



ナノカーボンCVD合成装置/卓上型CNT合成装置

マイクロフェーズ

1. はじめに

当社は、ナノテクノロジーの研究開発を事業の柱とする筑波大学発のベンチャー企業である。本稿では、当社が提供するナノカーボンCVD合成装置と卓上型CNT合成装置について紹介する。

2. ナノカーボンCVD合成装置

2.1 装置概要

ナノカーボンにはフラーレン、グラフェン、カーボンナノチューブ(CNT)、カーボンナノコイルなど、構造の異なる種類がいくつか存在する。これらのナノカーボンは、製法の詳細は異なるものの、基本的な点では共通している部分が多く、類似の炭素源と触媒から合成することが可能である。フラーレン以外のグラフェン、CNT、カーボンナノコイルは、水素とアセチレンガスから作ることが可能であるため、同一の合成装置で合成することが可能である。

当社の横型管状炉タイプのナノカーボンCVD合成装置は、1台の装置でこれらのナノカーボンを合成するために設計されたものである。なお、グラフェンの成膜においては、CNTやカーボンナノコイルと違って急冷が必要なため、本装置には炉をスライドさせる機構を備えている。炉を手動で横にスライドさせることにより、炉のホットゾーンをサンプル位置から瞬時に外すことが可能になる。

2.2 MPCVD

当社が開発したナノカーボンCVD合成装置「MPCVD」は、50~75mm径の石英管を有する横型管状炉タイプで、アセチレン(またはメタン)ガスのマスフロー制御系とともに、エタノール液体燃料の導入機構も用意している。可燃

性の炭化水素ガスや水素ガスを設置できない場所においても、CNTの合成が可能である。写真1に「MPCVD-50-Graphene」の外観を示す。

本装置を用いて、以下のようにグラフェン、CNT、カーボンナノコイルを合成することが可能である。

グラフェン膜の成膜：冷却プロセスに入った時、炉を左右して30cmスライドさせ、グラフェン形成のキーとなる急冷を実現することができる。

CNTの合成：垂直配向CNT/基板を合成する場合は、触媒付き基板を炉内に設置し、エタノールを導入

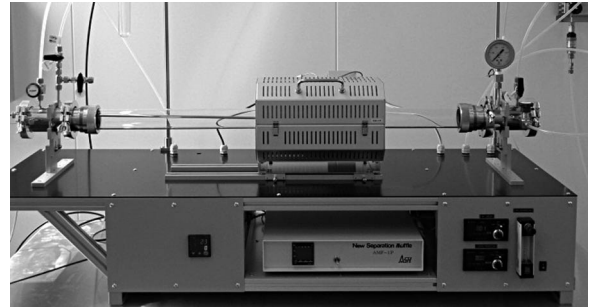
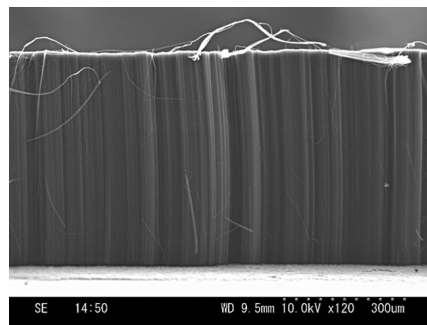
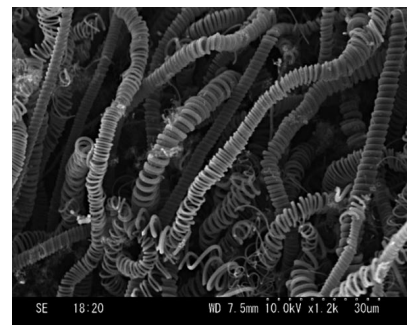


写真1 「MPCVD-50」の外観



(a) 垂直配向CNT



(b) カーボンナノコイル

写真2 CNTの合成



写真3 「MPCNT-Basic」の外観

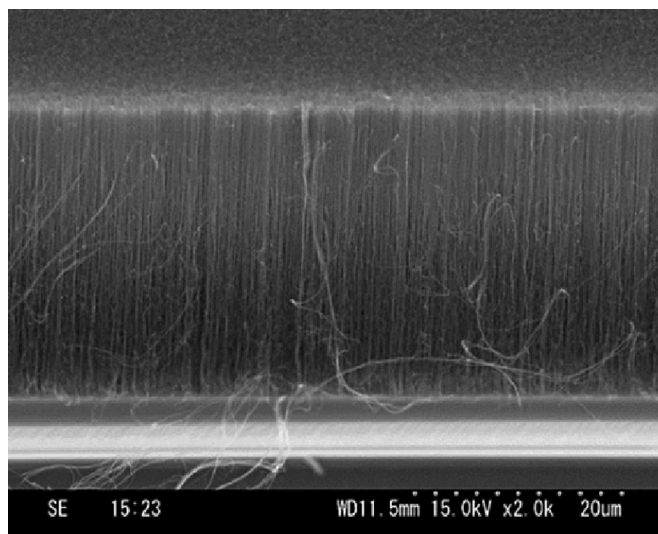


写真4 垂直配向CNTのSEM写真

する方法と、触媒担体膜付き基板を設置し、触媒前駆体とアセチレンガスを流し込む方法がある。粉末タイプCNTを合成する場合は、触媒担体（粉末）を炉内に設置し、触媒前駆体とアセチレンガスを流し込む方法を用いる。

カーボンナノコイルの合成：炉の上流側に助触媒を設置し、低圧でのアセチレン・水素ガスフローにより短時間で合成される。

3. 卓上型CNT合成装置

3.1 装置概要

CNTは様々な方法で合成できるが、量産性や簡易性の観点で、CVD法が最も一般的に使われている。CVD法を用いたCNT合成装置として、通常は横型炉か縦型炉が用いられる。炉内に触媒を入れ、炭素源である炭化水素ガス（メタンやアセチレンなど）と還元用水素を導入し、炉心管と雰囲気を含め、炉内全体を外部から加熱してCNTを成長させる。このような合成装置は、プロセス終了後の炉内冷却時間が長く、内部のCNTが成長する様子が見えないなどの欠点がある。

3.2 MPCNT

当社が開発した卓上型CNT合成装置は、触媒だけを効率良く加熱する内部ヒータを採用し、エタノールを

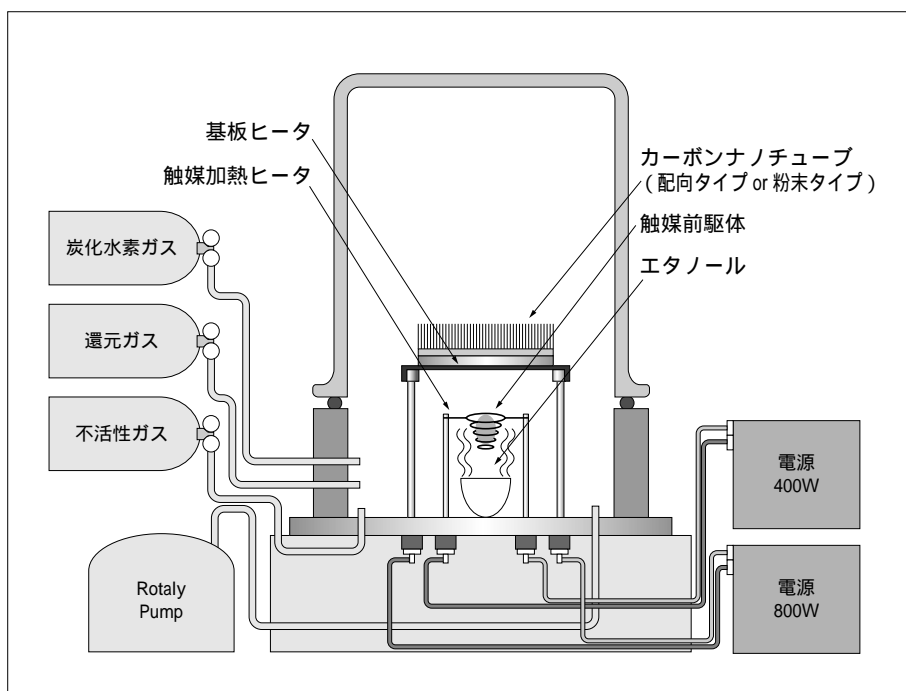


図1 「MPCNT-Premium」の装置構成概念図

炭素原料として用いた簡易型CNT合成装置である。エタノールは低温で分解しやすく、CNTの炭素源となるだけでなく、触媒還元作用も有するため、CNTの生成にとって非常に都合の良い原料であり、水素ガスなしでCNTを合成することができる。また、エタノールで生成されたCNT（単層CNTを含む）の結晶性は高い。

写真3に卓上型CNT合成装置「MPCNT-Basic」の外観（電源やポンプを除く）を示す。

チャンバ内部の坩堝にエタノールを入れておき、通



電加熱式フラットヒータに各種触媒基板や触媒担体（粉末）を乗せておいてから、真空を引く。エタノールが自然蒸発し、チャンバ内部は低圧のエタノール雰囲気満たされる。そこでヒータを加熱すれば、CNTが忽ち成長し、その成長の様子がリアルに見える。ピカ

ピカに見えていたSi基板は、数分で真っ黒の垂直配向CNT膜（写真4）に覆われることがわかる。

また、フィラメント加熱やガス導入機構などを追加したモデル「MPCNT-Premium」（図1）もラインナップしている。