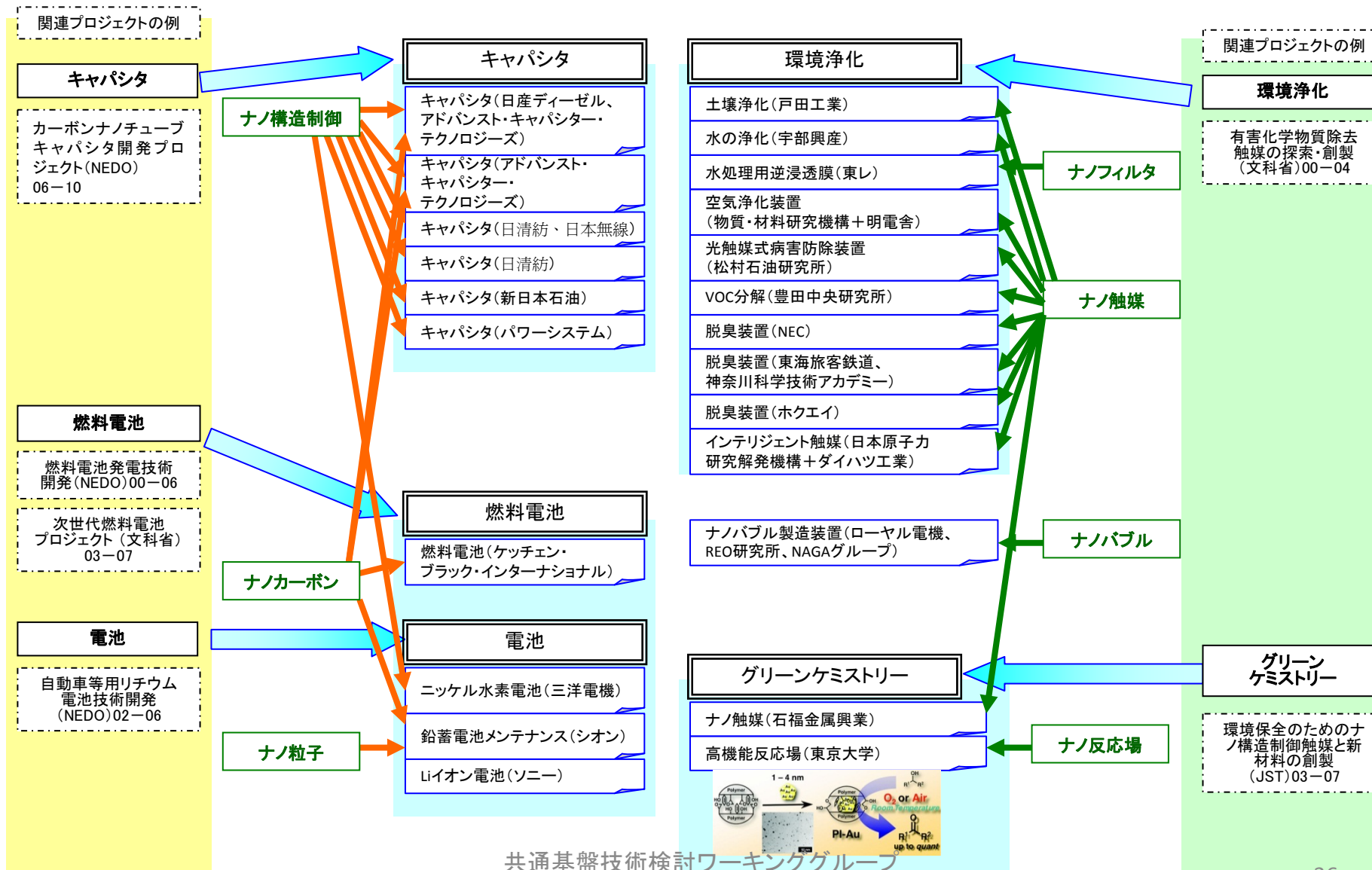


【参考6】 ナノテクノロジー・材料分野の研究開発の アウトプットに関する事例(1)

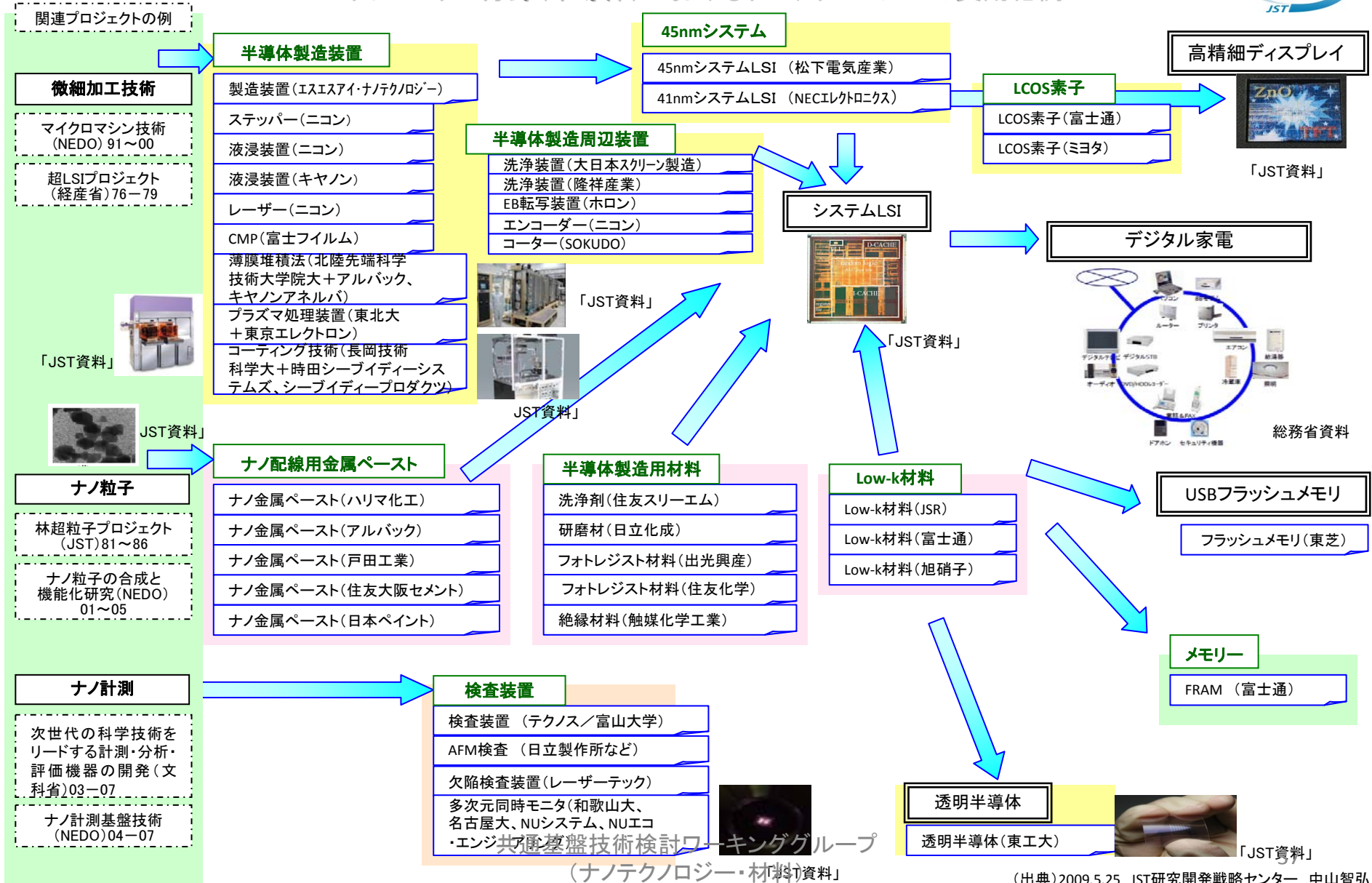


環境・エネルギー分野におけるナノテクノロジーの実用化例



【参考6】 ナノテクノロジー・材料分野の研究開発の アウトプットに関する事例(2)

エレクトロニクス分野(半導体)におけるナノテクノロジーの実用化例



(ナノテクノロジー・材料)資料

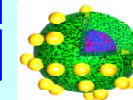
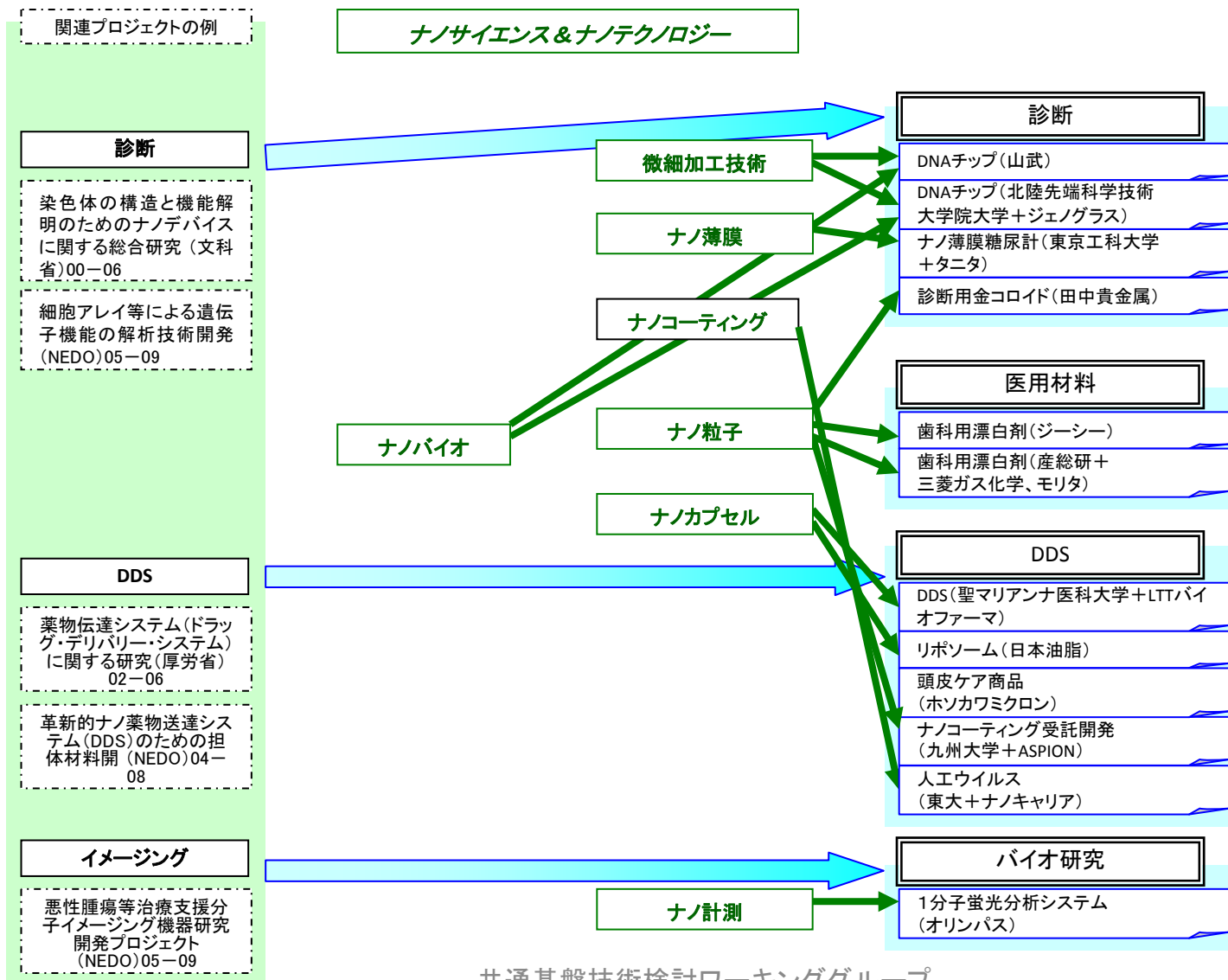
(出典)2009.5.25 JST研究開発戦略センター 中山智弘

「ナノテクノロジー・材料分野の研究開発のアウトプットに関する事例調査(中間報告)」

【参考6】 ナノテクノロジー・材料分野の研究開発の アウトプットに関する事例(3)



医療・バイオ分野におけるナノテクノロジーの実用化例



「東大・片岡教授 資料」

共通基盤技術検討ワーキンググループ

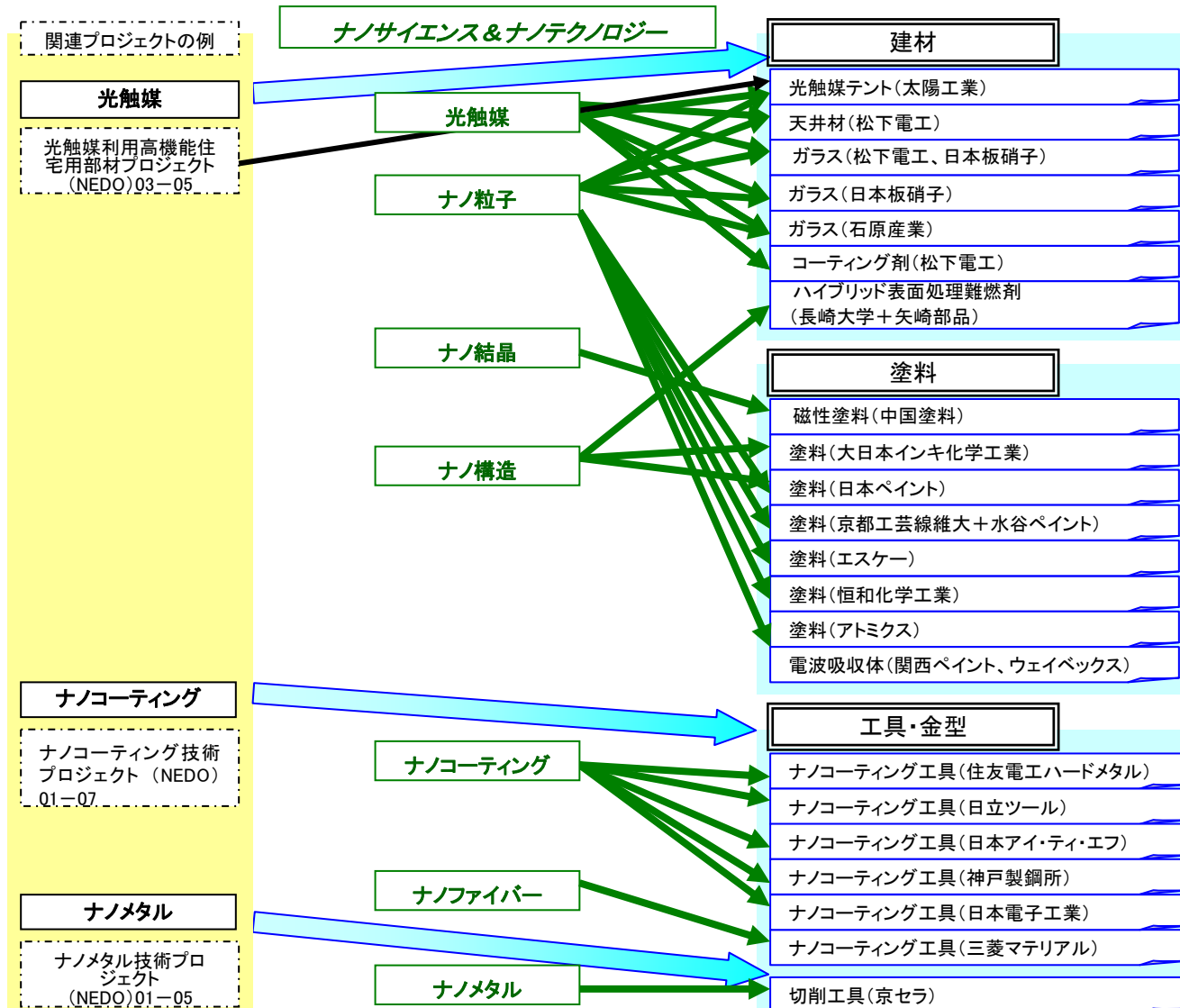
(出典) 2009.5.25 JST研究開発戦略センター 中山智弘

(ナノテクノロジー・材料) ナノテクノロジー・材料分野の研究開発のアウトプットに関する事例調査(中間報告)

【参考6】 ナノテクノロジー・材料分野の研究開発の アウトプットに関する事例(4)

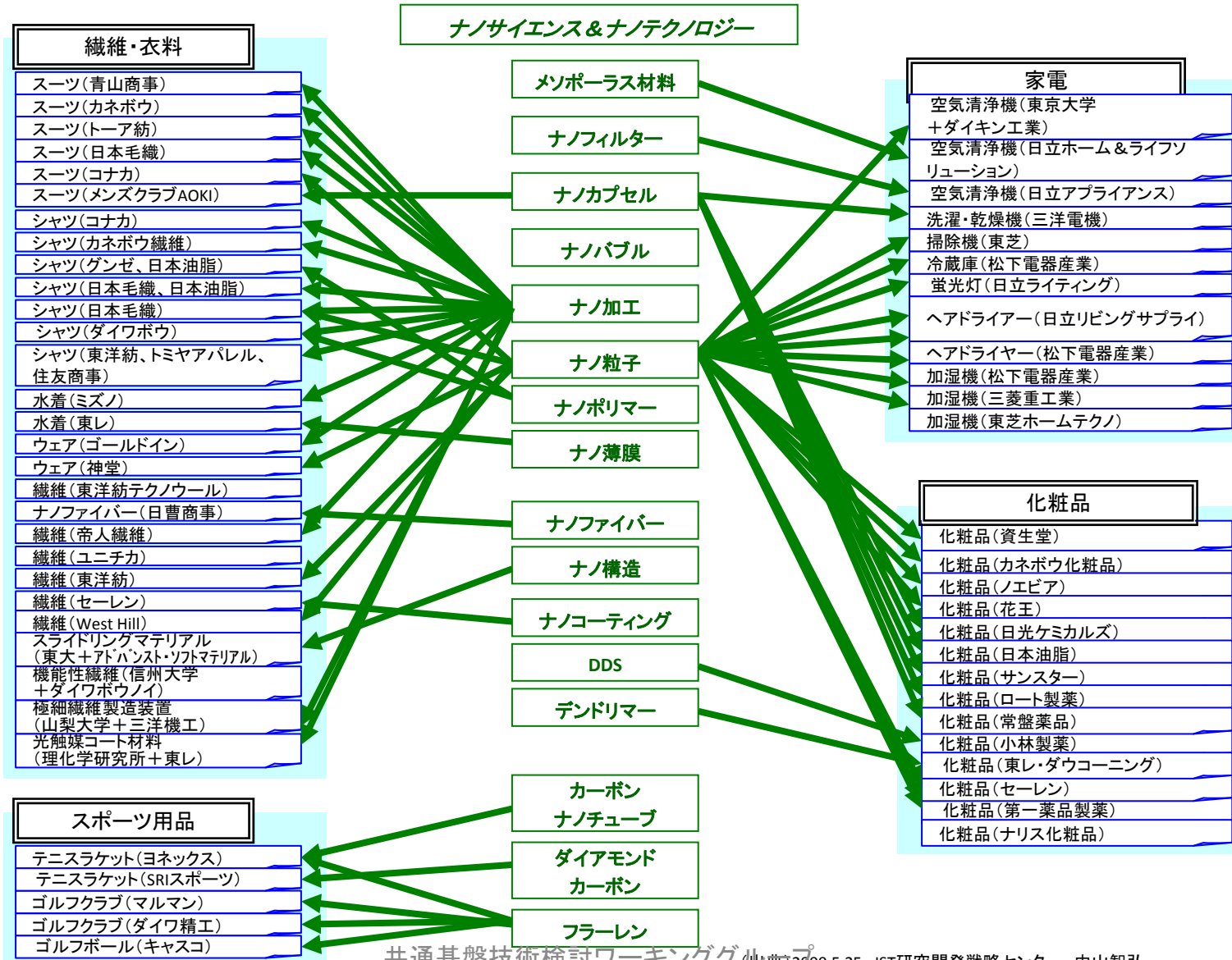


産業用材料分野におけるナノテクノロジーの実用化例



【参考6】 ナノテクノロジー・材料分野の研究開発の アウトプットに関する事例(5)

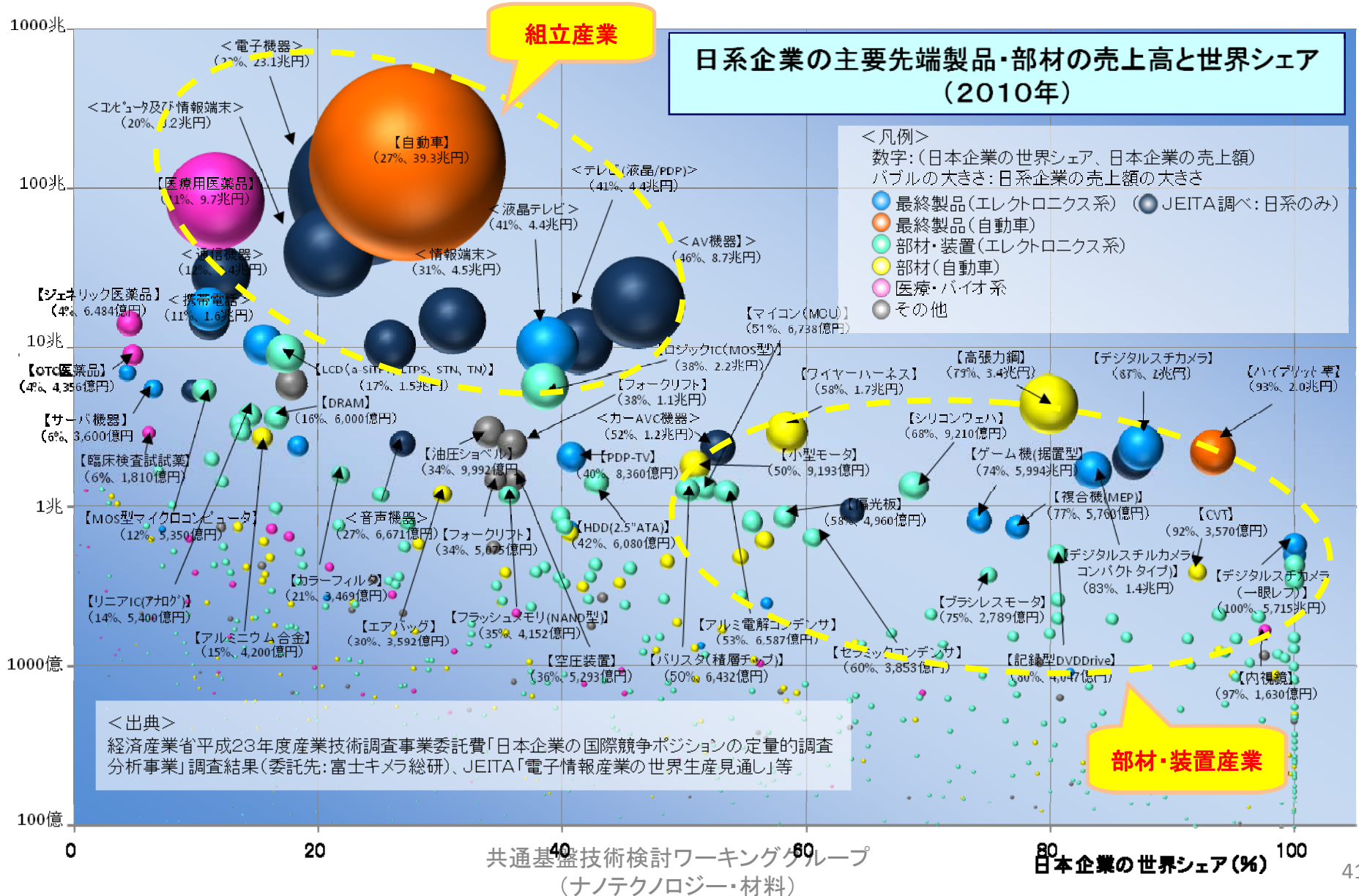
生活関連製品分野におけるナノテクノロジーの実用化例



【参考7】 日系企業の主要先端製品・部材の売上高と世界シェア

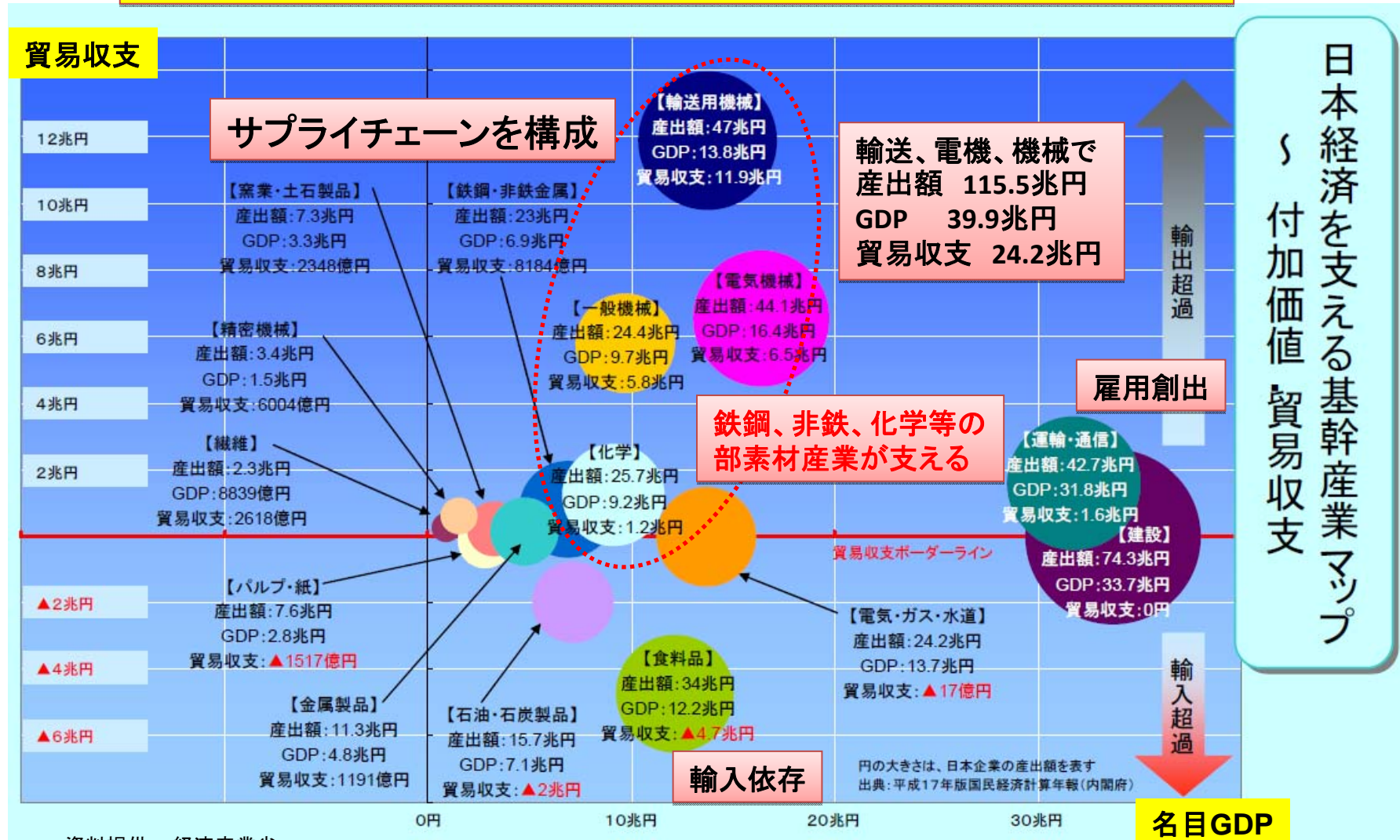
2010年 我が国の産業概観 ～部材分野の競争力が製造業を支える構造～

世界市場規模(円)



【参考8】 GDP(国内総生産)と貿易収支の関係

- ・輸送用機械・電気機械・一般機械が国内雇用・貿易収支に貢献
- ・建設、運輸・通信は、国内雇用に貢献するが、貿易収支には影響しない
- ・食料品、石油・石炭製品などは、輸入に依存している



資料提供：経済産業省

共通基盤技術検討ワーキンググループ
(ナノテクノロジー・材料)

【参考9】 ナノテクノロジーによって可能となった 製品の市場規模予測

単位：10億米国ドル

	2005	2007	2008	2010	2011	2014	2015
LuxResearch (2006, 2008)	30	147				2600	3100
BCC (2008)		12	13		27		
Cientifica (2008)			167		263		1500
RNCOS (2006)				1000			
Wintergreen (2004)							750
Evolution Capital (2001)	105			700			
NSF (2001)	54						1000

※ナノテクノロジーによって付加され価額に直接に帰属させるべき最終製品の割合に基づくもの、又は何らかの点でナノテクノロジーに関連した全ての最終製品の総市場価額に基づくもの等、方法は異なることに注意。

出典：OECD (2010), *The Impacts of Nanotechnology on Companies: Policy Insights from Case Studies*,

共通基盤技術検討ワーキンググループ

(ナノテクノロジー・材料)

【参考10】 ナノテクノロジー・材料技術開発の現状(1)

ナノテクノロジーを中心とした国家戦略文書












国名	ナノテク国家戦略(基本政策)
日本	<ul style="list-style-type: none"> ●現時点では特定のイニシアティブは無し(共通基盤の1つとして表記) <参考> ●「第三期科学技術基本計画」(2006-2010)における重点推進4分野の一つ。 ・分野推進戦略「ナノテクノロジー・材料分野」(2006-2010)
米国	<ul style="list-style-type: none"> ●NNI(National Nanotechnology Initiative; 2001年-) 2011年2月に3期目の新戦略プランを発表。
ドイツ	<ul style="list-style-type: none"> ●Nano Initiative –ActionPlan2015 (2005-) ハイテク戦略の一環としてBMBFを中心に7つの省が連携して策定。 2010年に5カ年計画として更新されている。
英国	<ul style="list-style-type: none"> ●UK Nanotechnologies Strategy (2010-) BISが中心となって省庁横断の国家ナノテクノロジー戦略を公表。
フランス	<ul style="list-style-type: none"> ●研究・イノベーション国家戦略 「ナノテクノロジー」が優先分野として位置づけられている。 ●Nano-INNOV計画(2010-) ナノテクノロジーによるイノベーション創出に向け、産学官の連携・協力を加速
中国	<ul style="list-style-type: none"> ●「国家中長期科学技術発展計画綱要(2006-2020)」 先端研究の1つとして「新材料技術」および重大科学研究の1つとして「ナノ科学」が選定されている。 ●第12次五カ年計画(2011-2015年) 7つの戦略的振興産業の1つに「新素材」が選ばれている。
韓国	<ul style="list-style-type: none"> ●ナノテクノロジー総合発展計画(2001年-) ・研究開発、教育・人材育成、インフラ整備の3つの柱。 ・2011年から3期目に突入。

※国家戦略が政府予算と直接的にリンクしている国として米国、フランス、韓国が挙げられる。

出典: JST/CRDS「主要国のナノテクノロジー政策と研究開発・共用拠点」 共通基盤技術検討ワーキンググループ
(ナノテクノロジー・材料)

【参考11】 ナノテクノロジー・材料技術開発の現状(2)

ナノテク共用施設・研究拠点、教育・人材育成策

国	共用ネットワーク・集中拠点		教育・人材育成	
日本	<ul style="list-style-type: none"> •文科省ナノ・ネット事業(2007~11) 全国13拠点(26機関)で活動。 •TIA-nano(2009-) •国際的に開かれていない。自律性低い。 	 	<ul style="list-style-type: none"> •10大学ほどでナノテク関連の学際領域専攻が開設 •TIAの即戦力先端人材養成 •長期の根幹プログラムは不在 	
米国	<ul style="list-style-type: none"> •インフラ整備はNNIの8重点領域の一つ •NSF/NNIN、NSF/NCN、DOE /NSRC •NIH/NCI、NIST・NIH・FDA/NCL •CNSI(ナノシステム研究所、CA) •Albany NanoTech (ANT) /産官学州の連携研究拠点 (IBM、NY州、ナノエレ) 		<ul style="list-style-type: none"> •国家戦略としてNNIで明確化NNIN-REU、インターンシップ実施 •K-12・STMの教師育成を推進、教科書作り、外国語翻訳実施 •CNSE(ナノ科学技術カレッジ) 	
欧州	<ul style="list-style-type: none"> •独KIT-KMNF オープンプラットフォーム •英MNT-Network 中小企業からアクセス、全国24の共用施設を整備。 •仏RTB (National Network of Large Technological Facilities) 施設設備、CNRS/LETI連携強化。 •IMEC(集中型研究拠点), MINATEC 		<ul style="list-style-type: none"> •Nanoforum主導のナノテク高等教育綱領に基づく大学院ナノテク学位コースが修士・博士課程で多数有。 •教育により、市民参加によるリテラシー向上策を積極推進 	
中国	<ul style="list-style-type: none"> •ナノ科学技術センター(NCNST)が北京(2003-)、天津、上海に設置(2005-) •産学連携研究拠点(蘇州工業団地SIP) 		<ul style="list-style-type: none"> •共用施設でサマースクール開催 •台湾の教育プログラムは世界有数、米国と同様にK-12を推進 	
韓国	<ul style="list-style-type: none"> •ナノテク国家計画の3本柱の1つ •教育科学技術部(MEST)2センター、知識経済部(MKE)が3センター。 •NNFC ユーザー支援を主。自主運営。 		<ul style="list-style-type: none"> •ナノテク専修コースが多くの大学でスタート/英文ナノテク教科書 •長期の予算確保 •研究者数は8年間で4倍 	

ナノテクノロジー・材料WG 技術ポテンシャルマップ

※赤字の“技術ポテンシャル”は、例として代表的なものを抽出した。

	電気機械 ※電子・電気機器を含む	エネルギー・資源	輸送用機械		その他機械 (一般機械、精密機械)	建設	医療	食品	農林水産
			自動車	その他					
2022年に期待される姿 ※記載内容は例。今後さらに検討を進める。	<ul style="list-style-type: none"> ★高機能・高性能な電子機器、電子デバイス、センサ等の実現により、人々の生活の利便性が向上する。 ★光配線と電子回路の融合により、低消費電力な情報通信網が実現する。 ★超低消費電力な電子デバイス・機器、次世代照明により、低消費電力社会が到来する。 ★情報機器の高機能化・高性能化、新ICTサービスの創出等により、日本の産業競争力が向上する。 	<ul style="list-style-type: none"> ★火力発電の飛躍的な効率向上とコンバインドサイクル化により、化石資源の有効利用が促進される。 ★風力発電、太陽光発電、バイオマス発電などが高度化し、クリーンエネルギーの使用が拡大する。 ★高エネルギー密度二次電池、高効率燃料電池により分散型エネルギーシステムの導入が加速する。 ★超電導送電や未利用熱の活用により、今以上にエネルギーを有効に活用することが可能になる。 ★希少元素の代替、リサイクル技術、新規材料、バイオマス由来材料等により資源制約から解放される。 	<ul style="list-style-type: none"> ★電気自動車の普及、内燃エンジンの燃費向上によりCO₂排出量が削減される。 ★電気自動車のチャージあたりの走行距離が向上し、ユーザーの利便性が向上する。 ★軽量高強度構造材料等により、次世代の高速・低消費電力車両が実現する。 ★高効率な輸送用機械の実現により、低消費電力な社会が創れる。 	<ul style="list-style-type: none"> ★海水の淡水化等、モノの分離が低エネルギー消費で実現する。 ★センサ技術の高度化、機械駆動の低摩擦化、加工技術の高度化等により、生産効率が飛躍的に向上する。 	<ul style="list-style-type: none"> ★建築物の耐震性が向上し、災害からの安全性が向上する。 ★構造材料の長寿命化、維持管理システムの高機能化により社会インフラが長寿命化する。 	<ul style="list-style-type: none"> ★指向性の格段に向上したDDSが普及し、効果と副作用軽減が両立する。 ★皮膚、骨の再生治療法が普及、組織・器官再生の臨床研究が進む。 ★患者状態の分子レベルでの迅速な把握が可能になり、状態に応じた治療選択、発症前診断・治療が普及する。 ★家庭やベッドサイドで簡便に健康状態を把握する機器が普及する。 	<ul style="list-style-type: none"> ★食品の製造・流通において精緻な品質管理が可能となり、安全性が高まる。 	<ul style="list-style-type: none"> ★病害虫に強く、収穫量の多い作物が開発される。 ★農林水産業における作業の負担を軽減する技術が発展する。 	
デバイス	<ul style="list-style-type: none"> ●●光エレクトロニクス 消費電力(1mW/Gbps) 機器間伝送(100bps/ch) ●●ノーマリーオフコンピューティング 不揮発ロジック・メモリ回路とアーキテクチャの検証完了 ●●省エネサーバ、ネットワーク機器、低消費電力デバイス 0.1-0.3V動作デバイス、消費電力1/10-1/100等 ●●低消費電力/高速交換メモリ エネルギーシフト方式にて記録密度8Tb/in²(現状1.2Tb/in²) ●●ディスプレイ・ディスプレイ用材料、透明電極材料 In代替の酸化物及び導電性高分子の実現 ●●高品質・高効率照明 発光効率2倍(現状の蛍光灯・LED比) ●●半導体関連材料、プロセス技術 1nm精度の大面积バタニングDRAMハーフピッチ(11nm)、FLASHハーフピッチ(8nm)を実現するリソ技術が確立; LSI処理の高度化、省エネ化の進展 ●●MEMS/NEMSデバイス、加工プロセス、材料 250pm/V以上の薄膜圧電材料; 薄さ3mm以下、体積0.1cm³以下超小型の光スキャナードバイスの量産技術開発が完了 ●●新原理ナノデバイス 原子レベル、10Tb以上/cm²の記録技術; 従来のトランジスタに比べ、室温で消費電力が1/10,000以下の単電子トランジスタの作製技術; 不揮発性論理素子の実現 	<ul style="list-style-type: none"> ●●エネルギーキャリア 化石燃料・バイオマスのガス化、H₂/CO₂膜分離の実現、再生可能エネルギー等からの高効率低コスト水素製造、水素の長距離輸送 ●●固体高分子形燃料電池(PEFC) 電極用Pt触媒の劣化問題の根本的解決 ●●固体酸化物形燃料電池(SOFC) 出力密度が現状の2倍のSOFC発電セル; 低コスト高耐久性セル ●●分離膜 浸透圧発電(塩分濃度差発電) ●●安価な水浄化システム・CO₂/N₂高効率ガス分離フィルム ●●光触媒 レアメタルフリーで全エネルギー変換効率3%(現状0.04%); 水から水素を製造する光触媒のエネルギー変換効率が現在から30倍以上に飛躍的に向上 ●●低摩擦材料・トライボロジー技術 摩擦によるエネルギーロスが10%低減; 動力用石油年間使用量を10%減らすグリーントライボシステムを20%普及 ●●希少元素代替材料 電子材料、電池材料、触媒、蛍光体、超硬工具等に含まれる希少元素(In, Co, Pt, Dy, Eu, Tb, Y, W等)の削減・代替技術の実現 ●●バイオマス関連材料 非可食性バイオマス由来化学品の製造プロセスの確立; プラスチックの50%をバイオマス由来に置き換え; CO₂排出量1200万トン/年以上の削減 ●●高性能パワーデバイス・高効率インバータ 電力変換器の半導体ユニットの損失が70%低減 ●●高効率モーター モーターのエネルギー損失が25%削減される(国内電力消費量の約2.5%を削減)。 ●●高感度センサデバイス オフィスビル、工場の中に配置するセンサを用いてエネルギー消費量やCO₂排出量の把握、最適化が可能になる。; 従来よりも感度、信頼性ともに向上したガスセンサにより、疾患のマーカーを呼気から分析する技術開発が進む。 ●●高性能磁石・レアアースフリー磁石、磁性材料 180°Cで1.5倍の強さを持つ耐熱性ジスプロシウム(Dy)フリーネオジム焼結磁石が実用化 ●●高効率・長寿命・低コスト太陽電池 ラボレベルで変換効率25%(現状16%); 発電コスト7円/kWh以下; 変換効率40%、寿命15年以上 ●●超電導材料、超電導デバイス・線材 77Kで臨界電流密度400A/mm²の線材の実現; THz領域での高強度共振デバイスの実現 ●●大容量・高エネルギー密度二次電池、二次電池用材料 250Wh/kgを超える高エネルギー密度の車載用大型電池が15円/Whの価格で実用化されている。現状の3倍のエネルギー密度(550~600Wh/L)の高容量リチウム電池; 重量エネルギー密度250Wh/kg、出力密度1500Wh/kg、寿命10-15年の二次電池 	<ul style="list-style-type: none"> ●●マイクロリアクタ マイクロリアクタを集積化した大型化学プラントの実現 ●●機能性建材 温度、湿度を同時に調整できる内外装材料が実現 ●●診断・治療機器、デバイス 超小型体内埋め込み型の診断・治療一元化医療機器(Theranostic device)が実現 ・新規な診断、ベッドサイドで健康状態を把握できる機器の普及 ・米粒程度の大きさで、疾病マーカーの高速検出、遺伝子型判定が可能な医療デバイス ●●生体分子情報解析 ・個人にあう治療選択、発症前診断・治療の実現 ・プロテオーム解析の感度が従来比1000倍以上に向上 ●●生体内分子イメージング ・1分子の精度での生体内イメージング ・15分以内、90%以上の精度での疾患の状態分析 ●●ドラッグ・デリバリー・システム(DDS) ・薬の効果的な輸送や放出を行うナノキャリアの実現 ・ナノ粒子を利用した医薬品の臨床試験が開始 ●●革新的創薬 in silicoで薬物の体内動態・作用のシミュレーションが可能となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ●●細胞・組織利用 新規細胞治療の実現、細胞の接着・増殖・分化が制御可能 					
※2ページ目につづく (材料)	<ul style="list-style-type: none"> 各技術項目に記載の○の色は、提案先候補の協議会等との関連を示す。 ●: グリーンイノベーション協議会 ●: ライフイノベーション協議会 ●: 復興・再生協議会 ●: 重点化課題検討TF (産業競争力の強化) 								

	電気機械 ※電子・電気機器を含む	エネルギー・資源	輸送用機械		その他機械 (一般機械、精密機械)	建設	医療	食料品	農林水産		
			自動車	その他							
(デバイス) ※1ページ目からつく	●カーボンナノ材料(GNT, グラフェン等) 超高速、低消費電力、不揮発性ナノカーボンメモリーによるHD、フラッシュメモリー、SDRAMの代替;炭素繊維を凌駕する力学特性ナノカーボン糸;電流密度が銅の100倍のナノカーボン等		●●●●カーボン複合材料 強度7GPa, 弾性率400GPa(現状強度6GPa, 弾性率300GPa)の高弾性率炭素繊維が上市、航空機材料として適用開始;従来の製造プロセスに比べて22万トンのCO2排出量削減;従来自動車比で軽量化率60%の量産車の生産技術が確立等天然の骨に近い軽さ(チタンの1/2)で生体適合性を持ったカーボン複合材料が人工関節・人工骨に普及する。								
	●●大容量キャパシタ・キャパシタ用誘電体材料 誘電率500,00以上(現状3,000程度)のBaTiO3単結晶が開発される										
			●●●●軽量高強度構造材 超高強度(現状の最高強度の2倍)と高加工性(伸び率3倍)を両立;強度2倍、寿命2倍の材料開発が完了;従来の航空機用アルミ合金に比べ強度で10%以上向上したアルミ合金等;超高強度(現状の最高強度の1.5倍)と高加工性(伸び率1.5倍)を両立し、かつ低コストな高強度高延性鋼板(中高炭素鋼);低コストと軽量高強度を両立した材料が介護・医療補助具に普及する。さらに生体に優しい材料が埋めこみ型医療機器に普及する。								
	●高精度・超寿命金型用材料、加工技術 電気自動車のモーター用の電磁鋼板、ナノ、アモルファス磁性材料を打ち抜き成形するための高寿命金型;難加工材を高精度加工するための工具・金型材料							●●生体適合材料 生体吸収Mg合金を用いたステントやインプラントが国内認可			
	●●熱マネージメント材料・デバイス 排熱温度500°Cで変換効率20%、100°Cで10%を実現;自動車・住宅等の未利用排熱の回収・再利用が可能となる										
材料	●●超耐熱材料 入口温度1700°C級の高タービンに適用可能な動翼材料、遮熱コーティング材料;35MPa、700°Cの蒸気条件で使用できるボイラ・タービン材料										

各技術項目に記載の○の色は、提案先候補の協議会等との関連を示す。
 ●:グリーンイノベーション協議会
 ○:ライフイノベーション協議会
 ●:復興・再生協議会
 ●:重点化課題検討TF(産業競争力の強化)

加工/合成プロセス

材料創成プロセスの高度化・高付加価値化

- ナノ操作技術**
高次ナノスケール材料創製プロセス
- 金属の精錬・鍛造・プレス・焼結技術**
低コストで劣質鉄原料から高品質鉄製造
- 単結晶の高品質化技術**
・透過損失0.1dB/cm以下を実現する結晶化
・4インチダイヤモンド単結晶ウエハ
・低欠陥、高品質なSiC単結晶(販売可能レベル)
- ナノファイバー革新製造技術(F-11)**
1ドル/kg以下のナノファイバー
- 高効率・省エネ石油化学プロセス技術**
ナフサの分解温度を200°C低下させるプロセスの実現

ボトムアッププロセスの高度化

- ナノ操作による組織制御技術**
ナノからサブナノメートルスケールでの精密な網目状構造及び分子機能が複合化した網目状の集積構造
- 自己組織化による材料形成**
望む機能・特性を有する材料、構造、プロセスの設計

加工・接合技術の高度化

- コーティング・表面加工技術**
塗装技術に肉薄する低コスト大面積成膜技術
- 難加工性材料の易加工化技術(I-114,147,166,182)**
20mm鋼材を仕上げ加工を要しない粗さで切断できる炭酸ガスレーザー
- 異種材料の接合・積層技術(E-1,F-2, H-46, I,J-9)**
各層の厚みが10nm以下の樹脂積層光学材料創製母材の強度と同等以上の異種材料接合技術

シミュレーション・設計・理論

新機能探索・ナノ材料設計

- ナノスケール物質・材料の構造・物性の理論的解析**
ナノスケール物質・材料の複合物性等の新規な物性の予測
- マルチフィジクスシミュレーション・複雑材料システムの統合シミュレーション**
材料のサブミクロンオーダーのナノ診断が可能
- 熱・機械特性予測**
計算科学を用いて、高温での各種耐熱材料基材やコーティング層、両者間の界面における組織・特性変化を予測
- インフォマティクスを活用した分子設計**
任意の分子認識機能をもつタンパク質の設計手法の確立
- スーパーコンピュータ「京」によるシミュレーション**
ナノスケールデバイスをシミュレーションし、機能・材料特性予測を実現

計測・評価

計測・評価・観測技術の高度化

- 化学材料の性能評価技術**
新材料・デバイスの効率・寿命・耐久性等の性能評価手法を確立し、開発を加速化
- X線動画イメージング**
~30ミリ秒レベルでその場計測イメージング
- 多角的なその場表面計測**
単原子分解能を有する多角的なその場表面計測
- 使用環境下での構造材料モニタリング技術**
耐熱材料、高強度材料等の環境中その場計測システムを実現

先進的解析法の開発

- 単組成定量化法・全パラメータフィッティング最大エントロピー法**
X線/中性子併用による組成定量化法を実現
- 検出感度の飛躍的向上**
原子分析電子顕微鏡
空間分解能~0.1nm
- 表面スピン計測技術**
表面面単原子層のスピン分極分析
- 化学種同定高感度化技術**
四極子核元素の観測を実現(NMR)化学種を同定した原子分解像計測が実現

空間・時間分解能の飛躍的向上

- 3次元ピコスコープ(Spring-8)**
非晶質やヘテロ界面を含む物質内部構造を、原子分解能で、非破壊的・3次的に観察
- X線自由電子レーザー(SACLA)**
アト秒X線パルス発生による生体分子の階層構造ダイナミクスの解明及びピコ・フェムト秒ダイナミクスイメージング
- 最先端量子ビーム(J-PARC等)による先進的な計測・解析**
様々な物質の3次元可視化や精密構造解析による機能・発現メカニズムの解明
- 3次元元素・形状・状態分析計測**
表面(0~100nm)及び広域(100nm²~1cm²)における、3次元元素・形状・状態分析計測
- 超高速度現象(触媒など)の連続的観測**
In-situ XAFSでは時間分解能~1ms
- 材料中の亀裂およびその進展挙動の計測・評価**
空間分解能数mm、時間分解能数msの超音波ホログラム映像法

安全性

ナノ材料等の安全性評価技術

製品並びに生体及び環境中のナノ粒子・材料の特性解明、計測技術手法を開発
 ナノ材料に適した各臓器への(特に慢性影響)有害性の試験・評価方法を開発
 ナノ材料等の迅速・効率的な安全性評価技術が確立し、リスクの合理的な評価・管理が実現

資源の有効活用

- 希少元素等のリサイクル・回収技術**
レアメタル・レアアースの拡散量低減
- 不要物の資源化技術**
レアメタルを利用しないCO2還元が全エネルギー変換効率3%で実現