

# カラー調製設備の変遷

メッツォペーパージャパン株式会社 営業本部

山崎 秀彦

	頁
1. コーティング関連技術の変遷-----	2
2. 40年前のカラー調製技術-----	3
3. その後のカラー調製技術（1970年頃）-----	7
4. 現代のカラー調製技術から-----	8

この資料は、平成 18 年 10 月 10 日に開催された紙パルプ技術協会年次大会前日講演会「製紙産業技術 30 年の変遷」での講演記録を基にまとめたものである。資料中のすべての図の著作権は講演者に属し、無断使用・複製等をご遠慮ください。

## 講師略歴

1977年-1997年 大蔵省印刷局に勤務

1998年よりバルメットジャパン(株)に勤務

以後、バルメット社の合併統合を経て、在、メッツォペーパージャパン(株)の営業本部に勤務。

メッツォペーパーはフィンランドの会社で、合併統合を非常に多く繰り返してきました。そのため、新しい技術の開発には非常に力を入れていますが、今回の頂いたテーマでは、適正な資料を本体でもなかなか持っていない。したがって、皆様のご要望を満らせるかどうかちょっと心配しています。

## 1. コーティング関連技術の変遷

19世紀初期に、塗工紙の製造が始まります。完全にマニュアルハンドリングの様式で、手でもってコーティングカラーを紙に塗布していました。当時は、ラベルの製造に使われていたということです。カラーの成分としては、ピグメントはクレイ、接着剤はにかわを使用しておりました。1860年ごろになり、ブラシで紙にカラーを塗布し、これを、ラックに掛けて乾燥したという時代があります。壁紙産業において、紙を移動状態に置いて、そこにカラーを連続的に塗布することが行われました。1880年ごろから出版用紙に塗工紙が用いられるようになってきます。出版に用いられるということで、だんだんその需要が増し、生産能力もアップしていく時代であります。1895年、接着剤としてにかわとともに、カゼインも使われ始めます。やはり、まだ生産は小バッチの、人間の手動での混合が主力でした。

手作業というのは職人技術を要求しました。職人は、技術を自分で開発して、それをあまり外部には伝達せず、秘密主義でやっていたので、逆に、そのような職人は非常に優遇されて高い給料を得ていたという記述がされています。20世紀に入り、生産量の増加が求められ、抄紙機での塗工も始まってきます。高速ヒートセットの活版印刷が開始され、雑誌など、大量印刷物に塗工紙が採用されるようになってきました。当時の塗工方式としては、ロールコーターやエアナイフコーターがあります。

第二次大戦後は、さらにいろいろな発明がされます。コーターにおいても、さまざまなものが出てきます。1950年代の初期の文献には、ブラシコーター（片面用及び両面用のもの）、ロールコーター、エアブラシコーター、グラビアコーター、チャンプレックスコーターなどがあります。55年ごろ、ブレードコーターが出てきました。これで、従来使われてきたエアナイフより

## 目次

- ・コーティング関連技術の変遷
- ・40年前のカラー調製技術
- ・その後のカラー調製技術(1970年頃)
- ・現代のカラー調製技術から

### コーティング関連技術の変遷

19世紀初期	塗工紙の製造始まる 手でカラー（クレイとニカワ）を紙に塗布。
1860年頃までに	機械的に移動する紙にカラーを塗布
1880年頃	ブラシコーター 出版紙に塗工紙の使用
1895年	接着剤としてニカワの代わりにカゼインが 使用され始める。小バッチで手動での混合。
1930年代	抄紙機での塗工が始まる 高速ヒートセット活版印刷の発明 大量印刷の雑誌に採用 Masseyロールコーター、エアナイフコーター
第二次大戦後	塗工紙技術は米国で発展

も、高速・高濃度の塗工ができるようになりました。

1960年から70年代のカラー調製設備を見てみます。分散装置では、オープンローター型のもの、半密閉式ローター、密閉式ローター、ニーダー、それからコウレスディソルバーといったものがあります。

スクリーンには、振動スクリーンで、初期のものとは若干改良されたものがございます。それから、クノプレッシャーフィルターのように、インライン式でスクリーニングする装置が出てきました。さらに、ロニンゲンフィルターも知られています。また、接着剤関係では、ラテックスもどんどん使われるようになってきます。コーターでは、ロールコーター、メタリングバーコーター、エアナイフコーター、ブレードコーター、これも各種のものが出ております。

1980年代になると、米国の塗工紙の生産は鈍化してまいります。代わりに日本や西ヨーロッパの国々の発展が見られます。

## 2. 40年前のカラー調製技術

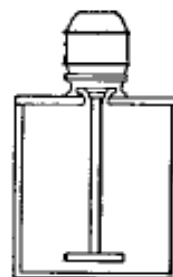
そこで、40年前に文献で見られる装置を紹介します。まず、Aは、オープンローター式で、原理的には現在でもあるタイプです。このローターとして、プロペラ式のものもあれば、ブレード式のもの、あるいはパドル式のものもあります。回転するアジテーターと顔料流体の間に生じる乱流中の高いせん断力により、顔料の分散や、コーティングカラーの混合を行います。

Bはケディミルです。ちょうど真上から装置を見たところです。真ん中がローターで、外部がステーターで固定しています。カラーあるいは分散液は中央から導入されて、ローターの中にある溝を通じて、外周部へと出ていきます。そして、ローターとステーターの間にある程度クリアランスがあります。ここで、中の液は高いせん断力を受けます。顔料はここで強力に分散されるし、カラー混合の場合は、ここでよりよく混合される。さらに、ステーターの中にも溝があり、この溝を通して出ていきます。この溝の壁との衝突・摩擦によって、せん断力を生じます。これは、半密閉式のミキサーと呼ばれているものです。

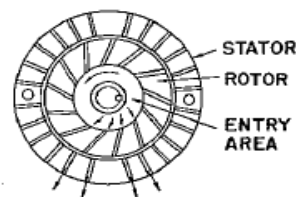
それから、Cは、密閉式です。液は上から入ってきます。構造としては、上がステーターで、その下にローター（回転体）があります。内外にクリアランスが

1950年代初期の文献から	ブラシコータ(片面、両面)、ロールコータ、エアブラシコータ、グラビアコータ、チャンプレックスコータなど
1955年	ブレードコータ (エアナイフよりも高速、高濃度適用)
1960~1970年の文献から	1) カラー調製設備 分散装置・ミキサー: オープンローター、半密閉式ローター、密閉式ローター、ニーダー、コウレスディソルバー スクリーン: 振動スクリーン(ハン型、傾斜型、Tyler Ty-ロケットスクリーン、スウエコ)、Cunoプレッシャーフィルタ、ロニンゲンフィルタ、etc. その他: カゼインに代わり合成ラテックスの使用が進む  2) コータ 各種ロールコータ(コンリデ-テッドマシンコータ、KCMプロセス、St.Regisコータ、グラビアコータ)、メタリングバーコータ(チャンピオンマシン法)、エアナイフコータ、各種ブレードコータ(トレーリグブレードコータ、フデットトップコータ、フレキシブレードコータなど)
1980年代	米国の塗工紙生産が鈍化、日本、西欧が伸び

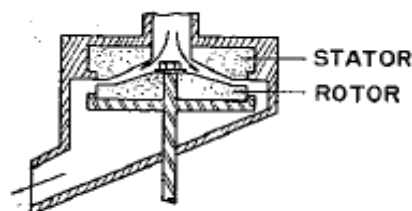
## 40年前のカラー調製技術 - 顔料分散装置、カラー混合装置の例 -



A. OPEN ROTOR



B. SEMI-ENCLOSED ROTOR (KADY MILL)



C. ENCLOSED ROTOR (MOREHOUSE MILL)

あって、その間を通過するとき高いせん断力を受けます。そして、最終的には下から出ていく。これは密閉式で、オープンの状態ではなくて分散・混合がなされます。

それから、Dはニーダーです。これは、これまで紹介したものと違って、ローターはそんなに高速で回転しません。ですから、この回転するバーと、カラーや分散液の間に、高いせん断力は生じません。ゆっくり回りますから、どちらかといえば、中の物体をゆっくり練り上げる感じです。これも使われておりました。

それから、最後にあげますのがコーレス分散機です。下に円形のインペラーがある。この絵ではちょっと分かりにくいですが、周辺は鋸歯状の形状をしています。この高速回転により、渦巻きを発生させます。このような設備が戦後から40年ぐらい前の間の時代に使われていました。もちろん、それ以後もずっと使われている装置です。

ここで、RSV（相対沈降容積率）について紹介いたします。顔料は紛体ですから、それを充填しても空気をたくさん含んでいるため、見かけ上の密度はそんなに高くありません。これに、水を入ただけでは変わりません。顔料の分散というのは、いろいろな分散装置を使って、凝集体になっている粒子を、個々の単結晶にもう一回分解してやる作業です。それを表すのが、このRSVです。RSVは、顔料そのものの持つ容積に対する、サスペンション全体の体積の比率です。それをインデックスに使用すると、例えば次のようなことが言えます。

横軸に顔料濃度（重量%）、縦軸にRSVをとります。中間ラインが充填沈降線で、このラインより右上は顔料が完全にはぬれてくれない、分散してくれない領域です。その反対側の領域は、顔料が水と混ざってくれる状態です。

例えばドライのクレアがあり、水を添加します。目標の顔料濃度を35%とします。それに匹敵する水を入れて、分散を開始します。分散するにつれRSVがずっと低下して、あるところで落ち着きます。これは、凝集しているものが解離していくということを表しています。

これを、高固形分で見えます。濃度65%程度のカラーを分散させます。当初、例えばあるちょっと高め

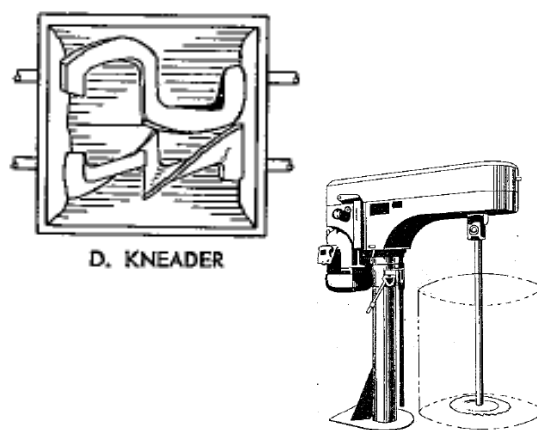
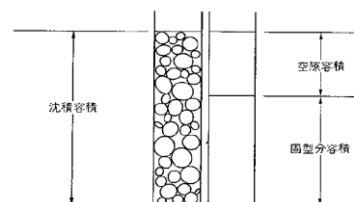


図 8-11 コーレス分散機

## 顔料分散の考え方

・沈降容積



・相対沈降容積率

$$RSV = \frac{1-ds}{dL} + \frac{100ds}{dL \cdot \%solid} \cdot \frac{1}{V}$$

$$V = \frac{\%solid/d}{100 - \%solid + \frac{\%solid}{ds}}$$

RSV=相対沈降容積率

ds=solidの密度

dL=溶媒の密度

V=solidの容積%

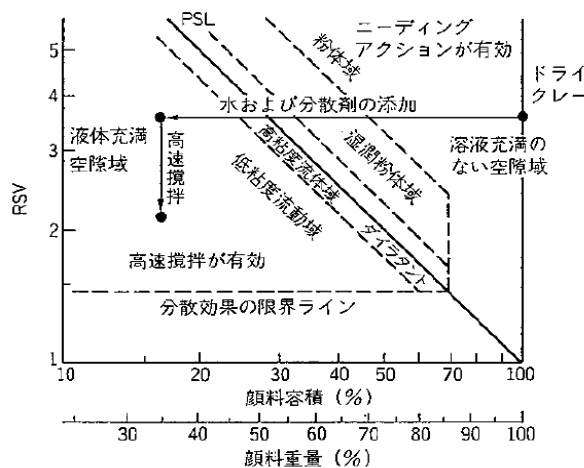
d=顔料スラリーの密度

・紙パルプ製造技術シリーズ、コーティング(1993)  
・TAPPI MONOGRAPH SERIES No.28 (1964)  
より

## 顔料分散プロセス

- 低固形分における顔料分散プロセス -

・紙パルプ製造技術シリーズ、コーティング(1993)  
・TAPPI MONOGRAPH SERIES No.28 (1964)  
より



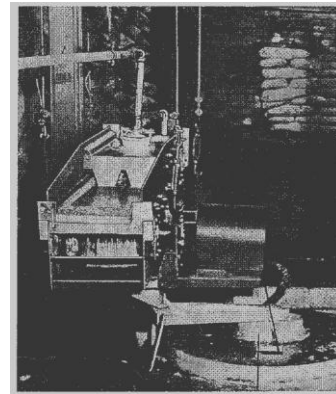
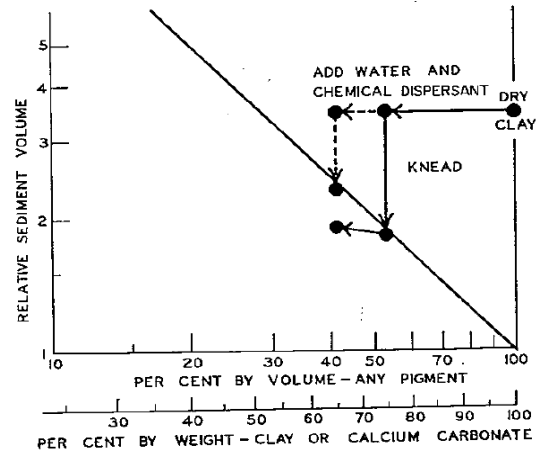
**顔料分散プロセス**  
- 高固形分における顔料分散プロセス -

の含有量のところに匹敵する水量を入れて、そこで分散させます。最終的に行き着くのは、この充填沈降線の上のところに行って、そのあたりで動かなくなってしまいます。ここで、目標水分に達するまで水を添加して、分散を続けます。RSVは最終的には若干上に上がるところに到達します。それでは、初めから65%に匹敵する水の量を入れて分散させていったらどうなるでしょうか。充填沈降線上で終わってしまいます。同じ顔料濃度で、一生懸命分散させたとしても、プロセスが異なれば最終到達点が異なるわけです。同じ水分量でもRSV値が低いほど、分散するときの分散剤の投与量も少なくすみ、カラー特性も異なることが知られています。図では示してませんが、それから得られたカラーを紙に塗布し、散乱係数を測ると、RSVの小さいほうが小さい値を示すとか、いろいろなメリットが出てくるということです。

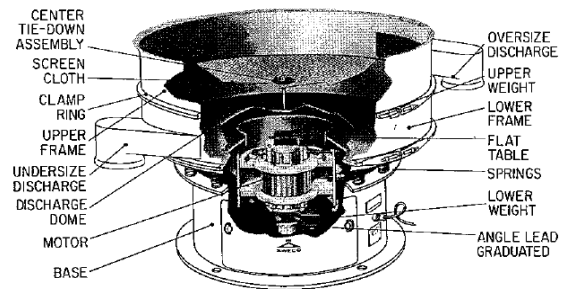
40年前ごろのスクリーンはどのようなものが使われていたでしょうか。当初のものは、振動スクリーンです。ワイヤを振動させ、上から塗液を導入して、リジェクトがワイヤー上に残ります。これも連続的に取っつかなくてはいけなくて、例えばワイヤを傾斜させ、リジェクトはだんだん、振動とともに端へ行って、端から落ちていく方式です。

現在につながっているのは、このオープン型振動スクリーンであるSwecoスクリーンです。下にモーターがついていて、偏心荷重をかけることで、回転と振動が発生する。その振動がワイヤに伝わって、スクリーニングが行われる方式です。これは外気とオープンになっていますから、空気に触れ、例えばカラーが固まる部分が出てきます。

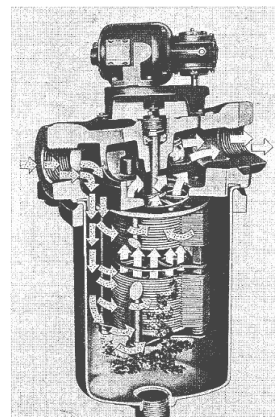
それを避けるため、インライン型のスクリーンが求められました。初期のタイプのものがCunoプレッシャーフィルターです。中に積層状態のプレートがあり、ある程度のクリアランスを持っています。圧力差があるため、細かい成分は通りぬけ、流れ出ていきます。異物はこのプレート表面で累積しますので、このプレートをモーターで回転させ、バーによって下へかき落としていきます。



Tyler型(100 Ty-Rocket)振動スクリーン



Swecoスクリーン(オープン型振動スクリーン)



Cunoプレッシャーフィルター

コーティングカラーは、大きく分ければ、顔料分と接着剤分です。戦前戦後のあたりでは、でんぷんが使われていました。でんぷんは、クッキングしなければなりません。でんぷんのクッキングに対して、バンダビルド法というのが1930年代の終わりころに出てきました。

右図は、単独ででんぷんをクッキングし、別にクレーを分散させメイクダウンしたものを用意して、これを両方混合してカラーを作った場合よりも、クレーの存在下ででんぷんをクッキングしたほうが、同じ顔料濃度であっても、粘度が低いものができることを示しています。右下は、そのプロセスを示しています。クレーとでんぷんを投入して、分散させたものをクッキングします。結局単独でやるよりは、そのクッキングに要するエネルギーがかなり、しかも、あとに得られた液は温度が非常に高いということで、他の添加剤を加えるときに、その温度でいいかどうかという問題が出てきました。メツォも昔はこのような方式を採用したこともあるようですが、以後どの工場にも採用していません。アメリカで、結構以前は使われていたようです。参考までに、当時のレシピを右下に示します。特別なことではありません。でんぷんを變成するのに酵素を添加しております。

このバンダビルド法を使って、連続的にカラーを作るプロセスも考えられたことがあります。

下は、バンダビルド法と関係ありませんが、1950年代のレシピの例を示します。高濃度のコーティングカラーで、カゼインを使ったものです。

**A. Coating Mix**

1. Charge dry casein to the mixer (1), and add cool or preferably 110 to 120° F. water to wet the casein. Solids should be 20 to 35%. Mix 10 to 15 min.
2. Add dry clay and pigment to the above mix. Add water if necessary to obtain proper kneading. Mix until uniform. Solids should be as high as possible, preferably 70% or higher, after the addition of the clay and pigment.
3. Slowly add sodium hydroxide as a 10% solution. Knead for 20 to 30 min. If solids before caustic addition are too low, lumps may be encountered because the mix thins out as the casein is being cut. Solids after addition of sodium hydroxide should be 70% or higher.
4. Dilute with water to 65 to 68% solids.
5. Slowly add sodium sesquisilicate as a 20% solution.
- 6, 7, 8.—as above.

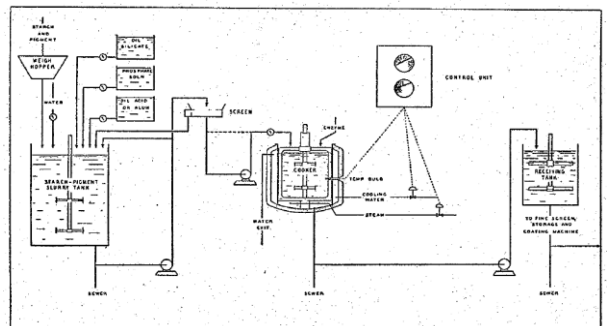
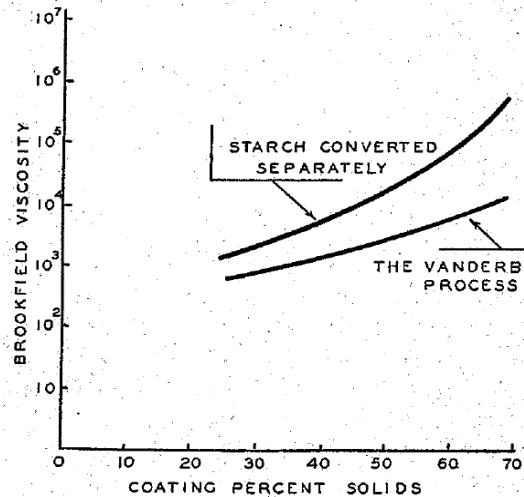
**B. Coating Mix**

1. Charge clay and pigment to the mixer and add cool or preferably 110 to 120° F. water so that after the casein is cut with sodium hydroxide, the solids content of the mix will be 70% or higher. Mix 10 to 15 min.
2. Add dry casein to the above mix and knead for 25 to 40 min. It is imperative that the casein be thoroughly wetted before the cutting agent is added.
3. Slowly add sodium hydroxide as a 10% solution. Knead for 20 to 30 min.
4. Dilute with water to 65 to 68% solids.
5. Slowly add sodium sesquisilicate as a 20% solution.
- 6, 7, 8.—as above.

**高濃度カゼインコーティングカラーの例 - 1953年**

**澱粉のクッキング方法(クレーの共存下で) - Vanderbilt法 -**

TAPPI MONOGRAPH SERIES No.11 (1953) より



**Vanderbilt法によるカラー調製方法 - 1953年**

Total solids.....	65%	(Air dry basis)
Starch adhesive.....	15%	(Based on total clay and pigment)
Clay and pigment ratio.....	95%	Clay; 5% titanium dioxide
Density.....	13.5	lb./gal.

Weight (lb.)	Volume (Gal.)	Component
620	75	Water
2	—	Tetra sodium pyrophosphate (0.2% based on weight of clay and pigment)
10	—	Sodium silicate (Minimum amount required depends upon particular clay used. General range 0.5% to 1.25% on weight of clay and pigment)
950	44	Clay
50	2	Titanium dioxide
150	12	Starch
—	—	Alum or soda ash
—	—	Enzyme*
1782	133	Total

\*To adjust the pH to 7.2-7.7 before cooking. (Amount required depends upon viscosity desired, etc. General range 20 to 40 grams per 100 lb. of starch of an enzyme having a converting strength of 20,000 liquefons per gram.)

**典型的なカラーレシピ**

TAPPI MONOGRAPH SERIES No.11 (1953) より

それから、1960年代では高濃度のカラーの調整にしばしばニーダーが使用されました。その一例を示します。ニーダーは、高速で回転するインペラーなどを持たず、ゆっくり混ぜ合わせていく装置です。これで、50から65%の濃度調整を行うという考えです。

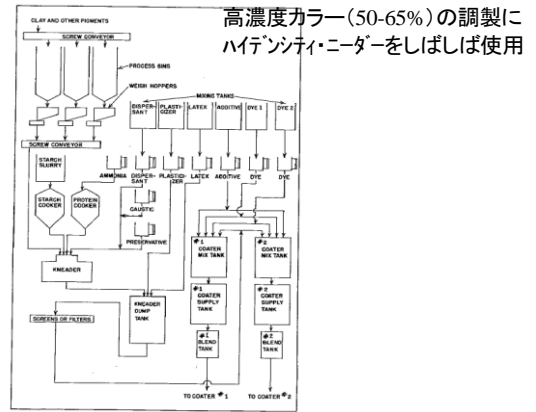
### 3. その後のカラー調製技術 (1970年頃)

1970年ころのカラーの混合装置をまとめました。先に紹介したものと多少重複しますが、ケディミルは、先ほどは上から見た絵を示していますが、これは横から見たものです。上にプロペラもあり、下側にもボトムプロペラがあって、攪拌作用をよくするようになっています。結局、真ん中からカラーが吸い込まれて、そして中にローターがあって、ステーターから出ていくことで混合されます。

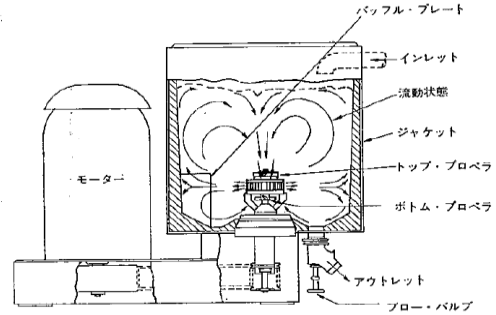
先ほど紹介し、今でも知られているセリエのミキサーがあります。渦型の翼が回転することによって、上からの液を引っ張り込む作用があります。その下に、3枚の羽があり、ここで強力な攪拌をします。そして、じゃま板のような4枚のバッフル板が上へのカラーの動きを助けます。

1970年代のスクリーンでは、スウェコスクリーンがあります。前のスライドに比べるといろいろ改良されていますが、原理的には同じで、偏心荷重をかけて、モーターの回転によって振動を起こします。

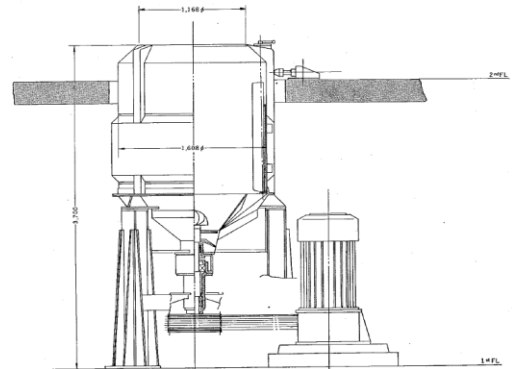
次がインライン式のフィルターであるロニンゲンフィルターです。バスケットにワイヤーで巻いたようなスクリーンがあります。バイブレーターがあって、エアによるバイブレーションを起こしています。カラーは、入ると同時に、振動を得ながら上へ進んでいって、このフィルターの外側から中へ向けて、間隙を縫って入ってきます。異物が周囲に蓄積しますので、いかに洗浄するかいろいろ考えられています。このユニットを複数重ね合わせたり、一つの管の中にこれを三つ持つなどの形で、洗浄が組み合わせられています。初期のものは、このような感じでした。



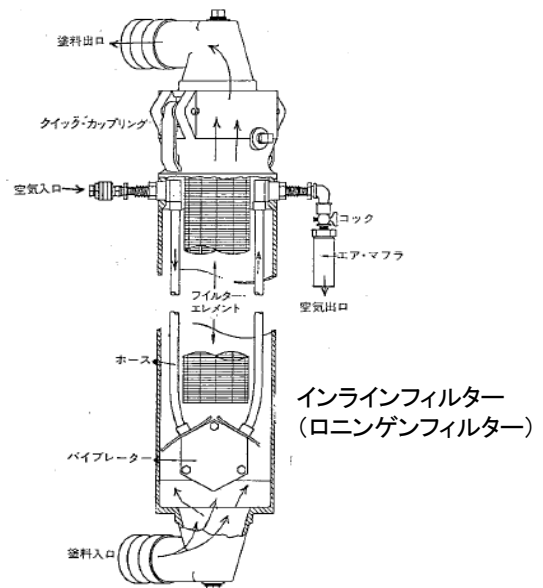
TAPPI MONOGRAPH SERIES No.28 (1964)より



ケディミル

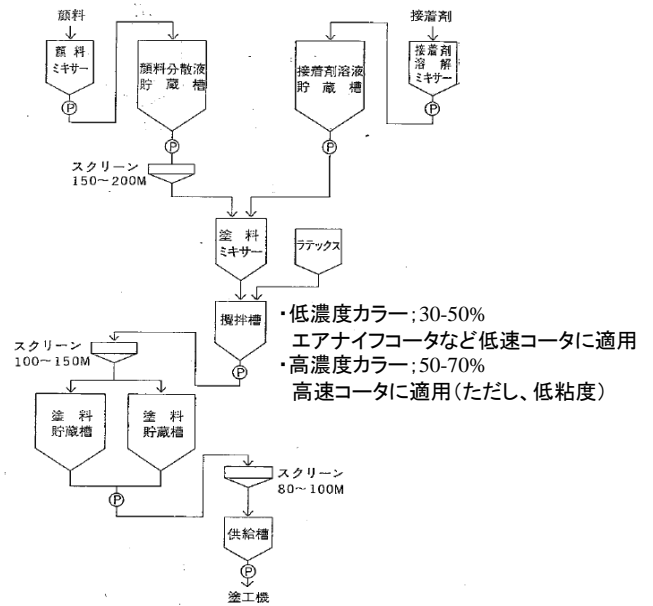


セリエミキサー

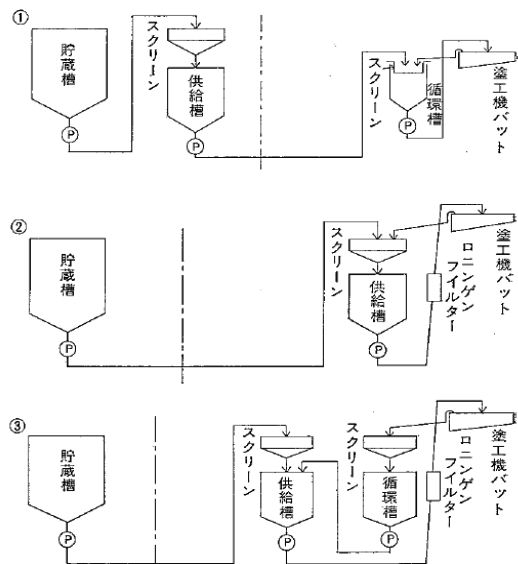


この頃のカラー調製の設備の概略を示します。要所でスクリーンを経て、ミキサーに入る前、それから攪拌して、貯蔵槽へ行き、またスクリーンを持ってくる、さらに、供給槽へ行く前にスクリーンを持ってくる、このような手順が取られています。高濃度カラーですと固形分が50から70%で、高速コーター用にも、このような方式で作っていました。現代になってくると、その経路をもっと節約することが考えられています。

### カラー調製プロセス例 1970年



同時代のカラー供給プロセスの例を示します。供給槽のあとに、インライン式のフィルターを入れて、塗工機のバッドに持っていく。戻りは、スクリーンを通してまた供給槽に戻すか、あるいは供給槽と循環槽を持っていて、供給槽からインラインのフィルターを通してバッドにもっていき、戻りをスクリーンに通して循環槽に入れて、これをまた供給槽に戻す例です。



### カラー供給プロセスの例 1970年

#### カラー調製装置 1990年以降

#### 4. 現代のカラー調製技術から

90年以降の装置も先ほど示したのが、大体ベースになっています。ミキサーとしては、セリエミキサー、ケディミル、コウレスディゾルバーとオプティミキサーがあります。オプティミキサーは、トップエントリー式オープンロータータイプです。トップエントリーの場合、シーリングの問題がなく、ここで、ロードセルで計量できます。他のものは、フロメーターで計量することになります。

スクリーンも、90年以降もスウェコスクリーンは使われていますし、ロニンゲンフィルターも使われているし、さらに新しいものも出てきます。一つが、自動連続ストレナーです。これも先ほど紹介した部類に

1. ミキサー
  - ・セリエミキサー : 渦形の吸込翼と3枚の羽にて攪拌
  - ・ケディミル : ローター、ステーター、トップおよびボトムプロペラによる攪拌
  - ・コウレスディゾルバー : 丸鋸歯状のインペラーによる攪拌
  - ・オプティミキサー : トップエントリーシャフト式のオープンローターによる攪拌



### OptiMixer

トップエントリーシャフト式のオープンローター方式のミキサー(メツオの方式)が近年用いられており、ボトムエントリー式の従来のミキサーにあるシーリングの問題は回避できる。主要な成分はロードセル計量し、添加薬品はフロメーターにより計量する。



入るかと思われませんが、機械式加圧フィルターで、スリットを有する円筒形エレメントの外側から中へカラーを流してろ過する方式です。オプティスクリーンは、弊社のものですが、インライン式のプレッシャースクリーンで、ウェッジワイヤー型スクリーンによる異物の除去を行います。内部にドクターブレードを持っていて、これを常時回転させることで、異物を取りながら連続的にスクリーニングをしていく方式です。

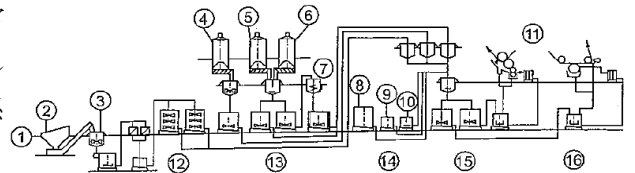
右は、現代のカラー調整プラントの一例です。非常に単純化した文献例で、ピグメントをメイクダウンして、スクリーンにかけて貯蔵する。それから接着剤系統のラインがある。計量して、ミキサーへ持ってくる。それから、助剤関係も別途用意して、入れる。最終的に一つのミキサーのところに、それぞれ異なるものを全部導入していきます。最後は、マシンタンクからコーターヘッドに送る。

スクリーンにつきまして、スウェコのスクリーンおよびロニンゲンフィルターが使われます。右はロニンゲンフィルターの新しいタイプです。以前のものは、中に振動体がありましたが、最近のはありません。スクリーンバスケットの内側からカラーが導入されて、スクリーンの目を通して外へ出ていく。中に異物が留まりますが、異物を取るディスクが上下運動することによって、異物を下へかき落とすという方式です。従来式の逆洗は不要となります。ある期間運転してから内部洗浄すると思いますが、通常の運転では使わないようです。

これは、弊社のオプティスクリーンです。スクリーンバスケットがあり、カラーは内側から導入されて、スクリーンを通して外へ出て行きます。内側にドクターブレードがあり、ゆっくり回転して、内側をかき落としながら運転する方式です。

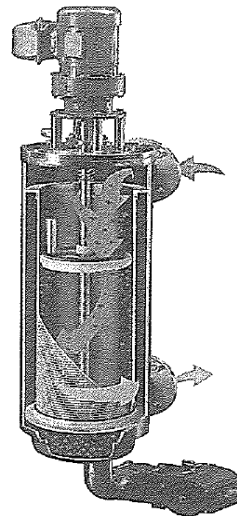
## 2. スクリーン

- ・スウェコスクリーン : オープン型振動スクリーン
- ・ロニンゲンフィルター : チューブ状のウェッジワイヤスクリーンを有するインラインフィルター。可変の高周波低振幅振動を与え濾過。
- ・自動連続ストレーナー : 機械式加圧フィルターで、スリットを有する円筒型エレメントの外側から内側へカラーを流し、濾過する。異物はスクレーパーで除去する。
- ・オプティスクリーン : インライン式プレッシャースクリーンで、ウェッジワイヤー型スクリーンによる異物の除去。ドクターにより常時、スクリーンのクリーニングを行う。



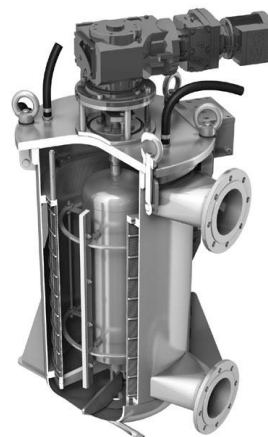
- ①② ホッパーへの顔料(粉体)の投入
- ③ 分散装置
- ④ アクリルバインダーをエアブローでサイロへ。粉体はスクルーコンペアで計量し、ミキサーへ。
- ⑤⑥ スターチ、CMC。クッキングし個別のタンクに送り貯蔵。
- ⑦ ミキサー中でスターチを変性
- ⑧⑨⑩ 添加剤
- ⑪ コーターヘッド
- ⑬ カラーの主成分をミキサーに流送

### ロニンゲンフィルター: インライン式プレッシャースクリーン



カラーはスクリーンバスケットの内側から導入し、異物をディスクの連続的な上下運動によって機械的に除去する方式。従来式の逆洗は不要。

### メッツオOptiScreen: インライン式プレッシャースクリーン



カラーはスクリーンバスケットの内部から導入し、スクリーンを通過したアクセプトは外へ送られる。バスケットの内側はドクターによりクリーニングを常に行い、リジェクトは底部より排出される。運転中、洗浄水を用いないためカラーは希釈されない。

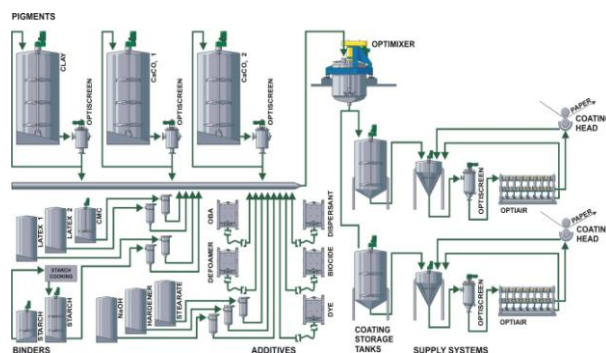
コーティングカラーの調製例を右に示します。

新しい技術的話題として、連続式カラー調整装置を紹介します。連続的に操業できるミキサーが開発され、それを使って、連続してカラー調合できる利点があります。バッチ式の調製では大きなタンクをいくつも用意し、当然配管の径もそれに相応して大きくする必要があります。連続式では、配管の径は小さく、ポンプ、バルブ、流量計も小さいものになり、投資コストも低減できます。また、バッチ式システムに比べ、導入実績は少ないです。しかし、現在では測定装置の精度や信頼性がよくなり、絶えずキャリブレーションする必要がなくなりました。ストレージタンクは不要になり、レシピの変更も容易に行えます。コーターでの変化に迅速に対応できます。ただし、非常に大幅な配合の変更には、配管を小さくしたことから、ある程度の限度が出てきます。

右は、初期の連続方式です。初期のものは、いってみればバッチ式のものを連続的に流している形態を取っていたのです。

今のはそうではなくて、個々のカラー成分をそれぞれスクリーニングしたものを配管から導入します。個々の成分はマスフローメーターで流量を常にチェックしています。そして、インライン式のスタティックタイプのもキサーがあり、最終的にダイナミックのもキサーがあります。これは、中に複雑な形状の歯が設けられており、連続的に通す過程で、全部混ぜてしまいます。リテンションの時間は少ないです。このような方式で、絶えず流しながら作っていきますので、ストレージタンクが要らなくて、サプライタンクにいきなり持っていくことができます。

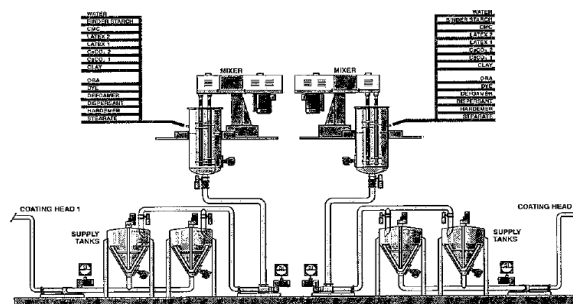
右は従来のバッチ式ミキサーとグレードマチックと呼ばれる新しい連続式ミキサーをさまざまなコスト推進要因をもとに比較したものです。バッチ式を100としています。連続式は、排液量、真水の消費量、エネルギー消費、スタートアップ費、据付費用など多くの面で低コストであることが分かります。反面、連続式はより多くの自動化が必要であり、計装の費用はかかります。トータルで見れば、コスト低減になります。



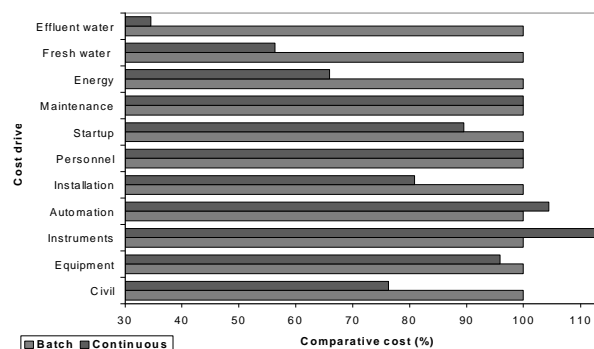
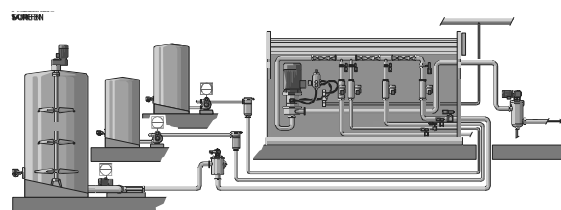
- 1) 主な利点
  - 薬品供給ラインの配管の径を小さくでき、ポンプ、バルブ、流量計は小容量となり、投資コストを低減できる。
- 2) バッチ式システムに比べて導入実績は少ない。
  - 従来の問題点：薬品計量の流量計の信頼性が低く、正確な値を知るにはキャリブレーションを要した。
- 3) 現在、高せん断での攪拌、計量精度の向上により、連続式の可能性の高まり。
 

特徴

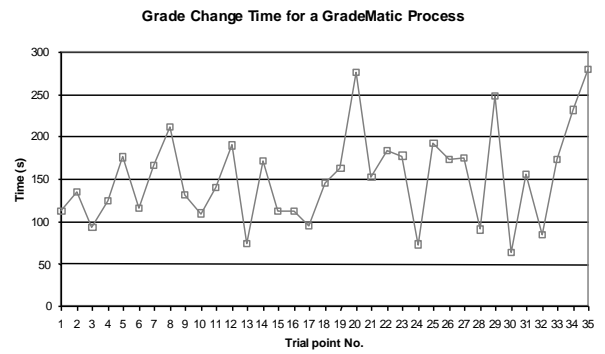
  - ・高いオートメーション化
  - ・ストレージタンクは不要
  - ・連続的にレシピの変更が可能
  - ・変化の結果は迅速にコーターで検知
  - ・大幅な薬品量(配合)の変更は配管の容量から制約あり



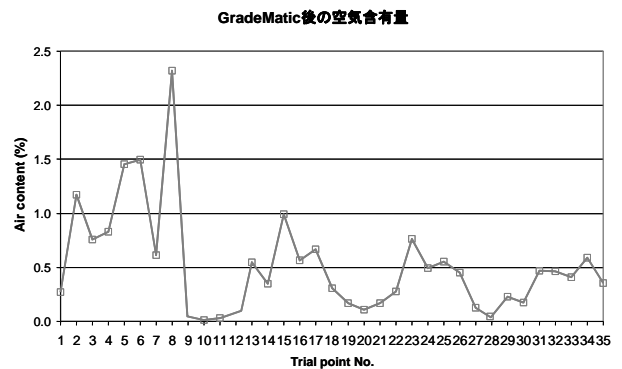
1つのミキサー内に2つの混合ゾーンを持つあるいは2つのミキサーを使用



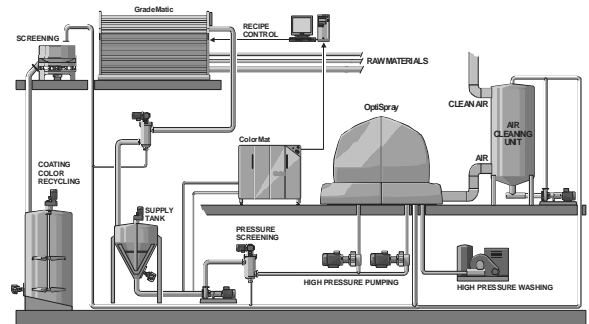
連続式ミキサーを用いたときのグレードチェンジに要する時間を調べたのが右図です。横軸にはテスト番号を示しており、縦軸にはグレードチェンジの所要時間を示しています。変動はありますが、概ね2分半くらいであることが分かります。



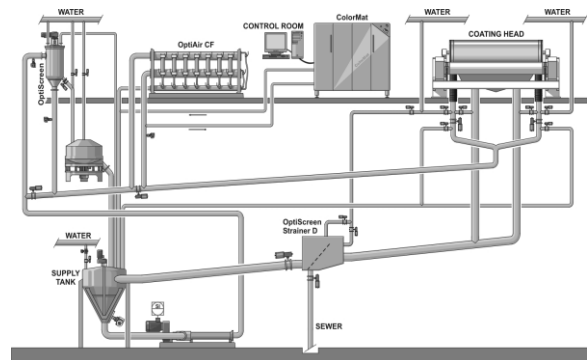
こうした連続式ではカラーは混合に際して空気の巻き込みが生じないため、得られたカラーの空気含有量は極めて少なくなります。右図に示しますように1%以下にもなることが分かります。



最近の納入例としては、ドイツにある MD ラング社 アルブルック工場が挙げられます。この工場では 2003 年に非接触コーターであるオプティスプレーコーターを PM5 に導入しています。この抄紙機はもともとシングル塗工の LWC を抄紙していましたが、これはスプレーコーターを設置する改造によって、製品は LWC から付加価値の高いダブル塗工の MWC に変更されました。連続式ミキサーであるグレードマチックで混合されたカラーはサプライタンクに供給され、スクリーンを掛けられた後、高圧ポンプによってスプレーのノズルへと送られます。そして、非接触塗工が実現されます。

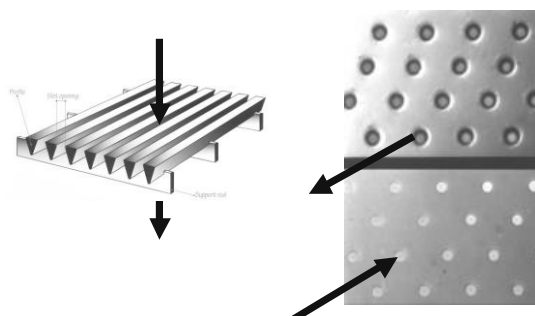


カラー供給システムの機能はカラーをコーターヘッドに供給することにあります。右は典型的なカラー供給システムを表しています。カラーはマシンタンクから、スクリーンに送られ、異物を除去した後、脱泡装置により気泡を除去し、次いでコーターヘッドに送られます。セーブオールからのカラーは回収されます。また、コーターヘッドに行く前段でカラーの特性を連続的に計測することもできます。



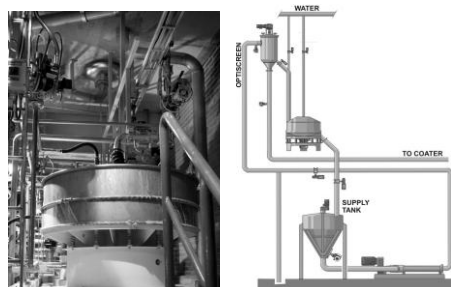
スクリーンについては既に述べていますのでここでは、スクリーンエレメントについてのみ紹介します。

スクリーンドラムを構成するスクリーンエレメントには次の2つの形態があります。エッジワイヤスクリーンと穴あきスクリーンです。エッジワイヤスクリーンの場合、もしカラーに繊維が含まれる場合に、繊維がスロットに平行に位置したときにはスロットをくぐり抜ける懸念もあります。そうした場合には、丸穴式のスクリーンドラムを用いることができます。この場合、繊維は方向に関係なく除去されることになります。

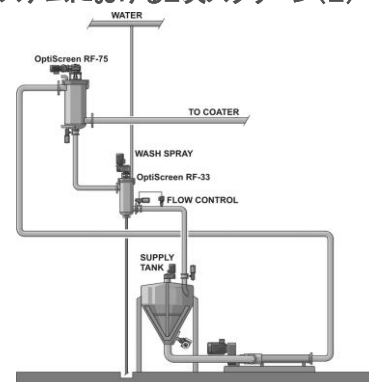


下の写真の上部が1次スクリーンです。ここからリジェクトが2次スクリーンである振動スクリーンで受けられています。2次スクリーンには右下図のようにインラインのプレッシャースクリーンを用いることもできます。

供給システムにおける2次スクリーン(1)



供給システムにおける2次スクリーン(2)



右の表に場所ごとのカラー中の空気量を示しています。コーターヘッドからのカラーのオーバーフローがあるため、ここで外気が取り込まれます。このカラーがサプライタンクに戻ることから、コーターヘッドへと供給されるカラーにも空気が含まれることとなります。問題は、この空気量が塗工品質に及ぼす影響です。これで強制脱気装置を用いないと、マシン循環ラインでの空気量は10%から25%にもなります。

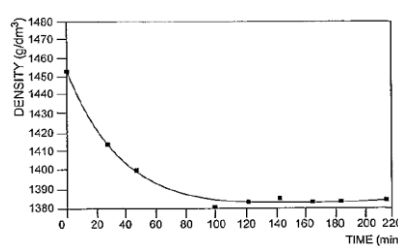
コーティングカラー中の空気の取り込み

Section of the process	Air content % weight
Clay disperger	3
Clay slurry after screening	3
Clay slurry in storage tank	2
Coating color mixer	3
Coating color storage tank	5
Machine supply tank	8
Overflow from the coating head	11

強制脱気装置を用いない場合、マシン循環ラインでの空気量は10-25 vol%

生産においてカラーをサンプリングしカラー特性を測る場合にも、空気が含まれることは問題を生じます。このデータはカラーをミキシングすることで空気を取り込まれ、これによってカラーの見かけ上の密度が低下していく様子を示しています。こうして、カラー特性の評価の上からも空気の含有量はできるだけ低く抑えることが重要であると言えます。

カラー中の空気がカラー測定値に及ぼす影響  
- バイパスモードでのテストコータのカラー密度の変化 -



・空気含有量の上昇により見かけの密度は低下する  
⇒ 測定値への影響

空気についてももう1つ重要な点を示します。仮にカラー中に径 2-3mm の気泡が含まれた場合、ブレードコーターではノズルからカラーが紙上に噴射、塗布されると、ブレード前のカラー層の厚さが 200 $\mu$ m としても気泡を含んだ領域では気泡が多くを占めるため、ブレードでかき取った後にはカラーの乗らないスポットを生じてしまうことになります。したがって、コーター前で脱泡しておくことが重要となります。

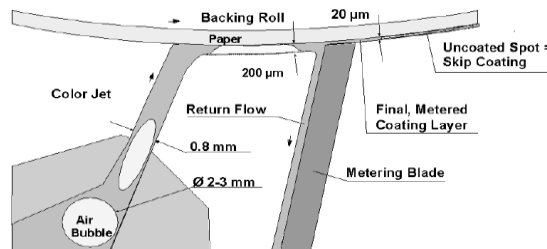
右は、オプティエアというメツォの脱泡装置です。いくつかのサイクロンの集合体からなっています。1つのサイクロンを見てみると、カラーは上から導入されると、質量の大きなカラー成分は内壁部を回転しながら下部の出口から出て行きます。また、質量の小さな気泡は中央部に集まりながら螺旋状に回転し、下部中央から排出されます。

オプティエアをオンにした場合とオフにした場合での気泡の量を比較してみますと、こうした脱泡しない場合の戻りカラー中の空気含有量は 13%程度ありますが、オンにするとこれが 8%程度まで下がります。そして、オプティエアのアクセプトでコーターヘッドに送られるカラー中の空気含有量は 5%以下になります。一般に、径が 1mm 以上の泡はコーティングに欠陥を生じる可能性があるといわれています。そして、径が 0.2mm から 1mm の泡は単独では害はありませんが、いくつかが集まって大きくなり有害な泡になる傾向があります。オプティエアでは 0.2mm 以上の泡はすべて取り除けるような設計になっています。

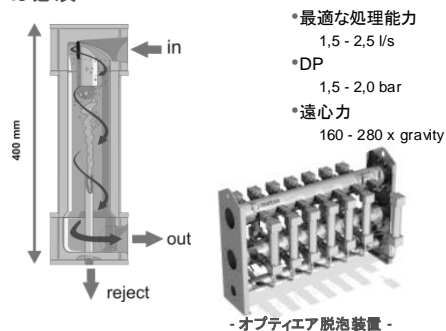
脱泡されたカラーの特性をオンラインで計測し、カラーの管理をすることができます。右はカラーマットと呼ばれる装置でして、温度、固形分含有量、空気含有量の測定ができます。また、オプションとして、pH や粘度特性も測ることができます。

## ジェットタイプのコータヘッドでの気泡によるスキップ塗工の発生

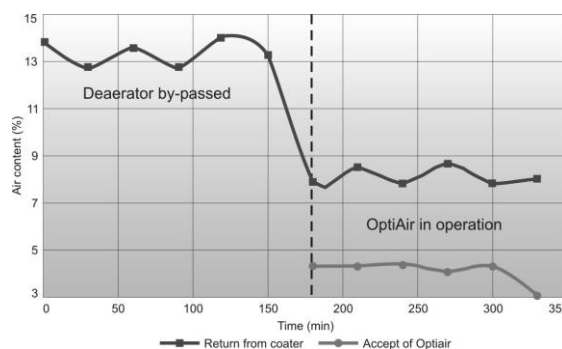
効果的な気泡除去の必要性！



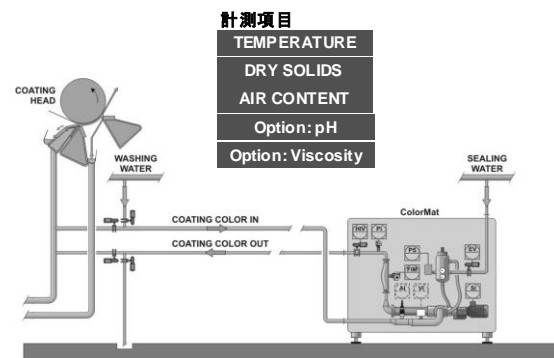
## ジェット式ブレードコータにはコータヘッド前での脱泡は必須



## オプティエアによる脱泡効率



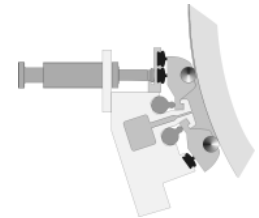
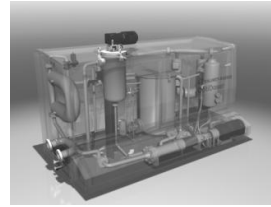
## 品質安定化のためのオンラインカラー特性計測



右はオプティドザーと呼ばれるカラー供給システムです。フィルムコーターの中でクローズドチャンバー方式のオプティサイザーに適用するために開発されたものです。必要な量のみ供給するような構造になっていて、カラー供給量は従来の 1/3 から 1/5 にできます。戻りカラーがほとんどないことから、空気の混入を低減できることとなります。また、グレードチェンジの時間の短縮になります。

### クローズドチャンバー方式のサイザーに適したコンパクトなカラー供給システム

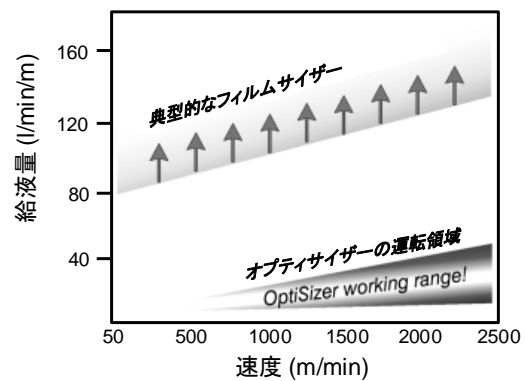
メッツォOptiDoser



- ・クローズドチャンバー方式のOptiSizerに適用
- ・カラー供給量は従来の1/3から1/5にできる。
- ・エア混入を低減
- ・迅速なグレードチェンジ

右図は従来式のオープン式のサイザーとクローズド式サイザーの給液量をさまざまな速度で比較したものです。供給システムをかなり小さくできることが分かります。

### クローズドチャンバーへの給液量



コーターヘッドを洗浄する、カラー供給システムを洗浄する、紙種を変更する、紙切れが生じた、スクリーンを洗浄する等の折には、水で希釈された多量のカラー排液が発生します。右の表はいくつかの工場でのカラーの損出量の例を示しています。多いところでは1日当たり 20 トンものカラーが処分されているのが分かります。これは通常、処理し廃棄されますが、経済性と環境負荷を考慮しますと、適切な濃度まで濃縮してリサイクルすることがよいと思われます。希釈されたカラー液は膜を用いたウルトラフィルトレーションの技術を使って濃縮することができます。

### カラーの回収・リサイクルシステムの必要性

- ・コーティングプロセスからカラー排液の発生
- ・コーターヘッドの洗浄、カラー供給システムの洗浄、紙種変更、断紙、スクリーンの洗浄etc.,
- ⇒ 多量の希釈されたカラーの生成

Mill	Coating losses per day/dry tons	Coating production per day/dry tons	Coating losses %
A	5.9	220	2.68
B	8.6	180	4.77
C	6.4	350	1.83
D	6.7	390	1.72
E	13.7	133	10.30
F	20.0	232	8.62

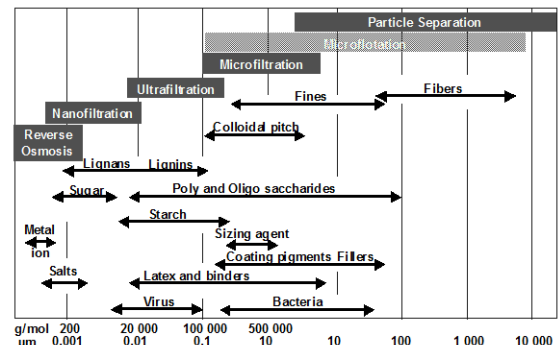
・Papermaking Science and Technology (2000) より

- ・経済性と環境負荷の低減のため
- ⇒ カラーの希釈排液は回収し、適切な濃度に濃縮し、リサイクルする。
- ・濃縮技術 - 膜を用いたウルトラフィルトレーション

右図はウルトラフィルターをはじめ各種フィルターを、どの程度の大きさの成分が通過し、また捕獲されるかを示しています。顔料、ラテックス、バインダー、サイズ剤などはウルトラフィルターによって補足され、透過するのは水溶液中の金属イオン、塩、単糖類などであることが分かります。

### 各種分離法の適用範囲

- カラー回収にはウルトラフィルトレーションが最適 -



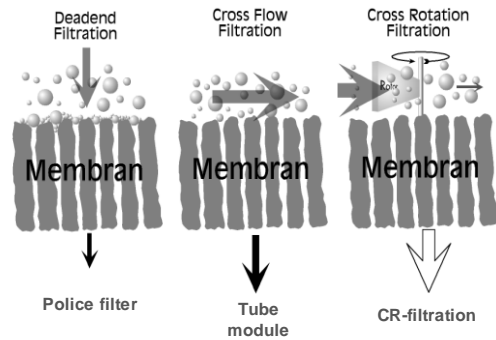
こうした膜による濾過を行う方法としてはここに示しますように主に3つの方法が知られています。右図の左の2つの方法では使用とともに膜の表面に固形分が堆積し始めるので、時間とともに濾過能力が低下していきます。右に示しているのがメッツォの方法で、クロスローテーションフィルトレーションと呼ばれています。膜の表面の上にローターを持っていてこれが絶えずカラーを攪拌し膜への固形分の堆積を防いでいます。ローターは膜には直接接触はしていないので、回転による摩耗はありません。そして、水のみが膜を通過し排出され、カラーは濃縮される分けです。

実際のウルトラフィルトレーションには右のような多数のフィルターを用います。これはオプティフィルタ CR と呼んでいますが、多数のセル、実際には60個のセルからなっています。個々のセルは上下に2枚の高分子膜からなっています。回収されたカラー液はスクリーンを通した後、ポンプによってこれらのセルの間に送られます。膜を通過した濾液はセルの内側のチャンネルを通過して排出されます。一方、濃縮物はセルとセルの間の空間に留まることになります。これは、所定の圧力差とローターにより引き起こされる乱流によって連続的に排出されることになります。目標の固形分濃度はフィルターを通る流速を制御することによって調節されます。最高濃度としましては30-40%のものが得られます。

実際の濃縮プロセスは右の図に示しますようにいくつかのセルを一まとめにするかたちになっており、カラーは上へ上へと上がりながら濃縮が進んでいきます。供給されたカラー回収液の量を100%としますと、濃縮液の量は2.5%になり、濾液の量は97.5%になります。

右はオプティサイクルというカラー回収・リサイクルシステムを示しています。カラー排水はタンクに回収します。ふつうタンクの大きさは100m<sup>3</sup>とか150m<sup>3</sup>くらいのもを用いています。回収されたカラー液の濃度はふつう2-5%です。カラーの回収液は、振動スクリーンによって前フィルター処理を行い、砂などの異物はここで除きます。その後でウルトラフィルターに供給されます。ウルトラフィルターで濃縮し得られたカラー濃縮液をタンクに集めます。これをカラー調製のためリサイクル使用することになります。

### メンブレンフィルトレーションの原理の比較

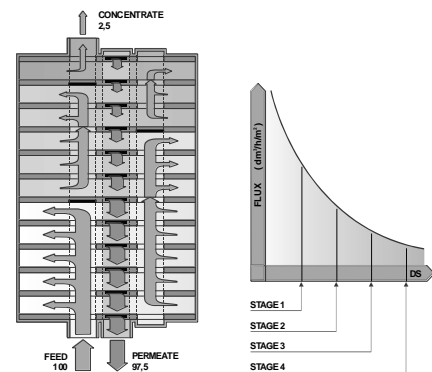


### オプティフィルタ CR - セルの構成



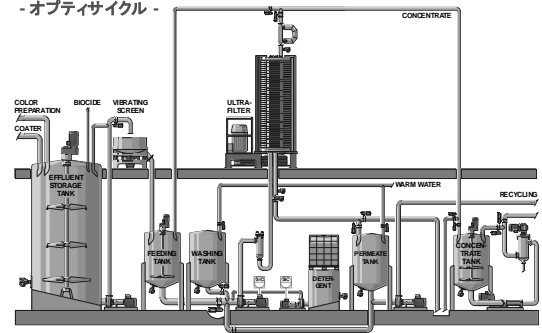
OptiFilter CR-1000

### オプティフィルタ CR - 連続操作



### カラーの回収・リサイクルプロセス

- オプティサイクル -



次にウルトラフィルターの実際の導入例を示します。これはM-リアル社のアーネコスキ工場が1997年にウルトラフィルターを導入したときに検討した結果です。トリプル塗工のアート紙を製造しており、カラーの1日平均のロス量は5.6tありました。このうち80%をウルトラフィルターを用いて回収し、濃度30%の濃縮液を得て、新しいカラーに適切な部数を混合して使用するのが目標でした。パイロットテストと工場実験を行って、回収カラーの再使用が塗工品質に悪影響を及ぼさないことを確認しました。ウルトラフィルターの数は1ユニットのみで十分であり、濾液はプレスシャワーに使用できること、濃縮液にはバクテリアの繁殖を抑えるためにスライムコントロール剤を入れる必要があることなどが分かりました。

アーネコスキ工場での実際の使用により、結果として右のようなことが分かりました。

これは他の使用例です。サイザーとジェットコーターから回収したカラーの濃縮、再使用を行います。カラー排液は5%のものが1日あたり220m<sup>3</sup>発生しますが、これを3台のウルトラフィルターで濃縮して、3-7部をリサイクルしています。濾液はフラッシングに用います。このカラーリサイクルによって節約される材料は金額に換算すると、もしカラーの費用が1トンあたり300USドルとするならば、1年あたり100万USドルの節約になることを示しています。

もう1つ例を示します。この工場では、抄紙機とコーティングカラー調製からのカラーを回収しています。カラーの回収液は濃度2.5%で1日平均、150m<sup>3</sup>集まります。これをウルトラフィルター1台で濃縮し、リサイクルには2部用いています。濾液はシール水に用いています。こうして1年間で材料は金額に換算すると37万USドルになります。

以上、コーティングカラーの調製設備の歴史的変遷、

## Aanekoski工場 トリプル塗工アート紙マシンでの1997年UF導入時の検討例

### 目標

- ・ カラーの1日平均のロス: 5.6 t
- ・ UFで80%の回収
- ・ プレコーティングカラーの15%に濃縮した回収カラーを使用
- ・ 速度: 450-1000m/min、カラー濃度: 50-63%
- ・ 濃縮液の最大濃度: 30%

### パイロットテスト

- ・ 濃縮液はカラーの10、20、30部添加
- ・ 標準品と比べて紙品質に差なし(マット、光沢とも)
- ・ 30部使用では白色度のみ0.2-0.3%減少

### 工場実験

- ・ 1つのUFユニットで可能
- ・ 濃縮液はカラーの15部を添加
- ・ 濾液はプレスフェルトのシャワーに使用
- ・ 濃縮液にバクテリア(スライムコントロール剤)

## Aanekoski工場の例

### 結果

- ・ 実用的な濃縮カラーの最高濃度は35%
- ・ 抄紙機でのプレコートに回収カラーを使用
- ・ 投資回収期間は6ヶ月
  - 既存のタンクを使用
  - 浄化プラントを廃止
  - 廃水のpH調節のための明礬の使用中止
  - プレコートのGCCに代えて、再生カラーの使用
  - 廃水の容量が減り、電力消費量が低減

### その他の例 1

- Coating Color Collection from SymSizer and Jet Coaters
- 3 \* CR1000/60 Ultrafilters
- Coating Color Effluent Dry Solids 5 ± 2 %, average 220 m<sup>3</sup>/d
- Concentrate Recycled in 3 – 7 Parts
- Permeate Recycling to Flushing Waters
- Annual Raw Material Savings 1 000 000 USD (Coating Color Value 300 USD / t)

### その他の例 2

- Coating Color Collection from PM and Coating Color Preparation
- 1 \* CR1000/60 Ultrafilter
- Coating Color Effluent at DS 2,5 ± 1 %, average 150 m<sup>3</sup>/d
- Concentrate Recycling to Coating in 2 Parts
- Permeate Recycling to Sealing Waters
- Annual Raw Material Savings 370 000 USD (Coating Color Value 300 USD / t)



そして最近の技術的動向についても紹介しました。  
歴史的文献となりますと手元にないものも多く、こう  
した中で紙パルプ技術協会の蔵書に半世紀以上も前の  
**Tappi** モノグラフなどが保管されており、大変役に立  
ったことを付け加えさせていただきます。 ご清聴あり  
がとうございました。