総 説

たん白質汚れの洗浄

皆 川 基

1. はじめに

繊維製品(繊維、皮革、毛皮、羽毛ならびにその加工品など)あるいは器物(ガラス、陶磁器、金属、木材、プラスチックならびにその加工品など)の固体表面に外部から付着した汚れは通常その外観、品質、性能の保持に好ましくなく、また保健・衛生上有害なために除去されなければならない異物と定義づけられている。ここではおもに繊維製品のなかでも被服のたん白質汚れとその洗浄を中心にのべる。

被服の汚れは一般に汗腺、皮脂腺からの分泌物、排泄物、皮膚表面の老化した表皮角質層片、血液、人乳などの人体からの汚れと、塵埃、粘土物質、煤煙、鉄粉などのほか食品、化粧品、機械油、塗料、墨汁、微生物などの生活環境からの汚れとが多数混在した複雑な成分からなっている^{1~12)}。

汗、血液、人乳、食品、化粧品、墨汁などに含まれる水溶性たん白質の汚れは繊維基質上で固体粒子汚れなどの他の汚れのバインダー的な役割を果たす場合も多く、また細菌、かびなどの微生物汚れの繁殖に大きく関連する^{13~17)}。一方、角質層細胞からなる薄膜状の不溶性たん白質の汚れは繊維基質間隙に吸蔵され、経日変化をおこして着色し、布を部分的に劣化したり、微生物を繁殖しやすくする。したがってたん白質汚れを除去することによって全洗浄率を高め、視覚的な評価を大きく向上させることができる¹⁸⁾が、高温多湿状態においてはたん白質汚れの除去が不完全になると、高い水準で被服の保健・衛生面を維持することがむずかしくなり、また衣類かびの発生や、食害をうけやすくなるなど保管上の立場からも多くの問題を生ずる¹⁹⁾。

実際の被服の着用、洗浄、乾燥、仕上げアイロンなどを考慮すると、物理的(熱、紫外線、摩擦など)ならびに

化学的(酸、アルカリ、有機溶剤、洗剤など)作用の変性によるたん白質の性状変化のうち最も顕著にあらわれる溶解度の低下が洗浄に大きな障害をもたらしている²⁰⁾。

特に着用、洗浄がくり返される過程で被服に累積するたん白質汚れは仕上げアイロンによる熱作用をうけてきわめて除去しにくい汚れに変化する²⁰⁾。

熱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水の存在下で熱運動によってはずれたり、疎水性基同志間の相互作用が崩れたり、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と考えられている^{20, 21)}。

このように繊維基質上に付着したたん白質汚れは一般に洗剤の界面化学作用と洗浄機の機械作用のみの組み合わせでは衣類を構成する繊維の表面特性、布の組織および加工剤などを考慮するときわめて除去しにくい汚れの一つとなっているためたん白分解酵素プロテアーゼ(proteolytic enzyme, protease)および酸化漂白剤などによる加水分解作用の応用が効果的になる^{22~31)}。

そこで、ここではプロテアーゼによる被服のたん白質汚れの洗浄の概要をのべる。

2. たん白質汚染布について

洗剤の洗浄力を正しく評価することはきわめてむずかしく、使用する汚れの性状が大きな影響をおよぼすが、通常の生活で汚された布または被服を用いることが理想とされ、JIS K3371の衿あか布法や、ASTM D2960-78のバンドル・テスト法(multi-cycle bundle testing)などが採用されている^{32~34)}。

たん白質汚れの洗浄試験用の汚染布としては一部にEMPA試験布(Eidgenössische Materialprüfungs und Versuchsanstalt, Unterstrasse 11, 9001. st Gallen, Schweiz)の血液・牛乳・墨汁混合汚染布(Nr. 116)、血液汚染布(Nr. 111)、ココア汚染布(Nr. 112)、赤葡萄酒汚染布(Nr. 114)などが市販されている。これらの汚染布は一般にたん白質の付着量が多く、また付着量のばらつきが多いので、酵素洗浄試験の定性用汚染布

Removal of Proteins from Fabrics by Protease
MOTOI MINAGAWA

Faculty of Science of Living, Osaka City University

大阪市立大学生活科学部 教授(工博)

としては用いられるが、たん白質汚れの洗浄機構の解明を目的とした研究用汚染布としては不適当と思われる²⁸⁾。

また油脂・ゼラチン・泥・カーボンブラックなどを配合して調製した新しい複合汚染布も一部で使用されている³⁶⁾。

これら有色のたん白質汚染布においては光電反射率計を用い、原布の表面反射率(R_0)、洗浄前の汚染布の表面反射率(R_s)および洗浄後の汚染布の表面反射率(R_w)をそれぞれ測定し、次式により洗浄率(D)が求められている。

$$D(\%) = (R_w - R_s) 100 / (R_0 - R_s)$$

筆者らの研究室においてはプロテアーゼによるたん白質汚れの洗浄機構の解明と酵素配合洗剤の洗浄力を正しく評価することを目的として卵白汚染布^{36,37)}、卵黄汚染布²⁰⁾、牛乳汚染布³⁸⁾、人乳汚染布³⁹⁾、ヒト血液汚染布⁴⁰⁾、馬血液汚染布⁴¹⁾、牛血液汚染布^{42,43)}、魚血液汚染布⁴⁴⁾、膿汁・血液混合汚染布⁴⁵⁾、ゼラチン汚染布⁴⁶⁾、コーヒー汚染布⁴⁷⁾、グルテン汚染布²⁰⁾や、衾あか布から調製した天然衾汚染布(表皮角質層汚染布^{9,10,48~50)})などを採用している。

汚染布はいずれもたん白質の付着量が綿布1g当り約10mgになるように調製し、実際の被服に付着するたん白質量に近似させている。

たん白質汚れの定量法としてはKjeldahl法^{36,37)}、ビュレット法、フェノール試薬法、紫外部吸収スペクトル法、色素結合法のほか高速液体クロマトグラフィ法、屈折率法、ラジオアイソトープ法、比濁法などの多くの方法があるが、試料数の多い洗浄実験では精度を未慮すると、フェノール試薬を用いるLowryらの銅-Folin法が適当と思われる^{18,46)}。

本法は0.1N水酸化ナトリウム液100ml(5×10cm²の試布に対して)により熱抽出(Incubatorを用い、90±2℃、120分間、100±2回/分振盪する)した原布ならびに洗浄前・後の汚染布の抽出液を銅-Folin試薬により呈色し、その吸光度を極大波長(750~770nm)で測定して次式により洗浄率(D)が求められる。

$$D(\%) = (D_s - D_w) 100 / (D_s - D_c)$$

D_c : 汚染前の原布(1g当り)の抽出液の吸光度

D_s : 洗浄前の汚染布(1g当り)の抽出液の吸光度

D_w : 洗浄後の汚染布(1g当り)の抽出液の吸光度

実際の被服に付着するたん白質量は人体部位⁹⁾(表1)、皮膚との接触の強弱¹⁰⁾、着用日数¹⁰⁾(表2)、季節¹⁰⁾(表3)、天候や、年齢、性別、健康状態、環境などの違いによる個人差や、繊維の種類(写真1~3)、糸の太さ、糸のより回数、織物の厚さおよび構造(表4)、繊維の損

表1 人体各部位の天然汚染布(標準綿布)に付着するたん白質ならびに脂質汚れ量

	たん白質量 (mg/g 繊維)	脂 質 量 (mg/g 繊維)	たん白質量 / 脂質量
頸部汚染布	9.2	48.3	1/5.25
背部汚染布	7.1	30.5	1/4.29
腕部汚染布	6.0	25.9	1/4.31
踵部汚染布	17.9	28.6	1/1.60

表2 衾布の着用日数が表皮角質層(頸部)汚染布のたん白質ならびに脂質汚れ量におよぼす影響

着用日数 (日)	たん白質量 (mg/g 繊維)	脂 質 量 (mg/g 繊維)	たん白質量 / 脂質量
1	5.8	24.4	1/4.21
2	9.7	42.6	1/4.39
3	17.5	74.7	1/4.27
5	23.2	86.1	1/3.71
7	27.4	92.8	1/3.38
10	30.6	97.8	1/3.25

表3 衾布の着用時期が表皮角質層(頸部)汚染布のたん白質ならびに脂質汚れ量におよぼす影響

着用した 期 (月)	たん白質量 (mg/g 繊維)	脂 質 量 (mg/g 繊維)	たん白質量 / 脂質量
4~5	5.5	40.5	1/7.36
6	7.1	38.5	1/5.42
7	7.7	34.2	1/4.44
8	8.8	37.0	1/4.20
9	8.4	35.9	1/4.27
10~11	6.0	41.1	1/6.93
12	4.8	45.1	1/9.40
1~2	5.1	48.3	1/9.47
3	5.9	44.6	1/7.56

傷などによってかなり異なるが、通常的人工汚染布においてはたん白質の付着量を布1g当り約10mgになるように調製するのが妥当と思われる^{10,24,51)}。

また布表面あるいは布内部に不均一に分散して付着する膜状の表皮細胞片からなる天然衾汚染布などではJIS K3371の衾あか布法に準じて作製した7×37cm²の衾布20~30枚をそれぞれ1×5cm²に細かく裁断し、任意の10枚を縫い合わせて5×10cm²の試布を作製した^{9,48~60)}(図1)。

なおこのほか市販洗剤の洗浄力評価を目的とした顔あか法による天然汚染布なども一部で使用されている。

このように天然汚れをモデル化することによって単成分系の洗浄機構を検討するための多く的人工たん白質汚染布があるが、広い範囲の洗浄条件にわたって天然汚染布と同じ挙動を示す人工汚染布を作製することは必ずか

写真1 着用前の標準綿布と着用後の綿衿汚染布の表面状態
(走査電子顕微鏡)

写真2 着用前の標準ポリエステル布と着用後のポリエステル衿汚染布の表面状態
(走査電子顕微鏡)

写真3 着用前の標準アクリル布と着用後のアクリル衿汚染布の表面状態
(走査電子顕微鏡)

表4 各種ナイロン織編物の頸部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
ナイロンボプリン(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
ナイロンフライス編	—	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

図1 衿布ならびに頸部汚染布

しいので、その目的によって使い分けられなければならない。

3. 酵素配合洗剤について²³⁾

繊維の精練ならびに洗浄分野における酵素作用の応用は古く、麻類の発酵精練(retting)、副産糸の絹紡腐化精練(schapping or scouring by ferment)など酵素の代りに繊維に直接微生物を用いる精練をはじめ綿および化学繊維の織布の糊抜き(desizing)、織物のしみ抜き(spotting)、絹和服の練抜き(stripping)、被服の商業クリーニング(drycleaning, laundry)などかなり広範囲に行われてきたが、最近では特に家庭用の衣料洗剤への酵素の配合が各方面で注目されている^{51, 52)}。

家庭用洗剤においてはすでに1913年頃ウシの膵液中に含まれる酵素(pancreatin)が試用され、1930年代にはドイツで一時期市販されたが、洗剤中への粉体配合に

伴う保存時の湿度による不安定性や、欧米の中温洗浄方式(洗浄液のpH 9.5~11, 洗浄温度 50~65℃)の洗浄条件に対する不適性や、洗剤主成分のアニオン活性剤に対する耐性の低さなどが発売中止の主たる理由としてあげられる。

その後、耐アルカリ性で洗剤主成分のアニオン活性剤耐性のすぐれた洗剤用の細菌酵素が開発され、1963年のオランダの酵素予洗剤(enzyme pre-soak)をかわきりにP & G社、Henkel社などの酵素配合洗剤(enzyme detergent)がつつぎに開発されて現在に至っている^{51, 52)}。

特に低温(常温~40℃)洗浄を生活習慣とする日本をはじめ東南アジア地域では本来保健・衛生面を高い水準で維持し、かつ洗浄力を大幅に高め、また洗浄機の機械作用に大きく依存した洗浄方式を改善するために酵素が必要とされるはずであるが、実際には環境保全のための洗剤の無リン化による洗浄力の低下を補完する範囲の濃度で酵素が使用され、無リン洗剤の普及に伴って他国に類をみない急激な酵素配合洗剤の開発が進められている。

現在市販されている洗剤用酵素としては欧米の中温洗浄を対象として開発された耐熱性(55~65℃に最適温度特性を有する)の *Alcalase*, *Esperase*, *Savinase* (Novo Industries), *Alkaline protease* 201, 301 (Wallerstein Company, Division of Travenol Laboratories), *Maxatase* (Charles Pfizer and Company) などの *Bac. subtilisin Carlsberg*, *Bac. subtilis var.* を生菌菌とする菌体外のアルカリ性細菌プロテアーゼが大部分を占めている^{24, 51, 53~55)} (表5)。

洗剤用酵素は通常ヘビーデューティ洗剤などの弱アルカリ性タイプの洗剤に配合されるので、まずアルカリ性傾

表5 微生物アルカリ性プロテアーゼ

菌 株		最適 pH	安定 pH
細 菌	<i>Bacillus Subtilisin</i> Carlsberg	10.3~10.8	5.5~11.0
	" " BPN'	10.2~10.7	"
	" " NSI	10.3~10.8	"
	" " <i>Amylosacchariticus</i>	10.2~10.7	"
	<i>cereus</i>	10.5	6.0~11.0
糸 状 菌	<i>Aspergillus oryzae</i> alkaline	8.0~10.0	5.0~10.0
	" <i>sojae</i> alkaline	"	"
	<i>Glicocladium roseum</i> I	11.0	6.0~11.0
	" " II	10.0	"
放 線 菌	<i>Streptomyces fradiae</i> aminopeptidase	10.0	7.0~11.0
	" <i>griseus</i> II	8.0~10.0	3.0~11.0
	" " III	9.0~10.0	"
不完 全 菌	<i>Fungi imperfecti</i>	9.0~11.0	8.0~11.0

域(pH 9.5~10.5)で高い活性を示し、また広い範囲ですぐれた pH 安定性を示す基質特異性の広いものが適しているが、低温洗浄を生活習慣とする日本では欧米と異なり 20~25℃ 以下の低温でも高い活性を示す低温活性の酵素が要求される⁸⁴⁾。また洗剤用酵素は界面活性剤、ケイ酸ナトリウム、炭酸ナトリウム、CMC、EDTAなどの洗剤成分に対する安定性や、洗浄液中の汚れ成分に対する安定性が高く、さらに洗浄条件に対しても適応する性質をもつ酵素でなければならない。

ここでは繊維基質上に付着するたん白質汚れの洗浄を対象したプロテアーゼ中心の洗剤用酵素をとりあげたが、現状の低温洗浄ではきわめて除去しにくい皮脂汚れ中のトリグリセリドを対象とした脂肪分解酵素リパーゼ(lipase)や、除菌効果を高めるために汚染細菌を対象とした溶菌酵素(bacteriolytic enzyme)のほか繊維基質間隙にとり込まれるときわめて除去しにくくなる老化した表皮角質層片汚れを対象としたヒアルロニダーゼ(hyaluronidase)作用などの応用も考慮した洗剤用の複合酵素の開発が今後の問題として残されている。

4. プロテアーゼによるたん白質汚れの洗浄について^{22~25, 51, 56~62)}

水溶液状態で布に付着するたん白質汚れは表面積の大きい繊維基質上に拡張されて乾燥すると水に対する溶解性が著しく減少し、薄膜状の表皮角質層片などの不溶性たん白質汚れの場合と同様に溶解して除去することがきわめてむずかしくなる。したがってたん白質汚れの洗浄においては洗剤による界面化学作用と洗浄機による機械作用のほかプロテアーゼによる加水分解作用の応用などが必要とされる。

プロテアーゼは一般にたん白質、ペプチドに作用して

これらのペプチド結合の加水分解を触媒する酵素であるが、ある種のプロテアーゼは反応条件によってエステルおよびアミドの加水分解や、ペプチドの合成反応、転移反応および酵素交換反応など種々の反応を触媒する性質をもっている。また触媒としての酵素は pH ならびに温度などの条件で効率よく反応を触媒し、基質特異性を示すことを特徴としている。

4.1 プロテアーゼの基質特異性^{9,10)}

微生物プロテアーゼによるたん白質汚れの洗浄においては動植物

プロテアーゼに比し、一般に高い洗浄率を示し、特に基質特異性が広く endopeptidase 力を主体とするアルカリ性プロテアーゼ(DFP-sensitive alkaline protease⁸³⁾)ではきわめて高い洗浄率を示すが、天然衾汚染布などに多量に付着する表皮角質層片などの薄膜状のたん白質汚れの洗浄においては角質層細胞などの壊死組織に対してすぐれた消化能を有する *Bac. subtilisin* BPN' のアルカリ性細菌プロテアーゼ A や、皮膚ケラチンを特異的に加水分解する *Str. fradiae* のアルカリ性放線菌プロテアーゼ D がきわめてすぐれた洗浄効果を示す(図 2)。

このようにたん白質汚れの洗浄に適応するプロテアーゼは汚れ基質によって多少異なるが、一般にペプチド結

図2 酵素の基質特異性が頸部汚染布の表皮角質層片汚れの洗浄効果におよぼす影響

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微生物起源のアルカリ性プロテアーゼであることが必要と思われる。

4.2 洗浄液中のプロテアーゼ活性^{9,10)}

たん白質汚れの洗浄においては洗浄液中のプロテアーゼ活性が 1 PU/ml 以下の比較的低単位でも高い洗浄率を示す(図3)が、洗浄液中の洗剤成分に対する酵素の安定性の良否はさらに洗浄効果に大きな影響をおよぼすことが認められている(表6)。

また予洗一本洗いの2浴式洗浄における予洗液中のプ

図3 洗浄液中のプロテアーゼ活性が頸部汚染布の表皮角質層汚れの洗浄効果におよぼす影響

表6 洗浄液中のプロテアーゼ活性がたん白質汚れの洗浄率におよぼす影響

洗浄液中のプロ テアーゼ活性	洗 浄 率 (%)		
	アルカリ性細菌 プロテアーゼA	アルカリ性細菌 プロテアーゼB	アルカリ性放線菌 プロテアーゼB
* 0 PU/ml	29.4%	29.4%	29.4%
** 0	53.2	53.2	53.2
** 0.25	58.1	89.5	95.0
** 0.5	59.8	92.1	97.3
** 1.0	60.3	94.6	100
** 3.0	62.7	100	100
** 5.0	66.2	100	100
** 10.0	71.5	100	100
*** 10.0	90.7	62.5	92.8

*: 蒸留水による洗浄

**: モデル洗剤による洗浄

***: 酵素溶液(洗剤なし)による洗浄

洗浄条件: 40±2℃, 30分間

図4 予洗液中のプロテアーゼ活性が頸部汚染布の表皮角質層汚れの洗浄効果におよぼす影響

ロテアーゼ活性は高いほど有効で、本洗いではたん白質汚れの高い洗浄率を示すことが認められる(図4)。

したがって酵素配合洗剤による1浴洗浄では洗剤耐性の低い酵素を使用することはできないが、予洗あるいは予洗一本洗いの2浴式洗浄では別浴使用が可能になり、基質特異性を生かした低単位の洗浄液の使用が有効になる。

4.3 プロテアーゼのpH特性^{9,10)}

酵素は両性電解質であるため水素イオン濃度の影響を受けやすく、アルカリまたは酸によるpHの変化で不活

性化する場合が多いが、プロテアーゼは中性、アルカリ性および酸性のpH領域で、それぞれ最適pHを有する3種のプロテアーゼに大別される(図5)。

プロテアーゼによるたん白質汚れの洗浄においてはプロテアーゼのpH特性がほとんどそのまま洗浄率にあらわれる。また洗浄液のpHがアルカリ性側に移行するほどたん白質汚れは一般に除去されやすくなるためpH9.5~10.5の範囲内で最高の活性を示すアルカリ性プロテアーゼの使用はきわめて有効になる(図6)。

4.4 プロテアーゼの温度特性^{9,10)}

酵素は熱に対して敏感で通常20~

図5 使用したプロテアーゼの pH 特性曲線

図6 洗浄液の pH が頸部汚染布の表皮角質層汚れの洗浄効果におよぼす影響

40℃の間に最適温度があり、一般に60℃以上では容易に変性、失活するものが多いが、微生物起源のプロテアーゼは40℃付近、50～65℃および65～80℃にそれぞれ最適温度特性をもつ3種に大別される(図7)。

現在洗剤用酵素として用いられている *Bac. subtilisin* var. のアルカリ性細菌プロテアーゼは高温ほど酵素反

図7 使用したプロテアーゼの温度特性曲線

応が速く、また短時間の酵素反応では50～65℃で、長時間の酵素反応では35～40℃でそれぞれ最高の活性を示すことが認められている。

たん白質汚れの洗浄においてはプロテアーゼの温度特性がそのまま洗浄性に反映し、65～80℃に最適温度をもつ高温活性のプロテアーゼを除く一般の微生物プロテアーゼでは40～50℃の洗浄条件が適当と考えられる(図8)。

図8 洗浄温度が頸部汚染布の表皮角質層汚れの洗浄効果におよぼす影響

4.5 金属イオンの影響⁶³⁾

たん白質汚れの洗浄における金属イオンの影響は酵素の特性や、たん白質汚れの性状によりかなり異なるが、一般にMg, Ca, Sr, Baなどのアルカリ土類金属イオンはenzyme activatorとして作用すると同時にたん白質汚れの溶解度を増すため、汚染布からのたん白質汚れの除去が容易になり、相加的に洗浄効果を高める。一方、Cu, Hg, Ag, Zn, Cd, Fe(III)などの金属イオンはenzyme inhibitorとしての作用が特に強く不溶性のたん白質を形成しやすいために著しく洗浄効果を低下させる(図9)。Fe(III)塩では濃度を増すと著しくプロテアーゼ活性が阻害されるが、 $M/10^5$ 以下の濃度ではほとんど影響がなく、したがって一般に水道水などに含まれている0.3 ppm程度の鉄ではプロテアーゼ活性に対する阻害効果は無視できる。しかし汚れ中にはFe(III)を含むものが多く、特に血液たん白質などでは通常500 ppm前後のFeイオンを含んでいるので、プロテアーゼ活性に対する阻害作用が認められる。

図9 血液汚染布の酵素洗浄における金属イオンの影響

Ca 塩では $M/100$ 以下の濃度においてプロテアーゼ活性に対する保護効果が認められている。Caイオンは酵素たん白質の構成成分であって一般に酵素たん白質が活性を示すのに必要な2次構造を保つのに役立っている。

4.6 洗剤成分の影響²⁴⁾

洗剤成分に対する安定性は酵素によってかなり異なるが、アルカリ性細菌プロテアーゼは他の酵素に比し、一

般に洗剤成分に対する安定性が比較的高く、特にトリポリリン酸ナトリウム、EDTAなどのキレート試薬に対する安定性がすぐれている。

しかし洗剤主成分のアニオン活性剤に対するプロテアーゼ活性の安定性は必ずしも高くないが、実際の洗剤系ではポリオキシエチレンアルキルエーテルなどのノニオン活性剤の添加でプロテアーゼ活性が保護され、たん白質汚れの洗浄性への影響は少ないものと思われる⁶⁴⁾。

5. おわりに

たん白質汚れの洗浄においては汗、皮脂などの分泌物や、外界からの塵埃などを混在した不均一な性状の汚れが布内部まで深く吸蔵されるためにきわめて複雑な洗浄挙動を示すが、一般にたん白質汚れの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プロテアーゼによる適条件下での洗浄においてはすぐれたプロテアーゼの有効性が認められる。

また、短時間の低温(常温~40℃)洗浄を生活習慣とする日本では20~25℃以下でもすぐれた洗浄性を示す低温活性のプロテアーゼの開発や、酵素の造粒化に伴う溶解性の低下や、洗浄時の機械作用の緩和など今後さらに検討する余地が多く残されている。

文 献

- 1) H. Reumuth: *Melliand Textilber.*, **48**, 489 (1967)
- 2) 角田光雄ら: 油化学, **17**, 82 (1968)
- 3) 角田光雄ら: 油化学, **17**, 303 (1968)
- 4) 林 信太ら: 油化学, **18**, 176 (1969)
- 5) 林 信太ら: 油化学, **18**, 242 (1969)
- 6) 米田義章ら: 油化学, **19**, 163 (1970)
- 7) 米田義章ら: 油化学, **19**, 324 (1970)
- 8) 柏 一郎ら: 油化学, **19**, 1095 (1970)
- 9) 皆川 基ら: 繊維消費科学会誌, **19**, 106 (1978)
- 10) 皆川 基ら: 繊維消費科学会誌, **19**, 420 (1978)
- 11) R. H. Mottoni et al.: *Detergency* Vol. 5, Part 1, 33 (1972)
- 12) M. J. Marples: *Detergency* Vol. 5, Part 1, 33 (1972)
- 13) 皆川 基ら: 繊維消費科学会誌, **13**, 104 (1972)
- 14) 皆川 基: 繊維消費科学会誌, **17**, 256 (1976)
- 15) 皆川 基: 防菌防黴誌, **4**, T 399 (1976)
- 16) 皆川 基: 防菌防黴誌, **4**, T 447 (1976)
- 17) 皆川 基: 防菌防黴誌, **4**, T 15 (1976)
- 18) 皆川 基: 大阪市立大学家政学部紀要, **20**, 89 (1972)
- 19) 皆川 基: 化学と工業, **32**, 72 (1979)
- 20) 皆川 基ら: 大阪市立大学生生活科学部紀要, **24**, 41 (1976)

- 21) 水島三一郎ら：蛋白質化学，2巻(共立出版)，345 (1961)
- 22) 皆川 基：染色工業，**18**，255 (1970)
- 23) 皆川 基：繊維消費科学会誌，**11**，280 (1970)
- 24) 皆川 基：繊維消費科学会誌，**13**，513 (1972)
- 25) M. Minagawa: Annual Report of the Sciences of Living, Osaka City University, **25**, 65 (1975)
- 26) 辻阪好夫：科学と工業，**43**，185 (1969)
- 27) A. Chwala: *Seifen·Öle·Fette·Wachse*, **95**, 539 (1969)
- 28) O. H. Zilske: *Fette·Seifen·Anstrichmittel*, **71**, 975 (1969)
- 29) 奥村 統ら：洗浄設計，**4**，49 (1979)
- 30) 小木曾太郎ら：薬局，**22**，729 (1971)
- 31) 村田守康：フレグランス・ジャーナル，**53**，89 (1982)
- 32) A. L. de Jong: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **55**, 163 (1978)
- 33) 荻野圭三ら：油化学，**30**，101 (1981)
- 34) 荻野圭三ら：油化学，**30**，173 (1981)
- 35) 奥村 統ら：油化学，**30**，432 (1981)
- 36) 皆川 基ら：繊維消費科学会誌，**10**，60 (1969)
- 37) 皆川 基ら：繊維消費科学会誌，**10**，66 (1969)
- 38) 皆川 基ら：繊維消費科学会誌，**13**，519 (1972)
- 39) 皆川 基：大阪市立大学家政学部紀要，**18**，65 (1970)
- 40) 皆川 基ら：第8回洗浄に関するシンポジウム要旨，29 (1972)
- 41) 皆川 基ら：繊維消費科学会誌，**11**，263 (1970)
- 42) 所 康子ら：繊維消費科学会誌，**25**，26 (1984)
- 43) 所 康子ら：繊維消費科学会誌，**25**，125 (1984)
- 44) 皆川 基：大阪市立大学家政学部紀要，**18**，75 (1970)
- 45) 皆川 基ら：大阪市立大学家政学部紀要，**17**，73 (1969)
- 46) 皆川 基ら：繊維消費科学会誌，**15**，15 (1974)
- 47) 皆川 基ら：大阪市立大学生生活科学部紀要，**21**，43 (1973)
- 48) 皆川 基ら：大阪市立大学生生活科学部紀要，**27**，67 (1979)
- 49) 皆川 基ら：大阪市立大学生生活科学部紀要，**28**，101 (1980)
- 50) 皆川 基ら：大阪市立大学生生活科学部紀要，**30**，67 (1982)
- 51) 皆川 基：繊維と工業，**3**，379 (1970)
- 52) 皆川 基：繊維と工業，**5**，26 (1972)
- 53) P. D. Boyer: *The Enzyme* III, 721 (1971)
- 54) C. A. Starace: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **58**, 165A (1981)
- 55) C. A. Starace: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **60**, 1025 (1983)
- 56) 皆川 基：大阪市立大学生生活科学部紀要，**23**，31 (1975)
- 57) S. D. Friedman et al.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **46**, 81 (1969)
- 58) R. L. Liss et al.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **46**, 507 (1969)
- 59) L. M. Paixao et al.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **46**, 511 (1969)
- 60) T. Cayle: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **46**, 515 (1969)
- 61) P. N. Christensen et al.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **55**, 109 (1978)
- 62) F. W. J. L. Maase et al.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **60**, 1672 (1983)
- 63) 皆川 基ら：繊維消費科学会誌，**11**，274 (1970)
- 64) 岡本幾子ら：第15回洗浄に関するシンポジウム要旨，163 (1983)

(昭和59年8月17日受理)

繊維学会創立40周年記念事業 新しい衣料素材 —基礎データと試料—

繊維学会編・文化出版局発行

A4判 本文約200頁 試料約100種(大きさB6)

申し込み先

〒151 東京都渋谷区代々木3-22-1

文化出版局特販部「新しい衣料素材」係

価 格 35,000円

会員特価 28,000円

電話 03-379-5476 } 直通
03-370-4497