

令和 5 年 6 月 7 日現在

機関番号：17102

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B））

研究期間：2019～2022

課題番号：19KK0169

研究課題名（和文）生物材料FINEST空間における形態・諸現象の観察と3次元シミュレーション解析

研究課題名（英文）A multi-scale, multi-physics modeling framework to predict and design biomaterials based on FINEST observation

研究代表者

田中 史彦（Tanaka, Fumihiko）

九州大学・農学研究院・教授

研究者番号：30284912

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,200,000円

研究成果の概要（和文）：FINE Structure（FINEST）研究は、青果物やこれに由来する材料を対象に、最新のイメージングや画像分析・解析、モデル化技術を駆使することによって、これら材料の微細構造（FINEST）が、より大きなスケール場での諸物性（熱伝導率やガス拡散率等）にどのような影響を及ぼすかを明らかにするための新たなフレームワークを構築したものである。生物材料の微細構造とその機能・特性を関連付けるための、先駆的かつ理論的研究をともに推進する相互補完可能な学際的国際共同研究チームを組みあがらることで、これまで難しいとされた、ナノとミクロ、マクロの場をつなぐマルチスケール解析を可能としたものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

FINESTスケールアプローチにより生物材料の機能・特性を解明し、これをマクロな素材の設計に活かすためのフレームワークを構築することで、これまででない特性と機能を持つ新材料開発を可能としたことの社会的意義は大きい。例えば、青果物からセルロースやペクチンなどの有用成分を抽出し、ポリマー繊維を構成、単一繊維や集積繊維マトリックスの特性を明らかにすることで、これに基づくマクロの機能性材料の設計が可能となる。また、微細空間とマクロで起こる諸現象を先端機器で観察し、スケールの異なる場の連結を可能としたことの学術的意義は大きい。

研究成果の概要（英文）：The FINE Structure（FINEST）research is a newly established framework that aims to elucidate the influence of the fine structure（FINEST）of agricultural produce and materials derived from them on various macroscopic properties（such as thermal conductivity and gas diffusion）at larger scales, through the utilization of precise observation, image analysis, and modeling techniques. By assembling an interdisciplinary international research team that promotes pioneering and theoretical studies to correlate the FINEST of biological materials with their functions and characteristics, this framework enables the challenging multi-scale analysis bridging the nano, micro, and macro scales.

研究分野：ポストハーベスト工学

キーワード：農業工学 マルチスケール イメージング バイオマテリアル シミュレーション FINEST

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

この研究の核心をなす学問的問いは、「時空間的に変化する FINEST は生体材料のマクロ特性にどのような影響を与えるか？」であり、青果物のポストハーベスト工程全般を範疇とするものである。ここには、青果物の貯蔵から加工品質、“Green”な生物由来材料の新たな創造が含まれる。これら生物材料の FINEST とマクロ特性との関係を明らかにし、品質評価や新食感の創造、新材料の開発を支える基礎研究を遂行するものである。

申請者は、2013年4月にベルギーで国際シンポジウムを開催し(Scientific Committee として参画)、欧米における研究シーズを俯瞰的に調査、本分野の重要性を確認した。また、同年9月に Rousseau らが中心となり Elsevier から学術雑誌 Food Structure を創刊するなど微細構造解析の重要性が認識され、そこでは、生体での数値モデリングもその研究対象となっている。これらの研究は観察技術の飛躍的な進歩によって、その対象がナノレベルまで拡がり、微細構造解析はさらに深化するものとされた。特に、微細構造観察・解析技術とマルチフィジックス・シミュレーション技術の融合が、新素材設計の開発と最適化のための新たなフレームワークを形成する鍵となると示された。本研究は、国内外において、このフレームワークの構築の先駆的となるものであり、コンピュータ・シミュレーションに基づく生物材料の機能解明や材料設計を可能にする点で、その意義は極めて大きいものといえる。

また、代表研究者を含む我が国の研究者が在外研究を行う意義は、研究の飛躍的発展のみに留まらず、ポーランドチームに在籍する3名のポスドク研究者との連携を強化することによって、特に、分担研究者となる若手研究者2名が、将来、国際的な学術ネットワークを構成し、本分野における世界のリーダーになることを期待するものとして研究を開始するものである。我が国の若手研究者が長期間相手機関に滞在することで国際感覚を身につけるとともに、3機関の共同研究をより深化させ、国際的な研究プラットフォーム形成のための大型予算の獲得につながるものである。

2. 研究の目的

FINE Structure (FINEST) 計画は、青果物やこれに由来する材料を対象に、最新のイメージングや画像分析・解析、モデル化技術を駆使することによって、これら材料の微細構造 (FINEST) が、より大きなスケール場における物性にどのような影響を与えるかを明らかにするための新たなフレームワークを構築し、将来的に新素材最適設計・開発に新たな材料設計につながるものである。

若手育成の観点からは、生物材料の微細構造とその機能・特性を関連付けるための先駆的かつ理論的研究をともに推進する相互補完可能な学際的国際共同研究チームを組み上げ、特に、若手の研究者達が受入機関(ポーランド科学アカデミー農業物理学研究所 MMB チーム)で最新のイメージング技術を学び、九州大学(PHS チーム)で遂行中の機能モデル化技術と融合させることによって、新たな研究領域を進展させ、我が国のポストハーベスト分野を牽引するリーダーとなることを目指すものである。

3. 研究の方法

時空間的に変化する FINEST は生体材料のマクロ特性にどのような影響を与えるかを明らかにするとともに、これに関連する植物由来素材を成分とするナノ複合材料を設計・開発のため、以下の3中課題 (Work Package) について研究を遂行した。すなわち、【1】AFMによる生物材料のナノ構造の観察とモデリングと Green なナノ複合材料開発、【2】X線 μ CTによる生物材料のミクロ構造の三次元イメージングとマルチフィジックス・シミュレーション、【3】FINEST 解析フレームワークの構築である。

まず、【1】AFMによる生物材料のナノ構造の観察とモデリングでは、生物材料の FINEST を AFM によって観察し、画像解析によってその特徴量を抽出するとともに、生物材料が構成する微細構造マトリックスをコンピュータ上に再現する手法を確立した。また、貯蔵や加工等で起こるナノ構造変化を追跡し、変容を定量化した。さらに、Green な植物由来素材を材料とするナノ複合材料を開発した。

つぎに、【2】X線 μ CTによる生物材料のミクロ構造の三次元イメージングとマルチフィジックス・シミュレーションでは、細胞材料の連続スライス画像から三次元形状をコンピュータ上に再構築し、FINEST の局所の特徴を考慮した諸現象解析を行った。

最後に、【3】FINEST 解析フレームワークの構築では、時空間的に変化する FINEST は生体材料のマクロ特性にどのような影響を与えるかを明らかにするため、各スケールで起こる諸現象を相互連成現象として表現するフレームワーク構築に従事する。特に、スケールの異なる場間で得た情報を相互間でエクスポート/インポートを可能にするインターフェイスシステムの構築を行い、最終的にはマルチスケール統合したモデル解析から生物材料の品質評価に有用となる情報を提供した。

1. 研究成果

【1】AFMによる生物材料のナノ構造の観察とモデリングとナノ複合材料の開発

(1) 農産物由来の多糖類を得て、その構造的特徴の評価を行った。カキ果実から水溶性(WSP)、CDTA可溶性(CSP)、希アルカリ可溶性(DASP)のペクチン画分を順次抽出し、Mica基板上での自己組織化を原子間力顕微鏡により観察した。特徴量解析には、ポーランドMMBで開発されたプログラムを用いた。無処理のカキから得たCSPおよびDASPペクチンは緻密なネットワークを形成したが、加熱操作や乾燥操作によってネットワーク形成能力が損なわれることが明らかとなった。

(2) 農産物内在ペクチンの状態について調査した。特に、農産物由来ペクチンに対するカルシウムの作用を調査した。ニンジン由来水溶性ペクチン(WSP)、キレート可溶性ペクチン(CSP)、希アルカリ可溶性ペクチン(DASP)の中性糖割合を測定、DASPは側鎖が多く存在し、CSPは側鎖が少ないペクチンであることを示した。また、FT-IR分析の結果、CSP、DASPではメチルエステル化度が低いことを示した。各ペクチン画分に複数濃度のカルシウムを施用しAFM観察を行うことで、粒子状構造を示すWSPで粒子径や高さが増大、CSPとDASPにおいては繊維状構造を示し、架橋構造形成により繊維径が増大することを明らかにした。CSPはDASPより凝集体の成長度が大きくなり、側鎖割合の違いによる影響が認められた。以上、カルシウム添加は細胞壁中のペクチンネットワーク形成を促進することを確認した。本成果は、ポリマーの集積予測の基礎物性を得ることができた。

(3) 加熱処理法の違いが凍結貯蔵ダイコンのペクチン構造的特徴に及ぼす影響について調査した。植物組織に80以上の高温熱処理を加えると脱離反応を介してペクチン鎖構造が分解され、組織の硬さ低下につながる。一方で、50~60の低温で加熱するとペクチンメチルエステラーゼ(PME)活性によりペクチンの多糖類が脱メチル化され軟化を抑制し、さらに隣接するペクチン鎖と二価のイオンを通して架橋結合し、硬度の維持に寄与するため食感の向上につながる。ここでは、凍結前に低温(60-90分)加熱および高温(90-30分)加熱を行い、加熱条件の違いがナノスケール構造に与える影響を明らかにすることを目的とし、原子間力顕微鏡(AFM)によるペクチン組成や微細構造変化観察を行った(図1)。その結果、低温加熱を行ったサンプルでは線状構造が長くつながった構造が形成され(c)、キレート剤可溶性ペクチン(CPS)の架橋結合が促進されることを明らかとなった。本成果はナノ構造がマクロな青果物物性に影響を及ぼすことを示すものに他ならない。

(3) Greenな植物由来素材を材料とするナノ複合材料を開発では、生物由来高分子繊維(キトサン、各種デンプン、セルロース、アルギン酸、アロエベラゲルなど)を骨格とし、疎水性と抗菌性を強化するための各種精油(青森ヒバオイル、ティーシードオイル、レモングラスオイルなど)、可塑剤、ナノ粒子(セルロースナノファイバー、ナノキトサン、ナノZnO粒子)などを様々な比率で混合することで、様々な機能性を持つ複合材料をデザインすることができ、これを青果物のコーティング剤として用いることでイチゴやリンゴ、ミカン、マッシュルームなどの品質保持期間を延長することに成功した。特に、適切なマトリックスの形成は呼吸やエチレンの生成を抑制する効果を持ち、また、精油やナノ金属粒子の添加は、防カビ効果を飛躍的に高めることを明らかにした。本成果は、微細構造をどのように形成するかによってその機能が異なることを示すものであり、FINESTがマクロ場における諸現象をどのように支配するかを知る上で、重要な知見となる。

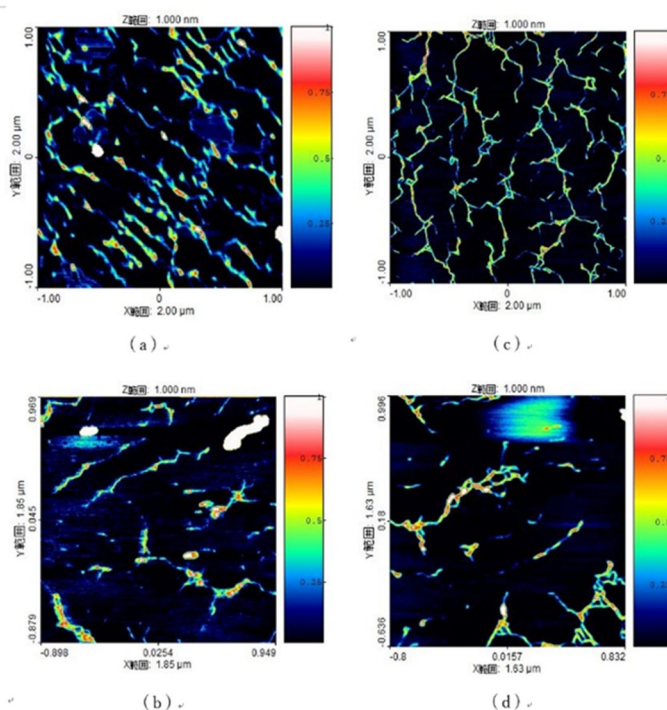


図1 キレート剤可溶性ペクチン(CSP)構造解析画像
(a)対照区,(b)凍結,(c)60 加熱+凍結,(d)
90 加熱+凍結

【2】X線 μ CTによる生物材料のミクロ構造の三次元イメージングとマルチフィジックス・シミュレーション

(1) マイクロスケール観察では、X線 μ CTを用いた三次元構造再構築をカキ、イチゴ、ナシ果

実について行った。FINEST 空間内で安定した有効拡散係数を算出するための適切な解析領域サイズを明らかにするとともに、細胞壁・膜の関与、細胞へのガス溶解についても検討し、より現実に合ったモデルを作成した。特に、空隙率とシミュレーションから逆解析した諸物性値との関係について検討し、熱拡散率に比べガス拡散率が空隙率の影響を受けやすくなることを示した。

(2) X線 μ CTおよびX線マクロCTを用いた2、3次元構造解析をカキ果実について行い、貯蔵期間中におけるマルチスケールでの構造と諸物性値の時空間分布変化を明らかにした。これにより、さらに厳密な拡散現象予測モデルに深化させることができた。青果物内部のガスの移動経路を明確にすることに成功し(図2) 例えば、呼吸を抑えるために青果物表面を可食コーティング剤で被覆する際の施用部位を明らかにした。

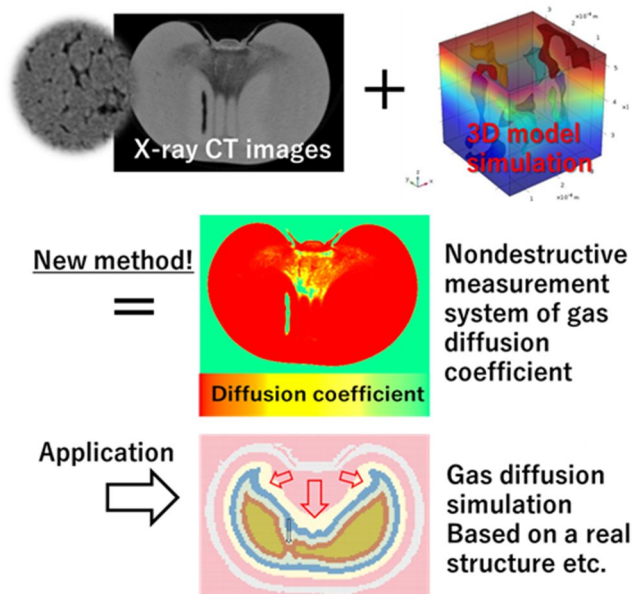


図2 マルチスケール解析フレームワークによるカキ果実内のガス移動シミュレーション

【3】FINEST 解析フレームワークの構築

(1) FINEST 解析フレームワークの構築では、マルチスケール解析により青果物の各種物性値時空間分布を非破壊で計測する方法を開発した。図3にカキ果実内の熱伝導率分布を可視化した結果を示す。本フレームワーク解析から得た計算結果は ImageJ ソフトを用いて可視化した。

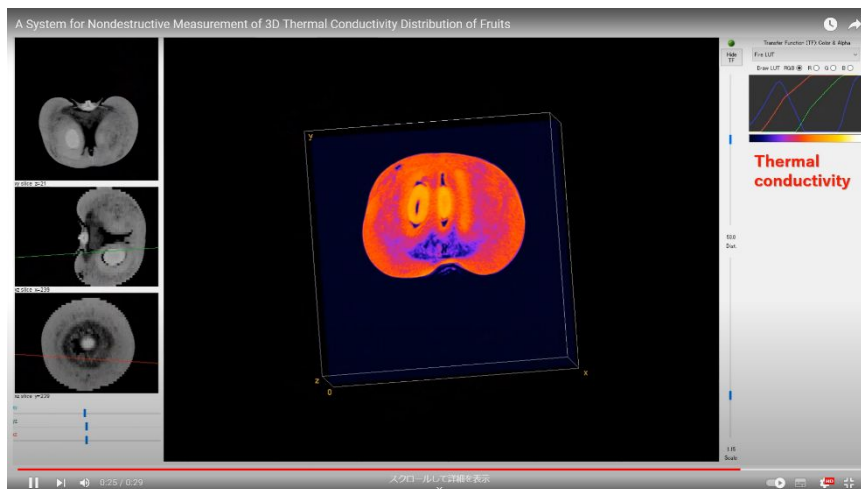


図3 FINEST 解析フレームワーク処理により可視化したカキ果実内部の熱伝導率分布

その他、若手育成と国際交流の観点からは、コロナ禍にもかかわらず、インターネットの活用と最終年度の在外研究を実施することができ、延べ7回の渡航を完遂した。2023年度MMBで開催される国際会議に出席を予定するなど、確実な連携の強化を達成したことをここに記す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Tran Van Thi, Kingwascharapong Passakorn, Tanaka Fumina, Tanaka Fumihiko	4. 巻 288
2. 論文標題 Effect of edible coatings developed from chitosan incorporated with tea seed oil on Japanese pear	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientia Horticulturae	6. 最初と最後の頁 110314 ~ 110314
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scienta.2021.110314	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Wardana Ata Aditya, Kingwascharapong Passakorn, Tanaka Fumina, Tanaka Fumihiko	4. 巻 56
2. 論文標題 CuO nanoparticles/Indonesian cedarwood essential oil loaded chitosan coating film: characterisation and antifungal improvement against <i>Penicillium</i> spp.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Food Science & Technology	6. 最初と最後の頁 4224 ~ 4238
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ijfs.15195	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Mohammadi Leila, Tanaka Fumina, Tanaka Fumihiko	4. 巻 45
2. 論文標題 Preservation of strawberry fruit with an Aloe vera gel and basil (<i>Ocimum basilicum</i>) essential oil coating at ambient temperature	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Food Processing and Preservation	6. 最初と最後の頁 e15836
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jfpp.15836	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Wardana Ata Aditya, Koga Arisa, Tanaka Fumina, Tanaka Fumihiko	4. 巻 11
2. 論文標題 Antifungal features and properties of chitosan/sandalwood oil Pickering emulsion coating stabilized by appropriate cellulose nanofiber dosage for fresh fruit application	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 18412
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-98074-w	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Wardana Ata Aditya, Kingwascharapong Passakorn, Wigati Laras Putri, Tanaka Fumina, Tanaka Fumihiko	4. 巻 32
2. 論文標題 The antifungal effect against <i>Penicillium italicum</i> and characterization of fruit coating from chitosan/ZnO nanoparticle/Indonesian sandalwood essential oil composites	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Food Packaging and Shelf Life	6. 最初と最後の頁 100849
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fpsl.2022.100849	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Wigati Laras Putri, Wardana Ata Aditya, Tanaka Fumina, Tanaka Fumihiko	4. 巻 209
2. 論文標題 Edible film of native jicama starch, agarwood Aetoxylon Bouya essential oil and calcium propionate: Processing, mechanical, thermal properties and structure	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Biological Macromolecules	6. 最初と最後の頁 597 ~ 607
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijbiomac.2022.04.021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Piyasathianrat N., Imaizumi T., Jitareerat P.	4. 巻 1336
2. 論文標題 Effect of calcium ascorbate vacuum infiltration against browning in fresh-cut apple	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Acta Horticulturae	6. 最初と最後の頁 279 ~ 286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17660/ActaHortic.2022.1336.37	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 IMAIZUMI Teppei, OGINO Hayato, ANDO Haruki	4. 巻 in press
2. 論文標題 Effect of heating under pasteurization conditions on mechanical and electrical properties of mung bean sprouts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Engineering in Agriculture, Environment and Food	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 ANDO Haruki, IMAIZUMI Teppei	4. 巻 27
2. 論文標題 Changes in electrical properties and void distribution of mung bean sprout during hot water heating	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Food Science and Technology Research	6. 最初と最後の頁 311-318
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3136/fstr.27.311	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 AOYAGI Tatsushi, OSHIMA Tatsuya, IMAIZUMI Teppei	4. 巻 139
2. 論文標題 Quantitative characterization of individual starch grain morphology using a particle flow analyzer	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 LWT	6. 最初と最後の頁 110589-110589
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.lwt.2020.110589	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 OSHIMA Tatsuya, KATO Kodai, IMAIZUMI Teppei	4. 巻 143
2. 論文標題 Effects of blanching on drying characteristics, quality, and pectin nanostructures of dried cut-persimmons	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 LWT	6. 最初と最後の頁 111094-111094
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.lwt.2021.111094	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wardana Ata Aditya, Wigati Laras Putri, Tanaka Fumina, Tanaka Fumihiko	4. 巻 58
2. 論文標題 Functional enhancement of hydroxypropyl cellulose based bionanocomposite films incorporating chitosan nanoparticles	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Food Science & Technology	6. 最初と最後の頁 907 ~ 920
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ijfs.16071	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wardana Ata Aditya, Wigati Laras Putri, Tanaka Fumina, Tanaka Fumihiko, Surono Ingrid S.	4. 巻 58
2. 論文標題 Probiotic cells support alginate based edible film properties: study of optical, water barrier and antifungal characteristics	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Food Science & Technology	6. 最初と最後の頁 929 ~ 938
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ijfs.16113	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岸 明良, 田中良奈, 田中史彦	4. 巻 72
2. 論文標題 陽イオン添加ブランチングがジャガイモのペクチン構造に及ぼす影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 九州農業食料工学会誌	6. 最初と最後の頁 1 ~ 5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計26件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 豊田光希, 田中良奈, 田中史彦
2. 発表標題 青果物内部の三次元構造を用いたガス移動シミュレーションと有効拡散係数の推算
3. 学会等名 農業食料工学会第79回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 朱俞璟, 牟田江梨花, 田中良奈, 田中史彦
2. 発表標題 デンブンを骨格とした食品用機能性フィルムの開発
3. 学会等名 農業食料工学会第79回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部怜香, 豊田光希, 田中良奈, 田中史彦
2. 発表標題 青果物内部の2次元構造を用いたガス移動解析と有効拡散係数の推算
3. 学会等名 第75回九州農業食料工学会例会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岸明良, 田中良奈, 田中史彦
2. 発表標題 陽イオン添加ブランチングが青果物のペクチン構造に及ぼす影響
3. 学会等名 第75回九州農業食料工学会例会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ata Aditya Wardana, Laras Putri Wigatil, Tran Thi Van, Fumina Tanaka, Fumihiko Tanaka
2. 発表標題 Antifungal Performances and Characteristics of Alginate/Lemongrass Oil Pickering Emulsion for Fruit Coating
3. 学会等名 The International Conference on Food and Applied Bioscience 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 梅原輝, 今泉鉄平, 大島達也, 勝野那嘉子, 西津貴久
2. 発表標題 低温ブランチングによる細胞膜損傷がニンジン組織中のペクチン状態に及ぼす影響
3. 学会等名 農業施設学会 2022年学生・若手研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 梅原輝, 今泉鉄平, 勝野那嘉子, 西津貴久
2. 発表標題 低温ブランチングによるニンジンの細胞膜損傷とペクチンの変化
3. 学会等名 第79回農業食料工学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tatsuya Oshima, Teppei Imaizumi, Nakako Katsuno, Takahisa Nishizu
2. 発表標題 AFM observation of carrot pectin growth by adding calcium
3. 学会等名 13th International Conference on Agrophysics
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 安藤春希, 今泉鉄平
2. 発表標題 ブランチングおよび冷凍によるモヤシの組織構造と電気的特性の変化
3. 学会等名 2020年度日本冷凍空調学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 黒田貴子, 大島達也, 今泉鉄平
2. 発表標題 品種の違いが干し柿の品質に及ぼす影響
3. 学会等名 農業施設学会 2020年秋季学生・若手研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 OSHIMA Tatsuya, KATO Kodai, IMAIZUMI Teppei
2. 発表標題 Changes of pectic substances in blanched and dried persimmon fruits
3. 学会等名 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOOD SCIENCES FST, UKM - GIFU UNIVERSITY 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 IMAIZUMI Teppei, ANDO Haruki
2. 発表標題 Relationships between inner air spaces and electrical properties of heated mung bean sprout
3. 学会等名 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOOD SCIENCES FST, UKM - GIFU UNIVERSITY 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大島達也, 今泉鉄平
2. 発表標題 ブランチングおよび乾燥処理が富有柿のペクチンナノストラクチャに及ぼす影響
3. 学会等名 農業食料工学会関西支部 第122回例会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 黒田貴子, 大島達也, 今泉鉄平
2. 発表標題 干し柿製造過程における柿内在ペクチンの変化
3. 学会等名 美味技術学会 第20回例会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大島達也, 今泉鉄平, 勝野那嘉子, 西津貴久
2. 発表標題 真空含浸処理による青果物の組織構造と電気的特性の変化
3. 学会等名 2021年農業施設学会学生・若手研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 TRAN Thi Van, TANAKA Fumina, TANAKA Fumihiko
2. 発表標題 haracteristic and antifungal ability against Botrytis cinerea of coatings developed from chitosan base enhanced with tea seed oil/advanced clay
3. 学会等名 1st Japan, Thailand and Indonesia Joint Seminar on Sustainable Agricultural Development Goals (SADGs), KSAMFE (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 WARDANA Ata Aditya, TANAKA Fumina, TANAKA Fumihiko
2. 発表標題 Inhibition of Botrytis cinerea by alginate/cajuput essential oil and the composite's surface properties as potential antifungal coating
3. 学会等名 International Conference on Aspects of Materials Science and Engineering (ICAMSE2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 WARDAK Mohammad Hamayoon, TANAKA Fumina, TANAKA Fumihiko
2. 発表標題 Developing of edible film and coating for minimally processed potatoes (Solanum tuberosum)
3. 学会等名 The 74th Annual Meeting of Kyushu Society of Agricultural Machinery and Food Engineers
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡田京子, 田中良奈, 田中史彦
2. 発表標題 米ゲルの温度変化および油脂添加による粘弾性特性の変化
3. 学会等名 第74回九州農業食料工学会例会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岸明良, 田中良奈, 田中史彦
2. 発表標題 原子間力顕微鏡による1-MCP処理貯蔵果実の微細構造観察と特徴解析
3. 学会等名 第74回九州農業食料工学会例会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 MOHAMMADI Leila, KHANKAHDAN Hamed Hassanzadeh, TANAKA Fumina, TANAKA Fumihiko
2. 発表標題 Effect of Aloe vera gel combined with basil (<i>Ocimum bacilicum</i>) essential oil as a natural coating on maintaining postharvest quality peach (<i>Prunus persica</i> L.) during storage
3. 学会等名 The 6th International Conference on Agricultural and Biological Sciences (ABS 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古閑亜里沙, 田中良奈, 田中史彦
2. 発表標題 青森ヒバ精油添加ゼラチン-コンニャクグルコマンナンベースコーティングが低温貯蔵下におけるモモ果実の品質に与える影響
3. 学会等名 2020年度日本冷凍空調学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 1.Tatsuya Oshima、Kodai Kato、Satoshi Iwamoto、Teppei Imaizumi
2. 発表標題 Effects of blanching pretreatment on drying characteristics and pectic states of dried 'Fuyu' persimmon
3. 学会等名 2019 International Joint Conference on JSAM, SASJ, and 13th CIGR VI Technical Symposium joining FWFNWG and FSWG Workshops (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ata Aditya Wardana、Fumina Tanaka、Fumihiko Tanaka
2. 発表標題 Atomic Force Microscopy Characterization and Antifungal Activity of Chitosan Loaded with ZnO Nanoparticle as Potential Edible Coating
3. 学会等名 4th ICMSET 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Fumihiko Tanaka
2. 発表標題 GREEN SHIFT: Establishment of a robust food chain system to promote export of Japanese fruit and vegetables - Data-driven transport system-
3. 学会等名 Special Lecture, Bohdan Dobrzanski Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, Lublin, Poland (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Fumina Tanaka
2. 発表標題 GREEN SHIFT: Establishment of a robust food chain system to promote export of Japanese fruit and vegetables - Sustainable transport system-
3. 学会等名 Special Lecture, Bohdan Dobrzanski Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, Lublin, Poland (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	田中 良奈 (Tanaka Fumina) (80817263)	九州大学・農学研究院・助教 (17102)	
研究 分担者	今泉 鉄平 (Imaizumi Teppei) (30806352)	岐阜大学・応用生物科学部・准教授 (13701)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
ポーランド	PAN, Institute of Agrophysics, Lublin		