

プロジェクト事後評価報告書

評価委員会開催日：平成24年1月13日

評価委員：（敬称略、五十音順）

日下幸則 福井大学 医学部医学科 教授

熊谷寛 大阪市立大学大学院 工学研究科 教授

末宗幾夫 北海道大学 電子科学研究所附属ナノテクノロジー研究センター 教授

確定年月日：平成24年3月13日

プロジェクト名	ナノマテリアルの社会受容のための基盤技術の開発
研究責任者の所属・役職・氏名	先端的共通技術部門 先端材料プロセスユニット フラーレン工学グループリーダー（元ナノ物質ラボ フラーレン工学グループリーダー） 宮澤薫一
実施期間	平成19年度～平成22年度（4年間）
研究目的と意義	<p>本研究は、ナノマテリアルが、社会に安心して受容、使用されるように、その生体影響への評価法確立のための基盤作りを行うことを目的とするものであり、以下の4項目からなる。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 標準ナノマテリアルの創製【創製】 2) 標準ナノマテリアル評価のための、形態・構造・機能などの重要特性に関するナノ計測技術の開発【計測技術】 3) 標準ナノマテリアルの生体影響・体内動態把握のための技術開発【生体影響】 4) ナノマテリアルの社会受容性向上のためのアウトリーチ活動【社会受容】
研究内容	<ol style="list-style-type: none"> 1) 【創製】では、フラレンナノファイバー(FNF)の合成と形状制御、物性評価、ラマン分光による標準化活動、金属内包フラレンやフラレン誘導体を用いた体内マーカーを開発する。またカーボンナノチューブ(CNT)の分散方法を開発する。 2) 【計測技術】では、走査型プローブ顕微鏡(SPM)等を用いた定量3次元ナノ計測技術の開発を行う。 3) 【生体影響】では、ナノマテリアルの細胞に及ぼす影響を検討し、標準ナノマテリアルと各種細胞との相互作用やその結果生じる生体分子の変化を明らかにする。 4) 【社会受容】のアウトリーチ活動においては、国内外研究機関ネットワーク構築、シンポジウムやワークショップの開催による情報発信と討論の場を設け、ナノマテリアルの健全な発展に貢献する。
ミッションステートメント（具体的な達成目標）	<ol style="list-style-type: none"> 1) 【創製】では、FNFの標準物質としての確立を目的として、成長機構の解明、サイズと形状の制御、物性解明、純度評価等の研究を行う。 2) 【計測技術】では、標準ナノマテリアルの3次元ナノ形状計測のための標準計測プロトコルとソフトを作成し、ISOのSPM分科会で提案する。 3) 【生体影響】では、酸化チタンナノ粒子やFNFを用いて細胞毒性への影響を調べるためのマーカー遺伝子を同定する。 4) 【社会受容】では、ナノ社会受容の国内・国際会議を開催する。また、国内連携、国際連携を進めて、ネットワークを構築する。
平成19年度～平成22年度までの主な研究成果（アウトプット）及び研究成果から生み出された（生み出される）効果・効用（アウトカム）、波及効果（インパクト）	<p>1) 主な研究成果（アウトプット）：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 【創製】フラレンナノウィスカー(FNW)の成長における水の影響、臨界直径の存在と溶媒組成への依存性、FNWの溶解再析出の繰り返し現象の発見等、形状制御の重要な因子を解明し、細胞との相互作用の解析に有用なサイズを持つFNWの合成方法を確立した。また、FNWの内部構造の解明により、その機械的性質に対するサイズ効果の原因を明らかにした。C₆₀ナノチューブ(FNT)の収率が照射光の波長に依存することを発見し、効率の良いFNT合成が可能となった。さらに、隔膜液-液界面析出法により垂直配向フラレンマイクロチューブの合成にも成功した。 2) 【計測技術】SPMにより合成直後のFNWの導電性を明らかにし、また、探針形

	<p>状補正プログラムを用いて、SPMによるFNW外径の正確な測定が可能となった。オージェ分光法により、FNWの表面酸素吸着層の存在を明らかにし、また、原子間力顕微鏡(AFM)を用いてFNWの表面性状の詳細を明らかにした。</p> <p>3) 【生体影響】FNWの生分解性と、FNWが多層カーボンナノチューブ(MWCNT)に比べて低い細胞毒性を示すことを発見した。酸化チタンナノ粒子の細胞毒性が、二次粒子径に依存することを発見した。マーカーとしてHSP70BとIL-6が有用であることを明らかにした。さらに、酸化チタンナノ粒子の細胞毒性が、電子物性に依存することを示唆する結果を得た。</p> <p>4) 【社会受容】国際・国内シンポジウムを開催し、ナノ物質の製造と評価や生体影響における討論の場を提供し、ナノ物質の健全な発展の環境作りに努めた。成果は、オープンアクセス型の雑誌と単行本や電子媒体で公表した。また、ナノマテリアルの社会受容性向上のための国内連携と国際連携の構築が進んだ。</p> <p>2) 研究成果から生み出された(生み出される)効果・効用(アウトカム)、波及効果(インパクト)：</p> <p>細胞との相互作用を解析するために有用なFNWの長さのアスペクト比を制御する技術が確立された。FNWは微量の水分によって成長が促進されること、逆に、過剰な水の存在はFNWを不安定にすることが見出され、FNWが生体環境中で分解されることを強く示唆する結果を得た。また、ラマン分光スペクトル測定用に開発された標準FNWサンプルが、カリウムを添加することにより容易に超伝導化し、FNWが軽くてしなやかな超伝導素材となることが発見された。以上の成果は、生体に優しいFNWがエネルギーや電子デバイス分野の発展に寄与し、FNWの利用による新産業創出に効果的に作用することが期待される。</p>
<p>プロジェクトの目標の達成度合い及び自己点検・評価</p>	<p>プロジェクトの目標の達成度合い：</p> <p>FNFの形状制御方法の開発、3次元ナノ形状の標準計測プロトコルの作成、酸化チタンナノ粒子やFNFによる細胞毒性への影響評価、ナノマテリアルの社会受容性向上のための国内連携と国際連携の構築や内外の学術会議開催によるアウトリーチ活動は、ほぼ目標を達成した。</p> <p>自己点検・評価：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) FNFの形状制御方法を開発し、構造と物性(機械的・電氣的・構造的・表面的性質等)の評価において、ほぼ目標を達成した。 2) 元素内包FNWや誘導体FNWの作製法を確立した。 3) 細胞との相互作用を研究するために有用な長さや直径の制御方法をFNWについて確立した。またFNWの生分解性を示唆する実験結果を得た。 4) ナノマテリアルの3次元形状を定量的に計測するためのナノプローブ計測技術を開発した(ISO 28600として国際標準化; 2011年発行)。 5) FNFのラマン分光法の国際標準化活動提案がVAMASで採択された。 6) 細胞影響を調べるマーカー遺伝子を2種類同定でき目標をほぼ達成した。 7) 海外機関、社会学者等とのプロジェクトやネットワークを推進した。
<p>【評価項目】</p>	<p>コメント</p>
<p>①研究計画、実施体制、マネージメント、連携 (計画はきめ細かったか、ロードマップに問題はなかったか、実施体制は十分だったか、マネージメントの是非、連携の範囲や連携課題、連携の成果はどうだったか、どこが問題なのか、ほか)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・事前評価での指摘を受けて、プロジェクト題目を修正し、内容との整合を図った点は良かった。 ・サブグループ間の連携はうまく進んでいたと思われる。それにより、どのサブテーマでもかなりの目標達成度になっていた。 ・それぞれのサブグループは連携しながら多くの成果を挙げていて、マネージメントが正しく行われたと認める。 ・サブテーマの構成、国内・国際連携、また連携の成果が得られていると評価できる。

<p>②研究開発の進捗状況及び具体的目標の達成度 (研究責任者の自己点検・評価を踏まえて、進み具合はどうだったか、目標は達成されたか、目標は具体的であったか、世界レベルで見て目標は高かったか・低かったか、問題点は何か、ほか)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・目標設定は具体的であり、世界レベルで見て十分に高かった。 ・ヒアリングから、すべてのサブグループでプロジェクトは順調に進展し、自己点検、自己評価以上に、顕著な成果が認められる。 ・ナノマテリアル計測に関する評価法も、形状評価だけでなく、電気特性評価法の開発が計画通りに進んでいる。 ・フラーレンナノウiskアーの、ナノマテリアル標準物質としての可能性は高まったと思われる。 ・最近のフラーレンナノウiskアーの超伝導性は特筆すべき成果で、さらなる発展が期待できる。 ・フラーレンナノウiskアーによる超伝導転移、またそのウiskアー構造との関係に関する学術的な理解も進みつつあるなど、世界的なレベルでの成果が得られており、今後の新たなプロジェクトへの発展が期待される。 ・今後のプロジェクトでは、分光学的な評価も含めて検討するのも有効と思われる。 ・細胞への影響や各種の生体影響を国際的関連組織でもチェックするようにして欲しい。 	
<p>③論文・特許等の直接の成果（アウトプット）、効果・効用（アウトカム）、波及効果（インパクト） (世界レベルの質の成果が出たか、どのような効果・効用あるいは波及効果が出たか（期待されるか）、研究タイプを考慮した費用対効果は、問題点は何か、ほか)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・NATUREをはじめとする世界レベルの学会誌等に論文が100件掲載され、招待講演が151件あり、63件の特許を出願するなど、アウトプットの質と量は高い。 ・査読論文、学会発表、特許出願等、十分な成果が挙がっており、またプレス発表を通じた成果の公表も十分なされている。 	
<p>④総合評価 (研究全体に対する総合的所見、及び上記評価項目①～③に含まれない、その他の評価ポイントがあれば追加してコメント)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・総じて、計画通りの成果が挙がっていると評価される。 ・ISO 28600 規格に本研究の成果が応用されたのは大切な功績である。 ・計画外で顕著な発見が多いのは、評価できる。 ・チタニア、セリア、ポリスチレンなどと並ぶ標準物質として、フラーレンナノファイバーによる国際的研究、開発、応用のさらなるけん引を期待する。 ・次期のプロジェクトも具体的に考えている。継続的に推進されることを強く望む。 	
<p>各委員の総合評価点 (10点満点)</p>	<p>8、8、9 (順不同)</p>	
<p>総合評価点平均 (10点満点)</p>	<p>8.3 (小数第二位以下四捨五入)</p>	
<p>総合評価点</p>	<p>評価</p>	<p>評価基準</p>
<p>10</p>	<p>S</p>	<p>全ての点において模範的に優れていた。</p>
<p>9</p>	<p>S</p>	<p>多くの点において非常に優れていた。</p>
<p>8</p>	<p>A</p>	<p>総合的に優れていた。</p>
<p>7</p>	<p>A</p>	<p>優れたプロジェクトであった。</p>
<p>6</p>	<p>A</p>	<p>平均的なプロジェクトであった。</p>
<p>5</p>	<p>A</p>	<p>一部の計画の見直しが必要であった。</p>
<p>4</p>	<p>B</p>	<p>期待されたほどではなかった。</p>
<p>3</p>	<p>B</p>	<p>計画を見直して継続すべきであった。</p>

2	C	プロジェクトの見直し、計画の抜本的な変更が必要であった。 大きな問題があり、プロジェクトを中止すべきであった。
1		