

# 2021 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：屋外環境
研究期間：2021 年度
課題番号：
研究課題名（和文）：都市域内を対象とした流れ場および汚染物質拡散予測に関する研究
研究課題名（英文）：Study of pollutant dispersion prediction in flow field of urban area
研究代表者：佐々木 亮治
交付決定額（当該年度）： 0 円

※ページ数の制限はありません。

※成果等の説明に図表を使用させていただいて構いません。（カラーも可）

※提出して頂いた成果報告書をホームページでの公開を予定しております。

## 1. 研究の目的

都市域において拡散物質の予測は、環境保全あるいは危険物質の拡散予測など様々な実務の場面で用いられつつある。しかしながら、拡散物質の予測は検証の方法が難しく、まだ十分な検証データが得られている状況にはなく、風洞実験や数値流体解析での応用が期待されているものの、普及していない状況が実情と考えられる。例えば、環境アセスメントでは、大小様々な規模の建物が数多く存在し、逆流など風が単純に流下しないような複雑な流れ場においても、汚染物質の濃度の推定においては実際の風況にそぐわないプルームモデルが使われている。都市域における屋外拡散実験結果と風洞実験結果あるいは数値流体解析結果を比較した例としては、大場ら、北林、Schatzmann、道岡らの研究が挙げられるものの数は多くない。

本研究では、今までに、無毒性、無臭の拡散物質である PMCH を用いて、平成 25 年度に比較的狭い領域（東京工芸大学周辺）を対象とした野外拡散実験、平成 26 年度に広域の領域（厚木市街）を対象とした野外拡散実験を実施してきた。平成 30 年度までに、これらの野外拡散実験を対象とした風洞実験あるいは数値流体解析を実施し、風洞実験および数値流体解析の精度検証を行ってきた。また平成 30 年度からは、立方体ブロックを並べた街区モデルを対象として、拡散風洞実験および風洞実験を模擬した数値流体解析を行い、風速場と濃度場について両者を比較検討した。なお数値流体解析では、3 種類の異なる流入変動風を用いた解析を行い、気流作成方法の違いが風速場および濃度場に及ぼす影響についても検討を行った。

令和 3 年度は、平成 25 年度に実施した東京工芸大学における拡散実測の結果の整理を進め、風洞実験結果との比較を通して更なる検討を加えた。具体的には、実験模型の縮尺率や、実験風速、トレーサーガスの排出量を変化させた風洞実験結果を基に、拡散風洞実験における相似則を確認した。

## 2. 研究の方法

### 2. 1 風向と濃度分布について

東京工芸大学厚木キャンパスにおける屋外拡散実測を対象とした風洞実験を実施し、両者の比較検証を行った。なお比較にあたり、超音波風速計のデータを基に実測期間の大気安定度を求め、中立に近い条件のデータを用いた。風洞実験模型は、縮尺 1/600 で半径 300m 内の地形と建物を再現した。実測結果から、微小な風向の変化がキャンパス内の濃度分布に影響を与えていることが判明している。そこで基準風向を  $180 \pm 5$  度変化させて風洞実験を実施した結果、屋外拡散実測での基準点の風向の変化によるキャンパス内の無次元濃度の変化の傾向をよく再現した。

### 2. 2 模型縮尺率の影響について

縮尺率 1/300, 1/600, 1/1000, 1/1500, 1/2000 の 5 種類の実験模型を用いて風洞実験を行った。全ての模型で、実験風向は 180 度（南）、基準風速は約 4 m/s、トレーサーガス排出量は 150 cc/min とした。したがって、無次元パイナンバーである排出速度比（トレーサーガス排出風速と基準風速の比）は全ての実験で一致させている。

縮尺率 1/300~1/2000 模型の無次元濃度の時間平均値については、排出口に近い測定点でやや大きな差異が見られるが、縮尺率によらず概ね同程度の値となっている。一方、無次元濃度

の標準偏差は、縮尺率が小さくなるにつれて値が小さくなる。特に 1/2000 模型でその傾向が顕著である。これは、縮尺率が小さいと、測定高さが粘性底層に近づくため、乱れが抑制され変動成分が小さくなるためと考えられる。

### 2. 3 風速とガス排出量の影響について

基準風速を 4 段階 (1.9, 4.1, 6.1, 8.1 m/s), トレーサーガス排出量を 4 段階 (75, 150, 300, 600 cc/min) に変化させ、計 16 ケースの風洞実験を行い、それらが無次元濃度に与える影響を調査した。キャンパス中央付近の測定点では、基準風速 4.1 m/s 以上の場合、基準風速と排出量に変化しても無次元濃度は概ね一定となっている。ガス排出量の違いによる無次元濃度の差異はほとんど見られない。ただし基準風速が低く排出量が多い場合は、上向きの吹き出し風速が高くなり、トレーサーガスが上空に拡散してしまうため、排出地点に近い測定点にはガスが到達しにくい状況が生じた。

### 3. 研究成果

東京工芸大学厚木キャンパスにおける屋外拡散実測を対象とした風洞実験を実施し、両者の比較検証を行った。さらに、実験模型の縮尺率や、実験風速、トレーサーガスの排出量を変化させた風洞実験を行い、拡散風洞実験における相似則を確認した。主な結果を以下に示す。

- ・風洞実験で基準風向を  $180 \pm 5$  度変化させて実験を実施した結果、屋外拡散実測での基準点の風向の変化によるキャンパス内の無次元濃度の変化の傾向をよく再現した。
- ・縮尺率 1/300~1/2000 の範囲では、無次元濃度の平均値は縮尺率によらずほぼ一致した。無次元濃度の標準偏差は、縮尺率 1/300~1/1000 の範囲でほぼ一致したが、1/1500, 1/2000 になるに従い、標準偏差が小さくなった。
- ・基準風速 4.1 m/s~8.1 m/s の範囲では、基準風速とトレーサーガス排出量に変化しても無次元濃度はほぼ一定となり、風速依存性やガス排出量依存性が小さいことが確認された。

### 4. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

1. 立花卓巳, 義江龍一郎, 中山悟, 岸田岳士, 宮下康一, 佐々木亮治: 都市におけるガス拡散の屋外実測と風洞実験との対応および相似則の確認, 日本風工学会論文集【投稿中】

[学会発表] (計 0 件)

[図書] (計 0 件)

[その他, 産業財産権, ホームページ等]

なし

### 5. 研究組織

(1) 研究代表者 佐々木 亮治 株式会社風工学研究所

(2) 研究分担者

1. 義江龍一郎 東京工芸大学 教授
2. 玄英麗 東京工芸大学建築学科 助教
3. 野田博 近畿大学 教授
4. 白澤多一 大妻女子大学 准教授
5. 下瀬健一 防災科学技術研究所
6. 岸田岳士 電力中央研究所
7. 中山悟 東芝インフラシステムズ株式会社
8. 宮下康一 株式会社風工学研究所
9. 勝村章 株式会社風工学研究所
10. 赤星明紀 株式会社風工学研究所
11. 大坪和広 株式会社風工学研究所
12. 立花卓巳 株式会社風工学研究所

6. 要約 (Abstract, 英文)

Research Theme

Study of pollutant dispersion prediction in flow field of urban area

Representative Researcher (Affiliation)

Ryoji Sasaki (Wind Engineering Institute Co., Ltd.)

This study aims to validate prediction of pollutant dispersion in urban area based on wind tunnel experiment. For this purpose, wind tunnel experiment was conducted to compare field measurements of tracer gas dispersion in the campus of Tokyo Polytechnic University in 2014. In addition, the experiment was carried out under various conditions of experimental model scale, wind speed, and pollutant emission rates to confirm similarity law. The normalized mean concentration obtained by the wind tunnel experiments agreed well with the field measurement data. It was also confirmed that the normalized mean concentration was nearly independent of experimental model scale, wind speed, and pollutant emission rate.