

革新的技術創造促進事業

(異分野融合共同研究)

研究成果報告書



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

(2) 研究領域「情報工学との連携による農林水産分野の情報インフラの構築」

A. 【研究領域全体の概要】	30
B. 【代表する成果】	
1) 代表成果名「ICT を用いて農作物の栽培を管理する」	32
拠点研究：名古屋大学（研究代表機関）	
試験研究名：ICT 活用農業 事業化・普及プロジェクト	
2) 代表成果名「田んぼの稲の倒伏は2ヶ月前に予測できる」	34
補完研究：東京大学（代表研究機関）	
試験研究名：低層リモートセンシングによる作物モニタリングを用いた効率的栽培管理システムの構築	
3) 代表成果名「気体の分析によるイチゴ炭疽病の非破壊早期発見技術の開発」	36
補完研究：理化学研究所（研究代表機関）	
試験研究名：超微量ガス検知技術を用いた園芸作物の病害早期発見/診断センサーの開発	
4) 代表成果名「栽培管理での気づき事例の蓄積と活用」	38
補完研究：NECソリューションイノベータ株式会社（研究代表機関）	
試験研究名：植物状態と作業行動記録による気づきナレッジの開発とその現場実証	
5) 代表成果名「農業に関する用語を利用するための農業オントロジーブローカーの開発」	40
補完研究：東京大学（代表研究機関）	
試験研究名：農業情報標準の相互運用性を Web Service として実現する情報プラットフォームの開発と実証	
6) 代表成果名「簡易ウェザーステーションの開発」	42
補完研究：鶴岡工業高等専門学校（代表研究機関）	
試験研究名：情報入力・通信環境機能を備えた低価格センサーシステムの全国圃場への導入と共通データベース・情報共有システムの構築による実証試験	
7) 代表成果名「家にいながら圃場（畑）の水分チェックが容易にできる「印刷」して作る土壤水分センサ」	44
補完研究：東京大学（代表研究機関）	
試験研究名：生理生態学的分析を可能にする低コスト移動型センサと次世代農業ワークベンチの開発	
8) 代表成果名：「現場のつまずきを作業画像と議論で見つけるエダマメ栽培教育システム」	46
補完研究：ハンサムガーデン株式会社（代表研究機関）	
試験研究名：中小農家が使いやすい栽培ナレッジ共有オープンシステム開発と検証	
9) 代表成果名：「野菜の総合的品質指標を表示するウェブアプリの提案」	48
補完研究：デザイナーフーズ株式会社（代表研究機関）	
試験研究名：生産者と消費者等の双方向の情報流通 野菜・コメの総合的品質指標の開発・実装	

(3) 研究領域「工学との連携による農林水産物由来の物質を用いた高機能性素材等の開発」

A. 【研究領域全体の概要】	50
B. 【代表する成果】	
1) 代表成果名「革新的なナノナノ複合材の創成」	52
拠点研究：信州大学カーボン科学研究所（研究代表機関）	
試験研究名：農林水産物由来のナノ材料の創成と応用の開拓	
2) 代表成果名「放射性セシウム除染用スポンジ」	54
拠点研究：信州大学カーボン科学研究所（研究代表機関）	
試験研究名：農林水産物由来のナノ材料の創成と応用の開拓	
3) 代表成果名「竹や海藻を原料とする高性能なキャパシタ」	56
拠点研究：信州大学カーボン科学研究所（研究代表機関）	
試験研究名：農林水産物由来のナノ材料の創成と応用の開拓	
4) 代表成果名：「農林系廃棄物を高性能複合材料へ転換」	58
補完研究：産業技術総合研究所（研究代表機関）	
試験研究名：農林系廃棄物を用いたハイブリッドバイオマスフィラー製造 および複合材料開発	
5) 代表成果名「木質ナノ潤滑添加剤による革新的な潤滑性向上」	60
補完研究：岡山大学（研究代表機関）	
試験研究名：農林産物由来の物質を用いた高性能・高環境性・低価格な ナノ潤滑添加剤の開発	
6) 代表成果名「セルロースナノファイバーでソフトマターを創ろう！」	62
補完研究：京都大学（研究代表機関）	
試験研究名：セルロースナノファイバーを基材としたQOL向上のための 食品・化粧品ソフトマターの開発	
7) 代表成果名「高強度と経済性を兼ね備えたナノセルロース強化ポリエチレン 複合材の製造プロセスの開発」	64
補完研究：京都大学（研究代表機関）	
試験研究名：高分子分散剤による木材由来NCの界面機能制御と樹脂複合 材料への応用	
8) 代表成果名「食用のためのタケナノセルロース製造法開発と安全性の評価」	66
補完研究：森林研究・整備機構 森林総合研究所（研究代表機関）	
試験研究名：物理処理と酵素処理を併用した木質材料由来ナノファイバーの 食品等への応用	
9) 代表成果名「高レベル放射性廃棄物処分施設の安全性向上に貢献できる、 もみ殻由来シリカを用いた低アルカリ注入材の開発」	68
補完研究：大阪大学（研究代表機関）	
試験研究名：ナノ構造体シリカ粒子の高純度・低コスト化製法開発と 工業用機能性素材の用途開発	

10)	代表成果名「もみ殻灰からの高機能性無機ポリマー材料の創製」	70
	補完研究：早稲田大学（研究代表機関）	
	試験研究名：もみ殻から生産する非晶質シリカ灰及び灰から製造する無機珪酸塩ポリマーの機能開発及び用途開発	

(4) 研究領域「理学・工学との連携による革新的ウイルス対策技術の開発」

A.	【研究領域全体の概要】	72
B.	【代表する成果】	
1)	代表成果名「人工 RNA 切断酵素によるトリインフルエンザウイルスの不活性化」	74
	拠点研究：岡山大学（研究代表機関）	
	試験研究名：先導・革新的人工核酸結合タンパク質を用いたウイルス不活性化技術の確立と社会実装	
2)	代表成果名「新規牛白血病ウイルス様粒子ワクチンの開発」	76
	補完研究：理化学研究所（研究代表機関）	
	試験研究名：Reverse vaccinology 手法を用いた新規牛白血病 VLP（ウイルス様粒子）ワクチンの開発	
3)	代表成果名「蛍光シリカナノ粒子を用いたイムノクロマトグラフィーは鳥インフルエンザウイルスを高い感度で検出する」	78
	補完研究：農研機構動物衛生研究部門（研究代表機関）	
	試験研究名：H5・H7 亜型高（低）病原性鳥インフルエンザの診断・防除法の開発	
4)	代表成果名：「鳥インフルエンザウイルスのオンサイト検査」	80
	補完研究：鹿児島大学（代表研究機関）	
	試験研究名：ナノテクノロジーとラップトップ型 PCR 測定機による家禽・家畜ウイルスの正確・超高感度・簡便検出法の開発	
5)	代表成果名「ショウガ科植物である月桃（ゲットウ）から精製される革新的植物ウイルス防除剤」	82
	補完研究：岡山県農林水産総合センター生物科学研究所（研究代表機関）	
	試験研究名：抵抗性誘導剤による革新的ウイルス防除技術の開発	
6)	代表成果名「網羅的なウイルス検出技術の実用化」	84
	補完研究：琉球大学（研究代表機関）	
	試験研究名：高効率なウイルス・ウイロイド RNA 検出技術の開発	
5.	索引	86

1. はじめに

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は、農林水産省の施策等を踏まえつつ、民間企業、大学、国立研究開発法人および都道府県の試験場等が実施する、農林水産業・食品産業を対象とした技術開発のための試験研究を支援しています。

近年、我が国における農学と異分野の研究領域の融合研究として、農林水産物・食品の機能性研究、植物工場の研究、品種開発等において医学、工学、理学などとの連携が進んでいるものの、依然として、自前の研究開発あるいは連携したとしても農学分野内の連携にとどまるスタイルが多いのが現状です。

一方、欧米においては、分野をまたいだ研究ネットワークを構築し、それぞれの研究機関および企業等が保有する技術やアイデアを持ち寄り研究を実施する、いわゆるオープン・イノベーションが広く浸透しています。オープン・イノベーションの導入は、研究開発を迅速かつ効率的に行えるなどのメリットをもたらし、国際的な技術競争力を高めています。

我が国の農林水産業・食品産業の国際競争力の強化に向け、農学分野のオープン・イノベーションの活動を支援するため、農林水産省が策定した「異分野融合研究戦略(平成26年5月15日公表)」に沿って、遺伝子工学、医学・栄養学、情報通信技術、ナノテクノロジー等異分野の革新的な技術を農林水産・食品分野へ活用する革新的技術創造促進事業(異分野融合共同研究)を、平成26年度から28年度まで実施しました。その結果、数多くの研究成果を得るとともに、成果の社会実装を果たすことができましたので、研究成果をこの度取りまとめました。

本報告書は、4つの研究領域(日本食、情報インフラ、高機能性素材、ウィルス)の全課題について、研究成果を一般読者向けに分かりやすく研究者の方に執筆していただいたものです。農林水産業・食品産業の研究や実務に携わる方はもちろんのこと、一般の読者の方々にも関心をもって御高覧・活用いただけることを期待しています。

農研機構 生物系特定産業技術研究支援センター
所長 平野 統三

2. プロジェクト全体の概要

本プロジェクトでは、我が国の農林水産業・食品産業の国際競争力の強化を図るため、農林水産業の生産現場や消費者等のニーズを踏まえ、農林水産省が策定した異分野融合研究戦略(平成26年5月15日農林水産省公表)に沿って、以下の対象研究領域を設定し、領域ごとに研究成果の社会実装をゴールとして研究開発を実施しました。

研究領域名： 医学・栄養学との連携による日本食の評価

研究の概要： 今日の日本人の食生活を見直す、日本食についての科学的エビデンスを蓄積する、日本食を国際的に発信していくこと及び後世に伝承していくことを目的とし、日本食の評価研究により、日本食の健康の維持・増進、ストレス耐性、脳機能、運動パフォーマンスの向上への効果を明らかにします。また、研究終了後には、日本食の効果について、国民及び国際社会に向け情報発信を行います。

研究領域名： 情報工学との連携による農林水産分野の情報インフラの構築

研究の概要： 我が国の情報工学の高い技術力を活かし、農林水産業・食品産業の競争力強化に寄与することを目的とし、圃場の環境および農作物の生育状況などの情報をセンサー等から取得し、情報入力・通信環境の整備等を行い、これらを元に栽培管理作業や経営情報など必要とされるサービスを生産者に提供するとともに、生産者と消費者等の双方向の情報流通ができる、安価でユーザーフレンドリーなシステムを開発します。

研究領域名： 工学との連携による農林水産物由来の物質を用いた高機能性素材等の開発

研究の概要： 石油由来材料を超える新機能・高機能性材料の創出を目指し、農林水産物由来資源を原料としたナノ物質の生成技術の開発および高機能性素材等の製品化を行います。また、この技術開発を確実なものにするため、ナノテクの技術・研究、知財、市場情報を統合した動向分析を行うほか、事業化に必要な支援プログラムを開発します。

研究領域名： 理学・工学との連携による革新的ウイルス対策技術の開発

研究の概要： 国際化の進展等に伴う植物や動物に係るウイルスの被害を防止するための革新的ウイルス対策技術の開発及びその実用化を目的とし、ウイルスを早期に発見・確認し、防除することによりまん延を的確に防止する研究を推進します。

それぞれの研究領域において、拠点研究および補完研究を設定し研究を推進しています。拠点研究は、研究領域の中核となる研究を担うもので、拠点研究を統率する研究代表機関は、異分野が融合して研究を実施するメリットを最大限引き出すため、農林水産・食品分野以外の研究分野の研究機関であることしました。補完研究は、拠点研究では網羅できない個別の要素技術の開発等を効果的に補強することとし、効率的な研究を実施する連携体制を構築しました。

3. プロジェクト課題構成

研究領域「医学・栄養学との連携による日本食の評価」（略称：日本食）

	タイプ	試験研究計画名	代表機関	参画機関
1	拠点研究	世界の健康に貢献する日本食の科学的・多面的検証	京都大学	静岡文化芸術大学 株式会社菊の井 株式会社木乃婦 龍谷大学
2	補完研究	日本食スタイルの評価と健康影響の検討	北海道大学	天使大学
3		健康長寿地域住民の食品因子感知力に基づいた食品摂取パターンの評価	九州大学	—
4		伝統的日本食を基盤とした健康食「日本食」のストレス感受性や運動機能に与える効果に関する研究	東北大学	京都大学 京都府立大学 宮城大学 岡山県立大学
5		健康長寿に資する特徴的日本食品の機能性評価に関する基盤研究	信州大学	株式会社サンクゼール
6		日本食によるストレス・脳機能改善効果の解明	北海道大学	大阪市立大学 天使大学
7		エピゲノム情報に基づく日本食がストレスに与える影響の評価	早稲田大学	東京大学 福山大学 広島大学
8		病的老化から自然老化へと導く日本食のすすめ — 脳内免疫異常およびエピジェネティック異常の日本食由来成分によるリセット —	星薬科大学	金沢大学 株式会社鈴廣蒲鉾本店 不二製油株式会社 サントリーウエルネス株式会社

研究領域「情報工学との連携による農林水産分野の情報インフラの構築」

(略称：情報インフラ)

	タイプ	試験研究計画名	代表機関	参画機関
1	拠点研究	ICT 活用農業 事業化・普及プロジェクト	名古屋大学	愛知学院大学 愛知工業大学 愛媛大学 信州大学 中部大学 三重大学 愛知県経済農業協同組合連合会 愛知県農業総合試験場 NPO法人東海地域生物系先端技術研究会 豊田市 株式会社サンライズファーム豊田 浜松ホトニクス株式会社 三菱UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社
2	補完研究	低層リモートセンシングによる作物モニタリングを用いた効率的栽培管理システムの構築	東京大学	エアフォーディー株式会社 凸版印刷株式会社 名古屋大学 有限会社 西部農場
3		超微量ガス検知技術を用いた園芸作物の病害早期発見/診断センサーの開発	理化学研究所	株式会社メガオプト
4		植物状態と作業行動記録による気づきナレッジの開発とその現場実証	NECソリューションイノベータ株式会社	富士通株式会社 株式会社サラダボウル 株式会社和郷 株式会社浅井農園
5		農業情報標準の相互運用性を Web Service として実現する情報プラットフォームの開発と実証	東京大学	農研機構中央農業研究センター 株式会社 I H I
6		情報入力・通信環境機能を備えた低価格センサーシステムの全国圃場への導入と共通データベース・情報共有システムの構築による実証試験	鶴岡工業高等専門学校	仙台高等専門学校 鳥羽商船高等専門学校 香川高等専門学校 阿南工業高等専門学校 合資会社次世代技術

7	生理生態学的分析を可能にする低コスト移動型センサと次世代農業ワークベンチの開発	東京大学	フューチャアグリ株式会社 住友精密工業株式会社 岐阜大学
8	中小農家が使いやすい栽培ナレッジ共有オープンシステム開発と検証	ハンサムガーデン株式会社	東京大学 株式会社日本情報化農業研究所 ロート製薬株式会社
9	生産者と消費者等の双方向の情報流通 野菜・コメの総合的品質指標の開発・実装	デザイナーフーズ株式会社	東京デリカフーズ株式会社 株式会社三菱総合研究所

研究領域「工学との連携による農林水産物由来の物質を用いた高機能性素材

等の開発」(略称：高機能性素材)

	タイプ	試験研究計画名	代表機関	参画機関
1	拠点研究	農林水産物由来のナノ材料の創成と応用の開拓	信州大学	東京大学 伊那食品工業株式会社 ルビコン株式会社 長野工業高等専門学校 日信工業株式会社 バンドー化学株式会社 ナノサミット株式会社
2	補完研究	農林系廃棄物を用いたハイブリッドバイオマスフィラー製造および複合材料開発	産業技術総合研究所	森林研究・整備機構森林総合研究所 トクラス株式会社
3		農林産物由来の物質を用いた 高性能・高環境性・低価格なナノ潤滑添加剤の開発	岡山大学	北見工業大学 西粟倉村 コスモ石油ルブリカンツ株式会社
4		セルロースナノファイバーを基材とした QOL 向上のための食品・化粧品ソフトマターの開発	京都大学	サラヤ株式会社 日世株式会社
5		高分子分散剤による木材由来 NC の界面機能制御と樹脂複合材料への応用	京都大学	D I C 株式会社 大王製紙株式会社
6		トマト残渣から工業用素材の分離抽出とそのナノ粉碎・混合による樹脂系複合素材の高機能化	北川工業株式会社	産業技術総合研究所 アグリパーク南陽
7		物理処理と酵素処理を併用した木質材料由来ナノファイバーの食品等への応用	森林研究・整備機構森林総合研究所	昭和女子大学 伊那食品工業株式会社
8		ナノ構造体シリカ粒子の高純度・低コスト化製法開発と工業用機能性素材の用途開発	大阪大学	日華化学株式会社 日鉄住金セメント株式会社
9		もみ殻から生産する非晶質シリカ灰及び灰から製造する無機珪酸塩ポリマーの機能開発及び用途開発	早稲田大学	富山県立大学 いみず野農業協同組合 射水市 一般社団法人地域環境資源センター (JARUS)

研究領域「理学・工学との連携による革新的ウイルス対策技術の開発」(略

称：ウイルス)

	タイプ	試験研究計画名	代表機関	参画機関
1	拠点研究	先導・革新的人工核酸結合タンパク質を用いたウイルス不活性化技術の確立と社会実装	岡山大学	株式会社カネカ 農研機構生物機能利用研究部門
2	補完研究	Reverse vaccinology 手法を用いた新規牛白血病 VLP (ウイルス様粒子) ワクチンの開発	理化学研究所	東京医科大学 株式会社微生物化学研究所 株式会社理研ジェネシス
3		H5・H7 亜型高(低)病原性鳥インフルエンザの診断・防除法の開発	農研機構動物衛生研究部門	株式会社ファーマフーズ
4		ナノテクノロジーとラップトップ型 PCR 測定機による家禽・家畜ウイルスの正確・超高感度・簡便検出法の開発	鹿児島大学	産業技術総合研究所
5		抵抗性誘導剤による革新的ウイルス防除技術の開発	岡山県農林水産総合センター生物科学研究所	東京大学 OATアグリオ株式会社 岡山大学 株式会社カスケード資源研究所
6		高効率なウイルス・ウイロイド RNA 検出技術の開発	琉球大学	岩手生物工学研究センター

4. 研究領域の概要および代表する成果

(1) 研究領域名「医学・栄養学との連携による日本食の評価」

A. 【研究領域全体の概要】

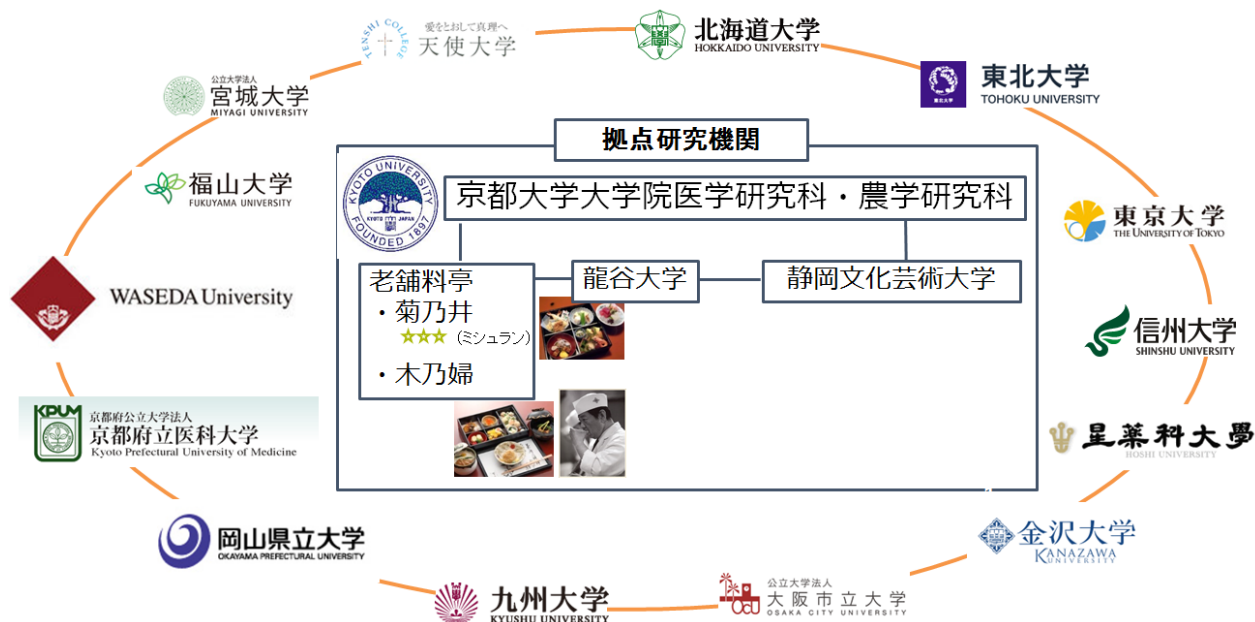
研究の背景および目標

日本食は我が国固有の食文化であり、国民の各世代が日本食を再認識することで、健康でかつ質の高い生活を送る一助となることが期待されます。ユネスコの世界無形文化遺産への登録を契機として、海外における日本食への関心も高まっています。日本食の健康維持・増進効果についての研究は、国内外において関心の高い重要な課題です。しかし日本食を特徴づける食品や調理法、食事の構成や食べ方などについての明確な定義がないため、日本食が健康にどのように効果を及ぼしているのか、科学的な手法で検討することが難しい状況です。そのため、農学分野と医学分野、日本文化史や日本料理の専門家が共同して、これまでにない視点で各種研究手法を組み合わせ、日本食と健康の関わりについて研究を行うことで、迅速に成果を出すことが求められています。本研究領域では、日本食が健康によいことを科学的な方法を用いて証明することにより、「健康に資する日本食」の概念を形成し、日本食文化の国内外への戦略的発信につなげることを目的としています。



連携体制

拠点研究機関が医学・栄養学、農学、文化学的検討を組み合わせる研究を実施することに加え、多様な補完研究機関が、それぞれの特性を活かした研究手法で日本食の健康への効果について検討し、拠点研究機関の研究を補完します。



今後の展開方向・見込まれる波及効果

個別の食品を摂取することによる効果や食品の組み合わせによる効果の研究を動物や人を対象に行った結果を総合し、絞り込んだ「健康に資する日本食」の構成は、下図のように、米飯を中心として汁物、主菜、副菜を組み合わせた食事となります。今後は、さらに、日本食の特徴に関する情報を収集・解析し、本領域で提案した日本食らしさを表す指標である「日本食スコア」の更新版を作成することで、国民が日本食について改めて考える機会を提供するとともに、日本食の研究が進めやすくなることを見込まれます。



執筆者：京都大学医学研究科 池田 香織

B. 【代表する成果】

1) 代表成果名「健康食『日本食』の再発見」

拠点研究：京都大学（研究代表機関）

試験研究名：世界の健康に貢献する日本食の科学的・多面的検証

開発のねらい

日本食が健康とどのように関係しているかについての研究は、国内外において関心の高い、重要な課題ですが、日本食を特徴づける食品や調理法、食事の構成や食べ方など、日本食の概念についての整理が不十分なため、健康にどのように効果を及ぼしているのか、科学的な手法で検討することが難しい状況です。そのため、農学分野と医学分野、日本文化史や日本料理の各専門家の視点を総合して、健康に貢献する日本食の特徴を絞り込む必要があります。本研究では、「健康に資する日本食」の概念について、科学的な根拠とともに示すことがねらいです。

開発した成果

(1) 日本食の歴史の検討、日本食の料理人に伝承されている料理の内容の検討、全国各地の食材の検討を経て、日本食の概念を以下のようにまとめました。

<日本食の概念>

日本食とは『味わい・素材・形式』の3つの軸で表現されます。

『味わい』はだしとうま味を中心とします

『素材』は米飯とともに食べるおかず（菜）として選ばれ、工夫されてきた素材

『形式』は主食・副食・吸い物・香の物による構成が中心です

加えて、用いられる食材、多様な調理法や小鉢を用いた多くの皿数があることも特徴です。

(2) 日本食の歴史資料から1834年頃の正月料理を再現したところ、エネルギー量は約1200kcalで、たんぱく質が75g程度、炭水化物は総エネルギー量のうち60%、脂質は15%で、飯、汁、五菜から成り、現代の日本料理店で提供されている食事と非常によく似ていました。料理に使用されていた食品の数は24種と多く、食材の多様性は現代にも共通する日本食の特徴と言えます。日本食に関する研究論文を網羅的に収集し、内容を確認すると、大豆・大豆製品、魚介、野菜、米、味噌汁、海藻、漬物、緑茶といった食品がこれまで頻繁に研究されていることがわかりました。生活習慣病（高血圧、糖尿病、脂質異常症、肥満症）の国内外における治療指針を比較すると、現代の日本食においても海外よりも低脂質であることが特徴であることがわかりました。さらに、動物を用いた様々な実験から、脂質やたんぱく質の割合の高い食事は臓器の障害を引き起こすことも明らかになりました。これらを総合的に勘案すると、日本食の特徴としては、多様な食材、構成、調理法、調味料であると考えられ、以下のようにまとめられました。

<日本食の構成要素>

①食材：大豆加工品/魚介/野菜/海藻/漬物/果物/きのこなど

②構成：主食（米）/汁物/主菜/副菜

③調理法：生/焼く/炒める/揚げる/蒸す/ゆでる/煮る

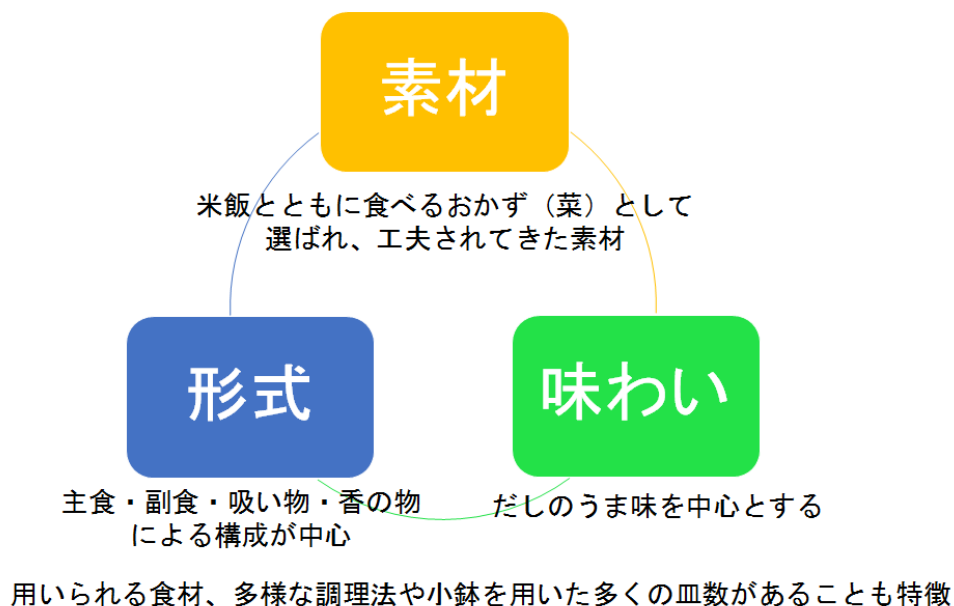
④調味料：味噌/醤油/だし汁

成果の普及状況等

今後、日本食スコアの開発につなげ、日本国民が自身の食事を見直すために用い、日本食を海外にアピールするために用いられるようにしていきます。

研究成果の具体的図表

＜日本食の概念＞



＜日本食の構成要素＞



お問い合わせは：日本食プロジェクト事務局
 E-mail：nihonshoku@m1.kuhp.kyoto-u.ac.jp
 執筆者：京都大学医学研究科 池田 香織

B. 【代表する成果】

2) 代表成果名「あなたの食事の日本食らしさが分かる日本型食スコアの提案」

補完研究：北海道大学（研究代表機関）

試験研究名：日本食スタイルの評価と健康影響の検討

開発のねらい

日本食は日本人の長寿に寄与していると考えられていますが、その質・量・バランス等や、日本食が健康に与える影響は明らかではありません。また、食事全体の摂り方が日本食かどうかを評価するための共通スコアは、現在のところ存在していません。そこで、日本人の普段の食事の内容が日本食であるかどうかについて、個人が判断できる「日本型食スコア」を提案します。

開発した成果

日本食かどうかの評価指標として、これまでの研究や資料等に基づき、4つの軸（①米飯・汁物・主菜・副菜が揃った食事、②野菜の調理法（生、焼く・炒める、揚げる、蒸す、煮る）、③多様性：朝食の皿（品）数、④-1 調味料：天然出汁の使用、④-2 調味料：しょうゆや味噌を使った料理）を定義しました。これらの軸が日本食らしさに寄与しているかを調べることを目的に、北海道内 28 市町村の 15～74 歳を対象として、食・運動を含む生活習慣に関する質問紙調査を実施しました。この研究では、必要項目が揃う 4090 名を解析対象としました。「あなたがもっとも日本食らしいと考える食事を 10 点、日本食らしくないと考える食事を 0 点とした場合、あなたの最近 1 ヶ月間の食事はどこにあてはまると思いますか」と尋ね、「主観的な日本食らしさ」を評価しました。日本型食スコア（0～100 点）を構成する 4 つの軸の配点を決めるために、性別と年齢による違いを補正したうえで「主観的な日本食らしさ」に基づき、統計学的手法を用いて解析しました。

解析から得られた 4 つの軸の回答肢の配点については、今後、論文等で公表する予定です。

成果の普及状況等

日本人の食事を反映するスコアを作成するためには、北海道だけではなく全国の対象者のデータから配点を決定する必要があり、スコアの完成に向け全国的な調査を継続します。また、日本型食スコアが健康に与える影響を検討します。さらに、分かりやすく伝えるために日本型食スコアの視覚化を試みており、汎用性の高い図を作成することで、一般の人や食育の場で活用できるような実用化に向けた取組みを進めています。日本型食スコアによって日本食を定義することにより、国内外における調査研究が加速化し、日本の若い世代への日本食継承が期待されるとともに、海外展開にも繋がるものと考えています。

研究成果の具体的図表

目的

日本人の普段の食事の内容が日本食的であるかどうかについて、個人が判断できる「日本型食スコア」を提案する

日本食らしさを構成する4つの軸

- ① 米飯・汁物・主菜・副菜が揃った食事
- ② 野菜の調理法(生、焼く・炒める、揚げる、蒸す、煮る)
- ③ 多様性:朝食の皿(品)数
- ④-1 調味料:天然出汁の使用
- ④-2 調味料:しょうゆや味噌を使った料理



日本型食スコアを作成(0~100点)

- 北海道民の食・運動を含む生活習慣に関する質問紙調査を実施
- 4つの軸の配点を定めるために、主観的な日本食らしさに基づき統計学的手法を用いて解析(性別と年齢を補正)

日本型食スコアの構成要素(案)

① 米飯・汁物・主菜・副菜が揃った食事(1週間あたりの回数)

回答肢	0回	1-7回	8-14回	15-21回		
-----	----	------	-------	--------	--	--

② 野菜の調理法(生、焼く・炒める、揚げる、蒸す、煮る)(週1回以上食べる種類)

回答肢	0種	1種	2種	3種	4種	5種
-----	----	----	----	----	----	----

③ 多様性:朝食のおかずの皿数(品数)(主菜と副菜を合わせたもの)

回答肢	0皿	1皿	2皿	3皿	4皿	
-----	----	----	----	----	----	--

④-1 調味料:天然出汁の使用

回答肢	使わない	使う				
-----	------	----	--	--	--	--

④-2 調味料:夕食のしょうゆや味噌を使ったおかず(主菜と副菜を合わせたもの)

回答肢	食べない	食べる				
-----	------	-----	--	--	--	--



HOKKAIDO UNIVERSITY

お問い合わせは：北海道大学大学院医学研究院社会医学分野公衆衛生学教室

電話：011-706-5068 E-mail：publichealth@med.hokudai.ac.jp

執筆者：北大 玉腰 暁子、北大 岡田 恵美子

B. 【代表する成果】

3) 代表成果名「日本型食事パターンは食品因子感知力を高める」

補完研究：九州大学（研究代表機関）

試験研究名：健康長寿地域住民の食品因子感知力に基づいた食品摂取パターンの評価

開発のねらい

我が国の健康長寿は多彩な食素材から構成される日本食に支えられてきたことが考えられますが、日本食の保健作用発現における食事摂取パターンの貢献度は不明なままです。一方、生体には体の中に取り込まれた食品因子を感知する機構（食品因子感知^{※1}システム）が備わっており、食品因子が生理機能を発現する上で非常に重要な役割を担っています。例えば、栄養素であるビタミンAはレチノイン酸受容体（RAR）により感知されることで、また近年注目されている緑茶カテキン（エピガロカテキンガレート）は67kDa ラミニン受容体（67LR）に感知されることで、様々な生理作用を発揮することが報告されています。食品因子を感知する力、すなわち“食品因子感知力”は個人により異なりますが、それがどのような要因に影響を受けるかはほとんどわかっていません。本研究では、我が国多数の健康長寿地域である静岡県掛川市の地域住民を対象として食品因子感知力と食事摂取習慣の関係について解析し、食品因子感知力を高めるための食事摂取習慣を明らかにすることに挑みました。

開発した成果

日本型の食事パターンは複数の食品因子感知遺伝子発現量と正の関係を有し、欧米型の食事パターンは複数の食品因子感知遺伝子発現量と負の関係を有することを見出しました。したがって、日本型食事パターンは食品因子感知力を高める一方、欧米型食事パターンは食品因子感知力を低下させる可能性が示されました。

成果の普及状況等

今後は、本研究により明らかになった“食品因子感知力を高める作用”を日本食の新たな機能性ととらえ、日本食のどういった食素材あるいはその組み合わせにより食品因子感知力が影響を受けるかについて研究を進めていきます。機能性を高めあう食品の組み合わせ（機能的フードペアリング^{※2}）を見つけ出し、それを基にした研究により、これまでになかった新たな機能性食品の研究開発へ展開していきたいと考えています。

用語説明

- ※1 食品因子感知：体の中に存在する特定の受容体分子（タンパク質）が、食品に含まれる成分である食品因子を感知して細胞の中で信号を伝達すること。
- ※2 機能的フードペアリング：単独では保健作用（機能性）を十分に発揮できない食品を複数組み合わせることにより保健作用を発揮させるような食品のデザイン。

研究成果の具体的図表

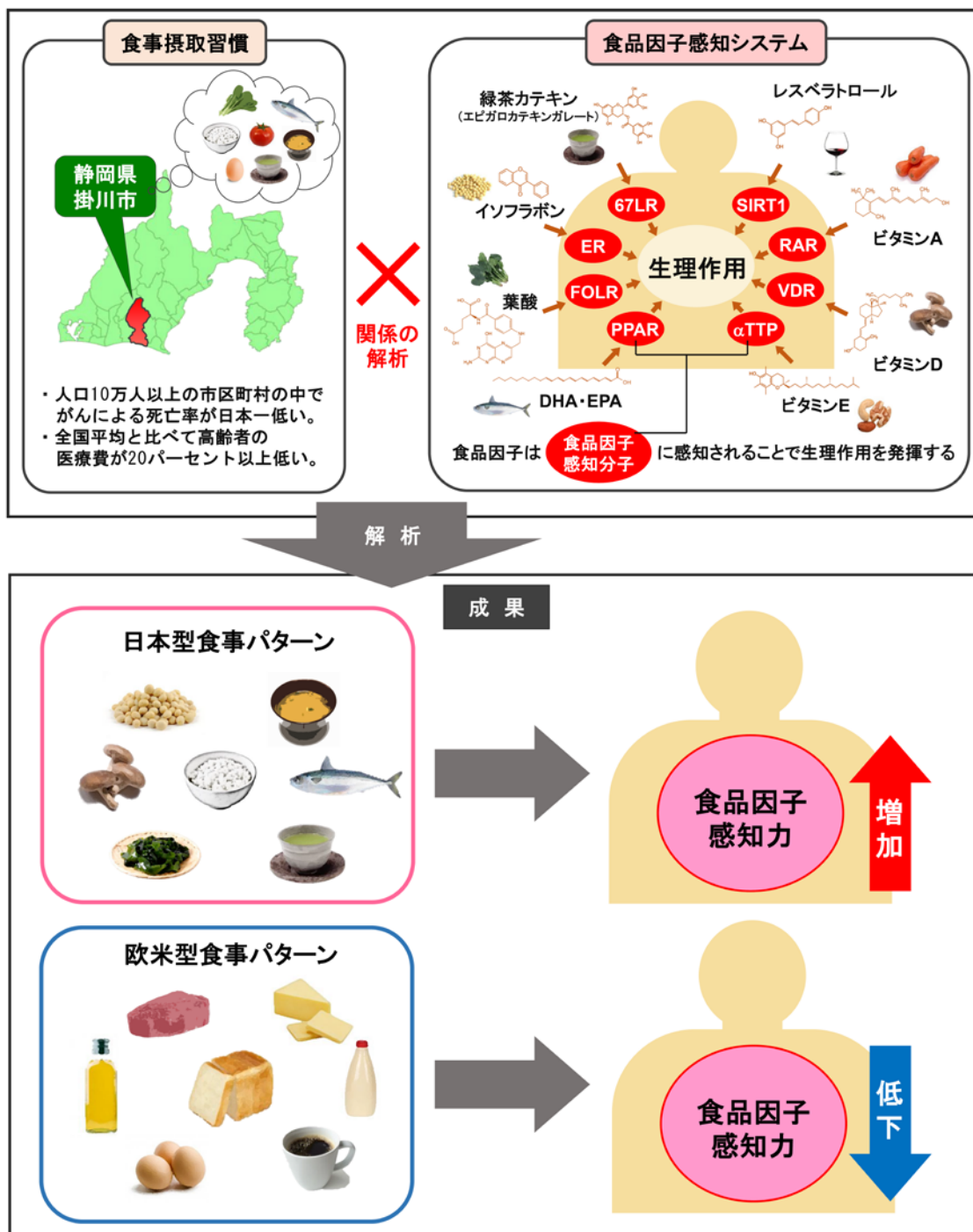


図 食事パターンと食品因子感知力の関係

我が国有数の健康長寿地域である静岡県掛川市の地域住民の食事摂取習慣と食品因子感知遺伝子発現量との関係について解析しました。その結果、日本型食事パターンは食品因子感知力を高める一方、欧米型食事パターンは食品因子感知力を低下させる可能性を見出しました。

お問い合わせは：九州大学大学院農学研究院

電話：092-642-3008 E-mail：tatibana@agr.kyushu-u.ac.jp

執筆者：九州大学 立花 宏文

B. 【代表する成果】

4) 代表成果名「健康的日本食の特徴」

補完研究：東北大学（研究代表機関）

試験研究名：伝統的日本食を基盤とした健康食「日本食」のストレス感受性や運動機能に与える効果に関する研究

開発のねらい

日本人の食事は、伝統素材を中心に様々な食材を用いて多様に溢れた調理を行う特色を持ち、健康長寿に有益であると考えられています。しかし、このことを科学的に証明した研究はほとんどありません。そこで、日本人が自信をもって日本食の有益性を説明したり、日本食に使用される食材の海外展開を促進するために、日本食が健康に良いことを科学的に証明することに取り組みました。我々は以前、1960年から現在までの日本食をマウスに与える試験を行いました。その結果、1975年の食事が内臓脂肪蓄積を抑制するなど有益な効果をもち、これがPFCバランス（タンパク質・脂質・炭水化物のエネルギーバランス）の違いだけでは説明できないことを見出しました。このことから1975年の食事に含まれる成分が重要であると考えられました。そこで、最新の分析機器を用いてこの食事の特徴を科学的に探ることに挑戦しました。

開発した成果

日本は健康長寿国として知られ、その要因の一つに日本人の食事、すなわち日本食の影響が考えられています。そこで本研究では、様々な質量分析器^{※1}を用いて各年代の日本食を一斉分析し、1975年日本食で特徴的な成分を探索し、この成分を含む食材を同定しました。食事まるごとの特徴を示すのは今まで非常に困難でしたが、複数の質量分析器を用いて、測定可能な成分をすべて測定することにより、詳細にその食事を特徴づけることができました。その結果、1975年日本食に特徴的な成分は魚、果物、野菜、鰹節、海藻、大豆食品等に含まれることが明らかとなりました。次に、これら食材の使用頻度を増やすように1975年日本食の献立を改変し、その有益性をマウスやヒトを用いて評価しました。その結果、改変食が強い健康有益性を持つことを明らかにしました。

成果の普及状況等

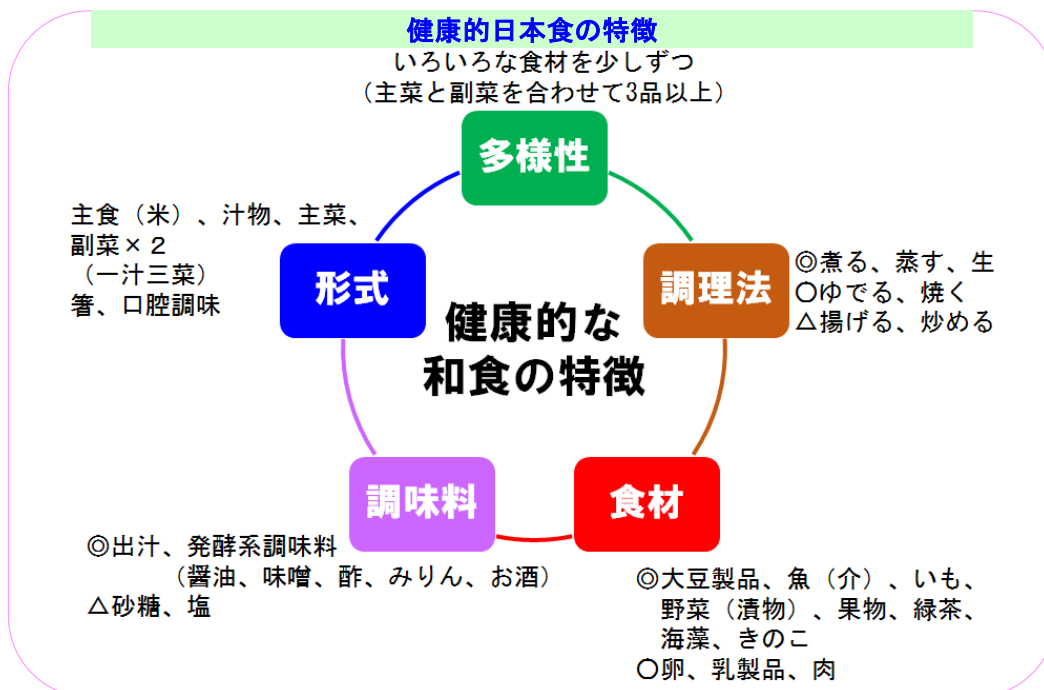
健康的な日本食の特徴を科学的に示すことができました。また、その特徴を強化することにより、より健康有益性が増加しました。本研究の成果は、未だ健康有益性が科学的に理解されていない日本食が健康に良いことを示す一助となり、日本食の普及・保護に役立つことが考えられます。この成果は、論文として学術的な発表を行ったばかりでなく、様々な雑誌や新聞、TVなどに取り上げられ広く社会に発表されました。また、医療関係者や栄養師への啓蒙活動、小中高生への食育指導にも活用されています。

用語説明

※1 質量分析器：分子をイオン化し、その m/z （イオンの質量を統一原子質量単位で割り、さらにイオンの電荷数で割った値）を測定することによってイオンや分子の質量を測定する機器です。

研究成果の具体的図表

日本人の食事は、伝統素材を中心に様々な食材を用いて多様性に溢れた調理を行う特色を持ち、健康長寿に有益であると考えられています。我々は、1975年頃の日本食が最も健康有益性の高いことを明らかにし、この食事を解析することにより「健康的日本食」の特徴を科学的に示し、ヒトで健康への効果を証明しました。今後は、健康食「日本食」の特徴を世界に発信していきます。



お問い合わせは：東北大学大学院農学研究科食品化学分野 都築 毅
 電話：022-757-4392 E-mail：tsudukit@m.tohoku.ac.jp
 執筆者：東北大学 都築 毅

B. 【代表する成果】

5) 代表成果名「認知機能改善に効果のある大豆食品」

補完研究：信州大学（研究代表機関）

試験研究名：健康長寿に資する特徴的日本食品の機能性評価に関する基盤研究

開発のねらい

超高齢化社会において、健康長寿の実現は極めて重要な課題であり、特徴的日本食品の潜在力と機能性の解明、および予防医療への応用開発が急務となっています。我々の研究チームでは、医学・遺伝子工学・食品機能学といった異分野融合体制のもと、健康長寿に貢献する特徴的日本食成分（豆類、味噌、野菜など）を同定し、その効果をヒト介入試験で検証することを目的としました。

- (1) 健康長寿に貢献する食品成分の探索とその作用機序の解明
- (2) 食品成分中の活性成分の同定
- (3) マウス試験とヒト介入試験による効果の検証

開発した成果

日本食に特徴的な食成分として大豆に着目し、大豆ペプチド（大豆タンパク質の酵素分解物）を 7%（w/w）含有した飼料を老化促進モデルマウス^{*1}に摂取させたところ、摂取 8 週間後において記憶力の改善効果が認められました。この効果は、大豆ペプチドが脳神経系の細胞であるアストロサイト^{*2}に作用し、神経栄養因子^{*3}の産生を促進することによると考えられました。大豆ペプチドは沢山のペプチドの混合物ですが、このうち神経栄養因子産生を促進する活性成分が、塩基性アミノ酸から構成される低分子ペプチドであることが明らかになりました。また、大豆の加工食品である味噌の抽出物においても、神経栄養因子の産生促進効果が認められました。

続いて、認知機能が衰えている方（年齢が 60 歳から 74 歳の健康な日本人男性および女性）を対象にヒト介入試験を行ったところ、摂取 3 週間後、MCI（軽度認知障害）^{*4}値の低下が認められ、認知機能改善への効果が示されました。

成果の普及状況等

認知症は社会的に関心度が高いことから、身近な食品で毎日の摂取も可能な味噌をベースに、認知症の予防効果を有する機能性味噌の開発に取り組んでいきます。使用する麹菌の種類や発酵条件の最適化を図るなど、連携企業と段階的に試作モデルを作成していくことを予定しています。

用語説明

- ※ 1 老化促進モデルマウス：京都大学竹田名誉教授により開発されたマウスで、系統ごとに学習記憶障害や骨粗鬆症など様々な老化兆候を示します。本研究では学習記憶障害を示す系統を用いました。
- ※ 2 アストロサイト：脳機能を支える細胞の一つであり、神経細胞に栄養を与えたり、不要なものを速やかに除去したりすることで、神経細胞の生存と働きを支える細胞をいいます。
- ※ 3 神経栄養因子：脳内の神経回路の形成や神経細胞の生存や機能維持において、必要不可欠なタンパク質のことです。
- ※ 4 MCI（軽度認知障害）：日常生活に支障がないものの、認知機能が年齢相応より低下している状態をいいます。認知症の前段階であり、認知症になる確立が非常に高いと言われていています厚生労働省によると、2012 年時点で 65 才以上の 4 人に 1 人は認知症かその予備軍とのことです。

認知機能改善に効果のある大豆食品

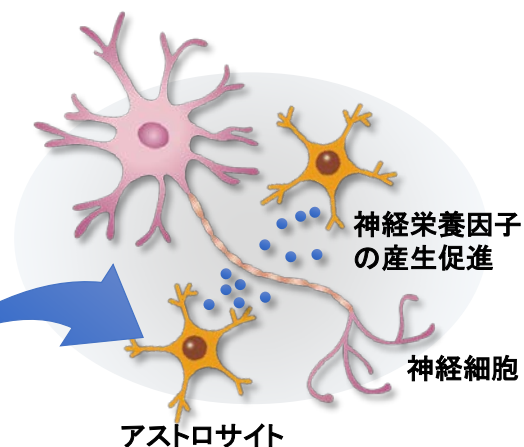


大豆

大豆タンパク質

大豆ペプチド

【活性成分】
塩基性アミノ酸(リジンやアルギニン)から構成される低分子ペプチド



大豆ペプチドによる
神経細胞保護効果



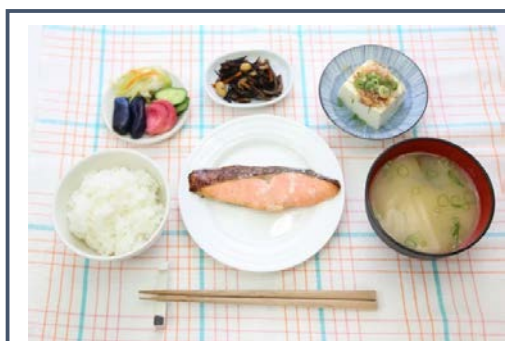
認知症予防

認知機能改善

老化促進モデルマウスに対して
摂取8週間で記憶力向上



大豆ペプチド摂取による
認知機能改善効果



大豆食品:みそ汁、豆腐、豆料理、醤油など

今回の研究成果より、大豆ペプチドの摂取は老化に伴う認知機能の低下を抑制することが示唆されました。日常の食事において、大豆食品を積極的に取り入れることが望まれます。

現在、認知機能改善に資する機能性味噌の開発に取り組んでいます。

お問い合わせは：信州大学 研究推進部産学官地域連携課
電話：0263-37-3048 E-mail：kensui-keiyaku@shinshu-u.ac.jp
執筆者：信州大先鋭領域 藤井 博、信州大農 片山 茂

B. 【代表する成果】

6) 代表成果名「日本型食事パターンとメンタルヘルス」

補完研究：北海道大学（研究代表機関）

試験研究名：日本食によるストレス・脳機能改善効果の解明

開発のねらい

戦後の日本では洋食化が進み、食事パターンは大きく変化し、多くの国民が栄養価の高い食事を摂ることができるようになりました。しかし、近年では食生活の多様化や過剰摂取によるメタボリックシンドロームの増加が問題になっています。そこで、以下の開発目標を設定しました。

- (1) 現代の日本人を食生活パターンに基づいて分類し、身体的健康や精神的健康に相違があるか検討する。
- (2) 日本食の健康への寄与を調べるために、日本食の典型的な主食である「米」とそれに合わせて摂られる主菜や副菜の摂取量を日本型食事パターンとして捉え、身体的健康や精神的健康への影響を検討する。
- (3) 米飯を中心とした食事介入を行い、非介入群と比べて、精神的健康への影響を検討する。

開発した成果

- (1) 食事履歴質問票であるBDHQを用いて13の食分類の摂取量データについて統計学的解析を行ったところ、①野菜・果物摂取が目立つ群、②穀物摂取が目立つ群、③穀物が少なく肉・甘い物の摂取が目立つ群に分けられました。身体的健康について、これらの3群間では差は見られませんでした。精神的健康については、野菜・果物摂取が目立つ群は主観的なQOL^{*1}が有意に高く、穀物が少なく肉・甘い物の摂取が目立つ群は計画をうまく立てられないなどの衝動性が高いことがわかりました。米食摂取量が少なく、肉や菓子類の摂取量が多いことが衝動性と関連したことは、戦後の食事の欧米化に伴う栄養の過剰摂取が脳の健康状態にマイナスの影響を与えている可能性を示しています。
- (2) 米食を中心とした日本型食事パターンが精神的健康に影響を与えるかどうかについて共分散構造解析^{*2}を行ったところ、味噌食品を介して、衝動性やQOL、抑うつ状態、睡眠の質などに関して幅広く精神的健康を高めていることが明らかになりました。鎌倉時代に登場した「米と味噌汁」の組み合わせは、その後、多種多様な食材が入ってきた現代でも日本食における定番です。日本人は昔から知らず知らずのうちに健康に良い食事を摂ってきたのかもしれませんが。
- (3) 米飯を主食とした8週間の食事介入試験では、睡眠の質が向上しました。また、米飯を主食にするときに伴って摂られる食材（納豆、脂の少ない魚、緑黄色野菜の漬物など）があったことから、米及び米とともに食されるこれらの食材が、脳の健康に良い影響を与える可能性が示されました。

成果の普及状況等

日本食が精神的健康を向上するという効果を明らかにした研究成果について、学会や科学論文で公表しました。また、市民公開シンポジウムでの発表を通して、研究成果を多くの方々に周知しました。

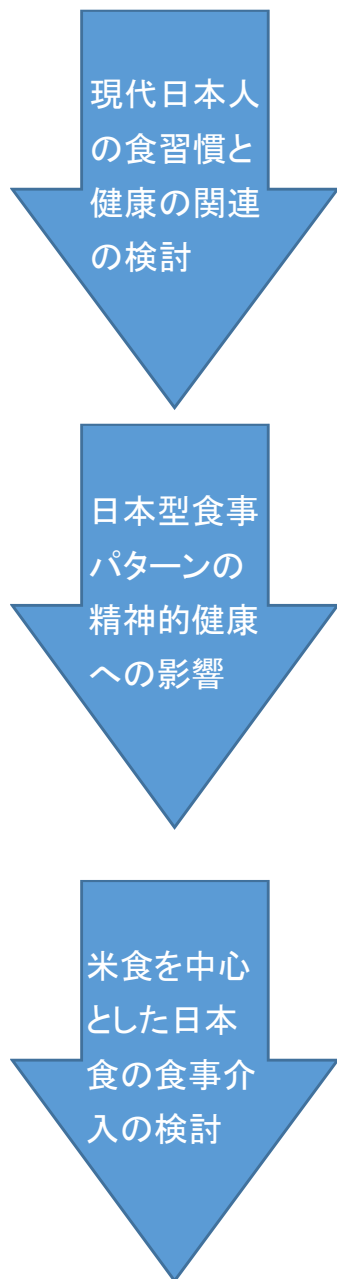
用語説明

※1 クオリティーオブライフの略。精神的、社会的活動を含めた総合的な活力、生きがい、満足度等を意味します。

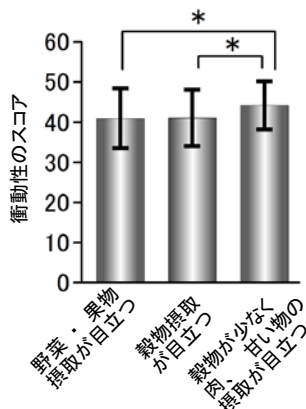
※2 共分散構造解析：複数の因子間の関係を検討して、因果関係を明らかにしたいときなどに用いる統計学的手法のひとつ。

研究成果の具体的図表

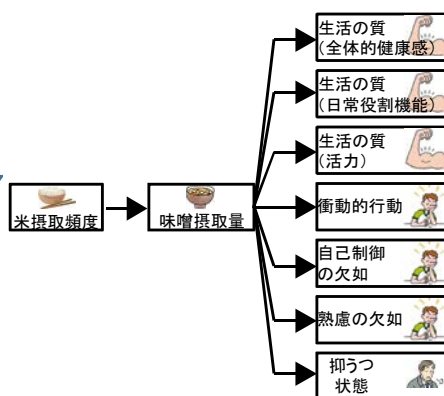
研究の流れ



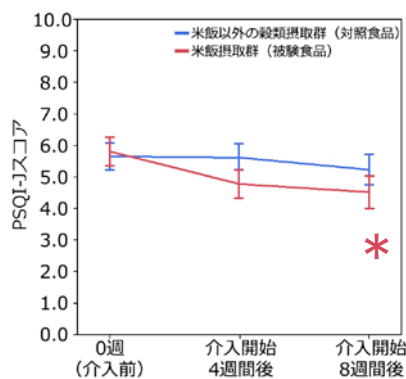
主な知見



穀物の摂取が少なく、肉や甘い物の摂取が目立つ群は計画をうまく立てられないといった衝動的行動が有意に高い結果が得られました。



日本食にとって重要な米食は味噌汁を介してQOL や精神的な健康向上に良い影響を与えていました。



睡眠の質を評価するPSQI-J は介入期間に応じてスコアが有意に低下 (=改善傾向) していました。

お問い合わせは：北海道大学大学院医学研究院精神医学教室
 電話：011-706-5160 E-mail：ikusumi@med.hokudai.ac.jp
 執筆者：北海道大学 久住 一郎

B. 【代表する成果】

7) 代表成果名「味噌の発酵が作り出す抗ストレス物質」

補完研究：早稲田大学（研究代表機関）

試験研究名：エピゲノム情報に基づく日本食がストレスに与える影響の評価

開発のねらい

日本食には日本人の健康長寿に貢献する抗ストレス成分が含まれていると考えられますが、これらの成分は概して効果が穏やかなものが多く、毎日食べ続けて初めて効果が現れるようなものも多いと思われます。医薬品のように作用の強い成分を探す従来の方法では、そのような穏やかな有効成分の検出や作用の評価は困難でした。そこで、以下の研究開発を実施しました。

- (1) 日本食に含まれる有効な成分を迅速に検出できる新しい手法の確立
- (2) 有効成分の探索と、明らかになった有効成分の作用の評価
- (3) 有効成分の含有量を増加させた製品の開発

開発した成果

(1) 遺伝子の発現を制御するスイッチ機構であるエピゲノム^{*1}に着目し、その変化を簡便に評価する方法を確立しました。この遺伝子スイッチの調節を調べることにより、日本食に含まれる有効成分の探索が迅速に行えるようになりました。

(2) 本手法を用いて日本食の様々な食材をスクリーニングした結果、味噌にエピゲノム調節作用を見出しました。さらに、味噌に含まれる数多くの成分から活性を持つ成分を探索した結果、フェルラ酸エチルという物質を同定しました。フェルラ酸エチルはエピゲノム調節を行うとともに、アストロサイト（脳内でニューロンに栄養を与え、保護する機能を持つ細胞）を生み出す働きをすることもわかりました。以上の結果からフェルラ酸エチルには抗ストレス作用が期待されると推定し、動物実験を行ったところ、フェルラ酸エチルを飲ませたマウスは社会心理的ストレスによる抑うつ状態（引きこもりや登校拒否に相当）から早く回復することを明らかにし、抗ストレス作用を実証しました。

(3) また、フェルラ酸エチルは味噌の原料である大豆や麴には含まれておらず、原料を発酵させる過程で初めて生じる味噌に特徴的な成分であることも明らかにしました。この生成機構を利用して味噌の製法を工夫し、フェルラ酸エチルを外から添加することなく含有量を増加させた「フェルラ酸エチル強化味噌」を作ることにも成功しました。

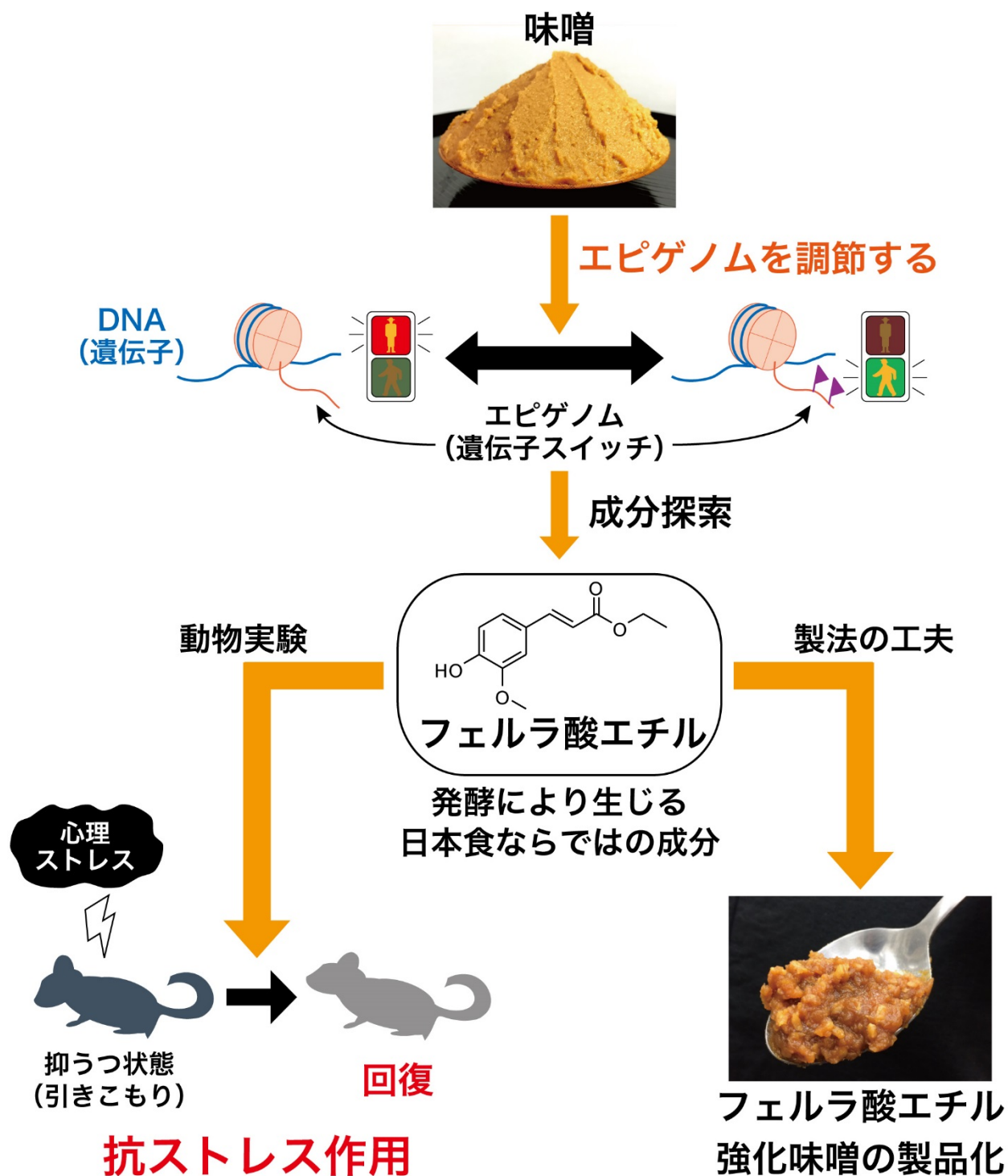
成果の普及状況等

フェルラ酸エチルとその製造方法について特許出願しました。またフェルラ酸エチル強化味噌については現在、国内の複数の味噌メーカーと協力して製品化に向けた製法の改良を行っています。

用語説明

※ 1 エピゲノム：細胞の中の DNA や、DNA が巻きついているヒストンというタンパク質が化学修飾されることで、遺伝子の働きを調節するしくみのこと。エピゲノムの情報は細胞が分裂して生まれた新しい細胞にも受け継がれていくと考えられており、長期間にわたって遺伝子の働きをコントロールすることが知られています。ストレスをはじめとする環境要因への長期的な暴露によるエピゲノムの異常の蓄積は、精神疾患のみならず、がんをはじめとする様々な慢性疾患の原因になると考えられています。

研究成果の具体的図表



お問い合わせは：早稲田大学先進理工学部化学・生命化学科ケミカルバイオロジー研究室

電話：03-5286-3100 E-mail：ayocha@waseda.jp

執筆者：中尾 洋一、新井 大祐

B. 【代表する成果】

8) 代表成果名「ストレスに打ち勝つ日本食の健康脳増進効果」

補完研究：星薬科大学（研究代表機関）

試験研究名：病的老化から自然老化へと導く日本食のすすめー脳内免疫異常およびエピジェネティクス異常の日本食由来成分によるリセットー

開発のねらい

近年、ストレス社会に伴う子供のうつ・ひきこもりといったいわゆる心の問題が、大きな社会問題となっています。幼少期のストレスは、その後の脳発達に異常をきたし、将来、重篤な脳機能障害を引き起こします。動物実験においても、幼若マウスを個別飼育し社会的相互作用を減少させると、成熟期での認知機能や情動機能が著しく障害されることが知られています。一方、従来から食は薬のような即時的な治療効果は持たないと考えられてきましたが、低容量・長期摂取という手続きは、慢性的な異常刺激を神経細胞に与え続けるストレス性神経障害に対しては、むしろ効果的な予防もしくは治療効果を与えると推測できる実験結果が集積されてきました。

日本食を代表とする納豆・味噌・醤油など植物性タンパク質を微生物発酵処理した食品や、日本食の基本となる“だし”をとる鰹節を代表とする節類（魚肉タンパク質を微生物発酵処理した食品）、更には“ひもの”や昆布など乾燥させることで細胞から分解酵素が遊離した素材などを多用する日本食には、発酵やタンパク質分解などによって多くの機能性成分が創り出されています。しかしながら、「体に良い」といわれてきた日本食成分の実際の効能やそのメカニズムはよくわかっていません。そこで、以下の研究を実施しました。

- (1) 日本食由来の大豆ペプチド^{*1}摂取が幼少期ストレスによる脳機能障害に与える効果の解明
- (2) 日本食由来の大豆ペプチド効果のメカニズムの解明

開発した成果

- (1) 母マウスから離乳した直後の仔マウスを1ヶ月間個別飼育することで、社会的隔離ストレス負荷を与えると、成熟期に多動性障害や記憶障害が認められました。しかしながら、ストレス負荷開始時から大豆ペプチドを摂取したマウスでは、このような障害が抑制されました。したがって、大豆ペプチドの摂取は、幼少期ストレスによる脳機能障害を予防あるいは軽減できると結論付けられました。
- (2) マウスに日本食由来の大豆ペプチドを摂取させると、脳内機能分子の活性化が引き起こされることや、特定の腸内細菌の存在比が変動することを明らかにしました。

成果の普及状況等

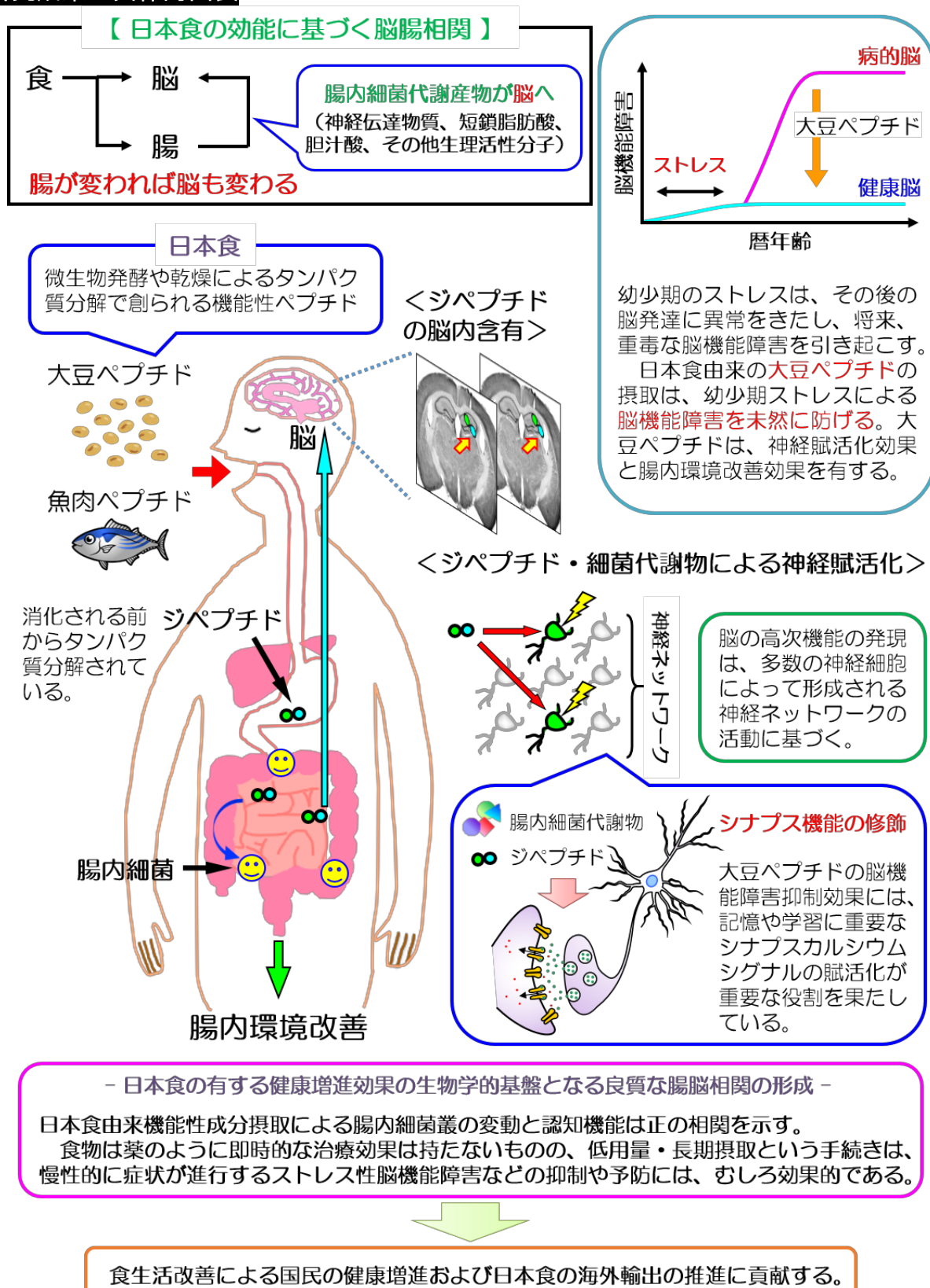
近年、国民の健康意識の向上により、スーパーで食材を選ぶ時は「なるべく体に良いものを」という意識を誰もが持っています。特に、腸内細菌関連食品は商品の中の菌がそのまま腸内細菌として定着し、お腹の調子を整えるという受け入れやすい概念により、消費者の購買意欲を掻き立てています。私たちが提案する日本食の効能は、腸内細菌の働きに基づくものであり、かつ現在、国民が最も意識している脳への効果を示したものです。これにより実効性の高い日本食効果を提案することが可能となり、食生活改善による国民の健康増進および日本食の海外輸出の推進に貢献できると考えられます。

- (1) 研究成果(1)は、機能性が見出された日本食由来機能性成分を含んだ商品を市販するために、今後、民間企業と協力して研究を継続します。
- (2) 研究成果(2)は、他のプロジェクトで引き続き研究を継続し、その成果を学術雑誌や学会などで発表し、本知見を食品企業関係者や消費者に広く発信します。

用語説明

※ 1 ペプチド：一般にアミノ酸が50個以上結合したものをタンパク質、50個未満結合したものをペプチドと呼びます。特にアミノ酸が2個結合した分子の場合、ジペプチドといいます。

研究成果の具体的図表



お問い合わせは：星薬科大学先端生命科学研究センター

電話：03-5498-5845 E-mail：h-tamura@hoshi.ac.jp

執筆者：田村 英紀

検討G)をおこなっています。補完研究課題のうち、センシングGに5課題、基盤情報サービスGに3課題が参加し、相互に協力・連携する体制をとっています。

今後の展開方向・見込まれる波及効果

第1層のために拠点研究機関や補完研究機関が開発したセンサー、センサーネットワークは、科学的な栽培、圃場ごとの栽培管理等のために重要です。開発された比較的安価なセンサーは、利用者の増加に役立ちます。新たに開発されたセンサーは、より精密な科学的栽培に役立ちます。

第2層の情報基盤プラットフォームにおいて採用した規格は、国や国際団体でも採用されています。各社が同一のプロトコル^{※3}に従ったサービスを提供することで、利用者が様々なサービスを提供するための共通環境となり得えます。

第3層のために開発されたe栽培歴や生育状況監視

サービスなどのユーザーサービスは、将来的に収量増・品質や栽培効率の改善等に役立ちます(図3)。

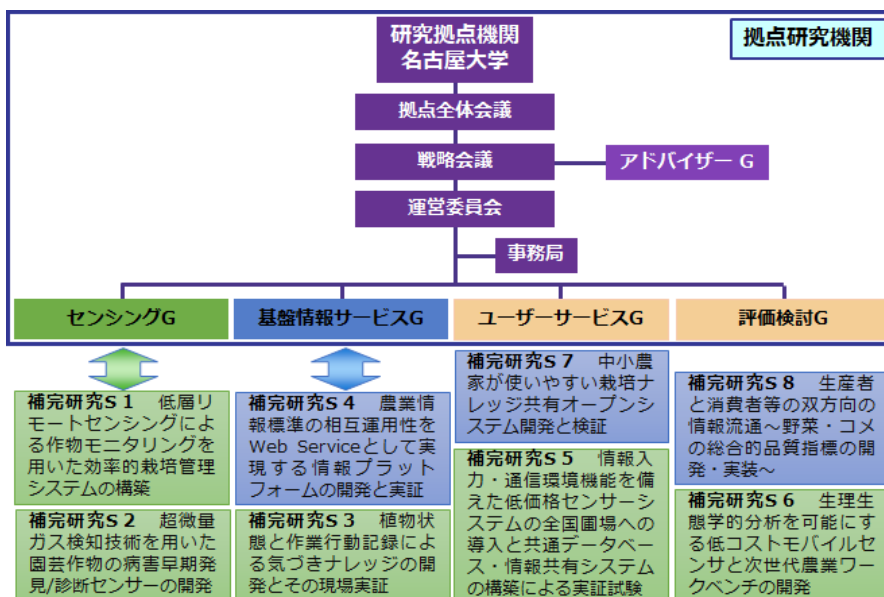


図2 研究実施体制



図3 e栽培歴の表示画面例

用語説明

- ※ 1 ICT：情報、通信に関する技術の総称です。
- ※ 2 栽培歴：栽培歴は、農作物ごとに必要な栽培作業や栽培のために気をつけるべき項目についてまとめたもので、ポスターとして印刷されて提供されています。
- ※ 3 プロトコル：コンピュータ同士が通信をする際の手順や規約などの約束事を言います。

執筆分担：名古屋大学 北 栄輔

B. 【代表する成果】

1) 代表成果名「ICT を用いて農作物の栽培を管理する」

拠点研究：名古屋大学（研究代表機関）

試験研究名：ICT 活用農業 事業化・普及プロジェクト

開発のねらい

農作物の生産現場への ICT^{※1}導入の目的は、農作業負担の軽減、生産性の向上、品質管理、気象状況や病害虫の発生などの、急激な生産環境の変化等に対してのリスクマネジメント^{※2}の効率化・的確化、規模拡大のためのマネジメントの効率化等多岐にわたっています。

これを実現するために、3 階層からなる農業用情報インフラの構築について研究開発を行っています。第1層はセンシング層で、センサー及びセンサーネットワークからなります。第2層は基盤情報サービス層で、第1層から得た農作物の生育情報や環境情報と他のデータベースから得た情報をまとめて統一的な情報として格納し、標準のプロトコル^{※3}によって提供できるようにしています。第3層はユーザーサービス層で、第2層の情報を用いて農作業者にサービス（e 栽培暦^{※4}、病害虫情報等）を提供します。センサーやセンサーネットワークの利用は、農作業負担軽減や生産性向上に資することを目的としています。「e 栽培暦」などのユーザーサービスは、農業従事者に農作物の収量・品質・病害虫などの情報を提供し、品質管理や生産性向上に資することを目的としています。

これらを実現するために、主として以下に挙げるような研究開発を行ってきました。

- (1) センサーの実用化開発
- (2) 情報基盤プラットフォーム設計開発
- (3) ユーザーサービスに資するビジュアルインターフェイス^{※5}の設計開発

開発した成果

- (1) 生育環境センサーを情報基盤プラットフォームと接続し、センサー情報を情報基盤プラットフォームに送信できることを、実証試験を通して確認しています。
- (2) 情報基盤プラットフォームにおいて、センサーや他のデータベースから取り入れた情報を統一したフォーマットに変換し、標準 API^{※6}によってアクセスできる環境を実現しています。
- (3) 「水稻に対する e-栽培暦」、「施設栽培トマトの生育状況監視サービス」、「露地栽培果樹の生育状況監視サービス」、「ぶどう栽培管理支援システム」、「病害虫情報の表示サービス」など、複数のユーザーサービスを開発しています。

成果の普及状況等

- (1) 開発した成果 (1) は、他のプロジェクトで引き続き研究を継続し、ブドウ・ミカンなどの果樹園における適用から普及を推進します。
- (2) 開発した成果 (2) において採用した規格は、総務省ガイドラインや米国の農業情報標準化団体のプロジェクトに採用されています。他のプロジェクトで引き続き研究を継続します。
- (3) 開発した成果 (3) の「施設栽培トマトの生育状況監視サービス」は、ベンチャー企業の PLANT DATA JAPAN (株) よりサービス提供を開始しています。
- (4) 開発した成果 (3) の他のユーザーサービスは、他のプロジェクトで引き続き研究を継続し、技術を完成させます。

用語説明

- ※ 1 ICT：情報、通信に関する技術の総称です。
- ※ 2 リスクマネジメント：リスクを組織的に管理（マネジメント）し、損失などの回避または低減をはかるプロセスをいいます。
- ※ 3 プロトコル：コンピュータ同士が通信をする際の手順や規約などの約束事を言います。
- ※ 4 栽培暦：農作物ごとに必要な栽培作業や栽培のために気をつけるべき項目についてまとめたもので、ポスターとして印刷されて提供されています。
- ※ 5 ビジュアルインターフェイス：コンピュータ画面上に、ウィンドウ、ボタン等のグラフィックが表示され、マウスなどを用いてグラフィックスを選択して目的の機能を実現します。
- ※ 6 標準API：OS やミドルウェアの機能をアプリケーション開発で利用しやすいようにした技術仕様である API (Application Programming Interface) のうちで、標準化団体などが規定したものです。

研究成果の具体的図表

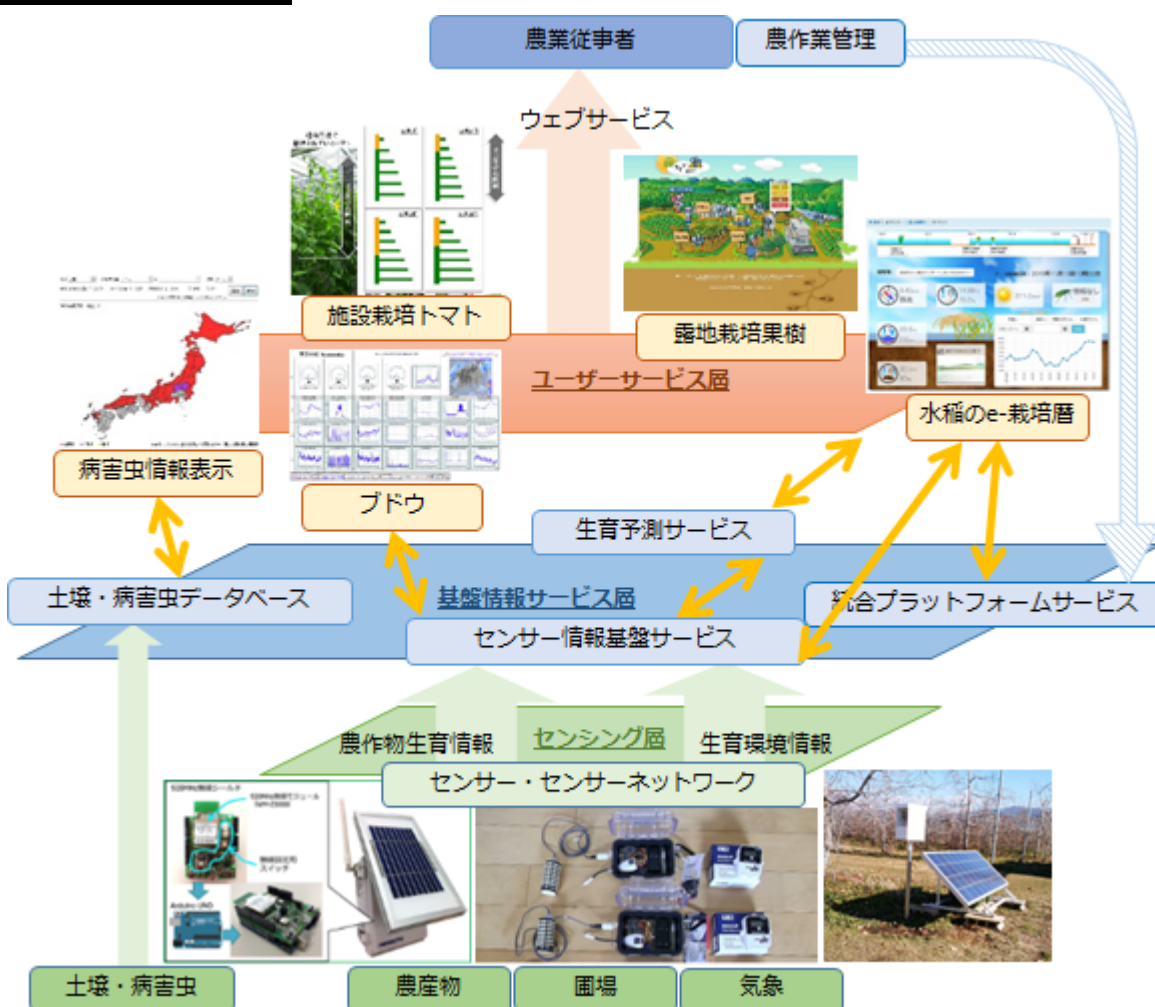


図 開発した3層構造からなる農業用情報インフラの概要

お問い合わせは：国立大学法人名古屋大学大学院情報学研究科
 電話：052-781-5111 E-mail：kita@i.nagoya-u.ac.jp
 執筆分担：名古屋大学 北 栄輔

B. 【代表する成果】

2) 代表成果名「田んぼの稲の倒伏は2ヶ月前に予測できる」

補完研究：東京大学（研究代表機関）

試験研究名：低層リモートセンシングによる作物モニタリングを用いた効率的栽培管理システムの構築

開発のねらい

リモートセンシング^{*1}による画像データから植物の生育状態を推定する解析エンジンを構築し、適切な施肥設計や農薬散布時期、収穫時期の決定など栽培管理の意思決定を支援する効率的・効果的な栽培管理システムの構築を目指します。

開発した成果

田んぼの稲が倒れてしまうと、収穫が難しくなるだけでなく、収量や品質が低下します。倒伏が予測できれば、収穫の仕方などを工夫することで収量や品質の低下を避けることができます。ドローン^{*2}を田んぼの上空を飛行させて収集した空撮画像をもとに、田んぼの中の稲の背の高さのムラを3次元的に計測します。3次元化^{*3}された背の高さのムラと倒伏の関係を機械学習^{*4}させることで、田んぼの稲の倒伏を収穫の2ヶ月前に予測できるようになりました。

成果の普及状況等

開発した研究成果は、他の研究プロジェクトなどで引き続き研究を継続する予定であり、田んぼの稲の状態を把握し、それをもとに効率的に栽培管理できる技術の完成を目標としています。将来は、こうした技術で、田んぼで取れるコメの収益を5%程度増加させることができると考えられます。

用語説明

- ※ 1 リモートセンシング：広義では、対象物に関する情報を、対象物に触れることなく遠隔から得る技術のことをいいます。狭義では、人工衛星や航空機等から地上の対象物を撮影し、情報を得る技術のことをいいます。「低層」リモートセンシングとはラジコンヘリコプターなどによる低空からのリモートセンシングのことをいい、人工衛星や航空機など高層からのリモートセンシングに対して使われる表現です。
- ※ 2 ドローン：広義では無人飛行型の航空機のことをいいますが、より一般的にはラジコン操作型のマルチコプター（3つ以上のプロペラがあるヘリコプター）のことをいいます。本研究においてもラジコンマルチコプターのことを指しています。
- ※ 3 3次元化：画像や動画をもとに、対象物の3次元構造をコンピュータ上で再構成する技術のことをいいます。画像1枚だけでは奥行きは分かりませんが、対象物を複数の視点から撮影した画像があれば奥行きを計算することができ、それをもとに3次元構造を再構成します。
- ※ 4 機械学習：人間が物事を分類したり判別したりするのと同様のことをコンピュータができるようにする技術です。コンピュータは与えられたデータを学習材料としてそのデータが持つパターンを見つけ出し、分類や判別の基準などを学習します。また新たなデータが得られた際には、既に学習した結果をそのデータに適用することができます。そのため過去のデータ等から事前にパターンを学習しておけば、その学習結果と現在の状態をもとにして将来の動向を予測することができます。

研究成果の具体的図表

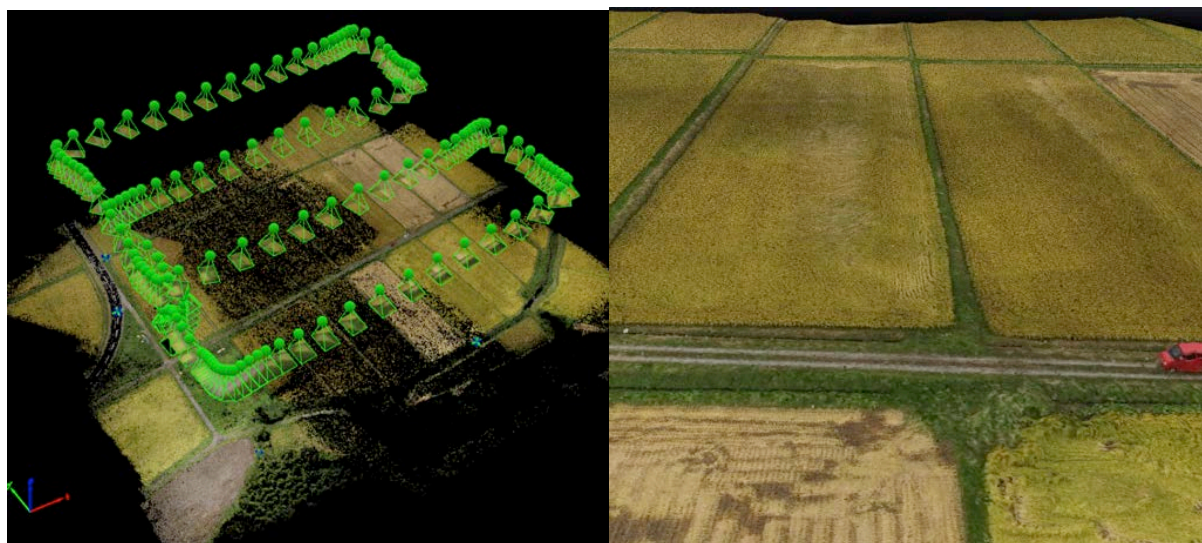


図 1. ドローンで収集されたデータから再構築された田んぼの 3 次元情報。この情報をもとに、田んぼの中の稲の高さのムラを調べることができます。

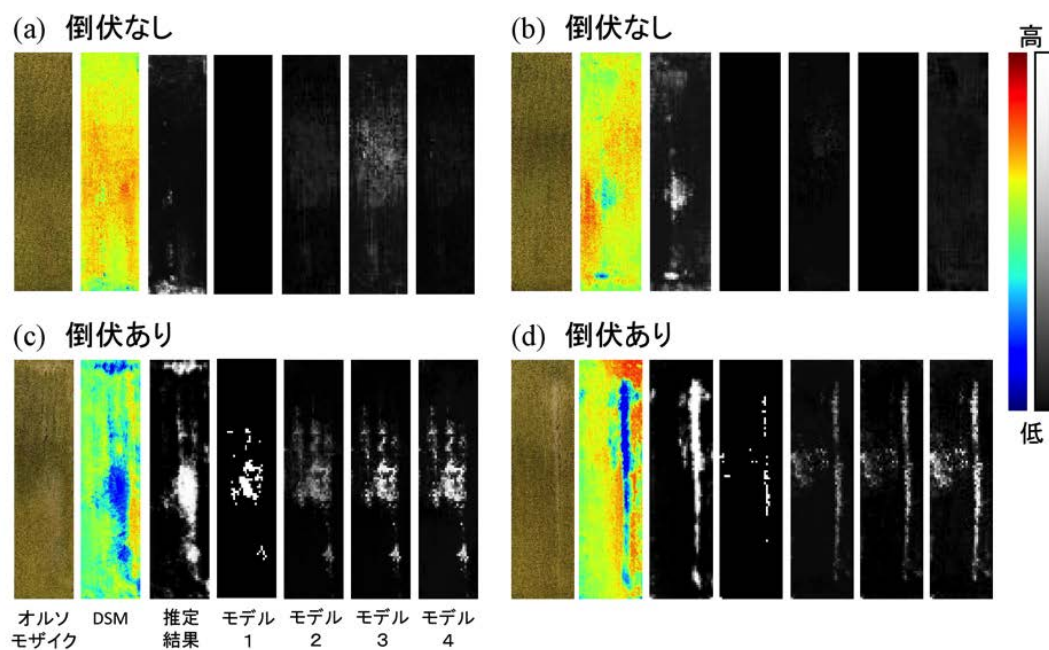


図 2. (a)、(b)は9月に倒伏のなかった田んぼ、(c)、(d)は9月に倒伏のあった田んぼ。4つの異なる倒伏位置予測モデル(1~4)を用いて予測した倒伏が起こる位置予測結果を示します。

お問い合わせは：凸版印刷株式会社 情報コミュニケーション事業本部
ビジネスイノベーション推進本部

担当：永野 電話 080-2381-4535 (直通) E-mail：takeshi_1.nagano@toppan.co.jp

執筆分担：東京大学 岩田 洋佳・渡辺 翔、凸版印刷 濱谷 卓美・永野 武史、
エアフォーディー 宇佐美 昌樹、名古屋大学 平野 恒、西部農場 柳沼 孝政

B. 【代表する成果】

3) 代表成果名「気体の分析によるイチゴ炭疽病の非破壊早期発見技術の開発」

補完研究：国立研究開発法人理化学研究所（研究代表機関）

試験研究名：超微量ガス検知技術を用いた園芸作物の病害早期発見/診断センサーの開発

開発のねらい

イチゴは収益性が高く、農業生産において重要な品目です。近年、イチゴ炭疽病による被害が問題となっており、その防除対策の確立が急務となっています。イチゴ炭疽病は有効な治療薬がなく、その対策として最も有効とされているのが炭疽病に感染した苗を圃場へ持ち込まないことですが、感染初期の苗と健康な苗を判断することが困難です。このことから、感染苗の圃場持ち込みによる連鎖的な感染拡大が大きな問題となっています。そのため、感染苗を迅速に選別するための簡易的な病害診断センサーの開発が望まれています。

病害診断センサーを開発するに当たり、本研究ではイチゴ苗が放出するガスに着目しました。植物が放出するガスには揮発性有機化合物^{*1}など数百から数千種類にわたるガス状の成分が含まれています。そこで、中赤外線レーザーを用いた微量ガス検知技術を利用することで、そのガス成分の中から、イチゴ炭疽病に感染した苗が放出する特徴的な微量ガス成分を検出することに挑戦しました。そして、ガス成分の検知により、迅速に非破壊でイチゴ炭疽病の診断ができるセンサーの開発に取り組みました。

開発した成果

中赤外レーザー吸収分光法^{*2}による微量ガス検知技術と多変量解析法^{*3}を組み合わせ、イチゴ苗から放出されるガスを分析することで、イチゴ炭疽病の初期感染苗を非破壊で検出することが可能なセンサーを開発しました。開発したセンサー（試作機）を図1に示します。

この試作機を利用して、実際のイチゴ生産現場においてセンサーの動作試験を行い、イチゴ炭疽病の診断に成功しました。本成果は、イチゴ炭疽病の新しい防除対策法として広く普及することが期待されます。

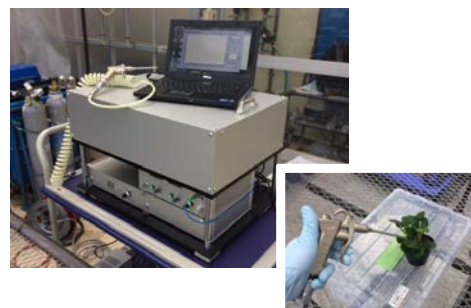


図1 病害診断センサー（試作機）

成果の普及状況等

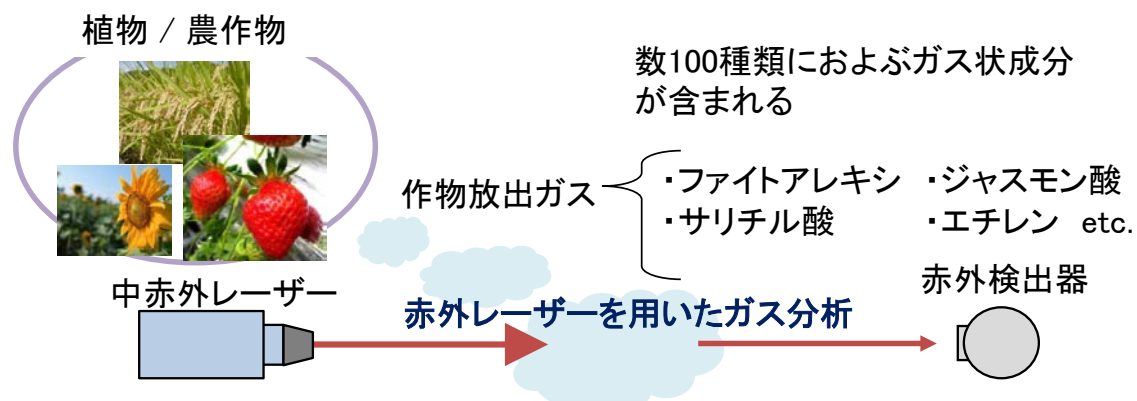
試作機の開発は完了しており、市販化に向けた市場調査・研究を継続しています。また、他のプロジェクトにおいて、イチゴ炭疽病以外の病害や異なる品目の作物を対象にした早期診断技術についても調査を行っています。

用語説明

- ※ 1 揮発性有機化合物：常温常圧の環境下で、容易に揮発する有機化合物の総称です。具体的には、ベンゼン、ホルムアルデヒド等の物質があります。
- ※ 2 中赤外レーザー吸収分光法：測定したい対象に中赤外線を照射し、それをどのくらい物質が吸収または透過するかを、中赤外線の波長を変化させながら計測する手法。
- ※ 3 多変量解析法：測定結果に含まれる複数のデータに、どのような関係があるかを統計的に分析するための手法。

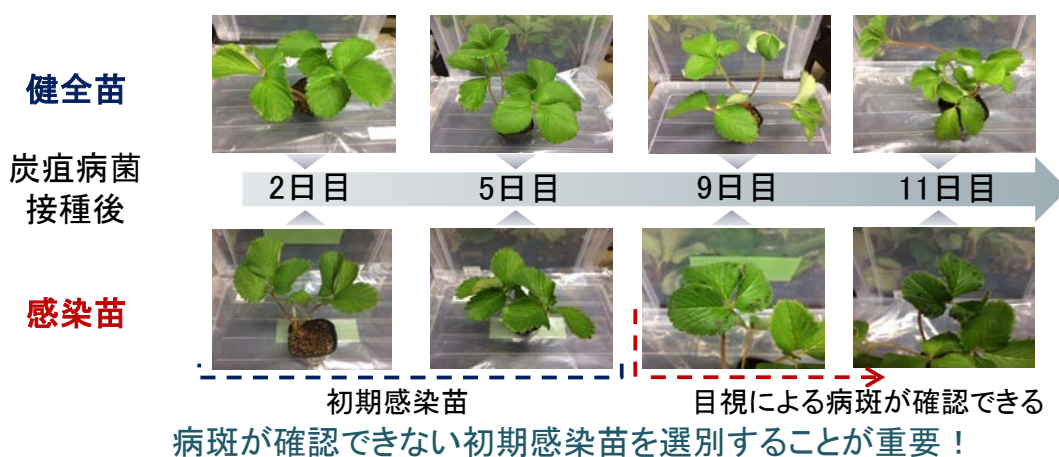
研究成果の具体的図表

中赤外レーザー吸収分光法による作物ガス検知

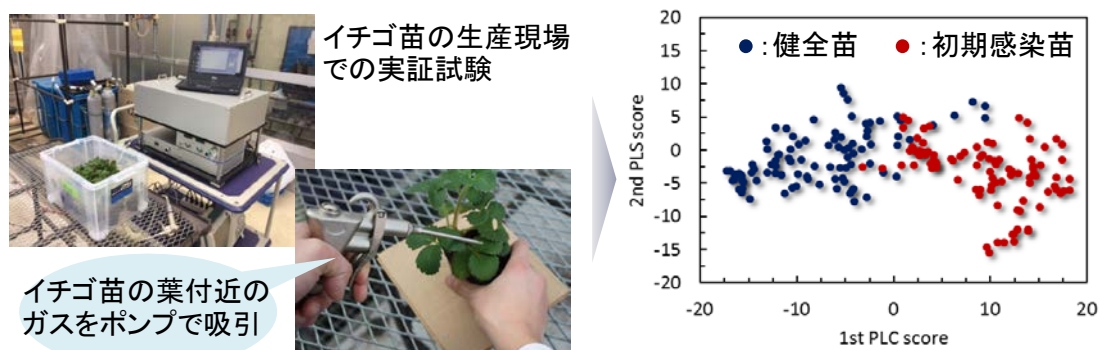


中赤外レーザー吸収分光法を用いた病害特有のガス成分の検知技術为基础とした非破壊病害診断センサーの実現を目指す

イチゴ炭疽病感染苗・・・培養したイチゴ炭疽病菌を接種



イチゴ炭疽病の診断センサーおよび診断試験



健全苗と初期感染苗の選別が可能に！！

お問い合わせは：理化学研究所 光量子工学研究領域 光量子制御技術開発チーム
 電話：048-467-9494 E-mail：myumoto@riken.jp
 執筆者：理研 湯本 正樹、松山 知樹、和田 智之

B. 【代表する成果】

4) 代表成果名「栽培管理での気づき事例の蓄積と活用」

補完研究：NECソリューションイノベータ株式会社（研究代表機関）

試験研究名：植物状態と作業行動記録による気づきナレッジの開発とその現場実証

開発のねらい

農業の生産現場、栽培管理の判断は、従来は栽培管理・指導を行う個々人の技能・ノウハウとして蓄積される部分が多くありました。近年、増加している農業法人による大規模な農業生産では、個人のスキルに依存するのではなく、複数の圃場を継続的に運用する管理者たちが栽培管理における知識・ノウハウを共有し、安定的に栽培を行っていくことが重要となります。

本研究では、栽培管理者の栽培における気づき^{*1}を、その原因や対処と紐づけて気づき事例データとして蓄積し、分析、見える化、共有による指導を行う仕組みを創ることで、気づきノウハウを組織として活用できる仕組みである「気づき事例の管理・活用システム」の提供を目的としています。

開発した成果

(1) 「気づき事例の管理・活用システム」では、気づき事例データの検索等ができるデータベースをクラウド上に構築するため、図1のように事象^{*2}をその原因や結果などと紐づけて、気づき事例データとして蓄積しました。本研究では、気づき事例を「事象」、「原因」、「対処」、「結果」の四要素として定義しています。例えば、「植物がしおれている」といった「事象」、その原因として推定される「夜中の温度が高かった」という「原因」、「温度を下げる」という「対処」および、判断が正しかったかといった、後日に行う振り返り^{*3}の「結果」が一つの事例データとなります。

具体的には、国内の三農業法人のトマト植物工場において、センサーを利用した温湿度などの環境データを自動収集する仕組みなども活用しながら、クラウド上へ気づき事例データの入力・蓄積をしました。

(2) 栽培管理者が実際の栽培場面で遭遇した気づきについて、過去の気づき事例を参考にするため、タブレット等を用い構築したデータベースから事例の検索をしたり、あるいは過去の事例を学習教材として活用したりすることで、栽培スキルの向上や平準化が実現できます。また、入力した気づき事例やセンサーを利用した環境データに、アラート^{*4}機能を付与する機能もあり、アラート機能を付与した気づき事例や環境データが現場で発生した時点で、栽培管理者に自動的に異常をアラートすることも可能です（図2）。

(3) 「気づき事例の管理・活用システム」は上記の三農業法人各植物工場の栽培管理・指導者に1年半にわたり試用、評価を頂きながら、改良を行いました。

成果の普及状況等

「気づき事例の蓄積・活用システム」については、今後、市場性の検討、必要機能の過不足などを見極めたうえで、NECソリューションイノベータが開発した農業ICTソリューション(URL: <http://www.nec-solutioninnovators.co.jp/sl/agriculture.html>)の一部として取り込んでいく予定です。

用語説明

- ※ 1 気づき：農作業を行う際に各種の入力データや観察から得られる作物がどのような状態で環境がどんな状況であるかといった情報をもとに行う管理者の判断
- ※ 2 事象：栽培管理を行う際に実際に観察、観測されたデータ、現象
- ※ 3 振り返り：栽培管理者グループの定例会議で蓄積された事例データを参照し内容の確認を行う
- ※ 4 アラート：蓄積された事例データを参考に、例えば、「圃場の温度が〇〇度以上、湿度がXX%以上」であれば何らかの対処が必要であることがわかった場合に、これらの環境条件をもとに管理者にメール等で自動的に通知を行う仕組み

研究成果の具体的図表

本システムでは、気づき事例は「原因」「事象」「対処」「結果」の組で表現されます。実作業の中では、「事象」とそれに対する仮の「原因」推定とそれに基づく「対処」が行われます。振り返りの中で、「(対処に対する)結果」の紐付けが行われ、改めて「原因」が見直され、事例として更新、蓄積されます。

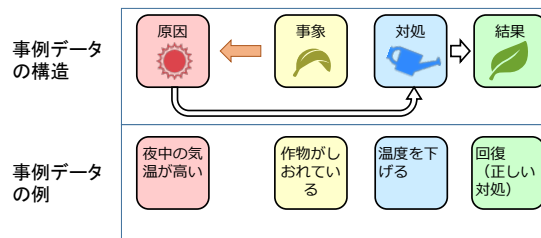


図1 気づき事例データのデータ構造と例

本システムでの全体的な処理の流れを図2に示します。図の左側は事例の記録と振り返りの中での参照、更新による気づき事例の蓄積・活用の流れです。右側はシステムの現場での利用を促進するためのアラートと登録と利用の流れを示しています。

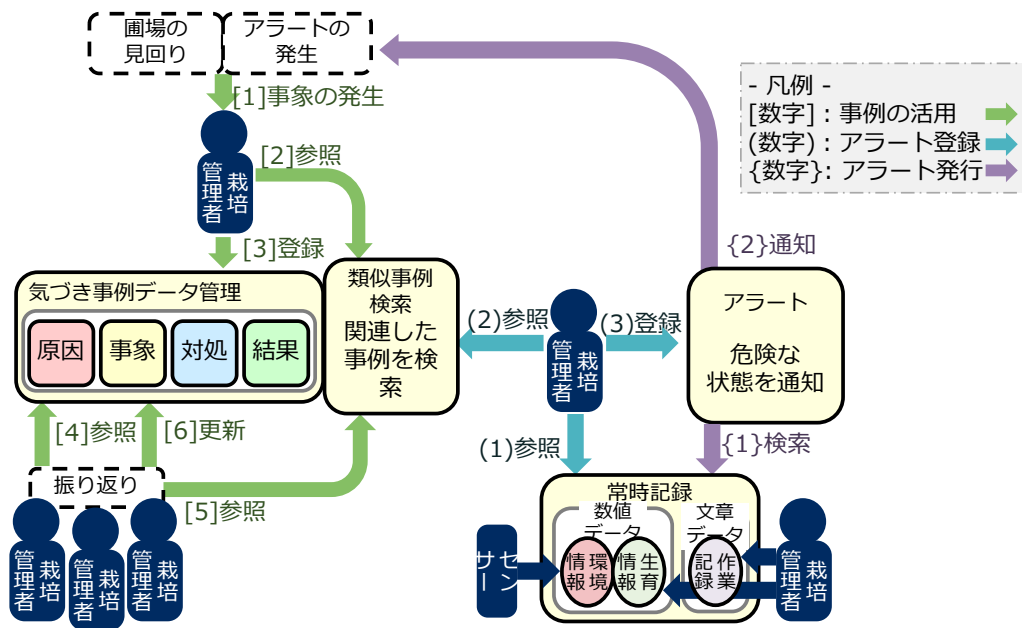


図2 気づき事例の管理・活用システムの全体構成

お問い合わせは：NECソリューションイノベータ株式会社イノベーションラボラトリ

電話：03-5534-2619 E-mail：tos-kamiya@ti.jp.nec.com

執筆者：NECソリューションイノベータ株式会社 神谷 俊之

B. 【代表する成果】

5) 代表成果名「農業に関する用語を利用するための農業オントロジーブローカーの開発」

補完研究：東京大学（代表研究機関）

試験研究名：農業情報標準の相互運用性を Web Service として実現する情報プラットフォームの開発と実証

開発のねらい

ITの普及が農業分野へ進む中、農業情報の記録方法もデジタル化へ移行してきています。情報のデジタル化は農業経営管理の効率化を促進し、農産物の質と生産性が向上すると期待されています。個人や各地域、または関係異業種ごとに記録された情報を有効活用するには、農業用語の共通理解が不可欠です。生産者、消費者、流通業者、研究者の間で、農業情報交換のための標準化された仕様や規格、また統一された農業用語の整備については、内閣官房 IT 総合戦略室の新戦略推進専門調査会・農業分科会が農業情報の標準化に関する個別ガイドライン等を取りまとめ公開していますが、今までの研究や活動により構築されたレガシーデータやレガシーシステムとの連携は進んでいません。また、農業分野と関連する異分野をまたいだデータや情報の相互利用および相互流通は進んでおらず、共通化・標準化により、群雄割拠する農業 IT システムを連携させ、情報の相互利用・高度利活用を支援する必要があります。本研究では、農業情報の相互流通を支援することを目的とし、農業情報の標準化や共有化のキーとなる一般的な農業用語集、農業 IT システムで扱われているキーワード、また標準化された農業共通語彙などを農業オントロジー^{*1}とし、これらの農業オントロジーを効率的に構築および管理する仕組みとそのツールを開発しました。

開発した成果

本研究では農業に関する用語等のセマンティック^{*2}な標準化を検討し、農業情報の相互利用や相互流通を支援するため、農業に関する用語を利用するサービスの開発を目的としました。

(1) 本研究では、既存の農業用語や農業に関する様々なキーワード、農業オントロジーを管理、構築、利用（参照）するためのサービスを構築することを目指しており、農業オントロジーを、「標準化された農業共通語彙」、「農業に関する用語集」、「既存の農業 IT システムで利用されている農業キーワードリスト」に分類し、7万語弱の農業に関する用語データを収集・登録しました（表 1）。

(2) 収集した農業に関する用語を検索・利用するための農業オントロジーブローカーを開発しました。農業オントロジーブローカーは、一般的な言葉（定義）から、専門用語を検索するための逆引き機能や WebAPI^{*3}を整備し、関係機関に農業オントロジーを提供するサービスを開始しました。農業用語と農業 IT システムで扱われている用語の関連付けを行いました。また、標準語彙の利用拡大を目的として、標準語彙とのマッチング機能についても検討しました（図 1）。

成果の普及状況等

(1) 閣官房 IT 総合戦略室がとりまとめた農業語彙に関するガイドラインや、SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）アグリイノベーション事業等の活動も参照しながら本研究を進めました。今後も、農と食の ICT 利活用を推進するための共通化委員会の農業標準語彙に関する作業部会に参加し、研究成果の実装を検討していきます。

(2) 研究では、拠点計画研究の情報サービスプラットフォームでの公開・連携を実施しましたが、他の農業 IT システムでの適用・評価や、関連する研究開発事業や国での標準化推進事業での検討や反映に協力していく予定です。

用語説明

※ 1 農業オントロジー：農業分野において、農業用語に関する概念と構成要素（概念）を明示的に表現し、それらの関係を体系的に記述したものです。

※ 2 セマンティック：コンピュータに文書や情報の持つ意味を正確に解釈させ、文書の関連付けや情報収集などの処理を自動的に行わせる技術です。

- ※ 3 WebAPI：ソフトウェアの機能や管理するデータを、外部のプログラムから呼び出して使うための手順やデータ形式を定めた規約です。
- ※ 4 キーグラフ：対象とする単語と関連の高い単語やその単語と共起する単語がノードとして抽出され、ノード間が線で結ばれたグラフです。

研究成果の具体的図表

表1 農業オントロジーの分類・収集・登録

カテゴリー	名称	機関名	データ数
標準化された農業共通語彙	農業情報の標準化に関する個別ガイドライン	内閣官房 IT総合戦略室	199
	共通農業語彙 (CAVOC)	農業・食品産業技術総合研究機構 国立情報学研究所	175
農業に関する用語集	農業技術事典 (NAROPEDIA)	農業・食品産業技術総合研究機構	7336
	農業登録情報	農林水産消費安全技術センター	4359
	農業気象用語解説集	農業気象編集委員会/編	811
	土壌肥料用語事典	農山漁村文化協会	319
	AGROVOC	FAO	54077
既存の農業ITシステムで利用されている農業キーワードリスト	FieldTouch	株式会社IHI	112
	iFarm	香川高等専門学校	577
	horen. so	株式会社日本情報化農業研究所	231
	北海道十勝地域の生産者の農作業記録	北海道十勝地域の生産者	249
計			68445

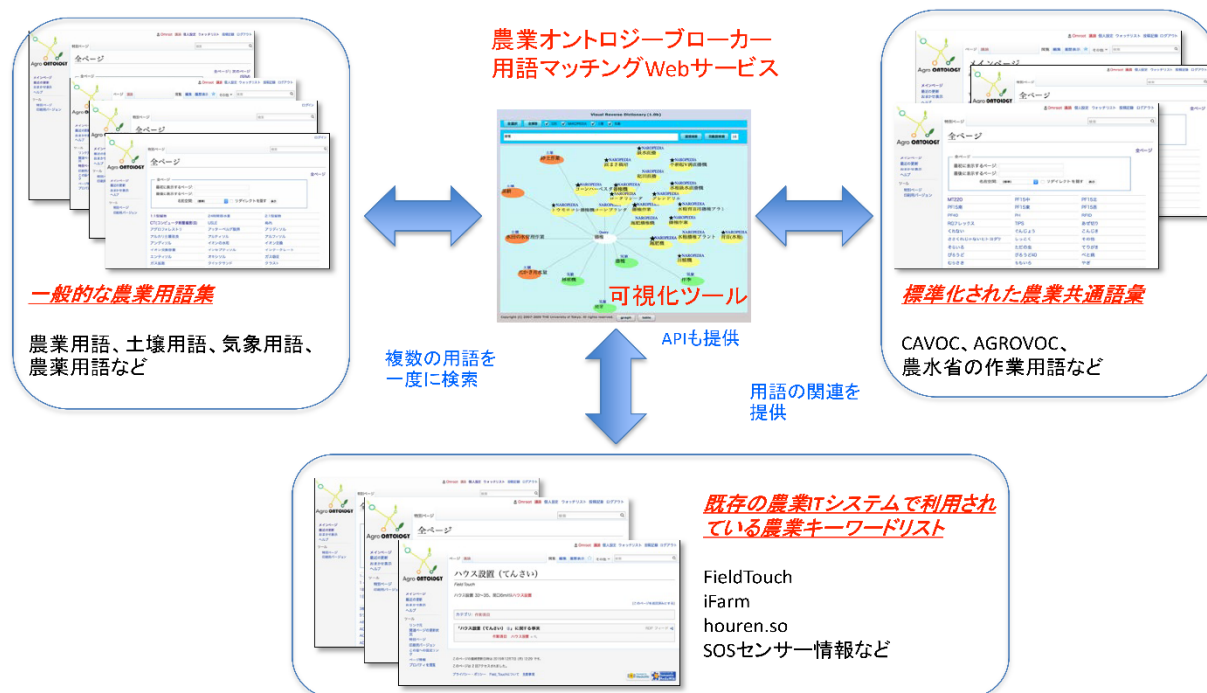


図1 農業オントロジーブローカーの構築

オントロジーブローカーを構築し、体系をまたいで農業オントロジーを検索できるようにします。用語のマッチング機能を構築し、また、検索結果についてはキーグラフ※4を利用して用語の関連を可視化できるようにしました。

お問い合わせは：東京大学空間情報科学研究センター柴崎研究室
 電話：03-5452-6414 E-mail：shiba@csis.u-tokyo.ac.jp
 執筆者：東京大学 柴崎 亮介、小野 雅史、大平 亘、山口大学 長井 正彦

B. 【代表する成果】

6) 代表成果名「簡易ウェザーステーションの開発」

補完研究：鶴岡工業高等専門学校（代表研究機関）

試験研究名：情報入力・通信環境機能を備えた低価格センサーシステムの全国圃場への導入と共通データベース・情報共有システムの構築による実証試験

開発のねらい

中規模以下の専業農家において農業 ICT^{※1} 化を阻む要因である「機材導入等のコスト負担、売上げに有効な手段が少ない、中規模農家ではメリットが少ない」を解決するため、販売価格1万円台である低価格な環境情報センサー「簡易ウェザーステーション」を開発し、開発成果のオープン化を実施します。また、全国30ヶ所での実証試験を目標に取り組みます。

具体的な技術課題は、生育環境情報センサーとして安定したデータ取得、センサー精度の保証、メンテナンス性の向上した低価格な「簡易ウェザーステーション」を開発することです。

一方で、補完研究遂行にあたり、「ものづくり」高専教育の中で地域貢献可能な農業 ICT 技術者の育成も行います。さらに、社会実装の次のビジネスモデルとして構成する高専内に地域交流の場として、本研究で開発したセンサーを製作するファブラボ^{※2}の開設の準備をします。

開発した成果

風向、風速、雨量、温湿度、気圧、日射量の計測が可能な簡易ウェザーステーションを開発し、全国で実証試験を実施しています。

開発した簡易ウェザーステーションの測定範囲と目標精度につきましては図2に示しますが、リファレンス用気象観測装置との比較検証を進めています。また、耐候性につきましては1年間実証試験を実施し問題ないことを確認済みです。

なお、従来市販されている「気象観測ステーション」に比べて低価格であり、キット化されていて設置が容易であることなどが優れている点です。

成果の普及状況等

民間企業と連携してキット商品として製品化され、研究試験機関向けに販売しています。今後は、供給の安定化、保守メンテナンスの体制を充実させ、今秋にも市販する予定です。

用語説明

※1 農業 ICT：農業の現場（生産・流通・経営管理等）に情報通信技術を活用することです。

※2 ファブラボ：多様な工作機械を備えた、実験的な市民工房のネットワークのことです。

研究成果の具体的図表

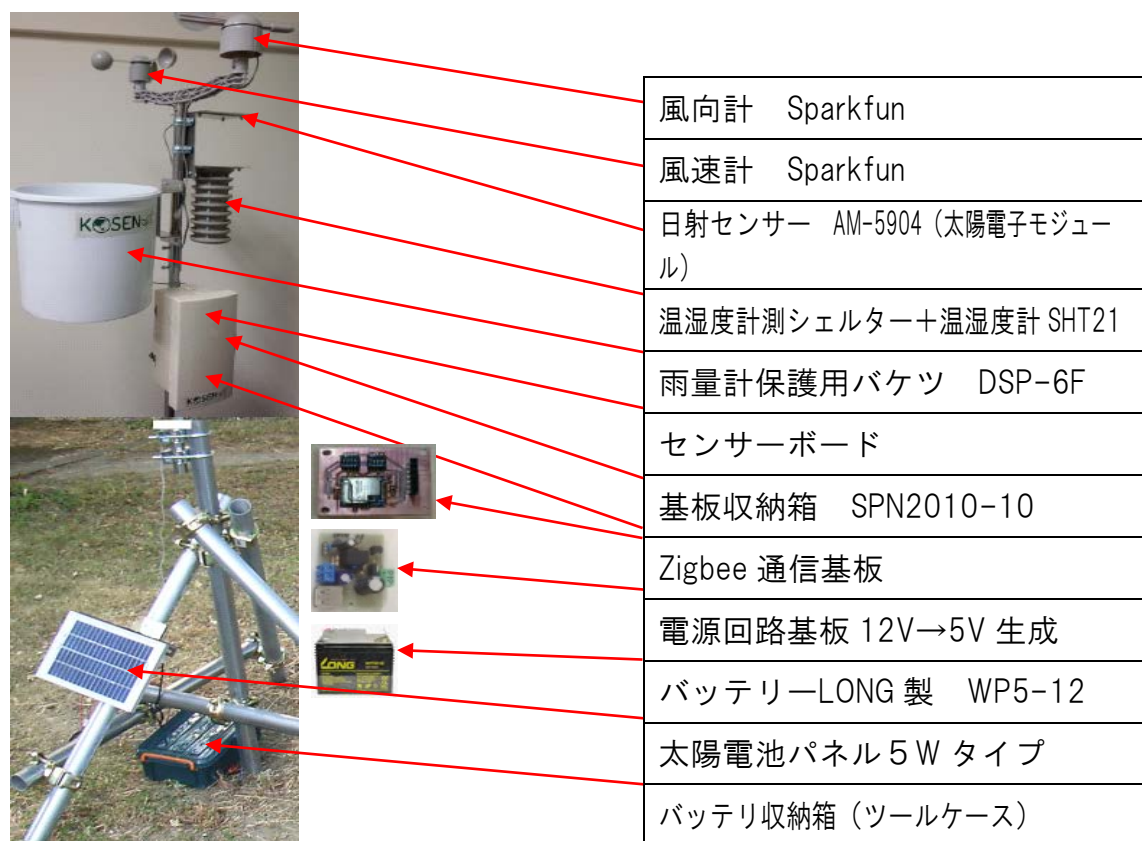


図1 簡易ウェザーステーション全体図

	測定範囲	分解能	目標精度
温度	-40~60℃	0.2℃	±2℃
湿度	10~99%	1%	±4%
風向	-	22.5°	±10%
風速	0~50[m/s]	0.4[m/s]	±4.5[m/s]
雨量	-	0.25[mm]	±10%
日射量	0~1400[W/m ²]	10 [W/m ²]	±10%
気圧	50~115[kPa]	0.15[kPa]	±1kpa

図2 簡易ウェザーステーションの測定範囲と目標精度

問い合わせは：鶴岡工業高等専門学校 創造工学科 神田和也

電話：0235-25-9095 E-mail：kanda@tsuruoka-nct.ac.jp

執筆分担：仙台高専 千葉 慎二、鳥羽商船 白石 和章、阿南高専 吉田 晋、
香川高専 村上 幸一、次世代技術 石井 忠司

B. 【代表する成果】

7) 代表成果名「家にいながら圃場（畑）の水分チェックが容易にできる「印刷」して作る土壤水分センサ」

補完研究：東京大学（代表研究機関）

試験研究名：生理生態学的分析を可能にする低コスト移動型センサと次世代農業ワークベンチの開発

開発のねらい

植物の成長には水が欠かせません。たかが水やり、されど水やり。トマトやスイカを甘くするのも、ほうれん草をあと何日で収穫可能できるか、実は水やりの上手い下手一つで大きく変わります。篤農家と呼ばれる栽培のプロは、作物、土の性質、そして気候の変化に合わせて勘と経験で水やりのタイミングを決めています。私たちは、こうしたプロの勘を定量化する、土中の水分量を測るセンサを開発しています。従来の土壤水分センサは埋設に手間がかかり、値段が高価、そして実際に圃場（畑）に行ってみないと値が読み取れないという問題がありました。そこで私たちは、この土壤水分センサを、より低価格で、設置が簡単であり、しかもクラウド^{*1}を経由して農家の方が家にいながら圃場（畑）の水分をチェックできるシステムを開発することを目指しました。

開発した成果

土中の水分量は、体積含水率つまり、単位体積あたりにどのぐらいの量の水が存在するかを測ることで分かります。この原理に用いるのが、静電容量^{*2}センサです。検出方法の原理自体は私たちに馴染みの深いスマートフォンなどのタッチセンサの動作原理と同じです。ただし、タッチセンサのように指のあるなしを2値で測るのではなく、水分量の変化を電気容量の連続的な変化として捉える点が異なります。このセンサを安く作る決め手が電子回路の印刷実装技術です。これまでの電子回路基板は、絶縁層の上に銅板などを貼り付け、色々な処理工程を経て作成されていました。私たちは、ロール状の薄いフィルムの上に金属性のインクを「印刷」することでこの工程を大幅に簡略化する技術に取り組んできました。この電子回路の印刷技術を用いることで、用途に合わせたセンサを素早く、そして安価に製造することができ、埋設も簡単に行えるようになりました。

成果の普及状況等

私たちが開発した土壤水分センサは、製造に関わるライセンスを株式会社 SenSprout (<http://sensprout.com>) に提供し、2017年に販売を開始しました。すでに日本全国の多くの農家の方々が、施設栽培、露地栽培を問わず様々な作物の栽培に利用していただいています。

（例：ほうれん草、小松菜などの葉物野菜全般、トマト、キュウリ、アスパラガス、ミカン、ブドウ、イチゴなど。）葉物野菜（春菊）の栽培における実験ではセンサ値に基づいて水やりの仕方を変えることで、重量と糖度について統計的に有意な差が生じることがわかりました。

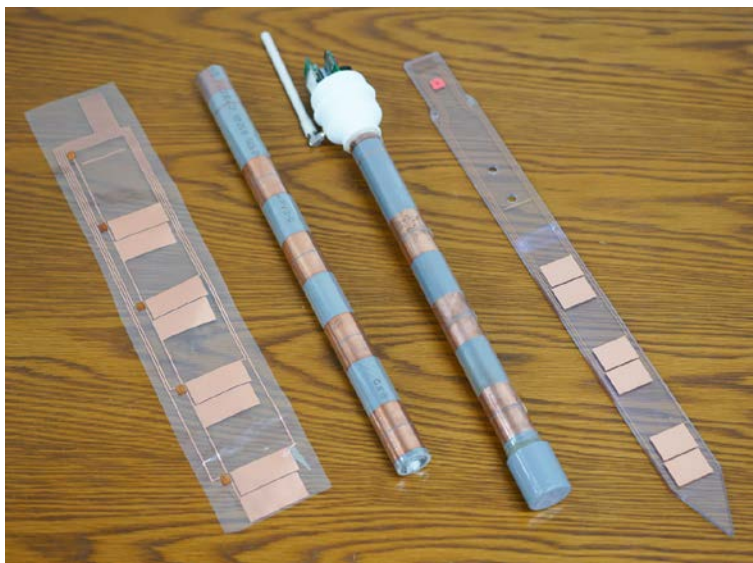
現在は、印刷エレクトロニクス技術の特性を生かし、土壤水分以外にも、水田の水位や土壤の肥沃度を測る電気伝導度などを計測するセンサも開発しています。

用語説明

※ 1 クラウド：インターネット上に保存する使い方、サービスのことで、自宅、外出先などからパソコンや携帯電話（主にスマートフォン）からでもデータを閲覧できます。

※ 2 静電容量：コンデンサなどの絶縁された導体において、どのくらい電気エネルギーが蓄えられるかの量を表します。

研究成果の具体的図表



薄膜フィルム(左)を用いた土壌水分プロファイルプローブ(中の2本)、SenSprout 社による板状プローブ(右)を示します。これらのプローブを土中に埋設して土壌水分を測定します。



SenSprout 社で実用化された土壌水分センサ SenSprout の設置状況とモニター表示画面です。

お問い合わせは： 国立大学法人 東京大学 大学院情報理工学系研究科 電子情報学専攻 川原研究室

電話： 03-5841-6710 **E-mail：** kawahara@akg.t.u-tokyo.ac.jp

執筆分担： 東京大学 川原 圭博

B. 【代表する成果】

8) 代表成果名：「現場のつまずきを作業画像と議論で見つけるエダマメ栽培教育システム」

補完研究：ハンサムガーデン株式会社（代表研究機関）

試験研究名：中小農家が使いやすい栽培ナレッジ共有オープンシステム開発と検証

開発のねらい

エダマメは高い利益を出せる作物です。収量・品質を高めるためには、普通の野菜作りと違ったコツが必要です。当研究では、はじめてエダマメの栽培をする生産者が、とまどうポイントを明らかにして、学習できる手法を開発することを目指します。

インターネットを通して栽培記録画像を栽培グループの中で共有し、そこに質問と回答を重ねる仕掛けで、ベテラン（指導者）と初心者が直接会わなくても情報交換、学習できるシステムを開発しました。

開発した成果

検索しやすくするためキーワードをつけながら写真を撮る仕組み

栽培中に撮りためた記録写真を見直すことで、栽培のポイントが発見できたり、問題が明確になったりします。しかし、記録写真を整理する作業はなかなか面倒で、後から行くと正確性を欠きます。そこで市販の磁気カード※¹を利用した立札を畑に設置することで、撮影場所を特定出来るようにしました。



スマートフォンで記録写真を撮る前にこの立札磁気カードに触れて、畑の場所、品種、種まき日時の情報を写真に関連付けて保存します。この写真に、生産者、ベテラン（指導者）が、それぞれ疑問点やコメントを書き込むソフトを開発しました。2年で7千点をこえる画像が記録されましたが、重要な栽培ポイントにはコメントが集中することから重要なポイントを221点に絞り込むことができ、栽培ポイントの優先順位が判ってきました。

成果の普及状況等

分類された記録画像とその問答集は、つまずきがちなポイントを明らかにする仕組みです。エダマメ・レタス栽培支援ソフトとして中規模農家の指導に活用するサービスを始めています。

用語説明

※ 1 磁気カード：横9cm×縦5cmほどのプラスチックのカードで磁気信号を発せるもの。電車、バス等の定期券に良く使われているものと同様です。

研究成果の具体的図表

●ICTツールを活用して栽培のお困りどころの解決

①ほ場で作業内容と手順をスマートホンで確認、作業完了後チェックシート確認



生まれた議論に参照が多かった項目とキーワード

育苗	病虫害	灌水	設備	外観・草姿	栽培	作業
						
発芽不良、徒長、水分、含水量、目安、温度	葉面、障害、現象、食害痕、害虫、獣害、対策	pH値、農業用水	設置方法、栽培環境、仕立、灌漑、灌水、センサー	ストレス、撮影方法、記録、手順	根粒、管理、側根、着花	収穫、土寄、明渠、手順、定植

お問い合わせは：NPO 法人ジオライフ協会 ハンサムガーデン宇陀研究農場

電話：06-6232-2012 E-mail：jim@handsomegarden.com

執筆者：NPO 法人ジオライフ協会 宇陀研究農場 代表理事 窪 一

B. 【代表する成果】

9) 代表成果名：「野菜の総合的品質指標を表示するウェブアプリの提案」

補完研究：デザイナーフーズ株式会社（代表研究機関）

試験研究名：生産者と消費者等の双方向の情報流通 野菜・コメの総合的品質指標の開発・実装

開発のねらい

国産野菜・コメの需要、消費を拡大するために、生産から流通、加工、消費までのサプライチェーン※¹の効率化と安全・おいしさ・健康（栄養素、機能性）・栽培・流通環境等の実需者・消費者ニーズを叶えるバリューチェーン※²の構築が求められています。そこで、野菜やコメの品質（中身）を「見える化」して、生産者から消費者までを共通の価値観でつなぐ指標（ものさし）を構築するため、生産者から実需者・消費者に対する「栽培した野菜・コメの品質や機能性等を含む総合的な情報伝達」と、実需者・消費者から生産者に対する「情報フィードバック」を行うことのできる双方向の情報流通システムを提案します。

そこで、生産者と消費者との双方向の情報流通を行うことができる汎用性の高い「野菜の総合的品質指標（業界向け、消費者向け）のウェブアプリ版」、並びに「コメの総合的品質指標（業界向け、消費者向け）」の開発を行いました。

開発した成果

「流通・栽培・安全・中身成分」に大別される野菜の総合的品質指標を利用して、誰でもタブレット端末やパソコン上で簡単に使用できる「野菜の総合的品質指標のウェブアプリ版（図1）」を開発しました。さらに、この生産者、実需者向けの総合的品質指標を基に、美味しさ・栄養素・機能性に注目した消費者への情報提供を行うため、「中身成分」（糖度・ビタミンC・硝酸イオン含量、活性酸素消去活性）の4項目に特化した「総合的品質指標の進化版（消費者向け）」を構築しました。このウェブアプリ版を使用して、野菜の「中身の見える化」を量販店の店頭で検証。生産者から消費者へ情報提供することによって、消費者のニーズを叶えることが可能となり、結果として野菜の売上向上に繋がることを実証しました。

成果の普及状況等

研究成果は、2016年10月からA県内のスーパーにおいて総合的品質指標を利用し、トマトの糖度と機能性成分（リコペン）を表示し、こだわりを持って生産された高品質トマトの試験販売を実施しています。

野菜の総合的品質指標のウェブアプリ版の一般公開を目指して、更なるデータベースの質、量の充実のため各種野菜・コメの分析、調査の継続を行っていきます。

また、他社企業の利用を目的とした環境整備と消費者動向（購買情報や感想等）をウェブアプリ上に反映することが出来るように、アプリ版の更なる改良を行っていきます。

用語説明

※1 サプライチェーン：ここでは、野菜・コメの生産から流通、実需（スーパーなど）を経て、消費者が消費するまでを連続したシステムとして捉えた流れのことを言います。

※2 バリューチェーン：美味しさや栄養素、機能性など、生産者から実需者（小売、量販）、消費者へ野菜が流通していく際に、総合的品質指標を利用して付加価値をつけていく流れのことを言います。

研究成果の具体的図表

総合的品質指標検索システム



デザイナーフーズ株式会社



デリカフーズ株式会社
DELICA FOODS CO., LTD.

品目	分類	産地	生産者
トマト	大玉トマト		

表示: 最新収穫期のみ 全て

並び順: 収穫期 産地

[検索](#)

品目	分類	産地	生産者	収穫期	
トマト	大玉トマト	長野県	M	2017年1月	中身成分 総合的品質指標
成分レビュー 糖度:10 ビタミンC:8 活性酸素消去能:10 硝酸イオン:1					
トマト	大玉トマト	熊本県	Y	2017年1月	中身成分 総合的品質指標
成分レビュー 糖度:4 ビタミンC:4 活性酸素消去能:5 硝酸イオン:1					
トマト	大玉トマト	熊本県	S	2017年1月	中身成分 総合的品質指標

↓
中身成分

↓
総合的品質指標



図1 野菜の総合的品質指標のウェブアプリ版の画面

検索画面「品目」、「分類」、「産地」、「生産者」から検索し、該当するデータを表示する。

お問い合わせは：デザイナーフーズ株式会社

電話：052-745-3255 E-mail：m-hisanaga@designerfoods.net

執筆者：デザイナーフーズ(株) 久永 真央

4. 研究領域の概要および代表する成果

(3) 研究領域名「工学との連携による農林水産物由来の物質を用いた高機能性素材等の開発」

A. 【研究領域全体の概要】

研究の背景および目標

これまで人類は大量生産・大量消費型の社会システムのもと、地球の有限性を考慮することなく資源・エネルギーを消費し、大量の環境負荷物質を排出してきました。しかしながら、さまざまな地球環境問題が深刻になるにつれて、持続可能な発展を遂げるための新たな生産消費システムや社会経済システムへの転換が求められ、国連サミット（2015年9月、ニューヨーク・国連本部）で「持続可能な開発のための2030アジェンダ（2030アジェンダ）」（http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/about/doukou/page23_000779.html）が採択されました。本研究においても持続可能な循環型社会を目指し世界有数の日本の農学と工学（ナノテクノロジー）との異分野融合により、未利用・低利用の農林水産物資源から、新しい価値・機能を保有するナノバイオマテリアル※¹の創出技術について、ビッグデータを用いた情報分析等も活用しながら、基礎から応用までの研究を行いました（図1）。

連携体制

信州大学カーボン科学研究所と東京大学政策ビジョン研究センターは拠点研究の代表機関として、東京大学大学院農学生命科学研究科、長野工業高等専門学校、共同研究企業（伊那食品工業株式会社、ルビコン株式会社、日信工業株式会社、バンドー化学株式会社、ナノサミット株式会社）と協力することで研究拠点を形成しました。さらに、埼玉県や海外大学等とも連携し、目標達成に向けて先導的役割を果たしてきました（ナノアグリ研究拠点ホームページ：<http://www.shinshu-u.ac.jp/institution/icst/nanoagri/>）。拠点研究の他、国立研究開発法人産業技術総合研究所、岡山大学（大学院自然科学研究科）、京都大学（大学院農学研究科）、京都大学（化学研究所）、北川工業株式会社、国立研究開発法人森林総合研究所、早稲田大学（理工学術院）、大阪大学（接合科学研究所）の8つの補完研究代表機関がそれぞれコンソーシアムを形成して連携することで、研究の深化と幅広い実用化を目指しました（図2）。

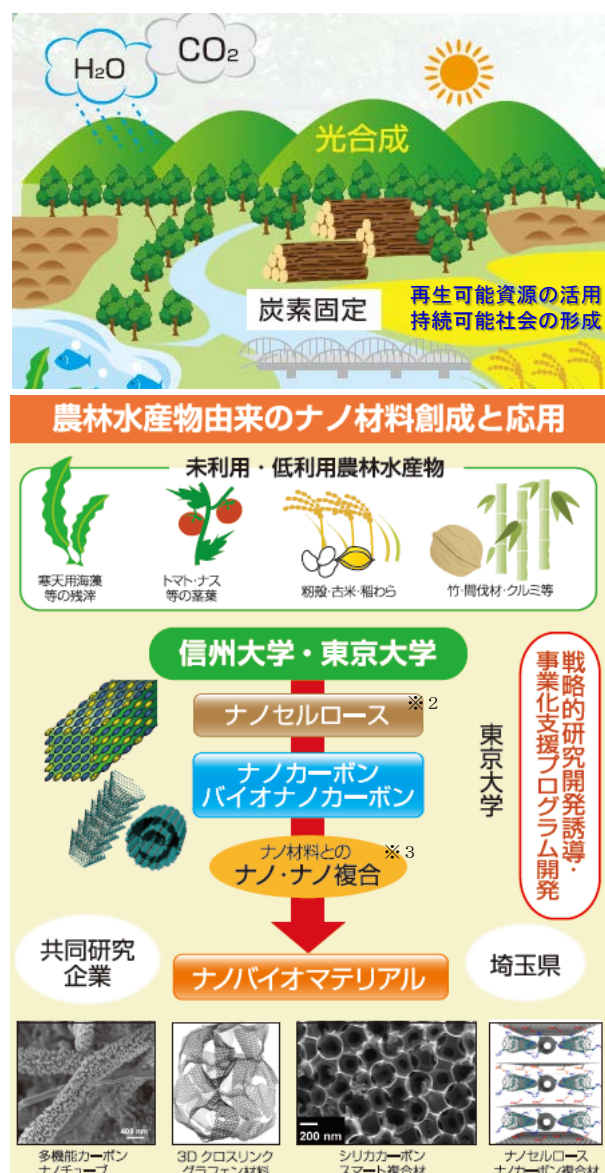


図1 農林水産物由来のナノ材料創成

ナノアグリ研究拠点ホームページ：<http://www.shinshu-u.ac.jp/institution/icst/nanoagri/>）。拠点研究の他、国立研究開発法人産業技術総合研究所、岡山大学（大学院自然科学研究科）、京都大学（大学院農学研究科）、京都大学（化学研究所）、北川工業株式会社、国立研究開発法人森林総合研究所、早稲田大学（理工学術院）、大阪大学（接合科学研究所）の8つの補完研究代表機関がそれぞれコンソーシアムを形成して連携することで、研究の深化と幅広い実用化を目指しました（図2）。



図 2 研究実施機関

今後の展開方向・見込まれる波及効果

農林水産物を原料としたナノバイオマテリアルは、図 3 に示した産業用資材、資源対策、生活・環境改善等の製品の素材として利用可能であり、一部は製品化されていますが、多くは社会実装の可能性を評価している段階です。社会実装可能と評価されたナノバイオマテリアルは、実用化に向けて研究を進めているところです。

農学と工学（ナノテクノロジー）の融合領域では、今まさに多様な芽が芽吹き始めています。本研究領域内外の研究協力や知識交流を密にすることにより、大きな成果へと育てたいと考えています。

用語説明

- ※ 1 ナノバイオマテリアル：石油由来ではない生物資源を出発原料としたナノ物資。
- ※ 2 ナノセルロース：植物の細胞壁を構成するセルロースを細かくした繊維。太さは最小で約 3 ナノメートル。木材等から取り出した紙（パルプ）等をほぐして作製。セルロースナノファイバー。
- ※ 3 ナノナノ複合：2つのナノ物質（3次元のうち少なくとも1つが100nm以下）をフィラー（添加物質）としてマトリクス（母材）に混ぜ合わせる（複合化）。単一ナノ物質の複合材料では達成できない特性を他のもう1つのナノ材料で補うことにより、従来にない特性を併せ持つ。2種類の小さなフィラーを分散させた状態で上手く混ぜ合わせるのが技術的に困難。

執筆者：信大カーボン研 藤重 雅嗣、東大政策ビジョン研究センター 坂田 一郎、信大カーボン研 竹内 健司、信大カーボン研 野口 徹、東大政策ビジョン研究センター 古月 文志、東大政策ビジョン研究センター 松田 尚子、信大カーボン研 遠藤 守信



図 3 応用分野

B. 【代表する成果】

1) 代表成果名「革新的なナノナノ複合材の創成」

拠点研究：信州大学カーボン科学研究所（研究代表機関）

試験研究名：農林水産物由来のナノ材料の創成と応用の開拓

開発のねらい

物づくりを行う上で材料選択は重要項目の一つであり、目的の特性を達成できる素材が存在しない場合もあります。ナノカーボン※¹と農林水産物由来のナノセルロース※²を充填材としたナノナノ複合材※³の開発を行い、従来にはない特性（ナノカーボンの強度とナノセルロースのしなやかさを併せ持つ）の材料を創出します。今まで達成できなかった高性能・高機能な材料であり、テーラーメイドな革新的材料の創成を狙いました。

開発した成果

東京大学磯貝明教授の研究チームがスギ木材からナノセルロースを生成する技術を開発し（図1）、信州大学がナノセルロースの繊維長の最適化とナノカーボンとの複合化技術の開発を行いました。これらの技術開発から、ナノセルロースおよびナノカーボンをゴムあるいは樹脂に混ぜることにより、高剛性・高強度・高柔軟性の3拍子そろった新しいナノナノ複合材の開発ができました。応用開発として連携する日信工業㈱がナノナノ複合材の高性能シール材（ゴム）の開発に成功し（図2）、バンドー化学㈱はコストをおさえるため、まずはナノ複合材としてフェノール樹脂系材に応用し（図3）、試作品の作製を行いました。

成果の普及状況等

開発した試作品は、それぞれ社会実装に向けて、マーケティングなどの活動を販売予定の企業と開始しており、事業化の可能性が高いと考えています。

用語説明

- ※ 1 ナノカーボン：ナノメートルの大きさを有する炭素材料。フラーレン、カーボンナノチューブ、グラフェンなどが有名。
- ※ 2 ナノセルロース：植物の細胞壁を構成するセルロースを細かくした繊維。太さは最小で約3ナノメートル。木材等から取り出した紙（パルプ）等をほぐして作製。セルロースナノファイバー。
- ※ 3 ナノナノ複合材：2つのナノ物質（3次元のうち少なくとも1つが100nm以下）を充填材としてマトリクスに混ぜ合わせた複合化の材料。単一ナノ物質の複合材料では達成できない特性を他のもう1つのナノ物質で補うことにより、従来にはない特性を併せ持つ材料。2種類の小さな充填材を分散させた状態で上手く混ぜ合わせるのが技術的には難しい。
- ※ 4 原子間力顕微鏡：探針先端の1つの原子と試料表面の1つの原子とに働く相互作用力を検出して、空間分布から原子像を得るものであり、表面の構造を観察する顕微鏡。

研究成果の具体的図表

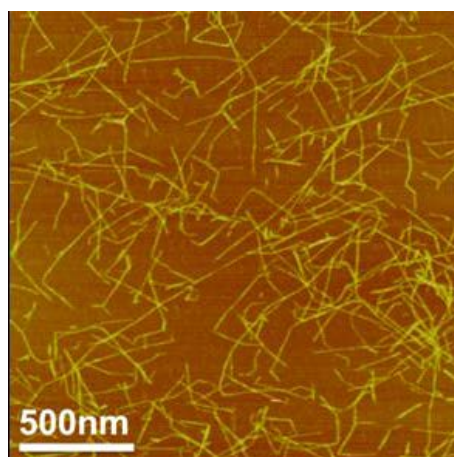


図1 杉木材から抽出したナノセルロースについて分散の確認を行った原子間力顕微鏡^{※4}の像

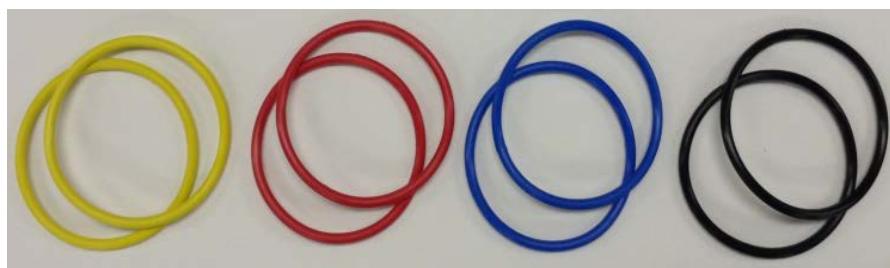


図2 試作した高性能シール材の写真



図3 フェノール樹脂系材に応用したナノ複合材の写真

お問い合わせは：信州大学カーボン科学研究所
電話：026-269-5656 E-mail：nano-agri@endomoribu.shinshu-u.ac.jp
執筆者：信大カーボン研 藤重 雅嗣、竹内 健司

B. 【代表する成果】

2) 代表成果名「放射性セシウム除染用スポンジ」

拠点研究：信州大学カーボン科学研究所（研究代表機関）

試験研究名：農林水産物由来のナノ材料の創成と応用の開拓

開発のねらい

東日本大震災による福島第一原子力発電所事故において福島県及び周辺地域に飛散した放射性物質を、淡水のため池や土壌、また海水内から除去する方法が求められています。特に放射性セシウム除去の方法について、除染※¹が必要な範囲が広範囲にわたるため、より安価で効果的な除染方法を開発します。

開発した成果

セルロースナノファイバー※²を鋳型にして合成した不溶性プルシアンブルー※³ナノ粒子は、セシウム※⁴イオンに対して高い親和性と吸着力を示し、海水のような塩分の高い汚染対象でもセシウムを選択的に捕捉・除去することを明らかにしました(図1)。また、ポリウレタンやポリビニルアルコール等のようなポリマーと複合することで、スポンジ構造を持つ多孔質タイプの吸着材を創出することができました(図2)。加えて、放射性物質を吸着した後のスポンジを圧縮、熱等の処理によって、95パーセント以上の容積の減量を実現することが可能でした。

成果の普及状況等

福島県浪江町において、スポンジ型に加工した不溶性プルシアンブルーナノ粒子を用いた土壌除染実証実験を行い、土壌の線量変化を測定した結果、土壌の線量が初期値 12000 Bq※⁵/kg から3週間後に5100 Bq/kg に減ったことが観察されたことから、事業化が可能と判断しました(図3)。現在、農地やため池での除染の大規模な実験を計画しています。

用語説明

- ※ 1 除染：有害物質を環境などから取り除くこと。特に本研究では、人間の活動する空間から放射性セシウムを除去すること。
- ※ 2 セルロースナノファイバー：植物の細胞壁を構成するセルロースを細かくした繊維。太さは約10 nm (1 nm は、1 m の10億分の1)。木材から取り出したパルプをほぐして作られます。プラスチックやゴムに混ぜると強度が上がり、熱による伸び縮みも小さくなります。
- ※ 3 プルシアンブルー：1704年に初めて人工的に合成された青色顔料。紺青。内部に空隙を持つ構造を持っており、その空隙にセシウムを取り込みます。海水のようにナトリウムイオンやカリウムイオンなど、類似のイオンが存在している環境でも、セシウムイオンを選択的に吸着します。プルシアンブルーナノ粒子は、このプルシアンブルーのナノレベルの構造体のこと。
- ※ 4 セシウム：原子番号55の元素、Cs。原子炉内の反応からセシウム134、137が生成されます。放射性セシウム（放射性同位体）は人体内の遺伝子を傷つける放射線を出し、事故の放射性降下物として環境中の存在や残留が問題となります。
- ※ 5 ベクレル (Bq)：放射能の基本単位。1秒間に1つの原子核が崩壊して放射線を出す放射能が1 Bq。

研究成果の具体的図表

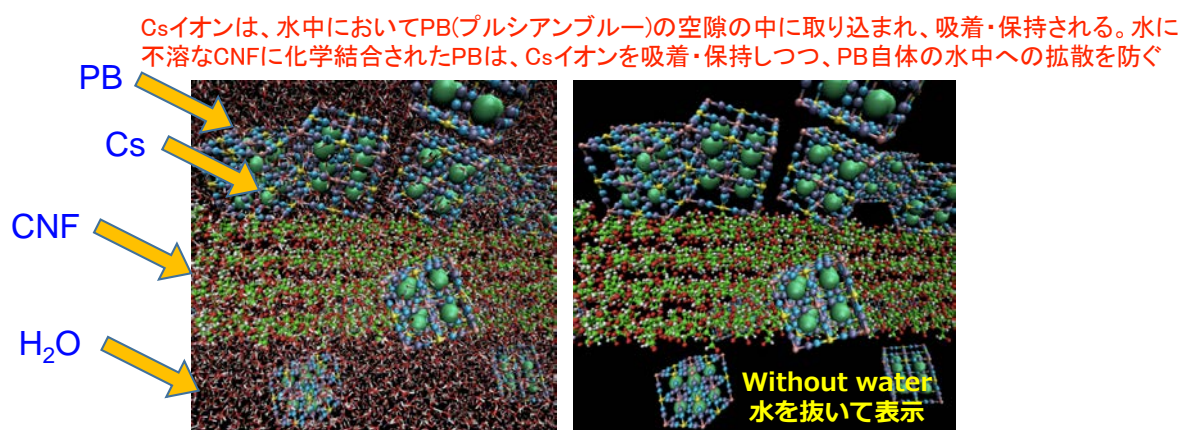


図1 スーパーコンピュータを用い予想したセルロースナノファイバー (CNF) /プルシアンブルー (PB) 複合体の分子構造模式図 ; PB ナノ粒子が分子レベルで CNF と結合している様子並びにセシウム (Cs) イオンが PB ナノ粒子の結晶格子内に吸着されている様子を示す模式図

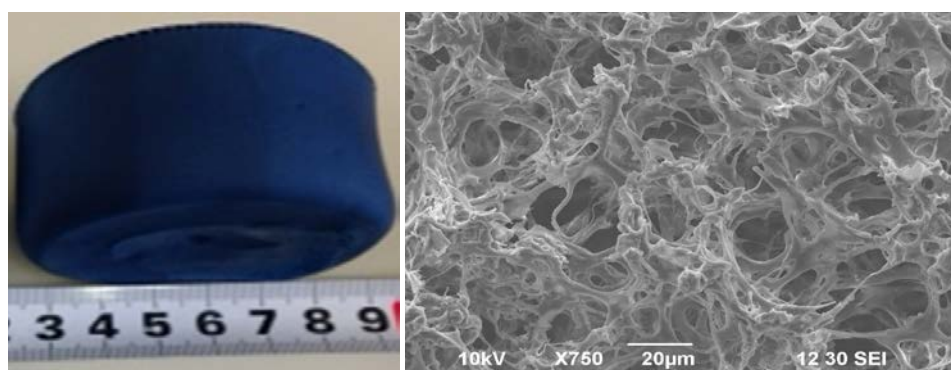


図2 セルロースナノファイバーを鋳型にして合成した不溶性プルシアンブルーナノ粒子 10wt% を添加したポリビニルアルコールスポンジのデジカメ写真 (左) とその多孔質微細構造を示す電子顕微鏡写真 (右)



図3 福島県浪江町における除染実証実験の様子

お問い合わせは：東京大学 坂田・古月研究室 佐藤まで
 電話：03-5841-1161 (内線:21161) E-mail: t.sato@ipr-ctr.t.u-tokyo.ac.jp
 執筆者：東京大学政策ビジョン研究センター 教授 坂田 一郎

B. 【代表する成果】

3) 代表成果名「竹や海藻を原料とする高性能なキャパシタ」

拠点研究：信州大学カーボン科学研究所（研究代表機関）

試験研究名：農林水産物由来のナノ材料の創成と応用の開拓

開発のねらい

生活の変化によって竹材の消費量減少による竹害の森林侵食の問題、海藻加工工程から排出される大量な残渣の問題があり、これらの未利用資源の有効活用が求められています。本研究では、これらの未利用な農林水産物資源を用いて新しいバイオナノカーボン^{※1}材の生成技術を開発し、従来よりも高性能な特性を実現するキャパシタ^{※2}の電極材として、新しいバイオナノカーボン材の利用を目指します。

開発した成果

利用されていない竹や海藻残渣を原料として用い、炭化^{※3}と賦活^{※4}工程を行うことにより、小さなポーラス（多孔質）構造を有し、比表面積が大きなバイオナノカーボン材を創成しました（図1）。このバイオナノカーボン材をキャパシタの電極に応用する研究を実施し、市販品の容量特性を1.5倍上回る性能を達成しました。さらに、本キャパシタは、市販品の急速充放電型（大電流により急速に充電・放電できることが特徴）の特性も兼ね備えています。ルビコン(株)と共同でコイン型、円筒型の形状の試作製品を作製しています（図2）。

成果の普及状況等

伊那食品工業(株)が海藻残渣から加工し生成したバイオナノカーボンを用いたキャパシタの大量生産に向けて、バイオナノカーボン作製装置の大型化について応用研究を推進中です。

用語説明

- ※1 バイオナノカーボン：石油由来ではない生物資源を出発原料とした、大きさや孔がナノメートルレベルの炭素材料。
- ※2 キャパシタ：電気二重層キャパシタのこと。EDLC（Electric Double Layer Capacitor）と呼ばれ、2つの電極間でのイオンの移動による物理現象を利用し、電気を蓄えたり放出したりする電子部品（コンデンサ）です。電解液のイオンのサイズとの関係で細孔径の制御が注目されており、円筒型や箱型・積層型の形状で市販されています。
- ※3 炭化：有機化合物を加熱していくと、水素、酸素、窒素およびその低炭素化合物を遊離し、減量しながら次第に炭素比率の高い結合で構成されたより安定な構造へと移行して、いわゆる炭素単体とみなし得るような物質に変化します。
- ※4 賦活：炭素材料の細孔構造を発達させ、細孔を付加する過程を一般に賦活と呼びます。活性炭製造における最も重要な工程であり、賦活法は薬品賦活法、ガス賦活法に大別されます。ナノメートルレベルの小さな孔が多く生成でき（多孔質化）、高比表面積化して、吸着性能などの機能が付与されます。

研究成果の具体的図表

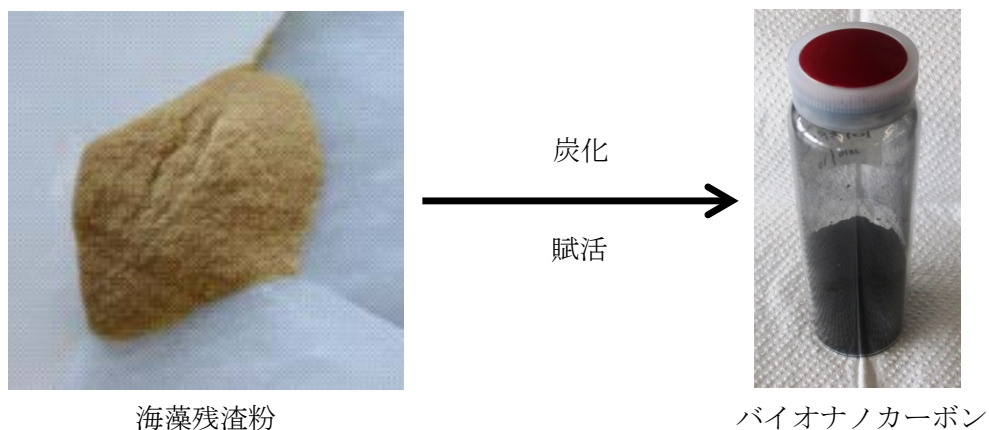


図1 原料の海藻残渣粉を炭化・賦活してバイオナノカーボンを作製



図2 バイオナノカーบอนを電極材として用いて試作した円筒型のキャパシタの写真

お問い合わせは：信州大学カーボン科学研究所
電話：026-269-5656 E-mail：nano-agri@endomoribu.shinshu-u.ac.jp
執筆者：信大カーボン研 藤重 雅嗣、竹内 健司、野口 徹、遠藤 守信

B. 【代表する成果】

4) 代表成果名「農林系廃棄物を高性能複合材料へ転換」

補完研究：(国研) 産業技術総合研究所 (研究代表機関)

試験研究名：農林系廃棄物を用いたハイブリッドバイオマスフィラー製造および複合材料開発

開発のねらい

現状、もみ殻や林地残材は利用されていないことから、有効利用するための技術が求められています。植物系原料から製造される超微細なセルロースナノファイバー^{※1}は、バイオマス^{※2}フィラー^{※3}としてのポテンシャルは高いのですが、高度な材料化技術等が必要なため、実用化レベルには至っていません。

本研究では、もみ殻由来のシリカ成分を、林地残材から製造したバイオマスフィラーとハイブリット化させることにより、樹脂補強用素材として利用できる高付加価値化技術の開発を行うことを目的としています。

開発した成果

(1) もみ殻が含有しているシリカ成分を活用して、樹脂補強フィラーの製造技術を開発しました。



(2) もみ殻や林地残材などの植物原料を必要以上にナノ化せずに、樹脂補強効果の高いバイオマスフィラー^{※3}への転換技術を開発しました。

(3) 開発した (1) および (2) の技術を取り入れ、もみ殻や林地残材から、複合化が容易で、製造された樹脂複合材料の成形加工性も高いハイブリッドバイオマスフィラー^{※4}およびマスターバッチ^{※5}の製造技術を確立しました (図)。

成果の普及状況等

(1) 研究成果 (1) は、低コストの工業用無機素材も活用した、ハイブリッドバイオマスフィラー製造技術として、民間企業と連携して研究開発を展開中です。

(2) 研究成果 (2) は、樹脂以外にゴム等へも応用可能なことを見出し、ゴム系製品の高性能化技術として民間企業と連携して製品開発を推進中です。

(3) 研究成果 (3) は、日用品から自動車部品まで多種多様な製品試作を達成し (図)、実用化・社会実装を目指して、民間企業と連携して製品開発を推進中です。

用語説明

※ 1 セルロースナノファイバー：植物から製造される幅 3~20nm (1nm[ナノメートル]は 1mm の百万分の 1) の超微細繊維です。鋼鉄の 5 倍の強度がありながら重さは 5 分の 1、特殊な流動性、大表面積、透明材料も製造できるなど、多く特徴を持っており、世界中で研究開発が進められています。

※ 2 バイオマス：植物など再生可能な有機資源の総称名です。食品廃棄物なども含まれます。

※ 3 フィラー：繊維状や粒子状で、樹脂などに添加して補強する目的で利用される素材の総称です。

有機物や無機物など多種多様な素材があります。

※ 4 ハイブリッドバイオマスフィラー：植物系バイオマス原料から製造した微細繊維の表面をシリカなどの成分で表面被覆した素材です (今回のプロジェクトで開発しました)。

※ 5 マスターバッチ：フィラーを高濃度で混合した原材料で、利用時には希釈して利用します。

研究成果の具体的図表

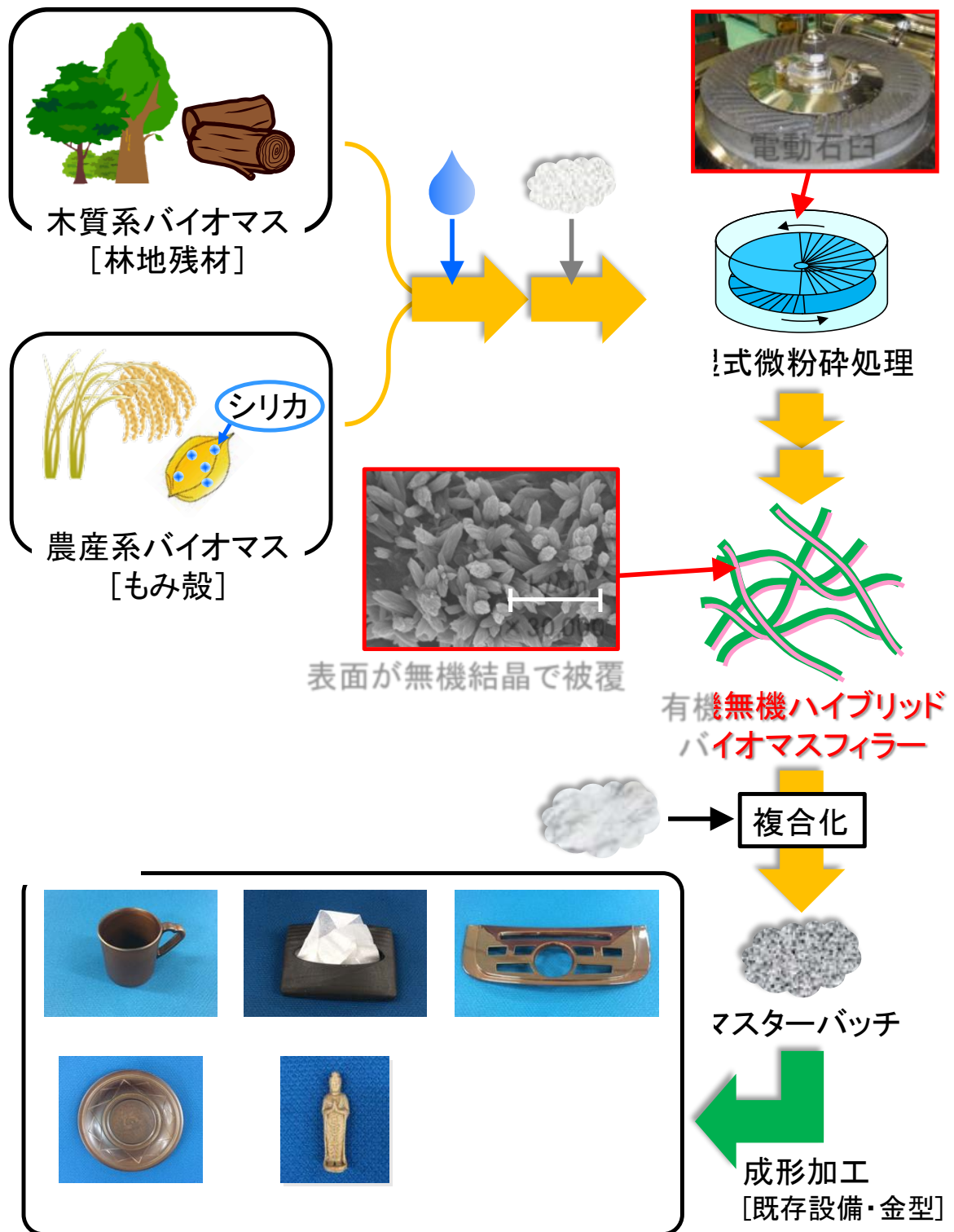


図 ハイブリッドバイオマスフィラーおよびマスターバッチの製造工程と試作品

お問い合わせは：国立研究開発法人産業技術総合研究所機能化学研究部門セルロース材料グループ

電話：082-420-8278 E-mail：t-endo@aist.go.jp

執筆者：産総研 遠藤 貴士、森林総研 小林 正彦、トクラス 伊藤 弘和

B. 【代表する成果】

5) 代表成果名「木質ナノ潤滑添加剤による革新的な潤滑性向上」

補完研究：岡山大学（研究代表機関）

試験研究名：農林産物由来の物質を用いた高性能・高環境性・低価格なナノ潤滑添加剤の開発

開発のねらい

国内林産業の復興・発展のためには、新たな高い収益が期待される木材の利用法を開発する必要があります。私たちは木粉から、黒鉛を主成分としたナノ^{※1}材料を簡単に合成する技術をすでに開発しています。黒鉛は古来より潤滑剤として利用されるほど潤滑性の高い材料ですが、それがナノ化しているためさらに高い性能が期待できます。本研究では、下に示すように、これまでよりも一層簡便なナノ材料の合成法と、この合成されたナノ材料を潤滑添加剤^{※2}として利用する方法の開発に取り組みました。

- (1) 木質ナノ潤滑添加剤の非常に簡便な方法による大量合成法の開発
- (2) 木質ナノ潤滑添加剤による水潤滑性向上
- (3) 木質ナノ潤滑添加剤による潤滑油の性能向上
- (4) 木質ナノ潤滑添加剤の樹脂への添加による樹脂そのものの潤滑性向上

開発した成果

(1) あらゆる種類の樹木からナノ潤滑添加剤を合成できました（図1）。さらに、非常に簡便で、しかも大量生産が可能な合成法を開発しました。

(2) 木質ナノ潤滑添加剤を水へ添加することで、これまでの添加剤では実現できない低摩擦・低摩耗を達成できました（図2）。

(3) 木質ナノ潤滑添加剤を潤滑油へ添加し、さらに既存の添加剤も同時に添加することで、優れた低摩擦・低摩耗を達成できました。

(4) 木質ナノ潤滑添加剤を樹脂へ添加することで、これまでの添加剤では実現できない低摩擦・低摩耗を達成できました（図3）。

成果の普及状況等

(1) 研究成果(1)では、ナノ潤滑添加剤の試作品が作製されており、市販化に向けた調査・研究を継続しています。また、他のプロジェクトにおいて、合成法の実用化に向けた研究を継続しており、岡山県の林産地で生産することを目指しています。

(2) 研究成果(2)～(4)では試作品が作製されており、市販化に向けた調査・研究を継続しています。

用語説明

※1 ナノ：ナノは、もともと十億分の1を示す接頭語です。ここでは木材から合成する潤滑添加剤のサイズが50ナノメートル(50×十億分の1メートル)なのでナノという接頭語を用いています。

※2 潤滑添加剤：目的とする材料に、低い摩擦や低い摩耗を付与するために加える添加剤のこと。市販されているありとあらゆる潤滑油にも、必ずと言ってよいほど含まれています。

研究成果の具体的図表

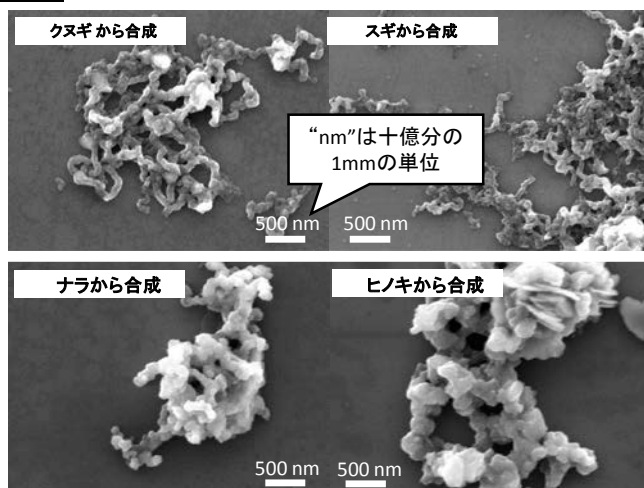


図1 様々な種類の木粉から合成したナノ潤滑添加剤の走査電子顕微鏡像

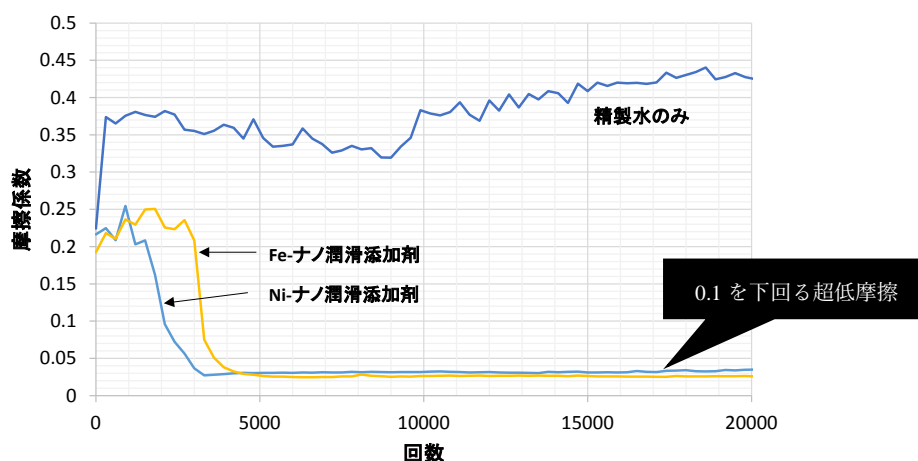


図2 ナノ潤滑添加剤を添加した水における摩擦回数と摩擦係数との関係

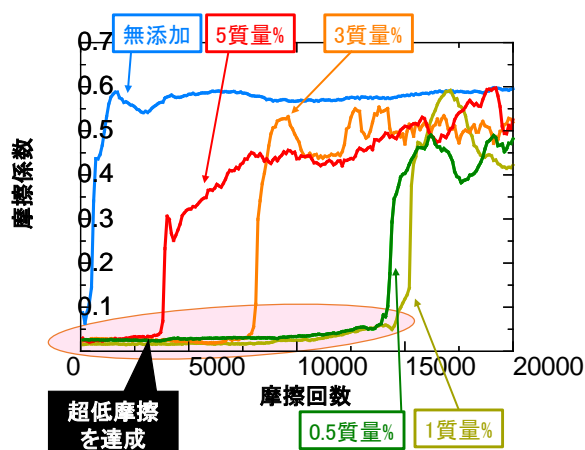


図3 ナノ潤滑添加剤を添加したエポキシ樹脂に繰返し摩擦を与えた時の摩擦係数変化

お問い合わせは：国立大学法人岡山大学東京オフィス 花岡千草
 電話：03-6225-2905 E-mail：chigusa_hanaoka@cc.okayama-u.ac.jp
 執筆者：岡山大 木之下 博、花岡 千草、仁科 勇太

B. 【代表する成果】

6) 代表成果名「セルロースナノファイバーでソフトマターを創ろう！」

補完研究：京都大学（研究代表機関）

試験研究名：セルロースナノファイバーを基材とした QOL 向上のための食品・化粧品ソフトマターの開発

開発のねらい

セルロースナノファイバー（NC）は、多様な工業的素材として利用展開されている一方で、私たちの生活に身近な食品や化粧品といったソフトマターへの利用は乏しいのが実情です。そこで、ソフトマターへの新たな用途展開を目指して、NC に関する以下の研究を行いました。

- (1) NC を安価に製造する。
- (2) NC 分散液固有のレオロジー^{*1}特性、および NC がもつ界面化学特性を明らかにする。
- (3) NC の安全性（毒性試験と皮膚アレルギー試験を含む）と機能性を多角的な視点から捉える。
- (4) NC の界面特性を活かした食品、および実使用可能な NC 配合化粧品を創製する。

開発した成果

(1) 非セルロース成分を除去した植物原料から単純な機械解繊により均質な NC を得ました。また、果汁を搾ったみかんの残渣からは、ペクチンを切断することにより解繊を促進し、安全かつ簡便な手法で NC 懸濁液を調製することに成功しました（図 1）。

(2) NC の多分岐構造が系の弾塑性^{*2}挙動に大きな影響を与えることを示しました。分散系に少量添加したナノシリカが繊維間のバインダーとして働いて網目形成を促進し、網目の滑りを抑制することを見出し、化粧品への応用を可能にしました（図 2）。また、大豆油と混合して乳濁液を調製すると、NC の網目構造に油粒子が取り込まれ、長期的に安定な分散状態を保つことを見出しました。さらに、ガスを吹き込み溶液中に泡を形成させたとき、NC を加えない上部の泡沫ではごく短時間のうちに泡が粗大化しましたが、NC を 0.1% 添加したものでは気泡の粗大化の速度は減少し、泡高さがより長い時間維持され安定性が向上することを明らかにしました（図 3）。

(3) NC を 8 週間マウスに給餌しましたが、炎症の病理学的な所見はみられませんでした。また、28 日間および 90 日間反復経口投与毒性試験やマウスリンフォーマアッセイ試験、および小核試験を実施し、NC に毒性がないことを確かめました。加えて、NC の皮膚バリア透過性は極めて低く、皮膚アレルギー試験でも安全性を確認しました。

(4) ソフトクリーム¹の融け出しを遅延させる効果や、エスプーマ食品における優れた泡安定性を明らかにしました（図 4）。また、試作した NC 配合化粧品が目標の物性値を示すことを確認し、1 か月の実使用試験では肌のバリア機能、角層水分量、肌弾力が高まることを見出しました。

成果の普及状況等

- (1) 研究成果 (1) では引き続き研究を継続し、より安価な製造技術の完成を目指しています。
- (2) 研究成果 (2) は民間企業による食品開発や化粧品開発の基礎データとして活かされています。
- (3) 研究成果 (3) では、食品安全委員会における安全性評価に向けて研究を継続しています。
- (4) 研究成果 (4) では、食品の「とろみ」を調整するための増粘用組成物について特許出願しました。また民間企業において試作品が作製され、市販化に向けた調査・研究を継続しています。

用語説明

※ 1 レオロジー：力が加えられた状態での物質の流動と変形を扱う学問。

※ 2 弾塑性：力により変形した物体がもとの形に戻ろうとする性質（弾性）と、力を加えて変形させたとき、永久変形が生じる物質の性質（塑性）を併せた言葉。

研究成果の具体的図表

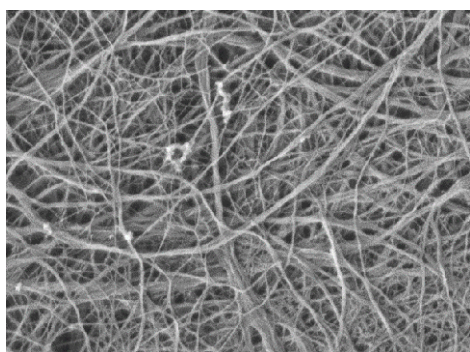


図1 みかん内皮由来のナノセルロース

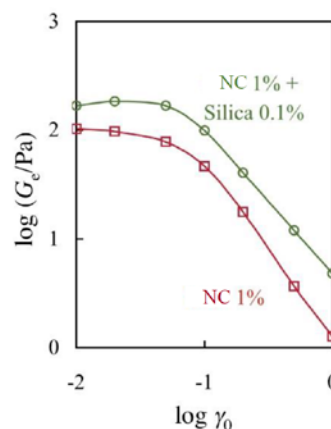


図2 ナノシリカによる網目構造の補強効果
NCにシリカを加えると剛性率（ずれ弾性率）が向上する。

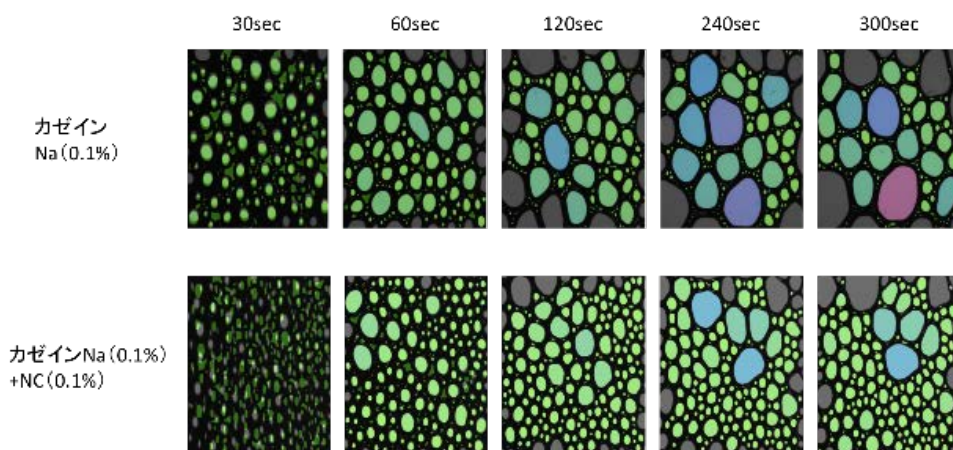


図3 ナノセルロースによる泡沫安定性の向上
NCを加えると気泡の粗大化の速度が減少する。



図4 エスプーマ食品での泡保持比較
左：NC添加、右：NC無添加

お問い合わせは：国立大学法人京都大学大学院農学研究科食品生物科学専攻食環境学分野

電話：0774-38-3742 E-mail：tanifumi@kais.kyoto-u.ac.jp

執筆者：谷 史人、阿部 賢太郎、渡辺 宏、松村 康生、吉川 正二郎、鈴木 靖志

B. 【代表する成果】

7) 代表成果名「高強度と経済性を兼ね備えたナノセルロース強化ポリエチレン複合材の製造プロセスの開発」

補完研究：京都大学（研究代表機関）

試験研究名：高分子分散剤による木材由来NCの界面機能制御と樹脂複合材料への応用

開発のねらい

自動車部材や包装材料、家電、建材などに使われているプラスチックは、フィラー（充填材）を添加して強度や各種耐性を高めたり、新機能を持たせたりしています。フィラーとして従来からガラス繊維やカーボンブラックなどが用いられてきましたが、植物の繊維をナノ（10億分の1メートル）サイズまでほぐしたナノセルロース（NC）へ代替できれば、バイオマス資源を活用できるので温室効果ガス削減に大きく貢献します。また、ポリエチレンやポリプロピレンといった汎用の樹脂にNCを均一に充填できれば、安い原料費と製造設備費で高性能な材料が量産可能となります。ところが、NCの表面は親水的であり、疎水的な樹脂とは均一に混ざり合わないという問題がありました。そのため、私達はNCの凝集を抑制し、樹脂への分散を可能とする高分子分散剤^{*1}の研究開発を進めてきています。本研究ではこの取組をさらに発展させ、実用化のための製造プロセスを開発することに主眼を置き、以下の課題に挑みました。

(1) ナノセルロース化されやすい木材パルプの選定および前処理方法の開発

(2) 界面強度を向上する高分子分散剤の開発、およびパルプのナノ解繊とナノ分散を同時に行う低環境負荷・水系・連続プロセスの開発

開発した成果

(1) ポリエチレンに各種フィラーを混合して物性の変化を検討した結果、針葉樹をアルカリ蒸解（水酸化ナトリウム等で煮る）処理および漂白処理した針葉樹漂白クラフトパルプが最も適した原料であることを見出しました。また、前処理として、繊維を水中でつぶしたりほぐしたりする叩解処理が重要であること、および処理時間が長いと繊維の凝集が増加するため適した処理時間が存在することなどを明らかにしました。

(2) 構造を最適化した高分子分散剤を新たに開発しました。また、解繊助剤^{*2}として尿素が適していることを明らかにしました。さらに、上記（1）で製造した原料にこれら高分子分散剤と解繊助剤、および樹脂を混合したプレミックスを作製し、二軸押出機に投入してパルプのナノ化、分散剤の吸着、そしてNCの分散化を同時に行う連続製造プロセスを開発しました（図1）。この簡便な製造プロセスにより引張弾性率や引張強度を大幅にアップしたプラスチックを製造することが可能であり（図2）、高い物性と経済性を両立できる実用的なシステムであることを実証しました。

成果の普及状況等

本製造プロセスに関連して4件の特許出願を行いました。また、製造プロセスの試作品が作製されており、市販化に向けた調査・研究を継続しています。

用語説明

※1 高分子分散剤：固体の分散性を向上させる高分子。フィラーの表面に吸着する部位と分散化に寄与する部位を有します。

※2 解繊助剤：木材パルプをNCまで細かくほぐすことを容易にする薬剤。

研究成果の具体的図表

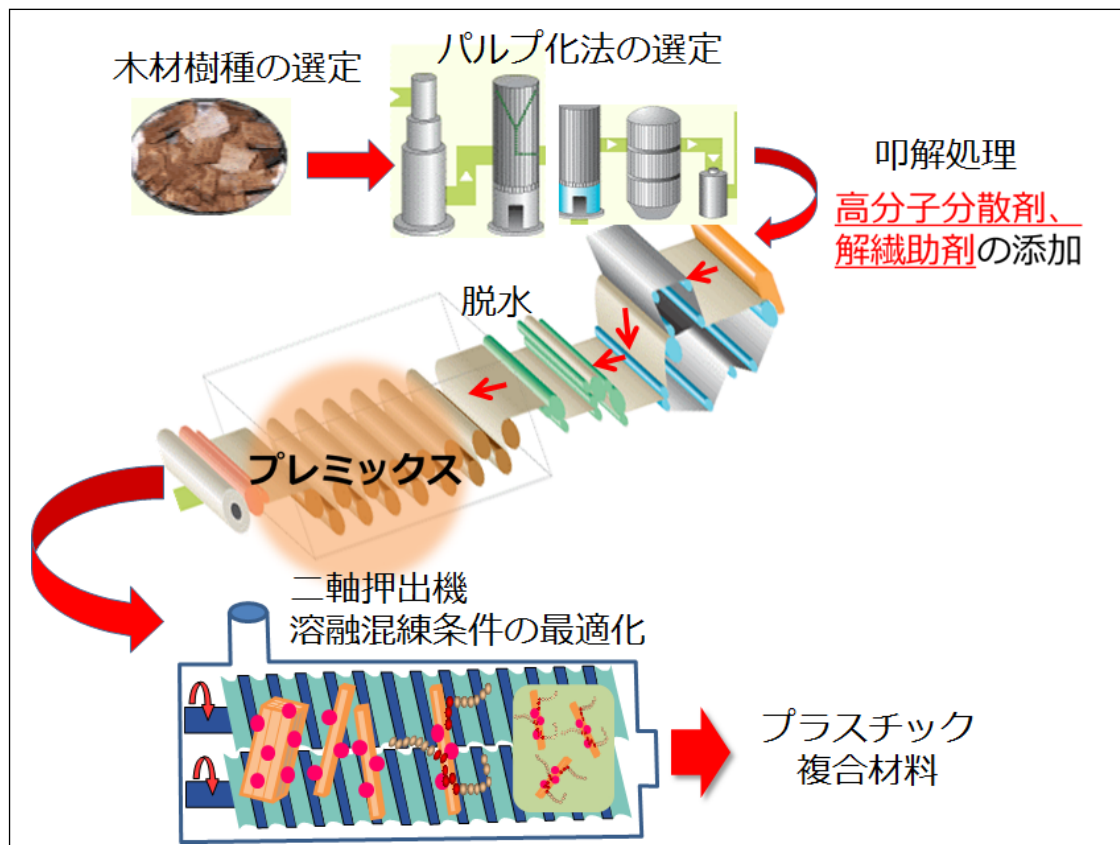


図1 開発したNC強化樹脂複合材料の製造プロセス

原料パルプ・樹脂・高分子分散剤および解繊助剤を混合したプレミックスを二軸押出機に投入し、溶融混練過程においてパルプのナノ化、分散剤の吸着、そしてNCの分散化を同時に行う連続製造プロセス。

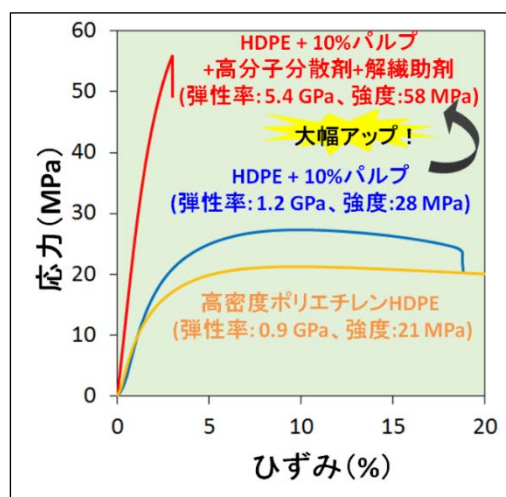


図2 引張応力-ひずみ曲線

高密度ポリエチレン樹脂に10%重量パルプと高分子分散剤および解繊助剤を添加することにより、樹脂に対して約6倍の引張弾性率（荷重に対して伸びる比率）と約2.7倍の引張強度（資材が耐えられる面積当たり最大荷重）を達成。

問い合わせは：京都大学化学研究所高分子材料設計化学領域・辻井敬亘

電話：0774-38-3162 E-mail：tsujii@scl.kyoto-u.ac.jp

執筆者：京大化研 辻井 敬亘・榊原 圭太、DIC 田中 幸治、大王製紙 大川 淳也

B. 【代表する成果】

8) 代表成果名「食用のためのタケナノセルロース製造法開発と安全性の評価」

補完研究：森林総合研究所（研究代表機関）

試験研究名：物理処理と酵素処理を併用した木質材料由来ナノファイバーの食品等への応用

開発のねらい

植物の主要成分であるセルロース^{*1}は食品添加物や薬の成形材などに使われ、すでに食用として利用されています。しかし、パルプをナノサイズまでほぐしたナノセルロース（NC）は、食品に対する安全性の確認ができていないとの理由から、いまだ食品添加物としては認可されていません。一方、NC はナノサイズまでほぐされているため非常になめらかで、さっぱりした粘性を有するという特長があり、新たな食品への応用が期待されています。そこで、本研究では、NC の食品等への用途開発を目指して以下を実施しました。

- (1) 食経験のあるタケ（竹）を用いた、食用タケナノセルロース（タケ NC）製造方法の開発
- (2) 製造したタケ NC の安全性の評価
- (3) ドレッシングなどへの応用性の検討

開発した成果

(1) 国産タケノコの主要品種であるモウソウチク（孟宗竹）を小さく砕いてチップ化し、そこにアルカリ蒸解^{*2}と漂白処理を施して漂白パルプ化し、さらに酵素（セルラーゼ^{*3}）処理とビーズミル処理を組み合わせることでナノサイズまでほぐせることを見出し、タケ NC の製造方法を確立しました（図 1）。

(2) タケ NC をヒトの腸管上皮由来の培養細胞に投与して毒性やアレルギー反応を調べましたが、いずれもほとんど示されませんでした（図 2）。また、タケ NC を混ぜた餌をマウスに 28 日間食べさせたり（図 3）、大量のタケ NC を食べさせたりなどして安全性等を調べましたが、いずれも問題ないことを実証しました。さらに、ヒトが長期間食べた場合も問題はありませんでした。

(3) タケ NC の分散安定性や温度に依存しない粘度保持という特性を利用して、ドレッシングの増粘剤やゼリーなどの保形性食品素材への応用を検討しました（図 4）。加えて、食品用途以外の利用を目指し、さらにほぐしたタケ NC（図 1）と寒天などの増粘多糖類を混合したフィルムを作製し、セロハン程度の強度を持つことを見出しました。

成果の普及状況等

- (1) モウソウチク以外にも木材バイオマスの最適な NC 製造法について、研究を継続しています。
- (2) タケ NC の安全性について学会発表などで広く公表しています。
- (3) 粉碎技術の向上により NC を混合した食品素材の増加が見込まれることから、民間会社と協力して NC の食品利用を推し進めます。

用語説明

※ 1 セルロース：植物が光合成で作るグルコース（ブドウ糖）が直鎖状に結合してできた結晶様の高分子。

※ 2 アルカリ蒸解：木材やタケを水酸化ナトリウム溶液等で煮てリグニンを溶かし除去するパルプ製造法。

※ 3 セルラーゼ：セルロースを分解する酵素群。グルコースに分解する、セルロースをほぐすなどの働き方で分類されます。本研究ではほぐす働きの強いセルラーゼを用いました。

研究成果の具体的図表

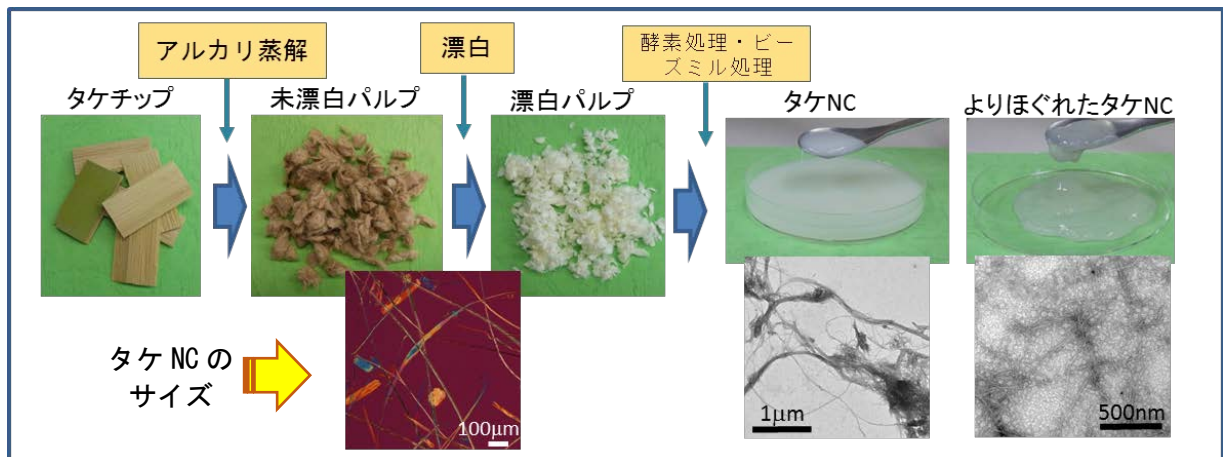


図1 タケNCの製造工程

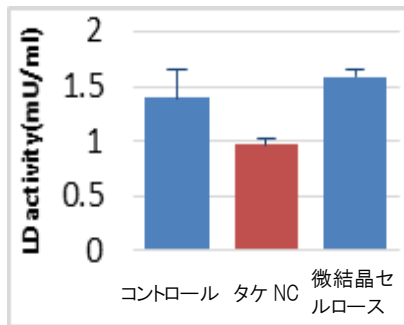


図2 乳酸脱水素酵素 (LDH) 量
腸管上皮細胞が障害を受けた際に放出し、量が多いと毒素が多いことを示す。

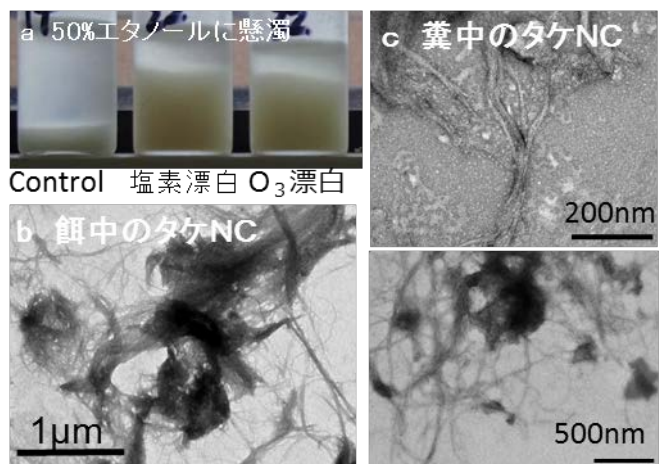


図3 タケNCを混ぜた餌を28日間食べたマウスの糞の状態と糞中のタケNC形状
a) 糞を懸濁するとタケNCの保水性の高さから糞の嵩(かさ)が増加する。b, c) タケNCは餌中に比べ、糞中においてよくほぐれている。

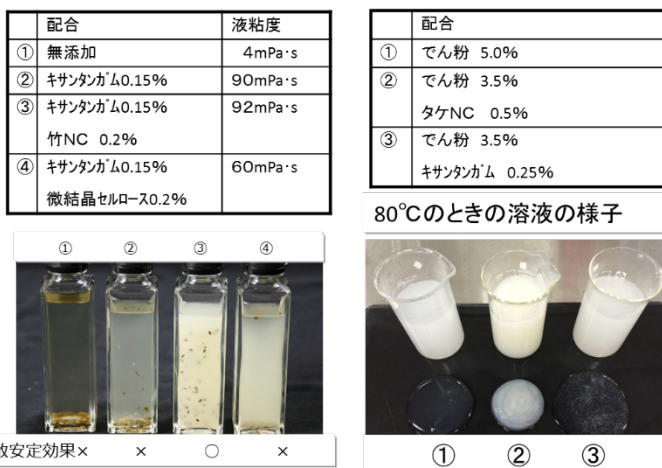


図4 タケNCのドレッシングの増粘剤や食品保形素材としての検討

左：タケNCを加えると分散安定性が増す。
右：タケNCを加えると80°Cでも粘度を保持する。

お問い合わせは：国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所

電話：029-873-3211 E-mail：nanofiber@ffpri.affrc.go.jp

執筆者：森林総研 林 徳子、昭和女子大 中山 榮子、伊那食品工業(株) 埋橋 祐二

B. 【代表する成果】

9) 代表成果名「高レベル放射性廃棄物処分施設の安全性向上に貢献できる、もみ殻由来シリカを用いた低アルカリ注入材の開発」

補完研究：大阪大学（研究代表機関）

試験研究名：ナノ構造体シリカ粒子の高純度・低コスト化製法開発と工業用機能性素材の用途開発

開発のねらい

原子力発電所から発生する高レベル放射性廃棄物^{*1}を安全に処分するために、これを地下深くの岩盤に埋設する、地層処分^{*2}が考えられています。廃棄物は多重バリア（オーバーパック+緩衝材+岩盤）内に厳重に埋設されます。しかし岩盤に亀裂があった場合、湧水や高レベル物質の漏洩経路となるため、亀裂を注入材で充填する必要があります。注入材に求められる性能は、岩盤等を変質させない低アルカリ^{*3}性、高圧地下水に耐える強度、微細亀裂への良好な注入性ですが、従来の注入材は、高アルカリ性だったり、細かい亀裂への注入ができないなど、すべての要求を満たすものはありませんでした。そこで、①pHは11以下 ②強度は4MPa以上 ③浸透可能な亀裂幅が50μm以下の要求性能を満足する注入材の開発を進めました。

開発した成果

本研究グループは、もみ殻に15%程度含まれるシリカ^{*4}（SiO₂）に着目し、もみ殻を有機酸で洗浄し約600℃で焼成することにより、高純度で表面積の大きいシリカの抽出に成功しました。次に、このシリカがセメントとの反応性が非常に良いことを見出し、これをセメントに混合し粒度等を調整することで、新しい注入材を開発しました。この注入材は、pHは7日で11以下（図1）、圧縮強度は7日目で4MPa以上（図2）、浸透性は50μm亀裂で1m以上（図3）を達成しました。

開発した低アルカリ注入材は、要求性能をすべて満足し、高レベル放射性廃棄物処分施設の安全性向上に大きく貢献します。

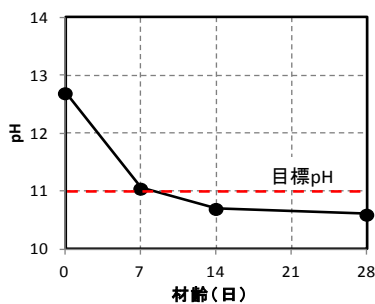


図1 pH

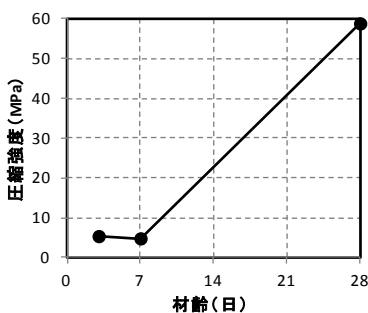


図2 圧縮強度

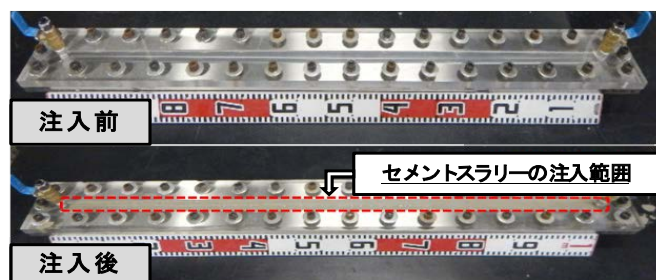
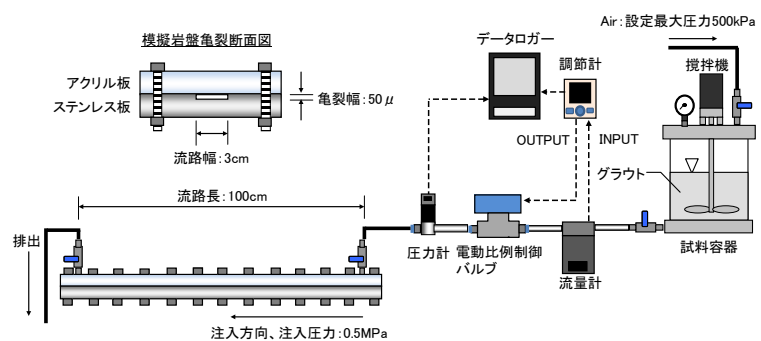


図3 浸透性能

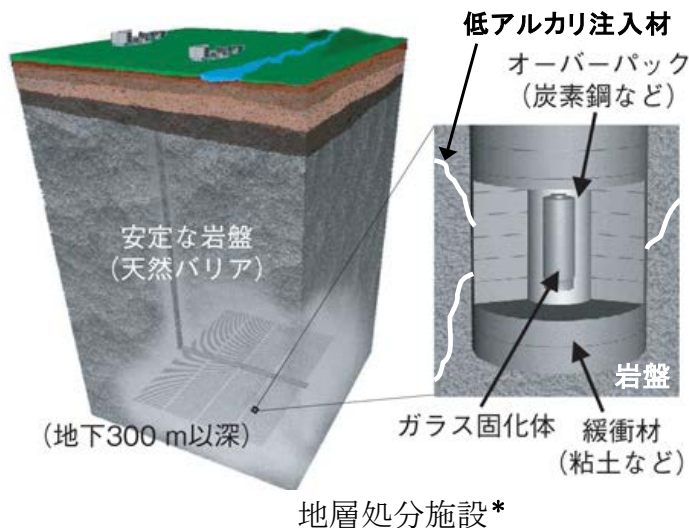
成果の普及状況等

北海道幌延町にある幌延深地層研究センター（日本原子力開発機構）の地下 350m において、開発した低アルカリ注入材を実際の岩盤に注入し、細かい亀裂にも目詰まりすることなく浸透できることを確認しました。今後も地下水 pH を測定するとともに、量産化のための検討を継続します。

用語説明

- ※ 1 高レベル放射性廃棄物：原発から出る、放射能の高い使用済み核燃料またはその再処理ガラス固化体。
- ※ 2 地層処分：高レベル放射性廃棄物を、地下 300m 以深の地層に埋設処分する方法。
- ※ 3 低アルカリ：普通セメントの pH12~13 よりも低い、pH 11 以下のことをいう。
- ※ 4 もみ殻由来シリカ：もみ殻から抽出した二酸化ケイ素 (SiO₂)。

研究成果の具体的図表



低アルカリ注入材の注入試験**

* http://jolisfukyu.tokai-sc.jaea.go.jp/fukyu/review_jp/2012/3_0.html (一部追記)

** <https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/cyousakenkyu2902.html>

** <https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/cyousakenkyu2903.html>

お問い合わせは：大阪大学 接合科学研究所、日鉄住金セメント(株) 製品開発部

電話：06-6879-4369 E-mail：scr-kondoh@jwri.osaka-u.ac.jp

電話：0143-44-1697 E-mail：kanazawa@ns-cement.nssmc.com

執筆者：大阪大学 近藤 勝義・梅田 純子、
日鉄住金セメント(株) 若杉 伸一・金沢 智彦・羅承賢・西川 奈那

B. 【代表する成果】

10) 代表成果名「もみ殻灰からの高機能性無機ポリマー材料の創製」

補完研究：早稲田大学（研究代表機関）

試験研究名：もみ殻から生産する非晶質シリカ灰及び灰から製造する無機珪酸塩ポリマーの機能開発及び用途開発

開発のねらい

国内で年間約180万トン産生されているもみ殻は、その約40%しか循環資源利用されていません。このもみ殻を利活用するシステムを構築するために、高付加価値の原料資源に改変し、これを主原料とした機能性材料を作製することにより、生活環境の改善と発展に資する技術を創ることを目標としました。そのためにまず、もみ殻に20%程度含まれるシリカから低エネルギーで高純度・非晶質シリカ灰を得るための多段式焼成ボイラーを、農協のカントリーエレベーター^{*1}内に製造しました。そして、このボイラーで生産される高品質シリカ灰を主原料とすることで初めて得られる以下の新規機能性素材の開発に取り組みました（図1）。

(1) 特長的な性質をもった環境浄化材料を作製する技術の開発
従来にない高機能かつ高強度の硬化体材料を作製する技術の開発

開発した成果

(1) もみ殻を主原料とする多孔質無機ポリマー^{*2}吸着剤の作製

もみ殻を適切な条件で低温焼成することで得られる高純度・非晶質シリカを主原料として、高いイオン選択性をもつ多孔質の無機ポリマー吸着剤を創りました（図2）。

この吸着剤は、一般的に使われているゼオライト^{*3}よりも大きいナノオーダーの細孔（約50ナノメートル）、幅広い細孔径分布、高度に結合した細孔壁などを特徴とする多孔質構造であるほか、セシウム、ストロンチウムや重金属イオンに対する高い選択性と吸着容量をもつことが特徴です（図3）。

(2) カーボンナノチューブ・無機ポリマー複合材料の作製

(1) で作製した細孔質無機ポリマーに、多層カーボンナノチューブ^{*4}を均質に分散した複合硬化体の薄膜を創りました（図4、図5）。作製条件によって、高強度かつ軽量のブロック状または自立薄膜を調製できます。とくに後者の複合薄膜は、膜面方向にカーボンナノチューブが高い配向性で分散（面方向に分散）しており、低い密度（0.3 g/cm³以下）と高い保形性と強度があり、高い熱と電気の伝導性をもっています。

成果の普及状況等

(1) 多孔質無機ポリマーについては、民間企業によって重金属イオン吸着剤として製品化され、海水中に分散した微量の重金属の回収にも効果を上げています。

(2) カーボンナノチューブ・無機ポリマー複合材料については、電気伝導性、熱伝導性や固体電解質の機能に優れる高強度の硬化体材料として自立薄膜メンブレンや電気・電子モジュールの隔壁の試作品等を作成し、用途開発と市販化に向けた調査・研究を継続します。

研究成果の具体的図表



図1 もみ殻を原料とする高機能性無機ポリマー材料の創製

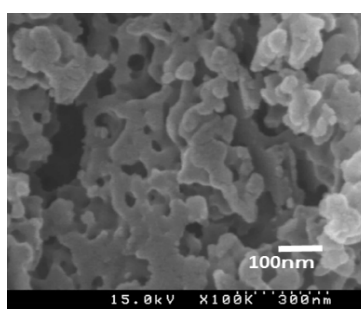


図2 多孔質無機ポリマー吸着剤の走査電子顕微鏡写真

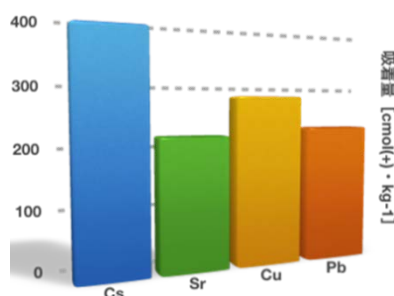


図3 各陽イオンの吸着容量



図4 スライドガラスに載せた複合薄膜

用語説明

- ※ 1 カントリーエレベーター：生産者の共同利用施設（大型倉庫）。穀物の乾燥、貯蔵、調製、出荷までを一環して行っています。日本では主に米生産に利用され、農家から粃（もみ）が搬入され、必要量が精米されて随時出荷されています。
- ※ 2 無機ポリマー：ケイ酸塩のポリマー。ジオポリマーとも呼ばれています。「ポリマー」とは、複数のモノマー（単量体）が結合して鎖状や網状になること（重合）によってできた化合物のことですが、一般的には高分子の有機化合物（有機ポリマー）をポリマーと呼ぶことが多い。
- ※ 3 ゼオライト：アルミノケイ酸塩のうち、結晶構造中に比較的大きな細孔を持つ鉱物や合成物の総称。分子ふるい、イオン交換材料、触媒、吸着材料として利用されています。
- ※ 4 多層カーボンナノチューブ：黒鉛に見られる六員炭素環で構成される円筒状チューブが、同心円筒状に構成されたものです。円筒の直径はナノメートル（1mmの百万分の1）のレベルで、単層のものより様々な加工が可能です。

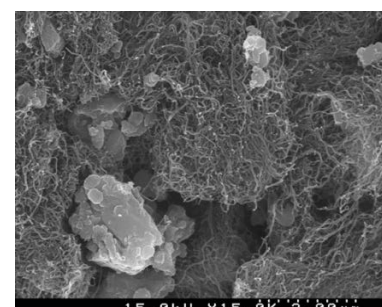


図5 複合硬化体薄膜の走査電子顕微鏡写真（繊維はカーボンナノチューブ）

お問い合わせは：富山県射水市役所農林水産課内 もみ殻循環プロジェクトチーム事務局

電話：0766-51-6677 E-mail：nourinsui@city.imizu.lg.jp

執筆分担：早稲田大学 山崎 淳司、富山県立大学 立田 真文、JARUS 岡庭 良安、JAいみず野 高田 勝弘、富山県射水市役所 竹内 美樹

4. 研究領域の概要および代表する成果

(4) 研究領域名：「理学・工学との連携による革新的ウイルス対策技術の開発」

A. 【研究領域全体の概要】

研究の背景および目標

現代社会における国際化の急速な進展に伴い、農畜産物や食品の輸入が拡大しており、植物（作物）や動物（家畜）の病気やその病原ウイルスの海外からの侵入を防ぐことが重要な課題となっています。また、国内にすでに存在するウイルスへの対策も依然として大きな問題です。したがって、作物や家畜に重大な損害を与えるウイルスを早期に発見・確認し、防除することにより、ウイルスの蔓延を的確に防止することが重要です。そこで、本研究領域（ウイルス対策領域）では、1) 標的とするウイルスを高感度かつ簡便に検知する技術、2) ウイルス感染を効果的に予防する技術、3) 検知したウイルスを効率よく無力化（不活性化）する技術の開発を目標として共同研究を実施しました。

連携体制

目標を達成するため、拠点機関を岡山大学が担い、それを補う機関として岩手生物工学研究センター、農研機構動物衛生部門、理化学研究所、岡山県農林水産総合センター生物科学研究所、鹿児島大学の5つが補完機関となり、これらがコンソーシアムを作り協力しながら共同研究を推進しました。参画した各機関のバックグラウンドは工学系や農学系、理学系、医学系および獣医学系など多岐にわたりますが、これら異分野が融合することによるシナジー効果により、革新的な技術の開発を可能としました。また、互いの“研究の文化”が大きく異なり、研究面だけではなくあらゆることについて上手く橋を渡す役目が必要となったことから、コンソーシアム・プロジェクト・マネージャー（研究管理総括役）を研究代表者の上に置き、研究開発全体を俯瞰的に采配しつつ、互い

理学や工学が持ち得る基礎研究力を利活用し、かつ農学の応用研究力を異分野融合することで、「植物ウイルス」と「動物ウイルス」に対して、革新的な早期感染検査法や防御法を研究開発し、現場に普及させる。

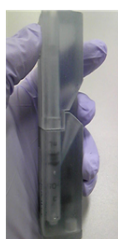


が最高のパフォーマンスを出せる組織体制を作り、共同研究を進めました。さらに、各機関の協働を効果的に促進する仕組みとして「叡智共有化プラットフォーム」を作り、異分野融合から生まれる新たなイノベーションの種の育成や人材の交流、広報活動などを行いました。

今後の展開方向・見込まれる波及効果

本研究領域の取り組みにより、人畜共通感染症として社会的にも問題の大きい鳥インフルエンザウイルスを高感度かつ迅速に検知できる技術、植物ウイルスを網羅的に検出できるキット、高い抗原性と安全性を併せ持つ牛白血病ワクチンの開発と製造、植物ウイルスの感染を阻害する薬剤、鳥インフルエンザウイルスを不活性化できる人工RNA切断酵素などが開発されました。今後はこれら開発された各技術が目標としていた作物や家畜の生産現場での活用と普及を進めることにより、その被害回避に貢献することが期待されます。また、これら開発された技術は原理上どのウイルスへも広く適用することができます。そのため、ウイルス感染による経済的・文化的な損失の大幅な削減への貢献が期待されます。さらに、本事業で得られた成果を有機的に組み合わせ、ウイルスの検知、予防及び不活性化技術を融合させることにより、ウイルスの諸問題の包括的な解決が期待されます。

ウイルスの高感度検知



高感度検知システム

携帯検知器

ウイルス検出キット

ウイルス感染の予防

新規BLVワクチン



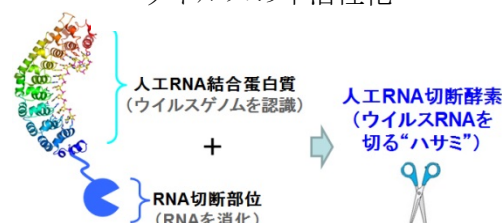
高仕能家畜ワクチン



月桃からの抽出精製物

植物ウイルス感染阻害剤

ウイルスの不活性化



人工RNA切断酵素

執筆者：岡山大学自然科学研究科 世良 貴史、岡山大学副理事・URA 佐藤 法仁

B. 【代表する成果】

1) 代表成果名「人工 RNA 切断酵素によるトリインフルエンザウイルスの不活性化」

拠点研究：国立大学法人岡山大学（研究代表機関）

試験研究名：先導・革新的人工核酸結合タンパク質を用いたウイルス不活性化技術の確立と社会実装

開発のねらい

鳥インフルエンザはトリインフルエンザウイルスを病原とする鳥の病気であり、その中でもとくに病原性が強く、ニワトリなどの家禽に感染して高い死亡率をもたらすものを高病原性鳥インフルエンザと呼んでいます。国内で高病原性鳥インフルエンザ感染が発見された場合、法律に基づき発生した農場の飼養家禽は殺処分され、畜産業界に甚大な被害を与えます。平成 22 年の宮崎県での発生例では約 100 万羽の家禽が殺処分され、その被害額は約 100 億円と報告されています。平成 28 年度には北海道、青森県、宮城県、新潟県、千葉県、岐阜県、佐賀県、熊本県、宮崎県といった国内の様々な地域において高病原性鳥インフルエンザの発生が確認されており、依然としてその脅威にさらされています。また、高病原性鳥インフルエンザ発生による自国の家禽生産の減少は、海外輸入を増大させ自国の畜産力の低下を招くことにもなります。現在、感染源となる野鳥の家禽舎への侵入防止や家禽舎出入り口での消毒が、高病原性鳥インフルエンザへの対策としてとられていますが、その発生を完全に防ぐことは困難な状況です。そこで、高病原性鳥インフルエンザに対する抜本的かつ革新的な解決策として、高病原性鳥インフルエンザの遺伝情報物質であるゲノム RNA を切断する酵素、すなわち人工 RNA 切断酵素を開発し、これを用いて高病原性鳥インフルエンザを不活性化する技術の開発に取り組みました。

開発した成果

ウイルスの遺伝情報のひとつである RNA の中から特定の配列を認識し結合できる「人工 RNA 結合タンパク質」の基本設計をまず開発しました。この基本設計に基づいて、標的とするウイルスの RNA 配列上の各塩基（G、A、U あるいは C）の認識に必要な短いタンパク質をデザインし、標的とするウイルスの遺伝情報を保存（コード）するゲノム RNA に結合するようにその RNA 配列に合わせて順番に連結させます。この人工 RNA 結合タンパク質に、RNA を分解する酵素を連結させることにより、標的とするウイルス RNA を切断してウイルスを不活性化（無力化）できる人工 RNA 切断酵素（標的とするウイルス RNA を切るハサミ）を自由に合成することが初めて可能となりました。そこで、この技術をトリインフルエンザウイルスに適用し、そのゲノム RNA を認識して分解できる人工 RNA 切断酵素を作成して効果を確認した結果、試験管内で鳥インフルエンザ RNA を 5 分以内に完全に分解できたほか、動物細胞においても日本で分離された高病原性鳥インフルエンザの遺伝情報の複製を阻害することに成功しました。本技術に基づき、標的とするウイルスに応じて人工 RNA 切断酵素の RNA 認識結合部位を変えることにより、エイズウイルスやエボラウイルスを切断するさまざまなハサミを創ることが可能と期待されます。

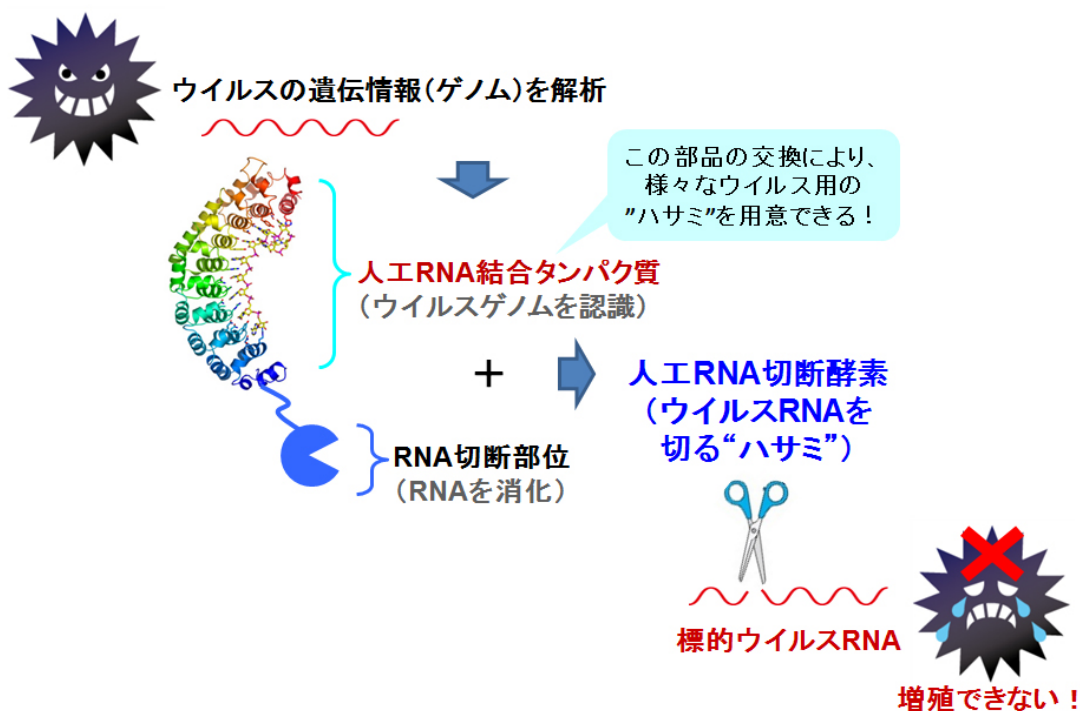
成果の普及状況等

動物ウイルスへの応用については、細胞レベルでの有効性を確認できたので、産業界との共同研究を加速させて、より動物の個体レベルで実証し、社会実装を目指します。

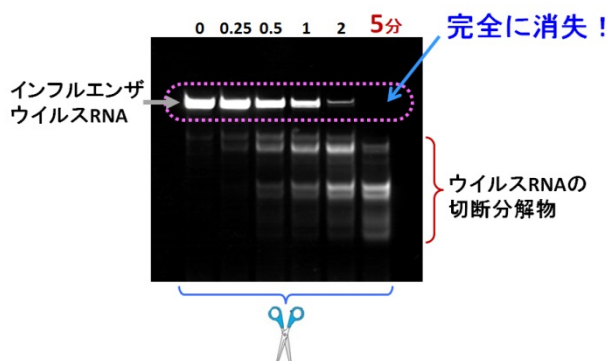
作物に病気を引き起こす植物ウイルスへの応用については、農研機構生研支援センターの研究プロジェクトにおいて2017年より取り組みを開始しました。

研究成果の具体的図表

RNAウイルス不活性化の流れ



インフルエンザ用の “ハサミ” の開発



お問い合わせは：国立大学法人岡山大学 大学院自然科学研究科
 電話：086-251-8194 E-mail：sera@cc.okayama-u.ac.jp 執筆者：生命医用工学専攻 世良 貴史

B. 【代表する成果】

2) 代表成果名「新規牛白血病ウイルス様粒子ワクチンの開発」

補完研究：国立研究開発法人理化学研究所（研究代表機関）

試験研究名：Reverse vaccinology 手法を用いた新規牛白血病 VLP（ウイルス様粒子）
ワクチンの開発

開発のねらい

牛白血病ウイルス（BLV）感染は世界的に急速に拡大しており、肉牛や乳牛などの食料供給を脅かしています。このため、ワクチンによる感染予防や発症抑制等が強く望まれています。BLV 感染後に発症しやすい感受性の牛（BLV に弱い牛）のほか、発症しにくい抵抗性の牛（BLV に強い牛）もいるため、ワクチンの効果の判定が困難でした。この発症のしやすさ（感受性か抵抗性か）について、私達は牛がもつ主要組織適合抗原複合体（MHC）^{※1} のクラス II 遺伝子（BoLA）により決定されることを発見しています。そこで本研究では、スーパーコンピューターを駆使した Reverse vaccinology 手法^{※2} により、感受性 BoLA（弱い牛）に対して親和性を高めた改変型ワクチン抗原を設計し、このアミノ酸配列を含む BLV タンパク質（Gag）とウイルス外被タンパク質（Env）を昆虫細胞で産生させることにより、高い抗原性と安全性を併せ持つ新しいウイルス様粒子（VLP）^{※3} ワクチンの開発を目指しました。

開発した成果

牛白血病に感受性の牛への親和性を高めた改変型抗原を含む新規 BLV-VLP ワクチン、および新規 BLV 含有 SV40-VLP ワクチンを作製し、感受性牛における効果を評価しました。その結果、いずれも体内ウイルス量の抑制とともに、BLV 感染により引き起こされる CD5+B 細胞（リンパ球の一種）の増加を抑制することが確認され、全世界で求められている牛白血病ワクチン開発の下地を築くことができました。

成果の普及状況等

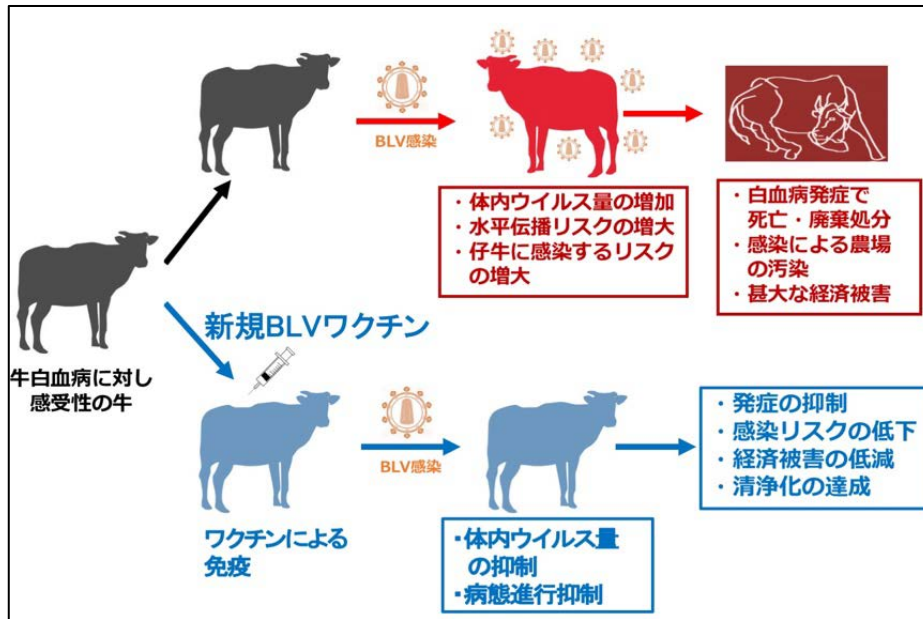
BLV-VLP ワクチンの開発については、革新的技術開発・緊急展開事業（経営体強化プロジェクト）において実証地域を設定して研究を継続し、ワクチンの実用化を目指します。

用語説明

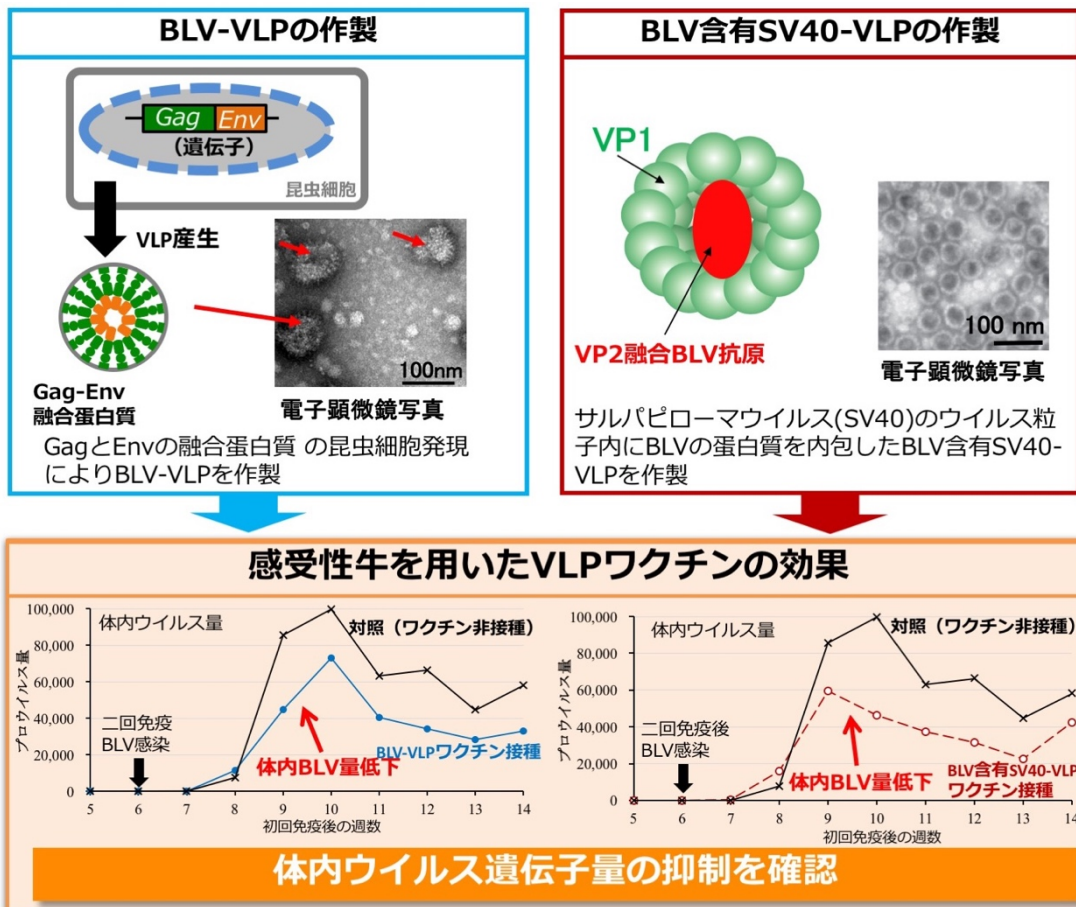
- ※ 1 主要組織適合抗原複合体（MHC）：感染した病原体のタンパク質の一部を宿主の免疫系に抗原として提示し、免疫応答を惹起させる分子複合体。抗原に結合する糖タンパク質の遺伝子は多様性に富み、牛においては牛白血病や乳房炎の発症のしやすさや抵抗性に関与します。
- ※ 2 Reverse vaccinology 手法：コンピューターを用いて病原体の遺伝情報（ゲノム情報）を解析して、抗原として有望な部位を見つけ出し、それをワクチンとして利用する手法です。
- ※ 3 ウイルス様粒子（VLP）ワクチン：ウイルスの形をしていますが、ウイルスの複製に必要な機能を欠損しているため安全であり、免疫を誘導する能力が高いタイプのワクチンです。
- ※ 4 SV40：サルパピローマウイルス。ワクチン抗原のベクターとして研究が進んでいます。

研究成果の具体的図表

牛白血病ワクチン開発による効果



新規 VLP ワクチンの作製と効果



お問い合わせは：国立研究開発法人理化学研究所 伊藤ナノ医工学研究室・分子ウイルス学研究分野
 電話：048-462-4420 E-mail：aida@riken.jp. 間 陽子 執筆者：同研究分野 大附 寛幸

B. 【代表する成果】

3) 代表成果名「蛍光シリカナノ粒子を用いたイムノクロマトグラフィーは鳥インフルエンザウイルスを高い感度で検出する」

補完研究：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（研究代表機関）

試験研究名：H5・H7 亜型高（低）病原性鳥インフルエンザの診断・防除法の開発

開発のねらい

H5 および H7 亜型鳥インフルエンザウイルスは、国内では家畜伝染病予防法^{※1}により家畜伝染病（法定伝染病）に指定され、また国際的には世界獣疫事務所により家禽類の輸出入が規制される届出伝染病に規定されています。これらのウイルスが養鶏場などの農場や家禽から検出されると、ウイルスの他の農家への拡散や病気の蔓延を防止するために、全て殺処分しなければなりません。そのため、これらのウイルスを他のウイルスから明確かつ迅速に判定する技術の開発が求められています。そこで、取り扱いが容易なイムノクロマトグラフィー^{※2}（イムノクロマト法）を基盤に、農場などにおいて迅速な判定が可能となる診断キットを開発します。

開発した成果

イムノクロマトグラフィーでは、対象とするウイルス（抗原）に対して免疫反応が生じる抗体を取得する必要があります。そこで、H5 および H7 亜型鳥インフルエンザウイルスのそれぞれに特異的な遺伝子配列の領域を特定し、大量培養により精製・濃縮した各亜型のウイルス抗原を作製しました。そして、抗原をニワトリに接種して各亜型の特異抗体を得るとともに、H5 亜型抗体については抗原を認識する領域の遺伝子改変を行い、抗原への反応性を高めました。さらに、抗体と結合させる標識物として、従来は金コロイド粒子が多く用いられていましたが、蛍光シリカ粒子とする方法を開発しました。その結果、H5 亜型ウイルスでは従来の検出法に比べ、蛍光シリカ粒子を用いることで約 10 倍、さらに遺伝子改変した抗体を用いることで約 40 倍まで感度を上昇させることに成功しました。

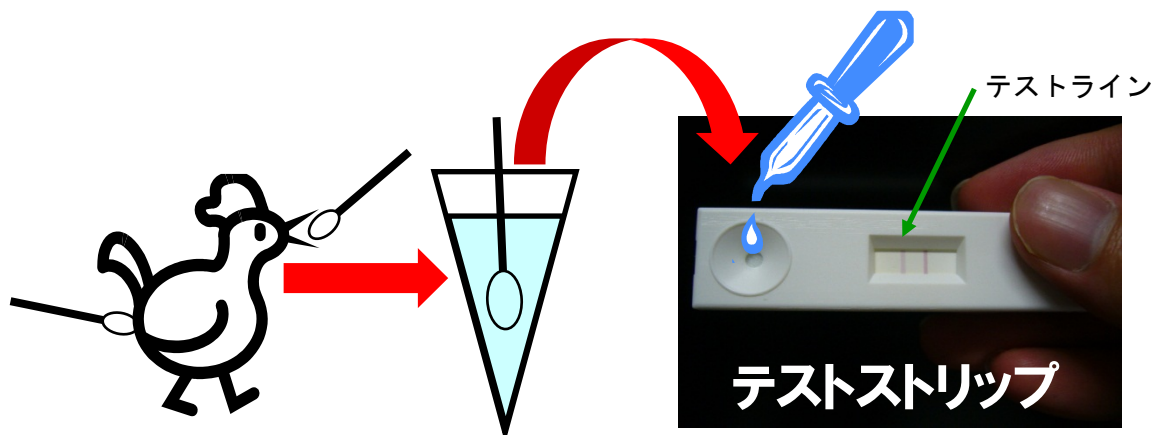
成果の普及状況等

イムノクロマトグラフィーに搭載した H5 亜型鳥インフルエンザウイルスの遺伝子改変抗体について特許出願を行いました。また、同様の技術を採用して H7 亜型鳥インフルエンザウイルス検出イムノクロマトグラフィーを試作しました。さらに、これらの技術をもとに、H5 および H7 亜型鳥インフルエンザウイルスの両方に対応できる診断キット（蛍光リーダー）の製品化を進めています。

用語説明

- ※ 1 家畜伝染病予防法：家畜の伝染性疾病（伝染病）の発生の予防、および蔓延の防止について定めた日本の法律です。
- ※ 2 イムノクロマトグラフィー：抗原抗体反応を利用した迅速検査手法の一つです。ウイルスが検体中に含まれている場合、視覚的にウイルスの存在を示すものです。ウイルス（抗原）を含む溶液を基板上に滴下すると、金コロイドなどの標識が結合した抗体と反応します。この抗原抗体結合物は毛細管現象により移動し、捕捉抗体に捉えられて集積するため、肉眼などで識別できるようになります。

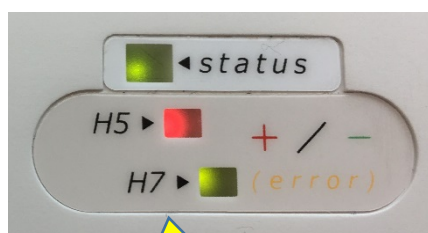
研究成果の具体的図表



死亡したニワトリなどの家禽や野鳥を対象に、綿棒で口中や肛門から検体を採取します。

綿棒を抽出液に入れ、ウイルスを検出しやすくします。

抽出液をテストストリップに滴下し、静置します。



テストストリップのテストラインに集積した抗原抗体結合物の標識（蛍光シリカ）を蛍光リーダーで検出します。H5表示部分が赤色に点灯した場合、H5 亜型鳥インフルエンザウイルスがあることを示します。試作品（写真）をもとに、製品化を進めています。

お問い合わせは：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構動物衛生研究部門

電話：029-838-7758 E-mail：uchiyo@affrc.go.jp

執筆者：農研機構動衛研 内田 裕子、(株)ファーマフーズ 庄屋 雄二

B. 【代表する成果】

4) 代表成果名：「鳥インフルエンザウイルスのオンサイト検査」

補完研究：国立大学法人 鹿児島大学（代表研究機関）

試験研究名：ナノテクノロジーとラップトップ型 PCR 測定機による家禽・家畜ウイルスの正確・超高感度・簡便検出法の開発

開発のねらい

鳥インフルエンザウイルス（AIV）^{*1}には多くの種類（亜型）が存在しますが、特に高病原性鳥インフルエンザウイルス（HPAIV）が大きな脅威となっています。渡り鳥から感染が起こればと考えられていますが、HPAIV の発生が養鶏場で確認されると、大規模処分が行われ、大きな被害が生じます。また、通常 HPAIV は人には感染しませんが、高濃度のウイルスにさらされると人も発症します。さらに HPAIV の変異は地球規模で恐れられています。

恒常的に養鶏場、その周辺、さらに渡り鳥の生息地を検査し、AIV を早く発見して被害を最小限に抑えることが重要です。抗体を用いたイムノクロマト法による簡易検査や機器を用いた高感度検査が開発されつつありますが、インフルエンザウイルスは変異が起こればやすいため、偽陰性と判断される危険があり、HPAIV の蔓延を誘発する要因ともなりえます。そのため、ウイルスの遺伝子をオンサイトでも簡便・迅速、かつ高感度に測定できる技術が非常に重要です。そこで、HPAIV の超早期迅速検査技術を開発し、まず鹿児島県のオンサイトで実用化することを目標とします。

開発した成果

(1) AIV の捕捉濃縮精製手順を確立し、従来のラップトップ型 qPCR^{**2}機をワンステップで RT-qPCR 測定が出来る機器へ改良して、ウイルスの高感度迅速検査を可能としました(次頁図の上部参照)。

(2) 開発した超早期高速検査技術によりオンサイト検査の実証研究を 2015 年から行っています(次頁図の下部参照)。鹿児島県出水市と同市の嘱託獣医師の全面的協力を得て、出水市の渡り鳥生息地において、2015～16 シーズン^{**3}には合計 48 羽の野鳥（47 羽がツル）、2016～17 シーズンには、2017 年 1 月 30 日までに 48 羽のツルのスワブ（喉、目、クロアカ）の検査を行いました。2015～16 シーズンは AIV の検出は 1 例もなく、2016～17 シーズンには 17 羽から AIV が検出されました。同時に行ったウイルス分離検査では、2015～16 シーズンは 0、2016～17 シーズンは 19 羽から AIV が検出され、両者の結果がほぼ一致したことから、開発した検査法によるオンサイト検査の信憑性が確かめられています。

成果の普及状況等

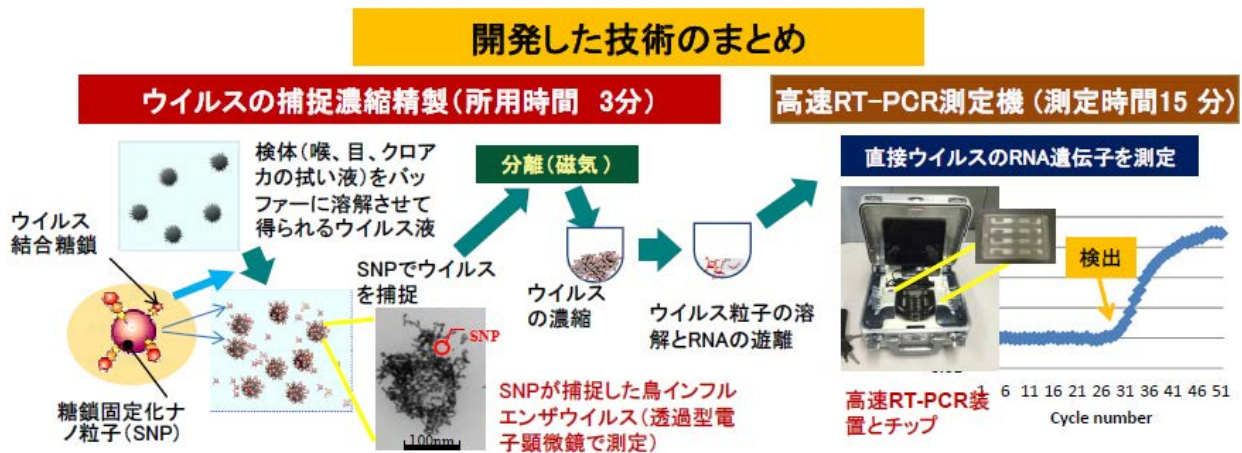
(1) 2.5 年間の出水市での検査の結果、鳥インフルエンザウイルスの発見を当日中にどこよりも早く鹿児島県および出水市に通知することが出来ました。この情報に基づき、鹿児島県の家畜保健衛生所と養鶏業者が、官民一体となって、高い危機意識の下、養鶏場での HPAIV 発生を未然に防ぐための防疫対応を行った結果、特に今シーズンは近隣県で大きな被害が出ているにもかかわらず、鹿児島県内では全く被害が出ませんでした。

(2) 本事業終了後の実証研究を継続するため平成 28 年度の「知」の集積と活用による研究開発モデル事業に応募し、採択されました（研究機関：平成 29 年 2 月から 32 年 3 月まで）。この事業によって、社会実装を加速します。

用語説明

- ※ 1 インフルエンザウイルス： AIV と略します。多くの種類（亜型）が存在しますが、家禽類、特に鶏に対しては致死性が高い高病原性鳥インフルエンザウイルス（HPAIV、H5 および H7 亜型で HA タンパク質開裂部位のアミノ酸配列が強毒型のもの）が脅威となっています。
- ※ 2 PCR：ポリメラーゼ連鎖反応、ごく微量の核酸を増幅して見えるようにする技術。対象とする核酸が RNA の場合、まず逆転写反応をかけて DNA にし、それを増幅する方法（RT-PCR）もあります。最近では、増幅過程を直接観測でき、増幅前の元の核酸の量の比較もできるリアルタイム定量的 PCR (qPCR と略されます)、またはリアルタイム定量的 RT-PCR 法（RT-qPCR と略されます。本開発研究で使用）という方法もあります。
- ※ 3 シーズン：インフルエンザのシーズンは9月から翌年の8月までとされています。
- ※ 4 糖鎖固定化ナノ粒子：SNP と略します。金や鉄などの成分をコア（中心）とし、糖鎖をその外側に固定化した 20 ナノメートル（1 ナノメートルは 10 億分の 1 メートル）ほどの大きさの粒子。

研究成果の具体的図表



開発した技術による鳥インフルエンザウイルスのオンサイト検査(2015.11～継続中)

出水市において保護・回収されたツルをツル保護センターの隔離小屋内で、検体採取とウイルスの捕捉濃縮精製を行い、消毒を十分に行ってから、同センター内治療室で遺伝子検査を行う。

渡鳥生息地

養鶏場

鹿児島大

絶滅危惧種のツルが1万羽以上、インフルエンザウイルスの源宿主のカモが同数以上越冬

ケガや病気、死亡ツルはツル保護監視員によって、保護、回収される

検体採取とウイルスの捕捉濃縮精製

遺伝子検査

コントロール

陽性発見!

問い合わせは：国立大学法人鹿児島大学大学院理工学研究科
 電話：099-285-8369 E-mail：ysuda@eng.kagoshima-u.ac.jp
 執筆者：鹿児島大学 隅田 泰生

B. 【代表する成果】

5) 代表成果名「ショウガ科植物である月桃（ゲットウ）から精製される革新的植物ウイルス防除剤」

補完研究：岡山県農林水産総合センター生物科学研究所（研究代表機関）

試験研究名：抵抗性誘導剤による革新的ウイルス防除技術の開発

開発のねらい

世界の作物生産額の15%は病気により失われています。そのうち植物ウイルス病^{*1}の感染による世界の作物生産損失額は年間6兆円を超えると見積もられており、我が国だけでも年間1000億円の損失をもたらしています。しかしながら、植物ウイルス病には特効薬となる化学農薬は存在せず、媒介生物（害虫）の防除および栽培法、環境制御、抵抗性品種の利用などにより植物ウイルス病の被害を軽減させているのが実情です。このように植物ウイルス病により食料の安定供給が脅かされている中、早急な対策が求められています。そこで、植物が本来備えている病原体に対する抵抗力を人為的に高める技術を開発し、植物ウイルス病の感染を防ぐ革新的な技術の開発をめざしました。

開発した成果

植物の病原体に対する抵抗力を高めることで植物ウイルス病の感染を予防する複数の資材を発見しました。特に、ショウガ科ハナミョウガ属の食用ではない植物の月桃（ゲットウ）^{*2}から調製した抽出精製物が、トマトの重要病害であるトマトモザイクウイルス（ToMV）、ナス科植物に感染するタバコモザイクウイルス（TMV）などの植物ウイルスに対して広範な防除活性を持つことを明らかにしました。本開発資材で植物ウイルス病の感染の1割を防ぐことができれば、年間6000億円の経済効果が見込まれます。生産コストの削減、収量の増加により生産者の所得が増大するとともに、世界の食料の安定供給に大きく貢献すると期待されます。

成果の普及状況等

研究成果は、他のプロジェクトで引き続き研究を継続し、様々な植物ウイルス病の防除に有効な防除技術を完成させていきます。

作物の育苗時は大量かつ密集して栽培されるため、常に植物ウイルスなどの病気の感染の危険に高度にさらされています。このため、種苗メーカーや生産者からは、育苗時のウイルスフリー^{*3}化技術の開発が切望されており、ウイルスフリーの育苗技術への本成果の適用を考えています。

また、月桃は沖縄・奄美地方などに自生する雑草であり、ほとんど産業利用されていません。月桃を新たな農資源として活用することで、新規産業が創出され地域振興へ貢献することも期待されます。

用語説明

※1 植物ウイルス病：植物に感染するウイルスが植物に寄生して発生する病気。植物の病気の約1割はウイルス病です。

※2 月桃（ゲットウ）：ショウガ科ハナミョウガ属（アルピニア属）（学名 *Alpinia zerumbet*）。熱帯から亜熱帯アジアに分布し、日本では沖縄県から九州南部に自生する多年草の非食用植物です。沖縄・奄美地域で伝統的に使用されているものの、商業的な栽培はほとんどされていません。

※3 ウイルスフリー：ウイルスに感染していないこと。ウイルスフリー苗とは、ウイルスに感染していない苗のことです。

研究成果の具体的図表

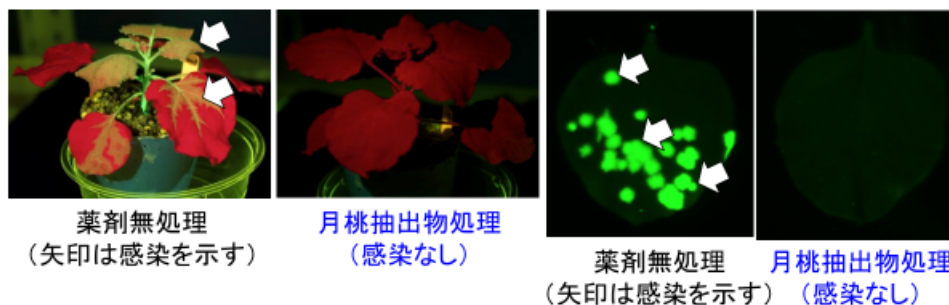
革新的な植物ウイルス防除剤の開発



開発した植物ウイルス防除剤の効果

植物ウイルス病の被害
 日本での推定被害額は1000億円以上。
 ウイルスを防除する化学農薬は存在しません。

植物由来成分を活用した植物ウイルス防除剤の開発に成功！



重要病害のトマトモザイクウイルスの感染を抑制！

お問い合わせは：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 (代表) E-mail: yo_narusaka@bio-ribs.com
 執筆者：岡山県農林水産総合センター 鳴坂 義弘

B. 【代表する成果】

6) 代表成果名「網羅的なウイルス検出技術の実用化」

補完研究：琉球大学（研究代表機関）

試験研究名：高効率なウイルス・ウィロイド RNA 検出技術の開発

開発のねらい

これまでの植物ウイルスの診断は、感染が予想される既知のウイルスを想定して、この特定のウイルス種について感染の有無を検定することにより行われています。この方法では、これまで同定されていない新たなウイルスや、想定外のウイルス（例えば国内では未発生のウイルスなど）の感染については診断することができません。この問題を解決するために、既知、未知を問わず網羅的にウイルスを検出する技術を開発することを目標としました。植物ウイルスの大部分が持つ2本鎖RNAを特異的に抽出してその塩基配列情報からウイルス種を同定する方法（DECS法；操作の4ステップの頭文字に由来する）を実用的な技術に洗練するとともに、国や都道府県の試験研究機関や民間企業における病害診断に技術を導入していきます。この技術により防疫業務の効率が向上するため、ウイルス病害の感染拡大を未然に防ぐことで、植物病害による生産者リスクの軽減に寄与し、農産物の安定生産を実現します。

開発した成果

植物ウイルスの大部分が持つ2本鎖RNA（dsRNA）^{※1}を特異的に検出し、その塩基配列情報を調べることで種を同定する技術（DECS法）において、dsRNA結合タンパク質^{※2}を用いてdsRNAを抽出する工程をキット化しました（図1）。さらに、本キットを利用したウイルス診断体系をマニュアル化して民間企業へ技術移転しました。

成果の普及状況等

研究成果は、民間企業（抗体メーカー）から植物ウイルスdsRNA抽出用試薬キットとして製品化され、市販しています（図2）。加えて、民間企業（遺伝子解析サービス事業者）において本キットを利用したウイルス診断の受託解析サービスが事業化されました（図3）。

用語説明

- ※1 2本鎖RNA：植物に感染するウイルスの多くは遺伝子の本体の核酸がRNAという物質であり、植物の細胞内で増殖していく過程で、2本のRNA鎖が会合した状態となります。これを2本鎖RNA（dsRNA；double stranded RNA）といい、植物自身のRNAはこの状態を作らないので、ウイルス感染の指標となります。
- ※2 dsRNA結合タンパク質：ウイルスが作るdsRNAと結合するタンパク質であり、本研究成果では、大腸菌を用いて人工的に合成したタンパク質を用いました。dsRNAが結合したタンパク質を抽出する工夫によって、ウイルス由来のdsRNAを抽出することができるようになりました。

研究成果の具体的図表

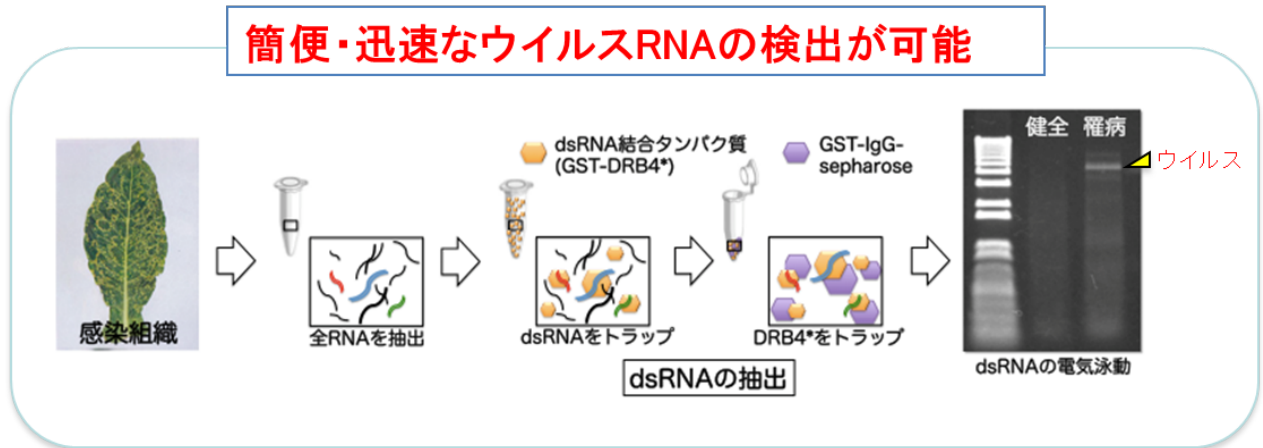


図1 DRB タンパク質を用いたウイルス 2 本鎖 RNA の検出方法

○ 特徴

- ・最短 2 時間でウイルスがもつ 2 本鎖 RNA の検出が可能
- ・100mg (生重量) の植物試料からウイルスがもつ 2 本鎖 RNA の検出が可能



図2 製品化されている dsRNA 抽出用試薬キット
「Plant Viral dsRNA Enrichment Kit」
(株式会社医学生物学研究所)

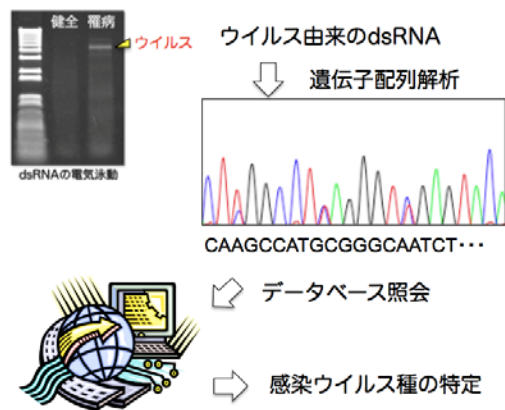


図3 DECS 法によるウイルス診断の流れ
「植物ウイルス解析」 検査サービス
(株式会社ファスマック)

お問い合わせは：琉球大学農学部植物病理学研究室
電話：098-895-8728 E-mail：k-sekine@agr.u-ryukyu.ac.jp
執筆者：琉球大 関根 健太郎

【索引】

[英数字]

1975年日本食	20
2本鎖RNA	84
H5およびH7亜型鳥 インフルエンザウイルス	78
ICT	30
RT-PCR	80

[あ行]

味わい・素材・形式	14
アラート	38
安全性	62, 66
イチゴ炭疽病	36
遺伝子改変抗体	78
イムノクロマトグラフィー	78
印刷エレクトロニクス	44
ウイルス対策技術	72
ウイルスの不活性化	72, 74
ウイルス様粒子	76
ウイルス感染の予防	72
ウェザーステーション	42
エダマメ	46
エピゲノム	26
エピジェネティクス	28
オンライン検査	80

[か行]

カーボンナノチューブ	70
解繊助剤	64
海藻残渣	56
界面化学特性	62
科学的な手法	12
気象観測	42
気づき	38
揮発性有機化合物	36
キャパシタ	56
牛白血病	76
記録写真	46
蛍光シリカ粒子	78
月桃(ゲットウ)	82

健康長寿地域住民	18
健康的な日本食	20
健康に資する日本食	12, 14
健康有益性	20
検知システム	72
抗ストレス物質	26
高分子分散剤	64
高レベル放射性廃棄物	68
黒鉛	60

[さ行]

栽培管理	30, 32, 34, 38
栽培法	46
栽培暦	32
主要組織適合抗原複合体	76
衝動性	24
消費者動向	48
情報フィードバック	48
食事摂取習慣	18
食品因子感知力	18
食品・化粧品ソフトマター	62
食品の組み合わせ	18
植物ウイルス	84
植物ウイルス dsRNA 抽出用試薬キット	84
植物ウイルス防除剤	82
食用タケナノセルロース	66
シリカ	58, 68
神経細胞	22
人工RNA結合タンパク質	74
人工RNA切断酵素	72, 74
診断キット	78
睡眠	24
ストレス	20
スマートフォン	46
生育環境情報	42
生育情報	32
精神的健康	24
セルラーゼ	66
セルロースナノファイバー	54, 62
センサー	32, 42

増粘剤	66
[た行]	
大豆ペプチド	22, 28
大量合成法	60
竹	56
多孔質	70
タバコモザイクウイルス	82
地層処分	68
中赤外レーザー	36
注入材	68
超早期迅速検査技術	80
腸内細菌	28
超微量ガス検知	36
抵抗力	82
低コスト移動型センサー	44
低摩擦・低摩耗	60
テーラーメイド	52
糖鎖固定化ナノ粒子	80
倒伏	34
土壌水分	44
トマト	48
トマトモザイクウイルス	82
鳥インフルエンザ	74, 80
ドローン	34
[な行]	
ナノカーボン	52
ナノセルロース	50, 52
ナノセルロース	
強化ポリエチレン複合材	64
ナノナノ複合材	52
ナノバイオマテリアル	50
日本型食スコア	16
日本型食スコアの構成要素	16
日本食スコア	12
日本食の概念	14
日本食の構成要素	14
日本食文化	12
日本食らしさを構成する4つの軸	16
認知機能	22
農学と工学	50
脳機能障害	28

農業 IT	40
農業オントロジー	40
農業情報	40
農業用語	40
農業用情報インフラ	30
農林水産物資源	50

[は行]

バイオナノカーボン	56
ハイブリッドバイオマスファイバー	58
評価指標	16
病害診断	36
品質指標	48
フェルラ酸エチル	26
フェルラ酸エチル強化味噌	26
福島第一原子力発電所事故	54
プラットフォーム	30
振り返り	38
プルシアンブルー	54
米飯	24
放射性セシウム除去	54
保形性食品素材	66

[ま行]

膜フィルム	44
マスターバッチ	58
味噌	22, 24, 26
無機ポリマー	70
網羅的なウイルス検出	84
木質ナノ潤滑添加剤	60
もみ殻	58, 68
もみ殻灰	70

[や行・ら行]

野菜・コメ	48
溶融混練	64
リモートセンシング	34
林地残材	58
レタス	46
ワクチン開発	76

革新技术創造促進事業（異分野融合共同研究）研究成果報告書

平成 29 年 月 日 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

〒 331-8537 埼玉県さいたま市北区日進町 1-40-2

Tel. 048-669-9190 （新技術開発部革新技术創造課）

URL <http://www.naro.affrc.go.jp/brain/ibunyakyodo/index.html>

本誌は平成 25 年度補正予算「革新技术創造促進事業」（異分野融合共同研究）の成果をとりまとめたものです。

本誌に掲載された著作物を転載・複製・翻訳する場合には執筆分担の許可を得てください。

