

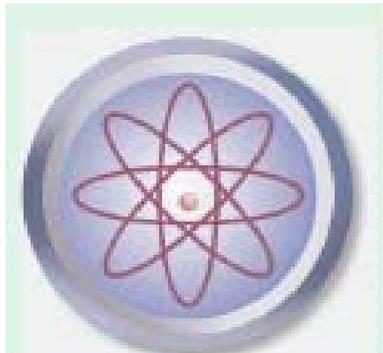
# 奈米複材之應用面面觀

---

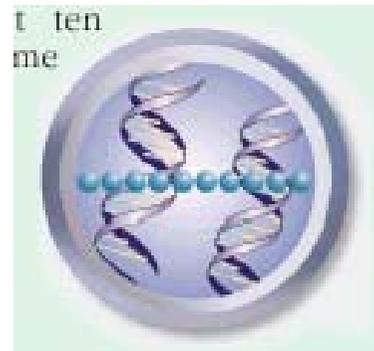
講員： 國立宜蘭大學  
江彰吉 校長

# What is a nanometer?

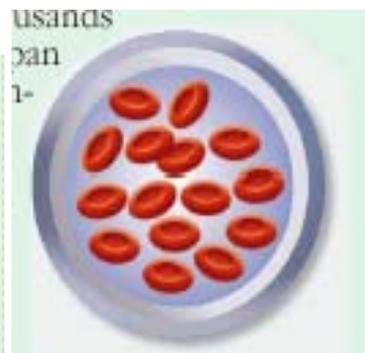
- one billionth of a meter ( $10^{-9}$  m).
- 10 nanometers is 1,000 times smaller than the diameter of a human hair.



**Less than a nanometer**  
Individual atoms are up to a few angstroms, or up to a few tenths of a nanometer, in diameter.



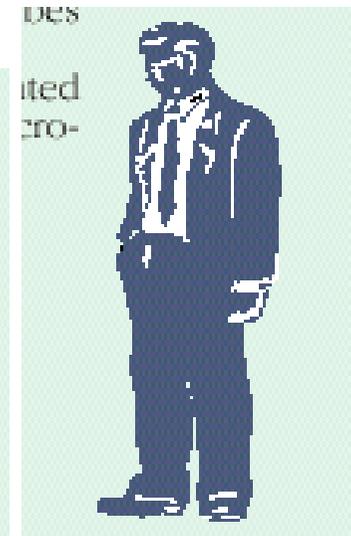
**Nanometer**  
Ten shoulder-to-shoulder hydrogen atoms (blue balls) span 1 nanometer. DNA molecules are about 2.5 nanometers wide.



**Thousands of nanometers**  
Biological cells, like these red blood cells, have diameters in the range of thousands of nanometers.



**A million nanometers**  
The pinhead sized patch of this thumb (circled in black) is a million nanometers across.



**Billions of nanometers**  
A two meter tall male is two billion nanometers tall.

# 奈米時代的來臨 (I)

- 從微米時代到奈米時代
  - 奈米尺度的性質不一定是微米尺度、或微觀的原子分子性質的延伸。奈米尺度性質有時完全迥異於微米尺度或微觀尺度性質，稱之為介觀性質或是奈米特性。
  - 影響奈米尺度性質的並非單純尺度縮小效應。在這個尺度之下，空間的侷限性(spatial confinement)及介面特性變得舉足輕重，甚至成為主導要素，使得奈米材料具有特殊的物理化學性質。
  - 奈米領域並不是一個未知的新領域，但奈米結構的控制機制與檢測技術是亟待探索的新領域。
  - 新的特性被發現，帶來新的契機。把握新的契機，就是把握台灣產業的未來。

# 奈米時代的來臨(II)

---

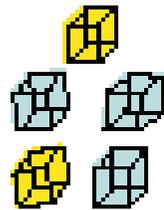
- 創造新產業

- 操控奈米結構所產生的新材料、新裝置、新應用及精確量測技術的影響，遍及儲能、光電、電腦、記錄媒體、機械工具、醫學醫藥、基因工程、化學工業、環境與資源、及國防兵工等產業。
- 奈米科技相關的新產業，將是二十一世紀各先進國家的主要投資標的。

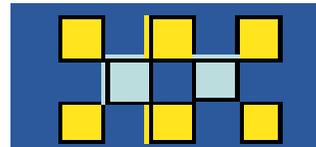
# *“Bottom up”* rather than the *“Top down”*

---

## Bottom-Up Approach



## Nanostructured Material



## Top-Down Approach

Assemble from  
Nano- building Blocks

- powder/aerosol compaction
- chemical synthesis

'Sculpt' from Bulk

- mechanical attrition  
(ball milling)
- lithography/etching...

# 21世紀奈米世界的憧憬 (I)

---

- 美國國會圖書館資料縮小存放在一顆方糖尺寸內
- 掌上型超級電腦，將成為事實
- 汽車使用的新高效能儲氫燃料電池縮小至烤麵包機大小
- 使用基因與藥物標的傳輸方式，發掘及治療癌細胞而不傷及正常細胞
- 從水與空氣中去除微成分，創造乾淨環境與水質
- 太陽能電池效率提昇兩倍

# 21世紀奈米世界的憧憬(II)

## • 服飾的奈米世界-Interface between haven and earth

- 經由奈米科技的紡織表面處理，使衣服特性更接近人性需求。
- 奈米科技創造的超靈敏感測器將結服務飾，將宿主的身體狀況自動記錄。並由奈米科技所架構出的奈米通訊系統線回報醫療中心，進行監測診斷。
- 奈米科技所架構的奈米個人數位處理器將整合進服飾中，眼鏡(太陽眼鏡)是輕巧有個性的立體虛像顯示器，鏡架或耳環具有耳機功能。
- 奈米科技所製造的能源系統將融入服飾中，提供宿主的能源需求。
- 奈米服飾是人與世界的介面。奈米服飾不僅結合生理需求與個人藝術，更結合醫療監測、通訊、資訊，以及安全防護的功能。

# 奈米顆粒新特性的案例(I)

## ❖ 物質融點下降，活性增加

- 例如金的熔點為1063 °C，當顆粒子大小降至5 nm時，將大幅降至730 °C。
- 金塊非常安定，故可作為貨幣準備金，但顆粒小至5 nm以下，即成為高活性觸媒，在-70 °C即可氧化CO，室溫即可氫化還原NO<sub>x</sub>。

## ❖ 新合金、新合膠或新藥物的產生

- 物質的溶解度，會因粒子的奈米化而增加，使原本不互溶的元素變成可以互溶，因而可以製造新合金、新合膠，或原本不易溶解而無法使用的藥物，因顆粒奈米化，增加溶解度、穿透力而變成特效藥。

# 奈米顆粒新特性的案例(II)

## ❖ 材料特性大幅增長

### 陶瓷導電性

- 相同溫度下，奈米陶瓷之離子導電性高於微米陶瓷數十倍以上(如奈米級二氧化鈦高於微米級二氧化鈦約60倍)，應用於需要高離子導電性的元件，將可大幅提昇該元件之電氣特性，並減少傳導損失。

金屬的強、硬度增加 4~7 倍。

Color filter 色粉顆粒由100奈米降至25奈米時，顯色強度增加75%，光穿透力由 40% 提昇至 90%。

# 奈米空間的新特性案例 (I)



- 奈米孔隙的高絕熱性
  - Mesoporous materials的孔洞小於10奈米，其熱傳導係數為空氣的65%。

1.0 cm 厚具奈米孔隙結構耐熱材，在 800°C 本生燈燄下加熱數十分鐘後，置於上方之芙蓉花，仍鮮豔如常。

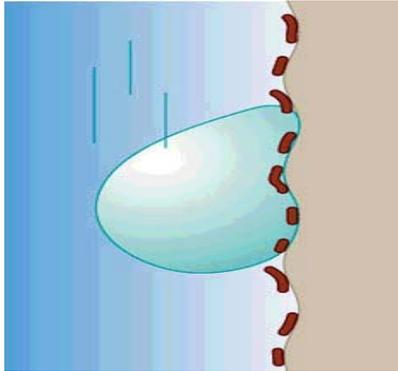
# Lotus -- 出污泥而不染

---



# Lotus Effect

## 傳統塗料

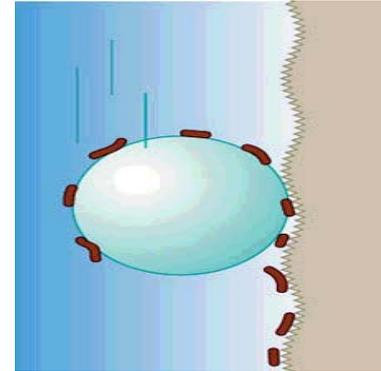


- 不具表面微細結構
- 表面之疏水性較小 (less hydrophobic)



牆面明顯留下污物痕跡，可為細菌之培養基

## Lotus Effect



- 表面之微細結構 (Surface microstructure)
- Contact surface reduced
- 疏水特性 (hydrophobic)



Lotusan 塗料

# 奈米科技對電腦技術的衝擊 (II)

## ❖ 分子級的化學結構與分子電路學(Moletronics)

- 操控高分子的能力，可掌握以分子構築高階功能超級分子(Supramolecules)的開發。此外，影響將更為深遠的，還有分子電路學(Moletronics)的發展。
- 最新的分子可以具有半導體性質，他們可以保留電荷，或者具有電子開關或記憶體般的功能，可以取代電晶體、二極體、及一般電路所用的導體材料。
- 比最小的電晶體小1000倍。速度為現有處理器之一百萬倍。Microchip數小時即可製造而成
- 分子記憶體：分子記憶裝置將具有可比擬生物記憶神經系統的記憶密度。資訊傳送速度至少為現有DRAM的1000倍。

# 革命性改變的產品設計原理

- 可以縫在T-shirt上的1千至1百萬倍容量的記憶體。
- 目前的線路設計若有defective component and connection的問題，即無法使用，利用tree architecture的邏輯，即可設計出可容忍缺陷存在的電路。
- 光速較快?還是人腦神經傳遞較快?  
神經的脈衝速度非常緩慢，約為91 m/s。人腦約有 $2 \times 10^{11}$ 個神經元(約為銀河系星球的數目)，但每一神經元都各自與其他 $1 \times 10^4$ 個神經元相連接，如此超級複雜的平行連接，每秒可進行 $1 \times 10^{16}$ 次的運算，而只需消耗一個普通燈泡的能源。雖然電腦可用接近光速的速度執行運算，卻只能每次執行一個工作。而只有蝸牛般計算速度的人腦，卻能以同時處理數兆個工作的特點取勝。

# 奈米技術對醫療保健的衝擊

- **了解生物體基本構造、基因組合，開啟生物細胞與病理學研究**
  - 應用奈米技術所發展之分析能力，探究細胞機能的機制，及量度單一分子的物性。
- **改變診斷與治療途徑(diagnostics and therapeutics)**
  - 利用奈米顆粒的高靈敏度，診斷將更快速有效
  - 奈米顆粒溶解度高，穿透力強，可精準傳輸藥物至病灶，如只針對癌細胞而不傷及正常細胞。
- **建立更有效的分離技術確保藥物及食物的安全性**
  - 運用分子拓印技術，分離不同旋光性的同分異構藥物，或脫除食品中之殘留農藥或膽固醇。
- **新材料技術**
  - 透過仿生學(biomimics)，對生物體的組織構造及其機制的探討，可開發更相容之醫療器材，或應用至其他的領域，如對貝殼的了解，可開發高強度的建材，對蝴蝶翅膀色彩變化的了解，可應用於顯示材料。

# 奈米技術對能源與環保的衝擊

## • 改變能源的使用效率及能源的利用方法

- 以奈米粉體做為電極材料，如鋰離子電池、超高電容器等，具有超高儲電能量，大電流放電能力及長的循環壽命，如使用奈米  $Mg_2Ni$  合金電極之儲能元件較使用微米  $Mg_2Ni$  合金電極之儲電量高 3 倍，並具深度放電能力；經多次充放電後，儲電量下降比例僅達微米  $Mg_2Ni$  合金之十分之一，亦即其生命週期增加 10 倍。
- 奈米粉體，奈米碳管作為儲氫材料，具有高儲氫密度，可作為無污染的燃料電池，加水即可行駛，是目前電動車輛最被看好的能量儲存裝置。目前具實用價值的燃料電池仍有電冰箱大小，未來將縮小如烤麵包機大小。

## • 減少資源能源的消耗

- 操控 “bottom up” 的技術，建構奈米材料，可以減少無用的副產物的產生。
- 發展強度比鋼強十倍，但比重只有鋼的 1/6 的碳管材，或發展奈米複合材，及含奈米黏土的高性能輪胎，可以大幅減少運輸器材的耗能。

## • 創造無臭味的環境。降低環境的污染

- 利用奈米顆粒的高活性，消除環境的臭味已被證實可行，亦可用於  $NO_x$  的轉化。

## • 提高偵測器的敏感度與方便性

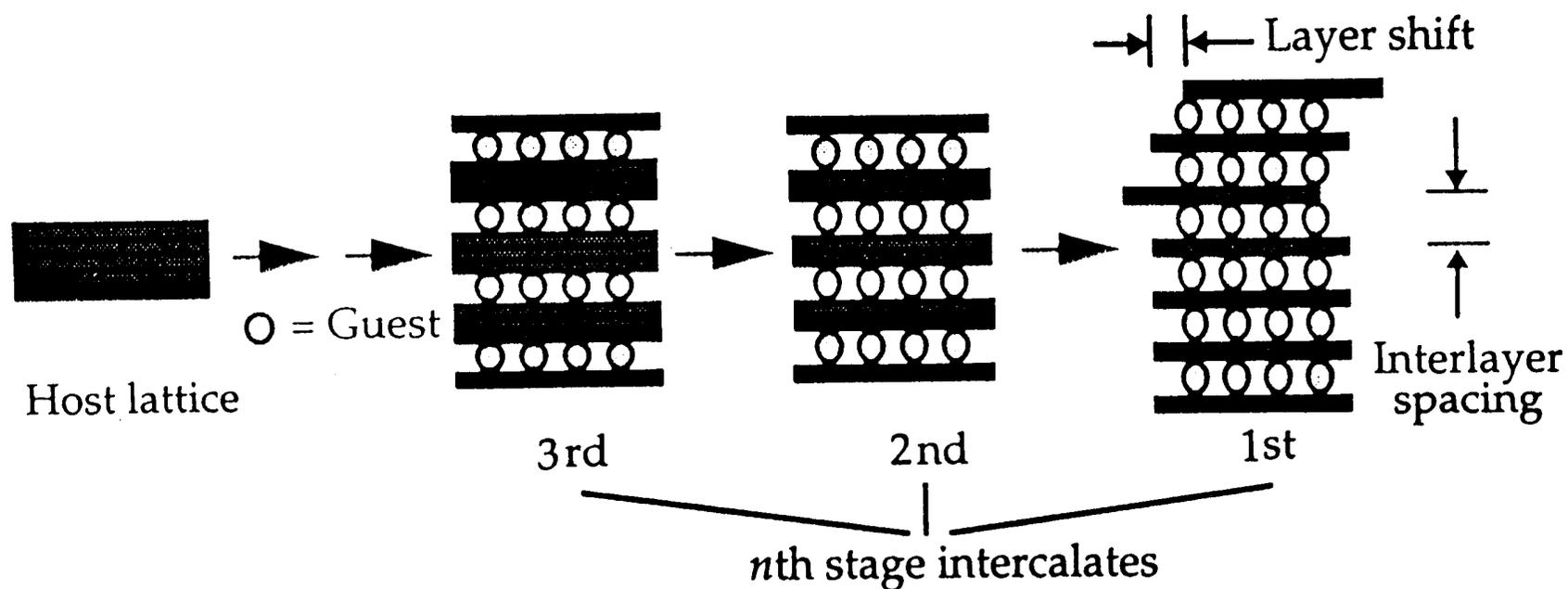
- 利用奈米  $TiO_2$  顆粒作為偵測器反映時間快 100 倍，靈敏度提高 70 倍。

# 無機層狀材料的種類

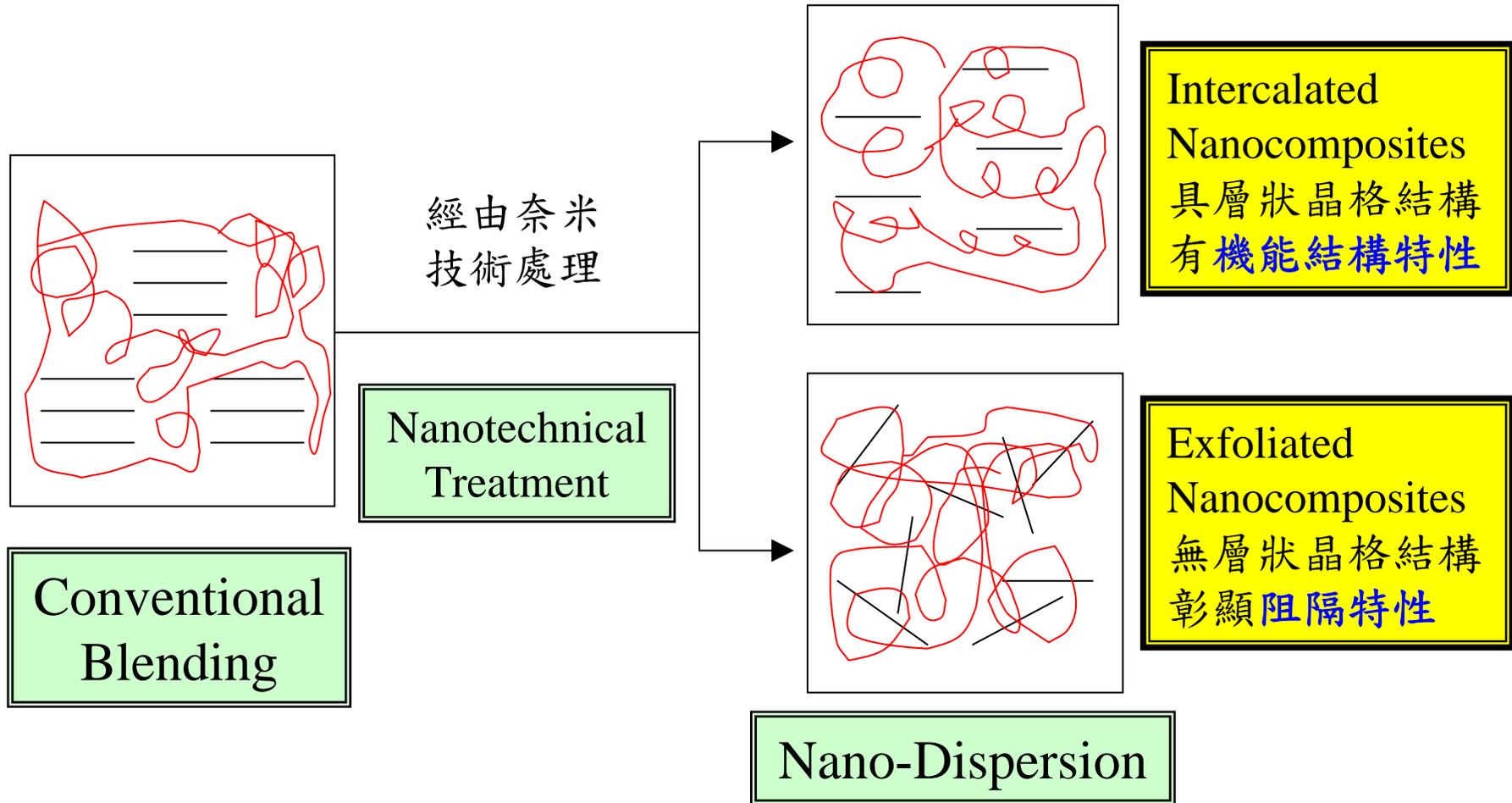
---

- Graphite
- Metal Dichalcogenides
- Metal Oxides
- Metal Oxyhalides
- Metal Phosphorus Trisulphides
- **Metal Phosphates, Hydrogen Phosphates & Phosphonates**
- **Layered Clay Minerals**
- **Layered Double Hydroxides**
- **Metal Dihydrogen triphosphates**

# Mechanism of Intercalation



# 研究架構與應用(II)



# 奈米級複合材料之神奇介觀特性

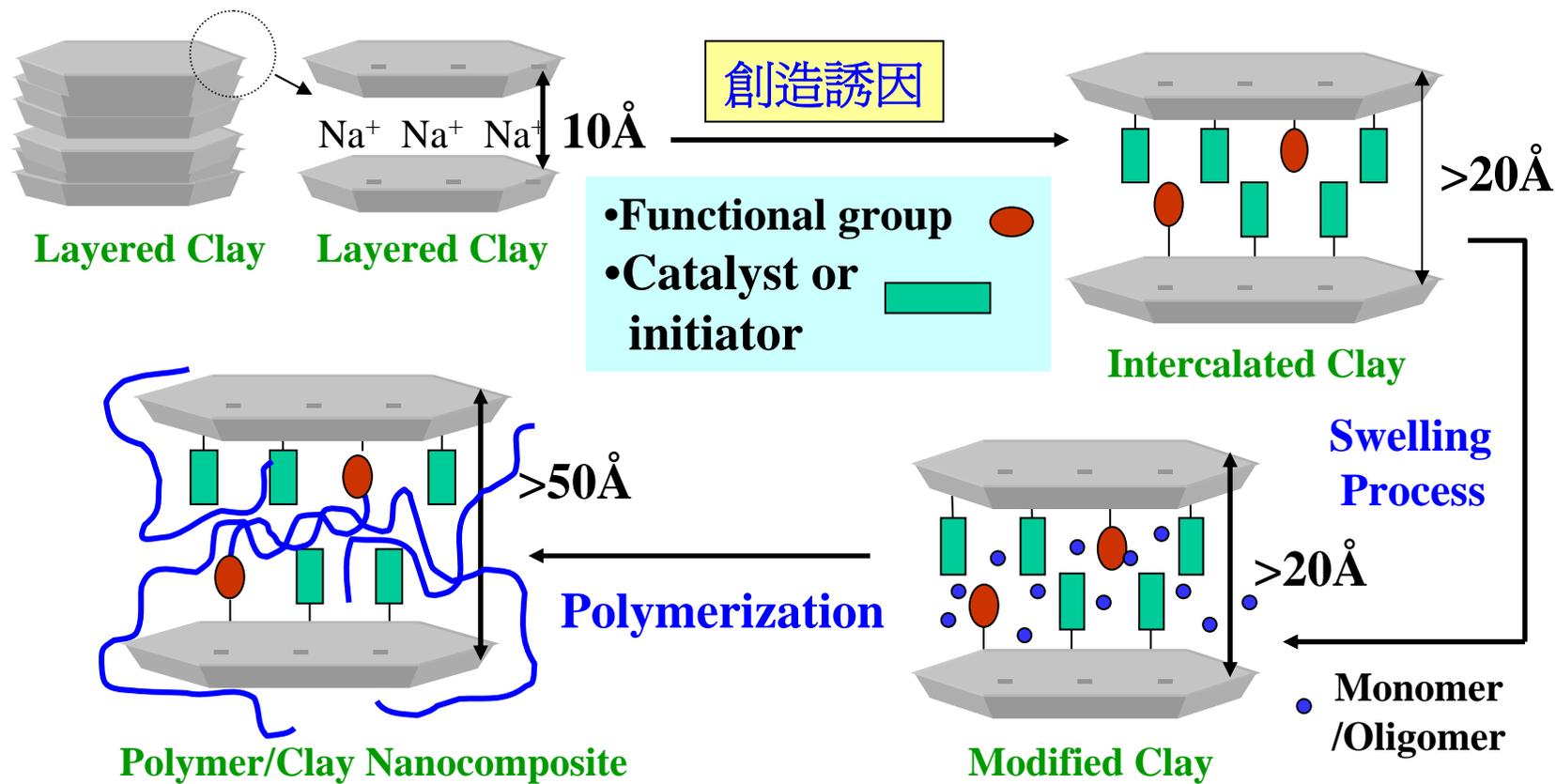
Samples	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (GPa)	HDT (°C) 熱變形溫度	線膨脹係數 (cm/cm°C x10 <sup>5</sup> )
Nylon 6	69	1.1	65	11.7
Nylon 6/ 5% Clay Micro-scale	61	1.0	89	10.3
Nylon 6/ 4% Clay <sup>+</sup> Nano-scale	107	2.1	152	6.3

添加奈米級無機層材後,使傳統塑膠展現具介觀特性之新材料

# Nylon/Clay Hybrid Versus Standard Nylon in Packaging

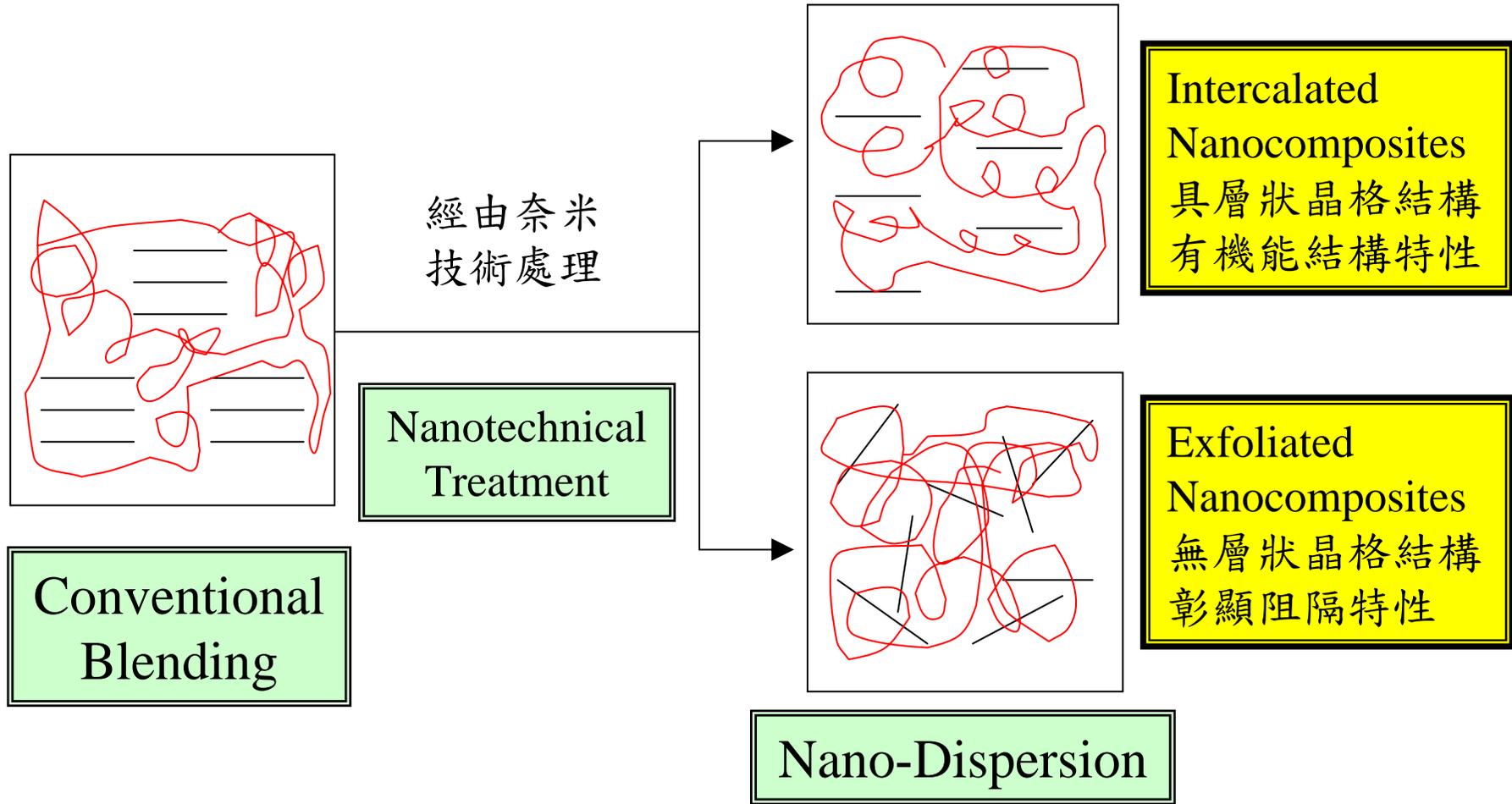
<i>Properties</i>		<i>Effect of Nano-</i>
<i>Mechanical</i>	Stiffness	+ + ( much
	Heat resistance	++
	Tensile strength	+ ( slightly
	Tensile elongation	-- (not improved)
	Puncture strength	+
<i>Barrier</i>	Gas barrier	++
	Solvent barrier	++
	Aroma barrier	+
	UV barrier	+
<i>Optical</i>	Haze	+
	Gloss	+

# 創新前瞻性- 小胖子為了取糖果擠窄門



創造在黏土層間發生聚合反應的誘因

# Morphology of Polymer / Clay Composites



# Mechanical Properties of Nylon 6/Clay

Clay Type	Blank	CL4	CL11	CL22	CL31	CL39	CL42
HDT(°C) 264psi	65.9	141.2	143.8	129.7	76.4	125	137.4
Flexural Strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	1216	1586	1534	1579	1327	1496	1590
Flexural Modulus (kgf/cm <sup>2</sup> )	29681	41811	45301	41860	35796	38649	44049
Wt. % of Clay	0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

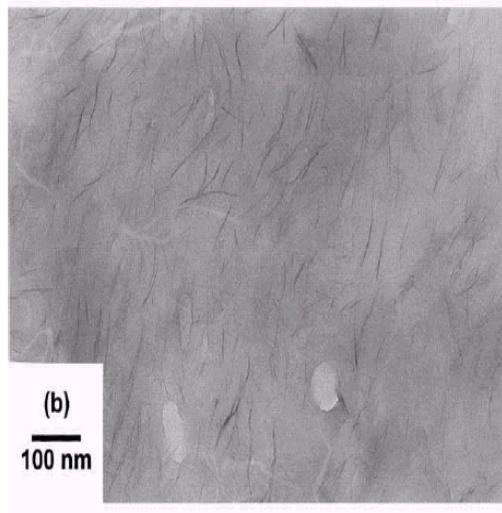
※ CL11 with the properties of large aspect ratio 、 tetrahedral substituted clay and high CEC.

※ Aspect ratio : CL11>CL4>CL42>CL22>CL39>CL31

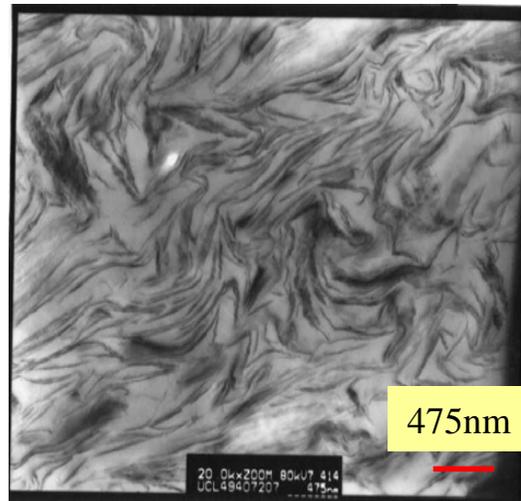
# 粘土創新改質技術

- 藉由觸媒或起始劑插層粘土的創新改質技術成功完成製備去層化之奈米複材包括：
  - Polyaniline/Clay Nanocomposites
  - **PET/Clay Nanocomposites**
  - **PBT/Clay Nanocomposites**
  - PS/Clay Nanocomposites
  - ABS/Clay Nanocomposites
  - **Epoxy/Clay Nanocomposites**
  - PMMA/Clay Nanocomposites

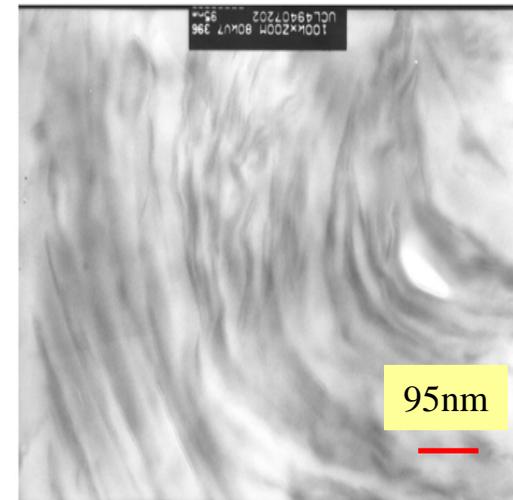
# TEM of PBT, PET & SAN/Clay Hybrids



**TEM of  
PBT/Clay  
Hybrid**



**TEM of  
PET/Clay  
Hybrid**

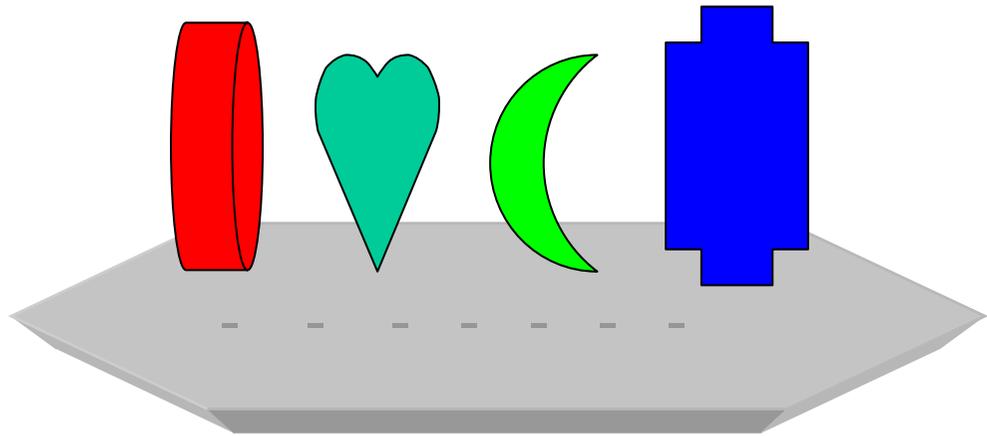


**TEM of  
SAN/Clay  
Hybrid**

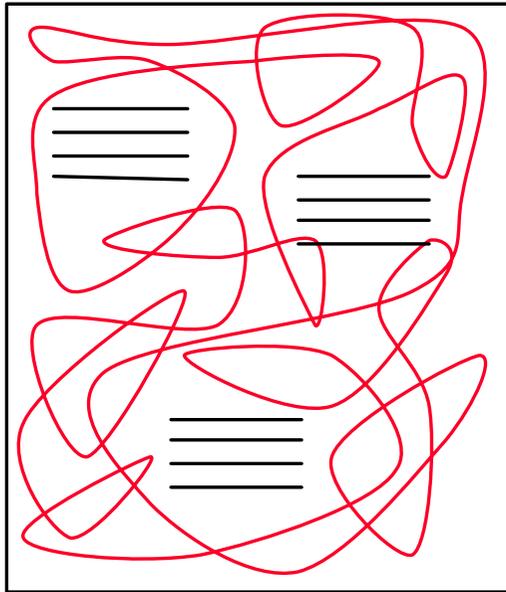
# 粘土機能化改質技術

利用奈米級分散之粘土提供無限延伸的表面積  
作為機能性載體賦予

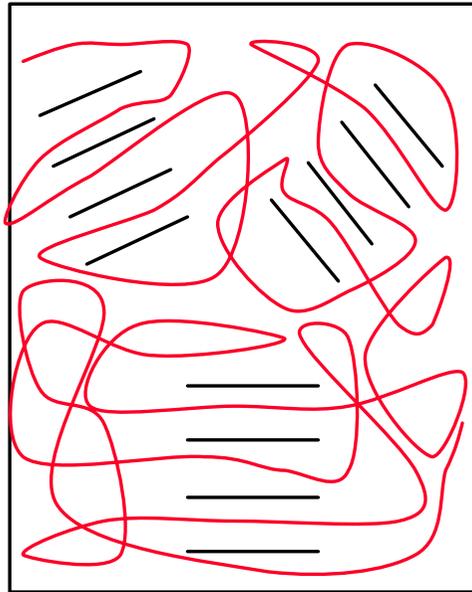
- 阻隔機能
- 耐燃機能
- 抗UV機能
- 遠IR輻射機能
- 抗菌機能



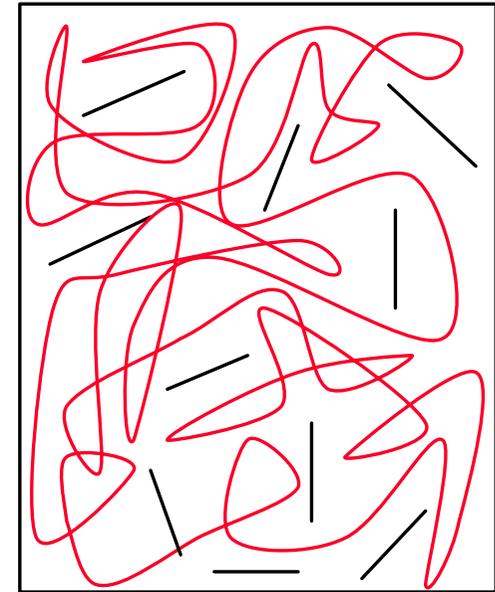
# Three Major Types of Polymer/Clay Composites



**1. Conventional Composites**



**2. Intercalated Nanocomposites**



**3. Exfoliated Nanocomposites**

# Properties of PET/Clay Nanocomposite

Material Properties	Pure PET	PET/Clay nanocomposite
Clay content (wt%)	0	3
Flexural strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	730	1200
Flexural modulus (kgf/cm <sup>2</sup> )	23000	34069
HDT, °C (18.6 kgf/cm <sup>2</sup> )	71	104
CO <sub>2</sub> Loss %	22.73%	6.10%

# UV Transmissions of Pure Clays at 375 nm

<b>Samples</b>	<b>Conc. (wt %)</b>	<b>Transmission (%)</b>
<b>Sericite from Taiwan</b>	<b>0.1</b>	<b>4.32</b>
<b>AMS from Nanocor</b>	<b>0.1</b>	<b>2.83</b>
	<b>0.05</b>	<b>15.19</b>
<b>PK-802</b>	<b>1</b>	<b>0.92</b>
	<b>0.5</b>	<b>5.66</b>
	<b>0.25</b>	<b>16.96</b>
	<b>0.1</b>	<b>46.66</b>

# 初步檢測結果

## 遠紅外線輻射測試

Sample#	放射率 (5-20 $\mu$ m)	放射功率 (W/m <sup>2</sup> )
PK802	0.919	3.70x10 <sup>2</sup>
PK805	0.927	3.74x10 <sup>2</sup>

## 抗菌測試

測試項目	測試樣品	最菌體濃度(CFU/ml)	24 小時後菌體濃度(CFU/ml)	菌體減少率
抗大腸桿菌性質	Blank	240	640	--
	PK802	240	1	99.6%
	PK805	240	1	99.6%
抗綠膿桿菌性質	Blank	240	640	--
	PK802	240	1	99.5%
	PK805	240	1	99.5%

註:以上數據委由韓國國建資材研究院測試



# Conclusion

## ♣ Functional Properties

- Barrier Properties
- Heat Resistance
- Flame Retardant
- UV Resistance
- Anti-bacteria
- Far IR Irradiation
- Anti-electrostatic
- Thermal Stability

## ♣ Active Sites--

- ✉ Catalyst/Initiator

## ♣ Compatibility--

- ✉ between polymer and clay

## ♣ Bond formation

- ✉ Covalent bond
- ✉ Ionic bone
- ✉ Dipole Moment



# Polymer/Clay 奈米複材應用於產業現況關聯圖

