

ガラスに新しい輝きを —ガラス産業技術の 20 年間の動向と展望 (座談会)—

*1北陸先端科学技術大学院大学, *2京都大学, *3日本板硝子株式会社
*4旭硝子株式会社中央研究所, *5兵庫県立大学

牧島 亮男*1・平尾 一之*2・近藤 敏和*3
伊藤 節郎*4・矢澤 哲夫*5 (司会)

矢澤：本日はお忙しい中、社団法人ニューガラスフォーラム (NGF) 設立 20 周年を記念する座談会へ御出席いただき、ありがとうございます。テーマは、一応、「ガラスに新しい輝きを—ガラス産業技術の 20 年間の動向と展望」としております。学界からは、牧島亮男・北陸

先端科学技術大学院大学副学長、平尾一之・京都大学教授、産業界からは、近藤敏和・日本板硝子(株)取締役常務執行役員、伊藤節郎・旭硝子(株)中央研究所特別研究員に出席いただいています。司会は、当機関紙の編集長をしています、私、矢澤哲夫 (兵庫県立大学教授) が努めます。



(NGF 設立の経緯と活動状況)



初めに、NGF の概要について紹介させていただきます。NGF は、昭和 60 年 7 月 16 日に任意団体として設立され、昭和 62 年に社団法人となりました。事業は 3 本柱からなっています。第一は、シンポジウム、研究会、大学院制度、見学会、若手懇談会などの名前で、ガラスの情報提供と会員相互の交流を図る基盤業務です。機関紙発行もこれに入ります。第二は、ガラスデータベース「INTERGLAD」の提供です。これは、International Glass Data Base の略です。約 25 万種類のガラスについて、屈折率などの 70 万におよぶ物性値を収録しており、内外約 90 の会社・大学等に CD-ROM とインターネットで提供しています。平成 3 年から開始して、昨年末にバージョン 6 を発行しました。そして、第三の柱が、平成 13 年度からスタートした 5 ヶ年計画の国家研究プロジェクト「ナノガラス技術」の実施です。現在は、NGF 会員の 9 社と産業界技術総合研究所関西センター、物質・材料研究機構、及び 6 大学との産学官連携で進めています。NGF は、つくばと大阪に独自の研究室を持っており、会員会社の研究者が常駐研究しています。平尾教授にはプロジェクトリーダーをつとめて頂いていますし、牧島教授にも参加いただいています。このほか、ナノガラスを発展させて、商品化を目指す国家プロジェクト「フォーカス 21 ナノガラス」も 2 つ実施しています。

次に、NGF の体制を紹介します。NGF の現在の会員は約 80 社です。本部は、この座談会が行われている新橋にあります。設立の中核となった旭硝子、日本板硝子、日本電気硝子、HOYA の 4 社で、2 年ずつ正副会長を持ち

回っています。現在の会長は、旭硝子の石津進也取締役会議長です。

NGF は、「ガラスのメーカーとユーザーの出会いの場を提供する」とのコンセプトで設立されました。契機の一つとして、光ファイバーを世界で最初に実用化したのはガラス会社なのに、その後の事業化は電線メーカーが担ったことを反省して、ガラス技術の発展には、ガラス会社だけに閉じこもらず、ユーザーなど広い分野との交流を行う必要があると認識して、その受け皿として NGF が位置づけされた経緯があります。

さて、前置きが長くなりましたが、ガラス産業の発展には、何を置いても、新しい技術によるブレイクスルーが鍵となることは間違いありません。そこで、改めて、NGF の誕生以降の 20 年を振り返って、この間のガラスとガラス技術の動向についてお話しをうかがい、それを基として、今後の発展の方向などを大いに語っていただくことが今回の趣旨です。それでは、近藤常務から自己紹介を含めまして、この 20 年間のお話をいただけたらと思います。

(産業界から見たこの 20 年間の動き)



近藤：私は、昭和 46 年 3 月に京都大学の工学研究科の修士課程を卒業いたしまして、同年 4 月に日本板硝子に入社しました。フロートを含む板ガラスの製造を舞鶴工場で 10 年間勤めました。特に、溶解炉や成形の製造を担当し、その後、千葉工場で省エネや、新しい板ガラスについての開発に 8 年間携わりました。そして、研究所で 5 年間、ニューガラス中心に研究開発を行った後は、研究開発のマネジメント等をやってきました。

それでは、私見ということで話させていただきます。まず、20 年間の業界の大きな流れに

対してですが、ちょっと残念ながら、私は板ガラス業界以外のことは余り知らないのです。ですから、板ガラス業界の20年間の動きを大雑把に、私が感じたままに話そうと思っています。一つは、板ガラス業界の構造が変化しているということです。これは、グローバル化が特に自動車メーカーを中心に進んでおり、それから、今は静かになっていますが、過去にはアメリカからガラスを買えという外圧もありました。国内では一般建築用あるいは自動車用ガラスの生産が中国や東南アジアへ移転しています。板ガラスの出荷量は、全世界で3400万トンとされています。その半分はアジアで生産されています。日本では板ガラスの出荷は1990年がピークで、その後だんだん減っており、1998年に大体底を打って、それから少しずつ増えているところですが、ピークには遥かに及ばない。この間、量でいうと30%ダウンしており、値段も板ガラスは安くなって20%程度くらい下がっています。売り上げの金額にすると大体半分位になっています。フロート法では、現在中国が世界最大の生産国で、フロートラインが110以上もあります。日本は10ちょっとです。今年も10ライン以上増やすということで、完全に中国ではガラスが余っている状態です。ですから、日本の方は高いガラスを作らなければ駄目ということになっています。それからグローバル化では、M&Aで企業が集約されている。特にアメリカのPPGが縮小し、ヨーロッパから撤退しています。それから、リピーオーエンスも買収されており、プレーヤーが減っていることから、業界全体の構造が変わってきています。

今後もグローバル化が進展していくでしょうから、特に自動車用ガラス、自動車屋さんが海外へドンドン出て行くので、板ガラスメーカーもそれに対応していくこととなります。しかし、建築はローカルのところが強いので残ると思っています。それから二つ目は、商品構成が大きく変化してきていて、エレクトロニクス

用、あるいはフォトニクス用のガラスが比重を増している。最近ではPDP、TFTなどフラットパネルディスプレイ用ガラスが伸びています。ブラウン管ガラスは、中国や東南アジアの方へ移っている。それから光通信関係のファイバーや各種レンズも結構伸びています。さらにHOYAさんがやっているフォトマスク用のブランクス及び磁気ディスク基板用ガラスなどが伸びています。

日本ではこの20年間にエレクトロニクス産業がかなり発展しました。これに必要なガラス部材はエレクトロニクス産業と密接な関係で開発・量産ができた。日本のガラス産業界はこれに応えられる技術と基盤を持っているということで、日本企業はこのチャンスを生かすことができたかなと思います。板ガラス、電気ガラス及び光学ガラス業界はエレクトロニクス産業の隆盛で恩恵を受けたと思います。三つ目の技術開発ですが、この20年間は、私見ですが、過去のフロート法や通信用の光ファイバーなどに匹敵するような画期的な技術・製品はないのではと思っています。ただし、フュージョン法といわれる薄板成形法、それから旭さんが無アルカリガラスをヒ素などの有害な清澄剤を使わずに生産する技術を開発されたことは、大きな成功であったと思います。また、フォトマスクブランクス、或いはプレス法で、無研磨で非球面レンズを作る方法も大きな成果であったと思います。一方、真空成膜法、液層成膜法でガラス表面に膜をつけて、各種フィルターや自動車用撥水ガラスなどの付加価値をつける技術ができたのも大きな成果だったと思います。

矢澤：ありがとうございます。では、伊藤さんお願いいたします。



伊藤：私は、昭和44年に静岡大学の工学部を、

46年に修士を卒業した後、京都大学の大学院に行きまして、昭和49年に大学院の博士課程を終りました。その博士課程の時にガラスの研究をして、その後、京都大学の化学研究所で助手を10年位していました。その間に昭和55年から57年まで米国のレンスレー工科大学に行きまして、ガラスの割れの研究をしました。昭和59年に旭硝子の、当時の研究開発部に入りまして、今で言うニューガラスの組成開発みたいなことをずっとやってきました。最近では、それが発展して光分野へも少し入っております。

色々な開発をしてきましたが、お蔵入りにしているものが多いのではないかなと思ってます。平成8年からは中央研究所の特別研究員として、少し先の方をみた研究をしています。それで、20年間ということですが、私が会社に入ったのが丁度20年前で、旭硝子の職歴とダブります。20年というのは1980年代から今日までですが、大体2つに分けられるのではないかなと思います。1980年から1990年位までと、1990年から2000年付近までですね。最初の10年間は、丁度、ニューガラスフォーラムができて、ニューガラスという言葉が世の中に普及していった、ガラスは何か面白いものだというような機運が高まり、一方、経済も結構調子が良かったので、それなりに上昇気流に乗っていた時期だったと思います。ところが、'90年を過ぎてからは、経済が失速して、先ほどお話のあったグローバル化などで海外へ進出して、だんだんと国内の技術がシュリンクしたり、あるいは成長が止まったりした時期だったと思います。ただ、この10年間は、売り上げは確かにシュリンクしたのですが、ガラス産業が手をこまねいていたわけでは決して無かった気がします。この期間に、色々なシミュレーション技術とか、どうやったら高品質なガラスを作れるか、また省エネとか省資源、リサイクル、ゼロエミッションといったような観点の環境問題にかなり取り組んでいた時期で

はなかったかなと思います。今になって、そのような分野での基盤技術がソフトを含めて出来てきて、次のガラスの発展への基盤になっていると思います。これからは、特に、LCA（ライフサイクルアセスメント）を考えた技術開発が非常に重要になってくると思われます。つまり、ただ売れば良いというのではなく、社会的に責任のある製品開発が重要になってくるということです。板ガラス、びんガラス、ブラウン管ガラス、ガラス繊維といった既存のガラスは、この10年間、そのようなことを意識して造られてきたのではないかなと思います。

また、前半の10年間は、ニューガラスが産業になり始めてきた時期だと思います。先ほどお話のあった光ファイバー、ディスプレイ、フォトマスクのように、今までとは少し違ったところに、ガラスが使われ始めてきたということです。特に品質が非常にシビアになってきたので、製造技術が発展したと思います。その技術を支えた大きな要素の一つは、シミュレーション技術だったと思います。これは、コンピュータの能力がすごく上がったために、20年位前は2次元で解析していたのを、今では3次元で解析できるとか、非定常状態の解析ができるとか、あるいは現場で生じた問題を直ぐに解決できるとかですね。例えば、溶解のシミュレーションは、昔はガラスの流れだけをやっていたのが、今ではガラスの加熱法や、上部の気流、炉材レンガの伝熱など複雑かつトータルなシミュレーションが可能になってきています。これが品質や歩留まりの向上などに繋がったと思われる。また、溶解だけではなく、フロート板の成形のシミュレーションで平坦度を非常に上げたとか、最も効率よい徐冷をするだとか、強化を最適にするなどを可能にして来たわけです。手前味噌になりますが、こういった努力があって初めてディスプレイ用の薄板ガラスが綺麗に出来るようになったのです。無アルカリガラスなどは非常に溶かしにくいし、造りにくいガラスでして、厚みも0.7mm、これからは

0.5 mm といった薄さになっていくと思われま
す。それでも高精度でキチンと作ることができ
るのも、シミュレーション技術の積み重ねが
あったからこそだと思います。

それから表面処理技術の発展も大きいと思
います。例えば、大面積で均質なコートができ
る、多層のコートをする、コートをしてから
もう一回熱をかけて曲げ加工をするというよ
うなことが可能になっています。熱線吸収や反
射ガラス、太陽電池用ガラス、UV カットガ
ラス、Low-E、無反射ガラスなどがコーテ
ィングでできるようになって、素材だけでは
達成できないガラスが生まれてきたわけです。
ここでもシミュレーション技術は大変な貢
献をしてきたと思います。もう一つの発展は
プレス成形技術です。我々のところは TV
ブラウン管のガラスをプレス成形している
わけですが、表面が平らでしかも何トンとい
う力がかかっても割れないような成形をし
なくてははいけません。これもシミュレーシ
ョンでプレス時の温度や圧力を割り出す
わけです。こういった技術開発が非常に重
要だったと思います。

きっと、日本電気硝子さんや HOYA さん
でも、設計や製造に色々なシミュレーシ
ョンを使われているのではないかと想像し
ます。

(学界から見たこの 20 年の動き)

矢澤：ありがとうございます。では、学界
からお願いいたします。



牧島：私は、昭和 46 年に東京工業大学の無
機材料工学科を終了し、直ぐにガラス研究
室の助手になりました。昭和 46 年 9 月か
ら 49 年までは、UCLA のマッケンジー先
生の所で、ガラスの科学と工学の勉強をし
、帰国後助手をしばらくして、無機材質研
究所に移りまして、そこに 10 年位在職し
ました。その後、東京大学

に移りまして、平成 12 年からは現在の
大学におります。この間ずっとガラス 1
本でやってきました。ただ、その研究の
内容はドンドン変わっております。ドク
ターの時はガラスの相分離と多孔質ガ
ラス、小角 X 線散乱を使った構造決
定をしていました。UCLA 時代はガラ
スの物性を構造から理論的に計算でき
ないかという命題を与えられまして、ヤ
ング率や熱膨張を組成から計算できる
ような式を導入して、その可能性を示し
ました。それまでは経験式で物性を予
測していたわけですが、理論でできた
というので、色々なところで評価して
いただいたと思います。無機材質研
究所に移りましたら、そこはグループ
制で、グループに物質の名前がつく
ところございまして、一番初めはシリ
カガラスグループ、次の 5 年はアル
ミのケイ酸塩ガラスのグループにな
りました。この間、そういった組成の
新しいガラスを作るということで、周
期律表の色々な元素を含有する、新
しいガラス組成の開発を進めておられ
ました。その時にガラスの中に窒素を
入れると物性が上がるので、無アル
カリで溶融しにくいガラスに窒素を入
れて非常に硬いガラスを作りました。

それからシリカガラスのグループに
いた時に、ゾルゲル法で着色シリカガ
ラスを造りました。さらに有機分子を
使うとゾルゲル法でハイブリッド材
料ができることを見出して、これは日
米の基本特許が成立しております。後
で分かったのですがイスラエルのア
ブニール教授と競争していたのです
が、論文は先を越され、特許は私
の方が先でした。東京大学に移って
からは、ハイブリッドの方もやり
ましたし、井上助教授と一緒に構
造、シミュレーションもやりました。
同時に、光物性、特に光スペクトル
が計算シミュレーションで予測でき
るようになりましたので、色々なガ
ラスに関して光スペクトルのシミュ
レーションをやりました。それから
バイオ関係では、ゾルゲル法、シリ
カガラス、多孔質ガラスに関しての
有用細菌の固定化の研究

もしました。現在の大学に移ってからも、光物性を中心にやっていますけれども、ナノガラスプロジェクトを担当してるので、金微粒子をガラスの中に入れて非線形を発揮させる、それから新しい光物性をだすといった研究をやっています。なお、過去 20 年間の私の研究で、「えっ！これは」と思ったものは、窒素が入ったガラスです。これは、今後まだまだ面白い組成だと思えますよ。

それから、2次3次の非線形ガラスの研究が非常に盛んになったことです。色々な組成に関して新しいガラスが生まれつつあり、その研究が進んでいるなという気がします。他は、バイオガラスセラミックスが、生体用のガラスということで、新しい視点だったと思います。「このような新しい物が生まれたのだな」と、非常に勇気づけられました。最後に光ファイバー。光通信関連で、エルビウムドープファイバーを含めて、色々な材料が非常に活躍していることです。また、それらに関するサイエンス、研究発表が非常にたくさん出てきている事がこの 20 年間で非常に印象的です。また、フェムト秒レーザー照射の話も非常に印象的ですが、これは平尾先生にぜひ伺いたいと思います。

矢澤：ありがとうございます。平尾先生如何ですか。



平尾：私は、昭和 54 年に京都大学大学院博士課程を修了後助手・助教授になり、京都大学工学研究科教授として現在に至っています。先ほど伊藤さんが話されていましたレンスレー工科大学の友澤先生のもとでポスドクとして留学もしました。伊藤さんが良い仕事をした後に行きましたので、非常にプレッシャーがかかった思い出があります（笑）。京都大学では無機材料の教育と研究をやってきましたが、助手時代に

はガラスの研究もかなりやりました。今とは隔世の感がありまして、その当時は色々な組成のガラスを作って、色々な性質を調べて、その構造をスペキュレーションするといった時代でありました。殆どの大学がこのような研究形態だったとおもいます。出来上がったガラスがどのように使われるかなどをあまり考えずに、ただ闇雲にやっていたという記憶があります。その当時は、きちんと契約書を交わし、またロードマップにのっとり研究を行う産学連携などは殆どなくて、大学は、ゆとりのある研究ができたのではないかと考えております。当時に比べましてガラスの科学と技術はずい分進歩して、現在では皆様ご存知のとおり、ガラスをナノオーダーで制御できることは一般になりました。ナノオーダーで多層コーティングすることや、ナノ微粒子を作ったりすること、それから直接ガラスの原子を見ることが出来ます。手法としてもゾルゲル法を用いてボトムアップで色々な物を作ることができまして、例えば最近では、ガラスの骨格の中に自己組織化技術で 10 nm の規則的な構造などをいくらかでも作ることができて、多孔性環境材料として用途も広がっています。また、トップダウンの方法としては、電子線、レーザー、X 線をガラスに当て、ガラスの中に色々な構造や機能を創成させる研究があります。この 20 年は学問的には非常に進歩したのではないかと考えております。それに伴って、今後、興味深い製品がゾクゾクと出てくるはずですよ。それから先ほど、伊藤さんからコンピュータ・シミュレーションの話があったのですが、私は昔からガラスの構造研究にコンピュータ・シミュレーションをとり入れてやろうと思っていたのですが、コンピュータの性能がその当時は全然良くなって、小さなガラスモデルしかできず、その研究は断念しました。しかし、コンピュータと関連装置の発展で、ガラス分野においても今ではシミュレーションはなくてはならない存在まで発展しています。

ところで、最近は、産業界と大学の研究者達が交わる機会が多くなっていると私は感じておりまして、それが大学での研究のトリガーといえますか、モチベーションのひとつになっているのが、一つの特徴だと思われまます。私自身、今から10年前の平成6年に科学技術振興事業団、現在の科学技術振興機構ですが、ここから創造科学プロジェクト（ERATO）のプロジェクトリーダーに任命されまして、「平尾誘起構造プロジェクト」を立ち上げました。それはどんな材料でも良かったのですが、外から何か外部刺激を与えて、“あるがままの材料を思うがままの材料に誘起したい”というプロポーザルが採用されたのです。その時に、色々な分野の方が集まってさまざまな材料の研究をしました。その結果、ガラスというのが非常に良い材料だという結論になりました。ガラスはまず透明であること、それから加工性が非常に良いということ、耐候性が良いこと、どんな元素でも溶かしこむ溶媒性があること、それからファイバーにも引けるといふ色々な特徴を持つ材料だということです。皆で知恵を出しあって、さまざまな面白い光機能性のある光通信デバイスをまがりなりにも作ることができ、一部は実用化することができました。今日のタイトルにありますように、“ガラスに新しい輝きを”をスローガンに、次の世代の若い人も10年後をターゲットに革新的な夢のガラス創りに挑戦して欲しいと願っています。

(産学連携の課題と可能性)

矢澤：ありがとうございます。色々お話を伺っておりますと、シミュレーション、フェムト秒レーザーによる加工、ゾルゲル法を初めとした表面処理、地球環境問題に寄与するガラス技術、光通信といったキーワードが出ています。丁度、産と学の方がおられますので、シミュレーションなどを題材にいたしまして、学の方から産へ、産の方から学へと、どのような連携が進んできたのかを語っていただきたいと思

ます。伊藤さんからお願いいたします。

伊藤：私はシミュレーションの専門家ではないので、シミュレーションそのものの技術は良く分かりませんが、色々なものの考え方を考える時に非常にシミュレーションが役にたっている。溶解や成形の分野で、「このような現象が何故おこるか」を考える場合が一つ、それと、先ほど平尾先生がおっしゃられた「ガラスの構造」のシミュレーションと二つあると思います。個々のシミュレーション技術は、シミュレーションの専門の人が作っていると思いますが、使い手は、それを如何に自分の企業のプロセスに合わせて使いこなすか、さらに、自分のプロセスにプラス α を如何に付加するかといった使い方をしていただいているのだと思います。ただ、現場の巨大な溶融炉を対象とするような事は、現場を熟知しないと出来ないで、産学連携には馴染まないと思います。しかし、もう少し前の段階の、例えば流体のシミュレーションを対象とすることが一つあると思います。一方、分子動力学でやっているようなガラスの構造の予測はこれから益々発展していくと思います。やはりスピードが速くなったといっても、まだまだ本当の原子、例えば1億個の原子の計算をしようとする、とんでもない時間がかかりますので、少し別の仕方でも1億個の計算をするというようなコンピュータの使い方が多分あるのだと思います。そうした事を産学でやって、ガラスの構造から物性までをシミュレーションできる形にしたなら、それは非常に面白いと思います。

近藤：伊藤さんが指摘したように、プロセス開発と、材料開発の2つがあって、プロセス開発の方は、私どもの会社もノウハウとか、設備固有の条件に合わせて既存のソフトあるいは、それを改良したもので、基本的には企業それぞれが取り組んでいますので、なかなか大学の先生方と一緒にやることは難しい気がします。私どもも、シミュレーションのウエイトは伊藤さんのところと同じです。材料開発の方は私のと

ころも色々研究をやっておりますが、まだまだ実用というところまではほど遠い。しかし、テーマをうまく選べば、大学と一緒にやるのが効果的になるものがある気がします。

牧島：近藤さんや伊藤さんが言われたように、コンピュータの発達がものすごいので、材料開発面、特に物性予測でこれを放っておく事はないので、組成の絞込みにシミュレーションを使うと、より効率的に材料開発ができるのではないかなと思います。あと、ニューガラスフォーラムは「INTERGLAD」という素晴らしいデータベースを持っているのですから、それとシミュレーションを結びつけた利用方法を色々工夫すべきです。産学で手を携えながらこれを有効に活用していく必要があると思います。

平尾：シミュレーションがガラス産業に役に立つということは、私の学生時代では考えられないことでありまして、「大学では机上の計算やっけていいですね」とよく言われました。先ほどからお話ありますように、今は、それなしでは殆ど何もできないという時代になってきました。ただ、大切なのは、計算シミュレーションが産業界と遊離しないように注意しながら、ガラスの分野で継続してやるべきであると思っています。私自身、この重要性を鑑みて、科学振興調整費で実際に役立つ「計算材料科学人材育成プロジェクト」というのを今走らせています。これは、修士と博士課程の学生に計算材料科学を実習も含めてやらせているのですが、産業界からおおよそ20社の人に来てもらって、企業で解決して欲しいテーマを与えてもらってやっています。つまり、大学というのは、そういう人材を育成すべき使命もあると思っています。天体とか地質のような基礎の分野とはまた別ですが、ガラスの分野では企業との間の産学連携が最も重要です。ところで、ガラスにおいてもナノ構造がかなり物性に効くということが認識される時代になってきました。今、フォトリソグラフィやスーパープリズムなどの光学設計はナノシミュレーションなしでは全くできない

状況になっている。しかし、ワンオーダー下の10ナノメートルオーダーところがうまくいっていない。これは材料科学の“死の谷”ですが、是非、大学の若手の助手クラスの方が何人かは、こういった研究に携わってほしいなと思っています。

それから泡の問題が面白い。これは第一原理計算で、どうして泡ができるのか、また、泡が1分子からどンドンと成長していくようすも計算できます。そういうところまで、出来るようになってきています。ガラス組成を変えることで泡が減るとか、できないとかは我々もやっているのですが、その次の5nm~10nm, 20nmの辺りが分からない。ここらへんは、実験と理論が常に歩み寄りながらやっけていくところだと思っています。シミュレーションに関しては、今後の一層の発展を期待したいというのが本音です。

(産学連携の成功例)

矢澤：ありがとうございます。産学連携の話をもう少し続けたいと思います。ここ20年で環境とか、情報通信で色々研究されてきたと思うのですが、産学の連携で何か研究の芽ができた、あるいは企業の方で新しい製品のモメントになったとか、その辺りのことをお話をしたいのですが、どうですか。

伊藤：ビジネスの面では、商品につながったところまではいかないのですが、例えば、私どものことでいいますと、国のプロジェクトで昔、「非線形光電子材料の研究開発」というプロジェクトがありました。それに参加して大学の先生を含めて色々な人と研究開発を行いました。最終目標は、光コンピュータ用のスイッチを作ろうということでした。そこまでは達成できせんでしたが、非線形光学ガラスというものに関わったことによって、少なくとも弊社で光分野のガラスをやろうという動機づけ、第一ステップにはなったと思います。そこから派生して、非線形材料を色々やっけてきましたし、光ファイ

バーでアンブやスイッチを作り、また、ナノガラスの中で色々な分野に携わることができています。こうした形で、非常に役立った経験があります。

ただ、産学連携では、団体でやろうとすると各先生や各企業の思いが違うので、うまくいかないことが多いように思います。産学両方がハッピーだなという状況が生まれないと、難しいかなという気がしています。そこで、我々の会社では、昨年、公募研究をスタートさせました。“会社でこんなことを望んでいるので、その研究をやりたい人は是非応募してください”と一般に公募して、応募の中から採用して、そこにお金をだし、それ以後は共同研究をするというシステムです。2件採用した内の1件はガラス関係でした。このようなやり方でも大学と会社の連携を進めています。

近藤：大学や産総研との関係では、環境がらみで、二つ位あるかなと思います。一つは太陽電池の基板ガラスでして、筑波の産総研と一緒に開発をまだやっています。フロートガラスにCVD技術を使い、ガラスの表面にシリカと酸化スズの膜をつけて、太陽電池ガラス基板を作るものです。また、オーストラリアの先生が開発したものを私どもが商品化して、今売っています。これは、2枚のガラスの間を真空に近い減圧にして、断熱と防音機能が売り物の製品です。

牧島：私の仕事で実用化したものの一つは、ガラスの物性を構造から理論的に予測するものです。それをコンピュータの上に乗せまして、エキスパートシステムとして富士通から出しました。カタログも出しました。これはある程度売れたのですが、ファクトデータの集積の、「INTERGLAD」の方が優秀で、物性値がそれから取れるようになったため、それなりに売れて終わりになってしまいました。ただ、個人的には、もっとそれを膨らませて精度を上げて、拡充しなくてはいけないと思っています。他には、日本板硝子さんと結晶化ガラスで特殊

な希土類アルミの計算をやって、マシーナブルの物を開発しました。これはカタログまで行きました。実は、売れたか売れなかったかはよく分かりませんが、特徴としては無アルカリですから、酸化物のアルミナの焼結体と全く同じ高温電気伝導があるとか、高温にある程度耐えて、マシーナブルであるというのが特長でした。こちら側のシーズを企業と連携して開発した例です。

平尾：ガラス分野での産学連携の研究には大きく分けて三つあると思います。一つは基礎・基盤研究です。これは主に大学が受け持っているところだと思います。特に若手のガラスの研究者を育成するとか、純粋基礎ガラス科学を究めていくとか、あるいは解決すべき課題を設けてやっていくようなものも入ります。その基礎・基盤の上に先端開発研究というのがありますが、残念ながら大学の方は、発明・発見した後、先端開発へつなげるまでに色々な制約があります。予算的にも制限があり、企業の方もまだ将来大きな産業になるかどうかみきわめられない間は、リスクの大きなことは余りやらないものです。基礎研究と製品化までのギャップ、いわゆる“死の谷”と呼ばれているものです。その上の段階としては、社会産業基盤研究があります。これは企業が受けもっており、話に出た断熱効果のすぐれた真空ガラスとか、泥棒に対する安全・安心ガラスを作るとかです。ここで、今後ガラス分野が伸びていくには、“死の谷”というバリアーの克服が鍵となります。このためには、ある程度国家予算を注入する必要があります。特に、先ほどでました「ナノガラスプロジェクト」はお蔭さまで、経済産業省とNEDOの支援の元に、順調に研究が進み目に見える形の成果が出始めていくつかは製品化へ繋がりがつつあります。ニューガラスフォーラムが核となって、今後もこのようなテーマを提案し、大学や国の研究機関を中心とする知的クラスターと企業を中心とする産業クラスター同士の緊密な融合を図っていくべきです。幸い、ガ

ラス分野の人達は伝統的に仲が良いので今後もうまく行くのではないかと考えております。

(学生のガラスへの興味)

矢澤：ニューガラスとナノガラスを合わせた形でお話をいただき、ありがとうございます。ここで視点を変えまして、学生のガラスに対する興味などはいかがでしょう。

牧島：副学長という立場になってしまって、どの程度学生をとるかというのが色々問題になったのですが、うちの大学では人気がありまして、優秀な学生が来てくれています。東大の時も非常に優秀な学生が来てくれて、くじ引きで配属したこともあった位です。面白いガラスが開発されているのだよということを講義でやりますので、それがアピールし、サイエンスとしても面白いと言っていますので、そうした事がかなり影響しているのではないかと思います。

矢澤：材料の中でもかなり学生が興味を持っているわけですね。

牧島：そうですね。そういう意味で学生自体は、とくに今のところは良いと思います。それに、どんどん新しいガラスが出来ていますから、今後も、学生の数が減るとかの心配は無いと思っています。

平尾：確かにガラスには、種々の元素の化学や、マイクロ加工やナノテクノロジーなどの材料学や、非平衡状態とか、無秩序・不規則とかの物理など、色々な学問分野と関わっているので、ルツボ的な感覚で研究室を運営しております。私の研究室には学生や研究スタッフが30名くらいおります。学部4回生、修士課程、博士課程と1学年におよそ4名くらいおります。ガラス業界に就職する学生もかなりおります。ただ、ガラスだけに限らず、無機材料という材料全般に期待をもって、学生が来てくれています。

(企業からの学生への期待)

矢澤：企業から見た学生の資質といえますか、

研究者としての評価はいかがですか。

近藤：ガラスを専攻されている学生さんは増えているのではないかと思います。大学も増えていますから。一方で、ガラス会社の採用するガラス専攻の学生数は減っているのではないかと思います。私どもでいいますと、他の有機の学生とか、機械とか電子とかがありまして、昔に比べるとバラエティに富んでいますので、ガラス専攻をされている学生さんは、割合としては少なくなっています。それと、昔は指定校制度みたいなもので、大学が決まっていたのですが、最近では自由で、技術系もその比率が高まっておりますので、色々な大学から来られます。企業の方も色々な大学から学生さんを採用の方が良いかなという感じになっています。

研究開発については伊藤さんにお話をさせていただくとして、企業の方は、無論、研究所に行かれる学生さんのある部分は非常に専門性の高い人をお願いするということになりはしますが、実際のビジネスを担当する人というのは、他の、バイタリティとかの面も評価して採用していますので、そういう観点から言うと、ガラスをやっていたから採用ということでは必ずしもない、と言えるのではないかと思います。

伊藤：学生の採用では、近藤さんがお話してくださったことと、我々のところも殆ど同じで、ガラス以外の色々な分野から採用しています。最終的にでて行く商品はガラスの素材ではなくて、色々加工したり、他のものをくっつけたりしているので、ガラスの素材だけではない人をドンドン採り始めているという事はその通りだと思います。それから、学生さんの資質には大きく分ければ2つあって、ものすごく頑張る人といい加減な人が半分半分位いるのではないかと思います。そのような人を如何にしてうまく研究開発に、面白い面白いと言いつつ引っ張っていくかというのが、ある意味企業の責任であるかも知れません。ただ、会社の研究開発期間は短くなっていると思います。必ず、「何時までに、何が」ということを念頭におい

て応えなければいけない状況だと思います。それは、例えば上司とか、もっと上の人に突然、「お前、何をやっているのか」と聞かれた時に、必ず、「何時出来るのか」という話になります。それに対してスッと答えられないと、「お前はそういうことを考えていないのだな」と見られてしまいます。そうは言っても、研究開発で明日になったらできる、あるいは1年後にはできるといったことは分かりませんし、無から有を生み出すような開発というのは、なかなか単純には割り切れないところがあるので、その辺は上司も理解しているのではないかと思います。しかし、自分の頭の中で、ある作業仮説を作って、「これができればこうなって、次にこういうことになって、すると最後にこうなりますよ」というストーリーをどれだけうまく描けているかが大事だと思います。これはどんなプロジェクトに取組んでも同じです。若い人には、そういったことを訓練しますが、一方で、そういうところにも評価のポイントがあると思います。

近藤：ちょっと補足させていただきますが、研究開発といいますと、伊藤さんは特別研究員でおられますが、私どもも、やはりスペシャリストと言いますか、研究開発の能力が高く、非常に意欲も高い人はマネジメントの仕事には就けないで、しかも、待遇はマネジメント役員と同程度の処遇をするようにしています。世の中、大体そのように動いているのではないかと思います。意欲のある学生さんで、専ら研究開発をしたいという方も伸びるような環境作りを各社ともやられていると思います。

平尾：近藤さんの先ほどのお話に関してですが、先ほど、我々の学生はかなりガラス業界に行くと話しましたが、ガラスが好きで好きでたまらない人間はガラス企業に行きますが、それほどでもない学生は、電気とか機械とかセラミックス関係に行きます。ただそれは、技術の融合という意味では非常に良い傾向で、例えば電気企業に入ってガラスを知っていると、その

部門に強いということで、目を付けられることがあります。実際、NECに入ってプラズマディスプレイの開発をやっていた学生が、やはりディスプレイ関係の日本電気硝子の所を訪ねたら、たまたま同級生であったので、一緒に開発研究をやってもものすごく成果があがったというような話を両方から聞きました。そういうことがあちこちで起きています。ですから違った分野で融合することが良い事であると思っています。ガラスの好きな人でも、むしろ違った企業に行くことも一つの方策として良いのではないかと思います。

もう1点、伊藤さんのお話に関しましては、私の研究室でもクイックレスポンスを常に心がけています。今、どんな研究をやっているかを聞かれて、すぐに答えられるということは、いつも研究のことを考えているという証だと思うからです。しかし、時間軸の違いというのが研究にはありまして、壁の高い、いわゆる「つまづくテーマ」というのもあるわけです。私は、そういうテーマをやっている学生にはできるだけ海外で発表するようにすすめて、行かせるようにしています。外国では、何年も役に立ちそうではないけれども、とても魅力的な研究をやっている人など多彩な研究者が大勢おられ、その人たちに会うことが必要だと考えるからです。お蔭さまでガラス分野では、旭硝子財団や日本板硝子材料工学助成会を初めとして多くの助成会がありますので、多に活用させてもらって、海外との交流を深めていることを、皆様を代弁して感謝の意を表しておきます。

(ガラス及びガラス技術の将来展望)

矢澤：どうもありがとうございました。時間もきておりますので、最後に、ガラスの将来へ話題を移します。NGFの資料によりますと、これまでのガラス、いわゆる「コンベンショナルガラス」から「ニューガラス」へ、そして「ナノガラス」へとガラス製品が展開していくとの、長期ガラス市場見通しがあります。そこで、

50年は難しいでしょうから、今後10年とか20年くらいを展望していただいて、今後の製品の開発のあり方、あるいは科学と技術のあり方について語っていただきたいと思います。どうでしょうか。

牧島：将来展望は非常に難しいのですが、ガラスに関しては、先ほど平尾先生がチラッと触れておりましたが、ガラスの構造がまだなかなか決まらないので、ガラス構造をきちんとかつめることが重要です。その足がかりが出来ると、それに基づいた物性予測ができ、思わない物性がひょっとして出てくるかも知れないとか、多くの期待がありますので、是非、ガラス構造を正確に決めるサイエンスをやる必要があると思っています。シリカガラスだけでも、まだまだ沢山分らないことがあります。ESRのデータを取り込んで、最近では構造も分かってきましたけれど、ガラス構造をきちんと決めるようなサイエンスが進展すると足腰が強くなって、10年、20年後に色々な意味で花咲くのではないかと思います。

平尾：非常に難しい質問で、答えるのが難しいのですが、やはり牧島先生が言われたように、ガラスの解決できていない問題をあくまでも大学は取り組んで、これからも引き継いでやっていかなければいけない。特にガラス構造、なぜガラスの泡は消えないとか、なぜガラスは割れやすいのかについて除々に改良していく。改良というよりも根本的な新しいブレイクスルーを学問的に行っていくことが一つです。それからもう一つは、いつも言っておりますが、ガラス材料は、今現在の政府の重点項目である、ナノテク、IT、バイオ、環境・エネルギーのどれも非常に深くかかわっている材料ですから、この時期にできるだけガラスの研究者は力を結束して対応する必要があると思っています。

確かに、ここ20年は画期的なガラス製品ができていないという指摘がありました。やはり、今はまだ我慢の時期であると、今後いつかは花開くと期待して、夢をもってやるべきだと

思っております。

伊藤：私も具体的にこれというのは分かりませんが、平尾先生もおっしゃられたように、新しいガラス素材、それを作る新しい技術、例えばゾルゲルができた時のように高温で溶かさなくてもいいですよというような技術、更に、これからは薄膜がもっと進化するのも知れませんが。分野はやはり、フォトリソ、エレクトロニクス、それから医療とか、バイオガラスというのも多分非常に重要になってくるのではないかと思います。それから、さっき申しあげましたように、素材やガラスの塊だけでは何も使えないわけですから、部品のようにしないとけない。すると、いかに綺麗に加工するか、細かく精密に加工するかが重要で、平尾先生がやられているフェムト秒レーザーを含めた、色々な加工技術が必要になってくると思います。このように、全体的な観点から考えると、2002年にガラス産業連合会でまとめた、「ガラス産業技術戦略2025年」の中に書かれている内容が大いに参考になると思います。ここには、大目標として、「環境調和性の倍増とリアルの伝達を可能にするガラス」が掲げられています。環境調和を徹底的に考え、ガラスの良さを十分活かした、つまり、“ガラスでなければできないような本物感の漂う”ガラスの開発が必要であることを示しています。

近藤：エレクトロニクス、バイオ、また、光通信の辺りは、ニューガラスとしてこれから色々な先生方の成果を生かして新しい物がどんどん出てくると思います。一方で、私は、オールドガラスと言われている建築用ガラスや自動車用ガラスについても、軽量化とか快適性とか、省エネ化とか多くの課題があると考えています。更に、空洞化させないで中国とか、東南アジアに勝っていくためにも、まだまだやらなければいけないし、やる事が残されていると思います。以上は材料サイドからですが、製造サイドから見ても、温暖化ガス対策での課題が残されています。10年後は、プロセ

スの主要なところは、かなり変わっているのではないかと、変わらざるを得ないのではないかと思います。酸素燃焼がかなり採用されていますが、板ガラスの大きな釜に適用するとか、非常にコンパクトな設備でガラスを作るなど、プロセスサイドの技術革新もなされているのではないかと思います。

(ガラスと環境問題)

平尾：環境分野で先端的なお仕事をされている矢澤先生にも、ちょっとお話をお伺いしたいと思います。

矢澤：実は、この後に、環境問題ということで、コメントをいただこうと思っていたのですが……丁度、先週の2月16日に京都議定書が発行し、環境対策本番を迎えています。これに対して、ガラスがどのように今後寄与するか。私は大きく二つ位になろうかと思います。一つは既存のガラスの環境対策をしっかりとやること、もう一つはもっと積極的にガラスを通じて環境浄化といいますか、環境問題に積極的に貢献するという事です。ガラス自身の問題は、先ほど近藤常務もお話になられたように、省エネ的なガラスの製法です。ガラスというのはエネルギー多消費産業ですから、これは非常に大きな問題となってくるでしょう。もう一つは、やはりリサイクルというものをやる。リサイクルも、単にリサイクルしただけではダメで、色々なエネルギーの使用とかがありますから、LCAの見地から取り組む必要があります。環境問題は優れて省エネ問題でもあります。エネルギー使用は、運輸・工業産業・民間の1/3位ずつなのですが、一番遅れているのが民生・民間です。特に住宅の省エネというところで、ガラスの寄与するところが大きいのではないかと。それからもう一つは自動車産業。自動車の軽量化も省エネに繋がりますので、これも非常に大きいのではないかと思います。ガラスとしては今後寄与できることが沢山ありますし、していくべきであろうと思っています。

牧島：矢澤さん、例えば燃料電池に用いる可能性のある、多孔質ガラスないしハイブリッドガラスによる環境浄化などの見通しとか重要性はどうでしょうか。

矢澤：材料としては牧島先生のお話にありましたが、分離をする、あるいは軽量化ですね。特に分離ということになりますと、これはやはり、物を分離するにはエネルギーが絶対いるのですが、この時に省エネ的に色々な物を分離すること、これはあらゆる化学工業のプロセスで絶対に必要です。それから化学工業以外でも、例えば海水から真水をとるとか、空気中から酸素をとるとか、あるいはCO₂を分離する、シックハウスガスをとるなど、特に、省エネ的に分離する手段として、ガラスの分離膜が、もちろんハイブリッドを含めてですが、重要になってくると思います。他にも、軽量化にハイブリッド材料が寄与します。自動車もフロントガラスの代替は難しいのでしょうけれども、リアウインドウやサイドウインドウは、今後はプラスチックになるでしょう。現実にはフォグランプなどは既にポリカーボネイトになっています。しかし、やはり、傷がつかないようにプラスチックの上にガラスの膜をコートする必要があります。このガラスの膜は硬くて、かつ、加工成形のために柔軟性がなければ駄目で、それが可能となるガラスが必要になる等々ですね。硬くて柔軟な材料ということで、ナノハイブリッド材料、ガラスと有機材料が結びついた材料が環境問題を解決するための一つのキーマテリアルに今後なってくるのではないかと思います。

近藤：矢澤先生が今おっしゃられたようなコンポジットなどによる軽量化は、過去、板ガラスメーカーとして色々研究開発をしています。しかし、やはりコストがもう一つ高いといわれているので、やはりコストの壁を打破できるような技術の開発が必要かなと思っています。それと、私共も旭さんもやっていますが、環境に貢献できるような商品の開発、それを使っていた

だけのような方策の開発を企業としてやらなければいけない。先ほどもお話しましたが、アモルファス太陽電池のガラス基板は、CO₂削減効果に貢献するものです。それから、一般住宅の省エネについても色々取り組んでおりますが、普及がもう一つ進まないという問題があります。そこで、板硝子協会を中心として色々取り組んでますけれども、やはり企業として努力する必要があると思っています。

伊藤：これからの開発というのは、先ほどお話のありましたように機能と環境、それにコストの3つがバランス良くないと、どうしようもないと思います。環境に関してはLCAを考える、つまり、作るところから始まって捨てるまで炭酸ガスを出さないとか、エネルギー使わないとか、毒物を使わない、捨てないとか、全てをひっくるめた形で考え、しかも機能を持たせ、コスト的にも合わないと、本当の環境対策にはなかなか行けないのではないかと思います。ですから、そこに先端技術が関わってくるとしますし、先程から話のありました、ガラスの構造とは何なんだというサイエンスまで、多分遡ることになるのではないかと思います。だから、これは非常に大きな問題でして、英知を結集して、産官学連携で対応していくのが良いのではないかと思います。

(ニューガラスフォーラムへの注文)

矢澤：どうもありがとうございます。さて、最後に、NGFへの注文とか期待をいただけたら幸いです。

牧島：国際的に変動の激しい時代で、日本の立場を意識した、ガラス科学工学の共同作業をする要として発展していただけたらと思っています。発足当時の経緯にも多少かかわってましたので、この思いは強いのです。先に少し触れましたが、多種類のガラスのファクトデータ物性値の集積である「INTERGLAD」を充実

させるとともに、これと、シミュレーション構造を含めたガラス科学との融合と相乗効果を期待したプロジェクトを推進していただけると良いと思っています。

平尾：先ほども申しあげて繰り返しになりますが、学と産の会おう非常に良い場所だと思っております。知的クラスターと産業クラスターの融合の核になる場所として、このままご活動いただけたら幸いかと思っております。特にプロジェクトの管理法人としては最高の機能もっていると思っておりますので、今後も、その活躍に大いに期待しています。

伊藤：今、平尾先生がおっしゃった通りで、今回を含めて、産学のざっくばらんな話し合いができる場、あるいは技術をディスカッションできる場を是非作って欲しいと思います。それから私は、NGFの一番の成果はなんですかと聞かれたら、「INTERGLAD」と答えるかもしれません。このガラスデータベースはすばらしい財産です。誰でも使えて、役に立つように、今後とも発展させて提供していただきたいと思っています。

近藤：平尾先生や伊藤さんがおっしゃられたことに通じますが、ニューガラスフォーラムは、産業界の情報もちゃんと把握し、大学の先生方との繋ぎもしていただいて、希望としては将来のガラス産業界を強くするために、技術やサイエンスに入り込んで、ガラス業界の発展に貢献していただきたいと思っています。

矢澤：予定の時間が参りました。今回ご参加いただきました皆様方のお話を聞いておりますと、ガラスというのは非常に多彩な機能を有しており、今後ますます有望な材料になり、学生さんの人気も高いようでございますので、今日の座談会のテーマのとおり、ガラスは今後とも益々輝き続けるに違いないことを確信して、この辺で座談会を閉めることにしたいと思います。どうもありがとうございました。