

市街地での非定常ガス拡散・濃度変動に関する風洞実験 (その1)

実験概要と予備計測結果

市街地汚染物質拡散 度数分布 非定常応答
パワースペクトル 尖度(kurtosis)

正会員 ○中尾圭佑 1* 同 加藤信介 2*
同 樋山恭助 3* 同 高橋岳生 4*
同 ト震 1*

1. はじめに

濃度変動は都市キャビティモデルで局所的に繰り返される汚染物質の停滞、流出により生じる。そのため危険物質発地域に短時間滞在しただけで汚染物質摂取量、被曝量が瞬時に人体許容量を超過してしまう危険性をもたらす。これらの危険性を把握することのできない平均濃度データは、汚染物質漏えい事故などに対する知見としては不十分であり、変動データの特性を風向や地理的位置とあわせて分析する必要がある。本研究では非定常なトレーサガスの放出に対する濃度データを風洞実験により得た。発生点での汚染物質発生開始時間を基点として、下流域の測定点での時系列濃度応答を測定した。

2. 実験概要

2.1. 風洞：東京大学生産技術研究所の環境無音風洞測定断面は2200(width)mm×1800mm(height)。本実験は、大気安定度は中立のもとで実験を行った。

2.2. 対象街区：東京都千代田区飯田橋地区の直径1kmを対象とする。この地域には中高層オフィス地区と小規模な住宅が併存する地域である。模型地域は図1に示す。縮尺は1/500。

2.3. 計測器：風速はI型熱線風速計(ダンテック製、以下CTA) 濃度は高応答濃度測定器による(THC-2A: テクニカ、以下FID)。

2.4. ガス発生点および濃度測定点：汚染物質発生点は6点S1~S6。それぞれ、小学校の校庭(S2)、高速道路上(S5)、測定点近傍の高層建築密集地帯(S1,S3,S4)、幹線道路脇(S6)である。発生口の径は6mmで、排出運動量の影響を避けるために発生口の上方10mmにバフ板を取り付けた。濃度測定点は模型中心位置のオフィスビル周辺の4点とした。測定点周辺は高さ60m程度のビルが三棟建っており、3つの測定点はその建物と建物の間のvoid空間に設定している。測定点高さは、実スケールで2.5m、30m、60mを設定し、それぞれM1、M2、M3で示す。また、近傍の一棟のオフィスビルのエントランス部分で実スケール高さ2.5mの位置を測定点M4とした。

3. 実験結果

3.1 アプローチフロー特性

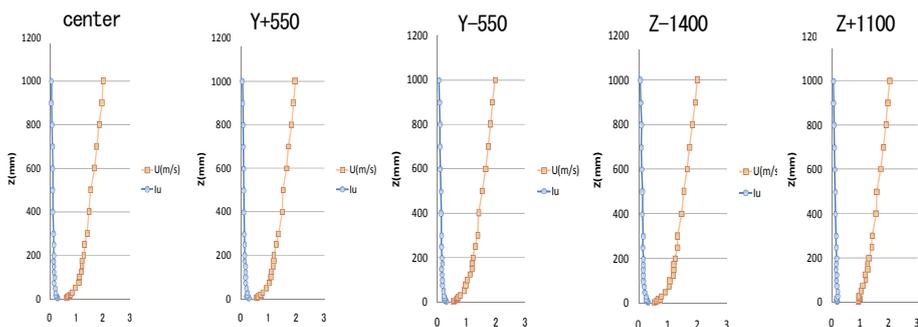


図2 風速分布および測定点

図2に模型設置位置における風速、乱れの強さを示す。測定点は5点(図2右参照) 本実験で再現するアプローチフローは1/4乗則に基づく。風速のサンプリング間隔は、1KHzで1分間測定。ターンテーブル中心点の高さ125mm(濃度測定点近隣の建物高さ)および200mmにおける乱れのスケールを測定した。縦スケールについては時間スケールおよび長さスケールを測定し、横スケールについては長さスケールのみ測定した。二つのCTAを用いて風速の相関をとった。縦長さスケールの測定については2つのCTAの一方をcenterに固定し、もう一方をx軸下流(図2の+x方向)へ設置した。高さ125mmおよび200mmの空間自己相関係数を図4に示す。縦長さスケールに関してはトラバースの測定可能領域まで測定したところ相関が0とはならなかった。測定可能領域まで、縦長さスケールを計算したところ高さ125mmでは509mm、200mmでは497mmだった。横長さスケールはCTAの1つをcenterに固定し、1

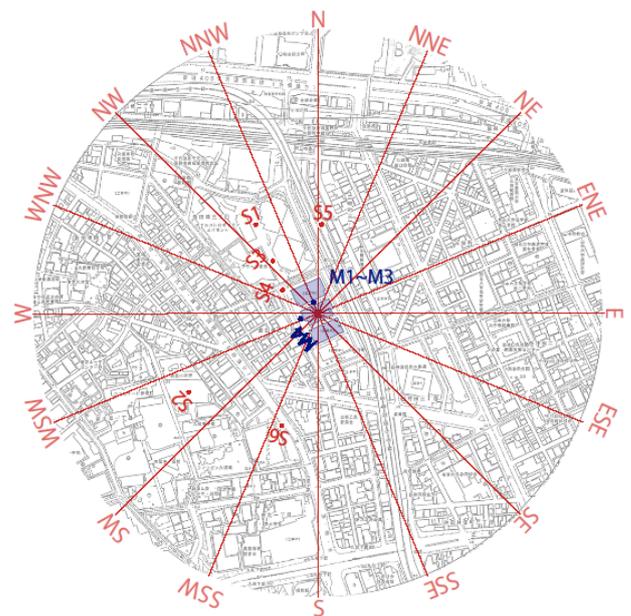
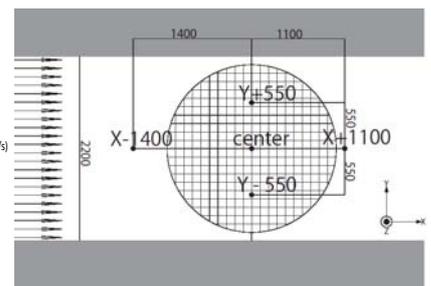


図1 風洞模型の測定点と発生点



つを図2の+y軸方向に設置し測定した。横方向の自己相関係数は測定領域内で0となった。(図4)。横長さスケールは高さ125mmで100mmとなり高さ200mmで134mmとなった。つづいて時間スケールを求めた。時間相関から求められた乱れの時間スケールはそれぞれ125mmの高さで0.35s、200mmの高さで0.47sだった。つづいてこの風洞のパワースペクトルを計算した(図3)。高周波数において少々の逸脱が見られるがKarman型スペクトルとほぼ一致していると考えられる。Karman型スペクトルの式に用いた長さスケールは、Taylorの仮説に基づいて、時間スケールに平均風速をかけたものである。

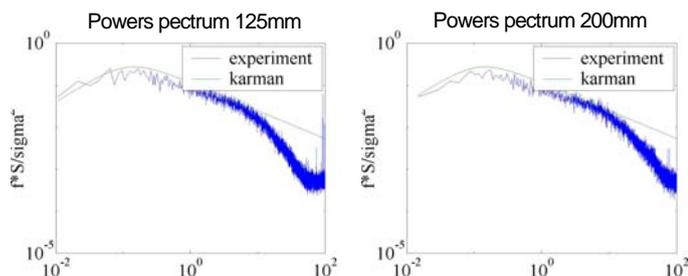


図3 パワースペクトル $F^2 \sigma^2$

3.2 濃度応答特性

連続発生におけるステップアップおよび、ステップダウンを32回測定した。FIDは発生点と測定点の二点に設置し、一つのロガーの中にデータを取り込んだ。二点の濃度応答の時系列が同期させることができ、ガス発生点の発生開始時間を起点と

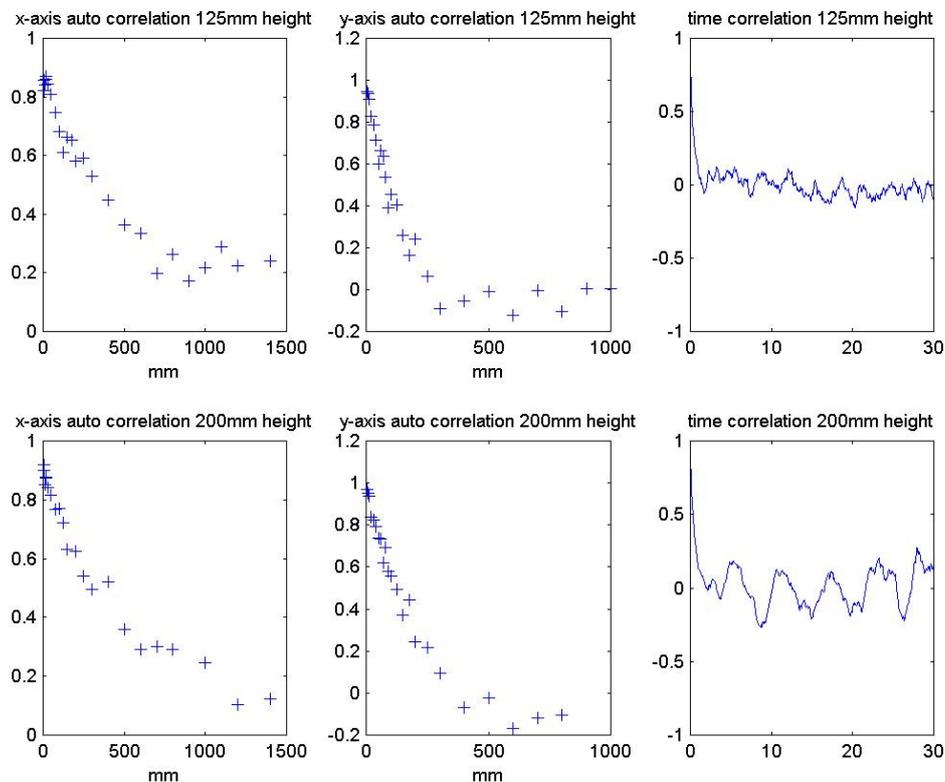


図4 自己相関係数

*1 東京大学大学院工学系研究科
 *2 東京大学生産技術研究所 教授 工博
 *3 東京大学生産技術研究所 助教 博(工)
 *4 東京大学生産技術研究所 技術専門員

*1 The University of Tokyo, IIS, Graduate School
 *2 The University of Tokyo, IIS, Prof.
 *3 The University of Tokyo, IIS, Resreach Associate
 *4 The University of Tokyo, IIS, Senior Technical Support Specialist

表1: 測定ケース

source point	wind direction	1MINUTE	32ENSEMBLE
S1	NNW	M4	
	NW	M2,M3,M4	
S2	WSW	M4	
	SW	M3	M1,M2,M4
S3	NNW		M4
	NW		M1,M2,M3,M4
	WNW	M1,M2,M3,M4	
S4	NNW	M1,M2	M4
	NW		M1,M2,M3,M4
	WNW	M3	M1,M2,M4
	W	M3	M1,M2,M4
	WSW		M1
S5	NNE	M3	M1,M2,M4
	N	M3	M1,M2,M4
	NNW	M3,M4	M1,M2
S6	SSW	M1	M4
	S		M1,M2,M3,M4

した時系列濃度データを得た。本実験で測定したケースを表1に示す。列はそれぞれ発生点、風向および測定時間を示している。「32ENSEMBLE」は32回非定常濃度測定を行ったケースである。「1MINUTE」は1分間の定常発生を測定したところ平均濃度が30ppm以下だったため32回の非定常濃度測定を行わなかった。以下記載をS1-NNW-M4というように行うが、これは発生点S1、風向NNW、測定点M4の測定を意味する。非定常発生の際のデータの一例を図5に示す。上段は1回の濃度測定結果で、下段は32回の結果を平均したものである。平均的な濃度はおよそ100ppm程度である一方で、800ppm程度の高濃度を瞬時的に値する可能性があるということがわかる。既往の文献^{*2)}によれば、流れ場の速度のピークファクタよりも、濃度のピークファクタのほうが高い値をとることが知られており、実現象として汚染ガスが発生される場合を想定した危険性は、ピーク性状によって考慮されるべきであることがわかる。

「32ENSEMBLE」は32回非定常濃度測定を行ったケースである。「1MINUTE」は1分間の定常発生を測定したところ平均濃度が30ppm以下だったため32回の非定常濃度測定を行わなかった。以下記載をS1-NNW-M4というように行うが、これは発生点S1、風向NNW、測定点M4の測定を意味する。非定常発生の際のデータの一例を図5に示す。上段は1回の濃度測定結果で、下段は32回の結果を平均したものである。平均的な濃度はおよそ100ppm程度である一方で、800ppm程度の高濃度を瞬時的に値する可能性があるということがわかる。既往の文献^{*2)}によれば、流れ場の速度のピークファクタよりも、濃度のピークファクタのほうが高い値をとることが知られており、実現象として汚染ガスが発生される場合を想定した危険性は、ピーク性状によって考慮されるべきであることがわかる。

続く報告では、これらの要素を風向毎や発生点からの距離をパラメータとして考察する。本研究は、文部科学省の安全・安心科学技術プロジェクト「有害危険物質の拡散被害予測減災対策研究」(研究代表 加藤信介)の一環として実施した。関係各位に対し、ここに記して謝意を表します。(参考文献は次報に記載する。)

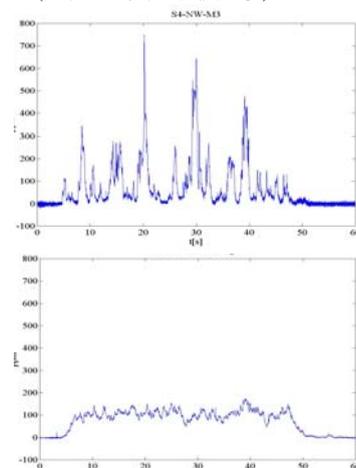


図5 測定データ例 (S4-NW-M3)