

# 第4期基本計画におけるナノテクノロジー・ 材料科学技術の方向性・推進方策について

大阪大学 川合知二

①第2期、第3期科学技術基本計画において「ナノテクノロジー・材料分野」が重点4分野の1つとして推進され、現在に至るまでの経緯、現状認識

②「ナノテクノロジー・材料分野」を取り巻く状況の変化等を踏まえ、問題点、今後の方向性、推進方策

# (I) 第2期および第3期科学技術基本計画ナノテク・材料分野の施策の特徴と経緯

# 第1期科学技術基本計画の最終局面

ナノテクノロジーの戦略的推進に関する

懇談会報告書（案）

～戦略的推進に向けた中間的な取りまとめとして～

平成12年12月6日

科学技術会議のもと  
吉川座長

## National Nanotechnology Initiative (NNI)

“NNI”とは・・・

アメリカ政府が**次なる産業革命**をリードするために2001年度に設立する  
ナノテクノロジー分野の推進を長期にわたり強くサポートする国家イニシアティブ

### NNIにおける5つの活動

2001年度予算案(2000年度予算)

基礎的研究	グランド チャレンジ (挑戦的研究)	COE及び ネットワーク の構築	研究基盤整備	社会、倫理、 法整備及び 教育・訓練
170百万\$ ( 87百万\$)	140百万\$ ( 71百万\$)	77百万\$ ( 47百万\$)	80百万\$ ( 50百万\$)	28百万\$ ( 15百万\$)

#### 構成機関(6機関)

総額 495百万\$ (270百万\$) 83%増

- 全米科学財団(NSF)
- 米国国防省(DOD)
- 米国 エネルギー省(DOE)
- 米国航空宇宙局(NASA)
- 米国国立衛生研究所(NIH)
- 米国国立標準・技術研究所/米国商務省(NIST/DOC)

専門家で構成される外部の諮問委員会が、進捗状況を毎年モニターし、評価を実施

#### (4) ナノテクノロジー・材料分野

ナノテクノロジー・材料分野は、上記3分野を含め、広範な科学技術分野の飛躍的な発展の基盤を支える重要分野であるとともに、特にナノテクノロジーは、21世紀においてあらゆる科学技術の基幹をなすものとして期待される。

##### ○物質・材料

物質・材料の研究開発水準については、我が国は、既存材料技術では欧米より優勢である。

物質・材料は、広範な分野での飛躍的発展の鍵を握るという意味において重要であり、かつ、これまで我が国は高い研究開発水準を維持してきており、今後とも重点的に投資を行うことにより積極的に研究開発を進め、世界に先駆け技術革新をリードしていくこととする。具体的には、

- 情報通信や医療等の基盤となる原子・分子サイズでの物質の構造、形状の解明や、表面、界面等の制御技術等の物質・材料技術
- 省エネルギー・リサイクル・省資源に応える付加価値の高いエネルギー・環境用物質・材料技術
- 安全な生活空間を保障するための安全空間創成材料技術

等の推進に重点を置く。

なお、材料は、使われてこそその真価を発揮するものであり、研究者の生み出すシーズが利用者側のニーズに的確に応えるものとなるように十分に配慮しつつ研究開発を推進する。また、シミュレーション技術等の情報通信技術との融合による革新的材料開発、国際標準化の促進、知的基盤の充実、環境・安全等の総合的評価技術等の確立に取り組む。

材料技術の推進に当たって、政府は、基礎的、先導的な研究開発や産業化をも視野に入れた基盤的技術の研究開発といった、市場原理のみでは戦略的・効果的に達成し得ない領域の研究開発を重点的に推進する。

## ○ナノテクノロジー

ナノテクノロジーは、情報通信、環境、ライフサイエンス、材料等広範な分野にわたる融合的かつ総合的な科学技術であり、ナノ（10億分の1）メートルのオーダーで原子・分子を操作・制御すること等により、ナノサイズ特有の物質特性等を利用して全く新しい機能を発現させ、科学技術の新たな領域を切り拓くとともに、幅広い産業の技術革新を先導するものである。ナノテクノロジーの活用により、情報通信、エネルギー、バイオテクノロジー、医療などに新しい材料、デバイス、革新的システム等を提供することが可能となる。

ナノテクノロジーの研究開発水準については、我が国は、欧米と対等ないしリードしているが、米国等諸外国の国策的取組が急速に進みつつある。このため、我が国における産学官の英知を結集した戦略的な取組が急務である。ナノテクノロジーの具体的な課題としては、例えば、ナノレベルで物質構造等を制御することで、超高強度化、超軽量化、超高効率発光等の革新的機能を有するナノ物質・材料、超微細化技術や量子効果の活用等により、次世代の超高速通信、超高速情報処理を実現するナノ情報デバイス、体内の患部に極小のシステムを直接送達し、診断・治療する医療技術などの研究開発が挙げられる。

ナノテクノロジーの推進に当たっては、基礎的・先導的な研究開発と産業化を視野に入れた研究開発をバランス良くかつ重点的に推進することが重要である。また、異分野間や研究者間の融合及び情報交換を促進する研究ネットワークの構築や新たな融合領域における人材養成などが重要である。

ナノテクノロジー重要研究領域マップ及び課題例

	情報通信	環境	ライフサイエンス	材料				
	分類	分類	分類	分類				
5～10年後の実用化、産業化を目指す研究開発 (ニーズ対応の研究開発、産業技術の基盤技術体系の構築)	テラビット級超高密度記録デバイス 超高速電子デバイス 超低消費電力集積デバイス 有機フレキシブル型ディスプレイの開発 高密度光記憶メディア技術開発 50 - 35 nm CMOS世代技術の開発 超高速低消費電力コンピュータ・ハイエンド通信情報処理システムの開発 インテリジェントシステムオンチップ開発	6 6 6 6 2 6 7 7	高効率低コスト太陽電池の開発 二酸化炭素ナノ分離膜の開発 ナノ材料によるCO2大幅削減技術開発 高電流密度電池の開発 オゾン層破壊化学反応の制御 ナノ構造制御熱電半導体の開発 環境調和ナノビームファブリケーションプロセス	3 3 7 5 9 1 2	医療・生体関連マイクロ・ナノマシンの開発 生体硬組織再生技術の構築 ナノ材料による高性能医療器具の開発 インテリジェントナノバイオセンサの開発	11 11 10 11	超高密度記録媒体材料の開発 超平滑表面加工技術開発 超微細複雑加工技術 超軽量高強度金属の実現 短波長発光素子用材料の開発	1 3 2 3 1
	(基盤技術)	少数電子ナノスケールデバイス 半導体ナノ表面加工技術開発 ナノデバイスインターコネクタ技術 次世代半導体デバイスプロセス技術開発 原子・分子極限操作技術 高速情報処理通信用光デバイス開発 ナノデバイスの形状計測技術・素子材料評価技術・軽量標準の開発 35 nm世代以降に対応できる新デバイス、新集積化技術の開発	6 2 2 6 2 6 11 6	環境物質の微量分析技術・標準物質の開発 超化学親和性表面技術 超潤滑コーティング技術 超高活性ナノ高機能触媒技術	11 1 3 1	化学修飾生体分子の設計と自己組織化技術 タンパク質多次元組織化技術 ナノ応用ドラッグデザイン技術	9 12 11	ナノメタル創製プロセス技術 ナノ粒子合成機能化技術 ナノガラスのプロセス技術 ナノコーティング技術の開発 精密高分子の制御技術 ナノ計測技術・計量標準の開発 炭素系高機能材料の開発 計算機ナノマテリアルデザイン
10～20年先まで展望した挑戦的な研究課題	人工生体情報材料・デバイス・システムの構築 超五感センサ・脳型メモリの開発 ナノ構造を用いたオプトエレクトロニクス テラヘルツ光エレクトロニクス 超高速全光スイッチの開発 量子コンピューター、分子コンピューター、DNAコンピューター 強電子相関エレクトロニクス 原子・単一分子スケールデバイスの開発 カーボンナノチューブエレクトロニクス 近接場光デバイス、フォトンメモリ ナノ構造を用いた量子暗号技術 ナノ構造体を用いたSi上完全強誘電体薄膜 SFQ(単磁束量子)デバイス スピンエレクトロニクス技術 ナノチップを埋め込んだ学習・進化型人工物の開発 自己組織化人工物のシステムデザイン ウェアラブルスーパーコンピューター・コミュニケーター ダイレクトマシンインターフェース MEMSの実用化研究	6 6 6 6 6 7 6 6 6 5 6 6 6 6 6 12 7 7 8	光エネルギー貯蔵型電池の高効率化 時限分解性ナノマテリアルの開発 超高速イオン輸送ナノ材料 環境応答性ナノ機能ソフトマテリアル シリコン先端プロセスを用いたナノ化学工場 水分子ナノクラスターの化学反応 粒界ナノ制御型環境センサの開発 超小型多機能積層環境センサの開発	3 1 1 1 2 9 3 11	DNA分子デバイス・システム、細胞デバイスの開発 生体分子の機能性分子への変換・配向固定化によるバイオチップ 体内に導入して検査・治療を行うマイクロ・ナノ医療マシン 異物認識排除バイオナノマシン 使い捨てDNA全解析チップ 高機能人工骨・筋肉の開発 ピンポイントドラッグデリバリーシステム ナノ表面医用材料 神経・脳とコンピューター・インターフェース用ナノ・マイクロ電極 体内埋込用ナノ・マイクロマシン(人工網膜他) 血管内診断ナノマシン コンボジット酵素ナノマシン 細胞?ナノ材料の融合による生体・環境安全評価技術 ナノラボラトリーオンチップの実現	10 10 8 3 11 5 11 8 8 11 10 10 10 9	フォトニック結晶の応用 光スイッチングデバイス用材料 電子波デバイス用材料 強誘電体極のナノ反転技術と光機能の開発 スピンエレクトロニクス用材料の開発 金属ナノ粒子新機能 光・粒子線励起による表面近傍構造の制御 有機超分子の設計とナノ材料としての組織化 バイオミネラル型ナノ複合マテリアル 超高速周波素子用材料 超高性能不揮発メモリ(MRAM, FeRAM)材料の開発 超高密度論理演算子デバイス材料の探索 自己修復材料・デバイス マイクロマシン用ナノ組織制御形状記憶合金薄膜 高強度多機能セラミックス系ナノコンボジットの材料開発	1 1 1 3 1 2 2 1 1 6 2 12 8 1
	個人の獨創性を重視した萌芽的研究	原子スケール量子操作の開発 1分子DNA・プロテインデバイスの研究 非線形ナノ光学 ナノスケール電子位相制御 局所状態密度高精度可視化	6 5 5 5 5	バイオインスパイアードナノマテリアル 高効率人工光合成超分子系の開発 ナノ階層秩序構造ソフトマテリアル 外場超高速応答ナノ分子システム 超分子自己組織化によるナノサイズ分子マシンの構築	10 9 1 7 10	マイクロ・ナノマシン用強誘電体材料および微細化 導電及び半導体性ナノワイヤー技術の開拓 ナノスケール多機能調和情報材料・デバイスの創製 ナノサイズ粒子の自己組織化 走査プローブ顕微鏡の超高性能化とバイオナノマテリアル応用	5 6 1 12 4	プログラムに沿った自己組織化材料精密制御法の開発 量子力学的原子移動のためのシミュレーション技術 原子クラスターを利用した物質創製技術の研究 超硬質ナノ粒子焼結体の開発
共通基盤技術等	自己組織化ナノ薄膜の作成に関する研究 超微細リソグラフィ技術の開発 強磁場中マルチプローブ顕微鏡の開発 超微細構造解析技術の開発 高度成膜技術に関する研究 レーザーの高性能化(波長域拡大、低閾値、高波長純度、超高速等) ナノ領域での長さ、質量・力、熱・エネルギー、構造・機能等の計測技術・計量標準の開発 ナノ構造への単原子ドーピング技術の確立とその応用	12 2 4 4 2 2 11 5	1分子観察のための近接場光学顕微鏡技術 低速度単色量子ビームの開発 100 nm領域と原子分子領域を橋渡する加工技術・材料の開発 サブナノ領域状態計測 マイクロ・ナノマシン製造用ナノ加工技術 フォトンによるナノ計測加工技術 3次元超微細造形技術の開発	4 4 2 4 2 11 2	静穏環境・ナノ計測技術の開発 DNA・タンパク質ナノ構造解析技術 マルチプローブ・パラレル・プロセスング 有機・無機融合ナノ構造の制御 サブナノメートル線超微細加工・解析技術の開発 ナノ結晶材料のフェムト秒時間応答計測・評価	4 4 2 1 2 4 4	量子ドット・細線の形状の完全制御 電子・光・スピンを制御するナノ構造 時間空間機能材料 機能材料の三次元微細加工技術 長時間分子動力学計算のための新アルゴリズムの開発 多元ナノ物質の設計・制御・解析 界面のナノ構造ダイナミクスの観察・制御 DNAからタンパク質発現の分子ネットワークの解析	12 1 1 2 4 4 4

分類カテゴリー: 1. ナノマテリアル 2. ナノファブリケーション(デバイス) 3. ナノプロセスング(バルク) 4. ナノキャラクタリゼーション 5. ナノ機能 6. ナノデバイス  
7. ナノシステム 8. ナノ機械 9. ナノケミストリー 10. ナノバイオロジー 11. ナノ診断、ナノ計測 12. ナノメカニズム(自己組織化・修復)

第2期

# 新科学技術基本計画

2001年～

四大重点分野

ライフ  
サイエンス

情報  
通信

環境

ナノテクノ  
ロジー  
・材料



# 新科学技術基本計画

2001年～

四大重点分野

ライフ  
サイエンス

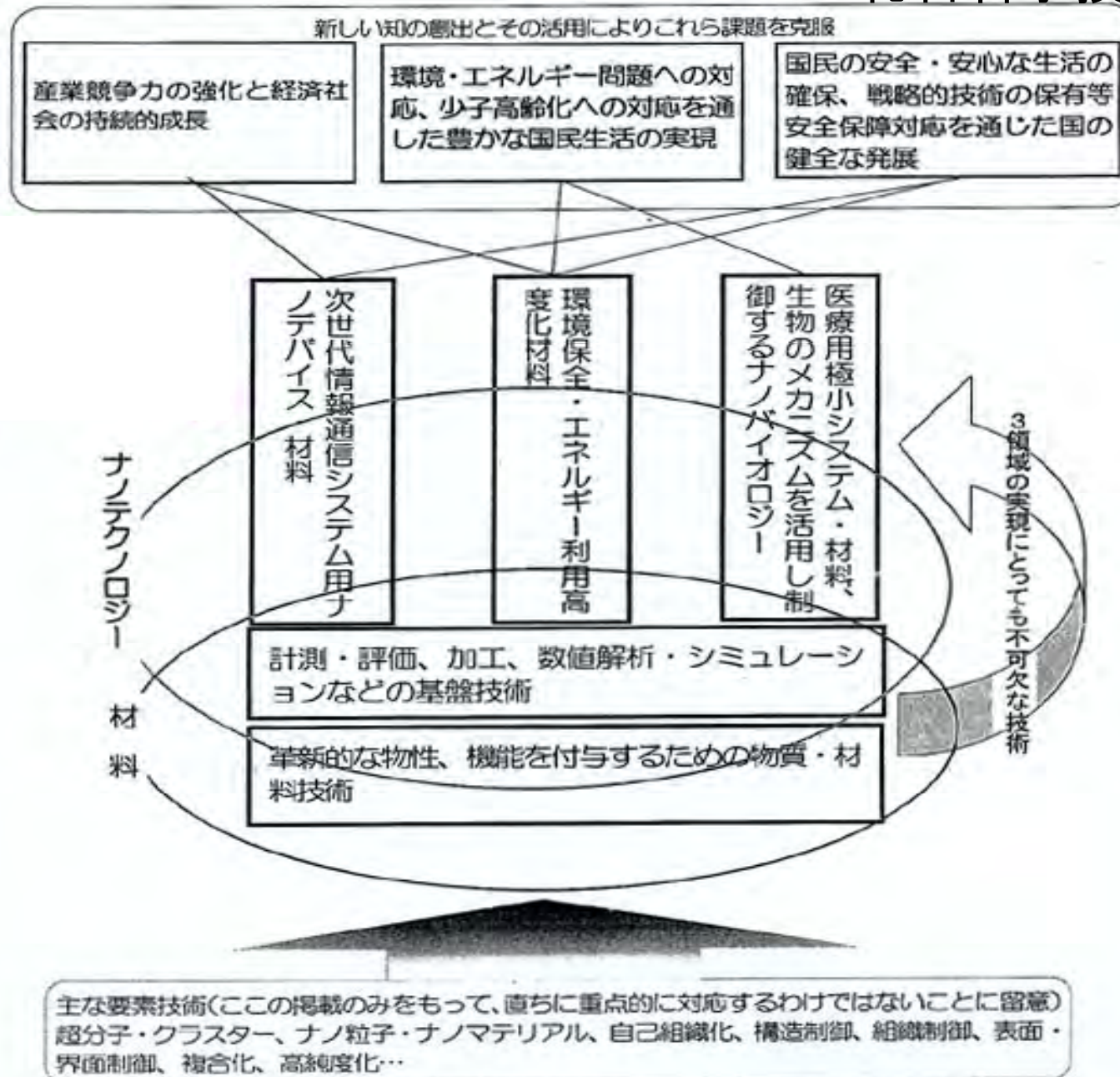
情報  
通信

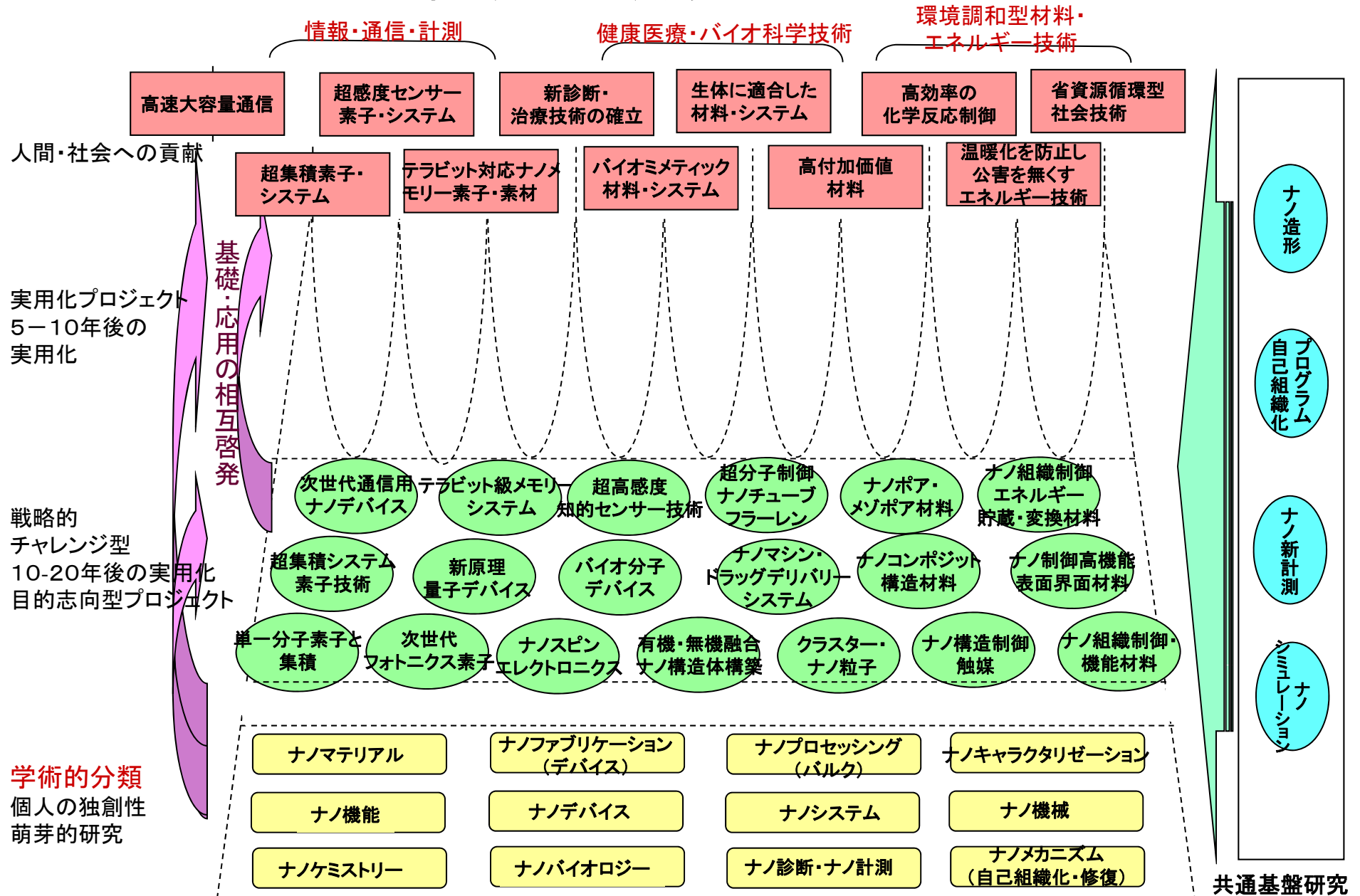
環境

ナノテクノ  
ロジー  
・材料

# 重点領域の設定

総合科学技術会議





### 3. 10～20年後の実用化、産業化を展望した挑戦的研究に係る課題の抽出

(順不同)

- (1) 次世代通信用ナノデバイス
- (2) 超集積システム・素子・素材技術の研究
- (3) 単一分子素子と集積
- (4) テラビット級メモリの原理・素材・方式
- (5) 新原理・量子デバイスの探索的研究
- (6) 次世代フォトンクス基礎
- (7) バイオ分子デバイス
- (8) 超高感度知的センサー技術
- (9) IT化医療：ドラッグデリバリー・ナノマシン
- (10) ナノソフトマシン
- (11) ナノ組織エネルギー貯蔵・変換材料
- (12) ナノ構造制御触媒
- (13) ナノポア系材料
- (14) 超分子制御
- (15) ナノチューブ・フラーレン
- (16) クラスタ・ナノ粒子
- (17) ナノコンポジット構造材料
- (18) ナノ組織制御・機能材料
- (19) ナノ制御高機能表面界面材料
- (20) 有機・無機融合ナノ構造体構築
- (21) ナノスピンエレクトロニクス
- (22) ナノ造形
- (23) プログラム自己組織化
- (24) ナノ新計測
- (25) ナノシミュレーション

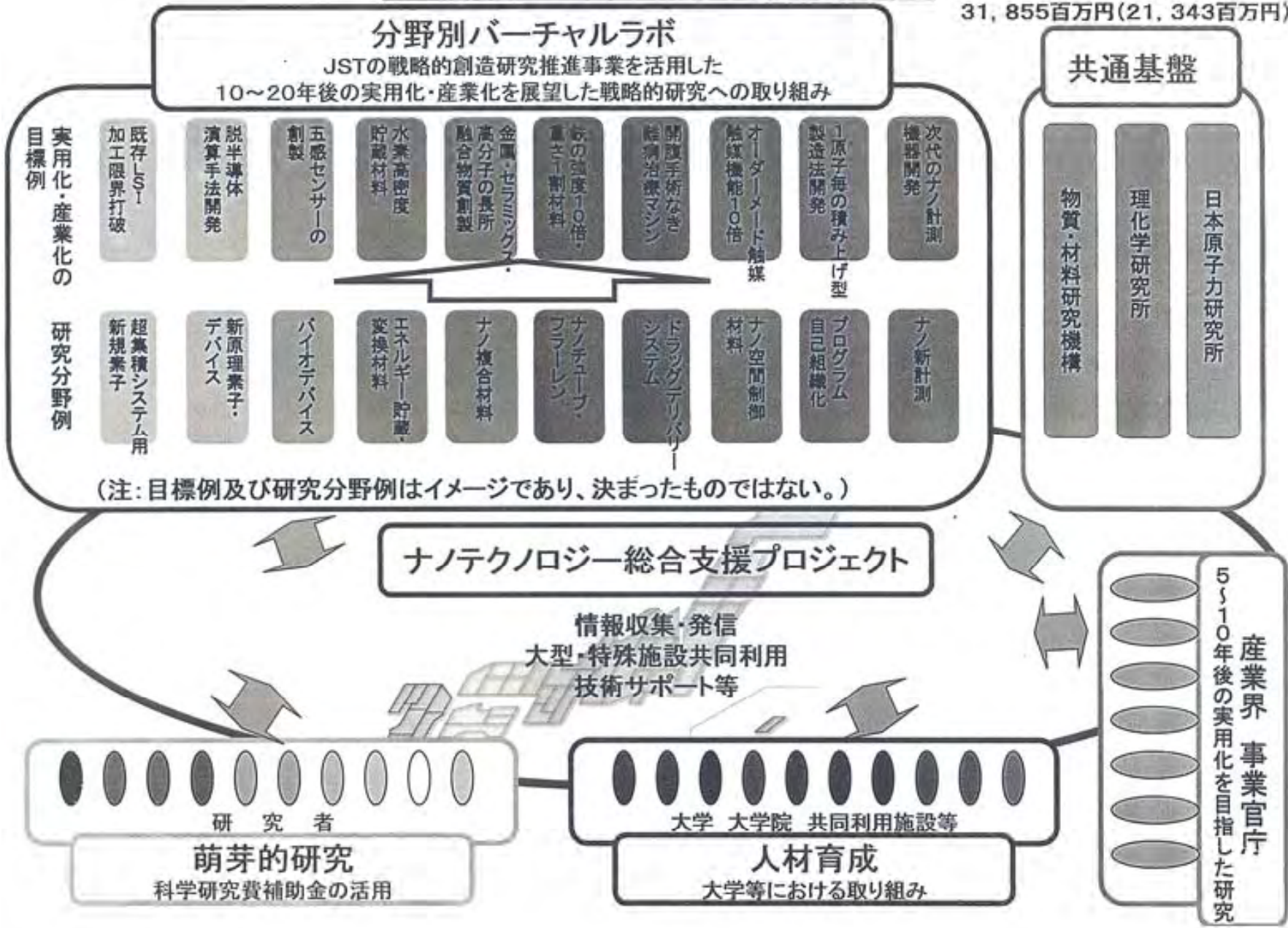
文部科学省

ナノテク・材料  
委員会

# “COE”と“ネットワーク”施策

# ナノテクノロジーの総合的推進

平成14年度概算要求額  
31,855百万円(21,343百万円)



# ナノテクノロジーの推進体制

**東北大学**  
【金属材料研究所、材料科学国際フロンティアセンター】  
ナノ組織制御・機能材料、ナノコンポジット構造材料  
【未来科学技術共同研究センター】  
ドラッグデリバリーナノマシ、ナノ造形  
【多元物質科学研究所】  
有機・無機融合ナノ構造体構築

**山梨大学**  
【クリスル科学研究センター】  
ナノ組織工補機・貯蔵・変換材料

**筑波大学**  
【物理工学系】  
次世代フォトニクス  
【計算物理学研究センター】  
ナノシミュレーション

**京都大学**  
【低温物質科学研究センター】  
次世代通信用ナノデバイス、  
テラビット級メモリの原理・素材・方式  
【化学研究所】  
超分子制御

**九州大学**  
【工学部】  
集積有機ナノ構造体構築

**大阪大学**  
【産業科学研究所、産業科学ナノテクノロジーセンター】  
バイオ分子素子と集積、超高感度知的センサ技術、  
プログラム自己組織化  
【超高圧電子顕微鏡センター】  
ナノ新計測(電顕)、ナノイメージング

**広島大学**  
【放射光科学研究センター】  
ナノ新計測(放射光)

**北海道大学**  
【電子科学研究所、ナノテクノロジー研究センター】  
次世代フォトニクスの基礎、  
プログラム自己組織化、(ナノ構造制御触媒)  
【量子集積エレクトロニクス研究センター】  
超集積メモリ・素子・素材技術の研究

**物質・材料研究機構**  
ナノコンポジット構造材料

**科学技術振興事業団**  
ナノカーボン系材料

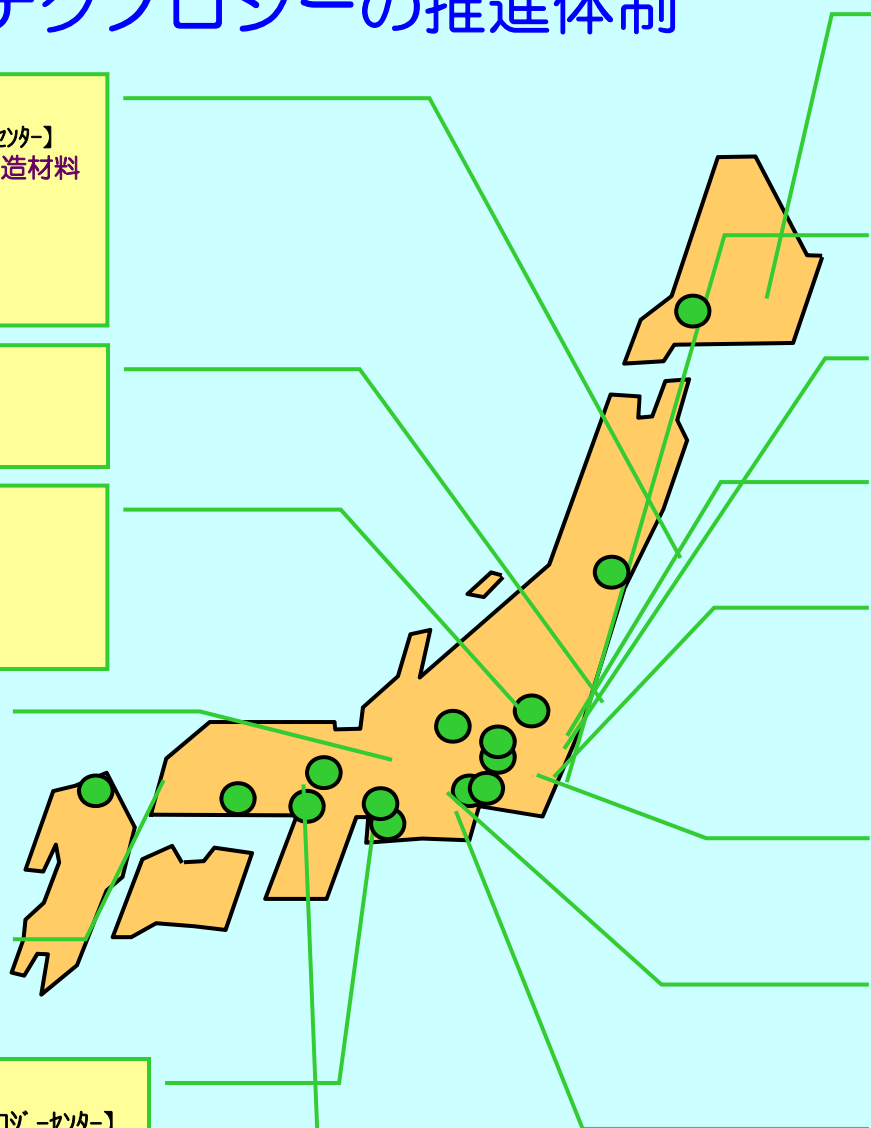
**理化学研究所**  
ナノ新計測、ナノ制御高機能表面界面材料

**東京大学**  
【生産技術研究所】  
次世代通信用ナノデバイス  
【物性研究所】  
ナノピコエレクトロニクス、  
新原理量子デバイスの探索的研究

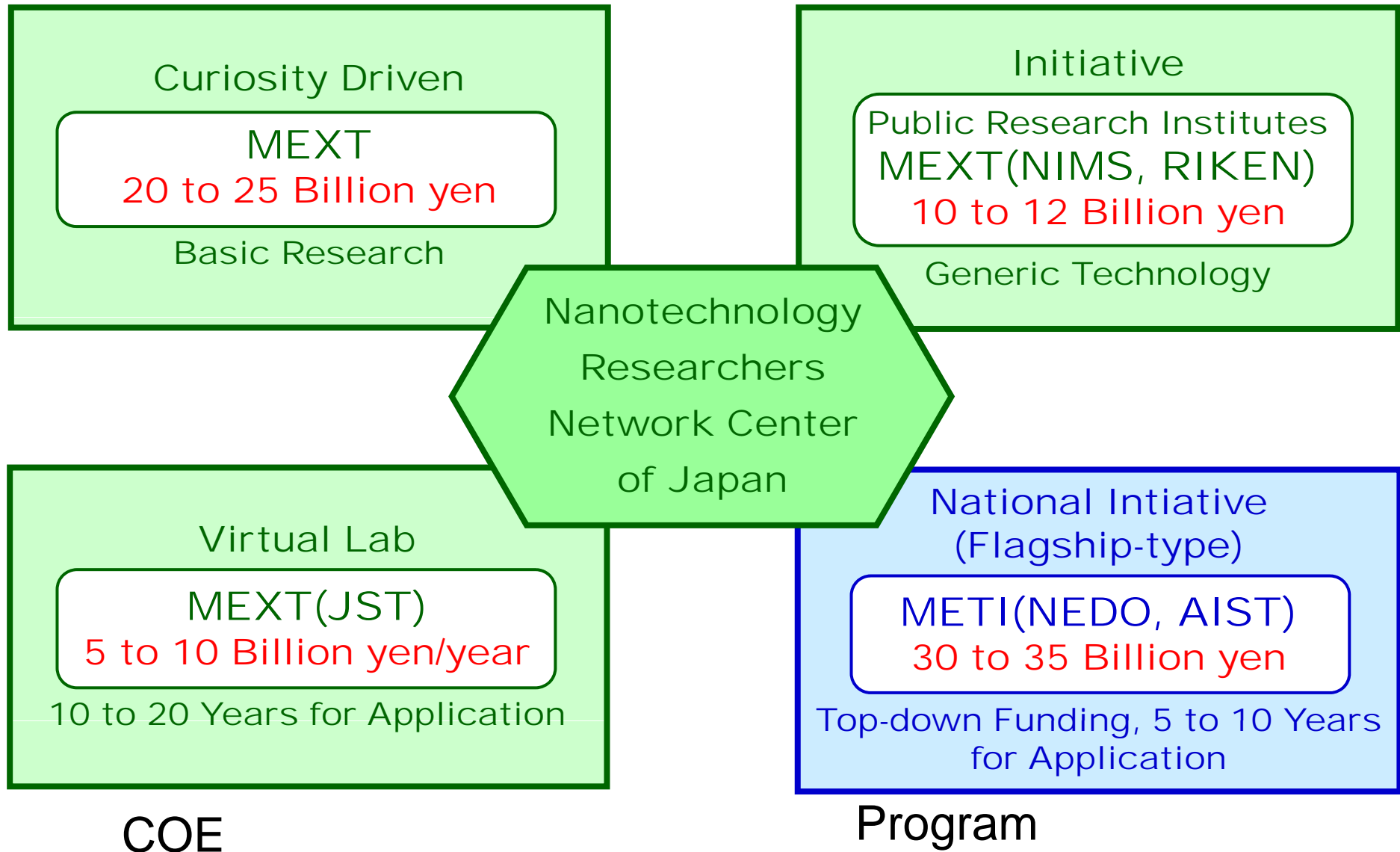
**東京工業大学**  
【資源化学研究所、スマートマテリアル部門】  
ナノソフトマテリアル(マシ)

**名古屋大学**  
【理学部】  
ナノチューブ、フラーレン

**岡崎国立共同研究機構**  
分子科学研究所  
【分子スケールナノインジェクションセンター】  
クラスター・ナノ粒子



# Nanotechnology Research Funds in Japan

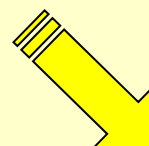
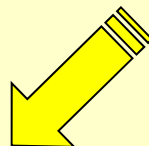




# Nanotechnology Support Program by MEXT

## Nanotechnology Researchers "Network" of Japan

ネットワーク



International

User Support for Nanotechnology by the Common Use of Limited and Large-scaled Experimental Facilities

1. High-voltage Electron Microscopes
2. NanoFoundries
3. Synchrotron Radiation
4. Mol. Synthesis and Analysis

Information Networking for Nanotechnology

Data-base Linkage

Home Page

Symposium & Workshop

Japan Nanonet Bulletin

# Market Environment Development

## Nanotechnology Business Creation Initiative

**October 15, 2003**

Consisting of 300 Member Companies, is Now being  
Established in Japan by METI's Lead

Its Mission is to Enhance Competence of Japanese Nanotech  
Community in the highly competitive international arena.

## 選択と集中の戦略概念

- 社会、産業からの要請が強くしかも「True Nano」や革新的材料でなければ解決が困難な課題
- ナノ領域特有の現象・特性を活かし、不連続な進歩や大きな産業応用により国際競争の優位を確保する課題
- 「True Nano」や革新的材料技術によるイノベーションの創出を加速し国際競争の優位を確保する推進基盤

## 戦略重点科学技術

- 「True Nano」や革新的材料で困難な社会的課題を解決する科学技術
  - ① クリーンなエネルギーの飛躍的なコスト削減を可能とする革新的材料技術
  - ② 資源問題解決の決定打となる希少資源・不足資源代替材料革新技術
  - ③ 生活の安全・安心を支える革新的ナノテクノロジー・材料技術
  - ④ イノベーション創生の中核となる革新的材料技術
- 「True Nano」で次世代のイノベーションを起こす科学技術
  - ⑤ デバイスの性能の限界を突破する先端のエレクトロニクス
  - ⑥ 超早期診断と低侵襲治療の実現と一体化を目指す先端のナノバイオ医療技術
- 「True Nano」や革新的材料技術によるイノベーションの創出を加速する推進基盤
  - ⑦ ナノテクノロジーの社会受容のための研究開発
  - ⑧ イノベーション創出拠点におけるナノテクノロジー実用化の先導革新研究開発
  - ⑨ ナノ領域最先端計測・加工技術
  - ⑩ X線自由電子レーザーの開発・共用

# 別紙Ⅳ－1 重要な研究開発課題の体系

## ナノエレクトロニクス領域

- 従来のシリコン半導体を超える次世代シリコンベースナノエレクトロニクス技術
- 電子・光制御ナノエレクトロニクス技術
- ナノスケールに対応したエレクトロニクス製造技術
- ナノエレクトロニクス部材の低価格化技術
- 環境と経済を両立する省エネルギー環境調和ナノエレクトロニクス技術
- セキュリティエレクトロニクス技術

## 材料領域

- 【エネルギー問題の克服】
- 未普及なエネルギー利用を具現化する材料技術
- 高効率なエネルギー利用のための革新的材料技術
- 【環境と調和する循環型社会の実現】
- 有害物質・材料対策に資する材料技術
- 希少資源・不足資源代替並びに効率的利用技術
- 環境改善・保全のための材料技術
- 【安全・安心社会の構築】
- 安全・安心社会を実現する材料・利用技術
- 【産業競争力の維持・強化】
- 世界をリードする電子機器のための材料技術
- 国際競争力のある輸送機器のための材料技術
- 次世代を担う革新的材料・部材の創製技術

## ナノバイオテクノロジー・生体材料領域

- 生体の構造・機能などを解明する分子イメージング技術
- 生体内の分子を操作する技術
- DDS・イメージング技術を核とした診断・治療法
- 超微細加工技術を利用した機器
- 微量物質を検出する技術
- 生体に優しい高安全・高機能性生体デバイス
- 再生医療用材料
- ナノバイオテクノロジーを応用した食品

197

## ナノテクノロジー・材料分野推進基盤領域

### 【技術基盤】

- 革新的ナノ計測・加工技術
- 量子ビーム高度利用計測・加工・創製技術
- 物性・機能発現指向のシミュレーション・デザイン技術

### 【推進基盤】

- ナノテクノロジーの責任ある研究開発
- ナノテクノロジー・材料分野の人材育成と研究開発の環境整備

## ナノサイエンス・物質科学領域

- 「量子計算技術」「界面の機能解明・制御」「生体ナノシステムの機構解明」「強相関エレクトロニクス」の戦略的推進

# ナノテクノロジー・材料分野における 俯瞰的調査をベースに 目標とする社会の実現に貢献するテクノロジー・工学、サイエンス

持続的発展可能な社会・個々人が安全安心のもと豊かに生活できる社会

目標とする社会

目標とする社会の構成要素

産業の発展

エネルギーの確保

自然環境の保護

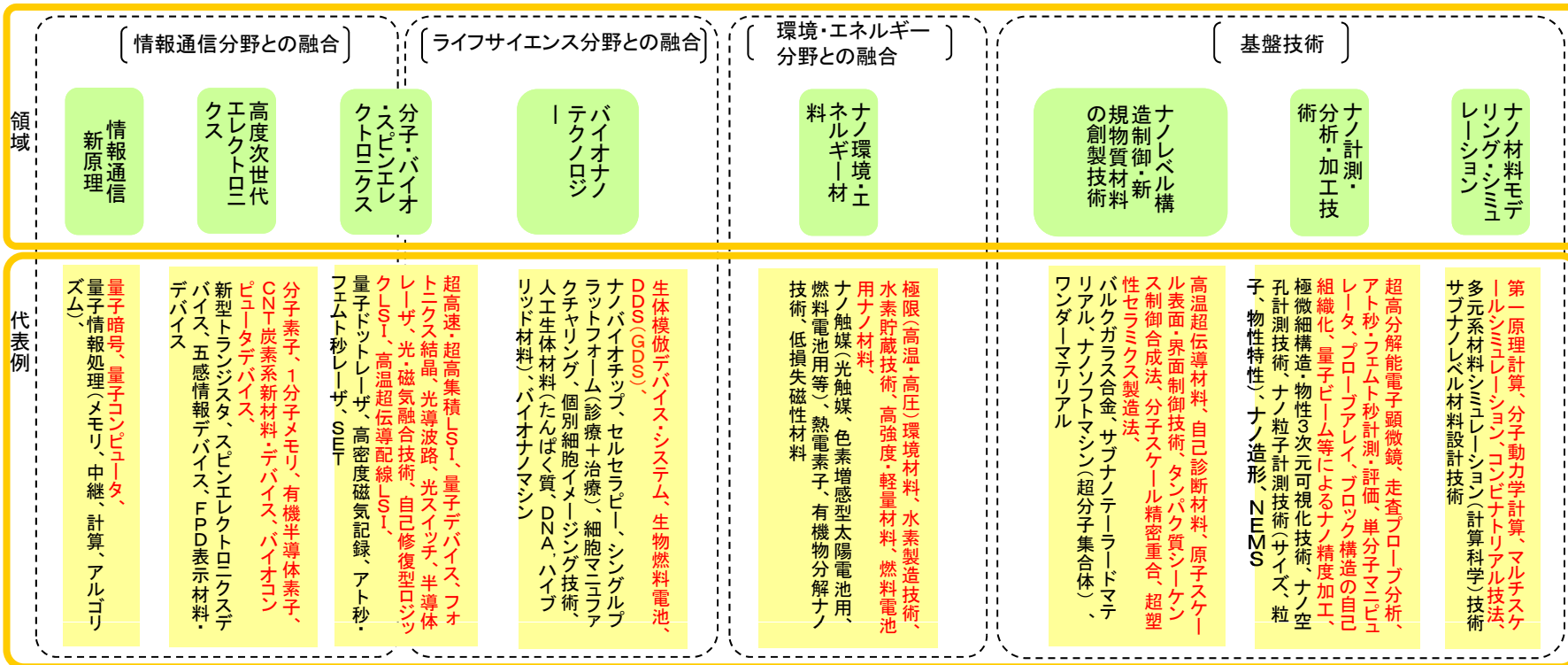
ユビキタスなシステム

安心・快適な衣食住

良質な医療

国際社会への貢献

テクノロジー・工学



赤字：デルファイ調査からの抽出課題

黒字：ナノテク/材料分野戦略検討チームにおける抽出課題

サイエンス

代表例

単一量子工学・量子関連工学  
ナノ物質・ナノ構造創製科学

生物物理学  
超分子科学

サブナノ物質科学  
計算科学

三次元ナノ計測  
分子情報生命科学

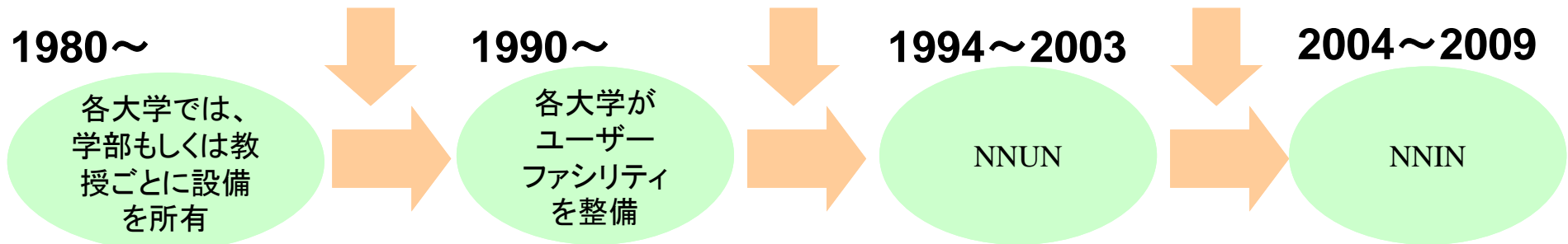
# 米国 NNUN, NNIN: ユーザーファシリティー 設備共有の考え方をもとに、ナノテクの分野的な広がりに対応するためNNUNおよびNNINを設立

- 米国の大学では、外部ユーザーにも設備を開放してコストシェアを行う必要が生じたこと、異分野からの設備利用ニーズが増えたことを背景に、各大学が1990年前半にかけてユーザーファシリティーを整備した。
- 大学は、設備をシェアすることでコスト負担を下げる以外にも、外部との交流によって、研究レベルを向上させることを狙った。NSFは装置を持たない研究者も装置を利用できる環境を整備することを狙った。
- ナノテクが分野的な広がりを持ち、1大学では対応できなくなったため、NNUN、NNINへとネットワークが構築されている。

- 集積回路研究の設備コスト増大
- 異分野で微細加工技術の利用ニーズが増加

- ナノテクが分野的な広がりを持ち、1大学では、対応不可能
- ネットワークが必要に

- 地質学などさらに異分野へナノテクが広がる
- ナノテクの社会への影響も懸念され始める



- 他学部や外部にも使わせコストシェア
- 外部交流により新しいアイデア創出。自大学の研究レベル向上
- 学内の教授、学生間の交流促進
- 産業界との交流により技術移転がスムーズに

- 5大学のネットワーク
- 微細化加工技術を重点に置く
- 高価な設備を持たない研究者に設備を利用できる環境を提供

- 13大学に拠点を拡充
- ナノテクの社会ならびに倫理への関わりを検討
- 教育機能を強化

c.f.韓国

日本:試作品まで作成可能な施設が望まれる



化粧品



携帯電話



ゴルフクラブ



(Nanotech)

Inside !!



車



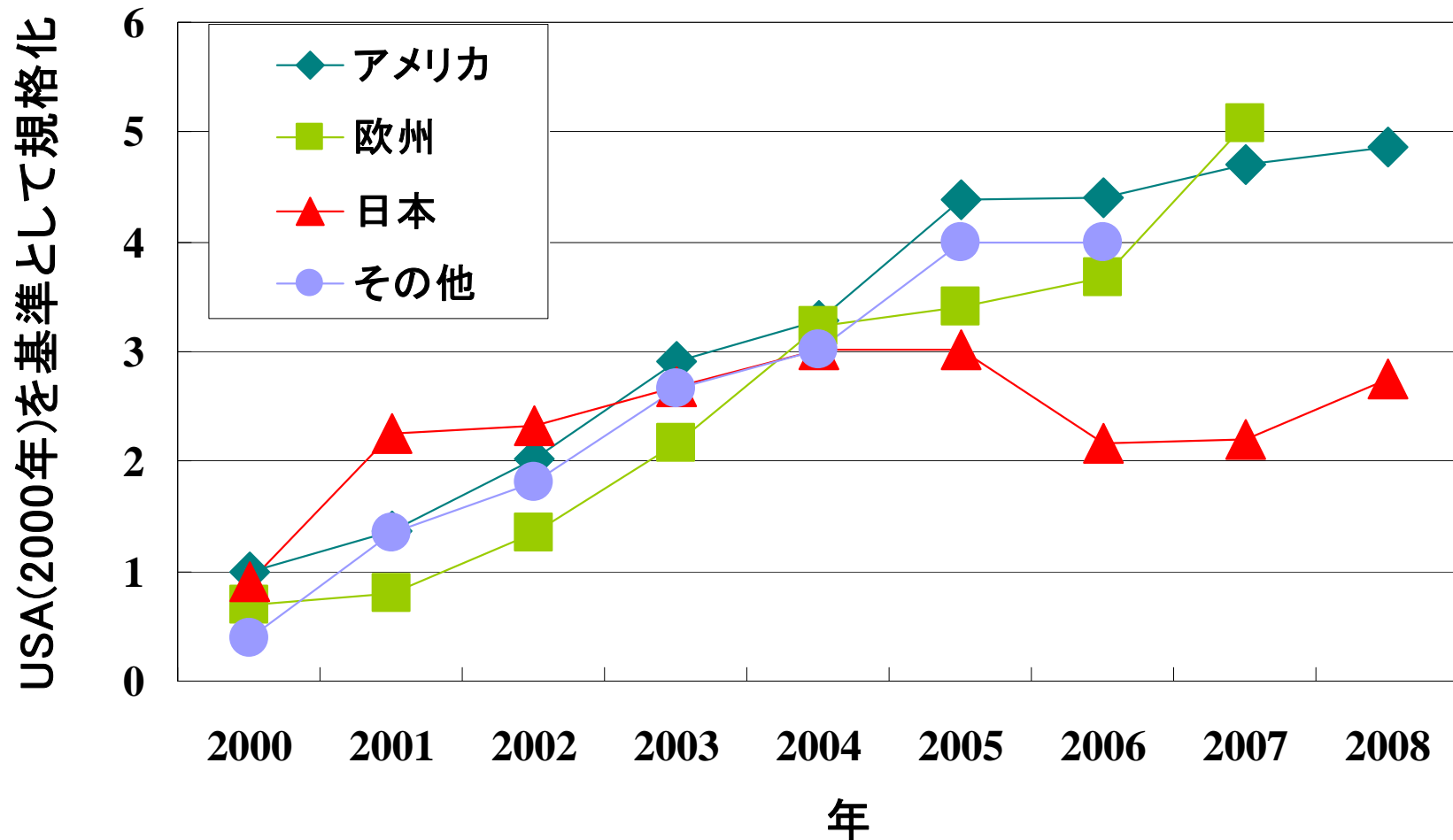
家電製品



シャツ  
ネクタイ

# 日本・アメリカ・欧州におけるナノテク・材料関連予算

(アメリカの2000年予算0.3b\$を1とする)



諸外国では、ナノテクを国家戦略と位置づけ予算を重点配分

出典：総合科学技術会議の資料及びNSF:M. Roco氏による試算



## (II)「ナノテクノロジー・材料分野」を取り巻く状況の変化等を踏まえ、問題点、今後の方向性、推進方策

### 1. 分野の設定は必要か？・・・必要

科学技術施策を立てる時のよりどころ。分野の概念なくして方向性を決めることは科学技術としては脆弱。

c.f. P.W.Andersonの意見

2. 第4期で取り組むべき課題: グリーンナノテクノロジーなどナノテクノロジーの方向性が明確に見えるようにすることが必要

3. 人材育成などで取り組むべき課題: 分野横断的かつ基礎応用縦断的問題解決ができる人材の育成

4. 他分野と共通的な切り口: 若手俊秀外国人の呼び込み

5. 第2, 3期でできていないこと: ①グローバル化、グローバルな協調と競争、②ナノテクノロジーが基幹科学技術であるだけでなく、地球規模の重要課題解決の切り札、最先端科学技術を牽引するキーテクノロジーであるとの認識と取り組み。



# グリーン+テクノロジー

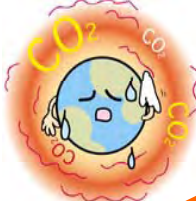
エネルギー

環境

循環型・持続可能社会を実現する

カーボンフリーエネルギーの創出と貯蔵・使用

省電力化



安心な社会に貢献



創る・蓄える・使う  
エネルギー+デバイス

- ・+ / 超構造  
新概念太陽電池
- ・+ / 熱電変換デバイス
- ・燃料電池、新型蓄電池



省エネルギー  
ITデバイス

超高集積  
+ / 不揮発性メモリ



低コスト  
サステナブル  
デバイス

フレキシブル  
低クラック指数  
マテリアル・デバイス



超高感度  
センサー

- ・CO<sub>2</sub>ガス検出  
+ / センサー

医療デバイス

- ・+ / バイオチップ
- ・+ / ホルモンチップ



環境浄化

- ・環境保全材料
- ・光触媒
- ・+ / 分離膜

# + / サイエンス基盤技術

**たとえば、米国では、**（初年度35M\$/件×8=280M\$,  
その後25M\$/件）、それと別に、DO E; Energy Frontier  
Research Centers (EFRC) 5年で777M\$

## **Energy Innovation HUBS**

**Energy Innovation Hub for Extreme Materials**

**Energy Innovation Hub for Modeling and Simulation**

**Solar Electricity Energy Innovation Hub**

**Energy Innovation Hub for Carbon Capture and Storage**

**Focus of Grid Materials, Devices and Systems Hub**

**Energy Innovation Hub-Fuels from Sunlight**

**Energy Innovation Hub-Batteries and Energy Storage**

**Energy Innovation Hub:Energy Efficient Building  
Systems Design**

DOE Advanced Research Projects Agency – Energy (ARPA-E)

長官 : Steve Chu (Prof., Stanford)

ARPA-E is a new DOE agency that has been recently funded with \$400M through the Recovery Act to fund and foster the development of **high-risk, high-reward** transformational energy technologies.

ARPA-E is kicking off with a \$150M open solicitation to fund transformational energy R&D projects across the board of energy technology.

ARPA-E is a semi-autonomous agency within the DOE and is quite separate and distinct from the EFRC and Energy Innovation Hubs. Our focus is on transformational technologies and getting them to market.

**EFRCやEnergy Innovation Hubなどとは別の枠組み**

# とりわけ、第4期計画科学技術基本計画では特に “ナノテクグローバル戦略”が必要

——2期、3期では中心課題ではなかった——

## 1. グローバルスケールでのオープンイノベーション

各国のナノテクの強みを相互利用、弱みを補完(協調、協奏)し、イノベーションを進める

## 2. グローバルスケールでの重点化

特に日本が特長を持つ分野で基礎から応用、市場形成を一貫して盛り立てていく

## 3. グローバルスケールでの人材育成、人材誘致

海外の優れた若手ナノテク研究者が日本に集まる施策(国益)  
日本でのポジションが、彼らにとって良いキャリアパスになる必要。  
日本でパーマネントポジションを得られる機会の増大が必要

など、政策における”すべてを自前主義で“、“人と技術の保護主義”からの脱却(一過性でない施策)が必要