

Title	クリーンルームにおける清浄環境の維持のための室圧設計・制御方法に関する研究
Author(s)	山口, 太朗
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/102">https://hdl.handle.net/11094/102</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	山 口 太 朗
博士の専攻分野の名称	博 士 (工学)
学位記番号	第 24946 号
学位授与年月日	平成23年9月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科環境・エネルギー工学専攻
学位論文名	クリーンルームにおける清浄環境の維持のための室圧設計・制御方法に関する研究
論文審査委員	(主査) 准教授 近藤 明 (副査) 教授 下田 吉之 教授 山中 俊夫

### 論文内容の要旨

クリーンルームの清浄環境を維持するために用いられる空調設備の室圧制御は、様々な外乱の影響を受けやすいことが既往研究によって示されてきた。しかし、既往の研究における外乱影響の評価や対策方法の評価は実験のみによるものに限られていた。そこで本研究では、外乱の影響による空調設備の動作特性を把握するためにシミュレーション技術を構築し、そのシミュレーション技術と実験により得られた知見をもとに、それぞれの外乱に対する具体的な対策方法を提案し、その効果の評価を行い、外乱の発生時でも安定した室圧の確保を実現する空調設備の設計・制御方法について取りまとめた。

第1章では、本論文の序論として研究の背景と目的について述べるとともに、室圧を確立するための一般的な実現方法と、問題となる外乱について示した。

第2章では、本論文で使用した室圧変動と空調設備の挙動をシミュレーションするモデルを示した。

第3章では、扉の開閉動作による影響を取り上げ、その影響による室圧の変動とクロスコンタミネーションのリスクについて示し、その対策方法として室圧制御と予測動作を組み合わせた対策方法を提案し、室圧変動に対する有効性を実験とシミュレーションを用いて評価した。また、コンタミネーションのリスクに対する有効性を気流の可視化や、浮遊粒子の濃度および浮遊細菌の移送量の計測、および流体運動の数値解析により評価した。

第4章では、付帯設備などに設けられる局所換気設備の操作影響を取り上げ、局所換気設備の操作信号から予測動作を行う対策方法を提案し、一定の効果が得られることを示した。

第5章では、空調設備そのものが操作されたことによる影響を取り上げ、システム全体の制御動作の複雑さに応じて、対策方法を提案した。特に、複雑性が高い場合は、空調設備における複数の制御機器の動作が、かえって室圧制御に対して影響を与える場合があるため、これら制御機器が協調して室圧制御を優先的に行う対策方法が効果的であることを示した。

第6章では、屋外で生じる突風もまた室圧に対する影響を与えることを取り上げ、特に空調設備の大気開放面への吹き込みが一つの要因であることを明らかにした。突風の慣性力を利用した受動的制御と、フィードバック制御を用いた能動的制御を組み合わせる対策方法を提案し、有効性を示した。

第7章では、突風による影響の他の側面として、室圧制御に用いる基準地点の圧力計測への影響を外乱として取り上げ、対策手段を定量的に比較して評価するため、変化量の減衰率を評価指標として提案した。この減衰率を利用して管路長さによる減衰効果が最も効果的であることを示した。

## 論文審査の結果の要旨

工業品の製造工程ではICR(インダストリアルクリーンルーム)として、また医療関係、食品産業、医薬品製造、実験動物施設などの生産プロセスや作業空間ではBCR(バイオロジカルクリーンルーム)として、清浄管理を目的とするクリーンルーム技術が発展してきた。しかし、クリーンルームの清浄環境を維持するために用いられる空調設備の室圧制御は、様々な外乱の影響を受けやすい。既往の研究における外乱影響の評価や対策方法の評価は、実験のみによるものに限られていたために事前評価が困難であった。

本論文は、外乱の影響による空調設備の動作特性を把握するためにシミュレーション技術を構築し、そのシミュレーション技術と実験により得られた知見をもとに、それぞれの外乱に対する具体的な対策方法を提案し、その効果の評価を行い、外乱の発生時でも安定した室圧の確保を実現する空調設備の設計・制御方法についての研究成果をまとめたものであり、その成果を要約すると以下のようになる。

- (1) 室圧制御を行うにあたって、その現象を理解し根本的な対策方針を立てることが重要である。そのために、等価回路網による計算アルゴリズムを用いることで、空調設備の挙動および室圧の変動をモデル化してシミュレーションできることを明らかにしている。
- (2) 外乱として最も着目される扉の開閉動作を取り上げ、室圧制御の問題点が室圧の変動とクロスコンタミネーションのリスクであることを明らかにし、ダンパの開度制御(風量差制御)で室圧の変動の抑制を行い、一方向気流によるクロスコンタミネーションのリスク低減を行うハイブリッド室圧制御を提案し、その有効性を実験とシミュレーションにより示している。
- (3) 外乱として付帯設備などに設けられる局所換気設備の操作影響を取り上げ、室圧制御のためには局所換気設備の操作信号から予測動作を行うことが有効であることを明らかにし、ハイブリッド室圧制御を応用した対策方法を提案している。
- (4) 外乱として空調設備そのものが操作されたことによる影響を取り上げ、空調設備における複数の制御機器の動作が、かえって室圧制御に対して悪影響を与える場合があることをシミュレーションにより明らかにし、これら制御機器が協調して室圧制御を優先的に行うことが効果的であることを示している。

以上のように、本論文は環境・エネルギー工学、特に空調調和衛生工学分野に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。