

## 2 . 東京臨海・都心部における大規模実測調査



## 2 . 東京臨海・都心部における大規模実測調査

- 2-1 海風を効果的に都市空間に誘導する「風の道」の考え方
- 2-2 東京臨海・都心部における海風の効果の大規模実測調査
- 2-3 東京臨海・都心部における「風の道」の性状

## 2 . 東京臨海・都心部における大規模実測調査

「風の道」に関する現象と効果の把握のため、東京都心・臨海部における 190 箇所の地点において高密度大規模同時気象観測を実施した。

### 2-1 海風を効果的に都市空間に誘導する「風の道」の考え方

ヒートアイランド対策の一つとして近年注目されている「風の道」の考え方は、もともとドイツの環境共生型都市計画手法に基づくものである。これは主に内陸都市の大気汚染や夏季においてはヒートアイランド化を緩和するために、周囲の山から流入する風を活用する手法で、この風は地表面近く高さ数メートル～数十メートルの厚みのある山谷風と呼ばれている。

この平面的な山谷風を活用するドイツの「風の道」に対して、我が国の大都市は主に臨海部に立地しており、大都市に流入する風は数百から 1 キロメートルを超える厚みを持つ海風である。ドイツの「風の道」は、地表面近くを流れる山谷風に注目されており、その性状から平面的なものといえる。その一方で、日本の大都市は臨海部に立地していることから都市より冷涼な海風を活用することになるが、数百メートル以上の厚みを持っていることから、日本の「風の道」は、超高層ビルを含む様々な都市空間の地物よりも上空を流れる立体的なものであると整理した。(図 2-1-1)

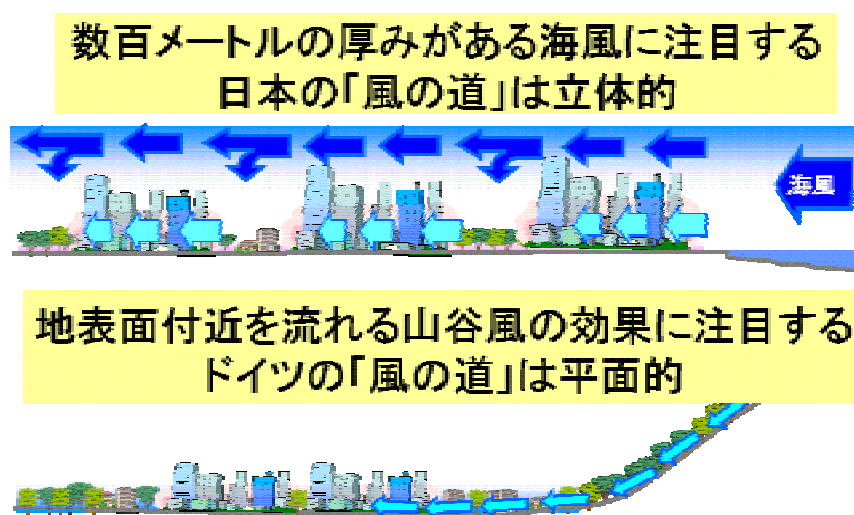


図 2-1-1 日本の臨海都市の「風の道」とドイツの「風の道」

早稲田大学教授の尾島俊雄は日本の大都市におけるヒートアイランド対策としての「風の道」について、「ヒートアイランド対策として有効な海風の活用の考え方」として次のように定義した。

「ヒートアイランド対策として『風の道』をつくる、とあるのは都市上空の海風と同時

に都市空間内で風が通り抜けることのできる連続した隙間空間で、一般に『風の通り道』といわれる。」そして「日本において「風の道」の必要性があるのは、大都市には海が接近しており、海風の効果が日中の都心の暑さのみならず、熱帯夜緩和に役立つと予測されているからである。」

さらに、幹線道路等の広幅員街路や都市河川、緑地等の連続したオープンスペースが、この冷涼な海風を都市の地表近くに誘導して「風の道」として機能するのではないかと考え、今後、都市計画手法と連携して考えていくために、市街地形態と風の性状による分類を行った。

すなわち、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(タイプⅠ)、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(タイプⅡ)、超高層建物(群)により海風の流入が阻害されて風下側に弱風域が形成される一方で、上空の冷気が地表近くに誘引されることによって低温域が形成される(タイプⅢ)の3つに整理して、臨海部の大都市におけるヒートアイランド対策としての「風の道」の考え方を提示した。(図 2-1-2)

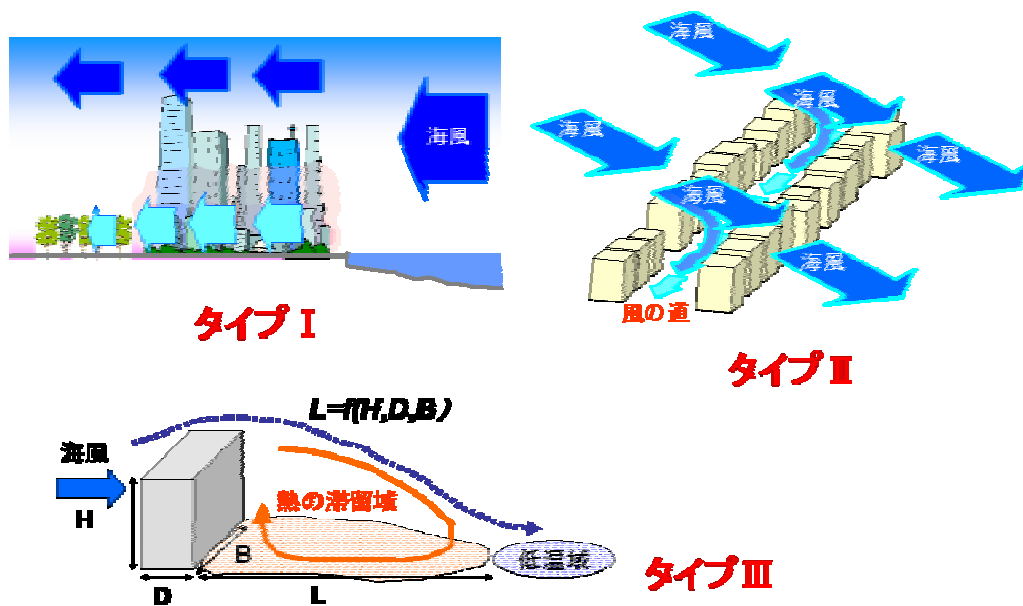


図 2-1-2 海風による「風の道」の類型

## 2-2 東京臨海・都心部における海風の効果の大規模実測調査

ヒートアイランド対策として重要な要素のひとつとして考えられる、風の効果や影響について、現象の解明と効果の定量化を行うために平成17年(2005年)の夏に東京都心・臨海部の街路や河川・ビル屋上など190箇所で極めて大規模かつ詳細な気象観測を実施した。この調査では、特に最近ヒートアイランド対策として社会的に注目されているが、科学的にはあまり解明されていない「風の道」について、その効果やメカニズムを定量的に解明し、今後の臨海部の大都市の有効なヒートアイランド対策の一つとして活用することを目的とした(表2-2-1)。

調査期間は7月29日から8月6日までの期間を中心に24時間の連続観測を実施した。なお実測調査は調査の便宜上、対象地域を4つエリアに分割(図2-2-1)して、それぞれのエリアについての早稲田大学理工学部建築学科尾島俊雄研究室、首都大学東京都市環境学部都市環境学科三上岳彦研究室、日本工業大学工学部建築学科成田健一研究室の協力を得て実施した(表2-2-2)。

表 2-2-1 実測調査の概要

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• 目的<ul style="list-style-type: none"><li>– 「風の道」に関する現象の調査と効果の定量化</li></ul></li><li>• 調査期間<ul style="list-style-type: none"><li>– 7月29日～8月6日に実施<ul style="list-style-type: none"><li>• 一部については7月24日から8月27日まで実施</li></ul></li></ul></li><li>• 観測点<ul style="list-style-type: none"><li>– 東京臨海・都心部の4つのエリアの街路・河川・ビル屋上等190箇所に温湿度計や気象観測装置を設置して計測</li></ul></li></ul> |
|---|



図 2-2-1 観測エリア

表 2-2-2 各観測エリアの担当者

### 各エリアの調査担当

- **東京駅周辺エリア**  
– 早稲田大学理工学部建築学科尾島俊雄研究室・国総研
- **汐留・新橋エリア**  
– 首都大学東京都市環境学部都市環境学科三上岳彦研究室・国総研
- **品川エリア**  
– 早稲田大学理工学部建築学科尾島俊雄研究室・国総研
- **目黒川・大崎エリア**  
– 日本工業大学工学部建築学科成田健一研究室・国総研

※国総研：国土交通省国土技術政策総合研究所

気象観測地点の配置を図 2-2-2 に示す。気象観測地点の配置にあたっては、「風の道」として機能することが期待される幹線道路や河川に沿って設置するとともに、上空の風の流れの性状を把握するために、臨海部のビル屋上にも配置した。なお、気象観測は昼夜間にわたる連続観測を長期間にわたって行う必要があることから、移動観測やバルーン等による上空風観測以外の観測については、できる限り自動計測を前提とした観測態勢を取った（図 2-2-3）。

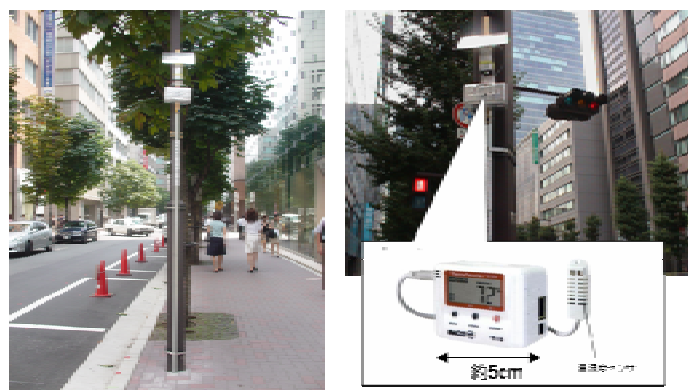


図 2-2-2 気象観測地点（190 箇所）



図 2-2-3 気象観測風景

気温・湿度の計測は、記録装置付きの小型温湿度計を用いた。センサ部分は、周囲からの放射熱や局所的な熱気の淀みの影響を排除するために、ファンを取り付けた自作の通風筒内に取り付け、日射や雨の影響を最小限にするために温湿度計の記録部分はプラスチックケースに入れ、日除け板を付けるとともに、これらの表面をアルミ箔で覆った。設置にあたっては、歩行者や自動車等の交通の支障とならないよう、足場用のパイプを用いて地上から 3.5m の高さに機器を設置した。計測は 5 分もしくは 10 分間隔で自動計測し、適宜記録装置に蓄積されたデータを、現地でケーブルを介して持参したノートパソコンにダウンロードした（図 2-2-4）。



街路への設置状況

5分間隔で約4週間連続計測が可能

図 2-2-4 温湿度計（150箇所を設置）

風向・風速等の計測は、図 2-2-5 に示す気象観測装置を用いて行った。この装置は風向・風速計並びに温度・湿度計、雨量計、日射計を兼ね備えており、これらのデータを 10 分間隔で約 2 週間にわたって連続して記録できるものである。温度・湿度を計測するセンサはフィンの付いた白色のケースに内蔵されている。このケース内は、日中は太陽電池で駆動されたファンによって通風されるものである。

この気象観測装置を、「風の道」として機能することが期待される幹線道路や河川沿い、並びに建物屋上に合計 40 カ所設置した。この気象観測装置の設置にあたっては、前述の温湿度計と同様に、街路においては足場用パイプもしくは街路灯に地上 3.5m の位置に取り付け、河川については橋の中央部の欄干に足場用パイプ等を用いて、川にせり出すように設置した。また、ビル屋上については屋上に設置されている冷却塔や空調室外機等からの気流の影響を受けにくい場所であつ、屋上近傍の気流の影響を排除するために、避雷針等の屋上面からできる限り離れた高さの支柱に取り付けた(図 2-2-6)。観測データは 10 分間隔で計測したものを記録し、観測データの回収は温湿度計と同様に適宜、現地でケーブルを介してノートパソコンにダウンロードした。



図 2-2-5 気象観測装置 (40 箇所に設置)



図 2-2-6 気象観測装置の設置例



市街地上空の海風の流れを把握するために、午前9時から午後9時にかけて、パイロットバルーンによる観測を行った。パイロットバルーンによる観測は、(図 2-2-7) 新橋・銀座のビル屋上並びに浜離宮庭園の3箇所から毎正時に放出した。そして放出されたパイロットバルーンを測風経緯儀(トランシット)によってその方位角、高度角を追跡してバルーンの移動距離を割り出し、この変化によって上空の風速・風向を把握するものである。



図 2-2-7 パイロットバルーン観測

市街地上空の海風の性状の把握にあたっては、パイロットバルーンの他に係留ゾンデ(カイツーン)を用いた観測を行った。観測地点は浜離宮庭園、品川埠頭、青山公園とした。ウインチに接続されたワイヤーにより任意の高度の気圧・風向・風速・気温・湿度が計測できるようになっている。この観測は品川埠頭と青山公園については2日間、浜離宮庭園については延べ4日間実施した(図 2-2-8)。

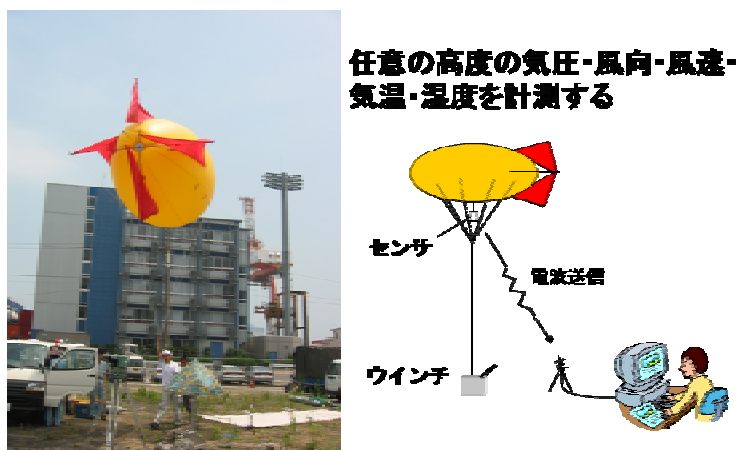


図 2-2-8 係留ゾンデ(カイツーン)観測

### 2-3 東京臨海・都心部における「風の道」の性状

約2週間にわたって実施された大規模実測調査で得られた膨大なデータから、ヒートアイランド対策としての「風の道」の性状を分析した。その結果、「風の道」による涼風が活用できる範囲とその性状について次のように整理した。

東京臨海・都心部に流入する海風は、地上から数百メートル以上の厚さがある。

海岸から1.5 km程度まで、街路に沿った海風の流入がある。

幅の広い街路の方が、海風が内陸部に流入しやすい。

河川上の高架道路により、高架付近の地表近くを流れる海風の流入が抑制される。

地表近くの海風と市街地との気温差は日中で約4℃だった。

海風の風向が河道に平行すると、河道に沿った地形・建物群によって河川は連続した「風の道」となりうる。

河道に沿った地形・建物群の形状により、上空の海風を取り込む。

それぞれについて以下に解説する。

の性状を図2-3-1に示す。これは汐留・新橋エリアで実施したパイロットバルーンによる観測により確認されたものである。すなわち、臨海部の超高層ビル群の背後から放出されたパイロットバルーンは、海風の流入が始まる午前中の時間帯において、超高層ビル群の高さに相当する地上220m程度の高さまでは、ほぼ垂直に上昇し、それ以上の高さを越えて上昇すると、海風に流されるように内陸に向かって急速に水平方向に流されていく傾向が確認された。

なお、さらに1000m近くまで上昇するにつれて、パイロットバルーンが水平方向に移動する速度は急速に低下したことから、東京臨海・都心部に流入する海風は地上数百メートルから1000m程度の厚さがあると考えられる。

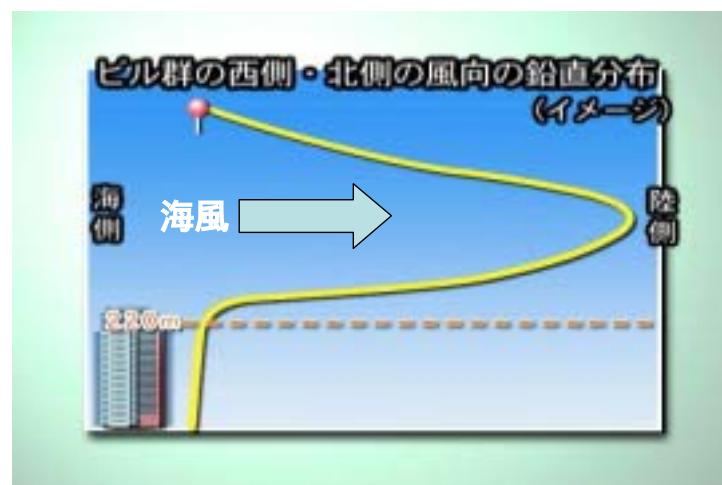


図 2-3-1 超高層ビル群上空の風の流れ

の性状について、まず図 2-3-2 によって解説する。品川エリアで観測した結果によると、海風が流入する前の早朝の時間帯の気温分布は図 2-3-2 の上の図が示すように、海岸から内陸部に向かって連続した低温域は確認できない。しかし、正午近くになって海風が発達して内陸部に向かって流入し始めると、図 2-3-2 の下の図が示すように地上付近では海岸から 1.5km 程度まで連続した低温域が形成されていることが確認された。

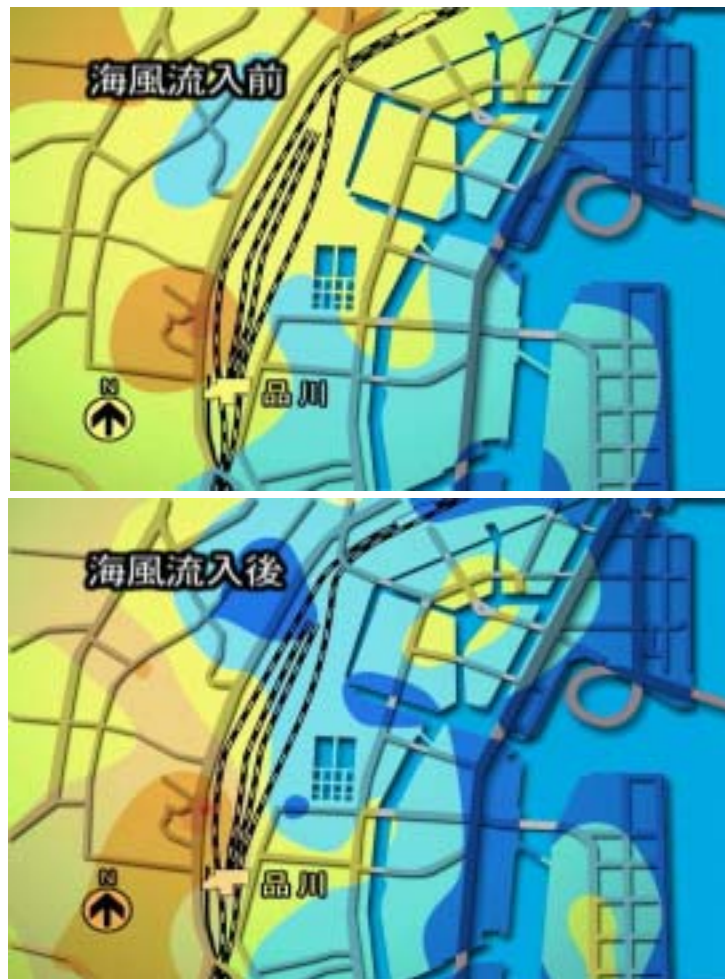


図 2-3-2 品川駅付近の海風流入前後の気温偏差分布

の性状については、図 2-3-3 の東京駅周辺エリアの観測結果が示すように、海岸部で 11 時 15 分に観測された海風の流入（気温と相対湿度から算出した絶対湿度の急激な増加が確認された時刻）が内陸側に向かって連続して確認されている。

さらに、その変化が確認された時刻は、幅員が最も大きな街路 B が最も早く（11 時 30 分）それから C、D、A の順に街路幅の大きさと同じ順番に流入する時刻の遅れが確認された。このことから、街路幅と海風の流入のしやすさには相関性があると考えられる。



図 2-3-3 街路幅による海風の流入時刻の相違

の性状については図 2-3-4 で解説する。東京駅周辺エリアの日本橋川沿いで、海風が日本橋川に沿って流入する正午前後において観測された結果である。A1、A2、A3 それぞれの観測点で計測された地上近く（地上約 4m）の風速を比較すると、首都高速の高架がない A1 並びに A2 の平均風速（約 2.2m/s）に比べて A3 の平均風速（約 0.5m/s）は大幅に低下することが確認された。これは、高架を構成する路面や橋脚・梁などによって A3 地点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たためと推測される。



図 2-3-4 高架による地上付近の風速への影響

の地表近くの海風と市街地の平均気温の差については、図 2-3-5 の目黒川・大崎エリアの観測結果に基づくものである。すなわち、海風が東から流入する（目黒側に沿って流入する）正午頃の時間帯において目黒川河口で観測された平均気温と目黒側周辺の市街地

内で計測された平均気温の差は約 4 であった。この結果は、海風による市街地の気温低下効果の有効性を示唆している。

の海風の風向が河道に平行すると、河道に沿った地形・建物群によって河川は連続した「風の道」となりうるという性状は、図 2-3-5 の平均気温分布が示すように、海風の風向が河道に平行すると、河口部から内陸に向かって徐々に気温が上昇することから、河道に沿った地形・建物群によって河川は連続した「風の道」となって周辺市街地の熱環境を緩和するヒートシンク（放熱器）として機能しているためといえる。



図 2-3-5 市街地の観測点と目黒川河口部の観測点との気温差

河道に沿った地形・建物群の形状により、上空の海風を取り込む性状は、目黒川における実測調査により観測されたものである（図 2-3-6）。この付近の海風は、午前 10 時前後に東から流入を始め、時間の経過とともに南風に風向が遷移することが観測されている。



図 2-3-6 河川の周辺の地形・建物配置による海風の流入

河道が概ね東西方向である目黒川では、午前 10 時前後から正午くらいまでは東風のため、河口から河道に沿って平行に海風が流入し、図 2-3-5 のような気温分布が観測される。しかし、正午を過ぎて徐々に風向が南風に変化するにつれて、図 2-3-6 のように河道に対して垂直に変化していく。

図 2-3-7 は 13 時から 15 時の時間帯における目黒川上の気象観測点並びに海岸付近の観測点における風向・風速と気温との関係を示したものである。観測点 H2 と H3 の間のあたりで南東から河道に流入した冷涼な海風が内陸及び海側に向かって流れる状況が、風速及び気温分布から推測される。図 2-3-8 は、この観測点 H2、H3 付近の状況を示したもので、河道に沿って高層建物が連続して建っており、風の流れが 3 次元で計測できる超音波風速温度計で計測した結果、図に示したように、上空を流れる海風が建物群によって河道に誘導されていることが確認された。

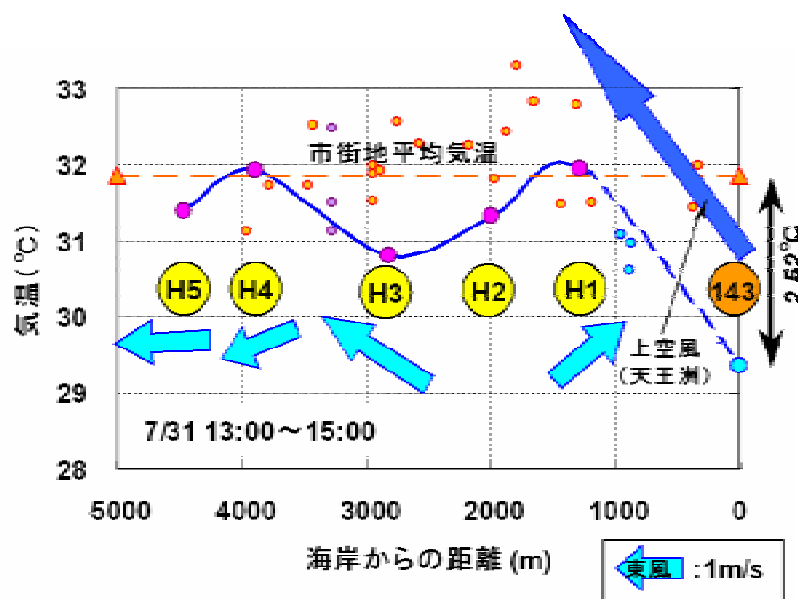


図 2-3-7 海風の流れと目黒川河川上の風の流れと気温分布



図 2-3-8 目黒川沿いの高層建築による海風の流入