

低層市街地における建物屋上煙源からの排ガス拡散予測(その4) — 乱流シュミット数がRANSの濃度予測に及ぼす影響 —

○道岡武信¹⁾, 佐藤 歩¹⁾

¹⁾ (財)電力中央研究所 環境科学研究所

【はじめに】近年, 計算機の発達により, 複雑な形状をした市街地の建物を非構造格子で解像することにより, それらを考慮した排ガス拡散を数値シミュレーションにより実行することが可能になってきた。前報^{1,2)}において, 単純建物周りおよび低層市街地内での排ガスの拡散を, 適切な Reynolds-averaged Navier-Stokes simulation (RANS)および Large-eddy simulation (LES)を実行することにより再現できることが明らかになった。しかしながら, RANS では, 乱流モデル中の定数である乱流シュミット数(乱流による渦動粘性係数と渦拡散係数の比)に唯一の最適値はなく, 様々な値 (0.2~1.3)³⁾が適用されるため, 乱流シュミット数の値が RANS の濃度予測値に大きな影響を及ぼす可能性がある。そこで, 本研究では, 単純建物周りおよび低層市街地内における排ガス拡散に対して RANS を実行し, 風洞実験値と比較することにより乱流シュミット数が濃度予測値に及ぼす影響を検討した。

【数値モデルの概要および結果】本研究では, 非構造格子を採用できる FrontFlow/Red をベースに排ガス拡散用の機能および流入境界条件を追加したものを用いた。計算手法には, 標準 $k-\varepsilon$ モデルを適用した RANS を用いた。まず, 単純建物周りの拡散場に対して乱流シュミット数の影響を検討した。計算領域は $2.34 \times 1.0 \times 1.0 \text{ m}$ の直方体であり, 格子系にはヘキサメッシュを用い, 節点数は約 47 万点である。計算領域入口から 0.26 m の位置に図 1 に示すような一辺 0.08 m の立方体を設置し, 立方体の風下壁面に長さ 0.04 m で内径 2 mm の円管(RANS では角柱)を設置し, 上空に 0.43 m/s でトレーサガスを放出させた。なお, 原点は模型中心の地表面とした。図 2 に $x/H=1.0, 2.0, 4.50$ での平均濃度の鉛直方向分布を示す。乱流シュミット数(Sc_t)を 0.2 から 1.3 に変化させただけで, 時間平均濃度のピーク値は 2~3 倍程度大きくなり, Sc_t が濃度予測値に大きな影響を及ぼすことがわかる。また, 本計算では $Sc_t=0.2$ が最適値であり, Tominaga & Stathopoulos(2007)³⁾の単純建物周りの最適値 $Sc_t=0.3$ に近い値となる。

次に, 低層市街地内での排ガス拡散を対象として, 佐藤ら(2007)⁴⁾が行った電中研・狛江地区(東京都狛江市)周辺の拡散風洞実験(風向: 北)と同様な条件下で RANS を行った。計算領域は $5.075 \times 3.0 \times 1.0 \text{ m}$ の直方体であり, 電中研敷地内とその風下方向にプリズムメッシュを, それ以外にはテトラメッシュを用い, 節点数は約 135 万点である。トレーサガスは研究所構内の建物屋上($x=0 \text{ m}$, $z=0.1215 \text{ m}$)から放出された。図 3 に煙源より風下 4 地点での平均濃度の鉛直方向分布を示す。単純建物周りの結果と同様に濃度予測値は Sc_t に強く依存することがわかる。しかし, $Sc_t=0.9 \sim 1.3$ を適用した結果が風洞実験値に比較的近くなり, 単純建物周りの時の最適値 $Sc_t=0.2$ とは逆の傾向である。このように, Sc_t は気流・拡散場に強く依存する定数である。

【おわりに】単純建物周りおよび低層市街地内での排ガス拡散に対して RANS を実行した結果, 乱流シュミット数が平均濃度予測値に強い影響を及ぼすことが明らかになった。また, 一般的に使用されている値の範囲内で任意に乱流シュミット数を選択した場合, 選択した値により時間平均濃度に数倍程度の誤差を含む可能性がある。

謝辞 本研究は(株)数値フローデザイン 張会来氏, 岡部壮志氏の協力で行われた。

参考文献

1)佐藤・道岡, 大気環境学会年会 (2008), 2)道岡・佐藤, 大気環境学会年会 (2008), 3)Tominaga, Y. and Stathopoulos, T., Atmos. Environ. 41, (2007), 4)佐藤ら, 大気環境学会年会 (2007)

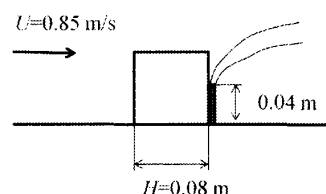


図 1 実験の概略図 (単純建物周り)

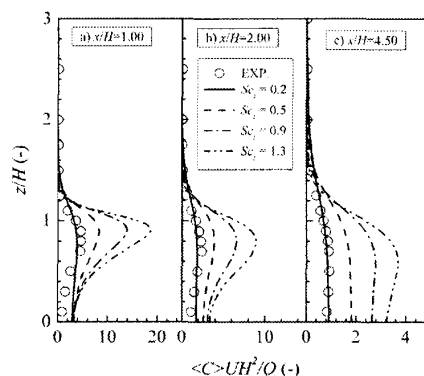


図 2 平均濃度分布 (単純建物周り)

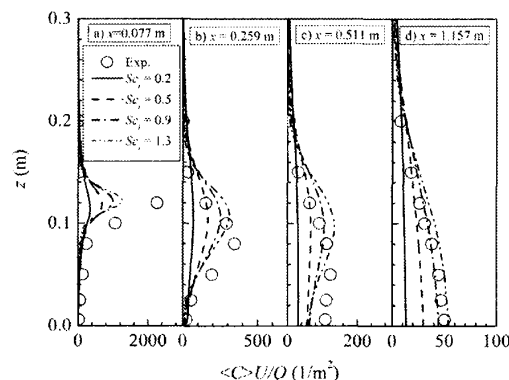


図 3 平均濃度分布 (低層市街地)