

電荷非対称フローFFFを用いた コーティング・ナノ粒子の電気泳動移動度の測定

一般情報

ID0062

アプリケーション： ナノ粒子、ドラッグデリバリー、ナノ医療

テクノロジー： EAF4-UV

機器構成： EAF2000 MT, PN3211 UV-Vis

キーワード： 電荷非対称フローFFF、銀ナノ粒子、電気泳動移動度、ゼータ電位

はじめに

医療、ヘルスケア、電子機器、情報技術、エネルギー、環境修復は、ナノ粒子が改善または変化に貢献する主要な産業です[1]。ナノ粒子が薬物担体として利用される癌治療において、研究が行われています。これにより、研究者は薬物を癌細胞に直接送達することにより、健康な組織への損傷のリスクを軽減する新しい種類の治療法を見つけることができました。

細胞によるナノ粒子の取り込みは、サイズと表面電荷に大きく依存します[2]。これはナノ粒子のサイズと電荷の特性評価の重要性を強調しています。動的光散乱や電気泳動光散乱などのバッチ式分析手法は、ナノ粒子のサイズと電荷の測定に広く使用されています。それらは、迅速かつ正確なサイズおよび電荷情報を評価できますが、単分散で均質な懸濁液に限定されます。非対称フローFFF(AF4)は、単分散および多分散コロイド懸濁液の両方に適した、ナノ粒子の特性評価のための高分解能分離技術です。AF4の分離チャネルに電場を適用することができ、荷電タイプと強度に基づいて荷電ナノ粒子の溶出時間を操作することができます(図1)。

このアプリケーションノートでは電荷非対称フローFFF(EAF4)システムを使用して、3つの異なるコーティング材料であるクエン酸塩、ポリビニルピロリドン(PVP)、タンニン酸でコーティングされた 50 nm 銀ナノ粒子(AgNP)の電気泳動移動度とゼータ電位を測定しました。

EAF4での表面電荷測定方法

AF4 チャネル内の粒子はチャネルの流れに垂直に作用する分離フィールド(クロスフロー)によって引き起こされる速度で、メンブラン膜に向かって移動します。力場によって誘発された粒子の移動は拡散によって相殺されます。粒子の溶出時間は主に粒子の移動を誘発した力場と拡散の比率に関連しています。EAF4 では電場により、メンブラン膜に正味表面電荷を誘発します。これにより、粒子に加えられた電場の力の方向と強さに基づいて、帶電した粒子の溶出時間が変化します。

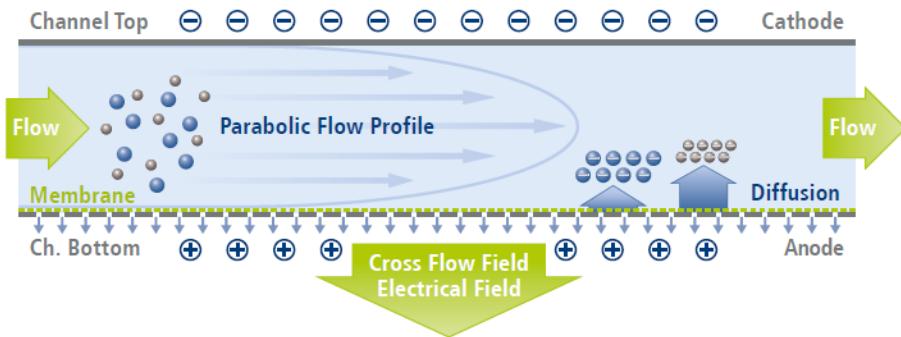


図1：電荷非対称フローFFF チャネルの概略図

粒子の電気泳動移動度は電場がオフおよびオンのときの保持時間の変化から計算できます。分析には少なくとも3回の測定が必要で、粒子の移動速度が加えた電場に対してプロットされます。粒子の電気泳動移動度とゼータ電位は、線形回帰の傾きとSmoluchowski近似式から導かれます。

結果

図2a～2cは一定のクロスフローと異なる電場でEAF4によって得られたクエン酸塩、ポリビニルピロリドン(PVP)、タンニン酸でコーティングされた50 nm銀NPのフラクトグラムを示しています。

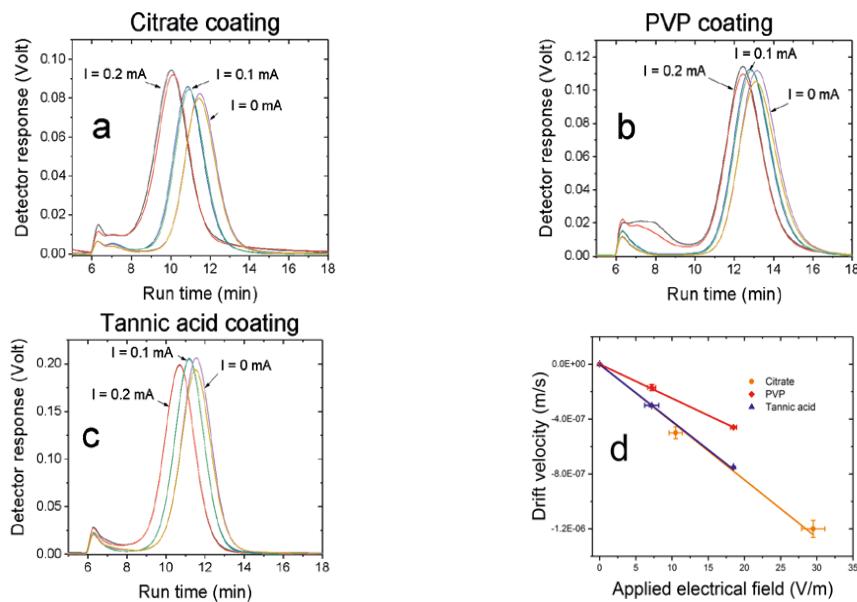


図2：コーティング材料が異なる 50 nm 銀 NP の UV フラクトグラム

a)クエン酸塩コーティング、b)PVPコーティング、c)タンニン酸コーティング

d)加えた電場に対する粒子の移動速度のプロット

保持時間の変化を用いて、図2dに示した3つのサンプルの粒子移動速度と電場のプロットを生成しました。結果は、クエン酸塩とタンニン酸でコーティングされた銀NPが $-3.8 \mu\text{m cm V}^{-1} \text{s}^{-1}$ の同様の電気泳動移動度を持っているのに対し、PVPでコーティングされ

た銀NPは $-2.37 \mu\text{m cm V}^{-1}\text{s}^{-1}$ の低い電気泳動移動度を持っていることを示しました。これらのテストサンプルNPは適度に単分散であるため、従来のバッチゼータ電位測定装置 (Zetasizer Nano、MalvernPanalytical、UK)を使用して、分離されていない銀NPサンプルの電気泳動移動度を測定することで分析の精度を検証できます。図3は、測定された電気泳動移動度の値が酷似している2つの手法の比較を示しています。

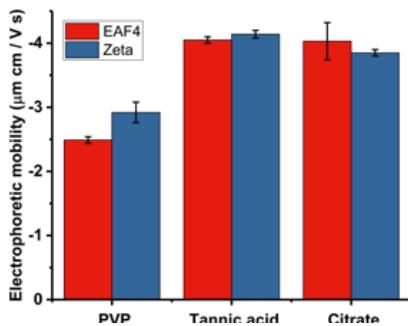


図3：EAF4 およびゼータ電位測定装置で測定した電気泳動移動度値の比較

まとめ

3つの異なるコーティング材料でコーティングされた50 nm 銀NPサンプルの電気泳動移動度とゼータ電位は、電荷非対称フローFFFチャネルの電荷フィールドとフロー・フィールドの組み合わせを使用して測定しました。この手法はナノ粒子と生体系の相互作用を研究してドラッグデリバリーシステムを向上させるために必要なナノ粒子の特性評価に役立ちます。

参考文献

- [1] National Nanotechnology Initiative: <https://www.nano.gov/you/nanotechnology-benefits>.
- [2] S Honary, F Zahir, Tropical Journal of Pharmaceutical Research, 2013, 12(2), 265-273.