

論文審査の結果の要旨

氏名 山本 尚理

本論文は8章からなり、第1章は序言、第2章は光学顕微鏡（OPM）法の概要、第3章はOPMと直読式測定装置の比較、第4章はOPMと時間積分型測定装置の比較、第5章はOPM法のまとめ、第6章は携帯型アレルゲン捕集装置（PAAS）の開発、第7章はPAAS-OPM法の評価、第8章は結言について述べられている。

本論文の前半部（第2-5章）では、OPMを用いたエアロゾル粒子の解析手法について検討を行っている。捕集したエアロゾル粒子一つ一つを顕微鏡観察し画像解析する本手法は、捕集した粒子の重量から対象物質を定量する従来法と比較して極めて高感度である反面、測定に時間がかかるといった問題点もある。本論文の前半部では、ラインセンサー機能や画像解析機能などを備えたOPMを用いることで、基質上に捕集した粒子一つ一つを広範な観察領域にて自動計数する手法を提案している。具体的には、OPMによる粒子解析手法の特徴について、既存手法であるカスケードインパクト（CI）（時間積分型）や光散乱式パーティクルカウンター（PC）（直読型）と比較することで明らかにしている。OPMを用いた手法の特徴として、(1) エアロゾル粒子一つ一つを顕微鏡観察することから、従来法と比較して極めて高感度であること、(2) OPMのラインセンサー機能により基質上に捕集した粒子を広範にわたり観察することが可能であることから、既存手法であるPCと比較しても遜色ない測定精度を確保できること、(3) 粒子の光散乱特性を利用して粒子サイズの定量を行う既存手法と比較し、粒子を直接顕微鏡観察することからより正確に粒子サイズの定量が可能であること、などが結論として述べられている。本論文の第5章では、顕微鏡観察手法の以上の特徴を応用することで、粒子の時間分解解析やパッシブ型捕集装置への応用について提案されている。

本論文の後半部（第6-7章）では、OPMを用いた手法の応用例として、粒子のパッシブ型捕集装置について検討されている。具体的には、吸入性アレルゲンへの個人曝露と健康影響の関係を調査するためのPAASの開発が行われている。携帯型サンプラーには、ポンプなどの動力を利用したアクティブ型と自然に起こる物質移動を利用したパッシブ型のものが存在するが、本論文では、被験者にとって負担の少ないパッシブ型サンプラーの開発が行われている。PAASの特徴の一つとして、その構造が挙げられる。PAASは、エアロゾル粒子の中でも比較的粗大な吸入性アレルゲンを対象としていることから、粒子の重力沈降をパッシブ捕集の駆動力の一つとして想定している。したがって、サンプラーを携帯している被験者の動きによらず、サンプラー捕集面を常に上向きにする必要がある。そこで、粒子の捕集面が常に上向きとなるよう、ジャイロスコープに類似した機構を設けるなどの工夫が施されている。また、捕集基質上に捕集した粒子を、OPMを用いて観察することで粒子の粒径および個数などについて測定を行い、それらの情報をもとに捕集期間内における空気中濃度への換算が行われている。具体的には、捕集量から空気中濃度を換算するためのモデル構築が、本論文の第7章にて行われている。近

年、真菌孢子やスギ花粉など吸入性アレルゲンによる呼吸器系疾患の問題が深刻化する一方、発症機構の詳細については未解明な部分も多いことから、論文提出者の考案した PAAS を、広範かつ簡便に疫学調査などにて応用することで、発症機構の詳細について明らかになるものと思われる。

以上をまとめると、本論文の新規性として、(1) 既存の粒子測定手法である秤量法や光散乱法の代替手法として、高感度かつ粒子定性を容易に行うことが可能な顕微鏡観察法を提案していること、(2) 顕微鏡観察法を応用したパッシブ型アレルゲン捕集装置を開発することで簡便な個人曝露測定を可能にしたこと、を評価することができる。

なお、本論文の第 3 章は、篠塚 陽平、熊谷 一清、藤井 実、柳沢 幸雄との共同研究、第 4 章は、藤井 実、遠藤 治、熊谷 一清、柳沢 幸雄との共同研究、第 7 章は、彦野 政治、小山 博巳、藤井 実、熊谷 一清、柳沢 幸雄との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（環境学）の学位を授与できると認める。