

## 参考資料： ガラス産業界が関心を持つ課題の例

### <ガラス基礎科学>

#### 「ガラス構造」

純粋科学の視点からは、計算科学の発展と実験的解析とを融合させてガラス構造の本質に迫ろうとする研究が進められています。工学的な視点からは、新規ガラス材料や新たな機能発現につながる基礎的知見を提供する研究分野として重要です。

#### 「ガラス転移」、「構造緩和」

純粋科学の視点からは、ランダム複雑系の緩和現象として発展途上の研究分野です。工学的な視点からは、精密ガラスの金型成形のように限られた時間で緩和を起こさせる場合に製造コストや製品の長期安定性の点から重要となる研究分野です。ランダム複雑系である有機高分子の緩和に関する研究とも接点があります。

#### 「破壊と脆さ」

純粋科学の視点からは、圧力印加時の構造や物性変化などから破壊の開始と進展を解析するなどの研究が計算科学や実験的解析により進められています。工学的な視点からは、破損のリスクを下げる製品設計や軽量化・薄板化など高機能製品の設計の点から重要となる研究分野です。

#### 「結晶化」

純粋科学の視点からは、結晶核形成の原理や外部場による結晶化制御などの研究が進められています。工学的な視点からは、析出結晶種やその形態、配向性制御などを活かして高強度材料や光機能性材料など高機能を有する材料設計に活用されています。

## 「分相」

純粋科学の視点からは、固体 NMR 分光法などを用いることにより分相機構の解明や分相による物性変化の研究が進展しています。工学的な視点からは、分相を活用した多孔質材料や機能性イオンドープ材料の研究開発などに応用されています。

## 「化学的浸食」

純粋科学の視点からは界面科学という発展途上の分野であり、工学的な視点からは、医薬品容器用ガラスや食品容器用ガラス、化学プラントのガラスコーティングなど様々な分野で重要な分野です。この分野の研究は各種セラミックスや岩石・鉱物の浸食の研究とも接点があります。

## 「組成物性相関の予測」

純粋科学の視点からは、加成則やデータベースからの物性予測に加え機械学習による組成からの物性予測の研究が加速しています。また工学的な視点からは新規材料探索に適用が検討されています。熱力学データベースや構造シミュレーションとのつながりもあります。

## < 製造技術 >

### 「融液の高温物性」

純粋科学の視点からは共有結合性を有する液体の研究という発展途上の分野であり、工学的な視点からは様々なガラスの製造プロセスの高度化（製造コストの削減や製品の品質向上）において重要な分野です。この分野の研究はマグマや製鉄スラグ、製鋼におけるモールドフラックスなどの研究とも接点があります。

### 「新規熔融技術」

純粋科学の視点からは、原料化合物や粒形の違いによるガラスバッチ反応の理解を欠かすことができません。工学的な視点からは、ガラス産業のなかでエネルギー消費の大半はガラス熔融工程が占めていることから、エネルギー消費を大幅に削減するとともに均質かつ高機能を有するガラスを効率よく熔融する革新的熔融技術の開発が求められています。熔融工程解析を行う無機化学に加えて、化学工学や機械工学の研究を必要とします。

### 「成形加工技術」

純粋科学の視点からは、高温から冷却するプロセスでの伝熱現象とガラス特有の熱的特性の変化によって生じる現象への理解が不可欠で、学術的に解明されていない現象も多くあります。工学的な視点からは、計算科学による流動や熱伝達解析、成形加工時のガラス表面反応解析などが研究されていて、またレーザーを用いた加工が活用されつつあります。この分野は化学工学や機械工学などの研究が寄与することを期待しています。

### 「強化技術」

純粋科学の視点からは、強化応力発生機構の見直しなど古典的な理論の再構築がなされようとしています。工学的な視点からは、強化製品の応用展開の拡大に伴う高破壊耐性製品や薄型強化製品などの開発が活発になされています。ガラス構造解析や輸送特性などの研究とも関連します。

## <環境対応技術>

### 「非炭素燃料燃焼」

カーボンニュートラルに取り組むための基幹技術の一つであり、水素燃焼をガラス熔融炉に適用する研究などが進められています。燃焼制御や伝熱設計、バーナーなどの機器設計など幅広い領域の研究や技術開発を必要としています。

この分野の研究は、燃焼工学や化学工学などに関連します。

### 「排ガス処理」

ガラス産業の環境負荷を低減するために重要な技術です。SO<sub>x</sub>やNO<sub>x</sub>に加え、ガラスから蒸散する成分を効率よく捕捉し処理することが求められます。また収集物を廃棄することなく活用する必要があります。この研究は、無機化学や化学工学、機械工学に加え、排ガス計測に関する分析化学などが関連します。

### 「CO<sub>2</sub>回収」や「廃熱利用」

地球温暖化を防ぐための基盤となる大きな研究分野の一つであり、エネルギー多消費型産業であるガラス産業にとってはその将来を左右する分野です。この分野の研究は、無機工業化学、化学工学、エネルギー変換に関する電子材料工学や機械工学と関連し、また、発電設備や船舶などの産業とも共通の課題と考えられます。

### 「リサイクル」

ガラスビンの製造には約75%のカレット（回収ガラス）が使用されていてガラスはリサイクルに適した材料です。しかし、ガラス製品には種々の形態や組成を持つものがあり、これらを効率よく回収し選別して再利用するためには、様々な技術開発を必要としています。この分野は、無機化学や機械工学に加えて、社会システムを研究する社会科学とも関連します。

## <評価技術>

### 「表面解析」

ガラス表面は表面の変質や侵食などの化学的変化だけでなく、破壊や摩擦、吸着、電気伝導、異材料との接合などさまざまな特性に影響します。また表面は、ガラス組成だけに限らず、表面形成条件や温度、雰囲気などにより、その状態が

変化します。ガラス表面を精密に解析する、あるいはその場で解析する研究や技術が必要とされています。

### 「残留応力解析」

強化ガラスではガラスの破壊原因に対応するためにガラス表面の圧縮応力値や深さ方向の応力分布を精密に設計し制御することが求められています。またガラス精密部品やディスプレイ基板やレンズなどの大型光学材料では、ガラス中の残留応力が寸法や光学的な歪みをもたらします。そのため、ガラス中の残留応力を精密に測定することや発生する応力を解析する必要があります。この分野には、光学技術や精密計測技術、計算科学などが関連します。

### 「均質性評価」

ガラス製品には塊状あるいはスジ状のガラス不均質が生成することがあり、品質上の欠点とされています。そのため、均質性の定量評価は非常に重要であり、板状試料を対象にしたものや粉状試料を対象にした方法が使用されています。製品性能や製造効率を向上させるためには、不均質発生の原因究明や解消対策などを進める必要があります。また半導体露光装置に用いる光学部品ではより高い均質性が求められます。そのため、均質性評価の高度化が必要とされています。この分野には、光学技術や精密計測技術などが関連します。

### 「屈折率分布評価」

光ファイバはガラス中の屈折率分布を利用して光伝播機能を高めています。またガラス中の屈折率分布を制御した各種光導波路デバイスが開発されています。一方、ガラス中の微小な屈折率分布が光学的な歪みをもたらし、性能を低下させることもあります。高機能光学製品の設計や製造には、ガラス中の屈折率分布を精密に評価することが必要とされます。この分野は、光学技術や精密計測技術、計算科学などが関連します。

## 「先端分析技術」

ガラス構造解析やガラス転移、破壊などのガラス基礎科学、および融液の高温物性や溶融技術などのガラス工学のいずれの分野の研究を進めるためにも、分析技術の果たすべき役割は非常に大きいといえます。放射光を用いる各種分析技術を始め、種々の先端分析技術をガラスの研究に適用することが期待されます。