抗菌めっきの開発

石黒文康¹⁾ 西川 武²⁾
天野良三³⁾ 小柳卓治⁴⁾

1. はじめに

近年、建物の高密度化、高断熱化により、カビ、ヌメリなどの微生物の生活空間への悪影響が問題になっている。当社でも衛生陶器、タイル、樹脂製品の抗菌化を積極的に進め、清潔で快適な空間の提供を行っている。

本研究は、水まわりの金属製品の抗菌化の1つの方法として、複合めっきによりニッケル-クロムめっきに抗菌性を付与することを試みた。

2. 抗菌について

(1) 微生物の生物学的分類

抗菌の具体的な内容の前に、微生物の生物学的分類について触れる(図1)。

生物は、動物、植物、微生物の3つに大別され、微生物は、高等微生物、下等微生物に分けられる。高等微生物は、ゾウリムシ、アメーバーなどの原生動物、アサクサノリ、クロレラなどの藻類、イワタケなどの地衣類、カビ、キノコ、酵母などの真菌類、ホコリカビなどの粘菌類に分けられる。そして、下等微生物は、バクテリアなどの細菌類、スピリリナ、ユレモなどのラン藻類に分けられる。生活空間への悪影響をもたらすのは、おもにカビ、バクテリアである。このうち、われわれが抗菌のことをいう場合、対象としている微生物はバクテリアのことである。

図1 微生物の生物学的分類。

(2) 抗菌の定義

微生物の制御方法は、コントロールのレベルによるものと方法や目的によるものの2つに大別される(図2)。抗菌とは、微生物の活動を抑制することをいい、制菌の概念に含まれる。われわれがよく耳にする言葉で、殺菌は有害な微生物を積極的に死滅させること、滅菌は有害、無害にかかわらずすべての微生物を死滅、除去することをいう。また、除菌は物理的な方法で微生物を除去すること、消毒は病原菌を死滅させ、感染を防止することである。

抗菌の概念を図に示すと(図3)、生育条件(温度、水分、栄養など)が整った場合、菌数は時間とともに指数関数的に増加する。そこで、生育条件に制限を加え、菌数を初期の状態のまま増加させないようにするのが抗菌の考え方である。殺菌、滅菌は、積極的に菌数を減少させゼロに近づけるというものである。

(3) 抗菌剤について

一般に重金属イオンには、きわめて強い殺菌力をもつものが多いが、人間や動物にとって比較的安全性のある金属イオンの抗菌性は、次の通りである⁽¹⁾。

* 株式会社 INAX

住設技術研究所: 1) 研究員 2) 主幹 3) 開発室長 4) 研究所長
Development of Nickel-Chromium Coating with Antibacterial Performance; Fumiyasu Ishiguro, Takeshi Nishikawa, Ryoza Amano, Takuji Koyanagi (INAX Corporation)
1998年10月29日受理

コントロールレベルによる分類

- 制菌…微生物の活動を抑制すること
(例) 抗菌、冷凍、冷蔵、塩蔵
- 殺菌…有害な微生物を積極的に死滅させること
(例) 加熱、放射線
- 滅菌…すべての微生物を死滅、除去すること
(例) オートクレーブ、放射線

方法や目的による分類

- 除菌…物理的な方法で除去すること
(例) ろ過、沈殿、洗浄
- 消毒…病原菌を死滅させ、感染を防止すること
(例) 焼却、煮沸、日光、薬品

図2 微生物の制御方法.

図3 抗菌のイメージ概念.

これら金属イオンのうち、銀イオンが安全性、抗菌性の点からも最も優れており、銀イオンを無機化合物に担持させた銀系無機抗菌剤が最も広く用いられている。

銀系無機抗菌剤の抗菌メカニズムは、以下のような2つの説が考えられている⁽²⁾⁽³⁾。

- ① 抗菌剤より溶出した銀イオンは、細菌の細胞膜および膜タンパク質に結合し、立体構造に損傷を与え機能障害を引き起こす。さらに、細胞内に到達した銀イオンは、電子伝達系の酵素障害やDNAと反応し機能障害を引き起こす。
- ② 可視領域の光エネルギーにより発生した活性酸素が殺菌効果を示す。

3. めっき方法

水まわりの金属製品は、高い耐食性が要求されており、ステンレスやニッケル-クロムめっきを施した銅合金(黄銅、青銅など)が多く用いられている。そこで、われわれは水まわ

図4 複合めっきの析出機構.

図5 抗菌めっき.

表1 めっき液組成.

ニッケルめっき液		クロムめっき	
NiSO ₄ ·6H ₂ O	250 g/L	無水クロム酸	250 g/L
NiCl ₂ ·6H ₂ O	55 g/L	ケイフ化ナトリウム	10 g/L
H ₃ BO ₃	35 g/L	硫酸	1.0 g/L
サッカリン	1.2 g/L		
ブチンジオール	0.2 g/L		
抗菌剤	2.0 g/L		
温度	55°C	温度	40°C
電流密度	4.0 A/dm ²	電流密度	10 A/dm ²
pH	4.3		

りの金属製品に抗菌性能を付与する方法として、複合めっきによりニッケル-クロムめっき表面に銀系無機抗菌剤を固定することを試みた。

(1) 複合めっき⁽⁴⁾

複合めっきは、共析めっき、分散めっきと呼ばれ、めっき液中にある特定の機能を持つ微粒子を懸濁させ、めっき金属と微粒子を共析させる。金属的な性質に加え、ある特定の機能を同時に持たせたものである。その析出過程は、

- ① 微粒子がめっき液中で機械的な攪拌によりカソード近傍の電気二重層面に運ばれる。
- ② 電気二重層内の高い電位勾配の中で荷電した微粒子が電気泳動間にカソード面上に引きつけられる。

表面観察結果

Ag面分析

図6 表面観察結果.

通常めっき品

抗菌めっき品

図7 フィールド試験結果.

表2 抗菌試験結果.

	生菌数	減菌率
接種直後	1.12E+06	
24 h	7.80E+08	
対照	1.58E+08	
(SUS304)	1.14E+08	AVE
	1.02E+08	1.25E+08
試料	0	100.00
	0	100.00
	0	100.00

フィルム密着法(1/500NB)

大腸菌(*Escherichiacoli*, IFO3301)

- ③ カソード面上に到達した微粒子は、その表面に吸着した金属イオンとカソードとの間のクーロン力により固定され、周囲に析出する金属に取り囲まれ共析していく。

とされる(図4)。

(2) 抗菌めっき

実験：JIS H 3100 に規定されている黄銅(C2600)に銀系無機抗菌剤を含むニッケルめっきを行い、さらにその上にクロムめっきを行った(図5、表1)。抗菌性能の評価は、大腸菌(*Escherichiacoli*, IFO3301)を用いた抗菌試験(フィルム密着法(1/500NB))⁽⁵⁾と実際に洗面化粧台排水金具で試作し、フィールド試験を行った。

結果：走査型電子顕微鏡による抗菌めっき表面の観察と蛍光X線による銀の面分析結果を示す(図6)。ニッケルクロムめっき表面に約2μmの銀を成分元素とする粒子が確認でき、複合めっきにより銀系無機抗菌剤がめっきに取り込まれ、表面に固定されていることがわかる。

大腸菌(*Escherichiacoli*, IFO3301)による抗菌試験結果では、非常によい減菌率を示していた(表2)。

さらに、1日に延べ300人が使用するオフィストイレの洗面化粧台に取り付けた排水金具でのフィールド試験では、試験開始12日目ですぐにヌメリの発生に差がみられ、抗菌効果が確認された(図7)。

4. ま と め

本研究は、金属製品の抗菌化に取り組み、「複合めっき」によりニッケルクロムめっきに抗菌性を付与することができた。本研究によるメリットは、

- ① めっきという手法を用いるため、あらゆる形状の製品に対応でき、後加工として抗菌性の付与が可能である。また、大量に処理できることからコストが非常に安価である。
- ② 特別な熱処理が必要でないことから、樹脂めっきにも対応が可能である。

などであり、今後の展開に大きな期待ができる。

文 献

- (1) 高山正彦, 杉本浩子, 内田理恵, 山内理恵子, 丹野憲二: 防菌防黴誌, 22, No. 9(1994), 531.
- (2) 高麗寛紀: 防菌防黴誌, 24, No. 7(1996), 509.
- (3) 高山正彦: 防菌防黴誌, 24, No. 8(1996), 561.
- (4) 全国鍍金材料組合連合会: 「めっき技術ガイド」, (1996).
- (5) 銀等無機抗菌剤研究会: 「銀等無機抗菌剤の自主規格および抗菌試験方法(1995年度版)」, (1995).