

平成21年5月23日
ICT知識研修セミナー

産総研の産学官連携の取り組み 及び中小企業支援事業

- 産総研オープンラボのご紹介 -

産業技術総合研究所

平澤 誠一

Outline

産総研の概要

- ・産総研の沿革
- ・基本理念とミッション

産学官連携戦略

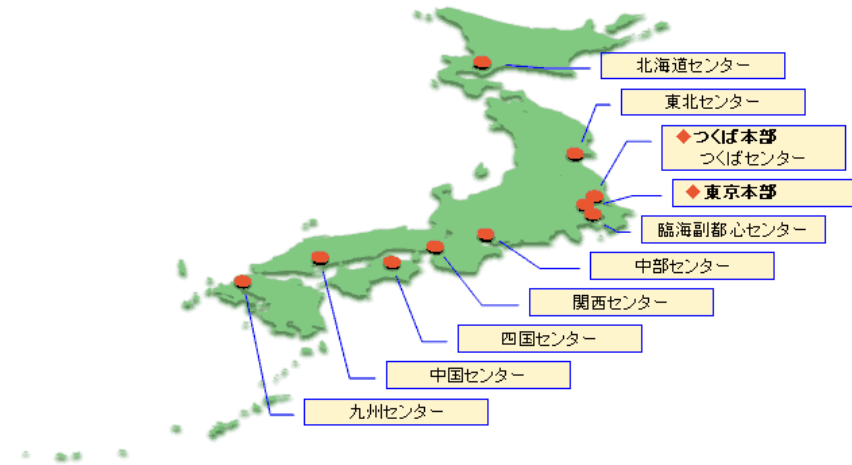
- ・基本方針
- ・具体的な連携メニュー
- ・産総研オープンラボ2008回顧

研究紹介

レーザーアブレーションによる単分散ナノ粒子作製プロセス

まとめ

産総研の概要



中国センター



四国センター



九州センター



関西センター



つくば本部 / つくばセンター

中部センター



北海道センター



東北センター



臨海副都心センター



産総研の沿革

時代背景の変化

経済復興

キャッチアップ時代

フロントランナー時代

COE時代

独立行政法人化

1960

1970

1980

1990

2001

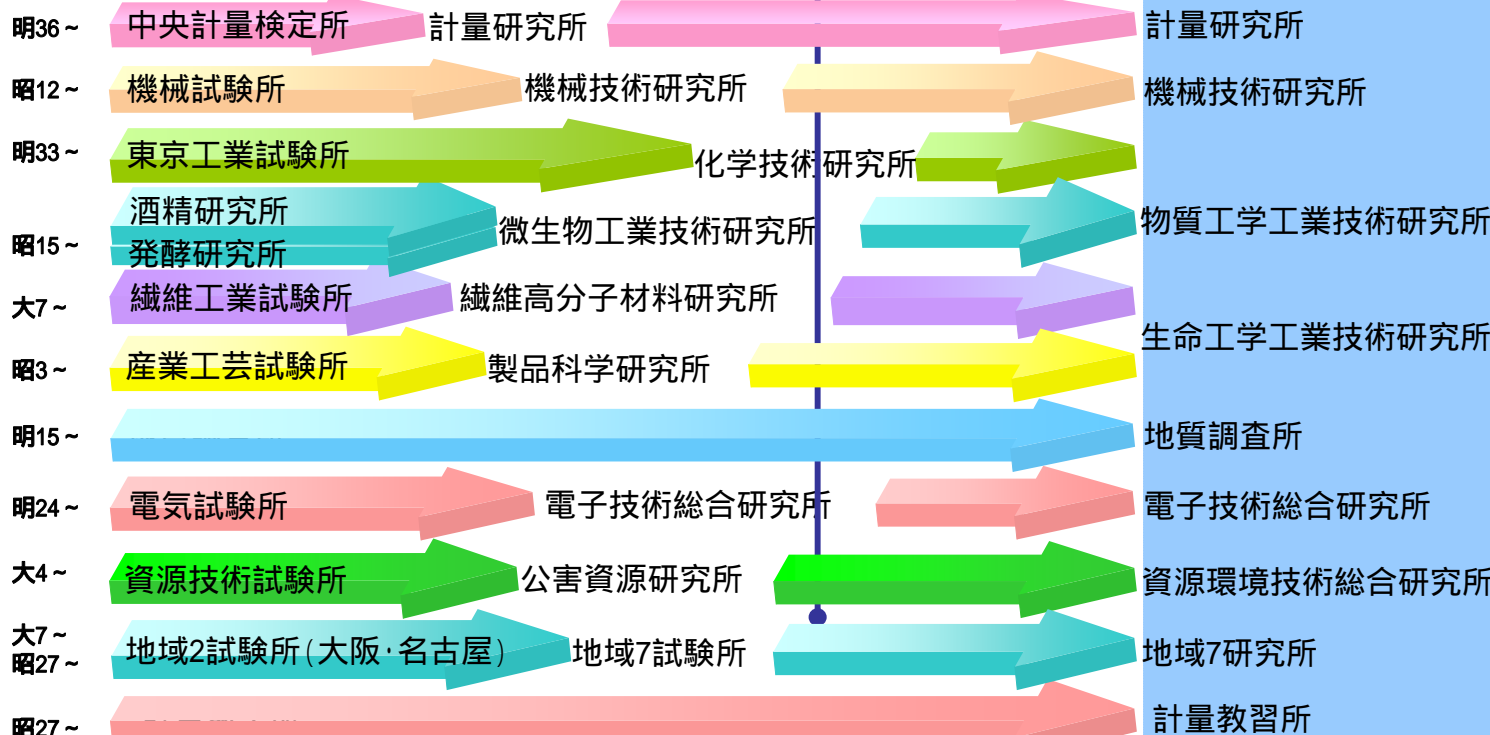
2005

組織の変化

つくば移転

平5~

産業技術融合領域研究所



独立行政法人
産業技術総合研究所

非公務員型独立行政法人として
新たなスタート

個別業種別編成

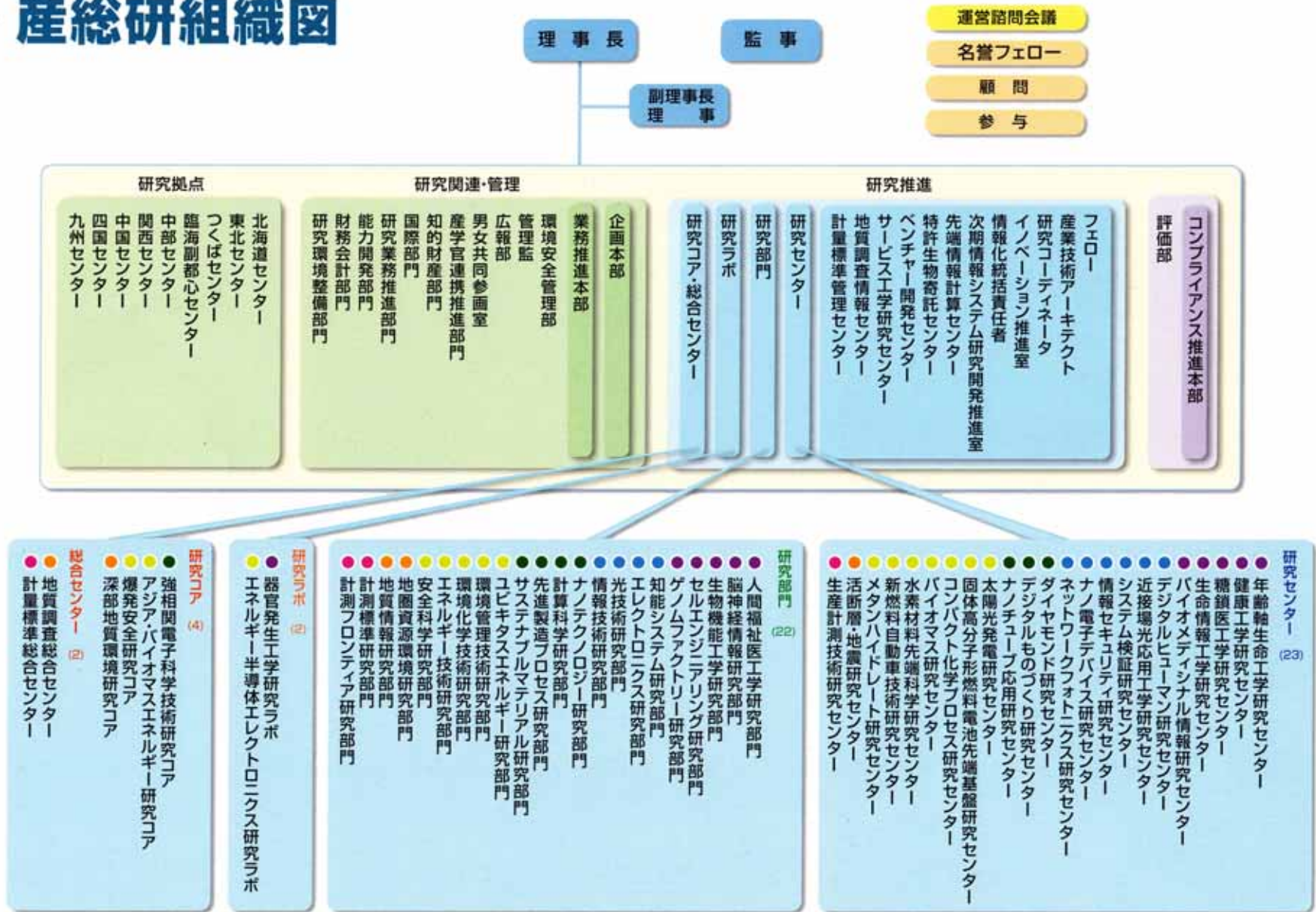
編成理念の変化

研究領域・分野別編成

平13.4~
第1期

平17.4~
第2期中期
目標期間

産総研組織図



出展:産総研 総合案内パンフレット

ライフサイエンス分野

健康長寿で質の高い生活を実現するために

情報通信・エレクトロニクス分野

安全・安心な生活を実現するための高度情報サービスの創出を目指して

ナノテクノロジー・材料・製造分野

国際競争力があり持続的発展が可能な製造産業を目指して

環境・エネルギー分野

環境・エネルギー問題を克服した、豊かで快適な生活の実現のために

地質分野

環境に調和した国土の有効利用を実現するための知的基盤整備に向けて

標準・計測分野

産業基盤を構築する計量標準の整備と計測評価技術の創出

産総研の人員

常勤職員

- 研究職員数 2,408名
 - [うちパーマネント] 2,031名
 - [うち任期付] 377名
- 事務職員数 695名

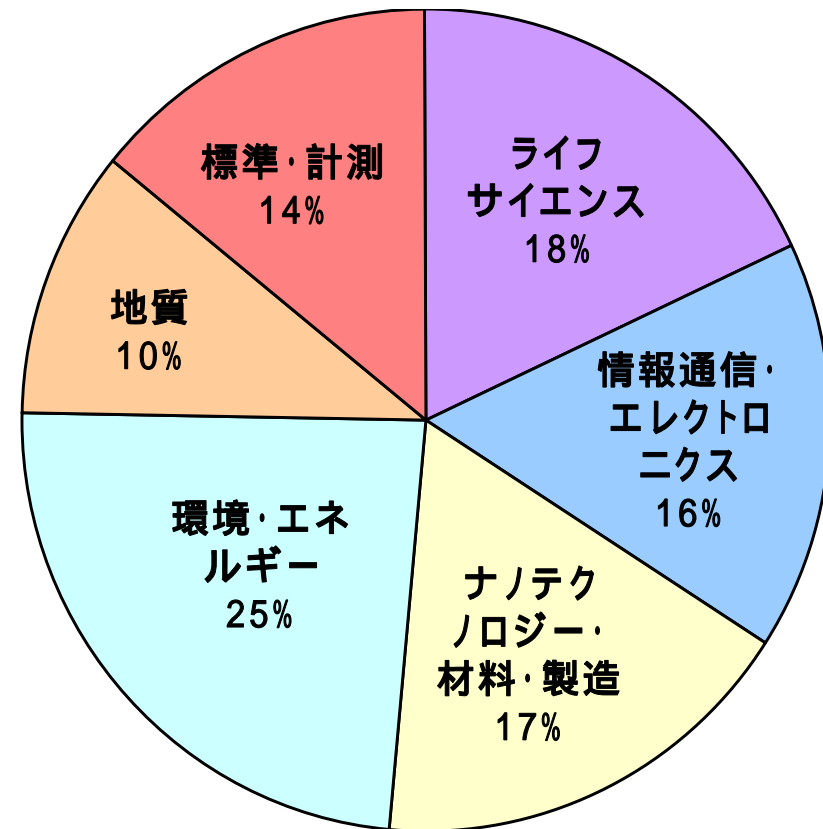
平成20年4月1日現在員 3,191名

他役員13名

産学官連携制度等による研究員等受入実績数

- ポスドク 約500名
- 企業から 約1,100名
- 大学から 約2,000名
- その他法人から 約950名

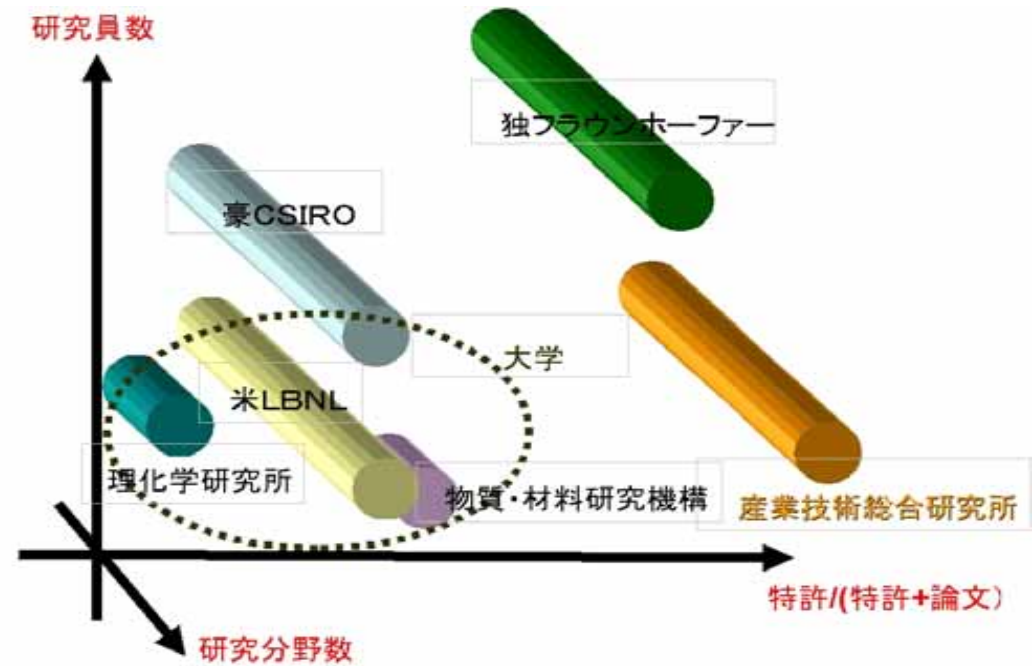
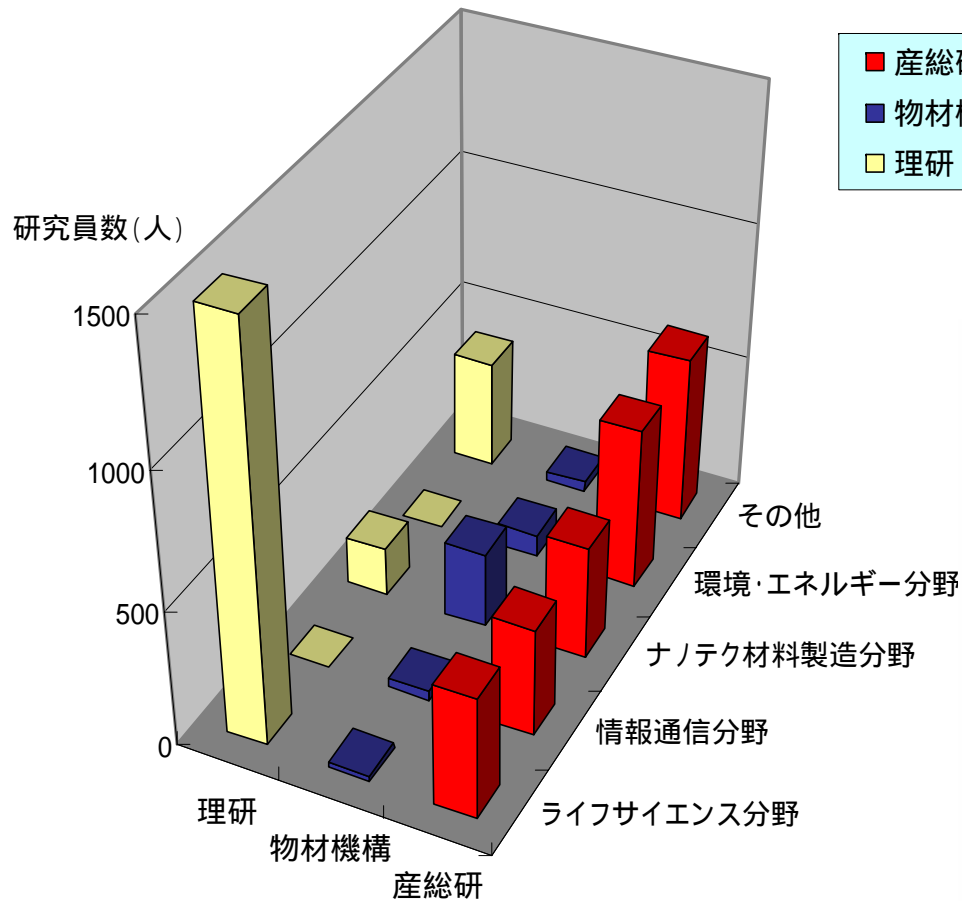
-
- 海外からの研究者数 約800名
(平成19年度受入延べ数)



研究分野別の研究職員構成

管理関連部門等での勤務者を除く

主要研究期間の比較



出展：産総研 第2期研究戦略

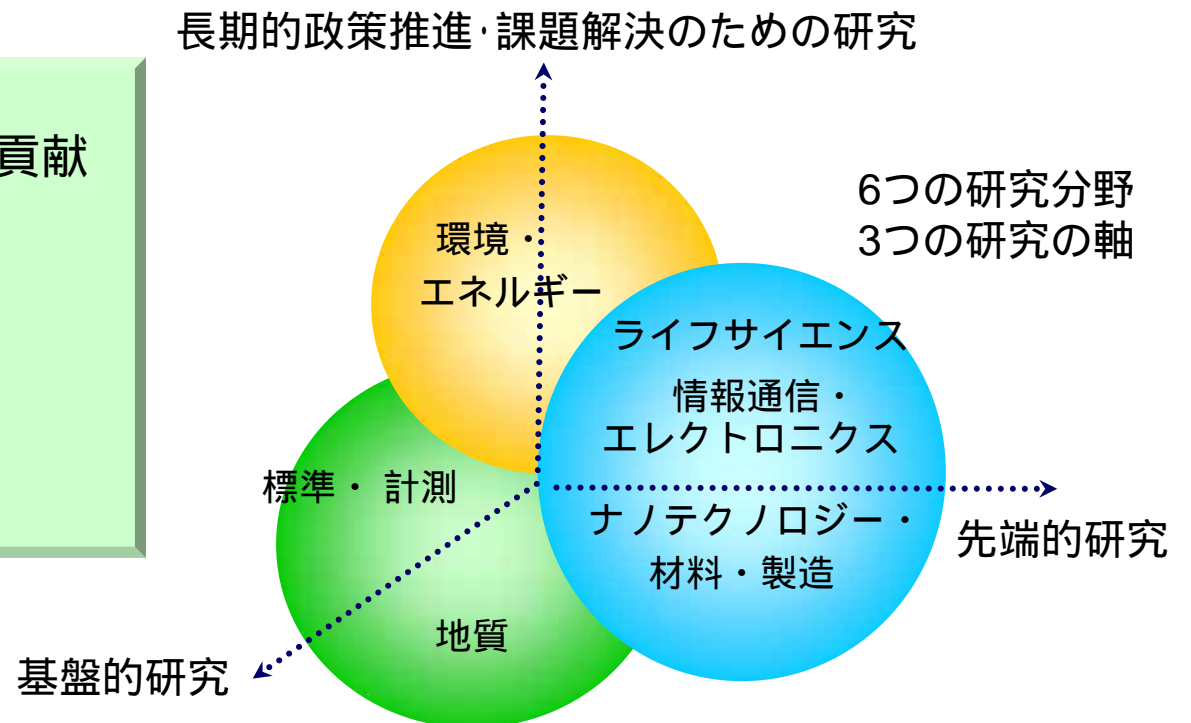
産総研の基本理念とミッション

● 産業技術の向上を通じた社会の発展への寄与

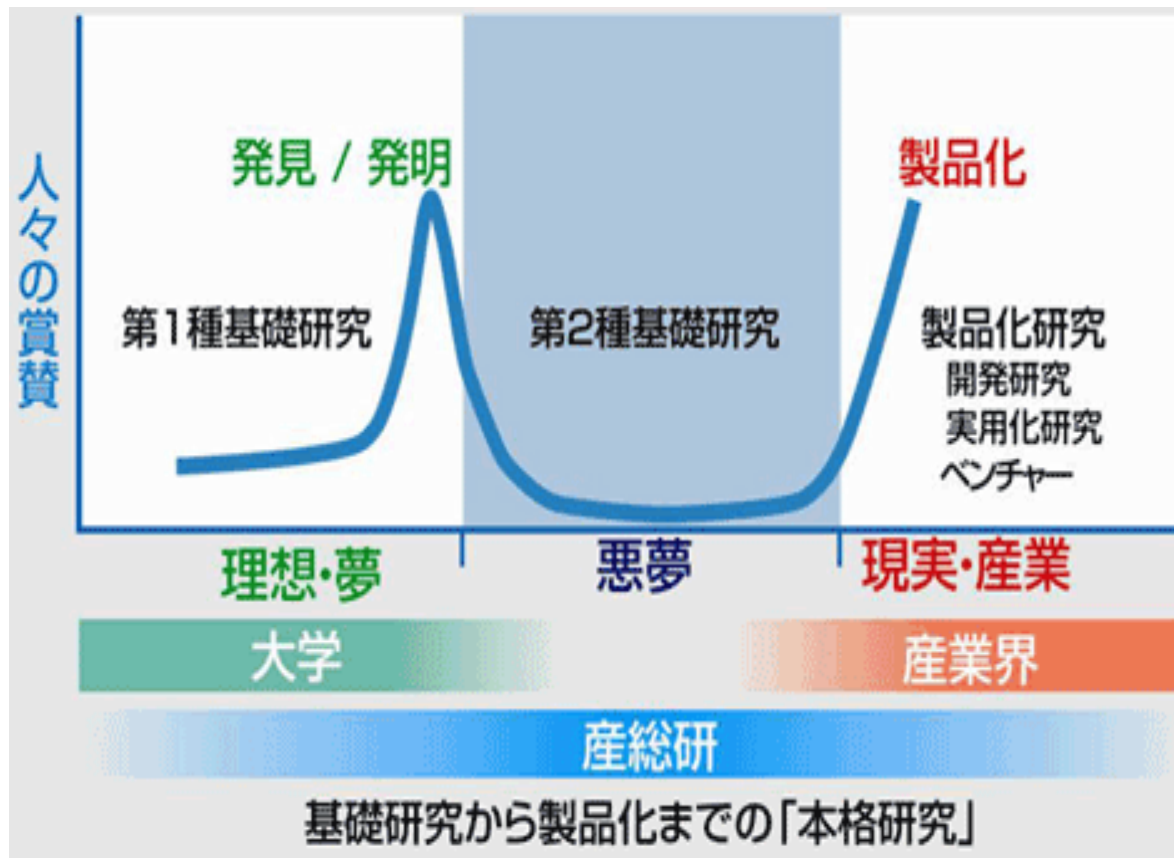
わが国のたゆみない産業技術革新を先導することにより、
「持続的発展可能な地球社会の実現」に寄与していきます。

ミッション

- 持続的発展可能な社会実現への貢献
- 産業競争力強化等への貢献
(イノベーションハブ機能の強化)
- 産業政策の地域展開への貢献
- 産業技術政策立案等への貢献



「本格研究」とは、知識・技術の発見・発明から製品化の間に横たわる「悪夢(死の谷)」を乗り越え、研究成果を迅速に市場へと展開させるために、幅広い知識・技術を選択し、融合・適用することにより新たな成果を生み出す、「第2種基礎研究」を軸に「第1種基礎研究」から「製品化研究」までを連続的・同時的に展開する産業技術総合研究所独自の研究方法



定義	活動
<p>【第1種基礎研究】 未知現象を観察、実験、理論計算により普遍的な理論(法則、原理、定理など)を発見、解明、形成するための研究をいう。</p>	発見・解明
<p>【第2種基礎研究】 特定の経済的・社会的な必要性(ニーズ)のために、既に確立された複数の普遍的な知識(理論、法則、原理、定理など)を組み合わせ、観察、実験、理論計算を繰り返し、その手法と結果に規則性や普遍性のある知見および目的を実現する具体的道筋を導き出す研究をいう。</p>	融合・適用
<p>【製品化研究】 第1種基礎研究、第2種基礎研究及び実際の経験から得た成果と知識を利用し、発明された新しい材料、装置、製品、システム、工程、サービスの事業化可能性を工学的かつ社会経済学的アプローチで具体的に検討する。</p>	実用化

産学官連携戦略 基本方針

■産総研はイノベーション能力を強化し、新産業の創出等わが国の産業構造の
 革と... した先導的役割を遂行していく

■産
**産総研は具体的に
 どんな研究をしているの？** ... 産学官等との連携の強化、
 ... の強化を通して
 ... に貢献する

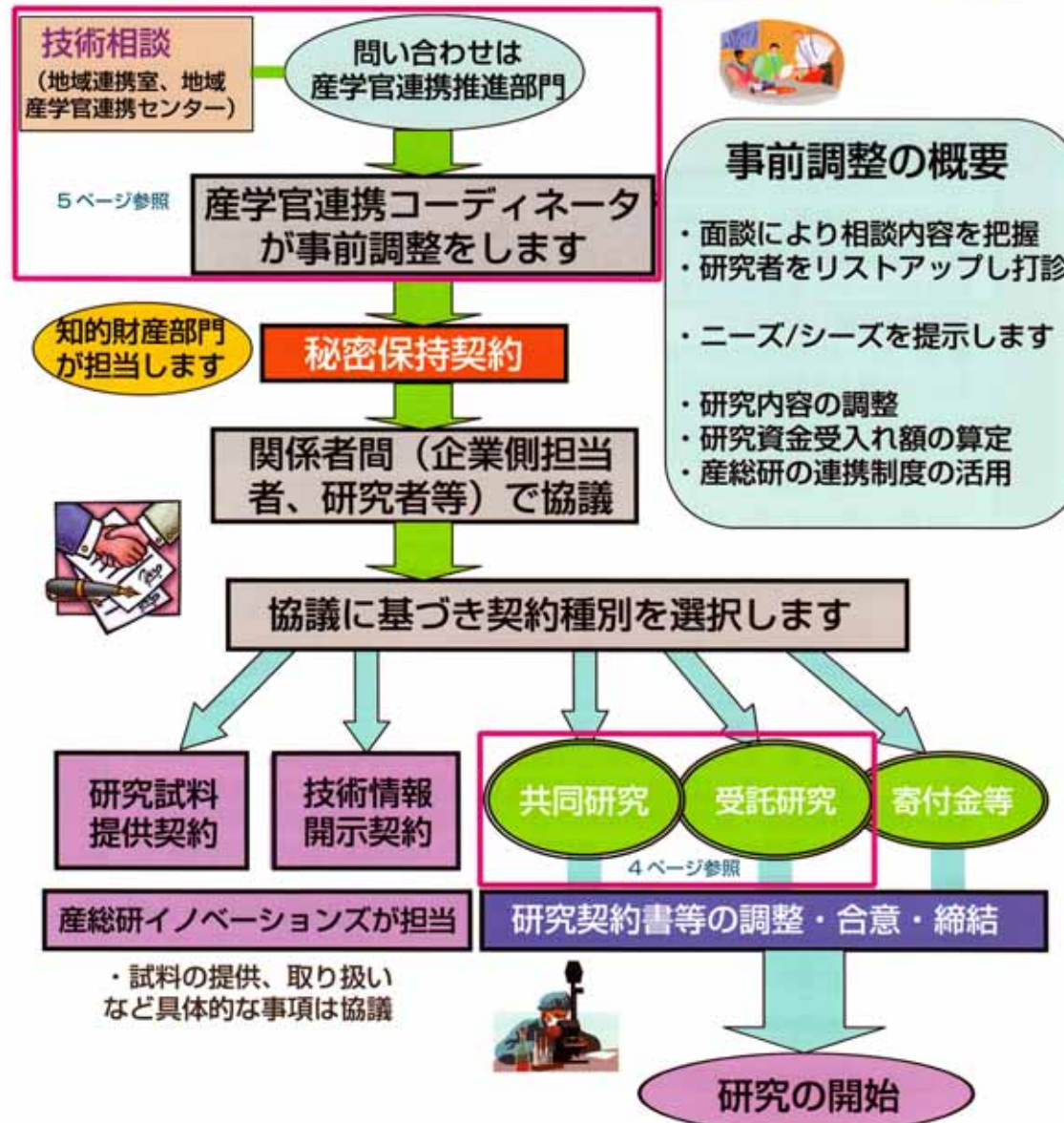
1) 「
 ... 産学官等との連携... けるイノベーション
統合、オール産総研の研究ポテンシャルを活用
 メント」を通じた産業戦略を共創していく。

2) 「新たな連携モデル」の開拓

■ イノベーションの創出を目指した産業界等との中長期的な関係づくりの基盤と... 新たな
 連携モデル」の開拓に取り組む。

**連携するには
 どうすればいいの？**

産総研の産学官連携・技術移転プロセス



出展：産総研における
産学官連携活動の戦略と連携メニュー

産総研の連携・支援制度

共同研究

受託研究

技術相談

産学官連携コーディネータによるソリューション提案

産業技術指導員による研究開発フォローアップ

ファウンドリサービス

研究開発を支援するデータベースの提供

技術研修

連携大学院

見る、聴く、話す。
求める技術と出会う2日間!

産総研 オープンラボ

2008.10.20日~21日

◎会場：産業技術総合研究所つくばセンター

ふだんど買いただくことの出来ない研究室を特別に公開いたします。
産業技術研究の最前線で、ニーズとシーズのマッチングを図るまた
とないチャンスです。この機会に、次のヒントを見つけないか?



産総研オープンラボ (2008年10月20日~21日)

産総研の研究成果、研究リソースを企業、大学、公的研究所の関係者に広く公開



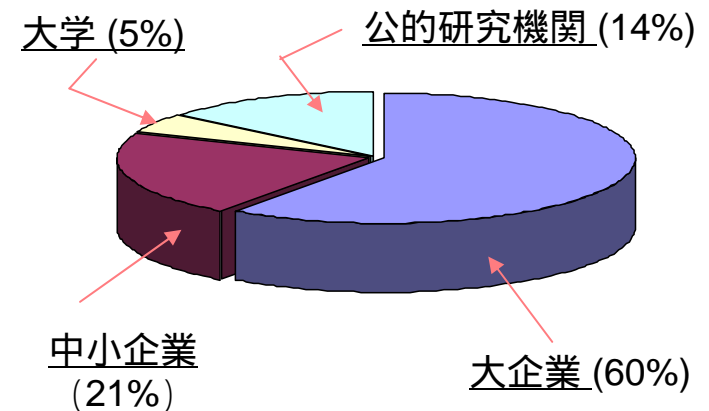
来訪者総数 3000人

20日 1418人

21日 2104人

延来訪者数 3522人

2日間の重複来場者 522人



来場者内訳



約300の研究テーマ紹介

研究のポイント・狙い、詳細を簡潔に記述

『産総研の技術カタログ』

S-17

シリコン球体体積の超高精度測定

計測標準研究部門 物性統計科 (液体標準研究室)
 長本 謙博
 nkufanc09@aist.go.jp
 TEL: 029-861-4120 FAX: 029-861-4088

つくば中央・3-7 棟 112-1

研究のポイント

- 質量の単位“キログラム”の原子質量に基づく再定義をめざして
- 光周波数の高精度な計測・制御に基づく球体直径・体積絶対測定
- 単結晶シリコンの密度、モル質量、格子定数の日行の精度での絶対測定

研究のねらい

現在では、長さ、時間、電圧といった多くの物理量の単位は、普遍的な自然現象あるいは物理法則に基づいて定義されています。一方、質量の単位であるキログラムは、依然として人工物である国際キログラム原器の質量に等しいと定義されています。産総研では普遍的な基礎物理定数であるアボガドロ定数をX線結晶密度法によって決定し、原子1個あたりの質量を基準にしてキログラムを再定義する方法に取り組んでいます。本研究では、アボガドロ定数の決定に必要なシリコン球体の体積を超高精度に決定するレーザー干渉計を開発しています。

研究内容

シリコン球体体積の絶対測定のために、光周波数制御型干渉計を開発しました。球体を2枚のガラス板(エタロン)の間におき、エタロンを介して球体にレーザー光を照射させます。球体とエタロンからの反射光の干渉により、干渉縞が観測されます。レーザーの光周波数チューニングにより干渉縞を解析し、球体の直径を決定します。球体回転機構を備えた真空チャンバーを用い、様々な方位から直径を測定し、球体体積を求めます。球体の体積測定の相対不確かさは 3×10^{-6} であり、世界最高精度での体積絶対測定を可能としました。



単結晶シリコン球体の体積を測定する光周波数制御型レーザー干渉計 (中央に設置されているのが直径約 94 mm の単結晶シリコン球体)




新たに開発したレーザー干渉計用真空チャンバー。フィルムヒーターを貼り付けたアクティブ放射シールドを備え、1 mK 以下の干渉長さでの球体温度測定が可能である。

外部共振型レーザーの発振周波数を 20 GHz の周波数範囲にわたり 10 kHz の不確かさでチューニングするシステム

288

研究者の
連絡先

ナノ粒子の合成と光機能

- Outline -

- ・ナノ粒子とは？

 - 定義、特徴、量子効果(特異な状態密度)

- ・ナノ粒子の応用例

 - 半導体ドットレーザー、光メモリー、etc.

- ・ナノ粒子作製法の概観

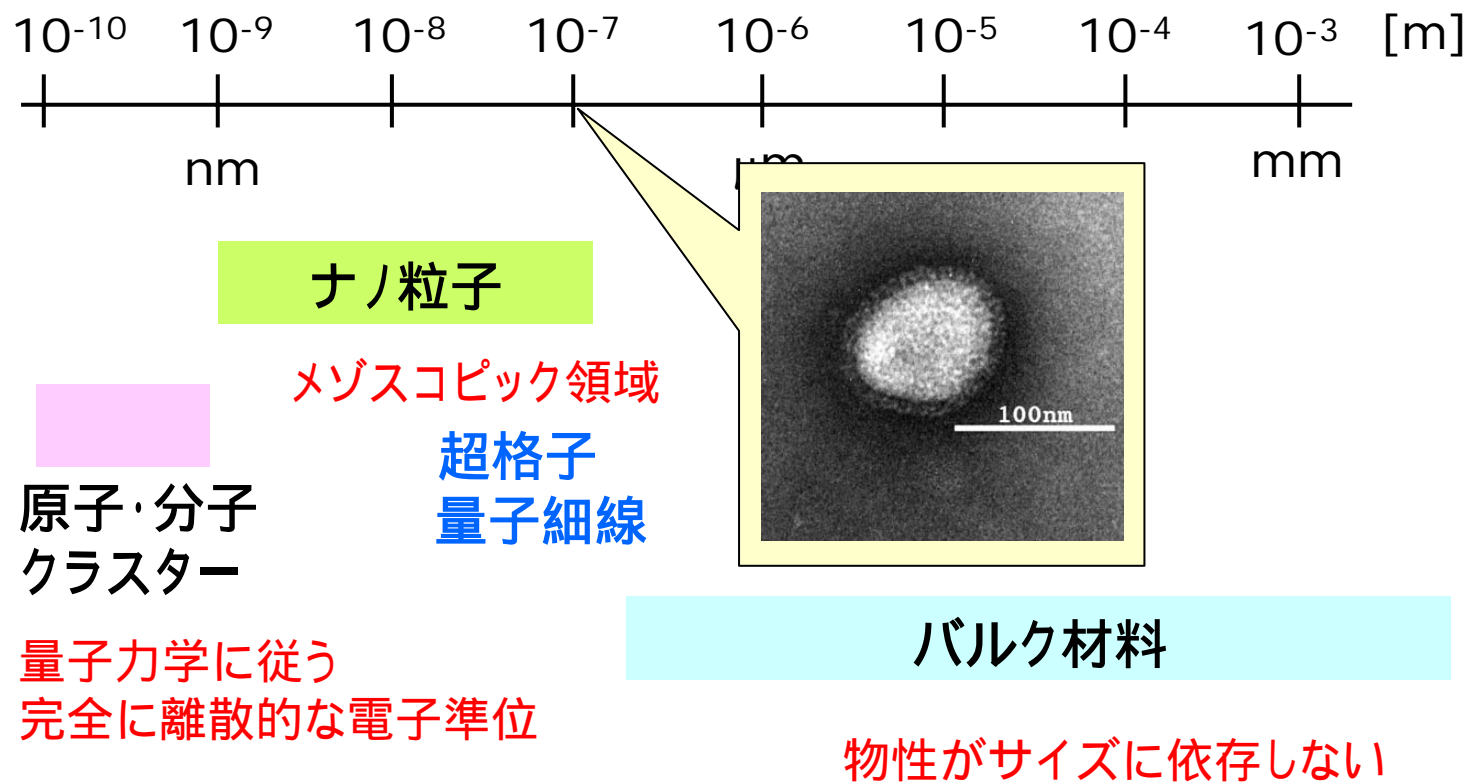
 - 粒子サイズコントロール手法の例

- ・研究紹介

 - レーザーアブレーション法による単分散Siナノ粒子作製

Introduction

- ナノ粒子の定義・特徴 -



- ナノ粒子の特徴 -

・比表面積が大きい 触媒への応用

・久保効果

熱力学的性質がバルクと著しく異なる

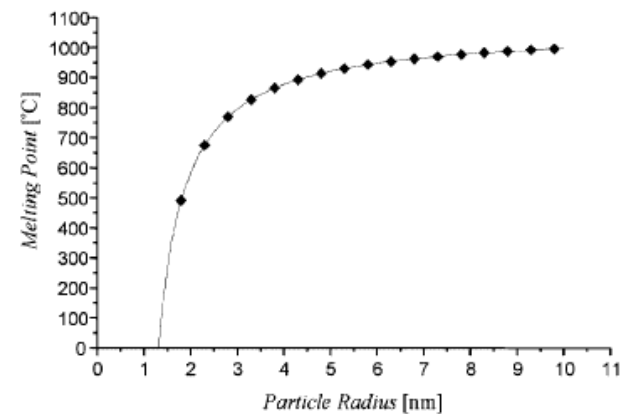
比熱、melting point

・量子サイズ効果

電子波の閉じこめにより
電子系のエネルギー状態が変化



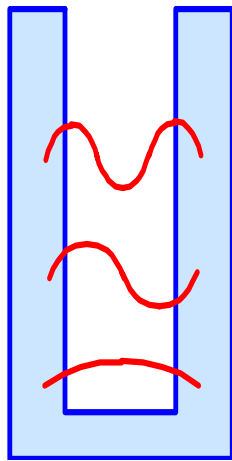
光学特性等の変化



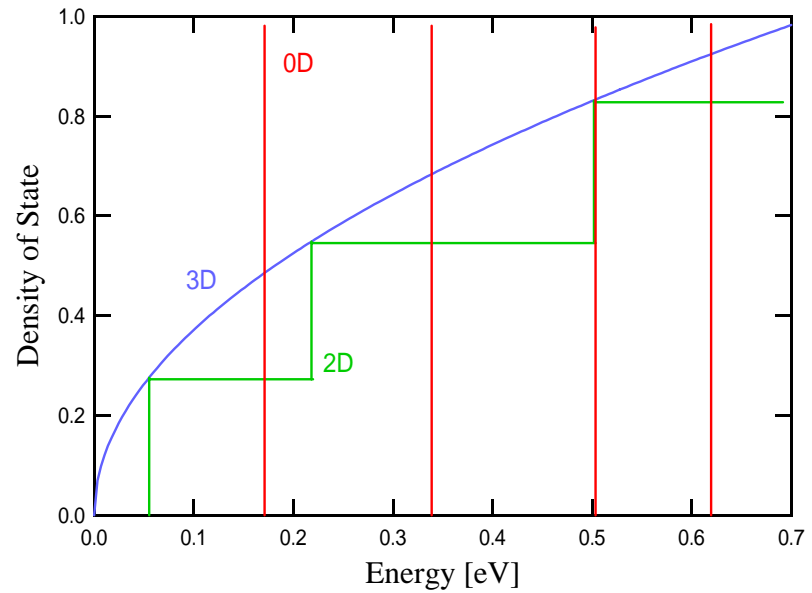
金微粒子融点の粒径依存性

G. Schmid et al., Eur. J. Inorg. Chem. 3081 (2003)

- 量子閉じこめ効果 -



箱型ポテンシャル内での
電子のエネルギー状態模式図

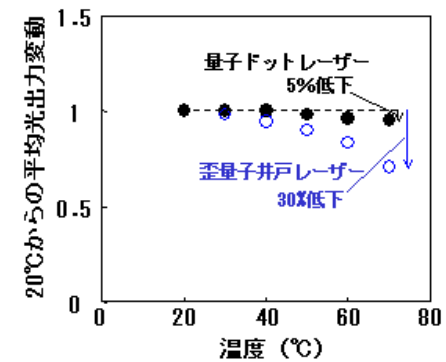
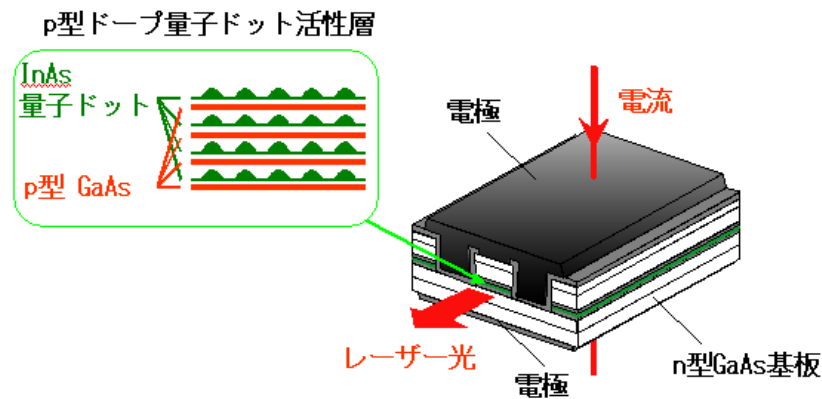


特性長100 の低次元構造を有する
GaAsの状態密度関数計算例

- ナノ粒子応用例 -

・半導体ドットレーザー

温度による影響を排除



(東京大学・富士通)

・光スイッチ、光メモリー

光学非線形性の利用

・生体実験用マーカー

物理(光学)的性質と表面化学的性質の応用
ガン細胞に集中、励起により発光

・触媒

燃料電池等への応用

- ナノ粒子作製法 -

<p>物理的方法</p>	<p>ガス中蒸発法</p> <p>スパッタリング法</p>	<p>・レーザーアブレーション</p> <p>・抵抗加熱 ・誘導加熱</p> <p>・電子ビーム加熱</p> <p>シーズ電圧で加速されたイオンの衝突による原子放出</p>
<p>化学的方法 (液相)</p>	<p>コロイド法</p> <p>アルコキシド法</p>	<p>・逆ミセル法</p> <p>金属アルコキシドの加水分解</p> <p>金属酸化物ナノ粒子を生成</p>
<p>化学的方法 (気相)</p>	<p>気相反応を介した ナノ粒子の生成</p>	<p>MOCVD</p> <p>プラズマCVD</p> <p>噴霧熱分解法</p>

- ナノ粒子粒径制御 -

ナノ粒子は物性が粒径に大きく依存

粒径コントロールが重要な課題

粒径制御

- ・反応速度の制御 濃度、温度
- ・反応時間の制御 時間
- ・反応場の制御 容積
- ・自己組織化

研究紹介

レーザーアブレーションによる 単分散ナノ粒子作製プロセス



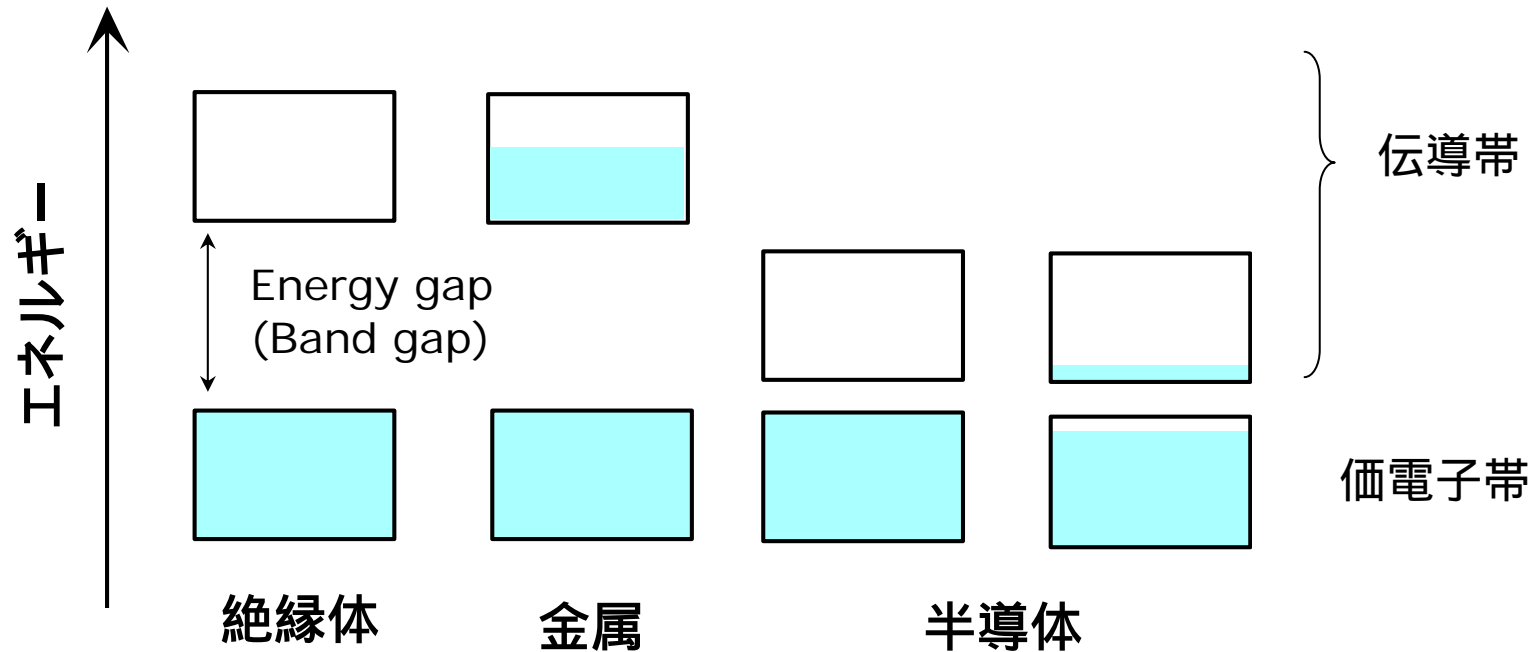
目次

- ・研究背景
- ・ナノ粒子作製プロセスの概要
- ・気相中アニールの効果の検証
 - ナノ粒子モフォロジーの制御
 - 結晶性の改善
- ・Siナノ粒子の光物性
 - 量子サイズ効果由来のPLの観測
- ・まとめ

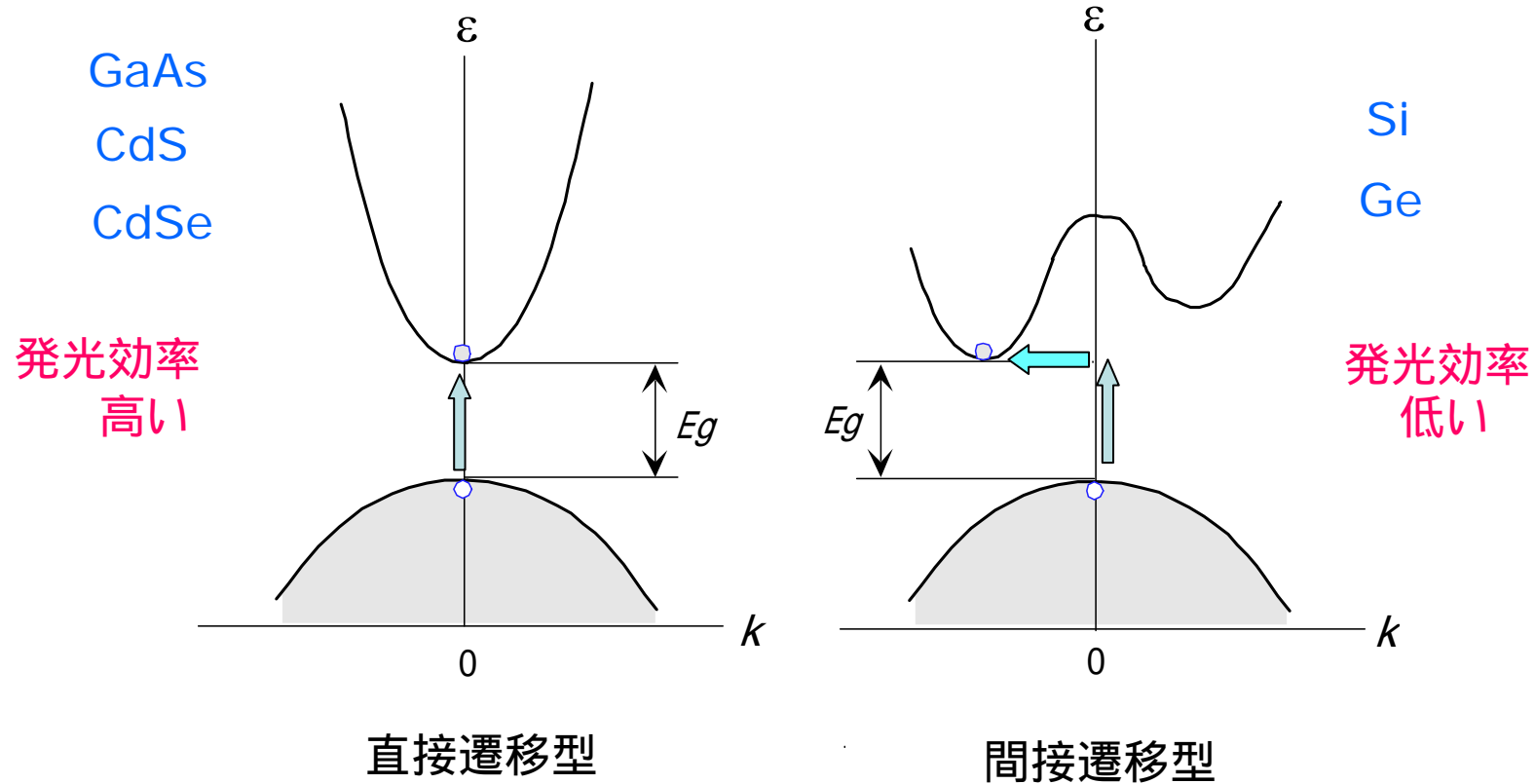
- 半導体とは？ -

室温における電気伝導度が金属と絶縁体の中間である
 $10^3 \sim 10^{-10}$ S/cm である物質

理化学事典



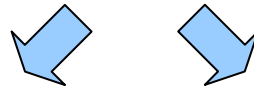
- 半導体と光子の相互作用 -



- Siナノ粒子研究のmotivation -

- ・光学的な不活性さが、ナノレベルの微細化により克服できる可能性

Canhamら(1990)によるポーラスSiからの
室温での可視光発光

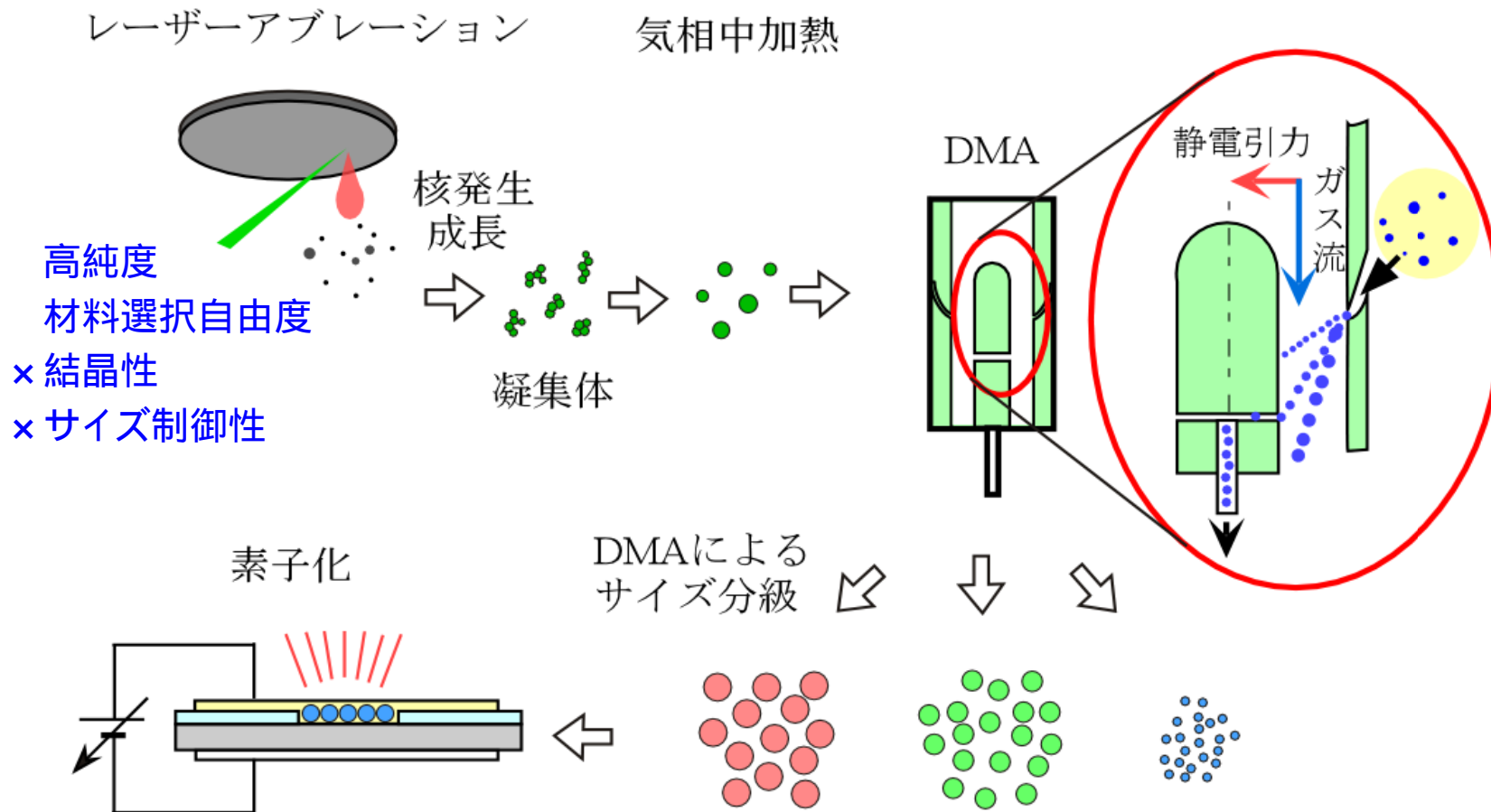


量子サイズ効果

シロキセンの発光

高精度な粒径制御でメカニズム解明に繋がる
サンプルの作製・供給を目指す

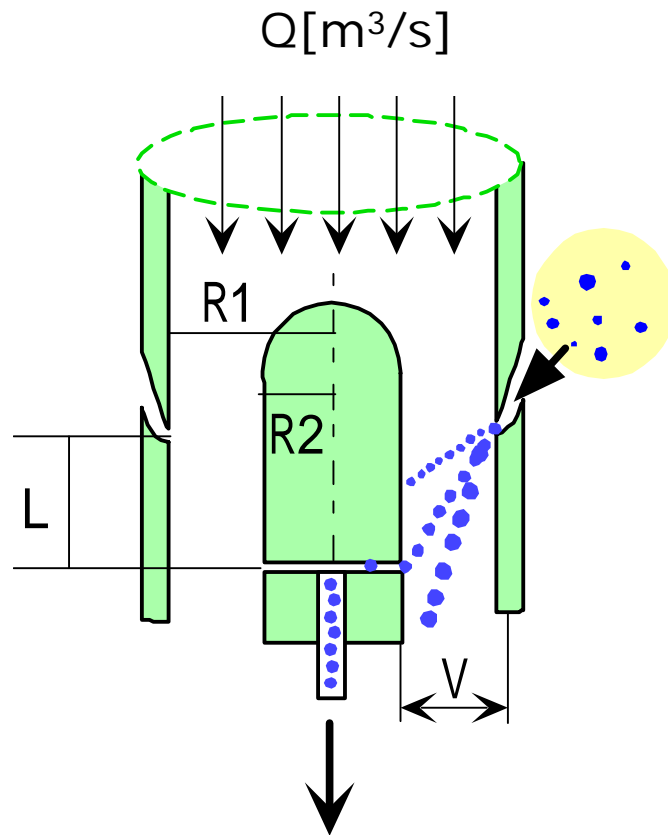
Laserによる単分散ナノ粒子作製プロセスの概要



微分型移動度測定器

(DMA: Differential Mobility Analyzer)

動作原理



$$Z_p = \frac{e \cdot C_c}{3 D_p}$$

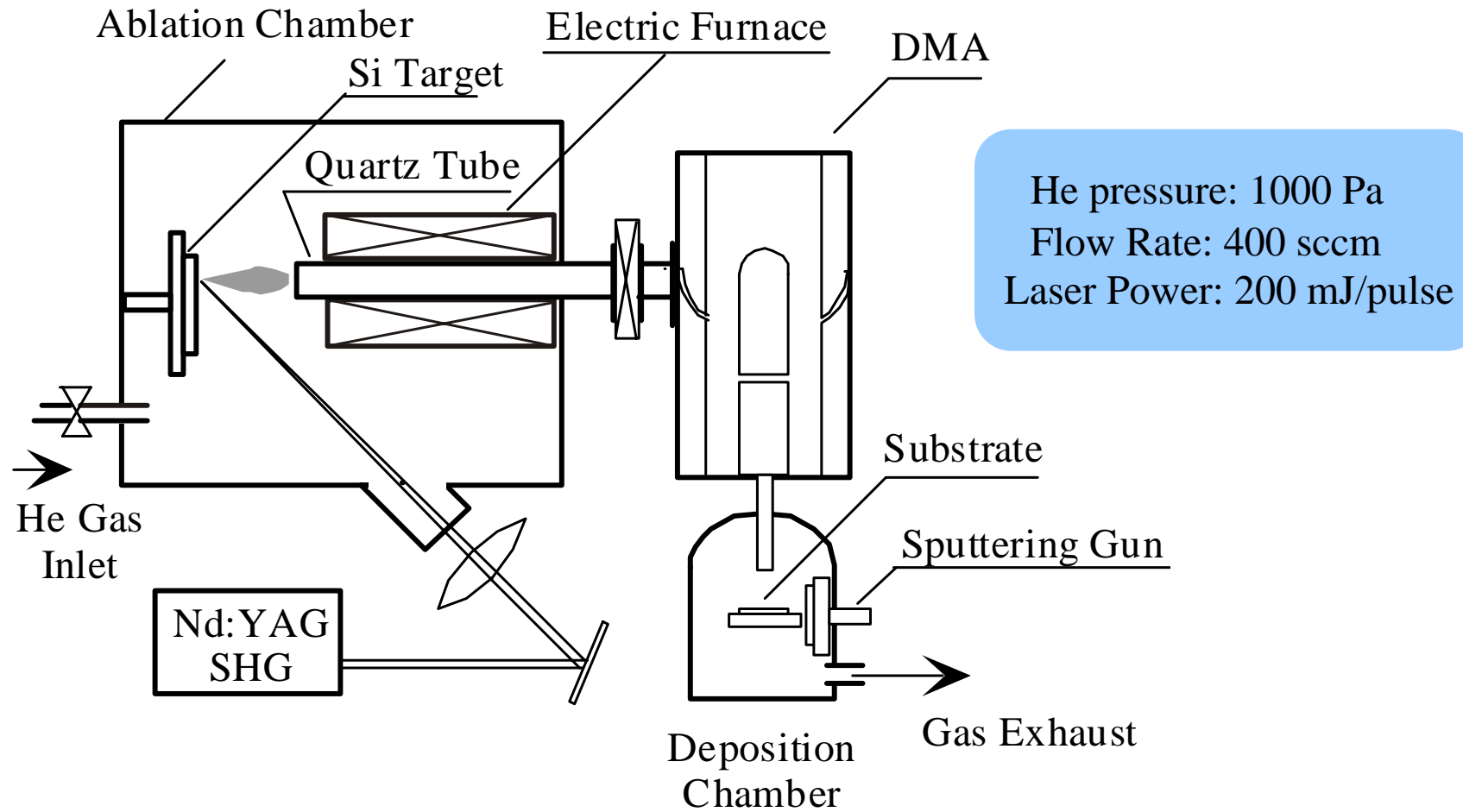
e : elementary charge

$$C_c = 1 + Kn(1.257 + 0.4 \exp(-1.1/Kn))$$

$$Kn = 2 \lambda / D_p$$

$$Z_p = \frac{Q \cdot \ln(R1/R2)}{2 L V}$$

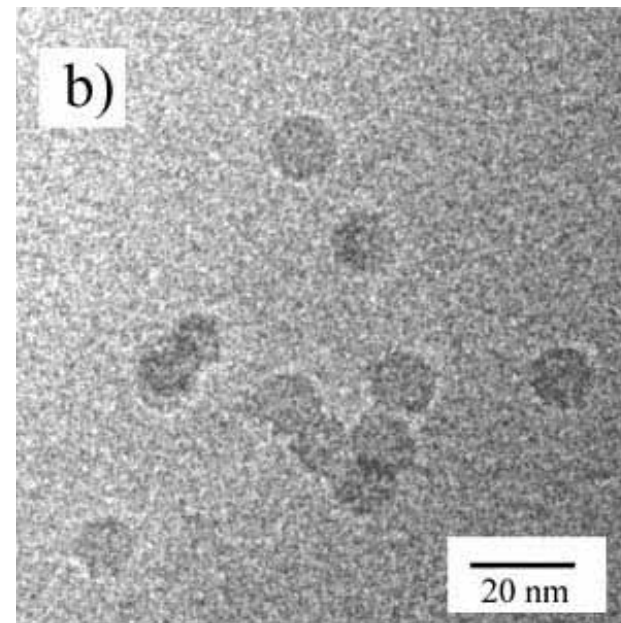
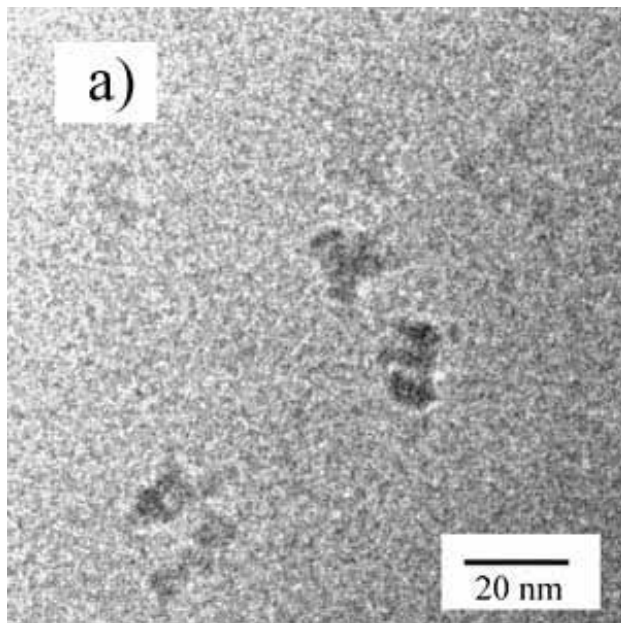
- 装置概念図 -



- 気相中アニールによる粒子形態制御 -

微細な一次粒子からなる凝集体

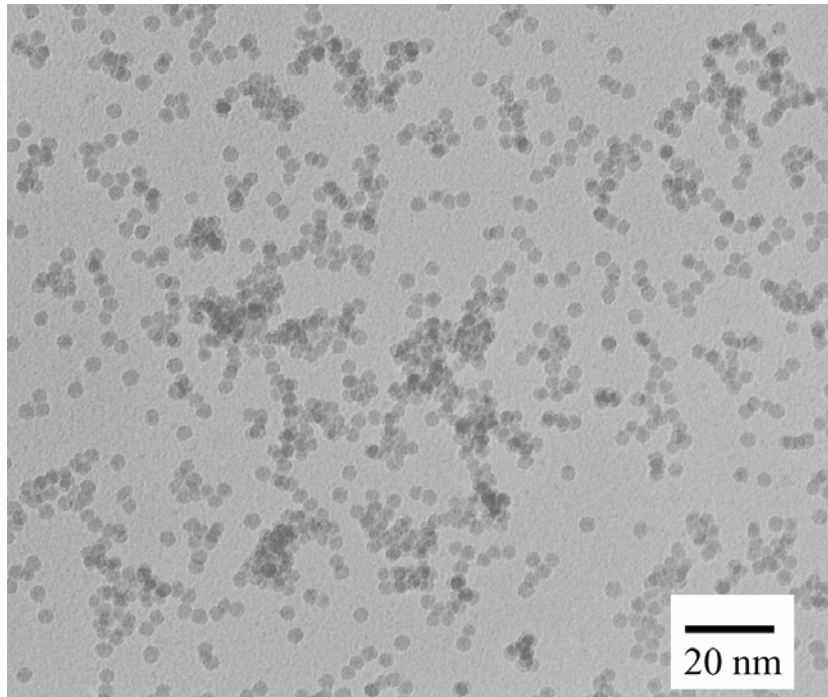
一様な球形粒子、サイズも均一



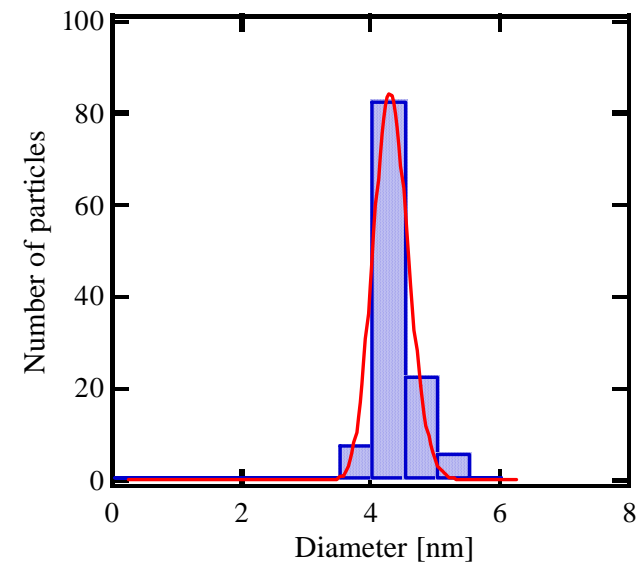
8nm分級Siナノ粒子のTEM像

アニール温度 a) 300 b) 950

Siナノ粒子の均一性 - 4nm分級 -

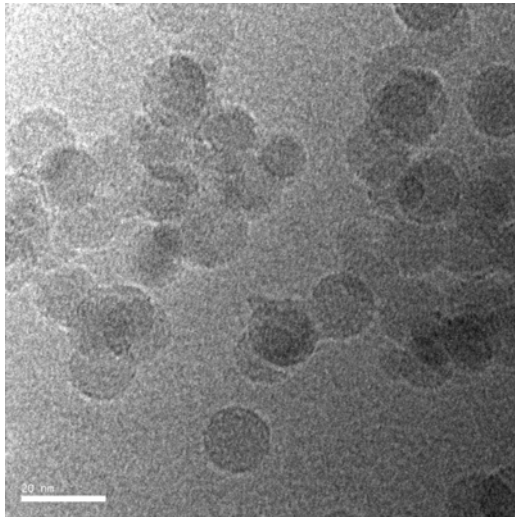


Siナノ粒子(4nm分級)
低倍率広視野TEM像

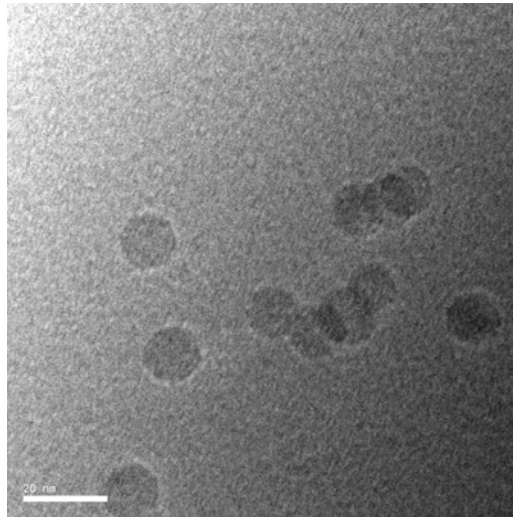


サイズ分布

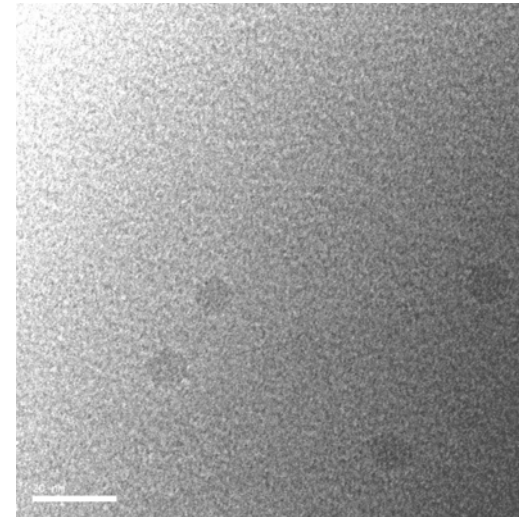
- 分級粒子の均一性 -



10 nm 分級



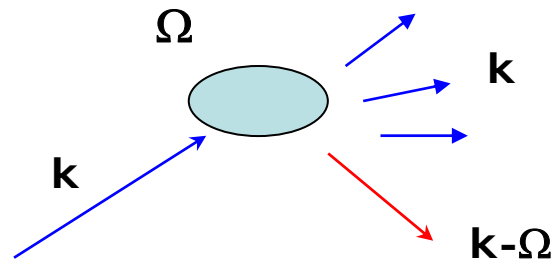
8 nm 分級



6 nm 分級

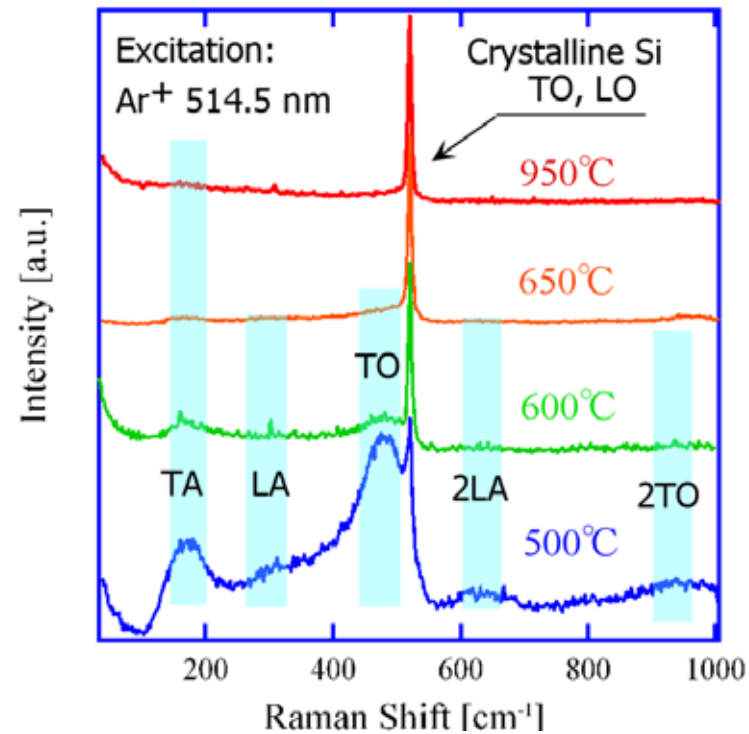
DMAの操作条件により
2 ~ 10 nm の範囲で、任意の粒径に揃えることができる

- Raman散乱によるSiナノ粒子結晶性評価 -



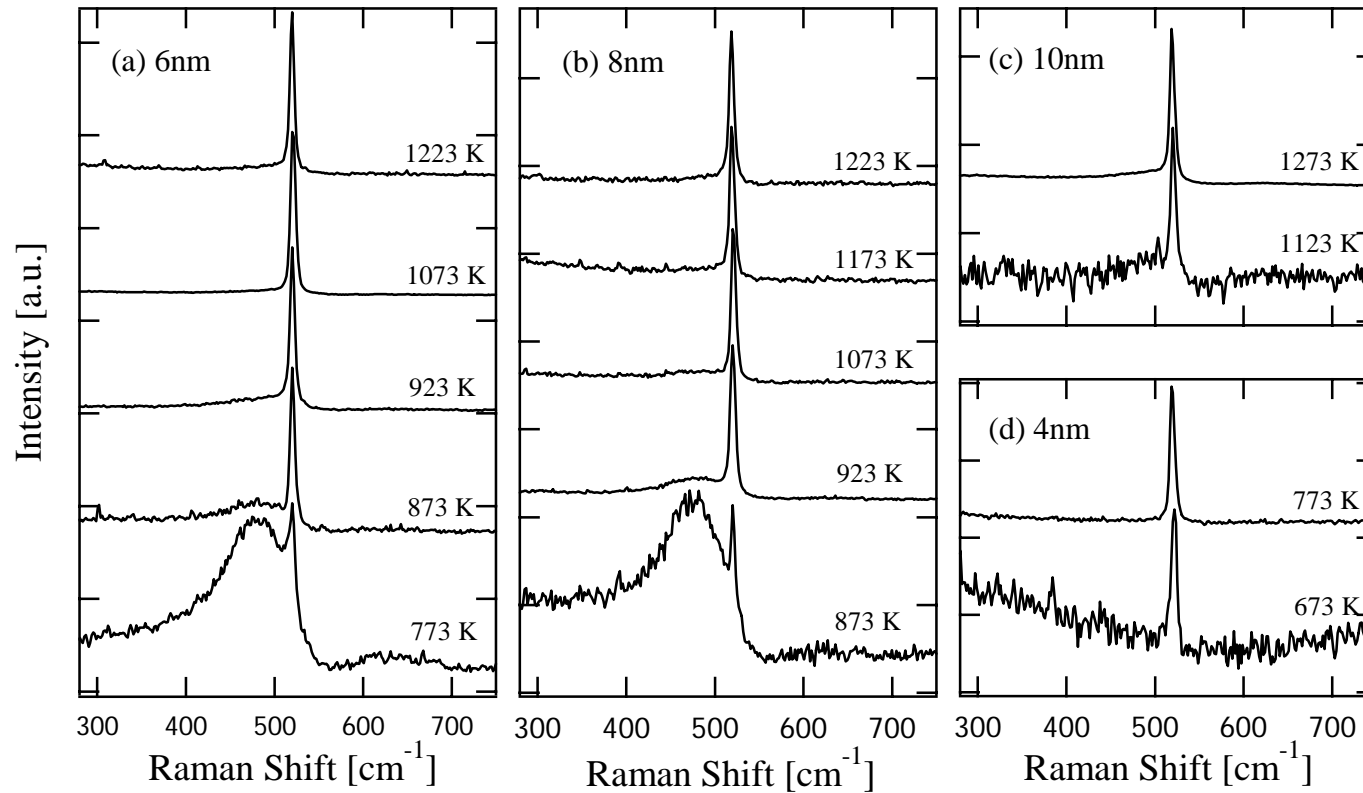
Raman散乱概念図

- ・ナノ粒子集合体のマクロな評価が可能 (TEMは局地的な情報)
- ・XRDと比較して少量のサンプルで測定が可能

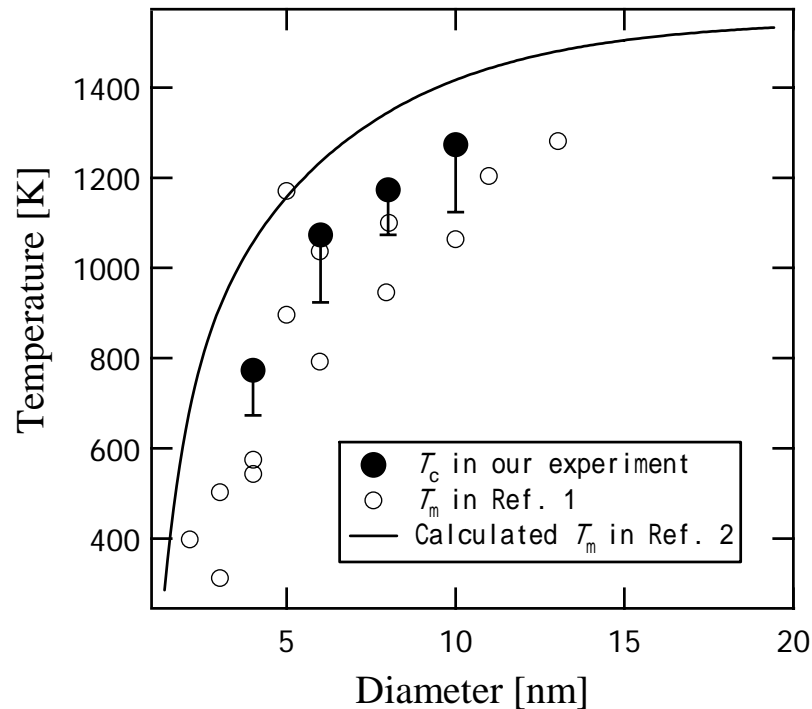


Siナノ粒子のRaman散乱
- 気相中アニール温度依存性 -

- Siナノ粒子Raman散乱スペクトルの粒径依存性 -



- 結晶化温度の粒径依存性 -



不活性ガスに浮かんだ状態
での結晶化

表面酸化膜の影響なし
基板の影響なし



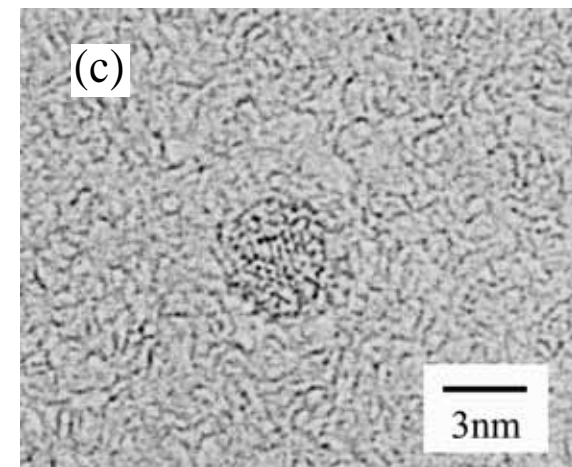
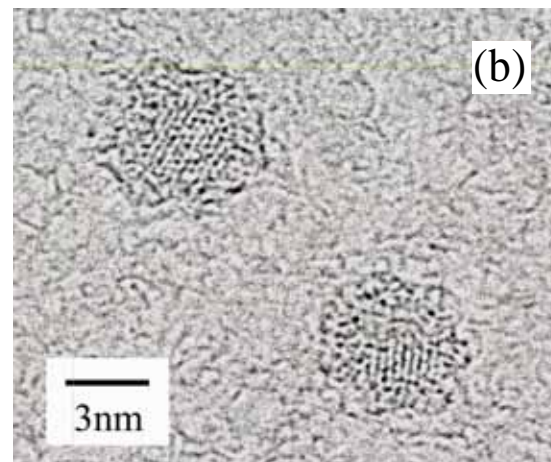
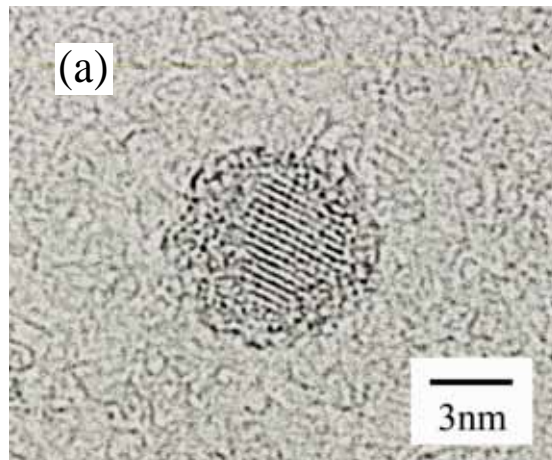
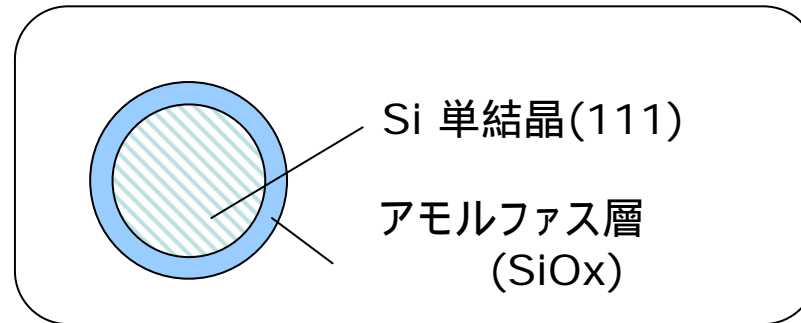
純粋な状態でのSi粒子結晶化温度の
粒径依存を実験的に求めた最初の例

M. Hirasawa, Appl. Phys. Lett. **88**, 093119 (2006)
Virtual Journal of Nanoscale Sci. & Technol.

Siナノ粒子結晶化温度の粒径依存性

- 1) A. N. Goldstein, Appl. Phys. A **62**, 33 (1996).
- 2) M. Wautelet, J. Phys. D: Appl. Phys. **24**, 343 (1991).

- HRTEMによるSiナノ粒子微細構造観察 -

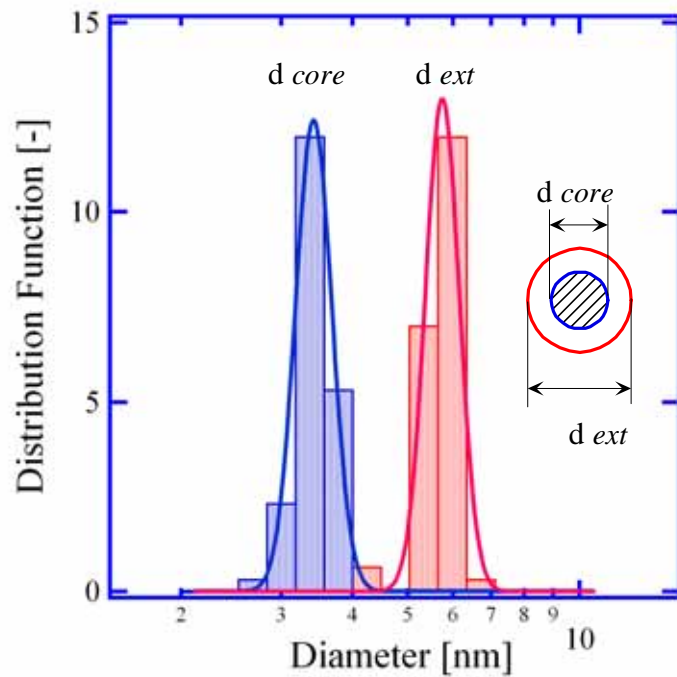


Siナノ粒子のHRTEM像

(a) 6nm, (b) 4nm, (c) 3nm分級

- Si/SiO_x コア・シェル粒子の構造 -

外径・内径ともに均一性高い



各分級条件における平均粒径

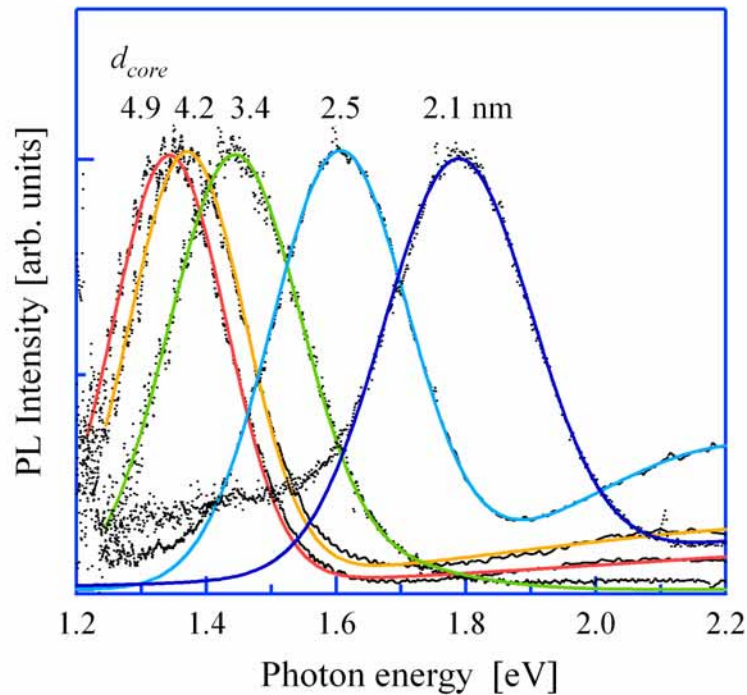
Dp-DMA (nm)	6	5	4	3.5	3
Dp-TEM (nm)	6.9	6.4	5.7	4.7	4.3
Dcore (nm)	4.9	4.2	3.4	2.5	2.1

酸化膜厚みは微粒子の粒径によらず1nmで
ほぼ一定

コア・シェル粒子のサイズ分布 - 4nm分級 -

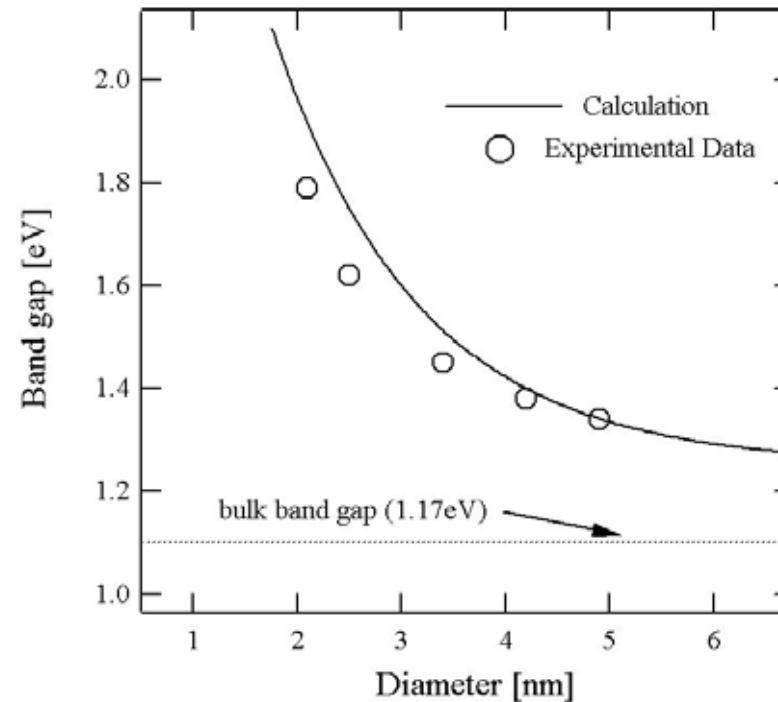
- Siナノ粒子の発光特性 -

粒径に依存した発光波長のブルーシフトを観察



Siナノ粒子PLの結晶径依存性

Siナノ粒子からの発光が
量子サイズ効果由来であることを実証



光学的バンドギャップの粒径依存

Appl. Phys. Lett. **83**, 3395 (2003)

- まとめ -

- ・希ガス中でのレーザーアブレーションとDMAによるサイズ選別により単分散(幾何標準偏差1.1程度) Siナノ粒子の作製に成功
- ・表面酸化膜や基板の影響を受けない理想的な条件での Siナノ粒子結晶化温度の粒径依存性を実験的に求めた
- ・Siナノ粒子からの量子サイズ効果由来の発光を観測
(サイズ均一性を反映し半値幅が狭く、ブルーシフトは0.7 eV)

Thank you for your attention !

今年もやります！

産総研オープンラボ

2009年10月15日(木) ~ 16日(金)

@ 産総研つくばセンター

是非ご来場下さい