

経営講演会

講演録

『ナノテクノロジーの最前線』

—産業への応用と未来図—

講師 大阪大学産業科学研究所

教授 川合知二氏



財団
法人

リそな中小企業振興財団



講 師 大阪大学産業科学研究所教授 川合知二 氏

プロフィールご紹介

昭和 49 年 東京大学大学院理化学系研究科博士課程修了 理学博士

昭和 51 年 国立分子科学研究所 助手

昭和 58 年 大阪大学産業科学研究所 助教授

平成 4 年 同大学同研究所 教授

平成 13 年 同大学同研究所 高次インターマテリアル研究センター長（併任～
平成 14 年 3 月まで）

平成 14 年 同大学同研究所 産業科学ナノテクノロジーセンター長（併任）

- ・専門 : 多機能が調和した人工生体情報材料の創成 DNA ナノテクノロジー
- ・委員等 : 文部科学省科学技術・学術審議会専門委員 など
- ・受賞 : 日本化学会学術賞 大阪大学プロフェッサーオブザイヤー 紫綬褒賞 など

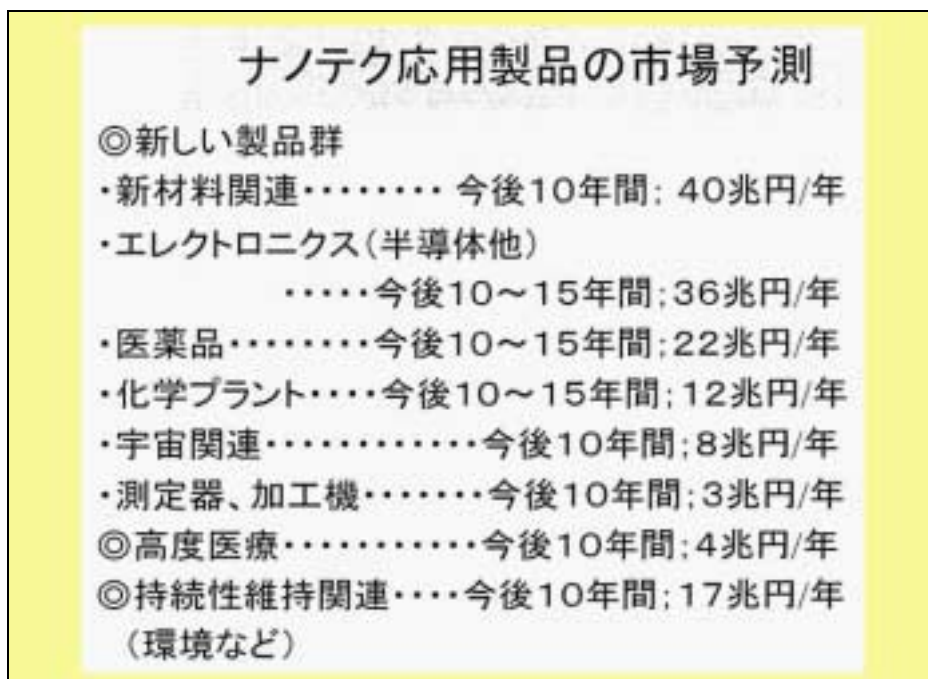


はじめに

一昨日、「日経産業新聞」の第一面に大きく出ていましたが、日本企業のCTO（技術系の最高責任者）に「これから最も大事な技術は何か」というアンケートをとったところ、50%以上で圧倒的に「ナノテクノロジーが重要だ」という結果が出ていました。

そういう中にもかかわらずナノテクノロジーはよくわからないという人が多いので、今日は「ナノテクノロジーとはこういう大事な技術なのだ」ということをお話ししようと思います。2番目には、大企業ではなくて中小企業がナノテクにどう取り組むかというヒントのようなものを得ていただければありがたいと思いますので、そういうことを意識してお話ししようと思います。その中で、ナノテクノロジーはちょっと難しい技術だなと思われるかもしれませんが、そう思われたときは大学の門を叩くといいと思います。いまは非常に門を叩きやすく整備されつつありますので、その紹介も兼ねて、これから1時間20分ぐらいお話をしていこうと思います。

まず、今日のお話は「ナノテクノロジーの最前線 産業への応用と未来図」ということですが、一体ナノテクとは何か。つまり、産業や経済、私たちの生活にどんなインパクトを与えるかということ。その中でも、中小ベンチャーにどんな新しいビジネスが生まれるだろうかということを意識してお話ししたいと思います。



まず、総合科学技術会議が、世界の産業・経済に与えるインパクトとして、ナノテクがこれから10年、15年にわたってどれくらいの市場を築くだろうかということを試算しま

した。それによれば、ナノテクノロジーを応用することによって生まれる新しい製品は、新しい材料関係では今後 10 年間で 40 兆円、エレクトロニクスは、半導体やセラミックスも含めて 36 兆円です。それから、医薬品、化学プラント、宇宙関連、測定器、医療とあって、持続性維持関連（環境関係）が 17 兆円とか、非常に大きな市場が開けるとい試算をしています。

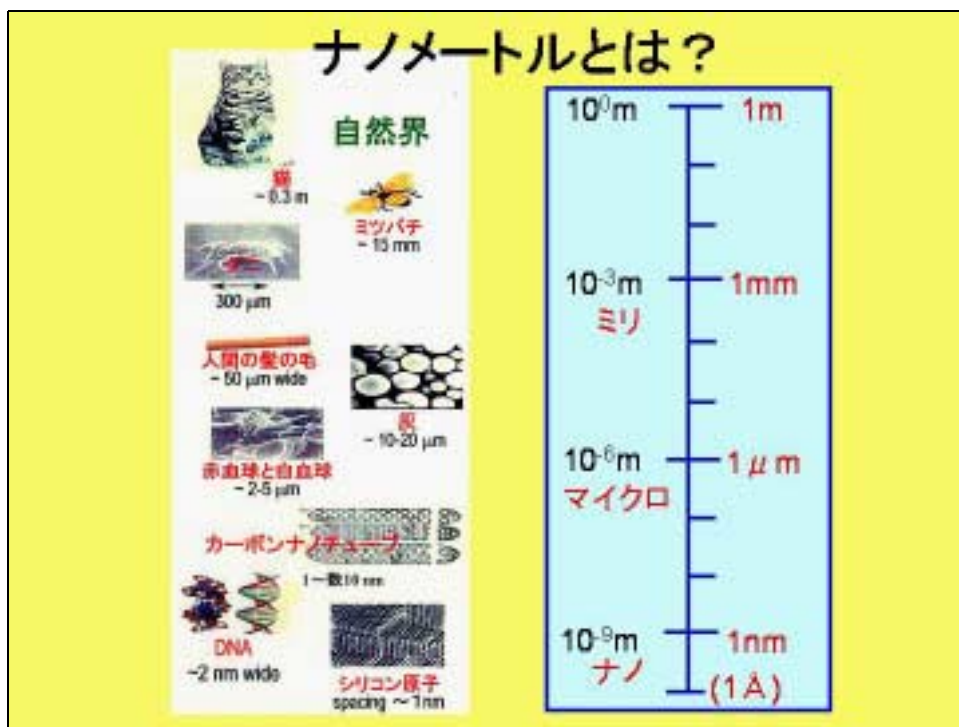
この額が大きいということだけではなく、大事な点は、材料、デバイス、エレクトロニクス、医薬品、化学、宇宙、医療、環境など非常に広い範囲に大きなインパクトを与える技術であるということです。ナノテクノロジーの振興のために 300 社が連携と新聞に出ていましたが、実は経済産業省が支援する形で、今日の午後 6 時からナノテクノロジーのビジネス推進協議会第 1 回目の発足式が開かれます。多くの企業が集まって、このナノテクを進めようとしているのです。

ここでもいろいろな分野、例えば、デバイスやバイオ、医療、環境、エネルギー、材料、加工といった企業の方が参加しています。つまり、ナノテクノロジーというのは情報や医療とは離れたところに一個ポツンとあるものではなく、そういう分野を強く推進するための基幹技術だということです。そうしたことから、化学会社の東レや三菱化学、電気会社の富士通、また政府の研究所や大学、そういうところで一斉に拠点をつくり始めています。

こういう動きは、国や大企業としては必然の動きだと思います。ただ、もっと注目すべきことは中小企業の動きです。今後、中小企業が本当に生き残っていくためには非常に知的な作業や知恵を出す必要があります。その知恵を出して、例えば、材料やデバイスを高度化していくことが必要であり、そのときの一番強力な武器がナノテクです。「ナノテク中堅も攻勢」と新聞に書いてありましたが、例えば大阪では東大阪にいろんな企業が集まり、工夫しながら自社の技術にナノテクを取り入れて開発を進めていますし、尼崎でも特有のものを進めています。

では、中小企業は何を狙っているかと言いますと、ものすごく大きな投資をしてするものではなく、ある意味ではすき間の市場、こうしたところに新しく生まれた企業や中小の企業が力を注いでいる、例えば医療であるとか、研磨剤であるとか、非常に特殊なものです。こうしたナノテクによってできる、そんなに需要は大きくないけれども、物づくりに関係するようなすき間市場を狙っているわけです。

具体的に何かといえば化粧品などがいい例です。それから車は人間の体と同じぐらいいろいろな材料や部品でできているので、そういうところへの応用などで最近非常に大きな発展があるわけです。こういうふうには、大企業はもとより中小企業も生き残りのためにナノテクノロジーを活用する努力をしています。それでは、これからナノテクノロジーとは一体何なのかということをおさらいしてみたいと思います。

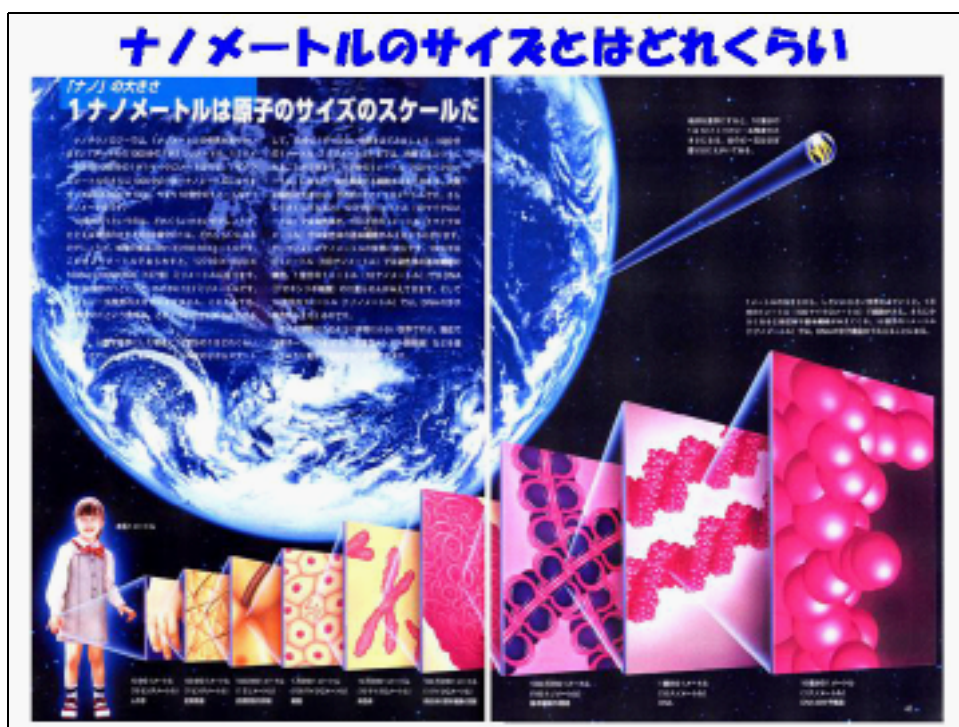


まず、ナノテクノロジーの「ナノ」は10のマイナス9乗という意味ですが、1メートルの10のマイナス9乗。つまり、10億分の1という小さな世界を操る技術です。10億分の1というのは、1メートルの1,000分の1がミリメートル、その1,000分の1がマイクロメートル、さらに1,000分の1がナノメートルというわけです。私たちが日常、製品として持っているものは大概メートルです。例えば、この台もメートルですし、このスクリーンは、高さが3メートルで幅が5メートルとか、私たちの体も2メートルぐらいです。こういう世界に生きていますが、それを構成している部品のようなものは大体ミリメートルの精度を持っています。実際、生き物としてもノミとかダニというのはこんな大きさです。しかし、実はこういう1メートルのものもマイクロの細胞であるとか、赤血球、白血球のようなものからできているのです。

ナノというのは何かというと、実はマイクロやミリやメートルをつくる一番の元の大きさです。ナノメートルの大きさの一つの例としてDNAの幅があります。DNAの幅は2ナノメートルですから、すごく細いわけです。しかし、中に塩基が配列していて、その情報で、上のもの、マイクロやミリやメートルのものがどんどんでき上がっているわけで、この一番の元が入っている大事なところです。

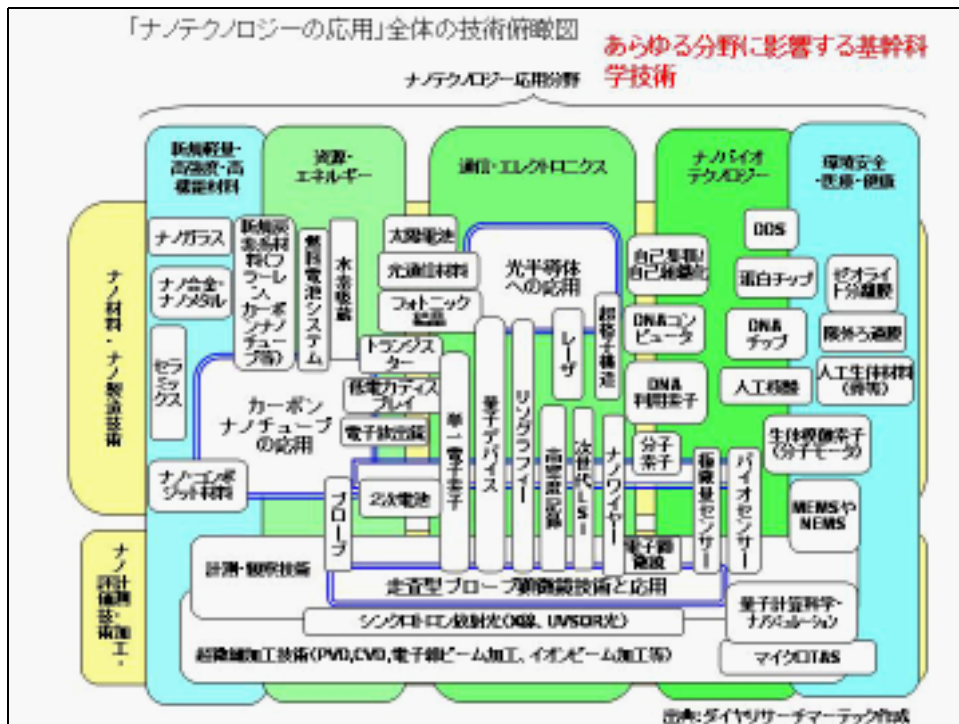
電子材料であれば原子や分子が数十とか数百集まったぐらいのもので、クラスターと呼ばれるものがありますが、一番初めに物ができていく元をつくる大きさはナノメートルです。このナノメートルのところに、カーボンナノチューブのように引っ張っても切れないし、曲げても折れない、また、ちょっと電圧をかけるとものすごい勢いで電子が出るといった夢のような材料がゴロゴロしているのが最近わかってきたわけです。こういうことが

ら、ナノのテクノロジーは非常に根本的に重要であるし、ここには宝の山があるということで、このナノテクノロジーが進んできています。



ナノテクノロジーというのは、確かに、非常に小さなものを扱うという意味で大変な技術ではあります。1メートルの人が、ガリバーみたいに地球の大きさくらいになって10円玉を自由に扱うような技術です。つまり、途方もなく小さいものを好き勝手に扱える技術です。それがないと、この人はこのDNAを自由に扱えないわけですね。

そういう意味では、特に中小企業の方は、大変だと考えられるのではないかと思います。しかし、特許庁がナノテクでどんな応用が開けるかを調べてみると、今後ナノテクを使わない限り、材料開発、エネルギー、環境、エレクトロニクス、医療も、とてもやっていけないということがわかってきたわけです。これは、特許庁がダイヤリサーチというところに委託して調べた「ナノテクノロジーの応用」の技術俯瞰図です。これはかなり細かいことが書いてありますが、大事な点はこういうことです。



例えば、材料ですが、新しい材料、軽かったり強かったり、非常に高機能の材料をつくらうとして、それをガラスで作ろうとする場合、そのガラスのナノメートルのところをきちんと制御しないと新しいガラスはできません。それは合金、金属、セラミックスも、またこれらを合わせたコンポジットと呼ばれる複合材料もそうです。単に既存の大きさでただくっつけ合わせただけでは、もう新しい材料はできません。ナノメートルのところを制御することによって、初めて新しい材料ができています。例えば、フラーレンというサッカーボールのような材料とか、ナノチューブというカーボンをクルッと巻いた筒みたいな材料は、いままでにない非常に優れた属性を示します、こういう新しい材料はナノメートルのところで見つかるということを示したのが特許庁の応用図です。

資源・エネルギーの問題で注目を浴びたものに燃料電池があります。燃料電池が大事だと口で言うのは簡単ですが、現実には水素と酸素で発電しなければいけないわけです。非常に効率を上げなければいけないし、長時間安定して動かす必要があります。そうすると、水素を吸って分解する触媒とか、電極が必要になります。そうすると、この燃料電池にナノカーボンの材料を、例えばNECであればカーボンナノホーンというイガグリのようなカーボンを使って、そこに金属の超微粒子を分散させると初めて燃料電池として使えるものができるわけです。従って、ナノテクがやはり必要だということです。

それから省エネルギーを考えると、低電力のディスプレイ、フラットなディスプレイで非常に低い電力を出すというのはエネルギー問題としても非常に重要です。そうすると、カーボンナノチューブのように、ちょっと電圧をかけるとものすごい勢いで電子が出ます。

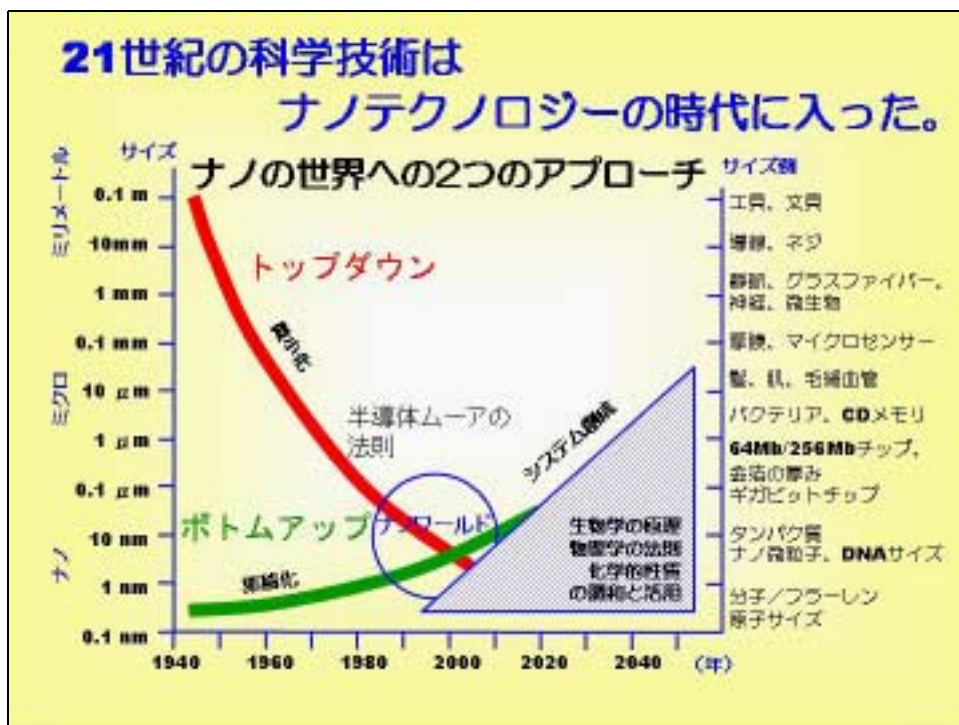
しかもすごく細いところから出るから非常にシャープな画像になるというわけで、このカーボンナノチューブもナノテクを使います。こういうふうには、環境エネルギーのような問題も、結局、何かの材料やデバイスやシステムで実現しようとするとなノテクを使います。

通信エレクトロニクスに至っては、今後の電子材料はすべてナノだといって過言ではないと思います。例えば、なるべく省電力ということで、単一電子素子という電子を少量使いたいわけです。そうすると、一番の極限は一個の電子で動く組織ですが、まさにこれはナノメートルのテクノロジーを使います。いろいろ書かれていますが、電子材料に関してはほとんどナノテクノロジーということなのです。

バイオ、医療分野でも、例えば「DDS」など、これは「ドラッグ・デリバリー・システム」といって、ナノメートルのキャリアーに薬を乗せて体の望むところに送り込んでやるという薬剤です。もう既に臨床の第2フェーズまでできています。こういうふうには、医療やバイオのところも、いろいろな応用をしていこうとするとナノテクを使うというわけです。

これで理解していただきたいことは、ナノテクというのは、特別一個ポツンとあるのではなくて、結局あらゆる分野に影響する基幹科学技術、横に切るような技術を使って材料開発をしたり、資源エネルギー問題を解決したり、ユビキタスな社会をつくったり、医療を進めるといって、そういう基幹技術なのだということです。だから、そのナノテクを使わないでこの辺を進めていくのは非常に難しいと思います。そういう意味で、中小企業であろうとも、何か難しそうだなと思わないで、その技術を取り入れて一歩進んでいくことが大事だと思います。なぜ取り入れなければいけないかということ、歴史的な科学技術の発達の間から見ようと思います。皆さんは、ナノテクノロジーというのはここ2~3年で突然出てきたものみたいに思っている方がいると思いますが、私たちは「ナノテクは昔からあったじゃないか」という思いを持っています。

どういうことかということ、実は21世紀(今世紀)の科学技術は自然にナノテクノロジーの時代に入っていったのだという認識です。次の図によれば、大きさについては、メートル、ミリメートル、マイクロメートル、それからナノメートルとありますが、ナノテクノロジーという時代に、21世紀つまり2000年から後に入ったということは、いろいろな技術が、大体この大きさで今の時期に集中しているということです。それは突然こういうふうになったのではなくて実は二つの道、一つはトップダウンという、より小さくするという科学技術の流れの中で必然的に入ってきた世界だということです。



右にあるようにいろいろなものの変遷を見てみるとわかります。昔は、工具、文具、ネジ、大きいものではレコードなどを見るといいでしょうか。コンパクトディスクが突然出てきてレコードを駆逐してしまいました。ここで、マイクロの世界に入ったわけです。それから、ウォークマンとか携帯電話とか、小さいものがたくさん出てきます。それはどうしてできるかという、実は半導体の中にトランジスタがたくさん詰め込まれるようになったからです。

半導体というのは、1950年代に1センチのところに1個トランジスタが乗っていたのが、あれよあれよという間に64メガ、1メガで100万だから6,000万個のトランジスタが乗っています。最近ではギガビット、ギガというのは10億個です。2～3センチのところに10億個のトランジスタを乗せるという技術が進んでいきます。そうすると、必然的に小さくつくらなければいけないので、いろいろな技術がナノメートルで行われるようになってきました。それができない会社はつぶれていって、そういうものができる会社が生き残ってきています。こうやって、大きなものをより微小化していくという流れの中で、我々は嫌でもナノメートルの世界に入ってきたのだと思います。

もう一つの流れは、実は下から上がっていくボトムアップの流れです。1950年代は化学工業でもアンモニアを製造するとか、硫酸のような肥料をつくるとか、小さな分子を扱ったのです。ところが、高分子が研究され、最近では超分子が研究され、たんぱく質とかDNAとか、より複雑な形をしてより高機能で、小さな分子に比べるとより大きなナノメートルの大きさを持ったものでいろいろな製品ができ始めました。これも、より複雑になっていくという組み合わせを集積していくような流れでナノメートルのところに入ってきてし

まいりました。ですから、いろいろな科学技術が、小さくするという方向からも、それから、より集積するという形からもナノメートルに入って、このところで、まさにこれからいろいろな産業や技術が発展していくわけです。

そういうことから、中小企業だから「このところはちょっとね」というふうになると、大きな科学技術から取り残されるということをよく理解していただきたいと思います。それでは、「わかった。だけど、ナノテクは未来技術ではないか。いま、我々の生活にはそんなに入ってきていないのではないか」と皆さん思っているようです。しかし、これから3つほど例をお見せしますが、いまやナノテクノロジーは我々の身の回りにもものすごくたくさん浸透しています。一つの例ですが、ハードディスクというものがあります。これは、円盤に磁石を塗布したものです。この上に磁器ヘッドをレコードの針みたいに乘せて、それでクルクル回転しながらデータを読み取るわけです。この磁石の一個一個は、100 ナノとかすごく小さいものですが、このヘッドがディスクから10ナノメートルぐらい浮き上がって、読み取っていくのに、ぶつかりません。このハードディスクは車のナビゲーターなどに積んでいます。新しくナビゲーションシステムを買った場合、HDDと書かれたハードディスクは、車でボンボン揺れながらも10ナノメートル浮き上がってグルグル走り回ってもぶつからないで読んでいるわけです。それから、テレビも最近買われた方はハードディスクを買われていると思います。以前のビデオみたいに入れてグルグル回さなくても瞬時に読み取れるので、後でビデオに撮ればいいわけです。



これはどんな技術かといいますと、これを1万倍すると、磁器ヘッドが1センチですから、1万倍というとその100倍で100メートルです。ジャンボジェット機は100メートル

より小さいですが、そのくらいの大きさです。これが10ナノメートル浮き上がっているというのは、10ナノメートルを1万倍すると0.1ミリになりますので、新聞紙2～3枚くらいの幅です。ですから、ジャンボジェット機が羽田飛行場の滑走路で、新聞紙1枚分だけ浮き上がって、端から端まで走り回っても1回もぶつからないという技術がこのナノテクです。こういうものを私たちは日常使っているわけです。

もう一つ、最近非常に目立つ動きは化粧品へのナノテクの応用です。先程のハードディスクなどは大企業でしかできないと思うかもしれませんが、これは、そんなにお金がかかるものではありません。どういうふうに使われるかという、例えば、粒子を小さくしていくわけです。以前の化粧品は、粒子が粗かったので粉のイメージがありました。おしろいのようなものもそうですが、顔に塗ると白く光って粉っぽく見えました。ところが、最近透明感のある化粧品が非常にたくさん出回っています。それは、粒子を小さくしていった光の波長の半分以下ぐらいになると、今度は透過するようになって透明感が出てきます。これは、日焼け止めクリームもそうです。つい何年か前に買った日焼け止めクリームを塗ると、白くてバカ殿様という感じの顔になります。最近売り出しているものは透明ですが、効き目は最近のほうがシャープです。それは、酸化チタンか酸化亜鉛が400ナノメートルで、光の吸収のヘッジが立ち上がって、透明感があるが紫外線だけはしっかりと防御してくれます。これも、ナノの粒子を使っているからです。その他、例えばナノの粒子、カプセルのようところに栄養剤を入れて小さくしていくと肌に浸透しやすくなるので、栄養剤を少しずつ放出するとか、いろいろな工夫をしているということで、最近、女性をきれいにするためにナノテクが非常に寄与しているわけです。

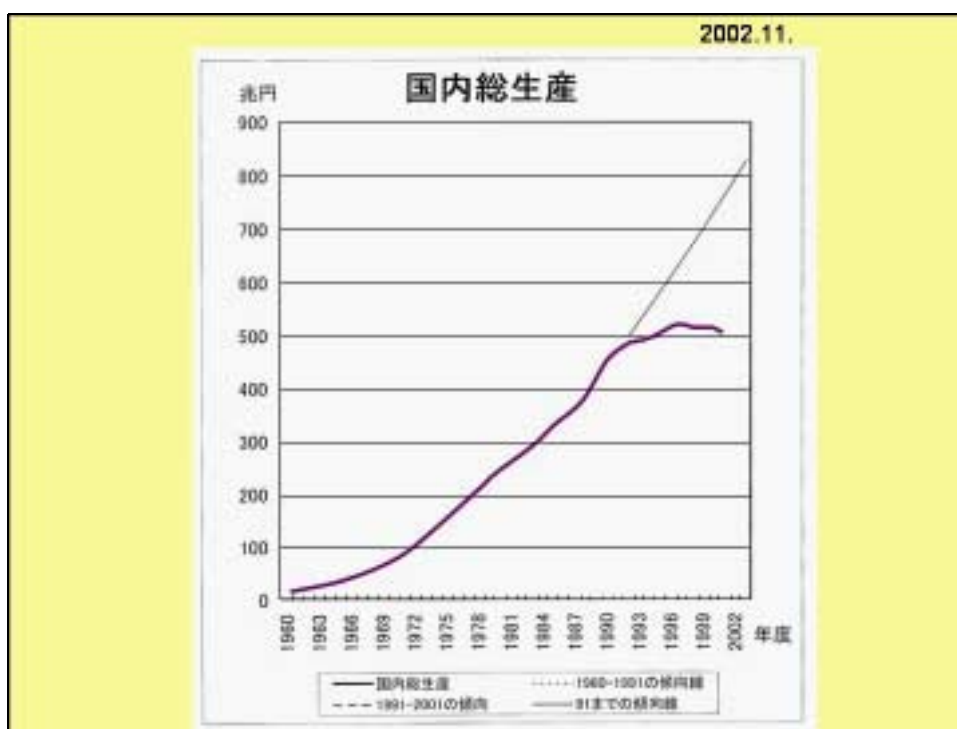
それから、今年の9月1日にカネボウが、ビューティモイストという「ナノテク下着」を出しました。モイストというのはちょっと湿り気のようなものですね。要するに、より細かい繊維で皮膚の感覚があるようなすぐれたものです。東レはナノ繊維やナノの技術によって非常に強いプラスチックをつくるとか、やはり、最近出てくるものというのはほとんどナノの技術が使われています。ですから、ナノテクは未来技術だというふうに思わないでください。

それから、先程のハードディスクにしても化粧品にしても、そんなにお金のかからないアプローチで、いろいろなナノの製品が実際に我々の生活の中に入ってきているということをご理解いただきたいと思います。

今、日本の経済を支えているナノテクノロジー

そうすることで、ナノテクは未来技術かという、決してそうではありません。いま既に我々の生活に入ってきているんですよということを一つ強調しておきたいと思います。さらに言えば、実は私たち日本の経済を支えているのがナノテクノロジーであるということも言えると思います。これから、日本が技術競争力を国際的に持つことに対する背景

を少し考えてみたいと思います。



この図は、国内総生産（GDP）の移り変わりを示しています。1960年代からは我々は右肩上がりの成長を遂げて、1990年代に至ってさらに増え続けるだろうというバブルの時代を迎えて、ほぼ500兆円というところでGDPはピタッと止まってしまいました。なぜこういうふうになったかというのは、もちろん金融政策とかいろいろな問題がありますが、科学技術の面から見るとこういうことだと言われています。それは、ちょうど90年代ぐらいは物をつくる技術が世界中に広がってグローバル化が進み、普通の製品であればタイや中国、台湾、韓国などで安くできるようになったということです。

日本はそれまでは、作れば売れてどんどん成長してきましたが、こうしたことによって急に売れなくなりました。物をつくっても、でき過ぎてしまいました。しかも、安いものが外から入ってきているので競争力がなくなったと見られています。したがって、このころから特許や知的所有権が重要で、他にできないものを高い技術で作る、本当に欲しいものを作ることの必要性が言われてきているわけです。これは、もちろんそのとおりです。実は、日本はそれをしてきたので、この500兆円のところで高止まりしているというふうに考えられます。

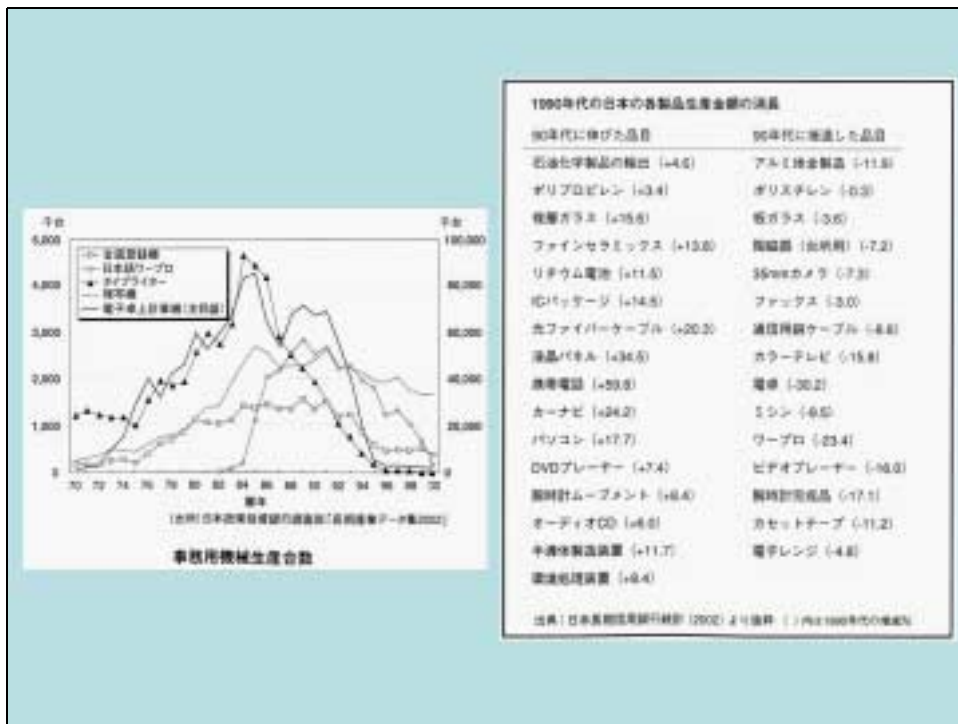
それはなぜかという、もし90年ぐらいに競争力を失って負けてしまったとしたら、ここで一挙にズーと落ちていってもいいわけです。ところが、そうではなく500兆円という大きなものを保って輸出力を持っているのが現状です。その内容を見てみます。



まず、名目のGDP約500兆円の内、製造業が25%を占め、また輸出入額については製造業が70%を占めており、日本は物づくりで輸出などのお金を稼いでいるのです。これを2002年で見ると50兆円の輸出をしており、それだけの力を持っていますので、海外から安いものが入り、我々は競争力を失って何も外に出せないかという、そうではなくて50兆円を外に出しているのです。

ただ、問題は中身です。どうやって50兆円を稼いでいるかという、第一には輸送機器、これは自動車典型であり、トヨタなどがものすごい力を持っていて11兆円を稼いでいます。もう一つは電気機器、半導体の電子部品など、これもやはり12兆円ぐらい輸出しています。それから一般機械も10兆円以上です。これに比べて、金属や繊維、非鉄などはこの間グッと弱くなってきました。つまり、上の三つを合わせて30兆円以上で、すごく強い輸出力を持っているのです。この強いところが、先程言った50兆円を稼ぐ、外に対して競争力を持っている分野です。

では、この正体は何かということですが、その強い物を輸出する能力がずっと増え続けて90年代以降落ちていないのです。ここにあるように、ひたすらどんどん上がって、2003年を見ても予想では54兆円ですから、この辺ではずっと伸びています。いつも輸入より10兆円くらい上回っており、我々は、ほかの国に比べて豊かな生活をさせてもらっているわけです。この正体は先程の三つがメインですが、一番大事な点は、次々と中身が変わってきており、例えば卓上計算機など、ある年代になると台湾とか韓国ができるようになり、そうすると、日本の国内ではずっと落ちていくわけです。

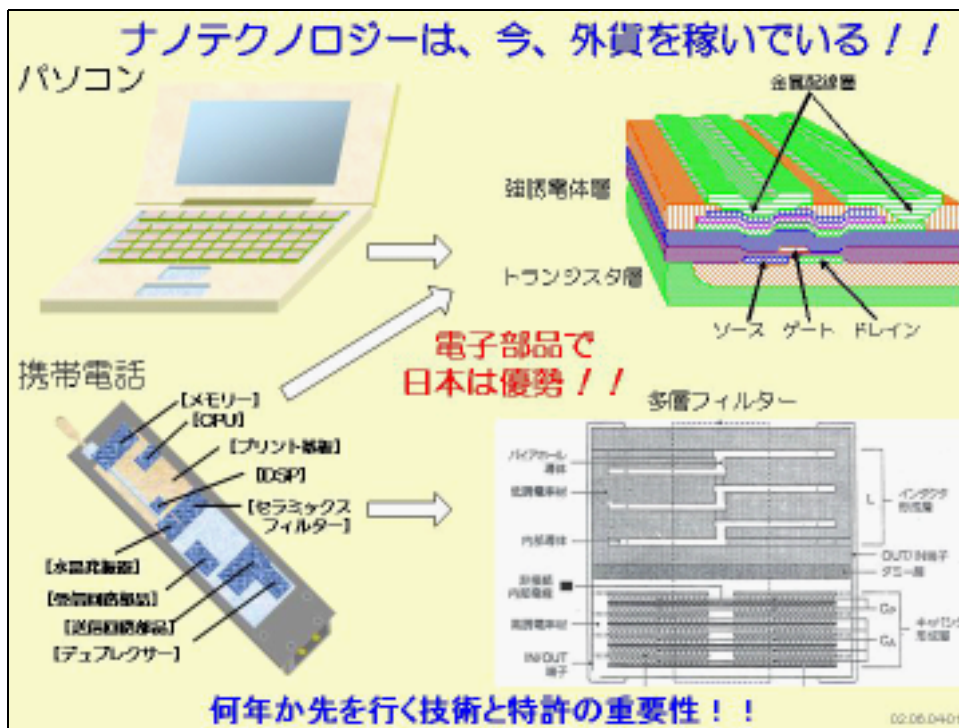


そういうふうにして、90年代に後退した品目、90年代に伸びた品目というものがあります。アルミの地金製造はたくさんの電力を使いますから、日本に適していないので、衰退していきます。それから、陶磁器ですが、台所用のもの、一般的なセラミックス、これは台湾や中国とかでできるわけです。そのために、衰退しました。しかし、そのかわりファインセラミックス、ナノメートルの粒子まで制御して非常に高性能で高純度なセラミックスがグッと一気に伸びるわけです。

同じように、カラーテレビなども組立技術が海外でできるようになったので衰えました。しかし、携帯や液晶パネルといったものがグッとこの90年代に伸びました。これを見ると、明らかにある方向に向かっていきます。つまり、大体その技術がほかの国にいて、その国でできるようになると日本では衰えていくのです。ですが、このセラミックスでもわかるように、必ず我々はさらに高品質で細かく、しかもきちんとした製品を作って売って、それで右肩上がりにひたすら伸びているのです。こういうものを、やはりこれからも続ける必要があります。実は、そこに一番大きく寄与しているのが中小企業です。日本では90%以上が中小企業ですが、大企業でまとめるにしても、その元になっているいろいろな部品や材料は、非常に優れた中小企業がそれに関与しています。

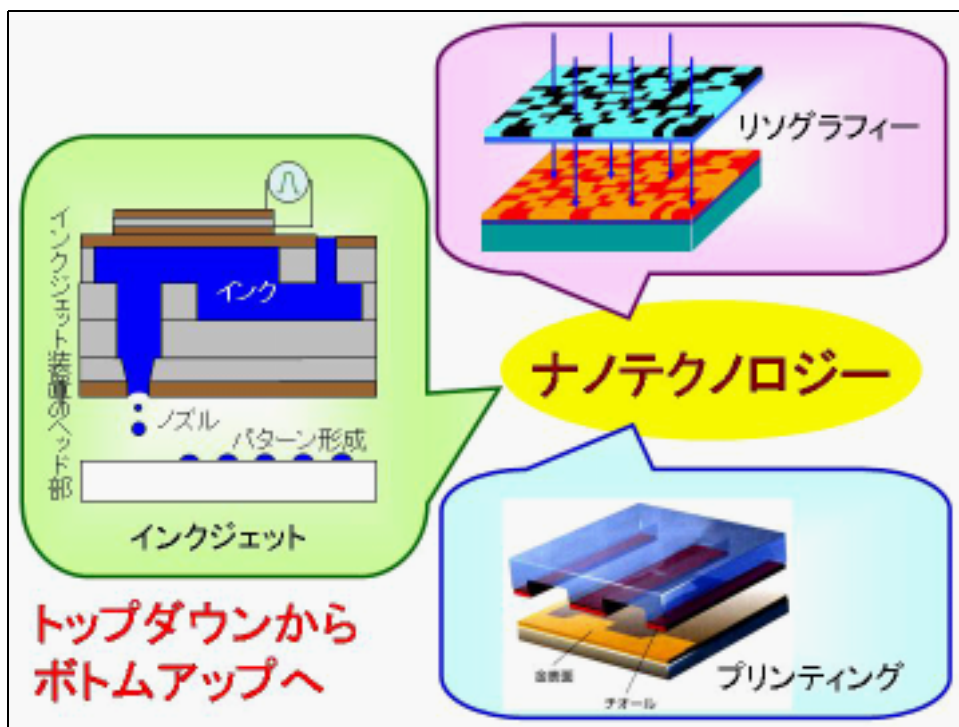
このように、日本は先程言った11兆円を稼いでいる電子部品で非常に優勢を保っています。つまり、パソコンや携帯電話の中を開けてみると、電子材料がいろいろ入っています。例えば、このDRAMと呼ばれるものとか、FRAMと呼ばれるトランジスタは、むしろ、いま韓国に負けつつあります。なぜ負けつつあるかということ、こういうものをつくるのに、例えばニコンのステッパーをお金を出して買って、東芝を定年かクビになったノウハウを

持っている人が、韓国に行って教えたらしちまちそんなものはできてしまうわけです。だから、日本がここで勝つためには、より優れた微細加工技術の何年か先をいくものを手にしない限り勝てないわけです。



ところで、これはいま非常に日本が強いのです。それは、ファインセラミックスです。例えば、携帯電話の中に入っているフィルターなどはLC回路とありますが、金属とセラミックスとの積層構造をしています。これは4層ぐらいですが、10層、100層、500層ぐらいになります。それが0.2ミリ、0.6ミリというゴマ粒よりも小さなところに全部入り込むわけです。そして、ここに使うセラミックスの粉末などはナノメートルで、しかも粒形がそろっており、そういうものを作る技術を持った中小企業が納入して、それを使ってこういうものを製品化するわけです。例えば、村田製作所とか、京セラとか、TDKとか、ロームとかが世界中に輸出しています。だから、こういう分野では何年か先に行く技術と特許の重要性が認識されます。

こういう分野の競争は正直言って激しいのですが、中小企業にとって非常にグッドニュースがあります。それは、いままでこういう細かい回路を書いたりするのはリソグラフィという方法を使いました。リソグラフィというのは、マスクがあって、光を入れて小さく縮小投影して露光するわけです。光が当たらなかったところを後で薬で溶かして捨てるというふうになっているので、ものすごく無駄な資源が出ていたわけです。



この設備にはものすごくお金がかかっていました。ところが、最近、インクジェットが急激に進んできました。それから、プリンティングというハンコみたいなものができてきました。例えば、インクジェットも普通のプリンターとして使う分にはそんなに小さくなくていいのですが、ナノリットルというインクがポッと1滴出ると結構滲みます。それが、技術革新によってピコリットルという1,000分の1になりました。最近ではフェムトリットルという、そのまた1,000分の1の液滴をポッと出すことができます。そうするともう、ナノメートルの精度でインクジェットで線を描いていくことができます。こういうものは、「1個だと遅いんじゃないの?」と言われるかもしれませんが、こういうヘッドを何個も並べて一気に描けば、資源の無駄をしないでいろいろな模様が描けます。それから、このプリンティングというのもそうですが、金型が非常に進んできてナノメートルのところで制御できるようになり、いきなり分子を1個吸い上げて、移してポンと押すということもできるようになります。

**エプソンは製造技術に応用へ
資源生産性は200倍に**

通常の印刷

自己組織化技術を
適用した印刷

ソニーはナノ材料で顕微鏡
新しいX光電子顕微鏡を製造
最新のScanning Tunneling Microscopy (STM)技術を用いて、エプソン
のインクジェット印刷の原理を再現し、フ
ォーレンの顕微鏡と同様の原理により、印刷
パターンを形成

官能基 フラーレン
Photo: ST

MBCはナノ材料を電極に
白金触媒の分解に成功
ナノ材料カーボンナノチューブ(左)と
白金触媒の分解に成功したエプソン
のインクジェット印刷の原理を再現
し、カーボン触媒、触媒が分解さ
るに成功している

日経エコロジー

Hot Embossing

Hot Embossingは、熱による成形
の一種で、高精度の成形が可能。
The Perfect Solution for Manufacturing of
Micro-Optical Components

Hot Embossing

Ideal solution for highest aspect ratios and gratings
with Jenoptik's integrated de-embedding feature

Hot Embossingは、熱による成形の一種で、高精度の成形が可能。
The Perfect Solution for Manufacturing of Micro-Optical Components

**金型技術に
までナノテク
の波が！**

Jenoptik HEX03

- High-end embossing solution
- Pressing force up to 200kN
- Temperature up to 500°C
- Mold non-orthogonally
- Automatic mold release
- Optical alignment with

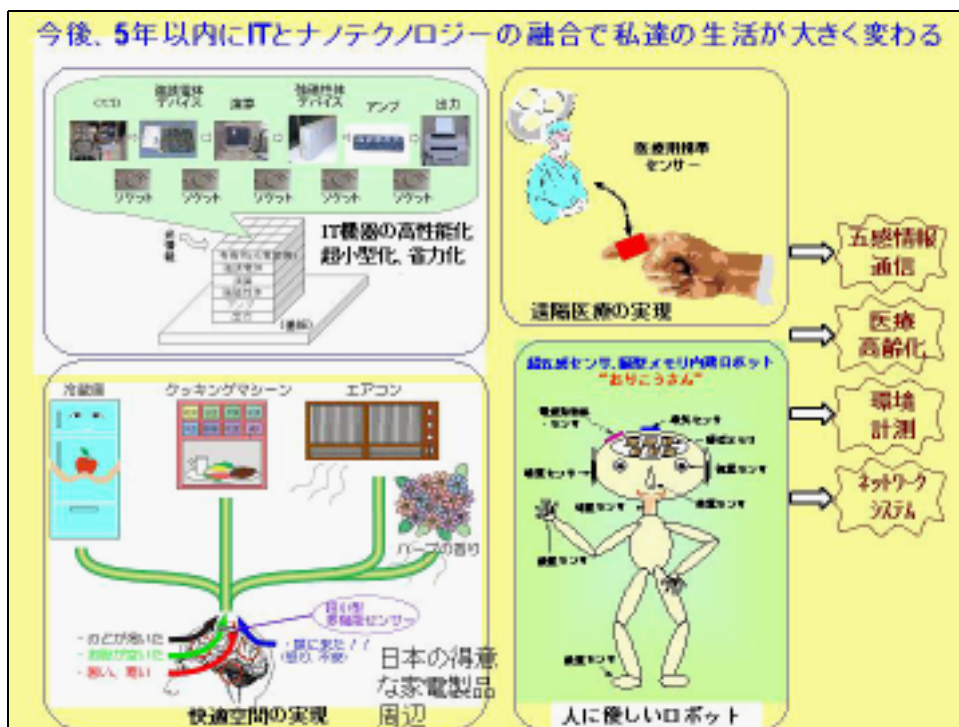
ですから、技術革新もあり、流れは中小企業にとっていい方向に向かっています。また、エプソンの技術ですが、インクジェットのノズルから出た液滴は、位置合わせが難しいからいろいろな不具合を生むところを一番初めにちょっと光を当てておいて、水に馴染みがあるところとないところというパターンをつくり、それを、後は少々荒っぽいものでインクを出してもきちんと並べることができます。要するに、頭を使ってナノのプリンティングなんかは容易にできるようになるというふうになっています。それから金型、もちろん自動車に使うような大きな金型もありますが、だんだんと精度が上がってきて、こういったマイクロレンズやグレーティング、そういうものをつくるようなホットエンボスで熱をかけてボンと打ち抜いた金型、そういうものもナノに入ってきています。

我々はこうした新しい技術の移り変わりを見ていて、常に自分たちのところにうまく取り入れていくことが必要です。なぜかと言うと、実はアジア諸国、特に韓国、台湾、こういうところでナノテクノロジーの重要性を我々以上に感じ始めているからです。最近北京に行った人から、北京の郊外に、ナノテクをうんと取り入れて日本に負けない技術をそこに入れようという、そういった工場を見て来たという話を聞いています。台湾などでは、日本以上に中国の脅威があるので、よりすぐれた技術で、しかも、限られた大事なところに研究資金を組み込んでいくためにナノテクを推進しているのです。

ヒューマン・インターフェース産業をナノテクで推進

このように、実はナノテクは未来技術ではなく、いま既に産業化されているものが、たくさんあります。これを私は、「第1世代のナノテク」と呼んでいます。これがいま既に、ある意味では日本の経済を支えて、大量のお金を稼いでいる日本のお家芸というべき重要な技術です。第2世代のナノテクは、今後2～3年から5～6年で実用化されるような、ナノテクノロジーです。それについて、これからお話しします。

第3世代は、国会図書館の情報を砂糖粒、角砂糖に入れてしまうという技術ですが、これは、10年から20年かかると思います。今日はこの話ではなくて、第2世代の話からいたします。ここでも、中小企業が活躍できる場所は非常に多いと思います。それでは、どんな分野で、しかもどんな方面でナノテクが応用されていくかということ、結局はヒューマンインターフェース産業にナノテクがフルに使われていくと思っています。ヒューマンインターフェース産業というのは、ヒューマンインターフェースは人間インターフェースです。要するに、人にやさしいデバイスやシステムです。これからは、高度化するといっても、単に早い、それから単にたくさん情報が組み立てられるというのではなくて、使いやすい、便利な、そういったいろいろな製品群のニーズがあるからです。

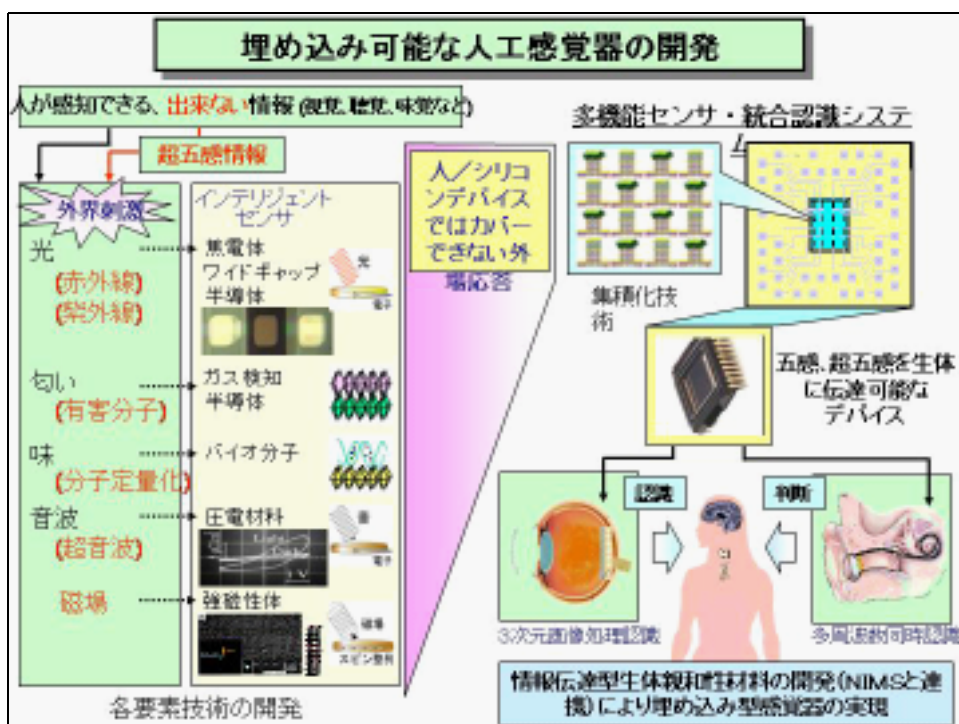


それになぜナノテクが使われるかという、ナノメートルのテクノロジーを使うと、1枚のチップの上にCCDカメラとかパソコンなどがどんどん詰め込まれていく、システムオンチップという形です。こういうものは大企業で得意とするかもしれません。しかし、もう一つは、こういうものを使って家電製品にうまく組み込んで非常に快適な空間をつくるような工夫、例えば、ロボット応用です。ロボットは日本が非常に強いのですが、全く未発達の状態です。例えば、ロボットのセンサーとしてうまく使うとか、それから、医療応用でこうした小さなチップを使って遠隔医療を実現するような商品にしていくというような、工夫次第でナノテクが使われたいろいろな部品が我々の生活を便利にするために使われるという意味で、大きな市場というよりは今後活躍する分野です。それから自動車、これはまさにセンサーや、いろいろなナノテクの部品や材料が今後も使われていくでしょう。現状を見ても、ナノ微粒子入り強化ポリマーとか、塗料、いろいろなセンサー類、また、エンジンの合金であるとかいろいろな材料、こういうところにナノの材料やシステムが使われています。

ナノテクノロジーで人間の体の部品を創る

こういう中で一つ大事なのが、人間の体の部品をつくるという方向、これは決して人造人間をつくるとかそういう意味ではありません。これから高齢化の時代を迎えます。最近も、年金は年をとった方はたくさんもらえるけれども若い人はもらえない可能性があるという、それぐらい年をとった方が増えてしまったわけです。そうすると何が起こるかとい

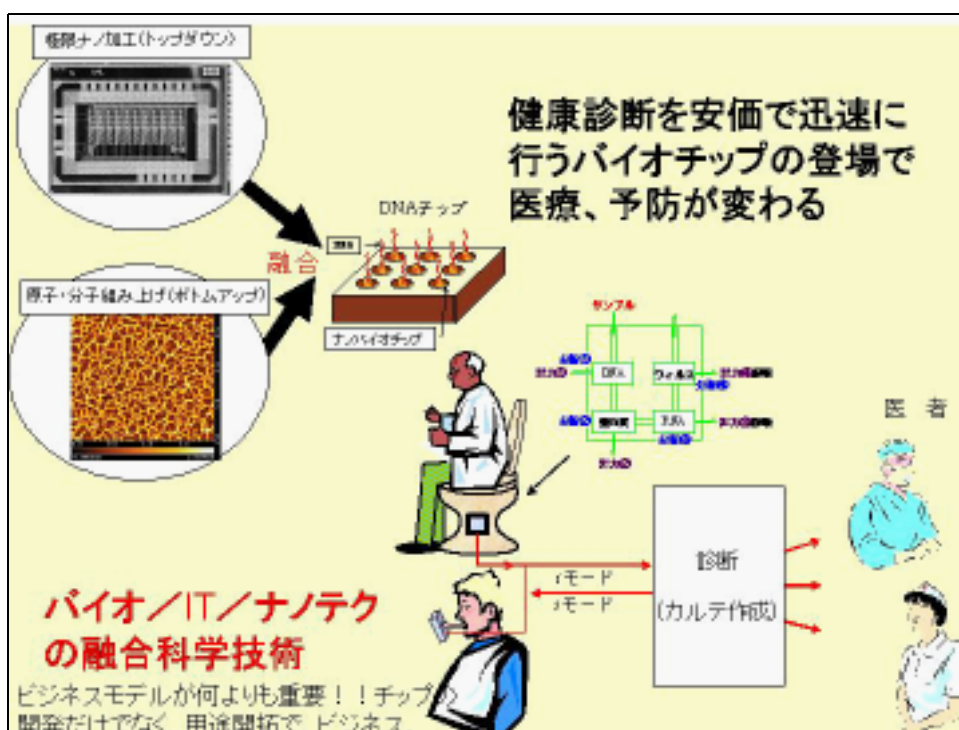
うと、どうしても体にいろいろな不具合が出てきますが、これはもう仕方ありません。関節などもちょっと痛いとか弱っている人がいるんじゃないでしょうか。また、できれば腰の辺りを人工骨で置きかえたいという人がたくさんいます。文部科学省のナノテクのプロジェクトで人工骨をやっていますが、「いいのができたら取り換えたい」という人からよく電話がかかってきます。それから、ペースメーカーや補聴器、入れ歯、そういったものいろいろな意味で人間の体の近くで使われるようになってきています。今までは、こういうものを作ろうとすると、ローテクでいろいろなものを作ってきました。



しかし、こここのところ、随分変わりつつあります。例えば、人工骨などもそうですが、生体適合ナノ粒子というハイドロキシアパタイトというもので人工骨を作ったとします。体に入れると拒否反応が起きて、ものすごく痛いのです。体というのは異物をすぐ認識します。ところが、この粒子は、コラーゲンと一緒にナノストラクチャを作って、2ヵ月から3ヵ月するとスーッと本当の骨と入れ替わってしまいます。ですから、ナノメートルの材料でこういうものを作るといのが大変大事な方向です。それから、人工臓器でいろいろなポリマーの類とか、人工感覚、例えば、実際に目が見えなくなってしまう場合に半導体で置きかえようという研究も進んでいます。匂いのセンサー、味のセンサー、音のセンサー、こういったものをいろいろな人工的なもので作って、そして体に埋め込むかどうかは別として、体につけて人間の体の動きを助けるということは、特にこの高齢化時代には大変重要なことです。

生体情報処理～ナノバイオチップ

このような工夫の中で、何かデバイスをつくる材料が必要になると、ナノテクが必要になります。それは、いろいろな組織が身体に馴染みがないといけないからより小さくしなければいけないし、より高機能が必要とされます。それが、バイオチップの出現によって、今後随分変わるのではないかと思います。バイオチップには、DNAチップとかプロテインチップというのがあります。DNAチップというのはこういうようなものです。例えば、ナノテクを使って板に非常に微細な加工をします。そこにDNAを生やすわけですが、これは標準のDNAや長いDNAを適当に切って、そこへ順番につけていきます。そうすれば、人間の体のいろいろな遺伝的な部分が順番に並んでいるチップができるわけです。



このチップを持っていると、例えば、私のDNAを同じように、ブツブツと切ってそこにポツと入れたとします。そうすると、標準のDNAと私のDNAが違わない場合は、クルクルと二重らせんを巻いてくれます。二重らせんを巻くと、私のDNAが標準と同じということになります。そこに何か光る材料でもつけておくと、クルッと巻いてくれるとピカッと光るということで、光ったら私のDNAは標準と同じであり、光らなかつたら標準と違うわけです。例えば、私が高血圧の遺伝的なDNAを持っているとすると、それを標準の高血圧でないもののところに入れると、グルッと巻いて光りません。そうすると、私は高血圧の気があることがわかります。このようにして肥満の気があるとか、極端な場合は「あなたの寿命は短いですよ」とか、全部わかります。

DNAで全部分析するのがいいかどうかは別です。ただ、そういうものができる、例

えば保険会社などは、元をにぎることができるので、非常に情報を欲しがります。ですから、私は、保険会社に売られたら保険金が安くなってしまわないかと思うので、DNAチップで自分のものを測ろうとは思いません。そういう使い方ではなくて、産地特定、松坂牛であるかどうかというのが瞬時にわかるわけです。コシヒカリが魚沼産であるかどうかなどもわかるのです。では、なぜ今使われないのか、それは、値段が高いからです。このDNAチップは今実際に実用化されつつありますが、1枚15万円もします。しかし、最近いろいろな会社から安くて、1枚100円とか500円で、しかも迅速に5分とか10分で分析を行うようなものが出始めました。ただ、チップは安くなったけれども周りの測定器がまだ大きいとか、問題はありますが、そういう方向に向かっています。

こういうものができると何がかわるかといいますと、先程のようにいろいろな使い方ができるのです。新しい商売、新しいビジネスモデルが出てくるのです。バイオチップで、なめてみて唾を分析するというような、健康診断ができるヘルスケアチップが出てきます。そうすると、この人の健康状態などがわかるわけで、普段からそういうものをつけておき、異常があればお医者さんに行きます。例えば、がんにかかるときというのは大概、半年前からマーカーというものが出始めます。そうすると、安くてすぐに分析できるのであれば、一週間に一回とか、場合によっては毎日分析できます。そして、マーカーが出てきたらすぐに早期治療できるわけです。今、それができないから大概はがんになると手遅れになってしまうのです。



が起きているというのがわかります。

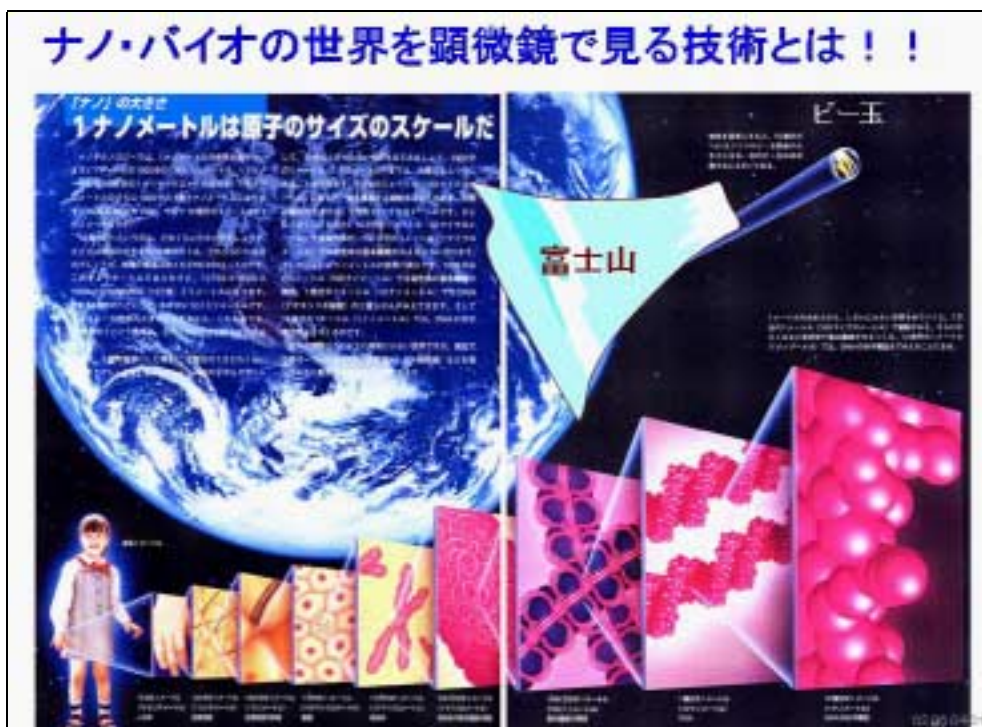
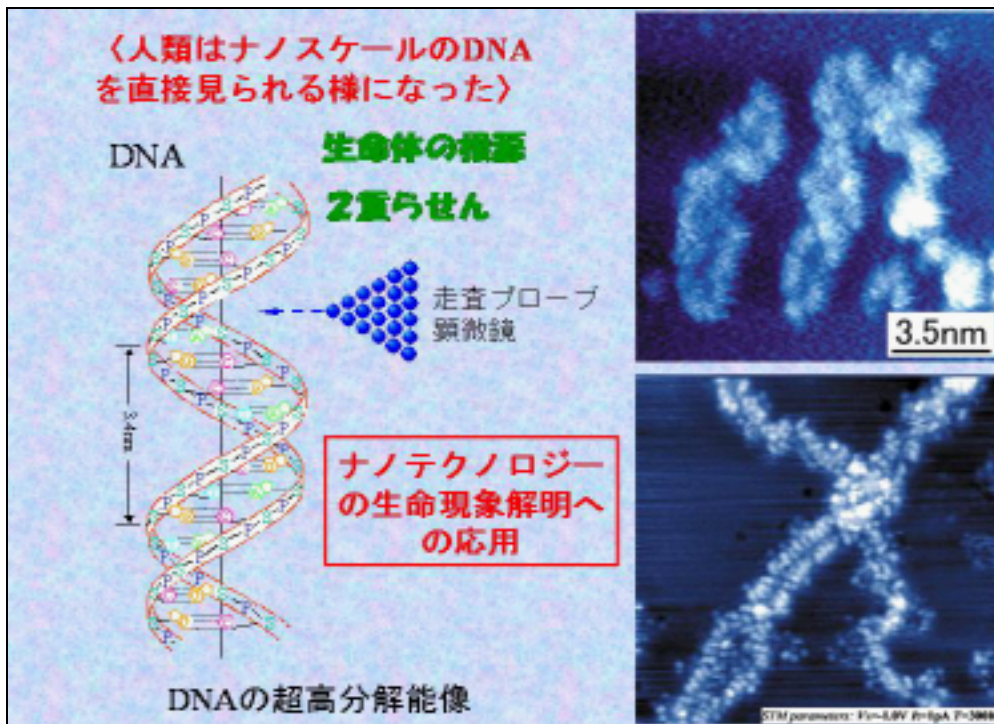
こんなものもおもしろいと思います。これは金の微粒子がありまして、そこにDNAのフラグメントという短いものをつけておきます。これが、肥満の部分をつけたとして、私のDNAのそこに当たる部分を入れてみるわけです。もし肥満の気があると、肥満の遺伝子の部分をクルクルと巻いて金同士がつながってしまい、金が凝集して色がパッと変わるので、「ああ、私は肥満の遺伝子を持っているのだな」というのがわかって気をつけるようになるわけです。まあ、わかったからといって食べるのをやめる人はいないかもしれませんが、アレルギーの遺伝子であるとか、いろいろなことがわかります。

自分たちのところでこういうナノの微粒子をつくるのもいいかもしれませんが、大企業よりもむしろ中小企業の方は、そういうものを応用していろいろな商品にしていくのに向いているのではないかと思います。

プローブ顕微鏡技術～ナノテク技術の基礎を身につける

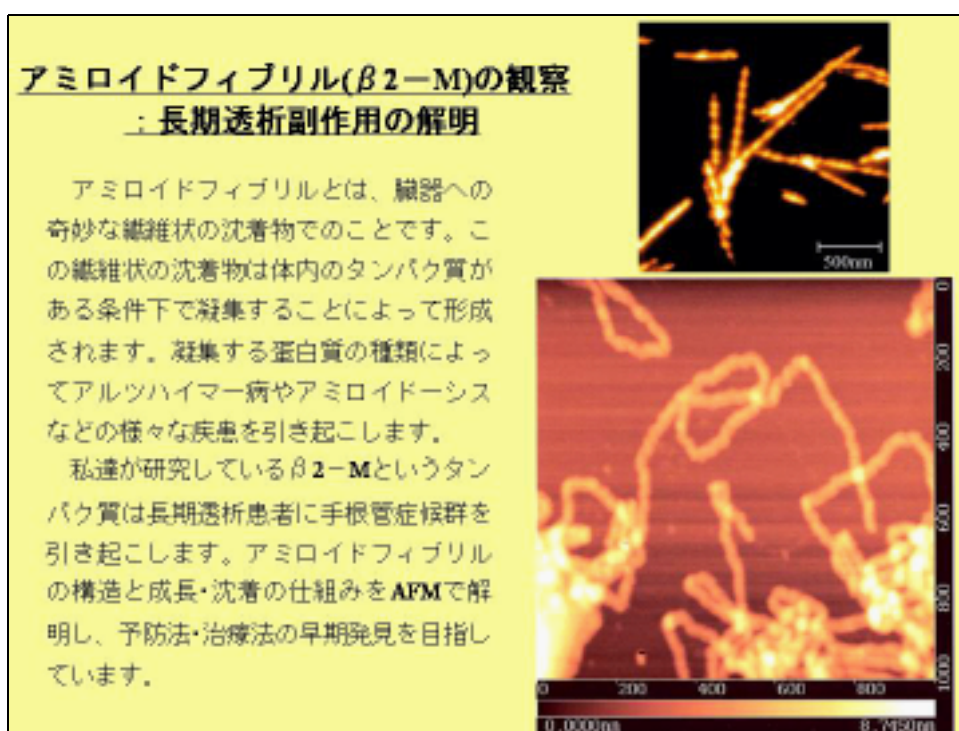
私がいままで講演していて中小企業の方から非常によく出る質問は、「自分たちはナノテクをやりたいし、実際にやっていると思う。しかし、一番の悩みはできたものが本当にナノメートルのものかどうか、そういう測定器を持っていない」と言うことです。私たちは大学にいますのでそういうものが周りにゴロゴロしており何の苦労も要らないわけですが、中小企業の人からすると、「こういう粉末とか製品をつくったが、本当にナノメートルができていないかどうか調べようがない」と言うことです。それに対して非常にいいシステムがありますので、その紹介をします。

まず、プローブ顕微鏡というものがあります。これはどういうものかという、例えばDNAですが、この二重らせんをしているDNAに、針を近づけます。針を近づけていくと、ぶつかる寸前に少しトンネル電流という電流が流れます。それを検知しながらたどっていくと、二重らせんとか、それぞれの塩基、DNAのATGCなどが見えてきます。こういうナノメートルのものをみる技術というのが、最近非常に多く出てきて発達しています。これは、実はよく考えてみると非常に大変な技術です。



仮に、ある人間の身長を1メートルとします。DNAというのは2ナノメートルです。この人がDNAを見るというのは、地球がビー玉を直接見ているようなものだと言えます。そして、針の先で見ると言いました。針というのは、先程と同じ譬え方をすれば、富士山ほどの大きさになりますが、その先でビー玉の形をなぞりながら見るということになります。

す。そこで、みなさんが不思議に思うのは「富士山でどうしてビー玉の形がわかるのか」ということだと思います。実は、富士山にも頂上があります。その一番高いところに神社があり、だれかが石ころを置いています。その石ころの大きさは、大体1センチとか2センチくらいです。ですから、富士山の根元を持って、その一番上の石ころの先でビー玉の形をなぞって検知するという技術なのです。



先程のDNAなどは世界的にも難しいデータですが、これを使うとこんなこともできます。例えば、針の先のたんぱく質がアミロイドフィブリルという繊維状になっているものがあります。腎臓の悪い長期の患者は透析をしますが、このアミロイドというのは臓器に残ってしまいます。このファイバーが体の中で、関節などに集まりチクチクして大変痛いのだそうです。プローブ顕微鏡でファイバーを見ますと、大きさは500ナノメートルで大変細く、本当に針のように尖っています。これが体を刺して痛いわけです。

それでは、痛くなくするにはどうしたらいいかと言いますと、これをふにゃふにゃにして針でなくせばいいわけです。そのために、患者さんはディムソーという溶媒を飲むのだそうです。それを飲むと、針のようなファイバーがふにゃふにゃに変わります。それを、直接針の先で観察することができます。こういうことができますので、ある状況に何か薬を入れたらどのように変わるかということ、人体実験ではなく、プローブ顕微鏡で見ることができるわけです。

ですから、最近ではナノメートルのものを直接見ることができるので、自分たちが微粒子をつくったかどうか、また、自分たちが加工したけれどもそれがナノメートルかどうか、バイオについてもナノメートルのものをきちんと制御できているか、ということがプロー

プローブ顕微鏡でわかるわけです。「いや、私のところはプローブ顕微鏡を持っていませんよ」と言われるかも知れませんが、文部科学省でプロセスファウンドリーというシステムを作りました。これは、日本のいろいろな大学にあります。

大阪大学 産業科学研究所
産業科学ナノテクノロジープロセスファウンドリー

プロセスファウンドリーの設立

有機・無機・金属材料を用いた機能性薄膜ナノデバイスの研究に必須の施設と装置を一箇所に集めたファクトリー — プロセスファウンドリー — での研究支援

● 支援内容

(1) 有機物、無機物(酸化物)の薄膜形成・人工格子作成: 作製
(2) バイオ・有機、無機薄膜試料の微細加工とデバイス化: 加工
(3) バイオ・有機、無機薄膜の物性測定とデバイス評価: 測定

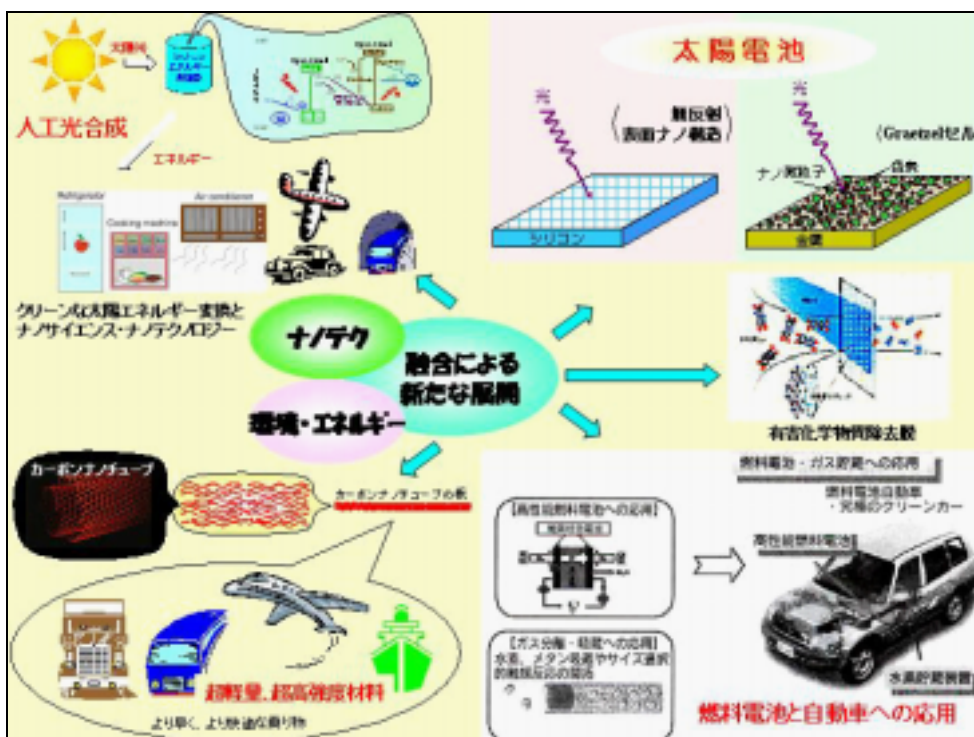
● 支援申込窓口

TEL: 06-6879-8446 (ファウンドリー担当とご指名ください)
E-mail: foundry@sanken.osaka-u.ac.jp
URL: <http://www.sanken.osaka-u.ac.jp/fabs/foundry/>

● 申込受付期間

随時受け付けます

例えば、大阪大学であれば、私が主任になって、いろいろな薄膜をつくったり、加工したり、測定したりするのを請け負います。それで費用は幾らぐらいかかるかといいますと、実は文部科学省が負担してくれるので、無料です。私は、「ただだと思ってたくさん頼まないでください」というようお願いしています。ですから、何らかの意味があるようなものであれば、こういうところに持って行くと、普通ではできないような、プローブ顕微鏡で測定をしたり、膜をつくったり、いろいろな加工をすることができるわけです。これは文部科学省のウェブサイトにありますので、自分の近くを探してそこに申し込めば、そういうことをやってくれます。このようにすれば、中小企業が自分で持っていなくても、うまくナノテクに入っていくことができます。



中小企業の人々は、環境エネルギーに特に興味を持っている人が多いので、それに関して非常におもしろい方向があります。それは、太陽電池に関するものです。エネルギー・環境というのは、先ほどお話ししたように、燃料電池もあるし、カーボンナノチューブという

ものを使って軽くて強い材料をつくるという動きもありますが、一つの例として太陽電池の話をしてします。

色素増感太陽電池の大面积フィルム化に成功
関西ペイントと東北大学多元物質科学研究所

二酸化チタン多孔質(メソポーラス)電極断面の電子顕微鏡写真

当社は、東北大学多元物質科学研究所と共同で、次世代太陽電池の本命として注目される色素増感太陽電池の研究に成功いたしました。この太陽電池はフィルム型のため、従来のシリコン型と比べ大幅な軽量化とフレキシビリティを達成しており、従来では不可能だった様々な場所に設置できるメリットがあります。色素増感タイプは、太陽光が有機色素に当たると電子が飛び出す原理を利用したのですが、光半導体となる酸化チタンの微細分散、基材への均一塗布とダメージを与えない低温焼結がネックとなっていました。今回当社の原料分散技術と塗装技術に、東北大学によるマイクロ波を利用した焼結手法が加わり、太陽電池の大面积フィルム化が実現いたしました。

*関西ペイント株式会社(世羅鶴也社長)と東北大学多元物質科学研究所(仙台市、中西八郎所長)は共同研究によって塗装技術による色素増感太陽電池の大面积フィルム化に成功しました。
*次世代の太陽電池の本命としては、色素増感太陽電池が注目されているが、その最大の理由は、従来のシリコン型太陽電池に比べて、製造が容易であり、発電コストも現行の発電方式(化石燃料による)と同等であるため。また、色素増感タイプは導電処理フィルム等を使用して形状がフレキシブルな電池を作成できる可能性が有ることも魅力。

太陽電池といいますが、みなさんはシリコンの太陽電池を思い浮かべます。あれは色が黒くて硬いものですが、最近は色素増感型の太陽電池が研究されています。これは、金属の上に、小さなナノの粒子と色素を一緒にしてペンキみたいに塗っていきます。そうすると太陽光が色素に吸収されて、そこから電子がナノ粒子に移り、電流が取れるのです。

どうしてこれがいいのかというと、シリコン太陽電池は硬くて折れなくて黒いわけです。ところが、これは、いろいろなものの上に塗っていくことができますのでフレキシブルです。しかも、大面积をペンキのように塗ることができます。これは昭和電工の報告ですが、歩きながら携帯電話の充電ができるようにかばんのところにシート状の太陽電池を塗っておいて、そこで発電して携帯に充電するわけです。他に、ピクニックに行ったときにこれで発電してラジオを聞いたりします。それから、私が興味を持っているのは、夏、服にカラフルな太陽電池を塗って、中をワインクーラーのような原理で冷やせば、ペルチエ効果によって、熱くなればなるほど太陽電池を発電してくれて、体を適当に冷やすぐらいの電力は十分に得られます。こうしたいろいろな応用ができて、しかも、このつくり方は結構簡単です。スプレーで塗装したり、適当に液に浸けたりするだけでできてしまいます。



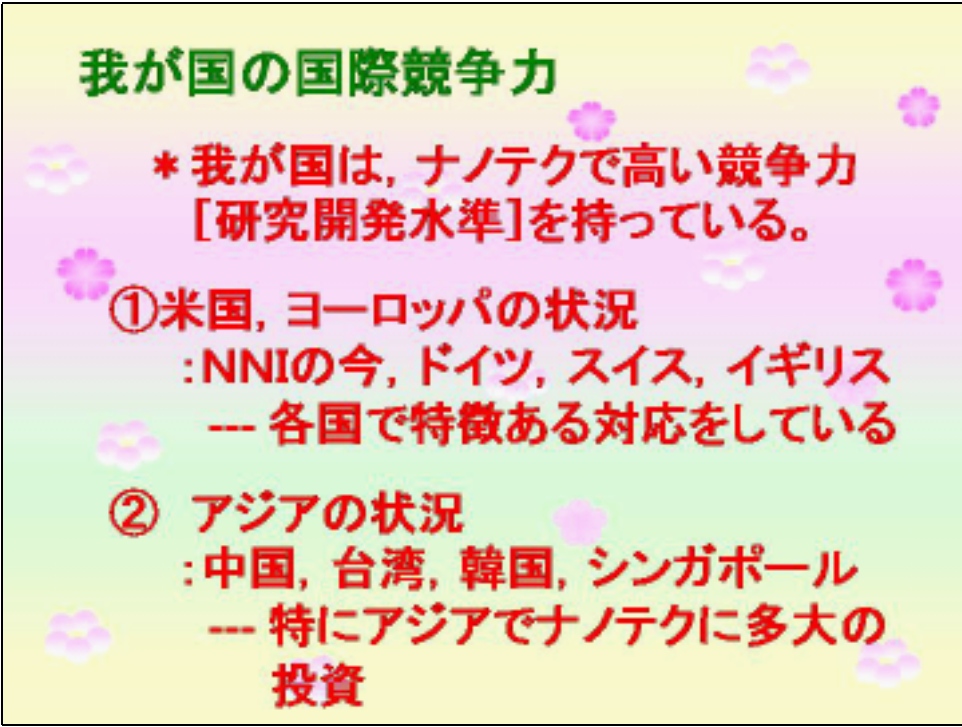
このように、お金をそんなにかけないで、ナノのテクノロジーを利用するという意味では、一つの大事な方向ではないでしょうか。岐阜大学の箕浦さんたちの、「カラフル太陽電池」というウェブサイトに掲載されていましたが、ナノ粒子に色素を入れたものと、いろいろな色が出せます。例えば、車庫の上を塗っておいてある程度充電の足しにするとか、パラソルのところにつけたり、自転車にカラフルな太陽電池を塗っておいたり、また、犬小屋の屋根に塗っておいて、夜はきちんと光るようにしておく、というようなことができます。

それから、ファッションに関連しますが、洋服に太陽電池を塗ります。シリコンだと硬くて洋服にもなりませんし、黒ばかりになってしまうわけですが、これには赤や黄色のように、いろいろな色がありますから、太陽電池で、小さな小型の分散システムとして発電をします。日本のエネルギーは半分が民生ですが、自動車などを除いて、普通に使えるものが4分の1位あります。そういうものに使うということが重要です。必ずしも、エネルギーの効率がシリコンほど高くなくていいわけです。シリコンというのは、一番高いもので、16%程度のエネルギー変換効率を持っていますが、この色素増感型というのは7%位です。パッと塗っただけですと4%位ですが、それで十分です。そんなにたくさん発電しようとするのではなくて、ペルチエ効果で体を少し冷やすくらいでもかなり違うわけですから。また、携帯を少しずつ充電していくということでもいいわけです。

そういうふうに発想を転換すると、まさにナノでつくられたいろいろなテクノロジーが生活に入ってきて、かつ、いろいろなビジネスが生まれてきます。

いずれにしても、我々はメートルの世界で生活しています。自動車にしても、ビルディングにしてもいろいろなものがメートルです。しかし、肝心なことは、そこで使われる電子材料、アンテナ、高周波、エネルギー関連の電池、通信機器、携帯電話など、そういうものは、全部ナノメートルで制御されたような材料、新しいシステムに置きかわっていくということです。そのときのキーテクノロジーが、ナノテクノロジーだということです。

残りの10分位で、全体的な外国との比較とか、そうした話をしたいと思います。まず、我が国はナノテクにおいて強い国際競争力を持っています。「それはなぜですか」とよく聞かれますが、これは日本人に向けたテクノロジーではないかと思えます。大体、日本人は結構きちんとした性格で、質のいいものを非常に精密に作っていく技術は得意です。それから、縮み志向とも言われますが、より小さなものにしていくという方向も得意です。ウォークマンもそうですし、携帯も生まれました。その中の、一つの極限技術がナノテクノロジーです。ですから、日本人のDNAに合ったテクノロジーです。ただ、アメリカ、ヨーロッパ、アジアでも、これは重要だということで、いろいろな研究・対応をしています。アメリカ、ヨーロッパよりも、中小企業という観点からするとアジアでの動きに目を向けると、状況がわかると思えます。



我が国の国際競争力

*** 我が国は、ナノテクで高い競争力
[研究開発水準]を持っている。**

① 米国, ヨーロッパの状況
: NNIの今, ドイツ, スイス, イギリス
— 各国で特徴ある対応をしている

② アジアの状況
: 中国, 台湾, 韓国, シンガポール
— 特にアジアでナノテクに多大の
投資

例えば、中国が日本の製造を全部移すためには、中国に拠点が1カ所あればいいのではないかと思われます。しかし、キャノンなどが考えているのは、本当に大事なものは、国内できちんと持っていないと、全部失ってしまうということです。その一番のキーテクノロジーがナノテクです。ですから、一昨日の日経産業新聞でも、各会社のCTOのほとんどが、最も大事な技術だと思っていますし、中国でも40カ所で拠点整備していますし、台

湾でも、バッテリー、ICパッケージ、といった電子部品などもナノテクでつくろうとしています。

ですから、こういう方面に関しては大変かもしれませんが、頭を使って苦労して2～3年先に行く技術を開発し、ノウハウを蓄積し、そして、特許にしていくという方法で先行していく以外にないのだと思います。ナノテクノロジーは、そういうときの非常に重要な指標になります。ナノメートルに向かうということは、究極の技術であり、それより小さなものはないわけです。今は、そういうものがいろいろな手法でできるようになっていますが、そういうものを個々の製品に取り入れていくことが重要だと思います。

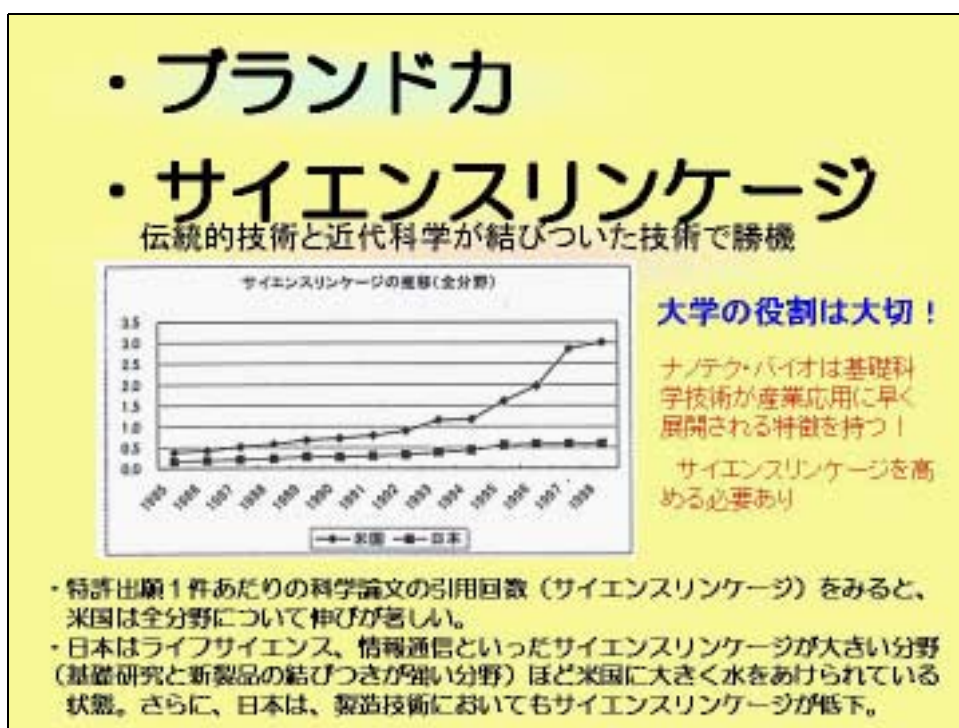
どこの企業においてもその意識は非常に強く、各材料、エレクトロニクス、バイオ、環境エネルギー等、どの分野においてもナノテクノロジーで根本的な変革を行おうとしています。ですから、それぞれの企業が、それぞれの分野でナノテクを取り入れていけばいいと思います。

③市場化を促進する環境整備 内閣府 ナノテクタスクフォース	
ア) 事業化支援 (試作機能、ベンチャー設立等)の充実	ナノテクノロジーの技術シーズの円滑な市場化を促進する民間のファウンドリーに対する支援を充実(経産省)。ベンチャー等を活用した新技術の事業化を促進するため、試作機能整備等のサポート体制等の充実。(経産省、厚労省)
イ) 制度見直しの推進	新技術の普及を加速する視点から、政府の行う許認可制度等の見直しを推進。(厚労省、国土省、総務省)
ウ) 知的財産戦略の強化	基本特許や周辺特許等を重視した研究開発投資とますます複雑化しコストアップする知的財産権の取得・活用に対する支援。(経産省、関係府省)
エ) 標準化戦略の強化	トップランナー技術のデファクト化、デジュール化の早期の見極め及び官民の協力による積極的な国際標準の提案(経産省)。国際標準化を視野に入れた、産学官の連携、国際協調等による研究開発の推進(総務省、経産省)。試験方法、評価方法等の国際規格提案を考慮した新材料等の研究開発の推進(経産省、文科省)
オ) データベース構築支援	ナノレベルで解明した物質・材料の構造・特性に関するデータベース等の構築と支援(文科省、経産省、厚労省、国土省)
カ) ネットワーク整備	産学官の研究者ネットワークの強化とともに、ビジネスベースでのネットワークを整備。このため、国内、アジア域内、グローバルのネットワークを我が国中心で整備し、世界のナノテク研究・ビジネスハブになる。(文科省、経産省、総務省)
キ) 基盤的な研究開発等の充実	将来の競争力の強化を図るため、ナノカーボン等のナノテクノロジー固有材料の研究開発、計算科学技術を活用したナノシミュレーションの研究開発等の基礎・基盤的な研究開発や様々な可能性を追求する研究開発を充実(文科省、関係府省)。

私も、ナノテクノロジー材料の戦略を、内閣府のタスクフォースのメンバーとしてやりました。それで、中小企業の方が使いやすいようなシステムができつつあります。先程の文部科学省のファウンドリーもそうです。また、ナノテクノロジーのシーズの市場化を促進する民間のファウンドリーに対する支援であるとか、試作機の整備機能をサポートするようなものや、知財権、基本特許や周辺特許を重視した研究開発ができるような応援であるとか、産学官の研究者のネットワーク、ビジネスベースのネットワークを整備するとか、そうしたいろいろな施策が大企業だけではなくて中小企業向けにもできつつあります。こういうものをうまく利用するといいと思います。

結局、我が社でナノテクノロジーで何をするのかという質問は相変わらず出てきます。それに対して一つの答というものはありません。それぞれの会社や部署で、ブレンディングをして、そのテーマにナノテクを適用してみるといいと思います。大概、ナノテクノロジーを適用するとうまくいきます。いろいろな電子材料とか、ナノまで制御し始めると必ず品質は上がります。ですから、そういうやり方で取り組めばいいと思います。

中小企業では研究者は雇えませんので、いろいろな技術的な発展に関して、相談相手が欲しいときには大学を利用するということが大事だと思います。つまり、各中小企業は非常にニッチな市場であっても、その中で今までブランド力を持っていたわけです。ですから、企業は存続してきたわけです。しかし、それをそのままにしておくと、一所懸命やっけていても、突然いろいろな技術革新が押し寄せてきて、存続が困難になってきます。



こういうときに、やはりサイエンスリンケージという基本的なところで、いろいろ相談をしたり、技術を取り入れたりする作業が非常に重要です。そのためには大学をうまく利用することが非常に大事だと思います。今後、中小企業であってもどんどん技術革新していくわけですが、基本的なところを理解しないと、どんどん進んでいくと、改良・改善ができなくなってきます。ですから、どこか知恵のあるところにコンタクトする以外にないと思います。最近、大学も変わったと言われていて、先程お見せしたプロセスファウンドリーのように「外から使いに来ていただいてもいいですよ」というサービスもありますし、TLOとか、共同研究センターなどもあります。こういうものをうまく利用して、開発を進めていくということが大事だと思います。

それと同時に、これはナノテクノロジーだけということではありませんが、東大阪にはロダン 21 というのがあるように、特に、中小の物づくりビジネスというのは、各社のコア技術を生かすという意味で、仲間同士である程度得意な技術を伸ばしながら協力するというのも、非常に大事だと思います。それによって、知的所有権の問題とか、いろいろ解決できることはあると思います。

いずれにしても、先程も出てきましたが、アメリカではナノテクを使って、特にテロ対策とか軍事応用が非常に進んでいます。アメリカだとナノマンというようなものが出てきて、MITのような大学が戦闘服を作ったりしています。それはアメリカという国の置かれた状況で仕方がないと思いますが、日本では、頭を使って、より便利で、快適で、安全で、安心な、そういう社会をつくる民生応用というのが非常に大切なのではないかと思います。

最後ですが、結局、私たちが望む日本、もしくはその地域でもいいのですが、それを実現するためには、ナノテクノロジーは重要な基幹技術です。ぜひ気をつけたいのは、ナノテクノロジーというのは、独立したものとしてあるのではなく、IT、バイオ、環境エネルギー等の、どの分野で競争力を持つためにも、必須の科学技術だと考えたほうが良いと思います。ですから、ナノテクをやるのだというよりは、環境で太陽電池・光エネルギー変化をやるというときに、ナノテクを使うという位置づけで考えてください。つまり、ナノテクは、現在ある産業を強化するための高度化技術である、と気軽に考えると良いと思います。ほかと差別化するような高度化技術であると同時に、ナノの世界にはいっぱい宝の山があります。ナノカーボンにしてもそうですし、色素、太陽電池もそうですが、新しい産業を創出する、いままでにない製品を生み出すような元にもなります。

そういう意味で、今後、中小企業といえども、これからのいろいろな技術革新に遅れないために生き残るためには、ナノテクノロジーをできるだけ有効に利用して、それを知的所有権などできちんと保護して、自分たちのブランド力を上げていくというのが大事ではないかと思います。そういう意味で、今日のお話は「これをやったらいいよ」というのではなく、太陽電池というのはその一つの例に過ぎませんが、それぞれの方が、「ああ、こういう使い方があるのだな」というヒントを得ていただければ幸いです。ご清聴どうもありがとうございます。

質疑応答>

【事務局】ありがとうございました。

あまり時間がありませんが、ご質問がありましたら2～3お受けしたいと思います。ご質問がある方は、挙手をお願いいたします。

【質問者】ナノテクノロジーというのは大体わかりましたが、ナノテクノロジーの実際の研究はアメリカと日本ではどちらが進んでいるんですか。

【川合】まず、全般的に言えば日本のほうが進んでいると思います。ただ、全部というのではなく、アメリカはここが強いとか、日本はこれが強いということが言えます。例えば、日本は、材料面では強いです。また、電子顕微鏡のようなものは世界を席巻しています。そういうふうにナノテクノロジー全部が、どこが強いというよりは、ある分野では日本が強い、ある分野ではアメリカが強いという感じになっています。

【質問者】わかりました。

【事務局】ほかにございますか。

【質問者】先ほど、先生のお話の中で、金型でナノを打ち抜く技術が既にあるというお話でしたが、具体的に会社名や地域を教えてくださいたいと思います。

【川合】まず、ここに資料として出しているもの自身は、右の下に書いてありますけれども外国製品で伊藤忠、ブラマック株式会社とありますが、伊藤忠の子会社のようところが売っている装置です。これはホットエンボスといって、ナノの金型でポンと打ち抜いて、マイクロレンズを使ったり、グレーティングをつくったりするものです。ですから、具体的な名前を挙げるとすれば、以上のような会社ですが、これに類するようなものは東大阪にもありますし、大田区にもあります。

【事務局】ほかにございますか。はい、どうぞ。

【質問者】ファウンドリーのところに興味がありました。実際にいま外注にすると非常に高いので、中小企業でも一発必中ということはある得ないので何回もやらなければいけません。これはナノでないのだめなのですか。

【川合】一つ注意していただきたいのは、外注すると高いからここに依頼するというのは受付しないことにしています。なぜかと言うと、文部科学省の考え方でもありますが、そういうことによって、他の民業を圧迫してしまうということになるわけです。

【質問者】ただ、外注というか、1枚お願いしたいのですが、スパッタ蒸着を1枚でやるとすると、向こうはみんなバッチ単位で考えてくるので、1枚をうまくつけるのに20万円とかで、これを10回やると200万円かかってしまうわけです。我々はただ単に研究のためにやっているのに、何でこんなに高いのだろうかとなるわけです。

【川合】はい。その「研究のために」ということを言うだけで、こういうところでは「イエス」と言います。ところが、ひどいところもありまして「外に頼むと高いから、ここはただだから経費節約のためにここに頼む」といってきます。それはたまらないとい

う意味で、まずナノでなくても結構ですが、一応これはナノメートルのテクノロジーを進めるために大学だけではなく企業の方でも使えるというものです。

【質問者】もう一つ興味があったのは、いろいろ勉強していく上で生物の原理というのがあったと思いますが、生物の原理とは何でしょうか。

【川合】生物の原理というのは、早い話、ボトムアップのナノテクノロジーです。つまり、生物の原理で非常に不思議なのはDNAの1本です。例えば、お母さんのところに入ったお父さんの1本のDNA、そこから10ヵ月するとすごく立派なものができるわけですから、その間、何もしないで手ができて目ができてくるわけで、これは本当に不思議なものです。これが生物の原理です。

そこには、実はDNAに入っている情報からたんぱく質ができて、たんぱく質同士が相互作用をし合っているいろいろな形をつくっていくとか、そこに時計が入っていて、ある時間がくると自然に不用な部分が細胞死して手の形になっていくというようになるわけです。

そういうふうな、ナノの部品を組み合わせていくような原理です。基本は、物理の法則に従っていると思います。それから、化学反応も起きていると思います。そういう自己組織化、自分で勝手にできていくという自己組織化は生物の非常に重要な原理で、それが今後のナノテクの一つの大きな指標になるのではないかと思います。

【質問者】どうもありがとうございました。

【事務局】先ほど先生にお伺いしましたら、今日10時頃からNHK教育テレビの「視点・論点」でナノテク紹介の取材の様子が放映されるということですので、もしよろしければご覧になっていただきたいと思います。

これで講演会を終わりたいと思いますが、いま一度、川合先生に盛大な拍手をお願いしたいと思います。(拍手)

この講演録は、平成15年10月15日、りそな銀行東京本部講堂で開催された当財団主催の経営講演会を収録・編集したものです。