Langmuir-Blodgett 膜を応用した $AlFe_2O_4$ ナノ粒子より成長させた垂直配向カーボンナノチューブに圧縮率がおよぼす影響

The Effect of Compressibility on Vertically Aligned Carbon Nanotubes Grown from $AlFe_2O_4$ Nanoparticles in Langmuir-Blodgett Films

千葉大院融 [1]，千葉大工 [2]，千葉大院工 [3]
○櫻井翔平 [1]，福士竜大 [2]，宮川慧 [1]，高濱悠一郎 [1]，串田正人 [3]
Chiba Univ., Graduate School of Science and Engineering[1], Faculty of Engineering[2], Graduate School of Engineering[3]
E-mail: kushida@faculty.chiba-u.jp

【緒言】固体高分子形燃料電池 (PEFC) は様々な利点を持っているが，電極触媒に白金を使用するためコストが高価であるという欠点を抱えている。これに対し，基板に垂直配向したカーボンナノチューブ (VA-CNT) を従来白金担持触媒の代替とすることで，白金使用量を低減できると示唆されている [1)]。PEFC の性能を最大化するには VA-CNT の直径および密度の制御が必要であり，触媒粒子の担持制御が課題となる。Murata らは，白金担持触媒として最適な VA-CNT の条件を，直径 20 nm 未満，CNT 間距離 150 nm 以上，CNT 膜厚 50 μm 以上であると述べている [2)]。本研究では，触媒累積法として Langmuir-Blodgett (LB) 膜を使用することで，基板上触媒粒子として用いた $AlFe_2O_4$ ナノ粒子の累積を制御し，上記条件を満たす VA-CNT の成長制御を試みた。

【実験】自作した $AlFe_2O_4$ ナノ粒子に溶媒としてジクロロメタンを混合し，5 倍希釈試料を用意した。この溶液を水面に滴下し，圧縮することにより LB 膜を作製し，表面圧測定 (π-A 特性評価) を行った。さらに，圧縮率 ($k = -(1/A)(\partial A/\partial \pi)_T$) が異なる 3 点で SiO_2 基板に $AlFe_2O_4$ ナノ粒子を累積させ，熱化学気相 (CVD) 法により VA-CNT を合成した。その後，SEM による VA-CNT の成長性評価から，圧縮率が CNT 成長におよぼした影響の比較を行った。

【結果と考察】Figure 1 に π-A 特性評価の結果を示す。分子占有面積 A が約 24 nm^2 および約 53 nm^2 を境にグラフの傾きが変化したことから，$AlFe_2O_4$ ナノ粒子は圧縮時に，圧縮率が変化すると同時に Langmuir 膜 (L 膜) 上で 3 種の構造変化を起こしている可能性があると判明した。Figure 2 に，分子占有面積が(a) 24 $nm^2 < A < 53$ nm^2 および(b) 53 $nm^2 < A < 120$ nm^2 の範囲で累積を行った $AlFe_2O_4$ ナノ粒子から成長させた VA-CNT の光学写真を示す。分子占有面積 A が(b) 53 $nm^2 < A <$ 120 nm^2 の範囲で累積を行った場合，VA-CNT はあまり成長しなかった一方で，分子占有面積が(a) 24 $nm^2 < A < 53$ nm^2 の範囲で累積を行った場合，明らかに VA-CNT の成長が確認できた。以上の結果から，L 膜上 $AlFe_2O_4$ ナノ粒子の圧縮時構造を制御することで，得られる VA-CNT の成長を制御できることが明らかとなった。詳細な条件については，当日議論する。

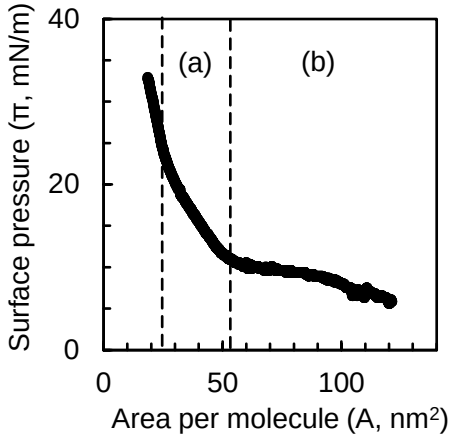

Fig. 1 Surface pressure - area (π-A) plot

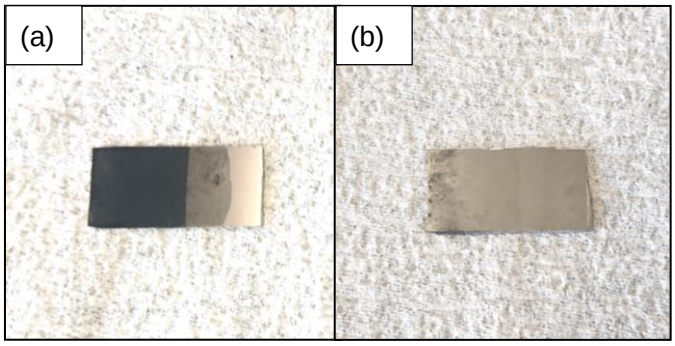

Fig. 2 Optical images of VA-CNT that deposition was conducted within (a) 24 $nm^2 < A < 53$ nm^2 and (b) 53 $nm^2 < A < 120$ nm^2

【参考文献】

[1] S. Tamiya, *et al*., Jpn. J. Appl. Phys., **57**(3):2 (2018).
[2] S. Murata, *et al*., J. Power Sources, **253**, pp.104 - 113 (2014).