

世界で一番高価な固形墨作り

—伝統的な手法を活用した炭素材料が分散したキセロゲルの作成—

吉岡歩環・高田真斗・伊藤瑠衣・鵜澤愛里

Fuwa Yoshioka, Masato Takada, Rui Itoh, Airi Uzawa

奈良県立西和清陵高等学校

【キーワード】キセロゲル、カーボンナノチューブ、フラーレン

墨は、奈良県の特産品（奈良墨）であり、煤（すす）と膠（にかわ）から調製される炭素コロイドであることが知られている。一方、フラーレン、グラフェン、カーボンナノチューブ（CNTs）などの炭素材料はその興味深い構造的および電気的特性から盛んに研究され、医薬品や電子材料をはじめとする種々の分野での活用が強く期待されている。

本校のサイエンスチームでは、奈良墨からヒントを得て、フラーレン、グラフェン、多層カーボンナノチューブ(MWCNTs)を煤の代わりに用いることにより、膠を活用した新規炭素コロイド溶液の調製に成功している。乳鉢を用いた簡便な操作と膠という身近な材料だけで、非常に重要な研究テーマ⁽¹⁾⁻⁽³⁾である炭素材料の水への分散化を達成でき、粒子径を 200 nm まで小さくできることを明らかにしている⁽⁴⁾。

墨には液体墨だけでなく固形墨も存在し、国内の 95% の固形墨が奈良県で製造されている。固形墨は、乾燥させたゲルであるキセロゲルの一種であり、煤と膠の混練に次ぐ成形および乾燥によって、保存に最適な美しい状態に作り上げられている。また、CNTs やグラフェンなどの炭素材料が分散した複合材料は、炭素材料の持つ種々の特性により強く注目されており、カーボンナノチューブアクチュエータ⁽⁵⁾やグラフェンが分散した粘弾性圧力センサー⁽⁶⁾など多くの材料が開発されている。そのため、炭素材料が分散した複合材料の作成は極めて重要な研究テーマとして認知されている。

そのような背景もあり、我々は固形墨作りの原理を活用し、煤の代わりにフラーレンや CNTs などの炭素材料を用いて、炭素材料が分散したキセロゲルの作成に挑戦することにした。これまでに、ゼラチン及びカラギーナンをゲル化剤として CNTs に組み合わせ、続くフリーズドライで CNTs が分散したフィルムを作成した例⁽⁷⁾はあるものの、伝統的な手法を活用

し、膠のみで作られた炭素材料のキセロゲルは我々の知る限りでは作成されておらず、その物性に強い興味もたれる。そこで、墨作りの老舗である墨運堂の指導のもと、固形墨作りを指導して頂き、煤を原料とする乳鉢を活用する固形墨作りの方法を確立した。さらに、その方法を精査し、検討を重ねることで、フラーレン C₆₀ と多層カーボンナノチューブ (MWCNTs) を炭素材料とするキセロゲル作成に成功した。その後、作成したキセロゲルを電界放出型走査電子顕微鏡 (FE-SEM) で観察し、硬度計を用いてその物性を測定した。

我々が開発したキセロゲルは作成時に自由自在に形状を変化させることが可能であり、硯や乳鉢で摺れば墨のように炭素微粒子分散液への変換も容易である。この技術を応用すれば、種々の炭素材料を使ったこれまでにない新奇の墨としての活用はもちろん、形状を自由に加工できる導電性材料への展開が見込める。さらに、炭素材料の有する抗菌作用を活かした抗菌性材料への活用など幅広い用途への展開が期待できる。

以上、我々は伝統的な手法を巧みに活用した固形墨作りの原理を活用したフラーレンや CNTs などの炭素材料が分散したキセロゲルの簡便かつ実用的な作成方法を提案する。

引用文献

- (1) S. Deguchi *et al. Sci. Rep.*, **3**, 2094 (2013)
- (2) M. Estilis, A. Khademhosseini *et al. Nanoscale*, **7**, 6436 (2015)
- (3) N. Nakashima and T. Shiraki. *Nippon Gomu Kyoukaishi*, **1**, 3 (2016).
- (4) K. Ishido, K. Nakamura, K. Taniyama, K. Fujita, K. Nakatani, Y. Nakagawa, J. Hayakawa *J. Chem. Edu.* **98**, 1381 (2021)
- (5) 杉野 卓司 *計測と制御* 第 54 巻 第一号 (2015)
- (6) J. N. Coleman *et al. Science* **354**, 1257 (2016)
- (7) (5) Zueva O.S., *et al Solid State Phenomena* **299**, 299 (2020)