

はじめに

久々に導電性ポリマーコンポジットに関する Column です。タイトルの Explosive Percolation とはそのままの訳では爆発的なパーコレーションと言うことになるが日本語の文献でも explosive percolation とその英文を用いているので、本 column でもそのように呼ぶ。Explosive percolation とは非導電性フィラーを添加したポリマーコンポジットに一定の操作を加えることによって、電気伝導度が急激に上昇する現象のことである。Meloni ら¹⁾はポリマーラテックスと酸化グラフェン(GO)のコンポジットを 150°C で熱処理することにより explosive percolation を起こしている。

結果

ポリマーラテックスとして methyl methacrylate (MMA), butyl acrylate (BA) 及び methacrylic acid (MAA) の 3 元共重合体を用いた。T_g 及び空気中での分解温度はそれぞれ 20 °C 及び 200°C 以上である。ラテックスと酸化グラフェン(GO)を水分散媒中で攪拌・乾燥して Fig.1 B 及び C のような segregated network 構造を持ったポリマーコンポジットを作製した。次いでこの成型物を 150 °C で熱処理して GO 及び還元 GO(rGO) からなるフィラー GO/rGO を含有したコンポジットとした。Fig.1 E には初期に添加した GO の添加量とコンポジットの電気伝導度の関係を示した。通常のパーコレーション現象とは異なり、GO の添加量が 0.4 wt% 付近で電気伝導度が急激に立ち上がっている。また、到達電気伝導度は rGO バルクの電気伝導度を凌駕している。

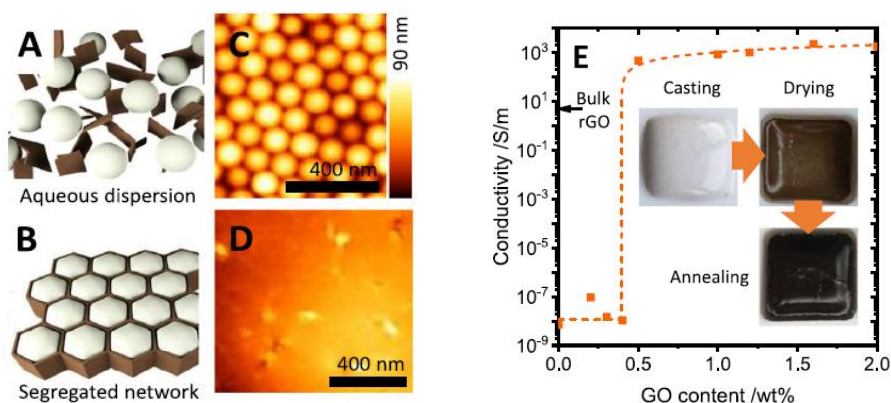


Fig.1 A, B Schematics of the composite latex-GO dispersion and subsequently-templated film structure. C, D Atomic force micrographs of a latex film before and after heating above the glass transition temperature of the polymer, resulting in particle coalescence. E Achieved conductivity in the latex-GO composites post-reduction. Indicated is the conductivity of a bulk rGO film processed under the same conditions. (inset) Photographs of the sample at each processing step.

考察

① Power law (下式)においてフィラー粒子の分布が2次元であれば $\mu \approx 1.33$ であり、3次元的

$$\sigma = \sigma_0 (\phi - \phi_c)^\mu$$

であれば $\mu \approx 2$ となることが知られている。Explosive percolation においては高密度の導電ネットワークが閾値付近で生成するので、閾値以上ではフィラー添加量の増加の影響は小さく $0 < \mu < 1$ となる。Fig.1 の E では $\mu = 0.6$ となり explosive percolation が起こっていることが確認できる。最初の一段目での segregated した構造(Fig.1 B)を持った構造が重要な役割をしている。

② GO を還元して導電性を付与するに熱あるいは化学的還元操作が必要である。熱還元には一般的には 300°C 以上の高温が必要となる。しかし、GO の熱還元反応は発熱反応で、熱処理温度以上の熱によりポリマーラテックスの分解が起こり、末端に OH 基を持った共役分子が生成すると考えられる。生成した共役分子が rGO との共有結合により架橋構造をとり、導電回路を形成していると推定している。本条件ではラテックスの炭素化が起こっていないことを確認している。

文 献

¹⁾ M. Meloni et al., Explosive percolation yields highlyconductive polymer nanocomposites, *Nature Communications* 2022, **13**, 6872

以上

HP のトップページへ:<https://www5d.biglobe.ne.jp/~hightech/>