

Y字分岐物質内包カーボンマイクロチューブは、1本のカーボンマイクロチューブが2本に分岐しており、更にその内部に物質が内包されている構造である。この構造に内包されている物質を操作することができれば、流体回路スイッチングやナノシリンジなどのデバイスへの応用が期待できる。本研究室ではこれまでに、SEM内でマイクロマニピュレーターを用いてこの構造に電流を流し、内包物質の振舞をその場観察する研究が行われた。制御が容易であるエレクトロマイグレーションによる移動が期待されていたが、内包物質はエレクトロマイグレーションではなくチューブ内の温度勾配によって移動した[1]。移動要因が温度勾配である場合、その移動の制御は困難であるという課題がある。その解決方法として、チューブの直径を小さくすることが考えられる。チューブの直径を小さくすることで、ジュール熱による影響が電流密度による影響より小さくなり、エレクトロマイグレーションによる移動が起こりやすくなることが期待できる。また、従来のもものではチューブの直径が500 nm~数 μm 程であり、ナノデバイスとして応用するにはサイズが大きいという課題の解決も望まれる。そのため本研究ではY字分岐物質内包カーボンマイクロチューブのサイズを制御し、従来の1/10程度の直径を持つ物質内包分岐チューブを生成すること、さらにプローブ実験を行い内包物質の操作を試みることを目的とした。

サンプルの作製にはアンプル式CVD法を用いた。本研究では従来の生成条件から、内包物となる添加物の種類と量、基板に蒸着する触媒金属の種類、膜厚などの条件を変更してサンプルを作成し、それらの条件が生成物の構造やサイズに与える影響を検証した。その結果触媒金属をCo 15 nmからAg 3 nmに変更し、添加物のGaの量を25 mgから5 mgに減らした条件で、先端に物質を内包した直径200 nm程度の分岐CNTが生成された。また、フェロセンを用いた浮遊触媒CVD法による物質内包CNT生成の先行研究[2]を参考にし、触媒金属と内包物質の両方を気相から供給する生成方法で分岐構造を持つ物質内包CNTの合成を試みた。この方法では目的としていた直径20 nm程度の物質内包分岐CNTを合成することができた。

次に、マイクロプローブを用いてこれらの構造に電流を流し、内包物質の振舞をSEM、及びTEMでその場観察する実験も行った。この実験により、サイズを小さくすることでエレクトロマイグレーションが起こりやすくなるかを検証した。

文献

- 1) Okada, M., Sasaki, D., Kohno, H. *Microscopy*, **69**(5), 291-297, 2020.
- 2) Leonhardt, A, et.al. *Chem. Vap. Deposition*, **12**(6), 380-387, 2006.