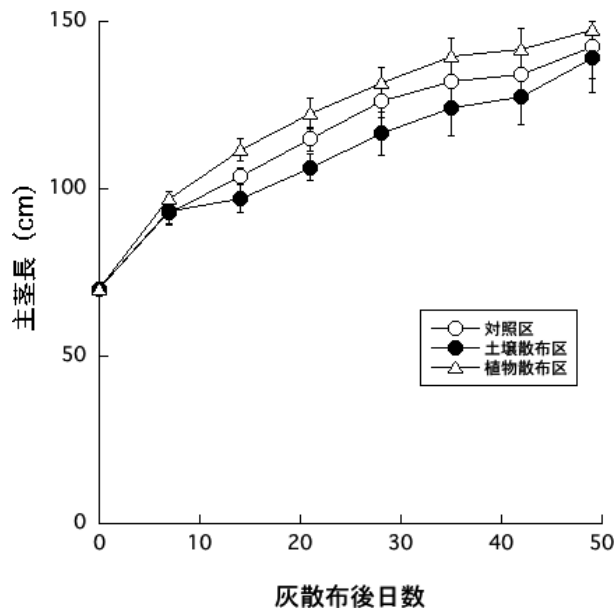
垂線は標準誤差を示す。（対照区 n=6, 土壌散布区 n=6, 植物散布区 n=6）



第12図 降灰処理後のピーマンの様子



第13図 対照区（左）および植物散布区（右）のビーマンの葉の葉脈付近の様子

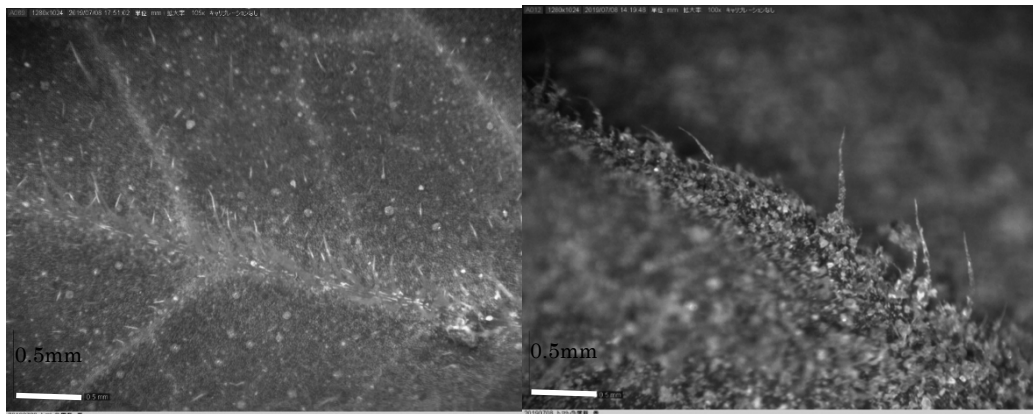


第14図 トマトの主茎長の推移

垂線は標準誤差を示す。(対照区 n=6, 土壌散布区 n=6, 植物散布区 n=6)



第15図 降灰処理後のトマトの様子



第16図 対照区（左）および植物散布区（右）のトマトの葉の葉脈付近の様子

### 考察

全ての作物において、草丈または主茎長の推移に処理間の差は見られなかった（第1, 4, 7, 11, 14図）。草丈、主茎長への灰の影響は小さいものと推察したが、

収穫時の乾物重については、ダイズ、ナス、およびビーマンについて降灰処理が影響し減少が見られた（第1表）。降灰処理の作用機作を調べるため、灰の付着について植物散布区の葉を観察したところ、全ての作物において灰は葉脈に沿って付着していた（第2, 5, 8, 12, 15

図)。また、葉に発生する葉毛の有無や葉の形態によって灰の付着の仕方に差が出ていた(第3, 9, 10, 16図)。これらのことから、作物の種類によって灰の付着・堆積の仕方が異なり、付着・堆積した灰により表面が覆われ遮光されたり、気孔が塞がれることが観察できた。その結果、蒸散、ガス交換が阻害され、特に光合成による同化産物生産への影響が生じている可能性が考えられた。今回の葉の観察からトウモロコシなどのような形状のイネ科の葉では堆積した灰は風や雨水により容易に払拭されるため、降灰の影響が小さいことが予想されるが、星状毛が発生するナスは灰が自然には剥離せず、人為的な洗浄行為が必要なものと考察した。従って、降灰が多い地域で、設備がなく洗浄行為が困難な場合、はトウモロコシやピーマンなど葉に灰が付着・堆積しにくい、簡易な手段で洗浄できる葉の形態の作物を栽培するなど、作目の選択が重要であるものと考察した。

土壌のpHへの影響について、宮内・長田(1983)は桜島島内5箇所、対岸の鹿児島市の3箇所で採取(降灰)期日の異なる計13点と鹿児島県農業試験場から分譲された灰試料を加え66点のpHを調べたところ7~3とかなり広いpH域を示した。これは灰のpHは降灰の期日や場所により大きく変動することを示していた。本研究では、降灰処理後の土壌のpHと電気伝導度に各処理間で差は見られなかったことから、灰が土壌を通じて農作物に及ぼす影響は低かった。しかしながら宮内・長田(1983)や木下ら(2012)の報告のように低pHの灰が観察される場合があり、低pHの灰による土壌または土壌水を通じての根への影響、また葉に付着・堆積した低pH灰の影響を明らかにすることが今後の課題である。

坂上(1987)は、農作物を保護する技術の確立と同時に、防災営農対策の強力な推進、施設化、水手当を前提とした長期的展望に立った農業基盤整備の推進等、恒久的対策がぜひとも必要とされているとしている。しかしながら降灰の農作物への影響の回避のための施設整備には多額の費用と時間を要することから、今後の研究課題として廉価な回避技術を開発すること、他の作物や果樹(桜島小みかん、早稲温州みかん、びわ等)における葉の形態と灰の付着の仕方、降灰の生育・果実品質への影響評価、そして灰が付着した葉の光合成測定法の開発などの必要性が明らかとなった。

## 要約

桜島は鹿児島湾内の火山であるが、近年噴火回数が激増しており降灰が農作物に生育・収量にもたらす被害の作用機作を分析することは被害軽減のため重要である。そこで夏作物の5作物を選び、降灰処理を行い、火山灰が作物の生育にどのような影響を及ぼすかを調査した。供試作物として、ダイズ(*Glycin max* Merr.cv. 福の豆)、トウモロコシ(*Zea mays* L. cv. ランチャー82)、ナス(*Solanum melnigena* L.cv. 黒陽)、ピーマン(*Capsicum annuum* L. cv. 京鈴)、トマト(*Solanum lycopersicum* L.

cv. レッドオーレ)を用い、栽培実験を鹿児島大学農学部圃場内のガラスハウス室内で行った。処理区として、土壌のみに灰を散布した土壌表面散布区(土壌散布区)、植物体全体に灰を散布した植物表面散布区を設けた。その結果、処理開始後の草丈または主茎長の推移に統計的な差は見られなかった。しかし収穫時の乾物重は、処理による影響により減少傾向が見られた。灰の付着について葉を観察したところ、全ての作物において灰は葉脈に沿って付着していた。特に葉に発生する葉毛の有無や葉の形態によって灰の付着の仕方に差が見られた。これらのことから、葉毛や星状毛などがある葉が灰の付着により表面が覆われ気孔が塞がれることにより光合成が阻害され、同化産物生産への影響が生じている可能性が考えられた。

## 引用文献

- 鹿児島県. 2020a. 桜島降灰量観測結果(H20~)平成28年観測結果. [Online] <http://www.pref.kagoshima.jp/aj01/bosai/sonae/sakurajima/sakurajimakouhairyou2.html> (2020年7月30日閲覧)
- 鹿児島県. 2020b. 活動火山噴火(降灰)による農作物等の被害防止対策について. [Online] <http://www.pref.kagoshima.jp/ag01/sangyo-rodo/nogyo/nogyo/kohai/06001002.html> (2020年7月30日閲覧)
- 木下篤彦・大野亮一・佐藤亜貴夫. 桜島における火山灰の移動・堆積過程とpH変動について. 平成23年度砂防学会研究発表会概要集. 76-77.
- 気象庁. 2020a. [Online] [https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/fukuoka/506\\_Sakurajima/506\\_index.html](https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/fukuoka/506_Sakurajima/506_index.html) (2020年7月30日閲覧)
- 気象庁. 2020b. 桜島の月別の噴火回数. [Online] [https://www.jma-net.go.jp/kagoshima/vol/data/skr\\_erp\\_num.html](https://www.jma-net.go.jp/kagoshima/vol/data/skr_erp_num.html) (2020年7月30日閲覧)
- 石村満宏. 1985. 桜島の降灰被害に伴う地域農業の変化. 地学雑誌. 94: 256-265.
- 宮内信史・長田智子. 1983. 桜島の降灰が土壌におよぼす影響について. 鹿大農學術報告. 33: 221-227.
- 難波直彦. 1978. 桜島の降灰と農業災害. 農土誌46: 2-4.
- Nature Log [Online] [naturelog.main.jp/plants409.html](http://naturelog.main.jp/plants409.html) (2020年1月28日閲覧)
- 坂上千之. 1987. 桜島火山対策. 農土誌. 55: 671.



資 料

## 附属農場から発信する学部横断的な食育啓発への取り組み

石井大介<sup>1\*</sup>・富永 輝<sup>1</sup>・松元里志<sup>1</sup>・柳田大輝<sup>1</sup>・飯盛 葵<sup>1</sup>・関 綾子<sup>1</sup>・  
野川恵美子<sup>1</sup>・片平清美<sup>1</sup>・上川畑花恵<sup>2</sup>・安松直哉<sup>2</sup>・高田智祐<sup>2</sup>・大島一郎<sup>3</sup>

<sup>1</sup>鹿児島大学農学部附属農場入来牧場 〒895-1402 薩摩川内市

<sup>2</sup>鹿児島大学生協同組合中央食堂 〒890-0065 鹿児島市郡元

<sup>3</sup>鹿児島大学農学部家畜生体機構学研究室 〒890-0065 鹿児島市郡元

### The Activities of University-Wide Dietary Education

ISHII Daisuke<sup>1\*</sup>, TOMINAGA Akira<sup>1</sup>, MATSUMOTO Satoshi<sup>1</sup>, YANAGITA Daiki<sup>1</sup>,  
ISAKARI Aoi<sup>1</sup>, SEKI Ayako<sup>1</sup>, NOGAWA Emiko<sup>1</sup>, KATAHIRA Kiyomi<sup>1</sup>,  
KAMIKAWABATA Hanae<sup>2</sup>, YASUMATSU Naoya<sup>2</sup>, TAKATA Tomohiro<sup>2</sup> and OSHIMA Ichiro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Iriki Livestock Farm, Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Kagoshima University,  
Satsumasendai-shi, Kagoshima 895-1402

<sup>2</sup>Kagoshima University's Cooperative Association, Korimoto, Kagoshima 890-0065  
Korimoto, Kagoshima 890-0065

<sup>3</sup>Laboratory of Animal Functional Anatomy, Faculty of Agriculture, Kagoshima University,  
Korimoto, Kagoshima 890-0065

キーワード：大学生協，附属農場，技術職員，食育啓発

### はじめに

「食」は我々が生きて行く上で不可欠なものであり、万人に共通するものである。戦後の急速な経済発展に伴い、わが国の「食」を取り巻く環境は大きく変化し、不規則な食生活、生活習慣病の増加、食料の海外依存、食の安全性、伝統ある食文化の喪失等、「食」をめぐる様々な問題が顕在化している（農林水産省，2005a）。このような背景を受け、平成16年に栄養教諭制度が創設されるとともに、平成17年には国民の食生活改善を目指して食育基本法が施行された。食育基本法では、『知育、徳育及び体育の基礎となるべき「食」の知識を身に付け、「食」を選択し、健全な食生活を実践することができる人間を育てること』を食育と位置付け、食育活動の推進が奨励されている（農林水産省，2005b）。また、平成20年には学校給食法が改正され、学校給食の目的が『学校による食育の推進』と改められている（高澤ら，2019）。このように、近年我が国では「食」を通して次世代を担う人材育成を推進する機運が高まっており、初等教育における食育への取り組みが全国的に進められている。一方、高等教育機関における食育推進では、栄養・看護を

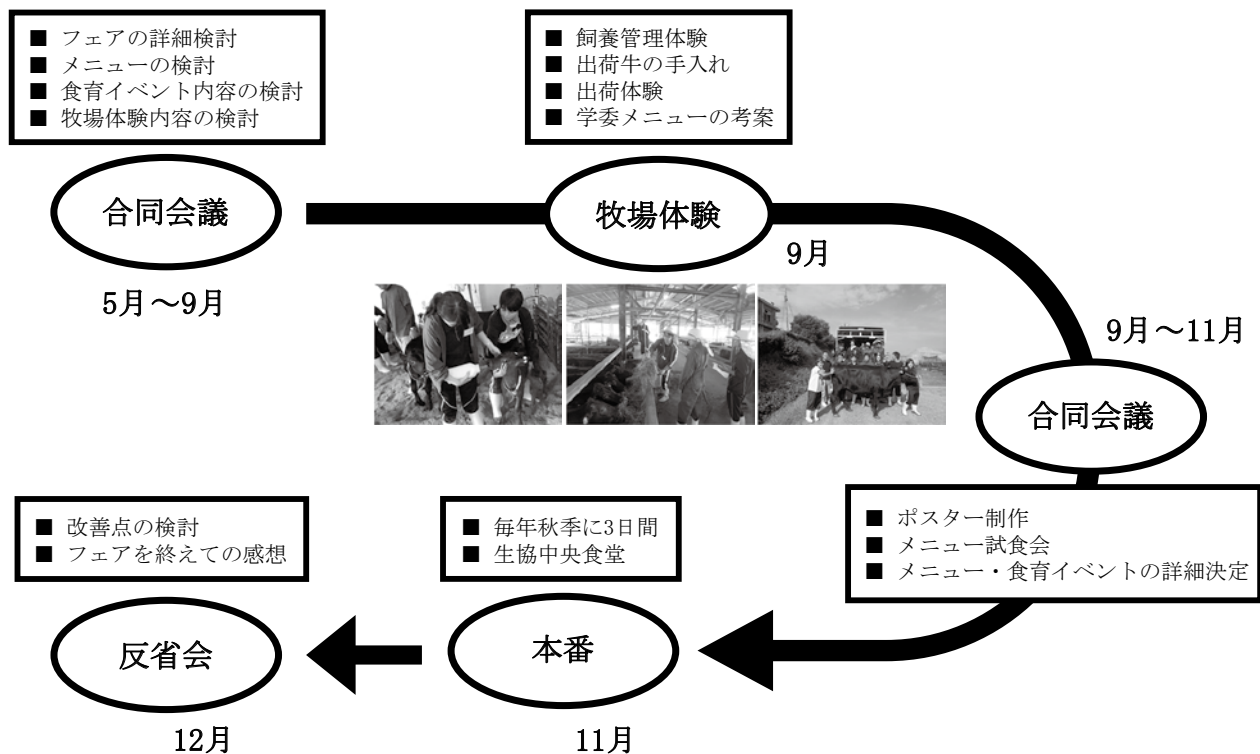
専攻する教育機関による『健康』『食事』『栄養』への取り組み事例が多く見られるものの、組織間で取り組み方やその数の差が大きいのが現状である（農林水産省，2017-2019）。総合大学である鹿児島大学においては、各学部での専門教育活動の充実を図られているものの、大学全体としての体系的な「食」に関する活動は著者の知る限り少なく、今後学部横断的な食育活動の推進が求められる。

農業は食料生産の中心を担い、食育の起点となる産業である。鹿児島大学農学部附属農場入来牧場（以下、入来牧場）は畜産学のエデュケーションを行う施設であり、農学部や共同獣医学部の学生に対する実習教育や研究支援を行っている。農学部の一施設であり、食料生産に特化した入来牧場のような施設が、全学に向けて食育活動を展開し食料生産に関する情報を発信することは、本学内における食育の気運を向上させるうえで有効であると考えられる。このような観点から、入来牧場では学部横断的な食育啓発活動である入来牧場牛肉フェア（以下、フェア）を平成24年から展開している。フェアでは、鹿児島大学生協（以下、生協）や生協学生委員会（以下、学委）の協力を得ることで、入来牧場産牛肉を使ったメニューを開発し生協食堂で販売する取り組みや食料生産に関する知識を啓発する食育イベントを実施している。本資料では、これまでのフェアの軌跡を紹介する。

2020年10月30日受付

2020年11月9日受理

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



第1図 フェア開催までの流れ

### フェアの概要

フェアは、生協中央食堂を会場として例年10月から11月の3日間で実施している。

フェアは『鹿児島大学産牛肉を食べる』ための食堂メニュー販売と『牛肉の生産過程を知る』ための食育イベントの2部で構成されている。このうち、食堂メニュー販売では、学生や教職員に対して、メニューとして提供されている牛肉が鹿児島大学産であることを意識させることで鹿児島大学が総合大学であるというアイデンティティを構築することを目的としている。一方、食育イベントでは、ポスター、肉用牛に給与する餌および肉用牛を管理する際に使用する器具などを展示し、生産現場を疑似体験させることで、牛肉生産に対する見識を深めることを目的としている。

これら食堂メニュー販売および食育イベントは、入来牧場職員が全体をコーディネートし、生協および学委と協力しながら進められている。フェアに向けた役割分担として、入来牧場職員はフェアで使用する牛肉の生産および食育イベントの企画・立案を、生協はフェアメニューの調理・販売を、学委はフェアメニューの開発およびイベントでの情報発信をそれぞれ担当している。

### 毎年のフェア準備

例年実施しているフェア準備の流れを、第1図に示す。例年5月頃から入来牧場教職員、生協、学委で合同会議を複数回開催し、その年に販売するメニューや食育イベントの内容に関して検討を重ねている。

その年の販売メニューは、生協と学委からのメニュー

案の提案により検討を開始し、最大5品程度を商品化している。生協からの提案メニュー（以下、生協メニュー）は、前年のメニュー出食数実績を基に販売数の見込めるメニューを生協が検討・提案し、合同会議で最終決定している。また、学委からの提案メニュー（以下、学委メニュー）は、学委の中で募った新規のメニューを、生協が実現可能か検討・選抜し、その後、試作、試食を重ねることで、味、盛り付け、価格をさらに詳細に検討し、最終決定している。どちらのメニューも経産肥育牛を供して価格を低く抑えることで、フェア来場者が気軽に購入できる点を配慮しつつ検討を重ねている。

その年に実施する食育イベントに関しては、入来牧場からの企画案を基に、合同会議の中でコンセプトや発信方法を検討し、食育イベントの全体像を決定している。食育イベントは、学委がフェア来場者に対して生産現場に関する情報を発信する形式としているが、学委は様々な学部の学生で構成されており、実際の牛肉生産現場を知る学生は少ない。そのため、毎年9月に1泊2日の入来牧場体験（以下、牧場体験）を実施し、実際にフェアで牛肉として提供される牛の生産現場を体験することで、学委に対して食育イベントに向けた情報収集の機会を提供している。牧場体験後、食育イベントの詳細について検討を進め、食育イベントの具体的内容や発信する情報を決定している。

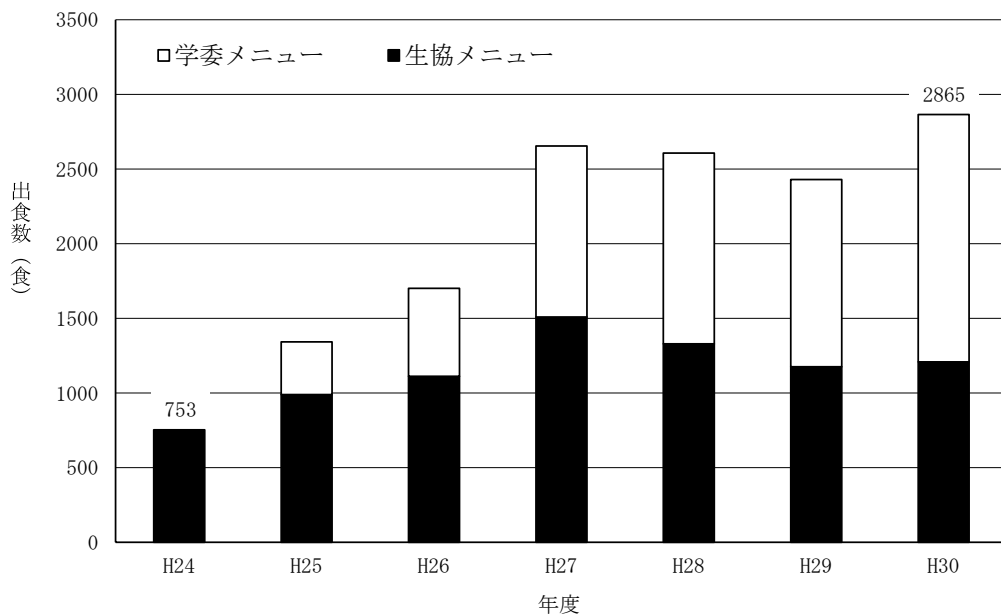
### フェアの軌跡

フェアメニューの変遷を第1表に示した。平成24年度は、どのようなメニューで牛肉を提供するべきか入来牧場と生協で協議して、スタミナカレーと肉うどんを販売

第1表 フェアメニューの変遷

| 年度 | フェアメニュー                                     |
|----|---------------------------------------------|
| 24 | スタミナカレー・肉うどん<br>—                           |
| 25 | スタミナカレー<br>肉じゃがグラタン                         |
| 26 | スタミナカレー・ステーキ<br>スタミナラーメン・オムステーキ丼・炒飯茶漬け      |
| 27 | スタミナカレー・ステーキ<br>スタミナラーメン・牛肉麻婆豆腐・牛肉パスタ       |
| 28 | スタミナカレー・ステーキ<br>スタミナラーメン・牛生姜焼き・牛肉チーズ炒めプレート  |
| 29 | スタミナカレー・ステーキ<br>スタミナラーメン・スタミナ牛丼・牛肉チーズ炒めプレート |
| 30 | スタミナカレー・ステーキ<br>肉うどん・卵とじ牛丼・すき焼きプレート         |

上段：生協メニュー 下段：学委メニュー



第2図 フェアメニュー出食数の推移

した。平成25年度以降、生協メニューの出食数の実績からスタミナカレーが生協メニューとして定番化した。平成26年度には、さらに生協メニューとしてステーキの販売を開始した。こちらも出食数の実績から平成27年度以降、生協メニューとして定番化した。一方、平成25年度から、学委メニューとして普段生協食堂で販売されていない肉じゃがグラタンを販売した。平成26年度以降も、毎年複数の学委メニューの販売を続けている。

フェアメニュー出食数の推移を第2図に示した。生協メニューは平成25年度以降、毎年1,000～1,500食を販売し、安定した出食数を維持している。一方、学委メニューの出食数も平成27年度以降1,000食を超え、平成30年度では1,500食を超える結果となった。これらを合計したフェアメニュー全体の出食数はフェアの回数と共に増加しており、平成30年度には平成24年度（753食）の約4倍となる2,865食となった。平成24年度のフェア開始以降、出食数が順調に増加していることは、フェア

がより多くの学生に認知され、フェアメニューを通して食育機会の提供に繋がっているものと考えられる。

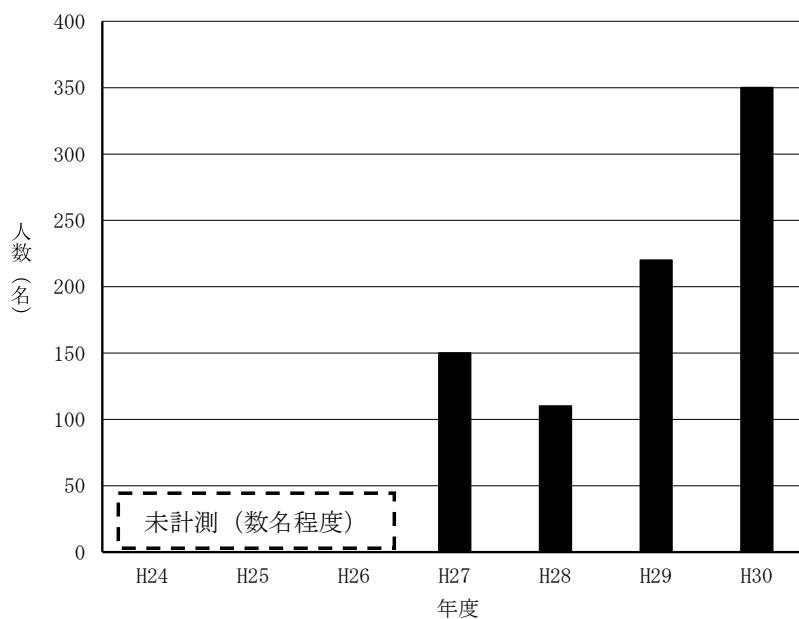
食育イベントの様子を第3図に示した。これまでの食育イベントでは概ね『命をいただく』というコンセプトに沿って、毎年様々なイベントを企画・実施してきた。平成24年度当初の食育イベントでは、牧場体験で実際に牛に触れて感じたことや大学生の食生活などに関して、学委がポスターを作製・展示・紹介した (a)。平成27年度以降は、ポスター掲示に加えて (b)、よりリアルに生産現場を感じてもらうことを目的として生産現場で実際に使用されている器具や肉用牛に給与する餌を参加者が手に取ることの出来る学生参加型イベントも開始した (c)。この他、管理栄養士による食生活相談や参加者の健康チェックおよび試供品配布など、学生が気軽に参加しやすいイベントにも取り組んだ。平成30年度は、ポスター掲示をはじめ、段ボールへの耳標装着体験 (d) や展示ブースと連動したガラポン抽選会など、楽しみなが





第3図 食育イベントの様子

- a 平成24年度ポスター掲示      b 平成27年度ポスター掲示  
c 平成30年度生産現場疑似体験ブース      d 段ボールへの耳標装着体験



第4図 食育イベント参加者数の推移

ら生産現場を感じられる学生参加型イベントを実施した。毎年発信方法について改善を重ねながら食育イベントを継続した結果、イベントの認知度が上がり、平成27年度以降イベント参加者数が増加したと考えられる。(第4図)。

以上のように、平成24年度以降、著者らは全学に向けた食育活動を展開してきた。平成24年度当初、附属農場職員が生協と連携して食育活動を実施した前例がなく、フェアの実施は全てが手探り状態であったものの、生協および学委の協力により7年にわたりフェアを継続する

ことが出来ている。フェアメニューの材料牛肉として提供される牛は入来牧場産の黒毛和牛であり、屠畜以前は畜産学の教育研究材料として牧場での学生実習および研究活動に活用されていた命である。牧場に飼養されている黒毛和牛はいずれ食用に供されるが、全学に向けた食育活動としてフェアを展開・継続することは、牛の命に『農学部の教育研究教材』だけでなく、『大学構成員の食育教材』という新たな価値を付加することが出来るという点で大きな意味があるものと考えている。これまで我々が展開したフェアにより、食品ロスの低減や食の安



全性などフェアに来場した一人一人の「食」に関する意識の高まりに期待したい。今後は、これまでのフェアの食育啓発効果を検証することで、より食育啓発効果の高いフェアを継続していきたいと考えている。

### 要約

入来牧場では、鹿児島大学生協（以下、生協）や生協学生委員会（以下、学委）の協力を得て、平成24年度から学部横断的な食育啓発活動である入来牧場牛肉フェア（以下、フェア）を展開している。フェアは『鹿児島大学産牛肉を食べる』ための食堂メニュー販売と『牛肉の生産過程を知る』ための食育イベントの2部で構成されており、学委はフェア前に毎年入来牧場で牧場体験を実施している。食堂メニュー販売では、毎年の出食数実績を基に生協から提案される生協メニューと、学委から毎年新たに提案される学委メニューを毎年複数販売した。その結果、フェアメニュー全体の出食数はフェアの回数と共に増加し、平成30年度には平成24年度の約4倍となった。食育イベントでは、学委が牧場体験で学んだことや感じたことに関して、ポスターを作製・展示・紹介した。加えて、平成27年度以降は、学生参加型食育イベントを実施して生産現場を疑似体験させた。毎年改善を重ねながら継続した結果、平成27年度以降イベント参加者数は年々増加した。今後は、来場者の「食」に関する意識の高まりに期待すると共に、フェアの食育啓発効果を検証してより食育啓発効果の高いフェアを継続していきたいと考えている。

### 引用文献

- 農林水産省. 2005a. 食育の推進に向けて～食育基本法が制定されました～. [Online] [https://www.maff.go.jp/kinki/syouhi/seikatu/iken/pdf/syoku\\_suisin.pdf](https://www.maff.go.jp/kinki/syouhi/seikatu/iken/pdf/syoku_suisin.pdf) (2020年6月閲覧)
- 農林水産省. 2005b. 食育基本法前文. [Online] [https://www.maff.go.jp/j/syokuiku/pdf/kihonho\\_28.pdf](https://www.maff.go.jp/j/syokuiku/pdf/kihonho_28.pdf) (2020年6月閲覧)
- 高澤光, 小林真. 2019. 小学校における給食指導の問題点－事例研究と調査研究に基づく小学校での食育に関する提言－. 富山大学人間発達科学部紀要. 14-1: 11-22
- 農林水産省. 2017-2019. 食育活動表彰事例集. [Online] <https://www.maff.go.jp/j/syokuiku/hyousyo/> (2020年6月閲覧)



資 料

## ナトリウム塩化物泉の温泉水の施用がトマト果実の品質に及ぼす影響

田浦一成<sup>1,2\*</sup>・谷村音樹<sup>2</sup>・勘米良祥多<sup>2</sup>・遠城道雄<sup>3</sup>・朴 炳宰<sup>3</sup>

<sup>1</sup>鹿児島大学農学部附属農場学内農事部 〒890-0065 鹿児島市郡元

<sup>2</sup>鹿児島大学農学部附属農場指宿植物試験場 〒891-0402 指宿市十町

<sup>3</sup>鹿児島大学農学部附属農場 〒890-0065 鹿児島市郡元

### Effect of Sodium Hot Spring Water Application on Tomato Fruit Quality

TAURA Issei<sup>1,2\*</sup>, TANIMURA Otoki<sup>2</sup>, KANMERA Shota<sup>2</sup>, ONJO Michio<sup>3</sup> and PARK Byoung-Jea<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Campus Farm, Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Kagoshima University,  
Korimoto, Kagoshima, 890-0065

<sup>2</sup>Ibusuki Botanical Experiment Station, Experimental Farm, Faculty of Agricultural,  
Kagoshima University, Ibusuki, Kagoshima, 891-0402

<sup>3</sup>Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Kagoshima University,  
Korimoto, Kagoshima, 890-0065

キーワード：塩ストレス、高糖度トマト、ナトリウム塩化物泉、温泉水、ヤシ葉粉碎チップ

### 緒 言

鹿児島県指宿市は日本有数の温泉地であり、鹿児島大学農学部附属農場指宿試験場（以下、指宿植物試験場）においてもその敷地内から豊富に温泉水が湧出している。その温泉水は、温泉熱利用の研究が大正時代より行われ、冬季における暖房設備の熱源として農業利用されてきた（石畑，2000）。しかしながら、作物の肥培管理において利用されることはなかった。その理由として、温泉成分は塩分を多く含むナトリウム塩化物泉であり、高濃度のナトリウムによる塩害の恐れがあるためではないかと考えられる。また、温泉水の成分の農業利用について、単純温泉でトマトを水耕栽培し、生育やミネラル含量、味覚に及ぼす効果の報告例（江崎ら，2010）があるものの、ナトリウム塩化物泉の利用はほとんど研究例がない。一方で、同様にナトリウムを多く含む海洋深層水では、培地に施用することでトマトの果実の糖度が上昇したと報告されている（河合ら，2002）。

また、水耕栽培で塩ストレスを与えることによって、高糖度のトマトを安定的に生産可能なシステム「保水シート耕方式の一段密植栽培による高糖度トマトの周年生産」が開発されてきた（渡辺，2007）。鹿児島大学農学部附属農場学内農事部（以下、学内農事部）においても2008年から2015年にかけて塩ストレスを与える水耕栽培

培に取り組んできた。そこで、このナトリウム塩化物泉を灌水に用いることでトマトに塩類ストレスを与え高糖度トマトが生産できるのではないかと推測し本研究に取り組んだ。

さらに、指宿植物試験場では敷地内にヤシが多く植えられており、その枯葉が大量に蓄積していた。これは指宿植物試験場ではほとんど利用されてこなかった有機質資材であり、それを有効利用できないかと考えた。また、学内農事部では水稻栽培を行っており、そのもみ殻も有用な有機質資材と考えた。このような有機質資材を培地に用いて、高糖度トマトを生産する技術はスギ樹皮やヤシがらとバーク堆肥の混合資材からなる成型培地で研究され、その培地を用いて海洋深層水を利用した塩ストレスを与えることにより、トマト果実の糖度や酸度が高まることが報告されている（細川，2008）。そこで、このような有機質資材を用いた培地でトマトの栽培が可能か調査を行った。

本研究では、始めに有機質資材を用いた培地で温泉水を灌水したトマトが生育するかを検討し（実験1）、その結果を基に、温泉水を灌水に用いた場合にトマトの品質に与える影響について検討した（実験2）。

### 材料および方法

本研究の実験1および実験2は、2016年3月から2018年3月まで指宿植物試験場で行った。

2020年10月29日受付

2021年1月6日受理

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

### 実験 1. 有機質資材を用いた培地で温泉水を灌水したトマト栽培検討

実験 1 は 2016 年 3 月 17 日から 2016 年 7 月 28 日にかけて行った。品種は大玉トマトである「桃太郎」（タキイ種苗）を供試した。

2016 年 3 月 17 日に 50 穴セルトレイに播種し、4 月 28 日に培地に定植した。培地は排水性が良く丈夫で廃棄処分が容易な麻袋に、①ヤシの枯葉を粉碎したもの（ヤシ葉粉碎チップ）、②ヤシ葉粉碎チップを燐炭にしたもの（ヤシ葉粉碎チップ燐炭）、③ヤシ葉粉碎チップとヤシ葉粉碎チップ燐炭を 1 : 1 で混合したもの、④もみ殻燐炭、⑤ヤシ葉粉碎チップ燐炭ともみ殻燐炭を 1 : 1 で混合したものを各約 20 L 詰めたものを用いた。苗は 1 袋に 1 株および 2 株定植し、各培地 2 袋栽培した。苗を定植した袋はビニルハウス内に静置した。ビニルハウスは昼夜サイドと入り口を開放し換気を行った。トマトは 1 本仕立てとし、生育期間中、適宜芽かきを行った。5 段目の上位 2 葉で摘芯を行った。定植直後から 5 月 23 日まで養液土耕 1 号 15-8-17（OAT アグリオ株式会社）を 500 倍に希釈した液肥を 1 週間おきに約 4 L 灌注し、その後は同様の液肥を週 3 回灌注した。また、灌水には水道水と指宿植物試験場区内から湧出している温泉水を汲み上げて常温に冷ましたもの（以下、温泉水）を用いた。定植直後から 6 月 1 日までは水道水を 1 日 1 回灌水し、6 月 2 日から 6 月 6 日まで温泉水のみを 1 日当たり 2 L 灌水した。6 月 7 日からは月、水、金曜日を液肥、火、木曜日を温泉水、土、日曜日を水道水としてそれぞれ 1 日当たり 4 L 灌注した。

なお、温泉水は株式会社鹿児島環境測定分析センターに成分分析を依頼した。それぞれの培地において、温泉水の灌水によって、トマトの生育が順調であるか、枯死する株はないかの 2 点について目視による観察を行った。

### 実験 2. ナトリウム塩化物泉を灌水に用いたときのトマト果実の品質調査

実験 2 は 2017 年 8 月 26 日から 2018 年 3 月 5 日にかけて行った。品種は大玉トマトである「アニモ TY-12」（武蔵野種苗）、「桃太郎ヨーク」（タキイ種苗）および「麗旬」（サカタのタネ）の 3 品種を供試した。

培地は実験 1 の結果から、ヤシ葉チップ燐炭ともみ殻

燐炭を 1 : 1 で混合したものを約 20 L、麻袋に詰めたもの（以下、燐炭混合培地）を用いた。2017 年 8 月 26 日に各品種の種子を 128 穴セルトレイに播種し、9 月 27 日に定植した。1 袋に 2 株定植した。各段 3 ~ 4 果を残し、摘果を行った。各品種それぞれ 11 袋栽培した。苗を定植した袋は指宿植物試験場内のビニルハウスの金網棚に静置した。ビニルハウスは気温が上昇する昼間はサイド及び入り口を開放し、冬期においては温泉熱を利用した暖房機および温泉配管を利用し 13℃ 以上となるよう加温を行った。トマトは 1 本仕立てとし、適宜芽かきを行った。摘芯は調査対象の 1 段目 ~ 3 段目の果実の収穫終了まで行わなかった。施肥管理は、すべての調査区において実験 1 と同じ養液土耕 1 号を 300 倍に希釈したものを灌注した。9 月 27 日から 10 月 22 日まで週 3 回、10 月 23 日からは毎日、1 回に約 400 ml 施用した。灌水には水道水と温泉水を用いた。各品種定植直後から、「アニモ TY-12」および「麗旬」は 1 段目開花 90% となった日まで、「桃太郎ヨーク」は 1 段目開花 90% となった日の 3 日後まで毎日水道水で灌水を行い、その後は温泉水に変え、調査対象の 1 段目 ~ 3 段目の果実の収穫終了まで毎日灌水を行った。1 段目 ~ 3 段目のそれぞれ最も早く熟した果実を全袋各 1 果収穫し、果重および糖度を測定した。糖度は、デジタル糖度計（ポケット糖度計 APAL-J AS ONE 社製）を用いて測定した。

## 結果および考察

### 1. 温泉水について

本研究に使用した温泉水の分析結果を第 1 表に示した。

灌水に使用した温泉水は、泉質がナトリウム塩化物泉であり、 $\text{Na}^+$  が  $701.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  含まれており、これはナトリウム換算で塩分濃度約 0.27% であり、海水の平均塩分濃度約 3.5% のおよそ 10 分の 1 以下であった。また、EC は  $0.449 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$  ( $4.49 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ ) であり、前述の「保水シート耕方式の一段密植栽培による高糖度トマトの周年生産」の高糖度トマトを生産する際に行われる塩類ストレス処理開始時の EC の 4 ~ 5  $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$  に当てはまる。したがって、温泉水の塩分濃度および EC は塩類ストレス処理を行うのに適していると判断した。

第 1 表 温泉水成分表

| 性状他              | 陽イオン ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) |       | 陰イオン ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) |       | 遊離成分 ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) |       | その他微量元素 ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) |          |
|------------------|-------------------------------------------|-------|-------------------------------------------|-------|-------------------------------------------|-------|----------------------------------------------|----------|
| 泉質: ナトリウム - 塩化物泉 | $\text{Li}^+$                             | 1.0   | $\text{F}^-$                              | 0.4   | (非解離成分)                                   |       | Cu                                           | 0.01 未満  |
| (低張性 中性 高温泉)     | $\text{Na}^+$                             | 701.9 | $\text{Cl}^-$                             | 1350  | $\text{H}_2\text{SiO}_3$                  | 152.6 | Pb                                           | 0.01 未満  |
| 泉温: 47.5℃        | $\text{K}^+$                              | 72.6  | $\text{Br}^-$                             | 8.6   | $\text{HBO}_2$                            | 13.4  | Cd                                           | 0.005 未満 |
| 湧出量 7L/min       | $\text{NH}_4^+$                           | 0.1   | $\text{SO}_4^{2-}$                        | 102.6 |                                           |       | As                                           | 0.03     |
| 無色透明・微塩味・無臭      | $\text{Mg}^{2+}$                          | 11.2  | $\text{HPO}_4^{2-}$                       | 0.1   | (溶存ガス成分)                                  |       | Hg                                           | 0.001 未満 |
| pH: 7.13         | $\text{Ca}^{2+}$                          | 132.5 | $\text{HCO}_3^-$                          | 88.5  | $\text{CO}_2$                             | 7.3   |                                              |          |
| EC: 0.449S/m     | $\text{Sr}^{2+}$                          | 0.4   | $\text{CO}_3^{2-}$                        | 0.1   |                                           |       |                                              |          |
|                  | $\text{Ba}^{2+}$                          | 0.2   |                                           |       |                                           |       |                                              |          |
|                  | $\text{Mn}^{2+}$                          | 0.7   |                                           |       |                                           |       |                                              |          |

(株) 鹿児島環境測定分析センターによる分析



第1図 有機質資材を用いた培地へ定植したトマトの定植時の様子（2016年4月28日）



①  
ヤシ葉粉碎チップ



②  
ヤシ燐炭



③  
ヤシ燐炭：ヤシチップ  
1：1



④  
もみ殻燐炭



⑤  
ヤシ燐炭：もみ殻燐炭  
1：1

第2図 有機質資材を用いた培地へ定植したトマトの定植3週間後の様子（2016年5月19日）



①  
ヤシ葉粉碎チップ



②  
ヤシ燐炭



③  
ヤシ燐炭：ヤシチップ  
1：1



④  
もみ殻燐炭



⑤  
ヤシ燐炭：もみ殻燐炭  
1：1

第3図 有機質資材を用いた培地へ定植したトマトの温泉水灌水開始5週間後の様子（2016年7月7日）

また、陰イオンのF<sup>-</sup>やその他の微量元素として含まれるCu<sup>2+</sup>、Pb<sup>2+</sup>、Hs、Hgは、環境省（1975）の温泉の利用基準の飲用利用基準の飲用許容量では、大人1日につき、飲用の総量で、ひ素（0.3 mg・kg<sup>-1</sup>×1000）ml、銅（2.0 mg・kg<sup>-1</sup>×1000）ml、ふっ素（1.6 mg・kg<sup>-1</sup>×1000）ml、鉛（0.2 mg・kg<sup>-1</sup>×1000）ml、水銀（0.002 mg・kg<sup>-1</sup>×1000 ml）、成分の総摂取量で、ひ素0.3 mg、

銅2 mg、ふっ素1.6 mg、鉛0.2 mg、水銀0.002 mgを超えないこととされており、この値を下回っていた。そのため、トマトの栽培において灌水に用いても問題ないと判断した。

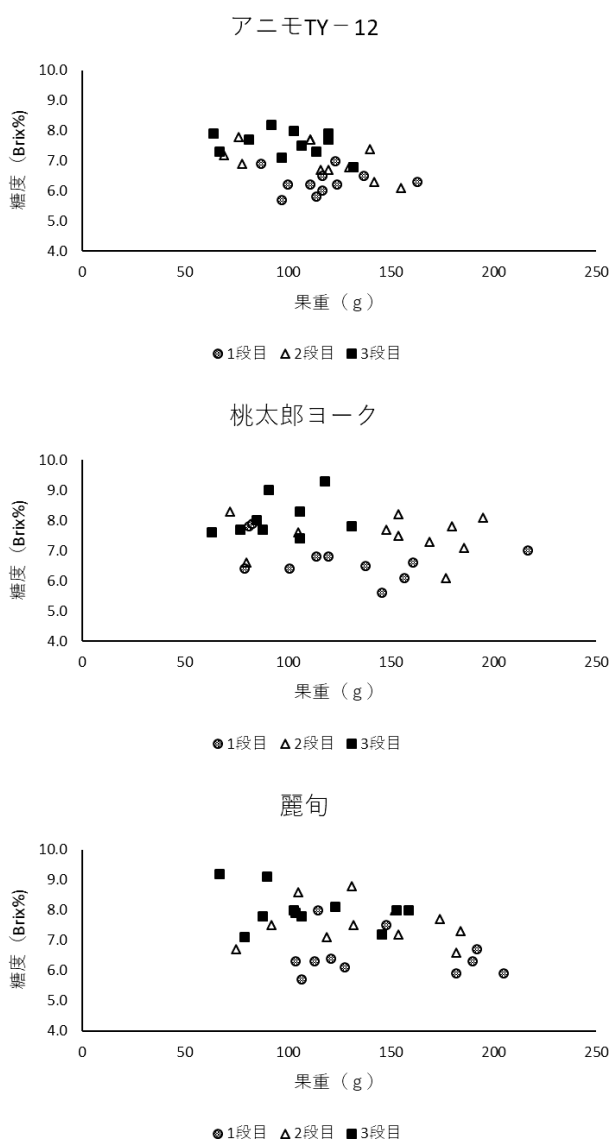
## 2. 有機質資材を用いた培地で温泉水を灌水したトマト栽培検討（実験1）

材料および方法で前述した①～⑤の培地において、定

植後順調に生育するか、目視による観察を行った。その結果、すべての培地において、水道水を灌水した期間も、温泉水の灌水開始後も順調に生育していた（第1、2、3図）。また、すべての株で栽培終了まで枯死した株は無く、この結果から、どの培地でもトマトを栽培するのに問題ないと判断した。この中で、ヤシ葉粉碎チップ燐炭は保水性が良く、もみ殻燐炭は排水性が良く、共に重量が軽く、作成も容易であるため、栽培に適していると考え、両方を1:1で混合した燐炭混合培地を品質調査の栽培に用いることとした。

### 3. ナトリウム塩化物泉を灌水に用いたときのトマト果実の品質調査（実験2）

ナトリウム塩化物泉の灌水における品種別の果重と糖度の分布を第4図に示した。



第4図 温泉水を灌水したトマトの品種別果重／糖度比の分布図

果重の分布において、‘アニモ TY-12’の1段階では100 g 付近に多く、2段階および3段階は50 g ～150 g に広く分布していた。‘桃太郎ヨーク’の3段階は100 g 付近に多く、1段階および2段階は50 g ～200 g に広く分

布していた。‘麗旬’の1段階および2段階は100 g ～200 g に広く分布し、3段階は50 g ～150 g に広く分布していた。

糖度の分布において、‘アニモ TY-12’の1段階は6.0%, 2段階は7.0%, 3段階は8.0%の付近に多く分布していた。‘桃太郎ヨーク’の1段階は6.5%, 2段階は7.5%, 3段階は8.0%の付近に多く分布していた。‘麗旬’の1段階は6.0%, 2段階は7.5%, 3段階は8.0%の付近に多く分布していた。すべての品種において、低段よりも上位の段になるにつれて、糖度が高くなるように分布の広がりが見られた。また、糖度は6～8%の間に多く分布しており、高いもので9.3%のものもあった。

ナトリウム塩化物泉の灌水における品種別の1果重の中央値および平均値を第5図に示した。

‘アニモ TY-12’および‘麗旬’は各段の間でほとんど差は見られなかった。‘桃太郎ヨーク’は1段階より2段階が大きく、1段階および2段階より3段階が小さくなる傾向がみられた。いずれもバラつきはあるが、1段階よりも3段階が小さくなる傾向がみられた。

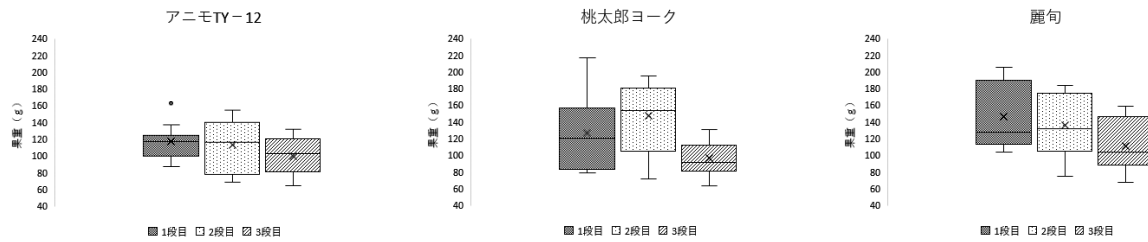
ナトリウム塩化物泉の灌水における品種別の糖度の中央値および平均値を第6図に示した。

すべての品種において、1段階よりも3段階が高くなる傾向がみられた。また、低段よりも上位の段になるにつれて高くなる傾向がみられた。

一般的な市販の大玉トマトは糖度4～5%, 果重200～250 g とされており、今回の結果から得られた温泉水を灌水して栽培したトマトは、一般的な大玉トマトよりも糖度が高く、果重は小さい値を示した。トマトは塩ストレスがかかることで果重が小さくなり、果実の糖が増大することが報告されている (Bolarin ら, 2001)。また、細川 (2008) の有機培地で海洋深層水を4%添加し、培養液のECを4 dS・m<sup>-1</sup>程度としてトマトを栽培した場合に上位の段になるにつれて糖度が高くなり、果重が小さくなる傾向があることや、河合ら (2002) の海洋深層水を10倍に希釈したものを灌水した区の方が水道水を灌水した区より糖度が高くなり、果重が小さくなるという結果と類似している。これらのことから、温泉水を灌水することでトマトに塩ストレスがかかり、糖度が上昇し、果重が小さくなっているのではないかと推測される。また、高糖度トマトといわれるトマトは糖度8%以上が目安とされており、それ以上の糖度を示すものも存在していた。

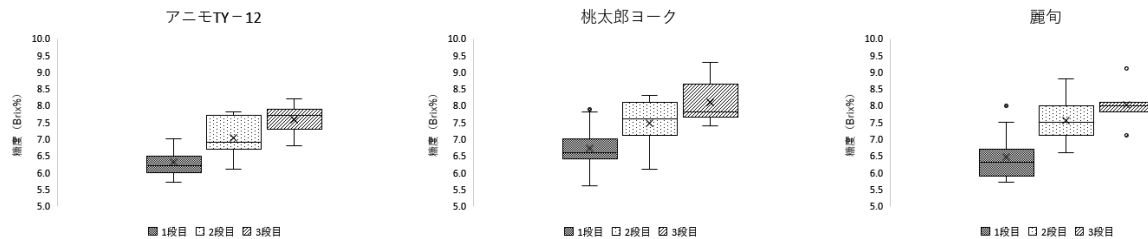
本研究結果から、ナトリウム塩化物泉の温泉水の灌水によって、トマト果実の糖度が上昇する可能性が明らかとなった。これは、水耕栽培において、塩類ストレスを与えると糖度が上昇するという結果と同様であり、水耕栽培でなくても、燐炭培地を用いてトマトを栽培し、ナトリウム塩化物泉の温泉水を灌水に用いることで高糖度トマトを生産できる可能性を示唆している。

本結果では、低段よりも上位の段になるにつれて、糖度が上昇し、果重が小さくなる傾向がみられているが、これは上位の段は開花前からストレス処理が行われ、そ



第5図 ナトリウム塩化物泉の灌水におけるトマト果実の品種別の1果重を示す箱ひげ図

箱ひげ図中の中央の線は中央値、×は平均値、箱の上端は第三四分位、下端は第一四分位を示す。



第6図 ナトリウム塩化物泉の灌水におけるトマト果実の品種別の糖度を示す箱ひげ図

箱ひげ図中の中央の線は中央値、×は平均値、箱の上端は第三四分位、下端は第一四分位を示す。

の期間が下位の段に比べて長いためではないかと考えられる（岡野ら，2002）。また，ストレス処理の開始時期や期間が収量や尻腐れなどの生理障害の発生に影響を与えるため，今後の課題として，糖度と果重のバランス，尻腐れ果の発生数，いわゆる秀品率を導き出すための最適のストレス処理の方法を調査していく必要がある。例えば，温泉水の灌水の開始時期の検討やその濃度の検討は必須である。さらに，栽培終了後の塩分を含む培土の処理など環境負荷に対する懸念を解決する必要があると思われる。

高糖度トマトは近年，消費者ニーズが高く，日本農業新聞の農畜産物トレンド野菜部門で上位に位置付けられている。また，高付加価値の農産物として栽培技術の確立が盛んに行われている。一方で，その生産技術は容易ではなく，農家の経験や勘によるところが多かった。また，養液栽培などマニュアル化された技術は初期投資が高額であり，導入が容易ではなかった（社団法人日本施設園芸協会・日本養液栽培研究会，2012）。しかしながら，本研究結果に基づく栽培技術を用いることで，通常の灌水を水道水からナトリウム塩化物泉に変えるだけで容易に高糖度トマトを生産することが可能となるかもしれない。

また，本研究は，温泉の熱源以外の新たな利用価値やヤシの枯葉という未利用資源の利用価値を見出し，そのような地域特有の資源を活かした栽培技術である。本研究で用いられたナトリウム塩化物泉は，全国各地に点在しており，ヤシの枯葉のような培地に適している未利用の資源も多く存在しているものと思われる。したがって，このような資源を有効活用した高付加価値の農産物の生産技術開発は，今後，地域活性化につながるものではないかと考える。

## 要 約

指宿植物試験場において，温泉水の新たな農業への利用を目的とし，その温泉成分のナトリウムに注目し，高糖度トマトを生産することが可能か，温泉水を灌水した場合にトマト果実の品質に与える影響を調査した。また，その培地には，ヤシの枯葉を有効利用するため，ヤシ枯葉粉碎チップ燐炭ともみ殻の燐炭を混合したものを使用した。

燐炭培地においてナトリウム塩化物泉の温泉水を灌水すると，糖度は低段よりも上位の段の方が有意に高くなった。その平均値は6.8%から7.2%であり，9.3%を示すものもみられた。果重においては，有意な差はみられなかったが，「桃太郎ヨーク」では1段目及び2段目より3段目が小さくなる傾向がみられた。以上より，高糖度トマトが生産できる可能性が示された。

## 謝辞

本報告をまとめるにあたり鹿児島大学農学部附属農場指宿植物試験場元事務補佐員 岩下 愛氏，公益財団法人指宿市シルバー人材派遣センター 吉元俊行氏，田畑龍蔵氏にはトマトの栽培において灌水等の管理作業のご協力をいただきました。また，鹿児島大学農学部附属農場学内農事部技術専門職員 濱田延枝氏にご助言をいただきました。ここに深くお礼申し上げます。

## 引用文献

Bolarin, M.C., M.T. Estan, M. Caro, R. Romero-Aranda and J. Cuartero. 2001. Relationship between tomato fruit growth and fruit osmotic potential under salinity. Plant

- Sci. 160: 1153–1159.
- 江崎一子・佐藤俊彦・西澤千恵子・佐野雅俊・安藤茂信・齊藤雅樹. 2010. 温泉水を利用したトマト水耕栽培における作物体の品質に関する研究. 別府大紀要. 51: 125–130.
- 細川卓也. 2008. 有機培地を用いた養液栽培における高糖度トマトの生理生態反応の解析並びに栽培管理技術の確立. 高知農技セ特別研報 7: 1–63.
- 石畑清武. 2000. 指宿の温泉熱利用農業の振興. 鹿児島大農場研報 25: 11–50.
- 環境省. 1975. 温泉の利用基準について. [Online] <http://www.env.go.jp/hourei/18/000013.html> (令和2年10月閲覧)
- 河合義隆・平塚 伸・田代 亨・久能 均. 2002. 海洋深層水施用がウンシュウミカンとトマトの果実品質に及ぼす影響. 園学研. 1: 179–182.
- 岡野邦夫・中野有加・渡邊慎一・池田 敬. 2002. 果実発育期の塩類ストレスによる一段養液栽培トマトの果実品質の制御. 生物環境調節 40: 375–382.
- 社団法人日本施設園芸協会・日本養液栽培研究会 (編). 2012. 養液栽培のすべて—植物工場を支える基本技術—. pp.386. 誠文堂新光社. 東京.
- 渡辺慎一. 2007. 保水シート耕方式の一段密植栽培による高糖度トマトの周年生産. 農および園 82: 359–364.



付 録

農場研究報告投稿規程および原稿作成要領 (平成29年5月改定)

(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、総説および資料とする。
  - 1) 原著論文：科学的な手法に基づいた研究で、新規の事実と価値のある結論を有するもの。
  - 2) 総説：農業科学・技術に関する特定の研究課題について、関連分野の業績を引用し、研究動向および研究の解決の方向に関して著者の課題意識に基づいて論説したもの。
  - 3) 資料：農学に関する学術情報、統計などを解説的に紹介したもの。  
技術および検査方法など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。
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者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8月31日までに、著者名、所属、表題、種類 (論文-和文・英文、総説、資料) 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 (農場事務担当係長) に提出する。
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領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10月31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、写真など) の枚数などである。なお、投稿が10月31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査読者により、査読を受ける。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30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など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、それを納めた電子ファイルを編集委員会事務局に提出する (図、写真を含む)。
13. 原稿などは、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、ハイフンなどを含む) 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、⑤ Summary、⑥ Key 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<sup>[1,2,...</sup>]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: xxxx@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<sup>[a,b,...</sup>]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KeyWords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, 緒言, 材料および方法, 結果, 考察, 要約(謝辞), 引用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, ハイフンなどは全角とし, 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の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<sup>2</sup>, kl, dl, l, ml, μl, kg, g, mg, μg, ng, pg, hr, min, sec, rpm, Hz, Bq, cpm, dpm, ppm, ppb, °C, J, pH, LD50, IU, kDa
- 7) 外国語  
外国名, 外国機関名などは, 原語のまま第1字を大文字で記述する。ただし, 国名, 地名など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, 原則としてカタカナを使用する。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などはこの限りでない。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, 機器名など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(Table1), 第1図(Fig.1)というように一連の番号を付ける。
  - 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(z,y,x,...)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。アスタリスク(\*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（inpress）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.

世界保健機関. 2012. 飲料水の質におけるガイドライン p.5-12. [Online] <http://www.who.int/water-sanitation-health.pdf>. (2016年5月閲覧)

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。



---

鹿児島大学農学部農場研究報告  
第42号

令和3年3月18日 印刷

令和3年3月25日 発行

編集兼発行 鹿児島大学農学部附属農場

〒890-0065 鹿児島市郡元一丁目21番24号

電話 (099) 285-8771 (代)

印刷 斯文堂株式会社

---

