

ナノテクノロジーと薬学・医学との融合

東京女子医科大学
岡野光夫

世界の産業は効率化、省力化と共に、大型のシステム、大量生産の時代を経て、画一から多様へ、マクロからミクロ・ナノへ、さらに、構造から機能へと徐々にその対象を移行させてきている。これを可能にした最先端テクノロジーを産業分野のみならず、医療分野に積極的に応用することにより、これまで以上に高度な医療技術の確立が可能になると期待される。とくに、分子から分子集合に至るボトムアップ技術と物理的、機械的に微小化する技術は、ナノレベルの大きさの領域でそれぞれの限界に直面し、その解決のための融合に向けて新しい挑戦が始まった。(図1)。従って、従来のタテ型の学問領域では、必ずしも適正に追究できないこのナノレベルのサイエンスを、横断型、統合型の領域として体系化することこそが重要で、この取組を“ナノテクノロジー”として呼ぶのが適当である。

20世紀型の既存領域の延長線上にその発展を描くのではなく、融合、統合型の追究こそが重要であり、このアプローチなく、ただ単に、従来型の既存製品の上に極微小領域を扱う科学技術をナノテクノロジーとすることでは、画期的な応用が実現されない。

図2. ドラッグデリバリー: ガン部位のみに抗ガン剤を作用させる標的治療は、薬とその運搬体(キャリア)の設計により、大きく性能を向上させた。とくに、ナノテクノロジーで細胞に付着し難い親水性鎖をシェルとし、コアの中に薬を保持したコア-シェル構造の高分子ミセルの実現で飛躍しようとしている。従来の薬学のみ薬の設計(薬学テクノロジー)でなく、高分子を集合した運搬体(工学テクノロジー)を融合させた新領域が提案され、薬学治療の新しいステージに入っている。更なる、医学テクノロジーとの融合によって、イメージングやセラノテクスという新領域の展開が注目される。

図3. 細胞シート工学: 細胞を培養して増しても、それらを培養皿から剥がすためには酵素が必要である。これにより、細胞の膜タンパク質を破壊し、機能低下した細胞しか利用できないため、細胞治療には限界があった。しかし、培養面にナノレベルで制御して温度応答性高分子を導入し、37°Cで細胞を増殖させた後に20°Cにするだけで、細胞や細胞シートを作製でき、これらを効率良く移植できる細胞シート工学が世界に先駆けて開発されている。世界初の患者の再生治療を次々に成功させている。

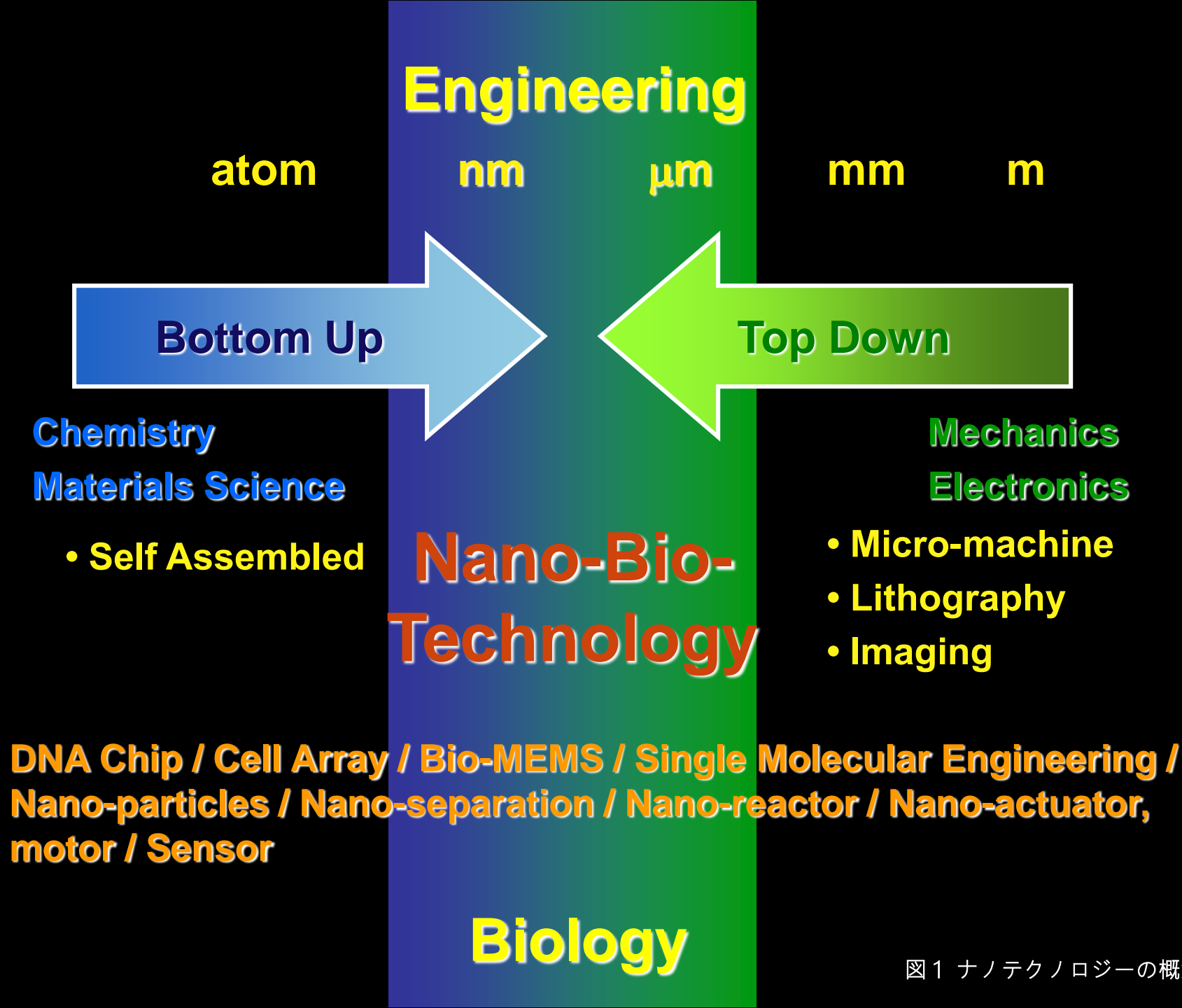


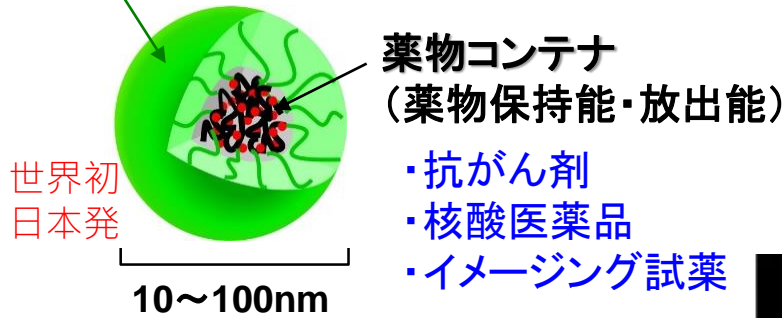
図1 ナノテクノロジーの概念

ナノテクノロジーに基づく“がん治療とバイオイメージング”

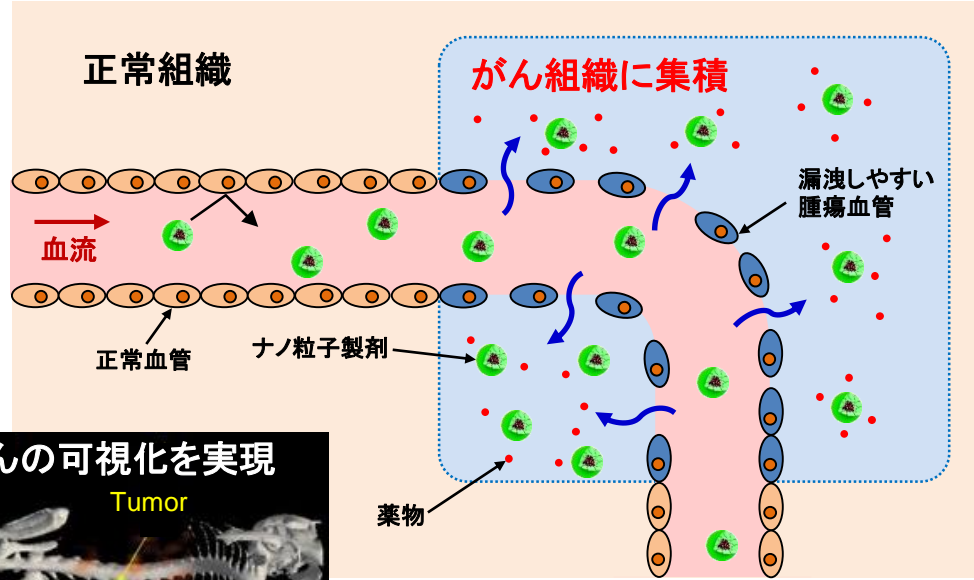
* 従来の低分子薬物は正常組織に移行し、腎臓から排泄される

ナノサイズの薬物運搬体(ナノキャリア)による効率的な薬物デリバリーの実現

親水性表面(生体適合性・血中滞留性)



ナノサイズの粒径
(体内動態制御・組織浸透性)

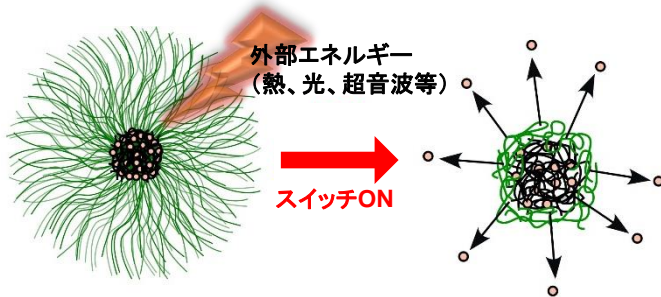


腎排泄や異物認識を免れながら、薬物をがん組織に効率的に運搬する

◇次世代がん治療：ナノキャリアのインテリジェント化と診断・エネルギー照射技術の融合

インテリジェントナノキャリア

→ “時空間制御”と“Theranostics(治療と診断の融合)”

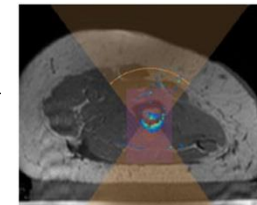


がん組織への薬物運搬(空間制御)と薬物作用(時間制御)を統合

MR誘導超音波照射装置など



効率的ながんイメージング



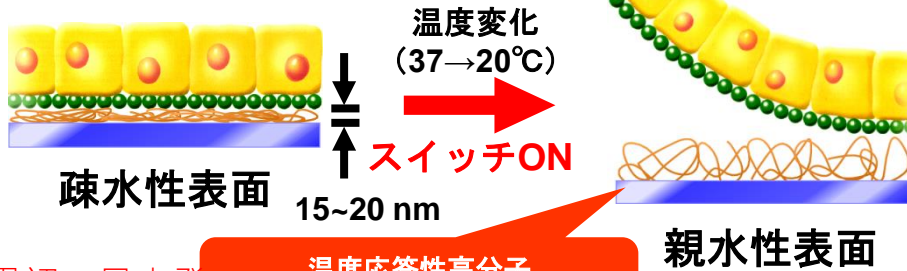
薬物とエネルギー照射の標的化

薬物標的化と外部エネルギーの融合

治療効果の増幅と副作用の低減

図2 ドラッグデリバリー

高分子ナノ表面による 培養材料のインテリジェント化



世界初・日本発

温度応答性高分子
Poly(N-isopropylacrylamide)

従来はタンパク質分解酵素を用いて培養細胞を回収したため、細胞間の連結が切断されていた

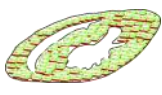
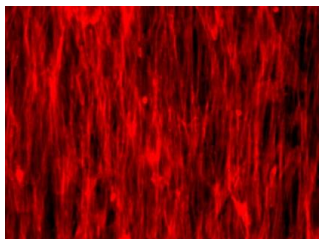
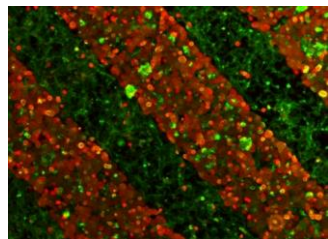
ナノテクによる表面修飾により細胞をシート化
これにより、細胞移植の課題を解決

細胞シートによる再生医療の発展

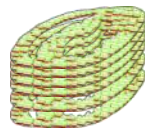
これまでに、角膜・食道・心筋・歯根膜・軟骨・中耳の再生医療によるヒトの治療に成功

インテリジェント材料による組織の高機能化

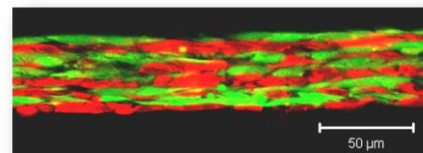
微細加工技術によるマイクロパターン化インテリジェント表面を用いて
組織の複雑な構造を再現



高機能化
細胞シート



積層化
(3次元化)

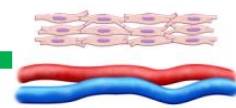
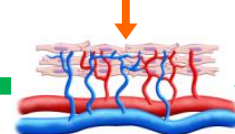
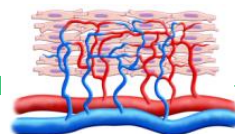
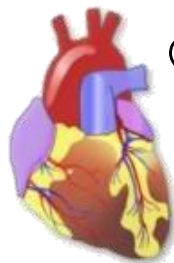


血液供与可能な血管網を導入
(組織をさらにスケールアップ)



血管付き3次元組織

高機能臓器化
(肝臓・膵臓など)



- ・ 再生臓器の適応拡大
- ・ 薬剤スクリーニングのためのモデル臓器