

食の安全と品質保証のための

# 月刊 HACCP

HAZARD ANALYSIS AND CRITICAL CONTROL POINT

2019 Vol.25

3



## 特 集

HACCP制度化時代のフードサービスにおける衛生管理  
～多様化するカンピロバクター食中毒徹底防止

## 第2特集

食品製造現場におけるカビ予防のノウハウ

Challenge the Future  
～未来への架け橋～

mond Selection 最高金賞連続受賞の実力  
FSSC22000認証取得で海外展開もさらに強化●株式会社ちばり

# カビの基礎知識と 従来技術の限界を踏まえた新たな根本対策の考え方 —食品施設におけるカビ対策のレベルアップを目指して—

株式会社ピュアソン 専務取締役  
チームカビPRO 統括責任者  
**石田智洋**

我々は、2016年にカビ処理の新たな手法を開発し、大手食品工場、食品スーパー、美術館、ホテル、病院を中心として、約2年半の間に、優に200例以上のカビ汚染の対策を実施し続けてきた。この間に蓄積した知見を元に、カビ処理の基本的な考え方と根本的な対策について述べていきたい。

カビ処理を考えるときに、次のポイントをしっかりと押さえることが重要になる。

## ①まず、カビを知る

処理対象となる微生物たち、「ウィルス」「細菌」「真菌」「藻類」等の基本的な相違をきちんと理解し、カビの特徴や性格について知る。

## ②次に、技術と薬剤を知る

処理方法や使用薬剤ごとの長所・短所を正確に理解し、現場の材質や環境に応じたベストの対策を組み立てる。

## ③処理対象物と環境を知る

環境や対象素材の特性を知ることによって、ベストな処理方法や使用薬剤を決定する。

次に、実際の処理を考えるとき、実施すべきポイントは次の2点である。

## ①攻撃

すでに発生した有害微生物を、完全に殺菌また

は除去する。

## ②防御

有害微生物が再発しない環境を作る。

## まずは、カビを知る

さまざまなカビ汚染の現場に赴き、皆さんからヒアリングすることが多いわけだが、「ウィルス」「細菌」「真菌」「藻類」等の基本的な相違をきちんと理解できている方は、意外に少ないという印象を持っている。

そこで、まず、本原稿では、株式会社エフシージー総合研究所の川上裕司博士らが編集された「カビの基礎知識」からの抜粋を中心に、カビに関する基本情報について整理することから始めた。すでにご理解されている諸兄も、復習のつもりで読み進めていただければありがたい。

カビは真菌に属する非常に身近な微生物であり、次のような特徴を持つ。

### 1. ウィルス・細菌と比較して非常に大きい

カビ（糸状菌）は、胞子サイズで3～10 μm、菌糸を合わせると100 μmというサイズで、ウィルスの1000～10000倍、細菌の10～100倍と大きく、当然、死滅しにくい。

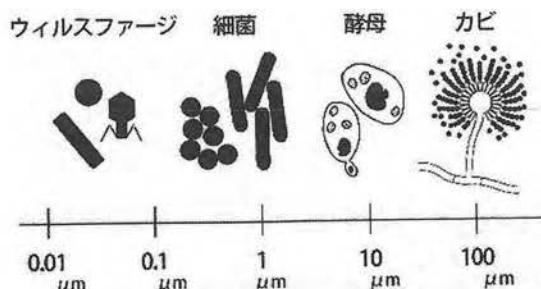


図1 微生物の大きさ<sup>1)</sup>

表1 真菌（糸状菌＝カビ）と細菌の違い<sup>3)</sup>

区分	真菌（糸状菌＝カビ）	細菌
大きさ	3~10 μm (胞子)	0.2~5 μm
細胞の構造	細胞壁の成分はキチンとβ-グリカン・核膜がある・複数の染色体	細胞壁の成分はペプチドリカン・核膜がない・1つの染色体
増殖の速さ	胞子が発芽し、菌糸が伸びて集落を形成する。集落形成まで3~10日と遅い。	1つの細胞が2個に分裂することを繰り返して増殖する。分裂が早い細菌では2時間後には1億個になる。集落形成まで1日と早い。
人への健康被害	カビ毒産生・アレルギー疾患・皮膚疾患など	食中毒・多くの感染症
殺菌剤の有効性	細胞壁が強靭で殺菌剤が効きにくい	真菌と比較すると殺菌剤が効きやすい

## 2. カビは糸状の真核生物

カビは真菌に属する真核生物であり、細菌（原核生物）と比較して細胞壁が強靭で、殺菌剤が効きにくい。

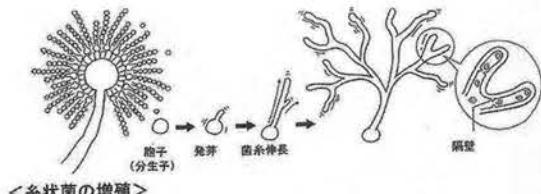
## 3. カビの構造と目視状態の関係

カビ（糸状菌）は、胞子と菌糸で構成されているが、菌糸は透明に近い白色で、カビの色はほぼ胞子の色と考えて良い。

カビの胞子1個は数ミクロンのため、数十個や数百個では肉眼でみえない。カビの色が目視できる段階では、すでに真菌汚染が、かなり進行していると言える。

## 4. カビの発育過程

空気中に浮遊する胞子が、後述する生育しやすい環境に付着すると、発芽して菌糸が伸長し、3~10日で集落を形成する。菌糸の内部で胞子が作られ、再度、気中に拡散される。



<糸状菌の増殖>

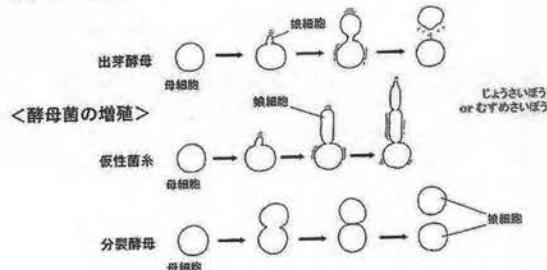
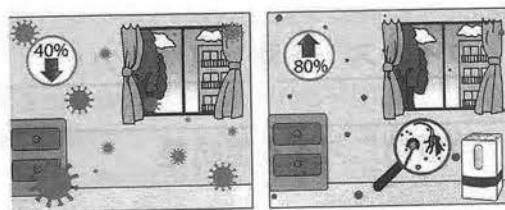


図3 真菌の増殖形態<sup>4)</sup>



ウイルスは湿度40%以下  
カビは湿度80%以上  
で活性が高くなる  
で繁殖する

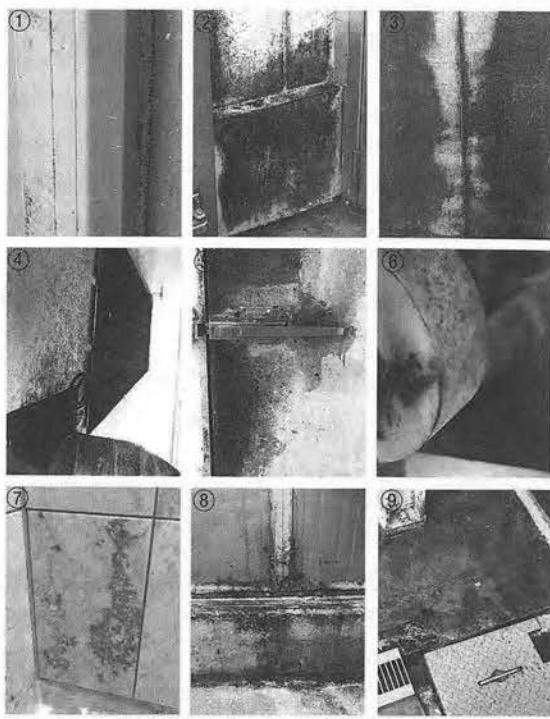
図4 ウィルスとカビが好む湿度条件<sup>5)</sup>

## 5. カビの生育最適条件

カビの増殖に適した条件は、湿度80%以上、温度25~28°Cと言われている。ウィルスは湿度40%以下で活性が高くなるのに対し、カビは湿度80%以上で繁殖しやすい。また、一般的に細菌は、動物の体温である37°C前後で活発に繁殖するのに対し、カビは25~28°Cで活発に繁殖する。

## 6. 菌糸の侵入力

菌糸は、非常に固い材質や、密度の高い材質の内部に侵入し、深さ3mm程度まで繁殖するケースもある。写真のように、金属塗装面、石材、コンクリート、シリコーンゴム、樹脂、カラーコンクリートなどの素材内部まで汚染する。やっかいなことに、薬剤の浸透が困難な環境まで侵入し、繁殖できるため、従来用いられてきた薬剤のみでは、



①シリコーンゴム ②コンクリート塗装面 ③コンクリート  
④フィルター・ダクト ⑤金属塗装面 ⑥樹脂部品  
⑦大理石素材内部 ⑧塗装床・コーティング ⑨ウレタン塗装床

処理しきれないケースが発生している。

## 7. 除去後の再発性の高さ

上述の通り、細菌やウイルスと比較して、カビは、殺しにくく、根が深く入り込んでいるため、表面を塩素系薬剤等を用いて漂白殺菌しても、1週間程度で再発する事例が多く見られる。防カビ塗装を行っても、深部の菌糸を除去しない状況で表面だけに防カビのフタをするような状態のため、数ヶ月でカビが再発する事例も散見される。

### ●食品工場におけるカビの発生原因

以上をまとめると、カビは、糸状の真核生物で強い細胞膜を持ち、密度の高い素材でも内部まで菌糸が浸透し、集落を形成する。特に湿度80%以上、室温25~28°Cで、活発に繁殖し、清掃後も簡単に再発してしまう。

これらを踏まえ、食品工場における、カビの発生原因を考えると、次の4点をあげることができる。

#### ①調理時の水蒸気

煮る、蒸す、炊く、炒める

#### ②温度差による結露

空調ダクトや冷媒配管、空調機周り、冷蔵冷凍装置周辺、冷凍室・冷蔵室の壁面、天井裏、機械装置の架台部、換気口周り、グリル周りなど、周囲との温度差が生じやすい環境

#### ③清掃不良

隅々までの清掃が行き届かないと、調理排水等に含まれる栄養分が残渣として残り、カビのエサとなる。

#### ④空気の滞留

換気状態が悪く、湿度の高い空気が滞留すると、カビの繁殖に最適な環境を作り出してしまう。

以上の4つの組み合わせが、カビ汚染の主たる原因であると考えて良く、カビが好む条件を全て揃えているのが食品工場であると言っても過言ではない。

このような過酷な条件の中でカビ汚染の対策を行うには、

#### ①菌糸の深部までの徹底的な殺菌・除去

#### ②有効な防カビ成分の、対象素材深部までの浸透

#### ③清掃メンテナンスの徹底

の実施が不可欠となる。

## 技術と薬剤を知る

前述の通り、カビに限らず、有害微生物対策を行う場合、

#### ①攻撃

すでに発生した有害微生物を、完全に殺菌または除去する。

#### ②防御

有害微生物が再発しない環境を作る。

以上の2つを行うことが基本となる。しかし、過去数十年にわたって、カビ処理の手法は、あまり大きな革新を遂げていない。

以下、この2点に着目して、従来技術について、考察する。

### ●従来の攻撃（殺カビ・除カビ）技術の考察

ご存知の通り、すでに発生したカビの除去は、50年以上にわたり、次亜塩素酸ナトリウム等の

塩素系殺菌剤による漂白殺菌が主流として行われてきた。しかし、あまりに身近なためか、塩素について、化学的な特徴の理解がほとんどなされていないという現状がある。

しかし、カビ対策を行うにあたり、必要不可欠な情報であるので、従来型の次亜塩素酸ナトリウムの特徴を以下にまとめた。

### 従来型の次亜塩素酸ナトリウムの特徴

- ①反応性の高い遊離塩素で、極めて殺菌速度が速い
- ②対象物を強力に酸化分解する
- ③対象物を酸化分解すると同時に、自らも還元されて、酸素と水と塩に分解される
- ④自己分解後は、殺菌能力を失う
- ⑤製造プロセスの事情から、多量の苛性ソーダを含む
- ⑥当然、pHが高い (pH=12~13)
- ⑦殺菌力の主体である次亜塩素酸が、pHの影響で、ほぼ100%イオン解離し、 $\text{OCl}^-$ の状態で存在している。
- ⑧殺菌の作用機序としては、タンパク変性（タンパク質表面の破壊）である
- ⑨作用機序から、耐性菌が極めて生まれにくい
- ⑩漂白する（色素分解能をもつ）
- ⑪食品添加物殺菌料製剤として、食品の殺菌に使用可能。ただし、最終食品への残留は認められていない
- ⑫水道法で、上水の殺菌法として認められている
- ⑬対象素材によって、素材を傷める場合が多くある
- ⑭有害塩素ガス $\text{Cl}_2$ が発生する
- ⑮タンパクと反応して三塩化窒素ガス $\text{NCl}_3$ が発生する（いわゆるプールの塩素臭の原因物質）
- ⑯アルコールと異なり、濡れた環境でも、殺菌効果が低下しにくい（水道水の殺菌濃度は1ppm以下）
- ⑰次亜塩素酸イオンの自然分解により、密閉暗所保管でも、1年で60%以上、有効成分が失活する
- ⑱海水から、苛性ソーダを製造する際の副生成物であり、低コストで製造できる

これらの特徴により、従来型の次亜塩素酸ナトリウムは、低コストで、非常に高い殺菌能力を有し、カビを色素まで分解するなど、非常に有益な殺菌成分として、多用されてきている。しかし、根本的なカビ処理を行う場合に、その優れた特徴が、裏目に出てしまい、次のような弱点（デメリット）が発生してしまうことは、ほとんど知られていない。

### 従来型の次亜塩素酸ナトリウムの弱点

反応が速すぎて、菌糸の深部まで到達する前に自己分解してしまい、殺菌能を失う。

CT値から見ても、大腸菌を100分の1まで減少させるのに、わずか1ppm濃度で、0.3秒以下で分解してしまうくらい、高い反応性を示す。しかし、言い換えると、0.3秒以下で自らも分解して、殺菌能力を失う。

このため、狭い間隙に侵入して繁殖している菌糸の深部まで届く前に、自己分解してしまう。性能が高すぎることが、仇（あだ）になっているとお考えいただければ良いだろう。

pHが高いため、殺菌能を示す主成分の次亜塩素酸が、ほぼ100%イオン解離して、 $\text{OCl}^-$ （マイナスイオン）の状態で存在している。結果、狭い空間に侵入する際に、汚れやカビの表面（多くがマイナスの電荷を帯びている）と、電子反発が生じて、深部まで浸透しにくい。

苛性ソーダを大量に含むため、pH > 12.0と、塩基性が高い。主成分の次亜塩素酸 HOClの酸解離定数は7.53であり、pH9.5以上では、99%以上が、 $\text{OCl}^-$ （マイナスイオン）として存在する。

反応性が高く、塩素ガスの発生量が多い。結果、塩素臭の問題が発生しやすく、作業中の危険性が高い。

極めて高い反応性を持っているため、塩素ガス $\text{Cl}_2$ が発生しやすい。結果、いわゆる塩素臭がきつく、作業環境で問題が発生しやすい。

### ● 従来の防歯（防カビ）技術の考察

ご存知の通り、防カビ技術といえば、防カビ塗装が主体である。この塗装に用いられる防カビ塗料とは、わかりやすく表現すると、ペンキに農薬を添加したものと考えれば良い。添加する防カビ成分は、年々改良が重ねられ、性能アップしてきているが、あくまで、農薬系成分が主体である点が、残念なところである。しかも、防カビ成分をペンキに混ぜて、塗料として表面に塗布するという処理方法は、この数十年、ほとんど進歩して

いない。

ベンキ以外の水系の防カビ剤も、市場に一部存在するが、これも、農薬成分が主体である点が、残念なところである。

農薬系以外の安全な処理技術として、銀抗菌剤の応用例が見られる。しかし、銀抗菌剤の抗菌スペクトルは、かなり狭く、効果を発揮するカビの種類は限定的である。しかも、銀なので、コストが高く、処理後は、空気中の酸素や水分と反応して酸化銀が表面に生成され、褐変や黒変の経時変化リスクを伴う。

## 従来の防カビ塗装の弱点

理論上は、半永久的に効果が持続するはずだが、数ヶ月で、カビが再発する事例が多く見受けられる

現在も、防カビ塗料を用いたカビ対策が、多く採用されているが、短期間でカビが再発する事例が多く見受けられる。これは、次の2点によるものと考えられる。

①塗装前の殺カビ処理が不十分なため、深部に菌糸が残留しており、温度、湿度、栄養の3条件が変わらなければ、塗装面以外に向かって、菌糸が縦横無尽に網目状に伸びて繁殖し、素材劣化を引き起こす。

②防カビ塗料は、薄い塗膜一枚で、カビを抑止している状態であり、材質内で縦横無尽に網目状に伸びて繁殖したカビが、一定量を越えると、材質劣化と合わせて、阻止しきれなくなる。

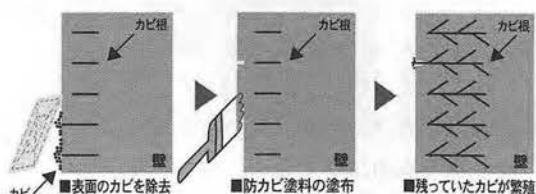


図5 従来の防カビと沿う処理後のイメージ図<sup>6)</sup>

溶剤系の防カビ塗料は、溶剤臭の残留がひどく、処理後、すぐに、食品製造を再開できない。水溶性の防カビ塗料でも、臭気の問題が解決しきれて

## おらず、防カビ効果が弱くなる

防カビ塗料自体の臭気の問題と、塗装前の殺カビ段階での、塩素臭の問題で、長時間操業できない機会損失が大きい。

あくまで塗装のため、きれいに仕上げるためには、足場組みが必要なケースが多く、作業時間、作業コストともにロスが大きい

足場コストが、施工費と同レベル以上にかかるため、費用負担が大きくなる。しかも、足場の組み・バラシで3時間程度が必要なため、1日から数日の作業期間が必要になる。これらの操業停止期間の機会損失も大きな問題になる。

塗装箇所と、元の材質の質感の違いによる境界や、塗装回数の違いによる塗りムラが発生してしまい、美観が損なわれる

あくまで、撥水性の塗装が主体となるため、ジプトーンボードなどの質感が全く変わってしまったり、塗装回数の違いによる塗りムラの発生により、美観が損なわれていくケースが多い。

## ●新発想の処理技術の開発

これまで述べてきた、従来のカビ処理技術の問題点を解決するために、これまでほとんど着目されてこなかった、安全な結合塩素であるモノクロラミン処理を、カビ処理に応用し、改良を加えた従来型の遊離塩素処理剤との交互処理により、臭いや安全性の問題を解決しながら、あきらめていた深部の菌糸を、色素まで分解除去することに成功した。

これに、農薬成分を全く含まない、独自開発の極めて安全なMIS抗菌剤（特許取得済み）を、菌糸が侵入していた深部まで浸透させることで、画期的なカビ処理技術「カビ処理革命」が確立した。新技術の概要は次のとおりである。

### ①攻撃（殺菌・除去）のための改良ポイント

すでに発生したカビを菌糸の深部まで、完全に殺菌または除去するための新発想として、次の液剤を開発し、200例以上の施工実績に裏打ちされている。

## ●ストロング GEL

次亜塩素酸ナトリウム液を強力ゲル化

「濃度アップ」+「安定化」+「ゲル化」

反応性の高い、高濃度の遊離塩素を安定ゲル化することで、カビに密着し、従来の塩素系殺菌漂白剤では落とせなかったカビを、こすらずに、短時間でみるみる殺菌除去できる。しかも、安定化技術と施工方法の組み合わせ(噴霧ではなく、ローラー塗布)で、塩素ガスと塩素臭の発生を大幅に抑えることに成功した。結果的に、処理後1~2時間程度で、食品製造を再開することができる。

また、5m程度の高さまでは、足場組なしで処理できる施工方法を採用することで、コストダウンと処理時間の短縮を実現。通常、3~7時間程度で、全工程が完了。1000m<sup>2</sup>以上の広い面積でも、7~10時間で全工程が完了した実績を持つ。

## ●インベーダー（2012年1月特許取得）

浸透剤として、結合塩素モノクロラミン製剤を開発  
「速攻浸透」+「じっくり攻撃」+「ストロング GEL の浸透性をアップ」

本技術は、元々、公共温浴施設のレジオネラ属菌の抜本対策として、弊社が共同特許を取得しているもので、従来型の塩素剤では浸透しきれないバイオフィルム叢のヌメリにまで浸透して攻撃し、剥離する特徴を持つ。

壁面や目地などの奥まで入り込んだ真菌の菌糸に素早く浸透して不活性化し、ストロング GEL、ブレイカー処理との相乗効果で剥離・分解能力を高める。

従来型の遊離塩素処理だけでは、反応速度が早すぎて、深部に浸透する前に有効塩素が自己分解してしまい、結果として、深部に菌糸を残すことになる。

対して、インベーダーは、反応が1000倍~10000倍遅いため、なかなか自己分解せずに、菌糸の深部まで浸透する。しかも、イオン化しないため、電子反発が起こらず、速攻で深部まで浸透できる。その後、じっくりとカビを攻撃して不活性化すると同時に、遊離塩素剤であるストロング GEL の呼び水の役割を果たし、遊離塩素単体では浸透できない深部まで、強力な殺カビ成分を浸

透させ、分解除去することが可能になる。

## モノクロラミンの特徴

- ①反応性の低い結合塩素で、極めて殺菌速度が遅い  
従来型の遊離塩素と比較すると、1000~10000倍も殺菌速度が遅い
- ②対象物をじっくりと酸化分解する
- ③対象物を酸化分解すると同時に、自らも還元されて、窒素ガス(空気中の8割弱を占める成分)と水と塩に分解される
- ④自己分解後は、殺菌能力を失うが、遊離塩素と比べて、反応性が低いため、なかなか自己分解しない
- ⑤イオン解離せず、NH<sub>2</sub>Clの分子状態を維持するため、電荷を帯びない。結果、菌や汚れと電子反発を起こさないため、菌糸の深部まで、素早く浸透する
- ⑥水道法で、上水の殺菌法として認められている
- ⑦殺菌の作用機序としては、タンパク変性(タンパク質表面の破壊)である
- ⑧作用機序から、耐性菌が極めて生まれにくい
- ⑨漂白能はほぼ無い
- ⑩塩素臭の問題が発生しにくい

## ●ブレイカー（2015年8月特許取得）

漂白されると困る箇所に、漂白性・腐食性が極めて低く、低濃度で安全に高い殺菌能を発揮する遊離塩素剤(安定弱酸性次亜塩素酸水)を採用  
「高い殺菌能」+「長期安定化」+「安全」  
安全性が高く、口に入っても肌に触れても安心な、画期的なカビ分解剤。従来型の次亜塩素酸ナトリウム水溶液と比較すると、50~80分の1の濃度で同等以上の殺菌効果を発揮。

極めて安全で、人が作業している室内での、気化噴霧による空間の殺菌処理にも利用されている。

短時間に自己分解し、残渣は、ごく微量の塩が残留するのみで、極めて安心である。

## ②防御(防カビ・抗菌)のための改良ポイント

対象物の表面だけでなく、菌糸の伸びていた深部まで、防カビ・抗菌成分を行き渡らせて、再発を防ぐ画期的な防カビ・抗菌剤を開発。

## ●ストッパー（2017年4月特許取得）

「農薬成分を使わない」をコンセプトに、全く新しい画期的な防カビ・抗菌剤を開発

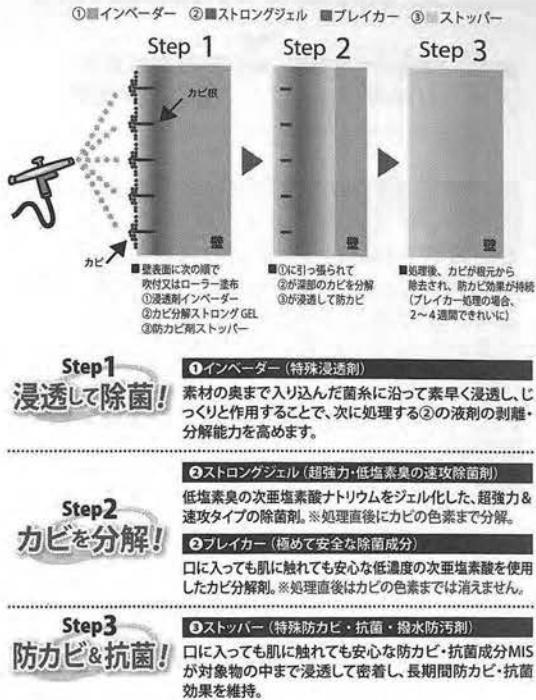
## 「安全」+「長期間効果が持続」+「広い抗菌スペクトル」

口に入っても肌に触れても安全な、独自開発の防カビ・抗菌成分MIS (Mold Impede System) が、長期間対象面に密着し、防カビ効果を維持。これまでの防カビ剤の常識を覆す極めて安全な成分が、長期間カビを生やさない、増やさない。カビを不活化して、胞子から菌糸へ育たない。菌糸が育たず胞子が生まれない新発想。

身の回りの環境で見られるほとんどの真菌に効果を發揮。

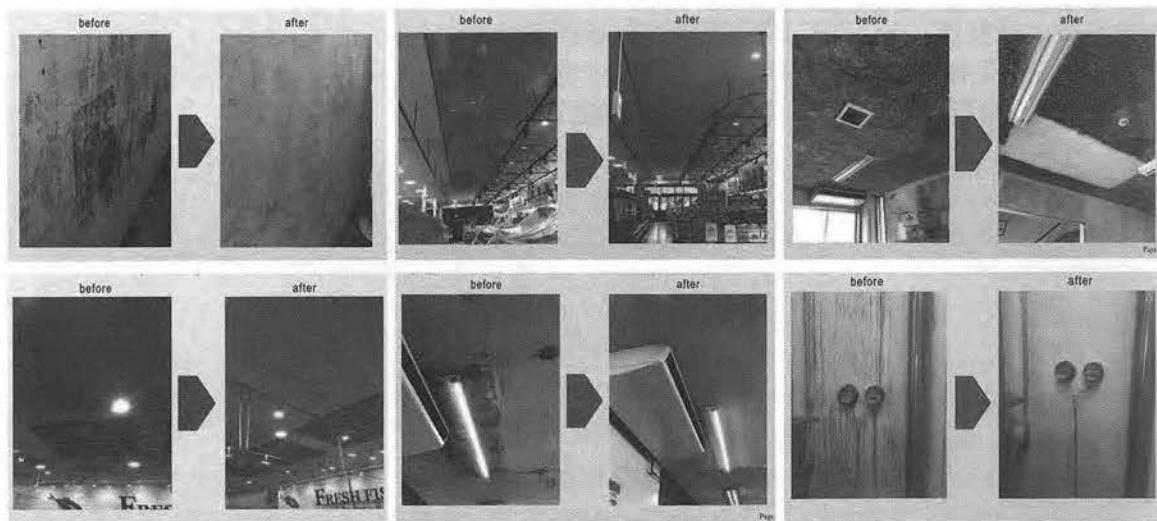
幅広い系統の真菌52種で効果を検証済み。検証結果は学会発表も行っている。

以上の技術を、右イメージ図のように施工することで、下欄の施工実績写真の効果が得られ、長期に効果が持続する。以上の技術を組み合わせた施工法で、2018年8月に特許を取得している。



新処理技術の施工イメージ

### 新開発の処理による施工実績例



### 参考文献

- 1) ~ 6) 2018年9月26日 チームカビPRO講習会資料  
株式会社エフシージー総合研究所編「カビの基礎知識」