

平成 15 年 8 月 20 日

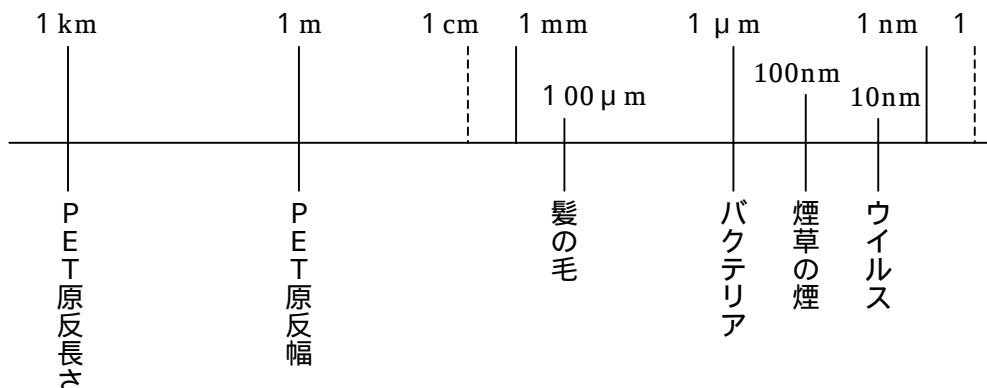
株式会社 きもと

なんとなくわかるフィルム加工

1. 単位の話	2
2. フィルム加工	4
3. 溶液コーティング	4
4. ラミネート	8
5. サンドブラスト	9
6. ドライコーティング	9
7. 塗料製造	10
8. 塗料設計による機能付与	12
9. 評価技術	27

1. 単位の話

これからお話をしていく上で、単位がいろいろと問題になると思います。最初に単位、特に長さの単位について少し説明します。



長さの基本的単位は1 mです。これは 1983 年に決められた「1 / 299792458 秒の間に光が真空中を伝わる行程の長さ」を言います。それ以前は『メートル条約』で決められた基準つまり『北極から赤道までの子午線の長さの1 / 1 千万が1メートル』と決められていました。

1 mの1 0 0 0倍は1 kmです。PETフィルムの原反の長さは厚みによって異なりますが、だいたい1 0 0 0 m ~ 4 0 0 0 mです。1 kmの1 0 0 0倍は1 Mmとは言いません。1 0 0 0 kmと言います。何故でしょう？

1 mの1 / 1 0 0 0を1 mmと呼ぶのは皆さんよくご存知です。1 mmの1 / 1 0 0 0を1 μm (マイクロメートル)と言います。以前はμと書いてミクロンと読んでもいましたが、何年か前に単位がSI単位系という国際単位に変わったので、現在はマイクロメートルと呼びます。「1 0 0 μm厚」とかいう表現はよく聞かれると思いますが、これは人の髪の毛の太さと同じくらいです。ちょっと頭が寂しい人は5 0 μmくらいかもしれません。私のはそのくらいでした。コーティング厚みでよく5 μmとか聞かれるかと思いますが、これはバクテリア 5 匹分程度です。とはいってもバクテリアを見たことがある人はあまりいないと思いますが。

1 μmの1 / 1 0 0 0を1 nm (ナノメートル)と言います。最近「ナノテクノロジー」という言葉を耳にされるかと思いますが、この領域の科学技術のことです。ARフィルムは約1 0 0 nmの厚みのコーティングですが、これは煙草の煙の大きさ程度です。またナノ分散の粒子の大きさはウイルス程度の大きさです。

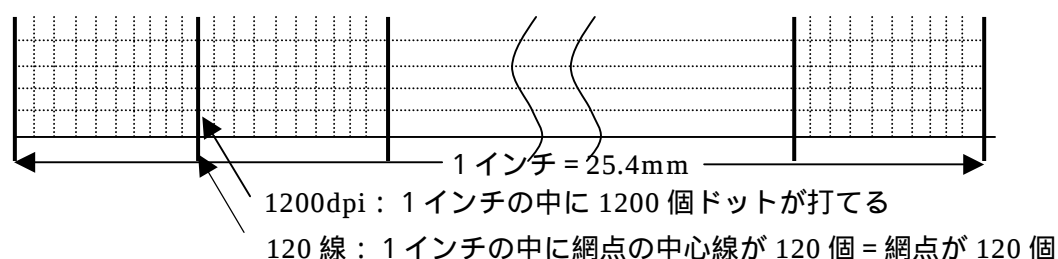
可視光線の波長も7 0 0 nm ~ 4 0 0 nmとnmの単位です。7 0 0 nmより長いと赤外線といい、4 0 0 nmより短いと紫外線と言います。人間の眼に最もよく感じるのは5 5 0 nmの光なので、反射防止処理などでは、この波長での反射率を用います。

この他にインチ単位も使います。1 インチは2 5 . 4 mmで、起源は人の親指の幅だ

そうです。私の親指はそんなに大きくありませんが、きっとイギリス人は大きかったのでしょう。コーティングで使用するインチの代表的なものの一つが、紙管（コア）のサイズです。6 インチとか3 インチ、2 インチが使われます。これは紙管の径の大きさです。

またインクジェットの印字性能をあらわす時に $d p i$ （ディー・ピー・アイ）というのを使いますがこれは、1 インチの中にいくつ点（ドット）を表現できるかということです。1 2 0 0 $d p i$ では1 インチの中に1 2 0 0 個ドットをうてます。一方印刷では1 2 0 線とか1 5 0 線とかの表現を良く使います。これは1 インチの中にスクリーンの線数が何本あるかということです。これだけ聞くと1 2 0 0 $d p i$ の方が1 2 0 線より解像度が高いと思われるかと思いますが、違います。

1 2 0 0 $d p i$ のプリンターで1 2 0 線を出力すると、1 辺について $1 2 0 0 \div 1 2 0 = 1 0$ ですから、一つの網点を $1 0 \times 1 0 = 1 0 0$ 個のドットで表現することになります。簡単にいうと、1 2 0 0 $d p i$ のプリンターで1 2 0 線の画像を出力すると1 0 0 階調（100 個のドットのうち1 個印字すれば1 %、99 個印字すれば99%になり100 個では100 階調表現できる。）でしか表現できません。（下図）



また印刷やワープロでは文字の大きさを示すのにポイント(pt)という単語を用います。1pt は $1 / 7 2$ インチで約0.35mmです。マイクロソフトのWORDでは10.5pt が標準になっています。日本では写植などで用いていた級数というのが一般的でした。こちらでは1級が0.25mmです。

またフィルムについてはミルという単位も使います。1ミルは $1 / 1 0 0 0$ インチです。75 μm 厚フィルムは3ミル、100 μm は4ミルと言います。アメリカでは一般的にこのように表現されます。

次にシート判などに使われるサイズの単位を少し説明します。A 4 とか B 5 とかいうやつです。A 判も B 判も縦横の比率は $1 : \sqrt{2}$ で同じです。A 0 の面積が $1 m^2$ なのに対して B 0 の面積が $1.5 m^2$ という違いだけです。ですから A 0 は $1 1 8 9 \times 8 4 1$ になっています。A 0 を半分にすると A 1 になりますが A 1 でも縦横の比率は $1 : \sqrt{2}$ になります。このため設計製図材料のコーティング幅はだいたい1 2 0 0 mmということになります。

2. フィルム加工

フィルム加工は大別すると次のように分けられます。

- ・ コーティング

- 溶液コーティング：塗料を基材に塗る。KIMOTO の得意技術。
- 押出コーティング(ホットメルトコーティング)：無溶剤で熱をかけて樹脂等を溶かし塗る方法。包材等では汎用的方法。
- 蒸着：真空中で金属等の塗膜にしたい物質に熱をかけて蒸発させ、それを基材に付着させる。KDP で使用しているアルミ蒸着や、最近コンビニのおにぎりの包装に使われるシリカやアルミナの蒸着が有名。
- スパッタ：真空中で付着させたい物質(ターゲット)にエネルギーをぶつけて、付着させたい物質を飛び出させ、基材に付着させる。透明導電膜につかわれるITO(インジウム-錫酸化物)などはこの方式でコーティングされる。蒸着に比べると、化合物や合金等の混ざったものでも均一にコーティングできるが、加工速度が蒸着の $1/50 \sim 1/100$ のためコストが高い。

- ・ ラミネート：基材を貼り合せること

- ドライラミネート：粘着剤や接着剤を塗工後貼り合せること。KIMOTO では最近粘着加工に力を入れています。
- 押出ラミネート：熱で樹脂を溶かしたものを押出し、貼り合せる。

- ・ 印刷

- ・ 物理的加工

- サンドブラスト：基材に細かい砂をぶつけて、基材表面に細かい凹凸をつける方法。砂を打ち付ける度合いにより「パラ打ち」「浅打ち」「通常打ち」がある。また、予めパターンを水溶性印刷した基材をサンドブラストし、その後印刷部分を水洗除去することにより、絵柄をマット状に加工できる「柄マット」も可能である。
- エンボス：表面が凹凸のロールを加熱して、基材におしつけることにより、ロールの凹凸を基材に転写する加工。たばこやガムの銀紙に用いられている。フィルムでも用いられているが、熱がかかると元にもどる欠点がある。

- ・ 化学的処理

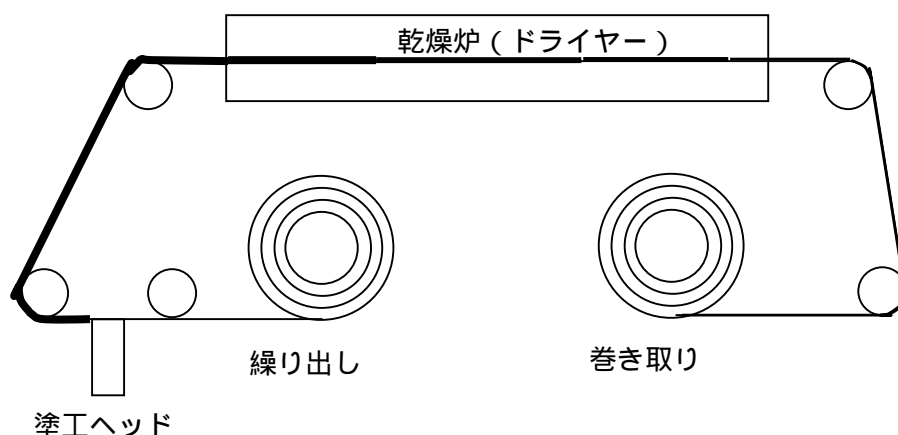
- 染色：基材を染料で染色する方法。
- エッチング：アルカリ等にフィルムを浸し、接着を向上させたり、サンドマットの凹凸をなめらかにしたりする処理。

3. 溶液コーティング

コーティングとは、「塗装すること」あるいは「膜をつけること」を言います。

KIMOTO で行っているコーティングとは、ロール状の基材(例えばフィルム)の表面に、

溶液状の塗料を均一に塗り、その後乾燥して溶媒分を蒸発させ、巻き取る方式です。



溶液コーティングの概念図

使用する基材は、P E T（ポリエチレンテレフタレート。ペットボトルのペットと同じ意味）、ユポ、塩ビ、P C（ポリカ。ポリカーボネート）、T A C（トリアセチルセルロース）、アクリル、紙等です。（詳しくは基材の項を参照してください）

塗料は、必要な機能が得られるように設計します。塗料は主として、樹脂（つなぎ）染料（着色）顔料（着色したり、表面を凹凸にする）添加剤（均一に塗りやすくしたり、スベリ性を上げたりする）溶媒（溶剤とか水です）からなります。

KIMOTO で塗工出来る膜厚（塗料の厚さ）はおよそ $0.1\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$ です。

3.1. 基材

KIMOTO で使用している基材や、関連する基材について説明します。

（１）P E T（ペット、ポリエステル、ポリエチレンテレフタレート）

- ・ 機械的強度、寸法安定性、耐溶剤性、透明性が高く、加工適性に優れ、価格も比較的安い。
- ・ 材質としてはペットボトルと同等。
- ・ P E Tフィルムは、表面に易接着処理（上に塗るものが接着しやすい処理）されているものや、白色、黒色等の着色したもの、発泡させて比重を軽くし白くしたもの等さまざまな種類があります。
- ・ P E Tの使用温度範囲は $-70 \sim 120$ 程度です。

（２）P C（ポリカ、ポリカーボネート）

- ・ P Cは耐熱性がP E Tより高いことから、電気製品等に使用されています。
- ・ また、延伸していないので、光学異方性（縦方向と横方向で偏光度が異なること。これがあると、液晶部材のような偏光を利用する部材には使えない）が無い。

- ・ P C は耐溶剤性が弱いので、塗料設計には工夫が必要です。
- ・ P C にはキャスト品と押出品があります。光学用にはキャスト品が使用されますが、P E T の約 10 倍の価格が難点です。押出品は P E T の 3 ~ 4 倍程度ですが、平面性が悪かったり、異物が多かったりして加工適性は良いとはいえません。

(3) アクリル

- ・ アクリルフィルムは、アクリル板と同じ材質 P M M A (ポリメタクリル酸メチル) です。
- ・ 透明度が P E T より良い点、耐光性が優れている点 (屋外 5 年は O K) が長所です。
- ・ ただし、切れやすい、溶剤に侵されやすいといった短所があります。

(4) P V C (塩ビ、ポリ塩化ビニル)

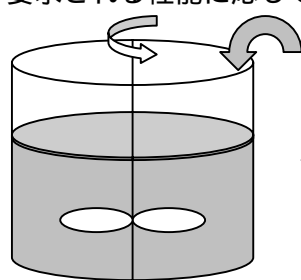
- ・ ひとつは環境問題で悪者になった塩ビです。ただし、耐候性に優れている点、ひっぱって伸びる点、燃えにくい点、価格的に安価な点で特に屋外看板やバスラップの基材として、現在も使用されています。

(5) T A C (タック, トリアセチルセルロース)

- ・ T A C は写真撮影のフィルムに使われていた基材ですが、透明度が高いこと、光学異方性 (P C の説明を見てください) がいいことから最近では液晶の偏光板にたくさん使用されています。

3.2. 塗料

コーティングに使用する塗料は、ペンキと同じように流動性があり乾くと塗膜になるものです。要求される性能に応じて設計します。



塗料製造の概念図

塗料組成

- ・ 樹脂：塗膜を形成する主材料 (つなぎ)
- ・ 染料：着色する
- ・ 顔料：着色したり、表面を凹凸にする
- ・ 添加剤：塗りやすくしたり、機能を付与する。
- ・ 溶媒：液状にする。有機溶剤や水。

3.2.1. 塗料の成分

(1) 樹脂

樹脂は、塗膜の主成分で、大きく分けると熱硬化性樹脂 (熱をかけると硬化して、もう一度熱をかけても溶けない。耐溶剤性が向上する。) と熱可塑性樹脂 (乾燥後熱をかけると軟化したり溶けたりする。) に分けられます。

この他にもUV硬化樹脂（UV = Ultra Violet = 紫外線。紫外線を照射すると固まる）や無機系の樹脂（ガラスやセラミックスのようなもの）もあります。

分類方法は異なりますが、溶剤系樹脂（有機溶剤に溶ける樹脂）と水系樹脂（水に溶けたり分散したりする樹脂）に分けることも出来ます。合成樹脂は有機溶剤に溶けやすいのですが、最近は環境問題から、水系樹脂も多く使用されています。水系樹脂は、PVA（ポリビニルアルコール、ポパールと言います。洗濯糊の原料）のように水に溶けるものと、もともとは水に溶けない樹脂を水に分散したエマルジョンがあります。牛乳は水に油が分散されたエマルジョンの一種です。

樹脂は、接着性、耐溶剤性、硬度、耐久性、皮膜性等出来上がった製品の多くの性能を左右しますので、性能面から、また最近は環境面、コスト面から選択します。

（２）染料

染料は着色したり、ある波長の光を遮光したりするのに用います。染料は有機溶剤や水に溶けるので、塗料を作るのは簡単ですが、できあがった製品の耐候性は一般的には顔料に比べ劣ります。

（３）顔料

顔料には着色顔料（色をつけるためのもの）と体質顔料（透明で、凹凸をつけたり、光を散乱させたり、あるいは塗料の流動性を改善したりするもの）に分けられます。

着色顔料は文字通り色をつけるためのもので、最近のインクジェットの顔料インキにも使われています。

体質顔料は、古くはトレーシングフィルムのマット材から、最近ではインクジェットのインキ吸収性向上や拡散フィルムの光拡散のために使用されています。

また最近では真球状の樹脂ビーズ（イクラを小さくしたようなもの）がたくさん開発されていまして、いろいろな用途に使用しています。

この他に、導電性を上げるために用いるATO（アンチモンドープ酸化錫）のような金属酸化物を用いたり、粘着剤の銀糊のようにアルミの粉を用いたりする場合もあります。

このような顔料は、１粒１粒は非常に細かいのですが、細かいものはくっつきたがる性質があり、通常は「ぶどう」や「おこし」のように固まっています。そこで使用するとき、力を加えて、ばらばらにほぐす分散という作業が必要です。分散にはいろいろなやり方がありますが、詳しくは分散の項で説明します。

（４）添加剤

添加剤はいろいろな目的で、それに応じたものを使用します。代表的なものを以下に示します。

レベリング剤：塗膜表面がきれいに仕上がる。

滑り性向上剤：塗膜表面が滑る。キズつきにくくなる。

帯電防止剤：静電気が発生するのを防ぐ。

紫外線吸収剤：紫外線が透過するのを防ぐ。

可塑剤：塗膜を柔らかくする。

難燃剤：塗膜を燃えにくくする。

(5) 溶媒

溶媒は樹脂を溶かしたり、流動性をもたせたりするためのもので、有機溶剤と水です。有機溶剤は、アルコールやトルエンなどいろいろありますが、最近は環境面、安全衛生面から削減される方向です。水は環境面、コストで有利ですが、乾きにくい点、泡が消えにくい点が問題です。

3.2.2. 塗料の製造方法

塗料は前述の材料を、タンクや容器にいれて、攪拌する（かきまぜる）ことにより製造します。塗料の材料は入れる順番や混ぜ方によって、反応したり、うまく混ざらなかったりするので、決められた手順で、きめられた混ぜ方、時間で作ります。

顔料はただ混ぜるだけでは、ばらばらにならないため機械的に力を加えて分散します。できあがった塗料は、そのままでは使用できません。検査をして、きちんとできているか確認した後、ゴミを取り除くためにろ過をします。

3.3. コーティング方式

コーティング方式は、塗料の性質や着けたい厚み、塗られる基材によって最適な方式を用います。

生産機の塗工方式はいろいろあります。塗工可能な膜厚は、乾燥膜厚で $0.1 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ （髪の毛の太さが $50 \sim 100 \mu\text{m}$ です。どのくらい薄く塗れるかご想像ください）、塗料の粘度で $\text{mPa}\cdot\text{s} \sim 1000 \text{mPa}\cdot\text{s}$ （粘度の単位として、以前は $\text{cP}\cdot\text{s} = \text{センチポイズ}$ などを使っていましたが、国際単位の統一により $\text{mPa}\cdot\text{s} = \text{ミリパスカル秒}$ になりました。単位が変わっただけで数値は同じです。水は $1 \text{mPa}\cdot\text{s}$ ぐらいです。 $1000 \text{mPa}\cdot\text{s}$ というとだいたいホットケーキの焼く前のようなものです）。

4. ラミネート

ラミネートは、複数のフィルムや紙を貼りあわせる事を言います。

ラミネートには押出ラミネートとドライラミネートがあります。

押出ラミネートはエクストルージョンラミネートともいい、基材上に別の樹脂を熱で溶かしたものを押し出してくっつける方法です。

ドライラミネートは基材に接着剤や粘着剤を塗っておいて、別の基材と貼り合わせる方法を言います。

接着剤や粘着剤を塗る方の基材を一次基材、あとから貼り合わせる方を二次基材といいます。粘着剤の場合などで、すでに表面に加工してあるもので、後から熱をかけられない

ものは、離型フィルム（セパレータ：シールなどで先に剥がして捨てるほうの紙やフィルム）のほうを一次基材としてセパレータに塗工し、あとから表面にくるほうをラミする場合もあります。

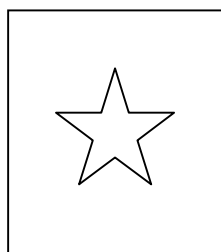
5. サンドブラスト

サンドブラストは細かい砂を、フィルムの表面にぶつけることによって、フィルムの表面に凹凸をつける加工方法です。

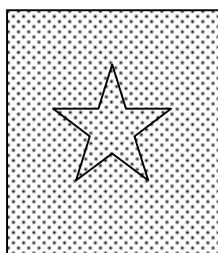
KIMOTO では主にPETフィルムにサンドブラスト加工を施して、トレーシングフィルム「ダイヤモンド」や、ラベル用マットフィルム「ダイヤモンドネーマー」を製造しています。PETフィルム以外でもサンドブラスト処理できますが、表面が柔らかい基材は凹凸がつきにくくなります。

砂をぶつける量やスピードにより、パラ打ち、浅打ち、通常打ちの3段階が作れます。パラ打ちでは本当にパラパラというマット感です。

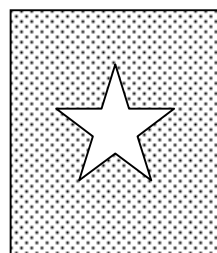
サンドブラストでは、先に基材に水系インクにてパターンを印刷しておき、その後サンドブラスト処理し、サンドブラストの最終工程で水洗する（砂を取り除くために）時に水系インクも同時に除去し、印刷したパターン部だけマットにならないようにする柄マットという加工も出来ます。



水系インクでパターン印刷



サンドブラスト



水系インクを水洗除去

柄マットの製造方法

6. ドライコーティング

ドライコーティングは、真空法ともいい、代表的なものは蒸着とスパッタです。

主に金属や無機酸化物をコーティングする場合に使用されます。

蒸着は、コーティングしたい金属（ターゲット）を真空中で加熱することにより蒸発させ、基材表面につけるコーティング方法です。

代表的な蒸着フィルムは、ポテトチップス等の袋で銀色をしているものです。これはアルミを蒸着したもので、防湿効果があります。またコンビニで売っているおにぎりの包装紙はシリカが蒸着してあります。以前は防湿コートという塩化ビニリデンという樹脂を液状にしてコーティングしていましたが、燃やすとダイオキシンが出るという理由で急速にシリカ、アルミナ、アルミの蒸着によって代わられてしまいました。

蒸着は100m/分以上の高速で加工が可能という特徴がありますが、合金を蒸着すると各々の金属が別々に飛ぶという問題もあり、用途は限られています。

KIMOTOの「KDP」という製品（科学技術庁長官賞に輝いた栄えある製品です）はアルミ蒸着を用いて、剥離現像しアルミ画像を形成するという製品です。

スパッタは蒸着と似ていますが、ターゲットに熱をかけるかわりに、エレクトロンビームのような強いエネルギーをかけて、コーティングしたい物質を叩き出し、基材に着ける加工方法です。

スパッタは合金でも、合金のままコーティングできるという特徴がありますが、加工速度が数m/分以下と遅いので、コスト的には蒸着に比べるとかなり高くなります。

代表的なスパッタ製品は、ITO（アイティーオー：酸化インジウム錫）をスパッタした透明導電フィルムです。ITOは透明タッチパネルの電極や、液晶の透明電極、液晶の電磁波シールド、PDP（プラズマ・ディスプレイ・パネル）の前面板に使われています。

蒸着もスパッタもコートする膜厚は数十（オングストローム：1mmの1000万分の1）～1000です。このため薄膜をつけるのには適しています。

7. 塗料製造

7.1. 混合

一般に塗料を作るには、材料を混合します。料理を作るときのフードプロセッサのようなイメージで、使用材料を順に添加し、攪拌機で攪拌します。

塗料の材料は添加順を間違えると、「ママコ（お好み焼きと同様に不溶解の塊です）」になったり、反応してしまったりする場合があるので、決められた手順にしたがって添加します。

また顔料など細かい粒子は、摩擦帯電しやすく、火花が飛ぶと有機溶剤などに引火し危険ですので、製造装置は帯電しないようにアースする等の考慮もなされています。

塗料は製造後時間が経つと硬化してしまったり、溶剤が蒸発してしまったり、光があたると反応してしまったりする場合があるので、塗料の製造条件は定められたとおりに作ります。

塗料の材料は、有機溶剤のように「危険物」「毒劇物」に該当するもの、PRTL法（Pollution Release and Transfer Register：特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律）に該当するものや、「有機溶剤中毒予防規則」に該当するもの等、たくさんの法規制を受けます。そのため、液製造の担当者は資格を保有したり、設備は規則にのっとったものにしたり、廃液は定められたように処理したりといった点に注意を払っています。

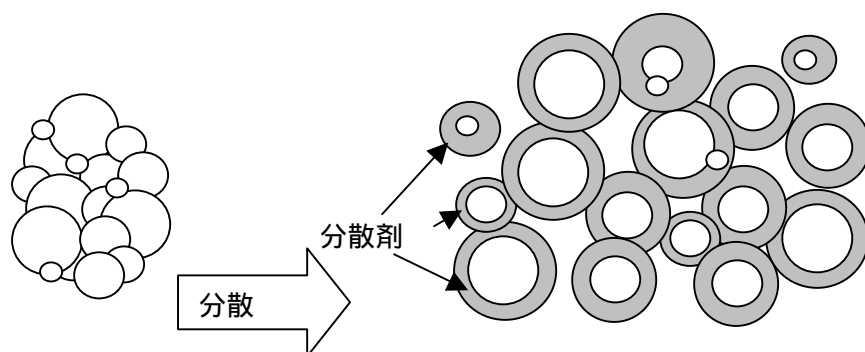
混合が終わった塗料は、所定の検査と濾過を経て、合格したもののみコーティングに使用されます。

7.2. 分散

顔料は小さい粒子からできていますが、通常小さい粒子（一次粒子）が集まって粒子の塊（ぶどうのような形：二次粒子）になっています。粒子は小さくなればなるほど表面が不安定になり、くっついて安定な状態になろうとします。人間も一人になると不安になり、集団を形成するということとよく似ています。

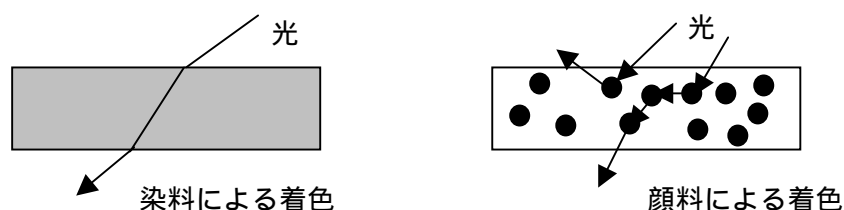
この粒子の塊に力を加えてバラバラにすることを分散といいます。単純に力を加えてバラバラにしても、しばらくするとまた塊になります（専門用語では凝集といいます）。

分散したものが再び塊になるのを防ぐのには、分散剤という物質を加えたり、表面の電荷が異なるものを取り除いたりします。分散剤は顔料の周りにくっついて、他の顔料とくっつくのを防ぎます。表面電荷が異なる顔料粒子を取り除くことは、 $+$ と $+$ は反発してくっつかないという性質を利用したものです。



染料と顔料の着色の違い

染料は樹脂中に溶解して存在しますが、顔料は溶けないで粒子状に存在します。



図の様に染料は樹脂中に溶解しているため光は散乱しませんが、顔料は粒子の状態で存在するため光は散乱します。インクジェットで染料系インキが顔料系インキより鮮やかなことは、この違いに起因します。

また一般的に染料は溶解する程度に分子量が小さく、光があたると劣化しやすい性質を持っていますが、顔料は粒子状ですから耐光性には優れています。

インクジェットではインキメーカーはどんどん分散性を上げて、細かくしようとして

います。これは発色の点からですが、細かくすればするほど耐光性は低下します。

どのぐらいまで顔料を細かく分散すれば散乱しなくなるかというと、光の波長の $1/10 \sim 1/20$ つまり、 50 nm （髪の毛の太さの $1/1000$ 程度）まで細かくすれば散乱しなくなります。シリカやアルミナといった体質顔料（白い粉）も 50 nm 以下に分散すれば、マット状ではなくて透明になります。

また一般的にプラスチックは電気を通しません。（白川さんは導電性プラスチックでノーベル賞に輝きましたが）てっとりばやく導電性にするには、金属を分散するという方法があります。ただ分散しただけでは透明になりませんが、これも細かくしていくと透明になってきます。透明といっても着色した透明ですが。

このように nm オーダーまで細かくすると、いろいろ面白いものが出来ます。

次に分散機について簡単に説明します。

（１） ロールミル

二本の回転する金属ロールの間を、分散したい液を通し、すりつぶして分散する装置です。石臼に近いものです。墨汁をつくったり、高粘度の分散液をつたりするのに広く使用されています。ロールが空気中にありますので、溶媒が蒸発して固形分が変化する問題があります。

（２） ビーズミル

分散したい液にメディア（ガラスやセラミックスの細かいビーズ：直径 1 mm とか 0.1 mm とか）を入れ、ビーズを動かすことによってビーズと顔料を衝突させて分散する装置です。ビーズの径や動かし方等で分散の度合いは変わります。連続的に使用できること、密閉式にできることから、比較的粘度が低い分散には広く利用されています。

（３） その他

超音波分散機や液を２つの細かいノズルから噴出させて、液と液をものすごく速い速度でぶつけて分散するという方法もあります。

7.3. 合成

合成とは、原材料を化学反応させて別の物質をつくることを言います。

例えば、天ぷら油に苛性ソーダを加えて煮ると石鹼ができるようなことです。

KIMOTO では、製品に特徴を持たせるため合成にも取り組んでいます。

8. 塗料設計による機能付与

KIMOTO では、目的の機能を付与させるために、アイデアをひねり出したり、実験をしたりしています。ここでは今までに開発した例をあげながら、どのような機能を付与できるのか説明します。

8.1. 光制御

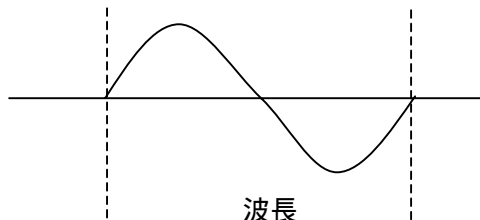
光は波です。もうちょっと正確に言うと光は電磁波の一種で、波と粒子の性質を持っています。「波や粒子など見えへんで」とおっしゃる方がいらっしゃると思いますが、ここはそうしておきましょう。

光は波ですから、波長や振動数という物性値を有しています。波長とは波の振幅の一つの単位（長さ）です。振動数は 1 秒間に何回振動するかということを示すもので、電磁波の場合は周波数ともいいます。単位は H z（ヘルツ）です。周波数と波長の関係は次の式で表されます。

$$\text{周波数 (MHz)} = 300 \div \text{波長 (m)}$$

例えば、FMラジオ放送は日本では 76MHz ~ 90MHz に免許されますので、波長は 4メートル弱あたりです。一方 AMラジオ放送はどうでしょうか？たとえば 1,000KHz=1MHz で計算しますと $300 \div 1 = 300$ 。なんと 300メートルもの長い電波です。

話を光にもどしましょう。



波長によって名前が付けられていますので、それを以下に示します。

波長 (nm = 10 ⁻⁹ m)					
0.1	100	200	300	400	700
γ線	X線	紫外線	可視光線		赤外線
		遠紫外線	近紫外線		電波
10 ⁵	286	143	95	72	41
エネルギー (Kcal / mol)					
					10

このうち目に見える光は 400nm ~ 700nm の可視光線です。光のエネルギーは振動数に比例しますので、波長が短くなればなるほどエネルギーは強くなります。紫外線にあたると日焼けしたり、UV硬化樹脂が固まるのはエネルギーが強いからです。

光の性質のうちで最も特徴的なものは、ものが無ければ光は直進するということです。物の色が見えるのは、物にあたった光のうち吸収されなかった光が反射あるいは透過されるからです。他に光の性質としては、屈折性、干渉性などがあります。

フィルムと紙の最大の違いは、フィルムが透明であることです。このためフィルムを使った用途には光に関するものが多くなります。これから KIMOTO で製品化や研究している「光機能」に関する説明をします。

8.1.1. 光拡散

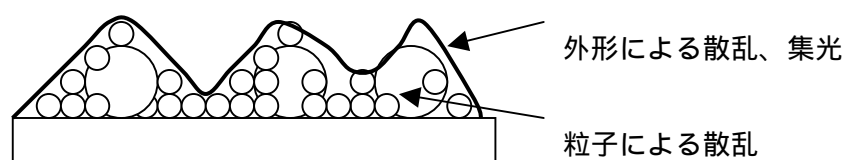
光拡散とは、入ってきた光を散乱させる機能を言います。

皆さん良くご存知の様に、家庭の照明はたいていカバーがかかっています。エレベーターの照明などもカバーがかかっています。これらのカバーは乳白色だったり、ピラミッド状の凹凸だったりします。これは蛍光灯の光を散乱（拡散）させて広範囲に照明したり、蛍光灯そのものを見えなくしたりします。

時代劇などで行灯（あんどん）を見かけられると思いますが、これもカバーとして和紙が使われています。光を散乱させて広い範囲を照明するためです。

話はかわりますが、KIMOTO で「光拡散」といえば「ライトアップ」です。「ライトアップ」は液晶ディスプレイ（LCD）のバックライトに使われるフィルムです。

液晶ディスプレイのバックライトは導光板にパターンをつけてパターン部分のみ光らせます。ライトアップはこのパターンを消すためと、光の出てくる角度を正面方向に変えて、より明るくするための目的で使用されます。

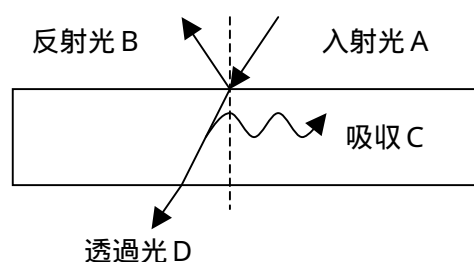


図：拡散フィルム断面概念図

拡散フィルムは、上図の様に粒子による散乱と、外形による散乱、集光（本当は角度を変えること）によって、拡散性能や集光性能を出します。KIMOTO では樹脂、粒子、塗工方法を工夫選択することにより、これらの性能を付与しています。

8.1.2. 光反射

光の性質について、まず説明します。



上の図で入射光 A = 反射光 B + 吸収 C + 透過光 D になります。

したがって、光線の透過率を上げるためには、反射を無くして、吸収（着色）をなくしてやれば良いのです。高い反射率のフィルムをつくるのには、吸収をなくして、隠蔽性を高くすれば良いのです。

また、高い反射率のフィルムを作るためには白い層を厚くすれば良いのです。

ところで白い色や顔料というのは実際にはありません。白い色は全ての可視光線を反射するもので、色がないのが白です。白い顔料も一粒一粒は透明ですが、樹脂と混ぜると屈折率が異なるので光が散乱して白く見えます。空気も細かくして樹脂の中に入れば（つまり発泡させれば）白く見えます。

しかし白色顔料も、完全に透明ではなくて、実際にはほんのわずかに着色しています。また樹脂も完全に透明ではありません。したがってこのタイプでは反射率は100%にはなりません。

もう一つの反射の方法が鏡です。この場合は白色フィルムの反射が拡散反射であるのに比べて、正反射です。蛍光灯を鏡に映せば蛍光灯が映ります。つまり光はまっすぐに反射します。これは金属に特有の現象です。したがってこのタイプの反射フィルムを作るには蒸着法を用います。KDPに使われているアルミ蒸着も鏡のようですが、実際には吸収があり、反射フィルムとしては性能がよくありません。金属のうちで反射率が最大のものは銀です。ちなみにアルミの反射率は88%ぐらいで、銀は92%です。

この他にも反射を利用したものとしては、再帰反射フィルムや熱線反射フィルムがあります。

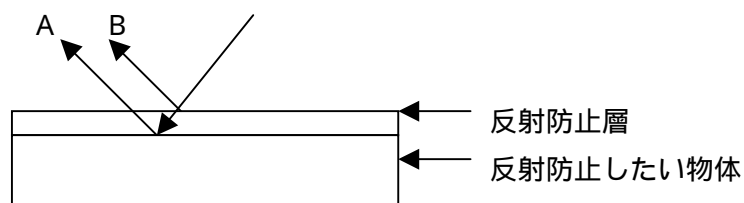
再帰反射フィルムはガラスビーズを利用して、光が入ってきた方向に反射するものです。道路標識やガードレールの反射板、自転車の後ろの反射板に使われています。

熱線反射フィルムは、後述する光の干渉を利用して、可視光線に対して透明で赤外線を反射するように、非常に薄い膜を多層に真空法でつけたものです。熱線遮断フィルムとして熱線吸収フィルムが他にありますが、これは熱を吸収してしまうので、ガラス窓に貼っておくと条件によってはガラスが割れてしまうという問題があります。熱線反射フィルムは割れることはありません。

8.1.3. 反射防止

反射防止フィルムは、光の干渉によって表面反射を打ち消すことによって作ります。

つまり、物体の表面で反射する光（A）と、物体の上に設けた反射防止層で反射する光（B）を、ちょうど打ち消しあうように、反射防止層を作ります。



詳しい説明は避けますが、このような機能を付与するためには、できるだけ屈折率の小さな物質を、反射防止したい波長（人間の視感度で言えば約550nm）の1/4の膜厚（約0.1μm：細菌の大きさが2～3μmですから、細菌の1/20くらい）でつけて

やれば良いのです。

物体は空気と異なる屈折率をもっていますので、表面反射は0ではありません。パソコンのモニターや壁掛け時計などは照明が映りこんで見難くなることがあります。こういった点から反射防止の需要はどんどん増えています。またメガネやカメラのレンズには必ず反射防止処理がされています。

反射防止処理は、非常に薄い膜を均一に塗らなければならないので、今まではスパッタのような真空法で製造していました。しかし、生産速度が遅いことからコスト高になる点と、溶液コーティングの精度が向上してきたことから、溶液コーティングで製造するメーカーも増えてきました。

8.1.4. 防眩性

防眩性とは、アンチグレア（AG）性ともいい、表面の反射を減らす一つの方法です。

簡単にいいますと、表面をマットにしてやる方法です。トレーシングフィルムなどには蛍光灯が映りこまないという原理を利用しています。表面をマットにすることにより表面反射は散乱されますので、映りこみは防止できます。

ただし、単純にマットにしたのでは、例えばPDAの表面に使用した場合、下の液晶画面がぼやけて見えなくなります。そこで、マットの度合いを調節して、下のもの（画像）はよく見えるが、蛍光灯などは映りこまないという表面を作る技術が必要になります。

8.1.5. AN性

透明なフィルムを2枚重ね、押さえると、押さえた部分に虹色のリングが見えると思います。これも光の干渉によるもので、ニュートンリングといいます。ニュートンリングはちょうど光が干渉するぐらいのスキマがあくと発生します。防止するためには、スキマをなくしてぴったり密着させるか、スキマを干渉しなくなる程度（数 μm ）まで広げる方法をとります。

前者は粘着技術で、後者がAN（アンチニュートン）処理になります。

AN処理は、粘着等で貼り付けられないが、平らなものが2枚重なる場合に行います。

簡単に言うと、マット剤を添加して、スキマが小さくならないようにします。

8.1.6. 遮光性

遮光性は光を通さないことです。

遮光性を付与するためには、金属を厚く蒸着したり、カーボンブラック（すす）を分散した塗膜を厚くつけたりします。

KIMOTOの製品で遮光性が特に要求されるのは、カメラやデジカメのシャッターの羽根材として使用される「カーボンフェザー」です。

カメラの場合、非常にわずかの光でも影響するため、「カーボンフェザー」の光学濃度(OD: Optical Density)は6以上(数十万分の1以下しか光を透過しない)になっています。

8.1.7. 光選択透過性

光を全て遮光してしまうと、真っ黒に見えます。それでは使いにくい場合があります。例えば、紫外線で焼き付ける感光材料のマスクとしては、紫外線を遮光すれば良いのです。紫外線は目に見えませんが、理論的には紫外線を遮光する透明なフィルムが作れます。全く透明だと、あるかないか識別できないので、黒では無い色をつけます。このようなフィルムの代表がマスキングフィルムです。

また赤外線だけを効率よくカットできれば、熱線遮断フィルムや、リモコンの誤動作防止フィルムが作れます。実際に赤外線だけを効率よくカットする色素はまだありませんので、多少色がついたものや、多層蒸着で作ったものが使用されています。

余談ですが窓貼りフィルムとして熱線吸収フィルムを貼ると、熱を吸収するためガラスが割れることがあります。このような用途には熱線反射フィルムをお使いください。

8.1.8. 感光性

感光性とは、光があたったときに、色が変わったり、溶解性が変化したりする作用を言います。

作用から次の様に分類されます。

(1) 光重合型

UV硬化型樹脂と同じように、光があたると高分子化(固まり)します。ハードコートとの違いは、光があたらなかったところを現像液で溶かして、固まった部分を画像として用いる点です。他ではドライフィルムやソルダーレジストにもこのタイプが使用されています。

(2) 光架橋型

光があたると2つ以上の分子が結合して、現像液に溶けなくなるタイプの感光剤です。スクリーン感材に多く使用されています。光重合がたくさんの小さい分子が結合するのに比べ、光架橋ではある程度大きな分子が、やや少数で結合する点が特徴です。

(3) 光分解型

光があたると分解して、現像液に溶けるようになるタイプで、P-P(ポジポジ)型感材になります。KIMOTOの製品では「ピルティック」や「ファイナルカラー(P-P)」の感光層に使用されています。

(4) 光発色型

光があたった部分が発色するタイプで、N-P型になります。KIMOTOでは「BLUPOSI」(ブルポジ)という、版下チェック用の材料に使用していました。これは紫外線で発色させ可視光線で定着するという、完全ドライ処理(現像液が要らない)

ですが、濃度は低いので用途は限定されます。現在は製品としてはあまり使われていません。

(5) 光消色型

光があたった部分が発色しなくなるタイプです。代表的なものはジアゾ感材で、光があたらなかったところだけアンモニアガスで現像すると発色します。

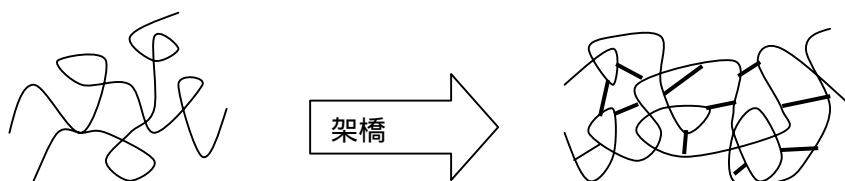
このような感光材料は、露光には紫外線を利用することが多いです。これは、紫外線のほうが可視光線よりエネルギーが大きいからです。

8.2. 膜物性制御

8.2.1. ハードコート

ハードコートとは読んで字のごとく、硬い塗膜です。フィルムの表面は柔らかいので、つめで擦ったりするとキズが入ります。

プラスチックは一般的に柔らかいものですので、硬い塗膜を作るためには、架橋と言って結合を増やします。



したがってハードコートに使う樹脂としては、UV硬化型、電子線(EB)硬化型、熱硬化型、湿気硬化型(空気中の水分と反応して固まる)および無機系になります。UV硬化型が最も多く使われます。

ハードコートの塗膜の硬さを評価する場合、最も多く用いられるのが鉛筆硬度です。鉛筆硬度は、硬さの異なる鉛筆に一定の荷重をかけて表面を擦ったときに、キズの入らない最も硬い芯の種類で表示します。未処理のPETフィルムはHB程度の硬さですが、ハードコートフィルムの場合3H程度が必要です。この硬さに対する要望は日に日に高くなっています。その他の評価方法としては、打点試験(10万回とか100万回とか表面をたたく)、テーパー磨耗(磨耗輪という砥石状のリングを回転させて表面を擦る)、スチールウール試験(スチールたわしのような、スチールウールというもので表面を擦る)等の試験があります。

ハードコートは、メンブレンスイッチ(電気釜や洗濯機のスイッチで印刷されているタイプ)やタッチパネル(PDAの表面。切符の販売機もタッチパネルが増えてきましたがあれはガラスです)などに使用されます。最近はインモールド成型といって成型品に印刷する変わりに、印刷したフィルムを成型時に樹脂と一体化する用途にもハードコートが使われています。この場合成型時に型に追随しないといけないので、硬さと伸びという相反

する機能が必要となります。

KIMOTO のハードコートフィルムは「KBフィルム」という商品名で、タッチパネル、メンブレン用に主に販売しています。

8.2.2. 筆記性

筆記性とは、もちろん文字が書けることです。何も処理をしていないポリエステルフィルムの表面には鉛筆では字は書けません。凹凸があれば書けるようになるだろう位のことは、容易に想像ができるでしょう。しかしながら、筆記具にも鉛筆、ボ - ルペン、インキ（墨）などいろいろなものがあります。筆圧、筆記速度など場合によって結構異なっています。さらに、筆記された画線の濃度、シャ - プさまで言い出すと、なかなか難しくなってきました。

まず筆記具別に被記録材料の性能を見てみましょう。

鉛筆筆記性	鉛筆芯による筆記性は、被記録材の表面形状と表面硬度の違いによって評価されます。鉛筆による筆記の場合には、消しゴムでの消去性と再加筆性も評価されます。
ボ - ルペン筆記性	油性ボ - ルペンでは、たいいていの物への筆記は可能ですが、画線濃度、シャ - プさを求める場合には、やはり表面形状と表面硬度が問題となります。ケミカルマットの場合、表面形状、表面硬度は、マット層を形成する樹脂と顔料の硬度及び顔料の粒度を選択することにより決定できます。しかし、サンドマットの場合は表面形状は変化させることができますが、凹凸がPET自体であるので、表面硬度は選択することができません。
製図用インキ筆記性	インキ（墨）での筆記性は、インキ画線の濃度とシャ - プさ及び画線の接着性が問われます。濃度とシャ - プさについては表面形状と表面の濡れ性（適度な撥水性）が影響します。接着性はインキのバインダとなる樹脂と被記録材表面の親和性の良否が影響します。製図用フィルムの場合は、多くが最上層にAS層がくることになるので、そのAS層の性能が製図用インキの筆記性に与える影響が非常に大きくなります。

いろいろ難しい話をしましたが、簡単に言うと、表面の硬さと、表面の樹脂の種類と、表面の凹凸を制御して筆記性を出しています。KIMOTO では粗面を形成するために、サンドブラスト、コーティングを用いています。また紙の風合いを生かして、フィルムの長所を利用するために紙とフィルムをラミネートした「パプール」という商品も製造しています。

8.2.3. 親水性・保水性

ポリエステルフィルムの表面を水で濡らすと水はすぐに水滴となり、はじいてしまいます。これはどういうことなのでしょう。そもそも当社はポリエステルフィルム上に樹脂、顔料、溶剤を含んだ塗料を塗工している訳ですが、この溶剤とポリエステルフィルムの表面の仲が悪いと塗工することができません。水性ペンでプラスチックに字が書きにくいと同じです。したがって、ポリエステルフィルムの上に水単独の溶剤に樹脂、顔料を混合した系では塗工することができません。塗料がフィルム上で水滴のようになっては塗ることはできず、塗料がフィルムの上に広がる必要があります。これが「濡れ」ということです。若い人の肌は水をはじきますが、年を取ってくるとはじかなくなってきます。年をとると油っぽくなるのに何故ハジかなくなるのでしょうか。私は知りません。

話をもどしまして、「親水性」を良くするという事は、各種の処理を行うことによってフィルムの表面張力を下げ、水を溶剤とする塗料系の塗工を改善したり、接着を改善したりすることをいいます。

また、「キモプレ - ト」のような印刷用版材ではオフセット印刷を行うために、印刷時はその表面は親水性を維持していなくてはなりません。「キモプレート S」では、トナ - は親油性であり、「キモプレ - ト」の表面が初めから親水性ではトナーが接着しません。そこで、最初はその表面が親油性になっていてトナ - が付着するが、その後の不感脂化処理によってトナ - 部以外の表面を親水性・保水性にする処理を行っています。「キモプレート e 2」では、最初から親水性の表面を形成し、かつインクリボンが転写するような表面を作っています。このため「キモプレート e 2」では不感脂化処理が不要です。しかしフィルムを製造する上では、最初から親水性・保水性表面を作るのは非常に難しいことなのです。

その他に水溶性樹脂やある種の界面活性剤、無機酸化物（例えば最近はやりの超親水性光触媒など）などをコ - ティングすることにより、塗膜の表面を親水性にすることもできます。

（コロナ放電処理）

一種のプラズマ処理です。電極に高電圧をかけてコロナ放電させ、プラスチックフィルムに加速された電子をぶつけて、疎水性のプラスチックフィルム表面に親水性の基（例えば - OH：ヒドロキシル基、- COOH：カルボキシル基）を導入する処理です。コロナ放電処理は操作が簡単で、世の中では PP や PET の印刷性を改善するために広く用いられています。またオフラインで処理する装置も所有しています。コロナ放電処理は簡単ですが、長いこと放置しておくとも効果が低下したり、処理時に電極の金属と空気中の窒素や酸素とかが反応して、副生成物（ゴミ）が発生する問題もあります。

(不感脂化処理)

従来から軽印刷分野で使用されている「キモプレ - ト」にこの処理が施されます。上述したようにトナ - が転写される段階ではマスタ - の表面は疎水性であることが必要です。トナ - が転写された後は、オフセット印刷を行うためにトナ - 部以外は親水性・保水性であることが要求されます。これらマスタ - には樹脂に顔料である酸化亜鉛が分散されている。酸化亜鉛は通常疎水性であるが、不感脂化液(フェロシアン塩、フェリシアン塩含有水溶液)のフェロシアンイオン、フェリシアンイオンが酸化亜鉛と反応して、フェロシアン亜鉛、フェリシアン亜鉛が生成します。これによって表面が親水性になります。

尚、最近ではシアンを含まないフィチン酸系の不感脂化液を使用するほうが主流となっています。

(水溶性樹脂などの利用)

水溶性樹脂はもともと水にとけるので、親水性は高いことになります。したがってコ - ティング塗膜としてポリビニルアルコールのような水溶性樹脂を用いると、塗膜表面は親水性となります。インクジェットのインクは水が主体であるために、受像フィルムの表面層は親水性、吸水性であることが必要です。

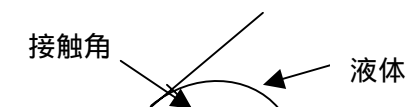
8.2.4. 疎水性・撥水性

親水性の項で述べましたが、ポリエステルフィルムの表面を水で濡らすと水はすぐに水滴となり、はじかれてしまいます。これはポリエステルフィルムの表面は疎水性が強いからです。

親水性、疎水性の度合いは表面張力や接触角で示します。表面張力は、濡れ試薬(いろいろの表面張力の液体)を測定したいモノ(フィルム)に決められた方法で塗り、ハジクかどうかで測定します。例えば50ダインの試薬で濡れればそのフィルムの表面張力は50ダインとします。

接触角は、純水で行う場合と実際に使用する液体で測定する場合があります。接触角は図の様に、測定したいものに液体を1滴たらし、一定時間後に液滴と被測定物のなす接線の角度で表します。接触角が大きいほど濡れにくいということになります。水に対して測定した場合は接触角が大きいほど疎水性が高いことになります。車のWAXがけをした後は、雨水をはじきますが、これはWAXの膜が水をはじいているからです。

また、PETに限らずフィルムとして有名なものは一般的にその表面が疎水性のものがほとんどです。ポリエチレン(PE)、ポリプロピレン(PP)、ポリスチレン(PS)、ポリ塩化ビニル(PVC)、ポリカーボネート(PC)などのフィルムはいずれも疎水性です。



したがって、水溶性樹脂をコ - ティングすることはそのままでは困難ですが、有機溶剤可溶性の樹脂は比較的簡単にコ - ティングすることができます。これはフィルムと樹脂層が接着しやすいという意味でもあります。

また疎水性向上の方法として、シリコン化合物処理は有名です。例えば、セロテープの背面や、粘着フィルムのセパレータなどです。シリコン化合物の場合、塗膜は疎水性を乗り越して撥水性の領域になります。「キモテクトXタイプ」は（レジストの付着防止のため）に撥水性処理を行っています。

8.2.5. 吸液性

吸液性とは、吸水性と吸油性の両方を指しており、要は塗膜などが溶剤や水を吸う性質をいいます。話しは変わりますが、床にこぼした水を雑巾で拭き取ったり、筆で半紙に書いたり、紙おむつが水を吸ったりするのはなぜなのでしょう。また、当社の製品である「マイジェフ」や「キモアート」がインキを吸収するのはなぜなのでしょう。

これには2つのタイプがあります。一つは毛細管現象によるものです。毛細管現象とは、液体の表面張力により、液体が毛細管の中に吸い込まれたり、押し出されたりする現象です。液体中に毛細管を立てると、その管が液に濡れやすい場合は、管の中の液面が上昇し、逆に濡れにくい場合には液面が下降します。これは毛細管という一つの管の話ですが、紙の繊維などもこの毛細管と同じ役割を果たし、液体を吸収します。多孔質物質の空隙内に液体が浸透していく現象（インクジェットメディアで言えば、孔吸収型）もこの原理を利用しています。

一方、高分子化合物の中にはもともと吸収させる液体と相性の良い構造を持つものがあり、その構造が液体を吸収し、保持することがあります。つまりインクの溶剤で樹脂を膨潤または溶解させながら吸液するタイプがこれにあたります。

8.2.6. 印刷適性

印刷適性とは、シルクスクリーン印刷、オフセット印刷、グラビア印刷等の各印刷方式、酸化重合型、UV硬化型等の乾燥方式、水溶性インキ、溶剤型インキ、大豆油インキ等のインキ種類の組み合わせに応じて印刷できる性質をいいます。全てについて可でなくても、用途を制限して、印刷適性を付与したものもあります。

KIMOTOの印刷用フィルムとしては、「ドルックベース」(オフセット印刷適性)、「フレーバーシート」(自販機のダミー缶用耐光性印刷用フィルム)、「ビューフル」(印刷適性 + 粘着加工)、「インフォペット」(道路の案内幕用耐光性印刷フィルム)などがあります。

8.2.7. 耐候性

耐候性といった場合には、耐光性（光による劣化ですが、主には紫外線による劣化に対する耐久性）以外に雨等の水の影響にも耐久性が必要です。

耐光性を向上させる場合、一般的にはUV吸収剤や老化防止剤を塗膜中に添加するか、オーバーコートしたり、酸素と接触しないようにしたり、不飽和結合が無いような材料を選択したりします。

水の影響を防ぐ場合には、表面を撥水性にしたり、加水分解しないような材料を選択したりします。PETベースは加水分解にはあまり強くありません。汎用のフィルムの中で耐候性に優れているのは、PVC（軟質塩ビ）とフッ素樹脂フィルムです。塩ビもフッ素樹脂もどちらも、ハロゲン（塩素やフッ素）を含みますので、低温で焼却するとダイオキシンが発生したり、軟質塩ビは柔らかくするために添加する可塑剤（DOP＝ジオクチルフタレート、DBP＝ジブチルフタレート等）が環境ホルモンに該当したりしますので、環境にはやさしいとは言えません。環境に対する負荷の低い材料で耐候性を向上させるのは重要な技術です。KIMOTOでは、この点からPETにコーティングすることにより耐候性を向上させたり、アクリルフィルムの使用を進めたりしています。

耐候性を評価するためには、実曝試験といって実際にその環境下で暴露します。自動車の塗料は、実際に10年間暴露されています。

でも、実際には実曝試験を十分にできない場合があります。そのような場合、促進試験というのを実施します。耐候性促進試験はサンシャインウエザオメータという装置で行います。この装置は耐光性試験を行うサンシャインフェードメータという太陽光に近い光（強度は強い）を照射する装置に、雨が降らせる装置がついたものです。

ただし、促進試験はあくまでも促進の目安だけです。実曝試験と促進試験の結果が大きくずれる場合もあります。

8.2.8. カール防止性

図のように異なった材質を粘着剤や接着剤で貼り合せるとカールが発生します。

A
粘着剤・接着剤
B

たいていのものは温度と湿度が変わると寸法が変化します。フィルムの場合、一般的には、温度が上がると伸び、湿度が上がると伸びます。このような寸法変化は材質によって決まります。したがって異なった材質を貼り合せると、伸びがB＞Aの場合には伸びる方向に環境が変化するとUのような形にカールします。これはアクリル板のような板の場合でも同じです。

買ってきたアクリル板は両面に保護シートが貼ってありますが、片方だけ剥がしてはいけません。片方だけ剥がすと反り易くなります

また、粘着剤で貼らなくても、フィルムの表と裏で異なったものを塗布すれば、同じようにカールします。

8.3. 界面制御

8.3.1. 接着性

接着とは「ものとものをくっつけること」です。

KIMOTO で取り組んでいる接着性には、塗膜接着性、ヒートシール性、ラミネートがあります。

(1) 塗膜接着性

塗膜接着性とは、文字通り塗膜と基材の接着のことで、通常は剥がれないようにします。塗膜と基材の接着は、いろいろな理論が示されていますが、こうすれば接着するという決定的なものはありません。「似たもの同士はくっつく」「上に塗るものの溶剤で基材表面が少し侵されるようなものはつく」「接着面積を上げるとつく」といった経験則に基づいて試行錯誤により接着性を向上させることも少なくありません。

塗膜の接着を向上する方法としては次の様なものがあります。

1) アンカーコート：基材と塗膜の間にアンカーコート（下引き）をする方法です。

基材と塗膜の中間的な性質のものをを用いることが多いと思います。またPETフィルムの場合は予めフィルムメーカーが易接着層を設けたフィルムを販売しており、それを利用する場合もあります。

2) コロナ放電処理（EC処理）：p.27 の親水性の項を参照してください。

3) 接着面積を増加する：基材表面をマット状にして、接着面積を増やす方法です。

塗膜の接着を評価する代表的な方法は、「ゴバン目テープ剥離法」です。これは塗膜に1mm間隔で10×10の罫目をカッターで切り、ニチバンのセロテープをそのゴバン目の上から貼り付けて剥がす方法です。100個の罫目のうち何個とれたかで接着の度合いを判定します。この試験方法はJISで規格化されています。

またハードコートフィルムやインクジェットフィルムなどは、耐久性試験や印字後の接着が問題になる場合もあります。

また、マスキングフィルムは塗膜と基材の接着力を低下させて、塗膜を剥離して使用するもので、塗膜接着力の低さを利用した製品です。

(2) ヒートシール性

ヒートシール性とは予め感熱接着剤（熱をかけると溶けて接着する）を塗布しておき、使用時に熱や圧力をかけてくっつけることをいいます。

この性能を付与したKIMOTOの製品としては、「P-40」があります。P-40はFPC（フレキシブルプリント基板）のコネクタの補強に使われるフィルムで、使用時に熱プレスすることによりコネクタに接着します。

(3) ラミネート

ラミネートは2種類以上の基材を接着剤で貼り合せることを言います。「レフホワイト3

80」という製品は電飾看板の反射シートとして使用されますが、通常のレフホホワイト188ではコシが弱く撓むため、188 μ mのPETフィルムをラミネートしています。ただ貼るだけでは能がないので、帯電防止機能をもたせた接着剤を使用しており、貼り合せたフィルムの表面も帯電防止性（AS性）を有しています。

またパプールは和紙と和紙でPETフィルムをサンドイッチ構造にしたラミネート製品です。

8.3.2. 粘着性

粘着性は粘着剤を塗布することにより付与します。粘着剤はいろいろな種類があり、屋外用（耐候性に優れる）、低粘着用、強粘着用、再剥離型、ガス止め（ポリカ板などに粘着剤でフィルムを貼り付けると、熱がかかった場合等ポリカ板からガスが発生します。ガス止めとは、このガスが発生しないよう非常に強固にくっつけるものです）等の中から要求仕様にあったものを選択します。また紫外線吸収性など他の機能を付け加えることも可能です。

粘着製品は、一次基材（主）に粘着剤を塗布、乾燥し、二次基材（副）としてセパレータ（シールの裏紙。表面を剥がれやすく加工したフィルムや紙）を繰り出してラミネートします。一次基材が熱や溶剤に弱い場合は、セパレータを一次側に使用し、セパレータに粘着加工して、二次側から主基材を繰り出しラミネートします。

粘着性の評価は、接着力、ボールタック、プローブタック等で行います。接着力は所定のサイズの試料を被着体に貼り合せ、決められた角度（通常は180°）に剥離した時の剥離強度で測定します。ボールタックは貼るときのベタベタの度合いを測定するもので、試料を定められた角度に傾いた試料台にとりつけ、大きさの違うボールを転がして、転がる最も大きなボールのサイズを測定値とします。ベタベタしていることと、接着が強いことは異なりますが、初期接着にはボールタックは効いてきます。クリープ試験（保持力）は試料を決められた相手に貼り付け、荷重と熱をかけて、どのくらいの時間で剥がれるかを測定するものです。このような粘着性の試験では、JISなどでは、被着体（貼り付けられるもの）はアルミ、ガラス、スチール、ステンレスの板になりますが、実際お客様が使われる場合には、いろいろなものに貼られ場合があり、事前に試験します。

KIMOTOの粘着製品としては、「キモテクト」が代表的なものです。「キモテクト」はプリント基板を製造するときのフォトマスク（原稿）を保護するためのフィルムで、非常に薄い基材（一番薄いものは4 μ m）に薄い膜厚（約2 μ m）の粘着剤を塗工しています。

また「ビューフル」も粘着製品で、貼り付けた後も透明感のある粘着性を有しています。

8.3.3. 離型性

離型性とは、接着性と逆でくっつかなくすることを言います。離型性を有したのもっとも有名なものは、シールやラベルのライナー（裏の剥がして捨てる紙、フィルム：セ

パレータとも言う)です。

離型性を付与するためには一般的にはシリコンやフッ素樹脂を表面に塗ります。一般的にはフッ素系は剥離が重く(剥がしにくく)なりますので、離型性の良いシリコン処理が使われています。しかし、工程用などで、あとでエッチングに使う場合でシリコンが混入するとまずい場合や、シリコンの転写を嫌う場合は(シリコンはラブオフといって、重ねておくと転写する性質を持っています) フッ素系を使います。

8.3.4. 転写性

転写性とは、予め作製した膜を別のものに転写する機能を言います。直接塗工できない場合には有効な方法です。転写性とは転写したい基材にくっつく性質と(粘着性、接着性) 基材から剥がれる性質(離型性)を併せ持った機能です。

転写性を有する製品としては、「キモテクトST-2」(転写型キモテクト)があります。

1次基材
ハードコート層
接着層
セパレータ

キモテクトST-2 構造

「キモテクトST-2」はセパレータを剥がして、接着層とフォトリソマスクを貼り合わせ、UV照射して硬化させた後1次基材を剥がすことにより、薄い膜をフォトリソマスク上に形成します。

8.4. 静電気制御

8.4.1. 帯電防止

帯電防止性はAS(Anti Static)性ともいい、一般的に静電気が発生しやすいプラスチック表面が帯電するのを防止する機能です。

帯電防止性の度合いを測定する場合、「表面抵抗」と「減衰」を測定します。

表面抵抗は、表面の電気抵抗で $\Omega/\square$ (オーム・パー・スクエアと読みます)の単位で表します。PETフィルムの表面抵抗は ∞ (無限大)です。どの程度の表面抵抗にすれば帯電防止できるかということ、 $10^{11}\Omega/\square$ 以下にします。また減衰とはフィルムに電圧をかけて、どのぐらいの時間でチャージがなくなるかということです。簡単に帯電防止性を測定する場合は「灰付着試験」でもわかります。試料の表面を擦ってから、タバコの灰のはいった灰皿に近づけて灰がつくかどうかを見ます。

帯電防止処理は表面に導電性のものを塗布するのですが、導電の仕方により、イオン伝導型と電子伝導型に分かれます。

昔学校で習ったと思いますが、純水は電気を通しません。じゃあ風呂場で電気カミソリを使って殺人事件がおきるのは何故かといいますと、水の中に電解質(塩のようなもの)が入っているからです。この性質を利用して表面に電解質の膜を作り、空気中の水分(湿度)を利用して導電性を付与するのをイオン伝導型といいます。

イオン伝導型の場合、透明で作りやすいのですが、湿度の影響を受ける(特に静電気が

発生しやすい低湿度時に水分が不足するので A S 性が低下する) A S 性が長続きしないという問題があります。

しかし、透明で作りやすいので、イオン伝導型は一般的に多用されています。

一方電子伝導型は、金属です。具体的には金属や金属酸化物を蒸着やスパッタでくっつけるか、金属を分散した塗料を塗布します。

電子伝導型は湿度の影響を受けず、永久帯電防止性を付与できますが、着色したり、コスト高になるという問題があります。

8.4.2. 静電画像形成

絶縁性塗膜に帯電させ、トナーを静電的にくっつけて、画像を形成することです。ちょっと前までは「キモグラフ E P F」(静電プロッター用フィルム)がその代表でした。

8.4.3. 静電吸着性

静電吸着とは、プラスに帯電したものとマイナスに帯電したものが、互にくっこうとする性質を積極的に利用した技術です。

KIMOTO の製品では「ラビロ」に応用されています。粘着剤を用いないでくっつけることができるので、糊残りの問題や、貼りそこないの問題はありませんが、使用できる範囲は限られています。

9. 評価技術

製品の品質保証や製品開発には、評価技術が不可欠です。ここでは主に物性の評価について説明します。

9.1. 機械的特性

どのくらい引っ張ると切れるかとか、どのくらいの力で引っ張るとどれくらい伸びるかとかいった、特性の測定です。J I S で規格化されている場合があります。

引裂伝播抵抗 (エレメンドルフ引裂試験法) (JIS-P-8116)・・・引き裂く場合の強さを測定します。

引裂伝播抵抗 (JIS-K-6772)

破裂 (JIS-L-1018. B 法)・・・破裂させる強さを測定します。

抗張力・伸度 (JIS-C-2318)・・・どのくらい伸びるか、伸ばすのにはどれくらいの力が必要かといったことを測定します。

耐折強さ (JIS-P-8115)・・・折り曲げに対する強さです。

腰の強さ (円型押し込み---KIMOTO 法)

9.2.電気的特性

絶縁抵抗試験(JIS-K-6911)

表面電位 (5KV 印加した時の帯電量)

半減期(JIS-L-1094. A 法).....減衰を測定します。

9.3.表面的特性

表面物性測定は、表面の硬さや凹凸の度合い、スベリ性、濡れ性等を調べることです。

耐鉛筆硬度(JIS-K-5400).....硬さを調べます。

表面粗さ(JIS-B-0601).....表面凹凸の度合いを調べます。

3次元表面粗さ.....表面凹凸の度合いが3次元で測定できます。

動摩擦係数(ASTM D 1894)：表面のスベリ性の測定です。

接触角.....表面の濡れ性を測定します。

平滑度 (ベック) (JIS-P-8119).....表面の平滑度を調べます。

打点試験 (KIMOTO 式)膜の硬さを叩いて調べます。

スクラッチ.....表面の傷つき易さを測定します。

9.4.寸法安定性

フィルムは一般的に、温度湿度変化で伸縮します。その度合いを測定します。

加熱伸縮率(JIS-C-2318 に準ずる).....温度に対する伸縮です。

湿度伸縮係数(J.TAPPI No,28m).....湿度に対する伸縮です。

温度膨張係数(KIMOTO 式).....温度に対する伸縮です。

9.5.光学的特性

フィルムの場合、何らかの形で光と関係が生じます。いろいろな測定を行っています。

光線透過率(JIS-K-7105 測定法 A、K-7361-1).....光がどれくらい透過するかを測定します。

ヘーズ (曇価) (JIS-K-7105 測定法 A、K-7136).....光がどれくらい散乱されるかを測定します。

光沢(JIS-K-7105).....表面光沢の測定です。

写像性(JIS-K-7105,H8686、及び ISO-10216).....クラリティとも言います。

色相 (JIS-K-7105)

分光透過・反射率.....光の波長ごとに透過率や反射率を測定します。

濃度.....遮光性の度合いを対数で示します。ですから光学濃度が1違うと遮光性は10倍違うことになります。透過率とは逆の関係になります。

9.6.粘・接着材料の評価

粘着力やべとつきの程度、接着力の測定です。

180度剥離(JIS-K-6854).....180度の角度に剥がすときの力を測定します。

傾斜式ボールタック(JIS-Z-0237).....傾斜させたサンプル(粘着剤表面)の表面に球を置いて転がり落ちる球の大きさでべとつきを調べます。

保持力(JIS-Z-0237).....被着体と粘着製品を貼り合せ、温度と荷重をかけて、剥がれる時間を測定します。クリープ試験とも言います。

プローブタック(ASTM-D-2979).....S U S製の直径5 mmのプローブ(円柱状)に荷重をかけて一定時間後に剥離し、その時のタックを測定します。

9.7.信頼性試験

(1) 耐光(候)性試験

光や気候に対してどのくらい耐久性があるのかを調べる試験です。屋外で使用される材料には必須の試験です。

フェードメーター

一般的な耐光性の試験方法。光源に紫外線カーボンアーク灯を使用。

ウェザオメーター

光と水による劣化を促進させる耐候試験です。照射中に試料に水を噴霧することができます。光源はサンシャインカーボンアーク灯とキセノンランプのどちらかが選べます。屋外暴露1年分に相当する照射時間は、サンシャインカーボンアーク灯は約1000時間、キセノンランプは約1400時間で計算します。

UVテスター

メタルハライドランプのよる紫外線で試料を劣化させます。屋外暴露1年分に相当する照射時間は、25時間です。ただし、紫外線の波長域が異なるのでフェードメーターとの相関はありません。連続照射が可能です。

(2) 低温試験

-40 までの低温。

(3) 高温試験

設定範囲は40～150。

(4) 温湿度試験

湿度をかけて試料を促進劣化させます。また、室温以上であれば温度の制御も可能です。連続運転が可能です。

温度：室温～100、湿度：20～100%RH(ただし温度20～40では50～100%RH)

(5) 熱衝撃試験

高温と低温を短時間でサイクルにかけて、変化をみる試験です

ヒートショック

高温と低温に繰り返し暴露させることによって試料を促進劣化させます。高温から低温へまたは低温から高温へ温度を変えるときに一気に変化させます。設定範囲は、低温側は-60 まで、高温側は 150 まで可能です。連続運転が可能です。

ヒートサイクル

高温と低温に繰り返し暴露させることによって試料を促進劣化させます。温度を変化させるときに、一定の昇温または降温速度で徐々に温度を変化させます。また、高温→常温→低温のように 3 種類以上の温度を設定することが可能です。設定範囲は、低温側は-40 まで、高温側は 130 まで可能です。連続運転が可能です。

(別表) KIMOTO 製品の機能対照表

制御技術	表面形状																電気	
	光物性							膜物性						界面		耐久性		
機能	筆記性	光拡散性	AN性	防眩性	反射防止性	光反射性	感光性	密着性	親水性	吸液性	印刷性	ハードコート性	寸法安定性	離型性	粘着・接着性	耐候(光)性	耐熱性	帯電防止性
ライトアップ ^R (光拡散フィルム)		★	★								★					★		★
レフホワイト ^R (光反射フィルム)						★												★
スクリーンフィルム				★		★												
KBフィルム ^R (ハードコートフィルム)			★	★				★			★	★			★	★		★
ARフィルム (反射防止フィルム)					★							★			★			★
キモテクト ^R (フォトマスク保護)														★	★			★
スタビライザー ^R (寸法安定化フィルム)													★		★			★
P - 40 (FPC コネクタフィルム)															★		★	
キモアート ^R (GR系インクジェット)									★	★					★			
スーパーキモアート ^R (GR系インクジェット)									★	★					★	★		
マイジェフ ^R (CAD 用インクジェット)	★								★	★								★
キモレック ^R (PPC用フィルム)								★									★	★
ミクロトレース ^R (製図用フィルム)	★												★					★
ラフェース ^R (水系製図用フィルム)	★												★					★
ジアゾユニパー ^R (感光性フィルム)	★						★											★
ビューフル ^R (機能性粘着フィルム)											★				★			★
キモプレート ^R (フィルム印刷版)								★	★		★							
デジグラフ ^R (印刷原稿作成フィルム)								★										★

★ : 主機能

★ : 副機能