

床吹出し空調方式における室内換気性能に関する基礎的研究

(その4) 汚染物濃度予測モデルの予測精度に関する検討

正会員 ○ 小寺啓滋*¹
同 山中俊夫*²
同 甲谷寿史*³

1. はじめに

床吹出し空調方式¹⁾は、吹出し条件(換気量、吹出し口直径、吹出し風速)を適切に設定することで居住者に熱的不快感を与えることなく、上部空間ほど高濃度となる汚染物濃度分布を形成することで、高い換気効率を実現できる空調方式であるが、換気効率の予測に基づく設計手法の確立には、汚染物の濃度予測が不可欠である。本研究では汚染物濃度の予測法の確立を最終目的とし、前報²⁾で模型室における汚染物濃度の測定実験結果³⁾に基づいた濃度予測モデルについて報告した。本報では、種々の条件下における同モデルの予測精度について検討するため、種々の換気量、吹出し口直径で温度及び濃度を測定する実験を行い、濃度分布について測定値とモデルから算出した計算値を比較検討した結果について報告する。

2. 汚染物濃度予測モデル

前報²⁾で報告したモデルは、発熱源として人体、汚染物として人体からの呼気・体臭を考え、壁面による影響のない場を対象としている。汚染物の移動形態として移流のみを考えており、吹出し条件(換気量、吹出し口直径、吹出し風速)を入力として、図1に示す空気移動及び濃度分布の形状を考え、汚染物収支から濃度分布を算出するものである。空気移動は濃度分布の形状から室内上部領域、境界領域、室内下部領域に3分割し、それらと吹出し気流域、熱ブルーム域との間の空気移動を考えている。濃度分布は、室内上部領域と下部領域で均一、その間は直線で補間する濃度勾配のある形となっている。ここで、濃度勾配のある領域を境界領域と呼び、この上端は絶対到達距離(吹出し口から風速が0m/sになる

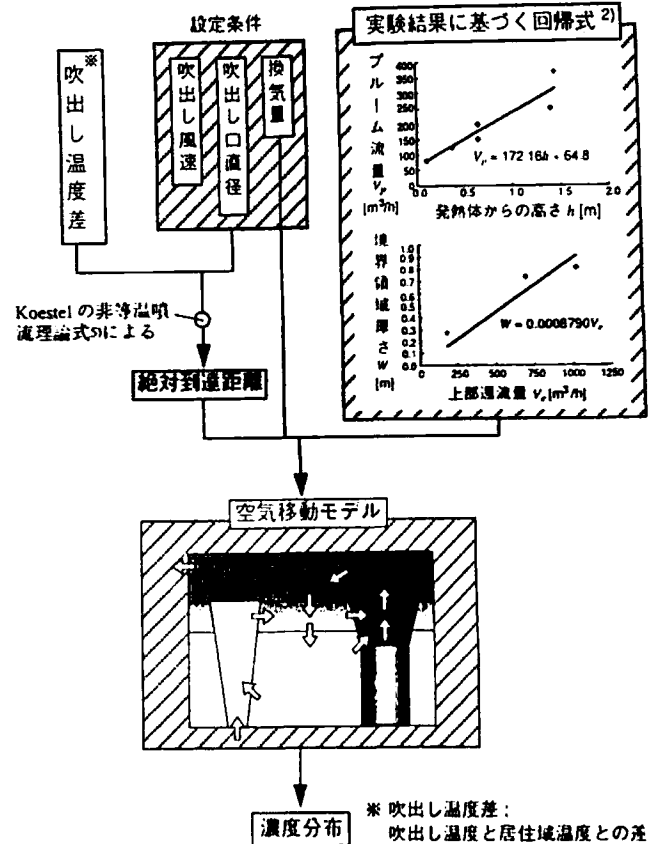


図2 濃度予測モデルの要素間関係図

までの距離と定義)に一致するものとしている。したがって、濃度分布は境界領域厚さ、境界領域上限の高さ(絶対到達距離)、室内下部領域の濃度の3つの要素から構成されている。濃度分布算出の詳細は前報²⁾に詳しいが、図2に濃度予測モデルの要素間関係図を示す。濃度の算出に際しては、条件数の比較的小さい実験結果に基づく2つの回帰式を用いている。

3. 実験概要

縮尺0.731の模型室において種々の吹出し条件で温度及び濃度の測定実験を行った。模型室の概要を図3に示す。均等に配置した16個の吹出し口より給気し、天井近くの排気口より排気する状況下で、熱源として、4体の模擬人体を均等に配置し、その上面より汚染質を模擬した二酸化炭素を発生させ、室内各点での二酸化炭素濃度及び温度の鉛直分布を測定した。測定点

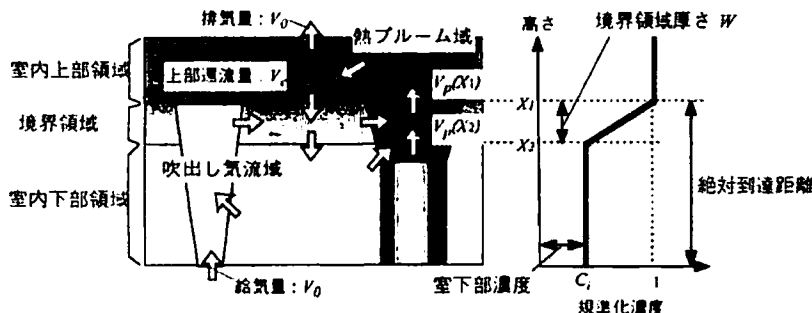


図1 空気移動モデルと室内鉛直濃度分布

Ventilation Effectiveness of Underfloor Air-supply System

Part 4. Experimental Verification of Simplified Prediction Model of Concentration Profile

KOTERA Keiji, YAMANAKA Toshio and KOTANI Hisashi

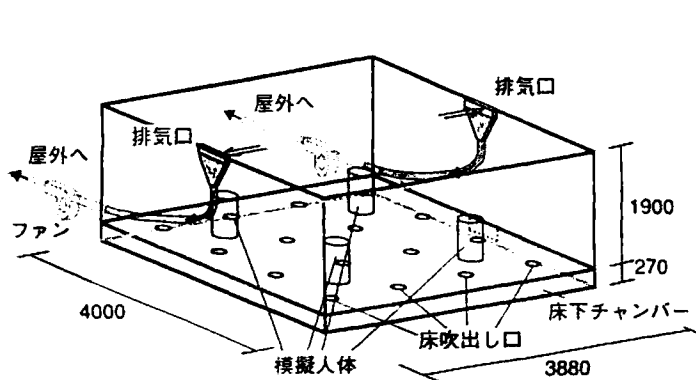


図3 模型室概要 (単位 mm)

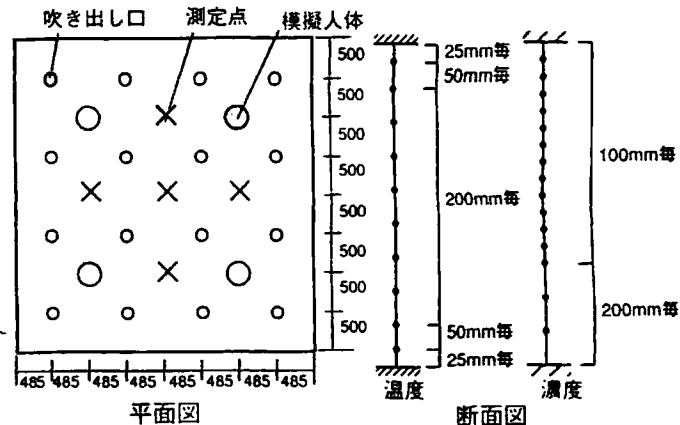


図4 測定点 (単位 mm)

表1 実験条件

条件番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
換気量 [m³/h]	73.1			146			219			292			366							
発熱量 [W]	400																			
吹出し口個数 [個]	16																			
吹出し口直径 [cm]	3.0	2.5	2.2	8.0	6.5	5.2	4.5	13.0	10.5	8.3	7.0	18.0	15.5	11.8	9.8	20.0	18.0	15.8	12.8	
想定絶対到達距離 [m]	1.02	1.32	1.61	0.86	1.02	1.32	1.61	0.91	1.02	1.32	1.61	0.99	1.02	1.32	1.61	1.17	1.24	1.32	1.61	
※※吹出し温度 [℃]	20.0	21.7	19.9	17.7	17.9	18.2	18.1	16.8	16.0	16.1	16.3	15.5	16.3	16.4	16.6	14.1	15.0	15.2	15.1	

※※ 測定値

は図4の様に壁面流の影響のない室中央部付近に設定した。実験では、吹出し口の Re 数及び Ar 数が一致するように縮率を決定しており、以下に示す値は模型寸法に合わせた値とする。実験条件は、表1の様に換気量5条件、吹出し口直径3ないし4条件の計19条件とした。表1に室内温度の鉛直分布を簡易な温度予測モデル⁴⁾を用いて予測し、Koestelの式⁹⁾を用いて求めた絶対到達距離(想定絶対到達距離)を併記している。

4. 実験結果と考察

(1) 温度分布

図5に各条件における温度の鉛直分布を測定温度と吹出し温度の差で示す。水平方向の分布はほとんど見られなかったため、それぞれの高さの水平面平均で表している。いずれの条件においても室下部領域で温度が低く均一、室上部領域で温度が高く均一となっている。同じ換気量の条件において吹出し口直径の小さい条件ほど、分布はやや小さいが、いずれの条件においても上下温度差は約2~3℃であり、大きな差は見られない。

(2) 濃度分布

図5に各条件における濃度の鉛直分布を規準化濃度(給気濃度基準の濃度を排気濃度で規準化)で示す。水平方向の分布はほとんど見られなかったため、それぞれの高さの水平面平均で表している。いずれの条件においても室下部領域で濃度が低く均一、室上部領域で濃度が高く均一となっている。条件12、16、17では、室下部領域で濃度がほぼ0となっており、上部領域から下部領域への空気の移動がない置換換気が達成されていると考えられるが、その他の条件では室下部領域で濃度が0でなく、上部領域から下部領域への空気の移動によって下部

領域へ移動する汚染物(二酸化炭素)が存在すると思われる。換気量、吹出し口直径が大きい条件ほど室下部での規準化濃度は低くなっており、吹出し口直径が小さい条件ほど境界領域の位置が高く、その厚さも厚くなっている。

5. 測定値と計算値の比較と検討

図5には濃度予測モデルにより算出した規準化濃度分布(濃度計算値)も併記している。ここで、モデル計算において吹出し温度差は測定値(室下部領域における平均温度)に基づいて入力した。測定値と計算値を比較すると、いずれの条件も濃度分布の形状は、室の上部と下部で均一となっており、良い一致が見られる。また、測定値、計算値ともに換気量、吹出し口直径が大きい条件ほど室下部領域の規準化濃度が低くなっており、吹出し口直径が小さい条件ほど境界領域の位置が高く、その厚さも厚くなっている。従って、換気量や吹出し口直径の変化が濃度分布の形状に与える影響は、測定値と計算値で同様の傾向にあるといえる。条件8、12、13、16、17の計算値では室下部領域で濃度が0となっており、上部還流量(図1参照)がなく、境界領域厚さも0となっているが、測定値を見ると室下部領域の濃度が0の条件においても20~30cmの厚さの境界領域が存在している。

計算値の誤差を定量的に扱うため、吹出し条件(換気量、吹出し口直径、吹出し風速)と濃度分布を構成する要素(境界領域上限の高さ X_b 、境界領域厚さ W 、室下部領域の規準化濃度 C_d ; 図1参照)の誤差の関係を図6、7、8に示す。境界領域上限の高さと境界領域厚さの誤差は誤差率で表し、室下部領域規準化濃度の誤差は規準化濃度の差で表している。図6から境界領域上限高さの

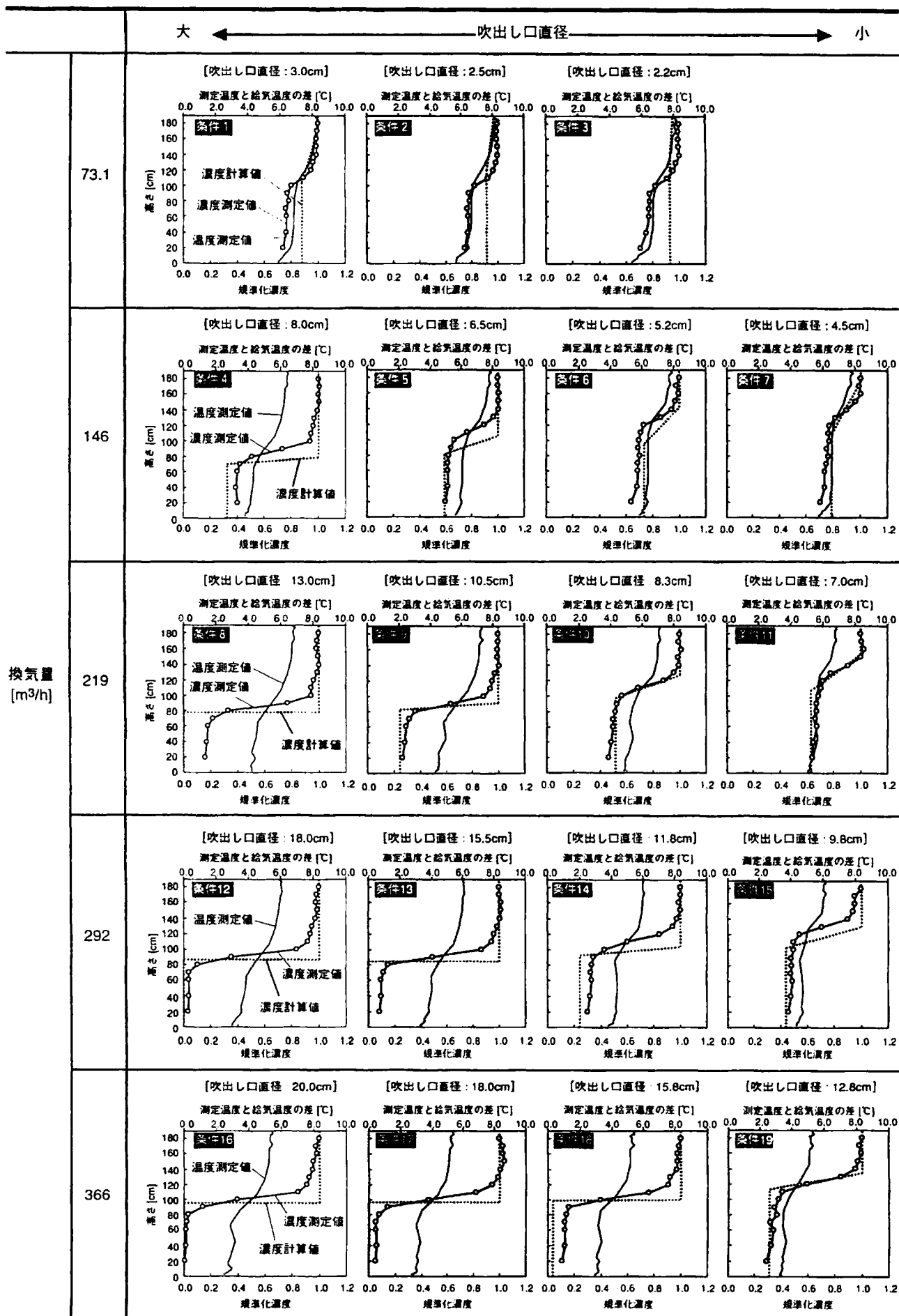


図5 温度（給気温基準）及び標準化濃度の鉛直分布

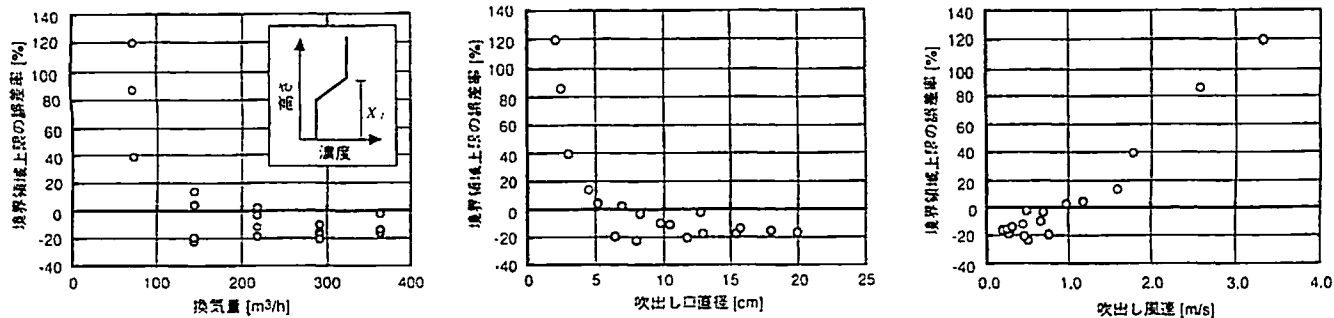


図6 各吹出し条件と境界領域上限高さ X_i の誤差率との関係

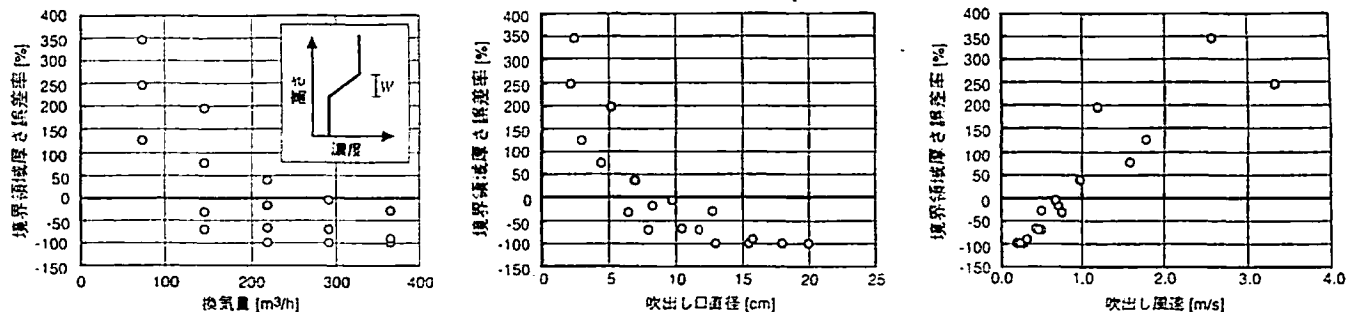


図7 各吹出し条件と境界領域厚さ W の誤差率との関係

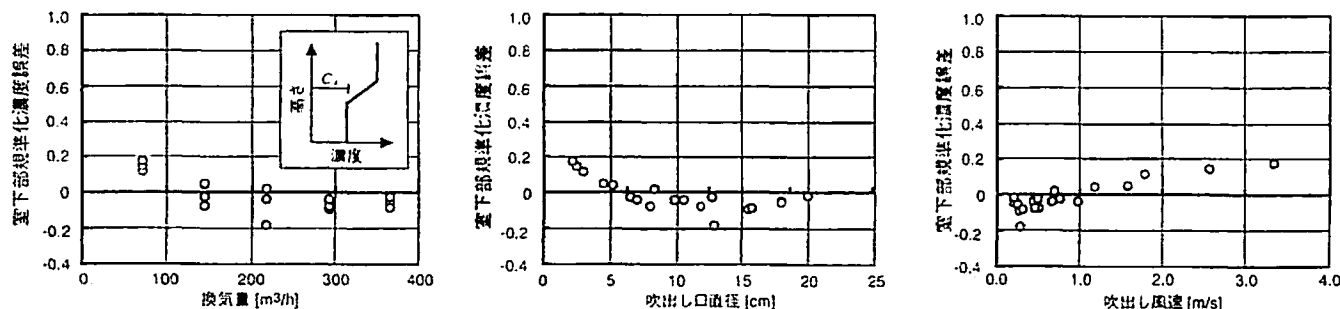


図8 各吹出し条件と室下部領域規準化濃度 C_i の誤差との関係

誤差率は、換気量の最も小さい条件、吹出し口直径の小さい条件、吹出し風速の大きい条件で大きくなっていることが分かる。しかし、換気量 $146\text{m}^3/\text{h}$ 以上、吹出し口直径 4.5cm 以上、吹出し風速 1.60m/s 以下の条件では誤差率が約20%以下と小さい。図7から境界領域厚さの誤差率も換気量の小さい条件、吹出し口直径の小さい条件、吹出し風速の大きい条件で大きくなっており、ほとんどの条件で50%以上と境界領域上限高さの誤差水準より大きくなっている。この原因としては、モデルから濃度分布を算出する際に用いている実験結果に基づく回帰式(図2参照)の精度が低いことが考えられる。図8には、各吹出し条件と室下部領域及び規準化濃度の誤差との関係を示す。いずれの条件においても誤差は0.2以下であり、室下部領域の規準化濃度は比較的良い精度で予測されている。

6. おわりに

種々の換気量、吹出し口直径で温度及び濃度の測定実験を行い、濃度分布について測定値とモデルから算出した計算値を比較して、モデルの精度を検討したところ、

換気量の小さい条件、吹出し口直径が大きい条件で誤差が大きいたことが明らかになった。今後は、モデルから濃度分布を算出する際に用いている実験結果に基づく回帰式(図2参照)の精度を上げ、本報では既知としている吹出し温度差の精度良い予測法を確立するとともに、室の大きさが異なる条件時の回帰式中の上部還流量 V_r の取り扱い方を検討することが課題と考える。

謝辞 本研究を進めるに当たり、多大なご尽力をいただいた本学卒業生 加川一郎君(現 須賀工業(株))に深謝いたします。

参考文献

- 1) 例えば、日本建築学会 環境工学委員会：床吹出し空調システム研究小委員会報告書、1995
- 2) 宮本敬介、佐藤隆二、山中俊夫、甲谷芳史、小寺啓滋：同題(その3) 汚染物質濃度分布予測モデルの構築、日本建築学会大会学術講演梗概集(中国) D-2, pp. 957-958、1999年9月
- 3) 小寺啓滋、佐藤隆二、山中俊夫、甲谷芳史、宮本敬介：同題(その2) 室内温度・汚染物質濃度分布の把握、日本建築学会大会学術講演梗概集(中国) D-2, pp. 955-956、1999年9月
- 4) 小寺他：床吹出し型置換換気システムに関する基礎的研究(その3) 汚染物質濃度予測モデルに組み込む室内鉛直温度分布予測モデルに関する検討、空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集、pp. 25-28、2000年3月
- 5) Alfred Koestel: COMPUTING TEMPERATURES AND VELOCITIES IN VERTICAL JETS OF HOT OR COLD AIR, ASHVE Transaction, Vol. 60, pp. 385-410, 1954

* 1 大阪大学大学院工学研究科建築工学専攻博士前期課程
* 2 大阪大学大学院工学研究科建築工学専攻 助教・博士(工学)
* 3 大阪大学大学院工学研究科建築工学専攻 助手

Graduate Student, Department of Architectural Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University
Associate Prof., Department of Architectural Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University, Dr. Eng.
Research Associate, Department of Architectural Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University