

慶應義塾・大学発ベンチャーの成長 - ナノテク企業・(株)SNT -

慶應義塾大学理工学部助教授
株式会社 SNT 代表取締役
白鳥 世明

目次

- 1 SNT の設立
- 2 コア技術と特許
- 3 ナノテク薄膜技術の応用分野
- 4 人にわからない<臭い>を感知する
- 5 進む薄膜技術の実用化
- 6 「鮮度保持シート」は再スタートへ

1. SNT の設立

まず、会社の概要からご説明します。私どもの会社は、2002年3月に、有限会社白鳥ナノテクノロジー（資本金300万円）として設立され、翌2003年4月に株式会社になり、同年12月に株式会社SNTに社名変更しました。資本金は現在、6,710万円に増えました。

私どもの会社の名前は、大学の研究室から出たということが、学内でわかりやすいように、ナノテクをやっている白鳥研究室ということで、最初、白鳥ナノテクノロジーとしました。これを略すと、SNTですが、この略称は、運良く業務内容を表していますので、社名もSNTに変更しました。つまり、SはSensor、NはNano Coating、TはThin Filmsを表します。薄膜をナノオーダーでコントロールして、センサー技術や薄膜技術の技術移転、商品化、開発という当社の業務をよく表しています。

まもなく、まる2年になりますが、現状はあたふたするばかりです。まだ、大学の研究室に毛の生えただけのようなもので、会社といえるような状態ではありません。

5年くらい前から、私はいろいろな薄膜技術の研究を進めていましたが、学会発表をしていくうちに、様々な企業からその薄膜はこちらに使えませんか、というような話を聞きました。大学では論文を書いて、発表してしまえば終わりますが、もう少し役に立つような形で、企業の方と一緒に、やっていければと思いました。しかし、慶應義塾大学の学内では殆どスペースがありません。1教員あたり25坪ですので、当初は私の受け持ち学生は8人でしたが、今は25人に増えてしまい、1人あたり1坪しかありません。実験装置もありますので、実際は、立っていなければならない状態です。

学内では無理なので、大学の近くに製品化にいく一歩手前までの開発の拠点が作れないかと考え、新川崎のK2タウンキャンパスに入居させていただき、スタートしました。幸いその後、川崎市のご好意もありまして、K2の隣のインキュベーションセンターのかわさき新産業創造センター（KBIC）にも入ることができました。現在は、矢上校舎とK2に研究

室、KBIC に SNT = 会社という形になっています。なお、学内で登記はできませんので、本店は自宅にしてあります。会社の従業員は 5 名です。

なお、私は日吉校舎と矢上校舎で授業を持っていますので、K2 の研究室と KBIC の会社とは 1 日に何回か行き来しています。そういう意味では、ここは近くて、大変助かっています。

2. コア技術と特許 - 申請特許は 31 件 -

では、何がコア技術かと言いますと、ウェットプロセスのナノテクノロジーです。ナノは 10 億分の 1 を表す単位ですが、物質を構成する分子や原子の大きさに相当します。ナノテクノロジーは、このように極めて小さな分子や原子を自由に操って加工する「超微細技術」のことです。ほとんどのナノテクの技術は真空によるものが多く、真空の中で原子や分子を動かして加工しますが、真空技術にはかなりの設備導入が必要です。中小企業やベンチャーにはなかなか難しい。私は、ウェットプロセスといひまして、水を使って、真空を使わないプロセスを提唱しております。ですから、コア技術は、「ウェットプロセスのナノテクノロジー」ということになります。つまり、従来の真空を使った薄膜作製技術に代わって、常温・常圧の電解質高分子の水溶液を用いて作る「交互積層法」とよばれる次世代の薄膜作製技術に取り組んでいます。これにより、常温・常圧下で、低コストの製膜が可能になりました。

製品等の説明に移る前に、研究開発や特許のシステムをご説明しておきます。研究開発の成果を特許申請しますが、最初は個人で特許を出していました。個人で特許を出しますと 1 件 35 万円～50 万円かかります。ほぼ 1 ヶ月分の給料になってしまい、2 件出しますと、家内が悲鳴をあげました。その後、大学に知的資産センター(TLO)ができました。それから、センターが特許申請をしてくれまますので、大学に無償譲渡という形で申請するようになりました。費用を個人で負担しなくてもよくなったわけです。とくに、海外特許などは 1000 万円もかかることもありますので、大変助かります。そして、特許が売れて契約が成立しますと(ライセンス契約) その収入の一定の割合が研究室にバックされます。それで大学の研究室として、産学連携をして、いろいろな企業と連携して開発・事業化を行います。

企業との連携はいろいろな形で、スタートができるのですが、製品開発まではもう一歩進んだ小回りのきく調整が必要だと考えて、ベンチャー企業を立ち上げました。ベンチャーになりますと、別人格、法人格になりますので、私個人が発明者の特許でも、慶應義塾大学に譲渡していますので、一定の約束ごとが必要になりまして、慶應義塾大学から特許の実施権を無償でいただきます。ただし、特許の出願費用を大学に持ってもらっていますので、販売が成立した時点で、一定の割合でロイヤリティーを返すという契約を塾長と交わっています。つまり、大学の白鳥研究室(矢上校舎)で理論・基礎研究を行い、その成果 = 特許を知的資産センター(TLO)に申請します。知的資産センターは、特許の調査や特許の管理、場合によってはアドバイスをしてくれます。(株)SNT は、同センターから技

術移転を受けて事業化に取り組みます。

知的資産センターができた当初は、特許の出願件数が少なかったもので、出すものはすべて出願してくれましたが、現在は皆さん出しますので、そうとう洗練されたもので、すぐに実施が決まりそうなものだけしか、出してくれません。漏れたもので、どうしても出しておきたいものは、こちらで会社の特許として出します。慶應義塾の場合は、教員が個人で出しても、センターに出しても、会社で出しても、発明者が選択できるようになっています。そこで、適宜その場に応じて、選択して出願しています。ちなみに、いままで出した特許は31件です。最近は月に1件くらいのペースで出願しています。知的資産センターで出していただいたものは、このうち20件くらいです。

なお、この会社は、確かにベンチャー企業ですが、すぐに膨張させて自ら成長企業にしようとは思っておりません。あくまでもパートナー企業との協力関係で実用化を推進する、開発をベースにした業務を行っています。研究者としての本業はおろそかにしないで、やっ払いこうと思っています。

3. ナノテク薄膜技術の応用分野

- 光エレクトロニクス、コーティング、快適生活環境 -

ナノテクを使った薄膜技術をどういう分野に応用していくかということですが、3つの分野を考えています。1つは、新機能の光デバイスフィルムや有機・無機複合太陽電池の開発(光エレクトロニクス分野)、2つ目は有機超薄膜の微細構造制御や超撥水面の開発など(コーティング技術分野)そして3番目は、がらりと変わりますが、きちっとナノオーダーに薄膜を作るのではなく、ポラスといいますか、穴のたくさんあいたフカフカした構造の薄膜を空気清浄機とか、水の浄化とか、センサーに使う、快適生活環境という分野があります。

このコア技術はすべて同じです。わが社のコア技術はウェットプロセス、水を使うと言いましたが、簡単に説明します。基材は半導体であれ、Yシャツのような繊維であれ、球であっても、なんでもいいと思いますが、表面に少し処理をしまして、それにまた違う電荷を持つポリマー又は有機材料の溶液に浸水させます。そうしますと、電荷のクーロン力でプラスとマイナスがくっ付きまして、それを繰り返すとプラス・マイナス・プラス・マイナスと薄膜が成長していきます。半導体の真空技術に、レーザー、ダイオードの技術に分子線ビームエピタキシー(molecular beam epitaxy)というのがあります。オングストロームオーダーで分子線をとばして、真空中で積層するという高精度の技術です。ところが弊社の方法はピーカーがあればできますので、モルキュラピーカーエピタキシーと呼んでいます。

ピーカーにちゃぽんと浸けるだけで本当にこんなことができるのかということですが、もともとは私が考えた技術ではなくて、1992年にドイツのデッカー(Gero Decher)という人が考えたのですが、この人が学会に発表した時に、私も含めて多くの方が本当にできるのかと思っていました。非常に緻密な薄膜を作る場合と、ナノオーダーで穴があいたものを

ポーラスに積層する場合と、同じ材料でも少しの工夫で、全く違った構造の薄膜ができます。こういった条件でどういう風になるかということを目念に調べまして、それをデータベースにしました。データベースをとるのに1年かかりました。薄膜には、プラスのものとマイナスのものがありまして、そのときの溶液の水素イオン濃度 pH を変えています。そこには、 $9 \times 9 = 81$ 通りの条件があります。その1つの条件で超親水性の薄膜を作成した場合、これをプラスチックコンタクトレンズの上のせますと、涙がさっと広がって、生体親和性がよく、目に優しいコンタクトレンズになります。このところは私が5年前に留学していましたマサチューセッツ工科大学で行われていました。そこでコンタクトレンズが、こういった技術の第1号として、商品化されました。MIT から、イギリスのコンタクトレンズの会社に技術移転されました。1億円でライセンス契約になりました。私はずっとこの基礎研究だけをしていましたが、この部分が1億円ということは、 $9 \times 9 = 81$ 通りで、どれくらいの産業効果になるだろうと思ひ、夢が湧いてきました。場合によっては、少し研究費を確保して、新しい仕事ができるかなと思ひました。実際はいろいろな問題もありますし、一筋縄ではいきません。

でも、このようなコア技術は、ある部分はエレクトロニクスへの応用が利きますし、ある部分ではポーラスな薄膜ができますので、高表面積材料になり、化学工業とか、メンブレンフィルタとか、生体制御、バイオセンサーに応用できます。したがって、緻密な構造か、ポーラスな構造かで、同じ材料を使っても、全く違ったアプリケーションが可能になります。つまり、材料をいろいろ変えなくても、バラエティーに富んだ薄膜の形成が可能になります。そういう技術を、どんどん製品に結びつく形で、いろいろな企業と一緒にやっていければと思ひ、会社をスタートしました。

4 . 人にわからない<臭い>を感知する - ナノテク・センサー技術 -

SNT の S は、センサー(Sensor)技術です。基本的には水晶振動子を使っておりまして、これは、コンピューターの中にもクロック周波数何 MHz というようなものです。これは、振動していますが、ここに薄膜がつきますと、人が水の中でリュックサックを背負っているようになり、リュックサックが重いと動きが鈍くなります。これと同じように、水晶振動子も付着したものが多いと動きが鈍くなり、周波数が落ちます。その落ち方は、1 ng で 1 Hz 落ちます。それを調整すると、逆に周波数を読むことによって、薄膜が何 ng ついたかがわかります。これを応用すれば、簡単に ng 天秤ができます。この技術は真空では、膜厚の測定方法として使われていますが、水の系では殆どの方が使っていませんでした。

私はこうした水の系での薄膜作成法のいろいろな分野への応用を考えてきました。1つは、高感度のアンモニアセンサー。今ようやく、KBIC の 120 号室で 20 台でき上がりました。関東経産局のご支援により、KBIC の小泉所長にもご協力いただいて、プロジェクトを完了しました。何が新しいのかといひますと、人間の嗅覚の閾値は 3ppm ですが、ナノテクを使うと 0.1ppm のガスを検出することができる点です。現在の半導体ガスセンサーは 3ppm まではなんとか検出できますが、それ以下のレベルのガスは検出できない。こうした

高感度のガスセンサーに関するニーズは非常に高い。ナノテクを使うと、0.1ppmのガスを検出できます。従来のもので一桁したまでの測定が可能になりました。

これを使って、環境モニタリングをするために、地下鉄などに機器を貸出しています。地下鉄のトイレにおいては、現在どういう手法で「尿の臭い」の検査をしているかといいますと、人が個人の鼻で行っています。ある人が「確かに臭いな」、他の人が行って「臭いとは感じないな」というように、判断に個人差があり、場所においても差がでできます。地下鉄の車両が通ると風が流れて、臭いが拡散します。どこからメンテナンスが必要かという判断がつかえません。そこで、これを貸し出しして、時々刻々定量的に臭いの数値が何ppmというのがわかります。目に見えない臭いを数値として表すことで、どこからトイレのメンテナンスをしたらいいかを客観的に判断することができます。

さらに、メルカプタンというガスがありまして、生ごみの臭いや人糞、動物の臭いで、イオウ系の臭いを検出するセンサーも作りました。これらのセンサーを合わせると介護支援に使えると思います。介護支援システムということで、経済産業省のプロジェクトになり、なんとか試作品まではできました。これからいろいろな方に使っていただきながら、価格の面とか、量産体制とかを整備していきたいと思います。当社は開発だけで、機器は外注になりますが、使っていただきながら改善していきたいと思います。

これをまとめますと、コア技術を活用して、センサー、空気清浄機のフィルター、表面コーティングにあって、光デバイス、磁気デバイス、電子デバイス等できることからやっけていこうと思います。常に基礎研究を続けて、データベースをしっかりとしていくという体制の、本当に研究室に毛が生えたような会社です。企業とっていいのかという感じですが、本当に動いている大企業や中小企業にお役に立てるかたちで動く、大学と企業との間の橋渡しのベンチャー企業という位置づけでやっています。

次がSNTのNは、ナノコーティング(Nano Coating)です。どういうナノコーティングをしているかといいますと、超撥水コーティング技術を開発しています。ナノオーダーの穴がたくさんあいている薄膜を作りますと、ミラーとかコップとか傘とか建材に使えるような、凹凸の激しい構造を作ることができます。凹凸が激しいとはどういうことかといいますと、蓮の葉が典型的ですが、葉の上に水を落としますと、ポロポロとはじきます。葉っぱの表面を電子顕微鏡で見ますと、非常に毛羽立っています。毛羽立った構造、要するに凹凸の激しい穴のたくさんあいた構造を再現性よく使いますと、撥水することが理論的にわかってきました。それを実用化し、表面構造に着目して、微細構造を制御するような技術です。実際に作ったものに水を垂らしますと、ぼたぼたと水を弾きました。水が全く静止しません。極めて撥水性が高いので、スローで再生をしますと、水がついた瞬間に弾けるのがわかります。実用化まではいろいろな問題があると思いますが、いろいろなことができると思います。従来車の撥水とか、いろいろ撥水材として売られている技術はこのようなものです。それを工夫次第でこのような状態になります。耐久性や価格面、設備についてメーカーと話し合い実用化していきたいと思います。

5. 進む薄膜技術の実用化

- 低価格の薄膜製造装置と介護支援システムネットワーク -

最後、SNTのTは、薄膜(Thin Films)です。薄膜製造は、最初ピーカーを使った技術を学生とやっていた。学生とやっていると、非常によくやる学生でも10~20回交互に浸けるくれといいますが、やってくれますが、100回やってくれと言いますと、嫌な顔をし、200回になりますと、やってくれる人がいなくなります。まず、これを自動化しないと話しにならないということで、薄膜製造の装置というのを作りました。コンセプトを作って、ロボットのアームを買ってきて、後はプログラムして自動制御しただけですが、ここまで一旦試作品を作りまして、ある会社に販売をお願いしています。10数台販売いたしました。起業してからは、こちらが製造メーカーの代理店としての役も果たしています。昨年度は2台発売して、今も1台注文が来ています。この製品は、国内では他に販売していないので、非常に売りやすい。しかしニーズは少なく、販売先は、研究所などでの技術を広げるためのラボツールです。すぐにご購入くださったのは、大学、国公立の研究機関、メーカーです。この技術は、チャポンチャポンと浸けているだけですが、電子顕微鏡で見ますと、 $\pm 1\text{nm}$ の制御ができています。高屈折率のポリマーと低屈折率のポリマーを、交互に浸けていきます。例えば、3対4の膜厚にするようパソコンで設定しますと、割り算するとわかりますが、ぴったり3対4になります。界面が $\pm 1\text{nm}$ と原子分子のレベルになっていて、溶液に浸けるだけでも、きちっと制御されたものが出来上がります。今まで超高真空でやっていたものが、こういった技術が適応できるものであれば、常温常圧で作業できます。つまり真空装置がいらなくなり、設備コストが安くなります。ベンチャーでも20坪くらいしかない研究室でもできるので、中小企業には非常に向いています。問い合わせのあるのは大企業が多いのですが、中小企業に使っていただきたい。こういう形で製品化して、10台以上売れています。先月の20日にも1台納品しました。納品時には、私も立ち会いまして調整しました。もっといろいろ販路はあると思いますが、私自身ができる範囲で動いています。

企業からは大型化を期待されています。どのくらい大型化できるかといいますが、慶應大学の矢上校舎に基材サイズ60cm角の装置で作りましたが、装置は10m×3m以上になり、2部屋のうち1部屋が全部埋まってしまった。学生の居場所がなくなり、装置はお世話になっていた企業にお嫁入りしたので、今は研究室にはなく、企業で試作機として稼働しています。空気清浄機のフィルタの製造の試作機で真空装置のものを使いますと、約10億円はかかる。私が開発した装置ですと、1000万円弱の値段でできますので、非常なコストダウンになる。ナノですから、今までの技術のマイクロの、3桁、1000倍違います。経済効果としても、従来10億円かかったものが1000万円になるなど3桁のコストダウン効果があります。

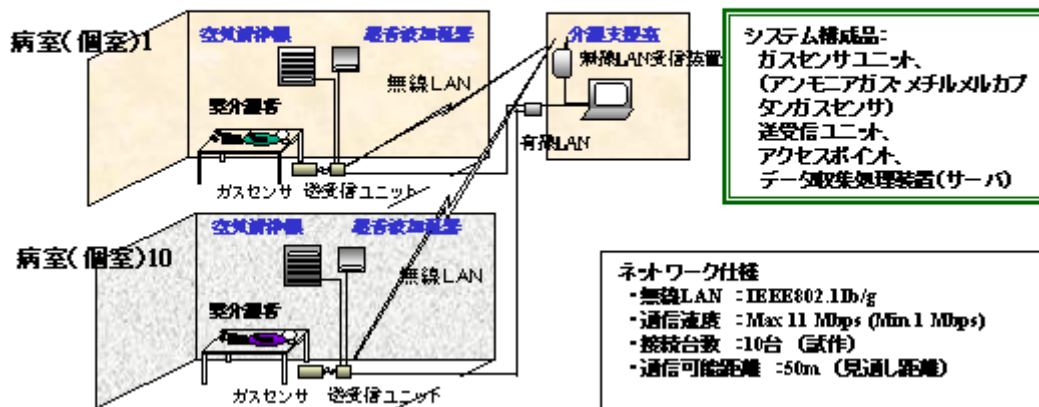
既存のバッチ式の機器は、1つ1つの基板を作り上げていきますので、決まった面積しかできません。また、コーティング技術は、連続生産ができなくてはならないので、連続生産ができる試作機をつくりました。隣のK2キャンパスの研究室にあります。部屋のサイズ

で設計しましたので、天井ぎりぎりの大きさになってしまいました。1m 幅の 100m の長さで、2000m まで対応できます。2000m ロールが使えるとなれば、大手メーカーも検討しましょうということになります。この装置の製造販売も外注ですし、これを使ったアプリケーションもできる範囲で進めています。ナノオーダーで薄膜を光の波長の 4 分の 1 でぴったり制御できると、ある波長だけ通すとか、ある波長だけ反射するというようなものができます。どういうところに使うかといいますと、テレビ、モニター、自動車のメーターなどは、後ろからライトがあたったり、昼間光が当たったりすると、見えにくくなります。反射格子膜を使って、対応します。真空で作るより、ウェットで作れば、はるかにコストダウンになります。

もう 1 つは、KBIC の奥の方に設置していますが、ナノオーダーの細孔をたくさん持った薄膜を空気清浄機に使うと、非常に効率の高い、有毒ガスの除去も可能なものができます。タバコの煙とか、硫化水素、塩素、そういうもので困っているかたのお話を伺って、開発の一手手前まで行うということで試作をしています。フィルタはこういうふうにすればできますよということで、進めています。無機材料と有機材料を組み合わせ、空気清浄装置をナノオーダーで作ります。さまざまなガスに対応するものです。この技術を応用して、福祉施設での介護支援システムネットワークができるのではないかと考え、今、開発を進めています。図 1 に示すようなシステムで、個室とコントロール室 = 介護支援室を無線 LAN で結び、個室の空気清浄、有毒ガス、臭い（尿や糞など）などを感知し、スピーディーな介護を行うとともに、個室の安全性、快適性を常に維持します。無線 LAN が有効な距離、コスト、操作性など今後つめなくてはなりません、ぜひ完成させたいと思います。

図1 介護センサシステム

遠隔地からインターネット上で要介護者の環境モニタを可能とします



6. 「鮮度保持シート」は再スタートへ

そういう技術を緩衝材の上につけて、果物の鮮度保持をする「鮮度保持シート」を作りました。自宅でモニターしたもので、確かなデータなのですが、シートがないものは、カビ等が生えてきます。メロンに関しては、非常に大きな差が出る。シートがないと夜にな

ると湿気が出てきますが、「鮮度保持シート」があると湿気が出てこず、1、2日間で大きな差がでました。「鮮度保持シート」は、実は一気に販売が広がってしまいまして、いろいろな問題がでてきました。故意的にクレームもでますし、製造の問題もありました。いろいろな実験をする方がいまして、スペックオーバーの実験をして、これは違うではないかと主張されてかなりトラブルになりました。今は、1つずつ見直して、メロン、トマト、にんじんに関しては、確かな効果があることを確認しました。ベンチャーの場合、死活問題になりますので、慎重になりまして、十分効果を確認してから再スタートということで、いったん基礎に戻って、調整しています。まもなく、さまざまな方面で、外部機関で検証した上で、アウトソーシングして、再スタートします。この製品は社会的にはインパクトもあったのですが、トラブルもありました。効果に関しては、メロンとかトマトとかりんごに関しては間違いがありません。それ以上の用途に、すべてのものに使えるかのように思われて、トラブルになりました。特許に関しては、基本特許はすべて押さえておりまして、これを基本に企業にもご協力いただき進めています。研究室に毛が生えたような会社ですが、いろいろなシーズをニーズに向けて変換していく会社です。

(『新産業政策研究かわさき 新産業政策研究所研究年報』第2号 (発行:財団法人 川崎市産業振興財団 新産業政策研究所)より転載)



白鳥世明(しらとり せいめい)

慶應義塾大学理工学部助教授 / (株)SNT 代表取締役

1987年早稲田大学理工学部卒、1992年東京工業大学大学院博士課程修了。94年慶應義塾大学理工学部助手、2000年同助教授。1997~98年マサチューセッツ工科大学物質科学工学科客員研究員。2002年3月(有)白鳥ナノテクノロジー(現(株)SNT)設立。