

## 審査の結果の要旨

氏名 成 旻起

本研究は「建築衛生上微生物汚染防止のための紫外線殺菌効果の評価に関する研究」と題して、建物内での建築衛生上有害な微生物及びウイルス等による室内空気汚染や空調系統、室内表面の汚染の対策として殺菌効果が優れた紫外線殺菌システムの適用性を検討し、その殺菌効果を流体シミュレーション（CFD）と放射シミュレーションを統合したシミュレーションにより予測する方法を提案したものである。本研究で検討した一連の紫外線殺菌効果の予測評価手法により、紫外線殺菌の効果を飛躍的に精度良く予測評価することが可能となった。この成果は、現在大きな社会的問題になっている新型インフルエンザ、結核などの建物内感染やウイルスや細菌を用いたバイオテロに効果的な対策を講ずる一助になるものと考えられる。

本論文の構成は以下の通りである。

第1章では、本研究の社会的、学術的な背景を述べ、研究の必要性及び目的を説明している。

第2章では、本研究の前提となる既往の研究文献を検討している。感染性の浮遊微粒子による空気感染の問題は、特に不特定多数の人が集まる病院の待合室など、人の滞在時間が長く、感染者が高率に存在する可能性の高い場所で大きな問題となり、こうした室内における空気環境に関する建築衛生上の対策が必要であることを指摘している。紫外線殺菌は従来の室内の殺菌技術に比べ殺菌効果が明確で、制御性、経済性に優れており、建築衛生上適用性が高いことを指摘している。ただし紫外線の殺菌効果に関しては検討例が30年から50年前のものがほとんどであり、計測技術の発展した近年における検討例のない問題を合わせて指摘している。

第3章では、紫外線殺菌に関する基本原理及び効果的な紫外線殺菌を行うための手法に関して内外の既往の研究を検討した結果を述べている。その中で、海外の状況に対し、同様の問題を抱える日本では建物内の紫外線殺菌がほとんど普及せず、今後の発展、普及が期待される現状を指摘している。

第4章では、体表的な環境微生物（真菌及び細菌）及びインフルエンザウイルスを対象とした紫外線殺菌の効果に対する基礎実験を行った結果を示している。その結果、計測技術の劣る過去の研究結果が再現されこれらデータの信頼性が高いことを確認している。また2009年から世界各地で流行している新型インフルエンザウイルスを用いた紫外線殺菌効果に関する実験を行い、この新型ウイルスに関しても紫外線殺菌が効果的であることを確認した。

第5章では、紫外線センサーを用いた実測によって室上部設置型の紫外線殺菌方式（UR-UVGI）及び空調のエアハンドリングユニットもしくはタクト内に紫外線を設置する方式（ID-UVGI）の紫外線強度の配光分布を確認している。

第6章では、紫外線強度とともに流体シミュレーション（CFD）を用いる詳細な気流の解析と紫外線の放射シミュレーションにより UR-UVGI の殺菌効果を評価する方法を提案し、その有効性を検討している。これにより UR-UVGI や ID-UVGI の各種設置パラメーター及び空調方式による殺菌効果の特徴を明らかにしている。

第7章では、ID-UVGI システムの表面殺菌効果を予測するために紫外線の強度分布を放射シミュレーションにより検討している。光線追跡法に基づく放射シミュレーションにより ID-UVGI システムにおける紫外線の表面及び空間強度を求め、その殺菌効果を評価している。

第8章では、事務所ビルの空調機を対象として行った真菌及び細菌の環境微生物の実測結果を示しており、ID-UVGI の殺菌効果を実際の建物で確認、検証した結果を示している。

第9章では、循環式空調機を採用している病院において感染性汚染物質が発生した場合の汚染拡散性状とその対策として ID-UVGI の効果を実験及び定常ネットワークモデルで検討した結果を示し、紫外線殺菌を空調系統に組み込むことの有用性を考察している。

第10章では、本論文の総括を示し、併せて今後の研究課題を提示している。

以上、総括するに、本研究は空気環境に関する建築衛生上、問題となっている微生物及びウイルスの汚染拡散対策として紫外線殺菌システムに注目し、これを実用化するための諸課題、特に効果の予測評価を精度良く行うための数値シミュレーション手法を提案している。また、紫外線殺菌を実際の建物に適用し、その効果を実証により確認している。本研究で提案された予測評価方法は独創性及び実用性が高い。本研究は建物内の衛生管理、並びに建築環境工学の発展に大きく貢献するものと評価される。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。