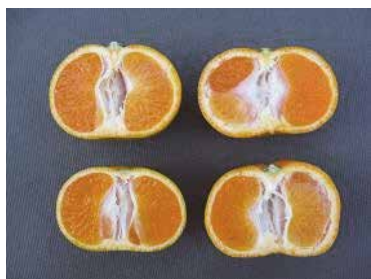


# β-クリプトキサンチンの供給源となる国産カンキツ

## 周年供給のための技術と実証事例



新鮮空  
気取入  
れ制御



平成31年3月

革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）実証研究型  
「β-クリプトキサンチンの供給源となる国産カンキツの周年供給技術体系の実証」

βクリプト周年供給コンソーシアム

代表機関：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構

九州沖縄農業研究センター

## まえがき

外国産農産物との差別化や現場の更なる生産性の向上を可能にする技術を生み出し、新たな国際環境の下で、我が国農林水産業・食品産業の持続的な維持・発展の展望が持てるようにすることが求められています。そのため、農研機構生研支援センターが実施する革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）実証研究型（平成 28-30 年度）では、研究の成果を各地域の競争力強化につなげるため、地域で策定した地域戦略に基づき、ICT による高度な生産管理や鮮度保持技術などの先端技術を組み合わせた革新的技術体系を生産現場において実証し普及を促進することを目的として、研究が進められています。

この一部を担う私たち「βクリプト周年供給コンソーシアム」では、カンキツ産地共通の地域戦略は「新品種と省力的な生産流通技術の導入による品質保証カンキツ果実の安定供給」を実現することであると考える、さらに平成 27 年度より施行された新たな機能性表示制度を活用して国産カンキツの優位性を確立することであると考えました。その実現のために、β-クリプトキサントンの供給源となる国産カンキツの周年供給できる技術体系を確立することを目標とし、技術開発を行ってきました。また、地域ごとの戦略の推進と合わせて生産現場での実証を進めてきました。

ここでは、各産地における地域戦略の推進を加速することを目的として、その概要を取りまとめました。まだ、研究を進めるべき残されている問題もありますが、お含みいただき活用いただければ幸いです。

平成 31 年 3 月  
βクリプト周年供給コンソーシアム  
構成員一同

# 目 次

## I.概 説

- 1.カンキツの持つ機能性とその周年供給の意義・・・・・・・・・・・・・・・・・・1  
小川一紀
- 2.β-クリプトキサンチン高含有カンキツ品種の高品質生産・鮮度保持技術体系  
－新品種と省力的な生産流通技術の導入による品質保証カンキツ果実の安定供給実現  
にむけて－・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・9  
根角博久
- 3.貯蔵庫の温湿度とカンキツの結露について・・・・・・・・・・・・・・・・・・18  
柴田昇平

## II.β-クリプトキサンの供給源となる国産カンキツ周年供給のための技術と実証事例

- 1.機能性成分「β-クリプトキサンチン」の高含有を保證して周年供給するための技術
- (1) 国内主要産地におけるウンシュウミカン果実中のβ-クリプトキサンチン含有量と  
非破壊推術・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・21  
吉岡照高・久永絢美・杉浦 実
- (2) 国産のカンキツによるβ-クリプトキサンチンの周年供給体制・・・・・・・・23  
吉岡照高・久永絢美・杉浦 実
- (3) 機能性表示をした国産カンキツのマーケティング課題と周年供給体制の構築に向  
けた展望・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・24  
宮井浩志・種市 豊
- 2.β-クリプトキサンチン高含有カンキツの高品質安定生産技術
- (1) 超早期出荷を目指した極早生ウンシュウミカンのマルドリ方式栽培における高品質  
安定生産技・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・27  
須崎徳高
- (2) 超早期出荷を目指した極早生ウンシュウミカンのマルドリ方式栽培における高品  
質安定生産の実・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・28  
湊 英也
- (3) 早生ウンシュウミカンのマルドリ方式栽培における高品質安定生産と浮皮軽減技  
術・・29  
藤島宏之
- (4) 早生ウンシュウミカンのマルドリ方式栽培における高品質安定生産と浮皮軽減の  
実証・・31  
藤島宏之
- (5) 早生カンキツ「みはや」のマルドリ方式露地及び屋根かけ栽培による早期高品質  
安定生産技術・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・32  
中村健吾・相川博志・北園邦弥

(6) 早生カンキツ「みはや」のマルドリ方式露地及び屋根かけ栽培による早期高品質安定生産	33
中村健吾・相川博志・北園邦弥	
(7) 「あすみ」の施設栽培における夏秋期の裂果抑制と凍害防止対策技術	34
吉澤栄一	
(8) 「あすみ」の現地実証園での施設栽培による経済栽培の実証	35
吉澤栄一	
(9) 「津之望」の早期成園化と高品質果実生産技術の実証	36
園田真一郎・山下次郎	
<b>3.病害虫の被害軽減技術</b>	
(1) 園地の環境推定に基づくカンキツ病害虫発生予察技術	39
柴田昇平・根角博久・口木文孝・衛藤友紀・白石祥子	
(2) 園地環境推定によるカンキツ病害虫発生予察を活用した防除技術の検証	40
衛藤友紀・白石祥子・口木文孝	
(3) 極早生ウンシュウミカンのマルチ被覆栽培における腐敗軽減の実証	41
駒田達也	
<b>4.長期鮮度保持技術</b>	
(1) 省エネルギーで温湿度を高精度に制御でき、氷温貯蔵技術を活用した早生ウンシュウミカンの長期貯蔵向け貯蔵庫	43
服部國彦	
(2) 精密な温湿度管理による早生ウンシュウミカンの冷温定湿貯蔵技術	44
服部國彦	
(3) 精密な温湿度管理による早生ウンシュウミカンの冷温定湿貯蔵	45
法村彩香	
(4) プロヒドロジャスモン加用ジベレリン散布と青色 LED 設置冷風貯蔵による晩生ウンシュウミカンの貯蔵性向上技術	46
山家一哲	
(5) ジベレリンと貯蔵中の青い光でミカンの腐敗を減らす－晩生ウンシュウミカン貯蔵性向上技術の実証－	47
山家一哲	
(6) 晩生カンキツ「せとみ」の出荷期対応別貯蔵技術	48
西岡真理	
(7) 晩生カンキツ「せとみ」の出荷期対応別貯蔵技術の実証	50
西岡真理	
(8) 早生カンキツ「みはや」の鮮度保持技術の検討	51
中村健吾・相川博志・北園邦弥	
(9) 「あすみ」の施設栽培果実による鮮度保持技術	52
吉澤栄一	

## 5.家庭選果の省力化のため技術

- (1) 家庭選別を代行するロボット搭載型プレ選果自システムの実現・・・・・・・・・・ 54  
二宮和則
- (2) ロボット選果システムの効率的運用体制の構築と費用対効果の検証・・・・・・・・ 55  
土井謙児

## Ⅲ.地域戦略の推進事例

- 1.マルドリ方式栽培と超極早生ウンシュウミカン「みえ紀南1号」の導入によるブランド化の推進・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 57  
三重県紀州地域農業改良普及センター 長谷川弘樹
- 2.精密な温湿度管理による早生ウンシュウミカンの冷温定湿貯蔵・・・・・・・・・・ 58  
長崎県県央振興局長崎地域普及課 松尾郁雄
- 3.晩生ウンシュウミカンにおける新技術導入による貯蔵性向上と機能性表示食品制度を活用した消費拡大の推進・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 59  
静岡県経済産業部農業局農業戦略課・農芸振興課
- 4.山口県周防大島地域の柑橘産地における県オリジナル柑橘「せとみ」の長期貯蔵技術の実証支援と普及推進・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 60  
山口県農林水産部柳井農林水産事務所 兼常康彦・広中泰典
- 5.施設カンキツ産地形成における「あすみ」の施設栽培の推進・・・・・・・・・・ 61  
大分県農林水産研究指導センター農業研究部果樹グループ 吉澤栄一
- 6.「津之望」をはじめとする優良品種の導入と生産対策等の推進・・・・・・・・ 62  
長崎県県央振興局西海事務所 陣野泰明
- 7.カンキツの病害虫の適期防除で商品果率アップ  
－農地環境推定システムの活用 チャノキイロアザミウマを例として－・・・・・・・・ 63  
佐賀県果樹試験場 衛藤友紀・白石祥子・口木文孝
- 8.選果の省力化・経営の大規模化に向けた取り組み・・・・・・・・・・・・・・・・ 64  
JAながさき西海 生垣隆三・竹市勝也

# I.概 説

## 1.カンキツの持つ機能性と周年供給の意義

小川一紀（専門 PO）

農研機構フェロー

### 1. はじめに

世界中で行われてきた大規模な栄養疫学研究（前向きコホート研究）は、バランスのとれた食事が病気の予防や健康の維持に重要であることを示しており、この結果をもとに健康の維持増進の指標となる食事指針が世界各国で策定されています。日本では 1985 年に健康づくりのための食生活指針が示され、2016 年に最新の食生活指針が策定されています。また、食生活指針を具体的に示す手引きとして食事バランスガイドが公開されています。多くの国の食事指針には、果物摂取の重要性と摂取目安量が示されています（表 1）。日本の食事バランスガイドでは、毎日 200g の摂取を適量としていますが、日本人の平均の果物摂取量は毎日 100g ほどで、不足しているのが現状です。このことは日本だけの問題ではなく、世界的に見ても十分な量の果物を摂取している国は多いとは言えません。果物は健康に欠かせない食品であることを、果物と健康に関する疫学研究の結果、果物に含まれる植物化学成分、カンキツに含まれる機能性成分と機能性研究、β-クリプトキサンチンの機能性研究から説明し、生鮮食品の機能性表示について、そしてカンキツを周年供給する意義について考えてみます。

表 1. 世界の食事指針における果物摂取の目安

機関・国	毎日の目安量
世界保健機関	果物・野菜：少なくとも400g
米国	果物：2カップ
イギリス	果物・野菜：少なくとも400g
ドイツ	果物：少なくとも250g
オランダ	果物：少なくとも200g
中国	果物：200-350g
韓国	果物：2-3サービング
日本	果物：2サービング（200g）

### 2. 果物と健康に関する疫学研究

多数の大規模な前向きコホート研究が世界的に行われており、それらの結果の総合的な解析（メタ解析）が進んでいます。その結果は、食事指針で推奨される食事要素（穀類、野菜、果物、肉類、乳製品など）の摂取バランスを守るほど病気の予防効果は高く、バランスのとれた食事の重要性が示されています。ま

表2. 前向きコホート研究のメタ解析結果

病気の種類	研究数	摂取量 (g/日)	リスク低下
総死亡	13	250-300	10%
冠動脈疾患	12	200	15%
脳卒中	8	200	20%
2型糖尿病	15	200-300	10%
高血圧	7	300	7%

た、食事要素別の摂取量と病気予防との関係についてもメタ解析が行われており、果物の摂取量については、①総死亡（13 研究）は摂取量 250-300 g/日で 10%のリスク減少、②冠動脈疾患（12 研究）は摂取量 200 g/日で 15%のリスク減少、③脳卒中（8 研究）は摂取量 200 g/日で 20%のリスク減少、④2型糖尿病（15 研究）は摂取量 200-300 g/日で 10%のリスク減少、⑤高血圧（7 研究）は摂取量 300 g/日で 7%のリスク減少を示すことが示されています（表2）。摂取量と予防効果との関連（用量反応）については、200-300 g までは食べるほど予防効果が強くなるのですが、それ以上では頭打ちの状態になります。果物の場合、200-300 g を超える量を食べても病気のリスクの上昇は認められないようですが、エネルギー摂取過多になる可能性もあり、また費用対効果も含めると病気の予防における果物の望ましい摂取量は 200-300 g の範囲にあるといえるかもしれません。多くの前向きコホート研究では、すべての果物をひとまとめにした摂取量で評価しています。特定の果物の健康に対する有益性についての報告例もありますが、確定的ではなく今後も研究が必要と言えます。まずは果物を食べるのが重要と言えるでしょう。

### 3. 果物に含まれる植物化学成分

果物の摂取が病気の予防と関連する理由として、これらに含まれる種々の成分によると考えてよいでしょう。果物に共通して含まれるビタミン類、カリウムなどのミネラル、食物繊維に加え、多様な植物化学成分も大きく関与すると考えられています。植物化学成分は、植物内で生合成される経路によって構造の骨格に特徴があり、フラボノイド、クマリン類、ケイ皮酸誘導体類、テルペノイド、カロテノイドなどの

表3. 果物の種類と含まれる植物化学成分

カテゴリー	リンゴ	カンキツ	ブドウ
精油		リモネン	
カロテノイド		$\beta$ -クリプトキサンチン ビオラキサンチン	
クマリン類		オーラプテン ベルガモッチン	
リモノイド		リモニン ノミリン	
フラボノイド	ケルセチン配糖体 フロレチン配糖体 カテキン類 アントシアニン	ヘスベリジン ナリンジン ノビレチン タンゲレチン フロレチン-C配糖体	フラボノール配糖体 アントシアニン
	プロシアニジン類 (2-10量体)		プロアントシアニジン類
ケイ皮酸誘導体	クロロゲン酸類	クロロゲン酸類	
スチルベノイド			レスベラトロール ビニフェリン

参考：Dictionary of Natural Products (Version16:1)

グループに分けることができます。また、フラボノイドやケイ皮酸誘導体は、フェノールという化学構造を多数もつことからポリフェノール類とも呼ばれます。果物にほぼ共通して含まれる植物化学成分もあれば、特有の植物化学成分を特に多く含む果物もあります。リンゴ、カンキツ、ブドウに含まれる主要な植物化学成分を比較すると、それぞれに特徴があります(表3)。リンゴに特徴的な植物化学成分として、フラボノイドに属するフロレチン配糖体やプロシアニジン類、カンキツの場合は、フラボノイドのフラバノン類(ヘスペリジン、ナリンジンなど)、ポリメトキシフラボン類(ノビレチン、タンゲレチンなど)、苦味物質であるリモノイド(リモニン、ノミリンなど)、クマリン類(オーラプテン、ベルガモッチンなど)、カロテノイド( $\beta$ -クリプトキササンチン、ピオラキササンチンなど)、ブドウの場合は、植物の色素でもあるアントシアニン類やレスベラトローなどのスチルベノイドがあげられます。アントシアニン類は、赤から紫色の植物色素で多くの果物に含まれていますし、クロロゲン酸などのケイヒ酸誘導体のように、色々な果物に含まれる共通的な成分もあります。カンキツには他の果物には含まれない特有の成分が含まれていることが分かります。果物の種類によって、摂取する植物化学成分に違いがあります。しかし、どの成分が他に比べて優れているという議論はできません。それは、それぞれの成分に特有の機能性があると考えられるからです。

#### 4. カンキツに含まれる機能性成分と機能性研究

カンキツの祖先は、今から 800 万年前にインド北東部-ミャンマー北部-中国雲南北西部に囲まれた地域で生まれたと考えられています。基本となる種類は、ポメロ(ブンタン)、マンダリン(ポンカンなど)、シトロン、キンカン、ミクロシトラスで、これらが拡散しながら交雑して多様な種類のカンキツが生まれたと考えられています。カンキツに含まれる植物化学成分も、親の特徴を引き継いでいます。カンキツに特有の成分と言えるフラバノン配糖体類は、おおよそ、ポメロやダイダイとその雑種には苦味を有するナリンジンやネオヘスペリジンが、マンダリンとその雑種には苦味のないヘスペリジンやナリルチンが含まれています。オーラプテンはポメロとその雑種に含まれています。ポリメトキシフラボノイドはマンダリン類に多く含まれ、果皮にしか含まれないという特徴があります。キンカンにはフラバノン配糖体は含まれず、フロレチン配糖体が含まれています。 $\beta$ -クリプトキササンチンは、日本発祥のウンシュウミカンに多く含まれる成分です。日本のカンキツ類の育種で生まれた品種は、ウンシュウミカンの血を引くものが多く、着色の良いものを選抜すると $\beta$ -クリプトキササンチンを蓄積する特徴を引き継いでいる可能性が高いこととなります。本事業で取り上げている、「みはや」「あすみ」「せとみ」「津之望」はそのような品種になります。

フラバノン配糖体類については、海外で前向きコホート研究が行われており、脳血管疾患、心血管疾患、血管機能、高血圧、メタボリックシンドローム、2型糖尿病の予防や改善が示されています。グレープフルーツやオレンジ果汁を用いたヒト介入試験も行われており、血圧、血管機能、脂質代謝、認知機能の改善が認められるという結果が報告されています。ポリメトキシフラボノイド、オーラプテンについても、世界中で数多くの機能性研究が行われており、日本でも発がん抑制、抗炎症作用、脳機能(認知機能)について動物試験が行われています。しかし、ヒトでの検証はこれからと言えます。日本では、ウンシュウ



ミカン摂取と健康診断の指標との関連を調べる10年間の前向きコホート研究が静岡県三ヶ日町で行われ、多くの結果が報告されています（後述）。またβ-クリプトキサンチン高含有ウンシュウミカン飲料によるヒト介入試験、ウンシュウミカン搾汁副産物から製造したβ-クリプトキサンチン試薬を用いた動物試験によりメカニズム解明も進んでいます。

## 5. β-クリプトキサンチン研究

果物・野菜にはカロテノイドが含まれ、主要なものとしてリコペン、α-カロテン、β-カロテン、β-クリプトキサンチン、ルテイン、ゼアキサンチンの6種があげられます。β-クリプトキサンチンは、α-カロテンとβ-カロテンとともに摂取後ビタミンAに変化するプロビタミンAとしての機能を持ちます。ところで、がん、心疾患、糖尿病、肝臓疾患など種々の病気の発症・進行と酸化ストレスとの関係が明らかになりつつあります。カロテノイドには抗酸化作用があり、体内でその機能が働くことでそれらの病気の発症・進行の予防に役立つのではないかと考えられています。β-クリプトキサンチンはウンシュウミカン、パパイヤ、ビワ、カキなどの果実に含まれています（表4）。ウンシュウミカンのβ-クリプトキサンチン含量は、オレンジと比較すると約10倍の違いがあります。日本ではウンシュウミカンが最も摂取量の多いカンキツですから、β-クリプトキサンチンの摂取量が多いこととなります。世界各地で行われた前向きコホート研究の報告から、血中β-クリプトキサンチン濃度をまとめると、調査国、地域、性別により違いがあることがわかります（図1）。日本国内の比較では、ウンシュウミカン産地の静岡・三ヶ日町の研究参加者の血中β-クリプトキサンチンの平均濃度は、他に比べて特異的に高く、一方、北海道・八雲町の研究参加

表4. β-クリプトキサンチン含量の多い果物

種類	含有量 (μg/100g可食部)
ウンシュウミカン	2000 (砂じょう)
はるみ	1100 (砂じょう)
ポンカン	1000 (砂じょう)
パパイヤ	820
ビワ	600
甘ガキ	500
ネーブルオレンジ	210

参考：日本食品標準成分表2015年版（7訂）

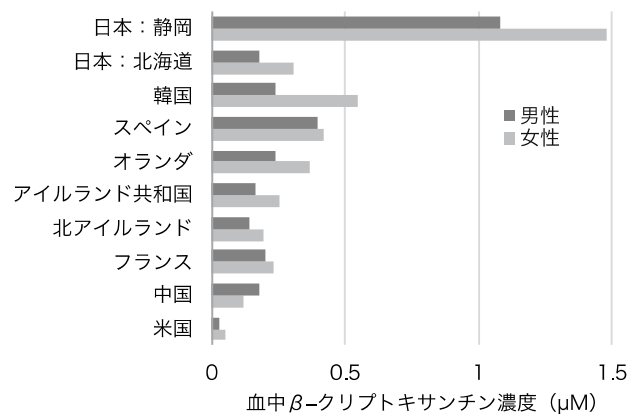


図1. 血中β-クリプトキサンチン濃度の国・地域・性別比較

者の血中濃度は低いことがわかります。ウンシュウミカンをたくさん食べる人が多い静岡・三ヶ日町ですが、あまり食べない人もいます。そのため血中β-クリプトキサンチン濃度の範囲が広く、β-クリプトキサンチンの効果を検出しやすいと考えられます。三ヶ日町研究は、このような地域で行われたユニークな疫学研究と言えます。三ヶ日町研究では10年間の前向きコホート研究の解析が行われ、血中β-クリプトキサンチン濃度の高い人は、脂質代謝異常、肝機能異常（高ALT値）、2型糖尿病、動脈硬化、骨粗鬆症（閉経女性）の発症リスクが低いことが示されています（表5）。ウンシュウミカンを食べることで生活習慣病の予防につながる可能性があります。また、β-クリプトキサンチン高含有ウンシュウミカン飲料によるヒト介入試験も行われており、骨代謝マーカーや非アルコール性脂肪性肝疾患の患者の血清バイオマーカーの数値変化が示されています。

表5. ミカンの摂取と健康に関する栄養疫学調査（三ヶ日町研究）

縦断研究（10年間の前向きコホート研究）の結果	
血中β-クリプトキサンチン濃度が高いと	
- 脂質異常（低HDLコレステロール値/高中性脂肪値）の発症リスク	: ↓
- 肝機能異常（高ALT値）の発症リスク	: ↓
- 動脈硬化（脈波速度評価）の発症リスク	: ↓
- 2型糖尿病の発症リスク	: ↓
- 骨粗鬆症（閉経女性）の発症リスク	: ↓

## 6. 機能性表示食品

食品表示法は、食品衛生法、JAS法、健康増進法に分かれていた食品に関する情報を一元化した法として、平成27年4月に施行されました。食品表示は、食品を摂取する際の消費者の安全確保、消費者の自主的かつ合理的な食品選択の機会の確保に重要なものです。食品表示法の目的は、その適正を確保することによって、国民の健康の保護と増進、食品の生産と流通の円滑化、消費者の求める食品の生産を振興することにあります。特定保健用食品、栄養機能食品、機能性表示食品は、保健機能食品として一括りにされますが、特定保健用食品は健康増進法、栄養機能食品と機能性表示食品は食品表示法に基づくので、根拠となる法律が異なります。

文部省（当時）や農林水産省による食品の生体調節作用に関する研究プロジェクトが1980年代後半から始まり、機能性食品という考え方が生まれ、さらに特定保健用食品制度や機能性表示食品制度へとつながります（表6）。新需要創出のための生物機能の開発・利用技術の開発やカンキツによるがん予防に関する基礎的研究では、カンキツ成分の機能性の発掘と含有成分の動物レベルでの研究が進展しました。

表6. 生体調節機能の研究と特定保健用食品制度・機能性表示食品制度

時期	取り組み
1984-87	食品機能の系統的解析と展開（文部省特定研究） <ul style="list-style-type: none"> <li>- 一次機能：栄養機能</li> <li>- 二次機能：感覚機能</li> <li>- 三次機能：生体調節機能</li> <li>…生体調節機能を強化した加工食品を機能性食品</li> </ul>
1988-90	食品の生体調節機能の解析（文部科学省重点領域研究） <ul style="list-style-type: none"> <li>- 食品の生体調節機能の重点的な解析</li> </ul>
1991-2000	バイオルネッサンス計画（農林水産省） <ul style="list-style-type: none"> <li>- 新需要創出のための生物機能の開発・利用技術の開発</li> </ul>
1996-2001	新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業（農林水産省） <ul style="list-style-type: none"> <li>- カンキツによるがん予防に関する基礎的研究</li> </ul>
1992-94	機能性食品の解析と分子設計（文部科学省重点領域研究） <ul style="list-style-type: none"> <li>- 機能性食品の設計・開発</li> </ul>
2002	特定保健用食品制度 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 体調節機能を期待できる食品（機能性食品）の積極的活用</li> <li>- 科学的根拠（臨床試験）に基づく表示の許可と規制</li> </ul>
2015	機能性表示食品制度 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 最終製品または機能性関与成分に関する研究レビューによる届出</li> </ul>

機能性表示食品の届出は、1820件（2019.2.28時点）あり、漸増しています。生鮮食品の届出は28件と少なく、うち果物はウンシュウミカンの10件とリンゴの2件です。機能性表示を行う上での科学的根拠は、販売しようとする製品（最終製品）を用いた臨床試験あるいは最終製品または機能性関与成分に関する研究レビューになります。研究レビューは文献検索などで入手できる文献（査読付きのしっかりとした論文）をもとに、総合的な観点から機能が肯定的かどうかを評価するものです。ウンシュウミカンは、β-クリプトキサンチンの骨代謝マーカーの変化（骨形成マーカーの上昇と骨吸収マーカーの低下）に対する作用を、リンゴは、リンゴ由来のプロシアニジンが内蔵脂肪面積を減少させることを研究レビューにより示しています。ウンシュウミカンやリンゴそのものでの臨床試験は困難なため、β-クリプトキサンチン高含有飲料やリンゴ由来のプロシアニジン調製品により別途機能を確認し、これらを成分として含むことをもって機能性表示食品の届出がなされています。このことは他の生鮮食品にも言えることです。サプリメント形状以外の加工食品や生鮮食品は、前向きコホート研究の結果でも機能性食品としての届出が可能なので、ハードルが低くなっていると言えるでしょう。三ヶ日町研究では、すでに紹介したように、血中β-クリプトキサンチン濃度の高い人は、脂質代謝異常、肝機能異常（高ALT値）、2型糖尿病、動脈硬化、骨粗鬆症（閉経女性）の発症リスクが低いことが示されています。どのような機能性を表示するかという課題はありますが、血中β-クリプトキサンチン濃度とウンシュウミカン摂取量との関係がわかっているので、ウンシュウミカンの新たな機能性表示が可能になるかもしれません。

生鮮食品を機能性表示食品とする場合に避けられない課題もあります。保健機能食品には、「食生活は主食、主菜、副菜を基本に、食事のバランスを」という表示が義務づけられています。特定の果物を、食べ続けることが良いのかと指摘されるかもしれません。また、表示される摂取目安量は、ウンシュウミカンは可食部270g、リンゴは同じく300gで、どちらかで1日の望ましい果物摂取量に達してしまい、機能があるからといって両方を目安量食べることは難しいといえます。ウンシュウミカンとリンゴを目安量の

半分ずつ食べた場合に、報告されている機能が得られるのかという疑問が出るかもしれません。機能性表示食品の効果を得るためには、同じ食品を毎日食べ続けなければいけないのか、具体的な表示はありません。消費者の自主的かつ合理的な食品選択の機会のためには、さらなる情報提供が必要かもしれません。前述のように、果物が健康に有益であることは、数多くの前向きコホート研究の解析で極めて根拠の高い事実であることがわかっています。β-クリプトキサンチンに関して言えば、サプリメント形状の加工食品の含有量はかなり低く、ウンシュウミカンやウンシュウミカン飲料に敵うものではありません。また、ウンシュウミカンの摂取目安量を、少し緩やかに考えた方が良いかもしれません。食べないより食べた方が良いからです。

## 7. 消費者の健康に対する意識

平成 26 年版厚生労働白書の「健康をめぐる状況と意識」に、2014 年の健康意識に関する調査の結果が載っています。それによると、健康にとって最大のリスクは、41.9%の人が生活習慣病を引き起こす生活習慣と考えています。また、食生活に気をつけていると回答した人は 66.8%で、6 割強の人は食生活の重要性を認識しています。気をつけている人の行動内容は、1 日 3 回の規則正しい食事が 66.7%、栄養バランスを考えて色々な食品を摂るが 51.6%で、気をつけている人でも、規則正しい食事やバランスのとれた食品の重要性を必ずしも認識していないかもしれません。気をつけて食べている食品については、緑黄色野菜が 47.5%、生野菜が 44.3%であるのに対して、果物は 37.2%と低い結果です。果物を食べることに気をつけている人は男女差や年齢差があり、男性は 30.5%、女性は 42.9%、65 歳以上の人は 49.7%となっています。同様の傾向は、緑黄色野菜においても見られます。女性や高齢者は果物を食べるという意識を持つ人が多いようです。ウンシュウミカンが骨の健康維持に役立つことを積極的に伝える候補として、高齢女性は効果的な対象になる可能性があります。

同じ調査によれば、健康食品やドリンク剤について、非常に健康に良いと思う人は 1.9%とわずかですが、ある程度健康に良いと思う人は 57.5%なので 6 割の人が評価しています。一方、利用頻度については、常用しているあるいは良く利用している人は 12.2%、時々利用している人は 30%、合わせると 42.2%です。健康に良いかもしれないと思っているが、利用には懐疑的なものかもしれません。健康食品やドリンク剤摂取の目的は健康のためと比較的明確である一方、果物を気をつけて食べる人が多くない理由として、果物は食品の一つにしかすぎず、健康という意識を持って食べないからかもしれません。バランスのとれた食事において、果物が重要な要素であることを伝えるとともに、果物を機能性表示食品として消費者に受け入れてもらう工夫が果物摂取の増加につながるかもしれません。なお果物については、正しい情報だけでなく、甘いから太るとか糖尿病になるといった誤った情報もあります。三ヶ日町研究ではウンシュウミカンを食べるほど 2 型糖尿病の発症リスクが低いことが示されています。果物を食べない人に向けた、正しい情報の発信が引き続き重要になると言えます。

## 8. 周年供給の意義

日本人の果物摂取量は、この十数年でわずかず減少しており、近年の 1 日の平均摂取量は 100g 前後

を推移しています。日本の果実の供給量は7320千トン、国産は約4割の2969千トンになっています。また、生鮮用は供給量の6割、ウンシュウミカン711千トン、リンゴ702千トン、バナナ960千トン、その他2014千トンとなっています（平成27年推計値、平成31年農林水産省果樹をめぐる情勢より）。これら3種の果物の、年間を通しての供給量の変化を模式的に見ると、国産の主力であるウンシュウミカンとリンゴは春から夏にかけて少なく、輸入果物の代表であるバナナはウンシュウミカンやリンゴの多い時期に少なくなっています（図2）。

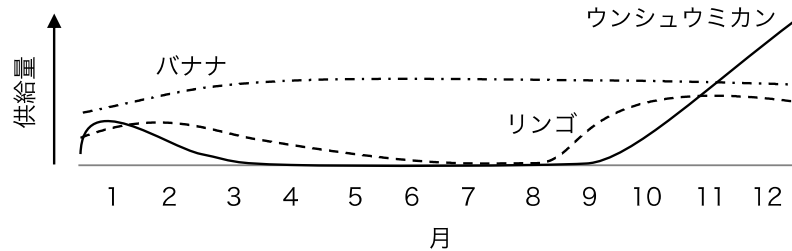


図2. 主要な果物の供給量の変化

ウンシュウミカンもリンゴも極早生・早生・中生・晩生の品種をリレーしながら貯蔵も組み合わせず出荷されます。ウンシュウミカンの収穫時期は9月から1月、リンゴは8月から11月と少しずつありますが、秋から冬が供給量の多い時期になります。貯蔵による出荷時期の調整は、生産者にとって収益に結びつきますし、購入費の問題はありますが、消費者は長い期間好みの果物を食べることが出来るという利点があります。春から夏にかけて、露地ウンシュウミカンのない時期には輸入オレンジが出回りますが、供給量は84千トンでウンシュウミカンに比べて少ない状況です。この時期に、ハウス栽培ウンシュウミカンと、古くから栽培される中生・晩生カンキツの、日向夏、ハッサク、「不知火」、河内晩柑、ブンタン類などに、「みはや」、「あすみ」、「せとみ」、「津之望」などが加わると、国産カンキツの選択肢が増えます。果物は旬が大事ですが、食味の低下を抑える貯蔵技術の開発により、旬に縛られない供給が可能になるでしょう。機能性表示食品制度では、目的とする機能性関与成分を一定量安定して含んでいれば、カンキツの種類が異なっても同様の届出が可能です。また、ウンシュウミカン以上の高濃度のβ-クリプトキサンチンを安定して含有するカンキツは、より少ない摂取目安量で機能性表示食品としての届出が可能になります。

ウンシュウミカンの供給がない夏場にはβ-クリプトキサンチン摂取量が減少しますが、ウンシュウミカンを冬場にたくさん食べる人は、食べない人より血中のβ-クリプトキサンチン濃度が夏場でも高いことが報告されています。β-クリプトキサンチン含有カンキツの周年供給により、通年で血中のβ-クリプトキサンチン濃度を平均して高い状態に保つことが可能になれば、骨の健康に限らず他の健康機能にも有益であることが予想されます。β-クリプトキサンチン高含有カンキツである、「みはや」、「あすみ」、「せとみ」、「津之望」の組織的な生産はこれからだと思われます。本書で解説される技術体系を活用することにより、これらのカンキツの生産拡大と、ウンシュウミカンと組み合わせたβ-クリプトキサンチン高含有カンキツの周年供給体制は、生産者にとって収益の向上、消費者にとって健康上の利益につながるものと考えられます。

2.β-クリプトキサンチン高含有カンキツ品種の高品質生産・鮮度保持技術体系  
 - 新品種と省力的な生産流通技術の導入による品質保証カンキツ果実の安定供給実現にむけて -

根角博久（研究代表者）

農研機構九州沖縄農業研究センター

1. はじめに

我が国の主要カンキツであるウンシュウミカンでは、突然変異により9月上中旬に成熟する超極早生から晩生まで、成熟期の異なる優れた品種が出現し、産地ごとに選抜・普及が進められています。また、交雑によって育成された「みはや」「あすみ」「せとみ」「津之望」など、食味の良い新品種の普及が始まっています。これらの品種は、「骨の健康」などに役立つとされるウンシュウミカンの健康機能性成分「β-クリプトキサンチン」を多く蓄積する特徴があります。

革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）「β-クリプトキサンチンの供給源となる国産カンキツの周年供給技術体系の実証」では、これらの品種について、機能性成分高含有の高品質果実を安定生産し、長期鮮度保持をするための技術体系の構築を試みました（表1）。その技術体系の目標は、高品質で貯蔵性のある果実を安定生産し、省力的に選別して、貯蔵により計画的な出荷を実現し、機能性成分高含有な国産カンキツの周年供給をできるようにすることです。この技術体系を「β-クリプトキサンチン高含有カンキツ品種の高品質生産・鮮度保持技術体系」とします。

ここでは、私たち「βクリプト周年供給コンソーシアム」で開発・実証を行ってきたその技術体系の概要について紹介します。

表1 技術体系の要素技術

項目	品種・要素技術
品 種	・ウンシュウミカン（極早生～晩生の各品種） ・β-クリプトキサンチン高含有の交雑育種による育成品種（「津之望」「みはや」「あすみ」「せとみ」など）
栽 培	・乾燥による樹体の水分ストレスコントロールによる高品質果実生産技術（マルドリ方式、施設栽培） ・プロヒドロジャスモン加用ジベレリン処理による浮皮軽減技術 ・圃地ごとの病害虫の発生予察・防除適期推定に基づく被害軽減技術
収穫果実の選別	・ロボット搭載型プレ選果システムによる家庭選別の代行
貯 蔵	・高精度な温湿度管理により、予措、降温馴化、出荷前昇温馴化処理ができる貯蔵庫 ・冷風貯蔵庫 ・青色LED光照射による腐敗抑制技術 ・微細孔フィルム個包装による貯蔵技術
機能性成分の含有量保証	・光センサによるβ-クリプトキサンチン含有量の保証技術

2. 技術の概要

(1) β-クリプトキサンチンの供給源となる品種

β-クリプトキサンチン供給源として国産カンキツを周年供給することを想定し、早熟な品種から晩

生品種を選択し実証を行いました。ウンシュウミカンでは、9月中旬から出荷される極早生ウンシュウミカン「みえ紀南1号」、10月中下旬から出荷される早生ウンシュウミカン「北原早生」、11月から出荷される「原口早生」、12月に収穫し主に貯蔵して出荷される晩生ウンシュウミカン「青島温州」「寿太郎温州」を対象としました。また、交雑により育成されたウンシュウミカンを祖先にもつ品種「みはや」「津之望」「あすみ」「せとみ」を選択しています（図1）。育成されたカンキツ品種は、収穫期の果肉100gあたりβ-クリプトキサンチン含有量が1.1mg以上でした（図2）。また、ウンシュウミカンも含めこれらの品種は、貯蔵中にβ-クリプトキサンチンの含有量が減少することはなく、品種の成熟期の違いや貯蔵技術を活用した、機能性成分供給源として安定的に供給することができるものと期待できます。



図1 交雑育種により育成されたβ-クリプトキサンチン含有量のカンキツ品種

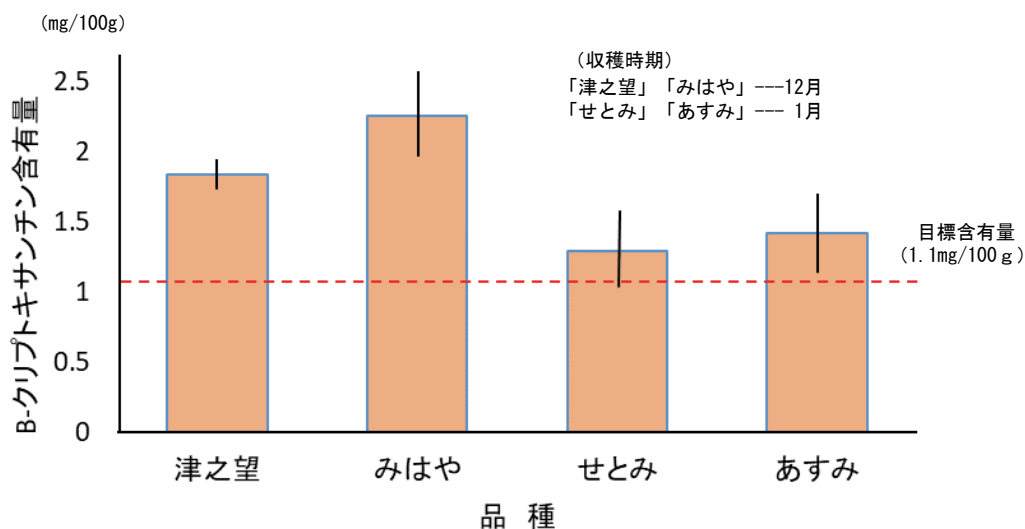


図2 育成されたカンキツ品種の収穫期のβ-クリプトキサンチン含有量  
分析時期：「津之望」「みはや」は12月、「あすみ」「せとみ」は1月

(2) 高品質で貯蔵性の良い果実を安定生産するための技術

①夏秋期の樹体の水分ストレス制御による高品質果実生産技術

ウンシュウミカンの果実糖度を高める栽培技術のポイントは、夏秋期の土壌乾燥により樹体の水分ストレスをコントロールすることです。土壌を乾燥させることによるカンキツの樹体のストレス反応で目視できるものには、旧葉の落葉、葉の巻き、果実の軟化、果実の肥大抑制などがありますが、そのような状態は過度なストレス状態であり、そのような状態になる前の適切なストレス状態を把握し、日々のかん水でコントロールをします。

その客観的なストレス反応は、同化産物の転流状況を反映していると考えられる葉内最大水ポテンシャルで、その目安を-0.8MPaを基準として、果汁蓄積初期からその前後の乾燥ストレス強度で管理するというのが、無理なく高糖度果実を生産する技術です。

生産現場においては、簡易土壌水分計の水位低下状況（土壌が毛管連絡切断点の pF2.8 以上の乾燥状態である目安）、果実硬度の日変化、葉裏からの蒸散量（水分ストレス表示シート）などで、推定できます。簡易土壌水分計では、センサとなっているポーラスカップの埋め込み位置の土壌乾燥状況が反映されているので、深さ 20 cm の位置の観測を行っている場合は、根域の深さ等により樹体のストレス反応は通常遅れます。その時間的なズレは、園地の条件や樹齢によっても異なります。そのことを考慮し、土壌の乾燥を確認したら、日中に軟化した果実硬度や日没後に硬化する果実硬度の日変化の状況や日中の葉裏からの蒸散量などを目安に、樹体のストレス状態を確認してかん水の開始時期を決めます。マルドリ方式栽培では、自動点滴かん水による少量多頻度かん水で適切なストレス状態の維持、コントロールを行います。

夏秋季の乾燥ストレスの程度が果実品質に大きく影響する早熟品種での実証結果を表 2 に示します。ウンシュウミカン品種「みえ紀南 1 号」「北原早生」だけでなく、「みはや」においても技術の有効性が確認されました。

表 2 樹体の水分ストレス制御による高品質生産技術の実証結果

品 種		水分制御技術		試験事例					
品種名	収穫期	制御方法	ストレス制御 開始期目標	調査時期	糖度(° brix)		評価 <sup>z</sup>	実証地区	備 考
					制御区	露地区			
みえ紀南1号	9月中旬	マルドリ方式	7月中下旬 (満開後85)	9月中旬	10.2	9.9	△	三重県	A園(3年間平均)
					10.5	9.7	○		B園(3年間平均)
北原早生	10月中旬～ 11月上旬	マルドリ方式	7月中下旬	10月下旬	13.5	11.2	○	福岡県	2018年度
みはや	11月下旬～ 12月中旬	マルドリ方 式 土屋根かけ	7月中旬	11月下旬	13.4	12.1	○	熊本県	2018年度

かん水管理のための指標: 20cmの深さの土壌水分(pF2.8)、葉裏からの蒸散量、日没後の果実硬度、果実の日肥大量、糖蓄積の途中経過などを目安としながら葉内最大水ポテンシャル(-0.8MPa)を目標にかん水量を制御  
z: 評価は、○: 目標値(糖度(平均)、裂果率)を達成、△: 対照と比べて効果を確認、×: 効果なし、または判定できなかったことを示す。

また、「あすみ」では、満開後 120 日頃から果汁の蓄積が始まり、この時期からの適切な水分ストレス制御で、裂果多発の抑制ができることが示されています。

## ②プロヒドロジャスモン加用ジベレリン (GP 剤) 散布による浮皮軽減技術

果皮が果肉から離れる「浮皮」が発生した果実は、日持ち性が悪く、長期の鮮度保持には不向きです。そこで、高糖度な果実生産と合わせて、浮皮となるリスクを軽減し、収穫期の延長を可能にし、高品質で貯蔵性の良い果実を安定生産しようとするのがこの技術の組み合わせです。

農業登録では、ジベレリンの使用濃度の範囲は 1~5ppm ですが、実証試験では各品種について着色への影響が少ない濃度 (1~2ppm) での処理および散布時期としました。また、プロヒドロジャス



モンの濃度は25ppmとしました(表3)。「原口早生」「寿太郎温州」では対照の無処理も収穫時の浮皮の発生が少なく、効果が明確ではありませんでしたが、「北原早生」では浮皮抑制効果が無処理と比べて明確で、収穫期間の延長等が期待されます。

表3 プロヒドロジャスモン加用ジベレリン散布による浮皮軽減技術の実証結果

品 種		プロヒドロジャスモン加用ジベレリン散布			試験事例での浮皮軽減効果 <sup>Z</sup>					
品 種 名	収 穫 期	散布時期	濃度(ppm)		発生程度			評価		備 考
			GA	プロヒドロジャスモン	散布区	無散布区	収 穫 時	貯 蔵 果 実		
北原早生	10月中旬～ 11月上旬	8月上旬	1	25	10月下旬	0.1	0.7	○	○	収穫始めに着色に影響が少ない散布濃度、散布時
					11月上旬	0.3	1.1	○		
原口早生	11月中旬～ 11月下旬	9月上旬	1～2	25	11月中旬	0.02	0.1	△	×	冷温定湿貯蔵(温度3℃、相対湿度85±6%)
					1月下旬	0.05	0.1			
寿太郎温州	12月中旬	9月中下旬	2	25	12月	0	0.1	×	△	冷風貯蔵(温度5～8℃、相対湿度80±15%)
					3月中旬	0.3	0.7			

Z: 浮皮程度は、無(0)、軽(1)、中(2)、甚(3)とスコア化して調査しその平均。「北原早生」では、極軽い浮皮を微(0.5)として評価。また、収穫時の浮皮程度または貯蔵後の浮皮の発生増加が無散布と比較して抑制されたかで判定した。  
○: 浮皮を抑制、△: 浮皮抑制傾向、×: 効果なし、または判定できなかったことを示す。

### ③病害虫の発生予察・適期防除時期推定に基づく被害軽減技術

高品質果実の安定生産を実現し長期貯蔵できる果実を生産するためには、病害虫の被害軽減は重要です。しかし、近年気象の極端化により、これまでの防除暦のとおり薬剤散布を行っても被害が多発する事例が発生しています。特に、チャノキイロアザミウマの被害が問題になっています。そこで、農地環境予測手法を活用して病害虫の防除時期を予測し、適期の追加防除で被害を軽減する技術の開発を行いました。

農地環境推定システムは、地点登録する園地において3～6か月間の気温データの収集を行い、その後はアメダス観測データから環境情報の推定を行うものです。病害虫発生や防除適期の事前予測ができ情報をスマートフォンでも共有できます。

検証の結果、農地環境推定システムの日平均気温、日降水量の推定精度は、病害虫の発生予察に十分な精度で、これにより、チャノキイロアザミウマの成虫の発生ピーク推定するアプリケーションを作成しました。作成した農地環境推定システムのコンテンツでは、チャノキイロアザミウマの発生ピークについて、シミュレーションの起算日を1月1日、発育零点9.7℃、発育上限温度33℃、発育停止温度35℃として、有効積算温度360日度に達した日が第1世代の発生ピーク、その後世代のピークは310日度に達した日として推定します。推定される第2世代成虫が発生する時期は、トラップによる誘殺数のピークとよく一致します。有効薬剤による推定ピーク時の追加防除が被害軽減のポイントになります。

実証地域の平均被害果率は、約5%と多く問題となっていましたが、発生ピークが早期化していることを確認し、防除を実施することで概ね2%以内の被害に抑えることができています。

また、病害虫の被害軽減には、耕種的な予防も重要です。高品質生産のために敷設するシートマルチが、極早生ウンシュウミカンの褐色腐敗病の被害を軽減することを確認しています。

### (3) 長期鮮度保持を実現するための技術

長期貯蔵を成功させるためには、浮皮の発生のない貯蔵適性のある果実を生産できることが前提となります。カンキツの貯蔵技術では、一般に果実の水分を3～5%減じる予措処理が行われ、その後、温度、湿度が適切な環境で貯蔵するということが行われます。長期貯蔵の場合の適切な環境とは、腐敗果の発生が少ないこと、呼吸等による消耗が少なく品質が保たれること、果皮の萎凋や浮皮、こはん症、ヘタ枯れが発生しないことなどを満たす環境です。品種ごとに最適温湿度の知見は十分ではありませんが、実証では貯蔵庫内温度3～8℃、相対湿度80～90%を目安とした試験を行いました(表4)。

β-クリプトキサンチン高含有品種の収穫後からの鮮度保持可能期間については、試験の結果から温湿度管理、MA包装資材による個包装、LED光照射等の適切と考えられる技術により、早生ウンシュウミカンで90日以上、晩生ウンシュウミカンで100日以上、「あすみ」の施設栽培された果実では約160日、「せとみ」では210日でした。ただし、この結果は、貯蔵時の果実の品質に影響され「あすみ」では、露地栽培された果実は貯蔵に不適という判定がされています。一方、「せとみ」では、収穫時に着色が不十分で酸含量が高く、加工用としていた果実も貯蔵により品質が改善され、青果として販売できることが実証されています。

静岡県で導入が進められている冷風貯蔵庫に貯蔵病菌の増殖を抑制する青色LED光を照射する技術を組み合わせることで、腐敗果の発生率が抑えられています。

また、カンキツの長期貯蔵技術を理想的に実現するための、予措、自動降温馴化、出荷前昇温馴化処理が可能で、IoT技術により遠隔監視と制御ができる貯蔵庫を開発しました。この貯蔵庫により3℃という冷温で湿度を85%として変動幅少なく維持することができ、長期貯蔵が難しいと考えられる早生ウンシュウ「原口早生」を腐敗果率2%以下で収穫後90日以上の鮮度保持ができており、この技術を「冷温定湿貯蔵技術」と称しています。

表4 実証試験における長期貯蔵条件とその評価

品 種 品種名	貯蔵条件				長期貯蔵試験事例		
	貯蔵環境		青色LED 光照射	その他	調査時期	収穫後 日数	評価 <sup>z)</sup>
温度 (℃)	湿度(%)						
原口早生	2.7～3.3	83～88	—	—	1月下旬	90	○
	7.3～8.2	80～91	—	—			
寿太郎温州	5～8	60～95	—	—	3月中旬	90	○
			有	GP剤			
青島温州	4～8	70～90	—	GP剤	4月上旬	106	○
			有	GP剤			
せとみ	8	90	—	MA包装	8月下旬	210	○
みはや	5	90	—	—	2月中旬	64	○
	10	80	—	—			
あすみ (無加温ハウス)	5	90	—	MA包装	6月中旬	160	○

z: ○は、良好な結果であった貯蔵方法(対照がある場合は、より良好な貯蔵条件を示す)

#### (4) 省力的な選果体制を構築するための技術

カンキツ生産では、収穫、家庭選別、選果場への出荷という作業が重なり、この労働ピークが規模拡大のボトルネックになっています。特に家庭選別の生産者の負担は大きく、この問題を解決するため、選果場において腐敗果や格外果を排除するプレ選果を実現し、等階級を区分して商品として箱詰めしていく本選果の2段階選果を可能にして、家庭選果労力を削減する技術の開発を目指しました。プレ選果では腐敗果が混入しており、その衛生的な排除を高精度力触覚技術（リアルハプティクス技術）の実装により実現しました。試作機では、紫外照明と白色照明を活用したマシンビジョンによって腐敗度、傷等を測定して、腐敗状況によりリアルハプティクスロボットハンドと吸引型ハンドを使い分けるパラレルリンクロボットで選果ライン外に排除します。その後、2ラインの高性能粗選果ラインで、取り残した腐敗果除去も含めて粗選果を行います。このシステムにより、作業人員2～3名で、30t/日のプレ選果が可能で、その選果精度は熟練者による家庭選果に相当します。

#### (5) 機能性成分「β-クリプトキサンチン」の高含有を保証するための技術

機能性表示食品制度において、青果物の機能性表示を行う際の障害になるのが、その対象成分を十分に含有していることを保証することです。ウンシュウミカンにおいては、品種や産地が異なっても、β-クリプトキサンチン含量と糖度には正の相関があり、糖度を目安とした含有量保証ができます。近年では多くの産地で、光センサ選果機により糖度を測定して保証することが行われており、β-クリプトキサンチン含有量の下限保証が可能です。

また、可視・近赤分光法による簡易型機能性成分測定機（キノメータ）で、ウンシュウミカン果汁中のβ-クリプトキサンチン含有量を精度よく推定できるようになりました。簡易に多数の果実のβ-クリプトキサンチン含有量を測定できることで、この測定値と可視・近赤分光法が可能な光センサによりβ-クリプトキサンチン含有量の検量線を作成することができます。これにより、β-クリプトキサンチンの非破壊推定が精度よくできるようになります。

### 3.β-クリプトキサンチンの供給源となる国産カンキツの周年供給の可能性

直売所や web によるアンケート調査の結果、健康に良さそうな食材を積極的に摂取していきたいという消費者の意識があることが示されています。しかし一方で、機能性表示食品制度やβ-クリプトキサンチンの機能性に関する認知度は、期待したほどには高くありませんでした。これは、潜在的ニーズと考えることができます。上記で示した品種や鮮度保持技術を体系的に活用すれば、産地および品種のリレーにより、機能性成分高含有で高品質な国産カンキツの周年供給は可能になります（図3）。これにより、潜在的ニーズに応えるマーケティングができるかが、国際的な競争力強化につなげるための課題です。

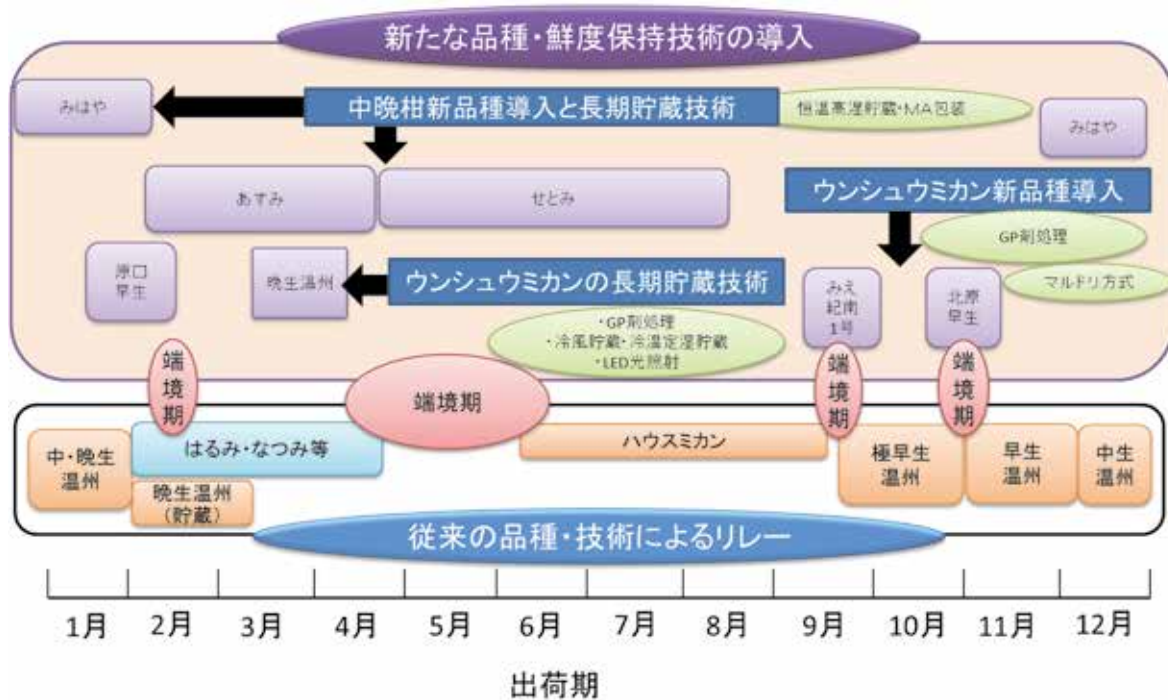


図 3.プロジェクトで検討したβ-クリプトキサンチンに富む高品質カンキツ果実の周年供給体系

#### 4.おわりに

本稿では、私たちが構築して実証しようとした技術体系の概要について紹介しました。その具体的な実証内容について、「β-クリプトキサンの供給源となる国産カンキツ周年供給のための技術と実証事例」として担当構成員が紹介します。その中で、各要素技術の実証事例の実績に基づいて費用対効果を算出しています。基本的には、技術を導入することによって改善されるメリットを評価し、それによって得られる追加収益と技術導入に必要な追加費用との差を検討しています。

また、プロジェクトでは、普及担当機関による技術を活用した地域戦略の推進状況も共有しながら研究を推進しました。本書では、その内容についても紹介させていただきます。

【参考：プロジェクトにおける研究成果】

(1) 高品質で貯蔵性の良い果実を安定生産するための技術

- 藤島宏之・鍋谷佳太・榎原 実・豊福ユカリ、2017、ジベレリンとプロヒドロジャスモン混用処理時期の違いが「北原早生」の浮皮および果実品質に及ぼす影響、九州沖縄農業研究（園芸学会九州支部共催）、80（果樹）：5
- 駒田達哉・橋本真帆・須崎徳高・湊英也、2018、温州ミカンにおけるマルチシートの敷設による褐色腐敗病の物理的防除効果、関西病虫害研究会報、第60号：85-87
- 口木文孝・白石祥子・野口真弓、2016、チャノキイロアザミウマによるカンキツ果実の前期被害の多発要因、九州病虫害防除研究会 第92回研究会
- 口木文孝・白石祥子・野口真弓、2017、佐賀県におけるカンキツのアザミウマ類の防除時期の検討九州病虫害防除研究会 第93回研究会
- 口木文孝・白石祥子・野口真弓、2017、チャノキイロアザミウマ成虫の発生ピーク時期と気温との関係、九州病虫害研究会第94回研究発表会
- 湊英也・須崎徳高・杉浦実・市ノ木山浩道・根角博久、2018、超早熟なウンシュウミカン'みえ紀南1号'の出荷開始時期における果肉中 $\beta$ -クリプトキサンチン含有量、平成30年度園芸学会秋季大会
- 白石祥子・口木文孝・野口真弓、2017、佐賀県のカンキツ園周辺のチャ等から採集したチャノキイロアザミウマに対する各種薬剤の殺虫効果、九州病虫害研究会第94回研究発表会
- 山下次郎、2018、カンキツ「津之望」の高糖度果実生産のための時期別横径指標、ながさきの果樹、55（8）：18-19
- 吉澤栄一・松原公明・横山公敏・根角博久、2018、ハウス栽培における果実生育期のかん水管理によるカンキツ「あすみ」果実の裂果発生抑制の可能性、平成30年度園芸学会秋季大会

(2) 長期鮮度保持を実現するための技術

- 早崎宏靖、2018、冷温定湿貯蔵システムによる温州ミカンの長期貯蔵、果実日本、73（1）：54-58
- 中村健吾・相川博志・北園邦弥、2018、早生カンキツ'みはや'の予措・貯蔵程度が果実品質に及ぼす影響、九州沖縄農業研究（園芸学会九州支部共催）
- 西岡真理、2018、晩生カンキツ「せとみ」の長期貯蔵による出荷期間の延長、果実日本、73（12）：66-70
- 西岡真理・兼常康彦・岡崎芳夫、2018、カンキツ'せとみ'の夏季出荷における出庫後の結露防止および果実品質保持の検討、平成30年度園芸学会秋季大会（園芸学研究、7（別2）：339）
- 村本和之・中村友香・兼常康彦・西岡真理・宮田明義、2017、カンキツ果実への鮮度保存被膜剤塗布によるカンキツ緑かび病および青かび病の発病抑制効果、平成29年度日本植物病理学会関西支部会 p.57

(3) 省力的な選果体制を構築するための技術

- 土井謙児、2018、ウンシュウミカン産地における家庭選果に関する生産者アンケート調査結果、ながさきの果樹、55(11)16-17

(4) 機能性成分「β-クリプトキサンチン」の高含有を保証するための技術

久永絢美・吉岡照高・杉浦実、2018、主要産地のウンシュウミカンに含有されるβ-クリプトキサンチン量の品種群間差およびその糖度との関連について、園芸学研究、17(4)：459-464

久永絢美・杉浦実、2018、ウンシュウミカン中のアスコルビン酸含有量の品種群による差異およびその糖度との関係について、日本栄養・食糧学会誌、71(5)：251-256

久永絢美・阪中達幸・吉岡照高・杉浦実、2019、ウンシュウミカンに含まれるβ-クリプトキサンチンの可視・近赤外分光法を用いた非破壊計測法、日本食品科学工学会誌、66(3)：83-89

(5) マーケティング評価

種市 豊・宮井浩志、2017、規格外と新形質果実における評価と課題、日本消費経済学会第二回西日本大会

種市 豊・宮井浩志、2018、みかんに対する消費者意識についての研究、日本消費経済学会関西支部会

種市 豊・宮井浩志、2018、みかんに対する消費者意識についての研究

-直売所における購入の決定要因と成分表示との関係性について-、日本消費経済学会全国大会

宮井浩志、2018、国産果実「不足」時代における柑橘産地の省力化対応－高品質化と省力化の両立に向けた取り組みと革新的技術－、果実日本、73(3):78-81

宮井浩志・種市 豊、2017、離島柑橘産地の統合再編に関する研究-山口県 S 島の光センサー選果機導入を焦点に-、日本農業市場学会岩手大会

宮井浩志・種市 豊、2018、機能性を表示した国産カンキツ類の生産・消費に関する研究 -消費者への web アンケート調査を中心に-、日本消費経済学会関西支部会

宮井浩志・種市 豊、2019、機能性を表示した生鮮食品の消費者評価の現状と課題－国産カンキツ類に関する消費者 web アンケート調査から－、日本消費経済学会全国大会

### 3. 貯蔵庫の温湿度とカンキツの結露について

気温とは空気の寒暖を表す指標であり一般的に摂氏(°C)で示されます。湿度とは空気に含まれる水蒸気の量を表す指標であり一般的に相対湿度(%)で表わされます。相対湿度は、空気中における水蒸気の分圧である「水蒸気圧」の「飽和水蒸気圧」に対する相対的な割合を示したものです。飽和水蒸気圧は気温に比例して指数関数的に大きくなるので、気温の異なる空気の相対湿度を比較して湿度の多寡を論ずることはできません。従って、異なる空気の湿度を比較する場合は、水蒸気を除いた空気の質量に対する水蒸気の質量のような絶対湿度指標を用いて比較する必要があります。露点温度(露点)は、湿った空気を冷却する際に水蒸気が飽和に達して凝結し始める温度を指します。露点温度の大小はそのまま湿度の大小を表しており、絶対湿度的な側面も持ち合わせる指標でもあります。

気温、相対湿度がわかっているならば、Murrayの近似式により露点温度を算出できます。

$$t_{dp} = -b \frac{\ln(e/6.1078)}{\{\ln(e/6.1078) - a\}}$$

$$e = H \times e_s / 100$$

$$e_s = \exp\left(\frac{at}{t+b}\right)$$

ここで、 $t_{dp}$ : 露点温度(°C)、 $e$ : 水蒸気圧(hPa)、 $e_s$ : 飽和水蒸気圧(hPa)、 $H$ : 相対湿度(%),  $t$ : 気温(°C)、定数:  $a=17.2693882$ 、 $b=237.3$ 、 $\ln$ は自然対数、 $\exp$ は指数関数です。上記式により算出した気温、相対湿度と露点温度の関係を表1にまとめて示します。

表1. 気温(縦軸)、相対湿度(横軸)の空気の露点温度(°C)

	30	50	60	70	80	85	90	95
0	-15.5	-9.2	-6.8	-4.8	-3.0	-2.2	-1.4	-0.7
2	13.7	7.3	4.9	2.9	1.1	0.2	0.5	1.3
4	-12.0	-5.5	-3.0	-1.0	0.9	1.7	2.5	3.3
8	-8.5	-1.8	0.7	2.9	4.8	5.6	6.5	7.2
12	-5.0	1.9	4.5	6.7	8.7	9.6	10.4	11.2
16	-1.5	5.6	8.2	10.5	12.6	13.5	14.4	15.2
20	1.9	9.3	12.0	14.4	16.4	17.4	18.3	19.2
25	6.2	13.9	16.7	19.1	21.3	22.3	23.2	24.1
30	10.5	18.4	21.4	23.8	26.2	27.2	28.2	29.1

表1によると気温8°C、相対湿度85%の空気と16°C、50%の空気の露点温度は、共に5.6°Cです。これらの空気

の(絶対)湿度はほぼ同じであり、露点温度6.7°Cである12°C、70%の空気と比べてより乾燥しています。また、露点温度3.3°Cである4°C、95%の空気と比べてより湿っていると云えます。

以上を踏まえて、低温、高湿度条件の貯蔵庫で管理されたカンキツを貯蔵庫から結露を発生させずに取り出す方法を考えてみます。

例えば、気温4°C、相対湿度90%で貯蔵管理されたカンキツを貯蔵庫から20°C、60%の外気へ取り出す場合、外気の露点温度は12.0°Cなので、4°Cのカンキツ表面には外気から水蒸気が凝結し結露が発生することが分かります。もし、外気が20°C、30%であれば、露点温度は1.9°Cなので4°Cのカンキツ表面に結露は発生しないので、そのまま取り出すことができます。つまり、貯蔵管理温度と取り出す先の空気の露点温度により結露発生の有無は決定されます。

それでは、確実に結露を発生させずにカンキツを取り出せる方法を考えてみます。

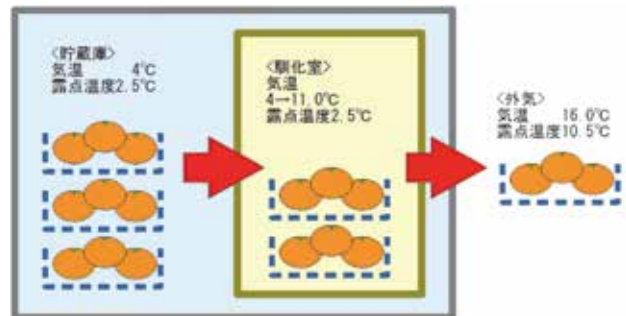


図1. 貯蔵庫内の空気を利用した馴化方法

図1のように貯蔵庫内に庫内の空気をそのまま利用した馴化室を置けばよいと考えられます。例えば、気温4°C、相対湿度90%の貯蔵庫であれば、露点温度は2.5°Cです。そのままこの空気を馴化室に導入すれば、馴化室内の空気の露点温度も2.5°Cなので、気温4°Cから加温する限り結露が発生することはありません。そこから、16°C、70%の外気にカンキツを取り出すとすれば、外気の露点温度は10.5°Cですので、馴化室の温度(カンキツの表面温度)を10.5°C以上にまで加温して取り出せば結露は発生しないこととなります。

(農研機構九州沖縄農業研究センター 柴田昇平)

## 1.機能性成分「β-クリプトキサンチン」の高含有を保証して 周年供給するための技術

健康機能性成分として期待の高いβ-クリプトキサンチンについて、機能性表示食品として届出を行う上で必要なβ-クリプトキサンチン含有量を保証する技術を示しました。

また、成熟期の異なる数品種の温州ミカンおよび今後普及拡大を目指している中晩生カンキツが普及し、高品質安定生産技術と高度な鮮度保持技術を活用することで、β-クリプトキサンチン高含有カンキツの周年供給が可能であることを示します。

さらに、β-クリプトキサンチンに対する消費者および関係者の評価から、これまでマーケティングが十分でなかったことを明らかにし、①機能性表示の理解を促す消費者および②消費に影響を与える購買層へ影響を与えるマーケティングを提案します。



## (1) 国内主要産地におけるウンシュウミカン果実中のβ-クリプトキサンチン含有量と非破壊推定技術

健康機能性成分として期待の高いβ-クリプトキサンチンについて、産地間や品種群間での含有量のばらつきを明らかにし、機能性表示食品としての届出を行う上で必要なβ-クリプトキサンチン含有量が保証できることを示しました。また、非破壊的に、従来法に比べより精度良く、β-クリプトキサンチン含有量を推定できる新たな手法を開発しました。

◆産地間・品種間に多少の差はあるものの、全国どこのミカンでもβ-クリプトキサンチンは一定量含有されています。

→ どこの産地のミカンでも機能性表示が可能です。

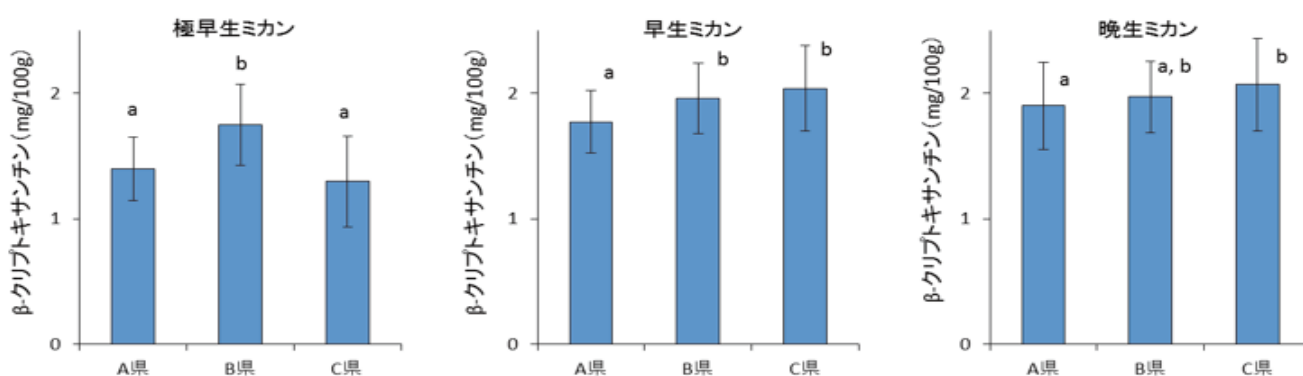


図1 主要産地のウンシュウミカンに含まれるβ-クリプトキサンチン量の品種群間差と果実品質（糖度）との関係

◆β-クリプトキサンチン含有量は糖度（Brix値）と相関します。

→ 糖度を基準にβ-クリプトキサンチン含有量を担保できます。

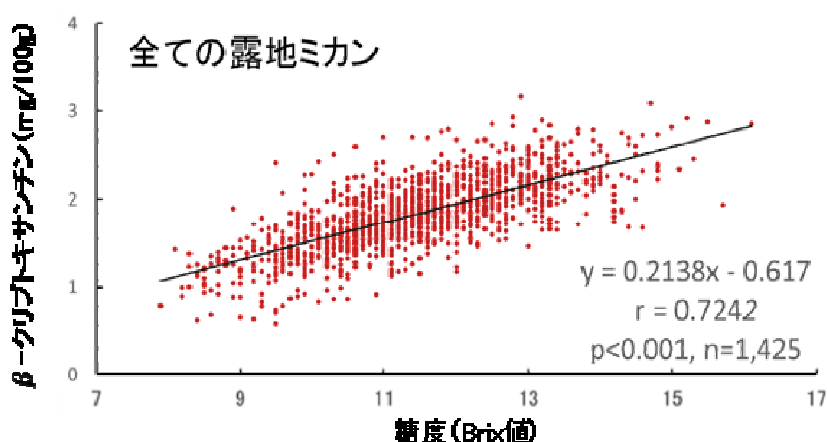


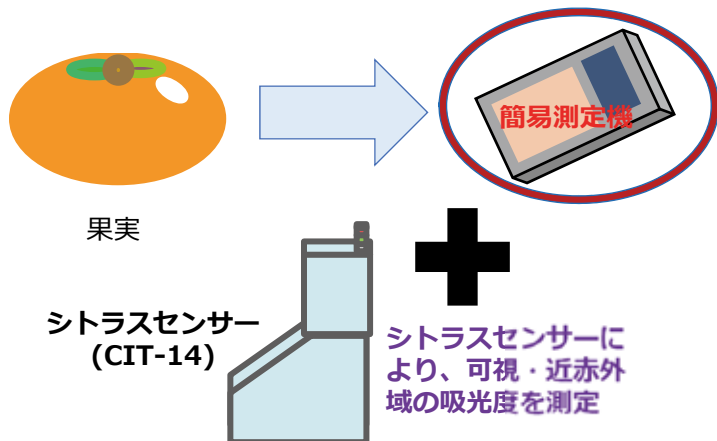
図2 露地栽培のウンシュウミカンに含まれるβ-クリプトキサンチン量と糖度との相関関係

◆ 簡易型測定装置を活用した非破壊選果機でのβ-クリプトキサンチン保証技術の開発

[ 従来法 ] 光センサー測定による糖度からβ-クリプトキサンチン含有量を間接推定

[ 新規法 ] シトラスセンサー測定でβ-クリプトキサンチン含有量を直接推定

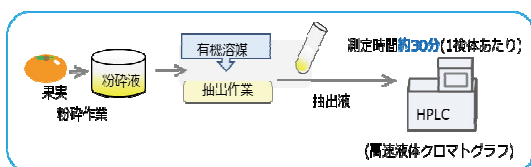
簡易測定機による測定値とシトラスセンサーのデータで回帰分析



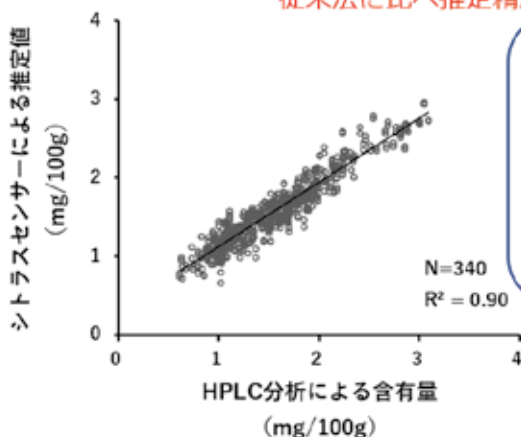
簡易測定器導入の利点

- 分析経費の削減、測定時間の大幅短縮
  - HPLC分析 ⇒ 抽出のための試薬代等が必要。1検体あたり約30分かかるため1日10個程度の測定が限度。
  - 簡易測定機 ⇒ 抽出のために試薬は不要。粉砕液を直接測定できるため、1検体あたり数秒で測定完了
- 抽出に有機溶媒を使用しない
  - 有機溶媒を使用しないので、特別な排気・換気設備が不要

精度の高い検量線によるβ-クリプトキサンチン含有量の非破壊推定



(参考) HPLC分析による測定手順



ハウスミカン、極早生、早生品種群で有効性を確認

産地での実証試験・普及へ

図3 新たなβ-クリプトキサンチン含有量推定技術の手順とその利点

技術導入により期待される効果

- ・ミカンは産地、品種/作型にかかわらず機能性表示が可能 → 機能性表示食品としての届出が増加し、ミカンの消費拡大
- ・β-クリプトキサンチン含有量で選果が可能 → 含有量表示による差別化
- ・簡易測定器によるβ-クリプトキサンチン含有量の測定 → β-クリプトキサンチン含量測定の簡便化  
(HPLCによる委託分析では、¥20,000円/検体が必要で、1週間程度の日数がかかるものが、消耗品程度の経費で1時間程度で完了する。ただし、簡易測定器の導入費用として約100万円必要。)
- ・シトラスセンサーを搭載した新たな選果システムの提案 → 各産地でのシステム導入で、高付加価値化による販売拡大

## (2) 国産のカンキツによるβ-クリプトキサンチンの周年供給体制

成熟期の異なる数品種の温州ミカンおよび今後普及拡大を目指している中晩生カンキツについて、高品質安定生産技術により栽培し、高度な鮮度保持技術により貯蔵管理した果実中のβ-クリプトキサンチン含有量を明らかにしました。これらの中晩生カンキツの貯蔵期間を拡大することでウンシュウミカンと合わせてβ-クリプトキサンチン高含有カンキツの周年供給が可能です。

◆β-クリプトキサンチンの供給源として期待されるカンキツ品種が育成され、導入が進められています。

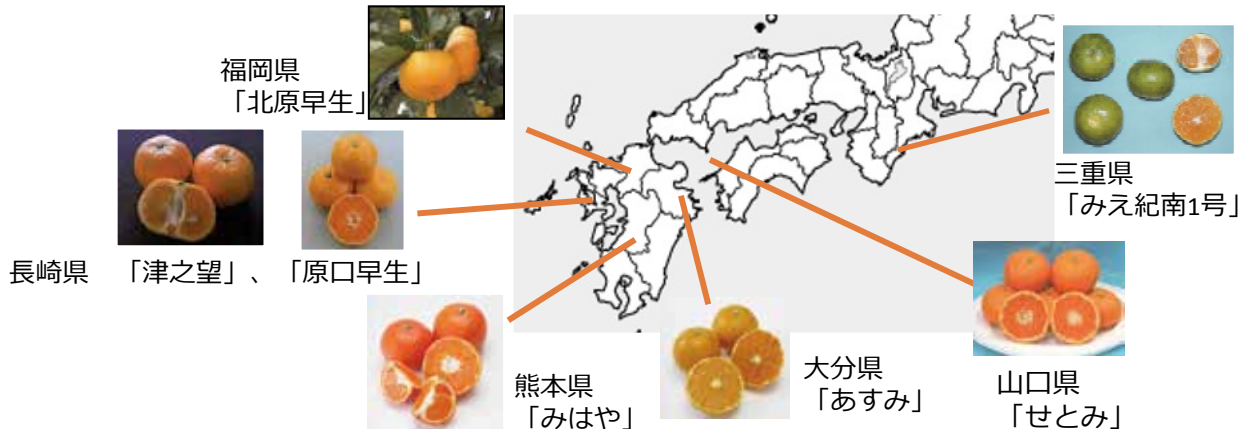


図1 β-クリプトキサンチンの供給源として期待されるカンキツ品種と導入が進められている産地

◆品種と貯蔵技術によりβ-クリプトキサンチン高含有カンキツの周年供給が可能です。

表1 品種と貯蔵技術によるβ-クリプトキサンチン高含有果実の提供可能時期

品種等	9月			10月			11月			12月			1月			2月			3月			4月			5月			6月			7月			8月					
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下			
みえ紀南1号*	●																																						
北原早生*																																							
原口早生																																							
極早生温州(既存)**																																							
早生温州(既存)**																																							
中生・晩生温州(既存)**																																							
ハウスみかん(既存)**																																							
みはや*																																							
津之望*																																							
あすみ*																																							
不知火																																							
せとみ*																																							

\* 付きは今後普及を推進しようとする育成品種。

「みえ紀南1号」(三重県)はマルドリ栽培による。「北原早生」(福岡県)は露地栽培とマルドリ栽培による。「原口早生」(長崎県)は無処理およびGP処理果実を貯蔵した。  
 極早生温州(既存)\*\* には、「ゆら早生」(産地:和歌山県)、「高林早生」(静岡県)、「肥のあけほの」(熊本県)、「豊福早生」(熊本県)、「日南1号」(愛媛県)が含まれる。  
 早生温州(既存)\*\* には「宮川早生」、「興津早生」が含まれる。  
 中生・晩生温州(既存)\*\* には、「南柑20号」(愛媛県)、「青島温州」(静岡県)、「林温州」(和歌山県)、「丹生系温州」(和歌山県)が含まれる。  
 ハウスみかん\*\* には「宮川早生」が含まれる。

### (3) 機能性表示を表示した国産カンキツのマーケティング課題

β-クリプトキサンチンに対する消費者および関係者の評価を行い、消費者や流通業者は興味を示している一方で実際の認知度や取扱量は低調で、マーケティングが十分でないことが明らかとなりました。その解決策として、①機能性表示を理解を促す消費者および②消費に影響を与える購買層へ影響を与えるマーケティングを提案します。

◆みかんの機能性表示に関する消費者アンケートの結果から、機能性を表示したカンキツ類の認知度は低い一方で関心そのものは非常に高いことが明らかとなりました。

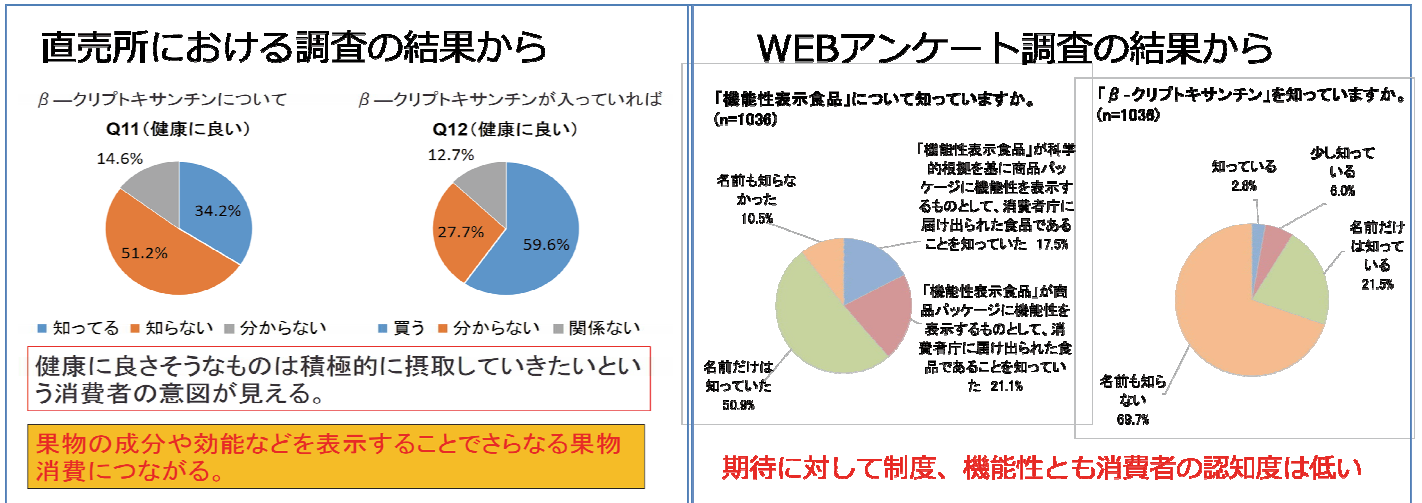


図1 みかんの機能性表示に関する消費者アンケート結果

また、流通業者への調査から、ガイドラインや責任の所在に関する不確実性や荷姿のミスマッチなど制度上の問題、出荷産地と取扱ロット数の少なさなどが課題として挙げられました。

#### ◆国産カンキツの「機能性表示」普及の壁とマーケティング課題

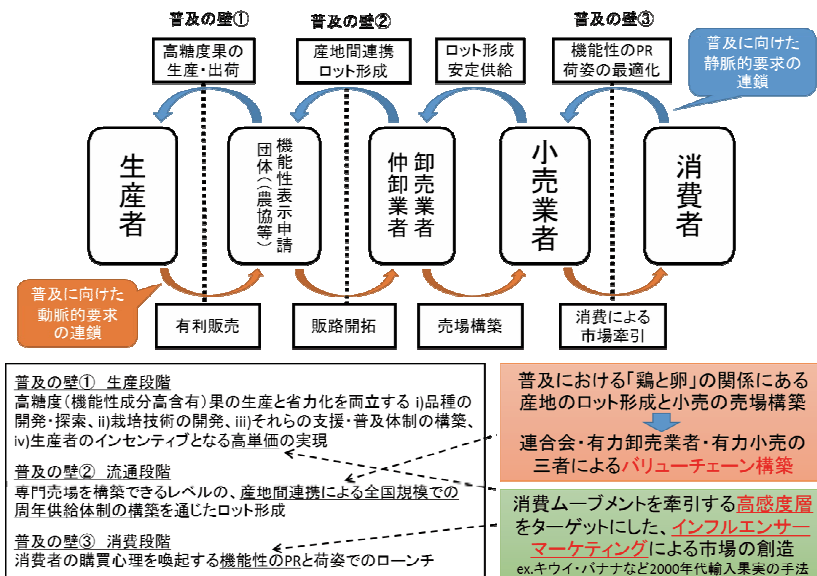


図2 機能性を表示したカンキツ類の周年出荷体系構築の課題

直売所およびwebの消費者の潜在的なニーズに対応して普及を図るためには、流通業者の関心や取り扱いにおけるインセンティブを高めるようなマーケティングが求められます。

具体的には、①同業者に対して影響力を有する産地や食品製造業者に導入を促すインフルエンサーマーケティングと、②それを実現するための周年供給体制の構築が必要です。

## 2.β-クリプトキサンチン高含有カンキツの 高品質安定生産技術

実証を行った高品質安定生産技術のポイントは、以下のとおりです。

### ・超早期出荷する極早生ウンシュウミカン「みえ紀南1号」

果肉にカロテノイド色素が蓄積し始める8月上旬頃（満開後85日～95日）に、葉内最大水ポテンシャルが $-0.8\text{MPa}$ 程度となるよう土壌乾燥を図り、その後少量かん水を開始することで、9月中旬の糖度 $10.5^\circ\text{Brix}$ 以上を目標として果実を生産します。

### ・早生ウンシュウミカン「北原早生」

マルドリ方式栽培における早期の水分ストレス付与により、10月中旬に糖度 $12^\circ\text{Brix}$ 以上と高β-クリプトキサンチン含有を目標として果実を生産します。また、8月上旬のGP剤処理により浮皮を軽減させ、品質を高めた完熟栽培を可能にします。

### ・早生カンキツ「みはや」

果汁蓄積期（屋根掛け栽培：7月中下旬、露地栽培：8月上旬）から樹体に水分ストレスを付与し、8月から9月の糖度を高め、10月初旬の糖度目標を $10^\circ\text{Brix}$ 以上とすることで、11月下旬に糖度 $13^\circ\text{Brix}$ 以上となるように果実生産を行います。

### ・「あすみ」の施設栽培

裂果は、おおよそ満開後120日頃の果汁蓄積開始期以降にはじまり、多発期は満開後130～170日頃です。この時期に少量かん水管理を行い、特に裂果多発時期にマイルドな樹体の水分ストレス状態（葉内最大水ポテンシャルが $-0.8\text{MPa}$ 程度）にすることで裂果割合を減少させます。また、無加温栽培での冬季の凍害対策としてジェットヒーターが活用できます。

### ・「津之望」の若木の管理

樹冠下に遮光ネットを被覆することで、早期樹容積拡大を図ります。2L階級の高品質果実を収穫するために、6月末の果実横径は $28\sim 29\text{mm}$ を目安とし、1月まで樹上に着果させます。また、翌年の着果過多が見込まれる場合は、収穫直後のジベレリン散布で、着花抑制と新梢発生促進を図ります。

# (1) 超早期出荷を目指した極早生ウンシュウミカンのマルドリ方式栽培における高品質安定生産技術

超早期出荷する「みえ紀南1号」において、果肉にカロテノイド色素が蓄積し始める8月上旬頃（満開後85日～95日）に、葉内最大水ポテンシャルが-0.8MPa程度となるよう土壌乾燥を図り、その後少量かん水を開始することで、目標とする9月中旬の糖度10.5%以上の果実を生産できます。

◆「みえ紀南1号」は早熟で高品質なウンシュウミカンです。



写真1 「みえ紀南1号」

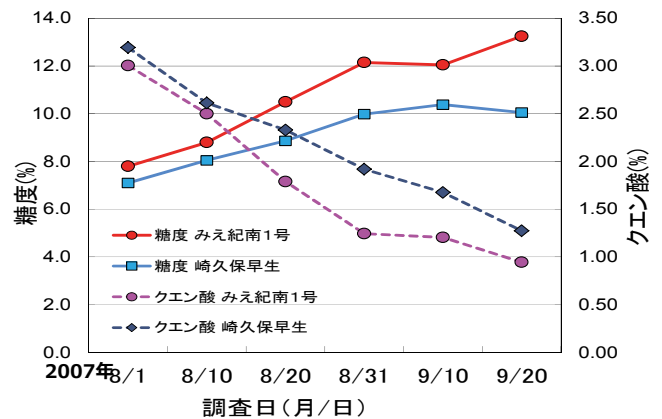


図1 「みえ紀南1号」と「崎久保早生」の糖酸の蓄積の比較

三重県育成の「みえ紀南1号」は「崎久保早生」の珠心胚実生です。早熟で糖度が高く食味の良い極早生ウンシュウで、育成地では「崎久保早生」より糖度が1～2%高く、クエン酸の減少も早いため、収穫始めは9月中旬と「崎久保早生」より10日程度早く収穫できます。着色は「崎久保早生」より若干早い程度です。

◆簡易指標で水分ストレスを的確に把握して水分管理を行えば、果実肥大を損なわずに高品質果実が生産できます。

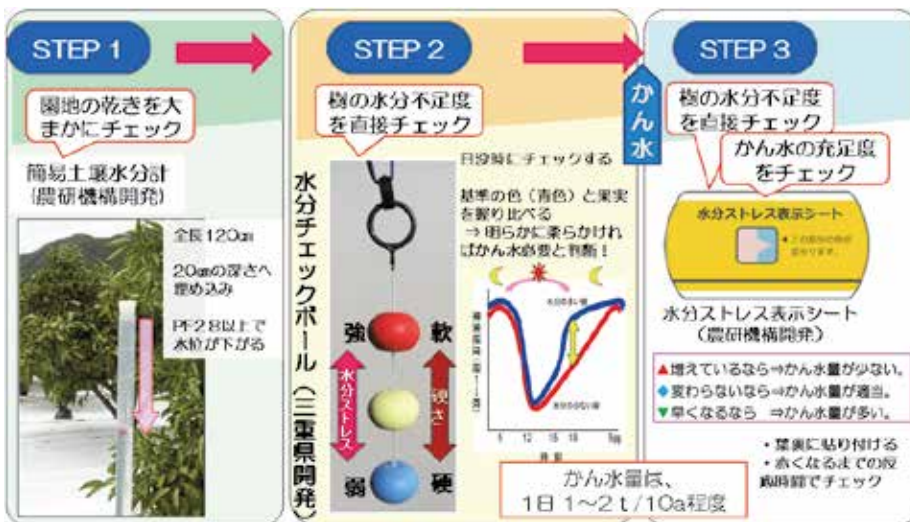


図2 樹体の水分ストレス管理のための簡易指標の利用方法

- ①簡易土壌水分計で土壌の乾きを大まかにチェックする。水位が連続的に下がるようになれば②へ。
- ②樹体の水分不足度を水分チェックボールで日没後にチェックする。青色より柔らかければかん水開始。
- ③水分ストレス表示シートを使ってかん水量が適当かどうかをチェックする。



図3 極早生ウンシュウミカンにおける高品質果実生産のための水分ストレス管理の考え方

シートマルチを7月上旬に敷設し、前半は  $\psi_{max} = -1.0 \sim -0.8 \text{MPa}$  に到達したらかん水を開始します。後半は果実品質や肥大も加味し、かん水量等を加減します。（かん水量は1～2 t/10a日）

◆7月上旬を標準にシートマルチを敷設し、満開後85~95日頃の果肉色が増す頃から乾燥による水分ストレスが掛かる状態にします。

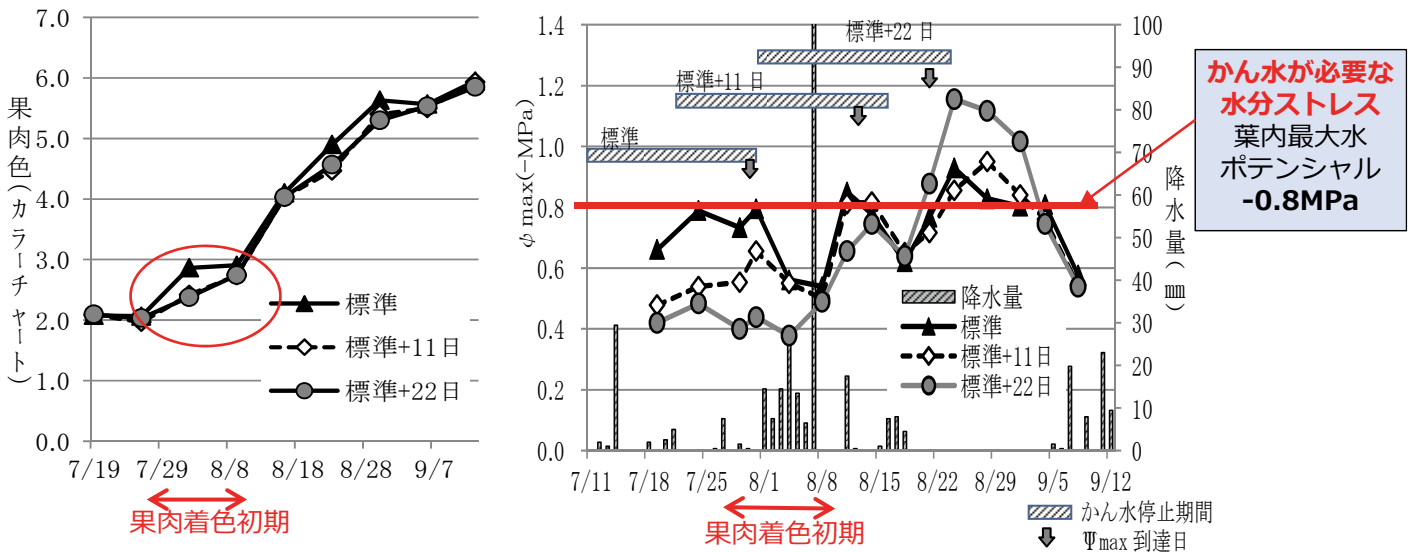


図4 「果肉色の経時変化」と「かん水処理と水分ストレス ( $\psi_{max}$ ) の推移」 (2017年)

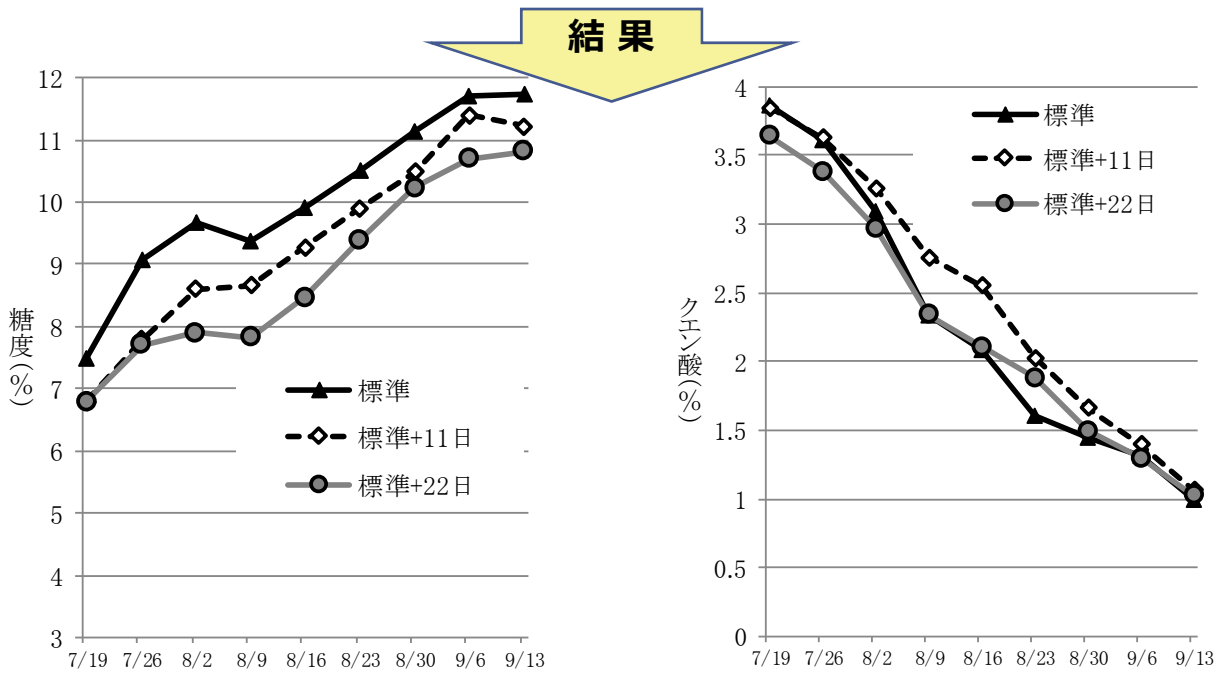


図5 果実糖度及びクエン酸の推移 (2017年)

※7月上旬のシートマルチ敷設からかん水停止期の異なる3処理区を設け、最大水ポテンシャルが-0.8MPa程度に達したら、毎日1~2 t /10a相当のかん水を再開しました (2017年)。

極早生ウンシュウ「みえ紀南1号」で水分ストレスの付与時期を段階的に変え、果実品質向上効果等について検討しました (2017年)。その結果、果肉にカロチノイド色素が蓄積し始める8月上旬頃 (満開後85日~95日) に、葉内最大水ポテンシャル ( $\psi_{max}$ ) が-0.8MPa程度となるよう土壌乾燥を図り、その後少量かん水を毎日行うことで、減酸を遅らせずに高糖度な高品質果実の生産ができました。

三重県の実証地区では7月上旬のマルチの敷設で、この時期までに土壌の乾燥を進めることができます。

## (2) 超早期出荷を目指した極早生ウンシュウミカンのマルドリ方式栽培における高品質安定生産の実証

「みえ紀南1号」において、8月上旬頃（満開後85日～95日）に葉内最大水ポテンシャル（ $\psi_{max}$ ）が-0.8MPa程度となるよう土壌乾燥を図り、その後少量かん水を開始することで、9月中旬の糖度10.5%以上の果実を生産でき、収益の向上と、果実中の $\beta$ -クリプトキサンチン含有量も高めることができました。

### 「みえ紀南1号」のマルドリ方式栽培実証園地

A園：大規模生産法人（熊野市）

B園：一般生産農家（紀宝町）



写真1 マルドリ方式を導入した「みえ紀南1号」の実証園地

「みえ紀南1号」8年生（2017年現在）

A園：栽培面積1.08ha（内マルドリ区0.25ha）

B園：栽培面積0.13ha（内マルドリ区0.07ha）

### マルドリ方式栽培の水分管理

- 7月上旬を標準にシートマルチを敷設しました。
- 果肉着色初期（満開後85日～95日）にかん水が必要なレベルに達するよう乾燥させました。
- 簡易指標を使って水分ストレスを把握し、少量多頻度かん水管理を実施しました。

### 実証結果

#### ① マルドリ方式の高品質化と安定生産効果

表1 技術導入後の品質と収量（2016-2018年）

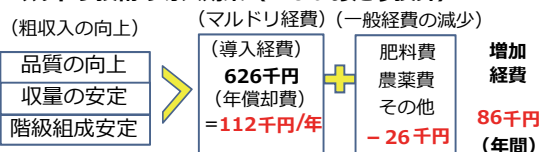
実証園地	調査年	処理区	選果場出荷データ			
			糖度 (Brix)	クエン酸 (%)	品質基準 合格率 (%)	単位収量 (kg/10a)
A園	2016年	マルドリ	10.7	1.06	69.2	905
		露地	10.3	1.03	62.8	672
	2017年	マルドリ	10.5	1.06	60.0	2,005
		露地	10.2	0.93	58.7	1,006
	2018年	マルドリ	9.5	0.96	31.9	2,438
		露地	9.2	0.94	21.6	1,469
B園	2016年	マルドリ	10.6	1.05	64.1	1,535
		露地	9.8	1.01	43.7	1,521
	2017年	マルドリ	10.6	0.97	69.1	1,875
		露地	9.8	0.86	46.1	2,111
	2018年	マルドリ	10.3	0.93	69.5	2,283
		露地	9.5	0.86	26.2	2,415

3ヶ年ともマルドリ区では露地区に比べ糖度が高まり、品質基準合格率も向上しました。

収量は、3ヶ年安定して増加しました。

#### 技術導入のための費用対効果の試算

##### マルドリ技術の導入効果（10aあたり換算）



- ・液肥によりN施肥投入量を削減。
- ・除草剤1回削減。
- ・品質向上剤の散布削減。

図3 技術導入による追加経費と収益性向上要素

#### 実証結果（粗収益の比較） ↓ 技術導入経費（増加経費86千円）

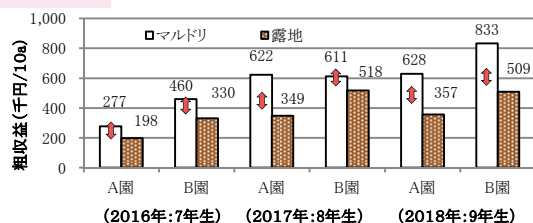


図4 園地および年次別の費用対効果

#### ② マルドリ方式の $\beta$ -クリプトキサンチン増加効果

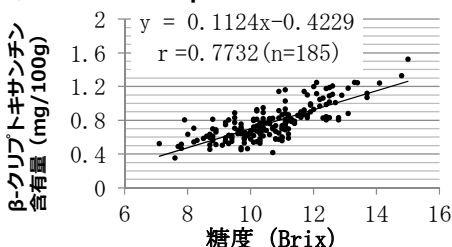


図1 果実糖度と $\beta$ -クリプトキサンチン含有量の関係（2016-2017年）

果実の糖度と $\beta$ -クリプトキサンチン含有量との間に正の相関がありました。また、マルドリ区では果実の $\beta$ -クリプトキサンチン含有量が高まりました。

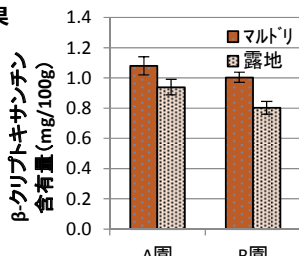
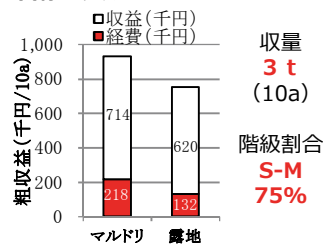


図2 果実中の $\beta$ -クリプトキサンチン含有量（2016年9月9日収穫果実を分析）

#### 目標モデル



実証園地は若木であり、年々収益が増加しました。樹冠の拡大による収量増加により、目標モデルのような効果が期待できます。

図5 技術目標に基づく収益目標モデル



### (3) 早生ウンシュウミカンのマルドリ方式栽培における 高品質安定生産と浮皮軽減技術

「北原早生」のマルドリ方式栽培における早期の水分ストレス付与が、10月中旬に目標とする糖度12度以上と高β-クリプトキサンチン含有につながります。また、8月上旬のGP剤処理により浮皮が軽減し、品質を高めた完熟栽培が可能となります。

#### ◆「北原早生」のマルドリ方式栽培とプロヒドロジャスモン加用ジベレリン（GP剤）処理技術を導入した栽培管理モデル

	6月			7月			8月			9月			10月			11月								
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下						
シートマルチ	← シートマルチ被覆 →																							
土壌水分管理	← 節水管理 →			← 点滴かん水 →			← 必要に応じて灌水(肥大、酸) →																	
目標糖度							9			10			10.5			11			12			13		
目標日肥大量	0.4~0.5mm			0.3~0.4mm			0.2~0.3mm			0.2~0.4mm														
収穫期	★GP処理 ← 始期 → 終期 →																							



簡易土壌水分目視計



GP剤

図2 活用する資材

図1 「北原早生」のマルドリ方式による栽培管理モデル

- ①マルドリ方式栽培において6月中下旬ごろからシートマルチを敷設する。
- ②日肥大量（0.3mm/日目標）や土壌乾燥状態（簡易土壌水分計）をみながら概ね満開80日後にあたる8月1日前後に糖度9度以上を目標とする。
- ③目標糖度に到達したら、肥大促進、樹勢の維持、減酸促進のために点滴灌水を実施する。ただし、満開100日後に10度を下回らないようにする。
- ④GP処理は8月上旬ごろに実施し、その場合の収穫時期は10月下旬から11月上旬とする。

#### ◆水分制御による高糖度果実生産のための中間管理目標

マルドリ方式栽培では、早期のシートマルチ被覆により、7月中下旬頃土壌が乾燥し、日肥大量が抑えられ、満開80日頃の初期糖度が高く維持することができます。その後、満開100日頃糖度10度以上を目安に管理し、10月中下旬の収穫期に糖度12度以上で、β-クリプトキサンチン含量が多い高品質な果実が生産できます。

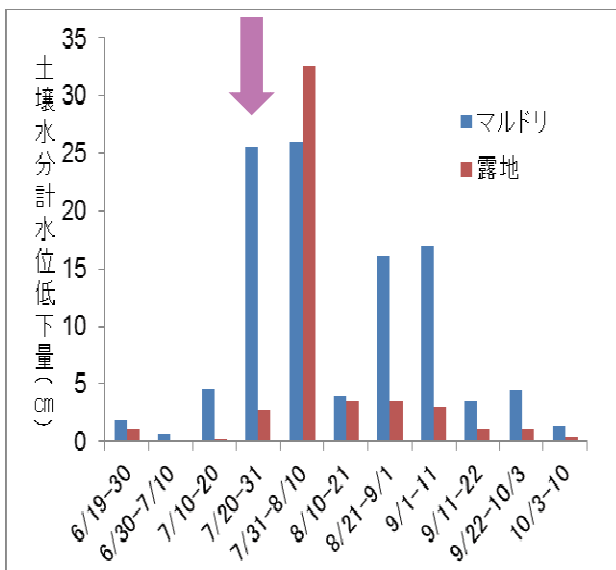


図3 目標とする土壌乾燥時期とマルチ被覆園と露地園での簡易土壌水分計水位低下時期の比較事例

↓：目標とする土壌乾燥時期  
(満開後70~80日の間 (7月中下旬頃))

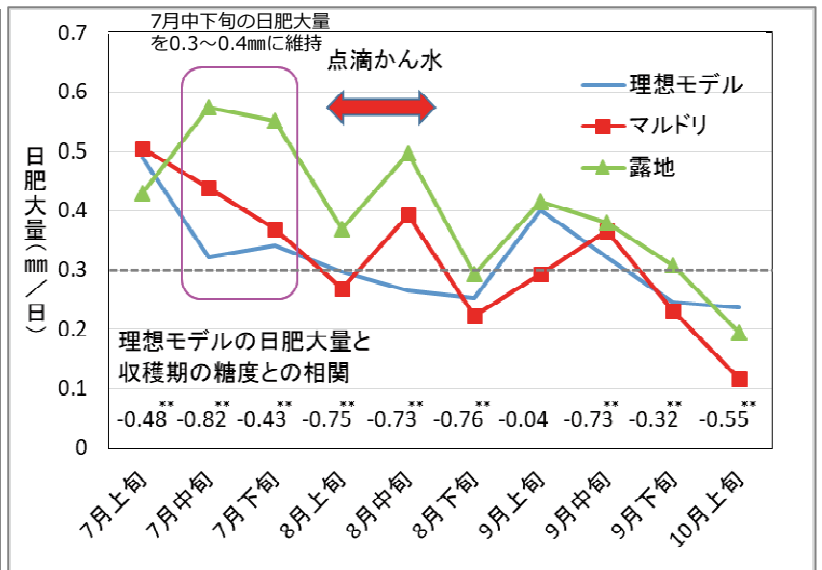


図4 「北原早生」における高糖度果実生産のため乾燥ストレスの指標とする日肥大量の推移の事例

(日肥大コントロールの指標 約0.3mm/日)

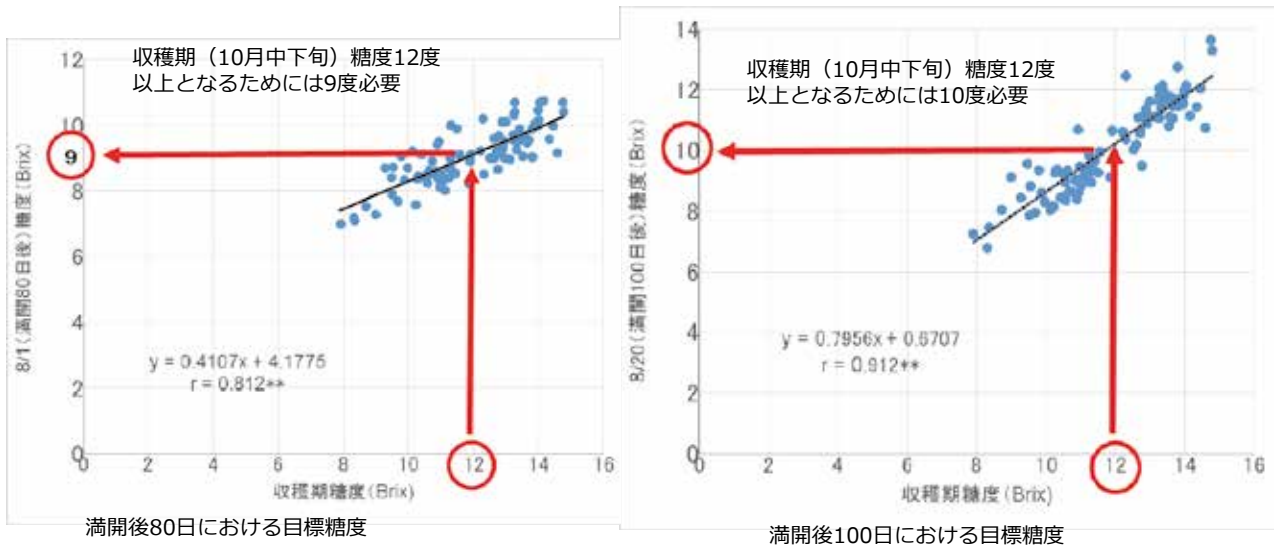


図5 「北原早生」における10月中下旬の収穫期に糖度12°brixにするための中間糖度目標



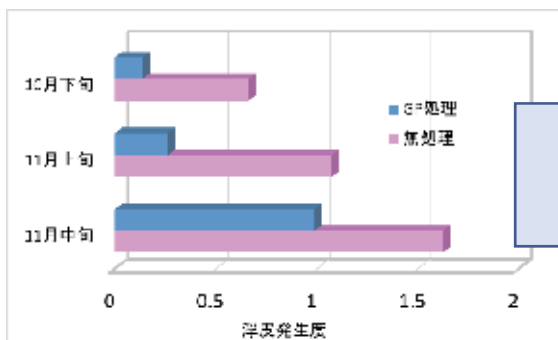
図6 水分制御の違いによる糖度の推移の差異

表1 水分制御の違いによる収穫時果実品質の差異

試験区	糖度 (Brix)	クエン酸濃度 (%)	β-クリプトキサンチン含量 (mg/100gFW)
マルドリ+根域制限	13.6	1.06	2.15
マルドリ	13.5	0.89	2.15
慣行露地	11.2	0.64	1.92

### ◆GP剤処理による浮皮軽減効果

GP処理により浮皮が軽減、収穫をずらした完熟栽培により、糖度等品質や機能性成分が増加し、ブランド化率が高まります。



収穫期をずらす  
完熟栽培が可能

収穫期別の果実品質

収穫時期	果皮色 (CC値)	糖度 (Brix)	クエン酸濃度 (%)	β-クリプトキサンチン含量 (mg/100gFW)
10月下旬(通常)	6.0	12.7	0.83	1.96
11月上旬	7.4	13.1	0.82	2.38
11月中旬	8.2	13.6	0.75	2.57

図7 8月上旬のGP剤散布による浮皮軽減効果

## (4) 早生ウンシュウミカンのマルドリ方式栽培における 高品質安定生産と浮皮軽減の実証

早生ウンシュウミカン「北原早生」のマルドリ方式栽培において、6月中下旬頃からシートマルチを敷設し、早期に水分ストレスを付与し、満開後80日頃の糖度を9度以上、満開100日頃に10度以上となるように管理することで、目標糖度12度以上のブランド果実の生産ができました。また、8月上旬にGP処理を行うことで浮皮が軽減され、完熟栽培が可能となります。

「北原早生」のマルドリ方式栽培実証園地

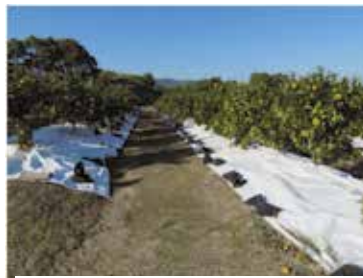


写真1 「北原早生」の果実

「北原早生」：福岡県で発見された10月中旬から収穫可能な早生ウンシュウです。



A園：マルドリ根域制限栽培園（面積0.6ha）



B園：マルドリ園（根域制限なし）（面積0.75ha）

「北原早生」11年生（2018年現在）



ポイント①  
6月中下旬よりシートマルチ敷設。  
ポイント②  
日肥大量を7月下旬～8月上旬 0.3mmを目安に、水分管理、着果管理を行い、満開80日頃に糖度9度以上を確保。

図1 「北原早生」のマルドリ方式栽培実証園地の概要と実証技術のポイント

### 実証結果

#### ①マルドリ方式栽培による高品質化

表1 「北原早生」のマルドリ方式栽培による園地別の果実品質

園地	着色歩合 (分)	果皮色 (CC値)	浮皮 度	果重 (g)	糖度 (Brix)	クエン酸 濃度(%)
A園	8.6a	7.3a	0.61	89b	12.7a	0.66
B園	8.1a	6.2b	0.36	103a	11.6b	0.57
シートマルチ(慣行)	7.3b	5.2c	0.19	101b	9.9c	0.64
有意性	**	**	ns	*	**	ns

#### ②マルドリ方式栽培によるβ-クリプトキサンチン増加効果

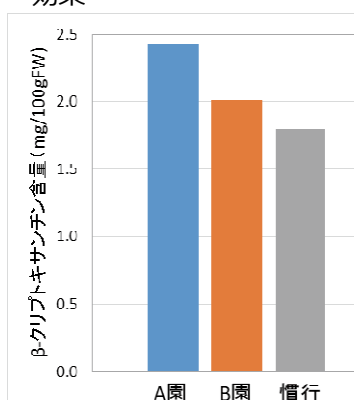


図2 園地別のβ-クリプトキサンチン含有量

#### ③GP剤の処理による浮皮軽減および完熟栽培による品質向上効果

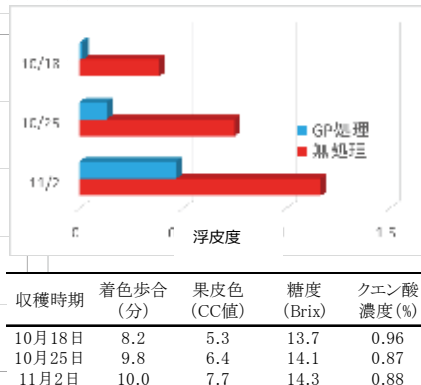


図4 GP剤処理の有無による収穫時期別浮皮度の差異と果実品質

### 技術導入のための費用対効果の試算

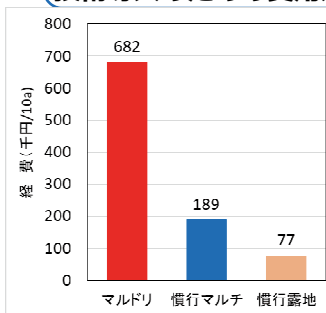


図5 技術導入に必要な追加経費

マルドリ設置  
工事費が必要  
のため経費は増

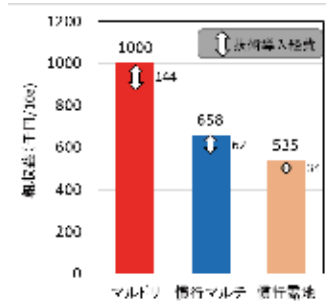


図6 技術導入による収益性の試算

収量の安定化、高品質化により粗収益は増。年間144千円/10aだが、肥料代年間12千円/10a削減で、所得は増加する

◎ G P 処理は腐敗果の軽減による商品化率の向上、完熟栽培による販売単価の上昇により  
**108千円/10a**の増収が見込まれる

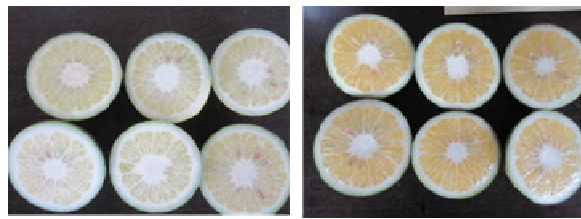
## (5) 早生カンキツ「みはや」のマルドリ方式露地及び屋根かけ栽培による早期高品質安定生産技術

早生カンキツ「みはや」では、果汁蓄積期（屋根掛け栽培：7月中下旬、露地栽培：8月上旬）から樹体に水分ストレスを付与し、8月から9月の糖度を高め、10月初旬の糖度を10以上とすることで11月下旬に糖度13以上の果実生産が可能でず。

◆「みはや」は、11月に完全着色し年内に出荷が可能な食味の良い早生カンキツの新品種で、果汁蓄積期から乾燥ストレス状態が維持されると高品質な果実が生産されます。



図1 「みはや」の果実



満開 8 7日後（7月下旬）  
（果汁集積前）  
満開 9 9日後（8月上旬）  
（果汁集積後）  
図2 露地栽培「みはや」の果汁蓄積期前後の果肉の状態



図3 シートマルチ栽培における「みはや」の糖度推移（2012～17）

◆「みはや」は、マルドリ方式栽培により高品質果実を生産できるとともに施肥量の削減ができます。

図4 「みはや」のマルドリ方式栽培管理の方針

生育・栽培管理	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
	発芽	開花	果汁集積期	着色開始	完全着色							
	せん定	緑化促進	粗摘果	仕上げ摘果	収穫							せん定
マルドリ方式区	春肥 3/23~5/21 N: 50ppm 15L/樹・日		夏肥 5/22~7/23 N: 100ppm 10L/樹・日		透湿性シートマルチ 点滴灌水 必要に応じて		秋肥 11月下旬~ 12月中旬 N: 150ppm 5L/樹・日					
慣行施肥区	春肥、かん水		夏肥、かん水		透湿性シートマルチ		秋肥					

ポイント①

果汁集積期（屋根掛け7月中下旬、露地8月上旬頃）から適度な水分ストレスを与えることで11月下旬に糖度13度を超える。

ポイント②

マルドリ方式を導入することで、慣行施肥量の70%で行っても樹体栄養状態に差はないため施肥量の削減が可能である。

- ・マルドリ方式は、慣行施肥量22kgの70%（15.4kg）を春肥40%、夏肥40%、秋肥20%の割合で施用。
- ・シートマルチは3月～12月。

表1 露地栽培「みはや」の葉柄中硝酸窒素含量（2017）

処理区	7月20日	9月20日	11月9日
マルドリ方式区	1426	410	166
慣行施肥区	1945	518	131
	*	n. s.	n. s.

注) t検定により\*は有意差あり、n. s. は有意差なし（5%水準）。

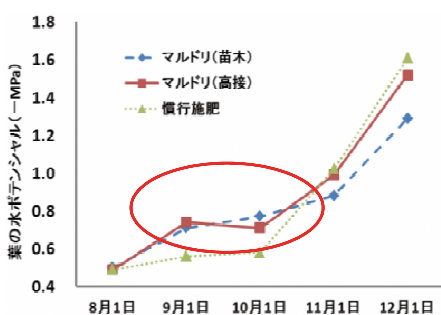


図5 露地「みはや」の葉の水ポテンシャル推移（2018）

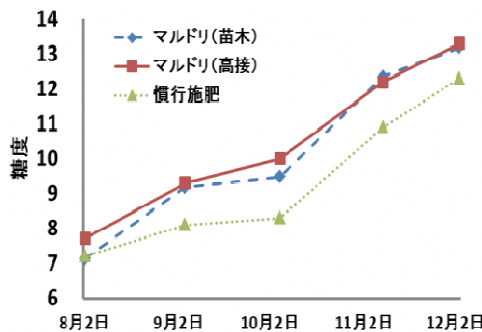


図6 露地「みはや」の糖度推移(2018)

## (6) 早生カンキツ「みはや」のマルドリ方式露地及び屋根かけ栽培による早期高品質安定生産

早生カンキツ「みはや」の若木園にマルドリ方式を導入することで、糖度13以上の果実生産をすることができます。導入のための追加経費は露地栽培では5万円/年、屋根掛け施設を加えると17万円/年でしたが、品質向上等の効果でプラスの経営試算となります。

### 「みはや」のマルドリ方式栽培実証園地



露地・マルドリ栽培

屋根掛け栽培

図1 実証園の概要

場所：熊本県天草市  
栽培面積7.8a（うち屋根掛け1.8a）  
「みはや」樹齢 4～5年生（2018年現在）

### 実証結果

#### ①マルドリ方式導入効果

図2 実証園のマルドリ方式栽培におけるかん水施肥のモデル

時期	月	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
		旬	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中
露地	液肥																								
	N-P-K																								
	15-5-5																								
ハウス	液肥																								
	N-P-K																								
	15-5-5																								

※実証園における液肥かん水モデル  
・施肥量は、慣行施肥量22kgの70%（15.4kg）を春肥40%、夏肥40%、秋肥20%で施用した。  
・シートマルチ被覆は、3月～12月

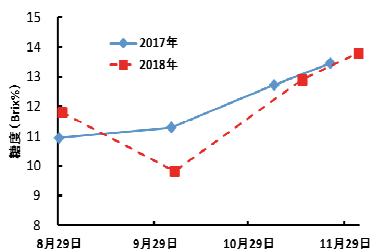


図3 「みはや」のマルドリ方式実証園における糖度の推移（2017、2018）

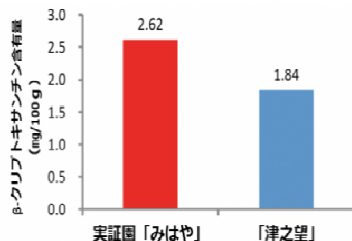


図4 「みはや」のマルドリ方式実証園におけるβ-クリプトキサンチン含有量

### 費用対効果

技術導入で収益性が向上する要素

品質の向上	収量の安定	階級の安定
-------	-------	-------

◎導入経費（露地栽培）  
（マルドリ経費）（一般経費）

（導入コスト）  
640千円  
（導入経費）  
償却期間10年  
= 64千円  
（年間）

肥料費  
その他  
※減肥分  
- 14千円  
（年間）

増加  
経費  
50  
千円  
（年間）

◎導入経費（屋根掛け栽培）  
（ハウス+マルドリ経費）（一般経費）

（導入コスト）  
1899千円  
（導入経費）  
償却期間8～10年  
= 189千円  
（年間）

肥料費  
その他  
※減肥分  
- 14千円  
（年間）

増加  
経費  
175  
千円  
（年間）

図5 技術導入のために必要な追加経費

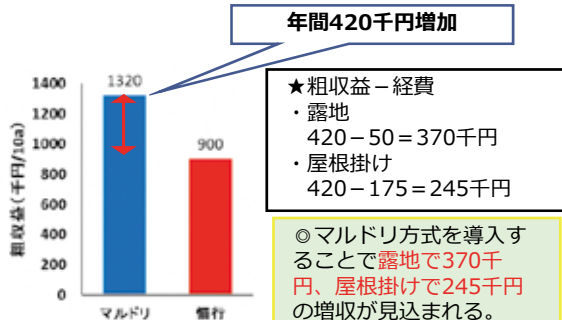


図6 マルドリ栽培導入による粗収益の差 ※収量を3tとして算出

## (7) 「あすみ」の施設栽培における夏秋期の裂果抑制と 冬季の凍害防止対策技術

「あすみ」の施設栽培での裂果は、おおよそ満開後120日頃の果汁蓄積開始期以降にはじまり、多発期は満開後130～170日頃です。この時期に少かん水管理を行い、特に裂果多発時期にマイルドな樹体の水分ストレス状態（葉内最大水ポテンシャルが-0.8MPa程度）にすると裂果割合が減少しました。また、無加温栽培での冬季の凍害対策としてジェットヒーターの活用が有効で

### ◆カンキツ新品樹「あすみ」の特性と施設栽培における技術課題



写真1 「あすみ」の果実（左）成熟期、（右）果実生育期の裂果

- ◆カンキツ「あすみ」は、農研機構が育成した2月上旬に成熟期を迎える中生品種で、糖度が概ね16%以上と極めて高く、芳香があり、食味がたいへん優れるカンキツ新品種です。
- ◇少し種子ができますが、じょうのう膜がやや軟らかく食べやすいのが特徴です。
- ◇機能性成分のβ-クリプトキサンチンをウンシュウミカンと同程度に多く含みます。
- ◇栽培上の問題として、施設栽培では夏秋期に裂果が多発します。また、収穫前に低コストで導入できる寒害対策が課題です。

### ◆樹体の水分状態のコントロールにより裂果の発生を抑制できる可能性があります。



図1 「あすみ」の果汁蓄積開始時期の判定

■果汁蓄積開始期：おおよそ満開後120日頃でこれ以降に裂果が発生します。

表1 「あすみ」の果汁蓄積期のかん水管理の違いと裂果の発生状況

No	開花期	処理	調査樹			裂果数	
			果汁蓄積期	本数	樹齢	樹容積 (m <sup>3</sup> )	個/樹
1	少加温	マルチ・多かん水	4	3	8.3	87	91.3
2	少加温	裸地・多かん水	3	3	9.4	64	96.5
3	少加温	裸地・少かん水	1	7	20.4	167	41.5
4	無加温	裸地・少かん水	2	7	11.2	7	3.0

■少かん水処理で裂果が抑制されます。



図2 時期別の裂果発生と葉内最大水ポテンシャルの推移

- 裂果多発時期(10日で総着果数の10%以上の果実が裂果する時期)は、満開後130～170日です。
- 裂果が極端に少なくなった樹は、裂果多発時期に葉内最大水ポテンシャルが-0.8MPaになった樹でした。

### ◆施設栽培における冬季の凍害防止のための油だき可搬型ヒーター・熱風式直火形の活用



図3 油だき可搬型ヒーター・熱風式直火形（ジェットヒーター）

※商品名：オリオンジェットヒーター HP（オリオン機械(株)社製 HPE370）  
※使用には100ボルトの電源が必要

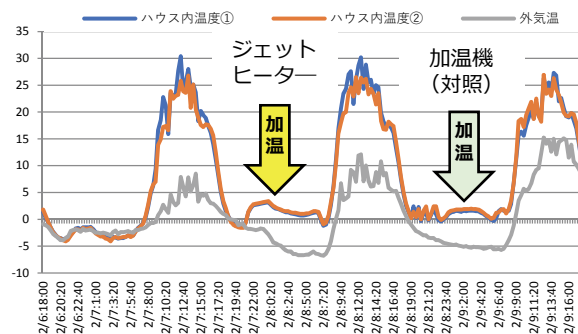


図4 寒波襲来時の無加温ハウスでのジェットヒーターによる凍害防止試験結果

■10aの無加温ハウスに「油だき可搬型ヒーター・熱風式直火形（オリオン機械(株)社製 HPE370）2台を設置することで、外気温が-5℃のときでもハウス内温度を0℃以上に保つことができました。

■一晩の灯油使用量は、2台で約90Lでした。

## (8) 「あすみ」の現地実証園での施設栽培による経済栽培の実証

新品種「あすみ」について、10a規模での栽培実証を大分県日出町の火山灰土壌の現地試験園（A園）と杵築市の安山岩土壌の現地試験園（B園）の2箇所で行い、2016年～2018年の3年間の10a収量と収穫時の果実品質等を調査し、経済栽培の可能性を検証しました。

「あすみ」の施設栽培による高品質安定生産の実証園



A園：一般生産農家1（大分県日出町）



B園：一般生産農家1（大分県杵築市）

写真1 「あすみ」の施設栽培実証園

### 実証結果

表1 「あすみ」の施設栽培における収量と品質の推移

年度	実証園	樹齢 年生	収量 kg/10a	糖度 Brix	クエン酸 %
2016年	A園	4	1960	13.1	0.95
	B園	4	1358	14.6	1.79
2017年	A園	5	1720	13.9	1.08
	B園	5	2234	14.3	1.61
2018年	A園	6	1020	15.7	1.25
	B園	6	3880	15.5	1.58

### 実証園の栽培管理状況

#### ■ A園

- 1年目：・苗木4年生(結実2年目)  
・屋根かけ栽培(満開5月7日、8～11月天井除去)  
・裂果は多発
- 2年目：・苗木5年生(結実3年目)  
・屋根かけ栽培(満開5月15日)  
・裂果は多発  
・収穫後ジェットヒーターの実証試験を実施
- 3年目：・苗木6年生(結実4年目)  
・無加温栽培(3月上旬ビニール被覆、満開4月下旬)  
・満開110日～180日の間少かん水処理

#### ■ B園

- 1年目：・苗木4年生(結実1年目)  
・周年屋根かけ被覆(満開5月5日)  
・少かん水管理。ユズ肌果も多発生
- 2年目：・苗木5年生(結実2年目)  
・周年屋根かけ被覆(満開5月15日)  
・少かん水管理(前年より水量増)  
・ユズ肌果も発生
- 3年目：・苗木6年生(結実3年目)  
・周年被覆(満開5月15日)  
・少かん水管理(前年より水量増)

### 費用対効果

表2 無加温栽培「あすみ」とハウス不知火(慣行栽培)の費用比較

	無加温あすみ (①)	慣行栽培 (ハウス不知火②)	あすみの 追加費用 (①-②)
加温燃料代 (円/10a)	8,190	783,000	-774,810
電気代 (円/10a)	150,000	200,000	-50,000
加温機償却費 (円/10a)	85,714	160,462	-74,748
合計 (円/10a)	243,904	1,143,462	-899,558

注1) 上記以外の経費は慣行栽培を準用

2) ジェットヒーターの耐用年数は7年。無加温あすみは、加温機無し

3) 燃料費は、慣行は重油、無加温あすみは灯油

表3 無加温栽培「あすみ」とハウス不知火(慣行栽培)の粗収益比較

	無加温あすみ (①)	慣行栽培 (ハウス不知火②)	(①-②)
全体収量 (kg/10a)	4,000	5,500	
商品化率 (%)	95	95	
販売数量 (kg/10a)	3,800	5,225	
単価 (円/kg)	700	657	
販売額 (円/10a)	2,660,000	3,432,825	-772,825
販売経費、一般管理費 (円/10a)	656,296	834,742	-178,446
粗収益 (円/10a)	2,003,704	2,598,083	-594,379
生産経費 (円/10a)	1,248,854	2,148,412	-899,558
農業所得 (円/10a)	754,850	449,671	305,179

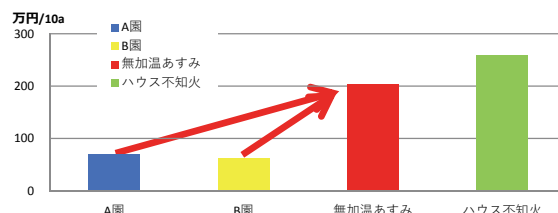


図1 実証園の粗収益(2017年度実績)と無加温栽培「あすみ」およびハウス不知火(慣行栽培)の粗収益

## (9) 「津之望」の早期成園化と高品質果実生産技術

樹冠下に遮光ネットを被覆することで、早期樹容積拡大が図られます。

2 L階級の高品質果実のためには、6月末の果実横径は28～29mmを目安とし、1月まで樹上に着果させます。

翌年の着果過多が見込まれる場合は、収穫直後のジベレリン散布で、着花抑制と新梢発生促進が期待できます。

◆「津之望」はβ-クリプトキサンチン含有量が多い中晩生カンキツで、12月に成熟し、浮皮しにくい品種です。1月まで樹上に着果させておくことで、品質が向上します。

表1 収穫時期の違いと果実品質 (H30年度)

区 <sup>z</sup>	果実重 (g)	果皮色 <sup>y</sup> a*	浮き皮 発生度	糖度 (Brix)	酸含量 (g/100ml)	β-クリプトキサンチン 含有量 (mg/100g)
12月収穫	172.1	32.4	0.0	13.0	0.66	1.52
1月収穫	165.9	32.9	0.0	13.8	0.65	1.82
有意性 <sup>x</sup>	n. s	n. s	n. s	*	n. s	*



写真1 「津之望」

<sup>z</sup>2018年12月27日、2019年1月9日収穫

<sup>y</sup>正の値は果実の赤みを示す

<sup>x</sup>浮き皮発生度はマン・ホイットニーのU検定、その他の項目はt検定により符号の付いた項目で5%有意水準で有意差あり

◆樹冠下遮光ネット被覆および植物成長調整剤の利用で樹容積拡大を促進します。

遮光ネット被覆により、樹容積の増加率は高くなります。

表2 土壌管理と樹容積の推移

区	樹容積(m <sup>3</sup> )		樹容積 増加率 <sup>z</sup> (%)
	処理前 2016. 4/12	3年目 2018. 11/5	
遮光ネット被覆	0.79	4.67	607
露地(農家慣行)	0.85	3.88	471
有意差 <sup>y</sup>	n.s	*	*

<sup>z</sup>増加率(%) = (3年目の値) / (処理前の値) × 100

<sup>y</sup>符号が付いた項目はt検定により5%有意水準で有意差あり



写真2 遮光ネット被覆栽培の様子  
(着果数20果/m<sup>3</sup>)

表3 ジベレリン散布の有無と着花量および新梢量

区	達観	
	着花量 <sup>z</sup>	新梢量 <sup>y</sup>
散布	3.3	3.0
無散布	4.9	1.8
有意性 <sup>x</sup>	*	*

<sup>z</sup>0(無)～5(多)の5段階調査

<sup>y</sup>0(無)～3(多)の3段階調査

<sup>x</sup>マン・ホイットニーのU検定により符号が付いた項目において5%有意水準で有意差あり

翌年の着果過多が見込まれる場合は、収穫直後にジベレリン50ppmを散布することで、着花抑制と新梢発生促進に効果があります。



## ◆時期別横径目安に沿った着果管理で2L階級生産が可能

6月末の果実横径は28~29mmを目安とし、以降も目安値を参考に着果管理を行います。  
最終着果数を樹容積当たり20果とすることで2L階級比率が高くなります。

表4 目標階級別の時期別果実横径目安

		(mm)			
目標階級	6月30日	7月20日	8月10日	8月30日	
M	23 ~ 24	31 ~ 33	38 ~ 41	45 ~ 48	
L	25 ~ 27	34 ~ 36	42 ~ 44	49 ~ 53	
2L	28 ~ 29	37 ~ 40	45 ~ 49	54 ~ 58	
3L	30 ~	41 ~	50 ~	59 ~	
相関係数 <sup>z</sup>	0.83	0.83	0.90	0.90	

<sup>z</sup> 各時期と収穫時の横径

表5 樹容積当たりの着果数と階級比率

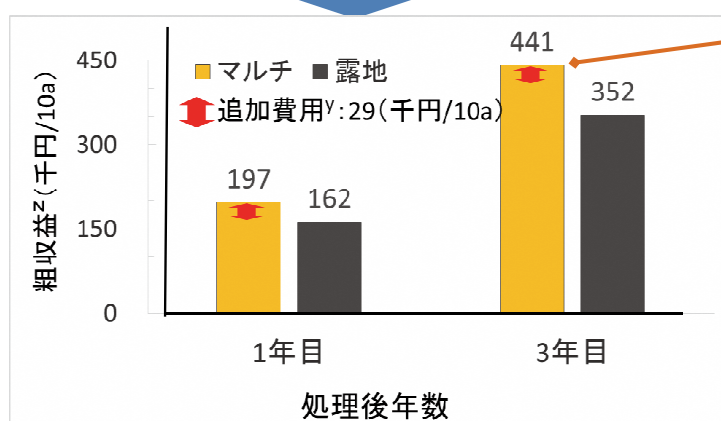
樹容積当たりの 着果数	収量 (kg/樹)	階級比率(%)				
		階級	M	L	2L	3L以上
		果実重(g)	90~126	126~162	162~204	204~
40果/m <sup>3</sup>	20.0		58.9	27.0	4.8	0.0
20果/m <sup>3</sup>	18.2		14.0	30.0	45.0	11.0
10果/m <sup>3</sup>	10.8		12.7	16.3	31.3	37.5

### 技術導入のための費用対効果の試算

表6 実証技術による樹容積拡大に基づく収量のシミュレーション

区	処理後年数			
	1年目		3年目	
	樹容積 (m <sup>3</sup> )	想定収量 <sup>z</sup> (kg/樹)	樹容積 (m <sup>3</sup> )	想定収量 (kg/樹)
マルチ	2.09	6.9	4.67	15.4
露地(農家慣行)	1.71	5.7	3.73	12.3

<sup>z</sup> 各年の樹容積に樹冠1m<sup>3</sup>当たりの平均収量(H30年度)を乗じた



処理後3年目で、  
技術導入に要した  
追加費用よりも、  
向上した粗収益が  
上回り、費用対効果  
が見込めます。

図1 費用対効果の試算

<sup>z</sup> 粗収益(千円/10a) = (平均単価265円(H29)) × (10a当たりの収量)

<sup>y</sup> 追加費用 = (追加費用の総額) / (耐用年数)。抑草マルチの耐用年数は3年としている

### 3.病害虫の被害軽減技術

農地環境推定システムは、個別農地（園地）の気温、降水量、日射量などの環境情報を推定し、スマートフォンや PC などの ICT 端末で情報を共有できる情報システムです。この推定された環境情報を用いて園地別のチャノキイロアザミウマ成虫の発生ピークなどを推定するアプリケーションを追加作成しました。

ここでは、その環境情報（気温）によりチャノキイロアザミウマの被害軽減ができるかについて検討しています。

また、極早生ウンシュウミカンの収穫直前の大雨で、被害が甚大となる褐色腐敗病について、シートマルチにより被害を軽減できることを示します。

# (1) 園地の環境推定に基づくカンキツ病害虫発生予察技術

農地環境推定システムは、個別農地（園地）の気温、降水量、日射量などの環境情報を推定し、スマートフォンやPCなどのICT端末で情報を共有できるシステムです。この推定された環境情報を用いて園地別のチャノキイロアザミウマ成虫の発生ピークなどを推定するアプリケーションを追加しました。

## ◆抑草シートマルチの被覆と支柱による誘引および植物成長調節剤の利用で樹冠拡大を促進します。

園地の環境推定に基づくチャノキイロアザミウマの予察手法

- ①対象となる園地を農地環境推定システムに地点登録する。
- ②気温データ自動収集装置を用い、3か月間の気温観測を行う。
- ③その園地におけるチャノキイロアザミウマ各世代のピーク発生日が計算日までの推定された日平均気温の履歴および平年値から自動的に算出される。

チャノキイロアザミウマ成虫発生ピーク予測モデル：  
 310日度型  
 発育零点：9.7℃、発育上限温度：33℃



図1.気温データ自動収集装置（左）と農地環境推定システムのPC版の病害虫予察画面（右）

## ◆農地環境推定システムによる日平均気温と日降水量の予察精度は高く、チャノキイロアザミウマの発生ピークをアメダス観測点の気温を直接用いて予察するよりも正確に推定できます。また、積算雨量による黒点病の防除期の目安も表示できます。

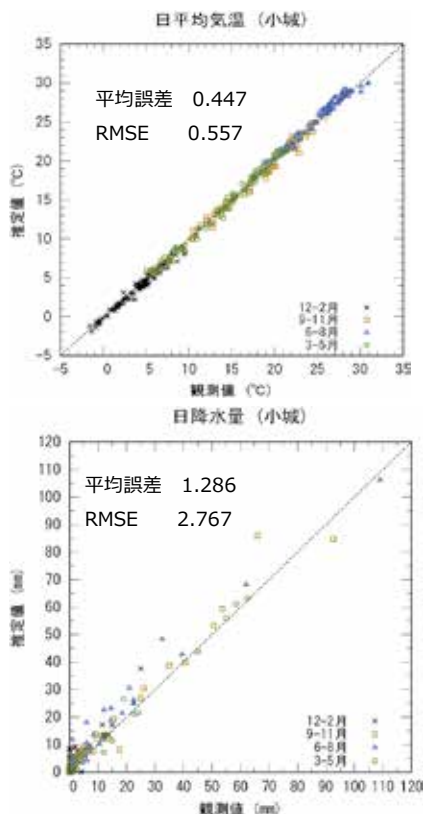


図2 園地環境推定システムによる現地の日平均気温（上）と日降水量（下）の再現性

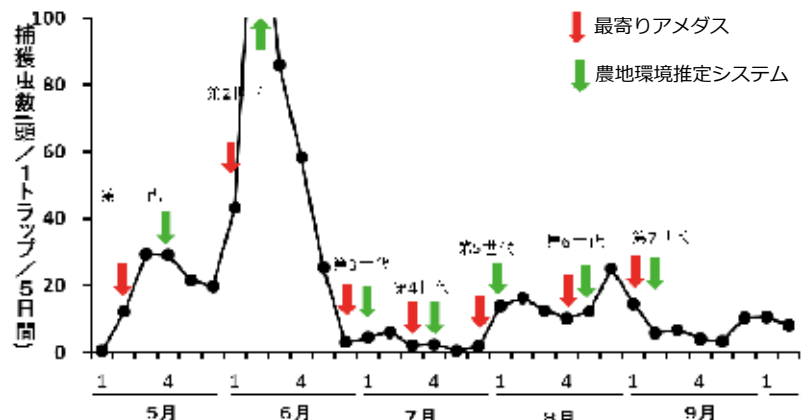


図3 園地環境推定システムによる現地の日平均気温（上）と日降水量（下）の再現性

最寄りのアメダス観測点の気温に基づき発生ピークを算出すると、園地によっては、実際の発生ピークから外れることがあります。

佐賀県小城市の事例では、農地環境システムの方が防除上特に重要な第1～2世代のピーク発生日を正確に推定できていることが確認されました。

## (2) 園地環境推定によるカンキツ病害虫発生予察を活用した防除技術の検証

農地環境推定システムでチャノキイロアザミウマの発生時期を推定し、推定された時期に薬剤を追加散布することで、被害を抑制できることを明らかにしました。

### 農地環境推定システムを活用した病害虫防除の実証地区



チャノキイロアザミウマ

被害果

伝染源の枯れ枝

黒点病罹病果



①実証地区：佐賀市大和町赤坂 ②事業開始前のチャノキイロアザミウマと黒点病の被害果率約6% → 目標の2%以下に軽減

### 新たに追加した技術 (チャノキイロアザミウマの場合)

- ①農地環境推定システムの導入
- ②害虫の発生を調査するトラップの設置
- ③被害が問題となる世代の成虫が発生すると推定された時期の追加防除の実施

①



①気温データ自動収集装置

②



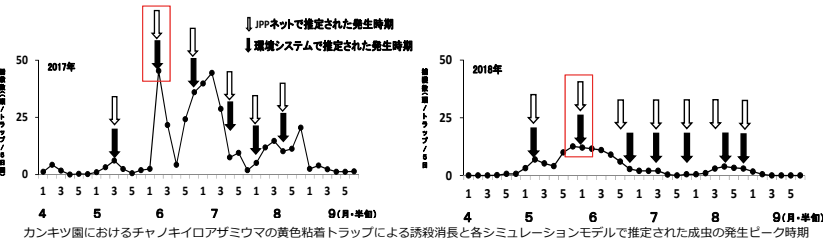
②農地環境推定システムによる病害虫予察画面

③



③チャノキイロアザミウマを誘殺する黄色粘着トラップ

### 実証結果



#### 事業開始前

- \*被害は6月に発生する第2世代成虫によるものが多い
- \*事業開始前の第2世代成虫の防除時期は6月3～4半旬
- \*8～9月における果頂部の被害は少ない

#### 事業を展開して明らかとなったこと

- 誘殺消長ピークと各推定ピークは一致
- 第2世代の発生ピークは6月1～2半旬
- 防除時期のずれ＝被害発生の一要因と推定
- 6月1～2半旬に防除を追加する必要あり

#### 実証地区において追加防除を実施した結果

##### チャノキイロアザミウマ防除に対して農地環境システムの導入と追加防除を実施した地域における果実被害の年次推移

年次	システム導入の有無	6月上旬追加防除の有無	各園地の被害果率(%)										平均被害果率(%)
			No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	
2016	なし	なし	4	5.3	4	1.3	9.7	5.3	5.3	-	-	-	5.0
2017	あり	あり	2.3	1.3	0.3	0.3	5.3	1.3	1.0	0.7	1.0	-	1.5
2018	あり	あり	0.8	2.4	0.4	4.9	1.6	1.2	2.2	2	1.4	3.2	2.0

システムの導入と追加防除により被害を軽減 目標の2%以下を達成

### 費用対効果の検討

(調査した10園地：5haで試算)

#### チャノキイロアザミウマ防除に係る経費

##### ①追加経費(千円)

新防除体系  
(経費：気象推定・発生予察・防除・人件費)

初年度：419 2年目以降(通信・予察・防除等)：379

(参考) 慣行防除体系の例年の経費：1,695  
(経費：防除費・人件費のみ、防除時期は暦を参考)

##### ②粗収益(千円)

- \*品種：'青島' 平均反収：4.5t
- \*新防除体系のチャノキイロアザミウマ被害果率2%、慣行防除体系6%
- \*両体系下で生産された果実の品質(糖度・酸度)等は同等と仮定。被害の有無で等級を分け、試算
- \*ブランド手取り単価：236円/kg
- \*2級青果手取り単価：160円/kg

新防除体系 粗収益 52,758  
慣行防除体系 粗収益 52,074

##### ③追加収益(千円)

684 (新防除体系と慣行防除体系の粗収益で算出)

##### ④費用対効果(千円)

(①③を基に算出)

265

追加経費、ランニングコストは必要ではあるが、追加収益により費用対効果は初年度から黒字となる

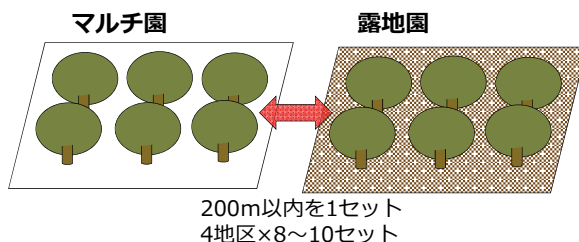
### 残された課題

同一地区内でも被害が局地的に多発する場合があるため、発生要因の解析と防除対策の改善を図る。

### (3) 極早生ウンシュウミカンのマルチ被覆栽培における腐敗軽減の実証

ウンシュウミカン等の果実に感染すると腐敗被害をもたらす褐色腐敗病は、台風等の激しい降雨による土壌の跳ね返りによって発生が助長されます。そのため、腐敗病の発生は、シートマルチを敷設する栽培方法で軽減することができます。

#### マルドリ方式の褐色腐敗病に対する物理的防除効果の検証



調査年：2016年～2018年の3カ年間  
 調査園地：熊野市、南牟婁郡（御浜町、紀宝町）の極早生ウンシュウミカン園  
 調査方法：マルチ園地と露地の園地を1セット（約200m以内）とし、園地につき外周を除く20樹を調査  
 調査時期：収穫初期で、まとまった降雨の後に実施

写真1 褐色腐敗病の被害

図1 褐色腐敗病の被害発生状況の調査方法

#### 実証結果

##### シートマルチ被覆の褐色腐敗病抑制効果

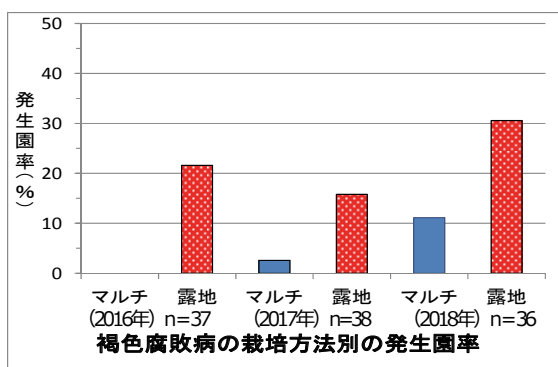


図2 マルチの有無による褐色腐敗病の被害発生率の比較

※調査前に大雨や台風の通過があり、2016年で調査日の3日前（最大風速7.2m/s、降水量40.5mm/日）、2017年は調査日の5日前であった（最大風速16.3m/s、降水量48.0mm/日）、2018年は台風は調査日の23日前であったが、以降の降雨日が多かった（調査日の前7日間の内、5日間で降雨日で合計雨量112.5mm）。



写真2 褐色腐敗病の被害発生状況  
 （左：露地、右：マルチ園で被害があった場所）

露地園地（左）ではかなり多くの発生を見た園地もあった。その同一園で隣接するマルチでは、マルチの切れ目や汚れた水たまりの近くで発生していた。安定した防除効果を得るためには、シート表面を清浄な状態に保つことと、薬剤散布による防除も必要である。

#### 費用対効果

##### 腐敗の多い年と少なかった年の販売価格の比較による技術導入の効果

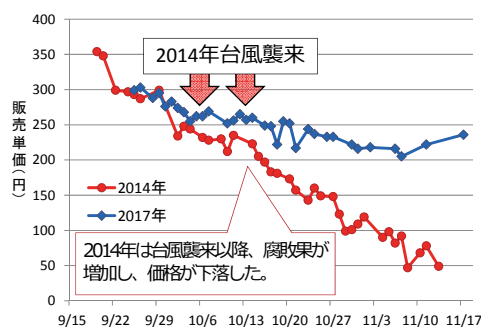


図3 腐敗果の発生の違いによる販売単価の推移（JA三重南紀調べ）

##### 腐敗果の発生と販売価格への影響

年度	腐敗発生状況	価格(円)
2014年	多発	124.0
2017年	少発	230.6
	価格差	106.6

※2014年に腐敗果の発生が増加した10/15日以降の販売単価を平均した。

2014年産は腐敗果の発生が多く、10/15日以降価格が下落した。その割合は販売量の約60%。優良年（H29）と比較し、腐敗発生リスクのあった期間の価格差は、106.6円であった。

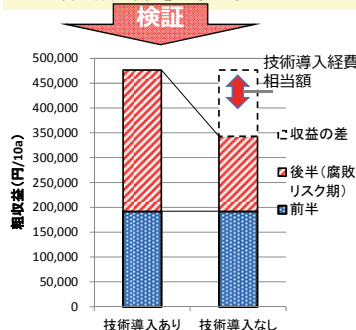


図4 技術の導入効果のシミュレーション

技術導入を行った場合は、全期間標準価格で販売できると仮定。技術導入をしなかった場合は後半の腐敗リスク期に106.6円の価格差を付けて試算した結果、追加収益は133,644円で、技術導入経費69,000円を上回る。

腐敗果の発生軽減は、収量減少や販売価格の下落を防ぐだけでなく、産地の信頼獲得につながるなど、目先の数値以上の効果がある。

## 4.長期鮮度保持技術

長期鮮度保持を行う技術には、貯蔵に適した果実を生産することと貯蔵環境を理想的にコントロールできるかという技術的課題があります。

### ①貯蔵に適した果実の生産

貯蔵に適さない果実の代表的なものは浮皮を発生した果実です。ウンシュウミカンでは、栽培中のプロヒドロジャスモン加用ジベレリン（以下、GP）散布で浮皮の発生を抑制します。

### ②冷風貯蔵庫による環境制御

静岡県を中心に晩生ウンシュウミカンの「青島温州」や「寿太郎温州」の貯蔵を対象として普及している貯蔵庫です。3月以降も最高温度を8℃以下に制御し、貯蔵期間中に庫内温度4℃～8℃、相対湿度90%～70%程度の変化で、貯蔵果実の品質を良く保持します。しかし、3月以降は果実の貯蔵病害（青かび病、緑かび病）が発生しやすくなる傾向があり、青色LED光照射による病菌の増殖を抑制する技術と合わせて、腐敗を減少させ4月までの安定的な長期貯蔵を実現することを目指しました。

### ③氷温技術を活用した精密な温湿度制御ができるカンキツ用貯蔵庫の開発

氷温技術活用により、庫内温湿度の精密な制御を実現し、予措、降温馴化、貯蔵、出荷前昇温馴化処理ができ、さらにIoTにより、遠隔制御を可能にした貯蔵庫を開発しました。また、省エネルギーを低温誘導のメカニズムで実現しました。

早生ウンシュウミカンにおいて、予措程度1.2～1.7%、温度3℃（±0.3℃）、相対湿度85%（変動巾3～4%）の精密な制御を実現することにより、60～80日程度の鮮度保持が可能です。貯蔵開始時は低温誘導（降温馴化）、出庫時はTempering（昇温馴化）を行います。

### ④「せとみ」

出荷期間は、従来3月中旬～4月上旬ですが、恒温恒湿庫(8℃・90%)と、微細孔フィルムによる個包装との組み合わせにより、8月まで出荷期間の延長が可能となります。収穫時の貯蔵果実の品質に応じて出荷時期を変えていくことで、正品果率を向上させることができます。

### ⑤12月上旬に収穫できる早生カンキツ「みはや」

収穫後約5%の予措を行ない、MA資材で個装することで、食味の良い状態で約60日間の鮮度保持ができます。

### ⑥ハウス内で栽培した「あすみ」

5℃の貯蔵庫内でMA包装することにより4ヵ月間程度は品質を保持できます。

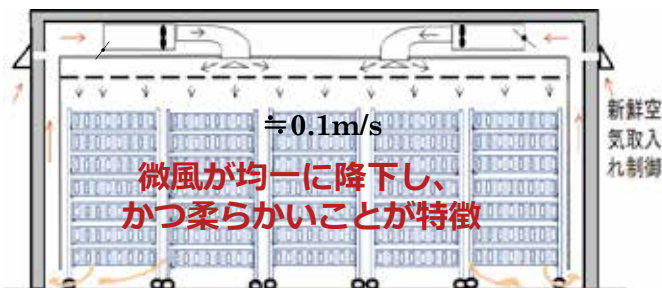
露地で栽培した果実は、収穫時は完全着色でなく、貯蔵初期の着色前から腐敗果発生率やへた枯れ発生率が高いこと等から貯蔵に適しません。

# (1) 省エネルギーで温湿度を高精度に制御でき、氷温貯蔵技術を活用した早生ウンシュウミカンの長期貯蔵向け貯蔵庫

氷温技術活用により、庫内温湿度の精密な制御を実現し、予措、降温馴化、貯蔵、出荷前昇温馴化处理ができ、さらにIoTにより、遠隔制御を可能にした貯蔵庫を開発しました。また省エネルギーを低温誘導のメカニズムで実現しました。

## ① 柔らかな冷風による精密な温湿度制御

【庫内予措 + 低温誘導 + 均温・均湿貯蔵】  
(コンテナ内環境制御均温構造)



- ・人が寒さを感じない → 農産物にもノンストレスな貯蔵
- ・各コンテナの全周囲6面が柔らかな冷風に包まれる構造



腐敗果率  
→  
大巾低減



貯蔵性が低い西南暖地産早生ウンシュウミカン (原口早生) の長期貯蔵向けに開発

## ② 庫内予措や自動馴化处理機能

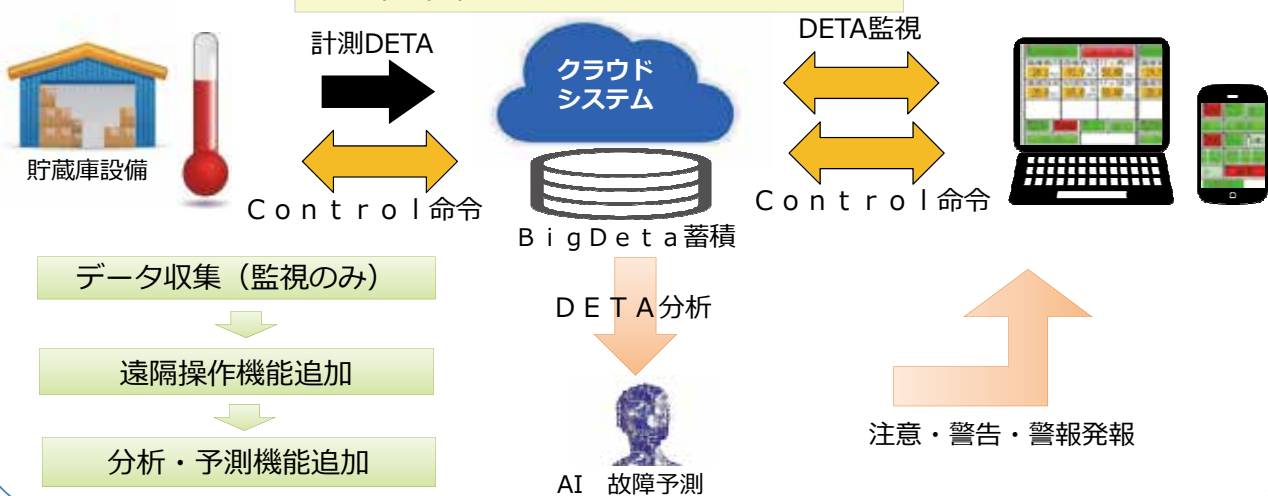
庫内予措の実現：予措完了 → 自動で降温馴化 → 貯蔵運転 → 貯蔵中の減量管理

### 予措減量率感知装置



## ③ IoTにより遠隔制御を実現

### 遠隔制御メンテナンスシステム



## (2) 精密な温湿度管理による早生ウンシュウミカンの冷温定湿貯蔵技術

精密な制御を実現できる貯蔵庫内で、予措程度1.2~1.7%、温度3℃(±0.3℃)、相対湿度85%(変動巾3~4%)により、60~80日程度の鮮度保持が可能です。貯蔵開始時は低温誘導(降温馴化)、出庫時はTempering(昇温馴化)することにより早生ウンシュウミカンは環境の変化に自ら順応していきます。

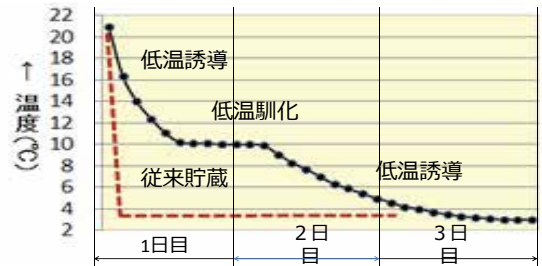
### 慣行予措と庫内予措：60日貯蔵での腐敗果比較

	実施	対象数	腐敗果	腐敗果率
慣行予措	28年度	818個	6個	0.73%
	29年度	575	3個	0.52%
	計	1,393	9個	0.65%
庫内予措	28年度	816個	4個	0.49%
	29年度	1,183	0個	0.00%
	30年度	1,922	7個	0.36%
	計	3,921	11個	0.28%

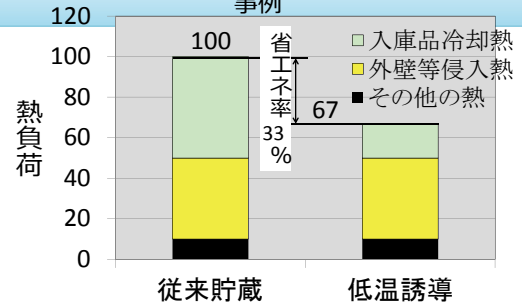
注)

- ①GP剤：無散布
- ②低温誘導：3~6日間
- ③3℃均温貯蔵
- ④収穫後仮置：13日(H28年)、4~5日(H29年)、10~11日(H30年)

### 低温誘導による省エネ



従来貯蔵：1日冷却、低温誘導：3日のスロークーリング事例



### 環境制御モニタリング

導入事例(遠隔監視制御機能)  
沖縄パイン加工原料品質試験



氷温貯蔵庫



### コンテナ内通風

ラック棚コンテナ		風速(m/s)
CT: No. 1 2	2段目	0.044
CT: No. 1 7	7段目	0.071
平積みコンテナ		風速(m/s)
CT: No. 2 2	2段目	0.001
CT: No. 2 7	7段目	0.002

平積みコンテナ内通過風速：実質0.0 m/s  
微風に包まれているラック方式コンテナ

### 普及に向けたアウトプット計画

商品化案(30年度試験着前/普及案)

ラック貯蔵、規模：1.6ト×2室(or3.2ト室、早生ウンシュウ：11/F~2/M貯蔵)

商品	新築貯蔵庫		土蔵改修活用型	
	仕様	おおそ価格目安	仕様	おおそ価格目安
(仮称)高性能冷温定湿庫	断熱パネル&冷風循環内装工事&機械&貯蔵指導	概算：5,640,000円	土蔵シート断熱&貯蔵ユニット&室外機&貯蔵指導	概算：4,040,000円
(仮称)早生ミカン等貯蔵ユニット【普及型】	断熱パネル&貯蔵ユニット&室外機設備&貯蔵指導	概算：3,450,000円	土蔵シート断熱&貯蔵ユニット&室外機&貯蔵指導	概算：2,650,000円
除外工事	選果場新築、水道&排水&電源供給工事、扉		養蚕棚解体、床コンクリート、土蔵補修、他同左	

【注】アセンブリの提供・・・ a、庫内水分感知装置(庫内予措&減量自動管理) b、遠隔監視&遠隔制御モニタリング機能(メーカーによる監視)



### (3) 精密な温湿度管理による早生ウンシュウミカンの冷温定湿貯蔵

精密な制御を実現できる貯蔵庫内で、収穫後予措程度1.2~1.7%、温度3℃(±0.3℃)、相対湿度85%(変動幅3~4%)の制御により、早生温州みかんの60日程度の鮮度保持ができました。入庫時は低温誘導(3~6日間で10℃から3℃へ降温)、出庫時は昇温馴化(6日間で3℃から10℃昇温)させました。GP処理により浮き皮が低減でき、着色への影響もありません。

#### 実証内容

#### ● 植物成長調整剤による早生ウンシュウの果実体質向上技術

【供試樹】 「原口早生」(シートマルチ栽培)

【処理区】 ①無処理 ②GA1.0ppm+PDJ25ppm ③GA2.0ppm+PDJ25ppm (②③は9/6散布)

【収穫日】 11月中旬(2017.11.12~13)

【入庫日】 11/27(1/30までの64日間貯蔵)



写真1 早生ウンシュウ長期高鮮度貯蔵試験環境装置と貯蔵用ラック(大青工業株式会社が開発)



写真2 左:無処理 右:GP処理(2016.11.1)

#### 実証結果

・GP処理をした果実で、貯蔵63日後まで浮き皮の発生を軽減できた。

・貯蔵後の果皮色は無処理と同等であり、GP処理による着色への影響は見られない。

表1 GP処理の有無による「原口早生」貯蔵果実の品質(2017年)

処理区	貯蔵63日後							
	糖度 (Brix)	酸含量 (g/100ml)	果皮色 (a*値)	浮き皮 発生度	しなび 発生度	へた枯れ 発生度	β-クリプトトキシン 含量(mg/100g)	
無処理	12.0 b	0.58 b	26.9 a	12.8 a	4.4 a	54.2 ab	2.79 a	
GA1ppm+PDJ25ppm	12.6 a	0.64 a	26.9 a	3.9 b	0.0 b	65.0 a	2.50 a	
GA2ppm+PDJ25ppm	12.4 ab	0.58 b	27.2 a	5.0 b	2.8 ab	56.7 b	2.38 a	

#### 費用対効果

- 1) 早生ウンシュウ(原口早生)長期貯蔵販売と非貯蔵販売(対照技術)の比較とする
- 2) 貯蔵庫の商品化検討案およびその仕様、価格目安は、大青工業株式会社が示すものに準じる
- 3) 所得の増加額 = 追加粗収益(300円×2,848kg) - 追加費用(設備償却費+ランニングコスト+植調剤+カルシウム資材)
- 4) 販売価格(生産者手取り)は、長期貯蔵販売が500円/kg、非貯蔵販売が200円/kg(H29年度実績を参照)
- 5) 腐敗果等障害果発生率:11%(H29年調査実績)より販売量2,848kg
- 6) 冷蔵機械施設の耐用年数は15年
- 7) カルシウム資材の散布回数は慣行の3回
- 8) 早生ウンシュウ収量3.4t/10a(平成26年長崎県農林業基準技術)を基に、入庫量3.2t(秀品、階級MS)の栽培面積を20aとして算出
- 9) 投資回収期間 = 初期投資額 ÷ 追加粗収益

	新築貯蔵庫	土蔵改修活用型
高性能 冷温定湿貯蔵庫	5,640,000円 (所得の増加額 投資回収期間) 381,262円/年 7.19年	4,040,000円 (所得の増加額 投資回収期間) 487,929円/年 5.15年
早生ミカン等 貯蔵ユニット	3,450,000円 (所得の増加額 投資回収期間) 527,262円/年 4.40年	2,650,000円 (所得の増加額 投資回収期間) 580,590円/年 3.38年



1.2kg箱

# (4) プロヒドロジャスモン加用ジベレリン散布と青色LED設置 冷風貯蔵による晩生ウンシュウミカンの貯蔵性向上技術

近年、冷蔵設備を利用した温州ミカンの貯蔵が導入され始めています。一方で、3月以降は低温を保っていても果実の貯蔵病害（青かび病、緑かび病）が発生しやすく、浮皮も助長されます。ここでは、栽培中のプロヒドロジャスモン加用ジベレリン（以下、GP）散布と青色LED設置冷風貯蔵による晩生ウンシュウミカンの貯蔵性向上技術についてのポイントと青色LEDを導入する際の注意点などについて解説します。

## ◆長期鮮度保持のための栽培と貯蔵のポイント

【9月中旬】プロヒドロジャスモン加用ジベレリン（以下、GP剤）を果実へ散布  
(散布濃度 ジベレリン：1～2 ppm、プロヒドロジャモン25 ppm)

【12月上旬】果実収穫

【12月下旬】冷風貯蔵庫へ入庫

【1月下旬】青色LED光照射を開始  
(12～24時間照射で70日程度を目安)

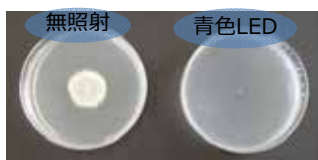
【3月下旬～4月上旬】出荷



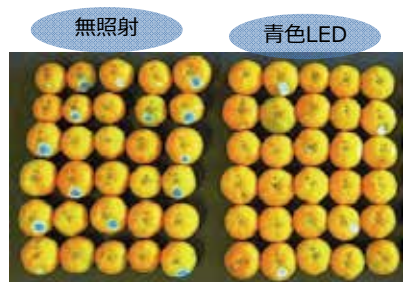
## ◆GP剤・青色LED光の効果



GP剤散布により収穫時、貯蔵後の浮皮を軽減



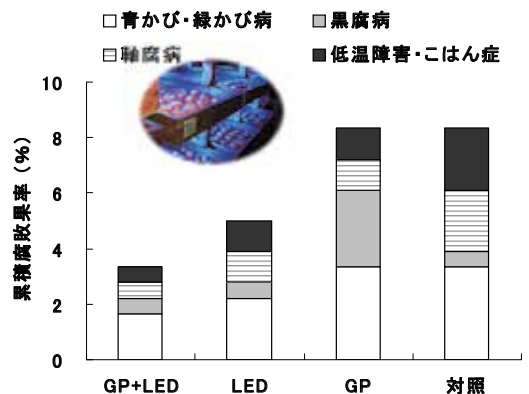
青色LED光を照射すると菌の生育がみられない



青色LED光により菌接種果実の病斑を抑制



GP剤と青色LED光によりクエン酸減少が抑制される傾向



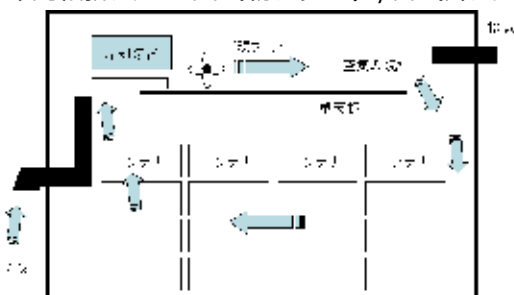
GP剤と青色LED光照射による青かび病等の抑制

## ◆貯蔵庫への入庫、青色LED光の設置例と温度設定（農家用）

\* LEDは、冷風貯蔵庫への設置を基本とし、冷風を循環させている時に照射を行います。

温湿度目安：温度 6 - 8℃、相対湿度85%

庫内給排気：2回（朝、夕方）/日（外気温が3℃以下、15℃以上の時は行わない）



冷蔵機能、給排気ファンを有し、二重天井構造の貯蔵庫を使用（横から見た図）



10m貯蔵庫（2～2.5t入庫）におけるLED設置事例



平型プラ製コンテナ（左）積み上げ型木箱（右）への青色LED光照射



# (5) ジベレリンと貯蔵中の青色LEDでミカンの腐敗を減らす -晩生ウンシュウミカン貯蔵性向上技術の実証-

プロヒドロジャスモン加用ジベレリン散布と青色LED設置冷風貯蔵により'青島温州'および'寿太郎温州'の浮皮と腐敗を増加させることなく、3月～4月までの長期貯蔵を実現できました。

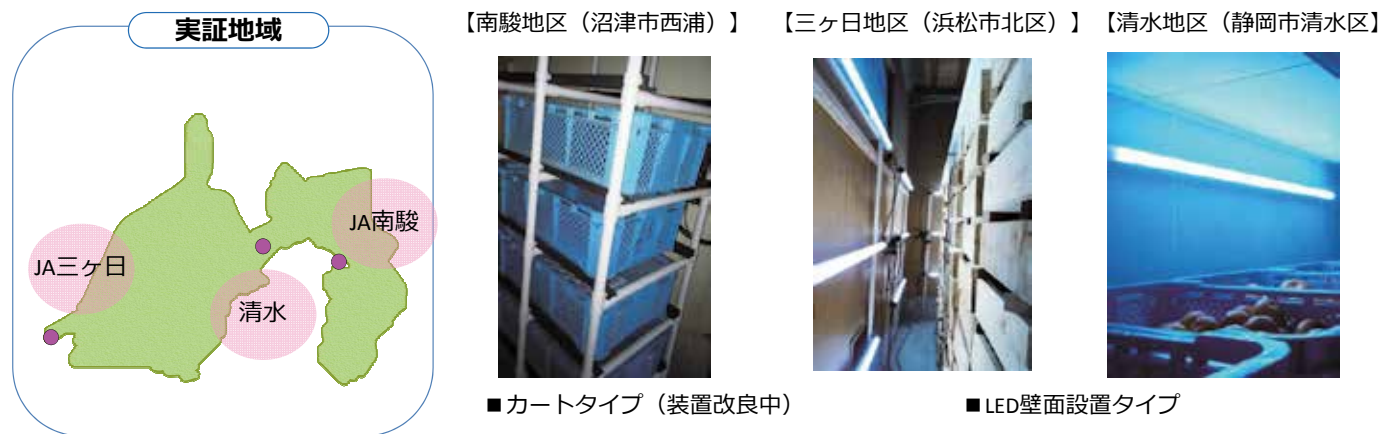


図1 実証地区とLED照射の方法

## 実証結果

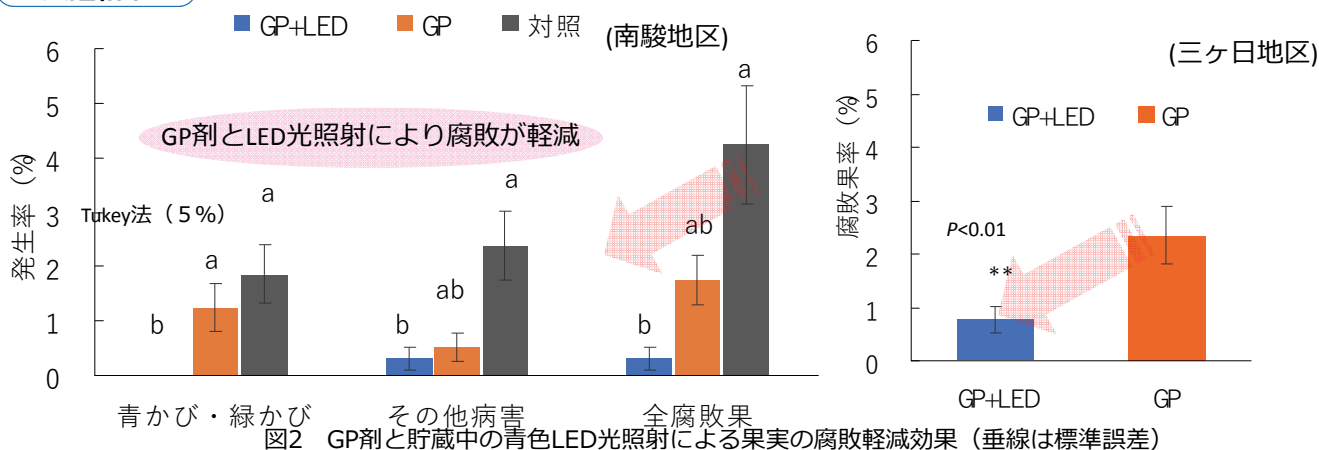
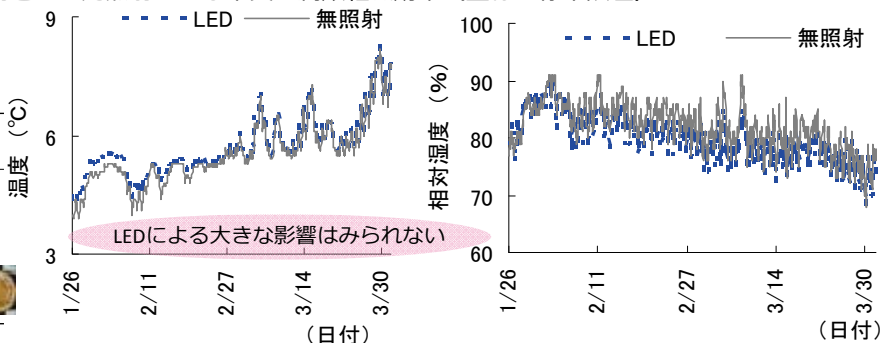


表1 GP剤と貯蔵中の青色LED光照射による浮皮軽減効果（出荷時）（Tukey法5%）

処理区	果実比重	浮皮度
GP+LED	0.95 a	0.1 b
GP	0.93 b	0.3 b
対照	0.89 c	0.7 a

GP剤とLED光照射により浮皮が軽減



## GP剤 + 青色LED光照射を利用した長期貯蔵技術による費用対効果の一例

(年間費用) GP剤2,600円 + LED27,000円 (LED寿命40,000時間) = 29,600円  
 (収益増/10a) 2500kg × 100円 (貯蔵期間延長による単価増: 350円 → 450円) = 250,000円

【青色LED光照射による腐敗軽減のみを考慮した費用対効果の一例（貯蔵果実全体の出荷時期延長を効果に含めない場合）】

(年間費用) 上記と同じ  
 (収益増/10a) 83kg (腐敗果実軽減量) × 450円 (単価) = 37,125円



## (6) 晩生カンキツ「せとみ」の出荷期対応別貯蔵技術

「せとみ」の出荷期間は、従来3月中旬～4月上旬ですが、恒温恒湿庫(8℃・90%)と、微細孔フィルムによる個包装との組み合わせにより、8月まで出荷期間の延長が可能となります。また、出庫時、庫内との温度差8℃以下、湿度70%程度の昇温馴化処理により、結露防止とこはん症の発生軽減が可能です。さらに、貯蔵果実の品質に応じた最適な出荷時期を明らかにしました。

◆「せとみ」果実は、貯蔵温度8℃以下で呼吸量が減少します。また、8月までの長期貯蔵には、微細孔フィルム「PプラスF」による個包装が適しています。



図1 PプラスFによるフィルム個包装をして貯蔵する「せとみ」

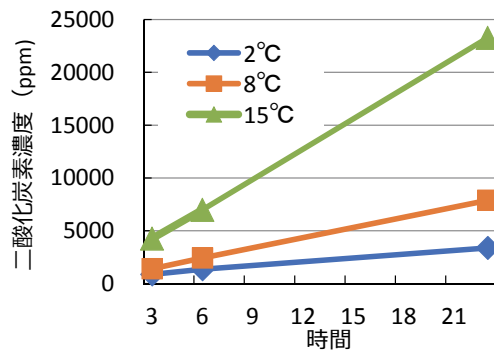


図2 貯蔵温度の違いが「せとみ」果実の二酸化炭素発生に及ぼす影響

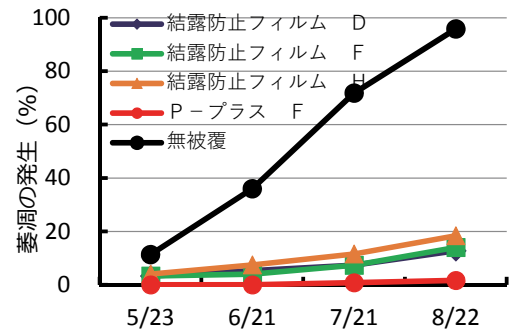


図3 個包装フィルムの違いによる貯蔵期間中の「せとみ」果皮での萎凋発生率の差異

◆長期貯蔵果実を裸果出荷すると、果皮の萎凋が急速に進むため、個包装のまま出庫します。出庫時には、庫内との温度差8℃以下、湿度65～75%条件で昇温馴化処理を行うことで、結露の抑制と、こはん症の発生を軽減できます。

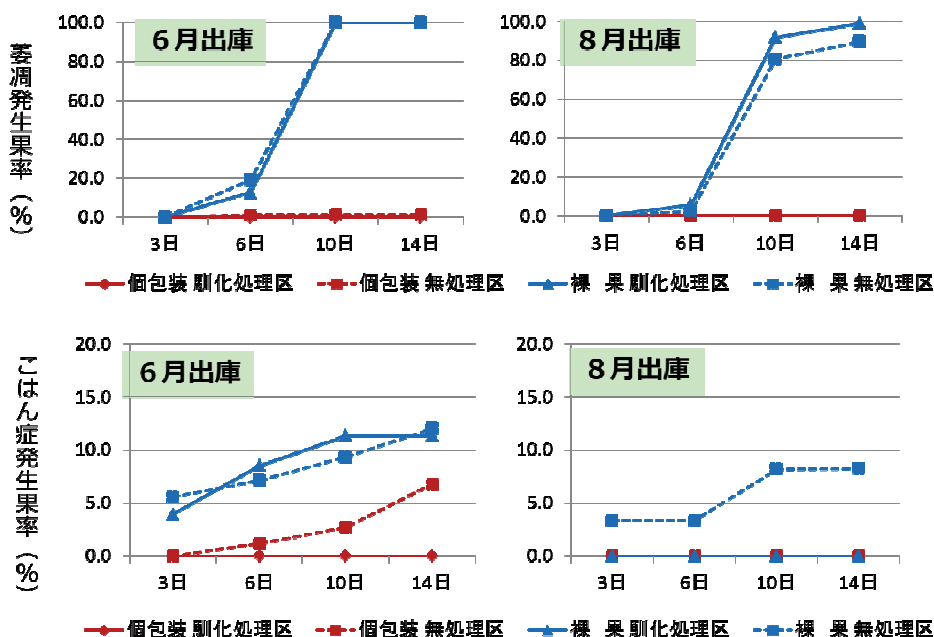


図4 「せとみ」の長期貯蔵果実の馴化処理技術

◆貯蔵中は、1か月に0.1～0.2%で減酸します。収穫時に酸含量1.8%程度の高酸果は、3か月程度貯蔵することで、ブランド「ゆめほっぺ」の基準である1.35%以下まで低下します。また、収穫時の着色が、8分程度では1か月、5分以上8分未満では2か月、5分未満では3か月程度の貯蔵で完着になります。

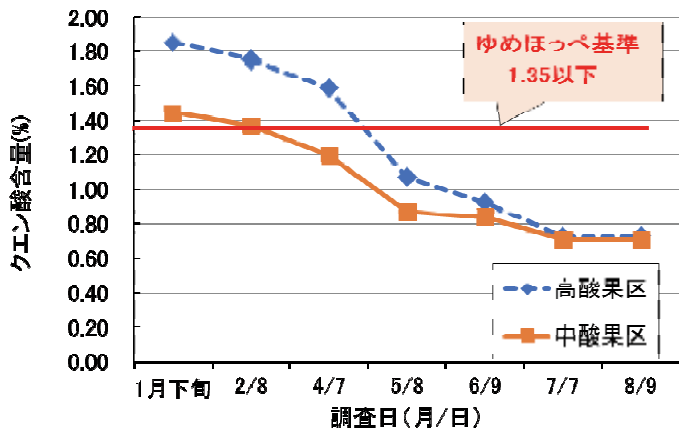


図5 収穫時に酸含量の異なる「せとみ」果実の貯蔵中の減酸の推移

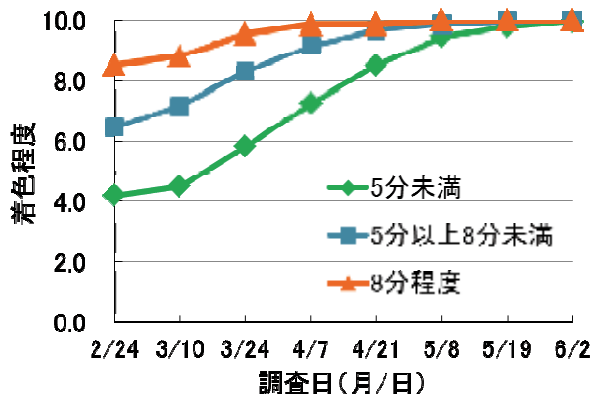


図6 収穫時に着色程度の異なる「せとみ」果実の貯蔵中の着色の推移

貯蔵条件：2017年2月8日～8月9日、PプラスFによる個包装、温度8℃、湿度90%に設定した恒温恒湿庫

貯蔵条件：2017年2月24日～6月2日、裸果貯蔵、温度8℃、湿度90%に設定した恒温恒湿庫

◆「せとみ」における貯蔵果実の供給体制を構築するための貯蔵技術の指針を作成しました。

表1 「せとみ」における貯蔵果実供給体制の指針

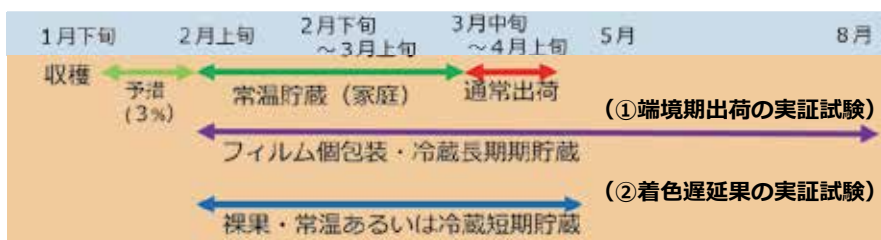
		貯蔵条件	出荷時期	入庫時の留意点	出庫時の留意点
採取時のクエン酸含量	～1.3%	裸果・常温貯蔵	3月中旬～4月上旬(慣行出荷)	・収穫後、減量歩合3%の予措を行い、貯蔵温度5～8℃、湿度90%条件で本貯蔵する。3月以降、庫内の温度上昇と乾燥に注意する。	-
	1.4～1.6%		3月中旬～4月上旬(慣行出荷)		
	1.7～1.9%	個包装・低温(8℃・90%)貯蔵	4月中旬～5月下旬	・収穫後、減量歩合3%の予措を行い、微細孔フィルム「PプラスF」で個包装し、随時、冷蔵貯蔵施設に入庫する。 ・糖度12.0度以上の果実を貯蔵する。	
	2.0%～		4月下旬～8月上旬 6月上旬～8月上旬		
採取時の着色程度	7～10分	裸果・常温貯蔵	3月中旬～4月上旬(慣行出荷)	・糖度12.0度以上の果実を貯蔵する。	・完着した果実から随時出荷する。
	4～6分	裸果・(8℃・90%)貯蔵	4月中旬～4月下旬		
	1～3分		5月上旬		

## (7) 晩生カンキツ「せとみ」の出荷期対応別貯蔵技術の実証

JA山口大島冷蔵貯蔵施設の馴化室を活用して、馴化処理の実証試験を行った結果、結露防止と腐敗・こはん症の軽減が認められました。また、5月～8月にかけての貯蔵出荷では、通常出荷と比べて、農家所得が100円/kg向上しました。今回の実証結果をもとに、貯蔵による長期出荷の経営評価を行ったところ、入庫量50tであれば、通常出荷と比べて600万円程度の利益の増加が期待できます。

### 「せとみ」の長期貯蔵技術の実証

出荷期間延長のイメージ



#### ①端境期出荷の実証試験

収穫時のクエン酸含量1.5～2.0%の果実  
↓  
予措後、フィルム個包装し、2月中旬から恒温恒湿庫（8℃・90%）で貯蔵

5月下旬～8月中旬に出荷  
8月中旬出荷では、JA馴化室で馴化処理し、販売・試食アンケートを実施

#### ②着色遅延果の実証試験

収穫時の着色が5分程度と8分以上の果実を、裸果で貯蔵し、貯蔵シートを被覆

↓  
完熟果を3月19日、4月10日に出荷、等級割合を比較

### 実証結果

#### ①端境期出荷の実証試験

表1 出庫時の馴化処理が果皮障害および正果率に及ぼす影響

試験区	8月15日 (出庫5日後)			8月22日 (出庫12日後)		
	腐敗 (%)	こはん症 (%)	正果率 (%)	腐敗 (%)	こはん症 (%)	正果率 (%)
馴化処理区	5.0	0.0	95.0	6.3	7.7	81.4
無処理区	15.9	8.0	77.9	33.5	15.2	65.3

※馴化処理：8→15→22→29℃に1日毎に昇温

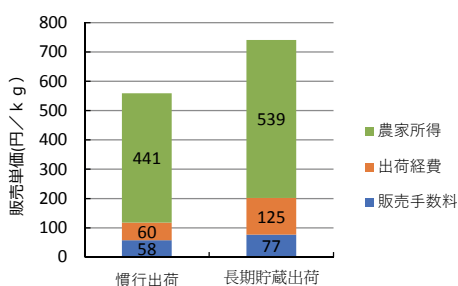
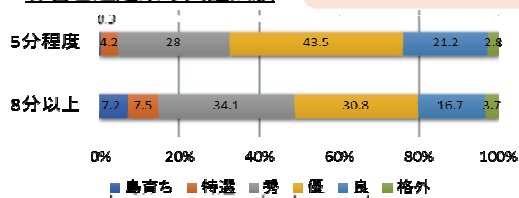


図2 慣行出荷（3～4月）と貯蔵出荷（5～8月）の販売単価の比較

図1 貯蔵果実の消費者試食アンケート（8月）

長期貯蔵果実の試食アンケートでは、消費者から高評価を得られ、試験販売でも慣行出荷と比べて販売単価、農家所得とも高かった。

#### ②着色遅延果の実証試験



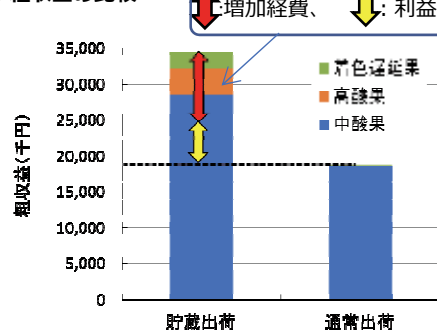
5分程度の着色遅延果は、糖度が低く、「ゆめほっぺ」率がやや低かったが、「せとみ」の基準はほぼ満たした。

図3 採取時の着色程度別の貯蔵出荷における評価（4月）

### 費用対効果



#### ◆粗収益の比較



販売単価の内訳(kgあたり)

	貯蔵出荷	通常出荷
中酸果	800円	600円
高酸果	800円	35円 (原料)
着色遅延果	460円	35円 (原料)

※H29年産実績

図4 産地に導入した大型貯蔵施設を事例とした技術導入の費用対効果

冷蔵貯蔵施設最大貯蔵量59tに対して、50t入庫した場合、通常出荷と比較して600万円程度の利益増加が見込まれる。なお、通常出荷では原料扱いとなる高酸および着色遅延果の正果出荷が可能となる

## (8) 早生カンキツ「みはや」の鮮度保持技術の検討

11月上旬に完全着色し12月上旬に収穫できる早生カンキツ「みはや」は、収穫後約5%の予措を行ない、MA資材で個装することで、食味の良い状態で約60日間の鮮度保持ができます。

### 検討方法

供試樹した果実

マルドリ方式栽培の「みはや」果実（収穫日は、2017年12月14日）

検討内容

- ①MA包装資材の検討：資材のガス透過性の違いによる比較（3%予措した果実を供試）  
資材A<「不知火」用MAフィルム資材<資材B<裸果（対照）
  - ②適切な予措程度：無予措、3%予措、5%予措後ポリ個装した果実および裸果で比較  
評価は、常温貯蔵庫で約60日貯蔵後のしなびや果実品質
- ※貯蔵中の貯蔵庫内の温湿度範囲（温度 2℃～12℃、湿度55%～95%）



予措中の果実



左：MA資材で包装した果実 右：裸果

図1 「みはや」の貯蔵試験の様子  
(上) 予措処理、(下) MA包装



左：健全果 右：しなび果

図2 みはや」の貯蔵後約60日後の果実

### ◆MA包装資材の検討

MA包装資材により個包装することで貯蔵約60日後の減量率を1%以下とし、しなびを抑制することができました。フィルム資材のガス透過性による違いは明らかではありませんでした。

表1 MA資材の違いが「みはや」の果実品質に及ぼす影響（2017）

処理区	果実重 (g)	糖度 (Brix)	食味	減量率 (%)	しなび指数
(採取時)	191	12.9			
<貯蔵62日後>					
MA資材A区	188 c	12.5 b	2.9 b	0.7 b	4.7 b
不知火用資材	196 a	12.0 b	2.8 b	0.8 b	4.5 b
MA資材B区	193 ab	12.9 b	3.2 ab	0.8 b	9.9 b
裸果区	184 d	13.8 a	3.7 a	10.0 a	37.8 a

注1) 2017年12月14日に果実を採取し、3%予措後(12月26日)に各MA包装資材で個装し常温で貯蔵。

### ◆適切な予措程度の検討

収穫後、裸果のまま約60日貯蔵すると、食味は良好であるが萎び果が多くなり商品価値を損なわれます。また、3%予措では貯蔵後の食味評価が5%予措に比べて劣ります。

表2 予措程度の違いが「みはや」の果実品質に及ぼす影響（2017）

処理区	果実重 (g)	糖度 (Brix)	減量率 (%)	しなび指数
(採取時)	181	12.3		
<採取64日後>				
無予措区	202 a	11.8 b	1.1 b	1.7 b
3%予措区	195 a	11.8 b	1.0 bc	7.9 b
5%予措区	190 ab	11.9 ab	0.8 c	12.5 b
裸果区	179 b	12.8 a	15.5 a	71.7 a

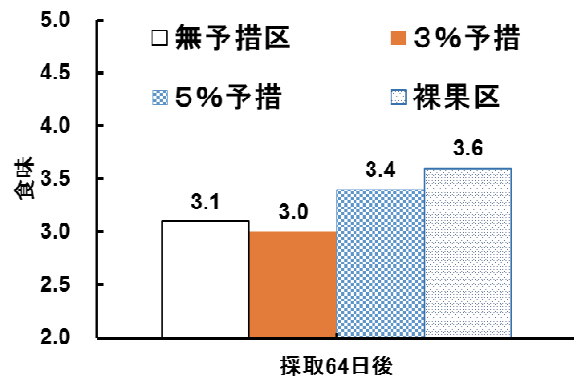


図3 予措程度の違いが「みはや」の食味に及ぼす影響

## (9) 「あすみ」の施設栽培果実による鮮度保持技術

ハウス内で栽培した「あすみ」の果実は、5℃の貯蔵庫内でMA包装により4ヵ月間程度は品質を保持できます。しかし、露地で栽培した果実は、収穫時は完全着色でなく、貯蔵初期の着色前から腐敗果発生率やへた枯れ発生率が高いこと等から貯蔵に適しません。

◆ 5℃の冷蔵貯蔵庫内でMA包装資材による個包装により貯蔵すると、施設栽培された「あすみ」の果実は4ヵ月程度の長期間の鮮度保持が可能です。



図1 MA包装して貯蔵している「あすみ」

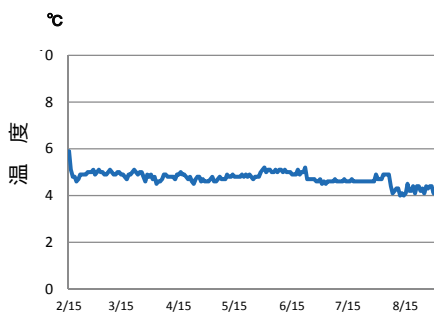


図2 貯蔵庫内温度の推移

表1 「あすみ」の貯蔵試験結果

作型	分析 月日	収穫 後 日	着色 程度	腐敗果 発生率 %	へた枯 れ %	浮皮 程度 発生度	ス上 がり 発生度	1果重 g	糖度 Brix	クエン酸 %
ハウス 栽培 (無加温)	1月25日	13	10	0	0	0	-	280.2	12.3	0.99
	2月24日	43	10	0	3.4	0	-	155.1	12.9	0.95
	3月24日	71	10	0	3.4	0	-	196.2	12.8	0.81
	4月24日	102	10	0	3.4	0	16.7	161.5	12.7	0.72
	5月24日	132	10	0	5.1	0	16.7	165.4	12.5	0.57
	6月23日	162	10	0	5.1	0	22.2	187.4	11.9	0.54
露地栽培	7月28日	197	10	0	6.8	45.2	44.4	206.1	11.3	0.53
	8月29日	230	10	3.4	6.8	78.2	56.9	191	10.5	0.56
	1月25日	9	8.9	0	0	0	-	117.9	13.3	1.26
	2月24日	39	9	3.9	39.2	0	-	128.6	15.8	1.16
	3月24日	63	10	6.9	46.1	0	-	132	15	1.07
	4月24日	94	10	8.8	48	0	0	127.2	15.4	0.9
5月24日	124	10	12.7	87.3	0	11.1	140.3	13.4	0.66	
6月23日	144	10	14.7	97.1	0	88.9	126.2	13.2	0.64	

◆ 「あすみ」は、β-クリプトキサンチン含有量の多い品種です。その含有量は、長期貯蔵により減少しません。

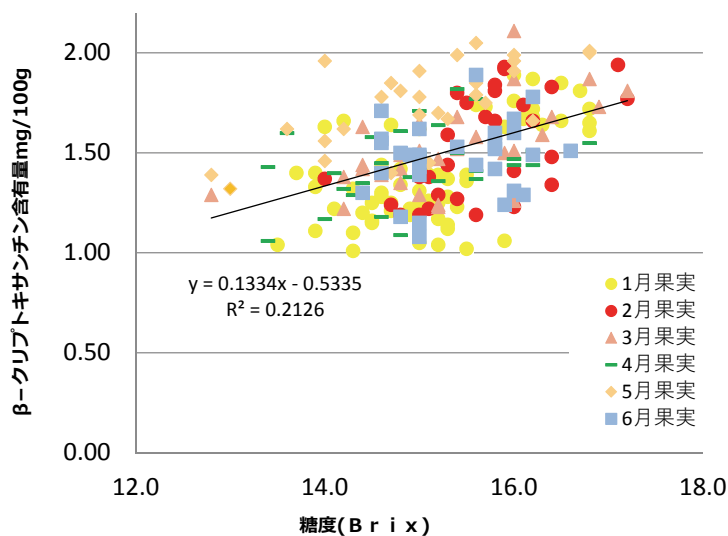


図3 「あすみ」の貯蔵果実の時期別分析果実におけるβ-クリプトキサンチン含量と糖度との関係



## 5. 家庭選果の省力化のため技術

ロボット搭載型プレ選果システムを開発し、その性能から運用方法を検討しました。

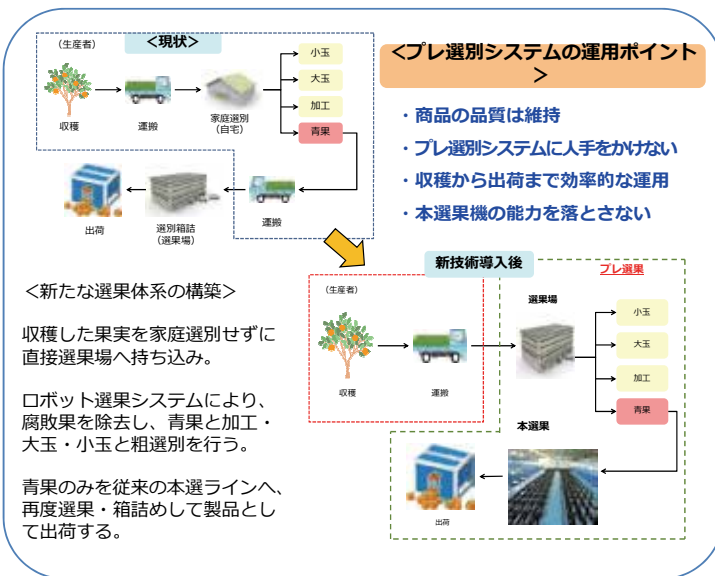
### ロボット搭載型プレ選果システム設計仕様の概要

項 目	仕 様
1) 対照品種	温州みかん（果径 φ40mm ～ φ95mm）
2) 処理能力目標値	<p>約25 t / 日（就業：9時間，実働：7.5時間）－ 約30荷口  約32.5 t / 日（就業：11時間，実働：9.5時間）－ 約40荷口</p> <p>選果機本体：キャリアローラー式選果機 × 2ライン（荒選別特化仕様）  選果機 目標能力：6個 / 秒・ライン－ 従来比50%向上</p>
3) ロボット選果システム運用人員（目標）	運用実働 1.2～2.2人 （原料果実パレット供給 0.2人、ロボット選果機部1～2人で荷替わり処理（約15分 / 回）、精品コンテナ部、運転管理、手選作業ほか）
4) 腐敗果の除去	<p>2段階のシステムで腐敗果を除去</p> <p>①大きな腐敗果を中心に前段に設置されたパラレルリンク型の選果ロボットで除去</p> <p>パラレルリンク型 選果ロボット × 2台  腐敗除去能力（目標値） 2秒 / 個・台  ロボット2台で1個 / 秒  1コンテナ当たり最大15個程度  腐敗果検出ロボットビジョン：上面1カメラ（高解像度）  紫外光画像処理による腐敗検出 + 可視白色光画像で位置決め自公転ローラー上で果実を回転しながら連続撮影・連続検出処理</p> <p>②ロボットが取り切れなかった腐敗果を後段のキャリアローラー選果機で除去</p> <p>腐敗検出センサ：紫外光画像  6画面型 / ライン（カラー外観センサと兼用）  SWIR方式  5画面型 / ライン（打ち身・水分過多検出）</p>
5) 選果区分	<p>6通り / 排出口 8カ所</p> <p>①精品1級 × 2排出口（末端出口は選果機排出エラー品混載），②精品3級，③加工原料，④大玉，⑤小玉，⑥腐敗果，⑦オーバーフロー / 計測NG（精品1級品と同区分で扱う）</p>
6) 精品コンテナ	<p>定量規定重量：約18kg / コンテナ</p> <p>キャリアローラー式選果機で配果された果実をコンテナ秤量機で定量取り定量</p>
7) 精品の貯留・搬送	<p>キャリアローラー式選果機で選別された精品①②を1次的に貯留</p> <p>コンテナを4段に段積みして一次貯留：段積み装置 × 4式  1次貯留ライン 12レーン（1レーンあたり 28列 × 4段 = 112コンテナ搬入可）  最大貯留量 約24t（④大玉・⑤小玉を含む）  ※加工原料③はライン系外に搬送  ※腐敗果はBOX排出・コンテナ取り（人手による処理）</p>
8) 本選果機との連動 / 情報管理システム	<p>段バラシ装置 × 1式：</p> <p>本選果機側からの操作・指示に基づき貯留ラインで一時的にストックされた精品①②を搬送、4段積みされたコンテナを段バラシ装置にて1コンテナ毎に切り分けした後、既設の本選果ラインへ合流させる。</p> <p>原料コンテナスケール × 1式：</p> <p>本選果機にて荷口毎に重量計測を行った後、通常荷受け原料と同様に選果・箱詰めを行い製品として出荷する。また、生産者が持ち込んだ果実重量を、ロボット選果システム投入前に設置したコンテナスケールで計量、荷口毎に精品を本選果機に流した際のデータと紐づけて選果情報処理を行う。</p>

# (1) 家庭選別を代行する ロボット搭載型プレ選果システムの実現

収穫した果実を家庭選別なしで直接選果場に持ち込み、処理することを可能とする「ロボット搭載型プレ選果システム」を実現しました。腐敗果を検出し平行リンクロボットで除去、さらに、高能力型のキャリアローラー式選果機で青果1級・3級・加工・大玉・小玉と粗選別を行い、青果のみを従来の本選果機で選別・出荷します。

## 選果設備の新たな運用モデル



## 腐敗果を除去する選果ロボット



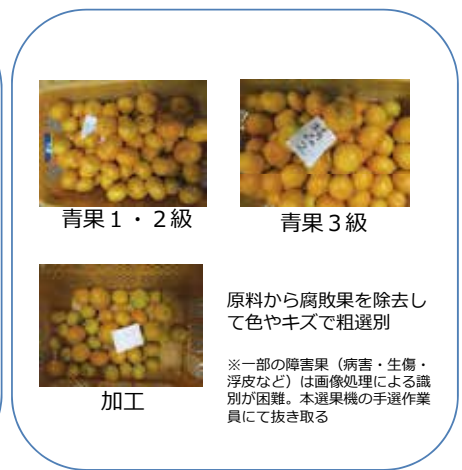
## 周辺ライン



## キャリアローラー式 高能力型の粗選別選果機



## 一定基準で荒選別 青果を本選果機で選果・製品化



家庭選別の労力低減を目的としたロボット搭載型プレ選果システムの実現により、意欲的な生産者の規模拡大を後押しし、高齢化の進む産地の維持、持続可能な産地育成へ貢献

## (2) ロボット選果システムの効率的運用体制の構築と費用対効果の検証

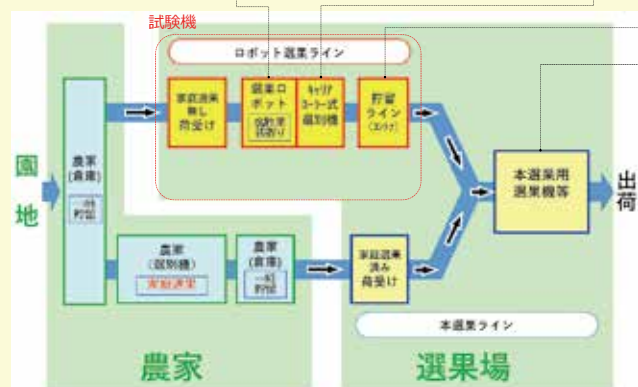
ロボット選果システムを導入した場合の費用と効果を、実証地(JAながさき西海)を対象として行いました。

効果としては、(1)削減される家庭選果時間、(2)生産減少抑止によって失われずにすむ所得、(3)収穫遅れの果実が青果用として売れることによる増加所得、(4)生産者または家族が収穫作業にまわり削減される雇用労働費の4種類を、生産者アンケート結果などから推計しました。処理能力が異なる4つのシナリオを設定して、産地全体での費用と効果(7年間分の総額)を比較したところ、すべてのシナリオで効果額が費用を下回り、その差額(不足額)は設備導入費の1/2~1/3ほどでした。

ただし、処理能力や産地の状況など前提が異なれば効果と費用も変わりますので、ひとつの試算例としてご覧ください。

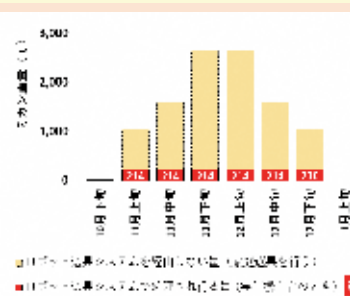
### ロボット選果システムの実証場所

本研究で設置したロボット選果システム(実証機)と既存の本選果ライン ~ 機械の外観と選果工程 ~



- 実証地は年間およそ1万tを出荷する産地ですが、今回設置した実証機の処理能力は1シーズン約1,300tでした。
- この実証機の台数(1台、2台)と貯留ラインの回転率(1倍、1.3倍)を変えた4つのシナリオについて費用対効果を試算しました。

※ 7年間の費用総額と効果額総額との比較。



### 費用対効果試算の結果

今回設置した実証機の導入を想定し、4つのシナリオについて、産地全体の費用と効果を試算し、7年間(設備の耐用年数)の合計額で示しました。

#### 産地全体の費用と効果 (7年間の総額)

	シナリオ1	シナリオ2	シナリオ3	シナリオ4
ロボット選果機台数:	1台	1台	2台	2台
貯留ラインの回転率:	1倍	1.3倍	1倍	1.3倍
1日あたり処理能力:	25 t	32.6 t	50 t	65.2 t

**費用** ロボット選果システムの実証機についての導入費用(試算時点の予定価格)、ランニングコスト(電気代、修繕費、メンテナンス費用)、固定資産税、支払利息、およびシステム操作者の人件費を計上。

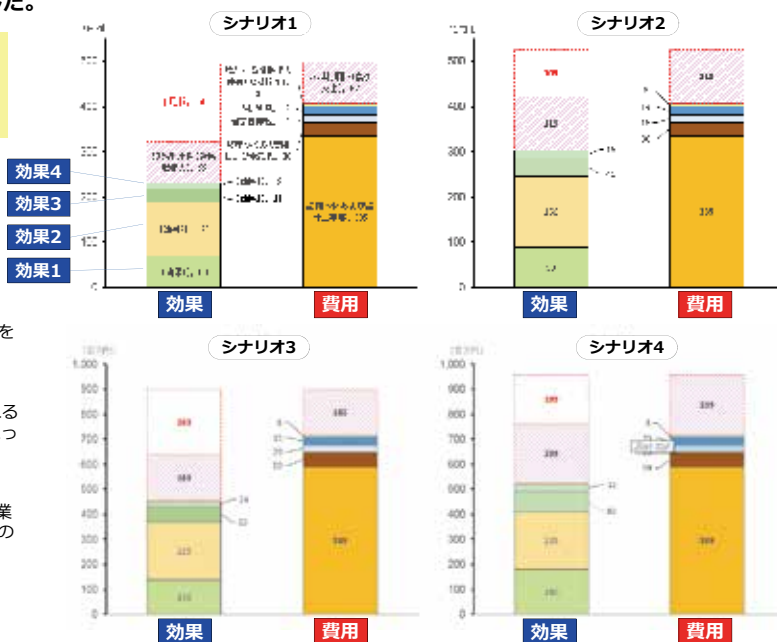
**効果1** 削減される家庭選果時間  
システム利用によって削減される時間を1,000円/hrで評価。

**効果2** 生産減少抑止による所得維持  
生産者アンケート結果等から年間の減少見込み面積(約1.4~2.7ha/年)を推計し、システム導入によって失われずにすむ所得額を評価。

**効果3** 単価向上による所得増大  
収穫ピーク時期には家庭選果が追いつかず収穫適期を逃し、青果で売れるはずの果実が原料用になってしまう現状があるため、システム導入によって青果用になりうる量を推計し、そこから得られる所得(増分)を評価。

**効果4** 収穫雇用労賃の削減  
効果3について、生産者またはその家族が雇用労働者に替わって収穫作業を行う場合は雇用労賃が不要になるのでその額を評価。なお、効果3,4のために投入される家族労働時間だけ効果1の効果額を減じました。

注) 効果は、数値化できないものも含め、他にもあると思われます。また、産地の状況によって効果の種類と大きさは異なります。



### Ⅲ. 地域戦略推進事例

本研究プロジェクトと連動して進められてきた地域戦略の推進事例を紹介します。

地域により主力となっている品種や作型が異なるため取り組み方が異なりますが、カンキツ産地共通の地域戦略は「新品種と省力的な生産流通技術の導入による品質保証カンキツ果実の安定供給」を実現することで、収益性の向上と産業の振興を図ろうとするものです。また、平成 27 年度より施行された新たな機能性表示制度を活用したマーケティングの試みも行われています。

1. マルドリ方式栽培と超極早生ウンシュウミカン「みえ紀南 1 号」の導入によるブランド化の推進（三重県）
2. 精密な温湿度管理による早生ウンシュウミカンの冷温定湿貯蔵（長崎県）
3. 晩生ウンシュウミカンにおける新技術導入による貯蔵性向上と機能性表示食品制度を活用した消費拡大の推進（静岡県）
4. 山口県周防大島地域の柑橘産地における県オリジナル柑橘「せとみ」の長期貯蔵技術の実証支援と普及推進（山口県）
5. 施設カンキツ産地形成における「あすみ」の施設栽培の推進（大分県）
6. 「津之望」をはじめとする優良品種の導入と生産対策等の推進（長崎県）
7. カンキツの病害虫の適期防除で商品果率アップ  
－農地環境推定システムの活用 チャノキイロアザミウマを例として－（佐賀県）
8. 選果の省力化・経営の大規模化に向けた取り組み（長崎県）

# (1) マルドリ方式栽培と超極早生ウンシュウミカン「みえ紀南1号」の導入によるブランド化の推進

早期出荷が可能な三重県オリジナル品種「みえ紀南1号」の導入とマルドリ方式栽培を推進することにより、9月中旬からブランド基準をクリアする高品質な果実を生産し、生産者の収益向上と産地力の強化を図っています。

## 産地背景

三重県南部の東紀州地域は、カンキツ栽培面積の4割を極早生温州みかんが占めており、「崎久保早生」を中心とした産地となっている。

産地の特徴は、温暖な気候と年間2800ミリの多雨条件を生かした温州みかんの早期出荷と越年品種の栽培が可能なことによるカンキツ周年供給体制のほか、県営ほ場整備事業、国営農地開発事業により基盤整備が早くから進められている。

表：生産状況（JA取扱実績）



写真：基盤整備された柑橘園

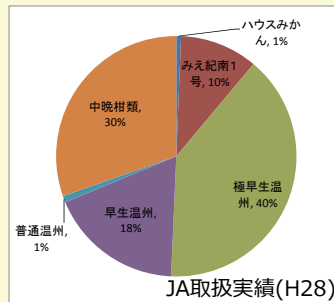


図1：産地の品種構成

年産	カンキツ栽培面積 (ha)	生産者数 (名)	生産量 (t)
H19	605	1,197	12,784
H20	578	1,058	10,116
H21	540	1,047	10,025
H22	527	959	8,683
H23	476	902	9,721
H24	513	872	9,411
H25	468	870	9,166
H26	445	857	7,773
H27	402	751	7,367
H28	388	734	7,250

また、作業の省力化を図るためにスピードスプレー等の機械導入や、市場拡大のための輸出事業、ICTによる篤農家技術継承のための取り組みなどもすすめられているが、近年、生産者数及び栽培面積、生産量が大きく減少している。そのため、生産量の確保、産地の維持・活性化のための方策が求められており、その一環として三重県が育成した超極早生ウンシュウミカン「みえ紀南1号」の導入とマルドリ方式栽培を推進し、ブランド化に向けた取り組みが図られている。

## 地域戦略

ウンシュウミカンの早期出荷とカンキツの周年供給を基本戦略としている。特に早期出荷する極早生ウンシュウミカンの品質は、以降に出荷されるウンシュウミカンの価格形成に影響を及ぼすことから、高品質な果実を出荷することが求められる。そこで、「みえ紀南1号」のマルドリ方式栽培面積を16ha（2014年度）から3年間で26ha（2018年度）に拡大し、高品質な果実を安定的に生産する。そのために、実証試験から得たデータとその効果について、講習会等で広く伝え生産者への普及を図る。

## 「みえ紀南1号」のマルドリ方式栽培の実証

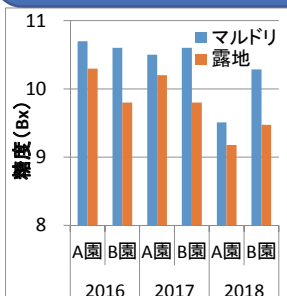


図2：品質向上効果

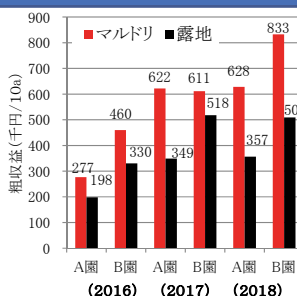


図3：収益向上効果

## マルドリの推進結果

マルドリ面積は、極早生温州では横ばい傾向であるが、「みえ紀南1号」では、マルドリ方式栽培技術の実証結果等普及を図り、3年間で、約1.5倍（24ha）に拡大することができた。

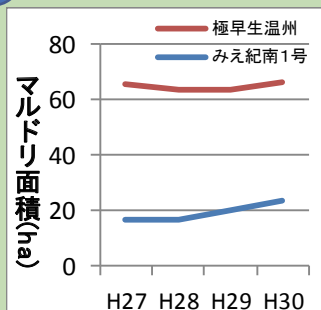


図4：マルドリ面積の推移

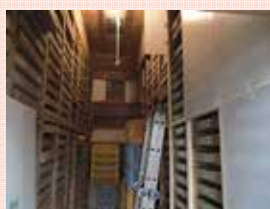
三重県紀州地域農業改良普及センター（長谷川弘樹）

## (2) 精密な温湿度管理による早生ウンシュウミカンの冷温定湿貯蔵

精密な温湿度制御を実現できる貯蔵庫で、早生温州みかんの60日程度の長期貯蔵を可能としました。貯蔵庫へ入庫する早生温州みかんは、シートマルチと、植物成長調整剤の利用により糖度向上と果実体質の強化が必要です。

この技術によって、高品質早生温州みかんの出荷時期の拡大が可能になり、農家所得の向上が見込まれます。

### ●地域の背景と課題



昔ながらの貯蔵庫

#### 【背景】

- ・長崎県諫早市多良見町は古くからある貯蔵みかんの産地。
- ・平成25年度以降、普通温州みかん（青島温州）で100日間の貯蔵が可能な技術が実証された。

#### 【課題】

- ・近年の温暖化による気象の急激な変化に対して、従来の貯蔵方法では対応できなくなっていた。
- ・早生温州みかんの連年安定生産のための樹勢回復。

成熟した早生温州みかんを貯蔵し、年内贈答用商材および年明けの高品質な完熟商材として販売したいという産地からの要望があった。



### 早生温州みかんの冷温定湿貯蔵技術開発

### ●普及計画との連携

#### 【ねらい】

高品質果実生産と、ブランド商材の増産および出荷期間の長期化により有利販売を展開する。



### 貯蔵みかんの推進



貯蔵みかん1.2kg箱

出荷数量および販売単価



植物成長調整剤  
(GA1.0ppm + PDJ2,000倍)



植物成長調整剤の散布で  
果皮体質強化

冷温定湿貯蔵庫で  
60日間貯蔵

販売単価の高い  
時期に出荷

### (3) 晩生ウンシュウミカンにおける新技術導入による貯蔵性向上と機能性表示食品制度を活用した消費拡大の推進

静岡県は、'青島温州'や'寿太郎温州'など晩生ウンシュウミカンの栽培が盛んな貯蔵ミカンの産地です。

消費者ニーズに応じた高品質果実を4月まで安定供給するために、ウンシュウミカンの貯蔵性向上技術の開発・導入及び機能性表示食品制度を活用した消費拡大を推進しています。

#### 貯蔵性向上技術の開発・導入による高品質果実の安定供給

##### ○取組内容

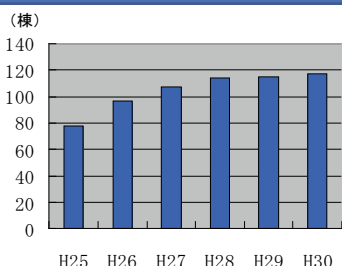
近年の気候温暖化の影響により浮皮果や腐敗果の発生増加が懸念されており、貯蔵性向上技術の開発・普及が求められています。

本県では、浮皮軽減技術としてGP剤（ジベレリンとプロヒドロジャスモンの混用）の利用及び冷風貯蔵庫施設の設定拡大を推進しています。

##### GP剤利用による浮皮軽減



##### 冷風貯蔵庫の設置数が増加（H25：78棟→H30：117棟）



##### ○今後の方向性

青色LEDを利用した冷風貯蔵など「革新的技術開発・緊急展開事業」で得られた成果を、産地ごとに策定している果樹産地構造改革計画に基づき、新技術の導入・普及を図っていきます。

#### 機能性表示食品制度を活用した消費拡大の推進

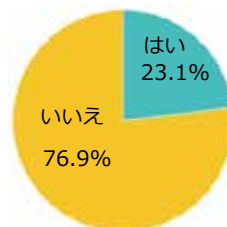
##### ○取組内容

県内系統出荷の約80%が機能性表示食品

届出時期	農協名	商品名
2015年	JAみっかび	三ヶ日みかん
2016年	JAとびあ浜松	とびあみかん
2017年	JAしみず	清水のみかん
2017年	JAなんすん	西浦みかん

(2018年10月末現在)

消費者の機能性への期待は高いが、機能性表示食品制度の認知度は低い



県政インターネットモニターアンケート (n=554)

ウンシュウミカンが機能性表示食品として販売されていることを知っていた

##### ○今後の方向性

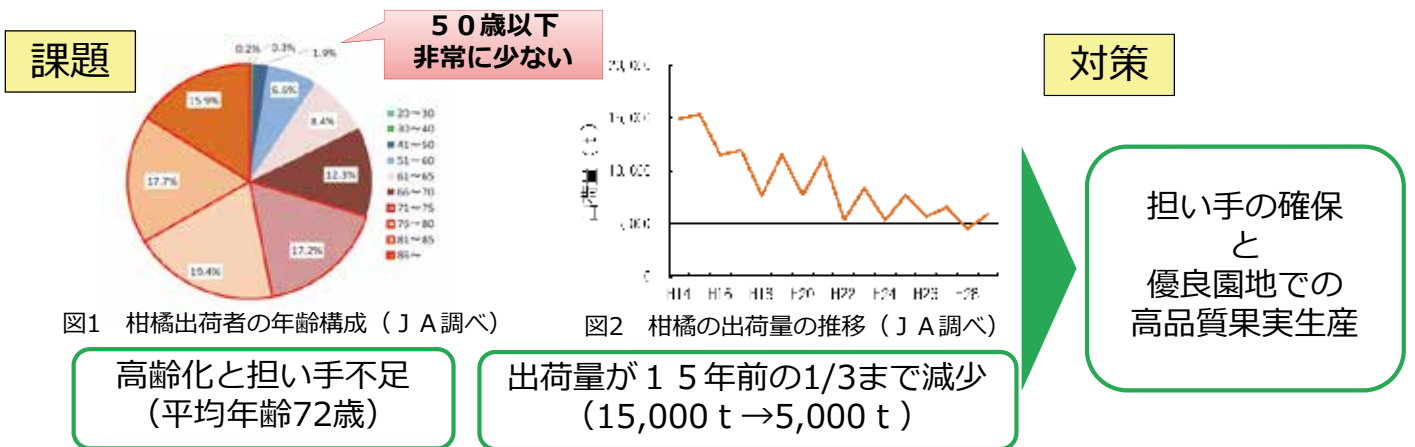
引続き、関係機関と連携しながら、取組産地の拡大、取扱業者や消費者への周知を図っていきます。

## (4) 山口県周防大島地域の柑橘産地における県オリジナル柑橘「せとみ」の長期貯蔵技術の実証支援と普及推進

本産地では高齢化と担い手不足によって、出荷量が15年前と比べて1/3まで減少しています。このため、「大島かんきつ産地継承夢プラン」を策定して、担い手の確保と優良園地での高品質果実生産の推進に取り組んでいます。

本事業では、県オリジナル柑橘「せとみ」（通常出荷時期は3月中旬から4月上旬）について、国産カンキツの端境期である5月以降の出荷を目指した長期貯蔵技術の実証支援と普及に取り組ましました。

### ■ 山口県周防大島地域の柑橘産地における課題と対策



### ■ 具体的な方策



生産者、町、JA、県などで構成する「大島郡柑橘振興協議会」で今後の産地振興のための方針を策定

#### 大島かんきつ産地継承夢プラン

- ①新規就農者の受入(支援センター、研修制度など)
- ②基盤整備の推進  
(団地化、省力・高品質を可能とする栽培体系の導入など)
- ③高品質果実生産  
(シートマルチ栽培、マルドリ栽培の推進、**県オリジナル柑橘「せとみ」の推進**)

### ■ 県オリジナル柑橘「せとみ」の長期貯蔵技術の実証支援と普及推進

#### ● 段階的な試食販売と試食アンケート

冷蔵貯蔵した「せとみ」をH28年度は5月に県内量販店で、H29年度は4月下旬に長野県の百貨店および6月に県内量販店で試験販売を実施。

#### ● 冷蔵貯蔵施設整備の支援

JA山口大島がH29年度に実施した冷蔵貯蔵施設の整備を支援。



H28年度	400kg	県内量販店
H29年度	1,600kg	県外百貨店
	100kg	県内量販店



冷蔵貯蔵庫	2基 (最大貯蔵量59 t)
馴化室	1基 (最大貯蔵量4.8 t)



## (5) 施設カンキツ産地形成における「あすみ」の施設栽培の推進

機能性成分を多く含むカンキツに注目している消費者等をターゲットとして、本県では「あすみ」等の施設栽培において高品質安定生産と鮮度保持技術を組み合わせた生産・貯蔵体系を確立・普及し、需要に対応した品質・数量を安定して供給できる施設カンキツの産地形成を目指します。

大分県のかんきつ産業の中心は「ハウスみかん」ですが、重油価格高騰や生産者の高齢化により生産量が減少傾向にあります。そのため大分県は、コスト削減等により「ハウスみかん」の産地維持を図りながら、同時に生産コストの低い新たな施設カンキツを推進し、「ハウスみかん」を中心とした施設カンキツを周年供給する産地形成を目指します。

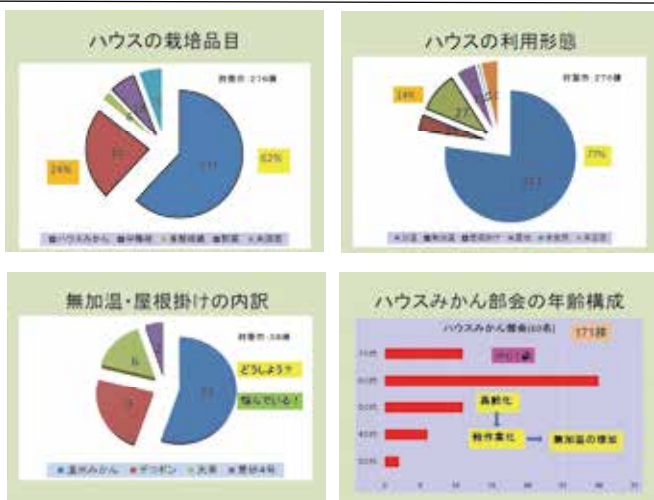
### 大分県の果樹農業振興の基本的な考え方

- 優良品種(系統)や大分県オリジナル品種への新植、改植の推進
- 新たな施設栽培経営モデルの確立と推進
- 新たな機能性表示制度の活用
- 生産基盤整備(ハウスなどの栽培施設)を推進
- 重油高騰対策

### 大分県の施設カンキツの現状と将来目標

大分県カンキツの生産量、栽培面積の現状と目標（抜粋）

	生産数量（t）		栽培面積（ha）	
	平成25年度	平成37年度 目標	平成25年度	平成37年度 目標
うんしゅうみかん	16,200	10,000	849	500
ハウスみかん	2,180	2,400	52	54
施設中晩柑	641	962	20	30



- 燃油高騰で「ハウスみかん」から「ハウス中晩柑」や燃油を使用しない無加温ハウスや屋根掛けハウスなどへの品目転換が進んでいる
- 大分県の「ハウスデコポン」「ハウス天草」の多くは、11月中旬から年内にかけて出荷されているが、火山灰土壌園地等で低糖度果実が問題

### 施設カンキツの現状と将来目標

- 「ハウスあすみ」  
「あすみ」は、糖度が概ね15%以上と高く食味がたいへん優れておりハウス栽培で普及し始めているが、夏秋季に裂果が多発し安定生産ができていない。

- ・ 夏秋季の裂果抑制対策  
裂果の発生抑制は果汁蓄積期(満開後120日頃)以降の水分ストレスの付与で抑制されます。今後の県単での試験研究で詳細な水管理を明らかにします。
- ・ 冬季の凍害防止対策  
ジェットヒーターの活用が有効です。

カンキツの栽培面積、生産の目標

	生産数量（t）		栽培面積（ha）	
	平成29年度	平成33年度 目標	平成29年度	平成33年度 目標
ハウス不知火	173	173	3.5	3.5
ハウス天草	97	97	1.8	1.8
ハウスあすみ	4	14	0.2	0.5
その他	59	59	2.3	2.3



## (6) 「津之望」をはじめとする優良品種の導入と生産対策等の推進

長崎県西海地区では、温州みかんと同様の労力分散や大型選果機での選果対応が可能な優良中晩柑品種である「津之望」への計画的更新と生産量確保対策等の普及が望まれています。

### 大西海みかん部会における産地概況

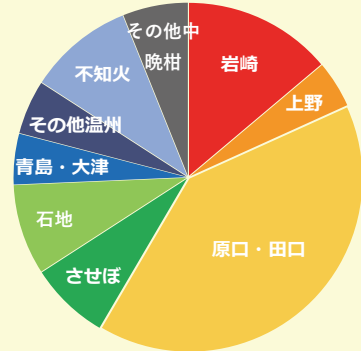
当産地は、西彼半島北部の西海市及び長崎市茂木地区で、昭和30年代後半から40年代前半に急速に植栽が始まった新興産地である。生産の中心は昭和44年、53年発見の「原口早生」「岩崎早生」及び「不知火」であるが、現在では、極早生品種から、優良品種（「田口早生」「石地」等）への転換を進めている。

平成29年度

販売量：4,222t

生産者数：392戸

面積：296ha



大西海みかん部会の品種構成 (H29年)

### 産地計画（生産量確保と産地維持対策）の取り組み

#### ①基盤整備を活用した担い手確保対策

##### ■白崎地区（水利施設等保全高度化事業(平成28～33年度)）

- ・担い手農家 2経営体→8経営体
- ・温州みかん栽培面積 1.7ha→11.7ha
- ・主な栽培品種 原口早生、石地温州、青島温州

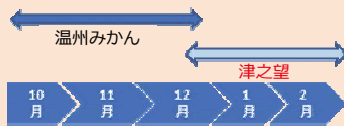
##### ■小迎地区（水利施設等保全高度化事業(平成30～35年度)）

- ・担い手農家 0経営体→5経営体
  - ・温州みかん栽培面積 0.9ha→6.7ha
- このほか太田和地区、下岳地区等で実施検討中



#### ②中晩柑品種の導入

- 温州みかんと同様の労力分散、大型選果機に対応可能な優良中晩柑品種への計画的更新



津之望

12月成熟、浮き皮しない  
果実階級が温州みかん規格で選果機に対応  
β-クリプトタンパクが豊富

- 優良中晩柑品種の1つとして、「津之望」を導入  
現状(平成29年度)2.8ha →目標(平成32年度)5ha  
しかし・・・

- ・着花性がよい反面、樹勢低下や小玉になりやすい
- ・着果が始まると樹冠拡大が小さい

→導入から短期間で反収向上が臨める早期樹冠拡大や、適正生産階級づくり、高品質果実生産のための技術が必要。



「津之望」の実証試験地



## (8) 選果の省力化・経営の大規模化に向けた取り組み

「西海みかん」産地の生き残りをかけ、園地登録園制度を中心に「うるものづくり」による生産・販売戦略により日本一の産地を築いてきた。新たな時代に向けて、今後もブランド商品の安定供給と出荷量1万t産地を維持していく上で、経営の規模拡大化を進め、あわせて労働力確保が厳しくなっていく中、樹園地の集約と基盤整備、計画的改植の推進、そして家庭選果代替ロボットの導入による省力・効率化体系を構築し、更なる産地発展を目指していく。

**価格大暴落**  
↓  
**西海みかん産地の危機**

### みかんで食べていくため、生き残りをかけた戦略



**戦略①「商品の差別化」**



西海みかんブランド  
「味っ子」「味まる」

**戦略②「アクション21の策定」**



園地登録園制度



「させぼ温州」推進



大苗育苗・改植推進



省力化機械導入

**戦略③「販売強化」**



市場との連携



光センサー選果機導入




部会員による店頭販売



食育活動

これまでの取組成果
西海みかん ブランド率 **70%以上**・販売額 **30億円超**(10年前比200%)
日本一 第55回農林水産祭 天童杯受賞

### 「西海みかん」の新時代に向けて



**課題**


- 出荷量10,000tの確保とブランド商品の安定供給

**問題点**


- かんきつ部会員の高齢化と部会員数の減少
- 収穫作業等雇用労働力の確保
- 細分化された園地
- ◆かんきつ部会の主たる従事者平均年齢63歳、また現部会員数305戸となっているが、将来的に200~100戸になる可能性もある。
- ◆その様な中、1戸当りの経営面積は拡大しており(平均みかん経営面積135a(対H10比186%))、併せて、収穫作業等の雇用労働力も作業員の高齢化や他産業との競合で労働力不足になっている。
- ◆農地は、改植にあわせ小規模基盤整備が主体となっているが、圃場が分散し作業が非効率となっている他、後継者不在の農地継承問題等がある。

**対策**


- 家庭選果代替ロボットの導入  
家庭選果にかかる労働力をロボット選果で代替、その作業を収穫へ転換



← 代替



→ 転換



- 園地集約を前提とした、農地流動化による基盤整備  
大規模農家の育成
- かん水施設の導入と西海型マルドリ栽培の確立と普及  
畑地灌がい施設を整備中  
・針陽地区：53ha  
・宮長地区：23ha
- 計画的改植による生産量ピークの平準化  
樹齢30年サイクル=面積3.3%/年の改植で生産量維持
- 収穫作業等労働力の確保  
無料職業紹介所・農作用利用組合の利用等を促進
- 次世代の担い手や女性生産者の育成  
味っ子研究会とオランジュの活性化

JAながさき西海 (生垣隆三・竹市勝也)

## 謝 辞

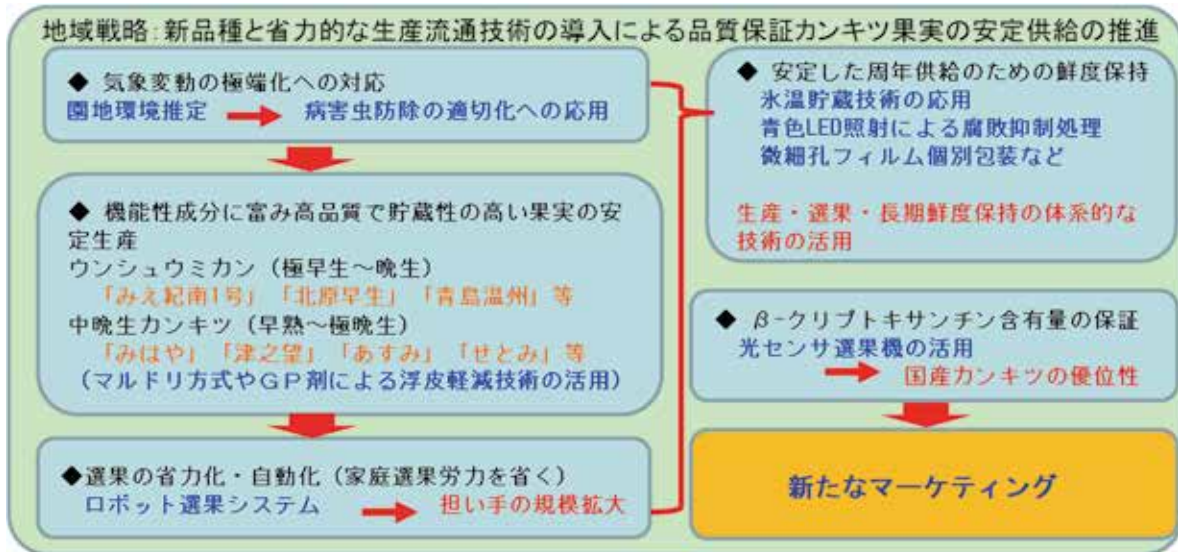
本研究は、革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）「 $\beta$ -クリプトキサンチンの供給源となる国産カンキツの周年供給技術体系の実証」（管理法人：農研機構生物系特定産業技術研究支援センター）の支援を受け実施したものです。担当された農研機構生研支援センターの足立 礎研究リーダーには、プロジェクトの進捗について、多くのご助言、ご指導をいただきました。また、本プロジェクトで開発したロボット搭載プレ選果システムで使用したリアルハプティクスロボットハンドの技術は、同事業の第三次公募で採択された「軟弱果実のハンドリングを可能とするリアルハプティクス技術を用いた AI ロボットハンドの開発」（代表機関 シブヤ精機株式会社）によりハプティクス研究センター副センター長 大西公平氏らの特許を使用、慶應義塾大学 野崎貴裕助教らの協力を得て開発された技術を活用しました。また、「ウンシュウミカンに含まれる $\beta$ -クリプトキサンチンの可視・近赤外分光法を用いた非破壊計測法」の技術開発においては、一般財団法人雑賀技術研究所で開発されたキノメーターを活用しました。

また、私たち「 $\beta$ クリプト周年供給コンソーシアム」は、平成 27 年度末に結成されたカンキツ研究ネットワークに参加しており、同ネットワークの他のコンソーシアムとも情報交換を図りながら、研究を推進しました。農研機構西日本農業研究センターが代表で実施した攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術研究展開事業「マルドリ方式・ICTなどを活用した省力的な高品質カンキツ安定生産技術体系とその実現のための傾斜地園地整備技術の実証」で開発した要素技術を、本技術体系の構築にも応用しました。特に、黒瀬義孝氏には、簡易土壌水分計の指導をいただきました。また、棚田光雄氏には、技術導入における費用対効果の考え方についてご指導いただきました。また、株式会社ビジョンテックの岡田周平氏には、農地環境推定システムのアプリケーション作成等にご協力いただきました。

現地実証については、実証園の園主および各普及担当機関の皆さまに多大のご協力をいただきました。ここに、深く謝意を表します。

【プロジェクトの全体の概要】

β-クリプトキサンチンの供給源となる国産カンキツの周年供給技術体系の実証  
 高品質で機能性成分に富む国産カンキツを周年安定供給するための技術体系を開発する



1 ウンシュウミカンの高品質安定生産と鮮度保持技術の検証



2 中晩生カンキツの高品質安定生産と鮮度保持技術の検証



3 ロボット選果システムを用いた省力・高効率な選果体系の確立と実証



4 β-クリプトキサンチンの供給源となる国産カンキツの周年供給体系の策定



【代表機関】（研）農研機構九州沖縄農業研究センター(βクリプト周年供給コンソーシアム)

**【参画研究機関】**（研）農研機構果樹茶業研究部門、静岡県農林技術研究所果樹研究センター、三重県（農業研究所紀南果樹研究室、紀州地域農業改良普及センター）、山口県農林総合技術センター・農林水産部柳井農林水産事務所、福岡県農林業総合試験場、佐賀県果樹試験場、長崎県農林技術開発センター、ながさき西海農業協同組合、（株）大青工業、（株）シブヤ精機、熊本県（農業研究センター、天草広域本部農業普及・振興課）、大分県農林水産研究指導センター農業研究部果樹グループ、（学）四国大学、（国）山口大学、（学）同志社女子大学（普及担当機関）静岡県経済産業部農業戦略課、三重県紀州地域農業改良普及センター普及1課、福岡県筑後農林事務所八女普及指導センター、佐賀県佐賀中部農林事務所佐城農業改良普及センター、長崎県県北振興局農林部南部地域普及課、長崎県県央振興局農林部長崎地域普及課、長崎県県央振興局農林部西海事務所、熊本県農林水産部生産局、農業技術課農業革新支援センター、熊本県天草広域本部農業普及・振興課、大分県農林水産部地域農業振興課、山口県農林水産部柳井農林水産事務所

**【研究・実証地区】** 静岡県三ヶ日地区、静岡県南駿地区、三重県熊野地区、山口県周防大島地区、福岡県八女地区、佐賀県大和地区、長崎県諫早地区、長崎県西海地区、長崎県させぼ地区、熊本県天草地区、大分県東部地区





β-クリプトキサンチンの供給源となる国産カンキツ周年供給のための技術と実証事例

---

2019年3月31日 発行

編者 根角博久・柴田昇平

発行者 βクリプト周年供給コンソーシアム

代表機関：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構

九州沖縄農業研究センター

〒861-1192 熊本県合志市須屋 2421

研究代表者：根角博久

事業名：革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）実証研究型「β-クリプトキサンチンの供給源となる国産カンキツの周年供給技術体系の実証」