

超音波加工が金属加工面の 残留応力と粗さに与える影響

機械・電気・材料グループ
森田 陽亮

研究の概要

■ 目的・背景

金属材料の加工において、切削加工は最も多く行われている機械加工方法の1つである。一般に機械加工では加工物の寸法精度や粗さなどに注目されるが、近年ではそれらに加えて加工面の残留応力が重要視されている。切削加工では加工面が引張残留応力状態となることが多いが、これは亀裂発生および進展を促すため、強度の低下につながる。そのため高強度や高寿命が要求される部品に対しては圧縮残留応力を付与することが求められる。

本研究では、切削加工の段階で加工面に圧縮残留応力を付与する目的で、ステンレス鋼に対して超音波加工を行った。加工実験で使用したULTRASONIC 20 linearは5軸マシニングセンタをベースとした超音波加工機であることから、同時5軸加工への応用を見据えてボールエンドミルを用いた傾斜面加工への超音波加工の影響を調査した。その結果、超音波振動を使用しない慣用加工よりも超音波加工を行った方が加工面により大きな圧縮残留応力が付与されていることがわかった。

■ 実験内容・測定結果

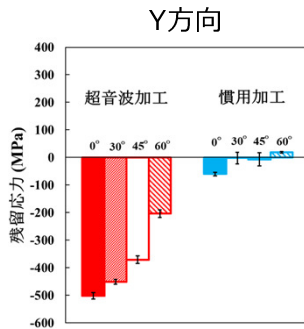
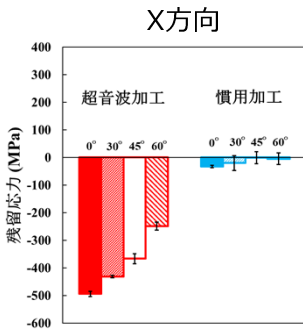
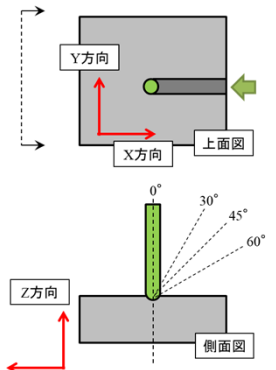
加工条件 被削材：析出硬化系ステンレス鋼 15-5PH
R3 ボールエンドミルでスロット加工
・使用工具：2枚刃超硬R3ボールエンドミル MSB230SF（日進工具製）
・工具突出し量：約 30 mm
・S4800 F560
・傾斜角度：0°、30°、45°、60°
・切込量(a_p)：0.3 mm
・切削油：水溶性クーラント
・超音波振動振幅：全振幅 6~8 μm (無負荷時に測定)
・超音波振動周波数：30400~30700 Hz

超音波加工
or
慣用加工

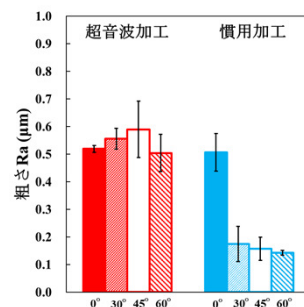
使用機器



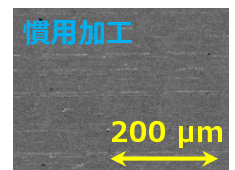
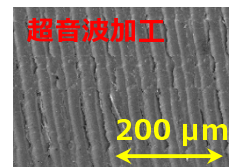
DMG森精機株式会社製
(包括協定により無償貸与)
型式：ULTRASONIC 20 linear



加工面の残留応力測定結果



加工面の粗さ測定結果



加工面のSEM画像
(傾斜角度45°)

- ・超音波加工によって加工面に圧縮残留応力を付与できた
- ・傾斜角度が小さいほうが圧縮残留応力の値が大きい
- ・加工面には超音波振動による波目模様が生じた

アピールポイント

- 切削加工段階で圧縮残留応力を付与
- 加工面の粗さはRa1 μm 以下を維持
- 5軸加工により自由曲面に対しても適応可能

用途・適用分野

- 切削加工分野
- 機械部品分野
- 機械材料分野

■ お問い合わせ先 ■

奈良県産業振興総合センター 産業技術研究部 研究支援室
〒630-8031 奈良県奈良市柏木町129-1 Tel : 0742-33-0863

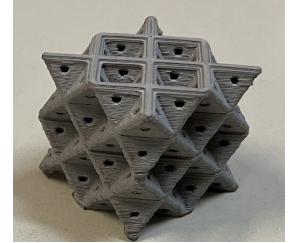
FFF方式金属3Dプリンタにおける 脱脂・焼結プロセスについて

機械・電気・材料グループ
多川 信也

研究の概要

■ 目的・背景

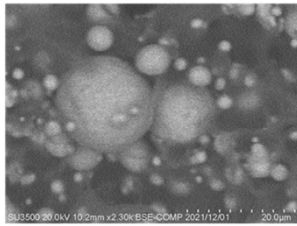
金属3Dプリンタは3Dデータから金属製品を作り出すことができる。FFF方式（フィラメント溶解製法）では、金属粉末と熱可塑性樹脂（バインダー）を混練したフィラメント材料を加熱し、ノズルから押し出して積層造形を行う。造形物からバインダーの除去（脱脂）、および、焼結のプロセスを経て金属製品を得ることができる。焼結の前には十分に脱脂を行う必要があり、バインダーが残った状態で焼結を行うと、ガス膨れ等の不良焼結の発生や焼結失敗の原因となる。本研究では、バインダーの熱分析等の結果から脱脂プロセスの検討を行い、焼結結果からそれぞれのプロセスについて評価を試みた。



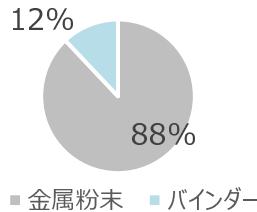
複雑な構造を金属で造形

■ フィラメント材料について

SUS316Lフィラメント材料（A社製）を使用した。電子顕微鏡（SEM）で観察したところ、数 μm ～20 μm の金属粒子とバインダーが確認された。



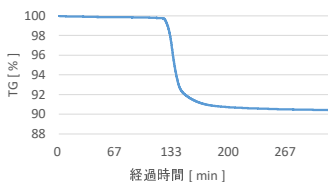
フィラメント材料のSEM像
・白い球が金属粉末
・黒色がバインダー



材料の重量割合
・バインダーが12%含まれる
・脱脂前後で重量を計測

■ バインダーの熱分解

バインダーの熱分解について、熱分析装置を用いて分析した。不活性ガス（N₂）雰囲気中で昇温して重量変化を観察した結果、400℃付近で熱分解されることが確認された。また、大気雰囲気では熱分解温度以下の温度帯でも分解されることが分かった。下図に170℃保持の分析結果を示す。時間経過により重量割合TG[%]の減少が確認できる。



左図から9.6%の重量減少が確認できる。これは元々の12%に対して約8割が脱脂されたことに相当する。

■ 脱脂・焼結プロセスの検討について

不活性ガス（Ar）、真空、および大気雰囲気中で脱脂を行ったところ、真空および大気によるプロセスでは脱脂・焼結に成功した。しかし、不活性ガスによるプロセスでは膨れや表面凹凸等の不良が見られた。断面分析から内部にバインダーの残存が確認され、脱脂が不十分であることが分かった。脱脂・焼結結果の一覧を下表に整理する。

脱脂雰囲気	脱脂温度条件	脱脂	焼結
不活性ガス	400℃ hold 48 h	失敗	—
真空	400℃ hold 48 h	約8割	成功
大気	170℃ hold 48 h	約8割	成功

■ まとめ

- フィラメント材料に含まれるバインダーの脱脂プロセスについて検討したところ、熱分解温度は400℃付近であることを確認した。また、大気雰囲気では熱分解温度以下の温度でも分解されることが分かった。
- 脱脂・焼結プロセスについて検討した結果、真空および大気雰囲気脱脂によるプロセスでは脱脂・焼結に成功した。不活性ガス雰囲気では脱脂に失敗したが、真空との比較から、真空ではより内部のバインダーまで吸引し、炉外へ排出したことが良い結果につながったと考察できる。
- 大気雰囲気において、最も低温で形状保持に有利な条件で脱脂できる可能性が示唆された。大気中の酸素による酸化が懸念されるが、比較的低温のため影響は軽微で焼結に支障がなかったと考えられる。

アピールポイント

- FFF方式による金属3Dプリントが可能
- 安全で簡単な脱脂プロセス
- 熱分解温度よりも低温での脱バインダー

用途・適用分野

- 金属3Dプリンタ製品の試作開発
- 脱バインダー

■ お問い合わせ先 ■

奈良県産業振興総合センター 産業技術研究部 研究支援室
〒630-8031 奈良県奈良市柏木町129-1 Tel : 0742-33-0863

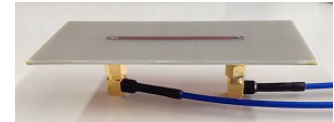
近傍界用ノイズ抑制シートの伝送減衰率 R_{tp} 測定

機械・電気・材料グループ
林 達郎

研究の概要

■ 目的・背景

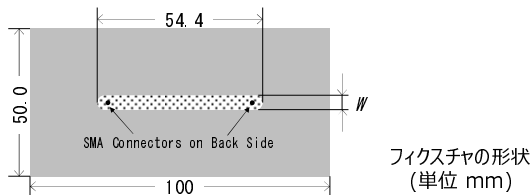
近傍界用ノイズ抑制シートは、電磁ノイズの発生源となる電子基板や部品などに装着することで、周囲へのノイズ伝搬が低減されるEMC対策部材である。シートの性能を示す伝送減衰率 R_{tp} の測定には、IEC62333-2の条件を満たすフィクスチャが必要となる。本研究では、フィクスチャの基材として推奨される高周波基板を用いず、低コストかつ容易に入手可能なガラスエポキシ（FR-4）両面基板によりフィクスチャの設計、作製を試みて、シートの R_{tp} 測定環境を構築した。



作製した R_{tp} 測定用フィクスチャ

■ フィクスチャとは

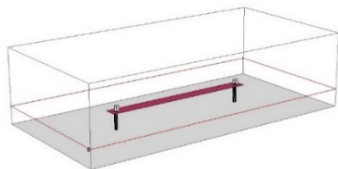
R_{tp} の測定に用いるフィクスチャは、電子基板上のノイズ伝導ルートをマイクロストリップラインで疑似的に構成するものである。



■ フィクスチャに求められる条件と設計

シートを装着しない状態で、SMAコネクタの片側端を50Ωで終端したときの電圧定在波比VSWRが、測定対象周波数において1.5より小さいことが求められる。

本研究では、シミュレーションを用いて解析空間内にフィクスチャを配置し、最適な導電パターン幅（2.75～3.25mm）を抽出して、これを設計値とした。

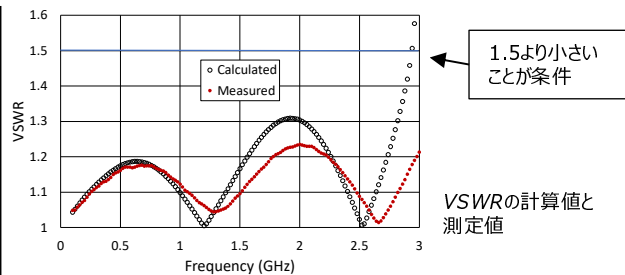


解析空間に配置したフィクスチャ

■ フィクスチャの作製とVSWR測定

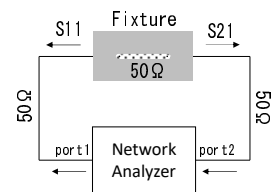
シミュレーションで得られた最適導電パターン幅をもつフィクスチャを作製し、周波数0.1～3GHzにおいて片側端を50Ωで終端したときのVSWRを測定した。

VSWRの測定値と、シミュレーションで得られた計算値を次図に示す。作製したフィクスチャは、周波数0.1～3GHzにおいて、VSWRが1.5より小さく、求められる条件を満たすことが確認できる。



■ R_{tp} の測定方法

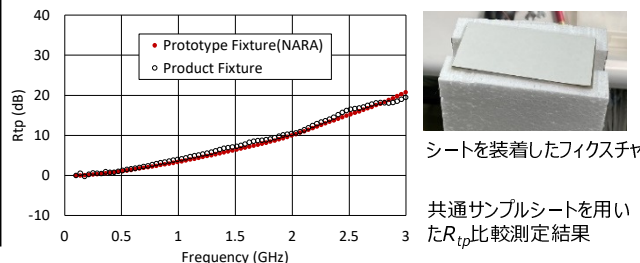
右図の測定系により、シートをフィクスチャに装着した状態の反射係数 S_{11} と透過係数 S_{21} を測定し、得られた測定値 S_{11M} 、 S_{21M} から R_{tp} を計算により求める。



$$R_{tp} = -10 \log \left\{ 10^{\frac{S_{21M}}{10}} / \left(1 - 10^{\frac{S_{11M}}{10}} \right) \right\}$$

■ サンプルシートの R_{tp} 測定

作製したフィクスチャが、実際のシート測定において正しく機能するか確認するため、共通のサンプルシートを用いて、作製したフィクスチャと市販のフィクスチャで R_{tp} の比較測定を行った。双方から得られた結果は良好に近似しており、作製したフィクスチャは正しく機能していると評価できる。



アピールポイント

- ノイズ抑制シートの R_{tp} 測定が可能
- 低コストかつ入手容易な基材を使用
- IEC規格に規定されるフィクスチャ条件を満たす

用途・適用分野

- ノイズ抑制シート開発における R_{tp} 測定
- 格安な R_{tp} 測定環境の構築
- 電子機器のEMC対策 etc.

■ お問い合わせ先 ■

奈良県産業振興総合センター 産業技術研究部 研究支援室
〒630-8031 奈良県奈良市柏木町129-1 Tel : 0742-33-0863

気相中での金属ナノ粒子生成方法について

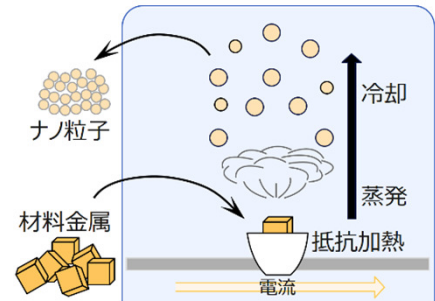
機械・電気・材料グループ
長 慎一郎

研究の概要

■ 目的・背景

ナノ粒子とはナノメートル (nm) オーダーの大きさの粒子のことで、一般的に1nm～数百nm程度の粒子のことを指す。ナノ粒子の中でも金属のナノ粒子にはバルクの状態では見られない特徴が現れる。一例として金属ナノ粒子は融点が低下するという特性を有することから電極形成等の用途で産業への利用が見込まれる。

本研究では金属ナノ粒子を気相中で生成し、生成時のガス圧と粒径との関係を調査した。またナノ粒子は液中に分散させて使用することが多いため、ナノ粒子化する金属の種類ごとの分散性の違いを調査した。

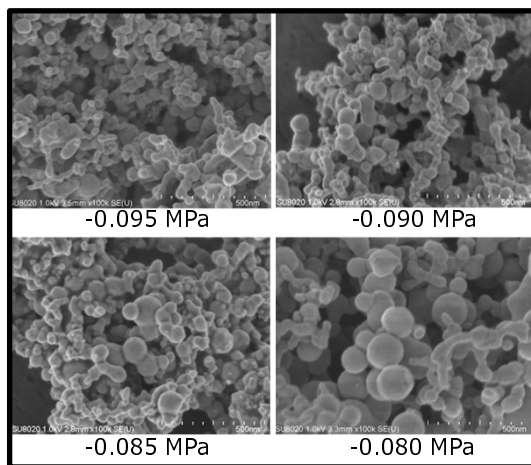


■ 実験方法

- ① チャンバー内のガス圧を制御しながらAgナノ粒子を生成し、得られた粒子を電子顕微鏡で観察することで、生成時のガス圧と粒径との関係を調査した。
- ② Ag、Cu、Niのナノ粒子を生成し、エタノール中での分散性の違いを調査した。

■ 結果

- ① Agナノ粒子を生成した結果、生成時のガス圧によって粒径に違いが見られた。ガス圧の大きい条件では小さい条件に比べて全体的に粒径は大きくなることを確認できた。



Agナノ粒子の電子顕微鏡像 500 nm

- ② Ag、Cu、Niのナノ粒子を同一の圧力条件下で生成した結果、分散性に違いが見られた。

	Ag	Cu	Ni
-0.095 MPa			
-0.085 MPa			

■ 考察

気相中でのナノ粒子生成では、チャンバー内のガスで蒸発した金属を冷却する。ガス圧の大きさは冷却に影響を与えるためガス圧により粒径が変化したと考えられる。

金属の種類ごとに分散性に違いが見られる原因の一つとして粒径が異なることが考えられる。それ以外の原因については今後検討の必要がある。

■ まとめ

- Agナノ粒子生成時のガス圧を制御することで粒径の変化を確認できた。ナノ粒子の粒径は生成時のガス圧が大きいほど大きくなる。
- Ag、Cu、Niの3種類の金属をナノ粒子化し、エタノール中で分散させた結果、それぞれの分散性に違いが見られた。分散性が異なる原因を調査することが今後の課題となる。

アピールポイント

- 気相中で不純物の少ないナノ粒子を生成
- 粒径の制御が可能
- 幅広い種類の金属をナノ粒子化できる

用途・適用分野

- 低温下での電極形成
- 樹脂基板上への回路の作製

■ お問い合わせ先 ■

奈良県産業振興総合センター 産業技術研究部 研究支援室
〒630-8031 奈良県奈良市柏木町129-1 Tel : 0742-33-0863

多孔性金属錯体の合成事例

機械・電気・材料グループ
近藤 千尋

研究の概要

■ 目的・背景

多孔性金属錯体(MOF)は、金属イオンと架橋性有機分子から成る機能性分子である。活性炭やゼオライトのような従来の多孔性材料とは異なり、骨格構造や細孔サイズを分子レベルで設計でき、外部環境の制御により、特定の物質を選択的に出し入れする機能性を付与できることから、次世代の多孔性材料として注目されている。

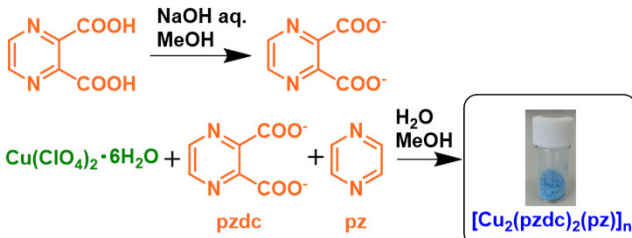
本研究では、アセチレンなどのガス吸着能を有するMOFとして知られるCPL-1¹⁾の合成、当センターの開放機器を用いた合成物の分析評価、CPL-1の単結晶X線構造解析を行った。

【参考文献】 1) M. Bonneau, C. Lavenn, P. Ginet, K. Otake, S. Kitagawa, *Green Chemistry*, 2020, 22, 718-724.

■ 研究内容

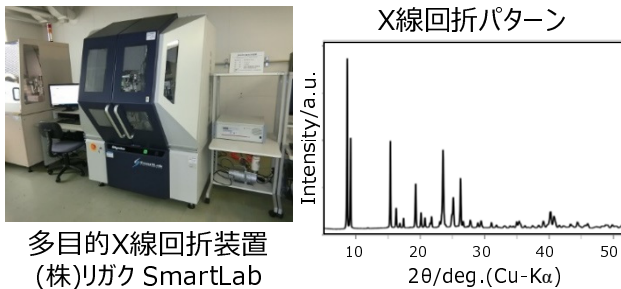
① CPL-1の合成(粉末)

合成ルート



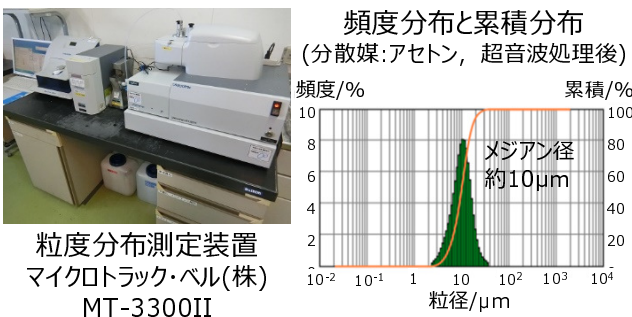
② 合成したCPL-1(粉末)の分析評価

粉末X線回折測定 → 結晶性評価



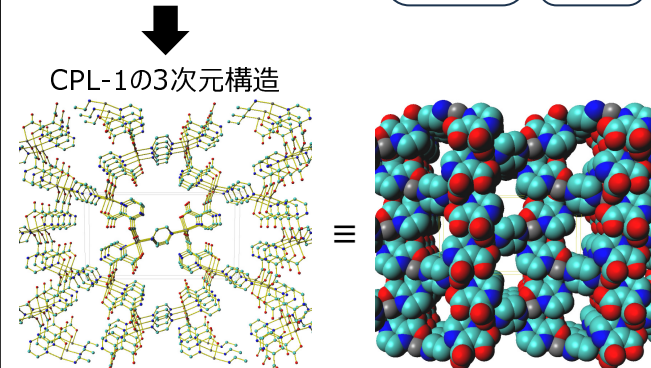
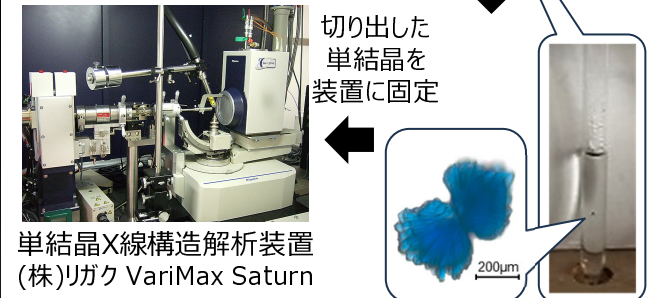
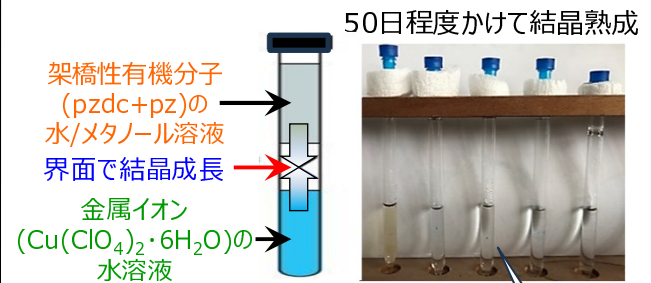
多目的X線回折装置
(株)リガク SmartLab

粒度分布測定(レーザ回折・散乱法) → 粒子径評価



粒度分布測定装置
マイクロトラック・ベル(株)
MT-3300II

③ 単結晶X線構造解析(奈良女子大学 梶原教授の協力による) CPL-1の単結晶作製(液層拡散法)



アピールポイント

- 分子合成, 結晶構造解析, 分析技術
- 環境応答型→次世代の多孔性材料
- 構造設計の自由度が高い→多彩な機能性

用途・適用分野

- ガスやイオンなどの吸着, 分離, 触媒などの用途
- 環境・エネルギー分野をはじめ産業分野に広く貢献

■ お問い合わせ先 ■

奈良県産業振興総合センター 産業技術研究部 研究支援室
〒630-8031 奈良県奈良市柏木町129-1 Tel : 0742-33-0863

抗菌・抗ウイルス活性を持つ 機能性材料の可能性について

機械・電気・材料グループ
千葉 翔子

研究の概要

■ 目的・背景

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）はパンデミックを引き起こし、私たちの生活に大きな影響を及ぼした。以前から、抗菌・抗ウイルス材料は様々な場面で使用されてきたが、COVID-19の流行をきっかけに感染症対策がより重要視されるようになり、中でも抗ウイルス活性を持つ材料への注目が高まっている。

感染経路の一つである接触感染（モノを介した間接的な感染）対策には、抗菌・抗ウイルス活性材料のコーティングなどによる表面加工や他の材料との複合化が重要な役割を果たす。公共の場など多くの人が頻繁に触れる場所にこれらの加工を施すことで、モノの表面に付着した細菌の増殖を抑制し、またウイルスを不活化することにより、感染リスクの低減が期待される。

今後も、細菌やウイルスによる新興・再興感染症のパンデミックの可能性が懸念される。次のパンデミックに備え、安全性や持続性を考慮した効果的な抗菌・抗ウイルス活性を持つ材料の研究開発は、感染症の予防と公衆衛生の向上に寄与する重要な取り組みである。

抗菌・抗ウイルスとは

◇ 抗菌

製品の表面上における
細菌の増殖を抑制すること



◇ 抗ウイルス

製品上の特定ウイルスの
数を減少させること



(JIS/ISO抗菌・抗ウイルス試験で、SIAAが定めた基準をクリアした製品に表示)

出典：SIAA 一般社団法人抗菌製品技術協議会

■ 抗菌・抗ウイルス活性を持つ物質

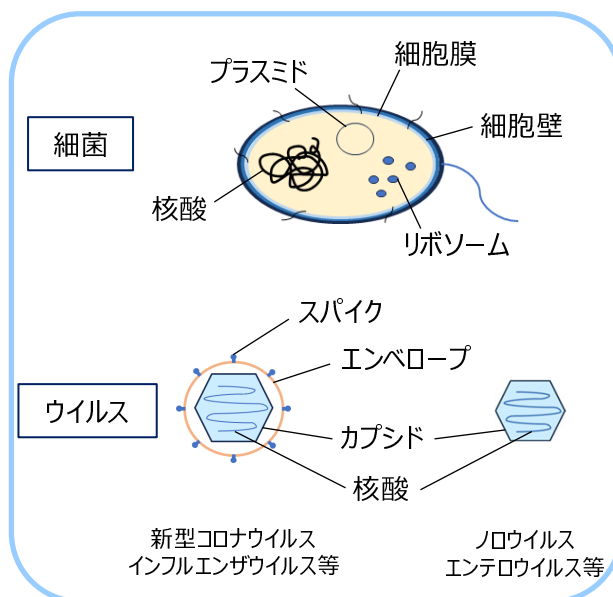
- 無機系・・・銅や銀など金属化合物（金属ナノクラスター等）
酸化チタンなど光触媒
- 有機系・・・合成抗菌剤、界面活性剤、天然物由来など

■ 抗菌・抗ウイルスの作用と課題

細菌は環境条件が揃えば、細胞分裂によって増殖可能で、ウイルスは生きた細胞に感染しない限り単体では増殖できない。両者は異なった微生物であるが、抗菌・抗ウイルスの作用には、細菌・ウイルスともに外部構造の破壊や内部構造の変性などにより機能を失わせるといった共通点がある。一方、環境中で比較的安定なエンベロープのないウイルスについては、抗ウイルス試験による評価がなされていないものも多い。そのため、様々なウイルス種で効果を示す抗ウイルス材料の検討や評価が必要であると考えられる。また、抗菌・抗ウイルス活性を持つ機能性材料が人体への安全性を確保し、持続性や耐久性を持つことも重要である。

■ 今後の進め方

上記の要素を考慮し、効果的な抗菌・抗ウイルス活性を持つ機能性材料の開発に向けて調査を進めたい。



アピールポイント

- 表面加工により抗菌・抗ウイルス性能を付与
- 人の行動制限を伴わない感染症予防が可能
- 公衆衛生の向上に貢献

用途・適用分野

- 日用品・生活資材
- 医療・介護で用いる器具や衛生用品
- 住宅建材・公共施設等の備品

■ お問い合わせ先 ■

奈良県産業振興総合センター 産業技術研究部 研究支援室
〒630-8031 奈良県奈良市柏木町129-1 Tel : 0742-33-0863