

抗菌ガラスと抗菌に関する近年の話題

石塚硝子(株) 技術本部 研究開発センター 抗菌試験所

山 本 幸 一

Anti-bacterial Glass and recent years topics of anti-bacteria

Yamamoto Kouichi

Ishizuka Glass Co., Ltd. Technical Department Research & development center

Anti-microbial Evaluation Center

1. はじめに

前回は、「抗菌・抗黴粉末ガラス」として vol. 8 No. 1 1993 に投稿した。今回は、ガラスと安全についてさらに詳細を記述し、かつ抗菌に関する近年の話題として抗菌性試験法の世界標準化について追記した。

一般にガラスは、化学耐久性の優れた材料だが、抗菌ガラスは、逆の発想で化学的耐久性を弱くし、水に溶けやすくした材料である。その溶解速度は、水中において数時間で溶けきるものから、数10年で溶けるものまで、ガラス組成を選択することによって自由にコントロールできる。

ガラスの特徴のひとつに金属イオンを保持できる性質がある。抗菌機能を有する銀などは、ガラス中で Ag^+ などのイオン形態で保持され

ており、ガラスの溶解と共にこれらの金属イオンを溶出し、その機能を発現する材料である。

これらのイオンの抗菌作用は、経験的によく知られた事実であり、細胞内の原形質のSH基化合物に作用して細菌などの生育を阻害するとされている。

2. 製造方法、溶出特性、及び抗菌効果

製造方法は、硼酸塩、燐酸塩、銀塩、酸化物などの原料を調合、熔融し、乾式粉碎や湿式粉碎をして粉体とする。抗菌製品は、樹脂に練り込む場合には数10 μm 以下まで、繊維に練り込む場合には数 μm 以下まで粉碎する。

抗菌ガラスの最大の特徴は、金属イオンの溶出速度を制御できることである。銀含有抗菌ガラスの銀溶出量は、組成・粒度・銀含有率などを選択することにより、ガラス1g当たり1時間当たり、0.0001~100 mg という広範囲に変化させることができる。このことは、実用場面に応じた適切な設計を可能にしている。

効果の一例として弊社の抗菌ガラスは、最小

殺菌濃度（MBC）が、大腸菌や黄色ぶどう球菌で $0.5 \mu\text{g/ml}$ 、最小発育阻止濃度（MIC）が、大腸菌で $150 \mu\text{g/ml}$ 、黄色ぶどう球菌で $300 \mu\text{g/ml}$ であり、一般社団法人抗菌製品技術協議会が定める抗菌性能基準を満たしている。

3. 安全性

抗菌剤は、性能がよく、かつ安価でも、安全性に疑問があるものは、市場に受け入れられない。弊社の抗菌ガラスは、各種安全性試験に適合したものである。

- ①急性経口毒性：OECD 化学物質毒性指針の方法で、マウスに $5,000 \text{ mg/kg}$ を単回投与しても異常や死亡は認められていない。
- ②皮膚一次刺激性：OECD 化学物質毒性指針の方法で、ウサギに何ら刺激性は認められず陰性である。
- ③変異原性：労働省告示 77 号の方法で、突然変異する復帰変異コロニー数の増加は認められず陰性である。
- ④眼刺激性：Federal Register の方法に準拠して、 0.2 mg/ml の懸濁液は、刺激性が認められず陰性である。
- ⑤皮膚感作性：Maximization 法で、モルモットを用いて感作濃度 10% において、72 時間後に皮膚反応は観察されずアレルギーは生じない。
- ⑥細胞毒性：医療用具及び医用材料の基礎的な生物学試験ガイドラインに準拠して、50% コロニー形成阻害濃度（IC 50）は、 $510 \mu\text{g/ml}$ で毒性がほとんどない。
- ⑦化粧品への適応性：抗菌ガラス粉体のパッチテストを健康人 53 人に 10 回繰り返し貼付し、皮膚に全く刺激性がなくアレルギーの可能性がないことを実証している。光毒性も誘起されていない。
- ⑧食品衛生：抗菌加工製品において、食品衛生法の容器器具包装規格試験で、銀系ガラス抗菌剤を 10% 樹脂などに練り込んでも規格に適合している。

⑨米国環境保護局（EPA）や米国食品医薬品局（FDA）：これらの認可登録を受けた。

⑩欧州生物制御製品指令（BPD）や欧州食品安全協会（EFSA）：これらの認可登録を申請し審議中である。

4. 応用例

抗菌ガラスの応用事例について、表 1 に示す。これらの樹脂や塗装は、JIS Z 2801「抗菌加工製品－抗菌性試験方法・抗菌効果」により試験し、抗菌活性値 2.0 以上で効果が認められた。さらに、事例 1 と 2 は、抗菌効果の持続性も必要であり、一般社団法人抗菌製品技術協議会の持続性試験実施後に評価した。また、事例 5 と 6 の繊維は、JIS L 1902「繊維製品の抗菌性試験方法及び抗菌効果」により試験し、抗菌活性値 2.2 以上あり抗菌防臭効果が認められた。これらの製品においても、抗菌効果の持続性が必要であり、社団法人繊維評価技術協議会の耐久試験実施後に評価した。

5. 抗菌試験法の国際標準化

国際市場において、殺菌や除菌などの定義は明確であったが、抗菌に対する理解はまだ不十分であった。まず第一歩として、抗菌の定義が「製品の表面における細菌の増殖を抑制する状態であり、完全に菌を除去することを目的としたものではない」ことを理解してもらうことから始まった。

そして、抗菌製品を国際市場に広める一手段として、JIS の抗菌試験法を日本から世界へ発信し、ISO 化して普及させる必要があった。JIS Z 2801 の ISO 化は、関係者の努力により 2003 年から着手し、ISO 22196：2007「プラスチック表面の抗菌活性の測定」が発行された。また、JIS L 1902 を基礎とした ISO 20743：2007「繊維－抗菌加工繊維製品の抗菌性試験方法」も発行されている。

ちなみに弊社は、抗菌試験をコア技術として抗菌試験所を設け、ISO 17025「試験所及び校

表1 抗菌加工製品の抗菌効果の事例

事例	抗菌製品	樹脂	添加率	菌種	抗菌加工の 生菌数(個)	無加工の 生菌数(個)	抗菌 活性値
1	浴槽 ^{※1}	UP	0.24	大腸菌	8×10^2	1.2×10^7	4.1
				黄色ぶどう球菌	$< 1 \times 10^2$	1.0×10^5	>3.0
2	便座 ^{※2}	PP	0.2	大腸菌	$< 1 \times 10^2$	2.2×10^7	>5.3
				黄色ぶどう球菌	$< 1 \times 10^2$	3.5×10^5	>3.5
	便座 ^{※3}	PP	0.2	大腸菌	$< 1 \times 10^2$	2.2×10^7	>5.3
				黄色ぶどう球菌	$< 1 \times 10^2$	3.5×10^5	>3.5
3	文具ゴム	SI	0.5	大腸菌	3×10^2	1.0×10^7	4.5
4	水性塗装	EPO	0.2	大腸菌	$< 1 \times 10^2$	9.0×10^6	>4.9
5	衣類 ^{※4}	PET	0.5	黄色ぶどう球菌	$< 2 \times 10^2$	1.0×10^7	>4.7
6	靴下 ^{※5}	PA	0.4	黄色ぶどう球菌	3.2×10^3	1.3×10^7	3.6

※1：耐水性 90℃ 熱水 16 時間浸漬後（実用目安 5 年以上）

※2：耐水性 50℃ 温水 16 時間浸漬後（実用目安 1～5 年）

※3：耐光性 キセノン 60 W/cm²10 時間（実用目安 1～5 年）

※4：耐洗濯性 JIS L 0217 103 号 100 回後

※5：耐洗濯性 JIS L 0217 103 号 30 回後

正機関の能力に関する一般要求事項」に適合し、独立行政法人製品評価技術基盤機構より国内での登録、及び海外での認定を受けた。これらの取得により、第三者試験機関として証明書を発行できるようになった。

6. まとめ

抗菌ガラスは、抗菌成分を微量ずつ徐放でき

る性質を有しているため、抗菌効果の程度や持続性、さらに安全性を満足させ、様々な目的に適合できるように設計できる利点がある。

抗菌製品は、日本では消費者に理解され十分に普及してきた。抗菌の理解、評価方法の国際標準化を終えた現在、抗菌製品がさらに世界中に普及することが期待される。