

4.2 抗菌・防カビの対象となる微生物

4.2.1 分類学上の位置

微生物は、分類学的には、動物界でも植物界でもない原生生物界に位置する。しかし、微生物は細胞壁を持つことから植物に近い（動物細胞は細胞壁を持たない）。

原生生物界は、原核原生生物と真核原生生物に分類され、前者に細菌類が分類され、後者に真菌類（カビ）が分類される。

現在の抗菌・防カビ加工における制御対象微生物は、おもに細菌と真菌（カビ）である。

微生物の構造は、一番外側に細胞壁、その内側に細胞膜があり、内部に原形質と遺伝子（DNA）およびその他がおさまられている。原核細胞（細菌）は、遺伝子が細胞内の原形質に浮遊、あるいは一部が細胞膜に接して存在している場合もある。一方、真核細胞（カビ）は、遺伝子が細胞内の核の中におさまられている。したがって、原核細胞とは核がないことを、また、真核細胞とは核を持つことを意味している。真核細胞をゆで卵にたとえると、外側の硬い殻が細胞壁、そのつぎの薄い膜が細胞膜、白身が原形質であり、黄身が核となる。

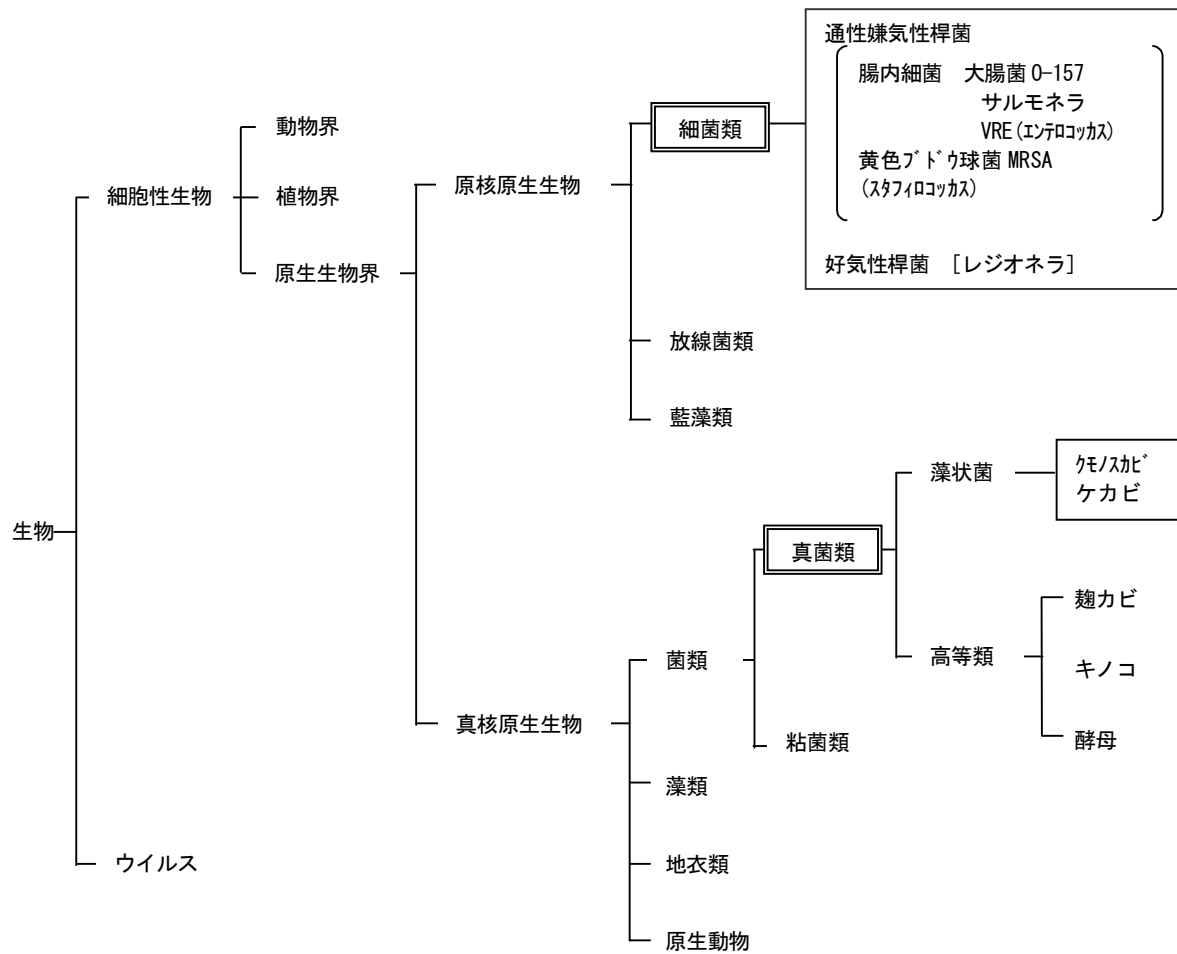
抗菌・防カビ剤は、これらの細胞構造の一点を破壊、変性あるいは機能阻害することにより増殖阻害や殺菌効果を発揮するように分子設計されている。

生物の分類での、抗菌・防カビの対象となる微生物の位置づけを図 4.2.1-1 に示す。

細菌類としては、通性嫌気性桿菌の腸内細菌としての病原性大腸菌 0-157、サルモネラ菌、院内感染耐性菌の VRE（バンコマイシン耐性腸球菌・エンテロコッカス）、および院内感染耐性菌としての MRSA（メチシリン耐性黄色ブドウ球菌・スタフィロコッカス）がある。また、好気性桿菌のビルの空調冷却用水処理で問題となっているレジオネラ菌などがある。

真菌類としては、クモノスカビ、ケカビなどのカビ類がある。

図 4. 2. 1-1 生物の分類



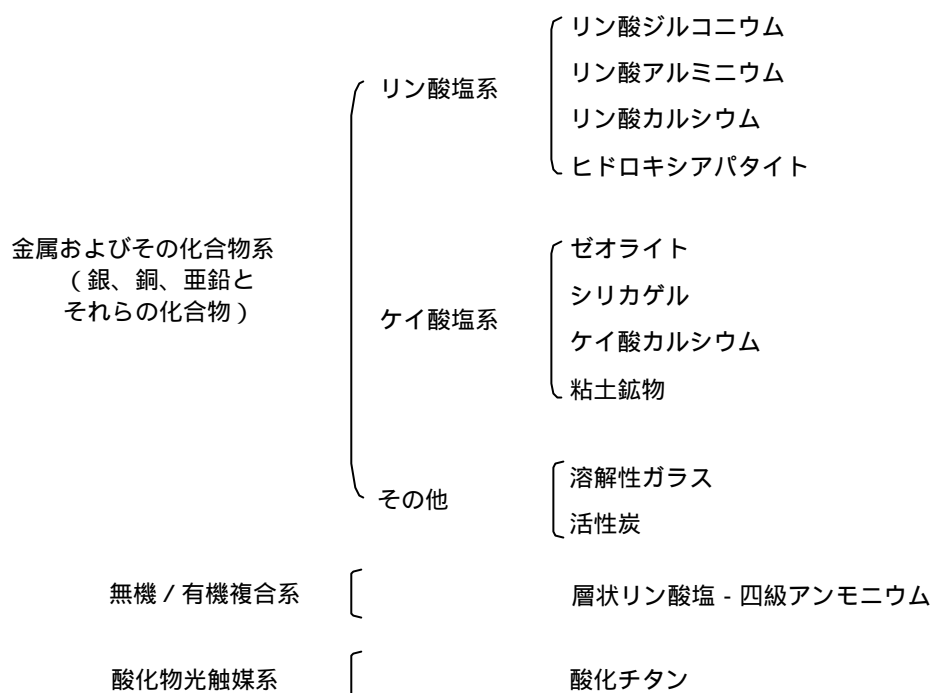
4. 2. 2 抗菌・防カビ剤の分類とその特徴

抗菌・防カビ剤を大別すると、無機系抗菌・防カビ剤は金属およびその化合物系（銀、銅、亜鉛）、無機／有機複合系、酸化物光触媒系（酸化チタン）から成る。有機系抗菌・防カビ剤は合成系、天然系から成る。

(1) 無機系抗菌・防カビ剤

無機系抗菌・防カビ剤の分類を表 4. 2. 2-1 に示す。

表 4.2.2-1 無機系抗菌・防カビ剤の分類



a. 金属およびその化合物系

1) 抗菌成分

古くから銀や銅の抗菌性は経験的に知られ、生活に活用されてきた。特に銀は歴史的にも、われわれの生活になじみが深く、食器、硬貨、歯科材料、写真材料、装飾品、食品添加物（着色料）として使用されている。結構身近な存在で安全であることの証明ともなっている。

銀は金属のままよりも、イオン状態の方が数百倍も抗菌力が強いことがわかった。銀の抗菌力は、19 世紀以降、より強い抗菌力を持つ消毒剤などの登場でほとんど見られなくなっていたが、イオン状態で使うことにより、再度、脚光を浴びてきている。

他の金属にも微量で抗菌作用（極微作用）があることが見出されたが、実際の使用となると、水銀、カドミウムなどの重金属は安全性の点で問題があるため、使用できるのは銀、銅、亜鉛である。

銅の抗菌性は銀の約 1/200 であり、亜鉛は約 1/1,000 である。そのため、無機系金属系抗菌剤は、銀を利用するものが多い。

銀の抗菌効果は、銀の中の銀イオンが細菌の内部に入り込み、増殖を防ぐためである。銀イオンと-SH 基（シスチン、グルタチオンなどのアミノ酸）との反応で抗菌機能を発揮すると考えられる。

2) 担持体

無機系抗菌・防カビ剤金属系では次のような担持体が用いられる。

）リン酸塩系

- ・リン酸ジルコニウム系

無機イオン交換体であるリン酸ジルコニウム $\text{ZrO}(\text{HPO}_4)_2$ を母体にイオン交換能により銀や亜鉛を結合させたものである。

- ・リン酸カルシウム系

リン酸カルシウム $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 、ヒドロキシアパタイト $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ を母体に銀を吸着結合させたものである。

-) ケイ酸塩系

- ・ゼオライト系

結晶性アルミノケイ酸塩であるゼオライト $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4.5\text{H}_2\text{O}$ の担持特性のイオン交換能を利用し、ゼオライト粒子に無数にある細孔の中に銀、銅、亜鉛をイオン状態のまま安全に担持させたものである。そして同時に徐放性を持たせたもので銀イオンなどを徐々に放出し抗菌性を長期に維持する耐久性を持たせる。

- ・シリカゲル系

シリカゲル $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (微細構造がポーラスな構造として 1 g のものが 450m^2 以上の表面積を持つ) にチオサルファイト銀錯体などを吸着結合させたり、含有させたものである。これは銀イオンが塩化物イオンと反応して塩化銀を形成し抗菌性能を低下すること、および着色するという問題に対する対策の一つの方法である。

-) その他

- ・溶解性ガラス系

ケイ酸塩ガラス $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{B}_2\text{O}_3$ で B_2O_3 成分を多くした溶解度の高いガラス担体に銀などを担持させ、ガラスの溶解にともなって銀の徐放をコントロールしたものである。

金属およびその化合物系の無機系抗菌・防カビ剤の特徴は次のごとくである。

- ・長所

耐熱性が著しく優れている。プラスチックの成形時にかけられる温度よりもはるかに高いところ (500 ~ 600 以上) で安定である。安全性が高い。経口マウス急性毒性 LD_{50} が 2,000mg/kg 以上で非常に低い。変異原性および皮膚刺激性に関しても陰性あるいはきわめて弱く、低毒性である。抗菌効果が半永久的である。抗菌スペクトルが広い。微生物が耐性を獲得し難い。難燃性で有害ガスなどを発生しない。

- ・短所

有機系抗菌剤に比較して効果が弱いため添加量を増やさなくてはならず (標準添加濃度約 1%)、コストが高くなる。銀系抗菌剤は加工時、使用時に着色、変色の可能性を有する。抗菌剤自体が成形温度で変色することはみられないが、樹脂に含まれている添加剤との作用により変色する場合がある。このような作用を起こす添加剤としてはフェノール系酸化防止剤、アミノ系化合物、硫黄系化合物、添加剤ではないが樹脂の重合触媒残渣である塩素化合物などが挙げられる。実際に抗菌性発現に寄与するのは製品表面に存在する抗菌剤のみで、埋没している抗菌剤は活用されない。カビに点接触するのでそれほど防カビ性能はない。亜鉛系抗菌剤は皮膚に対する刺激性が課題である。

b. 無機／有機複合系

無機有機複合抗菌剤として四級アンモニウム塩などの抗菌性有機物を無機物に担持させ徐放させるものが開発された。

層状構造をもつリン酸塩の層間に存在する H^+ イオンを、イオン交換反応で四級アンモニウムイオンで置き換えたものである。有機系と無機系の中間系、混合系ともいえ、有機系抗菌剤の特徴を維持しつつ、耐熱性、耐候性、持続性などの向上を図ることができる。

c. 酸化物光触媒系（酸化チタン）

アナターゼ型酸化チタンに代表される酸化物系光触媒は、400nm 以下の光照射を受けると、電荷分離を起こし、電子と正孔を生ずる。正孔は空気中の水蒸気や酸素と反応して OH ラジカルなどの活性酸素を発生し、この強力な酸化力により微生物を死滅させることができる。この光触媒技術は、酸化チタンを触媒にして光のエネルギーを化学エネルギーに変換し、接触してくる有機物質を簡単に水と CO_2 にまで分解してしまい死滅させるものである。光を利用するだけで、環境汚染物質を分解・無害化できるので、環境浄化材料としての期待が高い。

光触媒に関する研究がスタートしてかなりの年月が経過しているが、実用化が本格的に進み出したのは、1996 年以降である。

現状では紫外線の波長域での 400nm 以下の短波長が用いられており、可視光では効果が非常に小さい。普通の蛍光灯では反応に限界があり、短波長の光を出すブラックライトや水銀灯を用いる必要がある。太陽光の有効活用と、蛍光灯でも反応を引き起こさせるための可視光化の追求が避けて通れなくなっている。

一方、光触媒の反応については、酸化チタンを粉砕する前の反応速度と、粉砕後の反応速度には差が出る。その差をいかに縮小できるのかの研究も盛んに行われている。そのために、粉体化技術（微粉砕や分級など）の活用なども、反応を促進させる有効な方法として検討されている。

酸化物光触媒系抗菌・防カビ剤の特徴は次のごとくである。

・長所

効果が半永久的である。安全性が高い。病原性大腸菌 0-157 が死滅した後に出すベロ毒素を分解する（金属系抗菌剤にはこの効力がない）。悪臭の原因物質のアンモニア（トイレの悪臭）、硫化水素、アセトアルデヒドなどを分解し、脱臭・消臭する。NO_x の酸化除去など環境浄化に有効である。

・短所

光の照射がなければ効果がない。強力な酸化力で加工した樹脂をも劣化させてしまうことがある。加工が難しい。

(2) 有機系抗菌・防カビ剤

有機系抗菌・防カビ剤の分類を表 4.2.2-2 に示す。

表 4.2.2-2 有機系抗菌・防カビ剤の分類

合成有機系	含窒素複素環系	5員環系	イミダゾール系	2-(4-チアゾリル)ベンゾイミダゾール (TBZ) 2-ベンゾイミダゾールカルバミン酸メチル (BCM) 2-メチルカルボニルアミノベンツイミダゾール
			チアゾール系	2-(4-チオシアノメチルチオ)ベンツチアゾール (TCMTB)
			イソチアゾリン系	2-n-オクチル-4-イソチアゾリン-3-オン (OIT)
		6員環系	ピリジン系	2,3,5,6-テトラクロロ-4-(メチルスルホン)ピリジン ピス (ピリジン-2-チオール-1-オキシド) 亜鉛酸 (ZPT) 2-ピリジンチオール-1-オキシドナトリウム塩 2,2'-ジチオビスピリジン-1-オキシド
			トリアジン系	ヘキサヒドロ-1,3,5- トリス(2-ヒドロキシエチル)-S- トリアジン
	アルデヒド系		α -プロモシナムアルデヒド (BCA) ホルマリン	
	フェノール系		2,4,4'-トリクロロ-2'-ヒドロキシジフェニルエーテル(トリクロサン) 3-メチル-4-イソプロピルフェノール(ピオゾール) 2-イソプロピル-5-メチルフェノール(チモール) 石炭酸	
	ビグアナイド系		グルコン酸クロルヘキシジン ("ヒピテン")	
	ニトリル系		2,4,5,6-テトラクロロイソフタロニトリル (TPN)	
	ハロゲン系 (有機ヨード系)		3-ヨード-2-プロピルブチルカルバメート (IPBC)	
	アニリド系		トリクロロカルバニリド	
	ジスルフィド系		テトラメチルチウラムジスルフィド	
	チオカーバメート系		ソジウム N-メチルジチオカルバメート(カーバム)	
	有機ケイ素 四級アンモニウム塩系		オクタデシルジメチル(3-トリメトキシプロピル)アンモニウム クロライド	
	四級アンモニウム塩系 (陽イオン活性剤)		塩化ベンザルコニウム 塩化ベンゼトニウム	
	アミノ酸系(両性活性剤)		アルキルジアミノグリシン塩酸塩("テゴ-51")	
	有機金属系	有機ヒ素系	10,10'-オキシビスフェノキシアルシン (OBPA, バイナジン)	
		有機銅系	オキシシ 8-ヒドロキシキノリン (オキシシ銅)	
アミノ酸金属石けん		"ホロンカラー"		
アルコール系		エタノール プロパノール		
カルボン酸系		プロピオン酸		
エステル系		p-ヒドロキシ安息香酸エステル 脂肪酸モノグリセリド ショ糖脂肪酸エステル		
天然有機系	ヒノキチオール系			
	キトサン系			
	カラシ抽出物系			
	ユーカリ抽出物系			

a. 合成系

合成有機系抗菌・防カビ剤を用いた最初の抗菌加工製品は、1930 年代後半の第 2 次大戦下でドイツが軍服の悪臭発生防止の目的で四級アンモニウム塩を繊維に含浸加工したもので、戦傷者に 2 次感染が少なかったことからこの加工が評価された。

合成有機系抗菌・防カビ剤は、30 年以上使われてきた長い実績があり、抗菌・防カビ剤の約 80% を占め、種類も非常に多いが、安全性、環境問題への対応などもあり、最近是新規化合物の出現は極めて少なくなっている。

抗菌・防カビ効果の度合いやコストの面からみると優れており、加工性の点でも優れているために、産業用塗料、紙・パルプや建材、家電品部品、家具などの用途で優位性を持っており、これらの分野では安定した需要を確保している。またレジオネラ属菌への抗菌性に優れ、水処理剤として使用されている。

1) 含窒素複素環系

含窒素複素環系抗菌・防カビ剤として、5 員環系のイミダゾール系およびチアゾール系抗菌・防カビ剤は、ベンゼン環と窒素あるいは硫黄を含む複素環構造を持った薬剤であり、主として防カビ剤として開発された。繊維用として 2-(4-チアゾリル)ベンゾイミダゾール(TBZ)、2-メチルカルボニルアミノベンツイミダゾールおよび 2-(4-チオシアノメチルチオ)ベンツチアゾール(TCMTB)が使用されている。

TBZ はカビに対して非常に高い活性を示し、繊維以外に合成樹脂、紙製品、食品添加物としても防カビを目的として使用されている。酸性、アルカリ性に対して安定であり、また耐熱性も高く、300℃ まで安定であるが水および有機溶媒に難溶性である。毒性が低く、作用機構は電子伝達系などの呼吸系を阻害する。繊維には練り込みあるいはポリマー樹脂を用いて表面加工を行う。

TCMTB は水に対する溶解度は高いが、皮膚刺激性、魚毒性ともに TBZ よりも高く、経口毒性はほぼ同等である。作用機構はチオシアノ基を有するため酵素蛋白のチオール基と反応し DNA 合成を阻害する。

5 員環系のイソチアゾロン系抗菌・防カビ剤は、5 員環に隣接する窒素と硫黄を含み、3 位にケト基を有する構造を持っており化学的には安定な化合物である。用水・廃水系、塗料、金属加工油、紙パルプ用の抗菌・防カビ剤として開発されたものである。2-n-オクチル-4-イソチアゾリン-3-オン(OIT)が不織布に利用されている。弱酸性から弱アルカリ性領域で、細菌、カビ、酵母に非常に高い殺菌活性を示す。

6 員環系のトリアジン系抗菌・防カビ剤は、6 員環に 3 個の窒素を含む構造を持っており、ヘキサヒドロ-1,3,5-トリス(2-ヒドロキシエチル)-S-トリアジンが繊維用に利用されている。本来、金属加工油、圧延油、エマルジョン塗料に使用されていた薬剤で、水溶性が高く、アルカリ性から中性領域で安定である。細菌、カビ、酵母の広い範囲に対して生育抑制効果を有する。

2) フェノール系

フェノール系抗菌・防カビ剤は、ピオゾール、チモールが繊維用として使用されている。これらは熱、光、アルカリに非常に安定な化合物である。細菌、カビに広い抗菌スペクト

ルを有する。作用機構はフェノールとほぼ同様であり、細胞壁と酵素系を阻害する。

3) ビグアナイド系

ビグアナイド系抗菌・防カビ剤は、繊維に対する吸着力が高く、容易に繊維表面に加工が可能で、洗濯耐久性も高い。グルコン酸クロルヘキシジンが繊維用に使用されている。ナイロンなどの紡糸原液に練り込んで繊維に抗菌性を付与させている。細菌に対しては高い殺菌活性を示すが、カビに対しては効果が低い。経口マウス急性毒性 LD₅₀ が 1,000 ~ 2,000mg/kg で比較的毒性が低く、安全性が高い。熱に対しては比較的安定であるが、光耐久性がやや劣る。作用機構は細胞リゾチームの作用阻害で細胞表層構造を変性または破壊する。

4) ニトリル系

ニトリル系抗菌・防カビ剤は、2,4,5,6-テトラクロロイソフタロニトリル(TPN)が繊維用に使用されている。本来は農業用殺菌剤として開発されたものであるが、慢性毒性も低く生分解性も有していることより、衣料用繊維に使用されるようになった。細菌に対して特に高い活性、カビに対しても活性を示し広いスペクトルを有する。水には難溶性だが有機溶媒には溶解性を示し、酸性、アルカリ性、熱に対して安定である。作用機構はニトリル基が酵素蛋白のチオール基と結合して酵素阻害する。

5) ハロゲン系

ハロゲン系抗菌・防カビ剤は、木材防腐の目的で開発された 3-ヨード-2-プロピルブチルカルバメート(IPBC)が繊維用として使用されている。カビに対し高い殺菌効果を示し、非常に毒性が低い特徴を持っている。ヨウ素分子は高い殺菌活性を持っているが水に対する溶解度が低く、ヨウ素自体の着色と強い酸化力のため繊維用として使用することが難しかった点を改良したものである。

6) アニリド系

アニリド系抗菌・防カビ剤は、トリクロロカルバニリドが衣料用繊維製品に使用されている。細菌に殺菌効果を示し、特に陽性細菌に効果が高い。毒性が低い。

7) 有機ケイ素四級アンモニウム塩系

有機ケイ素四級アンモニウム塩系抗菌・防カビ剤は、アンモニウムにトリメトキシシル基を結合させたものである。このトリメトキシシル基が繊維表面上の水酸基と脱メタノール反応し、共有結合で抗菌剤を繊維表面に付着させて固定化させると同時に、有機ケイ素のグラフト重合によって繊維表面に薄膜を形成させる。このため洗濯耐久性が確保できる。したがって、繊維上で結合した抗菌剤は、極めて脱落しにくく、長時間にわたって殺菌効果を持続できる。経口マウス急性毒性は 12,300mg/kg、亜急性毒性、変異原性、催奇形性、粘膜刺激性試験では安全性が確認されている。作用機構は、四級アンモニウム塩のアンモニウムの分子のカチオンが微生物の細胞表面のアニオン部位に静電的に吸着し、疎水性相互作用によって細胞表層構造を物理化学的に破壊し、細胞内容物を漏

洩させて呼吸機能を停止させ、死滅させる。

8) 四級アンモニウム塩系

四級アンモニウム塩系抗菌・防カビ剤（陽イオン活性剤）は、殺菌剤、消毒剤として広く利用されている。陽イオン活性剤に殺菌性があることがわかったのは、四級アンモニウム塩の窒素原子に長鎖アルキル基が入ると著しく殺菌力を増すことを発見してからであり、以来幾多の化合物が合成されている。アルキルジメチルベンジルアンモニウム塩（塩化ベンザルコニウム）、アルキルトリメチルアンモニウム塩、ジアルキルジメチルアンモニウム塩などがある。陽イオン活性剤はグラム陽性菌、グラム陰性菌のどちらにも効くが、芽胞菌に対しては効果が小さい。殺菌力とアルキル鎖長との関係は C_{16} が最も強く、 C_{14} がこれに次いでいる。

9) アミノ酸系

アミノ酸系抗菌・防カビ剤（両性活性剤）は、主としてポリアミノモノカルボン酸系のものが強い殺菌力を持っている。このほかにもモノアミノモノカルボン酸系、アルキルペタイン系のものに殺菌性が認められている。ポリアミノモノカルボン酸系では、アルキルジアミノグリシン塩酸系（"テゴー51"）が強力かつ広範囲な殺菌力があり、同時に蛋白質、電解質などに対して安定であり、毒性が小さく、洗浄力も持つということから広く利用されている。

10) 有機金属系

有機金属系抗菌・防カビ剤は、1960年代より有機水銀化合物、有機スズ化合物、有機銅化合物、有機亜鉛化合物などが広く使われた。しかし、人体の細胞や組織に有害な作用があり、これら化合物で処理された繊維製品は、付着濃度によっては皮膚障害として、かぶれや炎症などを起こすことがあった。

現在使用されている有機金属系抗菌・防カビ剤には、有機ヒ素系の 10,10'-オキシビスフェノキシアルシン (OBPA、バイナジン)、有機銅系のオキシシン 8-ヒドロキシキノリン（オキシシン銅）、ソディウムオマージン、ジンクオマージン (ZPT) などがある。

バイナジンは、熱安定性が高く 300℃ までは安定であり、酸、アルカリ、光にも安定な化合物である。殺菌効果は非常に強く、細菌、カビ、酵母、藻類にまで広いスペクトルを有する。

プラスチックや不織布の抗菌剤として練り込みあるいは樹脂加工により使用されているが、最近では特定の衣料用繊維にも使用されている。

オキシシン銅は緑色の結晶性粉末であり、本来は農薬として使用されている。オキシシンのキレート作用と銅イオンの作用で酵素系を阻害する。細菌、カビ、酵母に広い抗菌スペクトルを有する。非常に毒性が低く、熱安定性が高く合成繊維には練り込みによって加工されている。欠点は緑色の強い着色がある。

アミノ酸金属石けん（アミノメタル、"ホロンカラー"（商品名））は、アミノ酸という有機物を担持体として銀などの抗菌性金属を担持させた構造をしており、有機金属系抗菌剤に分類される。

有機金属系抗菌剤と無機金属系抗菌剤は担持体が有機と無機との違いであり、抗菌成分は銀を用いており抗菌力は似通った性質を示す。無機金属系抗菌剤は粉末で製品化されている場合がほとんどであるが、アミノ酸金属石けんはアミノ酸が担持体であるので、液体化が可能であり、繊維への加工が容易である。また粉末化も可能であり、非常に幅広い製品形態を持っている。耐熱性は約 200～250 で無機金属系抗菌剤より低く、これ以上ではアミノ酸が分解する。

11) エステル系

エステル系抗菌剤として、非イオン界面活性剤の脂肪酸モノグリセリドおよびショ糖脂肪酸エステルは、この中でパルミチン酸、ミリスチン酸エステルが抗菌作用を示す（一般的に非イオン界面活性剤の多くは抗菌作用を持たない）。これらは食品添加物としても認められているもので安全性も高く、強い界面活性を示す。微生物に対する作用は静菌的である。作用機構は微生物の細胞膜機能を阻害するとみられている。ショ糖脂肪酸エステルは耐熱性芽胞細菌に対して静菌作用を示す特徴を有する。

合成有機系抗菌・防カビ剤の特徴は次のごとくである。

・長所

少量の添加量（標準添加濃度 0.1～1%）で効力を発揮する。即効性がある。比較的安価である。カビに面接触するので防カビ性能に優れる。

・短所

安全性に欠け、毒性が強いもの、薬剤が水に溶けたり、揮発性があるものがある。有機物であるために耐熱性が弱い点があり、耐熱温度は 150～350 で樹脂などの成形加工温度に耐えられない。水に分解されやすく寿命が短く、有効期間が短い。

b. 天然系

人類最初の抗菌加工薬は、約 4,000 年前にエジプトで死者の遺体とそれを包む布を没薬、乳香、セダー油および肉桂などの香料などで処理して腐敗を防いだことが知られている。これらの香料類はすべて高い抗菌作用を持つものであり天然系抗菌剤である。

近年、調理の省力化や外食化の傾向から弁当や惣菜類の調理済み食品の消費が増加し、長期間保存できる安全性の高い食品がますます望まれるようになってきており、安全性の面から天然系の抗菌・防カビ剤の要求が強まってきている。主な用途は食品用の包装材料やまな板などのプラスチック製品である。さらに安全性のイメージが良く、効果がマイルドである天然系抗菌剤を、食品以外の製品への応用も活発化している。

食品分野では、厚生労働省が公表している食品添加物リストに保存料として、ヒノキチオール、プロタミン、ポリリジンなど 8 種が、また日持ち向上剤として茶抽出物、孟宗竹抽出物、リゾチームなど 26 種が天然系で登録されており、広範囲にわたって利用されている。

1) ヒノキチオール系

ヒノキチオールは台湾ヒノキ油、青森産ヒバ油などの中に存在する結晶性物質で、4-イソプロピル-2-ヒドロキシ-シクロヘプタ-2,4,6-トリエン-1-オンの 7 員環化合物である。

グラム染色性に関係なく、腸内細菌をはじめ破傷風菌、結核菌などにも抗菌性を有し、ソルビン酸、パラオキシ安息香酸ブチル、亜硝酸ナトリウムよりも殺菌力が強い。

天然食品保存剤として許可されており、生鮮食品の鮮度保持剤や食品保存剤として注目されている。

経口マウス急性毒性 LD₅₀ は、1,119mg/kg で低く、皮膚刺激性は準陰性である。作用機構は2座配位子の酸素のキレート作用や菌体内の蛋白質の変性による。

2) キトサン系

キトサンは、カニやエビの甲殻、昆虫類の外骨格、菌類の細胞壁などに含まれるキチンを加水分解して得られる塩基性多糖類で、セルロースに次ぐ豊富なバイオマスとして注目されている。化学構造はセルロースとよく似ているが、アミノ基を持っている点異なる。

キトサンは食品添加物であり、化粧品種別配合成分規格にも記載されていることから安全性については極めて高いことが確認されている。多種類の細菌、カビに抗菌性、防カビ性を発現する。作用機構はキトサンの持つアミノ基に由来するカチオンが微生物の細胞壁を構成するシアル酸やリン脂質などのアニオンとイオンの引き合い、その結果、微生物の自由度を束縛し生育阻害を引き起こす。

キトサンを酸性水溶液に溶解し、アルカリ水溶液中にて再生して成形し、粉碎、噴霧乾燥することにより、従来から機械的粉碎が困難であったキトサンの微粉末化を可能にした。またキトサンは、酢酸、乳酸などの酸性水溶液に対する溶解性が高く、キトサンの分子量や濃度を調整することで、適度な粘性の溶液状キトサンを得ることができる。

キトサンは分子内にアミノ基を持つために反応性が高く、これを利用して誘導体化することが容易であり、抗菌機能の増強など、新機能発現の開発が行われている。天然由来の有機物であるため、耐熱性に問題があり、200 以上の長時間の熱履歴を受ける場合には変色する。

3) 唐ガラシ抽出物

唐ガラシはナス科の植物で食品には生の果実のまま用いるか、乾燥し粉末にして、あるいはアルコール抽出したオレオレジン（含油樹脂）にて、香辛料や着色料として古くから用いられている。

唐ガラシには抗菌性物質としてカプサイシンが含まれており、カプサイシンは辛味が強く水に難溶で脂溶性である。酵母の生育を特異的に阻害する。細菌やカビにはあまり抗菌性を示さない。

4) その他

ユーカリは、オーストラリアに自生する常緑高木であり、葉にはシネオールを主成分とするユーカリ油を含有し、去痰剤や喘息時の吸入剤として利用されている。ユーカリ葉の50%エタノール抽出物は、フロログルシノール誘導体を含有する。これら有効成分は、う食および歯周病原菌に対し強い抗菌作用を示す。

ユリ科植物揮発性成分として、ニンニクにはアリシンという抗菌性物質が含まれておりカビに対して著しい防カビ活性を示す。ネギ、タマネギ、ニラには硫化化合物である硫化

アリルが含まれており、微生物に対して抗菌性を示す。

ユッカ（南北アメリカの乾燥地帯に生育するリュウゼツラン科の植物）はサポニンを多く含有する。ユッカからメタノール抽出したサポニンは酵母に対して非常に強い抗菌作用を示す。細菌やカビに対しての抗菌作用は弱い。

西洋わさびは、イソチオシアン酸アリルおよびエステルを含有する。緑茶は、天然ポリフェノール化合物の1種のカテキンを含有する。これら有効成分により抗菌作用を有する。

天然有機系抗菌・防カビ剤の特徴は次のごとくである。

- ・長所

安全性が最も高い。微生物の殺滅を狙うのではなく、微生物の異常増殖を防止する緩やかな抗菌剤には最も適している。

- ・短所

有効期間が極めて短い。耐熱性に欠ける。