

樹脂基材への 貴金属ナノ粒子固定化技術と その応用

大阪大学 大学院工学研究科
ビジネスエンジニアリング専攻
准教授 清野 智史

2025年1月30日

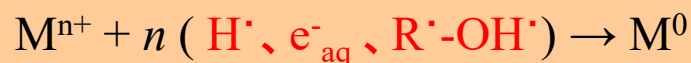
コア技術：放射線を利用したナノ粒子合成法

放射線還元プロセスの概要

出発原料水溶液

- Gold ion (Au^{3+})
- Isopropyl alcohol
- Polymer (PVA)

担体(例: Fe_2O_3)



放射線

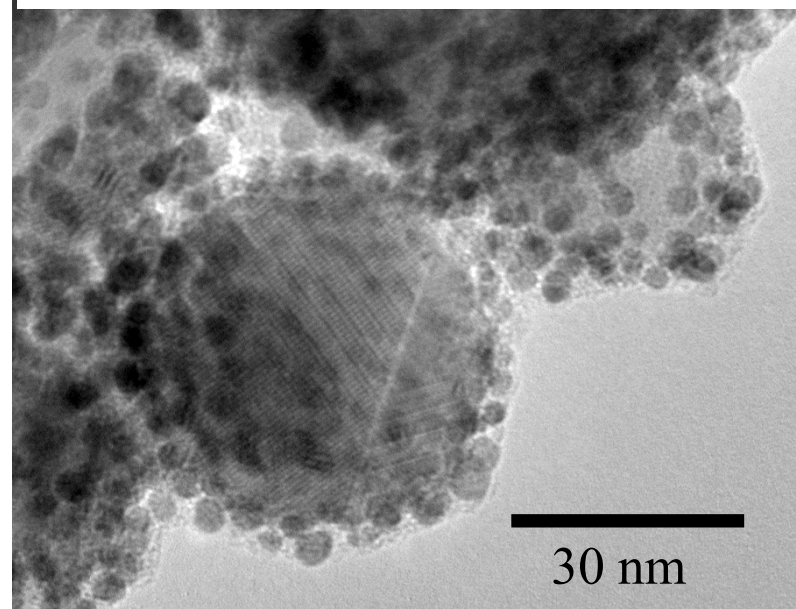
$\text{Au/Fe}_2\text{O}_3$

出発原料水溶液に放射線を照射するだけの簡単なプロセスで、貴金属と担体からなる複合ナノ粒子を合成できる。

吸収線量は、医療器具の滅菌や食品照射と同程度であり、既存の商業用・研究用照射施設での合成が可能である。

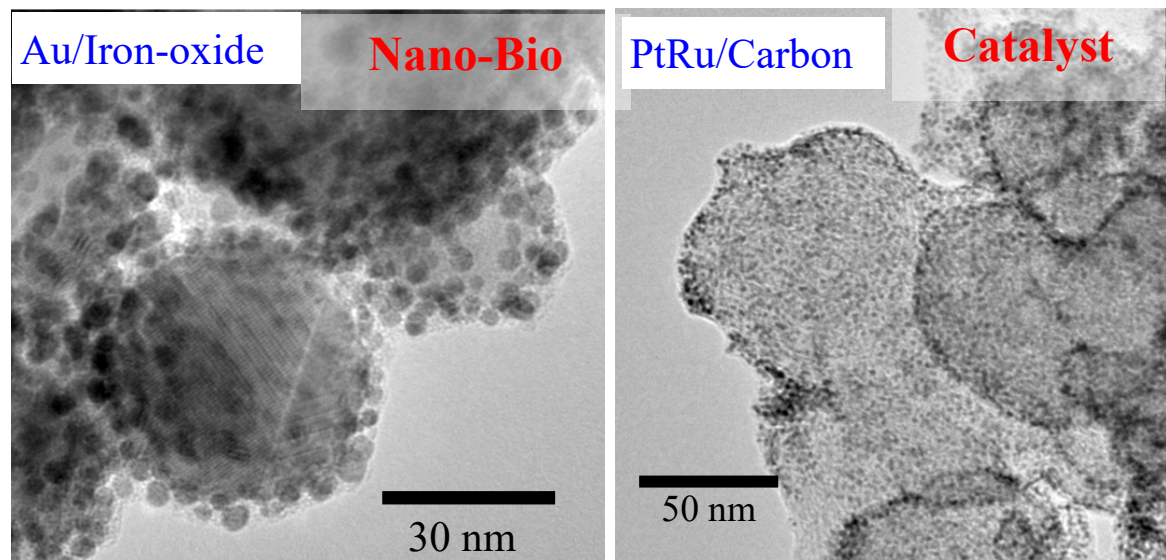
バイオ用磁気ビーズ(金/酸化鉄)、繊維製品への抗菌性付与(銀系)などの用途で、一部実用化の実績あり。

担体粒子の表面に、数nmサイズの貴金属粒子が多数担持した構造

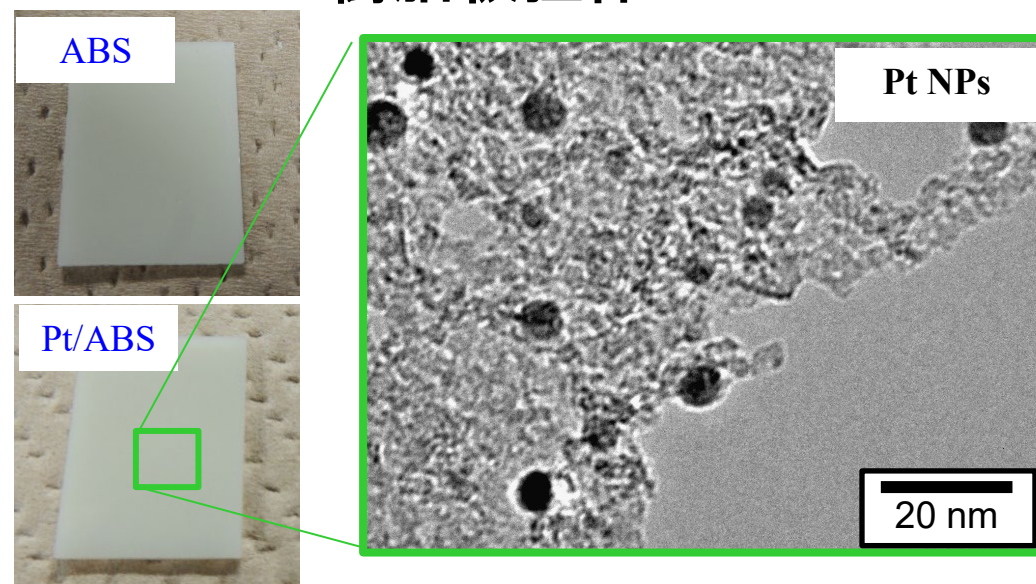


これまでに合成した材料の例

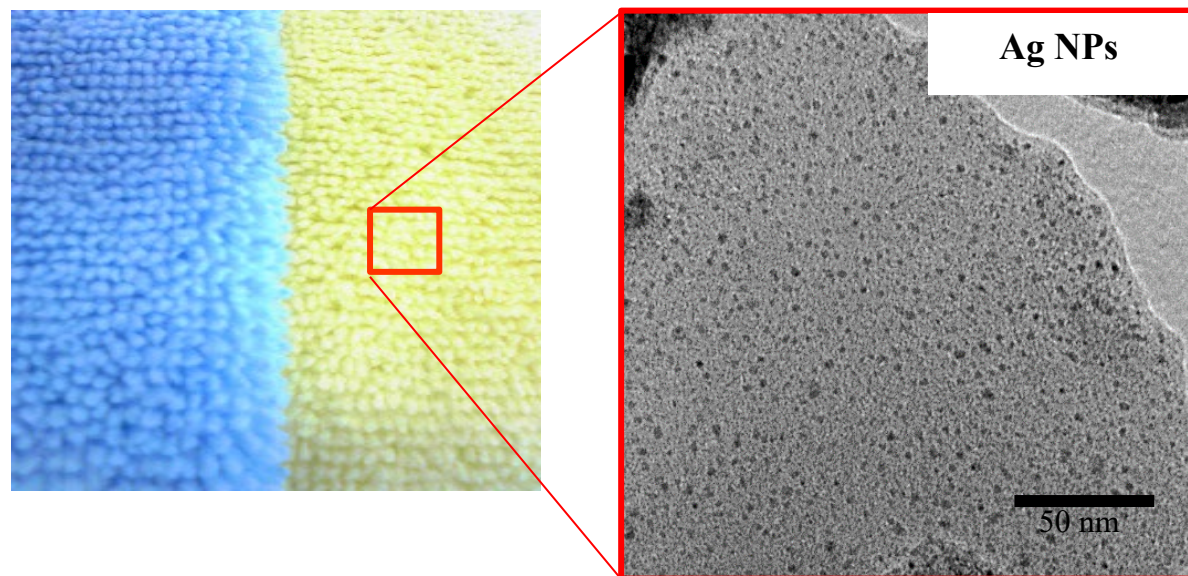
ナノ粒子担体



樹脂板担体



繊維担体



✓ 目的に応じて様々な組み合わせで
貴金属ナノ粒子を固定化できます。

金属: 貴金属 (単元系 & 二元系)

担体種 : セラミックス、カーボン、高分子 等

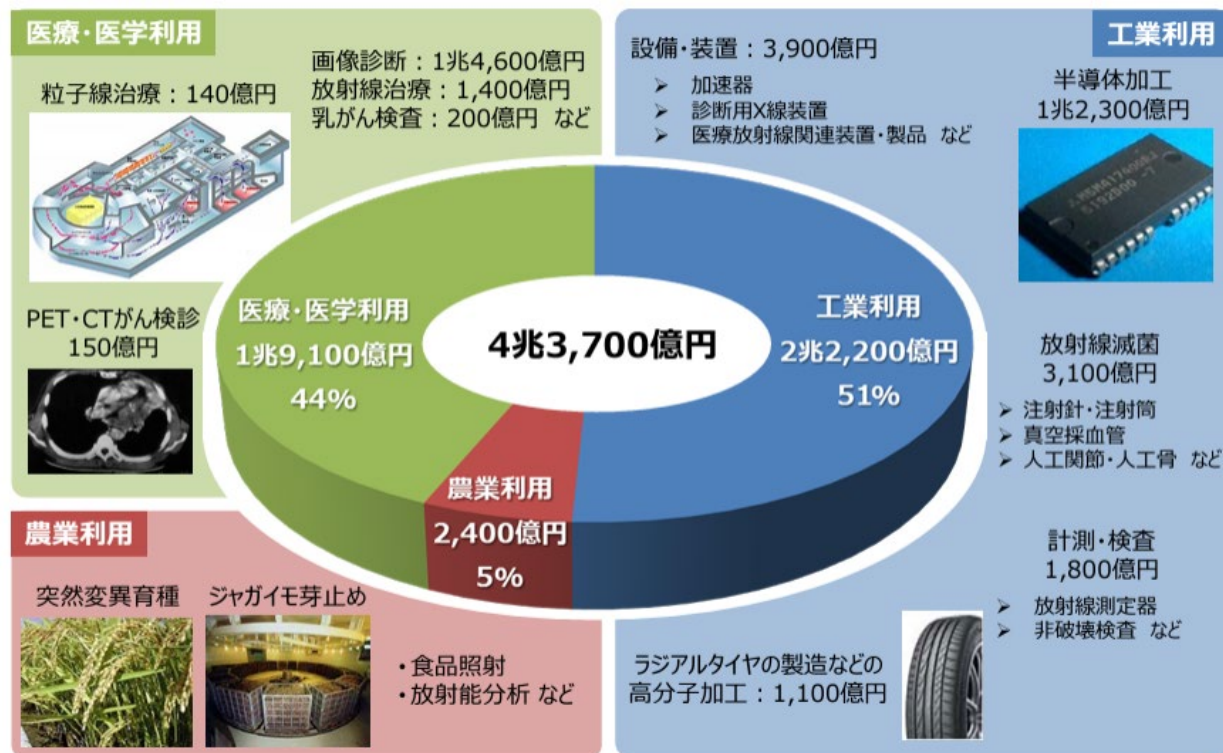
担体形状: ナノ粒子、マイクロ粒子、多孔質体、
繊維(糸・生地)、フィルム、バルク体

放射線法の特徴

- 基材となる材料の表面に、貴金属ナノ粒子を直接&強固に固定化することができる。
 - 水溶液プロセス、バインダー不要、
 - 用途に応じた組み合わせで技術を提供可能
(金&酸化鉄、銀&繊維、**パラジウム&樹脂板** 等)
 - 貴金属の多元系による高機能化も得意 (例：触媒活性)
- スケールアップへの対応も一部実証済
 - 商業用放射線施設の利用 (製品化の実績有)
 - **連続合成プロセス**への展開も？ (現在進行中)

【参考】放射線の工業利用について

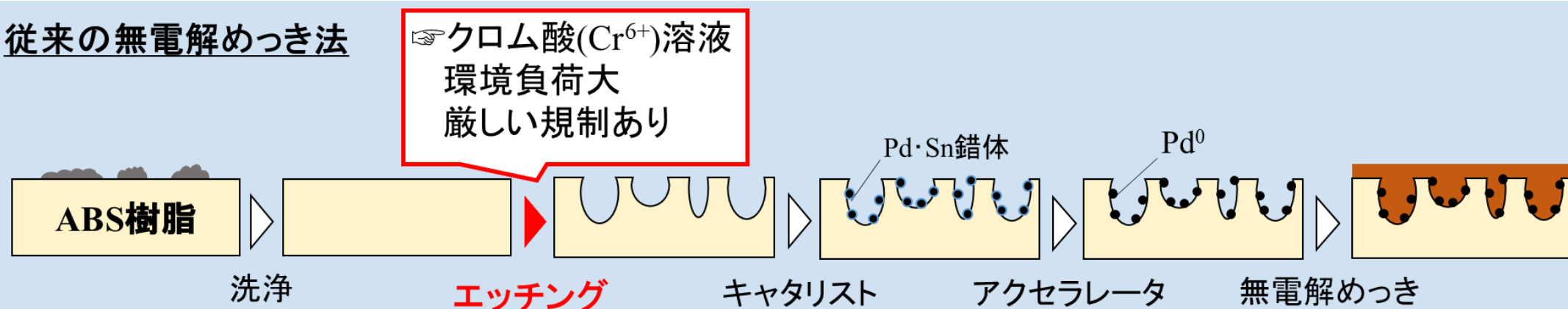
- 放射線は工業・医療/医学・農業など多くの分野で利用されている
 - ✓ 全体で4兆円超の経済規模、工業分野で2.2兆円
 - ✓ ガンマ線・電子線利用では、**被照射物が放射能を持つことは無い**
- 国内に複数の商業用放射線照射施設が存在 & 利用可能
- 低エネルギー電子線照射装置であれば、工場内にも設置可能



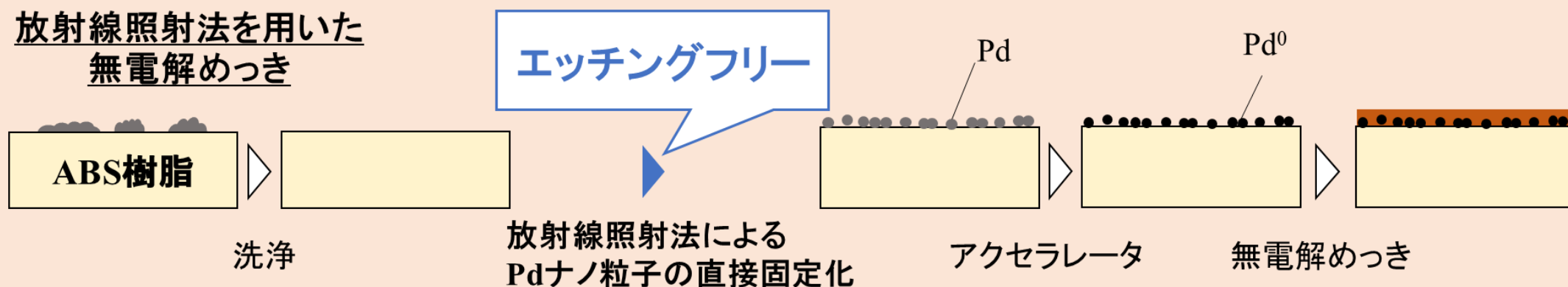
2015年度
内閣府調査資料
より抜粋

放射線法は無電解めっき技術への応用

従来の無電解めっき法



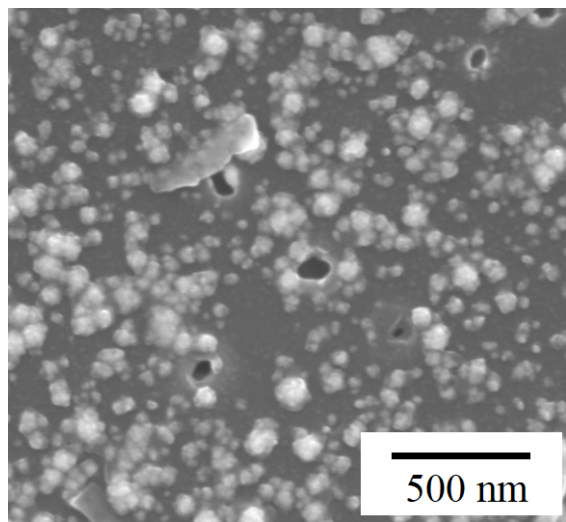
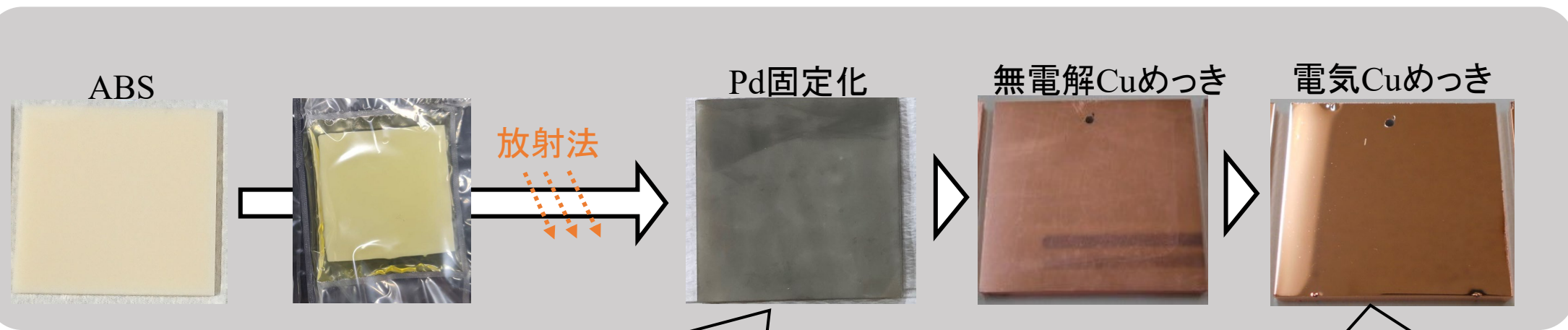
放射線照射法を用いた 無電解めっき



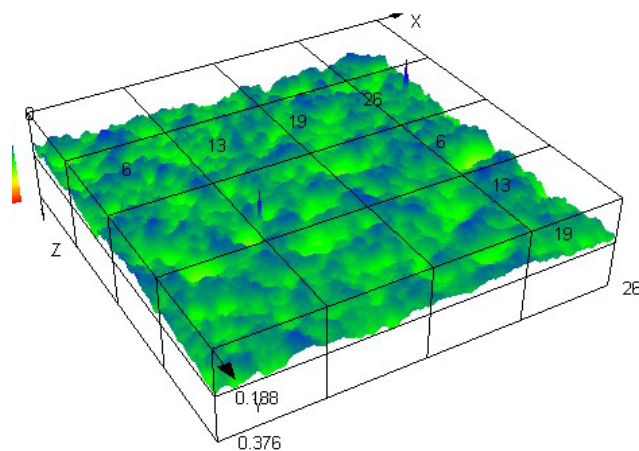
*N. Uegaki et al., *Nanomaterials*, 12(9), 1463 (2022)

- エッチングフリーの新たな無電解めっき法として技術展開
- ✓ 固定化されたPdナノ粒子を無電解めっき用触媒として利用する

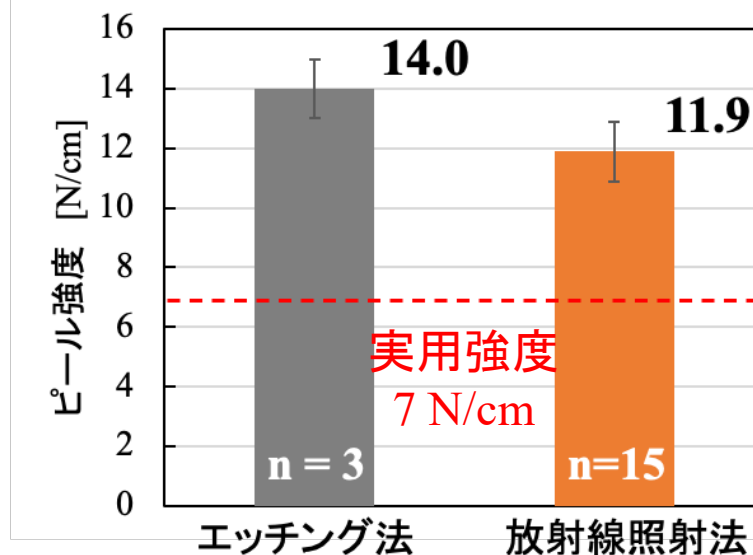
ABS樹脂への適用例



✓ Pd粒子を確認

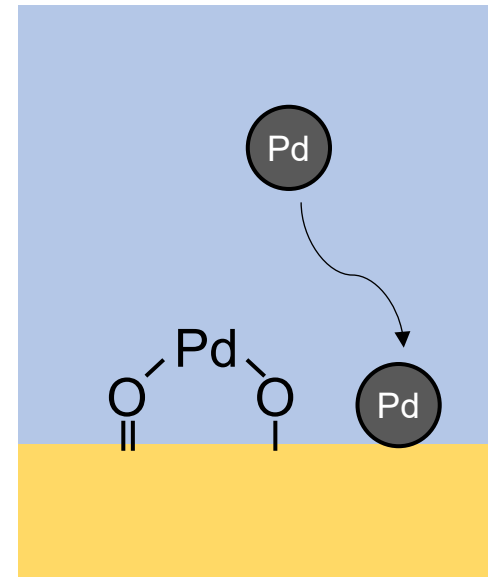
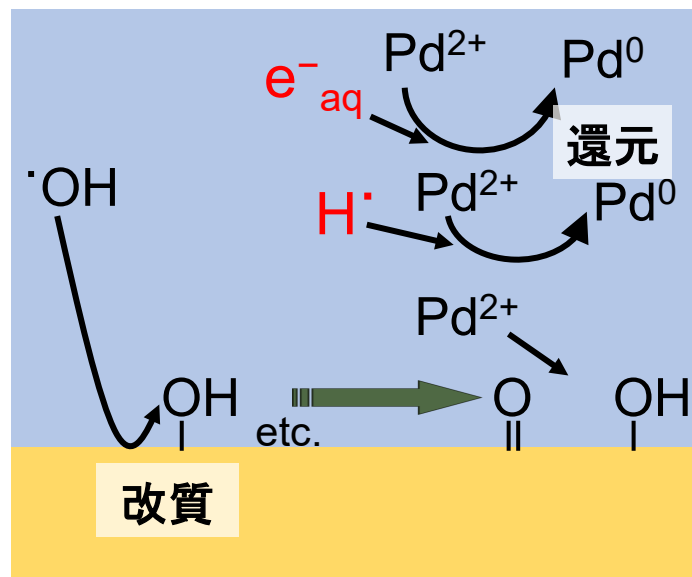
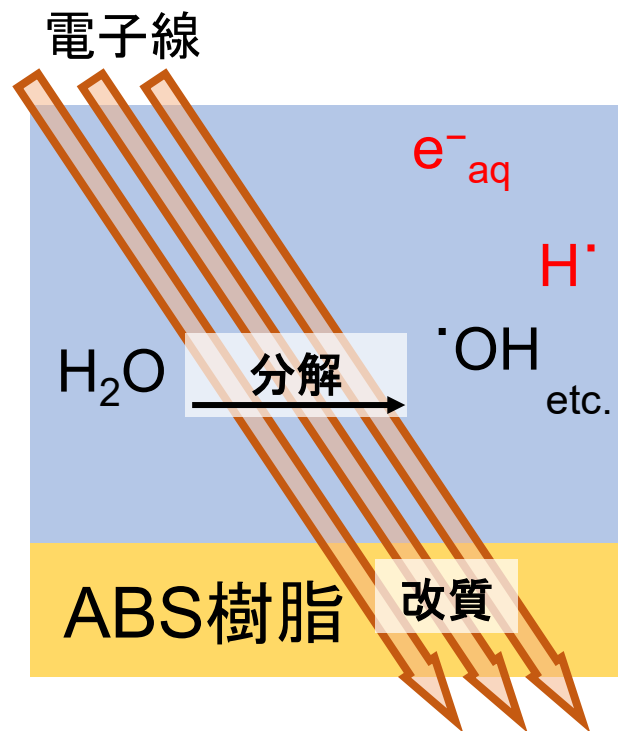


✓ 樹脂板表面は平滑
(凹凸への影響無し)

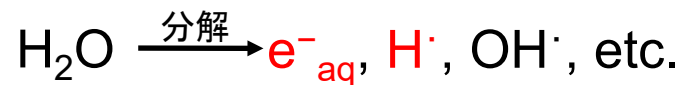


✓ 実用レベルの高密着強度

放射線照射により誘起されるプロセス



- ✓ 放射線により水が分解され
活性種が生成



- ✓ 還元種(e^-_{aq} など)がイオンを還元



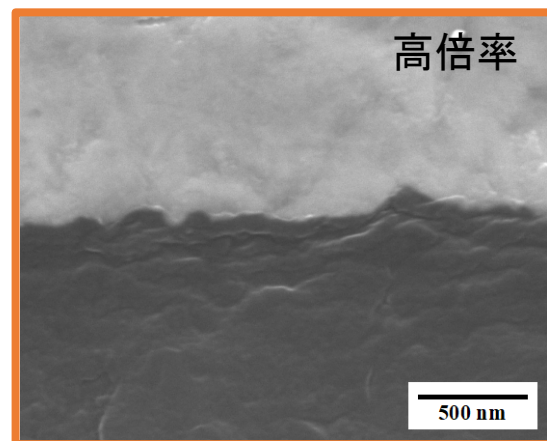
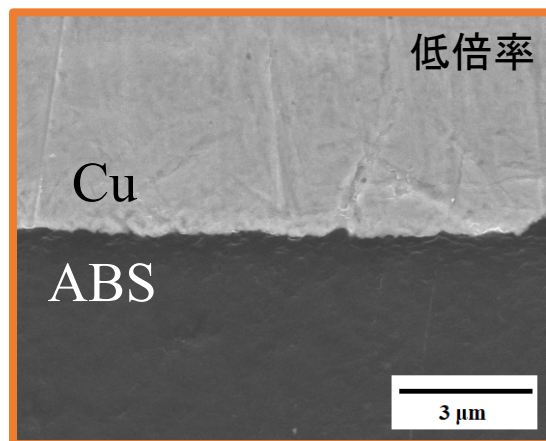
- ✓ 酸化種(・OH)が樹脂表面を改質(官能基生成)

- ✓ 放射線がABS樹脂を改質
(架橋・分解 etc.)

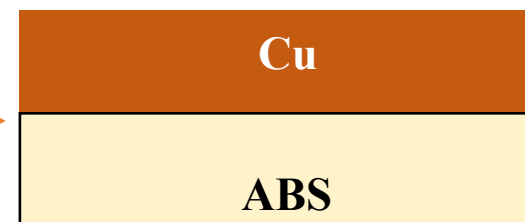
電子線照射によってABS樹脂表面に生成した官能基が
Pdの固定化に寄与していることが示された

めっき後試料の断面観察

■ Cu/ABS(放射線法)



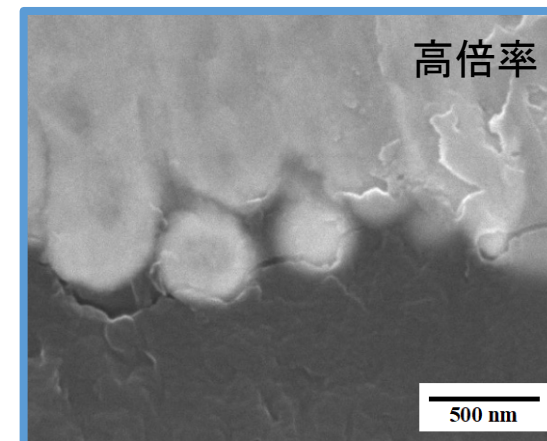
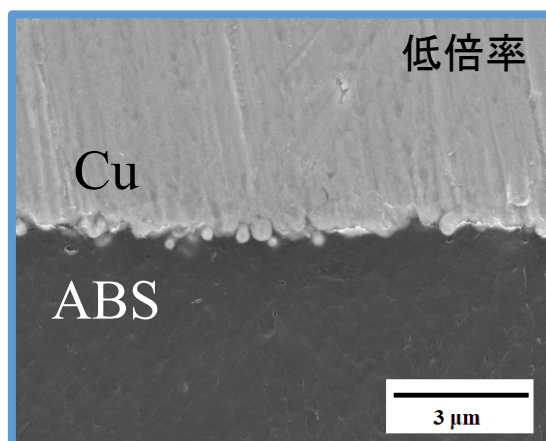
模式図



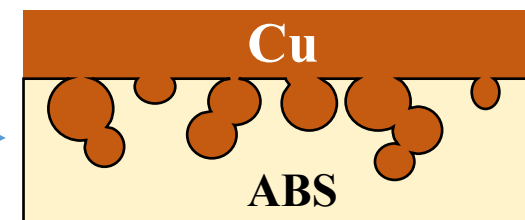
✓ 放射線法で作成したCu/ABS
界面は凹凸がほとんど見られない

➡ アンカー効果はない

■ Cu/ABS(エッチング)



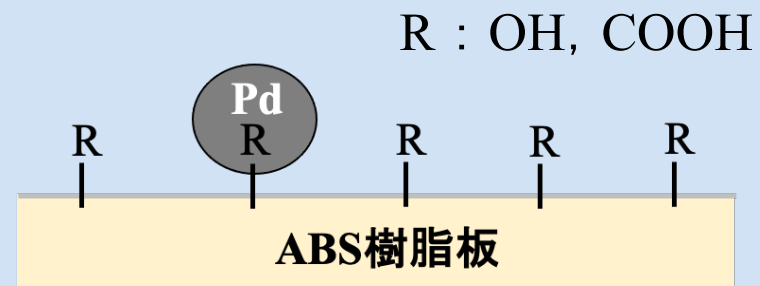
模式図



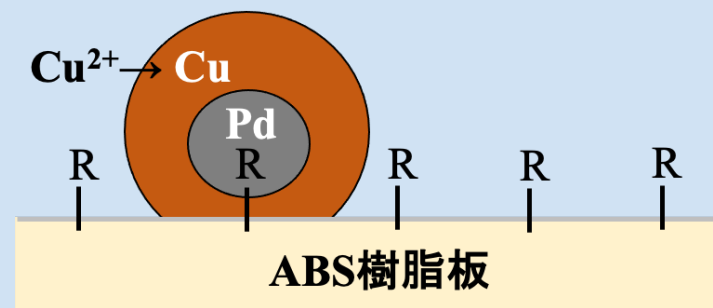
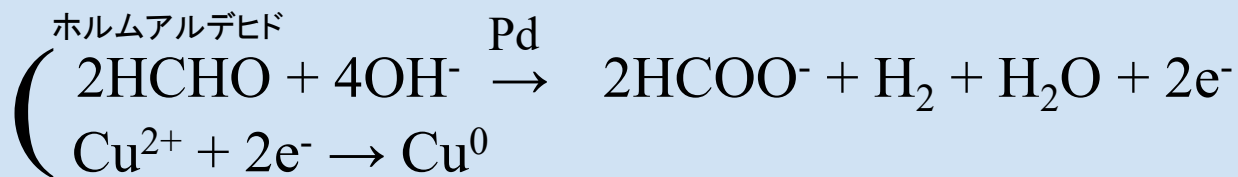
高い密着性が発現する要因

①放射線照射

- ✓ 官能基導入 →
- ✓ Pdが配位して固定化
 - ✓ そのまま存在

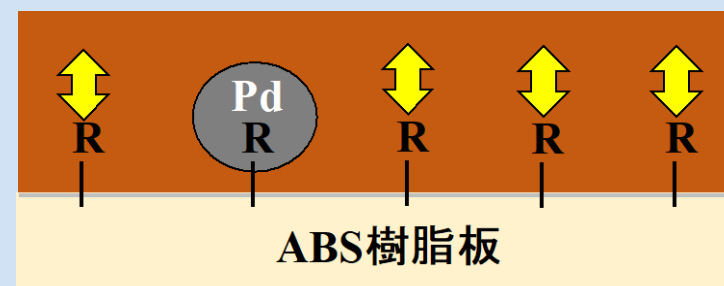


②無電解めっき



③めっき後

- めっき/樹脂界面で
Cuと官能基間の配位結合がはたらく



無電解めっきへの応用における利点と課題

【放射線法の利点】

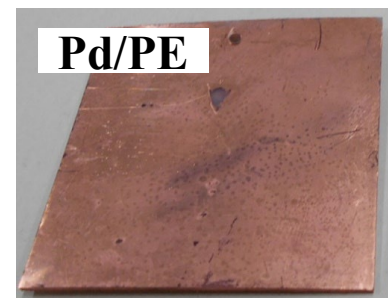
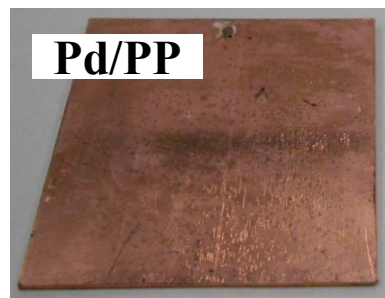
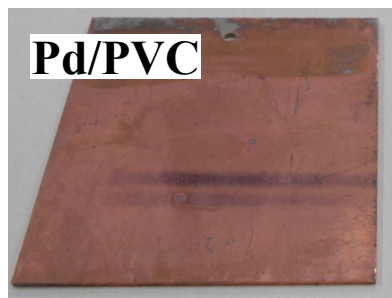
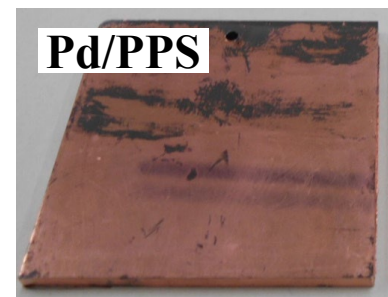
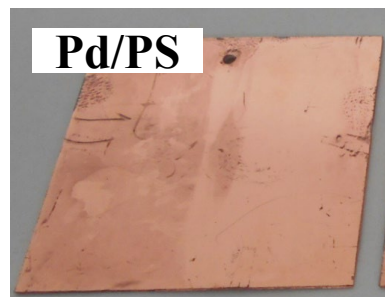
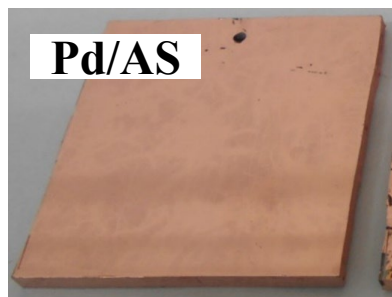
- エッチングフリーでありながら高密着強度
- 樹脂表面の平滑性を維持したままめっきできる
- 複雑形状の試料にも対応可能

【検討すべき課題】

- 適用可能な樹脂材料の探索と性能改善
 - ✓ 樹脂によっては密着強度が不十分な場合も・・・
- 実用化を意識した加工プロセスの最適化
 - ✓ 加工液の塗布方法、放射線の照射方法 等

【参考】樹脂材料種 & 樹脂形状への対応

【樹脂種】



【複雑形状】



本技術に関する知的財産権

発明の名称：『めっき樹脂成形品、及び
めっき樹脂成形品の製造方法』

- 出願番号：特願2018-057577
- 出願人：大阪大学、株式会社 L I X I L
- 発明者：清野 智史、石黒 文康

想定される用途

- 無電解めっき応用
 - いわゆる意匠用には不向き。
 - 高機能性が要求される分野へと展開したい。
 - フレキシブルプリント基板？
 - 平滑表面による高周波化対応？ 等
- その他の応用
 - 銀ナノ粒子固定化による抗微生物性能付与
 - 新たなご提案、お待ちしております！

期待：フレキシブルプリント配線への応用

フレキシブルプリント配線板

- ・ スマートフォン、航空宇宙分野などで幅広く利用
 - 高速高周波数への対応が要求されている
 - 課題：界面凹凸による伝送損失



高密着で、界面が平滑なプリント基板作製技術へと展開したい

これまでの進捗

- ✓ PIへのPd固定化 & めっき膜析出は確認済



PI

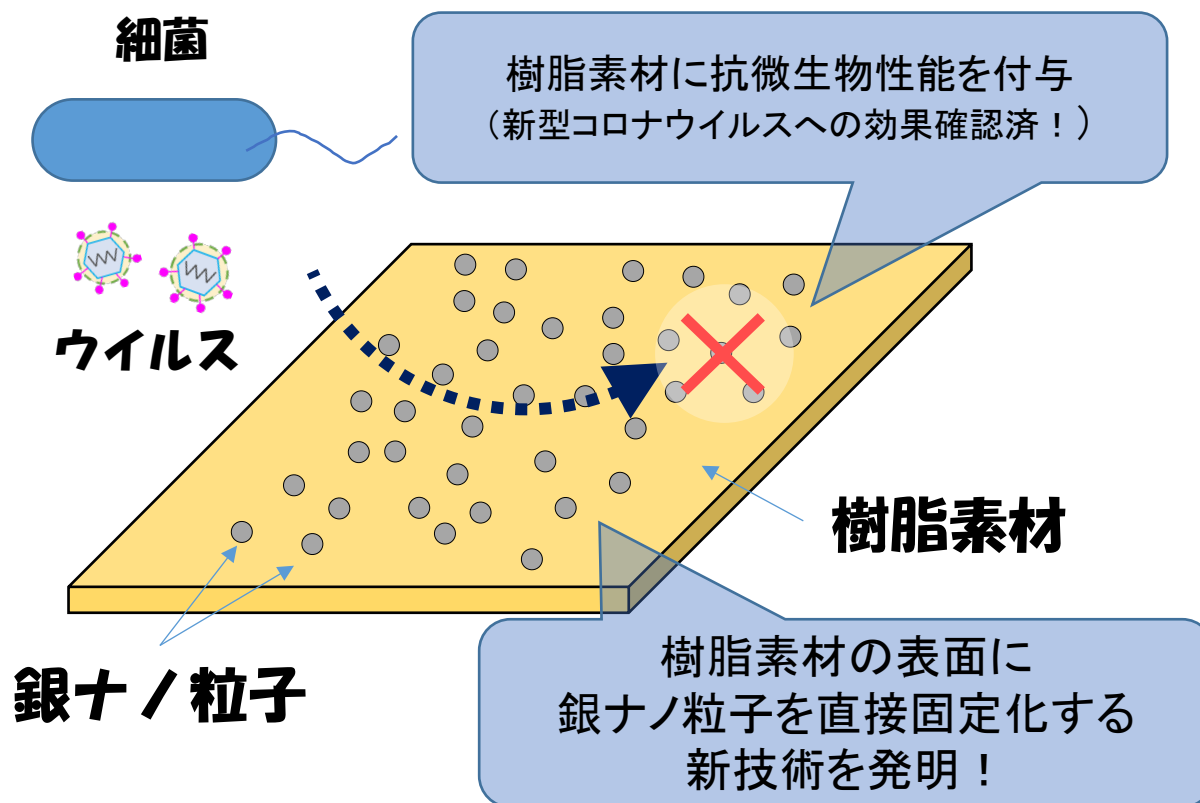
Pd/PI

Cu/PI

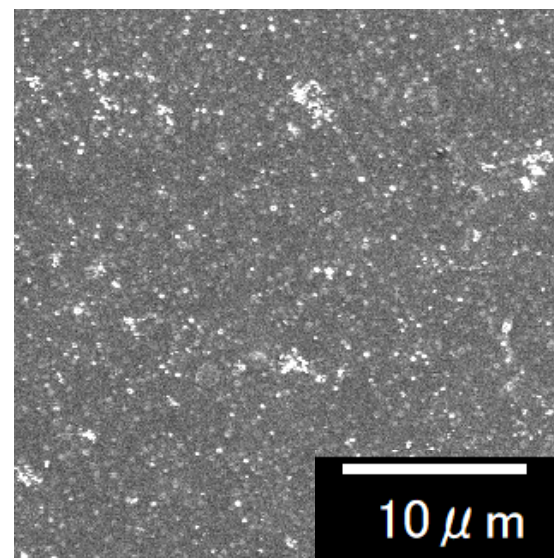
これからの展開

- 平滑性 & めっき膜密着性の評価
- 配線・パターンニング方法の検討
- プリント配線板としての性能評価

銀ナノ粒子による抗微生物性能付与



電子顕微鏡写真



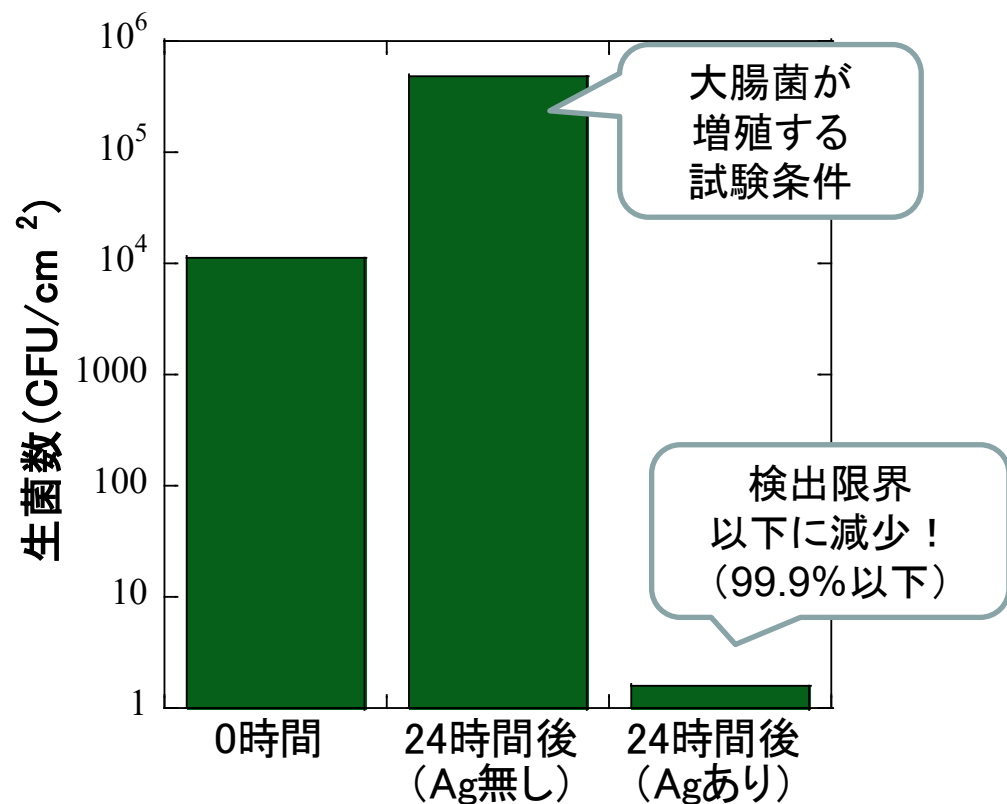
※白点が銀ナノ粒子

さまざまなプラスチック製品・フィルム製品への応用が期待されます！

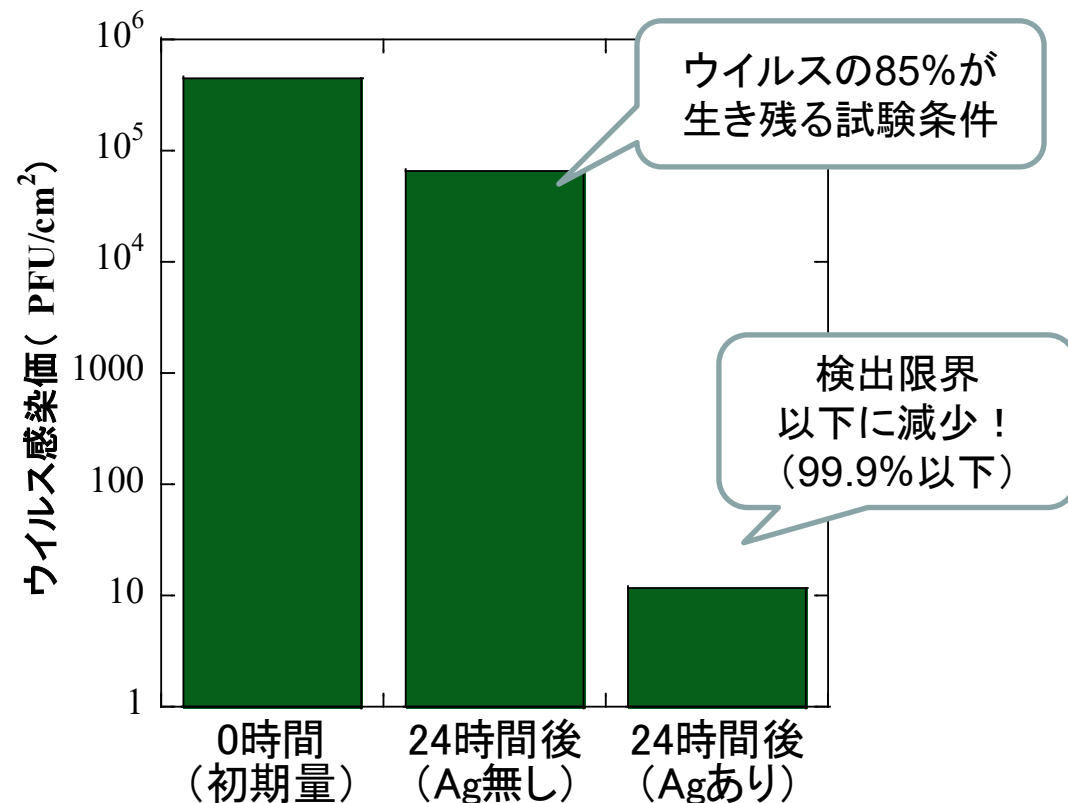
2021年6月 プレスリリース

抗微生物性能の評価結果

大腸菌への効果



新型コロナウイルスへの効果



企業への期待

- 我々のコア技術を活用し、実用化に向けて取り組んでいただける共同研究パートナーを募集しています。
 - －めっき応用
 - －抗微生物応用
 - －我々が想定していないような新たな用途
- 皆様のニーズにあわせて、柔軟に技術提供させていただきます。

企業への貢献、PRポイント

- 実験室レベルの検討において、加工段階が律速過程になることはありません。
 - 放射線照射の処理能力は高く、数十サンプルを同時に加工することができる。
- いくつかの用途において、すでに商品化されています。
 - バイオ用ナノ粒子試薬 (Au/Iron-oxide)
 - 銀ナノ粒子担持抗菌繊維 (Ag/Fiber)

産学連携の経歴

大学発ベンチャーを起業

- 2009年 株式会社アクト・ノンパレル を起業



(☆資本金:600万円 ☆発表者は取締役CTO(大学教員と兼業))

企業との共同研究実績

- 株式会社LIXIL
 - 奥野製薬工業株式会社
 - 三菱電機株式会社
 - 日立マクセル株式会社
 - 積水化学工業株式会社
 - JNC株式会社
- 等

JSTからのご支援

- 2006-2009年 独創的シーズ展開事業 大学発ベンチャー創出推進
- 2008年 地域イノベーション創出総合支援事業(シーズ発掘試験A)
- 2010年 A-STEP【FS】ステージ探索タイプ
- 2012-2013年 A-STEP【FS】ステージ探索タイプ

【参考】上市した製品の例

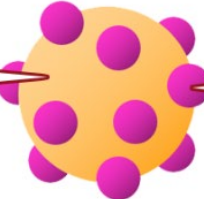
研究用試薬 (Au/Iron-Oxide)

バイオ用金磁性ナノ粒子 -GoldMAN のご紹介-

GoldMANの特長

- ◇磁性粒子の表面に、金ナノ粒子が高密度に担持しています。
- ◇磁性粒子の磁気特性と、金ナノ粒子の表面特性を併せ持ちます。
- ◇金ナノ粒子の修飾により、担体材料の特性は損なわれません。

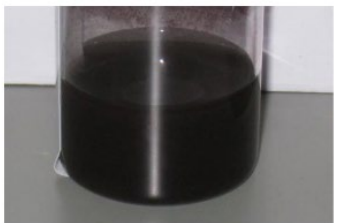
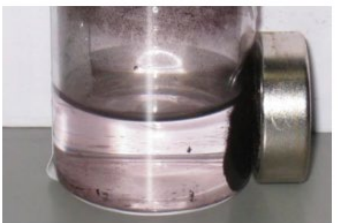
酸化鉄
(磁性を有する)



金
(Au-s結合を利用できる)

磁性に関して

- ◇GoldMANの磁気特性は、担体として用いる酸化鉄ナノ粒子の特性に依存します。
- ◇例えば、粒径20～100 nmの酸化鉄を使用すれば、簡単に磁気捕集できます (下図参照)。
- ◇お客様ご指定の磁性ナノ粒子に、金ナノ粒子を固定化することも可能です。

△通常状態

△磁石で回収した状態

大手試薬メーカーから購入可能
(¥30,000/2mL)

抗菌繊維製品 (Ag/Fiber)

大阪大学オリジナル! 大学の授業から生まれた
「デニムトートバッグ」

「雨の日も楽しもう」

●学生主体による企画デザイン。
企画の始まりは「阪大のお土産をプロデュースする」という授業。5人の学生によって大阪大学生協や大学の広報担当にアプローチし、大学発ベンチャー企業、株式会社アクト・ノンパレルの「銀ナノ粒子抗菌技術」を使ったバッグを企画、大阪大学の技術を伝えたという思いで1年半以上の歳月をかけて製品化を実現しました。

●大阪大学発ベンチャー(株)アクト・ノンパレル^{※1}の技術「銀ナノ粒子抗菌技術」を施しています!
大阪大学で開発された独自のナノ粒子合成技術を活用することで、優れた抗菌性を示す銀ナノ粒子をバッグ全体に均等に付着させました(特許第485407号)。生乾き臭の原因とされるモラクセラ菌をはじめとして、黄色ブドウ球菌や大腸菌など様々な菌種に対して効果を発揮することを、公的機関による試験で確認しています。

モラクセラ菌を約1,000倍に増殖する試験条件で比較

試料	増殖率
世界標準	10 ⁰
銀ナノ粒子	10 ⁻⁴
Ag ⁺	10 ⁻⁵
Ag ⁺ ナノ粒子	10 ⁻⁶

※1 株式会社アクト・ノンパレル
大阪大学で開発された独自のナノ粒子合成技術を生かして、2009年に設立された大阪発ベンチャー企業。

商品の品質・取り扱い
※商品の特性上、洗いをかけたデニム生地は、乾くことによって色味が濃くなります。銀ナノ粒子は、洗濯時に多少の剥離はありますが、自然の天日干しや、ご使用にならなれば軽減して参ります。
※この商品は、洗濯(特に漂白剤や漂白剤の類)や汗や雨などで抗菌層に付着する場合があります。ご利用の際は十分ご注意ください。

サイズ:
本体/約350×340×130mm
持ち手/約30×500mm
材質/コットン
容量/約10L

このシルエットは?
お手を伸ばした大阪大学式ワカコキキョウちゃん(ワカコさん)です!

販売元/問い合わせ
株式会社アクト・ノンパレル
info@act-nonparell.com

お土産として阪大生協で販売
(¥1,500/枚)

お問い合わせ先

大阪大学

共創機構 イノベーション戦略部門 知的財産室

< T E L > 06－6879－4861

<e-mail> tenjikai@uic.osaka-u.ac.jp