

ナノテクノロジーの来し方行く末

サイエンスカフェ 2007年4月13日

水谷亘 (産業技術総合研究所ナノテクノロジー研究部門)

Contents

1	はじめに	2
1.1	ナノメートルのスケール感—100万分の1にすると	3
1.2	ファインマンの提案	4
1.3	ドレクスラーの先走り	7
1.4	アセンブラの悪夢—リメイク版キカイダー 02	8
1.5	社会影響、リスクの評価と管理—ナノ粒子材料	9
2	ナノテクの研究開発	10
2.1	ナノエレクトロニクス—コンピュータを動かしている半導体スイッチ (トランジスタ)	10
2.2	原子・分子にアクセス—プローブ顕微鏡の発明と応用	11
2.3	自己組織化する分子薄膜	12
2.4	分子素子—分子を部品として使う	13
3	研究現場を離れて	14
3.1	企画本部で2年間	14
3.2	SFの中では、悪者扱いが多い	15
3.3	ナノテク社会像研究会 (2006年度)	17
3.4	例：自己組織化太陽電池について	19
4	さいごに—考えてください	20

1 はじめに

略歴

1983年4月 通商産業省工業技術院電子技術総合研究所 入所

1991年7月 スイス IBM チューリッヒ研究所で STM 関連技術の研究に従事

1993年1月 産業技術融合領域研究所アトムテクノロジーグループに配属

2001年4月 産業技術総合研究所ナノテクノロジー研究部門単一分子・界面技術グループに配属

2004年7月 産業技術総合研究所企画本部総括企画主幹

2006年7月 産業技術総合研究所ナノテクノロジー研究部門分子ナノ物性グループ長

現在の研究テーマ 有機分子が作るナノ構造とその物性

普及活動

2002年 ナノテクの解説シリーズを WEB で公開開始。朝日新聞日曜版 [be](#) に紹介記事 (2006/9/17)

掲示板「ナノテク・ホワイトボード」の運営

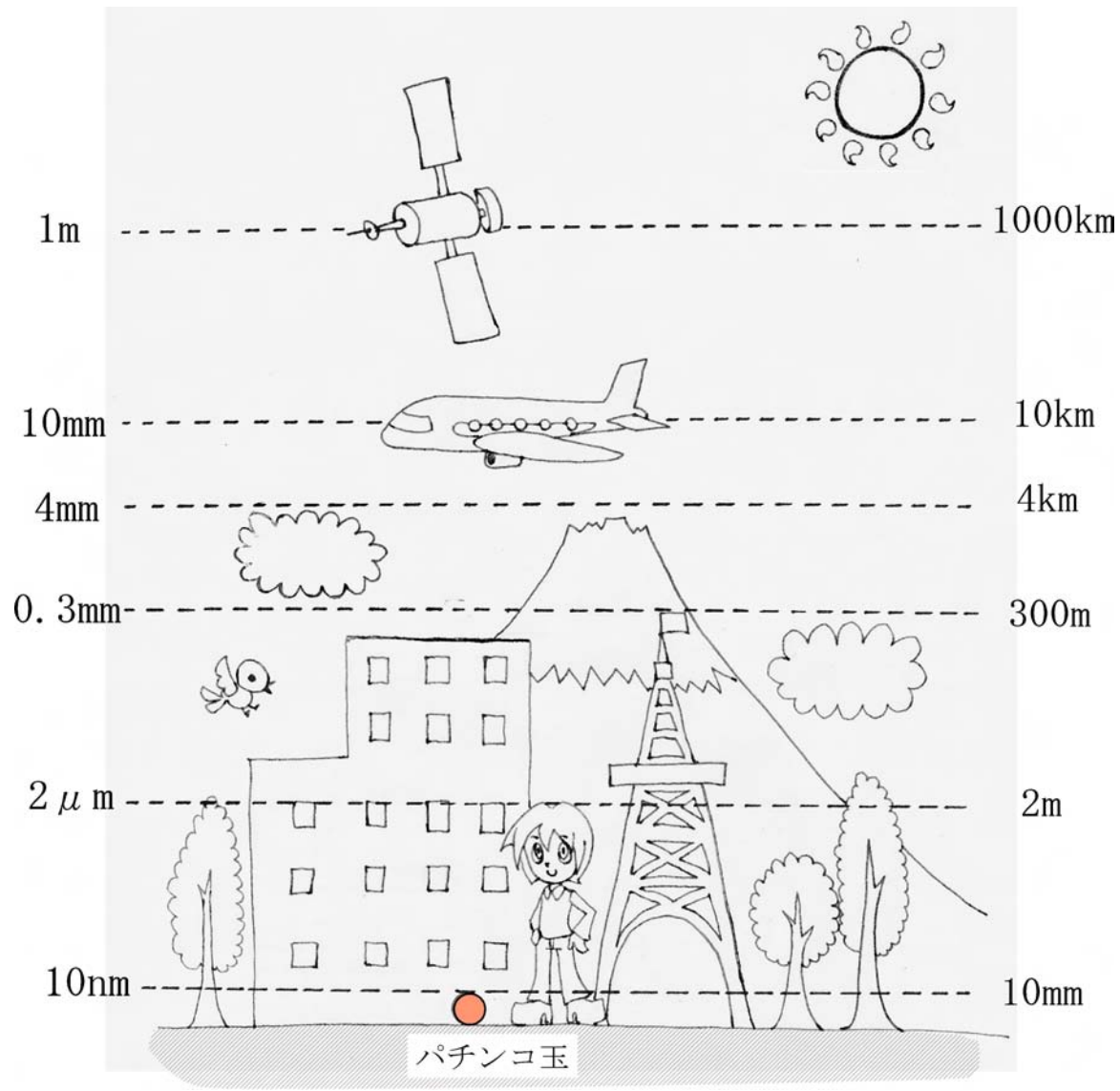
ネットサイエンス・インタビュー

2005年 『図解入門よくわかるナノテクノロジーの基本と仕組み』(秀和システム, 2005)

2006年 「ナノテクノロジーの産業化展望に関する調査報告書」(経済産業省ナノテク研究会)

2007年 サイエンスカフェ「ナノテクノロジーの来し方行く末」(2007/4/13)

1.1 ナノメートルのスケール感—100万分の1にすると

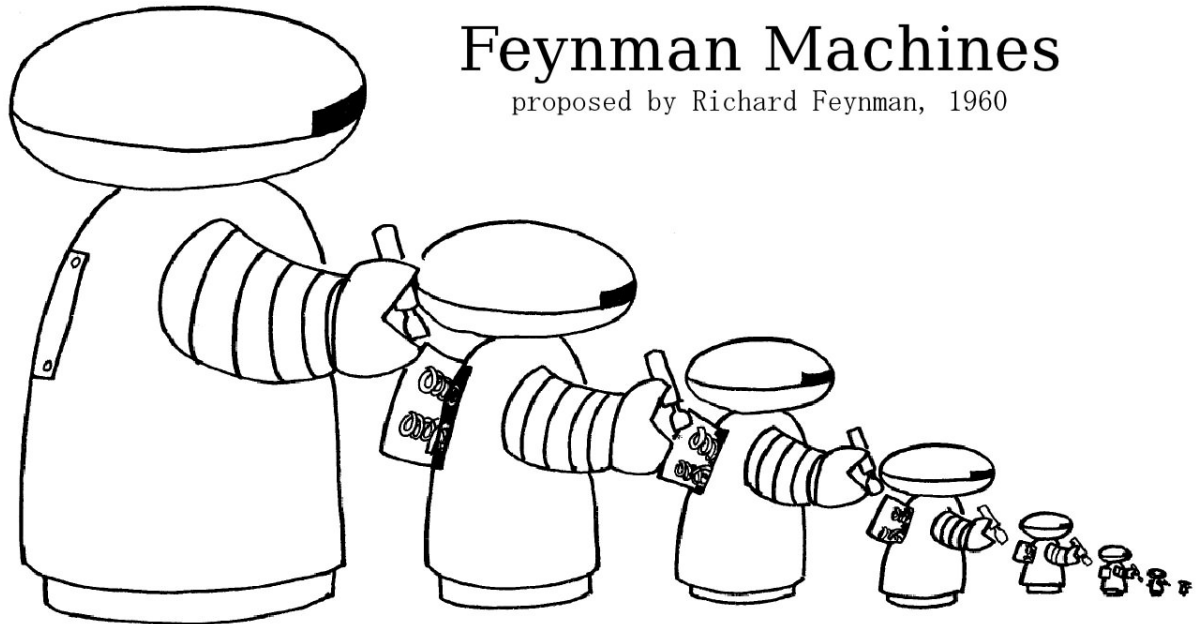


1.2 ファインマンの提案

There's Plenty of Room at the Bottom

リチャード・ファインマン教授がカリフォルニア工科大学でのアメリカ物理学会で「There's Plenty of Room at the Bottom」という講演を行いました。

- 百科事典を針の頭に書き込めないか
- 高性能の電子顕微鏡
- コンピュータの小型化
- どんどん小さくなるマニピュレータ



2000年

国家ナノテクイニシアティブ (National Nanotech Initiative, NNI)

“Shrinking the information housed in the Library of Congress into a device the size of a sugar cube”

1. 角砂糖 1 個のサイズに国会図書館の全情報を収容可能なメモリ
2. 原子や分子レベルから様々な材料や原料を製造する技術
3. 鉄の 10 倍の強度を持ち、軽量で高エネルギー効率の乗り物
4. コンピュータの計算速度や効率をこれまでの数百万倍に向上させる極小トランジスタとメモリ
5. ガン細胞が数個の段階で検出可能とする技術
6. 水や空気から環境汚染物質を取り除くような物質やプロセス
7. これまでの 2 倍のエネルギー変換効率の太陽電池

その後、2003年「21世紀ナノテクノロジー研究開発法」制定、研究開発を強力に推進している

ナノテクの中身

- ナノエレクトロニクス
- ナノ材料— C_{60} 、カーボンナノチューブ
- ナノ計測
- ナノ構造作製
- ナノバイオ—再生医療、DDS、バイオチップなど

1.3 ドレクスラーの先走り

「万能アセンブラ」:
自己複製して増殖する微小なロボット。周りの物質を材料に使って、プログラムされたものを作り上げる。

スモーリーとの論争, 2003

機械的に分子合成が可能か? 精度、反応性、酵素の利用 …

【スモーリーの結論】

... there will be no such monster as the self-replicating mechanical nanobot of your dreams.

機械的に自己複製するナノロボットのような怪物などありえない

1.4 アセンブラの悪夢—リメイク版キカイダー 02

石ノ森章太郎原作、初出は1972年少年サンデー。

MEIMUによるリメイク版(2001年、角川書店)には、ナノテクノロジーが登場する。最終巻(第7巻)は2006年出版。

リメイク版にでてくる「ナノマシン」は、ドレクスラー提唱の「万能アセンブラ」そのもの

結論：

SFにおいてナノテクノロジーは、魔法の説明か、破滅の要因として描かれる

1.5 社会影響、リスクの評価と管理—ナノ粒子材料

【ナノ粒子の危険性】

- 高い反応性
- 体内への浸透

【公的機関による検証】

例：

平成 17 年度文部科学省科学技術振興調整費プロジェクト
「ナノテクノロジーの社会受容促進に関する調査研究」

産業技術総合研究所、国立医薬品食品衛生研究所、国立環境研究所、産業医科大学、物質・材料研究機構、名古屋大学、横浜国立大学、ナノテクノロジービジネス推進協議会

日本 討論会「ナノテクノロジーと社会」

NEDO プロジェクト「ナノ粒子の特性評価手法の研究開発」

米国 NNI の中でナノテクの社会的影響、安全性の評価

ヨーロッパ NANOSAFE、予防原則、規制の動き

国際 責任あるナノテクノロジー研究開発に関する国際対話、標準化 (ISO など)

【リスクとメリット】

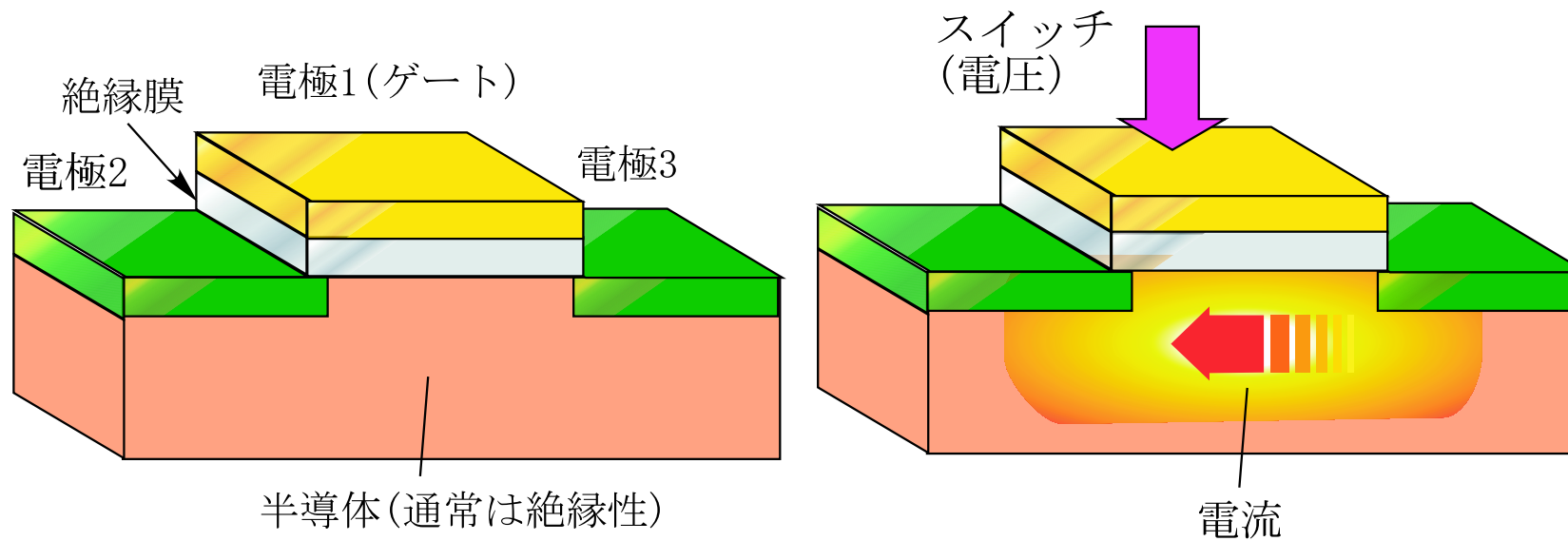
役に立つならリスクを減らす方法も同時に開発

例：自動車、液晶、蛍光灯

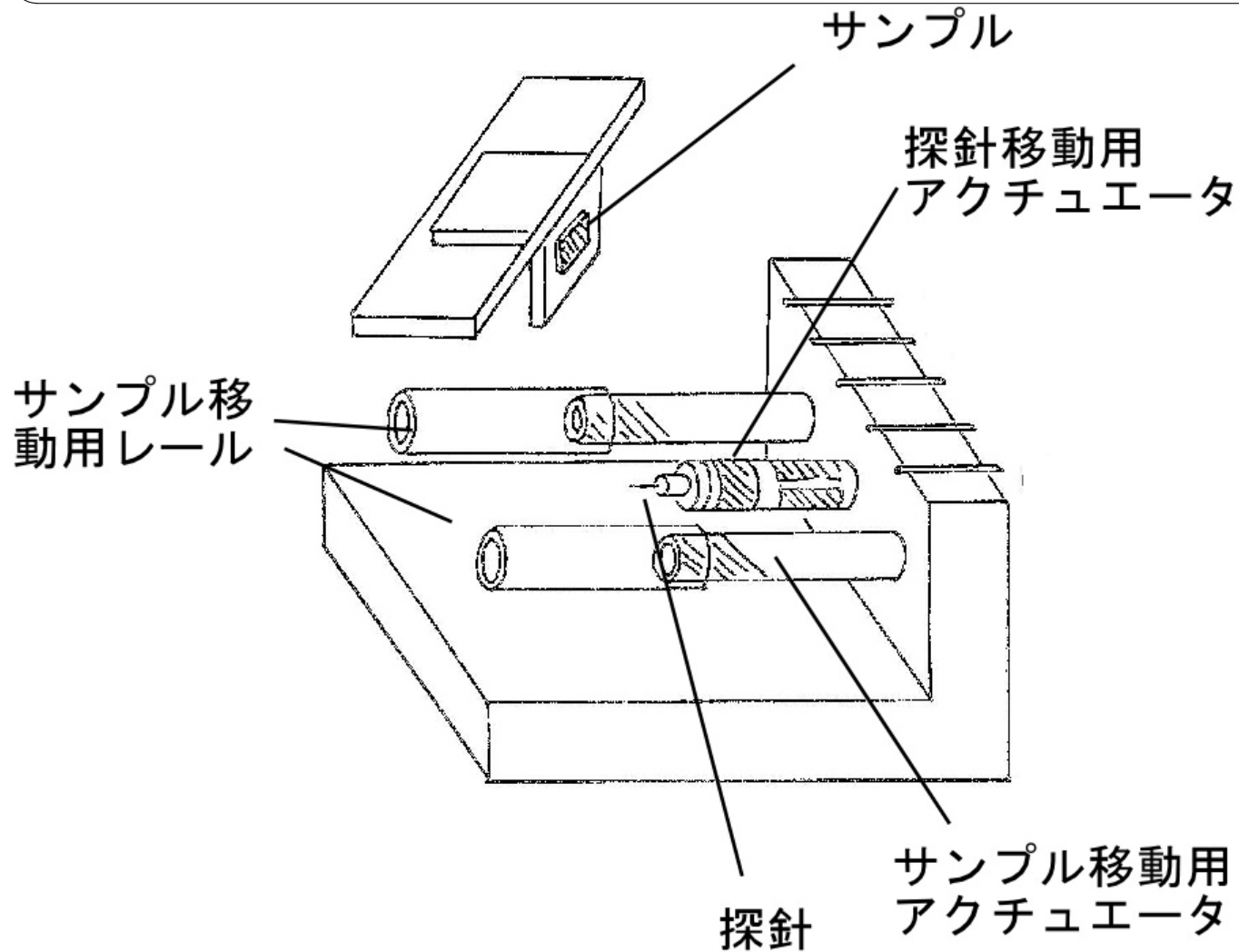
2 ナノテクの研究開発

2.1 ナノエレクトロニクス—コンピュータを動かしている半導体スイッチ(トランジスタ)

微細化 \Rightarrow コンピュータや携帯電話が小さく高機能に



2.2 原子・分子にアクセス—プローブ顕微鏡の発明と応用



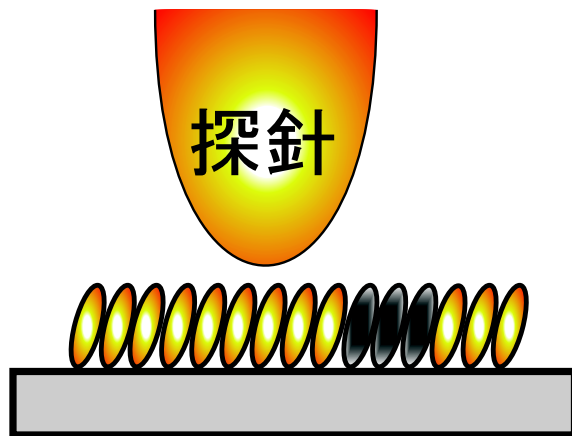
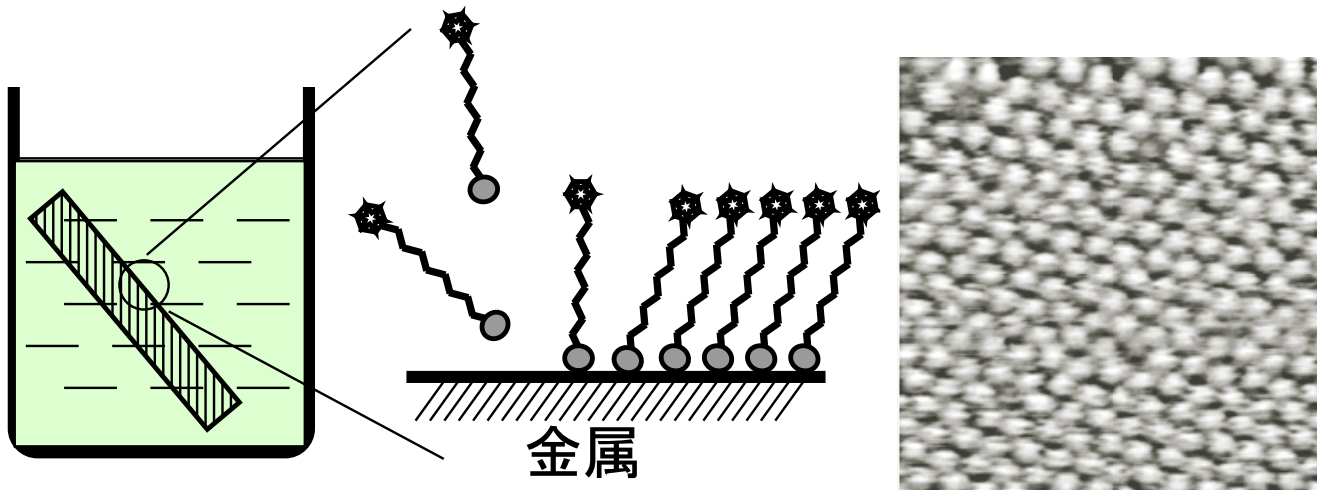
手作りSTM

動作原理

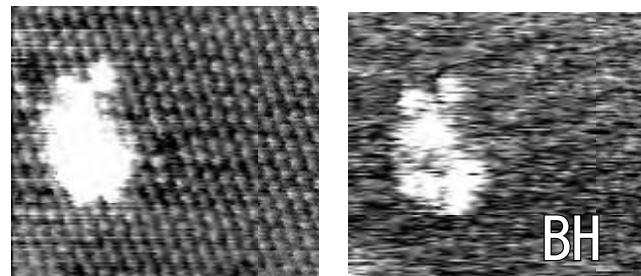
大きな物体(探針)から直接、原子の世界へ

2.3 自己組織化する分子薄膜

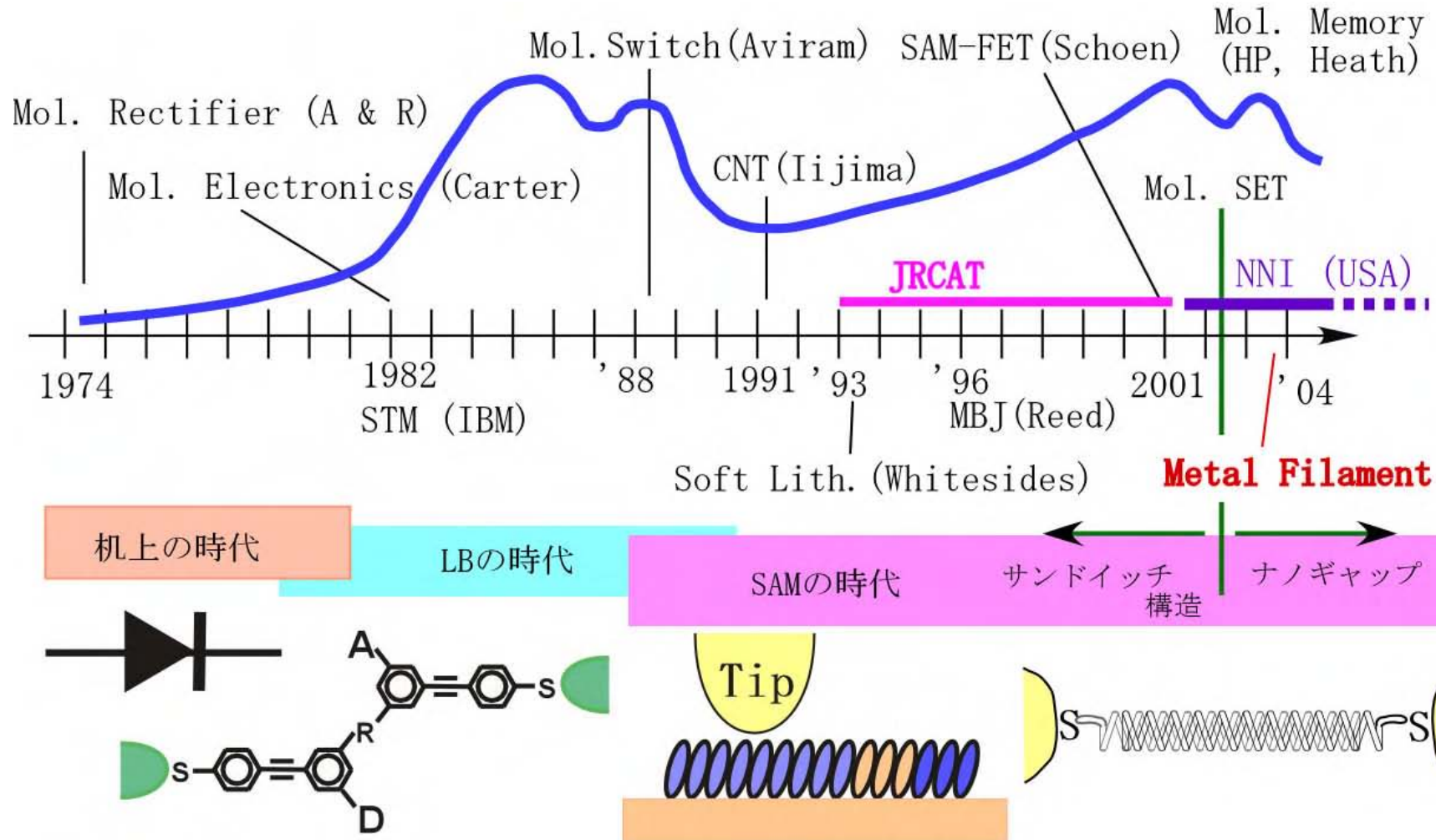
分子が自動的に配列して決まった構造をつくる (ボトムアップ)



分子のSTM像



2.4 分子素子—分子を部品として使う



3 研究現場を離れて

3.1 企画本部で2年間

- 経済産業省の技術政策に協力—研究ユニットと役所のインターフェース
- 産総研研究戦略の作成
- 経済産業省の技術戦略ロードマップへの協力
- 大部屋
- 研究者の数とか、分野の予算とか … 調べるたびに違う数字が出てくる
- 見学対応・スケジュール編:
取り消しの取り消しで2度怒られる
物質材料機構での歓迎に急遽動員
- VIPのドタキャン:
名古屋から説明者を呼んで準備
当日の朝にキャンセル
- 東京本部へ外勤：TX開通で少し楽に
- 警備が厳しいVIP room



3.2 SFの中では、悪者扱いが多い

- マイケル・クライトン 『プレイ – 獲物 –』¹
- グレッグ・ベア 『ブラッド・ミュージック』 『久遠』 『女王天使』
- アンダースン&ビースン
『無限アセンブラ』
- リンダ・ナガタ 『極微機械(ナノマシン) ボーアメーカー』
- 野尻抱介 『太陽の篡奪者』

¹経済産業省のナノテク室に置かれていて、課長も読んでいた。



安全安心 (NANO-SAFE) 社会の実現

(1) ナノテックで豊かな暮らし

—原子分子レベルで、個人の生活を向上する。
 ・ハードの重さ大きさからの開放
 ウェアラブルな情報端末、人工臓器、小型自家発電源等

(2) ナノテックで安全安心な社会

—原子分子レベルで、安全な社会を創る。
 ・花粉やSARS等から身を守るナノフィルター、防護服
 ・鉄の約20倍の強度を持つ超高強度軽量材料



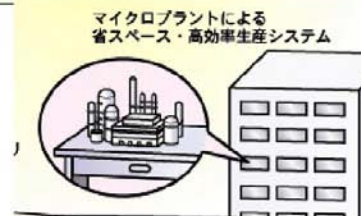
環境調和型 (NANO-SUSTAINABLE) 社会の実現

(3) ナノテックで持続可能な社会

—原子分子レベルで、資源やエネルギーの「消費」を最適化する。
 ・消費電力1/3の省エネルギーの電化製品
 ・3倍の効率の太陽光発電、熱電発電の実現

(4) ナノテックで無駄のない生産

—原子分子レベルで、「製造」の最適化を図る。
 ・自己集積性を活かしたセルフビルド生産
 ・高反応性を活かした卓上サイズのマイクロ工場



3.3 ナノテク社会像研究会 (2006 年度)

「ナノテクノロジーの産業化展望に関する調査報告書」(みずほ情報総研、経済産業省からの委託事業)

氏名	所属	備考
水谷 亘	産業技術総合研究所 企画本部	座長
菊池 誠	大阪大学 大規模計算科学研究部門 教授	「二セ科学」批判
菊田 隆	未来工学研究所 科学技術政策研究セ ンター センター長 主任研究員	
甕 秀樹	週刊ナノテク 編集長	
野尻 抱介	S F 作家	『太陽の篡奪者』『ふわふらの泉』
柳田 理科雄	作家	『空想科学読本』

- ・ナノテク医療は?
体内モニタ
- ・製造技術は?

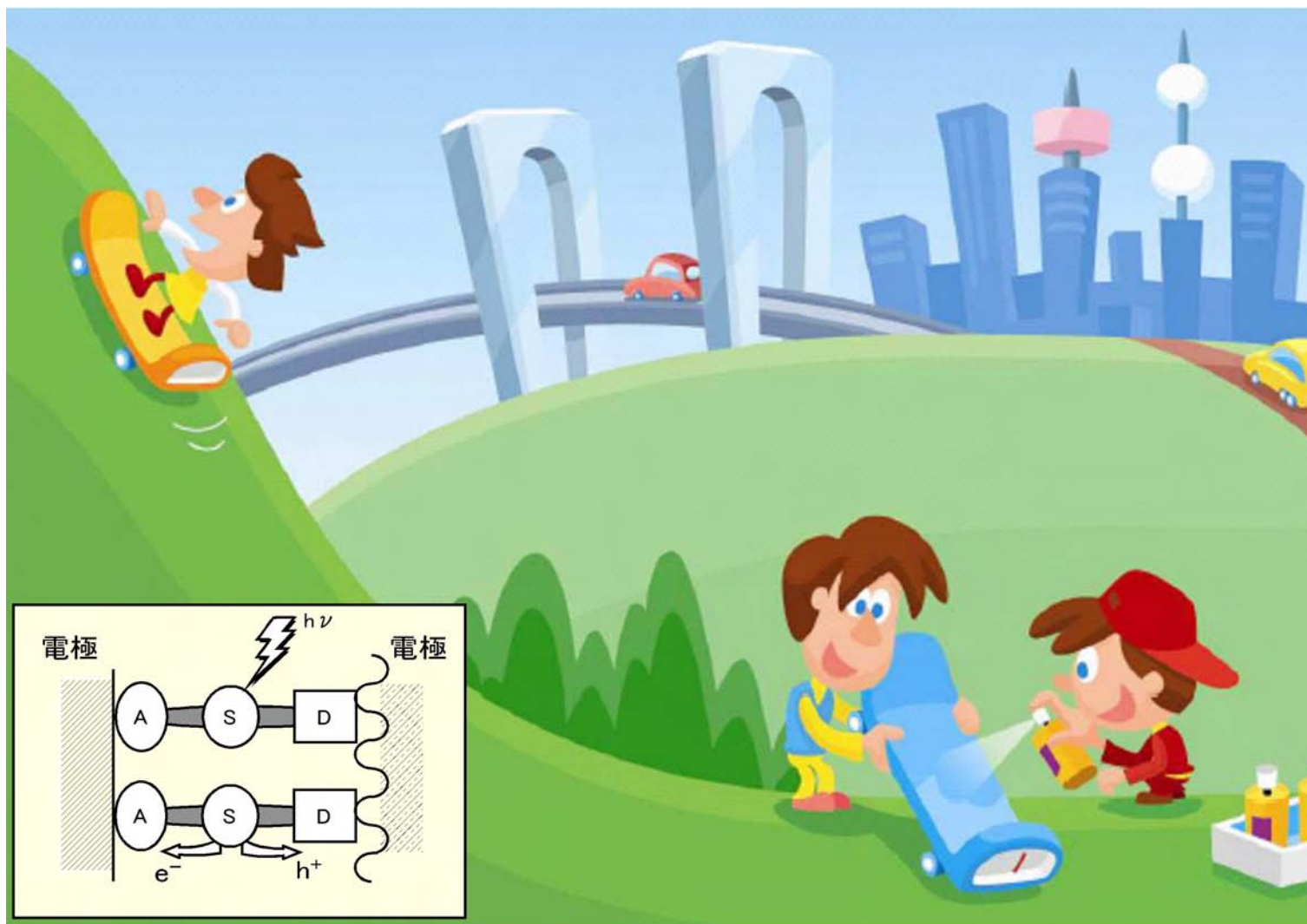
なんでも作る、無駄なく作る、その場で作る → ドレクスラーのアセンブラの**現実サイド**で実現

例:インクジェット法による電子回路、ディスプレイ、マイクロ流路による高純度リアクター



(「ナノテクノロジーの産業化展望に関する調査報告書」より)

3.4 例：自己組織化太陽電池について



(「ナノテクノロジーの産業化展望に関する調査報告書」より)

4 さいごに—考えてください

- **小さく軽くすると便利になるもの**
例：通信やディスプレイ機能などが組み込まれたメガネ
- **人間への適用はどこまでが望ましいか**
例：病人には副作用というリスクを負っても薬が必要とされる。
健康な人が摂取するサプリメントでは、リスクを冒すべきではない。
- **米国ではテロ対策、軍事技術の開発—センサーや戦闘服—to力を入れているが、日本の研究はどうあるべきか**
例：テロ対策技術は重要。スピンオフ技術は一般の製品の競争力強化につながる。コストをかけても高性能が必要とされる特殊な用途の開発にも投資すべき（消防服の開発は行われている）。
- **その他、何でも**