

## 事後評価報告書

評価委員会開催日：平成18年8月9日

評価委員：（敬称略、順不同）

楠 美智子 ファインセラミックスセンター材料技術研究所 マネジャー （主査）  
 組頭広志 東京大学大学院工学系研究科 講師  
 齋藤弥八 名古屋大学大学院工学研究科 教授  
 塩原 融 超電導工学研究所 副所長・部長

記入年月日：平成18年11月24日

課題名	ノベルナノカーボンプロジェクト
研究責任者名及び所属・役職	宮澤薫一 エコマテリアル研究センター エコデバイスグループ 主席研究員 （現在：燃料電池材料センター ナノイオニクス材料グループ 主席研究員）
【実施期間、使用研究費、参加人数】	実施期間：平成16年度～平成17年度 使用研究費（期間合計）：運営費交付金：47百万円、外部資金：0百万円 参加人数：（平成17年度）11人（専任：4人、ポスドク：3人、外来：1人、技術補助：3人）
【研究全体の目的、目標、概要】	<p>研究目的及び具体的な研究目標：</p> <p>ノベルナノカーボンとは、フラレンナノウイスカー(FNW)、カーボンナノスプラウト、カーボンナノフィラメント等の物材機構発の技術によって作られた新規ナノカーボンの総称である。ナノカーボンの研究は目覚しく進歩し、燃料・太陽電池、フィールドエミッション素子、ナノ軽量配線、半導体など主要な分野で大きな期待が寄せられている。物材機構では、FNWの発見、カーボンナノドット・ナノワイヤ・ナノリボンを含むカーボンナノスプラウトの発見、マイルド条件下での界面非平衡化学蒸着法によるカーボンナノフィラメントやカーボンナノチューブ(CNT)生成という画期的成果を次々と生み出して来た。本プロジェクトは、FNW及び、カーボンナノスプラウトの構造・物性と生成機構、カーボンナノフィラメントやCNT等の新たな高純度高効率合成法と生成機構を、高度な表面・原子構造分析法を用いて解明し、エコマテリアル研究センター（フラレンナノウイスカーチーム）、ナノマテリアル研究所（カーボンナノスプラウトチーム）、物質研究所（カーボンナノフィラメントチーム）の3ユニットによる横断的な研究を行うことにより、ノベルナノカーボンを実用化に至らしめる確固たる基盤を築き、ナノカーボン分野での我が国の学術研究を優位に、かつ、大きく飛躍発展させることを目的とするものである。</p> <p>研究計画概要：</p> <p>平成16年度：(1)FNWの合成と物性解明、固体高分子型燃料電池(PEFC)への応用研究、(2)カーボンナノスプラウトの創製プロセス、表面構造、物性・機能解明と応用展開、(3)固液界面接触分解法と化学気相反応法によるCNT、ナノクリスタルダイヤモンド等の合成・触媒開発・物性評価、燃料電池、電気化学電極への応用研究。</p> <p>平成17年度：(1)フラレンナノチューブ(FNT)の成長機構、構造と性質、熱処理したFNTの構造、電氣的・電気化学的性質等の解明、(2)カーボンナノスプラウトの極低温・強磁場環境における量子機能の探索とその走査プローブ顕微鏡探針の試作及び低ガス放出材料への応用、(3)マリモカーボンの合成粒径の制御と、キャパシタ燃料電池電極への応用、(4)学会と連携した研究発表、全体のまとめ。</p>

<p>【全研究期間の成果等 (研究全体)】</p>	<p>研究成果（アウトプット）、成果から生み出された効果・効用（アウトカム）、波及効果（インパクト）：          FNW、マリモカーボン、カーボンナノスプラウト、カーボンナノベルト、などの新規ナノカーボンは、我々が発見した物材機構発新規物質である。中空なFNWであるFNTを発見し合成法を開発した。FNWやFNTの溶媒和構造と乾燥構造の違い、熱による構造変化、構造と電気的性質の低温における変化の研究や弾性率の測定を行った。固液界面接触蒸着法により、金属やシリコン基板上に高密度で垂直に配向した低次元ナノカーボンの合成を進めた。また、カーボンナノスプラウトの生成機構、構造及び電子状態の解明を、温度可変型STMなどのナノ構造解析手法を駆使して行った。カーボン固溶Ni(111)基板状において表面析出させたグラフアイト(0001)面においても多様なナノ構造が形成されることが明らかになった。一次元的な超構造、モアレ構造、さらにエンボス型の周期的構造が発見された。ナノワイヤの原子分解能計測にも成功し、グラフェンシートが筒状に丸まった構造であることが判明した。これらの研究は、各種マスメディアで広く紹介された。また、FNWにおいては、高校生の化学実験活動にも浸透が始まった。C<sub>60</sub>FNTは、物材機構第1号の参考物質認証作業が平成17年度末までに完了し、一般頒布が始まった。FNTの発見はフラーレン研究の流れを変えつつある。また、高密度・高配向性カーボンナノフィラメントは、蓄電素材、電子放出素材として有効であることを示した。本プロジェクトを核に、応用物理学会と電気学会でシンポジウムを行い、広く紹介に努めた。また、論文投稿を行って議論を深めるとともに、積極的な特許出願による知財の形成に努めた。</p> <p>論文：6. 8件*、プロシーディングス：7. 2件*、解説・総説：9. 9、招待講演数：23. 4件*（*：研究の寄与率を考慮した平成16－17年の値）          特許出願：37件、登録：4件、実施許諾：0件</p>
<p>【評価項目】</p>	<p>コメントおよび評価点</p>
<p>マネジメント 実施体制 (サブテーマ間連係、外部との共同研究の有効性)</p>	<p>コメント：          本研究では、ナノスケールの新しいカーボン材料の合成と構造評価という1つのテーマの下に研究が実施されており、よく考えられた実施体制であった。しかしながら、例えば、メカニズムが異なるサブテーマ2と3の間の連携はとれていなかったのかどうかなど、サブテーマ間の連携が成果上見えてこなかった。また、本研究では興味深いナノカーボンが発見されているので、NIMS内外との共同研究を具体的目的や数値目標を設定してさらに推進すべきである。特に、同様なナノカーボンを扱う「ナノスケール環境エネルギー物質に関する研究」プロジェクトとの連携はさらに進めて欲しい。</p>
<p>*評価点（10点満点）：7          評価基準</p>	<p>9点：研究の効率向上に明確に寄与している          7点：よく考えられている          5点：平均的な体制          3点：もう少し考慮の余地があった          1点：プロジェクト遂行の支障となった</p>
<p>アウトプット (論文、特許等の直接の成果。費用対効果を考慮)</p>	<p>コメント：          様々な試みの中で興味深いナノカーボンが発見されており、それらが成果として発表されている。研究経費を考慮すると成果はかなり得られていると言え、アウトプットは水準を十分満たしていると評価する。今後は、他のグループからの参画や共同研究の推進により、さらに多くのアウトプットが出てくるのではないかと。この手の研究はある時点から爆発的にアウトプットが出るものである。研究タイプとして実用化研究もあげているが、基礎研究としてなら、もっと評価はよかった。</p>
<p>*評価点（10点満点）：7</p>	

評価基準	9点：質・量共に平均的プロジェクトの水準を大きく上回っている 7点：平均的水準より優れる 3点：少ない	5点：平均的水準 1点：問題がある
目標の達成度 その他アウトカム、波及 効果	コメント： 萌芽研究として、次への発展が期待される新しい材料や現象を見出しており十分評価できる。C60ナノチューブを参考物質として無償提供していることは、基礎研究や応用研究の推進、さらには市場拡大にも効果がある。この他、STM探針への応用、実証も優れた成果であった。ただし、研究のタイプとして、応用・実用化研究を上げているが、もしそうなら、応用・実用化に向けての目標（数値目標など）が不明瞭であり、数値目標を立てて出口（ゴール）を示すべきであろう。	
* 評価点（10点満点）：7	評価基準 9点：一つの分野を形成した 7点：目標は十分達成され、当該分野に影響を与えた 3点：目標の部分的な達成	
5点：目標はなんとか達成された 1点：目標達成にはほど遠い		
総合評価	コメント： 新しい形態のカーボンが発見され、新しい機能を付加できることを示した点で、基礎研究としては高く評価できる。しかしながら、現段階では基礎研究にとどまっており、全体的に見ると一本のまとまりが打ち出せていない。また、新形態のカーボンの構造のキャラクタリゼーションが弱いようで、正確な構造評価を実施することにより、更に優れた成果が得られると思う。着実な研究開発が重要であり、今後の展開に期待したい。 ナノマテリアル関連材料は、現在市場規模が小さく、研究の出口が明確ではないことが多い。そのような観点からすると、本プロジェクトも応用面では新規性が少なく、同じ隘路に陥りそうである。今後、応用研究に関しては、評価体制や共同研究体制のスキームを示し、どのような方針で実用化に向けた研究開発を進めるのかを明確にすることが重要であろう。	
* 総合評価点（10点満点）：7	評価基準 9点：すべての点において模範的に優れている 7点：総合的に優れている 3点：期待されたほどではなかった	
5点：平均的 1点：税金の無駄遣いである		

なお評価点は、公表時一般にもわかり易いように、以下のようにS, A, B, Cを併記します。

9、10 S  
8 A+  
6、7 A  
5 A-  
3、4 B  
0～2 C

#### 評価点まとめ

マネジメント実施体制 (内外連携)	アウトプット	目標達成度、アウトカム 波及効果	総合評価
A	A	A	A