

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 LIM Hong En

論文題目 Structure-Controlled Synthesis and Characterization
of Carbon Nanotubes and Graphene Nanoribbons
(カーボンナノチューブとグラフェンナノリボンの構造制御合成と評価)

論文審査担当者

主査 名古屋大学大学院理学研究科 教授 理学博士 篠原 久典
委員 名古屋大学大学院理学研究科 教授 理学博士 阿波賀 邦夫
委員 名古屋大学大学院理学研究科 教授 博士(工学) 菱川 明栄

論文審査の結果の要旨

別紙 1 - 2

カーボンナノチューブ(CNT)とグラフェンナリボン(GNR)は、多くの興味深い性質を持つユニークなカーボンナノ構造である。例えば、その優れた機械的柔軟性に加え、これらの物質は電子構造が大きく構造に依存するという特徴を持つ。特に、チューブ径やリボン幅に依存して、電子状態が金属から、様々なバンドギャップを持つ半導体まで変化する。これらの特徴より、CNT や GNR は将来のエレクトロニクス・オプトエレクトロニクス応用が期待されている。従って、その合成法の理解と制御は、魅力的な電気的および光学的性質を活用するために極めて重要な研究課題となっている。本博士論文では、ナノ試験管を用いた化学的アプローチより、この物質の合成と物性についての研究を行った。

第一章では、CNT および GNR の構造、電子物性、および合成法について示す。また、本論文での中心部となる CNT の内部や表面での化学反応などの従来の研究についても紹介する。第二章では、これら炭素ナノ物質を評価するために主に利用される技術について説明する。特に、高分解透過型顕微鏡やラマン散乱、光吸収などの光学測定について詳細に記述した。

第三章では、ねじれた GNR を利用した CNT の選択的合成についての研究を示す。本アプローチは、テンプレートとなる CNT の内部空間においての分子融合反応に着目している。GNR を CNT に変換する可能性を調べるために、様々な分子を利用しその生成物を調べた。注目すべきは、ペリレン誘導体を 1200°C で CNT に変換した際にのみ、(7, 2), (8, 1) と特徴づけられるカイラル指数が優先的に生成する点である。この優先性については、まずペリレン誘導体の重合でアームチェア端の GNR が形成し、この GNR が一本もしくは二本ねじれながら融合するというモデルで説明できる。変換過程については、収差補正された透過型電子顕微鏡や量子化学シミュレーションによっても研究を進めた。この反応は、単にテンプレートの幾何構造だけでなく、分子構造を反映している点が重要であり、CNT の構造制御に向けた新しい手法である。

第四章では、CNT 内における微小幅 GNR の合成と光学的性質についての研究を記述する。本研究において、CNT 内でコロネン分子を 450°C もしくは 700°C で熱重合させることで GNR を成長させた。さらに CNT 表面の化学修飾によって CNT 由来の吸収構造を消失させ、内部に生成したコロネン由来の GNR の光吸収スペクトルを測定することに成功した。興味深いことに、高温で加熱した試料において、吸収ピークの低エネルギーシフトが測られ、これらは加熱により GNR が構造を保ちながら重合度が向上したことを示している。また、スペクトルの特徴は、第一原理計算の結果とも定性的に一致している。

以上の結果について、第五章で結論と将来の展望を述べている。

本研究で示した新規合成法および評価法は、ナノ炭素物質に要求される精密構造制御や構造・物性相関の解明において極めて有用であり、将来の一次元系の物理と化学そして、新規ナノ材料の創成にむけ重要な知見となる。したがって、申請者は博士(理学)の学位を授与される資格があるものと認められる。