

# 戦略的イノベーション 創造プログラム

次世代農林水産業創造技術



成果トピックス集

令和元年9月



農研機構 生研支援センター





## 内閣府 SIP「次世代農林水産業創造技術」 成果トピックス集発刊に寄せて

野 口 伸

(SIP 次世代農林水産業創造技術  
プログラムディレクター)

内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）は、我が国の経済・産業競争力を高める上で重要な課題や社会的に不可欠で国民にとって真に重要な課題を産学官が連携し、府省の枠を超えて取り組むことにより、社会を変えていくイノベーションを創出する画期的な国家プロジェクトです。第1期 SIP は2014年度から5か年、11の課題が実施されましたが、SIP「次世代農林水産業創造技術」（以下、SIP 農業）は、この課題の1つでした。農政改革と一体的に、農業のスマート化、農林水産物の高付加価値化の技術革新を実現し、新規就農者、農業・農村の所得の増大に寄与、併せて、生活の質の向上、関連産業の拡大に貢献することを目指し、開発技術の社会実装を図ることが最も重要な目標でした。

この5年間 SIP 農業では2つの重点目標を設定して産学官のコンソーシアムを構成して、研究開発を進めてきました。一つ目は「日本型の超省力・高性能なスマート農業モデルの実現」を掲げ、ロボット、IoT、ビッグデータ、AI、そしてゲノム編集技術を駆使した農業における「Society 5.0」の実現です。水田作と施設園芸におけるトマト生産を対象に、スマート農業に不可欠な様々な要素技術を開発してきました。そして、SIP 農業では農業に有用な様々なデータの連携・共有・提供を可能とする農業データ連携基盤（WAGRI）を構築しました。「経験と勘の農業」から「データを活用した農業」に転換するうえで WAGRI は重要なプラットフォームです。また、化学農薬に依存しない新たな植物保護技術・体系も、この SIP 農業によって数多く生まれました。さらに世界的に注目されているゲノム編集技術についても国産ゲノム編集技術の開発とともにゲノム編集技術を活用した食味が良く機能性成分に富む品種や病害などに強い画期的な品種の開発も進めてきました。もう一つの重点目標には「新素材開発等による農林水産物の高付加価値化」を掲げ、国産の持つおいしさや機能性等の強みを活かした食品や未利用資源から新素材等を生産するなど、高付加価値化戦略を推進しました。具体的には健康機能（脳機能、身体ロコモーション機能など）維持改善に効果的な食品や食事・運動レシピなどの開発です。また木材の端材等からリグニンを抽出して、強度や耐熱性に優れた新素材を生み出し、高機能製品の開発も行い、林地残材利用のビジネスモデルを構築しました。

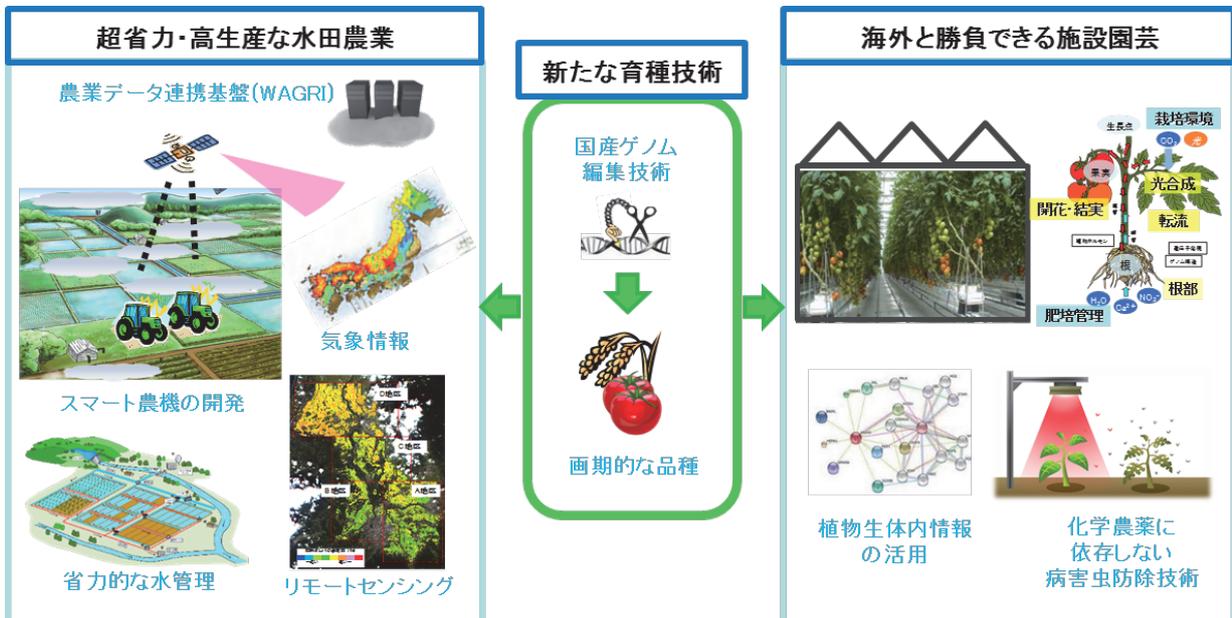
SIP 農業は本年3月に終了したばかりですが、すでに数多くの研究成果が社会実装されています。今後も引き続き民間企業、農業団体、自治体等との連携を進めることで、開発技術の社会実装が進みます。この成果トピックス集は SIP 農業の研究開発成果をわかりやすく簡潔にまとめたものです。研究開発成果にとどまらず研究担当機関、研究担当者、問い合わせ先なども記載し、一方的な技術情報の提供に留まらないよう配慮しました。多くの方に SIP 農業の成果を知って関心を持っていただければとの思いで作成しております。そして、これら成果の普及に向けて、ご理解の上、ご協力くださいますようお願い申し上げます。



## 重点目標

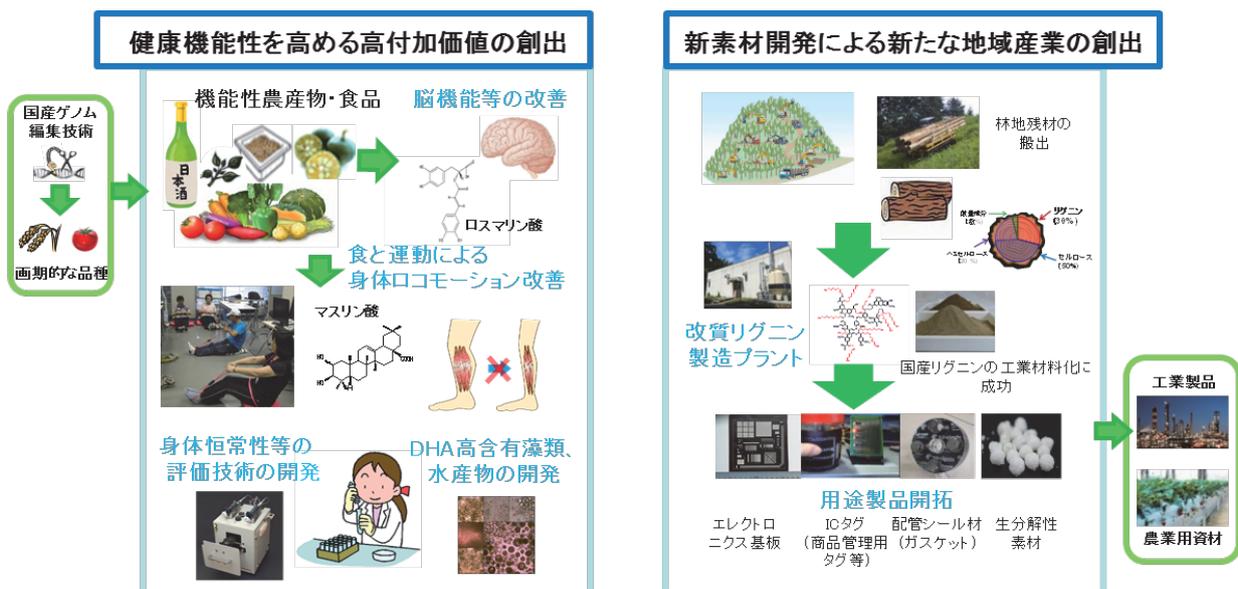
### 重点目標 1. 超省力・高生産なスマート農業モデル

- ・ ロボット技術、ICT、AI、ゲノム編集技術等の先端技術を活用し、環境と調和しながら、超省力・高生産のスマート農業を実現



### 重点目標 2. 農林水産物の高付加価値化

- ・ 国産農林水産物にこれまでにない健康機能性を見出し、差別化
- ・ 未利用資源由来の新素材により新たな地域産業を創出



内閣府 SIP「次世代農林水産業創造技術」成果トピックス集発刊に寄せて.....	1
戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)概要.....	2
重点目標.....	3

## 超省力・高生産な水田農業

### ・ スマート農機の開発

車両系ロボット農機を基軸としたスマート農業生産システム.....	8
----------------------------------	---

### ・ 省力的な水管理

省電力 Wi-SUN 無線で、IoT 時代に革命を！

－低遅延通信・移動対応、etc.、農業 ICT はますます便利に－.....	10
ICT を活用した、圃場と水利施設が連携した農業用水の配水管理システム (iDAS).....	12
稲作水管理を遠隔・自動制御できるシステムの開発　－スマホでらくらく・かしこく水管理－.....	14

### ・ リモートセンシング

先進衛星リモートセンシングによるスマート農業支援　－圃場 G 空間情報の生成と利用－.....	16
純国産ドローンによる低層自動航行センシングシステムと作物圃場診断情報技術.....	18
無線式 pH センサによる乳牛の生産と疾病の管理	
－リアルタイムモニターで第一胃の異常に素早く対応－.....	20

### ・ 気象情報

    水稻、小麦、大豆の栽培管理を支援する農業情報システム

－気象情報を生産の安定と効率化に役立てます－.....	22
-----------------------------	----

### ・ 農業データ連携基盤 (WAGRI)

データをフル活用した農業の実践を可能にする　農業データ連携基盤 (WAGRI) の構築.....	24
営農情報管理システム FARMS と GeoMation 地理情報システム　による作業連携システムを開発	
－WAGRI API を活用したシステム連携－.....	26
複雑な農薬情報を読み解くお手伝い！　－農作物名称サーチによる農薬情報の収集支援－.....	28
農作物が名前を変えても追跡できます！　－農作物語彙体系を活用した関連情報の提供－.....	30
データ名が違って大丈夫！作業時間の比較ができます！	
－農作業基本オントロジーを活用した手法提案－.....	32
“種まき”と“播種”の違いがわかる知恵袋を開発　－共通農業語彙の開発－.....	34
気象の不確実性を営農に反映させる意思決定補助ツールを開発	
－防除、水管理、施肥などの農作業日程管理を楽に－.....	36
営農計画システムに経営に役立つ高度なシミュレーション機能を追加	
－API セントリックに機能連携－.....	38

## 新たな育種技術

### ・ 国産ゲノム編集技術

SIP 成果知財のカタログ —ゲノム編集の最新技術をセットでアピール—	40
植物ゲノム編集ツールの拡充 —改良型 Cas9 を用いた植物ゲノム編集—	42
iPB 法の開発とゲノム編集技術への適用 —外来 DNA フリーで細胞培養が不要なゲノム編集—	44
ゲノム編集技術により高 GABA トマトを開発 —ゲノム編集トマトの社会実装への道筋をつける—	46
ゲノム編集技術によるイネ育種素材の開発と野外栽培試験の実施	48
「養殖しやすい」クロマグロ育種素材の開発 —養殖魚で高効率なゲノム編集が可能に—	50
ゲノム編集技術によりジャガイモの育種素材を開発 —効果的かつ迅速な品種改良へ—	52
植物ゲノム編集技術による目的外変異の多くは組織培養による？	
—従来育種における組織培養による変異数と変わらない—	54

### ・ 画期的な品種

加速器施設で発生するイオンビームを品種改良に利用 —イオンビーム育種法—	56
パスタ用早生デュラム小麦系統を開発 —イオンビーム複合育種法—	58
農作物の成分を簡便に計測する方法を開発 —品質評価や診断マーカー探索が容易に—	60
植物ウイルス(ALSV)ベクターの高速開花技術を利用した —「花開くエゾリンドウ」新品種の開発—	62

## 海外と勝負できる施設園芸

### ・ 植物生体内情報の活用

AI と生体分子ビッグデータ利用により、環境-農業データ間の高精度な関係モデルを構築	64
生育・収量予測ツールによるトマトの多収化	66

### ・ 化学農薬に依存しない病虫害防除技術

化学合成殺虫剤を半減する新たなトマト地上部病虫害防除体系マニュアル	68
新たなナス用台木品種候補 —線虫・複合病害抵抗性・多収—	70
理化学研究所遺伝資源からの、植物病害を抑える菌株のスクリーニング	72
新型赤色系防虫ネットを開発、全国販売開始！！	
—赤色系防虫ネットで難防除微小害虫をシャットアウト！！—	74
紫色 LED によるタバコカスミカメ誘引・捕集装置の開発	76
音響を用いたコナジラミ類の防除技術の開発 —省力的で環境にも優しい防除を目指して—	78
新規土壌還元消毒資材「糖含有珪藻土」 —処理が容易で圃場の深層部まで高い消毒効果—	80
できました！イチゴの病虫害防除マニュアル —紫外光照射で害虫を抑制—	82
お待ちせしました、害虫忌避超音波発生装置を試験販売！	84
赤色 LED によるアザミウマ防除	86
トマト栽培の脅威 タバココナジラミとトマト黄化葉巻病対策に！ —コナジラミ類忌避剤の開発—	88
植物が本来持っている力を高めて害虫を忌避 —アザミウマ類忌避剤の開発—	90
植物の活力を高めて病気に強い体を作ります！	92
塊茎・土壌微生物相改善による健全ジャガイモの増収 —新規栽培体系の開発—	94

## 健康機能性を高める高付加価値の創出

## ・ 脳機能等の改善

スマホツールで明らかとなった酒粕の気分改善効果 — 酒粕摂取でストレス軽減 —	96
ラクトフェリンの精神的ストレス軽減作用を解明 — 安全性の高いストレス軽減食品素材 —	98
玄米機能成分、 $\gamma$ -オリザノールによる脳機能改善	
— 新規分子メカニズムの解明と玄米発酵飲料の開発 —	100
食後血糖上昇とアミロイド $\beta$ 産生抑制効果のある高圧処理米飯	
— 糖尿病・認知症複合予防効果の期待される米飯 —	102

## ・ 食と運動による身体ロコモーション改善

マスリン酸(国産オリーブ果実由来)による地域在住高齢者の身体ロコモーション機能改善効果	104
オリーブ果実エキスは抗関節炎作用を持つ	106
魚肉タンパク摂取が高齢者の筋力や運動神経の改善を促す?	108
ぶどう成分レスベラトロールと運動習慣で持久力アップ	110
大豆イソフラボンが転写調節因子 PGC-1 $\beta$ を介して肥満を予防する	112
日本人の長寿の源、海藻フラボノイドの新機能発見	114
骨・軟骨由来コラーゲンをターゲットとした抗糖化アッセイキットの作成	116
同志社大学の“抗糖化レシピ” <決定版>	118
マンゴスチンエキス含有黒酢飲料	120
クロモジエキス配合 のど飴: インフルエンザ予防効果	122
朝食と夕食のタンパク質の配分を変えることで筋肉量を増加	124
朝の菊芋の摂取は一日の血糖値上昇を抑制する	126
菊芋レシピの開発・検証と社会実装の可能性 — おいしく、適切にインスリンを摂取するために —	128
ロコモ機能を向上させるからだ・あたま体操 — SIPex サイペックス —	130
毛包細胞を用いた時計遺伝子発現リズムは高齢者の生体リズム指標として有用である	132

## ・ 身体恒常性等の評価技術の開発

光センシングによる簡便な未病マーカーの開発 — 微細な「食」や「運動」の効果を数値化 —	134
生体内で活性のある酸化 LDL を検出する — 真の悪玉コレステロールの一括検出 —	136
食品の機能性成分リポポリサッカライド(LPS)の経口摂取による認知症改善効果	138
ホメオスタシス多視点評価プロトコルによる健康評価	140
未利用藻類の高度利用を基盤とする培養型次世代水産業の創出に向けた	
下痢性貝毒認証標準物質の開発	142

## ・ DHA 高含有藻類、水産物の開発

オーランチオキトリウムの大量生産技術を開発 — 新しい微細藻類産業を創出 —	144
--	-----

## 新素材開発による新たな地域産業の創出

### ・ 改質リグニン製造プラント

日本の森林由来の新素材 –改質リグニン– .....	146
中山間地域導入型のプラントシステム –改質リグニン製造システム– .....	148

### ・ 用途製品開拓

改質リグニン粘土ハイブリッド膜.....	150
繊維強化リグニン材を用いた自動車部材 .....	152
リグニン由来のバニリン生産 .....	154

## 車両系ロボット農機を基軸としたスマート農業生産システム

試験研究計画名：情報・通信・制御の連携機能を活用した農作業システムの自動化・知能化による省力・高品質生産技術の開発

研究代表機関名：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とわらい：

国内農業においては、高齢農業者の離農などが主要因となって農地が流動化し、地域農業の担い手への農地集約が急速に進んでいます。受け手となる担い手経営では経営規模の拡大とともに広域に分散した圃場を管理する必要に迫られ、従来型の農業生産システムでは今後の生産管理が極めて困難であると指摘されています。そこで、ロボットを主体とした超省力生産技術体系の確立を目的として、稲作を対象としたロボット作業システム（トラクタ／田植機／コンバイン）を構築するとともに、その周辺技術について同時並行で開発しました。

### 特長と効果：

開発システムの導入対象として、水田圃場区画の大きさにより標準区画（30a～1ha）と大区画（1ha以上）の2つのシステムメニューの開発を進めました。なお、日本の水田は約65%が標準区画圃場とされています。標準区画向けシステムでは、一定程度の圃場分散を想定して、2台のロボットトラクタを圃場一筆ごとに1台ずつ配置して同時作業をさせます。一方の大区画向けは、一筆に複数台のロボットを導入して協調連携作業をさせる方式です。また、田植え作業においては田植えと苗補給を一人で実現でき、熟練者以上の速度と精度で植え付けることが可能な自動運転田植機を開発しました。最初に圃場の最外周3辺のみを有人作業で移植し圃場の大きさや形を確かめた後、無人で往復自動移植作業が行えます。

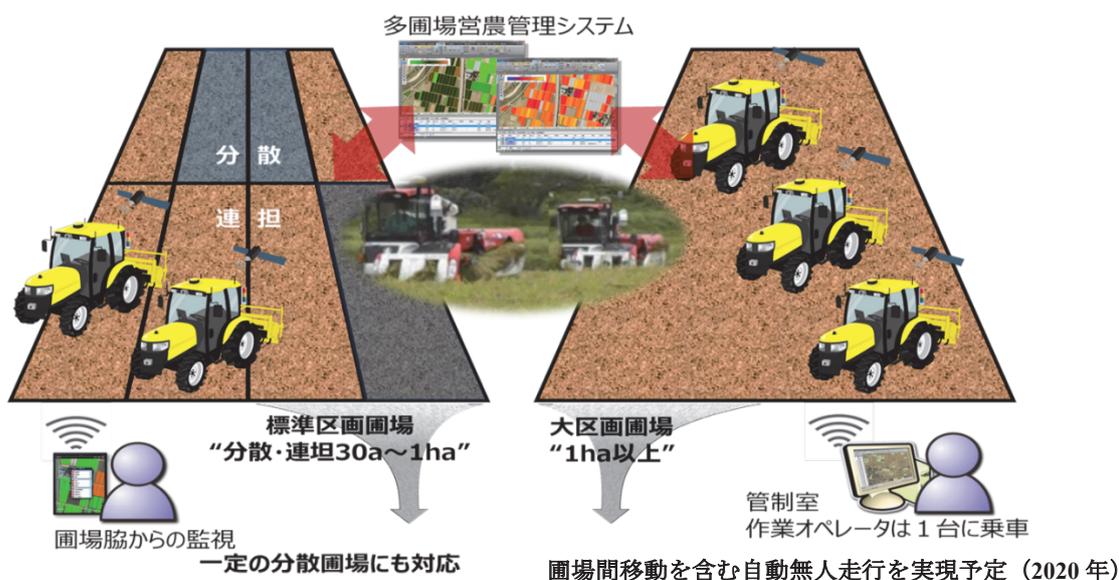


図1 マルチロボットシステムの概要

さらに、隣接した圃場での同時収穫作業を前提としたマルチロボットコンバインシステムを開発しました。1台目のロボットコンバインを有人運転により周囲刈りを行い圃場の大きさや形を確かめた後、残りの稲を自動刈取に設定して収穫開始後、同じ手順で隣の圃場で2台目のロボットコンバインにより同様に自動刈取を行います。オペレータはロボットの監視と穀粒排出を補助することになります。

また、圃場を走行するこれら車両系ロボットはいずれもGNSSを用いた高精度な測位システムによる自己位置の取得が不可欠であり、高価格な受信機を装備することが欠かせません。そこで、ロボット農機の普及を目的として低価格な準天頂衛星「みちびき」対応GNSS受信機を開発しました。



図2 自動運転田植機

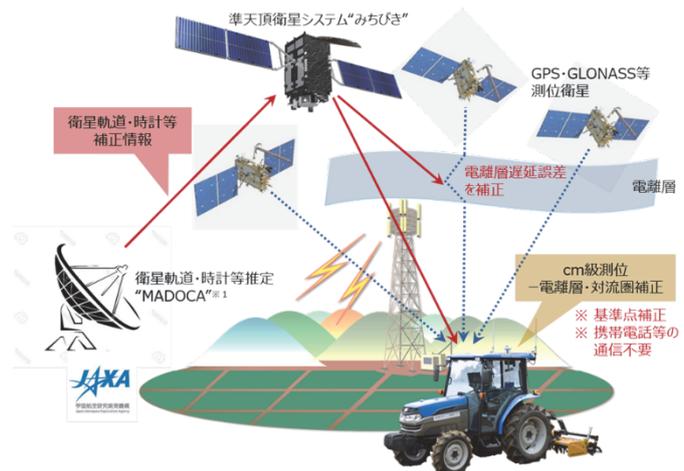


図3 準天頂衛星システムによるロボット運用

### 社会実装の対象と可能性:

ロボットトラクタは、本研究の派生機として複数の農機メーカーより2018年度に市販化が開始されています。自動運転田植機は、農機メーカーへの技術移転を通じて市販化される見込みです。また、ロボットコンバインについては、無人運転による生産性向上を実証できたことから今後の製品化が大いに期待できます。また、センチメートルレベルの精度を確保しつつ、低コスト化をねらいとする準天頂衛星対応受信機についても市販化を予定しています。これらの成果は、当面日本国内の平場における稲作を主体とする大規模な農業経営体を中心に導入される見込みです。

**参考文献:** ・八谷 満、2019、農業機械を中心とするスマート農業、CROSS T&T、No. 61、総合科学研究機構、p18-22

**研究担当機関名:** 北海道大学、京都大学、農研機構、マゼランシステムズジャパン（株）

**研究担当者:** 北海道大学農学部 石井一暢、京都大学農学研究科 飯田訓久、農研機構 農業技術革新工学研究センター 林和信・山田祐一、マゼランシステムズジャパン（株） 永津啓二

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
農業技術革新工学研究センター 企画部広報推進室  
電話 048-654-7030、E-mail iam-koho@ml.affrc.go.jp

作成日: 2019/03

## 省電力 Wi-SUN 無線で、IoT 時代に革命を！

### － 低遅延通信・移動対応、etc.、農業 ICT はますます便利に－

試験研究計画名： 情報・通信・制御の連携機能を活用した農作業システムの自動化・知能化による省力・高品質生産技術の開発

研究代表機関名： 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

#### 背景とわらい：

圃場の水管理業務に代表されるように、省力化と生産性向上の両立を図る農業 ICT において、「ヒト」だけではなく「モノ」同士の情報伝達をも可能とする IoT (Internet or Things) 無線通信技術の重要性は極めて高いと考えられます。本研究では、スマートメータ用無線通信システムとして開発され、国際標準化・認証が行われている Wi-SUN を取上げ、圃場水管理業務に役立つ無線機仕様について検討しました。

#### 特長と効果：

図 1 に、Wi-SUN の基盤である SUN (Smart Utility Network) 概要を示しました。各メータが SUN 無線機で連携し自動検針を行うもので、SUN 無線機には、電池で長期運用できる省電力動作、十分サービスエリアを確保するマルチホップ通信が必要とされます。本研究では、IEEE 802.15.4e で標準化され、Wi-SUN 認証に含まれる省電力スリープフレームによる省電力マルチホップ通信を用いた無線通信網を実現しました。図 2 は省電力マルチホップ通信の動作例を示しています。無線機の動作の大部分はスリープ状態で占められ、電池寿命を劇的に増大します。図 3 の電池寿命試算では、単三電池 3 本で 10 年以上の動作が可能となりました。

図 4 に、省電力マルチホップ通信機能を具備する Wi-SUN 無線モジュールを示しました。本研究では、同モジュールを組み込んだ Wi-SUN 無線機を適用し、さらに PLC、バルブ、センサ等の農業機器の要件に応じて、インタフェース実装と、無線パラメータ (許容遅延時間等) の最適化を行いました。図 5 は、副作用としてデータ交換の遅延時間の原因ともなるスリープ状態を巧みに調節することで、低遅延のバルブ制御を実現し、これを本来の省電力センシング動作と両立させた画期的な圃場実証の様子です。また図 6 は、多様な外部センサへの拡張実証として行われた環境センサ実装を示しています。本環境センサ実装時には、Wi-SUN 無線機のスリープフレーム構造の最適化により、無線機の場所移動に対する柔軟な無線網構造の対応も実現することができました。

本試験研究で得られた結果をまとめると以下のとおりです。

- ・ Wi-SUN 無線機は、省電力スリープフレームを適用することにより、30 秒に 1 回程度のデータを想定する場合、単三電池 3 本程度の電池容量で 10 年以上の動作が可能です。

- ・ Wi-SUN 無線機は、920MHz 帯 GFSK 無線リンク (誤り訂正機能あり) を用いて、1 ホップが 1km 程度までのマルチホップ無線通信網を構築することができます。

- ・ Wi-SUN 無線機は、省電力スリープフレームの拡張により、無線通信網内における局所的な遅延保証や、網形状の無線機の移動への対応等、要件に応じた動作が可能です。

**社会実装の対象と可能性:**

図4に示した省電力Wi-SUN無線モジュールはすでに技術移転され、一般に販売されています。さらに、SUN無線通信網を効果的に構築するソフトウェアも、2019年前期には技術移転が完了する予定です。

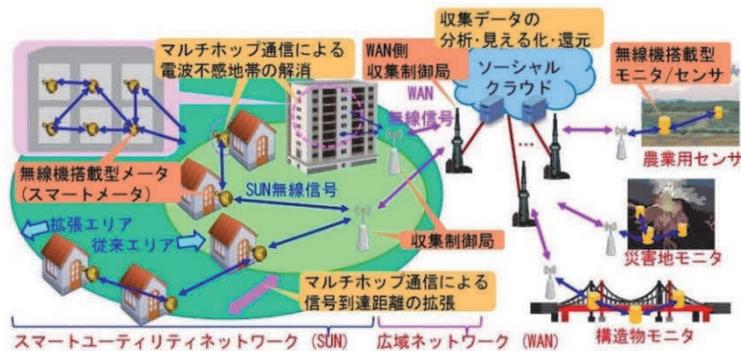


図1 SUNの概要

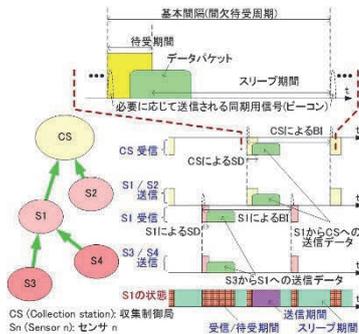


図2 省電力マルチホップ通信の動作例

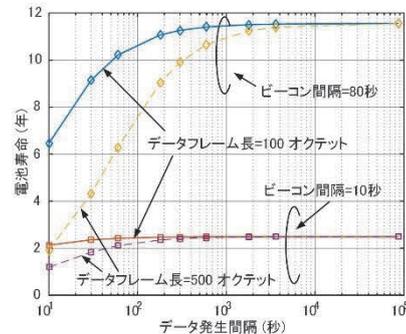


図3 電池寿命の試算(単三電池3本)

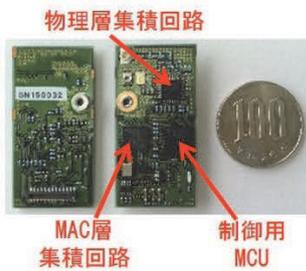


図4 Wi-SUNモジュール



図5 圃場実証

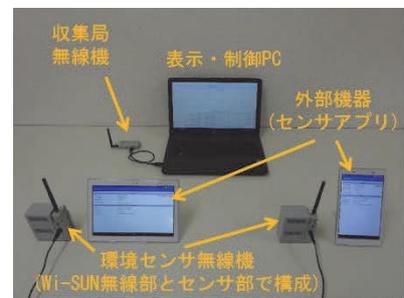


図6 環境センサ実装

**参考文献:**

- Fumihide KOJIMA, Tetsuo NAKAYA, Hiroyuki TARUYA (2018) : Low-Energy Wireless-Grid Technologies Applicable to the ICT Supported Future Agriculture Field、WPMC2018、Nov. 2018
- 児島史秀 (2018) : 無線通信方法及び無線通信システム、特願2018-064493

**研究担当機関名:** 情報通信研究機構

**研究担当者:** 情報通信研究機構 児島史秀

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 情報通信研究機構

ワイヤレスネットワーク総合研究センター ワイヤレスシステム研究室  
電話 : 046-847-5050 E-mail : wsl-info@ml.nict.go.jp

**作成日:** 2019/03

## ICT を活用した、圃場と水利施設が連携した 農業用水の配水管理システム(iDAS)

試験研究計画名： 情報・通信・制御の連携機能を活用した農作業システムの自動化・知能化による省力・高品質生産技術の開発

研究代表機関名： 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とわらい：

担い手による水田作における水管理労力の増大が懸念されるなか、圃場の水管理の高度化と併せて、土地改良区や水利組合が管理するポンプ場や分土工等の配水管理の高度化も必要となっています。そこで、クラウド、低消費電力無線通信である Wi-SUN 等の ICT を活用して、農家が行う圃場水管理と土地改良区や水利組合が行う配水管理とが連携した配水管理システムの開発を行いました（図1）。

### 特長と効果：

本システムの概要を図2に示しました。配水を担うポンプ場でセンサーデータを Wi-SUN により IoT ルーターに集約し、携帯通信網からクラウドサーバーに通信します。開発した圃場水管理システムでは、クラウド上でデータ連携を行うことで需要状況を把握することになります。これらのポンプ場と圃場の情報を基に水理シミュレーションを行い、配水制御プログラムにより農家の水需要に応じた配水を行うことが可能となります。主な特徴は以下の通りです。

- ・ 10～100ha 程度の支線・配水施設の水田パイプラインにおいて調整施設を含むポンプ場から給水栓まで連携した配水管理を、パソコン、タブレットおよびスマートフォンにより簡易に行うことができます。
- ・ 水理解析に基づいた配水制御プログラムやスケジュール管理により、水需要に応じたポンプ場からの配水が行え節水、電気代の削減が可能です。

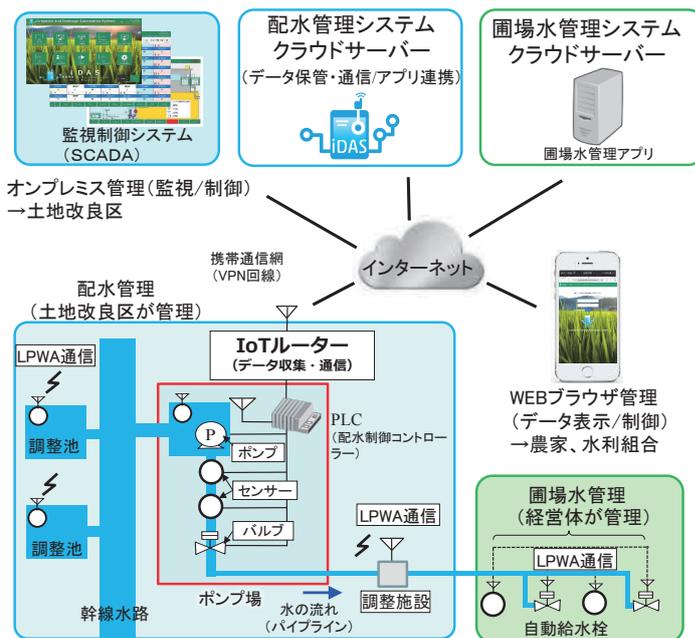
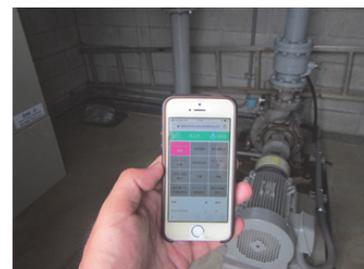


図1 開発したシステムの概要



配水槽の監視状況



WEBブラウザからの監視・制御  
(農家、水利組合用)

図2 監視制御機器



図3 低平地水田地区での実装結果

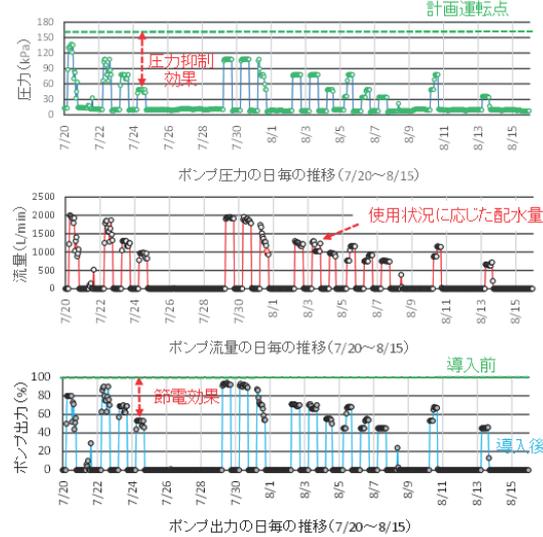


図4 システムの運用結果（約4割の節電効果）

- ・汎用コントローラーであるPLCや監視制御ソフト（SCADA）を、クラウド、LPWA等のICTを活用して運用するため、低コストで拡張性が高いシステム構築が可能です。
- ・オンプレミス管理とWEBブラウザ管理の両方の利用が可能なハイブリッド型システムであるため、利用者のニーズに応じたシステム運用が可能です。

低平地水田パイプライン灌漑地区のうち、約8haの配水ブロックで、給水栓と用水機場が連携したシステムの実証試験を行いました。図3に示すように水利用に応じた配水制御により、約4割の節電・省エネ効果が得られ、管内圧力は計画運転に対して約5割低減し、老朽化したパイプラインへの負荷抑制も可能となりました。

### 社会実装の対象と可能性:

全国の水田パイプライン灌漑地区における10-100ha規模の支線・配水施設を対象としています。また、低平地に限らず、中山間地区の水田パイプライン地区、畑地灌漑地区のファームポンドにおいても試験導入を行っており適用性を確認しています(図4)。

### 参考文献:

- ・中矢哲郎、樽屋啓之、浪平篤、中田達、中達男（2016）：節水・節電のための圃場と用水機場が連携した灌漑配水システムの試作、農業農村工学会誌、84(10)、19-22
- ・中矢哲郎、浪平篤、樽屋啓之（2018）：配水制御システム、特願2018-027277

**研究担当機関名:** 農研機構 農村工学研究部門、株式会社ソフテック

**研究担当者:** 農研機構 農村工学研究部門 中矢哲郎、樽屋啓之、浪平篤、株式会社ソフテック 野中邦仁、久保英和

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 農研機構 農村工学研究部門 移転推進室  
電話：029-838-7677 E-mail：nire-pr1@naro.affrc.go.jp

作成日：2019/03

## 稲作水管理を遠隔・自動制御できるシステムの開発

### －スマホでらくらく・かしこく水管理－

試験研究計画名：情報・通信・制御の連携機能を活用した農作業システムの自動化・知能化による省力・高品質生産技術の開発

研究代表機関名：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

#### 背景とわらい：

農業従事者の減少への適応や農産物生産費の削減を実現するため、稲作などの土地利用型農業の省力化が推進されています。とりわけ、稲作の水管理は全作業に占める割合が高い作業であり、情報通信技術（ICT）を活用した労力削減が期待されています。本研究では、稲作の水管理時間を50%削減することを目標に、圃場の給排水操作を遠隔または自動で制御できるシステム（以下、圃場水管理システム）を開発しました。

#### 特長と効果：

開発した圃場水管理システムは、給水栓と落水口を操作できる制御装置、複数の制御装置と費用をかけずに通信できる基地局、圃場状態の記録と制御命令の発信が可能なサーバーおよび携帯情報端末で操作できるソフトウェアで構成されています（図1）。主な特徴は以下の通りです。

- ・制御装置：給水側、排水側とも同一仕様であることが特徴です。水位・水温センサーで状況を監視しながら、給水栓の開閉と排水口高さを連動して調整することが可能です。
- ・基地局：サーバーと携帯無線通信（3G回線）で接続し、半径500m以内にある最大60台の制御装置と省電力無線通信（Wi-SUN）による通信が可能です。
- ・携帯情報端末（ユーザーインターフェース）：PCやスマートフォンなどに不慣れた人でも直感的に操作できるよう、イラストでの状況表示などの工夫がされています。

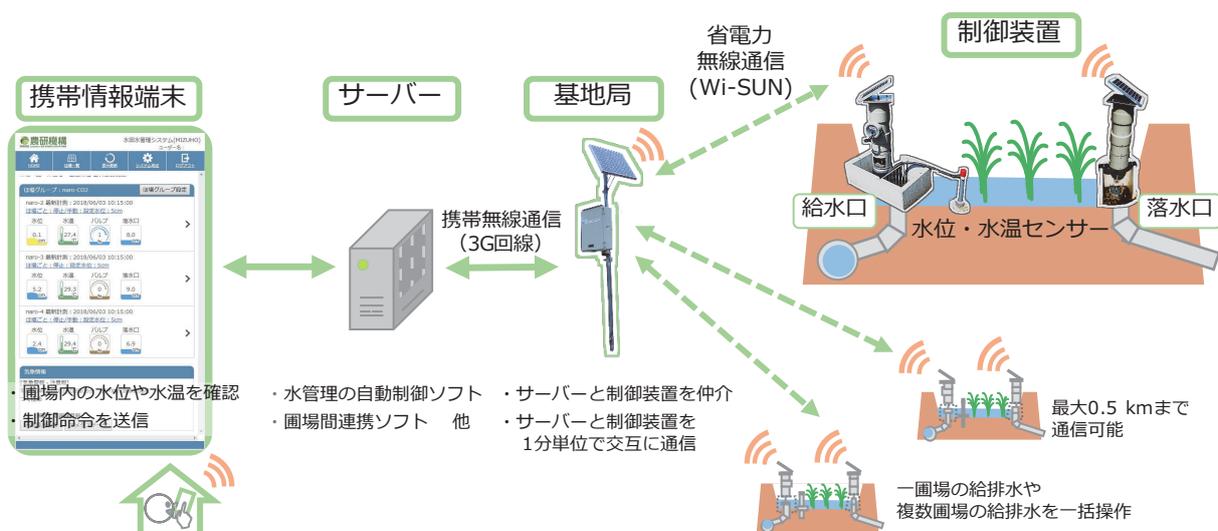
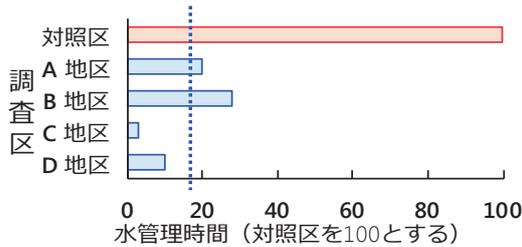


図1 圃場水管理システムの構成



※水管理時間に参入した作業  
 全地区：生育観察等の圃場周辺の見回り時間  
 調査区：端末操作時間  
 対照区：手動バルブ操作時間  
 ※調査日数 A：84日、B：65日、C：42日、D：110日

図2 水管理時間削減の現地実証結果

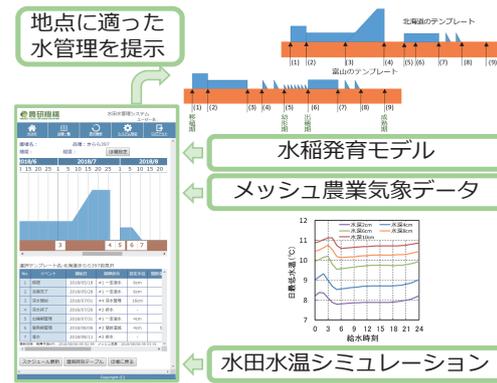


図3 スマート水管理ソフトとの連携

実証試験では、圃場水管理システムを導入した耕作者に対して、設置圃場と未設置圃場での水管理時間の記録を依頼しました。その結果、圃場水管理システムを導入した場合には、水管理時間が7~9割（平均83%）削減されることが示されました（図2）。なお、収量の差は認められませんでした。

さらに、地点、品種、移植日を入力すると、これに応じた水管理スケジュールを自動作成し、日々の気象データからスケジュール更新できる機能を有するスマート水管理ソフト（図3）を導入すると、省力化に一定の効果が現れています。

### 社会実装の対象と可能性：

圃場水管理システムの機能を備えた製品が2018年に農業機械メーカーから先行販売として上市され、大規模農家や公設試験場などを中心に導入されています。日々の水管理に多くの時間を割き、他作目の作業との競合している経営体など、省力化を求める経営体を中心に拡大することが期待されます。また、多品種を栽培する、あるいは分散した圃場で移植時期をずらして栽培する稲作中心の経営体ではスマート水管理ソフトにより、的確な水管理を支援できます。

### 参考文献：

- ・ 若杉晃介、鈴木 翔（2017）：ICTを用いて省力・最適化を実現する圃場水管理システムの開発、農業農村工学会誌、85(1)、11-14
- ・ 鈴木 翔、若杉晃介（2018）：遠隔制御・自動制御が可能な圃場水管理システムが水稻栽培にかかる用水量と水管理労力に与える影響の把握、農業農村工学会論文集307、I\_235-I\_241
- ・ 丸山篤志（2018）：職務作成プログラム「気象情報を利用した圃場水管理スケジュール作成プログラム」、機構-X02

**研究担当機関名：**農研機構 農村工学研究部門、同 農業環境変動研究センター

**研究担当者：**農研機構 農村工学研究部門 若杉晃介、鈴木 翔、坂田 賢、  
農研機構 農業環境変動研究センター 丸山篤志

**問い合わせ先：**国立研究開発法人 農研機構 農村工学研究部門 移転推進室  
電話：029-838-7677 E-mail：nire-pr@naro.affrc.go.jp

作成日：2019/02

## 先進衛星リモートセンシングによるスマート農業支援

### － 圃場 G 空間情報の生成と利用 －

**試験研究計画名：** 情報・通信・制御の連携機能を活用した農作業システムの自動化・知能化による省力・高品質生産技術の開発

**研究代表機関名：** 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

#### 背景とわらい：

圃場ごとの作物生育や土壌の実態情報は、産地スケールで作物管理のスマート化と高品質多収を実現するうえで重要な役割を持ちます。近年の衛星センサ群は、数m程度の解像度と毎日の観測が可能となっており、我が国のスマート農業を支援する技術として有望です。そのため、宇宙空間から高い解像度で地上を観測する衛星センサを活用する先進的なリモートセンシング技術とその現地利用技術を開発しました。

#### 特長と効果：

- ・ 最新の高解像光学衛星を利用することにより、平野規模など数万枚におよぶ田畑の状況を瞬時に観測することが可能です。
- ・ 衛星センサによる分光画像データから群落クロロフィルや窒素含有量、生育進度、収穫適期、土壌肥沃度など、生育管理上重要な評価指標を生成するアルゴリズムを開発しました。
- ・ Web-GIS ツールを開発し、作物・圃場の診断情報マップをネットワークを介してスマホ等で簡単に現場で参照することが可能となりました。産地スケールでの高品質ブランド米生産等での利用は実装段階に進んでいます（図1）。

#### 社会実装の対象と可能性：

- ・ 多数の超小型衛星が続々と打ち上げられつつあり、適時観測確率も格段に向上してきました。また、空間解像度も圃場内のバラつきまで見えるレベルとなり、わが国の狭小な圃場を対象とした広域観測も実用段階に達しています。
- ・ 圃場区画の GIS データ化も進んでおり、全国のすみずみまで圃場ごとの情報集積が可能となりつつあります。ネットインフラの整備が格段に進み、高速化とスマホ等での利用ツールの開発も一般化し、現地圃場など任意の場所で、診断マップを参照できる環境が生まれています。
- ・ 本研究成果をもとに、このような環境を最大限に活用することで、圃場ごとに水稻収穫適期などの診断情報を活用することが実用化されました。今後、水稻、コムギ、ダイズ等より広範な作物と利用場面で活用が進むことが期待されます。

#### 参考文献：

- ・ 井上吉雄（2017）高解像度光学衛星センサによる植物・土壌情報計測とスマート農業への応用. 日本リモートセンシング学会誌, 37, 213-223.
- ・ 井上吉雄（2019）高解像度衛星群による先進リモートセンシングとスマート農業への応用. 「スマート農業」（神成淳司監修），NTS出版.

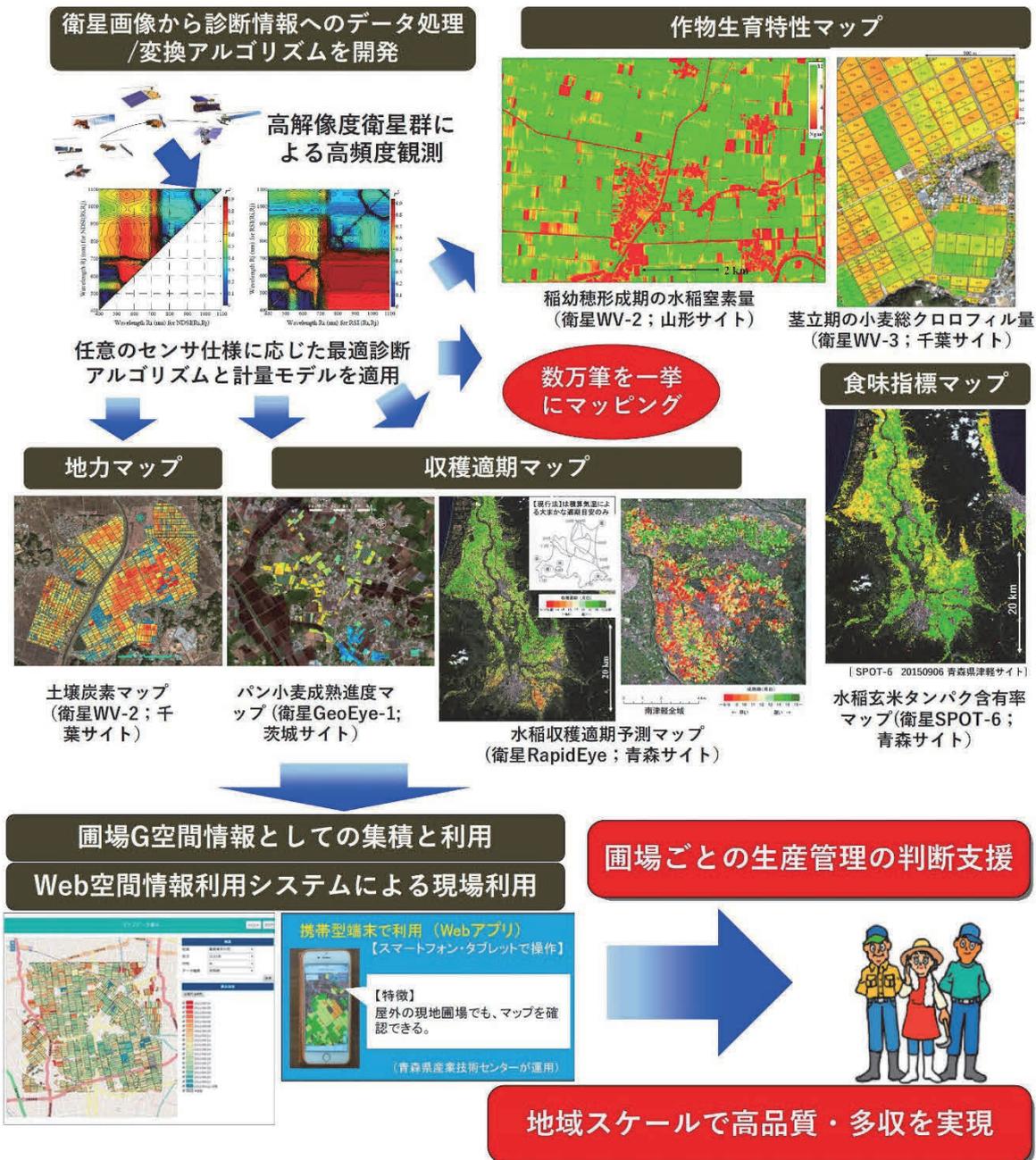


図1 先進衛星リモートセンシングによる産地スケールの診断情報マップの作成と利用

**研究担当機関名:** 農研機構 農業環境変動研究センター<sup>1</sup>、中央農業研究センター<sup>2</sup>  
青森県産業技術センター農林総合研究所<sup>3</sup>  
山形県農業総合研究センター<sup>4</sup> 茨城県農業総合センター<sup>5</sup>

**研究担当者:** 井上吉雄<sup>1</sup>、大下泰生<sup>2</sup>、境谷栄二<sup>3</sup>、後藤元<sup>4</sup>、中村憲治<sup>5</sup>

**問い合わせ先:** 農研機構 農業環境変動研究センター 企画連携室  
電話：029-838-8191 E-mail：niaes\_kouhou@ml.affrc.go.jp

作成日：2019/03

## 純国産ドローンによる低層自動航行センシングシステムと 作物圃場診断情報技術

**試験研究計画名：** 情報・通信・制御の連携機能を活用した農作業システムの自動化・知能化による省力・高品質生産技術の開発

**研究代表機関名：** 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とわらい：

近年急速に進歩しつつあるドローン（UAV, UAS）はリモートセンシングや空中作業のプラットフォームとして有望です。ドローンリモートセンシングでは、比較的小面積を低空から機動的に観測できることや、搭載センサや解像度の選定を比較的柔軟に行えることに利点があります。そこで、スマート農業への応用に向けて、国産のマルチコプタ型ドローンをベースとして、高機能で使い易いセンシングシステムと診断情報作成アルゴリズム、そして実践的な運用方法を開発しました。

### 特長と効果：

- ・純国産のマルチコプタ型ドローンをベースに、農場の見回りや作物・圃場診断特性のマッピングに好適な低層自動航行センシングシステムを開発しました。
- ・多波長画像を取得する先進的分光センシングシステムとデータ処理プロトコル、計量アルゴリズムを開発し、生育量やクロロフィル量、ストレス指標などの生育診断情報の高精細マッピングを可能にしました（図1）。
- ・作物生育と圃場の実態を圃場に入ることなく随時/面的に把握するための、安全で効率的な運用指針（グッドプラクティス）を策定しました。

### 社会実装の対象と可能性：

- ・マルチコプタ型ドローンの機体や制御に関する技術は長足の進歩を遂げつつあり、準天頂衛星の整備も相まって、リモートセンシングや空中作業に必要な精密位置制御も実現しつつあります。
- ・安全な利用のための法的・行政的規制の整備が管制システムの整備など利用環境がドローン技術の普及に向けて整備されつつあります。
- ・ドローンシステムは、水稻やコムギ、ダイズだけでなく果樹や野菜などの生育診断、さらには農薬散布ほかの簡易管理作業への利用も含め、スマート農業への広範な普及が期待されます。

### 参考文献：

- ・ 井上吉雄, 横山 正樹 (2017) ドローンリモートセンシングによる作物・農地診断情報計測とそのスマート農業への応用. 日本リモートセンシング学会誌, 37, 224-235.
- ・ 井上吉雄, 横山 正樹 (2019) ドローンリモートセンシングによる農地の分光画像・3D情報計測ースマート農業に向けたG空間情報計測ー. 精密工学会誌, 85, 236-242.

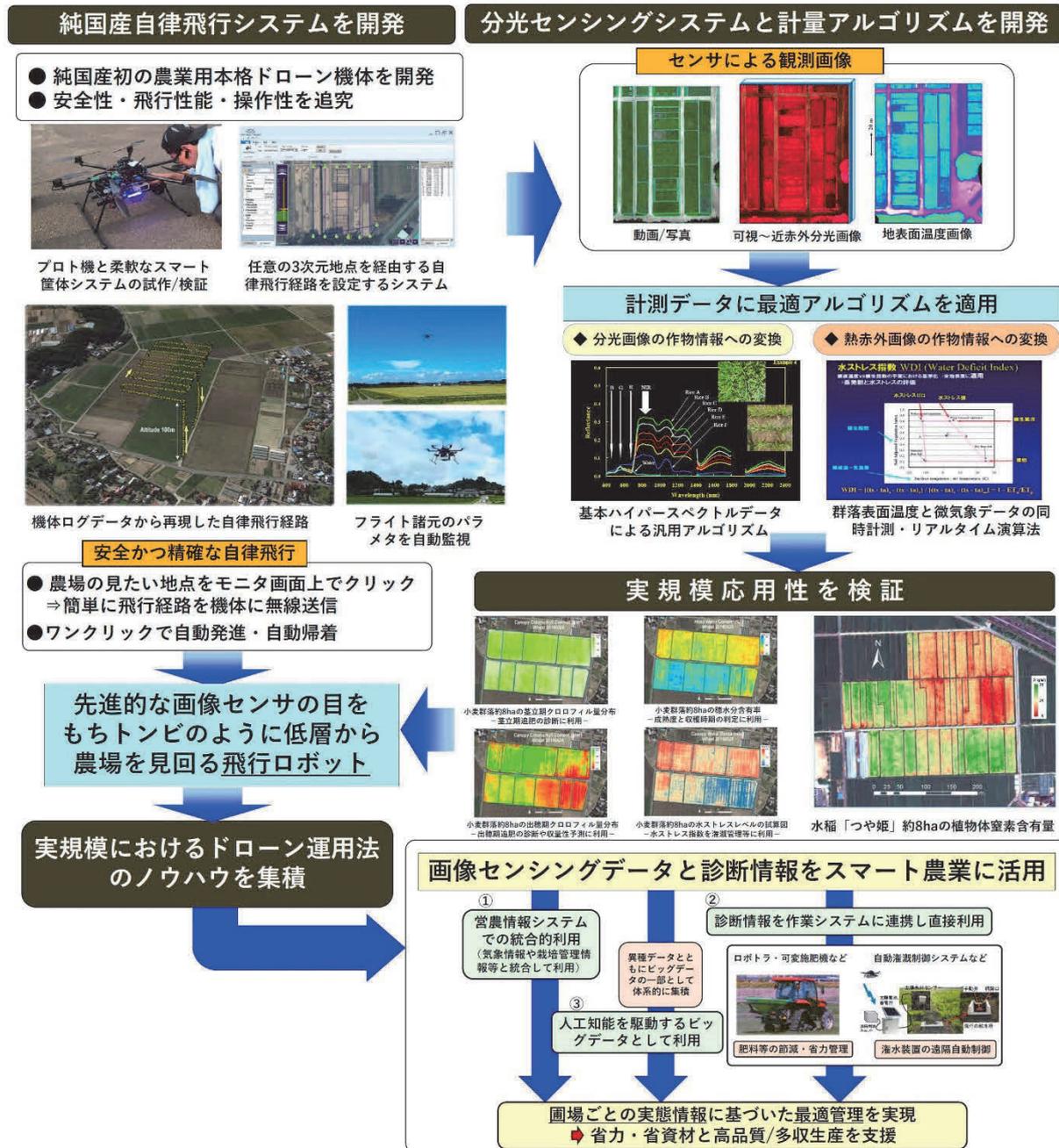


図1 低層自動航行センシングシステムと診断情報作成技術

研究担当機関名: 農研機構 農業環境変動研究センター<sup>1</sup>  
株式会社自律制御システム研究所<sup>2</sup>、宇宙技術開発株式会社<sup>3</sup>

研究担当者: 井上吉雄<sup>1</sup>、横山正樹<sup>1</sup>、奥村英樹<sup>2</sup>、宮本 潤<sup>3</sup>

問い合わせ先: 農研機構 農業環境変動研究センター 企画連携室  
電話: 029-838-8191 E-mail: niaes\_kouhou@ml.affrc.go.jp

作成日: 2019/03

## 無線式 pH センサによる乳牛の生産と疾病の管理 —リアルタイムモニターで第一胃の異常に素早く対応—

試験研究計画名: 生体センシング技術を活用した次世代精密家畜個体管理システムの開発  
研究代表機関名: 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とわらい:

乳牛の飼養管理では、泌乳量の増加など生産性の向上を目的として濃厚飼料が多給されています。このような飼養管理状態において乾草など粗飼料が不足した場合、第一胃発酵が異常に亢進して pH が著しく低下します。その結果、亜急性（潜在性）の第一胃アシドーシス（SARA）に陥り、泌乳量や乳成分が低下するとともに種々の代謝病が多発することになります。本課題では、無線式 pH センサを活用し、乳牛の飼養管理改善、生産性向上と疾病予防を目的として研究を行いました。

### 特長と効果:

無線式 pH センサの性能を評価するため、実験的に SARA を誘発した牛を用いて検討した結果、本センサにより第一胃や第二胃（前胃）液の pH を正確に測定できることが明らかになりました。また、濃厚飼料多給による SARA 誘発試験では、反復誘発によってしだいに第一胃液 pH の低下が軽減し（図 1）、さらに、予め酵母製剤を投与した牛に濃厚飼料を多給すると、第一胃液 pH の低下が軽度で第一胃発酵は恒常性を維持することが明らかになった（図 2）。

次に、分娩後に多発する SARA を予防する目的で、分娩前の乳牛に新規木材飼料を給与し、分娩前後の第一胃液 pH の変化を観察した結果、給与牛では非給与牛に比べて分娩後に第一胃液 pH が高値で推移することから、本飼料は SARA の予防に効果のあることが明らかとなった（図 3）。

以上のように、無線式 pH センサによって SARA の診断と摘発、酵母製剤や新規木材飼料給与による SARA の予防効果を判定することが可能であり、本センサは酪農業の振興に大いに貢献すると考えられた。なお、本センサのハードウェア改良とソフトウェア

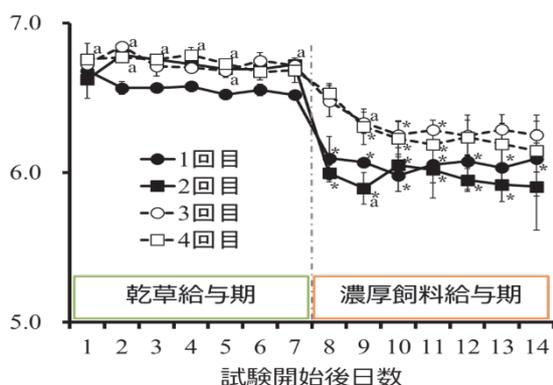


図 1 SARA 反復誘発牛における第一胃液 pH(1 日平均値)の変化  
M±SE, n=4, a P<0.05(1 回目との有意差), \* P<0.05 (7 日目との有意差)

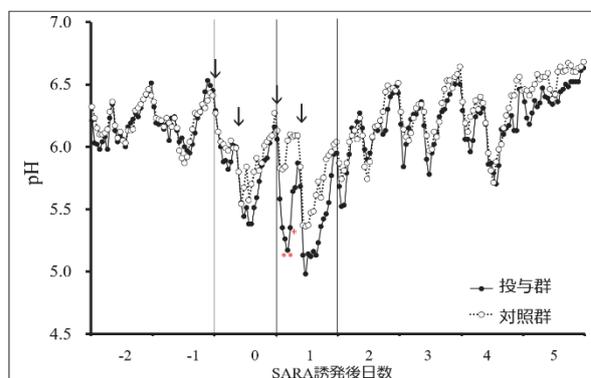


図 2 酵母製剤投与牛と対照牛における第一胃液 pH(1 時間平均値)の変化

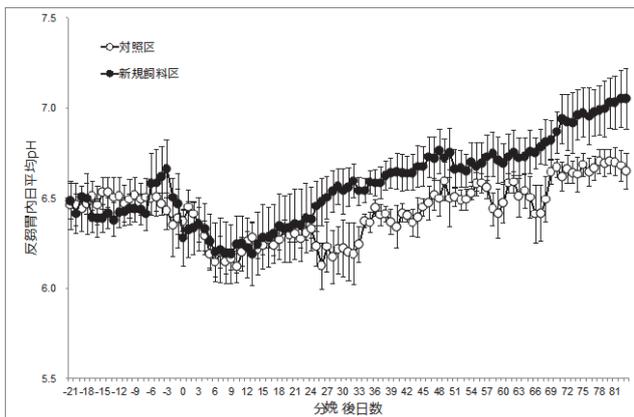


図3 新規木材飼料給与と牛の分娩前後における胃液 pH の変化

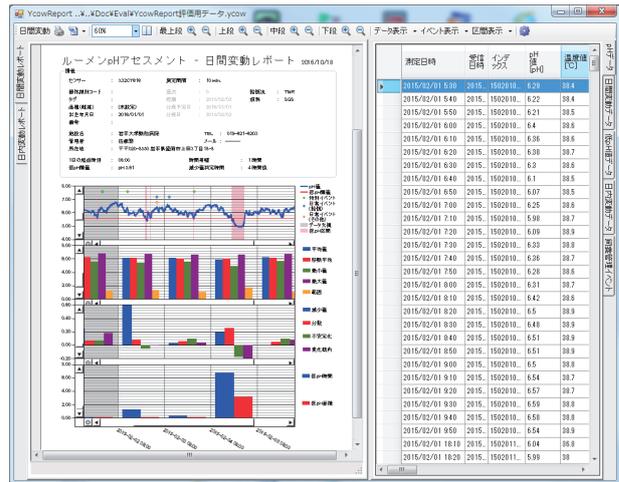


図4 無線式 pH センサのソフトウェア前 (YCOW-Report) の画面例

改良にも取り組み、無線通信データの欠落解消と専用ソフトウェアの視認性向上を実現しました(図4)。また、本センサ商品化のために治験を行い管理医療機器の申請を行いました。

**社会実装の対象と可能性:**

無線式 pH センサの乳牛飼養管理改善への活用と商品化による酪農家への普及を目指し、すでにハードウェアの改良とソフトウェアの改良を終了して無線通信データの欠落解消と専用ソフトウェアの視認性向上を実現しました。また、平成 27 年度に管理医療機器の承認申請を行い、現在審査中です。一方、本センサの野外普及を目指して SARA の病態解明と予防対策を検討し、新規木材飼料の給与による予防効果など新しい知見を提示できました。本センサを活用した第一胃液 pH のリアルタイムモニターは、多くの酪農家や指導者から広く求められている技術であることから、全国に普及・活用されることが期待されます。

**参考文献:** Nagata R., Yo-Han KIM, Ohkubo A., Kushibiki S., Ichijo T., and Sato S. (2017) Effects of repeated subacute ruminal acidosis challenges on the adaptation of rumen bacterial community in Holstein bull cattle. J Dairy Sci, doi.org/10.3168/jds.2017-13859.

**研究担当機関名:** 岩手大学、農研機構 畜産研究部門、山形東亜 DKK (株)

**研究担当者:** 岩手大学農学部教授 佐藤繁  
農研機構畜産研究部門 榎引史郎、  
山形東亜 DKK (株) 開発部長 水口人史

**問い合わせ先:** 国立大学法人 岩手大学農学部 佐藤繁  
E-mail : sshigeru@iwate-u.ac.jp

**作製日:** 2019/06

# 水稲、小麦、大豆の栽培管理を支援する農業情報システム

## － 気象情報を生産の安定と効率化に役立てます －

試験研究計画名： 情報・通信・制御の連携機能を活用した農作業システムの自動化・知能化による省力・高品質生産技術の開発  
 研究代表機関名： 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とわらい：

温暖化の進行と農業従事者の減少による土地集積・営農規模の拡大が進行しています。このような農業を取り巻く状況下で、気象情報を利用して作成した多彩な栽培管理支援情報の提供を通じて、作物の冷害、高温登熟障害対策や栽培管理の効率化を支援します。また、発育予測情報等の栽培管理支援情報は、Web-API サーバーを通じた情報配信や、プログラムの利用許諾による ICT ベンダーの営農管理システムへの組み込みなどの形で、新たな農業情報ビジネスの展開に貢献します。

### 特長と効果：

開発した「栽培管理支援システム Ver. 1.0」は、予測を含む 1km メッシュ気象データと作物生育・病害予測モデル等を用いて作成した栽培管理に役立つ情報をホームページから配信する農業情報システムです。発育予測、施肥適期・量、病害防除適期等の 17 種類（開発中のものを除く）の早期警戒・栽培管理支援情報（表 1）を提供します。利用者が、圃場位置、作付け情報、葉色等の作物観察データを入力すると、システムは早期警戒・栽培管理支援情報を利用者に表示します（図 1）。図 2 の青線で囲んだホームページベースの栽培管理支援システムからの情報配信に加えて、Web-API サーバーから

表 1 システムが提供する早期警戒情報と栽培管理支援情報

情報の種類・作目	利用期間	コンテンツ名	
早期警戒情報	栽培中	異常高温・低温日数注意情報（予報）	
		異常高温・低温日数注意情報過去7日間	
		フェーン注意情報	
栽培管理支援情報	水稲	発育予測	
		収穫適期診断	
		高温登熟障害対策～追肥診断～	
		冷害リスクと追肥可否判定（寒冷地向け）	
		紋枯病発生予測	
		稲こうじ病発生予測	
		あきだわら栽培管理支援	
	作付計画	移植適期診断（移植日決定支援簡易版）	
		移植日決定支援（開発中）	
		施肥設計支援（開発中）	
	小麦	栽培中	発育予測
			子実水分予測
	大豆	栽培中	発育予測
			灌水支援
	作付計画	作付計画支援	

※表中には、19 の情報コンテンツが記載されているが、開発中のものを除いて 17 の情報コンテンツが使用できる。



図 1 栽培管理支援システムの概要

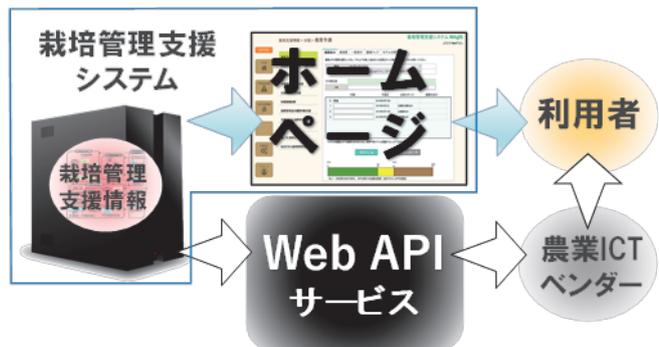


図 2 栽培管理支援情報の配信ルート

の情報配信サービスを予定しています。現在、水稻、小麦、大豆の発育予測情報を含む5つの栽培管理支援情報がWeb-APIで利用できます。

### 社会実装の対象と可能性:

最終的な情報の利用者として全国の水稲・小麦・大豆生産者、JA 営農指導員、普及機関、公設研究機関等を想定していますが、開発したプログラムの利用許諾を通じて、栽培管理支援情報の取り込みによるICTベンダー・農業機械メーカーなどの様々な営農ソリューションの機能拡張や、新たな農業情報ビジネスの展開に貢献する予定です。特に、Web-APIと農業データ連携基盤WAGRIを通じた情報配信ビジネスが有力な情報伝達手段になる可能性があります。

### 参考文献:

- ・ 農研機構 (2019) 「栽培管理支援システムVer. 1.0利用マニュアル」  
[http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/pamphlet/tech-pamph/129917.html](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/129917.html)
- ・ 中川博視 (2018) JATAFFジャーナル、6(5):62-66
- ・ 中川博視 (2018) グリーンレポート、586:2-5

**研究担当機関名:** 農研機構、(株)ビジョンテック、(株)ライフビジネスウェザー、東京大学、神戸大学、鹿児島大学、北海道立総合研究機構、宮城県古川農業試験場、新潟県農業総合研究所、千葉県農林総合研究センター、兵庫県農林水産技術総合センター、福岡県農林総合試験場

**研究担当者:** 農研機構: 中川博視、大野宏之、佐々木華織、丸山篤志、吉田ひろえ、中野聡史、伏見栄利奈、菅野洋光、廣田知良、濱崎孝弘、井上聡、根本学、小南靖弘、下田星児、熊谷悦史、高橋智紀、大久保さゆり、中園 江、松山宏美、芦澤武人、黒瀬義孝、長田健二、千葉雅大、植山秀紀、森田敏、中野洋、柴田昇平、羽方誠、松尾直樹、(株)ビジョンテック: 岡田周平、(株)ライフビジネスウェザー: 前田充宏、東京大学: 岩田洋佳、神戸大学: 山崎将紀、鹿児島大学: 神田英司、北海道立総合研究機構: 古川勝弘、三浦周、藤倉潤治、岡元英樹、大塚省吾、熊谷聡、杉川陽一、谷藤健、須田達也、細淵幸雄、鈴木慶次郎、櫻井道彦、宮城県古川農試: 櫻田史彦、宮野法近、小泉慶雄、道合知英、吉田修一、鈴木智貴、新潟県農業総合研究所: 土田徹、東聡志、中村正明、古川勇一郎、本間利光、仲山和久、千葉県農林総合研究センター: 望月篤、太田和也、鶴岡康夫、兵庫県立農林水産技術総合センター: 加藤雅宣、杉本琢真、小河拓也、藤本啓之、磯野幸浩、森本幸作、池上勝、福岡県農林総合試験場: 荒木雅登、岩渕哲也、石塚明子、大野礼成、奥野竜平、内川修

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
 農業環境変動研究センター企画連携室  
 電話: 029-838-8191 E-mail: niaes@naro.affrc.go.jp

作成日: 2019/04





図2 農業データ連携基盤の3つの機能

また、WAGRI の共有機能を活用することにより、農業ビッグデータの構築にも容易に取り組むことが可能になります。これにより、例えば、作物の生育予測や病虫害診断など、農業現場において高いニーズがありながら、精度改善に膨大なデータを必要とするためにシステム開発が進まなかったサービスが、今後、農業現場に導入されていくことが期待されます。

このように、民間企業等による WAGRI を活用した農業関連サービスの開発が活発になることで、農業者は、それぞれの経営形態に応じて農業関連サービスを選択・活用して生産性向上や経営改善に取り組み、所得向上等を実現することが可能になります。

### 社会実装の対象と可能性:

農業データ連携基盤（WAGRI）の活用により、農業者は、生産を通じて取得する様々なデータをフル活用し、例えば、過去の収量や土壌データを基に圃場ごとに適正な施肥量を決定したり、生育予測データや気象データを基に適切な作業計画を策定したりすることができるようになります。

加えて、農業者個人だけでなく、地域単位で生産性の向上に取り組むこともできるようになります。例えば、集落営農組織において、農業者ごとに異なる農機メーカーのトラクターを所有している場合であっても、農業者同士で各農機の稼働状況を確認しながら作業を行うなど、農機を効率的に利用することが可能になります。また、地域の農業者同士で栽培データや収量データなどを共有・比較することで、地域全体で栽培技術の底上げや技術継承などに取り組むことも可能になります。

**研究担当機関名:** 慶應義塾大学 S F C 研究所

**研究担当者:** 神成 淳司<sup>※1</sup>、上原 宏<sup>※2</sup>、中島 伸彦<sup>※2</sup>、平野 雅美<sup>※3</sup>

<sup>※1</sup> 研究実施責任者 <sup>※2</sup> 研究実施者 <sup>※3</sup> 研究補助者

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）  
農業情報研究センター 農業データ連携基盤推進室  
E-mail : wagri@ml.affrc.go.jp

作成日: 2019/03

# 営農情報管理システム FARMS と GeoMation 地理情報システム による作業連携システムを開発

## －WAGRI API を活用したシステム連携－

試験研究計画名： 情報・通信・制御の連携機能を活用した農作業システムの自動化・知能化による省力・高品質生産技術の開発

研究代表機関名： 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とわらい：

農研機構が開発する営農情報管理システム FARMS（以下、FARMS）、および、日立ソリューションズが開発する GeoMation 農業支援アプリケーション（以下、GeoMation）はそれぞれ異なる特長を持つ農業 IT システムです。これらを連携させ、個々の特長を生かすことができれば、農作業や営農管理への高度活用が期待できます。

### 特長と効果：

FARMS には農業機械の稼働情報モニタリングや作業指示など農業機械と連携する機能があります。一方、GeoMation は WAGRI から得たデータやリモートセンシングデータなど様々なデータの蓄積、統一的に可視化する機能を持ちます。これらの2つのシステムが連携すれば WAGRI の気象情報や生育予測モデルをもとに可変施肥を農業機械へ指示することはもちろん、農業機械の稼働情報を作業実績として蓄積し、コスト計算や翌年作業計画などへ活用していくことができます。

これらの農業 IT システムを連携するに当たっては、WAGRI（農業データ連携基盤）のデータ連携機能を利用しました。システムを連携させるためには API（\*1）を開発する必要があります。通常 API の開発には大きなコストがかかりますが、WAGRI では API の設計や実装を管理画面から実施でき、すぐに利用することができます。これらを活用し、FARMS と GeoMation を連携させることができました。（図 1）

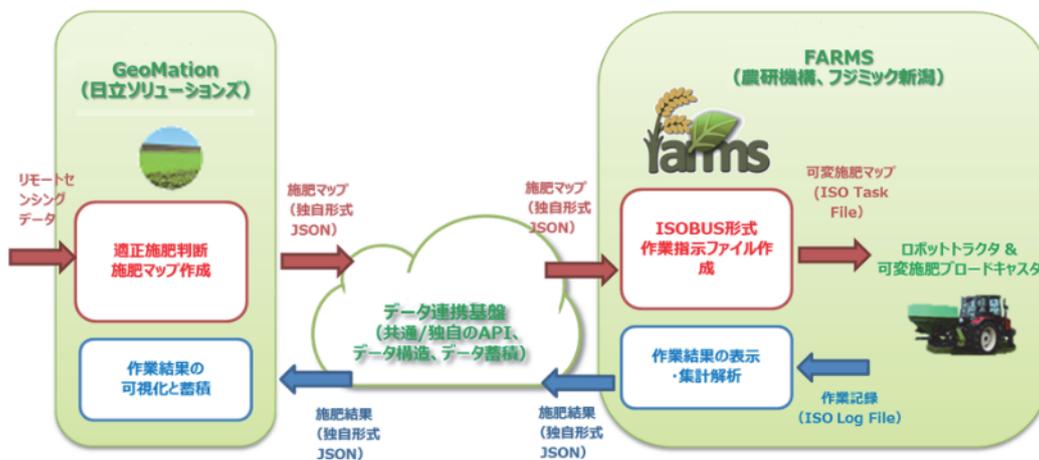


図 1 WAGRI を利用した FARMS と GeoMation の連携イメージ

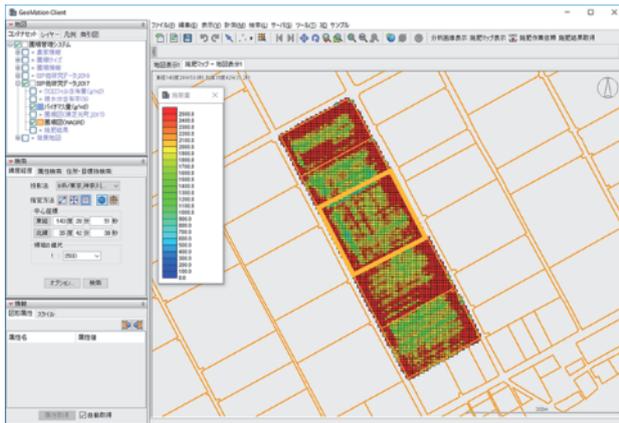


図 2 GeoMation 画面

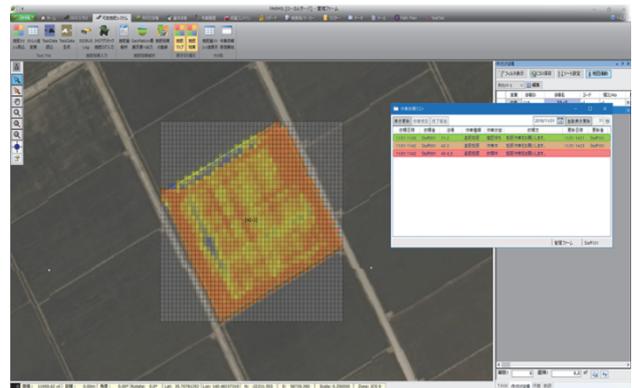


図 3 FARMS 画面

GeoMationにてリモートセンシングデータ等をもとに作成した可変施肥マップ（図2）をFARMSが受け取り画面に表示しているところ（図3）。

(\*1) API：ソフトウェアの機能やデータを他のソフトウェアから利用するため、手順やデータ形式などを定めた規約や手順を実行するプログラムのこと。

### 社会実装の対象と可能性：

営農情報管理システム FARMS、および、GeoMation 農業支援アプリケーションはともに社会実装されているシステムです。WAGRI も 2019 年度より本格稼働しており、データ連携機能を活用することが可能です。したがって技術的にはすべて社会実装されているもので構成されています。本事例は SIP 次世代農林水産業創造技術の研究に基づくもので機能は限定されていますが、市場ニーズにあわせて機能を拡張していくことが可能です。

**参考文献：**・農業データ連携基盤 API 作成マニュアル

**研究担当機関名：**株式会社日立ソリューションズ

**研究担当者：**空間情報ソリューション開発部 府中 総一郎

**問い合わせ先：**株式会社日立ソリューションズ

電話：03-5780-2111

E-mail：soichiro.fuchu.yz@hitachi-solutions.com

**作成日：**2019/03

## 複雑な農薬情報を読み解くお手伝い！ —農作物名称サーチによる農薬情報の収集支援—

試験研究計画名：情報・通信・制御の連携機能を活用した農作業システムの自動化・知能化による省力・高品質生産技術の開発

研究代表機関名：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とわらい：

栽培時の「農薬使用基準（農林水産省）」と、人が摂取しても安全と評価された「残留農薬基準（厚生労働省）」はいずれも厳密に遵守すべき農薬基準であり、簡単に参照できる環境整備が必要です。しかし、農薬基準のデータ名は統一されていないうえに農薬特有の表現のために農薬基準情報の収集は困難です。そこで、農薬基準情報の正確かつ効率的収集に活用できる「農作物名称サーチ」を開発します。

### 特長と効果：

農作物名称サーチ (<http://cavoc.org/cvo/application/CropNameSearch/>) は、農作物を定義する「農作物語彙体系 (Crop Vocabulary、CVO)」を、入力された農作物名（図1 “きゅうり”）とその同義語（“キュウリ”）で部分一致検索し、該当する「農作物語彙体系」、およびそれと連携する「農薬使用基準」、「残留農薬基準」情報を表示するものです。農作物名称サーチを利用することで、1) 農作物によっては農薬基準のデータ名が収穫部位、生育ステージ、用途等で異なること、2) 農作物によっては「農薬使用基準」と「残留農薬基準」のデータ名が異なることが確認でき、3) 農作物によっては「農薬使用基準」データ名の意味をリンクするCVO農薬使用基準ページで明確にすることが可能です。収穫部位等で農薬基準が複数設定された農作物や異なる農薬基準によってデータ名が異なる場合にも農作物を簡単に確認できるため、農薬基準情報の正確かつ効率的収集の手助けとなります。

検索語入力	候補表示	農作物語彙体系	農薬使用基準 (農林水産省)	残留農薬基準 (厚生労働省)	農作物ガイドライン (内閣官房)
きゅうり	- キュウリ - キュウリ(果実) - <u>キュウリ(葉)</u> - キュウリ(花) - 花丸	キュウリ(葉) (英名)Cucumber(leaves) (学名) <i>Cucumis sativus</i> <a href="http://cavoc.org/cvo/ns/1/キュウリ(葉)">http://cavoc.org/cvo/ns/1/キュウリ(葉)</a>	きゅうり(葉) 野菜類 <a href="http://cavoc.org/cvo/ns/tekiyou_nousakumotu/きゅうり(葉)">http://cavoc.org/cvo/ns/tekiyou_nousakumotu/きゅうり(葉)</a> [農林水産省, 適用農作物一覧]	きゅうりの葉・花 (食品分類)その他のうり科野菜 <a href="http://cavoc.org/cvo/ns/syokuhin_bunrui/きゅうりの葉・花">http://cavoc.org/cvo/ns/syokuhin_bunrui/きゅうりの葉・花</a> [厚生労働省, 農作物等の食品成分表]	小分類: きゅうり(葉) 大分類: 野菜類, 中分類: 野菜類 部位: 葉

図1 農作物名称サーチにおけるキーワード“きゅうり”の検索

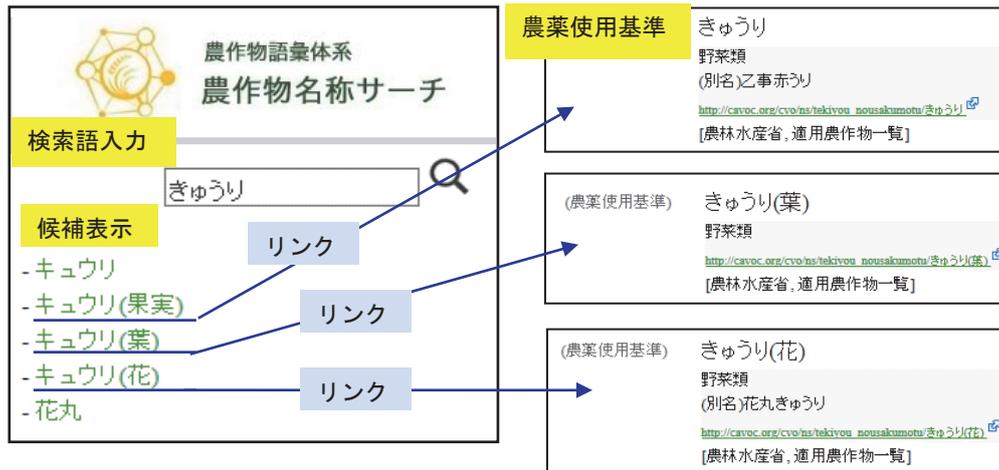


図2 農作物名称サーチによる“キュウリ”の農薬使用基準の設定確認  
“キュウリ”は収穫部位により農薬使用基準が複数設定。

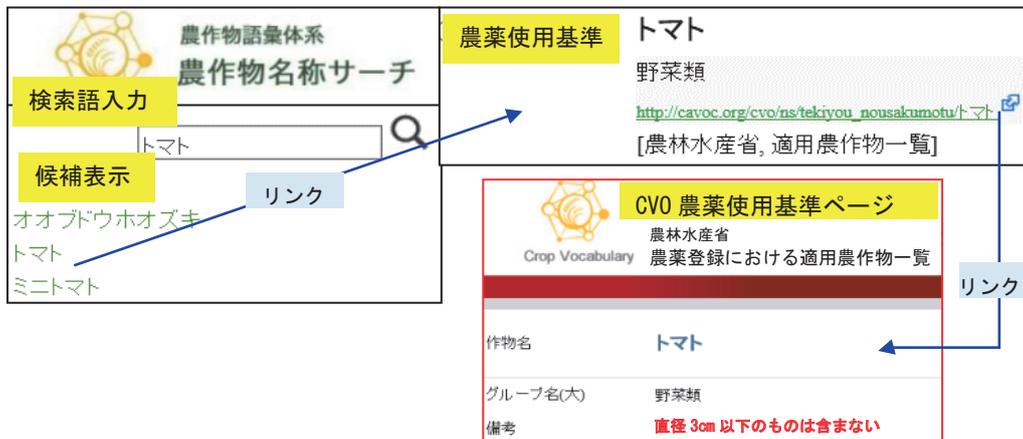


図3 CVO 農薬使用基準ページにおける“トマト”の定義確認  
農作物名称サーチ検索結果にリンクするCVO 農薬使用基準ページで定義確認。

### 社会実装の対象と可能性:

農業生産者、農業技術指導者、家庭菜園を行う消費者等が新規農作物導入時に農薬基準情報を収集する際、活用されることが期待できます。

### 参考文献:

- 農作物語彙体系 (Crop Vocabulary、CVO) 公開サイト、<http://cavoc.org/cvo/>  
農作物名称サーチ公開サイト、  
<http://cavoc.org/cvo/application/CropNameSearch/>

**研究担当機関名:** 大学共同利用機関 情報・システム研究機構 国立情報学研究所  
農研機構 農業技術革新工学研究センター

**研究担当者:** 国立情報学研究所 朱成敏、武田英明、農研機構 竹崎あかね

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

農業技術革新工学研究センター 企画部広報推進室

電話：048-654-7030 E-mail：iam-koho@ml.affrc.go.jp

作成日：2019/03

## 農作物が名前を変えても追跡できます！ —農作物語彙体系を活用した関連情報の提供—

試験研究計画名： 情報・通信・制御の連携機能を活用した農作業システムの自動化・知能化による省力・高品質生産技術の開発

研究代表機関名： 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とわらい：

農作物は、植物、作物、食品などフードチェーンの段階によって名称が変わることがあり、データ名だけで農作物の履歴や、遺伝的背景を確認することが困難です。また、グローバルな農作物流通のために農産物の多言語表記が必要となります。そこで既存語彙と連携する農作物語彙体系を利用し、農作物の関連情報を収集する公開サイト、およびサービスを開発します。

### 特長と効果：

農作物語彙体系 (Crop Vocabulary、CVO) は、食用農作物を対象とする機械で読み取ることができる可読の語彙体系です。CVO の農作物名は、国際的農業標準語彙である AGROVOC (国際連合食糧農業機関 <http://aims.fao.org/vest-registry/vocabularies/agrovoc>) の ID、および生物分類データベースにふられる NCBI Taxonomy ID と、学名を基準にそれぞれリンクしています。例えば、CVO 農作物名 “キュウリ (総称)” の場合、対応する AGROVOC 学名ページから、生産物ページに移動することで “キュウリ” の 25 言語表記を確認でき (図 1)、グローバルな農産物流通に活用することが可能です。また、対応する NCBI Taxonomy ページからリンクをたどることによってキュウリの遺伝的背景が確認できます (図 2)。これは作物の収量や品質に及ぼす影響を環境要因と遺伝的要因を組み合わせる際にも活用できます。農作物名を①内閣府が利用推奨する標準語彙名へ変換、②学名、英名へ変換する API を利用すれば外部プログラムから農作物語彙体系の情報を簡単に収集することも可能です (<http://cavoc.org/cvo.php#api>)。

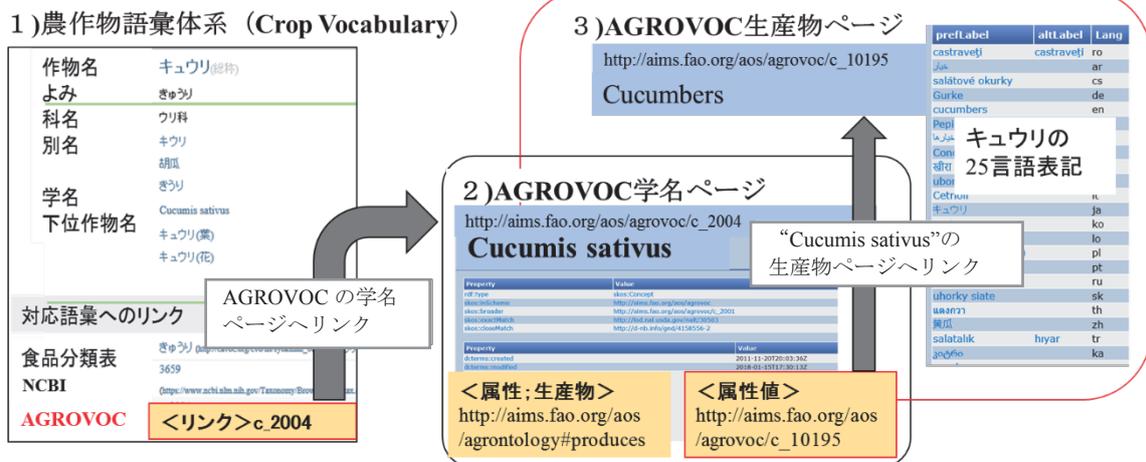


図 1 CVO とリンクする AGROVOC ページ

“キュウリ (総称) (<http://www.cavoc.org/cvo/ns/1/キュウリ>)” の学名に対応する AGROVOC\_ID “c\_2004” (英語表記、Cucumis sativus) ページから、生産物属性 “produces” の値 AGROVOC\_ID “c\_10195” のページに移動することで “キュウリ” の 25 言語表記を確認できます。

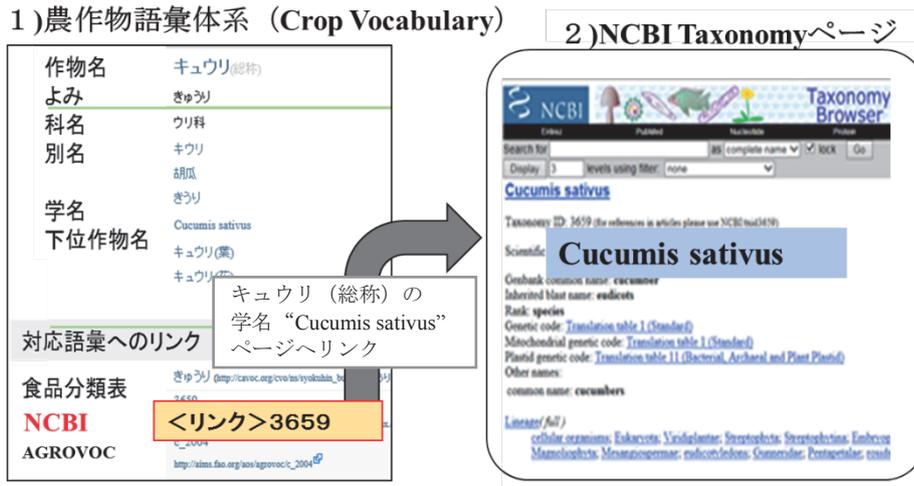


図 2. CVO とリンクする NCBI Taxonomy ページ

“キュウリ（総称）（<http://www.cavoc.org/cvo/ns/1/キュウリ>）” の学名に対応する NCBI Taxonomy ページ（ID “3659”）からリンクをたどることで“キュウリ” の遺伝的背景を確認できます。

### 社会実装の対象と可能性:

研究者、農業技術指導者、農作物輸出業者、農作物に関心を持つ消費者が農作物の関連情報を収集する際に活用されます。

### 参考文献:

- ・ 農作物語彙体系 (Crop Vocabulary、CVO) 公開サイト、<http://cavoc.org/cvo/>  
Joo S. et al. (2018) In Proceedings of 8th Joint International Conference 2018, Springer International Publishing :320-335

**研究担当機関名:** 大学共同利用機関 情報・システム研究機構 国立情報学研究所  
農研機構 農業技術革新工学研究センター

**研究担当者:** 農研機構 竹崎あかね、国立情報学研究所 朱成敏、武田英明

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
農業技術革新工学研究センター 企画部広報推進室  
電話：048-654-7030 E-mail：iam-koho@ml.affrc.go.jp

作成日：2019/03

# データ名が違って大丈夫！作業時間の比較ができます！

## ー 農作業基本オントロジーを活用した手法提案 ー

試験研究計画名： 情報・通信・制御の連携機能を活用した農作業システムの自動化・知能化による省力・高品質生産技術の開発

研究代表機関名： 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とわらい：

土地・施設・機械稼働率の向上、労働平準化による生産コスト低減のため、栽培期間の異なる作物や品種を複数組み合わせさせた輪作体系の導入事例が増えており、作付計画にあたって考慮すべき条件は増える傾向にあります。本研究では、作付計画の際に複数作物の経営指標を比較検討する場面を想定し、農作業基本オントロジー (Agriculture Activity Ontology、AAO) を基準とした効率的な作業時間の比較分析を提案します。

### 特長と効果：

AAO は農作業概念 (農作業名) と概念間の関係を定義したものです。試作したツールは、AAO の農作業名と、作業ごとの時間 (以下作業時間とする) データを示す名称 (以下データ名とする) との対応関係に基づき作業時間を集計するものです (図1)。本ツールを利用することで、データ名が多様であっても、AAO で定義した目的ごとに作業時間を集計比較したり (図1、2)、AAO に対応づけた他の基準での比較が可能となります。また、AAO の下位階層で作業時間を集計すれば、より具体的な作業での比較も可能となります (図2、3)。例えば、栽培管理の作業時間が長いイチゴ栽培では、下位階層で作業時間を集計することで整枝などの草姿調整に要する作業時間が長いことが明らかとなりました。また旬別にイチゴ栽培の草姿調整に要する作業時間を集計することで、作業期間が長く、作業時間の最高値は低いことがわかりました (図3)。データ名が多様な場合はこれまで作業時間の比較は困難でしたが、AAO に基づき作業時間を集計することで、具体的な作業分析が可能となりました。

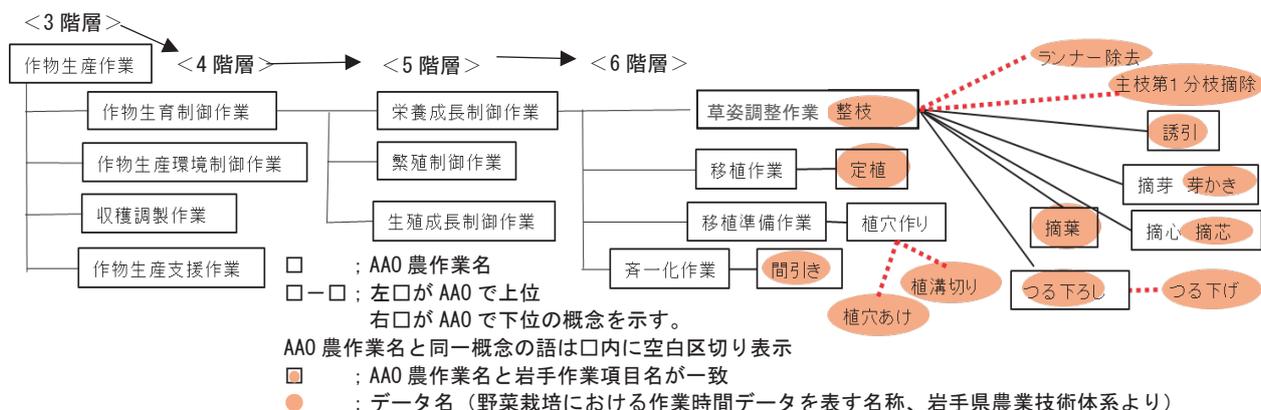


図1 野菜栽培における作業時間のデータ名を AAO へ対応付けした例

17の野菜栽培体系データの作業時間についてデータ名 (●) を AAO に対応付け。図1では AAO “栄養成長制御作業” の下位階層のデータ名 (●) を示す。

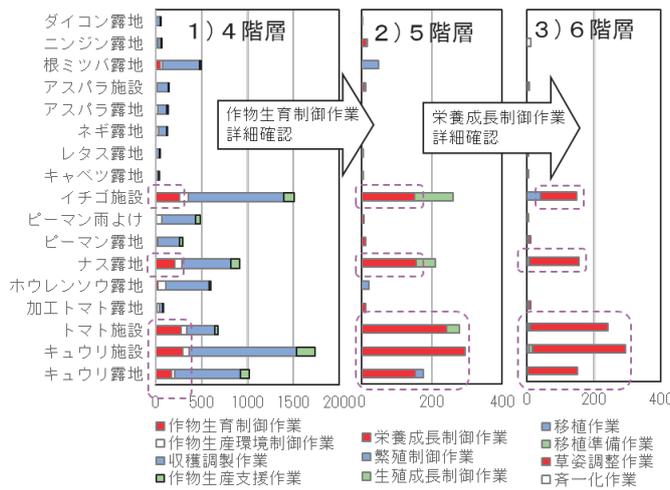


図2 AAOに基づく作業時間の野菜品目間比較

図1の対応付け情報に基づき

- 1) AAOの4階層
  - 2) “作物生育制御作業(4階層)”の低位階層
  - 3) “栄養成長制御作業(5階層)”の低位階層
- で作業時間を集計するツールを用いて作業時間を野菜品目間で比較。

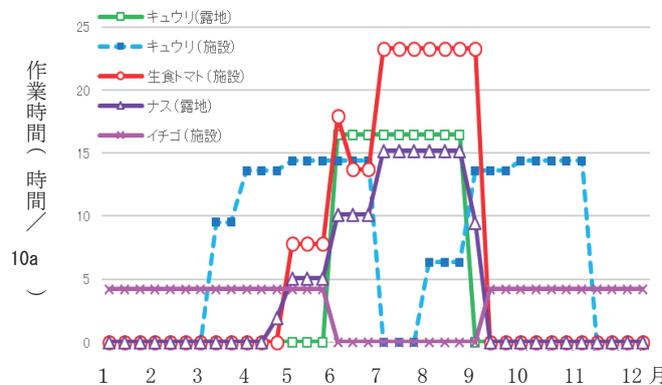


図3 AAOに基づく旬別作業時間の野菜品目間比較

ユーザーが指定した作業について作業時間を旬別に集計するツールを利用。図3では“草姿調整作業”(図2-3)の旬別作業時間を野菜品目間で比較。

### 社会実装の対象と可能性:

農業生産者、農業技術指導者が新たな野菜栽培体系導入の際に栽培体系間で作業時間を比較検討する場面で活用される。

### 参考文献:

- ・ 農作業基本オントロジー(Agriculture Activity Ontology、AAO)公開サイト、<http://cavoc.org/aao/>

**研究担当機関名:** 農研機構 農業技術革新工学研究センター

大学共同利用機関 情報・システム研究機構 国立情報学研究所

**研究担当者:** 農研機構 竹崎あかね、法隆大輔、国立情報学研究所 朱成敏、武田英明

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

農業技術革新工学研究センター 企画部広報推進室

電話: 048-654-7030 E-mail: iam-koho@ml.affrc.go.jp

作成日: 2019/03

## “種まき”と“播種”の違いがわかる知恵袋を開発

### － 共通農業語彙の開発 －

試験研究計画名： 情報・通信・制御の連携機能を活用した農作業システムの自動化・知能化による省力・高品質生産技術の開発

研究代表機関名： 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

#### 背景とわらい：

異なるシステムで作成されたデータを統合的に解析することで、農産物の収量や品質、経営を最適化することが求められています。データの管理組織が異なると同じデータでも異なる名称で管理されることがあり、コンピュータがデータ比較などの処理を適切にできない原因となります。そこで、これまで開発事例がない、農業に関する名称を定義する語彙体系を構築公開し、情報基準として整備することで、データを連携して解析することを可能にします（図1）。

#### 特長と効果：

- 1) 共通農業語彙は栽培履歴データに頻出する農作業名を対象とした農作業基本オントロジー、農薬情報に頻出する農作物名を対象とした農作物語彙体系を含みます。
- 2) 農作業基本オントロジーは、階層構造を持ち、農作業の概念を属性（例；作業目的）と属性値（例；収穫）で定義します（図2）。農作物語彙体系は、基本的には階層構造を持たず、農作物を学名、別名などで表したものです。
- 3) CAVOC サイト (<http://www.cavoc.org/>) では共通農業語彙のデータを閲覧できます。また、同サイトでは機械可読で再利用可能なデータフォーマット（csv、RDF等）でデータをダウンロードが可能です。手にとって閲覧できるよう冊子体も提供しています。
- 4) 共通農業語彙は、インターネット上の固有の番号（URI）を持ち外部からリンクが可能です。
- 5) 共通農業語彙は、内閣府が「ITシステムで用いる農作業および農作物の名称に関する個別ガイドライン」で優先使用を推奨した用語リスト（以下標準用語とする）と連携しています。農作業名あるいは農作物名を標準用語に変換するAPI (<http://cavoc.org/cvo.php#api>) を提供しており、農作業あるいは農作物名の標準化に役立ちます。

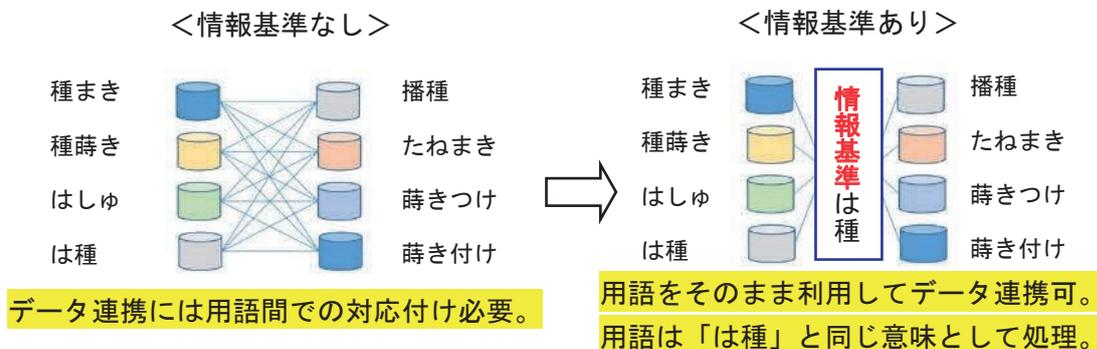


図1 情報基準によるデータ連携のイメージ

農作業基本オントロジー(Agriculture Activity Ontology)	
農作業名	稲刈り <span style="color: red;">URI; <a href="http://cavoc.org/aao/ns/2/稲刈り">http://cavoc.org/aao/ns/2/稲刈り</a></span>
(en)	いねかり Rice reaping
意味	"イネの栽培において収穫のために刈り取る作業"
上位作業名	刈取り
パス	農作業 > 基本農作業 > 作物生産作業 > 収穫作業 > 収穫作業
属性	[目的] 収穫 [行為] 刈り取る [対象作物] イネ
タクソノミー	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 稲刈り</li> <li>- 麦刈り</li> <li>- コンバイン収穫</li> <li>- バインダ収穫</li> <li>- 手刈り</li> </ul>

図2 公開サイトにおける農作業基本オントロジーの表示例

### 社会実装の対象と可能性:

ソフトウェア開発業者、研究者が農業データを連携させたサービスを開発する際に活用されます。

### 参考文献:

- ・ 朱成敏ら (2016) 記述論理に基づく農作業オントロジーの設計と応用、人工知能学会 セマンティックウェブとオントロジー研究会 : SIG-SW0-038-06
- ・ 竹崎あかねら (2018) 農業ITシステム間のデータ連携を推進する農作業基本オントロジーの構築、農研機構研究報告 農業技術革新工学研究センター : 13-20
- ・ Joo S. et al. (2018) In Proceedings of 8th Joint International Conference 2018, Springer International Publishing :320-335

**研究担当機関名:** 大学共同利用機関 情報・システム研究機構 国立情報学研究所  
農研機構 農業技術革新工学研究センター

**研究担当者:** 国立情報学研究所 朱成敏、武田英明、農研機構 竹崎あかね、法隆大輔

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
農研機構 農業技術革新工学研究センター 企画部広報推進室  
電話 : 048-654-7030 E-mail : iam-koho@ml.affrc.go.jp

作成日: 2019/03

# 気象の不確実性を営農に反映させる意思決定補助ツールを開発 — 防除、水管理、施肥などの農作業日程管理を楽に —

試験研究計画名： 情報・通信・制御の連携機能を活用した農作業システムの自動化・知能化による省力・高品質生産技術の開発

研究代表機関名： 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

## 背景とわらい：

従来の営農計画では、気温、日射量などの気象条件が平年並みに推移することを想定して、播種、移植、施肥の時期や量を決定しています。しかしながら、平年値通りに気象が推移する確率は限りなく低く、また生育全期間の気象を完全に予想することは現在の気象予測技術では不可能です。そこで、営農計画を立案する際の最大の不確実性である気象が作物生育（出穂・登熟時期や収量など）に与える影響を定量化、可視化できる意思決定支援ツール（アプリケーション）を開発しました。本ツールにより、防除、水管理、施肥などの生育期間を通じた農作業スケジュールの迅速な決定に役立ちます。

## 特長と効果：

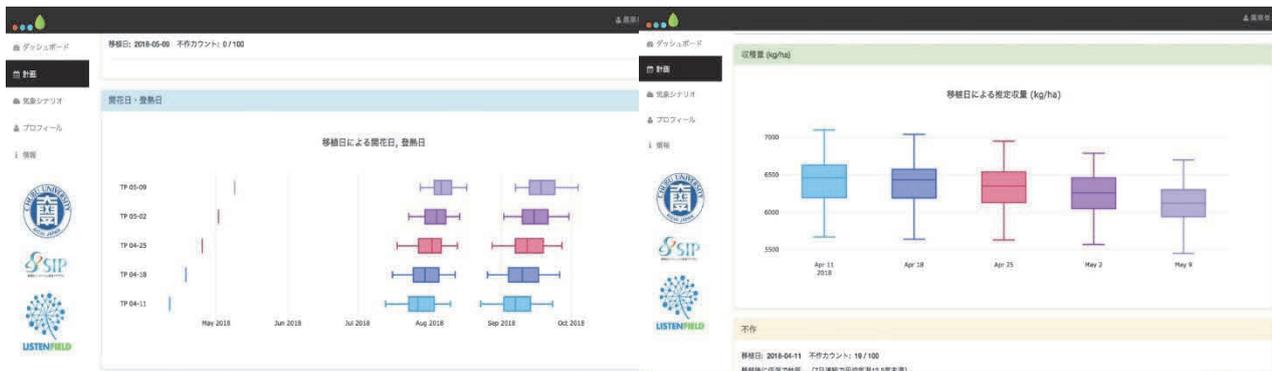
本研究における営農の意思決定補助ツールは稲作を対象として、個人ごとの営農シナリオを基に作物モデルによる水稻の成長シミュレーション（SIMRIW：Simulation model for rice-weather relations）等を実行可能とするものです。MeteoCropDB（モデル結合型作物気象データベース）、NARO 1km メッシュ農業気象データ、気象庁季節予報、フィールドセンサデータ等、過去の気象情報並びに現在の気象情報を基にして将来の気象情報を予測、生成する気象ジェネレータの機能をAPIを通じて活用し、Web上で気象ジェネレータにより気象シナリオを生成する技術を基にしたアプリケーションです（図1）。将来起こりうる気象シナリオを気象ジェネレータを用いて多数生成し、作物生育



シミュレーションによって出穂・登熟時期、収量の期待値と範囲を求めることができます（図2）。これにより、気象の不確実性が営農に与える影響を推定し、農家の戦略に応じて植え付け時期や施肥を計画することが可能になります。

図1 営農の意思決定補助ツールの構成

本アプリケーションでは、生成した気象シナリオに基づく出穂・登熟時期予測の範囲を箱ひげ図で表示しています（図2）。また、気象シナリオの作成、移植日の決定、生育期間中のシナリオ値更新という操作手順で気象を可能な限り予測し、栽培計画を日々更新させていく手法を取るなど、農業従事者の思考形態と親和性に配慮しています。



(a) 移植日による開花日、登熟日の変化 (b) 移植日による収量の変化

図2 予測結果表示例 (2018年)

### 社会実装の対象と可能性:

社会実装に向け、実際の農業従事者（米作農家）の生産環境並びに農作業のタイミングに対応したシミュレーション評価の結果、本アプリケーションが現実の気候の特徴を抽出し、生育ステージの予測に利用できることが確認できました。

特に、2018年度は平年と比較して気候変動が大きい状況でしたが、過去の気象データだけでなく日々の実測値、さらに季節予報値を反映した気象シナリオを用いることで出穂・登熟時期共に予測が例年より早まる結果を示しました。その結果、実際の状況を推定できたことから、本アプリケーションは気候変動に対応しうることが示されました。また、季節予報を気象シナリオに反映させ生育予測を行った結果、従来の生育予測と比較して、生育期間を通じて予測結果のばらつきが減少しました。このことは季節予報結果を反映させることによって作物生育予測の確実性が増すことを示しており、害虫防除や追肥といった、デリケートな農作業スケジュールの決定等に大いに役立つことが期待されます。

### 参考文献:

- R. Chinnachodteeranun, 本多潔、他、“Designing and implementing weather generators as web services”、Future Internet (MDPI AG) [www.mdpi.com/journal/futureinternet](http://www.mdpi.com/journal/futureinternet)、2016 8,55
- 本多潔、Rassarin Chinnachodteeranun, 亀岡慎一、“Rice yield prediction and its update based on seasonal weather forecasts”、AFITA/WCCA 2018 conference、2018.10.24-26

**研究担当機関名:** 中部大学 工学部 宇宙航空理工学科

**研究担当者:** 中部大学 本多潔、R. Chinnachodteeranun、Wirawit Chaochaisit、  
亀岡慎一

**問い合わせ先:** 中部大学 工学部 宇宙航空理工学科 本多潔  
電話：0568-51-9294 E-mail：hondak@isc.chubu.ac.jp

**作成日:** 2019/03

## 営農計画システムに経営に役立つ高度なシミュレーション機能を追加 - API セントリックに機能連携 -

試験研究計画名： 情報・通信・制御の連携機能を活用した農作業システムの自動化・知能化による省力・高品質生産技術の開発

研究代表機関名： 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とわらい：

営農管理システムは、現在多くの ICT ベンダーが提供していますが、農業経営者にとって営農計画を登録してその実行結果を入力することで、圃場毎/作物毎/作業毎に生産性を振り返るツールとして浸透しています。しかし、収益を拡大するためにどのように計画を立てればいいのかなど、農業経営者にとって具体的な気付きを与える機能はまだ不十分な状況です。そこで、国の研究機関や大学が開発した高度なシミュレーション機能を調査・抽出し、そのアプリケーションと比較的に容易に連携できる API を開発して、そのコンセプト及び具体的なメリットを現場の農業経営者に確認することとしました。

### 特長と効果：

営農管理システムを活用する稲作農家から今後欲しい ICT 機能を確認したところ、特に要望が大きかったのが、営農計画立案を支援するシミュレーション機能と、気象の状況を反映した生育予測機能、及び各々別のシステムで管理されている圃場の情報群（水

管理情報等）との連携機能でした。そこで、それら3つの機能について広く国内の研究機関、大学の研究開発結果を調査し、出来るだけ経営規模やスタイルによって農業者が複数の選択肢の中から選べるようにいくつかの高度なアプリケーション機能を抽出しました。それを基に、それぞれと営農管理システムがデータ連携するための API を開発しました。



図 1. シミュレーション機能 API 一覧

(図 1)

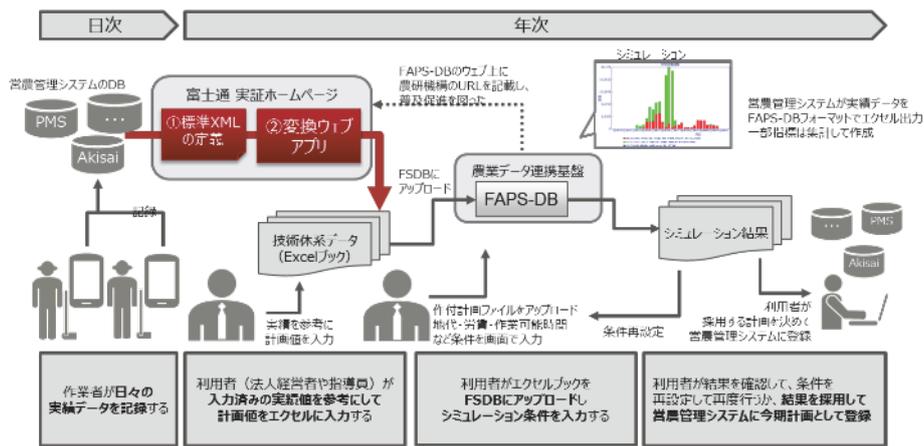


図2. 経営シミュレーション FAPS-DB の連携イメージ

特に、大量のデータをインプットして営農指標や営農計画の作成を支援する FAPS-DB の活用については、各項目を明確に定義した「技術体系データ」を介して営農管理システムとの連携を実現することで、これまでデータ入力に数日を要していた作業が 10 分程度でシミュレーションを実施することが可能となりました。(図2) こうした“気付き”を得ることのできる機能を比較的容易に利用できるようになる点について、実証に参加した農業経営者からは好意的な評価を得ています。また、今回作成した API はその仕様を公開しており、様々な営農管理システムから比較的容易に利用できることを想定しています。

### 社会実装の対象と可能性:

経営シミュレーション機能や生育予測機能のうちいくつかの API 機能は、既に農業データ連携基盤上で開示され、利用可能となっています。その他の高度なシミュレーション機能については、農業者のニーズを確認しながら運用の拡大を検討する方針であり、API 機能もそれとともに検討することになっています。

**参考文献:** 南石晃明・前山 薫・本田茂広(2007) 「農業技術体系データベースを用いた営農計画支援システム FAPS-DB」, 農業情報研究

**研究担当機関名:** 株式会社富士通総研

**研究担当者:** 桑崎喜浩、河村望、西田幸子、池上敦士

**問い合わせ先:** 【窓口】株式会社富士通総研 代表 : 03-5401-8391  
<https://www.fujitsu.com/jp/group/fri/contact/>

**作成日:** 2019/02

## SIP 成果知財のカタログ

### ーゲノム編集の最新技術をセットでアピールー

試験研究計画名：ゲノム編集技術の普及と高度化

研究代表機関名：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

#### 背景とわらい：

ゲノム編集はライフサイエンス分野で広く利用可能であるため、近年、研究が急速に加速しています。この技術の基本特許は海外に押さえられており、また複雑で変動が激しく、その許諾についても懸念事項が多くみられます。SIP では海外基本特許に対抗できる基盤技術や、植物育種に利用可能な応用技術を多数開発してきました。特許出願した技術をユーザーに分かりやすく解説し、組み合わせ利用できるようセットでアピールするために知財カタログを作成しました。

#### 特長と効果：

ゲノム編集の基本技術の特許は権利内容が複雑で各国での成立状況等の変動が激しいため、専門家をコンソーシアムに加え、調査分析に基づいて、研究開発の方針を策定してきました（図1、2）。日本の種苗・育種関係者がゲノム編集技術を使いやすい環境をつくることを目指して、海外技術に強みをもつ技術開発、日本独自の技術開発や日本の主要作物に適用可能な応用技術を重点化して研究を進めてきました。加えて、わが国及び海外の規制動向を踏まえ、商品化しやすいと考えられる適用技術にも配慮しました。その成果として基盤技術および植物への適用技術に関して18件（バックグラウンド知財を含む）の知財を出願することができました。これらの技術についてわかりやすい解説と共に概要を記載した「SIP 知財カタログ」としてまとめました。

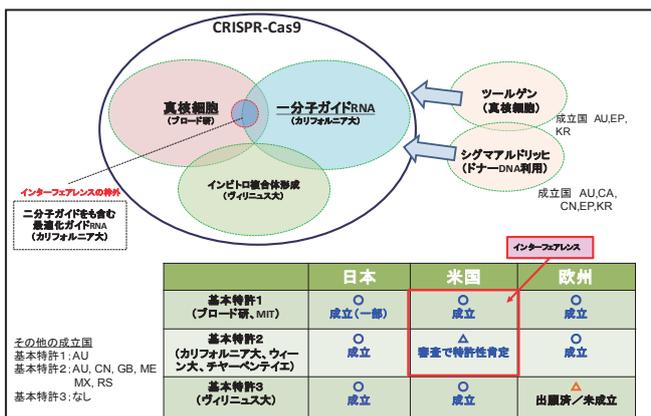


図1 CRISPR-Cas9 基本特許の成立状況と効力の調査

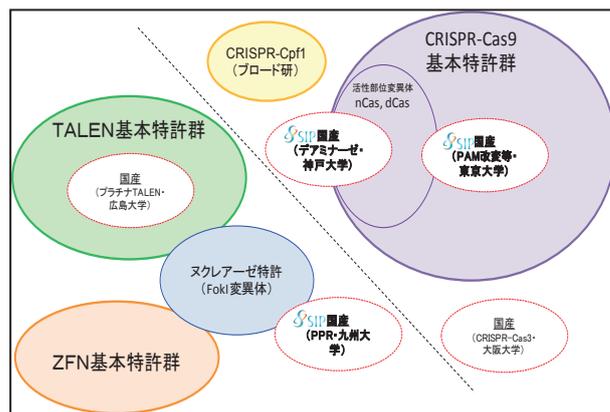


図2 ゲノム編集技術に関する基本特許と国産技術の関係の評価

## 05: 植物ウイルスベクターによるゲノム編集

- ※ 発明の概要
  - ◆ ウイルスベクターにより、ゲノムへの外来DNA挿入を経ず植物のゲノム編集を行う
- ※ 既存技術の問題点
  - ◆ ゲノム編集品種の商業化には、遺伝子組換えを経ない方法が望まれる
  - ◆ そのためにウイルスベクターが有用だが、運ぶ遺伝子の大きさに制限がある
- ※ 本技術の特徴
  - ◆ 2種のウイルスベクターを用い、Cas9タンパクを分割して発現、ゲノム編集に成功
- ※ 本技術の有用性
  - ◆ 植物ゲノムへの外来遺伝子導入を必要としないゲノム編集技術を開発できる

## 05: 植物ウイルスベクターによるゲノム編集

- ※ 特許情報
  - ◆ 特願2017-025976
  - ◆ PCT/JP2018/005085
  - ◆ 国際公開番号WO/2018/151155
  - ◆ 出願日2017年2月15日
  - ◆ 発明の名称: 植物ウイルスベクターを利用したゲノム編集植物の生産方法
  - ◆ 出願人: 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
  - ◆ 発明者: 石橋和大、有賀裕剛、賀屋秀隆、土岐精一
- ※ 関連する学術発表
  - ◆ 有賀裕剛、賀屋秀隆、土岐精一、石橋和大 ウイルスベクターを用いたゲノム編集技術の確立 第59回日本植物生理学会年会 2018年3月
  - ◆ 他学会発表2件

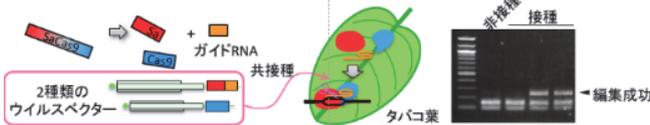


図3 SIP 知財カタログの内容の一例 技術の有用性などについて解説

### 社会実装の対象と可能性:

作成した知財カタログは国内の種苗会社および関連企業が集まる場において紹介し、興味のあるユーザーには内容をわかりやすく解説することで、まずは国内での活用を図っていきます。また、幅広い分野で利用できる技術もあるので、国内外に紹介できるような仕組みを作る予定です。SIP 期間を通じてこの活動を担ってきた農研機構のゲノム編集拠点窓口が担当いたします。

### 参考文献:

- ・ 橋本一憲、廣瀬咲子 (2018) 「ゲノム編集技術の基本特許と農業分野の社会実装への影響と対策」 化学と生物 56(6) 438-444.
- ・ 橋本一憲、廣瀬咲子 (2017) 「ゲノム編集技術の基本特許を巡る国際的動向及び研究開発への影響と対策」 知財管理 67(4) 676-683.

**研究担当機関名:** 国立研究開発法人 農研機構生物機能利用研究部門、  
(特許業務法人) セントクレスト国際特許事務所、  
日本たばこ産業株式会社

**研究担当者:** 農研機構 廣瀬咲子、セントクレスト国際特許事務所 橋本一憲、  
日本たばこ産業(株) 小鞠敏彦、村井宣彦

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 農研機構 生物機能利用研究部門  
先進作物ゲノム改変ユニット  
電話: 029-838-8450 E-mail: junmai@affrc.go.jp

作成日: 2019/04

## 植物ゲノム編集ツールの拡充 —改良型 Cas9 を用いた植物ゲノム編集—

試験研究計画名：ゲノム編集技術の普及と高度化

研究代表機関名：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とわらい：

CRISPR/Cas9 システムにおいては、Cas9 が認識する PAM 配列がゲノム編集可能な位置の制約となります。タンパク質の立体構造情報に基づいて東京大学が PAM 認識を改良した SpCas9 を植物のゲノム編集に利用し、変異導入位置の制約低減に成功しました。また、神戸大学が開発したデアミナーゼや米国で開発されたアデニンベースエディターと改良型 SpCas9 を融合させ、狙った塩基を計画通り書き換えることに成功しました。

### 特長と効果：

野生型 SpCas9 (SpCas9-WT、図 1A) は NGG を PAM 配列として認識し、配列 GG が存在する箇所の近傍を切断します。野生型 SpCas9 にアミノ酸置換を導入した改良型 SpCas9 (SpCas9-NGv1、図 1B) は、配列 G : NGA、NGT、NGC の近傍も切断できる画期的な技術 (図 2) であり、ゲノム編集可能位置の制約が大幅に低減されました。またオフターゲットの切断も SpCas9-WT よりも低く、精度も向上しました (図 3)。

さらに切断だけではなく、この改良型 SpCas9-NGv1 をニッカーゼ型にし、塩基修飾酵素を融合させたタンパク質 (図 1C) を用いることにより、NG 近傍に C から T あるいは A から G への塩基置換を導入することができます (図 4)。

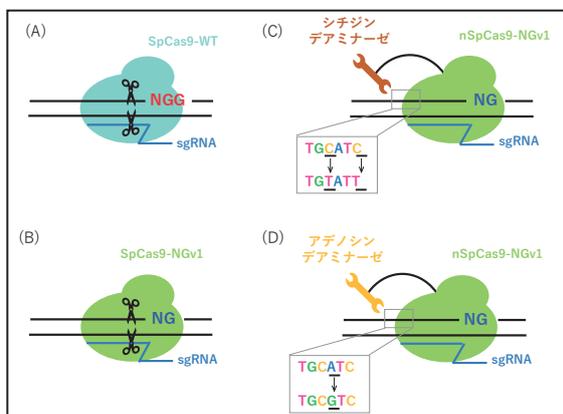


図 1 改良型 SpCas9 を用いたゲノム編集ツール

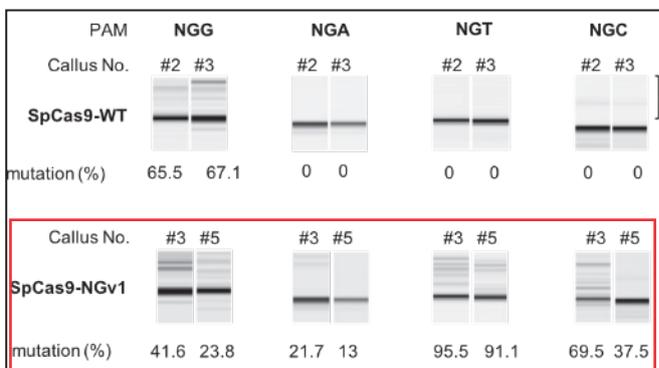


図 2 SpCas9-NGv1 によるイネへの変異導入

Locus Name	Target sequence (20-nt)	PAM	Chromosome
NGG-Off1	TAAATCCTAGCTACGCCAC	TGG	Chr.1
NGG-Off2	TAAATCCTAGCTACGCCAC	TGG	Chr.9
NGG-Off3	TTAAATCCTAGCTAAGCCAC	TGG	Chr.12

	NGG-Off1		NGG-Off2		NGG-Off3	
Callus No.	#2	#3	#2	#3	#2	#3
SpCas9-WT						
Mutation (%)	26	12.5	34.7	33.3	0	0

	NGG-Off1		NGG-Off2		NGG-Off3	
Callus No.	#3	#5	#3	#5	#3	#5
SpCas9-NGv1						
Mutation (%)	0	0	0	0	0	0

図 3 SpCas9-WT、SpCas9-NGv1 間の off-target 効率の比較

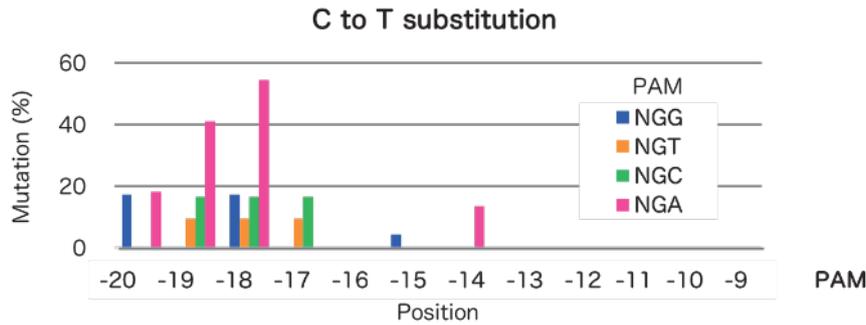


図4 SpCas9-NGv1、デアミナーゼ融合タンパク質を用いたCからTへの塩基置換

### 社会実装の対象と可能性:

機能付与型の遺伝子改変の中には、遺伝子破壊ではなく、アミノ酸置換により達成されるものも多くあります。狙った塩基をピンポイントで改変できる技術は、日持ち性の向上や、機能性成分の増加、除草剤耐性の付与など、生産者、消費者にとってメリットのある農産物の開発に有効であるため、種苗会社やバイテク関連の企業による利用が期待されます。

改良型 SpCas9 を用いれば、遺伝子破壊のみならず、特定のアミノ酸や、機能的なドメインの改変が可能となり、遺伝子やタンパク質の機能解明に役立ちます。生物の基礎研究を行っている大学等の研究機関における活用も考えられます。

### 参考文献:

- ・ Nishimasu et al. (2018) Engineered CRISPR-Cas9 nuclease with expanded targeting space. *Science* 361 (6408): 1259-1262.
- ・ Shimatani et al. (2017) Targeted base editing in rice and tomato using a CRISPR-Cas9 cytidine deaminase fusion. *Nat. Biotech.* 35 (5):441-442.
- ・ Endo et al. (2019) Genome editing in plants by engineered CRISPR/Cas9 recognizing NG PAM. *Nat. Plants* 5 (1):14-17.
- ・ Negishi et al. (2019) An adenine base editor with expanded targeting scope using SpCas9-NGv1 in rice. *Plant Biotechnol. J.* 2019 Apr 8. doi: 10.1111/pbi.13120.

**研究担当機関名:** 東京大学、神戸大学、農研機構 生物機能利用研究部門、

**研究担当者:** 東京大学 西増弘志、濡木理、 神戸大学 西田敬二、島谷善平、  
農研機構 遠藤真咲、根岸克弥、賀屋秀隆、土岐精一

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 農研機構 生物機能利用研究部門  
先進作物ゲノム改変ユニット  
電話: 029-838-8450 E-mail: stoki@affrc. go. jp

**作成日:** 2019/04

## iPB 法の開発とゲノム編集技術への適用 — 外来 DNA フリーで細胞培養が不要なゲノム編集 —

試験研究計画名：ゲノム編集技術の普及と高度化

研究代表機関名：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とわらい：

一般的な植物ゲノム編集では、ゲノム編集酵素をコードする遺伝子を細胞に導入し、組織培養を経て、ゲノム編集が生じた個体を獲得する方法が用いられています。しかし、作物の実用品種の多くは、培養を経た個体再生の効率が極めて低く、ゲノム編集個体獲得の障害となっていました。そこで、本研究では、植物の生長点に直接ゲノム編集酵素（DNA またはタンパク質/RNA 複合体）を打ち込み、培養過程を経ることなくゲノム編集個体を獲得することを目指しました。

### 特長と効果：

植物の生長点に DNA、RNA、タンパク質を直接導入する技術を開発し、iPB (*in planta* Particle Bombardment) 法と命名しました。コムギ種子胚を用いた iPB 法では、顕微鏡下、微細針を使って露出させた完熟種子の茎頂組織に、金粒子にコートした DNA、RNA、タンパク質をパーティクルボンバードメント法により打ち込み、L2 層の細胞に DNA や RNA、タンパク質を導入します（図 1、2）。L2 層から生殖細胞が分化することから、iPB 法により Cas9、sgRNA 複合体を導入したコムギの次世代において、キメラ性のないゲノム編集コムギ個体が得られました（図 3）。本手法を難培養性の植物種、品種に適用することにより、遺伝子組換えやゲノム編集が幅広い植物で可能となります。また外来 DNA を用いないゲノム編集が可能になることで、外来遺伝子の遺伝学的分離が困難な栄養繁殖性植物においても、ゲノム編集を利用した有用品種の開発が加速することが期待されます。

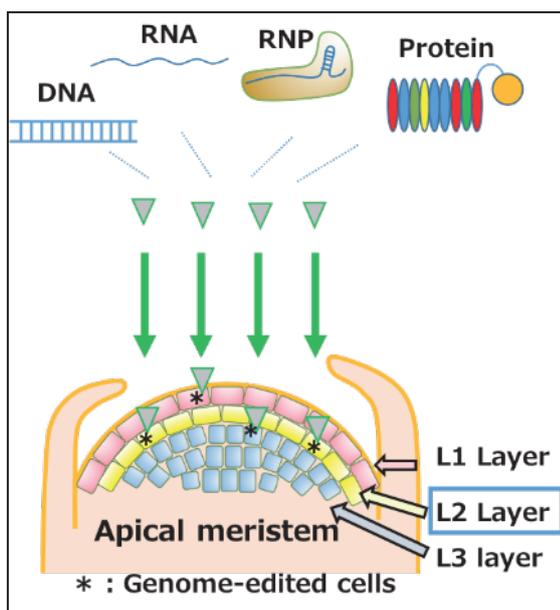


図 1 iPB 法の概要

DNA や RNA、タンパク質、タンパク質/RNA 複合体を金粒子にコーティングし、生殖細胞となる茎頂 L2 層に打ち込む。

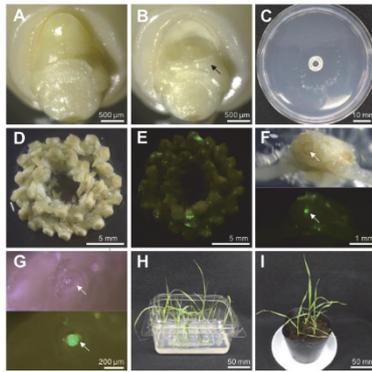


図2 iPB法の手順

吸水させた種子胚 (A) より顕微鏡下で茎頂を露出させる。胚盤より切り取りプレート上に並べて (B, C), パーティクルガンで金粒子にコートした遺伝子 (本例では GFP 遺伝子) を撃ち込む (D-G)。胚から植物体を成長させて (H, I) 次世代種子を得る。

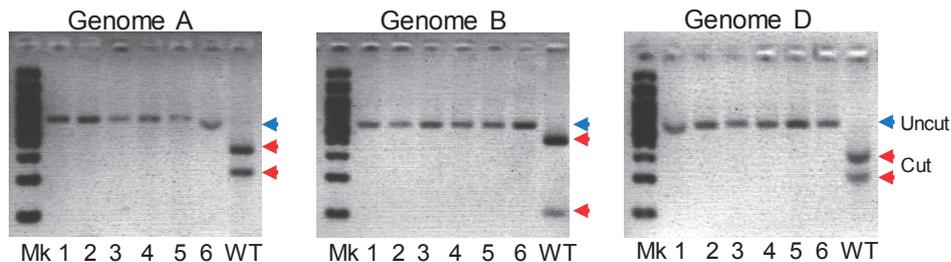


図3 iPB-RNP法によりコムギ6倍体の全ゲノム遺伝子に変異が導入された例  
青矢印の位置のバンドがゲノムに変異導入されていることを示す。

### 社会実装の対象と可能性:

本手法により、コムギ、ダイズ、トウモロコシ等の作物における有用品種の開発を劇的に加速することが期待されます。食用の農産物に加え、飼料用作物や、加工食品、工業利用を目的とした植物原料の改良等、本技術の利用範囲は広く、種苗会社や原料メーカーへの技術移転が考えられます。また、ゲノム編集農作物の規制検討も進められている中、DNAを導入しないゲノム編集は、カルタヘナ法で規制される「遺伝子組換え生物等」に該当しないゲノム編集生物の作成技術として大きな注目を集めており、国内外を問わず、多くの企業、研究機関が本技術を利用することが期待されます。

### 参考文献:

- ・ Hamada et al. (2017) An in planta biolistic method for stable wheat transformation. *Sci. Rep.* 7 (1), 11443.
- ・ Hamada et al. (2018) Biolistic-delivery-based transient CRISPR/Cas9 expression enables in planta genome editing in wheat. *Sci. Rep.* 8 (1), 14422.

**研究担当機関名:** 農研機構 生物機能利用研究部門、株式会社カネカ

**研究担当者:** 農研機構 今井亮三、Linghu Qianya、株式会社カネカ 濱田 晴康、柳楽 洋三、三木隆二、田岡直明

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 農研機構 生物機能利用研究部門  
組換え作物技術開発ユニット  
電話: 029-838-8694 E-mail: rzi@affrc. go. jp

作成日: 2019/04

## ゲノム編集技術により高 GABA トマトを開発 —ゲノム編集トマトの社会実装への道筋をつける—

試験研究計画名：ゲノム編集技術等を用いた農水産物の画期的育種改良  
研究代表機関名：国立大学法人 筑波大学

### 背景とわらい：

γ-アミノ酪酸（GABA）は動物では抑制性の神経伝達物質として知られており、ストレス緩和や血圧上昇抑制など、健康機能性成分として注目されています。

トマトは、世界的にも国内的にも、生産量、消費量が多い野菜の一つであり、GABA含有量が他の食品と比較して2~50倍と高いことが知られています。しかし、健康機能効果が得られるのに十分な蓄積量に達しているとは言えませんでした。また、栽培環境によりGABA量が2~4倍増減することも報告されており、GABAを安定的に高蓄積化することが求められていました。

### 特長と効果：

グルタミン酸からGABAを合成する酵素GADに着目しました。この酵素は、通常状態では活性中心が“ふた”で覆われており、GABAは合成されません。しかし植物体にストレスがかかり植物内でカルシウムイオンが過剰な状態になると、カルシウムイオンがカルモデュリンと結合してカルシウム-カルモデュリン(Ca-CMD)複合体を形成します。この複合体が“ふた”に結合すると、GADの活性中心を覆っていた“ふた”が変形し、活性中心がむき出しになります。この結果、GABA生合成酵素GADが活性化してGABAが合成されるようになります（図1a）。本研究ではゲノム編集技術の一つであるCRISPR/Cas9を用いて、実験トマト品種‘Micro-Tom’のGABA生合成酵素GADの活性中心を覆う“ふた”の切断除去を試みました（図1b）。その結果、ゲノム編集技術を利用した実験トマト品種Micro-Tomでは、GABAの蓄積量が野生型のおよそ15倍にあたる125mg/100gFWに達しました。次に、このモデル品種と食用大玉品種を交配し、F<sub>1</sub>品種を作りました。またこのF<sub>1</sub>品種について科学的知見に基づいたヌルセグリガントの実質同等性についても調査しました。

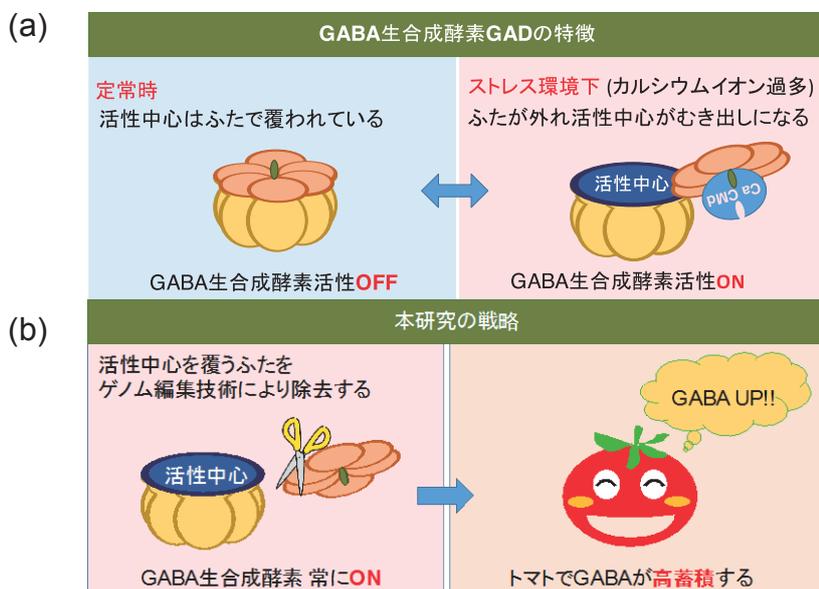


図1 GABA合成酵素の特徴と本研究の戦略イメージ



図2 ゲノム編集技術により作出した高 GABA トマト

### 社会実装の対象と可能性:

筑波大学ではこの技術を用いた高 GABA トマト品種の商業販売を目指し、大学発ベンチャー「サナテックシード株式会社」を2018年4月に設立しました。最速で、2019年度末の販売を目指しています。

### 参考文献:

- ・ Nonaka S. et al. (2017) Scientific reports, 7(1), 7057.
- ・ Lee J. et al. (2018). Journal of agricultural and food chemistry, 66(4), 963-971.
- ・ 野中聡子. (2019). JATAFF ジャーナル, 7(2), 24-29.

**研究担当機関名:** 筑波大学

**研究担当者:** 筑波大学 江面浩・三浦謙治・有泉亨・野中聡子

**問い合わせ先:** 国立大学法人 筑波大学 蔬菜・花卉学研究室

電話 : 029-853-4710

E-mail : お問い合わせフォームよりお問い合わせください

<http://tsukuba-olericulture.org/index.php?id=18>

作成日: 2019/05

## ゲノム編集技術によるイネ育種素材の開発と野外栽培試験の実施

試験研究計画名：ゲノム編集技術等を用いた農水産物の画期的育種改良

研究代表機関名：国立大学法人 筑波大学

### 背景とわらい：

我が国のイネの品種改良において、温暖化やグローバル化、そして人口増加に伴う食糧増産等、様々な課題に迅速に対応していくため、様々な革新的な科学技術の取込みが不可欠です。そのような中、品種改良をより正確で効率的なものにさせる技術として、人工ヌクレアーゼを用いたゲノム編集技術が注目されています。

本課題では、ゲノム編集技術により穂の粒数や粒のサイズなどシンク容量を向上させたイネの開発を行い、最終的には収量性の向上に繋げることで、生産コストを抑えつつ販売価格の低減を目指しています。また、長期的には食料の安定供給の観点からも、今からそのような育種素材の準備を進めています。

### 特長と効果：

シンク容量改変イネ系統は、一穂粒数や米粒のサイズや重さに関与する遺伝子に対し、ゲノム編集技術により特異的に変異を挿入することで、穂の形態や米粒の大きさ、数などのシンク容量の向上を目指したイネ系統です。その中で、植物ホルモンの生合成に関与する遺伝子に対してゲノム編集を行うことで、シンク容量の増強を試みた系統について、2017年度から国内で最初となる野外栽培試験を行い、そのパフォーマンスの調査を実施しました（写真1）。

野外栽培試験の実施に際しては、当時、ゲノム編集農産物に対する規制のあり方について、関係省庁において議論されている途上であったことから、カルタヘナ法に準じた第一種使用規定の大臣承認を得た上で、隔離圃場栽培を実施しました。

一穂粒数をターゲットにした「シンク容量改変イネ」系統の栽培試験の結果、穂の枝の数が増えることにより穂につくもみの数が増加していることが確認でき、圃場での草型（草丈、稈長、茎数等）も原品種と同様であることが観察されました（写真2）。



写真1 「シンク容量改変イネ」系統の収穫前の野外圃場栽培試験の様子  
（左：平成29年、右：平成30年 農研機構・高機能隔離圃場 つくば市）



写真 2

ゲノム編集技術で作出した「シンク容量  
改変イネ」系統の、野外栽培試験移植後  
120 日目の様子

(左) ゲノム編集を行う前の原品種 (3  
列)

(中) ゲノム編集技術により作出した  
「シンク容量改変イネ」系統 (2 列)

(右) ゲノム編集技術により作出した  
「シンク容量改変イネ」系統 (2 列)

### 社会実装の対象と可能性:

本成果は、ゲノム編集系統の野外栽培試験によって得られた国内初の結果です。有望系統の選抜には欠かせない野外での栽培を行なうことで、新技術により作出された本系統のパフォーマンスを、実際の栽培環境において評価を行うことができ、従来育種と同様の特性評価のモデルケースを提示することができました。

収量性を向上させる形質は、育種を進める上で最も基盤となるものです。今回作出された「シンク容量改変イネ」系統を、今後、育種素材のひとつとして利用していきつつ、病虫害抵抗性や良食味性、難脱粒性等、様々な農業有用形質を、既存の育種技術と新たな育種技術 (NBT) を併用して、これまで以上に正確で効率的な品種開発を進められることが期待されます。

また、野外栽培試験を実施することで、ゲノム編集作物を間近に見学してもらえることが可能なため、正確な情報を伝えるためのアウトリーチツールとしても有用であると考えています。今年度以降も、野外での栽培試験は継続する予定ですので、ご興味のある方は見学に是非お越しください。

### 参考文献:

- ・小松 晃 (2019) JATAFF ジャーナル Vol. 7 (2) :30-35
- ・小松 晃 (2018) 化学と生物 Vol. 56 (12) :819-825

**研究担当機関名:** 農研機構 生物機能利用研究部門、名古屋大学

**研究担当者:** 小松 晃、大武 美樹、永田 真紀、森 聡美、安東 郁男、近藤 始彦

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 農研機構 生物機能利用研究部門

電話 : 029-838-8988 E-mail : nias-koho@ml.affrc.go.jp

作成日: 2019/06

## 「養殖しやすい」クロマグロ育種素材の開発 — 養殖魚で高効率なゲノム編集が可能に —

試験研究計画名：ゲノム編集技術等を用いた農水産物の画期的育種改良  
研究代表機関名：国立大学法人 筑波大学

### 背景とわらい：

クロマグロ（以下、マグロ）養殖の生産性向上を図るうえで直面している問題として、生け簀網への衝突による死亡、いわゆる衝突死があげられます。マグロは元来外部刺激に対して極めて敏感なため、養殖中の魚が光などに驚いてパニックに陥り、生け簀網に猛スピードでぶつかって衝突死することがよく起こります。そこで私たちは、ゲノム編集技術を用いて、こういった形質を和らげることで、衝突死するほど過敏な行動に至らない「養殖しやすい」マグロ育種素材の開発に取り組んできました。

### 特長と効果：

研究開始当初、マグロのような大型海産魚を対象としたゲノム編集は、世界的に見ても報告例はありませんでした。このため、まず、ゲノム編集ができたかどうかを即座にわかる色素の有無に着目し、色素の形成を司る遺伝子の機能を人工制限酵素で抑制する技術の開発に取り組みました。試行錯誤を重ねて様々な実験条件を検討した結果、色素形成が見られないゲノム編集マグロを高効率で作出することが可能となりました（図1）。

そこで、この実験条件をもとに、衝突死の原因となる高速遊泳に係わる遺伝子の機能をゲノム編集で抑えたところ、接触刺激に対して鈍感で、かつ刺激を回避する時の遊泳速度も通常より遅いマグロの仔魚の作出に世界で初めて成功しました。現在、その他の遺伝子についてもゲノム編集を行っているところです。また、これまでマグロは実験用水槽では1週間程度しか飼えませんでした。新たな小規模飼育システムを開発することで、ゲノム編集したマグロを小さな実験水槽で1ヶ月以上飼育できるようになりました。さらに、マグロで成功したゲノム編集技術は、マグロ同様、狭い環境で飼育すると共食いなどの攻撃行動や衝突死の問題が避けられないサバやスマなどの魚にも幅広く利用できることがわかっています（図2）。

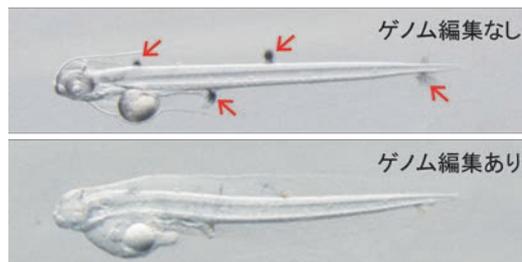


図1. ゲノム編集によるマグロの色素形成遺伝子の発現の抑制（矢印は色素を示す）

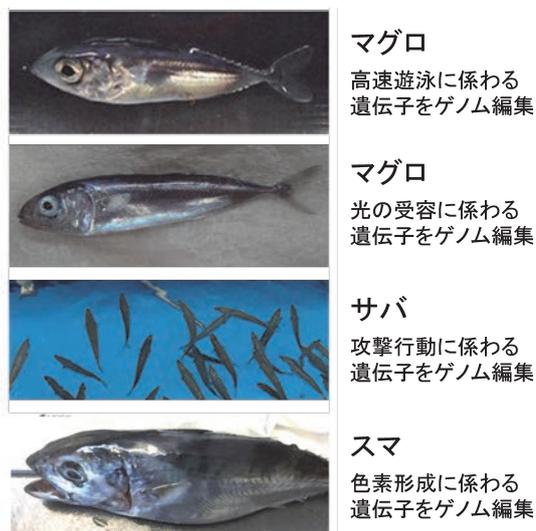


図2. ゲノム編集で作出した魚

また、マグロを含むゲノム編集魚の食品としての安全性や環境影響についても、詳細な調査・解析を行っています。例えば、ゲノム編集技術では、目的とする塩基配列と似通った別の配列も編集されてしまう、いわゆるオフターゲット変異の可能性が指摘されていますが、ゲノム編集マダイを用いて変異の状況を解析した結果、ゲノム編集により生じた明確なオフターゲット変異はないことが明らかとなっています（図3）。

さらに、ゲノム編集マグロを野外の養殖生け簀で飼育した場合に想定される野生集団に及ぼす影響も、シミュレーション解析から予測可能となりました。

### 社会実装の対象と可能性:

ほとんどの養殖魚はヒトの管理下での完全養殖が可能となったばかりで、今後は、マグロを含めて「養殖しやすい」魚の育種を、いかに効率よく進めていくかが課題となっています。このため本研究で開発したゲノム編集技術によって、これまで膨大な労力とコスト、時間を要していた養殖魚の育種が急速に進むことが期待できます。

他方で、ゲノム編集した魚の本格的な養殖生産は始まっていません。ゲノム編集生物の実用化にむけた取り扱い方針は決まりましたが、この中でゲノム編集魚の食の安全性や環境影響に関わる科学的な情報の提供が強く求められています。今後、こうした要望に誠実に対応し、科学的知見を集積していくとともに、関係各省庁とのこれら情報の共有や、ゲノム編集魚に対する社会の理解・賛同を得ていくことが養殖生産を実現する上で非常に重要であると考えられます。

### 参考文献:

- ・ Ina Y. et al. (2017) Fish Science 83:537-542.
- ・ Goto R. et al. (2018) Methods in Molecular Biology 475-487.
- ・ Kishimoto K. et al. (2018) Aquaculture 495: 415-427.
- ・ Kishimoto K. et al. (2019) Fish Science 85:217-226.
- ・ Higuchi K et al. (2019) Theriogenology 131:106-112.
- ・ 玄 浩一郎. (2019) JATAFF ジャーナル7(2):36-41.

**研究担当機関名 (研究実施責任者):**水産研究・教育機構 玄浩 一郎、

広島大学 山本 卓、愛媛大学 松原 孝博、  
長崎大学 阪倉 良孝、九州大学 松山 倫也、  
近畿大学 升間 主計、京都大学 木下 政人

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 西海区水産研究所 業務推進部  
電話：095-860-1626 E-mail：snf-suisin@ml.affrc.go.jp

作成日：2019/05



図3. オフターゲット変異解析の概要

## ゲノム編集技術によりジャガイモの育種素材を開発 －効果的かつ迅速な品種改良へ－

**試験研究計画名：ゲノム編集技術等を用いた農水産物の画期的育種改良**  
**研究代表機関名：国立大学法人 筑波大学**

### 背景とわらい：

作物の品種は、自然変異、誘発された変異や野生種を利用することで品種改良（育種）されてきたものです。しかしジャガイモは4倍体で誘発して変異を獲得しても、実際に品種を作り出すことは極めて困難でした。人工ヌクレアーゼを用いたゲノム編集技術は標的とする遺伝子のみ複数の染色体で同時に変異を導入できる技術です。緑色のジャガイモや芽の部分には中毒の原因や不快な味成分であるステロイドグリコアルカロイド(SGA)が蓄積するため、この物質を作らない品種が求められてきました。

### 特長と効果：

我々はSGAを生合成する経路の鍵酵素がSSR2遺伝子であることを明らかにしてきました。この全アレルの遺伝子が破壊されSGAを産生しない系統を、一旦核酸を移入する遺伝子組換えの手法を用いて複数獲得しました。これら系統の自殖と系統同士の他殖からSSR2遺伝子の全アレルが破壊された、かつ移入した核酸が残存しないヌルセグリガントを28系統獲得しました。さらに、ゲノムに組込まないゲノム編集技術（アグロ変異法）を開発しSSR2遺伝子の全アレルが破壊された当代ヌル候補を6系統獲得しました。これら系統はSGAを産生しない品種を作出するための育種母本や品種候補として利用可能です。SGAを産生しない品種を育種することができれば、食中毒を起こさない安全・安心なジャガイモとなり、保存・流通コスト、廃棄物コスト、育種の選抜コストなどの削減が期待できます。

表1 SSR2 遺伝子が破壊されたヌルセグリガント（A）と当代ヌル候補（B）

A			
種子親	花粉親	自他殖	ヌルセグリガント (系統数)
97H32-6 pYS026 #213	97H32-6 pYS026 #213	自殖	3
97H32-6 pYS026 #1	97H32-6 pYS026 #1	自殖	2
西海35号 pSuehiro105 #329	西海35号 pSuehiro105 #329	自殖	9
サッシー pYS026 #71	西海35号 pSuehiro105 #329	他殖	3
サッシー pYS026 #11	西海35号 pSuehiro105 #329	他殖	11
ヌルセグリガント 計			28
B			
元品種	当代ヌル候補（系統数）		
サッシー	3		
さやか	2		
メーカーイン	1		

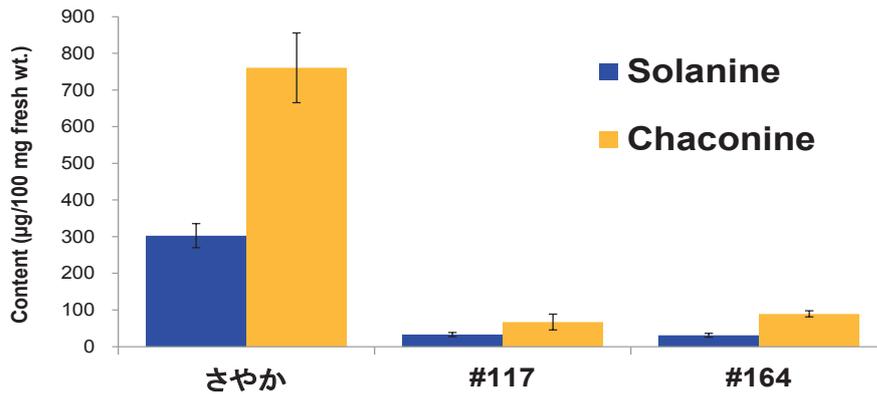


図1 「さやか」から獲得した当代ヌルのステロイドグリコアルカロイド含量

### 社会実装の対象と可能性:

今回獲得した種子親・花粉親は、遺伝子組換え体を扱うことができる施設であれば、すでに育種母本として利用可能です。ゲノム編集作物として利用するためには、実生を選抜し、移入した核酸が残存しないことを確認する必要があります。同じく当代ヌル候補は移入した核酸が残存しないことを確認すれば、改良品種としての栽培試験が可能です。SGAに関しては、関西地方で人気の高い「メイクイン」で特に高くなりやすく廃棄損などが問題になっています。複数のSGAを大きく低減した改良メイクインの候補系統を作出し、移入した核酸の残存がないことを環境省に情報提供することで、メイクインを多く栽培している九州地方にて試験栽培を行うことが期待できます。

### 参考文献:

- ・ 梅基直ら (2018) 化学と生物 56:566-572.
- ・ Kusano, H. et al. (2018) Sci Rep 8:13753.
- ・ Nakayasu, M. et al. (2018) Plant Physiol Biochem. 131:70-77.
- ・ Nakayasu, M. et al. (2017) Plant Physiol. 175:120-133.
- ・ Umemoto, N. et al. (2016) Plant Physiol. 171:2458-2467.

**研究担当機関名:** 大阪大学、理化学研究所、神戸大学、  
農研機構 北海道農業研究センター、  
東京理科大学

**研究担当者:** 大阪大学 村中 俊哉、理化学研究所 齊藤 和季、神戸大学 水谷 正治、  
北海道農業研究センター 浅野 賢治、東京理科大学 島田 浩章

**問い合わせ先:** 国立大学法人 大阪大学 総務課評価・広報係 前田 ゆかり  
電話：06-6879-7209  
E-mail：maeda-y@office.osaka-u.ac.jp

**作成日:** 2019/05

## 植物ゲノム編集技術による目的外変異の多くは組織培養による？

### ー 従来育種における組織培養による変異数と変わらないー

試験研究計画名： NBT の社会実装のための社会科学的調査と導入遺伝子残存や変異発生等に関する科学的知見の集積

研究代表機関名： 国立大学法人 筑波大学

#### 背景とわらい：

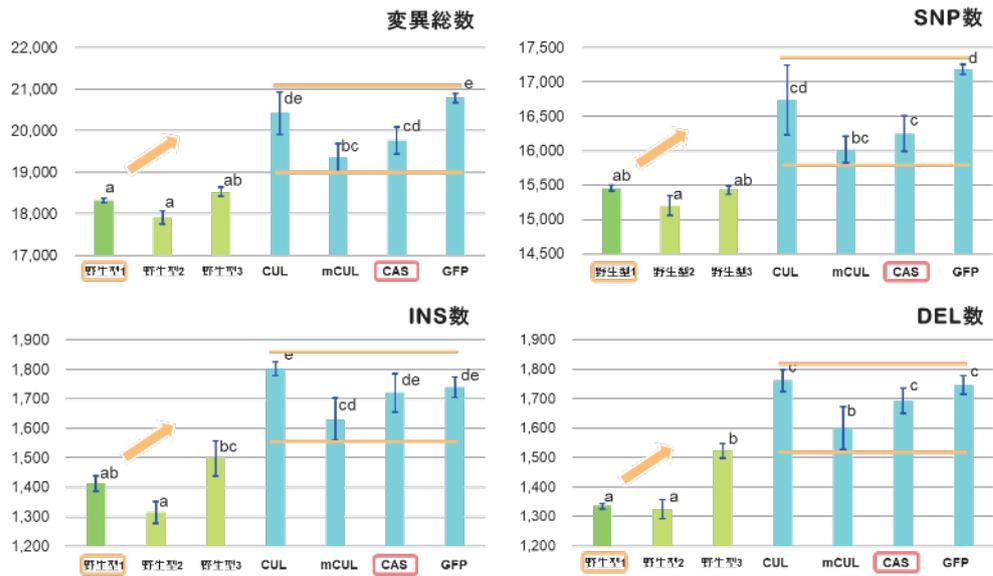
ゲノム編集技術は、医療分野への適用においては、目的外の不要な変異を引き起こし望ましくない形質が生じうる点が問題とされており、消費者は植物育種への適用についても同様の問題が生じるのではないかと懸念を抱いています。そこで本研究では、ゲノム編集技術の植物への適用によってどのような変異がゲノム全体に生じるのか、従来利用してきた育種技術の適用により生じる変異と比較して特異的な傾向があるのかを明らかにし、新しい育種技術について消費者理解を促進することを目的としました。

#### 特長と効果：

ゲノム編集技術を植物に適用する過程では、組織培養技術を用います。組織培養技術は従来の農作物品種開発に長い間利用されてきた育種技術のひとつです。そこで本研究ではイネをモデルとして、育種技術を施さない系統【野生型】、組織培養のみを行った系統【CUL, mCUL】ゲノム編集系統【CAS】、遺伝子組換え系統【GFP】を作出し、そのゲノム情報を解析して、生じた変異を同定しました。報告されている塩基配列と一塩基が異なる一塩基置換変異(SNP)、いくつかの塩基が新たに挿入されている変異(INS)、およびいくつかの塩基が欠失した変異(DEL)、について、それぞれ総数を検出しました。各個体の変異数の比較を図1に示します。図1より、野生型(緑)から組織培養を用いる育種技術を適用した系統(水色)へは、統計的に有意に変異発生数が増加していました。しかし、ただ組織培養のみを行ったCULとmCULを組織培養のみによる変異発生幅と捉えると、ゲノム編集系統のCASのみならず遺伝子組換え系統GFPの変異発生程度も、組織培養の変異発生幅におさまり、遺伝子改変技術であるからと言って特異的な変異発生傾向は観察されないことが示されました。

次に、変異数にもとづいて作出系統間の遺伝的関係を系統樹を構築して推定したところ、同じ品種(「日本晴」)で種子増殖場所の異なる3種類(NIAS、GB、AICHI)のうち、AICHI系統のみ大きく遺伝的に離れていることが明らかになりました。一方、組織培養を介して作出したCUL、mCUL、CAS、GFP系統は、いずれもその作出材料であるNIAS系統の近傍に位置し、材料とした野生型とは遺伝的に大きく異なっていないことが明らかになりました。

新規技術であり植物のゲノムにどのような変化をもたらすか不明であったゲノム編集技術ですが、これらの結果から、従来利用してきた組織培養技術と大きく異なること、また、遺伝的には品種内の変異の方が大きいことが明らかになりました。



異なるアルファベットは統計的に有意な差があることを示す (Tukey-Kramer HSD ( $p < 0.05$ ))

図 1. 3 種の育種技術により作出された系統において検出された変異数の比較

### 社会実装の対象と可能性:

本研究成果を基に、育種における変異利用、およびその変異利用の中でのゲノム編集技術の位置づけを伝えるためのサイエンスコミュニケーションを行っていきます。

**研究担当機関名:** 筑波大学

**研究担当者:** 津田 麻衣、大嶋 雅夫、伊藤 剛、大澤 良

**問い合わせ先:** 国立大学法人 筑波大学 生命環境エリア支援室 (研究支援)  
電話 : 029-853-4562 E-mail : seimei-sip@un.tsukuba.ac.jp

**作成日:** 2019/05

## 加速器施設で発生するイオンビームを品種改良に利用 —イオンビーム育種法—

試験研究計画名：戦略的オミクス育種技術体系の構築

研究代表機関名：国立研究開発法人 理化学研究所

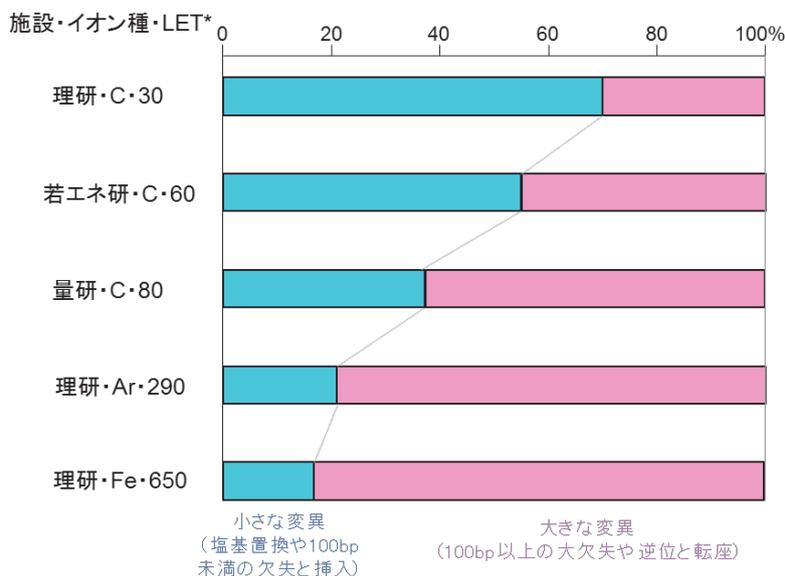
### 背景とわらい：

加速器施設で発生するイオンビームは、原子を加速した粒子です。その1粒が持つ破壊エネルギーが大きいため、DNAの二本鎖を切断し、修復しにくいダメージを与えます。そのため、低線量で突然変異を誘発することができます。イオンビームを利用した品種改良技術は、日本が世界に先導する技術であり、平成の間に、70以上の新品種育成に成功しています。SIPでは、理化学研究所（理研）、若狭湾エネルギー研究センター（若エネ研）、量子科学技術研究開発機構（量研）の3つの加速器施設が協力し、それぞれの施設で発生する炭素イオンビームなどがイネに誘発する変異を解析することにより、イオンビーム育種技術の体系化研究を推進しました。

### 特長と効果：

イオンビームの破壊力（LET）と生じた変異の種類の間を調べたところ、破壊力が大きくなると大きな変異が増えることを明らかにしました。破壊力が小さい炭素イオンビーム（理研・C・30）では、小さな変異が7割であるのに対し、破壊力が倍になると（若エネ研・C・60）小さな変異と大きな変異が半々になり、さらに破壊力が増すと（量研・C・80）大きな変異が6割に増加しました。また、破壊力が桁違いに大きいアルゴンや鉄イオンビームでは、遺伝子に発生する変異の8割が大きなものとなり、大欠失や染色体構造が変化する複雑な変異が観察されました。

小さな変異を目指すときは、破壊力の小さい炭素イオンを、バランス良く多様な変異を得たいときは、中程度以上の破壊力の炭素イオンを、大きな遺伝子の破壊や染色体構造の変化を望むときは、アルゴンや鉄イオンビームを選択するという「オンデマンド照射技術」を確立しました。



\*線エネルギー付与(LET: Linear Energy Transfer)  
イオンビームが物質中を通過するとき、その飛跡に沿って単位長さ当りに落とすエネルギーのこと。  
単位はkeV/μm

図. 遺伝子領域に生じた変異の種類と割合

## 社会実装の対象と可能性:

選抜した有用変異体を用いて、多収性に関与すると考えられる種子が大きくなる遺伝子や早生・晩生の遺伝子など新規遺伝子を単離・同定しました。オイル生産性の高い藻類の変異体は、プラントでの生産性試験を開始しました。また、果皮が果肉から離れてしまう「浮き皮」の発生が低下し、ミカンが品薄となる3~4月に出荷可能となった晩生系統は、品種登録予定です。新しい清酒酵母は、のべ20以上の酒蔵で日本酒の生産に使用されています。サンプルとしては種子でも、培養細胞でも、穂木でも照射可能で、1サンプル当りの照射時間は数秒から数分です。ただし、加速器施設ごとに年間の照射実験のスケジュールは決まっており、それぞれの施設でサンプルサイズや形状に制限があります。3つの加速器施設は連携していますので、どちらにご相談下さってもご要望に適した施設をご案内します。

## 参考文献:

- ・ Kazama, Y. et al. Different mutational function of low- and high-linear energy transfer heavy-ion irradiation demonstrated by whole genome re-sequencing of Arabidopsis mutants. *Plant J.* 92: 1020-1030.
- ・ Hase, Y. et al. Physiological status of plant tissue affects the frequency and types of mutations induced by carbon-ion irradiation in Arabidopsis. *Sci. Rep.* 8:1394.
- ・ Ichida, H. et al. Targeted exome sequencing of unselected heavy-ion beam-irradiated populations reveals less-biased mutation characteristics in the rice genome. *Plant J.* 98:301-314.

**研究担当機関名:** a 国立研究開発法人 理化学研究所 仁科加速器科学研究センター  
 b 公益財団法人 若狭湾エネルギー研究センター  
 c 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構  
 量子ビーム科学部門 高崎量子応用研究所

**研究担当者:** a 阿部 知子、市田 裕之、b 高城 啓一、畑下 昌範、  
 c 大野 豊、長谷 純宏

**問い合わせ先:** a 国立研究開発法人 理化学研究所 仁科加速器科学研究センター  
 生物照射チーム  
 E-mail : ion-breeding@riken.jp  
 b 公益財団法人 若狭湾エネルギー研究センター  
 イオンビーム育種相談窓口  
 E-mail : ion-soudan@werc.or.jp  
 c 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構  
 量子ビーム科学部門 高崎量子応用研究所  
 E-mail : ohno.yutaka@qst.go.jp

作成日: 2019/05

## パスタ用早生デュラム小麦系統を開発 — イオンビーム複合育種法 —

試験研究計画名：戦略的オミクス育種技術体系の構築

研究代表機関名：国立研究開発法人 理化学研究所

### 背景とわらい：

小麦はパンや麺などの原料です。現在、日本人1人当たりの年間小麦消費量は約33kgであり、米の消費量の3/5ほどです。ところが、小麦はその86%を外国から輸入しており、パスタ用のデュラム小麦はほとんど全量を輸入に頼っています。国内で生産可能な小麦の品種改良（育種）が急務となっています。日本の気候に合ったデュラム小麦品種は短稈・早生が必須です。今回、イオンビーム突然変異体の中から早生の優良変異体を見出し、それを交配母本に用いて早生デュラム小麦品種の開発を進めました。

### 特長と効果：

デュラム小麦は、デュラムセモリナ（小麦粉）として輸入され、国内でパスタに加工されます。また、パスタとして輸入されているものもあります。デュラムセモリナとしての国内市場規模は、ざっと90億円/年（一般財団法人製粉振興会、一般社団法人日本パスタ協会の資料から算出）と推定され、ほぼ同量がパスタとしても輸入されています。国内で栽培できるデュラム小麦品種が開発できると、90億円×2=180億円/年の市場に参入できると考えられます。

国内消費のデュラム小麦需要は約30万トン（日本パスタ協会）であり、デュラム小麦の収量を3トン/ヘクタールとすると、必要量のデュラム小麦生産には約10万ヘクタールの農地が必要となります。現在、休耕地いわゆる耕作放棄地や荒廃農地は全国で

30万ヘクタール（農林水産統計）あるので、整備しなおしてデュラム小麦を栽培することにより、休耕地対策にもつながると考えられます。



写真1 デュラム小麦イオンビーム変異体スクリーニング圃場全景（2016年5月下旬）

## 社会実装の対象と可能性:

デュラム小麦は主にヨーロッパ、アメリカ、カナダで生産され、国内ではほとんど生産されていません。従来のデュラム小麦品種は収穫時期が遅く、また、草丈が高いため、日本で栽培すると6月の長雨によっ

て品質が劣化、病害が多発し、また倒伏して収穫ができません。本研究では、本州中部以西でのデュラム小麦の地産地消を目指して、日本での栽培に適した早生で短稈のデュラム小麦の新品種を開発するため、「イオンビーム複合育種法」を考案し、実践してきました。開発した早生優良デュラム小麦は、本格的な梅雨入りの6月中旬までにコンバインで収穫可能であり、現在、大麦や小麦を栽培している土地をそのまま使用することができます。デュラム小麦は超硬質系の小麦であり、通常の小麦の製粉とは異なる製粉機が必要となります。デュラム小麦専用の製粉設備を備えることにより、国産デュラムセモリナの pasta を製造・販売する新たな6次産業の展開も期待できます。開発した系統は栽培特性・品質特性のデータを収集中であり、品種登録申請は2020年を予定しています。

## 参考文献:

- ・ Nishiura, A., S. Kitagawa, M. Matsumura, Y. Kazama, T. Abe, N. Mizuno, S. Nasuda and K. Murai (2018) An early-flowering einkorn wheat mutant with deletions of *PHYTOCLOCK 1/LUX ARRHYTHMO* and *VERNALIZATION 2* exhibits a high level of *VERNALIZATION 1* expression induced by vernalization. *J. Plant Physiol.* 222: 28–38.

**研究担当機関名:** 福井県立大学

**研究担当者:** 福井県立大学 村井耕二

**問い合わせ先:** 公立大学法人 福井県立大学 村井研究室

電話 : 0776-61-6000 内線 : 3618 E-mail : murai@fpu.ac.jp

**作成日:** 2019/05



図1 「イオンビーム複合育種法」デュラム小麦育成スキーム

## 農作物の成分を簡便に計測する方法を開発 — 品質評価や診断マーカー探索が容易に —

試験研究計画名：戦略的オミクス育種技術体系の構築

研究代表機関名：国立研究開発法人 理化学研究所

### 背景とわらい：

農作物の栄養成分や健康機能成分の分析は、育種における新品種の評価に欠かせないものです。また、農作物の生育を植物科学の観点で理解し、より効果的な栽培方法を開発するためには、農作物が育つ過程においてその細胞内で起こる代謝産物（生物が作り出す化合物）の変化を定量的に理解する必要があります。このため、細胞内に数百～数千種類も存在すると推定される代謝産物を簡便に測定する技術の開発が、次世代農業技術の発展において望まれています。

### 特長と効果：

本研究課題では、液体クロマトグラフ質量分析計による細胞内の全代謝産物（メタボローム）分析技術を基盤として、(1)植物試料に特化し、(2)より高速・高感度に、(3)簡便に、計測する技術を開発しました。具体的には、理化学研究所と(株)島津製作所の共同研究により、同社製の高速液体クロマトグラフトリプル四重極型質量分析計を用いて、約500種類の代謝産物を一斉分析する手法を確立しました（写真1、図1）。農作物の味に関わる糖や有機酸、栄養価に関わるアミノ酸の他、健康機能成分であるフラボノイドやグルコシノレートも、0.1グラム以下のサンプルから同時に計測できます。SIPでは、研究期間内にこの技術を利用して以下の2つの主要な成果を挙げる事ができました。



写真1  
高速液体クロマトグラフトリプル  
四重極型質量分析計

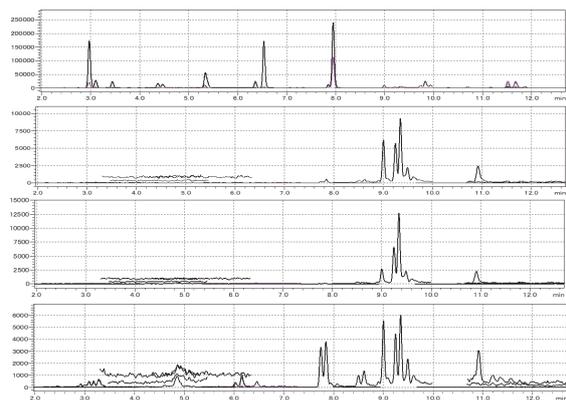


図1  
クロマトグラムのイメージ図

1. キク品種の育種において、突然変異誘発により花色のバリエーションを増やす試みがなされていますが、多くの花色を生じる親系統と、ほとんど生じない親系統があり、事前にそれを見分けることが育種の効率化に重要です。そこで、開発したメタボローム分析技術でキク花卉の代謝産物データを得て、機械学習を行うことで、変異を多く生じる親系統を見分けるためのマーカーとなる鍵代謝産物を見出しました。
2. 植物工場でのトマトの収量を予測するため、トマト葉の代謝産物データを開発したメタボローム分析技術で得て、機械学習を行うことで、着花速度のマーカーとなる鍵代謝産物を見出しました。

### 社会実装の対象と可能性:

本技術は、(株)島津製作所が分析装置販売と分析技術提供を行ない、理化学研究所が代謝産物分析条件に関するノウハウ提供を行なって、公益財団法人および一般財団法人が実施する受託分析として社会実装しました。利用者は、生重量で1グラム程度のサンプルを凍結して受託分析機関に送付するだけで、100~300種類程度(サンプルの種類に依存)の代謝産物のデータをMicrosoft Excel ファイルなどの形式で受け取ることができます。初期投資を行う必要がなく、比較的安価で容易に多検体のデータを得ることが可能です。また、自前で分析装置を導入した場合でも、高度に専門的で複雑な情報処理を行わずに同様のデータが取得できるため、本技術は極めて汎用性が高いものです。本技術は、農作物の品種開発を行なう種苗会社や公設試験場、農薬や植物成長調整剤の開発を行なう化学会社、農作物の栽培技術を開発する民間企業や公設試験場などのニーズが見込まれます。

### 参考文献:

- ・ Sawada, Y. et al. (2019) Metabolome-based discrimination of chrysanthemum cultivars for the efficient generation of flower color variations in mutation breeding. *Metabolomics*, in press.
- ・ 「質量分析法を用いた植物特化型メタボローム解析法とその応用」  
 増田潤一ら (2018) 島津評論 Vol. 74, No. 3, 4, pp. 211-219.

**研究担当機関名:** 理化学研究所 環境資源科学研究センター、(株)島津製作所

**研究担当者:** 理化学研究所 環境資源科学研究センター 平井優美、澤田有司  
 (株)島津製作所 増田潤一、八巻聡

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 理化学研究所 科技ハブ産連本部 産業連携部課  
 電話: 048-467-5475 E-mail: [t-soudan@riken.jp](mailto:t-soudan@riken.jp)

国立研究開発法人 理化学研究所 環境資源科学研究センター 平井優美  
 E-mail: [masami.hirai@riken.jp](mailto:masami.hirai@riken.jp)

**作成日:** 2019/05

## 植物ウイルス(ALSV)ベクターの高速開花技術を利用した —「花開くエゾリンドウ」新品種の開発—

試験研究計画名：ゲノム編集技術等を用いた農水産物の画期的育種改良  
研究代表機関名：国立大学法人 筑波大学

### 背景とわらい:

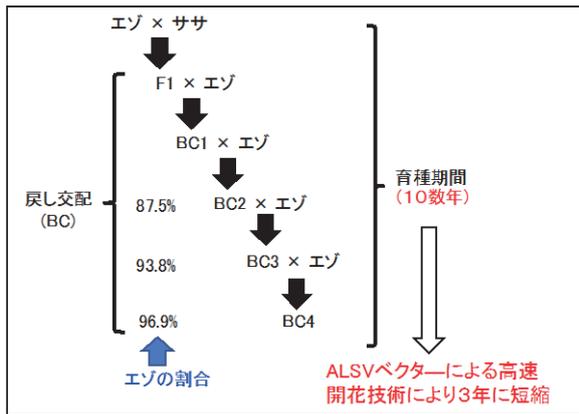
植物ウイルス (ALSV) ベクターを用いた高速開花は、開花まで長期間を要する果樹類や花卉類の早期開花を可能とし、育種期間の短縮に有効な技術です。リンドウは播種後開花するまで1年半ほどかかりますが(1世代2年)、「高速開花技術」を利用すると発芽後3~4ヶ月で開花し、1年に2世代進めることができます。本課題では、慣行交雑育種では10数年を要する「花開くエゾリンドウ」の開発を、「高速開花技術」利用で3年程度に短縮しました。

### 特長と効果:

市販のリンドウ品種はエゾリンドウ (*Gentiana triflora*; エゾ系) とササリンドウ (*G. scabra*; ササ系) の2種類を基に作られています。生産量の8割を占めるエゾ系(主に仏花用の切り花)は極早生から晩生(7~10月)まで幅広い作型の品種があり、また同一株からの採花が5-6年と長い利点がありますが、花卉が開かない特徴があり、装飾用や海外への輸出用としては不向きです。一方、ササ系は花卉が開き、鉢物など装飾用として人気がありますが、晩生品種(10月~)のみで、採花期間が短い(2年程度)品種です。岩手大学と八幡平市花き研究開発センターは共同で、ササ系の花開く形質をエゾ系に付与し、新タイプの「花開くエゾリンドウ」の開発に取り組みました。すなわち、エゾ系とササ系の種間雑種から高速開花技術を用いて花開く個体を選抜し、これにエゾ系の戻し交配(BC)を繰り返すことで、BC3-4世代の候補株を2~3年で選抜できました。ALSVはリンドウで種子伝染しませんので、選抜株は全てウイルスフリーで、「生物多様性影響評価検討会」への届出を経て、野外圃場で栽培試験を実施しています。今後適性を確認後、F1品種の親として利用する予定です。



写真1 ALSVベクターによる高速開花技術：リンドウのフロリゲン遺伝子 (*GtFT*) を発現するALSVに感染したリンドウの早期開花(発芽後3~4ヶ月で開花)



- (左) 図1 花開くエゾリンドウの育種計画: エゾ系とササ系の種間雑種から花開く個体を選抜し、これにエゾ系の戻し交配 (BC) を繰り返しながら、花開く個体を選抜する。慣行育種では1世代2年を要するため10年以上かかるが、ALSVベクターの高速開花技術を用いることで約3年に短縮できる。
- (右) 写真2 選抜系統 (BC3世代のSIP36とSIP206) は、エゾ系の一般形質を示しながら花弁が開くタイプとなっている。

### 社会実装の対象と可能性:

高速開花技術を利用して選抜し、花弁が開くことが確認されたBC3-4世代(10数系統)について、現在八幡平市花卉研究開発センターにおいて未受精胚珠培養および自殖によるホモ化を実施しています。これらを親系統として‘花開くエゾリンドウ’の新品種 (F1品種) が出来上がる予定で、今後品種登録、ブランド化、ブーケ等の装飾用への用途拡大、および海外への輸出を八幡平市が中心となって展開する予定です。

### 参考文献:

- ・ 山岸紀子・吉川信幸 (2019). ALSVベクターを利用した高速開花技術による果樹・野菜・花きの新育種技術. JATAFF ジャーナル7: 13-16.
- ・ Kamada et al. (2018). Gentian (*Gentiana triflora*) prevents transmission of apple latent spherical virus (ALSV) vector to progeny seeds. *Planta* 248: 1431-1441.

**研究担当機関名:** 岩手大学・八幡平市花卉研究開発センター

**研究担当者:** 岩手大学 吉川信幸・山岸紀子、八幡平市花卉研究開発センター 日影 孝

**問い合わせ先:** 国立大学法人 岩手大学 次世代アグリイノベーションセンター

電話: 019-621-6851 内線 5580 E-mail: takaoru@iwate-u.ac.jp

作成日: 2019/05

## AIと生体分子ビッグデータ利用により、 環境-農業データ間の高精度な関係モデルを構築

試験研究計画名：収量や成分を自在にコントロールできる太陽光型植物工場

研究代表機関名：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とわらい：

トマトは、現代の食生活に欠かせない野菜であり、世界的にも最もポピュラーな野菜の一つです。わが国のトマトは糖度が高く、世界的にも高品質を誇りますが、収量が低いという問題があります。そこで、従来の勘と経験に頼った試行錯誤から脱却し、植物体内の分子情報をもとに栽培条件を設定し、トマトの高収量・高品質を安定的に両立させる栽培管理技術を開発しました。

### 特長と効果：

トマトの施設栽培において、「栽培・品種特性」、「植物内分子のオミクス解析結果」および「施設内外の環境条件」に関するデータを標準化・ビッグデータ化するとともに、AIを用いた機械学習等による統合的解析から、収量性や品質性を制御するための鍵となる因子を同定しました。そして、それらを定数とするモデルを構築しました。このモデルを用いて栽培をシミュレーションすることで、試行錯誤無しに「目標の収量・品質を達成するための環境制御」を導き出すことが可能となりました。

海外と勝負できる  
施設園芸



図1 ビッグデータを集積し「環境-農業データ間の関係モデル」を構築

**社会実装の対象と可能性:**

この分子モデルによって、品種の特性・能力を把握し、試行錯誤無しに、新品種に関する栽培最適化が可能となります。ニーズへのきめ細かで迅速な対応で、質の高い豊かな生活の実現に繋がります。

**研究担当機関名:** 国立研究開発法人 農研機構野菜花き研究部門

**研究担当者:** 国立研究開発法人 農研機構野菜花き研究部門 寛雄介、今西俊介  
 岡山県農林水産総合センター 佐野大樹  
 静岡県農林技術研究所 前島慎一郎、今原淳吾  
 岐阜県農業技術センター 前田健  
 愛知県農業総合試験場 樋江井清隆  
 三重県農業研究所 西村浩志、磯山洋介、磯崎真英  
 静岡大学農学研究科 鈴木克己  
 中部大学応用生物学研究科 鈴木孝征  
 名古屋大学生命農学研究科 高橋宏和、中園幹生  
 理化学研究所 環境資源科学研究センター 榑原均、平井優美  
 横浜市立大学木原生物学的研究所 嶋田幸久

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 農研機構 野菜花き研究部門企画連携室  
 電話 : 029-838-6575 E-mail : vf-koho@ml.affrc.go.jp

**作成日:** 2019/05

## 生育・収量予測ツールによるトマトの多収化

試験研究計画名：収量や成分を自在にコントロールできる太陽光型植物工場

研究代表機関名：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とわらい：

トマトは、現代の食生活に欠かせない野菜であり、世界的において野菜生産量第1位です。わが国におけるトマト産出額は2,400億円（平成29年、農林水産省統計）で、野菜全体の産出額の10%を超えており、農業上でも重要な野菜です。日本のトマトの特徴は、糖度5°以上と高品質ですが、収量が低い（15t/10a）ことにあります。一方、施設園芸先進国であるオランダでは、糖度は4°以下と低いのですが、年間収量は65t/10aと圧倒的な生産性があります。そこで、わが国の施設生産における国際競争力を強化し、生産者の収益の向上と安定を図るため、生産性の向上、とくに生産量の向上に資する栽培支援ツールを開発しました。

### 特長と効果：

品種や環境条件から生育・収量を算出するツールを作成し、シミュレーションによって適正な環境制御や栽培管理を導き出すことにより、日本トマトの収量を倍増させることに成功しました。一例として、トマト新品種「鈴玉」（りんぎょく）で糖度5°以上、年間収量55t/10aを達成しました（図1、図2）。

海外と勝負できる  
施設園芸

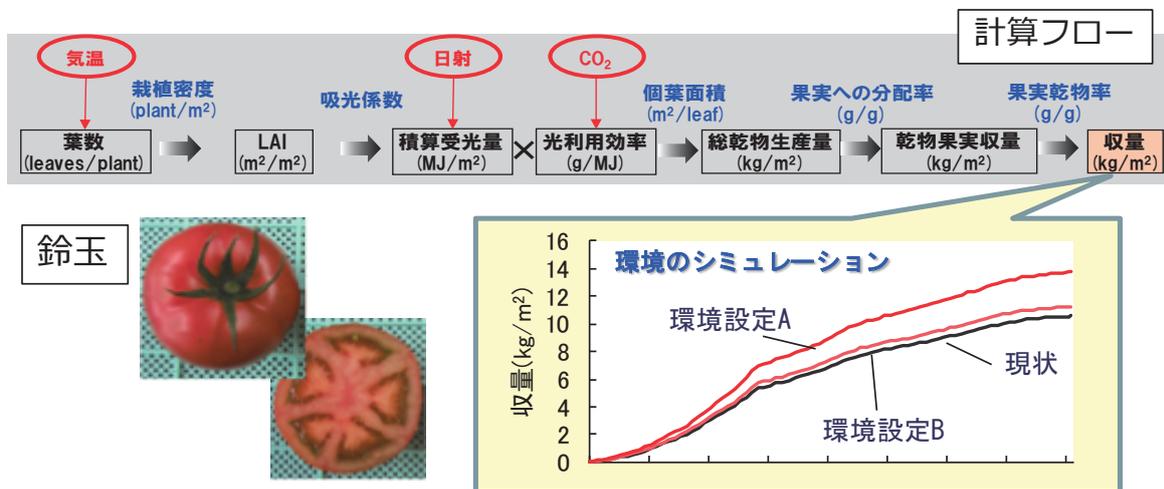


図1 生育・収量予測ツールの計算フロー及び新品種「鈴玉」

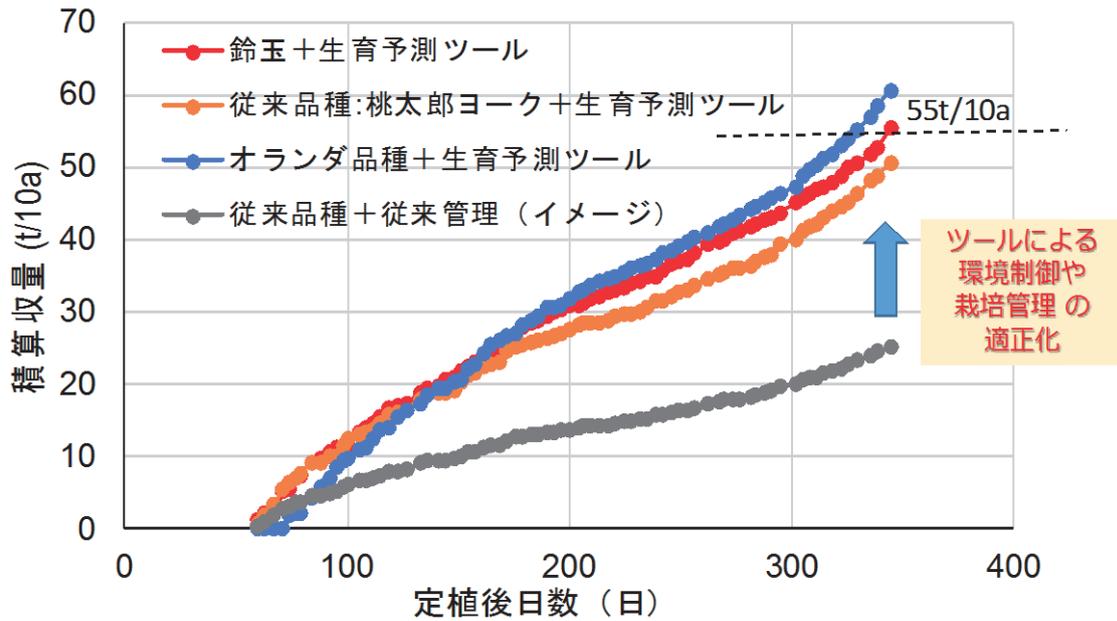


図2 生育・収量予測ツールによる多収化  
「鈴玉」で糖度5°、年間収量55t/10a達成

**社会実装の対象と可能性:**

大規模施設によるトマト生産事業への展開が期待されます。同時に、規模や品目に関わらず、全国の環境制御導入施設への展開が想定されます。今後、生産者数が減少する中でも、高品質なトマト等の国産野菜の安定供給が可能になると考えられます。

**研究担当機関名:** 農研機構 野菜花き研究部門

**研究担当者:** 農研機構 野菜花き研究部門 東出忠桐

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 農研機構 野菜花き研究部門 企画連携室  
電話 : 029-838-6575 E-mail : vf-koho@ml.affrc.go.jp

作成日: 2019/05

海外と勝負できる  
施設園芸

## 化学合成殺虫剤を半減する 新たなトマト地上部病害虫防除体系マニュアル

試験研究計画名：持続可能な農業生産のための新たな総合的植物保護技術の開発  
研究代表機関名：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とわらい：

トマト生産においては、コナジラミ類やアザミウマ類が媒介する虫媒性植物ウイルス病害の発生や二次感染を減少させるために、これまで化学合成農薬の散布を繰り返してきましたが、各種抵抗性系統の出現によって十分な防除効果が得られなくなってきています。そこで、天敵タバコカスミカメを中心に、天敵温存植物、紫色LED天敵誘引装置、コナジラミ類忌避剤アセチル化グリセリド（AG）、飛翔分散するコナジラミ類の効率的誘引捕殺のためのエッジ色彩粘着板、侵入抑制のための新規赤色防虫ネットを開発し、地域の病害虫相に応じて技術を組み合わせる体系化を可能としました。

### 特長と効果：

本体系は、捕食性天敵タバコカスミカメと、それをより効果的に活用するための天敵温存植物利用技術および紫色LED天敵誘引装置、害虫の侵入を抑制する新型赤色防虫ネット、コナジラミ類を効率的に捕獲するエッジ色彩粘着板、トマト植物体から忌避させるアセチル化グリセリド剤を、地域・作型によって適宜組み合わせた体系です（図1）。とくに虫媒性ウイルス媒介虫であるコナジラミ類を「入れない」「増やさない」「出さない」を達成する各種技術を利用します。新型赤色防虫ネットによって通気環境を確保した上で「入れない」対策を施します。それでも侵入した害虫に対しては、「増やさない」「出さない」ために、捕食性天敵タバコカスミカメの生物学的特性に着目し、天敵温存植物と紫色LED天敵誘引装置も併用します。また、コナジラミ類の新規忌避剤として食品添加物としても利用され安全性の高いアセチル化グリセリド（AG）剤を用います。エッジ色彩粘着板は効率的にコナジラミ類を捕殺できます。この新たなトマト地上部病害虫防除体系によって、慣行防除と同等の防除効果を得つつ、従来型の化学合成殺虫剤使用量を半減することができます（図2）。これによって、生産者の薬剤散布の負担を軽減すると共に、害虫類における薬剤抵抗性の発達を回避することが期待できます。

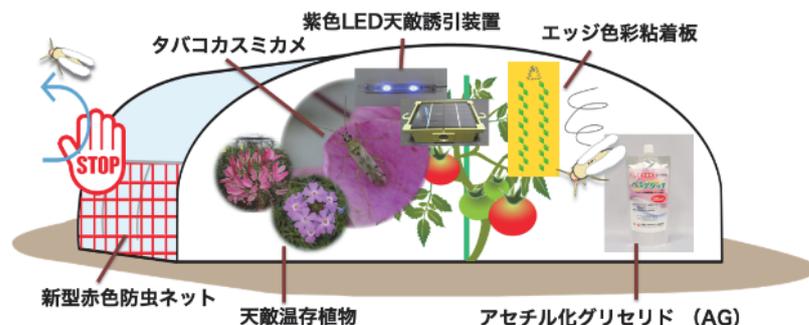


図1. 6つの新たな技術を組み合わせた新防除体系のイメージ

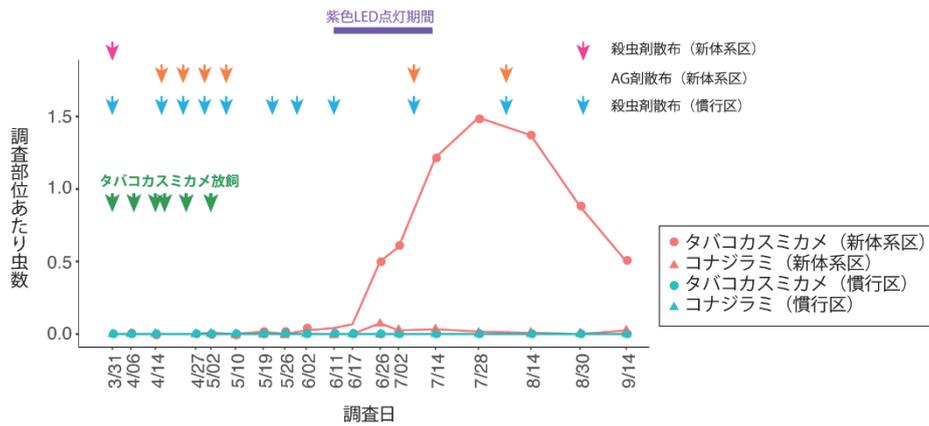


図2. 新たなトマト地上部病害虫防除体系によるトマト上の虫数（天敵：タバコカスミカメ、害虫：コナジラミ類）の推移。無加温土耕パイプハウス夏秋作型。新体系区では、側窓には新型赤色防虫ネット（赤黒型0.8mm目合）を展開し、天敵温存植物としてクレオメとバーベナを定植時に導入。

### 社会実装の対象と可能性:

全国7地域それぞれの栽培体系にあわせた防除体系を開発・マニュアル化し、生産者や普及指導員の方々の参考にさせていただきます。「個別技術集」もあわせて公開し、それぞれの技術についてより深く解説していますので、試験研究機関においてさらに発展させることも可能です。

### 参考文献:

- ・農研機構(2019)「化学合成殺虫剤を半減する新たなトマト地上部病害虫防除体系マニュアル」[http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/pamphlet/tech-pamph/129995.html](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/129995.html)

**研究担当機関名:** 農研機構 中央農業研究センター・東北農業研究センター・西日本農業研究センター・九州沖縄農業研究センター・生物機能利用研究部門、理化学研究所 バイオリソースセンター、宮崎大学 農学部、宮城県農業・園芸総合研究所、神奈川県農業技術センター、静岡県農林技術研究所、三重県農業研究所、京都府農林水産技術センター、兵庫県立農林水産技術総合センター、広島県立総合技術研究所 農業技術センター、徳島県立農林水産総合技術支援センター、熊本県農業研究センター生産環境研究所、株式会社アグリ総研、日本ワイドクロス株式会社、株式会社シグレイ、株式会社ネイブル、大協技研工業株式会社、石原産業株式会社中央研究所

**研究担当者:** 日本 典秀、田淵 研、安部 順一郎、北村 登史雄、霜田 政美、安部 洋、大野 和朗、松尾 光弘、関根 崇行、大矢武志、中野 亮平、斉藤 千温、西野 実、徳丸 晋、八瀬 順也、松浦 昌平、中野 昭雄、古家 忠、手塚 俊行、吾郷 泰三、鈴木 孝洋、田中正彦、森口 彦弥、加嶋 崇之 ほか（各機関の代表者のみ記載しています）

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

中央農業研究センター 産学連携室

電話：029-838-8481(代表) E-mail:koho-carc@ml.affrc.go.jp

作成日：2019/04

## 新たなナス用台木品種候補 — 線虫・複合病害抵抗性・多収 —

試験研究計画名：持続可能な農業生産のための新たな総合的植物保護技術の開発  
研究代表機関名：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とわらい：

線虫の慣行の防除手段は化学農薬です。化学農薬は強力ですが、効果は作土層にしか及びません。そのため、次作において線虫の密度が速やかに回復し、作物はかえって著しい線虫害を被ることがあります。環境負荷を低減した線虫対策として、抵抗性品種や対抗植物の栽培も有効ですが、良質な果実の実る病害虫複合抵抗性品種の育成は非常に困難ですし、対抗植物には収穫物はありません。そこで、台木に土壌病害抵抗性と線虫抵抗性を備えれば、農業上の利用価値が非常に高いと考えました。本研究課題では、新たな抵抗性台木候補の開発と台木による防除技術の開発を行います。

### 特長と効果：

既存のナス用台木および農研機構の保有するナス属の遺伝資源等についてネコブセンチュウに対する抵抗性スクリーニングを行い、線虫抵抗性を示す系統の選抜を行いました。次に接ぎ木適性等から LS721、ES77、ハリナスビの3系統に絞りこみ、圃場における土壌中の線虫密度抑制効果（表1）、複数種のネコブセンチュウに対する抵抗性検定、半身萎凋病や半枯病、青枯病等の土壌病害抵抗性検定、さらに毒性アルカロイドの計測や露地栽培および促成栽培における収量性を調査しました（図1）。その結果、ハリナスビ（写真1）が線虫抵抗性であり半身萎凋病抵抗性と収量性も兼ね備えることが明らかとなりました。さらに、低温伸長性もあり、地温を高く維持する必要もなく化石燃料の節約に繋がる可能性もあることが分かりました。現在、ハリナスビの中から青枯病抵抗性と線虫抵抗性の遺伝的固定化を進めているところです。また、選抜したハリナスビはナス用台木品種候補として育成していますが、トマト用台木としての利用の可能性も想定しています。国内にはトマトの線虫抵抗性を打破するネコブセンチュウに対して有効なトマト系統がないので、このハリナスビをトマト用台木として利用できれば経済効果はナスの数倍以上になると想定されます。将来的に、複数種のネコブセンチュウの密度減少効果があり、半身萎凋病、半枯病抵抗性等の土壌病害抵抗性も有する複合抵抗性の高収量台木として品種登録出願を目指しています。半身萎凋病抵抗性の台木は世界的にも貴重であり、また、低温耐性も備えるため、冬季を中心とする促成栽培に適した台木品種候補です。



写真1. ハリナスビの苗

性も想定しています。国内にはトマトの線虫抵抗性を打破するネコブセンチュウに対して有効なトマト系統がないので、このハリナスビをトマト用台木として利用できれば経済効果はナスの数倍以上になると想定されます。将来的に、複数種のネコブセンチュウの密度減少効果があり、半身萎凋病、半枯病抵抗性等の土壌病害抵抗性も有する複合抵抗性の高収量台木として品種登録出願を目指しています。半身萎凋病抵抗性の台木は世界的にも貴重であり、また、低温耐性も備えるため、冬季を中心とする促成栽培に適した台木品種候補です。

表 1. 各栽培区のコブセンチュウ密度の変化

品種・系統	栽培前(4月)	栽培後(9月)	増殖率 (栽培後/栽培前)	
あのみり	120.2	3596.7	48.1	a
台太郎	103.0	669.7	10.1	a
ES77	200.2	8.7	0.2	b
LS721	96.3	17.5	0.2	b
ハリナスビ	118.0	14.5	0.1	b

各処理3区、5月～9月にかけて栽培、データは平均、ベルマン法で分離  
Boxcox変換した増殖率をTurkeyHSD検定により比較

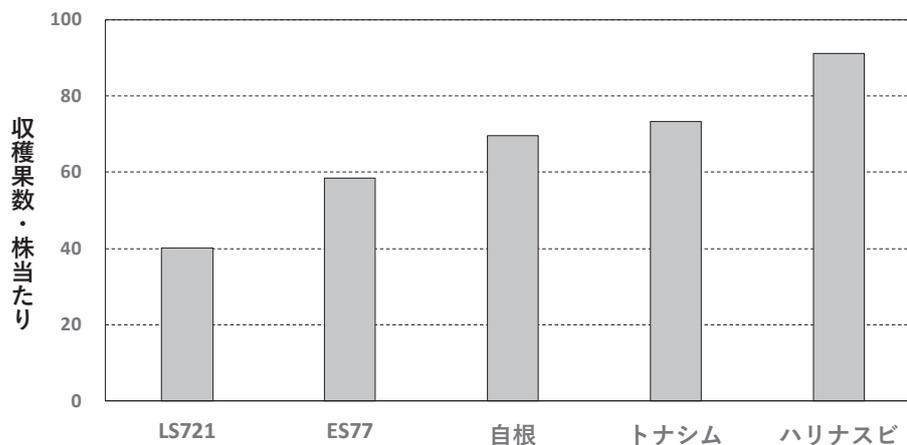


図 1. 線虫抵抗性系統を台木とした場合の穂木の促成栽培での収量 穂木品種は「あのみり 2 号」

海外と勝負できる  
施設園芸

### 社会実装の対象と可能性:

複数種のコブセンチュウ、半身萎凋病、半枯病抵抗性等の複合抵抗性を有する台木として種苗会社から販売を想定しています。また、低温伸長性が既存の「トルバム・ビガー」等の台木用品種より優れるため、特に促成栽培で既存の台木以上の収量も見込める台木として品種登録を目指しています。併せて既存の台木品種についても線虫に対する効果を明らかにしましたので、(参考文献)生産現場で役立つ情報として活用していただけます。

### 参考文献:

- ・ Uehara T. et al. (2016) Nematological Research 46: 87-90.
- ・ Uehara T. et al. (2017) Journal of Phytopathology 165: 575-579.

**研究担当機関名:** 農研機構 中央農業研究センター、野菜花き研究部門、九州沖縄農業研究センター、国立研究開発法人 理化学研究所 CSRS、(株)日本農林社

**研究担当者:** 植原健人、立石靖、齊藤猛雄、新村芳美、松永啓、宮武宏治、上杉謙太、村田岳、門田康弘、佐藤一輝、宮崎俊夫、近藤友宏

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 農研機構中央農業研究センター産学連携室  
電話 : 029-838-8481、E-mail : uehara@affrc.go.jp

作成日: 2019/04

## 理化学研究所遺伝資源からの、植物病害を抑える菌株のスクリーニング

試験研究計画名：持続可能な農業生産のための新たな総合的植物保護技術の開発  
研究代表機関名：国立研究開発法人 農業・食品技術総合研究機構

### 背景とわらい：

環境問題や食物の安全性に対する意識の高まりから、農作物への化学農薬処理による周辺環境への負荷や、食物での農薬残留による健康被害に対する懸念が広がっています。本試験研究計画では、環境中から分離した微生物から植物病害を抑制するものを探索し、これを効率よく利用することにより、化学農薬に頼らずに作物の病害防除を行うことを目指しました。

### 特長と効果：

本事業開始当初には農研機構と7公設試、2017年度以降は農研機構と3公設試において、キャベツ黒すす病、キャベツ苗立枯病、トマト苗立枯病、トマト養液栽培の根腐病、トマト青枯病、ナス半身萎凋病、キュウリ褐斑病、ネギ黒腐菌核病、ネギ萎凋病、タマネギの細菌病、ショウガ根茎腐敗病を抑える糸状菌・酵母を、理化学研究所の微生物遺伝資源の1362菌株から選抜してきました。それぞれの病害に対して、その有効性により数菌株まで絞り込み、生産現場に近い条件での処理方法の検討まで行いました。種子伝染して育苗施設などで問題となっているキャベツ黒すす病（写真1）では、種子処理・茎葉散布で既登録の化学農薬に近い防除効果がある菌株（表1）、ショウガで被害が最も大きく重要病害である根茎腐敗病（写真2）に、少ない処理回数でも有効な菌株（表2）、キュウリ褐斑病に対しては天敵資材に悪影響がなくうどんこ病にも有効な菌株、タマネギリん片腐敗病では銅剤と同等の効果が認められる菌株が得られました。これらの菌株の製剤化について、理化学研究所・出光興産株式会社において試験が開始されましたが、こちらはさらなる検討が必要です。



写真1 キャベツ黒すす病



写真2 ショウガ根茎腐敗病

表1 キャベツ黒すす病菌汚染種子に選抜菌株を処理したときの健全苗率 (%)

処理	試験		
	1	2	3
種子菌体付着	91	88	88
孢子懸濁液灌注	97	88	88
既登録化学農薬	91	84	91
無処理	44	41	41

表2 選抜菌株を処理した場合のショウガ根茎腐敗病の抑制

処理時期	発病株率(%)	発病度	防除価	根茎重(g/株)
病原菌接種前	66.7	45.8	54.2	356
病原菌接種後	66.7	50	50	333
植付前	100	79.2	20.8	208
無処理	100	100	-	101

発病度：発病程度毎に指数を与えて株率と掛け合わせて算出（全根茎の発病面積が50%以上になると100）

防除価：無処理に対して発病度が抑えられた程度（%）

### 社会実装の対象と可能性：

本課題の成果の社会実装は、選抜された菌株の生物農薬としての商品化・利用ですが、そのためには十分な病害防除効果、増殖しやすいことによる製剤化の容易さ、製剤化後の保存性が必要です。防除効果は、ここでのスクリーニング試験の結果から評価できます。また、選抜された菌株の多くは酵母、あるいは大量に胞子を形成する糸状菌であり、増殖性は問題ないと思われます。しかし、酵母とここで選抜された糸状菌の胞子は、既存の製剤化法では保存性が悪く、新たな製剤化方法の研究が必要です。その後、農薬メーカー等によるマーケティング調査、保存性試験、さらには農薬取締法に則った安全性試験等を経て製品化されます。

**研究担当機関名：**農研機構、国立研究開発法人 理化学研究所、群馬県農業技術センター、京都府農林水産技術センター、高知県農業技術センター、出光興産株式会社、埼玉県農業技術研究センター、富山県農林水産総合技術センター、静岡県農林技術研究所、三重県農業研究所

**研究担当者：**窪田昌春（農研機構）

**問い合わせ先：**国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
 野菜花き研究部門 企画連携室（広報）  
 電話：029-838-6575 E-mail：vf-koho@ml.affrc.go.jp

作成日：2019/04

## 新型赤色系防虫ネットを開発、全国販売開始！！

### －赤色系防虫ネットで難防除微小害虫をシャットアウト！！－

試験研究計画名：持続可能な農業生産のための新たな総合的植物保護技術の開発

研究代表機関名：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

#### 背景とわらい：

トマトなどの野菜栽培では、アザミウマ類、コナジラミ類などの微小害虫が多発しています。これら微小害虫は、農薬に対する感受性が低く、農薬に頼った防除には限界が生じています。そこで、これら微小害虫に対して防除効果の高い新型の赤色系防虫ネットを開発しました。新型防虫ネットは、従来の白ネット（縦と横の糸の組合せが白色）とは異なり、縦と横がともに赤色の赤赤タイプと縦が赤で横が黒の赤黒タイプで、2018年1月から全国販売を開始しました（※赤黒タイプは受注販売）。

#### 特長と効果：

0.8 mm目合いの6色（赤白：縦糸を赤、横糸を白で平織りにした防虫ネット、赤赤：縦および横糸ともに赤、赤黒：縦糸が赤、横糸が黒、黒白：縦糸が黒、横糸が白、黒黒：縦および横糸ともに黒、白白：縦および横糸ともに白）の防虫ネットに対する、ネギアザミウマ、タバココナジラミ、ミカンキイロアザミウマおよびヒラズハナアザミウマの侵入抑制効果について調べた結果、それぞれの害虫種に対して侵入抑制効果の高い防虫ネットの糸の組合せが明らかになりました（図1）。次に、施設トマト（図2）および露地ネギ（図3）栽培における実証試験を通じて、新型赤色系防虫ネットとして赤赤タイプと赤黒タイプを開発し、赤赤タイプは2018年1月から全国販売を、赤黒タイプは受注販売をそれぞれ開始しました。また、トマトおよびネギ栽培における技術マニュアル（図4）をそれぞれ作成しました。

海外と勝負できる  
施設園芸

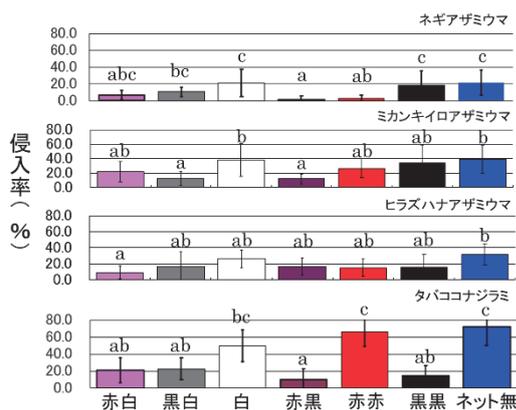


図1 4種微小害虫に対する各種防虫ネットの侵入抑制効果

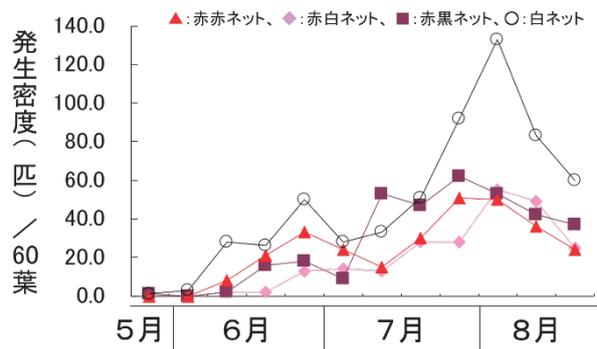


図2 各種防虫ネットを展開した施設栽培トマトにおけるアザミウマ類の発生推移

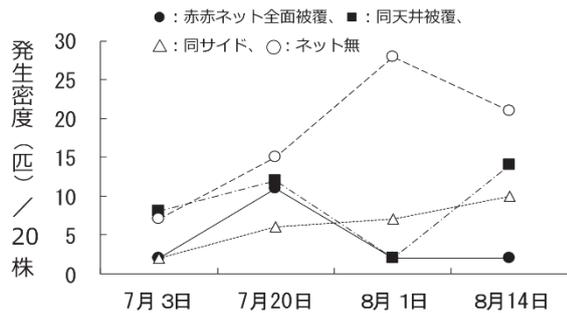


図3 各試験区におけるネギアザミウマの発生推移



図4 技術マニュアル (左: トマト、右: ネギ)

### 社会実装の対象と可能性:

本技術は、「化学合成殺虫剤を半減する新たなトマト地上部病害虫防除体系マニュアル—個別技術集—」および「ネギ栽培における赤色系防虫ネット技術マニュアル」に掲載されています。また、本技術は、各種専門雑誌から生産者向けの一般雑誌にも掲載されていることから、他品目への応用を含め、本技術の社会実装が進むと期待されます。

### 参考文献:

- ・ 徳丸 晋, 上山 博 (2016) JATAFF ジャーナル4 (7):31-34.
- ・ 徳丸 晋 (2017) 現代農業6:210-211.
- ・ 徳丸 晋, 伊藤 俊 (2017) 植物防疫 72:88-91.
- ・ 農研機構(2019)「化学合成殺虫剤を半減する新たなトマト地上部病害虫防除体系マニュアル」
- ・ [http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/pamphlet/tech-pamph/129995.html](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/129995.html) 2019年3月29日 Web公開

**研究担当機関名:** 京都府農林水産技術センター、日本ワイドクロス株式会社

**研究担当者:** 徳丸 晋、伊藤 俊、上山 博、檜垣 誠司、山口 雄也、岩川 秀行、岡留 和伸

**問い合わせ先:** 京都府農林水産技術センター農林センター環境部  
〒621-0806 京都府亀岡市余部町和久成9  
電話: 0771-23-9512 E-mail: s-tokumaru64@pref.kyoto.lg.jp

**作成日:** 2019/04

## 紫色 LED によるタバコカスミカメ誘引・捕集装置の開発

試験研究計画名：持続可能な農業生産のための新たな総合的作物保護技術の開発

研究代表機関名：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とわらい：

タバコカスミカメは、トマトの害虫であるタバココナジラミの有力な天敵です。天敵温存植物を圃場に植えることでタバコカスミカメを増殖させることができますが、害虫のいるトマトへ移動させることは困難でした。そこで、タバコカスミカメが紫色光に強く誘引される性質を利用して、トマト上へ効率的に移動させる「誘引装置」、および天敵温存植物を植えたハウス内でタバコカスミカメを効率的に回収する「捕集装置」を開発しました。

### 特長と効果：

紫色 LED による天敵誘引装置の効果を、茨城県つくば市および徳島県名西郡石井町で評価しました。ソーラー発電による「ポータブル型」誘引装置は、昼間に蓄電した電力を用いて日没後に点灯します（図1左）。光照射区（10mハウス）では、照射翌日にはタバコカスミカメがトマト上に移動を開始し、照射から1ヶ月後には、タバコカスミカメのトマト上の密度は慣行区の約8倍に達しました（図1右）。家庭用AC100V電源が利用可能な「常設型」誘引装置では、より大きな光量が得られます（図2左）。光照射区（20mハウス）では、タバコカスミカメのトマト上への移動拡散が促進されました（図2右）。これらの誘引装置を用いると、タバコカスミカメがトマト上で害虫を待ち伏せし、害虫が低密度の時から捕食するため防除効果が高まります。

また、天敵捕集装置は、天敵温存植物を植えたハウスで増殖したタバコカスミカメを、迅速かつ効率的に捕集するものです（図3左、高知県内での設置例）。2つの筐体を上下に分離するスリット板を差し込んで、捕集したタバコカスミカメを容易に回収することができます（図3右）。

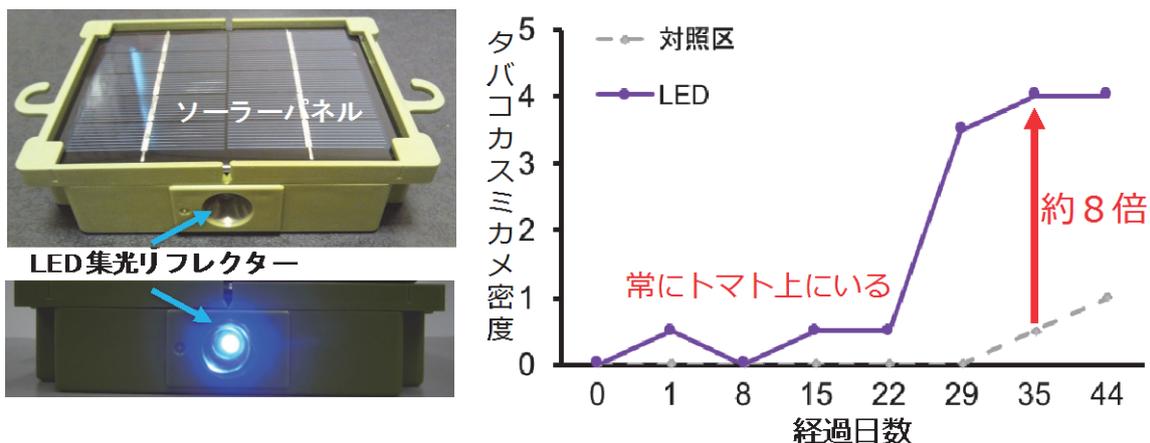


図1 タバコカスミカメ誘引装置（ポータブル型、株式会社シグレイ）

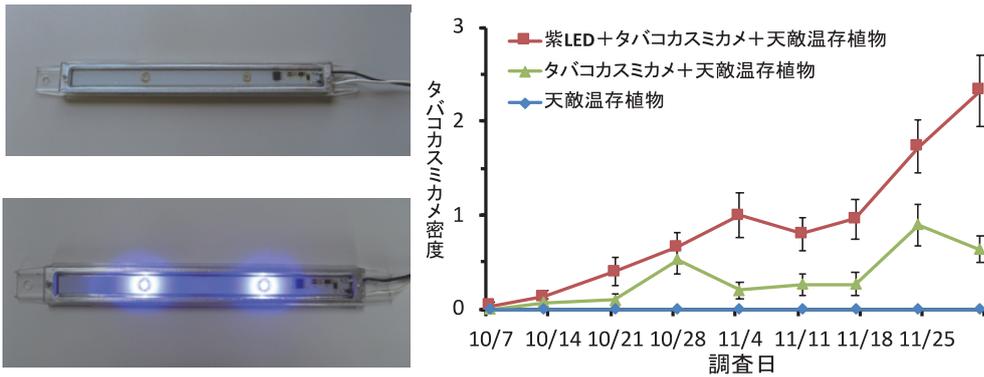


図2 タバコカスミカメ誘引装置（常設型、株式会社ネイブル）



図3 タバコカスミカメ捕集装置（株式会社ネイブル）

### 社会実装の対象と可能性:

「化学合成殺虫剤を半減する新たなトマト地上部病害虫防除体系マニュアル—個別技術集—」では、紫色照射の原理となるタバコカスミカメの行動特性や、紫色LEDを搭載した天敵誘引装置、捕集装置導入に際しての留意点などの技術情報を紹介しており、トマト施設栽培だけでなく、さまざまな栽培体系への応用が期待できます。

### 参考文献:

- ・ 農研機構(2019)「化学合成殺虫剤を半減する新たなトマト地上部病害虫防除マニュアル—個別技術集—」  
[https://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/files/SIPtomatomanual190404-2205s.pdf](https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/SIPtomatomanual190404-2205s.pdf)
- ・ 荻野拓海, 戒能洋一, 霜田政美, 上原拓也, 山口照美 (2018) 植物防疫 72: 103-106

**研究担当機関名:** 農研機構 生物機能利用部門、徳島県立農林水産総合技術支援センター、(株)シグレイ、(株)ネイブル

**研究担当者:** 霜田政美、上原拓也、荻野拓海、中野昭雄、鈴木孝洋、田中正彦 ほか  
(主たる研究担当者のみ記載しています)

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
中央農業研究センター 産学連携室  
電話: 029-838-8481(代表) E-mail: koho-carcc@ml.affrc.go.jp

作成日: 2019/04

## 音響を用いたコナジラミ類の防除技術の開発 — 省力的で環境にも優しい防除を目指して —

試験研究計画名： 持続可能な農業生産のための新たな総合的植物保護技術の開発  
研究代表機関名： 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とわらい：

トマト等の施設果菜類では、コナジラミ類とそれらが媒介するウイルス病害が大きな問題です。コナジラミ類は、おなじカメムシ目のセミのように、腹部から振動信号を発信し、雌雄間で交信しています。そこで、コナジラミ類の交尾には雌雄間の特徴的な振動信号による交信が必要であることを逆用し、まったく新たな発想に基づく防除法を開発しました。すなわち、温室やパイプハウスなど園芸施設内に、擬似的な交信音を照射することによる音響的防除技術です。この技術は、施設内に音を流すだけであり、極めて省力的、かつ環境に優しい防除技術となることが期待されます。

### 特長と効果：

トマトやキュウリなどを生産する園芸施設において、コナジラミの行動をかく乱する音を効率的に照射します。この技術を開発するために、まず、体長1ミリ程度の微小なタバココナジラミが発する振動（音響）を収録し、その音響学的特性を解明しました（図1）。

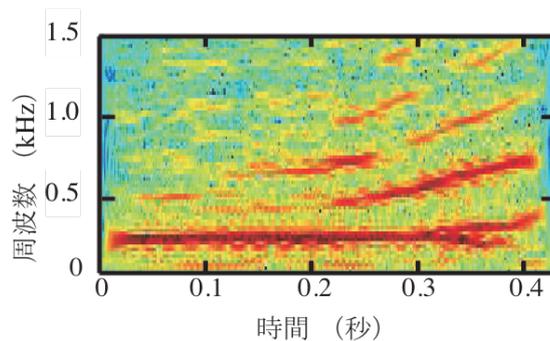


図1. (左) 振動で交信しているタバココナジラミ. (右) 録音された音響の解析例.

また、圃場において疑似タバココナジラミ音を効率よく照射するための装置を作製しました（図2）。この装置は、制御ボックスとスピーカーから構成されます（図2左）。制御ボックスは、分かりやすい操作性と、園芸施設内の高温、高湿度の環境にも問題なく機能する耐久性を備えます。スピーカー一部は、水濡れ等からスピーカーを保護するとともに、少ない台数で園芸施設内に効率よく音を照射できるように、形状に工夫がなされています（図2右）。また、発生するコナジラミ種やバイオタイプに応じて、最適な音を任意の時間周期で発生させることが容易にできる操作プログラムを搭載し、生産者の方に手軽にお使いいただけることを目指しています。



図2 園芸施設用コナジラミ類音響防除装置

**社会実装の対象と可能性:**

本装置を適用する作物は、タバココナジラミ、およびトマト黄化葉巻ウイルス (TYLCV) による病害が問題となっているトマトを想定しています。また、トマトを生産する園芸施設だけでなく、トマトの育苗施設においても、タバココナジラミの混入と増殖のリスクを下げるために有用と考えられます。将来は、同じくコナジラミ類と媒介ウイルスの発生が問題となるキュウリ、メロン等での利用も期待されます。

**参考文献:**

- ・ Miyamoto et al. (2017) EFITA WCCA 2017 Conference, Paper number 93.
- ・ Nakabayashi et al. (2016) International Conference on Agricultural Engineering (CIGR), ID. 486, Available from: CIGR-2016 Full Papers.

**研究担当機関名:** 農研機構 中央農業研究センター、筑波大学、ホルトプラン合同会社、埼玉県 (農業技術研究センター)、農研機構 農村工学研究部門

**研究担当者:** 農研機構 久保田 健嗣、石井雅久、筑波大学 水谷 孝一、海老原 格、ホルトプラン合同会社 林 泰正、埼玉県 宇賀 博之

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
中央農業研究センター 産学連携室  
電話 : 029-838-8481 (代表) E-mail: koho-carc@ml.affrc.go.jp

**作成日:** 2019/04

## 新規土壌還元消毒資材「糖含有珪藻土」

### －処理が容易で圃場の深層部まで高い消毒効果－

試験研究計画名：持続可能な農業生産のための新たな総合的植物保護技術の開発

研究代表機関名：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

#### 背景とわらい：

近年、土壌病害虫の防除対策として易分解性の有機物を利用した土壌還元消毒が開発され、環境にやさしい消毒法として普及が進んでいます。しかしながら、米ぬかやフスマを用いた土壌還元消毒は、圃場の深層部に存在する青枯病菌や線虫等に対する消毒効果が不十分です。また、糖蜜の還元消毒は深層部の消毒効果が高いものの、重労働である糖蜜の希釈作業や液肥混入器の利用等が普及の妨げとなっています。そこで処理作業が容易で深層部まで還元消毒効果の高い新規資材の開発を行いました。

#### 特長と効果：

新規資材「糖含有珪藻土」は、資源循環型のアミノ酸生産サイクルにおいて、糖化液を濾過する工程の副生物として産出されます（図1）。本資材はタピオカスターチ糖化液由来の糖と濾過助剤である珪藻土を主成分とします。



図1 糖含有珪藻土

処理方法と資材の特徴・・・糖含有珪藻土は、①圃場に散布、耕耘機で混和、②ビニール被覆後に灌水チューブで灌水することで糖が溶解、③糖を含む灌がい水が深層まで移行することで、深さ60cmまで還元消毒することができます（図2）。米ぬかやフスマを用いた土壌還元消毒を実施している生産者は、本資材に替えるだけで深層まで効果の高い消毒技術を導入できます。



図2 糖含有珪藻土を用いた新規土壌還元消毒

土壌病害虫に対する防除効果・・・糖含有珪藻土（1t/10a以上）を用いた土壌還元消毒（6月～9月処理、地温30℃以上）により、圃場60cmの深層まで還元化し、深層の青枯病菌および線虫密度が検出限界以下まで低下します。消毒後に栽培したトマトは、青枯病の発生および根こぶの形成がほとんど認められず（図3～5）、その効果は2作以上持続しま

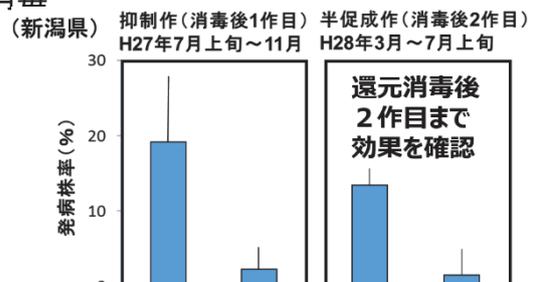


図3 新規土壌還元消毒の青枯病に対する防除効果



図4 青枯病に対する防除効果



図5 根こぶに対する新規土壤還元消毒の抑制効果

す(図3)。また、青枯病対策技術である「高接ぎ木栽培」と組み合わせた新防除体系により、土壌病害虫に対する防除効果が安定化し持続性も高まります。

### 社会実装の対象と可能性:

対象は全国のトマト生産者や生産団体です。「糖含有珪藻土」は、九州地域では味の素(株)九州事業所、他地域では味の素グループのタイ国FD Green社から供給の予定です。地温30℃以上が確保できる6月~9月に新規土壤還元消毒処理を推奨します(夏秋作型では1作休閑、もしくは他品目を消毒期間以外に栽培)。上記の新防除体系は、青枯病等の土壌病害虫に起因する収穫量減少に悩む生産者(特に慣行防除が効かなくなっている地域)の農業所得復元に向けて有用であることが経済性評価から明らかになっています。新規土壤還元消毒の導入に当たっては複数作での適用により1作当たりの負担を減らすことも必要です。

### 参考文献:

- ・新規土壤還元消毒を主体としたトマト地下部病害虫防除体系マニュアル(2019)「技術版」&「地域版(北日本、関東、北信越、東海、西日本)」  
[http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/pamphlet/tech-pamph/130490.html](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/130490.html)

**研究担当機関名:** 農研機構、理化学研究所、北海道立総合研究機構道南農業試験場、青森県産業技術センター野菜研究所、千葉県農林総合研究センター、新潟県農業総合研究所、富山県農林水産総合技術センター、石川県農林総合研究センター、岐阜県農業技術センター、和歌山県農業試験場、熊本県農業研究センター、味の素(株)、(株)日本総合研究所

**研究担当者:** 中保 一浩、井上 康宏、植原 健人、井原 啓貴、李 哲揆、飯田 敏也、大熊 盛也、三澤 知央、青木 元彦、角野 晶大、美濃 健一、加賀 友紀子、新藤 潤一、鐘ヶ江 良彦、前田 征之、川部 眞登、吉田 佳代、八尾 充睦、村元 靖典、渡辺 秀樹、棚橋 寿彦、林 佑香、江口 武志、武田 泰斗、下野 雄介

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
中央農業研究センター 産学連携室  
電話: 029-838-8481(代表) E-mail: koho-carc@ml.affrc.go.jp

作成日: 2019/04

## できました！イチゴの病害虫防除マニュアル —紫外光照射で病害虫を抑制—

試験研究計画名：持続可能な農業生産のための新たな総合的植物保護技術の開発  
研究代表機関名：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とわらい：

紫外光照射と光反射シートの組み合わせにより、施設イチゴ栽培の難防除病害虫であるイチゴうどんこ病とハダニを同時に防除できる技術を開発しました。施設イチゴ栽培は、全国各地で多様な品種や栽培方式により栽培されています。そこで、地域別に開発技術の実証試験を実施し、共通の課題と地域特有の課題を明らかにし、それぞれに必要な解決手法を確立しました。これにより、イチゴの減農薬・安定生産が可能となります。また、速やかな現地普及を図るため、マニュアルを策定しました。

### 特長と効果：

紫外光照射を基幹とした病害虫同時防除技術を全国各地で適用するため、各道県において、作型、品種、日照などが異なる様々な条件下で実証試験を行いました（図1）。光反射シートの効率的な設置方法や天敵カブリダニとの併用によるハダニ防除効果の安定化など、得られた成果を基に、病害虫防除に関する薬剤散布回数を慣行の7割削減とする「イチゴの病害虫防除体系マニュアル」（技術編と各地域事例編）を作成しました（図2）。

海外と勝負できる  
施設園芸

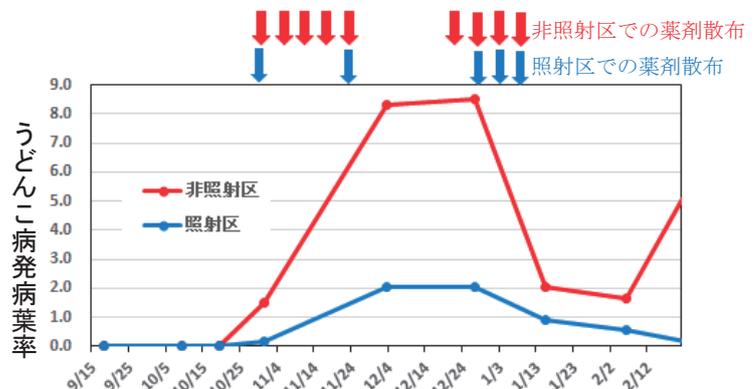
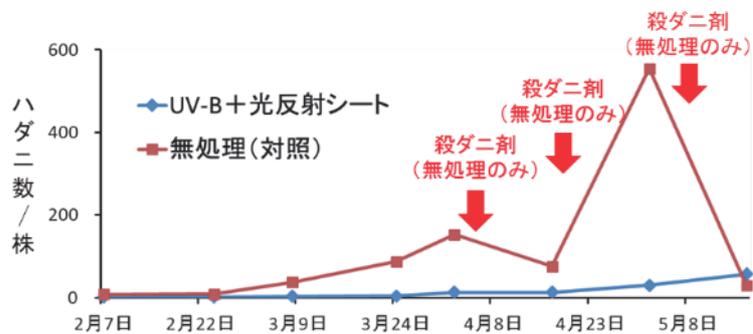


図1 現地実証圃場（左上：兵庫県の土耕栽培、左下：香川県の高設栽培）と病害虫防除結果（右上：兵庫県のハダニ防除結果、右下：香川県のうどんこ病防除結果）



図2 「紫外光照射技術を基幹としたイチゴの病害虫防除マニュアル」の表紙

### 社会実装の対象と可能性:

マニュアルの技術編では、紫外光照射による防除のメカニズムから紫外光照射の方法および現地導入に際しての共通の留意点などの技術情報を、各地域事例編では、地域別の導入事例や経営評価を紹介しています。高設・土耕それぞれの栽培方法に対応しており、全国各地の施設イチゴ生産者へ速やかに普及できると考えられます。

### 参考文献:

- ・ 紫外光照射を基幹とした イチゴの病害虫防除マニュアル(2019) : [https://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/pamphlet/tech-pamph/130266.html](https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/130266.html) 2019年3月29日 Web公開

**研究担当機関名:** 北海道立総合研究機構道南農業試験場、農研機構 果樹茶業研究部門、千葉県農林総合研究センター、静岡県農林技術研究所、兵庫県立農林水産技術総合センター農業技術センター、香川県農業試験場、長崎県農林技術開発センター、農研機構野菜花き研究部門、宮崎大学農学部、京都大学大学院農学研究科、(株)光波、JRC S株式会社、東北学院大学

**研究担当者:** 青木 元彦、三澤 知央、中野 亮、上地奈美、大坂 龍、高橋 真秀、清水 健、中田 菜々子、久保 周子、大谷 徹、河名 利幸、伊東 靖之、斉藤 千温、片山 晴喜、伊代住 浩幸、土井 誠、内橋 嘉一、松浦 克成、吉田 和弘、山本 晃一、田中 雅也、神頭 武嗣、柳澤 由加里、富原 工弥、西村 文宏、佃 晋太郎、中井 清裕、相澤 美里、森 充隆、江頭 桃子、中村 吉秀、佐藤 衛、松下陽介、竹下 稔、刑部 正博、細川 宗孝、岩崎 大樹、伊藤 彰夫、武藤 明伯、佐藤 政博、武井 優子、松尾 行雄

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
中央農業研究センター 産学連携室  
電話 : 029-838-8481(代表) E-mail:koho-carc@ml.affrc.go.jp

作成日: 2019/04

## お待たせしました、害虫忌避超音波発生装置を試験販売！

試験研究計画名：持続可能な農業生産のための新たな総合的植物保護技術の開発

研究代表機関名：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とわらい：

農業害虫であるヤガ類は、夜間圃場に飛来し、産みつけられた卵から孵化した幼虫が作物の葉などを食べることで被害をおよぼします。従来、圃場でヤガ類の卵塊・幼虫および食害を発見した場合、殺虫剤の散布などで対処していましたが、しかし、これでは生産者の労働負担は減らず、殺虫剤によるミツバチなど益虫への悪影響も心配されます。そこで、ヤガ類が忌避する超音波を利用して飛来を抑制する装置を開発し、ハスモンヨトウ等の防除効果をイチゴ圃場で実証しました。ビニルハウスの側窓に向けて超音波を照射するのに最適な設計で、被害の原因となる幼虫の発生を『予防』することで、防除作業を軽減します。

### 特長と効果：

北海道など5地域で圃場試験を実施したところ（表1）、茨城県つくば市および北海道北斗市の単棟ハウスで効果が確認され（表1、図1）、害虫忌避超音波発生装置（図1）を設置することでハスモンヨトウの卵塊数を96%抑制、殺虫剤の散布回数を4→1回に削減、およびヨトウガによる食害開始時期を12日程度遅らせ最終的に食害株率を1/3に抑制、などの結果が得られました。これらに基づき、超音波を利用した防除マニュアル（図2）を作成しました。天窗を有する連棟ハウスでの評価では、天窗からの侵入による影響が大きいことから明確な卵塊数抑制効果は得られませんでした。連棟ハウス等の天窗に向けた対応については、現在検討中です。

2018年度いちご圃場試験

評価場所	対象害虫	設置場所	結果
北海道	ヨトウガ	単棟ハウス	食害発生が2週間遅い 食害株率が1/3程度
栃木	ハスモンヨトウ	連棟ハウス天窗あり	効果は実感できない
茨城	ハスモンヨトウ	単棟ハウス	96%減
千葉	ハスモンヨトウ	連棟ハウス天窗あり	抑制効果は小さい
静岡	オオタバコガ	連棟ハウス天窗あり	対照区も被害少ない 効果は判別できない

表1 圃場での防除評価試験の結果

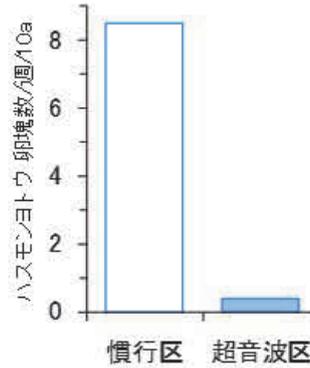


図1 害虫忌避超音波発生装置（左）によるハスモンヨトウの防除効果（右）

### 6 超音波による防虫装置

**超音波でヤガ(夜蛾)の被害を抑制できる理由**  
ヤガなどの蛾は、超音波を出しながら虫を捕食するコウモリから逃れるために耳を持つようになり、超音波から逃げるなどの行動をとります。この習性を利用して、本装置を圃場周辺に設置することで、ハスモンヨトウやオオタバコガなどを中心とした蛾類害虫を圃場に近づかせないことができます。

ハスモンヨトウの卵塊(左図)、幼虫(中央図)、成虫(右図) (提供: 農研機構)

**効果と制限**  
ヤガの多くが透糸に食ぶ日没前～夜間に超音波を発生させることで、メスが圃場へ近づくのをおさえ、作物への産卵を防ぎます。超音波に幼虫は影響しないため、ヤガ成虫の発生数が多くなる前に本装置を設置しておくことが重要です。

**システム構成**

**制御装置(本体)**  
最大でも100mの範囲で一斉に制御できます。圃場に設置する際、自作ボックス等に収納して使用することを推奨します。  
サイズ: 110 × 110 × 30mm (完成品含まず)

**ケーブル**  
装置本体(左図)とスピーカー(右図)を接続します。使用できるケーブルは最大で200mとなります。

**防虫スピーカー**  
ビニールハウスでの使用に最適化されています。※半年間80%以上超音波を発生し、また、農家の中央付近の隅々に設置する必要があります。  
サイズ: 210 × 110 × 30mm (コトのみ含まず)

**※注意事項**  
超音波の伝播は障害物によって容易に遮断されます。作物が成長してスピーカーの高さまで達する場合は、超音波の伝播が妨げられます。作物種、栽培方法ごとに設置方法の検討が必要となります。

### 土耕イチゴ栽培での使用例

- 圃場の四隅付近にスピーカーを設置
- スピーカーは結露でハウス天井から吊り下げ、側面の中央付近の高さに設置
- 単相100V交流電源(50/60Hz)で駆動
- 17:00～翌6:00頃に動作するよう、市販の24時間タイマーを使用
- ミヅナシによる授粉を妨げず、着果率に悪影響は見られません

**上記事例における防除結果(ハウス内の卵塊数)**

● 10月下旬に本圃へシステムを導入、翌週は卵塊数が70%減少(左上図)

● 定植直後に導入、卵塊数は2016年度の設置前と比べ96%減少(左下図、右図)

● ハスモンヨトウ防除薬剤散布回数を4～1回に削減

ハスモンヨトウ卵塊数の推移  
本項目のお問い合わせ先: JRCS株式会社 圧電事業部 圧電課  
東北学院大学情報科学科 松尾研究室

図2 防除マニュアル

海外と勝負できる  
施設園芸

### 社会実装の対象と可能性:

本技術は、「紫外光照射を基幹としたイチゴの病害虫防除マニュアル～技術編～」およびいくつかの地域事例編に掲載されています。地域における導入事例から経営評価までを網羅していることから、本技術の社会実装の加速が期待されます。

### 参考文献:

- ・ 紫外光照射を基幹としたイチゴの病害虫防除マニュアル(2019) : [https://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/pamphlet/tech-pamph/130266.html](https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/130266.html) 2019年3月29日 Web公開

**研究担当機関名:** JRCS 株式会社、東北学院大学、農研機構 果樹茶業研究部門

**研究担当者:** 伊藤 彰夫、佐藤 政博、松尾 行雄、中野 亮

**問い合わせ先:** JRCS 株式会社圧電事業部圧電課

〒029-3207 岩手県一関市花泉町油島字内別当 19-1

電話: 0191-34-5020 または <https://www.jrcs.co.jp/contact/>

(圧電・センサ事業お問い合わせフォーム)

作成日: 2019/04

## 赤色 LED によるアザミウマ防除

試験研究計画名：持続可能な農業生産のための新たな総合的植物保護技術の開発

研究代表機関名：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とわらい：

アザミウマ類は野菜・花き類の難防除害虫です。とくにミナミキイロアザミウマ（以下、ミナミキイロ）はナスやピーマン、キュウリ、メロンなどの果菜類を好み、葉や果実に傷をつけます。西日本各地で被害が拡大している原因として、微小害虫であること、短時間で増殖すること、薬剤抵抗性を発達させていることなどが挙げられます。ミナミキイロを効果的に防除するためには、農薬のみに頼らない防除技術の開発と実用化が必要です。

### 特長と効果：

大阪府と静岡県はそれぞれナスとメロンで、赤色 LED を照射した株では照射しない株に比べミナミキイロの生息密度が低く抑えられることを明らかにしました。この現象のメカニズムは農研機構野菜花き研究部門の室内実験により明らかにされ、日中に赤色光を照射するとミナミキイロが植物体の緑色を識別することが困難となり（図 1）、植物体への誘引や定着が妨げられ、雌成虫の産卵機会が減少し、次世代幼虫数が減少することに起因しています。

赤色 LED の利用ポイントは以下が挙げられます。①ピーク波長は 660nm を使用します、②照射強度は作物上で  $1 \times 10^{18}$  photons  $\cdot$  m<sup>-2</sup>  $\cdot$  s<sup>-1</sup> を確保します、③照射時間は日中 12 時間程度で、最低気温が 20°C を超える時期には日の出 1 時間前から日の入 1 時間後まで照射します、④ミナミキイロ以外にミカンキイロアザミウマでも同様の効果が確認されています、⑤赤色 LED の照射は捕食性天敵スワルスキーカブリダニの捕食行動に悪影響を及ぼしません。

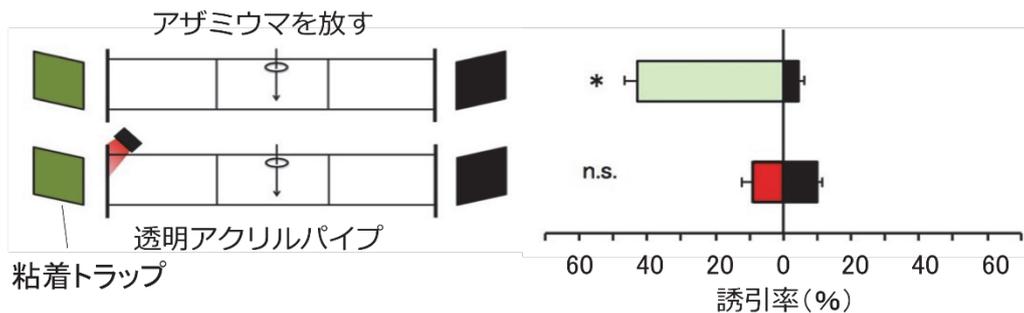


図 1 赤色 LED 照射によるアザミウマのトラップ誘引率の変化

大阪府富田林市の半促成栽培ナスにおいて 2018 年 3 月に赤色 LED 装置（波長 660nm）を設置し、日中に 12～13 時間照射したところ、6 月 7 日のアザミウマ類の生息密度は無照射区 I および無照射区 II より顕著に低く抑えられました（図 2）。赤色 LED の照射がナスの生育や果実の収量、品質に及ぼす悪影響は認められませんでした。

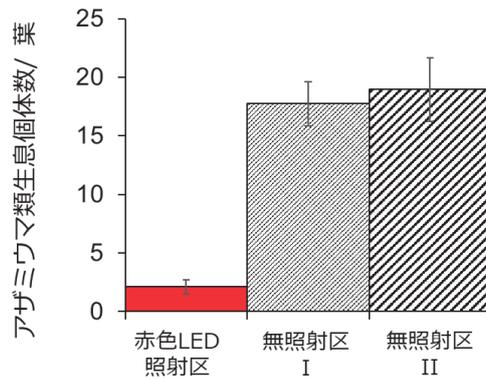


図2 赤色LEDによる施設ナスのアザミウマ類の密度抑制効果

### 社会実装の対象と可能性:

2019年4月現在、共同研究機関の株式会社光波が赤色LEDを用いた装置の商品化に向けて取り組んでおり、2019年内には製品が販売される予定です(写真1)。装置は赤色LED光源と専用電源BOXからなり、施設内1.8~2mの高さにワイヤーを張り、光源を吊り下げて設置し、専用電源BOXとタイマーを通してAC100Vの電源につないで照射します(写真2)。また、農研機構野菜花き研究部門や静岡県と連携して赤色LEDの利用マニュアルを作成中です。具体的な設置方法や効果的な利用方法などは利用マニュアルを参照してください。



写真1 赤色LED装置



写真2 施設キュウリでの照射状況

海外と勝負できる  
施設園芸

### 参考文献:

- ・ 片井祐介, 石川隆輔, 土井 誠, 増井伸一 (2015) 応動昆 59:1-6.
- ・ Murata et al. (2018) Appl. Entomol. Zool. 53:117-128.
- ・ 柴尾 学, 田中 寛 (2015) 応動昆 59:7-9.

**研究担当機関名:** 大阪府立環境農林水産総合研究所、農研機構 野菜花き研究部門、静岡県農林技術研究所、(株)光波

**研究担当者:** 柴尾 学、城塚可奈子、金子修治、太田 泉、村田未果、片山晴喜、土井 誠、岩崎大樹

**問い合わせ先:** 地方独立行政法人 大阪府立環境農林水産総合研究所食と農の研究部防除グループ 電話: 072-979-7037  
E-mail: ShirotsukaK@mbox.kannousuiken-osaka.or.jp

作成日: 2019/04

## トマト栽培の脅威 タバココナジラミとトマト黄化葉巻病対策に！ —コナジラミ類忌避剤の開発—

試験研究計画名：持続可能な農業生産のための新たな総合的植物保護技術の開発  
研究代表機関名：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とねらい：

微小昆虫であるタバココナジラミは植物病原ウイルスをトマト等に伝播しますが、その中でも“トマト黄化葉巻病”はトマト栽培における最大の阻害要因の一つです。原因であるトマト黄化葉巻ウイルスの伝播を防ぐために化学殺虫剤が利用されてきましたが、本害虫の薬剤耐性により、なかなか感染を防ぐことはできません。

一方、コナジラミに対し、作物に噴霧することで忌避行動を引き起こす物質が食品添加物より見つかっています。そこで、タバココナジラミの行動を制御することで、トマト黄化葉巻ウイルスの伝播を抑制する新技術を開発しました。新技術のねらいは、安全安心な食品添加物（アセチル化グリセリド：AG）を利用し、タバココナジラミの行動をかく乱することで、①トマトへの植物ウイルスの伝播を抑制すること、②地域全体の感染リスクを減らすことです。この新技術を中心とした総合的防除体系により、安定的なトマト生産に貢献することができます。

### 特長と効果：

#### ① トマト黄化葉巻ウイルスの伝播を抑制する

神奈川県、広島県、熊本県などの現地トマト農家（冬春栽培）にて、2つの隣接したハウス（1. 慣行防除区 2. 慣行防除剤にAGを混用した区）を設けて比較しました。その結果、「慣行防除剤+AGの混用」のトマトのウイルス感染株率は、慣行防除区の約1/2-1/3に抑えられました（図1）。

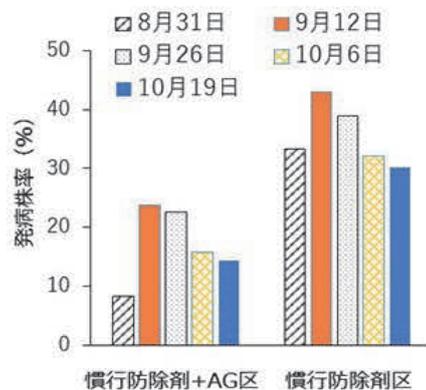


図1 慣行防除剤と慣行防除剤にAG混用した場合での経時的発病株率の推移

#### ② 地域全体の感染リスクを減らす

[タバココナジラミ数を減らす]

冬春トマト栽培では春先の温度上昇によりタバココナジラミが増えることで、次作への持ち越しが懸念されています。熊本県の現地トマト農家（試験期間：1月中旬から6月初旬）にて慣行防除剤とAGの混用散布（AG計7回散布）をしました。その結果、5-6月頃には、慣行防除剤+AG混用区のタバココナジラミの密度は、慣行防除剤区の約1/20に抑制されました（図2）。地域全体での植物病原ウイルスの蔓延対策の一助になると期待されます。

[ウイルス保毒虫率を減らす]

予め、感染トマトにAGを処理した後、タバココナジラミ成虫を放飼するとウイルスを保毒する成虫の割合が低下し、さらに、これら保毒虫によるウイルスの伝播は抑えられ、トマトの感染株率も低くなりました。



図2 慣行防除剤と慣行防除剤にAGを混用した場合での経時的なタバココナジラミ密度の推移

### ③ その他の特徴

- ・ 効果の持続期間は約1週間です。浸透移行性が乏しいため葉裏まで丁寧に散布する必要があります。
- ・ すず果や着色異常果の発生抑制に効果があります。
- ・ 訪花昆虫や天敵生物への影響は少ない。
- ・ 混用適否表（殺虫剤24剤、殺菌剤18剤：本資料作成時）があります。
- ・ 直接的な殺虫効果がないため、薬剤抵抗性発達の懸念が少ないと考えられます。

### 社会実装の対象と可能性:

この行動制御剤AGは「ベミデタッチ<sup>®</sup>乳剤」として2019年6月に販売予定（下表は農薬適用表）になっています。

作物名	適用害虫名	希釈倍率	使用液量	使用時期	本剤の使用回数	使用方法	総使用回数*
トマト ミニトマト	コナジラミ類	500倍	100-300 L/10a	収穫前日まで	—	散布	—

\*印はグリセリン酢酸脂肪酸エステルを含む農薬の総使用回数の制限を示す。

平成30年10月29日付の登録内容に基づいている。

### 参考文献:

- ・ 農研機構(2019)「化学合成殺虫剤を半減する新たなトマト地上部病害虫防除体系マニュアル」[http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/pamphlet/tech-pamph/129995.html](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/129995.html)
- ・ アセチル化グリセリド（ベミデタッチ<sup>®</sup>乳剤）利用技術マニュアル（2019年度公開予定）

**研究担当機関名:** 農研機構 中央農業研究センター、九州沖縄農業研究センター、神奈川県農業技術センター、静岡県農林技術研究所、三重県農業技術研究所、広島県立総合技術研究所、熊本県農業研究センター、石原産業（株）

**研究担当者:** 北村登史雄、大西純、大矢武志、土井誠、斉藤千温、中野亮平、西野実、松浦昌平、亀井幹夫、古家忠、加嶋崇之、上宮健吉、森戸梓

**問い合わせ先:** 石原バイオサイエンス株式会社 普及部  
電話：03-6256-9170 <http://ibj.iskweb.co.jp/>

作成日：2019/04

## 植物が本来持っている力を高めて害虫を忌避 —アザミウマ類忌避剤の開発—

試験研究計画名：持続可能な農業生産のための新たな総合的植物保護技術の開発  
研究代表機関名：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とわらい：

近年、農作物の生産現場では害虫の殺虫剤抵抗性が深刻な問題となっています。特に、難防除害虫として国内外で猛威をふるうアザミウマ類は高度な殺虫剤抵抗性を発達させており、その防除は困難を極めています。アザミウマ類は寄主範囲が広く、多くの野菜から果樹、花きまで、その経済被害は甚大です。さらに、植物ウイルスの媒介虫でもあることから、ひとたび大型施設園芸などにアザミウマ類が侵入すると壊滅的な被害に至ってしまいます。そこで我々は、アザミウマ類を対象とし、殺すのではなく、行動を制することを目的とした忌避剤の開発を行いました。ジャスモン酸類縁体であるプロヒドロジャスモン（PDJ）を植物体に散布することで、植物側のアザミウマに対する忌避力が高まり実用的な防除が可能となることが分かりました。自然界の生命システムを活用したこのような害虫防除は、虫の「好き嫌い」に基づく行動に依存しており、殺虫剤抵抗性の発達とは無縁と考えられます。PDJはアザミウマ以外の害虫に対しても忌避効果を有することが認められており、今後、様々な技術と組み合わせることで、画期的な技術につなげることが可能です。

### 特長と効果：

#### アザミウマ忌避剤の効果

施設栽培トマトを用いてPDJ散布によるアザミウマ忌避効果の実証試験を実施しました（写真1、実証試験風景）。PDJを前もってトマト植物に散布することにより、植物が持っている害虫に対する防御力を高めることで、アザミウマを忌避させることができます。本試験では、一定濃度でPDJを散布した後、ミカンキイロアザミウマに対する防除効果を調べました。その結果、PDJ散布により、既存の殺虫剤と同程度のアザミウマ防除効果を得ることができました。神奈川県および広島県で実施した試験結果を図1および図2に示しました。同様な試験は茨城県においても実施しています。PDJ散布区（■忌避剤）においては、何も散布しなかった無散布区（■無処理）に比べて有意にアザミウマ個体群を減少させることができ、その効果は既存殺虫



写真1 実証試験風景

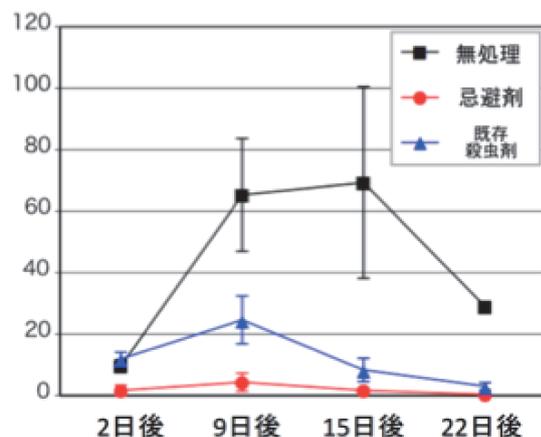


図1 10株あたりのアザミウマ成幼虫数

剤（■）と同様でした。PDJ 剤は、散布を複数回行うことにより、より強い忌避効果をうみだします。また、その忌避作用により、散布直後から植物体上のアザミウマの定着を抑えることができるという、既存殺虫剤では見られない作用があることも大きな特徴です。この特徴により、アザミウマが媒介するウイルス病の感染率を軽減する効果も認められています。

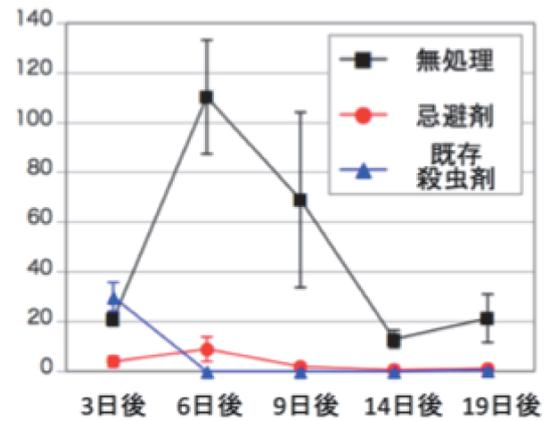


図2 10株あたりのアザミウマ成幼虫数

### 社会実装の対象と可能性:

PDJのアザミウマ忌避効果については、平成30年6月9日に農林水産消費安全技術センター（FAMIC）へ適用拡大を申請しました。今後、認可取得後にアザミウマ忌避剤として社会実装することになります。

### 参考文献:

- ・安部洋ら（2018）JATAFF ジャーナル 6:42-46.
- ・安部洋ら（2018）植物防疫 72:15-19.

**研究担当機関名:** 理化学研究所 バイオリソース研究センター実験植物開発室、農研機構、Meiji Seika ファルマ社、日本ゼオン社（研究協力機関：神奈川県農業技術センター、広島県立総合技術研究所）

**研究担当者:** 安部洋、櫻井民人、三富正明、梅村賢司、腰山雅巳ほか  
（主たる研究担当者のみ記載しています）

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 理化学研究所 バイオリソース研究センター  
〒305-0074 茨城県つくば市高野台 3-1-1  
電話：029-836-9189 E-mail：ahiroshi@rtc.riken.jp

作成日：2019/04

## 植物の活力を高めて病気に強い体を作ります！

試験研究計画名：持続可能な農業生産のための新たな総合的植物保護技術の開発

研究代表機関名：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

### 背景とわらい：

近年、ヒトの免疫と同様に、植物も類似した免疫機構を有することが明らかになってきています。植物自身が備えている病気に対するこうした“抵抗力”を強化することで病気にかかりにくくなり、病害による生産量損失の抑制と、従来の殺菌性農薬の使用量の大幅な削減が期待されています。また、これにより、環境への負荷を軽減しつつ、植物を通した循環型社会の構築が期待できます。

### 特長と効果：

これまでに様々な資材に植物の活力を高めて病気にかかりにくい植物体を作る効果が知られていますが、私たちはさらに、肥料の構成要素や、食品・サプリメント由来の資材、アミノ酸、食品製造過程で産出される副生物などを中心に成分を検討し、新規の“植物活力剤”を開発しました（図1）。この新規植物活力剤をイチゴ（品種：女峰）に葉面散布した3日後にイチゴ炭疽病菌を接種しても、イチゴは健全なままでした（図2）。

イチゴに紫外線（UV-B）を照射すると、植物の病気に対する抵抗性が活性化され、うどんこ病などの発生が抑制されます。私たちは、新規植物活力剤の散布とUV-B照射を併用することで、健全なイチゴの割合が高くなり、農薬の使用量を減らせることも明らかにしました（図3）。

微量元素、有機成分、食品添加物など  
植物の健全な生育を助ける原料を厳選



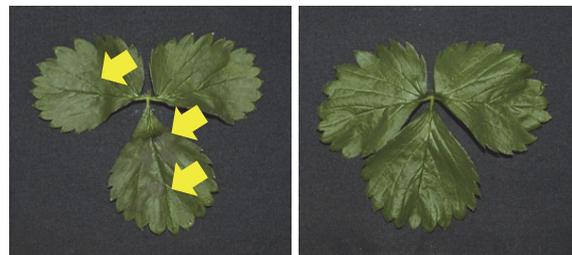
安心安全な成分を用いてカクテルを作製



植物の活力を高めて健全に生育させ、  
環境にやさしい「植物活力剤」の完成

植物活力剤は微量元素により、植物の栄養状態を改善し、植物の活力を高める資材です

図1 植物活力剤について



散布無し  
(発病)

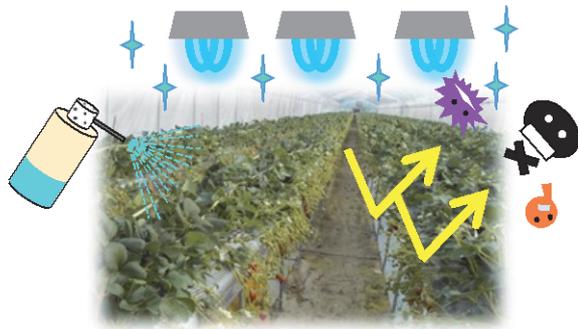
植物活力剤を散布  
(健全)

炭疽病接種6日後の葉の状況

(矢印は感染部位を示す)

図2 植物活力剤の効果

海外と勝負できる  
施設園芸



植物活力剤により健全に生育させる  
UV-B照射との併用でさらに効果アップ！

図3 UV-B照射と植物活力剤を併用



図4 植物活力剤による発根促進

植物活力剤を散布した親株から切り離れた挿し苗では、発根が促進され、活着が早くなる現象も見られました（図4）。

このように植物活力剤をイチゴに散布することで、イチゴの生育に必要な成分を補うことができ、健全な生育を助け、活力を高めた植物体を作ります。本成果により、減農薬または無農薬栽培を促進し高付加価値化によるブランドイチゴの生産に貢献します。

### 社会実装の対象と可能性:

植物活力剤は、植物に必要な微量元素やアミノ酸などをほどよく配合した資材です。植物に必要な成分を補うことで、健全な生育を助け、活力を高めた植物体を作ります。本剤は、片倉コープアグリ株式会社から全国で販売を予定しています。本剤は、作物全般に使用できます。

**参考文献:** ・鳴坂義弘, 鳴坂真理 (2018) 植物防疫 72:511-515.

**研究担当機関名:** 岡山県農林水産総合センター、片倉コープアグリ株式会社、名古屋大学大学院生命農学研究科

**研究担当者:** 岡山県農林水産総合センター 鳴坂義弘、鳴坂真理、片倉コープアグリ株式会社 野口勝憲、紀岡雄三、谷口伸治、石川美友紀、名古屋大学 吉岡博文、吉岡美樹

**問い合わせ先:** 岡山県農林水産総合センター生物科学研究所  
電話 : 0866-56-9450、E-mail : yo\_narusaka@bio-ribs.com

**作成日:** 2019/04

## 塊茎・土壌微生物相改善による健全ジャガイモの増収 —新規栽培体系の開発—

試験研究計画名：持続可能な農業生産のための新たな総合的植物保護技術の開発  
研究代表機関名：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

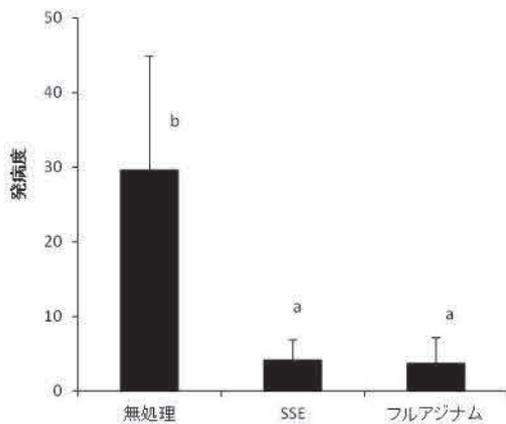
### 背景とわらい：

ジャガイモそうか病（以下そうか病）は塊茎表面に直径5～10mm程度のコルク化したかさぶた状の病斑が形成され、外観形質や品質が低下し、商品価値も大きく損なわれる病気です。そうか病の伝染経路としては播種する種いもにそうか病菌が付着する種いも伝染と、植え付ける土壌中に生息するそうか病菌の感染により発生する土壌伝染の二つがあります。化学農薬を使わないジャガイモそうか病防除の研究として、種いも伝染と土壌伝染を抑制する有機物の探索と選抜を行い、それらを組み合わせた健全なジャガイモの増収のための栽培体系を開発しました。

### 特長と効果：

大麦発酵濃縮液（商品名：ソイルサプリエキス、片倉コープアグリ株式会社製、以下SSEと略記）は、焼酎製造過程の副産物のみを原料とし、有機JAS規格に適合した市販品です。罹病種いもをSSE（5倍希釈液）でコーティング処理後（浸漬処理後）に土壌消毒した試験区で栽培したところ、無処理に比べてそうか病の発生は著しく抑制され、その程度は一般的な化学農薬による種いも浸漬処理と同等であり（図1）、化学農薬に比べて半分以下のコストに抑えられました（特許第6154849号・論文1）。

(A) 各処理区のそうか病発病度



(B) 各処理区のそうか病発病状況



図1. SSE種いもコーティング処理によるそうか病抑制効果  
異なる英小文字間に5%の危険率で統計的な有意差有り

次に、そうか病の土壌伝染を抑制する有機物として米ぬかを種いも播種直前に全層施用（10a当り200～300kg）すると、そうか病が軽減することを明らかにし、そうか病の抑制効果を説明する主要な要因としてグラム陽性細菌、特にそうか病菌を抑制する有用な *Streptomyces* 属細菌群が米ぬかの施用により土壌中で増加することを明らかにしま

した（論文2）。さらに、米ぬかに SSE を添加した有機質の肥料（商品名：ソイルサブリミックス、片倉コープアグリ株式会社製、以下 SSM と略記）と、SSE 種いもコーティング処理を組み合わせることにより安定的な健全ジャガイモの増収が可能であることも明らかにしました（図2・論文3）。

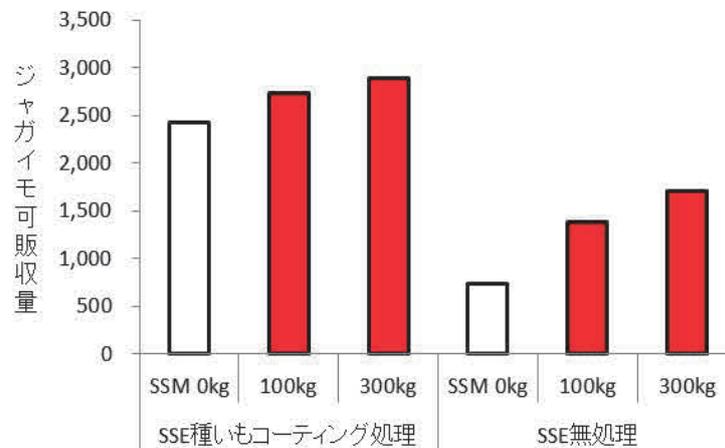


図2. SSE 種いもコーティング処理と SSM の全層施用の組み合わせ効果

### 社会実装の対象と可能性:

有機物の活用により種いも伝染と土壌伝染の両方を抑制した総合的なそうか病防除のための新規栽培体系について、全国のジャガイモ生産の関係者・主産地へ迅速かつ容易に技術導入が可能です。

### 参考文献:

- ・論文1. 富濱ら、(2018) 日本土壌肥料学雑誌 89:31-36.
- ・論文2. Tomihama et al., (2016) Phytopathology 106:719-728.
- ・論文3. 池田ら、(2018) 農業ビジネス Vege 23:86-90.

**研究担当機関名:** 農研機構 北海道農業研究センター、長崎県農林技術開発センター、鹿児島県農業開発総合センター、鹿児島大学、片倉コープアグリ株式会社

**研究担当者名:** 北農研 池田 成志、長崎県 菅 康弘、鹿児島県 森 清文、鹿児島大 境 雅夫、片倉コープアグリ株式会社 野口 勝憲

**問い合わせ先:** 片倉コープアグリ株式会社 総務課  
電話：03-5216-6611 E-mail：katakura@katakuraco-op.com

作成日：2019/04

## スマホツールで明らかとなった酒粕の気分改善効果 — 酒粕摂取でストレス軽減 —

試験研究計画名：食シグナルの認知科学の新展開と脳を活性化する次世代機能性食品開発へのブランドデザイン

研究代表機関名：国立大学法人 東京大学

### 背景とわらい：

近年、中枢神経炎症が疲労感や抑うつ気分の誘発に深く関与することがわかってきました。本研究では、動物試験において中枢神経抗炎症活性を有する可能性が見出された酒粕エキスがヒトの気分へ与える影響について、理化学研究所が開発した主観的気分測定のためのスマホツールを用いて検討を行いました。また、脳でのアミロイド形成は脳機能低下に関与することから、動物試験の結果、アミロイド形成を抑制することがわかった機能成分が多い酒粕を独自に選抜・加工し、作製した甘酒（高機能酒粕甘酒）についても同様に検討しました。

### 特長と効果：

スマホツールを用いた日常生活における気分入力試験により、酒粕エキスや高機能酒粕甘酒に気分改善効果が見出されました。健常人ボランティア（約40名）を対象に、酒粕エキスの長期服用が気分へ与える影響について、主観的気分測定のためのスマホツール（KOKORO スケール）を用いて検討しました（図1）。酒粕エキスカプセル服用群はプラセボ服用群と比較して、気分が改善される（やる気が増す）ことが明らかとなりました。

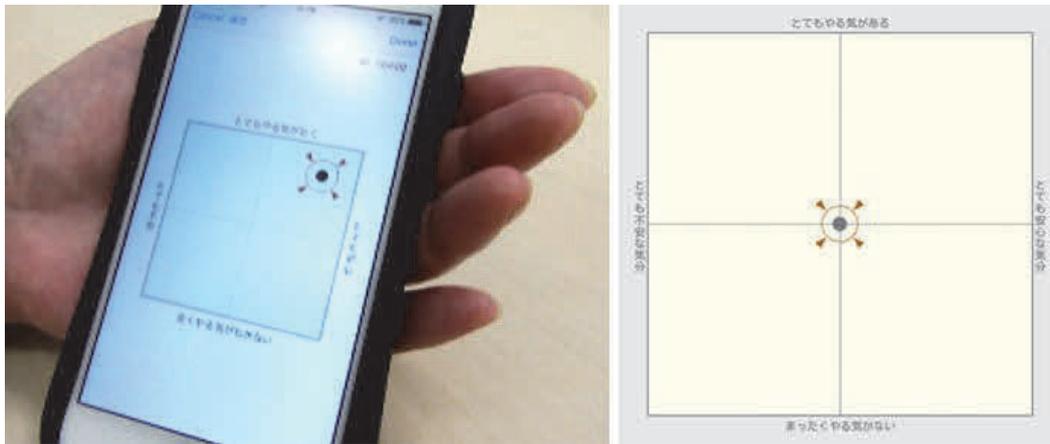


図1 主観的気分を、スマートフォンを用いて入力できるシステム

高機能酒粕甘酒の摂取についても気分への影響について、健常人ボランティア（23名）を対象に検討したところ、就寝前の時間帯での気分（やる気）の改善効果や気分の安定化がみられました。また、日常的に運動をしている人では、飲用期間をとおして気分（やる気）の改善効果がみられ、特に起床時のやる気と就寝時の安心感の改善効果が大きくなりました（図2）。これらの結果から、高機能酒粕甘酒の摂取と運動との組み合わせにより、その効果が高まる可能性が明らかとなりました。

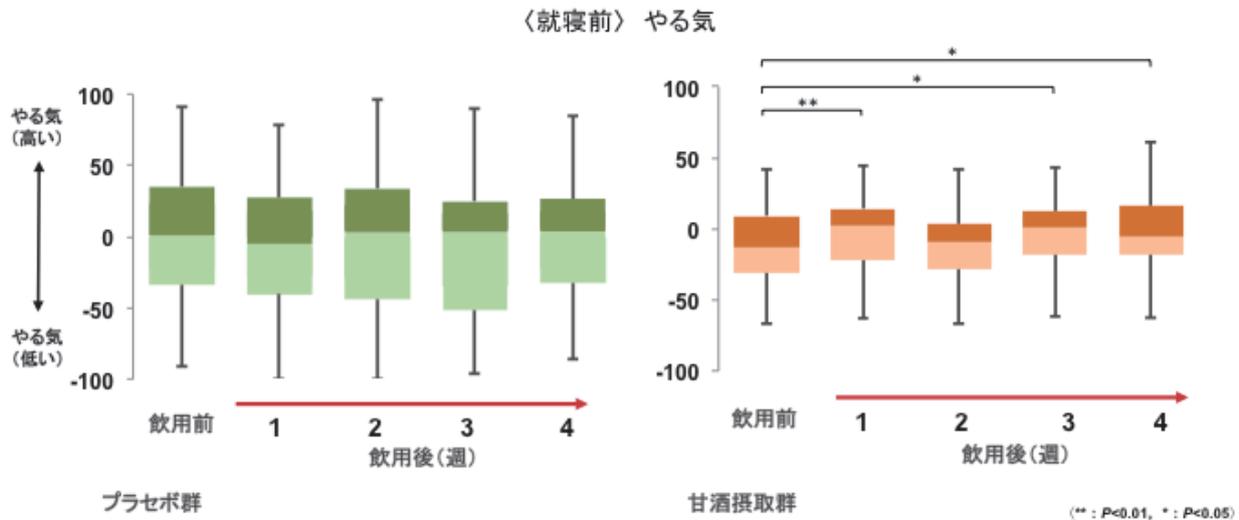


図2 高機能酒粕を使用した甘酒摂取の効果

### 社会実装の対象と可能性:

研究成果を社会実装する主体としては、清酒製造場や甘酒等を製造する食品メーカー等が想定されます。一方で、ヒトの脳機能に腸内環境が影響することが明らかとなり、腸内環境改善に役立つ発酵食品が注目されています。日本固有の発酵食品の一つである酒粕についても注目され始めましたが、科学的エビデンスが少ない状況でありました。本研究により、酒粕エキスや機能成分を多く含む酒粕の摂取がヒトの脳機能（気分）改善に役立つ可能性が示されました。現代のストレス社会において、意欲の低下や抑うつによる社会的・経済的損失は大きく、酒粕を活用した機能性食品が、ストレス社会を生きる人々の健康維持に利用されることが期待されます。

### 参考文献:

- ・ Kume, S., et al., Front. Neurosci., 11, Article 108, 2017.
- ・ Matsubara, K., et al., Biosci. Biotech. Biochem., 82, 647-653, 2018.

**研究担当機関名:** 理化学研究所、広島大学教育学研究科、酒類総合研究所

**研究担当者:** 理化学研究所 片岡 洋祐、田村 泰久、広島大学：松原 主典  
酒類総合研究所 伊豆 英恵、藤井 力

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 理化学研究所 生命機能科学研究センター 片岡 洋祐  
電話：078-304-7115 E-mail：kataokay@riken.jp

国立大学法人 広島大学 教育学研究科 松原 主典  
電話：082-424-6854 E-mail：kmatsuba@hiroshima-u.ac.jp

作成日：2019/04

## ラクtofelinの精神的ストレス軽減作用を解明 — 安全性の高いストレス軽減食品素材 —

試験研究計画名：食シグナルの認知科学の新展開と脳を活性化する次世代機能性食品開発へのブランドデザイン

研究代表機関名：国立大学法人 東京大学

### 背景とわらい：

ラクtofelinは、乳などに多く含まれる鉄結合性のタンパク質であり、免疫系の未熟な新生児を微生物の感染から防御する役割を担っています。近年の研究により、ラクtofelinの機能は、生体防御に留まらないことも明らかになっています。乳や乳成分には鎮痛効果など、精神状態を安定させる作用を持つ成分が多数見出されていることから、ラクtofelin摂取が精神的ストレスを軽減するかどうかについて検討しました。

### 特長と効果：

ラクtofelin摂取の精神的ストレス軽減効果を評価するため、健康な女子大学生を対象とした二重遮蔽クロスオーバー法試験を行いました。ラクtofelin摂取群には牛乳由来ラクtofelinの錠剤を破砕した後、豆乳に混合し、被験者一人あたり 800mg 摂取させました。コントロール群にはプラセボ（偽薬）錠剤を破砕し、同様に豆乳に混合し摂取させました。被験者には三桁の掛け算・割り算の課題を 15 分間実施させ、休憩時間をおいたあと、同様の課題を再度実施させ、作業成績を開示しました。

計算課題実施（精神的ストレス負荷）の前後に唾液を採取し、精神的ストレスのマーカーである唾液アミラーゼ濃度を比較したところ、ラクtofelinの摂取により、計算課題ストレス負荷による唾液中のアミラーゼ濃度の上昇が、コントロール群と比較して有意に抑制されることが分かりました（図1）。この結果から、ラクtofelinの経口摂取により、精神的ストレスが軽減されることが分かりました。

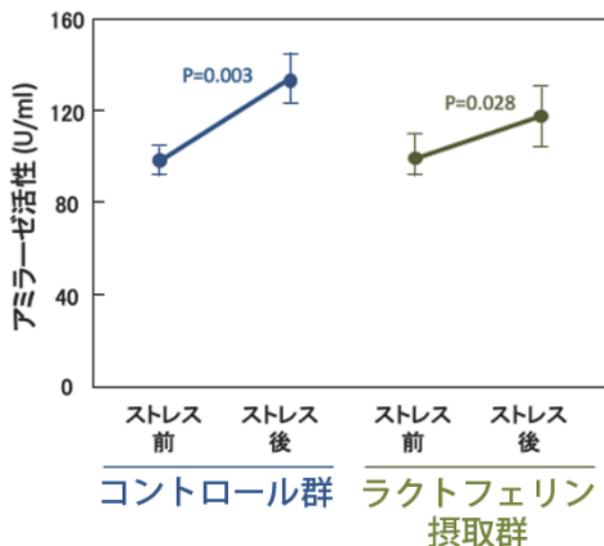


図1 ラクtofelin摂取がストレス負荷による唾液中のアミラーゼ活性上昇に与える効果

### 社会実装の対象と可能性:

ラクトフェリンは乳由来のタンパク質であり、当然ですがヒトには長年にわたる食経験があります。牛乳から工業的にラクトフェリンを精製する技術はすでに確立されており、粉ミルクやヨーグルトなどの食品に添加されてすでに市販されています。また、牛由来のラクトフェリンを実験動物（ラット）に長期間、反復投与した安全性試験や、臨床試験においてもラクトフェリン摂取による重大な副作用や有害事象は報告されておらず、安全性は極めて高いと考えられています。精神的ストレス軽減作用を謳ったラクトフェリン含有食品はまだ市販されていませんが、精神的ストレスを軽減する機能性を有する食品素材の一つとして、ラクトフェリンは広範な利用が期待されます。

### 参考文献:

- ・ Shinjo T, Sakuraba K, Nakaniida A, Ishibashi T, Kobayashi M, Aono Y, Suzuki Y. Oral lactoferrin influences psychological stress in humans: A single-dose administration crossover study. Biomed Rep. 8(5):426-432 (2018).

**研究担当機関名:** 順天堂大学

**研究担当者:** 順天堂大学 鈴木 良雄

**問い合わせ先:** 順天堂大学 鈴木 良雄

電話 : 0476-98-1001 E-mail : yssuzuki@juntendo.ac.jp

**作成日:** 2019/4

## 玄米機能成分、 $\gamma$ -オリザノールによる脳機能改善 —新規分子メカニズムの解明と玄米発酵飲料の開発—

試験研究計画名：食シグナルの認知科学の新展開と脳を活性化する次世代機能性食品開発へのグランドデザイン

研究代表機関名：国立大学法人 東京大学

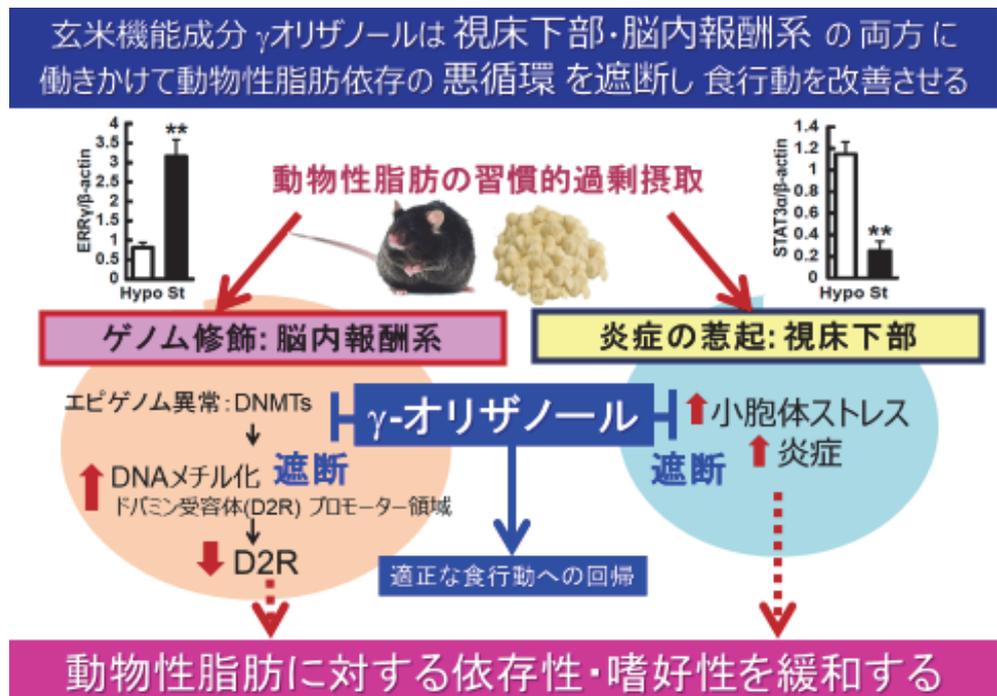
### 背景とわらい：

種々の疫学的な研究から、難消化性穀物による糖尿病予防効果や動脈硬化性疾患予防効果が明らかとなつていますが、効果効能に関わる分子メカニズムには不明な点が多く残されていました。本研究では、我が国の食の象徴であるコメに注目し、五穀の中でも米糠（玄米）に特異的かつ高濃度に含有される機能成分である、 $\gamma$ -オリザノールが担う脳機能改善効果の仕組みを解明し、 $\gamma$ -オリザノールの作用を活かした玄米発酵飲料の開発と社会実装を試みました。

### 特長と効果：

$\gamma$ -オリザノールが分子シャペロンとして機能し、視床下部の小胞体ストレスを緩和することで動物性脂肪依存から脱却させ、肥満症・糖尿病を改善させることを一連の動物実験で実証しました。また、動物性脂肪の習慣的摂取が惹起する脳内報酬系のドーパミン受容体（D2R）シグナル低下に注目してエピゲノムの関与を解析した結果、動物性脂肪は脳内において部位特異性を持って炎症・小胞体ストレス・ゲノム修飾を惹起し、視床下部では炎症や小胞体ストレスを、一方、脳内報酬系（線条体）ではエピゲノム変化を誘導し、両面から動物性脂肪に対する依存性を形成することを明らかにしました。さらに、

$\gamma$ -オリザノールが脳内報酬系（線条体）に作用し、DNAメチル基転移酵素活性を抑制するエピゲノム・コントローラーとして機能することにより、“満足できない脳”を“足るを知る脳”に変えるという、新規の分子メカニズムを明らかにすることができました（右図）。



(Kozuka C, Masuzaki H et al. Diabetologia 60:1502-1511, 2017)

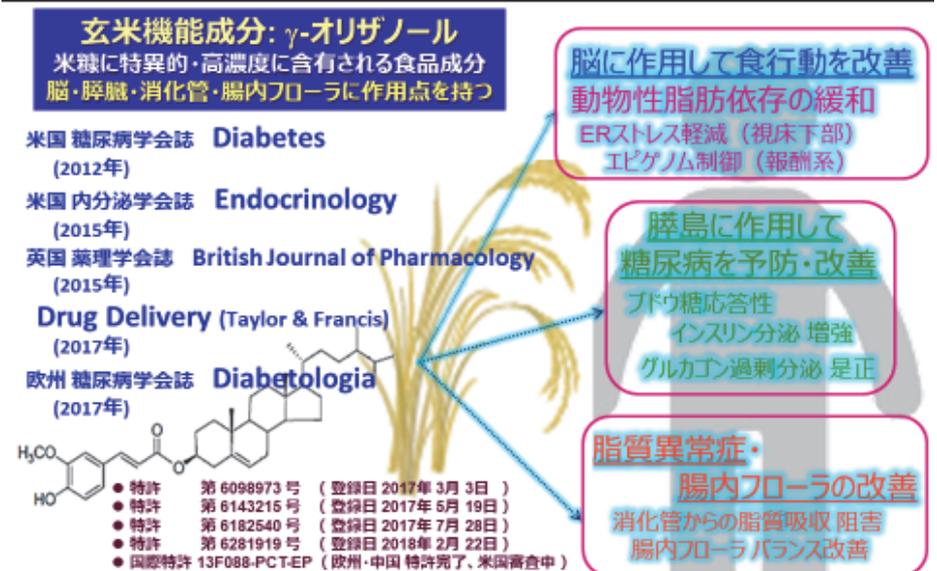
健康機能性を高める  
 高付加価値の創出

また、一回飲用量中に茶碗2杯半の玄米に含有される量に匹敵する $\gamma$ -オリザノールを含む玄米発酵飲料プロトタイプの開発とヒト介入試験を実施し、肥満症・糖脂質代謝異常・脂肪肝・腸内フローラバランス異常に対して、優れた改善効果を有することを明らかにしました。さらに2種類の製品（玄米オリザーノ®冷蔵保存タイプ、常温保存タイプ）を上市し、SIPの研究成果を社会実装に結び付けることにも成功しました。

### 社会実装の対象と可能性:

玄米、特に、主要な機能成分の一つである $\gamma$ -オリザノールが担う、多彩な脳機能活性化作用・代謝改善作用が明らかとなりました（下図）。またその成果と連動させ、肥満症、糖代謝異常、脂質代謝異常、脂肪肝などの生活習慣病に対して優れた改善効果を有する2種類の新規食品の開発に成功し、社会実装に結び付けることができました。人生100年時代が現実味を帯びる我が国において、今後重要性を増すのは、疾病が重症化してから高額な医療・医薬に頼ることではなく、日々の食事の質を良好に保つことにあります。本研究の成果は、時代の要請に適合するプロトタイプの一つであり、さらなる多機能性を有する機能性商品の開発や食の科学的エビデンス構築に寄与することが期待されます。

SIPの研究成果：玄米機能成分 $\gamma$ -オリザノールの多彩な作用臓器と作用の分子機構が新たに明らかになり、トップ・クラスの国際医学雑誌に5篇の原著論文を掲載・5件の特許（うち、1件は国際特許）を取得した



### 参考文献:

- Masuzaki H, Kozuka C et al. Endocrinology 156:1242-1250, 2015.; British J Pharmacol 172:4519-4534, 2015.; Diabetologia 60:1502-1511, 2017.; Drug Delivery 24:558-568, 2017.; J Diabetes Investig 10:18-25, 2019.

**研究担当機関名:** 琉球大学大学院 医学研究科

**研究担当者:** 琉球大学大学院 医学研究科 益崎 裕章、小塚 智沙代、岡本 士毅、松下 正之、高山 千利、会津天宝醸造株式会社 満田 昌代

**問い合わせ先:** 琉球大学大学院 医学研究科 内分泌代謝・血液・膠原病内科学講座  
電話：098-895-1147 E-mail：hiroaki@med.u-ryukyu.ac.jp

作成日：2019/04

# 食後血糖上昇とアミロイドβ 産生抑制効果のある高圧処理米飯 — 糖尿病・認知症複合予防効果の期待される米飯 —

試験研究計画名：食シグナルの認知科学の新展開と脳を活性化する次世代機能性食品開発へのグランドデザイン

研究代表機関名：国立大学法人 東京大学

## 背景とわらい：

わが国の国民医療費は年間約 42 兆円であり、超高齢化社会を迎えて、食による疾病予防が期待されています。糖尿病患者は世界で約 4 億人、認知症患者は約 4680 万人であり、今後、さらに増加することが予想されています。近年、糖尿病が認知症の発症を促進するとの報告もあり、糖尿病と認知症の複合予防が必要です。本研究では、黒米玄米と超硬質米に着目し、高圧処理によって機能性向上と食味改善を行い、糖尿病・認知症に対する複合機能性を有する米加工食品の開発を試みることを目的としました。

## 特長と効果：

各種の農林水産物を対象に、①生化学試験、②細胞培養試験、③動物試験、④ヒト単回投与試験、⑤ヒト長期試験（12 週間）と段階を踏んだ機能性の検証を行い、認知症予防機能が期待される米飯開発という、当初の目的を達成しました。

① 各種の農林水産物の抗酸化性、β-セクレターゼ活性阻害能などの生化学試験を行い、米ぬか、ショウガ、ごまめなどが有望と判断しました（図 1A）。②有望素材をアミロイドβ 産生、Tauリン酸化能の高いモデル細胞の培養液に添加し、抑制機能の高い黒米ぬかを選定しました（図1B）。③超硬質米に黒米ぬかを添加した飼料により、アミロイドβ 産生が抑制されることを示しました（図1C、参考文献1）。④黒米とコシヒカリ玄米を配合した高圧処理米飯が、血糖上昇抑制とアミロイドβ 産生抑制効果の点で有望と判断しました。⑤黒米、超硬質米、コシヒカリ玄米を4:4:2の割合で配合した高圧処理米飯の12週間摂取試験において、安全性および受容性が確認されたとともに、血糖上昇抑制効果およびアミロイドβ 42/40比の低下を抑制する複合効果があることを明らかにしました（図2A、B、参考文献2）。

健康機能性を高める  
高付加価値の創出

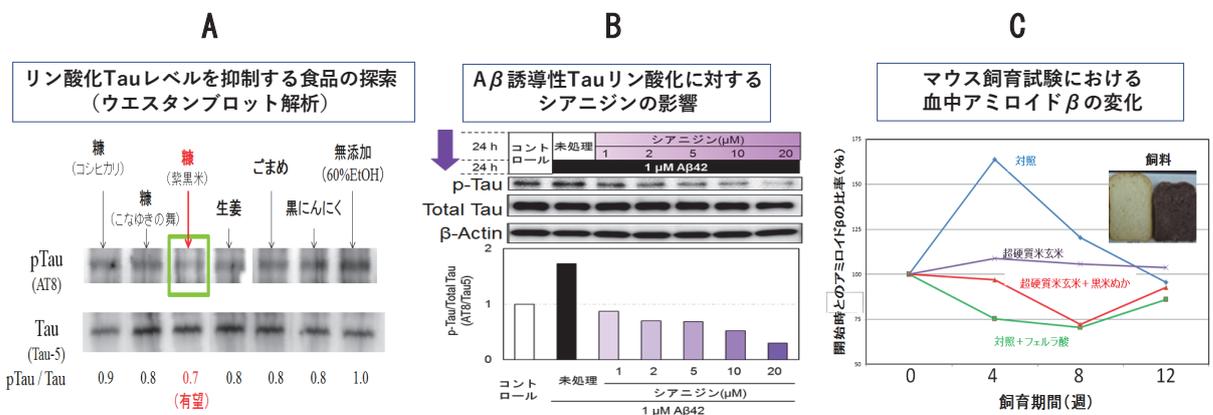


図 1 有望素材の探索と老齢マウス飼育試験（血糖値、アミロイドβ）の結果

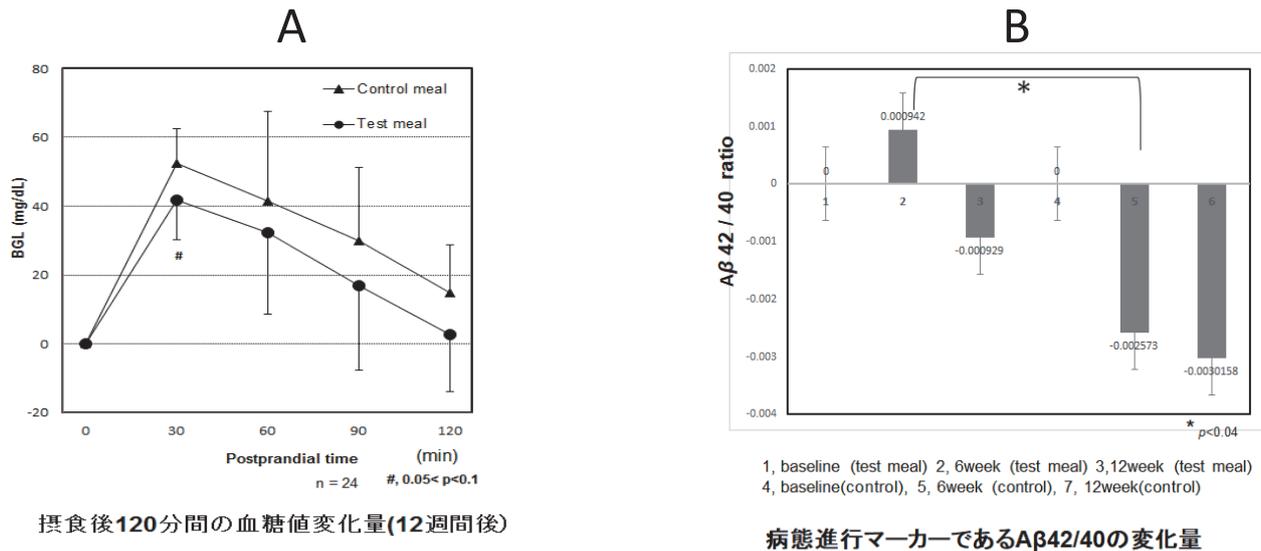


図2 ヒト試験における食後血糖上昇およびアルツハイマー病の病態進行マーカーの低下の抑制

### 社会実装の対象と可能性:

本研究成果は、新潟地域を中心とする農業経営体において、高付加価値の機能性米として、黒米や超硬質米の生産振興に役立つと期待されます。また、食品企業においても、これらの機能性米に高圧処理および炊飯加工を施すことで、糖尿病・認知症複合予防機能が期待される米加工食品としての製造・実用化が期待されます。

### 参考文献:

- ・ S. Nakamura, K. Kasuga, T. Ikeuchi, A. Kobayashi, A. Yamazaki, T. Hara, T. Joh, K. Ohtsubo: Effects of super-hard rice bread blended with black rice bran on amyloid beta peptide production and abrupt increase in postprandial blood glucose levels in mice. Biosci. Biotechnol. Biochem., 81, 323-334, 2017.
- ・ S. Nakamura, T. Hara, A. Yamazaki, A. Kobayashi, S. Maeda, K. Kasuga, T. Ikeuchi, H. Goto, M. Hirayama, K. Watanabe, T. Koide, K. Ohtsubo: Trial for the development of bio-functional foods to prevent diabetes and dementia using a high-pressure treatment. J. Diabetes and Obesity, 5, 22-30, 2018.

**研究担当機関名:** 新潟薬科大学、新潟大学、(株)越後製菓

**研究担当者:** 新潟薬科大学 大坪 研一、中村 澄子、新潟大学 池内 健、原 崇、越後製菓 小林 篤、前田 聡

**問い合わせ先:** 新潟薬科大学事務部基盤整備課  
電話 : 0250-25-5396 E-mail : hirokawa@nupals.ac.jp

作成日: 2019/04

## マスリン酸(国産オリーブ果実由来)による 地域在住高齢者の身体ロコモーション機能改善効果

試験研究計画名: 運動・身体機能維持を促す次世代機能性食品の創製

研究代表機関名: 国立大学法人 東京大学

### 背景とわらい:

高齢になると、筋肉の萎縮や膝痛が起きやすくなりますが、これらの症状には「炎症誘発性サイトカイン」という物質が関わっています。筋肉に負荷をかけるレジスタンス運動には、炎症誘発性サイトカインを減らす働きがあります。一方、食品成分にも、オリーブ果実に豊富に含まれるマスリン酸のように、炎症を抑える作用を持つものがあります。今回、オリーブ果実由来のマスリン酸の摂取で、筋力低下や膝痛が予防できるかどうか、地域在住の65歳以上の方を対象に12週間の無作為比較試験で確かめました。

### 特長と効果:

研究参加者42人のうち36人が試験を完了しました。「くじ」で2群に分かれ、参加者、研究者とも、どちらが本物かは知らされないまま、17人はマスリン酸入りゼリー(1日60mg)を、19人はプラセボゼリーを毎日食べ、レジスタンス運動は両グループとも行いました。

### 結果

マスリン酸を摂取したグループ(オリーブ群)では、体幹、両上肢の筋肉量が有意に増加しました(図1)。

どれだけ増えたかを表す「変化量」もオリーブ群ではプラセボ群よりも有意に多い結果となりました。また、利き手の握力や右足の膝痛みスコアも、オリーブ群でのみ、有意に改善しました(図2)。

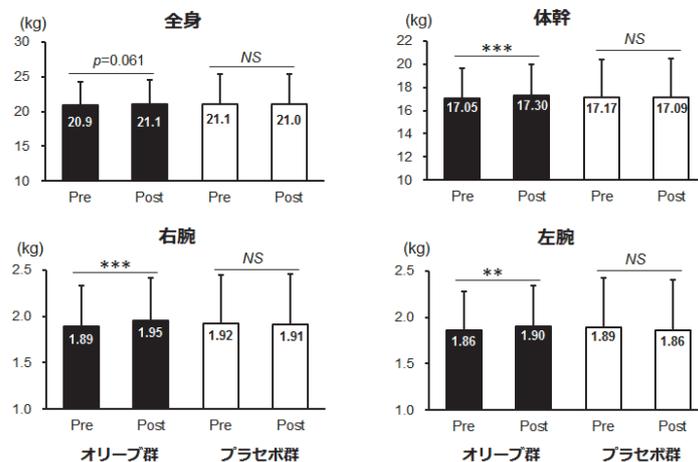


図1. 全身・部位別筋肉量の変化

Pre=介入前、Post=介入後、値は平均±標準偏差、\*\*  $P < 0.01$ 、\*\*\*  $P < 0.001$ 、NS 有意差なし

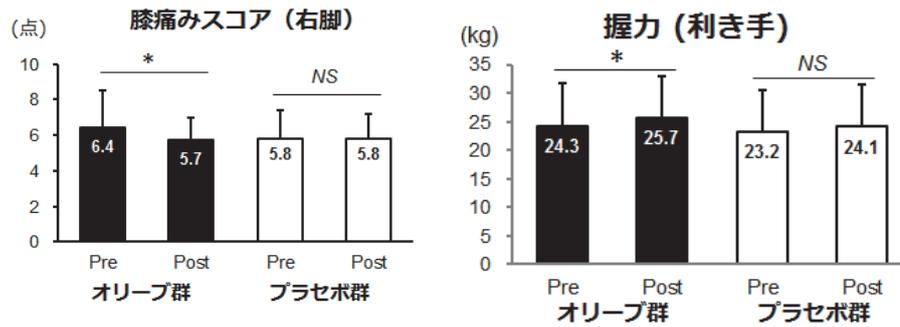


図2. 握力（利き手）、膝痛みスコア（WOMAC）の変化  
Pre=介入前、Post=介入後、値は平均±標準偏差、\*  $P < 0.05$

### 考察

- 筋肉量の増加→マスリン酸には、①体タンパク質合成作用、②抗炎症作用を介した筋減少抑制作用、③インスリン抵抗性改善による筋への糖取り込み作用があることが報告されており、これらが筋肉量の増加につながった可能性があります（図1）。
- 握力の増加→高齢者では、トレーニングによる筋力の増加は、筋肥大よりむしろ、神経的な要素（インパルス発射頻度の増加）の効果によるものと考えられます。
- 膝痛の軽減→膝痛には、力学的負荷の蓄積や加齢に伴う関節軟骨の炎症反応が関与していることが知られており、マスリン酸とトレーニングの相加作用と考えられます（図2）。右膝のみ改善した理由は、日本人では利き足が右の人が多く、体重を支える軸足（左足）より力学的負担が少ないため、右膝が先に改善しやすかったと考えられます。

**結論** レジスタンス運動を開始した地域在住高齢者において、12週間のオリーブ由来マスリン酸（60 mg/日）の摂取が、上肢筋肉量増加や膝痛の緩和等を通じて身体ロコモーション機能改善に効果を有することが示唆されました。

### 社会実装の対象と可能性:

商品化、特許取得、および機能性表示食品申請等への貢献が期待できます。

### 参考文献:

- ・ Nagai N, Yagyu S, Hata A, Nirengi S, Kotani K, Moritani T, Sakane N. Maslinic acid derived from olive fruit in combination with resistance training improves muscle mass and mobility functions in the elderly. J. Clin. Biochem. Nutr. 64, 224-230 (2019).

**研究担当機関名:** 兵庫県立大学、京都医療センター、京都産業大学、中京大学、日本製粉（株）

**研究担当者:** 兵庫県立大学 永井 成美、京都医療センター 坂根 直樹、京都産業大学 森谷 敏夫、中京大学 渡邊 航平、日本製粉（株）間 和彦、福光 聡、山内 優輝

**問い合わせ先:** 兵庫県立大学 環境人間学部 永井研究室  
電話：079-292-1515 E-mail：nagai.lab.uh@gmail.com

作成日：2019/04

## オリーブ果実エキスは抗関節炎作用を持つ

試験研究計画名：運動・身体機能維持を促す次世代機能性食品の創製

研究代表機関名：国立大学法人 東京大学

### 背景とわらい：

ロコモティブシンドロームの一つとして関節機能の劣化があります。食品の機能性を活用して関節機能の劣化を抑えることでロコモティブシンドロームの予防が期待できます。

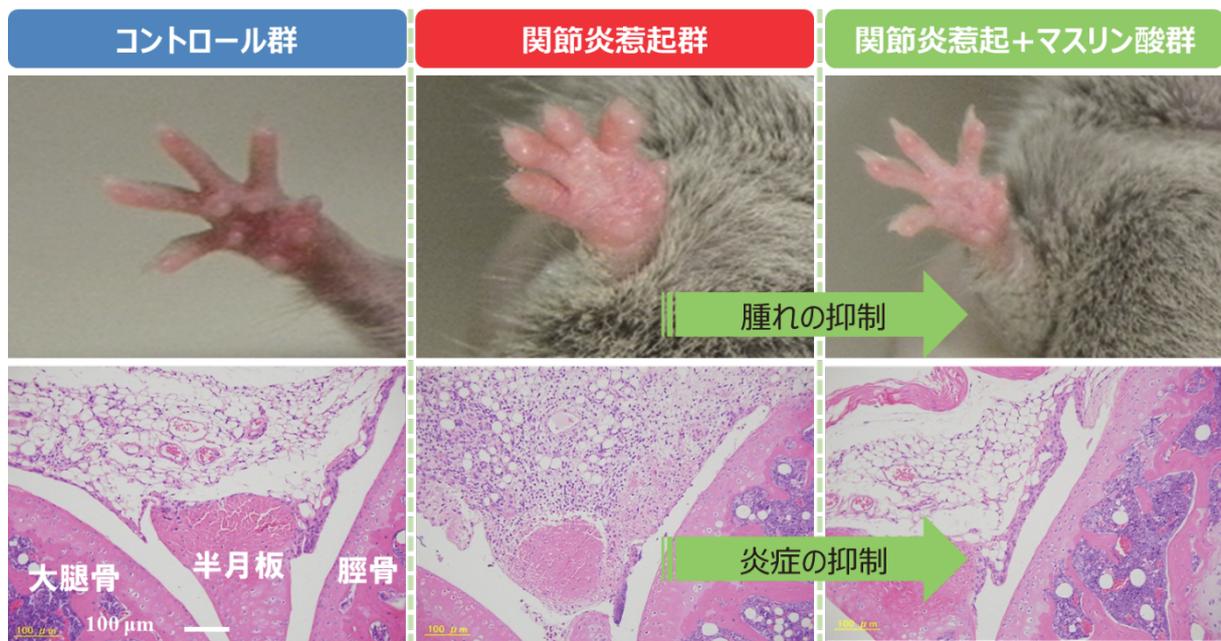
一方、小豆島を中心に近年、オリーブの栽培とオリーブオイルの生産が盛んになってきています。オリーブオイルの生産では加工副産物として、搾り粕や果汁が出ますが、そのほとんどは産業副産物となっています。

オリーブ搾り粕や果汁に含まれる成分の中から、ロコモティブシンドローム予防に有効な成分を見つけ出し、製品化することで、健康寿命の延伸に寄与するとともに、加工副産物を有効利用することを目指しました。

### 特長と効果：

オリーブ搾り粕と果汁に含まれる微量成分としてマスリン酸を見出しました。また、マスリン酸を豊富に含む食品素材オリーブ果実エキスの製造法を確立しました。

マスリン酸のロコモティブシンドローム予防効果について、動物モデルにおいて検証したところ、その摂取によって関節炎予防作用が発揮されることが明らかになりました（図1）。またヒトにおいても抗関節炎作用が検証されています。



マスリン酸摂取により、関節炎による滑膜組織の炎症や壊死が抑制された

図1. マスリン酸摂取による抗関節炎作用



**2018年**  
**マスリントブレット**  
5,940円（税込み）

1日6粒を目安  
■容量 250mg×186粒

オリーブ果実エキス粉末 600mg  
(マスリン酸として 60.0mg)  
6粒あたり



**2016年**  
**マスリンゼリー**  
1,620円（税込み）

1日1袋を目安  
■容量 10g×10袋入り

オリーブ果実エキス粉末 300mg  
(マスリン酸として 30.0mg)



**2015年**  
**アマニ油&NAグルコサミン**  
3,780円（税込み）

1日6粒を目安  
■容量 ソフトカプセル180粒

アマニ油 (α-リノレン酸 500mg)  
N-アセチルグルコサミン 500mg  
オリーブ果実エキス粉末 50mg  
(マスリン酸として 5mg)

図2. マスリン酸を含有する商品（日本製粉株式会社）

### 社会実装の対象と可能性:

日本製粉株式会社より、SIP で得られたデータを活用し、オリーブ油搾り粕からマスリン酸を有効成分として抽出した粉末（オリーブ果実エキス）を配合した「マスリンゼリー」、「アマニ油&NA グルコサミン」、「マスリントブレット」の3つの商品が上市されました（図2）。これらの商品の活用によって関節炎予防が期待できます。

### 参考文献:

- ・ The Anti-Arthritis Effect of Olive-Derived Maslinic Acid in Mice is Due to its Promotion of Tissue Formation and its Anti-Inflammatory Effects., Kyoko Shimazu, Satoshi Fukumitsu, Tomoko Ishijima, Tsudoi Toyoda, Yuji Nakai, Keiko Abe, Kazuhiko Aida, Shinji Okada, and Akihiro Hino, Mol. Nutr. Food Res., 63, e1800543, 2019.

**研究担当機関名:** 日本製粉株式会社、東京大学

**研究担当者:** 日本製粉株式会社イノベーションセンター 間 和彦  
東京大学大学院農学生命科学研究科 岡田 晋治

**問い合わせ先:** 日本製粉株式会社イノベーションセンター 間 和彦  
電話：046-222-6963 E-mail：kaida@nippon.co.jp

作成日：2019/04

## 魚肉タンパク摂取が高齢者の筋力や運動神経の改善を促す？

試験研究計画名：運動・身体機能維持を促す次世代機能性食品の創製

研究代表機関名：国立大学法人 東京大学

### 背景とわらい：

加齢にともなう筋力低下は日常生活を制限し、要介護状態などを引き起こす主要因になります。筋力低下を防ぐためには、筋肉量を維持することが重要と考えられてきましたが、近年は筋力の低下を筋肉量の低下のみでは説明できないと指摘され始めています。筋肉は運動神経の働きによって動くことから、我々の研究チームでは運動神経の働きを評価することで、加齢にともなう筋力低下を防ぐ方法である運動と食品摂取の有効性について検証しました。

### 特長と効果：

【実験1】加齢によって運動神経の働きは顕著に変化する

多チャンネル表面筋電図法と特殊なアルゴリズムを併用し、非侵襲的に運動神経の働きを反映する「運動単位の活動」を評価する方法の確立を進めました。若齢者15名と高齢者14名の外側広筋(大腿四頭筋の1つ)から多チャンネル表面筋電図を記録し、CKC法によって、個々の運動単位の活動へと分離しました。その結果、若齢者で見られるような異なる動員閾値を有する運動単位間での興奮性(発火頻度)の差異が、高齢者では見られず、その原因が低い閾値を有する運動単位の発火頻度が低下していることによるものであることを明らかにしました(図1)(参考文献1)。

【実験2】魚肉タンパク摂取がトレーニング効果を変化させる

高齢者50名を対象に、筋力トレーニング+魚肉タンパク、筋力トレーニング+プラセボ、コントロール+魚肉タンパク、コントロール+プラセボの4群に分けて6週間の介入試験を実施しました。筋力トレーニングを行った2群では、椅子の立ち上がりテストのような運動機能の指標が改善し、運動単位の活動も変化することが明らかになりました。一方、筋力トレーニングをしなかった2群では運動単位の活動の変化は観察されませんでした。筋力トレーニングを行ったグループの中の魚肉タンパクを摂取した群では、魚肉タンパクを摂取しなかった群と比較して、椅子立ち上がりテストの成績改善が早期に生じることや、低い動員閾値を有する運動単位の適応タイムコースが前倒しで生じること、高い動員閾値を有する運動単位にも適応が生じることなどが観察されました。これらの試験結果から、魚肉タンパクの摂取が筋力トレーニングにともなう運動機能改善や運動単位活動の適応を変化させることが明らかになりました(図2)(参考文献2)。

### 社会実装の対象と可能性：

本研究の成果は、魚肉タンパクが、加齢性の筋機能低下への対抗措置として不可欠なものとして認識されつつある「筋力トレーニング」の効果を修飾するアイテムになりうることを示すものです。これまで筋肉量に限定されて評価されてきた筋の機能的な側面の改善について、運動神経という新たな視点から評価したことで、当該食品の摂取に対する付加価値を見出すことができたと考えています。また、運動神経の働きを評価するという実験系を食品の評価に用いた本研究は、今後も様々な食材の機能を評価する測定

系として利用されていくことが期待されます。

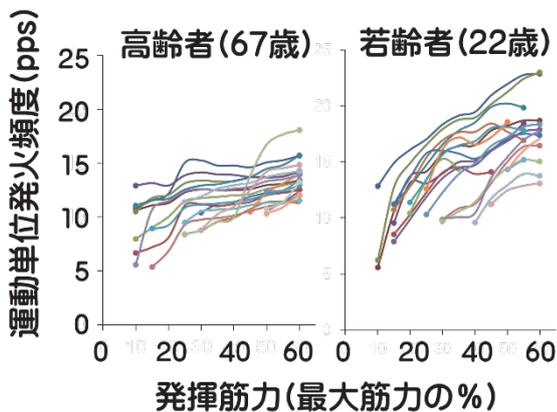


図1 加齢が運動単位活動に及ぼす影響の評価

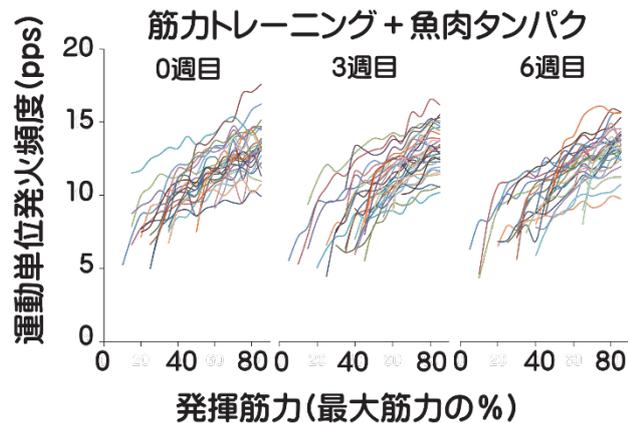


図2 魚肉タンパク摂取がトレーニングによる運動神経(運動単位)活動の適応に及ぼす影響

### 参考文献:

- Watanabe K, Holobar A, Kouzaki M, Ogawa M, Akima H, Moritani T. Age-related changes in motor unit firing pattern of vastus lateralis muscle during low-moderate contraction. AGE 38:48, 2016.
- Watanabe K, Holobar A, Mita Y, Kouzaki M, Ogawa M, Akima H, Moritani T. Effect of resistance training and fish protein intake on motor unit firing pattern and motor function of elderly. Frontiers in Physiology 9: 1733 (14pages), 2018.

**研究担当機関名:** 中京大学

**研究担当者:** 中京大学 渡邊 航平、マリボル大学(スロベニア) Ales Holobar、京都大学神崎 素樹、名古屋大学 小川 まどか、秋間 広、京都産業大学 森谷 敏夫、椙山女学園大学 三田 有紀子

**問い合わせ先:** 中京大学国際教養学部 渡邊航平  
電話 : 052-835-7941 E-mail : wkohei@lets.chukyo-u.ac.jp

作成日: 2019/04

## ぶどう成分レスベラトロールと運動習慣で持久力アップ

試験研究計画名：運動・身体機能維持を促す次世代機能性食品の創製

研究代表機関名：国立大学法人 東京大学

### 背景とわらい：

骨格筋の代謝改善は骨格筋機能低下だけでなく、全身の代謝にも影響を与え、身体ロコモーション機能維持や健康寿命の延伸に関与すると考えられます。骨格筋の代謝改善には継続的な運動に加え、運動機能を模倣する食品成分の有効性が注目されています。そこで、本試験研究では、骨格筋代謝改善が期待できる食品成分の探索および継続的運動との組合せの効果について検討しました。

### 特長と効果：

脂質および糖代謝の制御に関与し運動機能との関連も指摘されている核内受容体（PPAR）を指標にして、骨格筋の代謝改善が期待できる成分の探索を行った結果、ブドウや落花生に含まれるレスベラトロールをはじめ、いくつかの成分を見出しました。さらに、レスベラトロールは PPAR $\alpha$  を直接活性化するとともに、細胞内の cAMP の分解を抑制することで PPAR $\alpha$  を長期的に活性化することを明らかにしました（図 1）。この機構が骨格筋代謝改善に繋がると考え、マウスを用いて効果を検討しました。その結果、レスベラトロールの摂取だけでは効果は弱いが、自発的な継続運動を組み合わせることによって、骨格筋量の増加、白色脂肪重量の減少、骨格筋での運動関連遺伝子の発現誘導が見られ（図 2）、限界走行時間の延長も認められました。また、その効果の一部には、PPAR 活性化が関与することも分かりました。以上より、レスベラトロールは継続的運動と組み合わせることによって、骨格筋代謝改善効果を示す可能性が示されました。

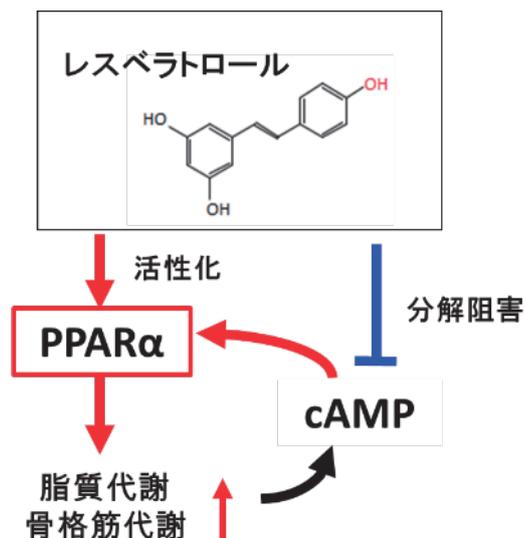


図 1 レスベラトロールによる PPAR 活性化

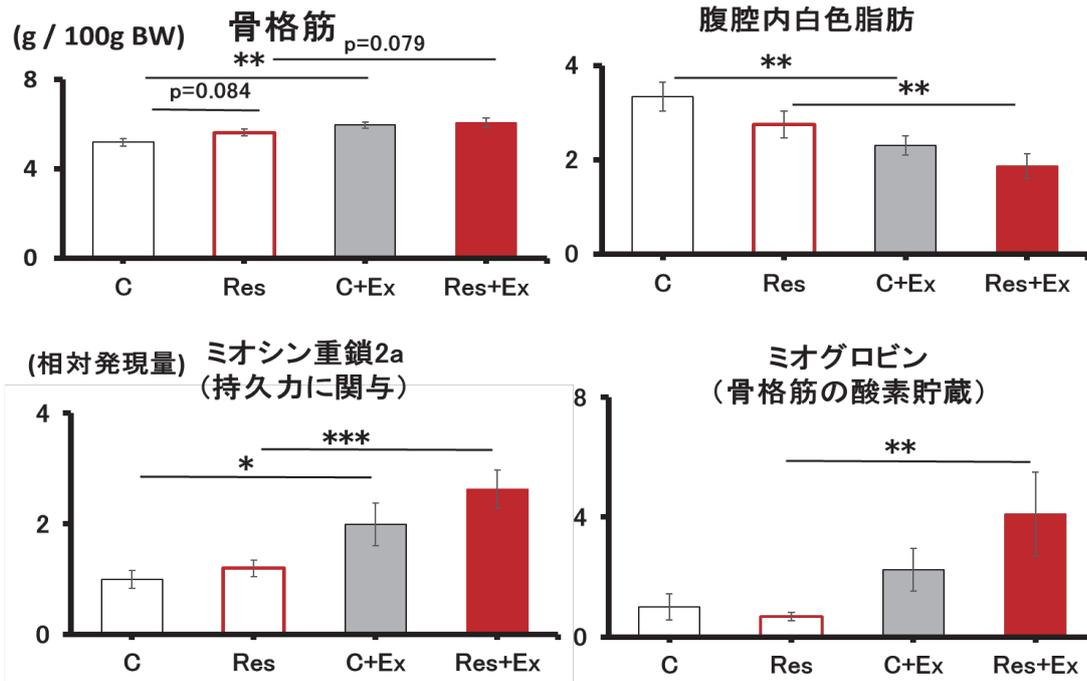


図2 レスベラトロールと自発的継続運動の組合せによる効果

レスベラトロール (Res) を6週間摂取させたマウスでは、自発的な継続運動 (Ex) を組合せによって、骨格筋量の増加、白色脂肪組織量の減少と、骨格筋での運動関連遺伝子の発現誘導が認められた。(C: 対照群, Res: レスベラトロール摂取群, C+Ex: 運動群, Res+Ex: レスベラトロール摂取と運動を組合せた群, \* : 群間の有意差)

### 社会実装の対象と可能性:

食品機能成分の摂取だけでは骨格筋代謝改善が認められない場合でも、継続的な運動を組合せることによって効果を発揮できる可能性が明らかとなりました。身体ロコモーション機能低下が懸念される高齢者では、毎日の運動習慣だけでなくブドウ成分摂取を組合せることが筋量や持久力の維持・向上に繋がり、健康寿命の延伸が期待できるライフスタイルの提案に、本研究成果は活用できると考えられます。

### 参考文献:

- The 4' -OH hydroxy group of resveratrol is functionally important for direct activation of PPAR $\alpha$ . Takizawa Y, Nakata R, Fukuhara K, Yamashita H, Kubodera H, Inoue H; PLoS ONE 10(3) e0120865 (2015).

研究担当機関名: 奈良女子大学

研究担当者: 奈良女子大学 井上 裕康、中田 理恵子、本郷 翔子

問い合わせ先: 国立大学法人 奈良女子大学研究院生活環境科学系 井上裕康  
電話: 0742-20-3458 E-mail: inoue@cc.nara-wu.ac.jp

作成日: 2019/04

## 大豆イソフラボンが転写調節因子 PGC-1 $\beta$ を介して肥満を予防する

試験研究計画名：運動・身体機能維持を促す次世代機能性食品の創製

研究代表機関名：国立大学法人 東京大学

### 背景とわらい：

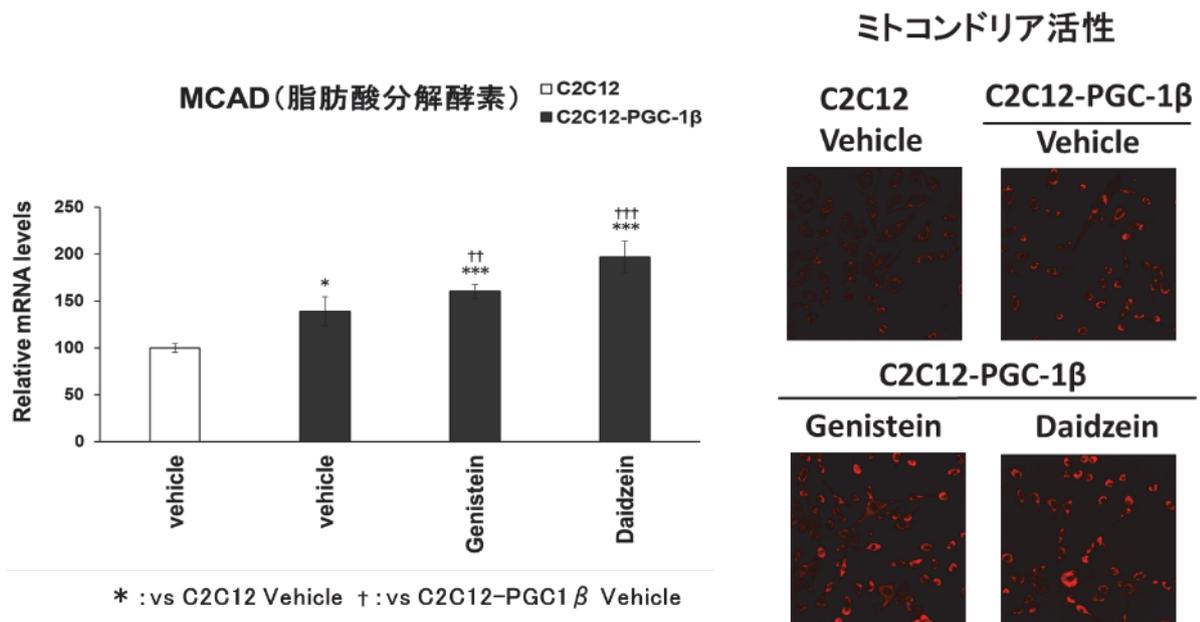
転写調節因子 PGC-1 $\beta$  は脂肪の燃焼を促進し、またミトコンドリア機能を活性化させることで、エネルギー消費を増加させるタンパク質です。つまり、PGC-1 $\beta$  を活性化させる成分の発見は肥満の予防に繋がると考えられます。肥満は糖尿病や高血圧、心疾患などの様々な生活習慣病を引き起こす原因となるため、予防することは極めて重要です。

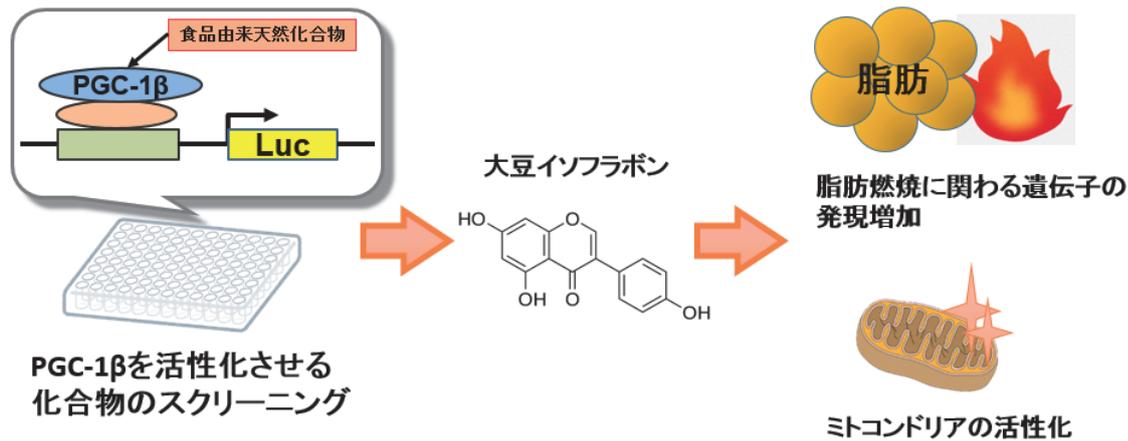
そこで本研究では PGC-1 $\beta$  を活性化させる食品由来天然化合物の探索を行いました。PGC-1 $\beta$  を活性化させる食品由来成分が発見されれば、肥満の予防効果を持つ機能性食品の開発に繋がることが期待されます。

### 特長と効果：

転写調節因子 PGC-1 $\beta$  はエネルギー消費を増加させることが知られています。本研究は PGC-1 $\beta$  の転写活性を増加させる食品由来天然化合物の探索を、レポーターアッセイを用いて行いました。またヒットした化合物において、リアルタイム PCR を用いた脂肪酸 $\beta$ 酸化に関わる酵素の遺伝子発現解析、さらにミトコンドリア活性に及ぼす影響の評価を行いました。その結果、大豆イソフラボン的一种であるゲニステインとダイゼインが PGC-1 $\beta$  の転写活性を増加させることがわかりました。また大豆イソフラボンは脂肪酸 $\beta$ 酸化に関わる酵素の遺伝子発現を増加させ、さらにミトコンドリア活性を増加させることがわかりました（下図）。

これらの結果は、大豆イソフラボンが PGC-1 $\beta$  の活性化を介したエネルギー消費の増大により抗肥満効果を持つ可能性があることを示唆しています。





### エネルギー消費の増加による肥満予防効果の可能性

#### 社会実装の対象と可能性:

本研究で PGC-1 $\beta$  を活性化する成分として発見した大豆イソフラボンは大豆に多く含まれており、大豆の摂取により体脂肪率及び体重が減少することが知られています。したがって本研究により、大豆が肥満を予防する科学的根拠の一端が得られました。すなわち本研究によって、大豆イソフラボンが PGC-1 $\beta$  の活性化を介したエネルギー消費の増大により、肥満を予防する可能性があることがわかりました。本研究の成果は、肥満を予防・改善する効果を持つサプリメントや機能性食品の開発に繋がることが期待されます（上図）。

#### 参考文献:

- Uchitomi, S. Nakai, R. Matsuda, T. Onishi, S. Miura, Y. Hatazawa, Y. Kamei. Genistein, daidzein, and resveratrols stimulate PGC-1 $\beta$ -mediated gene expression. *Biochemistry and Biophysics Reports* 17:51-55, 2019.

**研究担当機関名:** 京都府公立大学法人 京都府立大学、  
静岡県公立大学法人 静岡県立大学

**研究担当者:** 京都府立大学 亀井 康富、静岡県立大学 三浦 進司

**問い合わせ先:** 京都府立大学大学院 生命環境科学研究科 分子栄養学研究室  
電話：075-703-5661 E-mail：kamei@kpu.ac.jp

作成日：2019/03

## 日本人の長寿の源、海藻フラボノイドの新機能発見

試験研究計画名：運動・身体機能維持を促す次世代機能性食品の創製

研究代表機関名：国立大学法人 東京大学

### 背景とわらい：

超高齢者社会を迎えている我国では、加齢による筋萎縮の予防は高齢者の quality of life (QOL) 向上と運動器症候群（ロコモティブシンドローム）発症予防が重要です。そこで、高齢化社会に伴い益々増加する身体ロコモーションシンドローム「サルコペニア・筋萎縮」の予防や、進行遅延に効果を発揮する海藻由来フラボノイド資源の新規探索・検証と次世代機能性食品への創製を目指しました。

### 特長と効果：

日本近郊に生育する海藻類に含まれるフラボノイド類の成分解析により、フラボノイド類「モリン」を同定しました。動物実験において、普通食群では、ガン細胞移植により萎縮筋で観察される筋重量の有意な減少や、筋線維面積の縮小が認められました。これに対して、モリン食群ではガン移植による筋重量や筋線維面積の減少に対して、抵抗性を示しました（図1）。さらに、モリンはガン細胞の増殖を抑制することを一助として、ガン誘発性筋萎縮を予防することがわかりました。

一方、線虫を用いた解析により、モリンと既に市販されているケルセチンとの生物効果を、線虫の全ゲノム遺伝子のアレイ発現解析の比較をすることで、それぞれの有用性に関する相違を見出すことができました。海藻から抽出された新たなフラボノイド成分の生物効果について、同じく、線虫のアレイ解析による遺伝子発現変動を明らかにすることも、成功しました。特に、モリンは寿命延伸に大きく寄与していることを見出しました（図2）。

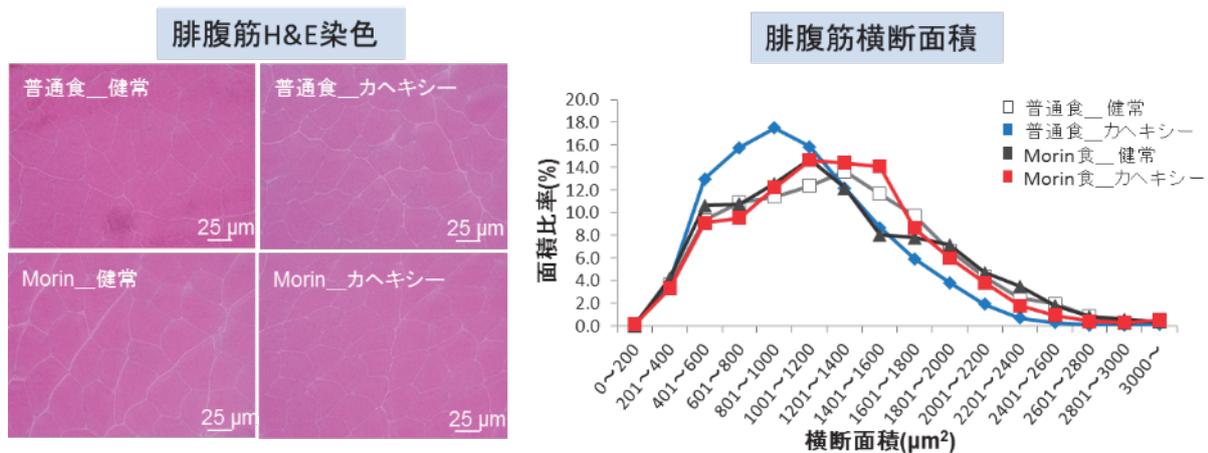
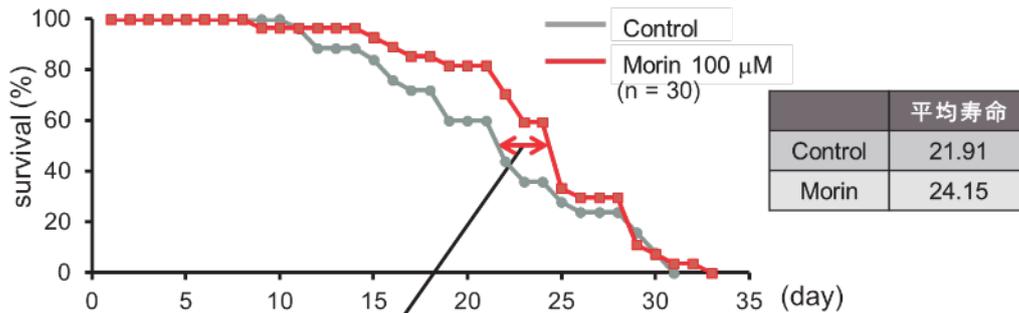


図1 モリン摂取によるガン誘発性筋萎縮の予防効果



モリン処理区の平均寿命の延長を確認  
筋崩壊の抑制が延長に寄与した可能性

図2 モリンによる線虫の寿命延長効果

**社会実装の対象と可能性:**

モリンは抗筋萎縮作用成分を有する海産物素材（海藻類）であり、加齢や高齢者の寝たきり状態等による筋萎縮の進行の遅延や予防する、食品加工技術を用いた機能性食品のプロトタイプです。日本人の食材として馴染み深い海藻類由来のフラボノイドは、副作用・細胞毒性が低く、近海資源としても豊富です。

健康人が鳴門ワカメから抽出したフラボノイド画分を毎日1.5グラム、28日間摂取しても、副作用はみられず、尿中の酸化ストレスマーカーや筋蛋白質分解マーカーを抑制する傾向を示しました。今後、実際の癌誘発性筋萎縮を発症した患者で、その有効性が証明できれば、社会実装が可能である。

**参考文献:**

- Yoshimura T, Saitoh K, Sun L, Wang Y, Taniyama S, Yamaguchi K, Uchida T, Ohkubo T, Higashitani A, Nikawa T, Tachibana K, Hirasaka K. Morin suppresses cachexia-induced muscle wasting by binding to ribosomal protein S10 in carcinoma cells. *Biochem Biophys Res Commun*, 506(4):773-779, 2018.

**研究担当機関名:** 徳島大学大学院 医歯薬学研究部、  
東北大学大学院 生命科学研究科、  
長崎大学大学院 水産・環境科学総合研究科

**研究担当者:** 徳島大学 二川 健、東北大学 東谷 篤志、長崎大学 平坂 勝也

**問い合わせ先:** 国立大学法人 徳島大学大学院 医歯薬学研究部 生体栄養学分野  
電話：088-633-9248 E-mail：nikawa@tokushima-u.ac.jp

作成日：2019/04

健康機能性を高める  
高付加価値の創出

## 骨・軟骨由来コラーゲンをターゲットとした抗糖化アッセイキットの作成

試験研究計画名：運動・身体機能維持を促す次世代機能性食品の創製

研究代表機関名：国立大学法人 東京大学

### 背景とわらい：

骨・軟骨由来コラーゲンをを用いたコラーゲン抗糖化アッセイキットは、これまでに市販されていません。骨由来 I 型コラーゲン、軟骨由来 II 型コラーゲンをターゲット蛋白とした糖化反応抑制 (advanced glycation end products [AGEs] 生成抑制) 作用を評価する標準的評価キットができれば、本研究テーマである「運動器の障害を改善する抗糖化機能性食品の確立開発」に貢献できると考えました。そこで、新規コラーゲン抗糖化アッセイキットを試作し、SIP 成果物として製品化しました。

### 特長と効果：

皮膚コラーゲン、軟骨コラーゲン、ならびに骨コラーゲンサンプルを作成し、サンプル中のコラーゲン濃度やゲル化程度、分子構造解析を行い、蛋白性状を均質化させました。さらに、糖化反応惹起物としてグリセルアルデヒドを各蛋白に添加した糖化反応モデルを作成し、アミノグアニジンによる蛍光性 AGEs 生成抑制活性を評価するとともに、安定性・再現性を確認しました。分子構造解析の結果、軟骨コラーゲンは  $\alpha 1$  鎖一本で形成される典型的な II 型コラーゲンであることと、皮膚および骨コラーゲンは  $\alpha$  鎖以下の低分子夾雑物が少ないことが示されました。

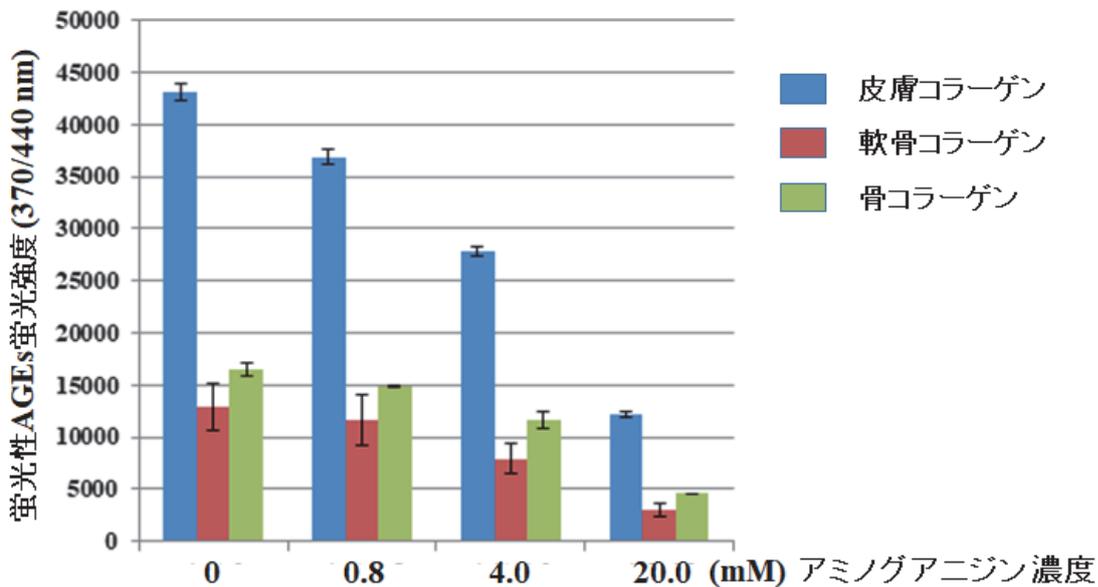


図1 アミノグアニジンによる抗糖化（蛍光性 AGEs 生成抑制）活性の検証

糖化反応抑制剤であるアミノグアニジン (0~20 mM)、糖化反応惹起物である 500 mM グリセルアルデヒドを添加し 37 度で 24 時間糖化させた各コラーゲンサンプルの AGEs 蛍光強度 (励起光 370 nm、蛍光 440 nm) を測定しました。その結果、AGEs 蛍光強度は、皮膚コラーゲン、軟骨コラーゲン、骨コラーゲンの順に強く、いずれのサンプルもアミノグアニジンの濃度依存的に蛍光強度が低下しました (図1)。



軟骨II型コラーゲン抗糖化アッセイキット（グリセルアルデヒド）

品名	メーカー	品番	包装
軟骨 II 型コラーゲン抗糖化アッセイキット（グリセルアルデヒド） / Cartilage Type II Collagen Glycation Assay kit, Glyceraldehyde	PMC	AK72	1 KIT [96 well x 2]

写真1 製品化された成果物（協力：コスモバイオ）

### 社会実装の対象と可能性：

コラーゲン蛋白は濃度・温度によりゲル化性情が大きく変化し、実験結果に影響を及ぼします。そのためコラーゲン蛋白をターゲットとした抗糖化成分スクリーニングのためには、標準化された評価系の確立が重要です。本研究の結果、軟骨由来 II 型コラーゲン及び骨由来 I 型コラーゲンは、皮膚由来 I 型コラーゲンの糖化反応評価モデルの精度・再現性が確認されましたので、今後、本研究により開発されたキットが抗糖化成分探索のための標準化手法として広く利用できることが期待できます（写真1）。

### 参考文献：

- ・ Sekiguchi S, et al. Development of a prototype anti-glycation assay kit for assessment of bone and cartilage collagen modification. Glycative Stress Res 3(2) : 74-80, 2016.

**研究担当機関名：** 同志社大学生命医科学部

**研究担当者：** 同志社大学 米井 嘉一、八木 雅之、高部 稚子、小椋 真理

**問い合わせ先：** 同志社大学生命医科学部抗加齢医学研究室

電話：0774-65-6394 E-mail：liaison@yonei-labo.com

作成日：2019/03

## 同志社大学の“抗糖化レシピ” <決定版>

試験研究計画名：運動・身体機能維持を促す次世代機能性食品の創製

研究代表機関名：国立大学法人 東京大学

### 背景とわらい：

これまでに収集した 500 種以上の食品素材の抗糖化活性について、一般向けにわかりやすい形での情報提供することを目的に、抗糖化レシピガイドブックを作成しました。

「同志社大学の抗糖化レシピ<決定版>」（監修：同志社大学糖化ストレス研究センター、発刊：一般社団法人 糖化ストレス研究会）では 50 品目のレシピを紹介しています（写真 1）。各食材に含まれる抗糖化機能成分（AGEs 生成抑制成分）をアミノグアニジン当量として示し、1 日の摂取目標に対する割合がわかりやすいように配慮しました。

### 特長と効果：

本レシピ本では、抗糖化活性物質を多く含む野菜・果実・ハーブ・スパイスを使った一般家庭で簡単に調理できるレシピ 50 種を紹介しています。各レシピには食材、調理法を示した他、一般のレシピ本を参考にして写真（写真 2）・イラストを豊富に取り入れました。最も特徴的な点は、食材中に含まれる抗糖化活性（advanced glycation end products [AGEs] 生成抑制）成分の量を表に示したことです。AGEs 生成抑制を調べる試験では陽性対照としてアミノグアニジン（AG）が用いられます。そこで、抗糖化活性分量は AG 当量として表示し、目標とする 1 日摂取量（AG 当量として 1,000 mg）に達するか否かが、簡単にわかるように工夫しました（表 1）。レシピ本の随所にコラム欄を設け、糖化ストレスとは何か、AGEs とは何か、糖化ストレスによってどのような影響が身体に現れるか、どのような食事の仕方が良いかなどが理解できるように解説を加えました。

健康機能性を高める  
高付加価値の創出



写真 1 製品化された成果物



写真 2 レシピ例：野菜の水餃子

### 社会実装の対象と可能性:

はじめに本レシピ本を糖化ストレス研究会 (<http://www.toukastress.jp/>) の会員向けに配布します。その後、日本メーラード学会並びに抗加齢医学会会員にも対象を広げます。クリニックの医師、保健師・管理栄養士を介して、一般向けに抗糖化食材の重要性を紹介し、理解の輪を広げることが重要です。今後、レシピの種類と内容を充実させるとともに、写真の質を向上させ、一般向け調理本の刊行を専門出版社と交渉していく予定です。

材料 (1人分)	重量 (g)	ビタミンC当 量 (mg)	AG 当量 (mg)
ニラ	20	4	154
キャベツ	30	12	257
しょうが	3	0	60
にんにく	2	0	18
小松菜	40	16	80
人参	30	1	364
ねぎ	15	2	346
きぬさや	10	6	49
合計		42	1328

表1 レシピ例に含まれる抗糖化成分量

### 参考文献:

- ・ Hori M, et al. Inhibition of advanced glycation end product formation by herbal teas and its relation to anti-skin aging. *Anti-Aging Medicine* 9(6): 135-148, 2012.
- ・ Parengkuan L, et al. Anti-glycation activity of various fruits. *Anti-Aging Medicine* 10(4): 70-76, 2013.
- ・ Ishioka Y, et al. Antiglycation effect of various vegetables: Inhibition of advanced glycation end product formation in glucose and human serum albumin reaction system. *Glycative Stress Research* 2(1): 22-34, 2015.
- ・ Moniruzzaman M, et al. Formulation of five curry spice mixtures and investigation of their effect on advanced glycation end product formation. *Glycative Stress Research* 3(1): 5-14, 2016.

**研究担当機関名:** 同志社大学

**研究担当者:** 同志社大学生命医科学部 米井 嘉一、八木 雅之、高部 稚子、小椋 真理

**問い合わせ先:** 同志社大学生命医科学部抗加齢医学研究室

電話 : 0774-65-6394 E-mail : liaison@yonei-labo.com

作成日: 2019/03

## マンゴスチンエキス含有黒酢飲料

試験研究計画名：運動・身体機能維持を促す次世代機能性食品の創製

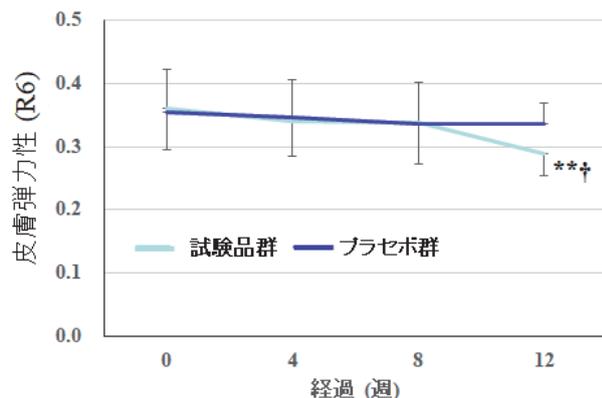
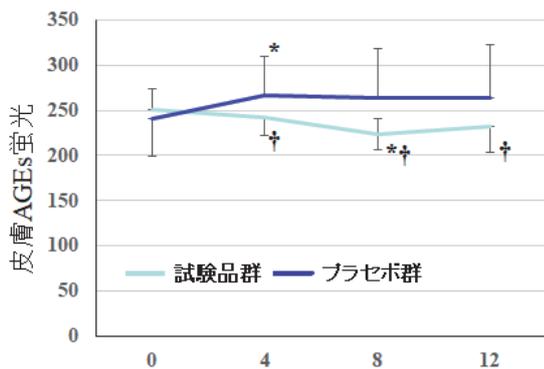
研究代表機関名：国立大学法人 東京大学

### 背景とわらい：

これまでに収集した 500 種以上の食品素材の中でも、マンゴスチン果皮抽出物には強力な抗糖化（advanced glycation end products [AGEs] 生成抑制）作用が報告されています。本研究ではマンゴスチン果皮抽出物配合黒酢飲料（試験品）を作成し、臨床試験を施行、抗糖化作用および肌質改善作用を確認し、「養命酒製造の黒酢」を SIP 成果物として製品化しました。黒酢飲料とした理由は、黒酢に含まれる酢酸が食後血糖上昇抑制作用、AGEs 生成抑制作用、カルシウム吸収促進作用を有するからです。近年、骨質の劣化の原因として病的な糖化架橋が関与することが報告されており、本製品の摂取が骨代謝へ好影響を及ぼすことが期待されます。

### 特長と効果：

マンゴスチン果皮抽出物配合黒酢飲料（試験品）とプラセボを用いた二重盲検法並行群間比較試験を施行しました（対象は各群 8 名）。皮膚 AGEs 蛍光（AGE Reader™にて測定）は試験群で 8 週後に有意に低下し、プラセボ群に比べ皮膚 AGEs 蛍光の有意な改善効果を認めました（図 1）。皮膚粘弾性指標 R6 は試験群で 12 週後に有意に低下し、プラセボ群に比べ皮膚弾力性の有意な改善効果がみられました（図 2）。皮膚弾力性は皮膚 I 型コラーゲン蛋白の糖化架橋形成により劣化しますが、試験品の有する抗糖化作用によって、皮膚弾力性が改善されたと推測されます。骨では I 型コラーゲンの糖化による病的架橋形成により骨質の劣化が生じ、易骨折性の原因となります。骨コラーゲンに対する抗糖化作用が発揮されれば、病的架橋形成の予防や骨質の劣化を緩和し、運動器の障害（特に骨）に対しても予防的に作用する可能性があります。なお、黒酢に含まれる酢酸は、小腸にてカルシウム吸収促進作用を有し、骨代謝の恒常性維持に貢献します。



\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$  vs 0週 (投与前)

†  $p < 0.05$  vs Control (各群 n = 8 女性)

図 1 皮膚 AGEs 蛍光の改善効果

図 2 皮膚弾力性の改善効果



写真1 製品化された成果物

### 社会実装の対象と可能性:

社会実装の対象として、本製品（写真1）を調剤薬局に卸し、薬剤師の対面式指導の元で販売することとしました。糖化ストレスの概念は、現在のところ一般の方々へ十分にひろがっているとは言えません。第一に薬剤師にご理解いただくこと、次に薬剤師から一般の方々へ糖化ストレス対策指導を行うことが肝要と考えています。

今回の臨床試験では、当初73名募集し、その中から皮膚AGEs 蛍光強度の多い者16名を被検者として選定しました。これらの被検者は糖化ストレスが強い生活習慣を有すると思われる方々ですが、このような方々においても本製品が皮膚蛍光性AGEs量を減少させることができました。このように、2型糖尿病患者およびその予備軍のような糖化ストレスが強い方々においても、本製品は有効である可能性があり、その抗糖化作用に関する効果、意義は大きいと期待されます。

### 参考文献:

- ・ Takabe W, et al. Effect of mangosteen pericarp extract-containing black vinegar drink on skin quality through anti-glycative actions. Glycative Stress Research 4(3): 158-171, 2017.
- ・ Yagi M, et al. Effect of a vinegar beverage containing indigestible dextrin and a mixed herbal extract on postprandial blood glucose levels: A single-dose study. Glycative Stress Research 1(1): 8-13, 2014.

**研究担当機関名:** 同志社大学

**研究担当者:** 同志社大学生命医科学部 米井 嘉一、八木 雅之、高部 稚子、小椋 真理

**問い合わせ先:** 同志社大学生命医科学部抗加齢医学研究室

電話: 0774-65-6394 E-mail: liaison@yonei-labo.com

**作成日:** 2019/03

## クロモジエキス配合 のど飴：インフルエンザ予防効果

試験研究計画名：運動・身体機能維持を促す次世代機能性食品の創製

研究代表機関名：国立大学法人 東京大学

### 背景とわらい：

クロモジ抽出物については急性毒性試験、変異原性試験、残留農薬試験及び実験動物における安全性試験を施行し、安全性を確認しました。並行してクロモジ抽出物の新規機能を探索した結果、インフルエンザウイルスに対する増殖抑制作用を確認しました。クロモジ抽出物のインフルエンザ予防効果を検証する目的で無作為化二重盲検プラセボ対照並行群間比較試験を実施し、その有効性が確認されました。「国産クロモジエキス配合 養命酒製造のど飴」をSIP成果物として製品化しました（写真1）。

### 特長と効果：

クスノキ科クロモジ (*Lindera umbellata* Thunb.) の枝はリナロールやゲラニオール等の揮発性芳香性成分を豊富に含むほか、不揮発性成分のプロシアニジン B1、プロシアニジン B2、シナナムタンニンD1などのフラバン-3-オールの多量体を含むプロアントシアニジン類、ヒペリン、クエルシトリンなどのフラボノール類などのポリフェノールも多く含みます。抗酸化性や抗糖化性、抗潰瘍作用の他、近年インフルエンザウイルスの増殖抑制活性が報告されたことから、臨床試験にてインフルエンザ予防効果を確認しました。



写真1 製品化された成果物

項目	単位	試験飴	プラセボ飴
エネルギー	kcal	14.9	15.0
蛋白質	g	0	0
脂質	g	0	0
炭水化物	g	3.7	3.7
水分	g	0	0
Na	mg	0.1	0
クロモジ抽出物			
	mg	72.0	0

表1 試験飴・プラセボ飴の組成

臨床試験の形態は無作為化二重盲検プラセボ対照並行群間比較試験とし、表1の食品を使用しました。試験飴は砂糖、水飴、香料に一粒あたりクロモジエキス67mgを配合しました。プラセボ飴はクロモジエキスの代替にカラメルを配合し試験飴と同色に着色したものとしました。

項目	試験飴群	プラセボ飴群	p 値
n	67 (男 3)	67 (男 6)	
年齢 (歳)	37.9±11.9	37.4±10.0	0.999
インフルエンザ罹患患者数			
	2	9	0.028
A 型	0	6	0.028
B 型	2	3	0.999

表 2 インフルエンザ罹患患者数

対象は愛媛大学附属病院に勤務する看護スタッフのうちインフルエンザの予防接種を受けた男女 134 名としました (表 2)。インフルエンザ罹患患者数は試験飴群で 2 名 (3.0%)、プラセボ飴群で 9 名 (13.4%) であり、群間有意差がみられました (p=0.028)。

試験飴群では罹患した 2 名はいずれもインフルエンザ B 型であり、プラセボ飴群では罹患した 9 名中 A 型が 6 名、B 型は 3 名でありました。罹患患者のうち複数回インフルエンザに罹患した者はおらず、欠勤期間も試験飴摂取群で 4~5 日、プラセボ飴摂取群で 2~6 日と違いはみられませんでした。なお、試験中に有害事象は認められませんでした。

### 社会実装の対象と可能性:

厚生労働省資料によれば、インフルエンザワクチンの有効性は、ワクチン非接種時の発病率 30%、ワクチン接種時の発病率 12%、ワクチン有効率 60%と報告されています。本研究ではプラセボ飴群 (ワクチン接種あり) のインフルエンザ発症率は 13%であり、厚生労働省資料と同程度でありました。一方、クロモジ飴群での罹患率は 3%であったことから、クロモジエキス配合試験飴の抗インフルエンザ作用が示唆されました。インフルエンザの型で見た結果では、プラセボ飴群では罹患患者 9 名中 A 型が 6 名で B 型は 3 名であったのに対し、試験飴群の罹患患者 2 名は B 型であり、クロモジ抽出物配合飴の効果として A 型に対する抗インフルエンザ作用が顕著でありました。A 型の方が感染性・流行性が強く、流行の規模や感染時の被害が大きいです。本製品の社会実装により、現状では有効率 60%であるワクチン接種後の「上乘せ予防効果」が期待できます。

### 参考文献:

- Yagi M, et al. Screening and selection of anti-glycative materials: Kuromoji (Lindera umbellata). Glycative Stress Research 4(4): 317-328, 2017.
- Yagi M, et al. Biochemistry of Kuromoji (Lindera umbellata) extract: Anti-oxidative and anti-glycative actions. Glycative Stress Research 4(4): 329-340, 2017.
- Igase M, et al. Effectiveness of kuromoji (Lindera umbellata Thunb.) extract in the prevention of influenza infection after vaccination: A randomized, double-blind, placebo-controlled, parallel-group study. Glycative Stress Research 6(2): 75-81, 2019.

研究担当機関名: 同志社大学

研究担当者: 同志社大学生命医科学部 米井 嘉一、八木 雅之、高部 稚子、小椋 真理

問い合わせ先: 同志社大学生命医科学部抗加齢医学研究室

電話: 0774-65-6394 E-mail: liaison@yonei-labo.com

作成日: 2019/03

## 朝食と夕食のタンパク質の配分を変えることで筋肉量を増加

試験研究計画名：高齢者に配慮した時間栄養・運動に基づく次世代型食・運動レシピの開発

研究代表機関名：学校法人 早稲田大学

### 背景とわらい：

ヒトのタンパク質の摂取には朝食に少なく、夕食に多いといった1日の中で偏りがみられます。また、この偏りをなくし、1日の中で均等にタンパク質を摂取することが骨格筋の増加に効果的であることが示唆されています。一方で、多くの栄養素の消化・吸収・代謝機能は生体に備わっている体内時計のシステムによって1周期が約24時間の日内変動を示します。我々はこの体内時計によって生み出される日内変動に合わせたタンパク質の摂取パターンが骨格筋の増加に効果的であると考え、タンパク質の摂取パターンが骨格筋の増加に及ぼす影響と体内時計の関与についてマウスを用いて検討しました。

### 特長と効果：

まず、1日の中でのタンパク質の摂取配分の影響を調べるために、マウスを1日2回食で飼育する条件を作成しました。マウスの活動期の初期に与える餌を朝食とし、活動期の後期に与える餌を夕食と定義しました。さらにマウスを、朝食に多くのタンパク質を摂取するグループと夕食に多くのタンパク質を摂取するグループの2つのグループに分けて飼育しました。飼育期間中に、骨格筋を肥大させるために協働筋切除モデル\*を用いて骨格筋の肥大を誘導しました。骨格筋重量はともに協働筋切除による筋肥大誘導処置により増加しましたが、その増加の程度は朝食にタンパク質を多く摂取しているマウスの方が大きいことが分かりました(図1)。さらに、朝食に多くのタンパク質を摂取したマウスは、朝食と夕食で均等に摂取したマウスよりも筋量の増加が顕著であり、骨格筋量増加における朝食でのタンパク質摂取の重要性が示唆されました。これまで、多くの研究で分岐鎖アミノ酸(特にロイシン)の摂取が骨格筋の合成に効果的であることが示されています。そこで、朝食のタンパク質摂取による筋量増加効果に分岐鎖アミノ酸が関与しているかどうかを調べるため、朝食または夕食に分岐鎖アミノ酸を添加し、同様の検証を行いました(図2)。その結果、タンパク質と同様に、朝食における分岐鎖アミノ酸の摂取が骨格筋の増加に効果的であることが分かりました。

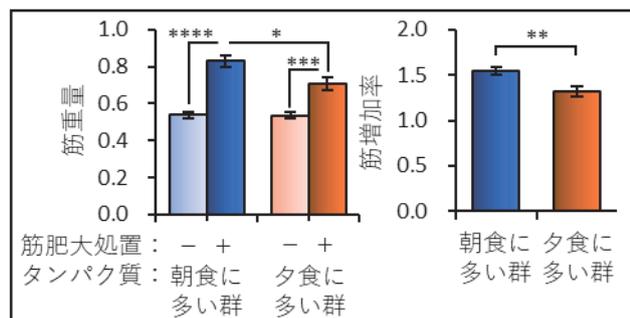


図1 タンパク質の朝食摂取による筋肉量の増加

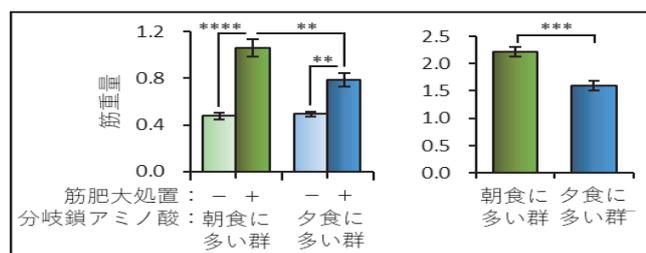


図2 分岐鎖アミノ酸の朝食摂取による筋肉量の増加

さらに、このような効果は他のアミノ酸の摂取では見られず、分岐鎖アミノ酸が重要であることが示唆されました。

では、なぜこのような摂取タイミングによる差がみられるのでしょうか。我々は体内時計に着目し、体内時計を司る時計遺伝子の一つである *Clock* に変異の入った *Clock<sup>Δ19</sup>* マウス（体内時計が正常でないマウス）を用いて、タンパク質や分岐鎖アミノ酸の摂取タイミングによる効果に対する体内時計の関与を調べました。その結果、体内時計が正常な野生型のマウスではタンパク質や分岐鎖アミノ酸の摂取タイミングによる効果は見られましたが、*Clock<sup>Δ19</sup>* マウスではこれらの摂取タイミングの効果は認められませんでした。したがって、朝食におけるタンパク質や分岐鎖アミノ酸の効果には体内時計が関与していることが示されました。本研究結果により、1日の中で特に朝（活動期の初期）が骨格筋量の増加には重要なタイミングであることが分かり、朝食のタンパク質や分岐鎖アミノ酸摂取による効果には、体内時計が関与していることが示されました。

\*協働筋切除モデル：ヒラメ筋と腓腹筋のアキレス腱を切除することで代償的に足底筋を肥大させる実験モデル

### 社会実装の対象と可能性：

本研究結果は、朝食におけるタンパク質の積極的な摂取が骨格筋の増加に効果的である可能性を示しました。我々の実施したヒト調査研究では、1日の総タンパク質摂取量に対する朝食におけるタンパク質の摂取量の割合は骨格筋量指数と正の相関を示すことも分かりました。また近年、海外の研究でも、高齢者を対象に朝食におけるタンパク質の摂取が除脂肪体重を増加させることが報告されており、タンパク質の摂取タイミングとしては朝が効果的である可能性が高いことが示唆されます。このような背景をもとに、SIPの他班とも連携し、魚肉タンパク質を含むソーセージの開発（写真）等が実施されました。このような商品を一例に、今後朝食でも摂取しやすいタンパク質や分岐鎖アミノ酸を含んだ加工食品やメニューが数多く開発されることが望まれます。



写真 本研究結果による商品開発の一例

### 参考文献：

- Shinya Aoyama, Hyeon-Ki Kim, Mizuho Tanaka, Takeru Shimoda, Hanako Chijiki, Shuichi Kojima, Keisuke Sasaki, Rina Hirooka, Kengo Kengo, Masaki Takahashi, Shigenobu Shibata, Distribution of Dietary Protein Intake in Daily Meals Influences Skeletal Muscle Hypertrophy Via the Circadian Clock. Available at SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3345547> (under review).

**研究担当機関名：** 早稲田大学

**研究担当者：** 早稲田大学 青山 晋也、金 鉉基、高橋 将記、柴田 重信

**問い合わせ先：** 早稲田大学 先進理工学部 生理薬理学研究室 柴田 重信  
電話：03-5369-7318 E-mail: shibatasa@waseda.jp

**作成日：** 2019/03

## 朝の菊芋の摂取は一日の血糖値上昇を抑制する

試験研究計画名：高齢者に配慮した時間栄養・運動に基づく次世代型食・運動レシピの開発  
 研究代表機関名：学校法人 早稲田大学

### 背景とわらい：

食後高血糖は2型糖尿病や心血管疾患などの疾患リスクにつながることを示されています。それゆえ、食後高血糖を抑制することは糖尿病や心血管疾患の予防・改善のために重要です。近年、血糖値の上昇抑制に有効とされる食物繊維が多く含まれた菊芋などの食品機能成分が注目を浴びています。一方、ヒトの血糖値には日内リズムがみられること、朝食と夕食における代謝動態は異なり、全く同様の食事を摂っても夕食後の血糖値上昇が大きいことが示されています。そこで、我々は血糖値の上昇を抑制する食品機能成分の摂取時刻の違いにより血糖値の日内リズムへの影響は異なる可能性があると考えました。水溶性食物繊維であるイヌリンは血糖値の上昇を抑制する食品機能成分であり、菊芋やゴボウなどの身近な食材に多く含まれています。したがって、本研究では菊芋に着目し、高齢者を対象に2週間の24時間連続的な血糖値測定が可能である持続血糖測定器を用いて、朝または夕の1週間の菊芋の摂取が血糖値変動に及ぼす影響について評価しました。

### 特長と効果：

65歳以上の健康な高齢者30名（男性：15名、女性：15名）を対象に、朝食前に菊芋パウダーを摂取する朝摂取群と夕食前に菊芋パウダーを摂取する夕摂取群に群分けを行いました。試験は2週間で構成され、1週目に日常生活を維持し、2週目に日常生活に加え菊芋パウダー

(5g)を朝食または夕食の直前に摂取しました。

両群で身体特性（身長・体重・BMI）やエネルギー摂取量、食物繊維摂取量、身体活動量に有意な差は認められませんでした。それぞれの食後血糖値を比較すると、朝摂取群では各食後で菊芋パウダーの摂取により摂取前に比べて血糖値の上昇が抑制されました（図1）。一方、夕摂取

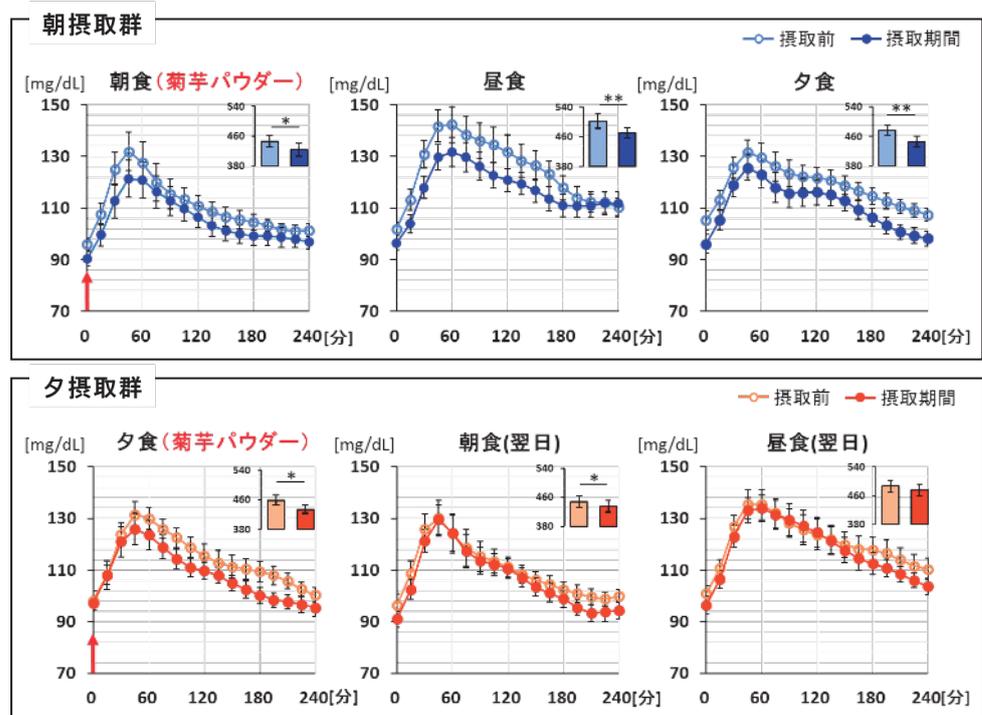


図1 朝の菊芋の摂取は一日の血糖値上昇を抑制する

健康機能性を高める  
高付加価値の創出

群では夕食と翌日の朝食においてのみ摂取前に比べて血糖値の上昇が抑制されました（下図）。その抑制の程度は朝に菊芋を摂取した群の方が大きく、夕食よりも朝食に菊芋パウダーを摂取することは、食後の血糖値上昇抑制により効果的であることが示唆されました。さらに、一日の血糖値を検討したところ、朝摂取群において夕摂取群に比較して一日の血糖値がより低下していることが分かりました。

我々は、異なる摂取時刻による血糖値変動への影響の違いは食事の間の絶食時間によるものだと考えています。朝食に菊芋パウダーを摂取すると、その次の食事は当日の昼食、夕食と続き、約半日のうちに3食を取ることになりますが、夕食に菊芋パウダーを摂取すると、その次の食事は翌日の朝食、昼食と続くため、菊芋パウダーを摂取してから約半日経って初めて2食目を取ることになります。そのため、朝に摂取することで、次の食事と更に次の食事までの絶食時間が短くなることから『セカンドミール効果』（1食目で血糖値の上昇を緩やかにする食事を取ると、2食目での血糖値の上昇が抑制されるという効果）が生じ、菊芋パウダーを摂取していない食事においても血糖値の上昇が抑制されたものと考えられます。

### 社会実装の対象と可能性:

本研究は、朝食または夕食における菊芋の摂取時刻の違いが日中および食後の血糖値変動に及ぼす影響について検討し、夕食前の摂取に比べて朝食前の摂取が食後および日中の血糖値コントロールにより有効であることを示しました。今後も増加すると予想される糖尿病の予防や改善のための対策の一つとして応用できると考えられます。また、現代の日本において一日の食事のバランスには偏りがあり、朝食時の摂取量が夕食時の摂取量に比べて少ないことが報告されています。それに伴い、朝食での食物繊維摂取量が不足している可能性が高いと推測されます。血糖値調節における食物繊維の重要性を考えれば、その改善策として食物繊維が多く含まれた菊芋を用いた商品開発の活用が期待されます。今後様々な条件下でのより詳細な検討が望まれます。

### 参考文献:

- ・ 千々木華子、金鉉基、佐々木裕之、深澤真由子、大久保仁、尾崎真実帆、難波拓哉、呂怡錦、中岡隆志、柴田重信、朝もしくは夕の菊芋摂取が血糖値の日内リズムおよび腸内細菌叢に及ぼす影響、第73回日本栄養・食糧学会大会、2019年5月（静岡）。
- ・ 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)早稲田大学研究班 編、菊芋 運動レシピでイキイキ!, (一社)農山漁村文化協会 (2019年)。

**研究担当機関名:** 早稲田大学

**研究担当者:** 早稲田大学 金 鉉基、高橋 将記、青山 晋也、柴田 重信

**問い合わせ先:** 早稲田大学 先進理工学部 生理薬理学研究室 柴田重信  
 電話：03-5369-7318 E-mail：shibatatas@waseda.jp

**作成日:** 2019/03

## 菊芋レシピの開発・検証と社会実装の可能性 —おいしく、適切にイヌリンを摂取するために—

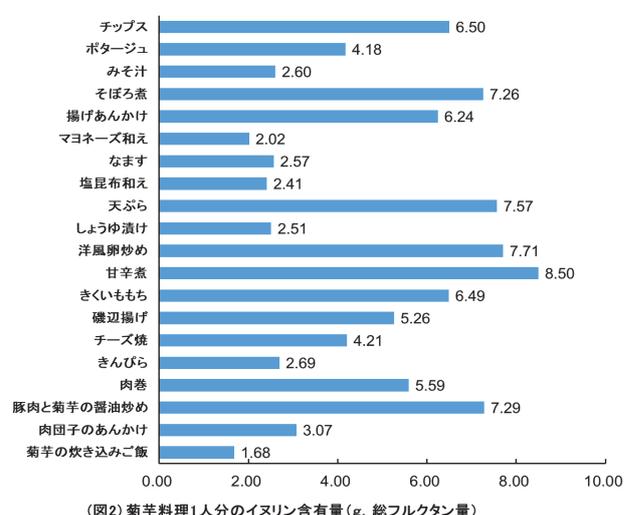
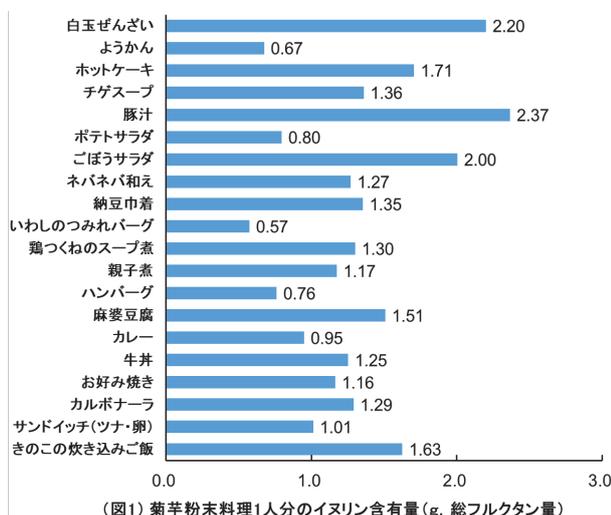
試験研究計画名：高齢者に配慮した時間栄養・運動に基づく次世代型食・運動レシピの開発  
研究代表機関名：学校法人 早稲田大学

### 背景とわらい：

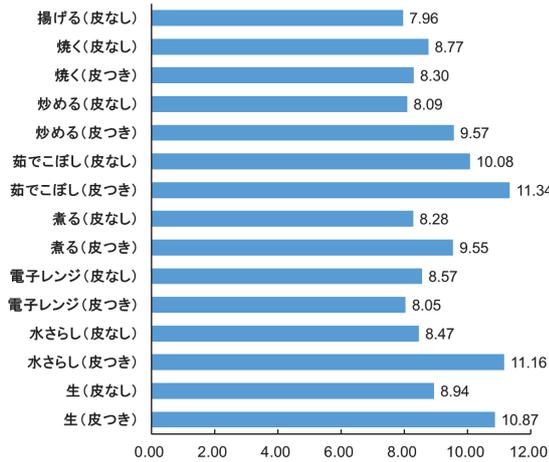
菊芋は今までも血糖値降下作用や便秘の改善が期待できる機能性食品として話題になってきましたが、機能性成分イヌリンの含有量の知見は不十分でありました。本中課題において、イヌリン摂取による体調変化は確認されましたが、同量摂取の場合でも、便秘の改善を示す一方で、下痢やガスが出やすいなど体調悪化や不快症状を示す場合があります。個人差が大きいことが確認されています。適量摂取の目安を知るためにも、菊芋レシピ中のイヌリン含有量の知見は必要です。

### 特長と効果：

菊芋粉末料理では菊芋粉末 2.5g を使用したが、豚汁やごぼうサラダのように他の材料にもイヌリン含量の多い食品を組み合わせることで添加した菊芋粉末中に含まれるイヌリン含量より多い値でした（図 1）。菊芋料理では菊芋使用量が多い甘辛煮や醤油炒めでイヌリン含量が豊富でした（図 2）。また、菊芋は皮むきが面倒であるとの意見が多く、料理によっては皮ごと利用することも可能であるため、菊芋の皮つきと皮なしに対して、調理方法別に菊芋 100g 中のイヌリン含量を測定しました。その結果、皮つきの茹でこぼしで 11.34g、皮つきの水さらしで 11.16g であり、皮をむいた同じ調理法の菊芋と比較してイヌリン含量が豊富でした。また、皮をむいて揚げたものや炒めたものは、それぞれ 7.96g、8.09g であり、さらに電子レンジ加熱調理の菊芋も 8g 程度の低いイヌリン含量でありました（図 3）。これらの結果より、電子レンジのような強い加熱条件はイヌリン含量を減少させやすく、同じ調理法でも皮をむかずに調理した方がイヌリンの流出を防ぐことができる可能性が示唆されました。これら料理 1 人分のイヌリン含量を出版した菊芋書籍のレシピ紹介部分に掲載しました（写真 1）。



健康機能性を高める  
高付加価値の創出



(図3) 菊芋100g中の調理法別イヌリン含量(g, 総フルクタン量)



(写真1) 菊芋書籍記載のレシピ1人分のイヌリン含量

### 社会実装の対象と可能性:

書籍には料理中の実測されたイヌリン含量とともに1人分の分量が分かるように料理写真を掲載しており、一般消費者が機能性食品を実際の食生活で摂取する際の具体的な目安として把握できます。料理関連書籍に掲載されている多くの栄養成分値は、使用食品とその使用量から算出されたものであり、調理による変化の要因を経た実測値が掲載されているものはごくまれです。本研究の対象となったイヌリンのように、摂取による体調の変化の個人差が大きく、栄養成分値の情報が不足している機能性成分は今後も多くの消費者に利用され、実際の摂取状況に近い状態での成分値の掲載が求められます。今回の書籍のような栄養成分値の掲載は、個々の特性や体調に合わせた、よりきめ細かいカスタムメイドの食事サービスへと利用される可能性があります。

### 参考文献:

- ・横井健二 他, 菊芋を原料とした機能性に富む加工食品の製造技術の開発, 富山県食品研究所研究報告, 6号, pp.15-23, 2008年.
- ・Tomono et al., Effect of synthesized inulin on bowel habit and fecal motoflora in healthy adults with low fecal frequency. Jpn Pharmacol Ther, 38(11), pp. 1031-40, 2010.
- ・Micka et al., Effect of consumption of chicory inulin on bowel function in healthy subjects with consumption: a randomized, double-blind placebo-controlled trial. Int J Food Sci Nutr, 68(1), pp. 82-89, 2017.
- ・戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)早稲田大学研究班 編, 菊芋 運動レシピでイキイキ!, (株一社)農山漁村文化協会 (2019年).

**研究担当機関名:** 早稲田大学

**研究担当者:** 早稲田大学 スポーツ科学学術院 田口 素子、  
同 重点領域研究機構 村田浩子、シダックス株式会社

**問い合わせ先:** スポーツ科学学術院 田口素子  
E-mail: mtaguchi@waseda.jp

**作成日:** 2019/03

## ロコモ機能を向上させるからだ・あたま体操

### －SIPex サイペックス－

試験研究計画名：高齢者に配慮した時間栄養・運動に基づく次世代型食・運動レシピの開発  
研究代表機関名：学校法人 早稲田大学

#### 背景とわらい：

歩行のスピードは寿命と深く関係することがわかっています。SIP プロジェクトの一環でわれわれが行った2年半にわたる中高齢者（40～81歳）209名（男性106名、女性103名）の詳細な調査から、歩行のスピードや歩幅には脚伸展（ジャンプするように両脚を蹴り出す）のパワーや膝を曲げ伸ばしする筋力が関係することが明らかになりました。これは、股関節や膝関節を動かす筋肉が中高齢者の歩行機能の向上に重要であることを示唆するものです。また、速く歩こうとする際に、男性はおおまたになるものの歩調が遅くなり、女性はせかせかとこまたで歩く傾向が明らかになりました。男女とも「素速く、おおまたで歩く」ことを意識することが大切です。

#### 特長と効果：

運動の効果を最も高めるためには、朝、昼、夜のいつ運動をするとよいのでしょうか。高齢者の運動効果を検証したわれわれの研究の結果、午後よりも午前運動するほうがより効果的であるということがわかりました。また、何もしないと、中高齢者の場合は3ヶ月で歩行能力が低下してしまう傾向も観察されました。

#### 運動と機能性食品の相乗効果：

下肢の筋群に刺激を与える運動に、SIP プロジェクトでその効果が検証された機能性食品を組み合わせたプログラムの効果を高齢者の方々を対象として検証したところ、歩行能力や筋力・筋パワー、そして認知機能の一部に向上が認められました。運動と機能性食品の相乗効果が確認された重要な研究成果だといえるでしょう。運動プログラムのポイントは、上に述べた股関節や膝関節まわりの筋肉に自分の体重の負荷をかけることであり、必ずしも特別の器具や重りなどを使う必要はないこともわかりました。

#### 社会実装の対象と可能性：

##### 高齢者の筋力アップ・歩行脳力向上のための体操

上記の運動プログラムのエッセンスを、約2分間にまとめた体操が、われわれが開発したSIPex（サイペックス）です。Senior Integrative Physical Exerciseの頭文字を取った名称ですが、SIP プロジェクトの一環であることも意味しています。「からだの体操」と「あたまの体操」で構成されています。SIPexの運動を図解しました（図1）。



図 1 高齢者の筋力アップ・歩行脳力向上のための体操『SIPex（サイベックス）』

書籍「菊芋×運動レシピでイキイキ」（内閣府・SIP 早稲田大学研究班編、出版元：（一社）農山漁村文化協会、2019 年 1 月）より、改変し転記。

**参考文献：** 書籍「菊芋×運動レシピでイキイキ」 内閣府・SIP 早稲田大学研究班編（一社）農山漁村文化協会（2019 年）。

**研究担当機関名：** 早稲田大学

**研究担当者：** 早稲田大学 スポーツ科学学術院 田中 史子、川上 泰雄

**問い合わせ先：** 早稲田大学 スポーツ科学学術院 川上 泰雄  
電話：04-2947-6784 E-mail：ykawa@waseda.jp

**作成日：** 2019/03

## 毛包細胞を用いた時計遺伝子発現リズムは 高齢者の生体リズム指標として有用である

試験研究計画名：高齢者に配慮した時間栄養・運動に基づく次世代型食・運動レシピの開発  
研究代表機関名：学校法人 早稲田大学

### 背景とわらい：

ヒトの中枢性の生体リズムは、加齢に伴い前進し、1日の振幅（メリハリ）が低下することが示されています。従って、日常的な栄養・食生活、身体活動ならびに睡眠習慣により生体リズムを調節・改善することは重要と考えられます。一方で、高齢者を対象に、末梢性の生体リズムを評価する生体リズム指標の検証は十分ではなく、特に若齢者との比較や各個々人の生活習慣との関連は明らかとなっておりません。我々は、高齢者を対象に顎鬚の毛包細胞からの時計遺伝子発現リズムを評価し、この発現リズムを若齢者と比較しました。さらに質問紙調査による生体リズム（朝型・夜型などのクロノタイプ）、食事タイミング、身体活動・体力、起床・睡眠時刻などの生活習慣との関連性を検討し、毛包細胞を用いた時計遺伝子発現の生体リズム指標としての有用性を検証しました。

### 特長と効果：

まず、高齢者 36 名と若年者 24 名の時計遺伝子発現リズムを比較した結果から、若年者と同様に高齢者においても *PER3*、*NR1D1*、*NR1D2* の概日リズムが確認されました。従って、毛包細胞を用いた時計遺伝子発現リズムは、高齢者における生体リズムの指標として有用であることが示されました。次に、若年者と比較した時の高齢者の時計遺伝子発現リズムの特徴として、ピーク時刻が前進し、発現リズムの強さを示す振幅が低い傾向がみられました（図 1）。これらの結果は、加齢に伴う体内時計の変化を毛包細胞における時計遺伝子発現により評価できることを示唆しています。さらに、時計遺伝子の発現リズムと質問紙調査における生体リズム（朝型・夜型などのクロノタイプ）食事時刻（朝食、昼食、夕食）、身体活動量・体力ならびに睡眠の質と量などの生活習慣との関連性を検討しました。その結果、高齢者で夜型が少なかったことから、朝型・中間型の高齢者と若齢者を比較したところ、同じ朝型・中間型に分類されているにもかかわらず時計遺伝子の一つである *PER3* の Peak time が高齢者で前進傾向にありました（図 1）。生活習慣との関連をみると、食事のタイミング（朝食、昼食、夕食）のタ

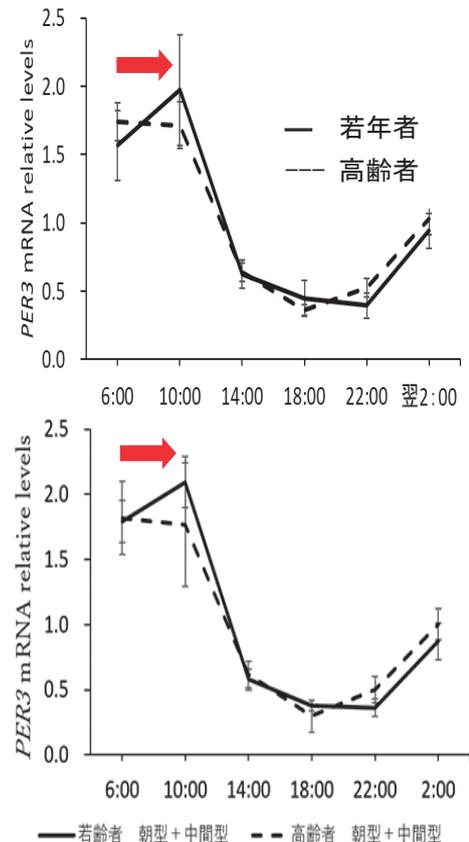


図 1 高齢者と若年者における毛包細胞を用いた時計遺伝子発現リズム解析

イミングと時計遺伝子発現リズムの明らかな関連は認められませんでした。時計遺伝子の一つである *PER3* の振幅と中等度強度以上の身体活動量ならびに最高酸素摂取量（体力指標の一つ）に正の相関関係が認められました。これらの結果は、日常的な身体活動量や体力が高い高齢者では、生体リズムが良好であることを示唆しています。ピッツバーグ質問紙を用いた睡眠の質と時計遺伝子発現リズムを検討した結果では、睡眠の質が不良の高齢者では、時計遺伝子の *PER3* のピーク時刻が後退することが明らかとなりました。一方で、時計遺伝子発現リズムと睡眠時間（長さ）との関連性は観察されませんでした。従って、睡眠の質が不良である高齢者は、体内時計が後退している可能性が示唆されました。

最後に、老化に伴う日内リズムの変化や皮膚機能の日内リズムの評価に有用なマーカー遺伝子を探索するため、経時的にサンプリングした毛包細胞から抽出した RNA を用いて網羅的遺伝子発現解析を行いました。その結果、*PER3* や他の時計遺伝子を含む 400 遺伝子についてリズム性が確認されました。また、皮膚機能に関連することが予想される水輸送関連遺伝子のリズム性についても確認でき、機能的食品や機能的成分含有スキンケア商品による皮膚の健康を、日内リズムの観点から評価する指標を見出すことが示唆されました。今後、リズム性の認められた遺伝子のカテゴリーの抽出や、高齢者と若年者においてリズム性のある遺伝子の比較を行う予定です。

### 社会実装の対象と可能性:

本研究成果は、毛包細胞を用いた時計遺伝子発現リズムの評価が高齢者の生体リズム指標として有用であることを示しました。また我々の実施したヒト介入研究では、3か月のイヌリン摂取が、高齢者の生体リズムを変化させることを示しました。近年の海外の研究では、ヒトの食事摂取時刻を後退させると、末梢組織における時計遺伝子発現リズムを後退させることが示されています。従って、食事タイミングあるいは食事内容によって高齢者における体内時計の加齢変化を調節できる可能性があると考えられます。日本人の食習慣から考えると、魚に含まれる DHA/EPA やシステインなどのアミノ酸を多く含む食品やメニューが有用となる可能性がありますので、今後の検証が望まれます。

### 参考文献:

- ・ Masaki Takahashi, Atsushi Haraguchi, Yu Tahara, Natsumi Aoki, Mayuko Fukazawa, Kumpei Tanisawa, Tomoko Ito, Takashi Nakaoka, Mitsuru Higuchi, Shigenobu Shibata: 2017 Positive association between physical activity and *PER3* expression in older adults, Scientific Reports, 7:39771.

**研究担当機関名:** 早稲田大学

**研究担当者:** 早稲田大学 高橋 将記、青山 晋也、金 鉉基、柴田 重信

**問い合わせ先:** 早稲田大学 先進理工学部 生理薬理学研究室 柴田 重信  
 電話 : 03-5369-7318 E-mail : shibatasa@waseda.jp

**作成日:** 2019/03

## 光センシングによる簡便な未病マーカーの開発

### － 微細な「食」や「運動」の効果を数値化 －

試験研究計画名：ホメオスタシス維持機能をもつ農林水産物・食品中の機能性成分多視点評価システムの開発と作用機序の解明

研究代表機関名：自然免疫制御技術研究組合

#### 背景とわらい：新たな健康度指標で先制医療に貢献

日本は世界に先駆けて超高齢社会に突入し、それに伴う医療費の増大が大きな社会問題となっています。その打開策の一つとして「先制医療」に大きな期待が寄せられており、病気を発症する前の兆候を察知でき、「食」や「運動」による軽微な効果が判別できる新しい指標が求められています。私たちは、自然免疫の最大の担い手である好中球（白血球）に着目し、疾患発症や老化促進に関与する活性バランスの乱れ（酸化ストレス、免疫低下等）を早期に簡便に検出できる手法を開発しました。

#### 特長と効果：

本手法の最も大きな特長は、血液 3 $\mu$ L 中に含まれる好中球の活性を簡便にリアルタイムに評価できる事です。ランセット（穿刺針）により自己採血した血液を、好中球分離等の複雑な操作なく希釈するだけで、その血液中に含まれる好中球により産生される 2 種類の活性酸素種、スーパーオキシド ( $O_2^{\cdot -}$ ) と次亜塩素酸イオン ( $OCI^-$ ) を、化学発光 (CL) と蛍光 (FL) の 2 種類の光情報に変換して同時に検出します。本測定専用開発したディスポーザブル樹脂製角型計測セルと計測装置を写真 1、図 1 に示しました。高感度である事はもちろん、再現性・安定性に大変優れています。図 2 は 4 試料同時に計測できる 4 連型を使って、同一血液試料を計測した結果です。各ピーク積算値の誤差率は CL : 2.32%、FL : 3.39% でした。本システムを用いて、多くのヒト臨床試験を実施し、「食」や「運動」、喫煙等の生活習慣の影響が検出できることが確認され、未病マーカーとして利用できる可能性が得られています。



写真 1 蛍光/化学発光同時計測装置（左：4 連型 右：2 連型）

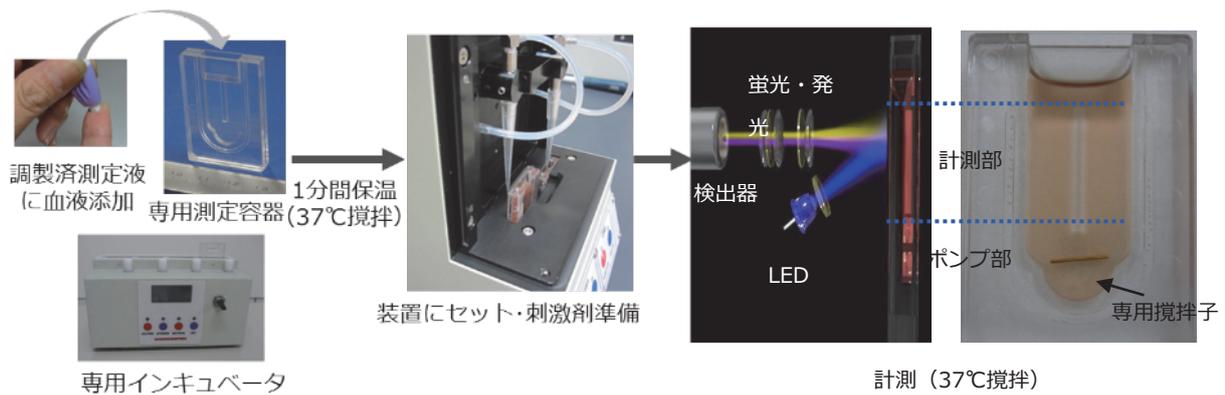


図1 測定方法と専用樹脂製角型計測セル

37°C保温済の測定溶液に全血 3 $\mu$ L を添加し、1分間攪拌保温後、装置にセット、刺激剤を準備して計測（25分間）開始。

専用容器は、光路長 2 mm として光吸収の影響を低減しました。容器内部は、攪拌用の空間（容器の垂直面で攪拌子が回転）と計測用の空間（溶液流を計測空間に均一に拡散するセパレータで構成）に分かれており、攪拌渦の信号への影響を回避しています。それぞれのピーク積算値を算出し、指標としています。

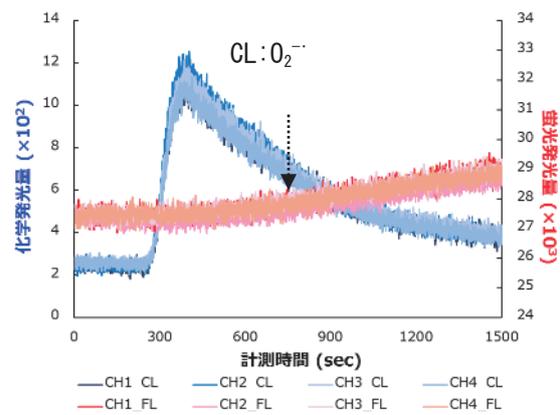


図2 同一血液の4連型同時計測結果

### 社会実装の対象と可能性:

食の機能性を評価するヒト介入試験では、健常者を被験者としなければならず、従来の疾患マーカーでは効果を判別するのが難しいという問題が生じています。従来の酸化ストレスや炎症マーカーよりも早い段階で動き、未病の状態が判別できる本システムであればこの問題を解決できると考えられます。また微量血液で専門技術無く計測できるため、一般ユーザーへの普及も可能であり、日々の体調管理やテラーメイド食品の選択ツールとして、「先制医療」に貢献できると考えています。

### 参考文献:

- ・ 数村公子, 生物工学会誌, 95(6), 324(2017), K. Kazumura et al., PLoS One, 13(8) e0200573 (2018), Y. Kobayashi et al., PLoS One, 13(3) e0195008(2018), PLoS One, 13(6) e0198493(2018), R. Zhang et al., Anticancer Res. 38, 4289 (2018).

**研究担当機関名:** 浜松ホトニクス(株)

**研究担当者:** 中央研究所 数村 公子、土屋 広司、美和 登志幸、竹内 康造、波多野 薫子、GSCC 服部 将貴、電子管事業部 森下 直計、近藤 房宣

**問い合わせ先:** 浜松ホトニクス(株) 企画統括部 市場開発 G  
電話 : 053-459-1113 E-mail : biz-plan@hq.hpk.co.jp

作成日: 2019/04

## 生体内で活性のある酸化 LDL を検出する － 真の悪玉コレステロールの一括検出 －

試験研究計画名：ホメオスタシス維持機能をもつ農林水産物・食品中の機能性成分多視点評価システムの開発と作用機序の解明

研究代表機関名：自然免疫制御技術研究組合

### 背景とわらい：

酸化 LDL (いわゆる“悪玉コレステロール”)は、生活習慣病の危険因子として知られていますが、酸化的修飾を受けた LDL 分子の総称であり、修飾の程度も異なった不均一な分子集団です。酸化 LDL を認識し生活習慣病発症の引き金となる機能不全を誘導する受容体 (LOX-1) の認識能に着目し、酸化的修飾を受けた LDL 分子中から、生体中で活性を示す酸化 LDL (真の悪玉) のみを広範に検出する手法の確立を目指しました。

### 特長と効果：

- ・ LOX-1 の酸化 LDL 認識領域 (CTLD14) を遺伝子組換えカイコにより安定生産することに成功しました (図 1)。カイコにより生産された CTLD14 は、カイコ型糖鎖の付加を受けており、pH 安定性が向上するなどの特性が確認されました。
- ・ カイコ型 CTLD14 を活用し、酸化的修飾を受けた広範な LDL を検出可能なプレートタイプ検出システムを開発しました (図 2)。開発したシステムは、LDL とは反応せず、 $3 \mu\text{g/ml}$  以下の酸化 LDL を特異的に検出可能なことが明らかとなりました (図 3)。さらに、大過剰の LDL ( $1200 \mu\text{g/ml}$ ) が存在し、高コレステロール、高トリグリセライド値を示す血漿中においても、数  $\mu\text{g/ml}$  の酸化 LDL の変化が検出可能なことが確認されました (図 4)。
- ・ 一方、pH 安定性の問題から活用範囲が限られていた CTLD14 が、pH 安定性、塩非存在下での安定性を獲得したことから、ラテラルフローアッセイの原理に基づいた簡易ストリップを作製し、金属コロイド修飾 CTLD14 を検出試薬として、20 分以内に  $30\text{ng}$  以下の酸化 LDL が検出可能なことが確認されました。

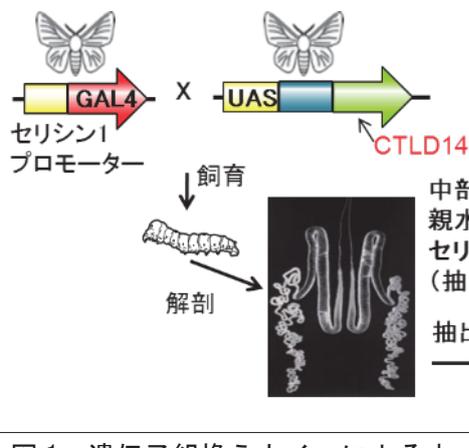


図 1. 遺伝子組換えカイコによる中部絹糸腺への CTLD14 生産

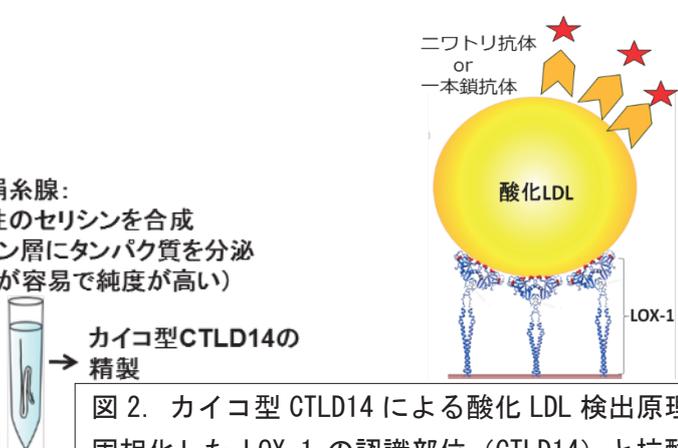


図 2. カイコ型 CTLD14 による酸化 LDL 検出原理。固相化した LOX-1 の認識部位 (CTLD14) と抗酸化 LDL ニフトリ抗体 (若しくは、抗酸化 LDL 一本鎖抗体) で酸化 LDL をサンドイッチし、発色 (450nm における吸光度) により酸化 LDL を定量

健康機能性を高める  
高付加価値の創出

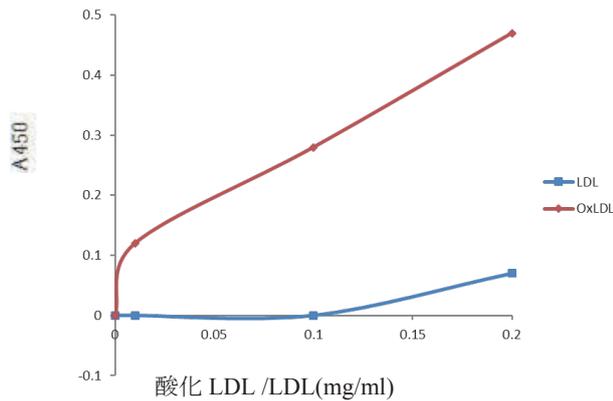


図 3. 開発したシステムによる酸化 LDL、LDL の添加回収実験結果。横軸：測定系に添加した酸化 LDL、もしくは、LDL の濃度 (mg/ml)、縦軸：450nm の吸光度。酸化的修飾を受けていない LDL は高濃度で存在しても反応しないことから、酸化的修飾を受けた LDL のみを検出可能なことが確認されました。

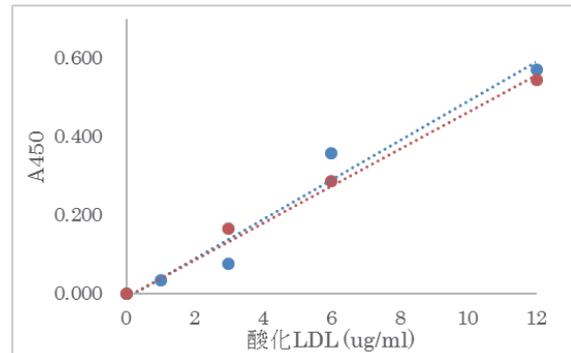


図 4. 脂質異常を示す血漿中への酸化 LDL の添加回収実験結果。横軸：血漿に添加した酸化 LDL 濃度 (ug/ml)、縦軸：450nm の吸光度。●：高コレステロール、●：高トリグリセライドにも影響されず血漿中の酸化 LDL 量の変化を検出可能なことが確認されました。

### 社会実装の対象と可能性：

- ・ LDL 正常値は  $1200 \mu\text{g/ml}$  未満であり、通常、酸化 LDL は、LDL の 0.2% 程度です。そのため、ヒトを対象とした酸化 LDL 濃測定に必要な検出感度は  $2\sim 3 \mu\text{g/ml}$  ですが、開発されたシステムはこの感度を満たしています。
- ・ ヘルスケア分野で、生活習慣改善効果を評価する指標としての活用や、食品産業分野における開発食品の摂取効果を評価する手法としての活用、が期待されます。
- ・ 脂質異常などの進展段階毎のデータの蓄積により、健康診断や検診などへの活用が期待されます。

### 参考文献：

- ・ Journal of Bioscience and Bioengineering, 122(3) :287-93. Doi:10.1016/j.jbiosc.2016.02.014 (2016).
- ・ Scientific Reports, 7:356. Doi:10.1038/s41598-017-00420-4(2017).
- ・ 特許：PCT/JP2015/005017(2015)，特願2016-551559 (2017. 2. 2)，USAN 15/515998 (2017. 3. 30)，CN:201580065415.X (2017. 6. 1)，HK: 18106800.7 (2018. 5. 28)。

**研究担当機関名：** 農研機構 食品研究部門、同・生物機能利用研究部門

**研究担当者：** 農研機構 食品研究部門 小堀俊郎、山本万理、町田幸子、倉持みゆき、同・生物機能利用研究部門 瀬筒秀樹、立松謙一郎、早川舞

**問い合わせ先：** 国立研究開発法人 農研機構 食品研究部門広報担当  
電話：029-838-8050 E-mail：kohop-nfri@ml.affrc.go.jp  
<http://www.naro.affrc.go.jp/inquiry/index.html>

**作成日：** 2019/04

## 食品の機能性成分リポポリサッカライド(LPS)の 経口摂取による認知症改善効果

試験研究計画名: ホメオスタシス維持機能をもつ農林水産物・食品中の機能性成分多視点  
評価システムの開発と作用機序の解明

研究代表機関名: 自然免疫制御技術研究組合

### 背景とわらい:

農産物のホメオスタシス維持機能として、生体内異物（体にできる不要物）の排除を促進させることで、疾患を予防する効果について検討しました。玄米、麦、ソバなどに多く含まれるリポポリサッカライド(LPS)の中でも、食経験があり安全性が高いパントエア菌由来のLPSを経口摂取させました。それにより食細胞の異物排除能が亢進することを明らかにしました。また、認知症、動脈硬化、高血圧モデル動物に対して高い疾患の発症予防効果が見出されました。

### 特長と効果:

玄米などの未精製穀物などにLPSは多く含まれています(参考文献(1))。このLPSは植物共生グラム陰性細菌に由来し、多くの農産物に存在している成分です。

特に植物に多く存在するパントエア菌由来のLPSを経口摂取させることで、マウス腹腔の食細胞の貪食能が亢進しました(図1、参考文献(2))。

アルツハイマー病モデル(SAM-P8)マウスに高脂肪食を摂取(認知症促進)させ、モリス水迷路試験で認知機能を評価したところ、パントエア菌LPSを経口摂取させると認知機能低下が防げ、脳内アミロイドβの蓄積が低下し(図2)、酸化ストレスが低減しました(参考文献(3))。

動脈硬化モデル(ApoE欠損)マウスに高脂肪食を摂取させて動脈硬化巣を評価したところ、パントエア菌LPSの経口摂取により有意な抑制効果が観察されました(参考文献(4))。

高血圧自然発症SHLラットに食塩水を摂取させて高血圧症を誘導したところ、パントエア菌LPSの経口摂取により高血圧症が低下することが観察されました(論文投稿中)。

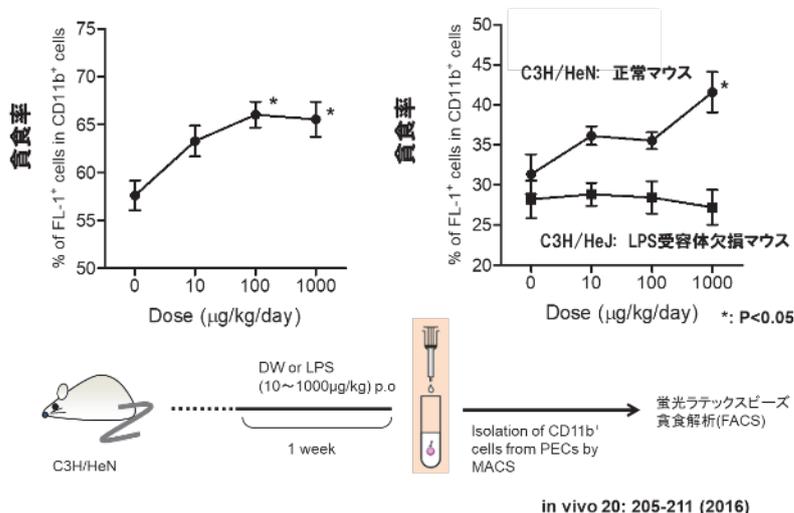


図1. パントエア菌LPS経口摂取による腹腔食細胞貪食能亢進  
パントエア菌LPSをマウスに一週間飲水摂取させた後に、腹腔細胞を回収しました。抗体磁気ビーズを用いてCD11b陽性細胞を回収し、蛍光ラテックスビーズを貪食させFACSで解析しました。LPS受容体欠損マウス(C3H/HeJ)は効果が見られませんでした。

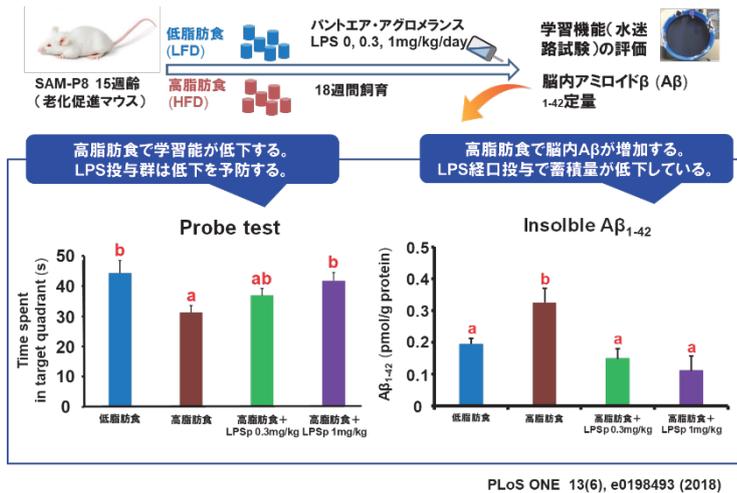


図2. パントエア菌 LPS 経口摂取による認知機能維持とアミロイドβ産生抑制

SAM-P8 マウスに高脂肪食を摂取させて18週間飼育した後、モリス水迷路試験により認知機能を評価しました。高脂肪食により有意に学習機能が低下しましたが、LPSの経口摂取により学習機能が維持されていました。また、脳内の不溶性のアミロイドβ(42)量は高脂肪食で有意に増加しましたが、LPS摂取で抑制されていました。

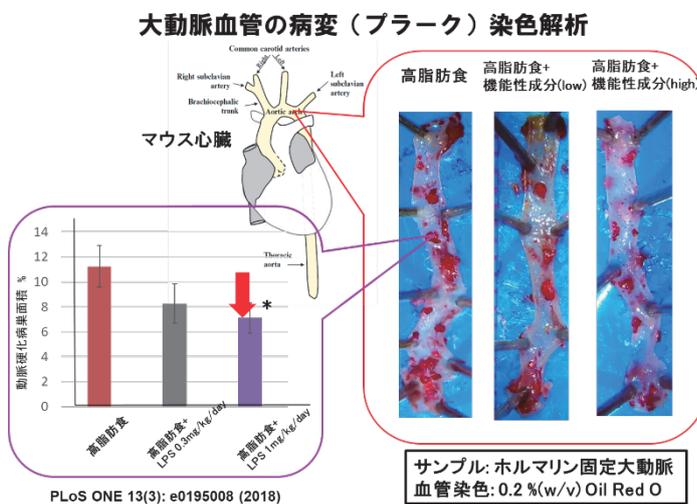


図3. パントエア菌 LPS 経口摂取による動脈硬化症マウスモデルの抑制

ApoE 欠損マウスに高脂肪食を摂取させて15週間飼育した後、大動脈を単離し、オイルレッド染色(動脈硬化部位)の面積を算出しました。LPSを飲水摂取させたマウスは動脈硬化部位が減少していました。

### 社会実装の対象と可能性:

農産物の共生細菌であるグラム陰性菌に由来するLPSは栽培方法、時期などによって含量が大きく異なります。LPSを多く含む農産物の製造を開発することができれば、生活習慣病予防機能を持つ農産物としての開発も期待されます。

### 参考文献:

- Anticancer Res. 36: 3693-8 (2016)、(2) in vivo 30: 205-211 (2016)、(3) PLoS ONE 13(6): e0198493 (2018)、(4) PLoS ONE 13(3): e0195008 (2018).

研究担当機関名: 自然免疫制御技術研究組合、香川大学

研究担当者: 自然免疫制御技術研究組合 杉源 一郎、稲川 裕之、  
香川大学: 小林 優多郎

問い合わせ先: 自然免疫制御技術研究組合 SIP 担当事務  
電話: 087-813-9201 E-mail: project@shizenmeneki.org  
http://shizenmeneki.org/

作成日: 2019/04

## ホメオスタシス多視点評価プロトコルによる健康評価

試験研究計画名：ホメオスタシス維持機能をもつ農林水産物・食品中の機能性成分多視点評価システムの開発と作用機序の解明

研究代表機関名：自然免疫制御技術研究組合

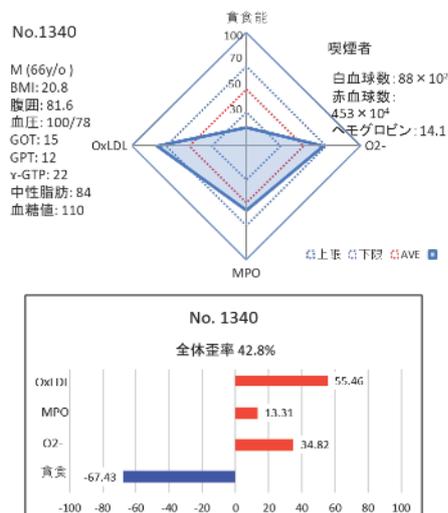
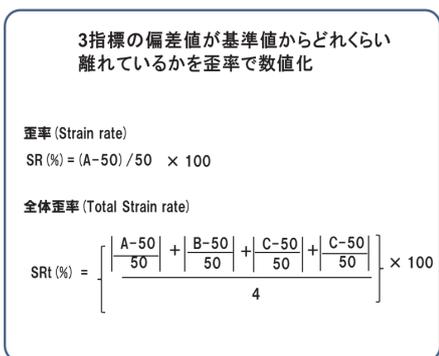
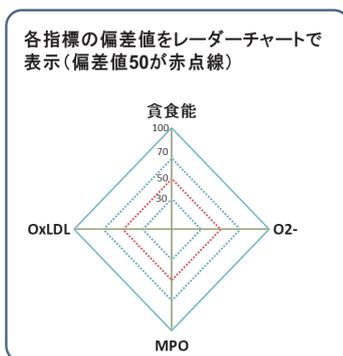
### 背景とわらい：

個体のホメオスタシス（健康）維持能力を生体内異物に着目することで、農産物や運動などの複雑な健康維持機能を評価できると考え、世界初となる多視点評価システムを開発しました。測定は、生体内異物を作らせない（生体内酸化ストレス状態：好中球活性のスーパーオキシドとミエロペルオキシダーゼ(MPO)産生能で評価）、ためない（生体内異物の蓄積状態：細胞毒性の高い酸化LDL量で評価）、排泄する（異物排除能：食細胞の貪食能で評価）で行いました。しかしながら、それぞれの評価値は異なる基準を持つので、統合化して評価する方法が必要になります。そこで、統合指標を創出しましたところ、これまでにない健康評価となることがわかりました。

### 特長と効果：

異なる多視点を統合化するために偏差値化を導入しました。そのために、測定するスーパーオキシド産生能、MPO産生能、食細胞貪食能、酸化LDL量について、健常者データを母集団として正規化データを得る必要があります。そこで、検診受診者の協力を得て1000人にも及ぶ血液を測定し、国際臨床科学連合による国際プロジェクトの基準範囲算出方法に基づき、一次、二次除外して選択したデータをBox-Coxべき乗変換により正規化し、基準範囲（平均±2SD）を設定しました（暫定値のため非公開）。

#### 統合評価プロトコルの評価手法(レーダーチャート・歪率)



健康機能性を高める  
高付加価値の創出

図1. 偏差値化による統合レーダーチャートと歪率計算式  
 レーダーチャートの補助線はそれぞれ偏差値 30、50、70 を示しました。基準範囲(平均±2SD)は偏差値 30~70 に相当します。歪率は平均からのズレの割合で表示しました。

図2. 統合レーダーチャートと歪率に関する喫煙者の例

個人の測定値を偏差値により同一指標として取り扱いレーダーチャートを作成することができました(図1)。また平均からのズレを歪率として評価することで直感的に多視点の評価状態を捉えることができる方法を考案しました(図2)。

スーパーオキシド産生能、MPO産生能、食細胞貪食能、酸化LDL量と従来の生化学マーカーとの相関性を評価しました(図3)。BMI、腹囲、総コレステロール、中性脂肪、空腹時血糖などのメタボや肥満に関連する指標、肝機能のGPTとの相関性が観察されましたが、血圧との関連性は見られませんでした。血液の測定なので白血球数、ヘモグロビンによる影響を受けています。喫煙習慣と好中球活性には高い相関が見られています(図2)。以上から本開発多視点評価システムが健康指標として生活習慣病と関連する従来指標とも相関性が高く、慢性炎症疾患への移行状態を反映していると考えられ、未病マーカーとしての有用性が示唆されました。

項目		O2-	MPO	貪食能	OxLDL
BMI		○	○	○	◎
腹囲		○	○	○	◎
総コレステロール	メタボ・肥満・ 糖尿病関連 マーカー	×	○	△	◎
HDL		△	○	×	×
LDL		×	×	○	◎
中性脂肪		○	○	×	◎
空腹時血糖		○	◎	○	◎
HbA1c		×	×	×	○
CRP	炎症マーカー	△	◎	×	×
白血球数	赤血球関連	◎	◎	△	△
赤血球数		×	△	△	△
ヘモグロビン		○	◎	◎	◎
GOT(ALT)	肝・腎機能 マーカー	×	△	△	◎
GPT(AST)		○	○	○	◎
γ-GTP		△	△	×	◎
ALP		×	△	×	△
血清アミラーゼ		×	×	×	×
尿酸		×	×	×	◎
クレアチニン		×	△	×	×
収縮期血圧	血圧	△	×	×	○
拡張期血圧		×	△	×	○
総蛋白質	栄養状態	×	×	×	△
アルブミン		×	×	×	×

◎: p<0.0001、○: 0.0001 ≤ p<0.05、△: 0.05 ≤ p<0.2、×: 0.2 ≤ p

図3. 各評価システムと従来の生化学指標との相関性  
O2-:スーパーオキシド産生能、MPO:ミエロペルオキシダーゼ産生能、OxLDL:酸化LDL量

### 社会実装の対象と可能性:

個人の動的な健康維持に関わる能力を評価出来るので、人間ドックでの健康診断の項目として利用できます。

農産物や運動の健康維持機能を評価する新規なマーカーとして日本の農産業の高付加価値化に寄与することが期待されます。

### 参考文献:

- ・ 生物工学会会誌 Vol.95(6) 321-323 (2017).

**研究担当機関名:** 自然免疫制御技術研究組合、香川大学

**研究担当者:** 自然免疫制御技術研究組合 杉源 一郎、稲川 裕之、張 燃、坂名城 隼、香川大学 小林 優多郎

**問い合わせ先:** 自然免疫制御技術研究組合 SIP 担当事務局  
電話 087-813-9201 E-mail : project@shizenmeneki.org  
http://shizenmeneki.org/

作成日: 2019/04

## 未利用藻類の高度利用を基盤とする培養型次世代水産業の 創出に向けた下痢性貝毒認証標準物質の開発

試験研究計画名：未利用藻類の高度利用を基盤とする培養型次世代水産業創出に向けた研究開発

研究代表機関名：国立研究開発法人 水産研究・教育機構

### 背景とわらい：

2015年4月をもって下痢性貝毒検査の公定法は、マウス毒性試験から機器分析法へと改正されました。下痢性貝毒検査に機器分析法が導入されたことにより、下痢性貝毒認証標準物質が不可欠となりました。これまで、下痢性貝毒認証標準物質はカナダの国立研究機関が世界各国に頒布していましたが、在庫が少ない状況でした。国内における急激な需要の増加を考慮して、国産認証標準物質を開発し広く行き渡らせることにより、持続的な機器分析法による国内貝毒検査体制を確立することを目的としました。

### 特長と効果：

国内沿岸から600株以上の有毒藻類 *Prorocentrum lima* を単離し、継代培養株を作製しました。継代培養株の中から、ジノフィシストキシン-1 (DTX1) とオカダ酸 (OA) の細胞当たりの毒含量が極めて高く、一日当たりの細胞増殖速度が高い株を選抜しました。本研究で得られた毒高生産能株は、これまでに世界で発見されてきた株の中で最も高い毒生産能を有する株であることが明らかになりました(図1)。これらの株を大量培養することにより、DTX1 と OA の原料を短期間で大量に製造することが可能となりました。また、大量培養抽出物を原料として、これまでの精製法を改良し、より効率的な精製法を確立しました。さらに、本研究では定量核磁気共鳴法により、精製した DTX1 と OA を対象に極めて正確な濃度決定法を開発することにより、認証標準物質を短期間で開発しました(写真1)。

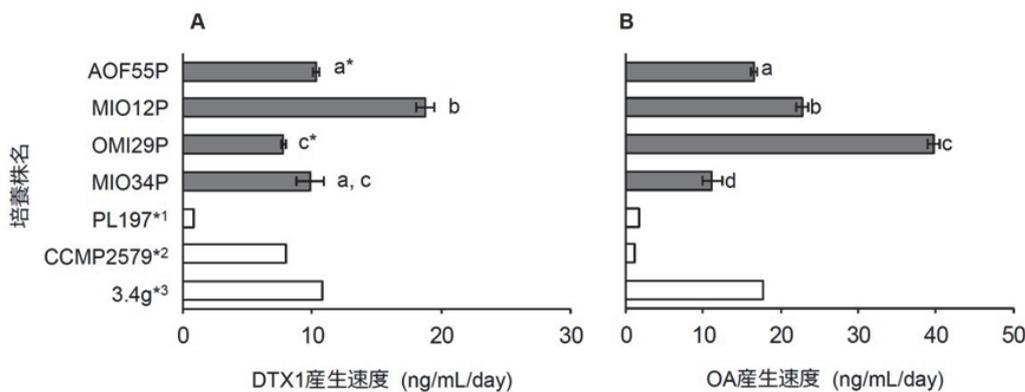


図1 毒高生産能株の毒生産速度

新たに得た毒高生産能株 (AOF55P、MIO12P、OMI29P、MIO34P)、既存毒高生産能株 (PL197)、文献により最も高毒生産能であることが知られている CCMP2579 株、3.4g 株の一日当たりの毒生産能との比較

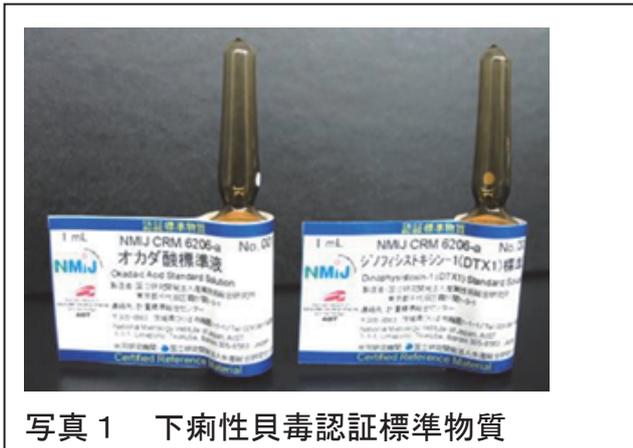


写真 1 下痢性貝毒認証標準物質

### 社会実装の対象と可能性:

開発した標準物質はわが国初の貝毒認証標準物質であり、既に国家標準物質としてわが国の検査で利用されています。また、本認証標準物質の市販を受けて、厚生労働省は2017年4月1日付で旧公定法であるマウス毒性試験を廃止し、国内下痢性貝毒検査は機器分析法に完全に移行しました。下痢性貝毒の大量製造技術が開発されたことにより、海外の標準物質に依存することなく、持続的に下痢性

貝毒標準物質を広く行き渡らせる基盤が整備されました。機器分析法が貝毒検査に導入されたことにより、旧公定法で指摘されてきた精度が十分でないための偽陽性判断による出荷規制がなくなり、青森県陸奥湾のホタテガイ生産額は顕著に増加しました。このように本研究の成果は、二枚貝産業の振興や二枚貝の安全性の向上に大いに貢献しています。

### 参考文献:

- ・ Nishimura T et al. Abundance of the benthic dinoflagellate *Prorocentrum* and the diversity, distribution, and diarrhetic shellfish toxin productivity of *Prorocentrum lima* complex and *P. caipirignum* in Japan, Harmful Algae, submitted (*Prorocentrum* 有毒藻類の高毒生産能株の発見と分子生物学的特性)
- ・ Watanabe R et al. Quantitative Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy Based on PULCON Methodology: Application to Quantification of Invaluable Marine Toxin, Okadaic Acid, Toxins, 8(10) p. 294, 2016 (下痢性貝毒濃度決定法の開発)
- ・ 内田 肇ら, 有毒藻類の大量培養による下痢性貝毒認証標準物質の製造, 生物工学会誌, 95(12) p. 764, 2017 (貝毒認証標準物質の開発) [オープンアクセス]

**研究担当機関名:** 水産研究・教育機構, 産業技術総合研究所, (一財)日本食品分析センター, 高知大学, (一社)トロピカルテクノプラス

**研究担当者:** 水産研究・教育機構: 鈴木 敏之、及川 寛、渡邊 龍一、内田 肇、松嶋 良次、石原賢司、産業技術総合研究所: 高津 章子、川口 研、鎗田 孝、稲垣 真輔、山崎 太一、(一財)日本食品分析センター: 加藤 毅、近宗 雅人、齋藤 真希、西宮 真美、高知大学: 足立 真佐雄、西村 朋宏、(一社)トロピカルテクノプラス: 吉野 敦

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 中央水産研究所  
電話 045-788-7662 E-mail tsuzuki@affrc.go.jp

**作製日:** 2019/6/24

## オーランチオキトリウムの大量生産技術を開発 — 新しい微細藻類産業を創出 —

試験研究計画名：未利用藻類の高度利用を基盤とする培養型次世代水産業創出に向けた研究開発

研究代表機関名：国立研究開発法人 水産研究・教育機構

### 背景とわらい：

私たちの課題は、オーランチオキトリウム類と呼ばれている微細藻類の培養技術と利用技術を確立し、機能性食品や餌飼料等の応用した製品を生み出し、我が国に新しい藻類産業を創出することを最終的な社会実装の姿として目標に据え、研究開発を進めております。オーランチオキトリウム類は、機能性食品素材として有名なドコサヘキサエン酸（DHA）をきわめて効率的に産生・蓄積するという特長をもっております。現在流通している DHA の主な供給源は天然資源である魚から得られていますが、漁獲量や DHA 含有量が不確実との課題もあり、人工的に培養することで DHA が効率的に生産できるオーランチオキトリウム類は魅力的な素材であると考えています。

### オーランチオキトリウム粉末製造までの流れと達成状況

- 品質を保証できるオーラン粉末について一貫生産が可能であることを実証できた。

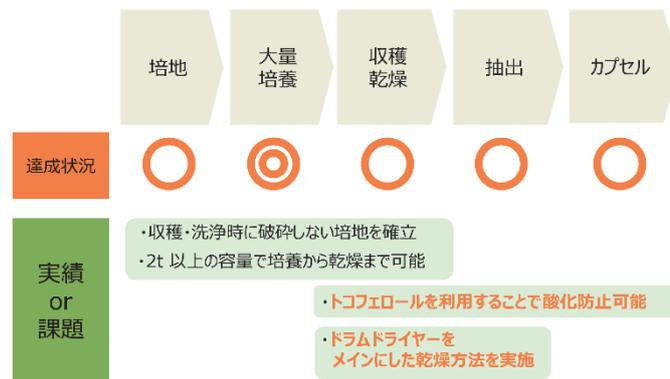


図1 オーランチオキトリウム生産技術の確立

### 特長と効果：

本課題ではユーグレナ社がオーランチオキトリウムの大量生産技術開発を担当し、大量培養、収穫・乾燥、抽出、カプセル化を含め、実用的なコストで生産する技術を開発しました（図1、写真1）。本技術により、食品としても利用できるコストでオーランチオキトリウムを生産することが可能になりました。本技術で製造したオーランチオキトリウム藻体及び抽出油を用いて、宇都宮大学、立命館大学と東京農工大学が、廃用性筋萎縮や変形性関節症モデルなどで機能性の評価を行いました（図2）。機能性の評価に関しては今後も継続の予定です。



写真1 培養されたオーランチオキトリウム

健康機能性を高める  
高付加価値の創出

さらに、オーランチオキトリウムの食品以外への応用もはかるべく、水産養殖用飼料へオーランチオキトリウム藻体を配合して各種魚介類の飼育試験が実施しました（ヒガシマル社、図3）。DHAを豊富に含むオーランチオキトリウム藻体配合の飼料で飼育することにより、マダイやカンパチ、エゾアワビ、カワハギなどで、従来に比べDHAを20~60%も多く含有させることに成功しました。このように、培養コストの低減とDHA強化養殖魚の実用化が可能となります。

○自然発症変形性関節症モデル

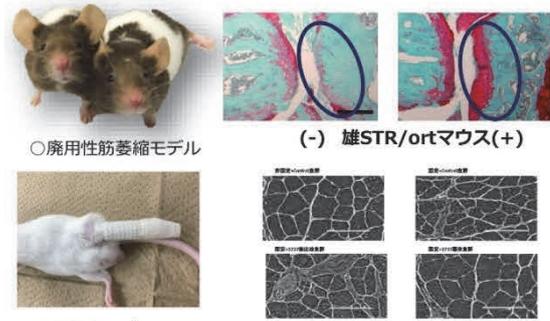


図2 オーランチオキトリウムの機能性評価

### 社会実装の対象と可能性:

ユーグレナ社は「もっとバイオ多気」プロジェクトにおいて、オーランチオキトリウム類の実用化・社会実装を進めています。また、立命館大学や宇都宮大学は水産機構やユーグレナ社と連携を取りつつ機能性の解明を進めていく予定ですので、オーランチオキトリウム応用食品として社会実装が進んでいくと考えています。

### 参考文献:

- ・ 福田真也、多田清志、渡邊信、伊藤純一、微生物の培養方法、特願2017-0907.
- ・ Sato T, Ishihara K, Shimizu T, Aoya J, Yoshida M, Laboratory scale culture of early stage Marsupenaeus japonicus larvae fed on Thraustochytrids Aurantiochytrium and Parietichytrium. J. Shellfish Res. 37(3) 571-579(2018).

**研究担当機関名:** 水産研究・教育機構、筑波大学、(株)ユーグレナ、(株)ヒガシマル、立命館大学、宇都宮大学、東京農工大学

**研究担当者:** 水産研究・教育機構: 石原 賢司、清水 智仁、今村 伸太郎、佐藤 琢、筑波大学: 石田 健一郎、吉田 昌樹、(株)ユーグレナ: 鈴木 健吾、朝山 雄太、竹内 卓人、岩田 修、(株)ヒガシマル: 水間 洋、鈴木 孝彦、熊谷 裕貴、伊藤 純一、立命館大学: 藤田 聡、宇都宮大学: 吉澤 史昭、東京農工大学: 野村 義宏、丸山 拓馬

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 中央水産研究所  
電話: 045-788-7615 (代表) E-mail: nrifs-kiren@ml.affrc.go.jp

作成日: 2019/5



図3 DHA強化魚作出技術開発

## 日本の森林由来の新素材 —改質リグニン—

試験研究計画名：地域のリグニン資源が先導するバイオマス利用システムの技術革新  
研究代表機関名：国立研究開発法人 森林研究・整備機構

### 背景とわらい：

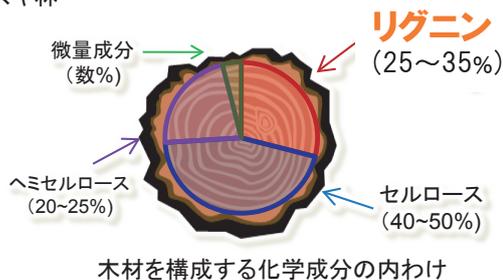
木材には、重量で20～35%の「リグニン」と呼ばれる成分が含まれています。リグニンは陸上植物の細胞壁を固くしっかりした構造とするために生み出された物質で、すべての木材に含まれます。リグニンから製造できる材料は、強固で耐熱性を示す等、高いポテンシャルを持っています。しかしながら、樹木の種類や生育環境や部位、取り出す方法によって性質がバラバラなこともあり品質のコントロールが難しく、これまで安定品質の求められる工業材料化は困難とされてきました。このような状況の中、私たちはこれまでにないリグニン由来の新素材「改質リグニン」を開発しました。

### 特長と効果：

改質リグニンはスギからつくることによって工業材料化が達成されました。スギは日本の針葉樹の代表的な樹木ですが、リグニン構造のバリエーションが小さく、結果として安定供給に適した均一なリグニンを形作っています。幸運なことに、日本の森林にスギの占める割合は多く21%もあります。また、スギは林業としての産業も確立しており持続的な生産も可能です。加えて、スギは日本にしかない日本の固有種ですのでスギ材に特化した技術であれば、国産資源の利活用が担保されます。日本の森林がこのような幸運な条件下にあることが改質リグニンの開発に繋がりました。

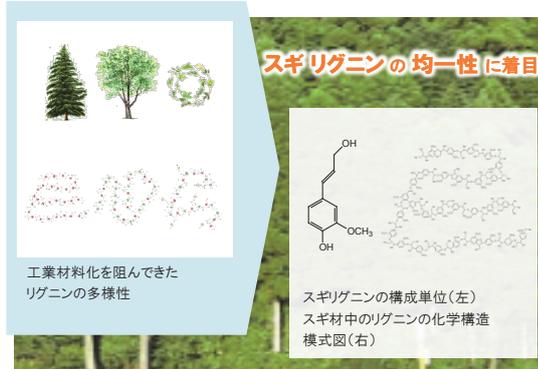
改質リグニンは「ポリエチレングリコール（PEG）」という薬剤を用いてスギから取り出された新素材です。PEGは化粧品等の成分としてよく使われており、安全性の高い素材として知られています。PEGはリグニンとの相性がよく、加工性を高める効果が知られていました。理想的には、PEGと結合したリグニンを簡単に作り出すことができれば、リグニン本来の耐熱性等の機能と加工性をあわせもつ理想的な素材が作り出せます。検討をすすめた結果、PEGの中に木材を完全に浸し、少量の酸と共に加熱処理することで、スギリグニンを分解すると同時に、PEGと結合したリグニンとして取り出すことに成功しました。取り出されたリグニンはPEGで改質されており、「PEG改質リグニン」略して「改質リグニン」と呼ばれています。

国内の森林の21%を占めるスギ林



改質リグニン(パウダー)

スギのリグニンは、ほとんど1種類の要素で構成されており、**均一性が高く**、常に同じ性能を担保しなければならない**工業材料**として利用するのに適します。



**ポリエチレングリコール(PEG)**

化粧品にも使われる安全性の高い素材で、リグニンとのなじみがよく、相互作用でリグニンの性質を変化させる(改質)することができます。

**PEGでリグニンを取り出すと同時に「PEG改質」に成功**

改質リグニンの一部分化学構造模式図

木材の化学構造の模式図

様々な改質リグニンの模式図

改質リグニンは、**性質の大きく異なる部分が一つの分子中に共存したユニークな構造**をもっています。様々な材料とのなじみが良く、**複合材料用の素材**として高い機能を発揮します。

### 社会実装の対象と可能性:

改質リグニンは、結合したPEGの長さを変化させることで、性質をコントロールすることができます。特に、通常のリグニン系素材では難しい熱による加工が可能で、熱により形を自由に変えることができます。また、一度固めてしまうと、高い耐熱性を示すようになり、エンジニアリングプラスチックとよばれる高級素材の代替としての活用が可能です。加えて、異なる材料を結びつける力が強く、様々な複合材料の素材として高い性能を発揮します。もちろん天然系素材であるため、最終的には環境中で分解され、海洋汚染等をもたらすようなこともなく、環境に優しい素材であるとも言えます。これまでにない天然系新素材で、様々な用途への展開が期待されています。



### 参考文献:

- ・ Thi Thi Nge, Eri Takata, Shiho Takahashi, Tatsuhiko Yamada, Isolation and Thermal Characterization of Softwood-Derived Lignin with Thermal Flow Properties, ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 4, 2861-2868, 2016.

**研究担当機関名:** 森林研究・整備機構 森林総合研究所

**研究担当者:** 新素材研究拠点、山田 竜彦、ネーティティ、高橋 史帆、高田 依里、大橋 康典

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 森林研究・整備機構

森林総合研究所 新素材研究拠点

電話: 029-829-8348 E-mail: lignin-info@ml.affrc.go.jp

作成日: 2019/04

## 中山間地域導入型のプラントシステム —改質リグニン製造システム—

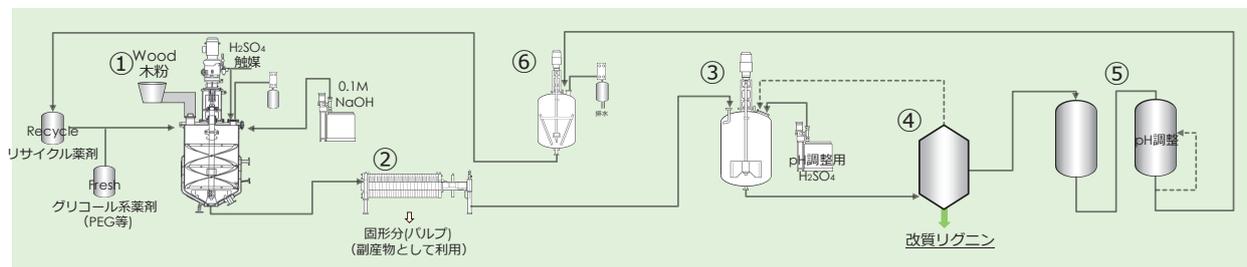
試験研究計画名：地域のリグニン資源が先導するバイオマス利用システムの技術革新  
研究代表機関名：国立研究開発法人 森林研究・整備機構

### 背景とわらい：

私たちは、地域の森林資源を有効利用する技術を開発することで、新たな産業創出と地方創生への貢献をめざし、新素材「改質リグニン」を開発しました。改質リグニンを製造するプラントシステムは、木材が生産される中山間地域に導入されることが理想と言えます。研究開発の結果、圧力リアクターを使用せず、安全性の高い薬剤のみ使用する世界初の地域導入型の改質リグニン製造システムの開発に成功しました。地域に改質リグニン製造ステーションを創設できる新技術として期待を集めています。

### 特長と効果：

改質リグニンは、ポリエチレングリコール（PEG）で改質された、スギ由来のリグニン誘導体で、PEGの作用で機能性を発揮する新素材です。製造システム開発を進め、森林総合研究所内にベンチプラントを製造しました。このプラントシステムは、化学プラントでありながら圧力容器や揮発性有機溶剤を用いないことを特徴としています。PEGは沸点の高い薬剤ですのでスギリグニンの効率的な抽出に必要な140℃程度への加熱を大気圧下で行うことができます。加えて、PEGはリグニンに結合しながら分解を促すので、リグニンの改質と抽出を同時に達成することができました。抽出されたスギリグニン溶液は、酸性にするだけで溶けない粒子として沈殿します。その沈殿物を集めたものが改質リグニンです。プロセスでは、沈殿したリグニンを除去した水溶液から濃縮器で水分を除去することで未反応のPEGの大部分が回収されるので、これを再び反応薬剤としてリサイクルすることができます。さらに、システムに必要なすべての熱源は、地域の現場における木質ボイラーからの蒸気のみでまかなえるよう構成しました。安全性に配慮しており、地域への導入に有利なシステムとなっています。

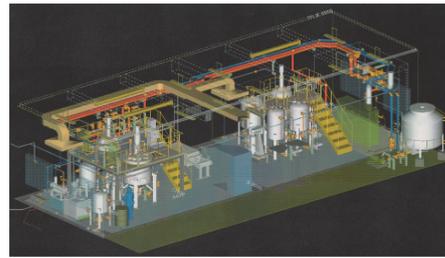


- ①酸加溶媒分解リアクター（常圧型の加熱装置です）、②フィルタープレス（パルプを分離します）、  
③沈殿槽（改質リグニン沈殿を生成します）、④固液分離工程（改質リグニンを分離します）、  
⑤回収タンク、⑥薬液回収濃縮装置（薬剤を再利用します）

図1 改質リグニン製造ベンチプラントのシステム



ベンチプラント外観



ベンチプラント模式図



改質リグニン



ベンチプラント（リアクター部）



ベンチプラント（分離精製部）

### 社会実装の対象と可能性:

「改質リグニン」は日本のスギから作るバイオ由来の新素材です。「熱に強い」「加工しやすい」「環境にやさしい」という理想的な性質をもち、様々な製品の素材として利用できます。改質リグニンの原料とするスギ材は、木材の未利用部分を利用することができ、製材工場で副産する、おが粉や鉋屑等の端材を活用することができます。たとえば、中山間地域の製材工場に隣接して改質リグニン製造工場を設置した場合、柱や板などの主材を製造するビジネスに加えて、主材製造時に副産する端材を用いて改質リグニン製造ビジネスを行うことができます。未利用な端材を用いて有用素材を製造することにより、事業者としての売り上げが大きく増加します。改質リグニン製造ビジネスを創出することにより中山間地域を活性化することができます。改質リグニンに関する一連の技術開発は地方創生を加速する新技術として期待されています。

### 参考文献:

- ・山田竜彦、高田依里、高橋史帆、ネーティティ、池田努、グリコールリグニンの製造方法及びそのシステム、特開2017-197517.

**研究担当機関名:** 森林研究・整備機構 森林総合研究所

**研究担当者:** 新素材研究拠点、山田 竜彦、ネーティティ、高橋 史帆、高田 依里、大橋 康典

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 森林研究・整備機構  
森林総合研究所 新素材研究拠点

電話：029-829-8348 E-mail：lignin-info@ml.affrc.go.jp

作成日：2019/04

## 改質リグニン粘土ハイブリッド膜

試験研究計画名：地域のリグニン資源が先導するバイオマス利用システムの技術革新

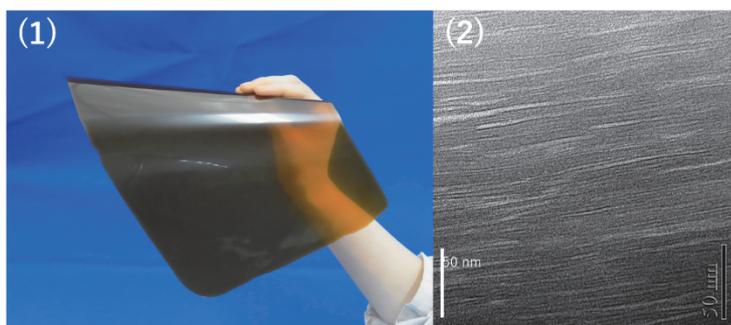
研究代表機関名：国立研究開発法人 森林研究・整備機構

### 背景とわらい：

林地残材由来の改質リグニンは、耐熱性等の性質を有し、耐熱プラスチックとして有望な素材です。しかしながら、改質リグニンをを用いた製品展開は未だ確立されていません。我々は、改質リグニンをを用いた高付加価値製品の開発に取り組み、天然由来の粘土鉱物とのハイブリッド化により、新規な耐熱ガスバリアフィルム材料を開発しました。得られた膜材料は、エレクトロニクス素材として用いることができます。

### 特長と効果：

改質リグニン-粘土ハイブリッド膜は、改質リグニンと粘土原料を混合し、成膜することで得られるフィルム材料です（図1）。フィルムの内部は、板状の粘土結晶が高密度に積層した構造を取っているため、粘土結晶が積層した方向の分子（酸素や水素、水分子）の拡散を抑制し、高いガス遮蔽性を持っています（図1）。典型的なハイブリッド膜のガス遮蔽性は、市販のポリイミドフィルムの10倍以上になります（表1）。また、無機物である粘土鉱物を主成分とすることから、耐熱性や寸法安定性、電気絶縁性にも優れています。我々は、ハイブリッド膜が電子デバイス用基板として利用可能なことを示すため、タッチセンサやヒーターデバイス等を試作しました（図2）。また、電気絶縁フィルムや放熱フィルムとして利用可能なことを示しました。さらに、ハイブリッド膜の連続成膜技術を開発し、ハイブリッド長尺膜の試作も行いました（図3）。連続成膜技術の開発により、社会実装に必要なハイブリッド膜の連続生産が可能となりました。これらの技術開発から改質リグニンをを用いたエレクトロニクス素材等製品への展開が図られます。



	NKLE721 <sup>1</sup>	ポリイミド <sup>2</sup>
表面平坦性(Ra)(nm)	49	30~70
透湿度(g/m <sup>2</sup> /day)	< 1 (30 μm)	84 (25 μm)
酸素透過度(cc/m <sup>2</sup> ·24hr·atm)	< 0.01 (30 μm)	-
熱線膨張係数(ppm/K)	5~6 (室温~200°C)	24
絶縁破壊強さ(kV/mm)	190	254.56

図1 改質リグニン-粘土ハイブリッド膜  
(1) 膜の画像、(2) 透過電子顕微鏡像

表1 ハイブリッド膜の物性比較表  
(<sup>1</sup>代表値、<sup>2</sup>カプトンのカタログ値)

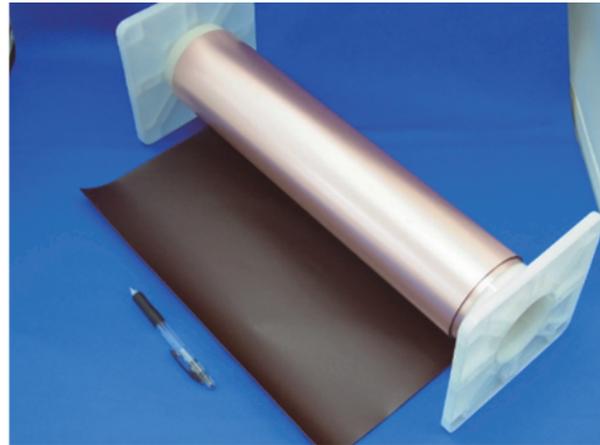
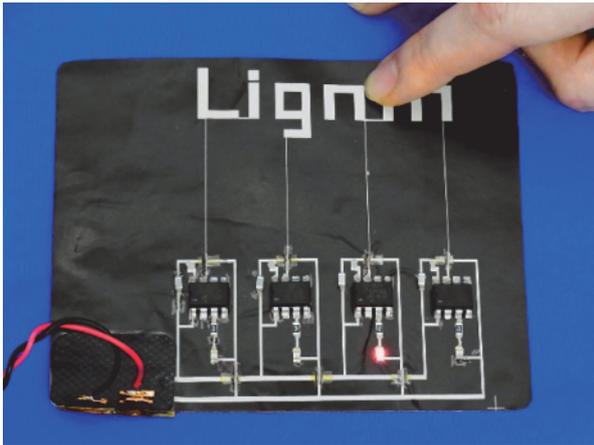


図2 ハイブリッド膜を用いたタッチセンサ

図3 ハイブリッド長尺膜試作品

### 社会実装の対象と可能性:

改質リグニン-粘土ハイブリッド膜は、電子デバイス用基板等に利用可能です。我々は、電子デバイス用基板の中でもスマートメーター（電力量計）用基板に着目しています。スマートメーターは、次世代送電網に欠かせない電力量計であり、従来の電力量計との交換が現在行われています。我々は、スマートメーター用の基板として改質リグニン-粘土ハイブリッド膜を利用するため、その試作と量産化のための課題の抽出を行っています。スマートメーター用基板として用いられれば、改質リグニンを用いた製品の社会実装が図られます。

### 参考文献:

- ・ Flexible Electronic Substrate Film Fabricated Using Natural Clay and Wood Components with Cross-Linking Polymer. 高橋仁徳、石井亮、中村考志、鈴木麻実、蛭名武雄、窪田宗弘、ネーティティ、山田竜彦、ADVANCED MATERIALS、29(17)、2017年.
- ・ Flexible clay glycol lignin nanocomposite film with heat durability and high moisture-barrier property. 金子広貴、石井亮、鈴木麻実、中村考志、蛭名武雄、ネーティティ、山田竜彦、APPLIED CLAY SCIENCE、132、pp. 425-429、2016年.

**研究担当機関名:** 産業技術総合研究所、東京工科大学、静岡理工科大学、クニミネ工業（株）、ジャパンマテックス（株）、住友精化（株）、（株）宮城化成

**研究担当者:** 産業技術総合研究所 首席研究員 蛭名 武雄

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 化学プロセス研究部門オフィス  
電話：022-237-5208 E-mail：cpt-info-ml@aist.go.jp

作成日：2019/04

## 繊維強化リグニン材を用いた自動車部材

試験研究計画名：地域のリグニン資源が先導するバイオマス利用システムの技術革新

研究代表機関名：国立研究開発法人 森林研究・整備機構

### 背景とわらい：

林地残材由来の改質リグニンは耐熱性等の性質を有し、耐熱プラスチックとして有望な素材です。しかしながら、改質リグニンを用いた製品展開は未だ確立されていません。我々は、改質リグニンを用いた高付加価値製品の開発に取り組み、改質リグニンと既存樹脂との複合化により、新規な樹脂材料を開発しました。得られた樹脂材料は、繊維強化プラスチック部材として用いることができます。

### 特長と効果：

改質リグニン樹脂は、改質リグニンとマトリックス樹脂を混合し成形することで得られる樹脂材料です。得られたリグニン樹脂は、既存のエポキシ系樹脂と同等以上の強度を示します。既存の樹脂成型プロセス（ハンドレイアップ法や真空含侵法）に適用可能なため、板材から三次元成形体まで作製することができます。我々は、真空含侵法により自動車部材の一部（ボンネット等）をリグニン材によって試作することに成功しました（図1）。得られた部材は、既存の不飽和ポリエステル系樹脂を用いた繊維強化プラスチック部材に比べて揮発性有機化合物（VOC）の放出が少ないことが分かっています（表1）。また、改質リグニン樹脂に難燃剤を添加することで、不燃性を付与することも可能となりました（図2）。この不燃材は、国土交通省の不燃材認定（認定番号NM-4642）を取得しています。これらの技術開発から改質リグニンを用いた自動車部材等製品への展開が図られます。



図1 繊維強化リグニン材を用いた自動車部材試作品  
（左：自動車部材を実装した自動車、右：実装した自動車部材）

表 1 VOC 分析結果 (既存法と新規工法の樹脂部の差)

含浸樹脂部	リグニン材	汎用エポキシ	不飽和ポリエステル	
強化繊維	ガラスクロス #230 4PLY( 錆込み型成形)			
試料サイズ	10cm×8cm	10cm×8cm	10cm×8cm	
試料重量	14.73g	15.32g	14.13g	
備考	新規工法		車部材 既存法	
測定成分(9成分ガス)	μg/TP	μg/TP	μg/TP	測定の方法
ホルムアルデヒド	0.06	0.04	26	DNPH誘導化固層吸着/ 溶媒抽出—HPLC法
アセトアルデヒド	0.05	0.03	9.1	
トルエン	<0.08	<0.08	0.09	固層吸着/加熱脱着— GS/MS法
エチルベンゼン	<0.08	<0.08	1.7	
キシレン	<0.24	<0.24	0.35	
スチレン	<0.08	<0.08	360	
テトラデカン	<0.08	<0.08	<0.08	
フタル酸ジ-n-ブチル	<0.08	<0.08	<0.08	
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	<0.08	<0.08	<0.08	

\* VOC分析:トヨタ法 : (株)エコ・リサーチ  
「サンプリングバッグ法による揮発成分測定方法」  
・バッグ容量: 10 ℓ (N2ガス4.0ℓ充填)

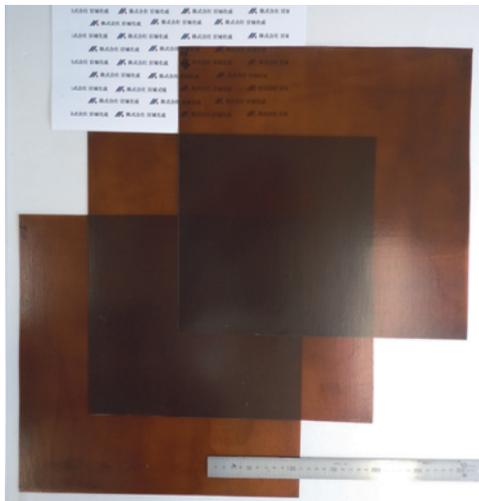


図2 不燃繊維強化リグニン材 (その1)



図3 不燃繊維強化リグニン材 (その2)

### 社会実装の対象と可能性:

繊維強化リグニン材は、自動車部材や建材等に利用可能です。また、既存の立体成形プロセスに適用可能であることから、用途に応じた立体物を繊維強化リグニン材で作製することができるため、繊維強化プラスチックを必要とする広範囲な用途に使用することができると考えています。これらの用途に用いられれば、改質リグニンを用いた製品の社会実装が図られます。

**研究担当機関名:** 産業技術総合研究所、(株)宮城化成

**研究担当者:** 産業技術総合研究所 首席研究員 蛭名 武雄

**問い合わせ先:** 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 化学プロセス研究部門オフィス  
電話: 022-237-5208 E-mail: cpt-info-ml@aist.go.jp

作成日: 2019/04

## リグニン由来のバニリン生産

試験研究計画名：地域のリグニン資源が先導するバイオマス利用システムの技術革新

研究代表機関名：国立研究開発法人 森林研究・整備機構

### 背景とわらい：

PEG 改質リグニンの製造過程では、工業製品としての品質基準を満たさない PEG 改質リグニンが副成します。そういった副生成物は、材料としては利用できないものの、化学組成の観点からは PEG 改質リグニンとほとんど同等であるため、化学物質生産のための原料としてのポテンシャルを持っています。さらに、PEG 改質リグニンの原料であるスギ木粉を製造する過程でも、原料として利用困難なスギ木粉が副成し、この廃木粉についても同様のことが言えます。京都府立大学では、そういった廃棄物の有効利用を目的とした研究を行い、PEG 改質リグニンやスギ木粉をテトラブチルアンモニウムヒドロキシド (NBu<sub>4</sub>OH) という新たな反応媒体中で分解することで、現代化学工業における基幹物質の 1 つであるバニリンを製造するためのプロセス開発を行いました。

### 特長と効果：

表 1 に PEG 改質リグニンやスギ木粉を NBu<sub>4</sub>OH 中で酸素によって酸化分解した際の、バニリンやその関連物質（バニリン酸、アセトグアイアコン）の収率を示します。また、アルカリ性ニトロベンゼン酸化（AN 酸化）という、現時点で世界最高水準のリグニン分解法を同じ試料に行った場合の収率も示しています。これより、NBu<sub>4</sub>OH 中ではバニリンや関連物質が、スギ木粉から 26.1 wt%、PEG 改質リグニンからは 10.1 wt%の

表 1 スギ木粉および PEG 改質リグニンからのバニリンとその関連物質（バニリン酸、アセトグアイアコン）の収率 (wt%)

条件	試料	時間 (h)	バニリン	バニリン酸	アセトグアイアコン	合計
NBu <sub>4</sub> OH/O <sub>2</sub>	スギ木粉	4	23.0	1.2	1.9	26.1
NBu <sub>4</sub> OH/O <sub>2</sub>	PEG 改質リグニン	6	7.4	2.1	0.67	10.1
AN 酸化	スギ木粉	2.5	26.5	1.0	未検出	27.5
AN 酸化	PEG 改質リグニン	2.5	9.9	2.1	0.44	12.4

試料 14 mg を 2.0 mL の反応媒体で処理した際の収率を示している。

スギ木粉からの生成物収率はスギ木粉のリグニン含有率で補正した。

NBu<sub>4</sub>OH 処理では、1.25 mol/L NBu<sub>4</sub>OH 水溶液 (2.0 mL) に NaOH 200mg を加えたものを反応媒体とした。

収率で得られており、これらの収率がAN酸化における収率に匹敵するものであることがわかります。AN酸化は、確かに非常に高いリグニン分解効率を示しますが、ニトロベンゼンの毒性などの問題からその食品としての工業化は困難です。一方で、NBu<sub>4</sub>OHはニトロベンゼンよりはるかに安全な薬品で、本プロセスは食品としての工業化に向けた大規模化に向いていると言えます。

これらの結果を踏まえて、大きなスケールで反応を行うことのできる図1に示した反応装置を試作し、2.5 MPa程度の加圧酸素下でのPEG改質リグニンの処理を行いました。その結果、反応スケールの拡大後も、表1の実験室レベルでの反応における収率と変わらないバニリン収率が得られ(6.4 wt%)、本プロセスの実用化への大きな足がかりを得ることができました。

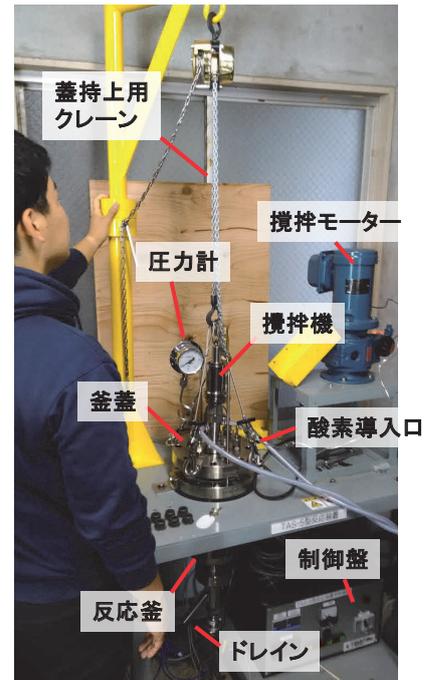


図1 試作した大型反応装置

### 社会実装の対象と可能性:

バニリンは香料や化成品原料として利用される有用な物質で、700億円の市場規模を持っています。また、1600~2100円/kg程度の価格で市場取引されている比較的高価な物質でもあります。現在バニリンの大部分は石油から生産されていますが、本研究の成果は、様々な木質系の廃棄物からバニリンを生産するための新しい技術基盤を提供するものです。このように本技術は、化石資源に依存しない新しい化学工業体制の構築における1つのモデルとして、持続可能な達成目標(SDGs)にも適合します。

### 参考文献:

- Yamamoto, K.; Hosoya, T.; Yoshioka, K.; Miyafuji, H.; Ohno, H.; Yamada, T. Tetrabutylammonium hydroxide 30-hydrate as novel reaction medium for lignin conversion. *ACS Sustain. Chem. Eng.* **2017**, *5*, 10111-10115.
- Maeda, M.; Hosoya, T.; Yoshioka, K.; Miyafuji, H.; Ohno, H.; Yamada, T. Vanillin production from native soft wood lignin in the presence of tetrabutylammonium ion. *J. Wood Sci.* **2018**, *64*, 810-815.

**研究担当機関名:** 京都府立大学

**研究担当者:** 京都府立大学 宮藤 久士

**問い合わせ先:** 京都府立大学大学院 生命環境科学研究科 森林資源循環学研究室  
電話: 075-703-5646 E-mail: miyafuji@kpu.ac.jp

**作成日:** 2019/04



発行：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
生物系特定産業技術研究支援センター（生研支援センター）  
〒210-0005 川崎市川崎区東田町 8 パレール三井ビル 16F  
TEL 044-276-8610  
Email [brainki1@ml.affrc.go.jp](mailto:brainki1@ml.affrc.go.jp)  
<http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/brain/index.html>  
発行日：令和元年 9 月

当報文内の文章・画像等の内容の無断転載及び複製等の行為はご遠慮ください。

