

モデル街路空間内の流れ場・拡散場に関する風洞実験（その3）
 排出ガスに密度差がある場合の濃度場測定

正会員 田組 潤*¹ 同 小林信行*²
 同 伊藤一秀*³ 同 上原 清*⁴

風洞実験 汚染質拡散 フルード数

1. はじめに

近年、分散型電源の導入により、集合住宅においてコージェネレーションシステムの設置が増加しつつある。これにより、建物近傍での燃焼排ガスの排出や、また天災や事故等による燃料ガスの漏出において人体への悪影響が懸念されている。しかし、こうした多くの建物が密集した市街地モデル空間内における燃焼排ガスを含む汚染質の拡散現象は十分に解明されていない。

本報では集合住宅の一棟に家庭用マイクロガスタービン型コージェネレーションシステムを設置したと仮定し、汚染質拡散場に関する風洞実験を行った。本研究では、passive contaminant と 2 種の浮力を調整したガス（以下、浮力調整ガス）を用い、燃焼排ガスやプロパンガスを模擬したトレーサガスの拡散性状を実験的に調べた結果を報告する。

2. 実験概要

2.1 風洞 東京工芸大学所属の境界層型風洞を使用した。風洞測定部の寸法は、長さ 14.0m、高さ 1.0m、幅 1.2m である。

2.2 市街地モデル 市街地モデルを図 1 に示す。模型縮尺は 1/300 を仮定し、40mm(x) × 120mm(y) × 70mm(z) の建物模型 24 棟により街区(1000mm × 1000mm)を構成している。建蔽率は 11.5%、容積率は 57.6% である。

2.3 汚染質 トレーサガスは図 1 の斜線を施した建物の風下側壁面(床面高さ 6mm)から風下側に向け水平方向に排出した。トレーサガス排出量は 0.348cc/s である。トレーサガスは燃焼排ガスを模擬した C₂H₄ 10% と He 90% を混合させた軽いガス ($\rho_a = 0.83$) の場合、ほぼ空気と同じ密度を再現した C₂H₄ 100% の passive contaminant ($\rho_a = 1.00$) の場合、およびプロパンガスを模擬した C₂H₄ 40% と SF₆ 60% を混合させた重いガス ($\rho_a = 1.52$) の場合の 3 ケースで測定した。

2.4 測定点 濃度の測定点を図 1 に示す。測定点は床面から 20mm 位置で全 71 点の測定を行った。水平面内の濃度測定条件を表 1 に示す。Case1 は軽いガスの場合、Case2 は passive contaminant の場合、Case3 は重いガスの場合で測定を行った。壁面濃度の測定点を図 1 に示す。壁面濃度は風上側から 3 列目の建物模型 A において測定している。濃度の測定にはマルチガスモニタを用いた。なお、発生源より風上側の地点（ターnteーブルの風上側の端から 2000mm 風上側中央の床面）においてバックグラウンド濃度を常時測定している。

2.5 相似則 本研究ではフルード数の一致、排出速度比の一致を考慮して実験を行った。表 2 にフルード数を一致させた

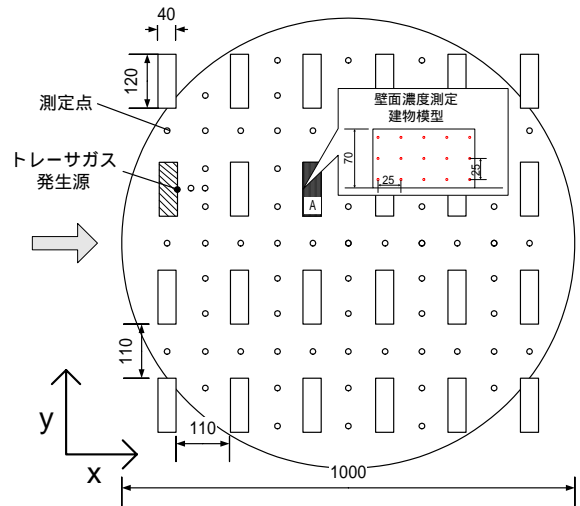


図 1 測定点・市街地模型の配置

表 1 測定条件

Case	s/ a	排出ガス	壁面濃度測定建物
Case1	0.83	C ₂ H ₄ :He=10%:90%	風上から3列目
Case2	1.00	C ₂ H ₄ =100%	風上から3列目
Case3	1.52	C ₂ H ₄ :SF ₆ =40%:60%	風上から3列目

表 2 相似則

ガスの種類	建物	排出速度 (m/s)	排出速度比	軒高風速 (m/s)	空気密度 (kg/m ³)	排ガス密度 (kg/m ³)	代表長さ (m)	Fr数
軽いガス	実物	1.08	0.22	5.00	1.17	0.97	300	0.23
	模型	0.14	0.22	0.63	1.17	0.26	1	0.23
重いガス	実物	1.08	0.22	5.00	1.17	1.77	300	0.13
	模型	0.14	0.22	0.63	1.17	4.01	1	0.13

場合の実物と模型による測定条件を示す。

2.6 接近流 接近流は既報¹⁾と同様に指数則約 1/4 とした。

3 実験結果

図中の濃度値 ($\times 10^{-3}$) は全て汚染質発生源濃度で無次元化したものである。

図 2 に水平面濃度分布を示す。Case1 ~ 3 で街区模型の中心より風上側の地点において高濃度領域が見られる。しかし、Case2 の場合には風上から 3 列目の模型付近まで高濃度領域が見られるが、Case1, Case3 の場合には風上から 2 列目の模型付近までしか見られない。これは Case1, Case3 の場合、排出されたトレーサガスが測定高さ付近に留まらず、浮力の影響により高濃度領域が上下方向へ拡散したものと考えられる。無次元濃度 2.0×10^{-3} の値と比較すると、Case2 と比較して濃

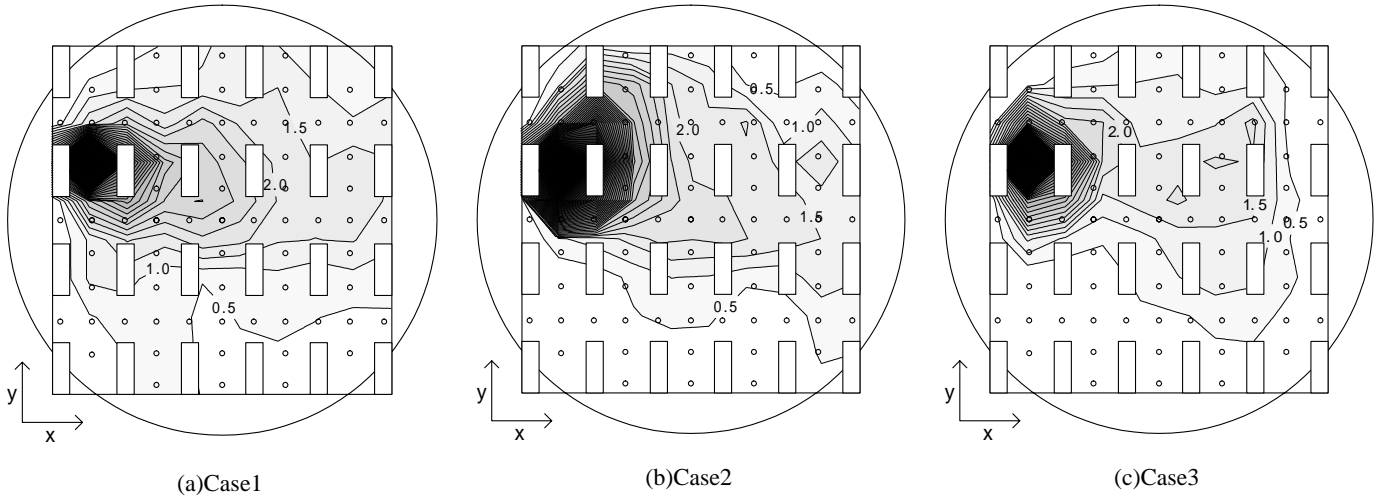


図2 水平面無次元濃度分布(図中の値 $\times 10^{-3}$)

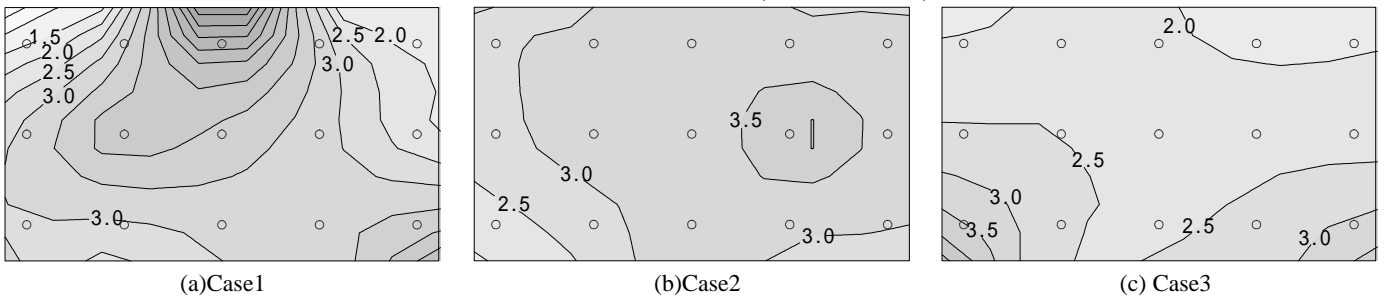


図3 壁面無次元濃度分布(図中の値 $\times 10^{-3}$)

度値は Case1 の場合には風下側に、Case3 の場合には風上側に位置している。最も風下側の建物模型付近の濃度分布では、Case2 と比較して Case1 はより高い濃度値を示しているのに対し、Case3 は高濃度の汚染質が到達していないことがわかる。これらは Case1 の場合では軽いガスが早期に上方向に拡散しているためと考えられる。また Case3 の場合では、重いガスが床面付近を拡散し、建物模型の影響を多く受けているためと考えられる。

図3に壁面濃度分布を示す。Case1の模型Aでは壁面中央上部において、明確な濃度勾配が見られる。Case2の模型Aでは壁面全体での濃度勾配が見られないが、模型中心部の右側にやや高い濃度値を示している。Case3の模型Aでは壁面下部の両端において、濃度勾配が見られる。Case1, Case3の模型Aにおける壁面濃度分布の結果は、浮力調整ガスの影響により上下方向へ拡散していることがわかる。トレーサガスが風上から3列目の建物模型に到達する過程は、軽いガスの場合、浮力により建物模型上部から流れ込み、passive contaminant の場合は中心街路側を回り込んで到達し、重いガスの場合、両街路の下部から回り込んで到達しているものと考えられる。

全体的に、浮力調整ガスを使用した場合には、上下共に浮力の影響が拡散場に表示されている。

4 まとめ

水平面無次元濃度分布において無次元濃度 2.0×10^{-3} の値と比較すると、Case2と比較して濃度値はCase1の場合には風下側に、Case3の場合には風上側に位置している。

Case1の模型Aでは壁面中央上部において、明確な濃度勾配が見られる。Case2では模型中心部の右側にやや高い濃度値を示している。Case3では壁面下部の両端において、濃度勾配が見られる。

全体的に、浮力調整ガスを使用した場合には、上下共に浮力の影響が拡散場に表示されている。

記号表

ρ_s : 排ガスの密度(kg/m^3) ρ_a : 空気(30)の密度(kg/m^3)

ρ_s/ρ_a : 密度比

参考文献

- 1) 平池晋弥, 西川有, 他: モデル街路空間内の流れ場・拡散場に関する風洞実験(その1)(その2) 日本建築学会大会 学術講演梗概集, pp763~766, 2001年9月
- 2) 小林信行, 藤井邦雄: 風洞実験による建物近傍における排出ガスの長期平均濃度の予測 日本建築学会計画系論文集 第522号 pp29~pp35 1999年8月
- 3) 上原清: 交差点周辺の大気汚染濃度分布に関する風洞実験 日本建築学会計画系論文集 第485号 pp25~pp34 1996年7月

謝辞 本研究の一部は、文部科学省学術フロンティア「風工学研究センター」の活動の一環として行った。記して深甚なる謝意を示す。

*1 東京工芸大学大学院

*2 東京工芸大学 教授 工学博士

*3 東京工芸大学 講師 博士(工学)

*4 国立環境研究所 主任研究員 工学博士

Graduate School Tokyo Institute of Polytechnics

Prof., Tokyo Institute of Polytechnics, Dr.Eng.

Assistant Prof., Tokyo Institute of Polytechnics, Dr.Eng

Senior Research Engineer, National Institute for Environmental Studies, Dr.Eng.