



藤田 卓

薄膜ガラスの可能性

株式会社機能性ガラス研究所 代表取締役

① はじめに

「シート状の薄ガラス」と言えばどの程度のことを思い浮かべられるであろうか。

液晶基板として使用されているものには0.7mm厚のものがあり、薄いものでは0.4mm厚のモバイル向けのタイプがある。タッチパネルのカバーガラスとしては0.2mm厚があり、一部、0.15mm位の板厚材料も使用されている。

0.15mmと言えば、読者の方々も学生時代に扱っておられたと思うが、顕微鏡検査用プレパラートのカバーガラスがこの厚みに相当する。一般には、この位が薄ガラスというイメージではないだろうか。しかし、現実には、薄ガラスの用途開発が着実に進んできており、さらに薄くした『薄膜ガラス』と言うべき材料が量産用途品として誕生してきている。本稿では、これらの経緯、状況、見通し等について説明してみたい。

② ガラス溶解の基本的な考え方

いずれのガラスも無水珪酸 (SiO_2) を多量に含んでいるが、 SiO_2 、 B_2O_3 、 P_2O_5 等でガラスの網目構造を形成 (network former) している。

Na_2O_3 、 K_2O_3 、 CaO 等は単独ではガラス化せず、上記酸化物の網目の孔に入りガラスの性質を変化させる働きをする。また、 Al_2O_3 、 ZnO 等は、上記両者の中間的な役割をするものである。これらの組み合わせにより必要特性を持つ材料を溶解することになる。

③ 薄膜ガラスへの道のり

3.1 手吹き法からクラウン法へ

フェニキア人は紀元前30～20年頃、製鉄の吹き竿を用い容器を作っていた。

7世紀には、シリア人が手吹き法で作ったガラスの半球を回転させて遠心力で薄く平らにするクラウン法を發明し、36～40インチ径の円板から矩形板を切り出していた。

手吹き法で作った円筒を切断し、たわんだ状態のガラスを平たく伸ばす方法 (手吹き円筒法) が1000年頃に生まれたが、技術的に難しく、クラウン法と置き換えられたのは18～19世紀にかけてのことである。

3.2 機械吹き法

手吹き円筒法を機械的なエアブローに変えて、円筒の直径を0.9m、長さ12mまで大きくし、これから一定寸法に切り出して再加熱し、平坦に伸ばしたのがパース式機械吹き円筒法で、これが發明されたのが1902年のことである。この機械吹き円筒法は迅速に普及したが、後続の方式に比べて量産性、歩留まりの面で制約があった。

特異な例としては、この方式を板厚1.5mm～50 μm 用に特化させて、現在で

も日本国内で技術蓄積されている機械吹き法がある (仮名として松浪式機械吹き法としておく)。極薄にエアブローすると同時に、円筒の形状をいかに一定に保ちながら製板するかがこの方式のポイントとなっている。

3.3 フルコール引き上げ法からフロート法まで

一般的な窓ガラスの製造方法に関しては画期的な開発が行われてきた。

1901年にFourcaultは、デビトーズと呼ぶ耐火物のスリットから幅広の板ガラスを直接引き上げるフルコール引き上げ法を發明した。

1910年にColburnは、ピットから素地を引き上げ約60cm上がったところで端部をガスで軟化し、バンディングロールにより直角に曲げ水平方向に輸送するコルバーン法を發明した。

その後、これら方法に改良が加えられたり、金属の製板方法に似たロールアウト方式が生み出されたりしたが、板ガラス市場へのインパクトの大きさとしては、1952年にSir A.Pilkingtonより発表されたフロート法が挙げられる (図1)。このフロート法は、一般産業用の板ガラス市場を駆逐した感がある。しか

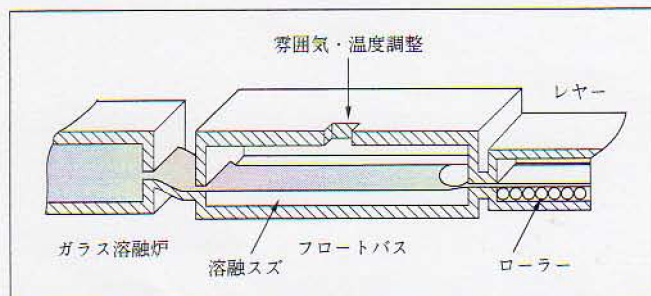


図1 フロート法

し、電子工業用という中で評価した場合、スズ浴に浮かせて製板する方式のため、スズ面・非スズ面の表裏管理が必要となる。

一般的に、TFT液晶基板用としてフロートガラスを使用する場合は研磨を必要とする。また、フロート法の今後の進歩はあるにしても、板厚0.2mm以下をクリアするのは難しいのではないかと考えられる。

3.4 フュージョン法からダウンドロー法まで

未研磨の状態を高平坦度を有するガラスを製造する方式として、フュージョン法がコーニング社にて開発された。これは、溶けたガラスを断面がハート型の樋に入れ、樋の上から溢れ出たガラスが下方へ流れ出て樋の下部で一体になる製板法である。ガラス面は空気以外には非接触で、表面張力のみによって形成されるので平滑な面が得られる(図2)。

フュージョン法と同じく、下に流し出す方式であるダウンドロー法も今世紀に生み出された(図3)。この方法は、溶けたガラスをスリットに通すが、フルコール、コルバーンといった引き上げのように異物が混入した場合の破損、墜落といったトラブルが発生しにくい、引っ張りプラス重力が加味されるので無理なく高精度の薄ガラスができるという利点がある。ここで、本題の『薄膜ガラスの可能性』というテーマに合った製法にたどり着くことができた。

その他に、一度板材にした材料を、さらに熱処理・ロールアウトして極薄にするリドロー法があるが、量産性、製板できる大きさ等、現状の実績から見るとダウンドロー法が有利であると言える。

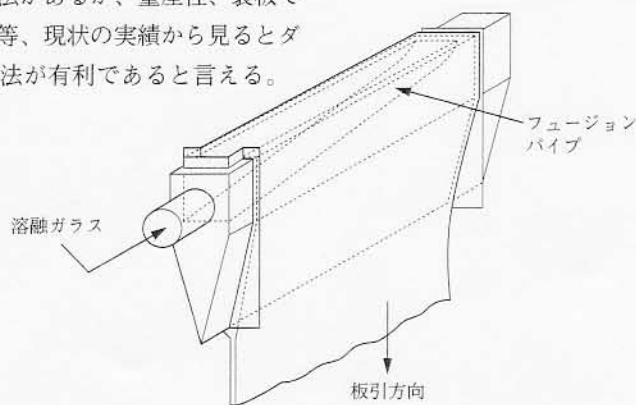


図2 フュージョン法

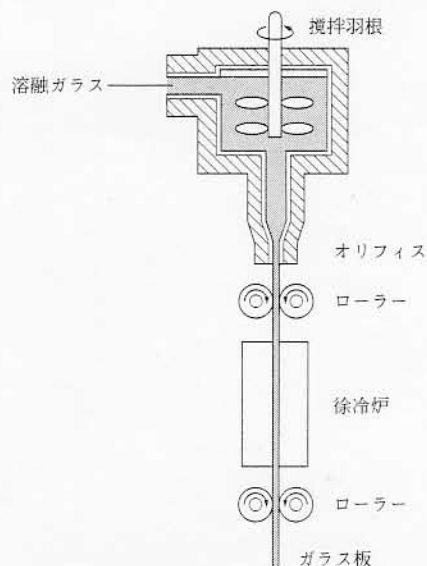


図3 ダウンドロー法

表1 標準組成例

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	BaO	B ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	ZnO
硼硅酸ガラスA	50.4	12.1	23.7	13.2	—	—	—
硼硅酸ガラスB	64.2	3.0	3.1	8.9	7.2	6.4	7.1

表2 機械的・電氣的・光学的特性

	硼硅酸ガラスA	硼硅酸ガラスB
20℃ (68° F) における比重	2.72g/cm ³	2.51g/cm ³
応力-光学係数 C	3.2×1.02×10 ⁻¹² m ² /N	3.44×1.02×10 ⁻¹² m ² /N
ヤング率 E	66.0kN/mm ²	72.9kN/mm ²
ねじれ率 G	26.7kN/mm ²	30.1kN/mm ²
ポアソン比 μ	0.235	0.208
ヌーブ硬度 NK ₁₀₀	555	590
誘電率 (1 MHz) ε _r	6.2	6.7
誘電損失 (1 MHz) tan δ	9×10 ⁻⁴	61×10 ⁻⁴
A.C.50Hzでの電気抵抗		
ρ _D (θ=250℃)	6.0×10 ¹³ Ωcm	1.6×10 ⁸ Ωcm
ρ _D (θ=350℃)	3.2×10 ¹¹ Ωcm	3.5×10 ⁶ Ωcm
20℃における屈折率		
n _d (λ=588nm)	1.5255	1.5230
n _e (λ=546nm)	1.5275	1.5255
アッペ数 ν _e	62.2	55.0

表3 温度特性

粘性 log η (d Pas)	温度 (°C)		特性
	硼硅酸ガラスA	硼硅酸ガラスB	
14.5	627	529	重点
13.0	663	557	徐冷点
7.6	883	736	軟化点
平均線膨張係数 α _{20-300℃}	45×10 ⁻⁷ °C	72×10 ⁻⁷ °C	

④ 薄膜ガラスの特性

薄膜ガラスの定義を仮に厚み0.2mm以下とした場合、加工法の選択肢として、まずは松浪式機械吹き法、リドロー法、ダウンドロー法となるが(研磨による極

薄加工については対応可能なサイズが限定されるため、今回の説明内容からは除くこととする)、量産性および幅広い実績という面を考慮し、ダウンドローの標準品について記述する。

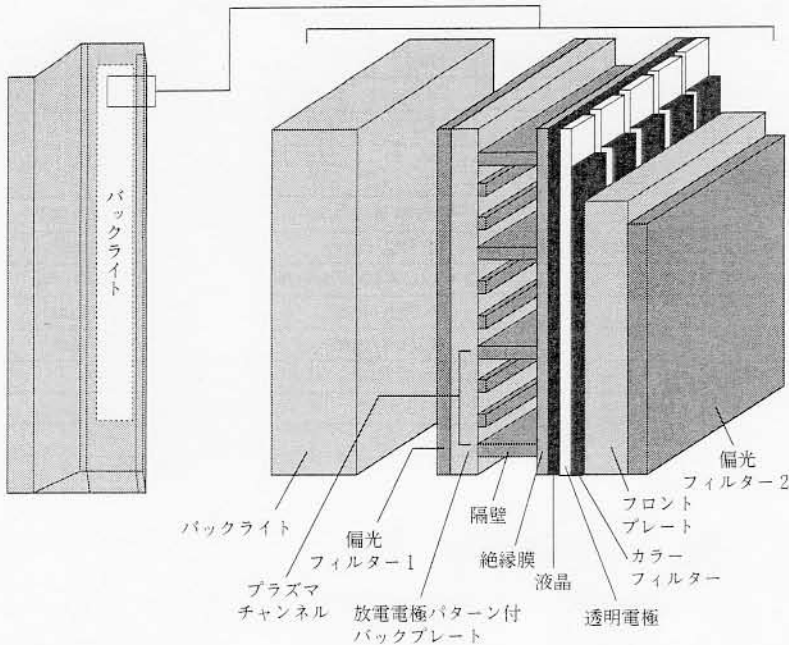


図4 PALCの構造

(1) 板厚 $50\mu\text{m}$ ガラスの標準組成例 (wt %)

表1に示す。

(2) 板厚 $50\mu\text{m}$ ガラスの特性データ (硼硅酸ガラスAおよびB)

表2、表3に各種特性を示す。

5 薄膜ガラスの使用用途

5.1 PALC用絶縁膜

テレビの未来イメージは何十年もの昔から、誰もが壁掛け型の大型テレビを思い描いていた。そして今、その夢は液晶、PDP (Plasma Display Panel) の技術進歩により現実のものとなりつつある。薄くてフラットな家庭用テレビを実現させるためには、従来のブラウン管に代わる新しい表示デバイスが必要とな

る。そこで注目されるのは、液晶テレビやノートブックパソコンなどで使われているTFT (Thin Film Transistor) 液晶パネルである。液晶パネルを大型用に特化したものとしてPALC (Plasma Addressed Liquid Crystal) 方式のフラットディスプレイの開発が進められている。

TFT液晶パネルは、1つの画素につき、1個のトランジスタが接続され、各トランジスタが液晶の各画素をコントロールして映像を作り出している。この方式の特徴は各画素を自由に制御できるために高画質が得られること、さらに液晶ならではの薄くフラットなディスプレイが可能なことである。

高画質を生かしながら大型の液晶パネ

ルを作るためには、トランジスタに代わって液晶をコントロールする方法が必要となる。PALC方式の場合、プラズマ放電の電気作用を利用し、トランジスタ数千個の働きを1つの放電管が果たす。TFT液晶でトランジスタが果たしている電子スイッチの役割をプラズマが行うもので、その構造を図4に示した。

液晶のフロント側は普通の液晶ディスプレイと同じで、カラーフィルターがあり、それに接して透明電極がある。違うのは反対側の面で、普通は液晶の層を挟んで両面に電極があるが、PALCの場合には片面の電極がなく、その代わりにプラズマチャンネルがスイッチ素子の働きを果たす。隔壁で仕切られたこのプラズマチャンネルの1本1本がテレビの走査線に相当する。この絶縁層の部分に板厚 $50\mu\text{m}$ の薄膜ガラスが使用される。42インチディスプレイの場合、ガラスサイズは約 $1,000\times 600\text{mm}$ となる。

このような使用方法が成り立つことをかつて予想できたであろうか。実際のところ、 $50\mu\text{m}$ ガラスを洗浄・フリットシールする工程は歩留まり的にも問題ないとのメーカー情報を得ている。これは驚異的なことだ。

5.2 FED用スペーサー

最近注目を集めるようになった技術としてFED (Field Emission Display) がある。FEDはブラウン管で使用される光線を出す電子銃 (発光源) を微細化し、画素の1つ1つをこの電子銃で光らせるのが特徴である。発光原理がブラウ

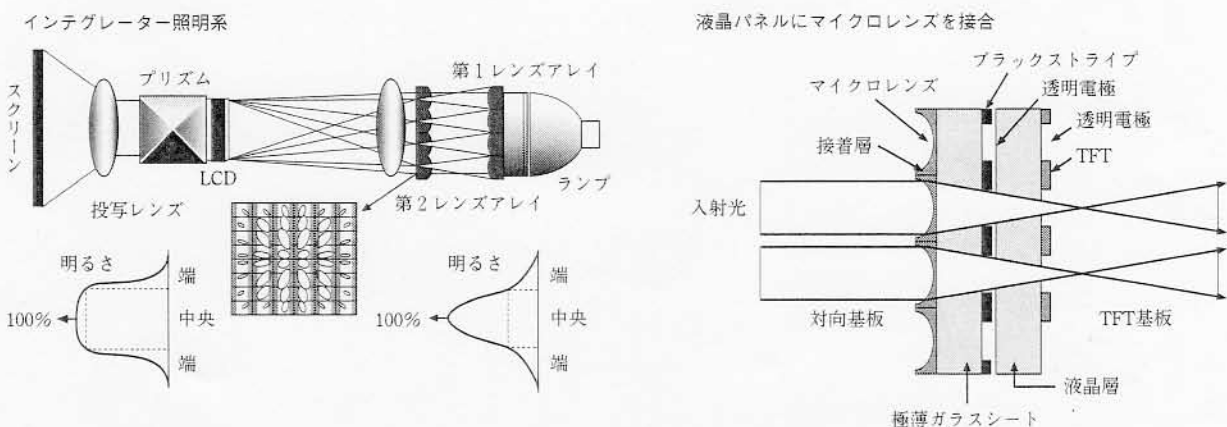


図5 液晶プロジェクターの概念図

ン管と同じため、いずれの画素も高い輝度を確保できる。また、消費電力という面から見ると最も経済的な方式である。

構造上の問題として電子銃が光線を出すには、ブラウン管と同様にガラス内部を真空にする必要がある。大きなガラス

板を2枚合わせて中を真空にすると、大気圧で2枚のガラスがピッタリと接してしまう。

これを防ぐためにはスペーサーを噛ませる必要がある。スペーサーという球状のものが考えられるが、その高さが1mm以上になると横幅をとりすぎてしまう。そこで、径50 μ m程度の円柱を立て、並べるといった方式になるが、この場合、必要な円柱は膨大な本数になる。そこで、厚50 μ mの薄膜ガラスを短冊状に精密切断仕上げたものを、立てて使用できないかというアイデアが生まれた。現在、300mm幅で高さ1mm以上のスペーサーを薄膜ガラスにて仕上げる技術が確立されている。

5.3 液晶プロジェクター用マイクロレンズのカバーガラス

液晶プロジェクターはプレゼンテーション機器として確固たる地位を築いているが、さらには、50~60インチのリアプロジェクションテレビへの展望も開けていく見通しがある。現在、液晶デバイスとしては1.3インチから0.9インチ、さらに0.7インチと小型化したプロジェクター商品が発売されている。

一方、品質面では、高コントラストと共に高輝度化を追求する方向にある。TFTの微細加工の進歩にともない開口率も高くなっており、パネルの解像度アップも可能となってきた。しかし依然、パネル開口部によるケラレが多いため、対策としてはマイクロレンズアレイを画素近傍に配置することにより、光学系の大きさを変えないで明るさを向上させる方法がある。

液晶デバイスとしては、現在のところ高温ポリシリコンタイプがメインに使用されているため、マイクロレンズアレイのカバー部には石英または石英に近い膨張の材料を極薄に研磨して使用されることが一般的であったが、低温ポリシリコンタイプのレベルアップ、低コスト化を目指すことにより、硼珪酸ガラスの板厚50 μ m材を採用するものが見られるようになってきた。この傾向は今後さらに促進していくものと予想される(図5)。

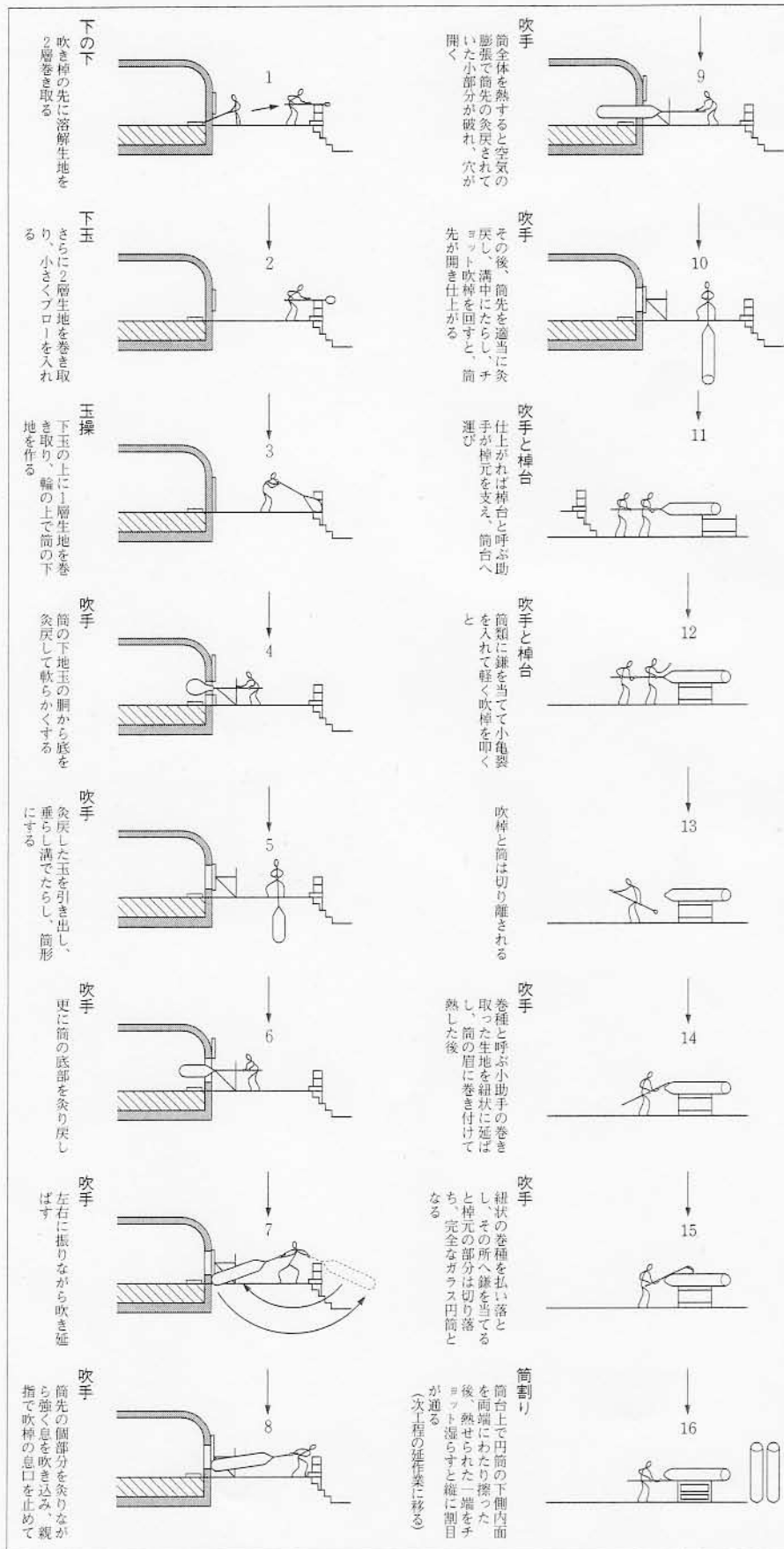


図6 手吹き式ガラス製造工程

5.4 その他

前述した用途のほか、これまでの薄膜ガラスの実績例としては、磁気材料、セラミックスに対して加熱圧着できることを利用してギャップ形成に使用されている磁気ヘッド用スペーサー、完全密着型イメージセンサー等が挙げられる。これらは、板厚50 μ m、30 μ mガラスが使われている。

◎まとめ

薄膜材料について考えた場合、有機材料によるフィルム、金属材料、印刷加工、蒸着、スパッタリング等のさまざま

なアプローチがなされている。そのような中で耐熱性、絶縁性、シンプルな加工性等のさまざまなメリットが、薄膜ガラスの中に再発見されてきた。今後、各種ディスプレイ用および広範囲な電子材料用としての使用用途が、ますます拡大していくのではないかとと思われる。現在、薄膜ガラスの製造は、溶融成板の各工程にわたり自動化、コンピューター化が進み、生産性も大幅に向上している。最後に、過去の手吹き加工時代に操業されていた方法の製造工程図を掲げ、先人達の払ってきた努力に対して敬意を表したい(図6)。

<参考文献>

- 1) 功刀雅長、吉澤四郎、田村幹雄：工業化学概論、丸善(株) (1969)
- 2) 錦織経治：板ガラス製造技術の進歩について、NEW GLASS TECHNOLOGY, Vol.5, No.2 (1985)
- 3) コーニングジャパン(株)：ガラスおよびガラスセラミックの特性 (1988)
- 4) ショット日本(株)：SCHOTT information (1997)
- 5) NIKKEI BUSINESS, 1999.10月4日号

誰でもわかる ラミネーティング

著者：松本 宏一

発行日：1998年10月6日

発行：株加工技術研究会

体裁：B5判、272頁

定価：本体5,000円(税別)

送料：800円

■コンバーティング業界は、まさに世代交代の嵐を迎えています。コンバーティングの創世期から今日に至る発展成長期を、歯を食い縛って支えてきたベテラン陣が定年を迎え、続々と社外に流出しています。それとともに、中小のコンバーターにおいては深刻な事態が生じています。製造、技術、開発のベテラン陣が蓄積してきた貴重なノウハウが、次世代を担うべく若手スタッフにうまく継承されていないという問題です。これでは、激動の時代にあっては致命的といえます。そこで小社では、コンバーティング業界に足を踏み入れた新入社員の教材向けに、また、技術・知識の習得に時間の割けない営業マンの虎の巻として、月刊誌「コンバーテック」誌上で、1990年1月から1997年12月にかけて、全39回にわたり連載され、読者から熱い支持を得ていた「ラミネート初級講座」(執筆：松本宏一氏)を、再編集し、一部を加筆し、「誰でもわかるラミネーティング」として刊行しています。是非、お買い求めいただき、ご活用下さい。

【目次】

第1章 コンバーティングとは何か

ラーメンの袋、これもコンバーティング/新たな加工で、新たな価値を/様々な業界と関連するコンバーティング/ほか

第2章 ラミネーティングとは何か

コンバーティングで多用されている技術/ラミネートで不思議な機能を付与/ラミネーターの構成要素

第3章 図解でわかるラミネーションの7つの加工方法

ラミネーションの種類/ウェットラミネーション：ウイスキーやビールのラベル/ほか

第4章 こんなにあるラミネート用素材

素材の知識も大事です/紙と板紙/セロハン/合成紙/不織布/アルミ箔/蒸着フィルム

第5章 プラスチックとは何か

これがプラスチック/モノマーとポリマー/原子と分子/ポリエチレンとポリプロピレンはここが違う/ほか

第6章 プラスチックフィルムの製造法

溶かして、流して、固める/キャスト法/カレンダー法/エクストルージョン法/延伸

第7章 ラミネートに使われるプラスチックフィルム

まずは略号だけでも憶えよう/ポリエチレンフィルム/エチレン・酢酸ビニル共重合体フィルム/アイオノマーフィルム/ほか

第8章 押出コーティング・ラミネーション用樹脂で使われる基本用語

押出コーティング・ラミネーションの概略/これさえわかれば

大丈夫

第9章 ラミネートに使われる押出コーティング・ラミネーション用樹脂

もう一度おさらいをしてみよう/ポリエチレン樹脂/エチレン・酢酸ビニル共重合体樹脂/ポリプロピレン樹脂/ほか

第10章 機能付与のかくし味、添加剤

添加剤と改質剤/可塑剤/熱安定剤/酸化防止剤/紫外線吸収剤/帯電防止剤/滑剤/着色剤/発泡剤/改質剤

第11章 接着剤とアンカーコート剤

ラミネートで接着機能を向上/接着と粘着/接着力と凝集力/接着の発生/接着剤

第12章 ラミネート包装材料の設計

包装材料に要求される諸性質/生産方式/包装の役割/包装設計の考え方/ほか

第13章 図解でわかる用途別ラミネート構成

具体例で示しましょう/乾燥食品包装/水物食品包装/液体食品包装/チルド・冷凍食品包装/油脂食品包装/ほか

第14章 ラミネートと関連技術

印刷/製版方法/グラビア印刷のプロセス/カラー印刷の原理/ラミネート後のテクニック/リワインディング/スリッティング/ほか

第15章 フィルム・ラミネート製品の試験法

クレーム防止に役立つ/試料の採取と測定環境/厚み測定/引張強度と伸び/引裂強度/破裂強さ/耐折強さ/ほか

CTI加工技術研究会

本社 〒101-0032 東京都千代田区岩本町3-4-6 岩本町高橋ビル
TEL.03-3861-3858 FAX.03-3861-3894