

サブテーマ名：I-1 制御された合成プロセスと大量合成装置開発 小テーマ名：I-1-1 カーボンナノコイルの大量合成装置・プロセスの開発
サブテマリーダー：日新電機(株) 技術開発研究所 プロセス研究センター 研究員 東 勇吾 研究従事者：(財)大阪科学技術センター 雇用研究員 末金 皇
<p>研究の概要、新規性及び目標</p> <p>①研究の概要</p> <p>カーボンナノコイルの大量合成を行うためには、バッチ式による基板上への合成ではなく、ガスによる触媒粒子の浮遊輸送が欠かせない技術となる。これを実現するために、反応炉の入口から挿入した触媒粒子が反応炉の出口まで、キャリアガスにより効率よく浮遊輸送される条件を、計算手法と実験手法により確立する。</p> <p>②研究の独自性・新規性</p> <p>カーボンナノチューブについては縦型浮遊装置による大量合成は既に行われているが、カーボンナノコイルについてはその報告は殆ど無く、カーボンナノコイル自体の大量合成は困難とされている。この原因としてカーボンナノコイルの成長のための時間が長いことが上げられる。カーボンナノチューブの場合、数秒程度の反応時間で成長するのに対して、カーボンナノコイルは、数十秒から1分以上の成長時間が必要である。これまで基板法を用いたカーボンナノコイルの成長が行われてきたが、バッチ式のこの基板法ではカーボンナノコイルの大量合成に対して不向きである。より大量にカーボンナノコイルの大量合成を行うためには、バッチ式による基板上への合成よりもむしろガスによる触媒粒子の浮遊輸送が欠かせない技術となる。本テーマでは触媒粒子の浮遊法を実現するために、反応炉の入口から挿入した触媒粒子が反応炉の出口まで、キャリアガスにより効率よく浮遊輸送される条件を、計算手法と実験手法により確立する。</p> <p>③研究の目標</p> <p>フェーズⅠ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 計算機を用いたシミュレーション</li> </ul> <p>パラメータ：反応炉としては縦型と横型を想定、触媒の投入場所、合成物の回収場所、反応炉の形状とサイズ、ガスの流れ方と流速など。（ここでは、ヒータ加熱による対流や圧力変化も考慮する。）</p> <p>フェーズⅡ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実験による検証</li> </ul> <p>計算機シミュレーションで予測される条件を踏まえ、実際に炉を設計、作製して実証する。</p>
<p>研究の進め方及び進捗状況（目標と対比して）</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 計算機シミュレーションによって触媒粒子を浮遊させる反応炉の形状を計算し、設計を行い、実際に装置を作製する。</li> <li>2 装置を用いて実際に粒子を投入し炉出口まで到達する時間を調べる。基板法にてカーボンナノコイルの成長する最高成長速度である1分程度以上浮遊させるような条件を導く。</li> </ol>
<p>主な成果</p> <p>具体的な成果内容：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 計算機シミュレーションによって触媒粒子を浮遊させる反応炉の形状を計算し、設計を行い、実際に装置を作製する。</li> </ol> <p>フェーズⅠにおいて計算機上で浮遊する粒子の振る舞いを調べた結果を用いて実際の実験装置を作製した。粒子としては担持体フリーとなる触媒粒子を浮遊、輸送させるための装置として作製している。想定している粒子の重さは <math>&lt;10^{-16}</math> kg (<math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math>粒子)である。実験用の炉として、浮遊実験専用の金属製簡易炉、ならびに昇温、反応が可能な石英製反応炉ならびにヒータを設計、作製を行った。炉の形状として、横型炉とし炉入口から出口に対してのガスフローと床面から粒子を浮遊させるためのアシスト用ガスを使用できるように設計を行った。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2 装置を用いて実際に粒子を投入し炉出口まで到達する時間を調べる。基板法にてカーボンナノコイルの成長する最高成長速度である1分程度以上浮遊させるような条件を導く。</li> </ol> <p>粒子投入のための粒子は、エタノールにFe微粒子を混合させたものをミスト（ミストサイズは3～5 <math>\mu\text{m}</math>）として投入した。粒子投入のためのガス量として80sccm、アシスト用ガス量として600sccmを設定して粒子の投入を行った。計算機シミュレーションによる本装置での浮遊時間は200秒程度である。実験の結果、粒子は入口から出口まで180秒で到達することが確認された。す</p>

なわち、反応炉内を3分間浮遊していることになる。加熱した炉においては、均熱温度領域での流速は一定であるので、この3分の浮遊が可能になる。

#### 研究成果に関する評価

##### 1 国内外における水準との対比

現在、国内外において単層、多層などのカーボンナノチューブの大量合成は数多く行われているが、カーボンナノコイルの大量合成については、ほとんど行われていない。2006年秋の応用物理学会においてカーボンナノコイル大量合成の報告が1件有り、触媒粒子と繊維状構造物、カーボンナノコイルを全て合わせて1日あたり約10g（カーボンナノコイルの密度は3割程度）の生産能力を示していた。

本テーマ全体の目標は、さらに多くのカーボンナノコイルを合成するための触媒粒子および反応炉を設計するとともに大型炉を建造することである。本テーマの目標は、大型炉のための触媒浮遊法について検討し、その設計に向けてデータをフィードバックすることにある。

##### 2 実用化に向けた波及効果

カーボンナノコイルの大量合成が可能になると、さらに大量にカーボンナノコイルを用いた応用研究が可能となる。これまでカーボンナノコイルの供給量が限られていた環境からカーボンナノコイルの大量供給へと繋がり、さらにより多くのアプリケーション実現が期待できる。

#### 残された課題と対応方針について

- ・ 計算機の性能と数を改善させることで、解析速度を上げることができる。解析速度を改善するため、計算機1台の見積もりを依頼している。
- ・ 浮遊時間を長くし、CNCの長さを長くするため、横型炉の場合、炉長を数mから数十mへと非常に大きくする必要がある。プラント設計を行う場合、規模の許容範囲を決める必要がある。

	J S T 負担分 (千円)							地域負担分 (千円)							合 計
	16 年度	17 年度	18 年度	19 年度	20 年度	21 年度	小計	16 年度	17 年度	18 年度	19 年度	20 年度	21 年度	小計	
人件費	0	776	7,591	0	0	0	8,367	0	0	0	0	0	0	0	8,367
設備費	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他研究費 (消耗品費、 材料費等)	0	1,115	14,282	0	0	0	15,397	0	0	0	0	0	0	0	15,397
旅費	0	32	79	0	0	0	111	0	0	0	0	0	0	0	111
その他	0	30	448	0	0	0	478	0	0	0	0	0	0	0	478
小計	0	1,953	22,400	0	0	0	24,353	0	0	0	0	0	0	0	24,353

代表的な設備名と仕様 [既存 (事業開始前) の設備含む]

J S T 負担による設備：特注計算機一式

地域負担による設備：

※複数の研究課題に共通した経費については按分してください。