

化粧品の物性評価法

田中 丈之 (株) エー・アンド・ディ

〒170-0013 東京都豊島区東池袋 3-23-14, Tel 03-5391-6126, Fax 03-5391-6129, E-mail : ttakeyuki@nifty.com

1 はじめに

コーティング材料には非常に多くの材料がある。“塗る”という観点から考えると化粧品は塗料や接着剤、他と同様にコーティング材料と言える。いずれも液状材料で被塗物あるいは基材と呼ばれる材料（化粧品においては爪、肌、毛髪等）の上に薄く塗られ、乾燥固化して付与された機能を果たす。これらは被塗物への付着効果を受けていろいろな機能を発揮する。塗料、接着剤であれば金属やプラスチック、等入手しやすい材料が被塗物である。しかし、化粧品における基材は非常に困難である。如何なる材料を使えば機能を実用的に把握できるかが重要である。化粧品における乾燥挙動、乾燥後の機能（物性）評価法について述べる。

2 化粧品とは

薬事法によると人の身体を清潔にし、美化し、魅力を増し、容貌を変え、または皮膚もしくは毛髪をすこやかに保つために、身体に塗擦、散布その他これらに類似する方法で使用されることが目的とされている物で、人体に対する作用が緩和なものを言う。具体的には① メーキャップ化粧品、② 基礎化粧品、③ ヘアー用製品、④ 香水、⑤ トイレタリー製品（歯磨き、シャンプー、リンス、入浴剤、身体用石鹸など）が含まれている。

化粧品は、a 基本ベース、b 配合成分、c 香料と色素、d 補助成分で構成されている。これら4種の構成成分は商品のコンセプト、安定性、使用感などの目的のために配合されている。

基本ベースは化粧品の基材となる成分で、油性成分、水性成分、粉末成分、乳化や可溶化のための界面活性剤など表1に示す成分である。

配合成分とは基本ベースに命を吹き込む役割を担う表2に示す成分である。

香料と色素は化粧品に存在感をもたらす役目を持つ。視覚や嗅覚が及ぼす心の作用が、肌にも影響することが判明しており、化粧品には大切なポイントである。

補助成分としては表3に示す成分がある。商品の品質を保たせたり、安全と言う重要な役目を付与する。

表1 基本ベース

油性成分	油脂	ヒマシ油, ツバキ油, オリーブ油, アプリコット油など
	高級脂肪酸	ステアリン酸など
	ロウ類	ミツロウ, ホホバ油など
	炭化水素	ワセリン, 流動パラフィン, スクワランなど
	高級アルコール	セタノール, イソステアリアルアルコールなど
	エステル油類	〇〇〇エステル
水性成分	精製水	水質基準に適合した「上水道水」を原水として、金属イオンを除去したもの。
	アルコール	主に、エチルアルコール
	増粘剤	カルボマー, キサンタンガムなど
粉末成分	有色顔料	アルミナなど
	白色顔料	酸化チタン, 酸化亜鉛など
	パール剤	酸化鉄, 雲母系合成パールなど
	体質顔料	タルク, カオリン, マイカなど
界面活性剤 (乳化・分散・可溶化剤)		ステアリン酸グリセリル, ジメチコンコポリオールなど

表2 配合成分

保湿成分 (柔軟剤)	加水分解コラーゲン, グリセリン, 塩化ステア リルトリメチルアンモニウム, プロピレン グリコール, ヒアルロン酸ナトリウム, ラベン ダー油など
収斂成分 (制汗剤)	クエン酸, 乳酸, 硫酸アルミニウム, レモン水, ハマメリスなど
清涼成分	メントール, エタノール, カンフル, ユーカ リ油など
紫外線防止剤	酸化チタン, 酸化亜鉛, オクチルトリアゾ ンなど

表3 補助成分

防腐剤	パラベン, ソルビン酸など
酸化防止剤	トコフェロール (ビタミンE), アスコルビン 酸など
金属封鎖剤	エデト酸ナトリウムなど

3 化粧品の膜形成と試験法

3.1 化粧品の造膜

化粧品は皮膚, 毛髪に使用されることが多くある。これらに化粧品を塗ると“濡れ”や“種々な浸透”が起こり, さらに溶剤や水の蒸発により乾燥する。乾燥すると種類によっては網目を形成して機能を果たす化粧品もある。

“濡れ”については良く, 表面張力で評価される。しかし, 化粧品における基材の面は均一ではない。さらに, 表面の濡れだけでなく, 浸透もある。また濡れ・浸透は化粧品が接すると直ぐ始まるので測定は単純ではない。これには一工夫が必要である。

膜を形成する化粧品としてマニキュアやマスカラ, 口紅, 付け睫毛などがある。この乾燥には溶剤 (含む, 水) などの揮発成分の挙動が問題である。図1に溶剤の蒸発モデル図を示す。蒸発過程には3つの過程がある。① 恒量蒸発過程 (溶剤-溶剤の接点からの蒸発), ② 内部律速過程 (樹脂に溶解あるいは吸着している溶剤の蒸発), ③ 膜中残留溶剤蒸発 (膜中に約10%程度残る溶剤の蒸発) である。①の過程での蒸発は沸点に依存し, ②の蒸発過程より早い。①と②での蒸発速度差があると, 表面が乾燥膜となり溶剤が内部に保持される。この現象が起こると表面に“シワ”が出来たり, 柔らかい膜

となる。化粧品が固化するには基本ベースが図2に示す橋架け構造を形成する。この橋架け構造には4種ある。その1は化学的橋架けである。付け睫毛に使用する瞬間接着剤のケースがある。その2は物理化学的橋架けである。マニキュアや整髪剤などに使用する着色剤は分散させるために界面活性剤や基本ベースが着色剤に吸着する必要がある。また, 皮膚や毛髪にしっかり付着する必要もある。この付着も吸着と共に物理化学的な橋架けである。基本ベースとして使用する成分の中で樹脂状成分は溶剤や水の蒸発によって起こる対流で絡み合う。この絡合は化学結合と似た結合となる。これらは橋架けである。これらが複雑に絡み合って網目構造となる。この橋架けは化粧品の場合は室温から体表面温度 (約30℃) で起こる。

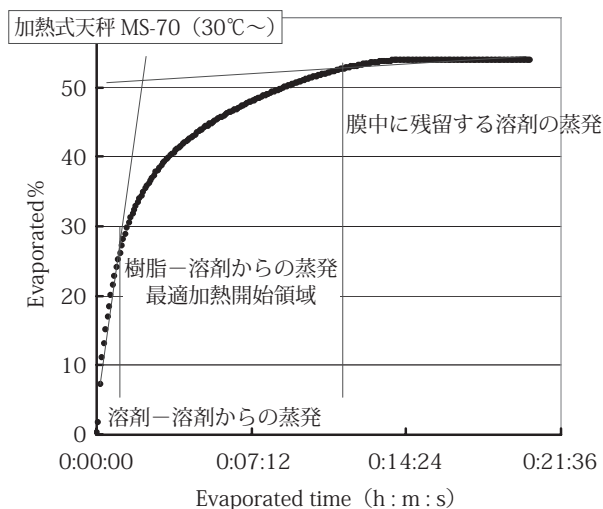


図1 加熱開始最適時間の測定 (加熱天秤)

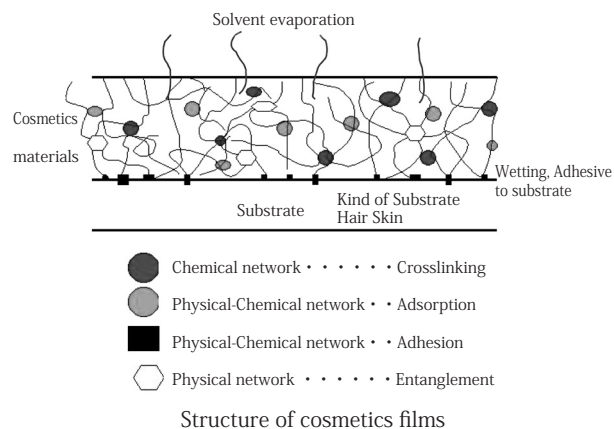


図2 化粧膜の構造

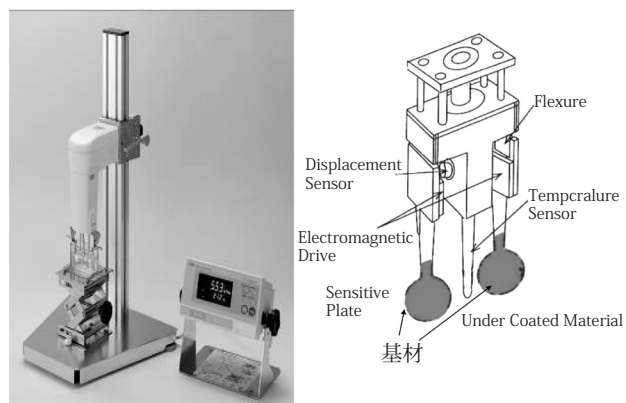


図3 振動式物性試験機

3.2 “濡れ”

図3に音叉式物性試験機のセンサー部を示す。通常はセンサーはステンレス (SUS) である。そのセンサー部に目的にあった人工皮膚または皮膚と類似した物性を示す材料を基材として貼り、化粧品の中で振動させる。基材に液体が良く濡れるとセンサーの振動にブレーキが掛かる。一定振幅振動するように流す電流を応力で示すことによって濡れの応力 (mN) で表示する。センサー部に種々の基材 (プラスチック、金属) を貼り、液状エポキシ樹脂を測定すると図4のように基材に対する濡れ応力が異なるため振動振幅が異なる。これを一定振幅にするための電流値を応力として表示すると濡れ性を評価できる。浸透性は濡れてから浸透するので濡れ後の変化から浸透は試験でき、その変化から浸透量を求めることが可能である。

3.3 膜形成過程試験

膜形成過程の試験法は数多くある。化粧品においては人工皮膚や毛髪などの上に塗られて、溶剤、水が蒸発しながらの膜形成試験が実用的に必要である。それを満足する装置が剛体振子型物性試験器 RPT-3000W ((株) エー・アンド・デイ製) である。剛体振子型物性試験器は通称 FDOM (Free Damped Oscillation Method) と呼ばれ、ISO/TC35 (Paints and varnish) / SC9 (Test

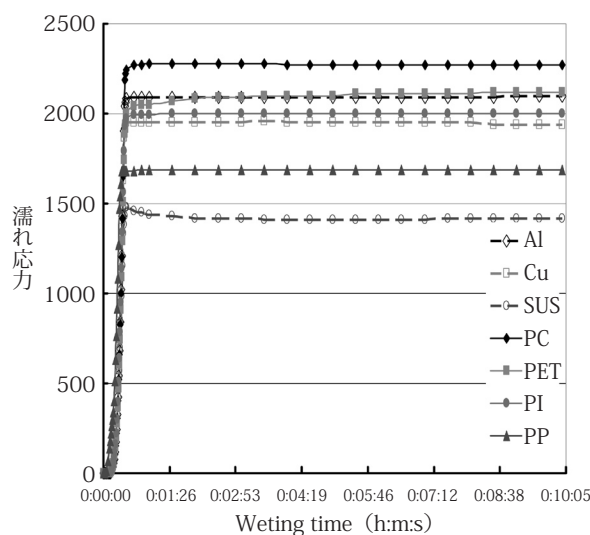


図4 基材によるエポキシ樹脂の濡れ性

Method) において規格検討され、ISO 12013 となっている。その原理図を図5に示す。剛体振子の上部に付けた、ナイフエッジを基材 (人工皮膚等) の上に実用的な厚さに塗られた化粧品に埋め込み、基材に支点を作る。剛体振子に自由振動を与える。この振動は試料の粘性で

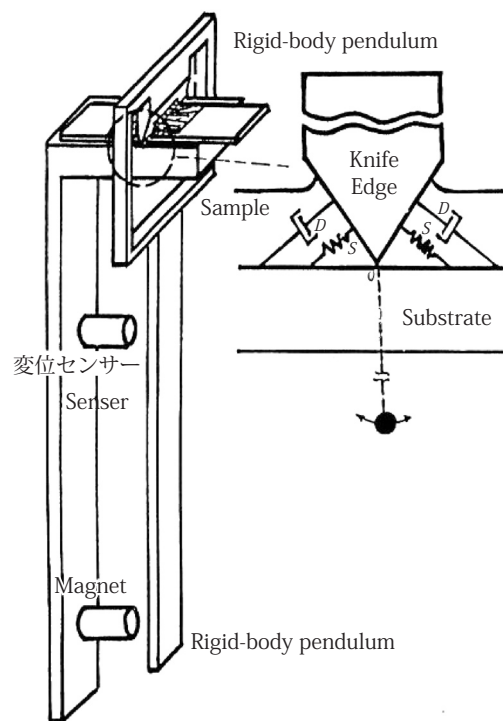


図5 剛体振子型物性試験器原理図

ブレーキがかかり振動は減衰する。また、網目の大きさは振動周期に反映する。そこで、この周期と減衰率を求めると試料の物性変化を評価できる。物性変化は溶剤、水の蒸発、図2に示す橋架け状態によって起こる。ナイフエッジの側面に試料が付着し、一方は基材に付着する。ナイフエッジの振動で試料に伸縮運動が働く。試料に網目があるところの網目の伸縮程度に左右されて剛体振子は動き、伸縮周期は変化する。すなわち、周期は試料の弾性変化を示すことになる。粘性要素である減衰率は対数減衰をするので、特性を対数値に変換し対数減衰率で表示する。剛体振子の運動から周期と対数減衰率を検知することによって試料の膜形成過程を評価することが出来る。

4 化粧品の試験例

4.1 Body Soap の洗浄性

液体石鹸で体を洗った後、洗剤を洗い流す時いくらお湯を掛けても洗剤が流れ落ち難かった経験は良くある。洗い落ちる効果を評価することは洗剤（Body Soap）の品質評価において重要である。図6のように音叉型物性試験機（TFP-10）のセンサー部に人工皮膚を貼る

（図6 上左図）。試験機を動かし振動が安定してから、センサーをBody Soap内に漬ける。人工皮膚への付着値は時間と共に低下する。石鹸が皮膚表面を濡らしていくにしたがってすべりが良くなり付着性が減少する。石鹸が皮膚を覆い、その後に積層すると数値が増加する。その後に洗剤をお湯（水）に置き換えて試験を続けると測定値は上昇する。洗剤が皮膚から離れ、皮膚と水の接点が多くなり上昇する。洗い流し性が良いと上昇が早くなり、洗い流し性が悪いと緩やかに上昇する（図7）。

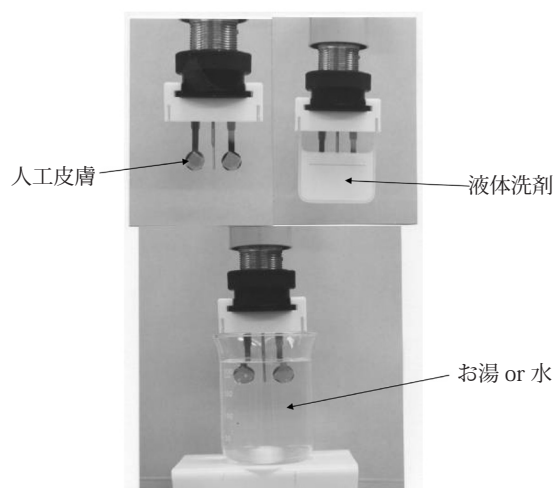


図6 液体洗剤の測定例

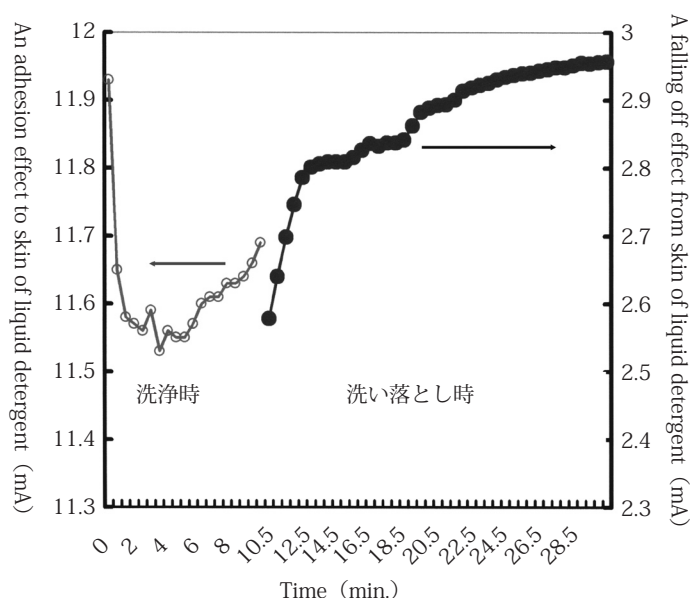


図7 A putting on and taking off effect to skin of liquid detergent

4.2 水系エマルジョンの乾燥

水系エマルジョンは化粧品においても多く利用される原料の一つでもある。剛体振子型物性試験器 RPT-3000W にて乾燥過程を試験した結果を図 8 に示す。水が蒸発すると系の固形分が増加し、粘性が増す。粘性が増すと剛体振子の振動にブレーキがかかる。すなわち、対数減衰率が増加する。水が減少するため粒子が接触する。少量含まれている溶剤によって粒子が溶解する。粒子が溶解すると図 2 に示す網目構造の内、化学的橋架け以外が発生する。そのため、周期 (T) が低下する。水が蒸発し終わると網目形成は終了するため周期、対数減衰率は平衡になる。その後、含まれていた溶剤が蒸発することによって系の粘性が増加している。

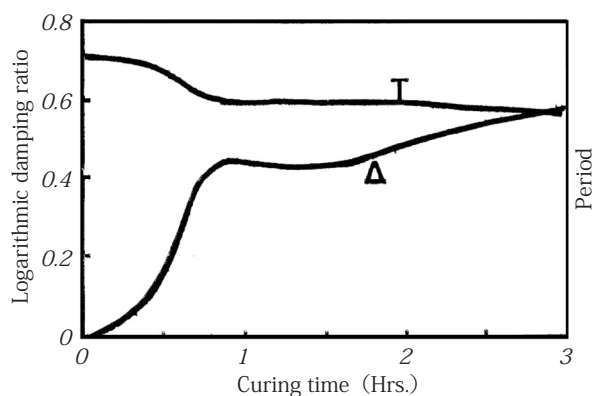


図 8 Curing process of water emulsion coating

4.3 マニキュア (Nail Enamel)

化粧品の中でも最も塗料に似た製品である。爪にハケ塗りされる材料であり、被塗物 (基材) としてはガラス板が官能検査特性とよく一致している。図 9 に測定結果を示す。周期、対数減衰率の変化は両サンプルとも同じであるが、○で囲った対数減衰率に違いが認められる。乾燥の初期に溶剤の蒸発による対流での絡合生成がサンプル A が若干多く出来ているが、その後の減少程度に大きな違いがある。このピークは乾燥過程に生成する歪 (硬化歪) の挙動を示す。サンプル A の方がサンプル B より歪が多く、その緩和が遅いことを示す。歪が生成すると指先に“ツツパリ感”が感じられる。マニキュアとしては“ツツパリ感”がない方が良いことになる。

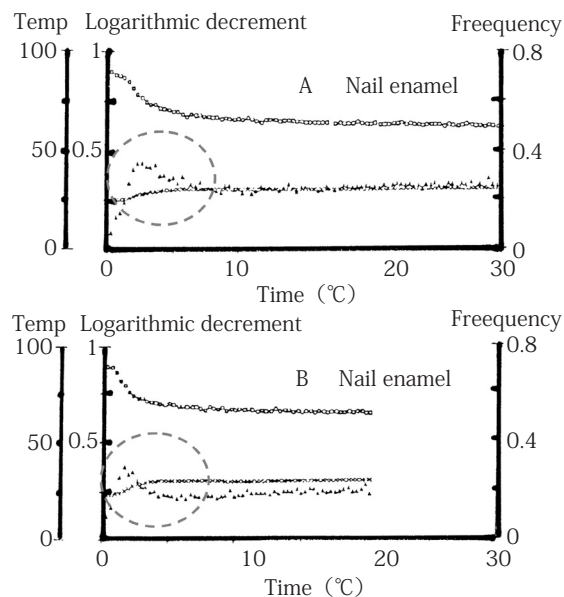


図 9 Curing Process of Nail enamel

4.4 パック

顔に塗って一定時間後に剥がし、顔に付いた汚染物を取り除く化粧品である。乾燥挙動を図 10 に示す。サンプルの袋には 20 ~ 30 分経過して顔から剥がすように記されている。図 9 によると 20 ~ 30 分の間で周期も対数減衰率も大きく変化している。この間で網目は生成している。すなわち付着している汚染物とも橋架けを生

成して取り除けることになる。図 11 に老人用、若者用、汚れ肌用の挙動を示す。若者用、汚れ肌用の挙動は周期や対数減衰率は大きく変化し、網目や粘性が高くなって汚染物が除けることを示している。老人用は周期や対数減衰率は殆ど変化しておらず皮膚との橋架けや網目生成の少ないことが判る。

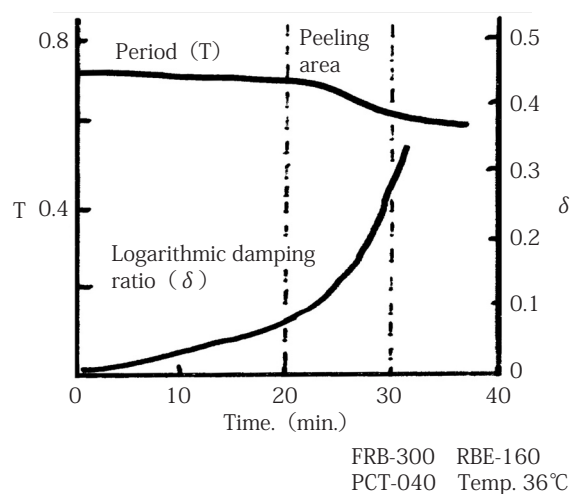
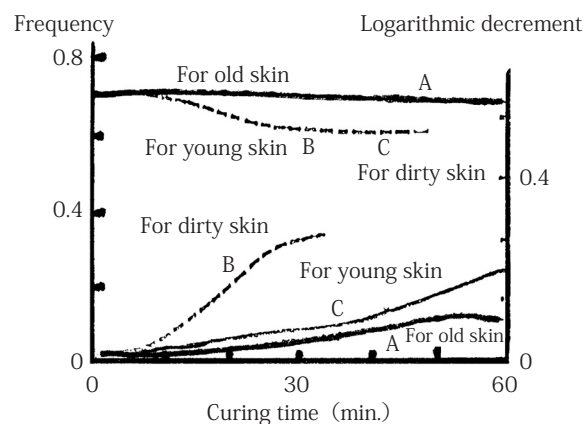


図 10 Curing properties of Face pack

図 11 Drying process of Packing agent
パックの乾燥挙動

4.5 アイライナー

アイライナーの乾燥挙動を図 12 に示す。橋架け成分がないため、硬くなるとツツパリは発生するので殆ど周期も対数減衰率も変化していない。

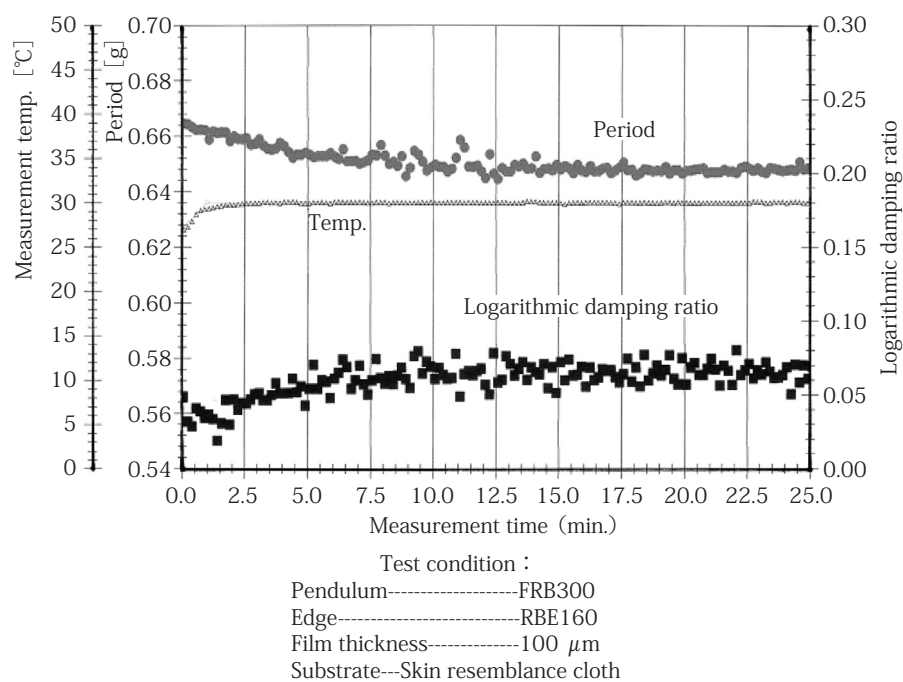


図 12 Drying Process of Eyeliner

4.6 トリートメント

毛髪にトリートメントすることによって“しっとり感”を付与する。“しっとり感”は毛髪に保水性を付与することによって発現する。数本の毛髪を金属板の上に10mm幅に平らになるように並べる。シリンダー状のエッジを付けた剛体振子を試料の上に載せる。試験を室温で5分間位行う。5分後にスポイドで水をかける。毛髪に水が吸い込んでいくと毛髪は柔らかくなり対数減衰率は増加する。ある程度対数減衰率になった時、余分の水は吸い取り紙で除く。その後継続して試験を行う。図13にトリートメント処理した毛髪（点線で表示）と処理されていない毛髪（実線で表示）の挙動を示す。

保水効果のある毛髪の場合は物性変化が起こらないが、処理されていない毛髪の場合は余分な水を除くと直ぐ対数減衰率が減少して、乾燥が進行していることを示している。

4.7 マスカラ

マスカラは睫毛の形状を安定にする。マスカラの効果挙動を図14に示す。塗ってから6分後から対数減衰率が増加している。しかし、周期は変化しておらず、網目は形成していない。すなわち、橋架けの生成による粘性の増加が起こっていることになる。20分頃から更に対数減衰率が増加し、周期が低下しておりこの時点で網目

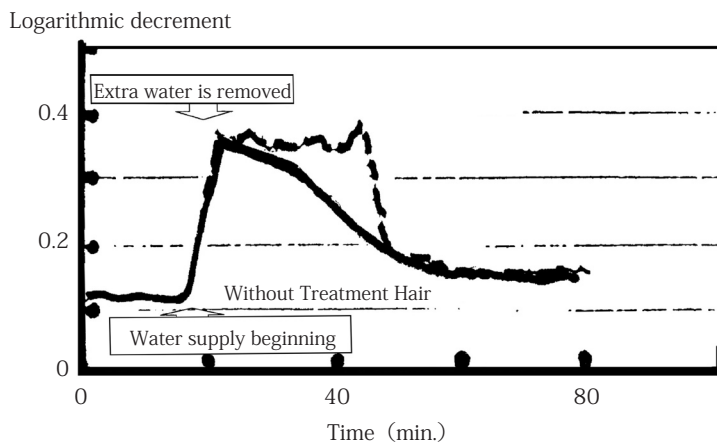


図13 Water retentivity of treatment hair

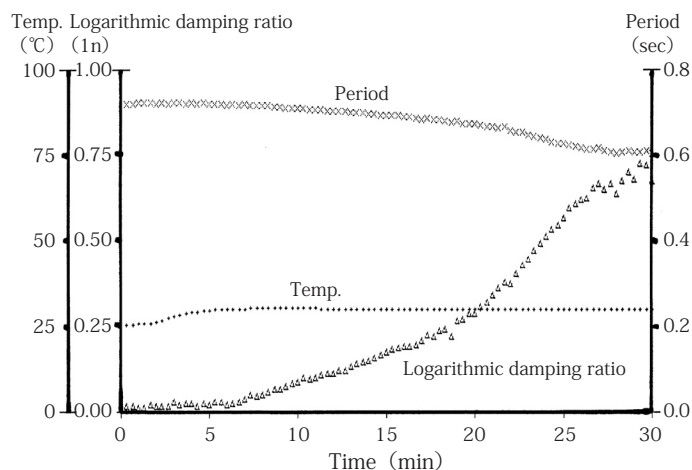


図14 Drying process for mascara

が形成され始めている。睫毛の形状安定には20分は要することになる。マスカラとしては時間が長く問題である。良いマスカラは数分で網目形成している。

4.8 シャンプー

シャンプーで洗髪し乾燥させた毛髪、洗髪後に“サラサラタイプ”、“しっとりタイプ”の rins 後に乾燥させた毛髪を FDOM で試験し、その結果を図15に示す。室温付近の対数減衰率を見ると“サラサラタイプ”の rins を施した毛髪は剛体振子が滑りやすく対数減衰率は小さくなっている。“しっとりタイプ”の rins を施した毛髪は粘着性があり対数減衰率が大きくなっている。

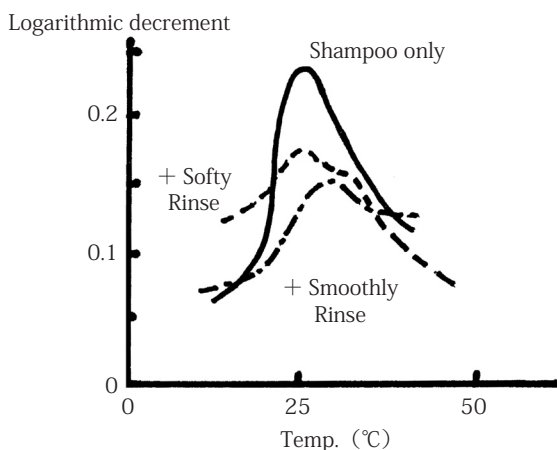


図15 Jar condition

4.9 整髪剤

整髪剤には数種類ある。その一例を図16に示す。Super Hard タイプは初期粘性は低いが塗ってから6分位経過する頃から急激な対数減衰率の上昇、周期の減少が認められる。すなわち、急激に網目を形成し、粘性が上昇している。これにより、髪を安定にしている。Soft タイプはこの変化程度が少なくなっている。Gatsby は初期の粘性が高く、その後、対数減衰率も周期も変化していない。髪を粘着性で保っていることになる。

4.10 化粧水

化粧水は手に載せて顔に摺り込む。多く入っている水分は皮膚に浸透したり蒸発して固形成分が皮膚表面に残る。すると、その成分による粘性が出てくる。100円ショップで購入した化粧水とステファニー社製の化粧水を図17に比較した。100円ショップで購入した化粧水は僅かしか対数減衰率が増加していないが、ステファニー社製の化粧水は大きく対数減衰率が増加している。化粧水は顔の皮膚と手の皮膚で擦られるので基材として人工皮膚、人工皮膚に類似する材料を用いる、同じ材料をシリンダーエッジにも貼って図18のようにセットし化粧水を人工皮膚の間に入れて試験する。剛体振子の減衰振動で擦りを起こす。

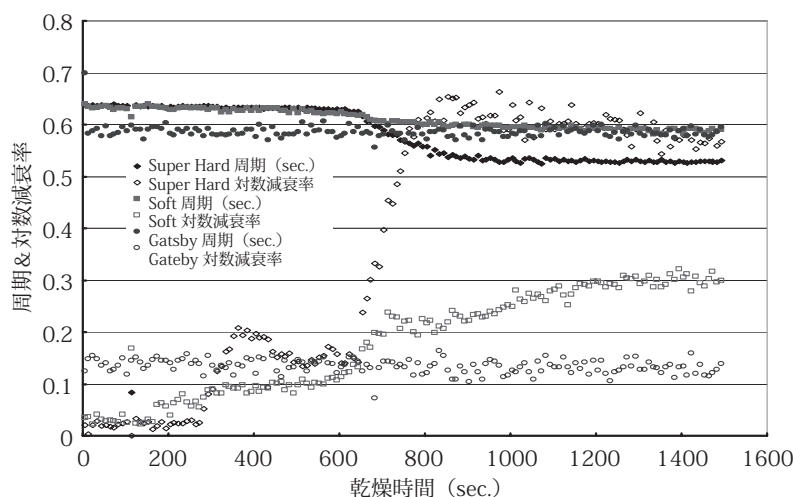


図16 整髪剤の乾燥挙動

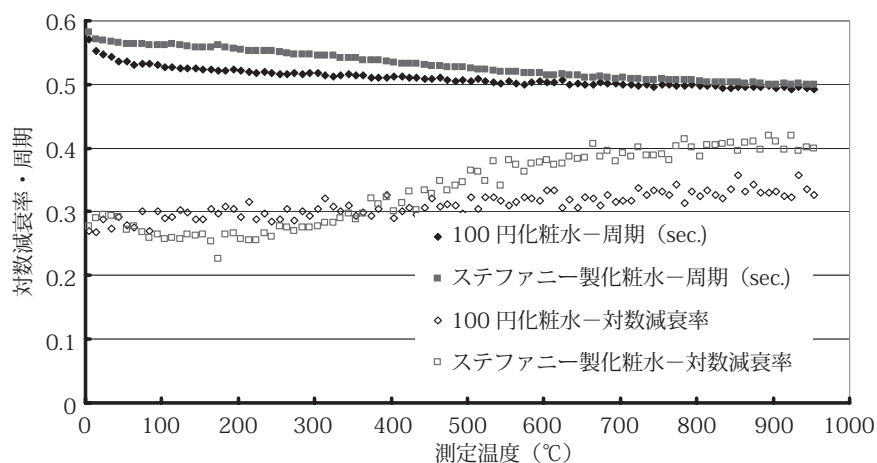


図 17 化粧水比較 (模擬皮膚 G/20 μm)

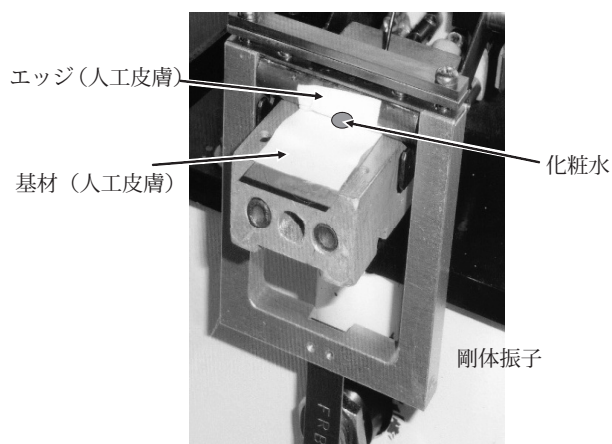


図 18 測定部

4.11 付け爪用接着剤

爪に装飾用の爪を貼り付ける接着剤の硬化挙動を図 19 に示す。非常に大きな周期の減少を示した。すなわち、硬化が非常に大きく、対数減衰率も大きくなっている。すなわち、強度が強いことを示している。4.3 マニキュアでは基材としてガラス板を使用した。付け爪用の接着剤も爪に使用するので同じ基材（ガラス板）を使用する。

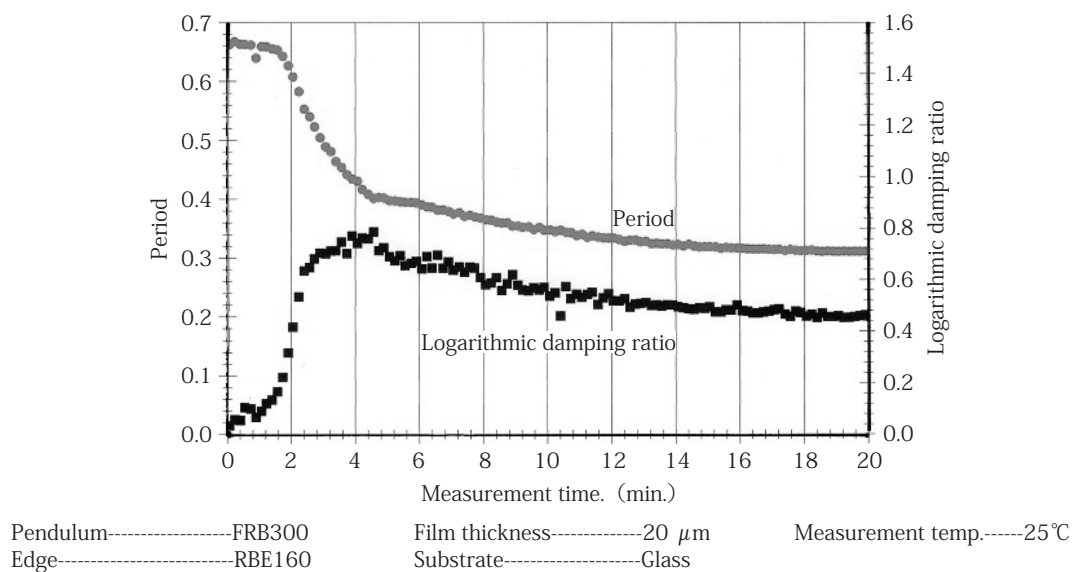


図 19 Dry behavior of adhesive for reckoning nails

4.12 コンタクトレンズ

コンタクトレンズは目薬で膨潤させて目に装着する。コンタクトレンズの上を目蓋が擦ることになる。コンタクトレンズの表面が乾くと目蓋の動きに支障が起こる。膨潤したコンタクトレンズを基材として瞼の皮膚を貼ったシリンダーエッジを載せる。シリンダーエッジの減衰振動で目蓋の擦りを起こす。コンタクトレンズが濡れていると剛体振子はスムーズに動き、小さな対数減衰率を示す。コンタクトレンズが乾燥してくるとすべり難くなり対数減衰率が増加する。その過程を図 20 に示す。対数減衰率の増加開始点が乾燥点になる。

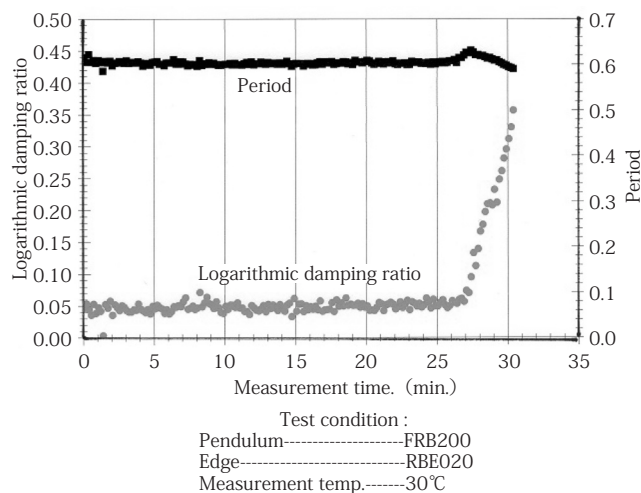


図 20 The dry characteristic of the contact lens

4.13 口紅

口紅は炎天下の室外、クーラーの効いた室内を行ったり来たりし熱冷を多く受ける。この熱冷サイクルでの物性変化を図 21 に示す。ガラスを基材とし、その上に口紅を塗り、シリンダー状エッジを剛体振子に取り付けて試験する。この口紅は 2 種の構造体からできている。1 度の昇温・降温でその物性（対数減衰率）は大きく変化している。対数減衰率値が小さくなり、硬さが増加していることを示している。

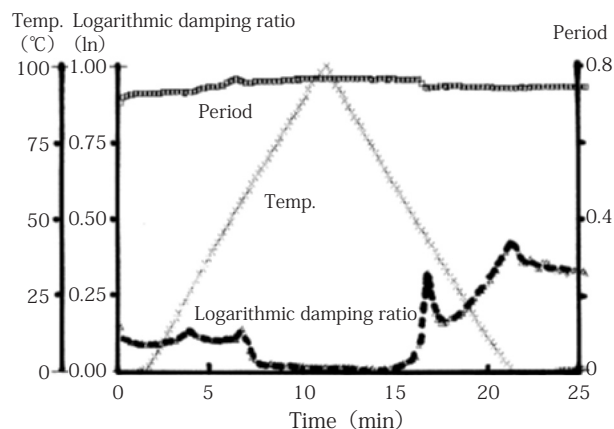


図 21 Thermal change of physical properties for lipstick

5 おわりに

化粧品には種類や用途が非常に多くある。化粧品はコーティング材料ではあるが基材が非常に複雑な材料でもある。本報は化粧品の評価法一例を示したが他の多くの材料への参考となることを期待する。