

令和 3 年 度

農林総合技術センター試験研究成果発表会

発 表 要 旨

(農業技術部関係)

令和 4 年 (2022 年) 3 月

山口県農林総合技術センター



## 令和3年度 農林総合技術センター 試験研究成果発表会発表要旨 目次

イチゴ・トマト用統合環境制御システム向けの 「農の匠」プログラムの開発	1
スマート運搬ロボットによる農作業負担軽減	3
ドローンによるレンコン腐敗病の早期発見技術の開発	5
バイオリギングによるヌートリアの行動生態調査	7
大豆新奨励品種「サチユタカA1号」について	11

# イチゴ・トマト用統合環境制御システム向けの 「農の匠」プログラムの開発

園芸作物研究室 ○鶴山 浄真・○原田 浩介

## 背景

本県農業の重要品目であるイチゴ・トマトで安定経営を実現するには、生育環境を好適に維持し、高い生産性を保つ必要がある。新規就業者の経営安定に向けては、高単収農家「農の匠」から、ハウス管理等技術の早期習得が求められる。これらの課題解決に向けて、低コストで導入可能な統合環境制御装置（商品名：「Evo マスター」）を付加したイチゴ・トマト栽培システムを(株)サンポリ（防府市）と共同開発した。

## 目的

「農の匠」のハウス管理の特徴を反映した環境制御プログラムを構築する。

## 成果

### 1 県内イチゴ・トマトの「農の匠」の栽培管理の特徴

#### (1) イチゴ・トマト（長期どり作型）共通

- ①夜明け前からの段階的早朝加温
- ②緩やかな気温推移
- ③日没に向けた高めの気温維持
- ④日中を通じた CO<sub>2</sub> 濃度（400ppm 以上）維持

→ 光合成促進、暖房の省エネに有効

#### (2) イチゴ

- ⑤冬期の日平均気温を一定維持（15℃） → 連続花成に有効
- ⑥土壌水分は制御方法（日射比例、タイマー）の違いによらず一律一定の管理
- 収穫開始時の草姿（主に出葉第3葉の葉長）の一定維持 → 収穫量の安定に寄与
- 葉の大きさ（葉身長）推移に応じた摘葉管理 → 株当たり葉面積を一定維持

#### (3) トマト（長期どり作型）

- ⑦冬期に日平均気温を維持（15～17℃） → 発育促進、収量の確保に有効
- 年内は樹勢を抑え生殖成長寄りに管理 → 冬期の果実品質を向上
- 年明け頃からはやや強勢・栄養成長寄りに管理 → 春の気温上昇への備え
- ※高糖度トマト栽培においては、長期どり作型に対し低めの日平均気温（13～15℃）の維持や、季節に応じた適度な水分ストレスの維持

### 2 環境制御栽培システム「Evo マスター」の基本設定の開発

(1) イチゴの基本設定は、ハウス管理要素①から⑥に、休眠抑制のための電照動作を加えたプログラム、トマトの基本設定は、ハウス管理要素①から④、⑦に、日射比例灌水、日射量に応じた昼温調節を加えたプログラムである。

(2) ハウス付帯設備の基本動作（降雨・強風対応）に加え、換気開度と連動した CO<sub>2</sub> 濃度施用や、外気温・風向・風速に応じた換気開度調節を行う設定を加えており、無駄のない効率的な CO<sub>2</sub> 施用や緩やかな気温制御が可能である（表1、図1）。

### 3 現地実証

イチゴは県内3か所（下関市、防府市、周南市）、トマトは県内1か所（防府市）に Evo マスターを設置し、現地のハウス設備に応じた制御設定を行い、いずれも目標通りの環境制御ができることを検証し、生育・収量は順調に推移している（図2）。

表1 「Evo マスター」環境制御設定の一部（冬期、気温制御に関する項目、イチゴ・トマト共通）

アクチュエータ	自律動作設定			動作制御
	運動対象	時間帯	目標値、条件	
ハウス内気温 積算日射量		日入後2時間～日出後2時間	17℃以下	目標値との差で閉開 (PID制御)
		日出後2時間～南中前30分	22℃に向けた段階的昇温	
		南中前30分～南中後1時間	22～26℃維持（日射量に応じた段階設定）	
		南中後1時間～日入前1時間	22～26℃範囲で維持保温	
		日入前1時間～日入後2時間	17℃に向けた段階的下温	
谷換気・側窓換気装置	降雨警報		警報（30秒検知）で即時動作	谷換気の閉動作（0%）
	強風警報			谷・側窓の閉動作（0%）
	風向警報		風向、風速1m以上、外気温15℃以下を検知	北（南）側の谷の閉動作（0%）
	低温警報1	終日	外気温5℃以下	谷換気の開度制限（20%以下）
	低温警報2		外気温10℃以下	谷換気の開度制限（40%以下）
	風警報		風速3m以上、外気温15℃以下	谷換気の開度制限（50%以下）
	低温警報3		外気温15℃以下	谷換気の開度制限（60%以下）
	日射警報1		南中後1時間で日射7MJ以上	目標値上方修正（+4℃）
	日射警報2		南中時に日射5MJ以上	目標値上方修正（+2℃）
内張り閉開装置	時刻	日出後1時間～日没	段階的开度	20%開→30分後に日射があれば段階的全開
	ハウス内気温	日没～日出後1時間	内気温18℃以下、外気温10℃以下	閉動作（0%）
	外気温		内気温18℃以下、外気温10℃以上	開動作（20%）
温風暖房機 ※	ハウス内気温	日入後2時間～日出前2時間	11℃以上を維持	目標値との差で間欠ON (PID制御)
		日出前2時間～日出後1時間	11℃→15℃となる直線推移	
		日出後1時間～日入前1時間	15℃以上を維持	
		日入前1時間～日入後2時間	15℃→11℃となる直線推移	

※温風暖房機の夜間温度はトマト向け目標値

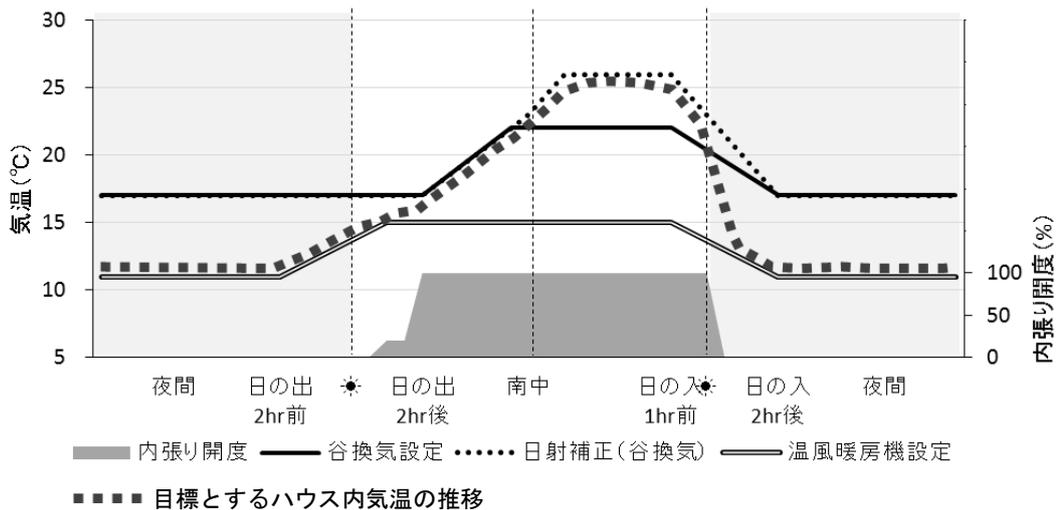


図1 「Evo マスター」基本設定によるハウス内気温制御の概要

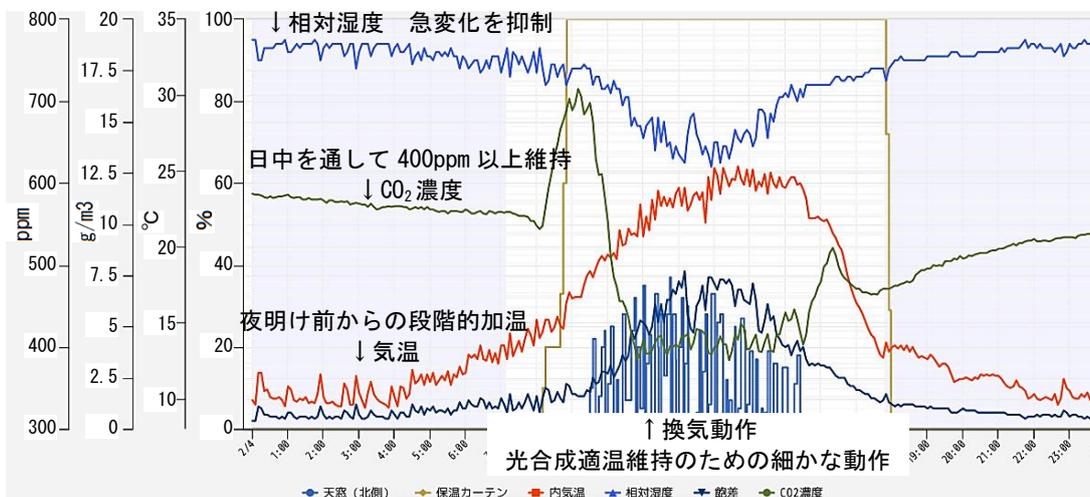


図2 トマト基本設定で再現した「農の匠」ハウスの栽培管理（冬、クラウド画面）

# スマート運搬ロボットによる農作業の負荷軽減

園芸作物研究室 藤村 澄恵

## 背景

県内の果樹生産者の減少や高齢化が進む中、生産の維持拡大を図るためには、園地の特性に応じた作業負担の軽減が不可欠となっている。特に収穫物の運搬作業は、乗用型や手押し型の運搬車が使用されているものの、樹高の低い場所や傾斜・凹凸の多い条件不利な園地では、収穫物を運搬車まで運び、積み込むという重労働となっている。

また、運搬車の事故は、農作業機械事故の内2番目に発生が多く、傾斜や凹凸の多い果樹園では運搬車使用には細心の注意が必要となる。

## 目的

従来の運搬車では走行が難しい樹高の低い場所や、傾斜・凹凸の多い園地でも収穫物を簡単かつ安全に運搬できる、コンパクトで低コストな追従運搬ロボットを開発し、農作業の効率化・軽労化を目指す。

## 成果

### 1 果樹用追従型運搬ロボットの開発

#### (1) 果樹用追従型運搬ロボット開発コンソーシアムの設立

ア 効果的かつ迅速な研究を進めるため、産学公のコンソーシアムを設立し共同研究を開始した（図1）。

イ スイッチひとつ、ワイヤー1本のシンプルで使いやすい協働運搬ロボット CoRoCo-S100を基にすることで開発費用を極力抑え、果樹園で誰もが簡単に重量物を運搬できるロボットの開発を目指した（図2）

#### (2) 試作機の開発

ア 簡単な操作で楽に120kgを運搬でき、草や土の路面や段差でも走破できる機能を目指し、試作機の改良を進め、2号機まで開発した（図3, 4）

### 2 走行試験と評価

#### (1) 現地走行試験

ア 紐(テザー)を引くだけで作業者に追従し、120kgの荷物を傾斜(23度)や凹凸(10cm)のある果樹園で、楽に安全に運搬できた（図5, 6, 7）

#### (2) アグリビジネス創出フェア 2021

ア 試作機2号機の操作性・機能性に高評価を得たことから、今後、生産者の購入しやすい価格での実用機開発に取り組む。

## 果樹用追従型運搬ロボット 開発コンソーシアム

産	TBグローバル テクノロジーズ(株)	ロボットの設計 開発・製作
学	山陽小野田市立 山口東京理科大学	現地試験・ 効果検証の指導
公	山口県農林総合 技術センター	進行管理・ 現地試験の実施

図1 コンソーシアムの構成



図2 基となった CoRoCo-S100

## 果樹園の走行のために目標とした走破性

 <p>◇積載重量(120kg)</p> <p>◇登坂能力(最大23度)</p> <p>◇荷崩れ防止・荷物の安定</p>	 <p>草地</p>	 <p>路面の切替・段差</p>
	 <p>砂利道</p>	 <p>草・土混ざった道</p>
	<p>◇様々な路面の走行</p>	

図3 果樹園を走行するための改良目標



図4 改良された運搬ロボット



図5 120kgを運搬する様子



図6 坂道も楽に荷物を運べる



図7 段差でも荷物は安定

# ドローンによるレンコン腐敗病の早期発見技術の開発

資源循環研究室 ○溝部 信二・西見 勝臣・小田 裕太

## 背景

岩国のレンコン産地では、古くからレンコン腐敗病などの土壌病害に悩まされてきた。栽培中に腐敗病の症状である枯死葉が多く確認されたほ場では、早掘り等（9月収穫）で対応されている。しかし、レンコンが繁茂した後は、ほ場に入れず、周囲から見ただけで発生を確認するのは困難である。

## 目的

ドローンで撮影した画像等を利用し、レンコン腐敗病の被害を軽減する適切な収穫と防除対策を講じるための早期診断技術を開発する。

## 成果

### 1 黄化・枯死葉と腐敗病の発生の関係

2019年及び2020年のレンコン生育期に高度約38mからドローン（DJI社、Phantom 4 Pro）でほ場を撮影した画像において、腐敗病の症状（黄化・枯死葉）の発生か所数を肉眼でカウントした。農家アンケートによる腐敗病のほ場毎の発生程度とカウントした発生か所数を突合したところ、11月以降に収穫する白花種において、腐敗病の発生程度の高いほ場では8月下旬から9月上旬の黄化・枯死葉の発生か所数が多い傾向にあった（図1）。

### 2 ドローン撮影画像から黄化・枯死葉の抽出

岩国市のレンコンほ場を高度約112mからドローンで撮影してオルソ画像<sup>1)</sup>を作成した。この画像をコンピュータの解析により、健全葉、葉裏、黄化葉、枯死葉、土壌および影に分類し、黄化葉と枯死葉を抽出した（図2）。

### 3 「腐敗病危険度マップ」の作成

2021年に岩国市尾津町、保津町、通津町、由宇町の主要レンコンほ場をドローンで高度約112mから撮影した。解析した画像を地理情報システム（QGIS）で農林水産省の提供するほ場データ（筆ポリゴン）と組み合わせ、ほ場別に健全葉と黄化・枯死葉の面積割合を算出し、腐敗病の発生程度を予測するための「腐敗病危険度マップ」を作成した（図3）。

1)オルソ画像：撮影した航空写真を位置の歪み等を補正してつなぎ合わせたもの。尾津町では954枚の写真を6枚の地図に加工して解析に使用した。

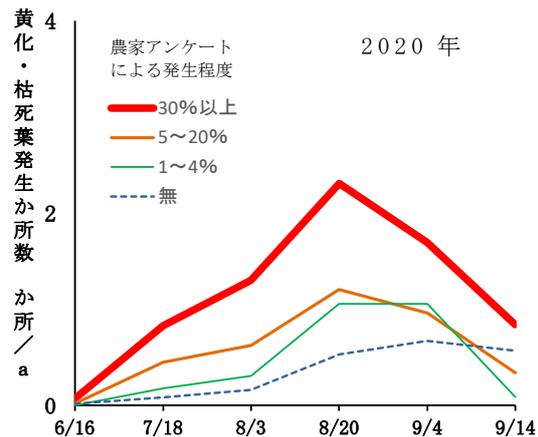
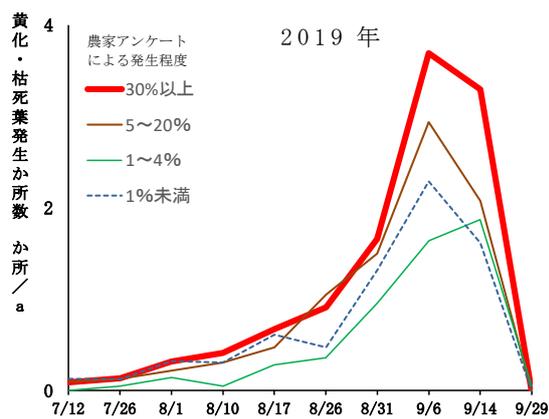


図 1 腐敗病の発生程度と黄化・枯死葉発生か所数の推移

注：発生程度は農家アンケートから 11 月以降に収穫した白花種を抜粋



図 2 ドローン撮影画像（左）と抽出した黄化・枯死葉（右：赤い部分）

注）撮影機材：DJI Phantom 4 Pro、撮影高度：112m（解像度 3cm）

画像解析方法：Semi-Automatic Classification Plugin(SCP)による教師付き分類



図 3 レンコン腐敗病危険度マップ（イメージ）

注）青：黄化・枯死葉が少なく、腐敗病の危険性低い、  
赤：黄化・枯死葉が多く、腐敗病の危険性高い

# バイオリギングによるヌートリアの行動生態調査

経営高度化研究室 松本哲朗

## 背景

特定外来生物に指定されているヌートリア<sup>1)</sup>は、2000年以降に、西日本で急速に分布拡大している。山口市では、個体数管理のための捕獲を実施しており、年間約400頭を駆除している。このため、農業被害の拡大や治水上の問題、生態系の攪乱が懸念されている。

## 目的

捕獲および防護技術の向上を図るため、動物に記録計を装着して集めたデータを用いた行動調査手法であるバイオリギングを用いて行動生態を明らかにする。

## 成果

### 1 捕獲数による生息状況の把握

- (1) 生息分布は、樫野川流域の全体に分散している（図1）。
- (2) 月別の捕獲数は、5～9月の夏期は捕獲頭数が少なく、11～3月の冬期が特に多かった（図2）。

### 2 バイオリギングによる行動生態の把握

捕獲した個体の背中に、GPSおよび3軸加速度の計測機器を装着し放逐した。

- (1) 行動範囲は、雌が1km、雄は3kmであった（図3）。
- (2) 行動時間の割合に、雄雌の差はなく、陸上休息が最も長かった（図4）。

### 3 カメラトラップによる餌の嗜好性比較

5種類の餌を一对で比較し、嗜好性の順位付けをした。

- (1) 餌はすべて夜間に採食され、餌の嗜好性には明確な差があった（図7）。
- (2) 嗜好性は、キャベツ > ニンジン > ダイコン > コメヌカ ≒ ヘイキューブの順に強かった（表1）。観察評価から、コメヌカとヘイキューブは、餌として適さなかった。

脚注 1)ヌートリア：ネズミ目ヌートリア科ヌートリア属の小型哺乳類、草食性で農作物を食害する。戦前から戦後にかけて毛皮資源として南米から導入された。

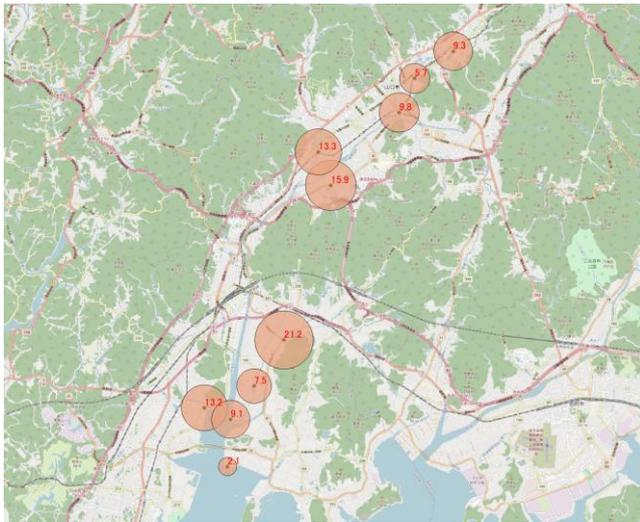


図1 榎野川での捕獲数/100日罾  
(円：わな設置場所、数字：捕獲数)

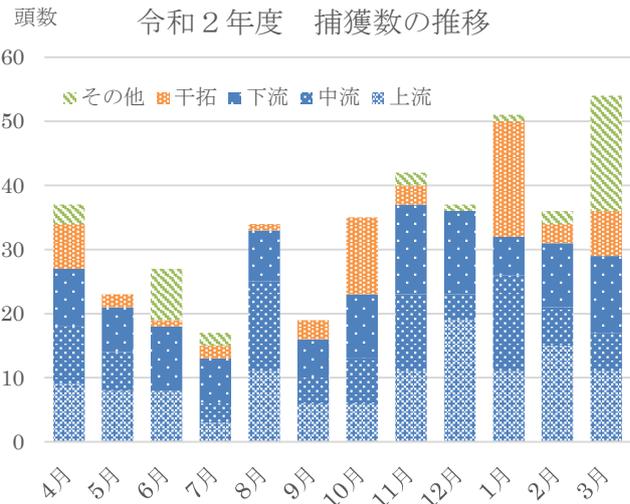


図2 捕獲数の月別推移

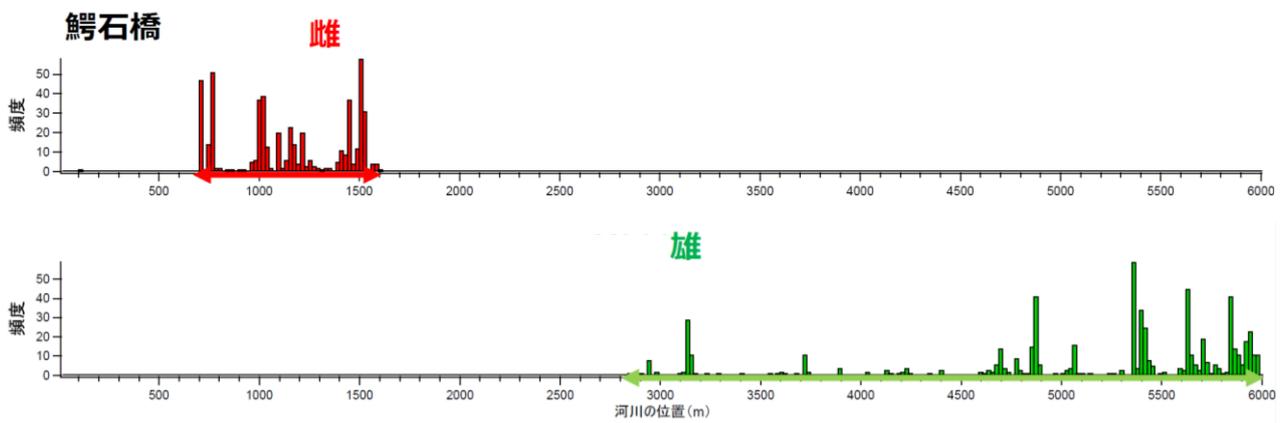


図3 榎野川における雄と雌の行動範囲の比較  
(計測期間：2週間)

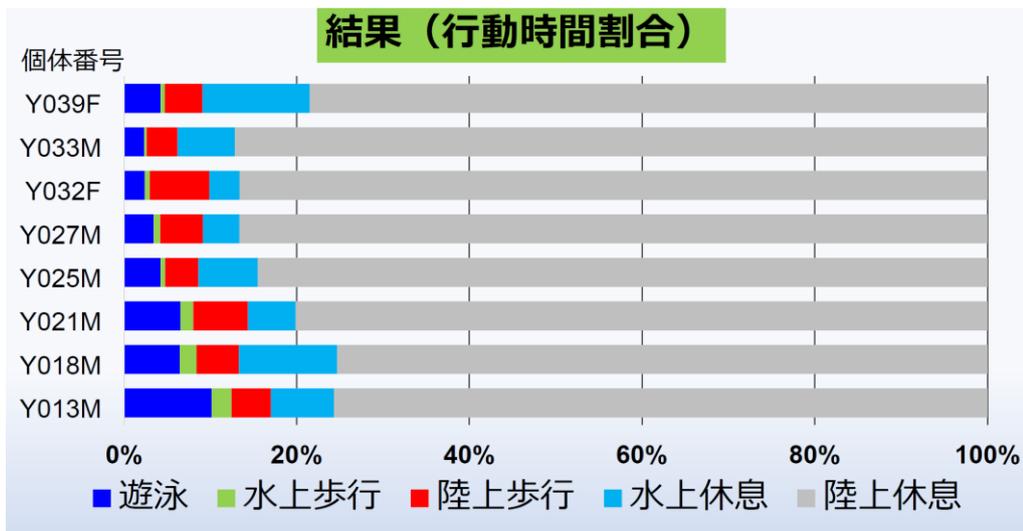


図4 行動の分類と時間割合  
(個体番号：M = 雄、F = 雌)

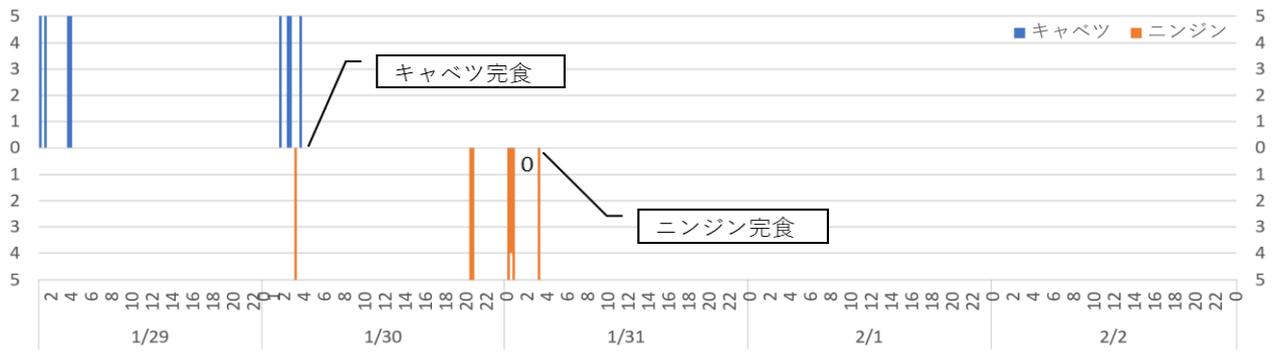


図 5 餌の嗜好度と採餌行動の時系列  
 (縦軸：餌の嗜好度、横軸：日時 (2 時間単位))

試験No.	主	対照	嗜好度の差	有意差
1	キャベツ	ダイコン	1.85	○
2	キャベツ	ニンジン	0.50	○
3	キャベツ	コメヌカ	3.11	○
4	キャベツ	ハイキューブ	3.23	○
5	ダイコン	ニンジン	-1.35	○
6	ダイコン	コメヌカ	1.26	○
7	ダイコン	ハイキューブ	1.38	○
8	ニンジン	コメヌカ	2.62	○
9	ニンジン	ハイキューブ	2.73	○
10	コメヌカ	ハイキューブ	0.12	×

表 1 餌の嗜好性の一対比較分析  
 (嗜好度の差：主から対照を引いた値)



# 大豆新奨励品種「サチユタカ<sup>エーイチゴウ</sup>A1号」について

土地利用作物研究室 陣内 暉久

## 背景

「サチユタカ」は収量・品質・加工適性に優れる品種として平成12年度に山口県の奨励品種に採用され、県内全域で栽培されている。

しかし、裂莢性が「易」であることから、立毛裂莢による収穫ロスが多く、生産現場からは莢がはじけにくい品種が求められている。このため、莢がはじけにくい特性（難裂莢性）を有する「サチユタカA1号」を令和3年度奨励品種に採用、令和5年度には「サチユタカ」から全面切り替えを行う予定となっている。

## 目的

大豆新奨励品種「サチユタカA1号」の本県における基本的な特性を把握し、安定生産の推進に資する。

## 成果

- 1 「サチユタカA1号」は国が「サチユタカ」と難裂莢性を持つ「ハヤヒカリ」を交配し、その後に戻し交配することで「サチユタカ」に難裂莢性を導入した品種である。
- 2 「サチユタカA1号」の栽培特性（「サチユタカ」対比）  
栽培特性は「サチユタカ」とほぼ同等である（表1、表2、図1）。
  - （1）開花期、成熟期はほぼ同等である。
  - （2）主茎長、最下着莢高はほぼ同等である。
  - （3）莢数、百粒重および収量は同等である。
  - （4）青立ち程度は同程度で、耐倒伏性は同等に優れる。
  - （5）障害粒および外観品質はほぼ同等で、紫斑粒の発生は同等に少ない。
  - （6）子実の成分含有率はほぼ同等であるが、粗蛋白質がわずかに低い。
  - （7）現地調査でも開花期、成熟期、収量および外観品質はほぼ同等である。
- 3 「サチユタカA1号」の難裂莢性評価（「サチユタカ」対比）
  - （1）裂莢率は成熟後日数が経過してもほとんど増加せず常に低い（図2）。
  - （2）自然裂莢や機械収穫による損失が少ない（表3）。

表 1 「サチユタカ A 1 号」 の特性（平成 29 年～令和元年）

品種	開花期	成熟期	主莖長	分枝数	最下着莢高	莢数	百粒重	収量	標準対比
	月.日	月.日	cm	本/株	cm	莢/株	g	kg/10a	%
サチユタカA1号	8.1	11.2	51.0	4.9	13.4	68.4	35.9	372	100
サチユタカ	8.1	11.1	52.3	5.2	12.3	67.6	35.6	373	100

品種	倒伏程度	青立程度	障害粒			外観品質	子実の成分含有率		
	0-5	0-5	紫斑	褐斑	裂皮	1-7	粗蛋白質	粗脂肪	全糖
サチユタカA1号	0.0	0.3	0.0	0.7	1.0	4.7	44.9	20.0	21.4
サチユタカ	0.0	0.3	0.0	0.7	1.3	4.0	46.4	19.2	21.3

注 1) 試験場所は山口県農林総合技術センター内ほ場（山口市大内氷上）（図 2、表 3 も同様）。  
 注 2) 播種日は 6 月 15 日。栽植密度は 11.9 株/m<sup>2</sup>（条間 60 cm、株間 14 cm、1 株 1 本立て）。  
 注 3) 百粒重、収量は 7.3mm で篩選し、水分 15% で換算（表 2 も同様）。  
 注 4) 倒伏程度、青立ち程度は 0（無）～5（甚）の 6 段階。  
 注 5) 外観品質は 1（上の上）～7（下の下）の 7 段階で評価（表 2 も同様）。

表 2 現地調査における生育、収量および外観品質

地域	標高	品種	播種日	開花期	成熟期	収量	標準対比	外観品質
			月.日	月.日	月.日	kg/10a	%	1-7
下関市	0m～	サチユタカA1号	6.27	8.8	11.2	333	92	3.1
	20m	サチユタカ	6.27	8.8	11.2	360	100	3.7
柳井市	60m～	サチユタカA1号	6.3	7.24	10.22	293	107	5.8
	100m	サチユタカ	6.3	7.24	10.22	274	100	6.0
阿武町	250m～	サチユタカA1号	6.1	7.28	10.31	317	108	4.7
	400m	サチユタカ	6.1	7.29	10.31	292	100	4.8

注) 試験年次は下関市が平成 29 年～30 年、柳井市が平成 30 年～令和元年、阿武町が平成 29 年～令和元年。



図 1 成熟期の草姿と子実

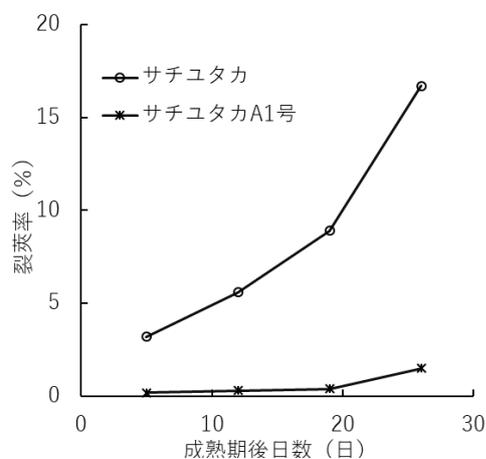


図 2 成熟後の裂莢率の推移（令和元年）

注 1) 播種日は 6 月 15 日、成熟期は 10 月 28 日。  
 注 2) 裂莢率は 1 区 10 株を 3 反復調査し、裂莢数を総莢数で除して算出。

表 3 機械収穫による損失率と実収量（令和元年）

品種	損失量			損失率			実収量 kg/10a
	自然裂莢	収穫時	合計	自然裂莢	収穫時	合計	
	kg/10a	kg/10a	kg/10a	%	%	%	
サチユタカA1号	0.1	8.0	8.1	0.1	4.0	4.1	194
サチユタカ	4.0	15.5	19.5	2.4	8.8	11.2	163

注 1) 播種日は 7 月 8 日、成熟期は 10 月 30 日。  
 注 2) 調査日は 11 月 16 日（成熟期 17 日後）。  
 注 3) 1 区 1.5 m<sup>2</sup> の 2 地点調査。損失率はそれぞれの落下粒重量を坪刈り収量で除して算出。収穫時損失はコンバインのヘッドロスと排出ロスを合わせた値。実収量は坪刈り収量から落下粒重量を引いて算出。