

2010.12.16 サイエンスカフェ in 静岡

物質に対するサイズの効果

～ クラスターの科学 ～

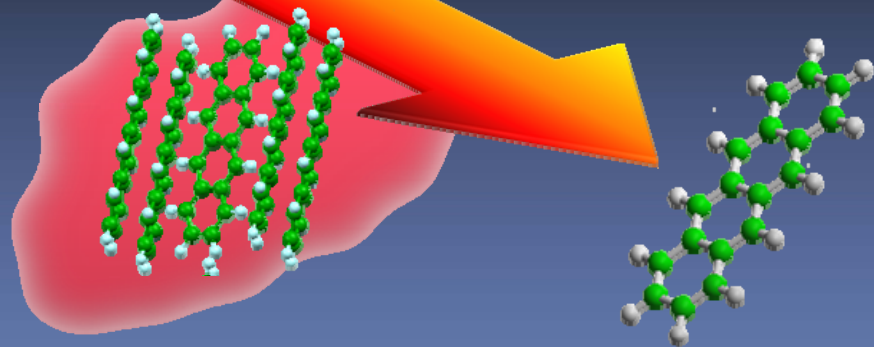
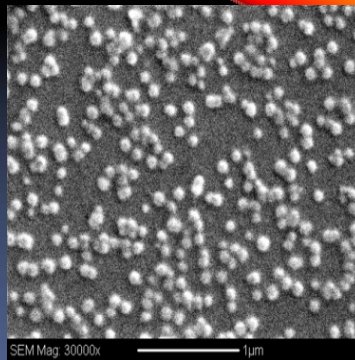
静岡大学理学部 三井 正明



mm

μm

nm



ナノって何なの？

ミリ (m) $10^{-3} = 0.001$

マイクロ (μ) $10^{-6} = 0.000,001$

ナノ (n) $10^{-9} = 0.000,000,001$ “10億分の1”

ピコ (p) $10^{-12} = 0.000,000,000,001$

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

地球



約13,000 km

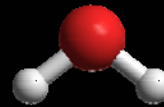
:

1 cm



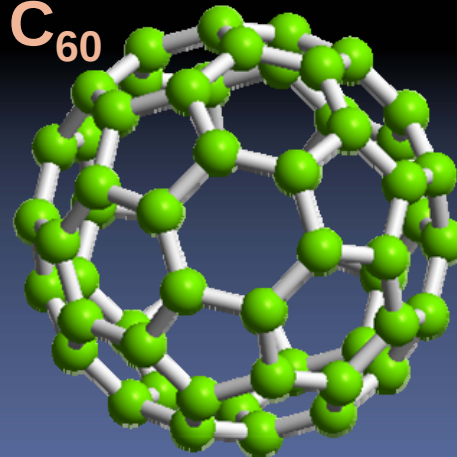
角砂糖

H₂O

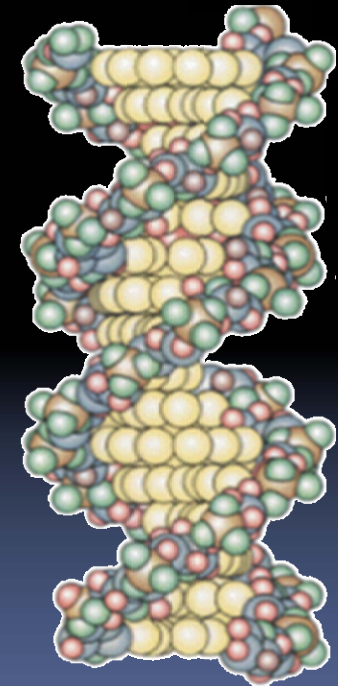


0.15 nm

C₆₀



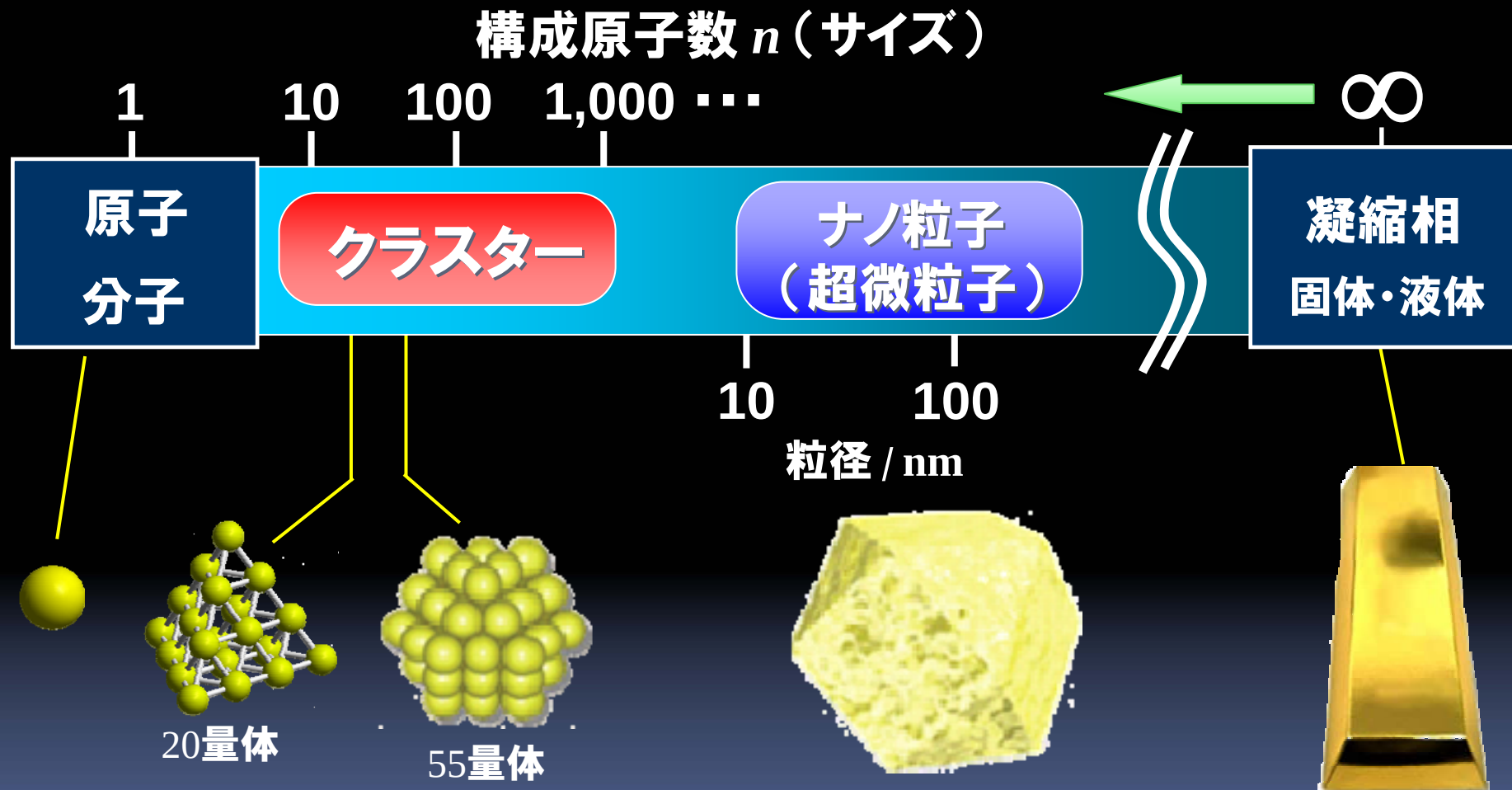
0.7 nm



2 nm

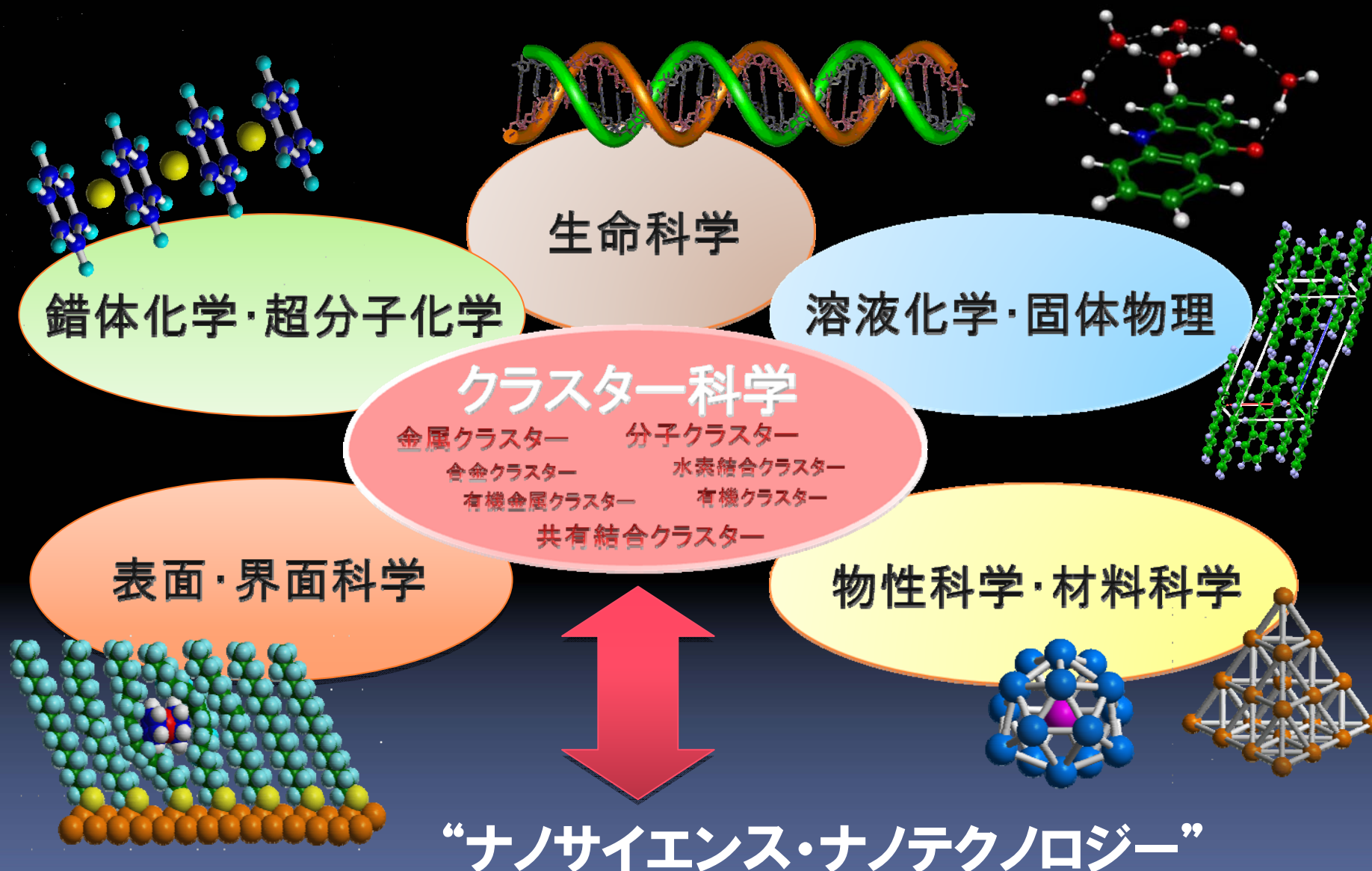
DNA

物質のサイズによる分類（ナノメートル領域）



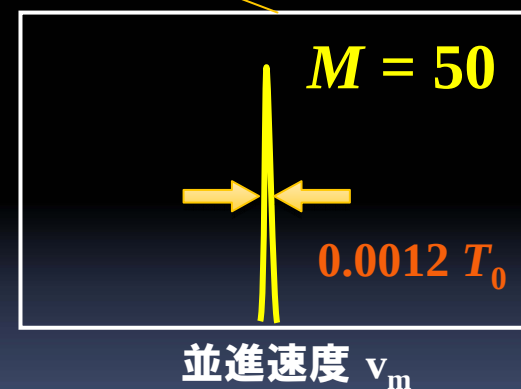
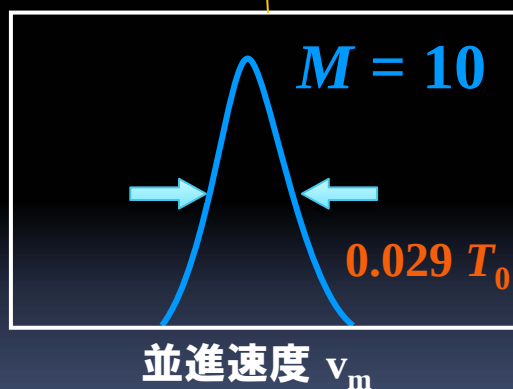
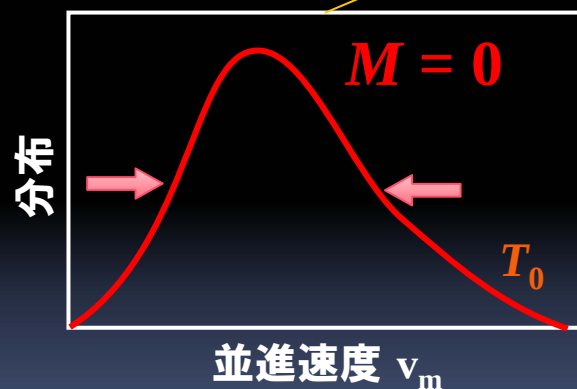
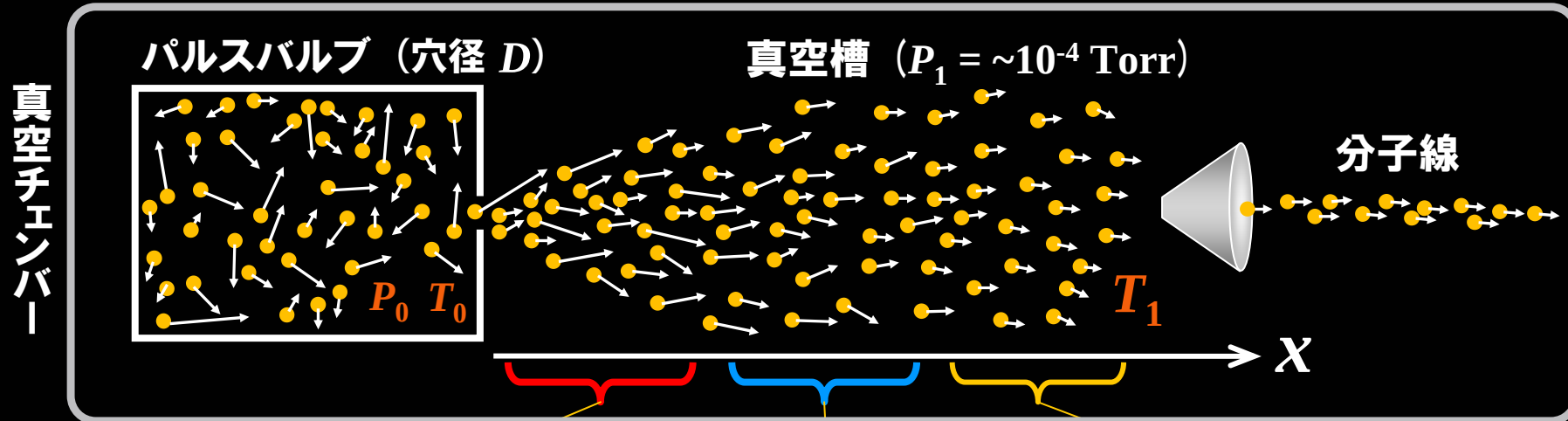
“クラスター” = 数個から数千個の原子(分子)で構成された集合体
粒径ではなく、構成粒子(原子・分子)の数で性質が議論される

クラスター科学の広がり



ナノメートルの大きさに潜む学理と可能性の探求

超音速ジェット(SUPERSONIC JET)法 (1970年代前半)



単原子分子の場合

マッハ数: $M = \frac{v_m}{v_s} = A \left(\frac{x}{D} \right)^{\frac{2}{3}}$

分子座標系での
気体分子の温度

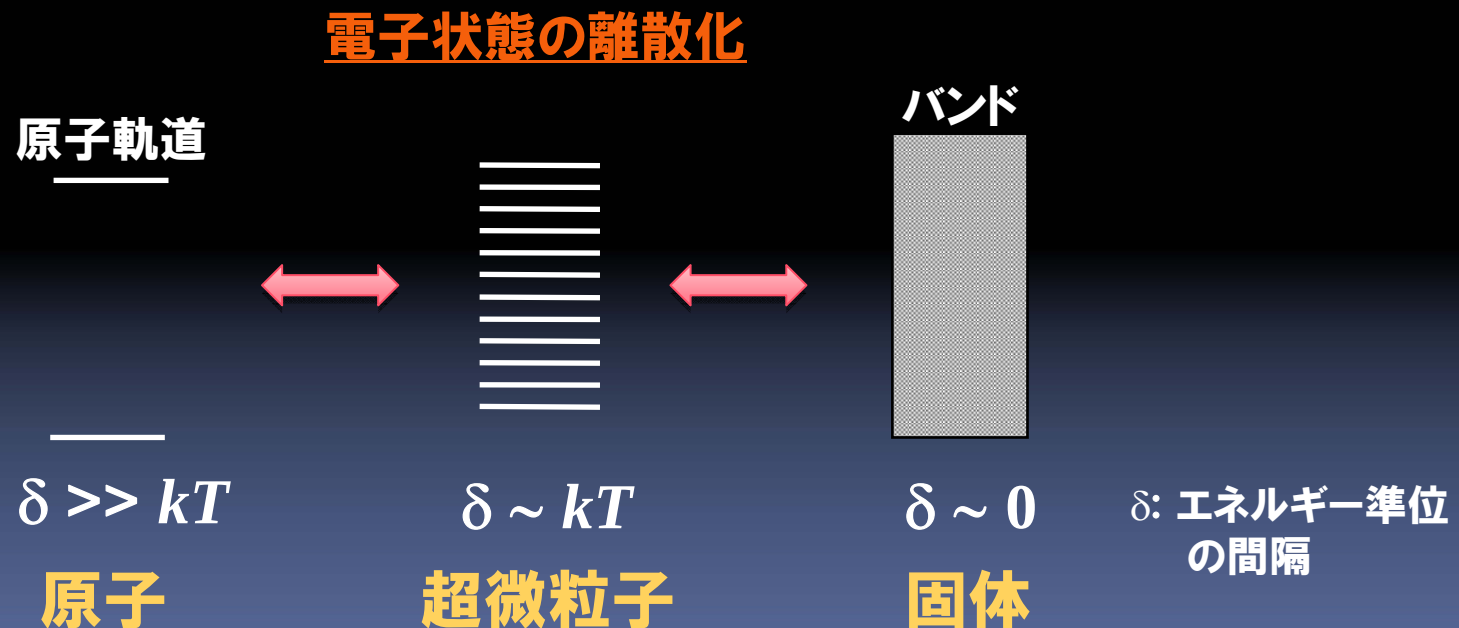
$$T_1 = T_0 / \left(1 + \frac{M^2}{3} \right)$$

久保効果

1962年 久保 亮五 博士（東京大学）

凝縮相と孤立相との間に新しい物性を呈する物質階層が存在することを理論的に予測。

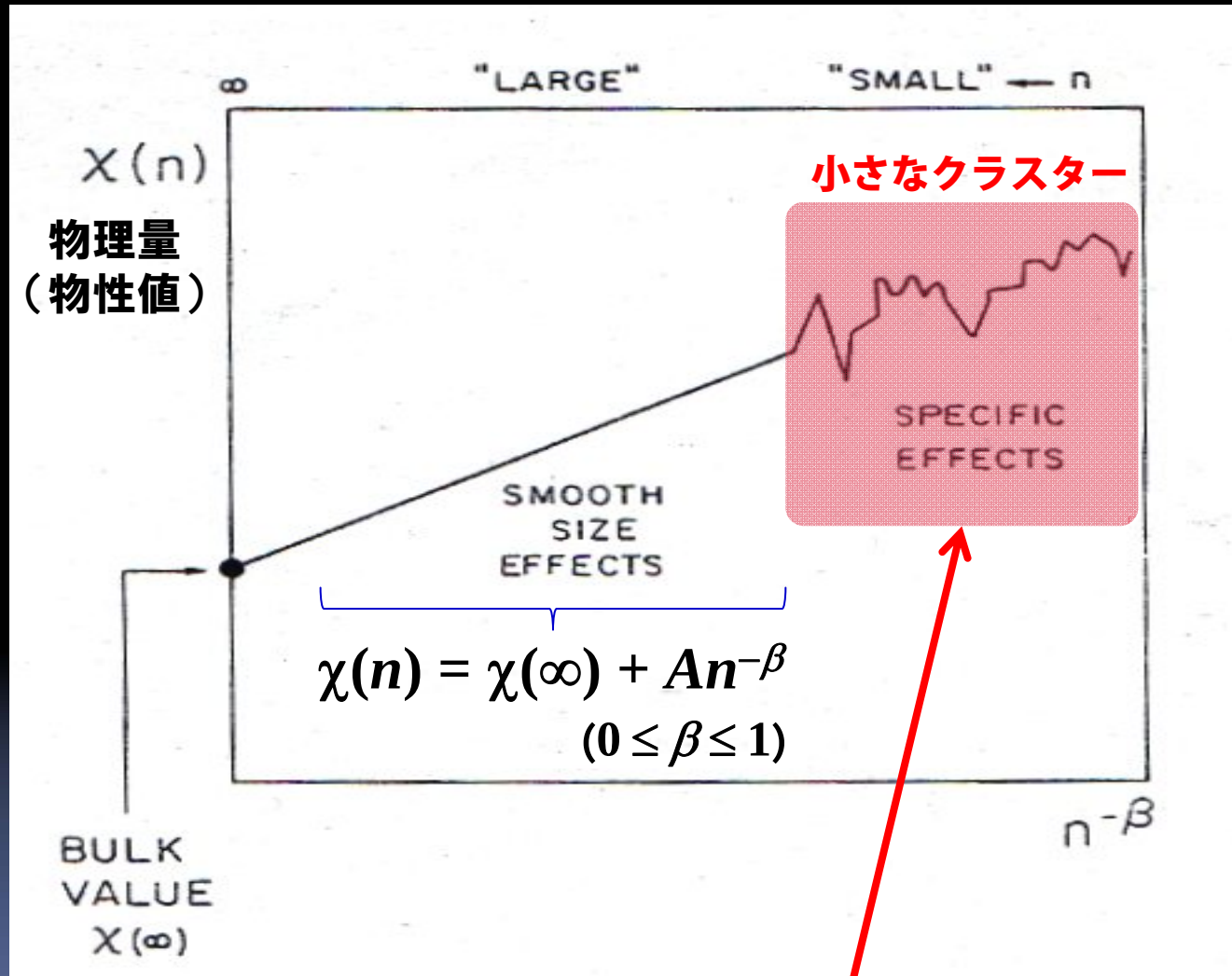
☞ 電子状態の離散化や電子数の偶奇性に由来する比熱、磁性、光学的性質などの異常



このしばらく後（1970年代）に、クラスターの研究が行われ始めることとなる。

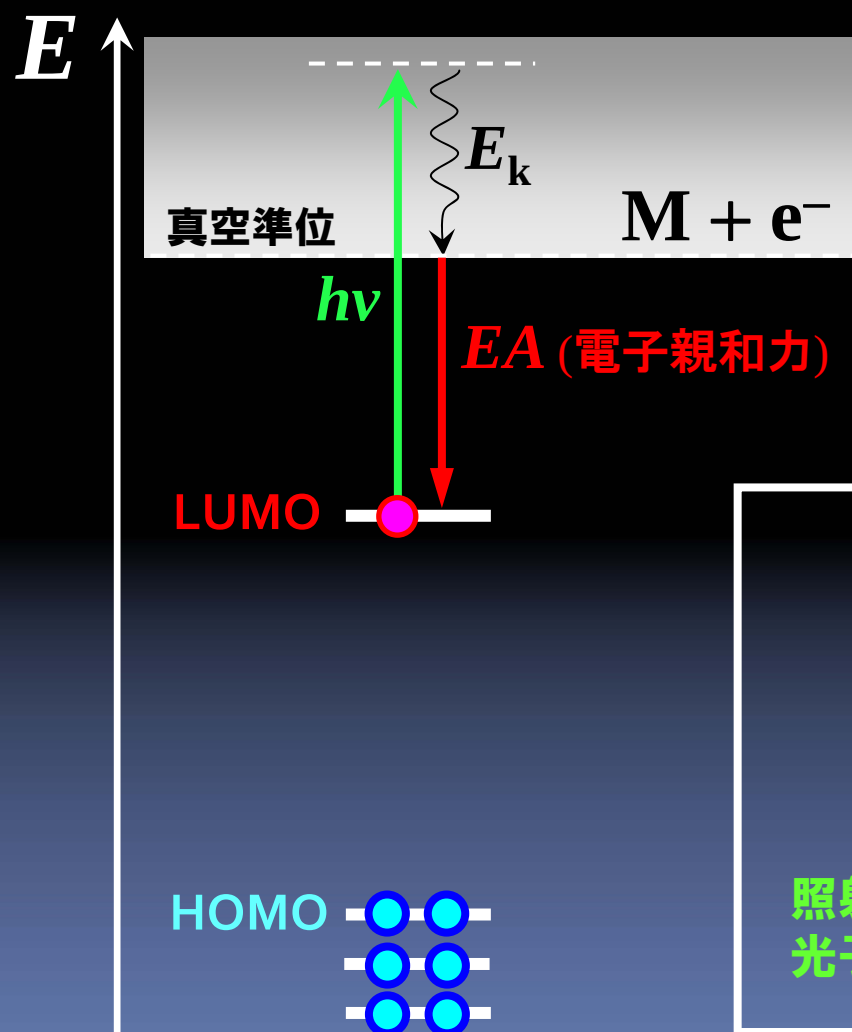
nm スケールでのサイズ効果 “Small is different”

J. Jortner “Cluster Size Effects” *Z. Phys. D* 24, 247 (1992).



本当に顕著なサイズ効果がみられるのは小さなクラスターサイズ ($n < 100$) の領域

負イオン光電子分光法：LUMO準位の直接観測



HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital)

最高被占軌道

LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital)

最低空軌道

光電子脱離におけるエネルギー保存

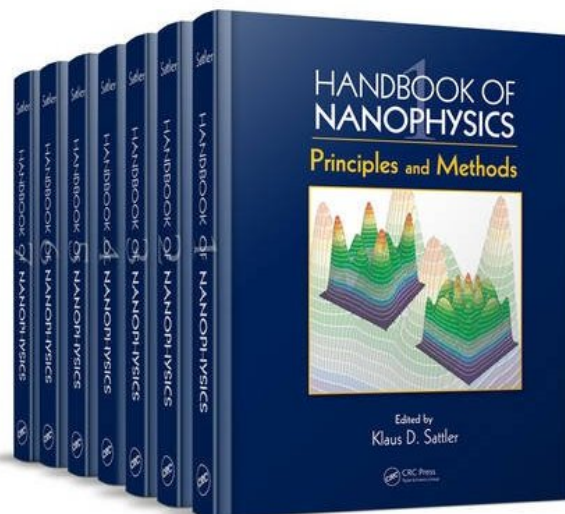
$$h\nu = E_k + EA$$

照射した光の
光子エネルギー

飛び出してくる
電子のエネルギー

電子親和力

HANDBOOK OF NANOPHYSICS (TAYLOR&FRANCIS)



Masaaki Mitsui
Shizuoka University
Atsushi Nakajima
Keto University

8

Photoelectron Spectroscopy of Organic Clusters

8.1	Introduction	8-1
	Molecular Clusters • Clusters of π -Conjugated Organic Molecules	
8.2	Polarization Effects in π -Conjugated Organic Aggregates	8-2
8.3	Experimental Methodology	8-3
	Production of Large Molecular Cluster Anions • Mass Spectrometry of Oligoacene Cluster Anions • Anion Photoelectron Spectroscopy • Anion Beam Hole-Burning	
8.4	Anion Photoelectron Spectroscopy of Oligoacene Cluster Anions	8-8
	Coexistence of Isomers • Characteristics of Isomers I, II-1, and II-2	
8.5	Summary and Future Perspective	8-12
	Acknowledgments	8-12
	References	8-12

vol. 1: Principles and Methods

vol. 2: Clusters and Fullerenes

vol. 3: Nanoparticles and Quantum Dots

vol. 4: Nanotubes and Nanowires

vol. 5: Functional Nanomaterials and Nanostructures

vol. 6: Nanoelectronics and Nanophotonics

vol. 7: Bionanoscience, Nanorobotics, and Nanomedicine