

# 諸外国のナノテク政策 および科学技術力の国際比較

## ～ 科学技術・研究開発の国際比較調査2011年版 ～

(独)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

文部科学省 ナノテクノロジー・材料科学技術委員会  
平成23年6月27日



# 研究開発戦略センターによる科学技術・研究開発の 国際比較について



## 1. 目的

- (1) 日本の技術力の国際的なポジション把握: 「国際技術力比較」  
該当分野の専門家集団の主観・見識にもとづく評価、各国の技術力を技術網目ごとに評価。
- (2) 新しい技術の芽への注視: 「注目すべき研究開発の動向」  
今後重要性が増してきそうな技術の芽や新しい研究開発動向を、専門家の視点でいち早く把握。

## 2. 対象とする分野

- ・ 環境・エネルギー
- ・ 電子情報通信
- ・ ナノテクノロジー・材料
- ・ ライフサイエンス
- ・ 臨床医学

## 4. 比較数

比較のために設定した【分野】・【中網目】の数

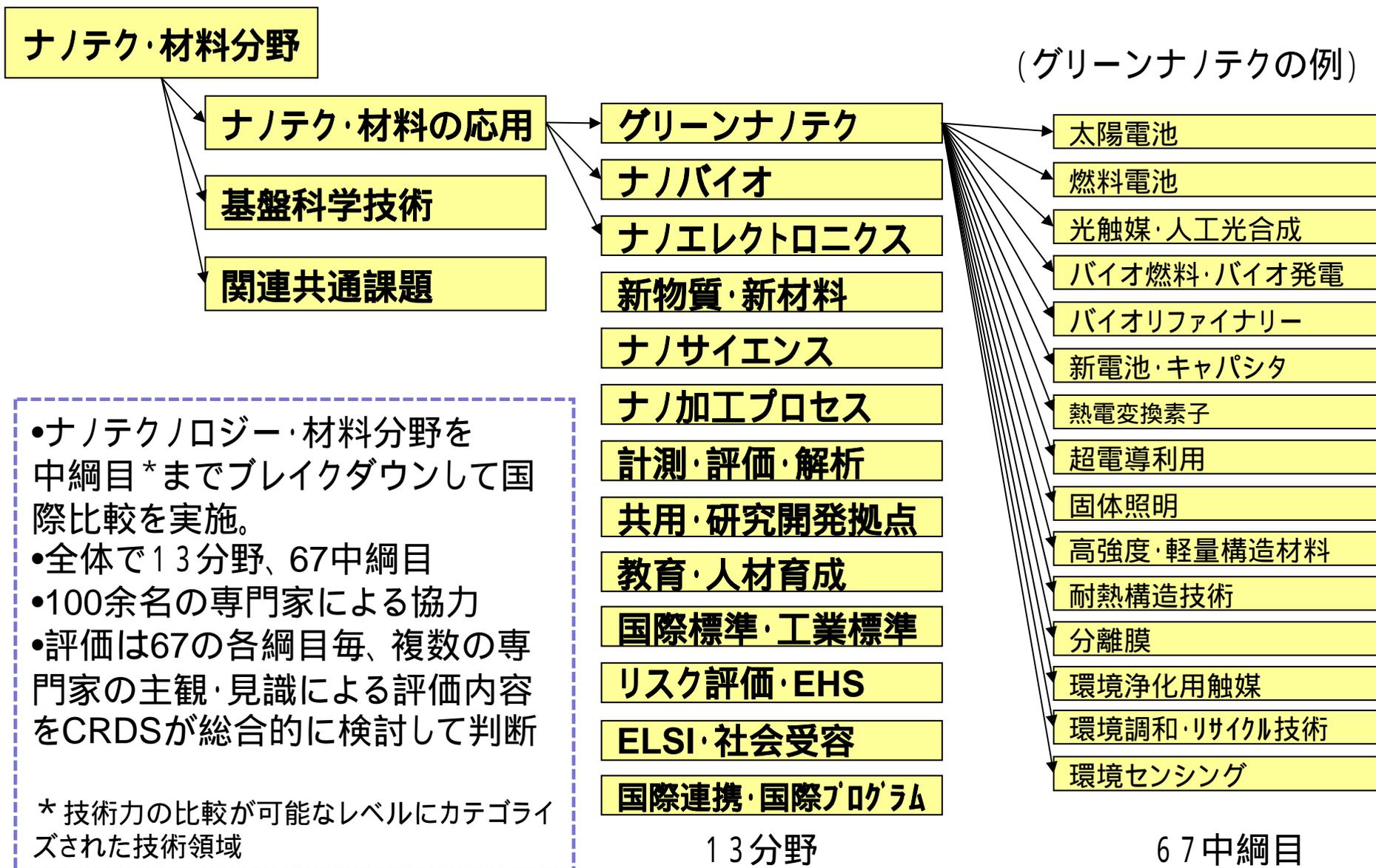
環境・エネルギー	4分野	30中網目
電子情報通信	6分野	64中網目
ナノテク・材料	13分野	67中網目
ライフサイエンス	8分野	79中網目
臨床医学	6分野	12中網目
合計	37分野	252中網目

執筆協力専門家: 述べ354名

## 3. 対象国・地域



# 調査対象技術の階層的整理



•ナノテクノロジー・材料分野を  
 中綱目\*までブレイクダウンして国  
 際比較を実施。  
 •全体で13分野、67中綱目  
 •100余名の専門家による協力  
 •評価は67の各綱目毎、複数の専  
 門家の主観・見識による評価内容  
 をCRDSが総合的に検討して判断

\* 技術力の比較が可能なレベルにカテゴライズされた技術領域

# 調査結果の構成

- ・13分野の研究動向・比較の概観文章(要約)
- ・67の技術領域(中綱目)毎の比較表を作成
- ・評価の根拠・簡単なコメントを比較表中に記載
- ・注目すべき研究動向や新しい技術の芽をピックアップして記載

国	フェーズ	現状	トレンド	根拠・コメント
日本	研究水準			...
	技術開発水準			
	産業技術力			
米国	研究水準			
	技術開発水準			

## ➤ 研究、技術開発、産業技術力の3フェーズで評価

研究水準: 大学・独法における研究レベル  
 技術開発: 企業における研究開発のレベル  
 産業技術: 企業の生産現場の技術力

## ➤ 現状分析

- : 非常に進んでいる
- : 進んでいる
- : 遅れている
- ×: 非常に遅れている

## ➤トレンド

- : 上昇傾向
- : 現状維持
- : 下降傾向

# ナノテク国家投資 / 研究アウトプット国際比較

	年間投資額順位 (購買力平価比較)			学術論文数 (2009/順位)		特許出願数 (2007/順位)	
	2001	2006	2011	量	質 (トップ1%)	総件数	PCT件数
日本	1 (トップ)	3	....➡	4	4	1	3
米国	3	1 (トップ)	➡	3	1	3	2
EU-27	2	2	↗	1	2	2	1
中国	5	4	↗	2	3	4	5
韓国	4	5	↗	5	5	5	4
コメント	アジア:最大投資 BRIC's:急増 イラン:強化		↗	中国:質・量とも急進 欧米:質高し 日本:上位だが韓国肉薄		日本は総件数トップだが、 PCT(特許協力条約)国際出願は3位。中国は国内特許多し	

# 各分野の国際比較概要 (1/7)

## グリーンナノテクノロジー

日	研	<p>日本は太陽電池、燃料電池、二次電池や環境技術など、総合力はトップレベル。米国は具体的な重点施策を進め国際的リーダーの地位に。欧州は地道な基礎研究で高いレベルを維持。特筆すべきは中国、研究水準から産業技術力まで各技術で急速に向上。韓国も科学技術政策の強化、日本に肉薄。</p> <p>米DOEにおける46のエネルギーフロンティア研究センター(EFRC)のテーマの大部分はナノテク。また、最近ではレアアースをはじめとする資源問題がクローズアップされ、中国が最も積極的に対応している。</p>
	技	
産	研	
	技	
米	産	
	産	
研	研	
	技	
欧	産	
	産	
中	研	
	技	
韓	産	
	産	

## ナノバイオテクノロジー

日	研	<p>日本はDDSや再生医療用材料の研究では一歩リード。しかし産業化を支えるインフラ・制度面で課題あり。総合的には欧米の後塵を拝す。依然米国が豊富な資金力と人材を背景に研究開発を先導。中国も、中国科学院、南京大学など世界に並ぶ研究機関が現れている。</p> <p>米国では、2009年にES細胞研究に対する連邦予算の助成を解禁し、食品医薬品局(FDA)はヒトES細胞を用いる臨床研究計画を認可、すでに数例の臨床応用を開始。</p>
	技	
産	研	
	技	
米	産	
	産	
研	研	
	技	
欧	産	
	産	
中	研	
	技	
韓	産	
	産	

# 各分野の国際比較概要 (2/7)

## ナノエレクトロニクス

日	研		<p>カーボンエレクトロニクス、スピントロニクス、有機エレクトロニクス、ナノフォトニクス等の研究水準で日本は世界のトップレベル。米国は研究から産業化まで高い水準を維持。欧州は基礎研究には非常に強い研究拠点を有する。韓国は特にメモリやディスプレイデバイスで、大手企業が先導し世界トップ。</p> <p>世界的に研究開発の拠点化とアライアンス化が進むなか、日本メーカーの研究開発アクティビティは大幅に低下、懸念あり。</p>
	技		
米	産		
	研		
欧	技		
	産		
中	研		
	技		
韓	産		
	研		

## 新物質・新材料

日	研		<p>多くの網目で日本が世界の先端。欧州は計算科学に強く、新材料設計ソフト面に強みをもつ。韓国・中国は利益率の高い材料について実用化に関する研究が盛ん。</p> <p>米国はナノチューブからグラフェンへの研究者の移行が顕著。材料の設計という思想は欧米に端を発しているため、依然として欧米が強い。震災による日本の部材産業への影響が懸念。</p>
	技		
米	産		
	研		
欧	技		
	産		
中	研		
	技		
韓	産		
	研		

# 各分野の国際比較概要 (3/7)

## ナノサイエンス

日	研		<p>日本は界面科学の理論やプローブ顕微鏡などを駆使した観察技術、自己組織化プロセス制御などで先端。欧州は理論・シミュレーション技術など、基礎科学的側面で伝統的に強。米国はソフトウェアの商業化・産業化で強み。</p> <p>半導体分野を中心に大型設備やノウハウを集積した拠点型研究で日本は欧米に水をあけられている。触媒、ナノ空間材料等の研究開発で日本は独自の強みを発揮。</p>
	技		
米	産		
	研		
欧	技		
	産		
中	研	×	
	産	×	
韓	研		
	産		

## ナノ加工プロセス

日	研		<p>日米欧が強さを示す。韓国・台湾は国としてエレクトロニクス産業を育成、基盤技術であるナノ加工プロセス技術の研究開発に注力、欧米から帰国した研究者が活躍。</p> <p>欧州ASML社は、EUV露光装置の2011年量産化を計画。ナノ転写では光ナノインプリントに重点がおかれ、ナノ・マイクロ印刷ではアジア勢がFPD事業投資・商品開発に積極的、MEMS / NEMSでは自動車や携帯等のセンサ開発が盛ん。</p>
	技		
米	産		
	研		
欧	技		
	産		
中	研		
	産		
韓	研		
	産		

# 各分野の国際比較概要 (4/7)

## 計測・評価・解析

日	研		<p>日本は高分解能・高機能原子間力顕微鏡など特定分野で世界トップの技術を保有。米国は基礎から応用まで高い水準を維持。欧州は新技術開発に優れる。中・韓は研究水準は向上しているが、日米欧との差はまだ大きい。</p> <p>走査型プローブ顕微鏡は、液中AFMの高速化・高分解能化、スピントラフィックSTMの非弾性トンネル分光応用など、幅広い展開・普及が予想される。日本はX線自由電子レーザーの発振に成功。今年度から運用開始。韓国は建設開始。</p>
	産		
米	研		
	産		
欧	研		
	産		
中	研	×	
	産	×	
韓	研		
	産	×	

## 共用拠点・研究拠点

日	取組み		<p>米、欧、韓、台など、主要諸国は拠点やネットワーク形成に過去10年でナノテク国家予算の10-20%を投じている一方で、日本は2-3%台の投資であり、産業界のニーズに十分応えられる状況とはいえない。日本はナノネットやTIAを推進、継続的運営に向けた体制整備や国際的にオープンになっていない等の課題があり、主要国との間にはまだ差がある。</p> <p>異分野融合、産学連携に共用施設やUnder one roof型の拠点が有効であることは国際的に認知。</p>
	実効性		
米	取組み		
	実効性		
欧	取組み		
	実効性		
中	取組み		
	実効性		
韓	取組み		
	実効性		

# 各分野の国際比較概要 (5/7)

教育・人材育成			
日	取組み		
	実効性		
米	取組み		
	実効性		
欧	取組み		
	実効性		
中	取組み		
	実効性		
韓	取組み		
	実効性		

ナノテクリテラシーとして不可欠な社会受容、EHS、ELSI、国際標準の教育や、産学官の研究拠点でのナノテクエキスパート人材の養成は、**米国や台湾(K-12小中高一貫教育)、韓国など、先進的な教育や拠点を活用した人材育成を行っている。**日本はいくつかの大学院で専攻が開設され、研究拠点での取り組みも進展してきているものの、小中高から大学院に至る長期の根幹的な教育プログラムは不在である。

国際標準・工業標準			
日	取組み		
	実効性		
米	取組み		
	実効性		
欧	取組み		
	実効性		
中	取組み		
	実効性		
韓	取組み		
	実効性		

**ISOのTC229、IECのTC113に呼応して、日、米、英、独、加が中心**となって枠組みを構築。近年特に中・韓の積極的な取り組みが要注目。日本は研究者や企業の半導体部門の専門家による体制が徐々に整う。今後はナノテク製品のスチュワードシップ(事業者側からの自主申告制度)等の課題も議論が継続。**欧米企業のリスクに関する取り組みは、自ら提案するナノ粒子の管理策をデファクト化することにその狙いがあり、産業展開をにらんだ熾烈な動きが始まっている。**

# 各分野の国際比較概要 (6/7)

リスク評価、EHS			
日	取組み		
	実効性		
米	取組み		
	実効性		
欧	取組み		
	実効性		
中	取組み		
	実効性	×	
韓	取組み		
	実効性		

**日本はNEDOプロジェクトがリスク評価研究の質においてOECDで高い評価を受け、産業界ともコミュニケーション活発。しかし、毒性学など関連学術基盤層が希薄。また、国際対応の継続的な窓口機能を果たす部署が欠如していることが課題。**米NNIのFY2012予算要求では、EHS関連が前年度比34%増。2011年3月には、NNIとEUとの共同ワークショップが開催されるなど、**米・EUの国家レベルの取り組みが目立つ。**韓、台は戦略的な取り組み、特に韓国はEHS予算の引き上げを掲げる。日本にはこのような定量目標はない。

社会受容・ELSI			
日	取組み		
	実効性		
米	取組み		
	実効性		
欧	取組み		
	実効性		
中	取組み	×	
	実効性	×	
韓	取組み		
	実効性		

ELSI研究は、主に欧州のTA機関と米国の大学・研究機関がリードしてきたが、近年、日、中、韓、を始めアジアでも進展し、国際交流も盛ん。欧州の食品分野、医療分野のELSI活動が注目。アジアでは台湾が米国と緊密に連携し社会影響の取り組みを日本より先に進めてきた。**日本は技術開発投資については先手を取ったきたものの、ELSIは遅れた。**中国は急速に研究体制を整備中、韓国も国民意識調査の実施や国際会議を開催するなど、熱心な取り組みを開始。

# 各分野の国際比較概要 (7/7)

国際プログラム・国際連携			
日	取組み		<ul style="list-style-type: none"> <li>・米国はNSF、欧州はEC が国家機関を代表して国際プログラムを展開しているのに対し、日本はそれらに相当するアクティブな国家代表機関の顔が見えない。</li> <li>・また、国際協力に関する国としての中長期スコープが希薄であり、具体的かつ骨太のシナリオが見えない。</li> <li>・米国では、NSFとEU が共同出資する国際プロジェクトが制度化され、共用施設・プロジェクトの海外へのオープン化をはじめ、海外研究者へ研究環境・場を提供することによる積極的受け入れ、研究参加を通じた国際ネットワーク構築を促進。</li> <li>・アジアでは中国が欧米の研究資源を誘導、先進国への人材供給国としての将来大きな国際ネットワークを確保する可能性がある。</li> <li>・韓国は、研究機関や大学の主要ポストに外国人を積極的に登用。</li> <li>・日本では、TIA-nano (つくば) が米Albany、仏MINATEC、ベルギーIMECとMOUを締結し、国際的な連携を図っている。</li> </ul>
	実効性		
米	取組み		
	実効性		
欧	取組み		
	実効性		
中	取組み		
	実効性		
韓	取組み		
	実効性		

# 主要国のナノテクプラットフォーム、教育・人材育成策

国	ナノテク共用拠点		教育・人材育成
日	<ul style="list-style-type: none"> <li>•文科省ナノ・ネット事業(2007～11) 全国13拠点(26機関)で活動。</li> <li>•TIA-nano(2009-)</li> <li>•<b>国際的に開かれていない。自律性低い。</b></li> </ul>	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>•10大学ほどでナノテク関連の学際領域専攻が開設</li> <li>•TIAの即戦力先端人材養成</li> <li>•<b>長期の根幹プログラムは不在</b></li> </ul>
米	<ul style="list-style-type: none"> <li>•インフラ整備はNNIの8重点領域の一つ</li> <li>•NSF/NNIN、DOE/NSRC</li> <li>•Albany</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>•国家戦略としてNNIで明確化。NNIN-REU、インターンシップ実施。</li> <li>•K-12・STMの教師育成を積極推進。教科書作り、外国語翻訳実施。</li> </ul>
欧	<ul style="list-style-type: none"> <li>•集中型研究拠点 IMEC, MINATEC</li> <li>•独KIT-KMNF オープンプラットフォーム</li> <li>•英MNT-Network 中小企業からアクセス、全国24の共用施設を整備。</li> <li>•仏RTB (National Network of Large Technological Facilities) 施設設備、CNRS/LETI連携強化。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>•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。</li> <li>•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</li> </ul>
中	<ul style="list-style-type: none"> <li>•ナノ科学技術センター(NCNST)が北京、天津、上海に設置、(2005-)</li> </ul>	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>•共用施設でサマースクール開催</li> <li>•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</li> </ul>
韓	<ul style="list-style-type: none"> <li>•ナノテク国家計画の3本柱の1つ</li> <li>•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。</li> <li>•NNFC ユーザー支援を主。自主運営。</li> </ul>	今後の発展確実	<ul style="list-style-type: none"> <li>•ナノテク専修コースが多くの大学でスタート</li> <li>•長期の予算確保</li> <li>•研究者数は8年間で4倍</li> </ul>

# 日本の科学技術 / ナノテク・材料研究の国際レベル

## < 分野別の論文引用件数割合によるレーダーチャート >

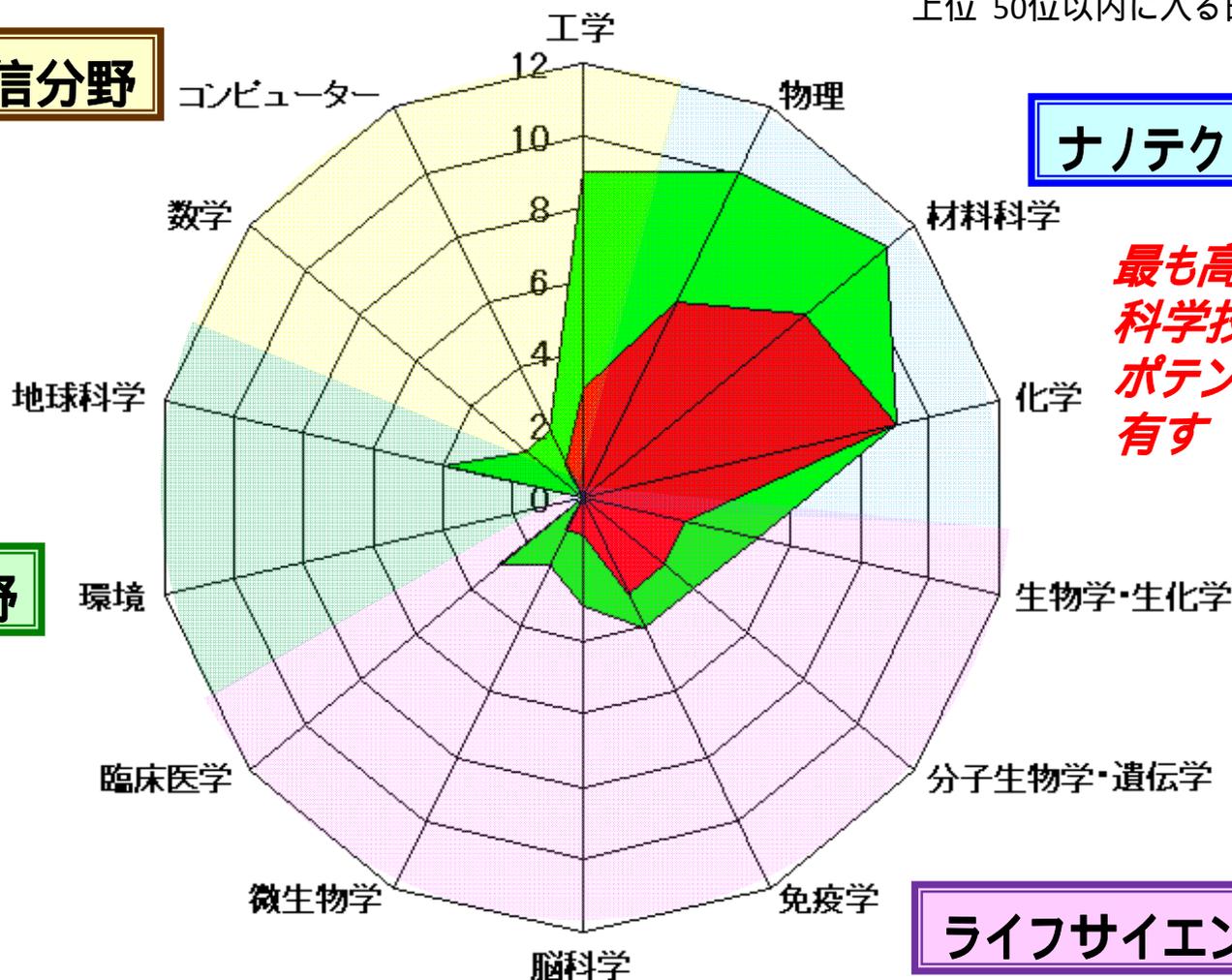
上位100位以内に入る日本の研究機関  
 上位 50位以内に入る日本の研究機関

**情報通信分野**

**ナノテク・材料分野**

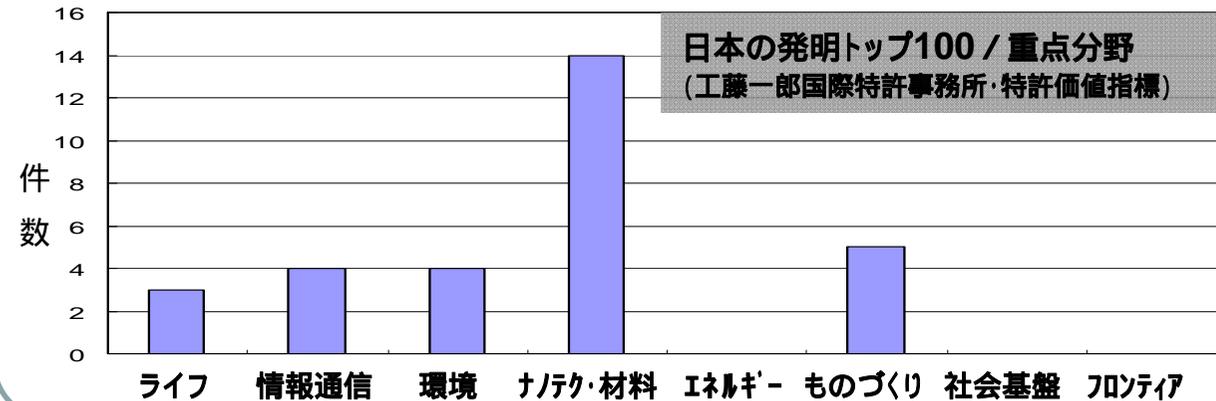
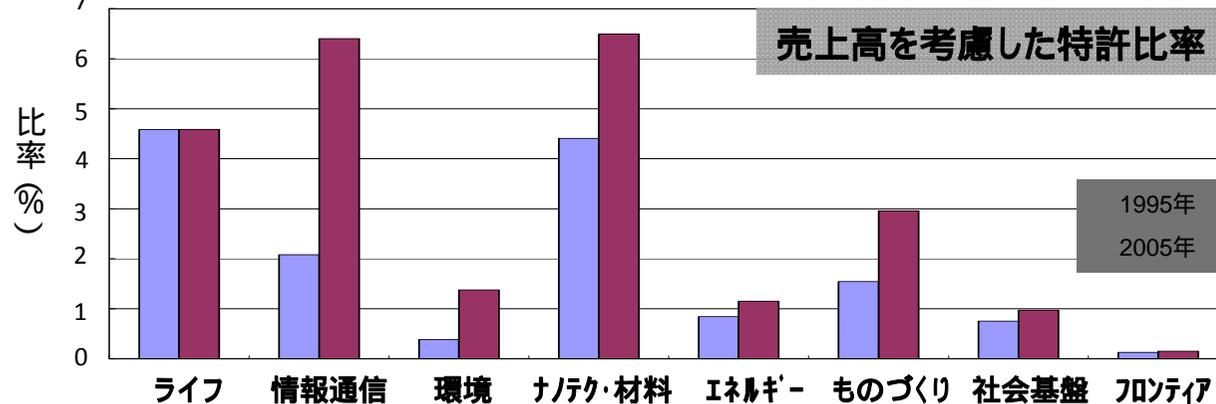
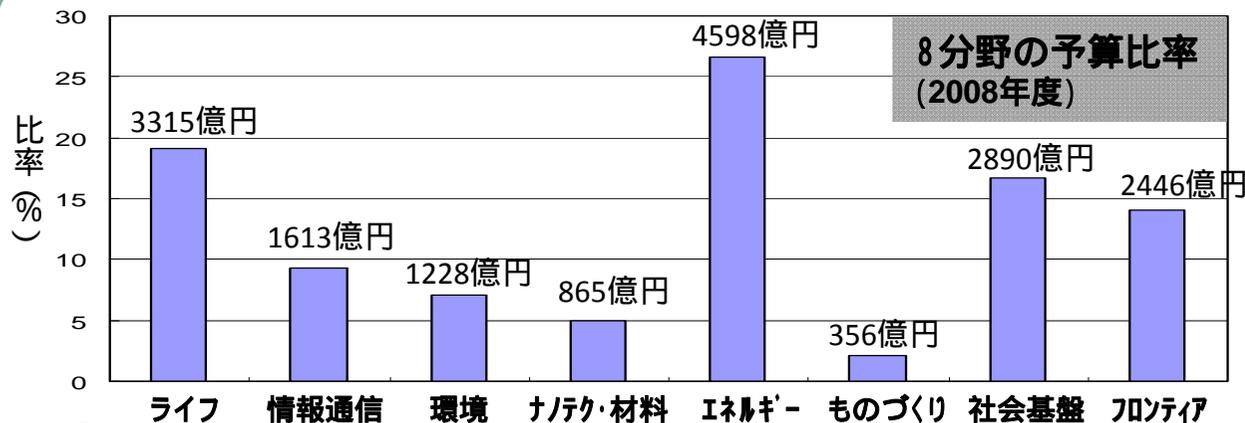
**環境分野**

**ライフサイエンス分野**



**最も高い国際的  
 科学技術  
 ポテンシャルを  
 有す**

# 科学技術8分野の産業へのインパクト(特許分析)

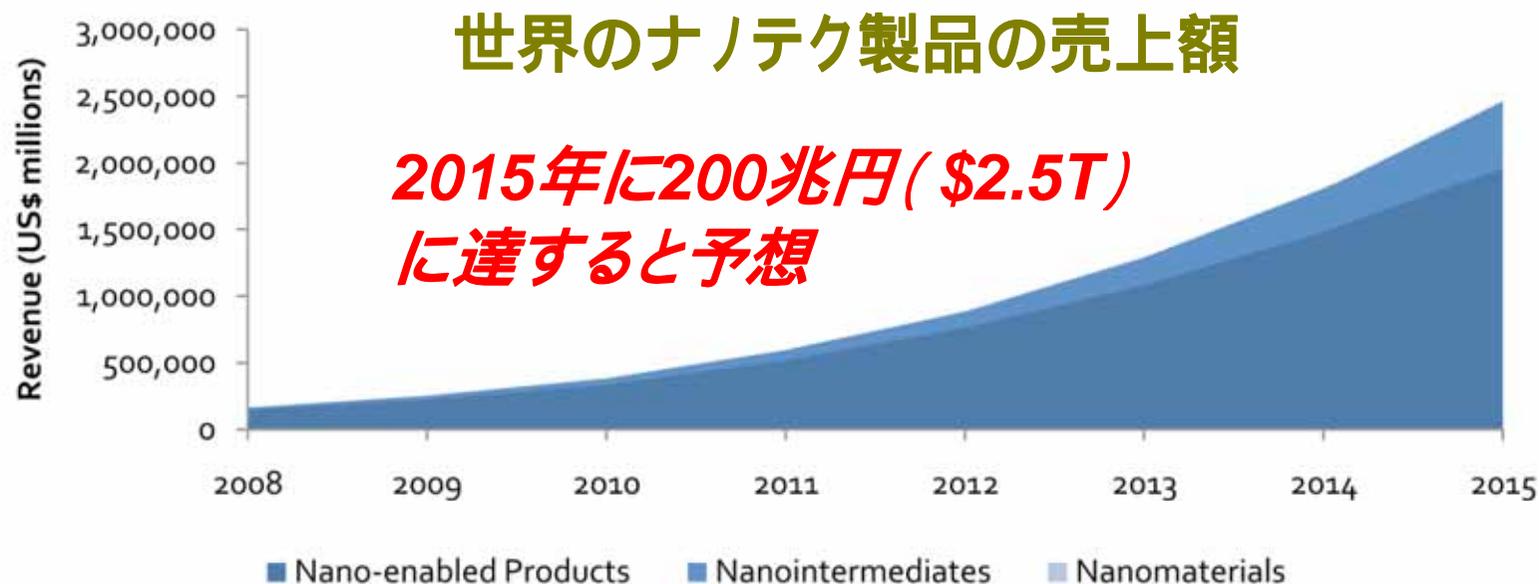


政府の科学技術戦略  
(重点推進4分野 + 推進4分野 = 8分野)  
の投資効果を調査分析

製造業22業種の売上高  
8分野の特許(特許庁)  
特許数と売上高(変換表)  
元橋一之氏(東京大学)

**日本の8分野中  
ナノテク・材料は  
最も大きな  
産業へのインパクト**

# Nanotech-enabled Consumer Products Continue to Rise ナノテク製品は増え続ける



Value chain stage	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nano-enabled products	\$145,291	\$223,785	\$336,062	\$519,425	\$762,204	\$1,081,025	\$1,480,928	\$1,962,950
Nanointermediates	\$18,353	\$28,839	\$45,592	\$75,712	\$120,206	\$206,823	\$322,691	\$498,023
Nanomaterials	\$812	\$1,074	\$1,309	\$1,540	\$1,798	\$2,098	\$2,462	\$2,916
<b>Total</b>	<b>\$164,457</b>	<b>\$253,699</b>	<b>\$382,963</b>	<b>\$596,677</b>	<b>\$884,208</b>	<b>\$1,289,947</b>	<b>\$1,806,081</b>	<b>\$2,463,890</b>

# ナノテクノロジーは進化する

～ 異分野融合 / 技術の統合を通してシステム化へ～

## ナノの極限化

## 要素技術

個別の学術・技術分野でのナノ科学・ナノ技術の極限追求

## ナノの融合化

## 要素技術の融合

学際的研究や異分野融合による新機能・新ナノ技術創製

## ナノのシステム化

## システム機能へ統合

極限化され融合化されたナノ技術をシステムに統合・構成  
(自己組織化と設計法確立、システム科学)

ナノの極限化  
(1980's ~ )

ナノの融合化  
(2000's ~ )

ナノのシステム化  
(2010's ~ )

**Engine for Innovation**

# ナノテクノロジーにおける“システム化”

## システム化 (Seeds Pushing)

単純系から複雑系への学術的・技術的進化

異分野融合、自己組織化、計算科学、システム科学

## システム化 (Needs Pulling)

工学的統合と機能設計学の構築

材料・プロセス・デバイス設計、システム最適設計、計算科学

## システム化 (Policy Supporting)

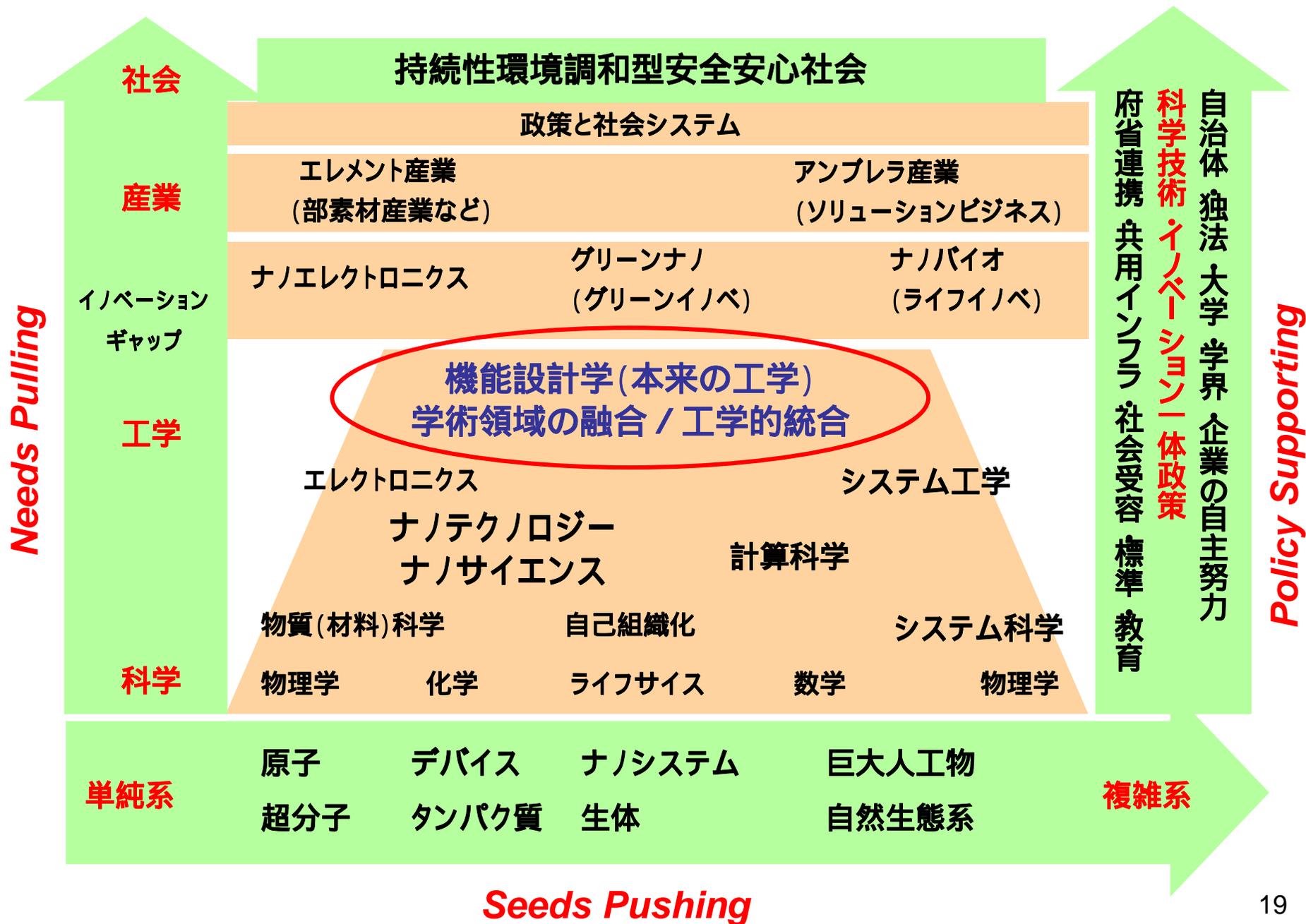
科学技術／イノベーション一体化促進政策

国のガバナンス(府省連携)、融合促進のインフラ

他セクターの自主努力(自治体、独法、大学、学界、企業)

**学術的・技術的進化、工学的統合、政策的支援を通して  
システムとしてイノベーションへ貢献すべき**

# ナノテクノロジー／システムへの進化と産業への貢献



# 主要国の今後のナノテク国家政策比較

国	ナノテク国家戦略(基本政策)	ステータス
日	<ul style="list-style-type: none"> <li>•<b>現時点(2011以降)では特定のイニシアティブはない</b></li> <li>•「第三期科学技術基本計画」(2006-2010)では重点推進4分野の一つ。分野推進戦略「ナノテクノロジー・材料分野」</li> </ul>	不透明
米	<ul style="list-style-type: none"> <li>•National Nanotechnology Initiative(2001-)</li> <li>-2011年2月に第3期新戦略プラン発表。2012予算要求12%増。</li> </ul>	継続
欧	<ul style="list-style-type: none"> <li>独                             <ul style="list-style-type: none"> <li>•Nano Initiative – Action Plan2015(2005-)</li> <li>-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。</li> <li>-2010年に5カ年計画として更新。</li> </ul> </li> </ul>	継続
	<ul style="list-style-type: none"> <li>英                             <ul style="list-style-type: none"> <li>•UK Nanotechnologies Strategy (2010-)</li> <li>-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。</li> </ul> </li> </ul>	継続
	<ul style="list-style-type: none"> <li>仏                             <ul style="list-style-type: none"> <li>•国家研究・イノベーション計画における重点3分野の1つ Nano-INNOV計画(2010-)</li> <li>ナノテクによるイノベーション創出に向け産学官連携・協力を加速</li> </ul> </li> </ul>	強化
中	<ul style="list-style-type: none"> <li>•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」でナノテク強化。最先端大型施設を続々建設</li> </ul>	強化
韓	<ul style="list-style-type: none"> <li>•ナノテクノロジー総合発展計画(2001-)</li> <li>-研究開発、教育・人材育成、インフラ整備の3つの柱。</li> <li>-5年ごとに見直し。2011年から3期目に突入(ナノ融合2020)。</li> </ul>	継続

2011年3月11日

## 東日本大震災 / 福島第一原発事故以後

政官産学の基本システム見直し、とくに一体的なエネルギー関連政策が必要(米国DOE、英国エネルギー・気候変動省)

科学技術の成果を遅滞なく政策・対策に反映させる仕組み  
ナノテク・材料分野の貢献の仕方

- (1)放射線汚染物質(空中、地中、海中、液中)の処理・分離技術、使用済み核燃料の新処理技術、簡易放射線測定技術などのナノテク技術開発
- (2)原子力エネルギーの安全を重視した新たなナノテク・先端材料技術(日本の原子力は先端物質科学との接触が薄い / 米国DOEの46のEFRCのうち、3センターは原子力)
- (3)再生可能エネルギーの拡大政策における科学技術基盤としてのナノテク・材料技術

(1)(2)(3)いずれも

**グリーンナノテクノロジーの拡大基盤技術**

## 総括コメント

過去10年余、特にこの5年、日米欧のみならずアジアや新興国がナノテクへの国家投資を急増。徐々に産業化。2015年には世界ナノテク市場は200兆円と予測。**イノベーションのエンジンと国際的に共通認識。**

米国は中長期の戦略を含めて成果もトップ。日本は科学技術論文レベルで米EUに次ぐ位置に居たが最近中国に量・質で抜かれた。しかし各個別ナノテク・材料技術は世界トップ。特許出願は日本がトップ維持。EUは企業化に難。**総合的に見て米EUに並ぶ日本だが、韓国、中国が肉薄している。**

中長期に必要な施策、共用施設・研究拠点インフラの構築、教育・人材育成、国際プログラムについては、米EU韓に比し、日本は出遅れている。

一方、日本国内においては、ライフ、情報通信、環境、などの重点推進分野の中では**ナノテク・材料が高い国際的な学術ポテンシャル**を有し、**産業へのインパクトも大きい**。明らかに、**日本の強み**。

しかし、ナノテクのシステム化(収穫期)に向かう2011年以降の国家戦略について、**日本のみが課題解決型のシナリオ中に明確な位置づけなし**。**基盤的な科学技術プラットフォームとしてシナリオの強化と完成が急がれる**。

大震災後復興については、グリーンナノテクノロジーの拡大基盤技術としてナノテクの貢献度は大きい。