

## 微粒子ダイヤモンドの誘電泳動特性

### Dielectrophoretic properties of fine diamond particles

九大シス情<sup>1</sup>, ◯稲葉 優文, 林 将平, 李 赫男, 中野 道彦, 末廣 純也

Kyushu Univ.<sup>1</sup>, ◯Masafumi Inaba, Shohei Hayashi, Henan Li, Michihiko Nakano, Junya Suehiro

E-mail: inaba@ees.kyushu-u.ac.jp

近年、放熱材料として高熱伝導性フィラーをポリマーに混合した複合材料が注目されている。ダイヤモンド微粒子は高熱伝導率と絶縁性を有しており、フィラー材として有望である<sup>(1)</sup>。また、複合材料中のフィラーを一方方向に整列させるのに、電界による整列は非接触かつ効率が良く<sup>(2)</sup>、その方向の熱伝導特性が向上する。本研究では、ダイヤモンド微粒子を電界整列させた複合材料を作製するための第1歩として、ダイヤモンド微粒子の誘電泳動特性について調査した。

誘電泳動力は不平等電界中に置かれた誘電体粒子に働く力で、次式で表される<sup>(3)</sup>。

$$\vec{F} = 2\pi r^3 \epsilon_m \text{Re}[K(\omega)] \nabla E^2 \quad (1)$$

ここで、 $r$ ,  $\epsilon_m$ ,  $E$ ,  $\omega$ はそれぞれ粒子半径、溶媒の誘電率、電界強度、角周波数である。 $\text{Re}[K(\omega)]$ は Clausius-Mossotti (CM) 係数と呼ばれる係数で、CM 係数が正であれば粒子は電界の強い方向に移動し (正の誘電泳動)、負であれば電界の弱い方向に移動する (負の誘電泳動)。 $\text{Re}[K(\omega)]$ は周波数に依存し、 $\text{Re}[K(\omega)] = 0$ となるクロスオーバー周波数を測定することで誘電体粒子の電気的特性 (導電率、誘電率) を見積もることができる<sup>(3)</sup>。また、見積もった特性から様々な母材中のダイヤモンド微粒子の電界中の挙動を予想できる。

導電率が異なる NaCl 水溶液にダイヤモンド微粒子を懸濁し、キャスルウォール型微細電極 (最短ギャップ 5  $\mu\text{m}$ ) 上に滴下した。その後、溶液の蒸発を防ぐカバーガラスをのせ、20 V<sub>pp</sub> の正弦波交流電圧を印加し、誘電泳動の様子を顕微鏡で観察しながら周波数を変化させてクロスオーバー周波数を決定した。

図1にダイヤモンド微粒子の誘電泳動の様子を示す (溶媒導電率 22  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )。黒い部分が電極であり、周波数 1 MHz において、ダイヤモンド微粒子が正の誘電泳動力により電極間に捕集され、パールチェーンを形成した。図2に、クロスオーバー周波数の溶媒伝導率依存性と、低溶液伝導率領域についてフィッティングしたカーブを示す。高い溶液伝導率において、クロスオーバー周波数が観測された。これは、ダイヤモンド微粒子の形状に起因すると考えられる。詳細なダイヤモンド微粒子の誘電泳動特性に関して、当日報告する。

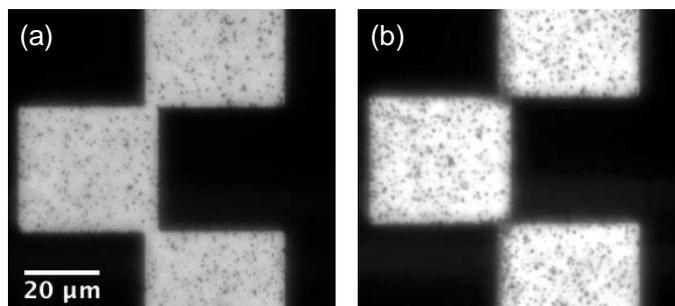


図1.ダイヤモンド微粒子 (400 nm $\phi$ ) の誘電泳動 (溶媒導電率 22  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (a) 電圧印加前, (b) 電圧印加後 (1 MHz)

(1) M. Sun et al., *Comp. Sci. Technol.*, 164, 129-135 (2018).

(2) W. Sun et al., *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 44, 44, 445303 (2011).

(3) R. Pething, "Dielectrophoresis" John Wiley & Sons, Ltd. (2017).

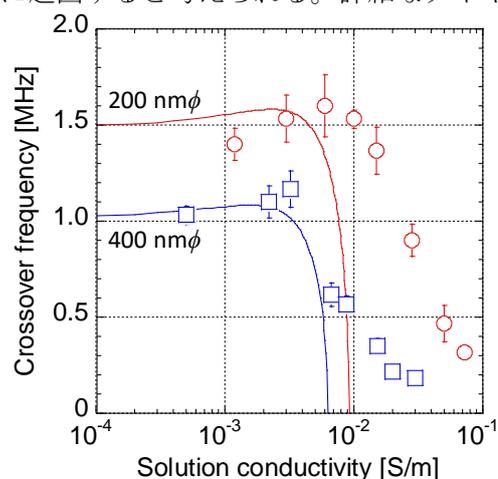


図2.ダイヤモンド微粒子のクロスオーバー周波数の溶媒伝導率依存性と、低溶液伝導率領域から予想されるフィッティングカーブ