

## 1. はじめに

私が米国駐在員としてニューヨークへ滞在したのは 1975～79 年であるが、ちょうどそのときはシリコンバレーに代表される IT ブームが一段落し、ベンチャーキャピタルが次の投資先としてバイオへ向かっていた時期である。当時、バイオのベンチャーは主なもので 200 社あった。DNA のフラグメント(ヌクレオチドなど)、遺伝子操作に欠かせない制限酵素や修飾酵素、遺伝子解析装置など今では常識になってしまったものが当時は、何もかもが目新しいものであったことを思い出す。それから四半世紀が過ぎ、IT にしてもバイオにしても長足の進歩を成し遂げた。例えば IT は半導体チップの集積化がどんどん進みギガビットのレベルに達して、社会生活の利便性向上に確実に貢献しているし、バイオにしても人の DNA の解読を完了し、その情報をベースに遺伝子治療が具体的な視野に入ってきた。最近、一橋大学イノベーションセンターの開発した MOTV 「イノベーションの世紀：アメリカの革新」シリーズを拝見する機会があったが、米国企業の新しい技術の産業への移転に対する飽くことのない挑戦が産業発展を支えていることを自分の体験と合わせて良く理解できた。

そして、数年前、米国は次の挑戦として、ナノテクノロジーを IT、バイオに続く第 3 の基盤技術とした国家戦略 (NNI) を打ち出した。それは 2000 年 1 月、当時のクリントン前大統領が、「国会図書館の全ての情報を角砂糖大のメモリーに収める」と言う有名なキャッチフレーズとともに、《国家ナノテクノロジー戦略》を宣言したのにはじまる。

私は偶然、NPO 法人 超微細化学システム技術研究協会(略称:NPO FINE、東京都立大学伊永研究室を中心として、ナノとエコの分野で、大学のシーズと企業のニーズを結び合わせるための組織)とかかわることとなり、この NPO の英文名が Fabrication Institute of Nanotechnology and Ecology という事で IT バイオ ナノテクと言う 20 世紀から 21 世紀にかけての基盤技術に関係することとなり、ナノテクについて多少の情報を得ることができ、ここ数年のナノテクノロジーの進展の著しさに驚かされている。今回、スマイル会で報告する機会を得たので、ナノテクについて現状を報告する。

## 2. ナノテクノロジーとは

アメリカ政府による定義では「縦・横・高さのうち、一辺が少なくとも 100 ナノメートル程度、もしくはそれ以下の物質の、構造と機能を制御するテクノ

ロギー」となっている。言い換えるとナノメートルサイズの計測技術、材料製造技術、材料加工技術全般を包括した表現である。従って、21世紀のキーテクノロジーと言われるIT、バイオ、環境、材料分野における技術においてナノメートルサイズのものはナノテクノロジーとすることになる。

ナノとは？：10億分の1の単位をあらわす接頭語、すなわち長さの単位では10億分の1メートル（10オングストローム）である。1ナノメートルはDNAのサイズあるいは原子・分子を数個並べたサイズである。

### 3. ナノメートルの世界（ナノワールド）

ナノワールドは、ものが粒子と波の性質を同時に持つ世界、いわゆる量子力学の世界であり、我々が普段体験しているニュートン力学の世界とはかなり異なるものである。ニュートン力学の世界では1000分の1、更に、その1000分の1と小さくしていても基本となる原理原則は変わらないが、ナノの世界では全く異なる挙動が観察される。そこには一つの理論でのダウンサイジングの限界が存在し、それだけに新しい発見や展開が期待される世界である。

また、ナノワールドは物質の最小構成要素である原子（陽子、中性子、電子、中間子などから構成される）の世界であり、この世の中に原子は約100種類存在するのみである。物質の特性はナノメートルの世界では非常に限られたものであり、原子がいろいろ組み合わさって初めていろいろな特性（すなわち多様性や機能）が発揮される。今まではナノワールドを直接見ることができなかったが走査プローブ顕微鏡の発明により、DNA（幅が2nm）などの微細構造の画像の撮影が可能になった。

ナノワールドについてその特徴を箇条書きにすると次の3点となる。

あらゆる物質の機能はナノスケールにおいて初めて発現する。

現在までに100余りの原子の存在が確認されている。原子は、物質がその性質を失わない最小の単位。原子を数十から数百個単位で組み上げて、ちょうどナノの大きさになるとモノとしての多様性、物質の機能が現れる。

機能が現れはじめるナノの領域を制御すると、それより上位の世界はすべて決まってしまう。

この現象には想像を超える非常に豊かなバリエーションがある。

最も典型的な例として炭素について考えると、構造、即ち、分子の並び方によって、木炭、ダイヤモンド、ナノチューブ、フラーレンなど多様化する。炭素を他の原子、例えば、水素や窒素と組み合わせると、燃料、プラスチック、繊維、たんぱく質、医薬品などになる。

#### 4. ナノテクノロジーの歴史

- 1957年 江崎玲於奈の「トンネル効果」(量子効果)を発見
- 1959年 カリフォルニア工大の R.P.ファインマン教授の講演(トップダウン)  
(米国物理学会年次大会)
- 1962年 東大の久保亮五教授の「久保効果」を提唱
- 1974年 東工大の谷口紀男教授がナノテクノロジーの概念を提唱
- 1981年 スイスのIBM研究所が走査型トンネル顕微鏡を開発(原子レベルの観察から操作へ)
- 1985年 新技術事業団で「吉田ナノ機構プロジェクト」がスタート
- 1985年 米国の R.E.スモーリーと英国の H.W.クロトーらが黒鉛の中からフラレン(サッカーボール状の直径0.7ナノ)を発見
- 1986年 フォーサイト研究所の E.ドレクスラーが分子ナノテクノロジーを提唱(ボトムアップ)
- 1987年 超LSIの技術を応用したミクロンレベルのシリコン歯車製作(マイクロマシン)
- 1989年 IBMアルデマン研究所がキセノン原子でIBMと言う字を書いた
- 1990年 NECの飯島澄男がカーボンナノチューブ(円筒の径1~30ナノ)を発見
- 1998年 米国議会公聴会でナノテクの重要性を説明
- 1999年 世界技術評価センターが海外のナノテク研究の実情調査
- 2000年1月 クリントン演説(米国の国家戦略)
- 2000年7月 「21世紀を拓くナノテクノロジー」経済団体連合会
- 2000年9月 「ナノテクノロジーの戦略的推進に関する懇談会」科学技術会議政策委員会
- 2001年3月 「ナノテクが創る未来社会」経団連意見書
- 2001年4月 総合科学技術会議が「ナノテクノロジー・材料」を「情報」、「生命科学」、「環境」に並ぶ重点的な四大領域と位置づけた
- 2003年7月 ナノテクノロジービジネス推進協議会設立
- 2004年3月 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議 東京ビッグサイト
- 2005年2月 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議 東京ビッグサイト(予定)

#### 5. ナノテクノロジーにおける米国のリーダーシップ

2000年1月21日にカリフォルニア工大で行われたクリントン前大統領の「国家ナノテクノロジー戦略」(NNI)に関する次の演説によって、ナノテクノロジー

ジーに対する世界の関心が高まった。このような米国の国家戦略の打ちあげようはとても巧みである。

- (1) 議会図書館のすべての情報が、角砂糖サイズのメモリに収容できる記憶装置が生まれる (ナノIT)
- (2) 原子や分子レベルからさまざまな材料や原料を作り出す技術が実現する (ナノ加工技術)
- (3) 鉄の十倍の強度を持ち、しかも十分の一ほど軽い材料が生まれ、乗り物に用いるとエネルギー効率が格段に向上する。(ナノチューブなどの材料)
- (4) 計算のスピードがいまの数百万倍にも速くなるコンピュータが生まれる (ナノIT)
- (5) がん細胞が数個生じた段階で検出が可能になる診断技術が実現する (ナノバイオ)
- (6) 水や大気からごく微量の環境汚染物質を取り除くものやプロセスが可能となる (ナノ環境)
- (7) エネルギー変換効率がこれまでの二倍の太陽電池が生まれる (ナノ環境)

## 6. ナノテクノロジーへのアプローチ

今までのナノテクノロジーへのアプローチはダウンサイジングすなわちトップダウンが中心であったが、今後は原子から組み上げてゆくボトムアップ技術との融合なくして、新しい展開はないと言われている。

トップダウン：大きな物質を削りに削って、ナノスケールまで微細化していく手法で、リチャード・ファインマン手法とも言われる。1959年12月に彼がカリフォルニア工科大学で講演した「極微の世界の遙かなる可能性」で、ナノスケールの世界に潜む無限の可能性を予言したことに始まる。これが製品の超小型化・大容量化の原動力となった。例えば、1960年代末には1平方インチのチップ上に1000個のトランジスタを載せたLSIが登場し、1970年代末には64000個のトランジスタが載せられるようになった。さらに、最近ではナノレベルで加工できるようになり10億個ものトランジスタが載せられるようになってきた。

トップダウンの例 (LSI)

- 1960年 10個のトランジスタ
- 1980年 64キロビット (線幅数 10ミクロン)
- 1983年 256キロビット
- 1990年 100メガビット (線幅サブミクロン)
- 2000年 10ギガビット

2002年 100ギガビット(線幅130~180nm)(絶縁膜厚2nm)

2010年 400ギガ(10億)ビット~1テラ(1兆)ビット

量子的世界、原子大きさに近づいた。

ボトムアップ：物質の最小単位である原子を組み合わせて分子にしたり、さらに、その分子を組み合わせて超分子にしたり、原子・分子をナノの大きさにくみ上げて機能を出す手法で、ドレクスラー手法とも言われている。1986年当時MITの学生だった、K・エリック・ドレクスラーが発表した考え方である。彼は著書「創造する機械」の中で「あらゆる製品を、すべて分子や原子から作り上げよう」と提唱している。すなわち、アSEMBラーと云う機械に原料となる炭素、窒素、水素、酸素などを入れ、自然にある構造の分子を作り、それをナノコンピュータでプログラムされたリプリケータ(複製装置)によって次々に並べてゆくと、自由に望むものを作ることができる。これと同じようなことは生物の中で日常起きていることである。すなわち、DNAには生体を形作るためのプログラムがあり、細胞中のリボゾームがDNAのプログラムに従って、生体を形作るのである。同様に、コンピュータのプログラムとレーザー光線を用いて高感度のセンサなどが製作されている。

ボトムアップの将来

単電子トランジスタ、分子素子、量子ビットなどの開発が研究されているが実用化は先のこととなろう。将来は、ボトムアップとトップダウンの融合によって新しい世界が開かれると期待されている。

## 7. 生命メカニズムとの類似点と相違点

生物の歴史は、45億年前の地球の誕生以降、単細胞生物が誕生し、進化・分化により発展し、60兆個の細胞を持つ最も複雑な人間に至っている。生物の共通項はDNA(ヒトの場合30億対の塩基で構成)であり、生物の細胞一つ一つにDNAが存在し、生物の生存・再生のための情報が書き込まれている。地球の歴史の中には、何回も、生物の絶滅の危機があったが、その都度、種は変化した。DNAは生き続けてきた。生物は一つの個体が消滅しても生殖によって新しい個体を誕生させリフレッシュする。この機構は非常に複雑であるが、効率的であり神秘的であるとさえ言える。その時々、自然環境にゆっくりであるが的確に変化・適合しつつDNAは引き継がれてきた。植物の炭酸同化作用の例を引くまでもなく、生物の反応は非常に変換効率が高く省エネ的である。生物は微量のホルモンや酵素を生産し、それによって複雑な生態系を維持している。これに比べ人類の発明した数々の産物はエネルギー多消費型であり廃棄物



を生み、自然循環に適さないものが多い。人類はこの問題点に気づき生命メカニズムに学ぼうと努力を始めた。しかし、生命メカニズムの活用を誤るとすべての生物の破滅にもつながりかねず、十分注意して活用する必要がある。喜怒哀楽、忘却などはかなりファジーな要素を含んでおり科学技術の成果物とは機構が全く異なるように思われる。生物のメカニズムは45億年の試練に耐えてきただけあって非常に頑強であるが、人工物は耐久性の点で非常にもろいと言わざるを得ない。今日までの技術革新は「こんなことができれば」とか、「こんなものがあれば」といった人々の願いや欲求を形にすることで発展してきた。しかし、地球の有限性や環境保全への配慮が欠けていたために、生物の生存を危うくする段階へ進みつつある。ナノテクノロジーがその救世主になることを望みたい。C.レヴィ＝ストロースは「世界は人間なしにはじまったし、人間なしに終わるだろう」と述べているが、人間は今生きている人間の都合をあまりにも重要視しすぎているのではないだろうか。

#### 8. 日米欧の戦略的開発に対する姿勢の違いについて

20世紀の革新技术はほとんど、米国が先導してきた。しかし、ナノテクノロジーについては米国・欧州・日本がほぼ同時にスタートしたと言える。1998年の世界技術評価センターのレポートによれば、下図の通り、分野によって日米欧の技術の強弱が見られる。日本はナノデバイスやナノ複合材料に強いとされている。

Synthesis & Assembly	U.S.	Europe	Japan
Biological Approaches & Applications	U.S./Eur	Japan	
Dispersions and Coatings	U.S./Eur	Japan	
High Surface Area Materials	U.S.	Europe	Japan
Nanodevices	Japan	Europe	U.S.
Consolidated Materials	Japan	U.S./Eur	
Level	1	2	3
	Highest		

出所：世界技術評価センター（1998）

日本はナノテクの分野でトンネルダイオードを始とした優れた研究成果をあげているがこれらの成果がとかく孤立して、生かされず産業での応用へのつながりが弱い。米国においては大統領の重要な役割として、科学技術の分野でも、将来への可能性をビジョンとして示して、明確な目標を掲げ、研究開発と産業化を総合戦略の中にもうまく組み込んでいる。産業化に結びつけるためにベンチャーキャピタルの存在が重要である。欧州の体制は日本より米国に近いと思われる。

## 9. 商社の動向

日本の商社は資金力・組織力・情報力・国際ビジネス力をフルに活用してナノテクの実用化に努めている。欧米に於けるベンチャーキャピタルの役割も担っている。主な商社の動きを見てみよう。

・伊藤忠商事(株): 国内外の研究機関との戦略提携、及び企業とのネットワークを通じて、先端技術のビジネス化を行っている。ナノ材料、ナノ加工技術、ナノエレクトロニクス、MEMS、ナノバイオ、医療・農業・食料バイオを中心とした先端技術関連ビジネス全般、ナノ光デバイス、ナノコンポジット材料、インクジェットヘッド、精密成形部品、フェトム秒レーザー装置など。

・住友商事(株): ナノカーボン素材のなかでも特に優れた特性を持つ「単層カーボンナノチューブ(SWNT)」に特化し、その用途開発と早期実用化を目指している。応用開発は導電性複合材料や強化材、FED、燃料電池、光デバイスについて進めている。Carbon Nanotechnologies, Inc.と提携。OBDUCAT ABと提携してナノインプリント・リソグラフィー装置、エレクトロンビーム・リソグラフィー装置を扱っている。

・三井物産(株): ゼオライト分離膜、メゾポーラス材料、量産多層ナノカーボンチューブ、基盤成長 超高純度単層カーボンナノチューブ、金属内包フラーレン、ナノインプリンティング、ナノホトニックデバイス、マイクロリアクターなど。

・丸紅ソリューションズ(株): MEMS 設計・解析ツール、MEMS 試作・量産ファンダリーサービス、MEMS モーションアナライザーなど。

・三菱商事(株): フラーレンの物質特許・ネットワーク・資金力を活用して様々

な戦略的パートナーシップを展開。2001年にはナノテクパートナーズ(株)、フロンティアカーボン(株)の設立に続き、2003年には燃料電池及び化粧品分野での事業化に成功。

## 10. 商社以外の日本企業の動き

日経2004年5月30日P1「ニッポン株式会社最高益の実相(上)」によるとデジタル産業関連の輪の広がりにより上場企業1538社の27%が過去最高益の見通しとあるが、産業構造が著しく変化する中でナノテクノロジーがその基盤にあることは確かと思われる。

・NEC(株): ナノテクノロジーの開発80年代後半から取り組み、ナノカーボンチューブの発見、世界最小トランジスタの動作、量子コンピュータ用素子動作などの成果を創出してきており、ナノエレクトロニクス、CNT燃料電池、固体量子ビット素子、ナノフォトニクス、ナノバイオチップなどの先端技術を開発。

・東レ(株): 繊維・フィルムなどの高分子加工技術の先端研究に注力し、ナノオーダでの制御により飛躍的な性能・機能向上を達成。成果としてナノファイバー・フィルム、ナノアロイ材料、カーボンナノチューブ、ナノバイオ関連がある。単層・2層の選択合成に特徴を有するカーボンナノチューブの量産化を検討中。量産2003年に新設した先端融合研究所を中心にナノバイオの融合領域研究に研究資源の投入を行っている。

・NTTアドバンステクノロジー(株): X線リソグラフィ技術を基盤とした微細加工技術を用いて光学部品(反射防止用パタン金型、ナノオーダ精度の回折光学素子、微細加工(EB描画やエッチング技術サービス)、メンブレンMEMSを提供。

・(株)島津製作所: 走査型プローブ顕微鏡(SPM)、走査型共焦点レーザ顕微鏡(LSM)、フーリエ変換赤外分光光度計(FTIR)などナノテクノロジー分野で必須の分析機器を提供。

・(有)ナノ炭素研究所: ナノ粒子の分散における凝集解除問題解決のためビーズ湿式ミリングを中心として、高エネルギー超音波処理など化学および物理的手段を組み合わせた汎用処方を開発中。



・住友ベークライト(株): 半導体パッケージ用低応力バッファークコートポリノルボルネン樹脂、Low-K 膜へのダメージレス研磨スラリー、バイオチップ用プラスチック基板、高密度実装用多層 FPC、ポリマー光導波路など

・セイコーインスツルメンツ(株): ピエゾ抵抗体自己検知型カンチレバー、超高感度 X 線センサ、マイクロ超音波リニヤアクチュエータ

・日本電子(株): フィールドエミッション走査電子顕微鏡、SEM 用断面試料作成装置など。

・日本ナノテク(株): ナノパウダー(ナノサイズの超薄膜微粒子)、ナノメタル(ナノサイズの純メタル粒子)、ナノアール(化粧品)

・扶桑化学工業(株): 超高純度コロイダルシリカ

・双葉電子工業(株): カーボンナノチューブ使用電界放出ディスプレイ、ナノクリスタル蛍光体(ディスプレイ表示用、バイオマーカー用)

・フロンティアカーボン(株): フラーレン製品群

・(有)マイクロジェット: インクジェット技術関連製品

・(株)マイクロフェーズ: 各種カーボンナノチューブ製品、TEM・SEM によるナノ材料の委託分析

・(株)ニコン: MEMS の名が注目され始める以前の 1986 年から「吉田ナノ機構プロジェクト」とジョイントで STM の特殊なプローブを開発。半導体を製造するフォトリソグラフィの手法を応用してステッパーメーカーならではの研究開発を推進。立体構造 MEMS 技術、3 次元加速度センサ、非冷却 IR センサ、精密金型、CNC 画像測定システム、半導体/液晶露光装置関連技術など。

・(株)日立製作所: 2001 年 12 月ナノテクノロジー総括推進センターを設立し半導体、情報・通信、バイオ、計測、エネルギー・環境、材料など多方面をカバー。具体的にはナノガラス薄膜、アドバンストめっき技術、燃料電池、二次電池、有機太陽電池、マイクロ検査チップ、ナノプリント技術、ナノ材料、計測技術、シミュレーション技術がある。

・(株)日立ハイテクノロジーズ: ナノテクノロジーの研究・開発に必須の電子・イオン応用機器などを中心に開発。

・(株)クレステック: 高分解能電子線描画装置

## 11. ナノテク関連独立行政法人

産業技術総合開発機構(NEDO)・化学技術振興機構、産業技術総合研究所、食品総合研究所、通信総合研究所、農業・生物系特定産業技術研究機構、農業生物資源研究所、物質・材料研究機構、理化学研究所、新エネルギーなど

## 12. 大学

大阪大学、大阪大学産業化学研究所産業科学ナノテクノロジーセンター、九州大学、群馬大学、中央大学、東京大学ナノエレクトロニクス連携研究センター、東北大学、徳島大学、豊橋科学技術大学、姫路工業大学、北海道大学、立命館大学マイクロシステム技術研究センター、早稲田大学など

## 13. ナノテク特許

理創国際特許事務所が「ナノテクノロジーにおける特許戦略」という論文を発表している。NNIを契機にナノテクノロジーに関する特許戦略の重要性が急速に注目され始めた。ナノテクノロジーは非常に幅広い分野に関連しており特許戦略は複雑である。

## 14. ナノテクノロジーの実例と市場規模

実用化された具体例として携帯電話(セラミックフィルター)、リチウム電池、ディスプレイ、ナノマテリアル(カーボンナノチューブ、化粧品成分粒子、ナノカプセル)、ピンポイントドラッグデリバリー、網膜チップなどがある。ナノテクノロジーは21世紀の基本技術としてIT、バイオ、環境を支えるテクノロジーとして期待されている。将来の市場規模は2010年に19兆円~27兆円と予測される。

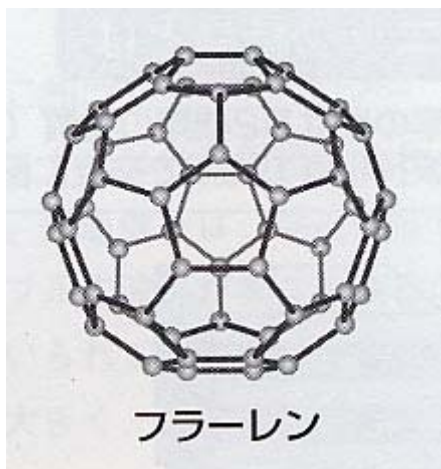
## 15. 材料・素材

### フラーレン

フラーレンは炭素系ナノ素材として工業化及び用途開発が進められている。製造コストの低減は製造法を変えること(アーク放電法から燃焼法)によって達成されつつある。特徴として光エネルギーを吸収しやすい、電子受容性が高い、

有機溶剤に溶ける、ラジカル捕捉機能を有するなどがあげられる。

用途：診断装置の造影剤や増感剤、医薬品（骨粗しょう症、エイズ、アルツハイマー）、化粧品、遺伝子治療（ベクター）、超伝導材（零下221℃）、2次電池、水素貯蔵材料、超硬材料、レジスト、半導体素子、キャパシター、薄型ディスプレイ、フォトリソグラフィ、触媒、潤滑剤、ポリマー添加剤、コーティングなど



イマー）、化粧品、遺伝子治療（ベクター）、超伝導材（零下221℃）、2次電池、水素貯蔵材料、超硬材料、レジスト、半導体素子、キャパシター、薄型ディスプレイ、フォトリソグラフィ、触媒、潤滑剤、ポリマー添加剤、コーティングなど

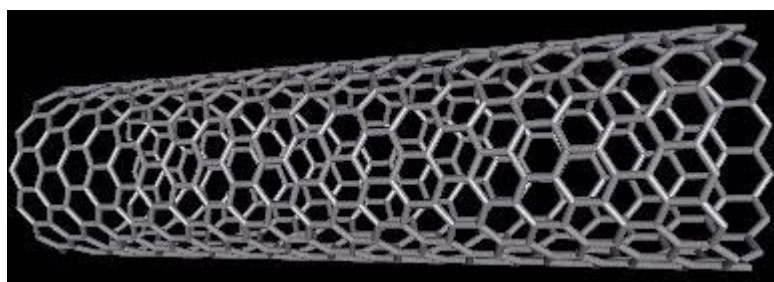
### カーボンナノチューブ

単層カーボンナノチューブは鋼鉄製チューブと同様の高い強度を持ち、構造によって金属にも

半導体にもなりうる工学、材料、化学、生物学から医学に至るまで、化学の幅広い分野から関心を集めている。化学的コントロールによって電子機器の構成要素、化学センサ、バイオセンサ、ナノ複合材料の添加剤などの用途が考えられている。

特性：導電性、熱伝導性、強度、電子放射性、水素吸着性、半導体（バンドギャップ）

用途：走査型トンネル顕微鏡、原子間力顕微鏡、



薄型ディスプレイ（PDP、FED）、水素貯蔵、電磁波吸収材、帯電防止材、センサ、燃料電池、樹脂複合材、金属複合材、セラミック複合材、放熱材（ブラックアイス）、イオン交換体など

製造法：炭化水素触媒分解法、アーク放電法、レーザーアブレーション法、プラズマ合成法

### フォトニクス材料

- ・ナノガラス（分離膜、薄くて割れにくいガラス、新光機能など）
- ・フォトニクス結晶（光導波路、超小型光スイッチなど）

### 複合材料

- ・超微細繊維（東レ：ナノ積層フィルム）

### 高性能磁性材料

### 超高純度材料

### ナノコーティング

フュージョンボンディング技術

ナノコンポジット材料

- ・超鉄鋼材料
- ・人口骨

ナノ粒子混合・分散・粉砕

- ・ナノ金属（バナジウム、アルミニウムなど）

## 16. IT & エレクトロニクス

電子デバイス

- ・単電子トランジスタ（カーボンナノチューブ）

光デバイス

- ・光集積回路（光IC）
- ・光メモリ素子

次世代LSI

- ・次世代半導体技術「あすかプロジェクト」(2001.4~2005.3) システムLSI（システム・オンチップ）70~100nmを目指すフッ素リソグラフィーの開発
- ・分子素子（LB膜に光、磁気、電気の特性をを持たせる。自己組織化）
- ・ナノチューブトランジスタ

次世代ディスプレイ

データストレージ

- ・テラビット級情報ストレージ技術
- ・垂直磁気記録（平方インチあたり100ギガビット）
- ・近接場光メモリ
- ・量子ドット紫外光レーザーによる記憶容量の向上

マイクロマシン

ネットワークデバイス技術

新しいコンセプトのコンピュータ（ノイマンモデルからの脱皮）

- ・量子コンピュータ（AT&Tベル研究所）
- ・分子コンピュータ（生物の情報処理手法を生かす）
- ・DNAコンピュータ
- ・ニューロコンピュータ

## 17. バイオテクノロジー

ドラッグデザイン

- ・ヒトゲノム（遺伝情報のセット）解析を基盤としたゲノム創薬
- ・フラレンを用いた抗エイズ薬（デンドリマーと結合）

ナノテクノロジー

- ・ フラーレンを用いた骨粗しょう症治療薬
- ・ フラーレンを用いた光照射療法によるがん治療
- ・ オーダーメイド治療
- ・ 自己組織化
- ・ テーラーメイド化学 - 分子レベルの制御 - マイクロ化学チップ

#### DNA マニピュレーション

#### DNA チップ

- ・ 遺伝子診断に用いる DNA 解析チップ (一塩基多型 SNIP の活用)
- ・ 遺伝子治療での遺伝子を運ぶベクターとしてのナノ粒子の利用
- ・ 生命情報工学 (Bio informatics) - ヒト DNA の持つ 30 億個の塩基からの

#### 情報の活用

#### DDS (ドラッグ・デリバリー・システム)

- ・ ナノ粒子の利用

#### バイオリアクター

#### ヘルスケアチップ

- ・ バイオセンサ (バイオチップ)

#### マイクロ TAS

#### 最新エレクトロニクスを利用して開発された X 線 CT、MRI

#### フルラーレンを用いた X 線撮影用増感剤

#### マイクロマシン (血管内治療法、手術への実用化)

## 18. 環境・エネルギー

#### 光触媒

- ・ 色素増感太陽電池 - フラーレンの利用
- ・ 高効率太陽電池
- ・ 光触媒を用いた太陽光による水素の製造
- ・ 人口光合成

#### 燃料電池

- ・ カーボンナノチューブを用いた水素タンク

#### その他の環境エネルギー

- ・ 環境ホルモンやダイオキシンの検出 (マイクロ・トータル・アナリシス・

#### システム)

- ・ 大気汚染物質の検出 (バイオ・モニタリング・システム)
- ・ 汚染物質除去膜
- ・ CO<sub>2</sub> 削減への応用
- ・ カーボンナノチューブの自動車部品への利用

#### ナノテクノロジー



- ・車の軽量化のためカーボンナノチューブの利用

## 19. 超微細加工技術

薄膜製造技術

次世代リソグラフィ

エッチング

レーザー・イオンビーム加工

- ・ヘトム秒レーザー

電子ビーム加工

微小放電加工

超精密表面加工技術

- ・超LSIの回路の線幅（現行の130nmから50nm）
- ・「MIRAI」プロジェクト（50～70nmの超微細加工の研究開発）

クリーンルーム

- ・ナノクリーンルーム（1ng以下/立方米）

## 20. 評価・計測

SPM(Scanning Probe Microscope)、AFM(原子間力顕微鏡)、走査型近接場光学顕微鏡、蛍光顕微鏡

LSI 試験用プローバ

超精密測定機器

- ・陽電子測定法
- ・電子線ホログラフィー（電子線の干渉性を利用したホログラム）

評価・計測設計ツール

シミュレーション

- ・地球シミュレーターカーを利用したボンナノチューブシミュレーション

電子顕微（SEM・TEM）

ピエゾステージ

## 21. ナノテクノロジーの危険性

人類の歴史を振り返れば、戦争のなかった時代は皆無である。科学技術は戦争に利用されてきた。ノーベルが石炭の採掘などのために発明したダイナマイトが兵器として、また、自爆テロに使われた。アインシュタインの理論を基に核分裂反応を利用した原子力発電所のような核の平和利用の反面、核兵器の拡散が問題となっている。IT技術は我々の生活を著しく向上させたが、精密兵器に利用されている。ナノバイオテクノロジーが医療に役立つ反面、生物化学兵

器やグレイゲー(graygoo)の危険性と同居している。科学技術にはこうした両面のあることを認識して人類の英知を結集して、破滅ではなく発展へとつなげてゆかなければならない。

## 22.まとめ

その時々で、新しい技術がブームを呼ぶ。IT(情報)、宇宙、バイオ、環境そしてナノテクと国は多くの予算を大学、独立行政法人、民間企業などに投入して推進してきた。今はその中心はナノテクである。過去、将来ともナノテクの中心はITであろう。ITのダウンサイジングの速度には目を見張るものがあるがナノレベルに至り、量子力学の壁により新しいブレイクスルーが求められてきた。すなわちトップダウンとボトムアップの融合である。ITに次ぐ分野は医療バイオであり、ヒトゲノム解析情報をベースにした創薬、診断、治療があたらしい医療の分野を切り開くことが期待されるようになった。環境分野においても有害化学物質の分析、省エネ製品開発への活用など研究が進められている。しかし、45億年の地球の歴史の結果である生物循環メカニズムの巧妙さに比較すれば、人工物のひ弱さを実感せざるを得ない。ナノテクノロジーによってその差をどれだけちぢめられるかは研究者の腕の見せ所である。

## 文献：

- 1-1. ナノテクノロジー 極微科学とは何か？ 川合知二 PHP新書 237 2003.1.29
- 1-2. ナノテクノロジーの「夢」と「いま」森谷正規 文春新書 218 2001.12.20.
- 1-3. ナノテクノロジーの世紀 餌取章男/菅沼定憲 ちくま新書 373 2002.11.20.
- 1-4. 週刊 ナノテク 産業タイムズ社
- 1-5. 日経バイオビジネス 日経BP社
- 1-6. 「バイオテクニシャン実態調査」特定非営利活動法人 メットリンク
- 1-7. ナノテク総合支援センター <http://www.nanonet.go.jp/japanese/>
- 1-8. 国際ナノテクノロジー 2004 <http://www.ics-inc.co.jp/nanotech/>
- 1-9. 再生医療+ナノメディスン EXPO2004 <http://www.ics-inc.co.jp/mExpo/>
- 1-10. ナノテク 2005 <http://www.ics-inc.co.jp/nanotech/>
- 1-11. 図解雑学 ナノテクノロジー (株)日立製作所 小林直哉著 ナツメ社
- 1-12. ナノエレクトロニクス <http://www.nanoelectronics.jp/>
- 1-13. 「イノベーションの世紀：アメリカの革新」一橋大学イノベーション研究センター 教授 武石彰 [takeishi@iir.hit-u.ac.jp](mailto:takeishi@iir.hit-u.ac.jp)

7 - 1.身近な環境問題「ペットから環境を考える」林良博(2004.05.28.)

8-1.世界技術評価センター（1998） <http://wttec.org/os/#reports>

9-1.伊藤忠商事（株） <http://www.itochu.co.jp>

9-2.住友商事（株） <http://www.sumitomocorp.co.jp>

9-3.丸紅ソリューション（株） <http://www.msol.co.jp/mems.html>

9-4.三井物産（株） <http://www.xnri.com>

9-5.三菱商事（株） <http://www.mitsubishicorp.com>

9-6.ナノテク事業化商社マン縁結び、日経 2004.5.12.P4

10-1.ニッポン株式会社 最高益の実相（上） 日経 2004.5.30.P1

10-2.NEC（株） <http://www.nec.co.jp>

10-3.東レ（株） <http://www.toray.co.jp>

10-4.NTT-AT（株） <http://www.keytech.ntt-at.co.jp/nano/index.html>

10-5.（株）島津製作所 <http://www.shimazu.co.jp>

10-6.（有）ナノ炭素研究所 <http://nano-carbon.com>

10-7.住友ベークライト（株） <http://www.sumibe.co.jp>

10-8.セイコーインスツルメンツ（株） <http://www.sii.co.jp>

10-9.日本電子（株） <http://www.jeol.co.jp/>

10-10.日本ナノテク（株） <http://japan-nanotech.co.jp>

10-11.扶桑化学工業（株） <http://www.fusokk.co.jp>

10-12.双葉電子工業（株） <http://www.futaba.co.jp>

10-13.フロンティアカーボン（株） <http://www.f-carbon.com>

10-14.（株）マイクロフェーズ <http://www.microphase.jp>

10-15.（株）ニコン

[http://www.nikon.co.jp/main/jpn/profile/technology/matrix\\_3.htm](http://www.nikon.co.jp/main/jpn/profile/technology/matrix_3.htm)

10-16.（株）日立 <http://www.hitachi.co.jp>

10-17.（株）日立ハイテクノロジーズ <http://www.hitachi-hitec.com/science/>

10-18.（株）クレステック <http://www.crestec8.co.jp>

10-19.日本板硝子（株）技術研究所 <http://www.nsg.co.jp>

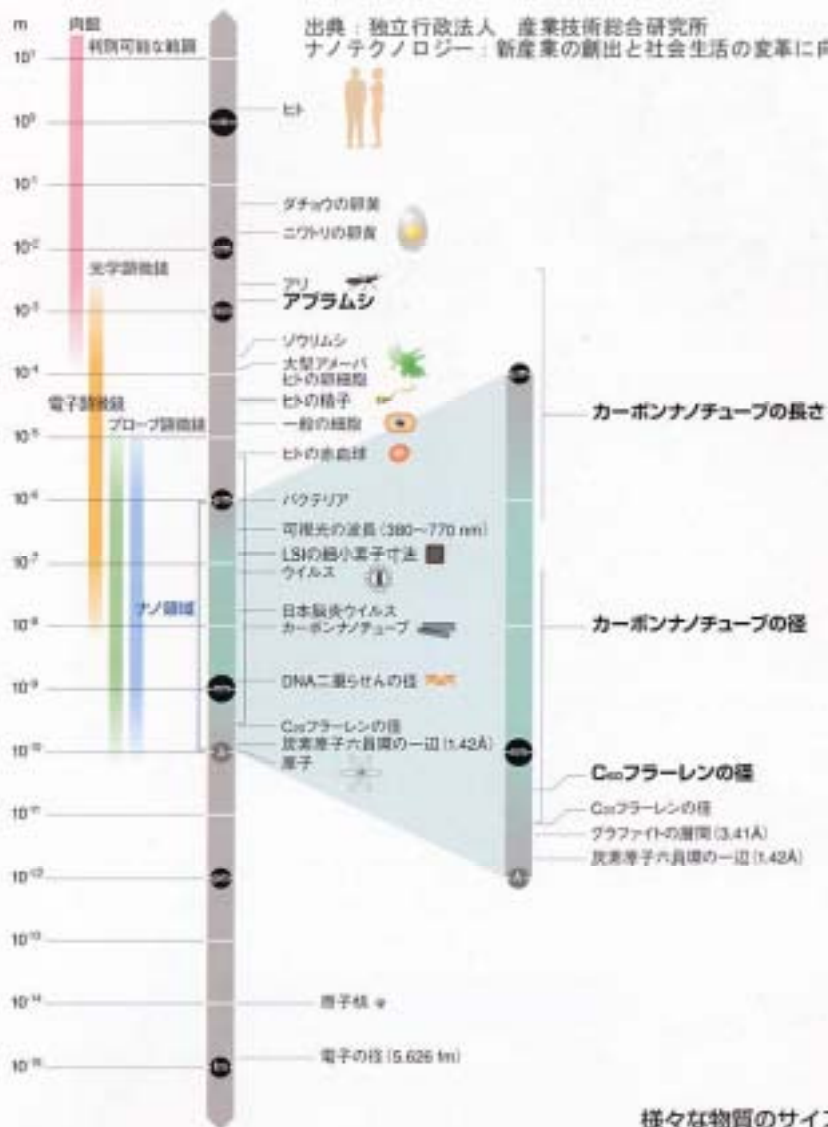
10-20.マイクロ&フォトンクスシステムズ <http://www.cenamps.com>

11-1. NEDO 技術開発機構 <http://www.nedo.go.jp> 国際ナノテクノロジー総合  
展・技術会議 「NEDO事業展示ハイライト集」2004

11-2. 独立行政法人 化学技術振興機構 地域結集型共同研究事業 2004

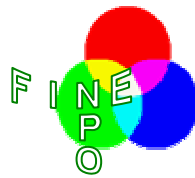
- 11-3. 独立行政法人 産業技術総合研究所 <http://www.aist.go.jp/>  
11-4. 独立行政法人 物質・材料研究機構 <http://www.nims.go.jp/>  
11-5. 独立行政法人 理化学研究所 <http://www.riken.jp>  
11-6. 独立行政法人 産業技術総合研究所 関西センター ナノガラス  
11-7. 新産業の創出と社会生活の変革に向けて 産業技術総合研究所
- 12-1. ニューカッスル大学 ナノスケール科学技術研究所  
<http://www.inex.org.uk>  
12-2. ダラム大学 <http://www.dur.ac.uk/molecular.electronics/>
- 13-1. 理創国際特許事務所 ナノテク特許 <http://www.okuyama-ip.co.jp>
- 15-1. フラーレン・ナノチューブ研究会 <http://www.fullerene-jp.org/>  
15-2. フラーレン・ナノチューブ. [http://www.mcfullerene.com/index\\_f.html](http://www.mcfullerene.com/index_f.html)  
15-3. フラーレンとカーボンナノチューブ (株)ダイヤリサ - チマ - テック 2002.7.  
15-4. フラーレン・ナノチューブ研究会 <http://www.fullerene-jp.org/>  
15-5. アクセルリス <http://www.accelrys.com/jp/welcome.html>
- 18-1. 「ナノテクは環境の味方か？」日経エコロジー20003.8. P 25
- 20-1. カーボンナノチューブシミュレーション研究会  
<http://www.tokyo.rist.or.jp>  
20-2. (財)高輝度光化学研究センター <http://www.spring8.or.jp/j/>  
20-3. アルテックエーディーエス(株) <http://www.altech.co.jp>  
その他：
- O-1. コラーゲン [http://www.rose-collagen.com/new/rose\\_disp.cgi](http://www.rose-collagen.com/new/rose_disp.cgi)  
O-2. Invitrogen <http://www.invitrogen.com/>  
O-3. ITRI Nanotechnology Research Center <http://www.itri.org.tw>  
O-4. SNP コンソーシヤム <http://snp.cshl.org/>  
O-5. ナノキャリア <http://www.nanocarrier.co.jp/>

出典：独立行政法人 産業技術総合研究所  
 ナノテクノロジー：新産業の創出と社会生活の変革に向けて



様々な物質のサイズ





NPO法人超微細化学システム技術研究協会 (NPO FINE)  
 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1  
 東京都立大学大学院理学研究科伊永研究室内  
 電話&FAX 0426-77-8541  
<http://park19.wakwak.com/~npofine>  
[npofine@at.wakwak.com](mailto:npofine@at.wakwak.com)

## NPO FINE 第11回講演会交流会 「マイクロ・ナノマシン技術の最新動向と応用」

毎回ご好評をいただいております講演会交流会を今年度も引き続き開催いたします。今回は、今後の産業発展のキーテクノロジーである「マイクロマシン技術の最新動向と応用」をテーマに企画いたしましたので奮ってご参加ください。講師として、マイクロ・ナノメカトロニクスの第一人者である東京大学生産技術研究所教授藤田博之先生、次世代の微細加工技術として急浮上してきたナノインプリント装置の販売を開始したばかりの国産2社[(株)日立製作所とサイヴァクス(株)]にお願いいたしました。また、講演会終了後、恒例の参加者同士の交流会を行います。

### 開催概要

日時	平成16年5月27日(木) 17:00~20:30
会場	東京都立大学国際交流会館 (東京都八王子市南大沢1-1 京王相模原線 南大沢駅下車 徒歩10分)
参加費	一般3,000円、学生500円、NPO FINE 会員：無料 (交流会参加費を含みます。)
主催	東京都立大学大学院理学研究科伊永研究室 NPO法人超微細化学システム技術研究協会 (NPO FINE)
後援	(社)TAMA産業活性化協会
協賛	(財)相模原市産業振興財団 八王子商工会議所、相模原商工会議所、立川商工会議所、青梅商工会議所

### プログラム

1. 講演 (17:00~17:35)	<p>「日立のナノプリント技術の状況とナノインプリント装置の販売」          講師：株式会社日立製作所日立研究所 研究員 工学博士 安藤拓司          ナノインプリント技術はナノスケールの微細加工品を量産できる可能性があり、適用先としては、ハードディスクや、MO、CD-R/RW、DVD-R/RW/RAMなどのストレージメディアやバイオチップなどが候補となっています。日立は今年3月よりナノインプリント装置を販売開始しました。ナノプリント技術や装置に関してお話いただきます。</p>
2. 講演 (17:35~18:10)	<p>「SCIVAXのナノインプリント技術戦略」          講師：SCIVAX株式会社 技術経営担当 取締役 田中 覚(サトル)          当社のWEBアドレスは <a href="http://www.scivax.com">http://www.scivax.com</a> です。          SCIVAX(サイヴァクス)株は今年2月設立されました。独自の高性能加熱・冷却機構搭載金型プレスヘッドと、ステップ&amp;リピート式成型法による、大面積・高スループット化と高精度化を実現したナノインプリント成型加工装置についてお話いただきます。</p>
3. 講演 (18:20~19:20)	<p>「マイクロ・ナノマシン技術の最新動向と応用」          講師：東京大学生産技術研究所教授 藤田博之          マイクロマシン技術の特徴、マイクロナノ加工の現状、マイクロアクチュエータの実例、マイクロマシン応用製品の例を紹介し、今後有望な応用分野などについて、TAMA地域の中小企業を中心とした「産」の皆様にも易しくお話いただきます。</p>
4. 交流会 (19:30~20:30)	<p>飲み物を飲みながら、参加者同士の懇親交流を行います。産産、産学等の交流にお役立てください。</p>