

(ナノテクノロジープログラム/
ナノ加工・計測技術)
「3Dナノメートル評価用標準物質創成技術」基本計画

ナノテクノロジー・材料技術開発部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

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ため、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平成19年度までに整備することを目標とする「ナノテクノロジープログラム」のうちナノ加工・計測技術の一環として、本研究を実施する。

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ナノテクノロジーの特質を最大限に展開するための基盤としての計測システム、ナノメートル・オーダーでの原子・分子の制御・操作を支えこれを確実に新機能に結びつけ、科学技術の新たな領域を切り開くことにより技術革新される産業の奥行きを深さを支える基盤としての評価システムを整備することを本研究では目指す。

ナノテクノロジーの技術開発によってもたらされる新しい機能は、様々な分野に図り知れない技術革新をもたらすことが期待されるが、その機能を設計し、基本となるナノ構造の加工・成形を通して、利用技術にまで結びつけるためには、ナノ構造の測定・評価が正確であり、かつ、ナノレベルの信頼性が保証されていなければならない。この正確さや信頼性を有した計測技術は、技術分野の専門性を越えて共通基盤的であることからナノテクノロジーの融合性・総合性を培うものであり、ナノテクノロジーに必要な分野間融合の重要な基盤である。更にこのようなナノ計測技術は、ナノテクノロジーの技術的優位性を評価する上で重要である。

また、ナノ構造を成形・集積することにより、極めて有用な部材の実現が期待されるが、その過程においてナノ構造といった極微細の構成単位から部材といったより大きな構成単位へと正確に橋渡しするためのスケール（ものさし）が不可欠である。このスケールはナノ構造の設計・製造・検査を通して、品質向上、品質管理の点で産業化にとっても重要な基盤となる。

評価量のうちでも、とりわけナノ構造の寸法に係わるものは、計測の基本量であるとともにナノ機能を直接支配するために、その計測技術の正確さ、信頼性へのニーズは常に極めて高い。

本研究では、ナノ構造の寸法や厚さを測定する技術の高精度化及びそこに用いられる計量標準の確立を図ることにより、ナノテクノロジーの展開・発展のための知的基盤整備を推進する。

(2) 研究開発の目標

平成18年度までに、ナノテクノロジーによって加工・成形されるナノ構造の形状や寸法を評価するために必要な「普遍的なスケール」を開発する。この技術の確立により、ナノメートルオーダーでの形状・寸法計測に共通の尺度による定量性を与え、微細加工技術の向上に貢献する。

(3) 研究開発内容

上記目標を達成するために、3次元ナノ形状・構造（面内方向及び深さ方向）測定の校正に利用できる、面内方向スケール校正用標準物質および深さ方向スケール校正用標準物質の創成技術を確認する。

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、平成14年度は経済産業省産業技術環境局研究開発課及び産業技術環境局知的基盤課において基本計画を策定し、事業を実施したものであるが、平成15年度以降は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下 NEDO 技術開発機構という。）において委託して実施する。なお、研究開発事業者の選定にあたっては、NEDO 技術開発機構の協力の下、平成14年7月経済産業省において選定。平成15年度以降は、実質的継続事業であるため、原則 NEDO 技術開発機構において公募による研究開発実施者の選定は行わない。

本研究開発は NEDO 技術開発機構が、共同研究開発に参加する各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図る観点から、NEDO 技術開発機構が指名した研究開発責任者（プロジェクトリーダー）独立行政法人産業技術総合研究所計測標準部門先端材料科小島勇夫科長の下で、可能な限り各研究グループを結集して効果的な研究開発を実施する。

(2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有する NEDO 技術開発機構は、経済産業省及び研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標、並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて、技術検討委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、四半期に一回程度プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

3. 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は平成14年度から平成18年度までの5年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDO 技術開発機構は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義ならびに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成16年度、事後評価を平成19年度に実施する。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

5. その他の重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

① 成果の普及

得られた研究成果については、NEDO 技術開発機構、実施者とも、学会発表、ホームページでの情報公開、シンポジウム開催等により普及に努めることとする。

② 知的基盤整備事業又は標準化等との連携

得られた研究成果については、知的基盤整備または標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供並びに、必要に応じて標準情報（TR）制度への提案等を積極的に行う。

③知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第26条の規定等に基づき、原則として、全て委託先に帰属させることとする。

(2) 基本計画の変更

NEDO技術開発機構は、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、第三者の視点からの評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

(3) 根拠法

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第2号に基づき実施する。

(4) その他

NEDO技術開発機構、実施者とも、研究開発の実施に関し、ナノテクノロジープログラム内の各プロジェクト間の情報交換に努めることとする。

研究開発成果の実施について、プロジェクトの参加者は、他の参加者の有する特許、ノウハウ等に関して、実施許諾を求める話し合いをすることができるものとする。ただし、その情報の開示等については、その情報に係る権利を有する参加者との交渉に依ることは当然とする。

本研究によって得られたあらゆる知的財産、また本研究の過程または成果に基づき開発したプログラム、サンプルもしくは装置などの成果物について、本プロジェクト外（国内外）への供試・開示については、事前にプロジェクトリーダーとNEDO技術開発機構に連絡する。

その際に、NEDO技術開発機構が申請書の提出を求めた場合は、これに応じ速やかに提出する。

6. 基本計画の改訂履歴

- (1) 平成14年3月、制定。ただし、本研究は、平成14年度に、経済産業省の直轄事業として開始され、経済産業省において基本計画が策定されている。
- (2) 平成15年3月、構造改革特別要求に係る本研究開発事業が経済産業省からNEDOへ移管されたことに伴い、事業の効果的な実施のため、期間の延長、研究開発の目的、内容、目標の見直し、記載事項の改訂。
- (3) 平成16年3月、NEDO技術開発機構の独立行政法人化に伴う根拠法等の変更による改訂。
- (4) 平成18年3月、本研究によって得られた知的財産、成果についての取り扱いについて記載。

1. 研究開発の必要性

ナノメートルサイズの対象のもつ新しい機能を開発・設計・評価し、そのテクノロジーの融合性・総合性を最大限に発揮させ、高付加価値の製品の製造に結びつけるためには、まずその3次元形状・構造を客観的な尺度に基づいて定量的に測定することが不可欠である。しかし、現在このために採用できるとされる超高分解能形状観察手法には著しく定量性が欠けており、ナノテクノロジー及びそのプロダクトの客観的な評価の障害となっている。

3次元ナノ形状・構造測定に国家標準を基礎とした定量性を与えるためには、測定機器自体への定量性の付与と、測定現場で利用しやすい校正用の目盛りの提供という2方向の解決策がある。測定機器への定量性の付与は根本的な解決策であるが、装置毎に固有の開発が必要となる、導入コストが高い、校正環境の為に測定環境が乱される、維持・管理に定期的な校正が必要であるといった問題点があり、その普及は現実的でない。一方、汎用性の高い校正用のスケールは、多様な測定機器に適用できる、コストが低い、測定環境を乱さないなどといった利点を有している上に、国の知的基盤政策に従えばその普及は容易である。以上を踏まえ、3次元ナノ形状・構造測定の校正に利用できる「国家標準を基礎としたスケール」の開発が不可欠である。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 面内方向スケール校正用標準物質創成技術

ナノ観察における面内方向(2次元)のサイズを校正するための認証標準物質を開発する。この(ナノメートルサイズのスケール実現の)為に、

- ・AFM(原子間力顕微鏡)、SEM(走査型2次電子顕微鏡)、TEM(透過電子顕微鏡)など各種のプロビング技術とレーザ干渉計を駆使した高精度評価技術を開発し、これによる評価結果を候補標準物質作製技術の最適化に常に反映し、認証標準物質に必要とされる品質を確保する。
- ・候補標準物質の構造を高精度で評価し、値付けを行うとともにその校正技術基準を確立する。

(2) 深さ方向スケール校正用標準物質創成技術

積層膜を利用した深さ方向スケール校正用の認証標準物質を開発する。

この為に、

- ・積層膜物質の構造パラメータ(膜厚、密度、界面・表面粗さ、界面構造、膜物質の純度、均質性)を原子レベルで高度に制御した成膜法の開発、およびその構造を高精度で評価する技術を開発する。評価結果をふまえて、膜形成過程を詳細に検討し、成膜法および作製装置の更なる最適化を行い認証標準物質に必要とされる品質を確保する。
- ・候補標準物質の構造を高精度で評価し、値付けを行うとともにその校正技術基準を確立する。

3. 達成目標

(1) 面内方向スケール校正用標準物質創成技術

- ・最小目盛り25nm以下の面内方向スケール校正用標準物質を開発する。
- ・国家長さ標準にトレーサブル(遡及性を持った)で、かつ、不確かさ0.1nm以下で校正が可能なレーザ干渉計を用いた面内方向スケール校正用標準物質校正技術を確立する。

(2) 深さ方向スケール校正用標準物質創成技術

- ・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。
- ・国家標準へのトレーサビリティを確保しつつ、不確かさ1分子層以下の深さ方向スケール校正用標準物質校正技術を確立する。

また、この達成目標を実現する為に、平成16年度末までに以下の中間目標を達成する。

(1) 面内方向スケール校正用標準物質創成技術

- ・最小目盛り50nmの標準物質としての品質を有する面内スケール材料を開発し、そのプロトタイプに参考値(トレーサビリティが無い為正確なスケールとは言えないが、試料構造を評価するのに

参考となる値)を付与した試験試料を提供する。

- ・最小目盛25 nm以下で標準物質としての面内スケール候補物質を決定する。

(2) 深さ方向スケール校正用標準物質創成技術

- ・各層の厚さが10 nm程度以下で標準物質として十分な均質性を有する化合物半導体系超格子物質及びシリコン酸化物薄膜物質を開発し、そのプロトタイプに参考値を付与した試験試料を提供する。

なお、平成16年度末までの研究成果として、研究開発目標の一部の特性あるいは機能を有する物質あるいは材料については、少なくとも1点を試用に供し得る段階まで作製し、企業、大学等の外部機関に対して試料を提供するものとする。