

温度成層境界層乱流中での LES 大気拡散計算手法に関する研究 LES analysis on plume dispersion under thermally-stratified boundary layers

○中山浩成・竹見哲也・永井晴康

○Hiromasa NAKAYAMA, Tetsuya TAKEMI, Haruyasu NAGAI

Contaminant gas dispersion in atmospheric boundary layer is of great concern to public health. Plume dispersion patterns are characterized by atmospheric stability. Especially, atmospheric boundary layers are usually classified into three types; neutral, stable, and convective boundary layers based on atmospheric stability. We first proposed an efficient method to generate spatially-developing thermally-stratified boundary layers and examined the basic performance of the large-eddy simulation (LES) model in comparison to wind tunnel experimental data. Although some of the characteristics of turbulent flows and plume dispersion are qualitatively different from the experimental data, it was shown that the LES model provide physically reasonable results.

1. はじめに

原子力機構では、原子力事故時における拡散予測システムとして SPEEDI、及びその世界版である WSPEEDI を開発してきた。現在では、大気・陸域・海洋での放射性物質の移行挙動を包括的に予測する SPEEDI-MP (SPEEDI Multi-model Package) の開発に取り組んでいる。しかしながら、SPEEDI は領域気象モデルに基づいているため、建物の影響が支配的な局所域スケールでの拡散予測は難しい。そのため、計算流体力学を用いた新たなタイプの拡散モデル、LOHDIM-LES (Local-scale High-resolution Dispersion Model using Large-Eddy Simulation) の開発を行っている。これまで、建物の影響を考慮した点源拡散風洞実験との比較検証を行い、モデルの性能評価を実施した。現在は、温度成層効果の導入を図っている。今回は、大気が安定・不安定成層化した場合を対象にした LES 拡散計算を行い、風洞実験結果と比較し、モデルの性能評価を行うことを目的とする。

2. 計算条件

LES モデルの基礎方程式は、空間フィルター操作された連続の式、N-S 方程式、物質拡散方程式により構成されている。流れ場・拡散場のモデル定数は標準型スマゴリンスキーモデルにより評価し、流れ場の定数は 0.1、乱流シュミット数・プラントル数はともに 0.71 としている。計算アルゴリズムは SMAC 法、Poisson 方程式の反復解法は SOR 法、時間進行法は Adams-Bashforth 法である。支

配方程式の空間微分項は 2 次精度中心差分とし、物質拡散方程式の移流項のみ CIP を用いている。

計算モデル内に温度成層境界層乱流を作り出すために、まず、上流部に Recycling 手法により境界層乱流を作り出し、Recycle 地点にターゲットとする温度分布を与えた。次に、十分に境界層が発達したところより、LES 点源拡散計算を行った。

3. 結果

図 1 は、中立境界層・安定境界層・逆転層を伴う不安定成層中での点源放出されたプルームの瞬間構造を示している。中立境界層では、プルームは下流に向かうにしたがい徐々に広がっているのに対し、安定境界層では、拡がりはかなり抑制されているのが分かる。不安定成層では、プルームは点源近くで地表面に着地し、その後すぐに上空に持ち上げられ、定性的に拡散挙動が捉えられた。

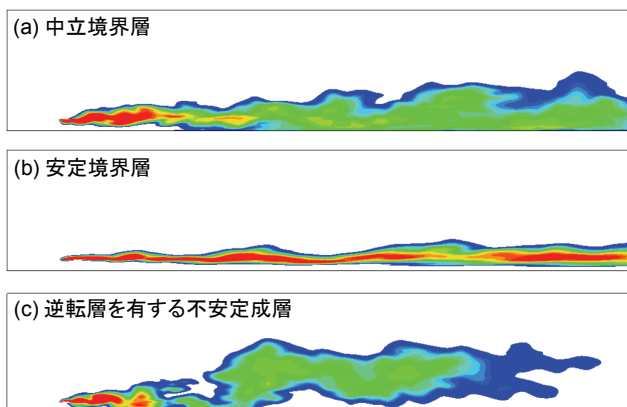


図 1 各種温度成層下での拡散挙動