

Title	たん白質汚れの洗浄に関する研究：ナイロン衿汚染布に付着する表皮角質層汚れの洗浄について
Author	皆川 基, 岡本 幾子
Citation	大阪市立大学生活科学部紀要, 30 巻, p.67-80.
Issue Date	1983-02
ISSN	0385-8642
Type	Departmental Bulletins Paper
Textversion	Publisher
Publisher	大阪市立大学生活科学部
Description	
DOI	

Placed on: Osaka City University

Osaka Metropolitan University

たん白質汚れの洗浄に関する研究

——ナイロン衿汚染布に付着する表皮角質層

汚れの洗浄について——

皆川 基・岡本幾子

Studies on the Removal of Protein Stains

——Removal of Epidermal Stratum Corneum Debris Adhering to Nylon Collar Bands——

MOTOI MINAGAWA AND IKUKO OKAMOTO

序 論

洗浄性のすぐれているナイロン繊維製品の洗浄においては通常しわの固定や、型崩れ、目くずれなどの障害を発生しやすい重質洗剤による高温洗浄を避けて、一般には軽質洗剤を用いた40°C以下の洗浄温度で短時間の軽いすすぎ洗いが行われているが、布と皮膚の強い接触でおこる汚れのひどい衿および袖口部分や、着用と洗浄のくり返しの過程で汚れが蓄積した衣類などでは特に60～65°Cの洗浄温度で短時間の反復洗浄が行われている。

しかし、カロチンや、オキシヘモグロビン、メラノイド、メラニンなどの色素を含む膜状の表皮角質層汚れ¹⁾は緻密な繊維の組織内部に受け入れられると、比較的滑かな表面をもつナイロン繊維製品でもきわめて除去にくくなり、洗浄後繊維に残存すると、汗中のアルブミン体のたん白質や、残存皮脂汚れ、塵埃中のカーボン粒子汚れなどと共に繊維の着色の原因になる。

そこで本研究ではまず繊維および編物の組織の異なる13種のナイロン衿汚染布を作製し、表皮角質層汚れの汚染状態ならびに付着量について検討すると共に、洗剤の組成や、酵素の基質特異性および2、3の洗浄条件が洗浄効果におよぼす影響について検討を行った。

材 料

汚染布としては糸密度、厚さ、組織構造などの異なるナイロンタフタ、ナイロンシャー、ナイロンデシン、ナイロンボブリン、ナイロンモスリン（以上5種の平組織繊維）、ナイロンデニム（斜文組織繊維）、ナイロン朱子

（朱子組織繊維）、ナイロン梨地織（梨地組織繊維）など8種の繊維とナイロン丸編、ナイロンフライス編、ナイロン両面編（以上3種の緯編地）、ナイロンハーフトリコット編、ナイロンダブルコード編（以上2種の経編地）など5種の編物とを使用した。なお試布は使用に先だって今一度のり抜きを行って調製し、汚染に供した。

たん白質分解酵素としては基質特異性、pH特性および温度特性の異なるトリプシン、中性細菌プロテアーゼ（*Bacillus subtilis* var.），中性放線菌プロテアーゼ（*Streptomyces griseus* I），中性糸状菌プロテアーゼ（*Aspergillus oryzae* neutral），アルカリ性細菌プロテアーゼ（*Bacillus subtilis* Carlsberg），アルカリ性放線菌プロテアーゼ（*Streptomyces fradiae*），アルカリ性糸状菌プロテアーゼ（*Aspergillus oryzae* alkaline）など10種を使用した。

実 験 方 法

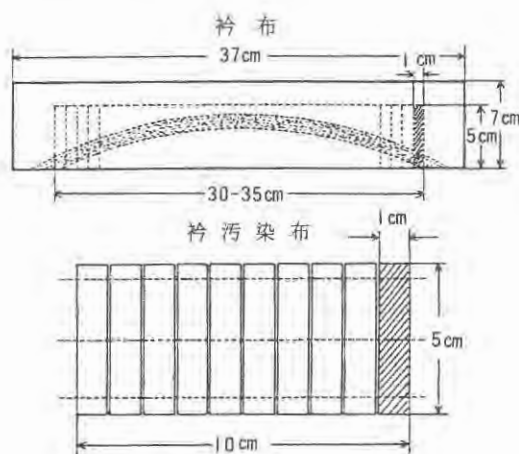
I 走査電子顕微鏡による繊維表面の観察

日本電子製JEM-ASID型走査電子顕微鏡を用い、オスミウム酸で固定処理したナイロン汚染布（0.5cm×0.5cm）を銀接着剤により支持台に固定し、Au-sputter coatingを行った後、加速電圧10KV、70～100μAで繊維表面の汚染状態を観察した。

II 表皮角質層汚染布の作製²⁾

表皮角質層汚染布としては3日間着用した7cm×37cmの衿布をそれぞれ1cm×5cmに細かく裁断し、任意の10

枚を縫い合わせて 5 cm×10 cm の試布を作製し、0～5℃の冷暗所に貯蔵する。



III 洗浄方法

Terg-O-Tometerを用い、下記の条件で洗浄およびすすぎ（1回）を行った。

〈洗浄条件〉

汚染布：5 cm×10 cm（3枚）

浴比：1：300

回転数：105cpm

洗浄時間：10分間

洗浄温度：40±2℃

〈すすぎ条件〉

汚染布：5 cm×10 cm（3枚）

浴比：1：300

回転数：105cpm

すすぎ時間：3分間

すすぎ温度：40±2℃

すすぎを終った布は室内に直射日光を避けて風乾する。

IV たん白質汚染の洗浄効率^{3,4)}

洗浄前・後の汚染布から0.1N水酸化ナトリウム溶液で熱抽出(Incubatorを用い、90±2℃、120分間、100±2回/分振盪する)した検体液を銅-Folin試薬により呈色し、その吸光度を750nmで測定し、次式によりたん白質汚染の洗浄効率(D%)を求めた。

$$D\% = (Ds - Dw) / (Ds - Dc) \times 100$$

Dc：汚染前の布(1g当り)の抽出液の吸光度

Ds：洗浄前の汚染布(1g当り)の抽出液の吸光度

Dw：洗浄後の汚染布(1g当り)の抽出液の吸光度

実験結果およびその考察

I ナイロン衿汚染布に付着する表皮角質層汚染の性状について

糸の太さ、燃り回数、織物の糸密度、厚さおよび組織構造の異なる13種のナイロン衿汚染布に付着する表皮角質層汚染を走査電子顕微鏡下で観察すると、写真1～13のように、まず糸密度が高く、布表面の平滑な薄地平組織のナイロンタフト汚染布(写真1)では組織点付近に塊状の汚れも観察されるが、全体的には繊維間隙にすべり込んだ表皮角質層汚れが多く、皮脂、汗などの分泌物汚れとともに比較的むらの少ない汚染状態を示している。

経糸および緯糸に細糸の強燃糸を使用した薄地平組織のナイロンシャー汚染布(写真2)では糸または織物組織の空隙に老化して剥離した膜状の表皮角質層小片が皮脂、汗などの分泌物汚れとともに不均一に付着している状態が観定され、また布面に細かい凹凸を有する強燃糸使用の平組織のナイロンデシン汚染布(写真3)および梨地組織の梨地織(砂子織)汚染布(写真8)では皮膚と直接接しやす布表面の凸部に多くの汚れが保持される傾向が認められる。

またポプリン、モスリンおよびデニムなどの厚地の平組織および斜文組織のナイロン汚染布(写真4～6)ではデシンおよび梨地織の汚染布と同様に、皮膚と直接接する布表面の凸部に汚れの大部分が保持され、布表面の凹部では汚れの付着がきわめて少ないことが観察される。

布表面に無燃りの浮き糸が多く、平滑な薄地朱子組織のナイロン朱子(表)汚染布(写真7a)では浮き糸の表面部に大部分の汚れが保持されているが、ナイロン朱子(裏)汚染布(写真7b)では繊維間隙に落ち込んだ表皮角質層小片が多く、一般に朱子(表)汚染布に比し、汚れの付着が増す傾向が認められる。

一方、伸縮性に富む丸編、フライス編および両面編などの横編ナイロン汚染布(写真9～11)では多くの汚れが比較的滑かに繊維表面に付着し、表皮角質層小片を多く保持する傾向が認められる。

また柔軟性に富み、肌に密着しやすいハーフトリコット編およびダブルコート編などの経編ナイロン汚染布(写真12, 13a, b)では繊維束間隙に保持される表皮角質層小片が多く、特にダブルコード編裏地汚染布では汚れの付着が増す傾向が認められる。

このようにナイロン衿汚染布に付着する膜状の表皮角質層小片の汚れは皮脂、汗などの分泌物や、塵埃が混在した組成とComptonら⁵⁻⁷⁾の云うmacro occlusionに対応

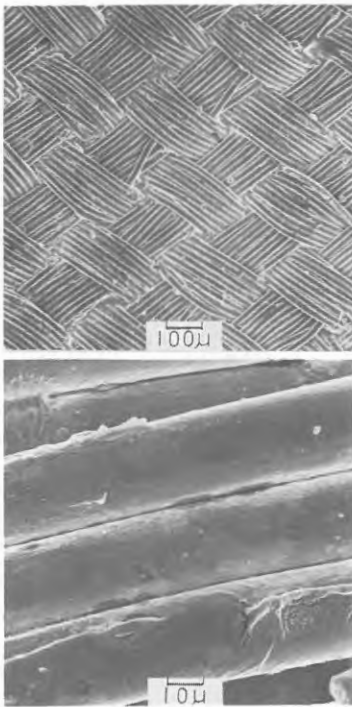


写真-1 ナイロンタフタ衿汚染布の表面状態
(走査電子顕微鏡)

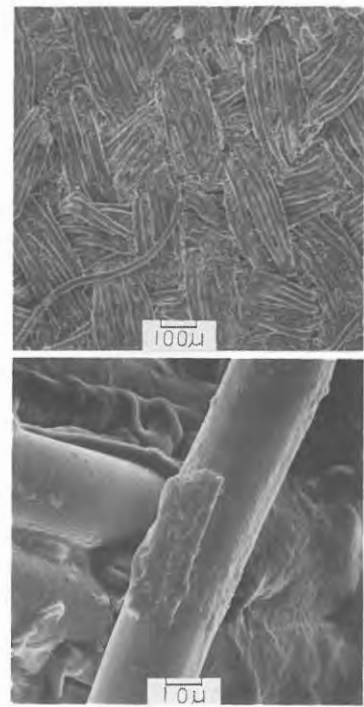


写真-3 ナイロンデシン衿汚染布の表面状態
(走査電子顕微鏡)

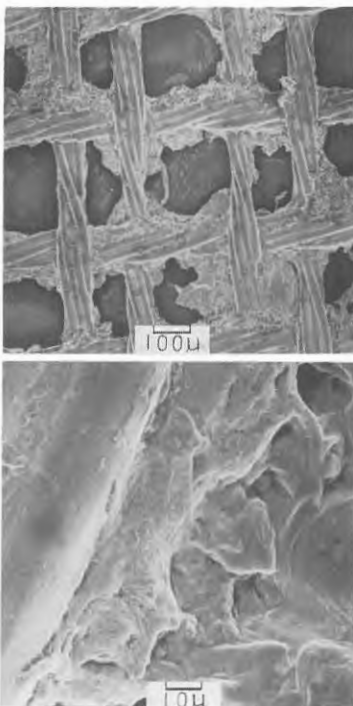


写真-2 ナイロンシャー衿汚染布の表面状態
(走査電子顕微鏡)

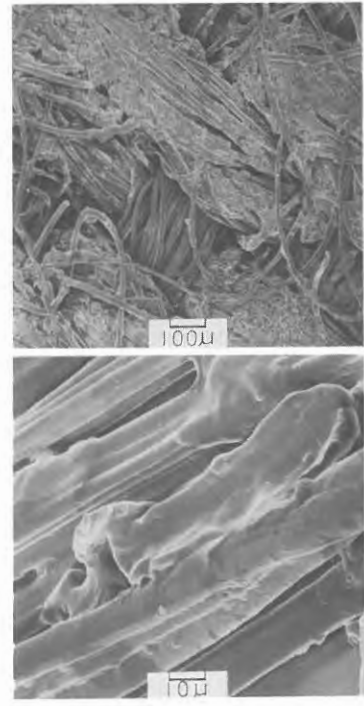


写真-4 ナイロンボブリン衿汚染布の表面状態
(走査電子顕微鏡)

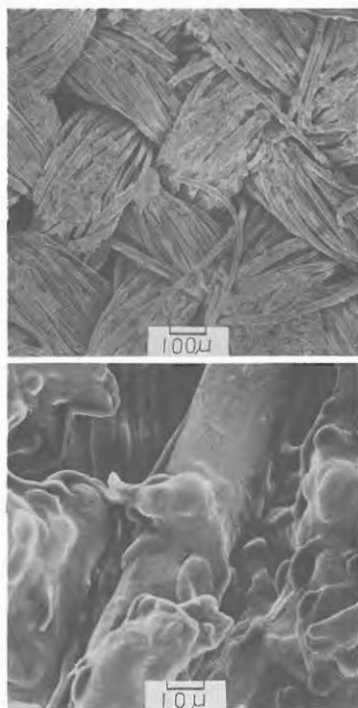


写真-5 ナイロンモスリン衿汚染布の表面状態
(走査電子顕微鏡)

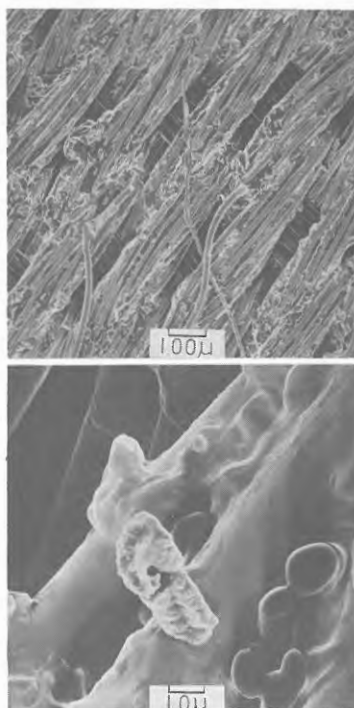


写真-7(a) ナイロン朱子(表)衿汚染布の表面状態
(走査電子顕微鏡)

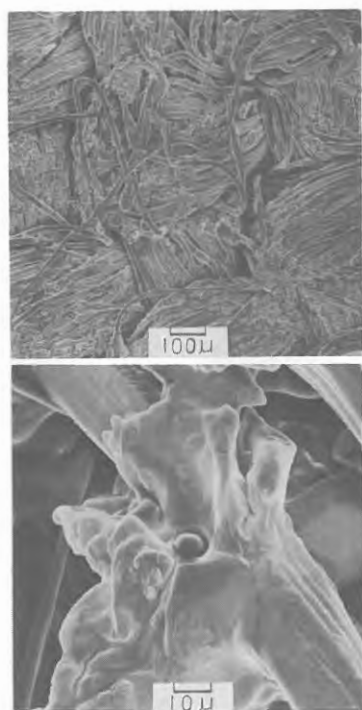


写真-6 ナイロन्दениム衿汚染布の表面状態
(走査電子顕微鏡)

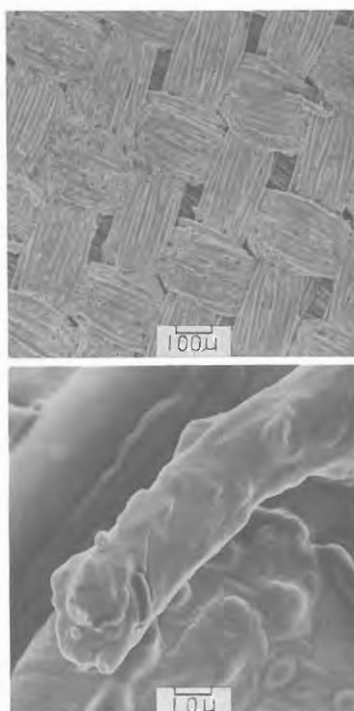


写真-7(b) ナイロン朱子(裏)衿汚染布の表面状態
(走査電子顕微鏡)

する付着状態を示し、また着用条件などによっても複雑に変化するが、繊維の形態的ならびに化学的構造特性のほか布の表面特性、組織構造、糸密度、吸湿性、帯電性などに大きく左右されることが考えられる。

以下の実験においては比較的均一な汚染状態を示すナイロンタフタ衿布から調製したナイロンタフタ汚染布を使用した。

つぎに上記の各種ナイロン衿汚染布に付着するたん白質ならびに脂質汚れ量についてみると、表-1のように、編地汚染布では織地汚染布に比し、一般にたん白質ならびに脂質汚れ量が多くなり、また厚地汚染布ではたん白質汚れに対する脂質汚れの付着の割合が増し、特に織地汚染布ではその傾向が顕著に認められる。

なお本実験で示す脂質汚れ量はエチルエーテルによる抽出物量で、たん白質汚れの混入がきわめて少なく、また測定値の偏差が比較的小さい利点が認められる。

一方、各種ナイロン衿汚染布を蒸留水により洗浄し、たん白質汚れの水に対する溶解性についてみると、図-1のように、厚地の編地汚染布では、薄地の織地汚染布に

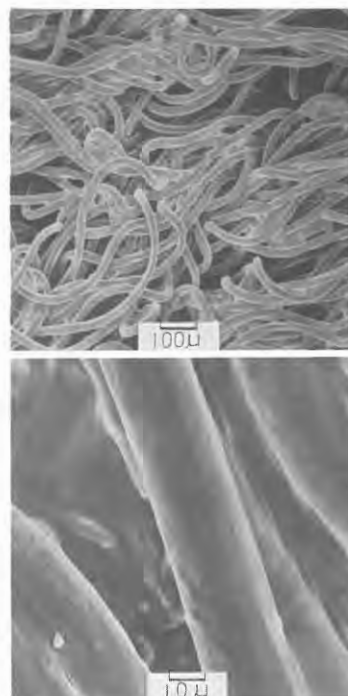


写真-9 ナイロン丸編衿汚染布の表面状態
(走査電子顕微鏡)

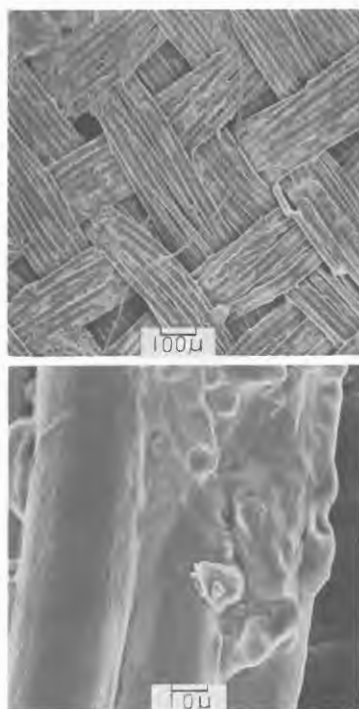


写真-8 ナイロン梨地衿汚染布の表面状態
(走査電子顕微鏡)

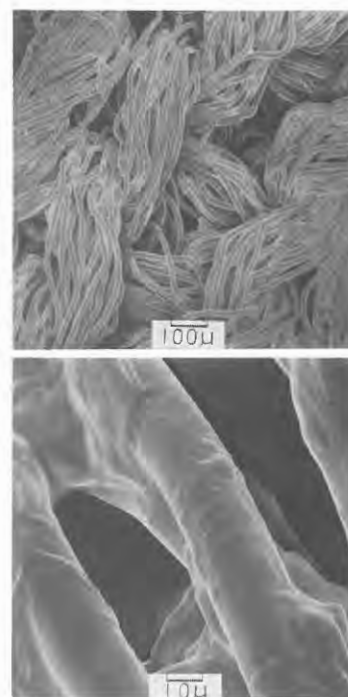


写真-10 ナイロンプライス編衿汚染布の表面状態
(走査電子顕微鏡)

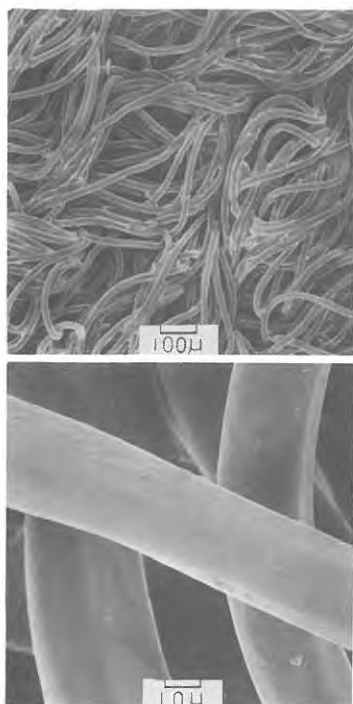


写真-11 ナイロン両面編地衿汚染布の表面状態
(走査電子顕微鏡)

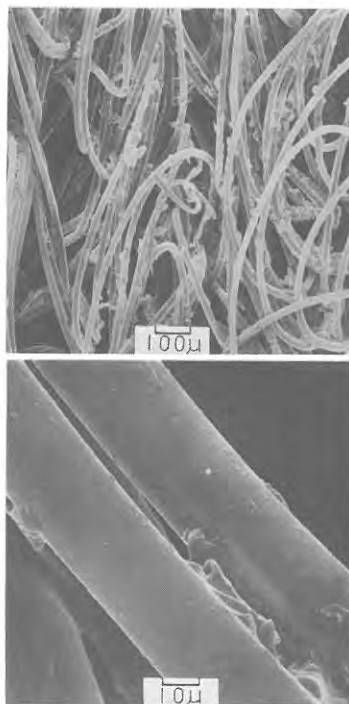


写真-13(a) ナイロンダブルコード編地(表)衿
汚染布の表面状態 (走査電子顕微鏡)

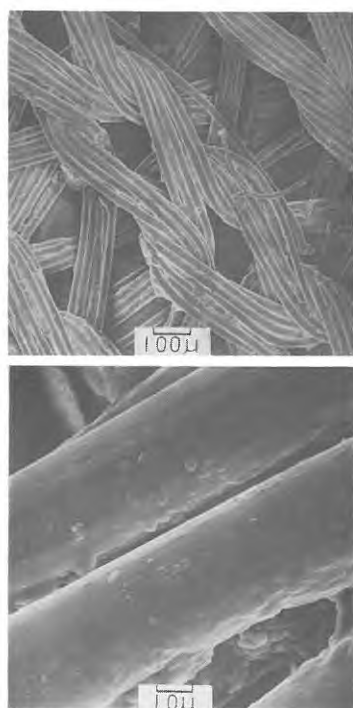


写真-12 ナイロンハーフトリコット編地衿汚染
布の表面状態 (走査電子顕微鏡)

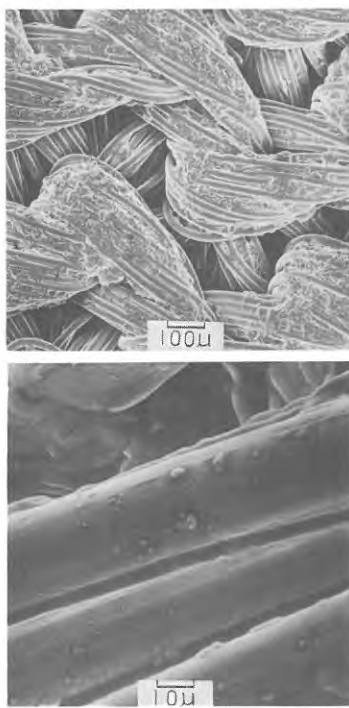


写真-13(b) ナイロンダブルコード編地(裏)衿
汚染布の表面状態 (走査電子顕微鏡)

表-1 各種ナイロン織編物の衿汚染布に付着するたん白質ならびに脂質汚れ量について

織物の種類	織密度 (本/inch)	織物の厚さ (mm)	汚れ付着量 (mg/g繊維)		たん白質量/脂質量
			たん白質	脂質	
ナイロンタフタ (平織)	160×119	0.212	8.2	46.3	1/5.65
ナイロンシャー (平織)	114×93	0.106	4.8	20.8	1/4.33
ナイロンデシン (平織)	129×72	0.178	9.5	59.7	1/6.28
ナイロンポプリン (平織)	52×47	0.391	4.9	40.4	1/8.24
ナイロンモスリン (平織)	83×72	0.266	5.7	52.0	1/9.12
ナイロンデニム (斜文織)	77×57	0.427	5.3	47.1	1/8.89
ナイロン朱子 (朱子織) (表)	134×114	0.227	7.4	43.0	1/5.81
ナイロン梨地織 (梨地織)	124×119	0.140	8.7	41.9	1/4.82
ナイロン丸編	—	1.304	10.4	82.2	1/7.90
ナイロンフリス編	—	0.553	11.2	68.2	1/6.09
ナイロン両面編	—	1.074	9.8	69.7	1/7.11
ナイロンハーフトリコット編	—	0.215	12.5	65.3	1/5.22
ナイロンダブルコード編 (表)	—	1.028	11.8	77.1	1/6.53

脂質汚れの定量：マイクロソックスレーを用い、頸部汚染布の脂質分を
エチルエーテルで8時間抽出を行ない、汚染布/g
に対する脂質量 (mg) を求めた。

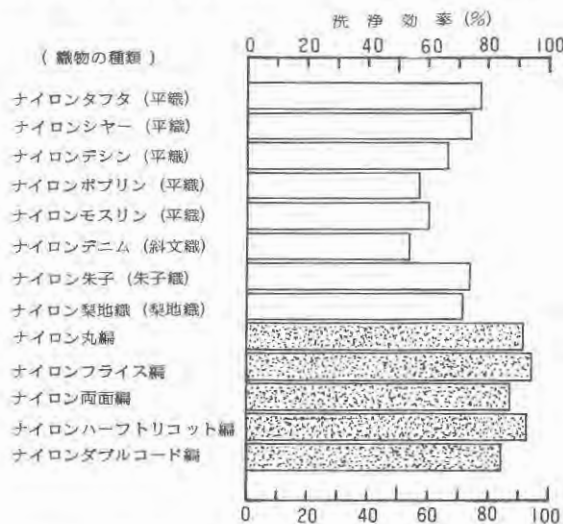
比し、一般に高い洗浄効率を示しているが、ポプリン、モスリンおよびデニムなどの組織点を有する織地汚染布では洗浄効率が低下する傾向が認められる。

また表・裏の組織の異なるナイロン朱子およびダブルコード編衿汚染布の蒸留水による洗浄についてみると、図-2のように、いずれも表地汚染布では高い洗浄効率を示しているが、多くの表皮角質層小片の汚れが繊維束間隙に落ち込んだ裏地汚染布ではたん白質の付着最も多く、またたん白質汚れの洗浄効率がかなり低下する傾向が認められる。

つぎにナイロン衿汚染布に付着する表皮角質層汚れの

経日変化が蒸留水による洗浄効果におよぼす影響についてみると、図-3のように、ナイロンタフタ汚染布では室温放置日数に伴ってたん白質汚れの溶解性が低下し、特に2週間以上室温放置した汚染布ではその溶解性がさらに低下する傾向が認められる。また合成ポリアミド系のナイロンタフタ衿汚染布では天然ポリアミド系の絹羽二重衿汚染布に類似の洗浄挙動を示すが、ナイロン特有の形態的構造特性、表面特性、吸湿性や脂質汚れの付着状態などに左右され、絹羽二重衿汚染布に比し、たん白質汚れがわずかに除去しやすくなる傾向が認められる。

繊維上に付着したたん白質は乾燥・固化した膜状態で



洗浄条件：40±2℃, 30分間

図-1 表皮角質層汚染布のナイロン織編物の種類と水に対するたん白質汚れの洗浄効率との関係

長時間空气中に放置すると、変性して水和量が減少し、疎水性になる。変性によるたん白質の溶解度の低下はたん白質分子内の構造を維持する水素結合がはずされたり、疎水性基同志間の相互作用がくずされたり、また分子内の-S-S-結合が分子間の-S-S-結合に変換し、天然たん白質本来の秩序ある高次構造が崩れることに基因するものと考えられている。したがってナイロン衿汚染布に付着するたん白質汚れの水に対する溶解性の低下は変性に伴う表皮角質層小片の疎水化や、汗中に含まれるアルブミン体の水溶性たん白質の溶解度の低下などに大きな関連を有するものと思われる。

II ナイロン衿汚染布に付着する表皮角質層汚れの洗浄について

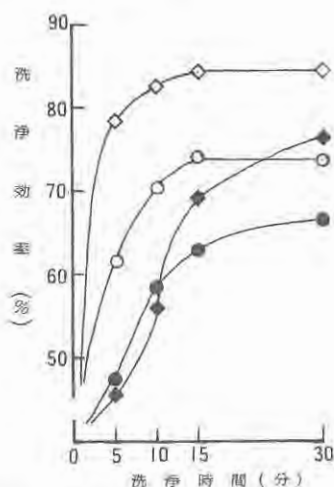
まずナイロンタフタ衿汚染布を用い、洗剤中の界面活性剤組成が表皮角質層汚れの洗浄効果におよぼす影響についてみると、図-4・表-2のように、単独の界面活性剤を使用したモデル洗剤(A~C)では α -オレフィンスルホン酸ナトリウム(AOS)>ドデシル硫酸ナトリウム(SDS)>直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム(LAS)の順に洗浄効率の低下が認められるが、AOSに少量のLASおよびSDSを配合したD~Gの洗剤ではAOS単独の洗剤(C)に比し、より高い洗浄効率を示し、特にAOSに1/5量のLASを配合した洗剤(D)およびANSに1/4量

のLASとSDSを配合した洗剤(F)では最も高い洗浄効率を示すことが認められる。

このようにナイロン衿汚染布に付着するたん白質汚れの洗浄においては洗剤中の界面活性剤の構造によって洗浄効果が大きく左右されるが、界面活性剤とたん白質の相互作用に関する一般的特性をそのまま洗浄機構の解明にあてることは複雑な汚れの中のたん白質汚れを考慮すると適当でないものとする。

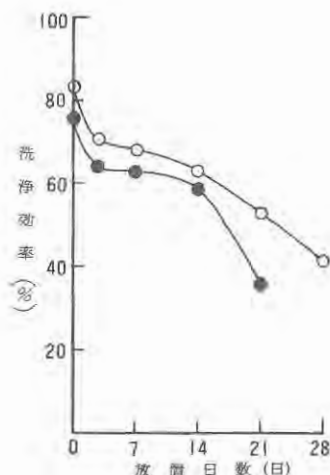
つぎに給源の異なる7種のプロテアーゼを用いてナイロンタフタ衿汚染布を規定条件下で洗浄し、プロテアーゼの基質特異性が表皮角質層汚れの洗浄効果におよぼす影響についてみると、表-3のように、角質化したケラチン質を特異的に加水分解するアルカリ性放線菌プロテアーゼ(*Streptomyces fradiae*を産生菌とする)や、*endo*-peptidaseと*exo*peptidase力との両作用力を有し、ペプチド結合を無差別にかつ強力に加水分解する基質特異性の広い中性放線菌プロテアーゼ(*Streptomyces griseus* Iを産生菌とする)およびアルカリ性細菌プロテアーゼ(*Bacillus subtilis* Carlsbergを産生菌とする)が表皮角質層汚れの洗浄に適応し、すぐれた洗浄効果を示すことが認められる。

このようにナイロンタフタ衿汚染布のたん白質汚れの洗浄においては表皮角質層小片に対する崩壊・分散作用



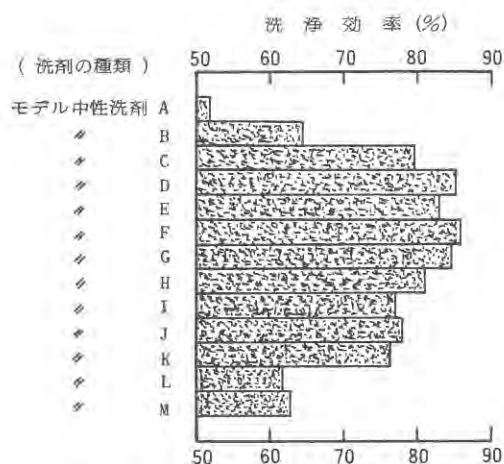
○: ナイロン朱子(表)汚染布(たん白質7.4 mg/g繊維)
 ●: ナイロン朱子(裏)汚染布(たん白質9.8 mg/g繊維)
 ◇: ナイロンドブルコード編(表)汚染布(たん白質11.8 mg/g繊維)
 ◆: ナイロンドブルコード編(裏)汚染布(たん白質14.5 mg/g繊維)
 洗浄条件: 40±2℃, 5~30分間

図-2 表皮角質層汚染布のナイロン織網面(表面および裏面)と水に対するたん白質汚れの洗浄効率との関係



○: ナイロンタフタ汚染布
 ●: 綿羽二重汚染布
 洗浄条件: 40±2℃, 30分間

図-3 表皮角質層汚染布の室温放置日数と水に対するたん白質汚れの洗浄効率との関係



モデル中性洗剤 A~M：第2表

汚染布：3週間室温放置した表皮角質層汚染布

洗浄条件：0.133%, 40±2°C, 30分間

図-4 洗剤中の界面活性剤組成が表皮角質層汚れ(ナイロンタフタ汚染布)の洗浄効果におよぼす影響について

表-2 モデル中性洗剤の組成

	LAS	SDS	AOS	TEA	CMC	H ₂ O
A	30	0	0	9	2	59
B	0	30	0	◇	◇	◇
C	0	0	30	◇	◇	◇
D	5	0	25	◇	◇	◇
E	0	5	25	◇	◇	◇
F	5	5	20	◇	◇	◇
G	10	0	20	◇	◇	◇
H	0	10	20	◇	◇	◇
I	20	0	10	◇	◇	◇
J	0	20	10	◇	◇	◇
K	10	10	10	◇	◇	◇
L	20	10	0	◇	◇	◇
M	10	20	0	◇	◇	◇

LAS: Sodium linear alkylbenzene sulfonate

SDS: Sodium dodecyl sulfate

AOS: α -Olefin sulfonate

TEA: Triethanolamine

CMC: Carboxymethylcellulose

がほとんどそのまま洗浄効果の増大に反映するものと思われる。

一方、上記7種のプロテアーゼをモデル中性洗剤 (B) およびアルカリ性洗剤 (表-4) に配合し、洗剤成分に対するプロテアーゼの安定性がナイロンタフタ汚染布の表皮角質層汚れの洗浄効果におよぼす影響についてみると、表-5のように、プロテアーゼを配合したモデル中性洗剤およびアルカリ性洗剤による洗浄においてはプロテアーゼのみによる洗浄に比し、一般に高い洗浄効率を示し、特にアルカリ性細菌プロテアーゼおよびアルカリ性

放線菌プロテアーゼを配合した洗剤による洗浄ではきわめてすぐれた洗浄効果を示すことが認められる。

つぎにモデル中性洗剤 (B) を用い、洗剤の濃度とプロテアーゼ配合の有無が変性ナイロンタフタ汚染布の表皮角質層汚れの洗浄効果におよぼす影響についてみると、図-5のように、一般に洗浄液中の洗剤濃度を増すと、除去しにくい変性表皮角質層汚れの洗浄効率を増す傾向が認められるが、洗剤成分に対してすぐれた安定性と表皮角質層汚れに対してきわめて高い洗浄効果を示すアルカリ性細菌プロテアーゼを配合した洗剤では洗浄液中の洗

表-3 プロテアーゼの基質特異性が表皮角質層汚れの洗浄効果におよぼす影響について

酵 素 の 種 類	菌 株	洗浄効率 (%)
トリプシン	—	85.0
中性細菌プロテアーゼ	<i>Bacillus subtilis</i> var.	88.1
中性放線菌プロテアーゼ	<i>Streptomyces griseus</i> I	92.8
中性糸状菌プロテアーゼ	<i>Aspergillus oryzae</i> neutral	83.5
アルカリ性細菌プロテアーゼ	<i>Bacillus subtilis</i> Carlsberg	90.7
アルカリ性放線菌プロテアーゼ	<i>Streptomyces fradiae</i>	94.5
アルカリ性糸状菌プロテアーゼ	<i>Aspergillus oryzae</i> alkaline	79.1

汚染布：表皮角質層汚れのナイロンタフタ汚染布使用

洗浄液中のプロテアーゼ活性：100PU/ml (Casein-Folin 呈色B法)

洗浄条件：40±2℃, 30分間

表-4 モデルアルカリ性洗剤の組成

洗 剤 成 分	配 合 量
直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム (LAS)	20 %
トリポリリン酸ナトリウム (STPP)	30
メタケイ酸ナトリウム (Na_2SiO_3)	5
カルボキシメチルセルロース (CMC)	1
エチレンジアミンテトラ酢酸ナトリウム (EDTA-4Na)	2
硫酸ナトリウム (Na_2SO_4)	42

※ 0.2%の洗剤溶液：pH 10.02

表-5 洗剤成分に対するプロテアーゼの安定性が表皮角質層汚れの洗浄効果におよぼす影響について

酵 素 の 種 類	洗 浄 効 率 (%)		
	蒸 留 水	モデル中性洗剤	モデルアルカリ性洗剤
トリプシン	65.6	72.9	69.0
中性細菌プロテアーゼ	67.2	74.1	70.9
中性放線菌プロテアーゼ	71.6	80.6	81.9
中性糸状菌プロテアーゼ	62.8	64.0	65.1
アルカリ性細菌プロテアーゼ	78.5	92.0	93.3
アルカリ性放線菌プロテアーゼ	82.5	88.2	90.8
アルカリ性糸状菌プロテアーゼ	63.5	69.5	76.7

モデル中性洗剤 B：第2表

モデルアルカリ性洗剤：第4表

汚染布：3週間室温放置した表皮角質層汚染布 (ナイロンタフタ汚染布)

洗浄液中のプロテアーゼ活性：100PU/ml (Casein-Folin 呈色B法)

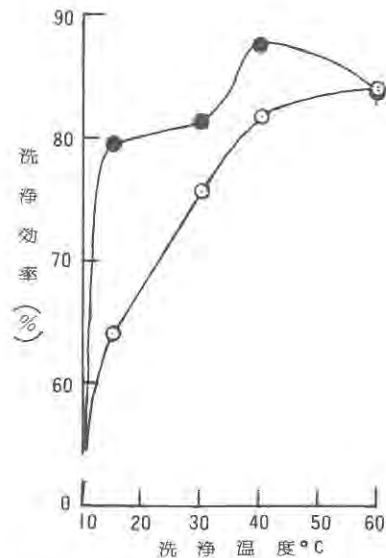
洗浄条件：40±2℃, 30分間

剤濃度が0.2%以上できわめてすぐれた洗浄効果を示し、ほぼ一定の洗浄効率を示すことが認められる。

またアルカリ性細菌プロテアーゼを用い、モデル中性洗剤(D)存在下での洗浄温度がナイロンタフタ衿汚染布の表皮角質層汚れの洗浄効果についてみると、図-6のように、一般に洗浄温度を高めると、表皮角質層汚れに対する洗浄効率は大幅に増大するが、モデル中性洗剤のみによる洗浄では40~60°Cに、プロテアーゼを配合した洗剤による洗浄では40°C付近にそれぞれ最も高い洗浄効率を示すことが認められる。またプロテアーゼを配合した洗剤による洗浄においては40°C以下の低温洗浄でもすぐれた洗浄効果を示すことが認められる。

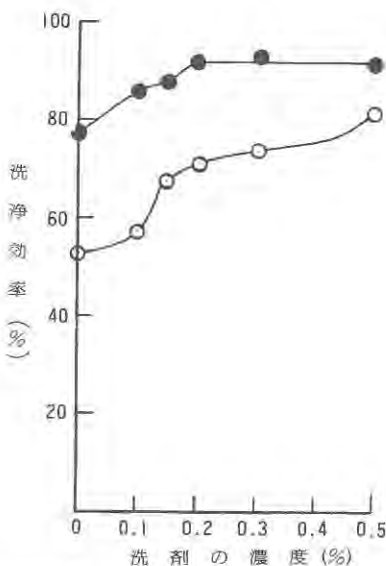
つぎにアルカリ性細菌プロテアーゼを用い、モデル洗剤(D)存在下での洗浄時間がナイロンタフタ衿汚染布の表皮角質層汚れの洗浄効果におよぼす影響についてみると図-7のように、たん白質汚れに対するプロテアーゼの作用効果は洗浄時間5分間ですでに認められ、洗浄効率は15分以上ではほぼ一定の値に達することが明らかになった。

このようにナイロン衿汚染布の洗浄においては比較的短時間に高い洗浄効率を得られるが、シャツの衿および



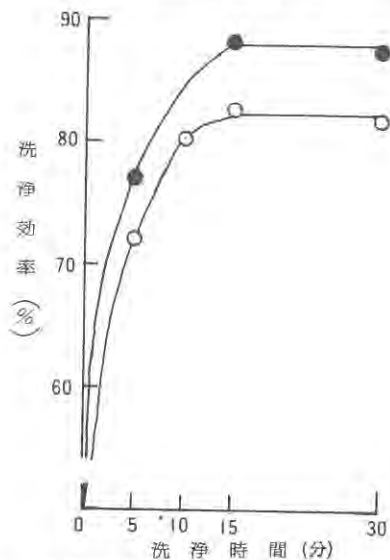
○：モデル中性洗剤 D (0.133%)
●：モデル中性洗剤 D (0.133%) + 酵素 (1.0 PU/ml)
汚染布：3週間室温放置した表皮角質層汚染布
酵素：アルカリ性細菌プロテアーゼ
洗浄条件：40±2°C, 30分間

図-6 洗浄温度が表皮角質層汚れ(ナイロンタフタ汚染布)の洗浄効果におよぼす影響について



○：モデル中性洗剤 B (第2表)
●：モデル中性洗剤 B + 酵素 (1.0 PU/ml)
汚染布：3週間室温放置した表皮角質層汚染布
酵素：アルカリ性細菌プロテアーゼ
洗浄条件：40±2°C, 30分間

図-5 洗剤の濃度が表皮角質層汚れ(ナイロンタフタ汚染布)の洗浄効果におよぼす影響について



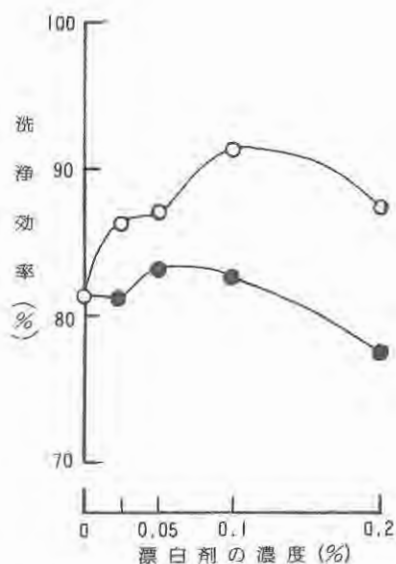
○：モデル中性洗剤 D (0.133%)
●：モデル中性洗剤 D (0.133%) + 酵素 (1.0 PU/ml)
汚染布：3週間室温放置した表皮角質層汚染布
酵素：アルカリ性細菌プロテアーゼ
洗浄条件：40±2°C, 30分間

図-7 洗浄時間が表皮角質層汚れ(ナイロンタフタ汚染布)の洗浄効果におよぼす影響について

袖口など汚れ量の多い部分の洗浄ではプロテアーゼ活性を増して基質に対する酵素反応を促進するかあるいは洗浄時間を大幅に増すことが必要と思われる。

つぎにモデル中性洗剤 (D) 存在下での漂白剤がナイロンタフタ衿汚染布に付着する表皮角質層片汚れの洗浄効果におよぼす影響についてみると、図-8のように、通常ナイロン繊維の漂白に使用する亜塩素酸ナトリウムでは少量の配合によってわずかに洗浄効率を増すが、漂白剤の濃度を増すと洗浄効率が低下することが認められる。しかし、天然ポリアミド系繊維の漂白に使用するハイドロサルファイトでは洗剤中に配合するとたん白質汚れの洗浄効率が増し、特に0.1%濃度付近では最も高い洗浄効果を示すことが認められる。

以上のようにナイロン衿汚染布に付着する老化した表皮角質層片の洗浄においては木綿、羊毛^{2,3)}ならびに絹¹⁰⁾などの天然繊維の衿汚染布に比し、比較的除去しやすい傾向が認められるが、繊維間隙に押し込められた表皮角質層片汚れや、厚地の織物内部に取り込まれた表皮角質層片汚れや、2週間以上の室温放置で変性した表皮角質層片汚れはきわめて除去しにくくなるので、ナイロン衿汚染布のたん白質汚れの洗浄効率を高めるためには洗浄液中のプロテアーゼ活性の増大や、洗浄時間の大幅な延長や、



○: モデル中性洗剤 D (0.133%) + ハイドロサルファイト
●: モデル中性洗剤 D (0.133%) + 亜塩素酸ナトリウム
汚染布: 3週間室温放置した表皮角質層汚染布
洗浄条件: 40±2°C, 30分間

図-8 漂白剤の種類が表皮角質層片汚れ(ナイロンタフタ汚染布)の洗浄効果におよぼす影響について

ヒアルロニダーゼ、キチナーゼなどの併用による複合酵素系の洗浄が必要と思われる。

総 括

織物および編物の組織の異なる13種のナイロン衿汚染布を作製し、表皮角質層片汚れの付着状態ならびにその付着量について検討すると共に、洗剤の組成、酵素の基質特異性や、2, 3の洗浄条件が洗浄効果におよぼす影響について検討した。

1) 13種のナイロン衿汚染布の汚染状態を走査電子顕微鏡下で観察すると、膜状の表皮角質層の薄片が繊維上をとり巻いて付着している状態や、繊維を跨いで付着している状態や、繊維間隙に押し込められている状態などが観察されるが、一般にナイロン衣料では木綿、羊毛、絹などの天然繊維と異なり、混在する皮脂、汗などの分泌物に覆われて比較的滑らかに繊維表面を汚染している状態が多く認められる。また織物では繊維表面に大きな起伏を有する梨地織、デシヤ、糸密度の高いタフタなどの比較的薄地の織物に表皮角質層片汚れが多く付着する傾向が認められる。一方、編物では織物に比し、一般にかなり多くの表皮角質層片汚れの付着が観察される。

2) 各種のナイロン衿汚染布に付着するたん白質ならびに脂質汚れ量についてみると、編物では織物に比し、一般にたん白質ならびに脂質汚れ量が多く、また厚地の織物および編物ではたん白質汚れに対する脂質汚れが増し、特にポプリン、モスリン、デニムなどの織物ではその傾向が顕著に認められる。

3) 表皮角質層片汚れの編地汚染布の洗浄では織地の汚染布に比し、一般に高いたん白質汚れの洗浄効率を示すが、デニム、ポプリン、モスリンなどの厚地の織物では洗浄効率が大きく低下する傾向が認められる。

4) 衿汚染布の室温放置日数が表皮角質層片汚れの洗浄効果におよぼす影響についてみると、放置日数を増すと洗浄効率が大きく低下する。このような現象は表皮角質層片中のケラチンたん白質や汗中に含まれる水溶性たん白質の変性に伴う溶解度の低下に大きく起因すると思われる。

5) 洗剤中の界面活性剤組成が表皮角質層片汚れの洗浄効果におよぼす影響についてみると、 α -オレフィンスルホン酸ナトリウム (AOS) > ドデシル硫酸ナトリウム (SDS) > 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム (LAS) の順に洗浄効率が低下するが、AOSにLASおよびSDSを少量配合した洗剤 (D~G) に高い洗浄効率を示す傾向が認められる。

6) ナイロン衿汚染布のプロテアーゼ洗浄においては

Endo-peptidase力を主体とする酵素で洗剤成分に対する安定性が高く、ペプチド結合を無差別にかつ強力に加水分解する基質特異性の広いアルカリ性細菌プロテアーゼが適応し、40°C、15分間の洗浄条件ですぐれた洗浄効果を示すことが認められる。

7) 漂白剤がナイロン衿汚染布に付着する表皮角質層片汚れの洗浄効果におよぼす影響についてみると、ハイドロサルファイトでは通常ナイロン繊維の漂白に使用される亜塩素ナトリウムに比し、すぐれた洗浄効果を示し、0.1%濃度付近で最も大きい洗浄効率を示すことが認められる。

文 献

- 1) W. G. Cutler and R. C. Davis: Detergency-Theory and Test Methods-Part I (Marcel Dekker, Inc.),

33 (1972)

- 2) 皆川 基・岡本幾子: 繊維消費科学会誌, 19, 106 (1978)
- 3) 皆川 基: 大阪市立大学家政学部紀要, 20, 89 (1972)
- 4) 皆川 基他: 繊維消費科学会誌, 15, 21 (1974)
- 5) J. Compton, W. J. Hart: Text. Res. J., 23, 158 (1953)
- 6) J. Compton, W. J. Hart: ibid. 23, 418 (1953)
- 7) J. Compton, W. J. Hart: ibid. 24, 263 (1954)
- 8) 皆川 基他: 繊維消費科学会誌, 19, 420 (1978)
- 9) 皆川 基・岡本幾子: 大阪市立大学生生活科学部紀要, 27, 67 (1979)
- 10) 皆川 基・岡本幾子: 大阪市立大学生生活科学部紀要, 28, 101 (1980)

(昭和57年11月9日受理)

Summary

When washing nylon fabrics which are susceptible to cleaning, it is the general practice to avoid the use of heavy duty detergents at high temperatures, because they are liable to produce hindrances, such as creasing, loss of shape, and graying. Instead, it is common practice to use a light duty detergent at temperatures below 40°C; and for a short duration only. However, when washing neck bands and sleeves which are highly soiled, because of repeated contact with the skin, or where dirt had accumulated by repeated use of the fabrics, it is common practice to wash many time for short periods at temperatures between 60-65°C. However, when dirt consisting of epidermal stratum corneum debris containing pigments, such as, carotin, oxyhemoglobin, and in the form of a membrane are integrated into the minute woven design, even nylon fabrics thus stained, and which have a smooth surface become difficult to clean. Consequently, it very often becomes the cause of stains which are difficult to remove, such as, those caused by sweat protein, sebum, and hydrophobic carbon particles in the dust.

The present study was undertaken in order to investigate the actual condition and the amount of adhesion of the epidermal stratum corneum debris to various designs of nylon fabrics. Also studied, were the composition of the detergent, and the substrate specificity of the enzymes used. Furthermore, a few removal conditions which influence removal efficiency were also studied.

1) Thirteen woven or knitted nylon neck bands, each made of different designs were prepared and soiled by epidermal stratum corneum debris. The stains were observed under a scanning microscope, which revealed a membranous layer of epidermal adhering to the fibers. Some were seen to be striding over fibers, whilst others were observed to be squeezed into the gap created by the fibers. However, in general, dirt adhering to nylon fabrics, unlike those of the natural fibers, such as, cotton, wool or silk, were covered by secretions of the skin, such as, sweat protein and sebum, and the surface of the fibers were soiled comparatively smoothly. In the case of woven fabrics those which have large undulations on the surface of the fabrics, such as, in crepe weave, crepe de chine or taffeta, which have a high thread density and a comparatively thin fabric, there is a tendency of the epidermal stratum corneum debris to adhere readily. On the other hand, knitted fabric revealed more epidermal stratum corneum debris soiling when compared to that of woven fabric.

2) Observation on the amount of sebum and protein adhering to the various types of nylon neck bands which were prepared for the study revealed that more protein and sebum adhered to the knitted fabrics than to the woven fabrics. In thick cloth both woven fabric and knitted fabric showed more sebum stain than protein stain. This

tendency was more pronounced in the woven fabric.

3) Observation on the removal of epidermal stratum corneum debris from knitted fabrics revealed, in general, a high protein removal efficiency. However, thick woven fabrics, such as, denim, poplin and moslin showed low removal efficiencies.

4) Observation on the influence of the number of days of leaving epidermal stratum corneum debris soiled fabric at room temperature, on the removal efficiency of epidermal stratum corneum debris soiled fabric was made and it was found that as the number of days increased the removal efficiency decreased. This is thought to be due to the decrease in the solubility of protein following denaturation.

5) Observation of the influence of surface active agents contained in the detergent, on the removal efficiency of epidermal stratum corneum debris soiled fabric was made, and it was found that the removal efficiency decreased in the order of α -olefinsulfonate (AOS) > sodium dodecyl sulfate (SDS) > sodium linear alkylbenzene sulfonate (LAS). However, it was also found that, when AOS and LAS were mixed with SDS in small amounts producing D-G, the removal efficiency increased considerably.

6) Observation made on the protease washing of epidermal stratum corneum debris soiled fabric revealed a bacterial protease (Endopeptidase) having a broad substrate specificity and which randomly and strongly hydrolyses peptide bond. This protease produces an excellent removal efficiency at a temperature of 40°C for 15 minutes.

7) Observation on the combined use of a bleaching agent revealed that, although, usually, sodium chlorite is used in order to bleach yellowed nylon, the use of 0.1 % hydrosulfite produces excellent removal effect for protein stains.