

ナノテクノロジー・材料分野技術マップの論点

◎取り組み空白部(斜線)は国家としてR&D投資の必要がないのか

◎10～20年分野の空白は活動がないだけか、ビジョンも欠如しているか

◎社会基盤・フロンティア目的の研究がほとんど無い

ナノテク・材料技術マップ(分野別割り振り)

大分類	中分類	小分類	10～20年	5～10年	製造・個別技術	計測・基盤技術	材料技術
情報通信	情報記録	磁気記録		高密度磁気記録技術の開発			高密度磁気記録技術の開発
		光記録	高密度光記録技術の開発	高密度光記録技術の開発			高密度光記録技術の開発
		その他	高密度光記録技術の開発	高密度光記録技術の開発			高密度光記録技術の開発
	半導体集積回路						
	新原理デバイス	量子コンピュータ					
		分子デバイス					
		その他 新規デバイス					
	ネットワーク	通信用電子デバイス					
		光通信					
		量子通信					
環境・エネルギー	環境	有害物質対策・環境化防止					
		循環型社会					
		新エネルギー					
	エネルギー	省エネルギー					
	ライフサイエンス	ナノ医療器具					
		ナノ生体材料					
		ナノバイオロジ					
社会基盤・フロンティア	防災						
	その他						
	宇宙・海洋						

小規模研究のみで大丈夫か

20年後の実用化のための5～10年のマイルストーンが欠如している可能性あり

製造技術は産業界任せでよいのか

製造技術は産業界任せでよいのか

長期的取り組み欠如の理由は何か

長期的取り組み欠如の理由は何か

製造技術は産業界任せでよいのか

小規模研究のみで大丈夫か

社会的基盤・フロンティア目的の研究がほとんど無い

研究テーマの重複：重複が疑われるテーマ間では研究者（若しくは評価者）が類似テーマと競争的關係にあることを示すべき

重複の可能性があるテーマ例

カーボンナノチューブ

分類	研究課題	予算
機能材料	先進エネルギーデバイス用ナノカーボンの基礎科学と応用 (未来開拓学術研究推進事業)	1.13
	炭素系高機能材料の開発 (経済省 フロンティアカーボンテクノロジー (H10～14))	12.84
	炭素材料中への機能性ナノ及びミクロスペースの創成 (未来開拓学術研究推進事業)	0.52
	フラレン・ナノチューブなどナノメーター人工物質の探索と物性 (未来開拓「次世代人工物質・材料の探査的研究」)	0.55
	フラレン・ナノチューブネットワーク (科学研究費補助金(特定))	3.44
新エネルギー	ナノチューブ状物質 (国際共同研究事業)	2.06
	新炭素物質創製プロセス (未来開拓学術研究推進事業「高度プロセス」)	1.04

光計測・加工

計測技術	フェムト秒テクノロジー (経済省 新規産業創出 (H7～H16))	16.6
	大津：局在フォトン (創造科学技術推進制度)	3.69
加工技術	フォトンによるナノ計測加工技術 (経済省 新規産業創出型産業科学技術開発制度 (H9～13))	12
	光ビームによる機能性材料加工創成技術開発 (文部科学省)	4.66
	ナノ構造創成のための光メカトロニクス (科学研究費補助金(特定))	1.16
	高密度フォトン産業基盤技術開発 (文部科学省)	4.66

新デバイス

分類	研究課題	予算
新デバイス	ホルテックス・エレクトロニクス (科学研究費補助金(特定))	1.68
	量子ドット網構造半導体の研究 (未来開拓「次世代人工物質・材料の探査的研究」)	0.73
	電子・光子等の機能制御 (戦略的基礎研究推進制度)	21.09
	模茶：多体相関場 (創造科学技術推進制度)	4.05
	特異な非局在電子系の創出 (科学研究費補助金(特定))	2.22
	量子効果等の物理現象 (戦略的基礎研究推進制度)	10.23
	人工微小構造制御によるスピン依存物性と新機能性材料 (未来開拓「次世代人工物質・材料の探査的研究」)	0.77
	局在電子構造に基づいた新しい材料機能創出技術の構築 (科学研究費補助金(特定))	1.65

光通信

光通信	小池：フォトリソリマー (創造科学技術推進制度)	4.94
	超ヘテロ構造によるフォトリソ材料の探索 (未来開拓「次世代人工物質・材料の探査的研究」)	0.68
	光IC用の新しい機能発現材料・構造の開拓 (未来開拓「次世代人工物質・材料の探査的研究」)	0.77
	広いスペクトルに対応する光デバイス新素材の探索 (未来開拓「次世代人工物質・材料の探査的研究」)	0.74
	超並列光エレクトロニクス (科学研究費補助金COE)	1
	新規な光物性を持つサブナノ集合体の開発 (未来開拓「光科学」)	0.85

半導体・新デバイス：ロードマップを先取りする半導体開発と半導体ロードマップを補完する新デバイス開発が必要

半導体集積回路・新原理デバイス関連領域

中分類	小分類	10～20年	5～10年	製造・個別技術
半導体集積回路		超高密度論理演算デバイス材料の探索 (10nm角程度のデバイスの開発。)	次世代半導体デバイスプロセス技術開発 (経済省 情報通信基礎高度化プログラム(H13～H19) 微小領域 製造・集積・デバイス技術の開発 50・35nm CMOS世代技術の開発 (計測・光源・露光装置・マスク・レジスト・エッチ技術開発))	超微細リソグラフィ技術の開発 (25・18・13nm級リソグラフィ技術。技術要素は光源技術、露光装置技術、レジスト技術、エッチ技術の確立とその応用 (単原子精度での不純物添加技術の確立))
		次世代ULSI用薄膜材料の開発とナノスケールプロセス (未来開拓学術研究推進事業)	70nm級→50nm級→… プロセス開発のロードマップを先取りする研究開発の実施が必要	半導体ナノ表面加工技術開発 (半導体表面をナノ精度で加工する技術。リソ、直接描画等)
新原理デバイス		ナノメータ・デバイス対応のSOIウエハーに対する極限評価技術の開発 (未来開拓)		低温プラズマの大面积・高密度化生成と制御、及びその工業化への応用 (未来開拓「次世代プロセス」)
	量子コンピュータ	半導体技術の集積限界到達年予測より現半導体代替の新原理デバイス実用化必要年を推定	新原理デバイス実用化必要年をもとに新原理デバイスのロードマップ及び、マイルストーンを策定	高次制御ナノスコピック電子材料の熱プラズマ超高速クラスター成膜法創成 (未来開拓)
	分子デバイス	超量子相関エレクトロニクス (シリコン量子ドットによるエレクトロニクス) (分子DNA・タンパク質デバイス研究) (DNAを用いた分子デバイス・集積回路) (原子・単一分子スケールデバイスの開発) (分子間相互作用制御による電気光デバイスの動作原理開発) (カーボンナノチューブエレクトロニクス) (CNTを用いたナノサイズエレクトロニクス) (分子ハーモニック構造の構築と電磁波制御デバイスの研究 (総務省)) 高度情報通信のための新機能分子材料の研究 (総務省) 有機導体における伝導機構の制御と新機能性材料の設計開発 (未来開拓「次世代人工物質・材料の探索的研究」)		クラスターイオンビームテクノロジー (経済省 新規産業創出(H12～H16))
新原理デバイス	その他新規デバイス	SFQ(単磁束量子)デバイス (SFQゲートによるコンピュータ素子開発) スピンエレクトロニクス技術 (スピン量子制御による演算。磁性半導体デバイス) ポルテックス・エレクトロニクス (科学研究費補助金(特定)) 量子ドット網構造半導体の研究 (未来開拓「次世代人工物質・材料の探索的研究」) 電子・光子等の機能制御 (戦略的基礎研究推進制度) 複素・多体相関場 (創造科学技術推進制度) 特異な非局在電子系の創出 (科学研究費補助金(特定)) 量子効果等の物理現象 (戦略的基礎研究推進制度) 人工微小構造制御によるスピン依存物性と新機能性材料 (未来開拓「次世代人工物質・材料の探索的研究」) 局在電子構造に基づいた新しい材料機能創出技術の構築 (科学研究費補助金(特定))	マイルストーンとの対比により、研究の進捗状況进行评估	超精密半導体計測技術開発 (文部科学省)
				単量子操作研究 (任意の原子を操作できるシステムの開発・文科省理研) 原子・分子極限操作技術 (経済省新規産業創出 原子・分子極限操作技術(H4～13)) 量子ドット・細線の形状の完全制御 (無欠陥量子ドット・細線の作製技術開発) 新しい情報処理プラットフォームのためのアクティブ原子配線網に関する研究 (科学研究費補助金(特定)) 導電性及び半導体性ナノワイヤー技術の創成 (量子細線の作製技術開発) ナノデバイスインターコネクト技術 (ナノ構造間の接続技術開発) 分子複合体の構築と機能 (戦略的基礎研究推進制度) 100 nm-原子分子領域橋渡し加工技術・材料の開発 (ナノ構造から通常のデバイスへの接続技術開発) 局所状態密度高精度可視化 (局所電子状態(密度、スピン)可視化(電顕等)技術開発) 原子分子のナノ力学・フォースプローブ法による原子分子の力学的分岐と制御 (科学研究費補助金(特定)) 高次機能調和材料創成の原子・分子プロセスング (科学研究費補助金COE) 新光・電子デバイス技術基盤の確立 (文部科学省)

ネットワーク:情報通信分野主要技術ロードマップに合わせた修正が必要

ネットワーク関連領域

中分類	小分類	10年～20年	5年～10年	製造・個別技術
ネットワーク	通信用電子デバイス	超高周波素子用材料 (1THz級素子作製技術) 電子波デバイス用材料 (電子波の波長と位相を制御する1nm級超格子開発) 人工IV族半導体の物性制御と超高速光・電子デバイスへの応用 (科学研究費補助金)	超高周波電子デバイス (テラヘルツ級動作素子開発) 光技術と電子デバイスの対応が大丈夫か	
	光通信	超高速全光スイッチの開発 (非線形光学効果を利用した全光スイッチ開発) 光スイッチングデバイス用材料 (ナノ粒子(10nm以下)利用ピコ秒動作光スイッチ技術) 光通信に要求されるロードマップとの摺り合わせが必要	高速情報処理通信用光素子開発 (半導体レーザー、光増幅器などのシステム) テラヘルツ光エレクトロニクス (テラヘルツ光エレクトロニクス素子開発) 情報通信分野主要技術ロードマップとの比較で10年～20年目標研究の前倒しが必要	レーザー高性能化(波長域、閾値、波長純度、速度) (上記分野における性能向上) ナノ結晶材料のフェムト秒時間応答計測・評価 (測定計の高感度化によりナノ領域の測定を可能とする) 計測基礎技術に輸入品依存部分があることを意識すべき(測定用フェムト秒レーザーなどは輸入品が優勢。基礎科学機器を外国製に頼っていて大丈夫か)
	量子通信	ナノ構造を用いた量子暗号技術 量子通信技術の研究開発 (総務省)	光通信の技術要素とマイルストーンの明確化が必要 量子暗号・量子通信の基礎技術のマイルストーンが不明確	

環境・エネルギー：分野に対応する目的指向型研究開発が不十分

環境・エネルギー関連領域

中分類	小分類	10年～20年	5年～10年	製造・個別技術
環境	有害物質対策	ナノテクによる有害物質検出・除去及び二酸化炭素固定等の研究計画が不足		独創的光材料の開発による環境技術の創生 (JST地域共同研究等促進費) 環境分子科学研究費 (文部科学省) 極微量金属イオン注入制御による超機能耐環境材料の研究開発 (経済省産技局)
	温暖化防止			
エネルギー	循環型社会	水分子クラスターの化学反応 (ナノサイズ水クラスターの構造制御で、高効率反応などを実現) 精密高分子の制御技術 (経済省NEDO H13～H20) 酵素活性種の分子論と反応制御 (科学研究費補助金(特定)) 単一分子・原子レベルの反応制御 (戦略的基礎研究推進制度) 物質設計と反応制御の分子物理化学 (科学研究費補助金(特定))	(材)非鉄金属素材リサイクル促進技術開発 (経済省プロジェクト) 高選択的有機合成プロセス (未来開拓学術研究推進事業「高度プロセスI」) 木質資源循環利用技術開発事業費 (農水省)	
	新エネルギー	新規な固体電解質材料の創製と応用 (未来開拓)次世代人工物質・材料 先進エネルギーデバイス用ナノカーボン (未来開拓学術研究推進事業)	要求される課題への対応がプロジェクトの一部でしかないため、製品への展開が進まないケースが多くないか	
エネルギー	省エネルギー	20年先まで見越した省エネルギー研究が不足	スーパーメタル (経済省 新規産業創出(H9～H13)) ナノコーティング技術の開発 (経済省NEDO H13～H18) ナノメタル創製プロセス技術 (経済省 NEDO H13～H18) (材)超低損失柱上トランス用材料の開発 (経済省プロジェクト) 超低損失電力素子技術開発 (経済省) 超電導電力応用技術 (経済省)	工業化・産業化技術が開発されていない危険性

ライフサイエンス：ブレークスルーをもたらす計測・製造技術開発が急務

ライフサイエンス関連領域

中分類	小分類	10～20年	5～10年	製造・個別技術
ナノ医療	ナノ医療器具		生体内で自律動作可能な医用インテリジェント磁気マイクロロボット開発のための総合的基礎研究（厚生労働省）	タンパク質多次元組織化技術（生5） （分子構造から目的に適応する高次構造を作製する技術）
	ナノ生体材料	10～20年先を展望した開発活動がなされていない	臨床医の （材）微粒（経済省） （材）グリ（経済省） インテリジ（機能性の） （材） 黒田：カイロモルフォロジー（創造科学技術推進制度）	1分子観察技術などのブレークスルーをもたらす技術開発の推進が必要 染色体（研究） （FIS） （農水省） 次世代磁気記録技術と脳医療応用技術開発（文部科学省）
ナノバイオロジ		応用分野の展開計画が不足 「リボゾーム工学」の構築と生物の潜在能力開発（科学技術振興調整費 解放融合研究） 難波：プロトニックナノマシン（創造科学技術推進制度） バイオミメティック材料のプロセッシングの開発（未来開拓学術研究推進事業） ナノラボラトリーオンチップの実現（化学ICの開発）	領域全体の発展が基本的な生命現象・生物機能の解明に依存する部分が大 る研究	極限精度バイオナノマニピュレーションの研究開発（未来開拓学術研究推進事業） マルチバイオブローブ研究費（文部科学賞） リアルタイム生体ナノマシン観測技術開発費（文部科学省） 生体超分子システム研究（文部科学省） パイオ・ミメティックコントロール研究（文部科学省） 生体の高次機能に関連したタンパク質の構造生物学研究（文部科学省）

社会基盤・フロンティア：分野に対応する目的指向研究開発が不十分

社会基盤・フロンティア関連領域

中分類	小分類	10年～20年	5年～10年	製造・個別技術
社会基盤	防災		船体の寿命評価技術に関する研究 (国土交通省) 高燃焼度使用済核燃料輸送における中性子遮蔽に関する研究	高度科学捜査における高輝度光科学の応用に関する研究 (警察庁・科学警察研究所) RIを利用したベニングトラップ型パルス陽電子源を用いた金属材料分析に関する研究 (警察庁・科学警察研究所)
	その他		パーメタル 省 新規産業創出(H9～H13)) タル創製プロセス技術 (経済産業省)	
フロンティア	宇宙			
	海洋			

社会基盤分野応用を目的とする研究が不足

目的指向型研究開発が不充

フロンティア分野応用を目的とする研究が不足

計測・加工：出口を明確に意識した技術開発が行われていないことが懸念される

計測技術・加工技術関連領域

計測手法の相互比較

社会的要請への対応

計測技術と加工技術の連携

計測・加工技術開発後の商業化プロセス

各種加工方法の適用範囲の検討と目的別加工技術の絞り込み

計測関連技術
ナノデバイスの形状計測技術・素子材料評価技術・計量標準の開発
ナノ領域での長さ、質量・力、熱・エネルギー、構造・機能等の計測技術・計量標準の開発
ナノ計測技術・計量標準の開発 (経済省 NEDO H13～H20)
サブナノ領域状態計測
分解能分析電子顕微鏡の開発とその応用 (分解能0.1nm以下の電顕開発)
細構造解析技術の開発 (分解能0.05nm、エネルギー分解能0.1eVの電顕開発)
静電環境・ナノ計測技術の開発 (サブナノVの計測が可能な環境の実現)
DNA・タンパク質ナノ構造解析技術 (高輝度X線(SR)の応用・走査プローブ顕微鏡、電子顕微鏡)
量子光学素子の開発と応用 (量子技術振興調整費知的基盤整備)
高度パルス中性子による局所スピン・原子構造とそのダイナミックスの研究 (科学研究費補助金(特定))
X線解析、レーザー関連研究 (日本原子力研究所)
強磁場中マルチプローブ顕微鏡の開発 (磁場中のプローブ顕微鏡と操作NMR、ESR顕微鏡開発)
ナノスケールラボ (電顕などを用いた状態変化のその場観察)
非線形ナノ光学 (フォトニック結晶や細胞内計測も含め微小領域の光学計測)
1分子観察のための近接場光学顕微鏡技術 (近接場を用いた1分子観察技術開発)
フェムト秒テクノロジー (経済省 新規産業創出 (H7～H16))
大津:局在フォトン (創造科学技術推進制度)
高輝度X線を用いた新しいイメージング技術の開発 (文部科学省)
界面のナノ構造ダイナミックスの観察・制御

加工関連技術
フォトンによるナノ計測加工技術 (経済省 新規産業創出型産業科学技術開発制度(H9～13))
3次元超微細造形技術の開発 (光重合による微小構造作製)
光ビームによる機能性材料加工創成技術開発 (文部科学省)
ナノ構造創成のための光メカトロニクス (科学研究費補助金(特定))
機能材料の三次元微細加工技術 (半導体以外の機能材料の加工精製)
超微細複雑加工技術
サブナノメートル電子線微細加工・解析技術の開発 (サブナノ領域の解析加工用電子線(電顕)システム開発)
マイクロ・ナノマシン製造用ナノ加工技術 (微細加工技術開発)
マイクロ・ナノマシン用強誘電体材料および微細化 (強誘電体微細加工技術。MEMSとEOデバイスが目的)
電子励起を用いた原子分子操作 (科学研究費補助金(特定))
低速単色量子ビームの開発 (重粒子による微細加工と陽電子による分析の線源開発)
ナノスケールデバイス設計に向けたデジタルファクトリの構築 (計算科学活用型特定研究開発推進事業)
高輝度電子源アレイと真空マイクロエレクトロニクスへの展開 (科学研究費補助金(特定))
長時間分子動力学計算のための新アルゴリズムの開発 (大規模分子動力学用ソフトウェア開発)
高度成薄膜技術に関する研究 (イオン注入装置を用いた素子微細加工)
完全表面の創成 (科学研究費COE)
有機・無機融合ナノ構造の制御 (無機-有機接合界面の制御)
光・粒子線励起による表面近傍構造の制御 (光・粒子線照射による表面改質等)
(非線形分光による界面状態研究)
高密度フォトン産業基盤技術開発 (文部科学省)

材料技術：金属・無機・有機をナノ領域で融合する研究が不充分

材料技術関連

機能材料ーナノチューブ関連 炭素系高機能材料の開発 (経済省 フロンティアカーボンテクノロジー (H10～14)) 炭素材料中への機能性ナノ及びミクロスペースの創成 (未来開拓学術研究推進事業) フラーレン・ナノチューブなどナノメーター人工物質の探索と物性 (未来開拓「次世代人工物質・材料の」) フラーレン・ナノチューブネットワーク (科学研究費補助金 (特定)) ナノチューブ状物質 (国際共同研究事業) 新炭素物質創製プロセス (未来開拓学術研究推進事業「高度プロセス」)	分子科学応用 バイオインスパイアードナノマテリアル(個) (生体をヒントに機能発現を行う材料開発) ナノ階層秩序ソフトマテリアル (フラクタル的な階層構造による機能を有する材料開発) 外場超高速応答ナノ分子システム (応答する分子設計と合成)
機能材料ー一般 ダイヤモンド薄膜を用いる光機能界面の基礎と応用 (未来開拓「次世代人工物質・材料の探査的研究」)	(科学研究費補助金 (特定)) 分子連鎖配列系のコヒーレント光化学反応とその制御 (科学研究費補助金 (特定))
シナジーセラミックス (経済省 新規産業創出 (H6～H15)) セラミックインテグレーション技術による研究 (科学技術振興調整費 総合研 強誘電体薄膜の複合構造制御による化 (未来開拓「次世代人工物質・材料の探査的研究」)	分子凝縮体表面の化学 (特定)) 異性の開発に関する共同研究 (ル表面・界面ダイナミックス)) を利用した液晶構造形成と機能発現 (特定))
井上：過冷却金属 (創造科学技術推進制度) ナノヘテロ金属材料の機能発現メカニズムの解明に基づく新金属材料創製に関する研究 (科学技術振興調整費 総合研究)	光操作による単一有機微粒子の光機能と反応の制御 (科学研究費補助金 (特定)) エッセンシャル反応研究費 (文部科学省 理研)
金属ナノ粒子新機能 (1万×1万の金属微粒子アレイの作 マイクロマシン用ナノ組織制御形状記 (形状記憶合金薄膜を用いたナノマシン	井上：光子応答 プロセス・構造形成 エレーション技術
知的基盤・コンビ (材)高機能材料設計プラットフォーム (大学連携型産業科学技術研究開発)	ナノ材料としての組織化 その合成と、その組織化技術開発)
材料技術の知識の構造化 (経済省 NEDO H13～H20) 量子力学的原子移動のためのシミュレーション技術 (～2005原理確立 ～2007 プログラム汎用化)	自己組織化の機構解明 (農水省 (予) 超分子構造形成過程の解析。論理素子応用等) 超分子自己組織化によるナノサイズ分子マシンの構築 (分子歯車の部品構築と自己組織化による構造形成) ナノサイズ粒子の自己組織化 (粒子の自己組織化により配列量子ドットなどの構築)

機能・用途に従った材料研究ではなく、異なった物質系のみを対象とした非融合的な材料研究が主流

目的を明確に定めないで、合理的な材料開発が本当に可能か

プロセス・構造形成・知的基盤と個別材料研究のバランスはとれているか