

# 研究開発の俯瞰報告書概要

# ナノテクノロジー・材料分野 (2017年)

JST研究開発戦略センター  
ナノテクノロジー・材料ユニット

## ナノテクノロジー・材料分野の研究開発俯瞰図 (2017年版)



**社会課題**  
システム化 量産化 高機能/コスト 信頼性 環境負荷 安全性 省エネ・省資源プロセス リサイクル

<b>デバイス部素材</b>	<b>環境・エネルギー</b> 太陽電池 人工光合成、光触媒 燃料電池 熱電変換 蓄電デバイス(電池、キャパシタ) パワー半導体 グリーン触媒 分離材料・分離工学 エネルギーキャリア 超電導送電、バイオマス	<b>ライフ・ヘルスケア</b> 生体材料(バイオマテリアル) 再生医療材料 ナノ薬物送達システム(DDS) バイオ計測・診断デバイス 脳・神経計測 バイオイメージング	<b>社会インフラ</b> 構造材料(金属、複合材料、マルチマテリアル) 非破壊検査 腐食試験法 劣化センシング技術 劣化予測・シミュレーション 接合・接着・コーティング	<b>ICT・エレクトロニクス</b> 超低消費電力 IoT/AIチップ スピントロニクス 二次元機能性原子薄膜 フォトニクス 有機エレクトロニクス MEMS・センシングデバイス エネルギーハーベスト 三次元ヘテロ集積 量子コンピューティング ロボット基盤技術	<b>共通支援策</b> 産学官連携・オープンイノベーション 国際連携グローバル戦略 府省連携 異分野融合の促進策
<b>物質・機能</b>	<b>機能と物質の設計・制御</b>				先端研究インフラ ES・EHS 国際標準化・規制戦略 知的財産の蓄積・活用策
<b>基礎技術</b>	<b>共通基盤科学技術</b>				ES・EHS 国際標準化・規制戦略 知的財産の蓄積・活用策
<b>科学</b>	<b>ナノサイエンス</b> 物質科学、量子科学、光学、生命科学、情報科学、数理科学				

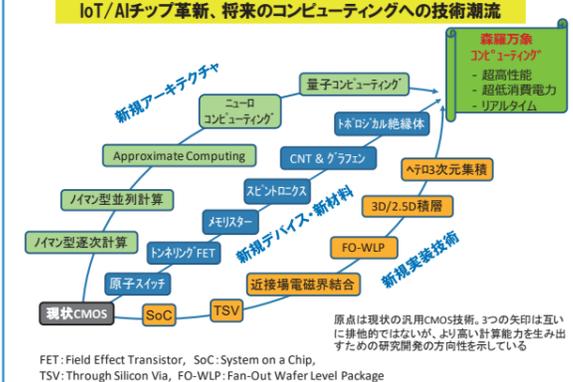
## 技術革新の世界的潮流

- ◆ 来たIoT/AI時代に活躍するデバイスおよびその構成素材は先端ナノテクの塊になる。AIチップ、IoTセンサ、クラウドサーバ、自動車・輸送機器、ロボット、モバイル、エネルギー変換デバイス、診断・治療・計測デバイスなど、ハード側は先端ナノテクが競争を左右。
- ◆ 新コンピューティング/新アーキテクチャへの挑戦が本格化。ポストムーア時代への技術潮流。
- ◆ これらに使われる新素材は、データドリブンの材料設計 (マテリアル・インフォマティクス) から生み出そうとする大きな流れ。しかし勝者はまだ不在。近年のコンピュータの能力向上が、材料、部品、さらには複合システム品の設計開発を行うシミュレーション技術の可能性を大きく広げている。ICTの進展がナノテク・材料技術を含むものづくり全般に革新をもたらしている。
- ◆ 各国でナノテク政策が開始されてから15年が経過。この間、ナノテクは技術の先鋭化、融合化、システム化へと向かう流れのなかにあり、2010年代以降は特に異分野技術の融合化と、製品化・社会実装を指向した技術のシステム化・市場浸透が強調されるようになってきた。ナノテクで新たに実現された製品 (nano enabled products) 市場は1.6兆ドルに成長 (2012-14年で2倍,米LuxResearch社)

## 世界的な研究開発トレンド・技術開発の潮流

<b>次世代パワー半導体</b> 早期実用化を目指すSiCやGaNなどのワイドギャップ半導体基板・素子開発が活発化	<b>次世代蓄電デバイス</b> 全固体型、多価カチオン型、金属・空気電池、Li硫黄など、次世代の高性能電池に期待が集まる。	<b>バイオファブリケーション</b> バイオマテリアルや細胞を自在配置するバイオ3Dプリントが出現。組織・臓器構築、創薬、再生医療への応用が期待される。	<b>脳計測</b> 脳を電氣的・光学的に計測する技術の目覚ましい進展により脳機能・情報処理の仕組み解明が期待される。	<b>IoT×人工知能デバイス</b> AIやディープラーニング技術に基づくスマート社会の到来へ向け、IoT/AIチップのデバイス技術革新が期待される。	<b>量子コンピューティング</b> 量子力学で演算を高速化。「量子ゲート方式」と「量子アニーリング方式」がある。人工知能への応用が期待される。
<b>多孔性構造体 (PCP/MOF/COF)</b> 規則的なナノ空間を有し、高選択的な吸脱着場や電子・イオン伝導性、特異反応空間としての革新機能に期待。	<b>データ駆動型材料設計</b> 材料DBと機械学習など情報科学的手法を併用することで物質探索・設計手法を革新。開発期間を極端に短縮するマテリアルズ・インフォマティクス	<b>トポロジカル絶縁体</b> 物質の境界(3次元系では表面、2次元系ではエッジ)に内部(絶縁体)と異なる特殊な金属状態が自発的に現れ、無散逸な電流が流れる。次世代電子デバイスの候補として期待。	<b>フォノンエンジニアリング</b> ナノスケールの熱をフォノンとして理解し、熱を発生起源から制御する新材料・デバイス創出の研究が活発化。	<b>オペランド計測</b> 物質から生物にわたる広範囲の対象に対してオペランド(実動作下)計測への期待が増し、技術開発が活発化	

## ポストムーアに向けた次世代のナノエレクトロニクス



## エコ・安全・快適な移動を実現するナノテク・材料 (システム化ナノテクノロジー)



## 主要国におけるナノテク・材料科学技術の基本政策・国家戦略動向

◆ 米国では国家ナノテクイニシアティブ戦略計画を更新(2016)、欧州ではHorizon2020において、ナノテクや先端材料技術をKETs (key enabling technologies) の一つとして位置づける。アジアでは、中国・台湾・韓国・シンガポールを始め、ナノテクの先端研究開発拠点を築き、世界のR&Dを吸引し、ナノテク・材料科学技術の研究開発を強化している。
<b>日本</b> ◆第5期基本計画では、Society5.0の実現に向けた11のシステムの一つとして「統合型材料開発システム」を特定。「素材・ナノテクノロジー」は新たな価値創出のコアとなる強みを有する基盤技術の一つ
<b>米国</b> ◆National Nanotechnology Initiative (2001-) -第6次NNI戦略プラン(2016-) 省庁横断テーマ NSI (Nanotechnology Signature Initiative) を更新 -National Strategic Computing Initiative やBRAIN Initiativeと連携し、新コンピューティング開発 ◆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させることを狙う
<b>EU</b> ◆Horizon 2020 (2014-) -Key Enabling Technologies (KETs)として、ナノテクノロジー、先端材料、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、先進製造を選定。 -FET (Future and Emerging Technologies) プロジェクトの一つ、Graphene Flagship プロジェクトを開始
<b>独</b> ◆Action Plan Nanotechnology 2020 を開始(2016-) -新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
<b>英</b> ◆UK Nanotechnologies Strategy (2010-) -ビジネス・イノベーション・技能省 (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
<b>仏</b> ◆France Europe 2020(2013-) -先端材料、ナノエレクトロニクス、ナノマテリアル、マイクロ・ナノ流体工学が優先領域
<b>中国</b> ◆国家中長期科学技術発展計画綱要(2006-2020) -先端技術8分野の一つに「新材料技術」、重大科学研究4分野の一つに「ナノ研究」 -第13次5か年計画 2030年を見据えた15の重大科学技術プロジェクトに「重点的新材料」「量子通信・量子コンピュータ」「スマート製造・ロボット」「航空エンジン・ガスタービン」等を指定
<b>韓国</b> ◆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に「先端素材技術(無機、有機、炭素等)」 ◆Korea Nanotechnology Initiative (2001-) は第4期目に (2016-2025) -製造業のリーディング技術開発、ナノテク産業のグローバルリーダーとなることを目標

## 日本の位置づけ

- ◆ 元素戦略・希少元素代替技術、分子(制御)技術、再生エネ・蓄電池材料、電子材料、パワー半導体、先端構造材料、結晶成長・薄膜・真空技術など、物質創製・材料設計技術に日本の歴史的特徴にもとづく強みがある。
- ◆ そこで用いられる計測評価・分析・品質管理(電顕、NMR、X線等)も強い。これらが活きるかたちで省エネ・低環境負荷技術にアドバンテージがある。
- ◆ 一方、弱点は、計算・データ科学、ソフト・標準化・規制戦略、医療応用や、水平連携・産学連携にある。これらは研究開発の枠組みを構築して実行するまでの問題の共有や意志決定スピードに課題がある。
- ◆ また、ナノテク特有のES・EHS、教育・コミュニケーション、に課題あり。ナノテクの標準化・規制に関する国際的な枠組みへの戦略的対応や、ナノ物質の安全性評価・管理研究の産学官連携体制、データ蓄積、国際連携、などが継続的になされていない点が課題。

## 挑戦課題・今後のグランドチャレンジ

- ◆ 異分野融合/深みのある研究開発と水平/垂直連携の両立策
- ◆ 府省連携・産学連携/研究開発フェーズや時間ギャップの解消→先端研究開発が行える環境と、事業化・実証トライアルとを結びエコシステム形成が必要
- ◆ 10の挑戦課題(グランドチャレンジ)
  - ① データ駆動型材料設計 (マテリアルズ・インフォマティクス)
  - ② IoT/AIチップ革新 (新コンピューティングアーキテクチャ・ハード・センサデバイス→ニューロモルフィック、量子コンピューティング等の新機械)
  - ③ 量子系統制御技術 (トポロジカル量子、スピンフォノン、フォトン、エレクトロニクスの統合制御・変換、フォノンエンジニアリング)
  - ④ スマート・ソフトロボット基盤技術
  - ⑤ 分離技術・物質精製技術
  - ⑥ ナノスケール界面の動力制御に基づくスーパー複合材料研究開発
  - ⑦ 生体/人工物間相互作用を自在制御するバイオ材料・デバイス開発
  - ⑧ オペランド・ナノ計測
  - ⑨ ナノELSI/EHS産学官国際戦略対応
  - ⑩ 世界の知を吸引するR&D拠点・プラットフォーム・エコシステム形成、技術専門人材の長期確保

## 2.4 ナノテクノロジー・材料分野の概要

本分野の俯瞰報告書では、物質・材料研究開発の最先端を担う象徴的技術がナノテクノロジーであるとの立場をとる。現在の材料技術は、ナノメートルの領域に踏み込んだ組織制御技術、高分解能顕微鏡などサブナノメートルにおよぶ計測、第一原理電子状態計算による物質構造と機能の予測、シミュレーションやモデリングによる解析技術などを柱として、進化を続けている。これらはいずれもナノスケールの物質構造に起因する機能発現に関わるナノテクノロジーであり、様々な新材料を開発する分野横断のコア技術である。このような技術をベースとして、生命科学分野や臨床医学分野、環境・エネルギー分野、情報科学技術分野等の多様な分野の先端を拓く、異分野融合の技術領域がナノテクノロジーである。

世界各国でナノテクノロジーの国家政策が開始されてから、およそ15年が経過した。この間、ナノテクノロジーは技術の先鋭化、融合化、そしてシステム化へと向かう流れのなかにあり、2010年代以降は特に異分野技術の融合化と、製品化・社会実装を指向した技術のシステム化が強調されるようになってきた。米LuxResearch社によれば、ナノテクによって新たに実現された製品（nano-enabled products）市場は、2012-2014年の2年間で8,500億ドル/年から1.6兆ドル/年へ急成長したとしている。今や研究開発の現場だけでなく、多くの製品あるいは産業技術として、ナノテクノロジーが実際に活用されるようになっている。

世界で最初にナノテクノロジーの国家イニシアティブ（NNI）を開始した米国では、これまでのNNIをどのように総括するかを2016年に議論した。それをもとに、今後は研究開発投資によって生み出した知見や技術を商業化していくために、あらゆる分野の連携が必要とし、社会への周知と参画、教育の充実、ナノ物質が使用された製品の健康や安全性・環境に対するリスク評価・管理、倫理的・法的・社会的課題を広く知らせるべきとした。これらによって商業化を促進し、国民が経済的な恩恵を得るようにすべきと謳っている。2017年からの新政権下でこの方向性がどのようになっていくかが注目される。他方、欧州では新たな研究枠組みであるHorizon2020が開始され、ナノテクノロジーや先端材料技術はKET's（key enabling technologies）の一つとして位置づけている。自動運転システムの将来像を象徴とし、ナノテクノロジー・材料の要素技術の統合化を掲げている。アジア地域では、中国・台湾・韓国・シンガポールを始めとして、ナノテクノロジーの研究開発拠点を築き、世界のR&Dを吸引しようとしている。特に、中国における本分野への莫大な研究開発投資は、論文動向等に結果として現れている。

産業動向に目を向ければ、Industrie 4.0のコンセプトがドイツから発信され、IoTやAIなどの科学技術が、世界の社会・経済に大きな影響を与え始めている。来たるIoT/AI時代に活躍するデバイスおよびその構成素材は、先端ナノテクノロジーの塊になるだろう。将来、私たちの身の回りの製品機器に埋め込まれるIoTデバイスは、多様なセンシング機能と、収集したデータを処理するコンピューティング機能、情報をクラウド側とやりとりするネットワーク機能とを持ち、使われる場面によっては自らを動作させるための電力をその場で獲得するエネルギーハーベスト機能を具備する。社会生活に入り込むロボットや自動車などは、リアルタイムの情報処理やアクションが求められる。ネットワークの負荷低減のために、大量のデータ処理が必要になる。このようなとき、IoTデバイス自身

に AI を含む高度のコンピューティング機能が搭載されると考えられる。AI は従来のコンピュータでは困難な大量の画像・音声・動画の処理、自然言語処理、最適化・推論などの多様な領域で力を発揮することが期待され、従来のコンピュータの能力を補完するアクセラレータとして機能する。フォン・ノイマン型のコンピューティングを超える新たなアルゴリズム、それを実行するハードウェアへの期待が世界的に高まっており、この解決がナノテクノロジー・材料技術の発展によってなされることが求められている。半導体が微細化限界を迎えつつあるなかで、ポストムーアを担う新技術体系の必要性は広く認識されている。生物が行う低エネルギーでの情報処理の仕組みを取り込もうとするニューロモルフィックコンピューティングや、量子力学の原理に則り基本素子を動作させ、現状のコンピュータでは実質的に解く事が難しい最適化問題に解を与える量子コンピューティングなどがその候補とされる。これらをデバイスとして実装することが、ナノテクノロジー・材料科学技術の発展に課せられている。

一方、ビッグデータを活用した情報科学技術の進展は、ナノテクノロジー・材料の研究開発方法自体にも大きな影響を与え始めている。日々更新され、新たに生み出される大量の実験データが蓄積されることで、そこから新材料に関する知識発見が可能となり、所望の特性を持つ材料の効率的な設計・探索、開発が可能になる。このためには材料技術と最先端の情報技術の融合が必要であり、データ駆動型材料設計（マテリアルズ・インフォマティクス）と呼ばれる材料開発の新しいアプローチへの取り組みが、世界で始まっている。近年のコンピュータの能力向上は、材料、部品、さらには複合システム品の設計開発を行うシミュレーション技術の可能性を大きく広げている。量子力学が支配するナノスケールの物質構造から始まり、最終製品に近いマクロスケールの複合システム品までを一貫して設計するマルチスケールシミュレーションが徐々に実現してきている。さらに、これらデジタル化された設計データを基に、目的の構造物を自在に作成する 3D プリンティング技術の進歩も著しく、情報科学技術の進展がナノテクノロジー・材料技術を含むものづくり全般に革新をもたらし始めている。

前作の俯瞰報告書 2015 年版では、環境・エネルギー分野やライフサイエンス・医療分野への応用にやや重きを置きまとめた。今回の 2017 年版ではこれらすべての最新情報、技術進展をアップデートしつつ、IoT/AI 時代を牽引するナノテクノロジー・材料の方向性や、社会インフラに求められる構造材料、センシング、接合・接着技術等についても、十分な項数を割いて記述した。分野別報告書第二章では、こうした内外の研究開発動向の全体像と将来の展望、特にこの分野における日本の課題とグランドチャレンジについて、CRDS における関連ワークショップやインタビュー調査にもとづき俯瞰的にまとめている。ナノテクノロジー・材料の研究開発俯瞰図を新たに見直し、そこから 37 の主要な研究開発領域を抽出した。そのうえで、本分野の具体的な「10 のグランドチャレンジ (P.49 参照)」として整理した。分野別報告書第三章では 37 の主要研究開発領域について、各々 10 ページ程度の項数を割り、当該領域の進展に関する歴史的背景から、現在の先端技術動向、今後の科学技術的課題、政策的課題、国際比較（日米欧中韓）の結果についてそれぞれ概略をまとめている。これらの検討過程において、本分野では、約 240 名の産学官の専門家の協力によって、情報・意見を収集し、ワークショップ等での議論を重ねた上で、CRDS の視点から見解をまとめた。



図2-4 ナノテクノロジー・材料分野の俯瞰図

国際比較表まとめ (ナノテクノロジー・材料分野)

【環境・エネルギー応用】

国	フェーズ	太陽電池		人工光合成		燃料電池		熱電変換		蓄電デバイス		パワー半導体		グリーン触媒		分離材料・分離工学	
		現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド
日本	基礎	◎	→	◎	↑	○	→	◎	→	◎	↑	◎	→	◎	↑	○	→
	応用・開発	◎	↑	◎	↑	◎	↑	◎	→	◎	→	◎	↑	◎	↑	◎	→
米国	基礎	○	↑	◎	→	○	→	◎	→	◎	↑	◎	→	○	→	○	→
	応用・開発	○	↑	○	→	○	→	◎	↑	◎	↑	◎	→	○	→	◎	→
欧州	基礎	◎	→	◎	→	○	→	◎	→	◎	↑	◎	↑	◎	→	○	→
	応用・開発	◎	→	○	↑	○	→	◎	↑	○	↑	◎	↑	◎	→	○	↑
中国	基礎	△	↑	△	→	○	↑	◎	↑	○	↑	○	→	○	↑	○	→
	応用・開発	○	↑	×	→	○	↑	◎	↑	○	↑	△	↑	○	↑	○	→
韓国	基礎	△	→	△	→	△	→	○	↑	○	→	△	→	△	→	△	→
	応用・開発	○	↑	×	→	△	↑	○	↑	◎	↑	△	→	△	→	○	→

【ライフ・ヘルスケア応用】

国	フェーズ	生体材料(バイオマテリアル)		再生医療材料		ナノ薬物送達システム(DDS)		計測・診断デバイス		脳・神経計測		バイオイメージング			
		現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド
日本	基礎	○	→	◎	↑	◎	→	◎	→	◎	→	◎	↑	◎	↑
	応用・開発	○	↓	○	↑	○	↑	○	→	○	→	◎	↑	○	↑
米国	基礎	◎	→	◎	→	◎	→	◎	→	◎	↑	◎	↑	◎	↑
	応用・開発	◎	→	◎	→	◎	↑	◎	↑	◎	↑	◎	↑	◎	↑
欧州	基礎	◎	→	◎	→	◎	→	○	→	◎	→	◎	↑	◎	↑
	応用・開発	◎	→	◎	→	◎	→	○	→	◎	→	◎	↑	◎	↑
中国	基礎	○	↑	○	↑	◎	↑	○	↑	△	→	△	→	○	↑
	応用・開発	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	△	→	△	→	○	↑
韓国	基礎	○	→	○	↑	○	→	○	↑	△	→	△	↑	◎	↑
	応用・開発	○	→	○	↑	○	→	○	→	△	→	×	→	○	↑

【ICT・エレクトロニクス応用】

国	フェーズ	超低消費電力(ナノエレクトロニクスデバイス)		スピントロニクス		二次元機能性原子薄膜		フォトニクス		有機エレクトロニクス		MEMS・センシングデバイス		エネルギーハーベスティング		三次元ヘテロ集積		量子コンピュータ		ロボット基盤技術	
		現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド
日本	基礎	○	↑	◎	→	○	↑	◎	→	◎	↑	○	→	○	↑	◎	→	○	↑	○	→
	応用・開発	○	→	○	↓	○	↑	◎	→	◎	↑	○	→	○	↑	○	↑	○	↑	◎	→
米国	基礎	○	→	◎	→	◎	↑	◎	→	○	→	◎	→	◎	→	◎	→	◎	↑	◎	→
	応用・開発	◎	↑	◎	→	◎	↑	◎	↑	◎	→	◎	↑	◎	→	◎	→	◎	↑	◎	→
欧州	基礎	○	→	◎	→	◎	↑	◎	→	◎	→	○	→	◎	→	◎	→	◎	↑	◎	→
	応用・開発	○	→	×	→	◎	↑	○	↑	◎	→	◎	↑	◎	→	◎	→	◎	↑	◎	→
中国	基礎	○	→	○	↑	○	↑	△	→	○	↑	○	↑	○	↑	×	→	○	↑	○	→
	応用・開発	○	→	△	↑	○	↑	○	↑	○	↑	○	↑	×	→	△	→	△	↑	○	↑
韓国	基礎	○	→	○	↑	○	→	△	→	○	→	△	↓	△	↑	△	→	×	→	○	→
	応用・開発	○	↑	○	↑	◎	↑	○	→	◎	↑	△	→	△	↑	○	↑	×	→	○	→
台湾	基礎	○	→													○	→				
	応用・開発	◎	↑													◎	↑				

【社会インフラ応用】

国	フェーズ	構造材料				非破壊検査・劣化予測		接合・接着・コーティング					
		構造材料(金属系)		構造材料(複合材料)		現状	トレンド	溶接・接合		接着		コーティング	
国	フェーズ	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド
日本	基礎	◎	↑	○	→	◎	↑	◎	→	◎	↑	◎	↑
	応用・開発	◎	↑	◎	↑	○	↑	◎	→	○	↑	◎	↑
米国	基礎	◎	↑	○	→	○	→	◎	→	◎	→	○	↑
	応用・開発	○	→	◎	↑	◎	↑	○	→	◎	→	○	↑
欧州	基礎	◎	↑	○	→	○	↑	○	↑	◎	→	○	↑
	応用・開発	◎	↑	◎	↑	◎	→	◎	↑	◎	→	◎	↑
中国	基礎	△	→	○	→	△	→	△	↑	○	↑	△	→
	応用・開発	○	→	◎	↑	○	↑	△	↑	◎	↑	○	→
韓国	基礎	○	↑	△	→	△	→	△	→	○	↑	○	↑
	応用・開発	○	↑	○	→	△	→	△	→	△	↑	◎	↑

【機能と物質の設計・制御】

国	フェーズ	空間・空隙設計制御		バイオメテイクス		分子技術		元素戦略・希少元素代替技術		データ駆動型物質・材料開発(マテリアルズ・インフォマティクス)		フォノンエンジニアリング	
		現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド
日本	基礎	◎	→	◎	↗	◎	↗	◎	↗	○	↗	◎	→
	応用・開発	○	↗	○	↗	◎	→	◎	↗	○	↗	○	↗
米国	基礎	◎	↗	◎	↗	◎	↘	◎	↗	◎	↗	◎	↗
	応用・開発	◎	↗	◎	↗	◎	↗	○	→	○	→	◎	→
欧州	基礎	◎	↗	◎	↗	◎	→	○	→	○	↗	◎	↗
	応用・開発	◎	→	◎	↗	○	→	△	↗	○	↗	○	→
中国	基礎	◎	↗	◎	↗	○	↗	○	↗	○	↗	○	↗
	応用・開発	◎	↗	◎	↗	○	↗	◎	↗	△	→	○	↗
韓国	基礎	○	→	◎	↗	△	→	△	→	○	↗	△	→
	応用・開発	△	→	○	↗	○	→	×	→	×	→	△	→

【共通基盤科学技術】

国	フェーズ	加工・プロセス		オペランド計測 (SPM、TEM、放射光・X線、分光、etc)		物質・材料シミュレーション	
		現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド
日本	基礎	○	↘	◎	↗	◎	↗
	応用・開発	○	→	○	↗	○	↗
米国	基礎	◎	→	○	→	◎	↗
	応用・開発	◎	→	◎	→	◎	↗
欧州	基礎	○	→	◎	↗	◎	↗
	応用・開発	◎	↗	◎	→	◎	↗
中国	基礎	△	→	△	→	△	↗
	応用・開発	○	↗	○	→	○	↗
韓国	基礎	△	→	△	→	△	→
	応用・開発	◎	↗	△	→	△	→
台湾	基礎	△	→				
	応用・開発	◎	↗				

【共通支援策】

国	フェーズ	ナノテクノロジーの ELSI/EHS、国際標準	
		現状	トレンド
日本	取組	○	→
	実効性	×	→
米国	取組	◎	↗
	実効性	◎	↗
欧州	取組	◎	→
	実効性	◎	→
中国	取組	○	↗
	実効性	△	↗
韓国	取組	△	↗
	実効性	△	→

(註1) フェーズ

基礎：大学・国研などでの基礎研究レベル 応用：技術開発（プロトタイプの開発含む）・量産技術のレベル

(註2) 現状（日本の現状を基準にした相対評価ではなく絶対評価）：

◎：他国に比べて顕著な活動・成果が見えている ○：ある程度の活動・成果が見えている

△：他国に比べて顕著な活動・成果が見えていない ×：特筆すべき活動・成果が見えていない

(註3) トrend：直近2年程度の取り組み状況。↗：上昇傾向、→：現状維持、↘：下降傾向