

23rd International Congress on Glass 参加報告

日本電気硝子(株) 技術統括部 材料技術部

西田 晋作

Report on the 23rd International Congress on Glass

Shinsaku Nishida

Nippon Electric Glass Co., Ltd. Material Designing Dep., Corporate Technology Div.

2013年7月1～5日にかけて、チェコ共和国のプラハにて23rd International Congress on Glassが開催された。この会議はInternational Commission on Glassが開催しているガラスに関する国際学会であり、3年毎に本会議が開催される。歴史のある学会であるとともに、ガラスに関する国際学会の中でも最大規模を誇る学会の一つである。

今回の開催地であるプラハはチェコ共和国の首都であるとともに、同国最大の都市である。6世紀後半にヴルタヴァ川河畔に集落が形成されて以降、1000年以上の歴史があり、特にプラハ市街中心部にはロマネスク建築から近代建築まで各時代の建築様式が建ち並び、1992年にその街並はプラハ歴史地区として世界文化遺産に登録されている。

市街地には地下鉄、トラム（路面電車）等の交通機関も整備されているが、観光名所が市街中心部に密集しており、1日あれば徒歩でもそのほとんどを見て回る事ができる。土産物屋も数多く、特に有名なボヘミアンガラスはほとんどの土産物屋で取り扱っていた。道が多少入り



カレル橋から望むプラハ城

組んでいるために迷う事もあるが、人通りの多い道に沿って歩けば何らかの観光名所に辿り着く。7月上旬は絶好の観光時期という事もあってか、市街地は昼夜を問わず大勢の観光客で賑わっていた。

学会会場となった Prague Congress Centre はプラハ市街中心部から少し南に離れた場所にあり、近くには10世紀頃に建築されたヴィシェフラド城がある。今回の参加者は約600名で、口頭発表は約360件、ポスター発表は約140件であった。

学会初日にはガラスの研究で多大な貢献をした研究者に対する表彰が行われ、University of Jena の Wondraczek 氏が Gottardi Award と

Weyl Awardを受賞された。一人の研究者が2つの賞を受賞するのはICGの歴史上初めてとの事であった。

学会初日の午後から口頭発表が行われた。口頭発表は20のテーマ毎に分類され、Glass Science, Glass Structure, Glass Surfaces, Crystallization, Mechanical Properties, Biomaterials等のテーマについての発表に対して活発な議論が行われた。

以下、筆者が聴講した発表の一部を紹介する。

Brunら(ESPCI)はフロート成形によって成形したソーダ石灰ガラスの表面粗さの発生に関する研究を紹介。フロート法で成形された板ガラスの凹凸の発生は成形時のガラス転移点(T_g)付近における表面張力波の凍結に起因する。表面張力波は熱振動と表面張力の競合の結果発生し、凹凸の大小は表面張力(γ)と T_g の比 T_g/γ と何らかの相関があると考え、フロート成形されたソーダ石灰ガラスの上面(自由表面側)と下面(熔融Sn接触側)の凹凸をAFMで測定して比較した。下面の方が凹凸が小さかったが、これは下面の方が表面張力(界面張力)の値が高く、結果的に表面張力波の振幅が小さくなったためと説明。 T_g/γ は上面>下面であり、この値が低いほど表面の凹凸が小さくなる傾向であるとの事であった。

Holandら(Ivoclar Vivadent AG)は $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O-CaO-P}_2\text{O}_5$ ガラスについて、表面結晶化と体積結晶化の両者をコントロールする事により、従来とは異なる特性を有する材料の作製を試みた研究を紹介。表面結晶化と体積結晶化の両者を利用してアパタイトとリユーサイトを同時に析出させることに成功。2種類の結晶が析出するため、1種類だけが析出する場合とは異なる特性変化を示した。将来的には表面結晶化と体積結晶化をうまくコントロールして所望の特性を向上させ、人工歯用途などに応用したいとの事であった。

Yoshidaら(Tohoku University)は TiO_2 を析出させた光触媒用結晶化ガラスに関する研究

を紹介。光触媒能は材料の表面積に大きく左右され、基本的に表面積はバルク<粉末である。これに対し、 $\text{TiO}_2\text{-ZnO-B}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ ガラスに微細な TiO_2 結晶を析出させ、その後エッチングすることで表面積を稼ぎ、光触媒能の向上を試みた。組成、結晶化温度を変更した所、光触媒能の高いアナターゼ相を優先的に析出させることに成功した。結晶化直後とエッチング後で光触媒能を比較した所、エッチング後は結晶化直後の16倍の光触媒能を有していたとの事。粉末のサンプルとの比較データは無いようであったが、更なる光触媒能の向上が期待される。

Vaneyら(Universite de Nancy)は 15Cu-30As-55Te ガラスを熱電素子として応用する研究を紹介。熱電素子の性能は無次元性能指数 ZT で表され、 $ZT=S^2 \cdot T/(\rho \cdot \kappa)$ (S :ゼーベック係数[V/K], T :絶対温度[K], ρ :体積抵抗率[$\Omega \cdot \text{m}$], κ :熱伝導率[W/(m·K)])であり、実用化のためには $ZT=1$ 程度が必要になる。 ZT 向上のためには、ガラスの場合体積抵抗率を低くすることが第一の課題となる。これを達成するため、一旦ガラスを作製後、SPSでガラスを結晶化させた。結晶相としては $\alpha\text{-As}_2\text{Te}_3$ と $\beta\text{-As}_2\text{Te}_3$ が析出。結晶化により、300 Kにおける ZT は $0.001 \rightarrow 0.08$ に向上した。結晶化により体積抵抗率が $1/10000$ になったが、熱伝導率も高くなったため、 ZT の上昇幅は小さくなったとの事であった。

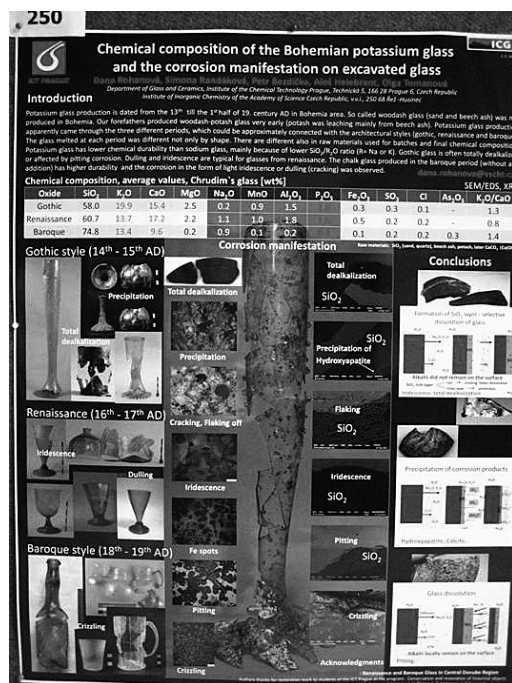
Pfeifferら(Martin-Luther-Universitat)は $\text{Na}_2\text{O} \cdot x\text{SiO}_2$ ガラス($x=2, 3, 3$)と銅系のスラグガラスが薬液中で侵食される様子をその場観察した動画を紹介。 $\text{Na}_2\text{O} \cdot x\text{SiO}_2$ ガラスを50℃の0.1 mol/l NaOHに浸漬した所、初期にはイオン交換に起因した表層の変質が認められ、引き続いて変質層の剥離が認められ、最終的にクラックが発生した。一方、スラグガラスを70℃の1 mol/l H_2SO_4 に浸漬した所、初期には針状結晶が析出し、続いてガラスの溶解が進行した。ガラスが侵食される様子を動画で撮影して

おり、直感的に分かりやすい評価方法であると感じた。

Tournie ら (Chimie Paristech) はソーダ石灰ガラスとホウケイ酸ガラスの水への溶出挙動に Zn^{2+} が与える影響についての研究を紹介。 Zn^{2+} は ZnCl_2 の形で水に添加し、添加しない場合とで Si の溶出量を比較した。ソーダ石灰ガラス、ホウケイ酸ガラスともに Zn^{2+} の存在下では Si がほとんど溶出しなかったが、時間経過とともに Zn^{2+} が減少してくると Si の溶出が認められ始めた。これはサンプル表層に Zn と Si の水和物である $\text{ZnSi}_2\text{O}_7(\text{OH})_2$ が析出し、結果的に Si の溶出が抑制されたためと考察。別途、 Cu^{2+} が与える影響も紹介され、基本的には Cu^{2+} も Zn^{2+} と同様に Si の溶出量を抑制する効果があったとの事であった。

Hubner ら (Freiberg University of Mining and Technology) は窓ガラスに用いられるソーダ石灰ガラスの廃材を用い、安価なコンクリート強化ガラスを作製することを試みた研究を紹介。ソーダ石灰ガラスに組成変更や熱処理をすることによって、水中での重量減少量がどのように変化するかを調査。比較対象として AR ガラスと E ガラスを用いていた。ソーダ石灰ガラスに対し、 Al^+ 、 Mg^+ の組成変更を加えるか、熱処理することで重量減少量は E ガラスよりも低減できたが、AR ガラスにはまた及ばないレベルとの事であった。

Ponsot ら (Padova University) は CRT のカレットや産業廃棄物を燃焼した後の灰、スラグなどを原料とし、結晶化ガラスの作製を試みた研究を紹介。各種廃材を粉碎→混合→分級→焼結 (800~1100℃) し、ウォラストナイトやアノーサイトを主結晶とする結晶化ガラスを作製した。密度が 2 g/cm^3 未満と低く、吸水率も 2% 未満と低い結晶化ガラスが作製できた。廃材を利用するため、原料の組成が入手元や時期によって大きく変わってしまうのが難点との事であった。原料の性格からして、組成の制御はかなり困難と予想されるが、廃材を原料とする



ボヘミアンガラスに関するポスター発表
Rohanova ら (ICT)

ことから今後も研究が盛んになる分野ではないかと感じた。

上記以外にも多数の貴重な研究成果が発表されたが、中でも面白いと感じたのはボヘミアンガラスに関する発表が散見された事であった。プラハ開催ならではの発表である。ボヘミアンガラスは9世紀頃から作られ始め、当初は装身具として使われていたそうである。その後もスタンドグラス、容器など用途を拡大し、現在まで発展を続けてきた。ボヘミアンガラスの加工の多くは今でも手作業で行われており、結果としてどのガラスも世界に一つしかないガラスになるのだそうである。工程を自動化してばらつきを抑える事が進む現代において、ばらつきを許容するという全く逆の発想でも付加価値を生み出せる事を教えてくれる良い例ではないだろうか。

今回の ICG は 2016 年に中国で開催される予定である。次回も様々なトピックについて活発な議論が行われると期待される。