

社会に貢献するガラス

AGC(株) 執行役員技術本部材料融合研究所長

杉本 直樹

Contribution of Glass to Society

Naoki Sugimoto

GM, Materials Integration Laboratories, AGC Inc.

古くからある寓話・童話の中、日常生活の中で語られる話の中、耳にする曲の歌詞の中にも、「ガラスの」で形容される言葉が数多く出てくる。これは、輝き、透明性、繊細さ、もろさ等の情緒的なことを表す時に「ガラス」という言葉がぴったりだからだと考えられる。それぐらいガラスは人の生活の一部になっているとも言える。諸説あるが、ガラスは紀元前3000年に作られた最古の「材料」と言われている。それ以来5000年にわたりガラスは、道具として、食器として、装飾品として、そして生活や産業を支える材料として人類とともに時を刻んできた。

ガラスを起点としたエポックメイキングな出来事を紹介したい。人々の視力を助けるガラス眼鏡は、13世紀にイタリアで誕生したと言われている。ガラスレンズが、その後16～17世紀

の望遠鏡や顕微鏡の発明につながり、それが天文学や医学の発展に寄与したのは言うまでもない。1851年にロンドンで第1回万国博覧会が開催され、クリスタルパレスというガラスファサードの建屋が出現した。そこで使われたガラスは、第一次産業革命により初めて工業的に量産されたものであり、これ以降ビルやクルマにガラス窓が広く使われるようになった。1879年にエジソンが白熱電球を発明したことは有名だが、これにはガラス球が使われている。図1に



図1 白熱電球（東芝ライテック株式会社所蔵）

〒230-0045

横浜市鶴見区末広町1-1 AGC 横浜テクニカルセンター

TEL 045-503-7100（代表）

東芝ライテック株式会社所蔵の同タイプの白熱電球（レプリカ）を示す。ろうそくやランプの灯りを電気の灯りに変えることで、人々の暮らしが明るく、安全になった。また、このガラス球がブラウン管、真空管につながり、ディスプレイや半導体等の現代のエレクトロニクス産業の基礎となった。1960年代に発明されたガラス光ファイバーが、今は世界中に張りめぐらされ、現代のデジタル社会を支えている。

ガラスの特徴を挙げてみると、図2に示すように「光を通す」ことに加えて様々な特徴を併せ持つことがわかる。このような特性を生かして様々なアプリケーションを通して社会に貢献している。「光を通す」ことはガラスの最大の特徴であり、それを生かして人類は窓として実用化した。イタリアのベスビオ火山は西暦79年に大噴火して周辺のポンペイやヘルクラネウムを火山灰や火砕流で埋没させた。遺跡からは、窓

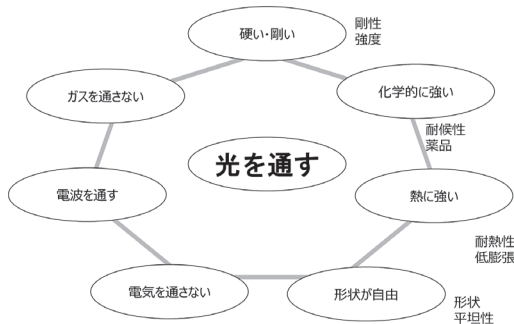


図2 ガラスの特徴

ガラスも発掘されており、大英博物館（The British Museum）で保有されている¹⁾。西暦1～70年頃のものと言われており、最古の窓ガラスなのではないかと筆者は考えている。窓ガラスは光を取り込めるが雨風は通さない。そのために住居の外側と内側を隔てる「インターフェース」として使われ始めたと考えられる。

このように光を通すガラスであるが、太陽からのエネルギーを通過させることによる夏季の室内の温度上昇（夏季の建物へのエネルギー流入の7割）や、逆に窓を通して室内の熱エネルギーが外に逃げてしまう冬季の室内の温度低下（冬季のエネルギー散逸の5割）の要因にもなっており、省エネルギーや快適性という観点での窓ガラスの改良も図られてきている。日本全体の消費エネルギーの約3割は建物で消費されているため、窓ガラスでの熱の出入りのコントロールは非常に重要な位置づけであることが理解できる。適度な可視光を透過させつつ赤外線を遮蔽する機能を有するコーティングや、ガラスを複層化することで断熱性を付与したうえでLow-Eと言われている熱放射を抑制するコーティングによって、窓ガラスからの熱の流入流出もコントロールできるようになっており、建物の省エネルギーや温暖化ガス排出の削減にも貢献している。図3に窓からの熱の流出を示す指標であるU値 ($W/m^2 \cdot K$) の変遷について示す。通常一枚の窓ガラスと最新の真空複層

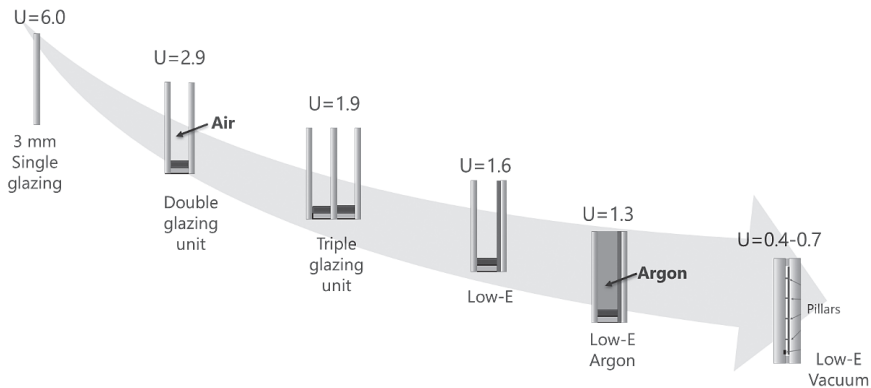


図3 窓ガラスのU値 ($W/m^2 \cdot K$)

Low-E窓ガラスを比べるとU値が十分の一になっていることがわかる。

窓はインターフェースということは先に述べたが、情報インターフェースの窓として我々が日々触れているガラスもある。それはスマートフォンのカバーガラスである。2007年にスマートフォンが発売されて以来、ガラスに触る、という生活様式が一般化した。このガラスは「光を通す」と「硬い・剛い」という特徴を組み合わせることで実現している。日々持ち歩く情報端末のカバーガラスであり、ディスプレイを守るという大切な役割がある。この端末を落としたり硬いものに接触させたりすると、局所的に曲げモーメントが発生し、ガラス表面には引っ張り応力が生成される。ガラス表面には肉眼では見えないような微細な傷が存在し、引っ張り応力が発生すると傷の先端にその応力が集中し、応力が閾値を超えると傷が成長してガラスが割れてしまう。したがって、引っ張り応力を打ち消せるような圧縮応力をガラス表面に予め形成しておくことによりガラスは割れにくくなる。こういうガラスを「強化ガラス」というが、カバーガラスには化学強化ガラスが使われている。イオン交換という手法により、ガラス中にあるNaイオンをイオン半径の大きなKイオンに交換することで圧縮応力が形成される。最近、割れ解析等を活用してより割れにくいガラスの提案もされている²⁾。

情報インターフェースとして、第五世代(5G)の高速無線通信においてもガラスの役割は大きい。ガラスの特徴である「電波を通す」ことが活用されている。図4に建物に使われる各種材料の電波透過特性を示す。縦軸に透過率、横軸に電波の周波数を示している。高速大容量通信が可能な5GやBeyond 5Gでは使われる周波数が高くなるが、高周波数領域においてもガラスは他材料に比べて優れた電波透過性を示す。電波は高周波になると、大気中での減衰や物体を回り込みにくいという課題もあるが、ガラスを使うことで電波環境を改善する試みが進められている³⁾。ガラスはGatewayとなって高速無線ネットワークを広げていく新しい「窓」にもなると言える。

以上、数例を挙げたが、ガラスそれ自身は決して目立つ存在では無いのかもしれないが、実は、我々の生活の安全・安心、豊かさ、便利さ、そして地球環境に貢献してきている。これからもサステナブルで豊かな社会の実現にむけてガラスは大切な役割を果たしていくだろう。

- 1) The British Museum, 1772,0317,21
- 2) Kazuki Kanehara, Kenji Imakita, Yusuke Kobayashi and Akio Koike, AGC Research Report, 71, pp.2-6(2021)
- 3) J. Tsuboi, K. Motegi, O. Kagaya, D. Kitayama, K. Miyachi and T. Asai, Technical Committee on Radio Communication Systems (RCS), RCS2021-187, pp.63-68, IEICE

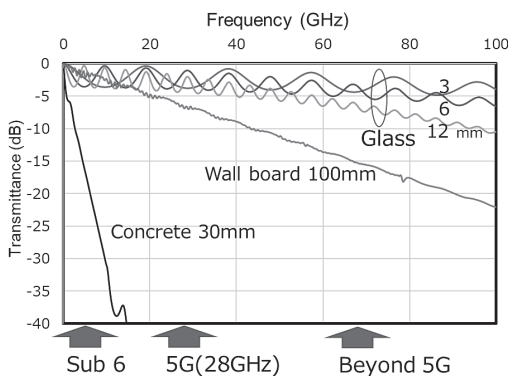


図4 各種建築材料の高周波透過特性