

汐留・環状二号線新橋周辺再開発地域における風環境の風洞実験研究

環境工学—環境設計

ヒートアイランド現象 風の道 風洞実験

準会員○池田 直樹\*1 正会員 李 海峰\*4  
正会員 松沼 宏樹\*2 同 足永 靖信\*5  
同 早川 潤 \*2 同 高橋 信之\*6  
同 増田 幸宏\*3 同 尾島 俊雄\*7

1. 研究目的

現在、東京は都市再生緊急整備地域を中心とした大規模な都市再開発の気運にある。そして都市構造の変化に伴い都市の風環境も大きく変化する事が予想される。多くの大都市において深刻な問題となりつつあるヒートアイランド現象、その緩和策として見込まれる風を有効に取り込む都市形態を先手先手で模索していかなければならないだろう。

特に再開発の進行している臨海部において、東京湾からの海風を都心部へ取り込む都市形態が重要であると考えられる。そこで本論文では汐留・環状二号線(以下環二)新橋周辺をフィールドとしたCFD解析と風洞実験を行い、風環境について分析する。そしてこのケーススタディにおける、風の道を考慮した都市形態を提案する。

2. 調査背景

2-1 調査対象

本研究では、汐留地区・新橋地区・虎ノ門地区において(図3)過去モデル・現状モデル・環二再開発モデル(表1)の3つのモデルで風環境を調査した。環二再開発モデルとは、「みなとの街を考える会」の作成した再開発案(図1)を元にモデル化したものであり<sup>1)</sup>、新橋・虎ノ門地区に40階建て(高さ200m、容積率1000%)の高層ビル26棟の建設を想定している。

また与える風向は、ヒートアイランド現象の緩和効果が見込まれる海風(このフィールドでは東南東の風)を想定した。なお、この地域は都市再生緊急整備地域に指定されている。

表1 各モデルの想定年時と再開発の有無

	想定年時	再開発	
		汐留再開発	環二再開発
過去モデル	1995年	×	×
現状モデル	2005年	○	×
環二再開発モデル	2025年	○	○

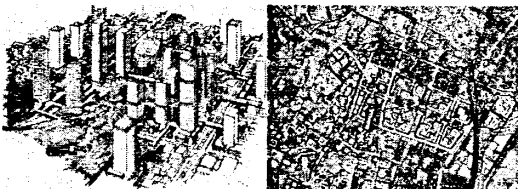


図1 港区再開発案のバース(左)とプラン(右)  
(「みなとの街を考える会」より抜粋)

2-2 実験方法

2-2-1 CFD解析

風環境のシミュレーションとしてSTREAMを用

いてCFD解析を行った。具体的には、汐留・新橋地区の南北方向1km、東西方向1.7km、高さ500mを解析範囲とし、メッシュ限度幅5m、総メッシュ数約340万個で解析した。

2-2-2 風洞実験

建築分野における風洞実験は表2の様に分類できる。本研究はヒートアイランド現象の緩和の為の風環境とその都市形態を把握することを目的とするので、その範囲は地域全体に及ぶ。本研究の位置付けとしては、従来の強風対策や大気環境の調査では通常用いられない1/1000の縮尺模型を用いて1~2km四方のエリアを実験の対象とした(図2)。具体的な調査範囲を図3に示す。

表2 風洞実験の分類表

	風工学	都市環境学(地域風)	気象学(大気環境)
目的	ビル風対策 高層建築の新風設計	ヒートアイランド対策 地域の風環境把握	大気境界層流れ 山越え気流の調査
スケール	50m四方~500m四方	1km四方	2km四方~20km四方
対象	建物単体、建物周辺	地域全体	都市全体

本研究

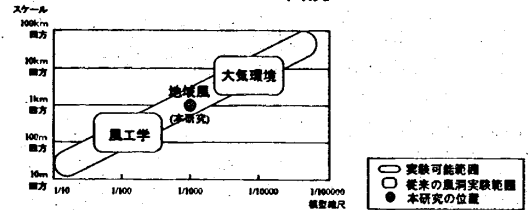


図2 風洞実験のスケールと模型縮尺



図3 調査範囲

3. 解析と実験

3-1 CFD解析

汐留の再開発による風環境の変化を知るために過去モデルと現状モデルのCFD解析を行った。現状モデル高さ75mにおける水平断面の風速分布(図4)、過去モデル(図5)と現状モデル(図6)における垂直断面

この結果、現状モデルは過去モデルと比較すると、200mまでの各高さにおいて、汐留地区と新橋地区の間で風速が大きく減少している事が解った。

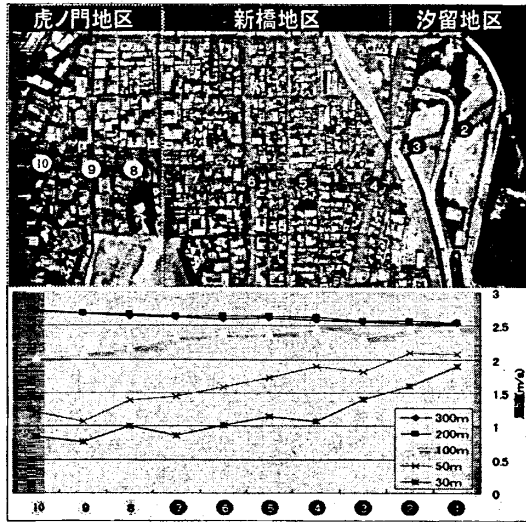


図9 過去モデル・環二ライン・風速測定結果

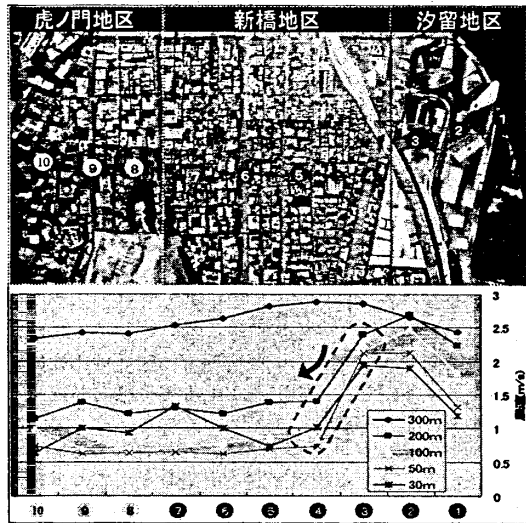


図10 現状モデル・環二ライン・風速測定結果

### 3-2-4 風向図の作成

続いて、現状モデルと環二再開発モデルを比較する為に風向図を作成した。(環二再開発モデルを図11に示す。)具体的には、新橋地区750m四方のエリアを50m間隔のメッシュ状に測定ポイントを設け、高さ75mの風速のスカラー量と風向を測定した。図12が現状モデル、図13が環二再開発モデルの風向図である。コンター図が風速のスカラー量を表し、ベクトル図が風向を表している。

この結果、両モデルにおいて汐留地区内の環二から風が強く吹き出していることが解った。

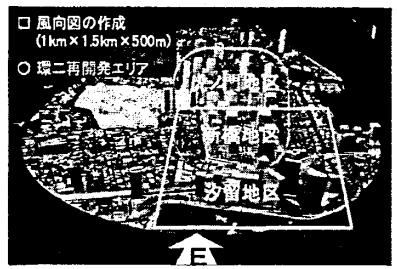


図11 環二再開発モデル

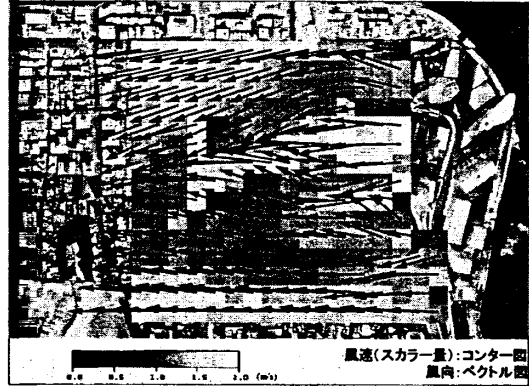


図12 現状モデル・風向図

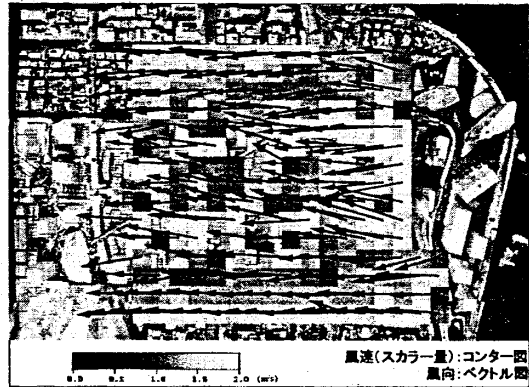


図13 環二再開発モデル・風向図

## 4. 分析と提案

### 4-1 結果の分析

#### 4-1-1 過去・現状モデルの比較

過去モデルと現状モデルの垂直断面における風環境を比較する。図14は現状モデルにおける風速の過去モデルにおける風速に対する風速比を表している。

新橋・虎ノ門地区に吹き込む風の現状を過去と比較すると、高さ50m~200mにおいて風速が半減している。この結果と可視化の結果から、汐留の後方少なくとも1.2kmの範囲において、弱風域となっている事が解った。すなわち、汐留の建物が海から吹く涼しい風を遮ってしまっている、いわば「風の壁」となっている事が解った。

の風速分布をベクトル図で示す。

現状モデルの垂直・水平断面の結果から、過去モデルでは一様に流れていた風の流れが、汐留の建物によって大きく阻害されている事が確認出来、都市形態が風環境に及ぼす影響は大きい事が解った。

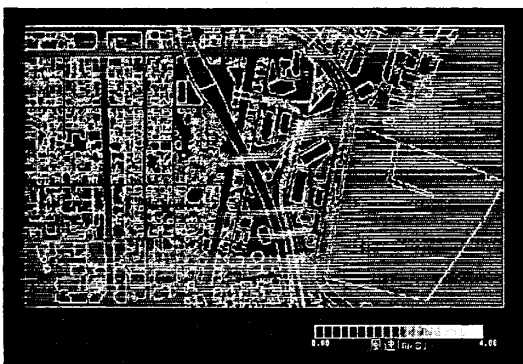


図4 現状モデル水平断面・シミュレーション結果

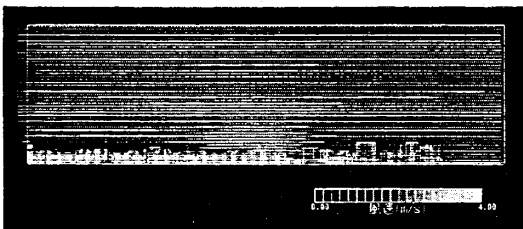


図5 過去モデル垂直断面・シミュレーション結果

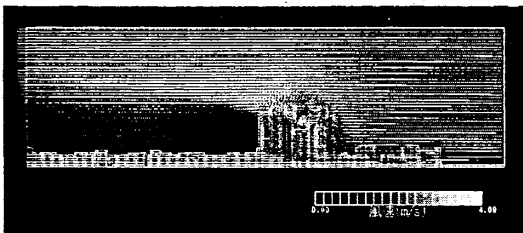


図6 現状モデル垂直断面・シミュレーション結果

### 3-2 風洞実験

このスケールにおけるCFD解析では、メッシュ限度幅5mで建物の形状を再現するのが限界であるため、より精度を上げる為に続いて風洞実験を行った。具体的には、表3に示す3種類の実験を行った。

表3 各実験の目的と対象モデル

	実験目的	対象モデル
風の流れの可視化 (3-2-1)	広域風環境調査 汐留後方の渦現象の確認	現状モデル
環二ライン測定 (3-2-3)	垂直断面の風環境調査 過去・現状モデルの比較	過去モデル 現状モデル
風向図の作成 (3-2-4)	水平断面の風環境調査 現状・環二再開発モデルの比較	現状モデル 環二再開発モデル

#### 3-2-1 風の流れの可視化

CFDの解析範囲より広域的な風環境を把握する為に、独立行政法人建築研究所の乱流境界層風洞装

置を用いて風の流れの可視化を試みた。具体的な実験方法として、直径2.0mのターンテーブル上に模型を配置し、風速約1.1m/sの風を与えた。そして発煙装置によって模型の手前から煙を吹き、垂直断面、水平断面をレーザーライトシートでそれぞれ照射し、流れる煙を目視及びビデオに録画する事により可視化した。

その結果、垂直断面ではシミュレーションと同様に汐留の建物による風の吹き上がりが顕著にみられた。さらに海風に対して風下にあたる汐留地区後方に、回転して進む渦が出来ている事が確認できた。この渦はCFD解析では捉えることの出来なかった現象である(図7左)。また水平断面でもシミュレーションと同様、汐留地区の建物を回り込んで吹く風と汐留地区内の環二上を抜けて吹く風によって汐留後方に大きな渦んだ渦が生じている事が確認できた(図7右)。

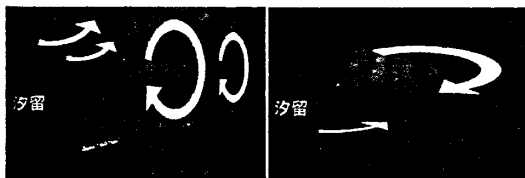


図7 現状モデル可視化垂直断面(左)と水平断面(右)

#### 3-2-2 実験精度確認

風速を測定する実験は、独立行政法人建築研究所の温度成層風洞装置を用いて行った。これは密閉回流型、測定部断面1.0m幅×1.0m高、測定部長さ10mの風洞である。測定器にはレーザー流速計を用いた。

まず、実験精度を確認するために、異なる風速(2.00m/s, 2.77m/s, 4.00m/s)を与え、風速を測定した。そしてその風速比(風速/上空での風速)を取り、10m間隔のメッシュ状に図示した所、大体の整合が確認出来た(図8)。以降の実験では与える風速を2.77m/sと設定する。

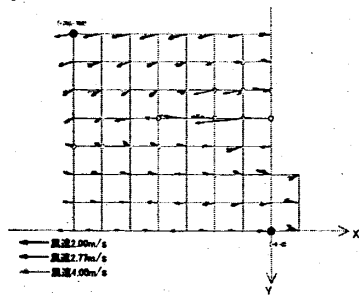


図8 異なる風速での測定結果

#### 3-2-3 環二ライン測定

次に、過去モデルと現状モデルの垂直断面の風環境を比較するために、環二ライン測定を行った。これは、今後予定されている新橋地区の環二を虎ノ門地区まで延長したライン上に10地点の計測ポイントを設定し、各地点における高さ別(30m, 50m, 100m, 200m, 300m)の風速を測定するというものである。結果を図9、図10に示す。

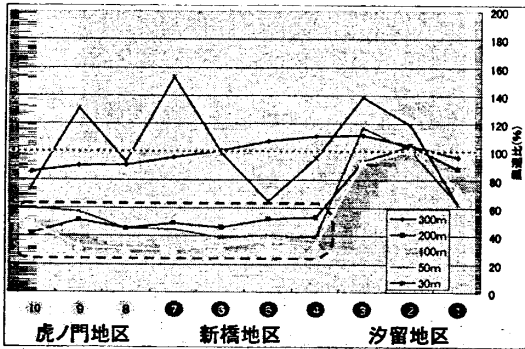


図14 現状モデルと過去モデルの風速比(現状÷過去)

#### 4-1-2 現状・環二再開発モデルの比較

現状モデルと環二再開発モデルの水平断面における風環境を比較する。図15は環二再開発モデルの風速と現状モデルの風速の差を表したもので、色の薄い所が風速が大きく減少した地点であり、色の濃い所が風速が大きく増加した地点である。環二再開発モデルは、新橋地区約1km四方全体において現状モデルと較べて全体的に風速が増加している事が解った。従って、風通しが良くなったと見込まれる。

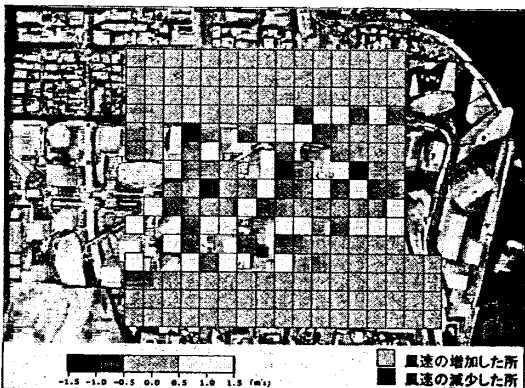


図15 現状モデルと環二再開発モデルの風速(スカラー量)比較

#### 4-2 風の道を考慮した都市形態の提案

以上の分析結果から、風の道を考慮した都市形態、すなわち環二再開発モデルから汐留地区のビルを4棟外したモデルを提案する。この風の道を考慮した都市モデルに対し風向図を作成したものが図16である。図12の現状モデルや図13の環二再開発モデルと比較すると、環二上だけでなく、新橋地区約1km四方全体の風向が統一している事が解った。従って、風通しが良くなったと見込まれる。

表4から解る通り、汐留と環二再開発案の、道路面積と公園面積を加えたオープンスペースの割合はどちらも40%程度であるが、実験結果から都市形態の違いで風環境は大きく変わってくる事が解った。

東京の都市再生緊急整備地域では今後再開発が活発になる事が予想されるので、東京湾からの風の玄関

口にあたる汐留とその周辺の臨海部において風の道を考慮した一体的な再開発計画が必要であると考えられる。

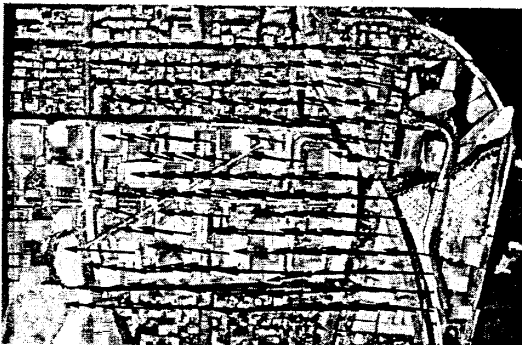


図16 風の道を考慮した都市モデル・風向図

表4 汐留(現状)と環二(現状・再開発案)の土地利用

	汐留地区		環二(現状・再開発案)	
	現状	再開発案	現状	再開発案
道路率	36%	23%	23%	25%
公園率	2%	6%	6%	15%
宅地率	62%	71%	71%	60%
指定容積率	1200%	600%	600%	1000%

### 5. 結論と展望

#### 5-1 結論

以上より、1. 汐留の都市形態によって汐留後方1.2km以上において弱風域となっている。2. 環二再開発モデルは、現状モデルと較べて新橋地区約1km四方において全体的に風速が増加する(風通しの向上が見込まれる)。3. 風の道を考慮した都市モデルにすると、環二上だけでなく新橋地区約1km四方全体の風向が統一される(風通しの向上が見込まれる)。の3点が結論付けられた。

#### 5-2 今後の展望

今後の展望として、1. 汐留後方の弱風域の範囲を明確にする。2. 風速が増加する事や風向が統一する事で、どれ程風通しが向上するのか、そしてヒートアイランド現象の緩和にどれ位寄与するのかを検証する。3. 卓越風である南風を与えての実験を行う。4. 他の地区での同様の実験を行う事で、風通しの良い都市形態に関して引き続き検討を行う。事などが挙げられる。

#### 参考文献:

- 1) 環状二号线新橋周辺、赤坂、本木地域のグランドデザイン(案) 2002年12月 みなとの街を考える会
- 2) 実務者のための建築物風洞実験ガイドブック 日本建築センター

\*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 早稲田大学大学院博士課程 \*4 独立行政法人建築研究所客員研究員・工博 \*5 独立行政法人建築研究所上席研究員・工博 \*6 早稲田大学理工学総合研究センター教授・工博 \*7 早稲田大学教授・工博