

令和元年度農研機構海外レビュー報告

果樹研究分野

「果樹の品種育成および持続的安定生産に向けたスマート戦略」

1. 開催趣旨

農研機構の果樹研究分野は、国内果樹産業の持続的発展と、高品質な国産果物の提供による国民の豊かな食生活の実現をめざし、新たな品種育成や、効率的で安定した生産・流通の技術開発を実施しています。

海外レビューでは、果樹分野における「Society5.0」早期実現のための戦略的研究を加速するため、ゲノム情報を活用した果樹のスマート育種システムの開発や、担い手農業者等のニーズに応える ICT 等、新たなテクノロジーを活用した省力的・持続可能な安定生産技術の開発、国産果物の消費拡大に向けた技術開発を対象として、関係分野の海外有識者による評価と助言を得ました。

2. 評価者

- ・ Dr. Fred Gmitter University of Florida（アメリカ）
- ・ Dr. François Laurens INRA（フランス）
- ・ Dr. Matthew D. Whiting Washington State University（アメリカ）
- ・ Dr. Pongphen Jitareerat King Mongkut's University of Technology Thonburi（タイ）

3. 開催日時

令和元年 10 月 28 日（月）～10 月 31 日（木）

4. 開催場所

農林水産技術会議事務局 筑波産学連携支援センターほか

5. 開催内容

10 月 28 日（月）～30 日（水）視察（農研機構果樹茶業研究部門リンゴ拠点他）

10 月 31 日（木）評価会議

6. 課題一覧

本テーマは、以下の7つの研究課題から構成されています。

第1部 ゲノム情報を活用した果樹のスマート育種

課題1 カンキツにおけるゲノム情報を活用した付加価値の高い品種の育成

課題2 リンゴにおけるゲノム情報を活用した付加価値の高い品種の育成

課題3 落葉果樹におけるゲノム情報を活用した付加価値の高い品種の育成

第2部 持続的・省力的な安定生産技術の開発

課題1 果樹におけるスマート農業生産体系に向けて

課題2 果樹の持続的生産を支える基盤技術の開発

第3部 スマートフードチェーン・消費拡大に向けた技術開発

課題1 果実の輸出に対応した新たな貯蔵技術

課題2 カンキツおよびリンゴの機能性研究と機能性表示

7. 評価結果及び指摘に対する回答

4人の評価者による評価結果及び指摘事項等に対する回答を以下に示します。

(1) テーマ全体について

プロジェクトの平均レベルは高く、日本の果樹産業の重要な幅広い作物をカバーしている。今後の方向性については、以下を推奨する。

- 1) 目標を明確にする必要がある。日本の果物の特徴は何か？強い専門分野はどこか？どうすればプロジェクト間でシナジーを発揮できるか？これらを理解することで、研究の影響や、必要な期間およびエフォートを定義できる。プロジェクトによっては世界中で競合する研究が多くあり、重複して行う必要はない。内部ブレインストーミングを実施し、戦略を立てることが必要である。
- 2) プロジェクトリーダーは、長期的ビジョン、プロジェクト終了時の達成目標や成功の基準、目標に到達するまでのロードマップを明確化する必要がある。
- 3) 生産者、流通業者、消費者等のステークホルダーと研究者の連携を密にして、研究と産業界が望むアウトカムを一致させることが重要である。プロジェクトへの投資には経済的分析が必要である。
- 4) 国内外との連携が必要である。目標達成のために連携すべき国内および国際的な機関を決定する必要がある。
- 5) 産学官連携のプロジェクトによって、お互いの関係やNAROの役割がより具体的になるはずである。
- 6) Society5.0に関して、高齢化社会および地球温暖化の下でのより良い社会の実現および農業・食品産業の発展のために、研究者はデジタル情報を活用すべきである。

(回答及び対応方針)

多くの示唆に富むコメントに感謝申し上げる。以下に、各段落に対応した取り組みを述べ

る。

- 1) 日本産果物の強みは品質の高さである。品種の優秀性はもちろんのこと、栽培技術も極めて高い。しかしながら、国内の後継者不足は深刻であり、早急な対策が必要である。そのため、強みである品質の優秀性を保持しながら、省力的な特性を持つ品種開発と、それを活用する省力栽培技術を両輪で進めることが有効である。海外においても、収穫ロボット等の果樹用機械開発が行われているが、規模が異なる国内の果樹園にそのまま活用することはできないため、導入できる先行技術は取り入れつつ我が国の果樹農業に適合した技術開発に改変していく必要があると考えている。
- 2) プロジェクト毎に、中長期のロードマップを作成して研究を推進しているところで、今後も明確な目標を持って研究を進めてまいりたい。
- 3) これまではどちらかといえば生産者や生産者団体との連携に注力してきたが、今後は流通業者、消費者等との連携も密にして研究を進めてまいりたい。その際には、経済的分析についてもあわせて実施し、限られた研究資源で最大の成果が得られるように研究計画を立案してまいりたい。
- 4) 国内の公設試や大学等とはこれまでも十分に連携をとって研究を実施してきたところである。海外機関との研究者の長期派遣や共同研究の取り組みを行っているところではあるが、現状では課題担当者レベルの連携となっている。今後はプロジェクト単位での戦略的な連携等について検討を進めてまいりたい。
- 5) 産学官連携のプロジェクトは継続して進めてまいりたい。
- 6) デジタル情報の活用については、新たに発足した農情研とも協力して今後強力に進めてまいりたい。

(2) 課題別

第 1 部 ゲノム情報を活用した果樹のスマート育種

課題 1-1 カンキツにおけるゲノム情報を活用した付加価値の高い品種の育成

日本におけるカンキツ類の生産量および消費量が減退していく中で、ゲノム情報を利用して付加価値の高い品種育成を目指すことはカンキツ産業の将来に大変重要である。本プロジェクトでは遺伝的基盤の拡大および選抜期間の短縮といった課題に取り組んでおり、学術研究と育種を両立しているが、以下の点に注意が必要である。

- 1) ゲノムワイド連関解析(GWAS)における SNP 数や集団の個体数が少なすぎる。また、連鎖不平衡の情報も考慮すべきである。
- 2) ゲノミックセレクション(GS)について、その効率を改善することが重要である。また、従来の表現型による育種と比較して、費用対効果も考慮すべきである。
- 3) 世代促進技術については興味深いが、最終製品が非遺伝子組換え作物として認められるかどうか、この手法が他の多くの形質にも適用できるか検討すべきである。
- 4) 種なし、剥皮性のような消費者のニーズにマッチした育種を行うことが重要である。また、加工用途の需要も大きいことから生産者に対して、生食用だけではなく手間の掛からない加工用品種の提案もできると良い。
- 5) 持続可能な安定生産のため、オレンジやレモンにおいてトリステザウイルスやカンキツグリーニング病に対する抵抗性品種の開発も必要である。
- 6) 新品種の選抜や普及にあたっては、その地域の関係者(都道府県や生産者)や経済学者、市場関係者との密な連携が必要である。また、ゲノム研究の成果を育種に直接的につなげ

るためには、ゲノム研究者と育種研究者が共に働くことが重要である。また、ゲノム解析ツールの開発においては外国研究者との連携が重要である。

(評定 A)

(回答及び対応方針)

- 1) GWAS の検出感度、精度向上には SNP 数や供試個体数が重要という指摘はそのとおりである。その改善を目的に、SNP 数の増加と新たな品種・系統の追加によるデータ数増加に取り組んでいる。前者では高速シーケンサを用いた GRAS-Di 解析により約 7 万 SNP の多型情報が得られており、後者では継続して遺伝資源も含めた育種集団の形質評価を実施し、データの蓄積を図っている。連鎖不平衡の情報は GWAS 解析の開始当初から考慮しており、今後も引き続き評価を進めることで、カンキツ育種高度化技術としての GWAS の積極的利用に取り組む。
- 2) GS の精度向上には 1) と同様に SNP 数と個体数の増加が有効であるが、それ以外に家系数や対象形質の評価方法や反復数なども予測精度を左右することを確認している。このうち家系数については個体数を増加させる一環で充実を進め、また画像解析などを実施して形質評価の客観化、高精度化に取り組むことで選抜精度の向上・効率化に現在取り組んでいる。一方、カンキツ育種では 20 以上の形質を考慮する必要がある、形質ごとに GS を実施すると育種コストの大幅な増加を招く。その回避策として、従来の QTL 解析や 1) の GWAS を利用して開発した MAS と GS を組み合わせた 2 段階選抜による低コスト化の実証に取り組んでいる。ジェノタイピングコストも年々低下しており、従来の表現型選抜の費用と比較しながら、より費用対効果の優れた選抜体系の確立を目指している。
- 3) 外来遺伝子がゲノム中から最終的に除去されることにおいて、カンキツで開発した世代促進技術と特定の配列を切断して形質を改変するゲノム編集技術は同じである。厚生労働省はゲノム編集食品の流通については、2019 年 10 月 1 日から安全性審査は不要であり、届け出制度とする発表をしている。農林水産省においてもゲノム編集作物、並びにゲノム編集以外の新たな育種技術により作出された生物についても、可能な限り、同様の考え方によって整理することになっている。このため、開発の過程で得られた CTV 抵抗性のヌルセグリガントは外来遺伝子が残存していないことから、必要な手続きを経ることで栽培や流通が認可される見込みである。この手法については、導入目的の形質が単一の遺伝子に支配され (trait controlled by single major gene)、選抜マーカーが開発済みであれば、早期開花性カラタチや早期開花性オレンジと交配できるカンキツに適用できる。
- 4) 20 年以上前から無核性、剥皮性は育種目標に入れており、マーカー開発にも取り組んでいる。また、加工用のみを目的とした果樹経営は高い人件費や小さな経営面積など日本の生産構造やコストを考慮すると現状での成立が困難なため、加工用品種の育成は産業構造の改革や栽培技術の開発を含めて考える必要がある。ただ、生食用品種においても、生産コストを低減できる特性を備えた品種の開発は必要であると認識しており、連年結

果性や収量性など、生産コスト低減に関わる形質の改善に取り組んでいる。

- 5) トリステザウイルス (CTV) 抵抗性に関しては、カラタチ由来の抵抗性を導入した系統の利用を進めている。また、系統適応性試験において、CTV 抵抗性を評価する項目を設けて選抜を実施している。一方、カンキツグリーニング病抵抗性に関する育種の取り組みは未着手であり、今後の課題であると認識している。国内では隔離施設などを要するため早急に対応することは難しいのが現状である。(例えば、既に発生している海外の研究機関と協力して、海外で農研機構育成品種・系統を選抜することが最も効率的と考えている。)
- 6) 都道府県の研究者とは毎年開催される果樹研究会を活用して共通の課題について検討し共同研究を行うなど、緊密な連携を図っている。また、新しい形質を持つ品種のマーケティングが重要であるが、経済学者を入れたプロジェクト共同研究を実施している。生産者との連携については、視察を受け入れ、育成品種の試食や栽培特性に関する情報提供を行う形で連携している。市場・流通関係者とは、定期的に新品種になる前の候補系統の評価会(求評会)を行い、意見を聴取する体制を作っている。ゲノム研究者と育種研究者の連携については、研究の計画段階から議論を行い、目標達成に向けて共同で研究を進めている。ゲノム解析ツールの開発については国際カンキツゲノムコンソーシアムに参画するなどカンキツのゲノム研究基盤の構築において国際連携を進めている。国際連携の強化を図るため、開発した DNA マーカーやウンシュウミカンのゲノム情報などを閲覧できるミカンゲノムデータベースを開発しており、国際共同研究の足掛かりとなることを期待している。温暖化進行に伴う侵入病害虫の対策技術の開発については、OECD のプログラムによる海外研究者の招聘や機構の長期在外研究プログラムによる研究者の派遣などを行い、国際連携によるゲノム編集技術の高度化を進める予定である。

課題 1-2 リンゴにおけるゲノム情報を活用した付加価値の高い品種の育成

リンゴ産業は日本で 2 番目の果樹産業で輸出的な価値が高いが、生産者の減少と高齢化が問題となっている。本プロジェクトでは、生産規模を拡大するための技術開発、世界的な気候変動や消費者ニーズに対応する品種開発を行っており、学術研究とそれを用いた育種の両立ができていますが、以下の点に注意が必要である。

- 1) 遺伝学的研究において、集団の遺伝的多様性を拡大し、SNP の数を拡大することを推奨する。マーカー開発の標的形質は実際の育種目標と合致させるべきである(例: 果実品質の向上に関する取組が少ない)。また、マーカー育種では、SSR よりも安価な Kasp などのマーカーを使うべきである。挿し木発根性や蜜入りについて開発され 2) 目標形質の個体の獲得効率を上げるために、育種の規模を拡大すべきである。気候変動の育種目標として、着色だけでなく、長期的な視点に立って、生物気候学に関する研究を行うべきである。黒星病抵抗性に力を入れるべきである。カラムナー樹形について、隔年結果性や不良品質との連鎖があるが、リンゴ生産の良いモデルと言えるのか。果皮色は交配による育種だけでなく、変異の探索や遺伝子改変も試してみてもどうか。
- 3) 台木育種では単一集団について説明があったが、単一の組合せの場合、交配親の多様

性を広げる必要がある。台木育種では選抜や試験の各段階での反復数を統計処理に耐える規模にすべきである。

- 4) ゲノム編集への多額の投資を行う前に、ゲノム編集が日本の消費者に受け入れられるか調査が必要である。
- 5) 生産者、市場関係者、消費者との連携を強化し、赤肉のような新しい形質については、商用化前に嗜好調査を行うべきである。
- 6) 日本国内でいくつも育種プログラムがあるのは非効率であり、プログラムを拡大して国レベルの育種コンソーシアムを作るべきである。またゲノム研究や育種について、海外の研究機関との連携を強化すべきである。

(評定 A)

(回答及び対応方針)

- 1) ご指摘のように、遺伝学的研究では集団の遺伝的多様性を拡大し、SNP の数を拡大することは重要であると考えます。農研機構で保有するリンゴ属遺伝資源を活用して取組を進めたい。マーカー開発の標的形質を育種目標と合致させることは品種開発を効率化する上で重要であるため、今後は果実品質の向上に結び付く形質に焦点を当てたマーカー開発にも取り組む予定である。なお、SSR マーカーは、多数使用による遺伝解析と少数使用による実生選抜とを両立できるものとして、重宝しているものの、近年の遺伝解析においては大量のマーカーを使用できるアレイや NGS 等の手法が主流になりつつある中で、少数使用による実生選抜手法の再検討も必要と考えている。その一つとして KASP マーカーにも注目しており、2020 年以降試作を行う予定である。開発された QTL について、他の集団を供試した検証が進行中である。穂品種に関わる形質については GWAS の利用を主に、台木形質については少数の他集団や、世代を促進した集団での検証を行っている。
- 2) 育種の規模を拡大するためには、資金と人的資源の更なる投入と圃場の拡大が必要となるため、費用対効果の点も考慮しつつ、マーカー開発等育種の効率化に資する研究を進展して、目標個体獲得効率化の向上に努めている。気候変動の育種目標としては、耐霜性、耐寒性、耐熱性などを、今後長期的に取り組むべき研究課題と考えている。黒星病抵抗性育種は、重要目標の一つと位置付けている。カラムナー樹形を用いた栽培モデルは、土地集約的な日本のリンゴ栽培体系においては剪定や収穫などの管理作業を省力化するための有効なモデルになり得ると考える。カラムナー性は隔年結果性や低糖度との連鎖があるものの、栽培品種系統との戻し交雑による世代促進により不良形質との連鎖は解消可能なことが証明されつつある。果皮色については、交配による育種とともに遺伝子改変による変異の拡大も検討中である。
- 3) 現在進行中の育種研究では、複数の交配親に由来する交雑実生から選抜を行っているため、集団の多様性は担保されていると考える。なお、台木試験で反復を取っていないというのは、誤解である。盛岡においてリンゴ研究領域における試験研究活動を紹介したパワーポイント資料の台木育種に関する記載に誤りがあり、誤解につながったことをお詫びする。農研機構におけるリンゴ台木試験では必ず反復を取って試験しており、統計処理に耐える規模で試験が実施されている。
- 4) ゲノム編集が日本の消費者に受け入れられるかどうか、SIP などのプロジェクトで調査中であり、技術開発も並行して進めている。なお、農研機構におけるリンゴのゲノム編集では外来遺伝子は最終的にゲノム中から除去される編集技術の開発に取り組んでいる。厚生労働省は、ゲノム編集食品の流通について安全性審査は不要で届け出制度とす

る発表をしており、農林水産省においても、ゲノム編集作物について同様の考え方にしたがつて整理することになっている。

- 5) 生産者、市場関係者、消費者のニーズを把握して、ニーズに合致した品種を開発することの重要性はご指摘のとおりである。農研機構で開発したリンゴ赤肉品種のについては品種登録する前に、消費者や生産者、市場関係者を対象に嗜好調査を実施しており、栽培品種と同等の嗜好性があることと加工品の原料として一定のニーズがあることを把握している。
- 6) リンゴ育種プログラムが国内で複数実施されているのは事実であり、育種目標が共通する部分もあるが、公立試験機関のリンゴ育種は各県におけるオリジナルブランド品種の育成並びに独自の普及を前提にしており、NARO を中心に国レベルの育種コンソーシアムを形成することは現時点では難しいと考える。現状は早期選抜マーカーや育種研究に関する情報を提供するなど、可能な範囲で連携して情報も共有しながら進めている。また DNA マーカーなど育種研究について、海外の研究機関との情報交換は積極的に行っており、今後は更に連携を強化すべく取り組んでいきたい。

課題 1-3 落葉果樹におけるゲノム情報を活用した付加価値の高い品種の育成

落葉果樹育種では育種に重点を置いており、カンキツやリンゴのように学術的に重要な成果は示されなかった。ブドウのシャインマスカットや、ナシの甘太、クリのぼろたんなど優れた品種を作出しているが、以下の点に注意が必要である。

- 1) ナシの MAS プロセス、コスト、および使用率の概要は非常に有用であった。MAS の投資収益率を予測することは非常に重要であり、最も重要な特性と、高品質の QTL がある特性に明確な焦点を置く必要がある。また、ナシやクリの DNA マーカー選抜において、選抜対象の実生数を増やすのが賢明ではないか。マーカー選抜後により多くの個体を保持して他の農業上有用な形質の選抜につなげることができる。
- 2) ナシで異なる形質をターゲットとした 5 つの品種を作出しているが、これらの特徴を併せ持つ一つの品種を作出するべきではないか。または、これらの品種で各特性を比較し、どの品種がどの地域に適合するかを提案すべきではないか。
- 3) ナシ育種について、国内における他のプログラムとの連携をどの程度行っているのか。NARO は中心となって国内のプログラムの連携または統合の調整を行う機会を作るべきである。また、他の作物種との競合（潜在的市場）も考慮すべきである。
- 4) 育種プログラムは、生産者や市場関係者などの利害関係者とどのような連携を行っているのか。生産者を含めた業界のステークホルダーから成るアドバイサリーボードを置いてはどうか。
- 5) 国際的なプログラムとの連携はどの程度あるのか。特にカキや核果類のマイナー果樹ではどうか。

(評定 B)

(回答及び対応方針)

- 1) 御指摘の通り、DNA マーカー選抜において、獲得する種子および実生の確保が最も重要な課題の一つであると認識している。現状の圃場面積や人員等を踏まえた育種規模から考えると、現状の選抜母数はおおよそ適正で、大幅に増加させることには無理があると考えている。一方で、交配組合わせによっては、播種後の生育不良によって獲得種子に対

して実生数が大きく減少する場合がある。こうした事例に対しては実生数を増加するより、実生獲得の歩留まりを向上させる方策に取り組み、効率的に総実生数の獲得を増加させることが重要と考えている。

- 2) 現状は、有用形質を少数有する品種のみの育成に止まっている。御指摘の通り、今後は可能な限り有用形質が集積された品種育成となるよう取り組んでいる。育成品種の地域適応性については、選抜時に全国レベルでの栽培試験が実施されており、品種公表時にはおおよそ明らかにされる状況にある。
- 3) ナシの育種に取り組んでいる国内の公立研究機関数は10カ所以上に上るが、公立試験機関の育種は各都道府県で独自に普及させることを前提とする場合が多く、NAROを中心に統合あるいは調整していくことは現時点では難しいと考える。現状は育種法やマーカーに関する情報提供の要望等があれば、積極的に対応することで連携している。他の作物との競合については、成熟期の拡大、貯蔵性の改善による供給期間の拡大、新規形質の付与、さらに品質を向上させることで潜在的市場の掘り起こしを図る。
- 4) 生産者との連携については、視察を受け入れ、育成品種の試食や栽培特性に関する情報提供を行う形で連携している。市場・流通関係者とは、定期的に新品種になる前の候補系統の評価会（求評会）を行い、意見を聴取する体制を作っている。
- 5) ナシおよびクリにおいて、現状では国際的なプログラムはない。ヨーロッパでもカキの栽培は増えており、NAROはスペインのIVIAと甘ガキの育種に関する共同研究を進めている。また、中国の二つの大学とも遺伝資源の交換、情報交換等を行う等、果樹のなかでは国際的な協力が進んでいる品目といえる。モモについては、具体的な連携は行っていない。海外機関との連携は重要であり、今後、これらの果樹においても国際学会等で外国研究者との情報交換を図っていきたい。

第2部 持続的・省力的な安定生産技術の開発

課題2-1 果樹におけるスマート農業生産体系に向けて

果樹生産は他の農産物に比べて労働集約型であり、機械化も容易ではない。生産者の高齢化および後継者不足のために、品質を維持したまま省力化を実現する新しい技術が必要なのは明白であるが、NAROの使命がどこにあるのかをしっかりと検討する必要がある。本プロジェクトが短期的、長期的アプローチをとっていることは評価できる。本プロジェクトでは、腕上げ補助ツールや間拔ハサミのようなスケールに影響されない短期的ソリューションで成果が見られるが、以下の点に注意が必要である。

- 1) 精密農業、機械化、センシング等には世界中の民間企業が巨額の資金を投入して行っている中で、NAROの戦略を立てることが重要である。プロジェクトの計画、実施、評価には、農学と工学の両方のステークホルダーの参加が重要である。また、経済的、社会的コストの面から経済学者、社会学者も含める必要がある。
- 2) マルドリ方式は既に日本でも世界でも実用化されているが、研究を継続しているのか、また普及に取り組んでいるのか。マルドリ方式が自動制御でできるようになると良いのではないか。
- 3) 新たに開発を開始する前にステークホルダーへの調査と詳細なベンチマーキングが必要である。例えば、リンゴで樹形を機械に適合させようとする取り組みは良いが、果実の品

質低下への心配がある。日本では品質は特に重要であり、エンドユーザーへの事前調査が必要である。

- 4) 日本の果樹園の多くは中山間地にあるが、自動走行ロボット、収穫ロボットは実現可能か？また、多くが小規模な家族経営であるが機械の導入は可能か？

(評定 B)

(回答及び対応方針)

- 1) 農研機構果樹茶業研究部門では果樹生産に関する知識と技術を有しているが、機械化については研究の事績が少ない。このため、先進的な機械化、センシング等については、大学、メーカーおよび農研機構内の他部門等と協力しながら、技術体系を開発することとしている。また、研究プロジェクトでは、農学、工学を専門とする学識経験者、及び、行政、生産者を含む評議委員会において評価を受けながら推進するとともに、プロジェクト成果を一般の生産者等に公表する際にも意見等を聴取している。同時に、社会科学の専門家と共同でプロジェクトを推進することで、経済的、社会的コストについても評価しながら課題を推進している。
- 2) マルドリ方式は基本となる技術は既に確立しており、現在は地域の実情に合わせた運用が可能となるよう、周辺技術の開発（水源確保・利用技術等）を進展させている。気象や土壌水分環境等についてはモニタリングシステムが実装されており、現在、これらをパラメータとした自動制御に向け、研究を継続している。また、本方式は導入経費の負担が大きいことから、普及については導入時に、要望に応じた現地へのサポートと合わせ、行政からの補助金等も活用しつつ展開できるよう、公設試・行政部門等と連携をとりつつ推進している。
- 3) 研究の開始にあたっては、行政ルートなどを通じてステークホルダーからニーズの収集を行っている。樹形を機械に適合させる研究プロジェクトにおいても、果実の品質、収量を通常レベルから低下させないことを目標に加えて研究を推進している。
- 4) 現在開発中の自動走行車両および車両を利用した収穫ロボット開発は、今後、増加が期待されている、大規模（2ha 以上）かつ平坦～緩傾斜地に位置する果樹園における利用を想定している。一方、傾斜地に立地する小規模な果樹園に対しては、同じ技術での対応ができないため、異なる研究戦略を立案中である。また、小規模な家族経営であっても、共同利用等が可能となる利用方策を検討しながら機械開発を進めている。

課題 2-2 果樹の持続的生産を支える基盤技術の開発

世界的な気候変動により、栽培地域の不適合や病害虫へのリスクが拡大している。将来の気候変動の正確な予測と、その悪影響を低減する技術開発が必要である。本プロジェクトは、日本の果樹園の将来の競争力のための短期、中期、長期的戦略のための研究開発を実施しており、他のプロジェクトが見習うべき良いモデルである。また、海外の機関との連携や国際的な論文公表等もなされており、都道府県との連携による害虫管理モデルの実用化等の成果が出ており、w-tenteki プログラムと温水処理アプリケーションは有機農業に使用可能であるが、以下の点に注意が必要である。

- 1) モデリングに用いるデータの精度、妥当性に気をつける必要がある。
- 2) 白紋羽病に関して、温水処理は設備投資の面で困難な場合があるため、生物的防除と併用できれば良い。

(評定 B)

(回答及び対応方針)

- 1) これからも長期的なデータを収集しながらモデルを構築していきたいと考える。またデータの収集や解析については、都道府県の研究所と連携して進める等、精度や妥当性について広く意見を聞きながら進めていく。
- 2) 温湯処理はできるだけ市販機材を使い、安価にできるように工夫しているが、初期投資として(160万円程度)必要となる。従って、装置は個人で購入するのではなく、生産地域で共有することを想定している。温湯処理後に微生物相を早期回復する技術など、生物防除の併用による補完技術を開発している。

第3部 スマートフードチェーン・消費拡大に向けた技術開発

課題 3-1 果実の輸出に対応した新たな貯蔵技術

国内での果物の消費が減少する中、日本の高品質な果物は輸出への活路を見いだしている。そのために貯蔵および輸送技術の改良が必要であるが、本プロジェクトでは、全般的にイノベーションが不足している感があり、以下の点に注意が必要である。

- 1) リンゴの1-MCP処理については、冷前処理が1-MCP処理の有効性を向上させる理由を解明する必要がある。また、潜在的な輸出品種や消費者が必要とする品種で実験を行い、パイロット規模の実験が必要である。
- 2) 果実の貯蔵については、実用的であるが、実用化に向けて商業的な貯蔵業者との連携が明らかではない。また、果物の種類によって問題が異なることから、各果実の収穫後の貯蔵の問題を理解しておく必要がある。
- 3) ブドウの包装は非常に実用的で有用であると思われるが、パッケージとフィルムが透明でブドウの新鮮さを確認出来る必要がある。
- 4) カキの脱渋のための貼り付け式樹上脱渋法は人件費が高く、果物にエテフォンまたはエタノールを散布する方法が実用的である。

(評定 B)

(回答及び対応方針)

- 1) 冷前処理によって、エチレン生成量が減少することおよびエチレン受容体 mRNA 量が増加することが確認されており、それによって1-MCPによる鮮度保持効果が高くなると推測される。我が国において生産される主要リンゴ品種のうち、特に1-MCPの効果が低い‘つがる’において、冷前処理を検討した。今後、輸出相手国の消費者ニーズ評価に基づき品種を選定し、それらについても効果的な処理方法を実施し、産地と協力してパイロット規模の試験を試みて参りたい。
- 2) 樹種によって貯蔵の特性は大きく異なるため、現在も個別に対応策を検討している。それぞれの樹種に対する最適な貯蔵技術については個別に情報提供を行っており、また、貯蔵業者・流通業者における貯蔵施設における実証試験を行うなどして連携をしているところである。今後も流通現場と密接に連絡を取り合うことで、より現場に対応した技術を開発して参りたい。
- 3) これまでに、ブドウ輸送中の損傷を防止するための要件を解明している。今後、その要

件を満たすとともに、視認性を確保することが可能な包装方法の開発について、農産物流通の実需者および消費者の意見も賜りながら進めて参りたい。

- 4) 従来の樹上脱渋法では、固形アルコールを入れたポリエチレン袋で果実を被袋する必要がある。貼り付け式樹上脱渋法は、果実にシールで貼り付ける方法で、従来に比べて簡便で省力的である。果実に直接エタノール等を散布する場合、処理後すぐに果実を1個ずつビニール袋等で密閉する必要があるため、貼り付け式樹上脱渋法よりも労力がかかり、人件費は高くなると思われる。

課題 3-2 カンキツおよびリンゴの機能性研究と機能性表示

カンキツやリンゴには健康に有用なポリフェノールやカロテノイドが含まれており、機能性表示を通じた消費の促進は健康寿命の延伸につながる可能性がある。また、農業生産者に経済的利益をもたらすことが想定されることから重要である。本プロジェクトで取り組んでいる機能性表示は産業界とアカデミアの共同作業であり、NARO が主導的役割を果たすのに最適な場であるが、以下の点に注意が必要である。

- 1) 機能性表示により、実際に消費は延びているか？その場合利益は流通業者および生産者に分配されているか？機能性表示により消費が増加することを裏付ける消費者調査、生産から消費へのフードバリューチェーンにおける付加価値を実証する経済研究が必要である。
- 2) カンキツ類の多量の摂取は糖類の過剰摂取につながる。凍結乾燥品等のカンキツ類似品による効果が期待できるか。また、 β -クリプトキサンチンはカンキツの果肉よりも皮に多く含まれることから、将来的にこれを利用する方法はないか？
- 3) 海外の機関との連携が期待される。プロシアニジンが効果を発揮する量の国際的基準はあるか？

(評定 A)

(回答及び対応方針)

- 1) リンゴでは、機能性表示食品の販売2年目ではあるが、機能性を表示したリンゴの販売量は増えている。また、小売り店では機能性表示のないリンゴに比べて2～3割高い値段で販売されているが、小売り、流通セクタだけの利益とならないように、JAが生産者から買い取る価格を上げることにより、生産者に利益が配分されている。また、我々が行ったアンケート調査では、「有袋ふじ」が機能性表示食品の対象となったことから収益向上に貢献することが期待され、生産者の作業意欲の向上につながることで、有袋ふじ栽培の減少に歯止めがかかることが期待される。
- 2) 糖類については「日本人の食事摂取基準(2015年)」では摂取基準は定められていないが、WHOのガイドライン(Sugars intake for adults and children Guideline, 2015)において遊離糖(単糖及び二糖類)の摂取は1日の摂取カロリーの10%未満が望ましいとされている。現在、 β -クリプトキサンチンについて温州ミカンの機能性表示食品で設定している一日の必要摂取量程度(270g、約3個)では糖類の過剰摂取となることはない。果皮など搾汁残渣だけを活用することは難しいかもしれないが、ジュースなどに混ぜて加工品を作る利用は可能である。「アシタのカラダ」のように搾汁残渣を利用したジュース

は既に販売されている。

3) プロシアニジンの機能性を担保する摂取量に関する国際的な基準はないが、プロシアニジンはリンゴだけでなく、果実やチョコレートなど、多くの食品に含まれており、海外との連携は可能である。