染色されたアクリル繊維上の塩基性染料の抗菌活性

武庫川女子大学生生活環境学部 澤 裕子・甫天正靖

Antibacterial Activity of Basic Dyes on the Dyed Acrylic Fibers.

Yuko Sawa and Masanobu Hoten

Department of Human Environmental Sciences, School of Human Environmental Sciences,
Mukogawa Women's University, 6-46, Ikebiraki-cho, Nishinomiya, 663-8558, Japan

Abstract : Antimicrobial activity against 2 species bacteria of six basic dyes and Benzalkonium chloride as a retarding agent in the dyed acrylic fibers was investigated by mean of JIS test method (JIS L1902). To examine the effect of the dye concentration in the dyed fibers on antibacterial activity, it was represented by SOR that is the ratio of dye concentration in the dyed fibers to its relative saturation value. Result of JIS test method demonstrated that antibacterial activity of the dyed fibers was obviously revealed and related to minimum bactericidal concentration (MBC) of the respective dyes and Benzalkonium chloride depending on the chemical structure of them. Antibacterial activities in the dyed fibers with the basic dyes of triphenyl-methane, azine, azo and thiazine were compared, which decreased in that order. And antibacterial activity was apt to increase with SOR. Bactericidal activity against *Staphylococcus aureus* IFO12732 was shown in all dyes except thiazine, whereas that against *Escherichia coli* K12 W3110 was low activity. Benzalkonium chloride was equally effective against both bacteria and improved antibacterial activity in the dyed fibers with lower SOR level of Malachite Green.

(Received 18 October, 2000 ; Accepted 12 March, 2000)

1. 緒 言

抗菌剤は広い分野において古くから利用され、繊維加工分野における研究開発もこれらを種々の手法によって適用して進展してきた [1-4].

今日では動植物や天然鉱石など天然物由来の抗菌防臭機能剤の安全性が注目を集め、なかでも植物由来のものは繊維用抗菌防臭加工剤をはじめ食品添加剤、化粧品基材、医薬用外品、浴用剤として広く活用されている [5-10]. また、これらの植物のなかには古くから染色に利用されるものもあり、染色性や染色堅牢度についての報告もある [11,12]. 一方、天然色素と同様に合成染料の中にも塩基性染料のように抗菌性をもつものが知られ、水棲生物に対する防汚剤などとして利用されている [13]. Fairbrother らは合成染料について広範な殺菌スペクトルを得て、染料の抗菌性発現に関する報告を行った [14].

しかし、天然、合成に関らずそれらの色素または染料による染色物が有する抗菌性についての報告は少ない。著者らは、さきに生薬およびハーブを色材として絹や羊毛を染色した染色物について抗菌性に関する有益な結果を得ている [16-18]. 本報では塩基性染料およびその染色物に着目しそれらの抗菌活性に関する研究を行った。

本研究では基幹構造または置換基の異なる 6 種の塩基性染

料を選択し、それらの染色濃度を変えて染色を行い繊維上に染着された染料濃度と抗菌活性の関係、染着された染料の化学構造と抗菌活性の関係について考察を行った。また、通常のアクリル繊維染色では不均染防止のためにカチオン緩染剤が用いられるが、これは陽イオン界面活性剤の一種で抗菌作用を有する。そこで抗菌性と低濃度染色における緩染効果を目的として、代表的な緩染剤である塩化ベンザルコニウムを併用して調製した淡色の染色物の抗菌活性についても同様に検討を行った。

2. 実 験

2.1 試料

2.1.1 繊維

本研究ではアクリル繊維「エクスラン」K 型（日本エクスラン工業株式会社）原綿使いの織物を使用した。試料布は細菌性アミラーゼを用いて 70℃で 30min 酵素による精練を行い、以下の実験に使用した。

2.1.2 塩基性染料

本研究で用いた 6 種の塩基性染料の化学構造を Fig.1 に示す。トリフェニルメタン系の Malachite Green (MG), Crystal Violet (CV), Diamond Green (DG), チアジン系の Methylene Blue (MB), アジン系の Safranine O (SAF) およびアゾ系の

Fig.1 Chemical structures of the basic dyes

Fig.2 Chemical structure of Benzalkonium chloride

Basic Orange 33 (BO 33) を用いた。DG および BO 33 は保土ヶ谷化学工業 (株) よりコンクケーキとして提供され、その他の染料は和光純薬製である。なお、これらの染料はエタノール溶液から再結晶して恒量乾燥後、以下の実験に使用した。

2.1.3 陽イオン界面活性剤

塩基性染料によるアクリル繊維の染色において緩染剤として用いられる陽イオン界面活性剤のなかから、抗菌剤でもある塩化ベンザルコニウム (以下 BC、Fig 2) を塩基性染料と併用して淡色の染色試料を調製した。

2.2 実験方法

2.2.1 硫黄含有率測定

供試繊維中の硫黄含有率は O_2/Ar 燃焼-IPC 発光分析法により定量した硫酸イオン量から換算して求めた。

2.2.2 染色

2.2.2.1 染色方法

塩基性染料による染色は低浴比染色機 LHD-312E (辻井染機) を使用し、浴比 150, 2 %o.w.f. 酢酸酸性で 105°C, 2hr の平衡染色を行った。分子量の異なる染料間で染色濃度を共通化するため、供試アクリル繊維に対する各染料の相対飽和染色量 (S_p) を求めた。これを染色座席占有率 (dye site occupation rate, SOR) 1.0 と定め、適用した染色量を S_f に対する比率で表した。SOR が 0.2, 0.5, 0.7, 1.0 および 1.1 の染色試料を調製し、以下の抗菌試験の試料とした。また、BC の吸着についても同様に扱った。

2.2.2.2 染色量の定量

染色試料の染色量は γ -ブチロラクトン (三菱化学株式会社) を溶剤に用い、比色定量を行い求めた。吸光度測定には分光光度計 UV-2200 (島津製作所) を使用した。また、繊維に吸着された BC 量は残液中の濃度を塩酸酸性下 (pH3±0.4) で 0.02M テトラフェニルボロンナトリウムによる滴定を行い求めた。終点指示薬にはメチルオレンジを用いた。

2.3 抗菌性評価

2.3.1 供試菌

抗菌性の評価には *Staphylococcus aureus* IFO12732 (*S. aureus*) および *Escherichia coli* K12 W3110 (*E. coli*) の 2 菌種を使用した。

2.3.2 接種菌液の調整

接種菌の培養にはニュートリエントブロス (Difco) を用いた。メンブランフィルター (孔径 0.45 μm , 富士写真フイルム株式会社) を用いて集菌し、無菌水で洗い出して菌懸濁液を得た。菌懸濁液を滅菌生理食塩水または 1 / 20 ニュートリエントブロスにより希釈し、所定濃度の接種菌液を調製した。

2.3.3 試験方法

2.3.3.1 最小殺菌濃度 (MBC) の測定

滅菌水を用いて作製した塩基性染料および BC の 1/2 希釈列溶液 0.5 ml に菌懸濁液 (1×10^6 cells/ml) 0.5 ml を接種した。30°C で 30 min 振盪後、0.1 ml を採取してニュートリエントブロス培地 (2 ml) に移植した。37°C で 24 hr 培養後に菌生育の有無を視覚判定し、菌の生育がみられない最小濃度を MBC とした。

2.3.3.2 抗菌試験

抗菌性の評価は繊維製品の抗菌性試験方法 JIS L1902 (1998) に準じて行った。定量試験では無加工試料の接種直後の生菌数 (M_a)、無加工試料および加工試料の 18hr 培養後の生菌数 (M_b および M_c) を測定した。それぞれの生菌数を常用対数値であらわし、殺菌活性値 $L = M_a - M_c$ および 静菌活性値 $S = M_b - M_c$ を求めた。

3. 結果と考察

3.1 抗菌試験に用いる染色繊維試料の調製

3.1.1 硫黄含有量

O_2/Ar 燃焼-IPC 発光分析法により硫酸イオン量 (0.153 %) を定量した。これより求めた硫黄含有量 47.8 mmol/kg-f は染色座席となるスルホン酸基由来のものである [18]。

3.1.2 塩基性染料の相対飽和染色量 (S_f)

染色試料上の染料濃度を既述の SOR で表すため、染料ごとの相対飽和染色量 (S_p) を求めた。常法 [19] により得られた 6 種の塩基性染料の等温吸着曲線は飽和型吸着であったのでラングミュア吸着式により S_f 値を算定した (Table 1)。いずれの染料の S_f 値も 2.2.1 で定量されたスルホン酸基量に概ね相当した。ただし DG は非常に大きい S_f 値を示した。また、DG の等温吸着曲線は飽和型に分配型が加算されたような吸着挙動を示し、分配吸着に由来する直線の勾配も大きいこと

が特徴的であった。アクリル繊維に対する塩基性染料の染着は繊維分子中のスルホン酸基（染着座席）の対イオンと染料カチオンとのカチオン交換反応に基づく吸着であり、その反応式の平衡係数から塩基性染料の相対親和力を求めることができることは知られている。参考のために算定した供試染料ごとの相対親和力 $-\Delta\mu_0$ (kJ/mol) を Table 1 に示した。

3.1.3 塩基性染料による染色物の染着量

SOR が 0.2–1.1 の範囲で染料濃度の異なる染色試料を調製した。各染色試料の染料濃度は 2.2.2.2 の方法で定量し、所定の SOR 相当の染着がほぼ達成されていることを確認した。

3.1.4 塩化ベンザルコニウム併用染色物の染着量

塩基性染料と緩染剤 BC を併用し、低 SOR でも抗菌性を維持することを狙いとして淡色の染色試料を調製した。BC の初濃度 (D_{S0}) が 0.3–2.8 mmol/L のときの繊維への吸着量 (D_f) を求め Table 2 に示した。 $D_{S0} = 1.4$ mmol/L 以上では D_f は約 54 mmol/kg-f であった。 2.2% w/f の MG 溶液に 0.3–2.8 mmol/L の BC を添加した併用染色試料について、MG 濃度と BC 濃度を SOR で示した (Table 3)。MG の染着は BC の D_{S0} の増大により抑制され、その染着濃度は試料 7–10 において順次低下した。

3.2 抗菌性の評価

3.2.1 最小殺菌濃度 (MBC)

S. aureus および *E. coli* に対する 6 種の塩基性染料および BC の MBC を Table 4 に示した。

塩基性染料の MBC は MG, CV および DG で著しく小さく、トリフェニルメタン系染料の殺菌性が強いことを示した。殺菌性は、*S. aureus* では DG, MG, CV > SAF > MB > BO 33、*E. coli* では DG > MG > CV > BO 33 > SAF > MB の順に小さい一方、BC の MBC は *S. aureus* および *E. coli* でそれぞれ SAF および MG の MBC と等しい。

また、供試染料と BC の MBC はいずれも *S. aureus* < *E. coli* の関係がある。*S. aureus* に対する *E. coli* の MBC の差を比較すると、供試染料では 60–1000 倍で大きく、*S. aureus* に対して強い殺菌性が認められた。しかし、BC では同菌種に対する MBC の差は 16 倍程度であった。このことから、菌種の違いが殺菌性の発現に及ぼす影響は塩基性染料に比べて BC では小さいと考えられる。

3.2.2 JIS 法による定性試験

塩基性染料による染色試料について定性試験を行った結果を Table 5 に示した。*S. aureus* に対してトリフェニルメタン系染料による染色試料では、MG および CV の SOR = 0.2 を除く全ての染色試料で発育阻止円（ハロー）が形成され、染料の溶出により細菌の発育が阻止された。しかし SAF では SOR < 1 で、MB および BO 33 では全ての SOR でハローは形成されなかった。これらの結果は、MBC の序列 DG > MG, CV > SAF > BO 33 > MB に相応した。また、*E. coli* では全試料でハロー形成はみられず、溶出した染料濃度は菌濃度 10^6 cells/ml の *E. coli* の発育を阻止するに至る拡散濃度ではなかったと推察した。

一方、Table 6 に BC を単独で吸着させた試料 (No. 2–5)

Table 1 Relative saturation values ($[S]_f$) and relative affinity (RA) of six basic dyes on acrylic fiber

Dyes	MG	CV	DG	MB	SAF	BO33
$[S]_f$ (mmol/kg-f)	54.0	47.2	57.2	47.0	50.4	46.1
RA (kJ/mol)	44.6	48.2	45.0	36.5	40.0	38.2

Table 2 Concentration of Benzalkonium chloride on the acrylic fiber

Sample No.	1	2	3	4	5
D_{S0} (mmol/L)	0.0	0.3	0.6	1.4	2.8
D_f (mmol/kg-f)	0.0	28.2	43.2	54.5	54.2

Table 3 SOR of Malachite Green (MG) and Benzalkonium chloride (BC) on the dyed acrylic fibers

Sample No	6	7	8	9	10
D_{S0} (mmol/L); BC	0.0	0.3	0.6	1.4	2.8
SOR ^{a)} , MG	1.0	0.55	0.31	0.11	0.05
BC	0.0	0.45	0.69	0.89	0.95

a) SOR : dye site occupation rate

Table 4 Minimum bactericidal concentrations of basic dyes and Benzalkonium chloride (BC) against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*.

Bacteria	MBC (μ mol/ml)						
	MG	CV	DG	MB	SAF	BO33	BC
<i>S. aureus</i>	0.39	0.39	0.39	25	6.25	50	6.25
<i>E. coli</i>	100	400	50	12800	6400	3200	100

および MG と BC の併用染色試料 (No. 6–10) の定性試験の結果を示した。*S. aureus* に対しては原布 (No. 1) を除く試料でハローが形成され、BC 単独でも溶出による発育阻止作用を示した。また、前述のように MG の SOR $\leq$ 0.2 の染色試料ではハローは形成されなかったが、BC を併用した試料 No. 9 や No. 10 (Table 3) では SOR < 0.2 でもハローが形成された。このように BC の併用によって MG 濃度の低下による抗菌性の低減または失活は十分に改善されるので、淡色の染色物においても抗菌性を付与できることがわかった。しかし、*E. coli* に対しては供試染料の場合と同様、いずれの試料においてもハロー形成は認められなかった。

3.2.3 JIS 法による定量試験

3.2.3.1 塩基性染料による染色物の抗菌活性

塩基性染料による染色試料の殺菌活性値および静菌活性値を測定し SOR との関係について調べた。

Table 5 Elution test by JIS testing method for dyed acrylic fibers with six basic dyes against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*.

SOR	<i>S.aureus</i> (Size of inoculum ; 1.6×10^6 cells / ml)						<i>E.coli</i> (Size of inoculum , 2.5×10^6 cells / ml)					
	MG	CV	DG	MB	SAF	BO33	MG	CV	DG	MB	SAF	BO33
0.2	— ^{a)}	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.5	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.7	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.0	+	+	+	—	+	—	—	—	—	—	—	—
1.1	+	+	+	—	+	—	—	—	—	—	—	—

a) no halo

b) halo

Table 6 Elution test by JIS testing method for dyed acrylic fibers with Malachite Green and Benzalkonium chloride against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*.

Sample No ^{a)}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>S.aureus</i>	— ^{b)}	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>E.coli</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

a) Sample No were given in Table 2 and 3.

b) no halo

c) halo

Fig 3 (A) のように *S.aureus* に対する MG, CV および DG の殺菌活性値は他の染料に比べて高い。殺菌活性値は $SOR < 1.0$ では $MG < CV < DG$ の順に大きく、 $SOR \geq 1.0$ でも同様の順に大きい。また、 $SOR \geq 1.0$ ではいずれの染料も本試験条件における最大値に達した。アジン系の SAF は $SOR < 1$ ではチアジン系の MB と同等で殺菌活性をもたず、 $SOR \geq 1.0$ で急激に高い殺菌活性を示した。これはハロー形成がみられた SOR 範囲に一致した。一方、アゾ系染料 BO 33 は $SOR \leq 1$ では SOR 増加にともない抗菌性は静菌から殺菌へと緩やかに高まり、 $SOR = 1.1$ になると SAF と同様に高い殺菌活性を示した。こ

のように、 $SOR \geq 1.0$ の染色試料ではいずれの染料でも顕著な殺菌活性を示したことから、殺菌性の発現には相対飽和染着量を上回る染着量の染料カチオンの染着挙動が関与していると推察した。また、 $SOR < 1.0$ の染色試料でも抗菌活性に大きな差が認められた。この場合は繊維上に存在する染料濃度が相対飽和染着量より低く、染料カチオンは繊維中の酸性基にイオンの結合されている状態にあり、上記の $SOR \geq 1.0$ の場合とは繊維上における染着状態は大いに異なると考えられる。そして、 $SOR < 1.0$ での殺菌活性値の序列 $MG < CV < DG$ は、その活性が置換基の違いにより影響を受けるとした

Fig.3 Effect of SOR on dyed acrylic fibers with six basic dyes on bactericidal and bacteriostatic activity : (A) against *Staphylococcus aureus* ; (B) against *Escherichia coli* Symbol : MG, (●) : CV, (▲) : DG (■) : MB (○) : SAF, (△) : BO 33, (□)

Fairbrother らの報告 [14] と符合した。

E. coli についても Fig 3 (B) のように $SOR > 1$ の MG および DG では殺菌活性が認められた。 *S. aureus* では MG と DG の MBC が等しく、 *E. coli* では $MG > DG$ であったように、それらの殺菌活性値は *S. aureus* では等しく *E. coli* では $MG < DG$ であった。 また、他の 4 種の染料は SOR が増大しても殺菌活性値は 0 以下で、殺菌性をもたない。 しかし、静菌活性値による評価では BO 33 を除いて抗菌性を示した。 静菌活性値は SOR が増加しても一定で、 $CV > MB > SAF > BO33$ の関係があった。

以上のように塩基性染料による染色物は明らかな抗菌性を持ち、殺菌活性もしくは静菌活性が認められた。 また、抗菌活性の発現やその強さにおいて見られた染料種による差違は *E. coli* において *S. aureus* よりも大きかった。

3.2.3.2 塩化ベンザルコニウム併用染色物の抗菌活性

BC を併用した染色試料の殺菌活性を BC の SOR と関係つけて評価した。 なお、Fig 4 には BC および MG をそれぞれ単独で吸着させた試料の殺菌活性値も示した。

S. aureus に対して殺菌活性を示す MG 濃度は $SOR \geq 0.5$ であることをすでに述べた。 しかし、0.6 mmol/L、1.4 mmol/L、2.8 mmol/L の BC を併用して染色した場合、MG の SOR は 0.31、0.11、0.05 のように低下するが (Table 3)、殺菌活性値は Fig 4 のように最大値を示した。 殺菌活性値を比較すると、併用試料 (●) では MG のみで染色した試料 (■) の 10000 倍に達し、抗菌性は顕著に向上した。 また、BC を単独で吸着させた試料 (▲) と併用試料の殺菌活性値は、いずれの SOR でも同等である。 このことから、淡色の染色物における殺菌活性の増大は BC の殺菌性の寄与によるものと考えられる。

E. coli に対して殺菌活性を示す MG 濃度は $SOR \geq 1.0$ であることをすでに明らかにした。 しかし、BC を併用した試料 (○) では MG の SOR が 0.2 まで低下しても殺菌活性を示し、抗菌

性は大きく改善できた。 また BC を単独で吸着させた試料 (△) と比較すると併用試料では殺菌活性値は増大した。 BC の初濃度 1.4 mmol/L で併用した場合、 SOR は MG が 0.1、BC が 0.9 となり (Sample No 9) 殺菌活性値は最大を示した。 このように、*E. coli* では BC の SOR が同等である場合の抗菌性は *S. aureus* と異なり、BC 単独よりも MG との併用において高かった。 この現象から、BC の併用による *E. coli* に対する殺菌活性の向上は BC と MG との相加的効果によるものと考えられ、BC の併用は *S. aureus* よりも *E. coli* に対して有用であることが明らかであった。

3.2.3.3 塩基性染料の染色状態と抗菌性の関係

JIS 法による定量試験の結果、トリフェニルメタン系染料の抗菌活性はアジン系、チアジン系、アゾ系と比較して非常に高いことが明らかであった。 また、基幹構造が同じで置換基の異なる DG、MG および CV の間で抗菌活性には明らかな差違が認められた。 さらに、抗菌活性は相対飽和染色量を上回る ($SOR \geq 1.0$) 場合に顕著に高く、 $SOR < 1.0$ の場合には染料間で大きな差違があることがわかった。

$SOR < 1.0$ の場合は、染料カチオンが繊維中の酸性基にイオン的に結合しているため、繊維上の染料カチオンの脱着し易さは相対親和力に関係すると考えられる。 供試染料の相対親和力は $CV > DG > MG > SAF > BO33 > MB$ の順に小さいので

(Table 1)、脱着は逆の順に容易であると想定できる。 抗菌作用が結合していない染料カチオンによってのみ起こると仮定すれば、脱着の容易な順に抗菌活性は高くなる。 しかし、 $SOR < 1.0$ での染色試料の抗菌活性値は脱着し易さの序列とは対応しないことがわかった。 たとえば、相対親和力の大きいトリフェニルメタン系染料 CV、DG、MG の抗菌活性値は格段に大きく、低 SOR でも抗菌活性が高いことは「脱着のし易さ」によって説明することができない。 このことから塩基性染料はイオン結合した状態でも其役構造を介して電荷を分散させ、イオン結合による染色と細菌の吸着とを両立することができるのではないかと推察した。 また、電荷の分散には染料の基幹構造が関与し、染料構造に固有の抗菌性を発揮すると思われる。 このため、染色した染料は繊維上に固定化された抗菌剤として作用すると見なすことができ、染料固有の抗菌活性は MBC (Table 4) の大きさで比較できた。 染料の化学構造と抗菌性の関係について、トリフェニルメタン系染料では炭素を中心とする 3 つのフェニル基の存在が安定な共役系を提供し、助色団としてのアミノ基とともに抗菌活性基として有効な基体をなすと考えられる。 また、供試の DG、MG および CV の抗菌活性の差違はアミノ基窒素の塩基性度の違いを反映すると考えられる。 すなわち、ジメチルアミノ基が 2 つのフェニル基に置換された MG とすべてのフェニル基に置換された CV を比較すると、細菌の吸着に関与するカチオンをもつアミノ基における電荷の偏りは $CV > MG$ となる。 このため CV の抗菌活性が高くなると考えられる。 さらに、チアジン環ではアジン環の窒素のひとつが硫黄で置換される結果、アミノ基の塩基性度は低下し抗菌活性の低下につながる。 SAF では電子吸引性の塩素がアジン環窒素に付加されているため、

Fig. 4 Relation between bactericidal activity and SOR of MG or BC on dyed acrylic fibers against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. Symbol MG (■, □), BC (▲, △), their simultaneous use (●, ○)

窒素の塩基性度は増大しアジン系染料の抗菌活性を高めている。このように塩基性染料の抗菌活性はアミノ基窒素の数やその塩基性度の強さと深く関係しているものと考えられる。

SOR $\geq$ 1.0の場合は染料カチオンが繊維中の酸性基に対して過飽和に存在し、この染料カチオンの染色挙動が抗菌活性に関与すると推測できる。繊維上の染色状態はSOR $<$ 1.0の場合とは大きく異なり、過飽和の染料カチオンはイオンの結合した染料に比べて繊維から脱落し易い。さきに述べた繊維上にイオン結合している染料とは別に、脱落した染料は細菌に作用して抗菌性を発現する。この場合の供試染料間に見られる抗菌活性の違いはMBCの差違と捉えることができる。

また、DGは顕著に高い活性を示した。この現象には前述の化学構造に由来する高活性に加えて、特異な吸着挙動が関係すると考えた。3.1.2に記したようにDGの等温吸着曲線は飽和型吸着に分配型吸着が加算された複合型であった。繊維上においてイオン結合された染料分子は高活性を示し、さらに分配吸着された染料分子はカチオン性が減殺されないまま細菌吸着効果を現した。DGの抗菌活性にみられた特徴は、このような2つの染色状態を複合する結果であると推察した。

4. 結 論

本研究では6種の塩基性染料とその染色物上における塩基性染料の抗菌性について、*S. aureus* および *E. coli* を供試菌として検討した。染色量を飽和染色量に対する染色濃度比 (SOR) で表し、抗菌活性に対する染色量および染料の化学構造の影響について検討を行い、次のような結果を得た。

- 1) 塩基性染料および塩化ベンザルコニウムは溶出性の抗菌活性を示した。
- 2) 最小殺菌濃度はすべての供試染料およびBCについて *S. aureus* $<$ *E. coli* の関係を示し、トリフェニルメタン系染料の殺菌性が高かった。
- 3) *S. aureus* に対する殺菌活性はMBを除きSORの増加にともない高くなった。殺菌活性の序列はDG $>$ CV $>$ MG $>$ BO33 $>$ SAF $>$ MBであった。
- 4) *E. coli* に対してMBおよびDGはSOR $>$ 1で高い殺菌活性を示したが、その他の染料ではSORが増加しても一定の殺菌活性を示した。抗菌活性の序列はDG $>$ MG $>$ CV $>$ MB $>$ SAF $>$ BO33であった。
- 5) 塩基性染料の抗菌活性はSOR $\geq$ 1.0, SOR $<$ 1.0での染色状態の違いを反映した。

6) 染色された繊維上において抗菌活性を示すMG濃度はMGを単独で用いるよりもBCと併用した場合に低下し、抗菌性を有する淡色の染色物を得ることができた。また、BC併用による抗菌性の増大は*S. aureus* よりも*E. coli* に対して顕著に認められた。

謝 辞

硫黄含有率測定に御助力をいただきました鐘淵化学工業カネカロン研究部、ご助言を賜りました徳島大学工学部高麗寛紀教授に深く感謝いたします。また、本研究の予備実験に協力戴きました松田美喜、平林佳子の各位に感謝いたします。

文 献

1. H Hayakawa and N. Ishizaka, *Sensyoku kogyo*, **32**, 66 (1984)
2. T. Nakajima, *Kako gijutu*, **31**, 182 (1996)
3. K. Arai, *Seni Kagaku*, **30**, 36 (1988)
4. Jpn Kokai Tokkyo Koho, H2-68310
5. Jpn Kokai Tokkyo Koho, H7-11579
6. H Nakashima, N Miyano, I. Matsunaga, Y. Sawabe, and T Takatuka, *Sen'i GAKKAISHI*, **56**, 20 (2000)
7. H. Ono, *J. Antibact. Antifung. Agents*, **26**, 481 (1998)
8. Jpn. Kokai Tokkyo Koho, H2-307931
9. R. Matsuda, *Syokuhin to Kaihatu*, **31**, 17 (1996)
10. A. Nishina, *Food & Food Ingred J*, **170**, 53 (1996)
11. M. Kawahito, *Nihon Ifuku Gakkaishi*, **40**, 51 (1996)
12. M. Endo, K. Sakata, and A. Katayama, *Nippon Sanshigaku Zasshi*, **66**, 107 (1997)
13. Jpn Tokkyo Koho, S49-30102
14. T. H. Fairbrother and A. Renshaw, *J. Soc. Chem. Ind.*, 134T (1922)
15. Y. Sawa, T. Sonoda, and M. Hoten, *Bull. Mukogawa Women's Univ. Nat. Sci.*, **45**, 5 (1997)
16. Y. Sawa, C. Yamabayashi, N. Morikawa, and M. Hoten., *Bull. Mukogawa Women's Univ. Nat. Sci.*, **47**, 11 (1999)
17. Y. Sawa, C. Yamabayashi and M. Hoten, *Bull. Mukogawa Women's Univ. Nat. Sci.*, **47**, 21 (1999)
18. T. Vogel, J. M. A. De Bruyne, and C. L. Zimmmerman, *Amer. Dyes. Rept.*, **47**, 881 (1958)
19. O. Grenz and W. Beckman, *Melliand Textilber*, **38**, 296, 783 (1957)