

# 第1章 序論

## 1.1 背景<sup>[1][2]</sup>

### 1.1.1 CNTの発見・発展

1991年、日本の飯島澄男博士によって、アーク放電によりフラーレン合成を行った炭素電極の陰極側の堆積物中から、グラフェンシートを何十にも巻いた筒状の構造をもつ物質が発見された。これは、複数枚のグラフェンシートが巻かれた多層カーボンナノチューブ (Multi wall Carbon nano tube:MWNT) であった。さらに、1993年には飯島博士が、触媒として Ni-Co 触媒を用いたアーク放電法によって1枚のグラフェンシートが円筒状の構造をした単層カーボンナノチューブ (Single wall Carbon nanotube:SWNT) を発見した。その後、1996年にフラーレンの発見者スモーリー博士らによりレーザーアブレーション法によるCNTの合成法が発見された。さらに最近では化学気相成長法 (Chemical Vapor deposition:CVD法) による大量合成も研究されている。CNTは、直径0.7~70 nm程度で長さが数十 $\mu\text{m}$ 程度の円筒の形状をしており、引っ張りや曲げに対する強度は、従来の材料の材料に比べ非常に高く、その熱伝導率はダイヤモンドを越えて物質中で最大になることが予想されている。その中でも、SWNTは、巻き方 (カイラリティ) によって金属にも半導体にもなるといった性質を持ち、盛んに研究されている。これらのCNTが持つ特性は、六方格子構造によって発揮される。そのため、CNTの結晶性が高いほど高い性能を発揮する。

### 1.1.2 CNT合成法

CNTの性質を利用して製品に応用する際には、高品質なCNTが大量に必要なことになる。しかし、現段階では高品質と大量合成を同時に成し遂げる合成法は確立されていない。現在主流となっているCNTの合成法は、上で述べたようにアーク放電法、レーザーアブレーション(LA)法、CVD法の3種類である。アーク放電法は、グラファイト電極をおき、その間にアーク放電を起こし、陽極の電極を蒸発させることにより単層カーボンナノチューブを合成する方法である。アーク放電法は、単層、二層、多層とCNTの作り分けが可能であり結晶性の良いCNTが得られるが、生成物中に不純物が多い。レーザーアブレーション法は、触媒金属の微粒子を混ぜ込んだグラファイトターゲットにレーザーを照射しプラズマを発生させ、このプラズマを加熱してCNTを合成する方法である。レーザーアブレーション法は、得られるCNTの結晶性は良いが、合成効率が悪い。CVD法は電子炉を用いて800 $^{\circ}\text{C}$ から1200 $^{\circ}\text{C}$ 程度まで高温にした触媒に、炭素源を通し、熱や触媒によって分解した炭素から単層カーボンナノチューブを合成する方法である。CVD法は、CNTの大量合成が可能だが結晶性が悪い。それぞれの合成法に利点・欠点がある。そこで、高品質なCNTを合成できる手法としてレーザーアブレーション法に着目した。レーザーアブレーション法のもつ、高い結晶性を持つCNTを得られるという利点と、欠点である低い合成効率を改善すること

によって、合成される CNT の高品質化と効率化を図る。

### 1.1.3 ダブルレーザーアブレーション(DLA)法で予想される改善点、利点

一般的なレーザーアブレーション法の欠点として、ガスの流れとレーザー照射によって発生するプラズマの向きが逆方向であることが挙げられる。これによって、発生したプラズマがガスの流れに乗ってターゲットに再堆積してしまい、合成効率が落ちると考えられる。そこで、本研究では他では例の少ないダブルビームを用いて CNT の合成を行う。<sup>[3]</sup>

ダブルビームの利点は、金属触媒の種類を容易に変えられる点、またグラファイトと合金などの触媒金属を分けたアブレーションにより、それぞれのプラズマを別々に供給でき、より均一な単層カーボンナノチューブを合成できる可能性がある点などが挙げられる。また、既存の装置では難しかった、ターゲットにプラズマが再堆積する装置内のガスの流れの改善を、ターゲットを斜めに配置することにより成す事ができる。これらの利点はシングルビームではなすことが難しくダブルビームでの合成は画期的である

## 1.2 目的

DLA 法によって、既存のレーザーアブレーション法の合成効率の改善を図り、高品質な CNT の大量合成を可能とすることを目的とする。ダブルビーム型レーザーアブレーション装置の立ち上げに先立ち、一般的なシングルビームによるレーザーアブレーション法によってカーボンナノチューブの合成を行い、成長条件の最適化を行って、DLA 法による CNT 作製の指針とする。