

参考資料集

1. ナノテクノロジー・材料科学技術分野の位置付けについて

ナノテクノロジー・材料科学技術の位置付けについて

ナノテクノロジー・材料科学技術は、

エレクトロニクス、ライフサイエンス、環境・エネルギー等幅広い産業課題・社会課題を解決に導く分野横断的な基盤技術

学術においても産業においても、我が国は高い国際競争力を有する

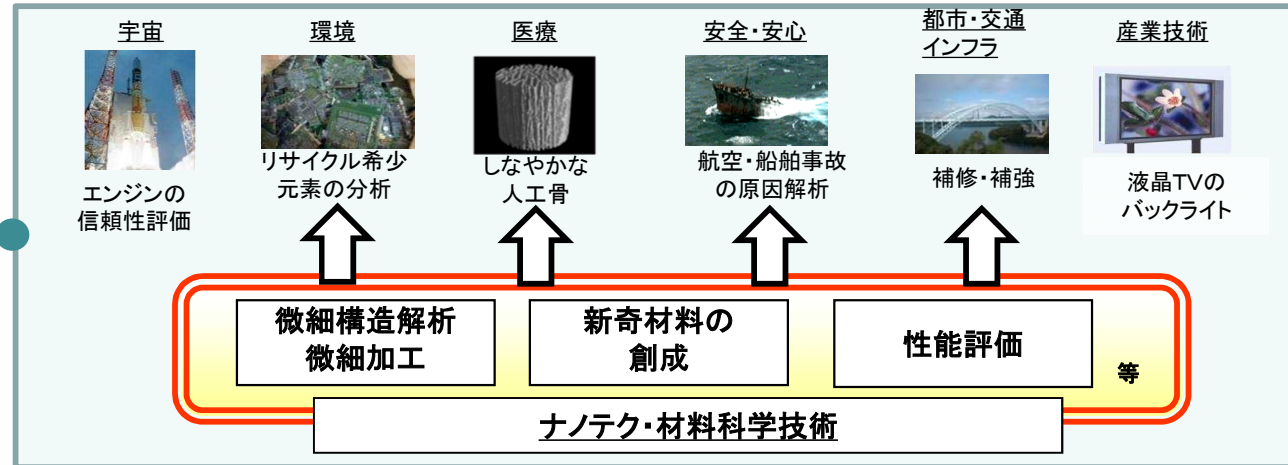
- ・日本の論文シェアはナノテク・材料科学技術に係る分野において大きい
- ・我が国企業の製品のうち素材・部品の世界シェアの高さが物語るように、ナノテク・材料は産業競争力の要

欧米中韓とも国家イニシアティブの下、政府投資を重点的に実施。

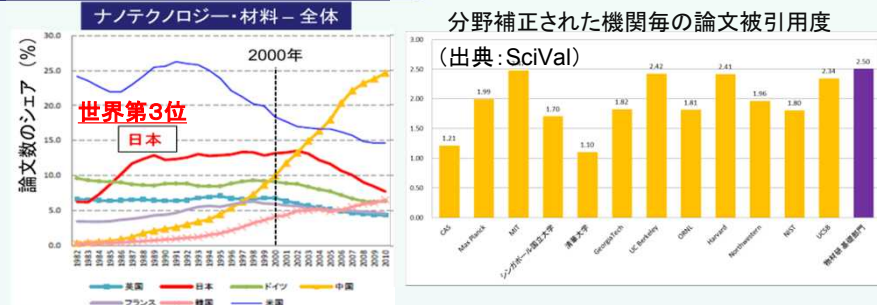
- ・中韓において急激に研究開発の技術が台頭
- ・欧米において集中研究拠点化・共用施設ネットワーク化等、長期的な大規模投資を推進

✓ 「元素を制する者は産業を制する」は今や世界の共通認識。

✓ ナノレベルでの理論・解析・制御を徹底的に追求し、革新的機能を持つ材料を絶えず創製することが、次世代の産業競争力の生命線。

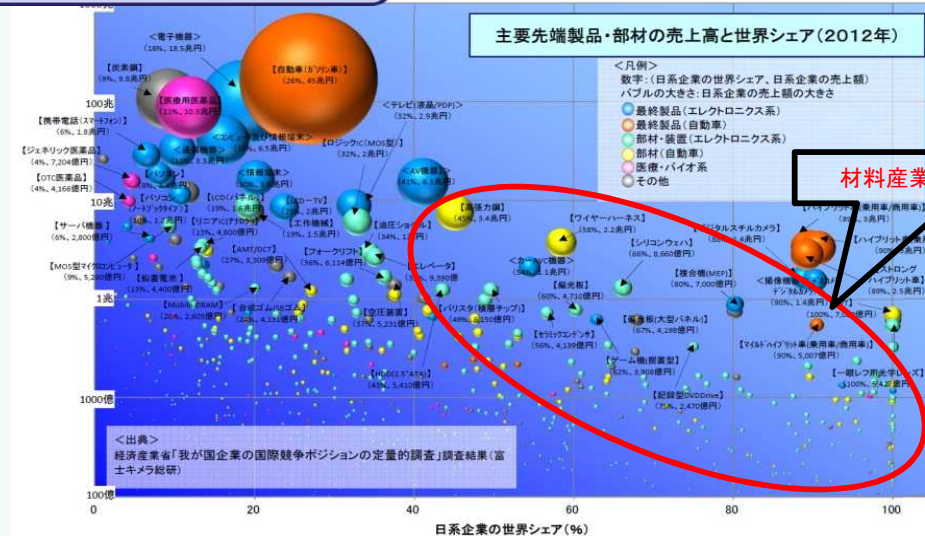


学術分野における日本の強さ



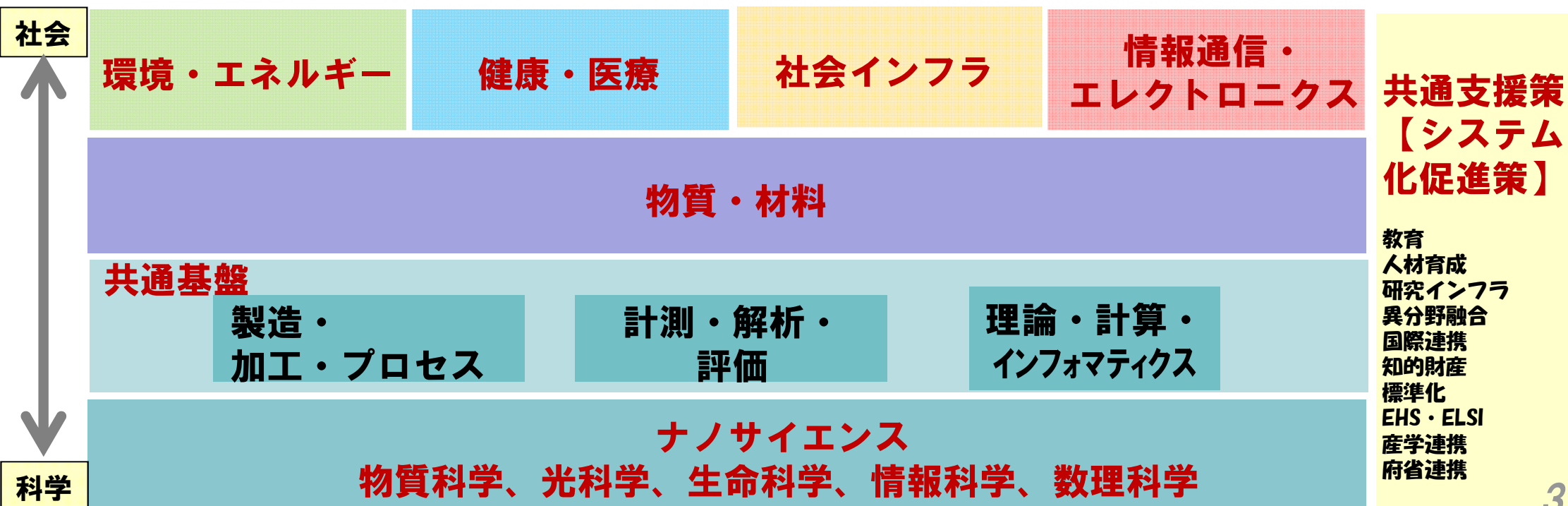
- 日本は現在、**世界トップレベルの論文シェア**を誇る。
- 世界有数の基礎研究機関**も存在。

日本企業の世界シェア (%)

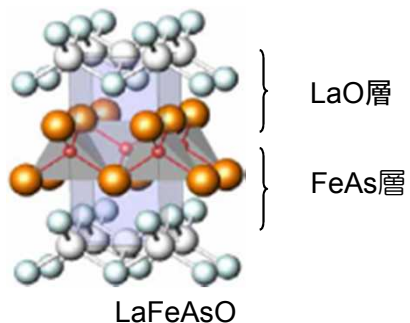


材料産業が高いシェアを獲得

- ナノテクノロジーは、原子・分子レベルの微小領域で生ずる現象の理解をベースに、ナノスケールでの制御や新しい機能の実現を目指す技術である。材料技術は、物質科学をベースに工学的応用を図る技術である。これらは互いに深く関係しており、統合的に俯瞰を行う。
- ナノテクノロジー・材料は、健康・医療、環境、エネルギー、情報通信など、他の分野を横串的に横断し、これらの分野に革新的な進歩をもたらすイノベーションのエンジンである。俯瞰においては、これら全体に関わる研究開発を対象とする。



鉄系超伝導体の発見：細野（東工大）



透明導電膜の開発：細野（東工大）



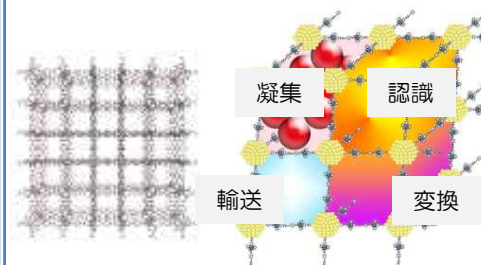
アモルファス酸化物半導体
フレキシブルトランジスタ
 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_5$

単層CNTの大量合成法の開発：畠（産総研）、日本ゼオン



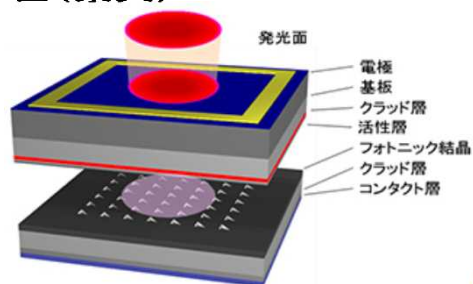
スーパーストラス法で合成されたCNTの特徴

多孔性材料（金属錯体）の開発：北川（京大）



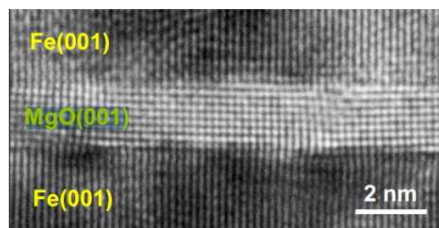
Porous Coordination Polymer (PCP)
Metal-organic framework (MOF)

フォトニック結晶による超小型光共振器の開発：野田（京大）



フォトニック結晶レーザー

高性能TMR素子の開発：湯浅（産総研）



断面の電子顕微鏡 (TEM)

細胞シート作製技術の確立：岡野（東京女子医大）



温度で構造変化する
ナノ微細制御表面



自己骨格筋
筋芽細胞シート
移植

標的細胞に薬剤を的確に送達するナノデリバリーシステムの開発：片岡（東大）



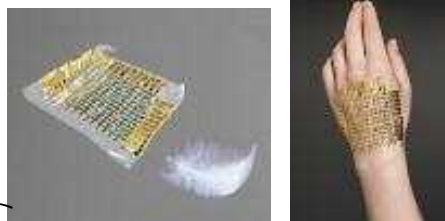
高分子ミセル製剤

高効率な有機薄膜太陽電池：中村（東大）、三菱化学



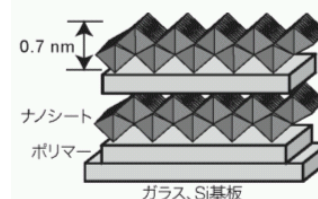
有機薄膜太陽電池（日刊工業新聞HPより）

柔らかい有機電子回路の開発：染谷（東大）



センサーシート

高品位薄膜配向制御を可能にするナノシートの開発：佐々木（NIMS）



2次元ナノシート

2. 我が国におけるナノテクノロジー・材料科学技術の動き

科学技術基本計画等におけるナノテクノロジー・材料政策

- 第三期科学技術基本計画（平成18～22年度）においては、「ナノテクノロジー・材料分野」は4つの重点分野の一つとして推進
- 5領域「ナノエレクトロニクス領域」「ナノバイオテクノロジー・生体材料領域」「材料領域」「ナノテクノロジー・材料分野推進基盤領域」「ナノサイエンス・物質科学領域」に重要な研究開発課題を設定し推進
- 主な成果

- 国家基幹技術「X線自由電子レーザー」、「ナノテクノロジー・ネットワーク」等のインフラの整備
- 日本初のオープンイノベーション拠点「つくばイノベーションアリーナ」（TIA - nano）による産学官連携の強化
- 府省連携プロジェクト：『元素戦略プロジェクト』（文科省）と『希少金属代替材料プロジェクト』（経産省）の着実な進捗等

総合科学技術会議「分野別推進戦略総括的フォローアップ（平成18～22年度）」平成23年3月より



- 第四期科学技術基本計画（平成23～27年度）では、横断的な基盤技術として位置づけ。イノベーション総合戦略において、以下の観点からアクションプラン施策および関連施策を構成。
 - 出口を見据えた上で重要な課題を特定、新たなデバイス・システムで政策課題を解決
 - エネルギーの効率的な利用、資源リスクの軽減、環境負荷低減など、様々な政策課題解決
 - 要素技術の深化や研究者の自由な発想から生まれる新たな材料・機能を創出

内閣府・戦略的イノベーション創造プログラム(SIP) ※ナノテク・材料関連を抜粋

革新的構造材料	次世代パワーエレクトロニクス	インフラ維持管理・更新・マネジメント技術	革新的燃焼技術	革新的設計生産技術
---------	----------------	----------------------	---------	-----------

文部科学省

○元素戦略プロジェクト（研究拠点形成型） 20億円

- JST 戦略的創造研究推進事業 CREST・さきがけ元素戦略
- JST ALCA耐熱材料・鉄鋼リサイクル高性能材料
- JST 産学共創基礎基盤研究プログラム
 - 金属材料ヘテロ構造制御
 - 革新的次世代高性能磁石

JST 戦略的国際共同研究プログラム希少元素代替材料

- 効率的エネルギー利用に向けた革新的構造材料 23億円（内数）
- 低燃費・低環境負荷に係る高効率航空機の技術開発 15億円
- 構造材料研究拠点
- 東北発素材技術先導プロジェクト 14億円
- ナノテクノロジーを活用した環境技術開発 4億円
- ナノテクノロジープラットフォーム 17億円

経済産業省（ナノテク・材料の一部）

- 革新的触媒による化学品製造プロセス技術開発 17億円
- 日米等エネルギー技術開発協力事業 12億円（内数）
- 次世代パワーエレクトロニクス技術開発プロジェクト 60億円
- 次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発 30億円
- 希少金属代替材料開発プロジェクト 6億円
- 革新的新構造材料等技術開発プロジェクト 61億円
- 次世代素材等レーザー加工技術開発プロジェクト 7億円
- ナノ炭素材料実用化プロジェクト 15億円

- 日本の学会員数は減少傾向
- 昨年度の主要5学会の参加者数は**延べ2.4万人弱**（重複有り）。

学会名	会員数(最新)	年会参加者数(24年度)	会員数(過去)
応用物理学会	21,029名 (2013年末)	約6,700名	23,109名 (2002年末)
物理学会	16,998名 (2012年末)	約3,700名※	19,396名 (2002年末)
日本化学会	30,055名 (2013年2月末)	約8,100名	32,263名 (2008年)
高分子学会	11,283名 (2013年度末)	約3,400名	12,148名 (2003年度末)
日本金属学会	5,877名 (2013年2月末)	約1,500名	7,421名 (2006年2月末)

※物性関係のみ

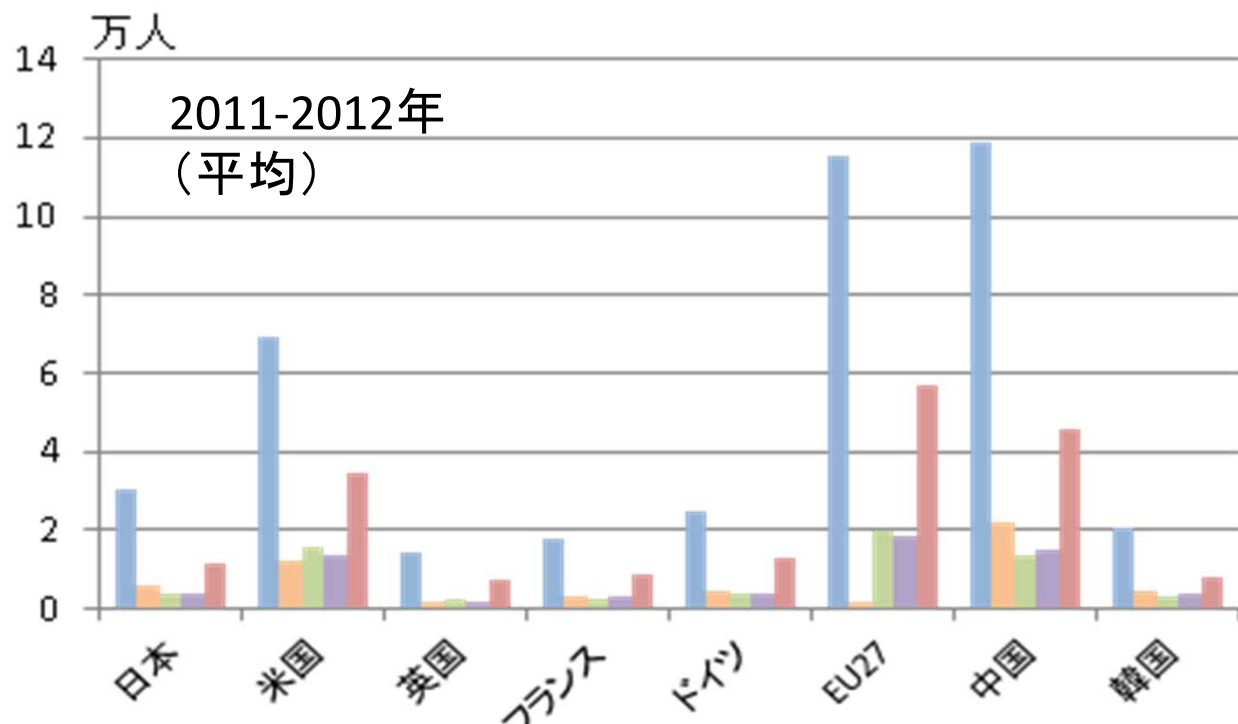
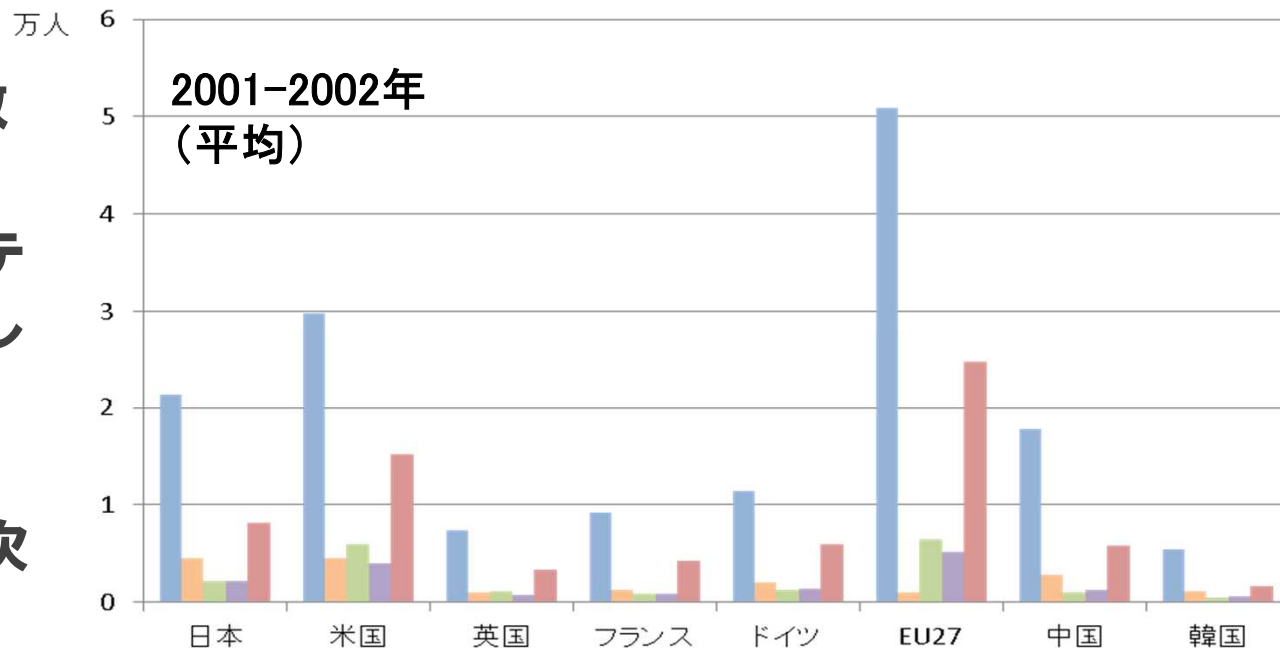
学会名	会員数(最新)	会員数(過去)
American Physical Society (APS)	50,578 (2014)	46,269 (2008)
Materials Research Society (MRS)	16,600 (2013)	16,000 (2008)
American Chemical Society (ACS)	161,000 (2013)	158,422 (2005)

論文執筆者数から見る研究者数の傾向

- ここ10年、世界的にナノテク・材料分野で論文を執筆している研究者数は増加。
- 日本の論文執筆研究者数は、**約3万人**で、中国、米国に次ぐ第3位。
- しかし、欧米諸国が約2倍、中韓が3倍以上の伸びを見せる中、日本のみが1.5倍弱の伸びに留まる。

ナノテクノロジー・材料分野
グリーンナノテクノロジー
バイオナノテクノロジー
ナノエレクトロニクス
ナノテクノロジー・材料科学技術基盤

(注) 研究者数のカウントは名寄せによる整数カウント。



物質・材料領域 俯瞰図

情報通信デバイス・システム／
省エネ化、高機能化、多機能化

自然エネ利用／脱化石資源、
高効率化、低コスト化

環境保全・監視／水・大気・土壌浄化

ナノエレクトロニクス基盤(2009)

太陽光エネルギーの利用拡大(2008)

水・食料保障／創出・配分・供給

新医療技術／診断・治療
一体化、再生医療、薬物送達・

分散電源／電池高効率化・高耐久化

循環型社会形成／
資源・物質循環、希少資源代替

二次電池・蓄電デバイス(2011)

元素戦略(2007)

※緑はJSTが既に提言を
発行したもの
⇒多くはCRESTやさきがけの
戦略目標等として実現

電子論

物質材料
創成

計測・評価

無機固体材料

- ・超伝導
- ・強磁性、スピン
- ・ワイドギャップ酸化物
- ・トポロジカル絶縁体

カーボン材料

- ・CNT
- ・グラフェン
- ・CFRP

分子材料

- ・有機エレクトロニクス
- ・ソフトマテリアル、
超分子
- ・PCP, MOF

生体材料

- ・ケミカルバイオ
- ・分子ロボ
- ・三次元細胞
組織

二次元原子薄膜(2011)

これまでの大きな流れとトピックス

エネルギー高効率利用相界面(2010)

分子技術(2009)

ナノエレクトロニクス基盤(2009)

空間・空隙制御材料(2009)

ナノ計測領域 俯瞰図

JST/CRDS資料より

研究ニーズに対応

した、

Nano-Characterization Needs

各研究ニーズ X, Y, Z, ……

構造特性					機械特性		形状特性		素材特性			反応特性	
結晶構造	組成・不純物	結合状態	密度・空孔	欠陥	硬度	歪・ストレス	次元形状	サイズ・厚み	電気特性	磁気特性	光学特性	温度・圧力	時間

測定すべき対象を具体的なMeasurandへ落とし込む

ギャップ

Measurand (測定変量・測定量)

プローブ

Measurement Techniques / Device

Key・流れ



ものづくり基盤技術領域 俯瞰図

JST/CRDS資料より

社会
応用

持続可能な社会

安全・安心な社会

国際競争力のある社会

航空・宇宙

自動車

社会インフラ
(重電)

情報・電機機器
(エレクトロニクス)

ヘルスケア製
品・医療機器(ロ
ボット)

産業用ロボッ
ト/FA

工作・加工
機械

半導体・電機機
器製造・評価装
置

部材
(鉄鋼、炭素
繊維など)

部品
(半導体・電
機機器など)

生産(リソース、コスト、時
間、品質、環境など)

実装

システム統合

ライフサイクル
マネジメント

基盤技術

設計

設計知識
DB

データマ
ネジメント

CAE

ラピッドプロ
トタイプ

CAD

3Dスキャ
ニング

CAM

CAPP

付加製造
積層造形

インク
ジェット

レーザー
加工

放電加工

電子ビー
ム加工

加工

切削加工

研削・研
磨加工

接合

成膜・コー
ティング

鍛造

鋳造

プレス加
工

トライボロ
ジー

射出成形

金型製造

インプリ
ント

MEMS

制御

センサ+
組み
込み
ソフト

多軸・複合加
工制御

位置決め
制御

ロボット
制御

材料

電気

機械

情報

サイエンス(物理・化学・生物・数学...)

学問
基盤

バイオナノテクノロジー領域 俯瞰図

JST/CRDS資料より

革新的ナノ医療技術の
実現

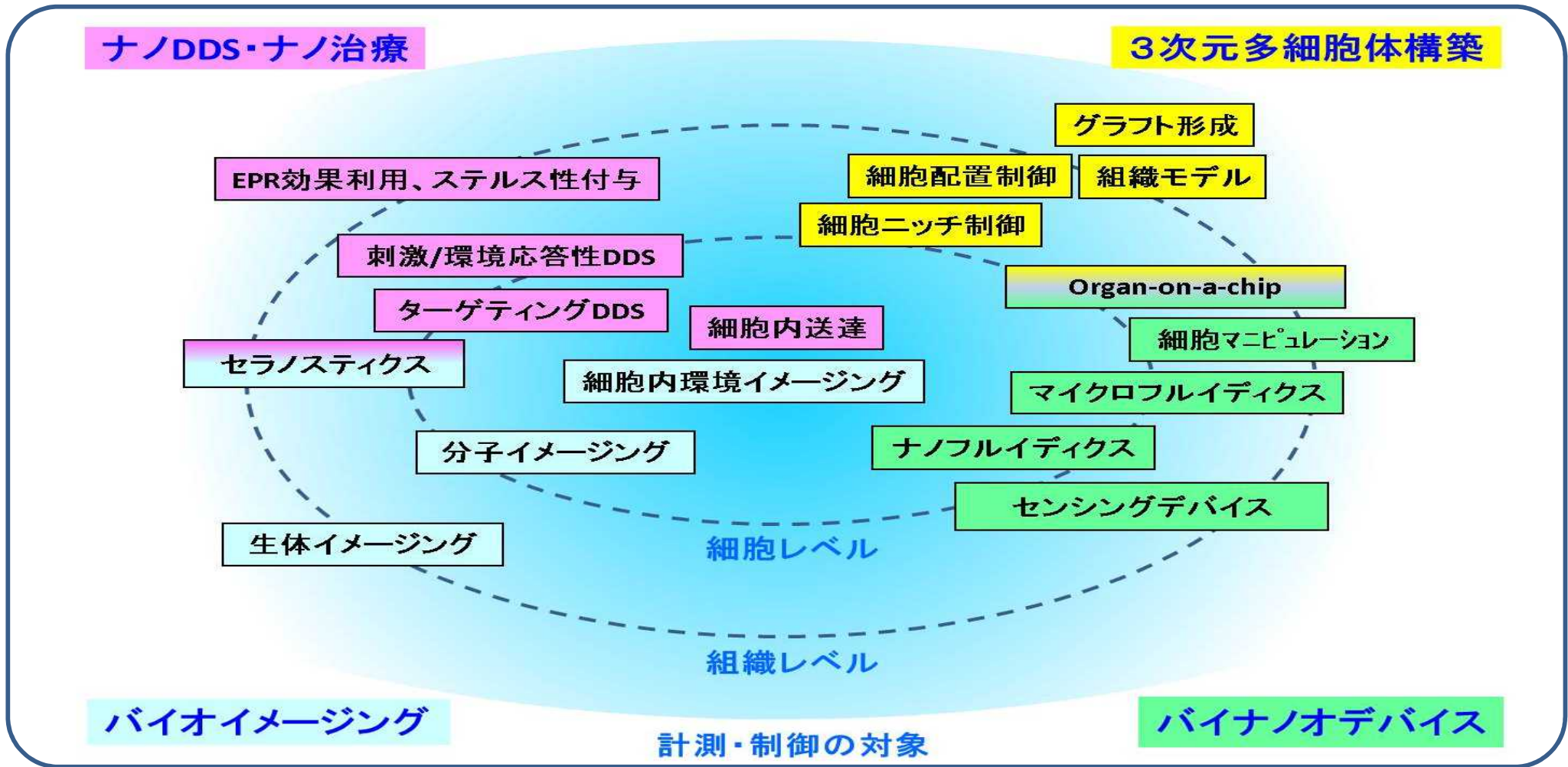
生命現象の
分子レベル
解析

オミクス
網羅的解析
一細胞解析

病態解析
バイオマーカー
創薬支援

迅速診断
高精度診断
治療戦略

先制医療
再生治療
パンデミック防止



関連
領域

イメージング装置
画像解析技術

機能分子
設計/合成

分子素子
超分子・ソフト材料
低次元材料

微細加工技術
半導体デバイス技術

光(フォトニクス・オプティクス)領域 俯瞰図

JST/CRDS資料より

エネルギー

次世代インフラ

安心・安全

ものづくり

応用分野

照明

太陽電池

映像

情報・通信

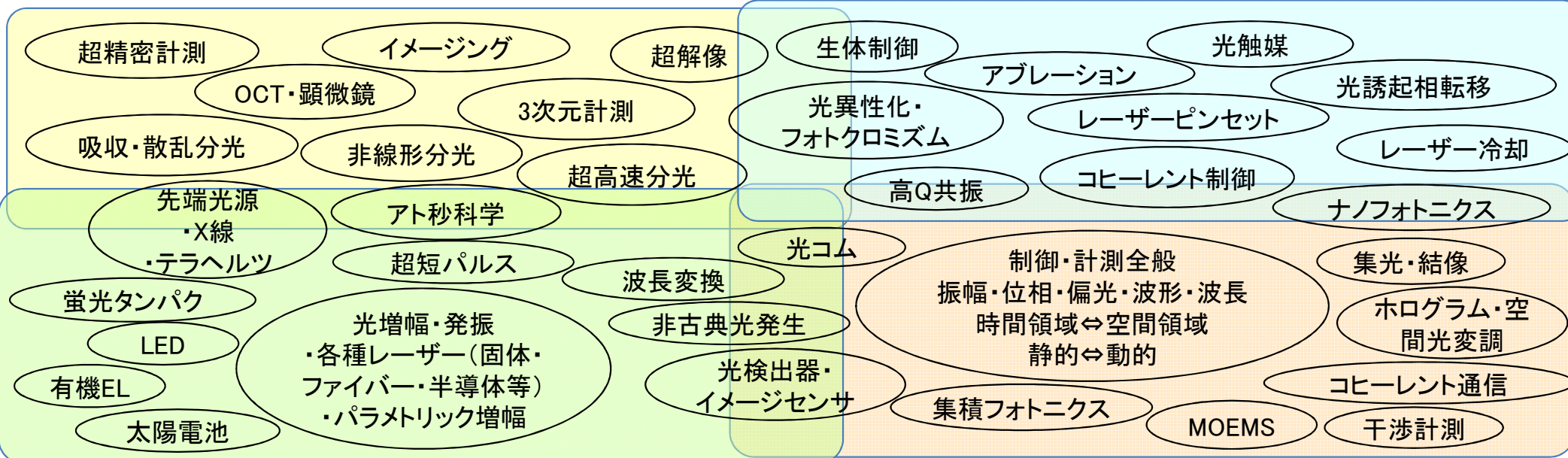
医療・バイオ

加工

計測・標準

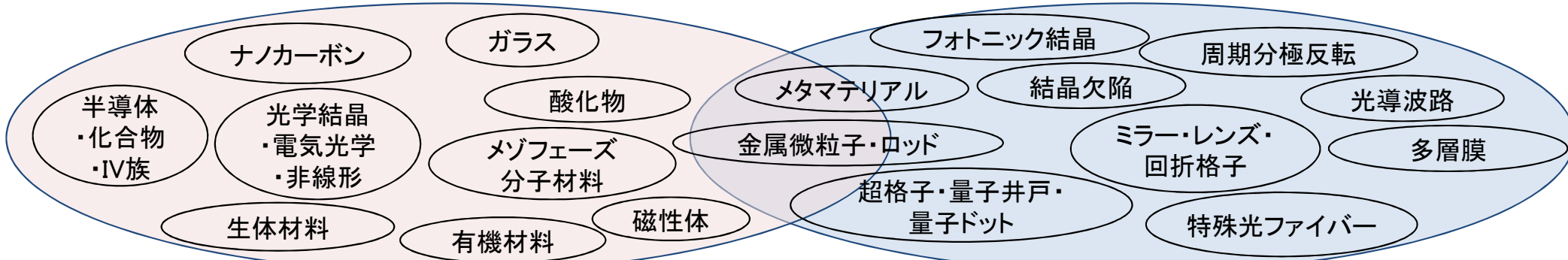
光による物質計測

光による物質制御



光の発生・検出

光の制御・計測



材料

構造

3. ナノテクノロジー・材料科学技術分野における国際動向

主要国のナノテクノロジー・材料分野における政府研究開発投資動向※

- ◆我が国は、ナノテクノロジー・材料分野では、現時点で欧米と比肩して世界をリード。
- ◆しかし、研究開発投資では、欧米のみならず中国にも後塵を拝するとともに、韓国からも激しい追い上げ。
- ◆各国において、①研究開発、②研究拠点、③共用施設・ネットワークがそれぞれ重要視されており、投資に反映されている。

米国

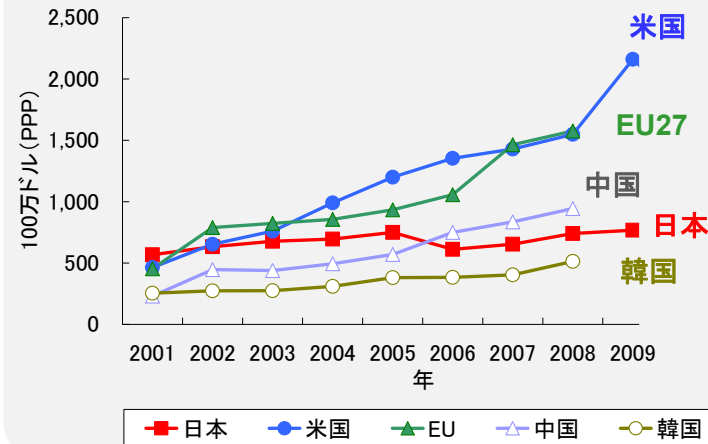
○ナノテクノロジーイニシアティブ(NNI)(2001年～)

- ・10年間をかけて、80の研究センターや共用施設を整備。予算は、2010年度**18億ドル**であり、2001年から積算すると連邦政府の投資額は**100億ドル(約1兆円)**に達している。
- ・2011年2月第3期新戦略プランを発表。**NNIを継続して重点施策に決定(2012)**。

○マテリアル・ゲノム・イニシアティブ(MGI)(2011年発表)

- ・大量の材料データに基づくシミュレーションを用いた正確な材料特性予測等により、材料の基礎研究から社会への実装・普及に到るまでの開発期間を二分の一に短縮かつ低コスト化を目指す、オバマ大統領のトップダウンで策定された**国際競争力強化のための新しい材料戦略**。2013年度までの予算は約250億円、2014年度に追加で150億円。

主要国のナノテク・材料分野の政府研究開発投資額(購買力平価換算)



推計の基データ

日本: 内閣府発表資料に基づく。

米国: OSTP発表資料に基づく。

EU: EUROSTATデータ並びにFP6・FP7のデータに基づき推計。

中国: JST中国の科学技術分野別活動の現状及び動向調査(2009)に基づき推計。

韓国: OECD STAT(2011年3月ダウンロード)、JST韓国の科学技術とイノベーション政策最新動向より推計。

欧州

○第7次欧州研究開発フレームワークプログラム(FP7)による重点投資

- ・2001年以降投資は増加傾向にあり、**2008年時点で日本のナノテク・材料予算の倍以上となる約15億ドル**に到達。
- ・FP7(2007～2013年)において、ナノ科学、ナノ技術及び新生産技術を合わせて1つの領域とし、10の重要研究領域の一つと位置づけ。FPに接続する国家戦略であるHorizon2020(2014～2020)においても、ナノテクはキーテクの一つとして強化する方針。

中国

- ・「国家中長期科学技術発展計画綱要(2006～2020)」において、新材料技術(先端技術)及びナノ研究(重大科学研究計画)が重要課題として推進。**2006年時点で日本のナノテク・材料予算をすでに追い抜いている。**
- ・1994年に建設が開始された蘇州工業園区(SIP)は、ナノテクやバイオテクを中心とする50～70万人のハイテク都市に成長。2010年にも新たな基地を開設するなど、大規模な投資を強力に推進。

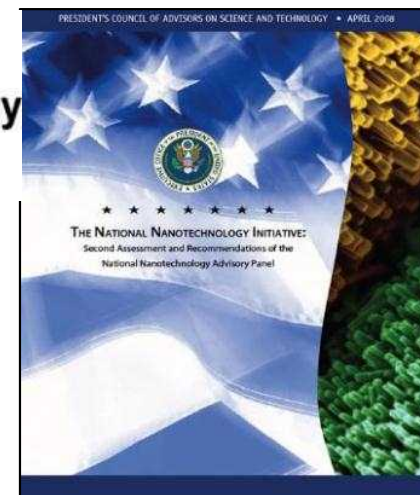
韓国

- ・2001年時点では日本の半分程度の投資に留まっていたが、**年々の追い上げにより、日本との差が縮まる傾向**にある。
- ・第3期韓国ナノテクノロジー・イニシアティブ(2011～2020)において、**ナノテクノロジー戦略の目標が強化。2020年までに米国のナノテク技術水準の90%にまで追い上げ、ナノテク先導国家となる**などの目標が掲げられている。2010年には新たに国立ナノテク政策センター(NNPC)が設立。

国	ナノテクおよび材料の基本政策	
日本	◆第4期基本計画では共通基盤として位置づけ／特化したイニシアティブは無かったが、イノベーション総合戦略（2014）において新たに横断領域として位置づけ	
米国	◆National Nanotechnology Initiative（2001-） -第4期新戦略プラン（2014-）。省庁横断テーマとして5つの重点領域を設定	
	◆Materials Genome Initiative（2011-） -実験ツール、計算機、データの連携により、研究室での新材料の発見から製造までの時間を半減	
欧州	EC	◆Horizon 2020（2014-） -産業課題のKey Enabling Technologies（KETs）として、ナノテクノロジー、先進材料、マイクロ・ナノエレクトロニクス、フォトニクス、先進製造が選定
	独	◆Nano Initiative - Action Plan2015（2005-）2010年に更新（2期目） -ハイテク戦略の一環としてBMBFを中心に7省が連携して策定
	英	◆UK Nanotechnologies Strategy（2010-） -BISが中心となった省庁横断の国家ナノテクノロジー戦略
		◆UK COMPOSITES STRATEGY（2009-） -BISを中心に航空機、自動車向けの耐久性が高く軽量かつ高性能な複合材料の開発
仏	◆France Europe 2020（2013-） -製造業の復権においてナノエレ、ナノマテリアル、マイクロ・ナノ流体工学が優先領域	
中国	◆国家中長期科学技術発展計画綱要（2006-2020） -先端技術8分野の一つ「新材料技術」、重大科学計画4分野の一つ「ナノ研究」 -第12次5か年計画の戦略的新興産業の一つ「新素材」	
韓国	◆第三次科学技術基本計画（2013-2017） -30重点国家戦略技術の一つ「先端素材技術（無機、有機、炭素等）」 ◆ナノテクノロジー総合発展計画（2001-）2011年から3期目（ナノ融合2020） -研究開発、教育・人材育成、インフラ整備の3つの柱。	

■ 4つの目標

1. 国際水準のプログラム
2. 工業化と国民利益への転換促進
3. ナノテク推進のための、教育資源・熟達労働力の開発と維持、社会基盤確保
4. 責任あるナノテクノロジーの開発支援



■ Nanotech Signature Initiative

緊密な省庁間連携で重点的に推進

2010～

1. 太陽エネルギー収集・変換ナノテク
2. サステナブルナノ製造
3. ナノエレクトロニクス beyond 2020

2012～

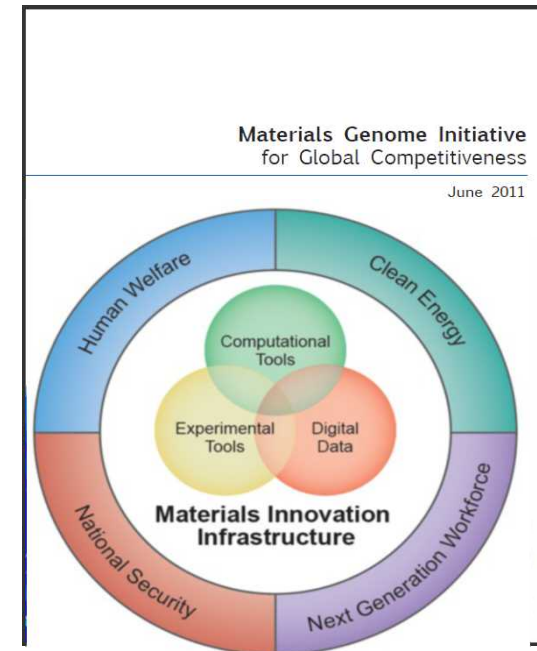
4. ナノ知識基盤
5. ナノ for センサー & センサー for ナノ

■ PCASTによるNNIの第5次評価

これまでのNNIをreviewのうえ**NNI2.0**に移行。下記への配慮が継続に必須。

- ✓ 要素ベースのナノテクを**ナノシステム**に発展させ、産業化に。
- ✓ NSI (Nanotech Signature Initiative) を具体的な成果に。出口を見据えた**グラントチャレンジ**の設定。例えば、**水問題、気候変動(固体冷却)、ものづくり(3Dプリンティング)、癌(高感度センサーとDDS)**への貢献など。

- Genomeは「設計図（情報を含んでいる）」の意味
 - 実験室での新材料の発見から、開発、製造までのスピードを2倍にする野心的計画。
 - 材料設計技術、コンピュータ能力、データ共有・管理・解析の統合的アプローチ。特に計算科学と情報技術がkey
- 国家の競争力維持、先端材料の発見に資するクリーンエネルギー、国家安全保障、生活向上、人材育成のために必須
- DOE, DOD, NSF, NISTが参加。これまでに250百万ドル以上、今年度5つの省庁で150百万ドル以上の投資を予定。
- 2014年に初となる“戦略プラン”を公表。



■各省庁の新規施策(役割分担)

NSFがコミュニティの裾野拡大・人材育成、NISTが拠点形成、DARPAが挑戦的テーマを推進。

- NSF“Designing Materials to Revolutionize and Engineer our Future (DMREF)”
- NIST“Center for Hierarchical Materials DesignDesign(Northwestern, U. Chicago, Argonne)”
- DARPA“Materials Development for Platforms (MDP)”

■戦略プラン(2014.6-)の概要

1. 計算、データ、実験の各手法を連携させた統合アプローチを主流にするための研究者意識の醸成
2. 実験、計算、理論の各研究者の統合
3. データへの容易なアクセス環境の整備
4. 世界水準の人材育成

3つのプライオリティ

1. 卓越した科学
2. 産業界のリーダーシップ確保
3. 社会的な課題への取り組み



1. 卓越した科学

- FETs (Future and Emerging Technologies) として、新しくかつ有望な分野の連携研究を支援
- FET Flagshipsでは、10年間で1プロジェクトあたり(計2プロジェクト) 10億ユーロという大規模な投資

2. Key Enabling Technologies (KETs)

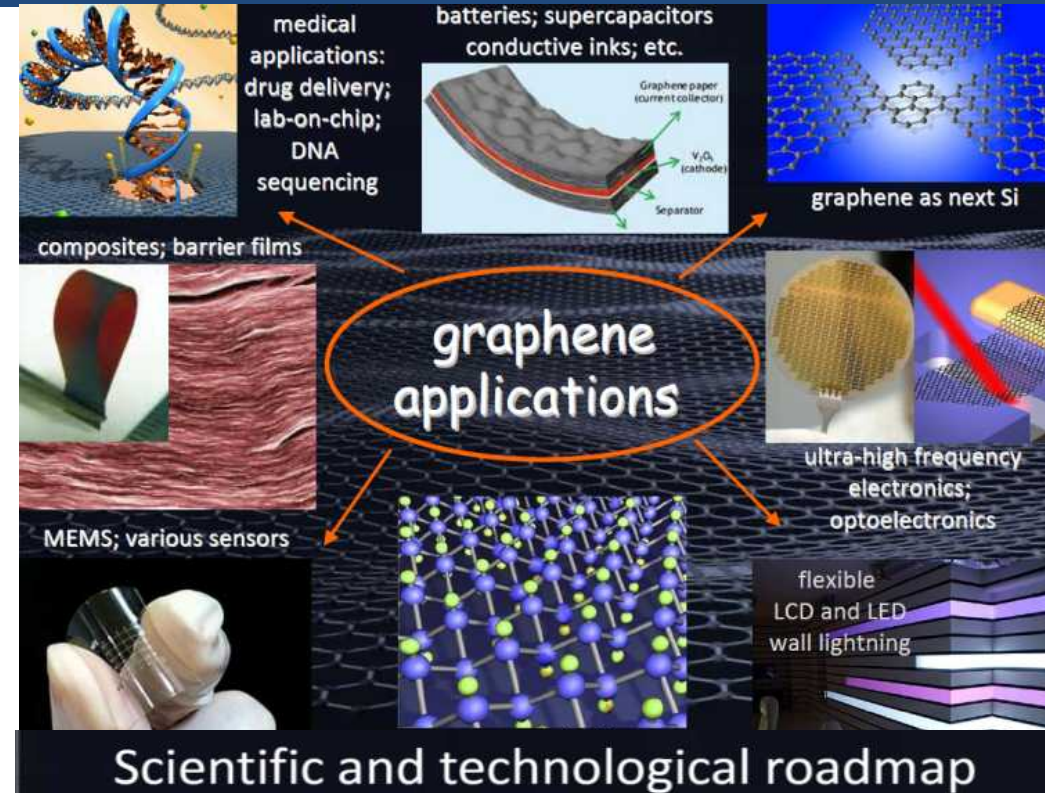
- ナノテクノロジー
- 先進材料
- マイクロ・ナノエレクトロニクス
- フォトニクス
- バイオテクノロジー
- 先進製造

3. 6つの社会的課題

1. 保健、人口構造の変化および福祉
2. 食糧安全保障、持続可能な農業およびバイオエコノミー等
3. 安全かつクリーンで、効率的なエネルギー
4. スマート、環境配慮型かつ統合された交通・輸送
5. 気候への対処、資源効率および原材料
6. 包括的、イノベティブかつ安全な社会

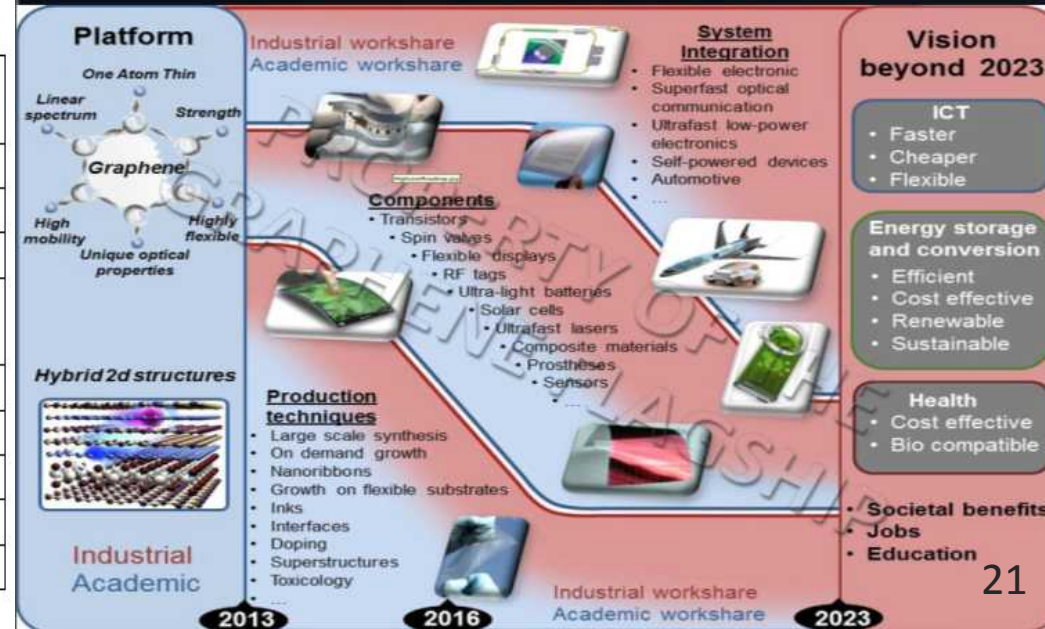
20世紀の驚異の材料がプラスチックなら、
21世紀は**グラフェン**であろう

- EU Future Emerging Technology (FET) flagshipの一部
- 75機関（126研究グループ）中心メンバー 9機関
- 予算は10年間で10億ユーロ（約1230億円）を予定
- EUが50%を拠出、残り50%を参加機関、国や地域が負担



List of participants:

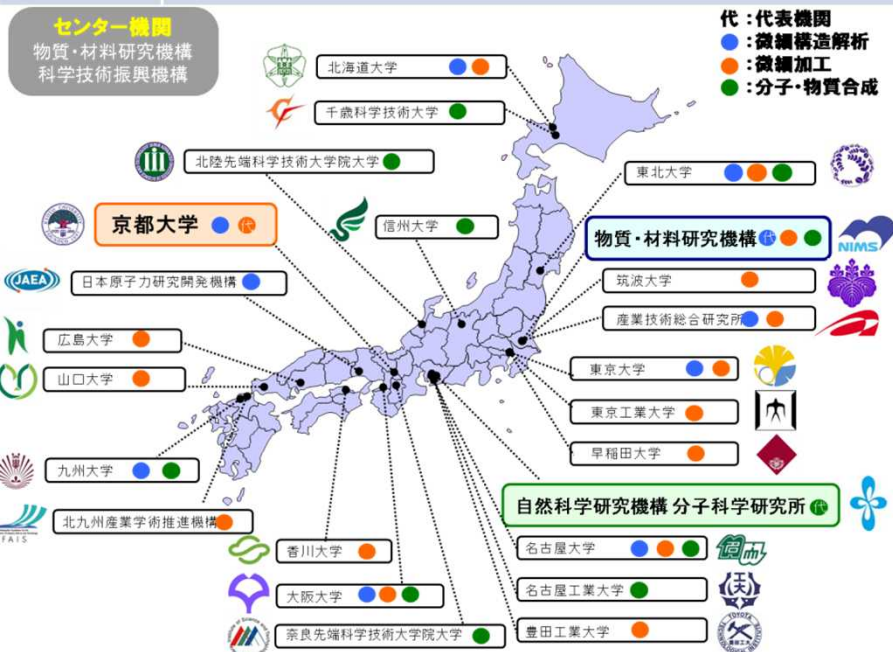
Participant no.	Participant organisation name	Part. short name	Country
1	Chalmers University of Technology	CUT	Sweden
2	University of Manchester	UNIMAN	United Kingdom
3	University of Lancaster	UNILAN	United Kingdom
4	The Chancellor, Masters and Scholars of the University of Cambridge	UCAM-DENG	United Kingdom
5	AMO GmbH	AMO	Germany
6	Catalan Institute of Nanotechnology	ICN	Spain
7	Italian Research Council	CNR	Italy
8	Nokia oyj	NOKIA	Finland
9	European Science Foundation	ESF	France



各国におけるナノテク共用施設・ネットワーク

JST/CRDS資料より

国	共用拠点
日本	文科省/ナノ・ネット事業（2007～11）、ナノテク・プラットフォーム（25機関／2012～2021）
米国	<ul style="list-style-type: none"> ・インフラ整備はNNIの5重点領域の一つ ・NSF/NNINの13大学、DOE /NSRCの5センターをはじめ拠点化・NW化を推進
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
中国	ナノ科学技術センター（NCNST）を北京（2003）、天津、上海（2005）に設置
韓国	<ul style="list-style-type: none"> ・インフラ整備は3重点領域の一つ ・6センター（ex. NNFC ユーザー支援を主。自主運営。）



National Nanotechnology Infrastructure Network (NNIN)



世界的なナノテクノロジー拠点

ナノテクノロジーは複雑・高度化し単独での研究開発は不利

→産学官が協力して人材、設備、知識を集約しオープンイノベーションを展開する拠点を形成



IMEC

1984年、ベルギー・フランドル州政府と大学、および産業界の支援を受け、マイクロエレクトロニクス分野の非営利研究機関として設立



ALBANY

2001年、ニューヨーク州立大学オルバニー校のナノ科学工学センター（CNSE）を主体にニューヨーク州政府とIBMが中核として出資し、ナノテック国際拠点を形成



MINATEC

2006年、フランス原子力・再生エネルギー庁電子情報技術研究所（CEA-LETI）が中心となり、グルノーブル市内に欧州最大のナノテック研究拠点を形成



蘇州ナノポリス

中国-シンガポール蘇州工業園
2012年設立（ナノテック）
敷地100ha、床面積150万平方メートル



産総研



NIMS



筑波大学



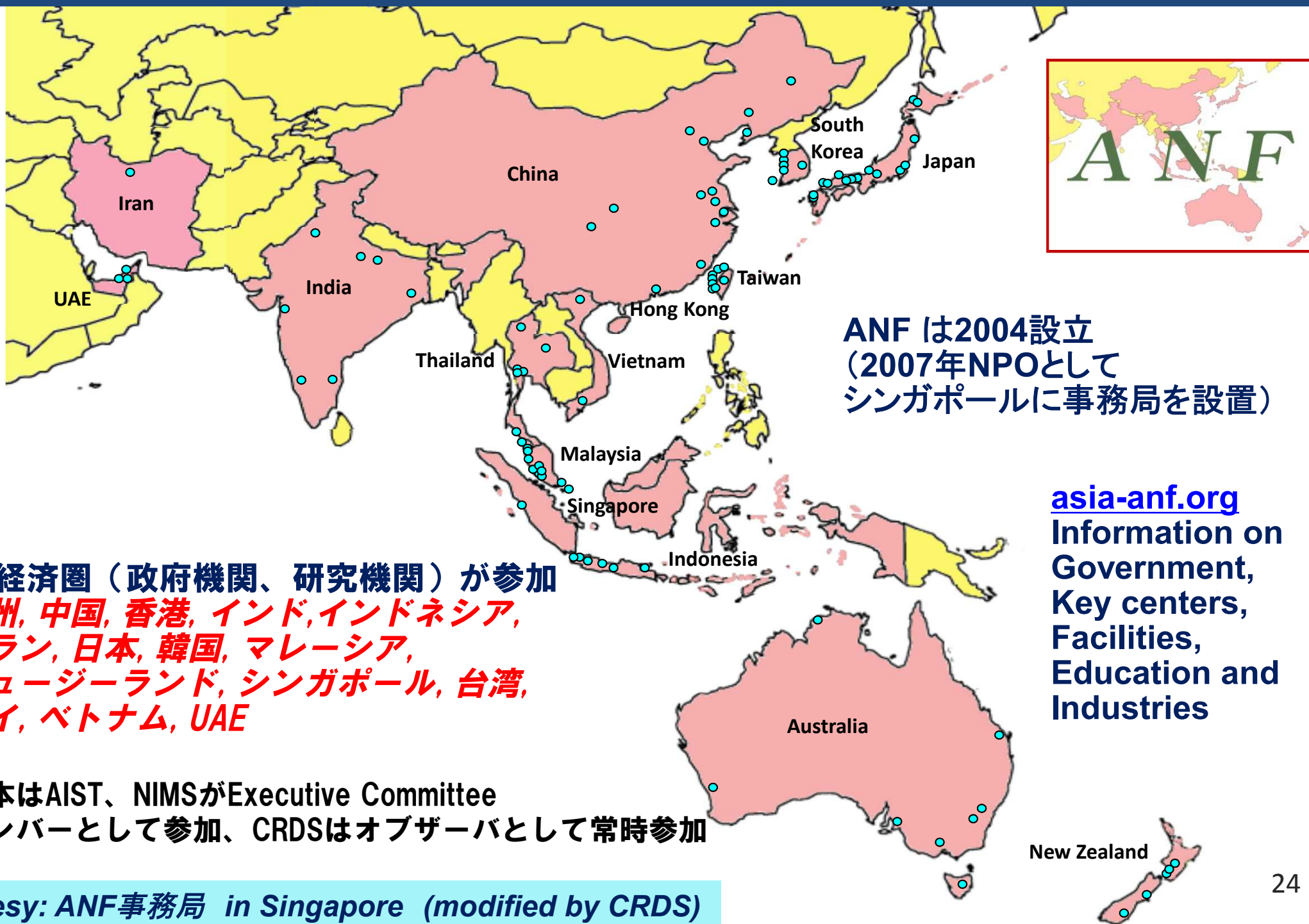
KEK



経団連



世界水準の先端ナノテック研究設備・人材が集積するつくばにおいて、産業技術総合研究所、物質・材料研究機構、筑波大学、高エネルギー加速器研究機構が中核となり、産業界と共に世界的なナノテック研究拠点を形成を目指す。



ANF は2004設立
(2007年NPOとして
シンガポールに事務局を設置)

15経済圏（政府機関、研究機関）が参加
豪州, 中国, 香港, インド, インドネシア,
イラン, 日本, 韓国, マレーシア,
ニュージーランド, シンガポール, 台湾,
タイ, ベトナム, UAE

日本はAIST、NIMSがExecutive Committee
メンバーとして参加、CRDSはオブザーバとして常時参加

asia-anf.org
Information on
Government,
Key centers,
Facilities,
Education and
Industries

4. 文部科学省 ナノテクノロジー・材料関係の主な施策

平成27年度 概算要求(ナノテクノロジー・物質・材料関係)

背景

平成27年度要求額222億円(平成26年度予算額176億円)

- ◆ ナノテク・物質・材料科学技術は、我が国が強みを有する分野として、基幹産業(自動車、エレクトロニクス等)をはじめ、あらゆる産業の技術革新を支える、我が国の成長及び国際競争力の源泉。
- ◆ しかし、近年、先進国に加えて、中国をはじめとする新興国が戦略的な資金投資を行い、国際競争が激化。
- ◆ 世界各国が鎬を削る中、我が国のこれまでの技術的・人的ポテンシャルを最大限に活用し、政府一丸で巻き返しを図る必要。

◆ 希少元素を用いない革新的な代替材料の創製

元素戦略プロジェクト

29億円(20億円)

我が国の資源制約を克服し、産業競争力を強化するため、レアアース等の希少元素を用いない革新的な代替材料を創製。

※「元素戦略」: 物質・材料の特性・機能を定める元素の役割を解明し利用する観点から材料の創成につなげる研究。



◆ 最先端装置の共有化による研究基盤の強化

ナノテクノロジープラットフォーム

20億円(17億円)

ナノテクノロジーに関する最先端の研究設備とその活用のノウハウを有する機関が協力して、全国的な共用体制を構築することにより、産学官の利用者に対し、最先端設備の利用機会と高度な技術支援を提供。

微細構造解析<10機関>

微細加工<16機関>

分子・物質合成<11機関>

共用設備例:



原子分解能分析電子顕微鏡



電子線描画装置



質量分析装置

◆ 産学官協働によるナノテク研究開発拠点の形成

東北発 素材技術先導プロジェクト

12億円(12億円)

東北地方の大学や製造業が強みを有するナノテク・材料分野において、産学官協働によるナノテク研究開発拠点を形成。世界最先端の技術を活用した先端材料を開発し、震災からの復興と素材産業の発展を牽引。

◆ 地球環境問題の解決に向けた産学官連携モデルの構築

ナノテクノロジーを活用した環境技術開発

4.5億円(3.9億円)



「つくばイノベーションアリーナ」(TIA-nano)の中核的プロジェクトとしてオープンイノベーションの場を形成。地球環境問題の解決と持続可能社会の構築のため、産学官連携による環境技術の基礎・基盤的な研究開発を推進するための拠点を構築。

◆ 物質・材料研究の中核的機関

(独)物質・材料研究機構

運営費交付金等 157億円(123億円)



物質・材料分野における世界トップレベルの研究機関として、全国の大学等と緊密に連携しつつ、物質・材料科学技術に関する基礎研究及び基盤的研究開発等の業務を総合的に実施。

特に、平成27年度は、社会ニーズに適切に対応するため、次世代インフラ構造材料や、革新的な機能性材料の研究開発、データ駆動型材料研究イノベーションハブの構築 等を実施する。



元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>

平成27年度要求額 : 2,902百万円
 (平成26年度予算額 : 2,019百万円)

【背景】

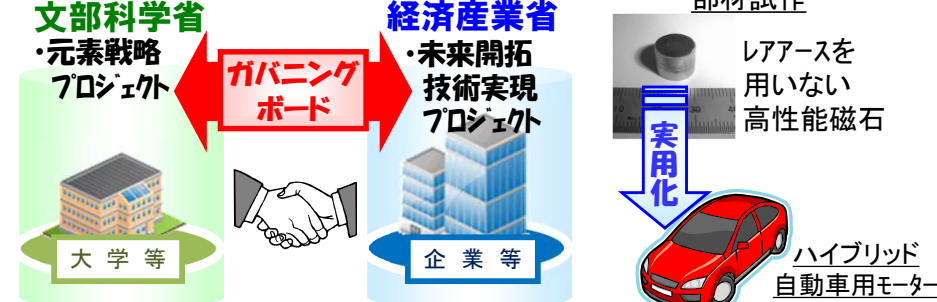
- ・レアアース等の希少元素※の供給を輸入に頼る我が国は、世界的な需要の急増や資源国の輸出管理政策により、**深刻な供給不足**に直面。 ※ハイブリッド自動車のモーターに用いられる高性能磁石などの先端産業を支える部材や、社会インフラを支える高強度材に不可欠。
- ・東日本大震災を契機として、円高の進行にレアアース等の調達制約も加わり、**供給網(サプライチェーン)の中核を担う素材・部品分野等**において、生産拠点を日本から海外に移転する動きが活発化しており、**産業の空洞化**が加速する恐れ。

【概要】

- ※「元素戦略」:物質・材料の特性・機能を決める元素の役割を解明し利用する観点から材料の創成につなげる研究。
- ・我が国の資源制約を克服し、産業競争力を強化するため、**希少元素を用いない、全く新しい代替材料を創製**。
- ・産業競争力に直結する材料領域を対象に、代表研究者の強力なリーダーシップの下、**物質の機能を支配する元素の役割の理論的解明から新材料の創製、特性評価までを、拠点を中核として形成する共同研究組織の連携・協働によって一体的に推進**。
- ・文科省・経産省間で設置する「ガバニングボード」で、プロジェクト間の緊密な連携(成果の実用化に向けた研究開発、産業界の課題に対する科学的深掘り、知的財産・研究設備の活用促進等)を確保し、**基礎から実用化まで一貫通貫の研究開発を推進**。

(※内閣府が主導する戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)との連携を検討中)

【文部科学省・経済産業省の連携体制】



※両省連携により、成果を速やかに実用化に展開し、産業競争力に直結。

科学技術イノベーション総合戦略(平成25年6月7日閣議決定)

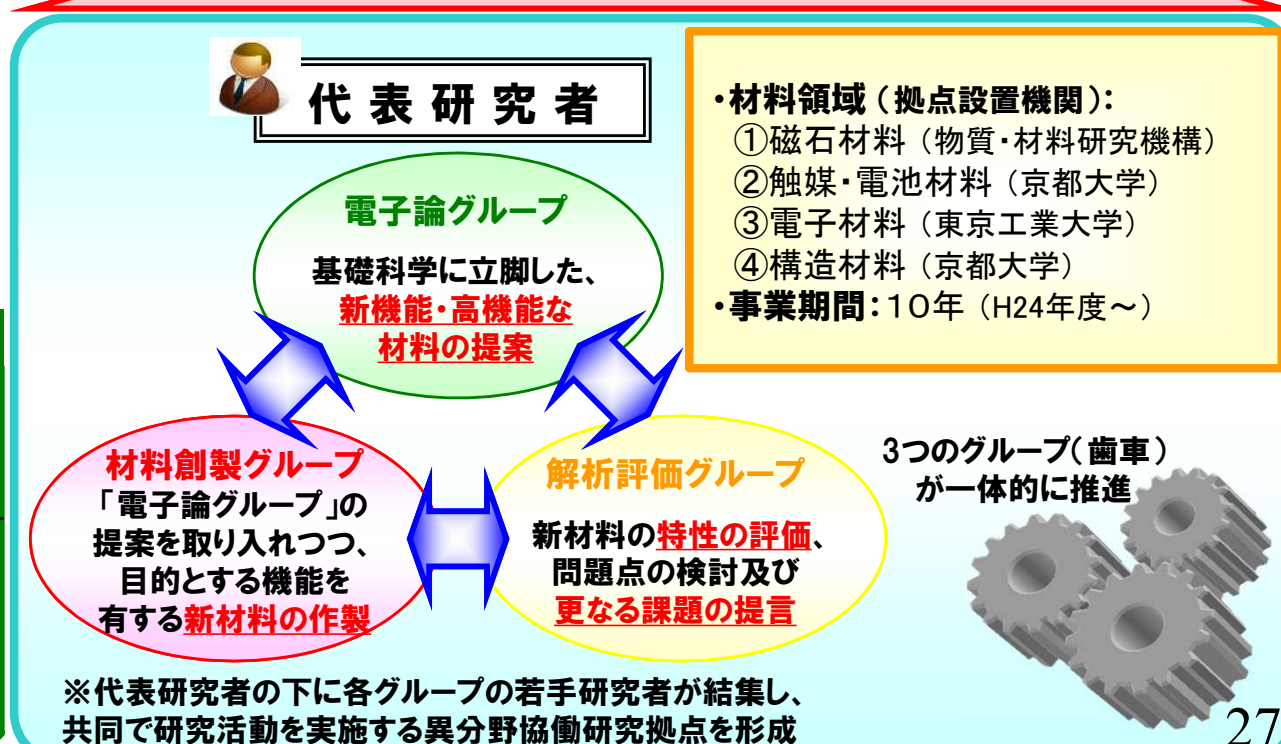
(5) 革新的構造材料の開発による効率的エネルギー利用

①取組の内容

この取組では、炭素繊維等炭素系材料、マグネシウム、チタン等金属系材料、革新鋼板等の新材料開発、部材特性に適した設計及び接合技術等を研究開発する。これら高機能材料を、エネルギー消費の大きな輸送機器等に適用し、機器の軽量化や長寿命化による省エネルギー効果の向上を図る。この取組により、エネルギーの効率的な利用と、国際展開をねらう先端技術を有する社会を実現する。【文部科学省、経済産業省】

元素戦略運営統括会議

事業全体の運営を監督(指導・助言、評価等)



- ・材料領域(拠点設置機関):
 - ①磁石材料(物質・材料研究機構)
 - ②触媒・電池材料(京都大学)
 - ③電子材料(東京工業大学)
 - ④構造材料(京都大学)
- ・事業期間:10年(H24年度~)

材料創製グループ
「電子論グループ」の提案を取り入れつつ、目的とする機能を有する**新材料の作製**

解析評価グループ
新材料の**特性の評価**、**問題点の検討**及び**更なる課題の提言**

※代表研究者の下に各グループの若手研究者が結集し、共同で研究活動を実施する異分野協働研究拠点を形成

3つのグループ(歯車)が一体的に推進



ナノテクノロジープラットフォーム

平成27年度要求額 : 2,021百万円
(平成26年度予算額 : 1,711百万円)

【背景】

- ・**ナノテクノロジー・材料科学技術**は、我が国が強みを有する分野として、基幹産業(自動車、エレクトロニクス等)をはじめ、あらゆる産業の技術革新を支える、**我が国の成長及び国際競争力の源泉**。
- ・しかし、近年、先進国に加えて、中国、韓国をはじめとする新興国が戦略的な資金投入を行い、**国際競争が激化**。
- ・世界各国が鎬を削る中、ナノテクノロジーに関する最先端設備の有効活用と相互のネットワーク化を促進し、我が国の**部素材開発の基礎力引上げとイノベーション創出に向けた強固な研究基盤の形成**が不可欠。

【概要】

- ・**ナノテクノロジーに関する最先端の研究設備とその活用のノウハウ**を有する大学・研究機関が連携し、**全国的な共用体制を構築**。
- ・部素材開発に必要な技術(①微細構造解析②微細加工③分子・物質合成)に対応した強固なプラットフォームを形成し、若手研究者を含む産学官の利用者に対して、**最先端の計測、評価、加工設備の利用機会を、高度な技術支援とともに提供**。

ポイント①:プラットフォーム内の一体的な運営方針(外部共用に係る目標設定、ワンストップサービス、利用手続の共通化等)の下、**企業等の利用者ニーズに迅速かつ的確に対応**。

ポイント②:産業界をはじめ、利用者のニーズを集約・分析するとともに、**研究現場の技術的課題に対し、総合的な解決法を提供**。

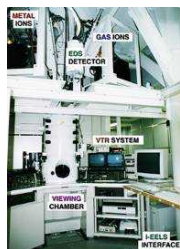
ポイント③:施設・設備の共用を通じた交流や知の集約によって、**産学官連携、異分野融合、人材育成を推進**。

【事業内容】

- 事業期間:10年(平成24年度発足)
- 経費内訳:施設・設備の共用体制の構築・推進 17億円
- 技術領域:

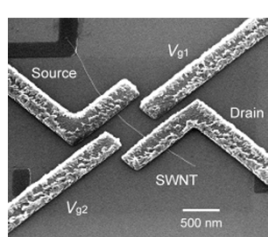
微細構造解析 <10機関>

超高压透過型電子顕微鏡、高性能電子顕微鏡(STEM)、放射光 等



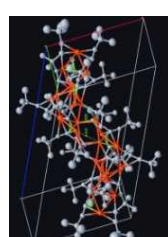
微細加工 <16機関>

電子線描画装置、エッチング装置、イオンビーム加工装置、スパッタ装置 等



分子・物質合成 <11機関>

分子合成装置、分子設計用シミュレーション、システム質量分析装置 等



【プラットフォームの目標】

- 最先端研究設備及び研究支援能力を分野横断的にかつ最適な組合せで提供できる体制を構築して、**産業界の技術課題の解決**に貢献。
- 全国の産学官の利用者に対して、**利用機会が平等に開かれ、高い利用満足度を得るための研究支援機能を有する共用システムを構築**。
(外部共用率達成目標:国支援の共用設備50%以上、それ以外30%以上)
- 利用者や技術支援者等の国内での相互交流や海外の先端共用施設ネットワークとの交流等を継続的に実施することを通じて、**利用者の研究能力や技術支援者の専門能力を向上**。

ナノテクノロジープラットフォームの推進体制（全25機関）

センター機関

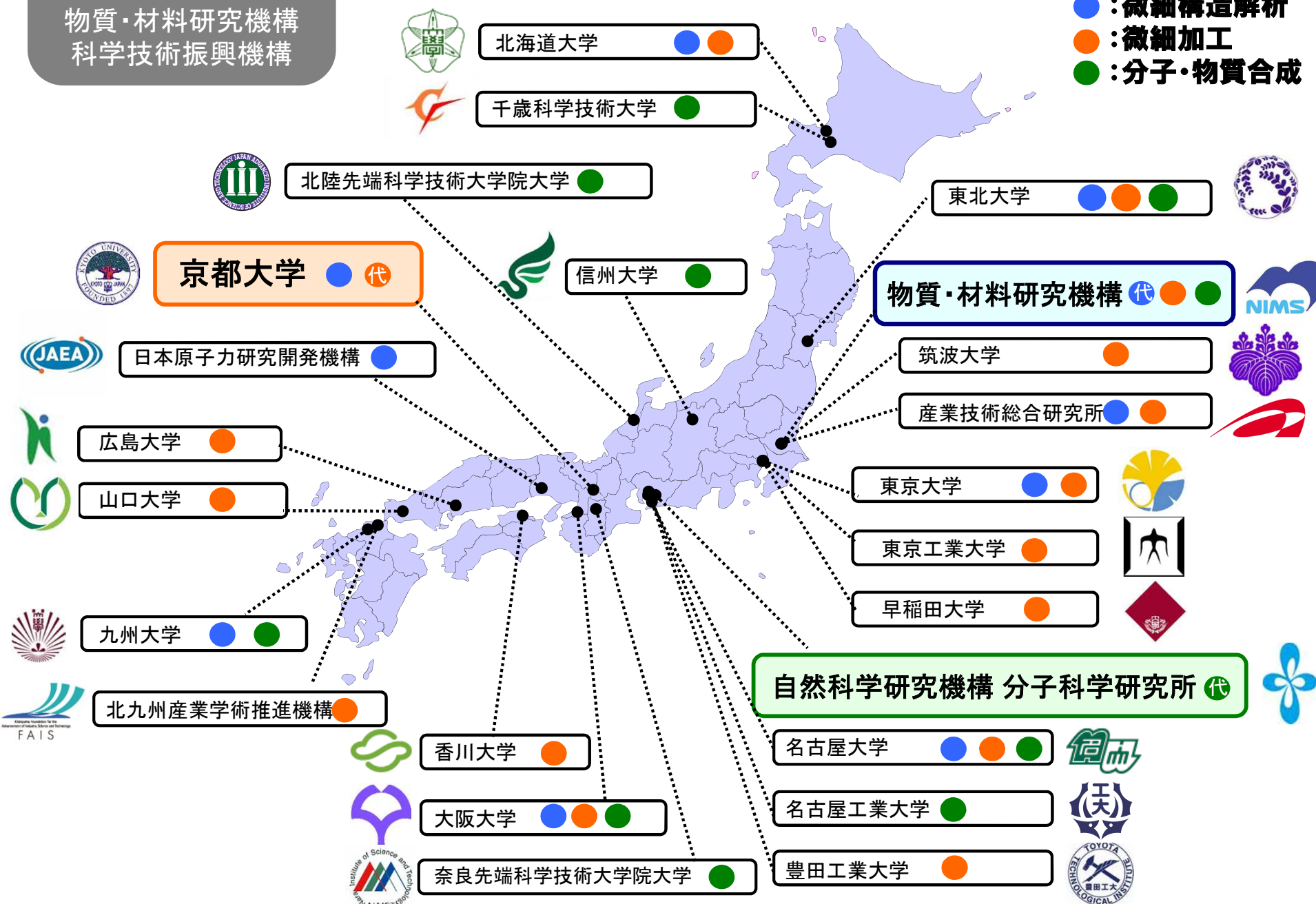
物質・材料研究機構
科学技術振興機構

代：代表機関

●：微細構造解析

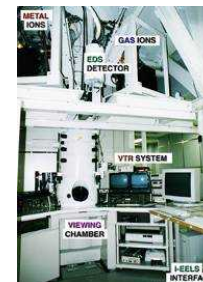
●：微細加工

●：分子・物質合成



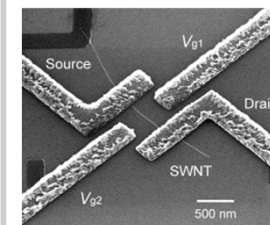
微細構造解析

超高圧透過型電子顕微鏡、
高性能電子顕微鏡 (STEM)、
放射光 等



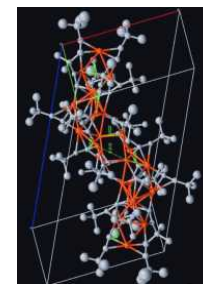
微細加工

電子線描画装置、エッチング
装置、イオンビーム加工装置、
スパッタ装置 等



分子・物質合成

分子合成装置、分子設計用
シミュレーション、システム
質量分析装置 等



ナノテクノロジーを活用した環境技術開発 ～「つくばイノベーションアリーナ(TIA-nano)」における中核的プロジェクト～


平成27年度要求額 : 448百万円
(平成26年度予算額 : 390百万円)

- 【概要】**
- ・「つくばイノベーションアリーナ(TIA-nano)」※におけるナノグリーンコア研究領域の中核的プロジェクトとして、産学官の多様な研究者が結集したオープンイノベーションの場を形成。
 - ・ナノテクノロジー・材料分野において高い研究水準を誇る我が国が、地球環境問題を抜本的に解決して持続可能な社会を構築するため、産学官が連携して環境技術の基礎基盤的な研究開発を推進するための研究拠点を構築(「Under One Roof」形式)。
 - ・異分野の人材が集結する研究拠点において、先端的な共用装置等を活用しつつ、太陽光発電、二次電池、燃料電池、光触媒等に関する基礎基盤研究の強化による技術シーズの開発とともに、先端環境技術に取り組む人材育成を推進。

- 【推進体制】**
- ・採択機関：物質・材料研究機構、北海道大学、名古屋大学、トヨタ自動車をはじめとする13の大学・企業
 - ・実施期間：平成21年度から10年間(事業開始から3年後及び6年後に研究の進捗状況について中間評価を実施)

※つくばイノベーションアリーナ(TIA-nano)

世界水準の最先端ナノテクノロジー研究設備・人材が集積するつくばにおいて、産業技術総合研究所、物質・材料研究機構、筑波大学、高エネルギー加速器研究機構が中核となって、**世界的なナノテクノロジー研究拠点を形成**する。
(平成21年発足)




平成27年度要求・要望額	: 301百万円
うち優先課題推進枠要望額	: 30百万円
(平成26年度予算額)	: 301百万円)

本事業では、環境エネルギーに関する重要研究分野毎に、国内の有力大学等が戦略的に連携し、研究目標や研究リソースを共有しながら当該分野における世界最高水準の研究と人材育成を総合的に推進するネットワーク・オブ・エクセレンスの構築を目指す。

先進環境材料分野

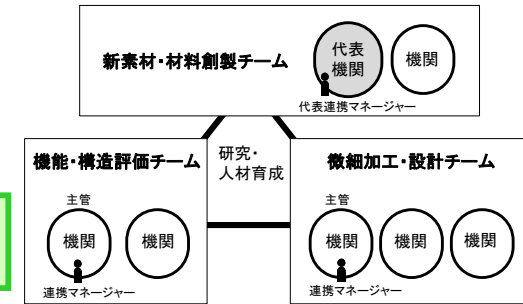
- 我が国の環境・エネルギー技術の国際競争力維持・強化
- CO₂排出量低減など低炭素化社会の実現に向けた技術的課題の解決

最先端研究の成果に基づく**新しい環境材料の創出**が大きな役割を果たす！

画期的な研究成果の実体化を見据えた先端的研究課題を発掘・解明し、**ネットワークによる知識・技術の統合**という過程から生まれる**新たな学問領域の創出**

この先進的課題解決のネットワークの下で、**先進環境材料及びそれを活用したシステムを創製する研究と人材育成が一体となって取り組まれる体制作りを支援**

研究教育ネットワーク(イメージ例)



要望

平成27年度は、E-learningのコンテンツの充実やテキスト作成等、これまでの成果を体系化し、事業終了後も後生に残る人材育成カリキュラムを構築するための取組を強化。

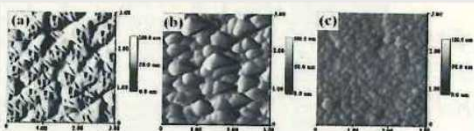
研究領域1

未利用エネルギー活用・省エネルギーのための革新的システムの創製を目標とした**先進エネルギー変換材料研究**

低炭素社会実現のために不可欠な知識・技術を統合した教育プログラムの構築による人材育成及び、鉛フリー圧電体材料、高効率電力変換用パワーデバイス材料、高効率照明用材料などの環境材料創製・デバイス化を行う。

平成23年度採択課題:

「低炭素社会の実現に向けた人材育成ネットワークの構築と先進環境材料・デバイス創製」



達成目標例: 新規鉛フリー圧電体材料開発と高周波振動発電デバイスの実証



東京大学(代表)他、19機関

研究領域2

エネルギー最大活用のための革新的システムの創製を目標とした**先進表面・界面構造制御材料研究**

摩擦研究に取組み、超潤滑を発現する材料を創製し、摩擦メカニズムを物理・化学的に理解して最適化することにより、機械システム(自動車エンジン、ガスタービン等)において、エネルギーを最大活用する「グリーントライボロジー技術」の実現及び、それを担う人材育成を行う。

平成23年度採択課題:

「グリーントライボ・イノベーション・ネットワーク」



達成目標例: 超潤滑コーティングのベアリングシステムへの応用



東北大学(代表)他、7機関

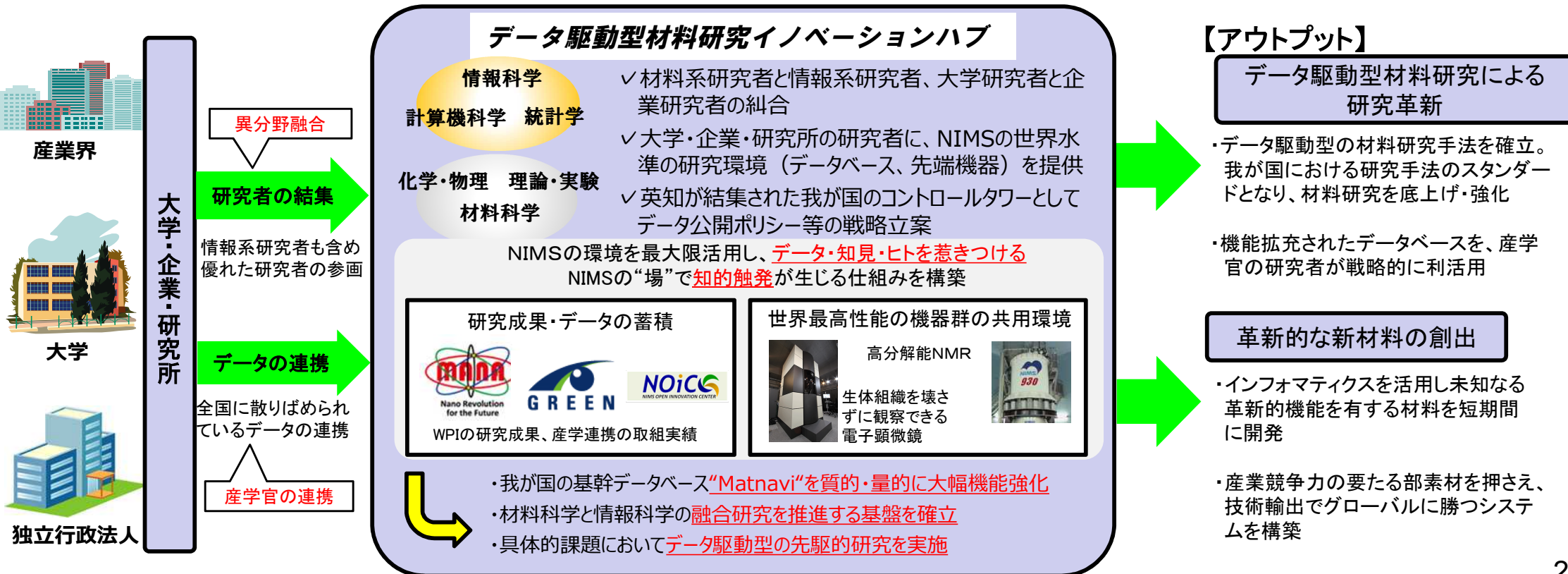
データ駆動型材料研究イノベーションハブ

【背景】

- 期待する特性・性能を有する材料を作り上げるためには、これまで、実験・シミュレーション等の試行錯誤を繰り返す他なかった。
- 一方で、計算機性能の飛躍的向上を受け、過去の蓄積データを情報科学的に徹底解析することにより新たな材料設計の指針を見出す「マテリアルズインフォマティクス」と呼ばれる新たな研究手法の確立に向け、主要先進国が積極投資を行っている現状。

【概要・将来像】

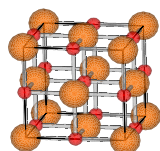
- 基幹データベースや先端研究機器を備える（独）物質・材料研究機構を中核として、産学官の材料系研究者・情報系研究者の英知が結集する“データ駆動型材料研究イノベーションハブ”を構築し、材料データ群の徹底した計算機解析による新たな材料設計手法（「マテリアルズインフォマティクス」）を世界に先駆けて確立する。
- これにより、国際競争が激化する中、未知なる革新的機能を有する材料を短期間に開発し、我が国の産業競争力の要たる部素材を押さえ、戦略的な技術輸出でグローバルに勝つシステムを構築する。



材料創製手法の革新を生むマテリアルズ・インフォマティクス

マテリアルズ・インフォマティクスは、固有の組成・物性を持つ物質の無限の組合せの中から、期待する機能・特性を発現する材料を創製するための、シミュレーション、実験に代わる革新的手法

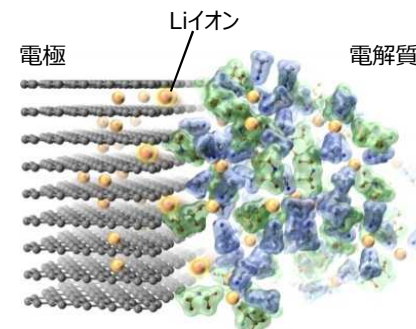
物質の組成・物性



- ・元素組成
- ・結晶構造
- ・融点
- ・沸点
- ・比熱
- ・磁化 等

①理論 (シミュレーション)

- ・電子論に基づく原子一つ一つの挙動から、材料（原子約1000京個以上からなる）の特性を演繹的に計算
- ・膨大な計算量となるため、スパコン「京」等の活用により、これまで不可能であった大規模シミュレーションが可能に
- ・原子の挙動を計算で追えるため、反応過程の原子の動き（時間変化）を追うことができるなどの強み
- ・バイオ・創薬の世界でも積極的に活用されている



【例】Liイオン電池の充放電挙動のグラフィクス化

従来型的手法

新しい手法により材料特性と物質組成をつなぐ

- ①理論 (シミュレーション)
- ②実験 (トライ&エラー)

③マテリアルズ・インフォマティクス

②実験

- ・実際に材料を作り、期待された特性が得られない時には、物質の組成を変え、再度材料を作るトライ&エラー
- ・従来の材料創製手法であり、その創製スピードが研究開発の鍵



材料特性



- ・強度
- ・破壊靱性
- ・耐摩耗性
- ・熱伝導度
- ・熱膨張率
- ・保磁力 等

③マテリアルズ・インフォマティクス

- ・実験により既に得られている大量の材料データを統計的に解析し、物質の物性と材料特性を結びつける理論・モデルをあぶりだす帰納的手法
- ・統計的解析処理であるため、シミュレーションほどの計算量（スパコン「京」を必須とする計算量）は不要であり、日本の各地での材料創製手法を革新する可能性を秘める
- ・情報学と材料科学の融合による方法論の確立や、体系的な基幹データベースの構築が鍵



革新的な機能性材料の研究開発

平成27年度要求・要望額 : 2,906百万円
 うち優先課題推進枠要望額 : 2,399百万円
 (平成26年度予算額 : 2,214百万円)
 ※運営費交付金中の推計額

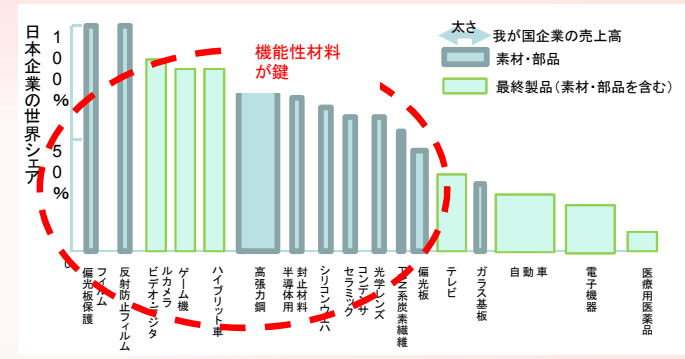
【背景】

- 優れた機能性材料の開発は、今後の我が国の産業競争力強化の要となる。
- 新しい機能性材料の創出や既存の機能性材料の更なる高度化**により、再生可能エネルギーの利用やエネルギー利用の高効率化等の課題解決に資する。

※機能性材料とは・・・物質が本来的に有する機能(電気的性質、誘電体特性、磁性、光学特性など)を発現させることを目的として製品に組み込まれる材料・素材。

【概要】

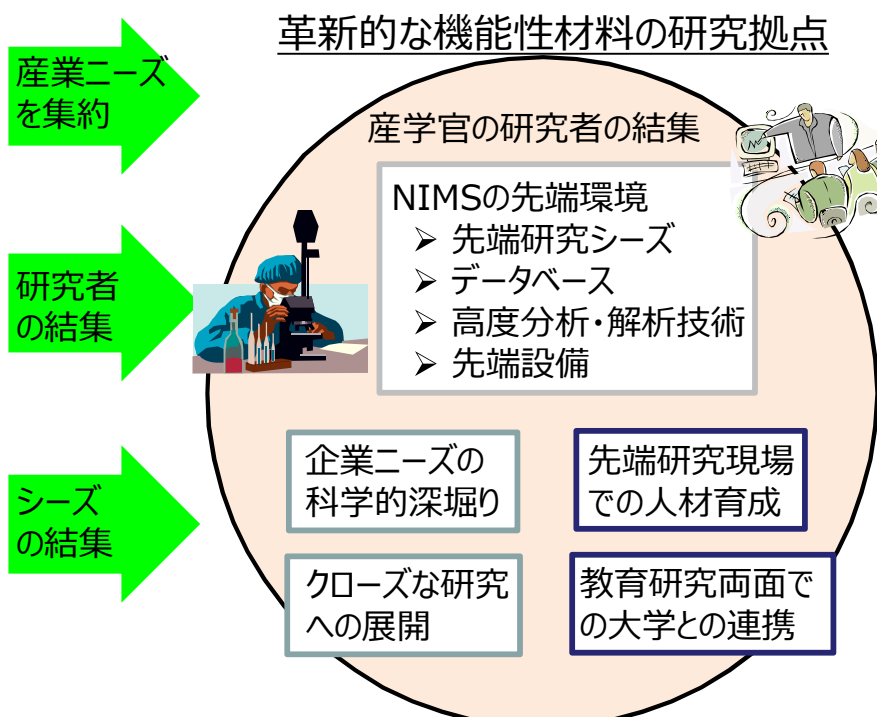
- 将来の産業界ニーズも見据え、**非連続なイノベーション創出の鍵となる革新的な機能を持つ材料の創製に向けた研究開発**をナノレベルの熱・光・水等の制御に着目し実施。
- 物質・材料研究の中核的機関である**独立行政法人 物質・材料研究機構(NIMS)**において、そのポテンシャル・ネットワークを最大限に活用し、**大学・独法等のシーズや産学官の人材が結集するオールジャパンの研究体制を構築**。



【具体的取組】



大学・企業・研究所



- 光を制御**
紫外線フィルター、蛍光体、色可変素子材
環境を選ばない街灯
一般道、高速道、空港
- 熱を制御**
断熱・防熱材、高熱伝導性材、ナノ炭素材料
高効率熱電発電
- 水を制御**
高分子メソ多孔体、ダイヤモンド状カーボン膜
高効率風力発電・送電
- 電気・電子を制御**
透明導電体、ナノ炭素材料、超伝導材料
- 生体機能を制御 (バイオメテックス材)**
自己修復材、接着剤、ひずみ可視化膜、摩擦低減材料、撥水・撥油材料

次世代インフラ構造材料の研究開発 (独立行政法人 物質・材料研究機構)

平成27年度要求・要望額 : 1,287百万円
 うち優先課題推進枠要望額 : 745百万円
 (平成26年度予算額 : 542百万円)
 ※運営費交付金中の推計額

【背景】

- ・我が国の社会インフラは老朽化が進み、建設後50年以上経過したものが多数発生しており、大きな社会リスク。
- ・また、2030年頃までの累計で約230兆円が必要と試算されるなど、老朽化したインフラは維持管理・更新コストの増加を招く現状。

【概要】

- ・社会インフラの長寿命化・耐震化を推進するため、物質・材料研究の中核的機関である独立行政法人物質・材料研究機構(NIMS)において、信頼性評価、補修技術等に関する研究開発拠点を整備し、国内外のハブとなる、オールジャパンの研究体制を構築。
- ・既存のインフラを低コストに点検・診断及び補修する材料・技術のみならず、構造物を更新する際に適用する耐久性の高い新材料を含めた総合的な研究開発を、産業界のニーズを踏まえつつ推進。
- ・実用化を見据え、内閣府、国土交通省、農林水産省、経済産業省、総務省や関連独法、及び素材からゼネコン・鉄道・道路等広範囲な関係企業との異分野融合型の連携を進めると共に、技術シーズを絶え間なく創出するための基礎基盤的研究を実施。
- ・また、本拠点においては、国内におけるインフラへの適用のみならず、インフラビジネスとしての海外展開を図ることも視野に入れつつ、これらの研究開発を中長期的に支える構造材料分野における研究者の人材育成を推進。



【具体的取組】

