

第 61 回応用物理学会春季学術講演会 ～「割れないガラス」の最先端研究動向と新たな展開～

東北大学大学院工学研究科応用物理学専攻

中 村 健 作

Report on the 61 st JSAP Spring Meeting 2014 ~Advanced Trend of Strengthened Glass ; fabrication, process, and evaluation~

Kensaku Nakamura

Department of Applied Physics, Graduate School of Engineering, Tohoku University

3月17日から20日に青山学院大学相模原キャンパス（神奈川）にて第61回応用物理学会春季学術講演会が開催された。学会最終日に非晶質・微結晶分科ならびにランダム系フォトエレクトロニクス研究会の共同企画としてシンポジウム「「割れないガラス」の最先端研究動向と新たな展開」が行われ、産学の研究者・技術者が活発な議論を交わした。筆者も講演者として参加した。本稿では、このシンポジウムで行われた研究発表を講演順に紹介する。

冒頭に東北大学藤原教授からシンポジウムの趣旨が述べられた。イオン交換処理を通して作製される化学強化ガラスは、スマートフォンやタブレット端末のタッチパネルやカバーガラスとして欠かせない材料であること、一層薄く大型な強化ガラスが求められていることが提示された。さらに、化学強化ガラスが加工・切断といった作製プロセスに課題を抱えていることや、薄型・大型ガラス材料に見合う新たな評価技術の必要性、既存の強化法にとらわれない新しい高強度ガラス設計の重要性が指摘された。

続いて帝京大学荒谷先生によるガラスの破壊や強度に関する講演が行われた。Griffith Flawや脆性材料などガラスの破壊に関わる基本テーマから、熱強化ガラスと化学強化法ガラスの違い、リング/4点曲げ試験、熱衝撃試験等のガラス強度測定法の紹介、といった内容の体系的かつ分かり易い説明が行われた。

コーニング進藤先生は、ウルトラブックなどのタッチパネルへ搭載するゴリラガラスを例に、強化ガラスの近年における市場展開を述べられた。また化学強化ガラスの基本的な開発方針について言及され、表面の傷の発生や割れの進展を抑制するためにはガラス組成の検討と応力層の深さ調整が肝心であると説明された。携帯電話にはプラスチックパネルが搭載されていたが、スマートフォンではガラスパネルが採用されたなどの化学強化ガラスの歴史や、抗菌性といった付加価値を強化ガラスに備える試みなどの話題も興味深かった。

サムスン Lee 先生はマイクロ波を用いたイオン交換によって圧縮応力層を変化させることで強化ガラスを選択的に切断する、また熱的な面取りによって傷を排除することでガラスエッジを保護する技術を発表された。これらの講演からは種々の電子デバイスの仕様・目的に沿っ

た形状や性質を有する化学強化ガラスが要求されていること、安価で自由自在に化学強化ガラスを加工するプロセス開発の重要性がうかがえる。

午前の部最後には非破壊検査技術を題材とした二つの発表が行われ、東北大学荒川先生が漏洩弾性表面波の伝搬特性を利用する計測法、直線収束ビーム超音波解析システムを用いた強化ガラスの応力評価について報告し、続いて東北大学中村（筆者）が非弾性光散乱に現れるボソンプークを用いた評価法を提案した。ガラス材料の機械強度測定法には曲げ試験やインデントーション試験といった破壊試験が現在使用されているが、薄型・大型なガラス材料の品質管理という観点で、破壊検査に代わる非破壊評価や領域部位ごとのマッピング検査が望まれている。荒川先生の講演では、直線集束ビーム超音波材料解析システムによって化学強化ガラスの表面応力や応力層の深さが非破壊かつ定量的に評価できることが述べられ、とくに熱処理による表面近傍の応力変化を検知できる結果はその手法が高精度であることを示す。中村の発表ではラマン散乱スペクトルの低波数領域に現れるボソンプークとガラスの物理特性との関係を取りあげ、特にボソンプークの位置と平均原子容により相関が存在することを報告した。ボソンプークが全ての非晶質固体に出現し、かつ非晶質固体のささいな違い／変化（例；組成、仮想温度）に敏感であることおよび、ラマン散乱分光法が非破壊評価であることに着目し、我々のグループではボソンプークのエネルギー帯（～meV, THz）をプローブとした非破壊評価法を提案している。超音波や電磁波を用いた非破壊検査はコンクリート部材などを対象に研究が盛んであり、ガラス分野においても進展していく分野であろう。

後半の部最初には、東京大学増野先生による無容器法で合成した高充填密度ガラスの機械的特性に関する講演が行われた。網目が少なく高充填構造を有するガラス組成は優れたヤング率

や高度が期待できるが、一般にそのガラス形成能は低くなる。無容器法ではそうした組成のガラス作製が可能であり、ガス浮遊炉を用いて合成した網目形成酸化物を含まないガラスが高い機械的強度を持つことが発表された。さらに、それらの結果をもとに丈夫なガラス材料開発に向けたアプローチとして、広範囲な組成探索が有効であることを提案された。またシンポジウムでは機械的特性が中心テーマであったが、高い充填密度からは高屈折率が見込まれ、高充填ガラスは優れた強度と屈折率を持ち合わせた材料としても期待される。紹介されたガラス組成は無容器法でこそ安定に作製できるもので、現状ではそのサイズや形状を自由に制御できるとは言い難い。しかし、ガラス製造技術は日々発展しており、近い将来には大きなサイズであり任意の形状に加工可能な網目形成酸化物非含有ガラス材料が開発されるであろう。

ニューガラスフォーラム田中先生の講演では、既存の手法では強化が困難である薄いガラスにおいて、イオン注入法を用いたガラス強化が有効であることが報告された。とくにイオン注入によって表面のキズが修復する現象は興味深く、そのダイナミクスの詳細な解明が待たれる。先の講演にて高充填構造が機械特性向上の鍵となると学んだため、イオン注入前後のガラス構造の違いも気になるところである。また空間選択的な部分領域強化が可能であるため、イオン注入法がガラス材料の切断プロセスなどに適応できることも提案された。

続いて旭硝子荒井先生が、原子層堆積(ALD; Atomic Layer Deposition)法によるガラスの表面強度向上に関して発表された。ALD法では表面の形状に依らず緻密な原子層の成膜が可能だが、機械特性向上を目的とした研究やガラスのような非晶質基板を対象とした例は少ない。講演では、ALD法により Al_2O_3 膜をガラスへコーティングした結果が示され、成膜後には試料の表面強度が上昇することが示された。非晶質基板上の成膜にも関わらず、 Al_2O_3 膜が

γ -アルミナのナノ結晶から構成されるという結果は意外であった。ワイブル係数や破壊応力には膜厚の他に基板の種類が影響することが述べられ、さまざまな条件の最適化によってさらなる機械的強度の向上が見込めると予想される。

最後は東京工業大学稲葉先生が酸化物ガラスの巨大収縮とゴム弾性という題目で講演された。アルカリリン酸塩ガラスにおいて、異方性構造の導入による高い複屈折の発現、異方性を有したガラスの巨大収縮に関する内容であった。加熱によってガラスが収縮する動画は印象的であった。有機高分子構造とゴム弾性との関係を取り上げ、リン酸ユニットが鎖状構造を形成していること、および直鎖間の束縛力が比較的小さいことが、巨大収縮が発現する要因であると述べられた。本来等方的であるガラスへの構造配向性誘起によって、物理特性と形状が顕著に変化することは驚きである。収縮前後における詳細な原子構造の理解や、異方性構造に由来する新規物性の発現が期待される。

シンポジウム当日は雨であったにも関わらず、会場には多数の参加者が来場した。最大時には160名に達するほどで、一時は立ち見による聴講者もいたという。これは「割れないガラス」開発が産学問わず、さまざまな分野にとって重要であり魅力的なテーマであることを意味する。大型・薄型・フレキシブル・高強度なガラスの実現には、その材料設計、作製プロセス、評価技術を総合的に検討しなければならず、種々の専門分野におけるアイデアを持ち寄ることが必要である。今回のシンポジウムは多

様な領域の研究者が、互いの現状・課題を再認識し意見を交わす良い機会となったであろう。

講演題目一覧（講演順）

- ・「割れないガラス」の最先端研究動向と新たな展開
藤原巧（東北大院工）
- ・ガラスの破壊と強度
荒谷眞一（帝京大学）
- ・Corning® Gorilla® Glass
進藤克彦（コーニングホールディングジャパン）
- ・Advanced Approaches to Process Chemically Strengthened Glasses
HoikwanLee（Samsung）
- ・直線集束ビーム超音波材料解析システムによる強化ガラスの表面応力評価法の検討
荒川元孝（東北大院工）
- ・光学的手法を用いた酸化物ガラスの非接触・非破壊材料評価
中村健作（東北大院工）
- ・無容器法で合成した高充填密度ガラスの機械的性質
増野敦信（東大生研）
- ・イオン注入によるガラスの強化
田中修平（ニューガラスフォーラム）
- ・原子層堆積（ALD）法によるガラスの表面強度向上
荒井雄介（旭硝子中研）
- ・酸化物ガラスの巨大収縮とゴム弾性
稲葉誠二（東工大）