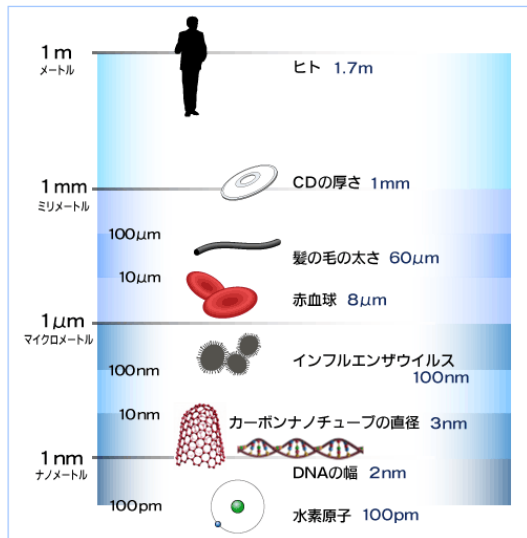
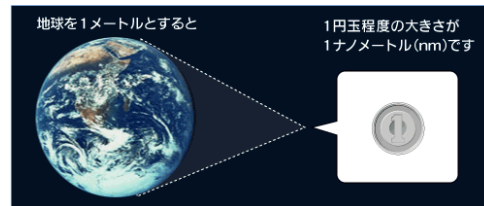


ナノテクノロジー入門

ナノとは長さの単位



ナノテクノロジー・・・
原子・分子を数個の正確さで扱う技術



「ナノ」とは単位を表しています。特にナノテクノロジーと言われる場合は、長さを表していることがほとんどですので「nm」と表記し「ナノメートル」と読みます。私たち人間はメートルの大きさを持ち、髪の毛の太さは60マイクロメートルほどです。インフルエンザウイルスは100ナノメートルくらいです。現在盛んに研究されているカーボンナノチューブは3ナノメートル程度です。水素原子が0.1ナノメートルですので、ナノテクノロジーでは原子や分子数個の正確さで物を作り、生活に役立てようとしているのです。

たとえば地球を1メートルとするの1ナノメートルとはちょうど1円硬貨の直径に相当します。このように、想像もつかないほどの小さな物を驚異的な正確さで扱う技術がナノテクノロジーなのです。

ナノテクノロジーへの期待

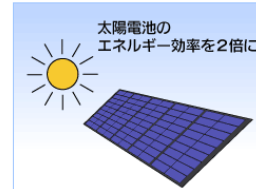
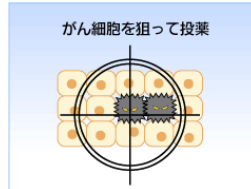
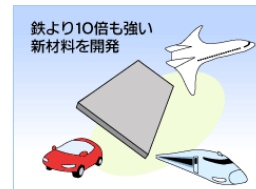
ナノテクノロジーによってIT、環境、バイオ、材料等の分野が飛躍的に発展

→ 私たちの生活の質が良くなる

どのように良くなるか？

アメリカのクリントン元大統領が発表した演説が有名(国家ナノテクノロジー戦略)

- 連邦会議図書館のすべての情報を角砂大の装置の中に納める
- 鉄より10倍も強い新材料を開発し、すべての乗り物を軽量にして燃料消費を下げる
- コンピュータの計算速度を100万倍以上に高める
- がん細胞を検知し、そこを狙い撃ちして遺伝子や薬物を送り込む
- 空気中や水中の極微量の有害物質を取り除く
- 太陽電池のエネルギー効率を2倍にする



ナノテクノロジーは私たちの生活を飛躍的に快適なものに変えていく可能性があります。

非常に広範囲にわたって多くの可能性があります。特に有名なものはアメリカのクリントン元大統領の演説で取り上げられた下のような項目でしょう。

- 連邦会議図書館のすべての情報を角砂大の装置の中に納める
- 鉄より10倍も強い新材料を開発し、すべての乗り物を軽量にして燃料消費を下げる
- コンピュータの計算速度を100万倍以上に高める
- がん細胞を検知し、そこを狙い撃ちして遺伝子や薬物を送り込む
- 空気中や水中の極微量の有害物質を取り除く
- 太陽電池のエネルギー効率を2倍にする

IT、環境、バイオ、材料の分野における飛躍的な発展が期待されています。

日本におけるナノテクノロジー

日本でもナノテクノロジーが可能にする未来の生活予想を発表している。(次ページ参照)

特に次の4分野に力を入れています。

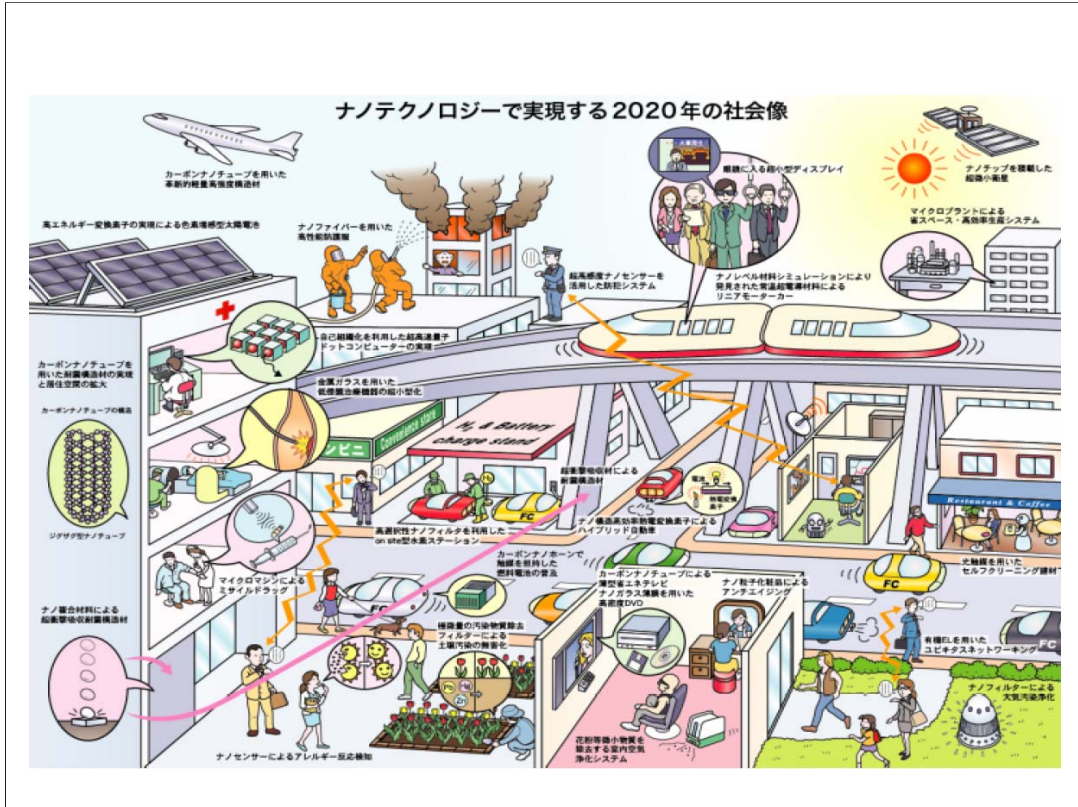
- 環境・エネルギー(燃料電池、太陽電池、水素貯蔵……)
- 材料・素材(高強度鋼、機能性ガラス、機能性高分子……)
- バイオ・医療(バイオチップ、医療センサ、ドラッグデリバリー……)
- IT(超高速コンピュータ、大容量記憶装置、ディスプレイ、高速通信……)

日本でも同様に

- 環境・エネルギー(燃料電池、太陽電池、水素貯蔵……)
- 材料・素材(高強度鋼、機能性ガラス、機能性高分子……)
- バイオ・医療(バイオチップ、医療センサ、ドラッグデリバリー……)
- IT(超高速コンピュータ、大容量記憶装置、ディスプレイ、高速通信……)

の4分野に力をいれて、ナノテクノロジーに国を挙げて取り組んでいます。

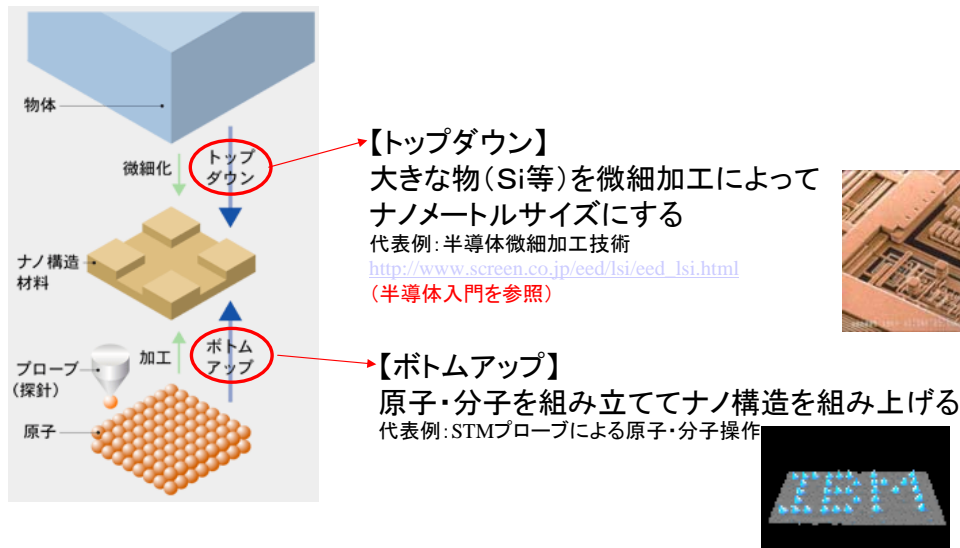
次ページにナノテクノロジーが可能にする未来の生活予想図(経済産業省「ナノテクノロジー政策研究会中間報告」より抜粋)があります。図を拡大して、どのような未来が待っているのか覗いてみてください。



経済産業省「ナノテクノロジー政策研究会中間報告」より抜粋

ナノ構造体の作製方法

ナノメートルサイズの構造体を作るには2つの方法があります。
ひとつは「トップダウン」もうひとつは「ボトムアップ」といわれています。



ナノメートルサイズの構造体を作る方法は2つに分類されます。トップダウンアプローチとボトムアップアプローチです。

(ナノ構造体の作り方:

http://web.canon.jp/technology/s_lab/nano/003/03.html)

トップダウンアプローチとは半導体微細加工技術のように、エッチングや薄膜堆積を繰り返してナノメートルサイズの機能素子を実現する方法です。半導体微細加工技術については

http://www.screen.co.jp/eed/lsi/eed_lsi.html

の「半導体入門」を参照。

ボトムアップアプローチとはSTMのようなプローブを使って、原子・分子1つ1つを積み上げたり、除去することでナノ構造体を実現する方法です。

(例えば: <http://www.nanoelectronics.jp/kaitai/spm/7.htm>)

また、SAM(Self Assemble Monolayer)のように、物質が自然に構造を形成する自己組織化あるいは自己集合もボトムアップアプローチに含まれます。

(例えば: <http://www.nanonet.go.jp/japanese/mailmag/2003/015a.html>)

身近なナノテクノロジー

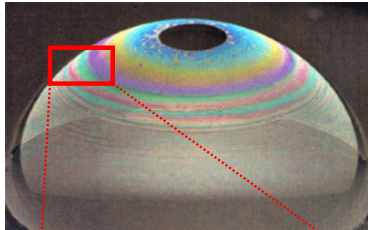
ここでは、私たちに身近なものを通してナノテクノロジーを見ていきます。

シャボン玉とナノテクノロジー

ナノスケールの物体は身近なところに存在します。

例えば

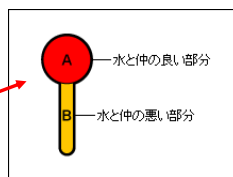
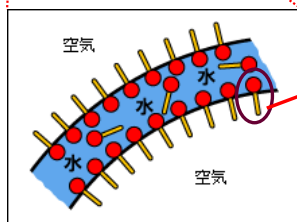
「シャボン玉の膜」



膜の厚さ: 数百ナノメートル

両親媒性の分子が膜を形成している

→ 親水性部分を水側、
疎水性部分を空気側に向けて膜を形成



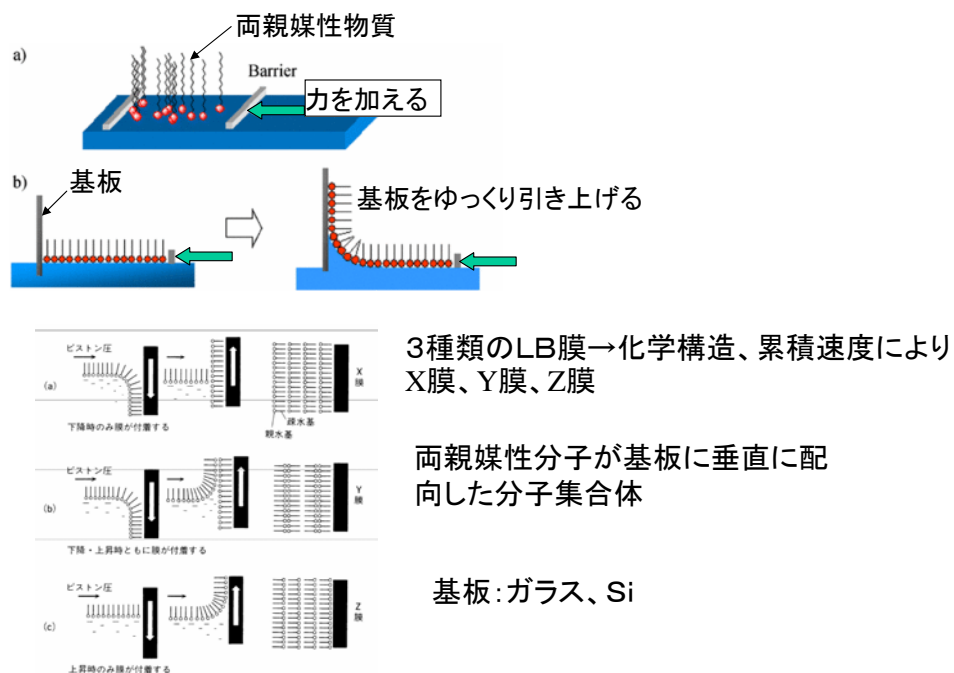
両親媒性物質

先ほど「地球を1メートルとしたときに1ナノメートルとは1円玉の大きさになる」というたとえ話をしました。しかし、とても小さなものだと分かっていても実感はわかないと思います。

ナノメートルの世界にとっても身近なところで触れることができます。それはシャボン玉です。シャボン玉を形成する膜の外側と内側での光の反射と干渉により、可視領域の波長(380ナノメートル(紫)~780ナノメートル(赤))が強調されることによって、虹色の模様が観察されます。つまり、紫色のシャボン玉の膜はおよそ400ナノメートルの厚さを持っていて、1ナノメートルはその400分の1の大きさになります。

このシャボン玉は、両親媒性の分子が疎水性部分を空気側に親水性部分を水側に向けて、自己集合することで薄膜を形成しています。

LB(Langmuir- Blodgett)膜



シャボン玉の薄膜形成の仕組みを利用したものに、LB (Langmuir-Blodgett) 膜があります。

両親媒性の分子を水面に分散させ、単層の分子膜を自己集合によって形成します。それをガラスやシリコンの基板に写し取る技術です。

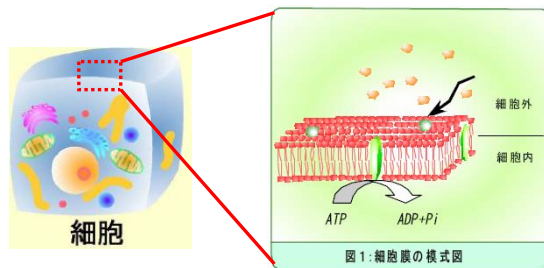
このLB膜は両親媒性分子膜の堆積方法によって3種類に分類されます。それぞれ、両親媒性分子が基板に垂直に配向した分子集合体で、単一分子の物性に関する研究や分子エレクトロニクスの研究に用いられています。

詳しくは

http://staff.aist.go.jp/k.ikegami/LB_kaisetsu/

<http://www.nanoelectronics.jp/kaitai/selfassemble/4.htm>

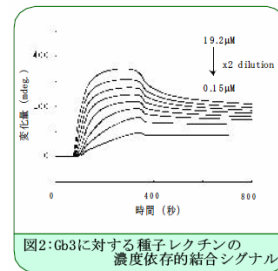
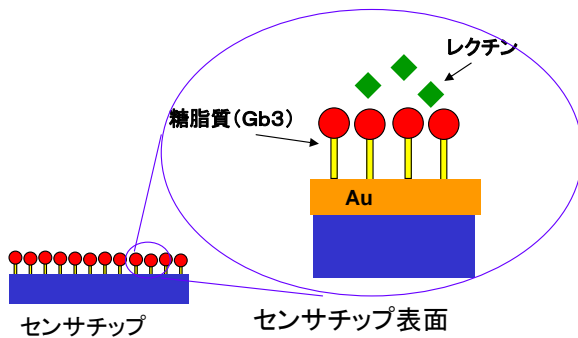
バイオセンサへの応用



細胞膜は両親媒性の脂質2重膜で構成されている



LB膜を用いて模擬生体膜をつくり、バイオセンサとして用いる



表面プラズモン共鳴をもちいて糖脂質とレクチンの相互作用を測定

細胞膜も両親媒性の脂質2重膜で形成されています。つまり、LB膜を用いて擬似生体膜を作ることができます。

更にその擬似生体膜を用いて、バイオセンサへの応用も行われています。センサチップの表面に糖脂質の膜を形成し、レクチン※との相互作用を表面プラズモン共鳴※※(下記HP参照)という方法で測定した結果を示します。

生体の優れた機能を工学として利用するあるいは、単純化された擬似生体膜によって細胞膜や生物の仕組みを調べる等、LB膜や脂質2重膜は興味深いナノ構造体といえるでしょう。

※レクチン:細胞膜表面の糖たんぱく質や糖脂質と特異的に結合することができるたんぱく質。インゲン豆、なた豆、大豆、ジャガイモ、アメリカヤマゴボウなどに多く含まれている。

※※表面プラズモン共鳴については

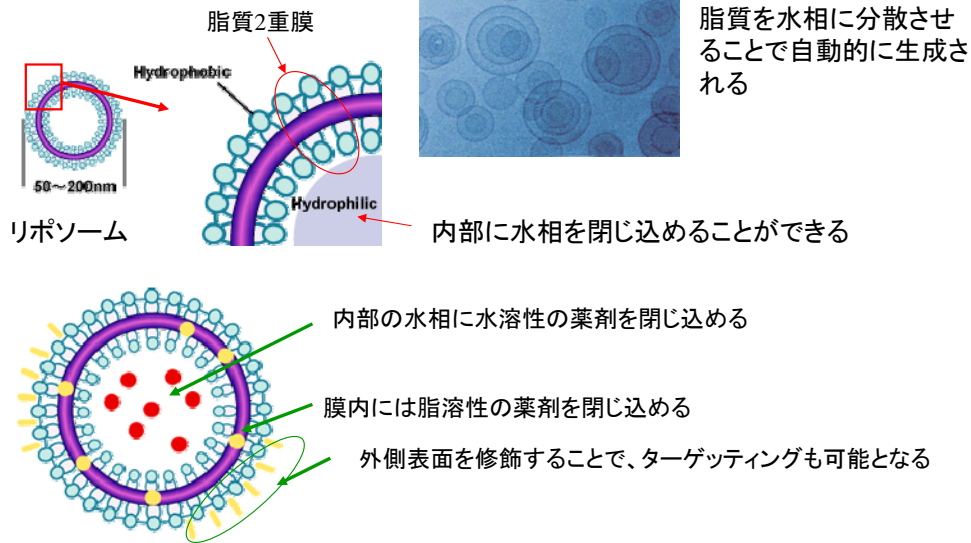
http://www.moritex.co.jp/home/zigyo_main_c038.html

そのほか詳しくは

<http://www.niwano.riec.tohoku.ac.jp/student/bio.htm#biosensor>

http://www.moritex.co.jp/home/zigyo_main_c042.html

リポソーム



**体内の特定部位に薬剤を投与するための輸送手段として応用
(抗がん剤の投与など)**

脂質の2重膜でできた袋状の物質をリポソームといいます。脂質を水相に分散させることで自動的に生成されます。シャボン玉と非常に良く似ていますが、水中で存在していることと、2分子のみの膜で安定して形成されていることが大きく違う点です。

リポソームは、疎水性部分を膜の内側に向けて2重膜を形成しているため、水中への分散性に優れ、袋内部にも水相を閉じ込めることができます。

応用としては薬剤の選択的な伝達(ドラッグデリバリーシステム:DDS)が考えられています。

たとえば、内部の水相には水溶性の薬剤を閉じ込め、疎水性部分で構成された膜の内部には脂溶性の薬剤を閉じ込める。更に、膜の表面には特異的な反応を示す抗体等を修飾することで、非常に選択性の高いターゲティングも可能となります。

副作用の少ない薬剤投与方法として期待されています。

詳しくは

http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2003/pr20031113/pr20031113.html

<http://ctrp.tri-kobe.org/outline/research-kobayashi.html>

<http://www.ams.osakafu-u.ac.jp/lab5/kouno/kono.html>

機械プレスとナノテクノロジー

意外な方法もナノ構造体の作製に用いられます

例：機械プレス



自動車のボディ



携帯電話

金型に加工材料を押し当て、強い圧力をかけて型取りする加工方法

金型がひとつあれば、プレスを繰り返すことで同じ形状のものをたくさん作ることができる

ここからは、身近な加工方法のナノテクノロジーへの応用を紹介します。

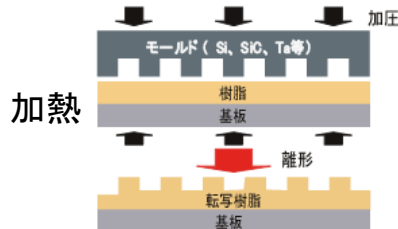
自動車のボディや携帯電話の側は機械プレス加工という方法を用いて作られています。これは、金型に加工材料(鉄板やプラスチック)を押して、強い圧力をかけて型取りする加工方法です。金型がひとつあれば、プレスを繰り返すことで、同じ形状のものを一度に大量に作るすることができます。

一見乱暴な加工法に思えるかもしれませんが、この機械プレスもナノメートル構造体の作製に応用されています。

ナノインプリント技術

【熱ナノインプリント】

樹脂をガラス転移温度以上に加熱し、
モールドを押し付ける



〈利点〉

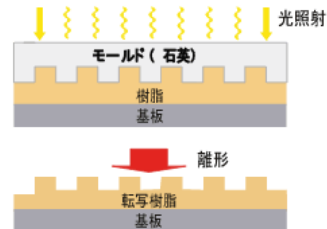
- ほとんどの樹脂材料で形成可能

〈欠点〉

- 熱膨張・熱収縮により、形成前後で樹脂に歪みが発生する。これを考慮したモールドの設計が必要

【光ナノインプリント】

紫外線硬化樹脂を塗布し、モールドを
押し当てて紫外線を照射する



〈利点〉

- 熱方式に比べ、加工による樹脂の歪みが少ない

〈欠点〉

- 紫外線硬化樹脂に限られる

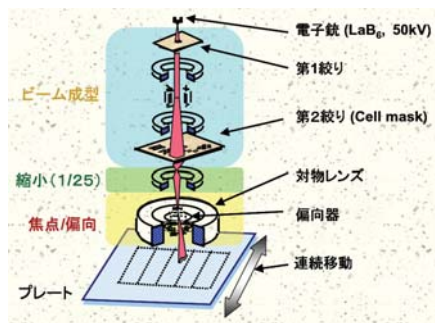
ナノインプリント技術とは、まさに機械プレスのようにモールドと呼ばれる型を使って、加工材料に圧力を加えて型取りすることで、ナノメートルサイズの構造体を一度にたくさん形成する方法です。現在最も実用化に近いナノ構造体加工法として注目されています。

ナノインプリント技術には「熱ナノインプリント」と「光ナノインプリント」の2つの方法があります。

熱ナノインプリントとは、Si等で作られたモールド(鋳型)をガラス転移温度以上に加熱された加工材料に押し当て、ナノ構造体を作製する方法です。この方法はほとんどの樹脂材料に適用可能ですが、熱を加える加工法であるため、熱膨張や熱収縮により加工前後で歪みが発生するという欠点があります。

光ナノインプリントは、紫外線を透過する石英をモールドにして紫外線硬化樹脂に押し当てて紫外線を照射することで、ナノメートルサイズの型を写し取る方法です。熱を加えないため、加工による樹脂の歪みは少ないのですが、加工材料としては紫外線硬化樹脂のみに限られるという欠点があります。

ナノ構造体を大量生産



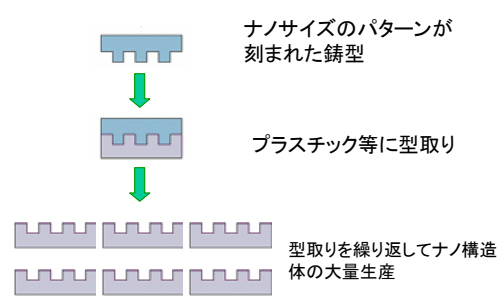
電子ビーム描画装置

〈利点〉

- ナノメートルサイズのパターン形成に優れている

〈欠点〉

- 逐次描画のため大量生産に不向き
- コストが高い



ナノインプリント

〈利点〉

- ウエハサイズでの一括加工
- 大量生産によりコスト低下

〈欠点〉

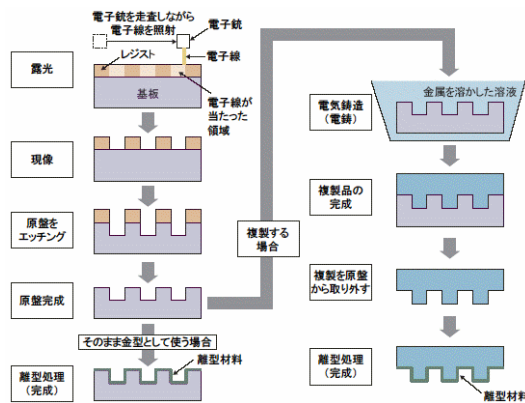
- 加工方法により材料が限られる

ナノインプリント技術が実用に近いと注目される理由は、大量生産が可能であるためです。

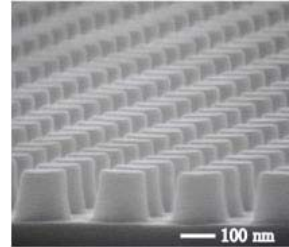
ウエハレベルでの大量生産を可能にしてきたフォトリソグラフィは、使用波長が短波長側に移行しているため、紫外線領域の使用には限界が見えてきています。現在利用可能なナノメートルサイズの描画装置として電子ビーム描画装置があります。紫外線によるフォトリソグラフィでは得られない数ナノメートルのパターン形成も可能なのですが、一筆書きによるため大量生産には不向きです。

一方、ナノインプリント技術ではナノメートルのパターンを刻んだモールドがひとつあれば、それをプラスチックなどに写し取ることで、一括加工、大量生産が可能でコストが低い加工法です。このため、産業応用に最も近い方法として期待されているのです。

モールド作製方法



鋳型作製プロセス



SiCにより作製したモールド
(高さ約140nm、ピッチ約250nm)

最初は電子ビーム描画装置を用いてパターンを形成
 ↓
 ドライエッチングにより凹凸を形成
 ↓
 必要であれば、電鋳等により再度型取りし、鋳型を複製

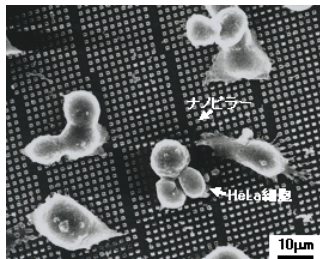
それでは、ナノインプリント技術の要となるモールドはどのようにして作るのでしょうか。やはり最初は電子ビーム描画装置によるパターンニングを用います。このパターンをもとにして、基板材料をエッチングすることでナノメートルサイズの凹凸を形成します。

エッチングを施した基板そのものを鋳型として用いる場合と、それを基にして電気鋳造により再度型取りしてモールドの複製を行おうことも可能です。

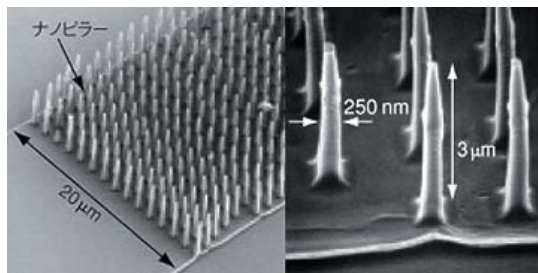
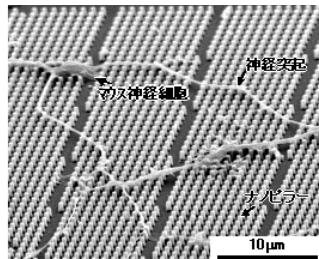
最後に、加工材料との離型性を促進させるため、フッ素系薬品等で表面処理を行います。

右図にシリコンカーバイドで作製されたモールドを示します。ナノメートルサイズの構造体が精度良く形成されていることがわかります。

細胞培養シートへの応用



細胞培養シートの適用例



ナノピラー構造(アスペクト比12)

細胞が固着する足場として用いる

↓
ナノピラー上で細胞が成長

↓
細胞と足場の接触面積が小さい

↓
細胞のはく離が容易
(タンパク質分解酵素を使わないため細胞の活性が維持される)

これまでになかった成長形態、ナノピラーの構造制御による細胞成長状況の変化などが観察されている。

ナノインプリントにより加工されたナノピラー構造を使って、細胞培養シートとしての応用が始まっています。

現在用いられている通常の細胞培養では、培養した細胞を培養基材から脱着・回収するのにトリプシンなどのタンパク質分解酵素を用いています。このとき細胞膜表面で機能を発現している膜タンパクも同時に傷害されるために、細胞組織が構築されたときに発現される機能がほとんどみられない、あるいは低下するという問題があります。これを回避するためには酵素処理を行わない細胞脱着方法が求められています。

ナノインプリントにより作製されたナノピラーを細胞が固着するための足場として用いると、細胞と足場との接触面積が小さいため培養細胞のはく離が容易となります。このため、タンパク質分解酵素を使用する必要はなく細胞活性が維持されたまま、細胞の回収が可能となります。

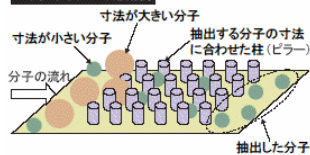
更に、これまでになかった成長形態やナノピラーの構造制御による細胞成長状況の変化など、細胞自身への興味深い影響が観察されています。

詳しくは

<http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2005/02/0224.html>

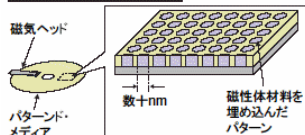
その他の応用

バイオチップへの応用例



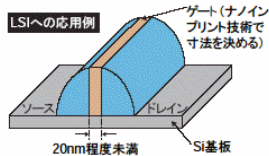
ナノサイズのピラーにより、分子を振るいにかける。これにより、必要な分子だけを取り分ける。

パターンメディアへの応用例



熱エネルギーによる磁化方向の不安定化を解消するために、ナノサイズの磁性体を記録単位とする高密度磁気記録を実現。

LSIへの応用例



ナノインプリントを用いることで、数十ナノメートルサイズのゲート長をもったFETをウエハレベルで作製。

その他、バイオチップ、次世代磁気記録媒体、数十ナノメートルサイズのゲート長を持ったLSIなどへの応用が検討されています。

ナノテクノロジーを応用した民生品

ナノテクノロジーの実用化はすでに始まっています。ここでは、実際に製品化されたナノテクノロジーについて説明していきます。

「ナノテクノロジー」と「かまぼこ」

超微細な気泡のナノバブルを使い、原材料のすり身を殺菌



ナノバブルを応用した殺菌法は
独立行政法人 産業技術研究所、水処理技術
のベンチャーのREO研究所との共同開発

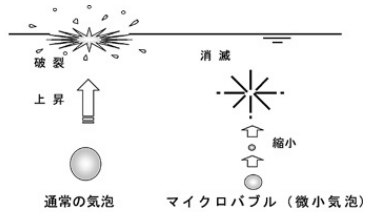
白謙かまぼこ店(宮城県石巻市)

ナノバブルとは・・・直径1 μ m以下の超微細な気泡のこと。

ナノバブルといわれる直径1マイクロメートル以下の非常に小さな気泡を使って、かまぼこの原料である魚のすり身を殺菌することで、合成保存料や化学調味料の低減に成功しています。

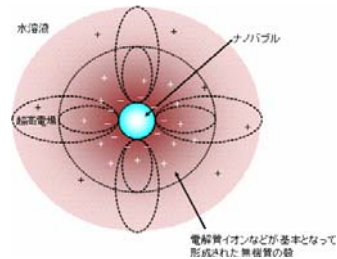
ナノバブルとは

マイクロバブル(直径 $50\mu\text{m}$ 以下)を圧壊(衝撃波によって急激に潰すこと)させることで発生



通常の気泡 マイクロバブル (微小気泡)

マイクロバブル: 自然収縮、内部気体を溶解させて消滅。



ナノバブル

ナノバブル: 消滅せずに安定して存在。

その原理は(現在検討中であるが...)



- ・イオンが気泡周囲に濃縮⇒静電的な反発により気泡を維持。
- ・濃縮されたイオン類が無機質の殻を形成⇒気体の溶解度低下 (Salting-out現象)

通常の大さの気泡は上へ向かって上昇し、水面で破裂してしまいます。また、直径 50 マイクロメートル以下のマイクロバブルといわれる気泡は、内部の気体が水中に溶け込むことで縮小し、最後には消滅してしまいます。つまり、水中に気体を安定して保持することは難しいのです。

ところが、 1 マイクロメートル以下のナノバブルになると、消滅することなく安定して水中に留まることができます。この原理については現在検討中ですが、次のように考えられています。

- ①気泡の周囲にイオンが濃縮され、静電的な反発によって気泡の収縮が妨げられる。
- ②濃縮されたイオン類が気泡周囲に無機質の殻を形成し、気体の溶解度を低下させることで気泡の維持がなされている。

このようにナノバブルを用いることで、水中に気体を安定して保持することが可能となり、次に示すような有用性が確認されています。

ナノバブルの力

酸素のナノバブル・・・生理活性効果

➡ 魚介類の養殖や畜産に利用できる可能性がある



例) 淡水魚と海水魚が数ヶ月にわたって共存。

オゾンのナノバブル・・・強い殺菌・消毒効果

オゾンナノバブル水は一ヵ月以上にわたって効果が持続

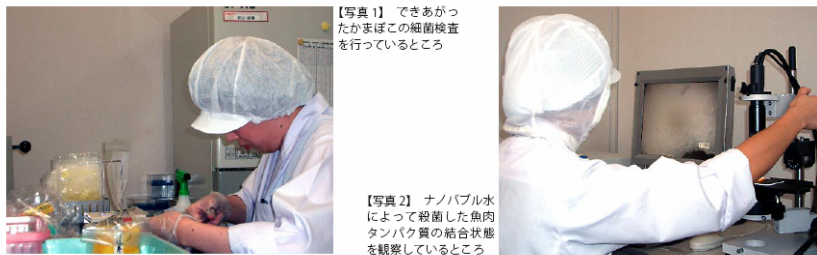
(通常のオゾン水はオゾンが散逸するため数時間で効果がなくなる)

➡ 農薬のいらぬ農業、抗生物質に頼らない養殖・畜産が可能になる

内包する気体として酸素を用いたナノバブルでは、生理活性効果が確認されています。酸素のナノバブルをたくさん含んだ水には、魚介類の環境変化に対する適応性を向上させたり、衰弱した固体を急速に回復させたりする効果があります。また0.5～1.5パーセントの広範な塩分濃度環境において30種以上の鯉や金魚などの淡水魚と、鯛やヒラメなどの海水魚を6ヶ月以上の期間にわたって同一の水槽内での共存飼することも可能となりました。このような生理活性に対する詳細なメカニズムは今後の検討を必要しますが、薬浴に頼らない養殖・蓄養法の確立につながる技術であるといえます。

オゾンナノバブルとして含んだ水の場合、きわめて長期にわたってオゾン水としての効果を維持できることを確認しました。オゾンを溶解した水を空気中で保存した場合、通常は1～2時間でオゾンは完全に抜けてしまうのに対し、ナノバブルを用いることで一ヵ月以上にわたってオゾンを保持することに成功しました。これにより殺菌力を持ったオゾン水を製造から長期間経過した後も使用可能となり、農薬のいらぬ農業や抗生物質に頼らない養殖・畜産への応用が期待されます。

ナノバブルをかまぼこ生産へ応用



実際に使用したナノバブルの粒径：100～200ナノメートル

オゾンのナノバブル⇒殺菌 ➡ 合成保存料を使わなくてすむ

酸素のナノバブル⇒旨みを保つ ➡ 調味料を減らすことができる

このような興味深い特徴を示すナノバブルを、かまぼこ生産に応用しました。

実際に使用したナノバブルの粒径は100～200ナノメートルで、オゾンのナノバブルを用いてすり身を殺菌することで、合成保存料の使用を抑えることができました。

また酸素のナノバブルを用いることで、味を調えるための調味料を減らすことに成功しました。

詳しくは

ナノバブルについて

http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2004/pr20040315/pr20040315.html

白謙かまぼこ店

<http://www.shiraken.co.jp/>

「ナノテクノロジー」と「化粧品」

フラーレンのラジカル消去能力を化粧品に応用



三菱商事の全額出資会社
ビタミンC60バイオリサーチ株式会社から販売

HPアドレス：<http://vc60.com/index.html>

【写真4】ビタミン
C60バイオリサーチの
フラーレン入り化粧品
「APP-F」

フラーレン：炭素がサッカーボール上に結合した物質

あたかもスポンジのように生体に有害であるRadical(ラジカル：活性酸素を含む活性分子種)を分子レベルで消去吸収して無害化

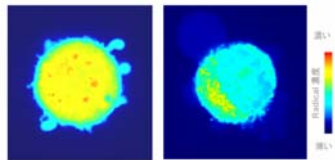


次に、フラーレンといわれる炭素のナノ構造体を化粧品に利用した例を紹介します。

フラーレンとは炭素原子がサッカーボール状に結合した物質で、ナノテクノロジーを代表する物質のひとつです。フラーレンにはラジカルといわれる活性酸素をすくむ活性分子種を分子レベルで吸収して無害化するという性質を持っています。これを利用した化粧品が実用がされています。

フラーレンの効果

【ラジカル消去】

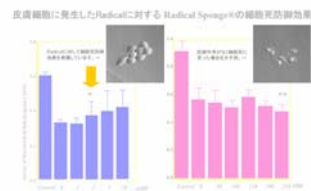


Radical Sponge® (-) Radical Sponge® (1.0%) (+)

紫外線により皮膚細胞に発生したRadical(活性酸素を含む活性分子種)の濃度比較。Radical Sponge®によりRadicalが効果的に除去(右図)されています。

広島県立大学・三羽研究室提供資料

【細胞死防御】

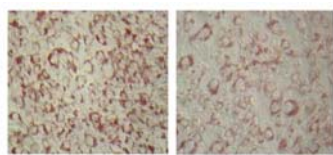


Radical Sponge® (+) Vitamin C

Vitamin CではRadical Sponge®の125倍の濃度を添加しても細胞死防御効果は軽減されません(右図)。

広島県立大学・三羽研究室提供資料

【細胞の脂肪取り込み抑制】

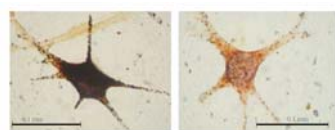


Radical Sponge® (-) Radical Sponge® (1.0%) (+)

Radical Sponge®を添加すると脂肪蓄積細胞の脂肪滴(赤く染色される部分)の蓄積を抑制し、セラライト生成を抑制します(右図)。

広島県立大学・三羽研究室提供資料

【メラニン産出抑制】



Radical Sponge® (-) Radical Sponge® (1.0%) (+)

Radical Sponge®は、メラニン産生細胞(ヒト由来)に添加するとUVB、ソルバス、ウラスなどの刺激とされる紫外線、またはUVB物質による黒色のメラニン顆粒の産生を大きく減少させる効果があります(右図)。

広島県立大学・三羽研究室提供資料

フラーレンの持つ主な美容効果には次の4つがあります。

ラジカル消去・・・紫外線によって皮膚細胞に発生したラジカルを吸収して無害化する。

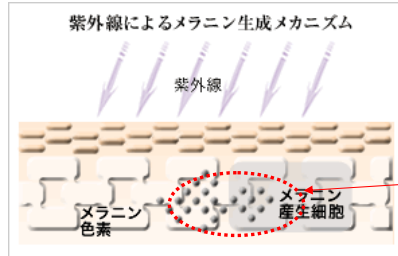
細胞死防御・・・発生したラジカルによる細胞死を防ぐ。ビタミンcの125倍以上の効果。

細胞の脂肪取り込み制御・・・フラーレンによって脂肪蓄積細胞の脂肪滴(細胞内に存在する脂肪が詰まった構造体)の蓄積を抑える。

メラニン産出抑制・・・紫外線やストレスによる黒色メラニン顆粒の産出を減少させる。

(広島県立大学 三羽信比古教授による報告)

皮膚老化防止と美白効果



紫外線⇒ラジカルの発生⇒皮膚組織の破壊

メラニン: 紫外線を遮断する

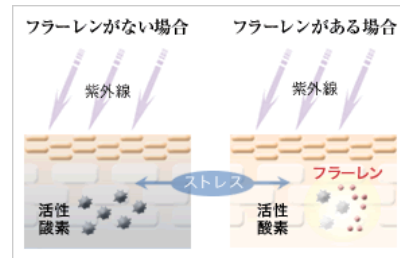
フラベノール⇒ラジカル吸収⇒メラニン産出停止



「皮膚老化防止」



「美白」



皮膚が紫外線の刺激を受けるとラジカルが発生し皮膚組織を破壊し始めます。このラジカルの刺激から皮膚組織を守るため、その発生原因の紫外線を遮断する目的で黒い色素(メラニン)が産生されます。これが日焼けの原理です。

メラニンは害を及ぼすものではなく、皮膚を紫外線と紫外線により発生するラジカルから守る大切な役割を担っているのです。

それでは美白成分により皮膚防御に有益なメラニンが産出するのだけを止めてしまったらどうなるでしょうか？

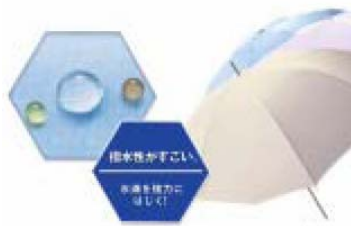
遮るものがなくなって大暴れの紫外線の刺激によりラジカルが発生し続け、結果として皮膚細胞の死滅を引き起こし、しみ、しわ、たるみなどの皮膚老化(Aging)の原因となってしまいます。

それではフラベノールを用いて紫外線によって発生するラジカルを消去、抑制したらどうなるでしょうか？ ラジカルによる皮膚組織の攻撃は止まり皮膚の細胞死は防御されます: Anti-Aging効果。またメラニンの産出も止まります: Whitening効果。(ラジカルは、メラニン産出細胞を活性化しメラニンを増産させることが知られています。)

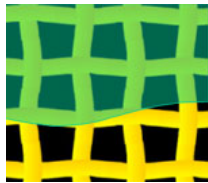
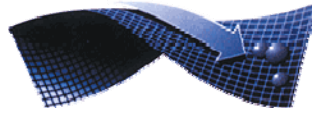
詳しくは

<http://vc60.com/radicalcontrol/index.html#head4>

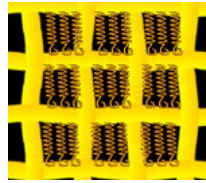
その他の民生品



「撥水性の高い傘」



従来の布
目が粗いため水が浸透



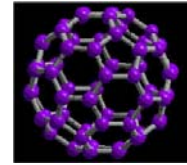
Nano-pel
ナノサイズの起毛加工による撥水効果

傘などの布製品の撥水性を高める技術にもナノテクノロジーが使われています。従来の布は織目が粗いため水が浸透してしまい、汚れ付着の原因となっていました。

繊維の一つ一つにナノメートルサイズの起毛加工を施すことで、目の細かい織目を実現するとともに、表面積の増大によって撥水の効果も高めることができます。これにより、汚れの付着を防ぐことができます。

化学薬品によるコーティングを用いていないため、繊維そのものの肌触りを維持した撥水加工であり、洗濯の繰り返しによる起毛の擦り切れや撥水効果の減少などもないそうです。

その他の民生品



フラーレン



フラーレン入りゴルフクラブ
マルマン株式会社 (<http://www.maruman.co.jp/index.html>)

強度12パーセント、耐久性25パーセント向上



フラーレン入りメガネフレーム
株式会社長井 (<http://www.syba.co.jp/nagai/nextens/nextens.html>)

フレームへの油分の付着防止

スポーツ用品でのナノテクノロジーの利用は非常に盛んです。ゴルフクラブのシャフトやヘッド部分にフラーレンを添加した材料を採用することで、強度や耐久性の向上が実現しています。

また、フラーレン入りのメガネフレームにより、油分の付着防止したためがねも販売されています。