

**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・次元および配列などの構造をナノ～マイクロメートルで制御することによって、バルク材料にはない新機能を発現する材料。構造、機能、相互作用を検討し、それらを組織化して新機能を創出、革新的機能材料を開発する。分離、吸着、触媒、貯蔵、イオン伝導、エネルギー変換などの機能を発揮させる。

機能・物性は構成**元素**と**構造**(結晶系、アモルファス)でほぼ決まる。

バルク材料

ナノスケールで「すき間」の制御

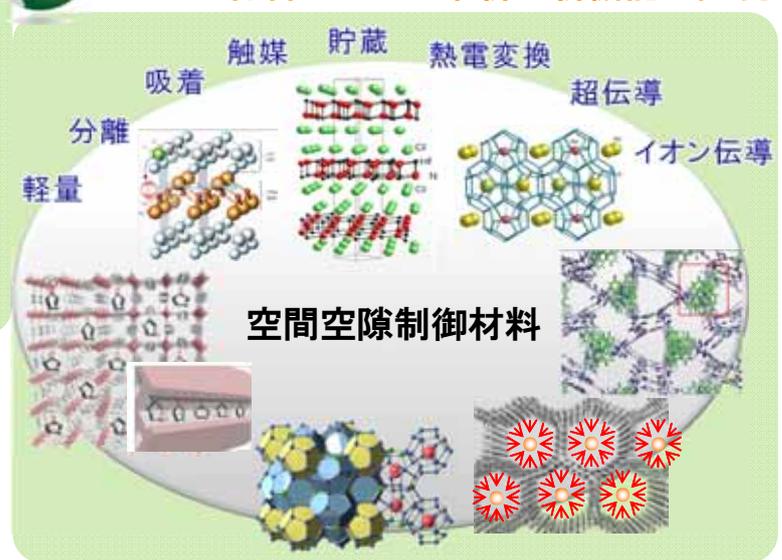
ナノテクの進展で制御が可能に!

元素戦略を補完する戦略

- ・**エネルギー変換**: 光電、電気化学、熱電、摩擦
- ・**超伝導**: エレクトロニクス、電力貯蔵、送電
- ・**物質貯蔵**: 触媒、吸着、捕獲、輸送、電極材料
- ・**反応・合成**: 触媒(MOF)、反応場
- ・**構造材料**: 軽量、高強度、高耐久、断熱
- ・**分離**: レアメタルやガス、液体の分離・吸着技術

環境・資源・エネルギー分野に強み

**“バルク材料にはない革新的新機能の発現”**



空間空隙制御材料

・CRDS戦略プロポーザル: 空間空隙制御材料の設計利用技術 ～異分野融合による持続可能社会への貢献～ (平成22年3月発行)  
<http://crds.jst.go.jp/domains/nanotech/201003010007>

・CRDS WS報告書: 科学技術未来戦略ワークショップ「空間空隙制御・利用技術」(平成21年10月開催)  
<http://crds.jst.go.jp/domains/nanotech/201002010001>

## 研究開発課題(3つの柱)

### A: 空間空隙制御材料の設計と合成

(A-1) 空間空隙制御材料における構造および相互作用の設計と機能発現

(A-2) 空間空隙構造を有する物質の新規合成技術開拓

### B: 空間空隙インプリメンテーション技術

ナノからマクロへの規模拡大、高強度化、高速合成、低コスト化、量産化への道筋

### C: 共通基盤技術

(C-1) 空間空隙制御材料における物理的諸現象(分離・物質輸送・貯蔵及び物質・エネルギー変換等)の観測・解析技術

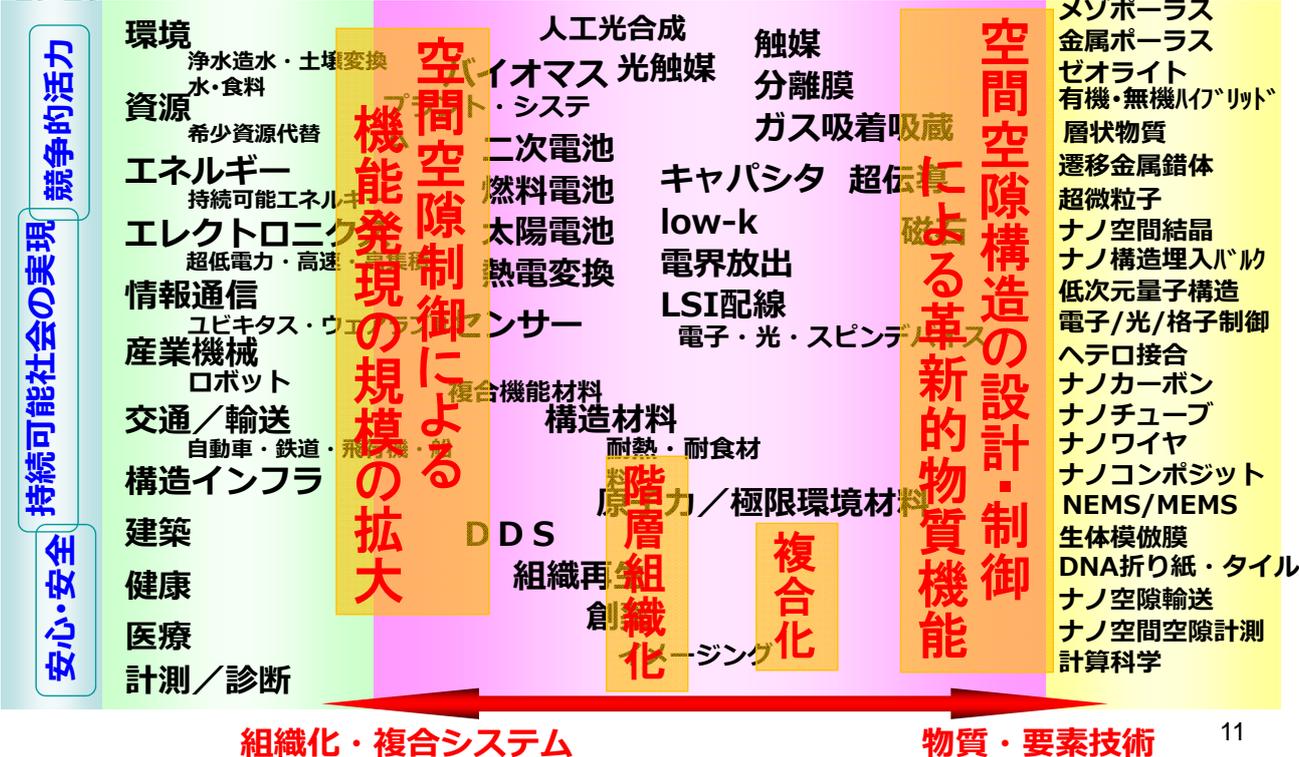
(C-2) 計算機シミュレーション及びマルチスケール・モデリングによる空間空隙構造の合成プロセスおよび構造と機能の設計・解析技術

未来社会  
ビジョン

社会ニーズ

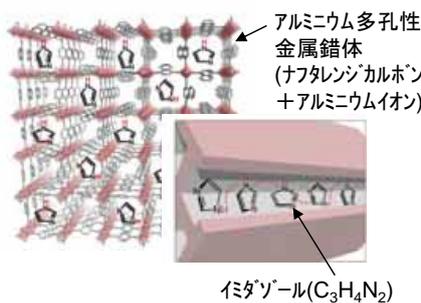
戦略的研究領域

技術シーズ

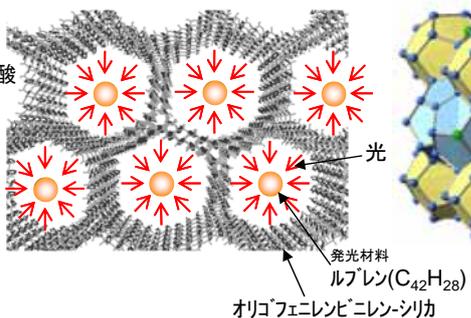


## 物質中の微細な空間・空隙構造を制御した材料の設計・利用技術

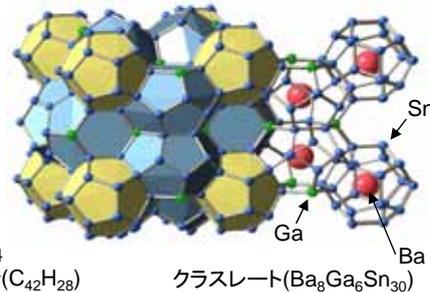
ナノスケールの微細スペース(空間空隙)の構造、機能、相互作用を検討し、それらを組織化して新機能創出を創出し、革新的機能材料開発等に資する



**例1**  
空間空隙を制御して**高イオン伝導機能**を創出。燃料電池の固体電解質に有望。



**例2**  
空間空隙壁を制御して**光捕集機能**を創出。

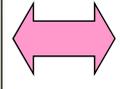


**例3**  
空間空隙中のゲスト原子の運動を制御して**熱電変換機能**を創出。排熱を電気に変換。

### <想定される目標機能例……空間空隙制御ならではの超高機能>

- 【変換・輸送】→誘電率の低減 (誘電率1.5以下の材料)
- 【透過・分離】→超高伝導度固体リチウム伝導体 (リチウムイオン伝導度 $10^{-2}$  S/cm以上の実現)
- 【吸着・吸蔵】→水素・ $CO_2$ 吸蔵 (室温で4重量%以上の水素吸蔵)
- 【光・電磁波制御】→光閉じこめ (閉じこめ時間1,000ナノ秒以上)
- 【低密度化・高剛性化】→超高強度・超軽量(チタン合金に対して強度2倍、靱性2倍、重量2/3など)

# 社会ニーズに対応する空間空隙制御材料の関係



出口分野	機能	用途	空間空隙制御材料	
持続可能社会・生物多様性	物質変換	触媒	有機無機合成 酸化・還元	ゼオライト メソポーラス
	物質貯蔵・捕獲	吸着・吸蔵	水素吸蔵 CO2吸蔵 除湿・乾燥剤 ドラッグ・デリバリーシステム (DDS)	規則性多孔ポリマー(PCP) 有機/無機フレームワーク (MOF), 遷移金属錯体 デンドリマー メソポーラス 層状粘土 規則化層状グラフェン ナノチューブ
			イオン交換	海水淡水化, イオン濃度調整
	分子認識	創薬, センサー	メソポーラス	
安心・安全	物質輸送	選択分離	フィルタ 希薄ガス濃縮	ゼオライト, 高分子
		エネルギー変換	光電変換	太陽電池
	光合成	人工光合成	メソポーラス	
	電気化学変換	二次電池, 燃料電池, 固体電解質	メソポーラス	
	熱電変換	熱電変換素子	スクッテルダイト, クラスレート, 超格子, LAST	
摩擦熱変換	免震・制震ダンパーゴム, オイル	潤滑性分子		
国際競争力・公権力	電気・磁気的 material 機能	誘電体 導体, 半導体 磁性体 超伝導	誘電体 (Low-k), 光捕集アンテナ 電界電子放出 スピン素子	メソポーラス, ポーラス, 有機無機ハイブリッド 磁性ゼオライト C12A7
	構造材料機能	低密度・高剛性固体	軽量, 高強度, 高耐久材料	発泡性ポーラス金属 コンポジット

## 物質の空間空隙制御により持続可能社会に貢献する革新的材料の設計・利用基盤技術の創出

