

特集 1

自動車

特集 2

食品加工



あなたの車をさらに先へ。

DRIVON™

高い燃費と排出ガス基準に基づくDRIVON™自動車潤滑技術は、パワートレイン全体で燃料消費を3-4%削減します。省燃費の節約はあなたの目の前にあります。

エボニック ジャパン(株) オイルアディティブス部—Let it flow.
www.evonik.com/oil-additives

食品製造設備における 微粒子投射処理の効果

(株)サーフテクノロジー 研究開発部 西谷 伴子

1. はじめに

食品製造設備と一言で表現をしても、例えば原材料を流すためのホッパーや、粉体をふるったり液体を濾過するための網、商品を搬送するためのフィルムガイドやネットコンベア、金型や麺帯ローラーなどその種類は多岐にわたる。様々な食品製造設備がある中、全ての設備に共通する課題は、異物混入や衛生面での微生物対策、フードロス対策への対応などである。これらの対策の一つとして、当社では独自の微粒子投射処理「マイクロディンプル処理[®](MD処理[®])」を提案している^{1),2)}。マイクロディンプル処理は基材表面に微細凹凸(マイクロディンプル)を形成することで、食品用粉体の付着抑制や滑り性向上、洗浄性の向上などに効果を発揮する。さらに当社では、この微細凹凸によって抗菌性能が付与されることを確認した。本稿では、マイクロディンプル処理とその効果、とりわけ抗菌効果について紹介する。

2. マイクロディンプル処理

マイクロディンプル処理とは、直径数 μm から数十 μm の微粒子を圧縮性気体に混合して高速に金属表面に衝突させ、表面を改質する方法である。ショットピーニングやサンドブラストと似ているが、一般的にショットピーニングは球状の粒子を使用し基材表面を変形させて疲労強度を向上させるなどの効果が得られる処理であり、サンドブラストは鋭角粒子を使用し基材表面を削り取って鏽取りなどを行う処理である。一方、マイクロディンプル処理で使用する粒子の形状などは、例えば付着抑制をしたい粉体の物理的・構造的な特徴によって使い分ける

ため、その形状に定義はない。また、ショットピーニングやサンドブラストでは、直径数百 μm の粒子が使用されるが、マイクロディンプル処理では数十 μm 以下の粒子を用いる。この方法を微粒子投射処理と呼び、処理表面には不規則な微細凹凸が形成される。処理表面のレーザーマイクロスコープ(KEYENCE VK-X100)による観察結果を図1に示す。従来、この微粒子投射処理はWPC処理と呼ばれ、主に機械部品の疲労強度の向上を目的として利用されてきた。マイクロディンプル処理の食品への応用では、形成される微細凹凸の凸部に着目した効果である。基材表面に凸部が形成されることによって粉体が点接触となり、付着抑制や滑り性向上などの効果を発揮する。

3. 食品製造設備における マイクロディンプル処理による 効果

食品製造設備への導入におけるマイクロディンプル処理の利点の一つが、コーティングフリーということである。一般的に、滑り性を目的とした場合はフッ素樹脂加工が有名であるが、継続使



用によってそのコーティング表面が摩耗して剥がれ落ち、製品への異物混入となってしまう。一方、マイクロディンプル処理は、基材そのものの表面形状を制御するのみでコーティングではないため、異物混入の心配がない。マイクロディンプル処理の有無による小麦粉の付着の様子を図2に示す。ふるいとシュートを模した漏斗にそれぞれ半面ずつマイクロディンプル処理をした。その結果、小麦粉の付着が大幅に低減していることが確認できる。また、粉の滑り性や粉落ちも格段に良くなるため、時間短縮による生産効率の向上につながる。このことは設備メンテナンスの面でも有効となる。付着力が小さくなった粉体はエアブローなどで簡易に除去ができる。そのため水洗などの頻度を減らすことができるが、マイクロディンプル処理はさらにその水洗工程においても効果を発揮する。マイクロディンプル処理は、その処理条件によって図3のように基材表面のぬれ性を制御できる。一般的に水洗後エアブローなどで乾燥させる場合は撥水性を付与する処理、水洗後自然乾燥させる場合は親水性を付与する処理が洗浄性の向上

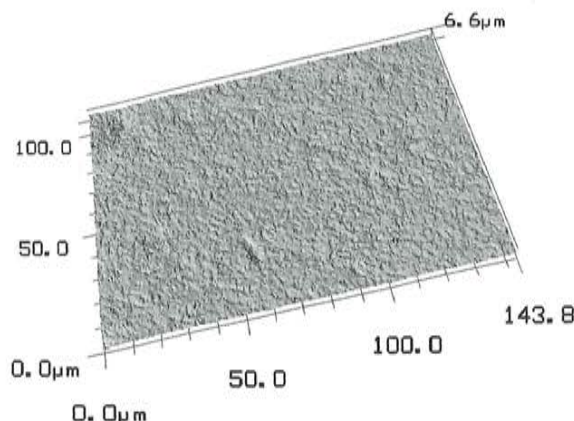


図1 マイクロディンプル処理面のレーザーマイクロスコープによる3D観察像

食品製造設備における微粒子投射処理の効果

株式会社サーフテクノロジー 研究開発部 西谷 伴子

1. はじめに

食品製造設備と一言で表現をしても、例えば原材料を流すためのホッパーや、粉体をふるったり液体を濾過するための網、商品を搬送するためのフィルムガイドやネットコンベア、金型や麺帯ローラーなどその種類は多岐にわたる。様々な食品製造設備がある中、全ての設備に共通する課題は、異物混入や衛生面での微生物対策、フードロス対策への対応などである。これらの対策の一つとして、当社では独自の微粒子投射処理「マイクロディンプル処理[®](MD処理[®])」を提案している^{1),2)}。マイクロディンプル処理は基材表面に微細凹凸(マイクロディンプル)を形成することで、食品用粉体の付着抑制や滑り性向上、洗浄性の向上などに効果を発揮する。さらに当社では、この微細凹凸によって抗菌性能が付与されることを確認した。本稿では、マイクロディンプル処理とその効果、とりわけ抗菌効果について紹介する。

2. マイクロディンプル処理

マイクロディンプル処理とは、直径数 μm から数十 μm の微粒子を圧縮性気体に混合して高速に金属表面に衝突させ、表面を改質する方法である。ショットピーニングやサンドブラストと似ているが、一般的にショットピーニングは球状の粒子を使用し基材表面を変形させて疲労強度を向上させるなどの効果が得られる処理であり、サンドブラストは鋭角粒子を使用し基材表面を削り取って錆取りなどを行う処理である。一方、マイクロディンプル処理で使用する粒子の形状などは、例えば付着抑制をしたい粉体の物理的・構造的特徴によって使い分ける

ため、その形状に定義はない。また、ショットピーニングやサンドブラストでは、直径数百 μm の粒子が使用されるが、マイクロディンプル処理では数十 μm 以下の粒子を用いる。この方法を微粒子投射処理と呼び、処理表面には不規則な微細凹凸が形成される。処理表面のレーザーマイクロスコブ(KEYENCE VK-X100)による観察結果を図1に示す。従来、この微粒子投射処理はWPC処理と呼ばれ、主に機械部品の疲労強度の向上を目的として利用されてきた。マイクロディンプル処理の食品への応用では、形成される微細凹凸の凸部に着目した効果である。基材表面に凸部が形成されることによって粉体が点接触となり、付着抑制や滑り性向上などの効果を発揮する。

3. 食品製造設備におけるマイクロディンプル処理による効果

食品製造設備への導入におけるマイクロディンプル処理の利点の一つが、コーティングフリーということである。一般的に、滑り性を目的とした場合はフッ素樹脂加工が有名であるが、継続使



用によってそのコーティング表面が摩耗して剥がれ落ち、製品への異物混入となってしまう。一方、マイクロディンプル処理は、基材そのものの表面形状を制御するのみでコーティングではないため、異物混入の心配がない。マイクロディンプル処理の有無による小麦粉の付着の様子を図2に示す。ふるいとシュートを模した漏斗にそれぞれ半面ずつマイクロディンプル処理をした。その結果、小麦粉の付着が大幅に低減していることが確認できる。また、粉の滑り性や粉落ちも格段に良くなるため、時間短縮による生産効率の向上につながる。このことは設備メンテナンスの面でも有効となる。付着力が小さくなった粉体はエアブローなどで簡易に除去ができる。そのため水洗などの頻度を減らすことができるが、マイクロディンプル処理はさらにその水洗工程においても効果を発揮する。マイクロディンプル処理は、その処理条件によって図3のように基材表面のぬれ性を制御できる。一般的に水洗後エアブローなどで乾燥させる場合は撥水性を付与する処理、水洗後自然乾燥させる場合は親水性を付与する処理が洗浄性の向上

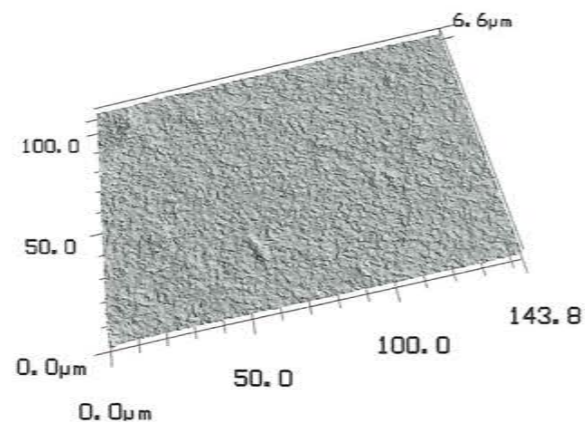


図1 マイクロディンプル処理面のレーザーマイクロスコブによる3D観察像

に効果があったとするユーザー事例が多くある。実験レベルでの実施例として、小麦粉100gに対して水道水50mLを添加し混合させた生地を使用し、洗浄性の確認を行った。未処理および親水処理をした試験片上に生地を塗布し5分間放置した。その後、上から水道水を流すことのみで洗浄を行った後、1時間自然乾燥させた。自然乾燥後の試験片の写真およびマイクロスコブ拡大画像を図4に示す。未処理の試験片上には生地の残存が目視でも拡大画像でも確認できるが(画像内の白く見える部分)、親水処理をした試験片上は明らかに残存が少ない。食品製造設備において、洗浄とその後の清浄度はシビアである。近年はHACCPなどの衛生管理の取組みが積極的になされている。衛生面での観点から、残存する水分や食品残渣は菌の繁殖要因となるため、極力抑えたい。マイクロディンプル処理はこれらの課題を解決できる。

4. マイクロディンプル処理による抗菌効果

食品製造ラインにおいて、衛生管理は非常に重要な課題である。現在、大腸菌などの菌繁殖抑制に対して、多くの場合次亜塩素酸水やオゾン水、エタノール

などを利用した衛生管理がなされているが、次亜塩素酸水は残留塩素の心配があり、オゾン水は使用方法によっては人体に悪影響を及ぼすため、安全性における懸念がある。エタノールも含めてそれらの薬剤を使用することは、耐性菌の懸念も出てくる。これらの課題がある中で、表面形状だけでの抗菌効果が近年注目を集めている。いわゆるバイオミメティクスとして、昆虫の翅などの抗菌効果を模した表面の形成である。現在、抗菌・殺菌を目的とした様々な人工ナノ構造が研究開発されている。MEMSプロセスなどを利用して、基板上にナノテクスチャーを形成し、それらに抗菌効果があることが確認されている。これらを背景に、マイクロディンプル処理による抗菌効果について述べる。

食品製造設備では錆対策などでステンレス鋼が多く使用されていることから、SUS304を基材としてマイクロディンプル処理(2種)を施し、抗菌性試験を実施した。菌種としては、グラム陰性菌(外膜を有し、細胞壁が薄い)として大腸菌、グラム陽性菌(外膜を有さず、細胞膜が厚い)として黄色ブドウ球菌を用いた。試験はJIS Z2801に基づき実施した。大腸菌ならびに黄色ブドウ球菌の

減衰の変化を図5に示す。JISでは24時間の試験が定義されているが、大腸菌に関しては減衰が早かったことから最大8時間の試験としている。ステンレス鋼そのものにも一定の抗菌効果が認められるが、マイクロディンプル処理によって大幅な菌数の減少(99.0%以上)が確認された。抗菌の指標の一つに抗菌活性値がある。抗菌効果の程度を表す指標の一つであり、24時間の試験後、抗菌活性値2.0以上で抗菌効果があると言える。抗菌活性値とマイクロディンプル処理によって形成されるディンプル径の関係を図6に示す。マイクロディンプル処理は規則的な凹凸ではなく不規則な凹凸分布であるため、ディンプル径は平均値である。ディンプル径と抗菌効果には相関が見られる。数ミクロン程度のディンプル径で抗菌効果が高いことが確認できた。大腸菌は短軸が0.5 μm 、長軸が3.0 μm 程度であり、黄色ブドウ球菌は直径1.0 μm 程度である。つまり、対象とする菌の大きさと同程度のディンプル径が高い効果を発揮している結果となった。これらの抗菌メカニズムについては解明に向けて調査を進めているところであるが、ディンプル径が寄与していると考えている。先にも述べたが、ステンレス鋼はそのものに一定の抗菌効果がある。そこで、その材料由来の抗菌効果をなくす目的で、ステンレス上にマイクロディンプル処理による凹凸を形成し、その上からダイヤモンドライクカーボン(DLC)を成膜し

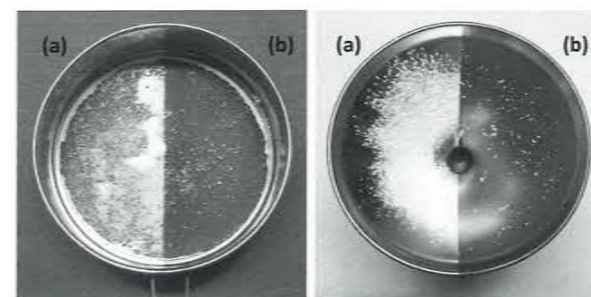


図2 ふるい(左)とシュートを模した漏斗(右)における(a)未処理部と(b)マイクロディンプル処理面への小麦粉の付着の様子

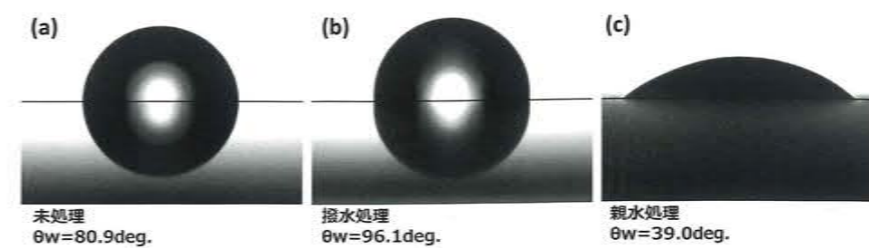


図3 マイクロディンプル処理による水に対するぬれ性の様子 (a)未処理 (b)撥水処理 (c)親水処理

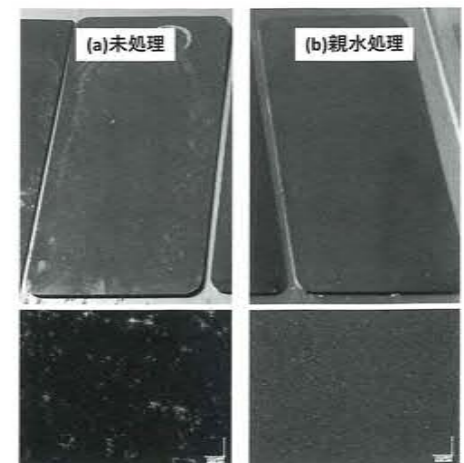


図4 洗浄性試験結果：自然乾燥後の試験片(上)と拡大マイクロスコブ画像50倍(下)

たもので同様の抗菌性試験を実施した。DLCとは非晶質構造のカーボン膜である。SUS304を基材として、(1)未処理、(2)マイクロディンプル処理、(3)DLCのみ、(4)マイクロディンプル処理後DLC、の4種の試験片を使用した。その結果、マイクロディンプル処理後にDLCをコーティングした試験片でも、8時間後の残存菌数は2桁程度減少した。また、DLCコーティングをすることで、若干残存菌数濃度が増加していることが分かるが、この差はステンレス鋼自体の抗菌特性であると推察される。しかしマイクロディンプル処理をすることによ

て、DLC膜の有無によることなく抗菌効果はほぼ同等の結果となり、両者とも抗菌活性値は2.0以上の値を示した。このことから、本技術による抗菌性能の付与は、材料特性によるものではなく、マイクロディンプル処理によって形成される微細凹凸が寄与していると考えている。

5. おわりに

食品製造設備の種類は多岐にわたると述べたが、それと同様にマイクロディンプル処理の種類も様々である。対象とする粉体や液体の特性によって、どのようなマイクロディンプル処理条件が適す

るかを選定し、付着抑制や滑り性向上などにおいて大きな実績を上げており、そこに抗菌効果も付与されることで食の安全・安心の課題へのさらなる有効手段となる。

近年、新型と呼ばれるウイルスが世界的に流行している。うがい手洗いはもちろん、身の回りの日用品などの抗菌性能にも注目が集まっている。本稿では食品製造設備に関して述べたが、一般消費者向けのカトラリーやキッチングッズなどの衛生管理面においても、マイクロディンプル処理が一助となれば良いと思っている。

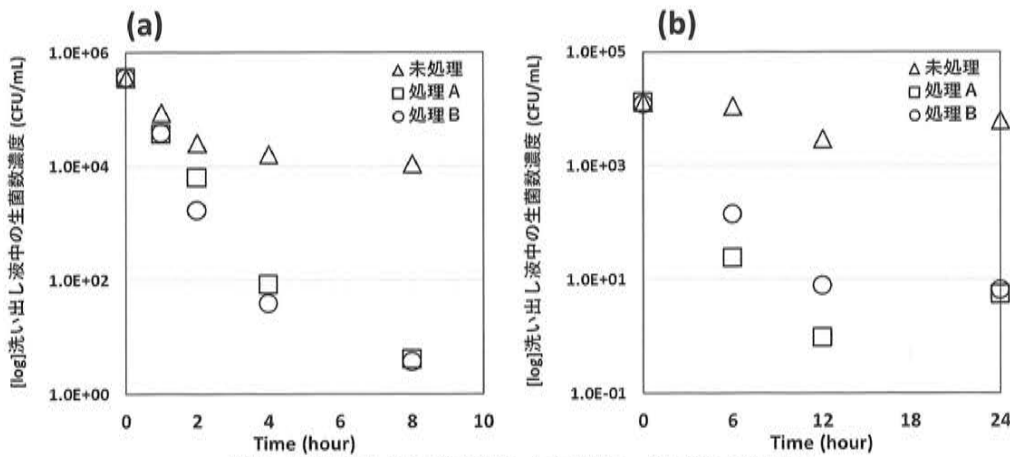


図5 時間経過による菌数の変化 (a) 大腸菌 (b) 黄色ブドウ球菌

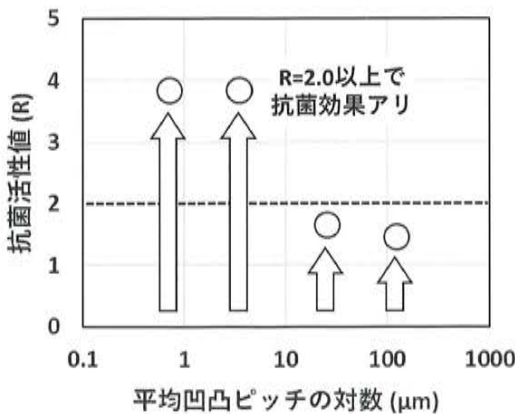


図6 凹凸ピッチと抗菌活性値 (R) の関係

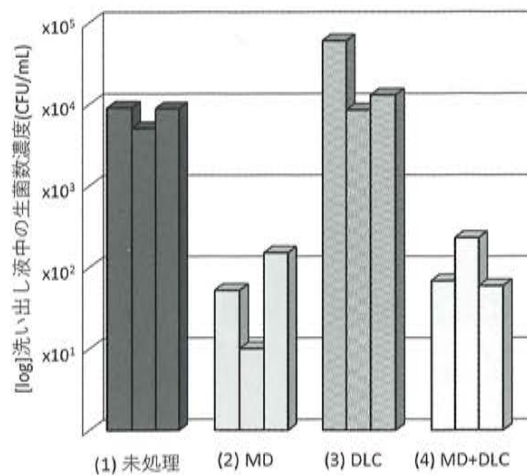


図7 DLC膜上での抗菌性試験結果 (大腸菌で実施、試験時間8時間)

参考文献

- 1) 処理器具及びその表面処理方法 (特開 2017-209735)
- 2) 金属製メッシュ要素及び金属製ふるい (特開 2018-149504)