

平成19年度 実施方針

ナノテクノロジー・材料技術開発部

1. 件名：プログラム名 ナノテクノロジープログラム／省エネルギー技術開発プログラム
(大項目) カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト

2. 根拠法

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

3. 背景及び目的・目標

ナノテクノロジープログラムの目的である、情報通信、環境、エネルギー、医療等のさまざまな産業分野に革新的進歩をもたらすナノテクノロジーによる基盤技術の構築及び革新的産業技術による国際競争力の強化、を達成するために実施するものである。これによりナノテクノロジーを産業化するための基盤技術（ナノマテリアル・プロセス、ナノ加工・計測技術等）を確立し、ナノテクノロジー材料の実用化を目指す。

カーボンナノチューブは、ナノマテリアルの代表的素材であり、従来素材が持たない新しい機能を持った炭素系材料である。高配向性を有した単層カーボンナノチューブの開発は、基盤的なマテリアルプロセスの開発であり、その構造・特性を生かしたキャパシタ（蓄電部材）への応用は、ナノテクノロジープログラムの産業化展開の代表的な成果になる観点からも必要である。

本事業はナノテクノロジー技術戦略マップの自己組織化分野において、カーボンナノチューブを用いたキャパシタ開発の技術要素として、その重要性が上げられている。

本プロジェクトでは、キャパシタの電極材料として活性炭に代わりカーボンナノチューブを用いる。これにより、粉体成型により製作された活性炭電極のような接触抵抗を無くし、電極材料に起因するセルの内部抵抗を最小限にすることを可能にし、キャパシタの需要に求められる高出力、高エネルギー密度、長寿命の電気二重層キャパシタを開発する。そのために、高度に配向した長尺単層カーボンナノチューブの大量合成技術の開発及び本カーボンナノチューブを用いたキャパシタ製造技術の開発を実施する。これにより、プリンタ・コピー機用予熱電源、フォークリフト・電車で電源等の耐久性が要求されるキャパシタ需要に対応し、省エネルギー効果を上げる。

また、カーボンナノチューブの大量合成技術の開発を実施することにより、カーボンナノチューブ製造のコストダウンも実施する。

従来の活性炭を電極に用いたキャパシタに代わり、カーボンナノチューブを用いた高性能キャパシタを開発する。キャパシタの目標は、耐久性のあるエネルギー密度が20Wh/kg以上のキャパシタを開発する。この目標を達成するために、①単層カーボンナノチューブの高配向、高密度化技術並びに、製品化に必要なとされるカーボンナノチューブ量産化技術および②キャパシタ製造技術を確立する。

上記開発を達成するために、以下の研究開発項目を実施する。

- ・研究開発項目①「カーボンナノチューブ量産化技術開発」（実施体制：日本ゼオン株式会社、独立行政法人産業技術総合研究所）

単層カーボンナノチューブの直径、長さの制御技術、高効率合成技術を開発し、キャパシタ応用に最適な高純度で高配向性を有した長尺の単層カーボンナノチューブ構造体の大量合成技術の開発を行う。

（中間達成目標）平成20年度

- ① グラフェンシート構造で構成され、層の数が1層で、外径が1 nm～5 nmの配向した単層カーボンナノチューブを生成する技術を開発する。生成物の比表面積が1,200m²/g以上、触媒・担持体含有率0.01%以下、かつ生成物全重量に占めるカーボンナノチューブの重量98%以上。高配向性を有したカーボンナノチューブ構造体の高さ（長さ）が5mm以上。
- ② 高配向性を有し高密度化された単層カーボンナノチューブ構造体を作製する技術を開発する。イオンが通過できるナノスケールのメソポアを確保しつつ、単層カーボンナノチューブの間隔を制御する。かさ密度0.5g/cm³以上、もしくはカーボンナノチューブ充填率75%以上であること。
- ③ 単層ナノチューブの側面、端面の開口等によって、上記②を満たし、かつ比表面積2,000m²/g以上の単層カーボンナノチューブ構造体を開発する。
- ④ 成長効率（生成物/触媒重量比）100,000%以上、投入炭素原料に対する生成物収率10%以上、生産速度0.03g/h・cm²、もしくは100g/日の生産量以上の合成技術を開発する。

（最終達成目標）平成22年度

- ① 中間目標①のスペックを満たし、かつ、カーボンナノチューブ構造体の高さ（長さ）が10mm以上の単層カーボンナノチューブを生成する技術を開発する。
- ② 成長効率（生成物/触媒重量比）200,000%以上、投入炭素原料に対する生成物収率10%以上、生産速度0.06g/h・cm²以上、もしくは1,000g/日の生産量の合成技術を開発する。
- ③ カーボンナノチューブの高密度化技術、開口技術、成型技術、化学修飾等を組み合わせ、キャパシタの電極に適したナノカーボン材料を作成する。

・研究開発項目②「カーボンナノチューブキャパシタ開発」（実施体制：日本ケミコン株式会社、独立行政法人産業技術総合研究所）

高密度、高純度、高配向性を有するカーボンナノチューブは、比表面積あたりの電気容量が活性炭より大きく、高エネルギー密度の電極材料となる可能性を有している。このカーボンナノチューブを大容量キャパシタに用いるために、キャパシタ製造技術（集電体、電極圧縮高密度化、電極接合、電流引出に関する技術）を開発し、その特性を評価する。これらの技術を基に良好なサイクル特性を維持し、かつ、高いエネルギー密度とパワー密度を有するキャパシタを開発する。さらに、コンポジット電極活物質の添着技術や高密度充填技術によりさらに高いエネルギー密度を持つ電極を作製する。

（中間達成目標）平成20年度

- ① 15Wh/kg のエネルギー密度、10kW/kg のパワー密度を持つキャパシタをデバイスレベルで開発する。
- ② キャパシタ素子の電極体積占有率を50%以上にする。
- ③ 作動電圧3V以上のキャパシタ素子を開発する。

（最終達成目標）平成22年度

- ① 20Wh/kg のエネルギー密度、10kW/kg のパワー密度を持ち、寿命15年を有するキャパシタをデバイスレベルで開発する。
 - ② キャパシタ素子の電極体積占有率を90%以上にする。
 - ③ カーボンナノチューブ/集電体界面と電極引出部の抵抗を低減させ、時定数を2.0ΩF以下にする。
 - ④ 電極活物質の高密度充填により、コンポジット電極内の活物質充填率を80%にする。
- 最終達成目標②、④の技術により高エネルギー密度化が、最終達成目標③の技術より高パワー密度化がそれぞれ期待でき、これらにより最終達成目標①を達成する。

4. 実施内容及び進捗状況

独立行政法人産業技術総合研究所 ナノカーボン研究センター長 飯島澄男をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

4. 1 平成18年度委託事業内容

研究開発項目①「カーボンナノチューブ量産化技術開発」においては、単層カーボンナノチューブの優れた物理・化学特性を保持したまま、配向高密度化した固体の開発に成功した。この単層カーボンナノチューブ固体を電極材料として用いたキャパシタは、活性炭を電極とする従来型のキャパシタよりも、高エネルギー密度、ハイパワーを示すことを実証し、カーボンナノチューブが、次世代のキャパシタの実現へのキー技術であることを確認した。

また、初めて大面積金属板上に直接大量の単層カーボンナノチューブを合成する技術を開発した。つまり、これまでスーパージョイント法は高価なシリコン基板を用いて単層カーボンナノチューブを合成していたが、安価なニッケル合金基板上での合成に成功した。さらに、開発した技術を適用できる合成炉を設計・試作し、A4サイズの金属板の全面に均一な単層カーボンナノチューブ構造体を合成することに成功した。これは成長面積として従来の100倍のスケールアップであり、生産量はグラム単位である。合成された単層カーボンナノチューブは、金属板フォイル上で、垂直に起立した形で成長し、高さ1ミリメートルの構造体をわずか10分で形成する。(実施体制：日本ゼオン株式会社、独立行政法人産業技術総合研究所)

研究開発項目②「カーボンナノチューブキャパシタ開発」においては、高出力型キャパシタの開発を目指すカーボンナノチューブ電気二重層キャパシタ開発に関しては、as grownサンプルをプレス法、ペーパー法により高密度シート(0.2-0.5 g cm⁻³)を得た。それらをキャパシタ電極とし、キャパシタ特性を評価へと検討を進めている。また、高密度シートをバインダーフリーで集電体(エッチングアルミニウム箔)へ接合することに成功した。

高容量型キャパシタ開発を目指したコンポジット電極開発に関しては、高容量を発現する活物質の探索を中心に検討した。具体的にはポリフルオレンに注目し、代替カーボン(ケッチェンブラック、多層カーボンナノチューブ)とのコンポジット化を試みた。得られたコンポジット電極は18年度目標(150 F/g)を上回る160 F/gというエネルギー密度を示した。(実施体制：日本ケミコン株式会社、独立行政法人産業技術総合研究所)

4. 2 実績推移

	18年度(契約額)
	委託
実績額推移	
①一般会計(百万円)	490
特許出願件数(件)	2
論文発表数(報)	3
フォーラム等(件)	0

5. 事業内容

5. 1 平成19年度事業内容

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、研究体には研究開発責任者(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 ナノカーボン研究センター長 飯島澄男を置き、その下に研究者を可能な限り結集して効果的な研究開発を実施する。実施体制については、別紙を参照のこと。

研究開発項目①「カーボンナノチューブ量産化技術開発」においては、以下の研究

を実施する。(実施体制：日本ゼオン株式会社、独立行政法人産業技術総合研究所)

- ・触媒・助触媒・基板の研究
- ・大面積化カーボンナノチューブ合成技術の研究
- ・長尺化・高効率カーボンナノチューブ合成技術の研究
- ・構造制御カーボンナノチューブ合成技術の研究
- ・最適カーボンナノチューブ探索及び合成技術の研究

研究開発項目②「カーボンナノチューブキャパシタ開発」においては、以下の研究を実施する。(実施体制：日本ケミコン株式会社、独立行政法人産業技術総合研究所)

- ・デバイス製造技術の開発
- ・高性能化技術開発
- ・コンポジット電極の研究開発

5. 2 平成19年度事業規模

委託事業

①石特会計（エネ高） 376百万円

(注) 事業規模については、多少の変動があり得る。

6. その他重要事項

(1) 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、経済産業省および研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的および目標、並びに、本研究開発の目的およ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、必要に応じて設置される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。

(2) 複数年度契約

平成18～19年度の複数年度契約を行う。

(3) その他

7. スケジュール

- (1) 本年度のスケジュール： 平成19年3月上旬・・・部長会
3月中旬・・・運営会議

(別紙)「カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト」実施体制

