

表紙

□プロジェクト名

プロジェクトCore Industry

□研究開発分野

次世代材料・分析評価

□研究開発テーマ

塗膜／外用剤の次世代分子デザインに向けた
3次元可視化法の確立

□研究リーダー

名古屋大学大学院生命農学研究科 青木 弹

□事業化リーダー

中京油脂ホールディングス株式会社 加藤 裕貴
日本メナード化粧品株式会社 山羽 宏行

□参画機関名:あいち産業科学技術総合センター

□日付:2024年3月6日

I. 研究テーマの概要

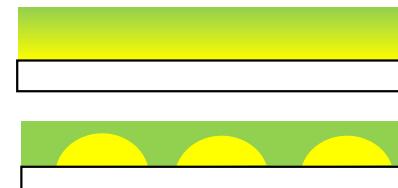
目的:塗膜／外用剤成分のミクロな構造・分布の3次元可視化

製品開発における分析技術のハードル

マテリアル分野の課題

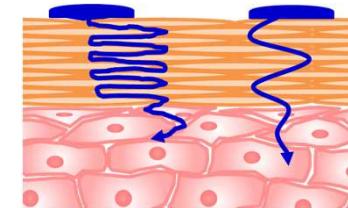


機能性コーティング(塗膜)の
内部状態がわからない



メディカル分野の課題

皮膚に浸透した外用剤成分について
何が/どこに/どれだけあるかわからない



- ・有機分子を区別・追跡しながら微細構造を可視化することが困難
- ・高度な先端分析装置や特別な試料調製法、複合的データ解析が必要
- ・1回限りの高コスト依頼分析では、
構造制御・特性評価によるフィードバックへと発展できず、
多種多様な製品の開発リードタイム圧縮(=競争力強化)は困難

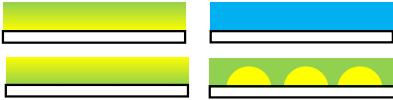
I. 研究テーマの概要

目的:塗膜／外用剤成分のミクロな構造・分布の3次元可視化

塗膜

機能性コーティング乳剤の開発:複数成分から形成される
薄膜表層/内部の構造解析と化学成分の分布可視化

機能発現と構造の
相関理解が重要



【従来技術】

<課題>

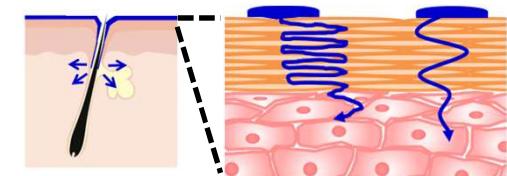
分子の混和/配向状態の解析は困難

薄膜内部での有機物識別・可視化は困難

外用剤

化学浸透剤への応用:皮膚に浸透した化粧品成分の可視化

配合成分の
皮膚浸透性の
確認が重要



【従来技術】

<課題>

皮膚内部での定量的な分布は不明

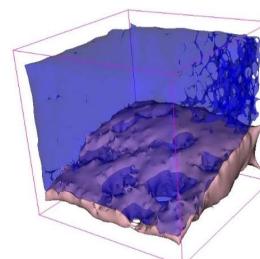
可視化できる成分は限定的(修飾・染色)

- ・有機薄膜/コーティングの
微細な立体構造
- ・極表面&内部の分子配向と
発現物性との相関

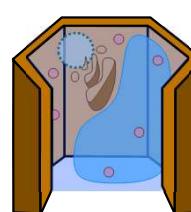
表面エッティングしながら
バリア成分と密着成分の
層構造を3D-nm可視化

機能性コーティング(数 μ 厚)
基材(紙、フィルム等)

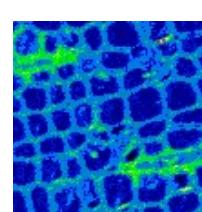
有機3次元評価技術



3D可視化



凍結イメージング



冷却ステージで
凍結分析を実現

- ・生体内における
薬品の輸送・拡散挙動
- ・有効成分の生体内分布と
薬理効果の相関

成分別の浸透を3D-nm可視化

実装& 解析

汎用ソフトでの
解析環境整備

有機薄膜の内部構造・標的化合物の生体内立体分布の
3次元可視化を、低温サンプル調製法を活用した
高度計測分析と多変量解析により実現させる

I. 研究テーマの概要

全体の
実施概要

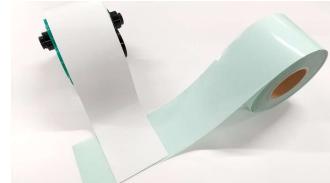
① ~ ⑦

本年度までの
実施概要

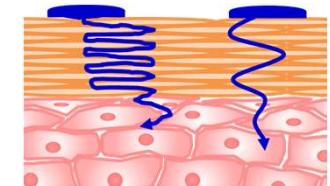
① ~ ⑥

- ① データベース作成
- ② 試料調製法
- ③ 3次元測定
- ④ データ解析
- ⑤ ⑥ 低温測定
- ⑦ 定性・定量分析

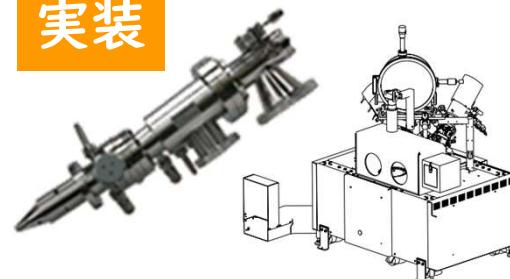
塗膜



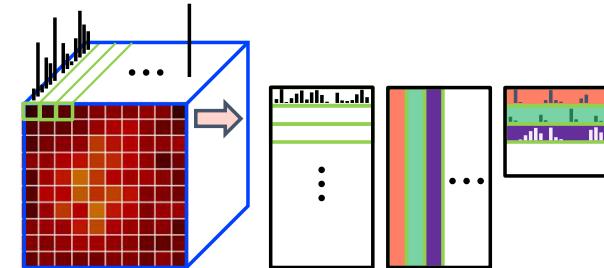
外用剤



実装



解析



研究開発体制: 参画機関の役割

ナノスケールの有機3次元可視化法開発

名古屋大学
あいち産科技セ

低ダメージイオン銃、
冷却ステージ等を導入し、
知の拠点あいちで評価技術の
開発・測定を実施

導入



知の拠点あいち
高度計測機器・シンクロトロンの活用

評価技術の利活用

中京油脂HD
日本メナード化粧品

利用

次世代分子デザインに不可欠な
3次元構造解析技術を利用し
製品開発・安全性検証に活かす

2. ロードマップ

	研究項目	課題と 解決方法	令和4年 7~9月	令和4年 10~12月	令和5年 1~3月	令和5年 4~9月	令和5年 10~12月	令和6年 1~3月
	実装&解析				5 低温導入 システムの設計 3 GCIB導入 3次元測定	6 低温測定 Matlabによるデータ解析 4 対象成分の立体分布可視化と 深さプロファイル解析 塗膜 標的化合物のスペクトル取得と データベース作成	凍結試料の調製法と 導入手順の検討 Pythonによるデータ解析 基材上の3次元 塗膜構造の解析 低温スパッタリング条件の検討	低温 3次元測定
研究開発	3次元測定 低温測定 解析手法	現状の分析条件(平面・室温)を3次元分析可能とし、解析手法を確立する。 研究計画詳細の打ち合わせ・準備等						
	塗膜							
	試料調製 分析手法	機能性コーティング剤が形成する塗膜構造を3次元的に把握することで、複数成分で構成される塗膜構造を正確に把握する。						
	外用剤							
	試料調製 分析手法	外用剤成分の分布を3次元的に可視化することで、外用剤の有効性および安全性を正しく評価する。			2 各種分析に供与可能な薄膜(1 μm以下)作製と条件検討 3 分析用試料の調製法の最適化 外用剤 3次元測定における皮膚内のイメージング解析に係る課題抽出と条件検討		低温スパッタリング条件の検討 皮膚内成分の分布解析	
事業化の取組					3次元分析の需要調査	3次元分析の需要調査(継続)		

3.研究開発の実施状況

1 標的化合物のスペクトル取得とデータベース作成

2 分析用試料の調製法の最適化

スパッタリング条件(薄膜および生体での速度評価)の確立

Siウェハ基材上の3次元塗膜構造の解析

皮膚内成分の分布解析

3 室温3次元測定

4 対象成分の立体分布可視化と深さプロファイル解析

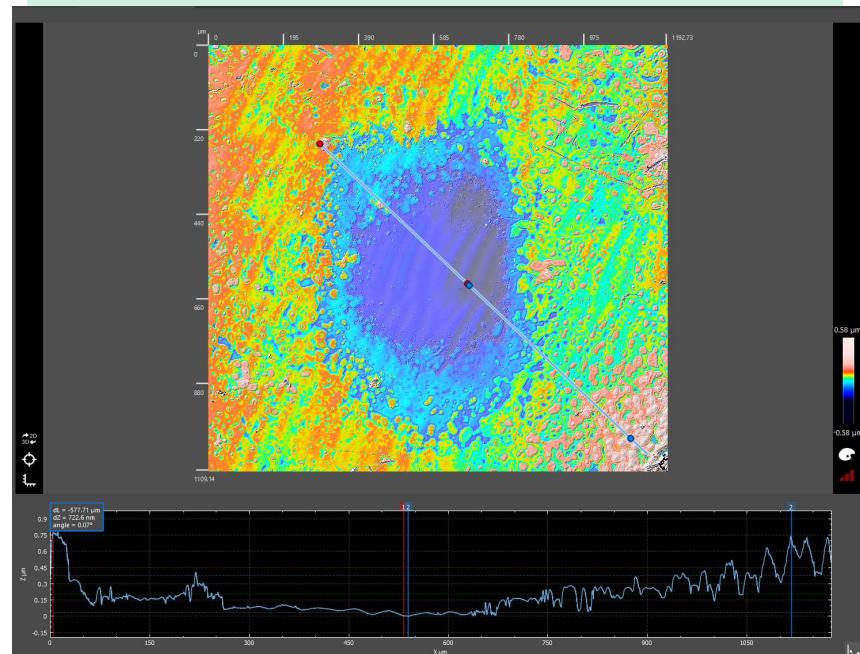
Matlab/Pythonによるデータ解析

5 低温導入システムの設計

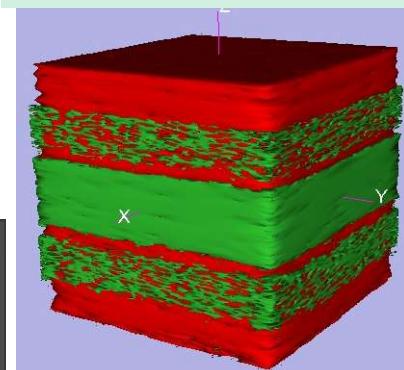
6 低温3次元測定

3D分析・スパッタリング条件の検討

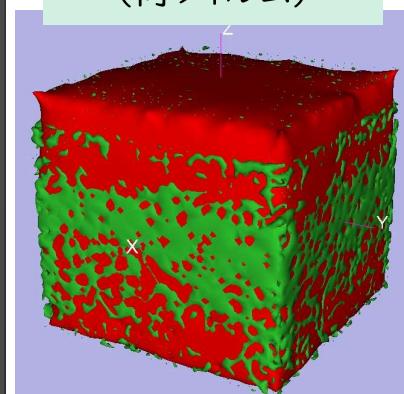
知の拠点に新しく導入された白色干渉計を用いて
スパッタ状況の分析・スパッタレートの評価



Ar-GCIBでの3Dデータ
(10 μm、7層フィルム)



C60での3Dデータ
(同フィルム)



3.研究開発の実施状況

1 標的化合物のスペクトル取得とデータベース作成

2 分析用試料の調製法の最適化

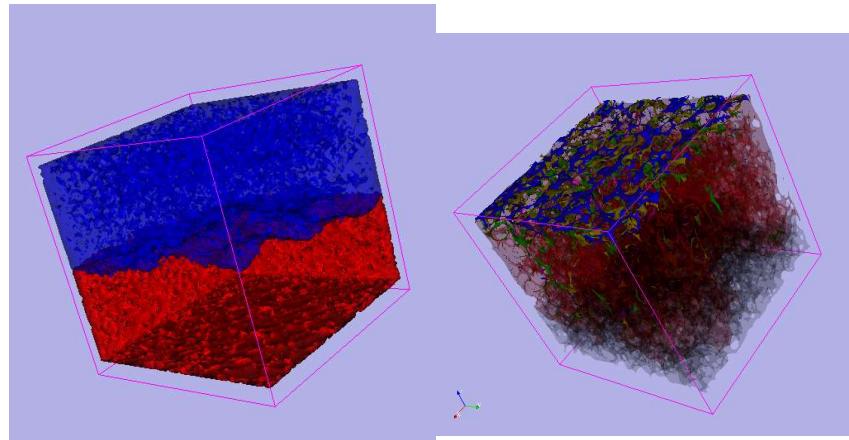
スパッタリング条件(薄膜および生体での速度評価)の確立

Siウェハ基材上の3次元塗膜構造の解析

皮膚内成分の分布解析

3 室温3次元測定

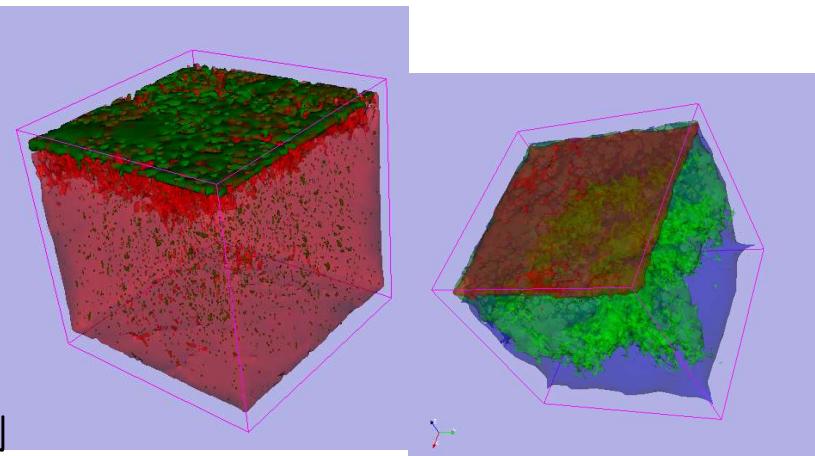
Siウェハ基材上の3次元塗膜構造



表面側

内部側

皮膚内成分の分布

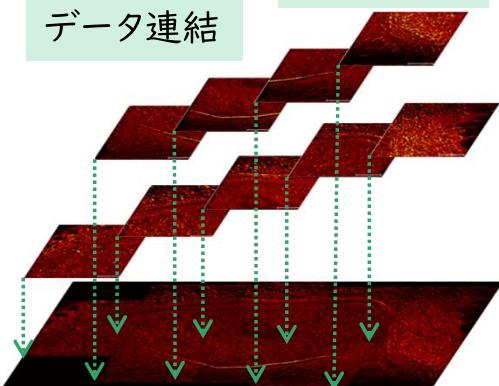


3.研究開発の実施状況

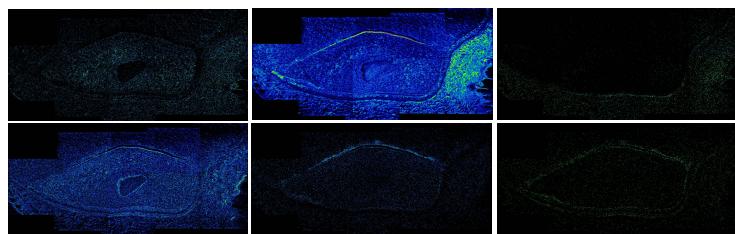
4 対象成分の立体分布可視化と深さプロファイル解析

Matlab/Pythonによるデータ解析

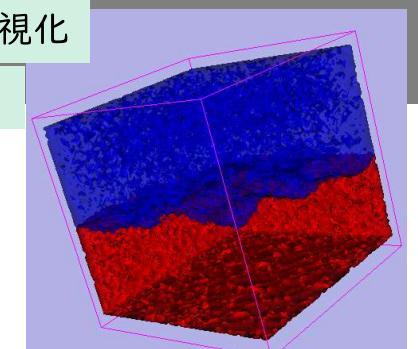
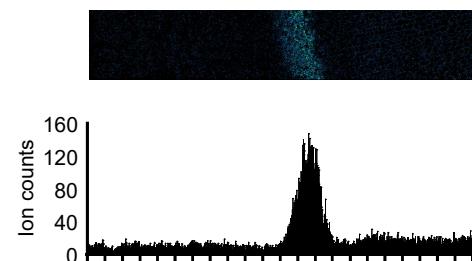
(Matlab)



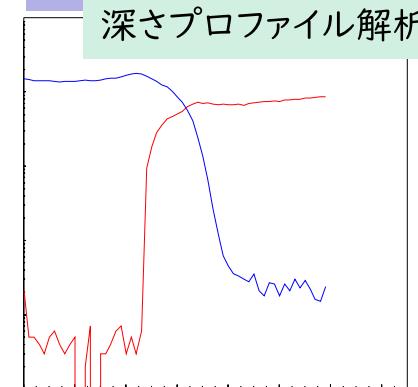
連結2Dイメージの一括出力



ラインプロファイル解析



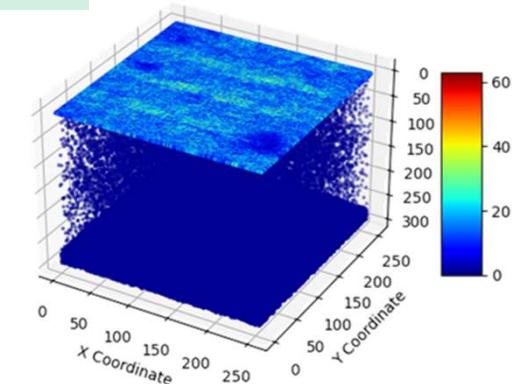
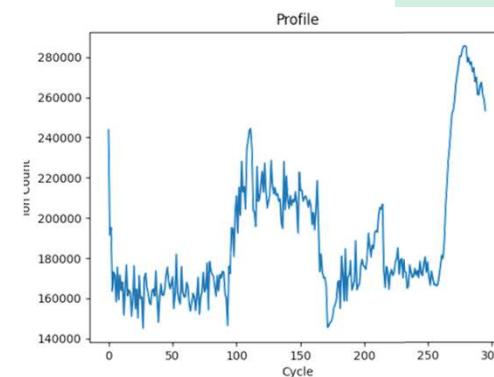
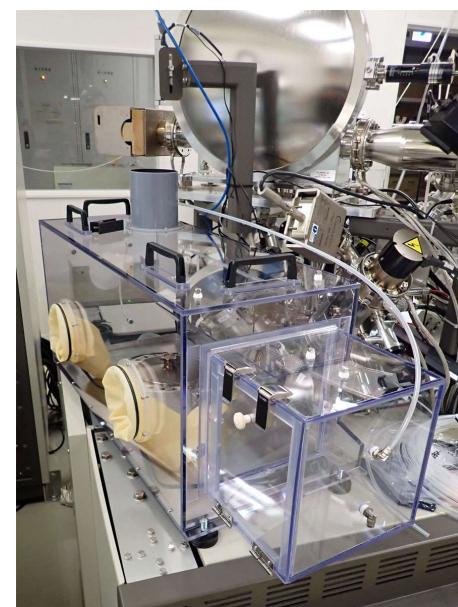
深さプロファイル解析



5 低温導入システムの設計

6 低温3次元測定

Ulvac-Phi社と協議・設計した高気密・低温導入システム。通常時には撤去可能で、低温測定時に速やかに準備できる。



4. 研究実績

○特許出願

なし

○外部発表

学会発表(リグニン討論会・招待講演)

シンポジウム(日本木材保存協会・招待講演)

シンポジウム(木材の化学加工研究会・招待講演)

若手フォーラム(日本接着学会中部支部・招待講演)

○情報発信

展示会出展(メッセナゴヤ2022、あいちものづくりエキスポ2023)

○会議の開催件数

研究開発会議(2022年12月、2023年3月・6月・9月)

(随時メール/Slackでデータ/解析手法を共有し、協議)

5. 事業化の見通し

解析に必要な測定条件・調整手法の検討を進めており、

塗膜および皮膚のイメージング・データ解析が可能となった。

今後より高度な解析(3次元、クライオ、微量成分)をすすめる。

・既成品や既存の技術レベルに対する本研究成果の優位性、国際競争力

GCIBおよびクライオシステムを備えたTOF-SIMS解析事例はまだ一般的ではなく、同技術を用いた解析には優位性がある。

・プロジェクト終了後のビジネスプランへのつながり

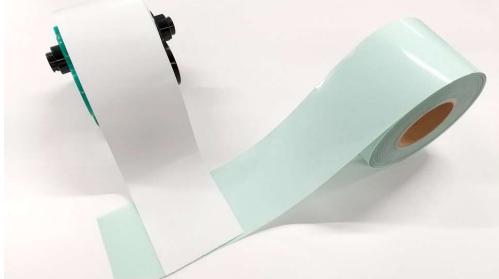
本技術を利用した製品開発をすることにより、
独自性の高い塗膜／外用製剤の開発につながる。

・事業化につながる体制づくりの状況

技術の一般化に向けて、課題抽出や分析条件の選定を進めている。

5. 事業化の見通し

機能性コーティング



環境対応、SDGs取り組みといった社会情勢の中で、
プラスチック代替のニーズが増えており、
紙基材に対するコーティング需要/要求が高くなっている。
本技術を用いた機能性コーティング剤の提供をすることで、
製品機能の向上とラミネートと比較したコスト低下が期待されるため、
コーティング剤の市場性および市場競争力は高まると予想される。
特に近年では、環境対応製品にもコスト競争力は求められ始めており、
事業化に向けた課題にもなると考えられる。

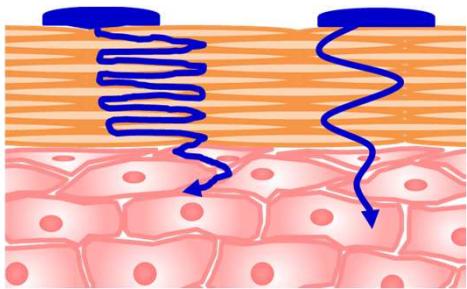
・市場性(ユーザー視点)

製造工程と薄膜内成分分布の
因果関係をダイレクトに可視化・理解し、
需要に応じた特性制御が可能になる。

・今後の課題 実際の構造解析結果と発現物性を関連付け、
製造時に目標となる「構造」を具体化することで、
製品開発速度を加速する。

5. 事業化の見通し

外用剤の皮膚浸透性評価技術



コロナ対策の緩和により、化粧品業界ではマスクを着用しない生活およびインバウンド需要の活性化に向けて市場の拡大が進むと予想される。また、近年の化粧品業態の流れとして、新技術を前面に押し出した企業の開発姿勢の露出や、個人サービスに特化した新技術応用がトレンドとなっている。したがって、**製品の有効性、安全性に直結する本技術開発の必要性**が重視されると予想され、更なる技術開発の進行が求められる。

・市場性（ユーザー視点）

外用剤成分の皮膚浸透挙動を視覚的に捉えることにより、ユーザーが安心して使用できる。

・今後の課題 技術応用した商品の市場投入を目指すとともに、積極的な技術発表やリリースを行い、技術の一般化を進める。

6. 県産業への貢献度、人材育成等

○本県産業への波及の見通し

機能性コーティング

- ・機能性コーティングは様々な材料の表面特性を制御するものであり、対応できる特性制御範囲=利用範囲が広がれば、波及効果は大きい。

外用剤の皮膚浸透性評価技術

- ・外用剤の皮膚浸透挙動の視覚化は一般的に困難であり、分析技術が一般化されれば多くのメーカーが利用すると考えられる。

○人材育成への取組状況

- ・産官学連携の取り組みとなり、若手研究者を中心に積極的な技術導入、人脈形成が進められている。
- ・課題解決に向けたフットワーク軽量化のため、担当者ベースでの具体的なメール議論を高頻度化し、Slack/Teams/Zoomの利用も進めている。