

NanoSuit法を用いた 食品保護・健康維持技術

浜松医科大学 光先端医学教育センター
ナノスーツ開発研究部 特命研究教授 針山 孝彦

2022年2月18日



食品保護・健康維持技術の必要性

- ・ 一万年ほど前の人類は、食品保存することで文明・文化を築くことが出来た。食品は人の健康維持に直接つながることから、食品保護技術の発展を目指すことは不可欠となった。
- ・ 人新世（Anthropocene）を迎え、食品保護の必要性が一層高まっている。
- ・ 食品を安全に保護することは、防菌・防カビを含めて、食品の形状・変性を防ぐことである。

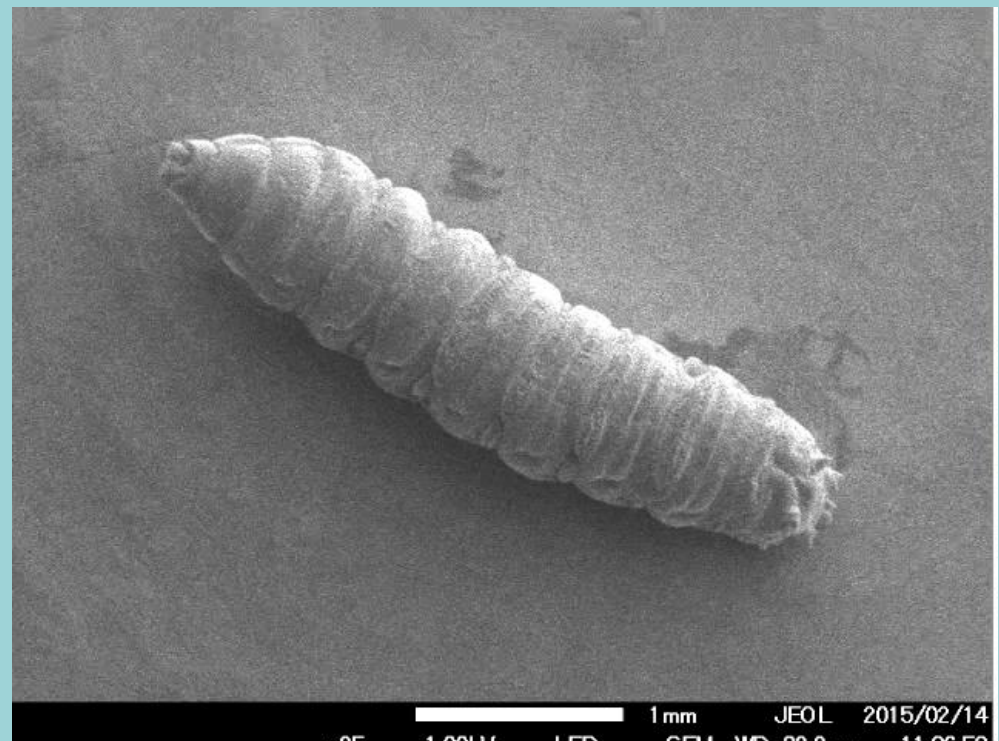
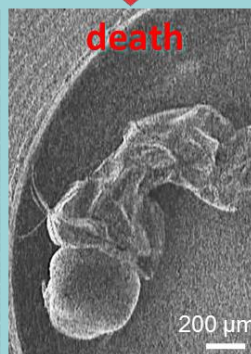
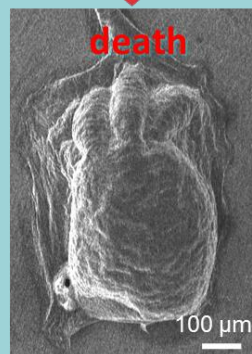
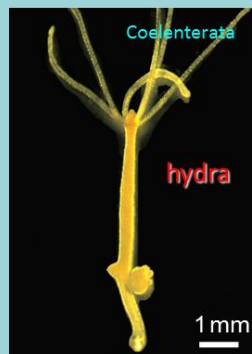
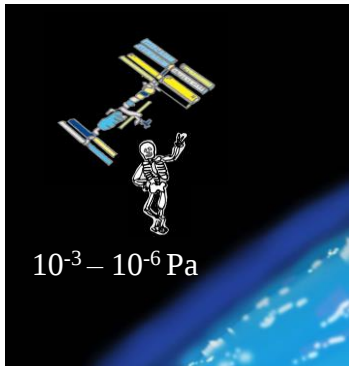
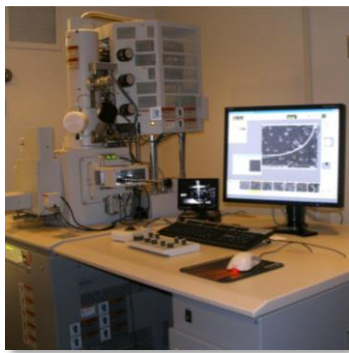
NanoSuit法を発明 成膜としてのNanoSuit膜を 利用して食品保護を！



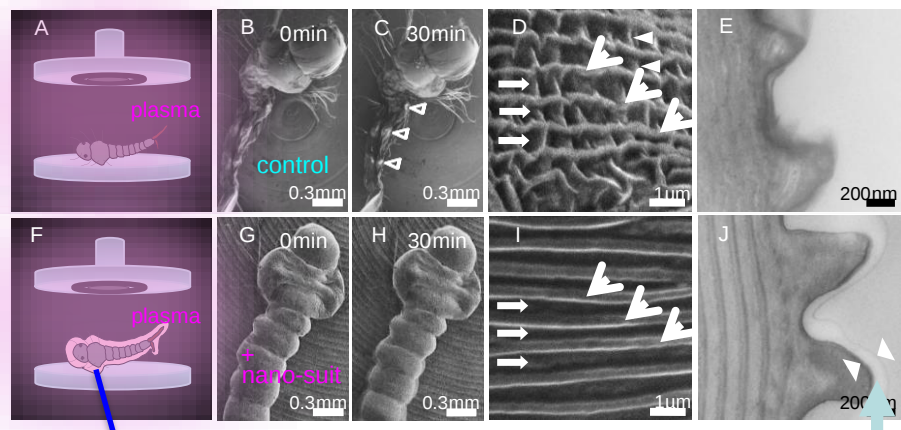
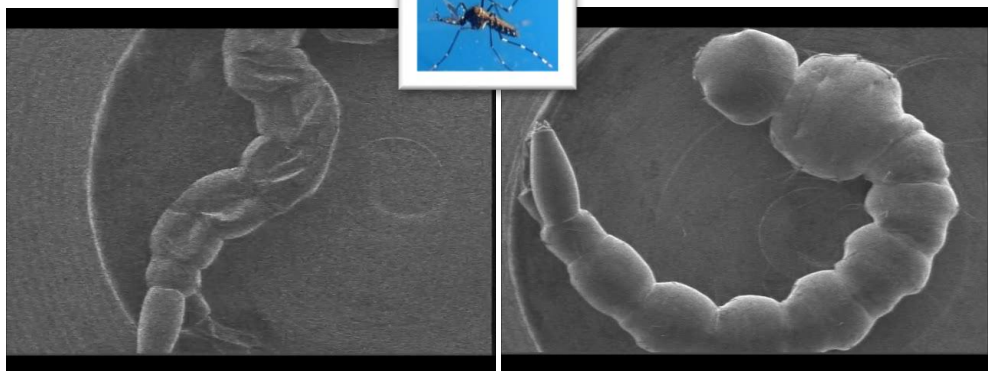
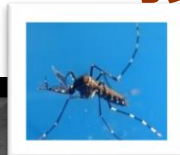
NanoSuit技術とは

NanoSuit技術とは

NanoSuit技術とは高真空環境下で、
生のまま・濡れたままの生物試料を
NanoSuit膜によって保護する技術。



NanoSuit技術とは



正常組織 (Normal tissue)

癌組織 (Cancer tissue)

NanoSuit



光学顕微鏡

光学顕微鏡観察および撮影

二次元カラー観察

ex. HE染色切片

大切なプレパラートを再度保存可能

キシレンなどにスライドガラスを
浸けて、カバーガラスを外す

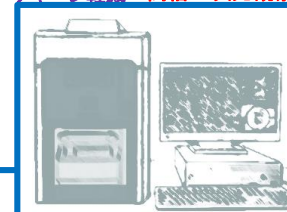
NanoSuit溶液を塗布(微量滴下)

スピンコートによってNanoSuit液を薄く
試料とスライドガラスに広げる

電子顕微鏡観察および撮影
二次元カラー観察

カバーガラスで再度封入

走査型電子顕微鏡

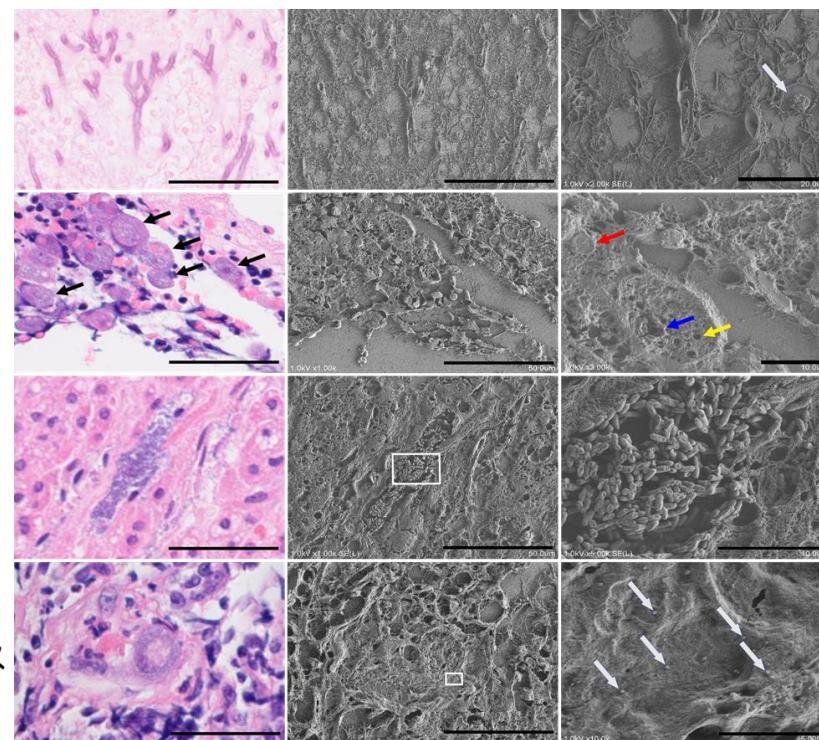


真菌

原虫

細菌

ウイルス

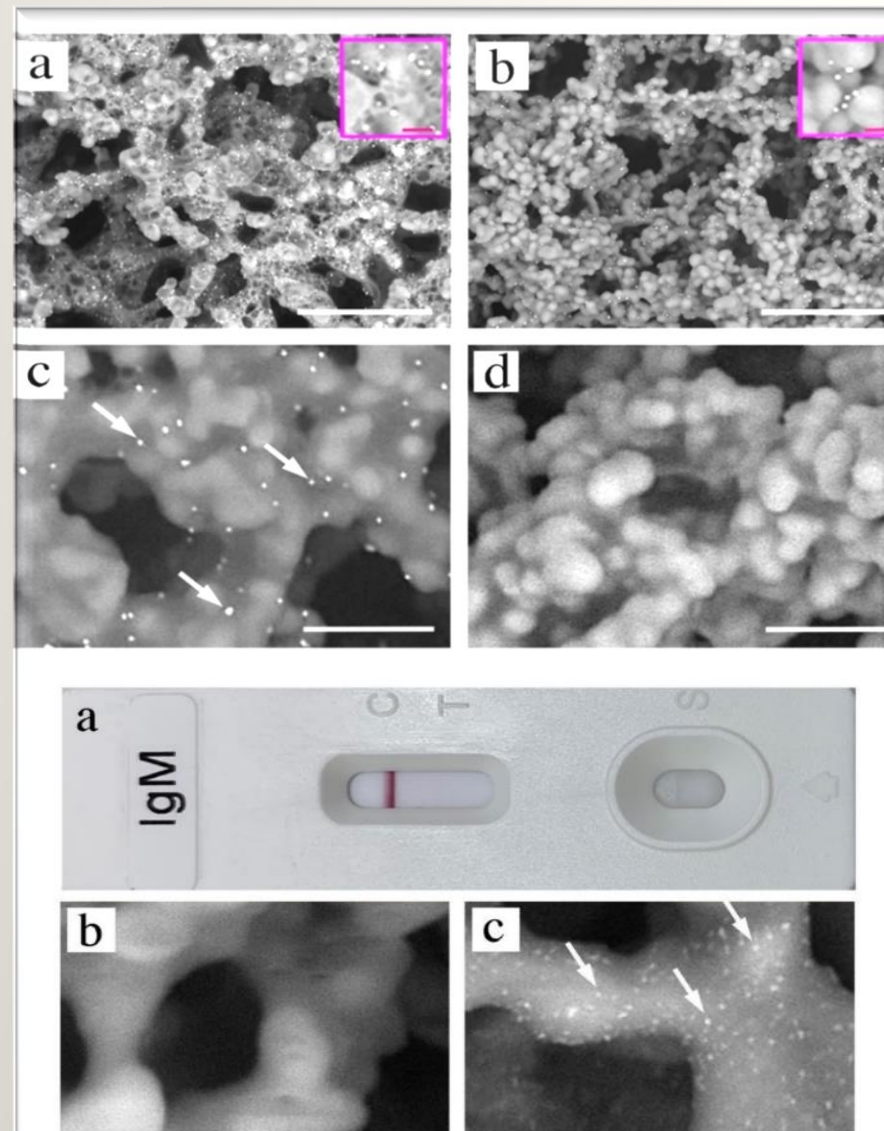
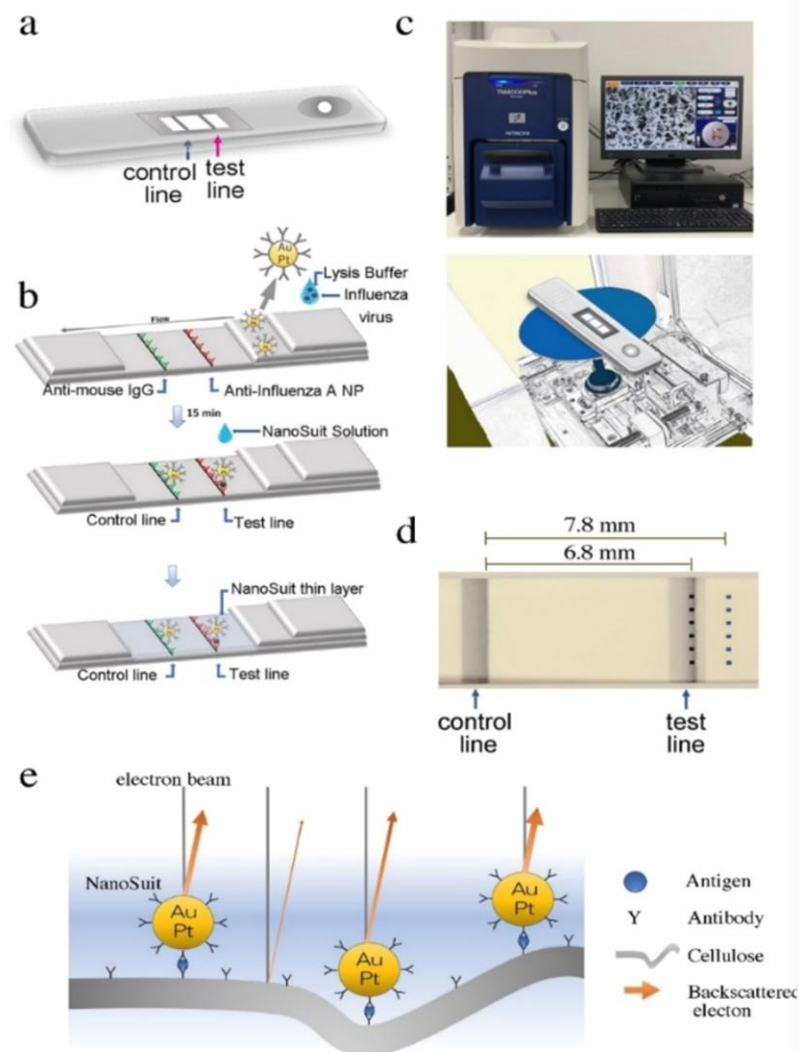


H&E染色

FE-SEM観察

NanoSuitが持つ被膜導電性によって静電気蓄積が起こらず画像がクリアに得られ、ヒトでは検知できない微量の金属ナノ粒子を電子顕微鏡で検出することが可能になる。

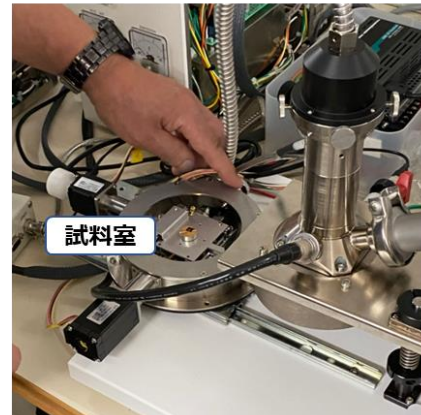
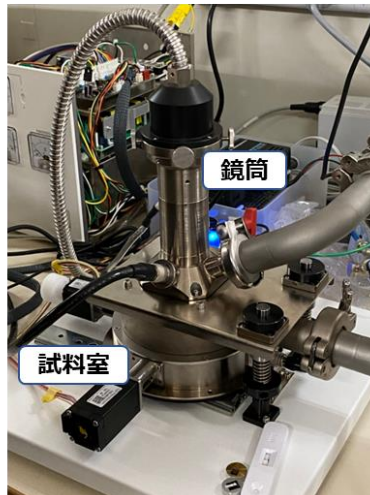
NanoSuit-イムノクロマト法とは



食品アレルギーの高感度イムノクロマト検出も可能

NanoSuit技術とは

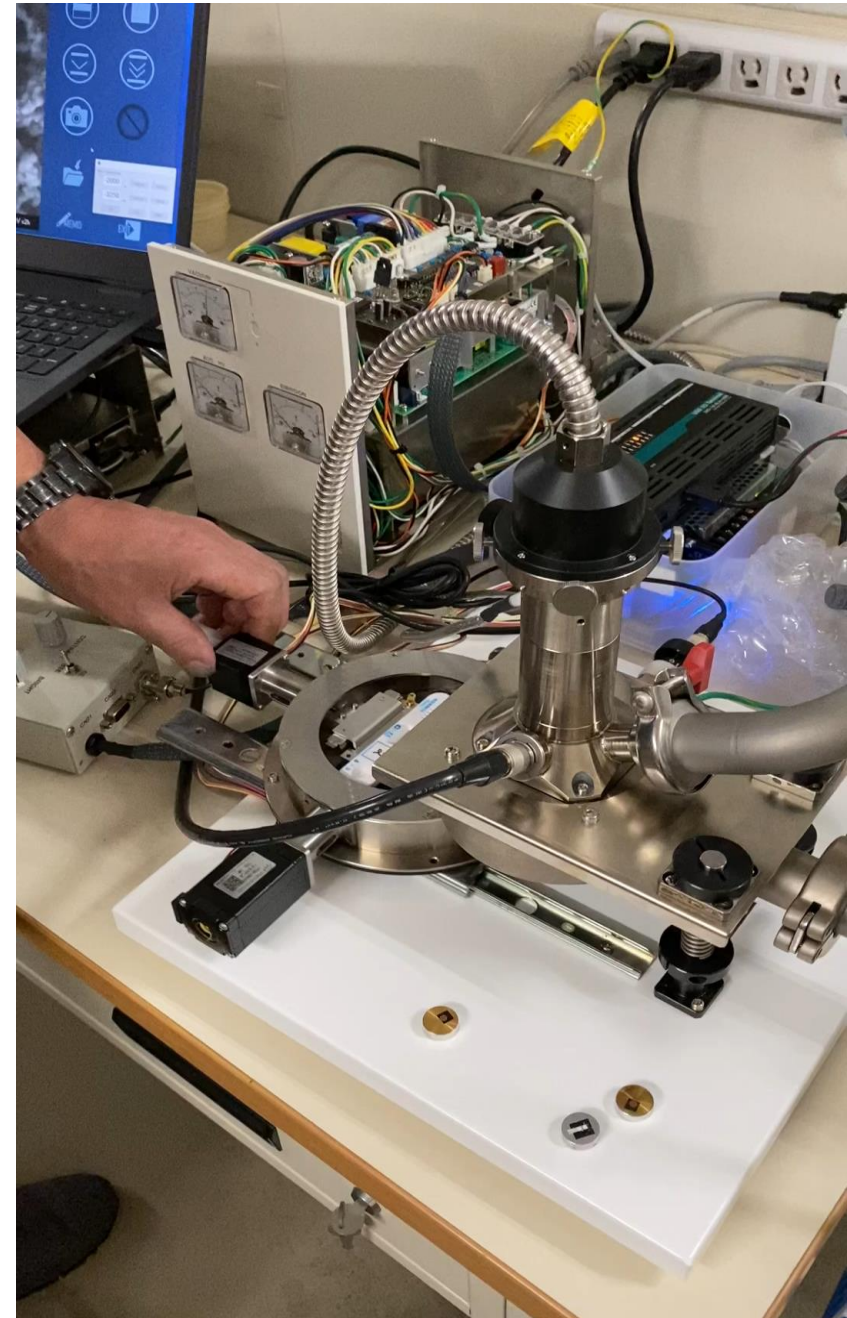
装置の開発状況



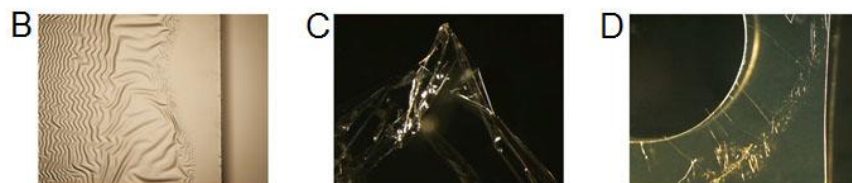
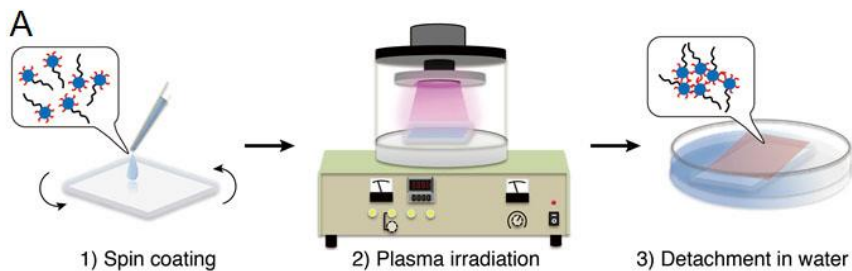
試料導入	02秒
気圧開放/遮断弁閉め終わり	12秒※
電子線照射開始	53秒※
オートフォーカス	1分11秒
画像取得終わり	1分57秒

※遮断弁の電磁弁化および鏡筒真空遮断バルブ搭載で真空引き時間は更に30秒程度短縮の予定

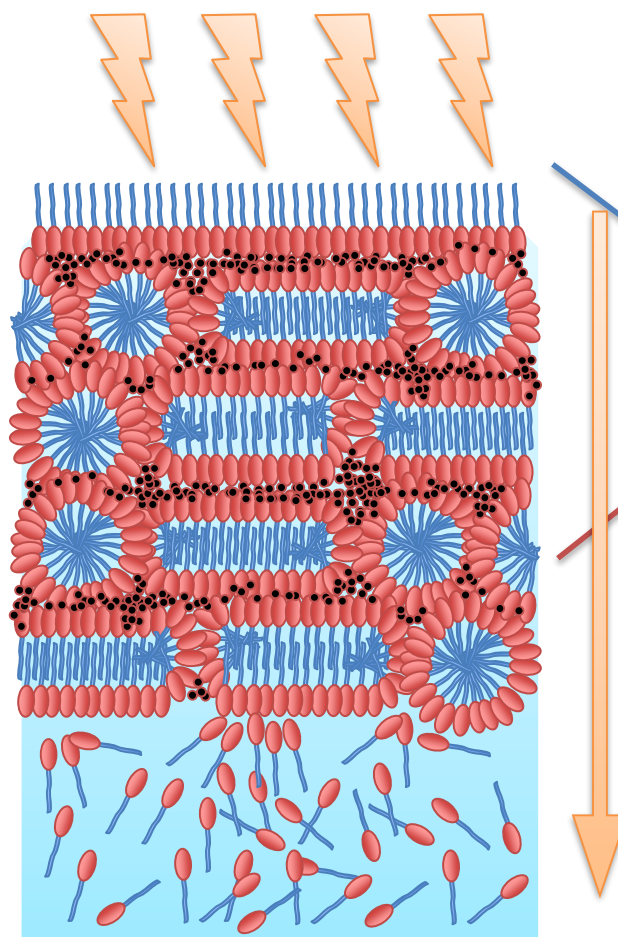
<https://youtu.be/PDJ9o2tIDqs>



NanoSuit技術とは



プラズマ照射



疎水性(気固界面で形成)

- ・疎水性官能基による撥水性、親油性
- ・高い分子密度によるガスバリア性
- ・高い分子間相互作用による力学特性

疎水性官能基(アルキル鎖など)

親水性官能基(水酸基など)

親水性(固液界面で形成)

- ・親水性官能基による親水性、撥油性
- ・低い分子密度による膨潤性
- ・低い分子密度による化学種吸着性
- ・反応性官能基への環境応答分子修飾

NanoSuit法の特徴

NanoSuit膜の特徴	研究目的での電顕観察用途	その他産業用途
水分バリア性である	真空である電顕観察条件下においても細胞・生物・生体組織・食品等に含まれる水分を保ち形状を維持して観察できる	食品コーティング (保存期間延長；大気圧下でも水分維持効果や外部の菌などからのバリア性を有することを利用)
導電性である	静電気の蓄積が生じないため、絶縁性材料の観察が容易にできる (繊維・プラスチック・セラミクス等)	電顕によるイムノクロマト診断 (基材である繊維の静電気蓄積を防ぐので、電顕で診断できるようになる)
表面が親水性である	—	プラスチック等の表面親水処理 (細胞培養プレート等；親水的表面には細胞は接着しにくい)
生体適合性材料	生物・細胞などの観察に適す	食品コーティングに適す

オレンジの欄が、食品への適用に適したNanoSuitの特徴

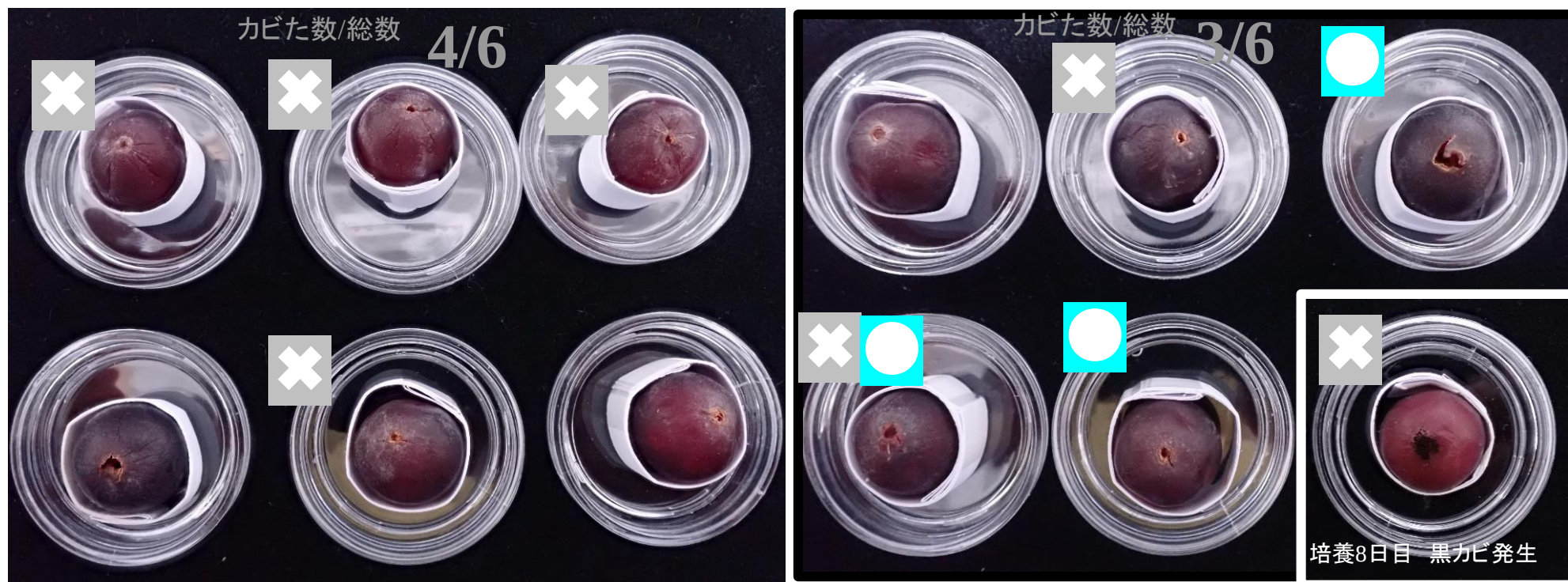
照射条件の最適化

検証方法：NanoSuit®溶液 typeIを噴霧し、某社の大気圧プラズマ発生装置を使用し、プラズマ処理を行った。37℃にて、10日間培養した。

2群共に、プラズマ処理あり

溶液噴霧なし

NanoSuit®溶液 typeI



結果：NanoSuit®溶液 typeIとプラズマ処理をすることで、カビの発生が抑制される傾向がある。
果実損傷は見られない。

熱ダメージの少なさに加え、成膜することでの水分保持効果の可能性がみられる(水色●印)。

NanoSuit®法による食品保護

溶液噴霧なし

NanoSuit®溶液 typeI

プラズマ
処理なし

防菌 ✕

防菌 ✕

プラズマ
処理あり

防菌 △

防菌 ◎

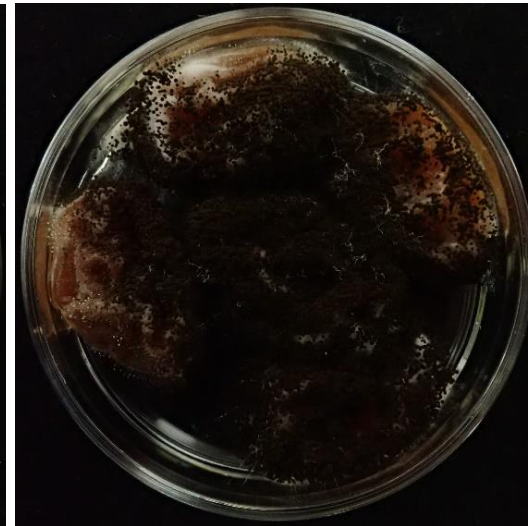


NanoSuit®溶液の塗布およびプラズマ照射の有無によるミカンの変化。溶液噴霧なしでプラズマ処理も無い場合（左上）は、ミカンが萎縮し菌も広がった。NanoSuit®溶液typeIの噴霧だけ（右上）でも菌の増殖を抑制している可能性があることが示された。また、溶液の有無にかかわらず、プラズマ処理すると（左下）、菌の発生を抑制する傾向があった。さらに、NanoSuit®溶液typeIを使いプラズマ照射により成膜をすると（右下）、より顕著な防菌効果があることが示された。

TREHA_NanoSuit®膜による食品保護の防カビ検証

溶液なし 50% 溶液TREHA

プラズマ処理なし



プラズマ処理あり

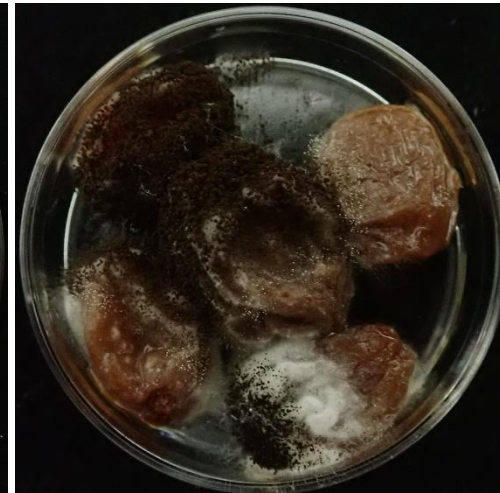


食品_NanoSuit®膜による食品保護の防カビ検証

溶液なし

10% 溶液TREHA

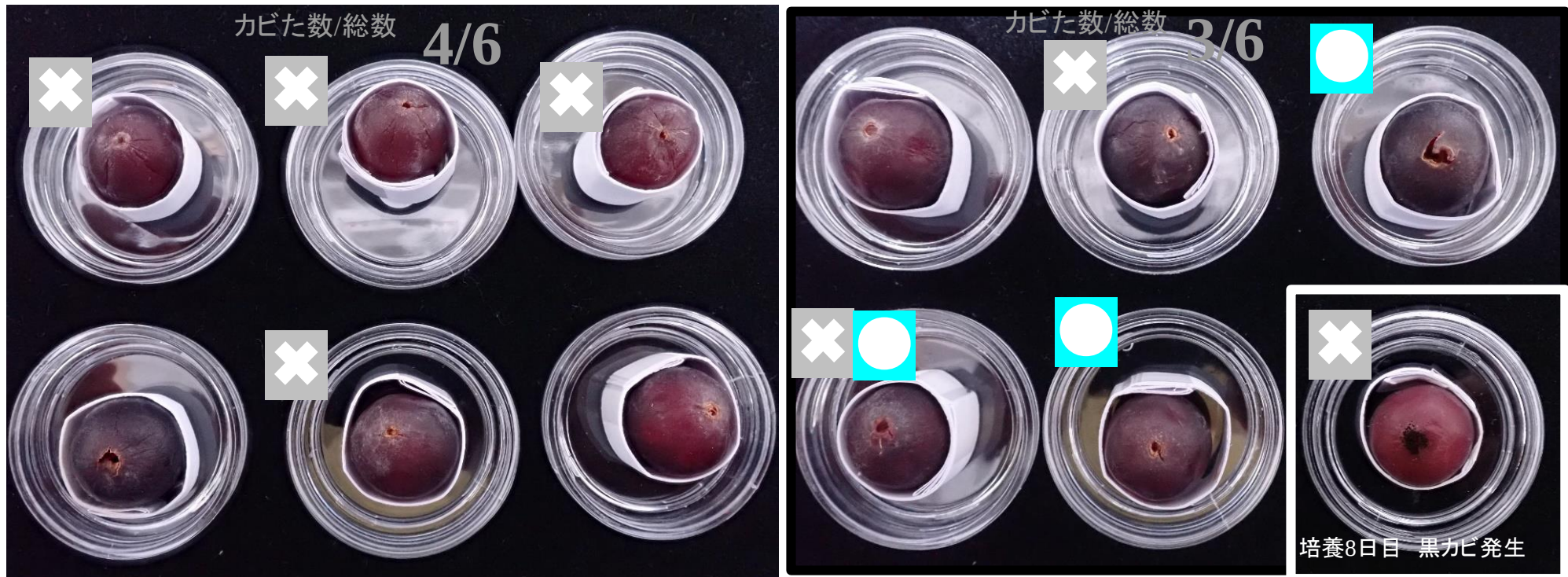
プラズマ処理なし



プラズマ処理あり



検証方法：NanoSuit®溶液 typeIを噴霧し、エア・ウォーター社の大気圧プラズマ発生装置を使用し、プラズマ処理を行った。37°Cにて10日間培養した
2群共に、プラズマ処理あり
溶液噴霧なし。 NanoSuit®溶液 typeI



結果：NanoSuit®溶液 typeIとプラズマ処理をすることで、カビの発生が抑制される傾向がある。
果実損傷は見られない。
熱ダメージの少なさに加え、成膜することでの水分保持効果の可能性がみられる(水色●印)。

プラズマ照射量(時間、面積、エネルギー)の問題
?



一本の木から
同じ方向
同じ枝から
収穫したミカン

上面からプラズマ照射



ミカンを指標に、
NanoSuit溶液の有無、
照射の有無を比較。

NanoSuit®法による食品保護の防カビ検証

溶液噴霧なしNanoSuit®溶液 typeI

プラズマ
処理なし

防菌 ✕

防菌 ✕

プラズマ
処理あり

防菌 △

防菌 ○



NanoSuit溶液の塗布およびプラズマ照射の有無によるミカンの変化。溶液噴霧なしでプラズマ処理も無い場合(左上)は、ミカンが萎縮し菌も広がった。NanoSuit溶液typeIの噴霧だけでも菌の増殖を抑制している可能性があることが示された。また、溶液の有無にかかわらず、プラズマ処理すると(左下)、菌の発生を抑制する傾向があった。さらに、NanoSuit®溶液typeIを使いプラズマ照射により成膜をすると(右下)、より顕著な防菌効果があることが示された。

検証方法：NanoSuit®溶液 typeIを噴霧し、プラズマ照射を行った。
37°Cにて、21日間培養した(n=3組)。

1日目

7日目

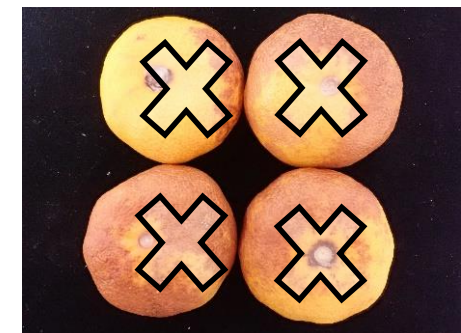
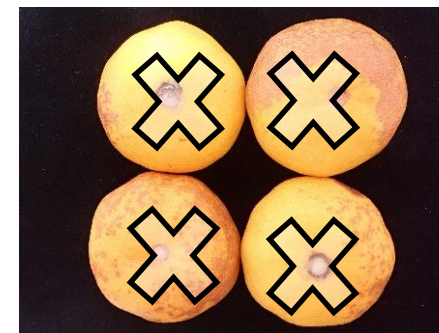
17日目

21日目

NanoSuit®溶液
typeI
溶液噴霧なし

プラズマ
処理なし

プラズマ
処理あり



結果：ナノスーツ成膜をすると、黒点病(✕)を防ぐ。

食品安全性試験

外部組織への委託 2021.4.6

: 体重測定/週、剖検(目視のみ)、検体投与量(2000, 300, 50, 5mg/kgより選択)

NanoSuit膜 17.7g



(成膜したものを裁断し水に入れて経口投与)

正式な結果

NanoSuit FAを被験物質として、ラットを用いる急性経口毒性試験(限度試験)を行った。被験物質に 注射用水 を加えて 100 mg/mL に調製したものを 試験液とした。試験液を雌雄ラットに20 mL/kgの投与液量で単回経口投与し、14日間観察を行った。その結果、観察期間中に異常及び死亡例は認められなかった。

以上のことから、ラットを用いる単回経口投与において、被験物質のLD50値は、雌雄ともに2000 mg/kgを超えるものと評価された。



実際に、実験後に食べてみて、問題はない。

従来技術とその問題点と新技術の特徴

国内では、クレラップ、サランラップ、ハイミランなどという商品名で呼ばれる包装材が、競合技術の一翼である。

海外では、それらの包装材に加えて、Apeel Sciencesが会社として誕生し、ビル・ゲイツ氏の出資を受け大きく成長している。しかし、この技術は単なる既存の植物性脂質の塗布であって、取り立てて優れたものではない。**フードロスに対する強い解決法が求められている**ことを示している。

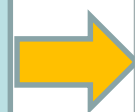
<https://www.apeel.com/faqs>

サランラップやハイミランの環境負荷問題を解決しようと、Apeel(株)が塗布剤を開発。しかし、溶剤を塗布しているだけ。

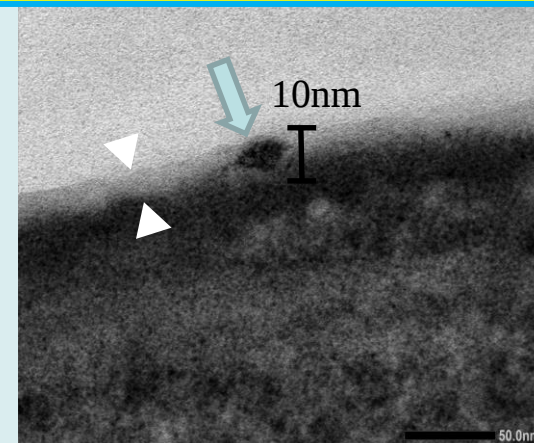
12 つくる責任 つかう責任

SDGs

サランラップやハイミランは優れた包装材だが、廃棄に環境負荷がある。包装処理が面倒



Onepot処理によって食糧表面に自立薄膜形成



NanoSuit膜で包み込んだウイルスプラズマ照射強度を上げることで完全に不活化できる。矢印:ウイルス、矢頭で挟まれた部分: NanoSuit膜

NanoSuit自立薄膜は生体適合性高分子素材で生分解性

想定される用途



- 本技術の特徴を生かすために、第一段階として高価な食品に適用することで、長期保存のメリットが大きいと考えられる。
- 上記を展開する中で、第二段階として処理費用の軽減を図り、種々の食品に廉価で適用することも期待される。

実用化に向けた課題

- 本技術の宣伝をどのようにすれば不明なため関係企業に周知されない。
- 基礎技術は完成しており、食品保持能力があることも確認している。社会実装するために、NanoSuit被膜の膜厚形成と滅菌のため、今後、1. 溶液の調整法、2. 大気圧プラズマ照射法の最適化について実験データを取得し、条件設定を行っていく。

企業への期待

- 基礎技術を社会実装レベルにするために、共同研究を行っていただける企業と共に開発を進め、基礎特許に基づいた応用特許を出願し、国内発の技術として世界発信したい。
- 未解決の長期保存については、大気圧プラズマ照射技術の改良により克服できると考えている。
- また、食品保護を開発中の企業、食品輸出入分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

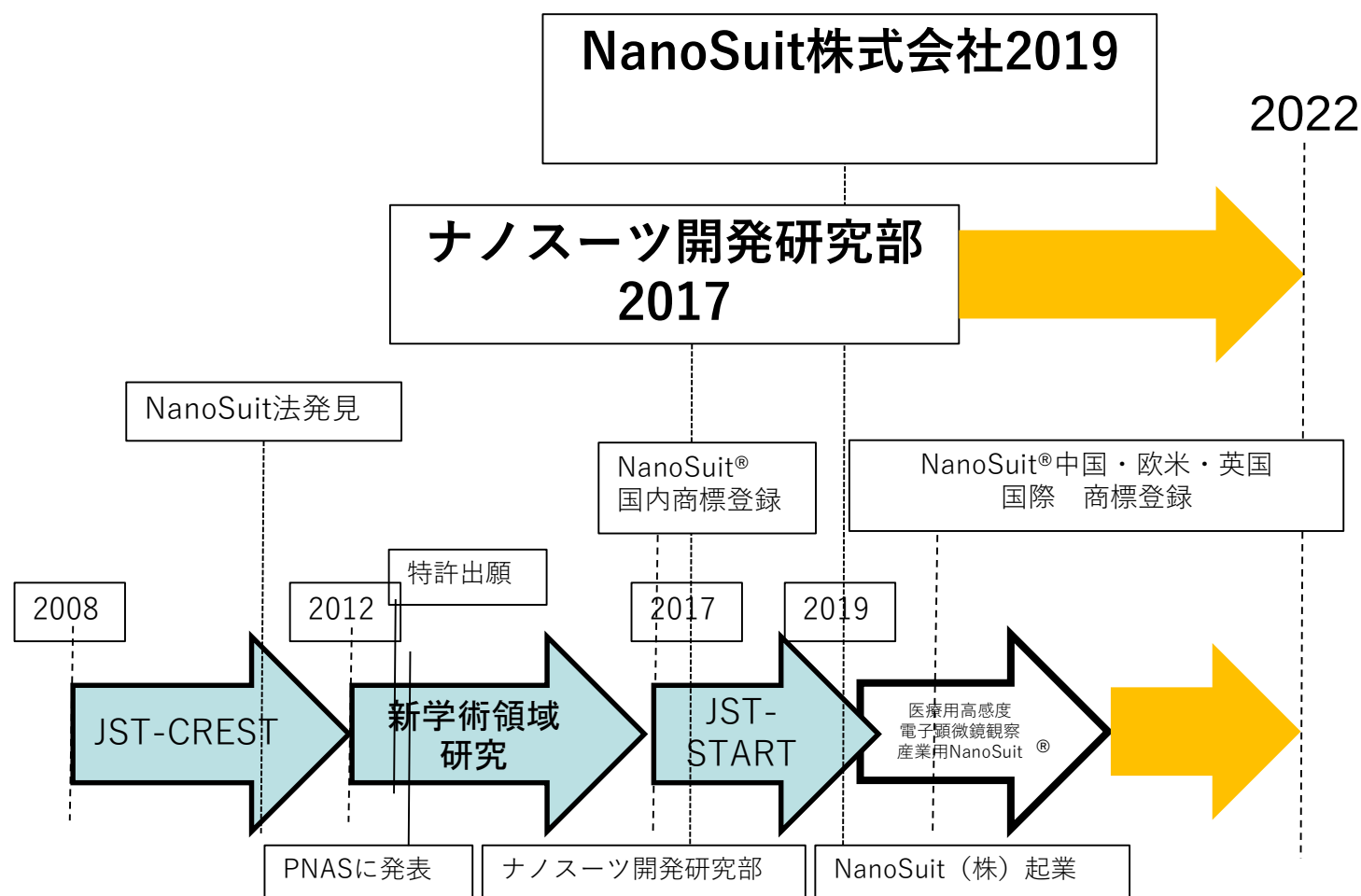
本技術に関する知的財産権

有機重合薄膜とその製造方法

- PCT/JP2013/074141
- CN104619747B 中国権利化済み
- US9687793B2 米国権利化済み
- KR20150052848A 韓国審査中
- JP6104916B2 日本権利化済み
- EP2894185B1 欧州権利化済み
- IN2015DN01861A インド権利化断念
- US10046283B2 米国権利化済み(分割出願)

この特許の上位概念としてNanoSuit技術の基本特許(特許第6104916号)がある。権利者は科学技術振興機構(JST)

産学連携の経歴



2017年4月に浜松医科大学に光先端医学教育センター・ナノスーツ開発研究が設置され、2019年NanoSuit株式会社が大学発ベンチャーとして設立され、浜松医科大学の支援を受けている。

NanoSuit株式会社は、JSTが保有する特許を、使用料を支払い運営しており、電子顕微鏡に特化したNanoSuit法の使用が許可されている。成膜技術としてのNanoSuit法に関しては、JSTから出願番号PCT/JP2013/074141で「有機重合薄膜とその製造方法」として国際特許化されている。

食品へのNanoSuit法の適用開発は、JST-STARTの支援を浜松医科大学・ナノスーツ開発研究部で受け、鋭意研究推進している。

お問い合わせ先

浜松医科大学

知財活用推進本部 伊藤 悟

TEL 053-435-2681

FAX 053-435-2179

e-mail itos@hama-med.ac.jp