

エレクトロスプレーデポジション

Electrospray Deposition

青島 国広^a

Kunihiro Aoshima

はじめに

今日の分子テクノロジーの進化は分子素子などに代表される新奇な機能性分子の生成を可能にし、合成化学、分子設計の分野に留まらず広くサイエンスを刺激し、未知の反応過程の解明や事象の理解に繋がる数々の成果を生み出しています。ここに紹介するエレクトロスプレー・モレキュラーデポジションシステム (Electrospray Molecular Deposition System; EMDS) は、分子科学、化学設計・合成技術により生み出される様々な特徴を持った分子 1 個、或いはクラスター化した分子集団を高真空中にとり出して、基板上への堆積を実現できる装置です。この装置により、分子テクノロジーの発展応用に資する核となるサイエンスを展開できると考えます。

■製品の概要

EMDS (Electro Spray Molecular Deposition System) は、今日の分子科学の研究対象とされる分子の多くが液体に溶けるという特徴を利用して、高真空中に分子ビームを生成するための製品です。

この装置では、分子量が大きく気化が困難な難揮発性分子や、加熱すると分解し易い分子などを液体に溶かして、これを高真空中に導入することにより、基板 (試料) への堆積/吸着を実現できます。

従って、分析化学の分野に留まらず、プローブ顕微鏡を用いた表面観察、分光分析、或いは任意の基板面への堆積、吸着など、高真空中でのハンドリングを前提とした幅広いアプリケーションにおいて、取り扱うことのできる分子材料の種類が格段に増加すると考えます。

以下にシステムの構成と概要を Figure 1 に示します。

- (1) はじめに Figure 1 に示す各部の排気系のセットアップと電源接続を完了し、排気を開始します。
- (2) 堆積させたい試料溶液を準備しシリンジに装填します。
- (3) シリンジから試料溶液を圧送しエレクトロスプレー

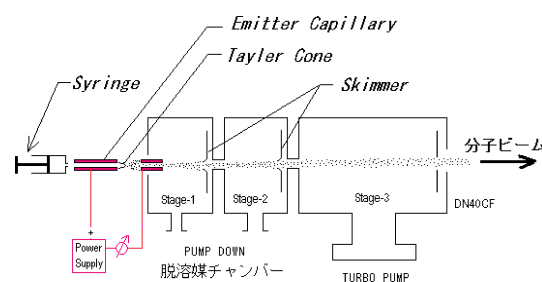


Figure 1. Diagram of Electro Spray Molecular Deposition System (EMDS).

ヘッド (図中の Emitter Capillary 部) に供給します。

- (4) エミッターキャピラリーを通過する際に帯電した試料液滴は、プルーム (Plume) を形成します。続いてその帯電液滴が周りの気体分子と衝突することにより粉砕されます。液滴内の電荷間距離が小さくなって分子間引力よりも電荷間の静電反発力が優るようになると、クーロン分裂も起こります。これらの過程を経て、最終的には溶媒が脱離した低エネルギーの分子ビームが生成されます。

このシステムは、超高真空システム (10^{-8} – 10^{-6} Torr の維持が可能なシステム) に CF70 ゲートバルブを介して取り付けできます。堆積速度は、1 ML/min 単位での制御が可能です。

■イオン化の必要性

質量分析 (Mass Spectrometry; MS) では、質量対電荷比の異なるイオンは電場や磁場の中での運動が異なることを利用して、試料から適当な方法で生成したイオンの質量や存在量を高い精度で定量します。従って、MS を行う為には試料のイオン化が必須となるわけです。初期に用いられていたイオン化手法は、気相で分子に電子を衝撃させる電子イオン化 (Electron ionization; EI) でしたが、EI には 2 つの問題点がありました。ひとつは難揮発性物質や容易に熱分解する化合物などは気化させることができないのでイオン化できない点。もうひとつは電子を衝撃させた際に多くの試料化合物は開裂 (フラグメンテーション) をしてしまい、特に高分子量化合物では有用な質量スペクトルが得られな

^a アドキャップバキュームテクノロジー株式会社
連絡先 〒 221-0045 横浜市神奈川区神奈川 2-18-6
電子メール aoshima@adcap-vacuum.com

い、という点です。これらの問題点を克服するために様々なイオン化法が開発されてきましたが、特にマトリックス支援レーザー脱離イオン化法 (Matrix-assisted Laser Desorption Ionization; MALDI) とエレクトロスプレーイオン化法 (Electrospray Ionization; ESI) はマイルドなイオン化法であるために、多種に渡る分子を高感度で質量分析できるようになりました。ESI 法は、非常に強い静電場を用いて基質からイオンを抽出するフィールドデソープション (Field Desorption) と呼ばれるものの一種であり、最大の特徴は大気圧下でイオン化が達成されるため、難揮発性物質などにも適用できるという点にあります。ノズルから噴出した溶

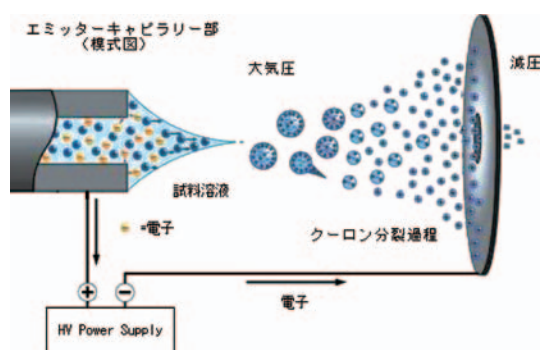


Figure 2. Ionization and dissociation of liquid sample by electro-spray.

液試料の液滴は大気圧下の高電場中で帯電します。帯電した液滴は、小孔のあいた電極部での気圧差と静電引力により真空へと導かれます。(Figure 2 参照)

■今後の展望

本製品は最も簡素化したユニットとして製品化したものですが、静電レンズの付加等、当然に各種のアプリケーションに対応したセミオーダーモデルの製作や、周辺装置の製作が可能です。

また、サイエンスの視点からは、有機金属錯体の一部や水素結合による会合体などの不安定分子のイオン化手法についても今後注目したいと考えます。特に次世代の分析化学手法として今後注目を集めることが予想される TOF-MS, FT-ICRMS, 或いは生体質量分析の新たな手法として開発された電子移動解離 (Electron Transfer dissociation; ETD), 赤外多光子解離 (Infrared multi-photon dissociation; IRMPD), 内部エネルギー解離 (Post-source decay; PSD) などについても、サイエンスの世界から発信されるアプローチによって、成熟した分析技術と複合化したオリジナリティの高いカスタム装置製作へと発展することを期待して止みません。

(受理日 2011年2月3日)