

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 永野 秀明

本論文は、人体近傍における汚染質の拡散挙動に着目し、その特性を明らかにすることで呼吸域周辺に形成される微気象を予測し、人体が呼吸によって吸引する空気の質を高める手法を開発する研究である。

建築室内外を問わず汚染質が発生した場合、第一に人体への健康影響が懸念されるが、これを制御・調整することは環境工学の目的にかなう。しかし、単に環境を制御するのではなく、効率的に為すために重要なのは、環境を高精度に予測すること、現象の特性を明らかにすること、その特性に即した手法を選択することである。そのような背景を受け、本研究では従来の換気設計の際に前提とされていた汚染質の瞬時一様拡散・完全混合とは異なり、人体により形成される不均一な環境に着目している。汚染質の発生量が微量でかつ瞬時一様拡散が成立するならば、空間の汚染質濃度は極めて低くなり、人体の健康リスクを評価することができない。しかし実環境のように不均一性がありなおかつ汚染質発生源が人体近傍に位置する場合、たとえその発生量が微量であったとしても、拡散性状によっては高濃度の汚染質を吸引する可能性がある。多くの設計ではそのような状況は想定されておらず、排出側も対処側も共に指針とすべき検討事例が少ないのが実情である。本研究ではそのような条件下における呼吸空気質を実験と数値シミュレーションを用いて検討し、発生源位置による呼吸空気質の悪化リスクを評価した。またそれらの検討を通じて得られた知見を利用して新たな空調手法を提案し、これによって人体近傍の空気質を効果的に改善し得るとの結果を得ている。

本論文は、本章を含めた全 8 章で構成される。

第 1 章では、研究背景として人体が呼吸する空気の由来や特性について述べ、工学的手法により呼吸空気質を改善することの重要性を論じた。また従来の環境制御手法である空気調和方式の特性とそれにより引き起こされ得る問題について提起

した。

第2章では、測定実験や数値シミュレーションなどの本研究で用いた検討手法について詳細に記述し、本研究で用いることの有効性を示した。測定機器においてはその動作原理・検出法について述べ、数値シミュレーションにおいては使用したコードと支配方程式を概説した。また従来の空調設計が前提とする瞬時一様拡散・完全混合について触れ、さらに各空調方式により形成される空気環境の特性を述べた。さらに本研究が前提とする既往の研究成果や類似の研究事例を列挙したうえで、本研究の独自性を明確にした。

第3章では、環境予測精度検証として過去の実験に対応する数値シミュレーションを行い、人体周辺の上昇流の性状把握を行った。また人体の発熱条件の違いにより上昇流の発達に差異が生じるかを検証し、簡易な発熱条件を用いても微気象には大きな影響を及ぼさないことを確認した。

第4章では、引き続き実験と数値シミュレーションを用いて、狭小な空間である車室内を対象に、人体の呼吸空気質と空調の換気効率を検討した。人体直近である座面などから汚染質が発生した場合には、呼吸空気質が悪化し得ることを示した。

続いて第5章では、さらに危険側の検討として人体の身の回りのものから汚染質が発生する条件における呼吸空気質を風洞実験により検討した。人体の無い自由空間における汚染質拡散性状と、人体がある場合の呼吸空気質との比較検討から、人体の有無によって室内対象点の空気質が変化することを明らかにした。

これらの検討を受けて、従来よりも効率的に呼吸空気質を改善する手法の提案として、第6章では人体が身につけるウェアラブルな空気清浄機を提案した。本手法では、清浄空気が人体の移動や姿勢変化などの活動に追従して呼吸域をカバーする点に独創性があるといえる。本手法を想定した数値シミュレーションを行い、立位人体の周辺上昇流が支配的となる置換換気方式において汚染質が発生した場合の呼吸空気質を評価し、本手法が有効であることを示した。

第7章では、椅座位人体では呼吸位置が大きく変化しないことを前提とし、供給空気が周辺空気と混合することを抑制する低混合型の空調方式を提案し、その試作と実験により人体の呼吸空気質改善効果を検討した。

第8章では、まとめとして本研究の成果と、今後の研究課題を示した。

以上を総括するに、本論文では従来の空調設計時に仮定されていた完全混合・瞬時一様拡散では人体近傍からの汚染質発生に対応できないことを示し、まず人体周辺微気象の数値シミュレーションの精度検証を行ったうえで、換気量だけでなく換気効率を念頭に置いた換気設計の重要性や、人体周辺上昇流を考慮した環境予測及び空調方式の選択が必要であることを示している点において、本論文は評価に値する。

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。