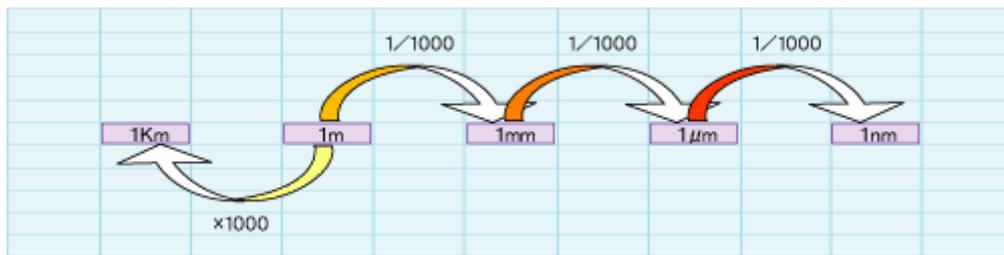


# 何となくわかるフィルム加工

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

## 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。



100  $\mu\text{m}$ ・・・髪の毛



1  $\mu\text{m}$ ・・・バクテリア



100 nm・・・タバコの煙

長さの基本的単位は 1m 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。

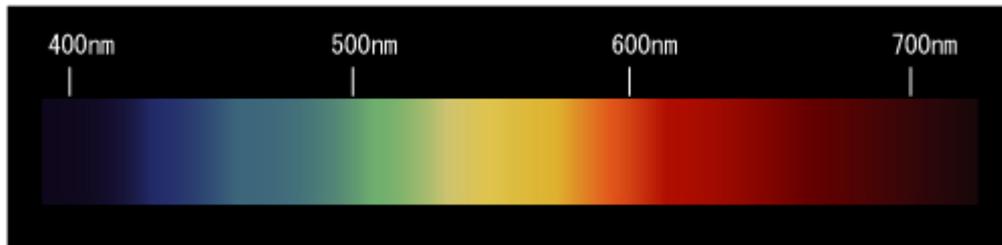
1m の 1000 倍は 1Km です。PET フィルムの原反の長さは厚みによって異なりますが、だいたい 1000m ~ 4000m (1Km ~ 4 Km) です。

1m の  $1/1000$  を 1mm と呼ぶのは皆さんよくご存知です。

1mm の  $1/1000$  を  $1\mu\text{m}$  (マイクロメートル) と言います。以前は  $\mu$  と書いて「ミクロン」と読んでいましたが、SI 単位系という国際単位では「マイクロメートル」と呼びます。「 $100\mu\text{m}$  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。コーティング厚みでよく  $5\mu\text{m}$  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。

$1\mu\text{m}$  の  $1/1000$  を 1nm (ナノメートル) と言います。「ナノテクノロジー」という言葉をよく耳にされるかと思いますが、この領域 (サイズ) の科学技術のことです。タバコの煙の大きさが約 100nm くらいです。

私たちの見ることができる可視光線の波長も 400nm ~ 700nm と nm の単位です(下図参照)。700nm より長いと赤外線といい、400nm 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 550nm 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。



可視光のスペクトル分布

この他にインチ単位も使います。1インチは25.4mmで、起源は人の親指の幅だそうです。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(コア)の径の大きさです。

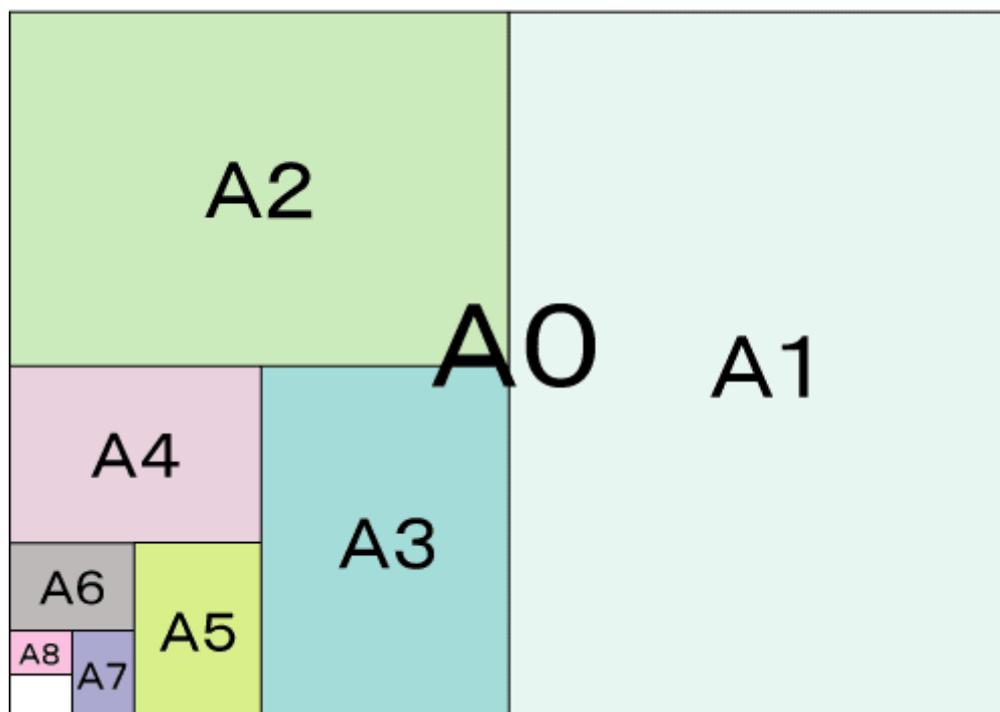
またインクジェットの印字性能をあらわす時に dpi(ディー・ピー・アイ)というのを使いますがこれは、1インチの中にいくつ点(ドット)を表現できるかということです。1200dpi では 1インチの中に1200個ドットをうてます。一方印刷では120線とか150線とかの表現を良く使います。これは1インチの中にスクリーンの線数が何本あるかということです。これだけ聞くと1200dpiの方が120線より解像度が高いと思われるかと思いますが、違います。

1200dpiのプリンターで120線を出力すると、1辺について $1200 \div 120 = 10$ ですから、一つの網点を $10 \times 10 = 100$ 個のドットで表現することになります。簡単にいうと、1200dpiのプリンターで120線の画像を出力すると100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。

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1/72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1/1000インチです。75 $\mu$ m厚フィルムは3ミル、100 $\mu$ m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。A4とかB5とかいうやつです。A判もB判も縦横の比率は1: 2で同じです。A0の面積が $1\text{m}^2$ なのに対してB0の面積が $1.5\text{m}^2$ という違いだけです。ですからA0は $1189 \times 841$ になっています。A0を半分にするとA1になりますがA1でも縦横の比率は1: 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1200mmということになります。



## 2. フィルム加工の種類

フィルム加工は大別すると次のように分けられます。

### 2-1.コーティング

基材上に膜を設ける方法



#### (1)溶液コーティング

塗料を基材に塗って膜を一層設けること。KIMOTO の得意技術です。

#### (2)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。包材等では汎用の方法です。

#### (3)蒸着

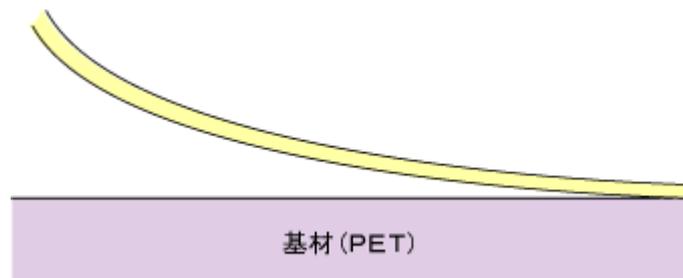
真空中で金属等の塗膜にしたい物質に熱をかけて蒸発させ、それを基材に付着させる方法です。KIMOTO の製品「KDP」ではアルミ蒸着を行っています。最近コンビニのおにぎりの包装に使われるシリカやアルミナの蒸着が有名。

#### (4)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、ターゲットを飛び出させ、基材に付着させる方法です。透明導電膜につかわれるITO(インジウム - スズ酸化物)などはこの方式でコーティングされます。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ますが、加工速度が蒸着の1/50～1/100のためコストが高いのが欠点です。

### 2-2.ラミネート

基材を貼り合せること



### (1)ドライラミネート

粘着剤や接着剤を塗工後貼り合わせる。KIMOTOでは「[KBフィルム](#)」等のハードコート表面の保護や粘着製品「[Prosave](#)」の離型フィルムをこの方法で張り合わせています。

### (2)押出ラミネート

熱で樹脂を溶かしたものを押し出し、貼り合わせる。

## 2-3.物理的加工

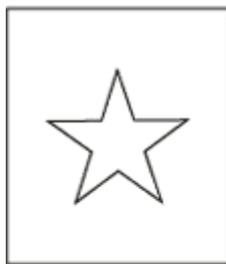
物理的にフィルム表面を変形させること



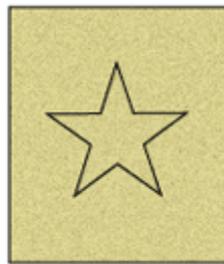
### (1)サンドブラスト

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」も可能です。

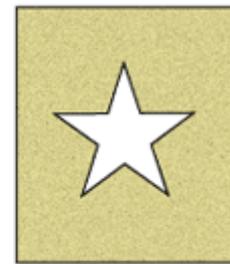
#### 柄マットの製造方法



水性インクでパターン印刷



サンドブラスト



インクを水洗除去

### (2)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ります。

### 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。

使用する基材は、PET(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)、ユボ、塩ビ、PC(ポリカ。ポリカーボネート)、TAC(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)

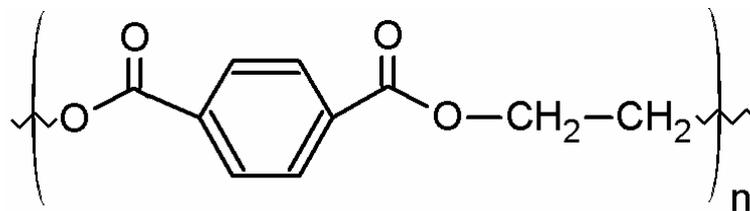
塗料は、必要な機能が得られるように設計します。塗料は主として、樹脂(つなぎ)、染料(着色)、顔料(着色したり、表面を凹凸にする)、添加剤(均一に塗りやすくしたり、スベリ性を上げたりする)、溶媒(溶剤とか水です)からなります。

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

#### 3-1.基材

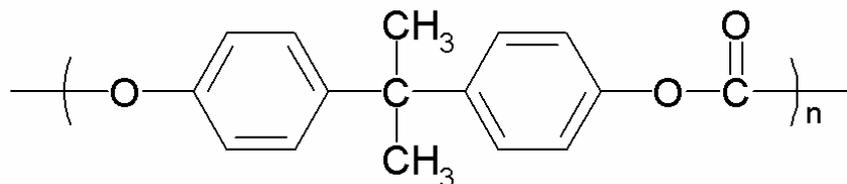
KIMOTO でよく使用している基材や、関連する基材について説明します。

##### (1) PET(ペット、ポリエチレンテレフタレート)



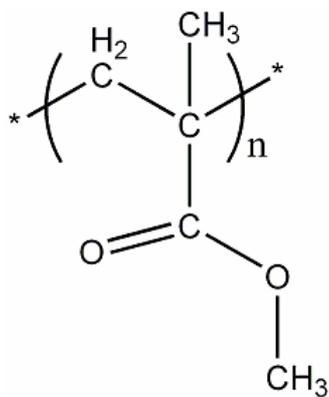
- ・ 機械的強度、寸法安定性、耐溶剤性、透明性が高く、加工適性に優れ、価格も比較的安い。
- ・ 材質としてはペットボトルと同等。
- ・ PET フィルムは、表面に易接着処理(上に塗るものが接着しやすい処理)されているものや、白色、黒色等の着色したもの、発泡させて比重を軽くし白くしたもの等さまざまな種類があります。
- ・ PET の使用温度範囲は-70 ~ 120 程度です。

##### (2) PC(ポリカ、ポリカーボネート)



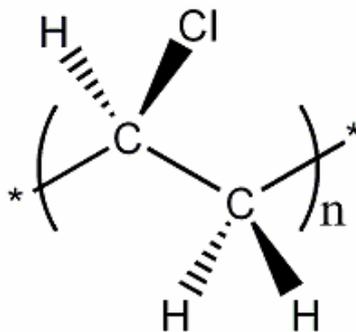
- ・ PC は耐熱性が PET より高いことから、電気製品等に使用されています。
- ・ また、延伸していないので、光学異方性(縦方向と横方向で偏光度が異なること。これがあると、液晶部材のような偏光を利用する部材には使えない)がありません。
- ・ PC は耐溶剤性が弱いので、塗料設計には工夫が必要です。
- ・ PC にはキャスト品と押出品があります。光学用にはキャスト品が使用されますが、PET の約 10 倍の価格が難点です。押出品は PET の 3~4 倍程度ですが、平面性が悪かったり、異物が多かったりして加工適性は良いとはいえません。

### (3) アクリル



- ・ アクリルフィルムは、アクリル板と同じ材質 PMMA(ポリメタクリル酸メチル)です。
- ・ 透明度が PET より良い点、耐光性が優れている点(屋外 5 年は OK)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) PVC(塩ビ、ポリ塩化ビニル)



- ・ ひとこ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、价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。

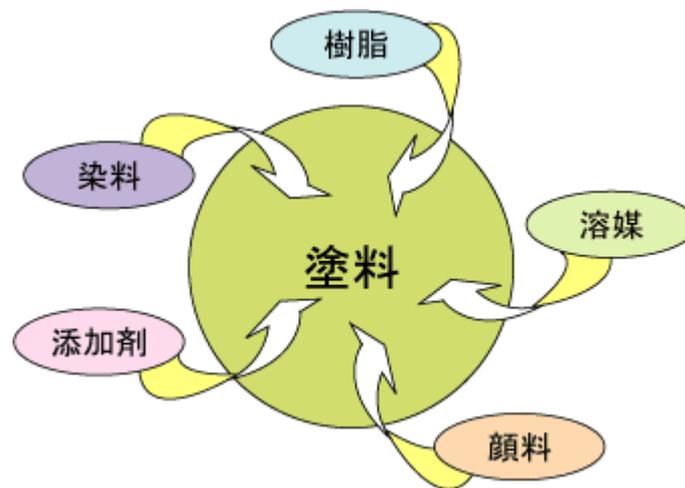
(5) TAC (タック, トリアセチルセルロース)

- ・ TAC 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(PCの説明を見てください)がな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。塗膜に要求される性能に応じて設計します。塗料は下に示す5つの成分から成り立っています。

- ・ 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。



### (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、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(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、最近では環境問題から、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、ポバールと言います)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。

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、慎重に検討します。

### (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。

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があります。

顔料を均一にするには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

添加剤は目的に応じたものを使用します。さまざまな用途がありますが、ここでは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。

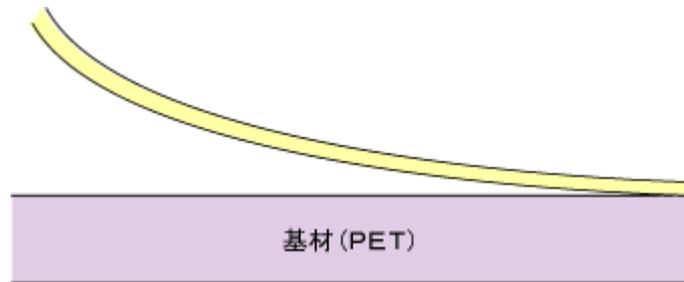
難燃剤：塗膜を燃えにくくする。

#### (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。

## 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ネートする場合もあります。

## 5. サンドブラスト



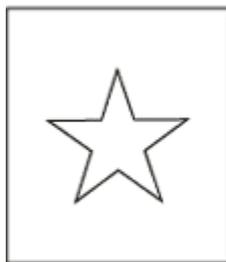
サンドブラストは細かい砂を、フィルムの表面にぶつけることによって、フィルムの表面に凹凸をつける加工方法です。

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付きにくくなります。

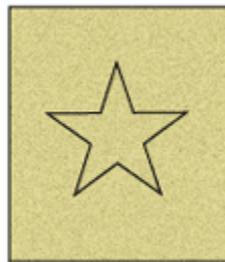
砂をぶつける量やスピードにより、パラ打ち、浅打ち、通常打ちの3段階が作れます。パラ打ちでは本当にパラパラというマット感です。

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。

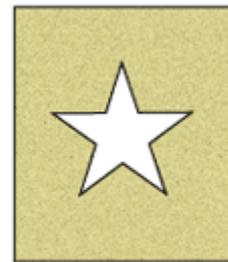
### 柄マットの製造方法



水性インクでパターン印刷



サンドブラスト



インクを水洗除去

## 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。

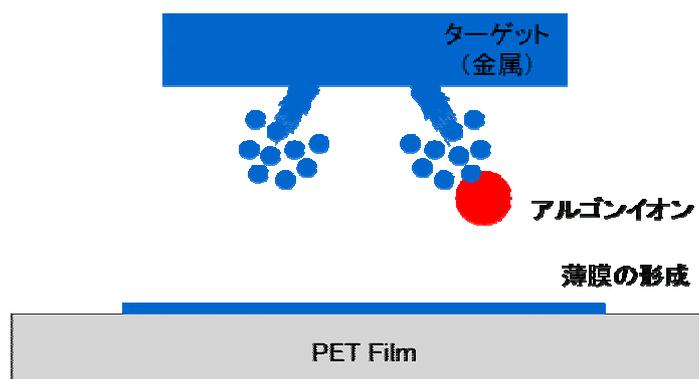
蒸着は、コーティングしたい金属(ターゲット)を真空中で加熱することにより蒸発させ、基材表面につけるコーティング方法です。代表的な蒸着フィルムは、ポテトチップス等の袋で銀色をしているものです。これはアルミを蒸着したもので、防湿効果があります。またコンビニで売っているおにぎりの包装紙はシリカが蒸着してあります。蒸着は 100m/min 以上の高速で加工が可能という特徴がありますが、合金を蒸着すると各々の金属が別々に飛ぶという問題もあり、用途は限られています。

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、剥離現象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(アルゴンイオンをターゲットにぶつけて)、コーティングしたい物質を叩き出し、基材に付ける加工方法です。(図を参照)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/min 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(酸化インジウムスズ)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 nm ~ 数百 nm 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ー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りますので、決められた手順にしたがって添加します。

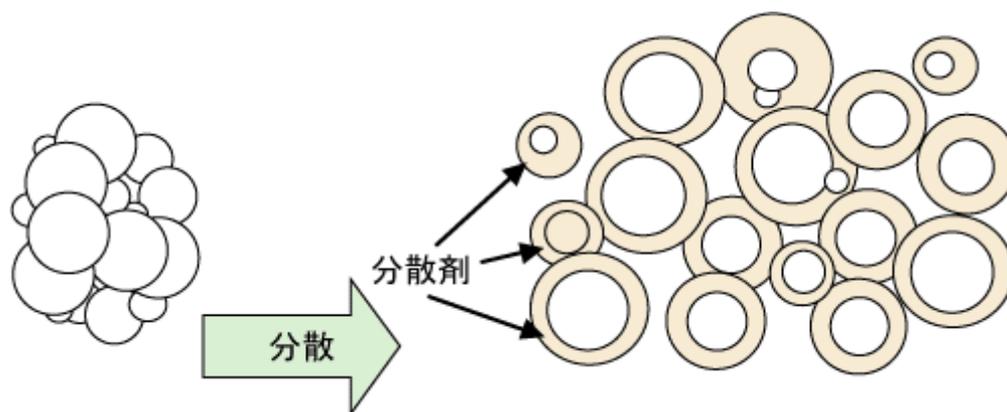
また顔料など細かい粒子は、摩擦帯電しやすく、火花が飛ぶと有機溶剤などに引火し危険ですので、製造装置は帯電しないようにアースする等の考慮もなされています。

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りますので、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、PRTR 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て、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るとうとします。

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。単純に力を加えてばらばらにしても、しばらくするとまた塊になります（専門用語では再凝集といいます）。分散したものが再び塊

になるのを防ぐには、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。

どのく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。以下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くっ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1mmとか0.1mm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。

## 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. 光機能

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 Hz(ヘルツ)です。周波数と波長の関係は次の式で表されます。

$$\text{周波数(MHz)} = 200 \div \text{波長(m)}$$

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。

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。

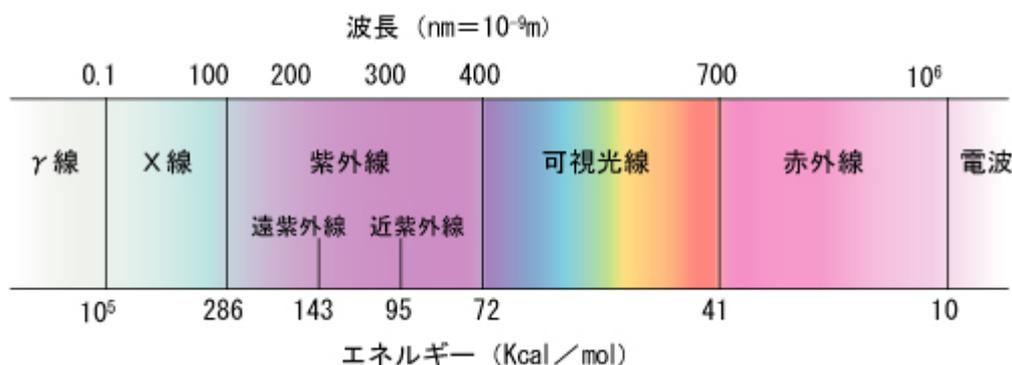


Fig.

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。紫外線にあたりと日焼けしたり、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。

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。

拡散フィルムは外形による散乱、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. 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せんが、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 550 nm)の 1/4 の膜厚(約 0.1  $\mu\text{m}$ ; 細菌の大きさが 2~3  $\mu\text{m}$  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。

KIMOTOの製品「[グラステクト](#)」は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. 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。

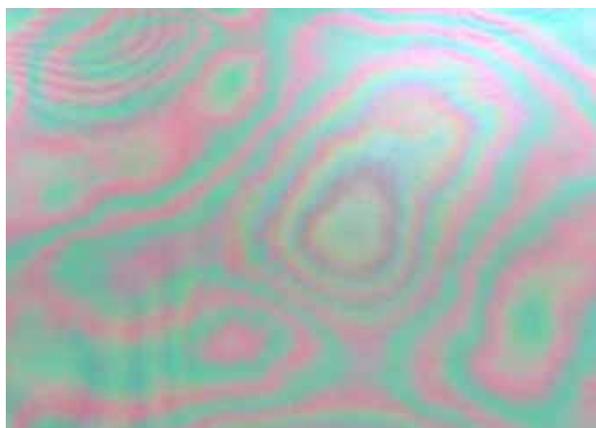
ただし、単純にマットにしたのでは、例えば PDA の表面に使用した場合、下の液晶画面がぼやけて見えなくなります。そこで、マットの度合いを調節して、下のもの(画像)はよく見えるが、蛍光灯などは映りこまないという表面を作る技術が必要になります。

### 8-1-4 AN(アンチニュートン)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 $\mu\text{m}$ )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。

KIMOTOの製品で「[ライトアップ](#)」、「[KBフィルム](#)」にはAN 処理されたグレードも用意されています。



ニュートンリング

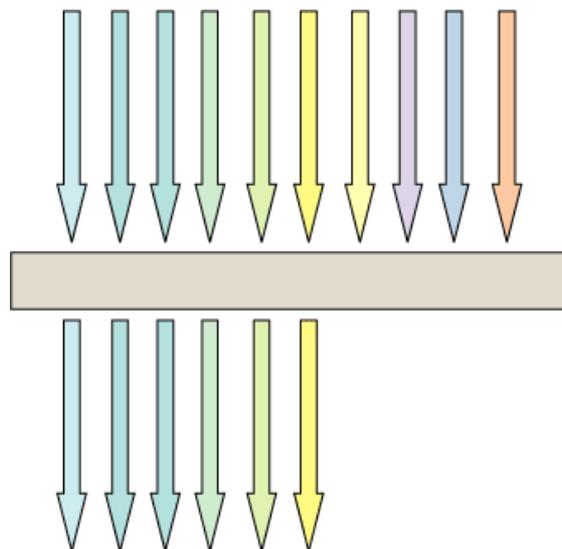
### 8-1-5. 遮光性

遮光性と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。



### 8-1-6. 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、紫外線だけ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。

### 8-1-7. 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の特徴です。

#### (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。

#### (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。

#### (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。(8-1. 光機能の項を参照)

## 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、架橋とい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。その中でも 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)、テイバー磨耗 (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) やタッチパネルなどに使用されます。最近ではインモールド成型といって成型品に印刷する代わりに、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従しないとイケないので、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、ポ - ルペン、インキ (墨) などと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異なっています。

まず筆記具別に被記録材料の性能を見てみましょう。



### (1)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。

### (2)ポ - ルペン筆記性

油性ポ - ルペンでは、た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。KIMOTO の製品「マイクロトレース」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。

### (3)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には、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「[バブル](#)」という商品も製造しています。

### 8-2-3. 親水性・保水性



「ラクリーン」の純水接触角

ポリエステルフィルム(PET)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 PET フィルムの表面の親水性が低いからです(疎水性が高い)。そこで KIMOTO では PET フィルムにコーティングを行うことで「親水性」の改良を行っています。

「[キモプレート](#)」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。

また、「[ラクリーン](#)」には酸化チタンの超親水性効果を利用して表面の親水性をあげています。酸化チタンの超親水性は太陽光に含まれる強い紫外線により性能を発揮します。そのため室内では紫外線の量が弱いため超親水性を発揮できないという弱点があります。

ここでは PET 等のフィルム表面を親水化する方法について紹介します。

#### (1)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。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。

#### (2)不感脂化処理

従来から軽印刷分野で使用されている「[キモプレート](#)」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。

### (3)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、親水性は高いこととなります。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(表面張力が異なる数種類の液体)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。接触角は図のように、測定したいものに液体を 1 滴たらして、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となります。

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。



PET film の純水接触角

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えて撥

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さします。つまり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)、「[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。KIMOTO のハードコートフィルム「[KBフィルム](#)」でも意匠性を持たせるために、印刷適正を有するグレードが用意されています。

### 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。自動車用の塗料は、実際に 10 年間暴露されています。しかし、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るので注意が必要です。

## 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、ヒートシール、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をつく」「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。

- ・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。PET フィルムの場合に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。
- ・コロナ放電処理: 親水性の項を参照してください。
- ・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 のマス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 個の柵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。

#### (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。

#### (3) ラミネート

KIMOTO で販売している「[バプール](#)」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

粘着性は基材に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。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。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 $\mu$ m)に薄い膜厚(約2 $\mu$ 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。「[Prosave](#)」は高低用の粘着性フィルムとして製造を行っています。「[グラステクト](#)」、「[ラクリオン](#)」シリーズには建築材料向けの粘着処理が施されています。

### 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。離型性を有したもので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ー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ー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ーンが混入するとまずい場合や、シリコーンの転写を嫌う場合は(シリコー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。

KIMOTO の製品では「[キモテクト](#)」に使用されている技術です。

## 8.4 帯電防止性

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 $\infty$ (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、 $10^{11}\Omega/\square$  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電圧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します。導電の方法により、イオン伝導型と電子伝導型に分類されます。

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AS性が低下する)、AS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、金属を使用します。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。

KIMOTO の製品では帯電防止処理を施しているものが多くあります。