

表紙、目次別枚数 43 枚

粒体噴流化式自動身体洗浄・入浴介護装置の開発
～身体及び粒体の洗浄評価～

平成 13 年 2 月 28 日

知能機械システム工学科 1010182

中西 良太

指導教授 横川 明

目次

	頁
1. 緒言	4
2. これまでの実験状況	
2.1 粒体流動化式基本実験研究	
2.2 可視化実験装置による実験	
2.3 身体洗浄実験装置による実験	
2.4 粒体噴流化式身体洗浄試作機による実験	
2.5 モニターのための実用機	
3. 身体洗浄に関する調査	5
3.1 概要	
3.2 皮膚上の汚れの構造	
3.3 洗浄のメカニズム	
3.4 日本における洗浄の歴史	
3.5 ヨーロッパにおける洗浄の歴史	
3.6 考察	
4. 人工皮膚を試験片として用い身体洗浄評価実験	8
4.1 概要	
4.2 実験方法	
4.3 実験結果	
4.4 考察	
5. 人工皮膚を試験片として用い身体洗浄評価実験（その 2）	11
5.1 概要	
5.2 実験方法	
5.3 実験結果	
5.4 考察	
6. 湿式人工汚染布を試験片として用い身体洗浄評価実験	16
6.1 概要	
6.2 実験方法	
6.3 実験結果	
6.4 考察	
7. 湿式人工汚染布を試験片として用い身体洗浄評価実験（その 2）	17
7.1 概要	
7.2 実験方法	
7.3 実験結果	
7.4 考察	

8. 粒子洗淨及び保管実験	20
8.1 概要	
8.2 実験方法	
8.3 実験結果	
8.4 考察	
9. 緒言	21
10. 謝辞	22
11. 参考文献	22

1. 緒言

入浴介護の必要な高齢者や身体障害者には入浴時、介護者へ多大な負担がかかる。その負担を軽減するために、浴槽の底部にゲル粒体（ゴム状）を充填しておき、その下のスリット部から空気を噴出させ粒体を吹き上げ、その際に生ずる粒体と身体との衝突摩擦により身体を自動的に洗浄する装置の開発を産学官の共同研究で行っている。現在開発中の粒体噴流化式入浴介護装置は、当初行っていた粒体流動化式入浴介護装置の身体洗浄方法を装置の簡易化、自動化、経済性（ランニングコスト）を考慮して、粒体を温風により流動化させる方式から噴流化させる方式へと変更したものである。本装置は身体の洗浄、身体洗浄後の身体乾燥を自動化するもので、これにより、介護者への負担を軽減することができる。また、介護者への負担を軽減すること今まで困難であった入浴時に介護の必要な高齢者や身体障害者への精神面への介護が行うことができる。本装置の開発において、私は本装置における身体及び粒体の洗浄評価について担当した。よって、本装置における身体及び粒体の洗浄効果について調査したものをまとめる。

2. これまでの実験状況

2.1 粒体流動化式基本実験（写真 1）

流動層の基本特性の確認するため実施。各粒体における流動化状態の把握と、その際の動力との関係を調べるため、空塔速度と流動層の圧損の関係を調査した。さらに感応評価、洗浄評価実験も同時に行った。

2.2 可視化実験装置による実験（写真 2、3）

粒体流動化、噴流化洗浄による人体模型周りの粒体の運動状態を確認。またこの際、上記の実験から結果の良かったポリスチレンの粒体を採用。また、噴流化実験の際比重が 1 であるゲル粒体を候補に上げた。

2.3 身体洗浄実験装置による実験（写真 4）

実際に人が入れる浴槽を製作、数種類のゲル粒体を用い流動化、噴流化状況の確認、空塔速度と圧力損失の関係の調査、実際に人が入った感応評価、粒体の選定等を行った。最終的に噴流化洗浄で行っていくことに決定。

2.4 粒体噴流化式身体洗浄試作機による実験（写真 5, 6 図 1）

これを粒体の噴流化による自動身体洗浄装置の試作機とし、下記の実験を行った。

・温熱評価実験

本装置での洗浄後の身体の温熱効果を確認するため、サーモグラフィックにより身体外表面温度を時系列的に測定。従来の入浴、洗浄装置による温熱効果の比較。補足として血圧、心拍数の測定を行う。

・洗浄評価実験

i. 身体洗浄評価実験

実際の粒子噴流化身体洗浄装置の洗浄効果を確認するため試験片を体に貼り付け洗浄後の汚れの残存率を数値化身体場所、身体洗浄時の粒子の量や送風量の変化による洗浄効果の違いを確認。

ii. 粒子洗浄評価実験

身体洗浄に使用した後の粒子を再利用が可能であることを調査。そのために、粒子中の菌の有無を確認。

・ 感応評価実験

実際に数名に噴流化洗浄を体験してもらい、洗浄過程の感応評価をアンケート形式にして調査、まとめる。

2.5 モニターのための実用機

以上のような実験を経て、現在、土佐山田町にある介護老人ホーム山田荘の方にモニターのための実用機を製作中である。

3. 身体洗浄に関する調査

3.1 概要

試作機による実験を行った中で、私は洗浄評価実験を担当した。その中の身体洗浄評価実験に関しては、まず試作機の洗浄力を評価するための評価方法が必要だと考え調査した。しかしながら、身体洗浄の評価方法については、JIS を調べてみても記載されていなかった。そのため、洗浄剤会社の方と検討し、身体洗浄効果の評価方法を確立するため、皮膚上の汚れの構造及び洗浄のメカニズムについて、また、本装置のソフト面を充実させる目的の一環として洗浄の歴史について調査した。

3.2 皮膚上の汚れの構造

皮膚上の汚れには大きく分けて古くなった角質、汗及び皮脂などの内的な身体内部からくるものと化粧品の残留物、土埃、排気ガスなどの外的な生活環境からくるものとに分けられる。これらがお互いに混ざり合い汚れとなる。

内的な汚れについてはまず皮膚の構造について踏まえておく（図 2）。皮膚は外側から表皮、真皮、皮下組織の三層に分かれており厚さは三層あわせても 1.5mm 程度ある。表皮には毛穴、汗孔、皮脂腺があり汗孔より汗、皮脂腺より油脂を分泌する。また、表皮の中でも四層に分かれており一番内側に位置するのが基底部ここで新しい細胞が作られていき、基底部より押し上げられてきた細胞で一番外側に位置するのが角質層である（新陳代謝による角質化）。角質層の細胞は寿命を迎え死に、しだいはがれ落ちる。これらの過程は四週間ほどで行われる。続いて、表皮の下にあるのが真皮で弾力性のある組織や結合組織があり、血管や神経もここを走っていて免疫力を作るところである。そして最後に、真皮と筋肉の間に主に脂肪組織からなる皮下組織がある。以上が皮膚の構造のおおよそである。汚れについては油性成分が 70～80%、蛋白質が 10～20%、無機塩分が数%の割合になっている。油性成分の

ほとんどが皮脂腺から分泌される皮脂で、その成分として皮下脂肪と同じ中性脂肪と脂肪酸が過半数を占める。皮脂の分泌は年齢、性別、気温や湿度によって違いはあるが一日平均して 14mg ほどで首や背中部分に多く分泌される。また皮脂には皮膚の垢や空気中の埃やチリなどをつなぎとめる役目もある。蛋白質は主に表皮の角質が新陳代謝により脱落したものがほとんどであるが、その他に皮脂や汗の中に微量ながら存在する。塩分は汗腺から分泌される汗に含まれる。この他に血液、糞便といったものが内的な汚れとして存在する。

外的な環境からくる汚れとしては、食品によるものや日常生活で使っている生活物資例えば食料、飲料、医薬品や塗料などがある。これに加え普段あまり気には留めないが空気中に浮遊して無数のチリや埃がある。これらの大半のものは粘土質が乾燥して舞い上がったもので、その他に排気ガス、煤煙などがある。これら自然に付着するものに加え化粧品などのように人為的に付着させたものがある。

こうした汚れは空気中の酸素により酸化されたり、皮膚上の微生物、細菌により分解されることにより皮膚を刺激したり、異臭を放ったりする。

3.3 洗浄のメカニズム

上記 3.1 の様に汚れは放置していると空気中の酸素により酸化されたり、皮膚上の微生物、細菌により分解されることにより皮膚を刺激したり、異臭を放ったりという事態を引き起こす、これを防ぐため我々は洗浄を行うのであるが、そもそも洗浄とは学問的に「基質をそのままの状態にして、付着した汚れを基質から取り除くこと」と定義されている。そのメカニズムについては、洗浄は大きく分けて溶解型と界面活性化型の二つがある。溶解型は汚れを溶解又は分解させて汚れを除去する方法で、界面活性化型は界面活性剤の界面張力の低下を利用して汚れを可溶化、乳化させて除去する方法である。ここでは一般のほとんどの身体洗浄に用いられている界面活性化型について詳しく説明する（図 3）。基質の表面に汚れがついているその状態を図 3-（a）とすると、これは水と油の間の界面張力と水と基質の間の界面張力を足したもののより、汚れと基質との間の界面張力が低く、すべての現象は自由エネルギーの最も低くなったところで安定な状態となるという法則から、汚れが基質に付着している状態の方が自由エネルギーは低く安定な状態となりその状態を維持し続けるという現象を示している。これに洗浄溶液を加えると、溶液中の界面活性剤が水の表面張力を下げるという性質から図 3-（b）のように力関係が逆転する。そうすることで汚れは基質について界面をつくるより、基質も汚れも別々に溶液中で界面をつくる方が自由エネルギーは低く安定な状態となるので、汚れは自然に離れていく。これは汚れが固体、液体の両方の場合同じである。以上のような現象に摩擦や圧力などの物理的な力を加えることによってより効率的に汚れを落とすことができる。

3.4 洗淨の歴史

日本では、身体を洗うということは「湯浴み」ともいわれ古くから行われていた習慣、行事の一つである。日本では古代から病気、災難、罪悪などからけがれを祓い、又は五穀豊穡を祈る行事を「みそぎ（禊）」と言って、水で身体を洗い清める儀式が行われてきた。その後、飛鳥時代に伝来し広められた仏教では沐浴を功德としていた。そのため天平の頃から、寺院の七堂伽藍の一つとして浴室や湯屋は建てられ病人や庶民に対する施として施浴が行われた。後に東大寺にも大湯屋が建てられ今も存在する。そもそも風呂という言葉は「室」という言葉が変化して風呂となったという説が最も有力である。要するに本来風呂とは蒸気を浴びる蒸し風呂のことであり、後に湯を沸かして浴槽に入る湯屋（湯浴）と混合して使われるようになったのである。他の説としては風炉という語からきたという説などがある。さらに、鎌倉、室町時代になっても施浴の風習は受け継がれ、各地の寺院で功德湯と呼ばれ一般の人々に入浴させている。また、この頃から町湯が次第に増え庶民が好んで入るようになった。町湯が次第に銭湯と呼ばれるようになったのは江戸時代に風呂屋ができてからで、風呂賃が永楽銭一銭であるところからきている。町民や下級武士に好まれ、この頃から銭湯が社交場としても使われ始めた。また、江戸時代には行水という習慣も行われはじめた。この様な歴史を経て、現在の入浴の習慣が定着した。

3.5 ヨーロッパにおける入浴の歴史

ヨーロッパの方ではモヘンジョダロ、ローマの古代遺跡から大浴場が発掘されている。当時の貴族たちにとって湯浴みは生活に欠かせないものだったと思われる。十二世紀になると町に公衆浴場が、十四世紀になると野外浴場も作られた。しかし浴場で水を使っていたのか湯を使っていたのかは不明である。また地方、国によっていろいろな入浴方法（トルコの蒸し風呂、フィンランドのサウナなど）があり現在でも使われている。

3.6 考察

身体の歴史を調査した結果、これまでの身体洗淨においては多種多様な洗淨道具と洗淨方法を使用してきたが、全て人の手を使っての洗淨であった。これは本装置が身体洗淨を初めて人の手を離れさせた事を意味する。これは洗淨の歴史上画期的なことである。しかしながら、本装置により身体洗淨が人の手を離れることにより、入浴介護の必要な高齢者や身体障害者には入浴時、介護者へかかる多大な肉体的な負担を軽減することにより、これまで難しかった精神的ケアを充実させることにより、非介護者の身体を洗淨するためだけの場であった入浴の場をこれまでの歴史の中で築き上げてきた社交場としても使われることができるのではないだろうか。このように見ると、決して本装置が洗淨の歴史から逸脱したものではないことがわかった。

また、皮膚及び汚れの構造、洗淨のメカニズムを調査することで今後の身体洗淨評

価実験をどのように進めていくかの道標とすることができた。

4.人工皮膚を試験片として用い身体洗浄評価実験

4.1 概要

粒体噴流化式身体洗浄試作機の各汚れの洗浄効果を測定する。また、本装置の送風機のインバータ出力、粒体の量等を変化させたときの洗浄効果の変化、また、身体、身体の箇所による洗浄効果の違いを測定した。

4.2 実験方法

人間の皮膚質に近い人工皮膚（デガターム）を人間の皮膚に見立て、人工皮膚上に身体、皮膚上の汚れに見立てた脂肪及び蛋白質を塗布したものを試験片とした。本試験片を被験者の身体五ヶ所に貼り付け（肩、胸、背中、太ももの裏表）下記 i、ii の洗浄順序、実験水準により被験者を試作機にて洗浄。洗浄後の試験片をそれぞれ下記 iii、iv の蛋白質汚染残存測定法（アミドブラック 10B 染色法）、脂肪残存測定法（ズダンⅢ染色法）にて染色。色の濃淡、染色範囲を目視により判定。また、洗浄前後の試験片の白色度の平均値を測色色差計 MODEL1001DPにて直接測定し、下記 v の計算式より洗浄力（%）を数値化した。

i.試作機の洗浄順序

試験片を被験者に貼り付ける→被験者、洗浄層へ入る→洗浄液散布（1 分間）→噴流化洗浄（3 分間）→シャワー（1 分間）→粒体回収（1 分間）→身体乾燥（3 分間）→被験者、洗浄層より出る→試験片を被験者よりはがす→各染色法にて試験片を染色→測色色差計にて直接測定

ii.実験水準

実験 No.	内容	備考
①	洗浄前の試験片	洗浄効果比較のため
②	シャワー洗浄のみ（噴流化洗浄なし）	実験順序より噴流化洗浄を省略
③	噴流化洗浄	粒量：4 L、インバータ：30Hz
④	噴流化洗浄	粒量：4 L、インバータ：35Hz
⑤	噴流化洗浄	粒量：6 L、インバータ：30Hz
⑥	噴流化洗浄	粒量：6 L、インバータ：35Hz

＊ 身体乾燥による送風機のインバータの出力：9H z

本実験の粒量は、装置への送風における圧力損失に影響のない量の 4 L を基準とした。6 L に関しては、身体と粒体との衝突頻度が上がるため洗浄効果の向上が考えられる。よって本実験では基準の 50% 増しとし洗浄効果を比較確認するものとした。

送風量に関しては、洗浄槽内で噴流状態が左右にスイングする量（インバータ 30H z 相当）とスイングが終了し、噴流状態が左右対称となる量（インバータ 35H z 相当）の二種類で、粒量との組み合わせで比較確認する。

iii.蛋白質汚染残存測定法（アミドブラック 10 B 染色法）

洗浄後の試験片を乾燥させ、乾燥後の試験片をアミドブラック 10 B 染色液に 2 分ほど浸漬し、2 分後染色液から引き上げ水洗いし、5%の酢酸液で洗う。

iv.脂肪残存測定法（ズダンⅢ染色法）

洗浄済みの試験片を 50%エチルアルコールにとうした後、ズダンⅢ液に 2 分ほど浸漬し、浸漬後、軽く水洗いする。

v.洗浄力算出方法

$$\text{洗浄力 (\%)} = \frac{Ww - Ws}{Wo - Ws} * 100$$

Wo：原体（汚染していない試験片）の白色度

Ws：汚れを塗布したし試験片（洗浄前）の白色度

Ww：洗浄後試験片の白色度

4.3 実験結果

i.実験No①～⑥までの試験片を図 4～9 に示す。

ii.蛋白質、脂肪それぞれの汚れの比較を写真 7, 8 に示す。

iii.測色色差計にて計測した白色度及びそれにより求められた洗浄力を下記の表に示す。

洗浄条件別の洗浄力 (%)

原体の白色度 汚染なしで染色したもの

蛋白：85.3

脂肪：58.8

汚染布の白色度 汚染を塗布したものを染色したものと

蛋白：16.0

脂肪：42.1

<シャワー洗浄のみ>

汚染	部位	洗浄後の白色度 (Ww)	洗浄力 (%)
蛋白	肩	84.5	98.85
	胸	85.1	99.71
	背中	85.4	100.14
	太もも (表)	83.3	97.11
	太もも (裏)	84.9	99.42
脂肪	肩	49.8	46.11
	胸	51.6	56.89
	背中	49.4	43.71
	太もも (表)	52	59.28
	太もも (裏)	54.4	73.65

＜噴流化洗浄 粒量 4L、インバータ 30Hz＞

汚染	部位	洗浄後の白色度 (Ww)	洗浄力 (%)
蛋白	肩	85	99.57
	胸	84.9	99.42
	背中	80.9	93.65
	太もも (表)	83.7	97.69
	太もも (裏)	81.1	93.94
脂肪	肩	50.8	52.1
	胸	49.4	43.71
	背中	50.2	48.5
	太もも (表)	49.8	46.11
	太もも (裏)	50.3	49.1

＜噴流化洗浄 粒量 4L、インバータ 35Hz＞

汚染	部位	洗浄後の白色度 (Ww)	洗浄力 (%)
蛋白	肩	84.5	98.85
	胸	84.2	98.41
	背中	82.6	96.1
	太もも (表)	84.1	98.27
	太もも (裏)	84.3	98.56
脂肪	肩	53.5	68.26
	胸	53.6	68.86
	背中	53.1	65.87
	太もも (表)	51.3	55.09
	太もも (裏)	52.6	62.87

＜噴流化洗浄 粒量 6L、インバータ 30Hz＞

汚染	部位	洗浄後の白色度 (Ww)	洗浄力 (%)
蛋白	肩	85	99.57
	胸	83.8	97.84
	背中	85.7	100.58
	太もも (表)	86.1	101.15
	太もも (裏)	85.2	99.86
脂肪	肩	55.9	82.63
	胸	56.4	85.63
	背中	47.9	34.73
	太もも (表)	54.9	76.65
	太もも (裏)	54.5	74.25

＜噴流化洗浄 粒量 6 L、インバータ 35Hz＞

汚染	部位	洗浄後の白色度 (Ww)	洗浄力 (%)
蛋白	肩	85.7	100.58
	胸	82.6	96.1
	背中	85.4	100.14
	太もも (表)	85.6	100.43
	太もも (裏)	81.4	94.37
脂肪	肩	54.2	72.46
	胸	55.2	78.44
	背中	56.5	86.23
	太もも (表)	53.1	65.87
	太もも (裏)	52.1	59.88

＜部位別洗浄力 (%) 平均値＞

汚染	部位	洗浄力 (%) 平均
蛋白	肩	99.48
	胸	98.3
	背中	98.12
	太もも (表)	98.93
	太もも (裏)	97.23
脂肪	肩	64.31
	胸	66.71
	背中	55.81
	太もも (表)	60.6
	太もも (裏)	63.95

iv. 洗浄力 (%) を比較したグラフをグラフ 1 に示す。

4.2 考察

本実験の結果、蛋白質汚れについてはシャワー洗浄のみで十分洗浄可能なことが判明した。しかしながら、脂肪汚れについては噴流化洗浄により洗浄力はあがるものの洗浄後の試験片全てに汚れが残存していた。更に、洗浄効果と粒量及び送風量の相関を明確にすることができなかった。

5. 人工皮膚を試験片として用い身体洗浄評価実験 (その 2)

5.1 概要

上記 4 で実施した身体洗浄評価実験の結果、蛋白質汚れについてはシャワー洗浄だけでも十分洗浄可能な事がわかったが、脂肪汚れについては、実験後の試験片には汚れが残存していた。更に洗浄効果と送風量、粒量の相関を明確に見出すことが出来なかった。そのため、更に送風量、粒量の関係を調査した。

5.2 実験方法

上記 4 と同様に、人間の皮膚質に近い人工皮膚 (デガターム) を人間の皮膚に見立て、人工皮膚上に身体の皮膚上の汚れに見立てた脂肪及び蛋白質を塗布したものを試

験片とした。本試験片を被験者の身体五ヶ所に貼り付け（肩、胸、背中、太ももの裏表）下記 i、ii の洗浄順序、実験水準により被験者を試作機にて洗浄。洗浄後の試験片をそれぞれ下記 iii、iv の蛋白質汚染残存測定法（アミドブラック 10 B 染色法）、脂肪残存測定法（ズダンⅢ染色法）にて染色。色の濃淡、染色範囲を目視により判定。また、洗浄前後の試験片の白色度の平均値を測色色差計 MODEL1001DP にて直接測定し、下記 v の計算式より洗浄力（%）を数値化した。

i. 試作機の洗浄順序

試験片を被験者に貼り付ける→被験者、洗浄層へ入る→洗浄液散布（1 分間）→噴流化洗浄（3 分間）→シャワー（1 分間）→粒体回収（1 分間）→身体乾燥（3 分間）→被験者、洗浄層より出る→試験片を被験者よりはがす→各染色法にて試験片を染色→測色色差計にて直接測定

ii. 実験水準

実験 No.	内容	備考
①	洗浄前の試験片	洗浄効果比較のため
②	シャワー洗浄のみ（噴流化洗浄なし）	実験順序より噴流化洗浄を省略
③	噴流化洗浄	粒量：4 L、インバータ：30Hz
④	噴流化洗浄	粒量：4 L、インバータ：40Hz
⑤	噴流化洗浄	粒量：6 L、インバータ：30Hz
⑥	噴流化洗浄	粒量：6 L、インバータ：40Hz
⑦	噴流化洗浄	粒量：10 L、インバータ：35Hz
⑧	噴流化洗浄	粒量：10 L、インバータ：40Hz

＊身体乾燥による送風機のインバータの出力：9H z

本実験の粒量は、装置への送風における圧力損失に影響のない量の 4 L を基準とした。6 L、10 L に関しては、以前の実験で洗浄効果と粒量との相関を明確に見出すことが出来なかった。よって本実験ではさらに粒量を増やし洗浄効果を確認することにした。

送風量に関しては、洗浄槽内で噴流状態が左右にスイングする量（インバータ 30H z 相当）とスイングが終了し、噴流状態が左右対称となる量（インバータ 35 H z 相当）から更に 5H z 上げた 40H z 相当の 2 種類で、粒量との組み合わせで比較確認した。

iii. 蛋白質汚染残存測定法（アミドブラック 10 B 染色法）

洗浄後の試験片を乾燥させ、乾燥後の試験片をアミドブラック 10 B 染色液に 2 分ほど浸漬し、2 分後染色液から引き上げ水洗いし、5%の酢酸液で洗う。

iv. 脂肪残存測定法（ズダンⅢ染色法）

洗浄済みの試験片を 50%エチルアルコールにとうした後、ズダンⅢ液に 2 分ほど浸漬し、浸漬後、軽く水洗いする。

v.洗浄力算出方法

$$\text{洗浄力 (\%)} = \frac{Ww - Ws}{Wo - Ws} * 100$$

Wo：原体（汚染していない試験片）の白色度

Ws：汚れを塗布した試験片（洗浄前）の白色度

Ww：洗浄後試験片の白色度

5.3 実験結果

i.実験No①～⑧までの試験片を図 10～17 に示す。

ii.蛋白質、脂肪それぞれの汚れの比較を写真 9, 10 に示す。

iii.測色色差計にて計測した白色度及びそれにより求められた洗浄力を下記の表に示す。

洗浄条件別の洗浄力 (%)

原体の白色度 汚染なしで染色したもの

蛋白：85.3

脂肪：58.8

汚染布の白色度 汚染を塗布したものを染色したものと

蛋白：16.0

脂肪：42.1

<シャワー洗浄のみ>

汚染	部位	洗浄後の白色度 (Ww)	洗浄力 (%)
蛋白	肩	82.9	96.54
	胸	77.7	89.03
	背中	81.9	95.09
	太もも (表)	81.9	95.09
	太もも (裏)	81.3	94.23
脂肪	肩	29	-78.44
	胸	27.3	-88.62
	背中	27.7	-86.23
	太もも (表)	25.3	-100.6
	太もも (裏)	25	-102.4

＜噴流化洗浄 粒量 4L、インバータ 30Hz＞

汚染	部位	洗浄後の白色度 (Ww)	洗浄力 (%)
蛋白	肩	82.7	96.25
	胸	79.7	91.92
	背中	78.4	90.04
	太もも (表)	83.7	97.69
	太もも (裏)	79.2	91.2
脂肪	肩	46.9	28.74
	胸	47.8	34.13
	背中	47	29.34
	太もも (表)	44.7	15.57
	太もも (裏)	45.5	20.36

＜噴流化洗浄 粒量 4L、インバータ 40Hz＞

汚染	部位	洗浄後の白色度 (Ww)	洗浄力 (%)
蛋白	肩	81.4	94.37
	胸	85.4	100.14
	背中	85.3	100
	太もも (表)	85.2	99.86
	太もも (裏)	80.4	92.93
脂肪	肩	46.9	16.77
	胸	47.8	15.57
	背中	47	18.56
	太もも (表)	44.7	1.18
	太もも (裏)	45.5	8.38

＜噴流化洗浄 粒量 6L、インバータ 30Hz＞

汚染	部位	洗浄後の白色度 (Ww)	洗浄力 (%)
蛋白	肩	83.2	96.97
	胸	79.2	91.2
	背中	84.2	98.41
	太もも (表)	84.5	98.85
	太もも (裏)	79.1	91.05
脂肪	肩	52.9	64.67
	胸	48.5	38.32
	背中	48.4	37.72
	太もも (表)	47	29.34
	太もも (裏)	44.3	13.17

＜噴流化洗浄 粒量 6 L、インバータ 40Hz＞

汚染	部位	洗浄後の白色度 (Ww)	洗浄力 (%)
蛋白	肩	83.7	97.69
	胸	80.9	93.65
	背中	84.7	99.13
	太もも (表)	80.5	93.07
	太もも (裏)	84.5	98.85
脂肪	肩	52.2	60.48
	胸	48.5	38.32
	背中	52.5	62.28
	太もも (表)	52.7	63.47
	太もも (裏)	47.9	34.73

＜噴流化洗浄 粒量 10 L、インバータ 30Hz＞

汚染	部位	洗浄後の白色度 (Ww)	洗浄力 (%)
蛋白	肩	84.2	98.41
	胸	81.8	94.95
	背中	84.8	99.28
	太もも (表)	83.5	97.4
	太もも (裏)	81.5	94.52
脂肪	肩	51.9	58.68
	胸	48	35.33
	背中	49	41.32
	太もも (表)	49.3	43.11
	太もも (裏)	46	23.35

＜噴流化洗浄 粒量 10 L、インバータ 40Hz＞

汚染	部位	洗浄後の白色度 (Ww)	洗浄力 (%)
蛋白	肩	81.3	94.23
	胸	77.2	88.31
	背中	82	95.24
	太もも (表)	82.3	95.67
	太もも (裏)	83.1	96.83
脂肪	肩	51.3	55.09
	胸	49.7	45.51
	背中	51.2	54.49
	太もも (表)	50.6	50.9
	太もも (裏)	48.6	38.92

＜部位別洗浄力（％）平均値＞

汚染	部位	洗浄力（％）平均
蛋白	肩	96.35
	胸	92.74
	背中	96.74
	太もも（表）	96.8
	太もも（裏）	94.23
脂肪	肩	47.41
	胸	34.53
	背中	40.62
	太もも（表）	35.43
	太もも（裏）	23.15

iv.洗浄力（％）を比較したグラフをグラフ 2 に示す。

5.4 考察

本実験の結果でも脂肪汚れについては噴流化洗浄により洗浄力はあがるものの洗浄後の試験片全てに汚れが残存していた。更に、洗浄効果と粒量及び送風量の相関も明確にすることができなかった。加え、その日の湿度、気温等の変化により試験片上の汚れの状態が変化した。また、人工皮膚自体に脂肪分が含まれていたため人工皮膚にズダンⅢ溶液が反応してしまった。そのため、均一な評価を行うことが出来ないという欠点も浮かび上がった。

6.湿式人工汚染布を試験片として用い身体洗浄評価実験

6.1 概要

上記 4、5 で実施した人工皮膚を試験片として用い身体洗浄評価実験では、その日の湿度、気温等の変化により試験片上の汚れの状態が変化した。また、人工皮膚自体に脂肪分が含まれていたため人工皮膚にズダンⅢ溶液が反応してしまった。そのため、均一な評価を行うことが出来なかった。そのため、一般には洗濯機の洗浄効果を調査するのに用いる湿式人工汚染布（写真 10）を試作機の身体洗浄評価に用いる試験片とすることが出来るかを調査した。

6.2 実験方法

湿式人工汚染布を試験片とし、人工皮膚を試験片として用い身体洗浄評価実験と同様に本試験片を被験者の身体五ヶ所に貼り付け（肩、胸、背中、太ももの裏表）下記 i の洗浄順序により被験者を試作機にて洗浄（このとき実験水準は粒量 4L,インバータ 30Hz とする）。洗浄前後の試験片の白色度の平均値を測色色差計 MODEL1001 DPにて直接測定し、下記 ii の計算式より洗浄力（％）を数値化した。

i.試作機の洗浄順序

試験片を被験者に貼り付ける→被験者、洗浄層へ入る→洗浄液散布（1 分間）→噴流化洗浄（3 分間）→シャワー（1 分間）→粒体回収（1 分間）→身体乾燥（3 分間）

→被験者、洗浄層より出る→試験片を被験者よりはがす→測色色差計にて直接測定

ii. 洗浄力算出方法

$$\text{洗浄力 (\%)} = \frac{Ww - Ws}{Wo - Ws} * 100$$

Wo：原色（汚染していない状態の布）の白色度

Ws：汚染布（洗浄前）の白色度

Ww：洗浄後の白色度

6.3 実験結果

測色色差計にて計測した白色度及びそれにより求められた洗浄力を下記の表に示す。

原体の白色度 ：78.70

汚染布の白色度 ：61.75

部位	洗浄後の白色度 (Ww)	洗浄力 (%)
肩	62.95	7.08
胸	64.15	14.16
背中	63.9	12.68
太もも (表)	67.1	31.56
太もも (裏)	66.35	27.14

6.4 考察

本実験により人工汚染布を試作機の身体洗浄評価実験に用いることができるのではないかと考えられた。そのため、試験誤差を小さくするために、同様の実験水準で繰り返し実験をする必要がある。

7. 湿式人工汚染布を試験片として用い身体洗浄評価実験（その2）

7.1 概要

上記 6 で実施した実験により、湿式人工汚染布を試作機の身体洗浄評価実験に用いることができるのではないかという結果が得られた。そのため、試験誤差を小さくするために、同様の実験水準で繰り返し実験をした。

7.2 実験方法

湿式人工汚染布を試験片とし、人工皮膚を試験片として用い身体洗浄評価実験と同様に本試験片を被験者の身体の左右五ヶ所に貼り付け（肩、胸、背中、太ももの裏表）下記 i の洗浄順序により被験者を試作機にて洗浄（このとき粒量 4L, インバータ 30Hz と実験水準は一定とする）。これを 4 回繰り返し、洗浄前後の試験片の白色度の平均値を測色色差計 MODE L1001 DP にて直接測定し、下記 ii の計算式より洗浄力 (%) を数値化した。

i. 試作機の洗浄順序

試験片を被験者に貼り付ける→被験者、洗浄層へ入る→洗浄液散布（1 分間）→噴
 流化洗浄（3 分間）→シャワー（1 分間）→粒体回収（1 分間）→身体乾燥（3 分間）
 →被験者、洗浄層より出る→試験片を被験者よりはがす→測色色差計にて直接測定
 ii. 洗浄力算出方法

$$\text{洗浄力 (\%)} = \frac{W_w - W_s}{W_o - W_s} * 100$$

W_o : 原色（汚染していない状態の布）の白色度

W_s : 汚染布（洗浄前）の白色度

W_w : 洗浄後の白色度

7.3 実験結果

i. 測色色差計にて計測した白色度及びそれにより求められた洗浄力を下記の表に示す。

原体の白色度 : 78.70

汚染布の白色度 : 61.75

<1 回目 右側>

部位	洗浄後の白色度 (W_w)	洗浄力 (%)
肩	63.1	12.29
胸	64	17.32
背中	63.9	16.76
太もも (表)	64	17.32
太もも (裏)	62.7	10.06

<1 回目 左側>

部位	洗浄後の白色度 (W_w)	洗浄力 (%)
肩	63.8	16.2
胸	64.6	20.67
背中	64	17.32
太もも (表)	64.7	21.23
太もも (裏)	65.4	25.14

<2 回目 右側>

部位	洗浄後の白色度 (W_w)	洗浄力 (%)
肩	62	6.15
胸	63.1	12.29
背中	63.8	16.2
太もも (表)	65	22.91
太もも (裏)	65.7	26.82

<2 回目 左側>

部位	洗浄後の白色度 (Ww)	洗浄力 (%)
肩	62.7	10.06
胸	63.3	13.41
背中	64.3	48.99
太もも (表)	64.1	17.88
太もも (裏)	65.9	27.93

<3 回目 右側>

部位	洗浄後の白色度 (Ww)	洗浄力 (%)
肩	64.3	18.99
胸	63.3	13.41
背中	64.4	19.55
太もも (表)	64.5	20.11
太もも (裏)	65.6	26.26

<3 回目 左側>

部位	洗浄後の白色度 (Ww)	洗浄力 (%)
肩	62.7	10.06
胸	63.4	13.97
背中	62.8	10.61
太もも (表)	65.7	26.82
太もも (裏)	65.3	24.58

<4 回目 右側>

部位	洗浄後の白色度 (Ww)	洗浄力 (%)
肩	64.1	17.88
胸	64	17.32
背中	63.5	14.53
太もも (表)	63.7	15.64
太もも (裏)	65.6	26.26

<4 回目 左側>

部位	洗浄後の白色度 (Ww)	洗浄力 (%)
肩	62.9	11.17
胸	63.8	16.2
背中	62.1	6.7
太もも (表)	65.3	24.58
太もも (裏)	65.1	23.46

ii. 洗浄力 (%) を比較したグラフをグラフ 3,4 に示す。

7.4 考察

本実験により、洗浄効果を数値化することができたこれにより湿式人工汚染布が本装置の洗浄評価実験に用いることが可能であると判明した。よって、今後は本装置の身体洗浄評価実験は試験片上の汚れが常に均一な湿式人工汚染布を用いて行う。その上で、粒体の洗浄効果測定方法については身体と人工汚染布との汚れの洗浄程度の相関性、また、身体皮膚上の脂肪分は完全に洗浄してしまうと外部からの刺激に直接さらされる事により人体に悪影響を及ぼす可能性がある。そのため、どの程度身体皮膚上から脂肪分を取り除くのが適当か等を調査する必要があるか等を調査していく必要がある。

8. 粒体洗浄及び保管実験

8.1 概要

粒体噴流化式身体洗浄装置に用いた後の粒体は当初使い捨てにする予定であった。そのため、粒体はそのまま燃やしても環境に害のない材質でできている。しかしながら、近年、環境保全が大きく取り立たされている。また、洗浄に掛かるコストの問題もあるので、身体洗浄に使用した後の粒体を洗浄し再度身体洗浄に使用するのに問題がないかを調査する。

8.2 実験方法

身体洗浄に使用後の粒体を洗浄液（ニッサンアノン#300 を 100 倍に薄めたもの）に 10 分間浸漬させ、市販されている洗濯機により脱水、その後、乾燥（乾燥機により乾燥及び天日干し）させ保管（密閉して保管及び大気中に放置）。このときの実験水準を下記 i に示す。洗浄後の粒体と未洗浄の粒体を適当な大きさに切り、フードスタンプに直接接触させる。その後、恒温槽で 24 時間培養し、一般細菌及び真菌の有無を確認。洗浄後の粒体を適当な大きさに切り、フードスタンプに直接接触させ、恒温槽で培養、コロニーの有無を確認する。また、粒体 10 g をイオン交換水に 100m l に入れ 10 分間煮沸する。その後、冷却し、イオン交換水に 100m l に調製する。その液を、両性界面活性剤定量分析法 オレンジⅡ法による測定により粒体中に粒体洗浄に用いた洗浄液が残っていないかを確認。

i. 実験水準

実験 No.	供試品
①	身体洗浄後未洗浄
②	ニッサンアノン#300 に 10 分間浸漬後、乾燥機にて乾燥
③	ニッサンアノン#300 に 10 分間浸漬後、天日干ししたもの
④	ニッサンアノン#300 に 10 分間浸漬後、乾燥機にて乾燥させ、密閉保管
⑤	ニッサンアノン#300 に 10 分間浸漬後、乾燥機にて乾燥させ、大気中に保管

8.3 実験結果

i. 実験No①～⑤までの試験結果を写真 11～20 に示す。

ii. 一般菌、真菌の洗浄効果を下記の表に示す。

供試品	一般細菌	真菌
未洗浄	十十十	十十
乾燥機	十	十
天日干し	十	一
密閉保管	一	一
大気中保管	一	一

記号：一 ：陰性
± ：陽性 ごく僅かにコロニーが認められる
十 ：陽性 僅かにコロニーが認められる
十十 ：陽性 一部に僅かにコロニーが認められる
十十十 ：陽性 大部分に僅かにコロニーが認められる

iii. 粒体中の洗浄液の残存濃度を下記の表に示す。

供試品	残存濃度 (%)
未洗浄	0.0006
乾燥機	0.0036
天日干し	0.0001 以下
密閉保管	0.0002

8.4 考察

今回の実験結果から洗浄後の粒体からは菌はほとんど認められなかった。ごく僅かに残存した菌は洗浄液が粒体の内部まで完全に浸透しなかったためであると思われる。これも洗浄液に浸漬時間を延長すれば問題はないと思われる。もまた、保管後の両粒体からも菌は認められなかった。これにより、ある程度湿気のないところに保管すれば、それほど保管方法は気にせずとも菌は繁殖しないことが判明した。また、粒体洗浄に用いた洗浄液ももともと人体に害のないものでしかもこの残存濃度では殆ど影響がない。よって、粒体の洗浄及び保管方法は本実験方法による順序で行っていくことで問題はない。しかしながら、現在、土佐山田町にある介護老人ホーム山田荘の方に製作中であるモニターのための実用機では粒体の形状等が少し異なるため、今後も実験を続けていく必要がある。

9. 結言

粒体噴流化式自動身体洗浄・入浴介護装置における洗浄効果測定方法は確立された。また、粒体の洗浄効果測定方法も確立された。さらに、粒体の洗浄及び保管方法もほぼ確立された。しかしながら、現在、土佐山田町にある介護老人ホーム山田荘の方に製作中であるモニターのための実用機では噴流化状態、浴槽の内寸、シャワーノズル

の位置、粒体の形状等が少し異なるため、今後も同様の実験を続けていく必要がある。加え、粒体の洗浄効果測定方法については身体と人工汚染布との汚れの洗浄程度の相関性、また、身体皮膚上の脂肪分は完全に洗浄してしまうと外部からの刺激に直接さらされる事により人体に悪影響を及ぼす可能性がある。そのため、どの程度身体皮膚上から脂肪分を取り除くのが適当か等を調査する必要がある。

11.謝辞

この研究開発にあたり、指導教授である横川明教授、兼松エンジニアリング（株）山中義一氏をはじめとする方々、及び、乾商事（株）浦岡慎司氏をはじめとする方々にご指導、ご協力を得たことをここに感謝し深くお礼申し上げます。

10.参考文献

「洗うーその文化と石鹼・洗剤ー」

藤井徹也

「洗剤の洗浄の科学」

中西茂子

「暮らしの中の洗浄」

辻すすむ

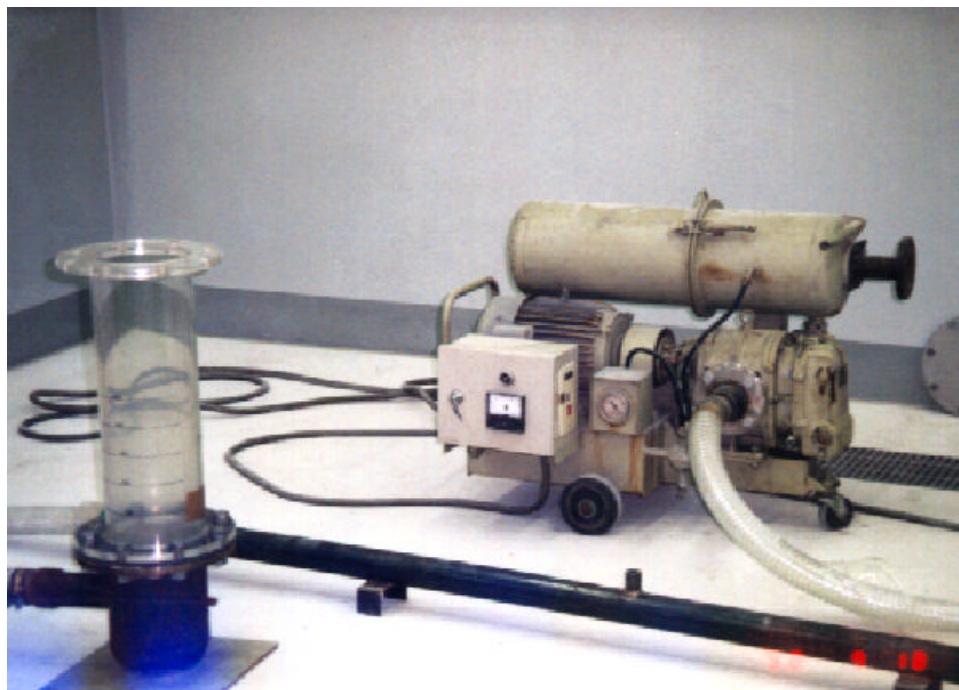


写真 1 粒体流動化式基本実験装置

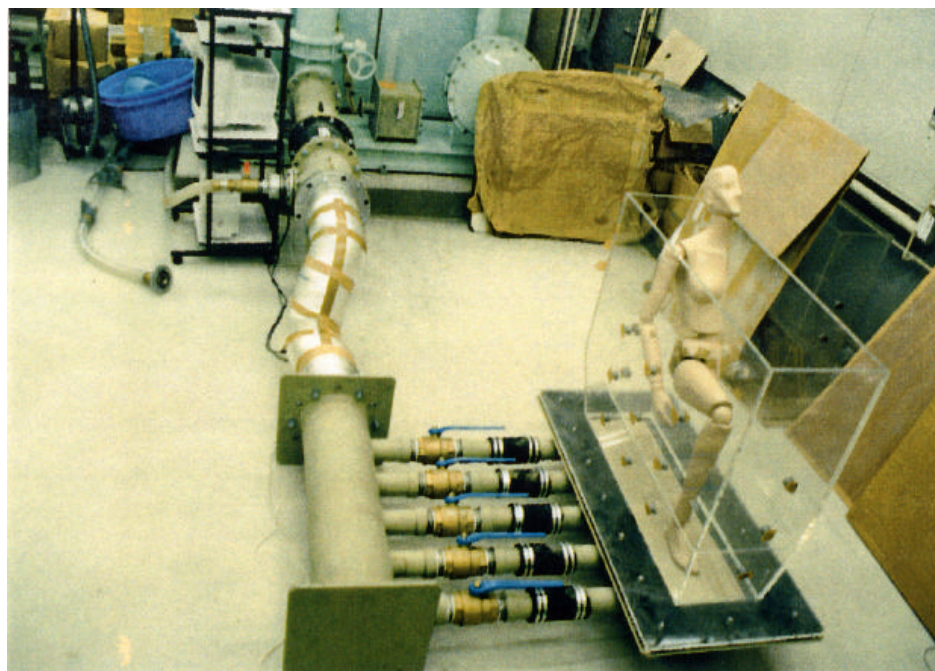


写真 2 可視化実験装置



流動化実験

噴流化実験

写真 3 可視化実験装置による実験

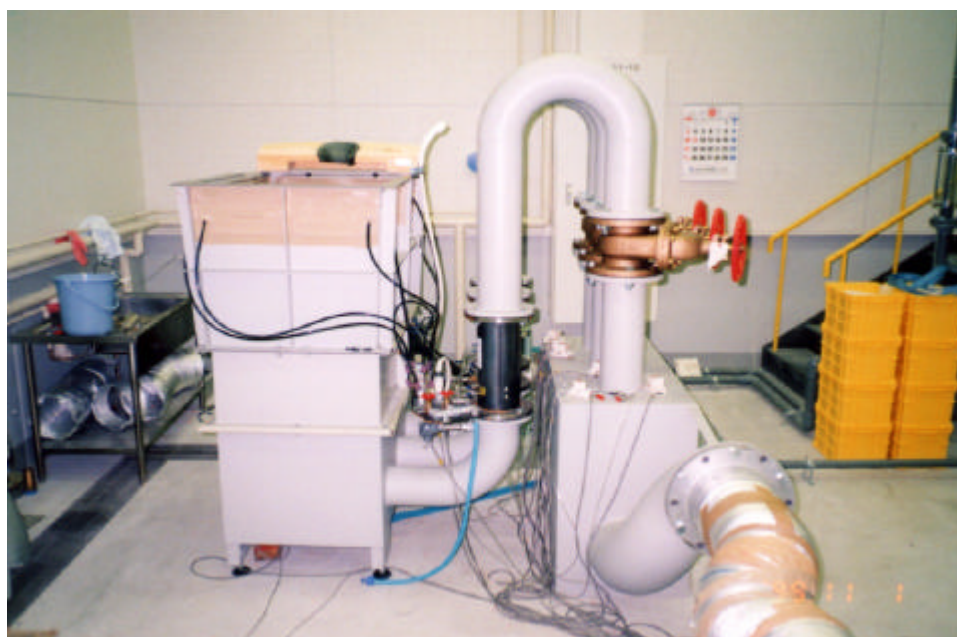


写真 4 身体洗淨実験装置

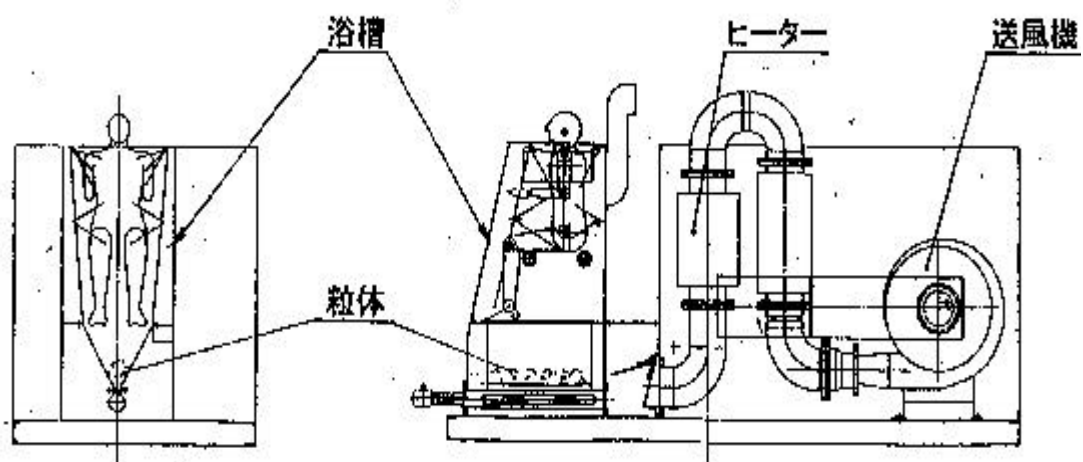


図 1 粒体噴流化式身体洗浄試作機概略図

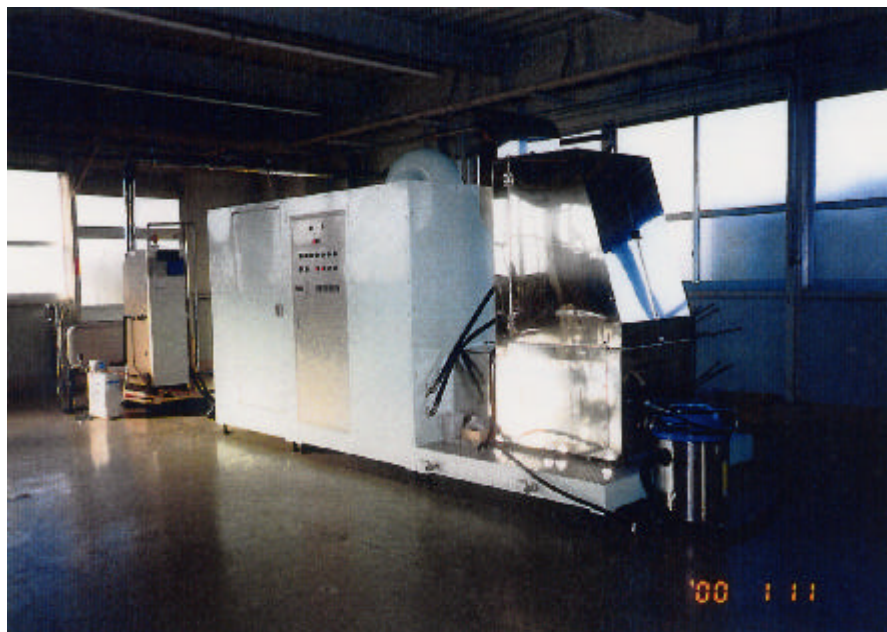


写真 5 粒体噴流化式身体洗淨試作機（装置全体）



写真 6 粒体噴流化式身体洗淨試作機（浴槽内部）

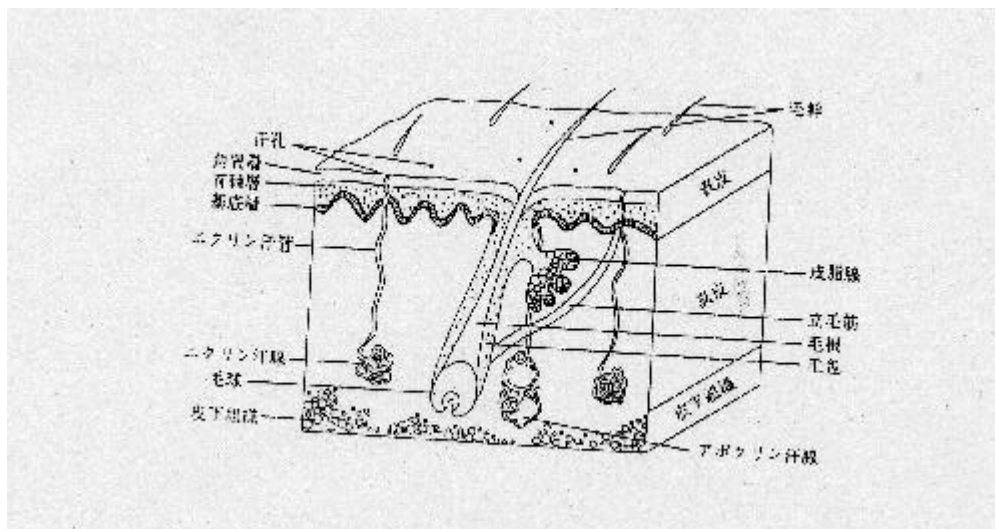


図2 皮膚の断面構造

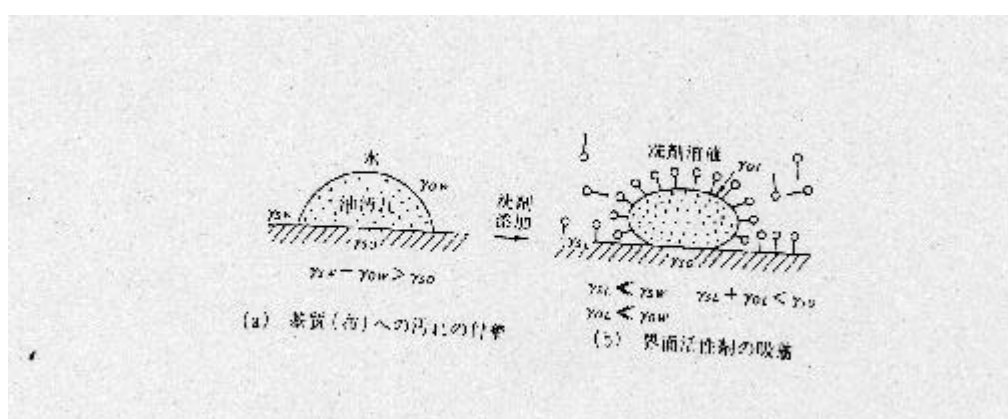


図3 界面活性剤の添加によって起こる汚れの脱離

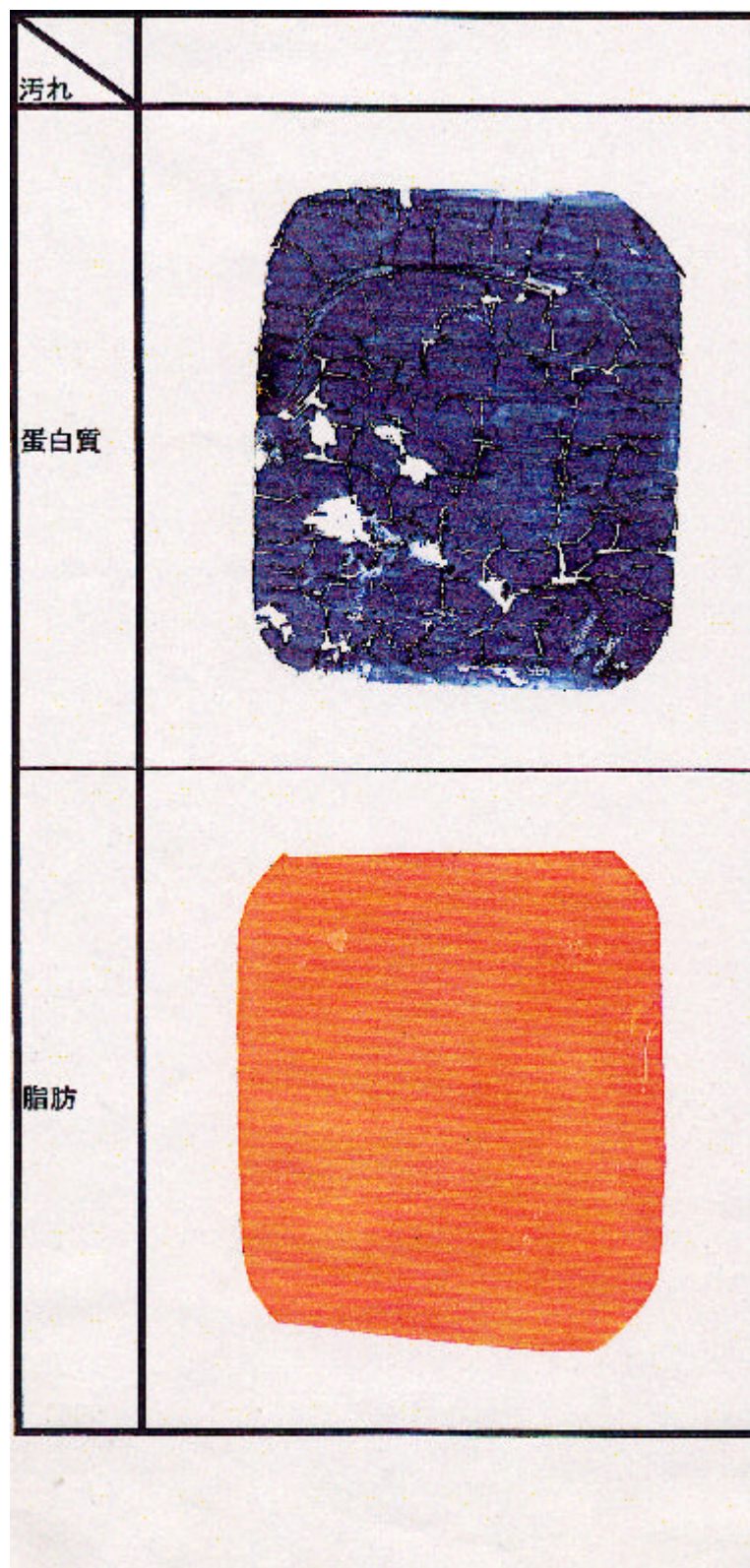


図 4 洗浄前の試験片

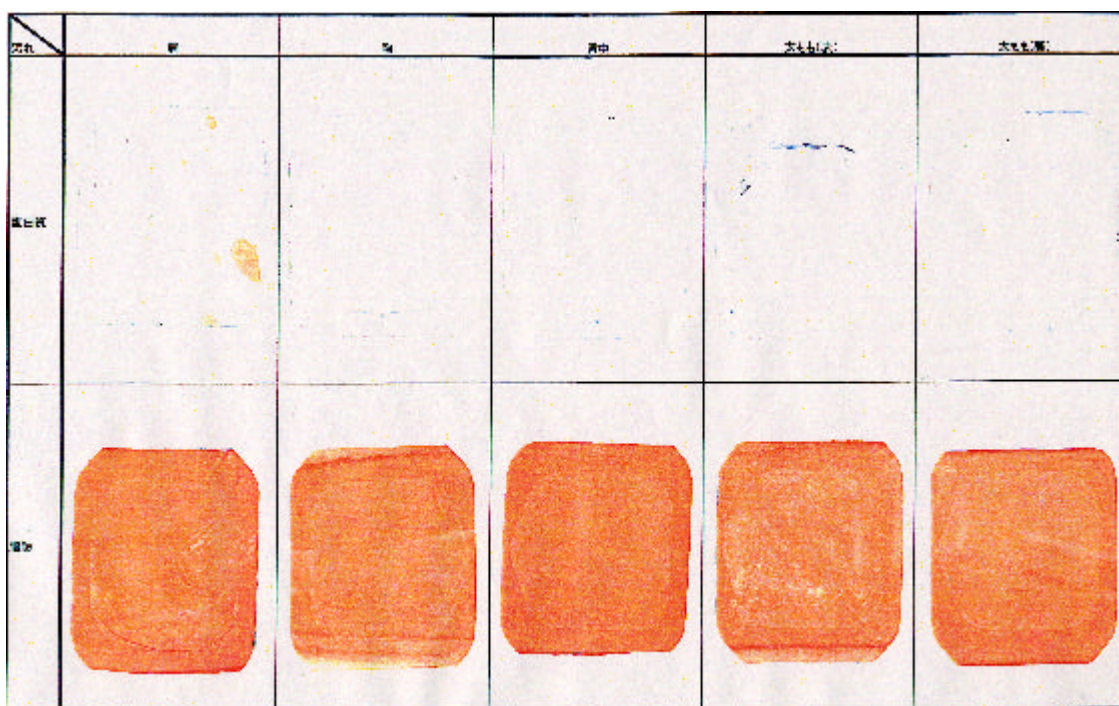


図5 シャワー洗浄のみ

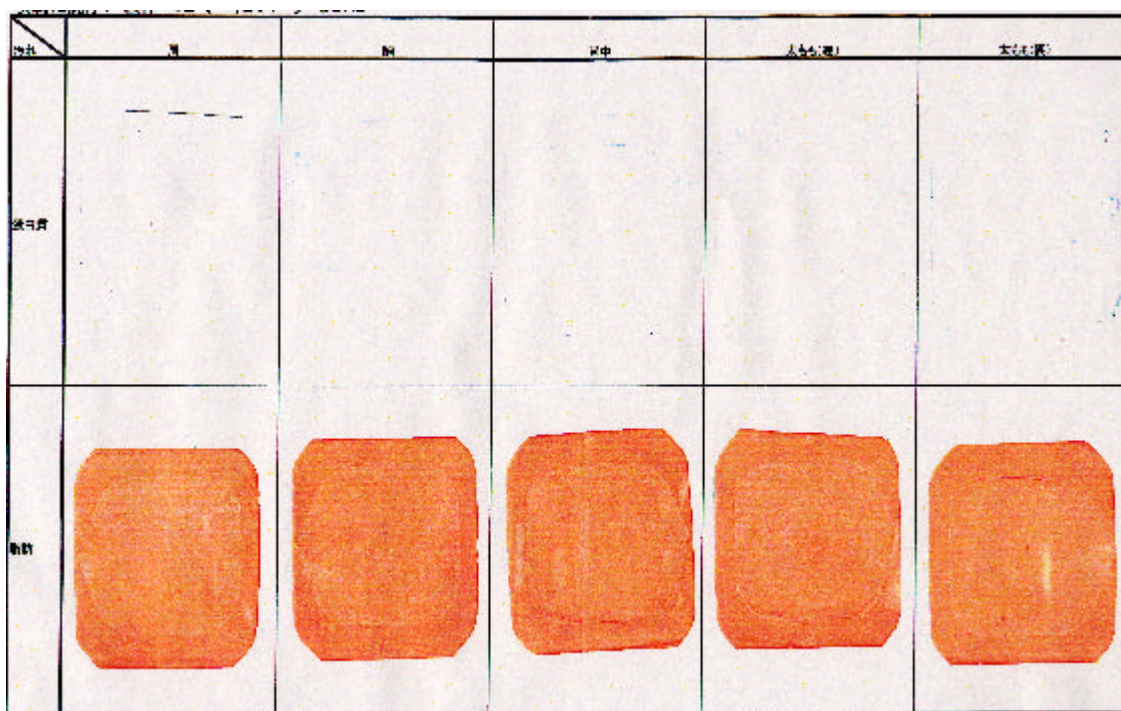


図 6 噴流化洗浄 粒量 4L、インバータ 30Hz

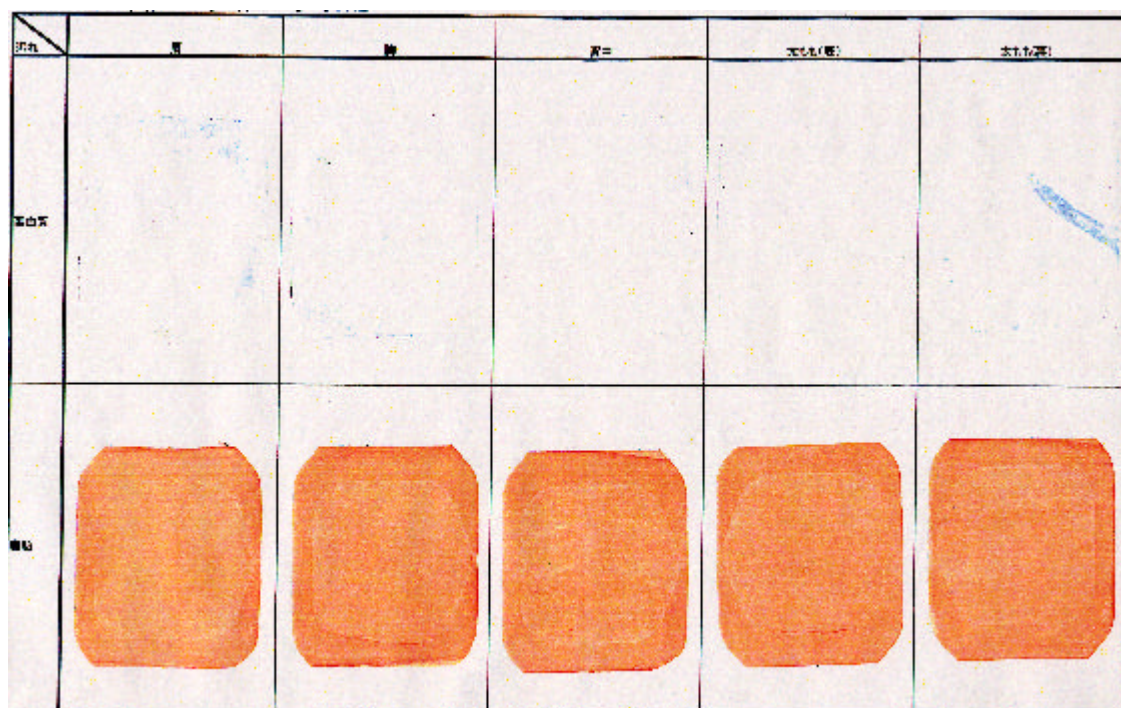


図 7 噴流化洗浄 粒量 4L、インバータ 35Hz

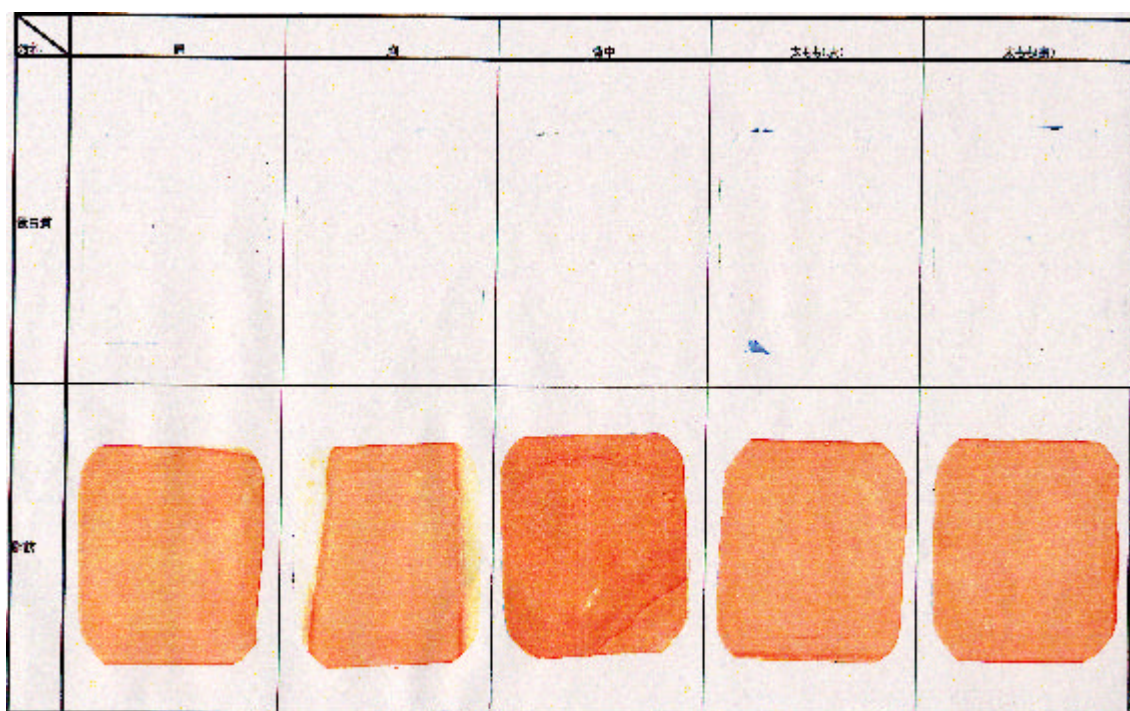


図 8 噴流化洗浄 粒量 6L、インバータ 30Hz

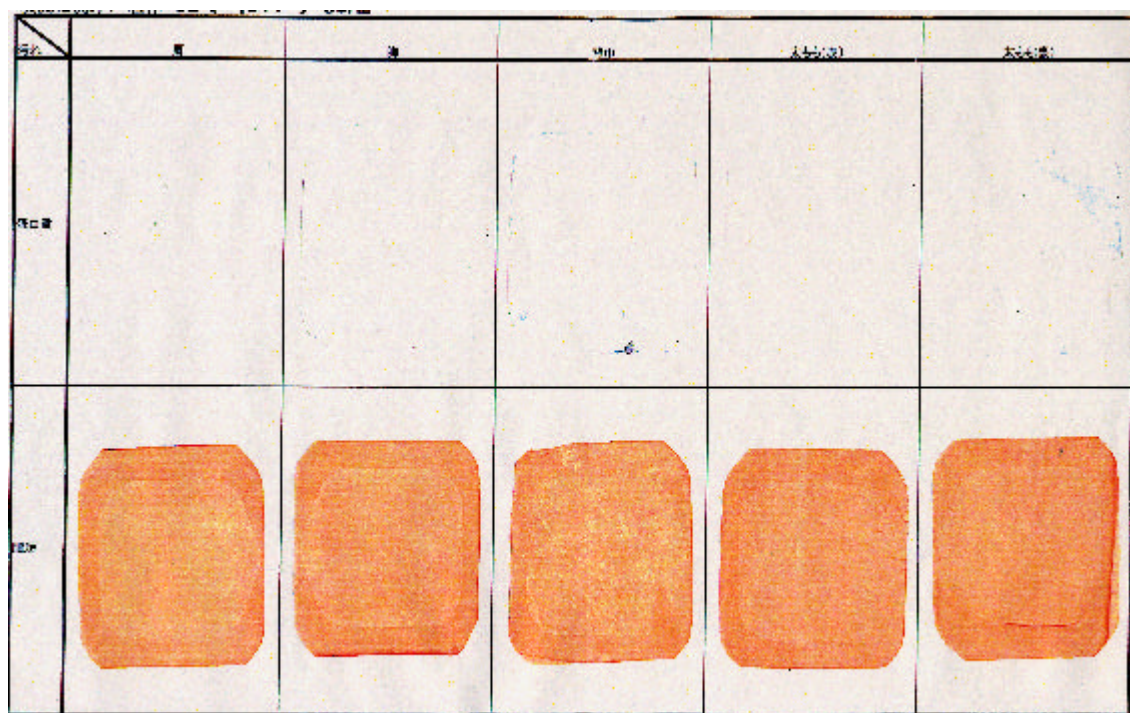


図 9 噴流化洗浄 粒量 4L、インバータ 35Hz



写真 7 蛋白質の汚れの比較

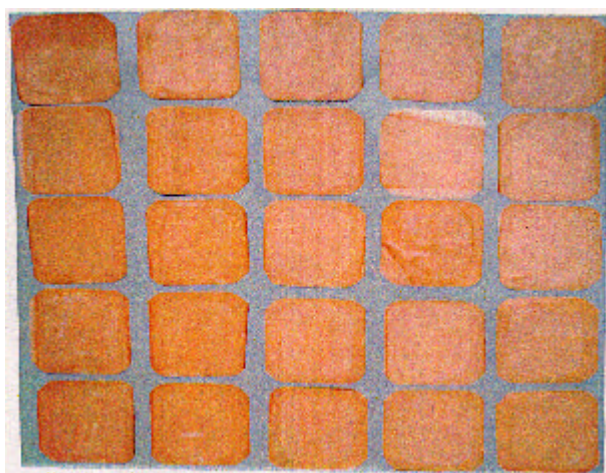
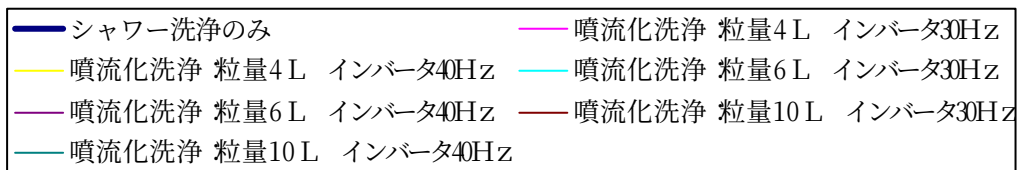
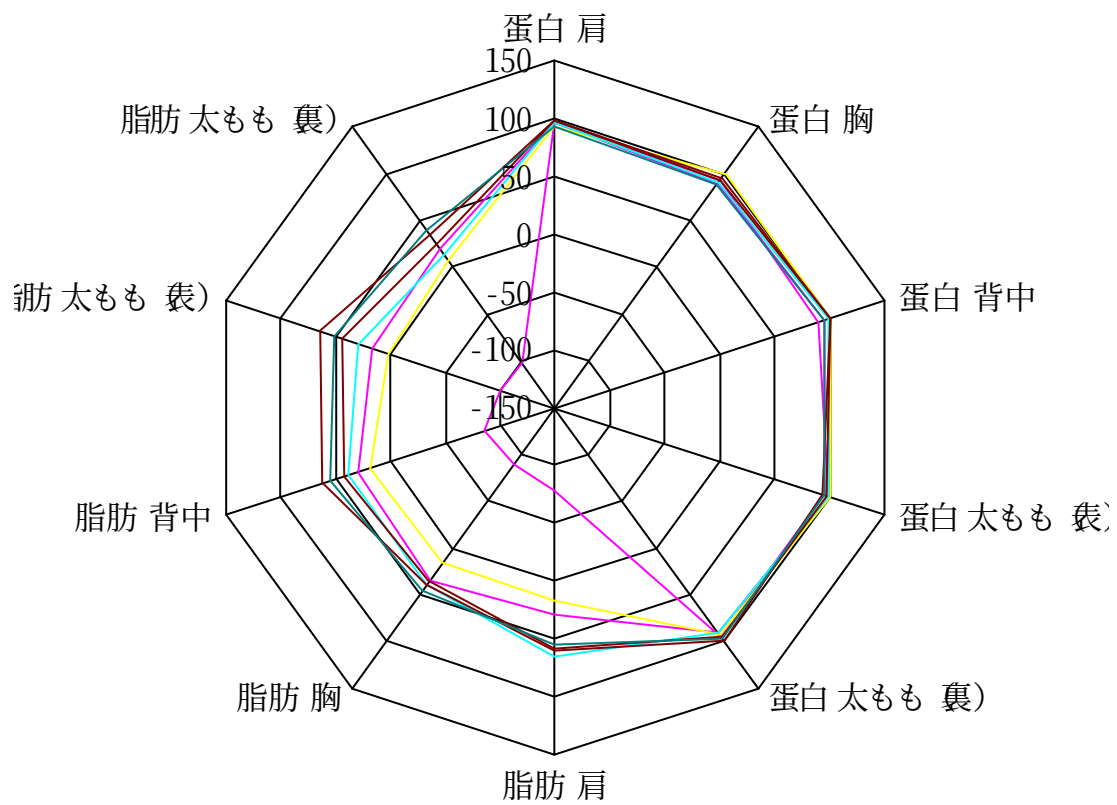


写真 8 脂肪の汚れの比較



グラフ 1 洗浄力の比較 (%)

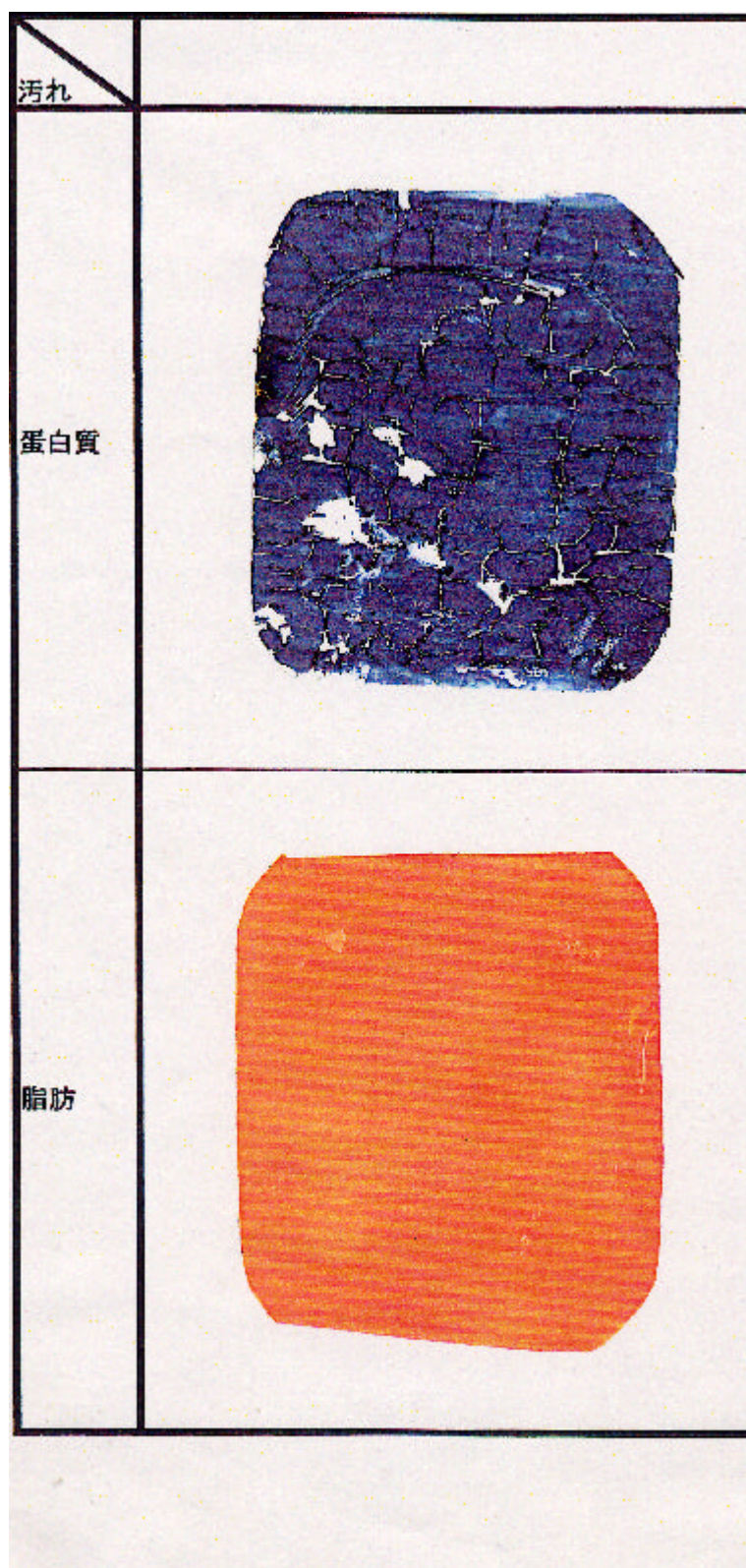


図 10 洗浄前の試験片

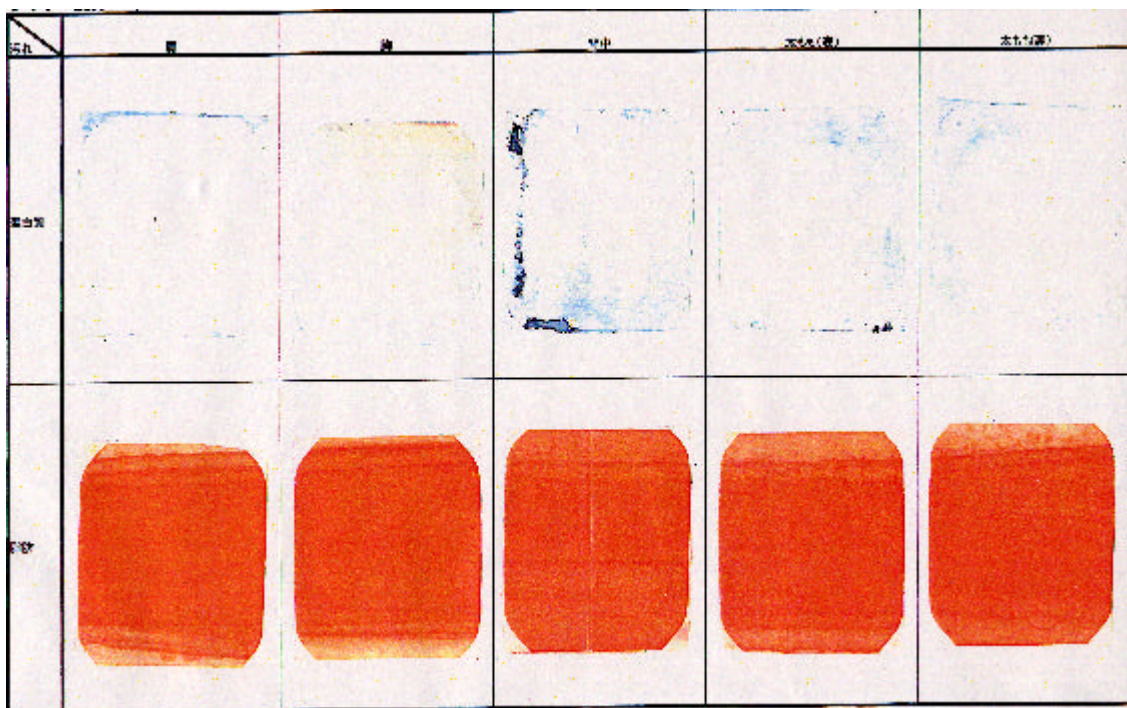


図 11 シャワー洗浄のみ

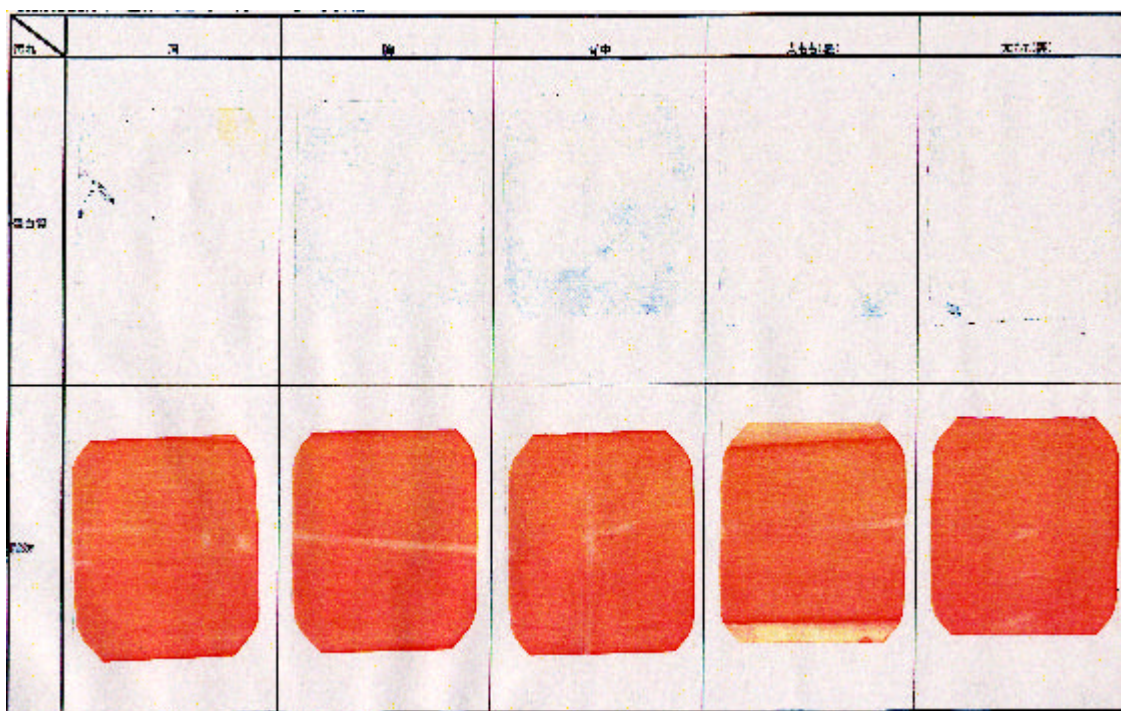


図 12 噴流化洗浄 粒量 4L、インバータ 30Hz

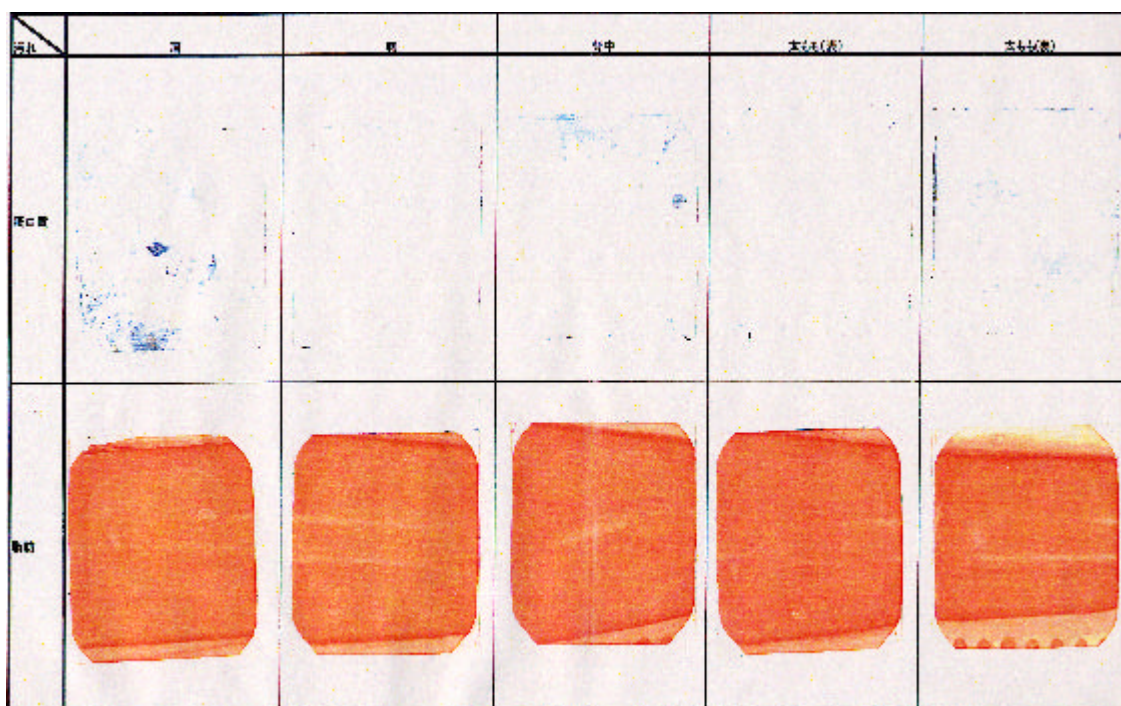


図 13 噴流化洗浄 粒量 4L、インバータ 40Hz

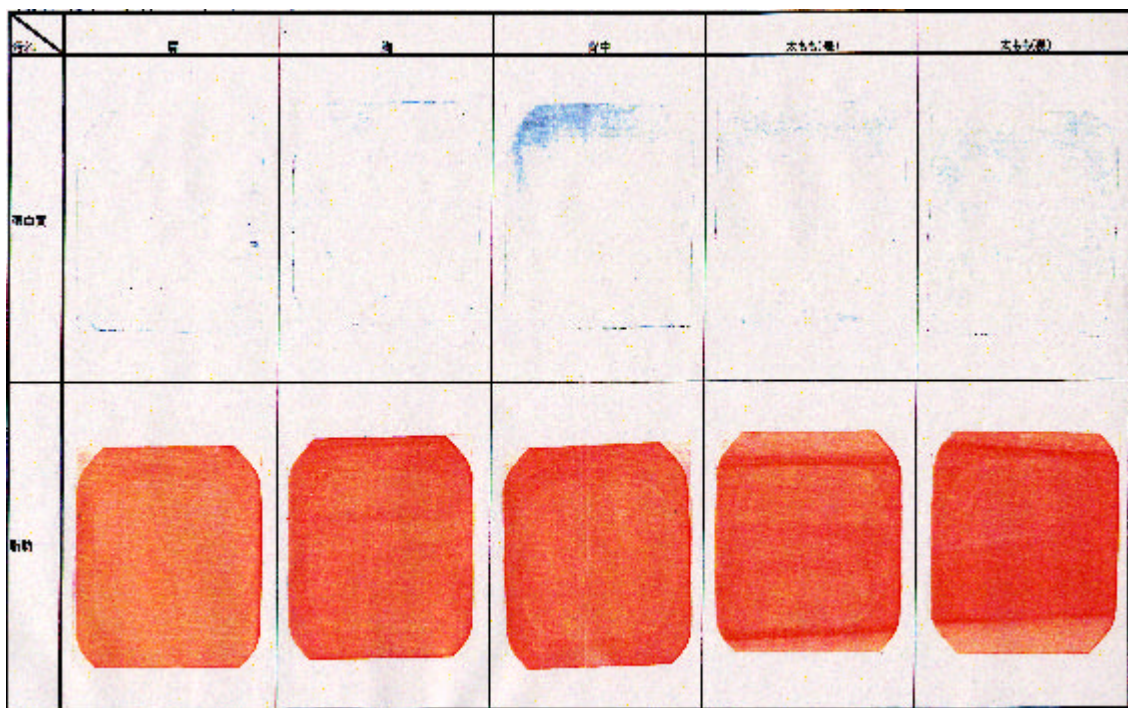


図 14 噴流化洗浄 粒量 6L、インバータ 30Hz

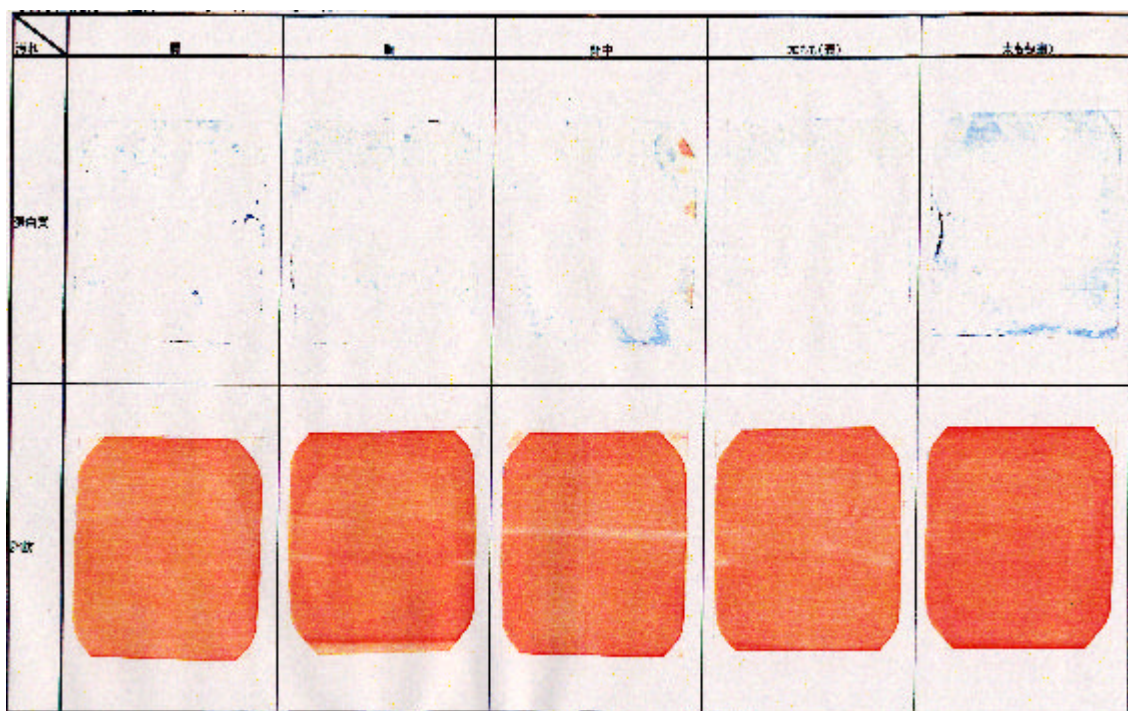


図 15 噴流化洗浄 粒量 6L、インバータ 40Hz

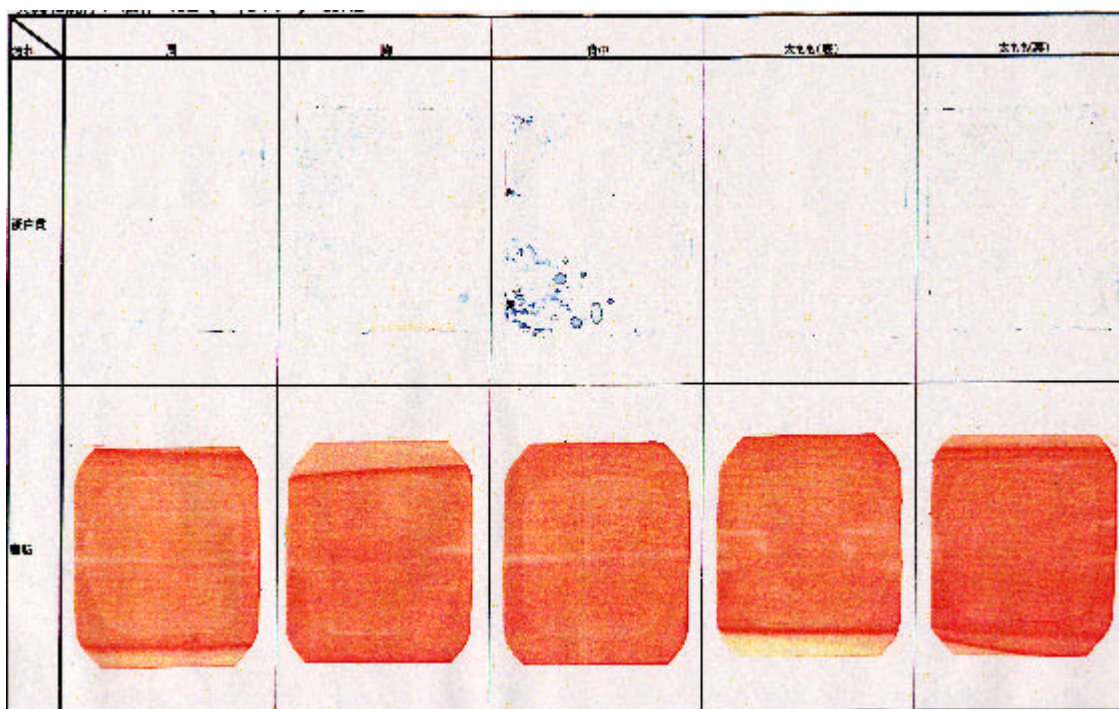


図 16 噴流化洗浄 粒量 10 L、インバータ 30H z

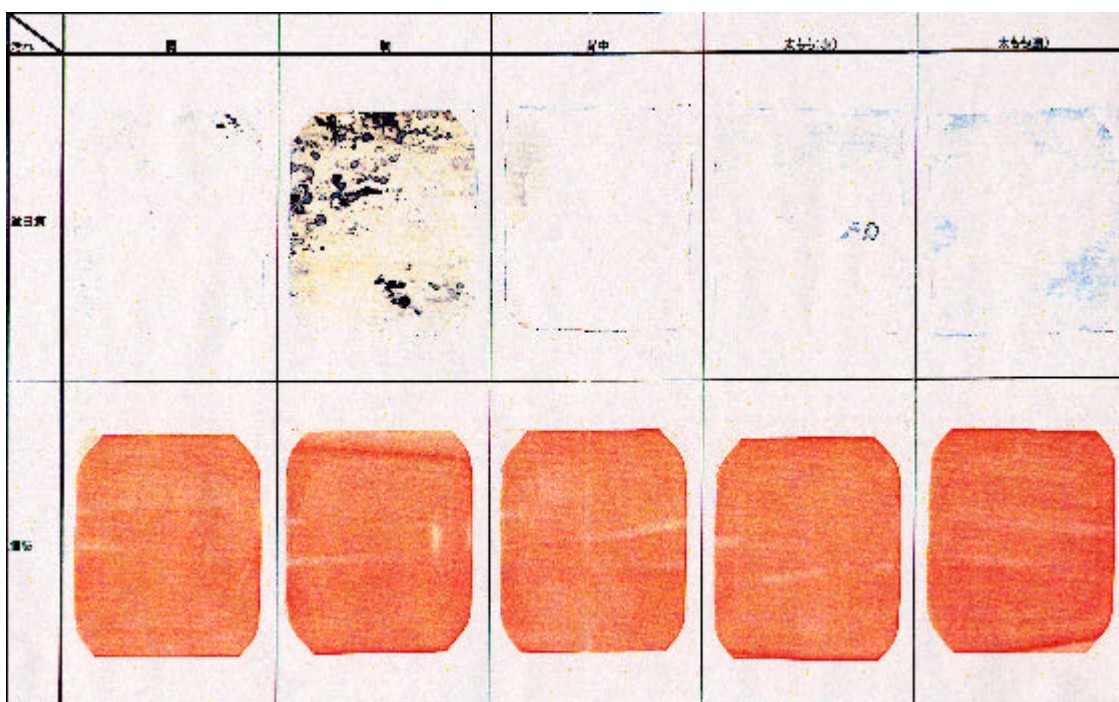


図 17 噴流化洗浄 粒量 10 L、インバータ 40H z

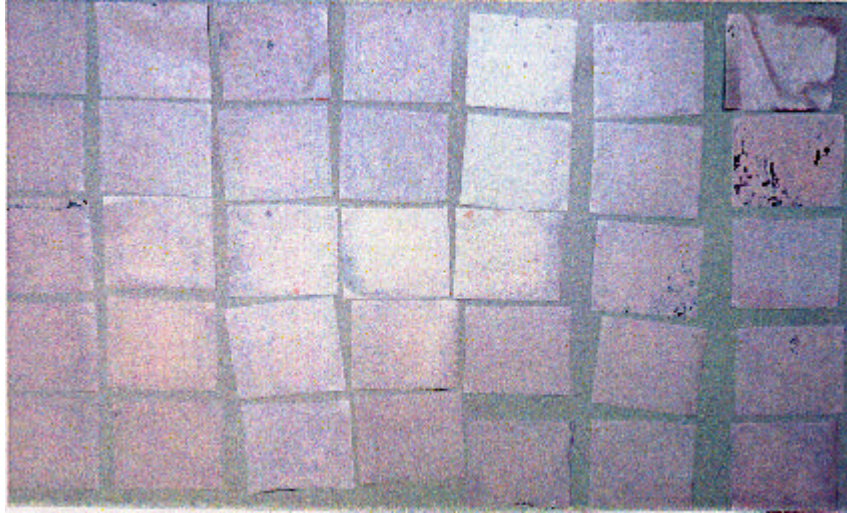


写真 9 蛋白質の汚れの比較

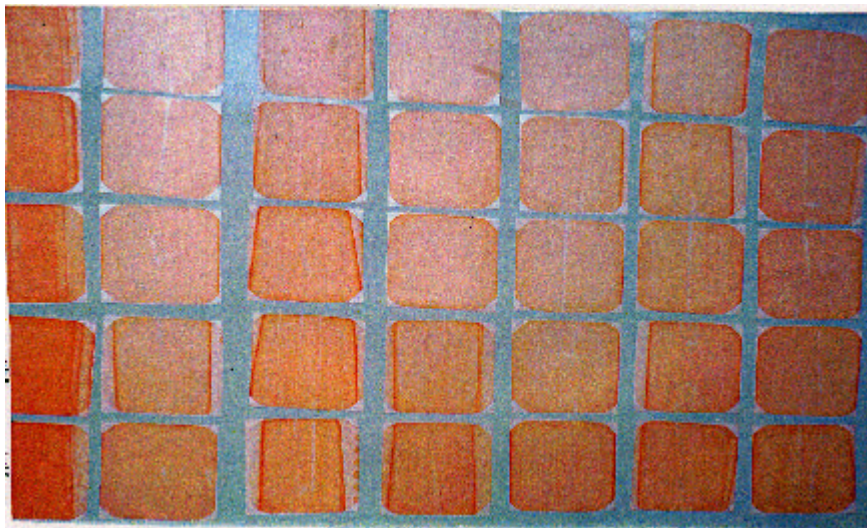
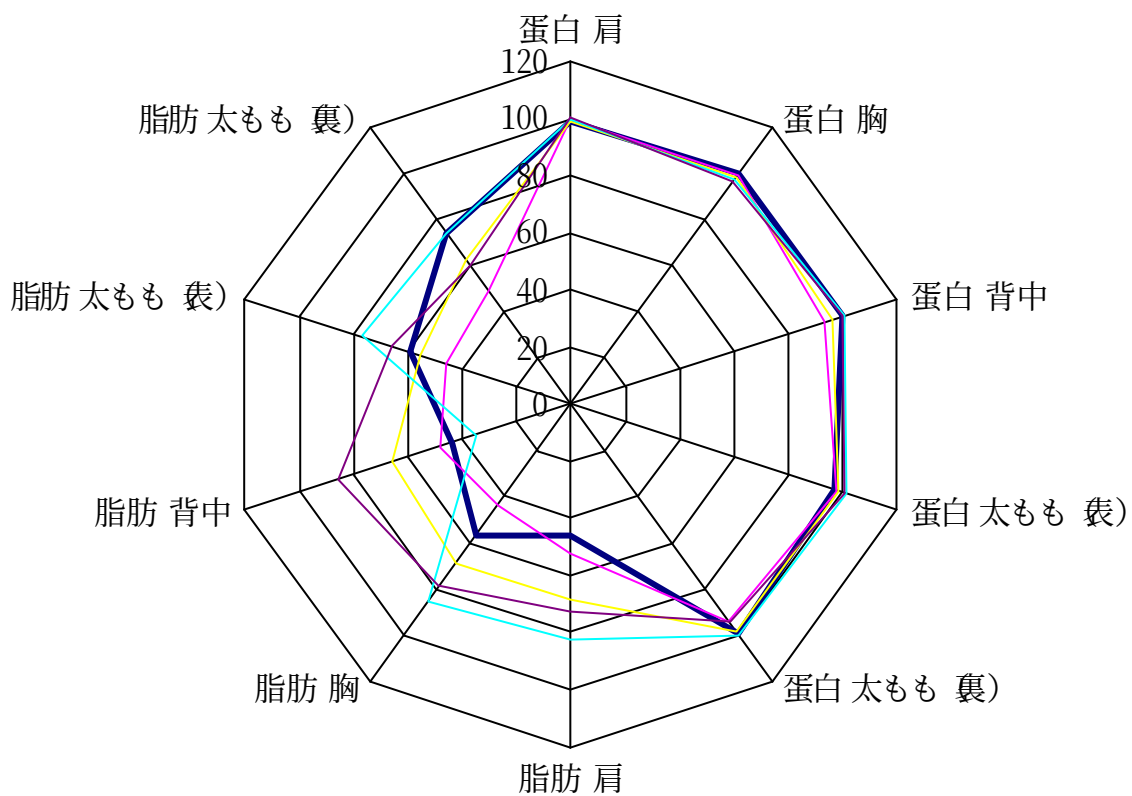
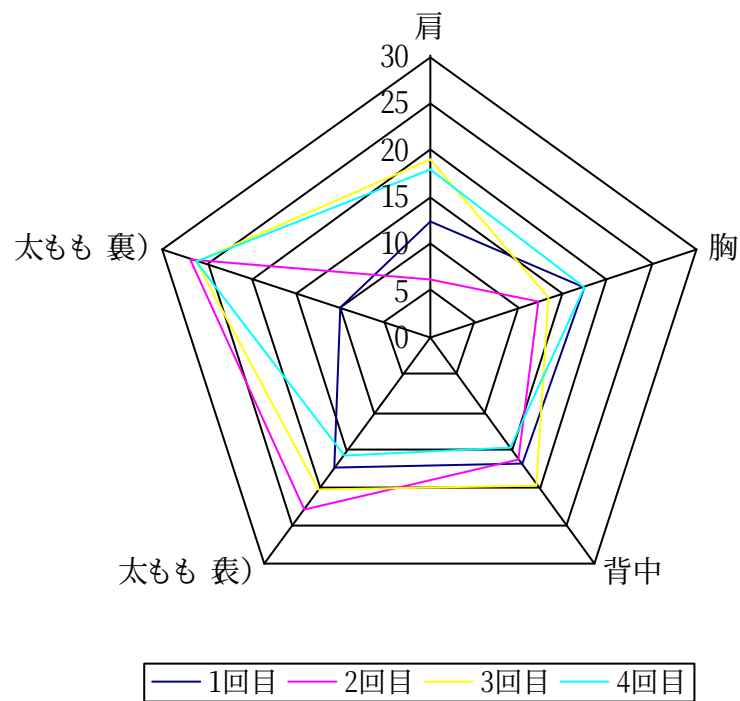


写真 10 脂肪の汚れの比較

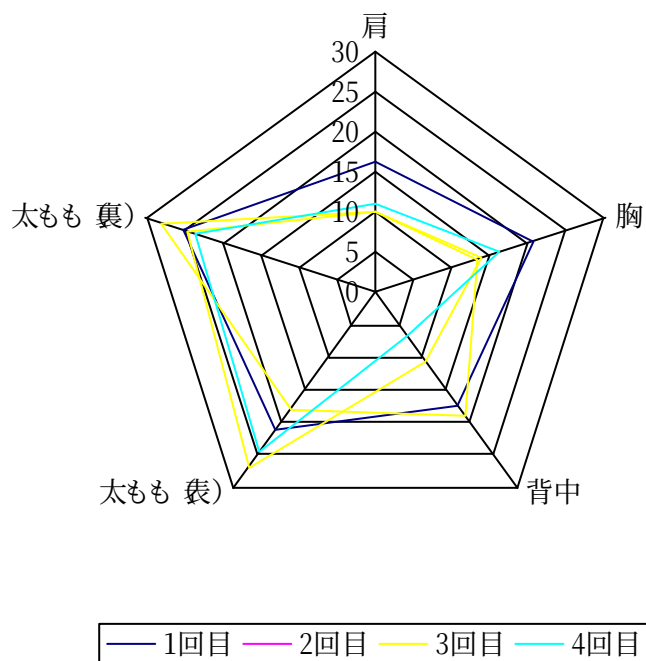


■ シャワー洗浄のみ
 ■ 噴流化洗浄 粒量4 L インバータ30Hz
 ■ 噴流化洗浄 粒量4 L インバータ35Hz
 ■ 噴流化洗浄 粒量6 L インバータ30Hz
 ■ 噴流化洗浄 粒量6 L インバータ35Hz

グラフ 2 洗浄力の比較 (%)



グラフ 3 右半身の洗浄力の比較 (%)



グラフ 4 左半身の洗浄力の比較 (%)

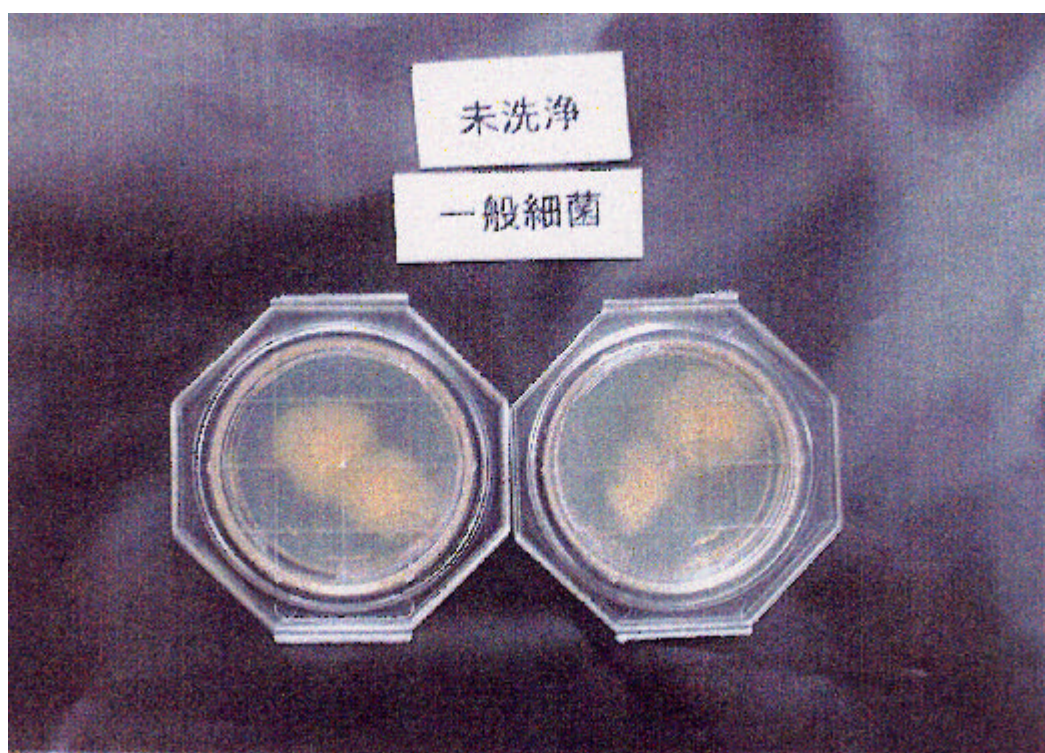


写真 11 身体洗淨後未洗淨（一般細菌）

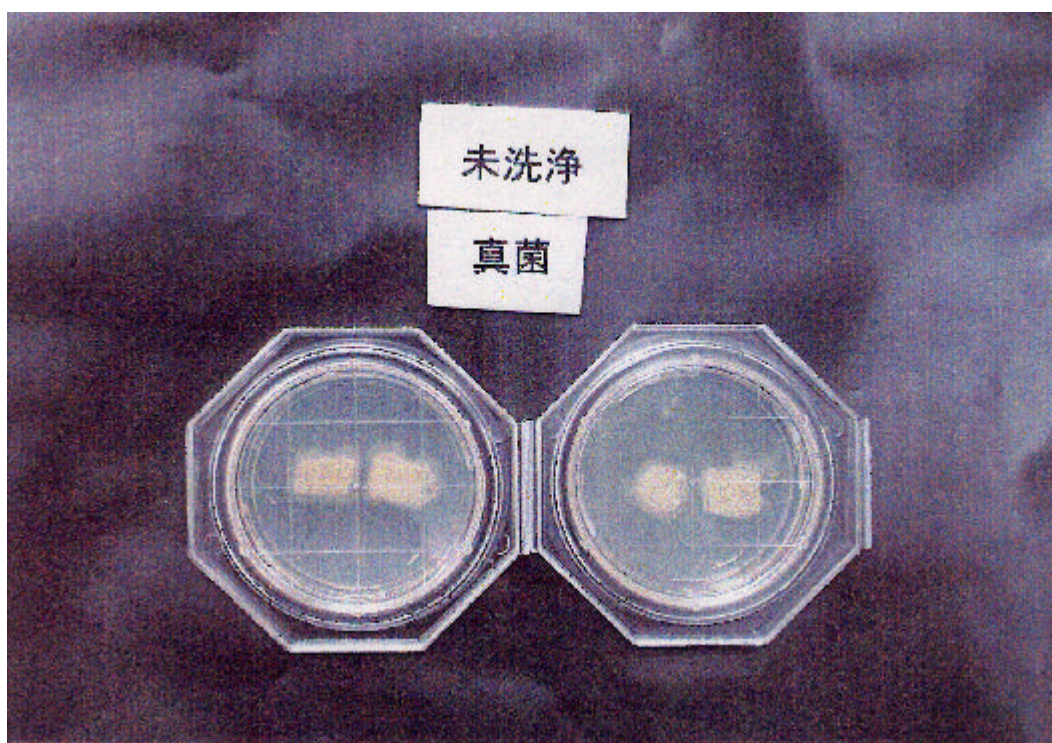


写真 12 身体洗淨後未洗淨（真菌）



写真 13 ニッサンアノン#300 に 10 分間浸漬後、乾燥機にて乾燥（一般細菌）



写真 14 ニッサンアノン#300 に 10 分間浸漬後、乾燥機にて乾燥（真菌）



写真 15 ニッサンアノン#300 に 10 分間浸漬後、天日干ししたもの（一般細菌）



写真 16 ニッサンアノン#300 に 10 分間浸漬後、天日干ししたもの（真菌）



写真17 ニッサンアノン#300に10分間浸漬後、乾燥機にて乾燥させ、密閉保管（一般細菌）



写真18 ニッサンアノン#300に10分間浸漬後、乾燥機にて乾燥させ、密閉保管（真菌）



写真 19 ニッサンアノン#300 に 10 分間浸漬後、乾燥機にて乾燥させ、大気中に保管（一般細菌）



写真 20 ニッサンアノン#300 に 10 分間浸漬後、乾燥機にて乾燥させ、大気中に保管（真菌）