

平成29年度

戦略的基盤技術高度化・連携支援事業

戦略的基盤技術高度化支援事業

「サブ μm の機能表面を形成し抗菌性能を最適化する塗装技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成30年3月

担当局 関東経済産業局

補助事業者 タマティーエルオ株式会社

目 次

第1章 研究開発の概要

- 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標
- 1-2 研究体制(研究組織、管理体制、研究者氏名、協力者)
- 1-3 成果概要
- 1-4 当該研究開発の連絡窓口

第2章 研究内容

- 2-1 塗装面への安定した光触媒系粒子を配置する塗料の高分散技術の研究開発
- 2-2 微粒子化した抗菌剤の再凝集を防ぐ塗装技術の研究開発
- 2-3 (分散化した微粒子)を安定して実現できる高効率塗装装置の試作開発
- 2-4 表面抗菌剤濃度の計測技術開発
- 2-5 抗菌効果の市場評価

第3章 研究開発の成果

- 3-1 塗装面への安定した光触媒系粒子を配置する塗料の高分散技術の研究開発および微粒子化した抗菌剤の再凝集を防ぐ塗装技術の研究開発
- 3-2 (分散化した微粒子)を安定して実現できる高効率塗装装置の試作開発
- 3-3 表面抗菌剤濃度の計測技術開発
- 3-4 抗菌効果の市場評価

第4章 研究開発の具体的な内容

- 4-1 塗装面への安定した光触媒系粒子を配置する塗料の高分散技術の研究開発
- 4-2 微粒子化した抗菌剤の再凝集を防ぐ塗装技術の研究開発
- 4-3 (分散化した微粒子)を安定して実現できる高効率塗装装置の試作開発
- 4-4 表面抗菌剤濃度の計測技術開発
- 4-5 抗菌効果の市場評価

第5章 全体総括

- 5-1 研究開発の成果総括
- 5-2 事業展開

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1) 研究開発の背景

本研究を開始した社会背景として、以下の記事(朝日新聞デジタルから引用)がある。

朝日新聞
DIGITAL

MRSA感染で死亡1.4万人増 医療費も増加と推計

竹野内崇宏 2016年6月25日22時17分

抗菌薬が効きにくい耐性菌の「メチシリン耐性黄色ブドウ球菌(MRSA)」による影響で、年間の医療費が約1900億円、患者の死亡が1万4千人増えているとの推計結果を、厚生労働省研究班(代表研究者=今中雄一・京都大教授)がまとめた。耐性菌による全国規模の影響がまとまるのは初めて。

MRSAは国内で見つかる耐性菌の95%を占める。

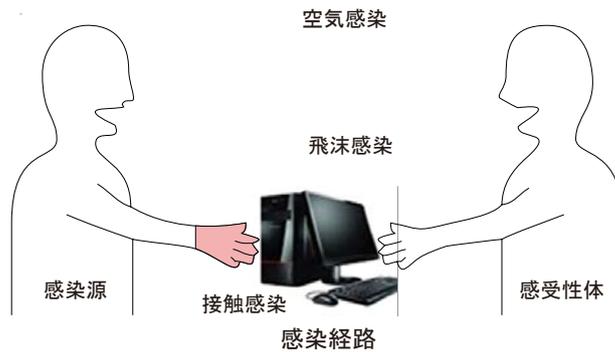
研究班では、研究に協力した国内約1100の急性期病院の診療データから、2013年度に肺炎を起こして受診した18歳以上の約8万8千人を調べた。

MRSAに感染していた634人(0.7%)を一般の細菌感染による肺炎患者と比べると、死亡率が1.9倍高く、入院期間も1.4倍長かった。医療費も1.7倍となり、うち抗菌薬代だけで3.8倍多く必要になることが判明した。

すなわち、病院をはじめとする医療現場には施設内のあらゆる場所に抗生物質に抗体を持った細菌(黄色ブドウ球菌、大腸菌など)が存在していて、そこで働く人を媒介として広がる危険性を持っている。

患者を触診し、電子カルテを作成するとき使用するPCキーボードやマウス等の機器類も細菌の媒介に係っている。これらの医療現場で使用される機器類に付着した細菌が、短い時間で死滅するような仕組みが出来れば、医療現場における感染の経路の一つを断つことができると考えられる。

これまでもこれらの機器に抗菌塗装を施す対策は行われてきたが、抗菌といっても機器を液体アルコールで塗布、ないしはスプレーで吹き付けて消毒するといった、短時間しか抗菌効果の無いものや、あるいは菌の増殖だけを抑える(減らすことはない)というレベルの効果しかなく、「24時間後に99%以上殺菌され、且つ、その効果が持続される」という医療現場に本当に求められるレベルのものではなく、より強力で、且つ持続効果が高い抗菌塗装が求められている。



2) 研究開発の目的及び目標

* 目的

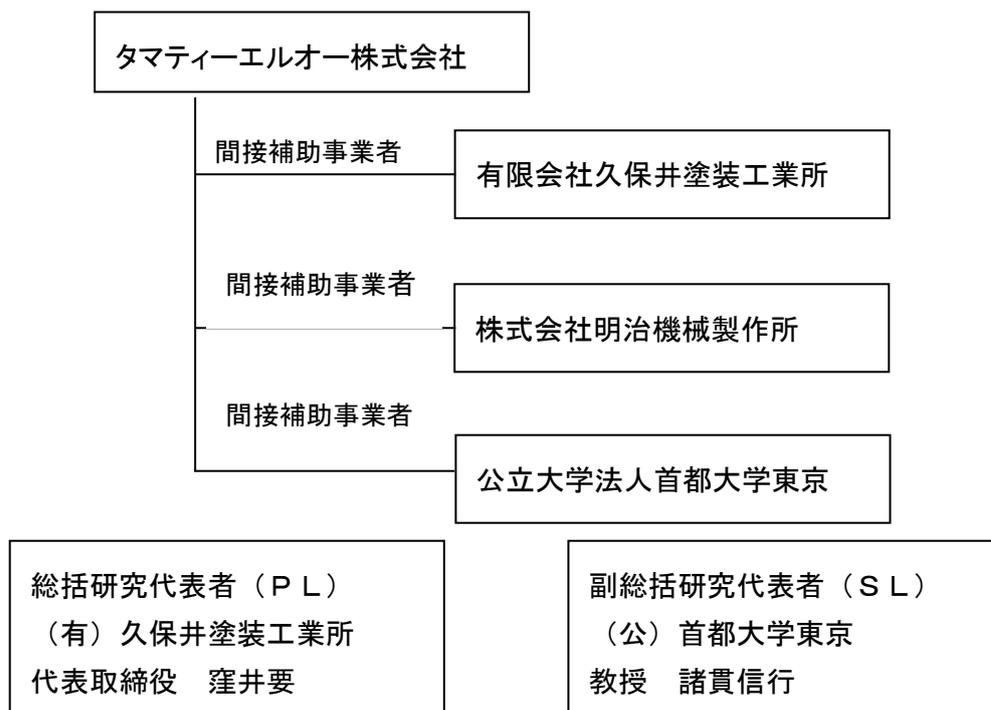
上記の「研究開発の背景」で述べたように、医療現場などで細菌感染を最低限に抑えることを狙いとして、抗菌効果の持続性が期待できる光触媒系抗菌剤を塗料内に均等に分散させてキーボード・マウスなどの入力端末に施し、抗菌性の高い、かつ長期間にわたって安定した抗菌性を持った塗料・塗装技術を研究開発する。

* 目標

- (1) 塗装したものの表面がバラつきなく、抗菌活性値 2.0 以上を発揮すること。
(JIS Z 2801 準拠)
- (2) 抗菌性が機器使用后1年以上持続すること。

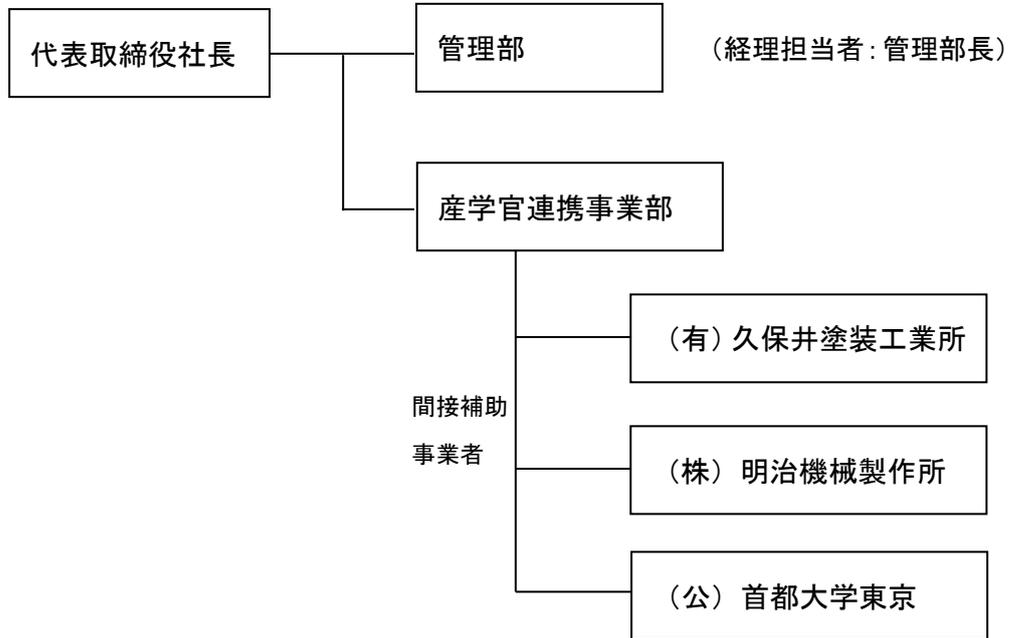
1-2 研究体制(研究組織、管理体制、研究者氏名、協力者)

1) 研究組織(全体)



2) 管理体制

(1) 事業管理機関(タマティーエロオー株式会社)

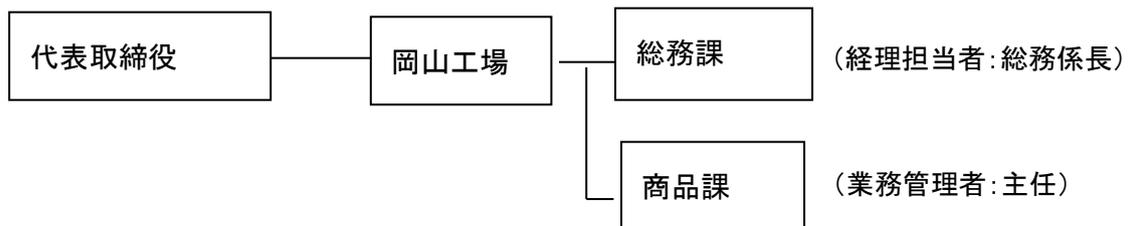


(2) 間接補助事業者

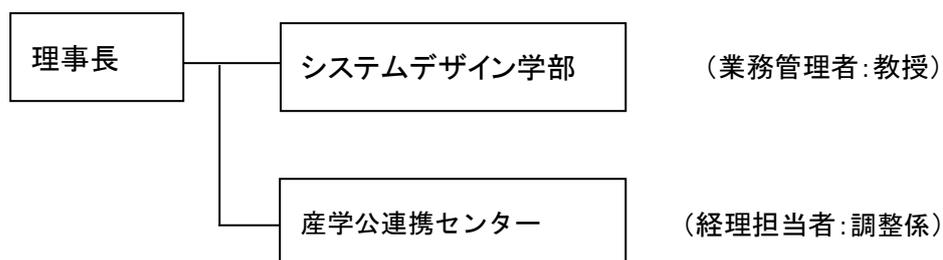
【有限会社 久保井塗装工業所】



【株式会社 明治製作所】



【公立大学法人首都大学】



(3) 研究者氏名

氏名	所属・役職
窪井要 (PL)	久保井塗装工業所 代表取締役
細田正幸	同 管理部 主査
加茂大尚	同 部員
福田浩二	明治機械製作所 取締役岡山工場長
吉野和彦	同 商品課 主任
諸貫信行 (SL)	首都大学東京 システムデザイン学部 教授
船川大貴	同 システムデザイン学部
野上春奈	同 システムデザイン学部
野田久美子	同 システムデザイン学部

(4) 協力者)研究開発推進委員会 委員)

氏名	所属・役職	備考
窪井要	(有) 久保井塗装工業所 代表取締役	PL
諸貫信行	(公) 首都大学東京 システムデザイン学部 教授	SL
細田正幸	(有) 久保井塗装工業所 管理部 主査	委
福田浩二	(株) 明治機械製作所 取締役岡山工場長	委
吉野和彦	(株) 明治機械製作所 岡山工場 商品課 主任	委
木下稔夫	(地) 東京都産業技術研究センター 技術開発支援部 部長	アドバイザー
山県通昭	タマティーエルオ―(株) 代表取締役	委
奴間伸茂	同 調査専門員	委
笹本龍也	同 調査専門員	委 事務局
三宅隆	同 調査専門員	委 事務局

1-3 成果概要

- 1) 最終的に製作した抗菌剤分散塗料は、当初目標値抗菌活性値 2.0 以上 (JIS Z2801 準拠) を大幅に上回る抗菌活性値を発揮できることを確認できた。
 - * Staphylococcus aureus (黄色ブドウ球菌) : 抗菌活性値 4.1
 - * Escherichia coli (大腸菌) : 抗菌活性値 6.1
- 2) 抗菌性を機器使用后 1 年以上持続させる確認は、人間の指および爪に代わるものとして、シリコン製指モデル、および硬質プラスチック製爪モデルを製作し、塗膜の耐摩耗テスト(打鍵テスト)を実施した。結果、10 万回の打鍵(機器使用約 3 年使用想定)であっても、抗菌塗装の強度が市場で問題にならないレベルであることを確認できた。
- 3) 当初は目標に掲げていなかったが、今回の追加的成果として、上記 1)、2) の特性を持つ塗料、すなわち、抗菌性が非常に高く、すなわち、抗菌性が非常に高く、且つ抗菌性能が長期間にわたって継続するということに加え、塗料そのものの透明化にも成功し、キーボードやマウスのみならず、塗装後の透明性を求められる機器、例えばスマートフォンや医療用機器操作の為に液晶画面などに貼る PET 製透明シール上面などにも使用できるようになり、各種製品への適用範囲を大幅に拡げることができた。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

タマティーエルオー株式会社 代表取締役社長 山県通昭

電話 : 042-631-1325 FAX : 042-649-2269

E-mail : yamagata@tama-tlo.com

第2章 研究内容

2-1 塗装面への安定した光触媒系粒子を配置する塗料の高分散技術の研究開発

- まず抗菌剤濃度 50%の抗菌塗料を用いて塗膜表面付近に十分な密度で抗菌剤を分布させ、その状態で、その抗菌効果や物性(硬さや脆さ)を確認する。
- 抗菌剤を 50wt%より少なくしても十分な抗菌活性値が得られることを確認する。
- 塗膜表面に偏析させるより塗膜全体へ均一に分散させることで耐磨耗性等、塗膜物性向上に向けて研究する。
- 塗料製造時、抗菌剤を1次粒子まで微細化し、抗菌剤の最低必要量を探る。
- 抗菌剤を1次粒子まで微粒化できる塗料製造装置の選定を行う。

2-2 微粒子化した抗菌剤の再凝集を防ぐ塗装技術の研究開発

- 抗菌剤粒子同士が極めて近い間隔に存在することで、抗菌作用が発揮されること。すなわち、黄色ブドウ球菌等は概ね1 μm くらいの大きさがあり、塗膜に付着したとき菌に対して塗膜内部の抗菌剤粒子数個が接触する間隔に存在する塗膜を作ることを目指す。
- 2-1で述べた塗料と塗装方法を用いて、耐久性の高い塗膜を作り出す。

2-3 (分散化した微粒子)を安定して実現できる高効率塗装装置の試作開発

- 抗菌剤の濃度を変化させて抗菌性能を検証したうえで、低い濃度でも抗菌効果を発揮する塗装装置の開発を進める。また、高価な抗菌剤を多く使うより、最低必要な量を確定し安定的に作業出来るようにする。
- 最低量の抗菌剤を含有した塗料が沈降などの問題を起こさない作業環境を構築する。

2-4 表面抗菌剤濃度の計測技術開発

- 必須要件は、抗菌活性値2を判別できる抗菌特性現場測定器及び、模擬指先を使ったキーボード・マウス用の耐磨耗試験機の製作を行う。
- 大腸菌を使った菌数の変化を目視で確認するシステムを構築(抗菌効果の見える化)する。
- 抗菌剤の抗菌作用のベースになっている活性酸素を検出、測定する技術を調査する。

2-5 抗菌効果の市場評価

- 上記で得られた、最も安定した抗菌塗装を施したキーボード・マウスを人的ネットワーク内の医師に使って頂き、一定時間(今後検討)の後引き上げて抗菌効果のチェックが出来るように進める。また、マーケティングも行なう。

第3章 研究開発の成果

3-1 塗装面への安定した光触媒系粒子を配置する塗料の高分散技術の研究開発および微粒子化した抗菌剤の再凝集を防ぐ塗装技術の研究開発

黄色ブドウ球菌や大腸菌より粒子が小さいナノサイズの抗菌剤を使うことで、十分な抗菌性能を確保しながら、塗膜の耐摩耗性と製品にしたときの経済性を確保する塗料製造方法、塗装方法などの研究を行ない、最適条件を確認することができた。

具体的には、抗菌剤濃度 50wt%から徐々に下げて、抗菌効果と塗膜強度が最適バランスとなる抗菌剤濃度について、塗装トライアルを重ねながら検証した。

その結果、抗菌剤濃度を 10wt%まで下げても基準目標値(抗菌活性値 2)以上を達成できることが分かったが、量産時のロットによるバラツキを考慮して本研究では 20wt%を最終的に採用することとした。

また、二酸化チタンに金属銀粒子を担持させた抗菌剤粒子は比重が高く、塗料の中で沈殿し易いため、塗料化にあたり、いかに粒子を小さくするか(凝集状態にある抗菌剤を限りなく一次粒子まで解(ほぐ)し、再凝集しないように安定させるか)の試験・研究を繰り返し、抗菌性を損なわない範囲での抗菌剤の最適な製造条件を見出し、抗菌性が極めて高く、且つ、長期間にわたってその効果を発揮できる塗膜を形成することに成功した。

(抗菌活性値:対 黄色ブドウ球菌 4.1 対 大腸菌 6.1)

3-2 (分散化した微粒子)を安定して実現できる高効率塗装装置の試作開発

「自動塗装スマートロボットセル」の制御プログラムの研究と共に、エア供給の最適化を図るなど、安定的に塗装工程を再現できる高効率塗装装置の試作開発を行なった。また、比重の高い抗菌剤は塗装工程中に溶剤の中で沈んでしまいやすいため、攪拌ポンプやスプレーガンなどの専用機器を開発し、抗菌塗膜の安定化研究を行なうと同時に、塗装ロボット先端部の塗料部分の噴射角度に自由度を持たせることで、製品に凹凸があるような三次元的な形状でも、その上に均一の塗膜を形成できるようにした。

3-3 表面抗菌剤濃度の計測技術開発

塗膜の耐摩耗性の確認のため、人工指と人工の爪に相当するシリコーン製指モデル及び硬質プラスチック製爪モデルを製作し、塗膜の耐摩耗テスト(打鍵テスト)を実施した。結果、10万回の打鍵試験(機器使用約3年以上を想定)を行った結果、抗菌塗膜の強度が市場で問題にならないレベルであることを確認できた。

また、抗菌剤濃度の最適化研究に伴う抗菌効果を検証し、十分な抗菌効果が確保できる抗菌剤濃度の限界把握など顕微鏡等による画像解析によって確認できるようになった。

3-4 抗菌効果の市場評価

医療の現場に抗菌キーボード及びマウスの試作品を提供し、フィールドテストを行ない、好評を得ることができた。

また、本研究で達成できた抗菌塗装技術の性能や特徴を分かりやすく記載したニュースリリースと、この技術に対する意見や感想を返送いただくためのアンケート用紙を医療機関に郵送した。更に、インターネット上では、抗菌塗装技術を紹介する動画と抗菌塗装の特設 WEB ページを公開し、本研究開発の成果である抗菌塗装技術の特徴や優位性をわかりやすく示せるようにした。

第4章 研究開発の具体的な内容

4-1 塗装面への安定した光触媒系粒子を配置する塗料の高分散技術の研究開発

1) 抗菌剤の選定

まず、本研究を進める大前提として、抗菌剤そのものが、どんな種類・特性を持ったものが最適なものは何であるのかを選定した。

一般に抗菌剤と言われるものは、無機系抗菌剤と有機系抗菌材に大別され、各々の特性は以下の表に示すとおりである。今回の目的である、医療現場で使われる機器に対して塗装される塗料としての性能を損なうことなく、且つ、塗膜中から抗菌剤が経時により塗膜表面に出てきてしまう(ブリードアウト現象)ことがなく、抗菌効果が長期間にわたって継続し、更に、安全性も高いものとして、無機系抗菌剤を使うことに決定した。

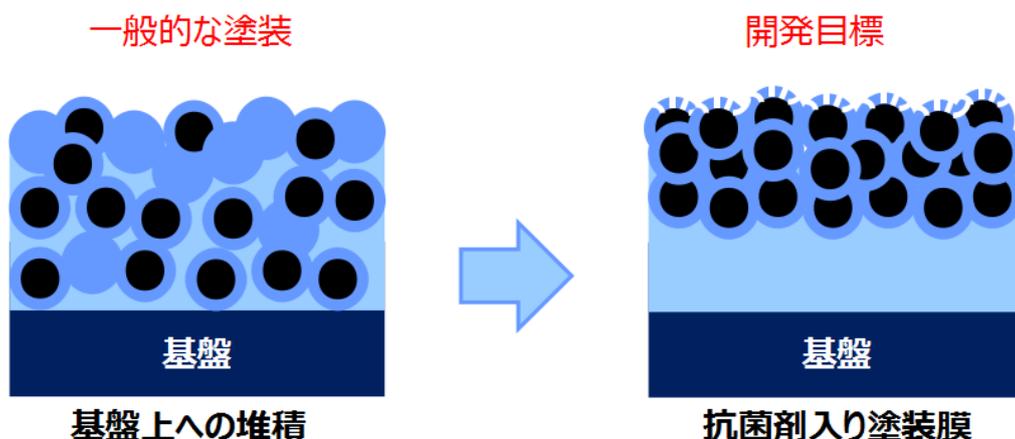
	無機系抗菌剤	有機系抗菌剤
抗菌性	遅効性。 抗菌・カビ・酵母の広範囲で効果を発揮。	即効性 効果の発揮される種類が限定されるものが多い
耐熱性	樹脂成型温度(最高350℃)でも分解・変質が無い	一般に樹脂成型温度で一部が揮散か分解を起こす
持続性	有機溶媒などによる溶出はなく、長期にわたり抗菌性を発現。	水・熱などにより蒸発・分解を生じやすく、効果が低下する。
加工性	粉体形状で、従来の顔料などと同様に扱える	加工時に熱がかかる方法では蒸発・分解のおそれがある。
安全性	銀を有効成分としたものが多い。 銀の安全性は高い。	原体の毒性は比較的高く、安全性を確認できていないものもある。

上記のように、抗菌剤そのものの選定をした上で、以下の研究開発を進めた。

2) 抗菌剤の濃度の最適化

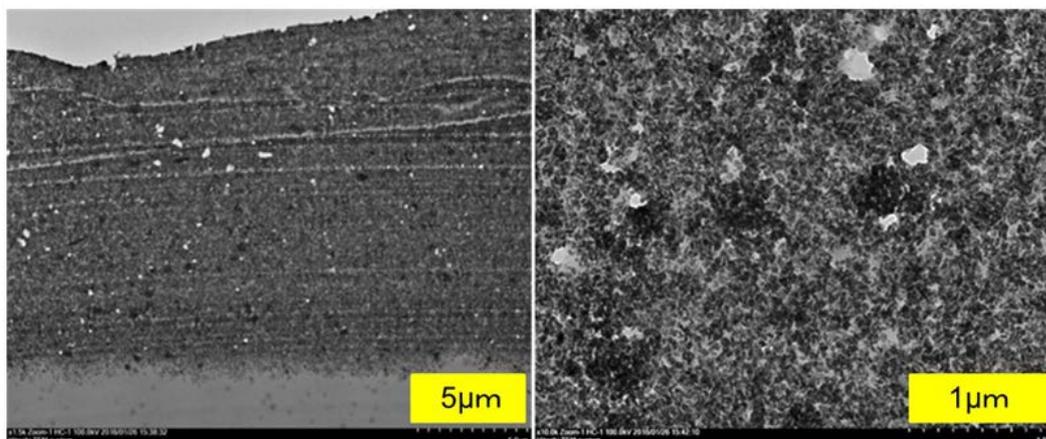
開発当初に考えた方策として、下図のように抗菌剤を塗装塗膜上に偏在させることにより、抗菌効果を高めることを考えた。

この状態で抗菌剤粒子が細菌に接触すれば、抗菌効果を発揮できるのと同時に、高価な抗菌剤粒子を塗膜全体に余剰に加えることなく、同時に塗料のコストを圧縮することも考えて開発を進めた。



そこで、まず、基本樹脂に非常に高い割合（基本樹脂固形分：抗菌剤の固形分＝50：50（重量比））で加えたものを試作し、その状態を観察した。

結果として、抗菌剤粒子は”ぎっしり詰まった”状態であり、抗菌性は極めて高いものであることが分かった。



抗菌塗膜断面TEM（透過型電子顕微鏡）画像

（JIS Z 2801 準拠の抗菌試験で、抗菌活性値 3.6 あるという結果になった）

・・・99.9～99.99%死滅）

しかしながら、抗菌剤濃度が高すぎることから、塗膜全体の耐久性や強度（全体として脆くなり、剥離や摩耗がしやすい）かつ、塗装後の透明性も劣るということが、課題として出てきた。すなわち、塗膜物性（塗膜の耐久性・抗菌効果の持続性）と、抗菌剤の濃度とはトレードオフの関係にあり、両者のバランスを如何にとるかが本研究開発の初期段階における最大の課題となった。

開発の課題		満遍ない均等な分散	最適な濃度
研究開発内容	塗料	抗菌剤の機能を損なうことなく、如何に1次粒子まで均等に分散させるかの技術の確立	抗菌活性値を犠牲にしない範囲での抗菌剤最適濃度の見極め
	塗装	分散した抗菌剤が、塗装後に沈降しないよう塗膜を形成する方策	製造ロットによる塗膜品質にバラツキが発生しないシステムの構築

上記で得られた知見、すなわち、塗料中に抗菌剤濃度が 50wt% あれば、十分な抗菌効果があるのが判明したが、抗菌剤濃度が高すぎる結果としての排反事象、特に塗膜全体の耐久性や強度に問題があることがわかったので、両者を両立する手段として、“抗菌活性値を犠牲とすることなく、抗菌剤の濃度をどこまで下げられるか”の実証実験を行なった。

抗菌剤濃度を徐々に下げていくことで、塗料にしたときの塗膜の塗膜物性が上がるであろうという期待と、抗菌剤そのものはコスト的に非常に高いものであるがゆえの全体コストダウンの2つの面からの狙いである。

抗菌剤濃度を 50wt% から 10wt% 刻みに下げていき、10wt% まで下げたところまでの 抗菌活性値を以下に示す。抗菌剤濃度を 10wt% まで下げても抗菌活性値は 4.0 以上(24 時間後には、菌数が 99.9~99.99% 死滅)が得られており、50wt% の場合と変わらない非常に強い抗菌活性値が得られた。

2016 年 4 月 18 日

試験報告書

依頼者 (有)久保井塗装工業所 殿
 品名 アースプラス加工 ABS 板 加工品 4 点 未加工品 1 点
 試験日 2016 年 4 月 13 日
 試験項目 抗菌性試験

株式会社 信州セラミックス
 〒399-5501
 長野県木曾郡大桑村殿 35-46
 TEL : 0264-55-1221
 FAX : 0264-55-1181

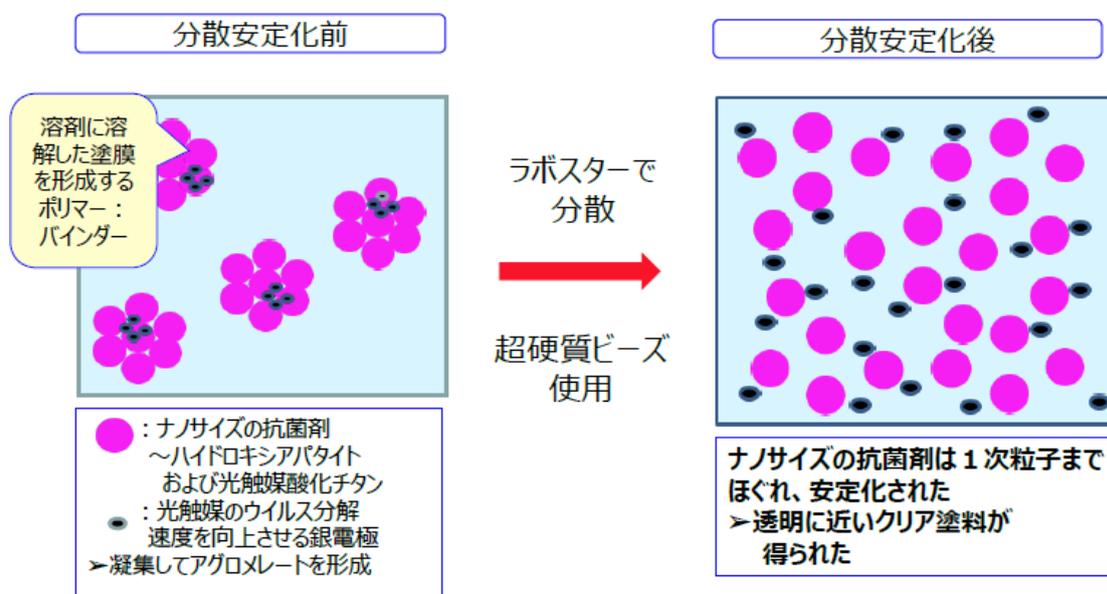
< 試験結果 >

試料	生菌数の対数値と換算値[個/㎠]		抗菌活性値 2.0 以上合格	減少率 (対照区菌数比)	
	菌液接種直後	24 時間培養後			
未加工品	-	4.71 (50833 個)	-0.66	-360.37%	
2	-	<-0.20 (1 個未満)	>4.25	99.99%	抗菌剤 40wt%
3	-	<-0.20 (1 個未満)	>4.25	99.99%	抗菌剤 30wt%
4	-	<-0.20 (1 個未満)	>4.25	99.99%	抗菌剤 20wt%
5	-	<-0.20 (1 個未満)	>4.25	99.99%	抗菌剤 10wt%
無加工 PET 対照区	4.37 (23542 個)	4.04 (11042 個)	-	0%	

以上の結果から、10wt%の抗菌剤濃度でも抗菌活性値は十分にあることは確認できた。しかし、量産時のロットによる抗菌剤のバラツキ等を考慮して、抗菌剤濃度は20wt%に決定し、以後の研究を推し進めることとした。

4-2 微粒子化した抗菌剤の再凝集を防ぐ塗装技術の研究開発

上記(1)で選定した抗菌剤の一次粒子径はいわゆるナノサイズである。ナノサイズの粒子は単位重量当たりの表面積が極めて大きいため粒子表面の活性度が高く、物理的に結合して凝集体を形成する。この凝集体のサイズは数百nmとなり、細菌に接触する表面積は極めて小さくなってしまふ。すなわち、凝集体のままでは本来の抗菌性が発揮されない。したがって、抗菌剤を解凝集することが必要になる。さらに、適切なバインダー樹脂を安定化して、再凝集を防ぐことが必要となる。以上の、解凝集から安定化による再凝集防止に至る一連の工程を「分散安定化」と言う。



抗菌剤の構造を破壊することなく「分散安定化」を行うために、本研究では、ナノ粒子の分散安定化に適した分散機を導入し、実験計画法に基づいて分散条件を様々に変動し、最適の分散条件を追求した。



抗菌塗料分散装置



分散中の発熱を抑制するチラー

分散機による運転条件として、実験計画法に基づいて各々のパラメータの影響度を比較しながら、本機で分散して得られた抗菌剤分散塗料の特性を調べた。その結果、抗菌剤を一次粒子径に近いナノメートルまで解凝集できた。抗菌活性値は初期の目標であった2.0を大幅に上回り、大腸菌に対する抗菌活性値は6.1、黄色ブドウ球菌に対する抗菌活性値は4.1という満足すべき結果を達成できた。(JIS Z 2801 準拠。京都微生物研究所での試験結果)

また、塗膜の透明度も非常に高いもの(高い透明性が要求されるクリアー塗膜として使用可能なレベル)を得ることができた。

試料	菌名	初期	24時間後n=3平均	抗菌活性値
12/27⑧条件再現品	大腸菌	1.2×10^5	検出せず	6.1
12/27⑪条件再現品		1.2×10^5	検出せず	6.1
コントロール		1.2×10^5	1.3×10^7	
12/27⑧条件再現品	黄色 ブドウ球菌	1.3×10^5	検出せず	4.1
12/27⑪条件再現品		1.3×10^5	検出せず	4.1
コントロール		1.3×10^5	1.5×10^5	

注) ⑧ 透明度の高い試料 (ほぼ無色透明)

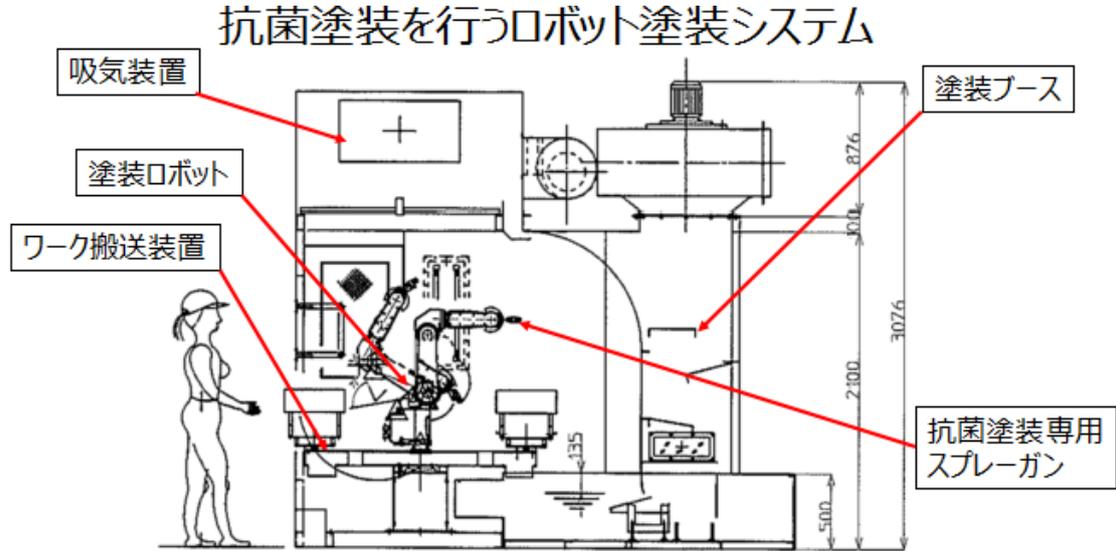
⑪ 透明度はやや劣る試料 (白濁あり)

コントロール: 抗菌塗料を施していないテストピース。

4-3 (分散化した微粒子)を安定して実現できる高効率塗装装置の試作開発

1) 自動塗装スマートロボットセル

自動塗装スマートロボットセル」の制御プログラムの研究と共に、エア供給の最適化を図るなど、安定的に塗装工程を再現できる高効率塗装装置の試作開発を行なった。

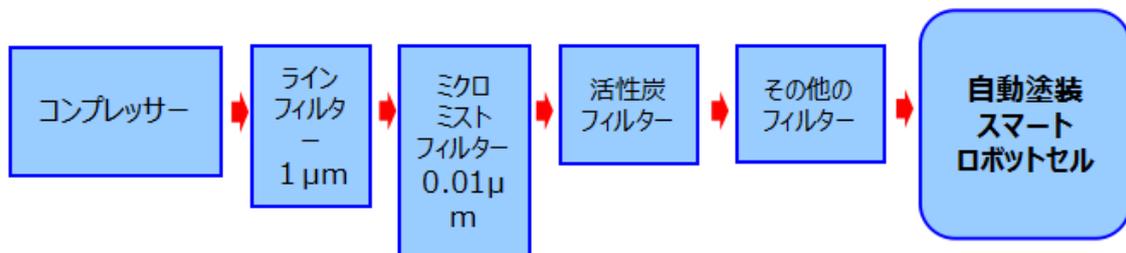


クリーンルーム型のオールインワン構造を持つ
”自動塗装スマートロボットセル”

(ワークをセットするだけで、ロボットにより抗菌性能を最大にする塗膜を繰り返し確実に塗布できるシステムを構築した。)

また、このシステムへのエア供給に関しては、食品工業・医療関係に使用されているコンプレッサーと各種フィルターを導入し、コンタミの無いクリーンなエアを確保した。

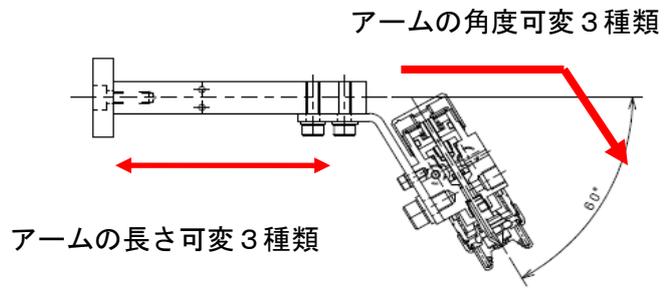
(ISO 等級 1.6.1 相当(食品工業・医療関係等々対応) に準拠)



抗菌剤粒子は比重が大きい(約 4.0)であり、塗装工程内で塗膜内の対流が起こって沈みやすくなり、塗膜の中に抗菌剤が一様に万遍なく分布しなくなる。すなわち、抗菌効果の低下が起こる。したがって本研究では、塗料の攪拌ポンプや、塗装ロボット先端に装着するスプレーガンなどの専用機器を新たに開発し、抗菌塗膜の安定化研究を行なった。



薄膜塗り重ねに特化し、抗菌塗装に最適のロボット用スプレーガンを開発し、ロボットに装着



また、塗装ロボット先端部の塗料部分の噴射角度や腕の長さに自由度を持たせることで製品が三次元的な形状でも、その上に均一の塗膜を形成できるようにした。

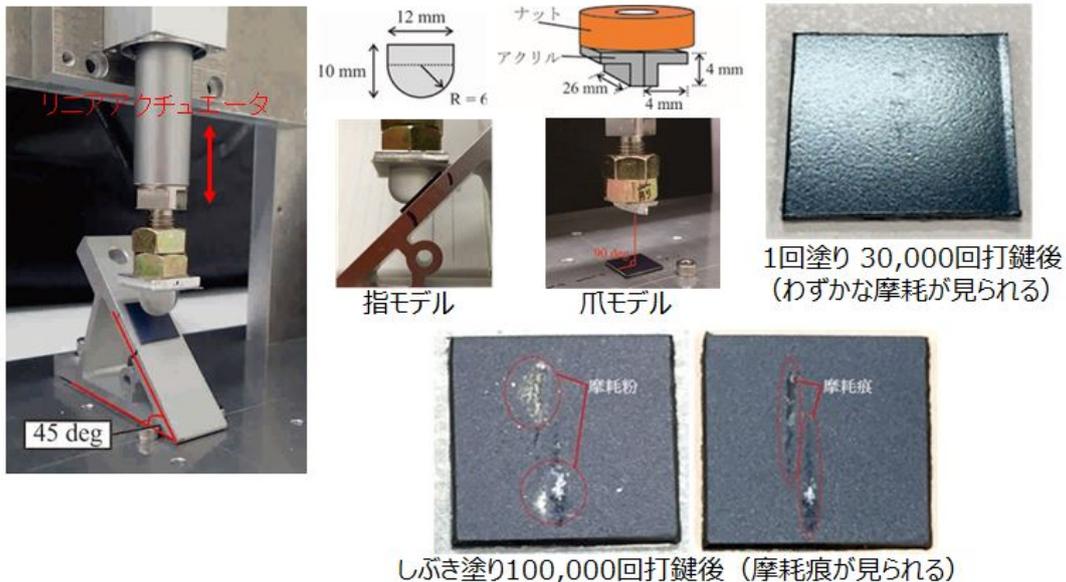
4-4 表面抗菌剤濃度の計測技術開発

1) 塗膜の耐摩耗テスト

抗菌剤分散塗料の塗膜の強度・耐久性(摩耗)を確認するために、シリコン製指モデル、およびアクリル製爪モデルを開発・製作し、塗膜を連続的に叩くテストを行なった。耐摩耗テスト結果は極めて良好であり、当初は3万回の打鍵を実施したが、塗膜上にはわずかな摩耗が見られるだけであり、製品に塗布した後も、約1年間は抗菌効果が持続できることがわかった。更にテストを継続し、累計10万回までのテストを実施したが、塗膜自体には大きな損傷は観察できず、製品の実用上、当初目標以上の、少なくとも3年間は抗菌効果が継続できるものとする。

塗膜の耐摩耗試験

- シリコン製指モデル、およびアクリル製爪モデルで叩いた後の摩耗を調べる



2) 蛍光X線による効果判定

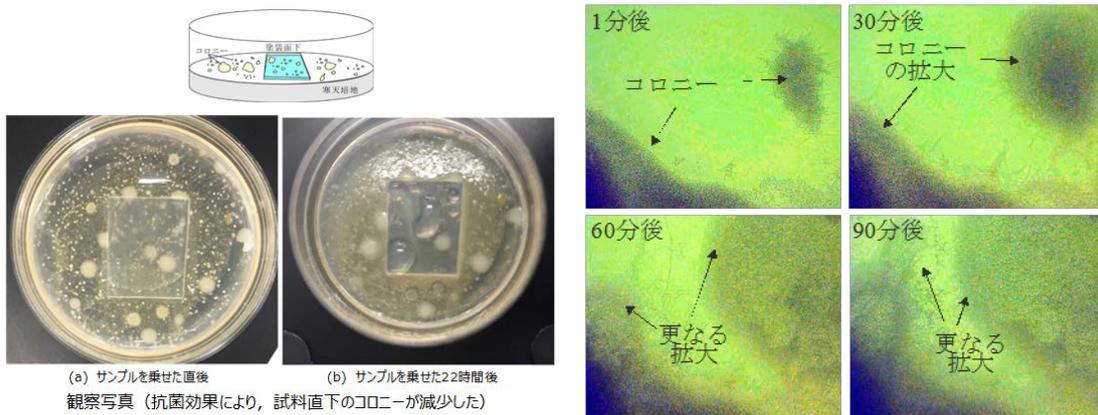
また、抗菌効果の”見える化”のため、簡易的な評価システムとして、当初は光触媒チェッカーを使うことを考えたが、現在使用している抗菌剤の活性化酸素量が極めて少ないことから、この方法では評価に使えないことが判明した。代案として、抗菌剤メーカーが持っている蛍光X線測定装置での測定・評価が有効であることが判明したが、装置そのものが極めて高価であることから、今後は、塗装ロットごとにテストピースを抗菌剤メーカーに送り、抗菌効果判定をしていただくこととした。

光触媒評価チェッカー



蛍光 X 線測定装置

上記のように、蛍光X線測定装置による方法は抗菌メーカーに塗装ロット毎に依頼して抗菌効果の判定をして頂くが、我々独自で可能な簡易的な方法として、黄色ブドウ球菌を繁殖させた寒天培地に抗菌塗装済の試験片を置いて培養試験を行い、抗菌効果により菌コロニーが減少していることを画像の差分解析で確認できた(下図左)。また、顕微鏡カメラで撮影、画像解析ソフトで分析することで抗菌効果の確認時間を大きく短縮できた(下図右)。



4-5 抗菌効果の市場評価

医療の現場に抗菌キーボード及びマウスの試作品を提供し、フィールドテストを行ない、好評を得ることができた。これらの成果をもとに、本研究開発の抗菌塗装技術が達成した性能や特徴を分かりやすく記載したニュースリリースと、この技術に対する意見や感想を返送いただくためのアンケート用紙を医療機関に郵送した。また、インターネット上では、抗菌塗装技術を紹介する動画と抗菌塗装の特設 WEB ページを公開し、本研究開発の成果である抗菌塗装技術の特徴や優位性をわかりやすく示せるようにした。

医療機関向けプレスリリース（2017年9月に配布）

インターネット上の特設WEBページで示した画像の一例

試験品名	CA	CA	CA	抗菌剤試験
①プロトン抗菌塗装→抗菌剤コート品 (検体はA/B/C 検体)	6.0	3.4	-0.2	3.6
②プロトン抗菌塗装→抗菌剤コート品 (検体はA/B/C 検体)	6.0	3.4	-0.2	3.6

また、シリコーン樹脂製の人工歯を用いて、抗菌効果が残った試験片の抗菌試験を実施。上下動する人工歯を45度のオフセットをかけた試験片に繰り返す試験回数で、10万個の細菌数をテストもクリアすることができました。

→細菌テストの様子（30分間試験後）

なぜ抗菌剤なのか
 医療用に使える抗菌剤材料は、実はすでに抗菌フィルムなどが商品化されています。しかし、医療機器や輸送容器の製品は複雑な形状が求められるものが多く、フィルムでは形状にうまくはみあらないという課題を抱えています。そのため、**形状を保持して塗布する塗化塗装技術は、細菌物の形状に合わせて塗布することができるため、たとえば、今や医療現場に不可欠となったパフのカーゴやマスクといった医療用品にもベッタリ塗布させることができます。**塗装時に抗菌剤を均等に塗布させる塗化塗装の技術により、**塗装が薄く塗布しても抗菌性能を発揮できるようにになりました。**また、この抗菌塗装は、皮膚小傷れが懸念されている抗菌剤を塗出させるものではありません。

塗装にまつ課題
 本抗菌塗装プロジェクトチームのリーダーを務める菅野社長には、ゼロ塗布率の壁に起きた感染による負荷が数に達したという思いが強くあり、先代から事業としてきた工業製品の技術で院内感染を抑制したいという思いが強いところ、抗菌塗装の検証が思い込み、実現させるための決断も正ったため、抗菌塗装を開発するプロジェクトチームの組織が形になりました。

今後の展開
 院内感染を予防するために、電子カルテ等の入力装置に欠かせない抗菌キーボードや抗菌マウス、トップパネル用抗菌ソフトの製品、塗料に使用できる非揮発性の抗菌塗装の開発を進めています。これらの抗菌塗装製品の商品化により、院内感染の予防に寄与したいと考えております。

●本件に関するお問い合わせ先
 株式会社エスエス工業所（株）（株）菅野 TEL:04-2968-5763/FAX:04-2967-8007
 〒350-1156 埼玉県川口市中原区 川口2-2-2 / e-mail : den@kshibohon.com.jp

News Release 2017年9月29日

新開発の医療機器用抗菌塗装が、99.9%以上の抗菌効果(24時間後)と10万回耐摩耗試験をクリア！

経済産業省が推進する「サポートイノベーション（創発的基盤技術高度化支援事業）」の支援を受け、開発を進めている『プロトン』の機能表面を形成し抗菌性を最適化する塗化塗装の開発プロジェクトチーム（東京大学大学院工学系研究科/所在地：埼玉県川口市、代表取締役社長：菅野 一平/プロジェクトリーダー：川北 孝治/所在地：東京大学東区/所在地：東京都中央区、代表取締役社長：菅野 一平/所在地：東京都中央区/所在地：東京都中央区、代表取締役社長：菅野 一平/所在地：東京都中央区）と、株式会社エスエス工業所（株）（株）菅野（所在地：埼玉県川口市）が、多くの医療機関が求める抗菌塗装『抗菌性99.9%以上』『無加工試験片の24時間後自身の生菌数の対数値の平均値に対し1%以下』をクリアする高機能塗装の開発に成功し、人工歯を使った10万回の抗菌試験による細菌数をテストもクリアしました。

一般の抗菌剤、医療機関向けの抗菌剤の違い
 一般製品に求められる「抗菌」の基準は、行方不明な菌がいない、又は菌を抑制できるというレベルの抗菌性能であり、この基準を達成した抗菌塗装は存在しています。しかし、「抗菌性99.9%以上（無加工試験片の24時間後自身の生菌数の対数値の平均値に対し1%以下）」という、多くの医療機関が求める性能をクリアした塗装（塗装により生成される膜）は、これまで商品化されていませんでした。

今回、本抗菌塗装プロジェクトチームが、**塗装塗装が求める「抗菌性99.9%以上」の抗菌塗装の開発に成功（試験結果は、塗装塗装を大きく上回る3.6）**したことが、研究機関による試験結果（※）によって確認されました。

※：試験片は①②（※本工業所）③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉚㉛㉜㉝㉞㉟㊱㊲㊳㊴㊵㊶㊷㊸㊹㊺㊻㊼㊽㊾㊿

●JIS S2001:2012 試験結果
 試験菌種：黄色ブドウ球菌（*Staphylococcus aureus* NCTC12170）
 生菌数：4.9 x 10⁶ (菌数) / 菌種：0.4 (菌数)
 抗菌塗装の有無
 下記のように抗菌塗装（抗菌塗装）の効果を判断するための試験結果を算出
 塗装前（24時間後）→(A)→(B)→(C)→(D)
 ※：塗装塗装の有無
 ①：無加工試験片（プロトンコート品）の菌数自身の生菌数の対数値の平均値
 ②：無加工試験片の24時間後自身の生菌数の対数値の平均値
 ③：抗菌塗装試験片の24時間後自身の生菌数の対数値の平均値

↑試験片のカラーが変化した（24時間経過時の写真）の試験片上の生菌数は増加しません。

写真1「①の対比」

本研究の抗菌剤の効果が、ビジュアルで分かりやすい形で示した。

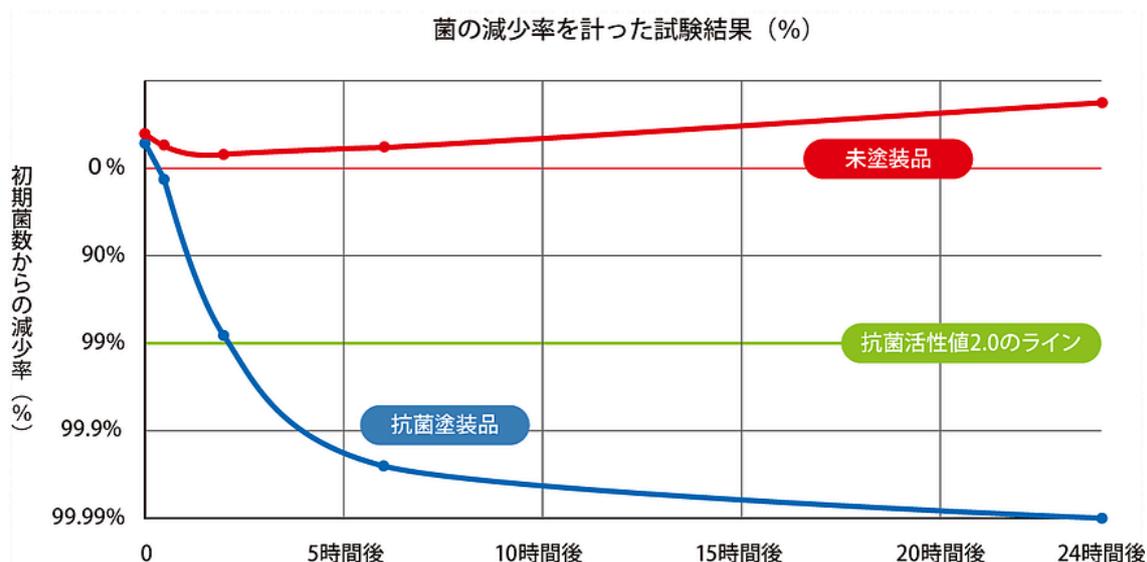
例1： 抗菌剤有無での菌の減少、増殖の様子を比較したもの



抗菌塗装を施したもの

無加工品(抗菌塗装しないもの)

例2： 時間経過による菌の減少率を示したグラフ



第5章 全体総括

5-1 研究開発の成果総括

本研究は、従来から存在する他の多くの抗菌剤と異なる点として、光触媒型酸化チタンに金属を担持させた無機系抗菌剤、すなわち、金属イオンの殺菌作用に頼らない、金属非溶出型の抗菌剤に注目して研究を開始したものである。

その抗菌剤を塗料の中にいかに均一に一次粒子の形で”分散”させ、お互いに集まって再凝縮したり沈殿してしまったりして抗菌性能が落ちてしまわないように分散するか、さらに塗装された塗膜中にいかに均一に配置させるか、ということが、本研究の肝(きも)であり、最も難しい点であった。

上記の困難な課題を、抗菌剤を塗料中に分散する工程の諸条件を様々に変えながらの実験の繰り返しにより克服でき、当初の目標である抗菌活性値(JIS Z 2801 準拠)2.0 以上を大きく上回る抗菌活性値(黄色ブドウ球菌に対し 4.1、大腸菌に対し 6.1)を達成し、且つ 透明性の極めて高い塗料ができたことは本研究の最大の成果である。抗菌剤を液体のまま製品に塗布やスプレーするといった従来から存在する多くの抗菌剤と異なる点は以下の諸点である。

- (1) 塗料としてパソコンのキーボードやマウスに塗装することができる。
- (2) 電子機器の液晶画面に貼る透明シールなどに塗装することができる。
- (3) 塗膜中に安定かつ均一に存在する抗菌剤は経時により塗膜表面に出てきてしまう(ブリードアウト現象)ことがない。
- (4) 得られた塗膜は耐久性、耐化学薬品性、機械的強度の面においても大変優れ長期の使用に耐える。

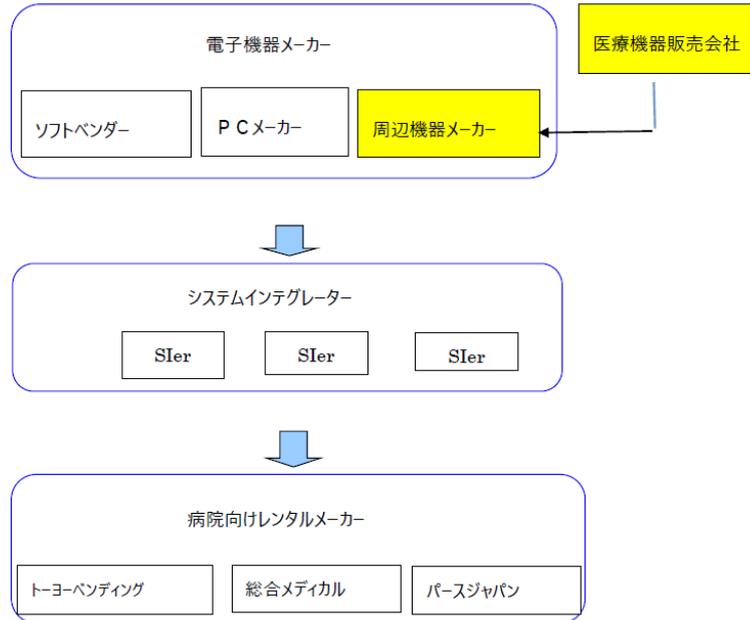
以上によって得られた塗膜は安全に抗菌性を長期間にわたって持続できる。この機能は、特に医療の現場において使用されている機器に必要とされるものであり黄色ブドウ球菌に代表される細菌による院内感染の予防という社会的ニーズにも十分こたえられるものが今回の研究で得られたと考える。

5-2 事業展開

1) 事業化に至るまでの今後の計画

製品等の名称		抗菌マウス、キーボード塗装				
開発事業者		久保井塗装工業所				
想定するサンプル出荷先		医療機器販売会社				
(3) 事業化に至るまでのスケジュール	事業年度	平成30年度	新元号元年度	新元号2年度	新元号3年度	新元号4年度
	サンプルの出荷	→				
	追加研究					→
	設備投資					→
	製品等の生産					→
	製品等の販売					→
売上見込	売上高(千円)	1,050	6,615	17,850	33,600	44,100*
	販売数量(個)	500	3,500*	10,000	20,000	30,000
売上高の根拠	<p>(1) 抗菌塗装マウス・キーボードの事業化 本事業の川下メーカのひとつである医療機器販売会社の最終目標は、病院向けPCの抗菌キーボード、抗菌マウスの開発、製造、販売である。この場合、-医療機器販売会社が製造、販売する抗菌キーボード・マウスは、下図の商流に乗り、システムインテグレーターが抗菌機器付PCとしてまとめて医療関連機関に提案し、レンタルメーカを通じて病院へ販売することを想定している。久保井塗装工業所は、この医療機器販売会社等のパソコン周辺機器メーカが製造するキーボード、マウスなどに抗菌塗装を施す二次加工を担当する。 現在想定している医療機器販売会社は、医療情報システムの開発及び導入に関するコンサルティングや、その関連製品の企画・開発・販売・導入などを多く手掛けている会社であり、医療用コンピュータ周辺機器などの開発・製造・販売が主業務である。これまでも病院向けレンタルメーカ経由で、病院向け自社製品の販売をしている。例えば、病院ベッドサイドの情報端末や、フィルムレス院内画像配信システム等をこれまで数多く納入しており、病院向け電子機器の提案、事業化を得意とする企業である。本事業は、この医療機器販売会社が展開している病院向け抗菌製品のひとつであり、PC周辺機器の抗菌化が望まれているにもかかわらず、製品化が遅れているという情報に基づいて研究・開発が</p>					

始められたものである。



(出典：厚生労働省平成28年
医療施設動態調査)



	病院	一般診療所	歯科診療所
国	327	542	5
公的医療機関	1213	3610	278
社会保険団体	53	484	7
医療法人	5754	41140	13393
個人	240	42770	54930
その他	855	12983	327
計	8442	101529	68940

図11 病院向け電子機器流通経路

(2) 抗菌キーボード・マウスの販売施策

抗菌マウス、キーボードは、システムインテグレーター、レンタルメーカーが、リース契約更新時に抗菌化パソコンとして提案する。すでにシステムインテグレーター、レンタルメーカーへ提案を開始しているが、良いものができれば、販売したいとの期待をいただいている。

最近の病院では、経営改善策として、パソコン類はリースしている例がほとんどである。一般販売で、抗菌マウス、キーボードを単独販売するよりはるかに確実に病院に販売できる。さらに、リースで販売する際に、抗菌性の劣化を考慮して、1年ごとに抗菌マウス、キーボードを交換する予備品方式でリース契約し(5年契約ならキーボード・マウスは5セット分を金額に含み1年ごとに交換)、高い安全性を顧客にアピールする予定である。

(3) 抗菌キーボード・マウス市場

本事業の抗菌キーボード、マウスは病院向けであるが、パソコン本体とのセット販売となる。病院内での業務用パソコンは、ベッド数と同数程度が、使われている。日本国内のベッド総数は、156万ベッド（医療施設動態調査（厚生労働省；平成28年））であるので、病院内のパソコン数は160万台程度が稼働していると推定される。

すなわち、抗菌キーボード、マウスは、この病院施設内で稼働している160万台分のキーボード、マウスが対象市場である。

(4) 売り上げ予測

現在想定している医療機器販売会社製品を使っている顧客病院数は、大手医療法人・大学病院を中心として約100病院（約50,000ベッド）である。ベッド数から考え、顧客病院が使っている業務パソコンは事務用を除いて約60,000台と推定される。当面のターゲット市場は、この販売会社の顧客パソコン約60,000台となる。

抗菌キーボード・マウスの1年毎の交換を含めた販売方式が軌道に乗ると、顧客パソコン数と等しい抗菌キーボード・マウスの販売が期待される。すなわち抗菌キーボード、マウス販売数量は毎年60,000個となる。

抗菌化の進み具合は、システムインテグレーター、レンタルメーカの認定と病院間の口コミで有効性が広がると一気に進む。家電である冷蔵庫、洗濯機は抗菌化率が60%以上、医用機器である電子体温計も65%の抗菌化率を超えているといった抗菌製品の普及率を考慮すると、5年後の抗菌化率は少なくとも50%程度と予想できる。

よって、最終的に5年後の抗菌キーボード、マウスの販売数量はそれぞれ30,000個を目指す。

抗菌塗装の単価は、生産数量の伸びに従って低下する。単価の低下を考慮して、5年後に生産台数30,000個、売り上げ4,700万円を見込んでいる。

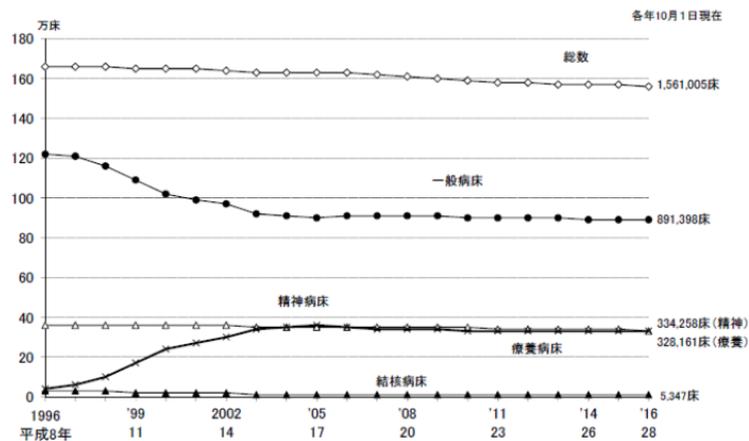


図12：病院病床数（ベッド数）の年次推移

（出典：厚生労働省平成28年医療施設動態調査）

2) 事業拡大についての今後の課題

本研究では、医療機関で使用されるキーボード、マウスを念頭に置いて抗菌効果が高く、かつ、長期間に渡って抗菌効果が発揮される抗菌剤分散塗料の開発を進めたが、今後は、病院内で使用される機器向けに今後応用されるラインアップとして、病院内全域（診察室、病室、手術室など）の壁面であるパーテーションパネルまでを含む病院内の什器、PCなど、感染源になり得るすべてへの塗装を目指していく。



また、更に今後は、医療機関での抗菌対策は勿論のこと、他の抗菌製品への普及、すなわち一般の住宅機器、健康関連機器、ペット用品、家電などこれまで抗菌製品が販売されてきた分野にも今後拡大していく可能性がある。

加えて、塗膜内部や表面の微細構造を塗装で実現できる技術は、抗菌性能だけでなく、濡れ性、摩擦などの新しい機能を付与できる可能性が出てくる。例えば、表面の濡れ性を親水性にすることができれば、表面が汚れることを防ぐ防汚性能を付加することが可能となり、屋外の外壁塗装、家電製品の筐体塗装、浴室の床、壁の塗装など幅広い展開が考えられる。

以上