

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
議事録

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
 - (1) 事業の位置付け・必要性及び研究開発マネジメント
 - (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

(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。

(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。

【西澤分科会長】 どうもありがとうございました。

それでは、只今お2人の方からご説明ございましたプレゼンテーションに対して、ご意見、ご質問ございましたら、少し議論をさせていただきたいと思います。ただ、午後、技術的な詳細は、現場も見学することですので、議題7で主として議論させていただいて、ここでは4つの評価項目がありましたが、事業の位置づけ・必要性というのが1番目ですね。2番目が研究開発マネジメントのところでございますが、そのあたりを中心にして、午前中は議論をお願いしたいと思います。もちろん、技術的な内容でも結構でございますけれども、主として位置づけ、あるいは必要性ですね。あるいは研究開発のマネジメントのところを主としてご質問いただければありがたいと思いますが、どなたからでも結構ですので、ご質問、どうぞ、お願いします。

【松岡委員】 新しい溶融技術ということなんですけれども、炉に使う耐火物については新しいものを開発しなくても、今までの現行で使われている耐火物でそのまま大丈夫だということでしょうか。

【井上PL】 ありがとうございます。当初は、プラズマを使いますので、かなり輻射の熱や何かで特殊な耐火物が必要じゃないかというようなことは想定しておったんですが、今のところ、既存の耐火物でできる見通しでございます。

今日、午後見ていただくところでは、高い電鑄煉瓦というのを使っていますけど、それが今、ガラスを溶かすのに、一番値段は高いんですけども、使う量が少ないということで、それで十分耐えられるという風に考えております。

【松岡委員】 それ以外、耐火物は開発必要なしということですか。

【井上PL】 ええ。今は考えておりません。

【西澤分科会長】 ありがとうございます。ほかに、どうぞ。

【中村委員】 ご説明では、今回のことによって、時間とエネルギーと品質がすべてよくなっているという説明だったと理解していますが、エネルギーに関しては、溶融炉の規模にかかわらず、全領域において、すべてトップデータよりもいいというデータが示されていましたが、時間に関してはどんなでしょうか。

【井上PL】 一番最初に池田さんのほうからお話があったのですが、溶融規模に対して、炉が3分の1以下の小さい状況になるであろうと想定してしまっていて、したがって、その中に、今ですと1週間ぐらい融液が滞在しているような状況もあり得るんですが、それがもう、1日以内になってしまうという風に、物理的にもそれで出てきてしまう。ですから、その分、それだけ早く均質化して出さなきゃいけないということにはなるのですが、時間的にも、こちらの半日以下でできるという風に考えておりま

す。

【中村委員】 それは規模によらず、全規模において時間が短縮されるということですか。

【井上P L】 はい。そのつもりでございます。

【西澤分科会長】 ありがとうございます。

【中島委員】 1つお伺いしたいのですが、目標値が900kcal/kgという最終目標を挙げておられますが、先ほど理論溶解エネルギーという言葉をお使いになられたと思うのですが、これは900というのは理論的に最低限のエネルギーという理解でいいんですか。

【井上P L】 理論溶解エネルギーは、もっと小さいです。原料を多く炭酸ガスを出したりする分解反応ですとか、そういうものを全部トータルした形での理論溶解というのは、それを出しているエネルギーですので。

【池田主査】 大体800ちょっと位だったと思います。理論に対して。それに対して、実際に最終目標は900ぐらいの、結構理論値に近いような目標値に達しているということで、ご説明させていただいております。

【辰巳分科会長代理】 大変すばらしいプロジェクトだと思いますけれども、まず、確認したいことは、最終的にプラズマを使う形の気中溶解という形だと思うんですが、燃焼炎だけを使った、まず気中溶解を確立して、それからそこにプラズマを導入していくというような、何かそういう形なのか、例えば、ここにコストのことが書いてありますけれども、ここに書いてある気中溶解炉の炉の建設コストというのは、プラズマを導入したときのものが書かれているのか、その辺がちょっと区別がよくわからなかったものですから、少しご説明いただければと思います。

【井上P L】 はっきり申し上げますと、プラズマはほとんど使わないということ、私どもの中では目標としております。少なくとも、汎用のソーダ石灰ガラスに関しましては、バーナーだけで十分いけるとい見通しが立っていますので、そこにプラズマを投入する予定はございません。

難溶性の無アルカリガラス、液晶ガラスに関しては、今現在は、どうしてもバーナーだけでは足りないんですけれども、いずれはバーナーだけでも溶かせるようなバーナーの構造ですとか、かなり時間がかかるとは思いますが、そういうところに持っていくという目標は持っております。

先ほど先生お尋ねの炉の建設コストですが、かなりざっくりとした数字でして、確かに先生おっしゃるように、プラズマの装置ってかなり高いのであれなんです、これは中品位ガラスということで、ほぼ汎用ガラスを想定した数字になっているという風にご理解いただきたいと思います。

【辰巳分科会長代理】 私もそこら辺の区別がちょっとわかりにくかったものですから、基本的にはプラズマの技術というのは確立するけれども、それはどうしても使わないといけない状況の、非常に融点の高いような状況の時には使うけれども、できれば、使わなくても済めば使わないという、そのやっばりコストはかかるということですよ。

【井上P L】 ええ。それで、プラズマとバーナーとのエネルギー投入比率ですよ。それもまだ確認はしてなくて、今、半々ぐらいのところなんです。ですから、プラズマのエネルギーをどこまで減らせる。それが最終的に全部なくなれば一番コスト的には助かるんですけども、高く売れるガラスに関しては、プラズマだけを使うという可能性もガラス業界の方にはあるので、それで今、両方研究しているということです。

【辰巳分科会長代理】 そのときに、プラズマを使ったときのエネルギーですね。今の1,000kcal/kgというのは、プラズマ使わずに出るわけですけども、プラズマを使ったときの試算というか、どのくらいまでいけるのかというのがありましたら、教えていただけますか。

【井上P L】 その1,000kcal/kgとかというのは、実はプラズマまで入れた値として、当初は目標として立てていたんですね。ですから、その研究している途上でプラズマを使わなくてもいけるというよう

な可能性が出てきて、今、ですから当初からですと、ちょっと様子は変わってはきているんですが、一緒にしたプラズマも入れた目標値です。ですから先導研究のときには、プラズマの電気代ですとか、そういうものも全部入れて、その当時の目標値は全部それで作っていましたが、その当時と、あまり目標値は変わっていませんですね。

【内野委員】 原料のことについて伺います。今回、実用化を目指すとなると、私の印象では、カレットをどういう風に使うかということが鍵になると思います。そのカレットというのは、既に溶解されたものだと思いますが、ここでのエネルギー消費量の計算には、そのカレットをつくるために必要なエネルギーは、どういう風に入っているのでしょうか。

【井上PL】 カレットに関しましては、粉碎するという電気代ですね。それなんです、それはあまり大したことではなさそうなんです。

問題は、ただ、細かくすると余計手間がかかるし、扱いにくくなるから、今は実用レベルでは、できるだけ粗いものを扱えるような。この技術で扱えるような形に持っていけないなという風には考えていまして、ですから、カレットそのものをつくるエネルギーというのは、それほど問題にはならないだろうという風には考えております。

【内野委員】 カレット利用というのは、廃棄物を使うということですか。そのカレットは溶解されたものですね。

【井上PL】 そうです。

【内野委員】 そのカレットの成形という意味じゃなくて、カレットに至った。カレットはもともとの原料を溶解して造った屑、ガラスくずだと理解していますけれども。その理解でいいのでしょうか。

【井上PL】 そうです。そういうことになりますね。ですから、造った内製カレットのほかに、市中、それは瓶業界なんかの場合は、そうなりますよね。世の中から集まってくるカレットも使うという形になりますけれども、液晶用のようなガラスの場合は、それは回ってきませんので、工場の中で回す形になる。ですから、そこで碎く作業が余分に発生するということですね。特に細かくすると、細かくしたくないというところがあって、大まかなところで、もう一遍戻して使いたいという。

【内野委員】 そこがちょっと一番気になったのですが、実用化の一番早い時間スケールは、液晶用のガラス溶融炉になっています。これは多分、規模の問題でこうなっているのだと思いますけれども、瓶ガラスに関しては、実用化の年度が大分後のステージになっています。

【井上PL】 小規模のものからですね。

【内野委員】 で、小規模のものから、多分、実用化が早くなっていると思いますが、その小規模のものというのは、逆にそれは、カレットの調達とか、あるいは清澄過程の問題がありますね。それらは今回の開発の中に入っていないと思いますが、歩留りを上げるとか、そういうことになると、非常にクリアするべきところが多いのではないのでしょうか。炉のサイズという意味では、たしかに小さいものの方が、より早く実用化に近いステージで進行できると思いますが、現実的にディスプレイ用のガラスに耐えられる品質をつくるガラスを得るということになると、カレット技術も含めて、このタイムスケールでいけるのかなというのが、ちょっと気になりました。14年という風になっていたと思います。

【井上PL】 液晶は、おそらくほとんどが内製カレットになると思います。瓶の場合は、いろんなところから集まってくるという形になると思うのですが、カレットの扱いに関しましても、バーナーの中に入れる場合だと細かくしなきゃいけない。そうじゃない外から持ち込むときは、大まかなものでもいいわけですが、そのところは、今現在、完全なテストはしておりませんが、割合大丈夫だろうというのは、我々実施者のほうの考え、判断ですね。

現実には、カレットの予熱という細かいお話は、また午後に行いますが、新しい予熱方法も見つかっ

ていますので、予熱をしっかりと、窯の中に入れてやれば、そう負担をかけずに溶かせるだろうという風に考えております。

【西澤分科会長】 ほかにございませんでしょうか。

【松岡委員】 今回の開発で、脱泡からは開発対象外ということにされているということは、脱泡する前のとりあえず溶け落ちた時にできているものは従来のプロセスで溶け落ちた時と同じものができているという風に考えられていると思うんですが、現在のガラスプロセスですと、脱泡のために清澄剤を入れておりますよね。そういうものが今考えられている、この新しいプロセスでも必要なかどうかとか、もし必要だと考えられるのであれば、それが攪拌が終わって、脱泡に行く直前のときに、残存率というの、やはり評価する必要があると思うんですが、そういうことは、そういう評価というの、この中に含まれているのでしょうか。

【井上PL】 汎用ガラスに関しましては、芒硝を実際に入れて研究をしております。芒硝の SO_3 の残存率は常に調べておまして、その後の清澄に必要な量が残るような溶融条件は探さなきゃいけないという形になっています。あと、液晶に関しましては、いろいろへんてこな清澄剤があるんですけども、それは今、入れておりません。できれば溶け落ちた、先ほど来出ています、気中溶解終わったところで、もうほとんど泡がないという状況にできれば一番いいわけで、一応、目標はそこではないんですけども、それは常に念頭に置いて、実施の皆さんは進めていただいています。ですから、できるだけ泡は出ないようにするというで進めております。

【中村委員】 質問が戻るかもしれませんが、先ほどのプラズマによる溶解についてなんですが、高品質ガラスの方には、それが有効ではないかと理解したんですが、そちらは今後、そちらの方の省エネとか、そちらの方は進められないのでしょうか。

【井上PL】 プラズマは、ご存じのように電気をたくさん使います。日本では省エネとかコストなんか考えると、あまりよくないんですけども、どうしてもたかだか数ミリ秒の間に原料の粒が通って、数ミリ秒の間の高温下でとろっと溶けなきゃいけないので、どうしても液晶のようなガラスの場合、 $1,500^\circ\text{C}$ 以上の温度が必要なんです。実際、プラズマは何万 $^\circ\text{C}$ なんていう温度になるんですけども、たかだかミリ秒ですし、あと、あんまり上げますと、揮発成分が飛んでしまって、組成が変わってしまうというようなこともあって、いろいろ難しいことはあるのですが、プラズマそのものの長期運転という、もちろん開発は進めておまして、プラズマそのものは、効率といっても、今現在、ほとんど放電、火花を飛ばしているような状況ですので、あまり出力が変えられないわけなんですけど、だから、それはバーナーのほうを強くするとか、それから原料投入を多くするとか、そんなようなことで今現在はやっておりますが、高品質ガラスに関しての省エネ効果というのは、先ほどお見せしましたように、液晶ガラスの場合、極端に悪いんですね。それに比べれば、数字だけのお遊びかもしれませんが、60%どころか、80%ぐらいカットになることは事実で、プラズマを使ってもですね。ですから、その辺のところは、均してのお話では、汎用ガラスにプラズマを使うと、ちょっとどうかな。ただ、液晶のような高付加価値ガラスに使いますと、プラズマを使っても、かなり省エネにはなる形になります。ですから、特に問題になるのは、プラズマを使って、長時間安定して運転する方法ですね。そちらの方が、かなり重要になるだろうと私どもは考えています。

【中村委員】 以前の資料を見せていただきますと、プラズマを使った場合が、ほかの燃焼炎に比べて0.11倍ということで、1割位で、要するに効率が悪い。ですから、プラズマを使わないほうが、全体としては効率よくなることはわかるんですが、プラズマを使うことによって、高品質ガラスに優位ならば、そちらの方に力を注いで、そちらの方の省エネ化を図ったほうがいいのではないかなと考えたものですから、そういう質問をさせていただきました。

【井上PL】 ありがとうございます。

実際には、プラズマを使ったガラスの評価というのは、まだ完全に進んでいないんです。ですから、これからかなりその辺のところはわかってくると思います。プラズマを使ったことで、より均質なガラスができるとか、そういったようなデータって、まだ得られていないんです。単にエネルギーで丸めているだけですので。これからそういったデータが出てくれば、また先生がおっしゃったようなことも考慮すべきかなとは思いますが。

【伊勢田室長】 ちょっとよろしいですか、補足で。

確かにプラズマは、エネルギー効率的にはあまりよろしくないんですが、多相プラズマというのは、その中では相当効率が高いんです。ただ、そうはいても、プラズマ 100%でいきますと省エネにはなりません。そのために、我々、ハイブリッド加熱ということを考えておまして、そのハイブリッドの中で、プラズマの比率は20%とか、10%とか、大体20%ぐらいでも省エネになるんですけども、そのぐらいの比率を考えております。ですから酸素炎が80%、プラズマが20%、そういうふうな比率にすれば十分省エネになります。プラズマの効果も十分得られるのではないかと。そこまでの試験は今やっておりますんで、50%ずつの試験になっていると思いますけれども、そういうレベルで、十分プラズマの相乗効果が出ています。そこをどこまで下げられるかというのは今後の課題ですけども、そういう風なことを考えております。

【中村委員】 おっしゃられたことによりましては、今、実験としては20%とか50%でされているということですか。以前の何かの評価ですと、2%で評価されて、100kcal/kg という値を出されているという資料がありましたですけども。

【伊勢田室長】 先導研究のときには、確かに多相プラズマの効率があまりよろしくなくて、そういうレベルにしないと省エネの効果が出ないなということだったんですが、効率がかなり高くなってきましたもので、そのぐらいまでプラズマの比率を上げられるというふうに考えております。

【西澤分科会長】 ありがとうございます。ほかに何かございますか。

【松岡委員】 ちょうどエネルギー原単位の表が出ているんで、どういう評価の仕方をしたかというのを少し詳しく伺いたいんですが。

プラズマを使うと電極が消耗していきますので、電極をつくるためのエネルギーとか、お金もかかりますし、それからカレット粉碎、どの程度のサイズまで粉碎するかにもよると思うんですけども、細かくするのに、例えば、ボールミル粉碎を行うと、メディアの消耗がどうしてもありますから、ボールのメディアをつくるためのエネルギーとかコストというものも必要になってくると思うんですけども、今回評価されているのは、そういうものも含めて評価されているのでしょうか。

【井上PL】 今、先生ご指摘いただいた粉碎のエネルギーまでは考えているんですが、粉碎するためのボールをつくるとか、それから、例えば、一応、酸素をつくるエネルギーはカウントしますが、既存の装置をつくるためのエネルギーは、一切入れておりません。

【松岡委員】 粉碎の方法にもよると思うんですけども、それから、粉碎、どこまで細かくするかにもよると思うんですけども、0.1mmよりも小さく粉碎していこうとすると、確かボールミル粉碎でも、アルミナとかジルコニアのボール自体がかなり磨耗していく筈ですので、エネルギー計算するときには、そういうものが計算に入れる必要があるのかないのかというチェックだけは必要じゃないかなと思います。

【井上PL】 はい、ありがとうございます。承知いたしました。

【中村委員】 最初のほうに、耐火物に関する質問があったと思いますが、それに関して、プラズマの方からですと、多相プラズマとか多相アークプラズマとかを使いますと、多分、紫外線が出るんじゃないかと思うんですが、そういった遮蔽とか、そういったことに関しては、何か対策とかありますでしょうか。

【渡辺准教授】 紫外線は先生おっしゃるとおり熱プラズマですから、すぐ出てきます。ただ、閉じられた中でやっています、炉の外部にいる人間に対する影響はほとんどありません。ただ、炉の中の紫外線に対する影響というのは、ちょっと、まだ測っていません。ただ、現状は普通の耐火物で今使っていますけれども、それで問題なしということになっております。通常のプラズマ炉と同じやり方でやっているということでございます。

【西澤分科会長】 よろしゅうございますか。

【辰巳砂分科会長代理】 いいですか、なければ。

【西澤分科会長】 はい、どうぞ。

【辰巳砂分科会長代理】 もう一点、特許出願がちょっと少ないということをお話しされていましたが、論文発表は結構されているということですので、その論文発表される内容というのは大丈夫なんでしょうかというか、模倣リスクというのはよくわかるんですけども、ある程度、その辺のところも押さえられるものは十分吟味されたとは思いますが、そこをちょっと教えてください。

【井上PL】 ありがとうございます。

実は、論文のほとんどは、こちらにおられます渡辺先生が書かれているものでして、プラズマに関するものです。その都度発表されるというときには、私ども拝見して、漏れちゃいけない事項が書かれていないかどうかということを確認した後、発表していただいています。主にプラズマの発生技術の発表が主になっていますので、ほとんど漏れていないという状況かと思えます。

【西澤分科会長】 ほかにございませんでしょうか。

私は1つだけ、実用の、応用のところで、高付加価値ガラスの中で、一部ちょっと触れてあるんですが、光学ガラスですね。オプティックス、オプティカルガラス。それはあまり触れておられないんですが、できるんだと思うんですけども、それはどうなんでしょうか。BK7 だとか、通常の光学ガラスは結構苦しんでいると思うんですよ。

【井上PL】 積極的に、今、光学ガラスの方を検討はしていないんですけども、1つ問題がありますのは、実はプラズマを使った場合には、消耗量は抑えているんですが、プラズマの電極の成分がガラスの中に入ります。色がつく場合とつかない場合が、もちろんあると思いますが、その量はかなり。それが関係のないような用途でなければ、とりあえずは問題となるということですね。ただ、量的にはかなり少ないのは確かです。

ただ、着色とか発色は微量でも出ちゃう場合がありますので、ちょっとまだ、その辺のところの研究、開発が必要かなというところかと思えます。

【西澤分科会長】 わかりました。

ほかにございませんでしょうか。それじゃ、また午後の見学のときに、技術的なご質問、議論をしたいと思えます。どうもありがとうございました。まだ、そのほかのご意見、ご質問もあろうかと思えますが、実際の技術的な内容につきましては、この後、詳しく説明していただきますので、その際のご質問、ご意見いただくということにいたします。

(非公開セッション)

6. 現地調査会

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。

【西澤分科会長】 どうもありがとうございました。

では、Aのテーマですね。気中溶解というものに関してのご質疑、もしありましたら、お願いしたいと思います。

【内野委員】 気中溶解という技術の一番根本のところを教えてくださいなのですが、気中溶解ということは、気中でガラスにして、もうそこで全部溶融を終えてしまうという、そういう概念と理解しています。確かにミクロスコピックな均質性というのはあると思いますが、そこだけしかガラス化の期間がないということは、マクロに見たときの均質性といいますか、脈理とかですね、そういうものはかえって問題になるのではないのでしょうか。実際のガラスの溶融の過程では、ほとんど大部分の時間というのは、そういうマクロスコピックな均質性を得るために溶融時間が長くなっているんじゃないかなと思います。実際にガラスにするだけだったら、現状の溶融炉でも、比較的短時間の間にガラス化は完了して、それを均質にするのに非常に時間がかかっているという印象を持っています。この場合は、確かにガラス化の時間は速いとは思いますが、その後のマクロスコピックな組成の均質性に関しては、何か情報はあるでしょうか。

【井上PL】 今、積極的に下にたまったガラスの均質性というのは調べてはいないんですけど、以前の先導研究の時に、普通のルーズバッチとも言われる、いわゆる普通のバッチですね。バッチを使った場合と、それから顆粒状に造粒した、要するに細かい原料を使って、それを坩堝で溶かしたという実験をやったんですが、明らかに造粒体を使って溶かしたガラスの方が均質性は高かったです。それと、溶けるのが速かったというのも確かにありました、そのときに。要するに、細かい汎用……、ソーダ石灰の場合なんですけど、反応性が上がる。細かい粒子を混ぜているから反応性が上がっているというのはあるんでしょうけどね。

今、先生お尋ねの、空気中で100%溶かすというのが気中溶解なんです。私どもも最初それにこだわって研究を進めていたんですが、先ほど申し上げましたように、ソーダ石灰の場合に、ナトリウムの飛びの話をしていないんですが、飛ぶんです。それで、それはほとんど問題にならない量なんで、今ここでは取り上げていませんけれども、どうしても加熱し過ぎると飛んじゃうと。結局、下へ落ちて溜まっている融液のところで、予熱で少しあと残りの溶融が進めば、泡層ができずに、そういう形で進むのが、どうも一番よさそうではなかろうかと。ですから、あくまでも100%気中溶解が目標ではあるんだけど、少しそういうところも含めてやるという……、これは技術委員会の委員の先生方のお勧めです。1点にこだわっていたら何もできんよということを言われて、私どもも要するに目標のゴールを多少広げたいと思いますが、それで実用上使えるゾーンに広げてやるという形に少し変わりました。ですから100%気中溶解ではなくて、今は80%とか、70%とかという形で、最終的には、瓶の場合だとか、液晶の場合だとか、その用途に応じて、おそらくその領域が変わるものだろうと私どもは認識しています。考えています。

【内野委員】 それと、泡のことですが、通常の溶融炉の場合は、泡は後半というか、リボイルで出てくる泡で非常に問題になって、溶融過程ではあまり問題にはならないと考えています。通常の溶融炉の

場合は、ガラスが出てくるのに時間がかかっていますので、そこに出てくる泡というのは、リボイルの過程で出てくる泡というのが多分問題になると思います。気中溶解の場合は、気中溶解の過程で生じた液滴が凝集するときに周りのガスを巻き込んでできた泡ではないかと思いましたが、それはそういう理解でいいでしょうか。

【井上P L】 これは矢野先生に答えていただいた方がいいかな。私が間違うといけないので、すいません。

【矢野准教授】 現在、実際、ガラスの中に残っている泡のガス分析を、数をこなして、どういう分布があるのかということ調査しております。

確かに、先ほどのスライドにありましたように、ある条件では燃料、火炎の燃焼、不完全燃焼という場合もちろんあるんですけども、具体的には、ガス分解、熱分解で出てくるガス、それからほんとうに巻き込みがどこまで入っているのかということ、やっぱり詳細に調べなきゃいけないんだろうなということで、先ほどご紹介のありましたガス分析装置を使って、どれぐらいの割合で、どういうガスを含んでいるのかということを検証しようというふうな話をしております。

それから、先ほど言いましたリボイルの泡なんですけれども、リボイルの泡をできるだけつかまえないということで、その実験も取りかかっております。リボイルが起きること自身が、気中溶解ガラスの特徴なのかどうかということも、まだクリアになっていないんですけども、現象としては確認されておりますので、ガラスの品質に与える意味では、リボイルが具体的にどんなガスが出てきてリボイルを起こしているのかということも検証の対象として、今、実験を進めておるところでございます。

ちょっと明確に、今、答えられないんですけども、今、内野先生がおっしゃったようなことも対象にして検証しているというのが現状でございます。

【辰巳砂分科会長代理】 すいません。造粒体について、ちょっとお伺いしたいんですけども。

粒子一個一個の組成とかを多分決めれると思うのですが、その辺りはどうなんでしょうか。

【井上P L】 これは酒本さん、結果は……。ちょっと、今日は持ってないんですけど、言葉で御願います。

【酒本グループリーダー】 きょうのスライドの中ではございませんが、先導研究の中の時点で既に調べておまして、これは矢野先生のところで EPMA を使って、造粒体の断面の組成分布を測ってもらっております。

それは既に NEDO のホームページで発表しておりますので、そこに資料があるんですけども、結論から言いますと、造粒体一個一個の組成のばらつきは非常に少ないものができているということで、造粒体一粒一粒が、その粒単位で溶けてガラスになっているガラスも、組成の均一性が高いですし、原料である造粒体の組成のばらつきという意味での均質性も非常に高いということで、そういう意味では、100%ガラスに、もし達成していないにしても、一粒一粒の単位での造粒体の $100\mu\text{m}$ とか $200\mu\text{m}$ という単位でガラスの粒ができるものであるということは確認しております。

【辰巳砂分科会長代理】 今おっしゃった一つ一つの粒子を切って、中の分布を見られているのは確認しているんですけども、非常に統計的にパーティクルアナライザーのようなもので、すべての粒子を見て、その分布がどうなっているかというのは確認できるのではないかと思うんですけども、それは如何ですか。そういう意味ではないんですか。今ちょっと。

【酒本グループリーダー】 パーティクルの、それは粒度分布の話ですか。

【辰巳砂分科会長代理】 いや、粒度分布ではなくて、今、多分、パーティクル、つくったものをすべての組成分析の分布が出ると思うんですね。だから、1個切って、それがどうなっているかというのは、切ったものを幾つか見ただけで、ある程度わかりますけれども、それが100個とか、1,000個とか、それだけ見たときに、どれだけ分布しているかというのが。

【酒本グループリーダー】 それも先導研究のときに、これも矢野先生に答えていただけると。

【矢野准教授】 実際には、すべてのロットに対してということは難しいんですけども、実際の分析対象としては、粒子100個から、100個以上ですか、200個までは、かなり難しいんですけども、それぐらいの粒子を対象にして断面をつくりまして、それぞれ一個一個に対してEPMA分析を行いました。

【辰巳砂分科会長代理】 ありがとうございます。

【西澤分科会長】 ほかにございませんですか。

【中島委員】 すいません。ちょっと私の理解が悪いのか、ガラス化率というのがよくわからないんですけど。私のイメージでは、これは融体化率と解釈していいのかな、そうすると溶け残りがあるのかな、どういう意味なのでしょう。

【井上PL】 先生のおっしゃった融体化率ではございません。これはあくまでも一番溶けにくい石英のX線回折のピークを見ていまして、そのピークを内部標準と比べて、それがゼロであれば100%です。すよね。内部標準、何でしたっけ。

【中島委員】 そうすると、これはこういう方法で溶かして、受けて、室温に持ってきたガラスの中に結晶が残っているという解釈ですか。

【井上PL】 そうです。はい。

【中島委員】 わかりました。

それともう一つ、温度の……、私、ちょっと融体物性のほうをやっているんですけど、例えば、粘性とか、表面張力とか、そういう物性と泡の抜け方ですね。それから融点からどのくらい高いと泡が抜けやすいですよとか、そういう基礎的な情報はあるのでしょうか。

【井上PL】 通常、熔融といいますか、今のガラス会社や何かで、おそらく個々にそういうデータを持っておられるんだと思うんですが。

【中島委員】 それと、こういう熔融方法とは1対1で対応すると考えていいんですか。

【井上PL】 というか、それしか私も頼る技術がないので、その作業仮説をもとに、泡を消すには、ああでもない、こうでもないという形で進めています。

【中島委員】 それで、泡の制御で、バーナーの改良という今後のテーマを挙げてありますが、それはバーナーの改良って、今日改良されて、何か温度が上がったみたいだという現場の方がおっしゃったような気がしたんですけど、結局、温度管理になるんじゃないですか。

【井上PL】 ええ。もちろんそうなんですけど、きょう、佐藤さんが言っておられたように、原料が全部炎の中に入っていなかった節があると。だから、原料が全部炎に包まれる炎に包まれるようなことが大事であろうというのと、それから、先ほどガス分析の結果が出ていましたけれども、燃料ガスがガラスの中に溶け込むというか泡が残っているということで、それも、そもそもバーナーのほうの形状というか設計が悪いのではなからうかということで、バーナーの方を、まずいじってみようというこ

とで、いじり始めたということです。

新しいバーナーになったのは、あそこだけ？まだ、ちょっとかけてないんですけども、何とも申し上げられないんですが、燃料ガスがなくなっているだろうと私ども期待はしているんですが。

ですから、ちょっと言い訳で申しわけないんですが、8月26日に、ちょっととはいえ、かなり早くなったんですね、この委員会が。それで、プロジェクトがかなり遅れていましたので、やつつけ仕事のところが、実は部分がありまして、先ほどの佐藤さんのところのバーナーの改良とか何とかというのは、佐藤さんのスーパーマン的発想で、かなり進めていただいて、何とか形になったというような段階で、定量的なデータをこれからとって、それが正しい方向だったかどうかというのは、まだちょっと検証しなきゃいけないとは思いますがけれども。

【中村委員】 先ほど、多相アークに加えて、今度、誘導といいますか、高周波プラズマが紹介されましたけれども、それは高周波の方は、もちろん多分効率は落ちると思うんですが、エネルギー効率ですね。しかし、ガラスの品質の方に関しては、それに見合うだけの、見合うだけというか、見合わなくても、品質が良くなったとか、何か比較とか結果とかはあるんでしょうか。

【渡辺准教授】 まず大ざっぱにRFプラズマと多相アーク、先生ご存じのとおり、RFプラズマの方が、電極ありませんから、当然、電極消費問題ないですね。ただ、先ほどの、ここにも出ていますけれども、電極消費50mg/min以下なら現実的には問題ないだろうということで、その欠点はなくなります。やっぱり先生ご指摘のとおり、最大の違いがエネルギー効率で、RFプラズマは、大体高周波発信回路で50%エネルギーが落ちてしまって、それからトーチに行くと、冷却水でまた落ちてしまう。大体大ざっぱに、数%のエネルギーしか使えないだろうと思っています。

それから、多相アークの場合には、今、交流の市販の電源を使っています、力率改善して、大体9割ぐらいの電源での効率ができていますから、大体3割ぐらいのエネルギー効率、トータルで。つまりプラズマに加えた3割が粒子に行くだろうと思っています。つまり1桁多相アークのほうがいい。その1点と、もう一つ、根本的な違いで、ハイブリッド、今、燃焼にしているときには、RFプラズマのトーチが、どうしても邪魔になってしまう。あれがあると、トーチの壁に粉がついてしまったりだとか、それから燃焼炎との相互作用が非常に強いんだとか、それに比べて多相アークが今、フリーな状態で10cm、20cmの径が使える。そういうところを今ねらって、多相アークの利点の方を、今使っています。

それから、先生の今のご質問で、品質ですけども、私たちも当初RFプラズマを使ってやっていた、途中から多相アークに変えています。それで、私たちのところでは、それほど今のところは差はありません。現状で、先ほどの（多相アークの）電極消費量の値自体クリアできれば問題ないというふうに考えております。

【酒本グループリーダー】 ちょっと品質という観点ではないんですけども、補足的に、プロジェクト全体における、このプラズマの位置づけということで、お話しさせていただきたいんですけども。

なぜ渡辺先生のところでは多相アークをやっている、我々旭硝子のところではRFを入れてやっているんでしょうかということなんですけれども、これは開発をコンカレントにやることによって、結果を早く出そうと思ってやっております。すなわち、もともとスタートからプラズマを使うのであれば多相アークがいいだろうということで発想して進めておるんですけども、多相アークプラズマそのものが開発段階ということで、それを待ってからプラズマを入れたときに、硼珪酸ガラスがどう溶

けますかとやったんでは遅いだらうと。であれば、既にプラズマとしては、ある程度、市販の装置を買ってできる RF を同時にやって、プラズマで溶かしたガラスというものを、早く我々目にして、それによって気中溶解のコンセプトが実際に達成できるか、それによって難溶融のガラスが溶かせるかというのを、多相アークのプラズマの完成を待つ以前に既にスタートしたいということで、コンカレントリーにやっております。

渡辺先生のところの多相アークのプラズマが、大分技術的に完成度が高まってきておりますので、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移していかうかなというところが、プロジェクト全体としての大きな流れとしてやっているところです。

【辰巳砂分科会長代理】 多相アークの話なんですけれども、これは確か電極消耗量の低減のときに、電極配置がかなり効きましたというのがあったと思うんですけれども、多相アークにすると、プラズマ体積というんですか、そういうのが稼げて、結構大きなものができるという話があったと思うんですが、こういうような温度分布とか、そういうのが変わらないのかなと思うんですけど。

【渡辺准教授】 ご指摘のとおり変わっています。ただ、この温度分布を測るのは、エンタルピープローブと称して、水冷の三重管を突っ込んであった例があるんですが、残念ながら A の結果しかありません。ただ、その後、高速度カメラで放電の現象を今、非定常の状態で解析しているときに、大ざっぱに言うと、A は真ん中辺が高温である。飛んで D ですけれども、D というのは周辺が高温であるという温度分布の差は発光分布からわかっています。

例えば、多相アーク単体ならば、粉が真ん中に入りますから、これで言うと、ちょうど上から向こうに行くんですけれども、A のほうが当然真ん中に来るんだからいいんですが、ハイブリッドプラズマの場合には、電子イオンが真ん中突っ切ってくるので、比較的 D がいいだろうとか、そういったことで電極配置とプロセスの最適化で、ここがいいのかなと思います。

ただ、まだよくわからないのが、多相アークの放電現象そのものが全く未解明で、これは高速度カメラの例があるといいんですけれども、フラフラフラフラ動いているんですね、電極が。電極からフレームが。それが動いている理由は、多分、磁場との関係で動いているんだらうと思っていますが、まだよくわからない。

それで D がいいというのは、おそらく温度分布の関係で、熱的に電極消耗が抑えられているんだらうと思っていますけれども、多分、電流密度も違ったりしているんじゃないかなと思っていますが、まだそこまではわかっておりません。ただ、結果的には D が、いろんな組み合わせで、ハイブリッドのときにはいいだろうと、電極配置はいいだろうということだけわかっているということでもあります。

【難波委員】 多相アークを使われたときに、泡の話というのが出てきていないように思うんですが、泡は入らないものなんでしょうか。

【渡辺准教授】 これは最後のところ。泡というのは、実は私たちはガラスを丸ごとしようというのではなくて、下で冷却して、わざわざ粉で集めています。ですから泡の分析は、ちょっと私たちのやり方では、粉 1 個ずつで詰めて見えていますからわからないんですけれども、ガラス化率と、それからそれぞれの組成については見ております。

お手元の資料で、追加というところが、参考資料で最後の方にあるところで、2 ページに多相アークだとかハイブリッドでやったときのガラス化率と、それから供給エネルギーの関係を出しております。

す。これは（資料5-3 参考2 ページの図中の赤丸データのプロットを指す）それぞれハイブリッドのとき。ハイブリッドのときは燃焼炎と多相アークの関係で、この部分が最適化できているかできていないかとか、そういうことの判断で使っているんですが、これは横軸が供給エネルギーに対して、縦軸をガラス化率で見えています。

例えば、この色（赤色）を塗ってあるところが、今、ガラス化率のデータで、こっちが今抜けやすい Na_2O の含有率であると。それから、ほかの成分をすべて見てまして、この環境を見えています。要は、加えるエネルギーが高いほどガラス化率は高くなるけれども抜けてしまうのがある。こっちが（資料5-3 参考2 ページの左図を指す）ソーダ石灰ガラスで、無アルカリガラスも同様です。こちらが（資料5-3 参考2 ページの右図の色塗りプロットを指す）ガラス化率で、こちらが（資料5-3 参考2 ページの右図の色抜きプロットを指す）今度抜けてしまいやすい B_2O_3 であると。特にこちらの場合には（資料5-3 参考2 ページの左図を指す）、普通の燃焼炎だとか多相アークに比べてハイブリッドが極端に高いガラス化率を得ることができる。それから抜けてしまうやつは、それほど下がらないということで、ソーダライムの場合には、ここが（資料5-3 参考2 ページの左図の赤丸白抜きプロットを指す） Na_2O が極端にハイブリッドが下がってしまいますから、加熱し過ぎである、ハイブリッドの場合には、それに比べて無アルカリのこういう場合には、むしろ、ちょうどハイブリッドみたいところが出にくいのがちょうどいいだろう。

この、今、ハイブリッドの場合というのは、多相アークの温度分布、燃焼炎の温度分布、それからエネルギー分布を考えて、滞留時間と、それから温度分布を変えることによって、要はガラス化率を高くして、これが抜けにくいもの、そういうものねらっております。そういうふうを考えています。ですから、ちょっと先生のご質問の泡ということでは測っていませんが、組成として見ているということです。

【西澤分科会長】 ありがとうございます。ほかにございませんでしょうか。

【中村委員】 多相アークプラズマについてお尋ねしたいのですが、電極の消耗率に関して、定常化に関しては、今、目標をクリアされたということですが、これがスケールアップした場合は、どんなになるか、何かあるんでしょうか。

【渡辺准教授】 現状で、先ほどの私たちのところが1日当たり数百kg というところでやっています。スケールアップのときには、やっぱりそれぞれ処理量に応じて変わってきます。これは要は電極消耗というのはどこで決めているかという、許される混入の割合です。つまり金属が入ってしまうとガラスに色がついたりするのは、逆算して、例えば1日200kg とか100kg つくるときに、このぐらいの消耗量ならいっただろうと。ですから、スケールアップに対しては、その値は緩やかになっていくんですけども、基本的に、この消耗量というのは、1本当たりの冷却能力だとか、そういうことで決まってくる。それから、今、経済性の問題で、アルゴンのシールドの問題がちょっとあるんですけども、1本1本を大きくすることは考えていません。多相アークは今は12本ですけども、これを例えば24本だとか。これは装置の設計上、電気的な6の倍数はいいですけども、そういったことでやっていきます。ですから、1本当たりの消耗量はそれほどふえないというふうに考えていますから、スケールアップのときには、その電極の整数倍にはふえていくかもしれませんが、それほど問題にはならないだろうと思っております。

【中村委員】 それから、すいません。多相アークで、先ほど聞き間違いかもしれませんが、例えば、高

温過ぎるからガラスが飛び散ってしまうとか、そういう話があったと思うのですが、それに対して、多相アークプラズマで、例えば、ほかのCVDとかと同じように、温度を、例えば、低くて高密度のプラズマをつくるか、そういった工夫とか、それはなされているのでしょうか。

【渡辺准教授】 これは、多相アークはどうしても放電を使った交流の熱プラズマなので、温度を下げるというのはあまりできない。やっぱり電極近傍、どうしても1万°Cから2万°Cの温度を持っていて、使うところは電極近傍ではなくて真ん中辺ですから、その温度は、例えば、冷たいガスを流すと下げることはできるんですけども、多分それはあんまり利点がなくなってしまう。せっかくのエネルギーをロスすることになるので、考えています。

先生のおっしゃられたソーダ石灰のときに加熱し過ぎというのは、多相アークが小っちゃくても、それから燃焼フレームというのが、非常に温度は高くないけれども長い、そこに滞留時間が長過ぎるんだとかいうことで、今、起きていると思います。

プロジェクト全体でも、ソーダ石灰に関しては、燃焼炎だけでやろうとしていますから、おそらく、あのデータ、ソーダ石灰で蒸発してしまうというのは問題ないだろうと。逆に、あれは使わないと、ハイブリッドに関しては、むしろ燃焼炎だけでやりたい。だけど、(資料5-3 参考2 ページ) 右側にあった無アルカリガラスというふうに言われる、温度が高いほうに関してはハイブリッドが非常に有効的である。ですから、それに関しては、今、揮発率というのがそんなに問題になっていませんから、今のところはそれでいいだろうと、問題ないだろうと考えています。

【松岡委員】 気中溶融だと、ガスとガラス融液の触れている面積がものすごい大きいんですよね。そうすると、気相の酸化還元状況があつと言う間にガラス融液の中のレドックスに影響してきそうな気がするんですけども、その辺の検討というのは、されているのでしょうか。

【井上PL】 矢野先生が検討してくれました。

【矢野准教授】 ガス分析の結果で、CO₂とか、ちょっと変わったガス種が検出されているということと、それから鉄のレドックスプローブとして入れているんですけども一鉄のレドックスなんかも、一応、チェックはしております。

やはりレドックス状態としては、通常のシーメンズ窯で得られるようなガラスの、いわゆる統計的なデータとは少し傾向が違った状態として得られているということです。それが具体的にどういうふうな燃焼炎のフレームの雰囲気とどう関係してくるのかということは、まだそこまでは突きとめてはおりません。今、先ほど申し上げた、巻き込み泡とか、いろんな泡のタイプがございまして、それが統計的につかまったときに、今、松岡先生が言われたように、特殊な雰囲気とか、気中溶解特有のレドックス、あるいは含有ガスですね。そういったものを検討していかなきゃいけないんだろなということ考えております。

【井上PL】 (松岡)先生に測ってもらうのがいい。

【松岡委員】 もう一つ、よろしいですか。今度、プラズマのほうなんですけれども、温度が上がることで、今は揮発として、アルカリと硼素という話だったんですけども、プラズマで2,000°Cとかなってくると、SiO₂自体がSiOと酸素に分かれて、気化して飛ぶという、そういうことの検討も必要になってくるのでしょうか。

【渡辺准教授】 これ、確かに10,000°Cの中に、1,500~1,600、もしくは2,000°C近くまで上がってくるかもしれませんが、そういうものが流れてきます。ただ、滞留時間が、先ほど説明があったと

おり数ミリ秒なんです。ですから、それほど表面温度は高くなってない。先ほどもちらっとありましたけれども、今、プラズマ中、もしくは燃焼炎中の粒子の温度を図っています。それでもっとはつきりしたことがわかってくるんですけども、組成に関しては、先ほどの Na_2O とか B_2O_3 以外にも全部、実際に SiO_2 も測ってまして、ほかのは、現状の問題、私たちの今までの結果ではあれだけ。先ほど示したのだけが揮発して、そのほかは揮発していません。

【井上 P L】 温度は測ろうとしたんですけど、あんまり高くないような話のようですけれども。粒子表面の温度というのは、この放射で測っていると、あまり高くないようなデータが出てきちゃってて、本当かなという。

【渡辺准教授】 温度も、これと同時に2つの方法でやってまして、粒子が光って、その放射光から今温度をはかっているやり方、これは赤外光近くでやっているんですけど、私たち可視光チェックでやっているやり方なんですけど、確かに、まだプラズマということで、反射をとったりとか、いろいろ難しいやり方なんですけれども、おそらく $2,000^\circ\text{C}$ は行ってないだろうと思います。

【井上 P L】 原簿のほうには書いてないですか。

【渡辺准教授】 出てないでしょう。

【井上 P L】 出てないか。幾つかの方法ではかっているんですけど、まだ結果が出ていないという。すいません。

【難波委員】 午前中の話にも出ていたんですけど、芒硝を入れておられるとおっしゃられていたと思うんですけど、芒硝は有効に、特にプラズマを使った場合には有効に働いているんでしょうか。先ほどからお聞きしていると、すごい温度が高いので、飛ばしている段階で既に分解されてしまっているという事は、そういう心配はないんでしょうか。

【井上 P L】 おっしゃるとおりです。かなり減るんです。で、その残った芒硝が効くところを、まだ確認されてないですか。

【伊勢田室長】 これ、付録の4ページ。その手前。

【井上 P L】 これですね。すいません。これ、 SO_3 の残存率を見ていただきますと、今、燃料原単位を少ないほうに持っていつていますので、この残存率は上がってはきているんですけど、これが下に積もったガラスの中に残っているんです。ですから、ここの SO_3 が、この下で働くとは思えないんですけど、それが要するに、この後の泡を抜くゾーンに行きたくて働いてくれるだろうという。今現在は、これをできるだけ残すようにというところまで気を使っているという状況ですね。ですから、これの働きについては、まだ検証はしておりません。もちろん、これはソーダライムに関してだけですけれども。

【難波委員】 変な聞き方かもしれないですけど、逆に芒硝を増やさないといけないと読めばいいんですか、これは。この結果は。残存率が低いと読めばいいんですか。

【井上 P L】 0.5 ぐらい残っていないといけないというのが、今までの経験則というんですか、現場の。

【難波委員】 従来法でも 50% ぐらい残っていれば大丈夫と。

【井上 P L】 ええ。

【難波委員】 わかりました。

【井上 P L】 ですから、このときは不足だったんですね。今は少しいいところ。だから、これから先、どんどん残る方向に行くだろうとは思うんですけど。

【西澤分科会長】 どうぞ。

【松岡委員】 窯の構造のことで、ちょっとお聞きしたいんですが。

今、窯、下まで落ちてきたときの雰囲気ですね。雰囲気というのは、バーナーだけで決まっているんでしょうか。ほかに何か、ガスを入れて雰囲気を調節するとか、そういうことは必要ないのかどうか。要は、上に泡層ができるという、泡の安定性というのは気層との界面張力ですから、雰囲気の影響があるかなと思うんですけれども、その辺のところは、特に今のところ、コントロールは考えてられないですか。

【井上PL】 私が答えていいものかどうか、ほんとうは佐藤さんなんですけど。まだ、要するに、今の状況でベストの結果が出ていないという認識なものですから、雰囲気ガスを調整するとか何とかというところまで、ちょっと達していないというのが現状です。ですから、まだ工夫の余地があって、泡層が消せるというふうに佐藤さんがお考えであるということでもよろしいですね。(笑)

【西澤分科会長】 いかがでございますか。

【内野委員】 多相アークについてお伺します。

今、目標としては10分以上安定して稼働、22年度は30分以上稼働ということ、現実的に実用化となると、もっと長い、長時間の安定した稼働が必要になるのでしょうか。現在の試験炉の燃焼のガスは、チャンバーの中の非常に細い火炎の中なので、そのガスによる雰囲気加熱の影響はないと思いますが、実際にハイブリッド化するとすると、ガス的高温状態に、プラズマのエレクトロニクスが晒されると思いますが、それは大丈夫でしょうか。今後、実用化するには何分以上の安定稼働が必要かということと、現実的にハイブリッド化したとき的高温状態におけるプラズマの安定性ということに関してお尋ねします。

【渡辺准教授】 まず最初に、10分、30分という2つの数字が出ていますが、これは大体ですけども意味を考えていまして、当初、これがスタートしたときには、ハイブリッドプラズマというのはできていない状態です。ぱっとつけて、ぱっと消えちゃうと。10分でできればいいと思ったのは、多相アークができておいて、基本的には、これは燃焼炎がパンとくると、ハイブリッドのときにアークが消されてしまうんです。いわゆる燃焼炎の流出がものすごく速いんですから、ガス流が多いので、アークが不安定になってしまって消えてしまう。10分もてばいいというのは、大体、それをクリアできればいいという風に考えています。

その後、30分というのは、今度、熱的と電極の安定。要は、大体のところの熱容量を考えて、30分もてば、基本的には1日持つだろうと考えました。

30分というのは、ぱっと聞くと、全然実用化には十分ではないという風に見えますけれども、これ、30分もつというのは、基本的には、もうあとはいくらでももっちゃう、そういう風に考えた意味の30分です。そういった意味で、今、10分、30分を考えていまして、現状では、実は、ことし、目標を1時間に変えていますけれども、冷却水の問題、それから……。冷却水というのは、炉の冷却のほうで、今度、強くなってくるんですが、それで全体を、炉が熱くならないようにする。排ガスも熱くならないようにする。それで30分から1時間で、実際は24時間できるだろう。それから電極の消耗も、そのとき同時に達成しなきゃいけない。そういう風なところで、10分、30分、あるいは1時間という風に考えています。

すいません。もう一つ、今聞かれたの何でしたっけ。すいません。

【内野委員】 実際、ハイブリッド化したときに、燃焼ガスというのは非常に高温になっていると思いま

す。今は実験的なところだと思うんですけども、非常に高温にさらされたときのプラズマの状態はどのようなものでしょうか。

【渡辺准教授】 実際は何が厳しいかというと、燃焼炎の場合に対して、今、多相アークの場合は、それほど弱いわけじゃないので、燃焼炎があるからといって、電極近傍がそれほど高温になっているわけじゃないです。熱量そのものも、今、大体半々でやっていますし、多相アークの温度のほうが強いわけですから、燃焼炎があるからプラズマがより高温になっているということはありません。

ただ、これはちょっと話が難しくなるんですけども、燃焼炎がプラズマの場にさらされていて、要は高電圧、それから電流が流れてくるわけですね。イオンとか電子が流れてくるときに、そういった意味の熱的な問題、それからガラス化の問題とは別なところで、そういう、何ですかね。燃焼炎がプラズマ化するというのは、まだ全くわかっていなくて、これは別途、このプロジェクトとは別で、今、プラズマ・核融合学会も、プラズマ支援燃焼という研究会を立ち上げていて、燃焼炎とプラズマの相互作用というのが、今ほんとうに立ち上がったところであります。

だから、先生の質問の答えでいいますと、燃焼炎とプラズマがある場の、科学的にガスがどうなっているかということは、これから、プロジェクトから離れてしまうんですけども、必要だろうと考えています。答えになっていますでしょうか。

【内野委員】 そうすると、実際に気中溶解したときのエネルギーの供給源に関しては、ガスだけだったら100%ガスで溶解する、プラズマ100%だったらプラズマ100%でわかりますが、ハイブリッド化したときに、そのエネルギー注入しているガスのほうとプラズマの方とで、どういう割合で、溶解するのでしょうか。多分、最適値があると思いますが、そういうことも、まだよくわかっていないということでしょうか。

【渡辺准教授】 これ、ちょうど今やっているところです。エネルギー効率だけ考えていくとすると、当然、先ほど説明がありましたけれども、多相アークの割合を下げたい。それから、それぞれの特徴がありまして、燃焼炎は温度低いけれども、長くて滞留時間稼げている。それから多相アークは、太くて丸っこいプラズマ高温場ができていますから、滞留時間は短いけれども高温である。その2つの組み合わせが、エネルギー効率とは別に、やっぱりベストマッチングがあるであろう。

それから、さらにエネルギー効率を考えて、プラズマを下げていって、そうすると全体の温度が下がってきますから、溶けにくいガラスも段々溶けにくくなってしまいますから、どこかでいいところがやっぱりあるんじゃないかと。それを、割合を変えながら、ちょうど今、データをとっているところであります。

【西澤分科会長】 いかがでしょうか。

【松岡委員】 ちょっと興味本位な質問になるのですが、矢野先生にお聞きするのがいいかなと思うんですけど。火炎中の飛翔粒子の温度が非常に測りづらいという話だったんですけど、ラマンのストークス線とアンチストークス線の比とかで測れませんか。

【矢野准教授】 いや、原理的には測れると思いますが、プランの中には入っておりません。当初は2色温度計の原理ではかれるのではないかとこのところでトライしているのが現状です。

【松岡委員】 わかりました。

【井上PL】 あと、これは流速をね。流速の分布というか、それまで一緒にとろうというもくろみがあったものですから、こういう検査方法をみんなで採用したんですけど。

【西澤分科会長】 それでは、ちょっと時間もオーバーしましたので、どうしてもということがあれば、もう一つお聞きしますが、もしなければ、次のテーマに移りたいと思います。

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。

【西澤分科会長】 どうもありがとうございました。

それじゃ、今のご説明についてのご意見、あるいはご質問、伺いたいと思います。

【内野委員】 カレットの組成、カレット溶融に使ったガラスはソーダライムですか。

【井上PL】 ええ。ソーダライムです。これは東洋ガラスの中のカレットです。市中カレットじゃない。

【佐藤（敬）次席研究員】 これ、使っているのは市中カレット。通常の皆さんの家庭から出てくる、いわゆるリサイクルのカレットを使っております。

【内野委員】 例えば、無アルカリとかなると、もうちょっと厳しくなる、溶けにくくなると思いますが、無アルカリガラスで粒径との違いによる溶け方の評価というのはされていますか。

【井上PL】 ちょっと佐藤さん、お答え難いかもかもしれませんが、東洋ガラスは無アルカリをやるつもりはないので、佐藤さんは考えていません。それで、無アルカリは酒本さんのところで考えているんですが、酒本さんのところでこういうものを使うということは、おそらく想定はされていない。されていますか。

【酒本グループリーダー】 このプロジェクトの中で、液晶用ガラスというか、無アルカリガラスのカレット活用技術開発をやるというのは予定されておられませんし、今まだ全然着手していません。

【井上PL】 必要かどうかはわからないということですね。使うかもしれないということですね。

【酒本グループリーダー】 現状、実際、カレットは使っておりますんで、汎用のソーダライムだけじゃなくて、ほかのガラスにおいても、やはりカレットの利用技術というのは必要だと思います。

基本的な考え方は、やはりここで紹介しているような考え方と同じだと思いますので、あとはガラスによって条件がどう変わるかというところの話かと思いますが、それは企業が現場で工夫していく世界のことでないかなと思っております。

【内野委員】 午前中に伺ったときに、大規模化を図るにはカレットの利用が必須という印象を受けましたので、無アルカリガラスに関しても、そういう情報というのは必要かなとちょっと思いましたので質問をしました。

【井上PL】 ありがとうございます。

今日もありましたように、瓶ガラスのほうは、99%までカレットというような状況まで発生していて、市中のカレットを使わなきゃいけないのも経済産業省のお達しで、リサイクルでやらなきゃいけないので、必ずこれは必要不可欠なんです。

【辰巳砂分科会長代理】 気中溶融のときには、微粒のカレットのみしか使えないということですけども、要するに、細かくするのにエネルギーが要る分のカウントというのは、どういうふうにご考えておられるんですか。トータルで。

【井上PL】 実は、ほんとうに定量的に細かくするエネルギーについての計算は、一応はしたんですかね、伊勢田さん。いかがですか。

【伊勢田室長】 いえいえ。ちょっと待ってもらえますか。やってないのですよ。

【井上P L】 あ、そうですか。

【伊勢田室長】 要するに、カレットについてはやっていない。

【井上P L】 カレットについてはやっていない。

【伊勢田室長】 原料はやっています。

【井上P L】 原料を細粒化しなきゃいけませんよね、造粒するとき。それにかかるエネルギーというのはカウントしたんですが、それはそれほど大したものじゃなかったですね。カレットに関しては、完全に計算をしているわけじゃないので、ちょっとお答えはできないんですけど、細粒のカレットを使うというのは、おそらく瓶ガラスではあり得ないだろうということになるだろうと思います。

【辰巳砂分科会長代理】 何となく、そんな感じがするんですね。そうすると、今、どういふのかな。カレットが、だから大部分を占めるプロセスがあっおっしゃっているのに、瓶ガラスで使えないということになると、何となく全体的には矛盾しているような感じがするので。

【井上P L】 ええ。おっしゃるとおりなんです。ただ、99%カレットの窯だけじゃないですよ、瓶ガラスって、佐藤さん。

【佐藤（敬）次席研究員】 ここは非常に矛盾するというか、矛盾するところなんです。実を言いますと、気中溶解法じゃない方法でも当然考えられるわけですが、これは既に特許は成立しております、他社が。我々が今やるとすると、そういう特許に触れない方法で考えるとすると、気中溶解法しかない、現実的には。それで、あとは実験でわかっているのは、1mm以下ぐらいであればいけるというのはわかっているんですけども、それを当然、通常我々が使っているのは1mm以上のカレットを使っていますので、その1mm以上のカレットを、今日、ちょっとサンプルを見ていただいたんですが、あんな大きなのは、ちょっと現実的には無理ですけども、どの辺までできるかということで、1mmから数mmの辺の、どの辺までいけるかというのが、やっぱり1つの今後の……。カレットの予熱も含めてですね。その辺を使って気中溶解法でどこまで実用化できるかというのがテーマになるんじゃないかと考えています。

【辰巳砂分科会長代理】 はい、わかりました。

【西澤分科会長】 カレットと原料との混合も可能なんですね。

【佐藤（敬）次席研究員】 はい。当然、混合も考えてまして、今、実を言いますと、粗いカレットを使うことはできないんですけども、細かいカレットを今準備が終わりまして、ちょっと、いずれかのチャンスに、通常のカレットと、それからカレットのない原料をまぜまして、まぜた状態での溶融実験をやる予定にしております。

【西澤分科会長】 いかがでしょうか。カレットの問題。もしよろしければ。

【難波委員】 もう一つよろしゅうございますか。念のため確認したいんですけど、この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われて、カレットや原料を加熱する場合のことを言われているんですか。

【佐藤（敬）次席研究員】 いや、全くなしでいけます。気中溶解のバーナーの中に、1mm以下のカレットを放り込みまして落とすと、もう瞬時に溶けます。1分以内、十分、カレット予熱しないで。

【井上P L】 ですから、予熱実験はしてないんだけど、必要ないということで、1分以内に1,200℃で加熱できると。

【佐藤（敬）次席研究員】 多分、必要なのは、1 mm以上の大きなカレットを使う場合に必要になると思います。

【西澤分科会長】 よろしゅうございますか。

じゃあ、ちょっと次のテーマに移らせていただいて、Cのテーマです。ガラス原料融液とカレット融液との高速混合技術開発ということで、またご説明をお願いいたします。

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。

【西澤分科会長】 どうもありがとうございました。

それじゃ、最後のテーマでございますが、ご質問、ご意見ございましたら、お願いします。

【内野委員】 7.1 のところで、シミュレーションのところでも攪拌子のシミュレーションというのがあったと思います。あのときは流れをシミュレーションするためだったと思いますが、こういう斑（ムラ）の消去するには、どういうふうに攪拌したらいいとか、そういうふうなシミュレーションというのはできないのでしょうか。

【井上P L】 実際には、東洋ガラスでもシミュレーションされているし、川地さんの方でもシミュレーションをされているんですが、攪拌条件との突き合わせというのは、まだですね。

【川地特別研究員】 マクロには、混合拡散係数という1つの数字を出して、その大小でいいか悪いかということの評価するように考えています。その混合攪拌係数に影響を及ぼすのが、このスターラーの回転数とか、あるいはスターラーの形状とか、そういうものがどうなるかということは評価できるような仕掛けをつくってあります。

【井上P L】 この攪拌子にしたのは、これはおそらく東洋ガラスさんの方で決められたんですね。

【佐藤（敬）次席研究員】 現在、一番一般的に使っている形の攪拌子を最初に選定をしています。これですと、ほぼ実用的には、かなりのところまで攪拌できるだろうという見通しがありまして、それで現在、この形を使っていますが、将来的には別の形のやつもテストする予定はしております。

【井上P L】 ベースになっている技術が、先ほど、お昼のときにも、東洋ガラスでも佐藤さんがおっしゃっていましたが、カラーラントパーパスという無色の生地をつくって、あと全部、いろんな色の着色ガラスのピンが出てきますので、そのときのカラーフリットをまぜる技術がもとになっていて、ですから技術的な蓄積はかなりあって、それをここに適用しているという。だからうまくいくと言えば当たり前なんですけどね。そういう状況で、こういう条件がかなり決まっております。

【松岡委員】 斑の解析をシュリーレンでやられているということで、斑の大きさ自体は、これでわかるんですけども、その斑が実際に組成の変動の大きい斑と小さい斑の区別とか、そういうのはどういう風に行うんですか。

【井上P L】 全く予定しておりません。（笑）

これがなくなるかあるかという、そういう判断をするという、そういう目標しか立てておりませんので。今現在は、だから先生おっしゃるように、濃いのと薄いのか、こういうのは全部一緒くたに脈理の個数に入れちゃっています。ここで33個と出ていますが、この中で、2値化して切ったときに、こういう分布が得られて、それが33個だったということで、確かにおっしゃるとおり、2値化し

ちゃっていますから、もう完全に潰されちゃっています。ちょっと、そういう予定は今ありません。

【松岡委員】 プロジェクト全体の目標が、完全に均質なものをつくることだから、別に2値化していても、これでシュリーレンが出ないものができるよというふうになれば、それでいいというふうな、そういう位置づけですかね。

【井上PL】 いや、完全に出ないガラスは無理だと思うんですけどね。瓶ガラスなんかでは、多少は残るとは思うんですけど。

【松岡委員】 わかりました。

【井上PL】 一応、測るときに、厚みをだんだん薄くしながらはかってはいるんですけど、かなり厚いものから。ただ、それで出てくる情報は、やはり先生おっしゃったような情報は出てきませんので、一応、確認をとっているだけという状況ではあります。

【西澤分科会長】 ほかにございませんでしょうか。

現在の使われているガラスの規格値があるんで、それとこれとの対応をとって、これ以下だったらいいというふうにも十分じゃないですか。

【井上PL】 はい。それで、その指標をこの方法でつくった値。今は、例えば、この標準偏差の値で、これは実は実用の瓶ガラスの1つだと思うんですが。ですから、このぐらいの値になっていたら大丈夫……。

すいません。これ、瓶ガラスじゃないです。これは東洋ガラスさんで溶かされたサンプルですね。すいません。この黒い点が泡なんです。それから、これはまだ駄目なんです。20位にならないと駄目だと思います。

市販ガラスも標準偏差出しておりまして、たしか事業原簿のほうに載っていると思うんですが、大体20位が平均のところでした。ただ、瓶ガラスは国内産、外国産でいくと、外国産は極端に悪かったりして、いろんなところのものを集めてとってはいるんですが、意外に東洋ガラスさんののがえらく質がよかったりとかですね。ですから、もうちょっとサンプル数を多くしないとあれなんです。大体、私の今の感じでは、標準偏差が20より小さくなっていけば、もう実用上問題ない質であろうと。泡を除きますとですね。そういうふうに、一応、考えてはおります。

【西澤分科会長】 ほかにございませんでしょうか。

【井上PL】 あと、ですから、この標準偏差の値というのは、実は松岡先生のところで、このガラスをシェルブスキ(shelyubskii)にかけていただいて、最終的には対比をさせていただきたいなとは思ってしまっていて、いずれお願いしたいという風に計画には入っておりますが、まだお願いをしておりません。予算はとってあるんですが、その節はよろしくお願いします。

【松岡委員】 何年か、だれもさわっていませんので。

【井上PL】 あ、そうですか。困ったな。あれしかないんです。世界で。

【中村委員】 先ほど攪拌モデルのシミュレーションについて話が出ましたので、ちょっと前に戻るかもしれませんが、シミュレーションに関しては、以前の報告ですと、既存の公開のソフトウェアを導入して、それを改良してつくられたとかということが書かれていましたけど、どこまでが既存のもので、どこが改良とか、ここで開発されたんでしょうか。

【川地特別研究員】 既存のソフトウェアを使った部分が3つあります。1つは、汎用の熱流動解析。これは数年前といますか、文部科学省がお金を出しまして、日本のソフトウェア産業を育成するとい

う目的で作成したソフトウェアがあります。これは熱流動解析以外にも、分子シミュレーションとか、それから構造解析とか、そういうものがあります。それが公開されておりまして、その公開されたソフトウェアを、ある会社にライセンスを与えて、その会社が商品として加工して、いろんな人が使えるようにしている。ですから、普通の公開されたものはサポートがないわけですが、そのライセンスを受けた会社はサポートができるようになっています。それが1つあります。

それから、2つ目の公開のソフトウェアというのは、これはアメリカの国立研究所が中心になって公開している流動解析の可視化のソフトウェアです。それが2つ目です。これは無料で、無償で使うことができます。非常に優れたものです。

それから、3つ目は非構造格子のメッシュを切るというので、これも市販の、公開されたソフトウェアがありまして、それを使って、これは英語版でしたので、日本人が使えるような、使いやすいような格好に変更したと、それから一部改良したと、そのソースプログラムが公開されております。そんなことで、3つの公開されたソフトウェアを使って、わりと安く上げることができたなという風に思っています。

それから、我々がつけ加えたのは、そういう基本的なソフトウェアがありますので、ガラスにかかわる固有のモデルについては、もうほとんどすべて新しくつくったということになります。

【西澤分科会長】 いかがですか。ほかにございませんでしょうか。

【中村委員】 その新しく作られた分は、この後、公開されるんですか。

【川地特別研究員】 著作権の問題が1つありまして、文科省、東大生産技術研究所、それからそのライセンスを受けた会社、そういうソフトウェアと、それからニューガラスフォーラムが著作権を持っているソフトウェア、これはNEDOさんからお金をいただいて作成したものは、ニューガラスフォーラムへ著作権が移るわけですが、後者のものについては公開していく予定にしております。

【井上PL】 ここに書いてあるモデルは公開になるんですね。ですから、モデルと書いてあるもの。

【川地特別研究員】 現在、先ほどの溶融シミュレーション研修会で、一部、シーメンス窯用に公開している。公開していないのと言いますと、そこの気中溶解モデルのところは公開しておりません。それ以外の、例えば、熱流動モデルとか、気泡清澄モデルとか、均質化モデルとか、こういうのは公開しております。

【井上PL】 ニューガラスフォーラムが著作権を持っているものを将来どうするかというのは、まだ決まっていない。公開するかどうかというのは、まだ決まっていないんですね。NEDOの予算でつくったモデル。公開？ 今後公開。公開するということのようです。ここにあるのは、いずれ全部公開でよろしいですね。無料だそうです。

【西澤分科会長】 ほかにございませんでしょうか。

あと何か参考資料でおもしろいがあるので、少しご説明くださいませんか。プラズマ・酸素燃焼炎のハイブリッド化技術の今後だとかですね。

【井上PL】 こちらのほうは、この図面をつくられた方に。(笑) すいませんが。ちょっと予習していないものですから、すいません。

【渡辺准教授】 これは(資料5-3の参考資料3ページ)、2010年が今年度ですから、30分連続運転とか、先ほど話題に出たやつが書いてあります。今年度、冷却水の構造と、炉の冷却を全部やるので、それから全部の温度、流量、モニタリングをする装置をつけ加えて、今、改良中です。それで1以下に持

っていこうと、それが2012年になっています。本当はここは30分程度だったのが、今、60分にした。

それから問題は、コスト面では、消耗量のコスト、それからガス流量を今は1分間に60リットルのアルゴンのシールドガスを使っています。これは空気雰囲気でタングステンを使っているから、酸化を防ぐために必要なんですけども、これは今、まだ電極の最適化をしていませんから、数値解析で、この分を設計し直して、60を15、1/4程度にしようと思っています。これ、電極消耗量も、そうすると水冷構造とアルゴンシールドによって、同時に電極消耗減るだろうと思っています。

もう一つの考え方は、実は空気雰囲気を持つプラズマの電極というのは、これと違うプロジェクトで、私たちは酸化雰囲気で厳しいのをやっています、ハフニウムとかハフニウム炭化物というのを、今、試しています。もし、それがうまくいけば、そちらでやると、アルゴンシールド量はもっと減ると思っています。

それから、安定性の問題というのは、今、放電現象を高速カメラと電圧変動両方見ていて、アーク放電の放電現象がどうなっているのだろうか。今まではハイブリッド化というのも、何となく、先ほど電極配置をやっていたんですけども、それをちゃんと解析しよう、数値として出してみようということです。

それから分光。プラズマが光っていますから、その発光解析、発光分析をすることによって、もしくは電圧波形の解析、今度、波形の解析をすることによって、安定性の向上になるための何かの数値化をしようと思っています。そうすると、最終年度のプラズマの変動率10%というのを、ちゃんと数値化で対応できるようになると思います。

この表は、以上です。

【西澤分科会長】 どうもありがとうございます。

最後のやつも、どなたか説明いただけるとありがたいんですけども。一番最後の気中溶解の。

【井上PL】 これですか（資料5-3 参考資料6 ページ）。

【西澤分科会長】 はい。

【井上PL】 これはポンチ絵みたいな形になっているんですけども、この図の横軸が造粒体の粒径で、こちらに行くほど大きいということですね。それから気中での粒子温度は、こちらでいくと高いということなんですが、それぞれベクトルがこういう方向に行くと、どういう問題が発生するだろうかということで、こういったことを考慮して、今、気中溶解の技術を開発しているわけなんですけど、やっちゃいけないところがあるという、この図で、ここはこちらの方向に向かうと、とにかく非省エネになるからいかないので、どっちかに向かわなきゃいけないんですけど、その都度、解決しなきゃいけないものがあるからというんで、私どもは適正化するために、こういうことが問題になるというんで、それを1つ、こういう図にまとめて、みんな頑張れよという形で、そのための図です。

【西澤分科会長】 わかりました。ほかにございませんでしょうか。

じゃあ、随分活発な議論をしていただきましたが、一応、これで質疑の時間は終わらせていただきます。

(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

【西澤分科会長】 それでは、最後に各委員の先生方から全体の講評をお願いしたいと思います。

【松岡委員】 プロジェクトの進み具合、それから実際に東洋ガラス様を見学させていただきまして、私自身はほんとうにすばらしいなど。それから、いろいろ質問させていただいたんですけど、必ず答えが用意されていると。私程度が思いつくようなことは、全部チェックされているなどというので、ほんとうにプロジェクトのためのプロジェクトじゃなくて、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いたしまして、すばらしいと思いました。

ただ、実用化という面でいくと、装置の材質なんか、電極材も含めて、そういう風な、やっぱり材質面のところはきちっと詰めていかないと特にいけないだろうなというのと、実際にスケールアップしていくときに、どういうレイアウトをとるのが一番いいかという、その辺の検討が実用化のためには必要なというか、実際にテストプラントで動いてきたので、そろそろそういうことを始めてもいい時期じゃないかなという風な気がいたしました。

あと、純粋科学という面からいくと、プラズマ中でもそうですし、火炎中でも、単に温度だけじゃなくて、反応している途中は、ラジカル種がいっぱい舞っている中で、しかも紫外線もバンバン出ているので、それによる光還元なんかも元素によったら起こっているかもしれないし、そういうところの解析していくというのが、かなり長い道のりかもしれないなど。多分、実用化が先にできて、そこから、後から追いかける形で、サイエンスとしての解析がついていく形にならざるを得ないのかなという、そんなイメージも持っていますが、ほんとうにすばらしい研究だと思いました。

【難波委員】 この気中溶解法という方法は以前から知っていたんですが、渡辺先生や矢野先生のご講演も聞かせていただいたことがあるので理解はしていたつもりなんですけど、今日、実際にお話を聞かせていただいて、また見学もさせていただいて、非常に理解が深まったと思います。

以前から気にはなっていたんですけど、矢野先生、以前の講演の中で泡の話がされていたことがあったので、以前から泡のことは気にはしていたんですが、今回の話を聞かせていただいて、脱泡の部分は対象外であるという話を聞いて、ちょっと残念に思ったところがあるんですけども。もちろん脱泡のことも考えに入れられて、その前段階の技術開発、いろんな工夫をされているということも、また聞いて理解できたので、よかったとは思いますが、革新的と言うからには、溶かすところは革新的だけれども、その後のところが従来法のままではないのかなというところを1つ感じたので、どうせ革新的であるなら、最後まで革新的であっていただきたい。できれば脱泡剤など使わないでもできるような方法になればいいのではないかなというふうに期待しております。

【中村委員】 私は先ほど電気学会に所属していると言いましたけれども、プラズマ・核融合学会にも所属しています。しかし、すいません、渡辺先生のご講演は1度も聞いたことがありません。すいません。それで、今回、多相アークプラズマについては、資料の方にはあまり書かれていなかったんですが、今日お聞きした範囲で随分進んでいるということを知って、うれしく思いました。しかし、効率の面で、今後はそれを、あまり進められないような方向にあるということも、ちょっと聞いて、そちらは危惧する次第です。ぜひ、そちらの方が進むように、何とか、プロジェクトの方で進むように願っております。大学の場合、うちもそうなんですけど、発表とか、そういった成果の方、成果発表をし

たがるということで、そちらのほうでプロジェクトの進む方向が遅れ気味になるかと思います。しかも人数が少ないということで、結構進めるのがきついかと思いますが、ぜひ、その部分は頑張って進めていただきたいと思います。よろしく願います。

【中島委員】 私、初めて、いろんな貴重な話を聞かせていただきました。ありがとうございます。

それから、1 つは、今回のプロジェクトの内容で、脱泡、成形、製品のところは手をつけないと、溶解のところだけというお話でしたけど、ちょっとお話聞きますと、泡とか、組成とか、脈とか、そういうのが従来とちょっと違うということなので、熔融のところだけで全部回避できるのかなと、その次の過程もかかわってくるのかなという気も若干します。

あとは、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いて、非常に期待しています。また、先ほど西澤先生のお言葉にダブるかもしれませんが、革新的ということで、私はぜひ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ます。その辺までやっていただければどうかなと。

それから、カレットと攪拌についても、かなり技術できているところかなということなんで、是非、順次だと思えますけど、実用化を期待しております。

【内野委員】 いつも私は評価される方なので、こういう席で正当なことが言える立場ではないという気はありますが、今日はいろんなことを勉強させてもらい、個人的には非常に有意義な時間を過ごさせていただいたと思います。ありがとうございます。

1 つ、もし問題点をあげるとしたら、それぞれの部署といいますか、東洋ガラスさんは東洋ガラスさんで、非常に実用に近いところをやられている。東工大の先生のグループは、そこで非常に学術的な面からも攻めていかれる。それを最終的に1 つにまとめるとすると、私の印象としては、まだもう少し、その間の連携といいますか、最終的に1 つにまとめたプロジェクトを仕上げていく中では、まだ、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というのができていないというような印象も受けました。最終的な、あと2年後のところでは、そういうところも克服されるのではないかと思います。なかなかハイブリッドの完成というのは難しいとは思いますが、何人かのほかの委員の方も言われていましたように、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んじゃないかと個人的に思いましたので、その技術の完成を期待させていただきます。ありがとうございます。

【辰巳砂分科会長代理】 今日はありがとうございました。ほんとうに、こんなに勉強させてもらったのは久しぶりだなと思って、聞かせていただきました。

だんだん回ってくると、言うことがなくなってくるんですけど、まさに今、内野先生がおっしゃったようなことを私も感じまして、まずは要素技術が非常に進んでいるなという印象を持ちました。それで言えば、連携という点で、私はこれからなのかなと思っています。これは中間評価なので、きょうが一応、評価されるので、次に必ず行くとは言えませんが、必ず行かれると思いますので、この後、連携は考えておられると思いますけれども、そのあたりの、特にハイブリッドですね。ハイブリッドでプラズマが使えると。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の中で、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、是非大きく期待しております。

それと、少し先ほど申しましたけれども、やはりこれは、このNEDOのプロジェクトというのは投資

であるので、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んです。将来的に。その時に、やはりもう少し特許出願というか、そういう観点のものが必要なのかな。今日、いろいろお話を伺っていると、企業の方から出てきた話なんかを聞かせていただくと、結構、そこら辺、いろんなものがあって、それはその企業で独自で出されているのかもしれませんが、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いますので、その辺も、是非よろしくお願ひしたいと思います。

【西澤分科会長】 今日色々お話を伺いまして、ありがとうございました。私も 40 何年前に企業に入って、板硝子に入ったんですが、ジーマンズが、炉ですよ。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なかったと思うんです。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、今までのジーマンズ炉に取ってかわるような技術の芽が出てきたと、しかも日本の中で出てきたということについては、非常に私はこれこそ革新的で画期的だろうというふうに思います。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ということだと思うんです。光ファイバーだとか CVD だとか、それはもう全然別の分野ですから、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と思います。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ました。

それから、産学共同の話がちょっと出ましたけど、私自身は、要素技術、要素技術で、今はそんなに連携がないかもしれませんが、各セクションで非常にいい仕事をしておられるなということを感じました。部分最適というか、部分部分で、それぞれの分野で最大のパフォーマンスを出しておられるんじゃないかなという感じがしましたんで、これは先ほど先生方おっしゃったように、あと 2 年でまとまれば、いい産学共同のモデルになるんじゃないかという風に思いました。

それと、やっぱり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んです。今はたまたま瓶ガラスと液晶のガラスでトライしておられるんですが、そこから波及していくような応用範囲の広さですね。これはどこかの機会をとらまえて提示していただきたいなと。東洋ガラスさんで、すばらしいものができた、旭硝子さんですばらしいものができたんじゃないかと、それがほかのもっと業界全体に使えるようなサジェスションといいますか、こんなことに使えるんじゃないかという風なことは、是非提示をしていただきたいなという風に思いました。

それから、私もパテントの件はちょっと気になるんですが、プロセスのパテントは非常に危ないんで、こんなして、ノウハウに依存するパテントは危ないんですが、例えば、ノズルの形状だとかですね。形状というか、その物ですね。小っちゃなところでもいいんで、物で取ると非常に強い特許になると思うんです。だから、ほんとう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も小っちゃな特許を取っておくと、今度、実用化したときに、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りますので、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います。

それから、松岡先生かな、おっしゃっていたように、プラズマと光とイオンですよ。これだけの多様な媒体といいますか、そういうものを使った物質の合成法というのは、あんまり聞いたことないわけですよ。だから、そういう意味で、ガラスだけじゃなくて、もうちょっと、例えばセラミックスとか、多結晶体とか、そんなものにも使えるんじゃないかなという感じがしましたので、是非とも材料の多様性も、これから、ある程度めどがついた時に、少し遊んでいただくというのか、こんなこ

ともできます、あんなこともできますということは提示していただきたい。それぐらい、僕は可能性を持った、ポテンシャルの非常に高い技術だという印象を受けました。

そういう意味で、先生方がどうのご判断されるかわかりませんが、是非とも最後まで完成をして、いい技術に仕上げていただきたいなという気持ちを持ちました。

どうも、今日はありがとうございました。長時間の間、特にプレゼンテーションをつくられた先生方とか実施者の方々は大変だと思うんです。そのご苦勞に敬意を表したいと思いますし、また、このプロジェクトをいろんな形で支えてこられた NEDO の関係者の方々の努力に対しても敬意を表したいと思います。どうも、今日はありがとうございました。

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 N E D O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 N E D O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

特になし

以上