

MECHANICAL 表面改質&表面試験・評価の技術情報誌

SURFACE TECH

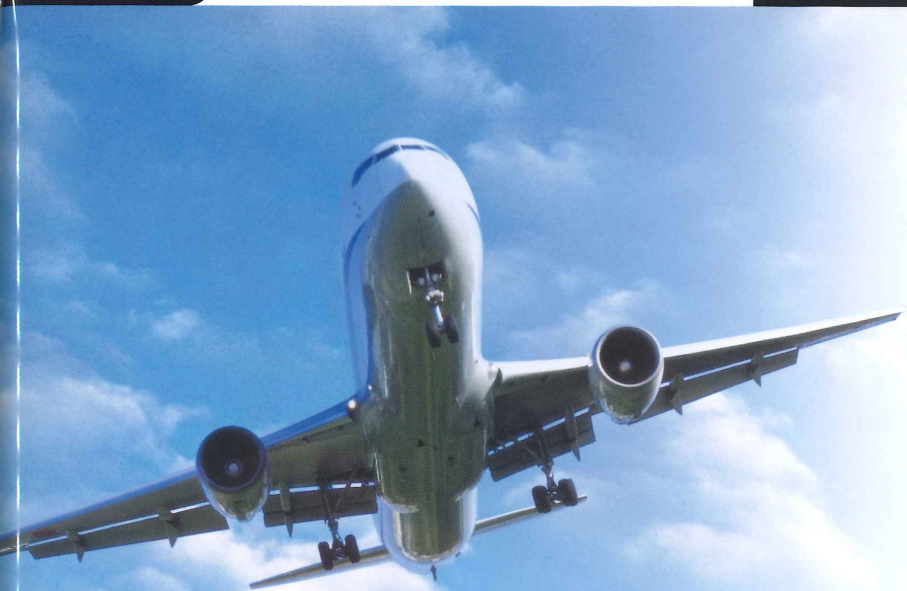
隔月誌
メカニカル
サーフェス・テック

2020

10

No.058

特集 ▶ 自動車の表面改質 キーテク特集 ▶ ショットピーニング



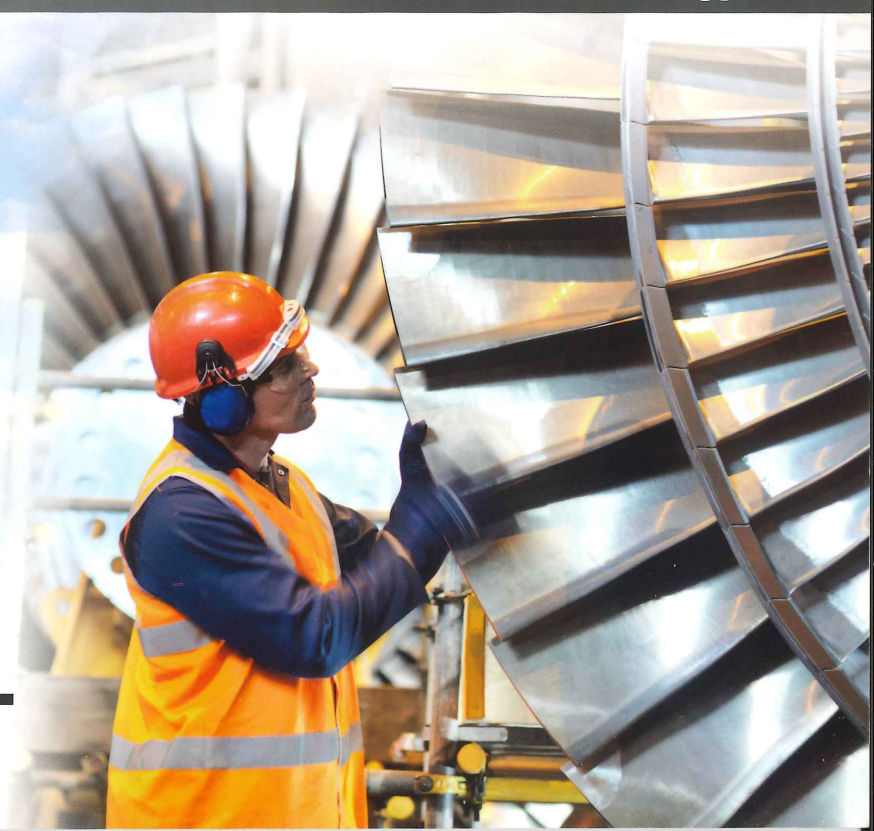
ピーニング・ブラスト処理
受託加工受付中

株式会社ニッチューは
JIS Q 9100 認証を取得しています
お客様の求められる加工条件に応じて
最適なピーニング・ブラスト加工を提案致します

We are Blastings. We are NICCHU. www.blast.co.jp

表面改質
*Surface
Enhancement*

 総合プラストメーカー
株式会社 ニッチュー



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、さらにはカビ増殖抑制効果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、とりわけ抗菌効果およびカビ増殖抑制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、使用する粒子の形状などは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られている。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のに対して、マイクロディンプル処理は数十 μm 以下の粒子を用いた微粒子投射処理で、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。

マイクロディンプル処理の食品への応用では、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。タイトル写真からは、ふるいの左半分にマイクロディンプル処理を施すことで、小麦粉の付着が大幅に低減していることが確認できる。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だけで、フッ素樹脂加工のようなコーティングではないため、異物混入の心配がないことから食品製造設備での採用が急速に進んできている。

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おり表面形状創成技術であるマイクロディンプル処理に関しても、微細凹凸形成による先述の付着抑制・滑り性向上の効果に加えて、抗菌効果についても検証を行った。

3. マイクロディンプル処理の 抗菌効果の検証

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、神奈川県立産業技術総合研究所(KISTEC)に委託して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)として大腸菌を、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。

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

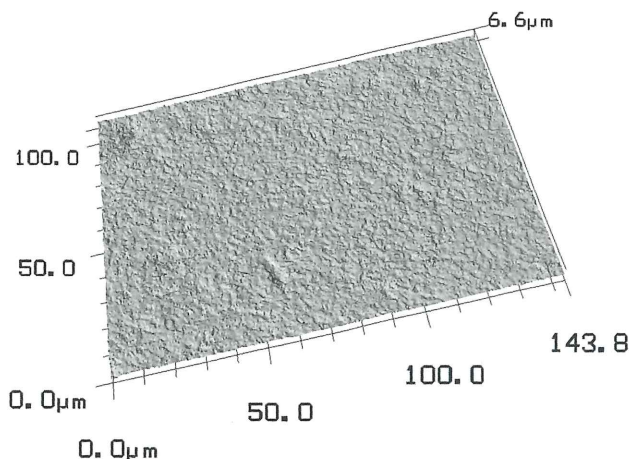


図1 マイクロディンプル処理面のレーザーマイクロスコープによる3D観察像

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(図2)。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、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(凹凸ピッチと抗菌活性値(R)の関係)を図3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、黄色ブドウ球菌は直径1.0 μm 程度。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。

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、その上から非晶質構造のカーボン膜であるダイヤモンドライクカーボン(DLC)を成膜したもので同様の抗菌性試験を実施した。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(図4)。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時間後の残存生菌数は2桁程度減少した。また、DLCコーティングをすることで、残存生菌数濃度が若干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って、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。

これらのことから、マイクロディンプル処理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り形成される微細凹凸が寄与していると考えている。

4. マイクロディンプル処理のカビ増殖抑制効果

当社ではさらに、食品工場の衛生管理において極めて重要なカビ対策の一環として、マイクロディンプル処理のカビ増殖抑制効果について検証した。

カビの増殖を抑える効果については、東京都立産業技術研究センター(32 依頼第21号)に委託して確認した。JIS Z 2911:2018 カビ抵抗性試験を参考にした試験として、試験カビ(*Aspergillus niger* NBRC 105649)を用いて26 $^{\circ}\text{C}$ 、湿

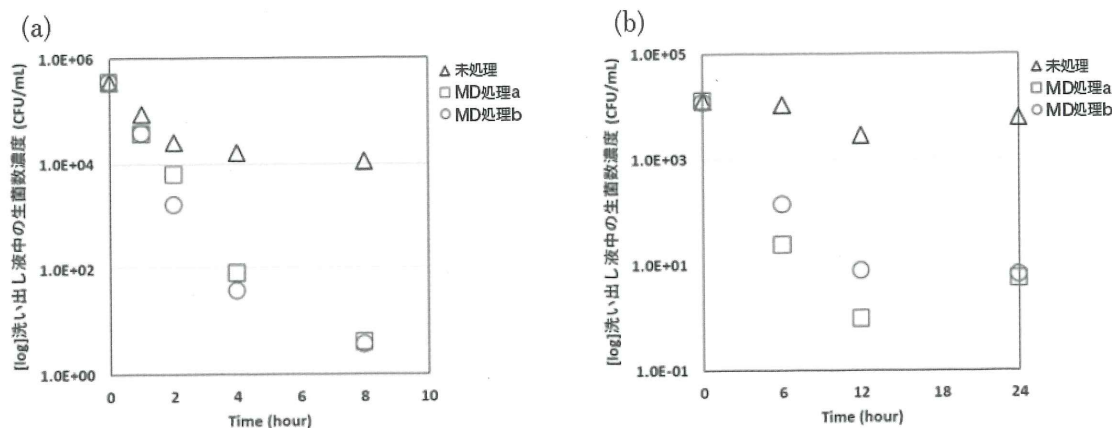


図2 時間経過による菌数の変化 (a) 大腸菌 (b) 黄色ブドウ球菌

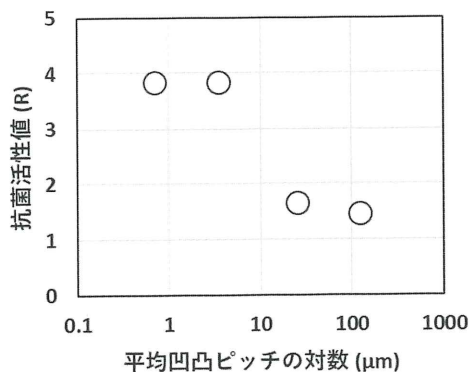


図3 凹凸ピッチと抗菌活性値(R)の関係

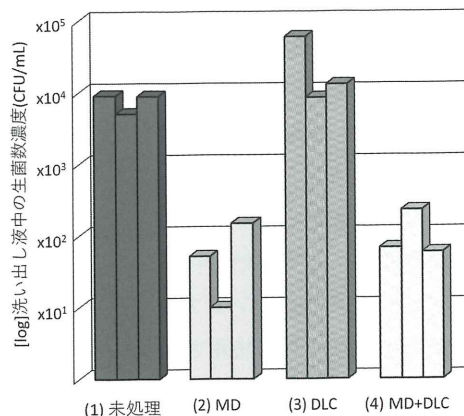


図4 DLC膜上での抗菌性試験結果 (大腸菌で実施、試験時間8時間)

度 95%以上で7日間培養した。その結果、表1に示すとおり、未処理では肉眼でカビの発育が認められないかほとんど認められないものの、実体顕微鏡下での発育部分は試料全面積の1/3以上という状態（レベル2）だった。これに対してマイクロディンプル処理（BおよびC）を施した結果、肉眼および実体顕微鏡下でカビの生育が認められない（レベル0）か、肉眼でカビの発育が認められないが、実体顕微鏡下での発育部分は試料全面積の1/3未満（レベル1）と、カビ増殖抑制効果が確認された。

また、図5は、SUS304鏡面とそこにマイクロディンプル処理をした試験片上に9日間餅を静置させた後の試験片の画像で、鏡面では顕著なカビの付着が確認できる一方、マイクロディンプル処理面はカビの付着が少ないことが分かる。

大前提として金属にカビは生えないが、ここで見えているカビは金属表面に付着した栄養源（ここでは餅も含む埃など）に生えたカビで、マイクロディンプル処理面は粉体などの付着抑制効果があるため、その分カビが付着しにくくなっていると判断できる。しかしそれだけではなく、試験カビを培養液中で培養させる前述の抗カビ試験では液体が存在することから、その液体＝栄養源が微細凹凸によって細かく分断されてカビが発育しにくくなっているという仮説も立てられる。いずれにせよ微細凹凸がカビの発育を阻害しているとは考えているが、抗菌効果と同様に、カビ増殖抑制のメカニズムについては不明な点が多く、引き続き解明に努めていきたい。

食品工場は常に水が使われ湿度が高く、でんぷんや糖分などの植物残渣があり、カビが増殖しやすい環境にある。アルコールスプレーでの胞子の死滅、カビの除去といった作業が常に施されていると聞けるが、機械の見えない部分でカビが

繁殖し、ある時に胞子が飛散してしまう可能性もないとは言えない。そうした点で現場の担当者にとってカビ対策は極めて重要であり、悩ましく困難な問題だと思われる。マイクロディンプル処理の採用によって衛生安全性の確保に寄与し、担当者の作業面での負担や心労をいくらかでも減らせるよう、引き続きマイクロディンプル処理のカビ増殖抑制メカニズムの解明と、それに基づくカビ増殖抑制効果の高いマイクロディンプル処理の開発を進めていく。

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、そこに抗菌効果およびカビ増殖抑制効果も

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。

当社ではこのほど、上述したDLCコーティングに関して国内初となるFDA認証取得を実現した。DLCコーティングはその優れた耐摩耗性から、すでに麵切刃などで採用されているが、その固体潤滑特性からは、菌の繁殖につながる潤滑剤を排除できる可能性がある。マイクロディンプル処理とともに食の安全・安心につながる手法として提案を進めていきたい。

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、さらにはDLCコーティングが一助となれば良いと思っている。

表1 カビ抵抗性試験結果

ステンレス板処理内容	試験結果の表示		
	-1	-2	-3
未処理(SUS304 #700)	2	2	2
MD処理 A	2	2	2
MD処理 B	1	1	1
MD処理 C	0	0	1

※試験結果の表示

0：肉眼および実体顕微鏡下でカビの生育は認められない

1：肉眼でカビの発育が認められないが、実体顕微鏡下での発育部分は試料全面積の1/3未満

2：肉眼でカビの発育が認められないかほとんど認められないが、実体顕微鏡下での発育部分は試料全面積の1/3以上

3：肉眼でカビの発育が認められ、発育部分は試料全面積の1/3未満

4：肉眼でカビの発育が認められ、発育部分は試料全面積の1/3以上

<未処理(SUS304 #700)>



<MD処理>



未処理の鏡面ではカビの付着が顕著である一方、抗カビMD処理をした面はカビの付着が抑制されている

図5 表面に餅を置いて9日間放置した後の試験片の画像

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）



トップインタビュー No.043

(株)サーフテクノロジー 代表取締役社長

下平 英二 氏

—企業の概要について教えてください

1997年4月に設立された不二WPCでは、一般産業部門、モータースポーツ部門、食品関連部門の三部門体制で、表面改質による様々な機能性向上を迅速・安価に提供してきた。食品関連部門については、食品粉体のホッパーなどへの付着やフルイなどでの目詰まりといった顧客の様々な問題を表面改質によってともに解決してきたが、2019年5月に食品関連部門を分離、新会社として新たな歩みを進めることとなった。

当社では、テクスチャ形状の形成によって食品粉体や粘性のある食品などの付着防止や滑り性向上を実現する独自微粒子投射処理「マイクロディンプル処理[®] (MD処理[®])」をキーテクノロジーに、技術を常に進化・発展させることで、安心・安全に食品ロスや生産性の悪化(エネルギーロス)といったユーザーの諸課題を解決することで、さらなる環境負荷低減につなげ、社会の発展に貢献していくことを理念に掲げている。

—DLCのFDA認証取得の背景を教えてください

不二WPCでは十数年前から、耐摩耗性や低摩擦特性、耐食性などに優れるダイヤモンドライクカーボン(DLC)コーティングを扱っている。プラズマCVD法による成膜のためドロップレットのない平滑な膜がつけられることや、人体と同じ炭素と水素から構成されているため生体親和性に優れていることから、安全に安心して使える材料であることを訴求、食品分野でもすでに、麺切刃や製袋機の羽根、フィルムガイド、シュークリームノズルなど幅広い採用実績を持つ。

その一方で、食品メーカーからはDLCの衛生安全性を担保する公的な証明を要求されていた。食品分野に対しては、FDA(米国食品医薬品局)の認証を取得することがDLCの安全性担保の証明として最も分かりやすく有効と判断し、認証取得に向けた取組みを2018年3月に開始。その後、DLCの化学構造、密度、溶出試験など認証に必要な各種データを取得しFDAに提出

し、本年9月25日にDLCとしては国内で初めて、認証取得に成功した(FCN(Food Contact Notification)00207)。

MD処理はそのテクスチャの機能によって、従来のフッ素樹脂コーティングに代わって、異物混入の懸念なしにステンレス基材での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ほか、抗菌性能、カビ増殖抑制効果などが確認されていることから、食品分野で採用が拡大している。DLCを成膜することで、MD処理のテクスチャ形状を保護してMD処理の諸機能を持続させるとともに耐食性を向上できる。パンや麺など加工食品に含まれる塩分(塩化ナトリウム)はステンレス部材でも腐食させるが、DLCの優れた耐摩耗性と耐食性は切刃の長寿命化を実現し生産性向上に貢献するとともに、廃棄物低減による環境負荷低減にも寄与できる。

当社のDLCはすでに大手コンビニメーカーの麺切刃に採用されているが、耐摩耗性・耐食性の向上、FDA認証取得によって大手コンビニメーカー他社にもアピールできるほか、うどんやラーメンの切刃やローラーなどにも展開できると見ている。

—今後の展開についてお聞かせください

DLCはMD処理の諸性能の保持と耐摩耗性、耐食性の向上に加えて、自身が固体潤滑材であることから、現在NSF H1認証取得の潤滑剤が使われている用途で無潤滑化や油量の低減が図れる可能性が高い。引き続き、用途に合わせて保有する最適な表面改質技術の選択、組み合わせによるソリューションを提供していく。

日本の歴史の中で育まれた国民性をベースにした「擦り合わせ技術」によって、小ロットの部材であっても1個1個丁寧に、ユーザーの要求に合致したものづくりを進めていくことで、食の安全を確保しつつ生産性向上に寄与していきたい。

国内初 FDA認証取得 の食品機械用 DLC-F&D DLCコーティング!

安心・安全に耐久性、滑り性を向上

DLC(Diamond-Like Carbon)コーティングは、低摩擦係数、耐凝着性、赤外線透過性、デザイン性、生体親和性、ガスバリア性、耐腐食性など様々な機能を持っています。人体と同じ炭素と水素から構成されており、生体親和性に優れているため安心してご使用いただけるコーティングですが、サーフテクノロジーではさらに、国内で初めて、DLCコーティングでFDA認証を取得いたしました。

潤滑剤がない、あるいは潤滑剤が少量でも低摩擦を実現する自己潤滑性と耐摩耗性から、食品加工分野でも麺切刃や製袋機の羽根、フィルムガイド、シュークリームノズルなど幅広い採用実績を持っています。食品用粉体の付着抑制や滑り性向上、洗浄性の向上、さらには抗菌性能、カビ増殖抑制効果など

が確認されている独自の微粒子注射処理「マイクロディンプル処理[®]」で形成したテクスチャを保護する機能があることから、マイクロディンプル処理[®]との複合処理としても有効です。



■ DLCコーティングの採用例



セーラー



麺切刃



フィルムガイド



製袋機羽根



シュークリームノズル



ヒーターバー

■ DLCコーティングの効果

効果	適用物
耐摩耗: 部品の耐久性、黒い摩耗粉の抑制、カジリ抑制	麺切刃、包丁、 カッター、 充填ノズル、 ローラー
ドライ潤滑: 油がなくても、または 少なくとも潤滑性が良い	シャフト軸、 ガイド
装飾: 高級感のある黒色	カトラリー
耐食性の向上	カッター

株式会社サーフテクノロジー

〒252-0331 神奈川県相模原市南区大野台4-1-83

TEL:042-707-0618 FAX:042-707-0779

<https://www.microdimple.co.jp>

