立方体建屋周辺のトレーサガス濃度変動の数値計算

Numerical Simulation of Tracer Gas Concentration Fluctuation around a Cubical Building

○正 佐田幸一（電中研） 佐藤歩（電中研）

Kouichi SADA, Central Research Institute of Electric Power Industry, 2-11-1, Iwado Kita, Komae-shi, Tokyo 201-8511
Ayumu SATO, Central Research Institute of Electric Power Industry

Key Words: Plume, Diffusion, Concentration Fluctuation, Numerical Simulation, Building

1. はじめに

大気中の排ガス拡散を対象とした環境影響評価では、従来から時間平均値が使用されてきた。しかし、今後の排出ガスの安全対策では、瞬間的に生じる高濃度の評価が必要となると考えられる。そのため、著者らは平地上の乱流境界層中のトレーサガス拡散を対象に、Large Eddy Simulation (LES) に基づいた数値モデルを構築してきた⁽¹⁾。さらに、排ガスが放出される煙源周辺には建屋が存在する場合も多いため、短時間の高濃度を評価するためには建屋影響を考慮する必要がある。そこで、本報告では、大気との相似性を考慮して乱れを比較的大きく与えた気流中に、建屋およびその上流側に点煙源が存在する場を対象に数値計算を行った。

2. 数値計算方法

流れを計算する際には、乱流モデルとしてはスマゴリンスキーモデルによる LES を用いた。計算領域は正規直交座標系上で、風洞実験との比較を考慮して、流れ方向 (x) に 2.5m (100), 水平方向 (y) に 1.0m (65), 鉛直方向 (z) に 1.0m (53) とした。ここで、() 内は計算格子数を表す。建屋として一辺 0.2m (=H) の立方体を用い、建屋中央から上流側へ 0.3m の上空 (z=0.2m) に点煙源を設けた。この建屋は計算領域の入口から風下方向へ 1.35~1.55m (煙源 x=0m から風下方向に x=0.2~0.4cm, x/H=1.0~2.0) に設置している。トレーサガス濃度の輸送方程式に対しても空間平均を行うことにより計算を行った。さらに、点煙源近傍で生じる数値粘性の影響を避けるために、トレーサガスを小さなパフに分割して計算を行う方法⁽²⁾も用いた。なお、両手法の切り替え位置は、平地条件下において、プルームの拡散幅が格子幅の 2 倍程度に大きくなる煙源から風下方向に x/H=1.08 の位置とした。

3. 計算結果

図 1 に平均速度の計算結果を、風洞実験結果と比較して示す。煙源位置 (x/H=0) における平均速度の計算結果は、ほぼ風洞実験結果を再現している。建屋屋根面上 (x/H=1.5) での逆流、および建屋背後 (x/H=2.5) での逆流が生じ、風洞実験結果と良好な一致が得られた。なお、本数値計算では、速度乱れ、平均濃度および濃度乱れの計算結果もほぼ風洞実験結果と一致することを確認している。次いで、瞬間的に出現する高い濃度に着目して数値計算の解析を行うため、建屋背後の位置 (x/H=2.5) で確率分布関数 P を求め図 2 に示す。なお、図中には風洞実験と数値計算の他に、対数正規分布を当てはめた結果も示す。循環域内 (z/H=0.5) ではゼロ濃度の出現割合が小さい連続的な濃度波形になったことに相当し、 $c/\sqrt{c^2} \approx 0$ 付近で確率分布関数がゼロに近く、それ故 $1-P \approx 1$ となった。一方、高い位置 (z/H=1.5) では、プルームの間欠性が高いため、 $c/\sqrt{c^2} \approx 0$ 付近で確率分布関数がゼロ

以外の値を有し、 $1-P$ が $c/\sqrt{c^2}$ とともに急激に減少する。また、 $c/\sqrt{c^2}$ が 2 前後以上の大きな値となると、図 2 の分布はいずれの位置においてもほぼ直線的な減少を示し、以上の傾向は風洞実験と数値計算で一致する。

引用文献

- (1) 佐田・佐藤, 流体工学部門講演会講演論文集, No. 99-19 (1999), 315.
- (2) Sykes, R. I. and Henn, D. S., J. Applied Met., 31 (1992), 112.

Fig. 1 Streamwise variation of mean velocity profile.

Fig. 2 Vertical variation of probability distribution function of concentration fluctuation.