

# ガラスコーティング技術の現状： 第1回ICCG(独、ザールブルッケン)を企画、運営して

旭硝子(株) 中央研究所  
鈴木 巧一

## International Conference on Coatings on GLASS(ICCG)

Koichi Suzuki

Research Center, Asahi Glass Co., Ltd.

### 1. はじめに

1996年10月27日から31日までの5日間、ドイツのザールブルッケン市国際会議場で第1回ガラスへのコーティング国際会議(ICCG: International Conference on Coatings on Glass)が開催され、私はSecretaryとして会議を運営するために参加した。そこで、この会議を提案、企画した一人として、主催者側からの視点で内容に触れながら、ガラスへのコーティング技術の現状を大面積ガラス用途を中心に紹介する。

### 2. ICCG発足経緯

近年、ガラスは、二つの空間を分ける単なる透明体から、特殊な機能を備えた透明部材としてシステムにインテグレートされるなど、新しい役割を果たすようになってきた。例えば、光選択性、電気伝導性、はつ水性など各種の機能付加あるいは変更を目的に薄膜あるいは厚膜がコートされたガラスは、すでに建築、自動車、ディスプレイ、照明、ビンガラスなど、日常生活の様々な用途に使われており、その市場もいっそう拡大しつつある。この分野のさらなる発展のためには、世界中の研究開発関係者が情報を交換したり、議論を交わす場が必要と思われたが、過去に、コーティングという技術に注目

しての国際会議は数多く開かれてきたにもかかわらず、ガラスという基板材料に的を絞っての国際会議はほとんど開かれたことがなく、その活動母体も存在していなかった。

1994年夏、ガラスへのコーティングに関する国際会議開催に関心を持つ関係者15名がブラッセルに集まり、その意義や必要性などについて話し合った。その結果、満場一致で開催することを決定し、同時にその参加者からなる実行委員会が発足した。Chairmanには“Coatings on Glass”の著者として知られるPulker (Balzers/Univ. Innsbruck)、Vice-chairmanにはHowson (Loughborough Univ.)、Secretaryには私が起案者ゆえにということで選出された。

その後の実行委員会で、第1回国際会議の開催地としてドイツのザールブルッケン市が選ばれ、Schmidt (INM: Institut für Neue Materialien)が地元主催を引き受けた。

### 3. ICCG開催方針

国際会議のあり方も時代に合わせて変化すべきである。国際会議過剰気味の現状、いったいどんな会議が必要、期待されているのだろうか?という点から実行委員会で議論を重ね、以下のような基本方針を確認した;

\*運営: Low Cost and High Quality

\*焦点: High Volume and/or Large Areas

〒221 横浜市神奈川区羽沢町1150  
TEL 045-374-8758

\*Keyword : Vertical Integration (コーティングだけではなく、ガラス基板の保存、前処理から後処理、出荷まで、コーティングに影響を及ぼしうるあらゆる工程を含め、かつそれにかかわる材料、設備、加工、ガラスメーカーそしてユーザーを含めよう、という意味)

\*会議構成 : シングルセッション  
Short Course (教育) / Introductory Talk (市場) / Technical Session (含むポスター)

\*バランス : Academic & Commercial、  
Global Participation

#### 4. ICCGの結果

当初、どれだけの人数が集まるだろうか、と心配もしたが、開催当日までに参加登録数は世界33カ国から400人を超え、日本からも40名近い関係者が参加した。講演件数も140件(うち口頭発表70件、ポスター70件)に達し、シングルセッションには十分な数となった。

今回の会議が主催者側の思惑どおり全て達成されたか確信はない。しかし、参加した多くの方々から、非常に有益で楽しませてもらった、大成功だ、との反応が得られ、実行委員の面々も満足の面持ちであった。とは言え、反省すべき点もあり、次回にはより充実した会議を実現することを会議期間中に開かれた実行委員会を確認し合った。

会議が開催されたザールブルッケン市のあるドイツ、ザーランド地方は、昔石炭関連の産業が栄えた地域であるが、その関連の雇用は現在では10%に激減した。そこで市や地方政府は先端技術関連企業や研究所の誘致を中心とした技術振興政策をとっており、その関係もあって、たいへんな歓迎と支援を受けた。会議開催前日には市長による歓迎リセプション、2日目には地方政府の教育科学担当大臣主催のリセプションが開かれ、またテレビ局とラジオの取材とインタビューもあった。資金繰りを心配していた

主催者にとってはたいへん心強いサポートであった。

以下は、会議を通じて再認識したこの分野の市場と技術の現状である。

#### 5. 市場動向

##### (1) 建築用ガラス

すでに市場に出回っている主なコーティングガラスは、ソーラーコントロール(遮熱)、LowE(断熱)、ミラー、低反射、電磁波シールド、電熱ガラスなどである。これらの中で、市場規模が大きく、成長が世界的に期待されているものはLowEである。冬場の暖房負荷軽減を目的としたこのガラスは、省エネ気運の高まりとともに、数年前から北米、北欧を中心に成長を続けてきた。欧州では1995年初めのドイツの断熱規制施行により、さらに急成長が始まり、EUとしての規制も準備されている。北米、欧州合わせて、現在のLowEの市場規模は数千万 $m^2$ /年にもなる。

日本でも、1995年の省エネ基準施行により、北海道、東北地区ではLowE、関東以南では遮熱性LowEの需要が急増している。これに合わせて、設備投資がガラスメーカー、加工メーカーで進められており、物流、ペアガラス加工も含めて極めて戦略的な事業となっている。

LowE膜には以下のような種類がある；

オンラインCVDによるFまたはSbドープ  
SnO<sub>2</sub> Emissivity = ~0, 15  
スパッタによるOxide/Ag/Oxide ~0, 1

スパッタによるOxide/Ag/Oxide/Ag/  
Oxide ~0, 05

(ここで、OxideはZnO, SnO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、  
TiO<sub>2</sub>など、またはそれらの多層膜または混合膜)

耐久性はオンラインSnO<sub>2</sub>系が優れているが、断熱性、遮熱性はスパッタAg系が上回るなど、これらの膜はそれぞれ一長一短があり、地域やペアガラス加工拠点の違いなどによって使

いわれている。市場で共通的に求められているのは、コストダウンとともに、高い透過率とより優れた光選択性、耐久性の向上などである。

建築関係の市場は一般的に米国、欧州が先行しているため、技術的なニーズも米国、欧州に先に生ずる。日本国内市場のみにとらわれていると技術開発競争に遅れを取る危険性がある。

## (2) 自動車用ガラス

すでにソーラーコントロール、プライバシー、電熱、はっ水、裏面・表面ミラー、防曇ミラー、エレクトロクロミックミラーガラスなどが実用化されている。

フロント、リア、サイド用ガラスでは、数年前、ソーラーコントロールガラスが日本車で普及しかけたが、その後、熱線吸収性の着色ガラスの使用が主となり、現在では、あまり関心が持たれなくなっている。これに対し、欧州ではCO<sub>2</sub>規制に対応して自動車の断熱性改善が重視され、例えば、遮熱性に優れたAg<sub>2</sub>層系スパッタ膜のフロントガラスへの採用が増え始めている。

欧米と日本の市場の優先順位の違いを認識し、今後の方向を見誤らないようにしなければならない。

## (3) ディスプレイ用ガラス

フラットディスプレイの主要市場は日本という状況から、ディスプレイ用ガラスの技術開発は日本が先行していると言える。ただ、欧州でもPhillipsを中心にBUプロジェクトという形で開発が進められており、技術面では注目される。

この分野での主なコーティング事業は、LCD用ITO成膜であるが、コンピューターと人とのインターフェースとしてのディスプレイ用ガラスには、低（無）反射性／電磁波シールド性／安全性のような機能も要求されており、コストダウンも合わせてガラスメーカーの果たすべき役割は大きいと言える。

## (4) その他

コーティングガラス市場は上記以外にもたくさんあるが、会議で取り上げられたのは他には照明、ビンガラス、エネルギー（太陽電池）、眼鏡レンズなどである。照明では光源の輝度アップにともなう選択透過／反射多層膜などの耐熱性改善が主な技術開発課題という説明があり、ビンガラスではその軽量化と再利用を可能にする耐擦傷性SnO<sub>2</sub>コートが一例として取り上げられた。

## 6. 技術動向

### (1) スパッタ、プラズマ応用技術

建築、自動車用大面積ガラスへのコーティングに使われているのは、ほとんどがMagnetron Sputteringであり、3mから4mぐらいの長さのカソードが多数並んだ大型のインライン型連続スパッタ装置が世界中のガラスメーカーまたは加工メーカーに設置されている。

技術面では酸化膜の高速成膜が最大の関心事である。従来のMagnetronではアーキングなどのため大面積のガラス基板に絶縁性のSiO<sub>2</sub>膜やTiO<sub>2</sub>膜を高速で形成することは困難であったが、これが可能になるとコストダウンとともにいろいろな応用（新商品開発）も開けてくるからである。

会議では、TiO<sub>2</sub>膜とSiO<sub>2</sub>膜の高速スパッタを売り物にするLeyboldのTwinMagとFhG研のDMSの対比が注目された。いずれも、20kHzから100kHzの交流電圧を一对のカソードに正負交互に印加してスパッタする。成膜速度は同程度（TiO<sub>2</sub>膜のDynamic Rateで約45nm/min）であるが、プラズマモニターの併用で均一性の制御（±1.5%）と遷移領域制御も可能にしているFhG研の技術が一歩リードという印象である。発表はなく展示のみとなったが、既存の電源とスパッタ設備の間に挿入するだけでアーキングを低減できる高電力対応の旭硝子のパルスモジュール、同じく高

電力対応のAdvanced EnergyのSparcle-Vも高速化の一つとなる。

ディスプレイ用基板ガラス分野での重要な技術課題の一つは、ITOなどの透明伝導膜の低比抵抗化である。スパッタITOの低比抵抗化は、カソード電圧の引き下げによって負イオンによる膜のダメージを低減することで格段の進歩があり、生産面では落ち着いたように見える。しかし、ここにきてカラーフィルターやプラスチック上など、より低温成膜での低比抵抗化の要求が高まるにつれ、高密度プラズマ蒸着法なども再検討されている（会議ではスタンレイ電気が発表した。旭硝子でも数年前に同様の技術を開発、一部発表している）。最近、海外で $10^{-5} \Omega \text{ cm}$ 台の比抵抗を得たという報告もあり、低比抵抗化の開発が再活性化するものと期待される。

## (2) 常圧CVD、スプレイ

その動向に最も注目すべき技術はオンラインCVDである。フロートバス内CVDによるSiOC膜とバス外CVDによるFドープSnO<sub>2</sub>を組み合わせた建築用LowB膜が代表的な製品である。最近、この方法による高耐久ミラー（Si系）が出回りはじめ、注目された。今後、多層膜、透明伝導膜（低抵抗化、代替材料）の開発が進むにつれ、太陽電池、調光ガラス、ディスプレイなどへの応用も進むと予想され、スパッタと競合していくことになる。

会議では、Gordon (Harvard Univ.) がこの技術の現状を特許を引用しながら解説した。その中で彼らが開発中というFドープZnOは、安価な出発原料が見出され、かつ抵抗値も $5 \Omega / \text{sq}$ が得られたということで特に注目された。また、PPGのオンラインCVDによる（屈折率傾斜型）反射防止も、実用化したかどうかは不明であるが、オンラインによる光学多層膜の可能性を実証したものとして注目された。

## (3) ソルゲル法

これまでは大学を中心とした小規模の研究

対象と見られていたが、今回の会議を通じて、実用化、大型化の試みが進んでいることを参加者は実感したはずである。応用面では、反射防止、はっ水、着色、UVカットコートなどが大面積で実用化されている。建築用ではSchottのショーウインドウ用反射防止ガラス“アミラン”が良く知られている。自動車用では、最近、セントラル硝子と日産、そして日本板硝子とトヨタ、信越化学がはっ水性ガラスを共同開発、上市しており、その成果が今回の会議でも報告された。

研究機関としては、ゾルゲルだけで200人を超える研究者を擁するINMの動きが注目された。今回も、透明伝導膜、はっ水・親水、フィルター、反射防止、着色、ガラスの強度アップコート、エレクトロクロミックなど、12件以上の発表と展示があった。

大面積への応用を考える時、単純な膜ではスパッタやCVDがコスト優位にあるが、ナノスケールの構造制御と厚膜形成の容易さをいかけた機能性の高い膜形成がゾルゲル法の強みであり、応用範囲もこれから広がっていくと思われる。ただし、現状はスパッタなどと異なり、標準的なプロセスや設備が十分確立されておらず、コストの検討とともに、個々の用途によって開発が必要とされる。大面積に、光学的に均一に、生産性良く塗布する技術（従来のデ IPP 法に加えてフローコート、ロールコート、印刷法など）、そしてそのキュアリング技術（熱処理、UV、レーザー、電子ビームなど）が開発されつつある。

## (4) 前処理技術と後処理技術

薄膜の成長、製品の歩留まりなどに影響を及ぼすガラスの表面状態及びその前処理効果の研究も進んでいる。会議では、旭硝子が“清浄なガラス表面を水溶性の薄い無機塩膜で覆い、コーティング直前に洗い流すガラス表面の清浄状態保持手段”、というような今までにない発想を紹介し、大きな関心を買った。

後処理関連で注目すべき技術は、後強化、後曲げの可能な建築用LowE及び自動車用ソーラーコントロールガラス（SnO<sub>2</sub>系だけでなく、Ag系も）が実現され、市場に出回っていることである。ガラスの強化炉メーカーとの共同開発によるところが大きく、今回の会議でもTamglassとGlastecが強化炉技術について報告した。

#### (5) 新材料、新商品

材料面の傾向は、耐久性やスパッタ特性（アーキング）改善などを目的とした合金あるいは混合物ターゲットの開発が進んだことである。会議では、KeynoteとしてDe Gryse (Univ. of Gent)が、C-Mag用真空プラズマ溶射Siターゲット（NiまたはAlドーブ）を紹介した。C-Magはその冷却効率の良さと材料の利用率の高さから、数年前からBOCグループによって拡販が試みられてきたが、その機械的な作りのまずさから生産現場側からは問題視されてきた。しかし、ここに来て、高品質で安価な真空プラズマ溶射ターゲットと高速回転を可能にした高信頼性カソード構造の出現により、見直しされつつある。プラズマ溶射は原理的にどんな材料の組み合わせも可能で、多元系膜材料のスパッタに適している。

旭硝子が発表した“スパッタ法によるGaドーブZnO膜”も興味を引いた。従来のAlドーブZnOはITO並みの比抵抗が低温で得られるが、大面積に均一な特性の膜を形成することに難点があった。これを、Gaドーブにより改善し、しかもITOで試みられ成功した強磁場によるカソード電圧の引き下げにより抵抗値も下げた。

その実現に熱い期待が寄せられているのは21世紀の窓ガラスとも言われるエレクトロクロミックガラスである。小面積の有機系または全固体系の自動車用エレクトロクロミックミラーはすでに大きな市場を形成している。一方、透明タイプも、1 m角サンプルが試作されるなど、実用化に向けて各社の動きが活

発化している。耐久性も含めて性能面は実用レベルに到達しているところは多いが、最も大きな課題はコストである。しかし、これも大面積の成膜技術、ポリマー電解質の進歩などで、見通しが開けつつある。ただ、この商品の早期実現は、開発費も含めて一社でカバーすることは難しく、良いパートナーと組むことが必要と認識されている。

## 7. おわりに

以上、第1回ICCGの概要と、この会議を通じて再認識したガラスへのコーティング技術の現状について紹介した。今回の会議で公表されたものは実際に行われている研究開発成果のほんの一部であろうし、ここではさらにその中で私に関心を持ったいくつかの発表を取り上げたい。この分野で何が問題で何が必要とされているかを理解する一助になれば幸いである。会議の詳細は、近々Non Crystalline Solidに掲載される予定のフルペーパーを参考にさせていただきたい。

欧州各地には、ガラス専門の研究所や、ガラス関連の研究を進めている大学が数多くある。日本にはこれが極めて少ないため、ガラス関連の研究開発はほとんど企業の中で実施する状況が続いてきた。しかし、今後は1社で多くの研究開発設備や人のかかえることは難しくなっており、大学、国、他社との協力の必要性が増している。より多くの大学や国立研究所の関係の方々が、今回のような会議を通じてガラスコーティングの分野にも興味を持ち、研究開発に参画していただくようになれば願う。

第2回ICCGは、1998年の9月頃（GLASTEC SHOWの直後）に、今回と同じ場所で開かれる予定である。次回も多くの方々の参加、発表を期待したい。

最後に、今回の国際会議開催に当たり、日本の実行委員やアドバイザー、そして多くのスポンサー企業、協賛学協会の皆様から、たいへんご支援いただいたことを申し添えておきたい。