

## 第4章 和歌山県におけるカンキツに関する試験研究の歩み

島津 康

### 1. はじめに

和歌山県の農業の中で、果樹は農業産出額1,225億円(2018年)の約67%を占めており、重要品目と位置づけられる。また、樹種別にはウンシュウミカン、カキ、ウメが全国1位、イチジクが2位、モモ、スモモ、キウイフルーツが3位となる等、全国有数の果樹県となっている<sup>1)</sup>。本県は江戸時代からキシウミカンの産地であり、近年にかけてカンキツや多様な落葉果樹の生産を行ってきた。現在は、果樹に関する様々な技術開発を行うため、和歌山県果樹試験場でカンキツ、和歌山県果樹試験場かき・もも研究所で主にカキおよびモモ、和歌山県果樹試験場うめ研究所でウメについて試験研究を実施している。ここでは、カンキツ関連の研究を実施してきた研究機関の沿革とともに、本県カンキツ産地の発展に伴い行われてきたカンキツの主要な試験研究を紹介する。また、今後の試験研究の方向についても述べてみたい。

なお、引用文献を明記していない部分については、和歌山県農林水産総合技術センター果樹試験場創立100周年記念誌、果樹関係試験場所単年度試験研究成績を参照した。

### 2. 沿革

本県カンキツ栽培の歴史をみると、江戸時代には主にキシウミカンが栽培され、有田地域が産地として有名であった。その後、明治初期にウンシュウミカンの経済栽培が開始されると、中期には主産地の有田地域で1,200haに増加し、全国的産地となった。これに伴い試験研究機関設置の必要性も高まったと思われ、明治43年に有田郡農会立園芸試験場が田殿村井ノ口(現在の有田川町井ノ口)において発足した。大正3年には和歌山県立農事試験場園芸部として県に移管し、昭和3年に和歌山県立農事試験場園芸分場と改称された。昭和17年には、地元の要望を受けて園芸分場から和歌山県立柑橘試験場として独立し、戦後すぐの昭和21年4月に再び農事試験場園芸分場に合併改称された。しかし、その期間は短く、昭和22年11月には和歌山県立果樹園芸試験場として独立した。

昭和28年には、那賀、伊都地域の強い要望により、カキ、モモ、ブドウ等の落葉果樹の振興を図るため、那賀郡粉河町粉河(現在の紀の川市粉河)に果樹園芸試験場紀北分場を開設した。紀北分場では昭和50年代まで、当時紀北地域で栽培が多かったハッサクなどカンキツに関する試験研究も行われた。また、夏橙の栽培が多かった日高地方では、昭和32年に日高郡川辺町和佐(現在の日高郡日高川町和佐)に果樹園芸試験場夏橙試験地を開設した。

果樹園芸試験場は、試験ほ場拡張などのため昭和36年に現在地である有田郡吉備町奥(現在の有田郡有田川町奥)に移転し、第1次ほ場整備、第2次ほ場整備を経て、昭和59年に第3次ほ場整備が開始され、2,800㎡の新ほ場が完成した。夏橙試験地は、昭和62年の農業試験場暖地園芸総合指導センターの御坊市への開設と同時期に、機構改革の一環として閉鎖された。

また、果樹園芸試験場の再編整備事業が平成9年に着手され、平成13年に本館が完成し、平成15年に再編整備事業が竣工した。この間、平成10年に農業・畜産・林業・水産試験研究場所を統括する農林水産総合技術センターの設置に伴い、和歌山県農林水産総合技術センター果樹園芸試験場に改称され、平成14年には和歌山県農林水産総合技術センター果樹試験場となった。平成24年4月には、前年度末をもって農林水産総合技術センターが廃止されたことに伴い、和歌山県果樹試験場と改称され、現在に至っている。

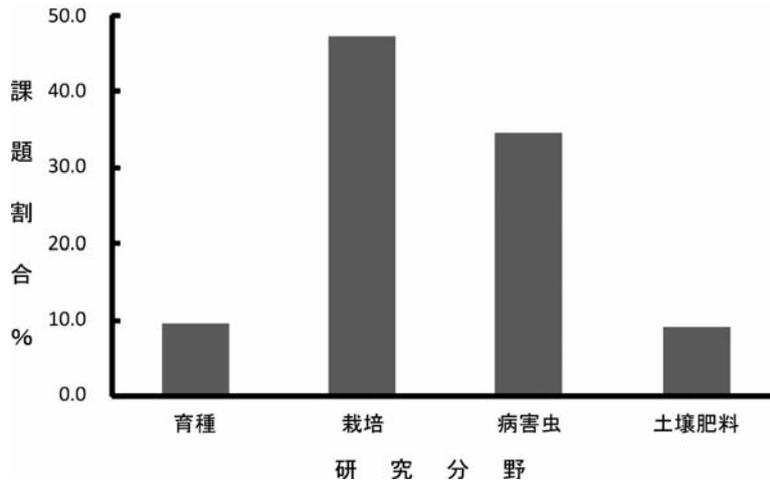
### 3. 研究の歩み

本県カンキツの主要品種であるウンシュウミカンは高度経済成長期に栽培が急速に増加し、全国生産量が300万tを上回った1972年には価格が暴落して生産過剰であることが明らかとなった。このため、改植や他品種への高接ぎ更新などにより生産調整がはかられた。その後のオレンジ、オレンジ果汁貿易自由化対策としてウンシュウミカン園地再編対策事業により2.2万ha減反され、以降も生産調整で全国的に産地は大きく縮小した。このように、時代とともにカンキツ栽培は様相を異にしており、本誌の前編である和歌山県農業展開史では、第4章においてカンキツ産地の展開過程について時代区分を行い詳細に記述している。そこで本章では、この区分に従って、まず各時代の展開について前編の記載を要約して引用し、それぞれの時代に実施された主要な試験研究を紹介することとした。ただし、戦前の時代区分については有田郡農会立園芸試験場の発足した第1次成長期から始め、第2次成長期と戦時荒廃期を一つの項目にまとめるとともに、再編期は再編第1期、再編第2期に分割した。

また、この章では、各時代区分の研究分野を大きく栽培育種、病害虫、土壌肥料、獣害(再編第2期から開始のため、この区分のみ記載)にわけて記載した。これらは、それぞれの時代区分を反映した一部の研究を選んだものであるが、和歌山県農林水産総合技術センター果樹試験場創立100周年記念誌の年表には、1912年から2010年にかけて行われた、はるかに多くの試験研究テーマが記載されている。そこで、これらに2011年から2018年までのテーマを加えて分類(獣害は再編第2期開始のため除外)し、集計した。その結果、栽培関連研究の割合が47%と最も高く、病害虫も34%と高かった。これらに対して、育種、土壌肥料はいずれも10%未満で低い値を示した(図1)。

各時代区分でも栽培関連研究は高く推移し、それぞれの区分の背景に応じて、対応を要する多量の課題が存在していたことがわかる。一方、病害虫関連研究は漸減傾向にあるが、再編第2期には再び高まっている。初期には緊急的な対応の必要であった病害虫に関するテーマが、防除法の確立に伴い徐々に減少したものと思われる。しかし、近年になって、気象変動の激化などにより病害虫の発生様相の変化や突発的な発生が増加したため、このような推移を示したと推察される。土壌肥料関連研究の割合は時代区分を通じて低く推移しているが、他の分野に比べて成果を得るまでに長期間を要する内容の課題の多いことが影響していると思われる。育種研究も品種獲得に長年月を要するため低く推移しているが、その割合は戦後復興期以降徐々に増加し、過剰低迷期以降はさらに増加傾向にある。これは、高品質果実安定生産のためには

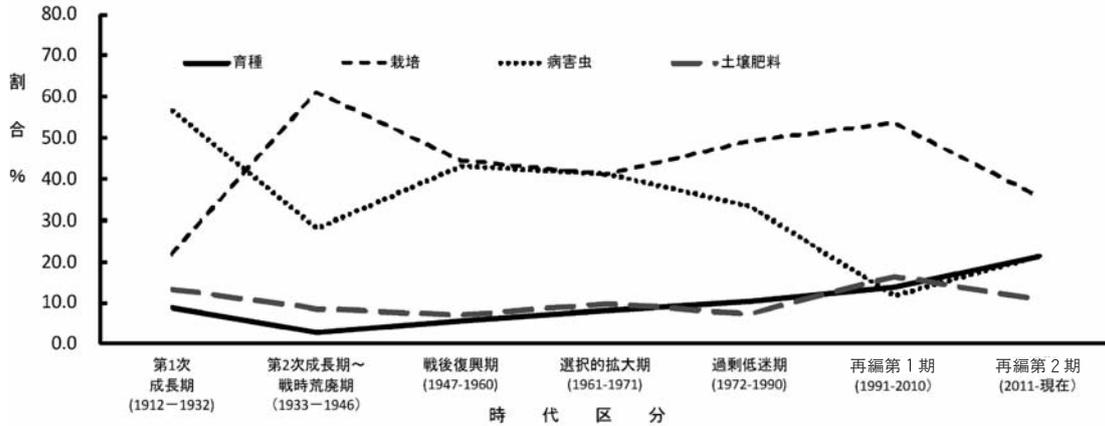
図1 第1次成長期から現在までの分野別研究課題割合



注) 和歌山県農林水産総合技術センター果樹試験場創立100周年記念誌  
年表記載研究テーマ等から集計

優れた品種が重要であるとの認識が産地全体に徐々に浸透し、過剰低迷期以降、特にその意識が強まったためではないかと考える(図2)。

図2 各時代区分の分野別研究課題割合



注) 和歌山県農林水産総合技術センター果樹試験場創立100周年記念誌 年表記載研究テーマ等から集計

### (1)第1次成長期(明治中期-1932年)

明治初期に本県でウンシュウミカンの経済栽培が開始され、中期にはキシウミカンの栽培面積を超えた。鉄道の発達により海上から陸上輸送が主体となり、県農会では生産指導とともに販売組織化を奨励し、大正末期には本格的な共選共販組織が発足するなど、生産から販売まで高位に進め、栽培はさらに増加した。この時期の後半には全国的な不況でカンキツ栽培の成長を圧迫したが、本県では栽培、輸送技術などの発達により栽培が増加を続けた。

この時代区分のうち1914年以降の主な試験研究は、栽培育種関連ではカンキツ品種やウンシュウミカン優良系統比較試験、剪定・貯蔵試験等であった。病虫害関連ではそうか病、かいよう病、サビダニ防除試験、青酸ガス燻蒸試験(写真1)等が、土壤肥料関連では、有機、無機

肥料がウンシュウミカンの生育、収量、果実品質に及ぼす影響やウンシュウミカンに対する肥料3要素の組合せ試験が行われた。このように、当時から品種、栽培技術、病害虫、土壌肥料関連試験等、多様な項目を実施していた。

写真1 青酸ガス燻蒸試験



### (2)第2次成長期～戦時荒廃期(1933-1946年)

第2次成長期には、それ以前の長期不況を脱してミカン部門は成長を続けた。この時期の後半にはウンシュウミカンの10 a 当たり収益が水稻を大きく上回り、果樹以外の品目の栽培が困難な傾斜地における栽培品目としての有利性もあって新植が増加した。戦時荒廃期には他品目への転換、労働力、資材不足等で栽培面積が著しく減少した。

この時期の試験研究のうち、栽培技術関連では、ウンシュウミカンの系統や施肥が貯蔵に及ぼす影響が検討され、貯蔵温州に関する課題が重要視されていたものと思われる。また、ネーブルオレンジの摘果時期、裂果防止技術、貯蔵試験が行われた。これには、県内のネーブルオレンジ栽培面積がピーク時の1939年には1933年の2倍以上に増加し、戦前のこの時期にかけて栽培が大きく拡大したことが影響していると思われる。病害虫関連では現在も最重要防除病害である黒点病や、かいよう病、ヤノネカイガラムシ、ルビーロウムシの防除試験が行われ、土壌肥料関連ではウンシュウミカンの中耕、有機マルチ等土壌管理試験が実施された。

### (3)戦後復興期(1947-1960年)

県により第1次～第3次果樹振興計画が策定され、1947年から1961年にかけて各種の施策を行った結果、収量は1958年に、栽培面積は1962年に戦前の最高水準と同等の数値に回復した。また、1950年代後半に全国的なミカンブームが到来し、新植、新産地開発が急速に実施された。

#### 1) 育種、栽培関連研究

ウンシュウミカンの品種特性調査が行われ、この結果を基に県奨励品種が決定された。当時、県内では普通温州主体の品種構成であったことから普通温州4品種が選抜され、これらの中には現在も中生、晩生温州の主要品種である‘向山温州’、‘林温州’ (写真2)が含まれていた。また、傾斜地カンキツ園の増加を反映して、階段園カンキツの表土流亡防止技術の検討が行われた。この期間中、1957年に設立された夏橙試験地では、夏橙の系統、台木比較試験や、灌水試験、摘果試験、水腐防除試験が実施され、戦後、増加を続けてきた夏橙産地の発展に貢献した。

#### 2) 病害虫関連研究

病害では、ウイルス病であるカンキツモザイク病、ハッサク萎縮病の研究が行われ、ウイル

写真2 ‘向山温州’（左）、‘林温州’（右）の果実



ス病被害の顕在化してきたことが推測される。害虫では、ヤノネカイガラムシ、ツノロウムシの防除試験が行われ、これらのカイガラムシ類が重要害虫として認識されていたことが伺える。また、戦前のイセリヤカイガラムシに対する導入天敵であるベダリヤテントウムシに続いて、ルビーロウムシの導入天敵であるルビーアカヤドリコバチが1951年に試験場内に放飼された。この後、本県における有効性確認の一環として、ルビーアカヤドリコバチの羽化調査が実施された。

### 3) 土壌肥料関連研究

多量元素としてカリと果実品質の関係、リン酸の合理的施肥法、窒素・リン酸・カリの葉面散布による効果や、微量元素としてマンガン、亜鉛、モリブデン、ホウ素欠乏試験が行われ、カンキツ必須元素の肥効に関する知見の蓄積により施肥管理技術の効率化に貢献した。

### (4) 選択的拡大期(1961-1971年)

この時期は高度経済成長期に入り、農業基本法、果樹農業振興特別措置法が制定され果樹生産が振興されるとともに、主産地形成政策により復興期に比べて急激な成長をとげた。水田からウンシュウミカン、ハッサクへの転換が最も多くなり、多数の農家がカンキツ専作に転換していった。構造改革事業により生産基盤が整備されるとともに、農協の合併により共選が大規模化した。

#### 1) 育種、栽培関連研究

急増した水田転換ウンシュウミカン園での品質低下に対応するため、水田転換ウンシュウミカン園の果実品質の実態把握と品質向上試験に取り組み、排水対策や摘果法による糖度向上効果が検討された。また、ウンシュウミカン栽培が、より品質を重視したものに变化しつつあったことを反映して、ジベレリンによるウンシュウミカンの浮皮防止効果、エチレングスによるウンシュウミカンの催色試験が行われた。

## 2) 病害虫関連研究

病害では、黒点病の生態と薬剤防除に関する研究により、現在でも最重要防除病害である本病の、本県における詳細な生態が検討され、伝染源となる枯枝は5～9月に多く形成されること、後期感染は8月下旬～9月前半にかけて継続的に行われることなどを明らかにした(写真3)。また、防除対策では、薬剤の葉面付着量と防除効果の関係などを解明し、多くの知見が得られた<sup>2)</sup>。害虫で

は果皮表面を付傷する訪花昆虫の種類と果実加害の実態が調査されるとともに、排泄物により果皮表面を汚すコナカイガラムシの生態に関する研究も行われ、この時期には外観品質の向上が重要な課題の一つととらえられていたことがわかる。

写真3 黒点病罹病果実



## 3) 土壌肥料関連研究

土壌水分と施肥がウンシュウミカンの生育、品質並びに樹体栄養に及ぼす影響について検討され<sup>3)</sup>、基礎的な知見を得るとともに、地質、土壌別カンキツ施肥三要素試験が行われ、県内主産地の土壌特性に対応したきめ細やかな施肥管理について検討された。

## (5)過剰低迷期(1972-1990年)

ウンシュウミカンの全国生産量が300万tを上回った1972年に価格が暴落して生産過剰となっていることが明らかになり、果実消費はミカン集中から品目分散、多品種少量消費へと移行し、消費は高級志向に変化していった。このような状況に対応するため、産地では品種、樹種転換により生産調整を行うとともに、高品質栽培技術の導入で量から質へ栽培の転換を図った。また、オレンジ、オレンジ果汁輸入自由化対策としてカンキツ園地再編対策事業が1988年産から3年間実施され、本県のカンキツ栽培面積のうち2,980haが転換された。

### 1) 育種、栽培関連研究

#### ① ‘紀の国温州’の育成

有田地域の一部で優れた品質の貯蔵温州品種として栽培されていた‘丹生系温州’は隔年結実性が強く、リンゴステムグルーピングウイルスを保毒していたためカラタチを台木として用いることができず、栽培は県内の一部地域に限定されていた。このため、‘丹生系温州’の優れた品質を持ち、広範囲に普及できる品種の育成が要望されていた。病原ウイルスは種子伝染しないことから、ウンシュウミカンの多胚性を利用した珠心胚育種によりウイルスを除去するとともに育種目標に合致した新品種を選抜した。1965年に‘丹生系温州’にカラタチの花粉を交配して得られた138個体の珠心胚実生から、優れた特性を持ち貯蔵により品質向上の見込める1個体を選抜し、‘紀の国温州’として1986年に品種登録された(写真4)。樹勢は強くカラタチとの親和性は良好で、果形は扁円であり浮皮がなく‘丹生系温州’より2週間早く収穫できる<sup>4)</sup>。

なお、本品種は和歌山県果樹試験場において珠心胚育種により育成、品種登録された最初の品種である。

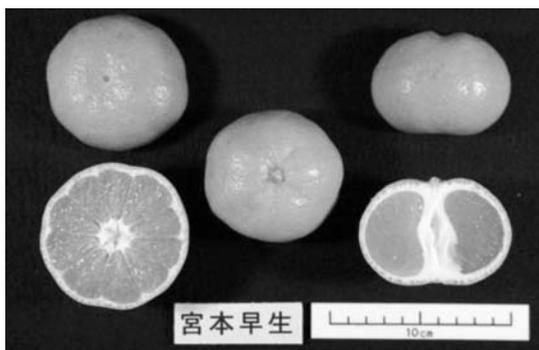
## ② ‘宮本早生’の選抜

‘宮本早生’は海草郡下津町(現在の海南市下津町)で1960年に‘宮川早生’の枝変わりとして発見された極早生温州である。1972年以降の価格低迷打開策の一環として、生産者から早期出荷により高価格販売の期待できる極早生温州の新品種が望まれていた。このため、県内で発見された極早生温州12系統について1974年から特性を検討し、最も優れた系統として本品種が選抜され、1981年に品種登録された(写真5)。樹勢は‘宮川早生’よりやや弱く、豊産性で、果形は扁平であり、減酸は‘宮川早生’より2週間以上早い<sup>5)</sup>。

写真4 ‘紀の国温州’の着果状況



写真5 ‘宮本早生’の果実



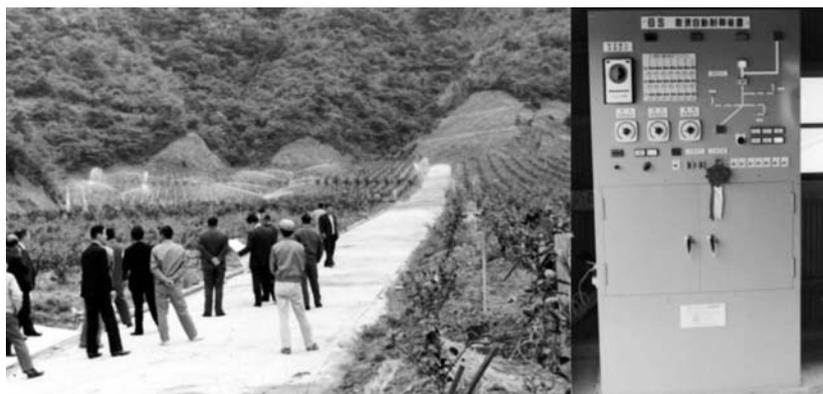
## ③ ‘宮本早生’の適地判定と栽培技術(果実品質改善)の開発

‘宮本早生’は有利販売の期待できる極早生温州として、1981年から1,000ha規模の産地育成が進められた。産地化に際して必要な、早期出荷に適した地域を判定するため、県内4地域で標高別に果実の肥大と品質を調査した。その結果、減酸の点から県南部が有利であり、標高250m以上の地域は早期出荷に適さないことを明らかにした<sup>6)</sup>。また、高品質果実の早期出荷のための栽培技術について検討し、開花期の遅い果実は減酸が遅いため積極的に摘果し、果実肥大が良好となる早期摘果が効果的であることを解明した<sup>7)</sup>。

## ④ スプリンクラーを利用した営農技術開発

当時の農業情勢は、国内では消費者物価問題への対応、対外的には国際競争力の強化が求められ、労働力不足も顕在化し、カンキツ生産の低コスト化、省力化が重要な課題となっていた。一方、スプリンクラー施設は県内のカンキツ園で急速に普及しつつあったことから、スプリンクラーの多目的利用に関する技術開発に取り組んだ。まず病虫害防除への利用が先行して検討され<sup>8)</sup>、その後、この課題を含めたスプリンクラー施設、施肥および灌水等の総合的利用について検討を行い、スプリンクラーの最適配置間隔やヘッドの種類、病虫害防除時の最適散布薬量などが決定された<sup>9)</sup>。また、防除に要する時間が慣行手散布の5%程度と短いことなどを明らかにした。このほかにコスト等の経営試算も行われ、スプリンクラーを活用した営農技術が確立された(写真6)。

写真6 スプリンクラー総合利用試験（左：灌水実演 右：制御盤）



## ⑤果実品質管理のための技術開発

### a. 選果荷造工程におけるミカン品質低下要因の解明と工程システムの改良

ウンシュウミカンの急増に伴い産地では集出荷組織の広域共同化と選果荷造施設の大型自動化は進展したが、大型選果施設から出荷される果実は食味の低下することが多く、輸送中の浮皮の発生、腐敗も増加し、大きな問題となっていた。このため、1975年から1979年にかけて品質低下の実態と要因の解明に取り組んだ。その結果、選果荷造工程での落下による衝撃や転がり摩擦、圧縮などがじょうのう膜等の破壊を引き起こし、包装箱内の多湿環境でさらに悪化することがわかった。工程の中でミックスボックスへの投入と底部から果実が繰り出される際の損傷が最も大きく、落下衝撃は軟質ウレタンマットで顕著に軽減されることを解明した<sup>10)</sup>。これらの成果により、ミックスボックス方式は廃止されてコンテナから直接選果ラインへの果実の投入、ウレタンマット等の緩衝材の使用等、選果荷造工程は大幅に改善された。

### b. 光電式選別装置による果実の品等選別法の開発

この時期の主な選果方法であったドラム式の階級選別と人による等級選別は、労力を要する上に果実に機械的損傷を与え、選別基準に個人差が生じるため、損傷を与えず多種類の果実に対応できる効率的な階級選別の自動化、等級選別基準の数値化が求められていた。そこで、自動的に果実の大きさや外観等級を選別できる光電式選別装置の開発に取り組んだ。その結果、光線遮断時間により果径を測定する光線式階級選別法の実用性を検証し、果皮色は近赤外、赤色、緑色の果面反射光により測定可能であること等を明らかにした<sup>11)</sup>。その後、研究法人青果物選別包装技術研究組合に参画するメーカーが中心となって開発が進められ、1985年にはカンキツ選果場に初めて実用機が導入された。

## 2) 病害虫関連研究

### ①カンキツモザイク病の発生生態と防除に関する研究

カンキツモザイク病は県内の一部地域で古くから発生していたウイルス病で、罹病樹では果実にモザイク症状を生じ(写真7)、商品価値が著しく低下する。土壌伝染し、有効な対策は現在まで開発されておらず、難防除病害となっている。極早生の優良品種で、この時期に急速に栽培の拡大していた‘宮本早生’が増殖の過程で本病に感染し、罹病苗、穂木が県内外に広範

圃に拡散したため、大きな問題となった。そこで、1979年から1983年に本病の発生生態と防除に関する研究が実施された。その結果、果実のモザイク症状はウンシュウミカン以外にネーブル、宮内いよかんに発生し、品種間の発生の差が大きいことを明らかにした。また、ウイルス検出技術として抗血清を利用したウイルス検出法であるELISA法の実用性を検証して効率的な苗の検定技術を開発した<sup>12)</sup>。研究と並行して‘宮本早生’のウイルス病対策、検疫体制が定められ、本研究の成果を活用して本病の被害軽減に大きく貢献した。

写真7 カンキツモザイク病罹病果実



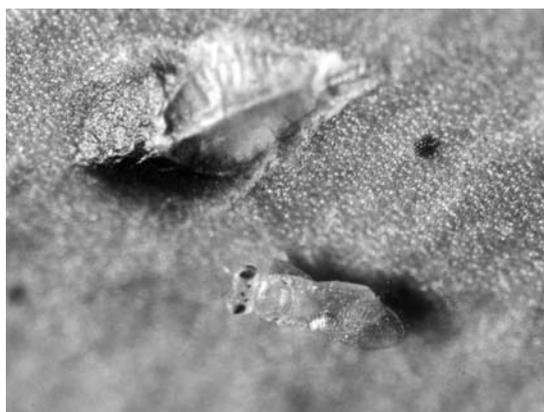
### ②その他の病虫害関連研究

1968年に県内で多発して大きな問題となったそばかす病(写真8)の発生原因を調査し、主病原をエンドウ褐紋病菌と特定し、果実への感染時期と有効薬剤を明らかにした<sup>2)</sup>。また、ウンシュウミカンから中晩柑への高接ぎ更新に伴い、ウンシュウミカンでは問題とならなかったカンキツトリステザウイルスの被害が顕在化してきたことを受けて、弱毒ウイルスの利用を含む本病の総合対策の検討が行われた。害虫では、1970年代後半から果実の外観阻害要因として問題となっていたチャノキイロアザミウマの寄生密度調査法の検討が行われた<sup>13)</sup>。また、中国から導入されたヤノネカイガラムシの天敵昆虫であるヤノネキイロコバチ(写真9)、ヤノネツヤコバチの放飼後の分散状況が検討された。

写真8 そばかす病罹病果実



写真9 ヤノネキイロコバチ(天敵)



### 3) 土壌肥料関連研究

‘宮本早生’の産地化のための研究の一環として、‘宮本早生’温州園の土壌実態解析並びに土層改良法、施肥法と生育、品質の関係について検討が行われた。

## (6)再編第1期(1991-2010年)

1991年のオレンジ、1992年のオレンジ果汁の輸入自由化により、国産カンキツは輸入カンキツとの競合にさらされ、産地間で高品質果実生産、高価格販売競争が激しくなったことと併せて、全国的には生産条件に劣る後発産地や高品質果実生産の困難な産地は淘汰されていった。県内では1992年以降、各地で広域合併農協が誕生し、生産者の高齢化や施設の老朽化などにより、共選共販組織が集落単位から大型組織へと合併されていった。

試験研究では、この期間の前半に非破壊糖酸測定装置の開発と選果場への導入、産地全体の高品質化につながる選果データを活用した園地診断など、高品質化に関連した研究が行われた。また、軽労化、省力化関連研究も実施され、消費者の食の安全安心に対する関心の高まり、食品衛生法等の改正に伴い、2000年頃から2010年頃にかけて環境保全型技術開発関連研究が増加した。

### 1) 育種、栽培関連研究

#### ① ‘紀秋早生’の育成

‘宮本早生’は県内の一部地域で減酸の遅れが問題となっており、これを克服できる品種の育成が望まれていた。そこで、1986年に‘宮本早生’に‘川野夏橙’の花粉を受粉させ、得られた珠心胚について胚培養を行い、9個体を育成した。これらの中から1個体を選抜し、2001年に‘紀秋早生’として品種登録された(写真10)。本品種は‘宮本早生’に比べて樹勢が強く、果実は扁平で9月中旬頃から着色を開始し、9月下旬頃にはクエン酸含有率が1%程度となり同時期の‘宮本早生’、‘日南1号’より低い。

#### ② ‘ゆら早生’の選抜

1985年に由良町で‘宮川早生’の枝変わりとして発見され、特性調査により成熟期が親品種より早く、果実品質に優れた極早生温州であることを確認し、1995年に‘ゆら早生’として品種登録された(写真11)。樹勢は‘宮川早生’より弱く、10月上中旬頃に収穫でき、同時期の他の極早生温州に比べて糖度が高く、じょうのう膜が薄いため良好な食味を示す。高品質果実を生産できる極早生温州であることから時代の需要に合致し、本県のブランドウンシュウミカンのひとつとして重要な位置を占めている。

#### ③ 樹形改善と新作型による高品質カンキツの機械化生産体系

生産者の高齢化と後継者不足が深刻となり、カンキツ園の多くを占める傾斜地では重労働となる作業の割合が高いことと相まって、耕作放棄地の加速度的増加が懸念された。また、輸入果実増加や消費の多様化などによるミカン消費減退と価格低迷、品質による価格差の拡大が目立った。このため、本県産地に適合した高品質果実生産と低コスト化を前提とした省力機械化生産体系の構築、機械化できない収穫などの作業の軽労働化技術開発に取り組んだ。その結果、自走式防除機、クローラ型運搬車などの利用により10a当たり自家労働時間130時間とする省力

写真10 ‘紀秋早生’の果実

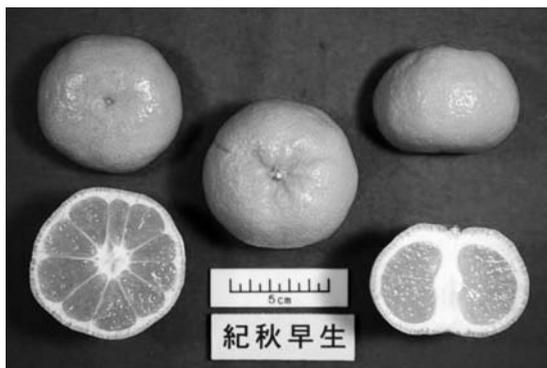


写真11 ‘ゆら早生’の果実



機械化営農モデルの作成、ヘッジング剪定による樹形改善で収穫能率が向上し、収穫物運搬の軽労働化を図れること等を明らかにした<sup>14)</sup>(写真12)。

#### ④近赤外線による果実の非破壊品質自動選別機の開発

本県では1983年からウンシュウミカンのブランドとして「味一みかん」を定め、糖度12以上の高品質を保証して展開していた。しかし、品質基準の維持のための園地、果実品質調査に多大な労力を必要としたことなどから、外観だけでなく果実品質も自動選別可能な装置の開発が望まれていた。そこで、当時非破壊計測法として注目されていた近赤外分光法による非破壊糖酸測定装置の開発を目指して研究に取り組んだ。その結果、果実の赤道部を対角に貫通する透過光を測定することで果実全体の平均品質を反映する数値の得られることを明らかにした。また、年次変動や産地、品種間による品質変動を受けにくい糖度の検量線を開発、実証した。酸含量についても、PLS回帰分析により、定量的な精度は低い酸含量の高い果実を分別可能な検量線を作成できることを明らかにした<sup>15)</sup>。これらの成果を活用して県内メーカーと共同で開発を進め1995年に世界初の商用非破壊糖酸測定機が完成し、1996年から選果場に導入された。現在は県内でも多くの選果場に導入されている(写真13)。

#### ⑤選果データを生産に活かす園地診断 GISの開発

1980年代後半以降、光電式選別装置と近赤外線による非破壊糖酸測定機が導入された選果施

写真12 ヘッジング前(左)、後(中)、園内道での運搬(右)



写真13 選果場に導入された光センサーとカラーグレーダー(左下)設置選果ライン



設では、園地ごとの果実品質測定値を蓄積して解析することが可能となった。この解析結果を園地ごとの生産技術の向上に活用することで産地全体の高品質化につながる。そこで、これらの機器類を導入している有田地域の選果場の協力を得て、生産者情報、園地情報、選果データ、

写真14 ヘアリーベッチ草生（左：繁茂時 右：枯死後）



売り上げデータを一元管理して生産指導や農家経営に活用する情報システムのモデル開発に取り組んだ。まず、点在していた各種のデータを収集整理し、園地一筆を基本単位とする統合型データベースを構築して、各園地の単一品種ごとに栽培上の問題点を診断できる一筆ほ場カルテを作成した。さらに、メーカーとの共同研究により、このデータを電子地図上の各園に結合し、地図上で園地や生産者、地域に関わるデータを閲覧でき、任意の項目について検索して園地の色分け表示が可能な地理情報システム(GIS)を構築した<sup>16)</sup>。このGISはカンキツ選果場用の園地診断システムとして商品化され、産地に導入された。

## 2) 病虫害関連研究

この時期には消費者の食品への安全・安心に対する関心が高まり、2003年に農薬取締法の改正、2005年には食品衛生法の改正が交付され、生産現場での対応が求められた。また、県の施策によりエコファーマーや特別栽培などの環境保全型農業が推進された。これらに対応した研究として、ウンシュウミカンの減農薬防除体系の検討が行われ、減農薬体系ではカイガラムシ類、ミカンサビダニの果実被害が問題となり、白色透湿性シートの敷設で黒点病の防除効果が向上することなどを明らかにした<sup>17)</sup>。また、特定農薬である重曹の緑かび病に対する効果を調査し、防除効果はみられるもののその程度は低いことを明らかにした<sup>18)</sup>。

## 3) 土壌肥料関連研究

### ①傾斜地ウンシュウミカンにおける緑肥草生による土壌管理技術の開発

果樹園での草生栽培は、有機物補給、土壌物理性改善を軽労的に行え、土壌や肥料の流亡抑制による環境負荷軽減も期待でき、環境保全型農業を実践する上で重要な技術の一つである。しかし、これまでウンシュウミカンでは、葉水分競合や果実品質低下の危険性から導入事例は極めて少なかった。そこで、ウンシュウミカンでの草生栽培導入のための検討が行われた。自然枯死型で省力的な草種として3種を選抜し、ヘアリーベッチが抑草効果に優れ、果実品質の低下もみられず成木園で本種草生と20%減肥を組み合わせた施肥法が可能であることを明らかにした<sup>19)</sup>(写真14)。

### ②省力型牛ふん固形化堆肥実用化技術の開発

高齢化の進行に対応して求められる省力軽労化技術のひとつとして、軽量成形堆肥の開発と

温州ミカン園での施用、労力軽減効果が検討された。その結果、おがくず牛ふん堆肥と糊化デンプンを混合した成形堆肥を開発して施用効果を検証し(写真15)、大幅に処理時間、労力が軽減されることを明らかにした<sup>20)</sup>。

写真15 軽量成形堆肥施用状況  
(左下：成形堆肥)



### (7)再編第2期(2011-現在：2018年)

2011年以降はICT技術の急速な発達と普及に対応して、これらに関連した試験研究が行われ、地球温暖化等による気象変動の激化に起因する課題を解決するための試験研究も目立った。また、年々深刻化の度合いを増していた鳥獣害に対応するための試験研究が実施された。

#### 1) 育種、栽培関連研究

##### ① ‘YN26’ の育成

糖度が高く、食味の良好な極早生温州として優れた果実特性を持つ‘ゆら早生’は、環境条件などにより減酸の遅れることがあり、この点が問題であった。そこで、‘ゆら早生’よりさらに減酸が早く、早期に出荷でき、同等以上の果実特性を持つ極早生温州の育成のため、2001年に‘ゆら早生’に‘紅まどか’の花粉を交配して得られた珠心胚実生から選抜を行った。2008年に育種目標に合致した個体の最終選抜を行い、2012年に‘YN26’として品種登録された(写真16)。樹勢は‘ゆら早生’に比べて強く、果実の着色、減酸は‘ゆら早生’より早く、9月下旬から収穫可能である。糖度は同時期の‘ゆら早生’と同等かやや高く、じょうのう膜は薄く、‘ゆら早生’と同様の食感を持つ<sup>21)</sup>。

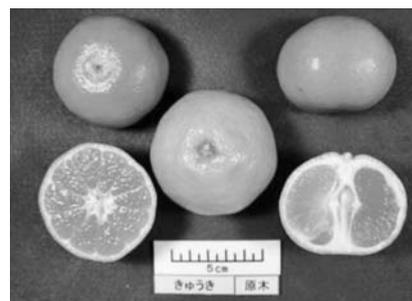
写真16 ‘YN26’ の果実



##### ② ‘きゅうき’ の選抜

カンキツにおいて浮皮と呼ばれる生理障害は果皮と果肉の間に空隙を生じ、秋期の高温と長雨で助長される。本県のウンシュウミカンでは従来から発生していたが、近年、温暖化の影響などにより多発年が増加し、県内産地で特に問題とされていた。‘きゅうき’は1989年頃に‘向山温州’の1樹変異として発見され、2014年に品種登録された中生温州で、‘向山温州’に比べて浮皮の発生が少ない傾向にあることから、注目されている(写真17)。また、じょうのう膜が薄く、早生に近い食感を持つことも特徴の一つである。

写真17 ‘きゅうき’ の果実



##### ③ ‘YN26’ の生育および果実品質と気象条件の関係

‘YN26’は‘ゆら早生’より着色が早く早期に収穫で

き、樹勢が強い等の優れた特性を持つが、普及に伴い、園地により糖度にばらつきがみられ、栽培に適した園地条件が不明である等の栽培上の課題が顕在化してきた。そこで、立地や気象条件と‘YN26’の生育、果実品質との関連を検討するとともに、適地判定のため気象条件と生育、果実品質の関係を解析した。その結果、早期樹冠拡大が果実品質向上に寄与し、果実肥大には7月上旬の降水量や灌水が最も影響し、比較的温暖で夏期の降雨の多い地域で果実品質の向上が期待できることを明らかにした<sup>22)</sup>。

#### ④ ‘きゅうき’ 幼木時の枝梢管理および結実管理が樹体生育に及ぼす影響

浮皮が少なく優れた品種として県内産地への導入が進む中、‘きゅうき’は樹勢がやや弱く着果しやすいため、苗木定植後の樹冠拡大が緩慢になることが懸念された。そこで、幼木時の樹冠拡大促進技術の開発に取り組んだ。その結果、苗木の新葉の早期充実には強めの芽欠きと早期の摘心が有効で、定植後2年間着果させないことで早期に樹冠を拡大できることを明らかにした<sup>23)</sup>。

#### ⑤ ミカンの浮皮発生予測と対策技術の開発

2000年代に入って温暖化に伴う秋期の高温多雨で果実の浮皮の多発年が増加し、その傾向は持続することが懸念された。このため、浮皮発生要因の解明と予測法の開発に取り組み、着果期間の後半に土壤含水率の変動が大きいと比較的発生が多いことを確認し、降水量、気温から浮皮の発生を予測する重回帰式を作成した。対策技術では、ジベレリンとジャスモン酸の混用散布時期、濃度と浮皮発生について検討し、果実の着色遅延を生じず浮皮を抑制する技術、一定の着色遅延は生じるが浮皮を強く抑制する技術を開発した<sup>24)</sup>。

#### ⑥ ウンシュウミカンの新灌水指標の開発とウェブ上での情報提供

異常気象の増加や多様化する需要にきめ細かく対応するため、葉の水ポテンシャルを基準とした新しい灌水指標の開発に取り組んだ。5年間の調査結果を基に理想的な生育モデルと生育ステージ区分を導き、各ステージの樹体を適正な水分状態に保つための土壤水分の下限に達した際の適正灌水量を明らかにするとともに、アメダスデータを利用した土壤水分消費ペースの予測式を作成した。これらを用いて、有田地域の異なる土壤の3園地を基準園として、ウェブ上で土壤水分量の現況と今後の予測、予想される灌水時期と灌水量の情報を提供している<sup>25)</sup>。

#### ⑦ ICTを活用した産地情報広場の開発

情報通信技術(ICT)が農業にもたらす可能性を生産者に示し、運営に際しての課題、コンテンツ等に関する要望を抽出するため、これまで果樹試験場で得た知見を活用できるホームページを試作し、期間限定で公開した。50mメッシュ気温推定技術<sup>26)</sup>に基づく有田地域内の気温推定、開花日予測、ヤノネカイガラムシ幼虫初発予測日等を提供し、利用者から評価および種々の意見を得た。

## 2) 病害虫関連研究

2010年頃から地球温暖化による気象条件の激化に伴い豪雨条件が増加し、従来の防除体系ではカンキツ主要病害である黒点病の防除効果が不十分となり、問題となっていた。そこで、豪雨条件でも有効な防除体系の構築に向けた研究に取り組み、基幹防除剤に加えて残効性の長い剤、収穫前使用日数の短い剤を組み合わせた防除体系を構築した<sup>27)</sup>。害虫関連研究では、チャノキイロアザミウマの光に対する応答性を調査し、防除に結びつけるための基礎的知見を得た<sup>28)</sup>。

写真18 電子トリガー設置箱ワナ



## 3) 獣害関連研究

この時期には、中山間地集落での農家の高齢化、過疎化による耕作地の管理不良や耕作放棄などに伴い、野生獣類による農作物被害が増大して早急な対策の確立が求められていた。このため、2009年から果樹試験場で獣害関連研究を開始した。県内での生態に不明な点が多く、最も被害の多いイノシシは、カンキツ生産地域で廃棄果実を餌の一つとして利用していること<sup>29)</sup>、シカの餌の嗜好には県内でも地域性があり、捕獲効率を上げるためには、地域毎に嗜好性を把握して誘引エサを選定することが必要と思われることを明らかにした<sup>30)</sup>。また、捕獲による個体数調節効果の高い雌成獣を効率的に捕獲するため、一定以上の体高の個体を選択的に捕獲できる電子トリガーをメーカーと共同開発した(写真18)。

## 4. 今後の試験研究の方向

地方公設試験研究機関における試験研究は、時代ごとの産地の課題解決のために貢献することであることが大前提となる。本県の果樹産地における課題としては、まず最初に、生産者の高齢化と後継者不足、耕作放棄地の増加があげられる。これらは既に慢性化しているが、近年、さらに深刻となっており、対策の確立が喫緊の課題である。また、ウンシュウミカン主産地では収穫期の労働力確保が困難になりつつある。これらの課題解決に向けて、既に一部開始されているものもあるが、ICT、ロボット、ドローン等の革新的技術を活用した省力化、軽労化、低コスト化のための試験研究が必要となる。農地集積・集約による大規模化に対応した技術開発にもこれらスマート農業技術を取り入れることで、よりよい成果が期待できる。

次に、これまでにも問題となっていた貿易自由化の進展による安価な外国産農産物との競争などによる収益性の悪化が懸念される中で、農業の飛躍的成長のためには海外への販路開拓が不可欠とされており、カンキツにおいても海外輸出の重要性は高まっている。このため、低コスト高品質輸送技術の開発等、輸出を想定した技術開発も必要である。

他にも、育種研究をはじめとした広範囲の分野での遺伝子解析技術の活用、6次産業化対応技術開発、長年月に渡り蓄積されてきた病害虫発生状況等のビッグデータの活用など、多様な

技術を利用しながら、現在、そして今後発生する課題に対応した研究が実施されていくものと考えている。

## 5. おわりに

カンキツに限らず農業関連試験研究全般にいえることであるが、研究を効率的に進めるにはまず産地の要望、問題点を精査して的確に試験研究課題を設定し、最大限の成果が得られるように研究計画を立案して効率的に研究を実施する。研究終了後は、成果の活用状況をフォローアップして研究を評価するとともに今後の研究にフィードバックしていく。これらの過程を着実に実施することで、よりよい成果が得られ、課題解決に貢献できると考える。

今後も、本県のカンキツ関連試験研究には、より活用できる成果を上げて産地の維持発展に貢献することが期待される。

### 引用文献

- 1) 和歌山県. 2019. 和歌山県の農林水産業. 4-5.
- 2) 山本省二. 1991. カンキツ黒点病およびそばかす病の生態と防除に関する研究. 和歌山県果樹園芸試験場特別報告1. 1-41.
- 3) 富田栄一・東 史郎. 1969. 温州ミカンの生育に及ぼす土壤水分の影響. 和歌山県果樹園芸試験場研究報告2. 33-59.
- 4) 森本純平・中家英治・東 史郎・木下凱弘・小川正毅・山田知史・和田年裕. 1993. ‘紀の国温州’の特性について. 和歌山県果樹園芸試験場研究報告9. 16-24.
- 5) 田中 守・森本純平・石崎政彦. 1984. 極早生温州ミカン‘宮本早生’の特性調査. 和歌山県果樹園芸試験場研究報告8. 60-72.
- 6) 島津 康・中山幹朗・和田年裕・森本純平・田中 守. 1984. 宮本早生温州ミカンの果実の肥大および品質に関する調査. 和歌山県果樹園芸試験場研究報告8. 73-79.
- 7) 森本純平・和田年裕・島津 康・田中 守・前阪和夫. 1984. 宮本早生の果実品質改善について. 和歌山県果樹園芸試験場研究報告8. 80-91.
- 8) 八田茂嘉・山本省二・松浦 誠・夏見兼生. 1970. スプリンクラーによるカンキツ病害虫防除に関する研究. 和歌山県果樹園芸試験場臨時報告1. 1-36.
- 9) 山下重良. 1991. カンキツ園におけるスプリンクラ防除と灌漑法に関する実証的研究. 和歌山県果樹園芸試験場特別研究報告2. 1-72.
- 10) 宇田 拡. 1980. ウンシュウミカンの選果荷造過程による品質低下に関する研究. 東京農業大学学位論文. 1-72.
- 11) 八田茂嘉・和田年裕・北野欣信・山下重良・宇田 拡. 1980. カンキツの選果荷造工程の改良による品質管理およびその周辺技術の改善に関する研究 昭和50年～54年研究成果. 89-106.
- 12) 山本省二. カンキツモザイクウイルスの生態と防除に関する研究. 1984. 農林水産省総合助成事業成績. 19-63.
- 13) 大橋弘和. 1984. 果実浸漬によるカンキツのチャノキイロアザミウマの密度調査について. 関西病害虫研究会報 26. 70.
- 14) 和歌山県農林水産総合技術センター果樹園芸試験場. 1999. 急傾斜カンキツ園における軽労働・省力小型機械化生産体系の構築. 1999. 九州地域基幹研究成果No. 2 樹形改善と新作型による高品質カンキツの機械化生産体系. 79-87, 90-98.
- 15) 宮本久美. 2003. ウンシュウミカン選果工程における近赤外分光法による内部品質管理に関する研究. 和歌山県農林水産総合技術センター特別研究報告5. 10-73.
- 16) 森 敏紀・宮本久美. 2004. 急傾斜大規模ミカン産地における園地診断システムの開発. 近畿中国四国農林水産

- 新技術実用型12. 「一筆圃場カルテに基づく経営支援システムの開発」. 15-34.
- 17) 間佐古将則・横谷道雄・中 一晃・藤本欣司・大橋弘和. 2010. ウンシュウミカンの減農薬防除体系. 和歌山県農林水産総合技術センター研究報告11. 17-26.
  - 18) 井沼 崇・間佐古将則・中 一晃・増田吉彦. 2012. ウンシュウミカンの減農薬栽培における黒点病および緑かび病の防除. 和歌山県農林水産総合技術センター研究報告13: 25-34.
  - 19) 有田 慎・津田浩伸・中谷 章・鯨 幸和・横谷道雄・藤本欣司. 2008. 傾斜地ウンシュウミカン園における草生栽培に関する研究. 和歌山県農林水産総合技術センター研究報告 9. 35-42.
  - 20) 鯨 幸和・有田 慎・藤本欣司・尾畑勝吉・播摩重俊. 2007. 軽量成形堆肥の開発とウンシュウミカン園における施用効果. 和歌山県農林水産総合技術センター研究報告 8. 37-43.
  - 21) 中地克之・森口幸宣・萩平淳也・藤本欣司. 2008. 「ゆら早生」より早熟な極早生温州ミカン「YN26」. 和歌山県農林水産総合技術センター成果情報.
  - 22) 田嶋 皓・鯨 幸和・岩倉拓哉・古田貴裕. 2019. 極早生ウンシュウミカン「YN26」の生育および果実品質と気象条件との関連. 和歌山県農林水産試験研究機関研究報告 7. 37-43.
  - 23) 中地克之・岡室美絵子・中谷 章・水上 徹・鯨 幸和. 2019. ウンシュウミカン「きゅうき」幼木時の枝梢管理および結実管理が樹体生育に及ぼす影響. 和歌山県農林水産試験研究機関研究報告 7. 45-54.
  - 24) 中谷 章・山田芳裕・萩平淳也. 2014. ジベレリン・プロヒドロジャスモン混用散布による早生・中生ウンシュウミカンの浮皮軽減. 和歌山県農林水産試験研究機関研究報告 2. 63-74.
  - 25) 鯨 幸和. 2013. ウンシュウミカンの新灌水指標に基づくWEB灌水情報. JATAFFジャーナル 1(7), 37.
  - 26) 鯨 幸和・池田晴佳. 2015. 有田地方における50メートルメッシュ気温図の作成とその活用. 和歌山県農林水産試験研究機関研究報告 3. 41-56.
  - 27) 井沼 崇. 2017. カンキツ黒点病に対する各種薬剤の防除効果. 和歌山県農林水産試験研究機関研究報告 5. 47-60.
  - 28) 貴志 学・若桑基博・間佐古将則・井沼 崇・蟻川謙太郎. 2014. チャノキイロアザミウマ *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera : Thripidae)における走光性の作用スペクトルと複眼分光感度. 日本応用動物昆虫学会誌58(1). 13-16.
  - 29) 法眼利幸・山本浩之・森口幸宣. 2014. 和歌山県果樹栽培地域におけるイノシシの摂食行動調査とカンキツ果実被害について. 和歌山県農林水産試験研究機関研究報告 2. 75-94.
  - 30) 法眼利幸・植田栄仁・山本浩之. 2017. 和歌山県有田地域におけるニホンジカの給餌による嗜好性調査. 和歌山県農林水産試験研究機関研究報告 5. 61-71.