

外98-19

早稲田大学大学院理工学研究科

# 博士論文概要

## 論文題目

衛生陶器工場の粉じん対策

申請者  
成清 雄一  
Yuichi Narukiyo

1998年10月  
(西暦)

本論文は、以下の 8 章で構成されている。第 1 章序論、第 2 章本論文の目的と衛生陶器製造の概論、第 3 章曝露濃度の評価、第 4 章対策事例、第 5 章労働衛生教育、第 6 章呼吸用保護具、第 7 章今後の進め方、ならびに第 8 章総括である。

第 1 章では、陶磁器製造の起源から現代までの技術史、衛生陶器製造業の変遷、陶磁器製造業を中心としたじん肺対策の歴史、ならびにじん肺の病理に関し論じた。

第 2 章においては、本論文の目的、研究対象とした衛生陶器製造事業場の概要、衛生陶器の規格・原料およびその工程の概略について述べた。

第 3 章では、粉じんの曝露濃度の評価方法について論じた。曝露濃度（8 時間時間荷重平均：8-h TWA）には、日間変動と作業者間変動があることが知られている。しかしながら、実操業の事業場では、曝露測定器を装着することにより作業者の負担等を勘案すると、8-h TWA の測定をすべての作業日にすべての作業者に対して実施することは現実的には不可能である。したがって、8-h TWA の評価に当っては、得られた数日間の測定結果から、測定しない日や当該測定日の測定対象者以外の作業者の 8-h TWA が許容濃度を超えるリスクについても評価しておく必要があると考えられる。そこで、1988 年に松永らが日本産業衛生学会において提案した評価法（ $X_{95}$  法）を応用して、作業場毎に 8-h TWA の評価を行うことについて検討を行った。 $X_{95}$  法は、作業者個々の 8-h TWA の日間分布が対数正規型であると仮定し、作業者毎の評価を行うことを前提としている。そのため、 $X_{95}$  法を用いて作業場毎の評価を行うためには、当該作業場内における日間変動と作業者間変動を含めた 8-h TWA の分布が対数正規型に近似できるということを確認しておかなければならない。そこで、実操業の衛生陶器工場において 1983 年と 1993 年に実施された 8-h TWA の測定結果について、作業場毎に正規確率紙を用いて分布を観察し、併せて  $\chi^2$  適合度検定を行い、この分布が対数正規型に近似できることを確認した。また、これによって、 $X_{95}$  法が作業場毎の評価にも有効であると判断した。次に、これらの測定結果をもとに  $X_{95}$  法を用いて曝露区分を決定し、10 年間の粉じん対策が効果的であったことと、1993 年には年間を通じ、測定しない日または当該測定日に測定されていない作業者を含めた 8-h TWA が許容濃度を超える確率は、危険率（ $P_r \leq 0.05$ ）で 5%以下であることを確認した。そのうえで、8-h TWA を評価する際には、単に 1 日の測定結果を許容濃度と比較するだけでなく、日間および作業者間の変動も加味しておく必要があることを述べた。また、本事業場で 1994 年に実施された 8-h TWA の測定結果を用いて、Total Quality Management (TQM) 手法のひとつである  $\bar{x}$ -R 管理図を作成した。その結果、これらの作業場の曝露濃度は安定な状態にあることを確認し、併せて  $\bar{x}$ -R 管理図は、多数のサンプルを要し、かつデータの計算およびグラフの作成等で煩雑な面があるものの、8-h TWA が許容濃度を超えるリスクが明らかになる前の段階で、8-h TWA の異常が把握できることから、作業場の日常管理のうえで有効な手段になると考察した。さらに、8-h TWA に関し、同様の TQM 手法である工程能力指数を算出することによって、これらの作業場では、許容濃度を超える曝露が発生する可能性はほとんどなく、かつ今後の測定回数を削減させることも可能であると判断した。最後に、 $X_{95}$  法と工程能力指数の考え方を応用し、より簡素化した手法で、作業場毎

に平均的にはどの程度をねらいとしておけばよいのかを表すために、日間変動と作業者間変動を含めた 8-h TWA の分布の幾何平均に関する許容水準を算定する手法を考案した。本手法は、過去の測定結果から得られた幾何標準偏差と測定回数の関数として与えられる T 値を許容濃度に乗じることによって、幾何平均の許容水準を求めるものである。本手法を用いて、8-h TWA が許容濃度以下で安定していた作業場での測定結果から T 値を求めたところ、測定値のばらつきが非常に少ない焼成作業場では  $T=0.77$  または  $0.83$  となったが、その他の作業場では  $0.47 \leq T \leq 0.59$  となったことから、今後とも測定が同様の頻度で実施され、幾何標準偏差に大きな変動がなければ、8-h TWA の分布の幾何平均を許容濃度のほぼ 1/2 以下にすればよいことが明らかとなった。そのうえで、本手法は、8-h TWA が許容濃度以下で安定している作業場でなければ適応が難しい反面、ある程度過去の測定結果が得られれば、比較的簡単なデータ処理で、作業場毎のねらいとすべき平均的な水準が定まることから、現場の日常管理のうえで実用的な方法であると考察した。

第 4 章では、本事業場において、1980 年時点での工程毎の発じん源を明らかにし、その後実施した対策事例について紹介し、併せてこれらの対策の結果、1988 年までにすべての作業場において、8-h TWA が目標とした許容濃度  $\times T$  値以下になったことを報告した。この内、調製工程では、16 年間にわたる測定結果から、粉じん濃度の低下とともに、粉じん中の遊離けい酸含有率が低下していることを確認した。また、造型工程においては、清掃の徹底を目的として実施した床面の合成樹脂コーティングが、清掃に対する作業者の動機づけや快適職場の形成のうえでも効果があると判断した。成形室については、100%外気導入方式への変更のために実施した冷温水機の増強に併せて、レジオネラ症対策として、貯水槽の冷温水温度を本菌が繁殖できない水準に保持するようにしたが、これに関連し、節水・省エネルギーといった観点から、今後は臨床データにもとづく気中または冷却水中の許容水準の提案が期待されることを述べた。生検工程では、エアー払いを吸引方式に変更することによって、粉じんだけでなく騒音レベルも許容水準以下となったため、耳栓の着用義務を廃止することが可能となった。また、これにともない、コスト面や作業スペースの有効活用といった点でも、大幅な改善を図ることができた。施釉工程においては、従来のプルブースとプッシュプルブース内の気流について比較検討し、プッシュプルブースの有効性を解説した。焼成工程では、焼成時における素地中の原材料鉱物の変態について解説し、本事業場の焼成品中にはトリジマイトやクリストバライトは存在しないが、ムライトが含まれているため、焼成品を取り扱う粉じん作業場においては、引続きムライトへの曝露防止に留意していくことを述べた。最後に、検査工程では、ハンドグラインダーによる研削作業時に、パーソナルダストモニタリングシステム (PDS) を用いて、粉じん曝露濃度の時間変動測定を実施した結果、湿式化とブース内の補助吸引システムが粉じん対策のうえで効果があることが明らかとなった。

第 5 章では、労働衛生教育の事例として、本事業場において、施釉スプレー作業者にデジタル粉じん計 (P-5H) を携帯させ、粉じん曝露濃度の時間変動測定を行うとともに、作業状況をビデオ撮影し、これらの結果をもとに作業方法に関し教育指導を実施したことについて報告

した。その結果、これらの教育によって、曝露濃度が低減したため、本事業場では、今後初めてスプレー作業に従事する者に対し、曝露濃度の時間変動測定とビデオ撮影にもとづく教育指導を定期的の実施していくことにした。次に、このような粉じん曝露濃度の時間変動測定を目的として、光散乱方式の新型パーソナルダストモニター（PDM）を開発した。PDM は、従来の測定器に比べ小型軽量で、データ処理も容易であり、かつ 6 秒毎の粉じん濃度の時間変動を把握することが可能な相対濃度計である。PDM の実用性について検討するため、本事業場において、P-5H・PDS および多段分粒装置付きローボリウムサンプラー（LVS）との同時併行測定を実施した。その結果、PDM の指示値は、他の相対濃度計の指示値に比べ、LVS による質量濃度との相関性が最も良好であり、かつ質量濃度変換係数が 1 に近く最も安定しているため、PDM による粉じん濃度の時間変動測定は、発じん源の追求や作業教育のうえで、極めて有効であると考察した。

第 6 章においては、防じんマスクの保守管理と着用指導、ならびにマスクのいらない職場づくりに関し論じた。その中で、本事業場において、労研式マスクフィッティングテスターを用いてフィットネステストを実施し、併せてアンケートを行ない、その実用性を検討したところ、マスクフィッティングテスターによるフィットネステストは、防じんマスクの着用指導・保守管理および粉じん対策に関する作業者の認識向上といった点で効果があると判断した。次に、防じんマスク着用時の作業負担を勘案し、従来と異なる視点に立って、じん肺予防と快適職場の形成を同時に実現するために、これまでに報告事例のなかった「防じんマスクがなくてもじん肺にならない職場づくり」をめざした活動を進めた。本活動では、関係法令と従来の国内外の研究報告をもとに、本事業場における粉じん作業の実態に応じて、労使が協議のうえ、「防じんマスクの要否に関する基準」を独自に策定し、これをクリアするために計画的な改善活動を展開した。その結果、本事業場では、1991 年に約 800 名いた防じんマスクの終日着用者を、1997 年にはゼロにすることができた。また、併せて実施したアンケート結果から、本活動は、マスク着用時の作業負担の軽減といった快適な職場環境の形成、職場のイメージアップ、ならびに粉じん対策に関する作業者の動機づけにも有効であったと考察した。

最後に、第 7 章においては、今後の取り組みを考えるうえで、TQM 思想にもとづき、事業場の経営の全段階にわたって展開される労働衛生管理の概念と、これからの粉じん対策の方向性として、発じん源そのものをなくしていくことの重要性、ならびにこれを生産面でのコストダウンや地球環境保全と同時に推進していくことの必要性について論じた。

以上、本論文では、現在わが国で法的な規制が行われていない粉じん曝露濃度の評価方法について新たな知見を述べ、実操業の衛生陶器製造事業場で実施された多数の効果的な粉じん対策事例、粉じん対策に関する教育事例、ならびに防じんマスクの保守管理手法を紹介するとともに、これまで国内外ともに発表事例のなかった防じんマスクのいらない職場づくりに関する取り組みについて報告した。

本論文は、中小企業が多数を占めるわが国の陶磁器製造業における粉じん対策の一層の進展に寄与し、もってわが国最大の職業病であるじん肺の撲滅に資するものと確信する。