

九州大学 総合理工学府 環境エネルギー工学専攻 伊藤研究室

www.phe-kyudai.jp

室内環境に関する研究領域は、環境物理・環境化学・環境生物学などを含む基礎科学から空調システムや環境設計などの応用課題までを含む学際的な分野である。常に変わらず重要な基礎研究課題もあるけれど、社会変化と共に多様な室内環境問題が顕在化し、時には対症療法的な研究も求められる。個人的には、研究すると云うことは「よく分からないこと」に対して「分かった」と思える感動を探し求めることと理解しており、この点では「よく分からないので悔しい」と思えば、基礎とか応用とか専門とか、予算があるとか無いとかに縛られず、どのような問題にでも取り組むのが研究室の基本方針である。

しかしながら、残念なことに能力(研究室のマスや特に教員のポテンシャル)には限界があるので、我々の研究グループでは計算流体力学(Computational Fluid Dynamics: CFD)を中心とした数値解析の技術をコアとして、この研究手法を適用することで解決できそうな課題を中心に取り組むことが多い。取り組むべき問題が先にあるというよりは、研究手法から解決可能な課題を探る、という本末転倒な状況になっているようで、哲学的な研究室方針が泣いている。

このような状況のなかで少しでも独創性のある研究を、という試行錯誤の末、近年はコンピュータ上に人体幾何形状と生理メカニズムを再現する数値人

体モデルの開発(我々は*in silico human project*と勝手に呼んでいる)を通して、室内環境と人体の相互作用の定量的な理解に努めている。我々の数値人体モデルは人体幾何形状に加えて呼吸器系も再現されていて、非正常呼吸に伴う経気道曝露をPBPK(生理的薬物動態)モデルを用いて詳細に解析することが出来る。

例えば、置換換気システムを導入した室内で床面からホルムアルデヒドが発生する、との条件で数値人体モデルを用いた室内ホルムアルデヒドの濃度分布を解析してみると、完全混合濃度が $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の時に、室平均濃度(体積平均濃度)が $91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、鼻孔近傍の呼吸域濃度は $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、鼻腔粘膜上皮濃度は $0.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と計算された。実人体を対象とした被験者実験にてホルムアルデヒドの経気道曝露量を計測することは倫理的な制約があるため、数値解析精度を実験的に検証することは出来ていないけれど、それなりに正しい数値ではないかと確信している。

さてこの場合、室内環境設計上の制御対象となる代表濃度はどのように考えれば良いのであろうか。建築基準法や厚生労働省のガイドライン値として示されているホルムアルデヒド濃度 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ が、ヒトが曝露する場所(もしくは空気)の濃度であるならば、室の体積平均濃度や完全混合濃度(一般に排気口位置での濃度)と比較して議論することは多少的外れに感じる。

室内には非常に不均一な流れ場と濃度場が形成されているため、実際に呼吸する空気質は空間の場所により大きく異なり、非正常性も強い。このような不均一性や非正常性の強い室内環境場での設計に我々の数値人体モデルを適用できれば、(従来の質点系計算よりは)高い精度で経気道曝露濃度を予測可能である。是非ともこの数値人体モデルの実務設計に、と期待しているのであるが、大変残念なことに、この解析、実時間15秒(呼吸3回分程度の時間)の結果を得るために3週間の計算時間が必要である。これでは全く実務設計の役には立たないので、まずは計算速度を100倍に向上するのが喫緊の課題であろうか…
(担当教員：伊藤一秀)

