

研究評価委員会
「革新的ガラス溶融プロセス技術開発」(中間評価)分科会
議事要旨

日 時 : 平成 22 年 8 月 26 日 (木) 10 : 20 ~ 18 : 00

場 所 : ラウンドクロス川崎 (NEDO 別館会議室) 4 階

出席者 (敬称略、順不同) :

<分科会委員>

分科会長 西澤 紘一 諏訪東京理科大学 機械システムデザイン工学科 客員教授
(株)国際技術士事務所 代表取締役社長

分科会長代理 辰巳砂 昌弘 大阪府立大学 大学院工学研究科 物質・化学系専攻 教授

委員 内野 隆司 神戸大学 大学院理学研究科 化学専攻 教授

委員 中島 邦彦 九州大学 大学院工学研究院 材料工学部門 教授

委員 中村 一男 九州大学 応用力学研究所 核融合力学部門 教授

委員 難波 徳郎 岡山大学 大学院環境学研究科 資源循環学専攻 教授

委員 松岡 純 滋賀県立大学 工学部 材料科学科 教授

<オブザーバー>

尾畑 英格 経済産業省 製造産業局 住宅産業窯業建材課 課長補佐

<推進者>

佐藤 嘉晃 NEDO エネルギー対策推進部 部長

秋山 信一 NEDO エネルギー対策推進部 主任研究員

池田 浩和 NEDO エネルギー対策推進部 主査

<実施者>

井上 悟 物質・材料研究機構ナノスケール物質萌芽ラボ ラボ長

渡辺 隆行 東京工業大学 大学院総合理工学研究科 化学環境学専攻 准教授

矢野 哲司 東京工業大学 大学院総合理工学研究科 物質科学専攻 准教授

佐藤 敬蔵 東洋ガラス(株) 生産技術部 次席研究員

木村 守男 東洋ガラス(株)生産技術部 部長/常務執行役員

酒本 修 旭硝子(株) 生産技術センター グループリーダー

川地 伸治 (社) ニューガラスフォーラム 特別研究員

伊勢田 徹 (社) ニューガラスフォーラム 室長

上杉 勝之 (社) ニューガラスフォーラム 専務理事

<企画調整>

井上 哲也 NEDO 総務企画部 課長代理

<事務局>

竹下 満 NEDO 評価部 部長
寺門 守 NEDO 評価部 主幹
吉崎 真由美 NEDO 評価部 主査
梶田 保之 NEDO 評価部 主査
松下 智子 NEDO 評価部 職員

一般傍聴者 1名

議事次第

(公開セッション)

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法について
4. 評価報告書の構成について
5. プロジェクトの概要説明
 - 5.1 事業の位置付け・必要性及び研究開発マネジメント
 - 5.2 研究開発成果及び実用化、事業化の見通し

(非公開セッション)

6. 現地調査

(公開セッション)

7. プロジェクトの詳細説明
 - 7.1 気中溶解（インフライトメルティング）研究開発
 - 7.2 ガラスカレット（再生材）高効率加熱技術開発
 - 7.3 ガラス原料融液とカレット融液との高速混合技術開発

(非公開セッション)

8. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

9. まとめ・講評
10. 今後の予定
11. 閉会

議事内容

(公開セッション)

1. 開会（分科会成立の確認、挨拶、資料の確認）
 - ・開会宣言（事務局）
 - ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1-1、1-2に基づき事務局より説明。
 - ・西澤分科会長挨拶
 - ・出席者（委員、推進者、実施者、事務局）の紹介（事務局、推進者）
 - ・配布資料確認（事務局）
2. 分科会の公開について
事務局より資料2-1及び2-2に基づき説明し、議題8.「全体を通しての質疑」を非公開とすることが了承された。
3. 評価の実施方法について及び評価報告書の構成
評価の手順を事務局より資料3-1～3-5に基づき説明し、了承された。

4. 評価報告書の構成について

評価報告書の構成を事務局より資料4に基づき説明し、事務局案どおり了承された。

5. プロジェクトの概要説明

5.1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント

推進者より資料5-2-1に基づき説明が行われた。

5.2 研究開発成果及び実用化、事業化の見通し

実施者より資料5-2-2に基づき説明が行われた。

5.1および5.2の発表に対し、質疑応答が行われた

主な質疑内容

- ・ 耐火物開発の必要性有無や多相プラズマによる紫外線発生対策有無について質問があり、当初は特殊な耐火物が必要と想定していたが既存の耐火物でできる見通しで新耐火物開発の必要性はないこと、および紫外線発生は炉の中の閉じられた空間のみで炉の外部への影響はなく対策不要との回答があった。
- ・ プラズマによる溶解のエネルギー効率、省エネ取り組みに関する質問が数件あり、プラズマは基本的にはエネルギー効率が悪いので極力使用しない方針で、汎用ソーダ石灰ガラス酸素炎バーナーのみで対応、難溶融性の無アルカリガラスや液晶ガラスではプラズマの併用を考慮しており、その際にも比較的エネルギー効率の高い多相プラズマによるハイブリッド加熱で酸素炎 80%、プラズマ 20%という比率でプラズマの相乗効果による省エネ効果が得られるとの回答があった。
- ・ カレットの粉碎エネルギーやボールミル粉碎工程でのメディア（アルミナボール又はジルコニアボール等）の磨耗などエネルギー消費量の算定範囲についての質問があり、酸素製造エネルギーや粉碎工程の消費電気エネルギーは考慮したが粉碎工程機器の製造エネルギー等は考慮していないとの回答があった。また、委員からはボール自体がかなり磨耗するので、消費エネルギー算定の非対象として良いかのチェックは必要ではないかとの提言があり、実施者が了解した。
- ・ 事業化スケジュールに関して液晶ガラスが先行し瓶ガラスの実用化の年度が後になっていることに関し、小規模の場合にカレットの調達や清澄過程などクリアすべき課題が多くこのスケジュールでディスプレイ用のガラスの品質要求をクリアできるかとの質問があり、完全にテストはできていないが新しい予熱方法などにより対応可能と考えているとの回答があった。
- ・ 新プロセスでの脱泡のための清澄剤添加後の残存率の評価についての質問があり、汎用ガラスでは芒硝 SO_3 の残存率をチェックしその後の清澄に必要な量が残るような溶融条件を探索、また、液晶ガラスに関しては色々な清澄剤があるが現在は研究対象には入れていないが、常に念頭に置いて研究を進めており、できるだけ泡は出ないようにしているとの回答があった。
- ・ 特許出願は少ないが論文の方は結構発表しているようだが、模倣リスク対応はどのようにしているかとの質問があり、発表論文はプラズマの発生技術が主体であり内容チェックも行っており問題ないとの回答があった。
- ・ 応用の面で高付加価値ガラスへの適用に関して BK7 などの光学ガラスへの適用に関する質問があり、プラズマの電極消耗により電極成分の一部がごく微量だがガラスに入り着色などに影響する可能性があることから、別途、研究開発が必要になるとの主旨の回答があった。

(非公開セッション)

6. 現地調査

省略

(公開セッション)

7. プロジェクトの詳細説明

7.1 気中溶解（インフライトメルティング）研究開発

実施者より資料 5-3（1～41 ページ）に基づき説明が行われた。

7.1の発表に対し、質疑応答が行われた。

主な質疑内容

- ・ 気中溶解技術ではガラス化は短時間に実現できてもムラ対策などマクロな均質性は長時間必要ではないかとの観点から新プロセスでのマクロな均質性に関する知見について質問があり、現在の研究フェーズでの調査ではないが先導研究において顆粒状に造粒した細かい原料を坩堝で溶かす実験を行っており、造粒体にした場合、EPMA を使った造粒体断面の組成分布からも明らかのように造粒体の組成のバラツキが小さいこともなどの効果でガラスの均質性が高いことを確認していること、気中溶解といっても空気中で 100%の溶融を完結させるわけではなく落下後融液の状態で残りの溶融をさせることを想定しているとの主旨の回答があった。
- ・ 泡層の発生について通常プロセスの場合は溶融過程ではなくリボイルの過程で泡が発生するが、新プロセスの場合、気中溶解過程で液滴が凝集するときに周りのガスを巻き込んで泡ができるメカニズムかとの質問があり、現在、ガラスの中に残っている泡のガス分析を行ない検証中である旨の回答があった。
- ・ 造粒体に関して造粒体内の均質性だけでなく、造粒体全体を統計的に見た場合の組成の均一性の確認はしているかとの主旨の質問があり、造粒体の粒子 100 個以上の断面を観察した結果であり、総流体全体としても均質性が高いことを確認しているとの主旨の回答があった。
- ・ 多相アークプラズマに加え RF プラズマでも研究が行われている理由とエネルギー効率やガラス製品の品質面への影響などの比較について質問があり、両者の比較に関しては RF プラズマは電極消耗問題がないという利点はあるがエネルギー効率は高周波発信回路で 50%、トーチ冷却で更に効率が下がり大体数%程度しかないのに比較して多相アークプラズマは全体で大体 3 割程度の効率が見込め 1 桁効率が異なること、および、根本的な違いとして、ハイブリッド加熱の場合、RF プラズマはトーチの壁に粉が着いたりして邪魔になってしまうが多相アークプラズマではフリーな状態で 10cm、20cm の径が使えるなどの利点があるとの回答があった。また、両者の研究を行っている理由としては、多相アークは現在開発中の側面がありその完成を待ってプラズマ導入時の硼珪酸ガラスの溶解挙動を研究するのは遅いので、研究を並行して行うことで研究成果を早く達成することが狙いである。多相アークプラズマの技術的完成度が高まってきているので、この先においては、むしろそちらでのハイブリッド化の設備を使った硼珪酸ガラスの研究を進めていくというふうにシフトしていく予定であるとの主旨の回答があった。
- ・ 多相アーク使用時のガラス品質への影響の観点から泡に関する知見や 2,000°C の高温場における揮発成分についての質問があり、直接的に泡の測定は行っていないがガラス化率と組成の分析を行っており、加えるエネルギーが高いほどガラス化率は高くなるが Na_2O や B_2O_3 など揮発して抜ける成分があり、多相アークの温度分布、燃焼炎の温度分布、エネルギー分布を考慮して滞留時間と温度分布を制御することでガラス化率が高く揮発しにくい条件の探索を狙って研究しているとの主旨の回答があった。また、プラズマ炎中は高温であるが滞留時間は数ミリ秒で表面温度はそれほど高くなく、確認している揮発物は Na_2O と B_2O_3 のみとの回答があった。

多相アークの安定性の目標設定の妥当性に関し、22年度は30分以上となっているが、今後実用化に向けては何分以上必要と考えているかという質問があり、30分程度のハイブリッドプラズマの安定制御技術が確立できれば、冷却等により長時間持たせることができるとの主旨の回答があった。

7.2 ガラスカレット（再生材）高効率加熱技術開発

実施者より資料5-3（42～47ページ）に基づき説明が行われた。

7.2の発表に対し、質疑応答が行われた

主な質疑内容

- ・ 難溶解性の無アルカリガラスの利用を想定してカレット溶融に使ったガラスの種類の確認と無アルカリガラスでの粒子径と溶け方の評価について質問があり、使用したガラスは汎用ソーダ石灰ガラスで市中カレットを使用しているが無アルカリガラスのカレット活用技術開発は予定していないとの回答があった。
- ・ 気中溶解においてカレットの粉碎エネルギーの評価についての質問があり、細粒のカレットを使うことは瓶ガラスではありえないので、評価はしていないとの回答があった。
- ・ 気中溶解法では細粒のカレットが必要とのことで全体構成に矛盾が生じないかとの質問があり、現状の知見の範囲では相反する部分もあるが数ミリサイズのカレットの予熱との組み合わせで気中溶解法の適用や原料とカレットの混合溶融での適用などが研究テーマとなるとの主旨の説明があった。12
- ・ 22年度まで達成見込みとしている「1, 200℃まで1分以内」というのは予熱のロータリーキルンを使った場合かとの確認質問があり、1mm以下のカレットでは予熱なしで加熱が可能、1mm以上のカレットの場合にロータリーキルンを使った予熱が必要になるとの回答があった。

7.3 ガラス原料融液とカレット融液との高速混合技術開発

実施者より資料5-3（48ページ以降）に基づき説明が行われた。

7.3の発表に対し、質疑応答が行われた。

主な質疑内容

- ・ ムラ除去のためのどのような攪拌をしたら良いかの指標を得るためのシミュレーションができないかとの質問があったが、マクロには混合拡散係数の大小で評価することにしており、その混合拡散係数には攪拌子の形状と回転数が影響するという説明があった。
- ・ シュリーレンでムラ解析を実施しているが、ムラの大きさ自体は把握できるとして組成変動の大きいムラと小さいムラの区別の可能性など質問があったが、2値化しているので濃淡など組成変動の把握はできず予定もしていないとの回答であった。また、目標が完全に均質なものを造ることにあるので、シュリーレンが出ないものであればよいから濃淡把握は不要との位置付けかとの追加質問には、完全な均質ガラスは難しいとの回答があった。
- ・ シミュレーションに関して既存ソフトウェアと新しく開発したソフト公開の可能性について質問があり、既存ソフトウェアは①文部科学省が日本のソフトウェア産業育成目的で作成した汎用の熱流動解析ソフト、②米国の国立研究所が公開している流動解析の可視化ソフト、③非構造格子のメッシュジェネレータソフトで一部改良の3つのソフトで、新しく開発したソフト（熱流動モデル、気泡清澄モデル、均質化モデル等）は無償で公開予定との説明があった。

(非公開セッション)

8. 全体を通しての質疑
省略

(公開セッション)

9. まとめ・講評

(松岡委員) いろいろな質問に対し必ず答えが用意されており、プロジェクトのためのプロジェクトではなく実用化のためのプロジェクトという立場で取り組んでおられるという感じがした。ただ、実用化という面では、装置の材質や電極材など材質面ではもう少し検討すべき点があり、実際にスケールアップ時のレイアウト等の検討が実用化のためには必要な段階にきている。また、純粋科学面からは、プラズマ中でも火炎中でも単に温度だけではなくラジカル種や紫外線による光還元などの解析が長期的課題であろう。実用化が先で、後から追いかける形で科学的解析がついていく形にならざるを得ないとのイメージだが、すばらしい研究だと感じた。

(難波委員) 気中溶解法という方法は以前から知っていたが、今日実際に話を聴き、見学もして非常に理解が深まった。脱泡の部分は対象外であるのは残念であり、脱泡のことも考慮して前段階の技術開発している点は理解できたが、溶解は革新的だが後工程が従来法と同じと感じた。革新的なら最後まで革新的で、脱泡剤など不要なプロセスになればいいのではないかと期待している。

(中村委員) 多相アークプラズマについては、今日聞いた範囲では随分進んでいると感じた。しかし、効率の面で、今後取り組む予定がない点は危惧する。是非、プロジェクトがそちらの方が進むように望む。大学の場合、発表とか成果発表をしたがるということで、プロジェクトの進む方向が遅れ気味になったり、少人数のため進めるのが大変だとは思いますが、その部分は頑張って進めていただきたい。

(中島委員) 今回のプロジェクトでは、脱泡、成形、製品のところは対象外で、溶解プロセスのみということだが、泡とか、組成とか、脈とか従来法と違うということなので、溶解プロセスだけで全部回避できるか疑問な点もあり、その後の工程も関わってくる点が気になる。汎用品については、かなりもう実用化に近いところまで来ており非常に期待しているが、革新的ということで、是非プラズマまでやっていただいてどういうものができるか、それを溶かして、溶けたものがどういうものかというのは非常に興味があり、その辺までやっていただければと感じた。また、カレットと攪拌についても、かなり技術が完成しているようなので実用化を期待している。

(内野委員) 東洋ガラスは東洋ガラスで非常に実用に近いところを担当し、東工大グループはそこで非常に学術的な面から検討されているおり、一つ一つの個々のパーツではいいところまで行っているとは思いますが、それを完全な1つのプロジェクトの流れの中での仕上げというところでは、ちょっとまだ完全な連携ができていないというような印象を受けた。なかなか難しいとは思いますがハイブリッドの完成というのが一番の革新的というタイトルに相応しいと思うので期待している。

(辰巳砂分科会長代理) 私も要素技術が非常に進んでいるなという印象を持った。連携という点はこれからののかなと思っている。これまでイギリスとかアメリカで、プラズマを使ったものはうまくいかないという話が出ている中で、日本独自のこういうハイブリッドというのが実用化に向かっていくところを、大きく期待している。少し先ほど申し上げたが、この NEDO のプロジェクトというのは投資であるので、将来的にどれだけの見返りがあるかということが問われると思う。そういう観点から特許出願が重要であり、企業で独自で出されているのかもしれないが、やはり NEDO のプロジェクトでこういう権利を押さえたということは非常に後々重要になってくると思うので是非よろしくお願ひしたい。

(西澤分科会長) 私も 40 何年前に企業に入っただが、40 年経ってもまだ基本的なメルティング方法というのは、今まであまり変わっていなかったと思う。それが初めて、いわゆる通常のガラス、汎用性のガラスにさえ適用できるような、極端に言えば、今までのジーメンス炉に取ってかわるような技術の芽が出てきたということについては、非常に革新的で画期的と思う。非常に基本的なアイデアで、しかもメルティングという、非常に古くて伝統的な分野に光が差してきたことであり、いわゆる通常の板ガラス、あるいは瓶ガラスの分野で全く新しい考え方が出てきたということに、ものすごく大きな意味がある。それで、なおかつ実用化の目処がついているという面でも、単なるアイデアじゃないということも非常に感銘を受けた。

産学共同の件については、要素技術同士で今はそんなに連携がないかもしれないが、各セクションで非常にいい仕事をしており、それぞれの分野で最大のパフォーマンスを出していると感じたので、あと 2 年でまとまれば、いい産学共同モデルになると思う。

また、応用範囲とか多様性とかというものを持っている技術だと思う。今は、たまたま瓶ガラスと液晶のガラスでトライしているが、そこから波及していくような応用範囲の広さがあるので機会をとらまえて是非提示していただきたい。

パテントについては、プロセスやノウハウに依存するパテントは危ないが、例えば、ノズルの形状だとか、物で取ると非常に強い特許になると思う。本当はプロセスなんだけれども、そのプロセスの一番肝心要のところでは小さな特許を取っておくと、実用化した時に、そこが避けて通れないとすると、もうプロセス全体を押さえたことになるので、是非とも、そういう、例えば、ノズルの形状、こういう形だとか、そういうもので取られて、温度だとか組み合わせだとか、そういうノウハウに当たることは一切出さないというのも 1 つのポイントだと思う。

また、プラズマと光とイオンといった多様な媒体を使った物質の合成法というのは、あまり聞いたことがない。そういう意味で、ガラスだけではなく例えばセラミックスとか、多結晶体とかにも使えるのではないかという感じがする。それ位ポテンシャルの非常に高い技術だという印象を受けたので、最後まで完成して良い技術に仕上げていただきたい。

10. 今後の予定

- ・今後の予定について事務局より資料 6 に基づき説明が行われた。

11. 閉会

配布資料

- 資料 1-1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料 1-2 NEDO技術委員・技術委員会等規程
- 資料 2-1 研究評価委員会分科会の公開について（案）
- 資料 2-2 研究評価委員会関係の公開について
- 資料 2-3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘について
- 資料 2-4 研究評価委員会分科会における非公開資料の取り扱いについて
- 資料 3-1 NEDOにおける研究評価について
- 資料 3-2 技術評価実施規程
- 資料 3-3 評価項目・評価基準
- 資料 3-4 評点法の実施について（案）
- 資料 3-5 評価コメント及び評点票（案）
- 資料 4 評価報告書の構成について（案）
- 資料 5-1 事業原簿【公開版】
- 資料 5-2-1 プロジェクトの概要説明資料(1 事業の位置づけ、2 マネジメント)【公開版】
- 資料 5-2-2 プロジェクトの概要説明資料(3 成果、4 実用化・事業化)【公開版】
- 資料 5-3 プロジェクトの詳細説明資料【公開版】
- 資料 6 今後の予定

○その他

なし

以上