

# 農研機構

産学官連携の道しるべ

## 連携開発レポート 第1集

2017年8月

編集：農研機構食農ビジネス推進センター

連携広報部連携企画室





## 巻頭言

本冊子は農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）がウェブ記事として取りまとめ掲載してきた「農研機構開発レポート」（[http://www.naro.affrc.go.jp/collab/cllab\\_report/](http://www.naro.affrc.go.jp/collab/cllab_report/)）をもとに冊子として、取りまとめたものです。「農研機構開発レポート」は私達の研究成果のなかで、民間企業や農業法人等と共同研究、共同開発等、連携して成果のブラッシュアップと普及を進めた事例23件を収録しております。本冊子に収録されたレポートには、外部との連携で成果普及に成功した「先進的事例」における、研究者の着眼点、外部と「つながる」動機づけや、農業者や外部団体の皆様のご協力をいかにして得ることが出来たかといった過程や、困難や問題点をいかにして解決し、乗り越えていったか、そのソリューションに至る経過がまとめられています。

日本を代表する食と農の研究機関である農研機構では、1800名以上の研究者が15の研究センター・部門において、稲麦大豆や園芸作、畜産を始め食品の品質や安全性、農業工学、動物衛生や最新のバイオテクノロジーやロボットICT技術に至るまで、幅広い分野での研究開発を行っております。農研機構にはそうした研究成果を迅速に普及させ、技術移転することを通じた「成果の社会実装・最大化」が求められており、民間企業や農業法人のニーズに応じた研究開発を進め、その成果の活用を推進する活動を強化しているところで

しかし、農研機構は国立の研究機関として長年活動実績があるものの、民間企業や農業法人と協力して、「成果の社会実装・最大化」をすすめるプロセスについては、私達自体まだ試行錯誤を重ねている状況です。本冊子は、農研機構の幅広い研究活動を知っていただくとともに、農研機構に在籍する研究者が、外部の皆様と「つながる意識」を持ち、社会に貢献する存在になりたいと願っていることを知っていただくために作成しました。本資料に掲載された技術情報について、ご興味があり、さらに詳しく知ってみたいかたは、お気軽に問合せ先までご連絡ください。本資料により、農研機構が食と農の技術開発で「頼れる」存在であることを実感していただければ幸いです。

2017年8月 農研機構 食農ビジネス推進センター長 坂井 真

## 目 次

### 品種

新品種「春のいぶき」による 初夏の新ソバ需要拡大と春まき栽培法の発展	1
大麦新品種「ゆきみ六条」が広げる地域連携の輪	7
硝酸態窒素濃度が低いイタリアンライグラス品種の開発	12

### 防除技術

飛ばないナミテントウの開発と製剤化	15
「高接ぎ木法によるトマト青枯病防除技術」に係る 産学官連携と普及活動	19

### 栽培技術

ダブルアーチ補強技術などを用いた 次世代型パイプハウスに関する産学官連携・普及活動	22
直播向き水稲品種「萌えみのり」の 鉄コーティング直播栽培における産学官連携と普及活動	26
日射制御型拍動自動灌水装置の開発と普及	30

### 加工技術

「機能性乳酸菌」を利用した産学官連携・普及活動	33
北海道十勝地方の自然の中から分離した優良パン酵母の 北海道産小麦専用イーストとしての実用・商品化に関する開発研究	36
ウンシュウミカンの搾汁等の 加工技術および飲料製品の製造・販売	39
自給率向上のための 画期的パン用品種『ゆめちから』の飛躍的普及・利用促進	42
べにふうき緑茶の抗アレルギー作用とそれを利用した製品開発	45

## 検査・判別技術

遺伝子組換えカイコを用いたヒト及び動物の診断薬の開発	49
簡易迅速なコシヒカリ判別キットの実用化	52
お米の乳白粒の多発を収穫前に予測する装置	55
果樹ウイルス病診断キットを利用した産学官連携・普及活動	59
三種の食中毒菌の迅速多重検出システムの実用化	63
前処理が簡単なBSE検査キットの開発	66

## 飼養技術

産学官連携による豚の「エコフィード」の取組み	69
------------------------	----

## その他

お茶畑を育てるために維持される草地の 生物多様性の解明とそれを利用した地域振興	71
地下水位制御システムFOEASの開発および普及	75
営農支援活動で利用できる 「営農計画策定支援システムZ-BFM」の開発・普及	79

※ レポートに記載された数字は、ウェブ掲載時点での情報です。  
冊子化にあたり、一部改訂いたしました。





## 新品種「春のいぶき」による初夏の新ソバ需要拡大と春まき栽培法の発展

収穫直後の新ソバは品質が高く、貯蔵したソバより高価格で取引されやすい傾向にあります。日本のソバの需要最盛期は夏ですが、一般的なソバの収穫時期は秋です。九州・沖縄では、春に播種し初夏に収穫する春まきソバの栽培が可能です。沖縄の土壌でも可能な春まき栽培法を開発するとともに、雨による穂発芽がしにくく、春まき栽培に適し、機械収穫にも合った新品種「春のいぶき」を育成し、現地への定着を進めました。

### 1. 研究の背景および研究成果の概要

#### ■ 研究の背景

「蕎麦」は日本の伝統食ですが、その原料の自給率は2～3割程度であり、多くは中国、北米、オーストラリア等からの輸入に依存しています。農業経営においてソバ栽培は、栽培期間が2～3ヶ月と非常に短く、栽培に手間もかからない（労働時間が2～6時間/10a）ことから、他作物の合間にソバ栽培する輪作に活用されてきました。しかしながら、近年台風等の気象災害により、国産ソバの供給は不安定さを増してきております。国産ソバの需要拡大を図るには、高品質のソバを安定的に供給することが重要です。

めん用のソバの品質に関する知見はあまり多くありませんが、一般的に収穫直後の新ソバは貯蔵したものに比べ高品質と認識されています。オーストラリア産ソバの単価は中国産や北米産より高いのですが、その理由の一つは、南半球に位置するオーストラリアでは季節が北半球の逆となることを活かし、日本でソバ需要が高まる夏に、高品質とされる新ソバをタイムリーに供給できるため、と考えられます。

日本におけるソバの収穫期は基本的に秋になりますが、九州や沖縄において3～4月に播種して5～6月収穫する春まき栽培では、オーストラリア産と同様に需要の高い夏に高品質のソバを供給できます。また、夏～初秋に播種し晩秋に収穫する日本の既存産地とは栽培時期が大きく異なり、台風が少ない時期の栽培となりますので、気象災害リスクの分散にも寄与します。

#### ■ 研究の出発点について

春まき栽培の研究を始めるにあたって、古くからソバ栽培が行われ、春まきでも先駆的な取組の見られる九州と、これまでソバ栽培自体が行われてこなかった沖縄では出発点が異なるため、その後の研究も九州と沖縄では異なるアプローチで取り組みました。

九州での春まき栽培については、愛媛大学の研究によりソバの主産地並みに多収となることが明らかにされてきました。また、九州や中部地方の農家が春まき栽培を試行していました。このことをふまえ、農研機構九州沖縄農業研究センター（以下、九沖農研とする）の先輩研究者も所内で春まき栽培を試行しましたが、収穫期の梅雨の雨で、著しい穂発芽（収穫前に子実が発芽してしまうこと、品質面で致命的な悪影響をもたらす）が発生するという結果になりました。

沖縄では基本的にソバの栽培は行われていませんでしたが、沖縄のソバ専門店の方が先駆的にソバの栽培を試し、良好な生育・結実を観察できたとの事例が、ソバ業界の雑誌で紹介されていました。また、地理的に比較的近い台湾においてソバの試験栽培が行われ、高い収量が得られたと文献で報告されていました。

#### ■ 研究成果の概要

九州向けの技術開発としては、平成13(2001)年から春まき栽培に適した新品種育成に取り組み、平成20(2008)年に「春のいぶき」を育成しました。「春のいぶき」は、従来春まき栽培で用いられていた「キタワセソバ」より



収量が高く、穂発芽が少ないという特徴があります(図1)。また、鹿児島県の農家が春まき栽培に用いてきた在来種と比較して、収量が大幅に高く(図1)、ソバ麵の食味についても、実需者より好評価を頂いています。

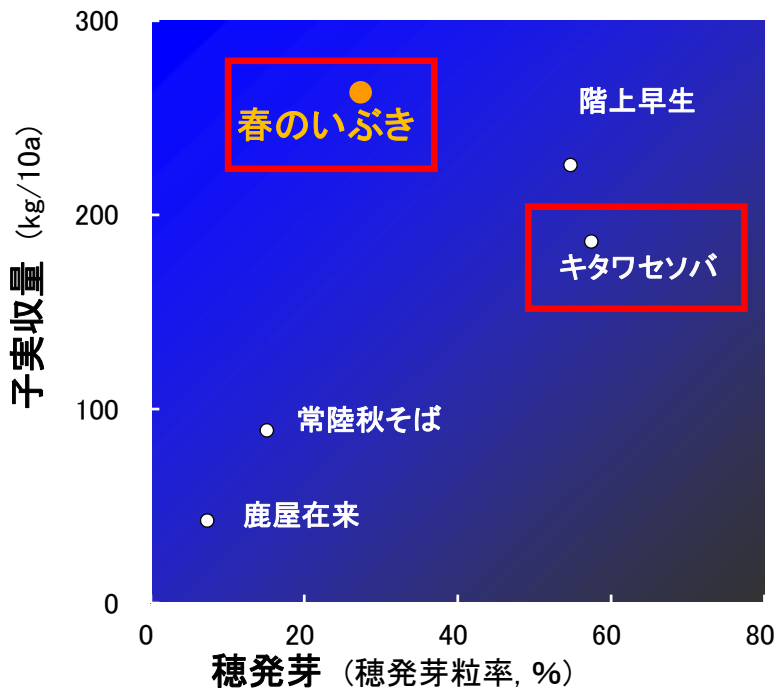


図1 「春のいぶき」、「キタワセソバ」等の収量と穂発芽

沖縄では、平成17(2005)年から春まき栽培に取り組みました。温暖な沖縄での春まき栽培は3月播種・5月収穫が基本となり、九州での4月播種・6月収穫よりソバ栽培期間の日長(一日のうちの昼の長さ)が短くなります。その条件で既存品種の収量に関わる特性を調べたところ、「中間秋型」に分類される品種(農林水産植物種類別審査基準による区分)が最も多収を期待できると考えられました。中間秋型品種は山形県以南で広く栽培されてきた品種です。

そこで、九沖農研育成の中間秋型品種「さちいずみ」を用いて現地試験を行ったところ(図2)、ソバ栽培が特に困難と考えられていた国頭マージン土壌(沖縄本島北部や石垣島など南西諸島に広く分布する極強

酸性の土壌)においても、少量(1t/10a)の堆肥施用により本土のソバ産地並みの多収となることを明らかにしました。

そして、現地でコンバイン収穫により高い収量を得られることと、収穫したソバの品質が実需者により高い評価を得られることを実証しました。



図2 沖縄県農業研究センター名護支所における堆肥施用効果の試験の様子

## 2. 産学官連携活動について

九沖農研では、農業生産者や実需者等のソバ春まき栽培に係わるビジネスに貢献・参加することを目指し産学官連携の取組を続けました。その過程で非常に多くの方々にお世話になりましたが、紙面の制約のため、普及成果情報の執筆に用いたデータに直接関わって頂いた皆様を中心に、紹介させていただきます。



## ■ 九州における出口を見据えた研究テーマの設定と共同研究の開始までの取組について

ソバの春まき栽培について、九州最大のソバの産地である鹿児島県の鹿児島県農業開発総合センターに構想の早い段階から相談を持ちかけたところ、先駆的に春まき栽培をされている農家をご紹介頂き栽培状況を見学するとともに、お話しを伺うことができました。その中で、農家の方が春まき栽培に工夫を凝らすことで、高単価での販路を確保している一方、茎葉の生長が盛んになり過ぎて、収穫すべき子実の収量が著しく低いという問題があることが印象に残りました。

また、大分県豊後高田市の関係者が春まき栽培向けソバ品種について相談に訪れたことをきっかけに、意見交換を開始しました(図3)。豊後高田市では、栽培法から6次産業化による販路開発までソバの春まき栽培に組織的に取り組んでおり、愛媛大学の助言を受け、主に北海道で栽培される既存品種「キタワセソバ」を用いていました。しかしながら、この品種は収量が高いものの、雨で穂発芽が多発し品質劣化しやすいという問題がありました。さらに、実需者となるソバ製粉業界の方々からは、春まきソバの有望性や懸念材料について、ご意見を頂きました。

こうした情報交換から、高収量で穂発芽耐性に優れた品種の育成が、鹿児島や豊後高田でも春まき栽培の問題を解決する「キーテク」になるであろう、との具体的な目標を持って、育種を進めました。

なお、このように関係者と早い段階から意見交換をしてきましたが、ソバに関する知見を十分に把握しておかないと真剣に対応してもらえないと思い、情報を漏らさずに把握しようと努めました。春まき栽培に関する学術的知見は限られていたため、関連する気象データや統計データをはじめ、新聞や雑誌などの断片的な情報であっても収集・整理しました。この資料は、農家との意見交換の素材となるだけでなく、学会などの場で、大学や公的機関のソバ研究者との意見交換の際にも大変役立ちました。

## ■ 九州における共同研究開始後の製品化までの取組について

前述の繋がりにより、鹿児島県農業開発総合センターが系統適応性試験と現地試験に熱心に取り組んで下さったことに加え、豊後高田市と、熊本県芦北町などの農家グループに現地試験に協力いただくことで、栽培データと子実の試料を取得できました。子実の加工適性試験については、製粉会社2社に担当して頂きました。現在4社以上が「春のいぶき」の製粉を事業に取り入れています。

その後「春のいぶき」の品種登録に目処がついた段階で、現地から、速やかな種子の増殖と供給を期待される状況となりました。そこで九沖農研では普及を加速するため、比較的温暖な沖縄において、冬場に種子を増殖しました。



図3 九州におけるソバ春まき栽培への取組  
(豊後高田市での現地検討会 2009年5月11日)

栽培地域の選定と作付面積の拡大および販路開発については、協力いただいた機関や企業などが主体的に進めましたが、湿害や乾燥技術等の技術的な課題に対しては競争的資金を活用して共同研究を行い、栽培マニュアルも作成しました。（[http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/pamphlet/tech-pamph/054650.html](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/054650.html)）

その他、様々な講演会や普及目的の原稿執筆、マスコミ取材に対応し、広報に努めました。現在では、自分たちが直接関与したことのない地域でも「春のいぶき」を用いた春まき栽培が開始されていることを見かけますが、こうした広報活動が貢献してくれていれぱうれしく思います。

## ■ 沖縄における出口を見据えた研究テーマの設定と共同研究の開始までの取組について

沖縄における春まき栽培の可能性を検討するために、平成16(2004)年に、当時の沖縄県農業試験場（現・沖縄県農業研究センター、以下「沖縄農研」とする）を訪問し、関係のある研究者と意見交換する機会を得ました。また、沖縄でのソバ栽培に関心を寄せる宮古島の沖縄県立宮古農林高等学校（現・沖縄県立宮古総合実業高等学校、以下「宮古総合実業高校」とする）とも意見交換を行いました。さらに、前出したソバ栽培を試行した蕎麦専門店も訪れ、沖縄産ソバを求める強い思いを伺いました。意見交換を行うにあたり、ソバの春まき栽培、沖縄の気象条件やサトウキビ・パイナップルとの輪作の可能性、ソバ栽培による赤土流出軽減効果等について情報収集した資料を準備し話を伺いました。沖縄においてソバは新規作物であるため、経営特性を現地関係者に理解して頂きやすいよう、生産費や粗収益の試算値や労働時間を他作物と比較して例示するよう工夫しました。

このような意見交換を重ねて技術開発の目標を明確化し、外部の競争的資金に申請をしました。結果は不採択でしたが、申請作業の中でさらに論点を整理できました。それを生かして農研機構内で研究費を獲得し、沖縄農研との協力関係を基盤に研究に着手することになりました。

## ■ 沖縄における共同研究開始後の製品化までの取組について

九沖農研におけるソバの研究は熊本で行われており、沖縄で研究を行うためには、試験圃場や労働力、農機具や資材等を沖縄で確保するとともに、九州から頻繁に出張する旅費も必要でした。このため、研究の継続に必要な資金確保に繋げるため研究実績がほとんど無かった当時に成果を早期に出す必要がありました。そこでソバの日長反応の研究蓄積をされている名城大学の先生に指導を受け、最初に研究費を確保できた半年間のデータで原著論文を成果として出せるよう、計画から実施、現地視察、論文執筆まで周到な相談に応じて頂きました。（これがきっかけで、名城大学の先生には後の論文博士取得までお世話になりました。）

研究の遂行と並行して、様々な方との意見交換を継続しました(図4)。まず、赤土流出軽減技術の開発に取り組む農業工学分野の先輩研究者の導きにより、沖縄本島北部で活躍するコンサルタント会社の方々と知り合うことができ、赤土流出軽減にソバを活用する構想に大変関心を持って頂きました。



図4 沖縄県での意見交換会の様子



図5 作業効率の向上に貢献したソバのコンバイン・導入に向けた現地試験のためにフェリーで輸送する様子。

また、名護市のサトウキビの農業生産法人と意見交換を行いました。この法人は、「ソバもサトウキビと同様に作業の機械化を徹底できる」と魅力を感じてくれました。この法人には後述の実証試験の中で機械を操作頂き、サトウキビの機械操作に慣れた方なら、ソバについてもあまり問題なく機械を操作できることがわかりました。

ソバの栽培の社会実装のためには、栽培管理作業の機械化が必要です。特に、収穫と脱穀を同時に行うコンバイン抜きのソバ栽培は実質的に不可能ですが、沖縄にはソバに適する「普通型」コンバインが一台もありませんでした。実証試験にあたっては、農業機械専門の先輩研究者のアドバイスによりコンバインを九州から持ち込み、沖縄本島内では農業生産法人や農機メーカーのご助力の下、車載車を駆使して、

名護市、大宜味村、東村、伊江村においてコンバインによる収穫の実証試験を行いました。海を隔てた伊江村へはフェリーでコンバインを運び(図5)、港から実証圃場まで3kmの距離については、機械操作に熟達した技術専門職員に相談し、汎用コンバイン自走による往復運転をして頂きました。実証試験は農業生産法人、村役場、JAのご協力も頂き、圃場で会する機会に現地関係者間の直接のコンネクションを作ることができました。

加えて前述の宮古総合実業高校では、実習でソバの春まき栽培を始めていました。大変上手く栽培していたことから、収量等を調査させていただきました。

収穫物の製粉については、九州での取組でお世話になった製粉会社に沖縄で収穫したソバの加工適性試験も引き受けて頂きました。

とりわけ、所長キャラバン([http://www.naro.affrc.go.jp/project/research\\_activities/laboratory/karc/027569.html](http://www.naro.affrc.go.jp/project/research_activities/laboratory/karc/027569.html))への参加をきっかけに現地試験にも参加した大宜味村役場は、ソバが「6次産業化」、「耕作放棄地利用」、「赤土等流出低減」といった多面的な機能をもつことに関心を示し、村が関連する国の予算を獲得したことにより、ソバ生産に必要な機械設備の整備が進みました。また、九沖農研を退職した元職員が大宜味村役場の職員となり、九沖農研との調整に奔走頂いただけでなく、食品総合研究所(現 農研機構食品研究部門)の研究成果であるソバの全粒製粉機の導入に貢献して頂きました。

これにより、大宜味産ソバの品質向上が図られました。また、同村における農業機械の導入にあたっては、伊江村でお世話になった農機メーカーの方にご助力頂きました。

### 3. 今後の研究、技術移転の方向性について

現在、「春のいぶき」より穂発芽性を一段と改善した品種の開発を進めています。新品種が育成されれば、春まき栽培地域を関東や北陸に拡大できる可能性があります。中長期的には、ソバの春まき栽培が定着するよう早熟性や耐病性、そして収量性に優れた品種の開発とともに、湿害への対応や既存の輪作体系への導入についての研究が望まれます。

### 4. 技術、市場、社会への貢献

九州における「春のいぶき」を用いた春まき栽培は、大分県豊後高田市(図3)で2016年に76haになっている



のを始め、九州各地で普及拡大しています。一方で沖縄におけるソバの栽培は、平成 27(2015)年には大宜味村を始めとする沖縄全体で 52ha（農林水産省特定作物統計調査）にまで広がりました。

ソバの春まき栽培は、国産ソバの安定供給とさらなる高品質化に繋がる技術です。この技術が広まることで、消費者が高品質な国産ソバを食す機会が増えるだけでなく、農業生産者にとっても新たな輪作作物の選択肢が増えることとなります。今回ご紹介した技術が、将来的にソバの国内自給率の向上ならびに日本特有のソバ食文化の発展(図 6、図 7)につながることを期待します。



図 6 ソバ文化の普及とソバ打ち人口の増加を目指す豊後高田そば道場  
(写真は手塚隆久氏提供)



図 7 沖縄での国産ソバ普及拡大イベント  
(花と食のフェスティバル 2016 への大宜味村による出展)

【平成 29 年 3 月 15 日 原貴洋：九州沖縄農業研究センター企画チーム長】

問合せ先

九州沖縄農業研究センター 産学連携室長 (TEL.096-242-7682)

## 大麦新品種「ゆきみ六条」が広げる地域連携の輪

麦茶・麦飯に使われる六条大麦は自給率が高く生産しやすい作物ですが、用途が限られているため生産調整がしばしば必要となってきました。そこで酒造メーカーと協力、酒造適性にすぐれ多収の焼酎用大麦品種「ゆきみ六条」を育成しました。「ゆきみ六条」は製粉特性にもすぐれ、クッキーやケーキなどの商品も開発され、六次産業化への利用が期待されています。

### 1. 研究の背景および研究成果の概要

#### ■ 六条大麦新品種「ゆきみ六条」を活用した「地産地消型焼酎」、「農福連携大麦食品」の開発

「ゆきみ六条」(図1)の育成のきっかけは、新潟薬科大学の「新たな麦焼酎造りを通じて、地域再生、地域貢献をしよう」という提案でした。その提案に応える形で、中央農業研究センター(以下、中央農研とする)・北陸研究拠点で、開発・品種登録出願を行いました。その後「ゆきみ六条」は、その品種特性を生かして、「焼酎」だけ



図1. 「ゆきみ六条」の株型  
左：ミノリムギ、右：ゆきみ六条



図2. 「ゆきみ六条」を使った麦焼酎  
左：銅ラベル（梅酒）、中央：金ラベル、右：銀ラベル。  
(金升酒造株式会社・新潟薬科大学)



図3. 「ゆきみ六条」を使った大麦食品  
左：大麦クッキー 右：麦飯ランチプレート。  
(親和福祉会 カフェ・ド・オテント)

ではなく、「大麦クッキー」などの生産・販売にも利用され、障がい者福祉施設なども関係した新潟市での地域連携（農業—福祉—企業）に拡がりつつあります（図2、3）。

この一風変わった大麦新品種の誕生、成長をご紹介します。

## 2. 産学官連携活動について

### (1) 出口を見据えた研究テーマの設定

#### ■ 「地産地消型麦焼酎」開発を目的とした大学・酒造メーカーとの連携

大麦にはビール醸造などに用いられる二条大麦と麦茶・麦飯などに使われる六条大麦があります。このうち、麦飯用の六条大麦の国内自給率は9割を超えており、北陸産六条大麦のほとんどが麦飯用に利用されています。しかし、豊作年が続くと在庫調整のための生産縮小を求められることがあり、六条大麦の新たな用途の拡大が期待されています。一方、焼酎用大麦の国内自給率は20%以下で、主に豪州産二条大麦が使われています。六条大麦の焼酎利用は加工性や発酵性などに難点があるとされており、ほとんど使われていませんでした。一方、新潟薬科大学は発酵や食品加工関連研究者が多く在籍することもあり、地元・新潟県での生産が平成元（1988）年に比べて20分の1と急激に落ち込んだ六条大麦を「大学ブランドの新たな六条大麦焼酎」の開発によって再生させようと考え、県内酒造メーカーや中央農業研究センター（以下、中央農研とする）との共同研究を平成23（2011）年にスタートさせました。

### (2) 共同研究の開始までの取組について

#### ■ 「新需要開拓」型の大麦育種への切り替え

六条大麦は、生産者にとっては生産に取り組みやすい土地利用型作物ですが、従来のニーズ（麦飯・麦茶）だけでは現在以上の需要の拡大や高付加価値化が難しく、生産者の収益の向上や関連食品産業の活性化には、新たな需要・用途の開拓が必要でした。そのため農研機構をはじめとする大麦育成地では、低ポリフェノール性（＝麦飯が黒ずまない特性）、高β-グルカン性（＝食後血糖値の上昇抑制などの機能性）、もち性（＝麦飯がもちもちしておいしい）、リポキシゲナーゼ欠失性（＝ビールの品質向上につながる）、高ギャバ（γ-アミノ酪酸；血圧降下作用及びリラックス効果のある成分）性など従来品種にない特徴をもつ大麦の開発を始めていました。

中央農研北陸研究拠点でも平成23（2011）年より、「高品質・新需要対応」に育種の重点目標を変更しました。その後選抜されたのが従来の六条大麦にない穀粒の「軟質性」に特徴のある「ゆきみ六条」でした。

### (3) 共同研究開始後の製品化までの取組について

#### ■ 焼酎用六条大麦「ゆきみ六条」の育成及び「地産地消型麦焼酎・梅酒」の開発

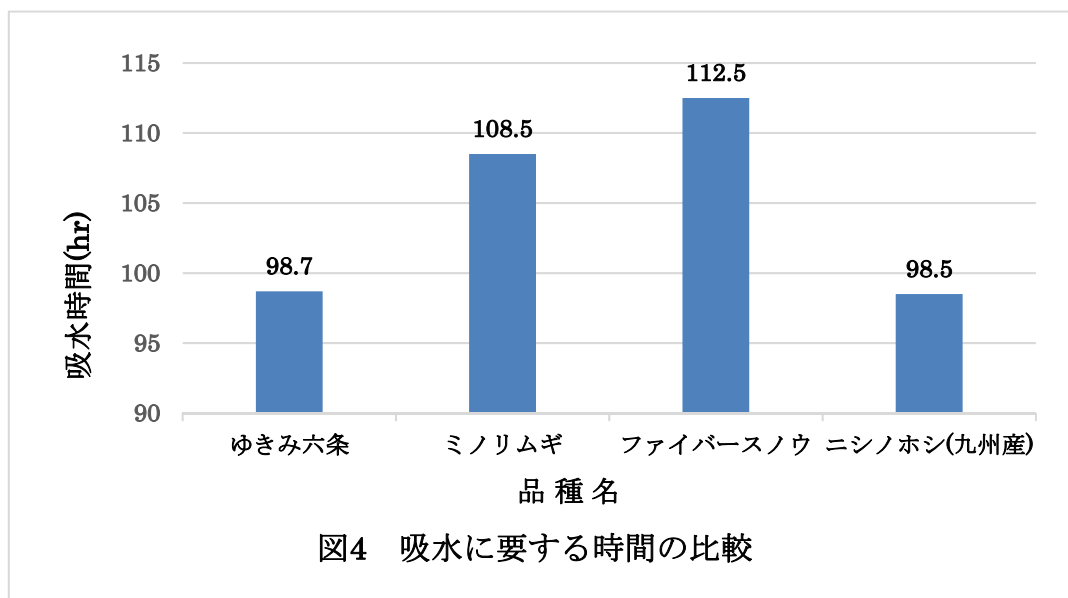
新潟薬科大学・酒造メーカーとの共同研究の発足を受けて、中央農研では大麦の有望系統を複数選定して、酒造メーカーに焼酎醸造適性の試験を依頼しました。同時に耐雪性などの北陸地方での栽培に求められる特性評価を重ねて、のちに「ゆきみ六条」となる系統（品種になる候補）を選定しました。この系統は従来の六条大麦には珍しく穀粒が軟らかいため、焼酎加工時の吸水性に優れ、焼酎の香りが強いことがわかりました（図4、図5）。また、栽培面では他の品種に比べ穂の数が多く、収量も多くなることが確認されました。（図6）

新潟薬科大学では発酵能力、風味の優れた天然酵母を新潟県内で探索・培養し、江戸時代から培った発酵技術を持つ地元の金升酒造株式会社と連携して、「ゆきみ六条の特性を引き出す醸造方法」を開発しました。現在で



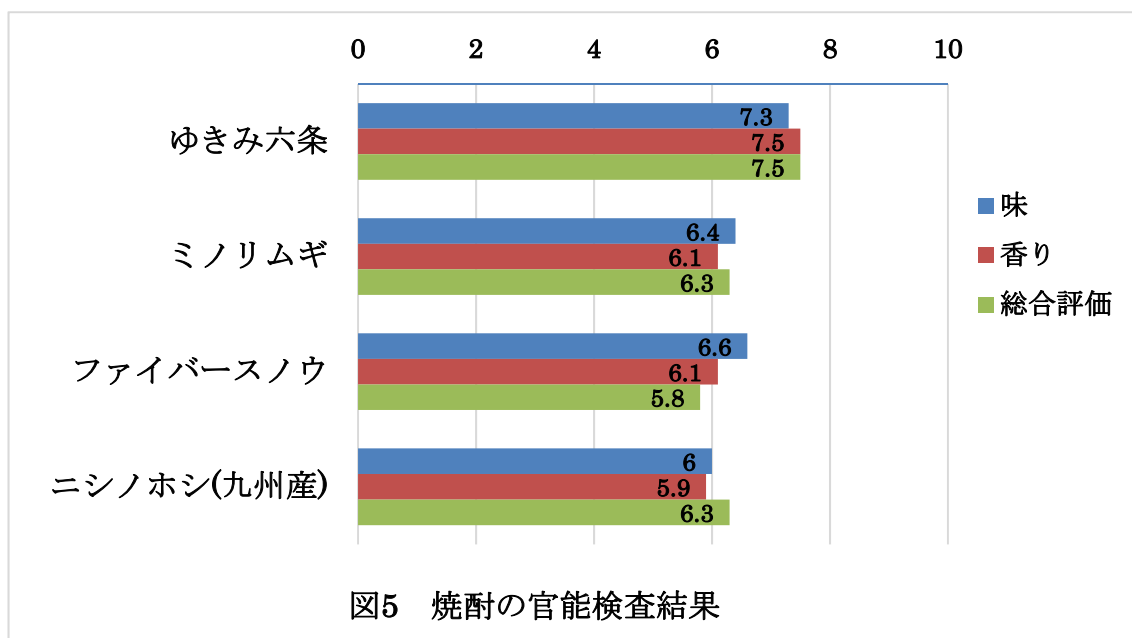
は、新潟市内の契約栽培「ゆきみ六条」を原料として、吟醸香を持つ銀ラベル焼酎、檜樽で半年間熟成させた金ラベル焼酎、銀ラベル焼酎と新潟市特産の藤五郎梅を使用した銅ラベル梅酒の「金・銀・銅」焼酎・梅酒の市販が始まっています（図2）。

これらの「ゆきみ六条」を原料とした焼酎・梅酒は平成28(2016)年4月に新潟市で開催されたG7農相会合のレセプションでも提供されました。



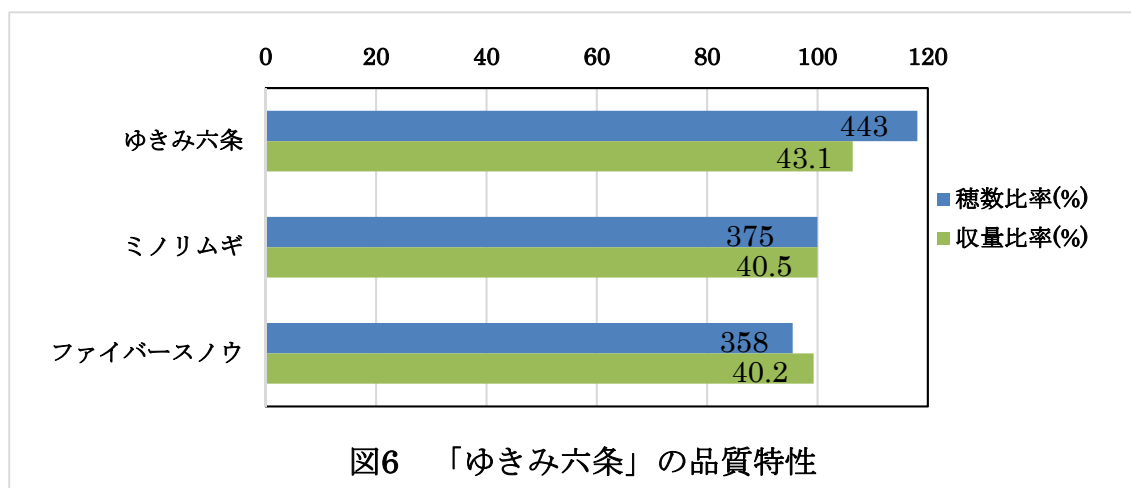
注) 吸収率が35%になるまでに必要な時間(hr)

※ 中央農研標肥栽培2012年度、2013年度を用いた焼酎メーカーによる加工試験結果より一部抜粋。



注) 官能検査は10点満点で実施し、点数が高いほど評価が良い。

※ 中央農研標肥栽培2012年度、2013年度を用いた焼酎メーカーによる加工試験結果より一部抜粋。



注1) 収量及び穂数について、ミノリムギを100とした場合の比率を示す。

注2) 棒グラフ右側の数字は収量(kg/a)と穂数(本/m<sup>2</sup>)を示す。

※ 2012-2014年産の生産力検定試験(標肥・北陸研究センター)の平均値より一部抜粋。

## ■ 「ゆきみ六条」大麦粉用途への利用展開

大麦は小麦よりも穀粒が固く、粒径の細かい粉に製粉加工しにくいことが問題でした。しかし、一連の研究で軟質性の「ゆきみ六条」は良質の微粉大麦粉を製粉しやすい特徴も併せ持つことが分かりました。そこで、「ゆきみ六条」の契約栽培農家の仲介などを通じて利用の拡大を図った結果、大麦を利用した新たな地域連携に関心を持っていた新潟市農業活性化研究センターが、クッキーやケーキの生産販売やフレンチレストランの経営を行っている新潟市障がい者福祉施設・親和福祉会(以下、親和福祉会とする)に「ゆきみ六条」大麦粉を持ちこみました。大麦の健康機能性が注目され始めた時期であったことや、試作製品(クッキー)が好評であったことから、障がい者の雇用拡大・給与向上に繋げたい親和福祉会では精麦機・製粉機を導入し、精麦に加え、「ゆきみ六条」を使用したクッキー・パン・プリン・ランチプレートなどを商品化しました。この中で、クッキーは新潟市での農福連携の実例として、G7農相会合の茶菓として採用されました。

今後は「ゆきみ六条クッキー」に興味を持った東京の百貨店への出荷もまもなく始まります。

このほか、福島県喜多方市でも、「ゆきみ六条」生産者を通じて、天然酵母製法にこだわりをもつパン屋さん(食工房)での大麦パン・クッキー・精麦の販売が進んでいます。

## 2. 今後の研究、技術移転の方向性について

### ■ 「大麦の六次産業化」と「もち性大麦新品種」の活用

六条大麦の実需者売り渡し価格は30-50円/kg程度とコメに比べてかなり低く、補助金なしでは農家の収益は低く、生産継続が困難です。しかし、精麦・製粉・加工・販売などの工程を経ると、大麦は著しく収益性が高まります(例えば、精麦400円/kg以上)。親和福祉会では他産地大麦の精麦・製粉・菓子加工の受託も開始することで、また喜多方市の生産者は精麦を委託することで、地元パン屋やコメの直販と併せての販路拡大・収益拡大を進めています。

大麦のなかでも、今後は「もち性大麦」の需要が伸びると考えられます。「もち性大麦」は機能性成分β-グルカン含量がうるち品種に比べて、3割ほど高いだけでなく、「もちもち」食感の麦飯、「しっとり」食感のドーナツなど、うるち品種とは違う特色をもつ商品ラインアップの展開が期待されています。

中央農研では「ゆきみ六条」の普及の過程で知り合った生産者・実需者の「もち性大麦需要をいち早く捕まえ

たい」とするニーズをとらえ、もち性大麦「北陸皮糯58号」を従来よりも短期間で育成するとともに、平成28(2016)年度中の品種登録出願と普及に移す準備を進めています。また、新潟市での「地元産大麦（ゆきみ六条・北陸皮糯58号）をキィとする生産―福祉―食品メーカー連携構築」を新潟市農業活性化研究センター・新潟薬科大学などとともに進め、生産者・実需者・障がい者の収益向上を実証したいと考えています。

### 3. 技術、市場、社会への貢献

#### ■新品種からつながる地域連携

通常の大麦がJA経由で精麦メーカーに出荷されるのに対して、「ゆきみ六条」は地域での契約栽培・加工・販売・福祉連携を通じた「地産地消型」という新たなスタイルを模索してすすめています。このため、現時点での普及面積はまだ小さいのですが、新潟市では、もち性新品種とのシナジー効果も含めて、「従来型出荷」では得られなかった補助金に頼らずに生産者・実需者の収益を確保するという新しいビジネスモデルの展開を見込んでいます。

【平成28年1月31日 長嶺敬：中央農業研究センター畑作物育種グループ長】

問合先

中央農業研究センター 産学連携室長 (TEL.029-838-8509)

## 硝酸態窒素濃度が低いイタリアンライグラス品種の開発

飼料中に硝酸態窒素が多く含まれていると、食べた牛が硝酸塩中毒を起こして死ぬこともあります。また、高い濃度の硝酸態窒素の継続摂取では、慢性中毒を起こして死産や牛乳の収量低下も起こります。硝酸態窒素の蓄積は栽培方法によって抑えることができますが、天候不順等で思わぬ蓄積も起こります。そこで硝酸態窒素が蓄積しにくい牧草「優春」「ゼロワン」等を育成しました。育成ノウハウは種苗会社などに移転され、より有望な品種育成も今後期待できます。

### 1. 研究の背景および研究成果の概要

牛の飼料中に硝酸態窒素が多く含まれていると、それを食べた牛が硝酸塩中毒(食欲不振やふらつき、時には呼吸困難や突然死を引き起こすこともある)を起こします。硝酸塩中毒を引き起こす目安は、飼料中の乾物あたり濃度で0.2%とされています。また生産現場ではこの値を下回るものの、比較的高い濃度の硝酸態窒素を含む飼料を牛が継続的に食べることにより引き起こされる慢性中毒(流産や胎児の異常、乳量や成長への影響)も指摘されています。飼料作物への硝酸態窒素の蓄積は通常、適切な施肥管理や最適な収穫時期を守ることにより低く抑えることができます。しかし実際の生産現場では堆肥の投入量が多すぎたり、天候不順等があったりすると、硝酸態窒素が蓄積してしまう場合があります。

そこで自給飼料中の硝酸態窒素による牛への悪影響を少なくするため、平成9(1997)年に硝酸態窒素を蓄積し



共同研究により育成された品種一例

にくい牧草(イタリアンライグラス)の品種育成に着手し、幼苗を利用して硝酸態窒素の蓄積程度を検定する方法を開発しました。平成17(2005)年には、この方法を利用して、硝酸態窒素濃度が低いイタリアンライグラス品種「優春」を茨城県畜産センター、雪印種苗(株)と共同で育成しました。その後、さらに硝酸態窒素を蓄積しにくい特性を持つ育種素材を開発し、これを利用することで、平成26(2014)年までに「LN-IR01(商品名:ゼロワン)」「SI-14(商品名:タチュウカ)」「JFIR-20(商品名:うし想い)」の3品種を育成しました。

### 産学官連携活動について

#### (1) 出口を見据えた研究テーマの設定

##### ■飼料作物に硝酸態窒素をできるだけ蓄積させないための研究

研究を開始した当時の研究室では、堆肥や窒素肥料を多く与えた栽培条件においても、飼料作物中に硝酸態窒素をできるだけ蓄積させないための研究に取り組んでいました。その中で、トウモロコシでは収穫適期に収穫することにより、硝酸態窒素濃度を0.2%以下に抑えられ、加えて硝酸態窒素濃度が低い品種を利用することで、より硝酸態窒素濃度を低減できることを明らかにしました。

一方、イタリアンライグラスでは、「ワセアオバ」という品種が他の品種と比べて硝酸態窒素を蓄積しにくいことを見出しました。しかしながら、「ワセアオバ」には収穫前に倒れやすいという欠点がありました。倒れてしまうと、収穫ロスが増えたり、作業時間が長くなったりするなど、収穫作業にとって大きな妨げになります。

さらに、この品種を利用しても、栽培条件によっては硝酸態窒素濃度が 0.2%以上になる場合が多く見られました。そこで「ワセアオバ」より倒れにくく、硝酸態窒素濃度が低いイタリアンライグラスの育成に取り組むことにしました。

## (2) 共同研究の開始までの取組について

### ■ 硝酸態窒素濃度が低いイタリアンライグラス系統の育成方法の開発

イタリアンライグラスは、収穫適期である出穂期(穂が出る時期)の特性が重要なので、育成の過程ではこの時期に特性を評価します。特性評価のために収穫した後の株からは再び葉や茎、穂が生えてきますので、選び出した個体を用いて交配することができますが、収穫後、再び穂が生えてくるまでは1ヶ月しかありません。そのため、出穂期に収穫した個体の硝酸態窒素濃度を評価して、その結果に基づいて個体を選び出し、交配を行うことは時間的に非常に困難でした。そこでこの問題を解決するために、幼苗の時期に収穫した個体の硝酸態窒素濃度を評価することで代用できないか、検討することにしました。

幼苗期(種をまいてから1ヶ月程度)と出穂期の硝酸態窒素濃度を比べたところ、幼苗期に硝酸態窒素濃度が低い個体は、出穂期においても硝酸態窒素が低いことがわかりました。そこで、倒れにくい品種の「ニオウダチ」を材料として幼苗期の硝酸態窒素濃度が低い個体を選び出しては、それらの個体どうしを交配させることを3回繰り返した結果、出穂期の硝酸態窒素濃度が「ニオウダチ」より40%低下した系統が得られ、この方法が有効であることが確認されました。そこで平成13(2001)年から畜産研究部門は当時イタリアンライグラスの育成を行っていた茨城県畜産センターと共同で硝酸態窒素濃度が低いイタリアンライグラス品種の育成を開始しました。この取組について、学会発表等を通じて紹介したところ、雪印種苗(株)から共同育成への参画の希望があり、平成15(2003)年から畜産研究部門、茨城県畜産センター、雪印種苗(株)の3者による共同育成に発展しました。

## (3) 共同研究開始後の製品化までの取組について

### ■ 「優春」の育成

共同育成に際して、畜産研究部門と茨城県畜産センターがそれぞれ育成した材料を利用し、交配や特性の評価は茨城県畜産センターを中心に、畜産研究部門、雪印種苗(株)が分担して行いました。この共同研究により育成された「優春」は平成17(2005)年に品種登録出願された後、平成20(2008)年秋から雪印種苗(株)が販売を開始しました。「優春」は雪印種苗(株)のカatalog等により、積極的に広報がなされるとともに、早急に現場への普及を促進する重要な品種として農林水産省の「農業新技術2011」に選定されました。

しかしながら「優春」の硝酸態窒素濃度は、堆肥や窒素肥料を多く与えた栽培条件では、「ワセアオバ」と同じかやや低い程度であり、さらに硝酸態窒素濃度が低い品種の育成が望まれました。

### ■ 「イタリアンライグラス中間母本農3号」の育成

「優春」の育成後、畜産研究部門は堆肥や窒素肥料を多く与えた栽培条件の硝酸態窒素濃度が「優春」より30%以上低い品種「イタリアンライグラス中間母本農3号(以下、「農3号」)を育成しました。「農3号」は市販品種と比べ標準的な施肥条件での生育がやや劣りますが、「農3号」と市販品種を交配させた、子ども世代の硝酸態窒素濃度は、両親のほぼ中間の値となりました。これは硝酸態窒素濃度が低いという特性が子ども世代に伝わることを示しているため、「農3号」を片親として利用することで「優春」より硝酸態窒素濃度が低いイタリアンライグラス品種を容易に育成できると考えました。



## ■ 「LN-IR01」「SI-14」「JFIR-20」の育成

畜産研究部門は「硝酸態窒素濃度が低いイタリアンライグラス」を生産現場に広く普及させることが重要であり、そのためには牧草の品種開発を手がけている種苗会社と共同で品種開発を行うことが普及への早道と考えました。このため、平成 20(2008)年に日本で牧草の品種開発を手がけている主な種苗会社(雪印種苗(株)、カネコ種苗(株)、タキイ種苗(株))を対象に「農 3 号」の説明会と圃場見学を畜産草地研究所で開催しました。これが契機となり、平成 20(2008)年から平成 21(2009)年にかけて 3 社全と「農 3 号」などを利用した硝酸態窒素濃度が低いイタリアンライグラス品種の共同育成を始めることができました。そして平成 25(2013)年に「LN-IR01」(カネコ種苗(株)との共同育成)、平成 26(2014)年に「SI-14」(雪印種苗(株)との共同育成)と「JFIR-20」(タキイ種苗(株)、(社)日本草地畜産種子協会との共同育成)を品種登録出願しました。「LN-IR01」は平成 26(2014)年秋からカネコ種苗が「ゼロワン」の商品名で、「SI-14」は平成 27(2015)年秋から雪印種苗が「タチユウカ」の商品名で、「JFIR-20」は平成 27(2015)年秋からタキイ種苗が「うし想い」の商品名で販売を開始しました。

### 3. 今後の研究、技術移転の方向性について

幼苗期の硝酸態窒素濃度が低い個体を選び出し、それらの個体どうしを交配させる方法は、品種育成の効率化に非常に有効でした。この方法のノウハウは、一連の共同育成を通じて種苗会社などに移転されていることから、今後は種苗会社が自身で低硝酸態窒素の特性を持つ個体を選び出すことができると期待しています。

「LN-IR01」「SI-14」「JFIR-20」は現在、育成した種苗会社だけでなく県等の公設試験研究機関においても栽培試験が行われています。こうした試験結果を積み重ねることで、これら品種の優良性や様々な地域への適応性が確認されると期待しています。一方、栽培条件によっては、これらの品種でも硝酸態窒素濃度が硝酸塩中毒の目安を上回る場合があります。生産現場に対して適切な施肥管理を行うことを呼びかける必要があります。また、さらに硝酸態窒素濃度が低い品種の育成を検討しています。

イタリアンライグラスについては硝酸態窒素以外にも特定の成分の濃度や病気に強い性質などについても改良を求められています。これまで育成してきた硝酸態窒素濃度が低い品種に、このような特性を付与することで、より生産現場に利益をもたらす品種を提供できると考えています。

### 4. 技術、市場、社会への貢献

これらのイタリアンライグラス品種を利用することで、牛の硝酸態窒素の摂取量をこれまでの品種より減らすことができるため、牛の硝酸塩中毒に対する生産現場の心配を減らすとともに、自給飼料生産の基盤強化に少しでも貢献できたのではないかと考えています。

【平成 27 年 6 月 29 日 川地太兵：畜産研究部門主任研究員】

【平成 29 年 8 月 7 日 (改訂) 川地太兵：畜産研究部門上級研究員】

問合せ先  
畜産研究部門 企画連携室長 (029-838-8618)



## 飛ばないナミテントウの開発と製剤化

アブラムシはウイルス病を媒介するなど、大きな被害を野菜や花、果樹にもたらします。ナミテントウはアブラムシの天敵で一日に100匹以上捕食しますが、作物上に放しても飛んでいってしまい、定着しない問題がありました。そこで飛ぶ能力を失ったナミテントウを育成、定着率を向上させることに成功しました。このナミテントウは、施設野菜類用天敵製剤(テントップ)として販売されています。

### 1. 研究の背景および研究成果の概要

#### ■ 飛ばないナミテントウの系統育成から実用化に至るまで

アブラムシは、野菜や花、果樹などの葉や茎から汁を吸いウイルス病を媒介する重要な害虫です。ナミテントウは、このアブラムシを1日に100匹以上食べる天敵であることが知られており、アブラムシ防除への利用が検討されてきました。しかし作物上に放しても飛んでいくためアブラムシ防除につながらないという問題がありました。そこで遺伝的に飛行能力を欠く系統である「飛ばないナミテントウ」を育成し、「天敵製剤(有害生物の防除のために生物を農薬として使用するもので、生物農薬とも言う)」として実用化するための研究に着手しました。平成15(2003)年より農研機構近畿中国四国農業研究センター(現 西日本農業研究センター)において、飛ばないナミテントウの系統を作出するための選抜実験を開始し、平成18(2006)年にはほぼ全ての個体の飛行能力を失った系統を育成しました。平成20(2008)～22(2010)年度にかけて、農研機構、株式会社アグリ総研、岡山大学、近畿中国四国地域の公設試験研究機関と連携して研究プロジェクトを実施しました(図1)。本プロジェクト終了後、株式会社アグリ総研が商業規模での「飛ばないナミテントウ」大量生産技術を確立して農薬の登録申請を行い、平成25(2013)年に施設野菜類用の天敵製剤(テントップ)として登録し、平成26(2014)年より販売が開始されました。

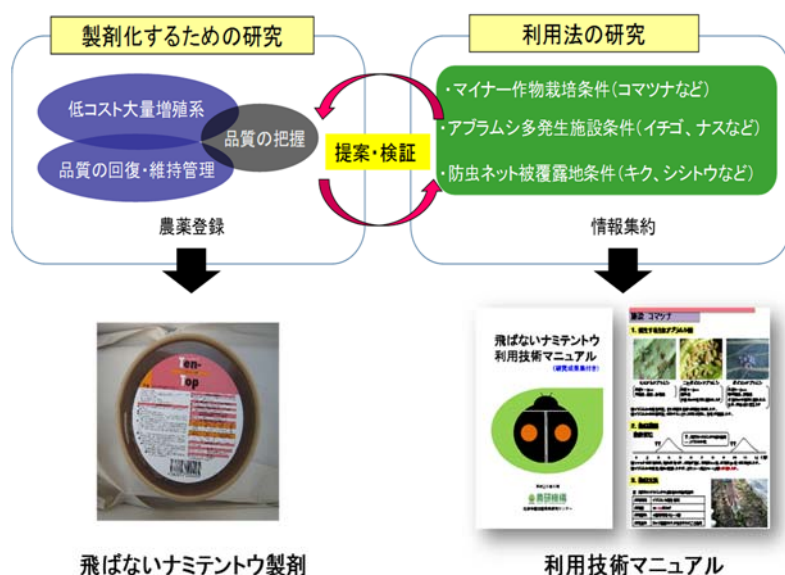


図1 「飛ばないナミテントウ」に関する研究プロジェクトの概要



図2 「飛ばないナミテントウ」の成虫(上写真)と3齢幼虫(下写真)

「テントウ」を利用する上での主な注意点としては、(1) アブラムシの発生初期に使用する。また全ての作物の株上に放すのではなく、アブラムシの発生が確認された株の上だけに放すこと、(2) 有機リンやネオニコチノイドなどの化学農薬を散布すると「飛ばないナミテントウ」は死亡するので、化学農薬の使用は控える。使用する場合は、併用可能な薬剤を使用すること、(3) アブラムシ密度が高すぎると「飛ばないナミテントウ」を放飼しても防除が間に合わないことがある。その時は事前にデンブ液剤などでアブラムシ密度を減らしてから「飛ばないナミテントウ」を放すこと、などが重要です。

その他の注意点等については、「飛ばないナミテントウ製剤」の利用法を解説した技術マニュアルに記載されており、農研機構のホームページで公開されています。

「飛ばないナミテントウ」の育成方法と品質管理法については農研機構と岡山大学で特許を取得しており（特許第 5594657 号「遺伝的に飛翔能力を欠くテントウムシの作出方法」）、株式会社アグリ総研との間で実施許諾に関する契約を締結しています。

## 2. 産学官連携活動について

### (1) 出口を見据えた研究テーマの設定

#### ■ 現場で起きている課題の把握、技術シーズの提案、実用化イメージ

アブラムシは多くの野菜類、花卉類、果樹類に寄生する害虫です。その防除は主に化学農薬によって行われていますが、アブラムシの薬剤抵抗性が発達して化学農薬が効きにくくなること、生産量が少ない作物では登録されている化学農薬が少なく防除手段が限られていることなどの様々な理由によって、農業の現場では化学農薬に替わるアブラムシの防除手段が求められています。天敵であるテントウムシを作物上にせっかく放しても作物上から飛び去ってしまうという問題は以前から指摘されており、ヨーロッパでは 1990 年代にテントウムシを飛ばなくさせることに関する研究が先行して進められていました。そこで、国内でも土着のテントウムシを対象に飛翔能力を欠く系統を育成できれば、アブラムシ防除に有効な天敵製剤として利用されるのではないかとイメージが生まれました。

### (2) 共同研究の開始までの取組について

#### ■ 系統育成から共同研究に至るまでの経緯

飛翔能力を欠く系統を育成するためには、ナミテントウの集団の中から飛翔能力の低い個体を選抜するための方法を確立する必要があります。野外から採集したナミテントウはいずれも飛べるため、飛翔能力の個体差を定量的に検出する必要があります。そこで昆虫の飛翔活性を測定するのに使用されている装置（フライトミル）を使って、一定時間あたりの飛翔距離が短い成虫を選抜し、交配させるという操作を数十世代にかけて繰り返しました。その結果、選抜を開始して 30 世代が経過する頃には、全ての個体がほぼ完全に飛翔能力を失った系統である「飛ばないナミテントウ」を確立することができました。育成された系統をビニールハウスや露地に放飼したところ、飛翔能力を持つナミテントウに比べて定着性が向上しており、アブラムシの防除に有効であることが確認されました。

「飛ばないナミテントウ」がアブラムシの防除に有効であることが確認され、学会や研究集会で研究成果を発表していくにつれて、兵庫県などの農業研究機関の研究者に「飛ばないナミテントウ」への関心を持ってもらえるようになり、利用方法等について話し合う機会が増えました。一方、飛ぶ能力を失わせることには成功したものの、選抜を繰り返すうちに系統の生存率や産卵数といった品質が低下してきていることが問題となり、岡山大学に在籍している昆虫の系統管理に詳しい先生に相談し、原因と解決方法について助言して頂きました。

「飛ばないナミテントウ」を実用化するには、天敵製剤を生産・販売する民間企業との連携が必要です。株式会社アグリ総研は、国内に生息する天敵類の製剤化・販売を事業としており、ナミテントウの成虫の翅を物理的に処理することで飛べなくしたナミトップという商品を販売していました。しかし、放した成虫は十分な防除効果を発揮するものの、次世代は飛ぶことができるので圃場内にとどまりにくく、また物理的な処理をするには成虫になるまで飼育する必要があるため、生産コストが高いことが課題となっていました。一方、「飛ばないナミテントウ」の場合、翅の処理が必要ないため、1頭あたりの生産コストが低い幼虫の段階で製剤化できること、また次世代も飛べないため長期的な防除効果が期待できるなどのメリットについて評価していただきました。

これらの機関と共同研究体制を立ち上げ、農水省の競争的資金である「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」に採択され、研究プロジェクトが始まりました。

### (3) 共同研究開始後の製品化までの取組について

#### ■ プロジェクトの共同研究体制、研究成果のPR活動

研究プロジェクトは、大きく2つの部門に分かれていました。1つは「飛ばないナミテントウ」を製剤化するための大量増殖系の構築、品質の把握および管理法の開発で、もう1つは様々な作物での「飛ばないナミテントウ」のアブラムシ防除効果の確認と効果的な利用法の開発でした(図1)。前者は近畿中国四国農業研究センター、株式会社アグリ総研、岡山大学が担当し、後者は近畿中国四国地域の公設試験研究機関(大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県、徳島県)が担当しました。これらの参加機関の内部及び機関の垣根を越えて積極的に意見交換が行われ、技術改善の提案と検証が繰り返される形でプロジェクトが進行しました。

本プロジェクトの最終年度である平成22(2010)年には、アグリビジネス創出フェアに「飛ばないナミテントウ」を出展し、社会的に広くPRすることができました。また「飛ばないナミテントウ製剤」が実用化された平成26(2014)年に、シンポジウム「飛ばない天敵による害虫防除～施設から露地への新展開～」および現地検討会「飛ばないナミテントウ製剤『テントップ』&バンカー植物『スカエボラ』～普及に向けての課題と対策～」を開催し、生産者、普及関係者、研究者間で「飛ばないナミテントウ製剤」の利用方法や露地への実用化に向けての意義や課題等について、活発な意見交換を行いました。

### 3. 今後の研究、技術移転の方向性について

#### ■ 施設での利用を促進し、露地で実用化するための新たな研究プロジェクト

「飛ばないナミテントウ」を施設で広く普及させ、さらに今後露地で実用化するには、利用コストの上昇につながる放飼頭数や放飼回数を現行より減らすための新たな技術開発が求められます。「飛ばないナミテントウ製剤」において、放飼後の即効的な効果は十分に発揮されているものの、防除効果が持続しないケースが現場で起きています。これについては、「飛ばないナミテントウ製剤」の幼虫がアブラムシ密度の低い作物株上に放されると、アブラムシを食べ尽くした後、餌不足によって死亡することが主な原因と考えられます。これまでの調査で、ブラインシュリンプ耐久卵(ブラインシュリンプ(塩水湖に生息するプランクトンの一種で「アルテミア」とも呼ばれる)が産卵する長期間の乾燥に耐えられる卵)や天敵温存植物(天敵を誘引し定着・増殖場所となる植物)など、アブラムシの代わりとなる餌資源が圃場に導入されていると、アブラムシの発生数が少ない状況でも幼虫が餓死することなく発育することが確認されています。

平成28(2016)年度より、これらの代替餌技術を開発し、利用上のコストを下げることによって、「飛ばないナミテントウ」の施設利用を促進するとともに露地へと利用の場を広げることを目的とする研究課題が「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業」に採択され、新たな共同研究体制のもとプロジェクトが始まっています。

#### 4. 技術、市場、社会への貢献

##### ■ 成果発表、報道等による社会的な周知

「飛ばないナミテントウ」の研究成果は、製剤が実用化した後、テレビ、新聞、インターネットなど様々な媒体を通じて広く紹介されました。その結果、平成 26(2014)年の農林水産研究成果 10 大トピックスの第 1 位に選定されました。また、塾のテスト問題にも使用されています。農業害虫の防除資材に関する研究成果が、これほど社会的に話題となった事例は稀有であり、本研究成果が一連の報道発表、広報、教育教材に掲載されることを通じて、天敵を利用した害虫防除の重要性が社会的に広く知られるようになったと感じています。「飛ばないナミテントウ製剤」の発売当初は、価格が高かったため販売数が伸び悩んでいましたが、製造元のアグリ総研が生産体制を改良したことにより、平成 27(2015)年 11 月に価格が半額以下になってからは生産者の方にとって入手しやすい状況になり、出荷数が増えてきています。今後、「飛ばないナミテントウ」を多くの地域で使用してもらうことにより、生産者の害虫防除にかかる負担の低減、食の安全・安心の確保、環境保全型農業の推進などに貢献できるよう、取り組みを進めて参ります。

【平成 28 年 9 月 30 日 世古智一：西日本農業研究センター主任研究員】

問合先

西日本農業研究センター 産学連携室長 (TEL.084-923-5231)



## 「高接ぎ木法によるトマト青枯病防除技術」に係る産学官連携と普及活動

トマト栽培は産地化に伴う連作によって、土壌伝播性難防除病害である青枯病の発生が問題となっています。従来の接ぎ木よりも高い位置に穂木を接ぐ高接ぎ栽培によって、台木品種の病害抵抗性を最大限に活用するとともに、廃糖蜜による土壌還元消毒と組み合わせることで、高い防除効果を得る技術を確立しました。現在では、全国で高接ぎ苗が購入できるようになりました。

### 1. 研究の背景および研究成果の概要

#### (1) 開発技術の背景

##### ■ 台木の抵抗性を十分に活用した「高接ぎ木法による青枯病防除技術」を開発

トマト栽培の産地化に伴う連作により、土壌伝染性の難防除病害である青枯病が発生し大きな問題となっています。本病は高温時に多発することから、近年の温暖化による被害の拡大も懸念されています。本病の防除法として、抵抗性台木品種を用いた接ぎ木栽培が広く普及しています。しかし、従来の慣行接ぎ木を用いても青枯病の被害を回避できないことが多く、より防除効果の高い技術の開発が求められていました。

#### (2) 開発技術の概要

高接ぎ木法は、慣行接ぎ木(接ぎ木部位:子葉上)より高い位置(同:第2、3葉上)に穂木を接いだ苗を利用することで青枯病を防除する技術です(図1)。高接ぎ木栽培を行うことで、台木品種の持つ“植物体内で青枯病菌の移行と増殖を抑制する能力”を最大限に活用し、青枯病菌による穂木の感染、発病が抑制されます(図2)。

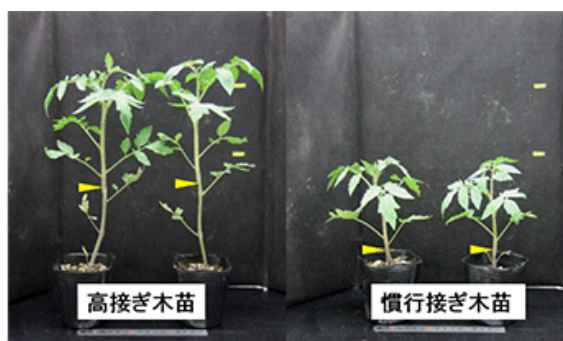


図1 高接ぎ木苗 (矢印: 接ぎ木位置)

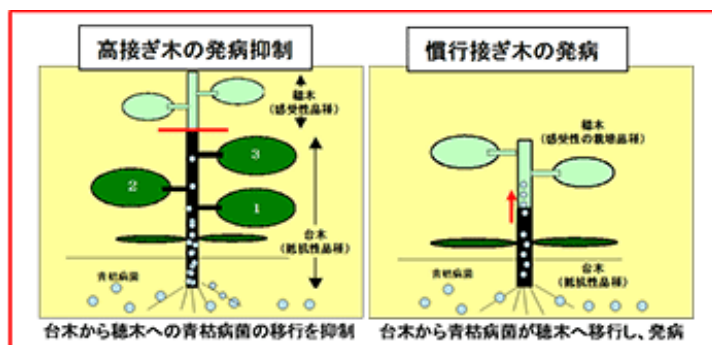


図2 高接ぎ木の青枯れ病発病抑制メカニズム

高接ぎ木法は、夏秋、促成および抑制等のすべての作型で慣行接ぎ木よりも高い青枯病防除効果が認められています(図3)。

一方、青枯病菌の密度が高い高度汚染圃場では、高接ぎ木法に深層まで消毒できる廃糖蜜(サトウキビなどの搾汁から砂糖を精製した後に残った粘状で黒褐色の液体)を利用した土壌還元消毒を組み合わせることで、高い防除効果を持続できます。また、高接ぎ木栽培による生育、収量及び収穫したトマトの品質等は、作型や栽培地域にかかわらず慣行接ぎ木を用いた場合と同等であり、栽培管理上の問題点はありません。すでに、民間企業(ベルグアース株式会社)において高接ぎ木苗の生産販売がなされており、全国で高接ぎ木苗を購入することが可能です。

### (3) 開発技術の普及状況

#### ■ 23 道県で導入、苗の生産も順調に増加

高接ぎ木栽培はこれまでに少なくとも 23 都道府県の生産者圃場<sup>ほじょう</sup>で導入されています。また、商品化された「高接ぎ木苗」(商品名:高接ぎハイレッグ苗)(図 1)は、平成 24(2012)年度に 5 万本以上生産され全国へ出荷されました。平成 25(2013)年度は、日本一のトマト生産地の熊本県だけで 4 万本近くが導入されています(全体で約 8 万本出荷)。さらに、高接ぎ木法は平成 26(2014)年度には普及技術として 7 道県の病害虫雑草防除指針(基準)等に記載されています(7 道県の夏秋、冬春トマトの作付面積は合計で 3000ha に達します)。



図3 高接ぎ木による青枯病防除効果  
半促成作型(新潟県)、  
調査日 2011 年 6 月 23 日(定植 2 月下旬)

## 2. 産学官連携活動について

### (1) 出口を見据えた研究テーマの設定

#### ■ 普及を念頭に苗生産企業の参画を図る

トマトの生産現場では、慣行接ぎ木栽培で青枯病被害が頻発しており、それに対応した技術の開発ニーズを把握したことから、高接ぎ木栽培による青枯病総合防除技術を全国のトマト生産者(地域)に普及させるべく研究を開始しました。

また、近年トマト栽培においては購入苗の使用が主体となっていることから、苗生産企業による高接ぎ木苗の生産供給システムの開発が技術の普及には必要であると考えました。

以上のことを踏まえ、事前にフィージビリティスタディ(FS:実行可能性調査)を行いました。「高接ぎ木」技術を生産現場に普及させていくためには、青枯病防除の防除効果の実証、土壌還元消毒と組み合わせた総合防除技術の開発及び、高接ぎ木苗の生産供給システムの構築が必須であるという結論に至りました。

### (2) 具体的な協力・連携開始までの経緯について

#### ■ 関係のなかった企業にも生産現場のニーズを把握し必要性を説明

技術の普及には、大規模な実証試験により効果が確認されていることが重要となります。このため、高接ぎ木法及び廃糖蜜による土壌還元消毒、米ぬかによる土壌深耕還元消毒等の予防的措置についての技術蓄積のある公立機関と連携しました。これらの公立機関を共同研究機関に選定するに当たり、トマト青枯病の防除や土壌還元消毒技術について研究蓄積のある担当者に直接プロジェクトへの参画を要請しました。

全国的な技術の普及に関しては、接ぎ木苗生産企業の参画が極めて重要となりますが、苗生産企業は地域に密着した小規模なものがほとんどを占めています。また、中央農業総合研究センターや上記共同研究機関の担当者は、苗生産企業に接点が多かったことから、全国展開し技術力があり、かつ農林水産省等の公的資金を利用した研究実績のある苗生産企業を候補として選定しました。その後、選定した企業の本社事業所に出向いて開発責任者へプロジェクトの詳細を直接説明し参画を要請しました。

「高接ぎ木苗」は子葉の上で接ぐ「慣行接ぎ木苗」に比べ生産コストがかかることから、当初はプロジェクト参画を断られる可能性が高いと考えていました。しかし、苗生産企業としても慣行接ぎ木苗でも防除しきれない場合に生産者へ提案する青枯病に強い新しい商品の開発を必要としており、参画の了解を得ることができました。



### (3) 連携開始後の課題及び普及のための取組について

#### ■ 普及センター、JA と連携して技術の定着を図る

事業では高接ぎ木苗の実用化、現地での高接ぎ木栽培の普及を最優先の目標とし、その目標に向け参画機関間の連携をはかりプロジェクトを推進しました。高接ぎ木苗の生産供給システムの確立のため、苗生産企業で作製した苗を用いて各地で実証試験を行うとともに、トマト生産者や試験担当者(病害、栽培)からの接ぎ木苗の品質評価を行い、この評価結果を苗生産企業の生産担当者にフィードバックして「高接ぎ木苗」の商品化を目指しました。また、現地で接ぎ木と組み合わせることが可能な土壌還元消毒等を主体に総合防除技術の開発を進め、地域に適応した導入マニュアルの作成を行いました。

このようにして商品化された高接ぎ木苗は、苗生産企業の営業を通じて全国的な普及が行われています。また、普及マニュアルは「高接ぎ木法によるトマト青枯病総合防除」として公表しました。このほか、研究担当者による普及成果情報の公表や研究会、新聞、商業誌、普及誌等での発表等を積極的に行いました。さらに公立研究機関、普及センターおよびJA と共同で生産者圃場に高接ぎ木栽培を導入し、防除効果及び栽培特性の評価を実施しました。これに加え、ロコミでの広がりを受けて県の病害虫雑草防除指針(基準)を通じた地域への普及活動を行いました。特に農業団体等の発表会では高接ぎ木技術の発病抑制メカニズム、実証事例、栽培特性や組み合わせる土壌消毒技術等を紹介するとともに本技術の優位性や限界を説明し、総合防除体系(IPM)の中での利用を強調するようにしました。

### 3. 今後の研究・普及の方向性について

#### ■ 研究成果をナス科野菜の総合防除技術に発展

作物の抵抗性を利用した「接ぎ木」は環境保全型の病害防除技術であり、農薬などと異なり栽培特性等に問題なければすぐに生産現場に導入、普及できる技術です。「高接ぎ木」のプロジェクトを進める中で、トマト、ナス、ピーマンのナス科野菜の生産現場では、青枯病に加え他の土壌病害の被害が大きな問題となっており、それに対応した防除技術の開発の必要性を感じました。このため、平成 25(2013)年度から台木品種の土壌病害抵抗性を最大限に活用した「新しい接ぎ木法」による複合病害防除技術の開発を行っています。

### 4. 技術、市場、社会への貢献

トマトは年間生産額が約 2,000 億円で、米に次いで第 2 位の生産額を誇る重要作物であり、リコピン等の機能性成分を含む食品としても注目を集めています。このトマトの安定生産にとって、青枯病は最も大きい阻害要因となっています。高接ぎ木法による青枯病総合防除技術は、持続的かつ環境保全型の防除技術としてトマトの安定生産や安全・安心な生産物の供給に大きく貢献するものです。また本法は、高接ぎ木苗を圃場に移植するだけで青枯病防除効果が得られる技術であり、生産者の高齢化が進む中で民間企業による「苗の生産供給」とともに省力化、軽作業化に大きく寄与すると考えています。

【平成 26 年 7 月 28 日 中保一浩：中央農業総合研究センター主任研究員】

【平成 29 年 7 月 28 日 (改訂) 中保一浩：野菜茶業研究部門病害ユニット長】

問合先  
中央農業研究センター 産学連携室長 (TEL.029-838-8509)

## ダブルアーチ補強技術などを用いた次世代型パイプハウスに関する 産学官連携・普及活動

日本の施設園芸面積の8割が鋼管パイプを骨組みとしたパイプハウスですが、台風の大型化や資材の高騰などに対応するために、園芸用施設をより丈夫にすることが求められています。そこでダブルアーチ構造のパイプハウスに取り付ける簡易な補強部材を開発し、風速 35m/s にも耐えられるようにしました。また、多層断熱被覆資材を用い保温性の向上も達成しました。より一層丈夫な超低コスト耐候性ハウスも開発され、暖房費用が最大7割減少する技術も加わり、今後の普及が期待されます。

### 1. 研究の背景および研究成果の概要

#### ■ 「日本型日光温室」の提案による高強度・高断熱パイプハウスを開発

近年の台風の大型化による自然の脅威や原油価格の高騰などの社会的要因から、園芸用施設を強く・丈夫にすることや省エネ・低コスト化を図ることが一層重要になっています。しかしながら、わが国の施設園芸面積の約8割は依然としてパイプハウス（鋼管パイプを骨組としたビニールハウス）が占めており、これらを対象とした技術開発は、パイプハウスが広く普及した四半世紀前に比べて大きな進展はみられていません。そこで、パイプハウス自体のバージョンアップを図り、保温性を最大限に高めるため、「日本型日光温室」というコンセプトで、民間企業、大学および公設試験研究機関が協力して技術開発に取り組みました。

パイプハウスの強度を高めるために、アーチ部分を二重にするダブルアーチ構造に取り付ける簡易な補強部材を開発しました（図1）。これにより、アーチパイプ間隔を従来の0.5mから1.5mと3倍に広げても風速35m/s（小枝が折れたり、風に向かって歩けないような風）に耐えられる強度が得られます。

保温性の向上については、従来の保温用被覆資材と比べて2～3倍の高い断熱性を有す多層断熱被覆資材（布でポリエステル綿などを挟んだ布団のような形状の資材。以下、「布団資材」とする）を内張りとすることで実現できました。また、東西に長いハウスの北側面に水蓄熱構造（水の入ったチューブ

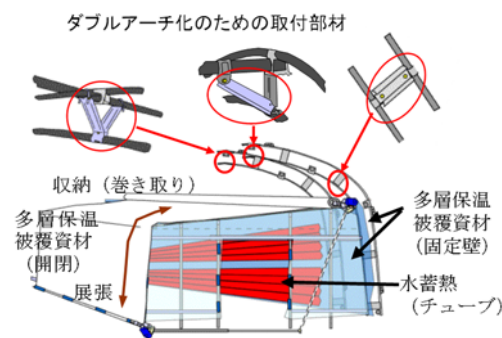


図1 ダブルアーチ構造の概要

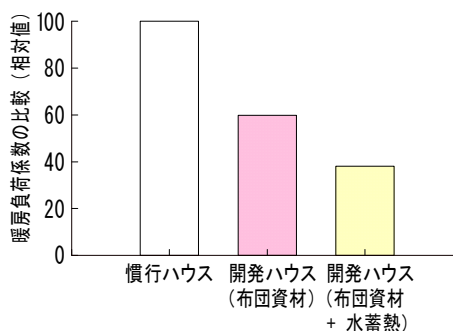


図2 布団資材と暖房負荷軽減

から、夜間に熱がハウス内へ戻されることで、暖房を設置するもの。日中に暖められたチューブ内の水を補助するような働きをする)を組み込むことで、慣行の2重被覆ハウスの3分の1にまで省エネ化が図れることも実証しています(図2)。

## 2. 産学官連携活動について

### (1) 出口を見据えた研究テーマの設定

#### ■ わが国の8割を占めるパイプハウスに活用できる技術開発

西日本農業研究センターにおいては、当時の四国農業試験場であった20年ほど前から中山間地域の狭くいびつな傾斜畑や棚田に適用できる建設足場資材を利用した園芸ハウスを開発してきた経緯があります。そのハウスは、軒を高くすることで換気性に優れた構造を実現するなど、農家が自らハウスを建てる上で有用であることを明らかにしました。

また、人家が被害を受けるような風である風速50m/sにも耐えられるだけでなく、従来よりも3割以上の低コスト化が図られた「超低コスト耐候性ハウス」が当時の野菜茶業研究所を中心に開発され、平成19(2007)年には市販化に至りました。これらの鉄骨により補強された高強度ハウスについては一定の普及が進みつつあるものの、依然として国内では多くの従来型パイプハウスが利用されている実態に変わりはありません。

一方で、わが国の施設園芸の面積は平成12(2000)年頃から減少に転じて、現在約5万haの水準にあります。現状の施設園芸作物の生産水準を維持するためには、既存パイプハウスの構造強化(リノベーション)に役立つ技術開発が今後不可欠であると考えられます。また、A重油などの燃油価格は平成19(2007)年の高騰以降も高い水準にあり、省エネ技術の開発も合わせて取り組む必要があることから、平成20(2008)年以降様々な情報を収集するとともに共同研究の可能性を模索することになりました。

### (2) 共同研究の開始までの取組について

#### ■ 海外事例調査、シンポジウムや展示会を活用した情報収集と共同研究組織化

平成20(2008)年8月、NPO法人の中四国アグリテック(産学官連携のためのコーディネート機関)が企画した韓国視察で韓国農村振興庁園芸研究所等を訪問し、前述した布団資材の多層被覆が主要温室の標準装備として導入されている状況を見学しました。



写真1 中国瀋陽市内の日光温室

同年12月には園芸用施設資材メーカーの企画した中国視察において、瀋陽農業大学や中国農業大学を訪問し、多種多様な「日光温室」(China Solar Greenhouse)を見学する機会を得ました。この「日光温室」は、夜間に-30℃まで冷え込む過酷な気象条件でも、ハウス内を暖めずに0℃以上の温度を維持できる優れた特性を有しています(写真1)。平成21(2009)年3月にはこれらの視察も踏まえて、農研機構が主催するシンポジウムに韓国・中国からの話題提供者も招いた上で、地域資源活用や省エネ・低コストの観点で

の新たな施設園芸生産のあり方を討議しました。これらの経験を踏まえ、翌年度の農林水産省の「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」に民間企業、大学、公設試験研究機関とグループを組んで応募・採択され、研究を開始することができました。

### (3) 共同研究開始後の製品化までの取組について

#### ■ 現地実証に重点を置きつつ、民間企業と研究所・大学間の効果検証研究を推進

研究を始めるにあたり、中国の「日光温室」の特長である、高い保温性能の確保を、パイプハウスで実現する方策を検討しました。ハウスはダブルアーチ構造で強化しアーチパイプの間隔を広げることで、南面からの日射の取り込みを最大化できるように考えました。布団資材（図中の高断熱資材）については、日本の冬季の突風なども考慮し、ハウス内部に設置することにしました（図3）。これらの検討もとに、構造強化と保温性向上を両立したパイプハウス「日本型日光温室」の開発をテーマに研究に着手しました。

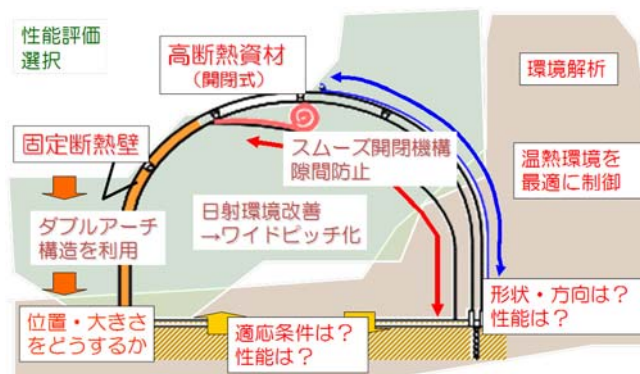


図3 日本型日光温室の構想図

研究では、公設試験研究機関と共同で、同サイズの「日本型日光温室」と慣行のビニールを二重に張ったパイプハウスを並べて設置し、ミニトマト、キクの栽培実証試験を行い、省エネ効果を同一立地条件で比較したところ、暖房燃料使用量を最大で7割減らすことができることを明らかにしました。また、使用した布団資材の断熱性やハウスの保温性の評価においては、複数の大学の協力を得ることができました。

民間企業とは、開発された補強部材を実証ハウスで使用するとともに、所内に、実物大の模型を作り強度の検証を行いました。

このほかにも、普及指導機関と協力して、現地の花き生産農家の既存ハウスを用いてアーチパイプを最大限に活用してダブルアーチ化を図るリノベーションの実証なども行いました。

### 3. 今後の研究、技術移転の方向性について

#### ■ 布団資材の国産化、用途拡大に向けた取組

現在、補強部材は共同研究機関（民間企業）で製品化され、4万個以上が販売されており、成果を活用したハウスは北海道から九州まで全国各所で建設されています。また、復興庁と農林水産省が実施する「食料生産地域再生のための先端技術展開事業」では、平成25（2013）年度から耐雪性に留意したダブルアーチ構造の実証や寒冷地における保温性能検証を実施し、これらの成果を踏まえた「日本型日光温室導入支援マニュアル」を平成28（2016）年4月から西日本農業研究センターのホームページ上で公開しました。

一方で、布団資材については中国や韓国からの輸入資材で対応しているのが現状です。農林水産省の「燃油価格高騰対策緊急事業」においても一部布団資材が導入されるなど、普及の一層の拡大が期待される中で、布団資材の国産化と取扱性向上などの用途拡大に関する技術開発が求められています。現在、複数の素



材メーカーが、収束性に優れた資材や新たな機能を付与した資材の試作に取り組んでおり、現在までに3社が新資材を上市しています。

西日本農業研究センターには、被覆資材の断熱性を測定する装置（熱貫流係数測定装置、平成25（2013）年整備）があります。これにより、メーカーが試作した資材の性能評価を客観的に行うことで開発のスピードアップが図られるとともに、布団資材の省エネ性能の基準づくりを効率よく進めることが可能となりました。

#### 4. 技術、市場、社会への貢献

##### ■ 中山間地域をはじめ幅広く施設園芸の高度化に貢献

施設園芸といえば、植物工場をイメージされる方が多いかと思いますが、植物工場がわが国の園芸作物生産の主流となるためには、まだまだ多くの研究や時間が必要です。一方で、中山間地域は高齢化がいち早く進行していることから、地域振興の観点からも高い収益が得られる施設園芸に対しては、誰もがすぐに使える低コストで安定生産可能な技術が求められており、本研究もそれらの要望に応えられる技術の一つとして普及を進めていければと考えています。

【平成28年9月30日 長崎裕司：西日本農業研究センター産学連携室長 兼 産学連携コーディネーター  
川島浩樹：西日本農業研究センター傾斜地野菜生産グループ長】

問合せ先

西日本農業研究センター産学連携室長（TEL.084-923-5231）

## 直播向き水稻品種「萌えみのり」の鉄コーティング直播栽培における 産学官連携と普及活動

暖地向け技術だった鉄コーティング湛水直播を東北でも利用可能にするため、山形県で開発された「密封式」鉄コーティングを利用することで、芽が膨らみかけた状態で水稻直播を行える技術を確立しました。鉄コーティング種子は重量があるので、散布機や産業用ヘリによって水田表面に種まきができ、省力化につながります。しかし表面播種により株元が浅くなり倒伏しやすい欠点があるので、倒れにくい多収・良食味米「萌えみのり」を利用することによって技術の定着をはかりました。

### 1. 研究の背景および研究成果の概要

#### ■ 生産コスト低減を目指し「萌えみのり」を用いた鉄コーティング湛水直播栽培技術を開発

日本農業の国際競争力強化の必要性が指摘される今日、米生産を担う現場からは、水稻作の省力化、低コスト化、安定多収化を実現する技術が求められるようになってきました。このような背景から、鉄コーティング湛水直播栽培技術と、直播適性があり多収で良食味的水稻品種「萌えみのり」を組み合わせ、省力・低コストで米生産を行うことのできる水稻栽培技術の開発を行いました。

鉄コーティング湛水直播栽培とは、背負式動力散布機や産業用無人ヘリ、専用点播機等を利用し、鉄粉でコーティングした稲の種子を直接水田に播種する栽培方法です(図1)。この技術によって、育苗作業が省略されるため農家の労働時間は慣行栽培の40%に短縮でき、生産コストの低減が可能になりました。また、水稻の表面播種で問題となっていた、種籾が鳥に食べられてしまう鳥害や出芽時の浮き苗の発生も軽減できるようになりました。



図1 鉄コーティング湛水直播栽培の概要

### 2. 産学官連携活動について

#### (1) 出口を見据えた研究テーマの設定

#### ■ 温暖地向けの技術を寒冷地に応用

鉄コーティング湛水直播栽培は元々温暖地で開発された技術で、出芽が遅いという欠点から、気温の低い東北地域には向いていないと考えられてきました。しかし、山形県で開発された「密封式」鉄コーティング(鉄コーティングした種籾を密封保存する方法)を利用することにより、鳩胸状態(浸漬した種籾が発芽・発根を始めた状態)での播種が可能になったため、出芽遅延の問題は解決できました。播種方法に関しては当初、乗用管理機を播種、施肥、防除と多目的に使用する計画でしたが、轍が深くなり、車輪が沈んで走行不能になるなどの問題が発生し



ました。そこで、ある程度地域に普及していた無人ヘリを用いた播種方法に切り替えました。その後は、専用点播機による播種技術の開発にも取り組んでいます。

## (2) 具体的な協力・連携開始までの経緯について

### ■ 直播向け品種を選定し倒伏を克服

研究を進めるにあたっては、まず稲育種と水田雑草の研究者と連携しました。

鉄コーティング直播栽培は表面播種で株元が土に埋まらないため、株元を土に埋め込む移植栽培に比べて、登熟すると穂の重みで稲が倒伏しやすいという欠点がありました。これをカバーする一つの手だてとして、倒伏しにくい品種の導入があります。東北地域向け直播用水稲品種「萌えみのり」は稈長が短く、倒れにくいのが大きな特徴であり(図2)、この品種を導入することで、現地実証試験では安定した生産量を得ることができるようになりました。



図2 直播栽培の登熟期の様子

さらに、新品種を現地実証試験に用いる上で、収穫した米の引受先を見い出すことが大変重要であるため、育種研究者はサンプルを米の実需者に送るなどして、販路の開拓を行いました。また、「萌えみのり」に興味を持ってくれた生産者や実需者には、育種研究者が「ひとめぼれ」より10%多収かつ同程度の良食味であるといった品種の特性を説明し、私が鉄コーティング直播栽培に向く品種であることを説明することで、「萌えみのり」と鉄コーティング直播栽培を組み合わせると低コストで米生産ができることを理解してもらうよう努めました。育種研究者と連携しながらのこうした積極的な情報発信により、生産者は実証試験で安心して「萌えみのり」を生産してくれるようになりました。

また、ほ場で種子から生育させなければならない湛水直播栽培において、初期生育時の雑草との競合は大きな課題でした。この問題は水田雑草の研究者と連携し、入水や除草剤散布のタイミング等を工夫することにより、除草体系を確立することができました。

鉄コーティング播種の方法については、無人ヘリ請負事業を行っている企業ならびに専用点播機メーカーと連携して技術開発を行い、現在も協力して鉄コーティング直播栽培の研究に取り組んでいます。

## (3) 連携開始後の課題及び普及のための取組について

### ■ 現地指導と2種類のマニュアルで普及を後押し

東北農業研究センターには、研究成果の普及促進を目的とした「出前技術指導」という制度があります。これは生産者をはじめとする農業関係者や実需者らの要望に応じて、東北農業研究センターの開発技術を開発した研究者本人が現地に出向いて直接指導する制度です。平成20~25年度(2008~2013年度)にかけて「鉄コーティング直播栽培」に関する「出前技術指導」の要請は28件あり、岩手県、宮城県、秋田県に出向きました(図3)。現地で講演会や見学会を開催し、技術指導や技術相談を行うことにより、鉄コーティング湛水直播栽培に取り組んでくれる生産者が増えてきました。また、生産者の声を直接聞くことができるため、生産者ニーズの把握に役立ちました。平成23(2011)年12月には、岩手県盛岡市で産学官交流シンポジウムを開催し、生産者を中心に農協、行政、普及、企業等の関係者約400名が参加しました(図4)。産・学・官の立場の異なる参加者が集まり議論する

場を設けたことによって、「鉄コーティング水稲直播栽培」についての情報交換が促されると同時に、各研究組織が個別に有していた「鉄コーティング水稲直播栽培」に関する技術情報を体系化し、技術を安定して活用してもらうための技術マニュアルを作成することが課題として挙がりました。



図3 出前技術指導の様子（左：相談会 右：現地検討会）



図4 産学官交流シンポジウムの様子

そこで、シンポジウム開催後に早速技術マニュアルの作成に取り掛かりました。生産者が技術に難しい印象を持たないよう、鉄コーティングの方法から収穫までを農作業の流れに沿って平易な言葉で解説し、図や写真を多く活用して視覚に訴えるよう工夫しました。平成23年度に冊子マニュアル「直播向き水稲品種『萌えみのり』の鉄コーティング直播栽培マニュアル」が完成し、東北農業研究センターのWEBサイトに掲載するとともに、改訂版を含め平成26(2014)年1月までに2,700部を生産者等に配布しました(図5)。

さらに平成25(2013)年度には、動画DVDマニュアル「完全マスター！」

湛水直播栽培のための水稲種子の鉄コーティング方法」を制作し、申込者

に対し無料で配布しています。このDVDマニュアルは東北農業研究センターのWEBサイト及びYouTubeでも閲覧が可能です。DVDマニュアルは文字、写真、図だけでは表現できない作業手順を映像で説明できるので、冊子マニュアルと併用すると、技術に対する理解をより効果的に促すことができます。このように「鉄コーティング直播栽培」の関連技術を体系化した、文字と映像の二つのマニュアルを通じて、生産者は作業手順を容易にイメージできるようになり、技術導入に弾みをつけることができました。

### 3. 今後の研究・普及の方向性について

#### ■ 新技術との融合で品種の導入に弾み

今後は、苗立ちの向上、除草体系の改良、耕起等のほ場準備作業の高能率化、強風による吹き寄せ対策など、残された技術課題を生産者、実需者、機械メーカーならびに各県の公設試と連携して解決したいと考えています。

技術の普及に関しては、実需者と契約栽培をしている産地の現地指導に重点を置き、技術導入者に対する細やかなサポートを通じて、成功例を積み上げていくことが普及拡大の近道だと考えています。また、これまで同様、見学対応や出前技術指導等を積極的に受け入れ、この技術をできるだけ多くの方に紹介していく活動も続けていきたいと思ひます。



図5 栽培マニュアル  
(Ver.1.4 配布中)

#### 4. 技術、市場、社会への貢献

「萌えみのり」は平成26年現在、秋田県など5県で産地品種銘柄になっています(図6)。「萌えみのり」の活用により、鉄コーティング湛水直播栽培で安定した収量を確保することができるようになりました。産地品種



図6 秋田の「萌えみのり」

銘柄である「萌えみのり」とセットで直播技術を紹介することにより、生産者は湛水直播栽培を導入しやすくなったと思います。特に田植機を更新できない高齢者や小規模経営の生産者には、機械導入コストがかからない無人ヘリによる鉄コーティング播種の受託事業が好評です。

「萌えみのり」は業務用米として、米卸業者から引き合いがあります。実需者や消費者のニーズに応えられるよう生産量を増加させていきたいと思っています。

【平成26年7月28日 白土宏之：東北農業研究センター主任研究員】

問合先

東北農業研究センター 産学連携室長 (TEL.019-643-3407)



## 日射制御型拍動自動灌水装置の開発と普及

必要な商用電源や十分な水が得られない中山間地や、作付け地を年毎に移動させる輪作地などで、露地野菜生産を安定して高めるために、場所を選ばずに設置でき、移動可能な養液土耕装置を開発しました。必要な電力は太陽電池を利用し、水はタンクに貯水して一定量ずつ配水します。貯水タンクに肥料を溶かすことで、ピーマン栽培では、施肥量を3割削減し、収量を2割上げることができました。他の作物にも応用がすすんでいます。

### 1. 研究の背景および研究成果の概要

#### ■ 露地野菜栽培農家が扱いやすく、安定的に高収益が可能な養液土耕装置を開発

##### (1) 開発技術に関する問題状況

中国四国地域の耕地面積に占める中山間地域の割合は60%(全国:約38%)と高く、小規模な経営が多数を占める中で、水田の規模拡大が難しいため収益性の高い露地野菜への転換を進める農家も増えています。

このような中、露地野菜生産を安定して高めるため、施設栽培で多く用いられる養液土耕栽培の導入が有効と考えられましたが、中山間地域では必要な商用電源や十分な水圧・水量を得られない場所が多くあります。また、土壌病害による被害を抑えるため、露地野菜の収穫後は水田作に戻す輪作体系をとるなど、年毎に作付け地を移動することも多いため、農家が設備を簡単に移動でき、設備投資は短期間で償却できることが必要となります。

そこで、省力・低コスト・多収・高収益を兼ね備え、農家が扱いやすく場所を選ばずに移動可能な養液土耕装置を開発しました。

##### (2) 開発技術の概要

本技術は、商用電源がなくても動くように太陽電池を利用するとともに、水路を流れる小流量の水でも利用可能となるよう、少しずつ貯水し、一定量の水がたまると一度に排水する水洗トイレのような仕組みを採用しています。小さな太陽電池で動く直流ポンプで灌水面より高い位置にある貯水タンクに揚水し、水位が上限の水位センサーまで達すると、信号が送られて電磁弁が開き、配水が始まります。その後、下限センサーまで水位が低下すると、再び信号により電磁弁が閉鎖し、再度貯水が始まる仕組みとなっています。貯水タ

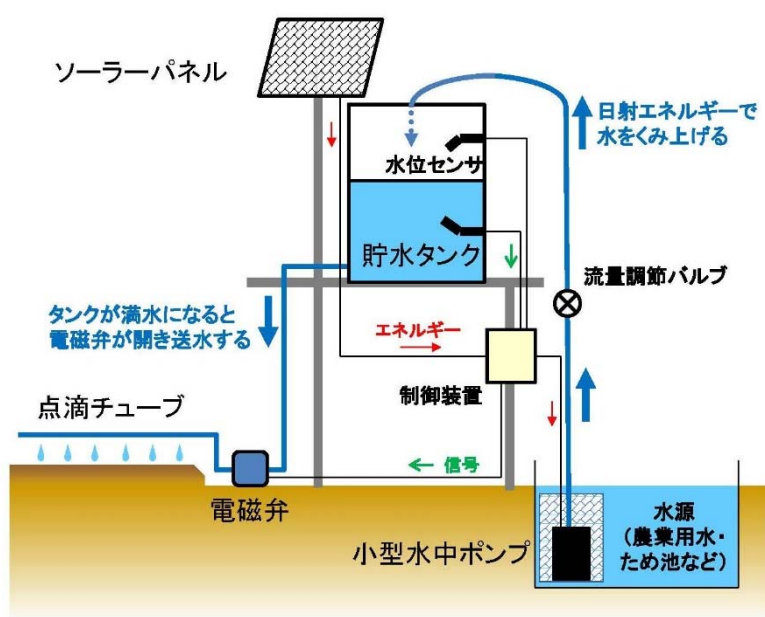


図 日射制御型拍動自動灌水装置の模式図

ンクに肥料を溶かせば、簡易の養液土耕装置として使え、また、太陽電池で稼動するポンプが揚水を続ける限り、貯水と配水を繰り返します。当然、夜間はポンプが停止し、曇天や雨天時にはポンプの出力が落ちるため、日射量に応じた灌水が行われます。この技術は「間欠式自動灌水装置」として平成 18(2006)年に特許登録されました。

この装置は肥培管理を半自動化できるため、栽培初心者でも太陽電池任せの肥培管理で熟練栽培者に近い収量を上げることが可能となりました。夏秋ピーマン栽培農家に試験利用してもらったところ、施肥量を 3 割削減する一方、2 割増収することができ、ナス、トマト、アスパラガス、キュウリ、キク等の野菜や花にも応用が進みました。この装置は、技術を導入した民間企業から販売されて、毎年 60 台前後普及が進んでいます。

## 2. 産学官連携活動について

### (1) 出口を見据えた研究テーマの設定

#### ■ 点滴灌水の幅を広げる技術

この技術は、パイプラインもない、水が水路を流れているだけの場所で、何とか点滴灌水がしたいという願望がきっかけとなって考案されました。仕組みのヒントは、昔の実験室によくあったピペット洗浄器です。筒状の容器に少しずつ水が貯まっていき、逆 U 字管の上部にまで水位が上昇すると、サイフォンの働きで一気に水が洗い流される仕組みとソーラーポンプを組み合わせると、毎分 10 リットル程度の水量でも一日当たり 4t の灌水が可能になります。

### (2) 連携協力による普及拡大の促進

#### ■ 民間企業との連携で量産・低コスト化に挑む

農水省の資金を得て数台の試作装置をつくり、実証試験で期待通りの動作をするところまでは達成できましたが、一台ずつ手作りではコストも高くなり、普及は見込めません。また、試作品に使ったソーラーポンプも製造中止となっていて、量産化の目処が立ちませんでした。そんな折、インターネットの情報検索で、手のひらサイズのソーラーポンプを販売しているメーカーを探し出すことができました。早速、コンタクトをとると、水位センサーに連動して電磁弁の開閉を指示する制御装置も作れそうであり、手作りの装置に比べれば半分以下のコストで作成できそうということが分かりました。低コスト装置の実証試験を行う中で、普及指導員を通じて寄せられる現場からの意見を元に、製作に当たった民間企業と議論、改良を重ねました。4 回ほどのバージョンアップで、誰が使ってもきちんと作動するものになりました。

#### ■ 普及指導センターと協力し、多様な現場からの意見を元に、適応性を高める

新技術を普及するための農水省の資金を活用し、府県の公立試験研究機関や普及指導センターと協力して、各地で実証試験を行いました。公立試験研究機関の研究者の方々には、試験ほ場で、品目ごとの適正管理法を検討してもらい、栽培農家と日常的なつながりがあり、作物ごとの栽培技術に詳しい普及指導員には、栽培現場での管理指導に当たってもらいました。普及指導員の的確な指導が、大幅な減肥や収量増を農家に実感してもらう大きな力となりました。装置を実際に栽培現場で使ってもらおうと、試験圃場ではなかったさまざまな問題が出てくるものです。現場からの問題点を関係者全員で共有し、解決策を考えていく過程を通じて、装置の適応範囲も拡大し、様々な品目への応用へと広がっていきました。

### 3. 今後の研究の方向性について

#### ■ ハード面、ソフト面及び環境影響の研究を継続的に展開予定

装置の開発という点では一定の水準に達したと思われませんが、ハード面、ソフト面でまだ取り組むべき課題は残っています。ハード面では、(1) 水源水質に応じた濾過対策技術が確立されていない、(2) 細かい水量調節が難しい、(3) タンクの清掃など高い位置での作業が必要であるという点があります。(1) については砂濾過層の設置などが最適と考えられますが、軽量でメンテナンスが容易な資材の開発など、今後、取り組む余地があります。(2) と (3) については、ユーザーの中には多くの高齢者が含まれることから、対策が求められている点であり、現在、改良に取り組んでいるところです。

ソフト面については、拍動灌水装置を用いた栽培マニュアルの整備が必要で、施肥量が多くなりがちな露地栽培において、減肥に取り組むための一つの技術として検討しています。本技術を窒素及びリン酸減肥に利用することを検討し、現地圃場<sup>ほじょう</sup>での実証試験等の事例を積み上げた結果、施肥量削減と収量増加の達成が可能なが明らかになっています。まずは、ベースとなる技術マニュアルを整備し、各地域や作目に適した栽培マニュアルを作成する必要がありますが、灌水量の目安を示すことが難しい状況です。今後は、地域ごとの気象特性から時別の必要灌水量を予測する簡易なモデルの開発などの研究のアプローチも可能と考えています。

### 4. 技術、市場、社会への貢献

#### ■ 中山間地域のみならず平地の小規模農家にも役立つと想定

露地園芸は施設栽培に比べて環境要因に左右されやすく、年次により大きく収入が変動する傾向がありますが、環境要因のうち、『水』と『肥料』の管理の問題については拍動灌水装置により解消可能なことが示されたと考えます。

また、露地園芸では、灌水作業に多くの時間を要しますが、本装置を使えば灌水作業が自動化されるため、労働時間が大幅に削減されます。中山間地域に限らず平地においても、家族経営で多品目の栽培を行っている小規模農家が多くありますが、そのような農家でも、本装置により栽培管理への時間的余裕が生まれ、品質の向上や他作目の規模拡大などの波及効果も生じると考えられます。

なお、普及事例等は、公設試験場や普及指導機関から Web 上で公表されていますので、「拍動灌水」で検索してください。

【平成 26 年 7 月 9 日 吉川弘恭：本部コンプライアンス室長

渡邊修一：近畿中国四国農業研究センター主任研究員】

問合せ先

西日本農業研究センター 産学連携室長 (TEL.084-923-5231)



## 「機能的乳酸菌」を利用した産学官連携・普及活動

高齢化社会に対応できる食品の開発を目指し、老化促進モデルマウスを用いて、皮膚の潰瘍や骨密度低下を抑制する機能的乳酸菌 H61 株を選抜しました。H61 株は古くからチーズ製造に用いられてきた乳酸菌であり、産学官の連携によりヨーグルトをはじめとした様々な製品の開発につなげることに成功しました。

### 1. 研究の背景および研究成果の概要

#### ■ 老化抑制作用をもつ乳酸菌

高齢社会を迎え、「健康で長生き」を目指した老化抑制食品の開発が望まれており、食品の機能性に関する研究が盛んに行われています。その一つとして生体調節機能性を持った乳酸菌の研究も進められています。畜産草地研究所は、約 2,000 株の乳酸菌株を保有し、その中で、乳製品製造に適した「乳酸菌 H61 株」が「老化促進モデルマウス」(通常のマウスより寿命が短く、色々な老化関連の病気が発症するマウス)の老化に伴う皮膚の潰瘍や骨密度の低下を抑制することを明らかにしました。当該研究については平成 15(2003)年頃から開始され、その成果を基に平成 17(2005)年 3 月に特許を出願し、平成 22(2010)年 10 月に特許権が登録されました。

特許化のプロセスと並行して、畜産草地研究所、茨城県工業技術センター、(株)つくば研究支援センター、筑波大学と実需者が連携して、特徴のある乳酸菌を利用した付加価値の高い商品の生産・販売に向けた研究開発を進め、平成 20(2008)年 11 月に乳酸菌 H61 株を利用したドリンクタイプのヨーグルトが発売されました。また、平成 25(2013)年 8 月からは茨城県内の別の乳業メーカーより H61 株を使ったカップタイプのヨーグルトが発売されました。

### 2. 産学官連携活動について

#### (1) 出口を見据えた研究テーマの設定

#### ■ 老化が始まってからの効果と“死菌体”の活用

私は、もともと老化の予防に興味がありました。就職後、研究テーマを設定するにあたり、大学時代に同じ研究室の先輩が老化促進モデルマウスを使用した試験をしていたことを思い出しました。当時、このモデルマウスに乳酸菌を与える試験についてはほとんど行われていなかったことから、老化促進モデルマウスに乳酸菌を投与する

研究を始めました。得られた成果で注目すべき点は 2 点あります。1 点目は H61 株をマウスの老化開始時期から与えたにも関わらず、前述のような老化抑制作用が得られたことです。研究の中では、H61 株以外の乳酸菌を老化促進モデルマウスに投与しましたが、他の乳酸菌の場合、老化が始まる前の若齢のときから長期間与え

#### 老化抑制作用をもつ乳酸菌を利用した食品の開発

乳酸菌 H61 株には...

1. 老化の進行に関連する骨密度減少抑制、脱毛抑制、皮膚機能低下抑制作用あり(マウス)
2. 50~60代女性の体の水分量保持に効果あり(ヒト)
3. 生菌、死菌体に関わらず効果あり
4. 老化が始まってから摂取しても効果あり

農業・食品産業技術総合研究機構  
畜産草地研究所

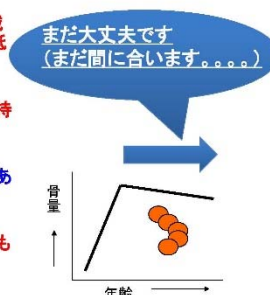


図 H61 株乳酸菌の研究概要

ても、老化抑制効果は見られませんでした。

H61 株は、老化抑制と関連がある免疫賦活作用(体の免疫を活発にする作用)を有しているだけでなく、古くから発酵食品作りに使われてきた種類の菌である上に、味の良いヨーグルトが作れると聞いていました。このことが H61 株を選定した理由です。

この結果を踏まえ、人間も中年以降に H61 株を食べることで老化抑制効果が期待できるかもしれないと考えており、現在人での検証を行っています。これまでの小規模なヒト試験では、中高年女性において H61 株の摂取により肌の乾燥が抑えられる効果が得られています。

2 点目は、加熱処理をした菌体(死菌体)をマウスに投与した場合でも、老化抑制効果が見られたことです。このことにより H61 株を利用できる製品の幅が広がります。死菌体は生菌に比べて保管や取り扱いが容易で、このような菌体をサプリメントとして利用するだけでなく、食品に添加することで、老化抑制を目指した食品の開発が期待できます。現在、H61 株の加熱処理菌体を利用したサプリメントが数種類販売されているほか、H61 株が入っているパンも販売されています。

## (2) 新しい製品の開発に向けての取組

### ■ 知ってもらうための発表が商品化につながる

平成 22(2010)年度までは、畜産草地研究所の一般公開、サマーサイエンスキャンプ、アグリビジネス創出フェア、サイエンスカフェなどのイベントに参加・出品する際に乳酸菌 H61 株を利用したドリンクヨーグルトを消費者、実需者の方々に飲んでもらうとともに、意見交換やプレゼンテーションを行うなど、「乳酸菌 H61 株」を社会的に知ってもらうことに重点を置いて活動をしてきました。

このほかに、H61 株を利用した製品の種類を増やすため、平成 23(2011)年 6 月に開催された科学技術振興機構主催の「農研機構新技術説明会」において、「食品・サプリメント・ペットフードに老化抑制機能をプラス!」というテーマで発表しました。その結果、民間企業 2 社と実施許諾契約を締結し、うち 1 社から H61 株を使ったサプリメントなどが現在販売に至っています。

### ■ 各種支援を活用した共同研究先などの開拓

さらに、平成 23(2011)年 11 月から 12 月にかけて、「乳酸菌による脱毛抑制技術開発に関するマッチングセミナー」を、全国 7 地域の中心都市で開催しました。セミナーでは、研究概要の説明と参加企業との個別相談を行いました。各会場とも個別相談では、商品開発を進めていきたいという意向や、将来的に共同研究を進めていくという考えを念頭に、さまざまな意見交換が生まれました。最終的には民間企業との共同研究契約を 3 件、特許の実施許諾契約を 2 件締結することができ、乳酸菌 H61 株の老化抑制のメカニズム解明に関する研究を具体的に進めていける目処が立ち、さらには、H61 株を利用した製品の数を増やすこともできました。セミナーの実施に当たっては、農研機構本部及び畜産草地研究所から資金、人、情報発信の面での支援を得ることができました。例えば、マッチングセミナーの案内状の送付やウェブサイトへのセミナー開催のお知らせ掲載と申し込みの集約、農研機構のメールマガジンへの掲載などです。また、案内状の送付先についても、乳業界については畜産草地研究所が整備していた業界別リストを活用しました。化粧品・美容業界については自らリストアップするとともに、研究所の支援を受けました。

さらに、平成 25(2013)年度には農水省の助成を受けて、「H61 株の活用のための企業勉強会」を岩手県、大分県において開催し、2 つの県で 6 次産業化に関心のある 14 社の企業に参加いただきました。勉強会終了後、H61 株の特許使用条件などについて数社から問い合わせがあり、今後の事業化が期待されます。勉強会の開催にあたっては、岩手県、大分県にツテがなかったため、農水省のウェブサイトから、「食のオフィシエ」(地域の

「食」に関する様々な活動をサポートする方)として登録されている方に勉強会開催のコーディネーターをお願いしたところ、インターネットをはじめあらゆる方策を使って勉強会への参加企業を集めていただきました。

### 3. 今後の研究、技術移転の方向性について

#### ■ 乳酸菌の力を広める

これまでの産学官連携活動の成果として、H61 株に関心を示す企業が増えてきています。平成 26(2014)年 12 月現在の特許の実施許諾先は 5 社ですが、このほかに製品の試作のための契約(オプション契約)を結んでいる会社が 5 社あります。6 次産業化と連動した地域一体型の取組に H61 株に関わる例も増えており、H61 株の全国的な普及を目指しています。

今後の課題としては、これまでの H61 株のヒトへの摂取試験で判明した肌の状態の改善効果について、メカニズムの解明が残されています。また、マウスにおける H61 株の摂取試験で確認された骨密度の減少抑制作用のヒトでの検証も課題です。

乳酸菌には様々な機能性・可能性があると考えています。今後も H61 株を含め、乳酸菌の新たな機能性を解明していき世の中に提供していきたいと考えています。

### 4. 技術、市場、社会への貢献

#### ■ “プラスα” な商品

これまで食品の機能性研究は疾病の予防に焦点があてられていました。私は、次世代の機能性には健康プラスα(例えばアンチエイジング、美肌など)の要素をもつものが求められると考えています。H61 株は肌の状態の改善作用が期待できるため、特に肌の老化への関心が高い女性にとっては魅力的な素材です。

ヨーグルトは牛乳の栄養・機能に加え、乳酸菌の機能を利用できることから、H61 株の普及とヨーグルトの消費拡大を目指し、平成 24(2012)年度に農水省の助成を受けて、「ヨーグルトを使ったレシピ」の一般公募を行いました。応募作品は畜産草地研究所のホームページ上で公開されています(アイデア豊かなレシピが掲載されておりますのでぜひご覧ください)。また、消費者への情報発信として、食への関心が高い人が目に留めやすいと思われるレシピ募集の告知のなかに H61 株の研究成果を盛り込んだ結果、この試みが新聞、情報誌などの宣伝媒体にとりあげられ、多くの人に H61 株の特性を伝えることができました。

さらに、H61 株の全国的な認知度の向上を目指して、公募により集まったレシピを用い、「機能性ヨーグルトを用いた料理教室&H61 株の研究成果発表会」を全国 3 カ所(茨城県、大阪府、岩手県)で開催しました。もともとこの企画は、H61 株の普及が目的でしたが、副次的に地域内のコミュニケーション度を高める効果も得られました。すなわち、料理教室ではグループごとに作業をするので、連帯感が生まれやすく、料理教室が終わる頃には参加者同士が連絡先を交換する場面も見られました。ひとつの研究成果が商品を生み、それを利用したイベントが開催され、そこに参加した人々にプラスα(この場合は“楽しい”)の効果をもたらしたことになります。商品の販売量のように目に見えない成果ではありますが、私の目指すもののひとつです。

【平成 27 年 1 月 20 日 木元広実：畜産草地研究所主任研究員】

【平成 29 年 8 月 7 日 (要旨追記) 木元広実：畜産研究部門上級研究員】

問合せ先

畜産研究部門 企画連携室長 (TEL.029-838-8618)

## 北海道十勝地方の自然の中から分離した優良パン酵母の 北海道産小麦専用イーストとしての実用・商品化に関する開発研究

北海道十勝地方は日本最大の小麦産地です。この地の利を生かした特徴のあるパンを作るために果実や花から酵母を選抜、エゾヤマザクラのサクランボから AK46 株酵母を分離しました。この酵母は従来の天然系パン酵母と比較して発酵が早く香りが豊かななどの利点があります。酵母は「とち野酵母」の商品名で販売され、地元のパン製造業者で利用されています。

### 1. 研究の背景および研究成果の概要

#### ■ 十勝のエゾヤマザクラのサクランボから期待の酵母を発見

北海道の十勝地方は、日本最大の小麦産地として知られています。この地の利を活かした「原料にこだわったパン」をつくるため、帯広畜産大学と北海道農業研究センターは十勝の自然の中からパン製造に適した野生の酵母を探していました。十勝地方で採取した果実、花など 215 点から有望な 50 菌株を分離し、その中から最もパン生地発酵力が強く美味しいパンをつくることのできる菌株として、エゾヤマザクラのサクランボから分離した酵母「AK46 株」を選抜することに成功しました。この酵母は従来の天然系パン酵母と比較して、

- ◇ 発酵のスピードが早い、
- ◇ 香りが豊か(フルーティーな香り)、
- ◇ パンを焼いたときの焼色がマイルドになる、

などの特長があります (図 1)。

この酵母は、地域の食材を用いてパンを作る地元の製パンメーカーやパン酵母の大量生産と販売を行っている企業の協力で、道産小麦専用の活性ドライイーストとインスタントドライイーストとして実用・商品化されました。

### 2. 産学官連携活動について

#### (1) 出口を見据えた研究テーマの設定

#### ■ 研究者とコーディネーターの協力で出口を共有

我が国はパン原料の大部分を外国から輸入していますが、国産原料にこだわったパンへのニーズは近年非常に高まっています。パン作りにかかせない原料のうち、北海道では小麦粉、バター、砂糖の生産が盛んです。そこで、パン酵母も地元産の製品が開発できないかと考え、北海道の大自然からパン生地発酵力の高い菌株を探索・選抜し、その製パン適性を調べるとともに、選抜した有望菌株を用いて、保存期間が長く使いやすい乾燥酵母製品として商品化することを最終目標として研



図 1 開発された酵母を使用したパン(左)と通常製のパン用酵母を使用したパン(右)の外観比較



究開発を行いました。

さらに帯広畜産大学の産学官連携コーディネーターの参加によって「地元産の原料を使用した製品の開発・普及」という研究の出口を関係者間で共有することができました。産官学の関係者が「十勝ブランド」の確立という出口を共有したことにより、連携活動を継続する中でそれぞれの役割を的確に果たせたことが、成功のポイントだと思います。

## (2) 共同研究の開始までの取組について

### ■ 参画機関の信頼関係に基づき研究を実施

共同研究は多くの関係者がその個性を組み合わせ、自分一人では得られない効果を得ることにメリットがあります。そして、その関係の維持発展には、お互いの技術の確かさだけでなくチームワークも欠かせません。帯広畜産大学、北海道農業研究センター、日本甜菜製糖(株)で開発に係わった研究者たちの間には、本研究開始前までに15年以上の交流があり、深い信頼関係を築いておりました。また、北海道農業研究センターは、製パン関連の民間企業と数多くの共同研究を行っており、研究の進め方等のノウハウを持っていました。

## (3) 共同研究開始後の製品化までの取組について

### ■ 研究所の特長を生かした研究分担による商品化と企業との連携による実用化

帯広畜産大学と北海道農業研究センターが分離した酵母 AK46 株は、遺伝子解析の結果、ビール・ウイスキー・パン用菌株としてこれまで広く使用され、安全なサッカロマイセス・セルビシエ(*S. cerevisiae*)菌という種類であることが分かりました。また、ショ糖分解に関わる酵素の遺伝子の特性市販されている酵母のそれと大きく特性が異なり、野生酵母の特徴を示しました。一方で、この酵母の生地発酵力、パンの風味(官能評価)は、一般のパン酵母と同等かそれ以上の結果を示し、総合的に十分実用に耐える製パン適性を持っていることが判りました。

日本甜菜製糖(株)は、工場規模での生産と流通形態を考慮しながら、オリジナルの性質を生かした商品開発を念頭に置き、製品化に取り組みました。その際、本酵母の市場規模が未知数であるため、需給ギャップを解決する手段として保存の利く乾燥酵母に着目しました。このとき、乾燥化による菌株の性能低下を防ぐため、菌体の乾燥耐性を高める培養法として、培養中に糖富化(過剰に糖類を与えること)と糖飢餓(糖類を全くもしくはほとんど与えないこと)を繰り返す培養方法を開発し、これらの基礎研究を基に乾燥酵母を製造することに成功しました。できあがった乾燥酵母は、モニター試験によって実際のパン製造に十分使用可能であることを確認し、「とち野酵母」(商標取得済)として商品化し販売を開始しました。

ところが、問題はもう一つありました。「とち野酵母」の利用の動きが十分でなかったことです。それは、パンを製造・販売する地元企業とのつながりが薄かったことが原因でした。このような中、地元企業との出会いに役立ったのが、「アグリビジネス創出フェア」でした。このフェアへの出展をきっかけにして、地元のベーカリーやホテル等とのつながりが図られました。これらの地元企業は、自社製品に使用する小麦粉につい



図2 商品化された「とち野酵母」(活性ドライイーストタイプ)



て十勝産小麦 100%を目指すなど、地産地消を掲げて魅力ある製品を数多く販売していました。本酵母の活用は、「十勝産」というその企業の自社製品のコンセプトと合致し、かつ高付加価値の製品につながることから、製パンへの使用につながりました。

### 3. 今後の研究、技術移転の方向性について

#### ■ 冷凍生地、ホームベーカリーなどへの応用も

最近の検討結果において「とち野酵母」の新たな機能として、高い冷凍耐性が見出されました。これにより冷凍生地用途での需要拡大が見込まれ、冷凍生地を用いた焼きたてパンを販売するインスタアベーカリーにおける利用も期待できます。また、すでにホームベーカリーでも簡便に使用可能なインスタントドライイーストタイプの商品も開発販売されていることから（図 2）、家庭でのホームベーカリーを用いた製パンへの利用拡大が見込まれています。さらに、製パンメーカーにとって扱い易い生酵母での商品化にも取り組んでいます。

### 4. 技術、市場、社会への貢献

#### ■ 国産食材の利用向上に向けて

とち野酵母は、地元の(株)満寿屋商店等のベーカリーや手作りパン教室、プロ向けの製パン講習会、インターネットによる通信販売で道内だけでなく道外でも利用が進みつつあります。製パン大手の敷島製パン(株)では、同社が推進する国産原料を最大限活用したパン作りの中で、全ての原材料を北海道産に限定した「北海道食パン」に「とち野酵母」を使用し、通販限定ですが好評を博しています。製パン以外ではビール醸造にも応用され、北海道産小麦との組み合わせで開発された地ビールは、ビール品評会で金賞を受賞しました。現在、製パン特性の良好な道産パン用小麦の生産・普及が図られ、その生産量は飛躍的に拡大しています。「とち野酵母」は主に国産小麦パン用に開発された酵母であるため、本酵母の需要拡大により、パン酵母だけでなく北海道産小麦その他の国産食材の利用拡大が進み、自給率の向上にも寄与することが期待されます。

【平成 27 年 1 月 20 日、平成 29 年 8 月 8 日（改訂）

山内宏昭：北海道農業研究センター調整役 現・帯広畜産大学教授】

問合先

北海道農業研究センター 産学連携室長（TEL.011.857-9212）

## ウンシュウミカンの搾汁等の加工技術および飲料製品の製造・販売

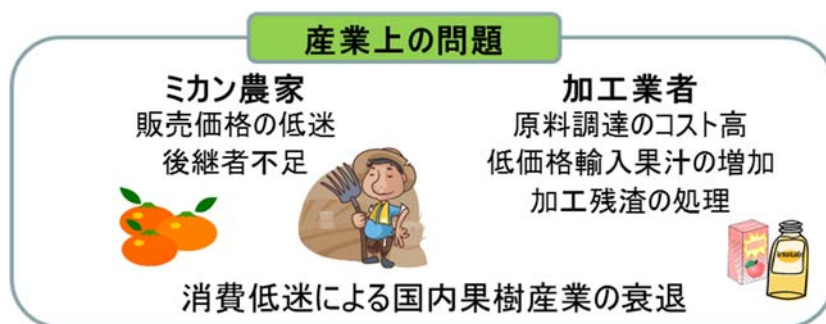
カンキツに含まれる機能性食品素材  $\beta$ -クリプトキサンチンの生活習慣病リスク低減効果を栄養疫学調査によって明らかにしました。さらに、 $\beta$ -クリプトキサンチンをカンキツ加工残渣から大量精製する方法を開発し、果物の消費拡大をはかるために、毎日1本摂取することで健康効果が期待できる量の $\beta$ -クリプトキサンチンを含んでいる飲料を開発、ヒト介入試験で効果を検証しました。

### 1. 研究の背景および研究成果の概要

#### ■ 問題だったミカンの加工副産物から付加価値の高い機能性飲料を開発

日本国内では果物の健康に対する価値が一般消費者に殆ど認識されておらず、逆に甘味があるために高糖・高カロリーと誤解され、果物は肥満や糖尿病の危険因子であるという誤った認識をもたれていることが多くあり、そのことも一因で国内の果樹産業は衰退の一途を辿っています。また、国内果実加工業者においては、輸入果汁との競合による収益低下や加工後に発生する加工副産物の処理等の問題を抱えていました。

そこで、本研究では、ミカンに特徴的に含まれる $\beta$ -クリプトキサンチンの有用性を基礎的研究とヒト臨床試験の両面から明らかにするとともに、日本発の機能性食素材として期待の高い $\beta$ -クリプトキサンチンを柑橘加工副産物から大量調製する技術開発を行い、より付加価値の高い機能性食素材を柑橘加工副産物から製造するための技術開発を行いました。これらの研究成果から、ミカン1個分のカロリーで3個分の $\beta$ -クリプトキサンチンを高含有し、脂肪肝やメタボの予防改善に効果が期待できる新規機能性飲料が開発されました。



### 2. 産学官連携活動について

#### (1) 出口を見据えた研究テーマの設定

#### ■ 購買層の拡大を念頭に、新たな切り口で果汁飲料の開発を想定

以前の研究において、果樹研究所ではミカン産地住民を対象とした栄養疫学調査(三ヶ日町研究)から、ミカンに特徴的に含有される $\beta$ -クリプトキサンチンの血中濃度が高いと、肝臓疾患やインスリン抵抗性、動脈硬化、メタボリックシンドローム等の生活習慣病リスクが低いという負の関連があることを見出しました。このため、 $\beta$ -クリプトキサンチンが豊富に含まれるミカンを摂取することが、特に肝臓を中心とした代謝性疾患の予防に有効である可能性を明らかにしてきました。また、欧米を中心とした栄養疫学研究結果からも、果物には先述したようながんや糖尿病、メタボリックシンドロームなど様々な生活習慣病に対する予防効果があるものと期待されています。

このような果物の健康効果をより手軽に享受できる方法として果汁飲料があり、近年、生果だけでなく果汁飲料の健康への有用性についても、数多くのヒト介入試験が行われるようになってきました。特に脂質代謝や高血圧などの循環器系疾患、酸化ストレス防御への有用性が数多くの研究から示されています。

しかしながら、果汁に関しては近年、糖尿病との危険性が指摘される論文が多く報告されており、WHO も果汁飲料の摂取はおそらく体重増加や肥満のリスク要因になると指摘しています。その原因として、果汁飲料として加工する際に本来果物が有する食物繊維やカロテノイド・フラボノイド類などの生活習慣病の予防に重要な機能性成分が喪失すること、また短時間で多量の糖質を液体で摂取することが糖尿病の最大の危険因子であるインスリン抵抗性を引き起こすためではないかと考えられています。

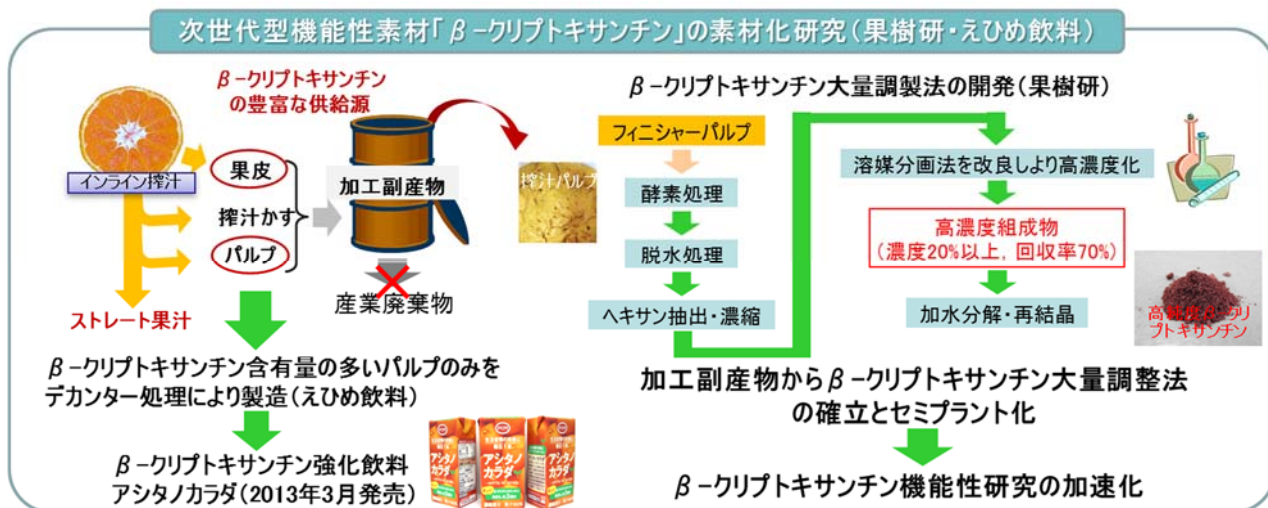
そこで私達は、生活習慣病の予防に有効な必要量の  $\beta$ -クリプトキサンチンを 1 本で摂取でき、なおかつ糖尿病への悪影響が無いレベルである低容量・低カロリータイプの  $\beta$ -クリプトキサンチン高含有機能性飲料を開発する必要があると考えました。健康機能性に優れ、なおかつ低容量・低カロリーで飲みきりやすいという新たな切り口での商品設計は、普段果汁飲料を購入しない購買層に対しても新たな需要の拡大に繋がると考えられます。また、このような加工品の普及により  $\beta$ -クリプトキサンチンの知名度が向上すれば、それが生果としてのミカン消費拡大の大きな牽引役となることが期待できます。

## (2) 民間企業との共同研究の実施まで

### ■ 実績と技術力を兼ね備えた企業や大学医学部等と連携

本研究で共同研究を実施した企業は、これまで果樹研究所と数多くの研究開発事業を共同で実施してきました。当該企業は、 $\beta$ -クリプトキサンチン高含有素材の製造に関する特許を有しており、本事業への参画は必要不可欠な企業であったと言えます。

また、 $\beta$ -クリプトキサンチンの機能性研究のために金沢大学と愛媛大学の医学系研究者との連携を図りました。これまで、果物が健康の維持・増進に有効な食品であることの認識は、一般消費は勿論のこと、医学系研究者においても顕著に欠如しており、逆に肥満や糖尿病の危険因子になるとの誤解が多いのが実情でした。



しかしながら、三ヶ日町研究を始めとする果樹研究所での機能性研究の成果が医学系の国際専門誌に原著論文として数多く公開されるようになり、医学系研究者からも関心を集めるようになりました。本事業では、これまで私たち果樹研究所が地道に取り組んできた機能性に関する研究活動に関心を持った大学医学部の協力を得ることで共同研究体制を築くことが可能になりました。

本研究は農林水産省の研究資金を活用して、平成 22(2010)年度から 3 年間実施しました。果樹研究所では柑橘加工残渣から高純度  $\beta$ -クリプトキサンチンを安価で大量に製造する技術開発を行い、金沢大学と食品総合研究所では  $\beta$ -クリプトキサンチンの機能性に関する詳細なメカニズム解析に取り組みました。前述の企業では食

品としての展開が可能なβ-クリプトキサンチン高含有素材を製造する技術開発に取り組み、低容量・低カロリータイプでβ-クリプトキサンチンを3mg摂取できる飲料を開発しました。そしてこのβ-クリプトキサンチン高含有果汁飲料の有用性を、愛媛大学においてヒト介入試験で検証しました。

### (3) 共同研究の実施・製品化後の取組について

#### ■ シンポジウム等の積極的な広報活動で多数のマスメディアが報道、商品は販売拡大

それまでの三ヶ日町研究の成果と本事業による研究成果を世の中にPRするために平成24(2012)年12月にシンポジウムを開催しました。このシンポジウムではβ-クリプトキサンチンの研究成果をより効果的に宣伝広報するために、β-クリプトキサンチン関連事業に興味を持つ食品産業関係者や報道関係者等への情報提供を行いました。シンポジウムでは予想を大幅に超える参加者の来場があり、数多くのマスメディアに取り上げられ、また様々な企業等から問い合わせを頂きました。現在、幾つかの企業から事業への協力要請を受けている状況です。本事業で開発した高機能果汁飲料は、低容量・低カロリーだけでなく、生活習慣病の予防に有効と考えられる3mgのβ-クリプトキサンチンを1本で摂取できる新規機能性果汁飲料として平成25(2013)年3月に発売されました。現在、大手通販会社との取引も始まっており、予想以上に消費者からの反響が大きいものとなっています。

### 3. 今後の研究、技術移転の方向性について

#### ■ 関係団体とともに、オールジャパンの推進体制作りに取り組み中

高機能果汁飲料は、これまで実質的な産業廃棄物であった柑橘加工残渣を有効利用して商品化した物であり、現在、様々な飲料メーカーにおいて同様の取り組みが行われようとしています。私たちは、全国の搾汁工場を視察するとともにβ-クリプトキサンチンの高含有素材化事業をオールジャパンで推進するための体制作りに取り組んでいます。

### 4. 技術、市場、社会への貢献

#### ■ 産業廃棄物を活かした産地活性化や、今後の機能性食品の開発想定にも寄与

現在、搾汁後の加工残渣は、共同研究を行った企業以外では実質的な産業廃棄物となっており、その処理コストも収益への大きなマイナス要因となっているのが実情です。一部はソースの原料や家畜の飼料などに再利用されていますが、β-クリプトキサンチンが持つ有益な機能性を全く活かしていない状況でした。本事業で得られた研究成果を早急に全国の搾汁メーカーに普及させれば、各産地での新たな高収益事業として活かすことが可能になります。また本事業で取り組んだ低容量・低カロリータイプで機能性を有する飲料の開発は、今後の機能性食品を開発する上で大きな商品設計コンセプトになると考えられます。

【平成26年7月9日 杉浦実：果樹研究所上席研究員】

問合せ先

果樹茶業部門 果樹連携調整役 (TEL.029-838-6451)



## 自給率向上のための画期的パン用品種「ゆめちから」の飛躍的普及・利用促進

日本のパン用小麦の自給率は1%未満であり、国内産パン用小麦の増産は強く求められています。そこで小麦の主産地である北海道向けに、春まき小麦より生産量が安定しやすい秋まき小麦の中から製パン適性にすぐれた超強力小麦「ゆめちから」を育成し、製パン業者や製粉業者等の協力により、製パン性の実証と利用技術の開発を行い、国内産小麦パンの通年製造販売を可能としました。

### 1. 研究の背景および研究成果の概要

#### (1) 研究の背景

##### ■ 自給率1%未満だったパン用小麦

我が国の食料自給率が低下する中、小麦自給率の向上のため、自給率が1%未満であった製パン用の小麦の国内生産量を増大させる必要がありました。国内で最も製パン適性が高いのは北海道産の春まき小麦でしたが、収量性が低くしかも播種期や収穫期の天候の変動(融雪期の早晩・降雨等)に影響を受けやすいために生産量が不安定という問題がありました。そこで、春まき小麦よりも生産量が安定しやすい秋まき小麦で、収量性の高い製パン用の小麦品種の育成を目指しました。



#### (2) 研究成果の概要

##### ■ 超強力小麦品種「ゆめちから」が自給率を向上させる

製パン用小麦に求められる強力粉の特性を、きわめてグルテンの力が強い超強力粉とパン用としては力が弱い中力粉のブレンドにより実現するという発想で育成されたのが、超強力小麦品種「ゆめちから」です。

「ゆめちから」単品では生地が強すぎて膨らみが不十分なパンとなりますが、中力粉と概ね1:1で配合したブレンド粉を使うと、代表的なパン用小麦銘柄である「1CW」(カナダ産春まき小麦)に近い優れた品質のパンが焼き上がります。

外国産がほとんどを占める製パン用小麦粉の一部を「ゆめちから」とブレンドの相方である国内産中力小麦が代替することで、自給率の向上が期待できます。

### 2. 産学官連携活動について

#### (1) 出口を見据えた研究テーマの設定

##### ■ 人脈を活かし、開発当初から製品テスト等で製パン業者等と連携

対象となる強力小麦相当の製品の出口として、製粉業者、製パン業者、中華麺販売業者を想定し、超強力小麦と中力小麦のブレンド粉の製品テストについて「ゆめちから」開発当初から連携しました。特に、製パン業者との協力は、平成15(2003)年の農水省プロジェクト「ブランドニッポン」への参画を依頼した当時から始まっていました。

## (2) 「ゆめちから」の生産現場への普及について

### ■ 大規模栽培試験から製品テストまで農水省の事業を活用して普及へ

北海道優良品種(奨励品種)認定後に、「ゆめちから」の普及の上で問題点とされていた生理的な「黄化現象」(病原菌の感染がなくても葉の一部が黄色くなる現象)の現地実態調査を平成 21(2009)年に北海道立総合研究機構、普及センターおよびJA 担当者の協力を得て 2 回行うとともに、それまで北海道農業研究センターで実施された栽培試験や奨励試験の結果をまとめた「新品种『ゆめちから』の栽培に当たって(平成 22.8.30 版)」をマニュアルとして北海道農業研究センターホームページに掲載しました。

また、北海道立総合研究機構農業研究本部では、研究プロジェクトとして、普及に向けた安定栽培法の確立に取り組んでいます。

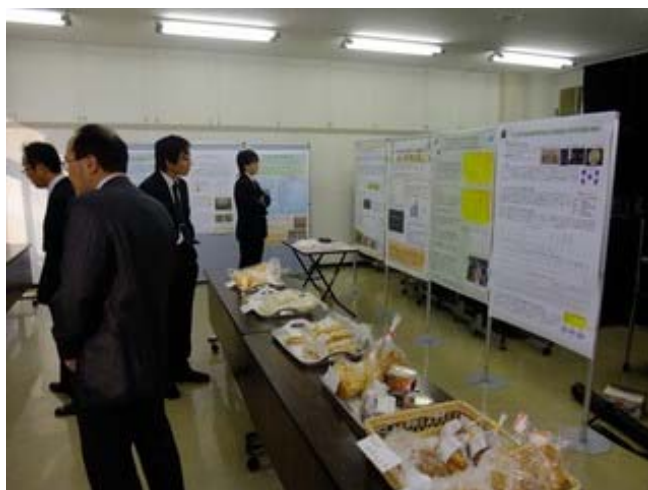
その他、農林水産省の事業を活用して、実需と連携した大規模栽培試験および製粉会社における数十トン規模の製粉・製品テストを行いました。

## (3) 「ゆめちから」の特徴を活かした高付加価値製品の開発・普及の取組

### ■ 勉強会やフォーラムといった機会を通じ、多様な事業者による取扱いが広がる

平成 23(2011)年 8 月には(社)日本パン技術研究所において「ゆめちから」を利用した製パンに関する勉強会を全日本パン共同組合連合会との協力で行い、道外のメーカーにも「ゆめちから」の利用法について講習を行いました。現在、道内のホールセールベーカリー 3 社、本州の大手ホールセールベーカリー 2 社、道内外の多数の学校給食ならびにリテールベーカリーで取扱いがなされています。

また同年 11 月には、東京でも「ゆめちから」を中心としたイベントを開催し、300 名を超える参加者がありました。このイベントにおいて、「ゆめちから」以外にも含め 7 件の購入・商品化に向けた個別相談がありましたが、これらのほとんどが道外関係の実需者であり、全国的に「ゆめちから」の紹介ができました。このイベントでは、「ゆめちから」と道産、本州産の中力小麦とのブレンドによる食パンの試作の成果が紹介され、これらの成果は本州の大手ホールセールベーカリーによる「ゆめちから」を使用した食パンの通年販売へとつながっていききました。



2011 年九州開催「グルテン研究会」

## 3. 今後の研究の方向性について

### ■ 品質変動を抑制する方法の開発と、さらに高収量高タンパク質含量の品種育成へ

「ゆめちから」は、硬質小麦としては高タンパク質含量ですが、タンパク質含量は収量性と引き換えの関係にあるため、この負の相関を打ち破る高収量高タンパク質含量品種の開発を行います。また、「ゆめちから」も作付面積の拡大に伴い、「ゆめちから」に含まれるタンパク質含量の産地間差並びに年次による変動が大きくなってきているので、品質の変動が大きくなる栽培方法を検討していきます。

#### 4. 技術、市場、社会への貢献

「ゆめちから」の開発と栽培方法や用途の普及・広報を通じて農家の硬質小麦に対する生産意欲の向上につながりました。また、国内産硬質小麦製品の製造・販売に意欲のあった企業への原料供給を可能としたことで、国内産小麦のパン、中華麺を食べたいという消費者の要望に応えることができました。



2017年8月現在、市販されている「ゆめちから」配合のパン。年々多様な製品に利用されるようになっている。

【平成26年7月9日 田引正：北海道農業研究センター上席研究員】

【平成26年8月25日（写真追加）食農ビジネス推進センター】

問合先

北海道農業研究センター 産学連携室長（TEL.011-857-9212）

## べにふうき緑茶の抗アレルギー作用とそれを利用した製品開発

アレルギー疾患を持つ方が増加しています。茶の抗アレルギー性成分を探索し、いくつかのメチル化カテキンに効果があることを発見しました。メチル化カテキンを多く含む茶品種「べにふうき」を用いて、抗アレルギー効果が期待できる飲料や入浴剤、ベビーパウダー、軟膏、ティッシュ等を開発しました。また、機能性表示食品として、ティーバッグ、容器詰め飲料を上市しました。

### 1. 始めに

茶(*Camellia sinensis* L.)は薬用として何千年も使われてきた植物です。同じ葉から不発酵茶(緑茶)、発酵茶(烏龍茶、紅茶)、後発酵茶(黒茶)を製造できます。茶には、様々な生理機能性があることが論文等で報告されており、特にカテキン類の機能性については数多くの研究例があります。本特集では、抗アレルギー作用をもつ茶成分を探索し、それを利用した製品開発を行ってきた研究開発事例について紹介します。

### 2. 抗アレルギー作用を持った茶品種の探索

近年、花粉症やアトピー性皮膚炎と言ったアレルギーに罹患した方が多くなり、少しでも症状を軽くしたい、できることなら安全性の高い食べ物で軽減したいと願う人が多くなってきています。アレルギーを抑制できるかどうかを調べるには、アレルギーの初期段階で中心的な役割を果たすマスト細胞を用いた評価系があります。そこで私たちは、抗アレルギー作用を持つ茶品種の探索を行い、紅茶系品種「べにほまれ」や台湾系統が強いヒスタミン遊離抑制作用を示すことを見出しました。また抗アレルギー物質の単離・精製を進めたところ、エピガロカテキン-3-O-(3-Oメチル)ガレート(EGCG3"Me)やエピガロカテキン-3-O-(4-Oメチル)ガレート(EGCG4"Me)(メチル化カテキンと命名)がその機能を発現する成分であることを発見しました(図1)<sup>1)</sup>。

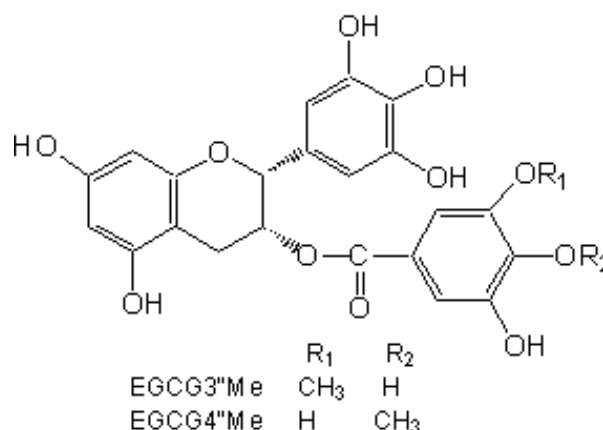


図1. メチル化カテキンの構造式

### 3. メチル化カテキンとは

メチル化カテキンは主要なカテキンであるエピガロカテキン-3-O-ガレート(EGCG)のガレート基の一部がメチルエーテル化された物質です。マウスを使ったI型アレルギー反応試験においてもEGCGに比べ2.5倍の抗アレルギー作用を発現します<sup>1)2)</sup>。マスト細胞や好塩基球内の高親和性IgEレセプタ発現を抑制し<sup>3)</sup>、カテキンレセプタである67LRを介してミオシン軽鎖リン酸化を阻害し<sup>4)</sup>、情報伝達系のチロシンキナーゼであるLynのリン酸化を阻害することでマスト細胞の活性化を抑え、ヒスタミンの遊離を抑制することが明らかにされています<sup>5)</sup>。メチル化カテキンは、EGCGに比べヒト血漿中での安定性が高く、吸収後の血中からの消失がEGCGに比較して緩やかであり、経口投与による吸収率も有意に高値を示します(AUCでEGCGの6.4倍)<sup>6)</sup>。



メチル化カテキンを多く含む「べにふうき」というのは、アッサム種に近い品種で、「べにほまれ」と「枕 Cd86」を交配し、紅茶、半発酵茶用品種として 1993 年に命名登録した品種です。メチル化カテキンは二番茶～秋冬番茶に多く含まれ(九州以北)、紅茶にすると消失し<sup>7)</sup>、葉位では成熟葉に多く含まれ、茎にはほとんど含まれていないという特徴があります<sup>8)</sup>。そのため、メチル化カテキンを多く含む素材を得るため、4～5 葉まで大きく伸ばした茶芽を摘採して緑茶製造を行っています。

#### 4. アレルギー症状軽減効果のヒト介入試験例

スギ花粉症状をもつボランティアに「べにふうき」緑茶(1 日あたり EGCG3'Me 34mg)や、プラセボとして EGCG3'Me を含まない「やぶきた」緑茶を毎日飲んでもらい、その効果は無作為割り付け二重盲検で試験してみました。実施期間は、花粉の飛散の増加とともに、鼻の症状(くしゃみ、鼻汁、鼻づまり)、眼の症状(かゆみ、涙)、咽頭痛は悪化する時期に行い、被験者の方々には各個人の症状を毎日日誌に記載していただく形で試験を実施しました。その日誌に基づき症状を日本アレルギー協会の方法に従ってスコア化してみると、「べにふうき」飲用群は、プラセボ飲用群に比べ、有意に症状スコアの改善が認められました<sup>9)</sup>。特に、鼻かみ回数、眼のかゆみ、咽頭痛で顕著な改善が現れました。その後の研究により、「べにふうき」緑茶の抗アレルギー作用は、ショウガエキス添加によりさらに増強されることがわかりました<sup>10)</sup>。ダニを主抗原とする通年性アレルギー性鼻炎の症状をもつ健康者 92 人による試験でも同様の症状軽減効果が確認されています<sup>11)</sup>。いつ飲用したら良いかというヒト介入試験も行い、スギ花粉が飛散する 1.5 ヶ月前から飲用を開始すると、飛散後に飲用開始するより目や鼻の症状の軽減がより顕著であることを明らかにしました<sup>12)</sup>。

#### 5. 共同研究による製品化への取組

以上の研究の大部分は、生研センター異分野融合研究支援事業(2001-2005)の茶コンソーシアムの課題として行われてきたものです。この支援事業では当初は、原料となる「べにふうき」を栽培している産地がなかったため、「べにふうき」の普及からスタートしました。産地に合った「べにふうき」の栽培法、最適製造法などを確立しつつ、「べにふうき」の普及を図り、徐々に栽培面積、生産量を増やしていきました。その間に、紅茶系の品種なので渋味が強い「べにふうき」緑茶をどのように摂取しやすい飲食品にするかの共同研究を行い、2005 年、2006 年にアサヒ飲料(株)、森永製菓(株)から容器詰め飲料、菓子、健康食品が上市されました(写真 1)。2006～2007 年度には農林水産省フロンティア創造育成事業にて、「べにふうき」緑茶の需要拡大を目指して、新たな製品開発に取り組み、和光堂(株)から「べにふうき」茶エキス含有ベビーパウダー、バスクリン(株)から「べにふうき」茶エキス含有入浴剤、ボディソープ、中北薬品(株)から保湿クリーム(写真 1)が上市されました。ただし、これらの製品には機能性を表示することは制度上できませんでした。2015 年 4 月から「機能性表示制度」が施行され、事業者の責任で機能性を表示することができるようになり、共同研究により、JA かがしま茶業(株)から「べにふうき」緑茶ティーバッグ(消費者庁届出番号 A67(表示した機能性「本品には、メチル化カテキンが含まれます。メチル化カテキンは、ハウスダストやほこりなどによる目や鼻の不快感を軽減することが報告されています。))、アサヒ飲料(株)から容器詰め飲料「めめはな茶」(A69)、森永製菓(株)から「べにふうき」緑茶ティーバッグ(B145)が上市されました(写真 2)。

さらに、妊婦や乳幼児等カフェインリスクの高い消費者にも気軽に摂取してもらえよう、「べにふうき」緑茶の低カフェイン化技術の開発も行いました。生葉を 95°C の熱水シャワーで短時間洗浄してカフェインを半減する装置を開発し<sup>13)</sup>、製茶機械メーカーの寺田製作所から上市されました。



写真1 「べにふうき」緑茶を利用した製品



写真2 「べにふうき」緑茶を活用した機能性表示食品

さらに、「べにふうき」緑茶の抗アレルギー作用以外の機能性探索をヒト介入試験で行い、血圧上昇抑制効果<sup>14</sup>、動脈硬化予防効果（変性 LDL 低減効果）<sup>15</sup>、血液中の糖である 1,5-アンヒドログルシトール低減効果<sup>16</sup>などを明らかにしました。

## 6. 今後の展開

現在、国民が求めているのは安全で健康寿命を延伸できるセルフメディケーションに資する食品です。そのため、健康に寄与する複数の機能性をもつ「べにふうき」緑茶の機能性表示食品の開発や、食事と組み合わせたときの複合効果を明らかにしていきたいと考えています。また、消費者の健康維持のために、緑茶を活用して、ポリフェノールを上手に摂取できる方法についても考えていきたいと思っています。

## 7. References

- 1) M.Sano, M.Suzuki, T.Miyase, K.Yoshino, M.Maeda-Yamamoto: *J. Agric. Food Chem.*, **47**(5), 906 (1999).
- 2) M.Suzuki, K.Yoshino, M.Maeda-Yamamoto, T.Miyase, M. Sano: *J Agric Food Chem.*, **48**(11), 5649 (2000).

- 3) Y.Fujimura, H.Tachibana, M.Maeda-Yamamoto, T.Miyase, M.Sano, K.Yamada.: *J Agric Food Chem*, **50**, 5729 (2002).
- 4) Y.Fujimura, D.Umeda, S.Yano, M.Maeda-Yamamoto, K.Yamada, H.Tachibana: *Biochem Biophys Res Commun.*; **364**(1), 79 (2007).
- 5) M.Maeda-Yamamoto, N.Inagaki, J.Kitaura, T.Chikumoto, H.Kawahara, Y.Kawakami, M.Sano, T.Miyase, H.Tachibana, H.Nagai, T.Kawakami: *J. Immunology*, **172**, 4486 (2004).
- 6) M.Maeda-Yamamoto, K.Ema, I.Shibuichi.: *Cytotechnology* **55**, 135 (2007).
- 7) 山本(前田)万里, 佐野満昭, 松田奈帆美, 宮瀬敏男, 川本恵子, 鈴木直子, 吉村昌恭, 立花宏文, 袴田勝弘: 日本食品科学工学会誌, **48**(1), 64 (1998).
- 8) M.Maeda-Yamamoto, H.Nagai, K.Asai, S.Moriwaki, H.Horie, K.Kohata, H.Tachibana, T.Miyase M..Sano: *Food Science and Technology Research*, **10**(2), 186(2004).
- 9) S.Masuda, M.Maeda-Yamamoto, S.Usui, T.Fujisawa: *Allergology International*, **63**(2), 211-217 (2014).
- 10) 山本(前田)万里, 永井寛, 江間かおり, 神田えみ, 岡田典久, 安江正明: 日本食品科学工学会誌, **52**(12), 584(2005).
- 11) 安江正明, 池田満雄, 永井寛, 佐藤克彦, 光田博充, 山本(前田)万里, 藪根光晴, 中川聡史, 梶本佳孝, 梶本修身: 日本臨床栄養学会誌, **27**, 33 (2005).
- 12) M.Maeda-Yamamoto, K.Ema, M.Monobe, I.Shibuichi, Y.Shinoda, T.Yamamoto, T.Fujisawa: *Allergology International*, **58**(3), 437(2009).
- 13) 山本(前田)万里, 長屋行昭, 三森孝, 山口優一, 堀江秀樹, 江間かおり, 鈴木昌文, 山内英樹, 藪科文雄, 水上裕造, 廣野久子, 物部真奈美: 日本食品工学会誌, **8**(3), 109 (2007).
- 14) I.Kurita, M.Maeda-Yamamoto, H.Tachinaba, M.Kamei: *J. Agric. Food Chem*, **58**(3),1903(2010).
- 15) H.Imbe, H.Sano, M.Miyawaki, R.Fujisawa, M.Miyasato, F.Nakatsuji, F.Haseda, K.Tanimoto, J.Terasaki, M.Maeda-Yamamoto, H.Tahibana, T.Hanafusa: *J. Functional Foods*, **25**, 25 (2016).
- 16) 山本(前田)万里、廣澤孝保, 三原洋一, 倉貫早智, 中村丁次, 川本伸一, 大谷敏郎, 田中俊一, 大橋靖雄: 日本食品科学工学会誌, **64**(1), 23 (2017).

【平成 19 年 山本(前田)万里: 野菜茶業研究所野菜・茶機能性研究チーム長】  
 【平成 29 年 8 月 (改訂) 山本(前田)万里: 食品研究部門食品健康機能研究領域長】

問合先

果樹茶業研究部門 茶業連携調整役 (TEL.0547-45-4105)

食品研究部門 食品連携調整役 (TEL.029-838-7990)

## 遺伝子組換えカイコを用いたヒト及び動物の診断薬の開発

病気の診断等に使う「体外診断用医薬品」には、測定したい物質の「標準品」が必要です。これまで、献血で得られた血液等の生体試料から精製しなくてはならなかった「標準品」タンパク質を、遺伝子組換えカイコに作らせることによって、安価かつ、安定して生産できるようになりました。

### 1. 研究の背景および研究成果の概要

#### ■ 診断薬原料の新たな製造方法の開発

ヒトや動物の病気の診断や健康状態を把握・診断するために、「体外診断用医薬品」（診断薬）が用いられています。この診断薬で、血液などに含まれる特定の物質の数値を測定するときには対象物質の定量化の基準となる「標準品」が必要です。この標準品の原料は、これまで主に血液などの生体試料から製造されてきましたが、その場合多量の血液を献血等で確保する必要があるなど原料の調達が難しい場合があります。さらに、ヒト由来の生体試料を利用する場合は倫理的な問題もあり、これらが製品化にあたって障壁となっていました。

近年、遺伝子組換え技術の発達により、こうした診断薬の標準品の主原料となるタンパク質を、遺伝子組換え技術で作った「組換えタンパク質」へ置き換えることが可能となってきました。そこで、農研機構（旧農業生物資源研究所）は、遺伝子組換えカイコを用いた組換えタンパク質発現系を用いて、ニッポーボーメディカル株式会社と共同で診断薬原料の開発を行いました。その結果、ヒト骨代謝マーカー（図2）などの製品化に成功し、臨床現場に対して高品質な製品を安定的に供給することが可能となりました。



図1 カイコ(写真左：幼虫、写真右：成虫)と繭



図2 骨粗鬆症診断用のヒト骨代謝マーカー測定キット

### 2. 産学官連携活動について

#### (1) 出口を見据えた研究テーマの設定

#### ■ 遺伝子組換えカイコを用いた昆虫工場の可能性に着目

体重約 5 g のカイコ1頭が作る繭（図1）の重さは0.2～0.5 グラムです。繭はほぼ100%のタンパク質（シルク）からできており、タンパク質を大量に生産する能力をカイコは持っています。また、カイコは長い養蚕



の歴史の中で簡単に大量飼育できるように家畜化された昆虫であり、とりわけ日本には、高度な飼育、品種改良、製糸の技術とそれらを支える学術的知見が蓄積されています。我々は、カイコがもつ高いタンパク質生産能力に着目し、遺伝子組換え技術を確認することで、シルクのかわりに、診断薬や医薬品などの原料となる組換えタンパク質を安定的に安価で大量に作らせることができる「昆虫工場」ができるのではないかと考えました。

これまでも、大腸菌や哺乳類培養細胞などで組換えタンパク質を生産させる方法は既に確立されていましたが、大腸菌では複雑な構造のタンパク質が作りにくく、また、哺乳類培養細胞で大規模な生産を行うには、培養タンクなどの設備が必要でコストがかかるという問題がありました。またこれらの方法では、血液由来のタンパク質などが作りにくいという欠点があり、加えて、それらの方法は、主に欧米で開発されていたため、国産技術による組換えタンパク質生産系の開発が期待されていました。一方で、カイコに感染するウイルスを用いて体液で組換えタンパク質を発現させる方法も日本で開発されていましたが、この手法には組換えタンパク質にウイルスが残ることへの懸念やウイルスを接種する手間が必要であるといった問題もありました。

そこで我々は「遺伝子組換えカイコ」を用いて日本オリジナルの技術体系を開発し、それらの課題の解決に取り組みました。その際、承認に通常10年以上の長い期間を要するヒトや動物の医薬品ではなく、比較的承認が容易と思われる診断薬の原料生産を最初の目標に、この研究テーマを設定しました。

## (2) 共同研究の開始までの取組について

### ■ 企業と相談しながら開発ターゲットを選定し共同研究を開始

十数年以上の研究の成果として、初めてカイコでの遺伝子組換え技術の確立に成功したことを学術誌に論文として発表したのが平成12(2000)年でした。次に、この技術の特許出願を行うとともに、様々な機会に技術の紹介を行い、遺伝子組換えカイコでタンパク質生産が可能なることを積極的にアピールしました。興味を示した企業や大学の研究者には、必要な情報の提供と実験指導を行うことで、新規参入を促し、複数の企業や大学との共同研究を開始しました。その中で、早期に興味を示したニッソーボーメディカル株式会社をパートナーとして協議を行い、開発ターゲットとしてヒト骨代謝マーカーの標準品原料などを選定した上で、本格的な共同研究を平成15(2003)年から開始しました。製品化などは企業が行い、我々はそれに必要な基盤技術を開発して提供するという役割分担で研究を進めていくことにしました。

## (3) 共同研究開始後の製品化までの取組について

### ■ カイコの飼育方法の研修からスタートし製品化に成功

ニッソーボーメディカルではカイコの飼育経験がなかったため、最初の数年間は担当者に農研機構でカイコの飼育方法を基礎から学んでもらうことから始めました。その後、目的の組換えタンパク質を生産する「遺伝子組換えカイコ」の開発と、タンパク質の抽出・精製法の確立を共同で進めました。

目的としたタンパク質は、「ヒト酒石酸抵抗性酸フォスファターゼ 5b」(以下、「TRACP-5b」(Tartrate-resistant acid Phosphatase 5b)とする)です。このタンパク質の血中における酵素活性の測定値は骨代謝マーカーとして、臨床時の骨粗鬆症の診断に利用することができます。この測定キットには、TRACP-5bの活性を定量化するための標準品が含まれており、その原料はこれまで、血液などのヒトの生体試料から得られていましたが、安定的な調達や倫理面で課題を克服できる製造方法が求められていました。さらに、このタンパク質は大腸菌や哺乳類培養細胞では大量生産することが難しいものでした。

シルクは、ほぼ純粋なタンパク質からなり、繊維状の2本のフィブリンタンパク質と、それを包み込みくっつける糊状のセリシタンパク質でできています。このうちセリシンは水に溶ける性質があるので、セリ

シンの中に目的の組換えタンパク質を生産できれば、不純物が少なく水などに溶けやすいことから、目的のタンパク質を抽出・精製しやすくなります。我々は、セリシン中に組換えタンパク質を発現させる系の開発に成功し、TRACP-5bを発現させたところ、遺伝子組換えカイコで生産したTRACP-5bは、生体試料から得られたものと同様の高次構造を有することがわかりました。さらに、精製方法を改良し、組換えTRACP-5b標準品の作製にも成功しました。その後、このTRACP-5bは、組換えカイコが世代を重ねても、安定的に生産されることが確認され、測定キット（図1）の構成品として製品化することに成功しました。

### 3. 今後の研究、技術移転の方向性について

#### ■ その他の組換えタンパク質の生産への展開

農研機構では、その他の組換えタンパク質の生産への取り組みも続けています。その中で、イヌ炎症マーカータンパク質、モノクローナル抗体などの生産にも成功しました。これらのタンパク質は、複数の構成単位からなる多量体（それぞれホモ5量体とヘテロ4量体）を形成することが知られており、正常な高次構造を形成しないとそれぞれのタンパク質の機能を示しません。これらのタンパク質を遺伝子組換えカイコで生産したところ、生産されたタンパク質が多量体を形成していることが確認され、遺伝子組換えカイコを用いて複雑な立体構造を有するタンパク質を正常な構造を保って生産できる可能性が示されました。たとえばイヌの炎症マーカーの標準品を得るためには、これまでは生体試料として炎症を起こしたイヌの血液成分の大量調達が必要でしたが、それは非常に困難でした。しかしながら、組換えカイコの生産系は、性能面でも倫理面でも優良な国産技術体系と考えられ、これまで入手困難であった複雑な高次構造を有する様々なタンパク質への展開が可能であると考えられます。特に、ヒトや動物のタンパク質性医薬品（バイオ医薬品）の生産への展開が期待されます。

### 4. 技術、市場、社会への貢献

#### ■ 新たなカイコ産業(新蚕業)の創出へ向けての貢献

骨粗鬆症の診断に利用できるTRACP-5bの測定キットは、臨床現場で広く利用されることから高い需要が見込まれています。今回の遺伝子組換えカイコ技術を用いたヒト用の測定キット「オステオリンクス TRAP-5b」は、平成24(2012)年度の市販化以降、国内外の検査センターを中心に順調に普及し、平成26(2014)年度は約130万テスト分を出荷しました。

近年、カイコの遺伝子組換え技術は大きく発展し、「光るシルク」や「クモ糸シルク」など高機能なシルクが開発され、注目を浴びています。これまでにないシルクに加え、様々な診断薬や医薬品がカイコで生産されるようになれば、日本の高い蚕糸技術と遺伝子組換えカイコの技術を活かした、新たなカイコ産業（新蚕業）の創出が期待できます。本研究成果は、新蚕業創出への一歩を踏み出すことに大きく貢献できたと考えています。

【平成29年5月23日 瀬筒秀樹：生物機能利用研究部門カイコ機能改変技術開発ユニット長】

問合せ  
生物機能利用研究部門 医農工連携調整役 (TEL.029-838-7423)

## 簡易迅速なコシヒカリ判別キットの実用化

コシヒカリは食味の良さからコメの3割以上のシェアを占める人気品種ですが、流通の信頼性を担保するために、他品種の混入、表示違反等を識別できる方法が必要とされてきました。コシヒカリと他の品種を区別できる遺伝子型について、コメを粉砕する必要がなく、特別な機械を必要としない LAMP 法を用い、全行程1時間以内で判定可能な簡易迅速判別法を開発、製薬会社との協力により、安定的に感度良く検査できるよう改良して、「コシヒカリ LAMP 判別キット」として販売しました。

### 1. 研究の背景および研究成果の概要

#### ■ 米の品種表示

食品表示法において、精米及び玄米には品種とその使用割合の表示が義務付けられています。また、もちや米菓、清酒といった米加工品においても、特色ある原材料表示としてパッケージに品種名を表示することが認められています。こうした品種表示の信頼性を担保するため、科学的に品種を判別する技術が不可欠であり、農研機構をはじめとして多くの機関で技術開発が行われてきました。

現在日本では400以上の米品種が栽培されており、さらに毎年新品种がデビューしています。その中であって、コシヒカリはその食味の良さから昭和54(1979)年に作付面積で首位に立った後、1990年代以降は常に3割以上のシェアを占める非常に人気の高い品種です。そのため、品種偽装への対策、品種表示の担保としてコシヒカリの品種判別技術には根強い需要があります。

#### ■ コシヒカリと他品種の識別

米に限らず、農産物の品種判別は通常、「生命の設計図」「遺伝子の本体」である DNA を用います。米の品種は品種ごとに DNA にわずかな違いがあり、この違いのある DNA 領域 (=DNA マーカー) を調べることによって識別を行います。従来の分析法では、複数箇所の DNA マーカーを分析し、それらの結果を総合して判定を行っていたため、分析の簡易化には限界がありました。

本研究では、「1つの DNA マーカーだけを用いたコシヒカリと他品種の識別」を目標に掲げて研究に取り組みました。そこで利用したのが、イネのいもち病抵抗性遺伝子の DNA マーカーでした。いもち病はイネの最大の病害ですが、コシヒカリはいもち病に弱いことが知られており、他の品種が持つ抵抗性遺伝子を持っていません。一方、コシヒカリ以外の主要品種はいずれも、いもち病抵抗性遺伝子のうち *Pii* という遺伝子を持っていることが分かりました。この *Pii* を DNA マーカーとして利用することで、コシヒカリと他の主要品種を1つの DNA マーカーで判別することが可能となりました。

#### ■ 簡易迅速キットによるコシヒカリの判別

DNA マーカーを検出するには、その DNA 配列を大量に増幅する必要があります。DNA マーカーの増幅方法には、LAMP (Loop-mediated isothermal amplification) 法を用いました。LAMP 法は、60~65℃に反応液を保温するだけで目的とする DNA を増やすことができます。また、従来用いられている PCR 法のように専用機器を必要としません。さらに、反応時間が早く、反応終了後の検査液の発色ですぐに判定できるため、DNA の増幅から判定までが通常30分程度で終了します。

コシヒカリの簡易迅速判別キットは、精米、玄米及び炊飯米を粉砕なしに処理する DNA 抽出工程と、いもち

病抵抗性遺伝子 *Pii* の有無を LAMP 法で検出する検査工程の2つからなり、いずれも試験管ミキサー、卓上簡易遠心機といった汎用機器だけを用いて約1時間で全工程を行うことができます(図1)。結果の判定は、2つの検査液の蛍光発色によって行い、コシヒカリ、コシヒカリ以外の品種、コシヒカリと他品種の混合の3パターンを見分けることができます(図2)。

なお、日本で栽培されている品種のいくつかは *Pii* を持っていないため、コシヒカリと同様の反応を示します。水稻の栽培面積に対するこれらの品種の割合は4%とわずかですが、注意が必要です。



図1 コシヒカリ LAMP 判別キット

検査液①			
検査液②			
判定結果	コシヒカリ	コシヒカリ以外の品種	コシヒカリに他品種が混入

図2 コシヒカリ LAMP 判別キットを用いた結果判定

## 2. 産学官連携活動について

### (1) 出口を見据えた研究テーマの設定

#### ■ LAMP 法の活用

研究開発を始めた段階で、すでに PCR 法を用いたコシヒカリ等の米品種判別キットは複数の会社から実用化されており、それらを利用すれば約1日かかりますが分析を行える状況にありました。一方、その当時新しい国産の遺伝子検査手法として LAMP 法が脚光を浴びており、この技術を用いれば、従来よりも格段に簡易で迅速な手法を開発することが可能であると考え、研究に着手しました。しかし、研究の着手時点では明確にキット化という出口を見据えていたわけではなく、これまでにない分析法の開発に主眼を置いていました。

### (2) 共同研究の開始までの取組について

#### ■ 1時間での検査ニーズ

LAMP 法の簡易迅速性を活かせるように、(1) 米試料を粉碎せずに DNA 抽出を行うこと、(2) 全工程を1時間程度で終了させること、の2点を目標として研究開発を行い、平成 23(2011)年にコシヒカリの簡易迅速判別法として論文発表に至りました。研究成果を平成 24(2012)年の農業技術クラブの共同取材に取り上げていただいた結果、数多くの問い合わせをいただきました。そして、これらの問い合わせや展示会などの場で企業の方々のお話を聞くうちに、精米や米飯加工の現場において、簡易迅速な検査ニーズがあることが分かりました。具体的には、米の加工後から出荷前の短時間に現場で自社の製品の検査を行いたいが、従来の手法では時間や設備の面で対応できないとのことでした。そこで、そのニーズに応えるべく LAMP 法の



キット化に実績のある試薬会社との間で検査キットの実用化に向けた研究をスタートさせました。

### (3) 共同研究開始後の製品化までの取組について

#### ■ 技術のブラッシュアップ

実際に、検査キット化に向けた検討を進めたところ、特にコシヒカリに他品種がわずかに入っているような低濃度混入試料での検査結果が安定しませんでした。このため、DNA の抽出方法を中心に技術をブラッシュアップさせる必要性を感じました。そこで農研機構で抽出方法を再検討し、試薬会社での検証を繰り返すことにより、安定的かつ感度よく検査する手法を確立しました。その後、試薬会社においてキット内容の検討を行い、平成 24(2012)年末に「コシヒカリ LAMP 判別キット」として販売されるに至りました。

### 3. 今後の研究、技術移転の方向性について

#### ■ 他の品種への展開

「コシヒカリ LAMP 判別キット」は、精米業者、食品製造業者、食品検査会社を対象として、平成 27(2015)年までに約 1,000 検査分を販売していますが、幅広い普及には至っていません。試薬会社とともに、判定時間の短縮や工程の簡素化についてさらなる検討を行い、他品種への取り組みによって普及を加速させたいと考えています。

LAMP 法を用いた簡易迅速な判別技術は、用いる DNA マーカーを変更することで他の品種にも幅広く展開していくことができます。コシヒカリについてはいもち病抵抗性遺伝子 *Pii* を用いることとしましたが、他の品種についてもゲノム上を動くことができ動く遺伝子ともいわれる転移因子の一種を用いることで、1つの DNA マーカーによる品種特定の手法を開発済みです。これらの DNA マーカーを用いることで、コシヒカリ以外の品種についても同様の簡易迅速判別が可能となる予定です。

### 4. 技術、市場、社会への貢献

#### ■ 幅広い現場での活用

従来の品種判別キットは、実験設備が整った環境でしか使うことができず、また判定に1日程度の時間を要することから、米の流通加工の現場では十分に活用されてきませんでした。本分析キットは、汎用機器のみを用いて、簡便かつ約1時間で結果を得ることができるため、米卸や外食などの流通加工分野のみならず、栽培している品種がコシヒカリかどうかを農家が確認する場合や遺伝子を理解するための教材として学校が利用する場合など、新たな分析ニーズを創出するものと期待しています。本キットによる検査によって、表示の信頼が増し、消費者が安心してお米を食べられるよう技術の普及と発展に努めていきたいと考えています。

【平成 28 年 9 月 7 日 岸根雅宏：食品研究部門主任研究員】

問合せ先

食品研究部門 食品連携調整役 (TEL.029-838-7990)

## お米の乳白粒の多発を収穫前に予測する装置

地球温暖化の悪影響で、米粒にデンプンがしっかり詰まらないことで品質が低下する乳白粒等が増加しています。コメの収量や品質の低下について補償を求めるためには収穫前に被害調査を受ける必要がありますが、収穫前に乳白粒多発を予想することは困難です。そこで玄米中にデンプンが蓄積される過程に注目、成熟前の玄米を切断して白濁部を解析することによって、収穫一週間前までに乳白粒の発生を予測できるようになりました。

### 1. 研究の背景および研究成果の概要

#### ■ フェーンによる乳白粒の大量発生

近年、地球規模で温暖化が進行していますが、日本でもお米の品質に悪影響が出ています。米粒は内部にデンプンが十分詰まると、収穫する頃には透明になりますが、最近はその一部が白濁したまま成熟する"白未熟粒"の発生が多くなっています。白未熟粒の一つである乳白粒(お米の側面の 1/2 以上が白濁したものは、夏場が高湿または日照不足になった場合や、高温乾燥風(フェーン)が吹いた場合に多く発生します。

ここで紹介します「乳白粒の多発を収穫前に予測する装置」は、平成 19(2007)年の南九州産早期水稻における乳白粒の多発がきっかけとなって開発されました。南九州の早期水稻は、3月下旬から4月上旬にかけて田植えを行うため、主要品種である「コシヒカリ」の場合、6月下旬から7月上旬に稲の穂が出ます。このため、稲の穂が出る前後は梅雨の影響で平年でも日照不足気味になりますが、平成 19(2007)年は7月3日から14日までの日照時間が平年の 10%前後になるなど、特に深刻な日照不足に遭遇しました。加えて登熟(籾の中にデンプンが送られ、米粒が形成されること)中期の7月14日には台風4号の通過に伴うフェーン風に見舞われました。これらの気象要因の影響で、大量の乳白粒が発生し(図1)、1等米はほぼゼロとなり、品質の悪さのため流通困難になる規格外米が約7割に達するという大被害となりました。

気象災害などで農作物の品質を加味した収量が一定の割合以上減少すると、農業共済制度により、経済的な補償を受けることができます。そのためには、収穫前に稲の被害状況を調査してもらう必要がありますが、稲の玄米品質を収穫前に確認することは困難です。収量、品質いずれの被害が発生した場合でも、収穫前に農家はその被害を申告し、立毛状態(稲を刈り取る前の状態)での調査を受けることが前提となっていますが、平成 19(2007)年の場合も、倒伏はほとんどなく、登熟時の籾の色もきれいでしたので、大多数の農家は事前に被害申告を行わず、被害補償を受けられないという事態が発生し、大きな経済的被害を受けました。

そこで、農研機構九州沖縄農業研究センターでは、品質被害発生時の適確な被害申告や玄米品質による仕分け入荷への活用が図れる「乳白

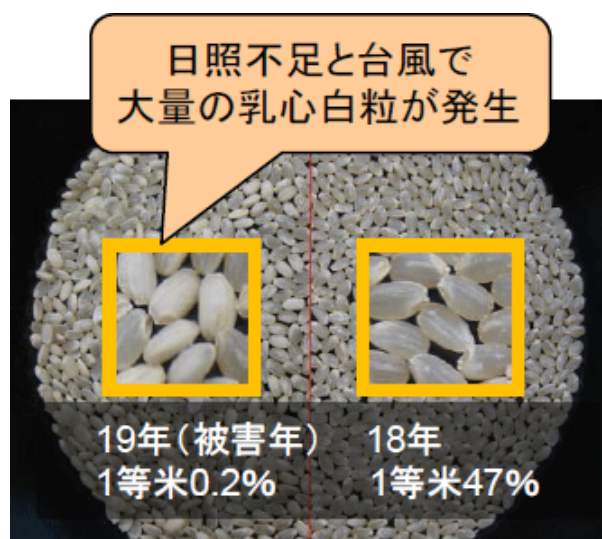


図1 被害年と通常年のお米の品質  
(写真提供：宮崎県総合農業試験場)

粒の多発を収穫前に予測する装置」を(株)ケツト科学研究所と開発しました。装置の原理と概要は以下のとおりです。

### ■ 収穫前のお米の断面から読み取る

背景でも述べましたように、お米が実る過程で、デンプンが十分に蓄積すると米粒は透明化しますが、蓄積が不十分なまま成熟すると白濁した部分が米粒の中に残ります。デンプンは玄米の中心から蓄積しはじめて、表層に向かって順次広がるのがわかっています。このため、成熟する前でも玄米内部に白濁部があり、その周りが透明化している場合は、白濁部のデンプン蓄積はすでに終了していることになり、収穫時まで白濁したまま残る、すなわち乳白粒になると判断できます(図 2)。木の断面に現れる年輪の幅から過去の天候の推移が読み取れるのと似ています。

この考え方を基に(株)ケツト科学研究所と共同で乳白粒の発生予測装置を開発し、平成 23(2011)年 9 月に同社が市販化しました。装置は 100 粒の玄米を簡単に切断する機器、その切断面をスキャナーで撮像する機器、および、そこで得られた画像の白濁部の解析から乳白粒の発生を予測するプログラムソフトで構成されています(図 3)。平成 27 年 2 月末までに約 40 台が販売され、農業共済組合や県の試験場等に導入されています。

なお、乳白粒多発の予測結果を現場に知らせて農家に被害申告を促すタイムリミットは、申告後に農業共済組合が被害算定の調査を行う時間を考えると、収穫前日数で約 1 週間程度とのことでしたが、この装置で乳白粒の発生を予測できる収穫前日数は、1 週間から 10 日程度となります。このため、何とか現場のニーズに応えられる技術になったものと考えています。



図 2 収穫前に乳白粒と判断された玄米の横断面

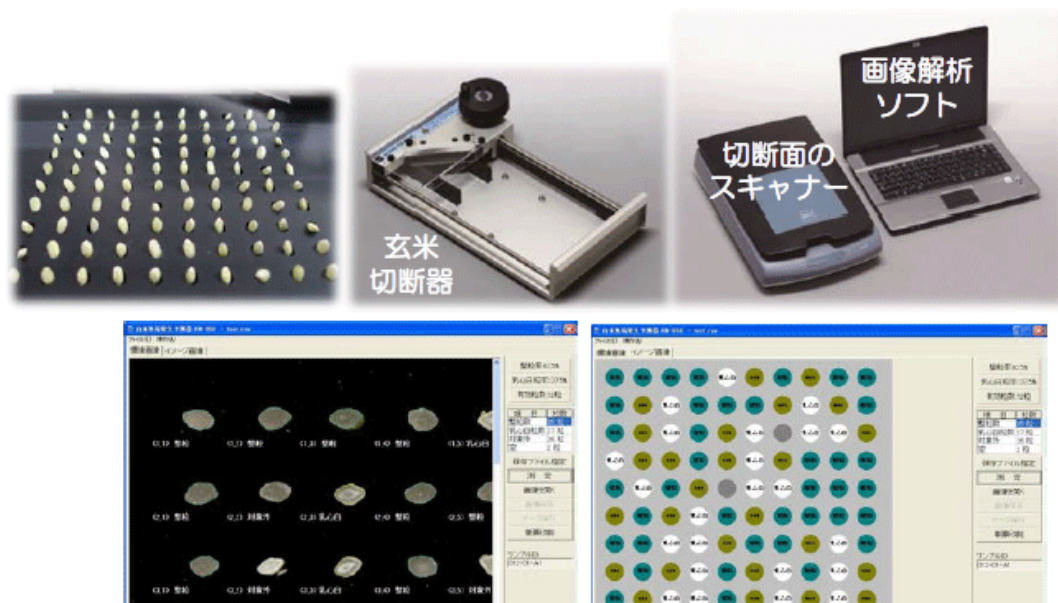


図 3 市販された測定装置(上)と測定画面(下)



## 2. 産学官連携活動について

### (1) 出口を見据えた研究テーマの設定

#### ■ フェーン被害の緊急調査から予測手法のアイデアが生まれて技術化

平成 19(2007)年の南九州産早期水稲における品質被害では、被害そのものに加えて、被害を収穫前に予測できずに農業共済の経済的補償が受けられなかったという問題がありました。このため、九州沖縄農業研究センターでは平成 20(2008)年からの 3 年間、農林水産省の実用技術開発事業で宮崎県、鹿児島県、愛媛大学農学部との共同研究を行い、筆者はその中の課題の一つである「収穫前玄米を用いた乳白粒発生予測手法の開発」に取り組みました。成熟前でも玄米の透明部分の内側に白濁部がある場合は乳白粒になるという予測原理のアイデアは、この競争的資金を得る前に実施した農研機構内の緊急調査の際に得られていました。緊急調査では、南九州で水稲の被害の発生状況や気象条件の聞き取り調査を行うとともに、フェーンが吹いた時に水稲の生育ステージが異なっていた圃場から乳白粒を提供していただき、断面に現れた白濁部を観察することができました。その結果、早く穂が出た圃場の玄米、すなわち登熟がだいぶ進んでからフェーンに当たった玄米では、登熟後半にデンプンが蓄積する表層に近いところが白濁し、逆に遅く穂が出て、登熟開始後まもなくフェーンに当たった玄米では、中心に近いところが白濁していることに気づきました。このように、フェーンなどのストレスによる傷痕(白濁)が成長中の玄米内部に記録されるわけですから、未熟な玄米でも断面を見て透明部分の内部に白濁部があれば、乳白粒になることが予測できるのではと思いついたのです。予測手順としては、50 粒の玄米を一度に切断する簡易な道具(ハインズドルフ式穀粒横断器)が販売されていたので、これを用いて収穫前の断面を目視で観察し、前述の原理に基づいて乳白粒の発生率を算出することにしました。将来的には断面の白濁を画像解析することも視野に入れていましたが、この時点では装置開発の具体的な目途は立っていませんでした。

### (2) 共同研究の開始までの取組について

#### ■ 成果発表会に参加した民間企業の提案が装置化につながる

前述の実用技術開発事業の最終年である平成 22(2010)年 5 月の成果発表会(図 4)に傍聴参加した(株)ケツト科学研究所の渉外担当の方から、同社のオオムギ用「硝子率判定器」を応用することで、本技術の装置化が可能ではないかという提案をいただきました。オオムギでは、穀粒が白濁化した粉状質になるか、透明化した硝子質になるかが、品質を大きく左右するため、穀粒断面の硝子率を画像解析する装置が開発されていたのです。

この提案を契機に、同年 7 月には九州沖縄農業研究センターと(株)ケツト科学研究所は共同研究契約を締結して、装置化のための課題解決に向けた取り組みが一気に動き出しました。具体的には画像解析のアルゴリズムや、切断に適した玄米水分、玄米を立てるホルダーの穴の径と深さなどが、スピード感を持って検討されました。また、特許の出願も同年 12 月に行われ、平成 27(2015)年 3 月に登録されました。



図 4 実用技術開発事業の平成 22 年(2010 年) 5 月の成果発表会



### 3. 今後の研究、技術移転の方向性について

#### ■ 現場実証事例の蓄積

本装置による乳白粒発生予測の精度については、これまで研究所内の圃場で検証を行ってきており、その結果を論文として報告する準備を進めていますが、現場での実証例はまだ少ない状況です。今後は装置が導入された農業共済組合などと連携を図りつつ、農家圃場での実証を進めていく必要があると思っています。

### 4. 技術、市場、社会への貢献

#### ■ お米の断面解析のプラットフォームとしての可能性

これまで困難であった収穫前の玄米による乳白粒の発生予測を行えるようになったことから、現場への一定の貢献はできたものと考えています。また、本装置は、収穫前だけでなく成熟したあとの玄米断面でも乳白粒の発生率を測定できます。このため、品質被害が発生した地域の成熟後の玄米が持ち込まれて、断面の白濁の様相から被害の要因を考察するという、装置開発時には想定していなかった使われ方もされています。玄米の外観から品質判定を行う装置(穀粒判別器)とは異なり、"断面の白濁の様相を解析する"という新たな品質評価のプラットフォームとしての可能性も提供できたものと思っています。

【平成 27 年 4 月 23 日 森田敏：九州沖縄農業研究センター上席研究員】

問合せ先  
九州沖縄農業研究センター 水田作研究領域長 (TEL.0942-52-0602)

## 果樹ウイルス病診断キットを利用した産学官連携・普及活動

温州萎縮病はウイルスによって引き起こされ、温州みかんのみならず広くカンキツ類の品質を落とす病害です。有効な治療法がないため、ウイルスフリーの苗木を育成し供給することが必要です。大きな母樹は感染後すぐに病徴がでないため、簡易な診断キットが求められてきました。そこで医療用診断キットメーカーと協力、特別な装置を必要とせず、わずか 15 分で診断可能な SDV 簡易診断キットを開発しました。

### 1. 研究の背景および研究成果の概要

#### ■ カンキツの温州萎縮病とは

カンキツの温州萎縮病は、温州萎縮ウイルス(Satsuma dwarf virus,以下「SDV」とする)により引き起こされる病害で、わが国ではカンキツに広く感染し、各地で大きな被害を出しています。特に主要カンキツであるウンシュウミカンに感染すると、葉が小さく縮むだけでなく、枝の節と節との間が短くなるため、多くの葉が重なり合うように広がります(写真 1)。また、枝が曲がり、樹全体伸びなくなるため、農薬などの散布や剪定作業などがとてもしづらくなります。さらに、果実は収穫量が減るだけでなく、果皮が厚く形が悪くなり、食味も悪くなります。

昨今は味の良い高品質の果実が求められるとともに、生産現場において作業の省力化が必要とされていますが、SDV に感染した樹では、品質の良い果実を低コストで生産することが難しくなります。ウンシュウミカン以外のカンキツでも、葉が黄色く変色したり変形したりすることがあります。このように、カンキツ類の生産に悪影響を与える SDV 対策を進めることは、今後のカンキツの安定生産上不可欠です。



写真 1 SDV に感染して葉が縮れた温州みかん樹

#### ■ SDV 対策と母樹診断の重要性

SDV は、他の果樹ウイルスと同様に接ぎ木(接ぎ穂にする枝などを切り取って、同種または近縁の他の植物の幹に接ぐこと)をすることで確実に伝搬します。また、非常に緩やかではありますが、果樹が根を張っている土からも伝搬します。そして、いったん感染してしまうと有効な治療方法はありません。そこで、唯一の対策は SDV に感染していないウイルスフリーの母樹(接ぎ穂を取るための木)から健全な苗

木を育成して供給することとなります。SDVに感染していない母樹の作製は、茎頂接ぎ木法などにより比較的容易に行うことができ、既に多くの母樹園で採用されています。

しかし、何らかの人為的ミスなどにより、母樹が感染したり、苗木生産の段階で感染した枝が混入したりすることがあります。SDVに感染した樹は、上述のような外見上の変化が生じるため、症状により見分けることができる場合もあります。しかし、大きな母樹などでは感染してもしばらくは症状が判然としない場合があり、気がつかないうちに、汚染された苗木を沢山生産してしまうことがあります。これを防ぐために、苗木増殖の前後でSDVの感染を確実に診断する必要があります。

## ■ 簡易診断キットの実用性

SDVの感染を診断する方法はいくつかありますが、その多くは特別な機器や専門知識が必要で、苗木増殖に携わる者や苗木を購入する生産者などが自ら診断することはできませんでした。そこで、誰でも場所や設備の制約を受けることなく、簡単にSDV診断を行うことができるキット(以下、「SDV簡易診断キット」という)を開発し、今回市販するに至りました。

## ■ 簡易診断キットの内容

SDV簡易診断キットは、カンキツの葉をすりつぶす「フィンガーマッシャー」と、得られた汁液を滴下してSDVの感染を診断する「テストプレート」からなります(写真2)。1回の診断はすり潰しも含めて15分ほどですが、感染樹のウイルス濃度が高い場合には5分以内に陽性であると診断できます。なお、SDVが感染している場合は、テストプレート上に2本の線が出現し、健全の場合は1本の線のみが出現します(写真3)。

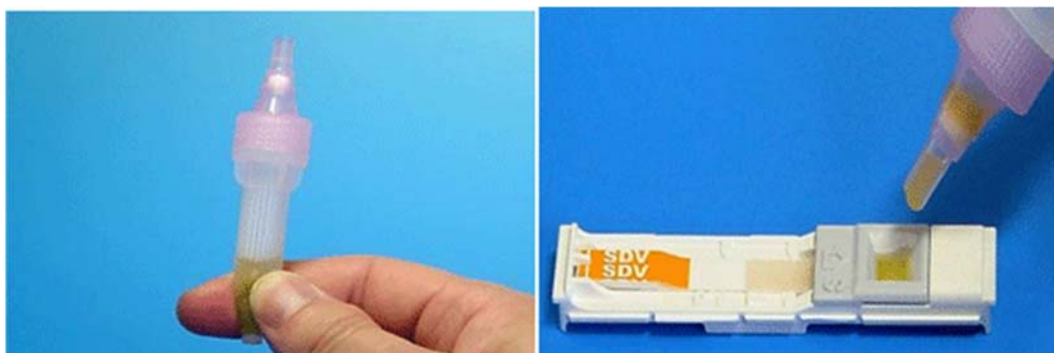


写真2 「フィンガーマッシャー」(左)と「テストプレート」(右)



写真3 2本のバンドが出現した場合は、陽性(下)、1本のみが出現

## 2. 産学官連携活動について

### (1) 出口を見据えた研究テーマの設定

#### ■ 簡易診断キットの利用場面の想定

このように、SDV 簡易診断キットは、母樹園の管理や苗木増殖の段階で使用されることを想定して開発しました。主要なカンキツ産地では、生産者団体が消費者の嗜好性や生産面で良い形質を有する優良系統の母樹園を持っていることが多く、またカンキツ苗木業者は SDV に感染していない苗木の生産に非常に関心が高いため、SDV 簡易診断キットは市場に受け入れられる可能性が高いと判断されます。さらに、共同研究のカウンターパートである医療用診断キットメーカーの企画担当者と事前協議を重ね、商品化が可能であるとの考えに至りました。

### (2) 共同研究の開始までの取組について

#### ■ 共同研究のきっかけ

SDV による被害は九州や四国等でも顕著で有り、またカンキツ苗木のほとんどが福岡県久留米市田主丸地区で生産されているため、本研究は、九州地域の課題を解決する研究としてスタートしました。このため、九州地域の公設研究機関および佐賀県に本社を置く医療用診断キットメーカーと共同研究を行うに至りました。製品のプロトタイプを開発した後は、全国への普及性をテストするために、東海地域の公設研究機関も参画し、その利用場面の拡大を図りました。

### (3) 共同研究開始後の製品化までの取組について

#### ■ 開発段階

SDV 簡易診断キットの核となるテストプレートの開発には、SDV だけに結合し SDV の有無を判別することのできる抗体が必要です。開発の初期段階ではポリクローナル抗体(SDV に結合する多種類の抗体の混合物)が、また、完成に近い段階ではモノクローナル抗体(SDV に結合する単一の抗体)が必要でした。これらの抗体は、農研機構と公設研究機関がそれぞれ供給し、医療用診断キットメーカーが試作品の開発を行いました。

#### ■ 実証段階

試作品を実際に用いて現地のサンプルで診断が可能かどうかを農研機構と公設研究機関がそれぞれの地域のカンキツを用いて検討しました。その後、現場での試行により抽出された問題点を反映して解決することで、感度と診断時間の改良を行いました。さらに、普及関係者にも試行を依頼し、研究者では気がつかない問題点や疑問点を洗い出し、取扱説明書の内容に反映させることで、より使い勝手のよい SDV 簡易診断キットを完成させました。

#### ■ 普及段階

SDV 簡易診断キットが完成すると、ただちに「果樹研究会」、「日本植物病理学会」「九州病害虫研究会」などの学会・研究会で、研究者に対し SDV 簡易診断キットの紹介を行いました。また、九州沖縄地域マッチングフォーラムなどのイベントにおいて普及関係者、実需者に製品を PR しました。製造販売元の医療用診断キットメーカーは、チラシの配布や HP への製品情報の掲載を通じて宣伝に努めました。さらに、複数のカンキツ大産地で技術指導員を対象に使い方の説明を行うとともに、(一社)日本果樹種苗協会の講習会で苗木業者



に説明とデモを行いました。また、SDV 簡易診断キットの開発が日刊工業新聞社から表彰され、さらに製品が広く知られるようになりました。

これらの普及活動の結果、平成 24(2012)年までに 42,000 テスト以上の簡易診断キットが販売されました。診断キット中のテストプレートは SDV の診断専用ですが、試料をすりつぶす時に使うフィンガーマッシャーは他の試料にも使用可能であるため、汎用消耗品として、別途販売されるに至りました。これは、思いがけない波及効果でした。

### 3. 今後の研究、技術移転の方向性について

#### ■ 他の重要ウイルスでも簡易診断キットを！

SDV 簡易診断キットと同様の診断キットは、他の重要ウイルスに対しても開発することはできますが、考慮すべき 3 つのポイントがあります。1 つ目の技術的ポイントは、特異性の高いモノクローナル抗体が得られるかどうかです。2 つ目の普及面でのポイントは、簡易診断が必要とされるかどうかです。実際、典型的な症状が認められ、容易に診断ができるウイルス病の場合、診断キットは不要です。また、昆虫によって感染が広がるタイプのウイルス病は、診断しても防ぎようがないので、あまり意味はありません。そして 3 つ目のポイントは採算がとれるか否かであり、想定される販売数が少ない場合は、メーカーが取り組むことはないでしょう。これらの点を勘案し、今後別の重要ウイルスに対しても、簡易診断キットの開発が望まれます。

### 4. 技術、市場、社会への貢献

#### ■ 生産者が自ら行う診断できることの意義

SDV 簡易診断キットは、主に母樹を管理する生産者団体、苗木業者などをユーザーとして想定していますが、当然生産者個人でも自ら購入した苗木を診断することができます。実際に個人で購入された例もあります。生産者が自ら苗木が健全かどうかを診断できるようになると、苗木業者もこれまで以上にウイルス病対策を真剣に講じなくてはならなくなります。実務に携わる者が自らリスク管理を行うことは極めて重要なことであり、SDV 簡易診断キットはその実現に大いに貢献します。単に技術的な貢献ではなく、社会的な貢献も大きいといえます。

【平成 27 年 4 月 8 日 岩波徹：果樹研究所研究調整役】

問合先 果樹茶業部門 果樹連携調整役 (TEL.029-838-6451)
--

## 三種の食中毒菌の迅速多重検出システムの実用化

従来の食中毒菌検査法では結果が出るまで4～7日が必要でした。食品製造現場で食中毒を未然に防ぐために、最も危険な食中毒菌である、腸管出血性大腸菌 O157、サルモネラ、リステリアの3種をターゲットとして、一日で検出可能な検査キットを開発しました。本キットを利用することで、検体 25g 中に病原細菌が1細胞でもあれば検出可能となりました。

### 1. 研究の背景および研究成果の概要

#### ■ 複数の食中毒菌を一括して同時に検出できる技術を開発・特許化し販売へ

昨今の大規模食中毒の発生は極めて重大な社会不安を与えており、食品製造現場での衛生管理業務は以前に増して重要になっているところです。しかし、食中毒菌検査を実施するには、従来の手法では検査結果を得るのに4～7日を要し、食品製造現場で食中毒未然防止策を迅速に実施できず、現状を超える製品の安全性保証や衛生状態の改善が困難となっていました。

本研究では、食品製造現場での多種多様な衛生管理業務に対応できる自主衛生検査の開発・普及を目指して、複数食中毒菌を一括して同時に検出可能とする技術開発を行いました。具体的には、死亡に至る重大な感染型の食中毒事故が報告されている腸管出血性大腸菌 O157・サルモネラ・リステリアの一括同時迅速検査法を開発・特許化しました。開発手法では検体 25g 中にわずか1細胞の標的菌が生存すれば当日での検出が可能で(図1)、畜肉・野菜を含む60種類以上の食材に対しても適応できます。本検査法は3つの技術開発のスキームすなわち(1)新規前培養培地開発(2)効率的な核酸抽出法開発(3)複数食中毒菌の遺伝子多重検出系の開発より成り、この3つのスキームが特許性に関わる重要な部分となっています。

上記の成果は、論文として公表した上で、国内はもちろん米国およびEUにおいて特許が成立しています。開発した技術は、キット化(図2)により実用化と普及が行われています。これらは、食中毒菌迅速多重検出キットシリーズとして新規前培養培地、核酸抽出試薬、遺伝子多重検出試薬のそれぞれが販売されるに至りました。

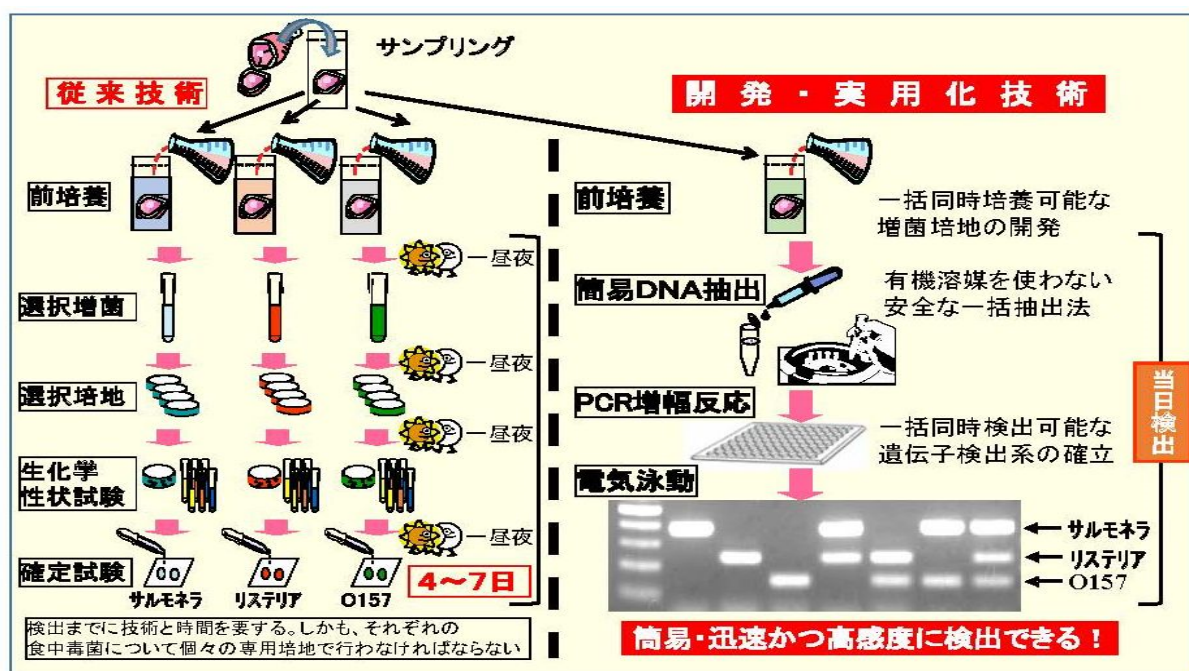


図1 実用化した食中毒菌一括同時検出法

## 2. 産学官連携活動について

### (1) 出口を見据えた研究テーマの設定

#### ■ 当初の時点から業界のニーズを把握、設計時には普及をイメージ

開発当時、食中毒菌の検査キットは既に多数存在していましたが、食品への活用には、前培養等に時間を要する・食品由来の共雑物により影響を受ける、などの問題があり、普及を妨げている現状がありました。当初の時点で、食品からの検出のニーズがあることは理解しつつも上の問題が存在する事は企業や衛生研

究所のインタビューからも明らかでした。さらに、遺伝子検査による検出系は高コストという問題があり、これも普及を妨げる要因となっていました。食中毒菌を複数同時に検出できれば結果としてコストダウンにつながるようになります。また、遺伝子検査自体のコストも基本原理(PCRによる遺伝子増幅)の特許が順次切れていくことから、長期的にはロイヤリティー分のコストダウンにつながる可能性があり、技術の普及がより容易になっていく可能性を含めて研究テーマが設計されました。

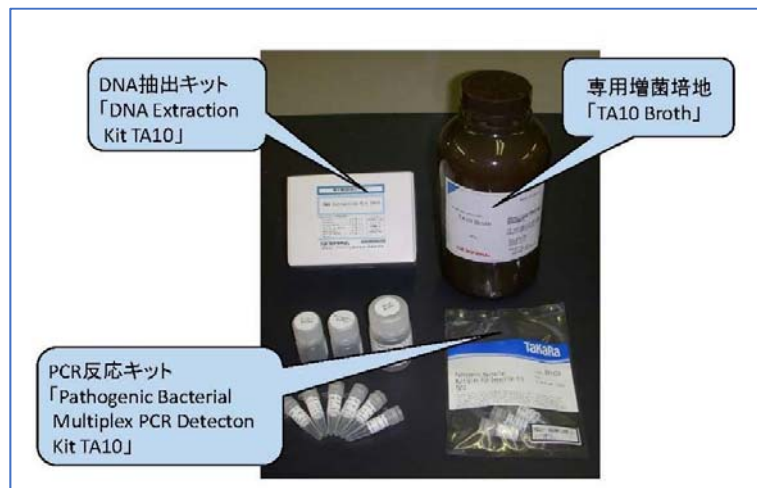


図2 実用化された食中毒菌迅速多重検出キット「TA10」シリーズ

### (2) 民間企業との共同研究の開始まで

#### ■ 開発当初から研究と第三者による実証・フィードバックを想定、共同研究へ

新規の方法論を開発するにあたり最も重要な点は、開発者の視点だけで研究を進めるのではなく、第三者による現場活用・実証を並行させて行うことで、問題点のフィードバックを常に受け入れる環境を作ることになりました。そのため、開発当初から民間会社との共同研究体制構築が本研究において必須条件でした。幸い、ある民間食品会社の持つ基礎研究所は食中毒菌研究を重点的に行っており、研究の興味が一致したことから共同研究契約を締結し、共同研究を開始しました。

### (3) 共同研究の実施と製品化までの取組について

#### ■ 製品化等にあたり多様な機会を実証試験の参加者を募集

共同研究を実施するにあたり、具体的な協力、分担関係はありませんでした。ただし、大まかに技術開発のアイデアは食品総合研究所側が、現場活用・実証試験は共同研究者側が行うというスタンスで進められました。開発技術の製品化と実証試験では、巨大ロットでの注文が必須となるため、継続的かつ多大な研究資金が必要になりましたが、農林水産省の資金を活用して、順調に研究を進めることができました。

開発したキットの実証試験では、多くの一般企業からの自発的な実証協力を求めました。協力を求めるにあたり、産学官連携交流セミナーだけでなく一般の講演会や研究成果の展示会等の場で、実証試験の参加を募りました。

最終的に、数社の企業や団体の協力を得て、第三者による実証試験の結果として公表することができ、また、副次的な効果として研究機関同士の信頼関係を構築することができました。

### 3. 今後の研究、技術移転の方向性について

#### ■ 出現する新しい技術を取り込み個別技術活用の可能性も

本研究で開発された検査法は (1) 新規前培養培地開発 (2) 効率的な核酸抽出法開発 (3) 複数食中毒菌の遺伝子多重検出系の開発、の 3 つの技術開発の集合で成り立っていますが、個別での活用も可能です。例えば将来、マイクロアレイや次世代シーケンスのような技術が発展して、遺伝子を網羅的かつ極めて高感度に検出できる技術が出現した場合でも、食品からの前培養培地や核酸抽出といった技術はそのまま転用できる可能性があります。新しく開発されてくる技術をどのように取り込んでいくかが、研究と技術移転の方向を決めるカギとなります。

一方、食品は多種多様であり、本研究で開発されたキットが 60 品目以上の食品で活用できることを示したとはいえ、全ての食品に使用できるとは言えません。実際、企業からの相談があり改善案を模索しているところで、これが今後の新しい共同研究の足掛かりにもなると考えています。

### 4. 技術、市場、社会への貢献

#### ■ 食中毒菌検出技術の考え方を変えるとともに、食品製造業者の自主衛生管理の意識向上に貢献

本技術開発により、少なくとも食品からの食中毒菌検出には培養・抽出・検出の 3 つの過程があり、全ての段階について技術開発しなければ高感度化は望めないことを示したことは大きいと考えています。本技術開発を公表した段階までは、食中毒菌の遺伝子迅速検出については遺伝子検出手法のみが議論され、培養・抽出過程を含めた食品での活用を前提に議論されてはいませんでした。以降、培養と抽出の至適化を重要視されるようになり、検査技術開発はニーズに適合しなければ意味がないことを示した点で、本研究の意義は大きかったと言えます。

本研究は実用化を前提に行われた性格があるとともに、大規模食中毒事件も発生していたことから、社会的に研究意義が受け入れやすかったとも言えます。そのような背景の中、市場では、自社原料の食中毒菌汚染の定点観測に使用したい、苦情発生時の緊急確認に使用したい、遺伝子検査キットはいらぬから培地だけを使いたい、など、本キットの様々な使い方が模索されているようです。さらに近年では HACCP 制度化に伴い、より高度な衛生管理が事業者に求められるようになり、ますます迅速検査技術は注目されることとなるでしょう。特に食品製造過程において衛生環境モニタリングが必須となってくるでしょうから、そのような使い方が、今後模索されと考えられます。

本研究成果は、平成 24 年度に農林水産省技術会議事務局から若手農林水産研究者表彰を戴くに至りました。本研究成果の普及により、食品製造業において食中毒の未然防止のために自主衛生管理の意識を高めることができたことが、何よりも大きな社会的貢献であったと考えています。

【平成 26 年 7 月 9 日 川崎晋：食品総合研究所食主任研究員】

【平成 29 年 8 月 1 日（改訂）川崎晋：食品研究部門上級研究員】

問合せ先

食品研究部門 食品連携調整役 (TEL. 029-838-7990)



## 前処理が簡単な BSE 検査キットの開発

牛海綿状脳症(BSE、いわゆる狂牛病)の検出に用いる抗体は、異常プリオン(病原体)だけでなく、正常プリオンにも反応します。従来、タンパク質分解酵素を用いることで、分解されない異常プリオンだけを残して検出するという、手間のかかる方法で検出を行ってきました。しかしプリオンを持たないマウスに抗体を作らせ、サンドイッチ ELISA 法を用いることで、操作ステップを少なくし、感度の高い検出キットを開発、販売することができました。

### 1. 研究の背景および研究成果の概要

#### ■ 簡便な前処理法と高感度な検出系の組み合わせで、高い検出感度を有する検査キットを製品化

牛海綿状脳症(BSE)のスクリーニング検査には、固相酵素免疫測定法(ELISA)が用いられます。異常プリオン蛋白質は宿主が持つ正常プリオン蛋白質(PrP)の構造異性体であり、診断に用いられる抗体は正常、異常のどちらの PrP とも反応してしまいます。そこで、検体に蛋白質分解酵素処理をすることで、残存した異常プリオン蛋白質を検出しています。また、動物種を超えて高度に保存された正常プリオン蛋白質の存在は、BSE の診断に有用な抗体を作製するための障害となっていました。

診断やプリオン病の研究に有用な抗体を作製するために、PrP を持たないマウス(プリオン遺伝子欠損マウス)を用いて抗 PrP 抗体を作製しました。その中から、検査キットに最適な抗体を組み合わせ、従来品と比較して約 10~100 倍の感度をもつサンドイッチ ELISA の検出系を確立しました(図 1)。

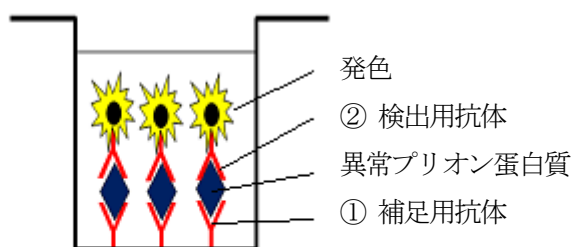


図1 抗プリオン蛋白質抗体を用いた異常プリオン蛋白質検出法

2種類の抗プリオン蛋白質抗体を使ったサンドイッチ ELISA で異常プリオン蛋白質を補足・検出する。

BSEは人獣共通感染症であり、プリオンの熱や消毒薬に対する強い抵抗性にも注意が必要です。検査のステップを少なくすることにより、BSE検査室のプリオンによる汚染を最小限にすることもキットに求められる課題の一つでした。そこで、破碎器具「バイオマッシャー」を開発し、1本のチューブ内でサンプル処理を完結することができるようになりました(図2)。「バイオマッシャー」とその使用方法は、「試料破碎器具および試料破碎方法」として共同研究を行った企業が特許を取得しています。

わが国では、食品安全委員会の評価結果に基づき、検査対象月齢が平成25(2013)年7月から48か月齢超に引き上げられたことで、検査の回数は大幅に減少しましたが、今でも全国の食肉衛生検査所および家畜保健衛生所でBSEのスクリーニング検査が行われています。本研究で開発した簡便な前処理法と高感度なELISA検出系を組み合わせることにより、特別な器具、機械、解析装置が不要で、かつ高い検出感度、特異性を有するBSE検査

キットを製品化することができました。本キットは平成 18(2006)年 11 月より、共同研究を行った企業から販売されています。

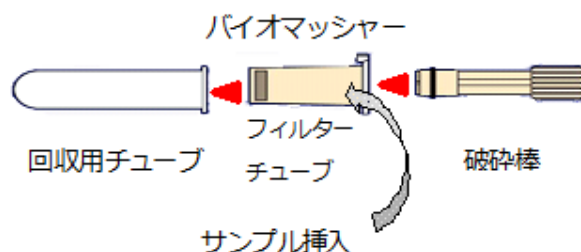


図 2 簡易破碎器具「バイオマッシャー」

- ・多数の脳検体を、安全かつ迅速に破碎し、スムーズに異常プリオン蛋白質の抽出工程へ移行できる器具。1本のチューブ内で前処理を完結。少数サンプルにも対応可能。
- ・前処理の簡便化により、感染材料処理に伴うリスクの低減と迅速化を実現。

## 2. 産学官連携活動について

### (1) 出口を見据えた研究テーマの設定

#### ■ 国内での BSE 発生前からの研究の蓄積がキットの迅速な開発につながる

平成 5(1993)年にプリオン病研究を開始した当時は、英国での BSE 発生が最も多い時期でしたが、わが国は肉骨粉を輸入および給餌していないとの理由から、国内での発生は想定されていませんでした。BSE は英国および一部ヨーロッパに局限した牛の奇病であり、ヒトへのリスクもまだ知られていなかったため、食用牛の BSE 検査も考えられていませんでした。このため研究当初は、キット化、商品化は全く視野にありませんでしたが、万一に備えた診断、病性鑑定のためのツールの確立を目的として研究を行いました。その後、平成 8(1996)年の英国における変異型クロイツフェルト・ヤコブ病(CJD)の発生により、食の安全の問題が提起され、その頃から BSE の微量検出法およびキット化に着手しましたが、平成 13(2001)年の国内で BSE が発生するまでは、BSE キットに対する関心は高いとは言えませんでした。国内での発生の後、キット作製のための「出口を見据えた」共同研究が本格化しましたが、それまでの 8 年間にわたる共同研究がなければ製品化には至らなかったと考えます。

### (2) 民間企業との共同研究の開始まで

#### ■ 相手先企業の人材が大きな力に。プリオン病全体の研究推進が製品化につながる

平成 7(1995)年夏に日刊工業新聞で取り上げられた「プリオン蛋白質に対するペプチド抗体の作製」の記事が共同研究の契機となりました。上述のとおり当時は、牛由来製品のリスクは不明な、というよりも顧みられておらず、キットの製品化よりも、BSE に対する知見の収集が目的であったと記憶しています。BSE を含むプリオン病は希少疾患であり、研究所内に共同研究を進める研究員も少なく、共同研究を行った企業から派遣された研究員の参加が強力な人的資源のサポートとなりました。おかげで、BSE 牛の診断やプリオンの検出を目指して様々なツールを作ることができました。キットの作製に特化することなく、試験管内の実験から動物実験までも含むプリオン病全体の研究推進が、後の試作キットの評価の際にも役立ちました。

### (3) 共同研究の実施と製品化までの取組について

#### ■ 基礎研究から応用研究にいたる緊密な連携が、切れ目ない成果を生んだ

共同研究を行った企業とは、平成 9(1997)年から 18(2006)年までプリオンの不活化やプリオン蛋白質に対する抗体の作製に関する共同研究を進めてきました。平成 11(1999)年からは共同研究による診断キットの製品化にも取り組んできました。基礎研究から応用研究にいたる緊密な連携が、論文発表から製品開発に至る切れ目無い成果の結実につながったと考えます。

BSE はバイオセーフティレベル(BSL)3 の病原体に区分され、実験には封じ込め施設が必要となります。共同研究を行った企業の社内には当時、BSL3 施設がなく(現在は、BSE キットの検定のために整備)、共同研究の一環として動物衛生研究所の BSL3 施設を活用しながら研究を行いました。

### 3. 今後の研究、技術移転の方向性について

#### ■ 残された多くの謎を解明するための基礎研究を進め、多くのプリオン病への応用手法の確立へ

BSE の診断に関しては、ひとまずの目標を達成したと考えます。しかし、その病態発生や、長い潜伏期の間に病原体がどのような経路で脳や脊髄に達していくかなど、多くの謎は残されたままです。今後は、超高感度なプリオンの検出法による病態解析などの基礎研究を進めることが必要と考えています。その研究成果は、ヒトの CJD の早期診断に応用できる手法の確立にもつながるものと考えています。

### 4. 技術、市場、社会への貢献

#### ■ 国等の検査費用の大幅削減、地域雇用の創出に貢献

BSE 検査が始まった頃は 1 種類の高価な輸入キットが承認されているのみでしたが、我々が開発したキットを含む複数の国産 BSE キットの市場参入に伴い、価格が大幅に下がりました。このことは、キット販売会社の利益が当初予想よりはるかに減少したことを意味しますが、国と自治体が負担する検査費用の大幅削減は、国益につながる貢献と言えます。製品は、国内の製造業者と連携により生産していることから、地域の雇用創出の役割も果たしました。

わが国の BSE の清浄化がすすみ、その対策も実を結んできたことから、平成 25(2013)年 5 月には国際獣疫事務局(OIE)により「無視できる BSE リスク国」に承認されました。前述のように BSE 検査の対象が見直され、検査対象頭数は大きく減少しましたが、BSE リスクステータスの維持には検査を全廃することはできません。これまでの BSE キットには、大量検体の迅速処理が求められてきましたが、今後は高リスク牛を対象とした検査への切り替えにより、少数検体への対応が必要となります。バイオマッシャーは、この少数検体の処理にも適しているほか、BSE 以外の感染症由来の材料の調整のほか、核酸や蛋白質の抽出ツールとしても幅広く活用されています。BSE 検査頭数が減少したため、平成 26(2014)年 3 月末で 2 種類の BSE キットの販売が中止となりました。現在本キットは国内で唯一、使用可能な BSE 検査キットとなっています。

【平成 26 年 7 月 9 日 横山隆：動物衛生研究所企画管理部長】

問合せ先  
動物衛生研究部門 企画連携室長 (TEL.029-838-7705)

## 産学官連携による豚の「エコフィード」の取組み

飼料自給率向上の一環として、食品残さを利用するエコフィードの推進が強く求められています。飼料は栄養成分の調整が必要ですが、食品残さを類型化し代表値を用いることで、配合設計を行えるようにしました。リキッド調製時に、飼料を混合、加熱殺菌後、選抜した乳酸菌を加えて発酵調整を行うこととしました。これにより、養豚農家での飼料コストが削減可能となります。

### 1. 事例の背景・概要

近年、飼料価格高騰により畜産農家は厳しい経営を余儀なくされています。一方、国においては飼料自給率向上のため様々な施策を行っています。例えば、平成13年の食品リサイクル法の施行以降、食品廃棄物の発生抑制や再生利用について、各種の対策が進められています。その後も一層の対策推進のため、平成19年12月には、食品リサイクル法が改正され、特に食品残さの飼料への再生利用については実用レベルの技術開発が求められるようになりました。

食品の製造、流通、消費の現場から年間約2010万トンの食品廃棄物（平成27年度現在）が排出されています。「エコフィード」とは、製造副産物や食品残さを原料として製造された飼料のことです。

飼料自給率向上の一環としてエコフィードの推進が強く求められています。

### 2. 特筆すべき事項

食品残さの飼料化には、乾燥法、サイレージ法、リキッドフィーディング法等があります。畜産研究部門では、リキッドフィーディング法のうち、発酵リキッドフィーディング(写真1)という技術について、産学官連携の取組みにより実用化しました。

この技術の特徴は、第1に多様な食品残さであっても、最終的には豚の必要とする成分の飼料に調製できることが挙げられます。これは、食品残さを類型化して分別しその代表値で配合設計することにより可能になりました(写真3)。第2に飼料の保存性が向上することが挙げられます。これは、調製過程において、混合・加熱殺菌後、選抜した乳酸菌を用いて発酵調製することによります。

本技術の導入により、食品残さの発生～飼料化～家畜生産に至る一連の再生利用が可能となりました。畜産現場での飼料コストの削減、飼料生産現場での化石燃料使用量の低減に寄与しています。

### 3. 連携の概要と

#### その特徴

エコフィードに関連する技術開発においては、原料となる食品残さの入手を専門に行っている業者との連携が不可欠です。本産学官連携研究では、そのような専門業者と密に連携して、エコフィード



写真1 発酵リキッドフィーディング



写真2 エコフィード行動会議全国シンポジウム



技術を開発するとともに、開発された技術を現場にスムーズに移すことができました。

農研機構では、このような連携を複数の企業と実施しており、都市近郊では多様な食品残さを活用した技術が実用化されています。一方、地方では北海道における乳製品やじゃがいも副産物を活用した技術、南九州における焼酎粕を活用する発酵リキッドフィーディングの技術開発へとつながっています。

エコフィードに関する連携は、全国的に広がってきています。

#### 4. 市場への貢献

飼料価格高騰対策の一環としてエコフィードの利用は大きく進みつつあります。エコフィード生産事業者は、現在 349（平成 28 年現在）にまで伸びています。

養豚農家では生産コストの 6 割ほどが飼料費です。比較的廉価なエコフィードの利用は畜産農家の経営に大きく貢献しています。

エコフィードの活用は、地域の食品残さを活用した地域ブランド豚肉の生産を可能とします。

#### 5. 社会への貢献

食品残さのリキッド飼料化は、多様な食品残さの適正な分別に、多くの労力が必要です。そのため、雇用の創出につながり、農業振興、地域活性化への貢献が期待できます。

環境影響評価によると、食品残さのリキッド飼料化は、乾燥飼料化、あるいは食品残さを焼却廃棄し飼料を輸入する場合と比較して温室効果ガス排出量およびエネルギー消費量を大きく低減することが示されており、循環型社会の形成に貢献できます。ただし、これは乾燥飼料化を否定する訳ではなく、乾燥のためには、廃熱や食用廃油の利用が有効であることを示しています。

平成 21 年 3 月からエコフィードの認証制度も始まり、43 の銘柄が認証を受けています。また、エコフィード認証飼料を給与して得られた生産物をエコフィード利用畜産物として認証する制度が平成 23 年 5 月から開始され、現在 8 銘柄が認証を受けています。



写真3 多様な食品残さの適正な分別作業

#### 6. 技術への貢献

地域特有の食品残さを活用することで、特徴ある豚肉の生産も可能になりました。また、畜産物の適正な評価法も開発されました。

発酵調製に使用する乳酸菌や食品残さに含まれる抗酸化物質等の効果により抗菌性飼料添加物の使用を低減できる可能性が示唆されています。

【平成 20 年 川島知之：畜産草地研究所機能性飼料研究チーム長】

【平成 29 年 8 月 7 日（改訂） 川島知之：畜産研究部門豚代謝栄養ユニット長】

問合せ先

畜産研究部門 企画連携室長（TEL.029-838-8618）

## お茶畑を育てるために維持される草地の生物多様性の解明とそれを利用した地域振興

良質な茶の栽培を目的に、ススキを主体とした刈敷が伝統的に行われています。静岡県では刈敷草の供給地として半自然草原(茶草場)が大面積で維持されています。半自然草原によって近年減少が懸念されている在来動植物の多様性が保たれていることがわかりました。この技術で栽培された茶は生物多様性貢献度シールを添付して販売ができ、主な生産地は世界農業遺産に登録されました。

### 1. 研究の背景および研究成果の概要

#### ■ 研究の背景

わが国では、1880年代には草原が国土面積の30%以上を占めていましたが、現在では2%以下まで減少し、草原に依存する動植物が絶滅の危機に瀕しています。そのような中、静岡県の茶生産地域では、良質な茶の栽培を目的として茶園にススキなどの敷草を施す農法「茶草場農法」が行われています。そのため、供給源としての半自然草原(茶草場)が大面積で維持されています(図1)。茶草場は、茶生産という営農活動の中で維持されている、貴重な里地里山城の半自然草原であると考えられます。茶園にススキを主とした「茶草」と呼ばれる刈敷を行う技術は、お茶の味や色を良くするとされ伝統的に続けられています(図1)。茶生産という営農活動により茶草場が維持され、また茶草場から得る資源により茶生産が成り立っており、相互に共生しているという事実から茶草場は現在の農業が育む貴重な自然であると言えます。この茶草場には様々な生物が生育・生息しており、生物多様性の維持の観点から、その仕組みを明らかにする必要があります。



図1 茶草場と茶草農法(オレンジ色(橙色)枠内が茶草場)  
茶園横に存在する茶草場(左)、対象地に分布する茶草場(中)、畝間に敷かれる茶草(右)

#### ■ 研究成果の概要

農業環境技術研究所(現 農研機構農業環境変動研究センター)では、有名茶産地である、茶草場が多く残っている、茶農家の皆さんが協力的であり良好な研究体制を構築できるという3つの理由から静岡県掛川市東山地区を研究対象地を選び、植生調査、土地利用分析、管理実態調査などから以下の研究成果を得ることが出来ました。(1) 研究対象地では、茶園とは別に、その約70%の面積に相当する茶草場が存在します(図2)。(2) 茶草場に生育する植物の種組成や立地条件から、半自然草地の植生は5つの群落タイプに分けられました。このうち、共有の採草地として維持されてきた群落タイプグループ1やグループ2では、在来の草原性草本植物が豊

富で多様性指数（H'）が高く、絶滅危惧種を含む希少種も確認されました。一方、造成跡や水田跡に立地する群落タイプグループ3、グループ4および茶園脇に立地する群落タイプグループ5では、外来種が侵入し、在来種数が少なく、多様性指数（H'）が低い状況でした（表1）。(3) 多変量解析という統計手法を用いて、茶草場の群落タイプが生物多様性に及ぼす影響を、その成立に関する要因から解析したところ、在来種の多様性に与える影響の大部分は、土地の改変や刈取りなどの人為的要因であることが明らかになりました。(4) 以上のことから、長年にわたって土地改変が行われていない場所で、毎年の刈取り管理が茶草場の在来植物の多様性の維持に重要であることが分かりました。(5) これらの結果は、平成25(2013)年5月に、静岡県茶草場農法を行う地域が「世界農業遺産」に認定されることに大きく貢献するとともに、同推進協議会が推進する実践者認定制度による茶草場の維持・拡大にも寄与しています。

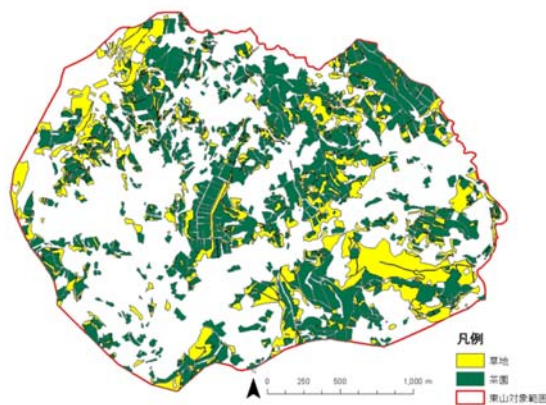


図2 茶草場の現状（静岡県掛川市東山地区）

茶園面積（緑色）＝182.4ヘクタール、茶草場面積（黄色）＝129.6ヘクタール。  
当該地域における茶草場面積は茶園の約71%に達します。

表1 茶草場の植物群落タイプの特徴

群落タイプ	群落の様子	主な立地	調査区数	平均在来種数	平均外来種数	草原性指標種数*1	絶滅危惧種等種数*2	平均土壌pH	多様性指数(H')	
グループ1	Gr.1	ススキの中に在来の野草が混じる	共有地	19	46 (±12)	1 (±1)	14 (±5)	7 (±4)	4.9 (±0.2)	3.7 (±0.3)
グループ2	Gr.2	ネザサ・ススキの中に在来の野草が混じる	共有地	7	32 (±12)	0 (-)	10 (±5)	3 (±2)	4.5 (±0.1)	3.6 (±0.6)
グループ3	Gr.3	ススキ・セイタカアワダチソウが優占	造成跡	18	14 (±6)	5 (±1)	3 (±2)	0 (-)	5.9 (±0.2)	2.3 (±0.4)
グループ4	Gr.4	ススキ・セイタカアワダチソウ・クズが優占	水田跡	9	14 (±3)	2 (±1)	3 (±1)	0 (-)	5.3 (±0.3)	2.3 (±0.3)
グループ5	Gr.5	ススキが優占 多様性が低い	茶園脇	7	14 (±3)	2 (±1)	3 (±1)	0 (-)	4.6 (±0.2)	2.4 (±0.3)

\*1 日本植生誌－中部(宮脇1975)よりススキ群落の表徴種、区分種を抽出(値は平均値)

\*2 国ならびに静岡県のレッドデータブックより絶滅危惧種・準絶滅危惧種・要注目種を抽出(値は平均値)



## 2. 産学官連携活動について

### ■ 共同研究開始までの経緯

平成 20(2008)年 3 月に開催された研究会後の情報交換会で、静岡県農林技術研究所の稲垣栄洋上席研究員（現静岡大学教授）から「静岡の茶生産地には、お茶の栽培に利用するユニークな草原があり、さまざまな植物が生育しています。一度、調査に来ませんか？」との打診がありました。当時、私は稲垣氏と水田放棄地の生物多様性研究での交流がありました。さらに、「日本のさまざまな農業に関する草原を調査研究している立場から、茶畑にある草原（茶草場）を調査・評価して欲しい」と言われました。話を聞いたときは、存在すれば現代の農業生産に生物多様性を積極的に利用している貴重な事例になると強く感じたため、植物が生育し調査が可能となるその年の 6 月に早速、現地視察に行きました。そして茶草場を見たところ、日本でも有数の種多様性を誇る草原であり驚きを隠せませんでした。予備的な調査を終わらせて、解析し茶草場の重要性を再認識した後、農業環境技術研究所、静岡県農林技術研究所、掛川市東山茶業協同組合との共同研究を可能とするため科研費の申請を行いました。この申請は幸運にも採択され、ひとまず平成 21(2009)年から 3 年間「茶草場として成立する半自然草地の多様性と維持機構の解明」とした研究を始めることができました。

### ■ 世界農業遺産登録へ挑戦

科研費予算での研究をベースに上述した(1)～(5)の研究成果を得ることができ、「茶草場農法」は農業活動と生物多様性の共生事例として海外からも評価されました。この価値を消費者に伝えて農業振興につなげるために、地域の茶業組合は茶生産と生物多様性の共生を掲げたブランド茶及び生物多様性ブランドを組み込んだ商品を開発しました。さらに、茶葉価格の低迷から元気を失いつつある茶生産農家に元気になってもらうために、これらの研究成果や地域の取組を土台にして「世界農業遺産」の登録に産官学（静岡県、関係する市町、農業環境技術研究所、国連大学、関係する茶業組合など）一体となって取り組みました。その結果、平成 25(2013)年 5 月に、静岡県の茶草場農法を行う地域が世界農業遺産に認定されることになりました。

### ■ 実践農業者制度への研究成果の移転

世界農業遺産への登録と研究成果を活用し、認定地である関係市町で組織される世界農業遺産推進協議会で「茶草場農法実践者認定制度」を創設しました。その際に多様性の高い茶草場を評価する手法として、研究から明らかになった指標種での調査を義務付けています。それにより、質の高い茶草場が簡便に評価され、認定



図3 生物多様性貢献度シール



図4 多様な新商品の創出



された農家は生物多様性貢献度シールを商品に添付して販売することが可能となり（図 3）、それがインセンティブになることで多様な新商品が発売されました（図 4）。このように、シールが添付された商品に高付加価値が生まれることで、「茶草場農法」を維持してきた農家が評価され、やる気につながっています。

### 3. 今後の研究の方向性について

#### ■ 地域に即した茶草場の多様性を評価する指標種の開発

現在、世界農業遺産の登録地域となった川根本町、島田市、掛川市、菊川市、牧之原市を中心として、各地域では茶草場の保全が注目されています。また、茶草場の管理が行われなくなった地域でも茶草場を再生する活動が始まっています。その結果、これまで我々が詳細なデータを示してきた調査地域の茶草場の管理方法や指標種による生物多様性評価が注目される中で、標高や立地条件の異なる他地域でも我々が示した管理法や多様性評価を模範とする傾向が見られます。しかし、環境の大きく違う場所でも、管理法や評価法が我々の示したものに統一され、地域ごとの管理形態の多様性が失われることは、結果として地域間の生物多様性の消失につながる懸念があります。そのため、環境が大きく異なる地域においては、その地域に即した理想的な管理法や評価法を開発する必要があります。

### 4. 技術、市場、社会への貢献

#### ■ 茶草場の生物多様性を活用した地域振興

研究成果がベースとなり、生物多様性、農業生産及び地域経済がかみ合ったこの成果は国際的な評価を受け、上述の通り平成 25(2013)年に FAO により「世界農業遺産」に認定されました。登録後も世界農業遺産推進協議会などに研究成果やデータを提供し、効果的な成果の活用・移転に努めました。「茶草場農法実践者認定制度」の発足、多数のブランドの創出、観光資源化、担い手の育成、地域住民への啓発など地域経済・社会と市場にプラスの波及効果が生まれました。さらに、「茶園に草を敷く」ことが国の環境保全型農業直接支払制度の対象として認定されました。現在、茶草場農法実践者認定制度による認定農家が約 600 戸に達し、実践者認定制度による関連商品の推定売上は 28.5 億円（平成 28(2016)年 10 月時点）に達しています。これらのことが、東日本大震災以降低迷していた静岡県茶産業や地域経済の振興につながりました。なにより、「茶草場農法」を守ってきた農家の誇りが評価され、元気になってくれたことが嬉しいです。

【平成 29 年 4 月 5 日 楠本良延：農業環境変動研究センター上級研究員】

問合せ先

農業環境変動研究センター 企画連絡室長（TEL.029-838-8180）

## 地下水位制御システム FOEAS の開発および普及

日本各地に排水不良により畑地への転換が困難な水田は広く存在します。暗渠管と疎水材の組み合わせによって、水田圃場全体の地下水位のコントロールを可能とし、暗渠管への泥や砂のつまりを防止することができる地下水位制御システム FOEAS を開発しました。FOEAS は従来の暗渠排水整備とほぼ同等のコストで施行可能で、湿害のみならず干ばつ害にも対応でき、水田転換畑での大豆や麦の増収が可能です。すでに 9000ha 以上普及しました。

### 1. 研究の背景および研究成果の概要

#### ■ 暗渠に地下かんがい機能を付与した地下水位制御システム FOEAS を開発

食料自給率の向上には、水田転換畑を用いた麦・大豆・野菜類などの栽培が不可欠ですが、排水不良等により転作が困難な地域が多く存在します。そこで、従来は排水にしか用いられて来なかった暗渠管に地下かんがい機能と水位制御機能を付加することで、湿害と干ばつ害の両方に対応した地下水位制御システム FOEAS(フォアス)を開発しました(図 1)。

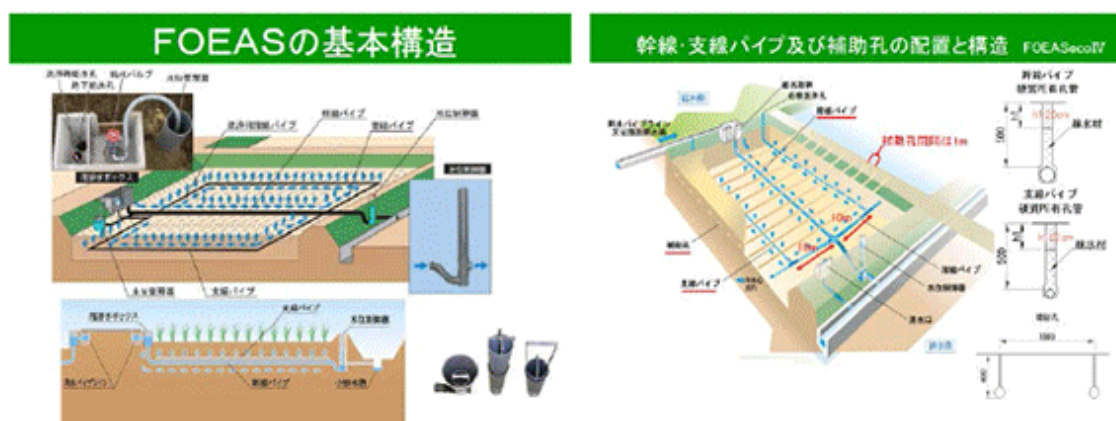


図 1 地下水位制御システム FOEAS の概要



写真 1 大豆の生育状況

写真 2 ベストドレーン工法

FOEAS を導入した際の大豆と麦の栽培試験では、無施工圃場<sup>ほじょう</sup>に比べて、両作物ともに約 4 割の増収が確認されました(写真 1)。

FOEAS は暗渠管を設置するための溝の開削と管の敷設および疎水材(管の周りに充填しフィルター役目を果たす材。籾殻などが使われる)の投入を1工程で効率よくかつ低コストに行えるベストドレーン工法(写真2)にて施工しております。本工法の開発により、従来の暗渠排水整備とほぼ同等のコストでFOEASの施工が可能となりました。

現在のFOEASの普及状況(平成25(2013)年12月5日時点)は全国167地区、9,304ha(施工済み、および採択予定を含む)であり、今後もさらなる普及が見込まれています。なお、本技術は地下水水位制御システムのレイアウトや水位を制御する装置、及び施工機械などの12件の特許が関係しており、全てが共同研究を行った企業との共同出願です。

## 2. 産学官連携活動について

### (1) 出口を見据えた研究テーマの設定

#### ■ 従来の地下かんがいの問題点解消を図る

暗渠管を用いる地下かんがいの技術は以前から存在しており、平成2(1990)年には農林水産省構造改善局(現農村振興局)から「地下かんがいの手引き」としてまとめられています。地下かんがいは地下から均一に、かつ作物の根域に直接水をかんがいすることが可能となることから、効率的かつ効果的なかんがい方法であると期待されていました。しかし、現地への普及は北海道や山形県等の一部において採用されるに止まっていました。この原因としては、これまでの地下かんがい技術は、暗渠管に用水を注水するだけであったため、圃場全体の均一な地下水水位のコントロールが困難であることや、用水中に含まれる泥、砂などが暗渠管内へ堆積することによる機能低下、さらには施工コスト面の問題があったと考えております。

そこで、これらの地下かんがいの問題点を解消し、かつ担い手が省力的な営農を可能とするシステムの開発を目指しました。共同研究を行う企業は、暗渠排水整備における高い技術や施工実績を有していることが条件でした。実際に共同研究(研究期間;平成14年～17年度(2002～2005年度))を行った企業は暗渠整備における十分な実績を有していました。

### (2) 民間企業との共同研究の開始まで

#### ■ ノウハウを持ち寄ることで新たな技術の確立を目指す

共同研究を行った企業は、ガットウルグアイ・ラウンド(UR)関連対策の研究予算で、水田の自動かんがいや畦畔整備に関する研究を実施していました。その際に農村工学研究所の研究者が、UR関連対策の研究成果を評価することとなり、水田整備に関して議論したのが共同研究を行うきっかけとなりました。今回の研究でも互いの技術やノウハウを持ち寄り、これまでにない地下かんがい技術の確立を目指しました。

### (3) 共同研究の実施・その後の技術の普及について

#### ■ 地道な現地実証活動で技術を普及・啓発

FOEASの試験圃場は平成15(2003)年に始めて農村工学研究所内に造成され、その後平成22(2010)年までに共同研究を行った企業や国、地方自治体の協力によって、全国約60カ所、37haで造成され、地元農家への啓蒙や栽培試験等が行われました。また、同時に農村工学研究所における見学や視察対応(年間30～50件程度)および現地で開催される説明会や勉強会への参加を通じ、国や県の農業土木関係の職員や農家に対して、FOEASの概要や効果について説明を行って来ました。

平成21(2009)年度以降は農林水産省等のプロジェクトに参画した結果、各地に試験圃場が造成され、中央農

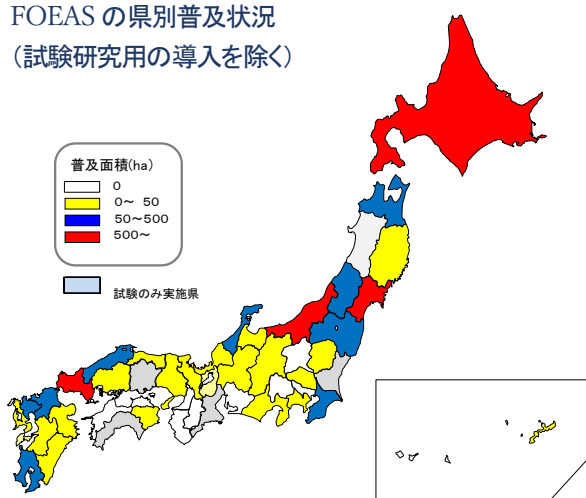
業総合研究センターや地域農業研究センター、県農試、JA と協力し、各地域の営農体系に合うシステムの利用技術などが確立されつつあります。これらの成果をとりまとめ平成 26(2014)年 1 月に本システムのマニュアルとして刊行しました。

## ■ 行政ニーズに適合することで普及が急拡大

FOEAS の普及は平成 18(2006)年から 21(2009)年頃までは数 100ha 規模で進んでいましたが、平成 23(2011)年度以降は国の補助事業により、僅かな農家負担で水田の区画拡大や汎用化が図れるようになったことから、毎年度 1,000ha 規模で普及が進んでいます(図 2)。

また、JA 全農と地元の JA が一体となり、自己資金で組織をあげて FOEAS の施工と普及活動を展開し、

FOEAS の県別普及状況  
(試験研究用の導入を除く)



FOEAS を導入する際に、活用された補助事業(代表的なもの)

- ・経営体育成基盤整備事情
- ・農業生産法人等育成緊急整備事業
- ・県営ほ場整備事業
- ・炭素貯留関連基盤整備実験事業
- ・地球温暖化総合対策事業
- ・農業体質強化基盤整備促進事業
- ・農業基盤整備促進事業
- ・国営農地再編整備事業
- ・震災農地復興事業

導入面積(ha)

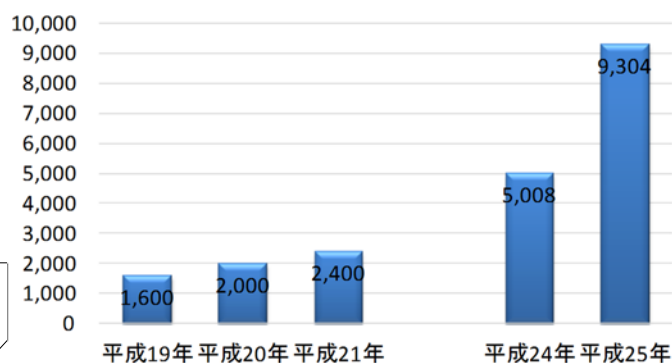


図 2 FOEAS の普及状況 (試験研究所の導入を除く)

そこで栽培するキャベツ、馬鈴薯、ネギ、ブロッコリーなどの産地化を図っており、千葉県、山形県、滋賀県、徳島県などは、このことが導入の追い風となっています。さらには、山口県は FOEAS 施工費の農家負担をゼロとする措置をとっており、全国でもっとも多くの施工地区数を誇るまで普及しています。

研究機関による技術開発と啓発だけでは、約 9,300ha の普及は不可能であり、農水省をはじめとする行政機関、JA、マスコミ、業界のバックアップが不可欠だったと思います。また、研究者と共同特許権者の施工指導やその後の維持管理、操作指導等を積極的かつ丁寧に行うことで技術が普及したと考えております。

## 3.今後の研究の方向性について

### ■ 震災復興への応用を図る

近年はバストドレーン工法の開発と関連して、施工方法の簡素化と資材量の削減を進め、低コスト化を図っています。また、大区画化に伴う長辺の長い圃場への対応も確立し、数 ha 規模の巨大な区画への適用を進めていきたいと考えています(図 3)。



今後は東日本大震災の復旧・復興を兼ねて、FOEASによる塩害対策技術の確立等について研究開発をしていく予定です。

#### 4. 技術、市場、社会への貢献

地下水水位制御システム FOEAS の開発、普及によって、これまで転作が困難であった地域においても麦、大豆などが安定的かつ多収を実現することができ

ました。また、FOEAS の導入は地域の 6 次産業化にも寄与しており、山口県のある地区では、圃場整備事業による FOEAS の導入を契機にナス、タマネギおよびアブラナ科野菜の「はなっこりー」が栽培されるようになり、農産物直売所や農家レストランの経営といった多角的な経営がされ、地域の活性化にも繋がっています。また、宮城県においては東日本大震災において津波の被害を受けた地域の復興に FOEAS の導入による除塩対策が期待されており、大規模土地利用型農業における超省力化栽培に向けた取組が進んでいます。なお、平成 26 年 3 月に宮城県亘理町において試験圃場を造成し、FOEAS の現地での適応性や地元に対するモデルほ場として活用することとなっています。

農地の汎用化を図るとともに土壌水分制御を可能とした FOEAS は、使い方によって多くのメリットがあり、優れた栽培技術や機械と組み合わせることでその効果は飛躍的に大きくなると考えております。今後も関係各機関と協力しながらよりよい技術にしていきたいと思います。

【平成 26 年 7 月 28 日 若杉晃介：農村工学研究所主任研究員】

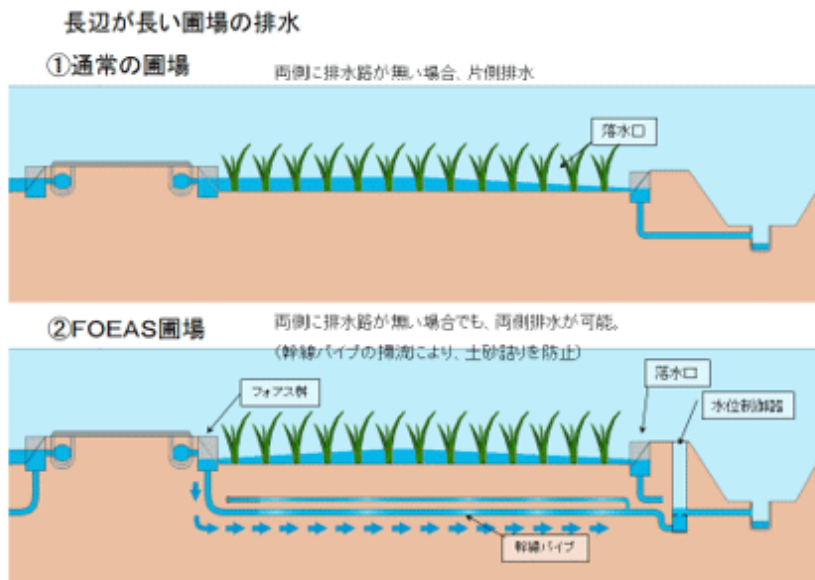


図 3 長辺の長い圃場の排水技術

問合せ先

農村工学研究部門技術移転部移転推進室 (TEL. 029-838-8296)

## 営農支援活動で利用できる「営農計画策定支援システム Z-BFM」の開発・普及

JA 全農と連携し、営農支援活動で利用できる「営農計画策定支援システム Z-BFM」を開発しました。入力は簡便であり、複数の営農計画案の比較や、実績のない新規作物導入による経営改善案の検討も可能です。JA 全農に利用者の立場から助言いただき、現場で活用しやすい形に改良しました。

### 1. 研究の背景および研究成果の概要

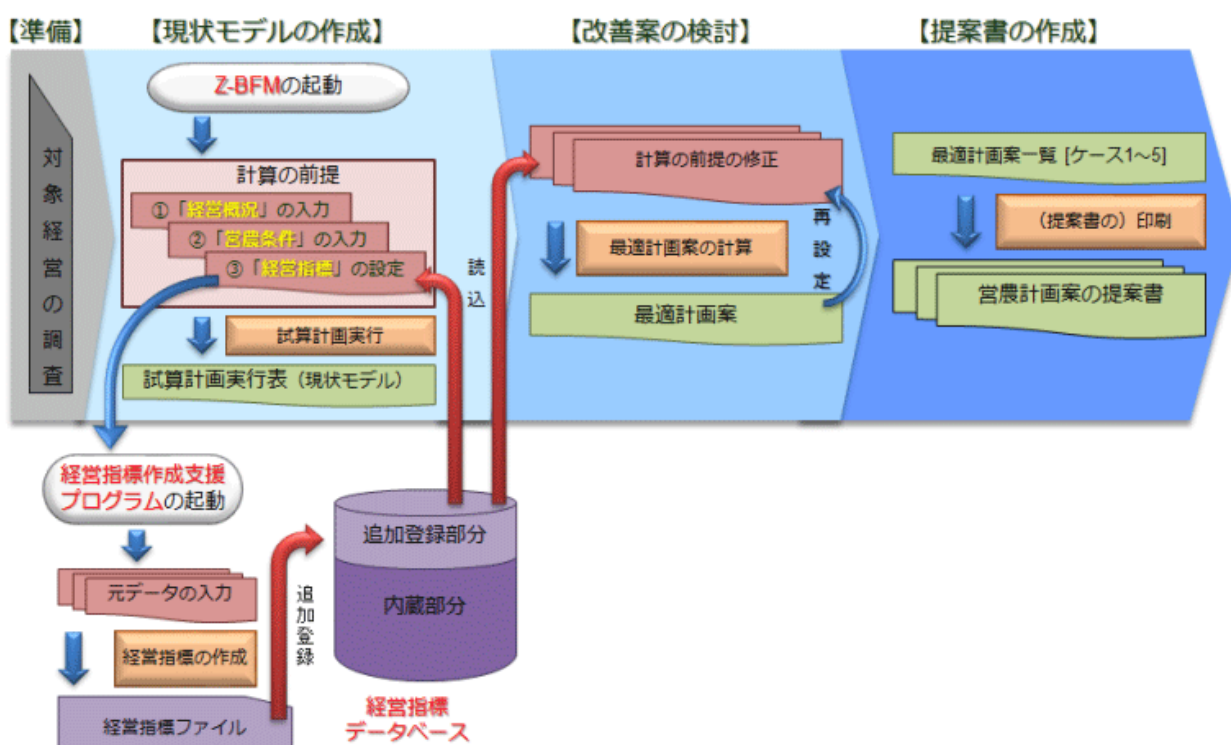
#### ■ 所定の条件下で農業所得を最大にする Z-BFM を開発

今日の営農支援活動では、具体的な営農計画案を提示し、担い手と対話しながら、より良い経営改善策を見出していくことが求められています。そこで、JA 全農と連携し、営農支援活動で利用できる「営農計画策定支援システム Z-BFM」を開発しました(下図参照)。Z-BFM は、様々な前提条件のもとで、農業所得を最大にする営農計画案の策定を支援するプログラムです。特に、営農支援活動ツールとして、入力の簡便化、複数の営農計画案の比較表示、結果のグラフ表示、提案書形式での印刷等の機能を持ちます。さらに、経営指標作成支援プログラムで実態に即した経営指標の作成が簡易に行えるとともに、データベースを利用して実績のない新規作物導入などによる経営改善案も検討できます。

### 2. 産学官連携活動について

#### (1) 出口を見据えた研究テーマの設定

#### ■ 誰でも利用できるツールの開発を目指す



研究テーマの設定段階において、開発すべきツールの基本的な考え方を、「線形計画法等の専門知識を有しない JA や行政の普及担当者等であっても具体的な営農支援活動で活用できるもの」としました。その際、既存の営農モデル作成自動化プログラム(BFM)等の研究蓄積を活かしながら開発することとしました。

担い手に対する営農計画を提案できるツールを求めている JA 全農は、Z-BFM の利用者の立場から、営農計画を提案する上で必要な機能やツールの操作性に対する意見を提出し、それらを開発ツールへ反映させていくという形で研究開発の連携を行いました。

## (2) JA 全農等との連携開始まで

### ■ 明確な役割分担で共同研究を開始

本研究開始のきっかけは、JA 全農からの、地域農業の振興に向けた地域営農計画の策定方法についての相談でした。相談を受けた際に、JA 全農から目的や実施したい活用内容を伺う一方で、我々の研究シーズを紹介するという意見交換を行いました。その意見交換において、JA 全農の目的達成に貢献できる研究シーズとして、現状では BFM が最も適しているという結論になりました。しかし、JA 全農からは、BFM をそのまま現場で活用するには、機能や利便性等が十分ではないという指摘も頂きました。そこで、基本的な分析機能等は BFM を基礎におきながら、より現場で活用しやすいツールを開発していくことが合意されました。

この合意を受けて、中央農業総合研究センターが、BFM の知見と営農計画の専門知識を用いて具体的なツール開発に関わる研究に従事するとともに、JA 全農は、開発ツールの利用者として、具体的な利用場面を想定した機能や操作性の提案およびツールの運用試験に関わる研究に従事することとなりました。

## (3) 連携開始後に生じた課題と普及のための取組について

### ■ 利用者の意見を取り入れたツール開発と実証による普及拡大

開発過程においては、役割分担が明確化されていたため、大きな問題点はありませんでした。利用者である JA 全農からの機能や利便性に対する提案は、できる限り開発ツールへ反映させる方針で進めましたが、技術的に困難な点や営農計画の専門的な視点から受け入れがたい点については、適宜、意見交換を図ることで双方が納得できるようにしました。

利用研修会は、主に JA 全農が主催し、JA 全農の TAC 担当職員(担い手担当の営業職員)を対象に毎年 1~2 回行っています。この研修会を端緒に、より導入に積極的な JA 全農県本部では、県内の TAC 職員を対象にした研修会も行われています。その研修会では、Z-BFM の操作説明だけでなく、営農計画を作成していく上での考え方や、利用方法なども説明しています。この過程において、現場で Z-BFM を利用していく上での要望を受け、採用した場合に利用の拡大が期待できる点を積極的に取り入れることで、Z-BFM を改善してきました。

さらに普及促進を図るために、これまでは中央農業総合研究センターが説明を担当してきましたが、JA 全農においても Z-BFM の説明が可能な職員を養成する研修会が開催されています。また、JA 全農では、担い手に対する Z-BFM を利用した営農支援の実践に向けて、実際の経営体を対象にした実証的な取組を実施しています。

## 3. 今後の研究、技術移転の方向性について

### ■ マネジメントサイクルに即したシステムの発展を目指す

Z-BFM を最大限に活用するには、作目生産における収支や労働時間等の情報を整理した経営指標の充実が必要になっています。そのため、公的な最新資料を中心に経営指標データの拡充を図っています。また、持続的な

経営を実践する上で重要な概念であるマネジメントサイクル(「計画」・「実行」・「評価」・「改善」のサイクル)において、Z-BFMは主に「計画」の局面で利用できるため、Z-BFMを一つのパーツとすることで、一連のマネジメントサイクルに即した経営支援に対応できるシステムを構築していく予定です。

#### 4. 技術、市場、社会への貢献

今回のJA全農と連携した研究では、JA全農が地域農業の支援活動を積極的に実施していくためのツールを提供できたと考えています。現在、JA全農は、「大規模営農モデルの構築」を重点課題の一つにあげ、Z-BFMをそのための重要なツールに位置づけて、実践に向けた活動に取り組んでいます。また、TPP等の国際社会への農産物市場解放の動きや「農林水産業・地域の活力創造プラン」の策定や経営所得安定対策の実施に伴う農政の転換にあたり、今後の担い手の営農展開を検討する上で、活用が期待されるツールになるものと考えています。

【平成26年7月28日 松本浩一：中央農業総合研究センター主任研究員】

問合せ先

中央農業研究センター 産学連携室長 (TEL.029-838-8509)