

①素材革新を機軸とした超低消費電力情報デバイス・ナノシステムの開発(検討中)

従来のシリコンデバイスによる微細化・集積化が限界を迎える中、二次元機能性原子薄膜等の**新材料の創出・適用可能性の追求**や、**新原理・新構造の論理素子/記憶素子の開発**等を通じ、**超低消費電力情報デバイスの実現**に資する革新的なシーズを創出し、将来のエレクトロニクス産業の基盤を確立する

なぜ**低消費電力**が大きな問題となっているのか？

情報通信機器が処理する情報量は年々**指数関数的に増大**
→エレクトロニクスデバイスの微細化・集積化が今後も必須の流れ

微細化の物理限界や、**微細化による特性のばらつき**の増大、**集積化に伴う素子の消費電力の増大**が、大きな課題

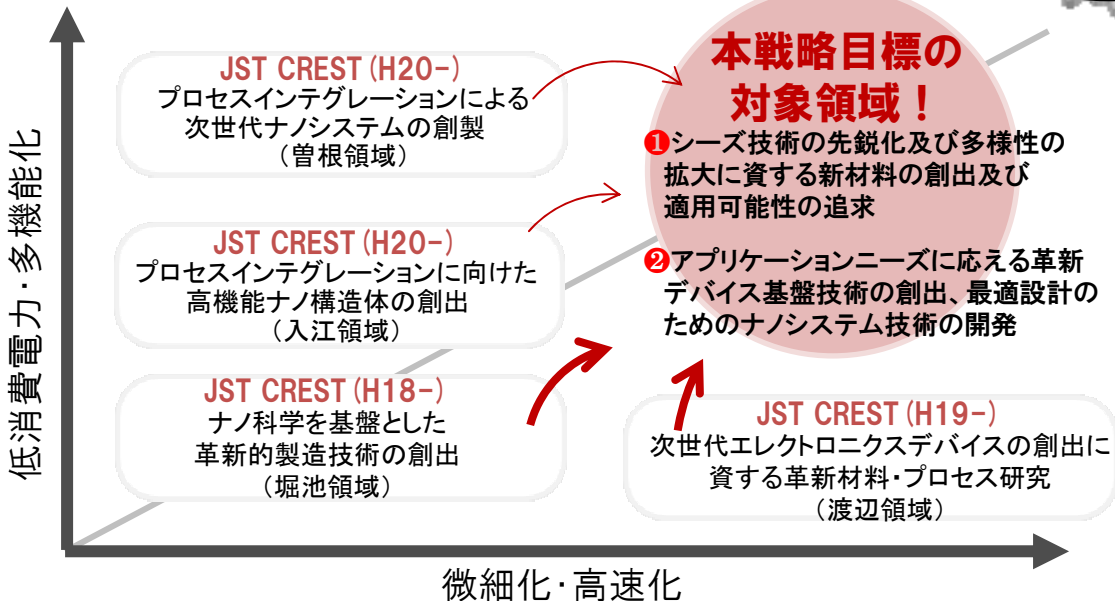
→我が国が誇る世界レベルの材料科学と半導体で培われた微細加工技術などの優れた技術シーズを駆使し、革新的なデバイスを実現

社会・産業への影響

研究開発が進展することで、大幅な低消費電力化、小型化、新機能を有するデバイスが実現し、ビックデータ時代に不可欠な**省エネシステム**を達成するとともに、エレクトロニクス産業等の**競争力強化**を実現

→発熱を極限まで抑えたデバイスの創成に加え、驚異的な計算速度のコンピュータを実現！

過去の戦略目標との関係



新原理・新構造素子の開発
革新的材料の適用可能性追求

**二次元機能性
原子薄膜** 等

- グラフェン
- 窒化ホウ素
- シリセン
- 無機ナノシート

本戦略目標がもたらす**未来**

持続可能な高度情報社会

あらゆる情報通信端末、情報デバイス等の超低消費電力化を実現



真のユビキタス社会

超低消費電力デバイスを搭載したエレクトロニクスシステムを実現

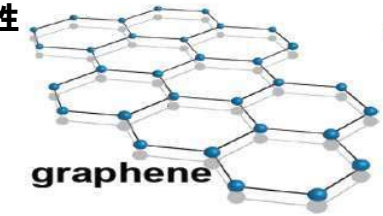


(素材革新の例) **二次元機能性原子薄膜の特性**

二次元性という構造の単純性や独特の対象性により、三次元的物質と比べて**特異な性質**を示す

→導電性、柔軟性、透明性、高強度、高耐熱など、極限薄膜特有の優れた物性を有し、エレクトロニクス分野での利用が期待！

従来の三次元薄膜とは異なる**特性/材料/構造**によって、**新たな機能**や従来膜の特性を凌駕する機能を発現させ、**革新的デバイス開発の可能性**



宇宙で最も薄く、最も強靱な、最も導電性に優れた材料

我が国の強み・弱みを踏まえた今取り組むべき理由

ナノエレクトロニクスでは日本は総じて高い水準にあるが、これらの研究を世界のアクティビティの中で見たときの日本の位置は**必ずしも楽観できるものではない**。特にナノエレクトロニクスを牽引するナノCMOS 技術においては、世界的に研究開発の拠点化とアライアンス化が進むなか、**日本メーカーの研究開発アクティビティは大幅に低下**しており、さらに昨今の公的な研究開発投資低減の流れのもとで、**アカデミアの基礎研究・開発も他国に遅れ**をとっているのが現状である。今後、**長期的観点に立ってこれらの技術を育てていかなければ、やがては韓国あるいは中国に追い抜かれることは間違いない**。

【出典】「ナノテクノロジー・材料分野 科学技術・研究開発の国際比較2011年版」(独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター)

②原子・分子オーダーでの貯蔵・輸送・分離を可能とする空間・空隙構造制御による新機能物質創造(検討中)

物質中における、ナノメートルレベルの「空間空隙」の形状・寸法・次元及び配列などの構造を設計・制御して、そのもととなる物質が本来持ち得なかった高い物質機能を創出し、通常の方法では解決できない資源、エネルギー等の諸課題を解決

なぜ空間空隙材料に着目するのか？

通常の方法では解決できない資源、エネルギー等の諸課題の解決に資することが可能

「界面」「表面」といった概念から歴史的に一步進んだ「空間空隙」を舞台とする新しい概念を提唱

基盤技術の確立に向け、基礎から応用段階までの異分野融合が促進され、国の総合力の発揮が期待



空間・空隙制御材料の研究動向

ナノポーラス・メソポーラス材料(空間空隙制御材料)の研究開発としては、ゼオライト、メソポーラス材料、PCP/MOF(多孔配位高分子)の三材料が主要な材料群となっている。2009年及び2010年に発表された論文数を比較すると、いずれの分野も中国の勢いが顕著であり、今後も中国の伸張は続くと思われる。産業応用に関しては、メソポーラス材料及びPCP/MOFは欧州が一步リードしているが、ようやく量産化体勢が整った状況にある。

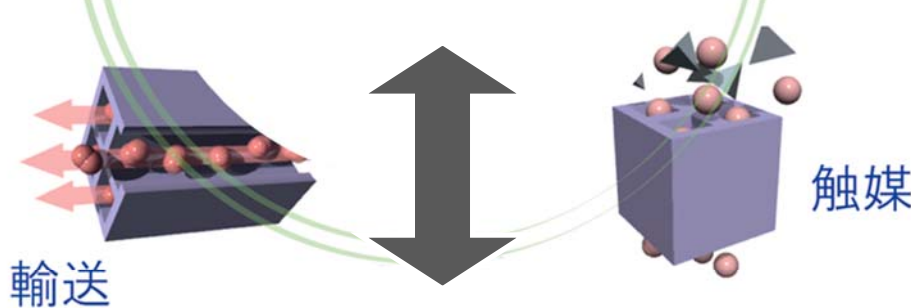
【出典】「ナノテクノロジー・材料分野 科学技術・研究開発の国際比較2011年版」(独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター)

空間空隙制御材料とは 物質・材料を構成する元素間結合の「すき間」の形状・寸法・次元及び配列などの構造制御によって、バルク材料にはない新機能を発現する材料。



如何に空間や空隙(カゴ)を活用し、新機能を創発させるか？

- ①空間空隙制御材料における構造及び相互作用の設計と機能発現
- ②設計に則った空間空隙構造を持つバルク材料の合成技術の創成
- ③空間空隙制御材料における物質的諸現象の観測・解析技術



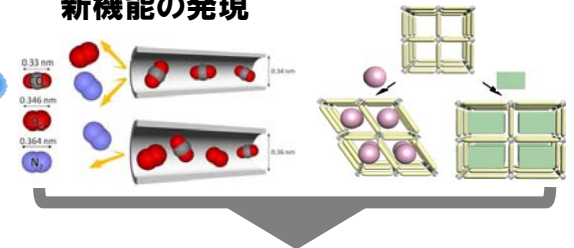
「元素戦略」や「分子技術」等、既存事業との関係

如何に原子を制御して新機能を創発させるか？

これは「元素戦略」や「分子技術」のアプローチ方法であり、本戦略目標はこれらと相互補完の関係にある。最終的にこれら事業との研究成果が相乗効果を生み、我が国の材料戦略において世界的に優位な立場に引き上げる！

基盤技術の確立に向けた達成課題

- ①原子・分子レベルでの選択的物質貯蔵・捕獲・輸送を可能とするナノスケールの空間空隙制御材料の創成
- ②空間空隙の形状・寸法・次元及び配列等の制御による革新的高エネルギー変換材料の創成
- ③ホスト/ゲスト型空間空隙構造における骨格組成・内包因子の多様化による新機能の発現



空間・空隙制御による機能材料例

- ・物質貯蔵・捕獲・輸送材料
ガス吸蔵/フィルタ/センサー/DDS等
- ・エネルギー変換材料
光電変換/電気化学変換/熱電変換等
- ・電気・磁気材料
誘電体/半導体/磁性体/超伝導等
- ・構造材料
軽量/高強度/高耐久材料等

