

事後評価書

1. 政策評価の対象とした施策

- ・ナノテクノロジープログラム

2. 政策評価を担当した部局又は機関及びこれを実施した時期

(1) 担当

経済産業省

- ・産業技術環境局
研究開発課、技術振興課産業技術総合研究所室、知的基盤課
- ・製造産業局
ナノテクノロジー・材料戦略室、非鉄金属課、ファインセラミックス室、
化学課、生物化学産業課、産業機械課、住宅産業窯業建材課
- ・商務情報政策局
サービス産業課医療・福祉機器産業室

(2) 時期

- ・平成16年4月～平成17年6月

3. 政策評価の観点

- ・必要性、有効性、効率性

4. 政策効果の把握の手法及びその結果

(1) 手法

- ・学識経験を有する者の知見を活用した評価の実施

(2) 結果

- ・別紙「4 施策効果」及び「5.1 研究開発プログラムの有効性」に記述

5. 学識経験を有する者の知見の活用に関する事項

評価を広い視点から可能な限り、客観的に行うため、省外の高い見識や知識を有する以下の有識者の知見を活用することとした。具体的には、メールレビューにより意見を聴取した。

氏 名

所 属

佐久間 健人

独立行政法人大学評価・学位授与機構 教授

田中 一宜

独立行政法人産業技術総合研究所 理事

前田 豊広

大阪ガス株式会社 本社支配人

6．政策評価を行う過程において使用した資料その他の情報に関する事項

- ・過去の評価レポート（別紙 参考5）

7．政策評価（事後評価）の結果

- ・別紙のとおり

ナノテクノロジープログラムに関する 政策評価（事後評価）結果

2005年6月

経済産業省

産業技術環境局	研究開発課 知的基盤課
	技術振興課産業技術総合研究所室
製造産業局	ナノテクノロジー・材料戦略室
	非鉄金属課 ファインセラミックス室
	化学課 生物化学産業課
	産業機械課 住宅産業窯業建材課
商務情報政策局	サービス産業課医療・福祉機器産業室

目 次

1．施策の概要	1
1.1 施策の概要	1
1.1.1 施策の目的	1
1.1.2 施策の目標	1
1.2 予算推移及びスケジュール	1
2．施策の必要性	3
2.1 背景	3
2.2 行政関与の必要性	3
3．施策の目標達成状況	4
3.1 研究開発の成果、施策の目標達成状況	4
3.2 施策目標の妥当性	21
4．施策効果	23
4.1 技術的施策効果	23
4.1.1 特許・論文	23
4.1.2 技術的效果	36
4.2 経済、社会への施策効果	47
5．施策の有効性、効率性に関する分析、評価	50
5.1 研究開発プログラムの有効性	50
5.1.1 プログラムの実施があった場合と無かった場合で想定される状況の比較	50
5.1.2 施策パッケージとしての効率性	51
5.1.3 企業におけるナノテクノロジー関連研究開発の促進	52
5.1.4 企業における他企業・大学等との連携	52
5.2 研究開発プログラムの効率性	57
5.2.1 プログラム構成の適正性	57
5.2.2 研究開発マネジメントの妥当性	58
5.2.3 プロジェクト（事業）間での連携	58
6．分析結果を踏まえた今後の改善策等	60
6.1 研究開発プログラムの成果	60
6.2 今後必要な改善点	61

参考資料

参考1 用語解説集	64
参考2 施策に関する情報リンク（URL等）	70
参考3 施策効果の把握に関する調査・分析方法等	74
3.1 アンケート調査	74
3.2 有識者ヒアリング	76
参考4 本施策に関連する政策情報	79
参考5 過去の評価レポート	80

1．施策の概要

1．1 施策の概要

1．1．1 施策の目的

物質をナノレベルで制御することにより、物質の機能・特性を飛躍的に向上させ、また、大幅な省エネルギー化、大幅な環境負荷低減を実現し得るなど、広範な産業技術分野に革新的発展をもたらし得るキーテクノロジーである「ナノテクノロジー」を確立し、得られた成果等の知識の体系化を図ることで、我が国の産業競争力の源泉として、我が国経済の持続的発展に寄与する技術的基盤の構築を図る。

1．1．2 施策の目標

超微細な物質構造を創製するプロセス技術及び計測技術を開発するとともに、産業化に向け、得られる物質機能を向上・維持する成形・加工技術、評価技術を開発し、超微細構造制御機能創製、加工、計測に係る基礎・基盤的技術の構築を図りつつ、得られたデータ、知識（既存の知識を含む）について構造、機能、プロセスの視点から体系化し、広範な分野において活用可能な知識基盤を2007年度までに整備する。

1．2 予算推移及びスケジュール

表１．２．１ ナノテクノロジープログラムの予算推移及びスケジュール

プロジェクト	研究開発期間 (年度)	予算額(億円)							
		H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19
【ナノテクノロジープログラム】	H12～H19								
精密高分子技術	H13～H19		← 19.0	19.5	9.3				→
ナノガラス技術	H13～H17		← 6.0	6.2	4.3		→		
ナノメタル技術	H13～H18		← 3.0	6.7	4.9			→	
ナノカーボン技術	H14			↔ 7.5					
ナノカーボン応用製品創製プロジェクト	H15～H17				← 12.4	→			
ナノ粒子の合成と機能化技術	H13～H18		← 9.0	9.1	6.4			→	
ナノコーティング技術	H13～H18		← 5.0	5.2	3.6			→	
ナノ機能合成技術	H13～H17		← 2.5	3.6	2.5		→		
ナノ計測基盤技術	H13～H19		← 2.1	2.3	1.6				→
材料技術の知識の構造化	H13～H19		← 2.4	2.7	1.9				→
デバイス用高機能化ナノガラスプロジェクト	H15～H17				← 2.4	→			
ディスプレイ用高強度ナノガラスプロジェクト	H15～H17				← 2.3	→			
次世代量子ビーム利用ナノ加工技術	H14～H18			← 4.4	3.1			→	
ナノ機能粒子カプセル成形技術	H14			↔ 4.4					
機能性カプセル活用フルカラーライタブルペーパープロジェクト	H15～H17				← 5.9	→			
ナノレベル電子セラミックス材料低温成型・集積化技術	H14～H18			← 4.0	2.8			→	
3Dナノメートル評価用標準物質創成技術	H14～H18			← 3.6	2.6			→	
ダイヤモンド極限機能プロジェクト	H15～H17				← 7.4	→			
カーボンナノチューブFEDプロジェクト	H15～H17				← 7.4	→			
先進ナノバイオデバイスプロジェクト	H15～H17				← 4.9	→			
ナノ微粒子利用スクリーニングプロジェクト	H15～H17				← 4.5	→			
ナノカプセル型人工酸素運搬体製造プロジェクト	H15～H17				← 4.5	→			
微細加工技術利用細胞組織製造プロジェクト	H15～H17				← 5.8	→			
タンパク質相互作用解析ナノバイオチッププロジェクト	H15～H17				← 4.2	→			
炭素系高機能材料技術	H10～H14	12.6	11.8	→ 10.4					

2．施策の必要性

2．1 背景

ナノテクノロジーとは、80年代以降の加工・計測技術の飛躍的発達により、近年急速に研究開発が進められている「原子分子をナノレベル(10^{-9}m)で制御し新材料を創製、加工・計測する技術」である。同技術により物理的、化学的、機械的に全く新しい機能を有する材料の創製が期待されている。また、この技術は、ナノ領域に特異に発現する機能を活用・産業化するものであり、従来の経験則に基づく試行錯誤的な技術を根本から変革するものであり、次世代の社会経済の発展を先導する情報技術、環境、エネルギー、医療等の広範な産業分野の技術革新を支える基盤技術である。

2．2 行政関与の必要性

ナノテクノロジーは、これまでの微細技術からの技術革新が大きい技術分野、バイオ、情報通信といった技術分野との融合的な研究開発、萌芽的研究が応用研究を経ずに直接に産業化につながる、といった特色を有している。このことから、産学の連携の下で効率的な基盤研究開発の推進体制を整えるとともに、得られる成果が積極的に産業化されるための支援策を講じる必要がある。産業化においては、ナノテク・シーズによる革新的技術と用途先市場ニーズに対応したアプリケーション技術の連携と融合が不可欠であるが、同一主体が両者を保有している場合が少なく、ニーズとシーズのマッチング等、これらの特色に応じた産業化促進施策が必要となっている。（マッチングといっても単なるお見合いではなく、如何に良質かつ多様なニーズとシーズを研究段階から同じ器の中で融合させるかが鍵）このような特色を有する研究開発は、民間投資で技術基盤を整備することは困難であるとともに、産業化においても前述の特色を的確に捉え、新たな市場形成が必要となるなど民間投資リスクが大きい。

ナノテクノロジーは、材料技術をはじめとし国際的にみても質の高い研究が行われている次世代の産業技術の競争力を決定的に制する技術であり、欧米に対する我が国の産業技術の優位を確保するために、集中的な研究開発投資を行うことが求められている。

このため、国による資源投入によりナノテクノロジーの基盤的研究開発を行い、その技術基盤の整備（公共財的な性格を持つ財・サービス）を早急に進めるとともに、産業化のための支援策を推進することが必要である。

3. 施策の目標達成状況

3. 1 研究開発の成果、施策の目標達成状況

(1) 精密高分子技術

(概要)

有機高分子材料の性能・機能の飛躍的な高度化及び環境調和を目指し、高分子の一次及び高次構造を精密に制御する技術基盤を構築する。この一部については、ナノレベルでの物質制御により材料の性能・機能を高度化することによる石油の生産及び流通の合理化を図るために行うものである。

(目標)

2007年度までに、高分子材料のナノスケールでの規則性を反映した構造制御を実現する設計指針及び製造技術の基盤を確立するとともに、技術を体系化する。

(目標達成状況)

(2001年度)

- ・リアクティブプロセッシングによるナノ成形加工技術を利用し、ブラストマー特性（易成形性、延性、機械的強度）を示す材料を初めて作成した。

(2002年度)

- ・ポリマーフィルム内部に金属を微細パターニングする簡単な方法として、（ ）ブロック共重合体を用いて作成したフィルムに金属を蒸着吸収させる方法、（ ）PMMA（ポリメチルメタクリレート）ポリマーに紫外線を照射して金属を蒸着吸収させる方法を見出し、（ ）では10nmレベルの周期構造をもったパターニングが、（ ）では数百nmレベルで自由なパターニングをすることが可能となった。

(2003年度)

- ・ポリアミドおよびエチレン・グリシジルメタクリレート共重合体を高 $L/D (=100)$ 押出機で混練することにより、粒径約20nmの微粒子が分散相と連続相の両方に分布している特徴的構造を有し、衝撃強度・耐熱性・エネルギー吸収特性に優れた材料を開発した。

$L = \text{Length}$ （長さ） $D = \text{Diameter}$ （直径） $L/D = 100$ 押出機とは、直径1に対して長さが100ある押出機

- ・ゴム（分散相）としてEPDM（エチレン・ポリプロピレン・ジエン共重合体）、ポリオレフィン（連続相）としてエチレン系共重合体を用い、動的架橋により可とう性、機械的強度、難燃性、耐熱性、加工性に優れた非ハロゲン難燃材料を開発した。
- ・ブロック共重合体のナノサイズのドメインをテンプレートとして超臨界二酸化炭素を利用してナノサイズの発泡体を作ることに成功した。
- ・従来よりも簡単なコーティング操作で、実用強度および透明性を有する超撥水、超撥油材料を開発した。
- ・レーザー加熱紡糸法で得たPET未延伸繊維の延伸・熱処理により、ポリエステル強度 $10 \text{ cN/dtex} = 1.4 \text{ GPa}$ を達成した。

- ・リアクティブプロセッシング技術により、成形加工が容易で、優れた特性を有する新規PPE（ポリフェニレンエーテル）ナノアロイを開発した。また、そのナノ微粒子の三次元構造解析に成功した。

（プロジェクト名）

精密高分子技術

（２）ナノガラス技術

（概要）

無機非晶質材料の原子・分子レベルでの構造を制御して新機能を付加したり、異質相を材料表面や材料内に並べる技術等の開発を行うことにより、ナノガラスに関する新材料開発に必要な技術の基盤を構築する。

（目標）

2005年度までに、レーザー照射やCVD等により、原子・分子レベルの構造制御、超微粒子分散等構造制御、高次構造制御及び3次元光回路材料技術に関するガラス構造制御技術を確立するとともに、技術を体系化する。

（目標達成状況）

（2001年度）

- ・三次元光回路としての機能発現に適した誘起構造を形成しやすいガラス組成についてコンビナトリアルケミストリー法等を用いて開始した。

（2002年度）

- ・低損失光導波路用ガラス材料の組成を探索し、比屈折率差が1.8%と大きく、かつ、通信に使用される波長1.55 μm における光伝搬損失が極めて低い(0.005 dB/cm)スラブ型導波路用材料を開発した。
- ・光メモリの記録密度を大幅に向上させる超解像膜として、青色レーザー照射による可逆的屈折率変化40%を達成した。
- ・ナノレベルの微細加工技術と計算機シミュレーション技術によりガラスプリズムの7倍の性能（回折効率86%以上、偏波依存1%以下）を持つ超小型分波器を試作した。
- ・高強度化ガラス材料技術として、超短パルスレーザーを用いたガラス内部への異質相の形成条件を探索し、相対強度を1.5倍に上昇させた。
- ・直径数nmの超微粒子を凝集させることなく、ガラスに閉じこめ、波長540nm（緑色）における発光効率4%を達成した。

（2003年度）

- ・低損失光導波路用ガラス材料において、比屈折率差2.8%を実現し、光導波損失が波長1.55 μm において、スラブ導波路で0.02 dB/cm、埋め込み型導波路で0.045 dB/cmを達成した。
- ・光メモリの記録密度向上用超解像膜の屈折率変化が熱により大きく変わることが判明した。また、酸化鉄系材料にて大幅に屈折率の変化する材料を見出した。

- ・約10倍の波長分散性能を有する高分散ナノガラスデバイスを試作した。これらの技術を使ってCWD M用波長分離素子を試作した。
- ・ガラス強化のメカニズムを検討し、その結果を利用して、超短パルスレーザーでガラス板の強度が1.5倍以上に増加できることが分かった。
- ・環境汚染の少ないZnSe超微粒子の作製法の検討及びガラス中への分散方法の検討により、発光波長480nmにおける発光効率4%の超微粒子分散ガラス蛍光体を作製した。
- ・100以上の温度で導電率10-2S/cm以上を示す耐メタノール性導電膜を開発し、外部にサンプル提供し良好な燃料電池の特性が得られた。
- ・10%以上の比屈折率差を超短パルスレーザー照射により実現できる材料を開発した。5層の直線立体導波路を作製し、波長1.55μmで損失は0.15dB/cmであった。

(プロジェクト名)

ナノガラス技術

(3) ナノメタル技術

(概要)

金属材料の組成、組織を超精密・超微細に制御することで機械的特性(強度、延性等)、機能的特性(耐食性、電気特性等)を向上させるとともに、これらの知識を体系化し、ナノメタラジー(金属材料の不純物や組織をナノレベルで制御する技術体系)を構築することによって新規金属材料創製技術の基盤を確立する。

(目標)

2006年度までに、金属材料について、超精密な結晶組成制御技術(高純度化、有用元素添加等)、超精密な結晶組織制御技術(結晶粒子制御、析出制御等)及び組成分析・計測技術等を確立するとともに、技術を体系化する。

(目標達成状況)

(2001年度)

- ・結晶内部組織のナノレベル制御(高純度化)により、1000時間クリープ特性等が既存耐熱材料を上回る超高純度Cr基合金を見出した。
- ・炭素を含まない鋼におけるCu析出の強度向上への効果を確認した。
- ・熱間工具鋼において、ナノサイズ炭化物の析出挙動と機械的性質との関係を明らかにした。

(2002年度)

- ・超高純度Cr基合金を合成しそのクリープ特性を評価した。また、高精度ICP(誘導結合プラズマ)によるナノオーダー元素分析技術の精度向上をはかった。
- ・組織・材質予測シミュレーションモデルを開発し、アモルファス構造中のナノ結晶生成メカニズムを検討した。
- ・これまでにない超高強度と高軟化抵抗を示す新工具鋼を開発した。

(2 0 0 3 年度)

- ・超高純度 6 0 C r - w - F e 系合金でクリープ破断強度の目標を達成できる見通しを得た。クリープ破断強度目標：6 5 0 × 1 3 0 M P a、1 0 , 0 0 0 時間以上。
- ・4 % C u 添加鋼で強度—延性バランスの目標（強度 × 延性が従来材の 1 . 4 倍以上）を達成した高強度 C u 鋼を得た。
- ・新工具鋼の開発において、高価な合金元素の多量使用から脱却し、かつ、高温軟化特性—靱性バランスの目標（従来材の 1 . 5 倍以上）を達成した材料を得た。

(プロジェクト名)

ナノメタル技術

(4) ナノカーボン応用製品創製技術

(概要)

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、ナノカーボン材料の量産・構造制御技術を開発するとともに、触媒担体機能等の化学的機能の応用を図る化学的機能制御技術、カーボンナノチューブデバイス等への応用を図る電気的機能制御技術及びナノカーボン材料の構造評価技術を開発する。これにより、省エネルギー効果の高いナノカーボン応用製品の早期実用化を図る。

(目標)

2 0 0 5 年度までに、ナノカーボン材料の量産及び構造制御技術を開発するとともに、ナノカーボン材料の構造と化学的機能及び電気的機能の相関を明らかにし、それらの機能制御技術を開発する。特に化学的機能制御技術では、携帯機器用燃料電池の電極に適した触媒担持ナノカーボン材料の開発を、電気的機能制御技術では、カーボンナノチューブを用いた高性能、高信頼の L S I ビア配線技術の開発を重点化して行う。

(目標達成状況)

(2 0 0 2 年度)

- ・触媒を調製し、ナノチューブの合成法を開発。加圧流動床法、流動気相法などにより単層ナノチューブの合成に成功し、大量合成の可能性を実証（製造速度 5 5 k g m⁻³ h⁻¹）。
- ・ナノカーボンの溶液への可溶化・分散化に成功。ナノチューブ表面や端部での化学修飾機構についての新しい知見を得た。ナノホーンを用いた携帯用燃料電池の試作に成功。
- ・デバイス応用のための選択成長技術の開発を推進。C N T トランジスタを試作し、高速デバイス実現の可能性を示した。

(2 0 0 3 年度)

- ・ナノチューブ成長制御技術では、単層ナノチューブのナノレベル配向技術を確立。量産技術に於いては、ナノチューブ純度、炭素収率とも基本計画目標値（ナノチューブ純度 7 0 % 以上、炭素収率 1 0 % 以上）を達成の見込みを得た。

- ・燃料電池電極応用の開発においては、電極の出力密度 $70 \text{ mW} / \text{cm}^2$ を達成。
- ・LSI配線ビア応用の開発においては、8インチ基板上に配向多層ナノチューブの高均一成長に成功し、又、Cu配線とCNTビアの混載構造の作製に成功。

(プロジェクト名)

ナノカーボン技術

ナノカーボン応用製品創製プロジェクト

(5) ナノ粒子の合成と機能化技術

(概要)

ナノ構造の生成やナノ機能の発現に重要なナノ粒子の合成技術及びナノ粒子への機能付加プロセス技術等の基盤を構築する。

(目標)

2005年度までに、シングルナノサイズで均一粒子径を有し、かつ安定な粒子を合成する基盤技術、秩序構造を有する安定な機能素子の創製技術及びデバイスの作成・評価技術を確立するとともに、技術を体系化する。

(目標達成状況)

(2001年度)

- ・Pdナノ粒子の連続合成において6～9nmのシングルナノ粒子の合成が可能であることを確認した。

(2002年度)

- ・FePt(鉄白金)、Au(金)、CdSe(カドミウムセレン)、SiO₂(シリカ)のシングルナノ粒子を合成するために、超音波の利用、温度等の合成条件を把握し、2～10nm程度の粒子を合成することができた。

(2003年度)

- ・各種ナノ粒子合成法により、電子機能素子、光機能素子、構造体材料に利用されるナノ粒子の製造試験を実施し、磁性FePtナノ粒子、Au、Agナノ粒子、SiO₂ナノ粒子について合成条件を確立した。その結果、外部機関に対して評価用試料の提供が可能となった。

(プロジェクト名)

ナノ粒子の合成と機能化技術

(6) ナノコーティング技術

(概要)

無機材料、金属材料などの基板材料に新機能を付加するため、コーティングにおけるナノ構造を制御する技術の基盤を構築する。

(目標)

2006年度までに、コーティングプロセス制御技術、コーティング材料を構成する要素材最適構造設計・制御技術及びコーティング解析・評価技術を確立するとともに

に、技術を体系化する。

(目標達成状況)

(2001年度)

- ・ナノ複合構造コーティングを実現するための3種類の新規プロセッシング装置(ハイブリッド熱プラズマスプレーシステム装置、EB-PVD装置、CVD装置)の設計・製作を進め、酸化物セラミックス膜の合成に着手した。

(2002年度)

- ・ナノ複合構造コーティングを実現するための3種類の新規プロセッシング装置(ハイブリッド熱プラズマスプレーシステム装置、EB-PVD装置、CVD装置)を製作し、ナノ構造制御のジルコニア膜等の高速成膜に成功した。低熱伝導の複合セラミックス膜、高温安定性のハフニア膜など9種の新規ナノコーティングサンプルを製作・開発した。それら開発サンプルの性能評価(熱遮蔽コーティング等)や界面力学設計の技術開発を進展させた。

(2003年度)

- ・新ナノコーティング(統合化プロセッシング)技術をめざし、ハイブリッドプラズマスプレー装置を用いたジルコニア膜合成におけるナノ構造制御を実現し、目標達成への成果を得た。EB-PVD装置等によって、低熱伝導(10 W/K/m を達成)、高温安定性(約 $1,300^\circ\text{C}$)のナノ複合セラミックス膜および新規ナノセラミックス膜、高温電極特性を有する複合酸化物膜等を開発した。コーティング特性変化を支配する材料パラメータを求め、開発材料のスクリーニング手法等のナノコーティング評価技術を開発した。

(プロジェクト名)

ナノコーティング技術

(7) ナノ機能合成技術

(概要)

ナノスケールにおける構造と機能との相関を明らかにすることにより、電子・スピン機能及び分子機能を設計・合成する技術を開発する。

(目標)

2005年度までに、超微細な構造を制御することによって生ずる特異な電子・スピン機能及び分子機能において極限機能を発現させる合成技術確立するとともに、技術を体系化する。

(目標達成状況)

(2001年度)

- ・絶縁体から金属までの広範囲の物質に適用可能な新しいオーダーN電子状態計算法や、二次元周期構造系の静電相互作用の高速精密計算法などを開発し、ナノシミュレーションに必要とされる計算コストの軽減に向けて着実に前進した。
- ・金属・半導体ヘテロナノ構造からなる超高磁場応答ナノ構造磁性体材料に関して、

その作製方法の最適化作業をほぼ完了した。

(2002年度)

- ・ナノ構造体シミュレーションの要素技術の開発は着実に進展し、液晶高次構造についてはすでに10nmスケールのシミュレーションを実行し、分子ナノ構造体の原子レベルの構造シミュレーションについて15年度中に実行する予定である。水素吸着したシリコン結晶表面においてナノ構造を形成させることにより磁性を発現させることができるという新しい理論的提案を行った。
- ・中間目標である、磁場感度10,000% (Per100mT)の条件を満たす超高磁場応答ナノ構造磁性体材料の作製に成功した。

(2003年度)

- ・これまでに自己誘導力法、ハイブリッドモンテカルロ法、部分剛体多重時間数値積分法、拡張分子間ポテンシャル法、粗視化法などの分子シミュレーション要素技術を開発し、10nm程度のナノ構造体の安定構造を必要に応じた高い精度で高速に求めることが可能になり、中間目標は十分に達成した。

中間目標：ナノシミュレーション技術の開発

直径10nm程度のナノ構造体の安定構造を予測できる

ナノ構造体シミュレーション技術を開発する。

- ・次世代磁気記録媒体の開発には20nm以下の磁性体ナノ構造を評価出来る装置の開発が必須であるにもかかわらず、汎用性の高い評価装置は存在しなかった。新規磁気力プローブ顕微鏡探針を開発し、磁気記録媒体を10nm程度の世界最高分解能の磁気力プローブ顕微鏡開発に成功した。最終目標を十分に達成した。

最終目標：ナノ構造形成技術

シリコン基板上走査プローブを用いて、陽極酸化を行い、シリコン基板上の1×1μmの領域に10nmライン・アンド・スペースを形成する。粒径5～20nmの金属/金属酸化物複合(ヘテロ)構造粒子を作成して粒子のサイズ・構造と磁気的特性の相関の一部を評価する。

- ・カーボンナノチューブを用いた探針と高精度ステージの採用により加工幅15nm、位置精度1.5nm、加工範囲2.5μmを達成した。また、プローブ電流と形成された酸化膜体積との相関性を明らかにし、プロセス制御の可能性を示した。さらに強磁性材料に対しては、バイアス電圧の極性により酸化と還元が起きている可能性を提示した。

(プロジェクト名)

ナノ機能合成技術

(8) ナノ計測基盤技術

(概要)

ナノテクノロジーに必要となる共通計測技術を開発するとともに、信頼性確保のためのナノ材料用新標準物質を国家標準に基づいて整備することにより、超微細物質構

造の創成技術開発を促進する。

(目標)

2007年度までに、ナノ粒子・ナノ空孔の力学・構造特性、ナノ表面の組成、ナノ界面・膜等の熱物性の超高精度計測技術を開発するとともに、これらに関する8種類以上の新たな標準物質を開発する。

(目標達成状況)

(2001年度)

- ・蛍光色素でラベルした試料粒子にレーザー光を照射し、蛍光を発生しない気泡との識別を可能にする液中粒子計数法を開発した。
- ・陽電子消滅 γ 線分光法により多孔性薄膜中の開放空孔の検出に初めて成功した。
- ・100nmオーダーの金属薄膜の膜厚方向の熱拡散率が計測可能なピコ秒サーモリフレクタンス法を改良して、測定可能な薄膜の厚さが数100nmまで拡大した。

(2002年度)

- ・超臨界流体を用い、凝集状態からナノオーダーの単一粒子に分散できるエアロゾル発生技術を開発した。
- ・低速陽電子消滅法を用いて、同一組成で製膜方法が異なる多孔質薄膜中の開放ナノ空孔の連結性等が初めて評価可能となった。
- ・加熱光のゆらぎに影響されない検出法を開発し、ピコ秒サーモリフレクタンス法の信号の飛躍的な改善が実現した。

(2003年度)

- ・質量1fg(1000兆分の1g)から1Pg(1兆分の1g)のナノ微粒子の質量を30秒程度の短時間で計測する技術を開発した。
- ・普及型・陽電子寿命測定装置を評価し、ナノメートル空孔の測定に要求される測定時間レンジ(数100ナノ秒)および時間分解能(300ピコ秒以下)を有していることを確認した。
- ・シリコンおよび白金上の金およびアルミニウムについて膜厚1nm, 2nm, 4nmの薄膜試料を製作し、放射光励起光電子分光法を用いて電子の有効減衰長の高精度測定を行った。
- ・ピコ秒サーモリフレクタンス法により、膜厚100nmの金属多層膜の熱拡散率を10%の精度で計測する技術を開発した。
- ・空孔標準多孔質薄膜とセラミックス系コーティング熱拡散率標準物質を開発し、ナノテクビジネス協議会主催B to B Meetingの共同マッチング事業へ出品した。

(プロジェクト名)

ナノ計測基盤技術

(9) 材料技術の知識の構造化

(概要)

各プロジェクトで開発した技術、得られたデータ、知識(既存の知識を含む)につ

いて、構造、機能、プロセスの視点から構造化、体系化を図り、知識基盤を構築する。

(目標)

2007年度までに、知識基盤データベースの構築、モデリングの開発、知識基盤プラットフォームの開発をすることにより、知識の構造化を図る。

(目標達成状況)

(2001年度)

- ・一次データベースへのデータ蓄積と、二次データベースプロトタイプの開発に着手した。また、核発生等の展開実験やシミュレーションを開始すると共に、知識基盤プラットフォームの基本仕様策定に着手した。

(2002年度)

- ・データ層(1次DB)、情報層(1.5次DB、分野別知識)の実装を行うとともに、各モジュールの機能を有機的に連結させた知識プラットフォームの原型を作成した。将来の実用に耐えるシステムを構築するために、ユーザーの使い方を解析するアクティビティーモデルの構築に着手した。

(2003年度)

- ・平成14年度に実装した各モジュールの改良および充実化を実施した。また、構築したプラットフォームの実用化に向けた取組に着手した。

(プロジェクト名)

材料技術の知識の構造化

(10) 次世代量子ビーム利用ナノ加工プロセス技術

(概要)

多数の原子・分子からなるビームを発生し、そのクラスターサイズやエネルギーを高精度に制御する技術確立し、これを用いて、半導体・磁性体材料などのナノ加工技術(無損傷ナノ加工技術、超高速・高精度ナノ加工技術)を確立する。

(目標)

2006年度までに、エッチングしたときの損傷深さが1nm以下の無損傷ナノ加工技術等を開発し、無損傷ナノ加工技術や超高速・高精度ナノ加工技術の基盤を確立する。

(目標達成状況)

(2002年度)

- ・無損傷ナノ加工技術の開発では、加工損傷深さ1nmを達成するために不可欠な表面凹凸1nmを実現する磁性材料加工技術を開発するとともに、無損傷ナノ加工のために必要なサイズ制御されたビームを評価できるクラスターサイズ測定機構を試作した。
- ・超高速・高精度ナノ加工技術の開発では、加工速度や選択比などの加工特性を調べ、高い加速電圧で従来のモノマーイオンによる加工に比べて1000倍以上の高速エッチングを実現し、2μm/min以上の高速の高精度ナノ加工が可能であることを

明らかにした。

(2 0 0 3 年度)

- ・無損傷ナノ加工技術における損傷深さは現在中間目標である 3 nm 以下に到達。超高速・高精度ナノ加工分野では、表面粗さ 5 nm 以下の精度をもって加工速度 3 μ m / m i n まで向上。

(プロジェクト名)

次世代量子ビーム利用ナノ加工プロセス技術

(1 1) 機能性カプセル活用フルカラーリライタブルペーパー技術

(概要)

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、電場応答する磁性顔料粒子を耐候性に優れた透明高分子薄膜で包み込んだ機能性カプセルを活用して、画像書換時にのみ電力を消費する新たな画像表示媒体であるフルカラーリライタブルペーパーの創成を図る。

(目標)

2 0 0 5 年度までに、カプセル径 1 nm、膜厚 5 0 nm の高分子カプセル成形技術の基盤を確立するとともに、画像書換可能なフルカラーリライタブルペーパーを試作する。

(目標達成状況)

(2 0 0 2 年度)

- ・カプセル成形技術について、機能粒子を含まない溶媒を、粒径のそろったカプセルにする見通しを得た。
- ・ナノ機能粒子表面物性制御技術の開発について、機能粒子 / 溶媒 / 分散材を選択することにより、電気泳動粒子の分散物を作成した。
- ・ナノ機能性粒子のカプセル成形技術を用いた画像表示材料の開発と機能評価について、セル内に電気泳動粒子の分散物を入れた画像表示素子により、動作原理を確認した。

(2 0 0 3 年度)

- ・粒径 / 粒径分布、およびカプセル壁厚を制御する事が可能となり、粒径 1 0 ~ 6 0 μ m で C V 値 (粒径分布) < 1 0 % 以下のカプセル成形技術を実現した。
- ・電気泳動表示素子に用いるサブミクロンサイズの白、黒粒子を作成し、粒径、帯電特性、分散性を制御する因子を明らかにし、1 粒子系の電気泳動モデル表示素子を作成し、表示特性を規定する因子を明確にした。
- ・電気泳動表示素子のモデルセルを効率的に作成する装置、およびその光学および電気特性を高精度で同時に評価する装置を作成した。

(プロジェクト名)

ナノ機能粒子のカプセル成形化技術

機能性カプセル活用フルカラーリライタブルペーパープロジェクト

(1 2) ナノレベル電子セラミックス材料低温成形・集積化技術

(概要)

アクチュエータ素子、高周波素子、光機能素子などに応用される電子セラミックス材料の結晶組織や界面構造をナノレベルで制御するとともに、マイクロ部材レベルに成形、集積化できる高速低温加工技術を確立する。

(目標)

2006年度までに、衝撃によるセラミックス微粒子の固化現象など熱非平衡な反応を利用して、ナノサイズの微細組織を持つ高密度な電子セラミックス材料を高速低温成形(常温~500℃)部材レベルで集積、微細構造化(5~50μm)するための基盤技術を開発する。

(目標達成状況)

(2002年度)

・衝撃固化現象を基にして、500℃以下のプロセス温度で、相対密度95%、最小パターン幅50μmの高密度複合・集積化成形技術を開発した。

(2003年度)

・500℃以下のプロセス温度で、相対密度95%以上、サブμm~数十μm厚みの成膜/成形体を約10cm角の面積に対し、1μm/min以上のスピードで形成できる装置を開発した。またパターン線幅50μm、積層膜厚精度は膜厚に対して±2~5%以下、表面/界面粗さ(Ra)50nm以下という成膜指標を達成した。

(プロジェクト名)

ナノレベル電子セラミックス材料低温成形・集積化技術

(1 3) 3Dナノメートル評価用標準物質創成技術

(概要)

ナノテクノロジーによって加工・成形されるナノ形状・構造(面内方向及び深さ方向)測定の校正に利用できる、ナノスケール(計測用ものさし)の創成技術を開発する。

(目標)

2006年度までに、最小目盛り25nm以下の面内方向スケール校正用標準物質、及び深さ方向に10nm程度以下の単位構造を有する深さ方向スケール校正用標準物質を開発するとともに、それぞれの校正技術を確立する。

(目標達成状況)

(2002年度)

・面内方向ナノスケール開発に必要なトレーサブルAFM(原子間力顕微鏡)の要素技術の開発と、電子線描画によるスケール試料の試作を行うとともに、深さ方向ナノスケール開発のため、X線反射率における角度校正装置の試作を行った。また、候補標準物質作製に必要な高濃度大流量(99.5%・60SCCM(standard c c m i n))以上)オゾン連続供給システムを開発した。

(2 0 0 3 年度)

- ・面内方向については、トレーサブル AFM の開発を開始し、新たに開発した干渉計 (周期誤差 0.04 nm) を搭載した高精度微動ステージの試作および特性を評価した。また、既存の AFM を用いて電子線描画で作製した $100 \sim 50\text{ nm}$ ピッチの試料を測定・評価した。
- ・深さ方向については、角度標準にトレーサブルな X 線反射率測定装置開発のため、角度校正システムを設計・試作するとともに、新たに開発した試料平面度モニタリングシステムを用いて試料の歪みに起因する不確かさを評価し、その最小化のため解析システムのプロトタイプを作成した。また、 $4 \sim 8$ インチ基板に対応できる成膜法として、大面積酸化炉を試作・開発し、面積 4 インチ相当、厚さ 5.2 nm (ばらつき $\pm 0.3\text{ nm}$ 以内) 酸化膜作製を実現した。

(プロジェクト名)

3 D ナノメートル評価用標準物質創成技術

(1 4) 炭素系高機能材料技術

(概要)

物質創製技術 (高度で多様な特性を有する新規な炭素系物質等の合成技術) 及び材料化プロセス技術 (物質創製技術によって合成された新規な炭素系物質等を、電気的高機能材料及び機械的高機能材料へと展開するための、材料化プロセス技術) を確立する。

(目標)

2 0 0 2 年度までに、新規な炭素系物質等の合成技術の開発を行うとともに、これらを産業利用へと展開させるための材料化プロセス技術の開発を行い、従来材料にない優れた電氣的及び機械的機能 (耐食性を含む) を有する炭素系高機能材料の産業化のための基盤技術を確立する。

(目標達成状況)

・物質創製

多層カーボンナノチューブを 200 g/h で合成する量産技術の確立。 6 インチ 径気相成長多結晶ダイヤモンド膜の合成に成功。 16 mm 径気相成長単結晶ダイヤモンドの合成に成功。さらに、無粒界ダイヤモンド多結晶の合成に成功。 $30\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ のガラス基板上に、 $10 \sim 20\text{ }\mu\text{m}$ の粒子径をもつナノクリスタルダイヤモンド膜の均一合成に成功。SiC 単結晶を 1500°C で熱分解することによるジグザグ構造のカーボンナノチューブの合成に成功。

・電子放出能

ダイヤモンドエミッタを用いて、現状 $15\text{ V}/\mu\text{m}$ で $1600\text{ A}/\text{cm}^2$ 又は $0.5\text{ V}/\mu\text{m}$ で $22\text{ A}/\text{cm}^2$ の電子放出が可能になった。

・耐摩耗性

現状 DLC(ダイヤモンド状炭素膜)により、摩耗係数 0.015 、比摩摩擦 $2.0 \times$

1.0⁻⁸mm³/Nmの膜が実現されている。

・耐熱・耐食性

耐食性のあるB₄C膜の成膜に成功。

(プロジェクト名)

炭素系高機能材料技術

(15) ダイヤモンド極限機能技術

(概要)

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、既存の半導体材料に比べ、省エネルギー効果が高く、優れた半導体特性を有するダイヤモンドデバイスを実用化するために、ナノドーピング技術、ナノ表面界面制御技術等による伝導制御技術を開発するとともに、デバイスの開発と試作評価を行う。

(目標)

2005年度までに、ナノドーピング技術、ナノ表面界面制御技術等による伝導制御技術を確立し、放電灯陰極、ナノスケール加工用電子源、高周波トランジスタ等のダイヤモンドデバイスの開発と試作評価を行う。

(目標達成状況)

(2003年度)

・ガス材料の変更及び高純度化により、P形(1.0×10¹⁵/cm³のキャリア密度で移動度1000cm²/V・sec)及びn形半導体(1.0×10¹²/cm³のキャリア密度)の低抵抗化開発に成功した。低抵抗オーミック電極の開発では、P形半導体で最終目標値を達成し(10⁻⁵Ω・cm²)、n形半導体への展開を開始した。また放電灯陰極では、2次電子放出効率が従来材料に比べて数十倍高いことを確認し、陰極降下電圧を最終目標値の30%以上に低減することに成功し(140V→95V)、計画より早期に実装テストを開始した。ナノスケール加工用電子源では、エミッタの加工精度向上(最終目標の50nm以下の先端半径と10%以内の高さ均一性形成を達成)により、本年度目標の電流値(10mA/mm²)に対し12mA/mm²(引き出し電圧:55V)を達成した。高周波トランジスタでは、微細ゲート電極(0.2μm)を開発し、2.4GHzの発振に成功し、最終目標(周波数40GHz以上)の達成に目処をつけた。

(プロジェクト名)

ダイヤモンド極限機能プロジェクト

(16) カーボンナノチューブFED技術

(概要)

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、カーボンナノチューブ(CNT)をフィールドエミッションディスプレイ(FED)用電子源として用いる際の電子放出特性のバラツキを抑制する技術的なブレークスルーを達成しFEDを

実現するため、均質電子源の開発、パネル化及びディスプレイ性能評価技術の開発を行う。これにより、中・大型（25～35型）ディスプレイ市場を中心に省エネ効果が高く、高画質のCNTを用いたFEDの早期製品化を図る。

（目標）

2005年度までに、CNTをFED用電子源として高輝度・高画質・低消費電力を実現するに十分な特性を実現するとともに、パネル化及びディスプレイ性能評価技術の開発を行い、試作CNT-FEDを評価する。

（目標達成状況）

（2003年度）

・均質電子源の開発

CVD法による微小画素対応の均一な直径約40nmの成膜かつ金属電極上直径10～15nmのCNT生成、そして低ギャップスクリーン印刷によるCNT膜の平坦度 $\pm 3\mu\text{m}$ の見通し。電子放出開始電界強度が $2\text{V}/\mu\text{m}$ 以下となる均一CNT電子源を得ることのできるレーザー表面処理条件を取得。

・パネル化及びディスプレイ性能評価技術の開発

パネル化では、スペーサーレスの気密封止と耐圧の機能分離構造を考案。フロントガラス強化法に関し基本条件を取得し、耐熱性有機系材料の基本骨格構造を設計。評価技術では、CNT電子源の電流—電圧特性の経時変化の自動計測装置を開発し、FEDの画素内の輝度分布測定法を確立。

（プロジェクト名）

カーボンナノチューブFEDプロジェクト

（17）デバイス用高機能化ナノガラス技術

（概要）

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、スパッター技術、プラズマCVD等の手法により、(a)半導体レーザー照射に対する可逆的屈折率変化幅を増大させ、かつその応答速度を高速化させた、高密度DVD用集光機能ガラス薄膜材料、(b)光回路に利用可能な伝送損失の低い光導波デバイス用ガラス材料及び(c)高効率で偏波依存性が小さい高波長分散デバイス用ガラス材料を開発する。DVDの高密度化により、読み取り、書き込み処理の効率化によるエネルギー消費量の削減及び光回路等の小型化による製造エネルギーの削減が図られる。

（目標）

2005年度までに、(a)高密度DVDに適用可能な集光機能ガラス薄膜材料及びその成膜・積層技術、(b)光導波デバイス用ガラス材料を作製するための成膜技術及び超微細加工技術及び(c)高波長分散デバイス用ガラス材料を作製するための成膜技術及び超微細加工技術を開発する。

（目標達成状況）

（平成2003年度）

- ・高密度DVD用集光機能ガラス薄膜の開発では、平成15年度は主に研究開発に必要な評価装置の導入・立ち上げ、成膜装置の改造等を行った。また、光ディスクに適用可能な新規ナノガラス薄膜材料を見いだした。さらに高速大容量化を図るために必要なディスクφ120mmの面膜厚の面内ばらつきを22.2%から5.8%と大幅に改善した。
- ・光導波デバイス用ガラス材料の開発では、主に研究開発に必要な測定装置の導入・立ち上げを行った。また、損失に与える加工荒れ、OH基の影響を確認した（全損失0.07～0.09dB/cm、荒れによる影響0.01～0.02dB/cm、OH基吸収損失0.08dB/cm）。
- ・高波長分散デバイス用ガラス材料の開発では、主に研究開発に必要な加工装置及び評価装置の導入・立ち上げを行った。また、ガラス膜の構成材料の選定（Ta2O5、SiO2等）を行い、膜の光学特性（複素屈折率）、面精度の評価および面粗度の劣化のない多層膜の加工、深溝回折格子を形成したサンプルの赤外（1.5μm付近）の回折効率の評価を可能にした。

（プロジェクト名）

デバイス用高機能化ナノガラスプロジェクト

（18）ディスプレイ用高強度ナノガラス技術

（概要）

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、種々のディスプレイ用基板ガラスの軽量化を実現させるために、超短パルスレーザー等を用いてガラス内に異質相を形成させることにより、薄板化を可能とする超高強度薄板ガラスを開発する。ガラスの薄板化により、光透過率の上昇による消費電力の節減及びガラス製造にかかるエネルギー消費量の抑制が図られる。

（目標）

2005年度までに、ガラス中に異質相を形成させることにより、従来では不可能であった薄板ガラスの高強度化を可能とする技術を開発する。

（目標達成状況）

（2003年度）

- ・広範囲のガラス内部に異質相を形成可能なパルスエネルギーと実用レベルの加工速度が得られる繰り返し周波数を満たす超短パルスレーザー発信器の仕様を検討した。
- ・通常のフロートガラスとは材料特性が異なるディスプレイ用ガラス（高歪点ガラス）に対して、パルスエネルギー、集光深さ、レンズ倍率など異質相形成の最適照射条件を検討した。
- ・大面積高速加工を実現するため、ビーム多点分岐照射光学システム、干渉露光照射光学システム及びそのためのヘッド仕様、ビーム分割方法を検討した。また、高精度な位置制御が可能な基板載置ステージと制御システムの設計を行った。

（プロジェクト名）

ディスプレイ用高強度ナノガラスプロジェクト

(19) 先進ナノバイオデバイス技術

(概要)

ナノ微細加工技術及びナノ流動エンジニアリング技術の活用により、少量試料・短時間・同時多項目の分析を可能にする超小型マルチセンサーや1分子DNA計測システムなどを可能とするナノバイオデバイスを開発し、分析機器の革新的な高速化や高感度化、低価格化等を図る。

(目標)

2005年度までに、超小型マルチセンサーや1分子DNA計測システム等解析機器の実用化のための、各種構成ユニットを開発する。

(目標達成状況)

(2003年度)

- ・マルチバイオセンサ構成モジュールの検討を進めた。
- ・最小20nlの液滴を搬送・合一させて1μlの液滴とする静電マニピュレーターを試作した。
- ・表面処理をしたガラス基盤上に～100万塩基対に及ぶDNAの伸長固定を実証した。
- ・8塩基の合成1本鎖DNAについて、塩基毎の信号を検出、1塩基分解能での観察を実現した。

(プロジェクト名)

先進ナノバイオデバイスプロジェクト

(20) ナノ微粒子利用スクリーニング技術

(概要)

ナノ微粒子を用いて、莫大なタンパク質や化学物質の中から産業上有用な物質を高速・高度に選別する技術を開発するとともに、スクリーニング技術のロボット化や選別物質の情報処理により、画期的な新薬開発や診断・治療等への応用につながる基盤を作る。

(目標)

2005年度までに、磁性等の特性を有する高機能・高性能なナノ微粒子の構築技術を開発するとともに、本微粒子を活用したスクリーニングシステムを開発する。

(目標達成状況)

(2003年度)

- ・フェライト超微粒子をポリGMAコーティングした直径60nmの磁性ナノビーズを開発。
- ・スクリーニング自動化装置の基本的な処理フロー、基本機能・性能の検討を行い、96サンプルを同時処理可能なプロトタイプ の製作を完了。

(プロジェクト名)

ナノ微粒子利用スクリーニングプロジェクト

(21) タンパク質相互作用解析ナノバイオチップ技術

(概要)

膜タンパク質の機能を保持したままでウイルス表面に発現する技術や、超微細加工技術等を用いて、高速・高感度なタンパク質相互作用解析を可能とするタンパク質チップを作製する。また、ウイルスを用いて簡便かつ高親和性の抗体を作製し、微量のタンパク質を高感度に検出する抗体チップの開発を行う。

(目標)

2005年度までに、高速、高感度なタンパク質相互作用解析を可能とするため、機能を保持した形で発現したタンパク質を用い、ナノバイオチップを作製する。

(目標達成状況)

(2003年度)

- ・48種の核内受容体タンパク質のうち47種類の抗原の発現に成功し、このうち40種の抗原の特異的認識抗体生産株を樹立。
- ・多種類の微量タンパク質を検出する抗体チップにおいては、ng/ml以下での安定的な検出を実現するため、蛍光、発光、量子ドットについて比較検討を実施。多種類の生理活性物質と多種類の膜タンパク質の相互作用を解析するウイルスチップにおいては、ビーズ上へウイルスを固定化する自然吸着法、化学結合法について比較検討を実施。

(プロジェクト名)

タンパク質相互作用解析ナノバイオチッププロジェクト

(22) ナノカプセル型人工酸素運搬体製造技術

(概要)

ナノテクノロジーを用いることにより、鮮度との関係で2割近くが期限切れにより処分されている血液の有効成分を活用し、長期間保存可能で、誤った血液型の輸血や、輸血によるウイルス感染の心配のない人工酸素運搬体(人工赤血球)の製造技術を開発する。

(目標)

2005年までに、人工酸素運搬体の製造技術を確立する。

(目標達成状況)

(2003年度)

- ・製剤の脱酸素化工程を確立し、酸素濃度1%以下の製剤を予備製造し、現在3ヶ月でメト化変性を完全に抑制できることを確認した。

(プロジェクト名)

ナノカプセル型人工酸素運搬体製造プロジェクト

(23) 微細加工技術利用細胞組織製造技術

(概要)

近年、重要性の増している再生医療の実用化に向け、移植用細胞・組織を臨床現場へ安定的に供給するため、ナノテクノロジーを活用し、ヒト幹細胞の増殖・分化過程を遺伝子レベルで人為的に制御・培養する技術及び装置等の基盤技術を確立する。

(目標)

2005年度までに、心筋細胞及び中枢神経細胞を対象に、再生医療を支援するために必要となる技術及び機器の開発を実施する。

(目標達成状況)

(2003年度)

・中間目標 増殖培養する細胞数： 10^6 個/人以上、増殖培養に要する時間：90日以内、増殖培養中の細胞における細菌、ウィルス等が検出限界以下であることに対して、達成状況は以下のとおり。

○ヒト心筋細胞： 、 は達成、 はウィルスにつき、ヒト皮膚細胞培養治療の基準を用いれば達成見込み。

○ヒト神経： 、 は時間が90～100日で達成。 は心筋系と同様。

(プロジェクト名)

微細加工技術利用細胞組織製造プロジェクト

上記のとおり、各プロジェクトは計画どおり順調に進捗しており、本プログラム全体でも計画どおり開発が進んでいるといえる。このため、施策終了後には予定どおりプログラムの目標が達成されていると推察される。

3.2 施策目標の妥当性

科学技術基本計画及び今後の経済財政運営及び経済社会の構造改革に関する基本方針は、国の指針を示すものであり、本プログラムの目標との関連では、以下のとおり記載されている。以上から、本プログラムの目標は妥当である。

○「科学技術基本計画」(2001年3月30日閣議決定) - 要約 -

第2章 重要施策

2. 国家的・社会的課題に対応した研究開発の重点化

経済や産業の活性化により持続的に経済発展を遂げていくため、重点化方針としては、我が国が目指すべき国の姿の実現に向けて必要となる科学技術分野の中から、知的資産の増大、経済的效果(新産業・雇用創出)、社会的効果(健康・生活向上)に寄与の大きな、ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料の4分野に対して、特に重点を置き、優先的に研究開発資源を配分することとする。

(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、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。

○「今後の経済財政運営及び経済社会の構造改革に関する基本方針」（2001年6月26日閣議決定）

<新世紀維新が目指すもの - 日本経済の再生シナリオ - >

2．構造改革のための7つの改革プログラム

(4)知的資産倍増プログラム

人材大国と科学技術創造立国を実現するために、知的資産を倍増するとの観点から、教育改革を進めるとともに、ライフサイエンス、情報技術、環境、ナノテクノロジー・材料の4分野への戦略的重点化を図る。

第1章 構造改革と経済活性化

3．経済の再生

社会的ニーズに新しい技術を結びつけるために、市場の整備など社会的イノベーションが必要である。

(1)科学技術創造立国・世界最先端のIT国家への足固め

付加価値や経済成長を生み出す最も重要な要素は「知識／知恵」である。21世紀の日本は、科学技術創造立国及び世界最先端のIT国家を目指さなければならない。

新しいテクノロジーとして、ライフサイエンス、情報通信（IT）、環境、ナノテクノロジー・材料の4分野への重点的な研究開発を進める。また、こうしたテクノロジーが潜在的能力を最大限に生かし、循環型社会の構築／環境の保全、高齢化社会への対応、都市の再生など、21世紀の日本が真に必要としている社会的ニーズに応えられるよう、重点的な資源配分が行われなければならない。

4．施策効果

本施策の効果については、図4．1．18、図4．1．19、図4.1.20にロジックモデルでまとめている。

4．1 技術的施策効果

4．1．1 特許・論文

(1) 特許・論文件数

本施策で得られた特許件数等を表4．1．1に示す。

ナノテクノロジープログラム全体でみると、特許出願は、2002年度では186件、2003年度では221件と順調に伸びてきている。一方、論文件数についても、2002年度では765件、2003年度では917件と順調に伸びてきている。

表4．1．1 技術的波及効果（論文・特許等）

	2002年度	2003年度
特許	186件	221件
論文	765件	917件

(2) ナノテクノロジープログラムによる関連特許出願促進効果

2001年に開始した「ナノテクノロジープログラム」では、概要で述べたとおり幅広い分野での基礎・基盤研究開発と実用化研究開発事業で構成されており、かつ、多数の企業が参画している。したがって、本プログラムの推進により我が国におけるナノテクノロジー関連特許の出願が促進され、産業基盤の強化が図られることが期待される。

そこで、我が国における「ナノテクノロジー」に関する特許の出願状況を概観し、「ナノテクノロジープログラム」によるナノテクノロジー関連特許出願促進への波及効果について、分析を行った。 1 (P.62 参照)

() 3 分野における特許出願促進効果

「ナノ構造物」、「ナノ構造物の製造または処理」及び「フラーレン類・ナノチューブ」統合での特許出願状況を図4.1.1及び図4.1.2に示す。

図4.1.1からも明らかなように、「ナノテクノロジープログラム」が開始された2001年の日本国内での特許出願件数は、前年度比で約30%の増加(253件/196件)となっている。

ここで、2002年の出願件数は全年を代表していないため、各年の前半・後半での出願件数で分析すると、特許出願件数は、2000年前半以降2001年後半まで漸増(平均で前期比18%の増加)しているが、2002年前半では2001年後半に比べ48%(197件/133件)の大幅増となっている。

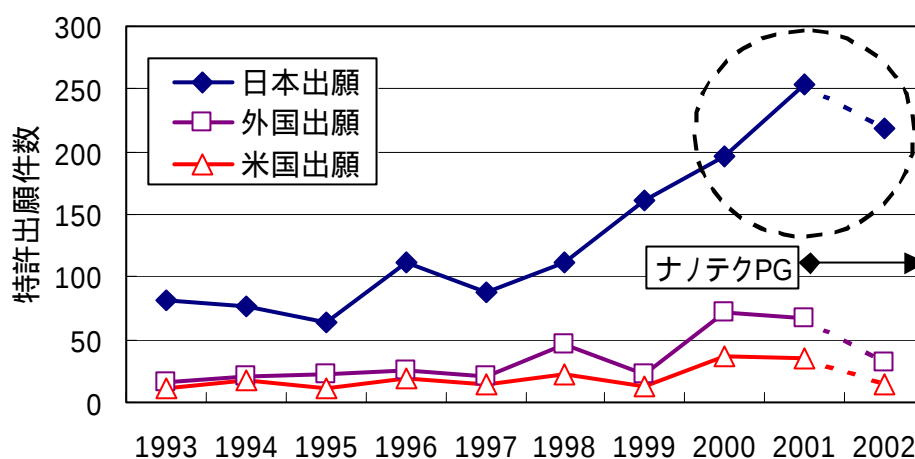


図4.1.1 ナノテクノロジー関連の特許出願状況

() 分野別特許出願促進効果

次に、「ナノ構造物」、「ナノ構造物の製造または処理」及び「フラーレン類・ナノチューブ」の各分野での特許出願状況を図4.1.3～図4.1.6に示す。

日本出願の「ナノ構造物」の特許については、「ナノテクノロジープログラム」が開始された2001年以前でも60件～90件/年程度存在しており、「ナノテクノロジープログラム」によるこの分野への特許出願促進効果は明確ではない。

日本出願の「ナノ構造物の製造または処理」に関する特許については、米国での国家戦略としてNNI (National Nanotechnology Initiative) がスタートしていることの意識もあるのか、2000年に前年度比で3.5倍強(82/23)の出願となっている。さらに2001年における出願数は、「ナノテクノロジープログラム」がスタートしたこともあり、1999年比では5.6倍強(130/23)と大幅に増加しており、特許出願が促進され

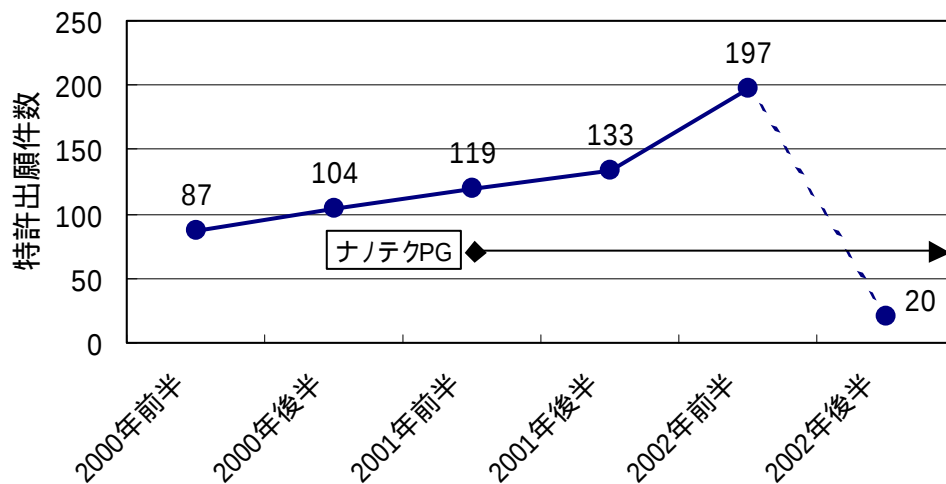


図4.1.2 ナノテクノロジー関連の特許出願状況(2000年～2002年)

たといえる。

日本出願の「フラーレン類・ナノチューブ」に関する特許では、1999年および2000年において、それぞれ80件、91件の出願があるが、「ナノテクノロジープログラム」がスタートした2001年には、特許出願件数は1999年比で1.9倍弱(151/80)と増加している。さらに、2002年においては、約6ヶ月分相当の集計ではあるが、2001年と同レベルの出願となっており、2002年の1年間では200件を大幅に上回るものと予測される。「ナノテクノロジープログラム」による特許出願促進効果は、フラーレン類・ナノチューブ分野で顕著である。

以上まとめると、「ナノテクノロジープログラム」は、「ナノ構造物」そのものに対する特許出願促進効果は出ていないものの、ナノテクノロジーの活用による産業化に必要な「ナノ構造物の製造または処理」に関しては、外国出願及び米国出願に比べ我が国の出願件数が大幅に伸びており、特許出願促進効果が出現しているといえる。さらに、「炭素系高機能材料技術」及び「ナノカーボン技術」の2事業を終了し、Focus 21として「ナノカーボ

ン応用製品創製プロジェクト」、「ダイヤモンド極限機能プロジェクト」及び「カーボンナノチューブFEDプロジェクト」の3事業をスタートしている分野「フラーレン類・ナノチューブ」では、特許出願促進効果は3分野の中で最も大きい。

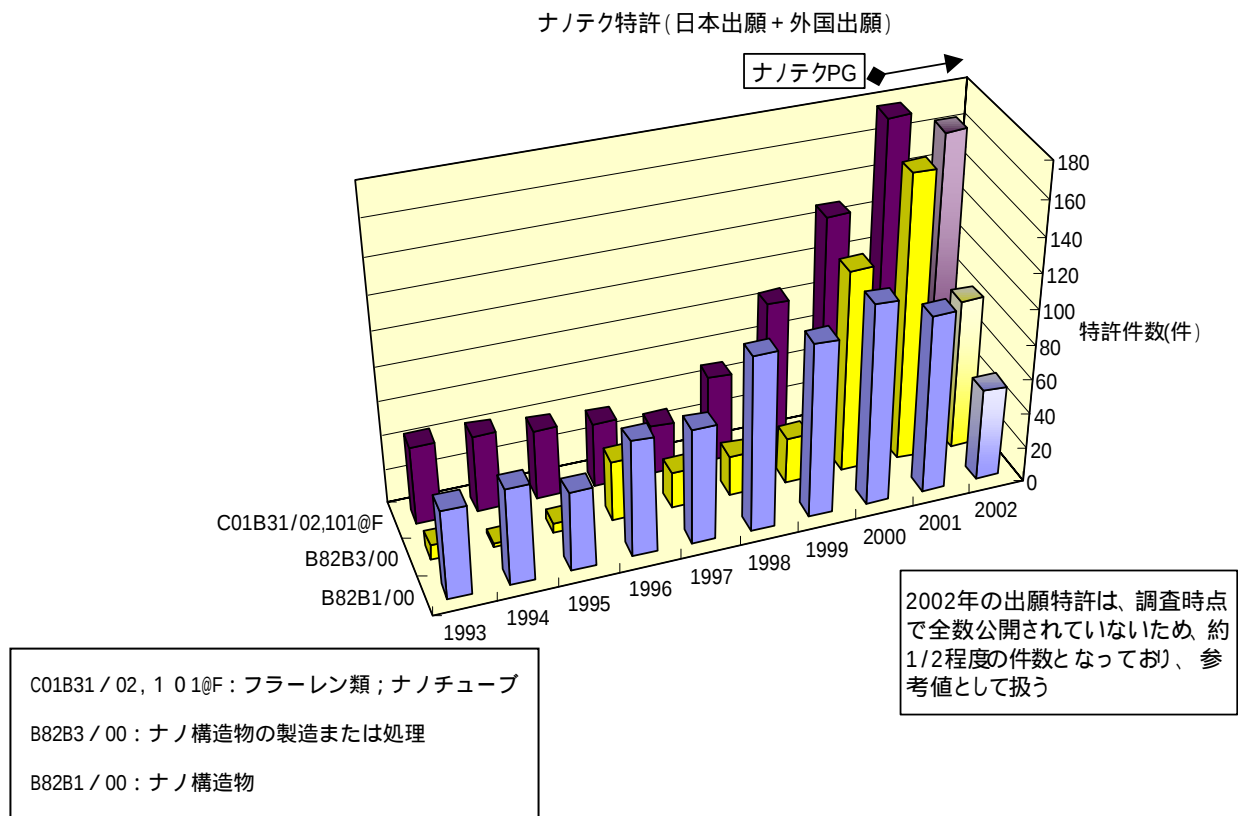


図4.1.3 ナノテクノロジー3分野における特許出願状況

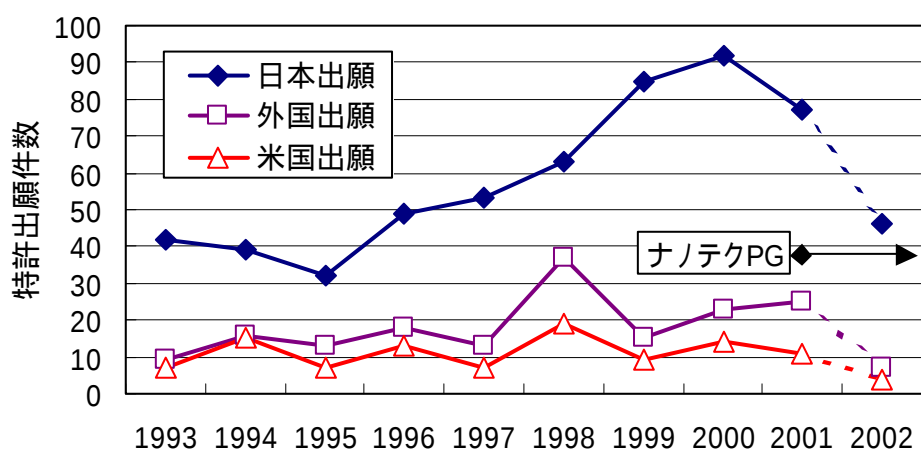


図 4 . 1 . 4 「ナノ構造物」関連の特許出願状況

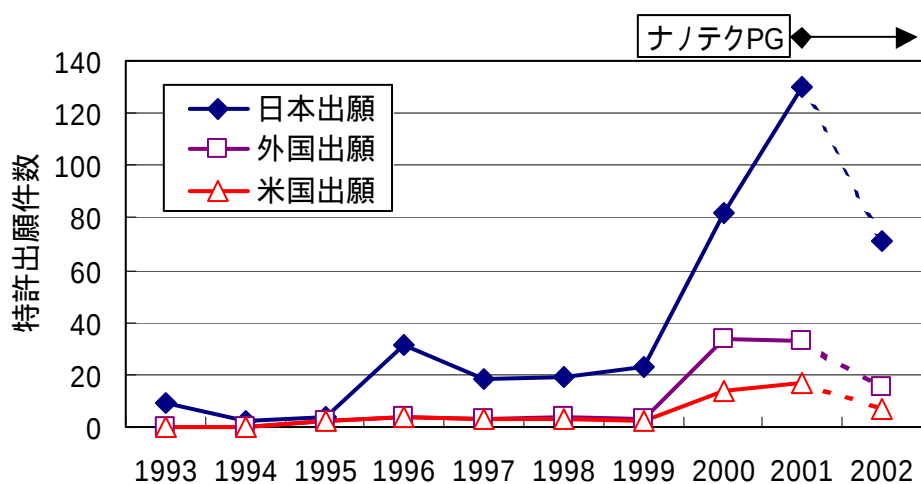


図 4 . 1 . 5 「ナノ構造物の製造または処理」関連の特許出願状況

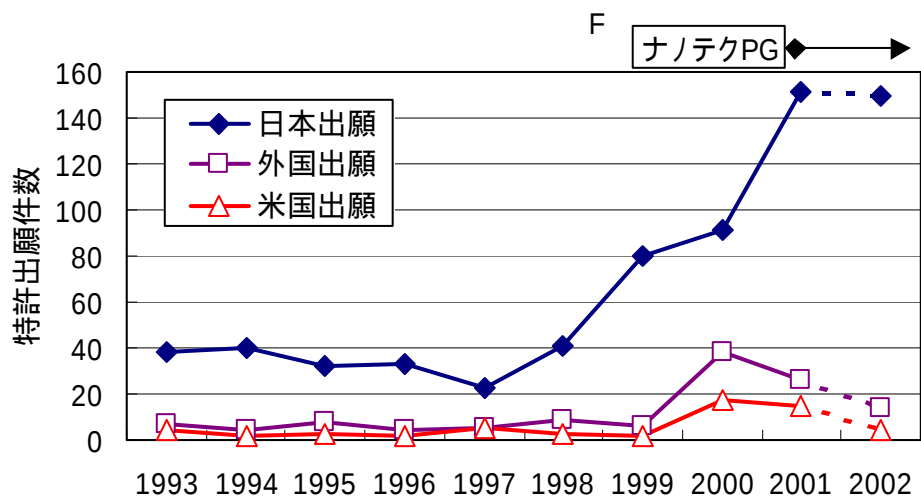


図 4 . 1 . 6 「フラーレン類・ナノチューブ」関連の特許出願状況

() 「ナノテクノロジープログラム」参加企業における特許出願促進

「ナノテクノロジープログラム」には、多数の企業が参画しており、事業成果としての特許出願とともに企業内におけるナノテクノロジー関連特許の出願も積極的に実施しているものと思われる。そこで、本プログラムに参加している企業及び国立研究所によるナノテクノロジー関連特許の出願について、調査・分析を実施した。

図4.1.7に参加企業及び国立研究所のナノテクノロジー関連特許の出願状況を示す。

上述したとおり、「ナノテクノロジープログラム」がスタートした2001年は、我が国企業によるナノテクノロジー関連特許の出願が大幅に増加したが、参加企業における特許出願は前年レベルで推移している。しかしながら、2002年においては約6ヶ月相当の集計であるが、2001年と同レベルであり、2002年全年に換算すると大幅に増加しているものと推察される(約2倍程度と想定)。これは、本プログラムにおける各事業での実質的な研究開発成果が2002年より出現し、特許出願につながっているものと推察される。

一方、本プログラムに参画している企業、産業技術総合研究所、物質・材料研究所、理化学研究所等の国立研究所及び大学における特許出願については、2001年の出願件数は2000年比で2.4倍(34件/14件)と大幅に増加しており、「ナノテクノロジープログラム」により国立研究所・大学等のナノテクノロジー関連特許出願が促進されたといえる。

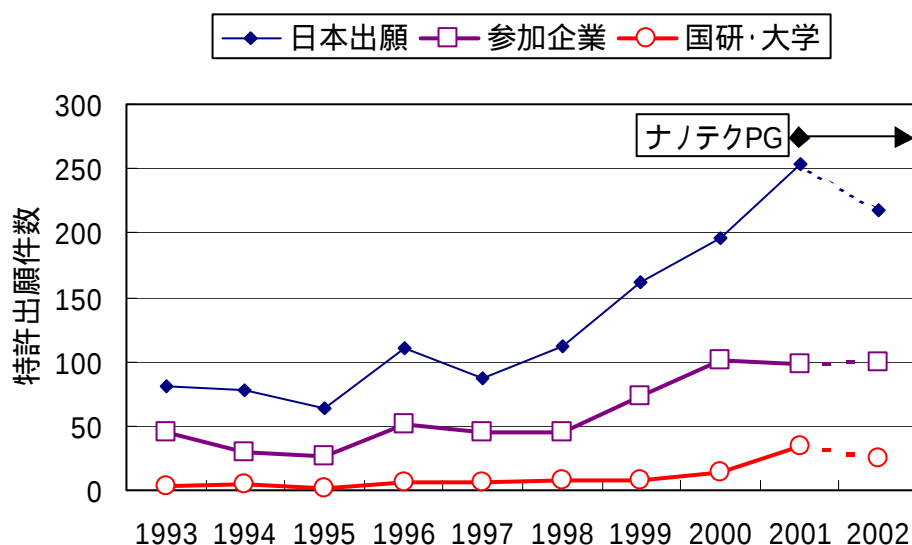


図4.1.7 参加企業及び国研・大学におけるナノテク関連の特許出願状況

(3) 特許出願状況の視点からの産業基盤強化への効果

「ナノ構造物」、「ナノ構造物の製造または処理」及び「フラーレン類・ナノチューブ」の3分野での出願特許に対し、PATOLISによる広域分類(産業分野的な分類と社会的に関心を集めている大型技術分類を併合したもの)による出願分野分析を行い、どの産業分野への波及効果が期待されるかの評価を実施した。 2(P.62参照)

3分野合計での出願特許について、大分類での日本出願、外国出願特許及び外国出願比率を示したものが図4.1.8である。図から明らかなように、ナノテクノロジー関連特許は、

無機化学、電子、機械要素、有機化学、精密機械、金属、計測及び繊維分野において多く出願されており、これら分野での産業基盤の強化につながっていると推察される。特に、無機化学及び電子分野における特許出願は顕著である。

一方、これら分野での外国特許出願比率をみると、有機化学、機械要素、金属、計測において20%を超えている。特に、有機化学分野では34.3%と約1/3強が外国からの特許出願となっており、ナノテクノロジー関連特許での国際的競争力の激化をうかがわせる。

ここで、各分野において、出願特許が10件以上の分野に対し、日本出願、外国出願及び外国特許比率をみたものを図4.1.9～4.3.11に示す。

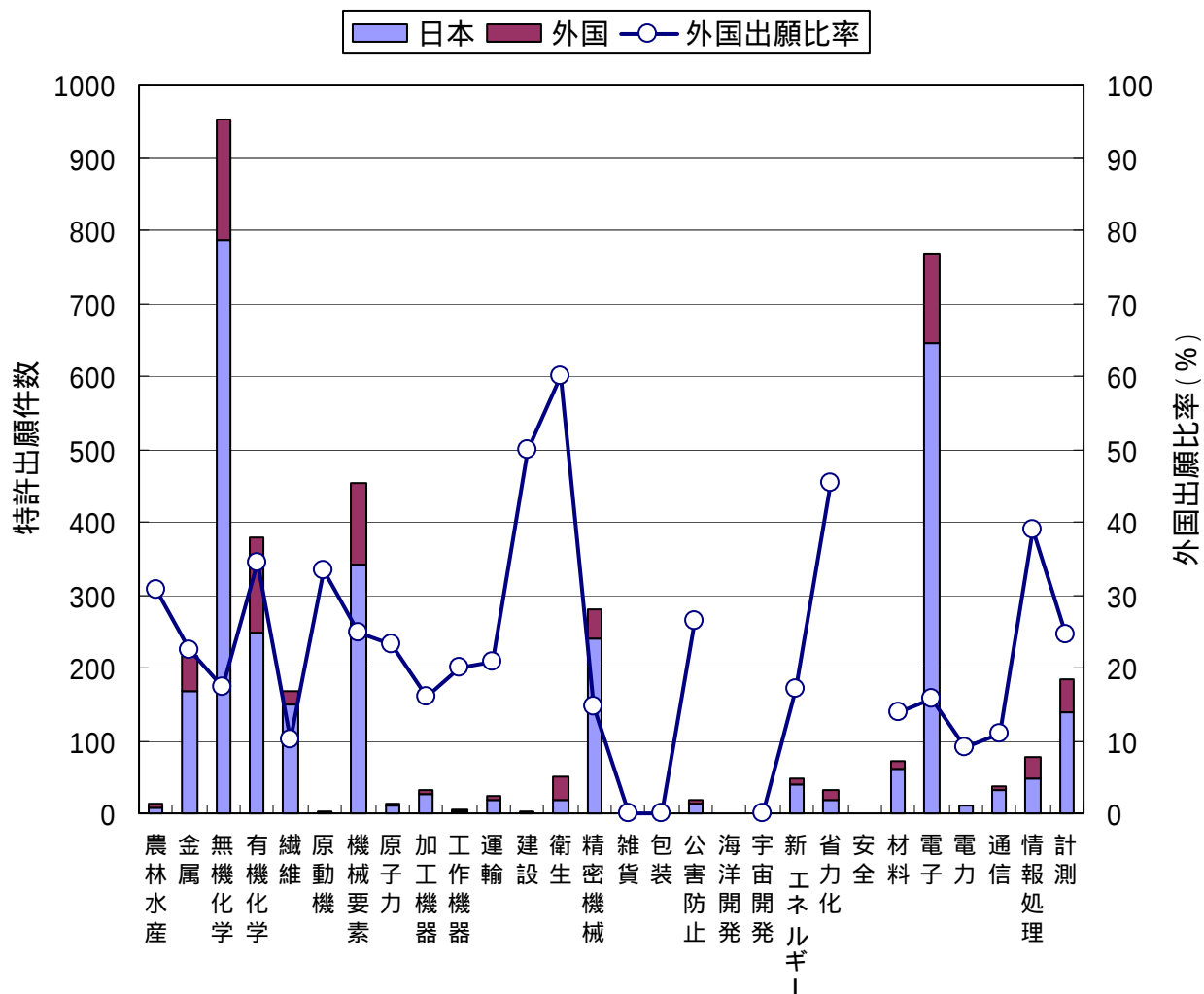


図4.1.8 ナノテクノロジー関連特許の広域分類

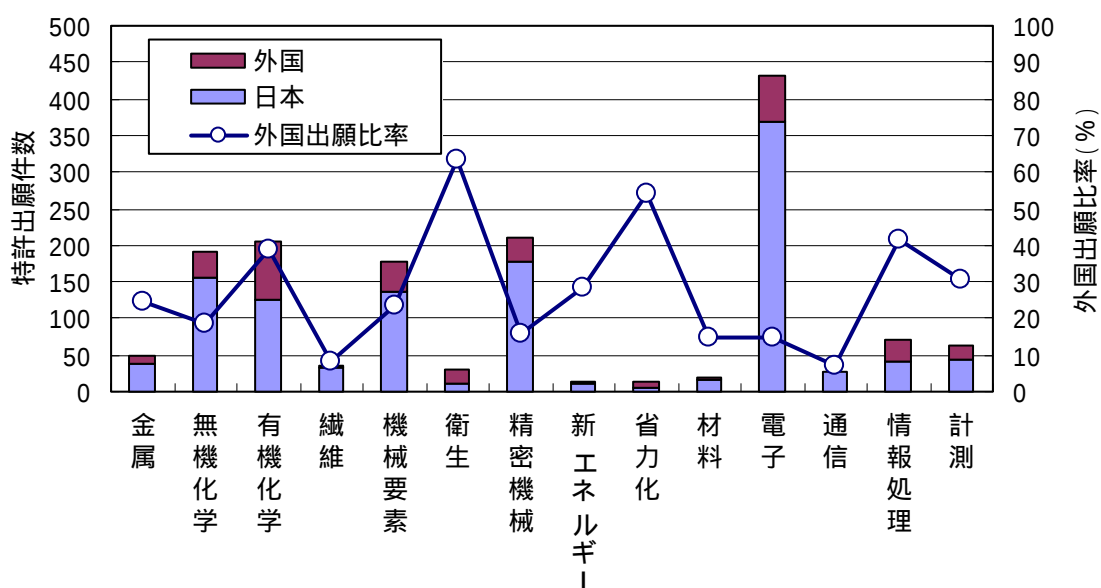


図4.1.9 「ナノ構造物」特許の広域分類

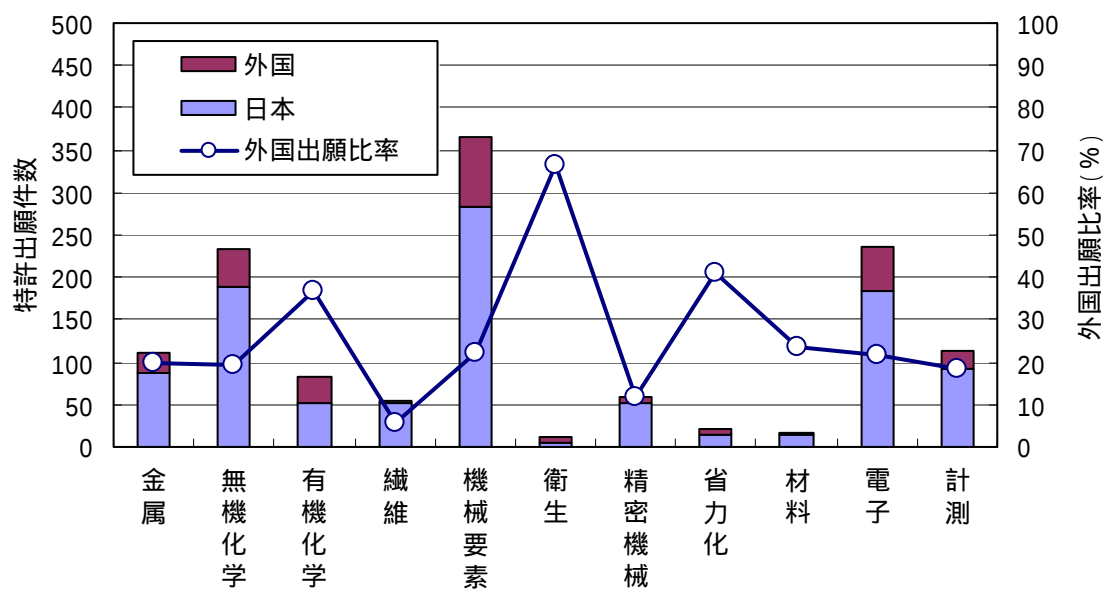


図4.1.10 「ナノ構造物の製造または処理」特許の広域分類

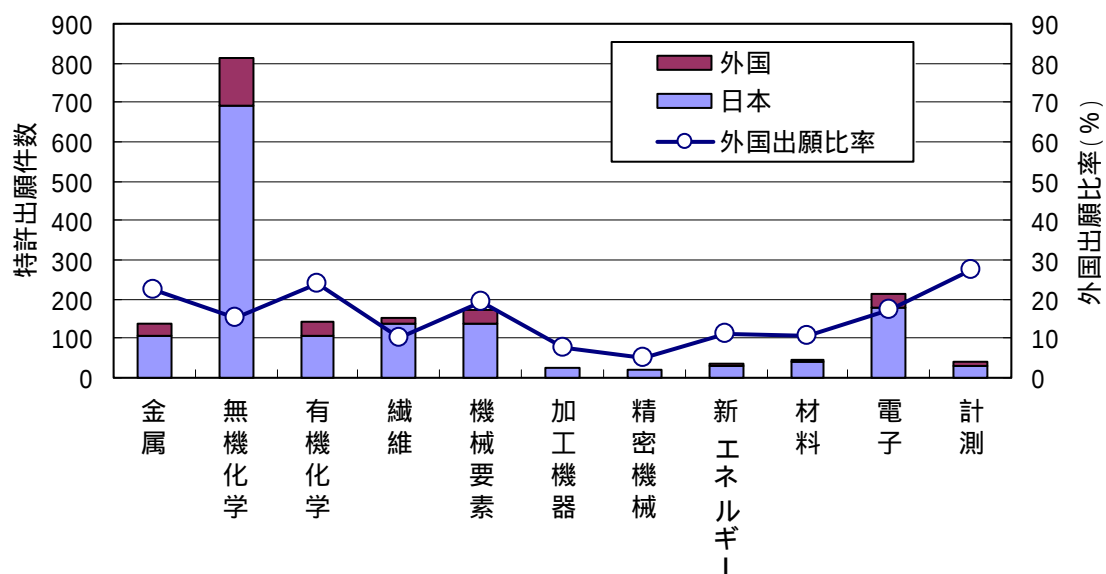


図4.1.11 「フラーレン類・ナノチューブ」特許の広域分類

(4) 米国出願特許との比較から見た国際競争力強化への効果

ナノテクノロジー関連での日本における出願特許（3分野での特許）及び米国における出願特許について、前者では米国出願特許件数／日本出願特許件数で、また、後者では日本出願特許件数／米国出願特許件数を指標として、国際競争力についての評価を行った。

図4.1.12は、日本におけるナノテクノロジー関連特許（「ナノ構造物」、「ナノ構造物の製造または処理」及び「フラーレン類・ナノチューブ」の3分野）の日本出願特許、米国

出願特許及びその比率を示したものである。

図４．１．１３は、米国におけるナノテクノロジー関連特許（広い範囲での特許となっている）の米国出願特許、日本出願特許及びその比率を示したものである。

両図を比較して明らかなように、何れのケースにおいてもその比率は0.15前後となっている。特に、米国におけるナノテクノロジー関連特許において、近年、米国出願特許は急増しているが、日本出願特許と米国出願特許の比率「0.15」を維持しており、日本のナノテクノロジー技術は米国のナノテクノロジー技術の進歩に離されずに、併走しているといえる。これは、上述したとおり、2001年に「ナノテクノロジープログラム」をスタートさせたことから、我が国においてナノテクノロジー関連特許の出願が促進され、米国における特許出願件数の急増にもついていける状況になったと推察される。

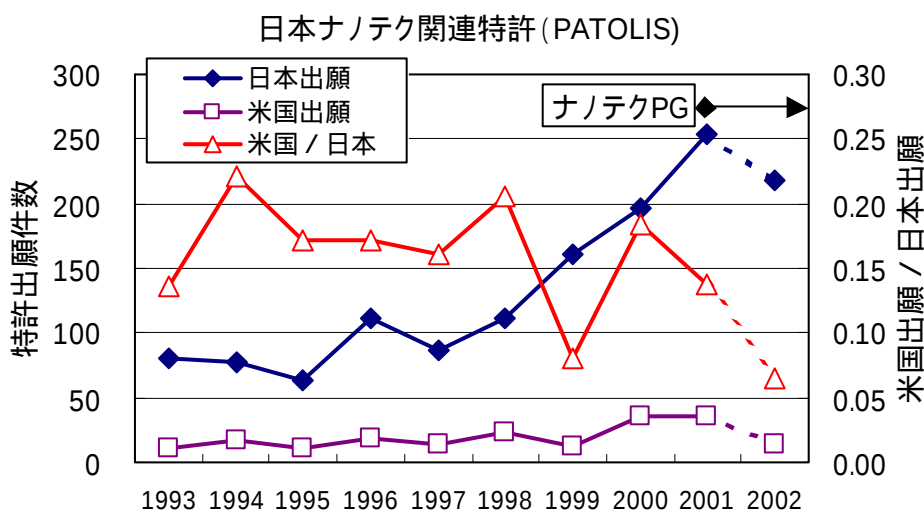


図４．１．１２ 日本におけるナノテクノロジー関連特許の日本出願・米国出願状況

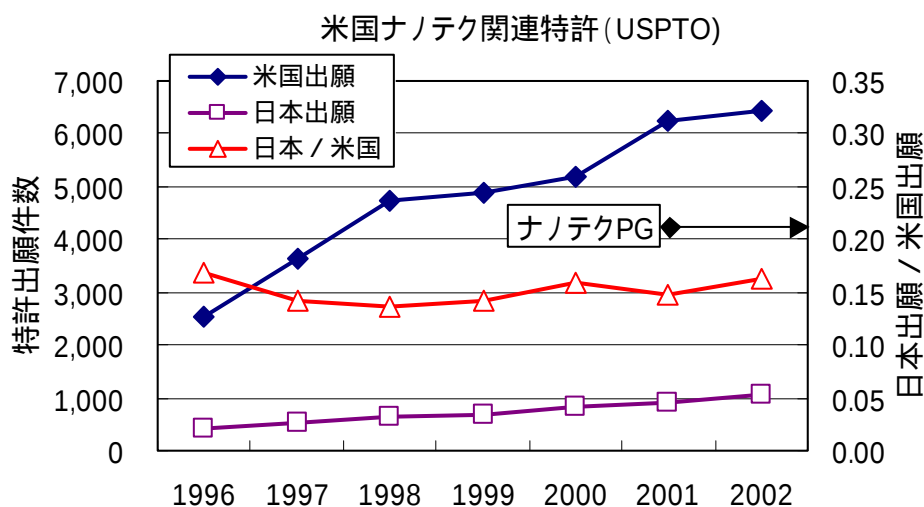


図４．１．１３ 米国におけるナノテクノロジー関連特許の日本出願・米国出願状況

(5) 論文解析から見たナノテクノロジープログラムの効果

「ナノテクノロジープログラム」は、基礎・基盤研究開発と実用化研究開発事業で構成されており、技術的成果として、特許出願とともに技術論文が大きなウェートを占めているともいえる。さらに、産官学の総力を結集しての研究開発施策となっていることから、我が国におけるナノテクノロジーに関する論文が、積極的に報告され産業基盤の強化につながることを期待される。そこで、ナノテクノロジーに関する論文件数について、欧米との比較を含めて解析を実施した。

論文解析手法 3 (P. 62 参照)

ナノテクノロジーに関する論文解析により、ナノテクノロジープログラムの波及効果の検討をおこなった。検討においては、効果が出現していると想定されるナノテクノロジー分野を選定した。すなわち、解析対象とした分野は、ナノテクノロジープログラムの中で比較的早くからスタートしたナノマテリアル分野と、ナノ構造関連とした。ここで、ナノマテリアル分野では、a. ナノカプセル、b. ナノチューブを対象とし、ナノ構造関連ではc. ナノ構造体、d. ナノ構造形成とした。それらは具体的に以下のとおりである。

- a. ナノカプセル：ナノカプセル、ナノ液滴、ナノエマルジョン、ナノケージ
- b. ナノチューブ：ナノチューブ、ナノワイヤ、ナノウィスカ、ナノロッド、ナノシリンドラ、ナノ繊維、ナノコーン、ナノホーン
- c. ナノ構造体：ナノ構造体、ナノ多孔体、ナノレーヤ、ナノラミネート、分子レーヤ、ナノスケールの微細パターン等
- d. ナノ構造形成：ナノファブリケーション、ナノリソグラフ、セルフアセンブル、自己組織、ラングミュアープロジェクト

ナノテクノロジー4分野における論文発表促進効果

ナノテクノロジーの上記4分野(ナノカプセル、ナノチューブ、ナノ構造体、ナノ構造形成)の日本における論文件数の推移は、図4.1.14に示すとおりである。ナノテクプログラムが開始された2001年の論文発表件数は、前年度比24%(3,609/2,921)増加している。

なお、4分野別の論文発表件数は図4.1.15のとおりであり、ナノチューブ、ナノ構造体及びナノ構造形成においては、数多くの論文が報告されているが、ナノカプセル分野における発表論文数は少ない。

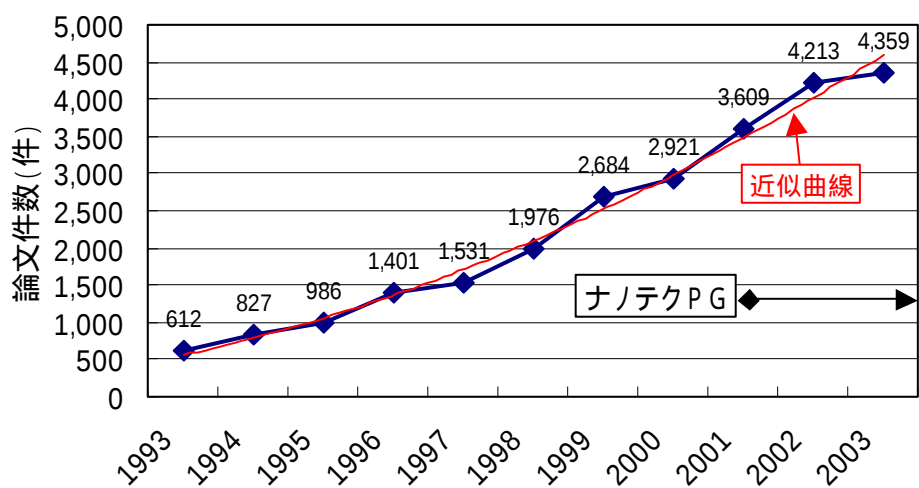


図 4 . 1 . 14 ナノテクノロジー4分野における日本の論文発表件数推移

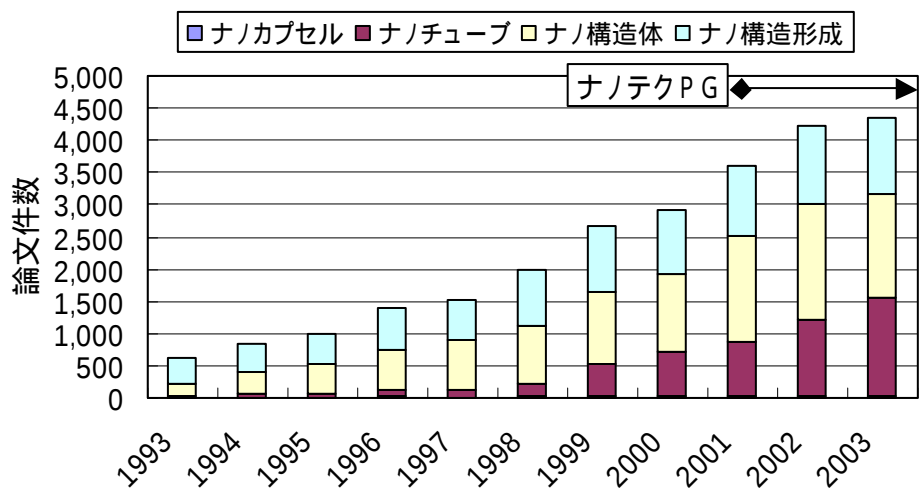


図 4 . 1 . 15 ナノテクノロジー4分野毎の日本の論文発表件数推移

論文発表件数からみた国際競争力強化への効果

日本を含め各国のナノテクノロジー4分野での論文発表件数は、表 4 . 1 . 4 に示すとおり、2000年以降10,000件以上の論文が発表されている。

図 4 . 1 . 16 は、論文発表件数の多い主要4ヶ国、日本、アメリカ、ドイツ及び中国における論文発表件数推移を示したものである。図から明らかなように、日本は、アメリカと肩を並べている状況であり、ヨーロッパ及びアジア地区を代表するドイツ、中国に比べても、多くの論文が発表されている。また、図 4 . 1 . 17 は、1993年から2003年までのナノテクノロジー4分野における各国（各地域）の論文発表件数について合計した件数・比率を示したものであるが、ナノ構造形成を除き、各分野においてアメリカと同レベルあるいはそれ以上といえる。

以上、ナノテクノロジーに関する論文発表件数からみると、我が国のナノカプセル、ナノチューブ、ナノ構造体、ナノ構造形成の4分野におけるナノテクノロジーは、米国と同等レベルにあるといえる。

表 4 . 1 . 2 各国のナノテクノロジー4 分野での論文発表件数

国名	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
日本	612	827	986	1,401	1,531	1,976	2,684	2,921	3,609	4,213	4,359
アメリカ	1,055	1,318	1,584	1,638	1,796	1,984	2,337	2,698	3,477	4,455	4,120
イギリス	160	169	227	278	317	396	431	473	535	611	442
フランス	203	247	337	444	543	650	831	918	926	1,091	868
ドイツ	344	456	611	774	912	1,159	1,358	1,504	1,584	1,984	1,778
ロシア	147	171	319	373	454	558	675	706	877	912	816
韓国	21	43	59	57	112	162	190	205	423	487	441
中国	122	238	243	336	437	547	702	1,021	1,252	1,648	1,188
合計	2,664	3,469	4,366	5,301	6,102	7,432	9,208	10,446	12,683	15,401	14,012

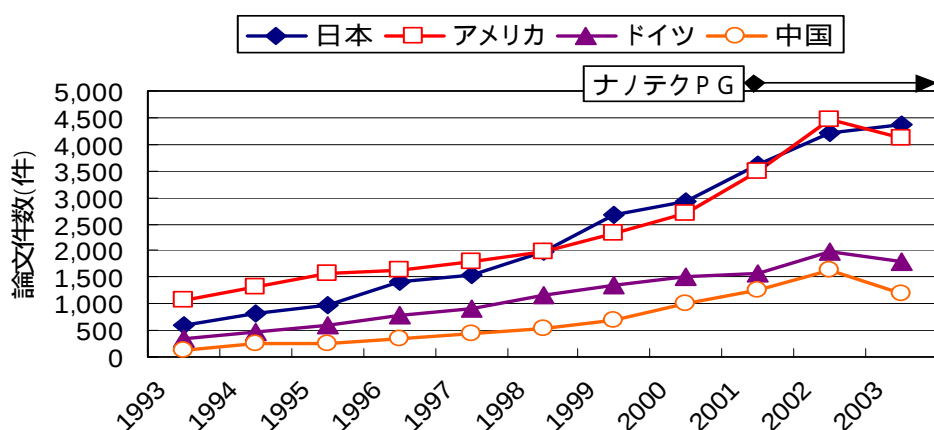


図 4 . 1 . 16 主要 4 ケ国のナノテクノロジー4 分野での論文発表件数

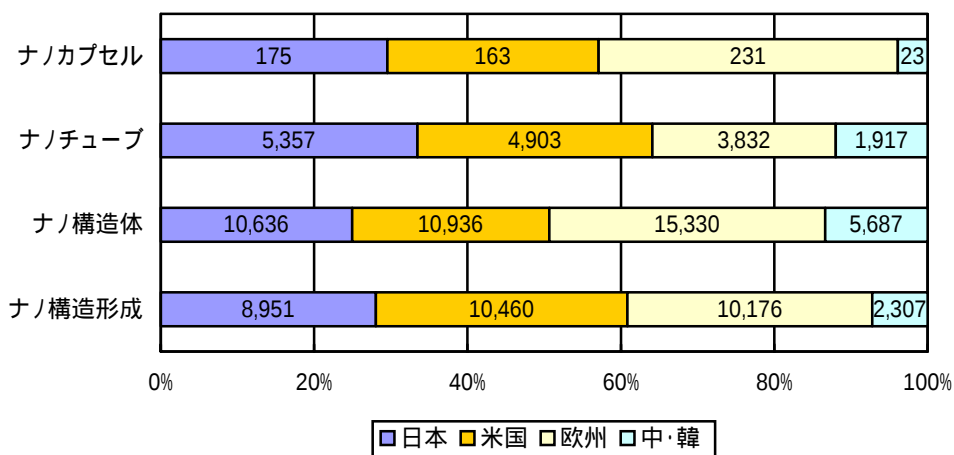


図 4 . 1 . 17 ナノテクノロジー4 分野における各国 (各地域) の論文発表件数・比率
(1993 年～2003 年までの合計件数)

4．1．2 技術的効果

ナノテクノロジープログラム作成時に想定していたロジックモデルを図4．1．18に、中間評価時点でのロジックモデルを図4．1．19に、そして中間評価時点での達成状況を図4．1．20に示す。

また、ナノテクノロジープログラムにおける各事業の位置付けを図4．1．21に示す。

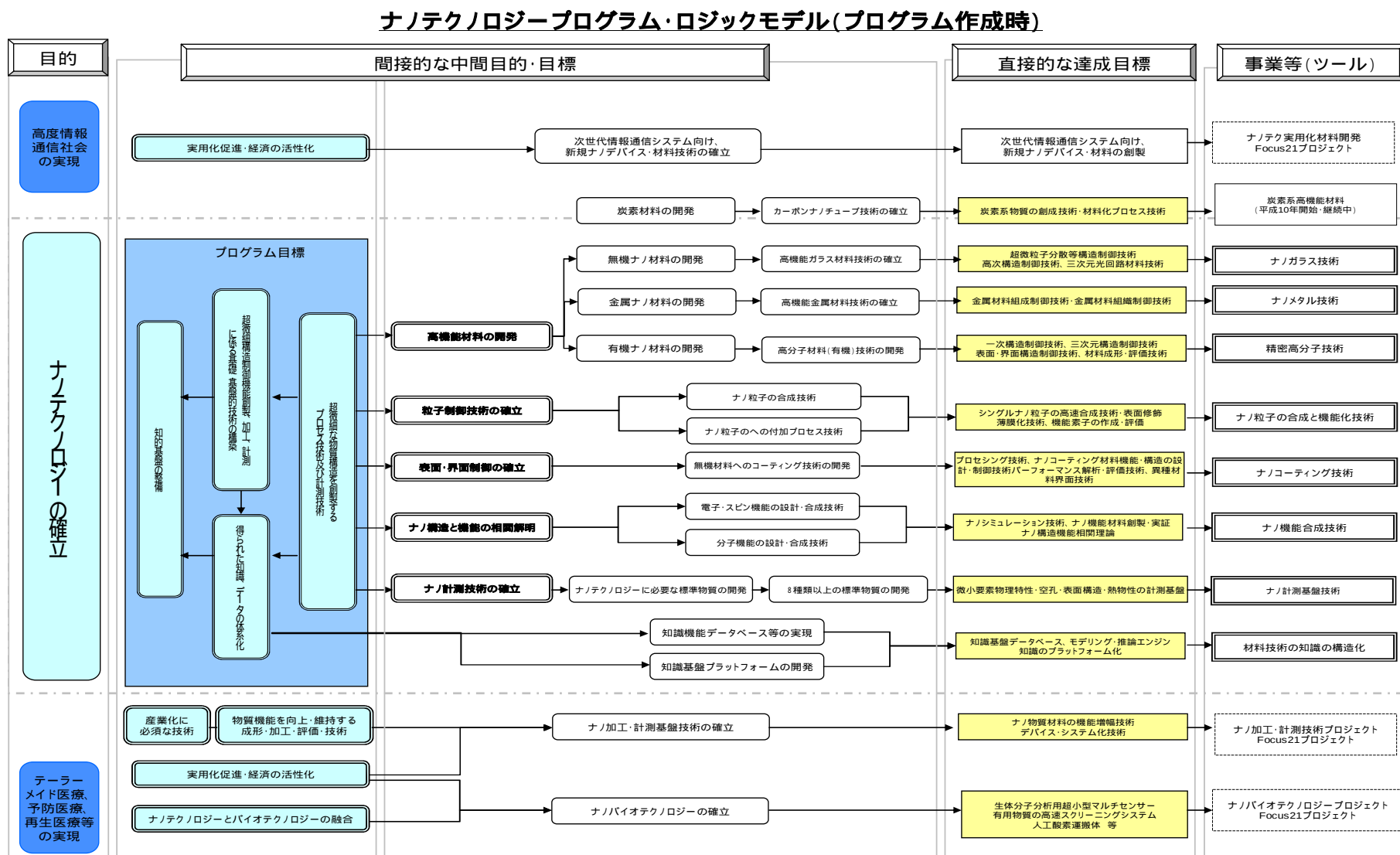


図4.1.18 ナノテクノロジープログラム作成時に想定していたロジックモデル

ナノテクノロジープログラム・ロジックモデル(中間評価時点)

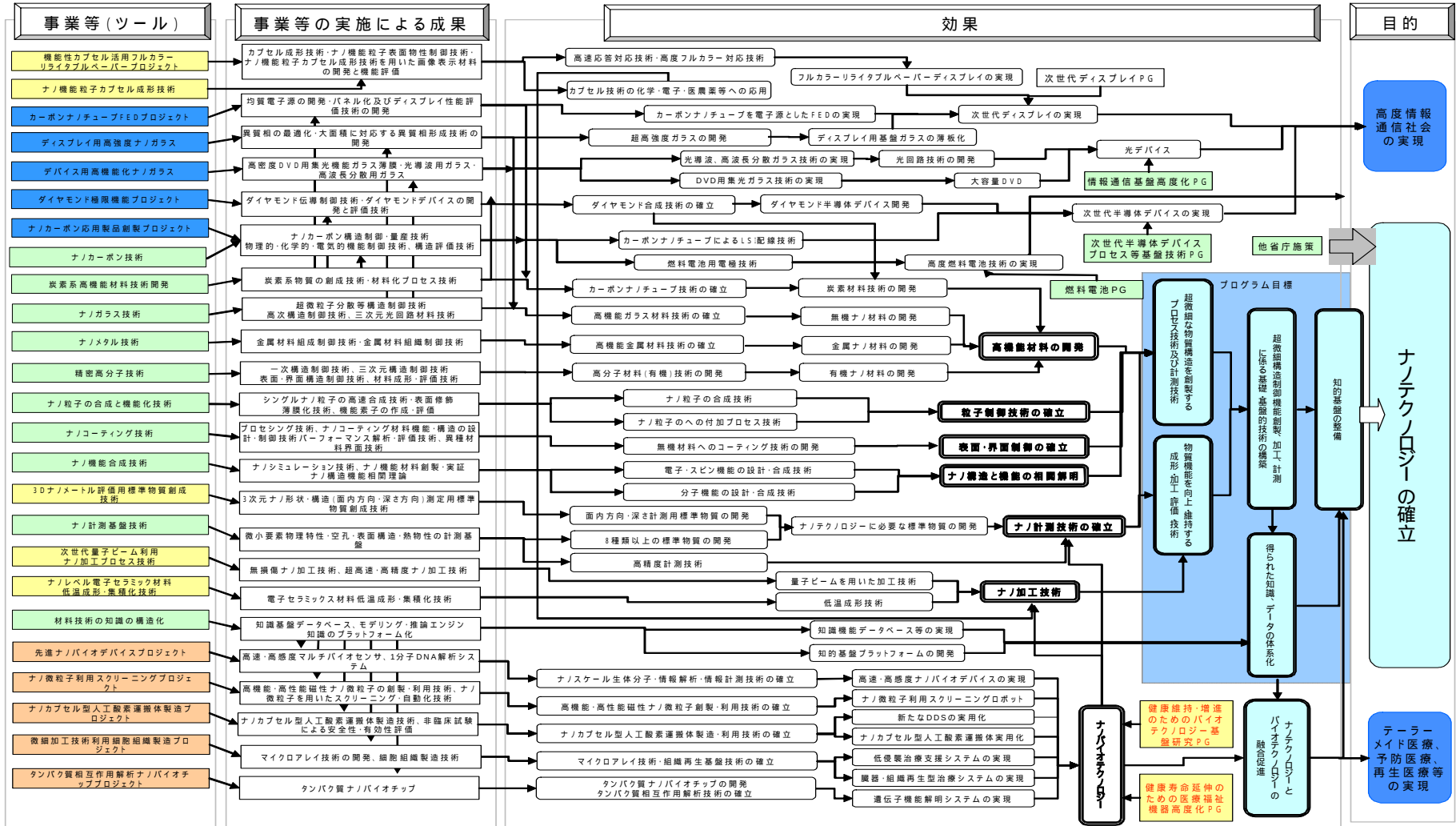


図4.1.19 中間評価時点でのロジックモデル

: ナノ加工・計測
 : 実用化・産業化
 : ナノマテリアル
 : ナノバイオ

ナノテクノロジープログラム・中間評価時達成状況

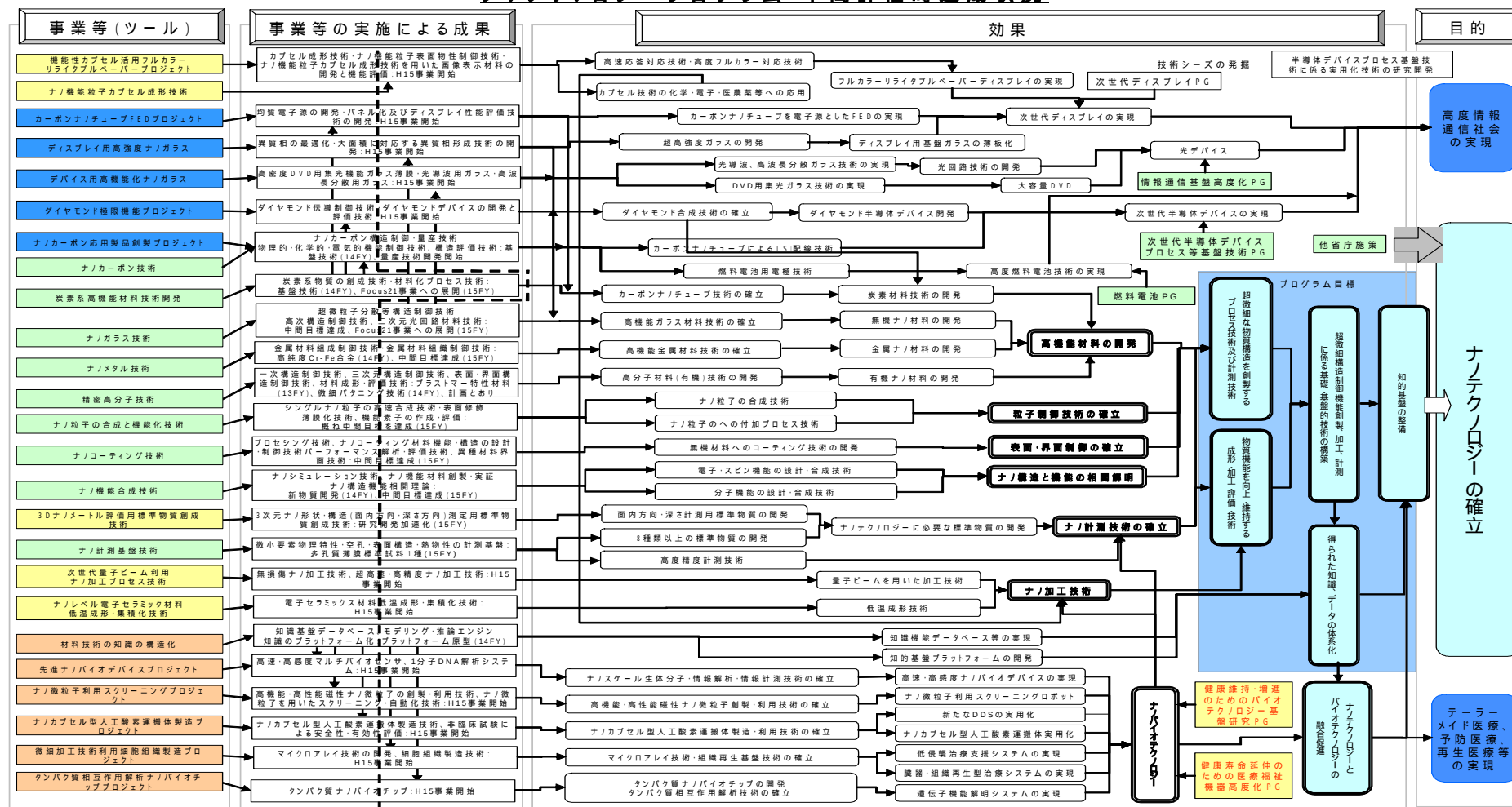


図 4 . 1 . 2 0 中間評価時点での達成状況

■ : ナノ加工・計測 ■ : 実用化・産業化 ■ : ナノマテリアル ■ : ナノバイオ

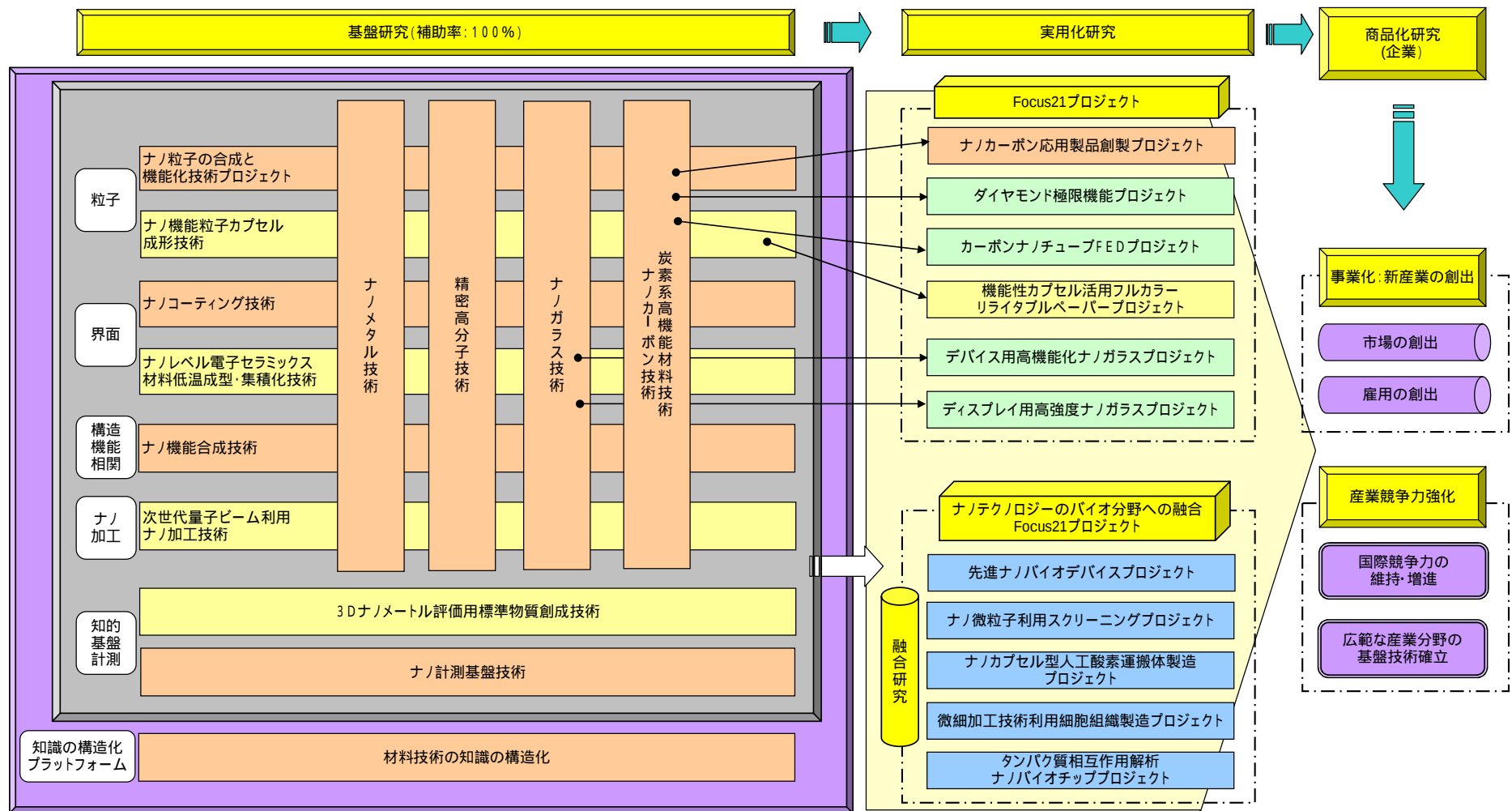


図4.1.2.1 ナノテクノロジープログラムにおける事業の位置付け

(1) 基礎・基盤研究開発事業より後継事業・実用化開発事業への展開

「ナノテクノロジープログラム」は、図 4 . 1 . 2 1 に示されるように、基盤研究としての事業および実用化研究としての F o c u s 2 1 プロジェクト（ナノテクノロジー・材料、情報通信など重点 4 分野において、比較的短期間に実用化が見込まれ、その結果として民間企業のコミットメントが得られた経済活性化プロジェクト）等より構成されており、基盤研究の成果あるいは知識の構造化・プラットフォームを活用し、実用化・産業化に結びつけるシステムとなっている。

具体的には、終了事業である「炭素系高機能材料技術」及び「ナノカーボン技術」は、F o c u s 2 1 事業として「ナノカーボン応用製品創製プロジェクト」、「ダイヤモンド極限機能プロジェクト」及び「カーボンナノチューブFEDプロジェクト」に発展している。また、「ナノ機能粒子カプセル成形技術」は、「機能性カプセル活用フルカラーリライタブルペーパープロジェクト」に進んでいる。

さらに、継続事業ではあるが具体的な実用化案件が出現したことから、実用化事業として新事業が追加されているケースもある。「ナノガラス」技術では、「デバイス用高機能化ナノガラスプロジェクト」及び「ディスプレイ用高強度ナノガラスプロジェクト」が 2 0 0 3 年度よりスタートしている。

(2) 研究交流基盤・ビジネス交流基盤

「ナノテクノロジープログラム」においては、ナノテクノロジーを、「従来型（20 世紀型）技術・工学理論の限界を超える、産業技術のパラダイム転換（21 世紀の産業革命）、ひいては、社会生活の変革をも引き起こす可能性を秘めた戦略的分野であり、かつ、新産業の創出、新市場の創出、雇用の創出等、経済的・社会的波及効果の非常に大きな技術」として位置付けるとともに、国際競争力の視点からも産業化を視野に入れた戦略を組みこんだプログラムとしている。

本プログラムでは、我が国における産官学の総力を結集して、各事業を推進しており、表 4 . 1 . 3 は、本プログラムを構成している各事業への参加企業を業種別にまとめたものである。参加企業一覧からもわかるように、非常に多くの企業が本プログラムに参画しており、企業におけるナノテクノロジー関連の研究基盤の拡大に寄与しているものと推察される。また、ナノテクノロジー関連の研究交流基盤及びビジネス交流基盤として、「nanotech 実行委員会」主催、経済産業省、新エネルギー・産業技術総合開発機構他の共催による「国際ナノテクノロジー総合展・技術会議」が 2 0 0 2 年より毎年開催されている。図 4 . 1 . 1 9 に「国際ナノテクノロジー総合展・技術会議」における出展者数及び来場者数の推移を示すが、2 0 0 2 年以降大幅に拡大しており、2 0 0 4 年には、世界で初めてナノ計測・標準物質国際シンポジウム(SMAM-1)が、主催、産業技術総合研究所、新エネルギー・産業技術総合開発機構の共催により開催され、1 3 ヶ国、2 0 0 名以上が参加した。「ナノテクノロジープログラム」によって、産学官の総力を結集したことによる波及効果とみることができる。

さらに、ビジネス交流基盤についてみると、2 0 0 3 年 1 0 月に「ナノテクノロジービ

ジネス推進協議会」(NBCI: Nanotechnology Business Creation Initiative)が設立されている。この協議会は、ナノテクノロジー分野の技術シーズと市場ニーズのビジネスマッチングを実現し、新たな産業を発掘することを目的に設立されたものであり、ベンチャー、中小企業、大企業等から、企業規模や業種区分を超えた約300社が参加している。NBCIでは、図4.1.19に示す体制で精力的に推進しており、これらを通して、我が国産業の基盤強化が期待される。特に、最近では、NBCIが会員企業及び関係企業の協力を得ながら、ナノテクノロジープログラムにおける各事業において創製されたサンプルの評価を実施している。評価サンプルは約100にも達しており、実用化、産業化に向けた活動が、NBCIとプログラム実施主体のNEDOとの連携で推進されている。有識者からも、NBCIによるサンプル評価は、展示会や一般の情報公開を上回る効果があり、非常に有効であり、ナノテクノロジープログラムの活性化につながるとの評価もでている。

表 4 . 1 . 3 業種で分類した「ナノテクノロジープログラム」への参加企業

業種	参加企業
繊維製品	東洋紡績(株)、東レ(株)、三菱レーヨン(株)、(株)クラレ、旭化成せんい(株)、帝人テクノプロダクツ(株)、ユニチカファイバー(株)
化学	JSR(株)、旭電化工業(株)、鐘淵化学工業(株)、昭和電工(株)、住友化学工業(株)、セントラル硝子(株)、ダイセル化学工業(株)、大日本塗料(株)、東洋インキ製造(株)、日東電工(株)、日本ゼオン(株)、日本油脂(株)、日立化成工業(株)、富士写真フイルム(株)、三菱化学(株)、(株)日本触媒、チッソ(株)、東燃化学(株)、戸田工業(株)、出光石油化学(株)
医薬品	第一製薬(株)、山之内製薬(株)、テルモ(株)、(株)セルシード、(株)第一サントリー生物医学研究所、(株)リバーズプロテオミックス
ガラス・土石製品	旭硝子(株)、旭テクノガラス(株)、住友大阪セメント(株)、東陶機器(株)、日本板硝子(株)、日本電気硝子(株)、日本特殊陶業(株)、日本山村硝子(株)、(株)ノリタケカンパニーリミテド、岡本硝子(株)
鉄鋼	新日本製鐵(株)、JFE スチール(株)、住友金属工業(株)、(株)神戸製鋼所、日新製鋼(株)、日立金属(株)、
非鉄金属	三菱マテリアル(株)、古河電気工業(株)、日立電線(株)、住友金属鉱山(株)、住友軽金属工業(株)、住友電気工業(株)、スカイアルミニウム(株)、日鉱金属(株)、ヤマハメタニクス(株)
機械	三菱重工業(株)、石川島播磨工業(株)、(株)日本製鋼所、プラザー工業(株)、日機装(株)
輸送用機器	川崎重工業(株)、三井造船(株)、(株)デンソー、NOK(株)
電気機器	(株)日立製作所、(株)東芝、三菱電機(株)、(株)日本電気、富士通(株)、(株)リコー、松下電工(株)、キャノン(株)、NEC トーキン(株)、神鋼電機(株)、浜松ホトニクス(株)、日本電子(株)、日本航空電子工業(株)、セイコーインスツルメント(株)、ソニーイーエムシーエス(株)、ポリマテック(株)、(株)イービーム、(株)日立ディスプレイ、湖北工業(株)、モトローラ
精密機器	(株)島津製作所、HOYA(株)、多摩川精機(株)、(株)イニシウム、(株)アルバック、エピオンジャパン(株)
その他製品	大日本印刷(株)、凸版印刷(株)
卸売業	(株)GSI クレオス
サービス業	(株)富士総合研究所、川鉄テクノリサーチ(株)、パナソニックファクトリーソリューションズ(株)、(株)アフェニックス、(株)カルディオ

注 1) 業種は会社四季報(東洋経済新報社 2004 年 1 集)と同じく、証券コード協議会によるものを参考とした。

注 2) 業種としての参加がないのは、水産・農林、鉱業、建設、食料品、パルプ・紙、石油・石炭、ゴム製品、金属製品、小売業、銀行、その他金融、証券・商品先物、保険、不動産、陸運、空運、倉庫・運輸、情報・通信、電気・ガスなどである。

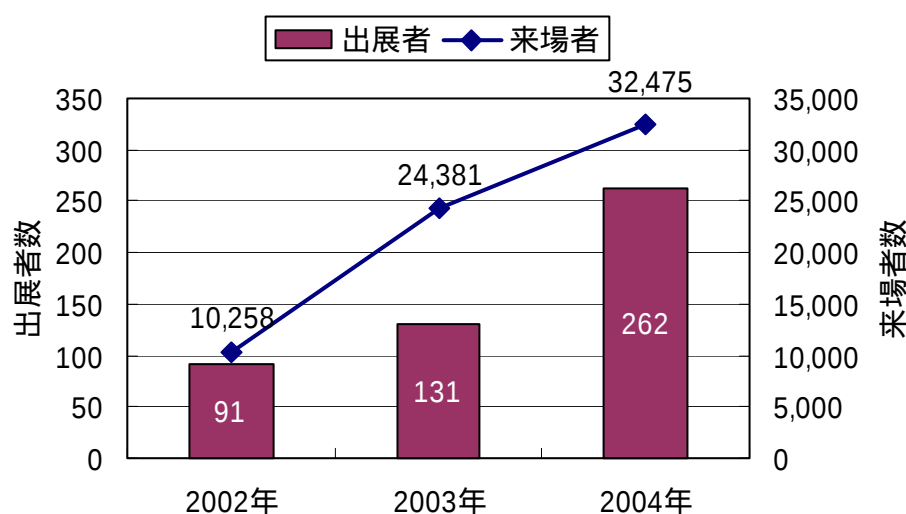


図4.1.18「国際ナノテクノロジー総合展・技術会議」における出展者数・来場者数推移

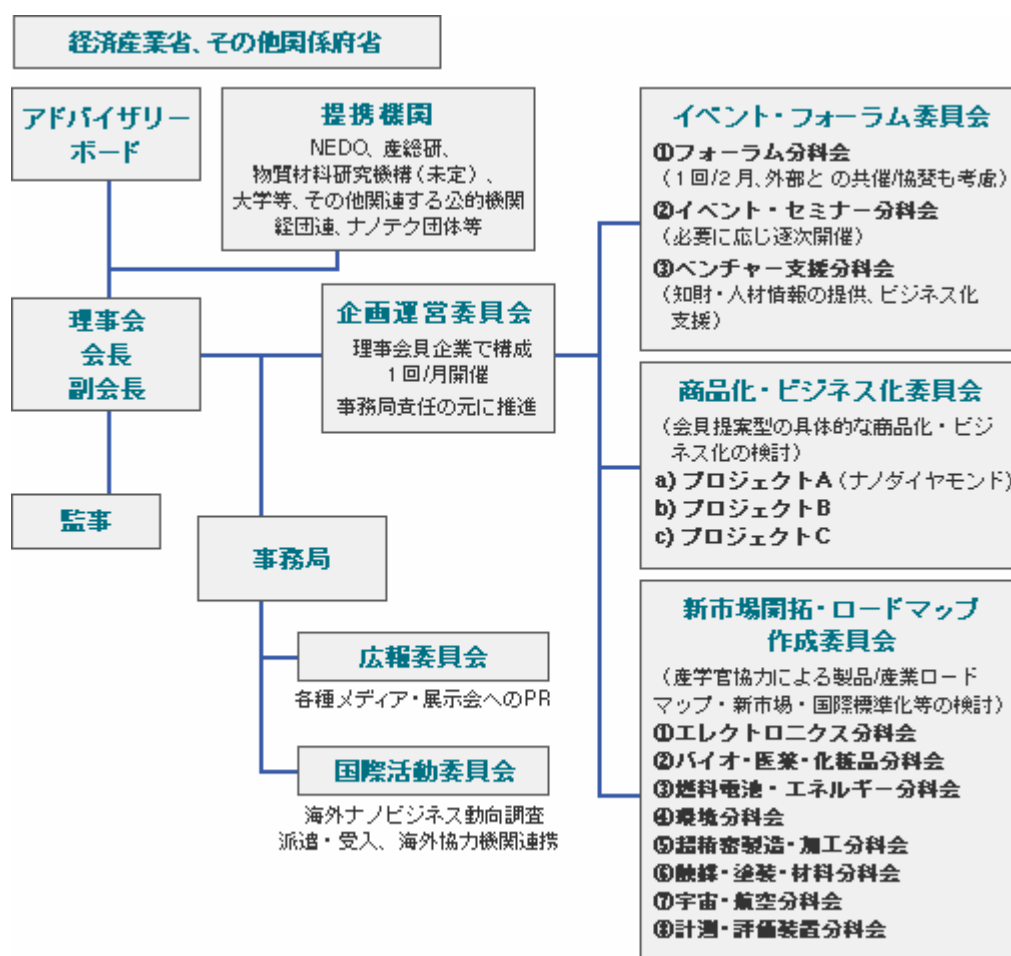


図4.1.19 ナノテクノロジービジネス推進協議会の体制
(出典：ナノテクノロジービジネス推進協議会HP)

（３）産業界における開発成果事例

２００３年に開催された「国際ナノテクノロジー総合展・技術会議」（主催：nano tech 実行委員会）において出展・紹介されたナノテク関連技術の中で、世界に冠たる日本のナノテク技術として紹介されたナノテクノロジープログラムの事業の成果例・応用分野例を表４．１．５に示す。何れも重要な技術であり、近い将来において、我が国企業による市場創製が期待される。

表4.1.4 2003年ナノテクノロジー国際展示会ハイライト：世界に冠たるナノテク日本

	プロジェクト名/出展者	タイトル	内容	応用分野
1	炭素系高機能材料 / JFCC	ダイヤモンド尖鋭ナノエミッター	・単結晶ダイヤモンドの先端径を2nmに尖鋭化。 ・従来より1桁小さい先端曲率により、電子放出特性は飛躍的(200倍)に向上。	ディスプレイ用電子エミッター
2	炭素系高機能材料 / JFCC	16mm角単結晶大型ダイヤモンド版	・プラズマ均一性を厳密に制御することにより、世界最大(16mm角)の単結晶ダイヤモンド板の合成に成功。	高出力・高周波トランジスタ
3	炭素系高機能材料 / JFCC	超高硬度カーボンナノチューブ	・単層カーボンナノチューブを2.4万気圧以上に高圧化することで、ダイヤモンドと同等(硬度62GPa~150GPa)に高硬度化。	高速スイッチング素子
4	炭素系高機能材料 / AIST, ノリタケ伊勢電子(株)	カーボンナノチューブFED	・印刷法によるナノチューブ電子放出源の作成技術の開発により、文字表示用途で世界最大(40in)の大画面の作製に成功。	ディスプレイ
5	ナノガラス / (社)ニューガラスフォーラム	ナノ粒子分散高輝度蛍光ガラス	・ナノ粒子をドーブした安定なガラス蛍光体を作製。・紫外線励起により粒径に応じた色で発光。発行効率(10%)は世界最高。	高輝度ディスプレイ生体内反応のプロープ照明(蛍光灯)
6	ナノガラス / (社)ニューガラスフォーラム	光照射による可逆的・高速・高屈折率変化薄膜材料	・光照射により、数十%以上の世界最高の屈折率変化が、ナノ秒オーダーで可逆的に起こるガラス薄膜を開発。 ・光ディスクにコーティングすることにより、通常の4倍の大容量化が実現可能。	DVD
7	ナノコーティング / JFCC, (株)東芝	ハフニウム酸化物による世界初の遮熱コーティング	・EB-PVDにより、ハフニウム酸化物(ハフニア)の遮熱コーティングに世界で初めて成功。・優れた界面密着性により、ガスタービンの高温運転(1700℃)への期待。	発電用ガスタービン航空機用エンジン高温作動電極
8	ナノメタル/OSTEC	ナノメタラジーから生まれたクロム基金	・耐熱性、耐酸化性、耐腐食性、加工性などに優れた特性や安定組成を有する夢のナノメタル(クロム基金合金)。	耐熱材料、耐食材料(発電機・航空機用タービン等)
9	ナノ粒子の合成と機能化 / JCI	自己組織化したナノポーラスSiO ₂ 微粒子	・噴霧乾燥法により自己組織化した40nm-178nmのポーラスを有する球形のSiO ₂ 微粒子を世界で初めて開発。・製造速度を液滴の噴霧量、ガス流量などの操作条件により容易に制御でき、短時間での製造が可能。	触媒材料(エレクトロニクス分野)
10	カプセル成形技術 / 富士写真フイルム(株)	フルカラー熱感応性マイクロカプセル	・カプセルの物質透過速度を厳密に温度制御することで、世界で唯一のフルカラーモノシート感熱プリント材料を開発。・この結果、フルカラー高速印刷が可能に。・カプセル壁透過速度はカプセル壁のT _g で制御。3色のカプセルを使用。	感熱記録材料
11	精密高分子 / JCI, AIST	高分子用元素識別三次元電子顕微鏡	・従来困難であった高分子のようなソフトマテリアルの三次元ナノ構造を空間分解能5nmで目視化。・元素識別フィルター併用により、特定元素の位置の「カラー画像化」が可能。	ナノ高分子材料の基本的三次元構造解析手段
12	精密高分子 / JCI, AIST	段階的秩序構造ポリマーフィルム	・機能性ブロック共重合体の自己集合と散逸構造を同時に利用した薄膜形成により、液晶構造() / ナノ相分離構造(nm) / マイクロポーラス構造(μm)が階層的に構築されたポリマーフィルムを世界で初めて作製。	テラビット級高密度記録媒体 バイオ・光高感度センサー
13	ナノ機能合成技術 / AIST, 富士通(株)	金属/半導体ハイブリット構造磁気抵抗薄膜素子	・金属材料(Au等)のナノクラスターを分散した半導体GaAs超薄膜により、世界最高レベルの磁気抵抗比10000%(室温)を達成。	超高感度磁気センサー スピンエレクトロニクスデバイス

出典：NEDOホームページ(ナノテクノロジー・材料技術部門、展示会ハイライト：ナノテクプロジェクト成果)

4.2 経済、社会への施策効果

「ナノテクノロジープログラム」では、ナノテクノロジーの基盤研究をベースに、実用化研究あるいはバイオ分野にナノテクノロジーを活用する融合研究へと発展させるとともに、最終的には事業化により市場の創出、雇用の創出を図るとしている。

2003年12月1日に日経産業新聞で報道された「第2回ナノテクノロジー企業調査」によると、ナノテク利用製品が既存製品と比べて最も有利な点としては、「性能・機能が向上」あるいは「全く新しい製品が登場」への回答が圧倒的に多かった（図4.2.1）。このように、ナノテクノロジーの活用により新しい市場の創出が大きく期待できる。

ナノテクノロジー活用製品の市場規模については、株式会社三菱総合研究所と株式会社日本経済新聞社による調査、株式会社日立総合計画研究所による調査、株式会社日本経済新聞社の「第2回ナノテクノロジー企業調査」等がある（表4.2.1～表4.2.2）。

ナノテクノロジーによる2010年の市場規模としては、株式会社三菱総合研究所と株式会社日本経済新聞社の調査による19.1兆円、株式会社日本経済新聞社のアンケート調査による12.4兆円、株式会社日立総合計画研究所の調査による27.3兆円と将来予測に幅はあるものの、いずれにおいても大きな市場規模を予測されている。

本プログラムは、これに寄与するものであり、経済・社会への波及効果は大きいと言える。

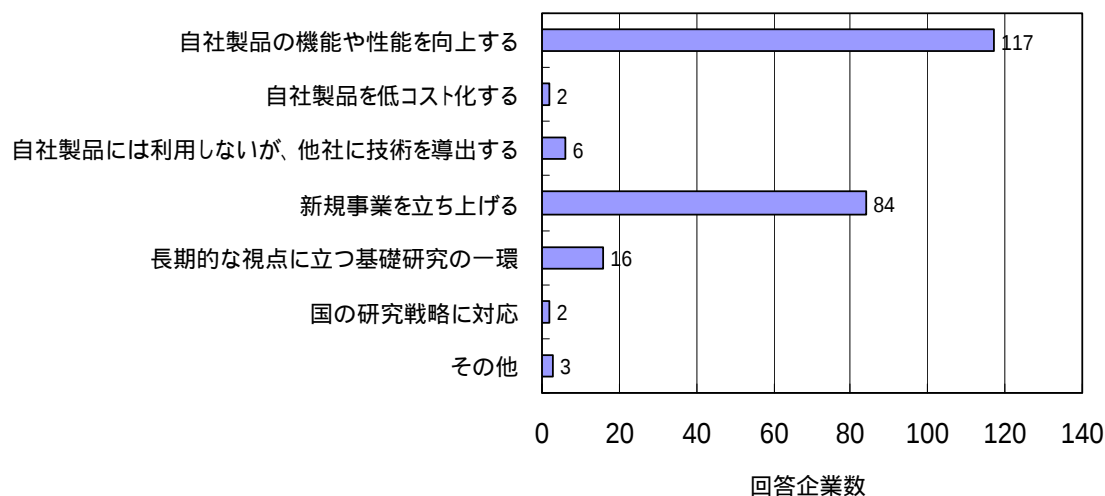


図4.2.1 ナノテクノロジー関連研究に取り組む狙い
（日経産業新聞「第2回ナノテクノロジー企業調査」より作成）

表４．２．１ ナノテクノロジー市場規模
(株式会社三菱総合研究所と株式会社日本経済新聞社による調査)

単位: 億円			
分類	項目	2005 年	2010 年
IT・エレクトロニクス	分子エレクトロニクス	290	2,213
	量子デバイス	282	1,380
	高密度記録用磁気材料	27,075	95,813
	光メモリ用材料	10,313	17,063
	次世代超メモリ	5,051	16,309
	小計	43,011	132,778
計測・加工・シミュレーション	薄膜製造装置	1,875	1,875
	半導体製造装置	24,450	31,950
	超精密加工装置	2,025	2,963
	ナノメートル水準の検査機器	137	368
	マイクロマシン	5,020	7,723
	小計	33,507	44,879
新材料	フラーレン、ナノチューブ	143	292
	インテリジェント材料	1,026	1,139
	小計	1,169	1,431
環境・エネルギー	高選択性・高性能触媒材料	581	680
	光触媒材料	583	1,826
	小計	1,164	2,506
ライフサイエンス	分子設計タンパク質	153	178
	バイオリクター	616	1,387
	遺伝子治療薬	4,346	4,510
	遺伝子診断	359	1,071
	医療用マイクロマシン	287	1,200
	バイオセンサー	443	1,193
	小計	6,204	9,539
合計		85,055	191,133

表４．２．２ ナノテクノロジー市場規模（株式会社日立総合計画研究所による調査）

単位：億円

分野	期待される成果	インパクト	2005年	2010年
IT・エレクトロエクス	・新構造デバイス ・テラビット級情報ストレージ	超低消費電力マイクロプロセッサの実現 小型で従来の1000倍のディスク容量を実現	9,144	138,649
新材料	・高強度、超耐熱鋼 ・超高密度磁気記録媒体	新素材産業の創生 エネルギー産業、IT産業の進展を促進	4,717	89,079
計測・加工・シミュレーション	・ナノコンピューター （量子コンピューター、分子コンピューター、単一電子デバイス）	次世代半導体産業の進展 超小型・超高速コンピューターの実現	6,282	21,311
環境・エネルギー	・燃料電池 ・高効率太陽エネルギー	無公害自動車の進展 地球温暖化防止	1,131	15,932
ライフサイエンス	・バイオマイクロマシン ・ドラッグ・デリバリー	がん細胞の検出・除去 低侵襲、無侵襲医療 患者の患部のみに有効成分が浸透	883	4,150
農畜産業	・害虫から保護する物質 ・DNA試験用ナノアレイ	安定した農作物の生産 食量不足の問題解決に寄与	1,404	4,175
航空・宇宙	・軽量、高強度、熱安定 ・ナノ複合材料	より高速、快適で安全な航空機の実現 高性能ロケット、宇宙ステーションの実現		
合計			23,561	273,296

表４．２．３ ナノテクノロジー市場規模
（株式会社日本経済新聞社：第2回ナノテクノロジー企業調査）

	2005年	2010年	2020年
回答（平均値）	2.3兆円	12.4兆円	39.6兆円
回答社数	270	269	269

5 施策の有効性、効率性に関する分析、評価

5.1 研究開発プログラムの有効性

5.1.1 プログラムの実施があった場合と無かった場合で想定される状況の比較

ナノテクノロジープログラムが存在しなかったとした非事実仮説を設定し、当該分野の研究実施の有無、研究開発状況及び研究開発規模について、参加企業へのアンケート調査を実施したが、その結果は図5.1.1に示すとおりである。

(1) ナノテクノロジー分野の研究開発実施の有無

ナノテクノロジー分野の研究開発実施の有無については、本プログラムが存在しなかったとしても研究開発を実施していただろうとする企業が16社と、実施していないだろうとの企業27社を上回っている。

主なコメントとしては、ナノテクノロジーは、将来技術、基盤技術として必要な技術である、企業における事業でのコア技術、重点フィールドである、従来の規定路線である、等である。これは、21世紀における企業競争力確保のためにも、ナノテクノロジー分野の研究は必須であるとの企業認識といえる。

(2) ナノテクノロジー分野の研究開発状況

研究開発状況に関しては、ナノテクノロジープログラムが存在しなかったら、企業におけるナノテクノロジー分野の研究開発は大幅に遅れていると想定している企業が23社と、全体の55%を占めている。さらに、その他として、ナノテクノロジー分野の研究は中断していた、あるいは、実施していないとする企業が6社有り、これらを含めると69%となる。したがって、本プログラムにより、企業におけるナノテクノロジー分野の研究開発は、かなり促進されたといえる。

(3) ナノテクノロジー分野の研究開発規模

研究開発規模に関しては、ナノテクノロジープログラムが存在しなかったとしても、ほぼ同じ規模で研究開発を実施していたと想定する企業が15社存在するが、他の27社は、研究開発規模はかなり小さなものになっている、あるいは、実施していないとの回答である。

ここで、ナノテクノロジー分野の研究開発規模はかなり小さなものになっていたと想定している企業の主なコメントは、研究開発費用面での制約、事業性・確実性の高い研究開発の優先、基盤研究として他企業・学・官との連携が必要であり一企業での投資には限界あり等である。

以上は、企業におけるナノテクノロジー分野の研究開発促進に、本プログラムが有効であったことの一端を示すものとする。

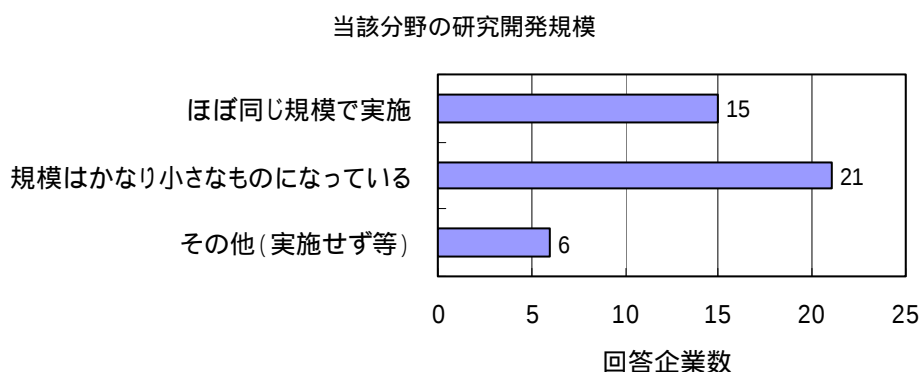
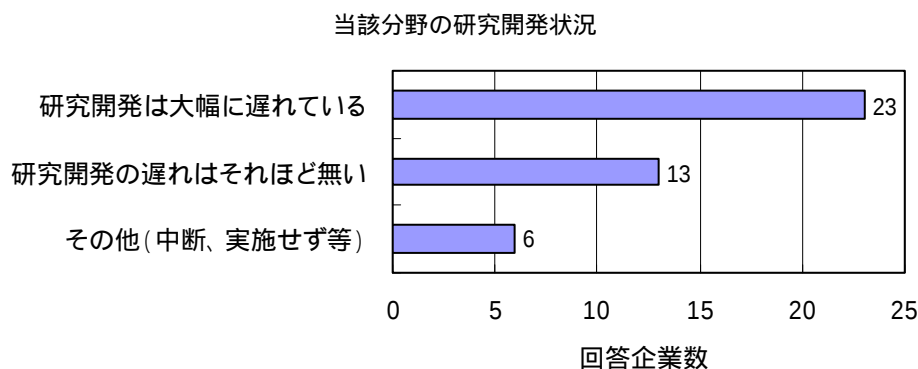
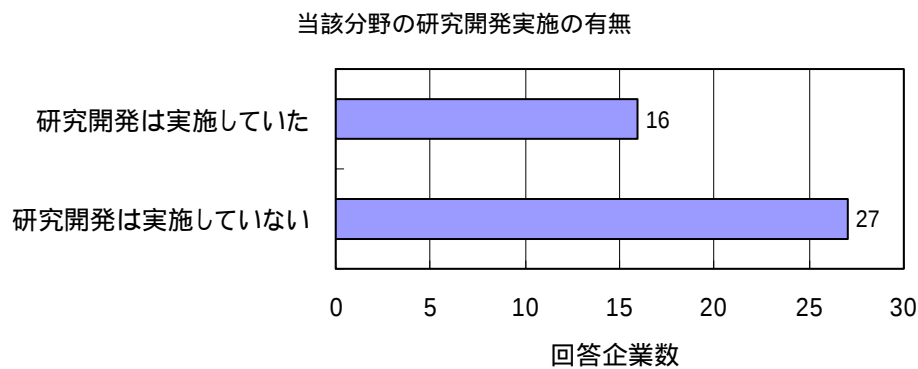


図 5 . 1 . 1 非事実仮説による施策の有効性検証
(当該分野の研究開発実施の有無、研究開発状況及び研究開発規模)

5 . 1 . 2 施策パッケージとしての有効性

ナノテクノロジープログラムは、終了事業の3事業を含め合計 30 事業より構成されている。事業を分類すると、ナノテクノロジーの基盤となるナノマテリアル・プロセス技術の研究開発事業、これら成果の産業化展開の橋渡しとなるナノ加工・計測技術の研究開発事業、基盤研究における成果の実用化・産業化を促進するナノテク実用化材料開発事業、ナノテクノロジーのバイオ分野への適用を図るとともにナノテクノロジーの特徴である融合研究を促進するためのナノバイオテクノロジープロジェクトとなっている。

ここで、有識者のコメントとして、「ナノテクノロジーでは、基礎・基盤研究と応用・実用化は非常に近く、かつ技術の足（変化）も早い。したがって、基礎・基盤研究と応用研究の人達が情報を共有する必要がある。また、ナノテクノロジーにおいては、異分野の融合が重要であることから、異分野融合の環境づくりを進める必要がある。」等が挙げられている。

ナノテクノロジープログラムでは、上述したとおり、4分類の事業構成となっていることから、基礎・基盤研究成果の活用による実用化・産業化の促進、あるいは、情報の共有、異分野の融合が促進され、施策パッケージとしての相乗効果が期待できる。

5.1.3 企業におけるナノテクノロジー関連研究開発の促進

表5.1.1は、企業における研究開発投資及び研究開発人員に関し、2004年2月に行ったナノテクノロジープログラムに参画している企業へのアンケート調査結果と2003年12月1日に日経産業新聞で報道された「第2回ナノテクノロジー企業調査」の結果を示したものである。

研究開発投資に関しては、ナノテクプログラム参加企業調査では、プログラム前後での比較で、変化無しが大半であるが、6社において研究開発投資金額が増加している。一方、第2回ナノテクノロジー企業調査では、2002年以降年率で20%以上の伸びとなっている。

研究開発人員に関しては、ナノテクプログラム参加企業調査では、プログラム前後での比較で、変化無しが大半であるが、10社において研究開発人員の増加が認められている。また、第2回ナノテクノロジー企業調査では、今後2年間で40%以上の増加となっている。

以上より、本施策を実施したことによって、当該分野における民間企業の研究開発投資及び研究開発人員の拡大に貢献したと言える。

表5.1.1 企業におけるナノテクノロジー関連研究開発

	ナノテクプログラム参加企業調査			第2回ナノテクノロジー企業調査		
研究開発投資	プログラム 実施前後で の比較	増加	6社	2002年	156億円	前年比
		変化なし	35社	2003年	191億円	約22%増
		減少	2社	2004年	230億円	約20%増
研究開発人員	プログラム 実施前後で の比較	増加	10社	現在	16人	比較
		変化なし	32社	2年後	23人	約40%増
		減少	0社			

（アンケート調査及び日経産業新聞「第2回ナノテクノロジー企業調査」より作成）

5.1.4 企業における他企業・大学等との連携

ナノテクノロジープログラムにおいては、産官学の総力を結集して推進することとしており、プログラム参加企業においては、他企業・大学等との連携による共同研究が強化されると期待される。このような視点で、プログラム参加企業に対し、プログラム実施前後での他企業・大学等との連携による共同研究について調査した。結果は、図5.1.2に示すとおり、共同研究が増加した企業数は16と全体の1/3以上を占めている。

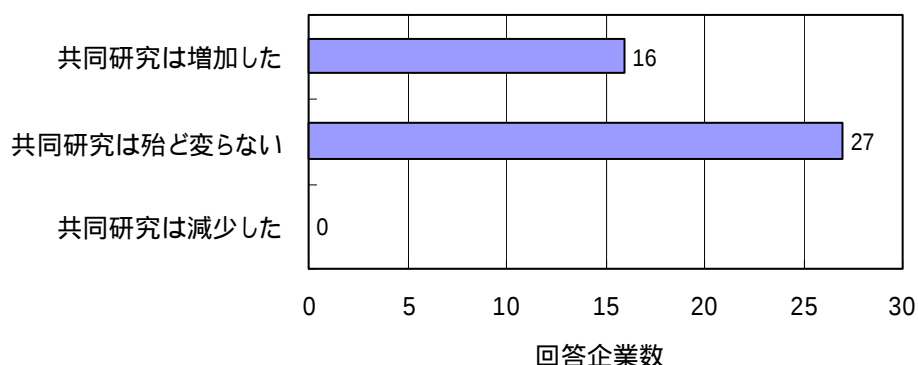


図 5 . 1 . 2 ナノテクノロジープログラム参加企業における
プログラム実施前後での共同研究の状況

一方、「第2回ナノテクノロジー企業調査」によると、ナノテクノロジー関連の研究開発促進のための主な企業戦略としては、図 5 . 1 . 3 に示すとおり、社外との共同研究を挙げている企業が圧倒的に多い。また、社外での最重要視するパートナーとしては、国内の大学・公的研究機関及び国内の異業種企業となっている（図 5 . 1 . 4）。

ナノテクノロジープログラムにおける各事業においては、産官学による研究開発体制で進めるとともに、表 5 . 1 . 2 に示すとおり、研究開発実施企業は異業種企業により構成されているケースがほとんどである。したがって、ナノテクノロジープログラムの実施により、国内の大学・公的研究機関及び国内の異業種企業との連携の機会が、産業界に与えられたともいえる。

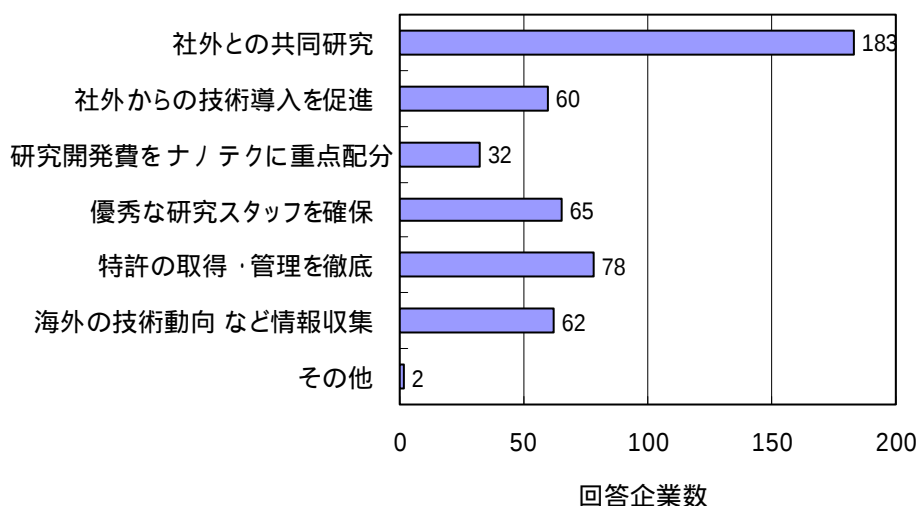


図 5.1.3 ナノテクノロジー関連の研究開発促進のための主な企業戦略
(日経産業新聞「第2回ナノテクノロジー企業調査」より作成)

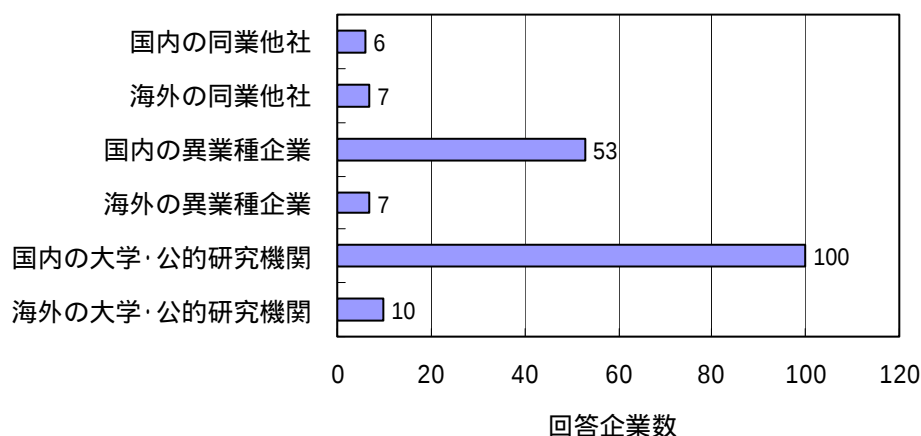


図 5.1.4 ナノテクノロジー関連の研究開発促進のため最重要視するパートナー
(日経産業新聞「第2回ナノテクノロジー企業調査」より作成)

表 5.1.2 ナノテクノロジープログラムにおける各事業への参加企業、大学、公的研究機関

プロジェクト	参加企業・大学・公的研究機関	
精密高分子技術	38	旭電化工業(株)、日本ゼオン(株)、東洋紡(株)、日本油脂(株)、(株)デンソー、住友化学工業(株)、日立化成工業(株)、日立電線(株)、東レ(株)、旭化成せんい(株)、帝人テクノプロダクツ(株)、ユニチカファイバー(株)、日本電子(株)、(株)島津製作所、(株)クラレ、ダイセル化学工業(株)、東燃化学(株)、日東電工(株)、(株)日立製作所、出光石油化学(株)、ポリマテック(株)、(株)アルバック、三菱レイヨン(株)、レーザーテック(株)、ユニチカ(株)、新日鐵化学(株)、東洋インキ製造(株)、(株)日本触媒、京都大学、名古屋大学、東京工業大学、九州大学、山形大学、東京大学、京都工繊大学、東京農工大学、信州大学、(独)産業技術総合研究所
ナノガラス技術	19	日本山村硝子(株)、日本板硝子(株)、日本電気硝子(株)、旭硝子(株)、HOYA(株)、岡本硝子(株)、(株)日立製作所、日立電線(株)、旭テクノグラス(株)、湖北工業(株)、セントラル硝子(株)、京都大学、三重大学、北陸先端科学技術大学院大学、東京大学、名古屋工業大学、東北大学、(独)産業技術総合研究所、(独)物質・材料研究機構
ナノメタル技術	21	JFE スチール(株)、川鉄テクノリサーチ(株)、神鋼電機(株)、日新製鋼(株)、(株)日本製鋼所、三菱重工業(株)、新日本製鐵(株)、住友金属工業(株)、(株)神戸製鋼所、住友軽金属工業(株)、古河スカイ(株)、日鉱金属(株)、住友金属鉱山(株)、ヤマハメタニクス(株)、日立金属(株)、東北大学、東京工業大学、京都大学、茨城大学、大阪大学、九州大学、(財)大阪科学技術センター、(財)金属系材料研究開発センター
ナノカーボン応用製品創製プロジェクト	14	東レ(株)、(株)日本電気、三菱重工業(株)、(株)GSI クレオス、日機装(株)、富士通(株)、三菱レイヨン(株)、NOK(株)、九州大学、千葉大学、山形大学、長崎大学、(独)産業技術総合研究所、(独)物質・材料研究機構
ナノ粒子の合成と機能化技術	19	戸田工業(株)、三菱マテリアル(株)、三菱化学(株)、富士写真フイルム(株)、住友大阪セメント(株)、松下電工(株)、東レ(株)、鐘淵化学工業(株)、大日本印刷(株)、凸版印刷(株)、旭硝子(株)、(株)東芝、広島大学、東京大学、大阪大学、東北大学、九州大学、大阪府立大学、神奈川工科大学

プロジェクト	参加企業・大学・公的研究機関	
ナノコーティング技術	11	(株)東芝、三菱マテリアル(株)、石川島播磨重工業(株)、日本特殊陶業(株)、川崎重工業(株)、三菱重工業(株)、東京大学、東北大学、大阪大学、(独)産業技術総合研究所、(独)物質・材料研究機構
ナノ機能合成技術	9	モトローラ、住友化学工業(株)、富士通(株)、セイコーインスツルメンツ(株)、浜松ホトニクス(株)、筑波大学、東京大学、東北大学大阪大学、(独)産業技術総合研究所
ナノ計測基盤技術	2	(独)産業技術総合研究所、(財)ファインセラミックスセンター
材料技術の知識の構造化	13	東京大学、大阪大学、東北大学、東京農工大学、京都大学、大阪府立大学、東京工業大学、山形大学、九州工業大学、早稲田大学、広島大学、茨城大学、(独)物質・材料研究機構
デバイス用高機能化ナノガラスプロジェクト	5	(株)日立製作所、日立電線(株)、日本板硝子(株)、東北大学、奈良先端科学技術大学院大学
ディスプレイ用高強度ナノガラスプロジェクト	1	セントラル硝子(株)
次世代量子ビーム利用ナノ加工技術	8	エピオンジャパン(株)、(株)日立製作所、日本航空電子工業(株)、三菱電機(株)、川崎重工業(株)、三井造船(株)、京都大学、姫路工業大学
機能性カプセル活用フルカラーライタブルペーパープロジェクト	17	ダイセル化学工業(株)、大日本塗料(株)、東洋インキ製造(株)、チッソ(株)、日立化成工業(株)、(株)リコー、大日本印刷(株)、富士写真フイルム(株)、千葉大学、岡山大学、東京農工大学、山形大学、新潟大学、九州工業大学、宮崎大学、信州大学、(独)産業技術総合研究所
ナノレベル電子セラミックス材料低温成型・集積化技術	11	東陶機器(株)、ブラザー工業(株)、NEC トーキン(株)、富士通(株)、ソニーイーエムシーエス(株)、(株)日本電気、大阪大学、豊橋科学技術大学、東北大学、東京工業大学、(独)産業技術総合研究所
3Dナノメートル評価用標準物質創成技術	1	(独)産業技術総合研究所
ダイヤモンド極限機能プロジェクト	8	(株)東芝、住友電気工業(株)、(株)神戸製鋼所、早稲田大学、青山学院大学、北海道大学、(独)産業技術総合研究所、(独)物質・材料研究機構
カーボンナノチューブFEDプロジェクト	9	(株)ノリタケカンパニーリミテド、(株)日立ディスプレイズ、三菱電機(株)、旭硝子(株)、大阪大学、大阪府立大学、京都大学、三重大学、名古屋大学
先進ナノバイオデバイスプロジェクト	5	(株)島津製作所、松下電器産業(株)、東レ(株)、(株)神戸製鋼所、(株)テクノメディカ
ナノ微粒子利用スクリーニングプロジェクト	6	(株)アフェニックス、キャノン(株)、山之内製薬(株)、第一製薬(株)、多摩川精機(株)、(株)富士総合研究所
ナノカプセル型人工酸素運搬体製造プロジェクト	1	テルモ(株)
微細加工技術利用細胞組織製造プロジェクト	6	(株)イニシウム、(株)第一サントリー生物医学研究所、(株)カルディオ、パナソニックファクトリーソリューションズ(株)、(株)セルシード、日本メドトロニック(株)
タンパク質相互作用解析ナノバイオチッププロジェクト	7	中外製薬(株)、興和(株)、横河電機(株)、明治製菓(株)、グレラン製菓(株)、(株)特殊免疫研究所、(株)ペルセウスプロテオミクス
炭素系高機能材料技術	15	昭和電工(株)、(株)日本電気、(株)東芝、(株)神戸製鋼所、住友電気工業(株)、石川島播磨重工業(株)、大阪大学、京都大学、東京工業大学、三重大学、大阪市立大学、早稲田大学、サッセックス大学、ウィーン大学、フランフォーク研究所、(独)産業技術総合研究所、(独)物質・材料研究機構
ナノカーボン技術	14	東レ(株)、(株)日本電気、三菱重工業(株)、(株)GSI クレオス、日機装(株)、富士通(株)、三菱レイヨン(株)、NOK(株)、九州大学、千葉大学、山形大学、長崎大学、(独)産業技術総合研究所、(独)物質・材料研究機構

プロジェクト	参加企業・大学・公的研究機関	
ナノ機能粒子カプセル成形技術	17	ダイセル化学工業(株)、大日本塗料(株)、東洋インキ製造(株)、チッソ(株)、日立化成工業(株)、(株)リコー、大日本印刷(株)、富士写真フィルム(株)、千葉大学、岡山大学、東京農工大学、山形大学、新潟大学、九州工業大学、宮崎大学、信州大学、(独)産業技術総合研究所

5.2 研究開発プログラムの効率性

5.2.1 プログラム構成の適正性

ナノテクノロジープログラムは、図4.1.2.1に示されるように、基盤研究事業において、材料面から見ると金属材料、有機（高分子）材料、無機材料及び炭素材料等、産業の基盤となる材料の大部分を対象としている。また、プロセス面からは、超微粒子、界面及び機能構造の相関等、プロセス技術の主要部分をカバーするとともに、産業化に必要な加工技術、知的基盤計測技術を含めている。さらには、これら各事業の成果を知的基盤としてプラットフォーム化し、将来のナノテクノロジーの基盤として活用できる仕組みとなっており、各事業の成果を縦横に活用できる。また、我が国として米国に遅れをとっている分野「バイオテクノロジー分野」において、我が国が優位な状況にあるナノテクノロジー加工技術等の活用により、失地挽回を図る戦略として、融合研究「ナノテクノロジーバイオプロジェクト」を実用化研究に組み込んでおり、施策全体としての連携効果が期待される。

（1）事業構成

有識者より以下のようなコメントを得ている。

・ナノテクノロジープログラムは、ナノマテリアル・プロセス技術、ナノ加工・計測技術、ナノテク実用化材料開発、ナノバイオテクノロジープロジェクトと分類される事業構成となっており、良くできている。

・研究開発フェーズの視点では、ナノテクノロジープログラムは、基礎・基盤研究開発事業とFocus 2.1に代表される実用化開発事業で構成されている。ナノテクノロジーにおいては、基礎・基盤研究と実用化・産業化は非常に近い距離にあることから、このような事業構成は非常に良い。特に、Focus 2.1プロジェクトは事業化・応用化に関しての先鞭だが、プログラムも一歩進んだとの認識である。今後とも積極的にやってもらいたい。

一方、ナノテクノロジープログラムにおいては、外部から見ると、プログラムの戦略や何をやっているかがよくわからない、との意見もでている。外部に対する広報活動の強化が求められている。

（2）事業分類

ナノテクノロジープログラムにおける基盤研究事業においては、材料面からは金属材料、有機（高分子）材料、無機材料及び炭素材料と、産業の業種をベースにした分類となっている。また、プロセス面からは、超微粒子、界面及び機能構造の相関と産業化に必要な加工技術、知的基盤計測技術となっている。

このような分類による研究開発の推進に対し、有識者からは、

企業は自社が属する業種関心が高いことから、業種に分化したテーマの分類が必要である。その意味から、ナノテクノロジープログラムは非常に理解しやすい。ただし、マネジメントにおいて異分野での融合を促進する必要がある。

一方、ナノテクノロジーにおいては異分野の融合研究が重要であることから、このような分類では融合研究が推進されない。

と相反する意見が出されている。しかしながら、何れにおいても異分野における融合研究

の重要性が指摘されており、異分野における融合研究促進の仕組みづくりの検討が必要と考えられる。

5.2.2 研究開発マネジメントの妥当性

ナノテクノロジープログラムにおける各事業においては、従来とは異なる研究開発マネジメント（プロジェクトマネジメント）体制を敷いている。すなわち、従来では、各事業におけるプロジェクトリーダーは研究開発実施者の中から人選することが大半であったが、本プログラムにおける各事業では、大学あるいは国立研究所等より、該当分野における第一人者をプロジェクトリーダーとし、研究開発実施者との密な連携のもとで、各事業での研究開発を強力に推進する体制としている。

しかしながら、逆に基礎・基盤研究と実用化・産業化が非常に近いナノテクノロジー分野の事業において、プロジェクトリーダーが大学あるいは国立研究所から選出されている事業が多いことは、真のプロジェクトマネジメントになっているかとの指摘も有識者から出ている。例えば、プロジェクトリーダーの他にプロジェクトマネジャーを採用し、そのマネジャーにはプロジェクトに参加していない企業からの人材を当ててはどうかとの意見もある。また、本プログラムが多くの事業より構成されていることから、プログラム全体としてのマネジメントが非常に重要である。この意味から、本プログラムにおいては、NEDOにおいてナノテクノロジー・材料技術審議委員会を設置し、プロジェクトリーダー参画のもとでプログラム全体のマネジメントを実施している。具体的には、第1回ナノテクノロジー・材料技術審議委員会が2003年9月に開催されている。

しかしながら、有識者によると、ナノテクノロジープログラムでは異分野の融合が重要であり、図4.1.21のように、横（技術の種類）と縦（材料の種類）が交差しているような仕組みは非常に良いが、実際にはプログラムにおける各事業は、独自性が強く、実際には図のような形にはなっていないとの指摘もでている。

さらに、総合科学技術会議におけるナノテクノロジー・材料研究開発推進プロジェクトチームにおいて、文部科学省等のナノテクノロジー関連施策を含めて実施すべき、等のコメントが有識者よりでている。

5.2.3 プロジェクト（事業）間での連携

ナノテクノロジープログラムでは、産学官の総力を結集して研究開発を推進するとしており、一つの事業においても多くの企業と大学及び国立研究所等が参画している。事業における研究開発の加速、実用化・産業化への展開の面からは、事業における研究開発実施者の密な連携が必須といえる。

そこで、本プログラム参加企業に対し、事業を実施する上での他の機関との連携について、アンケート調査を実施した。結果は、図5.2.1に示すとおり、21社が連携は非常に良かったとの回答であり、連携はほとんどしなかった企業9社を大きく上回っている。

連携が良かった理由としては、集中研究方式により関連する技術との連携が容易、あるいは円滑な研究ができた、他の機関の設備を有効利用できた、企業の得意分野と連携先の技術

の融合により補完的に効率よく開発が進んだ、他研究機関の動向、市場ニーズが把握できた、人的ネットワークにより情報収集が容易になりビジネスモデル策定に役立った、特に大学との連携は非常に良かった、等である。

一方、連携はほとんどしなかった理由としては、基盤技術分野が全く異なるため、有効な相手を見つけ出せなかった、あるいは、現在までの研究ステージでは他事業との情報交換は必要なかった等である。

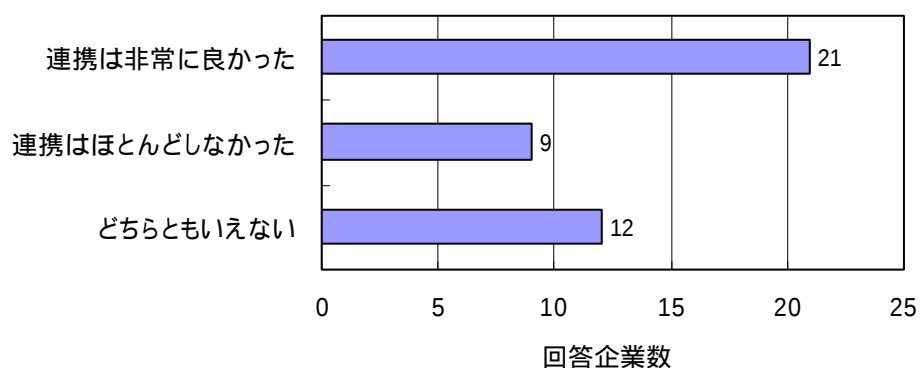


図 5 . 2 . 1 事業における研究開発実施者の連携

6．分析結果を踏まえた今後の改善策等

6．1 研究開発プログラムの成果

- ・ ナノテクノロジープログラムは、ナノテクノロジーの基盤となるナノマテリアル・プロセス技術の研究開発事業、これら成果の産業化展開の橋渡しとなるナノ加工・計測技術の研究開発事業、基盤研究における成果の実用化・産業化を促進するナノテク実用化材料開発事業、ナノテクノロジーのバイオ分野への適用を図るとともにナノテクノロジーの特徴である融合研究を促進するためのナノバイオテクノロジープロジェクト及び産業化支援を促進するための研究開発調査事業で構成しており、基礎・基盤研究成果の活用による実用化・産業化の促進、あるいは、情報の共有、異分野の融合を促進し、施策パッケージとしての相乗効果が期待できるプログラム構成となっている。
- ・ ナノテクノロジープログラムにおいては、産官学の総力を結集して研究開発を推進していることから、多数の企業、多数の大学がプログラムの各事業に参画している。その結果として、我が国におけるナノテクノロジーの研究交流基盤やビジネス交流基盤の拡大につながっている。例えば、2004年3月に開催された「国際ナノテクノロジー総合展・技術会議」には、262の機関が出展し、開催期間中32,475人が来場しており、2002年との比較において、何れも約3倍程度の増加となっている。
- ・ また、プログラム参加企業においては、他企業、大学等との連携による共同研究が強化されており、ナノテクノロジープログラムの実施により、国内の大学・公的研究機関及び国内の異業種企業との連携の機会が、産業界に与えられたともいえる。
- ・ ナノテクノロジープログラムを構成する事業の大部分(27事業)が継続事業であり研究開発途上であるが、既に成果事例(P.46 表4.1.4参照 例：炭素系高機能材料、ナノガラス、ナノ機能合成技術)も報告されてきており、近い将来において、我が国企業によるナノテクノロジー関連製品の市場創製が期待できる。特に、プログラムの実施主体であるNEDOとナノテクノロジービジネス推進協議会(NBCI)との連携により、プログラムで開発された材料等の評価をNBCI参加企業において実施しており、実用化・産業化の促進につながるものと考えられる。

6.2 今後必要な改善点

基盤技術の充実

- ・ 外部から見ると、本プログラムにおいて何を目的としている、何を実施している、そのための基盤強化をどうやっていくかが見えにくい。プログラムの進め方をレベルアップするとともに、外部への広報活動の強化が必要である。
- ・ N E D Oにおいて、ナノテクノロジー・材料技術審議委員会を開催しているが、委員会においては、問題となった点を個別に改善することは出来ても、事業全体を組み直すということは難しく、企画立案段階の内容、レベルを前提にするという点で限界が生じている。従って、企画立案時における十分な検討が必要である。
- ・ ナノテクを支える周辺技術の開拓、例えば微小領域分析技術のようなものは戦略的に取り組む必要がある。

実用化の強力な推進

- ・ プログラムの成果としての市場規模については、ナノテクノロジービジネス推進協議会（N B C I）がロードマップを策定中であることから、このような民間のロードマップに基づいた市場、技術課題についても十分に勘案する必要がある。

異分野融合

- ・ ナノテクノロジーは、異分野の融合が必要であり、プログラム全体のマネジメントが重要である。プログラムは、各事業が縦・横に連携しているように表現されているが、実際は、プログラム全体のマネジメントがなされているとは言い難く、各事業が独立して進み、連携の効果が薄れてしまうことのないよう努める必要がある。
- ・ ナノテクノロジーでは、基礎・基盤研究と応用・実用化が非常に近接しており、かつ技術の変化も早い。したがって、基礎・基盤研究と応用研究の関係者が情報を共有する必要がある。このためにも、異分野融合の環境づくりを一層進める必要がある。
- ・ 例えば、異分野融合を進めるために、図4.1.21（P.40）に示す「粒子」、「界面」等の横断的なグルーピングを行うことも考えられる。
- ・ そういう意味では、異分野融合を加速する体制を整えることも重要である。

マネジメントの強化

- ・ ナノテクノロジープログラムにおいては、プログラム全体のマネジメントが十分になされているとは言い難く、情報の共有、異分野の融合において未だ努力の余地があるとの指摘を有識者から得ている。今後の課題として、プログラム全体のマネジメントを強化する必要がある。
- ・ マネジメントの一手法として「ロードマップ」や、「ステージゲート手法」の活用等を検討することが重要である。

戦略の作成

- ・ 10年、20年先の産業社会のイメージを作り、そこからブレイクダウンして具体的なプロジェクト課題を設定するといったような戦略を作成することが重要である。

脚注

1

PATOLISによる特許調査は以下の前提条件で実施した。なお、PATOLISにおけるナノテクノロジーに関する検索キーワード(FI)として、A61K9/51(ナノカプセル)、B82B1/00(ナノ構造物)、B82B3/00(ナノ構造物の製造または処理)、C01B31/02, 1 0 1@F(フラーレン類・ナノチューブ)及びZNM(ナノテクノロジー応用技術)があるが、A61K9/51(ナノカプセル)はバイオ関連が主となっており、かつ、ZNM(ナノテクノロジー応用技術)は半導体関連が多数含まれていたことから、「ナノテクノロジープログラム」の各事業と関連の深い下記の3つのキーワード(3分野)に関する特許についての調査・分析とした。

検索：FI 検索(出願ベース)

キーワード：FI

B82B1/00(ナノ構造物)

B82B3/00(ナノ構造物の製造または処理)

C01B31/02, 1 0 1@F(フラーレン類・ナノチューブ)

調査対象：2004年2月調査時での公開特許

注：PATOLISによる特許調査時点(2004年2月初旬)での2002年の出願特許(公開分)については、前半に出願された特許が公開されているのみで、後半に出願された特許は非常に少ない(出願から公開まで最長1.5年を必要とする)。したがって、2002年の特許件数は参考値として取り扱う。

2

広域分類は大分類「28」と中分類「133」に分類されている。

3

論文検索対象

a. 検索期間：1993年 - 2003年

b. 文献検索用データベース：INSPEC、JICST、PQASCAL、CA Search、の4つのデータベースを使用し、それぞれの重複を除いた。それぞれのデータベースの特徴は以下の通り。

INSPEC；4100誌以上の雑誌と逐次刊行物が対象。1969年から1998年3月現在で390万件を収録。

JICST；6000点以上の雑誌、定期刊行物が対象。1985年から現在まで260万件を収録。

PQASCAL；8500誌以上の雑誌・定期刊行物が対象。1973年から現在まで700万件収録。

CA Search；1967年から現在まで、1700万件以上を収録。

c. 国の識別：著者の所属機関の国名を論文所属国とした。

- d. 検索式：ナノカプセル、ナノチューブ、ナノ構造体、ナノ構造形成に関する検索式を表 7.1 に示す。なお、これらの検索式は、特許庁編「2002 年度特許出願技術動向調査 2 ナノテクノロジー」に拠った。

表 7.1 ナノマテリアル、ナノ構造分野に関する検索式

対象分野	検索式
ナノカプセル	NANOCAPSULE?+NANODROPLET+NANOEMULSION?+NANOCAGE?
ナノチューブ	NANOTUB?+NANOWIRE?+NANOWHISKER?+NANOROD?+NANO-CYLINDER?+NANOFIBRIL?+NANOPPIPE?+NANOCONE?+NANO-FILAMENT?+NANOHORN?
ナノ構造体	NANOPOROUS?+NANOLAYER?+NANOLAMINATE?+NANOSTRUCT?+MOLECULARLAYER+(ULTRAFINESTRUCTURE?+HYPERFINE-STRUCTURE?+ULTRAFINEPATTERN)*(NANOMETER?+NANOSIZE?+NANOORDER?+NANOSCALE?+NANOPHASE)
ナノ構造形成	(NANOFABRICATION?+NANOLITHOGRAPH?+SELFASSEMBL?+SELFORGANIZ?+LANGMUIRBLODGETT?+LBFILM?) NOT (ナノ構造体の検索式)

参考 1 用語解説集【50音順】

埋め込み型導波路

屈折率の高いコアとコアの周囲を屈折率の低いクラッドが覆い、この材料界面での全反射により光を閉じこめて任意の方向に導く素子で、基板上に光ファイバーのような構造を埋め込んだもの。

エッチング etching

化学反応によって薄膜を削る方法。液体を用いるウェットエッチング、ガスを用いるガスエッチングがある。半導体素子の微細加工プロセス等に利用されている。

エミッタ emitter

増幅またはスイッチング機能を持つトランジスタの端子の一つ。n型半導体からなる。

加圧流動床法

大きさ数mmのマグネシア担体上に触媒金属を担持して、マグネシア担体の表面に単層ナノチューブを合成する方法。このマグネシア担体をガスで流動させ、流砂のような状態を流動床と呼び、1気圧以上の圧力でも操作出来ることから、加圧流動床と呼ぶ。

カーボンナノチューブ carbon nanotube

グラファイトのシートが筒状に丸まった物質で、直径数nm、長さ1μm程度である。CNTと略記されることもある。1991年、飯島博士により発見された。金属的から半導体的に制御できる電気特性と、軽量、高強度、柔軟な機械特性、分子修飾やガス吸着に優れた化学特性を持つ。単層CNTは燃料電池、リチウム二次電池負極等の用途に、多層CNTはFED用エミッタ、超高強度材料、複合材料等に用いられる。

可逆的屈折率変化

屈折率が可逆的に変化すること。Co₃O₄系ナノガラス薄膜材料が青紫色半導体レーザー（波長：405nm）照射のON/OFFにより屈折率が可逆的に高速かつ大きく変化することを使って、記録密度と転送レートを飛躍的に向上させたDVDが可能となる。

気相流動法

直径1nm～数nmの超微粒子金属を触媒として、気相中で単層ナノチューブを合成する方法。

コンビナトリアルケミストリー法

数多くの化合物を一度に合成して、その中から求めている物質を探し出そうとする技術。あるパラメーターをX軸、Y軸に割付け、細かくメッシュを切り、小刻みに条件を変えた材料を合成して、最適点をマトリックス的に求める。機械化により合成から評価まですべて自動で行えるため、新物質の早期発見が可能となる。

スピンエレクトロニクス spin electronics

電子の電荷に加えて、電子のスピンを制御して、高性能なトランジスタやメモリといった機能デバイスを創製しようとする研究領域。超高密度メモリへの応用や超高速、大容量、低エネルギー、超高密度記録メモリへの応用が期待されている。

スラブ導波路

2枚の物質の異なる薄膜で形成された導波路で、横方向へ自由空間伝播する導波路。光の波長によって自由空間伝播による光の広がり方が異なる。

走査プローブ顕微鏡 scanning probe microscope (SPM)

ナノスケール、原子スケールの分解能を有する顕微鏡で、結晶表面や微細な構造評価のために用いられる。プローブを試料表面に近づけると検出される電流によって試料が観察できる走査トンネル顕微鏡、原子間力で評価できる原子間力顕微鏡等がある。

テラビット tera bit

1兆ビットのこと。テラとは10の12乗を表す単位系の接頭語。

ドーピング dope

半導体でP形、n形等の特性得るために行われる不純物添加をいう。

トップダウン top-down

バルク材料を破壊、加工して微細化していく手法。半導体の回路製造時のリソグラフィ、エッチング等が代表的な方法である。

ドメイン

他種類の樹脂を混合した場合、均一に分散せずに相の分離を起こす事がある。それぞれの相をドメインと呼ぶ。小さい方のドメインのサイズによりマイクロドメイン、ナノドメインなどの用語で使われる。

ドラッグデリバリー DDS を参照

ナノ nano

十億分の一を表す単位系の接頭語。例えば、1nmは10億分の1m、1ngは10億分の1g。

ナノ加工 nanomachining

原子・分子・ナノスケールから物質やデバイスを組み立ててナノ構造体を作る技術。近接場光技術やプローブ顕微鏡等でナノ操作する。

ナノカプセル nanocapsule

ナノサイズの中空状物質。内部に他の物質を充填させて運搬、保存等を行う。DDS等への応用がある。

ナノカーボン nanocarbon

カーボンナノチューブ、フラーレン、ダイヤモンド超微粒子等、炭素で構成されたナノ粒子。

ナノガラス nanoglass

ナノメートルスケールで構造を制御することにより、従来のマクロな構造制御では得られなかった光学的、電磁氣的、機械的及び化学的特性・機能を取るガラス材料を言う。超高速光通信が可能な光デバイス材料等が主要なターゲット。

ナノ計測 nanometry

個々の原子または分子レベルのナノスケールを測るもので、ナノテクノロジーの基盤技術。物理特性、空孔特性、表面構造、熱物性等の測定が求められる。電子顕微鏡、走査型プローブ顕微鏡、近接場光、X線などを用いる。

ナノコンポジット nanocomposite

分子・ナノレベルで異種物質を分散した複合物で、分散相の大きさが1～100nm程度のもの。引張強さ、弾性率、熱変形温度等の物性が向上する。金属系、セラミック系、高分子系等があり、光学、磁性、電気・電子、コーティング等の分野で応用される。

ナノテクノロジー nanotechnology

物質をナノ(1nm=10億分の1m)レベルすなわち原子・分子レベルで操作・制御し、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や優れた特性を引き出す技術であり、製造技術としての材料組成・組織制御技術、微細加工技術、計測技術の進展によりナノスケールに至るトップダウン型と、原子・分子レベルから自己組織能力等を活用しつつ、ものを組み上げるボトムアップ型がある。

ナノデバイス nanodevice

従来電子デバイスの微細加工では線幅50nm程度が限度であり、それ以下を志向する場合は「ナノデバイス」が必要。その際、ボトムアップ法での作製が注目を集めている。量子効果、光、DNA等を用いたデバイスの研究が行われている。

ナノメタル nanometal

組織・構造を約100nm以下のナノスケールで制御した金属。金属に含まれるナノ粒子により金属材料結晶粒径が微細化されることで、強度、靱性、耐食性の向上が図られる。鉄系、アルミニウム系、銅系等で開発が進められている。

ナノ粒子 nanoparticle

原子・分子が集合・反応・成長して生成したクラスター(ナノメートルサイズ)がさらに成長してできる超微細粒子。粒径は1～100nm。

ナノワイヤ nanowire

ナノサイズの細線。金、銅、ニッケル、コバルト、すずなどの金属ナノ細線、硫化カドミウム、セレン化カドミウムなどの半導体ナノ細線、カーボンナノチューブ、ポリマーなどの高分子ナノ細線がある。

バイオセンサー DNA sensor

生物の物質認識能を利用したセンサーであり、例えばDNAの持つ生体情報を利用する。基質認識によってDNAが何らかの変化をおこし、その変化を電気信号でキャッチするもので、基質濃度などを測定するセンサー。

バイオチップ biochip

バイオ分子(プローブ)とターゲット化合物を接触させ、相互作用を検出する生化学的な手法の中で、検出/解析を可能としたもの。DNAチップ、たんぱく質チップ等がある。

バイオリアクター bioreactor

生化学反応によって、有用物質の生産、環境汚染物質の分解等を行う反応装置。酵素や微生物、細胞、組織等の生体機能を有効に利用する。

ビア配線

LSI(超高集積回路)の内部で、シリコンで出来た微細トランジスタからの信号の出し入れに使われる配線。基盤に対して縦方向の配線をビア配線と呼ぶ。

光触媒 Photocatalyst

光エネルギーを用いて酸化還元反応を引き起こす物質で、酸化チタンが代表的である。光触媒に光(紫外線)が当たると強力な酸化力を持つ OH ラジカルが発生し、化学物質を分解し、無害化する。

比屈折率差

光導波路は光信号の伝搬領域となる屈折率の高いコアとこれを覆う屈折率の低いクラッドから構成されており、このコアとクラッドの屈折率の差をコアの屈折率で割ったもの。光導波路中の光伝搬特性はコアのサイズと比屈折率差によって決定される。

標準物質 reference material

計量器の誤差の測定に用いるもの。又は、測定装置の校正、測定方法の評価又は材料に値を付与することに用いるために一つ以上の特性値が十分に均一で、適切に確定されている材料又は物質 (JIS Q 0030 参照)。

フォトニック結晶 photonic crystals

光波長と同程度の周期的な屈折率分布を持ち、光の伝播や発光を制御できる人工結晶。その周波数で特有な色や電気特性をもつ。

プラストマー特性

プラスチックのように可塑性(力を加えた後に変形する性質)をもつ高分子化合物の総称をプラストマーと呼ぶ。これに対してゴムのように弾性(力を加えた後に元に戻る性質)に富む高分子化合物の総称はエラストマーと呼ばれる。

可塑性を持ちつつ弾性を持つ材料もあり、プラストマーとしての特性は多様である。

プラズマ plasma

イオン、電子、中性粒子等からなる電氣的に中性の物質集団。気体、液体、固体に続く第4の状態と言われる。

フラレネン Fullerene

炭素原子 60 個がサッカーボールのように球状に並んでいる物質。グラファイトに比べて電気を通しにくく、カリウムと一緒にだと超伝導性を示し、有機溶媒に溶け赤紫色に着色するなどの特性を持つ。デバイス材料や環境、触媒分野への応用研究が進められている。

プローブ probe

探針のこと。ナノテクノロジーの分野では、表面のナノ領域を調べるための電極、探針、センサー等を含む。シリコン、タンゲステン、CNT等が用いられる。

分子コンピューター molecular computer

生体分子が潜在的にもつ計算機能を利用して計算機として応用するもので、DNA, RNA、たんぱく質等の生体分子の形態変化、自己会合、拡散、変異等を活用して並列、分散、自己組織化、進化等の計算機構を実現する。

ボトムアップ bottom-up

原子・分子を物理的又は化学的な方法で反応させながらナノ構造に集積させる手法。PVD、CVD等が代表的な方法である。原子・分子レベルでの制御が可能であるが、生産性が低い。

ポリマー polymer

高分子重合体。

マイクロマシン micromachine

半導体の微細加工技術を応用して製造されたマイクロオーダーの微小機械、センサーなどの総称。電氣的要素、機械的要素、科学的要素のいくつかの組み合わせを集積させる。

米国では MEMS、ヨーロッパではマイクロシステムと呼ばれる。

リアクティブプロセッシング

溶融成形を行う際に、熱により物理的に溶かすだけでなく化学反応も同時に行い、材料の性能向上を行う成形技術。

リソグラフィー lithography

集積回路素子のパターンを作成するプロセスに使われる。フォトリソグラフィーは、光を使って基板表面にコーティングしたフォトレジストにパターンを書き込み、エッチングによって表面を削ってパターンを作製する技術であり、他に電子線やイオンビーム等を用いる方法もある。

量子コンピューター quantum computer

電子一つ一つの動きを制御できる量子ドットデバイスを用いたコンピューター。量子ドットとは半導体や金属等で作られたドット状（数十～数百ナノメートル）の微小粒子である。

レジスト resist

半導体デバイス微細加工用高分子保護膜で、感光性樹脂が用いられる。感光、不感光部の反応の差を利用してパターンを描く。リソグラフィーで用いられる。

CVD chemical vapor deposition

物理蒸着、物理気相蒸着、物理気相成長法と言われる。デポジットしたい物質を加熱し、水素・窒素等のガスをキャリアとして基板上に供給し、化学反応を進行させて成膜させる。

CWDM Coarse Wavelength Division multiplex

WDMは1本の光ファイバに異なる波長の光を通してチャンネルを多重化することで、大容量のデータを双方向で伝送することを可能にするもの。DWDM(高密度波長多重通信)とCWDM(低密度波長多重通信)があり、基幹系WDMシステムでは大容量化を目的にDWDM化が進んでいるが、中短距離系のメトロネットワークでは、低コストなネットワーク構築が可能なCWDMが用いられる。

DDS drug delivery system

必要な時間、必要な量の医薬品を患部に送達するシステム。医薬品の副作用問題を解決し、医薬品投与の最適化を図ることを目的とする。高分子ポリマーに結合した医薬品が体内で切断制御できるよう制御するシステムや、分子集合体や微粒子に医薬品を内含したシステム等が開発中である。

DNA deoxyribonucleic acid

デオキシリボ核酸の略語。生体細胞内にある遺伝子本体である。

DVD digital versatile disk

データ記憶媒体の一種で、CD と同じ光ディスクメディア。CD に比べて約 1 0 倍の記録密度を持つ。

EB electron beam

高電圧の陰極から発生する電子ビームで、テレビやパソコン CRT のブラウン管等で使用されているが、電界電子放出ディスプレイ(FED)でも放出される。

EUV extreme ultraviolet

きわめて波長の短い紫外線を言う。波長は 15 ~ 19 nm。

FED field emission displays

電界電子放出ディスプレイ。大画面で高精細、低消費電力化が期待できるディスプレイと言われる。FED 材料として、化学的に安定で効率よく電子を放出できるカーボンナノチューブ、グラファイトナノファイバーなどが用いられる。

GMR giant magneto resistive

巨大磁気抵抗効果。磁界の印加により磁性層の磁化が平行になることで、磁性層 / 非磁性層の界面での電子の散乱確率が変わるため、電気抵抗が大幅に変化する。

MEMS micro electromechanical system

マイクロマシンと同意味。

PVD physical vapor deposition

物理蒸着、物理気相蒸着、物理気相成長法等と言われる。真空容器中で原子・分子等の成膜物質を気化させ、基板上にデポジットさせる方法。2つの方法があり、スパッタリング法はイオンをターゲットに衝突させることで表面の原子・分子を反動ではじき出し、基板上に蒸着させる方法で、蒸発法は高真空中で材料を加熱蒸発させて基板上に成膜する。

UV ultraviolet

紫外線。

参考2 施策に関する情報リンク（URL 等）

- 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合機構（NEDO）ナノテクノロジー・材料技術開発室

Home Page Address : <http://www.nedo.go.jp/activities/sangi/index.html>

概要：ナノテクノロジー・材料分野関連の研究開発の中核的实施機関として、ナノテクノロジープロジェクトを推進。

研究開発内容：下記のNEDOプロジェクトを除く、ナノテクノロジープログラムにおける研究開発事業を推進

- 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合機構（NEDO）バイオテクノロジー・医療技術開発部

Home Page Address : <http://www.nedo.go.jp/activities/sangi/index.html>

研究開発内容：ナノバイオテクノロジープロジェクトを推進。

- 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合機構（NEDO）電子・情報技術開発部

Home Page Address : <http://www.nedo.go.jp/activities/sangi/index.html>

研究開発内容：ディスプレイ用高強度ナノガラスプロジェクト及びカーボンナノチューブFED プロジェクトを推進。

- 独立行政法人産業技術総合研究所高分子基盤技術センター

研究開発内容：精密高分子技術の研究開発。

- 独立行政法人産業技術総合研究所ナノテクノロジー研究部門

Home Page Address : http://unit.aist.go.jp/nanotech/index_j.html

概要：産業技術総合研究所におけるナノテクノロジーの中心として、ナノメートルスケールにおける物質研究の新たな手法やコンセプトの開拓から、生体を含むナノ構造物質の持つ諸現象の解明と応用、そしてそれらの産業技術への展開までを幅広く先導。

研究開発内容：ナノ機能合成技術の研究開発。

- 独立行政法人産業技術総合研究所計測標準研究部門

Home Page Address : <http://www.nmij.jp>

概要：ものを測るときの基準（計量標準）を作り出すための技術開発やそのための研究、作り出した計量標準を我が国の社会、産業界に供給、また我が国の計量標準が他国と同等であることを確かめる技術業務を担当。

研究開発内容：3D ナノメートル評価用標準物質創製技術及びナノ計測基盤技術の研究開発。

- 独立行政法人産業技術総合研究所計測フロンティア研究部門

Home Page Address : <http://unit.aist.go.jp/riif/index.htm>

概要：計測・評価技術のニーズを分野横断的に汲み上げ、先進的な計測・評価技術の開発を行うとともに、その応用および標準化を行う。プロジェクトでは計測技術から派生した高度な制御技術を応用して、高品質な物差し物質の開発を担当。

研究開発内容：3D ナノメートル評価用標準物質創製技術。

○独立行政法人産業技術総合研究所ダイヤモンド研究センター

Home Page Address : http://www.aist.go.jp/aist_j/research/research.html

概要：材料としてのダイヤモンドの可能性、とりわけ電子材料としての応用を大きく花開かせるために、物性の基礎的な研究、素材の合成から製品開発まで幅広い研究を行う。

研究開発内容：ダイヤモンド極限機能プロジェクトを推進。

○独立行政法人産業技術総合研究所新炭素系材料開発研究センター

研究開発内容：炭素系高機能材料技術の研究開発。

○独立行政法人産業技術総合研究所関西センター光技術研究部門

Home Page Address : http://www.aist.go.jp/aist_j/organization/organization.html

概要：光の持つ特徴を生かして、産業技術や人間生活に役立つ光技術の研究開発を行っている。

研究開発内容：ナノガラス技術の研究開発。

○財団法人化学技術戦略推進機構

Home Page Address : <http://www.jcii.or.jp/>

概要：化学技術を通して社会の持続的発展に寄与する公益法人。

研究開発内容：精密高分子技術、ナノ粒子の合成と機能化技術、ナノ機能粒子のカプセル成形技術、材料技術の知識の構造化、等の研究開発。

○社団法人ニューガラスフォーラム

Home Page Address : <http://www.ngf.or.jp/>

概要：ニューガラスの産業および技術開発等に関する情報の収集・提供、調査研究、国際交流、研究開発等を行うことによって、ニューガラス産業の基盤の整備及び振興を図り、産業の発展、国民生活の向上、国際経済の繁栄に寄与することを目的としている。

研究開発内容：ナノガラス技術、デバイス用高機能化ナノガラスプロジェクトを推進。

○財団法人大阪科学技術センター

Home Page Address : <http://www.ostec.or.jp/>

概要：産・学・官の連携による先端科学技術の研究開発を推進するとともに、今日の重要な課題である地球環境問題への対応としてエネルギー・環境技術開発に取り組んでいる。また、国内外の社会経済環境が大きく変化する中、近畿圏域の再活性化をめざし地域・産業活性化基盤整備に向けた活動を行っている。

研究開発内容：ナノメタル技術、次世代量子ビーム利用ナノ加工技術の研究開発。

○財団法人金属系材料研究開発センター

Home Page Address : <http://www.jrcm.or.jp/>

概要：金属系材料（金属及び半金属、並びにこれらを構成要素の一とする材料をいう）の製造及び利用に関する研究開発を行い、金属系材料に係る新機能の付与、品質の改善向上、利用の拡大、製造プロセスの革新等を図ることにより、金属系材料に関連する産業を振興し、もって我が国経済の発展と国民生活の向上に資することを目的とする。

研究開発内容：ナノメタル技術の研究開発。

○財団法人ファインセラミックスセンター

Home Page Address : <http://www.jfcc.or.jp/>

概要：ファインセラミックスに関する統一的試験評価体制の整備を中心とする技術的基盤の整備及び研究開発を通じて同製品の品質の改善・向上に資するとともに、今後の利用および用途の拡大に寄与することにより、ファインセラミックスに関連する産業を振興し、もって我が国経済の発展と国民生活の向上に貢献することを目的とする。

研究開発内容：ナノカーボン応用製品創製プロジェクト、ナノコーティング技術、炭素系高機能材料技術、ナノ計測基盤技術の研究開発。

○社団法人日本ファインセラミックス協会

Home Page Address : <http://www.jfca-net.or.jp/>

概要：ファインセラミックス産業に関する情報の収集・解析からわが国の技術戦略や市場及び技術動向の調査研究に至るまで多岐に亘る活動を実施。

研究開発内容：ナノコーティング技術の研究開発に関する調査。

○ファインセラミックス技術研究組合

Home Page Address : <http://www.synergy.or.jp/>

概要：構造材料を含めた「ファインセラミックス」の研究開発を促進

研究開発内容：ダイヤモンド極限機能、カーボンナノチューブ FED プロジェクトの研究開発。

○独立行政法人物質・材料研究機構

Home Page Address : <http://www.nims.go.jp/jpn/>

概要：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行うことにより、物質・材料科学技術の水準の向上を図る。

研究開発内容：ナノコーティング技術、材料技術の知識の構造化、ダイヤモンド極限機能プロジェクト、炭素系高機能材料技術の研究開発。

○ 社団法人化学工学会

Home Page Address : http://www.scej.org/jp.html/index_j.htm

概要：化学工学の学術的水準の進展を支え、人材を育成し、それらの成果を社会に有機的に還元するための中心的学会として活動する。

研究開発内容：材料技術の知識の構造化の研究開発。

○ ナノテクノロジービジネス推進協議会

Home Page Address : <http://www.nbci.jp/>

概要：21 世紀を担うナノテクノロジーとビジネスをマッチングし新しい産業を発掘することを目的としている。

研究開発内容：NEDOとの連携でプログラム成果のサンプル評価（NEDO - NB C I 共同マッチング事業）を推進。

参考 3 施策効果の把握に関する調査・分析方法等

3.1 アンケート調査

「ナノテクノロジープログラム」の必要性、有効性、効率性等を分析するために、本プログラムの中で、2002年度までに開始した事業を対象に、事業への参加企業（研究開発実施者）に対してアンケート調査を実施した。なお、2003年度開始事業については、効果等の検証が困難であることからアンケート対象からは除外した。アンケートは、8事業の79企業に送付し、合計43社より回答があった（表R.3.1.1）。

ここで、アンケート項目は、事業の参加目的、事業の目標・実施状況・事業化見通し、研究開発費、研究者数、他企業・大学等との連携、事業効果の状況、当該分野の研究、研究開発状況、研究開発規模、及び研究開発マネジメントについてである。

表 R.3.1.1 ナノテクノロジープログラム参加企業へのアンケート調査

事業（プロジェクト）	送付	回答	回収率(%)
精密高分子技術	20	10	50.0
ナノガラス技術	9	5	55.6
ナノメタル技術	12	7	58.3
ナノカーボン技術	8	5	62.5
ナノ粒子の合成と機能化技術	12	8	66.7
ナノコーティング技術	6	3	50.0
ナノ機能合成技術	4	1	25.0
ナノ機能粒子カプセル成形技術	8	4	50.0
合計	79	43	54.4

表 R 3 . 1 . 2 ナノテクノロジープログラム参加企業へのアンケート調査概要

＜ナノテクノロジープログラムの施策評価のためのアンケート調査＞ 『調査票』					
アンケート対象事業：平成14年度以前に研究開発を開始した事業（平成15年度以降開始の事業は対象外）					
本アンケートは、各事業のプロジェクトリーダー（又はNEDO担当者）及び事業の参加企業を対象に実施します。それぞれ、各つきの項目についてご回答をお願い致します。（例：PL又はNEDOのご担当者への質問項目は3つです）					
以下の表に、関係事業名（プロジェクト名）、組織・会社名、回答者氏名をご記入のうえ、アンケート項目にご回答願います。					
アンケートに対する回答は「回答欄」に、アンケート内容の対応数値をご記入下さい。一部の問については、同時に、金額、人数、コメント等をご記入下さい。					
事業名（プロジェクト名）					
会社名					
回答者氏名 E-mail					
評価の観点	評価の観点	アンケート項目	回答		アンケート内容
			PL又はNEDO	企業	
1 目的	事業の参加目的	① 当該事業参加の目的として、参加当時、技術的な成果以外に何かありましたか（複数回答可）。	-		1. 新産業場の創出 2. 雇用創出 3. 基盤技術の確立 4. 研究開発者の育成 5. 研究費の確保 6. 他企業・大学等との連携 7. 世界の市場を主道 8. 国際競争力の維持・促進 9. その他（ ）
		② の中で重要視したものに優先順位をつけてください。3項目以上有る場合には、優先順位は3項目まで挙げてください。	-		1. , 2. , 3.
2 事業の目標・実施状況・事業化見通し	目標技術レベル	① 当該事業における目標技術レベルは如何ですか。	-		1. 収束に際する 2. 収束と同レベル 3. 収束より若干劣る 4. 予定以上に進んでいる 5. 予定通りである 6. 遅れ気味である 7. 実用化の見込み 8. 実用化は現時点では不明 9. 実用化は現時点では不明
	事業化見通し	② 現在において、当該事業の成果による実用化の見通しは如何ですか。	-		1. 実用化の見込み 2. 実用化の見込み 3. 実用化の見込み 4. 実用化の見込み 5. 実用化の見込み 6. 実用化の見込み 7. 実用化の見込み 8. 実用化の見込み 9. 実用化の見込み
	事業化の課題	③ 現時点で懸念される当該事業の成果による実用化課題があったら教えて下さい	-		
3 有効性評価	前後比較	① 当該プログラムに参加して、貴社におけるナノテクノロジー分野の研究開発費は変化しましたか。	-		1. 研究開発費は増加した 2. 研究開発費は増加した 3. 研究開発費は増加した 4. 研究開発費は増加した 5. 研究開発費は増加した 6. 研究開発費は増加した 7. 研究開発費は増加した 8. 研究開発費は増加した 9. 研究開発費は増加した
		② 当該プログラムに参加して、貴社におけるナノテクノロジー分野の研究開発者数は変化しましたか。	-		1. 研究開発者数は増加した 2. 研究開発者数は増加した 3. 研究開発者数は増加した 4. 研究開発者数は増加した 5. 研究開発者数は増加した 6. 研究開発者数は増加した 7. 研究開発者数は増加した 8. 研究開発者数は増加した 9. 研究開発者数は増加した
		③ 当該プログラムに参加して、貴社におけるナノテクノロジー分野の他企業・大学等との連携は如何ですか。	-		1. 連携は増加した 2. 連携は増加した 3. 連携は増加した 4. 連携は増加した 5. 連携は増加した 6. 連携は増加した 7. 連携は増加した 8. 連携は増加した 9. 連携は増加した
		④ 当該事業の成果・効果は期待目標に合致した有効なものとなっていますか。（複数回答可）	-		1. 新産業場の創出に有効 2. 世界の市場を主道するに有効 3. 国際競争力の維持・促進に有効 4. 広範な産業分野の基盤技術の確立に有効 5. 特に地産目録に有効でない 6. 実施していない 7. 実施していない 8. 実施していない 9. 実施していない
非事業例説との比較	当該分野の研究	① 当該プログラムがなかったら、貴社において、当該分野の研究を実施して可なりましたか。	-		1. 実施していた 2. 実施していた 3. 実施していた 4. 実施していた 5. 実施していた 6. 実施していた 7. 実施していた 8. 実施していた 9. 実施していた
		② 当該プログラムがなかったら、貴社において、当該分野の研究開発の進捗は如何ですか。	-		1. 研究開発は大幅に遅れていると想定されている 2. 研究開発の遅れはそれほど顕著に想定されている 3. その他（ ）
		③ 当該プログラムがなかったら、貴社における当該分野の研究開発進捗はどのような状況と想定されますか。	-		1. ほぼ同様の進捗で実施 2. 進捗は若干遅いものになっている 3. その他（ ）
4 効率性評価	研究開発マネジメン	① 当該事業を実施する上で、他の機関との連携は如何でした。	-		1. 連携は非常に良かった 2. 連携は満足しなかった 3. どちらともいえない 4. 連携は満足しなかった 5. 連携は満足しなかった 6. 連携は満足しなかった 7. 連携は満足しなかった 8. 連携は満足しなかった 9. 連携は満足しなかった
		② 当該事業を実施する上で、他事業（当該プログラムの他のプロジェクト）からの必要情報も充分であったか。	-		1. 情報は充分であった 2. 他事業の情報は必要なかった 3. 必要情報も充分入手できなかった 4. 必要情報も充分入手できなかった 5. 必要情報も充分入手できなかった 6. 必要情報も充分入手できなかった 7. 必要情報も充分入手できなかった 8. 必要情報も充分入手できなかった 9. 必要情報も充分入手できなかった

3.2 有識者ヒアリング

施策の事後評価においては、有識者の意見を活用することとなっている。そこで、「ナノテクノロジープログラム」の事後評価に資するために、プログラムの目標設定、必要性、有効性、効率性等に関して、本分野の有識者4名にヒアリングを実施した。（表R3.2.1）ヒアリング結果の概要を表R3.2.2に示す。

表R3.2.1 有識者

有識者	所属
黒川 卓	(株)日経BP社「日経ナノテクノロジー」編集長
佐久間 健人	大学評価・学位授与機構（前東京大学） 教授
佐野 睦典	イノベーション・エンジン株式会社 代表取締役社長
田中 一宜	産業技術総合研究所 理事

表R3.2.2 ナノテクノロジープログラム有識者ヒアリング結果概要

項目	ヒアリング結果概要
ナノテクノロジープログラムの位置付け	・ナノテクノロジーは産業横断的な共通基盤技術であるが、最先端技術であり、従来のトップダウン技術以上に開発困難な技術である。このため、民間企業のみで推進できる研究開発でなく、国がその方向性を示すことが重要であり、必要である。 ・諸外国ではナノテクノロジーを強力に推進しており、我が国も国際競争力の維持、確保のためにナノテクノロジーを強力に推進する必要がある。 ・ナノテクノロジーにおいては、産官学との連携とともに異分野との融合が重要である。国が分野横断的なコラボレーションの指揮をとることが必要であり、国の関与が必要である。 ・プログラムをどう推進していくかが課題である。何をやりたいか、何をやっているか、そのための基盤強化をどうやっていくかが見えない。どのような実用レベルかという問題に加えて、ビジネスプラン、経済的効果、成功例などを精査する中から進め方をレベルアップすべきである。
ナノテクノロジープログラムの事業構成	・プログラムは、業種に分化した事業構成となっており、非常に理解しやすい。ただし、異分野の融合が重要であることから、マネジメントにおいて融合を促進する必要がある。 ・一方、異分野の融合が必要であり、このような分類での事業構成では、融合研究は促進されない、との意見も有る。 ・基礎・基盤研究、実用化研究及び研究開発調査と分類される事業構成となっており、良くできている。特に、FoCUS21 プロジェクトは事業化・応用化に関する先鞭だが、プログラムも一歩進んだとの認識である。今後とも積極的にやってもらいたい。 ・事業の展開（実用化）に関して、研究開発終了後のフォローが必要。どのようにやるか、そのための仕組みとして、例えばベンチャーキャピタルと手を組ませるなど、産業実用化プロジェクトあるいは産業創造プロジェクトとして継続させるのも選択肢の一つ。 ・外部から見ると、プログラムで何をしたいのかが明確でない。外

項目	ヒアリング結果概要
	部への広報活動を推進すべきである。
プログラムのマネジメント	・ N E D Oにおいて複数の事業が中間評価を受けている。中間評価制度は事業の軌道修正という点で非常に有益である。ただし、事業発足時には十分議論されていない実用化・市場性等の視点での厳しい評価がなされており、企画立案時の検討が十分ではない。 ・ N E D Oにおいて、ナノテクノロジー審議会を開催しているが、審議会においては、問題とする事業の底上げは出来ても、事業全体を組み直すということは難しく、企画立案段階の内容、レベルを前提にするという点で限界がある。この意味からも、企画立案時の十分なる検討が必要である。 ・ ナノテクノロジーは、異分野の融合が必要であり、プログラム全体のマネジメントが重要である。プログラムは、各事業が縦・横に連携しているように表現されているが、実態は、プログラム全体のマネジメントがなされているとは言い難く、各事業が独立して進んでいるように見える。 ・ 事業のマネジメントには、プロジェクトマネジャー制度が必要ではないか。 ・ ナノテクノロジーは異分野の融合が重要であることから、プログラム全体のマネジメントが重要である。N E D Oは研究開発業務の執行が中心で、プログラム全体のマネジメントをするのは困難であろう。経済産業省で実施するか、あるいは、マネジメントをする機関が必要。
プログラムの目標・指標・目標達成状況	・ 目標設定の考え方として、社会・国民ニーズに応え国民生活向上につながるような目標が欲しい。新規市場、雇用創出等は結果としての波及効果である。 ・ 市場規模については、ナノテクノロジービジネス推進協議会(N B C I)がロードマップを作成する計画を立てていることから、ロードマップに基づいた市場を考えるべきであろう。 ・ N E D Oの中間評価では、各事業間には評価に差がついているが、中止するほどのひどいレベルにある事業はない。ナノガラス技術は評価が高かったが、企業をよく訪問しており、企業との連携が良かったことがその一因のようだ。
実用化・産業化促進	・ 実用化研究において補助率を100%とするのは企業を甘やかす。20%でも30%でも企業に負担させ、企業に当事者意識を持たせる必要がある。 ・ 研究開発は、終了したら終わりという期間限定ではなく、「産業」になるまで研究開発終了後もフォローする必要がある。すなわち、研究開発終了後においては、研究開発実施者よりその後の戦略を提出させる必要もある。また、商品化しなかったら、研究開発費用の負担(ペイバック)を求める等、ペナルティを課す方法もある。 ・ 実用化促進のために、事業を実施した会社金銭的なインセンティブを与え、事業そのものを早目に事業を実施した会社金にボタンタッチしたら良い。 ・ 開発後のビジネス化(実用化)に際しては既存産業分野とナノテク各分類のインターフェイスをきちんと行う必要がある。そうでないと、ナノテク製品やシステムが既存産業分野の圧力(規制)に負

項目	ヒアリング結果概要
	けて実用化しなくなる可能性がある。 ・プロジェクトは、実用化を重視するならば、大企業の揃い踏みで行う方式より、提案公募型での研究開発のように、単独企業が行う方式とした方が責任意識も出て成功しやすい。
文部科学省における ナノテク・材料分野 の研究開発との棲み 分け	・文部科学省でも、経済活性化のプロジェクトを始めているが、基盤・基礎研究に重点がおかれている。経済産業省は、日本の産業政策を主導するという立場が文部科学省と違っており、その意味で「実用化」が強調されるのであろう。 ・文部科学省も実用化を念頭に置いた研究を行っているが、それぞれのテーマが経済産業省のテーマと重なってもよいだろう、競わせたほうがよい。 ・総合科学技術会議において府省連携プロジェクトが発足したことは良い方向ではあるが、まだ、他の府省にも門戸を開放した段階であり、融合はこれからというところである。
その他	・我が国において、フロンティア研究を促進する必要がある。例えば、京都議定書で約束した温室効果ガス6%の削減を何としてでも可能にするという考え方で、フロンティアプロジェクトを進めることも良いだろう。 ・ナノテクノロジーでは、基礎・基盤研究と応用・実用化は非常に近く、かつ技術の足（変化）も早い。したがって、基礎・基盤研究と応用研究の人達が情報を共有する必要がある。このためにも、異分野融合の環境づくりを進める必要がある。 ・ナノテクノロジーで欧米に対抗するためには、アジアにおけるナノテクノロジーの人的ネットワークを構築する必要がある。 ・米国ではナノテクノロジー国家戦略（NNI）により、ナノテクノロジーを強力に推進している。欧州においても、第6次フレームワークにてナノテクノロジーを重点分野にしている。ナノテクノロジーで欧米に対抗するためには、アジア地域でのナノテクノロジーネットワークが必要である。このためにも、アジアにおけるナノテクノロジーの人的ネットワークを構築する必要がある。

3.3 データ分析手法

出願特許分析、発表論文分析については、脚注に記載。

参考 4 本施策に関連する政策情報

科学技術基本計画（2001年3月30日閣議決定）

http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/kihonmain5_a4.htm

今後の経済財政運営と構造改革に関する基本方針（2001年6月26日閣議決定）

<http://www.kantei.go.jp/jp/kakugikettei/2001/honebuto/0626keizaizaisei-ka.html>

経済財政運営と構造改革に関する基本方針 2002（2002年6月21日閣議決定）

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizai/tousin/020621f.html>

経済財政運営と構造改革に関する基本方針 2003（2003年6月27日閣議決定）

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizai/kakugi/030627f.html>

「産業発掘戦略 - 技術革新」4分野に関する戦略（2002年12月5日閣議決定）

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizai/other/021205/021205senryaku.html>

科学技術会議：ナノテクノロジー・材料分野推進戦略（2001年9月21日）

<http://www8.cao.go.jp/cstp/project/nanotech/senryaku/soukou.pdf>

社団法人日本経済団体連合会（経団連）21世紀を拓くナノテクノロジー（ナノテクノロジーに関する経団連の考え方）（2000年7月）

<http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2000/034.html>

社団法人日本経済団体連合会（経団連）ナノテクが創る未来社会＜n-Plan21＞（2001年3月）

<http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2001/014.html>

社団法人日本経済団体連合会（経団連）ナノテクが創る新産業＜n-Plan2002＞（2002年11月）

<http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2002/073/>

参考5 過去の評価レポート

N E D Oにおける事後評価報告書及び中間評価報告書

「炭素系高機能材料技術開発」事後評価報告書

報告年度 2004年3月

報告先 N E D O研究評価委員会

掲載 URL. <http://www.nedo.go.jp/inkai/kenkyuu/hyouka/15h/2/3-2-1.pdf>

「ナノガラス」中間評価報告書

報告年度 2003年8月

報告先 N E D O技術評価委員会

掲載 URL. <http://www.nedo.go.jp/inkai/hyouka/houkoku/15h/14.pdf>

「ナノメタル技術」中間評価報告書

報告年度 2003年9月

報告先 N E D O技術評価委員会

掲載 URL. <http://www.nedo.go.jp/inkai/hyouka/hyouka/10/3-2-4.pdf>

「ナノ粒子の合成と機能化技術」中間評価報告書

報告年度 2003年8月

報告先 N E D O技術評価委員会

掲載 URL. <http://www.nedo.go.jp/inkai/hyouka/hyouka/9/4-2-5.pdf>

「ナノコーティング技術」中間評価報告書

報告年度 2003年9月

報告先 N E D O技術評価委員会

掲載 URL. <http://www.nedo.go.jp/inkai/hyouka/hyouka/10/4-2-5.pdf>

「ナノ機能合成技術」中間評価報告書

報告年度 2003年9月

報告先 N E D O技術評価委員会

掲載 URL. <http://www.nedo.go.jp/inkai/hyouka/hyouka/10/4-2-8.pdf>