

汐留エリアの高層ビル群による風環境の変化に関する風洞実験

WIND TUNNEL EXPERIMENTS ON THE EFFECTS OF HIGH-RISE BUILDINGS ON THE WIND FIELD IN SHIODOME AREA

成田 健一 — *1

Ken-ichi NARITA

キーワード:

建物周辺気流, 物質伝達率, 蒸発, 風洞

Keywords:

Air flow around building, Mass transfer coefficient, Evaporation, Wind tunnel

In Shiodome area, which is located the coastal area in Tokyo, there is a cluster of high-rise buildings. Though its windbreak effect on thermal environment has been considered as a serious problem in summer, there are few reports about wind field around these buildings. In this paper, the extent of wake region was investigated by the wind tunnel experiment. And the change of ventilation rate in a street canyon was also examined with the original water evaporation method using filter paper. While the decrease of wind speed is considerable above the canopy, the reduction of diffusion ability is not so large concerning the pedestrian level.

1. はじめに

汐留の高層建物群については、海風の遮断による高温化など多方面で話題となっているが、風環境に対する影響を定量的に示したデータで公表されているものは数少ない。近年、乱流モデルによるCFD解析やパイロットバルーンによる実測など、様々な検討がなされているが、モデルの検証や実測結果の妥当性を検討するデータは非常に限られている。一方、湾岸エリアでは同様の高層ビル群の計画が現在も進められつつあり、計画サイドから建物群の環境影響について設計者にも参考となる分かりやすいデータの提供が求められている。そこで本報では、建物群による立体的影響範囲の概観把握と、周辺市街地における地上レベルの風環境の変化に注目した風洞実験の結果について報告し、各方面における議論の一助としたい。

2. 実験方法

今回使用した風洞は、飛鳥建設技術研究所が所有する密閉回流型境界層風洞で、測定洞は幅 2.6m・高さ 2.0m の断面をもつ (Fig.1)。吹出口直後のスパイヤーおよび約 16m の範囲に配列した立方体粗度要素により、Fig.3 に示す境界層を発達させた。対象とした建物群は、高さ 100m 以上 11 棟を含む Fig.2 に示す範囲で、模型縮尺は 1/750 である。

ここでは、2 種類の実験を行っている。一つは、汐留の建物群のみを用い、周囲は平板の条件で、5cm スパンの超音波風速計を用いて平均風速と風向の分布を把握した。測定高さは、地上 30m、100m、200m 相当の 3 平面で、上空風速は 6m/s、10Hz サンプリングで各点 1 分間測定している²⁾。実験風向は、最も見付面積が大きくなる北から時計回りに 123 度の方向を基準に、+45 度と+90 度の 3 風向とした。なお、風向 123 度に関しては、中央部の 2 棟を除いた場合についても測定した。

もう一つは、市街地模型と組み合わせ (Fig.2 参照)、幹線道路を対象に濾紙面水分蒸発法³⁾による地表面の物質伝達率を測定した。濾紙試料 (1mm 厚の濾紙を 1mm 厚の透明アクリル板に貼り、側面を防水処理した) のサイズは、道路幅に合わせ 35mm の正方形とした。伝達率は表面近傍の風速と相関があるため、街路空間の風通しの指標となる。測定時間は 30 分で、その間の蒸発量を 0.1mg 精度の電子天秤で秤量した。蒸発面温度は 1mm φ のサーミスタを側面から挿入して測定している。実験風向は、上述の 123 度方向のみである。なお、温湿度変化による影響を除去するため、風上に置いた立方体の屋根面を同時測定し、参照値とした。

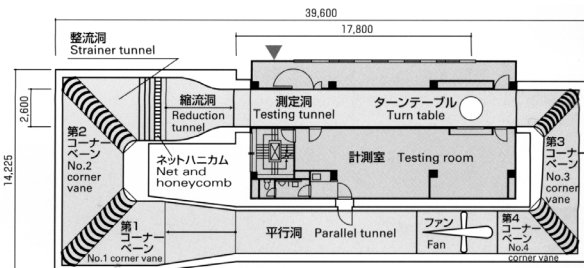


Fig.1 風洞平面図



Fig.2 使用した建物群模型の鳥瞰 (1/750)

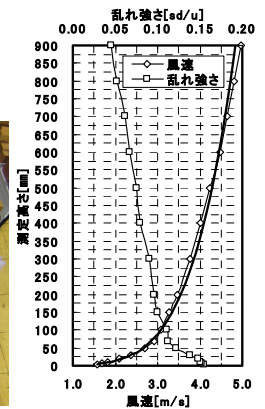


Fig.3 風速プロファイル

*1 日本工業大学工学部 教授 工博
(〒345-8501 南埼玉郡宮代町学園台 4-1)

*1 Professor, Nippon Institute of Technology, Dr. Eng.

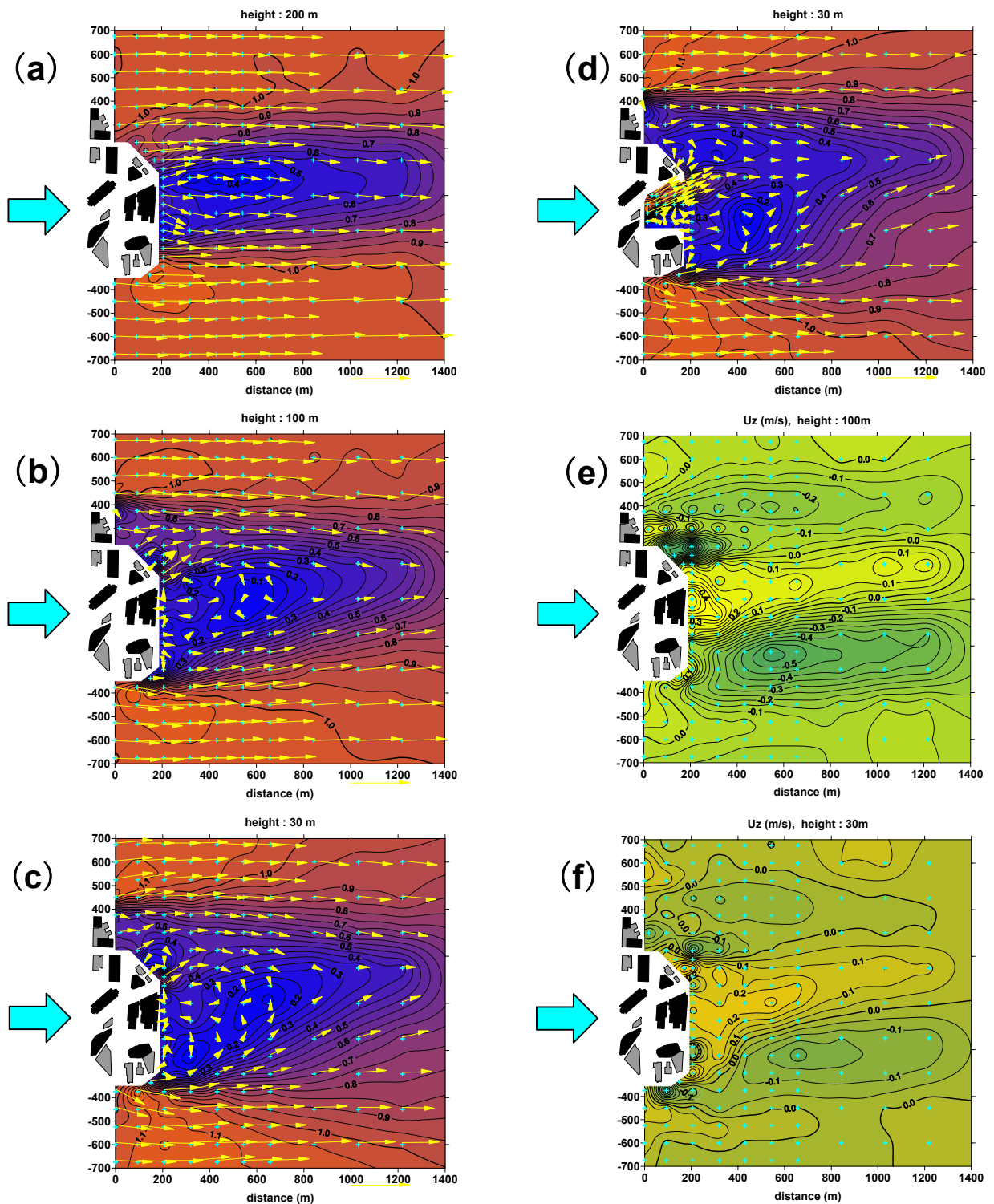


Fig. 4 見付面積が最大となる風向における風速変化比とベクトルおよび鉛直成分風速の分布図

3. 風速変化比とベクトル分布

Fig.4 に、風向 123 度の場合の結果を示す。この時の建物模型の閉塞率は、風洞断面に対し約 2%である。図(a)~(c)は、3 高度について、3 次元合成風速の変化比（模型なしの場合の同じ高さの風速との比）の等値線と水平面内の風向ベクトルを重ね合わせたものである。これらの値は、測定点を中心に半径 18.75m の空間平均値であることに注意されたい。30m・100m 高度では、風下側 600m 程度まで風速変化比 0.2 以下の領域が広がっており、1km 下流でも 0.5

以下の流域が存在している。図(d)は中央部の高層 2 棟を無くした場合の 30m 高度の結果で、局所的な改善は認められるものの、弱風域全体の大きさにほとんど変化は現れていない。図(e)(f)は鉛直成分風速の平均値の等値線（上向きが正）で、弱風域の両側で下降流、中心軸上では上昇流という 2 セルの縦循環が特に 100m 高度で明確に見られる。

Fig.5 と Fig.6 は、Fig.4 の風向から時計回りに各々 45 度と 90 度回転させた風向における結果である。Fig.5 の結果がほぼ南風に相

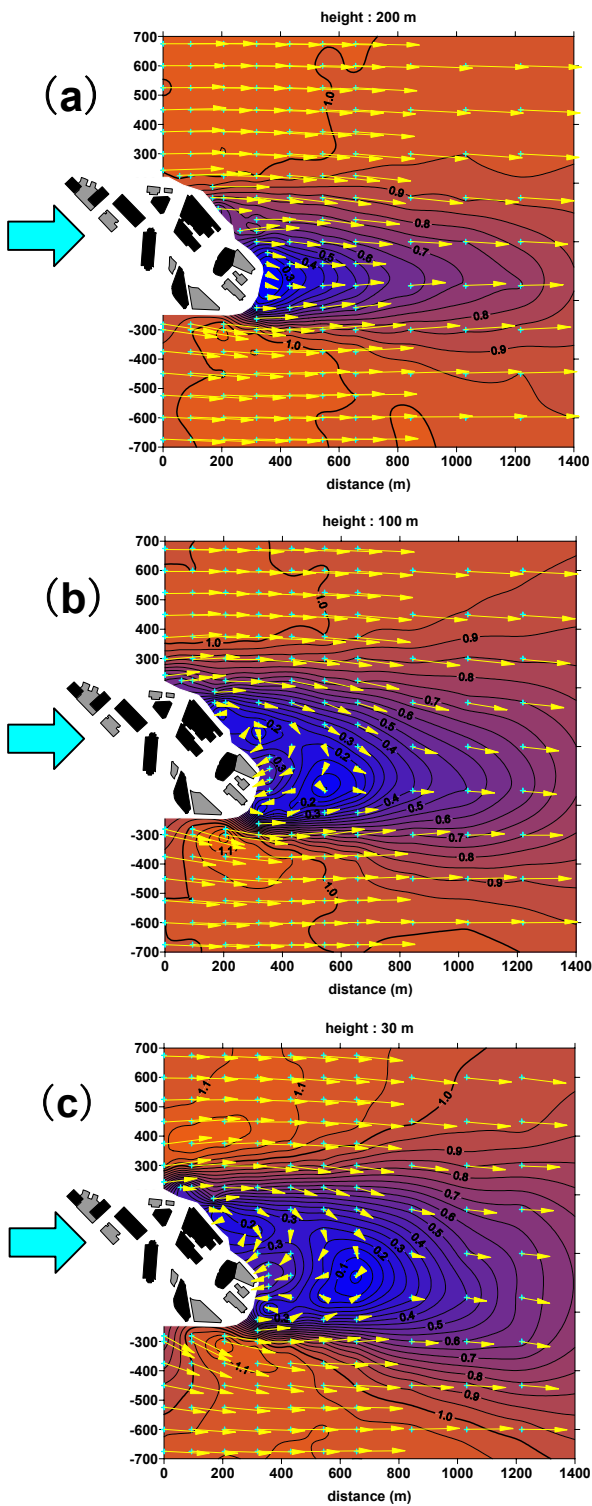


Fig.5 +45度風向における風速変化比とベクトル分布図

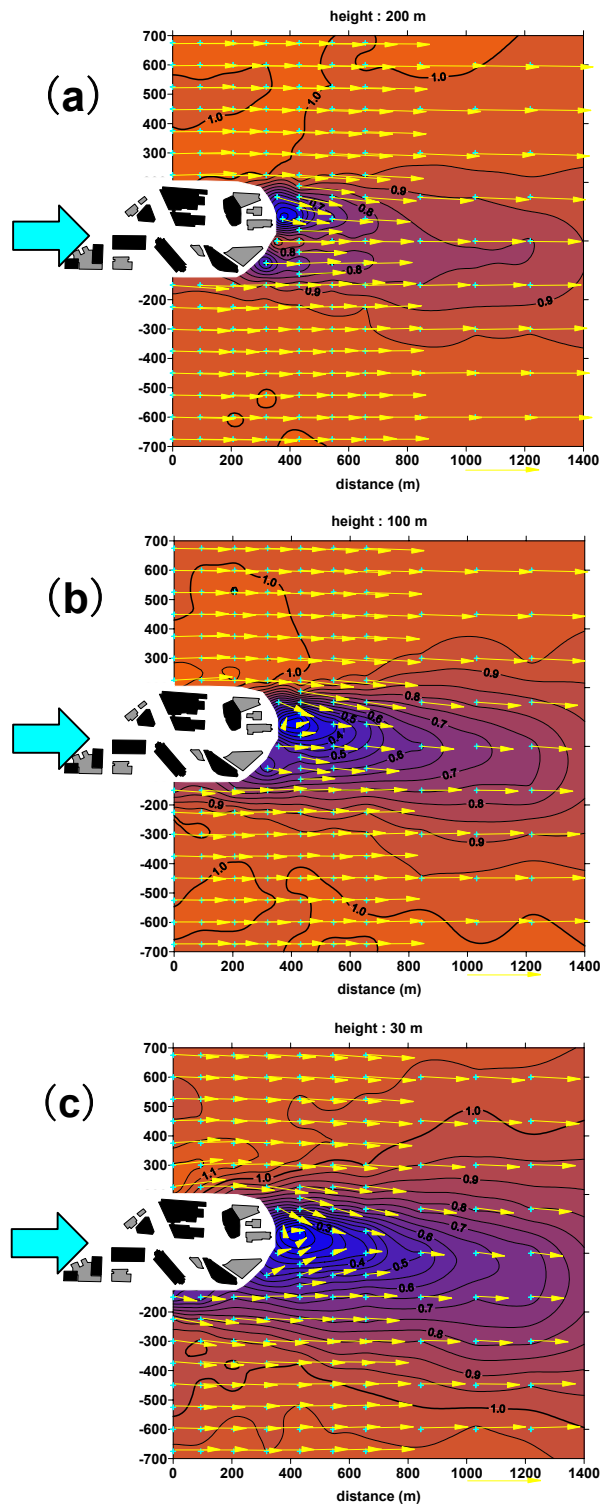


Fig.6 +90度風向における風速変化比とベクトル分布図



Fig.7 見付面積が最大となる風向からの建物外観

当し、夏季日中の海風の卓越風向にほぼ近い場合である。見付面積が小さくなるに従い、弱風域の幅・長さともに狭くなっているが、局所的には風速変化比 0.2 以下の領域が存在する。

4. 街路面における伝達率の変化—街路空間の風通しの変化

前項では対象建物群のみを設置し、周辺街区がない状態で建物群による全体的な風環境変化の概観を明らかにした。いわば、建物群による純粋な弱風域の広がりを検討したといえる。一方、現実の社

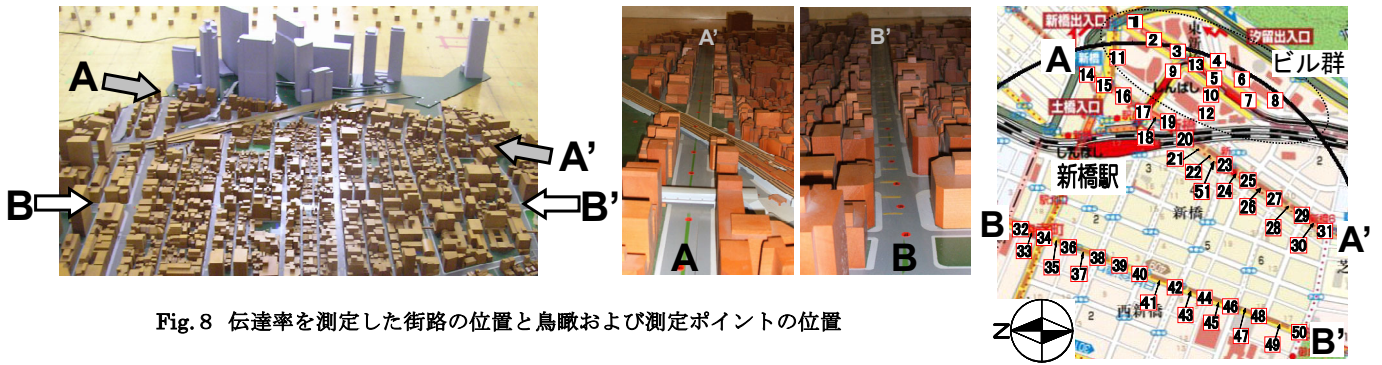


Fig. 8 伝達率を測定した街路の位置と鳥瞰および測定ポイントの位置

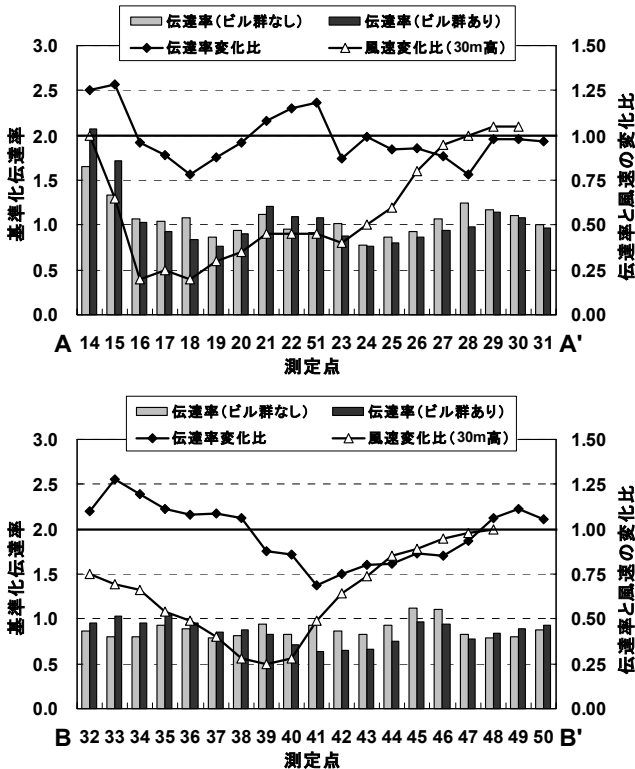


Fig. 9 街路面の伝達率変化比と30m高度の風速変化比の比較

会問題として取り上げられるのは、周辺の既存街区における地上レベルでの風環境の変化である。しかしながら、一般に地上レベルでの建物周辺気流の影響、例えば風速変化比の値は、実在する街区の幾何構造に大きく左右されたため、前項のような平板における結果とは大きく異なる。また、複雑な市街地形状により、風速変化比の分布は強い局所性を有する。ここで用いている濾紙面水分蒸発法による伝達率の測定は、風速を直接評価しているわけではないが、地表面の伝達特性から表面近傍の風環境の把握が可能であり、しかも測定面の空間平均値が容易に得られるという利点がある。

Fig. 8に、測定対象とした2本の街路(A-A'およびB-B')の位置と伝達率測定ポイント、ならびに各々の街路を北側から俯瞰した様子を示す。本来ならば、濾紙試料を市街地模型表面に埋め込んで測定するのが望ましいが、今回は単純に市街地模型表面に置いた状態で測定している。

Fig. 9に、測定結果を示す。棒グラフは、各ポイントでの「建物群模型なし」と「建物群模型あり」での伝達率を表している(算出

方法の詳細は文献 1) ~ 3) を参照)。ただし、ここでは reference とした 5 cm 角立方体屋上面の伝達率との比で表した「標準化伝達率」で表現している。従って、数値そのものには物理的意味はなく、相対的な大小関係のみに注目する。なお、図中の風速変化比は、Fig. 4 (c) の等値線図から、対象街路上の変化を求めたものである。

A-A'街路の地点 14・15 は、市街地模型の端部に近いため模型なしでの伝達率も大きくなっているが、建物群の剥離域となるため伝達率は2割以上増加している。また、JR 高架の風下側となる地点 21・22・51 も、街路空間内の風通しは向上している。その他の地点では伝達率が減少しているが、変化比が 0.7 以下となる地点はない。B-B'街路では、全体として模型なしでの伝達率は比較的小さい。建物群の風影となる地点 39~47 では伝達率が減少しているものの、やはり変化比は概ね 0.7 以上である。これらの地点の両側では伝達率がむしろ増加しており、街路平均の伝達率変化比は 0.98 とほとんど変化がないという結果となった。図には、Fig. 4(c) から作成した街路に沿った 30m 高さの風速変化比を併示したが、上空では 0.25 程度まで風速が減少している。密集市街地では街路内の風速が元々弱いため、建物群の背後でも風向の変化によりむしろ風通しが向上する場所もあり、全体的としては大きな影響を与えていない。

5. まとめ

汐留の建物群による弱風域の広がりについて風洞実験で検討した。キャンपी上では風速減少が顕著であるが、街路内風速については建物群の背後でも大きな影響を及ぼしていないという結果となった。

謝辞：本実験に際しては、日工大学生の小山昌俊君・鈴木直人君の両名に絶大なる協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

註) 建物群周辺の気流性状に関しては、5cm スパンという測器の空間的制約と 10Hz というサンプリングの制約から、平均風速・風向のみの考察とし、乱流エネルギーやレイノルズ・ストレスなどの乱流統計量については扱わなかった。

参考文献

- 1) 成田健一・野々村善民・小笠 顕：自然風下における窓対流物質伝達率の実測—都市域における建物外表面対流熱伝達率に関する実験的研究(その1), 日本建築学会計画系論文報告集, 第 491 号, pp.49-56, 1997.1
- 2) 成田健一・野々村善民・小笠 顕：都市表面における対流物質伝達率に関する風洞実験—同題(その2), 日本建築学会計画系論文報告集, 第 527 号, pp.69-76, 2000.1
- 3) 成田健一・小笠 顕・野々村善民：都市表面における対流物質伝達率に関する風洞実験(続報)—同題(その3), 日本建築学会環境系論文報告集, 第 594 号, pp.69-76, 2005.7