

委託調査活動「ニューガラスの成形技術の 現状と課題」を終えて

東京大学 国際・産学共同研究センター

横井 秀俊

Report on Entrusted Research Activities on “Present Situation and Subjects of New Glass Forming Technology”

Hidetoshi Yokoi

Center for Collaborative Research, University of Tokyo

1. 調査の課題と方法

本委託調査活動では、ニューガラスを新たな機能を有する高付加価値なガラス成形品ととらえた上で、“機能としての形状”を付与する成形技術に注目して、技術の現状と課題の調査を行った。すなわち、成形技術を以下の関連3分野に絞り、課題に対応した調査委員会のメンバーを毎年度構成し直した上で、3年間に渡って調査を実施してきた。なお、著者は委員長を務めたものの、専門はガラス製品の“敵役”でもあるプラスチックの成形加工で、しかも課題としたガラスの成形技術のほとんどは、本委員会で始めて触れるものであった。

[第一年次]

型を使って形を転写するプレス成形（一部、ブロー成形を含む）

（CRT用パネルガラス、自動車照明用ガラス、小型光学ガラス、魔法瓶用ガラス、非球

面レンズ*）

[第二年次]

連続成形によるニューガラス加工を想定した板状ガラスの製造プロセス

（フュージョン法*、フロート法、ロールアウト法、スロット法*、リドロー法*）

[第三年次]

延伸成形、管状ガラス成形、ガラス繊維紡糸成形

（光ファイバー、フェルル*、細径および大口径管ガラス*、長短ガラス繊維）

（*；文献・資料による調査）

上記の調査対象には、必ずしもニューガラスではないものも含まれているが、これは最先端の領域ほど技術も非公開となり、関連技術での代用や公表文献による調査に依存せざるを得なかった事情にもよっている。また、調査は各年度共通して、概ね以下の方法により実施された。

- ① 委員長と幹事による各ガラスメーカーの見学、現地での技術者・研究者からのプレゼンテーションと集中討議、担当委員による

そのドキュメンテーションの作成

- ② 成形技術と形態が類似している異業種成形工場への、委員全員による見学と議論（異業種見学先；プレス成形ではプラスチック射出成形/ブロー成形ではプラスチックの射出ブロー成形/フロート法では鉄鋼メーカーの熱間圧延と亜鉛めっき/ガラス繊維紡糸成形ではポリエステル繊維の紡糸成形）
- ③ 計測機器メーカーによる、各種計測技術の改良の検討と、新規適用の可能性の提案

その結果、工場見学は3年間で延べ14回（異業種成形工場の見学；4回）に上り、通常の委員会と併せて延べ24回開催という、事務局泣かせの多忙な委員会活動となった。各年度の成果については、内容の充実度の評価はともかく、個別の報告書に譲るものとした。ここでは、この調査活動を終えて、異業種のプラスチック成形加工を専門とする立場から、幾つかの視点を以下に述べることにする。

2. 産業形態と成形技術の位置付け

これまでニューガラス開発の主たる力点は、新機能を有する“素材としてのガラス”の高機能化に置かれていた。しかしながら、素材が実際の機能を発揮するためには機能の一部としての“形状”を具備していなければならない。この形状機能を実現するためのプロセスが成形加工で、この成形加工のための技術は、本来、素材の製造と同等に、非常に重要な位置づけとなっているはずであった。

金属やプラスチックの工業界を見るまでもなく、一般には成形工業界と素材産業とは別々の産業分野を構成している。それぞれの産業分野では、素材産業では材料の高機能化を、また成形工業界では成形技術の高機能化を競いつつ、切磋琢磨の中で材料技術、成形技術の相互が磨き上げられてきた歴史がある。一方、ガラス工

業界に目を転ずると、材料技術が莫大な設備投資を要するばかりか、材料特性から、とりわけ1000℃を越える高温下での加工技術を必要としている。そのため、リヒートプレスなど、一部の例外を除けば、熔融ガラスの直接成形が成形技術の根幹をなしている。成形プロセスと素材産業とは一体不可分の関係にあり、成形加工が独立した産業分野を築けない背景がここにある。

素材産業の中の一部にある成形加工は、ともすると、かつて金属やプラスチック産業で成形加工を広義の材料工学としてとらえた時代があったように、ある場合には付随的のもの、ある場合には相対的にかなり低く位置付けられやすい。素材産業から切り離され、成形そのものに新たな付加価値を追求する産業が成り立つことが、金属やプラスチックに広範な成形工業界が発展したように、成形技術の変革や、独自の発展を推進するものと考えられる。

ニューガラス産業は、内部構造制御を含めた高度な成形技術により極限までガラスの付加価値を高めた製品を製造する産業と捉えることができ、成形技術に込められる期待は格段に大きいといえる。

3. ガラスの成形加工に共通する課題

本調査研究過程では、既存の計測技術の改良、新規計測法の可能性の検討、それによる加工プロセス制御と品質向上への技術的ブレークスルーの可能性検討、異業種交流による“業界の常識”の洗い直しと問題解決への糸口の探索、共通課題の抽出などを行ってきた。その内容は、報告書に一部まとめられているが、成否については正直なところよく分かっていない。ただ、これまでの調査とは違う、異業種交流を起点とした見学や情報交流（例えばプラスチック紡糸では、世界最先端の計測とシミュレーション技術を東京工業大学の鞠谷雄士教授より講演していただいた）は、それなりに刺激的な

内容であったとも自負している。その中で、異業種を活動母体とする筆者から見た共通課題を、以下に簡潔に記してみた。

3.1 計測制御による成形技術の向上

熔融成形であるガラスの成形プロセスでは、温度の計測と制御は、すべてに共通した最も大きな技術課題となっている。延伸、板ガラス等の連続成形では、とりわけインプロセスの形状計測（板厚や繊維径など）と、制御因子としての速度計測や力（張力）計測が併せて重要な課題となる。この他、異物の検出、外観や形状不良の検出なども挙げられる。これらは、樹脂成形や金属の铸造とも共通する課題であるが、概ね 300℃ 以下の樹脂成形に比べて 1000℃ 以上という高温の壁に阻まれてか、樹脂成形と比較して計測・制御への期待度が低く、成形プロセスの管理とデータベース化が遅れている。そのため、成形技術での経験や勘の占める割合が大きく、技能から技術への脱皮がなかなか進まない印象を抱いている。樹脂成形では、温度計測とともに圧力計測も重要で、そのための様々な計測法やセンサーが開発され用いられている。ガラス成形に特化した計測技術の確立とデータベース化が強く望まれるところである。

3.2 成形現象の把握と成形技術の体系化

成形現象を正しく理解することは、モノづくりの要である。系統的な実験解析により成形現象が明らかにされ、そこでのデータに基づき理論解析と予測技術としてのシミュレーション技術が確立される。現象の正しい理解は、成形プロセスの正確な制御を可能とし、さらには新しい成形技術の開発へと導く道標となる。ガラスの成形技術では、成形現象はどこまで解明されているだろうか。

筆者の分野（射出成形）と比較的類似のガラスのプレス技術分野においては、様々な分野で不良現象が未解明のまま残されていた。樹脂の分野でも、正直なところ未解明な不良現象がまだ多く残されているが、近年では可視化技術や特殊な計測技術の開発により、現象の解明が

大幅に進んでいる。実験解析技術の向上および現象解析の重要性に対する認識の高まり、学会活動等での活発な成果発表と研究交流とが、こうした発展を支えている。

一方、ガラスの成形技術では、個別企業の中で部分的な取り組みがなされているものの、研究交流の場も少なく、実験解析技術の確立や現象の体系化を推し進める場や仕組みが保証されていないように見受けられる。工業界で共通した課題を個々の企業内で個別に研究することは、基礎的な研究分野ほど効率的ではない。成形現象の解明や、シミュレーション技術に必要な材料データについても、計測技術の確立とデータベースの構築など、業界全体の利益になる共通課題である。こうした分野を業界、学会として取り上げ、総力を挙げて取り組む体制が今求められているように考える。ガラス加工に固有の実験解析手法の確立（低温で等価な実験モデルの探索など）も課題となる。

3.3 成形技術の地位の向上と人材の育成

プラスチックの成形分野にはプラスチック成形加工学会が、また金属加工の分野には日本塑性加工学会がある。広範な成形工業界を背景にして、企業や大学・公的機関の研究者が、加工技術の向上や新規加工技術の開発等に日夜努力を積み重ねて、学問分野としての体系化を推進している。一方、ガラスの分野では、加工技術を取り扱う研究機関や大学の研究者がほとんどいない。大学での教育では、ガラスの物性など、材料としてのガラスが中心で、おそらくは加工技術はほとんど取り上げられていないものと想像する。実は、ニューガラスは、加工技術によりガラスの機能を最大限引き出したもので、新たな付加価値を加工技術に期待するところが大きい産業といえる（それ故に、ニューガラスの加工技術は機密性が高く、見学がなかなか許されないものと今回の調査では実感したのだが。）。ガラスの加工技術の研究者や人材を育成するためにも、加工技術の重要性を広く認知していただき、その地位を高めるとともに、情

報公開の促進と技術の体系化を進めることが急務と考えている。加工技術のないところに発展はない、である。

3.4 異業種交流から学ぶ

上記した視点は、実は異業種分野でも過去に多くの取り組みや失敗の事例があり、是非参考にしたいものである。ガラス産業と同様に大きな装置産業、素材産業でもある鉄鋼業界には日本鉄鋼協会があり、学会部門のほか生産技術部門では競合各社から技術報告、操業報告、工場見学が相互に行われている。また、久しく産学連携の橋渡し役に成果を挙げ、加工技術にかかわる大学の研究者を長期的に育成してきた。樹脂成形の分野では、徹底した成形加工の自動化、データベースの構築が行われ、ガラス加工技術より更に複雑な多種多様なシミュレーション技術の開発が競って行われている。ガラスのプレス技術を見るだけでも、かなり共通した成形加工原理があり、名称は違うものの共通の成

形現象を多く垣間見ることができる。異業種交流から互いに多くを学ぶ余地がまだ多く残されているように筆者は考えている。

以上、今回の委託調査活動を通して、異業種の立場から感じた要点を述べてきた。加工技術そのものの報告書は、機密の壁に阻まれ必ずしも十分な成果をあげられなかった部分もあるが、本調査活動がニューガラスの成形技術の向上と情報公開の促進、啓蒙と教育に少しでも役立てられれば幸いである。

最後に、副委員長としてご尽力いただいた東京大学工学部の曾我公平氏（第一、三年次）および長岡技術科学大学の紅野安彦氏（第二年次）の両氏、ならびに各年度の委員およびオブザーバー各位、工場見学をさせていただきましたガラス加工メーカーと異業種交流の各社、担当事務局員の伊勢田徹氏に、心から御礼を申し上げます。