

# 省エネルギー型建築部材の本格研究 調光ミラーの実用化を目指して

## 省エネルギーと調光ガラス

地球温暖化問題が深刻になるにつれて、二酸化炭素の排出量削減は解決しなければならない緊急の課題とされています。京都議定書の発効により日本も排出量の削減義務を負っていますが、排出量は減るどころか逆に増加しており、中でも民生部門における排出量の削減が急務となっています。私たちの研究ユニットでは、この民生部門における排出量削減に効果的な材料として、これまでの物と置き換えて使用するだけで自然に省エネルギー効果が得られる「省エネルギー型建築部材」の研究開発を行っており、そのひとつが「調光ガラス」です。調光ガラスとは光の透過や反射を自動的にコントロールすることで、建物や乗り物における冷暖房負荷や照明負荷を低減することのできる窓ガラスで、大きな省エネルギー効果が期待されています。最も典型的な調光ガラスは酸化タンゲステン薄膜を用いたエレクトロクロミックガラスと呼ばれるもので、図1に示したように透明な状態から濃い青色に変化することで、太陽光を調節します。

## 「死の谷」に入り込んでしまった調光ガラス研究

私は1986年に工業技術院名古屋工業



夏炎天下に駐車しておいた車に乗って暑さに辟易する度に「ガラスをスイッチで鏡に変えられたらな」と思ったものでした。そのような切りかえができる調光ミラーという材料に出会った時は、体に電気が走りました。とはいえ、調光ミラーの応用先の中でも、自動車用のガラスは最高難度です。毎日の通勤時、実用化へのブレークスルーとなる技術をあれこれと模索しています。(岐阜大学大学院環境エネルギーシステム専攻併任教授)

吉村 和記 (よしむら かずき)  
サステナブルマテリアル研究部門  
環境応答機能薄膜研究グループ

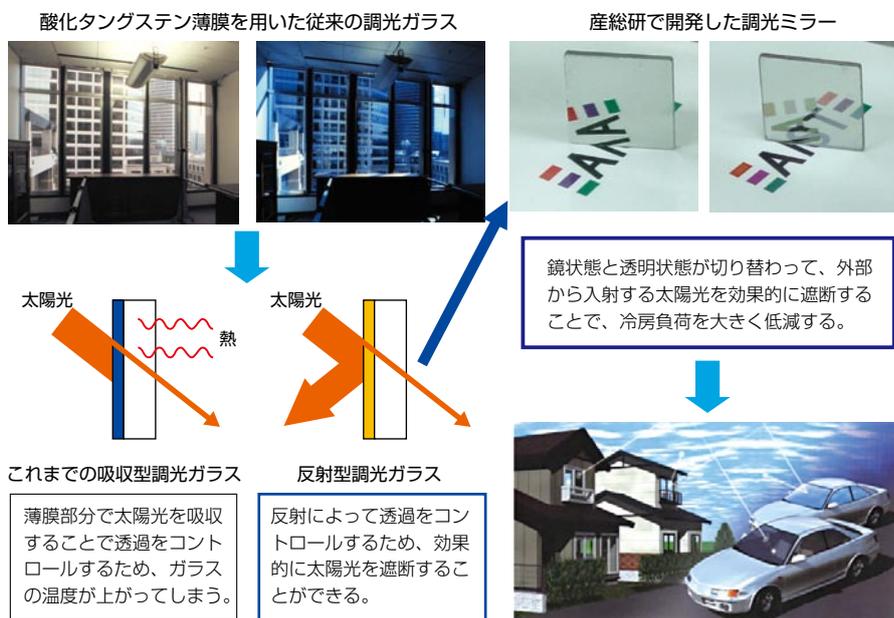


図1 調光ミラーの開発意義

技術試験所（現産総研中部センター）に入所して以来、このエレクトロクロミック材料の研究に携わってきました。当時は、大手ガラスメーカーや自動車メーカーでもエレクトロクロミックガラスを実用化するための研究が行われており、私のいた研究室でも、省エネルギー材料のひとつとして研究を行っていました。しかし、調光特性の優れたものはできるものの、どうしてもコストが高くなってしまったり、また、省エネルギー性能が十分ではなく実用化のめどが立たないことから、

2000年ごろには、日本では実用を目指した研究がほとんど行われなかったという状況になってしまいました。

## 調光ミラー —新しい調光ガラス—

そのころ、IEA（International Energy Agency：国際エネルギー機関）の調光ガラスに関する国際研究協力を通じて知ったのが「調光ミラー」という薄膜材料の存在です。これはガラス上に40 nm程度のマグネシウム合金薄膜と4 nm程度のパラジウム薄膜を蒸着したもので、鏡の状態と透明な状態を切りかえることができる新しい調光材料です。これまでの吸収型のクロミック材料に比べ、より効率的に太陽光を制御できるうえ（図1）、これまでの酸化物薄膜を用いる調光ガラスに比べ、金属薄膜を用いる調光ミラーでは、生産性を上げることでコストを下げることもできるという利点もあります。これは新たなブレークスルーになる材料ではないかと、2002年より勇躍研究を開始しました。当初は透明時の可視光の

透過率が15%程度しかなく、また数回程度しか切りかえることができませんでしたが、その後1年ほどの研究で、可視光透過率を50%程度に向上させ、また百数十回程度まで切りかえが行える材料を開発することができました。

### 実用化を目指した薄膜研究

2003年の時点で、この調光ミラーを実用化するためにはさまざまな研究課題がありました。中でも、この材料の最大の問題点は、繰り返しに対する劣化が早いことでした。劣化のメカニズムを詳しく調べることで、耐久性を向上するためのさまざまな技術を開発し、現在3,000回程度まで切りかえが行える材料を開発することに成功しています。また、これまでの調光ミラー薄膜材料では、透明時に少し黄色がかった色がついているという問題点がありましたが、完全に無色にするのできるマグネシウム・チタン合金系の材料を開発しました。さらに、調光ミラーでは、薄い水素を含んだガスを用いることで簡単に切りかえを行うことができますが、よりコントロール性の良い電氣的に切りかえが行えるデバイスの

開発も必要でした。そこで、図2に示したような多層薄膜の積層により、電氣的に鏡の状態と透明な状態が切りかえできる全固体型調光ミラーデバイスの作製を行い、マグネシウム合金薄膜を用いたものとしては世界で初めて電氣的に切りかえできるデバイスの作製に成功しました。本格研究としての推進にあたっては、常に実用化という観点を意識しつつも、かといって試行錯誤的な実験で解決を図ろうとするのではなく、物理・化学現象を解明するための基礎研究をベースにして課題を克服していくという姿勢が重要であると思っています。

### 省エネルギー効果の実証

このように、基本的な性能を高めることには成功しましたが、メーカーの方々にも再度調光ガラスの研究に目を向けてもらうためには、単に実験室規模で小さいサンプルの性能を示すだけでなく、窓ガラスとして大きな省エネルギー効果を持つことを実証する必要があります。そこで、実サイズに近い調光ミラーガラスの作製と評価にとりかかり、図3に示したような

マグネシウム・ニッケル合金薄膜を用いた70 cm×60 cmの大きさの調光ミラーガラスを作製しました。実サイズのガラスとしては世界で初めて実現したもので、これにより、このサイズのガラスでも小さいサンプル同様の切りかえができることを確認しました。現在は、1.2 m×0.8 mのサイズの実際に建物で使用できる調光ミラー窓ガラスを作製することにも成功し、さらに、産総研中部センター内の環境調和実験棟にこの調光ミラーガラス窓を実装し、その省エネルギー効果の測定を行うことになっています。2007年度からは、研究グループ内でも研究者4名で調光ミラーの研究に取り組んでおり、今後は研究開発を加速し、できるだけ早い実用化を図ることで、少しでも二酸化炭素の排出量削減に役立つことを目指しています。

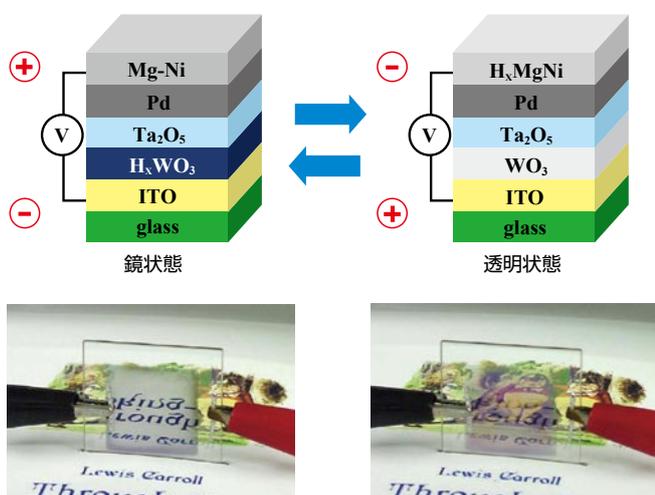


図2 全固体型調光ミラーデバイス



図3 世界初の大型調光ミラーガラス