

## 論文の内容の要旨

論文題目 Study on Pollutant Dispersion within Urban Area  
under Changes of Atmospheric Stability and Wind Direction  
( 変動する風向と大気安定度のもとにおける都市の汚染拡散に関する研究 )

氏 名 ヤシン モハメド

### 1. はじめに

都市における大気汚染の特徴は、市街地の過密化、高層化や道路の複層化など、高密度な空間利用による通風の悪化によって汚染質が滞留し、沿道大気汚染濃度が周辺市街地の濃度より高くなる点が顕著である。更に、大気安定度が市街地の地形影響を増幅あるいは減衰し、現象を複雑化する。現状において大気汚染が改善されていないこと、熱や大気汚染物質の移動現象に様々な要因が絡みあっていることを考えると、郊外と比べて、より精密、且つ、高精度の予測が必要となる。しかしながら、市街地低層部における拡散現象を実験的且つ詳細に調べた例は少ない。

本論文は、可変する気象条件下における都市環境で、排出源を点源とした場合の汚染拡散性状について明らかにすることを目的としている。研究内容については風洞実験、野外実測及び理論的拡散モデルから構成される。

### 2. 市街地における汚染拡散性状の予測・評価に関する風洞実験 I

#### ・・・建物群をモデル化したモデルを使用

##### 実験概要

風洞内に大気境界層を再現し、3種類の大気安定度（安定、中立、不安定）における平板上での気流性状及び汚染拡散性状に着目する。平板上の大気境界層内における流れ場、拡散場については、流れに対して障害物が配置される場合を想定し実験を行った。尚、水平、鉛直濃度分布は後流域4点で計測される。

##### 実験装置

- 1) 風洞 東京大学生産技術研究所所属の境界層型風洞。測定断面は 高さ 1.8[m]×幅 2.2[m]、測定胴長さ 16.47[m]。温度成層生成システム（①気流冷却装置、②気流加熱装置、③床面温度調整装置により構成）が設置され、鉛直方向に一様な分布や勾配のついた分布など、（実際の温度分布に対応した）任意の温度分布を形成可能。
- 2) モデル 建物等を単純化した2次元フェンス（模型高さ 60mm）と立方体模型（模型高さ 60mm）である。縮尺は 1/500 を想定する。模型設置位置は模型後端がガス発生位置 ( $X=0\text{mm}$ ) より風上側 ( $X=-30\text{mm}$ ) とする。
- 3) 流速計 2次元レーザードップラー流速計を使用する
- 4) 濃度計 炭化水素分析計を使用する。尚、トレーサーガスにエチレン ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) を用いた。

### 実験条件

- 1) 境界層 境界層は都市風の鉛直速度分布である  $U \propto Z^{1/4}$  とする。
- 2) 実験種類 ①障害物無し。 ②二次元フェンス後流域における拡散性状の把握  
③立方体ブロック（建物模型を模擬したもの）後流域における拡散性状の把握
- 3) 大気安定度 中立、安定、不安定の3条件。
- 4) 基準風速 床面より高さ1mの位置で1.25m/sとした。

### 実験結果

- 1) 障害物により創られた境界層は後流域で非常に厚い。
- 2) 大気安定度が「安定」の場合、あらゆる乱流速度は減少する。
- 3) 二次元フェンスを設置した場合には、立方体ブロックを設置した場合に比べて再付着点までの距離が長くなる傾向が見られる。
- 4) 最大濃度は障害物の後流で見られる。(X = 120mm)
- 5) 二次元フェンスを設置した場合には、立方体ブロックを設置した場合に比べて水平、鉛直濃度分布は小さくなるが、フェンス後方の水平範囲の広がりが大きくなる傾向がある。

## 3. 市街地における汚染拡散の予測・評価方法の開発に関する野外実測調査

### 実験概要

市街地における汚染質拡散性状を実測する。実測は東京都港区浜松町で行われた。トレーサーガスはSF<sub>6</sub>(六フッ化硫黄)を使用。トレーサーガス濃度のサンプリングは約半径500mの範囲内とし、駐車場、空地、高層ビル等、17点である。測定高さは1.5mとする

実測で取得されたデータは都市の街区スケールにおける汚染拡散に対する大気境界層の熱的安定度の影響を検討するほか、対応する数値シミュレーション、風洞模型実験との対応を検討するためのデータベースとなる。

### 測定項目

- 1) バックグラウンド気象計測 東京タワーでの気象観測データ、および東京管区気象台の観測データを使用する。
- 2) トレーサーガス濃度 3) 代表点での温・湿度 4) 代表点での天空日射量
- 5) 地上付近の風向風速

### 測定方法

対象地域の中央でトレーサーガスを発生し、各点における汚染空気を吸入ポンプにより約30分間テドラパックに捕集する。その後、マルチガスモニターにより分析する。トレーサーガスは浮力の影響を避けるため、送風装置により攪拌、希釈放出する。

### 測定結果

- 1) 日中における風速、風向は時間毎に変化する傾向がみられる。
- 2) 風向変化時における風速の最大、及び最小値は大気安定度に強く依存する。

3) 最大、最小濃度の発生は、ある程度風向変化の影響に起因する。

#### 4. 市街地における汚染質拡散の予測・評価方法の開発に関する風洞模型実験Ⅱ

##### ・・・市街地の実測との比較検証

##### 及び、風洞実験結果と理論的拡散モデルとの比較

##### 実験概要

現場実測に対応した風洞模型実験を行った。実験は大気安定度が中立、安定、不安定の3条件下で行った。風向変動の影響を調べるため、風はNNW~WNWの間を2.5度ピッチで風向変化させた。風速分布についての測定を合わせて実施し、これに加えて煙による可視化実験を行うことで、流れ特性についても検討を行った。

また、建物群内における風向変化に関して、本実験の結果と、ガウス・プルームモデルに基づく理論的モデルとの比較検証を行った。

##### 実験装置

- 1) 風洞 東京大学生産技術研究所所属の境界層型風洞。
- 2) 模型 実験に使用した模型は点源を中心に半径510mの範囲を含む市街地模型である。模型縮尺は1/600とする。縮尺は対象地域内の地形・地物の大きさとターンテーブルの大きさを考慮した。閉塞率は約3%程度。サンプリングポイントは模型上に83点設置した。各点には内径1mmφのパイプを設置した。測定高さは地上2.5mmとする。
- 3) 流速計 多点同時風速計を使用する。
- 4) 濃度計 炭化水素分析計を使用する。尚、トレーサーガスにはエチレン(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)を用いた。

##### 実験条件

- 1) 境界層 境界層は都市風の鉛直速度分布である  $U \propto Z^{1/4}$  とする。
- 2) 実験風向 292.5° から 337.5° 迄の19風向。
- 3) 大気安定度 中立、安定、不安定の3条件。
- 4) 基準風速 床面より高さ1mの位置で1.25m/sとした。

##### 実験結果

- 1) 安定条件における拡散性状は中立、不安定条件よりも高濃度を示す。
- 2) 風向変化は変わり易く、風向は小さい角度で変化する。
- 3) 風洞実験と実測結果は安定した風向の下ではよく一致して、理論モデルの一致性は実用化にあたり高い一致を示す。
- 4) 風洞実験値と風向変動を考慮した理論モデルによる予測結果は、建物の影響の無い排出口の近傍では比較的良好に一致する。

#### 5. おわりに

最終的に、風洞模型実験の予測精度を検証するために、拡散性状に関する風洞実験の結果を、野外実測、及び理論モデルの結果と比較した。この結果より、風洞実験の結果は野外実測の結果と高

い一致を示すと考えられる。更に、風洞実験、野外実測における濃度分布測定は、都市環境における数値モデルの開発、評価に用いられる。