

3 . 市街地模型の風洞実験による風の挙動の検討



3 . 市街地模型の風洞実験による風の挙動の検討

3-1 市街地模型による風洞実験の考え方

3-2 市街地模型による風速分布の検討

3-3 市街地改造による風通し効果のケーススタディ

3．市街地模型の風洞実験による風の挙動の検討

ヒートアイランド対策の観点から市街地改造が都市の風通しに及ぼす効果・影響について、ケーススタディによって検証した。

3-1 市街地模型による風洞実験の考え方

ヒートアイランド対策の観点から、市街地改造が都市の風通しに及ぼす影響・効果について、開発前後の状況を模型で再現した風洞実験を行った（図 3-1-1）。対象地区として、市街地改造（都市再生事業）が具体的に計画・検討されている東京駅・日本橋川周辺を取り上げた。そして、この2つの地区を含む市街地を詳細に再現した模型の風洞実験によってケーススタディを行い、市街地改造による風通し効果を定量的に検証した。



図 3-1-1 風洞実験風景

ケーススタディの対象とした市街地改造の事例は、日本橋川の上を通る首都高速の高架道路を地下化するとともに河岸の建物の低層・低容積化を図って、日本橋を中心とした日本橋川の景観の改善を目指す検討案、並びに現在進行中の東京駅八重洲口再開発である。そこで風洞実験では、これらの地区を含み、かつ海岸から海風が市街地に流入する状態をできるだけ忠実に再現するために、隅田川河口部までの範囲を対象とした。

市街地模型で再現したのは、図 3-1-2 に示す 2.5km × 1.5km の範囲とした。市街地模型の作成にあたっては、実験を行う風洞断面の大きさや風速・風向の計測の便宜を考慮して、1/750 で作成した。市街地模型の大きさは 3.3m × 1.9m であり、設置や移動を考慮して 6 分割できるようにした。

この市街地模型では、市街地改造前後の状況を実験するために、建物等の形状・配置が

変化する部分は、地盤を含めて模型を取り替えられるように作成した。また、日本橋川を通る首都高速の高架道路については、橋脚を含めて部分的に取り外し可能にした。



図 3-1-2 模型で再現した範囲

風洞実験は、平成 18 年（2006 年）の 7 月から 9 月にかけて独立行政法人建築研究所の乱流境界層風洞で実施した。風向は前述の東京臨海・都心部の大規模実測調査や、メソスケールモデルによる広域の風の流れに関する計算結果（第 4 章 4-1 参照）をふまえて、平成 17 年（2005 年）7 月 31 日正午の海風と同じ南東の風向となるように、風洞内に市街地模型を設置した（図 3-1-3）。また市街地模型の風上側にはラフネスブロックを配置して、風洞内の風速の鉛直分布が一般的な海風の特徴に近くなるように調整した。



図 3-1-3 風洞内の模型の配置

風洞実験の概要を表 3-1-1 に示す。風速の計測点は、第 2 章の図 2-1-2 で示した「風の道」としての街路や河川、並びにその周辺の風速を計測するために、計測用センサの大きさなど計測上の制約を考慮して、図 3-1-5 に示す 229 地点を設定した。

表 3-1-1 風洞実験の概要

<ul style="list-style-type: none"> • 市街地模型の寸法 <ul style="list-style-type: none"> - 1/750 1.9m × 3.3m <ul style="list-style-type: none"> • 実スケールで1.5km × 2.5kmに相当 • 風速の計測点 (水平面) <ul style="list-style-type: none"> - 229地点 • 鉛直方向の風速の計測高さ(地点による): <ul style="list-style-type: none"> - -3,+5,13,27,53,133,267,400,533,667mm <ul style="list-style-type: none"> • 実スケールでは-2,4,10,20,40,100,200,400,500,600mに相当 • 風速の測定: <ul style="list-style-type: none"> - サーミスタ風速計 <ul style="list-style-type: none"> • サンプル間隔0.1秒、1計測点あたり30秒間 • 可視化 <ul style="list-style-type: none"> - アルゴンレーザ、DOS(トレーサースガス) - 小旗による風向の観察



図 3-1-5 風速の計測点の分布 (229 地点)

風速の計測は、図 3-1-4 に示すセンサ (サーミスタ風速計) により行った。これは直径 1mm 程度の針状のセンサの先端部分の温度変化から、その位置の風速を割り出すものである。なお、図 3-1-5 に示した計測点について、センサを取り付けたトラバースによって、次に示す地盤面からの高さ毎に自動で移動計測した。

計測高さは、実スケールで地盤面を 0m として、-2m (河川や堀、海の水面近く)、4m、10m、20m、40m、100m、200m、400m、500m、600m の 10 点とした。これらは 1/750 の模型上ではそれぞれ地盤面から -3mm、5mm、13mm、27mm、53mm、133mm、267mm、400mm、533mm、667mm となる。

これらの水平面 229 地点、鉛直方向に約 10 点の合計約 2,000 点に及ぶ計測点の風速の計測にあたっては、1 測定点あたり 0.1 秒のサンプリング間隔で 30 秒間にわたって計測し、その平均値を測定点の風速とした。さらに、レーザーによる風の流れの可視化や、229 地点の計測点に高さ約 15mm の小旗を置いて各地点での地上付近の風向の把握を行った。

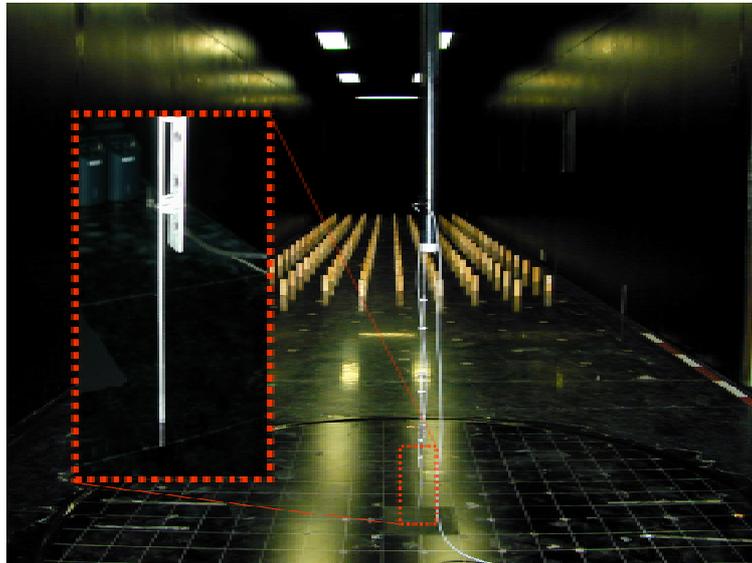


図 3-1-4 計測用センサ（サーミスタ風速計）の外観

3-2 市街地模型による風速分布の検討

現状の市街地模型による実験結果と、第 2 章の大規模実測調査で得られた風向・風速とを比較することにより、風洞実験による実市街地の風の性状の再現性を検証した。

風洞実験は、一定風向の風洞内の風上側でファンの回転数によって風速を制御して行うものであり、実市街地とその上空における極めて複雑な風の流れを再現することは容易ではない。そして一般的には風洞内の代表風速（模型上空の風速等）と、計測地点の風速との比が議論の対象となる。

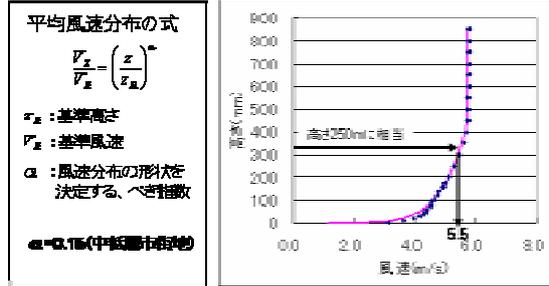
今回は地上付近の実測データがあるので、比較のために、模型実験において実市街地と同じ風速比が再現されているという仮定のもとで、実市街地の上空風速の実測値を基準に模型実験の風速の換算を試みた。

風速の換算にあたっては、ケーススタディの対象とした東京駅・日本橋川の近くで上空風速を観測している東京タワーの地上 250m の 1995 年から 2004 年までの 10 年間にわたる夏の正午の観測データの平均値に基づいて、地上 250m の正午の風速は 4.9m/s とした。

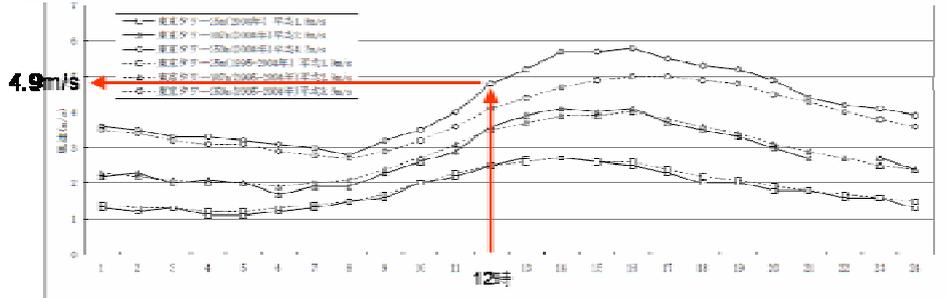
一方、風洞実験において計測した鉛直方向の風速プロファイルから、高さ 250m に相当する高さでの風速が 5.5m/s であったので、この関係から換算式の係数を設定して、風洞実験の各計測点の風速を換算した（図 3-2-1）。

夏の正午における風速の試算

風洞実験による実験値(風速比)と東京タワーでの観測値から算出



東京上空の夏の正午の風速 (東京タワー250m観測点1995~2004年の平均) 風洞内基準点での風速プロファイル



出典:環境省 平成16年度ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査検討業務報告書

図 3-2-1 東京の夏の正午における風速の試算

以上の方法によって風速を換算した風洞実験の結果と、大規模実測調査の結果との比較を図 3-2-2 に示す。それぞれの結果をベクトル表示している。双方を比較した結果、風向・風速について実測値と実験値の傾向が概ね一致していた。これにより、風洞実験の再現性が有意であることが確認できた。

これらの結果をふまえ、次節で示す市街地改造による風通し効果について実験を行った。

実測調査との比較(風速・風向)

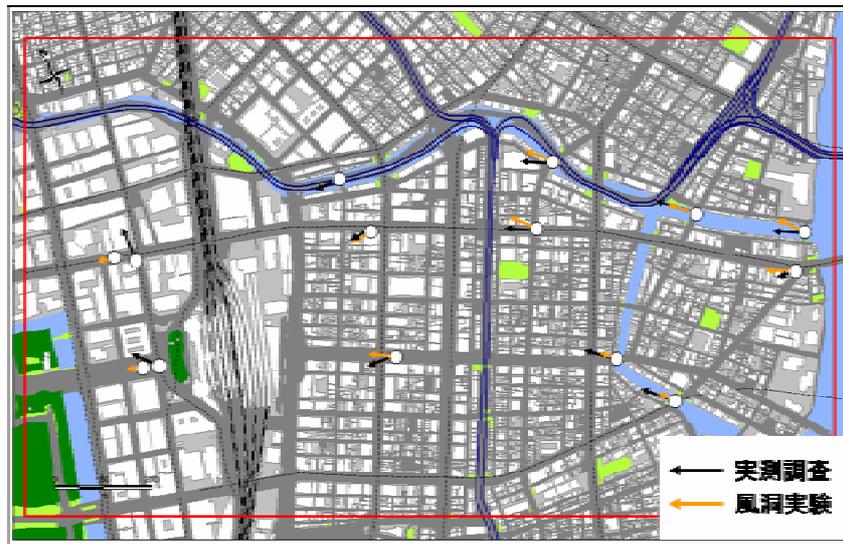


図 3-2-2 風洞実験結果と実測調査との比較

3-3 市街地改造による風通し効果のケーススタディ

日本橋川のような都市河川や八重洲通りのような幹線道路は、第2章2-1に示すように都市空間の連続した隙間空間であり、「風の道」としての効果期待できる。例えば冷涼な海風が海岸から地表面に沿って街路・河川等を通じて流入することや、上空を流れる海風が街路・河川沿いの建物群に誘導されて地表付近を流れることにより、地上付近の気温の低下が期待できる。

そこで、市街地形態の改善（例えば、高架道路やビルの撤去、河川沿岸建物の低層・低容積化）が「風の道」としての都市河川や幹線道路に及ぼす影響・効果について日本橋川周辺と東京駅周辺を対象に、ケーススタディによって検証した。

まず、日本橋川周辺について取り上げる。日本橋川の河道の上には1960年代に建設された首都高速の高架道路が通っている（図3-3-1～図3-3-3）。この高架道路は、第2章2-2で示したように、河道の上空を遮蔽する位置にあり、川の周辺にビルが密集しているといった条件により、河道並びにその付近と、上空を流れる海風との空気交換並びに水平方向の海風の流れが抑制される可能性がある。



図 3-3-1 日本橋と首都高速高架



図 3-3-2 首都高速の高架下の日本橋



図 3-3-3 江戸橋ジャンクション付近の日本橋川

この日本橋川周辺地域については、都市再生事業の検討案が提示されている(図 3-3-4)。この検討案は、日本橋川に沿って架かる江戸橋から竹橋間の首都高速の高架道路を約 2km にわたって撤去し、一部を地下に移設することにより、日本橋をはじめとする日本橋川の河道空間を開放的にする。さらに、これと平行して河岸建物の低層・低容積化を図りつつ、河岸に親水空間を形成するものである。

日本橋川の都市再生イメージ

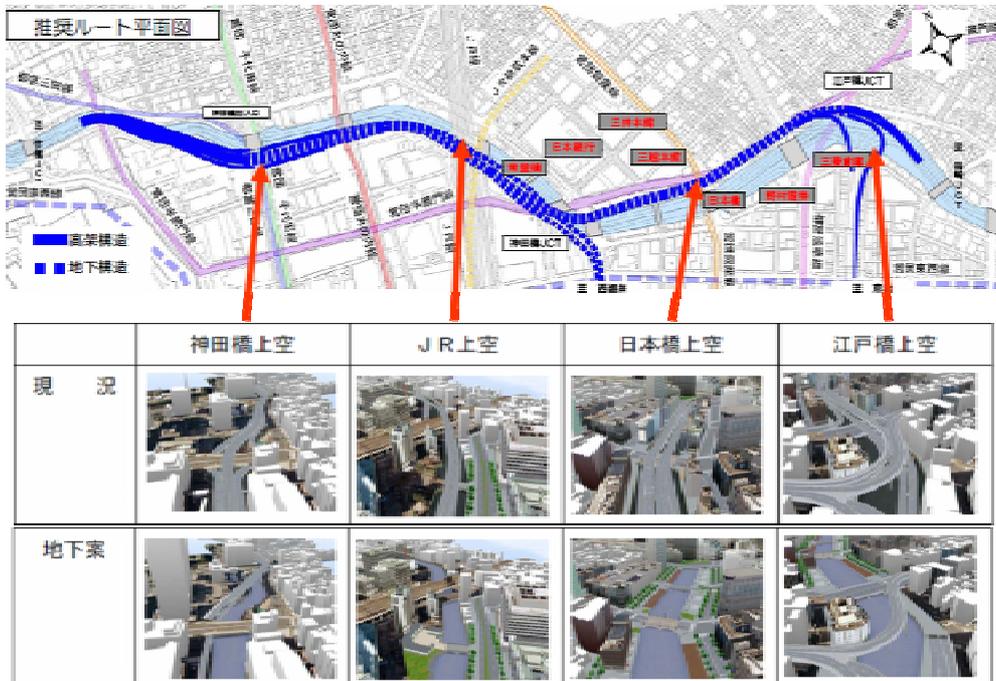


図 3-3-4 日本橋川の都市再生イメージ

図版出典：(上) 日本橋川に空を取り戻す会(日本橋みち会議)資料、(下) 日本橋みちと景観を考える懇談会資料

検討案(高架地下化+河岸建物の低層-低春積化)の効果



- ・地上4mにおける風速が増加する傾向が確認できた。
- ・風速が10%以上増加した範囲は、河岸から**200m程度に及ぶ可能性**がある。
- ・風速が増加したことは、その地点を流れる海風による換気が促進されたと考えられ、**気温低下の効果が期待**できる。

図 3-3-6 ケーススタディによる市街地改造による風通しの改善効果

2つ目のケーススタディとして八重洲通りや東京駅周辺について取り上げる。八重洲通りは、東京駅から東京湾（隅田川河口）に向かって南東方向に通じる幹線道路である。また東京駅八重洲口には、高さ約 50m 幅 138m の駅ビルがあり、図 3-3-6 のように八重洲通りに対して遮蔽物のようにになっている。

図 3-3-7 は、東京駅丸の内側（東京駅の内陸側）から東京駅八重洲口と八重洲通りを鳥瞰したものである。駅ビルの両側にある超高層ビルは、現在進行中の東京駅八重洲口開発によって建設された高さ約 200m のツインタワーである。図 3-3-8 は東京駅丸の内側で、図 3-3-9 の丸の内側にある行幸通りは、東京駅をはさんで八重洲通りとほぼ一直線上に位置して皇居に接続している。



図 3-3-6 八重洲通りから見た東京駅



図 3-3-7 東京駅八重洲口と八重洲通り



図 3-3-8 丸の内側から見た東京駅

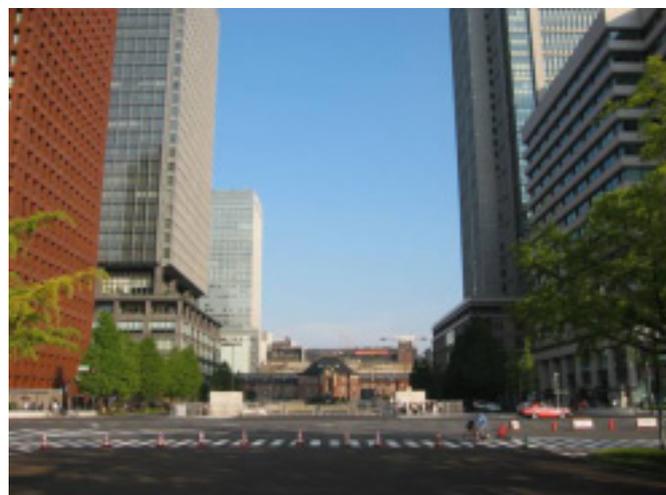


図 3-3-9 丸の内側（行幸通り）から見た東京駅

この東京駅八重洲口では、2013年完成予定の大規模な再開発事業が実施されている（図3-3-10）。現在進行中のこの計画では、既存の駅ビルの両側に高さ約200mのツインタワーが建設され、その後、既存の高さ約50mの駅ビルが撤去され、そこにツインタワーをつなぐように高さ27mの駅施設等が建設される予定である。

この開発により、東京湾側の八重洲通りから東京駅を越えて内陸側にある丸の内の行幸通り並びに皇居に向けて、いわば大きな隙間空間が形成される。そこで、この開発による風通し効果を定量化するために、開発前後の風速の変化を風洞実験によって確認した。

東京駅八重洲口開発計画



図 3-3-10 東京駅八重洲口開発のイメージ

（東日本旅客鉄道株式会社記者発表資料に、既存駅ビル輪郭と文字を加筆）

図 3-3-11 は、東京駅八重洲口の開発計画を市街地模型で再現したものである。実験は、まず現状の市街地を再現した模型で実験を行い、次に東京駅八重洲口開発計画を再現した模型を配置した状態で同様に実験を行い、現状と開発後の各計測点の風速変化を確認した。

東京駅ケーススタディ検討パターン

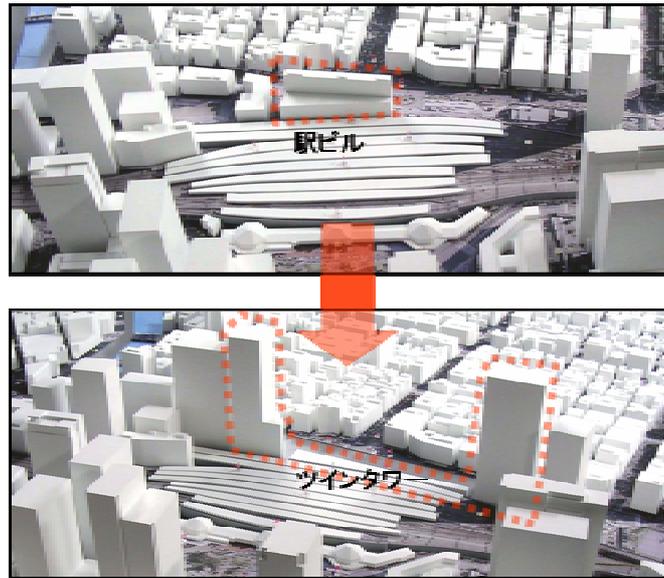


図 3-3-11 ケーススタディの検討パターン（東京駅）

実験の結果、図 3-3-12 に示すように再開発によって風上側の東京駅八重洲口から丸の内に向けて風速が増加し、特に丸の内においては最大 30% 風速が増加している。これにより、市街地改造による風通し効果が確認された。なお、再開発による風速変化の性状や気温に及ぼす効果・影響については、第 4 章の地球シミュレータによるシミュレーションで取り扱う。

東京駅八重洲口再開発による風速変化

駅ビル周辺の風速の変化は局所的で、丸の内側駅前の風速は若干増加

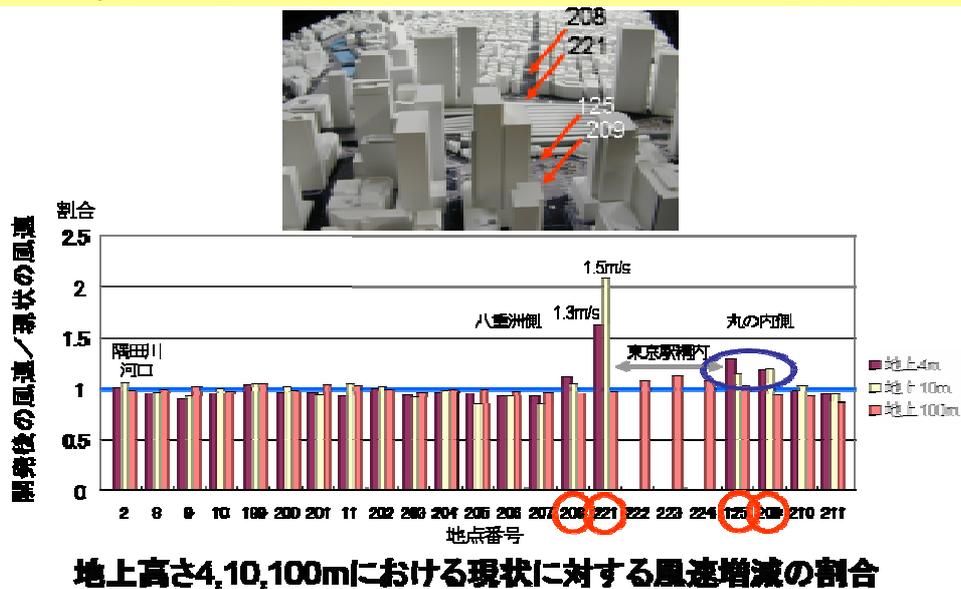


図 3-3-12 ケーススタディによる市街地改造による風通しの改善効果