

第 章 講演会

2 ナノテクノロジーの現状と画像技術への応用

大阪大学 産業科学研究所
教授 川合 知二

講演会：「ナノテクノロジーの現状と画像技術への応用」
講 師：川合 知二
開催日：2003年10月21日
会 場：霞山会館 霞山の間
参加者：30名
記 録：伊藤 昇*1

1. はじめに

ナノテクノロジーは今や世界中で競争を行っている。日本もナノテクノロジー各分野に多額の予算を投入して先を行くべく国を挙げて取り組んでいる技術である。幸い分野によっては日本が世界をリードしている技術も数多くあり、次世代の日本を背負うべく精力的に研究や技術開発を継続しなければならない。このような状況のもと本小委員会では関連する企業の方々に重要な情報と判断し、本技術で中核を担われておられる大阪大学・川合知二教授にご講演いただいた。

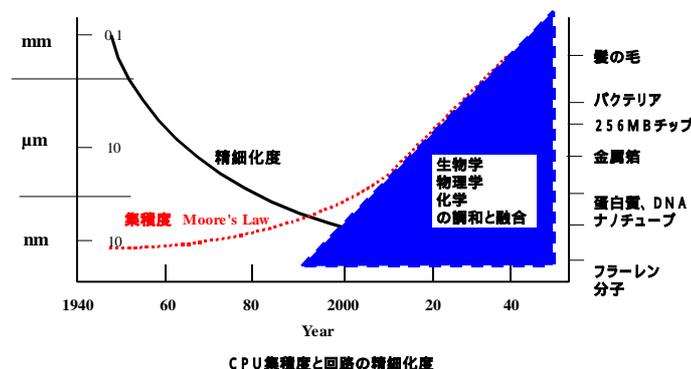
2. 内容の概略

すぐに作れる技術は直ちに世界に広がり、熾烈な競争化で安く便利なものがあふれかえる状態になる。グローバル競争で生き残るためには、将来中心的存在となり且つ他に真似出来ない高度な技術を研究開発することが重要である。ナノテクノロジーは正にその技術である。

ナノテクノロジーは、その名の通り10億分の1ミリの物質の世界である。具体的に言えば、たんぱく質、DNA、カーボンナノチューブそしてフラレンの順番で小さくなるがそのような世界である。そこでは大きな固体状態とは異なる、量子力学で予想され

るような挙動が見られ、例えば通常絶縁体であるダイヤモンド先端をナノオーダーに切削すると電子放出効率がけた違いに上がり金属より遥かに優れた導電性を示す。ナノテクノロジーはそのようなマクロの世界では見られない特異性を利用する技術である。

ナノテクノロジーは将来を担う技術と思われがちであるが、現実にはすでに大きな外貨を稼いでいる。例えばパソコンのCPU演算速度は有名な Moore の法則を示すが、その進歩にはナノの技術が必須である。携帯はわずか数年のうちに極めてコンパクト且つ高機能になり世界中でここまで普及したのも、同じことである。



半導体が1990年前後から下降曲線を描き失われた10年といわれているが、その他の輸出は以前伸

*1 技術調査小委員会委員

びつづけている。特にナノテクノロジーを適応した電子部品は伸びつづけている。決して悪い材料ばかりではない、というよりあまりに半導体のみに注目が行き全体を見渡していない結果である。今後10年～15年の間には、今までにない材料あるいは利用できなかった素材（例えばDNAチップのような）活用する技術が開発・製品化され飛躍的な高精細化を達成するナノテクノロジーを応用した技術は、電子分野のみならず医療、薬品、化学、宇宙、環境などほぼ全ての分野でそれぞれが数10兆円/年規模の市場になると予測されている。このためにはもはや一科学分野では不可能であり、物理・化学・生物といった異なる領域を融合させなければならない。

その結果ナノテクノロジーは、DNAを使った回路部品、超高密度メモリー、画像技術といったIT関係だけでなく、例えばゴルフのクラブのような遊具、衣類、人間の五感の代替となるセンサー、癌細胞を狙い撃ちするカプセル、太陽電池に代表されるエネルギー、超精細加工などほぼ現在のモノ作り全般に進出すし尚且つ地図を書き換える可能性を持っており、事実そのようになりつつある(詳細は添付のスライドを参照)。特に人間の五感の代わりにするセンサーは今までにないものであり、極めて有望且つ有益なものである。目が見えなくてもその代替りの微小センサーを取り付けアウトプットを視神経に伝えることで可視化が可能になる。またナノチューブは数社が参画してその応用製品実用化(例えば液晶に変る低エネルギー画像デバイス)を目指している。既に試作品も発表されている。

3. コメント

ナノテクノロジーは、基本的には蒸気機関やコンピュータのような全く新規な技術という位置付けよりは、むしろ今までの技術(例えばコンピュータの演算回路、薬剤、太陽電池など)の効率を飛躍的に向上させる技術である。フラレンの発見はノーベル賞を受賞しているしカーボンナノチューブもその候補に挙げられているといわれているが、決してそれ自体が直接生

活や文化を変える技術アイテムではなく、基本的には他の技術進化を支えるものである。大雑把に言えば、エネルギー効率を従来の改良では超えられない壁を破りけた違いのレベルに向上させる技術であり、その特性をより下流側の技術に適応することで全く新しい技術アイテムを生み出すという基盤技術である。それだけに汎用性も広く、官・学・民が一体になって取り組まなければならないし、すでにそのような方向を進んでいる。

以上

私たちが望む日本を実現するためには、“ナノテクノロジー・材料”が基幹科学技術となる。特に、ナノテクノロジーはIT、バイオ、環境・エネルギーの研究分野で“国際競争力を持つために必須”の21世紀の科学技術

ナノテクノロジーは

1. 現産業の強化

--- 先端科学技術の更なる高度化技術

2. 新産業の創出

--- 今までにない製品を生み出すもとになる技術

の特徴をもち、産業発掘・創造を加速する

基幹科学技術

ナノテク応用製品の市場予測

◎新しい製品群

- ・新材料関連……………今後10年間; 40兆円/年
- ・エレクトロニクス(半導体他)
……………今後10~15年間; 36兆円/年
- ・医薬品……………今後10~15年間; 22兆円/年
- ・化学プラント……………今後10~15年間; 12兆円/年
- ・宇宙関連……………今後10年間; 8兆円/年
- ・測定器、加工機……………今後10年間; 3兆円/年

◎高度医療……………今後10年間; 4兆円/年

◎持続性維持関連……………今後10年間; 17兆円/年
(環境など)

日本経済新聞

6月16日
月曜日

発行所 日本経済新聞社

ナノテク振興300社連携

日立や松下 医療など実用化へ

次世代の成長分野であるナノテクノロジー(超微細技術)を活用した産業の振興に向け、政府が支援する産学連携組織が9月に発足する。日立製作所やパナソニックやシャープなどの約300社と大学の研究者らで構成。難病治療の効果を高める薬物送達システム(DDS)などの産業化を目指す。政府も来年度から予算面で後押しする方針で、産学官の連携で2010年に20兆円規模を見込む巨大市場の開拓を目指す。(ナノテクノロジーは3面「さよなら」参照)

政府支援、9月に協議会

政府が検討中のナノテク連携プロジェクト	
産業分野と市場規模(2010年予想)	
技術領域	
デバイス(17兆~20兆円)	絶対破られない暗号通信が可能な量子コンピュータ
	図書館情報をすべてつめ込んだ超小型記憶装置
	波長の短い紫外線で素材を微細加工
バイオ(6000億~8000億円)	患部に直接投与できる薬剤(DDS)
環境エネルギー(9000億~1兆7000億円)	有害物質だけを取り込む超高感度環境センサー
	超微細な穴を利用した石油製品の効率的な分離精製
材料(6000億~1兆4000億円)	金属結品の粒を小さくして高強度化した鋼
	極細化で吸着性を高めた化学繊維
加工・計測(8000億~2兆2000億円)	排ガス中に含まれ、健康への影響が懸念される超微粒子の測定技術

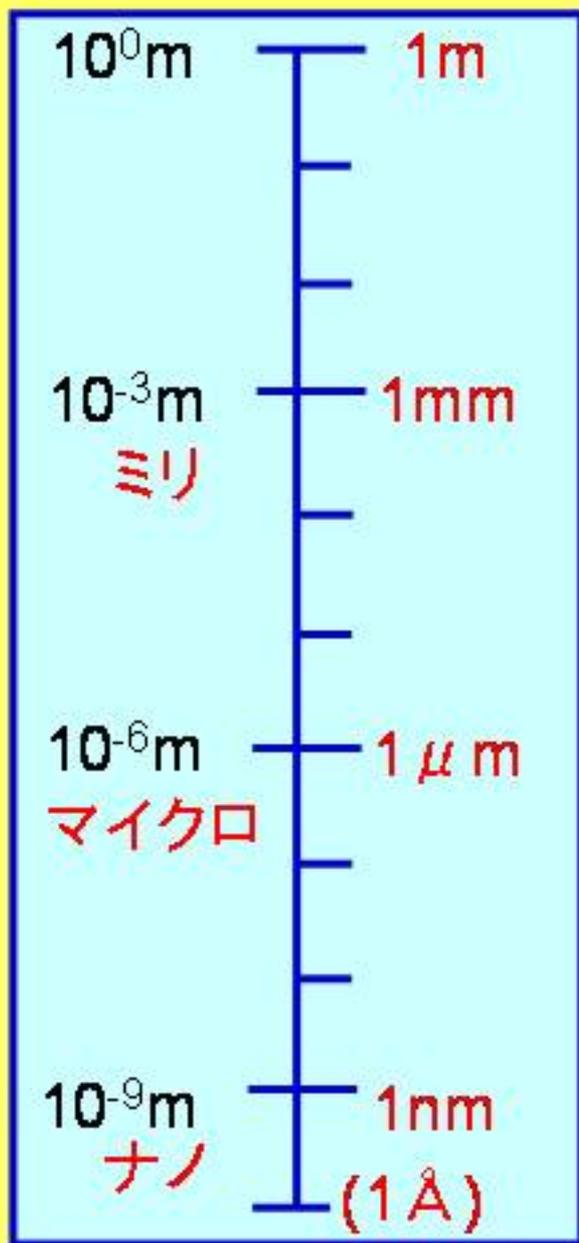
新組織は「ナノテクヒヤクニッパ」や人材交流などを通じて、ナノテク振興を推進する。産学官の連携で2010年に20兆円規模を見込む巨大市場の開拓を目指す。(ナノテクノロジーは3面「さよなら」参照)

産学官の連携で2010年に20兆円規模を見込む巨大市場の開拓を目指す。(ナノテクノロジーは3面「さよなら」参照)

産学官の連携で2010年に20兆円規模を見込む巨大市場の開拓を目指す。(ナノテクノロジーは3面「さよなら」参照)

産学官の連携で2010年に20兆円規模を見込む巨大市場の開拓を目指す。(ナノテクノロジーは3面「さよなら」参照)

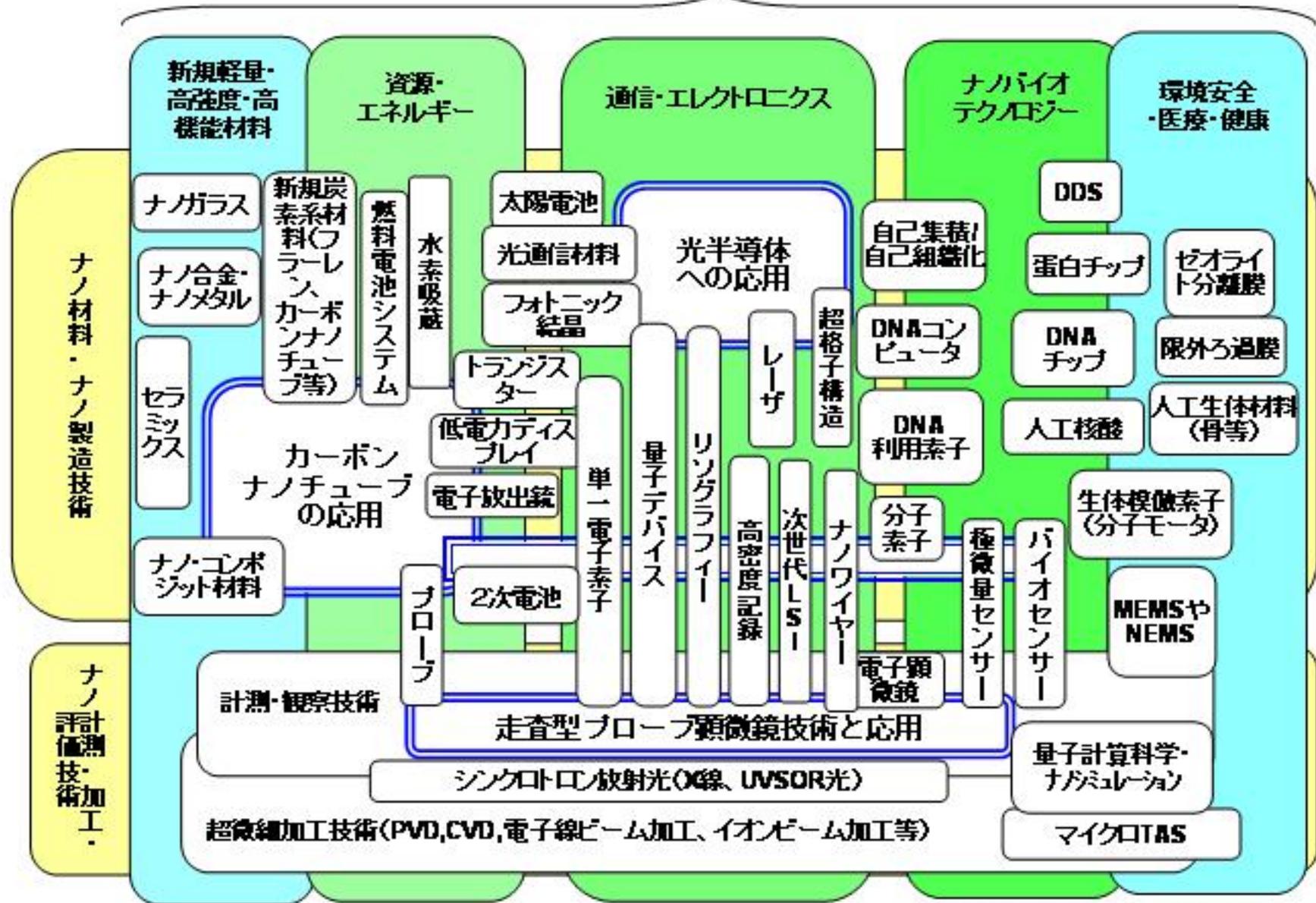
ナノメートルとは？



「ナノテクノロジーの応用」全体の技術俯瞰図

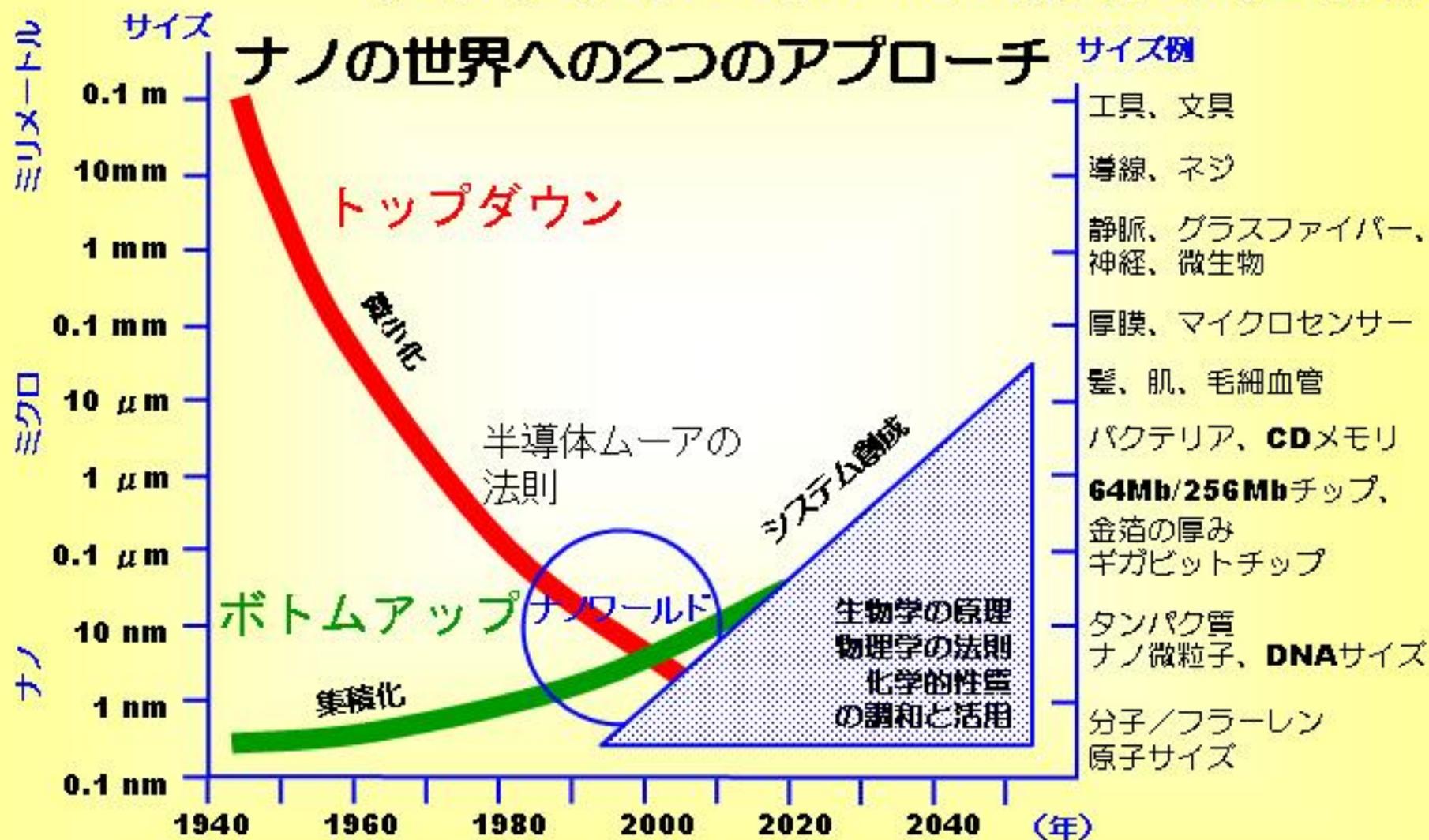
あらゆる分野に影響する基幹科学技術

ナノテクノロジー応用分野



21世紀の科学技術は

ナノテクノロジーの時代に入った。



ジャンボジェット機が地上から新聞紙1枚の隙間でんでいる状態



0.1mm(ミリメートル)



1万倍に拡大するとー

現代の ナノテク技術



ヘッドの浮上隙間
10nm(ナノメートル)

カネボウ繊維、ナノテク下着などを9月1日から販売



ナノデュウビューティモイスト
長袖インナーと1分丈パンツ

東レ: ナノ繊維

強化プラスチック

カネボウ繊維は、カネボウ 総合研究所・基礎科学研究所と共同開発したナノテク繊維素材「ナノデュウ」を使った高機能衣料「ナノデュウビューティモイスト」シリーズを2003年9月1日から販売する。就寝時などに着用する下着、室内でくつろいでいるときに装着する首枕など8製品。同社はこれらを着用することによって、「うるおいアップ」と「美肌」効果が期待できるとしている。

ゴルフ用品のマルマンは、フラレンをヘッドに混ぜて"飛距離を15ヤードアップ"させた最高級ゴルフクラブの新製品「ニューMAJESTY」について、今回、本誌の取材に対して初めて技術的な内容を明らかにした。



MAJESTY

マジェスティなら飛距離が買える
ニューマジェスティ7月5日デビュー



NEWマジェスティWOOD フェイスだけではなく ボディまで高反発

ニューマジェスティウツドの秘密



NEWマジェスティIRON 飛びと正確性の一挙両得

ニューマジェスティアイアンの秘密



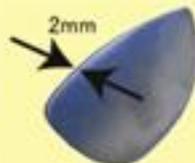
ニューマジスティウッド「飛び」の秘密

http://www.maruman.co.jp/golf/index.php?page=majesty_w

①さらに反発性能が向上する、フェイス素材

スーパータフェストチタン

フェイスがたわみやすくなって反発力が向上



反発性能では、定評のある「タフェストチタン」をさらにパワーアップ、引っ張り強度で30%も強度がアップし、さらに板厚を2mmと極限にまで薄肉化。反発性能が飛躍的に向上しました。



②ノーベル化学賞受賞ナノテク素材

フラレンチタン

本体トップ面の極薄化、トップ面までたわむ設計



ヘッド本体に、ノーベル化学賞受賞のナノテク素材フラレンを配合、従来のチタンに比較し疲労強度が約30%アップ、その結果トップ面の厚さを0.75mmとする事が可能となり、フェイスだけではなくヘッド本体までたわませることに成功しました。



③ レーザー溶接

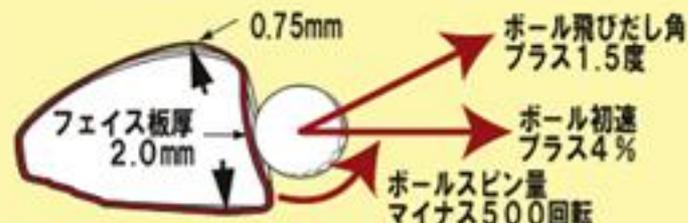
素材性能をフルに引き出す高精度溶接技術



スーパータフェストチタンとフラレンチタンボディの接合は、高精度のレーザー溶接を採用。通常の溶接に比較し、溶接部分の幅を非常に狭くする事が可能となり、さらに溶接時間も10数秒と非常に短い為、素材に与える熱の影響を最小限に抑えられるため素材性能をフルに引き出します。

ボディまで高反発

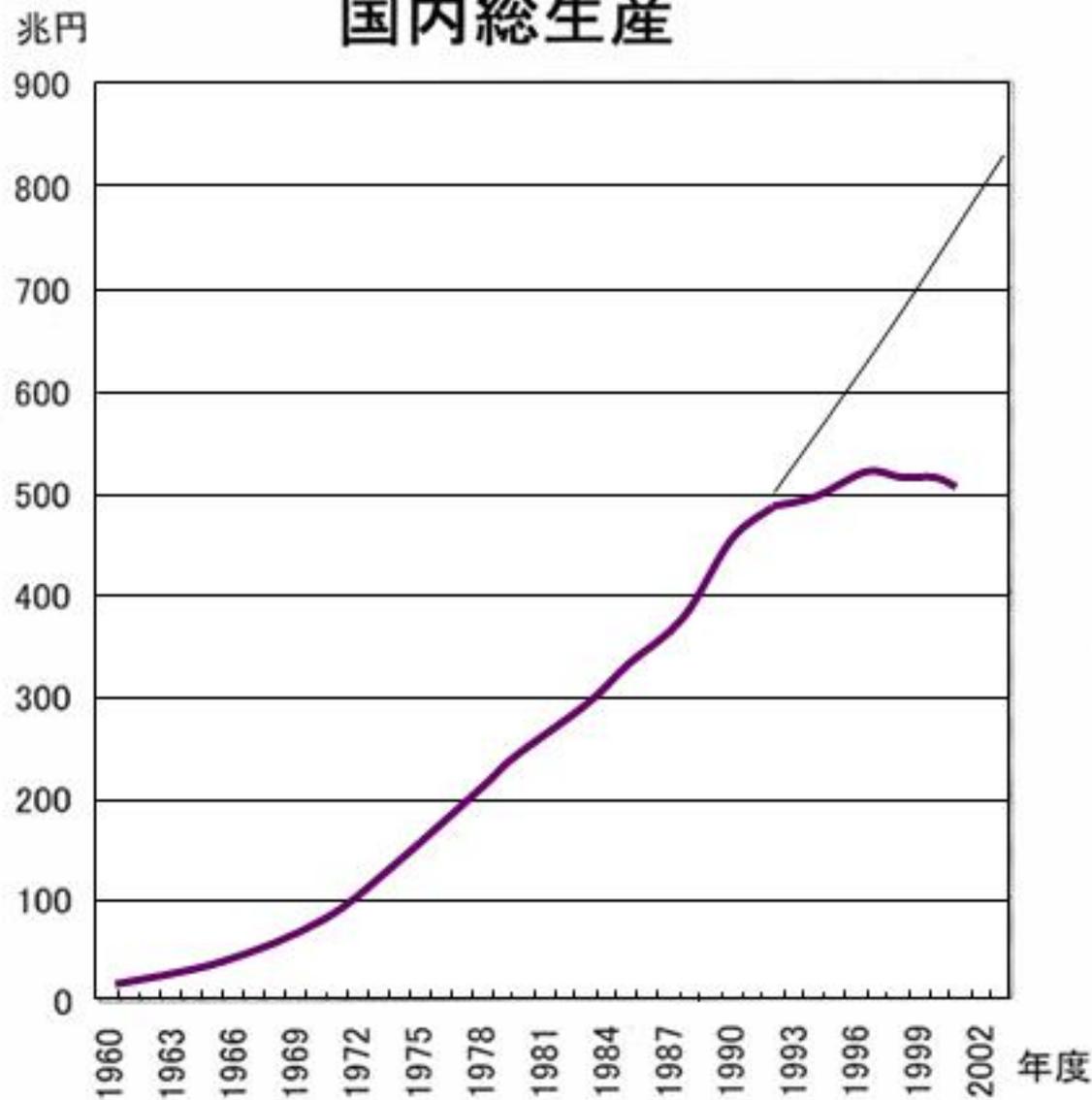
高打ち出し、低スピンの未体験の飛び



ナノテクは未来技術か？

**今、私たち日本の経済を
支えている
ナノテクノロジー**

国内総生産



— 国内総生産 1960-1991の傾向線
 - - - 1991-2001の傾向 — 91までの傾向線

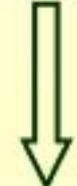
- 
- “つくれる技術” はただちに世界に拡がる---グローバル化
 - モノがあふれている、できすぎる いつでも安く手に入る



安くつくる



特許
知的所有権
高度化



ほしいもの
他にできないものを
高い技術でつくる
(産業構想の変化に対応。
変化のスピードが要求)



名目GDP(1998年)



465兆円

GDPの25%を占め、また、全輸出入額の70%という高い割合になっている。このため、貿易収支において、他分野の輸入超過を補って余りある外貨を稼ぎ出している日本の大黒柱である。今後ともこのような状況は変わらないであろうことを考えると、製造業の強化と製造分野における科学技術を高めることは日本にとって生命線といえる。

2002年度わが国貿易収支、経常収支の改定見通し

輸出

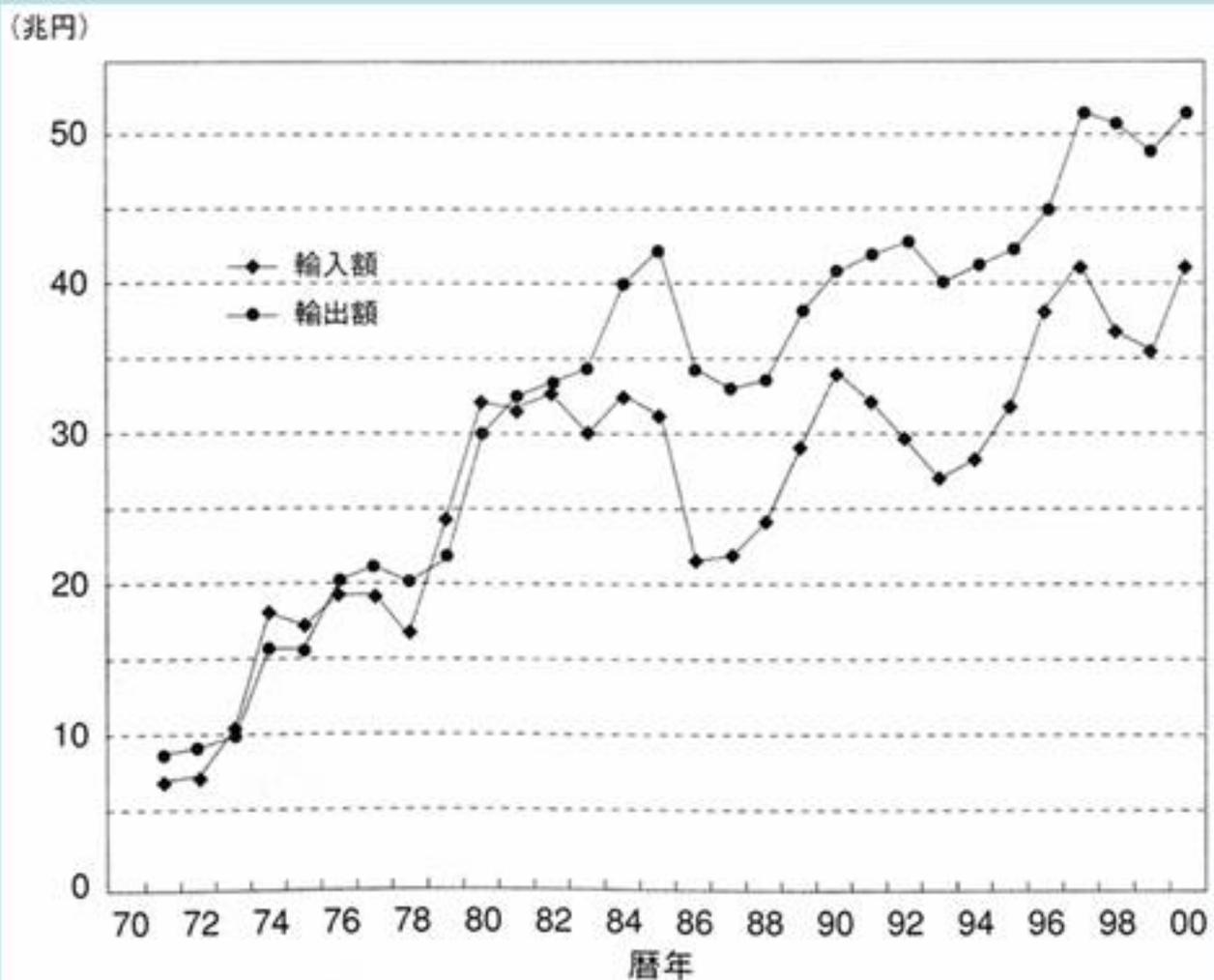
(単位:億円、%:前年度比増減率)

品名	2002年度
	改定見通し
総額	499,610
輸送用機器	113,605
(自動車)*	73,844
電気機器	119,360
(半導体等電子部品)	39,020
(通信機)	6,885
一般機械	105,352
(事務用機器)	29,126
化学製品	38,828
金属および同製品	29,110
(鉄鋼)	16,291
精密機器	24,102
(科学光学機器)	22,960
繊維および同製品	8,650
非金属鉱物製品	5,818
食料品	2,528
その他	52,255

2002年6月3日

* ()は主な製品をあげている。

参照:社団法人日本貿易会



(出所) 日本政策投資銀行調査部「長期産業データ集2002」

日本の輸出入額の推移



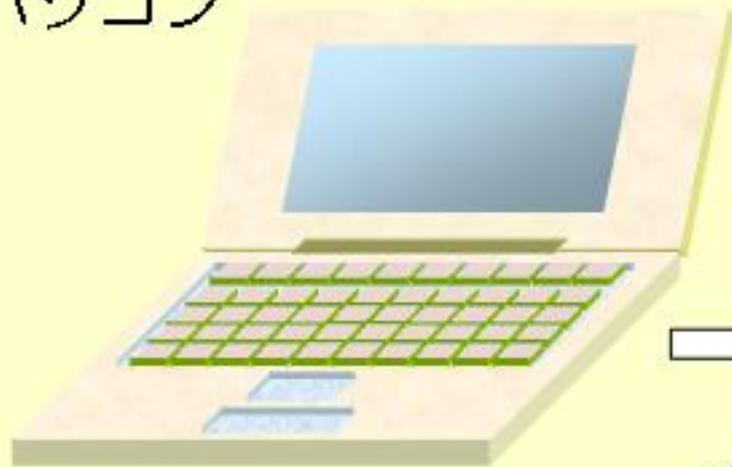
1990年代の日本の各製品生産金額の消長

90年代に伸びた品目	90年代に後退した品目
石油化学製品の輸出 (+4.6)	アルミ地金製造 (-11.9)
ポリプロピレン (+3.4)	ポリスチレン (-0.3)
複層ガラス (+15.6)	板ガラス (-3.6)
ファインセラミックス (+13.8)	陶磁器 (台所用) (-7.2)
リチウム電池 (+11.5)	35mmカメラ (-7.3)
ICパッケージ (+14.5)	ファックス (-3.0)
光ファイバーケーブル (+20.3)	通信用銅ケーブル (-8.6)
液晶パネル (+34.5)	カラーテレビ (-15.8)
携帯電話 (+59.8)	電卓 (-30.2)
カーナビ (+24.2)	ミシン (-9.5)
パソコン (+17.7)	ワープロ (-23.4)
DVDプレーヤー (+7.4)	ビデオプレーヤー (-16.0)
腕時計ムーブメント (+8.4)	腕時計完成品 (-17.1)
オーディオCD (+6.0)	カセットテープ (-11.2)
半導体製造装置 (+11.7)	電子レンジ (-4.8)
環境処理装置 (+8.4)	

出典：日本長期信用銀行統計（2002）より抜粋（ ）内は1990年代の増減%

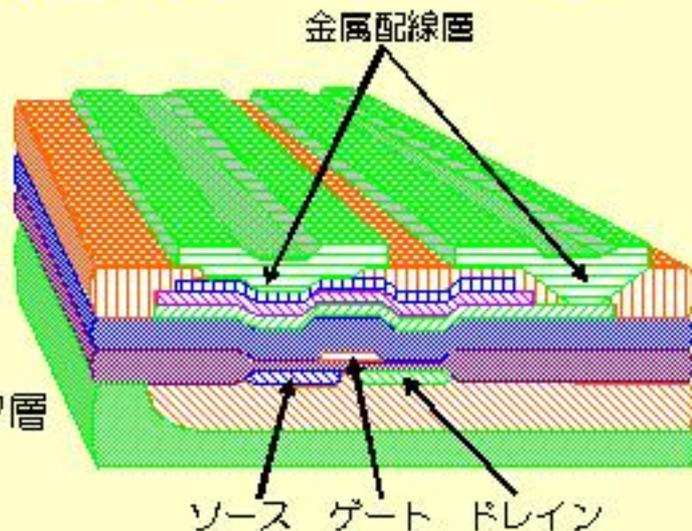
ナノテクノロジーは、今、外貨を稼いでいる！！

パソコン



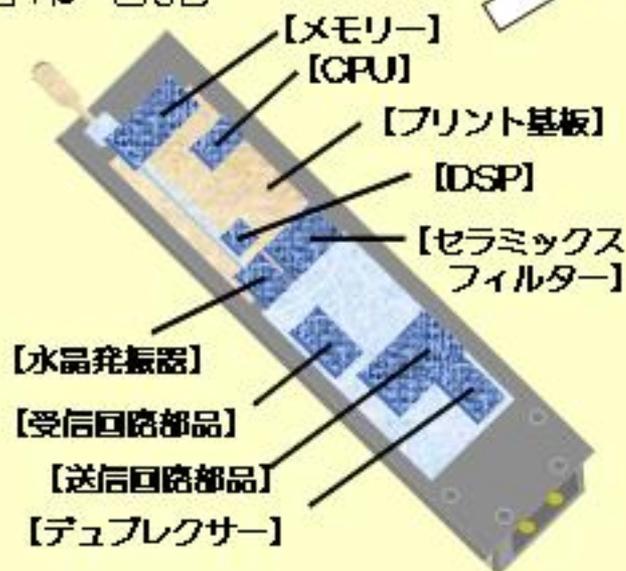
強誘電体層

トランジスタ層

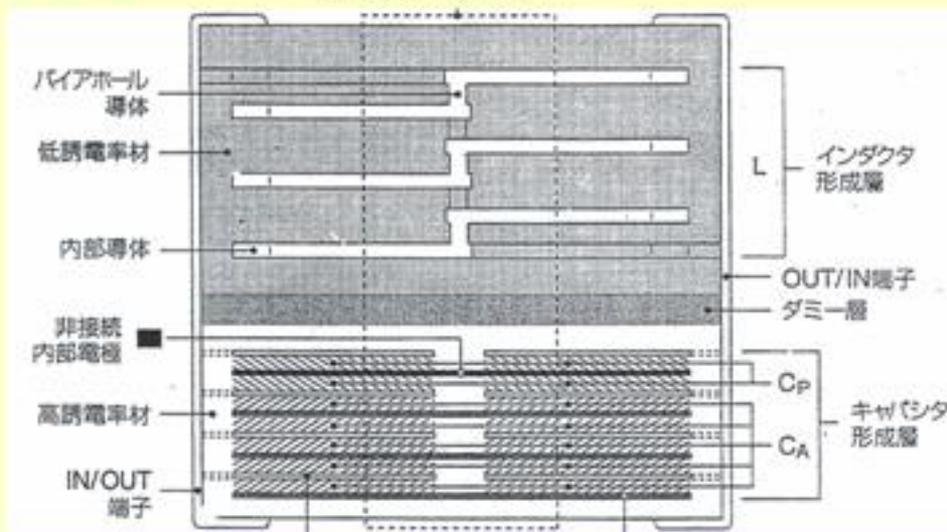


電子部品で
日本は優勢！！

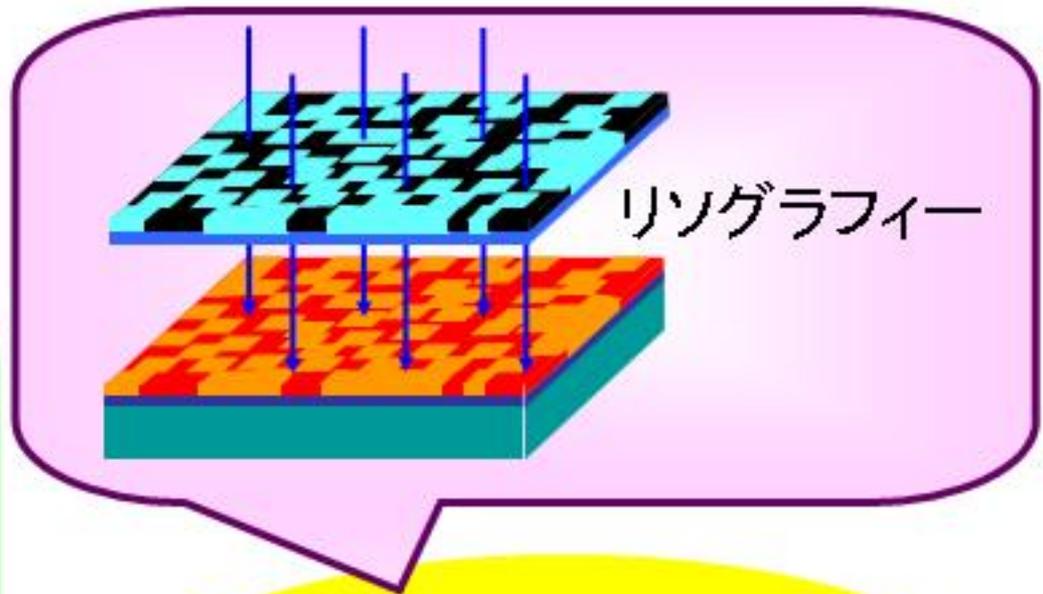
携帯電話



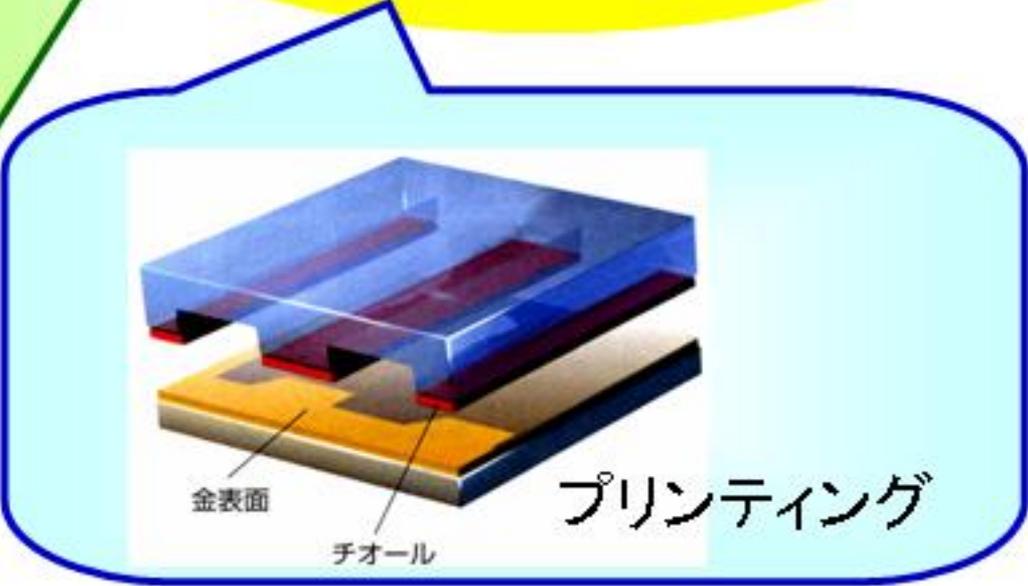
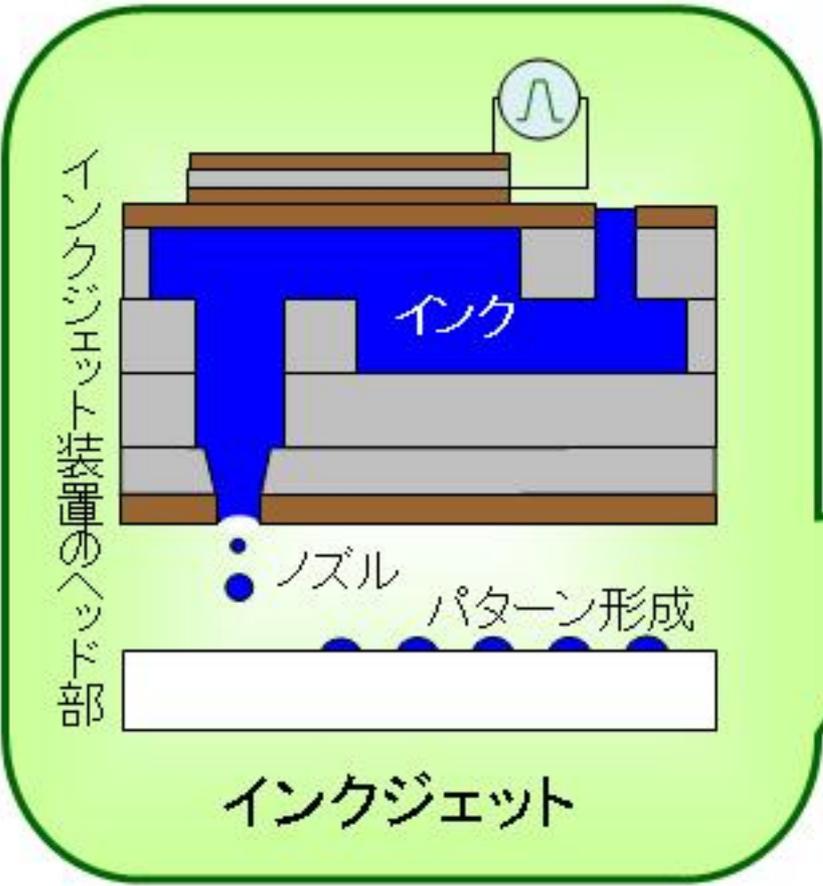
多層フィルター



何年か先を行く技術と特許の重要性！！

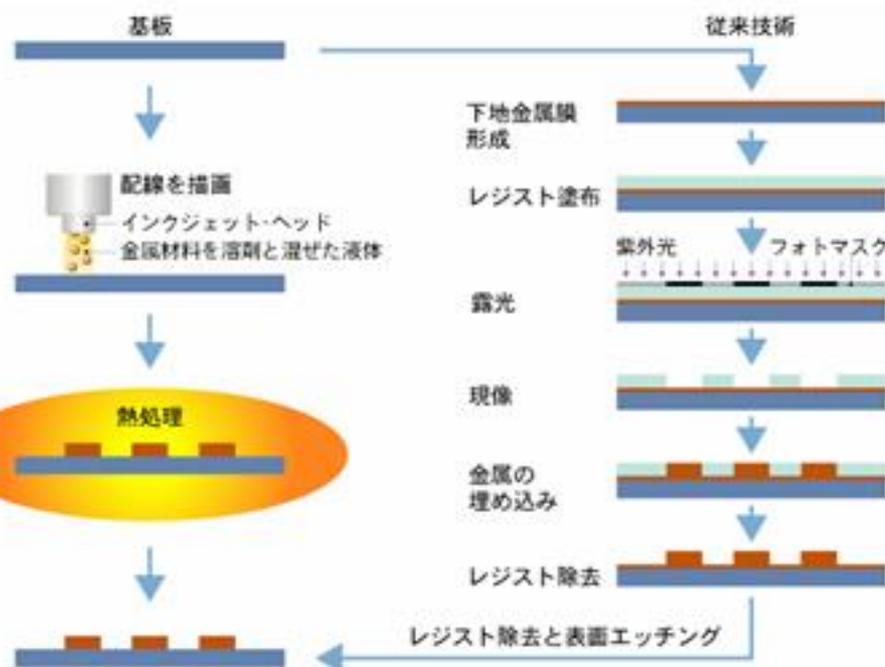


ナノテクノロジー



トップダウンから
ボトムアップへ

インクジェット技術と従来技術の配線基板製造のちがい



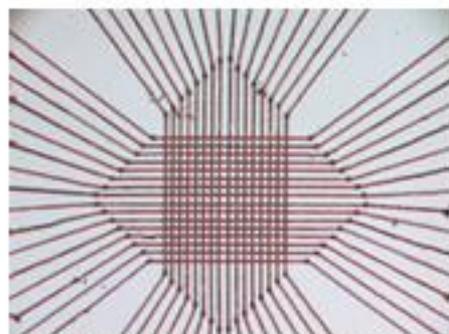
従来のフォトリソグラフィと呼ばれる技術では、図のような工程を何回も繰り返し複雑なものを作る。一方インクジェット工法では、異種材料を用いる場合でも、マルチノズルの役割を変えることで、並列化が可能で、原理的には図のようなわずかな工程で済んでしまう。

微細な粒子の使い道

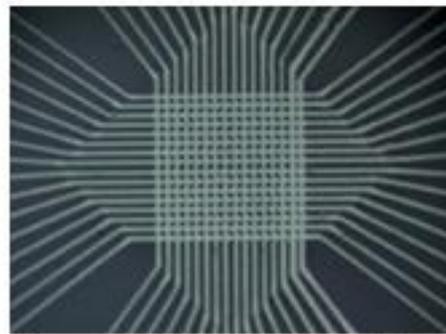
超微細インクジェットの成功には噴射方法の新しいアイデアのほかに、噴射する新材料も寄与しています。その材料とはナノペーストと呼ばれる直径が10ナノメートルにも満たない粒子です。

ハリマ化成という会社がこの微細な粒子を売り出したのですが、回路パターンを従来の方式で印刷するにはあまりに粒子が小さすぎました。しかし、やっとその特徴が生かせる技術が登場しました。それが、超微細インクジェットです。超微細な噴射には、やはり超微細な材料が必要というわけです。

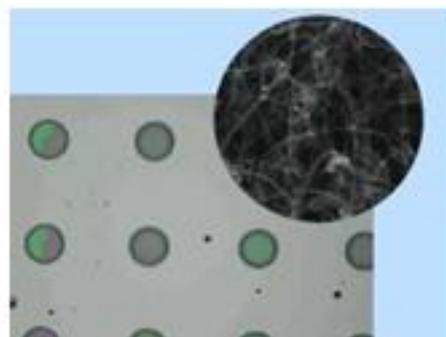
また、次世代のナノ材料として多くの期待が寄せられているカーボンナノチューブ触媒(やはり金属の超微粒子)を任意の場所に配列するといった離れ業も可能になり、カーボンナノチューブによる微細なデバイスも簡単に作る事ができます。



導電性高分子で描画した回路パターンの光学顕微鏡写真



銀ナノペーストで描画した回路パターン(ガラス基板上)の光学顕微鏡写真



触媒のパターニング(下)とそれをもとに生成させたカーボンナノチューブ(上)の電子顕微鏡写真

■ 従来の1/1000以下の微細液滴を吐出する「超微細インクジェット技術」を開発

概要

独立行政法人 産業技術総合研究所【理事長 吉川 弘之】(以下「産総研」という) [ナノテクノロジー研究部門](#)【部門長 横山 浩】の村田 和広 主任研究員は、従来のインクジェット技術に比較して1/1000以下の超微細液滴(サブフェムトリットル)の吐出が可能な技術(サブミクロンインクジェット技術)を開発した。この技術を用いて、導電性高分子や金属超微粒子などの様々な材料を、直径1ミクロン以下のドットで、基板上に精密に配列させることに成功した。【図1~3】

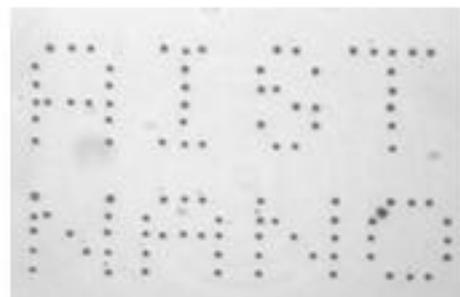


図1 サブミクロンドット印字例
(ドット間隔は3μm)

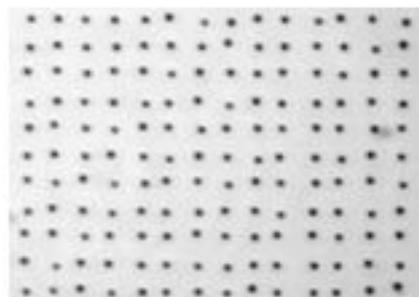


図2 サブミクロンドット印字例
(ドット間隔は3μm)

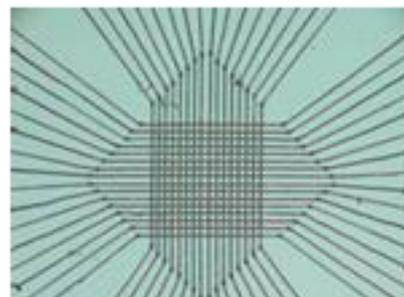


図3 複雑図形の描画例
【導電性高分子】
(線幅3μm、格子部分の
ピッチ10μm)

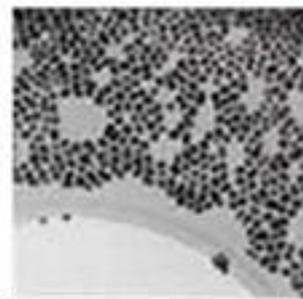


図4 安定分散した金属ナノ
粒子の電顕写真
(粒径は約5nm)

さらに、ハリマ化成株式会社【代表取締役社長 長谷川 吉弘】(以下「ハリマ化成」という)筑波研究所【所長 松葉 頼重】が開発した「安定分散した金属ナノ粒子ペースト(ナノペースト)【図4】」をインクとして用いた共同研究によって、表面実装技術の鍵を握る線幅が数ミクロンの超微細配線を基板上に直接描画することに成功した。【図5】 大気中しかもデスクトップでの超微細配線の形成は、[表面実装技術](#)に革新をもたらし、電子機器の一層の小型化を可能にし、開発・製造スピードを大幅に短縮することができるものと期待される。

また、本技術は、表面実装技術分野のみならず、バイオ、光、超微細加工技術などのナノテクノロジー分野における様々な革新的応用が期待される。

産総研では、さらに、この技術分野の研究の深化と応用範囲の拡大のために、今回発表した金属ナノ粒子以外の分野についても[広く共同研究を行うことを検討](#)しており、ナノテクノロジー分野の研究の活性化と幅広い応用分野の開拓を目指していく。

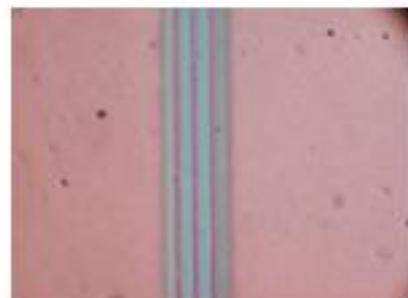
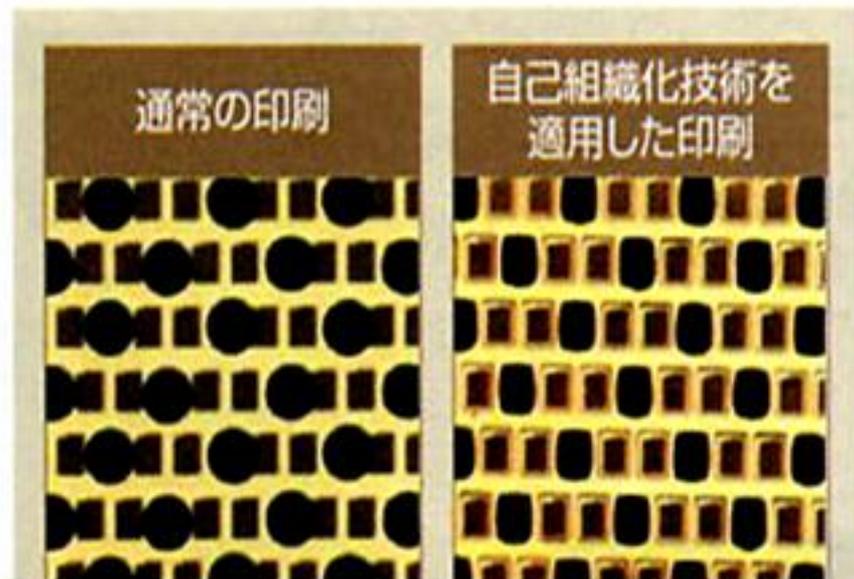
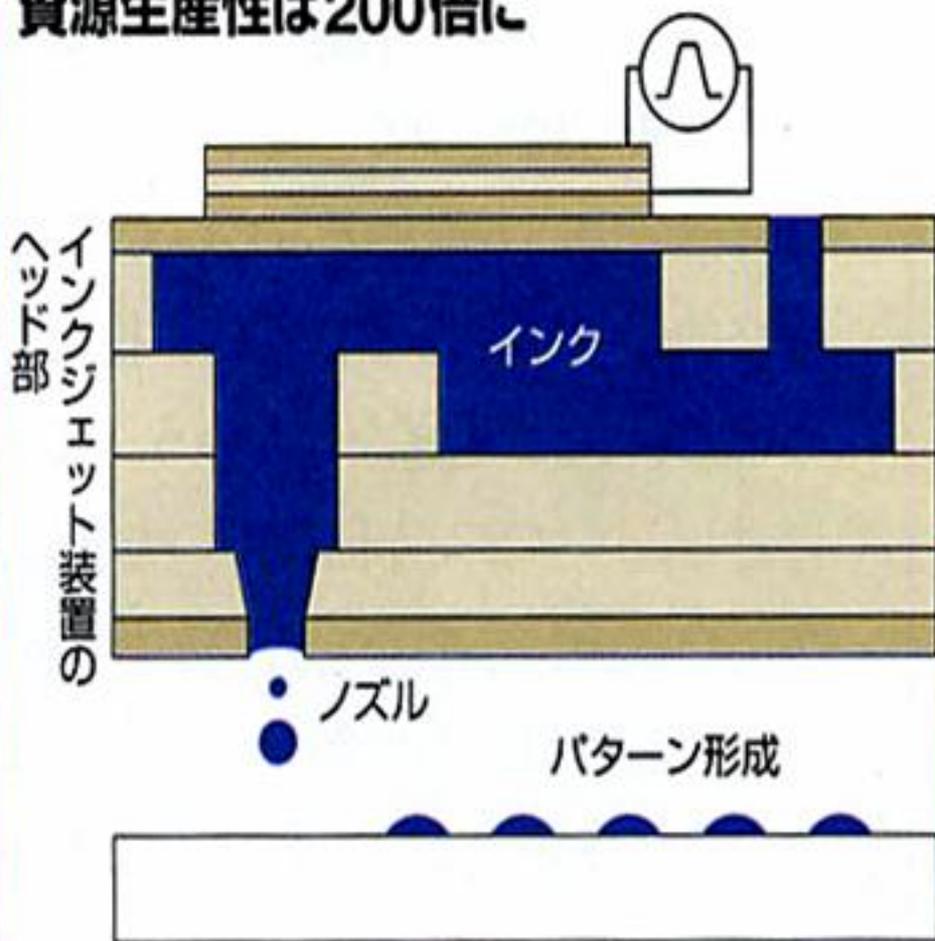
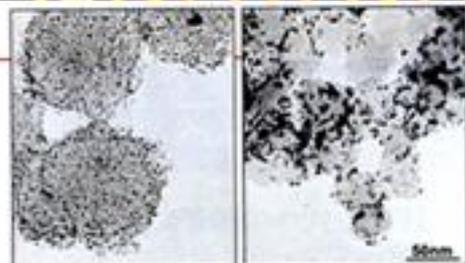
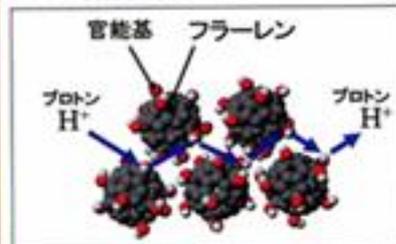


図5 ナノペーストのポリイミド
基板上への印字例
(線幅3.6μm、ラインスペース
1.4μm)

エプソンは製造技術に応用へ 資源生産性は200倍に



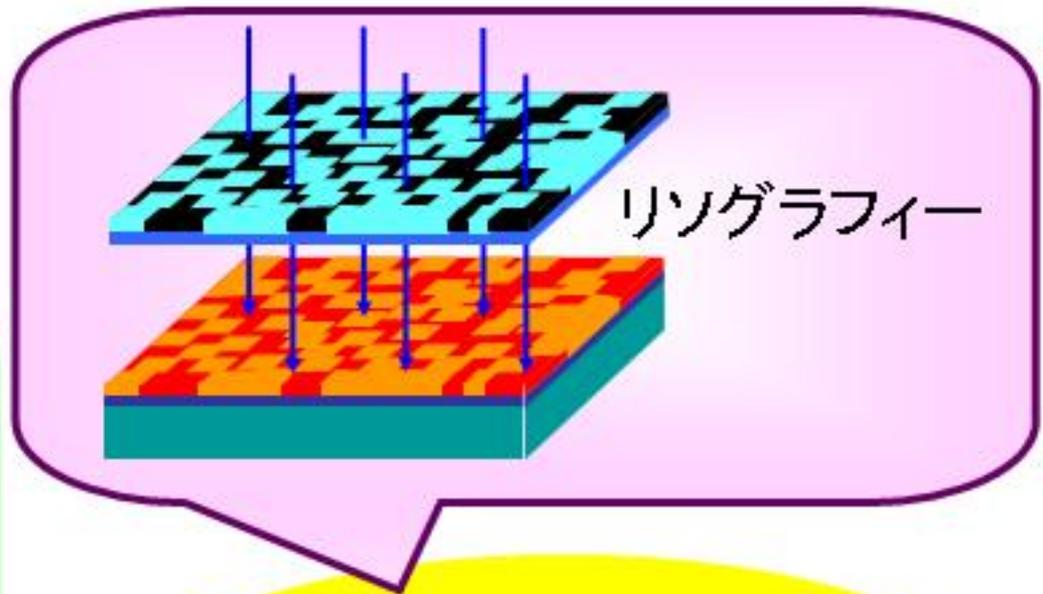
ソニーはナノ材料で膜を開発
新しいメカニズムでプロトン透過
直径約1nmのフラーレンを活用。表面を化学的に改変してプロトンの透過性を高めた。フラーレンの表面を玉突きのようにプロトンが移動



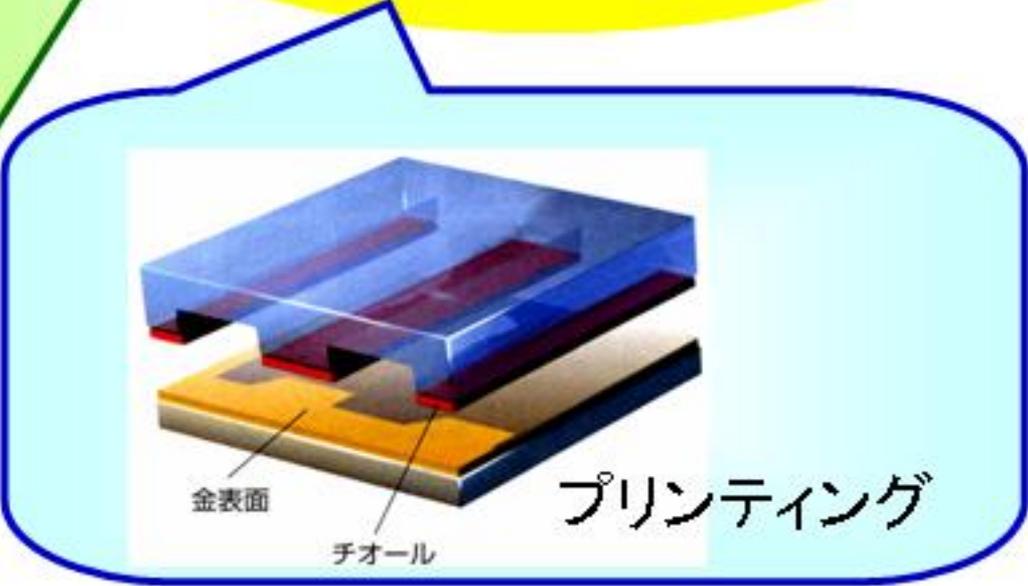
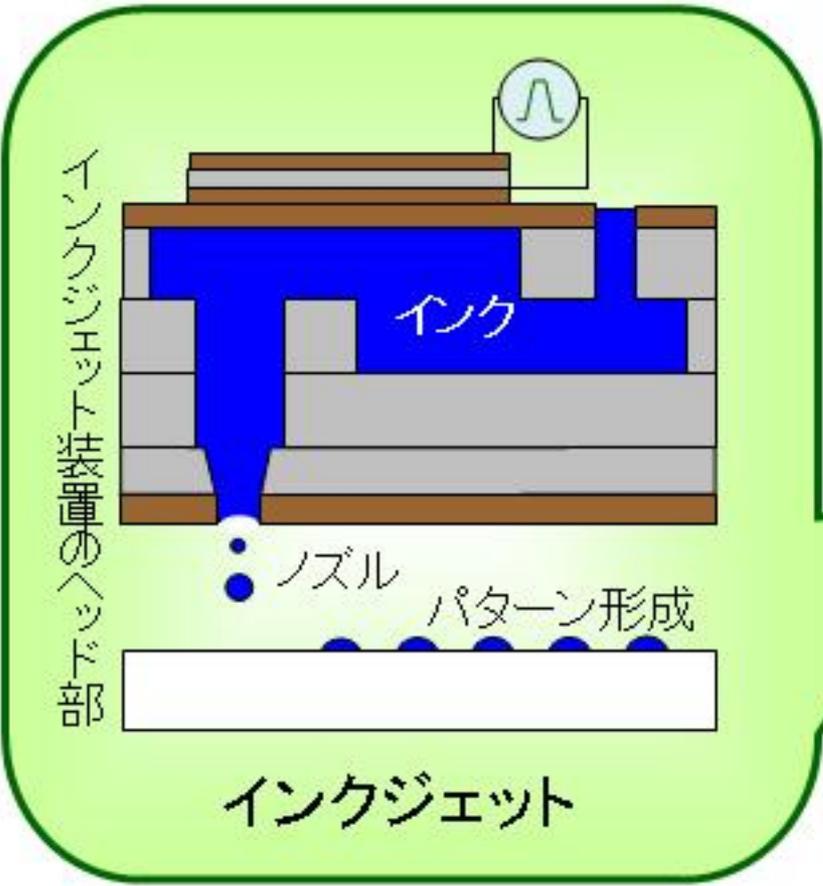
NECはナノ材料を電極に
白金触媒の分散に成功

ナノ材料のカーボンナノホーン(左上)と従来のアセチレンブラック(上右)に白金触媒(黒い点)を分散させた様子。ホーンの方が、微粒子がきれいに分散している





ナノテクノロジー

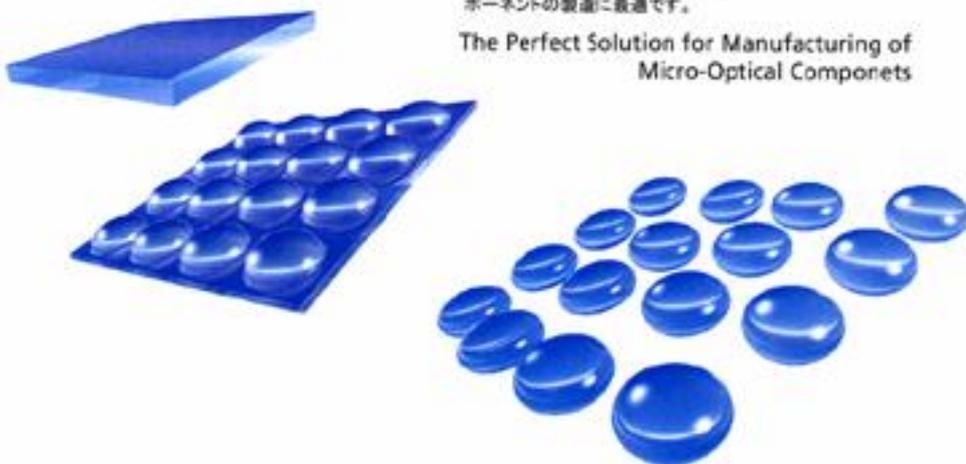


トップダウンから
ボトムアップへ

Hot Embossing

ホットエンボスは、最小な光学コンポーネントの製造に最適です。

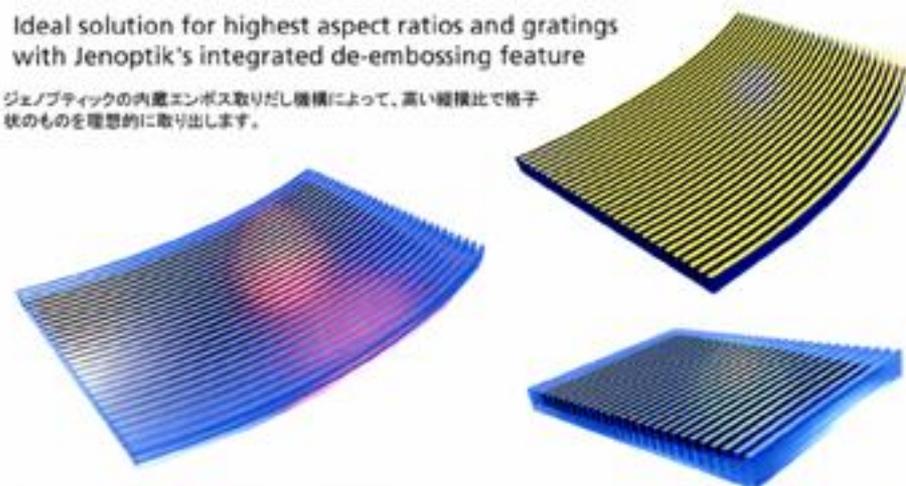
The Perfect Solution for Manufacturing of Micro-Optical Components



Hot Embossing

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

ジェノプティックの内蔵エンボス取りだし機構によって、高い縦横比で格子状のものを理想的に取り出します。



金型技術に
までナノテク
の波が！

Jenoptik HEX03



- High-end embossing solution
視研点で最上位機種
- Pressing force up to 200kN
プレス圧は200kNまで
- Embossing temperature up to 500°C エンボス温度500°Cまで
- Mold non-orthogonality compensation モールドの垂直矯正不要
- Automatic mold release
自動モールド解放
- Optical alignment with 3μm overlay accuracy
3ミクロン精度で重ね合わせることができます。

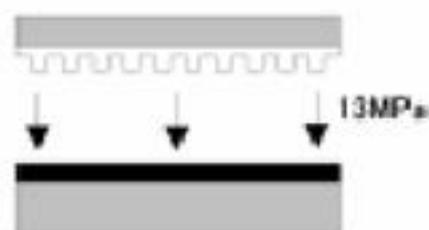
(1) 初期状態



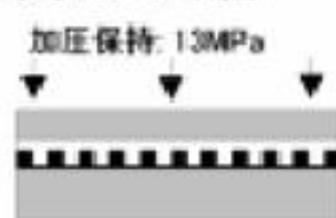
(2) 昇温 (レジスト軟化)



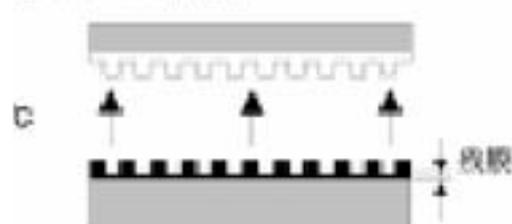
(3) モールド押し付け



(4) 冷却 (レジスト硬化)



(5) モールド剥離



(6) 酸素RIE (残膜除去)



(7) リフトオフ



転写パターンを作製するプロセスは次のようになる。

(1) シリコン基板にレジスト (PMMA) を塗布する。

(2) レジスト (PMMA) を塗布した基板 (シリコン) を 200°C まで加熱してレジストを軟化させる。

(3) モールドをレジストに接触させて加圧することにより、レジストを変形させる。

(4) プレスした状態を保ちつつ、基板温度を冷却しレジストを硬化させ、モールドの凹凸をレジストに転写する。

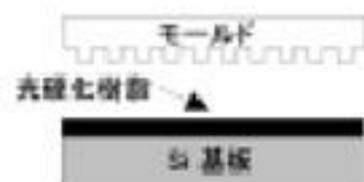
(5) PMMA が充分硬化したらモールドを離す。このとき、モールドの凸部に相当する部分が、シリコン基板上に薄い残膜として残る。

(6) 酸素リアクティブイオンエッチング (Reactive Ion Etching; RIE) で残膜のレジストを除去し、シリコンの表面を出す。

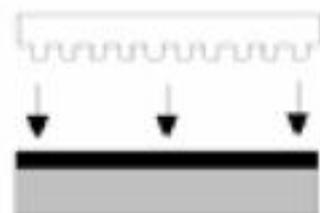
(7) その後、レジスト膜をマスクとしてエッチングを行ったり、Al 等をリフトオフし、配線に利用したりする。

光ナノインプリントリソグラフィ

(1)初期状態



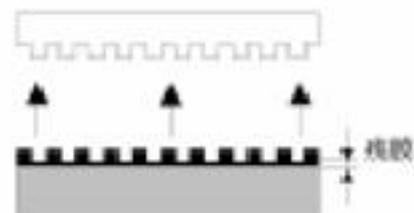
(2)モールド押し付け



(3)紫外線照射



(4)モールド剥離



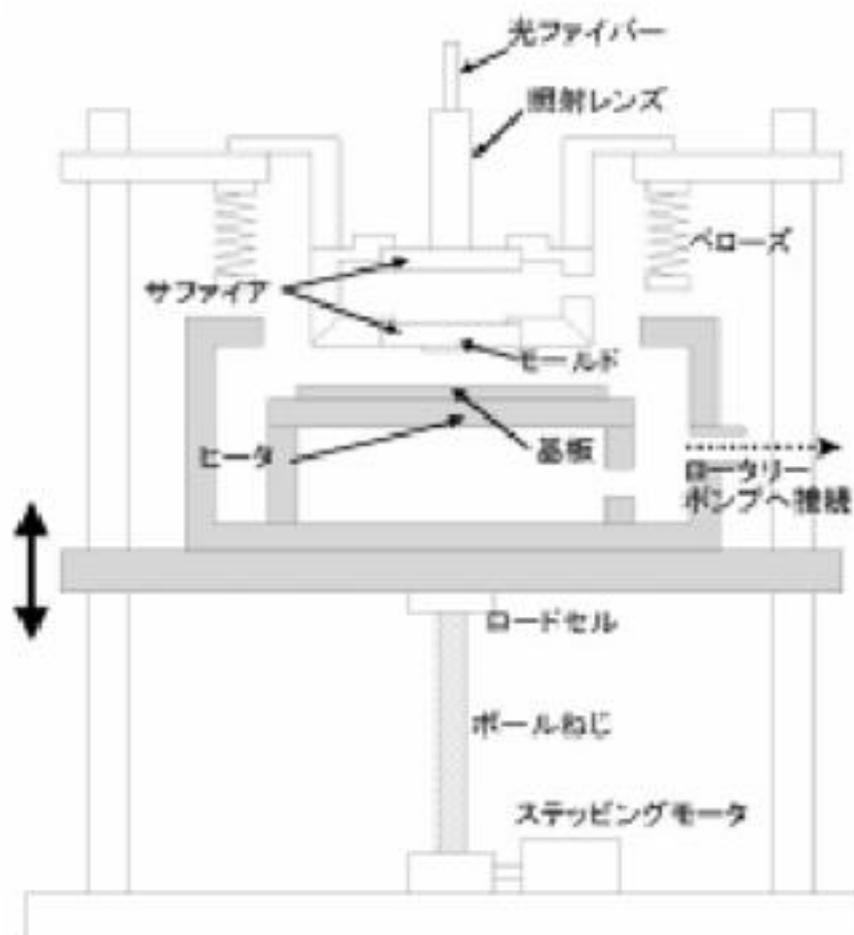
(5)酸素RIE(残膜除去)



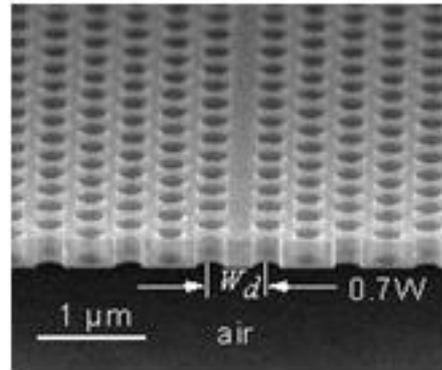
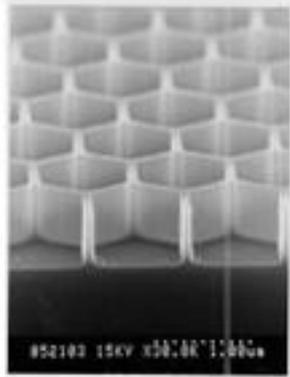
(6)パターン形成 (SiDアイエッチング等)



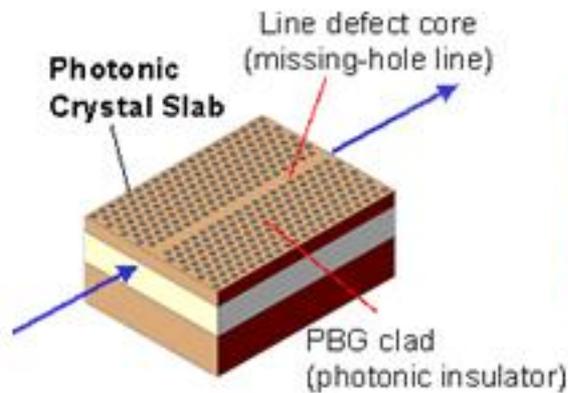
光ナノインプリントリソグラフィ装置

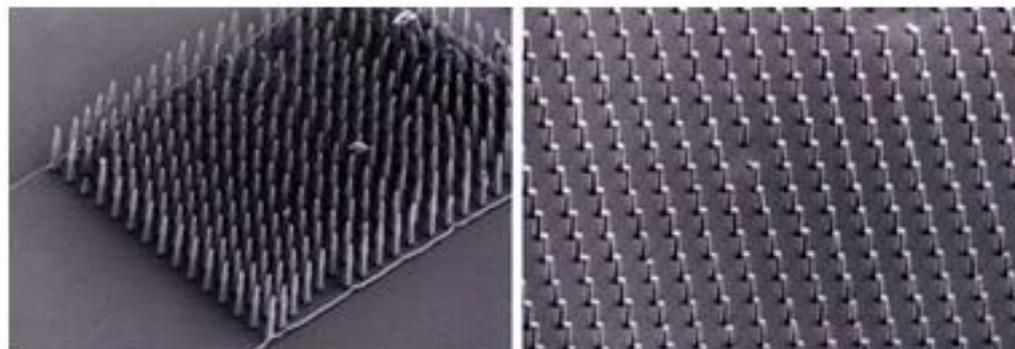


フォトリックナノ構造研究グループ



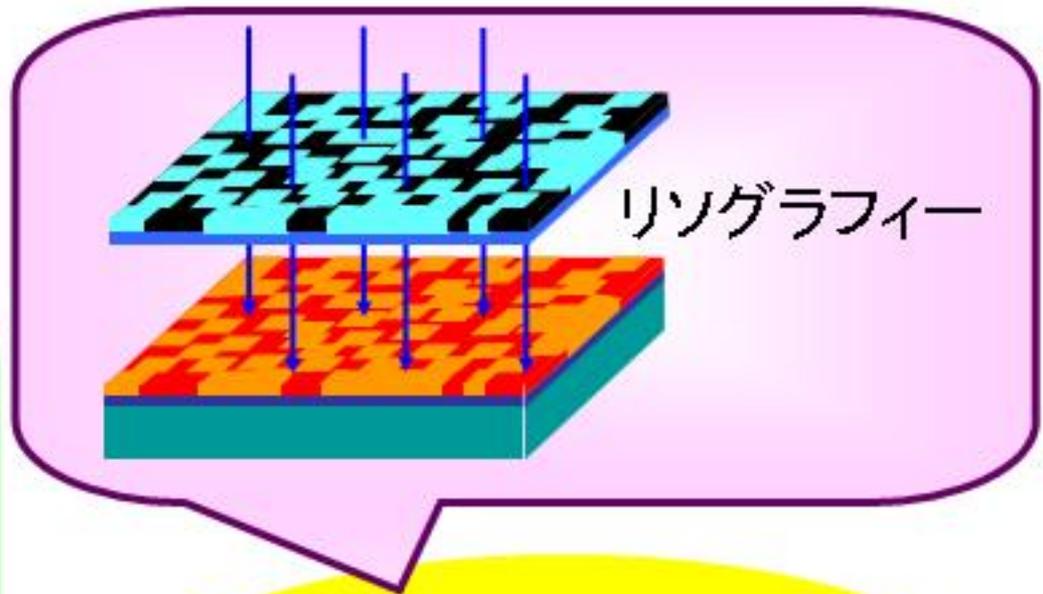
我々は、光の波長以下の極微細人工構造（フォトリック結晶に代表されるフォトリックナノ構造）を作製して、物質の光学的性質を自由に制御することを目指しています。



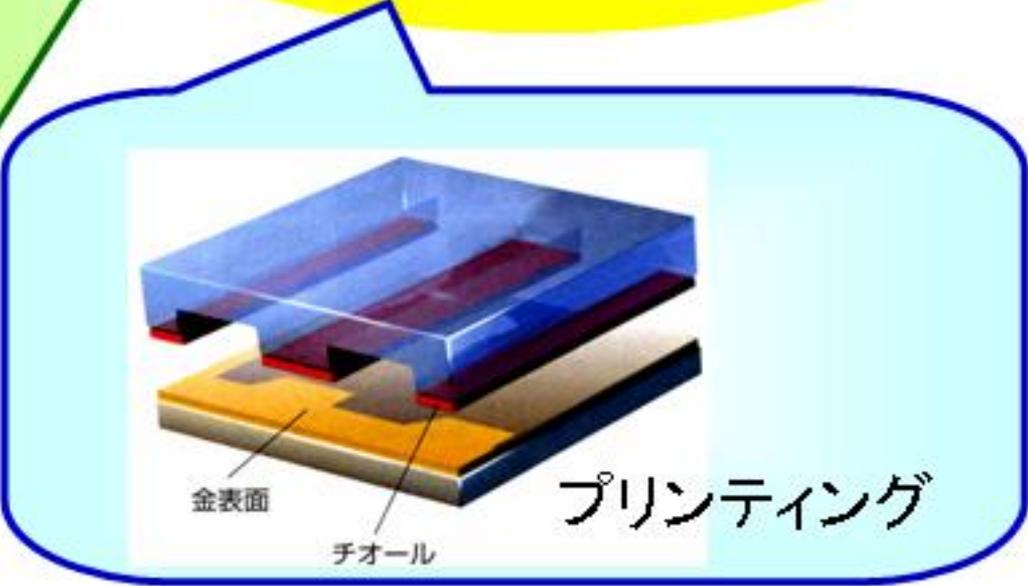
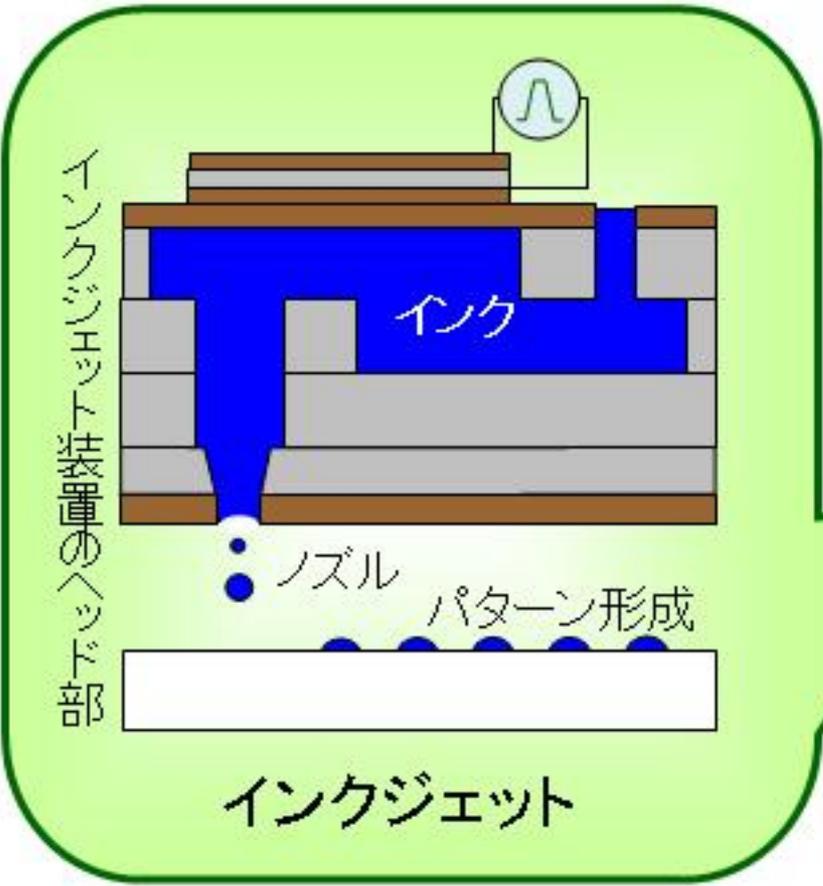


日立製作所は8月25日、日立グループ各社が保有するナノテクノロジー関連技術を商用化するため「ナノテクビジネス推進室」を設置したと発表した。

同推進室ではまず、日立研究所の開発したナノスケールのプレス工法「ナノインプリント技術」を用いて事業を展開する。2005年度の売上高40億円を目指すという。ナノインプリント技術は、従来の金型を用いたプレス工法を、ナノスケールで応用する技術。大きさ数10ナノメートルまでのナノ構造を型押しして製作できる。電子ビームを用いてナノ構造を製作する方法に比べて安価という。日立では同技術をバイオ、医療、製薬、化粧品などの分野で適用できるとしている。



ナノテクノロジー



トップダウンから
ボトムアップへ

LIGAプロセス

◆ LIGAプロセスは、X線リソグラフィと電鍍およびモールディングを組み合わせ、アスペクト比(加工幅に対する深さ(高さ)の比)の大きな形状を作る製法で、1980年代にドイツ・カールスルーエ原子核研究所で開発された技術である。各工程のドイツ語の頭文字をとってLIGA(Lithographie, Galvanofomung, Abformung)と名付けられている。厚さ100 μm 以上のレジスト(感光性有機材料)に直進性の良いシンクロトン放射(SR)光装置から発生するX線を用い、X線マスクを介してパターンを転写することにより、100 μm 以上の深さ(高さ)で横方向に任意の形状を持った超精密部品の製造が可能である。

◆ Fig.1にLIGAプロセスの基本工程を示す。金属基板上に厚さ数百 μm のレジスト層(ポリメチルメタクリレート(PMMA))を形成し、SR光X線を照射しマスク上のX線吸収体のパターンをレジスト層に転写する(a)。レジスト層のX線露光部分は、高分子の連鎖が切れて分子量が減少し現像液に溶解する。未露光部分は変化せずにそのまま残る。この結果、X線吸収体のパターンと同一形状のレジストの微細構造体が形成される(b)。めっきによって、レジスト層の溶解した部分に金属を堆積させ金属構造体を形成する(電鍍)(c)。未露光部分のレジスト層を除去しモールドを作成する(d)。この段階で金属構造体をマイクロマシン製品とする場合もある(d*)。金属構造体をモールドとして用い、プラスチックを型成形しマイクロマシン製品とする(e)。またさらに、このプラスチック構造体を電鍍の型として使用することによって2次的な金属マイクロマシン製品を製造する場合もある。



Fig.1 LIGAプロセスの基本工程図

◆ Fig.2にLIGAプロセスにより製作したPMMA構造体の表面形状のAFM測定結果を示す。PMMA構造体の側壁には、基板と垂直な方向に溝が見られる。これは、X線マスクのX線吸収体のエッジ形状を忠実に転写した結果である。PMMA構造体の基板に垂直な方向の平均粗さは9.4nmであった。この粗さが、X線リソグラフィの仕上げ粗さである。同様に、Ni構造体の側壁粗さを測定した結果、Ni構造体の基板に垂直な方向の平均粗さは、23nmであった。この結果から、PMMAモールドからNi構造体への精度の高い転写が行われたと言える。

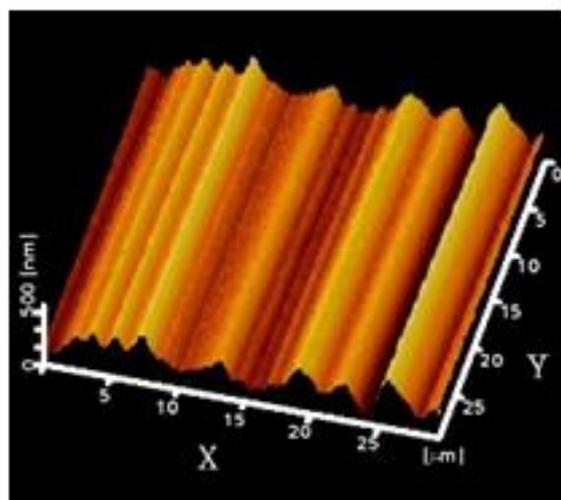


Fig.2 AFM測定結果

◆ Fig.3に製作したPMMA構造体のSEM写真を、Fig.4に製作した Ni構造体のSEM写真を示す。

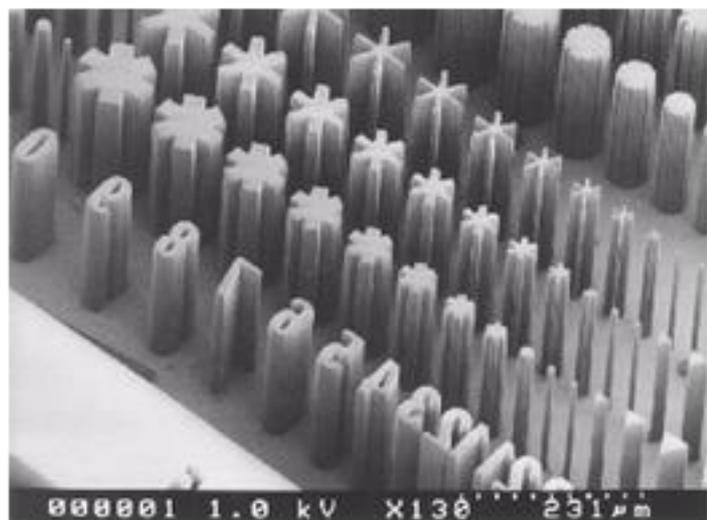


Fig.3 製作されたPMMA構造体

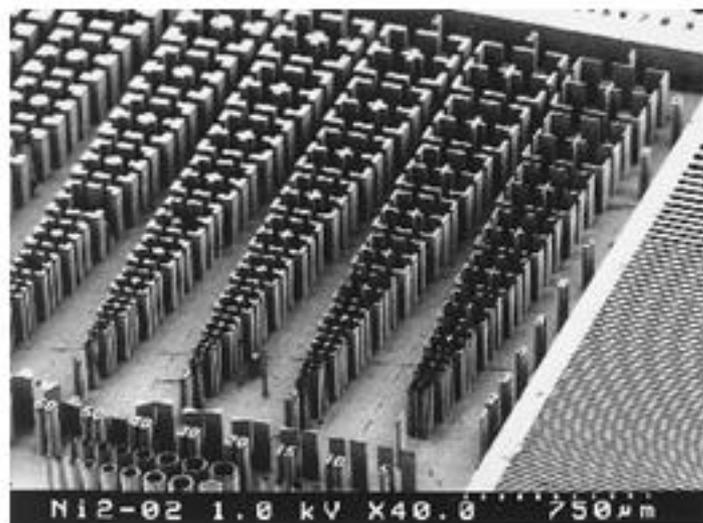


Fig.4 製作されたNi構造体



アジア諸国、特に、韓国・台湾などの国との競争が熾烈になる。ICパッケージ、ディスプレイ、データストレージ、電池 など

限られた研究資金を、市場規模が大きく、最先端の技術力が発揮できる分野に投入。

他の古い産業の衰退はやむをえないと考えている。中国へ移行していくとの考え方

Science and Technology Networking and Integration



日本は、数年先をいく必要。

第1世代のナノテク

今既に産業化されているナノテク

第2世代

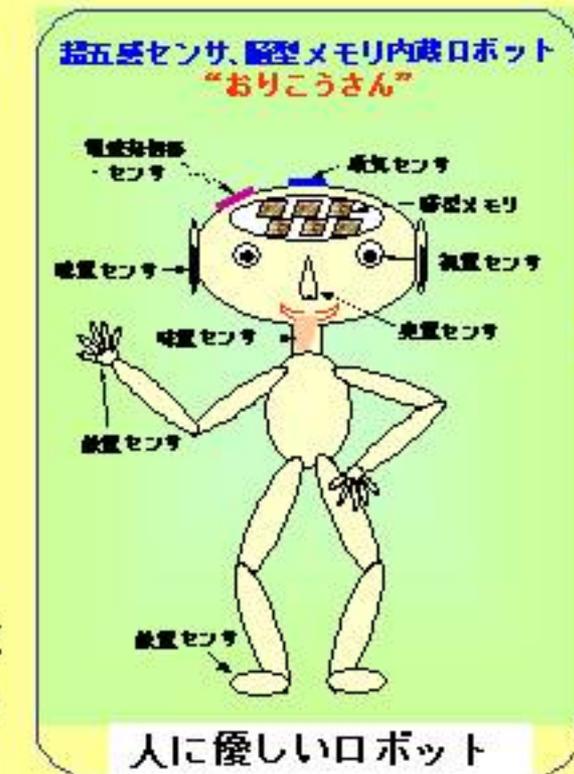
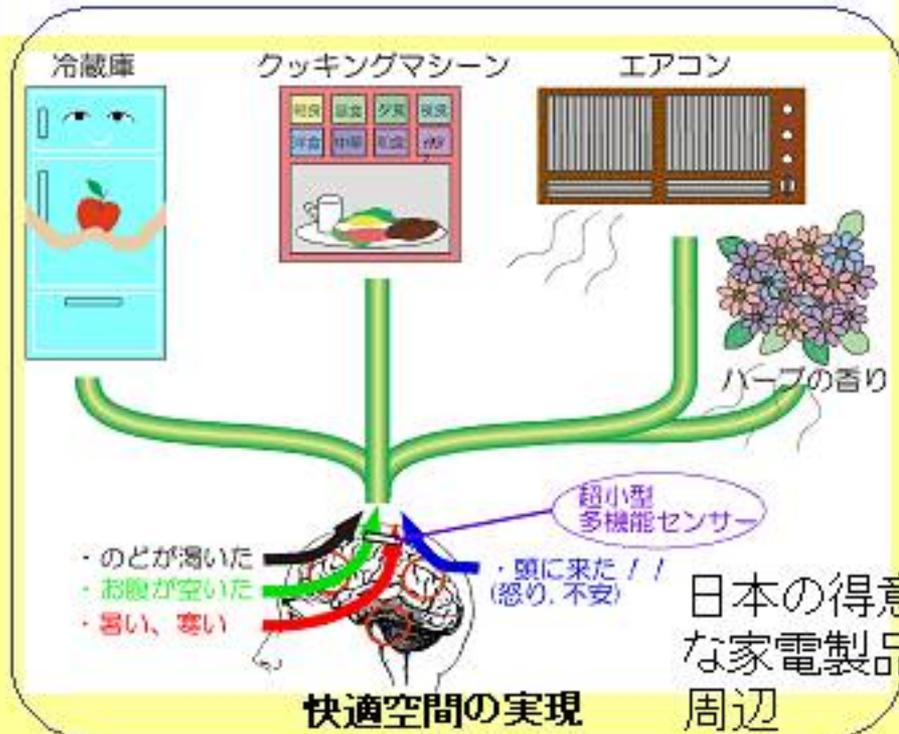
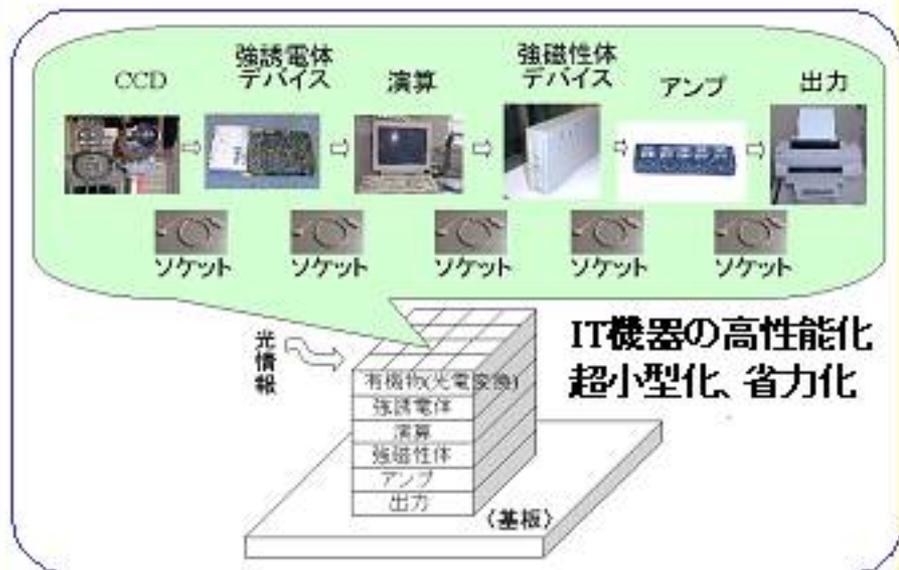
今後、2, 3年から5, 6年で
実用化されるナノテク

第3世代

10年から20年先に実用化

ヒューマン・インターフェース産業
をナノテクで推進
(人に優しいデバイス・システムが
これからの産業)

今後、5年以内にITとナノテクノロジーの融合で私達の生活が大きく変わる



- 五感情報通信
- 医療高齢化
- 環境計測
- ネットワークシステム

自動車にセンサがたくさん搭載される

紫外可視光吸収層付ガラス
(UVカットガラス)

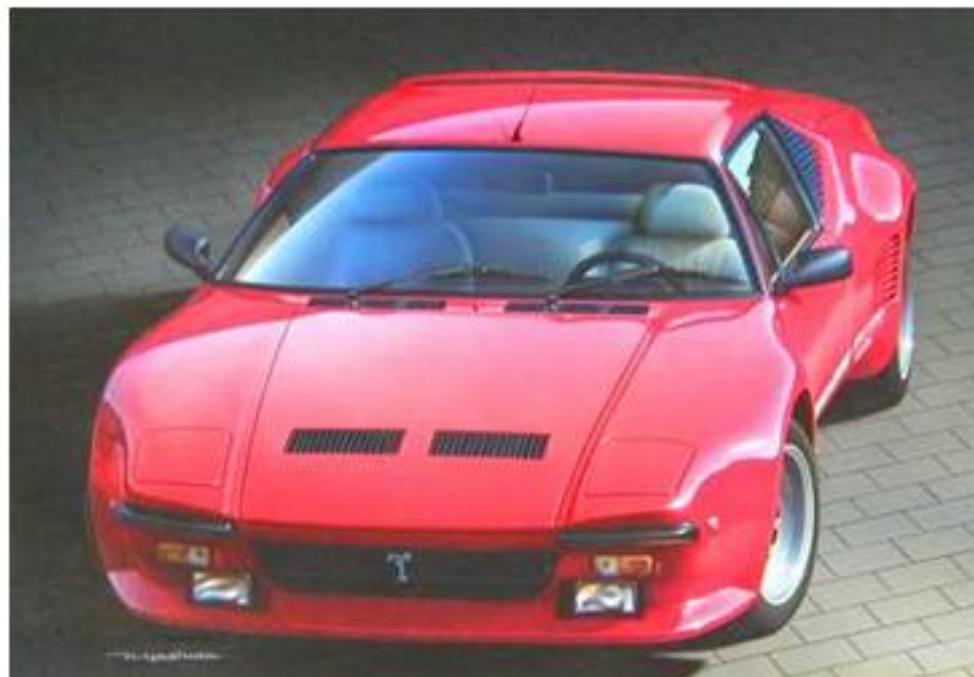
エンジン用
ナノ構造化アモルファス合金

ナノ微粒子入り強化ポリマー

塗料

(排ガス中の)
有害物質の検出センサ

触媒



GPSナビゲーション
(カーナビゲーション
システム)

ABSセンサー
(アンチロックブレーキングシステム)

ナノ微粒子入りゴム
(タイヤ)

角度センサ
(スピン防止システムに使用)

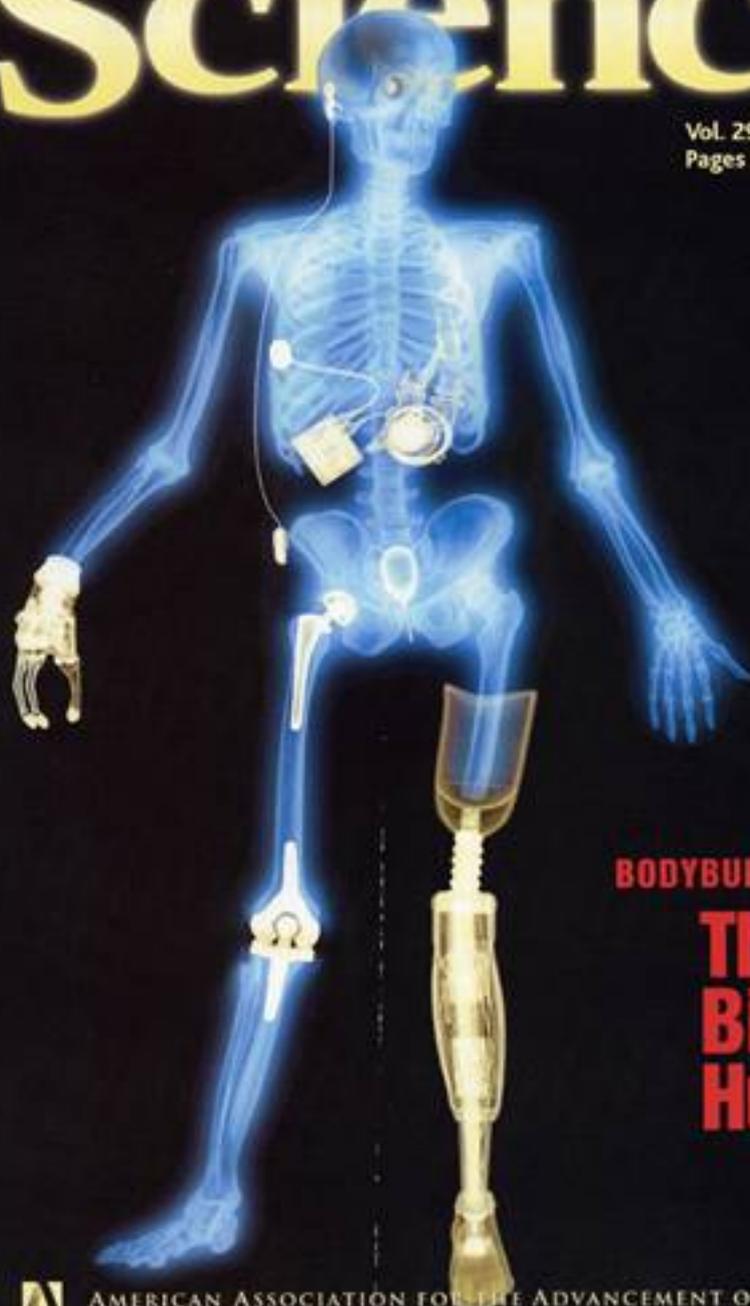
米国がナノテクの自動車応用に熱心

**ナノテクノロジーで
人間の体の部品を創る
Human Body Building
—人間の体の部品は、
ナノテクの最先端—**

Science

8 February 2002

Vol. 295 No. 5557
Pages 917-1180 \$9



BODYBUILDING:

The Bionic Human

ヒューマンポディービルディングをナノテク
でする:

医療・高齢化に対する
決定打!!

水平分業型、中規模
かつ多様な市場

——技術的には今後
急速に進歩!



AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE

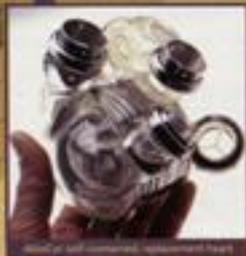
Science Historical Highlights

in Bionics and Related Medicine

Bionics has had a rich and fascinating history. In the development of arm and leg prostheses, progress has come as a slow and gradual process. In other fields, such as organ transplantation, there have been dramatic breakthroughs. The first attempts at a new procedure and the ultimate achievement of success. This punctuated progress has frequently been contingent on accumulating new insights from other disciplines, such as the role of the immune system in tissue rejection, or an immunological discovery, as was the case for essential anti-rejection drugs. Rather than attempting to be complete, however, we have parlayed in this timeline, highlights from different areas of medical research. Similarly the images, although not always connected to specific dates or events, are intended to portray both interesting artifacts from the past, and today's high-tech advances, which progressively build on developments yet to come.



- 1504 Iron prosthetic hand with flexible finger joints.
- 1597 Reconstruction of the nose by tissue grafting.
- 1628 Early theory on the circulatory system developed.
- 1666 Blood transfusion between two dogs.
- 1667 Blood transfusion between chimp and human.
- 1682 Repair of human skull with dog skull bone.
- 1707 Development of an endoscope for minimally invasive surgery.
- 1822 First successful fresh skin autograft.
- 1842-1847 Anesthetic properties of a number of compounds first discovered and demonstrated.
- 1847 Introduction of silver amalgam for dental fillings.
- 1858 Publication of the first edition of Gray's Anatomy.
- 1883 Introduction of antiseptic surgical techniques.
- 1881 First temporary skin graft.
- 1883 Development of Lister's solution for keeping tissues alive outside the body.
- 1888 First reports on use of contact lenses to correct vision.
- 1901 Identification of different blood groups.
- 1905 & 1906 First reports of corneal transplants.
- 1905 Discovery of technique for growing tissue cells in vitro.



Microchip in a cell eye



Artificial eyes (1960s)



First artificial ear implant



First artificial skin graft



Mechanical heart valve



Mechanical contact lens



Heart-lung machine



Artificial ear



Artificial eye



Artificial hand



Artificial eyes



Artificial hand



Artificial heart



- 1905 Successful direct blood transfusion between humans.
- 1905 Early attempt at an artificial hip replacement.
- 1908 Early attempt at knee replacement surgery (using a cadaver for the replacement part).
- 1911 Paraffin injection to treat vocal fold paralysis.
- 1914 Citrate identified as a blood anticoagulant, allowing for blood storage.
- 1928 Iron lung developed for treatment of polio victims.
- 1929 Hard (plastic) contact lenses introduced.
- 1943 Kidney dialysis machine developed.
- 1949 Role of immune system in tissue rejection identified.
- 1951 First artificial heart valve implanted.
- 1953 Development of the heart-lung machine.
- 1953 Demonstration of acquired immune tolerance to foreign grafts.
- 1954 Kidney transplant between identical twins.
- 1956 First successful bone marrow transplant.
- 1957 First cochlear implant developed.
- 1958 Early attempts at developing an implantable pacemaker.
- 1958 Identification of the importance of the histocompatibility system for tissue matching.
- 1963 First liver transplant.

- 1966 First successful pancreas transplant.
- 1967 First successful heart transplant. Patient survived 18 days.
- 1968 First biocompatible ceramic that could bond to collagen and bone developed.
- 1969 Total artificial heart implanted in a human as a temporary measure.
- 1972 Testing of modern design steel-polymer hip joint.
- 1973 Successful unrelated bone marrow transplant.
- 1976 The immunosuppressant cyclosporine is introduced.
- 1978 First auditory brainstem implant.
- 1980 First successful single-channel cochlear implant in a child.
- 1983 A peripheral nerve bridge is implanted into the injured spinal cord of an adult rat.
- 1982 Genetically engineered insulin becomes commercially available (the first genetically engineered drug).
- 1982 Implantation of the Jarvis-2, a permanent total artificial heart.
- 1983 First successful single lung transplant.
- 1984 Baby Joe receives heart from baboon and survives 20 days.
- 1986 First successful double lung transplant.
- 1987 First clinical use of a bioartificial liver device.
- 1990 FK506 immunosuppressant becomes available.

- 1990 First living donor lung transplant.
- 1993 FDA approval of left ventricular assist device as a bridge to heart transplantation.
- 1995 Jeff Gritty receives a baboon bone marrow transplant.
- 1997 Transplant of pig neurons in patients with Parkinson's disease.
- 1998 Human hand transplant.
- 1998 Total larynx transplant.
- 2000 Implantation of a prototype artificial pancreas.
- 2001 Implantation of the AbioCor, a permanent self-contained total heart replacement.



Artificial eye



Artificial heart



Artificial hand



Artificial eye



Artificial leg



Artificial leg



Artificial leg



Artificial hand

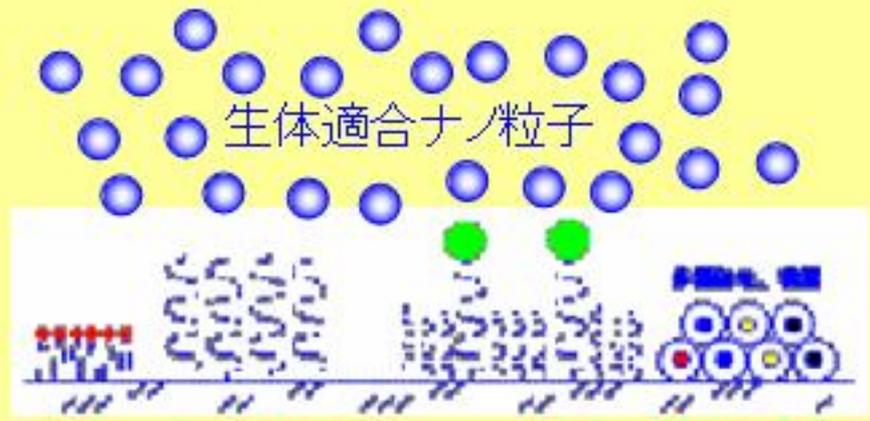


Artificial hand



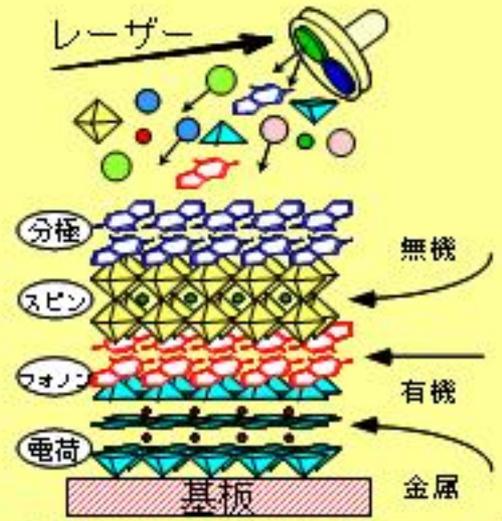
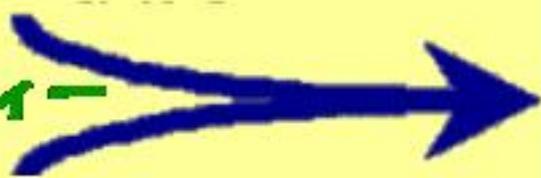
Artificial eye

More sources:
National Museum of Health and Medicine, Armed Forces Institute of Technology, Washington, DC.
H. Packman, H. Packman, Space Parts for People (Harvard Univ. Press, 1984, pp. 100-101).
M. & M. Murphy, Space Parts for People (Harvard Univ. Press, 1984, pp. 100-101).
International Universities of Science and Technology (United University Press, Dhaka, UK, 1995).
S.M. Zarillo, M.D., Harvard Medical School and Massachusetts Eye and Ear Infirmary, authors of the graphic.

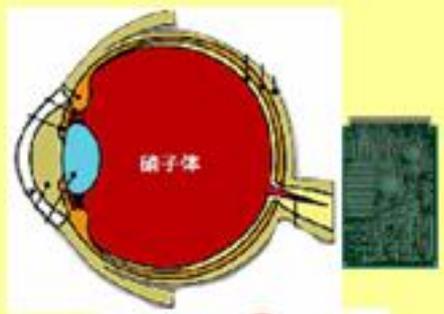


ナノマテリアル + バイオ・細胞技術

**ナノテクによる
ヒューマンポテ
ビルディング**



ナノデバイス・エレクトロニクス



**人工感覚器
五感センサー
ロボット応用**



**人工臓器
生理機能応答型**

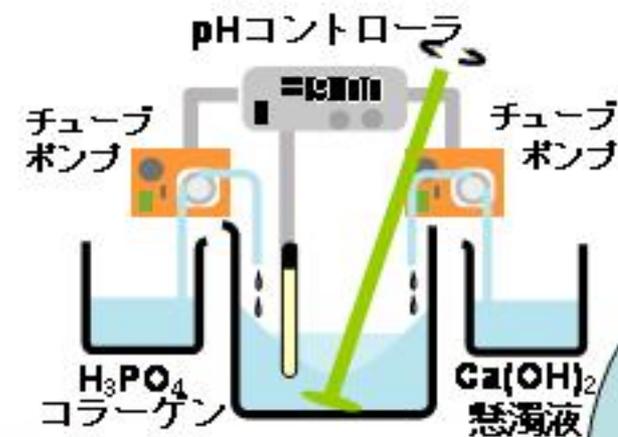


**人工骨
生体適合型**

1.9兆円
5.5兆円

顕在市場
潜在市場

次世代人工骨

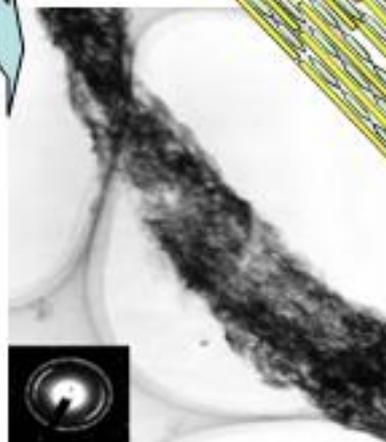
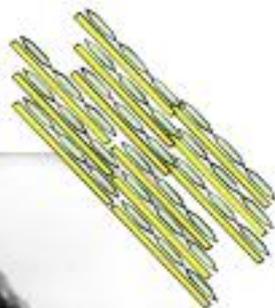


骨の形をつくる
安全性の確認

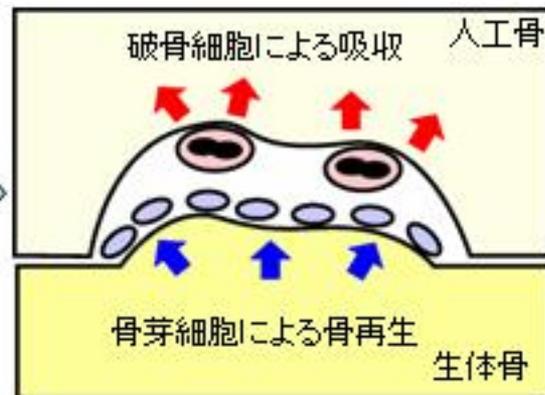
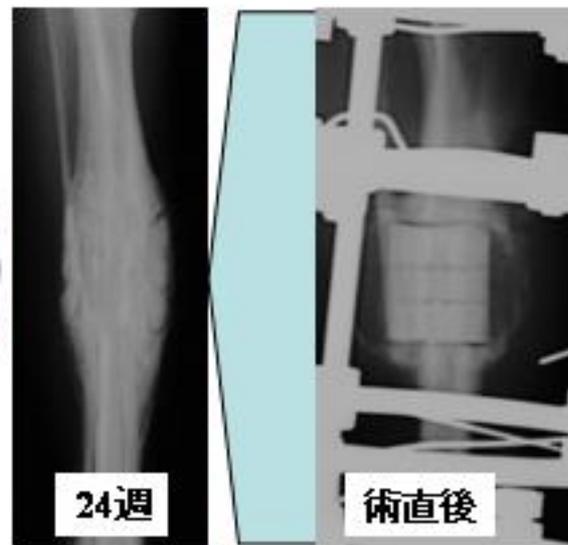


- 骨系細胞の正常な代謝による生体骨への置換
- 生体骨類似の強度と軽さ

生体骨類似繊維の形成



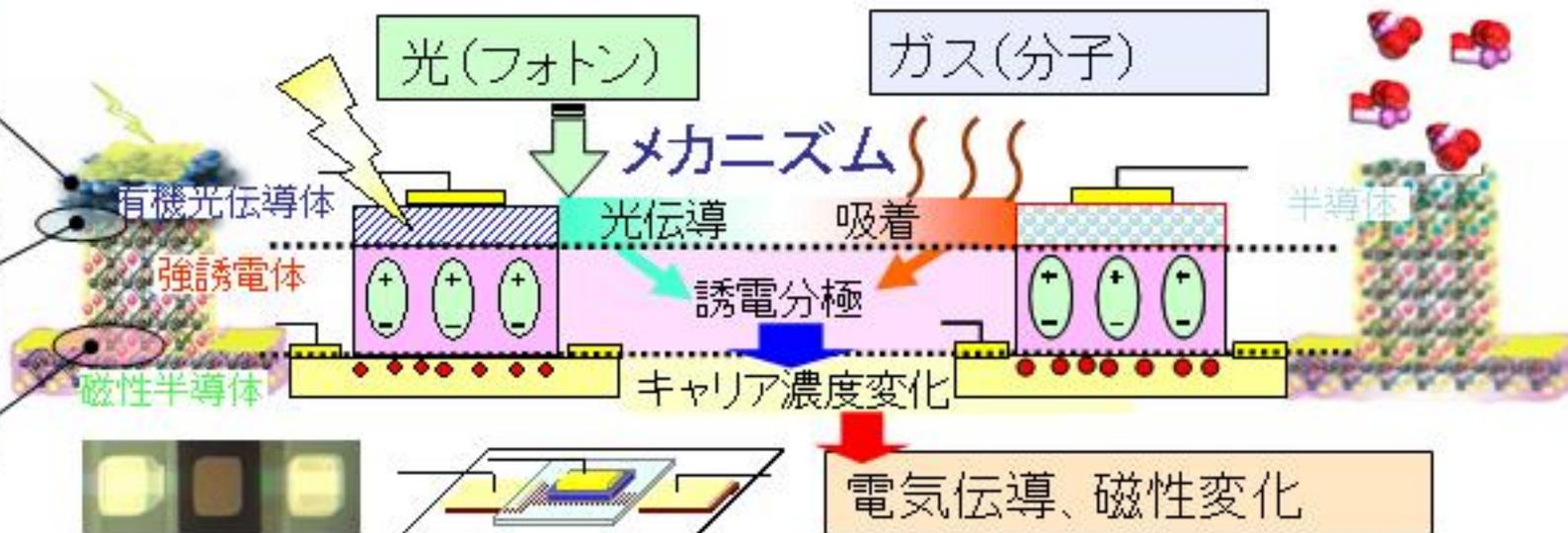
三次元構造化



視覚・嗅覚センサー

要素技術

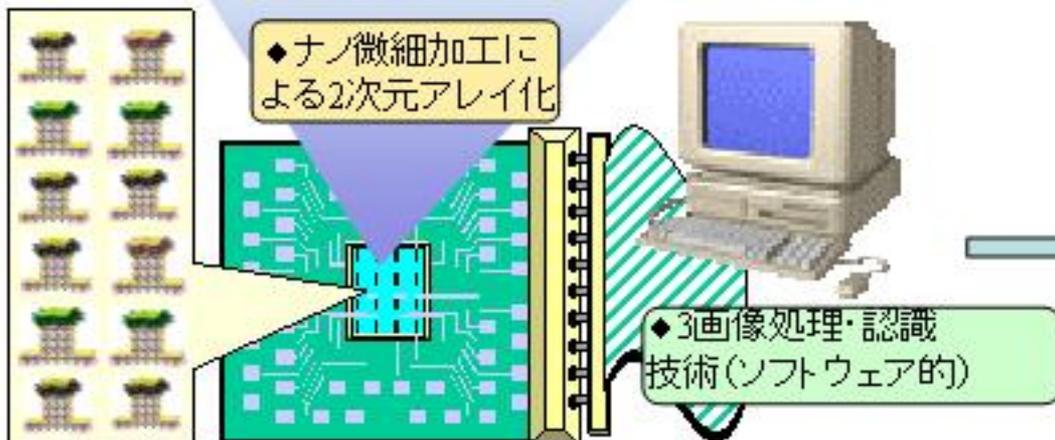
- ◆ 高品質エピタキシャル薄膜形成
- ◆ センサ用高感度外場応答新人工物質形成
- ◆ 有機/無機ヘテロ構造形成
- ◆ 完全界面制御
- ◆ 相転移デバイス
- ◆ 完全界面制御



特徴: 低消費電力、
他の五感センサーとの同一プラットフォーム



五感集積デバイス



ウェアラブル環境センサー、危険物センサー

埋め込み可能な人工感覚器の開発

人が感知できる、**出来ない**情報 (視覚、聴覚、味覚など)

超五感情報

- 外界刺激
- 光
(赤外線)
(紫外線)
- 匂い
(有害分子)
- 味
(分子定量化)
- 音波
(超音波)
- 磁場

インテリジェントセンサ

- 焦電体
ワイドギャップ
半導体

- ガス検知
半導体

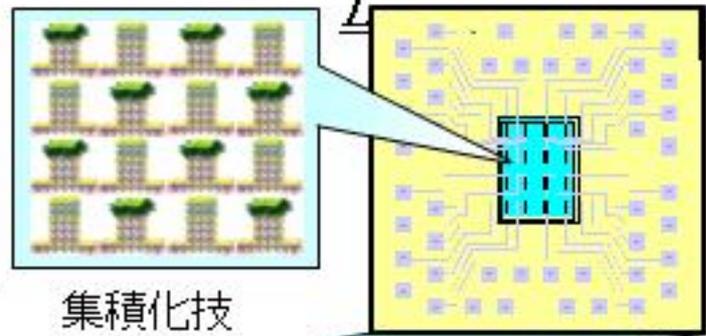
- バイオ分子

- 圧電材料

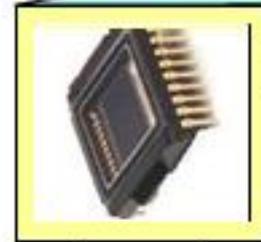
- 強磁性体


人/シリコンデバイスではカバーできない外場応答

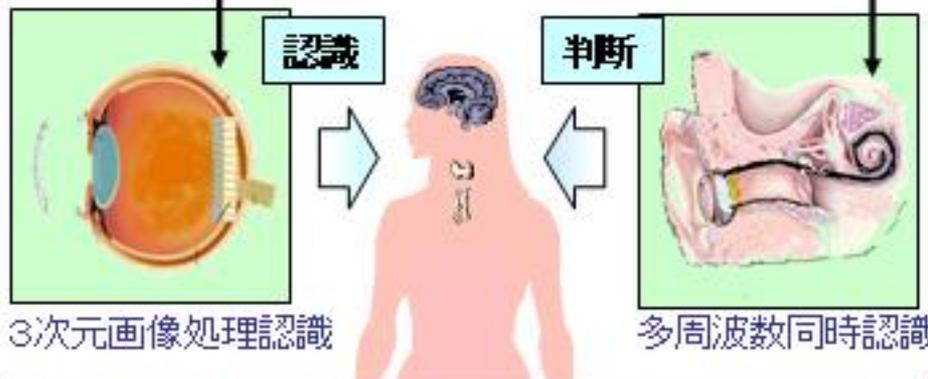
多機能センサ・統合認識システム



集積化技術



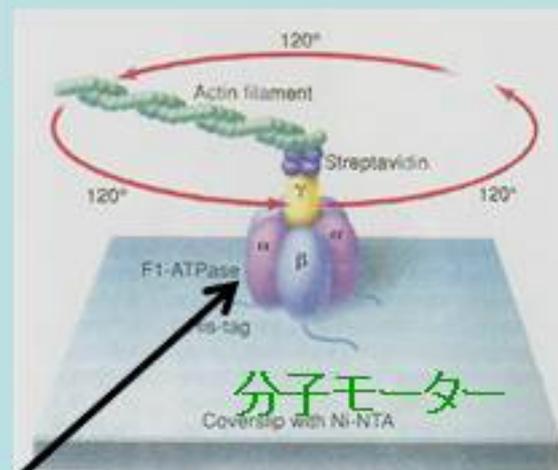
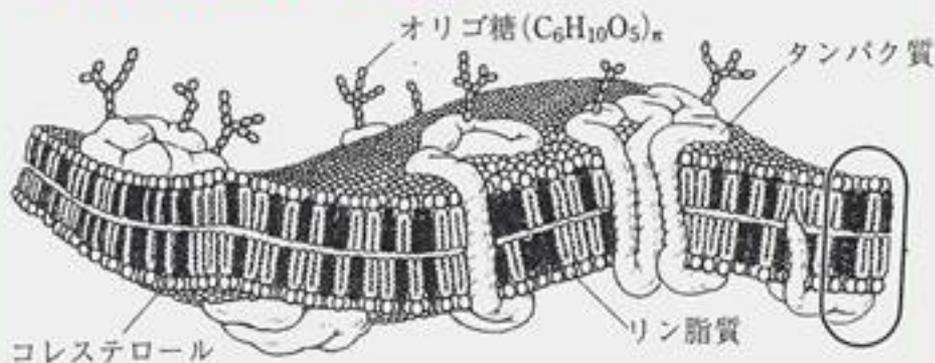
五感、超五感を生体に伝達可能なデバイス



各要素技術の開発

情報伝達型生体親和性材料の開発(NIMSと連携)により埋め込み型感覚器の実現

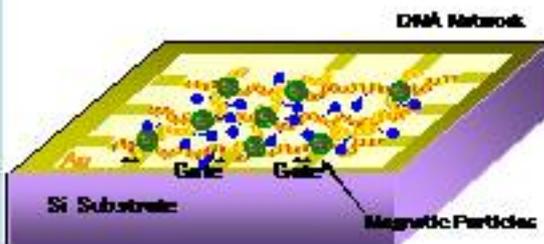
分子情報伝達、検出



**私たちの体は、ボトムアップの
ナノテクノロジーで出来ている！！**

さまざまな高性能分子デバイス・ナノマシン

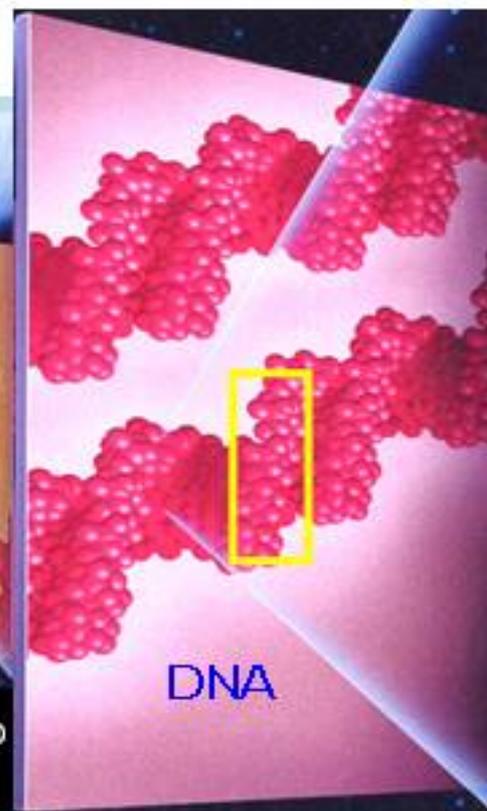
バイオ分子デバイス



100分の1メートル
(1センチメートル)
皮膚表面

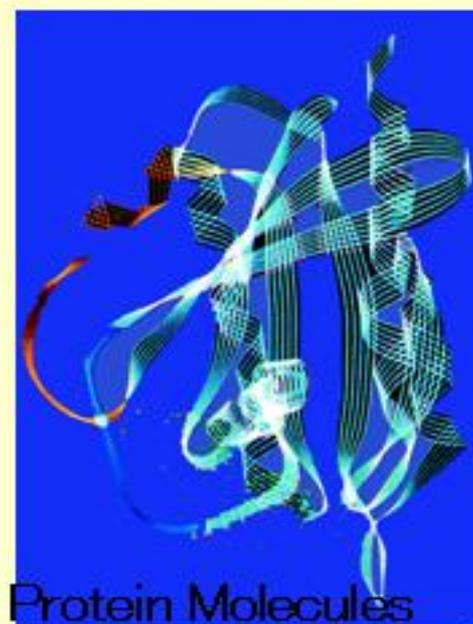
1万分の1メートル
(100マイクロメートル)
細胞

10万分の1メートル
(10マイクロメートル)
染色体



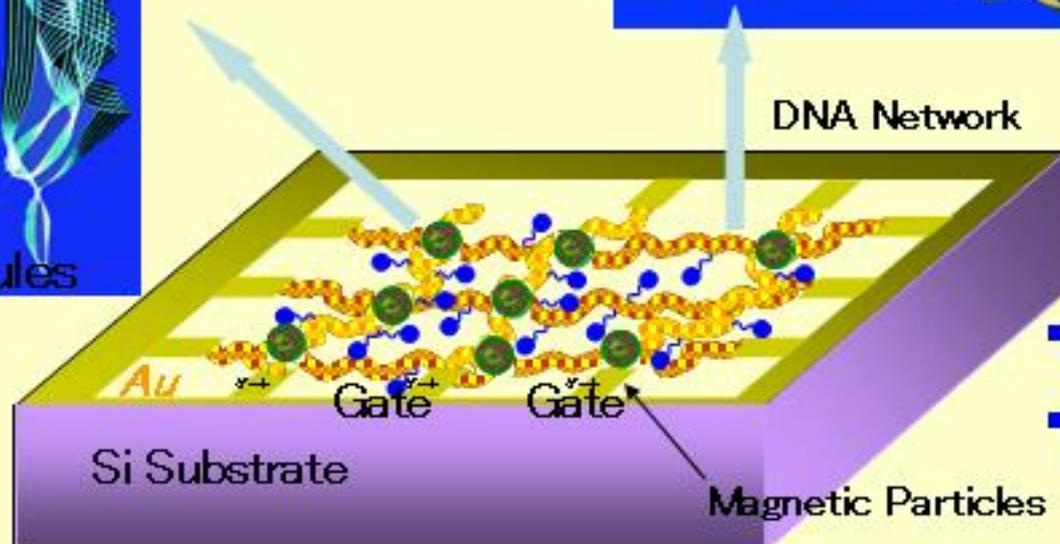
バイオ分子チップでポストシリコンの時代が来る

ポストシリコン



人間の体のように回路を造る

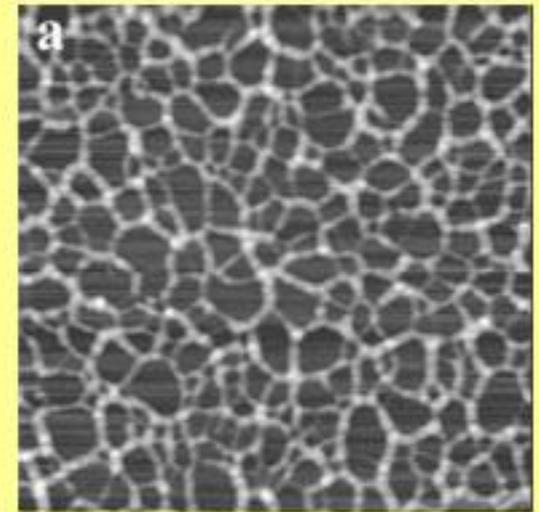
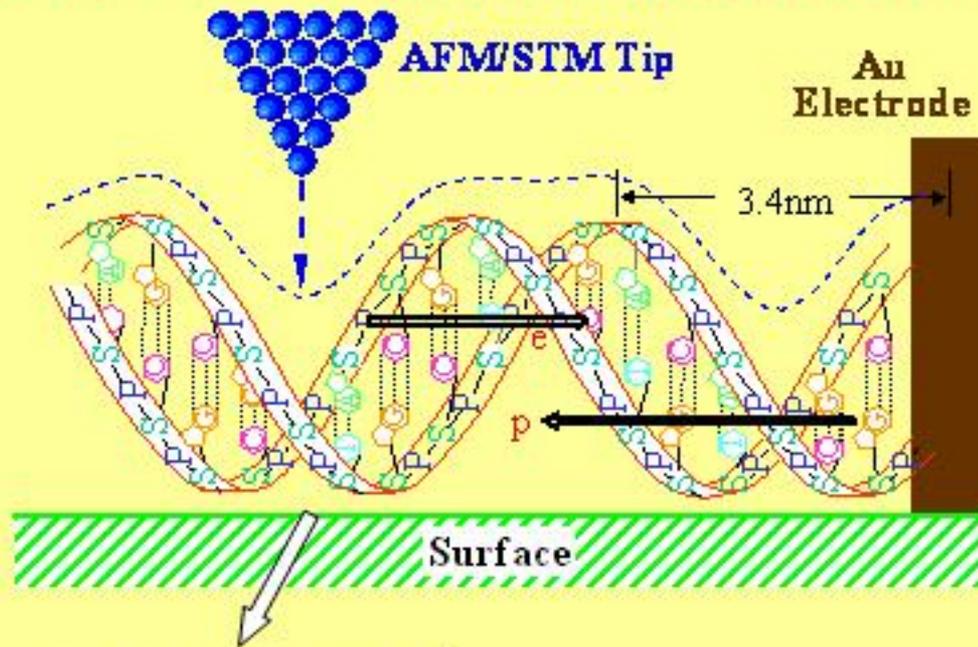
DNA分子素子



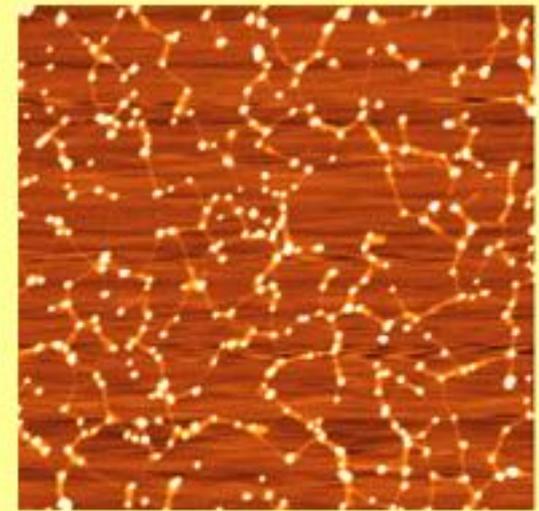
- 極微小
- 脳型デバイス

シリコンの上にDNAやタンパク質をのせた電子回路

“プログラム自己組織化”を用いたDNA回路

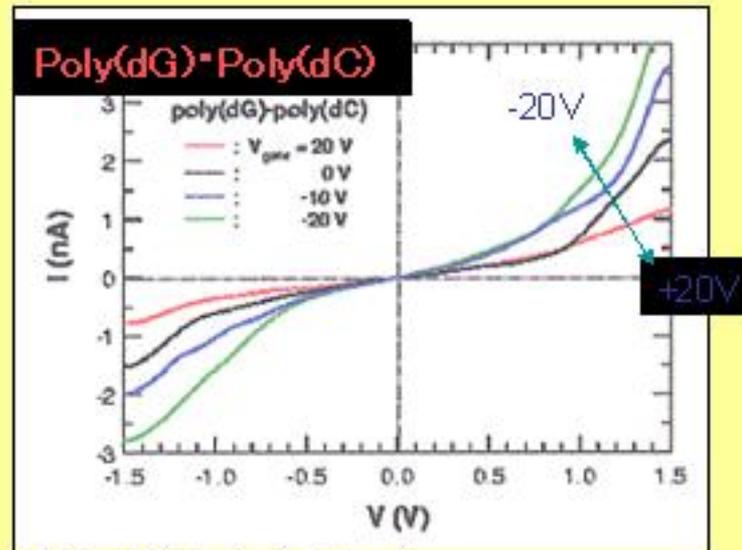
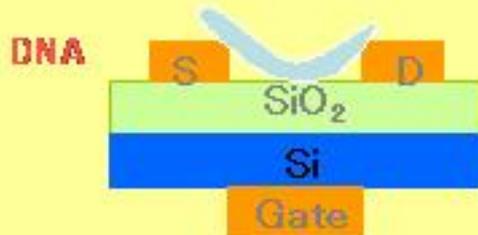


DNA2次元回路

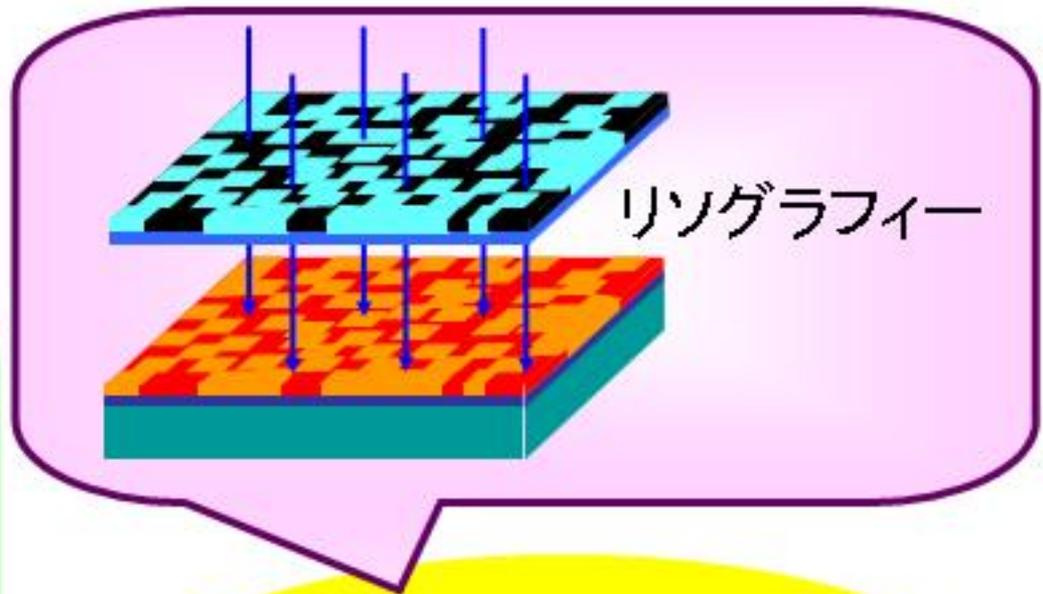


DNA分子と金微粒子のネットワークパターン

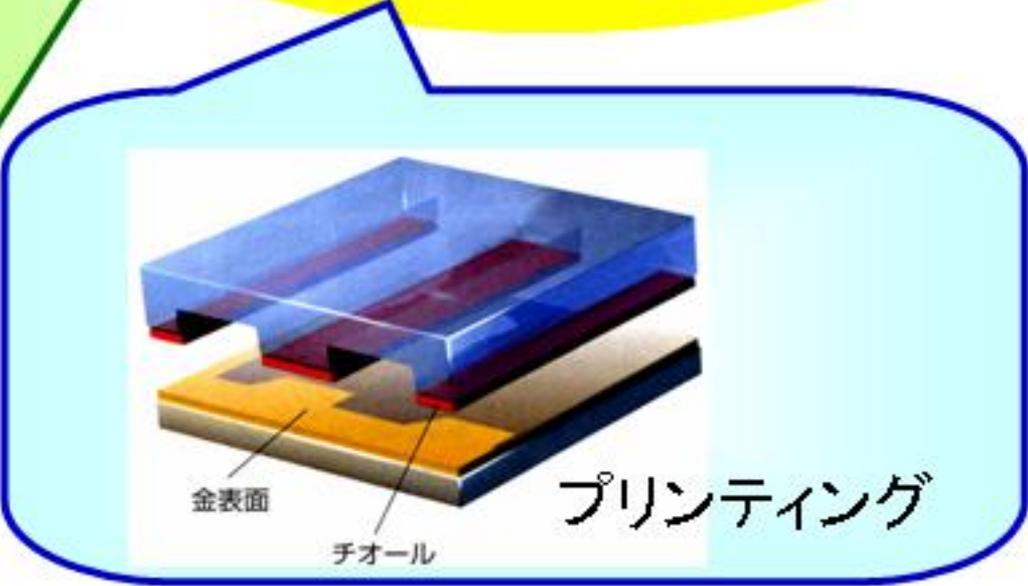
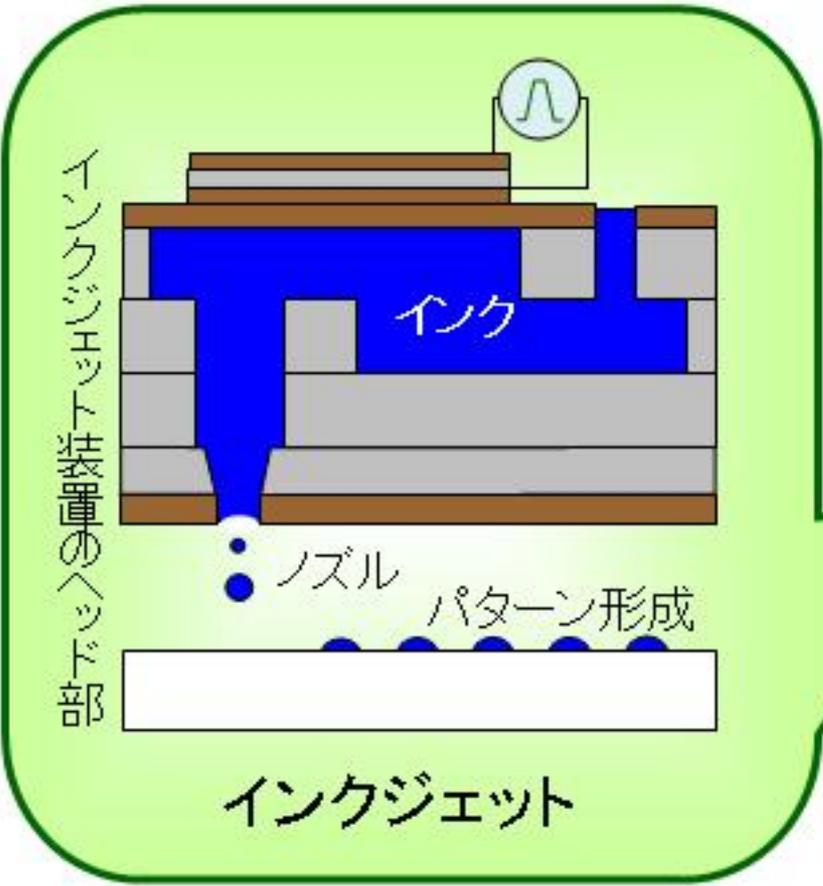
ナノスケールDNA
トランジスタ



基本特許の取得を数年以内にとること



ナノテクノロジー

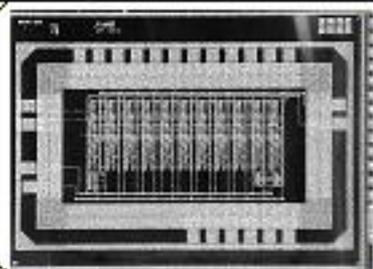


トップダウンから
ボトムアップへ

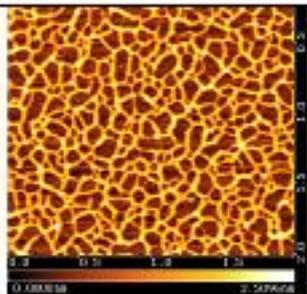
生体情報処理

ナノバイオチップ

極限ナノ加工(トップダウン)

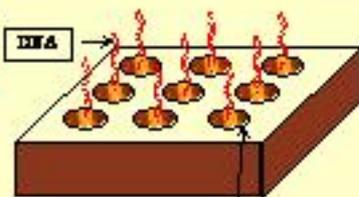


原子・分子組み上げ(ボトムアップ)



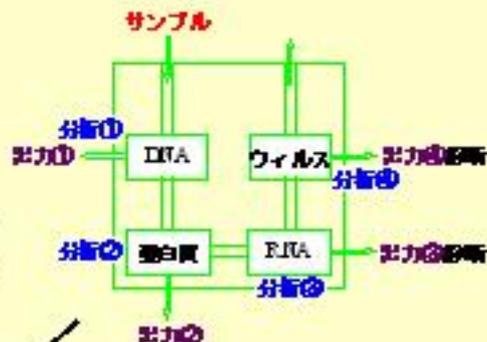
融合

DNAチップ



ナノバイオチップ

健康診断を安価で迅速に行うバイオチップの登場で医療、予防が変わる



医 者

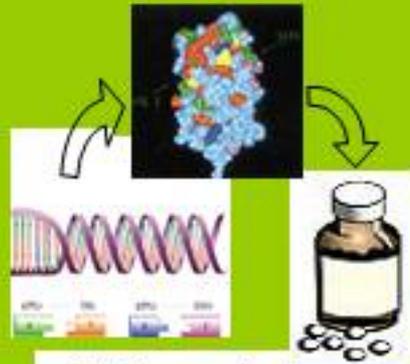


バイオ/IT/ナノテク の融合科学技術

ビジネスモデルが何よりも重要！！チップの開発だけでなく、用途開拓で、ビジネス。

健康・医療に関する分野

簡便な健康管理と高度な治療により、健康・高齢化に万全の対応をした安心・安全な社会が実現



創薬研究

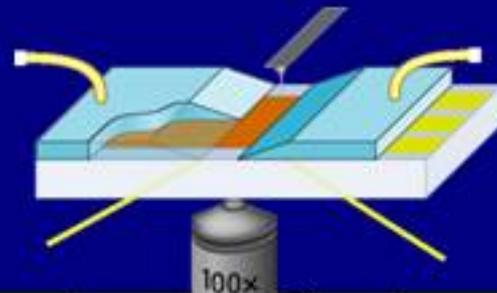


検査・診断



環境分析

生体シミュレーションチップ



毒見チップ



食品衛生検査(家庭、工場)



発酵・醸造

次世代バイオナノデバイスの開発

1細胞からの
分離・抽出

高速遺伝子
タンパク増幅

高速分離・
識別

高感度
検出

ナノ微細加工

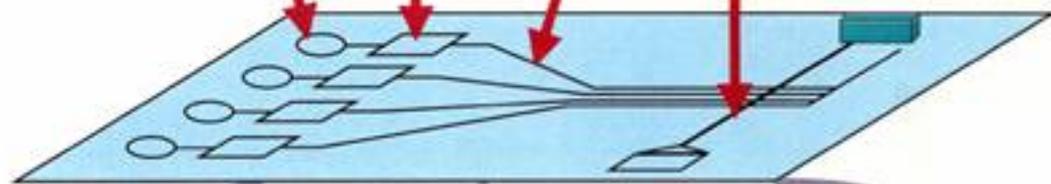
ナノフレイディクス

材料ナノテク

ナノ計測(1分子計測)



**ゲノムシーケンシング
技術での失敗を繰り返すな！**

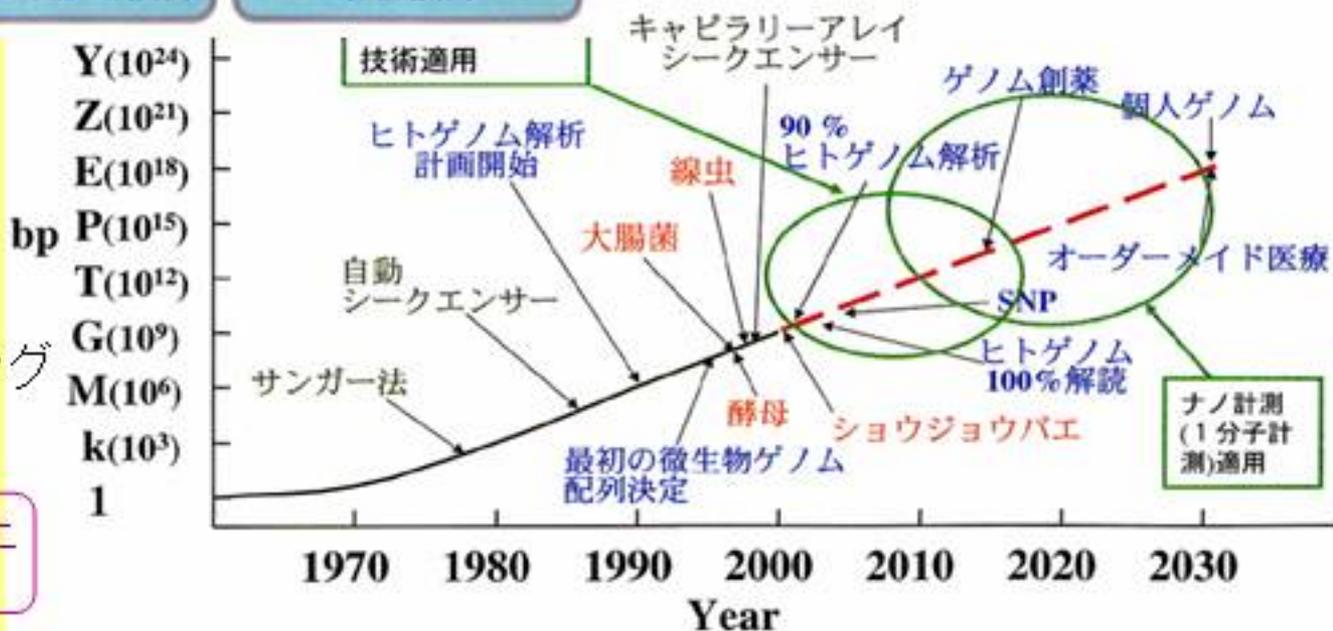


超高速
ゲノム解析技術

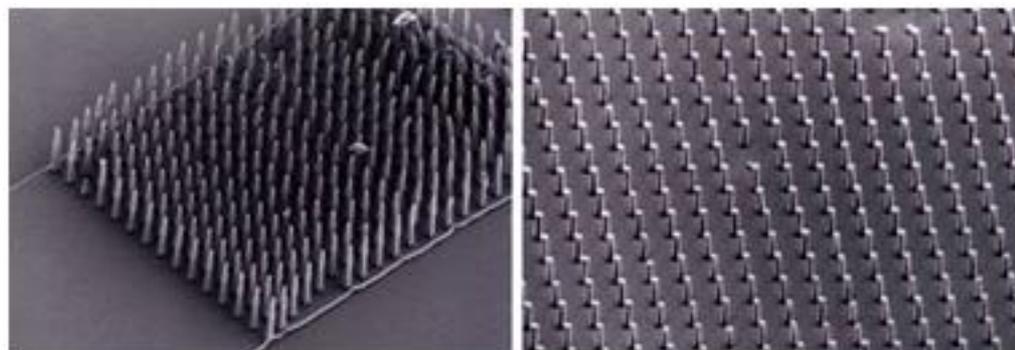
超高感度
遺伝子・生化学診断技術

超高速プロテオーム
解析技術

**DNAシーケンシング
ロードマップ**



今後10年間毎に3桁の性能向上を達成する必要がある



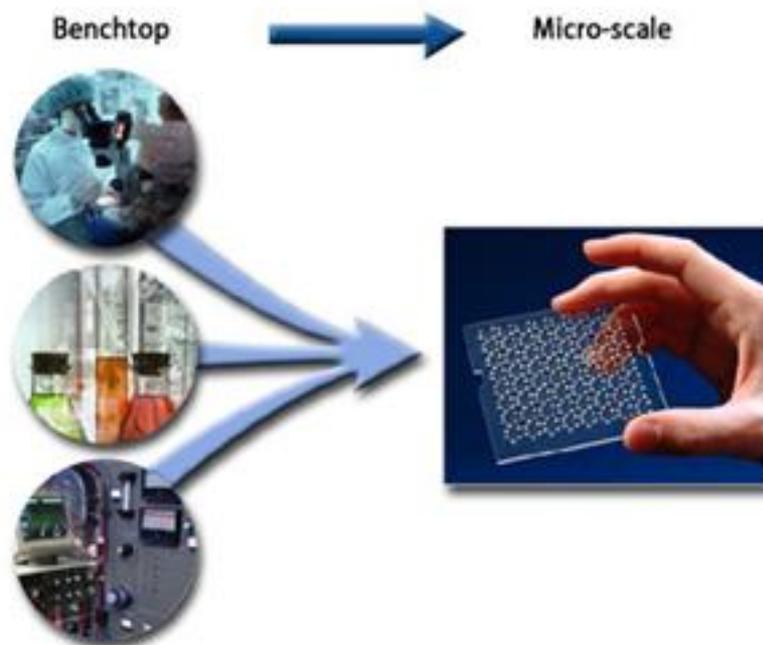
日立製作所は8月25日、日立グループ各社が保有するナノテクノロジー関連技術を商用化するため、「ナノテクビジネス推進室」を設置したと発表した。

同推進室ではまず、日立研究所の開発したナノスケールのプレス工法「ナノインプリント技術」を用いて事業を展開する。2005年度の売上高40億円を目指すという。ナノインプリント技術は、従来の金型を用いたプレス工法を、ナノスケールで応用する技術。大きさ数10ナノメートルまでのナノ構造を型押しして製作できる。電子ビームを用いてナノ構造を製作する方法に比べて安価という。日立では同技術をバイオ、医療、製薬、化粧品などの分野で適用できるとしている。

Lab-on-a-chip

Microfluidics

大事な分析や化学反応はどんどんチップ化する。



Researchers typically conduct experiments by performing a series of steps requiring multiple pieces of equipment and significant manual handling. In Lab-on-a-chip systems these functions can be performed.

プローブ顕微鏡技術

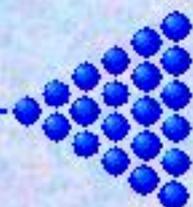
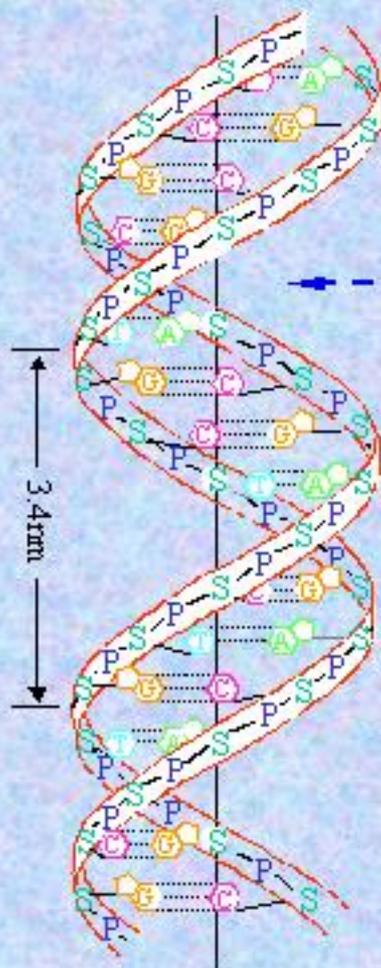
ナノテク技術の基礎を身につける

〈人類はナノスケールのDNA
を直接見られる様になった〉

DNA

生命体の根源

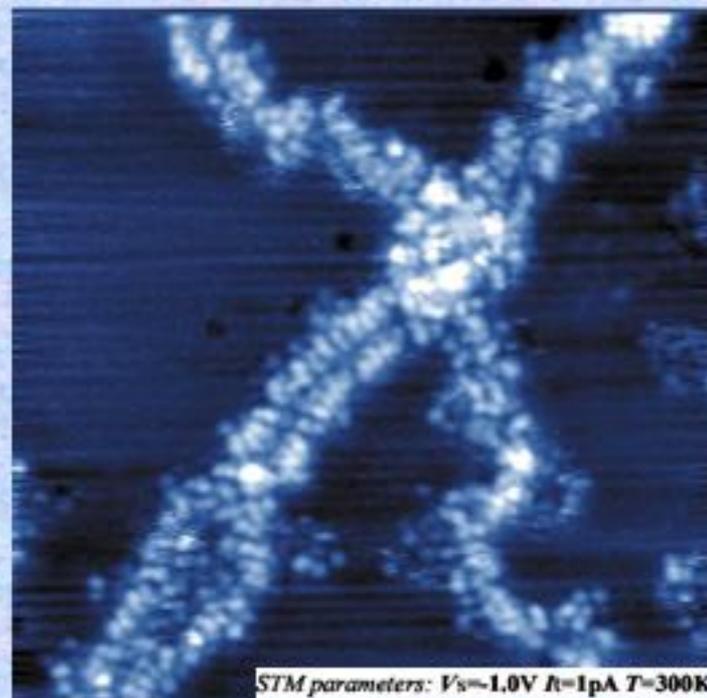
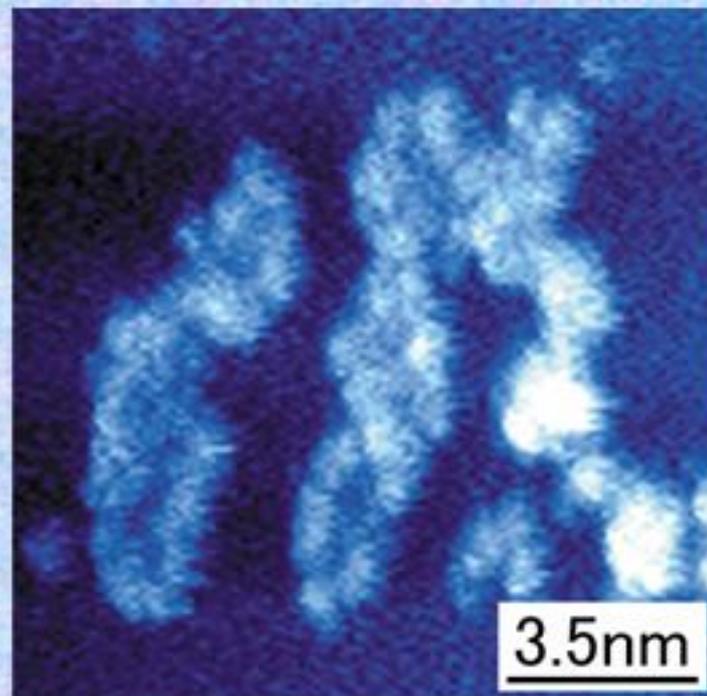
2重らせん



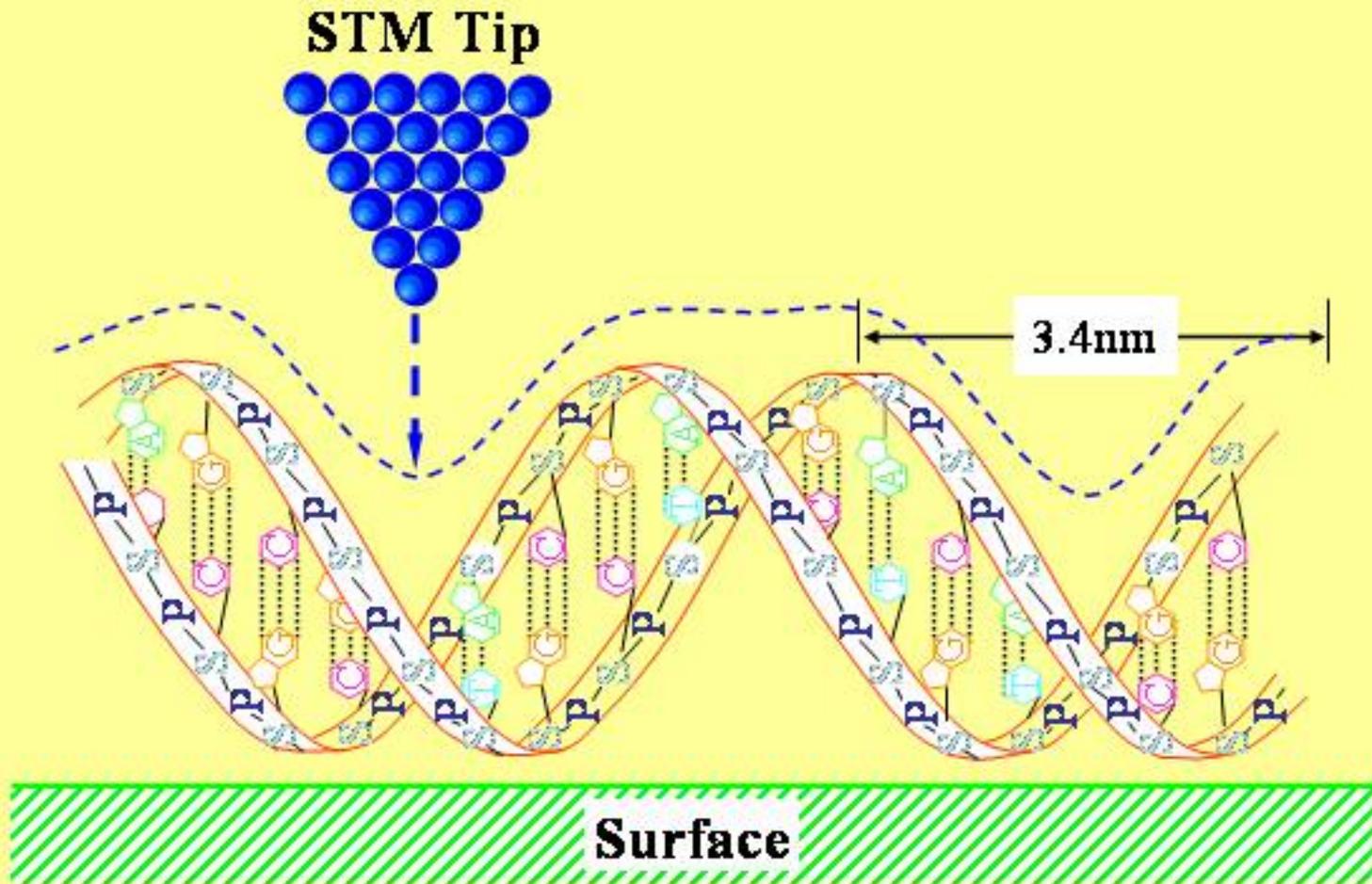
走査プローブ
顕微鏡

ナノテクノロジー
の生命現象解明へ
の応用

DNAの超高分解能像



High Resolution STM Imaging of Double helix DNA



ナノ・バイオの世界を顕微鏡で見る技術とは！！

「ナノ」の大きさ

1ナノメートルは原子のサイズのスケールだ

ナノテクノロジーでは、1ナノメートルの世界をあつかいます。1メートルの1000分の1が1ミクロメートル、1ミクロメートルの1000分の1が1ナノメートルです。1ミクロメートルのさらに1000分の1が1ナノメートルになります。1000×1000×1000、つまり10億分の1メートルが1ナノメートルです。

10億分の1というのは、どれくらい小さいのでしょうか。たとえば地球の大きさの10億分の1は、どれくらいになるのでしょうか。地球の直径は約1万2700キロメートルです。これを1ナノメートルであらわすと、12700×1000×1000÷2200000000(127億)ミリメートルになります。約10億分の1ということ、わずかに12.7ミリメートルです。ビー玉程度の大きさになります。これをあてても、10億分の1という数字が、どれくらい小さいかわかりません。

人間が生まれたとき、10億分の1はどれくらい小さいか、そのときから10億分の1の子からスタート

して、10分の1ずつ小さい世界をみてみましょう。1000分の1メートル(1ミクロメートル)までは、肉眼でもみることが出来ます。1万分の1メートル(100マイクロメートル)にたどり着くと、肉眼で見える細胞がみえてきます。人間の細胞の大きさは、平均的10マイクロメートルです。さらに小さくしてみると、10万分の1メートル(10マイクロメートル)では染色体が、100万分の1メートル(1マイクロメートル)では染色体の基本構造がみえるようになります。そしていよいよ1ナノメートルの世界に入ります。1000万分の1メートル(100ナノメートル)では染色体の基本構造の構造、1億分の1メートル(10ナノメートル)ではDNA(デオキシリボ核酸)の二重らせんがみえてきます。そして10億分の1メートル(1ナノメートル)では、DNAの分子構造がみえてくるのです。

ナノの世界はこのように非常に小さい世界ですが、現在では原子一つ一つを動かす「量子ドット」や「量子ドット」などを使ってみたり動かしたりすることが出来ます。

ビー玉

地球を基準にすると、10億分の1は12.7ミリのビー玉程度の大きさになる。あのビー玉はほぼ10億分の1に相当している。

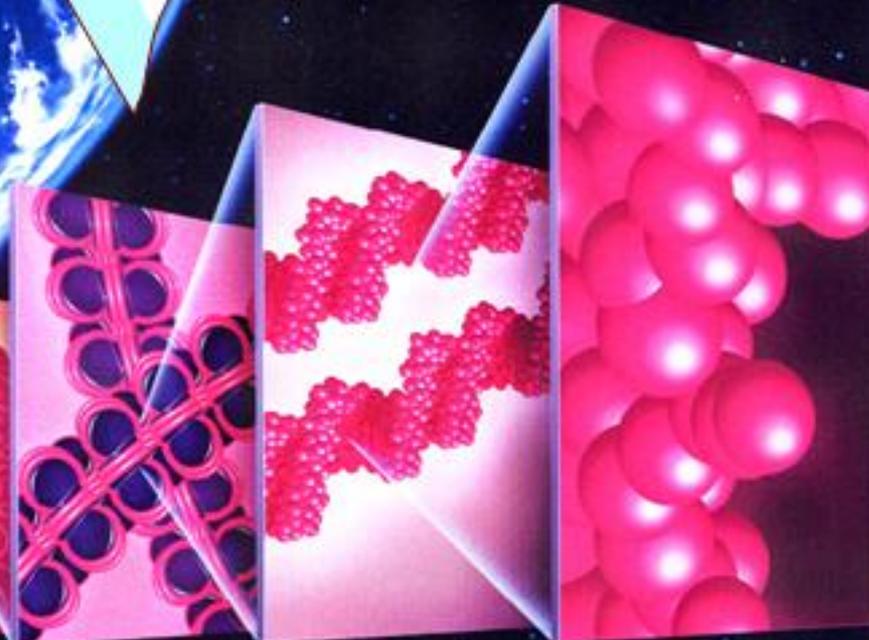
富士山

1メートルの大きさから、しだいに小さい世界をみていくと、1万分の1メートル(100マイクロメートル)で細胞がみえ、さらに小さくなると染色体や基本構造がみえてくる。10億分の1メートル(1ナノメートル)では、DNAの分子構造までみえることになる。

身長1メートル



10億分の1メートル (100ナノメートル)	100億分の1メートル (1ピコメートル)	1000億分の1メートル (1フェムトメートル)	1万分の1メートル (400マイクロメートル)	10万分の1メートル (10マイクロメートル)	100万分の1メートル (1ナノメートル)
原子の大きさ	細胞の大きさ	細胞の大きさ	細胞	染色体	染色体の基本構造の長さ

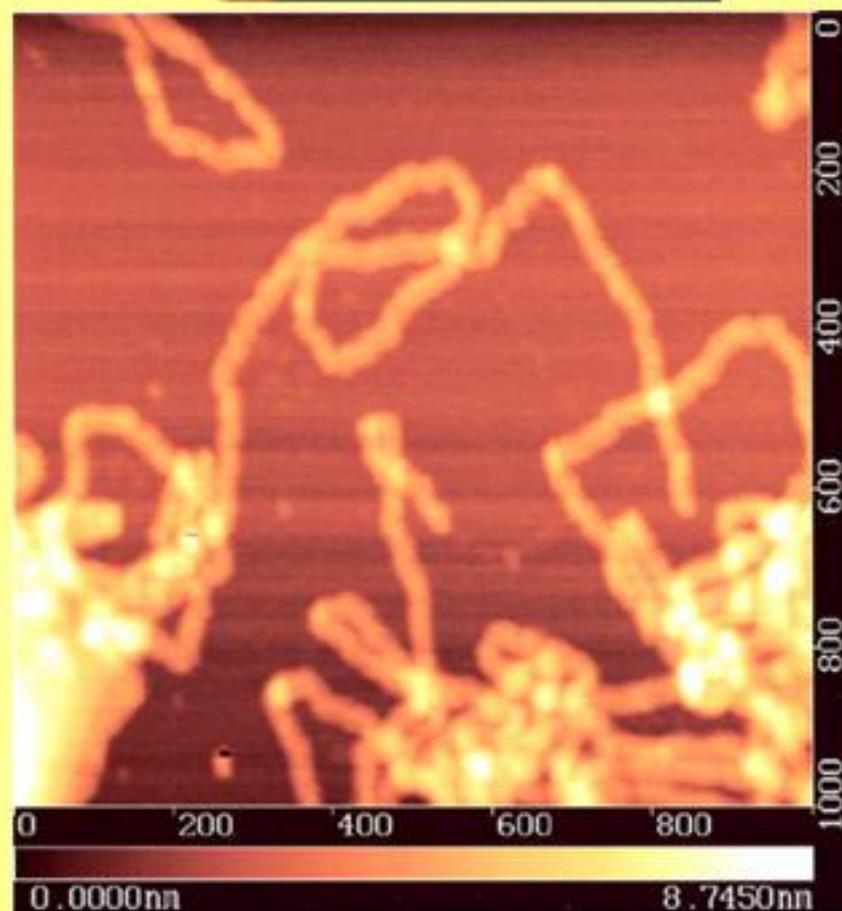
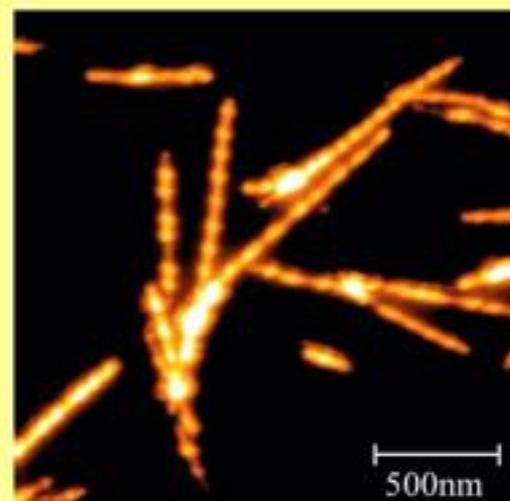


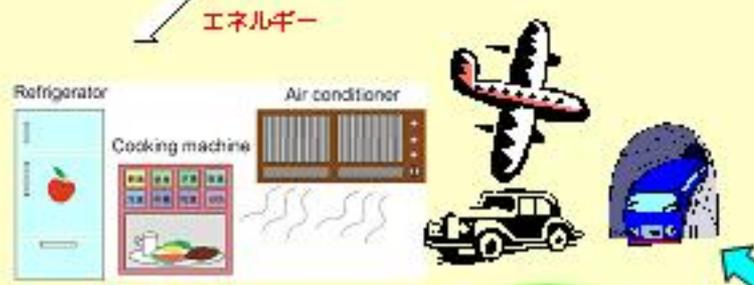
1000万分の1メートル (100ナノメートル)	1億分の1メートル (10ナノメートル)	10億分の1メートル (1ナノメートル)
染色体の長さ	DNA	DNAの分子構造

アミロイドフィブリル($\beta 2-M$)の観察 : 長期透析副作用の解明

アミロイドフィブリルとは、臓器への奇妙な繊維状の沈着物でのことです。この繊維状の沈着物は体内のタンパク質がある条件下で凝集することによって形成されます。凝集する蛋白質の種類によってアルツハイマー病やアミロイドーシスなどの様々な疾患を引き起こします。

私達が研究している $\beta 2-M$ というタンパク質は長期透析患者に手根管症候群を引き起こします。アミロイドフィブリルの構造と成長・沈着の仕組みを**AFM**で解明し、予防法・治療法の早期発見を目指しています。

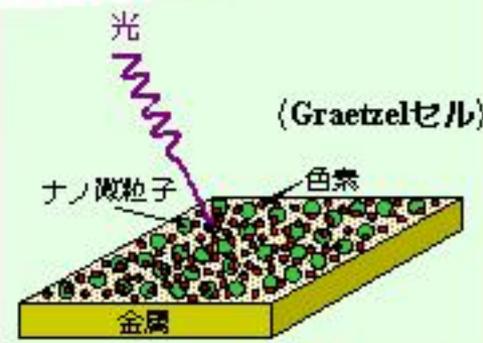
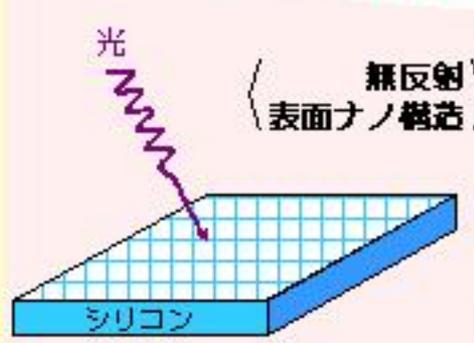




クリーンな太陽エネルギー変換と
ナノサイエンス・ナノテクノロジー

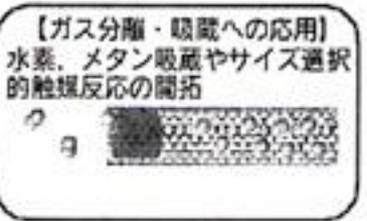
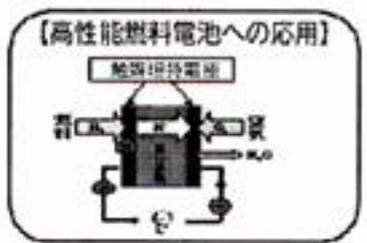


太陽電池



燃料電池・ガス貯蔵への応用

燃料電池自動車
究極のクリーンカー



燃料電池と自動車への応用

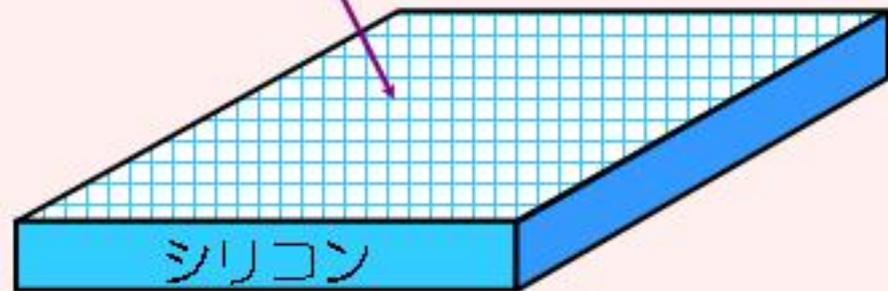
カーボンナノチューブ



太陽電池

光

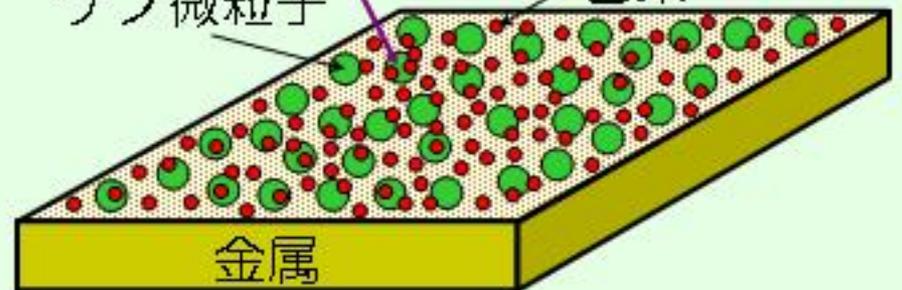
〈無反射
表面ナノ構造〉



光

〈Graetzelセル〉

ナノ微粒子 色素



c.f. リチウム電池、燃料電池膜、
電極

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

米ナノテク「日本に対抗」

上院に強化法案提出

「産学」推進 ■ 予算も充実

【ワシントン＝吉田通】米国が超微細技術(ナノテク/ロジ)の研究開発について一段のテコ入れに動き始めた。十七日に米上院に提出された法案は日本を強力な競合相手として「名指し」し、ナノテク開発に関する国家戦略整備の必要性を強調。上院が同日開いたナノテク公聴会では、産学の代表が研究予算の大幅増額や産学協同推進のための体制整備などを相次いで訴えた。

21世紀ナノテク研究開発法案の主な内容
 ・材料科学、電子工学、生物工学、環境技術などについて省庁間にまたがる研究開発を調整し、促進する
 ・大統領は「国家ナノテク研究プログラム」を策定。大学や国立研究所の研究成果の企業への移転を促進する
 ・ナノテク研究の評価を毎年度実施する
 ・ナノテク研究開発に関する省庁間の総合調整を専門とする新たな組織「ナノテク調整局」を設ける
 ・全米科学財団(NSF)のナノテク研究予算として、2003会計年度に2億2100万ドル、04年度に2億5400万ドルを配分
 ・米エネルギー省に対して、03年度に1億3900万ドル、04年度に1億6000万ドルを配分
 ・米国立衛生研究所(NIH)に対して、03年度に4300万ドル、04年度に5000万ドルを配分

ワイアン上院議員(民主党)ら超党派の議員が十七日提出した「21世紀ナノテク/ロジ研究開発法案」は、現行の研究開発体制のままでは「日本や韓国、欧州に後れをとるリスクがある」と指摘し、「米国が将来も経済力を維持するには競争に敗れるのは許されない」と断言している。

米国はクリントン前政権の下で二〇〇一会計年度から「国家ナノテク/ロジ戦略(NNI)」をスタートさせ、関連予算の増額や省庁間の連携強化に取り組んできた。だが日本や欧州連合(EU)などがNNIに追随してナノテク戦略を充実させてきたことから、米国の産学関係者から一段の体制整備を求める声が強まっていた。

法案はそうした声への対応を目指す。具体的にNNIをさらに発展させた「国家ナノテク研究プログラム」を大統領が中心になって策定する。同プログラムの下で研究開発の中長期的な目標を設定するとともに、大学や国立研究所同士の協力体制を抜本的に充実させる。産学の専門家が戦略立案について大統領に助言する「ナノテク諮問委員会」を設置する。また大学や国立研から企業への技術移転も促進。ナノテク関連予算の充実もうたっている。

ナノテク研究に関する米連邦予算は、二〇〇一年度の四億二千二百萬ドルから今年度は四三%増の六億四千万ドルに拡大している。来年度予算についても米政府は一八%増の七億千万ドルを米議会に要

求しているが、予算がさらに上積みされる可能性も浮上している。

米産業界もナノテクには強い関心を示している。米国内の企業やベンチャーキャピタルは今年一年だけで総額約十億ドルを同分野の研究開発に投じる見通し。十年後には一兆規模の巨大市場が誕生するとの観測も強まっている。

米上院の科学技術・宇宙小委員会が開いた公聴会では米ヒューレット・パッカードのウィリアム・スティーブソンが「日本の取り組みぶりは特にめざましい」と指摘するなか、日本との競争激化を意識した発言が相次いだ。一方、NNIの再評価に取り組んできたノースウェスタン大学のステュアート教授はナノテクを利用した革新的な治療・診断技術の開発のために、米国立衛生研究所(NIH)とその他の研究機関との協力強化を訴えた。

- 中国の主なナノテクセンター
- ・ナノテク工業団地(天津)
 - ・国立ナノサイエンスセンター(北京)
 - ・国立ナノエンジニアリングセンター(北京、上海)
 - ・大学のセンター(北京大、清華大、厦門大など26カ所)
 - ・地方のセンター(浙江省、上海市など10カ所)

ナノテク研究 アジアで加速

アジア地域でナノテクノロジー(超微細技術)の研究開発が加速している。中国は新しい電子デバイスや有機発光の実現を狙う大型プロジェクトを発足させる。韓国や台湾、シンガポールも研究予算を増やしている。情報技術(IT)からバイオ、素材産業まで幅広い産業で革新を起すナノテクに資金や人材を集中的に投入する戦略だ。

二月二十八日まで茂城県つくば市で開いたアジア太平洋ナノテクノロジー・フォーラムに出席した中国科学技術部(日本の文部科学省に相当)の馬興合副司長と、北京大学の劉忠范教授が明らかにした。

中国、40カ所で拠点整備

二月二十八日まで茂城県つくば市で開いたアジア太平洋ナノテクノロジー・フォーラムに出席した中国科学技術部(日本の文部科学省に相当)の馬興合副司長と、北京大学の劉忠范教授が明らかにした。

中国は後れを取ってきたが、「ナノテクのような新分野で、領域を絞って投資すれば独自のブレイクスルー(技術突破)を実現し世界に目を並べられる可能性がある」と(馬副司長)とみているためだ。

ナノテクによるITの革新を狙うナノエレクトロニクスでは次世代デバイス、超微細メモリなどITのプロジェクトを決定。三プロ

アジア地域(中国、台湾、韓国、シンガポール)でナノテク研究が加速されている

とともに、科学技術部は基礎研究、先端技術開発、重点応用研究の各分野でナノテク研究を強力に推進し始めた。

日米欧が一九八〇年代に力付けた情報・エレクトロニクスなどの先端分野で中国は後れを取ってきたが、「ナノテクのような新分野で、領域を絞って投資すれば独自のブレイクスルー(技術突破)を実現し世界に目を並べられる可能性がある」と(馬副司長)とみているためだ。

日韓の共同研究チームが、ナノテクノロジー(超微細技術)を利用した新半導体材料を開発した。カーボンナノチューブとフラーレンを組み合わせた、非常に小さな電子作りに応用できるとみている。

台湾、中国と交流加速

台湾は昨年、ナノテクを科学技術政策の最重要分野と位置付け、二〇〇七年までに六億ドルをナノテク関連に投資する。特に電子部品や化学、燃料電池などの研究に力を注ぐ。「日米」

台湾は昨年、ナノテクを科学技術政策の最重要分野と位置付け、二〇〇七年までに六億ドルをナノテク関連に投資する。特に電子部品や化学、燃料電池などの研究に力を注ぐ。「日米」

韓国は十年間に約十三億ドルを投資する国家ナノテク計画を作成。電子部品や機能性材料など四つの中核技術分野を投入する。

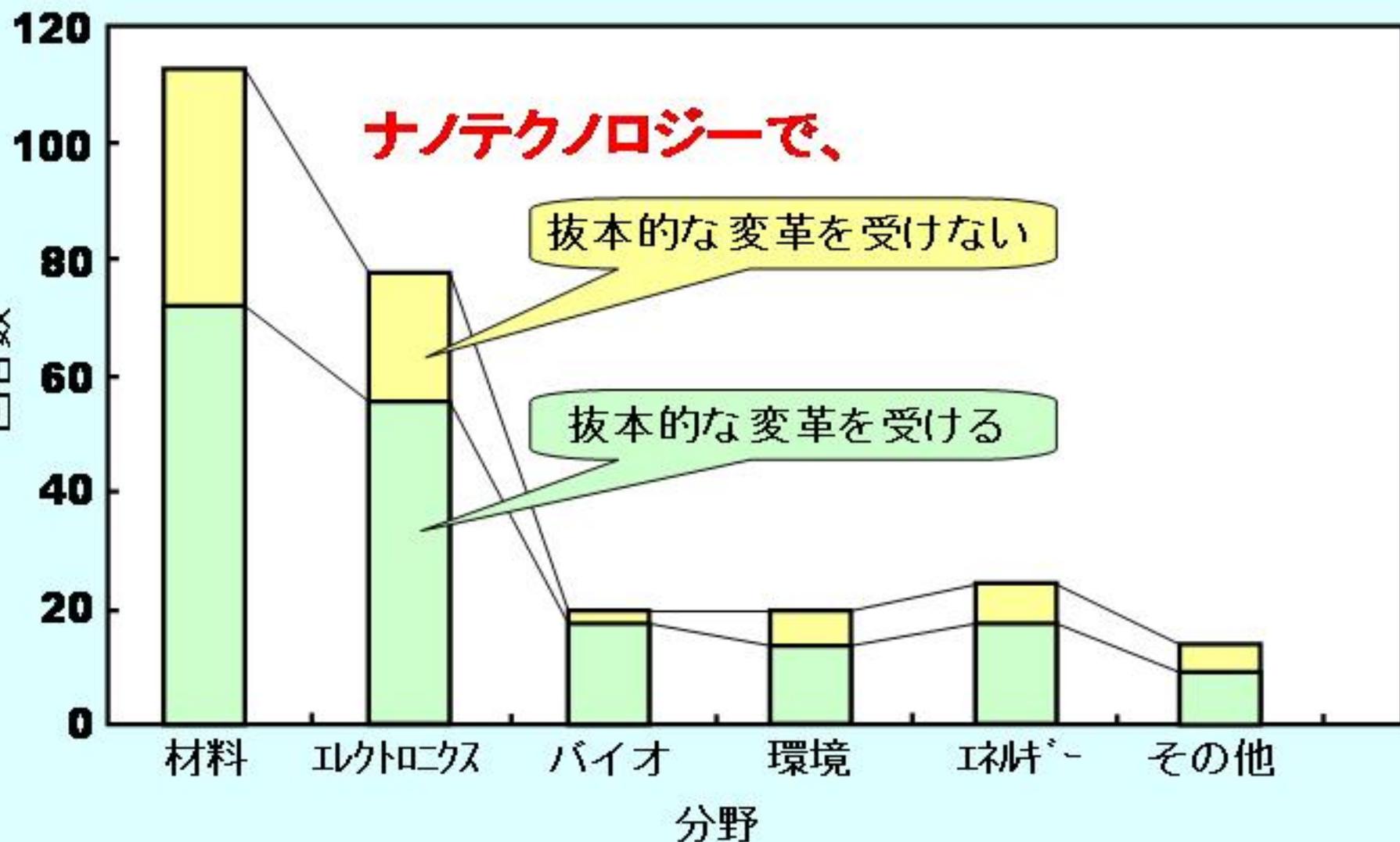
シンガポールもナノ科学の検討委員会を設置。同国内で生産量が多い超微細半導体材料を開発した。カーボンナノチューブとフラーレンを組み合わせた、非常に小さな電子作りに応用できるとみている。

70%以上の企業が ナノテクで大きな変革

ナノテクノロジーで、

抜本的な変革を受けない

抜本的な変革を受ける



平成14年度重点領域の設定

平成15年度方針

(項目の抜粋)

重点化:

- ・半導体微細加工技術、生体・分子材料技術と半導体加工技術を融合した新原理素子・材料
- ・医療応用のための超微細制御技術・材料の研究

分野融合

- ・分子・生命現象の計算・画像化技術
- ・半導体と生命・分子材料技術の融合等
- ・生物工学を半導体などの工業分野に応用するナノバイオ研究の強化

経済活性化

短期間で実用化するプロジェクト、および、中長期であっても次代の産業基盤の構築に資するプロジェクト

産業競争力の強化

環境・エネルギー

国民の安全・安心

次世代情報通信システム用
ナノデバイス・材料

環境保全・エネルギー利用
高度化材料

医療用極小システム・材料、
生物のメカニズムを活用し
制御するナノバイオロジィ

計測・評価、加工、数値解析・シミュレーション
などの基盤技術

革新的な物性、機能を付与するための物質
・材料技術

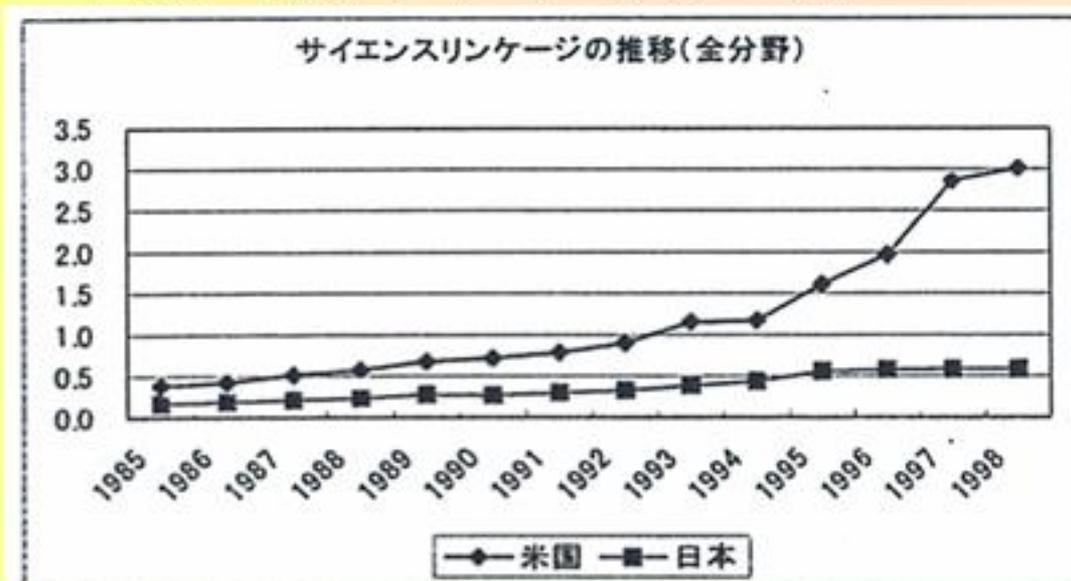
ナノテクノロジー

材料

・ブランドカ

・サイエンスリンケージ

伝統的技術と近代科学が結びついた技術で勝機



大学の役割は大切！

ナノテク・バイオは基礎科学技術が産業応用に早く展開される特徴を持つ！

サイエンスリンケージを高める必要あり

- ・特許出願1件あたりの科学論文の引用回数（サイエンスリンケージ）をみると、米国は全分野について伸びが著しい。
- ・日本はライフサイエンス、情報通信といったサイエンスリンケージが大きい分野（基礎研究と新製品の結びつきが強い分野）ほど米国に大きく水をあけられている状態。さらに、日本は、製造技術においてもサイエンスリンケージが低下。

技術戦略 ナノテク重点

日本企業の技術戦略が転換点に立っている。日経産業新聞「CITO」(最高技術責任者)百人アンケート(白紙回答)では、「ナノテクノロジー(超微細技術)」を「今後、日本が最も力を入れるべき分野」としていることがわ

超テク国

CITO100人アンケート

「今後10年、日本が力を入れるべき技術分野」の競争力が弱かったが、模式回答で最も多かったのが「ナノテク」。「日本で1年前に強かった分野」で

「ナノテク」は「超微細技術」を指している。今後半導体・液晶に力を入れるべき分野として注目されている。一方、「10年前日本の競争力が強かった分野」は「微細加工、精密・

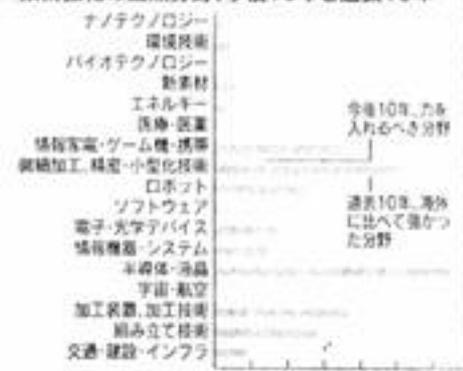
「CITO」は「最高技術責任者」百人アンケート(白紙回答)で、製造業の競争力の源泉である研究、技術開発戦略の転換点も影響を及ぼした。(関連特集6面)

半導体中心から転換

「今後10年、日本が力を入れるべき技術分野」を聞いたところ、重要視を増している。ナノテクノロジー(超微細技術)の重要性は、過去10年と比べて強かった分野

「超微細技術」は「超微細加工」を指している。今後半導体・液晶に力を入れるべき分野として注目されている。一方、「10年前日本の競争力が強かった分野」は「微細加工、精密・

技術強化の重点分野、今後10年と過去10年



研究開発体制の重点項目、過去10年と今後10年



今後10年、技術で世界をリードする会社

国内 (単位 カウント)	海外		
トヨタ自動車	57	IBM(米)	37
キヤノン	45	GE(米)	24
ソニー	28	インテル(米)	17
ホンダ	15	サムスン電子(韓)	17
日立製作所	13	テュボン(米)	17
NTTグループ(ドコモ含む)	11	マイクロソフト(米)	16
シャープ	8	ファイザー(米)	15
NEC	7	3M(米)	8
松下電器産業	6	タイムラー・クライスラー(独)	4
武田薬品工業	6	ノキア(フィンランド)	4
三洋電機	5	ヒューレット・パッカード(米)	4
花王	5	BASF(独)	3
三菱重工業	4	グラクソスミスクリライン(英)	3

「超微細技術」は「超微細加工」を指している。今後半導体・液晶に力を入れるべき分野として注目されている。一方、「10年前日本の競争力が強かった分野」は「微細加工、精密・

「超微細技術」は「超微細加工」を指している。今後半導体・液晶に力を入れるべき分野として注目されている。一方、「10年前日本の競争力が強かった分野」は「微細加工、精密・

「超微細技術」は「超微細加工」を指している。今後半導体・液晶に力を入れるべき分野として注目されている。一方、「10年前日本の競争力が強かった分野」は「微細加工、精密・

「超微細技術」は「超微細加工」を指している。今後半導体・液晶に力を入れるべき分野として注目されている。一方、「10年前日本の競争力が強かった分野」は「微細加工、精密・

禁無断転載

2003 年度
事務機器関連技術調査報告書(“1-2”部)

発行 社団法人 ビジネス機械・情報システム産業協会
技術委員会 技術調査小委員会

〒105-0001 東京都港区虎ノ門1丁目21番19号
秀和第2虎ノ門ビル
電話 03-3503-9821
FAX 03-3591-3646