

ナノテクノロジー・材料科学技術の研究開発方策について ＜中間取りまとめ＞

平成26年12月

科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
ナノテクノロジー・材料科学技術委員会

目次

1. ナノテクノロジー・材料科学技術を巡る現状認識
 - (1) ナノテクノロジー・材料科学技術が果たす役割
 - (2) グローバル社会における各国の戦略及び動向

2. ナノテクノロジー・材料科学技術の推進に向けた基本的な考え方
 - (1) 圧倒的な広がりのある基礎的、基盤的研究としての振興
 - (2) 広範な社会的課題の解決に資する研究開発の推進
 - (3) 我が国の強みを伸ばす戦略的な研究開発の推進
 - (4) 「基礎から応用へ」、「応用から基礎へ」の循環
 - (5) 人材の育成・確保

3. 各研究機関における推進体制と方策
 - (1) 大学のポテンシャルを最大限発揮する体制の構築
 - (2) 研究開発法人を核としたイノベーションハブの構築
 - (3) 関係機関の総力を挙げた推進体制の構築

4. まとめ

1. ナノテクノロジー・材料科学技術を巡る現状認識

(1) ナノテクノロジー・材料科学技術が果たす役割

ナノテクノロジー・材料科学技術は、資源・エネルギー制約等の問題や、社会インフラの老朽化対策等の社会的課題の解決に資する鍵として、大きな期待を背負う国家基盤技術であるとともに、エレクトロニクスや自動車、ロボット等の我が国の基幹産業を支える要であり、高い国際競争力を有している。

また、広範で多様な研究領域・応用分野を支える基盤であり、その横串的な性格から、異分野融合・技術融合により不連続なイノベーションをもたらす鍵として、科学技術の発展に向けた新たな可能性を切り拓き、先導する役割を担っている。

加えて、近年、地球規模のシェールガス革命の進展、安全保障問題の顕在化や世界に先駆けた再生医療の実現とその発展への期待等社会的課題が多様化する中、分野横断的な基盤技術としてこれら新たな課題の解決に資するツールとなる役割が期待される。

また、ビッグデータや IoT(Internet of Things)、Converging Technology の台頭といった経済社会の新たな潮流を踏まえた革新が期待される。

ナノテクノロジー・材料科学技術は、第2期及び第3期の科学技術基本計画において重点推進分野として位置付けられ、第4期科学技術基本計画の期間においても社会的課題の解決に向けた研究開発の基盤を支えてきた一方で、その重要性に比し、第4期における計画上の位置付けは不明瞭であった。

本年6月に閣議決定された「科学技術イノベーション総合戦略2014」において、ナノテクノロジーが、産業競争力を強化し政策課題を解決するための分野横断的技術として重要な役割を果たす旨明記されており、第5期科学技術基本計画においても、科学技術政策体系における位置付けを明確にした上で一層の強化を図ることが求められる。

(2) グローバル社会における各国の戦略及び動向

グローバル社会において、新興国の台頭により世界が多極化し、また、研究開発競争が激化する中で、ナノテクノロジー・材料科学技術に係る近年の特筆すべき各国の戦略及び動向は概ね以下のとおりであり、今後もその動向を注視していく必要がある。

- ・欧米を中心に官民による重点的投資が過去10数年に渡り継続的に行われており、特に米国の ANT(Albany Nanotech)、仏国の MINATEC(Micro and Nanotechnologies Campus)等、技術と人材をグローバルに吸引する大規模な集中拠点化を官とともに産学が牽引している。
- ・中国、韓国等アジア各国におけるナノテクノロジーの国家イニシアティブ化

に伴い、政府投資が劇的に増大し、研究開発人材及び技術も台頭してきている。

- 米国では、社会の共通課題解決のため、基礎研究から実用化に至る期間を半分に短縮することを目指し、計算科学やITの活用に着目した国家計画として「マテリアル・ゲノム・イニシアティブ」を開始した。
- 各国とも研究開発投資の効率の最大化を企図し、研究成果創出のスピードを加速するため先端共用施設のネットワーク化を推進している。
- 欧米並みに、産業化・実用化を見据えた国際標準化戦略、環境・健康・安全面（EHS: Environment, Health and Safety）の課題や倫理的・法的・社会的問題（ELSI: Ethical, Legal and Social Issues）に係る対策・体制構築を、研究開発の初期段階から官主導で推進している。

2. ナノテクノロジー・材料科学技術の推進に向けた基本的考え方

(1) 圧倒的な広がりのある基礎的、基盤的研究としての振興

ナノテクノロジー・材料科学技術は、情報通信、環境、ライフサイエンス等広範な分野の先端を切り拓くために必須であり、その広がりを意識した研究振興方策を取るべきである。

- ・アジア各国の追い上げ等国際的な研究開発競争が激化する中、基礎的、基盤的研究を推進し、新たな指導原理に基づく材料開発により世界をリードし続けることが重要である。
- ・全く新たな機能を持つ材料や、新たな応用先の提案等、材料機能からシステムを提案することが非連続なイノベーションを創出する鍵であることから、セレンディピティを生み出しやすい環境を整えることが極めて重要である。また、ハイリスクの研究を根気強く支援することも効果的である。
- ・分野横断的、横串的な役割を果たすという特徴を活かし、異分野融合研究を触発することで全く新しいイノベーションを創出するための仕組みを設けることが重要である。その際には、若手研究者のフレキシブルな発想、能力を十分に活用することが肝要である。

(2) 広範な社会的課題の解決に資する研究開発の推進

ナノテクノロジー・材料科学技術は、これまでも社会的課題の解決に資する基盤技術として重要視され、推進されてきたところであるが、近年、その高度化とともに広範な分野で普遍的に用いられるようになった。そのため、これまでにない応用先を開拓し、エネルギーの一層の効率的利用や医療分野への応用、社会インフラの老朽化対策等、近年顕在化した社会的課題や、昔から認識されていっつも未解決な課題・命題に革新的なアプローチを提供し、解決に導くことが期待される。

例えば、以下のような例が挙げられる。

- ・将来の一層の省エネルギー化やエネルギー源の多様化を推進するため、革新的な熱電変換材料や圧電変換材料、触媒、パワー半導体等、今後の一層の高効率なエネルギー変換を可能とする材料の研究を推進することが重要である。
- ・先進諸国に先駆けて高齢化を迎える我が国においては、非侵襲治療や高精度診断等の高付加価値な医療が広く普及した社会の実現に向け、微細加工技術や分子合成技術等を駆使し、医療分野のニーズを踏まえたナノテクノロジー・材料の研究開発を強力に推進し、世界をリードする戦略が求められる。

(3) 我が国の強みを伸ばす戦略的な研究開発の推進

我が国が高い国際競争力を有するナノテクノロジー・材料科学技術の強みを最大限発揮するため、戦略性を持った研究開発を推進すべきである。以下を基本的な考え方としつつ、個別の研究テーマに応じた推進方策は今後より詳細な検討を進めることが必要である。

- ・我が国が高いシェアを誇る材料を生み出してきた機能性材料研究においては、革新的な機能を実現する材料の創製のために、機能に着目しつつ材料横断的に研究を推進することが重要である。
- ・構造材料研究においては、社会インフラの老朽化対策のための高機能な新規材料の創製に加えて、点検診断技術・補修技術・劣化予測技術等とパッケージにしたインフラ維持管理マネジメントシステムの構築への期待等を念頭に置いた、総合的なアプローチが必要である。
- ・昨今の計算機性能の飛躍的向上と国際的な材料開発競争の激化を受け、材料データ群の計算機解析による、情報科学と材料科学を融合した新たなデータ駆動型の材料設計技術（マテリアルズ・インフォマティクス）を確立し、未知なる革新的機能を有する材料の開発を加速することが重要である。その際、先行的に取組が進んでいる欧米に比べ、我が国においては、先端的な研究成果のデータが存在する一方で、実用的なデータベースの構築やフォーマットを意識したデータ取得等の取組が十分でない点を認識すべきである。併せて、計算機資源の充実等により普遍化された高度なシミュレーション等も積極的に活用することが肝要である。
- ・希少元素を巡る市場動向や産出国の政治動向等を見極めつつ、希少元素を全く用いないことのみを至上主義とせず、あらゆる元素の無限の組合せの中から未知なる革新的機能を探索したうえで汎用元素への代替を図る新たな政策アプローチも検討されるべきである。
- ・研究の対象材料が有する特徴や関連産業の国内外動向等に応じた適切な国際標準化戦略や知的財産戦略を持つことが重要である。

(4) 「基礎から応用へ」、「応用から基礎へ」の循環

基礎研究から応用研究、開発、更には事業化、実用化の各段階へ一方向にのみ進むのではなく、問題の本質への理解の深化等を通じ、各段階での課題が基礎研究への課題へと翻訳され、基礎研究に立ち戻るような「循環研究」が行われることが、課題の解決とサイエンスの発展の双方にとって重要である。

- ・循環研究を推進するためには、グローバルな環境や、大学内の学部の壁を取り払った異分野が融合した環境を整備し、クリエイティブな能力を有する人材を育成する必要がある。
- ・将来にわたる国際競争力強化のための戦略作りを産学官総がかりで実施する

とともに、プロジェクトの初期段階・企画段階から産学官が膝詰めで議論・協働を行うことが重要である。フォワードキャスト的なアプローチであるシーズ側からの応用提案と、バックキャスト的なアプローチであるニーズ側からの材料性能提案を摺り合わせ、プロジェクト立案及び研究チーム編成をすることが、新たなイノベーションを創出する鍵であり、両サイドのコミュニケーション頻度を上げることが肝要である。

- ・バックキャストに際しては、デバイスやシステムを理解する研究者層が必須であり、産業界のみならず学术界においてもこのような人材を育成することが必要である。その際、論文のみによらない適切な研究評価がなされることが肝要である。
- ・応用研究への展開や実用化の上では欠かせない国際標準化戦略や知的財産戦略をはじめ、環境・健康・安全面（EHS：Environment, Health and Safety）の課題や倫理的・法的・社会的問題（ELSI：Ethical, Legal and Social Issues）対策の取り組み、国際連携・協力等に係る体制構築を、研究開発の初期段階から並行して推進することが重要である。

（5）人材の育成・確保

ナノテクノロジー・材料科学技術が分野横断的であるという特徴を活かし、一つの専門分野で論文を執筆できる能力が十分に備わっていることに加えて、広範な分野の基礎的素養を身に付け、俯瞰的視野を持った上で研究を推進できる人材を育成することが重要である。

加えて、産業競争力の要であるナノテクノロジー・材料科学技術に携わる若手研究者に、意欲的に産業界のインターンシップや海外での研究活動の経験等を持たせ、産学官にわたりグローバルに活躍するリーダーを育成することが求められている。また、新たな知見の創出にとどまらず社会的価値への展開を戦略的に推進するリーダーを、世界最先端の研究拠点の中で On the Job Training (OJT) で育成することが重要である。

併せて、研究や設備共用の推進に当たっては、最先端の研究設備の機能と研究課題の双方に精通し、研究課題の対応策の提案が可能な優れた技術支援者を育成・確保するとともに、コンソーシアムを形成し安定的な雇用・キャリアアップを図る等そのキャリアパスの構築に向けた取組が必要である。

また、大学の国際化が進み、特に大学院では海外からの留学生も増える中、その卒業・修了後も我が国の研究開発力・産業競争力の持続的な向上への貢献を促すような仕組みが必要である。

3. 各研究機関における推進体制と方策

(1) 大学のポテンシャルを最大限発揮する体制の構築

- 分野や組織を超えた新たな知へ挑戦するため、高等教育政策とも連携し、専門分野の異なる研究者の交流に係るファンディングや評価等のインセンティブの設定を進め、部局の壁を打破した教育研究環境を構築することが重要である。
- ナノテクノロジー・材料科学技術は分野横断的であるため、一つの専門分野に加えて、広範な分野の基礎的素養を身に付け、俯瞰的視野を持った上で研究を推進できる人材を育成することが重要であり、分野や組織を超えた体系的な教育プログラムを構築することが必要である。また、研究経験を有する社会人に向けた、多様なバックグラウンドの研究者が集い、互いの専門分野を超えた高度な知識や課題解決能力を修得するための博士課程教育プログラムの充実が求められる。
- 産業界の課題や戦略について学术界も交えて議論するラウンドテーブルの設定や、学术界から産業界への人材流動が比較的少数である現状を踏まえた双方向の人材交流の活性化等、新たな価値を創造する研究推進体制の構築が必要である。
- 日本学術会議におけるロードマップや大型研究計画に係る提言や学協会の壁を超えた議論等を通じ、研究推進方策の方向性を学术界から発信し、産学官における議論へと繋ぐことが重要である。
- 海外での研究経験のある学生の育成や、海外からの留学生の卒業・修了後の我が国での活躍を促進する仕組みの構築等、グローバルな視点での人材育成・確保の取組が必要である。
- グローバル社会におけるボーダーレスな研究開発の実践に向け、国内外においてネットワーク型で研究を推進することも重要である。その際、行き過ぎた自前主義に陥らず、例えば、総合力として秀でる研究大学とオンリーワン技術を有する地方大学の連携等、ポテンシャルが高い機関同士の連携や互いの機関の強みを補完しあう連携が期待される。

(2) 研究開発法人を核としたイノベーションハブの構築

我が国における物質・材料研究の中核的研究機関である独立行政法人物質・材料研究機構が、産学官一丸となったオールジャパン体制の構築により社会的課題や産業界の課題を科学的に深掘りし、その解決に向けた技術シーズを絶えず生み出し、課題の解決に貢献する「イノベーションハブ」へと進化することが重要である。同機構が有する研究シーズ、人材、先端研究設備等の高いポテンシャルを産学官で最大限活用する体制を構築し、我が国のナノテクノロジー・材料科学技術全体のハブとして機能することが期待される。

- ・イノベーションハブにおいては、研究テーマに応じた適切な知的財産管理の

下、オープンイノベーションによる基礎研究及び人材育成を徹底し、クローズな実用化研究への展開を生む技術シーズを創出する。その際、様々な分野の国内外の優秀な人材を惹きつけ、セレンディピティを生み出しやすい多様性を確保した環境を構築しつつ、個々人の専門分野を超えた異分野融合・技術融合が推進される、産学官いずれにも魅力あるものとすることが重要である。

- ・我が国の各地の中核的大学や共同研究拠点から創出される新たな研究・技術シーズや卓越した若手研究者等のポテンシャルをネットワーク化することにより、オールジャパン体制でのイノベーションハブとしての機能を確立し、産学官協働により、世界に冠たる研究拠点に伍するイノベーションハブを構築することが重要である。
- ・産学官の材料研究者に加え、異分野の研究者も含めた国内外の優秀な人材を結集したハブとするため、クロスアポイントメント制度や年俸制の導入等、制度的な整備を早急に進め、重点的研究分野をリードする研究者の配置にクロスアポイントメントを積極的に活用することが必要である。
- ・産学官の英知の結集により、構造材料研究、機能性材料研究に加え、材料データ群の徹底した計算機解析による、情報科学と材料科学を融合した新たなデータ駆動型の材料設計技術（マテリアルズ・インフォマティクス）の確立に向けた取組を推進し、先端的研究を展開する。その際、人材育成や先端研究設備の共用、材料データ等の情報集約・発信等、我が国の研究基盤としての機能も整備することが重要である。

(3) 関係機関の総力をあげた推進体制の構築

- 大学等の機関が有する最先端の研究機器を広く産学官で共用することを目的とするナノテクノロジープラットフォームの取組は、日本各地でイノベーション創出に向けた強固な研究基盤を形成するとともに、地方のものづくり産業の基盤ともなる非常に重要な取組である。大学共同利用機関法人や共同利用・共同研究拠点、SPRING-8 やスパコン「京」等の大型共用研究施設・設備や地方が有する比較的小型のシンクロトロン等、他の共用のフレームワークも積極的に活用し、研究資金を効果的・効率的に活用した研究開発が実施されることが期待される。また、共用の推進にあたっては、ナノテクノロジープラットフォームをはじめとした先行モデルを参考にしつつ、優れた技術支援者の育成・確保及びそのキャリアパスの構築が必要である。
- 産学官の力を結集し、次世代の人材を育成する取組（技術者研修や、初等・中等・高等教育との縦型連携策）や、人材交流等の活性化が必要である。その際、卓越した研究者の育成に加え、システムや産業応用までを視野に入れつつ組織的・戦略的に研究プロジェクトを統括できるプログラムマネージャーの育成に向けた人材育成方策も検討されるべきである。
- 学術界の先端的研究成果を社会実装に向けて研究者自らが主体となって挑戦をする意識の醸成に向けた環境整備が重要である。具体的には、学術界

に留まることなく、共同研究や、事業化に向けた成果展開の起業による取組等が円滑に行われるよう環境整備を行うことが必要である。

- 総合科学技術・イノベーション会議の主導により戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）が始動する等、府省連携の取組が進んでおり、同プログラムにおいては「革新的構造材料」や「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」等、ナノテクノロジー・材料科学技術に深く関係する研究課題も設定されている。関係各省が所管する施策についても、府省の枠を超えて有機的な連携が可能となる仕組みづくりが期待される。

4. まとめ

ナノテクノロジー・材料科学技術は、平成13年に閣議決定された第2期の科学技術基本計画において重点的に推進することとされる等その重要性が強く認識されてから10年以上が過ぎたが、依然として、新たな科学技術の先端を切り拓くとともに我が国の基幹産業を支える国際競争力の高いコア技術として、社会において果たす役割は増すばかりである。

ナノテクノロジー・材料科学技術が分野横断技術として広範な分野で普遍的に用いられるようになったことにより、より多くの社会的課題の解決の鍵となることが予想される。第7期ナノテクノロジー・材料科学技術委員会においては、基本的考え方について以下のように整理するとともに、推進体制と方策について検討を進め、中間取りまとめとして重要と考えられる項目を示した。

- ・ 分野横断的な広がりを意識した基礎的、基盤的研究としての振興
- ・ これまでに解決できていない課題や新たな課題等、広範な社会的課題の解決に資する研究開発の推進
- ・ 我が国の強みを伸ばす戦略的な研究開発の推進
- ・ 「基礎から応用へ」、「応用から基礎へ」の循環
- ・ 人材の育成・確保

今後は、必要に応じ、これらの基本的考え方のもと、特に重点的に取り組むべき研究課題や社会的課題とそのアプローチ方策について更に精査することとしたい。

ナノテクノロジー・材料科学技術委員会 委員名簿

平成26年12月

五十嵐正晃	新日鐵住金株式会社技術開発本部フェロー・先端技術研究所長
伊丹 敬之	東京理科大学大学院総合科学技術経営研究科教授
射場 英紀	トヨタ自動車株式会社電池研究部長
大林 元太郎	東レ株式会社E&Eセンター顧問
岡野 光夫	東京女子医科大学先端生命医科学研究所長・教授
長我部信行	株式会社日立製作所理事／ヘルスケア社CTO
片岡 一則	東京大学大学院工学系研究科マテリアル工学専攻教授
主査 川合 知二	大阪大学産業科学研究所特任教授／ 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構技術戦略研究センター長
北川 進	京都大学物質－細胞統合システム拠点拠点長
栗原 和枝	東北大学原子分子材料科学高等研究機構教授
小池 康博	慶應義塾大学理工学部教授
小長井 誠	東京工業大学大学院理工学研究科電子物理工学専攻教授
小林 昭子	日本大学文理学部化学科上席研究員／東京大学名誉教授
榊 裕之	豊田工業大学学長
曾根 純一	独立行政法人物質・材料研究機構理事／ 独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センター上席フェロー
田中 一宜	独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センター上席フェロー
常行 真司	東京大学大学院理学系研究科 教授
橋本 和仁	東京大学大学院工学系研究科応用化学専攻教授
福島 伸	東芝株式会社研究開発センター首席技監
松下 祥子	東京工業大学大学院理工学研究科准教授
三島 良直	東京工業大学 学長

ナノテクノロジー・材料科学技術委員会における審議の過程

○ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第1回）

日 時：平成25年5月20日（月）15：00～17：00

関連議題：

- ・ナノテクノロジー・材料科学技術委員会の主査代理指名について
- ・ナノテクノロジー・材料科学技術委員会の議事運営について
- ・ナノテクノロジー・材料科学技術関連プロジェクトの最近の状況について
- ・ナノテクノロジー・材料科学技術に係る今後重点化すべき研究課題について
- ・ナノテクノロジー・材料科学技術委員会 平成25年度研究評価計画について
- ・その他

○ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第2回）

日 時：平成25年6月27日（木）10：00～12：00

関連議題：

- ・総合科学技術会議 科学技術イノベーション総合戦略について
- ・平成26年度施策に反映すべき事項について
- ・その他

○ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第3回）

日 時：平成25年8月9日（金）13：00～15：00

関連議題：

- ・大学発グリーンイノベーション創出事業 Green Network of Excellence (GRENE) (先進環境材料分野)の進捗状況について
- ・平成26年度におけるナノテクノロジー・材料科学技術に係る主な取組について
- ・その他

○ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第4回）

日 時：平成26年1月14日（火）15：00～17：00

関連議題：

- ・「大学発グリーンイノベーション創出事業 グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス事業 先進環境材料分野」の中間評価について
- ・「元素戦略プロジェクト<産学官連携型>」（平成20年度採択課題）の事後評価について
- ・ナノテクノロジー・材料科学技術に係る平成26年度予算案について（文部科学省）
- ・総合科学技術会議におけるナノテクノロジー・材料科学技術に係る最近の動向について
- ・その他

○ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第5回）

日 時：平成26年6月9日（月）15：30～17：30

関連議題：

- ・ナノテクノロジー・材料科学技術委員会 平成26年度研究評価計画について
- ・総合科学技術・イノベーション会議における最近の動向について
- ・ナノテクノロジー・材料科学技術に係る今後の方向性について（文部科学省）

- ・総合討議
- ・その他

○ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第6回）

日 時：平成26年8月1日（金）10：00～12：00

関連議題：

- ・ナノテクノロジー・材料科学技術に係る今後の方向性について
- ・第5期科学技術基本計画に向けたナノテクノロジー・材料科学技術分野の俯瞰について
- ・その他

○ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第7回）

日 時：平成26年9月1日（月）15：00～17：15

関連議題：

- ・平成27年度 概算要求について
- ・ナノテクノロジー・材料科学技術の今後の推進方策について
- ・その他

○ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第8回）

日 時：平成26年10月17日（金）10：00～12：00

関連議題：

- ・今後のナノテクノロジー・材料科学技術の推進方策について
- ・その他

○ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第9回）

日 時：平成26年11月13日（木）10：00～12：00

関連議題：

- ・SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）の最新動向について
- ・オープンイノベーション拠点の体制・運営の仕組みについて（現状報告）
- ・今後のナノテクノロジー・材料科学技術の推進方策について
- ・その他

ナノテクノロジー・材料科学技術分野に関する現状整理

ナノテクノロジー・材料科学技術を巡る状況や社会的位置付け、当該分野の推進の方向性、及び重点的に推進すべき研究開発課題について、「ナノテクノロジー・材料科学技術の研究開発方策について（平成23年7月ナノテクノロジー・材料科学技術委員会）」（以下、「第6期ナノ材委検討中間とりまとめ」という。）における記述ぶりと最近の政府方針として「科学技術イノベーション総合戦略2014（平成26年6月閣議決定）」における記述ぶりに基づき、以下の通り整理した。

1. ナノテクノロジー・材料科学技術を巡る状況・社会的位置付け

(1) 第6期ナノ材委検討中間とりまとめ

- ・ナノテクノロジー・材料科学技術は、科学技術の新たな可能性を切り拓き、先導する役割を担うとともに、複数の領域に横断的に用いられ、広範かつ多様な技術分野を支える基盤的な役割を果たすことから、「先導的基盤技術」と言うべきものである。
- ・ナノテクノロジー・材料科学技術は、我が国が抱える資源、エネルギーの制約等の問題を克服し、東日本大震災からの復興、再生を成し遂げるために必要な革新的技術の創出の鍵を握っている。
- ・ナノテクノロジー・材料分野における基礎的、基盤的な研究の進展により、材料関連のものづくりと大学等におけるサイエンスの距離が縮まり、基礎的、基盤的研究が応用に貢献する道筋が出来た。
- ・ナノテクノロジー・材料科学技術の発展により、優れた研究成果が得られているものの、バイオテクノロジーや情報通信技術に比べて、社会における認知度が低い印象があり、目にみえる価値の創出につながるような技術的成果が不十分である。
- ・日本企業が海外の魅力的な研究開発拠点（例えば、米国におけるANT(Albany Nanotech) フランスにおけるMINATEC(Micro and Nanotechnologies Campus) 等) において研究開発を行うことによる、産業の空洞化、成果の流出等を懸念する声が年々強まっている。

(2) 科学技術イノベーション総合戦略2014

- ・物質を原子・分子レベルで解析、制御し、求める特性や機能を持った材料やデバイスを創り出すナノテクノロジーは、我が国のものづくり産業の根幹を成す基盤的な技術として、重要な役割を担っている。
- ・現在我が国のナノテクノロジー・材料分野の研究は、これまでの官民の取組により、国際的に優位な立場にある。今後も、政策課題の解決を支える分野横断技術として、我が国の産業競争力の源泉となることが求められている。

2. ナノテクノロジー・材料科学技術の推進の方向性について

(1) 第6期ナノ材委検討中間とりまとめ

- ・他の分野と並列に位置付けるのではなく、研究者の自由な発想に基づくボトムアップ型の研究、出口指向で基礎から応用、開発段階まで一貫して進めるトップダウン型の研究開発の両方の発展を支える「先導的基盤技術」として、戦略的に強化していく必要がある。
- ・ナノテクノロジー・材料科学技術に対する、社会からの期待を踏まえ、課題解決を起点として、研究開発課題を戦略的に重点化する必要がある。
- ・基礎から応用、開発、さらに事業化、実用化の各段階へ一方向にのみ進むのではなく、問題の本質への理解の深化等を通じ、各段階での課題が基礎研究への課題へと翻訳され、基礎研究に立ち戻るような「循環研究」が行われることが、課題の解決とサイエンスの発展の双方にとって重要である。なお、「循環研究」においては、異分野の研究者が結集することにより、想定外の成果が生み出される可能性は大きいいため、そのような成果の多様な展開を許容することが求められる。
- ・ナノテクノロジー・材料科学技術を継続的に強化するため、先端研究設備の整備、共用化及びネットワーク形成の促進、優れた人材の育成、新たな研究開発モデルを提示する拠点形成等に国として取り組む必要がある。

(2) 科学技術イノベーション総合戦略 2014

- ・政策課題解決にどのように役立てていくのか明確な出口戦略を描きつつ、分野横断技術がゆえに課題分野を超えて科学技術イノベーションを誘起するようコア技術に磨きをかけて、中長期に渡ってその強みを維持し競争力の源泉を生み出していくことが重要である。また、この際、分野横断技術を下支えする数理科学やシステム科学、光・量子科学の活用を十分に図る必要がある。
- ・政策課題解決にあたっては、以下の2つの視点から捉えることが必要。
 - ✓ 最終的な出口を見据えた上で重要となる具体的な課題を特定し、新たなデバイス・システムで政策課題を解決する「新たな社会ニーズに応える次世代デバイス・システムの開発」の視点
 - 新規の技術を開発するだけでなく、有用な既存技術の組み合わせを含めてシステムとして最適化することが重要。分野横断的技術が、政策課題を解決する応用技術と重なり合うことで、産業競争力のある新たなデバイス・システムを生み出す可能性がある。
 - ✓ 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で政策課題解決をする「新たな機能を実現する材料の開発」の視点

新たな機能を実現する材料開発と、生産へと展開するための欠陥制御・高信頼化等の技術開発や、ナノシミュレーションやデータベース、計測、解析、評価、加工技術、マテリアルズ・インフォマティクス等の基盤的技術を一体で強化することが重要。また、研究者の自由な発想を生かす、セレンディピティを生み出し易い環境を整え、新たな発想で世の中を大きく変え、次代を切り拓く芽を育てることも必要である。

- ・国際競争が激しいナノテクノロジー等の分野において、研究開発法人を中核として、行政機関の縦割りや産学官相互の垣根を越えた連携体制を構築し、世界に伍する国際的な産学官共同研究拠点及びネットワーク型の拠点の形成を進める。特に、大学、公的研究機関、民間企業が集積している地域において、イノベーションハブの形成を加速することで、我が国のイノベーションシステムを変革するエンジンとする。
- ・人材育成・人材確保・持続的研究推進等を効果的に行うための研究開発拠点・共用拠点プラットフォームの構築、加えて、スーパーコンピューター「京」やSPRING-8等の最先端大型研究施設等の積極的活用体制の構築

3. 特に重点的に実施すべき具体的な研究開発課題について

(1) 第6期ナノ材委検討中間とりまとめ

- ・第四期科学技術基本計画が示した課題領域毎の重要課題は以下の通り。

課題領域	重要課題	主な研究開発課題
環境・エネルギー	安定的なエネルギー供給と低炭素化の実現	<ul style="list-style-type: none"> ・電気エネルギー生成・変換・貯蔵技術 ・低損失で安定な電力供給を実現するための技術及びシステム ・太陽エネルギーを化学エネルギーに変換する技術 ・未利用エネルギーを電気エネルギーに変換する技術 ・高感度、高選択な環境用センサー
	エネルギー利用の高効率化とスマート化	<ul style="list-style-type: none"> ・省エネルギー材料 ・バイオマスによる燃料及び化学品の創製 ・画期的な触媒材料 ・省エネルギー、低環境負荷の製造工程の実現 ・エレクトロニクスの省エネルギー化、多機能化
	社会インフラのグリーン化	<ul style="list-style-type: none"> ・希少元素代替材料 等

医療・健康・介護	革新的な予防法の開発	・化学と生命科学の融合
	新しい早期診断法の開発	・体内埋込型診断治療機器
	安全で有効性の高い治療の実現	・ドラッグデリバリーシステム ・細胞内治療 ・再生医療材料 等
科学技術基盤		・三次元計測、界面及び内部計測 ・ナノ加工プロセス ・ナノ・マイクロ印刷技術、三次元ナノ製造技術 ・物質材料設計及び制御技術 等
震災からの復興、再生及び安全性の向上		・震災被害を最小限にするために必要となる劣化抑制技術や信頼性予測技術 ・構造体の安全性維持、長寿命かに貢献留守材料技術 等

(2) 科学技術イノベーション総合戦略 2014

- ・省エネルギーを実現する「パワーエレクトロニクス」や、バイオセンサやマイクロセンサなど生体情報を集め健康長寿を支える「高機能センシングデバイス」、生体模倣(バイオミメティクス)デバイス・システムやドラッグデリバリーシステム、生体との相互作用を持つバイオデバイスのような「ナノバイオデバイス・システム」など、新たな社会ニーズに応える次世代デバイス・システムの開発
- ・高強度・軽量・耐熱といった過酷な要求を満たす「構造材料」、シェールガス革命や環境・エネルギー問題を解決する「革新的触媒」等の新たな機能を実現する材料の開発と、ナノシミュレーションやデータベース、計測、解析、評価、加工技術、マテリアルズ・インフォマティクスなどナノテクノロジーを支える基盤技術の推進。

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

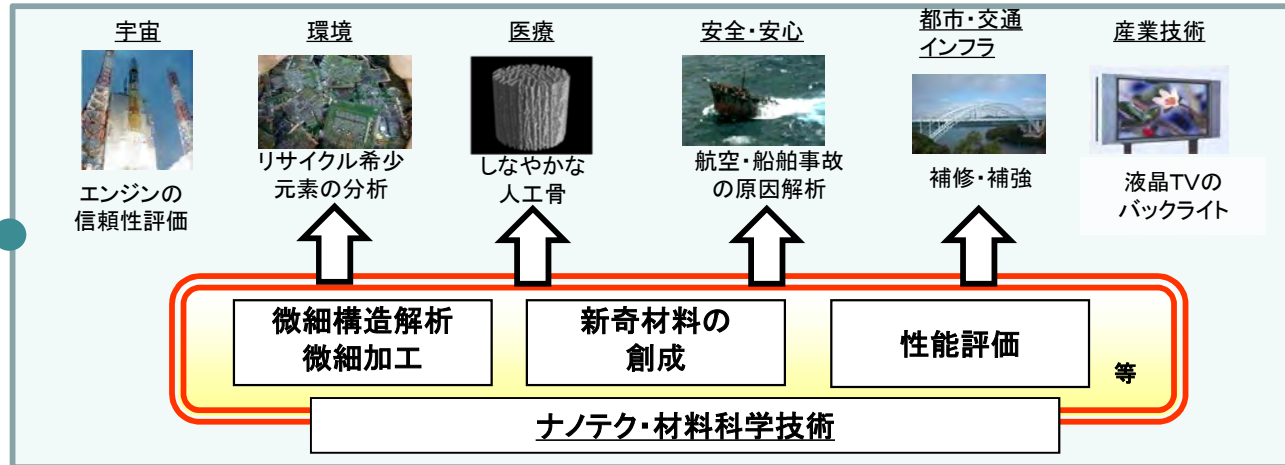
学術においても産業においても、我が国は高い国際競争力を有する

- ・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

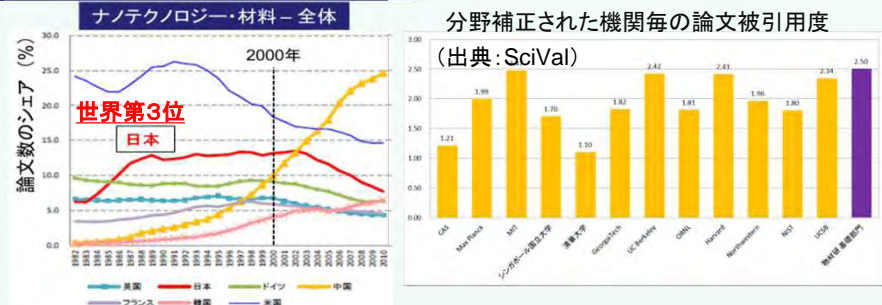
欧米中韓とも国家イニシアティブの下、政府投資を重点的に実施。

- ・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。

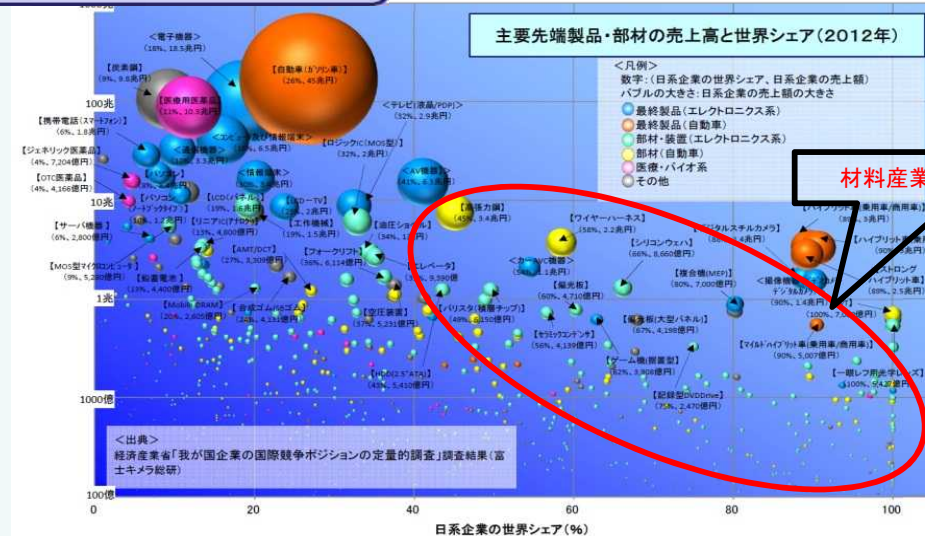


学術分野における日本の強さ



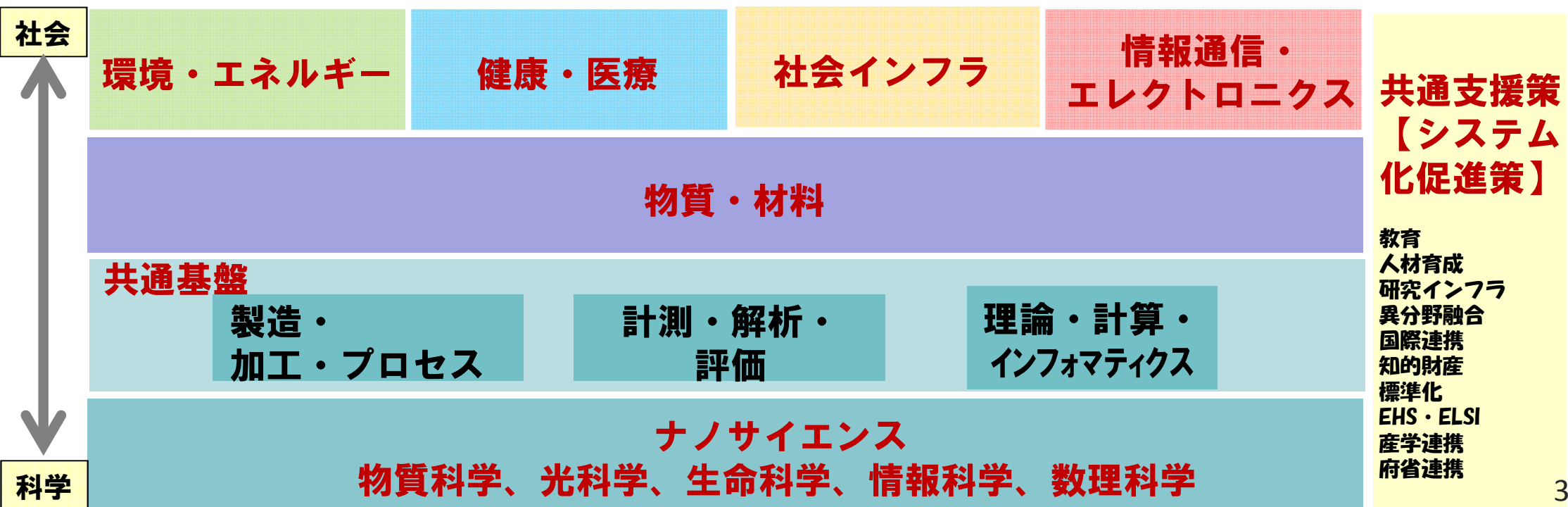
- 日本は現在、**世界トップレベルの論文シェア**を誇る。
- 世界有数の**基礎研究機関**も存在。

日本企業の世界シェア (%)

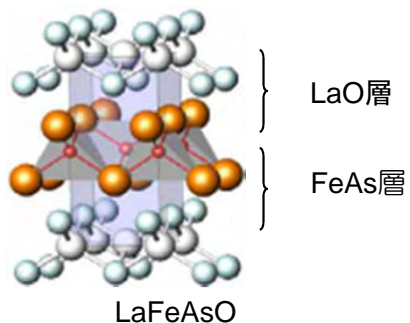


材料産業が高いシェアを獲得

- 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）



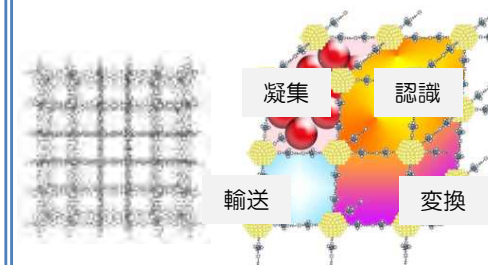
アモルファス酸化物半導体
フレキシブルトランジスタ
 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_5$

単層CNTの大量合成法の開発：畠（産総研）、日本ゼオン



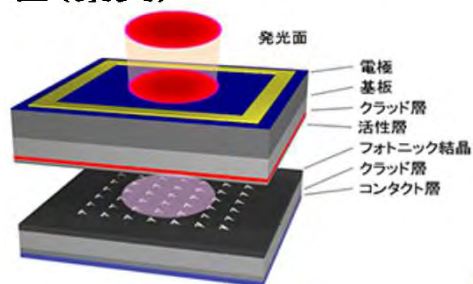
スーパースグロース法で合成されたCNTの特徴

多孔性材料（金属錯体）の開発：北川（京大）



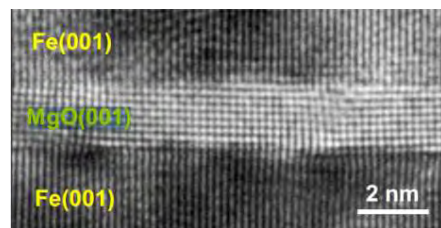
Porous Coordination Polymer (PCP)
Metal-organic framework (MOF)

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



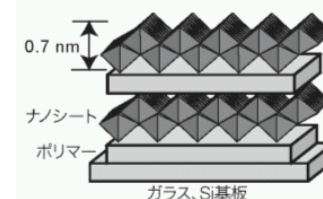
有機薄膜太陽電池（日刊工業新聞HPより）

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

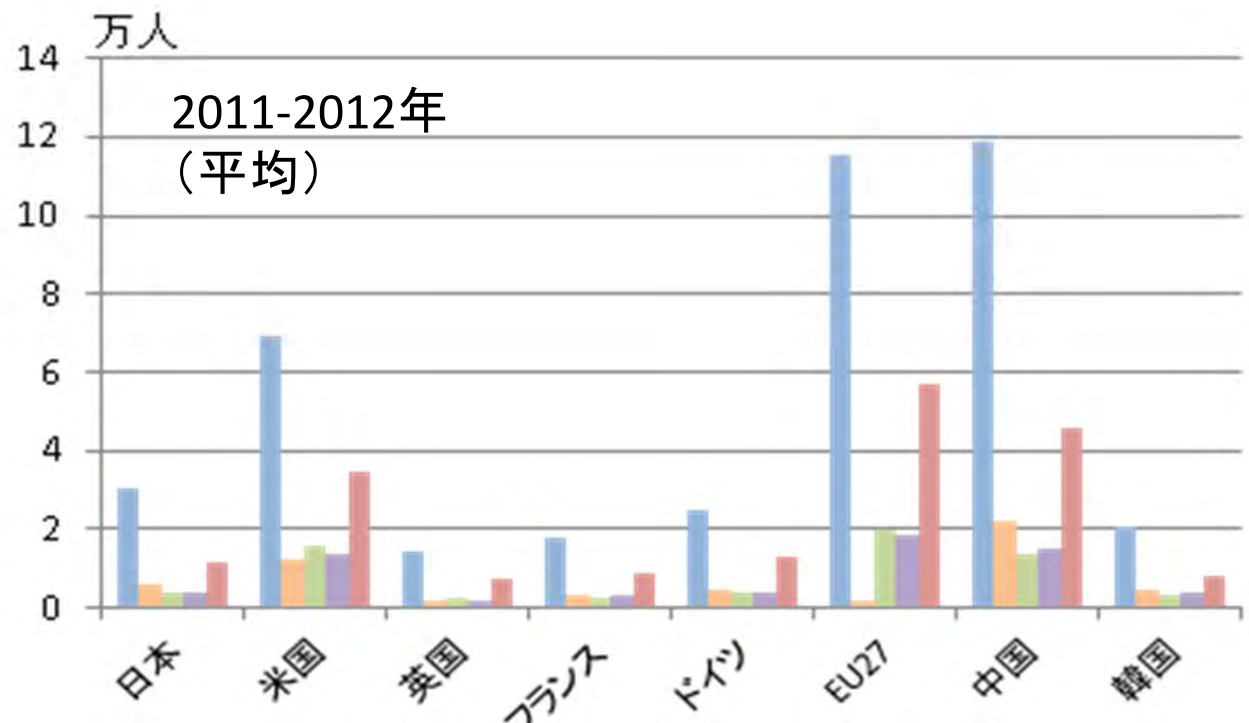
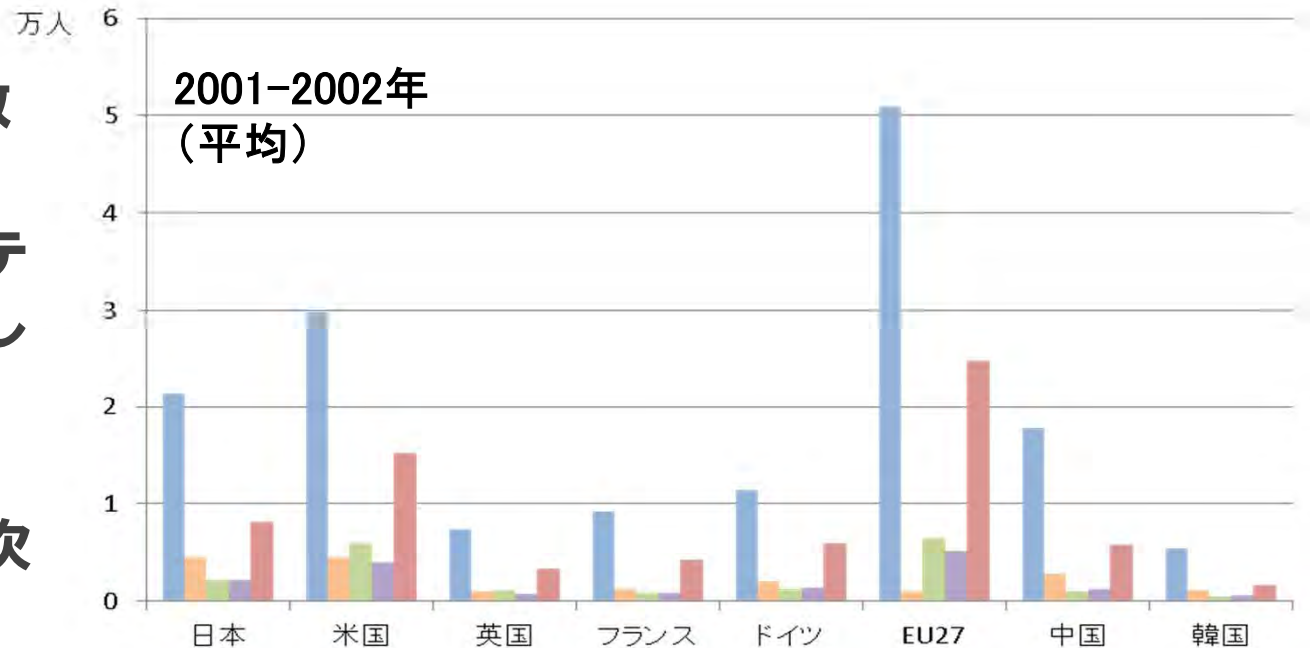
学会名	会員数(最新)	会員数(過去)
American Physical Society (APS)	50,578 (2014)	46,269 (2008)
Materials Research Society (MRS)	16,600 (2013)	16,000 (2008)
American Chemical Society (ACS)	161,000 (2013)	158,422 (2005)

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、

各研究ニーズ X, Y, Z, ……

Nano-Characterization Needs

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

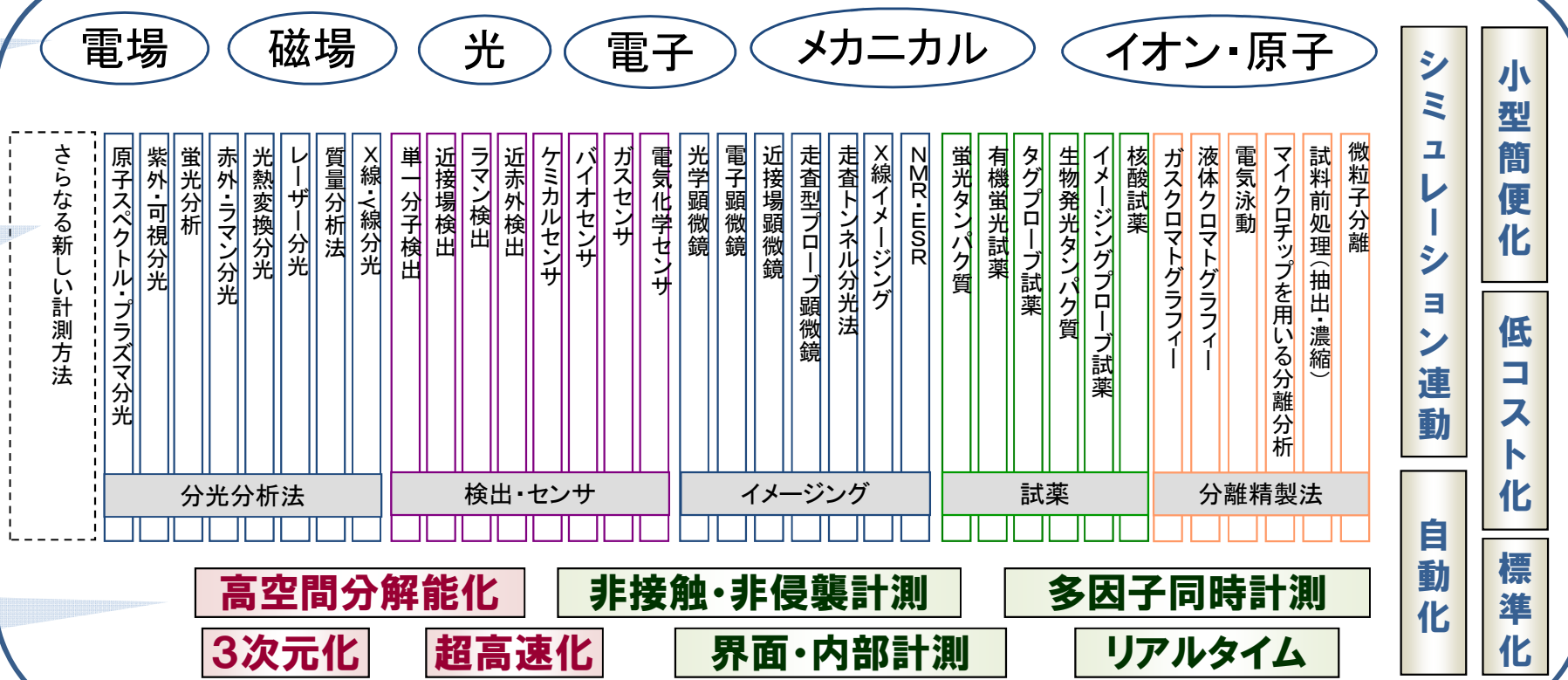
ギャップ

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

加工

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

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

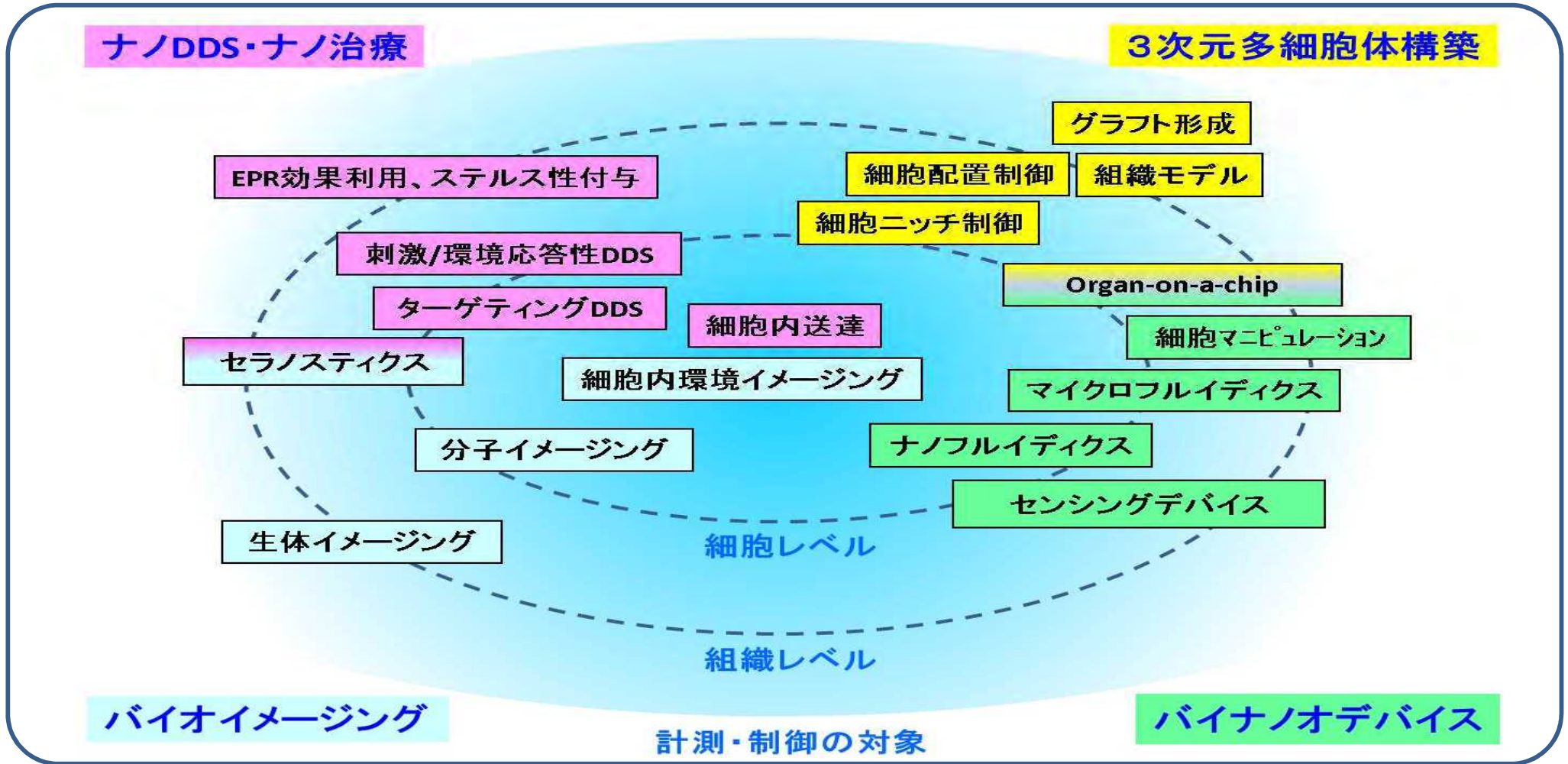
生命現象の
分子レベル
解析

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(フォトンクス・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

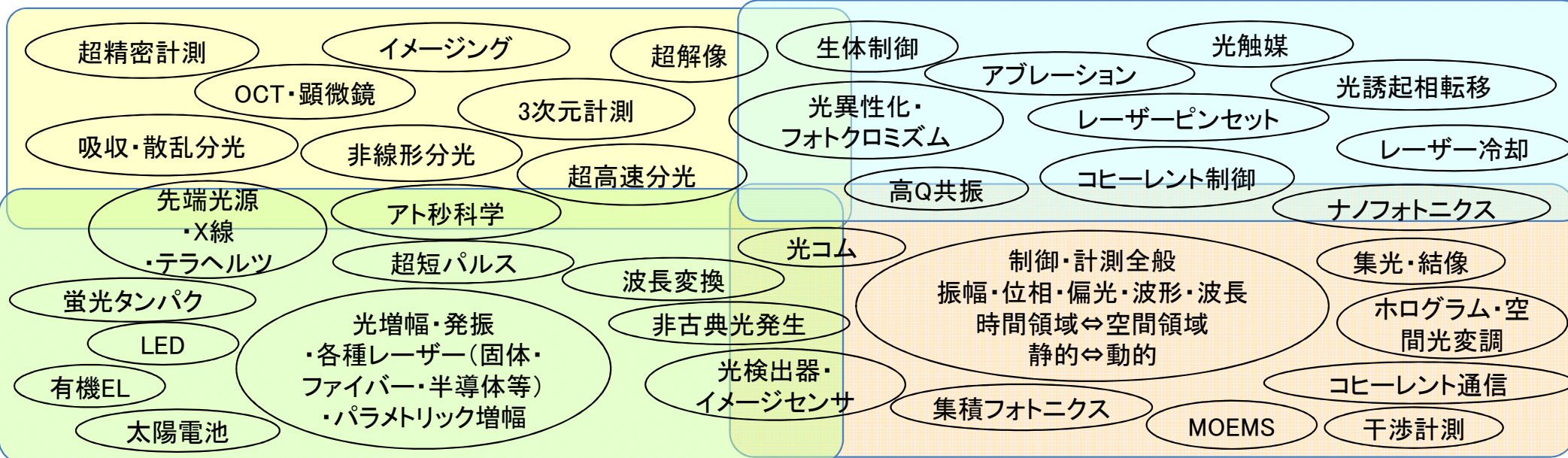
医療・バイオ

加工

計測・標準

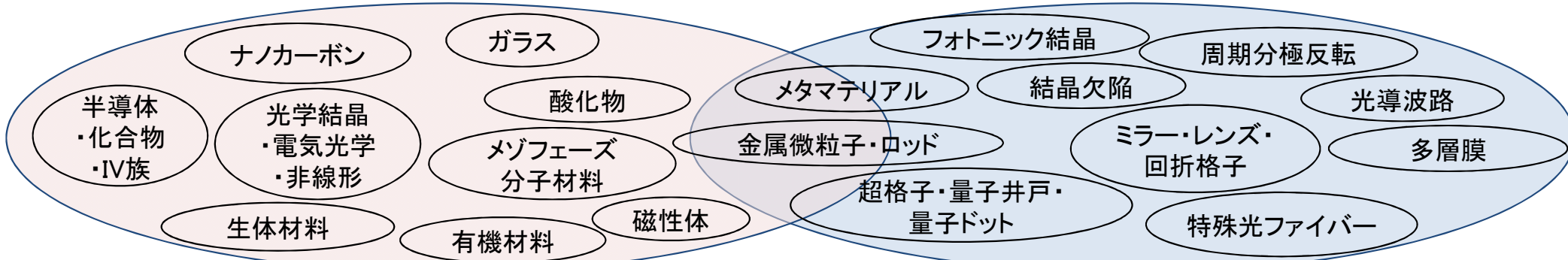
光による物質計測

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

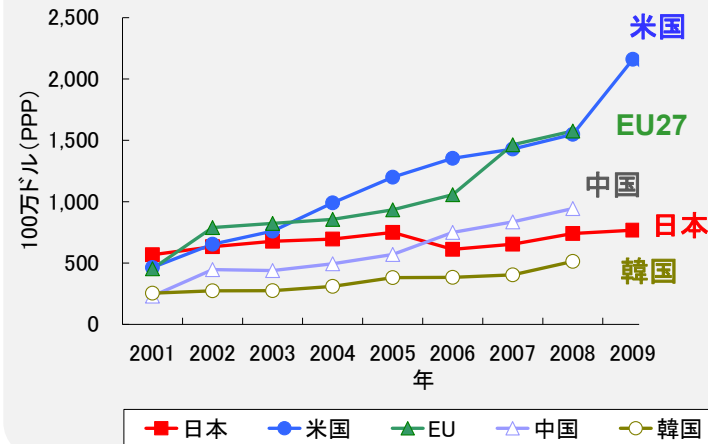
○ナノテクノロジーイニシアティブ(NNI)(2001年～)

- ・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。

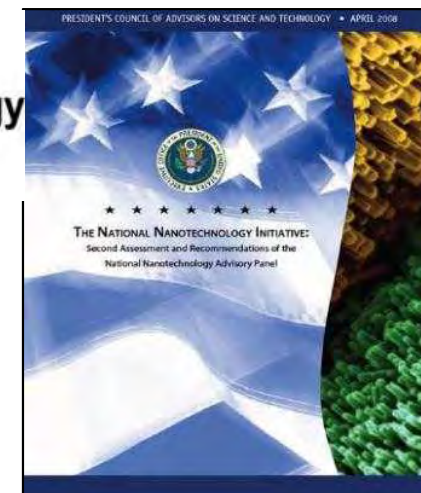
韓国

- ・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 Signiture 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～

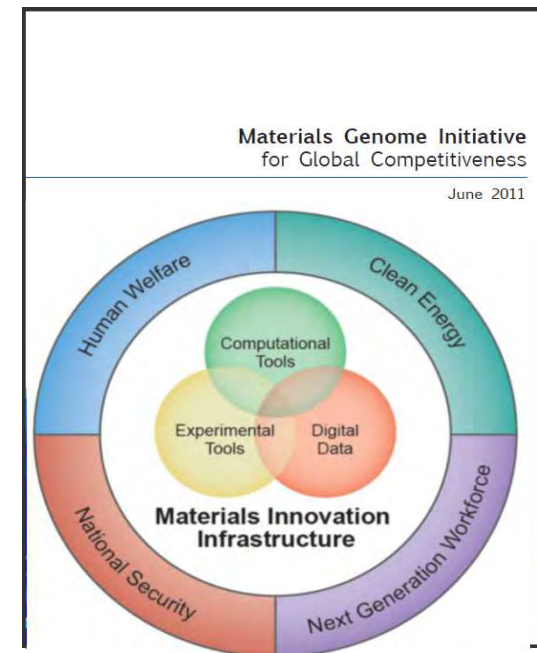
4. ナノ知識基盤
5. ナノ for センサー & センサー for ナノ

■ 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 Signiture 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)

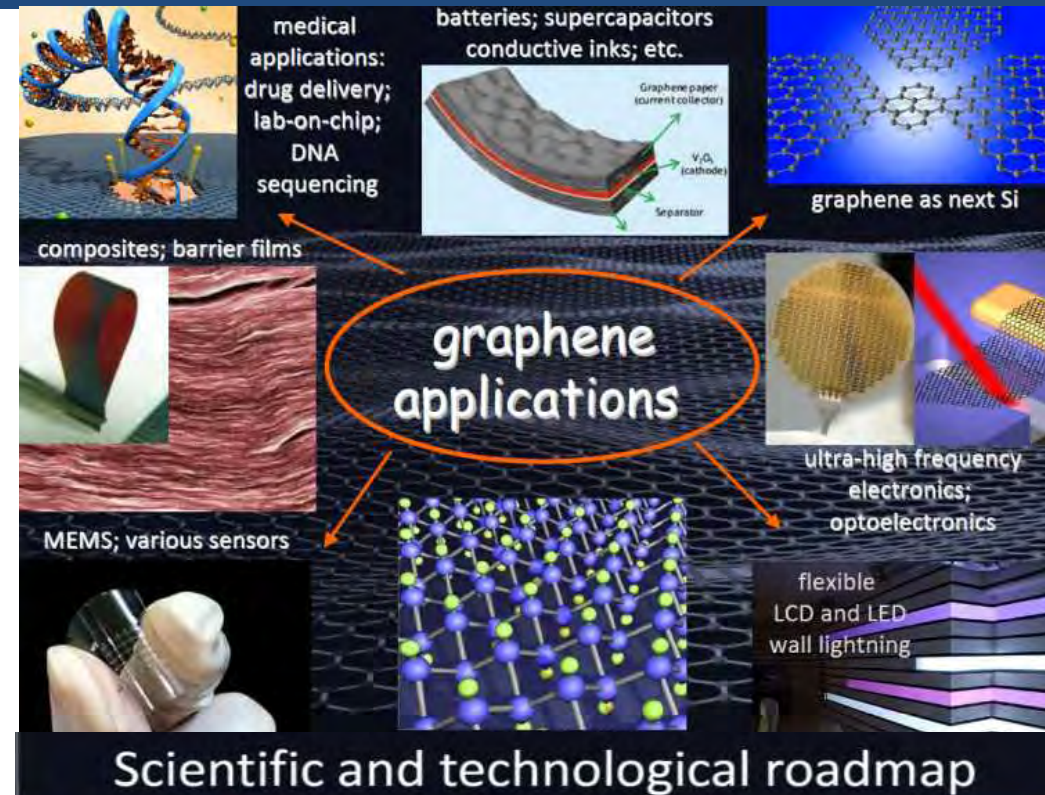
- ナノテクノロジー
- 先進材料
- マイクロ・ナノエレクトロニクス
- フォトニクス
- バイオテクノロジー
- 先進製造

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

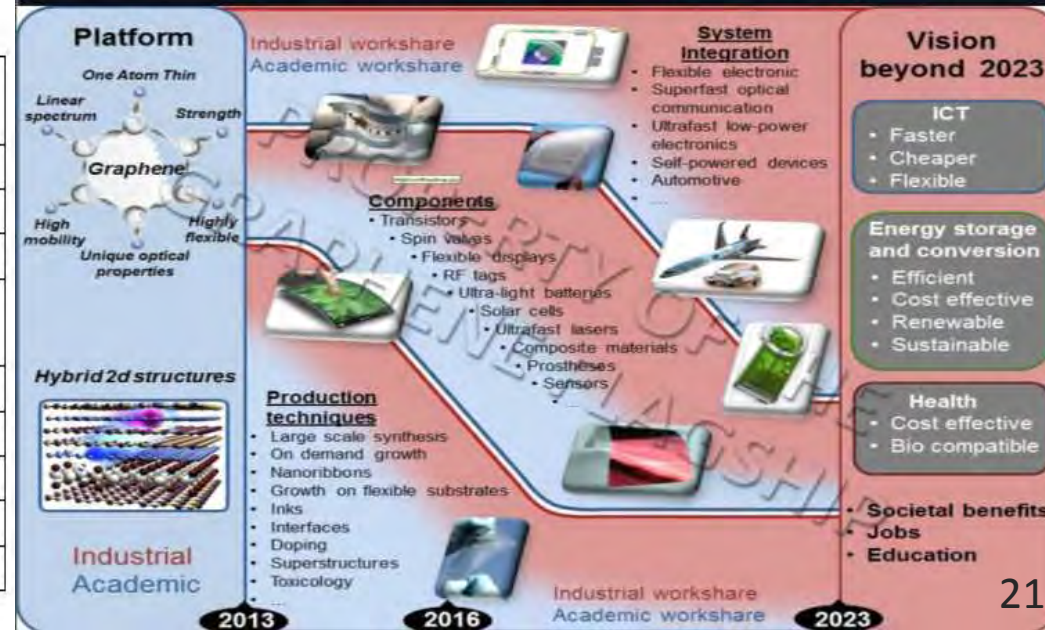
20世紀の驚異の材料がプラスチックなら、
21世紀は**グラフェン**であろう

- 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:

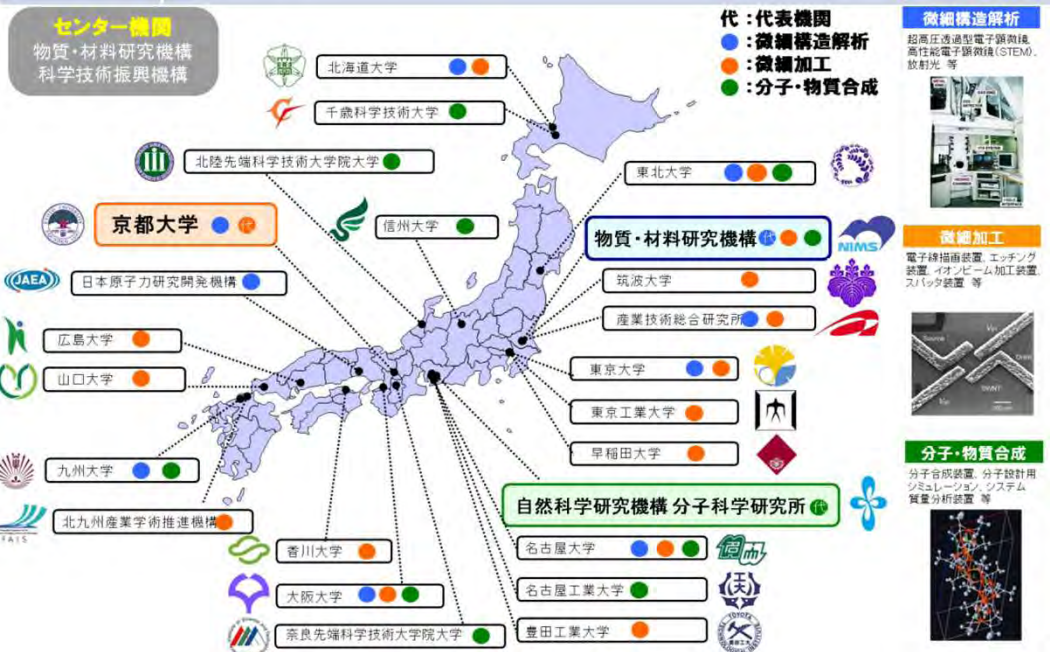
Participant no.	Participant organisation name	Part. short name	Country
1	Chalmers University of Technology	CUT	Sweden
2	University of Manchester	UNIMAN	United Kingdom
3	University of Lancaster	UNILAN	United Kingdom
4	The Chancellor, Masters and Scholars of the University of Cambridge	UCAM-DENG	United 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



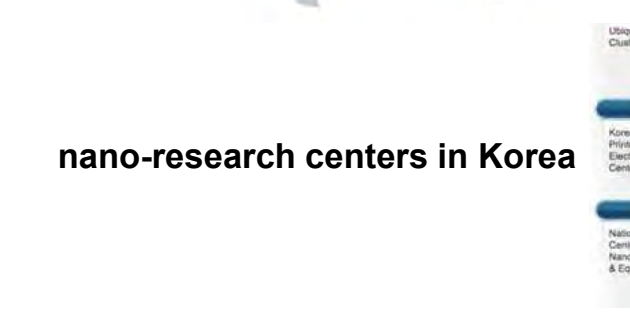
各国におけるナノテク共用施設・ネットワーク

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



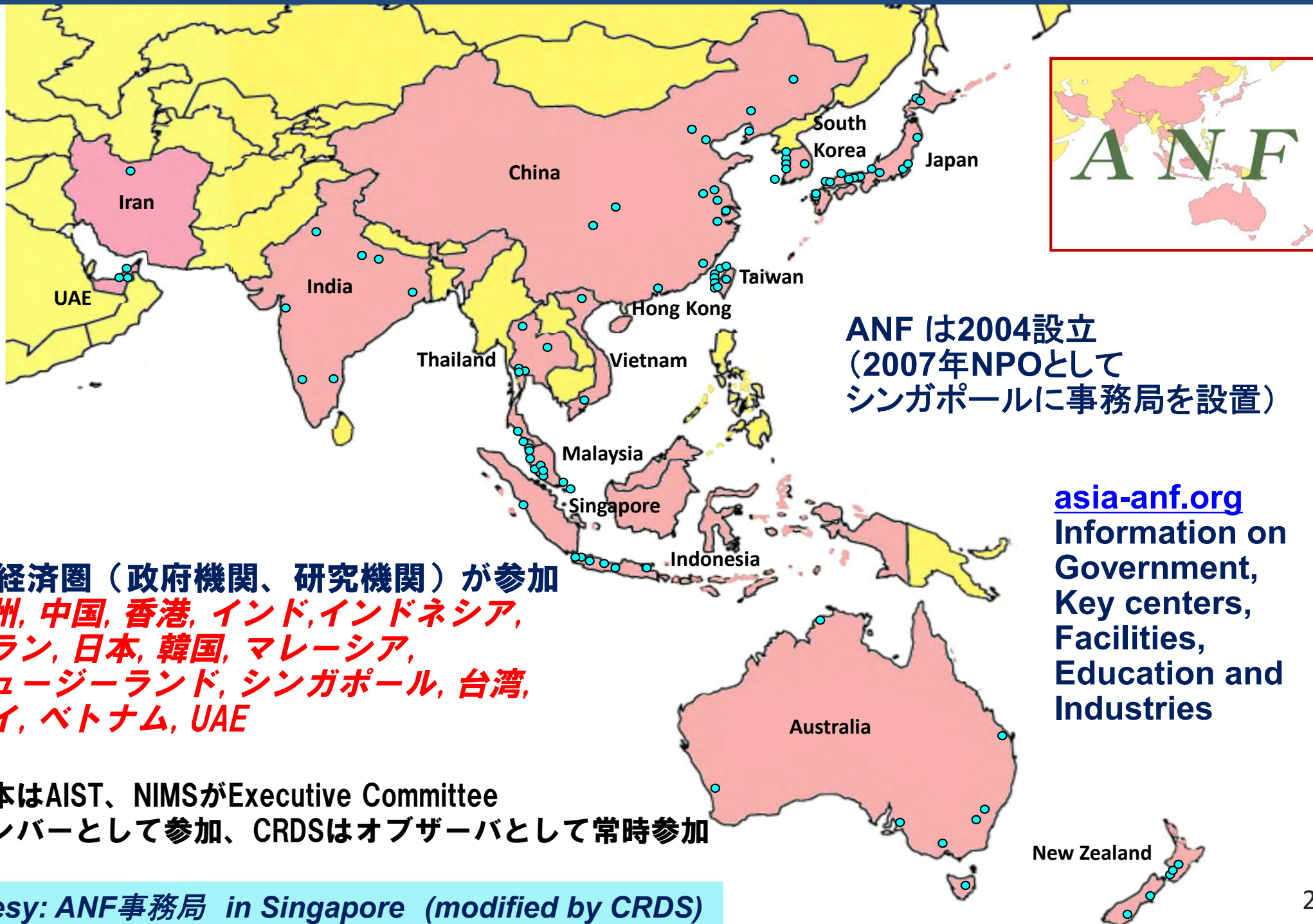
KEK



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)

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

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

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

- ◆ 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

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

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

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

「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

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。

