家庭洗濯の除菌・殺菌効果

藤居　眞理子[1]　佐々木　麻紀子[1]　角田　薫[2]

家庭洗濯の除菌・殺菌効果を調べる目的で、実際の洗濯物を用い市販の陰イオン系弱アルカ性粉末洗剤と渦巻式洗濯機を使用して洗濯、洗濯過程別に一般細菌の生菌数を求め次の結果を得た。着用・使用した衣類などには６cm×６cm当たりおおよそ10^4個から10^6個の菌が付着していた。予洗の除菌効果は期待できず、かえって清浄布を汚染させた。洗剤洗いの除菌効果は大きく、除菌率はおおむね90％から99％であった。しかし、なお10^3個から10^4個の菌が残った。さらに乾燥では未乾燥試験布の菌数を減少させた。殺菌効果の高い順に、アイロン乾燥＞日向乾燥＞乾燥機乾燥≒室内乾燥であった。

キーワード：家庭洗濯　除菌　殺菌　乾燥　衣類

１．はじめに

衣類を汚染する汚れの種類は、その性質から水溶性汚れ、油性汚れ、固体粒子汚れに分類される。洗濯の目的は汚れの除去であり、特に白布の場合は汚れの除去による白度の回復である。家庭洗濯の対象となるのは、肌着、靴下、ワイシャツ、カットソーなど直接肌に接触する衣類やタオル、および寝具類である。肌着の汚れの場合、汚れの付着量は性別や年齢および着用条件によっても異なるが、木綿肌シャツについて男子４名の着用日数と有機質よごれの付着量を調べた結果、肌シャツ100gに対する付着量として、第１日目0.30g、第２日目0.39g、第３日目0.70g、第４日目0.79g、第5日目1.12gの結果であった[1)]。また、着用した肌着汚れの成分比は、脂質汚れが68％、無機質汚れが17％、タンパク質汚れが15％、衿では76％、13％、11％であった[2)]。皮脂が約70％と最も多いことが分かる。衣類が皮膚に接触すると、皮脂や剥離した表皮角質層が衣類に付着し汚れとなる。この汚れは排気ガスなどとともに洗浄しきれない汚れとなり、洗浄後も衣類に残留する。着用と洗濯を繰り返すと、これらが累積して黄変や黒ずみの原因になる。綿メリヤスの男性用肌着で着用・洗濯を28回繰り返した場合、洗剤を使わないと次第に黒ずんでくるとともに垢臭くなってくる。市販の弱アルカリ性粉末洗剤を使用すると、ほぼ未使用の状態に保つことができる[3)]。したがって、家庭洗濯では、洗浄力の高い弱アルカリ性洗剤と洗濯機を使用し、それに耐える綿・麻・合成繊維製の日常的な衣類や寝具などを洗濯している。弱アルカリ性洗剤では、主成分である界面活性剤とアルカリビルダーなどが洗浄作用に与っている。また、洗浄作用だけでは除去しにくい複合されたタンパク質汚れ、皮脂汚れ、デンプン汚れを分解させ、セルロース繊維を膨潤させて界面活性剤が浸透しやすくするため、加水分解酵素を添加して洗浄効果をあげている。それでも除去しきれない有色物質について、洗剤に漂白剤を添加して有色物質を分解して漂白する。また、製品を真白く仕上げるために染料である蛍光増白剤が用いられている。この蛍光増白剤は着用中に紫外線で退色し、洗濯により脱着するので、洗剤に蛍光増白剤を添加して、元の白度を維持している。

したがって、従来は洗剤の洗浄力を見た目の白

1 東京家政学院大学現代生活学部生活デザイン学科
2 文化学園大学服装学部服装造形学科

さで判断しており、これを「視覚による洗浄力の評価」と表すことにする。

一方、生活スタイルの変化から、夜間の洗濯が増え、乾燥場所が戸外から室内にかわり、室内干し特有の臭いが問題になった。これは皮膚常在菌が、洗濯では落としきれない皮脂やタンパク質汚れを栄養とし、適度な温度と湿度を得て増殖したことで臭いを発生したためである。そこで、消臭・殺菌効果のある、嫌な臭いを発生させない洗剤が受け入れられ、シェアを伸ばした。さらに、嫌な臭いがしないだけではなく、洗濯後によい香りがする洗剤へ、香りを求める傾向が高まってきた。従来のほのかな香りを好む傾向から、より強い香りを好む傾向へと変化してきたといえる。この傾向は、洗浄力を臭いで判断する現象にもなってきた。嫌な臭いがしないことで洗えたと感じ、よいに匂いを感じることでさらにきれいに洗えたと思うようである。

これを「嗅覚による洗浄力の評価」と表すことにする。

視覚による洗浄性の評価も嗅覚による洗浄性の評価も、ともに快適な衣生活を営む上で大切なことである。しかし、本来の洗濯の基本的な目的である汚れを除去し清潔に保つという観点からは不十分であろう。

ここでは、視覚と嗅覚では判断できない汚れの一つとして、細菌汚れに注目したい。

衣類に付着する細菌については古くから研究されている。着用した衣類から*Staphylococcus epidermidis, Bacillus subtilis, Escherichiacoli*など11種の細菌や*Candida albicans*が検出されたと報告している[4]。さらに着用した靴下に付着した菌数およびその種類について細菌学的に検討している[5]。また、「細菌学」によれば、衣類は寝具などと共に病原菌によって汚染されやすい物品の中にあげられている[6]。

繊維や界面活性剤との関係で細菌数について研究した事例には次がある。食品等で汚染した布について、細菌の種類と繊維の水分との関係で菌の生残性を調べた研究[7]、界面活性剤系消毒剤の殺菌効果についての研究[8]、各種界面活性剤の皮膚常在菌への影響に関する研究[9]などである。また洗浄による除菌効果についての先行研究には、菌汚染布を用い、洗い出しの条件による菌の洗い出し率を調べた研究[10]、細菌汚染布を用いて、振盪機で洗い出した場合と糞便汚染布を用いて手洗いした場合の、布おむつの洗濯による除菌効果を調べた研究[11]、病原菌・ウイルスを用いて家庭用洗濯機で洗濯した場合の除菌に関する研究[12]などがある。

しかし、実際の家庭洗濯の各過程に沿った研究事例は筆者らの報文[13]以外はない。

そこで今回は、実生活に沿って実際の洗濯物を使い、市販の弱アルカリ性粉末洗剤と渦巻式洗濯機を用いて、予洗・洗剤洗い・乾燥までの家庭洗濯の各過程における一般細菌に対する除菌・殺菌効果を調べる目的で実験を行い、概要がつかめたので報告する。

2．方法

2－1　試料

2－1－1　試験布

木綿晒金巾（糸密度66×79/inch^2、厚さ0.03mm、質量155.6g/m^2）を0.1％非イオン界面活性剤で精錬後に自然乾燥し、アイロンをかけた後に高圧滅菌して無菌布とした。これを各衣類等に縫い付けて着用・使用し試験布とした。

2－1－2　供試洗剤

市販の陰イオン系弱アルカリ性粉末洗剤（蛍光剤、酵素配合）を用い、濃度は表示通りとした。

2－1－3　使用水

東京都の水道水をそのまま使用した。

2－1－4　衣類等

種類は肌着、シャツ、ブラウス、パジャマ、ねまき、ズボン、エプロン、シーツ、ハンカチーフ、タオルとし、すべて綿100％のものを使用した。これを合計して1.5kgの洗濯物とした。

2－1－5　寒天培地

普通寒天培地（日水製薬）、ハートインヒュージョン寒天培地（日水製薬）、BTBティポールカンテン培地・腸炎ビブリオ分離用（日水製薬）、EMB培地（日水製薬）を使用した。

２－２　洗濯方法

洗濯物は２－１－４の通りで合計1.5kg、水量33L（浴比1:22)、水道水は常温で用い、渦巻式洗濯機を使用して洗濯した。洗濯プログラムは予洗（水のみで洗濯）３分、脱水２分、洗剤洗い７分、脱水２分、すすぎ１回目３分、脱水２分、すすぎ２回目３分、脱水２分、すすぎ３回目３分、脱水３分とした。

２－３　検体の採取と生菌数の算出方法

２－３－１　洗濯液

予洗、洗剤洗い、すすぎ３回目終了後に各液を検体として採取した。生理食塩水を用いて検体液を10倍段階希釈法による平板培養法で、37℃、24時間培養した。その後室内で22±２時間放置したのち、コロニーを数えて生菌数を求めた。今回は菌の同定は行わずに一般細菌としてあつかった。

２－３－２　試験布（6cm×6cm）

試験布をコンラージ棒で平板上に貼り付け、５℃で30分間静置後試験布をはがし、平板は37℃で24時間培養したのち、室内で22±２時間放置しコロニーを数えて生菌数を求めた。この方法をReplica-Stamp法（以降Replica法と記す）とする。

２－４　大腸菌によるReplica法と振盪浸出法の検出率の比較実験

２－４－１　供試菌

純粋培養したEsherichia coli（東京大学医学部より譲与）を使用した。

２－４－２　実験方法

培養したブイヨン10mLを原液とした。原液を生理食塩水で、10倍段階希釈法を用いて大腸菌浮遊液を調整した。この液を無菌布に滴下し汚染布とした。

Replica法での菌の検出について、２－３－２の方法により生菌数を求めた。

振盪浸出法は、常温の生理食塩水100mLを用い振盪回数160回/分で30分間振盪し、汚染布から大腸菌を生理食塩水中に浸出させた。この浸出液0.1mLを平板上に拡げて37℃で24時間培養したのち、室内で22±2時間放置しコロニー数を数えて生菌数を求めた。

このときに用いた大腸菌浮遊液の生菌数は２－３－１と同様の方法で求め、これを汚染布の付着菌数として振盪浸出法とReplica法の検出率を算出した。

２－５　洗濯の除菌効果について

２－５－１　試験布

肌着、ズボン、タオル、ハンカチーフ、枕カバー、シーツの各々に12cm×30cm（6cm×6cmの試験布10枚分）の無菌布を縫い付けた。この衣類を10歳代から80歳代までの男女計16名に着用・使用してもらった。着用・使用日数は各自の通常の日数とした。無菌布を同時に洗濯し、各過程順に取り出して汚染状態を調べた。

２－５－２　洗濯方法

２－２と同様の方法で行った。

２－５－３　検体の採取と生菌数の算出方法

洗濯液は２－３－１と同様にして行った。試験布は洗濯前と洗濯後にそれぞれ５枚ずつ用いて、２－３－２のReplica法で生菌数を求めた。

２－６　乾燥による殺菌効果について

２－６－１　試験布

肌着、ズボン下、ブリーフ、ショーツ、パジャマ、ブラウス、タオル、枕カバー、シーツの各々に12cm×30cm（６cm×６cmの試験布10枚分）の無菌布を縫い付けた。この衣類を20歳代から60歳代までの男女計３名に着用・使用してもらった。乾燥の影響を観察しやすくするため通常より着用・使用日数を長くし、洗濯までの放置日数を３日間とった。

２－６－２　洗濯方法

２－５－２　と同様に洗濯した。

２－６－３　検体の採取と生菌数の算出方法

乾燥前、室内乾燥、日向乾燥、乾燥器乾燥、アイロン乾燥それぞれの試験布を用いてReplica法で生菌数を求めた。

３．結果および考察

３－１　大腸菌によるReplica法と振盪浸出法の検出率の比較実験

結果を表１と表２にまとめた。

表１　大腸菌によるReplica法の検出率（%）
（試験布６cm×６cm当たり）

付着菌数	検出数	検出率（%）
4.2×10^{4}	5.5×10^{0}	0.013
5.6×10^{4}	1.5×10^{1}	0.026
6.2×10^{4}	1.8×10^{1}	0.029
6.7×10^{4}	2.5×10^{1}	0.037
7.3×10^{4}	3.0×10^{1}	0.041
7.8×10^{4}	4.1×10^{1}	0.053
8.4×10^{4}	7.2×10^{1}	0.086
4.2×10^{5}	1.9×10^{2}	0.045
5.6×10^{5}	2.7×10^{2}	0.048
6.2×10^{5}	3.4×10^{2}	0.055
6.7×10^{5}	3.6×10^{2}	0.054
7.3×10^{5}	5.1×10^{2}	0.069
7.8×10^{5}	6.0×10^{2}	0.077
8.4×10^{5}	6.5×10^{2}	0.077

表２　大腸菌による振盪浸出法の検出率（%）
（試験布６cm×６cm当たり）

付着菌数	検出数	検出率（%）
5.6×10^{4}	1.2×10^{4}	21.4
6.2×10^{4}	2.2×10^{4}	35.5
6.7×10^{4}	1.2×10^{4}	17.9
7.3×10^{4}	2.2×10^{4}	30.1
7.8×10^{4}	1.9×10^{4}	24.4
8.4×10^{4}	7.7×10^{4}	91.7
5.6×10^{5}	7.0×10^{4}	12.5
6.2×10^{5}	3.4×10^{4}	5.5
6.7×10^{5}	3.0×10^{4}	4.5
7.3×10^{5}	1.3×10^{5}	17.3
7.8×10^{5}	1.2×10^{5}	15.6
8.4×10^{5}	3.6×10^{5}	42.5

Replica法の検出率は小数点以下2桁台と低い値であった。しかし、付着菌数が10^4桁内および10^5桁内では付着菌数と検出菌数との間にほぼ正の相関が認められた。表２の振盪浸出法の検出率はほぼ２桁台であり、Replica法の検出率と比較して著しく高い値であった。しかし、付着菌数が10^4桁内および10^5桁内では付着菌数と検出菌数および検出率の値にはバラツキが認められた。これは、振盪浸出法がReplica法に比べ複雑で熟練を要する方法であるためと考えられる。

一方、Replica法の利点は簡単な操作方法にある。今回の実験結果から、検出菌数に10^3を乗じることによってごく大まかな菌の桁数をつかむことができることが分かった。ただし、実際に付着している細菌の個数が、10^3以下の場合は使用できないので注意が必要である。

今回の実験では生菌数の概数を把握することで十分であると判断し、比較的簡単なReplica法を用いることとした。

３－２　洗濯の除菌効果について

図１に各洗濯過程別の洗濯排液１mL中から検出された一般細菌の生菌数を示す。

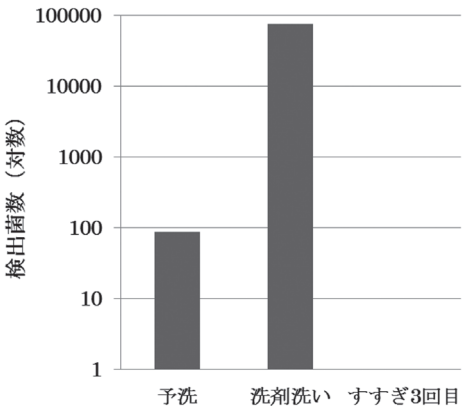

図１　洗濯行程による排液中の生菌数
一般細菌（個/mL）

菌数は対数軸で表した。予洗排液中では8.7×10^1個であったが、洗剤洗いでは7.6×10^4個となり、洗剤の洗浄作用により菌が液中に洗い出されていることが分かった。すすぎ３回目では菌はほとんど検出されなかった。

無菌布を一緒に洗濯し、洗濯過程順に取り出して生菌数を求めた結果を図２に示す。

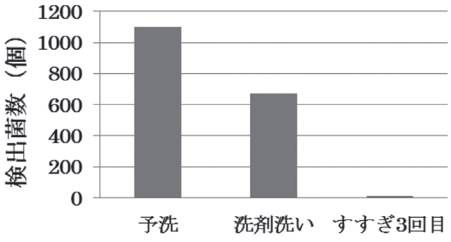

図２　無菌布を汚染した一般細菌の生菌数（個/ ６cm×６cm）

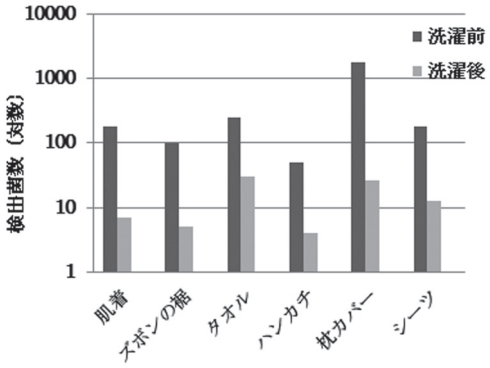

図３　洗濯による除菌効果（個/ ６cm×６cm）綿100％の衣類などReplica法

予洗では1.1×10^3個の一般細菌が検出され、洗剤洗いでは6.7×10^2個であった。Replica法の検出結果であるため、これに10^3を乗じた数を実際の菌数とすれば、予洗過程で無菌布（６cm×６cm）に付着した菌数は10^6個と考えられる。一方、予洗排液１mL中の生菌数は8.7×10^1個であることから、無菌布に付着した菌数の方が排液中の菌数よりはるかに多いことが分かった。

一般に、予洗は水溶性汚れには効果があるものの油性汚れや固体粒子汚れが同時に付着している場合かえって汚れていないものを汚染させる。そのため、予洗のメリットはないとして今日では行われなくなっている[14)]。細菌は微小な固体粒子である。他の固体粒子汚れと同様に、洗濯機の機械力により洗濯物から一旦引き離され予洗浴中に移行する。しかし、繊維に近づくと分子間引力や電気的な引力で再び繊維に吸着すると考えられる。

洗剤洗いでは界面活性剤の界面活性作用やアルカリビルダーの働きにより、細菌も他の粒子汚れ同様繊維から洗濯液中に移行し、界面活性剤の保護作用やアルカリビルダーによる電気的反発力の増加等により無菌布を汚染する程度が低くなっている。しかし、細菌はミクロン単位の大きさであり、微小な固体粒子であることから分子間引力も大きく、繊維に吸着した場合大きい固体粒子汚れより洗浄による除去が困難になる。

図３に着用した衣類の生菌数を求めた結果を示す。３－１の大腸菌によるReplica法と振盪浸出法の検出率の比較実験の結果より、生菌数の実数はReplica法で検出できた生菌数に10^3を乗じたものであると推察されることから、洗濯前と洗濯後の一般細菌の生菌数について６cm×６cm当たり、枕カバーは10^6個から10^4個へ減少した。タオルは10^5個から10^4個へ減少した。シーツは10^5個から10^4個へ減少した。肌着は10^5個から10^3個へ減少した。ズボンの裾は10^5個から10^3個へ減少した。ハンカチーフは10^4個から10^3個へ減少した。

これを除菌率にすると、枕カバーは99％、タオルは90％、シーツは90％、肌着は99％、ズボンの裾は99％、ハンカチーフは90％となる。このことから、家庭洗濯の洗濯終了時における除菌率の概数は90％から99％であるといえる。

一方で、タオル、枕カバー、シーツには６cm×６cm当たり10^4個の一般細菌が残存し、肌着、ズボンの裾、ハンカチーフには10^3個の一般細菌が残存していることになる。

３－３　乾燥による殺菌効果について

未乾燥布の生菌数に対し、各乾燥方法によって検出された生菌数の割合を残菌率として図４に示す。残菌率が低いことは殺菌率が高いことである。最も残菌率が低い乾燥方法はアイロン乾燥であった。温度は160℃であり、試験布は１枚につき0.24mLの水を含んでいたため、アイロン掛けにより試験布に湿熱と乾熱を与えたことになる。そのため一層の殺菌効果を示したものと考えられる。次いで日向乾燥が低い結果となった。室内乾燥と比較すると、日向乾燥は明らかに残菌率が低

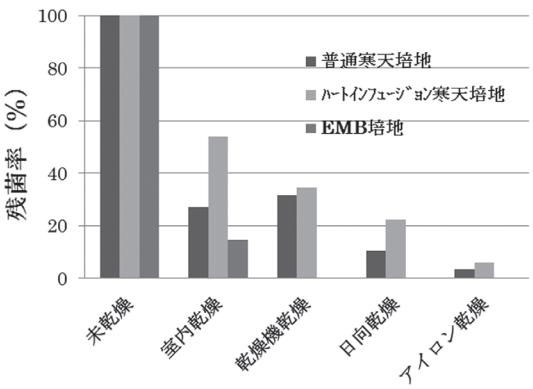

図４　洗濯物の乾燥方法による殺菌効果（６cm×６cm当たり）綿100％の衣類などReplica法

く殺菌効果が認められた。日向乾燥は室内乾燥と比較すると、日光が当たるだけで風の影響および落下菌の影響はない状態での乾燥であった。このことから太陽の紫外線が関与したものと推察するが、乾燥速度の影響もありなお検討が必要である。乾燥機による乾燥は、日向乾燥より残菌率が高く殺菌効果が低い結果となった。乾燥機は熱風乾燥であるため乾燥時間は日向乾燥より短く、熱の影響もあるため殺菌効果は高いものと予想された。しかし、構造上環境の空気を取り込むことから、空気および環境の清浄度の影響を受けることは否めない。

普通寒天培地の結果から残菌率を求めると未乾燥布を100％とした場合、アイロン乾燥は３％、日向乾燥は10％、室内乾燥は27％、乾燥機乾燥は32％であった。これを殺菌率にするとアイロン乾燥97％、日向乾燥90％、室内乾燥73％、乾燥機乾燥68％である。

４．まとめ

家庭洗濯の除菌・殺菌効果を検討する目的で、実際の衣類に無菌布を縫い付けて着用し試験布とした。これらの衣類を洗濯物とし、市販の陰イオン系弱アルカリ性粉末洗剤と渦巻式洗濯機を用いて洗濯し、洗濯前後の一般細菌の生菌数を調べた。洗濯液については、予洗、洗剤洗い、すすぎ3回目のそれぞれの排液を検体とした。また、洗濯物に無菌布を加えて洗濯し各洗濯過程における汚染を調べ、洗剤洗いの効果を検討した。次いで、乾燥の殺菌効果を調べるために乾燥前と乾燥後（室内乾燥、日向乾燥、乾燥機乾燥、アイロン乾燥）の試験布の生菌数を求めた。なお、試験布の菌の検出に用いたReplica-Stamp法（Replica法）について検討するため、大腸菌によるReplica法と振盪浸出法の生菌数の検出率の比較実験を行った。得られた結果は次の通りである。

① Replica法で検出された生菌数に10^3を乗じることで付着菌数の概要を捉えられることが分かった。

② 着用・使用した衣類には６m×６cm当たりおおおよそ10^4個から10^6個の菌が付着していた。

③ 予洗の除菌効果は期待できず、かえって清浄布を汚染させた。

④ 洗剤洗いの除菌効果は大きく除菌率はおおむね90％から99％であった。しかし、なお10^3個から10^4個の菌が残った。

⑤ 乾燥は未乾燥試験布の菌数を減少させた。殺菌効果の高い順は、アイロン乾燥＞日向乾燥＞乾燥機乾燥≒室内乾燥であった。

文献

１）角田光雄：衣料のよごれ．繊維製品消費科学11:576-579（1970）

２）ライオン家庭科学研究所:クリーン百科. P. 4（ライオン家庭科学研究所、東京（1997）

３）増子富美、齊藤昌子、牛腸ヒロミ、米山雄二、小林政司、藤居眞理子、後藤純子、梅澤典子、生野晴美：被服管理学．p.22 図2.23（朝倉書店、東京、2012）

４）皆川基、小沢敦、森忠敬：衣類上の細菌とその洗浄に関する研究―（第1報）細菌の付着状態について―．繊維製品消費科学13 :103-110（1972）

５）皆川基：衣類上の細菌とその洗浄に関する研究（第２報）―靴下の汚染細菌について―.繊維製品消費科学17:256-263（1976）

６）大黒勇：細菌学（医学演習講座＜7＞）．p.215 付表３（建帛社、東京、1967）

７）上村元子：布の細菌汚染布に関する研究（第3報）清浄布・汚染布に付着した菌の生残性. 山口大学紀要34 2:13-26（1984）
８）坂上吉一：界面活性剤に関連する殺菌消毒剤の現状―殺菌効果を中心にして―. 第30回洗浄に関するシンポジウム要旨集:145-154（1998）
９）宮野直子:界面活性剤の皮膚常在菌への影響. 大阪府立公衆衛生研究所報47:47-52（2009）
10）上村元子、平松園江、合谷美智子：洗たくによる除菌効果（第1報）―細菌汚染布の洗い出しによる除菌効果―. 繊維製品消費科学18:265-268
11）平松園江、上村元子、中村郁子：洗たくによる除菌効果（第２報）―細菌汚染布の洗たくによる洗浄除菌効果―. 繊維製品消費科学19:431-437（1978）
12）永末有美、西田幸代、石田佳樹、今中幸江、熊谷善敏、山崎謙治、左近直美、澤邊昭義、坂上吉一、米虫節夫:衣類に付着した病原菌・ウイルスの家庭用洗濯機による除菌効果. 日本細菌学雑誌 62 :188（2007）
13）吉永フミ、藤居眞理子：家庭洗濯の細菌学的検討（第1報）―一般細菌および大腸菌・黄色ブドウ球菌の除菌効果―.東京家政学院大学紀要19:15-22（1979）
14）増子富美、齊藤昌子、牛腸ヒロミ、米山雄二、小林政司、藤居眞理子、後藤純子、梅澤典子、生野晴美:被服管理学. p.23（朝倉書店、東京、2012）

（受付　2013.3.27　受理　2013.6.3）