説
縵

繊維の衛生加工

治
削
弓

はじめに

微生物は地球上のあらゆる所に存在し、われわれの摂取する食物の中に利用され、われわれの世界を浄化し、人間をも含めたすべての動物の体の中にあって、生命のかぎをにぎっている。

このように微生物とのかかわり合いのなかで、人間は生活し、微生物の恩恵を受ける反面、体内に微生物が侵入して健康障害をもたらしたり、時には命をもおびやかすこともある。

日常生活環境のなかには、このような微生物類が多数存在し、媒介物を経て、われわれ人体内に侵入附着繁殖する。これらの微生物の多くは、非病原性と考えられているが、時には病原性を有するものもあり、また病原性微生物の繁殖を促す状態を作ることもあり、あるいは、皮膚、粘膜などの表層において、非病原性微生物であるにもかかわらず、その繁殖によって病的な刺激を与えることもある。数多くのこのような微生物類が、繊維製品を媒介として、われわれ個人の健康に直接危険を与えるということが起りうるわけである。

衣類として着られたり、あるいは家具や装飾の目的のために使用されるところの織物に、できる限り微生物のいないことが大切である。さらに病院や同様な場所において使用される繊維材料は、病原菌の媒介物とならないこと、特に毛布・シーツ・手術用のために用いられる繊維製品類などは、できる限り微生物が附着しないということが、大切なこととなってくる。

特に、最近の健康的な人間生活環境作りの要請に応えて、繊維製品に附着繁殖して好ましくない影響をおよぼす、微生物類を取り除くための衛生加工を、各企業が取り上げ「抗菌防臭加工」商品として展開を行うようになった。

1. 微生物の付着によって生ずる障害¹⁾

繊維製品が微生物によって障害を受け、人体に影響を受けると考えられる問題点を挙げてみると、次のようなものが考えられる。

a) 生活環境の中に存在する微生物が、直接的にあるいは衣類を媒介として間接的に、人体内に侵入し増殖することによっておこる疾病がある。病原性の微生物は当然のことながら、非病原性微生物であるにもかかわらず、その繁殖によって皮膚などに異常刺激を与えて、皮膚障害や疾病を起こすこともある。したがって、着用される衣類には微生物の付着ならびに増殖を防止しなければならない。

b) 衣類を着用して、人体を微生物による障害から防止するためには、人体の清潔ならびに衣類の汚れ防止が問題となる。人体から分泌される汗、皮脂腺から分泌される皮脂、その他の老廃物が、そのまま皮膚に付着して微生物の繁殖を容易にする結果を招いている。このことから生ずる問題としては、汗臭いにおいなどの肌着の悪臭、靴下における水虫菌の繁殖、乳幼児のおむつかぶれなどがある。

c) 衣類が保管されている期間、高温多湿な気候条件下、あるいは布地の汚れ物質などの影響で、微生物の繁殖に好適な素地を作っていると、かびの繁殖による色の汚れを引き起こす。すなわち材質の脆化・着色・変色であり、加えて着用時における皮膚障害も生ずる。これは繊維材料のかびによる脆化の問題として、防止対策にも考える必要がある。

以上の微生物による障害から、使用者や着用者を護り、布地を保護し、ひいては人体の安全のため、好ましくない影響をおよぼす微生物類を抑制する物質などで、繊維材料を処理することが、広く行われるようになってきた。このための仕上処理として、防菌加工、抗菌加工、防かび加工、防臭加工、防腐加工などと称する加工が行われてきた。これらを総称して、従来から衛生加工と呼ばれている。

Antibacterial Finishing of Textiles

OSAMU YUGE

Faculty of the Science of Living, Osaka City University

大阪市立大学生活科学部 助教授(医博)

2. 衛生加工の推移

われわれは、近代的な新奇なものとして防菌・防かび加工を考えるが、実際は4000年前に、エジプト人がミイラを包む布を保護するために、ある種の薬用植物を使って現在行われているような衛生加工を施していたといわれている。

現今では、微生物の攻撃から身を護るために繊維類に加工することが1900年頃に注目をひき、第2次大戦の間に急激に関心が持たれるようになった。

1955年にDomagk³⁾が、第4アンモニウム塩についての防菌力を報告している。すなわち、第2次大戦のときに、ドイツ軍の軍服にこの殺菌剤をしみ込ませたところ、それにより着用者は無処理の軍服をつけていた人々よりも、つぎの戦傷に2次感染する度合いが少なかったということである。

昭和30年頃から、サニタイズ加工と称した衛生加工が、わが国でも採り上げられ、その効果のほどが検討されはじめた。まだ定着するまでには至らなかったが、その真新しさが注目されていた。しかし、まだ戦後の回復期でもあり、衛生の思想も、快適な衣生活も標榜できる社会的背景ではなかった。

衛生加工の形成期は、昭和30年代後半から昭和40年代後半の頃までである。この期間の前半は主として、効果のみが追求された。当時の薬剤は有機金属化合物が多く、これらを繊維製品に処理する場合、その附着量はきわめて少量であるにもかかわらず、その効果はみるべきものがあつた。

形成期の後半は、ホルマリン問題の時期に当り、衛生加工剤の人体への安全性が問題となった。昭和48年、「有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律」が立法化され、現在の衛生加工剤は、食品添加物に用いられるようなものや、すべての点で安全性が十分に調査された、新しい防菌防かび剤として開発または発表されているものばかりである。また、古くから繊維処理剤として使用されている、安全な界面活性剤を応用したものなどである。

安全性については、このように特に気を配っており、新規物質については、薬剤そのもの、繊維製品に処理した場合など、十分なチェックを行っている。衣料の皮膚障害などを調べている「日本産業皮膚衛生協会」は、わが国唯一のチェック機関である。これは、人体皮膚への刺激をみる方法で、顕微鏡観察による貼布試験判定法(河合法)⁴⁾である。このように、今後とも十分な検討を経て、安全な製品が出まわるものと思われる。

以上のような推移をたどり、衛生加工の形成期ができ

上ったのである。

衛生加工として要求される事項は、他の繊維仕上加工と同じく、

- 1) 効果の大であること
- 2) 耐久性のあること
- 3) 人体生理機能に影響をおよぼさないこと
- 4) 処理材料を損傷せず、外観を損なわないこと
- 5) 処理方法が簡単で加工費の安価なこと
- 6) 処理剤の鑑別が容易であること
- 7) その他

である。このうち、1)~3)の主要項目のなかで、効果の大であることと安全性については、ほぼ達成された。

昭和50年代に入り、衛生加工の確立、発展期に移るのであるが、わが国に衛生加工が導入されて30年近くたち、衛生効果が大きく、安全性があり、最近ようやく耐久性を持つ加工剤が出現し、定着の兆しがみえてきた。あと、前記事項4)~6)であるがこれらは、そう問題ではない。以上の事項が、すべて満たされたとしても、これまた他の仕上加工と同じく単一の効用よりも、今後は複合の効用をあげるべく加工剤の開発、加工法の向上に努力すべきであると思われる。

3. 衛生加工の効果判定

3.1 試験に用いる微生物⁴⁾

繊維に寄生する微生物は、セルロースを分解するもの、羊毛に好んで繁殖するもの、ナイロンをはじめ合成繊維に寄生するものなど、非常に多くの種類がある。

衛生加工を目的としたときの、試験に用いる微生物として、従来よりつぎのような菌種が用いられている、

a) 肌着や靴下の悪臭化の防止として、臭いの原因菌として知られている、黄色ぶどう球菌

b) 下着の衛生、乳幼児のおむつかぶれの保護を目的とした、尿素分解菌や大腸菌

c) 靴下における水虫の防止を目的として、皮膚糸状菌の白セン菌属(水虫の原因となることが知られている)

また、かび抵抗性試験法として、JIS Z 2911に繊維製品の試験用かびの種類として、青かび、赤かびなど4種のかびが規定されている。

3.2 衛生加工効果試験

衛生加工処理を行った、繊維製品の効果試験としては、わが国ではJIS Z 2911(1981)に記載されているが、これはかび抵抗性試験で、細菌については規定されていない。AATCCでは細菌、かびともに試験法がある。現在まで種々な方法が発表され、試験に用いられてきた判定法については、筆者がすでに報告⁵⁾しているので参照されたい。

ここでは、従来から用いられている、Halo-testとして知られているAATCC Test Method 90(1981)と、日本防菌防黴学会の繊維抗菌加工検討委員会*が検討した、抗菌加工を施した繊維製品の細菌生育抑制試験法について、その要点を述べる。

a) Halo-test (Agar plate Method)

この方法は、試験布を寒天培地に貼付し、その表面全般に試験菌(例えば、衛生加工靴下であれば、水虫の原因菌である白せん菌)を散布、培養後生じた布の周囲の細菌やかびの無菌地帯(阻止帯)の量(Halo)の程度を評価する方法で、これを一般にHalo-testと呼んでいる。

写真1 Halo-test (左) 衛生加工処理 (右) 未処理

写真1は、Halo-testの対照布と衛生加工処理布で、処理布の周囲に細菌の繁殖が認められず、阻止帯すなわち量(Halo)が形成されている。なお、AATCC Test Method 90では、試験菌は黄色ぶどう球菌とされている。

b) 抗菌加工を施した繊維製品の細菌生育抑制試験法

この試験法は、規格に移行するまではまだ検討すべき問題点もあるが、とりあえず試験法として、日本防菌防黴学会繊維抗菌加工検討委員会がまとめたものである。この試験法は、近い将来繊維製品衛生加工協議会から、発表される。

要点は、Halo-testの定性試験に対し、菌数を測定する定量試験である。すなわち、対照布と衛生加工処理それぞれについて、培養試験を行い生菌数を計測する。そ

れぞれの生菌数から、Wilcoxonの順位と検定により、対照布より菌数が減少しておれば、試験使用細菌に対して生育抑制されていると表示するのである。

4. 最近の衛生加工(抗菌防臭加工)¹⁾

現在の衛生加工は、抗菌防臭加工と称し後処理加工のものが殆んどである。一部原系改良タイプのものもある。加工薬剤を大別すると、有機シリコン・第4級アンモニウム塩系とフェニール・エーテル系とその他の加工剤系に大別できる。

a) 第4級アンモニウム塩を有機シリコンを媒体として、繊維の表面に化学結合させたもの

主成分の化学名は、3-(trimethoxysilyl) Propyl-dimethyloctadecyl ammonium chlorideである。

第4級アンモニウム塩が微生物の生育を抑制することは従来知られている。しかし、この化合物は活性が低いため、繊維に処理しても、洗濯や水洗によって溶出し、効果を持続させることができない。そこで、有機シリコンの活性を利用したものである。

有機シリコンは、第4級アンモニウム塩と繊維を結合させる架橋剤となっているわけである。微生物がこの第4級アンモニウム塩に接触すると、微生物の細胞壁が破壊され、その成育が阻止されるものである。

この加工製品の効果判定には、ハローが出ないため、一定数の菌を含む菌液を布に浸みこませて、36℃で一定時間放置し、その後の菌数を測定して、菌の増減を比率で示す方法を探る。

無処理の布では増加の傾向が見られるが、加工布では減少するわけである。実際の靴下から採取した菌に対する、この加工靴下の抗菌効果は、菌減少率としてほとんどの菌種に99%であった。

また、繊維と薬剤を化学的に結合させたものであるから、洗濯を繰り返しても薬剤が繊維の表面から脱落しないので、洗濯回数が増えても、効果の持続性があり、半永久的なものということである。洗濯による菌減少率を表1に示した。

表1 加工靴下の耐洗濯性

洗濯回数	菌減少率(%)
0	97.9
1	98.5
20	99.7
30	98.4
40	98.1

注) 菌減少率は、初期の菌数に対する減少率を示す。

* 繊維製品衛生加工協議会(むすびの項で詳述)が、日本防菌防黴学会に効果判定のテスト法について依頼があった。そこで、繊維抗菌加工検討委員会が設置され、試験方法が検討されたものである。

b) フェニール・エーテル系抗菌剤と繊維用反応型樹脂を化学的に結合させたもの

5-chloro-2-(2,4-dichlorophenoxy)phenol を主成分としたもので、微生物死滅のメカニズムは、この加工剤が微生物の細胞膜や細胞壁に働いて機能を阻止する効果を持つということである。

菌や黴の繁殖を防ぎ、悪臭も防止する。耐久性も半永久的で、加工品はソフトな風合いを持つとのことである。また、ホルムアルデヒドは検出されず、有害物質を含有する家庭用品の規制に対しては、該当する有害物質を含んでいない。

表 2 に、主な微生物に対する最少菌阻止濃度の測定結果を示した。

表 2 各種微生物に対する抗菌力

	発育阻止濃度 (ppm)
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	62
<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6460	>500
<i>Escherichia coli</i> O-16 ATCC 8739	500
<i>Proteus vulgaris</i> OX-19	200
<i>Trichophyton mentagrophytes</i>	62
<i>Aspergillus niger</i> ATCC 6275	500
<i>Penicillium citrinum</i> ATCC 9849	500

繊維製品では仕上げの段階に用いられ、繊維原系にまで浸透し、恒久的防菌・防黴・防臭機能を与え、常に製品をフレッシュに保つことができる。

洗濯後の効果については、30 回洗濯後も、ぶどう球菌・白せん菌・大腸菌・繊維黴に対して、効果を示した。

c) その他

① カチオン活性を有する有機シラン化合物で処理したもの

この加工は、液体処理による繊維の恒久的加工方法と、繊維の製造工程中に配合し、抗菌性を持つ合成繊維を製造する方法とがある。グラム陰性菌、グラム陽性菌、真菌、イースト菌などに対して優れた抗菌性を持つということである。これはほとんどの種類の繊維製品に優れた持久性のある防菌加工を施すことが可能である。この加工品は、その表面で微生物の成長、増殖を抑制するので、処理されていない部分にまで阻止帯を広げないことが特徴である。

② BCA・747 で処理したもの

α -bromocinnamaldehyde (略称 BCA) と 2-(3,5-dimethylpyrazolyl-1)-6-hydroxy-4-phenylpyrimidine (略称 747) が衛生加工剤として効果のあることを認めた。

そこで、これら薬剤をナイロン 66 に吸着させ、耐洗濯性を調べた結果、10 回洗濯後もなお防菌効果が十分

期待できる量が残存していることが、化学的定量法、吸着量測定によって確認された。

また、足部白せん症(軽症な水虫)患者に対する衛生加工靴下着用の影響についても検討した。

その結果、衛生加工靴下の着用により、白せん菌の増殖が抑制された。従って、この加工は靴下からインソール、スポーツシューズ、紳士靴などに処理され発売されている。

③ ポリアクリロニトリル-硫化銅複合体のもの

これは、2 価の銅塩と硫黄を含む化合物とで、アクリル繊維を処理した導電性繊維であるが、この加工を施した繊維が銅を含有していることから、防菌効果があると考えられる。そこで防菌効果を検討したところ、細菌の発育を阻止することがわかった。したがって、この加工を行った繊維は、静電防止効果とともに抗菌効果も認められた。

以上、最近の主要な衛生加工について述べた。各項目ごとについて安全性には触れなかったが、各薬剤、各加工品とも十分なテストが行われ、河合法によるパッチテストにより、皮膚への安全性が確認されたものばかりである。

各社の抗菌・防臭加工の一覧表を、昭和 58 年 6 月 18 日発行の「センイ・ジャーナル」より転載してみると次のようである。

む す び

最近の繊維製品の仕上加工には、高度な加工技術が要求されるようになった。その一つである衛生加工にみられるように、繊維自身を護るための防黴加工よりも、むしろ着用者を護るための抗菌・防臭加工に重点がおかれている。そのため JIS Z 2911 の、かび抵抗性試験だけでなく、細菌の抵抗性試験を JIS にも取り入れる必要性がでてきた。

現今の織物の最終用途として、商品化されているものあるいは報告されているものには、衛生的な機能が求められており、臭いの原因になる細菌を最少にするよう、抗菌加工された上着や下着、カーペット、靴下、衛生ナプキン、タオル、シーツ、スポーツウェアなどがある。また、病原菌の感染を防ぐために、衛生加工製品が病院や他の限られた環境で使用されている。

このように、繊維の衛生加工の市場性は大きく、そのため通産省でもこの問題に関心を寄せ、衛生加工を健全に育成することを目的に「繊維製品衛生加工協議会」が昨年 2 月に発足した。この協議会の規約の第 2 条に「協議会は衛生加工を施した、繊維製品に対する表示用語、評価方法、評価基準等を規定することによって、業界内

紡績の抗菌・防臭加工一覧

会 社 名	ブ ラ ン ド	現在の用途展開と今後の計画、年間販売額など	備 考
東 洋 紡	バ イ オ シ ル	ソックス分野からスタートし、寝装品、肌着、タオルなどに拡大している。今後、ホームリビング製品、スポーツ衣料、ワーキングウェア、医療用などにも展開を計画。昭和57年度はソックス分野で上代換算36億円、その他で12億円の実績。58年度はソックス分野で60億円、その他で40億円の合計100億円の計画	米国ダウコーニング社と提携
敷 島 紡 績	ノ ン ス タ ッ ク	ソックス、P・S、タイツ、肌着、ナイティ、エプロン、シーツ、カバー、タオル、カーペット、カーテン、トイレタリー、スポーツカジュアル衣料、シャツ、パンツ、トレーナー、靴、インソール、帽子、産業資材用途などトータル展開。昭和57年度は紡績出し値換算30億円の実績。58年度は40億円の計画	大和化学と提携。東亜紡織と販売提携。大韓紡織(韓国)に技術供与
日 清 紡 績	ピーチフレッシュ	ソックス、肌着、シーツ、ふとんカバー、白衣、クレープ肌着などで展開。今後、スポーツウェアなどに拡大する。ソックスは高級ゾーン狙いで3千デカ、肌着は60トンの実績。織物は昨年11月からスタートし、シーツ2万メートル、白衣5万～6万メートル、クレープ肌着1万デカの実績	
富 士 紡 績	シ ル タ イ ズ	ソックス、タオルで実績をつけ、今秋冬物から、ふとん地、インソール、かっぱ着、エプロンに展開。BVDブランドソックスにも投入する。今後、必要とする用途を着実に開発していくが、商品別に加工剤を変えるなど、キメ細かい対応を図る方針	
鐘 紡	リブフレッシュA (アクリル素材)	カーペット、トイレタリー、水回りマット、レッグニット分野で展開。今後、インナー、ナイティ、スポーツ衣料分野、リネンサブライ分野へ拡大する。過去の実績は年間1,000トン	
	リブフレッシュC (綿素材)	当面、ソックス分野で展開。今後、肌着、タオル、水回りマット、スポーツ分野を計画。実績は半年間で20トン	
ユ ニ チ カ	ユニフレッシュ	肌着、クレープ肌着、カジュアルソックス、P・S、スポーツウェア、ワーキングウェアで展開。今後寝装、カーペット分野に拡大していく。実績は肌着250トン(年間)、クレープ肌着30万メートル(シーズン)カジュアルソックス30トン(年間)、P・S20万デカ(年間)、スポーツ、ワーキングで5万メートル(半年)	
倉 敷 紡 績	ク ラ ン シ ル	カジュアルソックス、肌着を主力用途として進めているが、ユーザーの要望に応じて多用途化に対応できる生産加工体制を整えている	
日 東 紡 績	ダンフレッシュ	肌着、カジュアルソックス、寝装、吸水アンダーシーツ、ふとんワタなどで展開。今後、寝装品全般、スポーツ用途、水回り品に拡大これまでに肌着で100トンの実績	
大 和 紡 績	ミラクルセット	寝装織物分野からスタート。今後ナイティ、ニット分野に拡大する方針だが、慎重に対応する	
オーミケンシ	ケ ン シ ル	カジュアルソックス分野からスタート	
第 一 紡 績	ウ イ ン シ ル	肌着分野を主力に展開。今後、スポーツウェア、ナイティなどに拡大の意向。実績は今年1～5月で6万デカ	
日 本 毛 織	ニッケサニアップ	ユニフォーム、カーペット分野で展開。今後、ニット分野でも検討していく	

合繊メーカーの抗菌・防臭加工一覧

会 社 名	ブ ラ ン ド	現在の用途展開と今後の計画、年間販売額など	備 考
旭 化 成	リフレッシュ-C	カーペット用途。58年度の計画は、庄福工業とのタイアップで2百万～3百万平方メートル、沼田化学とのタイアップで百万平方メートルを予定	
	リフレッシュ-L	ポリアミド系長繊維のレック製品	
	ソフレッシュ-T	綿を対象にしたもので、吸水性能を併せもつ。用途はスポーツウェア主力	
帝 人 (帝三製薬)	タ イ ジ ロ ン	レナウンでモノポリー展開。用途は紳士およびスポーツソックス	
	タ イ ジ ガ ー ド	使用薬剤、対象用別途に3タイプを展開。S1タイプはシリコン系樹脂によるもので、タオル、帽子などの用途に。S2はカーペット専用、S3はカーテン、スポーツソックス、シューズ用途に展開。今年度は前年比2～3倍の伸びを見込む	
ダ イ ヤ ファイバース	タ ー フ ェ ル	ボンネル関係のカーペット、水回り、寝装品ほか	
	B K	エクスラン関係の毛布、シーツ、水回り、マット類	
東邦レーヨン	サ ニ エ イ ジ	ジャージ、肌着、カーペットを中心に展開	
ク ラ レ	サニターバッグ	カーペット用基布	

有力ブランド企業の抗菌・防臭加工一覧

会 社 名	ブ ラ ン ド	現在の用途展開と今後の計画、年間販売額など	備 考
内 外 編 物	オドイーター	抗菌処理剤・ステリセプティック加工で足のニオイを食う。昨年の量販店展開に加え、百貨店でも販売。綿ソックスを含め、上代600-1000円を百貨店向けに新展開。紳士・婦人・子供ソックスで、今年は12億円(30%増)の売上高計画	コム・インターナショナル社と提携
レ ナ ウ ン	フレッシュライフ	タイジロン糸編込みによる強力な防臭・抗菌効果。上代800-1500円で百貨店を中心に展開。同ブランドによる肌着と一体化して中吊り広告による啓蒙	帝三製薬と提携
ゲ ン ゼ	サニタイズ	紳士ビジネス・カジュアルソックス、婦人ソックス、P・Sで展開(抗菌・防臭加工)	米サニタイズ社と提携
福 助	ノンスメル	防臭ソックスとして今春夏から紳士・婦人・子供ソックスで展開	日元商事と提携
厚木ナイロン	サンメディック	品質の安定、安全性に配慮しながら取り組む	
東 京 靴 下	レインボー・サマーフレッシュ(ビジネスソックス)、レインボー・アールジョイ(カジュアルソックス)	紳士ソックス60%、婦人ソックス20%、子供ソックス20%で平均上代600-700	

その他の抗菌・防臭加工一覧

会 社 名	ブ ラ ン ド	現在の用途展開と今後の計画	備 考
日 本 蚕 毛	サンダーロンSS-N	制電性と抗菌性をもったカーベット、マット、靴下、肌着および毛布、シーツ等の寝装品関係	制電性の無い抗菌性サンガードもある
生活環境衛生研究会	サンクリア	衣料品よりも、靴材料を主力としている。スプレー形式のものも展開	

の統一を図り、もって衛生加工の健全な発展に寄与することを目的とする」とある。衛生加工製品が新しい市場を形成し始め、各種の製品展開が進んできた。しかし表示用語や加工の効果試験、評価基準、安全性など各社まちまちで、統一的な基準というものが無いのが現状である。そのため業界での自主的な統一基準づくりを行っていかうというのが、この協議会の設立趣旨である。

最初の取り組みは、用語の統一から始まった。とりあえず、衣料品を対象とし「抗菌防臭加工(繊維上の菌の繁殖を防止し防臭効果を示します)」の用語で統一することとなった。次の問題は、効果判定、評価基準、JIS規格への検討、安全性などの問題である。このように、微生物に関しての検討問題は、日本防菌防黴学会に依頼するなど、産学官が一体となって衛生加工の定着に向って処していこうということである。

このように、繊維材料の最終用途において、有害である特定の微生物の成長を途中で殺すか、その成長を抑え

るか、そのいずれかを繊維材料に附与することは、人間が繊維製品を身につける限り、永遠の課題でもある。しかしながら、着用者あるいは使用者に対して、これら衛生加工剤が有害な副作用を持たないということが前提であることは、他の繊維製品に行われている仕上加工剤と同じであることは言うまでもない。

引用文献

- 1) 弓削 治; 防菌防黴誌, **11**, 76 (1983)
- 2) G. Domagk; *Dent. Med. Wochschr.*, **61**, 829 (1955)
- 3) 河合享三; 皮膚科紀要, **64**, 257 (1969)
- 4) 例えば, 弓削 治; 繊維工学, **32**, 150 (1979);
弓削 治; 防菌防黴誌, **11**, 639 (1983)
- 5) 例えば, 弓削 治; 繊維工学, **18**, 571 (1965);
弓削 治; 防菌防黴誌, **7**, T 561 (1979)
(昭和59年5月1日受理)