

気泡含有塗料による乾式不織布への表面塗工

高橋雅樹 西田典由

Surface Coating Method for Nonwovens using Bubble Containing Coatings

TAKAHASHI Masaki and NISHIDA Noriyoshi

嵩と柔軟な風合いを有する乾式不織布に対し、風合いを損なうことなく樹脂加工により新たな機能性及び付加価値を付与する2次加工技術として、スクリーン塗工方式による発泡塗工技術の開発に取り組んだ。ホモジナイザーを使用し、起泡剤（界面活性剤）及び増粘剤を添加したアクリル樹脂エマルジョン塗料に対して気体混入攪拌を行うことにより、気泡含有塗料が得られた。この気泡含有塗料を塗工・乾燥することで、多孔性の塗工皮膜が得られるとともに、気泡含有塗料は塗料の粘度が増大していることから、スクリーン塗工方式を使用し、乾式不織布の表面のみに樹脂塗工を行うことが可能となった。

キーワード：塗料調成、気体混入攪拌、スクリーン塗工、発泡塗工、ドットパターン塗工

はじめに

日本の不織布産業はこれまで順調な成長を遂げてきたが、ここ4、5年の生産量は横ばい状態が続いている。この一要因としては、近年の海外からの安価な不織布の大量輸入があげられる。製造に要するコストを比較すると、日本では単純な量産商品分野において、中国やその他アジアの国々に勝ち目が無い。そこで、この状況を打開するためには、不織布の2次加工による機能性の付与及び他の素材との複合化を図り、独自性があり付加価値の高い不織布の新たな用途開発に取り組む必要性が高まっている¹⁾。

乾式不織布の一般的な構造的特徴は、「繊維状多孔構造」と「嵩高性」であり、不織布の2次加工においては、これら不織布の構造的特徴に伴う技術上の特殊性が要求される。すなわち、加工処理中の大きな機械的外力（引張りや摩擦力）を避けなければ、不織布の繊維状構造のずれ・破壊が生じ、また湿潤処理を伴う加工では、処理液の基材への浸透度を制御することが、加工処理後の外観や機能に大きく影響を及ぼす^{2) 3)}。

コーティング加工は、不織布に天然・合成の各種樹脂による皮膜を形成する加工技術であり、コーティング剤の処方などにより多種多様な機能性を不織布に付与することが可能であり、付加価値の高い不織布の用途開発において有望な加工技術である⁴⁾。コーティング加工では、前述のようにコーティング剤の基材への浸透度を制御することが、加工処理後の外観や機能に大きく影響を及ぼす重要な技術要素である。そこで、本研究では、乾式不織布へのコーティング加工において、コーティング剤の基材への浸透度を制御する技術として、塗料の気体混入攪拌による発泡処理、及び同塗料を用いたスクリーン塗

工方式による塗工技術の開発に取り組んだ。

実験方法

1. 実験材料

(1) 塗料

主体塗料は、市販のアクリル樹脂エマルジョン塗料を使用した。塗料の物性は、非イオン型で、固形分濃度48%、粘度50mPa·s、ガラス転移温度1℃である。実験では、同塗料を蒸留水で2倍に希釈して使用した。

また、同塗料の発泡処理を行うための添加剤として、表1に示す市販の4種類の起泡剤（界面活性剤）、及び増粘剤としてカルボキシメチルセルロースナトリウム（和光純薬工業(株)製の5% (w/v)水溶液を使用した。

表1 実験に使用した起泡剤

起泡剤	成分	固形分濃度 (wt%)
起泡剤A	脂肪酸塩等の水溶液	46
起泡剤B	ステアリン酸アンモニウム水溶液	30
起泡剤C	アルキルアミノプロピオン酸塩の水溶液	30
起泡剤D	スルホコハク酸エステル塩の水溶液	68

(2) 基材

塗工用基材である乾式不織布は、市販のエアスルー方式によるサーマルボンド不織布を使用した。主体繊維はポリプロピレンで、目付29g/m²、厚さは約2mmである。

2. 塗料の発泡処理

塗料の発泡処理には、図1に示すホモジナイザー（ULTRA-TURRAX T25: IKA社製）を使用した。同ホモジナイザーは、櫛刃状のステーター内を同じく櫛刃状のロータ

この研究は、「加工技術利用複合化不織布開発研究」の予算で実施した。

ーが高速回転することにより、ローター・ステーター間に強力な剪断力が発生し、処理液の高速攪拌と同時にローター軸部から吸引された空気が混合・剪断され、液中に微細な気泡が大量に発生する。

発泡処理に伴う塗料の物性評価においては、100m 容トルビーカに 2 倍希釈のアクリル樹脂エマルジョン塗料 50g を入れ、これに所定量の起泡剤及び増粘剤を添加して均一に攪拌後、ホモジナイザーの最高回転数 24,000rpm で 90 秒間の発泡処理を行った。ビーカ内の塗料を均一に処理するために、処理中はトルビーカを一定周期で上下動させた。

また、半自動スクリーン印刷機による塗工試験においては、大量の塗料が必要となるため、図 1 c) のように、ステーター(外径 25mm)部にアクリルパイプ(内径 35mm)及びシリコン栓を用いてケーシングを作製した。この上下シリコン栓にシリコンチューブを配管し、定量ポンプ(PA-71A:MASTER FLEX 社製)により、送液量 100ml/min で、ローター下部からケーシング内に送液し、発泡処理後の塗料を上部から排液する方法により連続処理を行った。ホモジナイザーは最高回転数 24,000rpm で、1,000ml の塗料を 5 回パスの連続発泡処理を行った。

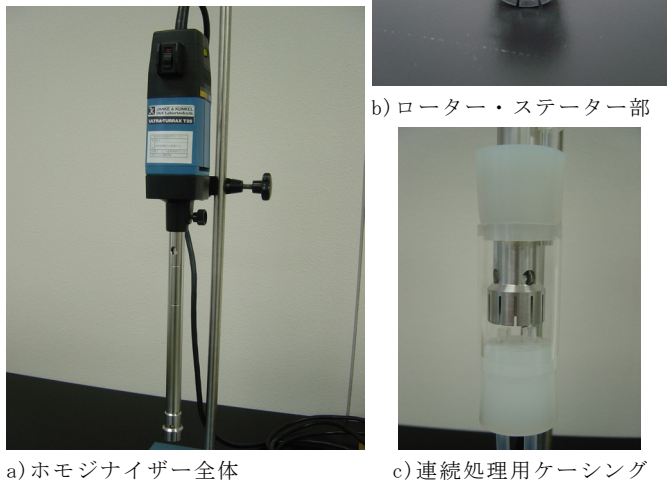


図 1 塗料の発泡処理に使用したホモジナイザー

3. 気泡含有塗料の物性評価

ホモジナイザーにより発泡処理を行った気泡含有塗料の物性としては、塗料の粘度、気泡の安定性及び塗工皮膜の形態について評価した。

塗料の粘度は、発泡処理前後の塗料について、回転式粘度計(VISCOMETER DV-I+:BROOKFIELD 社製)を用い、室温状態で測定した。ローターの回転速度は 50rpm とした。

気泡の安定性は、100ml 容メスシリンダーに 30g 相当の発泡処理直後の気泡含有塗料を入れて容積を測定し、発泡処理前の同重量塗料との容積比から発泡倍率を求め

るとともに、24 時間静置後の気泡含有塗料についても発泡倍率を求めた。

塗工皮膜の形態については、まず図 2 に示すパーコーター(No. 542-AB:榊安田精機製作所製)を用い、ガラス板に固定した市販ポリエステルフィルム(38 μ m 厚)上に、気泡含有塗料を塗工した。気泡含有塗料による厚い皮膜を作製するために、4mm 厚のガラス板をポリエステルフィルムの両側に置き、マイヤーバー(No. 22)はこのガラス板上を摺動し、基材であるポリエステルフィルムとは一定の間隙を保った状態で気泡含有塗料を塗工した。塗工後は、ガラス板に固定したまま直ちに送風乾燥機に入れ、105 $^{\circ}$ C で 5 分間乾燥し、気泡含有塗料による塗工皮膜を作製した。塗工皮膜の形態は、走査型電子顕微鏡(JSM-5510LV:日本電子(株)製)を用いて、皮膜の表面及び断面について観察した。

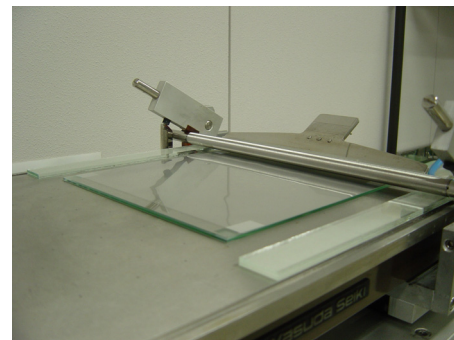


図 2 パーコーターによる気泡含有塗料の塗工試験

4. スクリーン塗工方式による気泡含有塗料の塗工試験

気泡含有塗料のサーマルボンド不織布への塗工試験は、図 3 に示す半自動スクリーン印刷機(SSP-860AN-2:東海精機(株)製)を使用して行った。

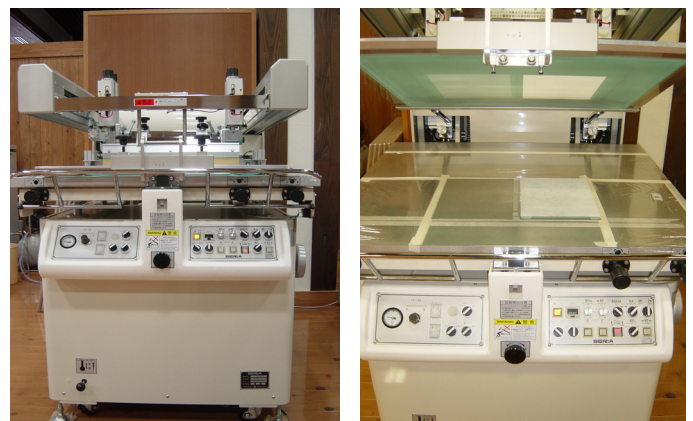


図 3 半自動スクリーン印刷機

スクリーン塗工では、図 4 に示すように塗料を転写したい部分にだけ穴が開いた塗工製版を使用する。このため、感光乳剤を塗布した P S 版(HS70H:東海商事(株)製)(660 \times 760mm 大)を用い、これに各種ドットパターンで露光・現像を行い、塗工製版を作製した。HS70H は、線径 70 μ m、オープニング 292 μ m、開口率 65%、厚さ 125 μ m、乳剤厚 10 μ m で、バイアス張りのものを使用した。

塗工試験時の半自動スクリーン印刷機の条件を表2に示す。塗工後は、ガラス板に固定したまま直ちに送風乾燥機に入れ、105℃で5分間乾燥し、気泡含有塗料による塗工皮膜を作製した。塗工皮膜の形態は、走査型電子顕微鏡(JSM-5510LV:日本電子(株)製)を用いて、皮膜の表面及び断面について観察した。

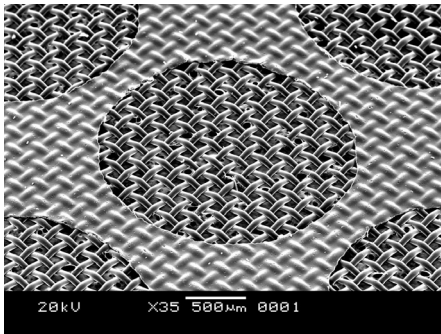


図4 スクリーン塗工製版の走査型電子顕微鏡写真

表2 スクリーン塗工時の印刷機の条件

項目	条件
スキージ硬度	70°
スキージ角度	70°
スキージ位置	13.5mm
ドクター位置	7.0mm
スキージ印圧	0.1MPa
ステージ高さ	7.0mm
プリント速度	300mm/sec
コート速度	300mm/sec

結果と考察

1. 塗料の発泡処理による気泡含有塗料の調製

(1) 起泡剤別の塗料の発泡処理に及ぼす影響

アクリル樹脂エマルジョン塗料に起泡剤と増粘剤を添加し、ホモジナイザーを用いた気体混入攪拌により、アクリル樹脂エマルジョン塗料には、多数の微細気泡が発生した。一般に、液体中で気体を分散するとき、気/液界面を広げるのに必要なエネルギーは、表面張力の関

数で表される。エネルギーが大きく、表面張力が小さいほど、気体の分散が容易になり、微細な泡をつくることができる。したがって、泡を微細化するためには、界面活性剤などの添加により表面張力を下げ、かつ、できるだけ大きなエネルギーを与えればよいことになる⁵⁾。図5に、4種類の起泡剤をそれぞれ対アクリル樹脂10%(w/w)、増粘剤を対アクリル樹脂1%(w/w)(いずれも固形分換算)添加した塗料についての発泡倍率を示す。

いずれの起泡剤を使用した場合においても、ホモジナイザーによる発泡処理直後は、発泡前塗料の2.0倍から2.8倍に発泡していることが確認できる。塗料に含有する微細気泡は肉眼では確認できない大きさであるが、24時間静置後には、起泡剤B以外では、微細な気泡同士が合一し、肉眼で確認できる大きさの泡沫となっていた。また、起泡剤B以外では、24時間静置後に発泡塗料の底部に離水が生じ、発泡倍率も起泡剤Bに比較して、発泡処理直後からの減少割合が大きい結果となった。起泡剤C・Dについては、発泡処理直後の発泡倍率が起泡剤Bよりも大きく、気泡間の液体膜も起泡剤Bよりも薄くなっていることが予想され、このことが気泡の不安定性の一因であると考えられる。今回使用したアクリル樹脂エマルジョン塗料では、起泡剤Bにより発生した微細気泡が最も安定していた。

図6には、4種類の起泡剤をそれぞれ対アクリル樹脂10%(w/w)、増粘剤を対アクリル樹脂1%(w/w)添加した塗料についての発泡処理前後の塗料の粘度を示す。主体塗料である2倍希釈したアクリル樹脂エマルジョン塗料の粘度は14mPa·sであるが、これに起泡剤及び増粘剤を添加するだけで、発泡処理前においても塗料の粘度はかなり増大していることが確認できる。発泡処理前の塗料の粘度において、4種類の起泡剤間の粘度差が大きいことから、アクリル樹脂エマルジョン塗料に対して、増粘剤のみではなく、起泡剤も何らかの増粘作用に影響を及ぼしていることが予想される。

また、いずれの起泡剤を使用した場合においても、ホモジナイザーによる発泡処理後は、処理前に比較して塗料の粘度が増大していることが確認できる。発泡処理後の粘度で、数値としていちばん高粘度に達したものは起

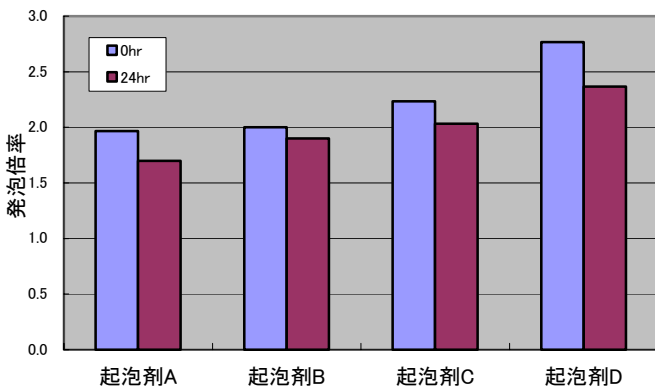


図5 起泡剤別の発泡倍率

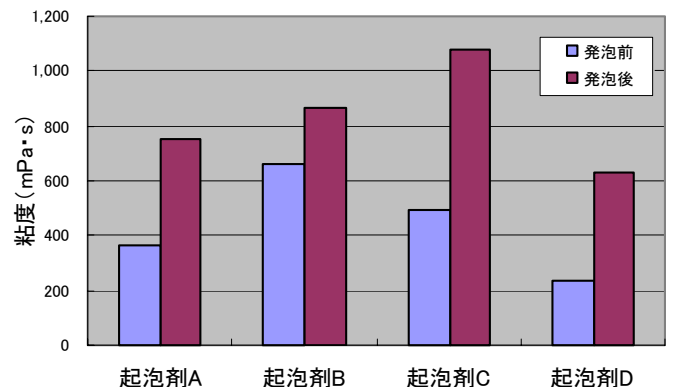


図6 起泡剤別の発泡処理前後の粘度

泡剤Cの 1,080mPa・s であるが、発泡処理前後の粘度の増加割合は泡剤Dの 2.7 倍が最大であった。図5において、24 時間後の気泡の安定性が最も高かった泡剤Bについては、発泡処理前後の粘度の増加割合は最小であった。液体中の気泡の安定性は、気泡の大きさの均一性に影響を受ける⁵⁾ことから、発泡処理前から粘度が高い泡剤Bについては、塗料の高粘性が影響し、発泡処理により微細で均一な気泡が発生し、このことがさらに気泡安定性の向上に影響したものと考える。

図7に、4種類の泡剤を使用した気泡含有塗料による塗工皮膜の走査型電子顕微鏡写真を示す。いずれも泡剤を対アクリル樹脂 10% (w/w)、増粘剤を対アクリル樹脂 1% (w/w) 添加した塗料であるが、泡剤ごとにそれぞれ特徴のある皮膜を形成している様子が観察できる。気泡含有塗料では気泡間に液体膜が存在するが、塗工後の加熱乾燥において、乾燥による水分の減少に伴い液体膜は薄くなり、また加熱による気泡内の空気の膨張力も作用することにより、液体としての流動性を有する間は、液体膜は破れて隣接する気泡同士が合一して泡沫となる。

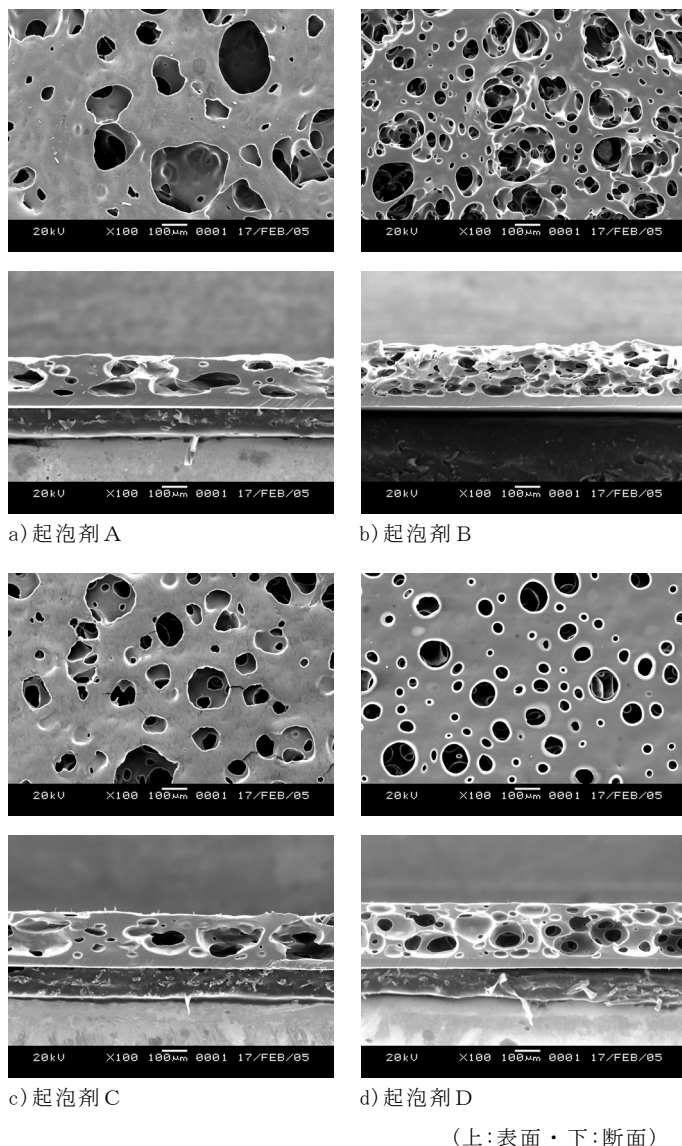


図7 気泡含有塗料による塗工皮膜の走査型電子顕微鏡写真

この過程を繰り返しながら、更なる乾燥により液体膜が不動化し、最終的な皮膜構造が形成されていくことが予想される。図7では、4種類の泡剤のうちで泡剤Bが最も微細な多孔構造の皮膜を形成していることが確認できる。これは、泡剤Bは図6で認められるように発泡処理前から高粘性を示したことから、塗料成分の相互作用が加熱乾燥工程中の気泡間液体膜の不動化にとって有利に作用した結果であると考えられる。

(2) 泡剤Bの塗料組成が塗料の発泡処理に及ぼす影響

次に、アクリル樹脂エマルジョン塗料の発泡処理において、最も気泡安定性が高かった泡剤Bを用い、泡剤及び増粘剤の添加量が、塗料の発泡処理に及ぼす影響について検討した。

① 泡剤添加量の影響

図8に泡剤添加量に伴う発泡倍率、及び図9に泡剤添加量に伴う発泡処理前後の粘度を示す。泡剤添加量は対アクリル樹脂(固形分換算)比率で表し、いずれも増粘剤は対アクリル樹脂 1% (w/w) 添加した塗料である。

図8からは、泡剤を添加しない場合においても、ホモジナイザーによる発泡処理直後は、発泡前塗料の 2.0 倍以上に発泡していることが確認できる。逆に、図5で示した泡剤 10% 添加の条件よりも、泡剤添加量が少量の場合の方が発泡処理直後の発泡倍率が高い結果となった。この理由としては、図9からうかがえるように、発泡前の塗料の粘度は、添加量 10% までは泡剤添加量が増加するにつれて増大していることから、低粘度の塗料の方が、ホモジナイザーの撹拌エネルギーが塗料の発泡に有効に作用したものと考える。しかし、24 時間後の

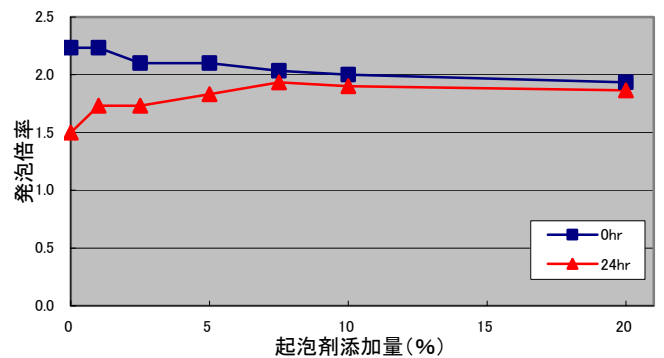


図8 泡剤添加量の発泡倍率への影響

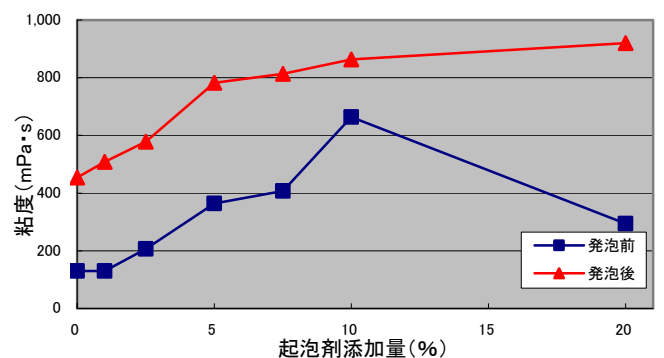


図9 泡剤添加量の粘度への影響

発泡倍率についてみると、起泡剤添加量 5%以下では気泡の泡沫化や離水が発生し、発泡倍率の低下が著しい結果となった。図 9 では、発泡前の塗料の粘度は、10%までは起泡剤添加量が増加するにつれて増大しており、図 6 で予想したように、増粘剤のみではなく、起泡剤が何らかの増粘作用に影響を及ぼしていることが明確となった。起泡剤 20% 添加で発泡前の塗料の粘度が低下した要因については不明である。

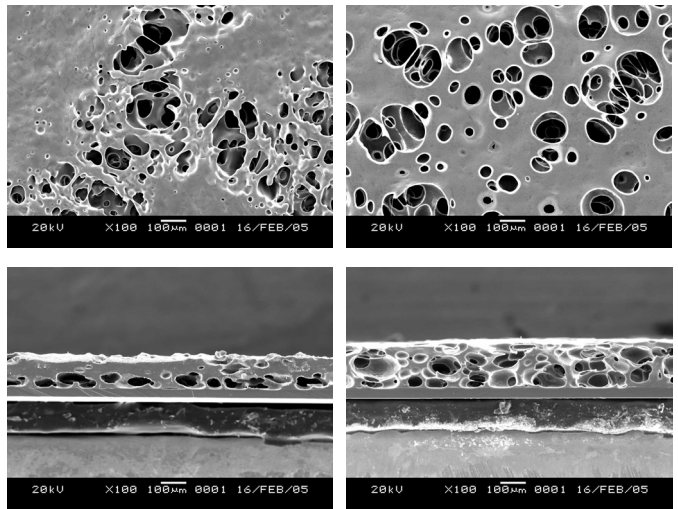
②増粘剤添加量の影響

図 10 に増粘剤添加量に伴う発泡倍率、及び図 11 に増粘剤添加量に伴う発泡処理前後の粘度への影響を示す。増粘剤添加量是对アクリル樹脂(固形分換算)比率で表し、いずれも起泡剤 B 是对アクリル樹脂 10% (w/w) 添加した塗料である。

図 10 では、増粘剤 0% 添加のみが発泡処理直後の発泡倍率が極端に高く、その後増粘剤添加量が増加するにつれて、発泡処理直後の発泡倍率が低下する傾向が認められた。図 11 では、増粘剤添加量が増加するにつれて、発泡処理前塗料の粘度が増加していることから、塗料の高粘度化により、ホモジナイザーの攪拌エネルギーのうち塗料の発泡に作用するエネルギーが減少したものと考えられる。また図 10 で、24 時間後の発泡倍率についてみると、増粘剤 0% 添加のみが泡沫化や離水の発生により発泡倍率の低下が著しく、増粘剤 1% 以上添加では泡の安定性に大差がなかった。

図 12 に、増粘剤添加量の異なる 2 種類の気泡含有塗料による塗工皮膜の走査型電子顕微鏡写真を示す。いずれも起泡剤 B 対アクリル樹脂 10% (w/w) 添加した塗料で

ある。いずれも図 7 b) の増粘剤 B 1% 添加塗料の写真とは皮膜形態が大きく異なり、気泡含有塗料による塗工皮膜に及ぼす増粘剤の影響がうかがえる。図 12a) 増粘剤 0% 添加では、連続した多孔性の皮膜が形成されず、皮膜厚さも薄くなった。気泡間の液体膜が起泡剤のみでは安定化せず、加熱乾燥工程中に容易に破壊されたものと考えられる。図 12b) 増粘剤 10% 添加では、発泡処理後の塗料粘度が高く、乾燥速度も遅いことが予想され、乾燥・固化中の塗料成分の挙動の相違が、図 7 b) とは異なる皮膜形態をもたらしたものと考えられる。



a) 増粘剤 0% 添加 b) 増粘剤 10% 添加
(上:表面・下:断面)

図 12 気泡含有塗料による塗工皮膜の走査型電子顕微鏡写真

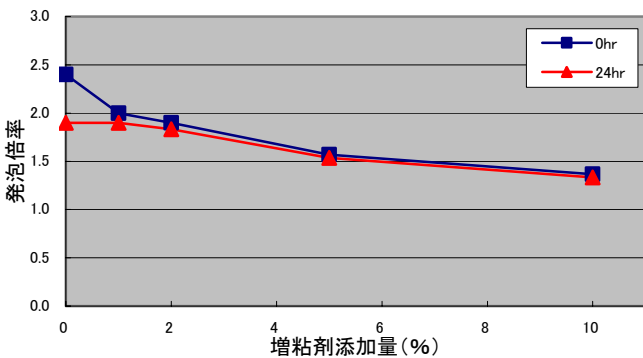


図 10 増粘剤添加量の発泡倍率への影響

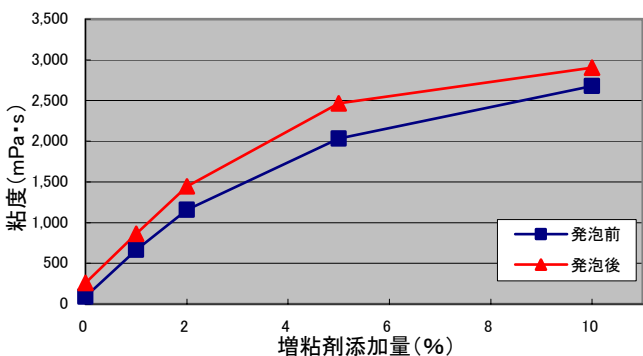


図 11 増粘剤添加量の粘度への影響

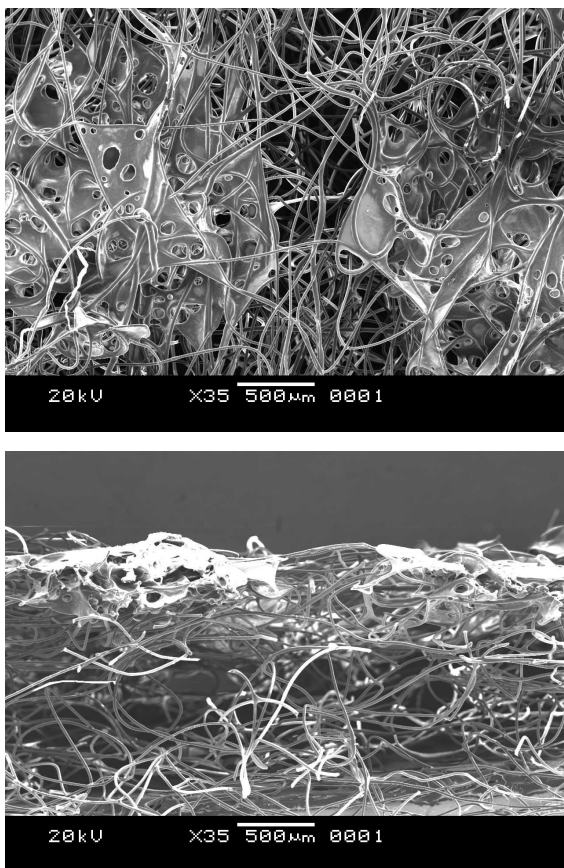
2. スクリーン塗工方式による気泡含有塗料の塗工試験

従来の一般的なロール塗工方式では、塗工時に受ける印圧により、塗工樹脂の乾式不織布基材内部への浸透は避けられないが、スクリーンによる孔版転写方式では、一般的なロール塗工方式に比較して、塗工時に印圧が生じにくく、乾式不織布基材の表面のみに樹脂を塗工することが可能であると考えられる。

スクリーン塗工方式の実機としては、生産性が重視され、ロール状の不織布に対して連続で塗工・乾燥を行う必要があり、このため回転する円筒型のメッシュ状シリンダーの内部から塗料を供給し、メッシュ状シリンダーを通過した塗料をシリンダーの外部を通過する基材に対して塗工する「ロータリースクリーン塗工方式」が適している。ロータリースクリーン塗工方式においても、塗料はメッシュ状シリンダー内から供給されるため、シリンダー内にとどまるためのある程度の粘度が必要である。このため、ペースト状または気体混合攪拌による発泡処理により一時的に増粘させた塗料が利用されている⁶⁾。

本研究では、図 3 に示す半自動スクリーン印刷機を使用し、スクリーン塗工方式における基礎的条件について検討した。塗料は、これまでの発泡処理試験で泡の安定性が最も高い、アクリル樹脂エマルジョン塗料に起泡剤

Bを対アクリル樹脂 10% (w/w)、増粘剤を対アクリル樹脂 1% (w/w) 添加した塗料を発泡処理させたものを使用した。塗料粘度は 864mPa・s であった。図 13 に、スクリーン塗工方式により気泡含有塗料を塗工した、サーマルボンド不織布の走査型電子顕微鏡写真を示す。塗工製版は、直径 3mm の円形ドットが 5mm 間隔で配列しているものを使用しているが、製版形状を反映した点状の塗工皮膜が形成された。塗料中の気泡については、スクリーン通過時や不織布の構成繊維の作用によるものか不明であるが破壊されており、図 7 b) に認められるような多孔性の皮膜構造は確認できない。断面形状では、塗工皮膜は基材内部には浸透せずに、不織布表面のみに形成されていることが確認できる。このような点状の塗工皮膜を形成する不織布の樹脂加工であれば、樹脂による連続皮膜の場合とは異なり、乾式不織布の有する柔軟な風合いを損なうことなく、樹脂加工による乾式不織布への新たな機能付与が可能であると考えられる。



(上:表面・下:断面)

図 13 スクリーン塗工サーマルボンド不織布の走査型電子顕微鏡写真

ま と め

乾式不織布へのコーティング加工において、コーティング剤の基材への浸透度を制御する技術として、塗料の気体混入攪拌による発泡処理、及び同塗料を用いたスクリーン塗工方式による塗工技術の開発に取り組んだ結果、

次の成果が得られた。

1. ホモジナイザーを使用し、起泡剤(界面活性剤)及び増粘剤を添加したアクリル樹脂エマルジョン塗料に対して気体混入攪拌を行うことにより、気泡含有塗料が得られた。
2. 起泡剤としてはステアリン酸アンモニウムを使用した場合が、気泡含有塗料中の微細気泡が最も安定した。
3. 気泡含有塗料を塗工した皮膜は、多孔構造の皮膜を形成した。
4. 塗料の発泡処理により塗料粘度が増大し、スクリーン塗工方式により、乾式不織布の表面のみに樹脂塗工を行うことが可能となった。

文 献

- 1) 矢井田修:不織布の市場と商品開発/市場成熟化で重要度増す技術力と独自性, 紙パルプ技術タイムス, **47-8**, 17-20(2004).
- 2) 高岡米治:機能性不織布とその加工技術, コンバーテック, **30-5**, 46-53(2002).
- 3) 中野克俊:仕上げ加工における不織布の複合化, NONWOVENS REVIEW, **4-3**, 27-33(1993).
- 4) 高木俊男:特許から見た不織布のコンバーティング動向, コンバーテック, **27-3**, 31-35 (1999).
- 5) 前田秀一:気泡含有塗料の調製と多孔性塗膜の形成, 色材協会誌, **73-3**, 118-125(2001).
- 6) 靄本久司:ロータリースクリーン&フォーム(泡)テクノロジーによる機能加工, 繊維加工技術研究会第 23 回講演会資料, 1-8, (2002).