

論文の要旨

題 目: 静電霧化法で発生した帯電液滴による室内環境浄化に関する研究
(Research on indoor environment purification using charged droplet via electrospray method)

氏 名 須田 洋

本論文では、静電霧化法によって生成した帯電した液滴（以下、帯電微粒子水と呼ぶ）を曝露することによる細菌への効果、細菌の形態変化を検討した。さらに静電霧化法により生成したアミノ酸粒子の物性について検討した。本論文の構成は、以下の通りである。

第一章では、帯電液滴による室内環境浄化の必要性、パナソニック株式会社における静電霧化装置（ナノイー）の研究開発・実用化の経緯を述べ、静電霧化法による帯電液滴の有用性と実用化への課題を検討し、本論文の目的と構成について概説した。

第二章では、静電霧化装置から発生したナノサイズの帯電微粒子水は、様々な細菌に対して効果があることが検証されてきたが、近年大きな社会問題となっている各種の抗菌薬耐性菌に対する効果を実験的に検証した。その結果、帯電微粒子水は病院感染を引き起こす耐性菌種に対しても暴露 30 分から生菌数の減少が見られ経過時間とともに減少し、暴露 2 時間後では全ての菌種は非暴露コントロールと比べて 100 分の 1（99%以上）以下にまで減少することが確認された。これは、帯電微粒子水の発生時に同時に発生する酸素含有ラジカル（ヒドロキシルラジカル）によるたんぱく質変性によるものと考えられる。このことから帯電微粒子水は病院環境に付着した細菌を殺菌し接触感染経路の遮断に応用が可能であると考えられた。

第三章では、帯電微粒子水が細菌に対し殺菌的に作用することは検証できたが、細菌のどの部位に作用しているかを検証するために、帯電微粒子水を *Serratia marcescens* に 90 分間曝露させた。その結果 *Serratia marcescens* の 98.7%を不活化し、その形態変化を電子顕微鏡によって観察した。観察した結果、細胞膜の損傷が確認できた。この結果より、帯電微粒子水中に含まれると考えられるラジカル成分が *Serratia marcescens* の細胞膜に作用していることが示唆された。生化学的に、どの部位に作用しているかについてメカニズムを解明することが今後の課題である。

第四章では、室内環境をより快適、安全、健康にするための可能性を探る手段として、人体に有用なアミノ酸をナノ粒子として噴霧する可能性を検討した。静電噴霧によりアミノ酸（アルギニン、システイン、リジン）のナノ粒子を生成し、それらの粒度分布および帯電数分布の測定結果から、多価に帯電した液滴の分裂過程を推測し、次の知見を得た。まず、噴霧直後の液滴は、溶媒の蒸発によりその液滴が持つ限界帯電数まで液滴が小さくなると、レイリー分裂が生じ、親液滴（sub ピーク）と娘液滴（main ピーク）に分かれることが明らかとなった。また、アミノ酸が析出する直前の親液滴の直径はおよそ 150 nm、娘液滴の直径はおよそ 40 nm であり、溶質濃度に応じて 4~30 nm の極めて微小なナノ粒子を多価に帯電した状態で生成することができることがわかった。さらに、一部の親液滴および娘液滴は、約 10 nm 以下のイオン放出領域に存在し、これらの極微小液滴からアミノ酸の単一分子イオンが放出されていると推定されることを確かめた。これらの知見により、静電噴霧法は機能性物質を多価に帯電したナノ粒子やイオンとして生成することが可能であるため医療健康、空気清浄分野などにおいてさらなる応用が期待できる。第五章では、本研究で得られた成果を総括した。