

## (5) ナノテクノロジーの研究開発推進と社会受容に関する基盤開発

### (5-1) 「ナノテクノロジーの研究開発推進と社会受容に関する基盤開発」連携施策群の目標

ナノテクノロジーは新物質の発見、新機能の発現等、様々な研究開発領域で発展を遂げてきた。一方で、ナノ物質の環境や人体への影響も指摘されるようになり、ナノテクノロジーの研究開発推進にあたり、ナノ材料の標準化、リスク管理などの産業化に向けた社会受容面からの取り組みの必要性が訴えられるようになった。この取り組みは、複数の府省の行政施策に密接に関わることから、第3期科学技術基本計画における「ナノテクノロジー・材料分野」の「分野別推進戦略」において、ナノテクノロジーの社会受容を促す研究課題については各府省が個別に施策を推進するのではなく、連携・共同して取り組むべきであり、全体を統括するコーディネーターをおいて継続的に運営推進することが必要であるとされている。

これらのことから、ナノテクノロジーの社会受容に関する研究については、科学技術連携施策群として推進することとし、「ナノテクノロジーの研究開発推進と社会受容に関する基盤開発連携施策群」として平成19年12月より平成21年3月のおおよそ3年間、文部科学省、厚生労働省、農林水産省、経済産業省、環境省の関係5省の連携の下で実施したものである。

本連携群においては、今後のナノテクノロジーの発展の方向性を、府省共通の課題として共通認識の下に議論し、ナノテクノロジーの責任ある研究開発、研究開発の環境整備を政府全体で推進していくことを目標とした。

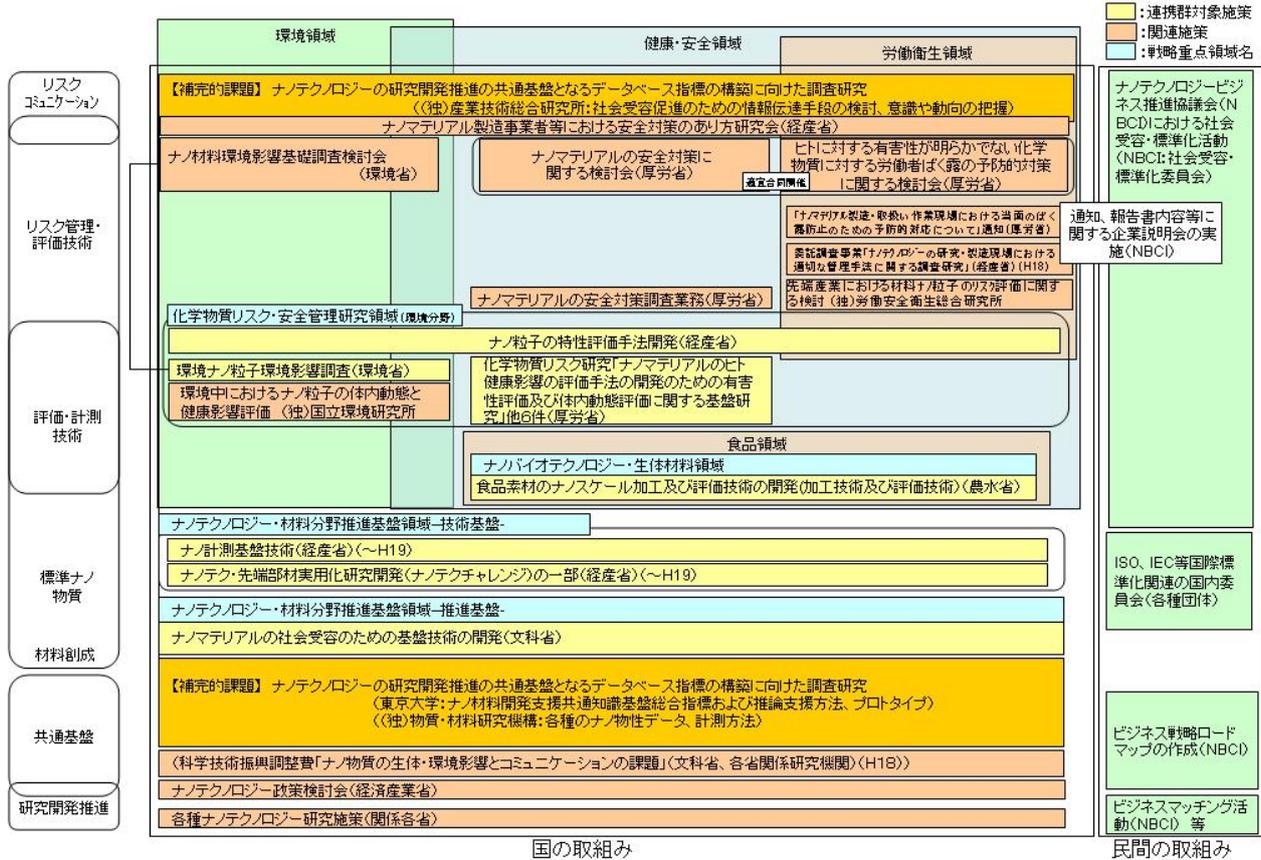
### (5-2) 連携施策群の活動

本連携施策群における、各省庁及び補完的課題の活動を次ページの「全体俯瞰図」にまとめた。

ナノマテリアルの社会受容を推進するにあたっては、リスク評価・リスク管理・リスクコミュニケーションからなるリスク分析のみならず、リスク評価や管理にあたって必要となる評価・計測技術や、新材料創成に応じた標準ナノ物質の整備という複数の分野における対策が必要となる。これら複数の分野において、環境領域、健康・安全領域、労働衛生領域と、複数の省庁に渡った行政施策が講じられており、ナノテクノロジーの社会受容に関して行われるべき施策は、分野及び領域からなるマトリックス上に俯瞰される。

これらの施策が、国の取組みとして効果的に実施されるように、複数の領域間に渡って行われるべきものは補完的課題としてまとめて行った。具体的には、各省庁の施策で得られた知識の集積・活用を目指した共通基盤の開発、及びリスクコミュニケーションを補完的課題により行った。なお、補完的課題についてはコーディネーターとは別の主監が担当した。

科学技術連携施策群「ナノテクノロジーの研究開発推進と社会受容に関する基盤開発」全体俯瞰図(H21.3時点)



① 府省間等の連携活動

＜タスクフォース＞

平成 19 年度から、連携施策群の運営を円滑に行うことを目的として連携施策群の下にタスクフォースを設置し、平成 19 年度は 8 回（12 月より開催）、平成 20 年度は 28 回、平成 21 年度は 14 回開催した。タスクフォースでは、ナノテク社会受容に関する国内外の動向に関する情報共有、連携施策群のシンポジウムの企画、ナノマテリアルの産業化及び標準化などを扱う勉強会等を行った。

こうした中でナノマテリアルの安全対策に関しては、平成 19 年度末より関係各省の取組（安全対策のための検討会等）が本格化してきたことも受け、文部科学省、厚生労働省、農林水産省、経済産業省、環境省及び内閣府の関係府省に加え、産業界や府省関係研究機関の研究者を年に 4 回程度タスクフォースに迎え、関係府省の研究施策、行政施策の推進に資するための情報共有を図った。この場では、各省の施策の進捗状況や、ナノ物質の標準化やリスク評価等に関する国内外の活動状況の俯瞰作業を行い、関係者の共通理解を深めてきた（各省の施策については「施策一覧」参照）。

「ナノテクノロジーの研究開発推進と社会受容に関する基盤開発連携施策群」施策一覧

各省施策	府 省 名	当該連携施策群の中 での位置付け及び政 策・成果目標	成果と研究目標の進捗状況	予算額（百万円）				執行額（百万円）			
				H19	H20	H21	合計	H19	H20	H21	合計
連携施策群 計				1,649	1,446	1,028	4,124	1,669	1,440	1,038	4,148
ナノマテリアルの社会受容のための基盤技術の開発	文部科学省	ナノマテリアル社会受容のための、ナノスケール材料創製	標準物質合成では、フラレンナノウイスキー(FNW)の成長に及ぼす水の触媒効果の定量的解析に成功した。ナノ計測の標準化では、定量3次元ナノ形状計測技術のための走査型プローブ顕微鏡用標準計測プロトコルとソフトを作成した。生体影響評価では、FNWのマクロファージによる分解を示唆する結果を得た。また、酸化チタンの凝集塊粒径が炎症とストレス関連の遺伝子発現の誘導に影響し、凝集粒径が細胞毒性に影響することがわかった。以上のように、標準物質創製、ナノ計測の標準化、ナノ物質の生体影響評価研究は、互いに関連しつつ、順調に進んでいる(H22以降継続予定)。	722	469	139	1,330	722	469	139	1,330
化学物質リスク研究事業 (ナノマテリアルのヒト健康影響の評価手法に関する総合研究)	厚生労働省	ナノマテリアルの毒性メカニズム、体内挙動の把握など毒性発現に影響を及ぼす因子を体系的に把握し、ナノマテリアルの有害性の評価に利用可能な手法の開発に資する研究の実施。	・フラレン及びCNTについて経皮安全性情報を収集した。現在関連業界との連携を図りつつ、市販製品に使用されているナノマテリアル安全性情報の収集を進めている。 ・表面を修飾したナノシリカの細胞への取り込みやマウスへの投与により、未修飾ナノシリカと異なる細胞内動態・体内動態を示すことから、表面性状制御が安全なナノマテリアルの設計指針になり得ることを見いだした。 ・ナノ酸化チタンの経皮安全性を検討し、皮膚発がんプロモーション作用は認められず、また健常皮膚・障害皮膚における皮膚透過性が認められないことを確認した。 ・その他、各種ナノマテリアルをげっ歯類・霊長類に種々投与経路で投与した際の体内動態・組織移行性、ナノサイズを保つ吸入ばく露手法の開発、遺伝毒性の確認などの研究が進行中である(H22以降継続予定)。	307	451	336	1,095	307	451	336	1,095
食品素材のナノスケール加工及び評価技術の開発	農林水産省	食品素材等を対象にナノスケールの粒子を効率的に製造できる加工技術を開発し、物理特性や生体に及ぼす影響を解明。従来の手法では解析困難なナノ領域特有	目標達成に向けて順調に進捗している。主な成果は以下のとおり。 ・高分解能の顕微鏡を用いてデンブ粒子内部構造を解析。 ・実験動物におけるナノエマルシオンの腸管吸収特性を解析。 ・ナノエマルシオンの貯蔵安定性を解析。	204	153	150	507	204	153	150	507

		の構造・物性を計測・評価する技術を開発し、ナノ領域における新機能を解明。	・実験動物を用いた食品成分の体内動態解析モデルを開発。										
ナノ粒子の特性評価手法開発	経済産業省	ナノ粒子の計測技術の確立、生体影響評価手法、暴露評価手法を開発するとともに、ナノテクノロジーによるリスク不安に対処したリスク管理手法の確立を図る。	・カーボンナノチューブ、フラーレン等のナノ材料について、分散調製技術／各種計測技術（キャラクタリゼーション技術）の開発、in vivo 試験、in vitro 試験を組み合わせた総合的な有害性評価を実施し、工業ナノ材料に関する詳細リスク評価の中間報告書を作成し、OECD 工業ナノ作業部会(WPMN)スポンサーシッププログラムに提供した。	416	370	400	1,186	436	356	395	1,187		
環境ナノ粒子環境影響調査	環境省	近年技術開発が進んでいるナノ粒子については、環境・生体中の動態等に関する知見が不足している。今後大規模に商品化され、環境中にも排出が見込まれることから、その動態、有害性、環境リスクに関する知見の収集と検討を行う。	工業用ナノ材料の動態や有害性等に関する知見を収集し、工業用ナノ材料による環境リスクを低減するため、取扱い事業者が採るべき対策及び今後の課題等について、「工業用ナノ材料に関する環境影響防止ガイドライン」を平成21年3月に取りまとめた。また、水及び大気へのナノ材料の放出管理技術の有効性に関する基礎的な実験を行った。	-	3	3	6	-	11	18	29		

### <シンポジウムの実施>

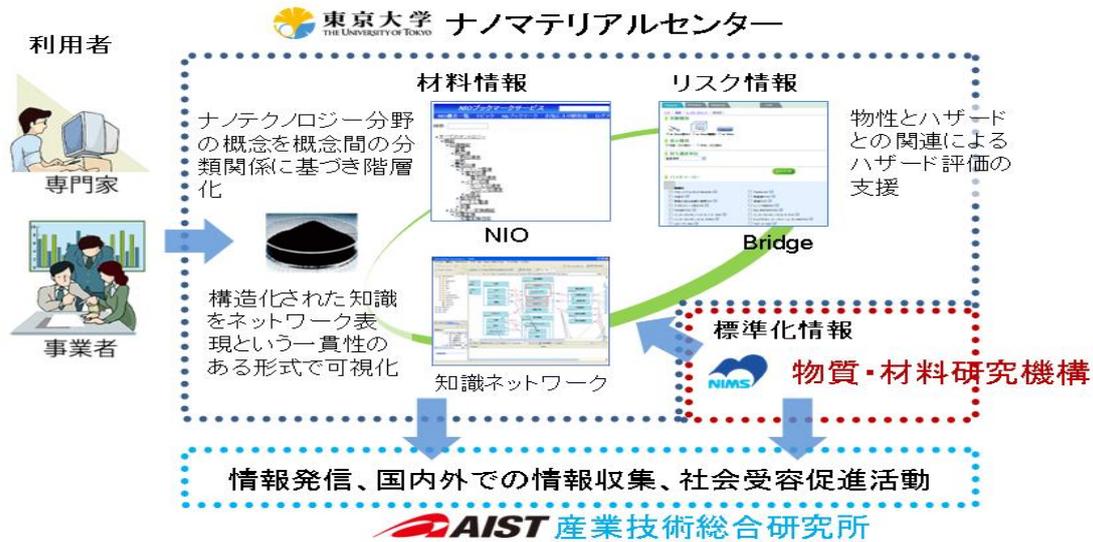
第3期科学技術計画の分野別推進戦略（ナノテクノロジー・材料分野）においても述べられているように、ナノテクノロジーの社会受容性を高めるに当たっては、社会全体への説明が非常に重要である。上記のタスクフォース、各省連絡会議において共有した関係各省の施策・安全対策への取組など連携群全体の活動を積極的に社会へ向けて発信するため、平成20年10月、平成21年11月にシンポジウムを実施した。

### ② 補完的課題の成果概要

#### <課題の概要>

ナノテクノロジーの総合的な推進に向け、ナノ材料の物性評価・取り扱い手法の確立及びリスクに関する情報の共有を図り、補完的課題として「ナノテクノロジーの研究開発推進の共通基盤となるデータベース指標の構築に向けた調査研究」を実施した。具体的には①物性や有害性に関するデータの統合化や有機的な連結方法を検討し、データベース指標の考え方を確立すること、②ユーザの目的と問題意識に応じて結果が表示され、推論および判断の支援機能をもつ知識基盤のプロトタイプ的设计と作成を行うこと、③ナノテクノロジーの現状や問題点の客観的・科学的な把握を通じ、社会受容促進のための情報伝達手段がどうあるべきかを判断するための情報蓄積を行うこと、の三つを目的とし、東京大学を中心として、物質・材料研究機構、産業技術総合研究所との連携体制で開始した。

# 研究調査体制



## <成果の概要>

ナノ材料開発支援知識基盤の制度設計およびプロトタイプを作成、運用方法の検討をおこなった。

知識基盤のベースとなるナノ材料物性とナノ計測に関して、材料の物性データについて各種情報を収集し物性データベースとしてナノリスク評価支援システムに格納した。ナノ材料の計測法について国際標準化に関する動向を調査し、主要ナノ材料についてのデータベース指標および計測法をまとめた。

ナノ材料の開発には、ナノ材料やナノリスクに関するデータを集約・統合すると同時に、必要な情報に素早く正確にアクセス出来る仕組みを構築することが不可欠である。データの統合化や有機的な連結方法として、情報（主に公開論文が中心）の格納を「クラスター分析による全体俯瞰」により行い、格納された情報の利用を「Nanotechnology Index Ontology (NIO) 管理システム」を用いることにより、ユーザの目的と問題意識に応じた情報を素早く正確に提示できる仕組みを構築した。CNT、フラーレンなどの代表的なナノ材料については、NIO を用いて製造プロセス、物性、生体影響（安全性）の関係を知識ネットワークとして構造化した。

さらに、ナノ材料が生体に及ぼす潜在的リスクとなり得る、ナノ材料の構造・物性パラメータ（粒径、表面積等）、およびバイオマーカーの選定をおこなった。この選定情報を用いて毒性データベースの設計・構築をおこない、論文から抽出した数値データを格納し、これらをユーザがウェブから利用するためのソフトウェア（Bridge）を開発した。

知識基盤の運用に関しては、ナノテクノロジーの社会受容に関するメールマガジンの配信、社会受容ポータルサイトの構築を通じて社会受容促進のための情報発信をおこなうことで情報の収集、整理を実施した。同時に、ワークショップ、シンポ

ジウム等のセミナー形式の情報発信もおこなった。

### (5-3) 成果と研究目標の進捗状況の評価

#### ① 本連携施策群

##### <タスクフォース>

本連携施策群の下では、関係各省においてはナノテクによる新機能の開発、更なる実用化に向けた研究の他、ナノ物質のリスク評価手法、リスク管理手法に関する施策が行われ、タスクフォースにより情報共有・重複の排除を行った。施策のいくつかは H22 以降も継続されている（「施策一覧」参照）。

ナノ物質及びナノ計測の標準化に関しては文部科学省、経済産業省の施策により対応され、各種計測技術が作成されている。

ナノ物質の生体影響評価に関する研究は、文部科学省（フラレンナノウィスカ一及び酸化チタン）、厚生労働省（経皮安全性、体内動態、遺伝毒性等）、経済産業省（CNT、フラレン等）が行っている。ナノ物質の毒性発現や分解のメカニズムの一部が明らかになるなど、生体影響評価が進捗し、現在までのところ、“微粒子であるから注意を要する”という以上の緊急の対応を必要とするような毒性をナノ物質が有することを示唆する結果は得られていない。

農林水産省は、ナノスケールの食品素材の特性解明や加工技術に関する施策を行い、ナノ食品素材の物理化学特性、吸収特性を解析した。環境中でのナノ物質の動態、有害性に関する知見の収集は環境省により行われ、ナノ物質を取り扱う事業者が取るべき対策がガイドラインとして取り纏められた。

各省の施策や国内外の情報収集活動をつうじて得られた知識を蓄積し、今後に活用していくことを目指し、補完的課題によりデータベースの構築に向けた研究がなされ、主要ナノ材料についてのデータベース指標及び計測法がまとめられた。

##### <シンポジウムの実施>

ナノマテリアルの社会受容に関する意見交換や、本連携施策群における施策の研究発表を、シンポジウムやワークショップの開催により積極的に実施した。平成 20 年度のシンポジウムでは、日本の科学技術施策戦略における連携施策群の役割、各府省における施策、及びそれを補う補完的課題を前半で紹介し、後半では「研究開発推進と社会受容のための戦略課題」として産業界や府省関係研究機関、及びマスメディアからパネリストを募りパネルディスカッションを行い、参加者の理解を深めた。

平成 21 年度には、各府省の施策の紹介及び補完的課題を実際に行っている機関（文部科学省：物質・材料研究機構、厚生労働省：名古屋大学、農林水産省：農業・食品産業技術総合研究機構、経済産業省：産業技術総合研究所、環境省：国立環境研究所、補完的課題：東京大学、物質・材料研究機構、産業技術総合研究所）から最終年度を迎えどのような成果が得られているか紹介された。

これらにより、各省で行っているナノテクノロジーの社会受容に関する施策を紹介しナノマテリアルのリスクに関する理解を得るとともに、ナノ材料の有用性の認識を促進した。

開催時に実施したアンケート結果では平成 20 年度、平成 21 年度のシンポジウムともに概ね 60%の参加者から「有用であった」との反応を得ることが出来たが、「省庁間の重なりが十分に排除できていない」、「施策の違いがわからない」等の指摘も受けた。

本連携施策群は、各省のナノテクノロジーの社会受容に関する取組み状況の共有を図り各省連携を促進する取りかかりの場となり、各省の取組みを含めた国内外情報を取りまとめて発信するリスクコミュニケーションを開始した。これにより、各省のナノマテリアルの安全対策にかかる取組みが促進され、平成 21 年 3 月までに下記②のとおりガイドラインや通知が発出された。特に、日本における工業ナノマテリアルのリスク評価書の間接報告書を作成し、OECD 工業ナノ作業部会(WPMN)スポンサーシッププログラムに提供されている。

## ② 関係各省の取組み

現段階では、化学物質のサイズに着目した規制、特にナノマテリアルに特化した規制は、国内にも国際的にも存在しないが、こうした中で、ナノマテリアルの安全対策に関しては、関係各省の取組（安全対策のための検討会等）が本格化し、平成 20 年度末には、各省からナノマテリアルの安全対策のありかたに関する報告書が相次いでまとめられている。具体的な内容は以下のとおり。

### <厚生労働省労働基準局>

「ヒトに対する有害性が明らかでない化学物質に対する労働者ばく露の予防的対策に関する検討会（ナノマテリアルについて）」が設置され、労働現場におけるナノマテリアルの具体的な管理方法が平成 20 年 11 月に示された。これを踏まえ、平成 21 年 3 月 31 日に労働基準局長通知「ナノマテリアルに対するばく露防止等のための予防的対応について」が発出されている。

### <厚生労働省医薬食品局>

「ナノマテリアルの安全対策に関する検討会」が立ち上げられ、平成 21 年 3 月に報告書がとりまとめられた。現時点ではナノマテリアルに特化した規制を導入するための根拠となる科学的な事実が認められないため、既存制度の下で対応することが当面は適当であり、今後収集される情報に基づき、予防的原則も踏まえ、必要に応じて新たな仕組みのあり方について検討することが適切とされている。

### <経済産業省>

「ナノマテリアル製造事業者等における安全対策のあり方研究会」において、現時点での科学的知見を基にナノマテリアルに関する留意点を整理し、事業者による自主的な安全性調査やサプライチェーンにおける情報共有等を含めた広範な安全対策について検討が行われ、平成 21 年 3 月に報告書がまとめられている。また、同報告書の提言に即して、ナノマテリアルの製造事業者から経済産業省に提供された安全性に関する科学的知見、自主管理による安全対策の実施状況等に関する情報が平成 22 年 3 月末に同省により公表された（ナノマテリアル情報収集・発信プログラム）。

## <環境省>

「ナノ材料環境影響基礎調査検討会」により平成 21 年 3 月にとりまとめられた「工業用ナノ材料に関する環境影響防止ガイドライン」において、事業者等が環境保全上の適切な管理方策を選択するための情報が示され、環境経路でヒトや動植物がナノ材料にばく露されることによって生ずる影響を未然に防止することを目的としている。

### (5-4) 今後の課題

ナノテクノロジーの社会受容の推進に当たっては、ナノマテリアルに関するリスク評価、リスク管理、及びリスクコミュニケーションの三本柱を同時に推進することが必須である。特に、ナノテクノロジーの社会受容に関する取り組みは、国内外における情報収集、及び国際的取り組みが非常に重要である。

ナノマテリアルのリスク評価、リスク管理（標準物質創製、安全性評価、暴露評価、ガイドライン等策定）を効率的に推進するためには、関係省庁の連携はもちろん、ISO、OECD などの国際的取り組みに積極的に参加する必要がある。加えて、ナノテク材料を取り扱う事業者が独自にリスク評価、リスク管理をし、その結果を社会に伝え理解を得ていくための道筋を作っていくことも必要である。それにあたり、国際標準や、リスク評価・リスク管理のガイドライン等の最新の情報を関係者へ提供する仕組みの構築も、利害関係者間の十分なリスクコミュニケーションにより解決されるべき課題の一つとして挙げられる。

ナノテクノロジーの研究成果をわかりやすく国民に発信し国民の理解を得る取組を推進していくことは引き続き重要であり、府省連携の下でのシンポジウムやワークショップの開催等を通して、ナノテクノロジーの研究成果や政府の安全対策の取組等について分かりやすく発信するために、連携拠点を決めたくうえで推進していく必要がある。

現在、関係各省の安全対策のための検討もひとつおりの区切りを向かえ、ガイドライン、または報告書という形でとりまとめられているが、いずれにおいても国内外での新たな知見の集積を踏まえた継続的な検討が必要であることが指摘されている。今後のナノマテリアルのリスク評価、リスク管理、リスクコミュニケーションのあり方については、重複排除の観点からも、関係府省での共通認識を持つておくことが重要であり、その際に、本連携施策群補完的課題で構築された情報提供システムや、つくばイノベーションアリーナなど、既存の仕組みや施設の、省庁の枠を越えた効率的な利用が必要である。

なお、コーディネーターと主監を別の人が担当することは、本制度の中で認められていたことだが、一部制約があったことが指摘された。具体的には、補完的課題が主監の調整下で実施されることを基本とする体制の中で、本補完的課題選定のための審査に内閣府が指名したコーディネーターが関与できなかった。また、補完的課題の研究代表者からコーディネーターへの毎年の直接的な報告（報告書の送付）が担保されていなかったという点も指摘された。