

日本橋川周辺地区における風環境に関する風洞実験研究

環境工学 - 都市環境・都市設備

ヒートアイランド現象 風の道 風洞実験 海風 高架道路

準会員 ○佐久間 淳一*1
正会員 瀬野 太郎*2
同 増田 幸宏*3
同 大橋 征幹*4

正会員 鍵屋 浩司*5
同 高橋 信之*6
名誉会員 尾島 俊雄*7

1

研究目的

近年、都心部のヒートアイランド現象が深刻化し、熱帯夜日数の増加、大気汚染の助長、集中豪雨の発生等の問題を引き起こしており、改善策の一つとして街路や河川に流入する海風の活用が考えられている。現在、まちづくりの関連団体によって日本橋川上の高架の地下化の計画が検討されており、日本橋川の「風の道」としての機能が期待されている。成田ら¹⁾による河川周辺市街地における風環境の研究では、河川周辺の高層建物の位置関係等により市街地を流れる風に影響があることが確認されているが、モデル化した上で実験を行っている為、実市街地での検証が求められる。

本研究では日本橋川周辺における実市街地模型を用いて風洞実験を行い、日本橋川上の風と河川に交差する街路上の風の実態を把握した上で、海風の有効活用に向けた市街地形態の更なる検討を行い、日本橋川周辺地区における暑熱環境緩和に寄与することを目的とする。

2 風洞実験

2-1 実験概要

実験対象地域は、日本橋川・八重洲通り周辺 (2.5km × 1.5km) で、模型縮尺は1/750 (1.9m × 3.3m) である (図1)。実験装置は建築研究所の乱流境界層風洞を用い、アプローチフローは、境界層高さ450mm、基準風速5.75m/s、べき指数 $\alpha = 0.15$ (中低層市街地を想定) とした。また、設定風向は宮下ら²⁾の既往研究から真夏日の正午を想定した南東の風とした。

実験項目として、サーミスタ風速計による風速の測定、小旗による風向の測定、トレーサガスによる可視化を行った。風速の測定は、各測定高さ (表1) 毎にサンプリング間隔300回/30秒として測定した。風向の測定は10m高さ相当 (模型上1.3cm) において1mm厚のスチレンペーパー製の小旗を用いて行なった。トレーサガスによる可視化は、トレーサ粒子DOSとアルゴンレーザーを照射して行なった。

2-2 モデル概要

本実験では4種類の市街地模型を用いた。実市街地を再現した模型である「現状モデル」、日本橋川上の高架道路を部分撤去した「部分撤去モデル1」、まちづくりの関連団体の資料³⁾を基に、高架道路を部分撤去し河岸エリアを部分低層化 (建物撤去) した「部分撤去モデル2」、日本橋川上の高架道路を全面撤去し河岸エリアを全面低層化した「全面撤去モデル」である (図3)。実験結果として、現状モデル、部分撤去モデル2、全面撤去モデルの風向図を図4に示す。

表1 風速測定高さ (模型上高さ)

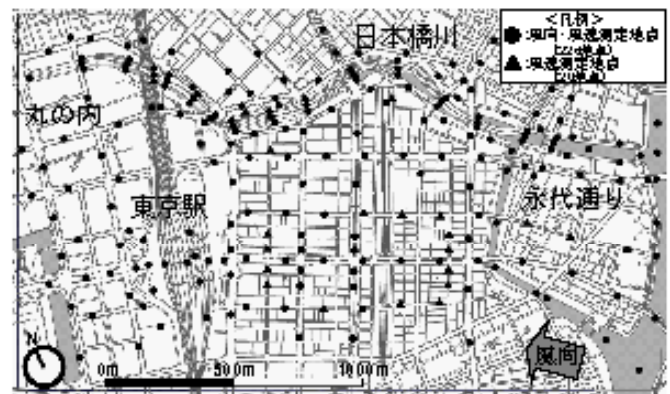
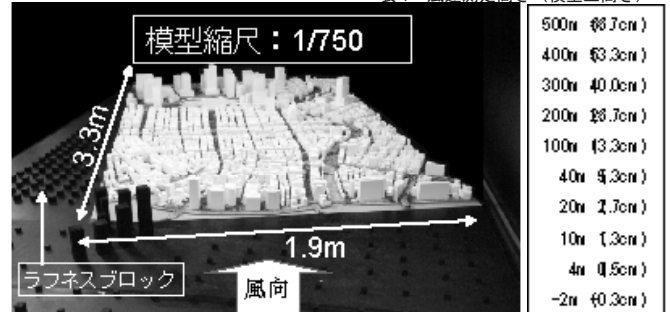


図2 測定地点図

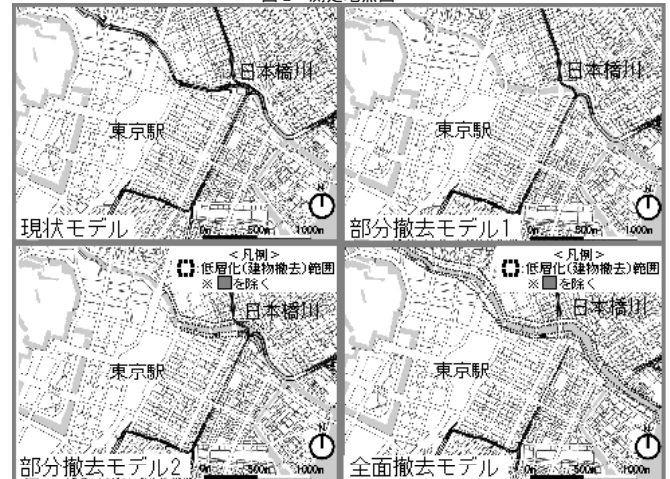


図3 モデル概要図

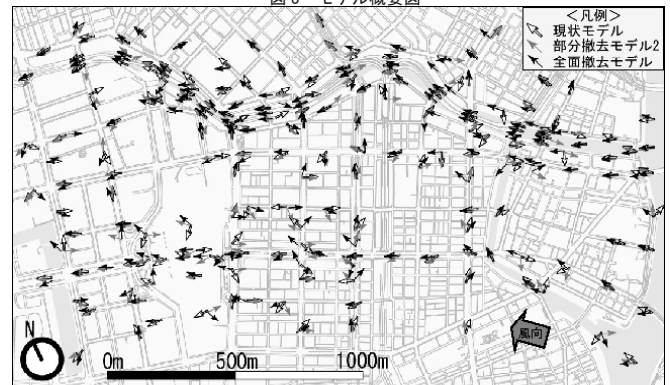


図4 風向図

3 日本橋川上の風の検証

3-1 日本橋川上の風の傾向

説明の便宜上、図5に示すように区間Aから区間Dを定める。図6に現状モデルにおける日本橋川上の計測地点毎の高さ別の風速比を示す。区間A, B, Dと上流に行くに従って風速が減少する傾向にある。区間Cでは風速が増加する傾向にある。以下、これらの傾向について区間毎に考察を行なう。

3-2 日本橋川上の風速変化

3-2-1 区間Aの考察

図7に現状モデルの4m高さにおける日本橋川上と永代通り上の風速比を示す。日本橋川と同様に、永代通りにおいても区間Aにおいて上流に行くに従って風速が減少している。また、日本橋川上の風は河口から約1kmの地点（地点7）まで永代通りよりも高い風速を示しており、永代通りと比べて最大3.89倍の風速を示した。このことから、日本橋川が永代通り以上に海風の流入が期待できることが考えられる。

3-2-2 区間Bの考察

図8, 9, 10, 11に区間Bにおける各モデルの20m高さでの日本橋川上の風速比を河川の北側、中央、南側に分類し示す。概ね全モデルで、地点5から地点7では河川南側で高い風速を示し、地点8から地点9では河川北側で高い風速を示している。風速の減少は河川の蛇行による影響が考えられる。なお、地点8から地点9では最大0.49倍まで風速が減少した。

3-2-3 区間Cの考察

図12, 13に区間Cにおける日本橋川上と日本橋川に交差する南北道路上の風上側の風速比を示す。2つの図を比較すると、地点12, 13における風速は地点19, 20における風速よりも高く、上空から街路に流れ込む風が河川上の風速の増加に影響したと考えられる。

3-2-4 区間Dの考察

図14, 15, 16, 17に区間Dにおける日本橋川上の高さ別の風速比を示す。モデルによって風速変化の傾向が異なり、河岸エリア低層化を行なったモデルについて高い風速を示した。このことから、丸の内側での日本橋川上では、河岸エリア低層化を行なったモデルが高い風速を示すと考えられる。なお、地点15では最大1.69倍の違いが見られた。

3-3 日本橋川上の風の傾向のまとめ

図18に4m高さにおける日本橋川上のモデル別の風速比を示す。区間Aでは、全面撤去モデルが高い風速を示しており、他の3つのモデルと比較して地点1から地点2での風速の減少が小さい。このことから、河口付近の低層化は日本橋川上の風速の増加に影響する

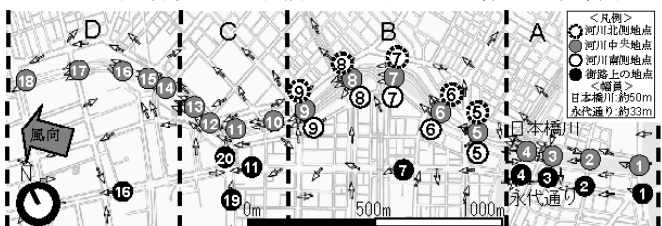


図5 風向・風速測定地点図(1~20)

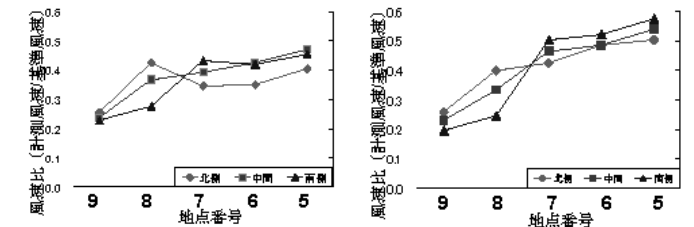
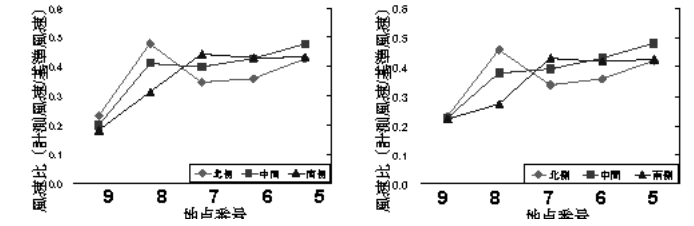
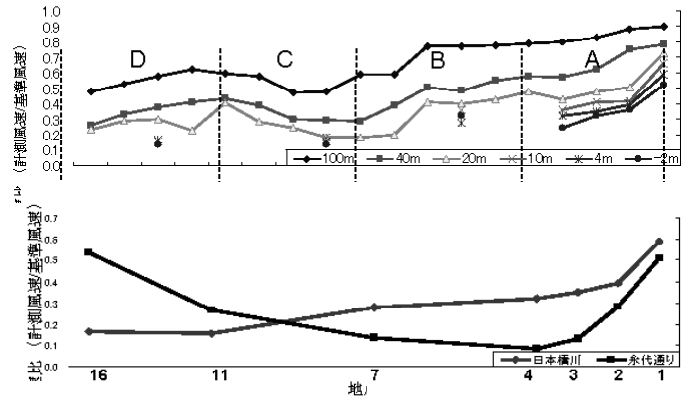


図10 日本橋川上の風速比(部分撤)

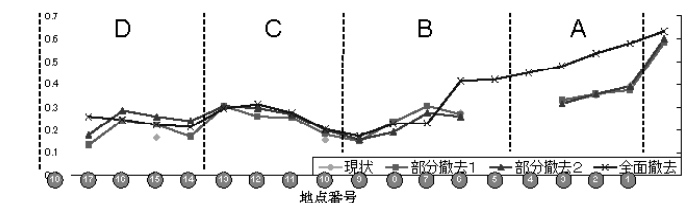
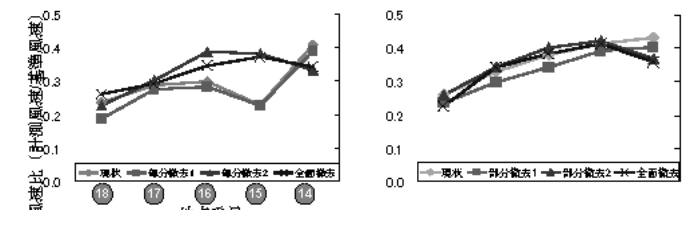
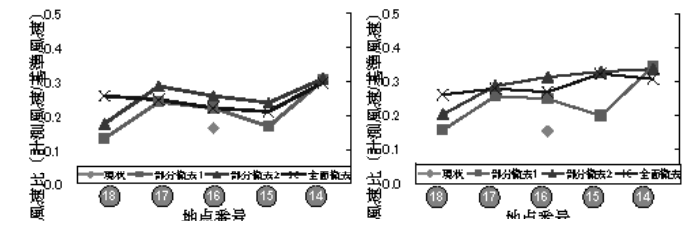
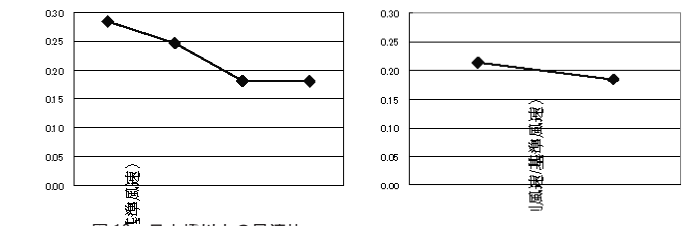


図18 日本橋川上の風速比(4m高さ)

と
考えられる。区間Bでは、河川の蛇行により風速が減少していると考えられる。区間Cでは、上空から街路に流れ込む風により風速が増加していると考えられる。区間Dでは、高架撤去、河岸エリア低層化によって風速が増加していると考えられる。

表2,3に河口付近の地点3と丸の内側の地点16における現状モデルに対する各モデルの風速比を示す。高架撤去と河岸エリア低層化を行なったモデル（部分撤去モデル2と全面撤去モデルのどちらか）が高い数値を示しており、日本橋川全体（4m高さ）では高架撤去により最大1.35倍まで、河岸エリア低層化と合わせると最大1.57倍まで風速が増加した（表2）。このことから、高架撤去と河岸エリア低層化を合わせて行なうことが日本橋川上の風速を増加させる為には効果的であるとされる。

4 河川に交差する街路上の風の検証

4-1 河川に交差する街路上の風の傾向

図19,20,21に現状モデルにおける河川に交差する街路上の風速比を示す。河川に交差する街路上の風速は、河川から遠ざかるほど減少していることが分かる。この傾向を踏まえ、日本橋川周辺地区における河川に交差する街路上の風について分析を行なう。

4-2 河川に交差する街路上の風のモデル間比較

図22,23,24,25に現状モデルと全面撤去モデルにおける河川に交差する街路上の風速比を示す。河口からの距離に関わらず、全面撤去モデルの風速が高くなっており、高架撤去・河岸エリア低層化により、河川に交差する街路上の風速が増加していると考えられる。また、地点24から地点25の風速変化は地点27から地点28または地点30から地点31の風速変化と比べて減少が大きくなっており、河川に対する街路の向きや周

辺建物の密度等の影響が考えられる。

4-3 高架撤去・河岸エリア低層化による効果

図26,27に部分撤去モデル2及び全面撤去モデルの現状モデルとの風速比の分布を示す。2つの図の比較から高架撤去と河岸エリア低層化により、河川周辺市街地の風速が増加したことが分かる。また、部分撤去モデル2から全面撤去モデルに変わることにより河口付近を中心に風速が増加した地点が多く、108地点中48地点で風速が増加した。これは江戸橋JC－箱崎JC間の高架撤去、丸の内側と河口付近の河岸エリア低層化によって風速が増加したと考えられ、高架撤去と河岸エリア低層化を行なう範囲が広いほど河川周辺市街地における風速の増加に効果的であるとされる。

4-4 河川に交差する街路上の風の傾向のまとめ

図29に河川に交差する街路上における現状モデルの風速に対する他の3つのモデル（部分撤去モデル1、部分撤去モデル2、全面撤去モデル）の風速比を示す。部分撤去モデル2と全面撤去モデルが高い数値を示しており、高架撤去と河岸エリア低層化を合わせて行なったモデルが河川に交差する街路上での風速の増加が大きいことが分かる。河川に交差する街路上の風（4m高さ）は高架撤去により最大1.93倍まで、河岸エリア低層化と合わせると最大2.16倍まで風速が増加した。このことから、高架撤去と河岸エリア低層化を合わせて行なうことが河川に交差する街路上の風速を増加させる為には効果的であるとされる。また、日本橋川から約200m市街地へ入ったところまでモデルの変化による風速が増加が見られ、高架撤去と河岸エリア低層化による風速増加の範囲は、日本橋川から約200m市街地へ入ったところまで及んでいる可能性がある。

表2 地点3における風速比(4m高さ)

	風速比
部分撤去1/現状	1.02
部分撤去2/現状	1.02
全面撤去/現状	1.53

表3 地点16での風速比(4m高さ)

	風速比
部分撤去1/現状	1.35
部分撤去2/現状	1.57
全面撤去/現状	1.36

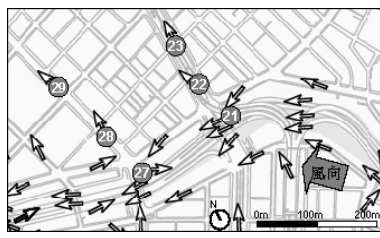


図19 風向・風速測定地点図(21～23,27～29) ※21,27は河川上の地点

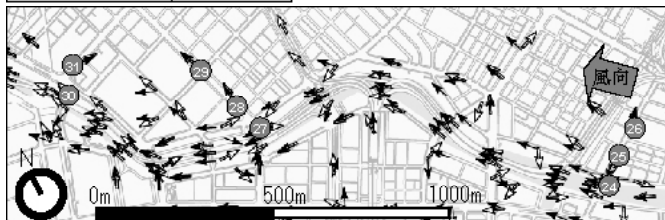
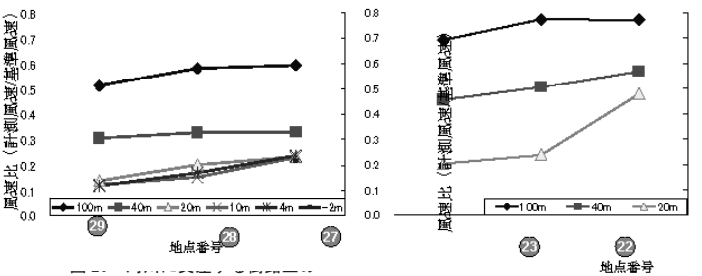


図22 風向・風速測定地点図(24～31) ※24,27,30は河川上の地点

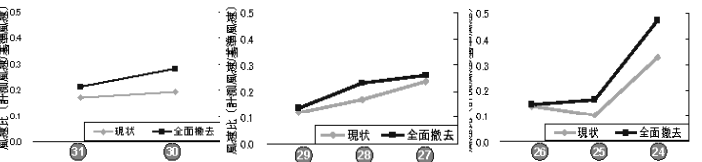


図23 河川に交差する街路の風速比(4m高さ)

図24 河川に交差する街路上の風速比(4m高さ)

図25 河川に交差する街路上の風速比(4m高さ)

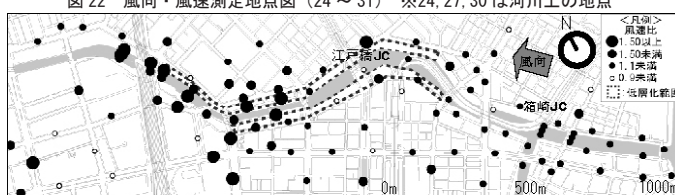


図26 日本橋川周辺地区における風速比(部分撤去2/現状:4m高さ)

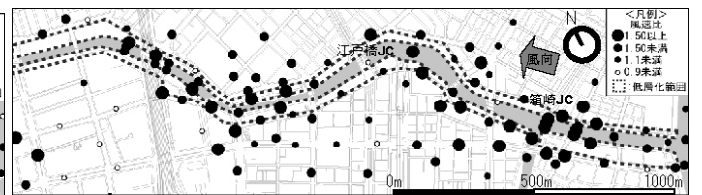


図27 日本橋川周辺地区における風速比(全面撤去/現状:4m高さ)

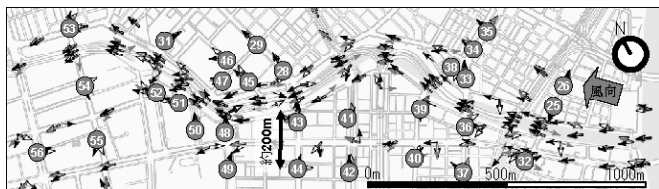


図 28 風向・風速測定点地図 (25 26 28 29 31 ~ 56)

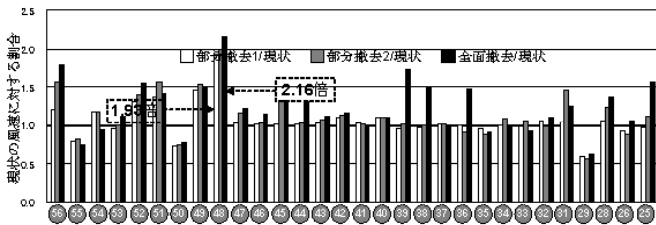


図 29 河川に交差する街路上の風速比 (4m 高さ)

5 モデル変化によるまとめ

表 4, 5 は、4m 高さにおける日本橋川上の風 (地点 1, 4, 7, 11, 16) と河川に交差する街路上の風 (地点 25, 26, 28, 29, 31 ~ 56) の各モデルにおける現状モデルとの風速比をそれぞれ平均して評価を行ったものである。日本橋川上の風速比の平均は高架撤去により 1.15、河岸エリア低層化と合わせると 1.35 となった。河川に交差する街路上の風速比の平均は高架撤去により 1.13、河岸エリア低層化と合わせると 1.23 となった。これらより、日本橋川周辺地区の風速を増加させる為には高架撤去と河岸エリアの低層化を合わせて行なうことが最も効果的であることが考えられる。

また、高架撤去と河岸エリア低層化による風速の増加の割合を比較 (部分撤去モデル 1 と部分撤去モデル 2 による比較) すると、日本橋川上では高架撤去による影響が大きく、河川に交差する街路上では河岸エリアの低層化による影響が大きいことが考えられる。

表 4 日本橋川上の風速比 (4m 高さ)

モデル	風速比
部分撤去 1	1.10
部分撤去 2	1.15
全面撤去	1.35

※値は現状モデルの地点 1, 4, 7, 11, 16 の平均風速を基準とする。

表 5 河川に交差する街路上の風速比 (4m 高さ)

モデル	風速比
部分撤去 1	1.06
部分撤去 2	1.13
全面撤去	1.23

※値は現状モデルの地点 25, 26, 28, 29, 31 ~ 56 の平均風速を基準とする。

6 結論と展望

6-1 結論

乱流境界層風洞を用い、日本橋川周辺地区の市街地模型における風速と風向を測定した。得られた結果を以下に示す。

- 1) 日本橋川上の風は、河口から約 1km の地点まで永代通りよりも高い風速を示すことが確認された。このことから、日本橋川が永代通り以上に海風の流入が期待できることが考えられる。
- 2) 各モデルの 4m 高さにおける日本橋川上の風速を比較すると、河口付近で全面撤去モデルが高い風速を示し、他の 3 つのモデル (現状モデル、部分撤去モデル 1、部分撤去モデル 2) に比べて風速の減少が小さいことが確認された。このことから、河口付近の低層化は日本橋川上の風速の増加に影響すると考えられる。

3) 日本橋川上の風は高架撤去及び河岸エリア低層化によって風速が増加する傾向が見られた。4m 高さでは風速比の平均は高架撤去により 1.15、河岸エリア低層化と合わせると 1.35 となった。

4) 河川に交差する街路上の風は高架撤去及び河岸エリア低層化の影響で風速が増加する傾向が見られた。4m 高さでは河川に交差する街路上の風速比の平均は高架撤去により 1.13、河岸エリア低層化と合わせると 1.23 となった。

5) 現状モデルを基準とし、他の 3 つのモデル (部分撤去モデル 1、部分撤去モデル 2、全面撤去モデル) の日本橋川上の風と河川に交差する街路上の風速の比較すると、全面撤去モデルが最も高い数値を示した。このことから、日本橋川周辺地区の風速を増加させる為には、高架撤去と河岸エリア低層化を合わせて行なうことが最も効果的であることが考えられる。

6) 日本橋川から約 200m 市街地へ入ったところまで 3 つのモデル (部分撤去モデル 1、部分撤去モデル 2、全面撤去モデル) への風速の増加が見られ、高架撤去と河岸エリア低層化による風速増加の範囲は日本橋川から約 200m 市街地へ入ったところまで及んでいる可能性がある。

7) 高架撤去と河岸エリア低層化による風速の増加の割合を比較すると、日本橋川上では高架撤去による影響が大きく、河川に交差する街路上では河岸エリアの低層化による影響が大きいことが考えられる。

6-2 今後の展望

日本橋川の高架地下化の計画が進む中で、日本橋川の「風の道」としての活用を再開発と共に考え、高架撤去及び河岸エリア低層化による風速増加の範囲等の効果を明らかにする為に、気温等の条件を含んだ数値シミュレーションと合わせて解析する必要がある。

注記

本研究は、国土交通省総合技術開発プロジェクト「都市空間の熱環境評価・対策技術の開発」並びに早稲田大学、建築研究所、国土技術政策総合研究所の共同研究「市街地の住環境向上手法に関する共同研究」の一環として実施されたものである。

謝辞

本研究において、成田健一教授 (日本工業大学) ならびに尾島研究室の宮下悠子氏、天田拓哉氏に多大なる御指導・御協力を頂きました。この場を借りて深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 成田健一：都市内河川の微気象的影響範囲に及ぼす周辺建物配列の影響に関する風洞実験研究 日本建築学会計画系論文報告集 第 442 号 1992 年 2 月 PP27 - 35
- 2) 宮下悠子他 6 名：東京臨海・都心部におけるヒートアイランド現象の実測調査と数値計算 (その 7) 東京駅周辺の実測調査 日本建築学会大会 学術講演梗概集 D-1 分冊 P503 2006 年
- 3) 日本橋川に空を取り戻す会：URL <http://www.nihonbashi-michikaigi.jp/index.html> (2006 年 11 月現在)

* 1 早稲田大学理工学部建築学科 * 2 早稲田大学大学院修士課程 * 3 早稲田大学理工学部総合研究センター講師・博士 (工学) * 4 国土交通省国土技術政策総合研究所主任研究官 * 5 国土交通省国土技術政策総合研究所主任研究官・博士 (工学) * 6 早稲田大学理工学部総合研究センター教授・工博 * 7 早稲田大学教授・工博