

河川における海風遡上の実態に関する研究

4-99

中小河川 海風遡上 ヒートアイランド

準会員 長澤 広学*1 同 増田 幸宏*4
 正会員 田村 健*2 同 高橋 信之*5
 同 佐藤 円佳*3 名誉会員 尾島 俊雄*6

1. 研究目的

近年、都市部では急激な都市化に伴う地表面被覆の変化や生活、産業、交通排熱の増加に起因するヒートアイランド現象が問題となっている。ヒートアイランド現象による都市部の気温の上昇は冷房エネルギー消費量の増大、生活快適性の低下、集中豪雨の発生や健康に対する影響など様々な形で都市の環境に影響を与えている。それに伴い、ヒートアイランド現象を解消し、暑熱環境を緩和するための研究が求められている。

その対策の一つに、冷涼な海風の河川遡上による周辺部への冷却効果を利用するという考え方がある。海風が都市の暑熱環境を緩和する効果が河川上や河川周辺市街地において現れることは既往の調査(1)~(3)等によって報告されている。しかし海風が遡上することによる冷却効果の影響距離等、その実態に関しては未解明の部分が多い。

本研究では東京都内を流れる中小河川である呑川において実測を行い、そのデータから海風遡上の影響距離を検証し、海風遡上の実態を調査する。

2. 観測計画

2-1 観測点

本研究では、東京都大田区を流れる呑川を観測対象とする。呑川は、流路延長約14kmで、河口での幅員が約25mの2級河川である。観測点は、河口からの距離を主軸において決定した。また、河川における海風遡上を風向、温湿度から観測するため、観測点の選定に関しては、工場、緑、建物等の風向、温湿度に影響があると考えられる土地利用も考慮して行った。観測対象地域及び周辺部の土地利用を図1に示す。

次にそれぞれの観測点の拡大図を図2に示す。それぞれ橋上に観測点を設け、北糞谷橋を観測点①、柳橋を観測点②、大平橋を観測点③、一本橋を観測点④、宮前橋を観測点⑤とした。

各観測点において5台の観測機器を設置し、河口を向いて左から機器設置地点a, b, c, d, eを設定した。図3に機器設置地点概要を示す。また、観測点①, ③, ⑤においては温湿度の評価に用いるための基準点として機器設置地点を追加した。

2-2 観測概要

基本的に晴天、1日を通してほぼ同じ風向が観測されると予想される日を観測日とした。観測は2日間に分けて行い、1回目の実測(以降実測日A)では海風遡上の範囲の調査を目的に、2回目の実測(以降実測日B)では海風の存在の確認を目的に行った。表1に観測期間を、表2に観測項目と観測方法を示した。実測日Aにおいて全観測点において、おおよそ18:00

から降水が観測され、実測日Bにおいて観測点①, ②において9:00~10:00の間に降水が観測された。



図1 観測対象地域及び周辺部の土地利用

観測点No	⑤	④	③	②	①
橋の名称	宮前橋	大平橋	一本橋	柳橋	北糞谷橋
河口からの距離	8000m	4650m	3900m	2700m	1700m
各観測点(橋)の拡大図					

図2 観測点拡大図

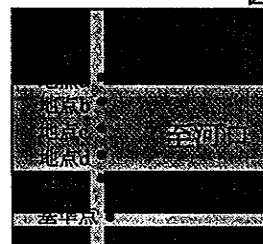


図3 観測機器設置地点概要

表1 観測期間

	実測日A	実測日B
観測日	2004.9.9	2004.9.18
観測開始時間	7:00~19:00	7:00~19:00
上空風(アメダス)		

表2 観測概要

観測項目	観測機器	観測間隔	記録方法
温湿度	ロガー内蔵温湿度計TR-72U (TANDD)	2分	自動記録
風向	風向計(自作)	10分	目視により記録
風速	SAT540超音波風向風速風速計 (KAIJO)	2秒	自動記録
水面温度	放射温度計 カスタム(CT2000D)	10分	目視により記録

3. 結果及び考察

3-1 観測点①における海風遡上の確認

実測日 B の観測結果について述べる。

実測日 B の河口から 1700m の観測点 (観測点①) の地点 c での 10 分毎の絶対湿度の変化と 10 分毎の気温の変化を図 4 に示す。多くの時間において、絶対湿度の低下にともなう気温の上昇、絶対湿度の上昇にともなう気温の低下といった相関関係が確認できる。海風の湿度が高いことを考慮すると、この相関関係は冷涼、高湿な海風の遡上による影響を受けたものだと考えられる。

次に実測日 B の河口から 1700m の観測点 (観測点①) における、基準点と地点 b、地点 d との温度差の 10 分毎の変化を図 6 に示す。図 6 より風上の地点 d よりも風下の地点 b のほうが基準点との温度差が大きくなっている、つまり大きく冷却されていることが確認できる。原因としては図 5 のように河川を遡上してきた海風が卓越風による影響を受けて風下側に流され、冷涼な海風のもつ冷却効果が風下側の観測地点周辺の気温に影響を与えたものだと考えられる。

以上の二点より河口から 1700m の観測点 (観測点①) までは海風の遡上が起こっている可能性が高いと考えられる。

3-2 河口からの距離と温湿度の関係

実測日 A の観測結果について述べる。橋の中心 (地点 c) での河口からの距離と気温の関係を図 7 に示す。この図より、河口から 2700m の観測点 (観測点②) と河口から 3900m の観測点 (観測点③) 間で大きな温度の変化が見られた。また、実測日 A に於いて都内の各アメダス観測地点で東北東の風が観測期間を通して観測された (表 1) ことから、観測点の中で唯一河川が南北に走る観測点③周辺では河川方向とほぼ垂直な東北東の風の影響を受けた可能性が考えられる。そのため、地点 c の気温に海風遡上を与える影響が弱まった可能性がある。以上を考慮して考察を行うと、気温の観測点からは少なくとも 2700m ~ 3900m まで海風が遡上している可能性が考えられる。次に橋の中心 (地点 c) での河口からの距離と絶対湿度の関係を図 8 に示す。この図より河口から 3900m の観測点 (観測点③) と河口から 4650m の観測点 (観測点④) 間で大きな絶対湿度の変化が見られた絶対湿度の観測点からは河口から 3900m ~ 4650m まで海風が遡上している可能性が考えられる。

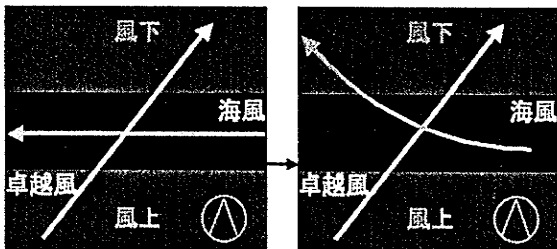


図5 上空風と河川を遡上する海風の流れ

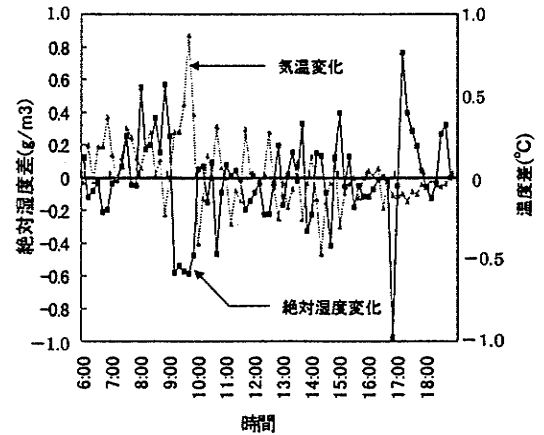


図4 絶対湿度変化と温度変化の関係(観測点①)

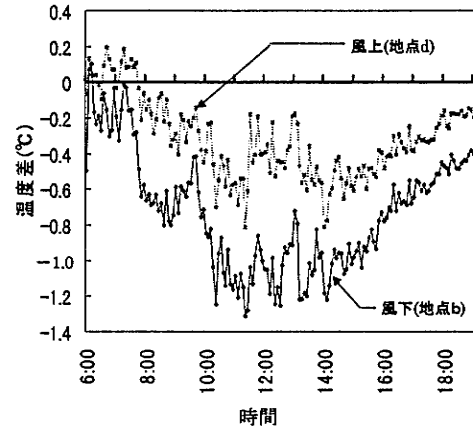


図6 基準点と各地点の温度差(観測点①)

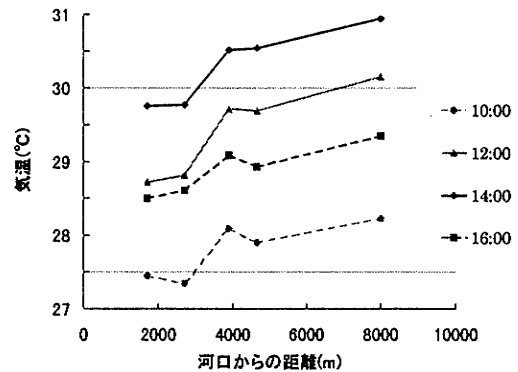


図7 河口からの距離と温度の関係

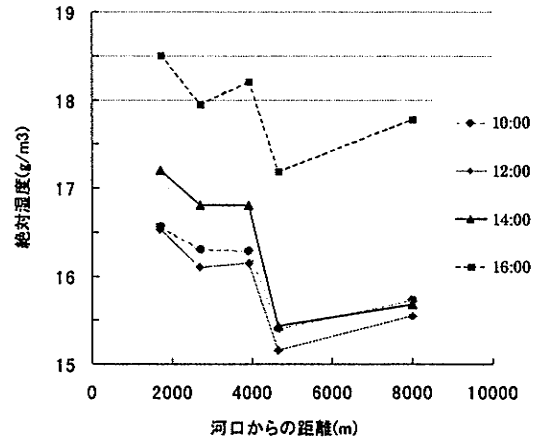


図8 河口からの距離と絶対湿度の関係

3-3 河口からの距離と風向の関係

風向と河川の方向の関係を図9に示す。(実測日A)

河口から1700 mの観測点(観測点②)と河口から2700 mの観測点(観測点③)ではほぼ観測時間中を通して河川方向と同様の風が常に確認できた。

河口から3900 mの観測点(観測点③)では、河川の流れ方向と同じ南方向の風が多く観測されていることが分かる。また、東よりの風が多く観測されていることについては観測日において各アメダス観測地点で観測期間を通して観測された東北東の影響によるものだと考えられる。比較的大きい割合が観測された北西方向の風は、気温が上昇する前の7:00～10:00においてほぼ常に観測されたものであり、この時間においては河川方向と同様の風は観測されなかった。(この時間においてはアメダス観測地点で北東の風が最多風向となっている)ことからこの時間帯において海風遡上によると考えられる風向は確認できない。

河口から4650 mの観測点(観測点④)では河川方向と同様の風は観測されず、各アメダス観測地点で観測期間を通して観測された東北東の影響によるものだと考えられる風が観測された。

河口から8000 mの観測点(観測点⑤)では河川方向の風が多く確認されているが、河川方向の風がある時間に連続的に観測されたわけではなく、断続的に観測されたことから、この風は河川の流れ方向と同様であるが海風の遡上によるものではないと考えられる。

以上より、7:00～10:00においては河口から2700 mの観測点(観測点②)と河口から3900 mの観測点(観測点③)の間まで海風の遡上が起こっている可能性があることが分かった。また、10:00から観測が終了する18:00までの時間においては河口から3900 mの観測点(観測点③)と河口から4650 mの観測点(観測点④)の間まで海風の遡上が観測できる規模で起こっている可能性の高いことが分かった。

次に、観測点②、③間と観測点③、④間ではほぼ同様に河川の進路方向が変化しているのに対し、同様に河川方向に対する風は観測されていない。そこで図9の風配図に河川周辺の階高別建物分布を重ねた図を図10に示す。図10を見ると河口から2700 mの観測点(観測点②)の西側に6, 7, 8層以上の建物が多く存在するのに対し、河口から3900 mの観測点(観測点③)の北東側はほとんどが1, 2層建物となっていることが確認できる。その影響として、図10で楕円で囲った地区の建物がついたての様な働きをして、河川に沿った海風遡上を助ける働きをした可能性が考えられる。

3-4 建物の海風に与える影響の解析

そこで、海風遡上に影響を与えていると考えられる地区の高さを低くしたモデルを仮想モデルとして解析を行い、実状モデルの解析結果と比較する。風環境を解析するにあたり熱流体解析ソフトのCFDを用いて、

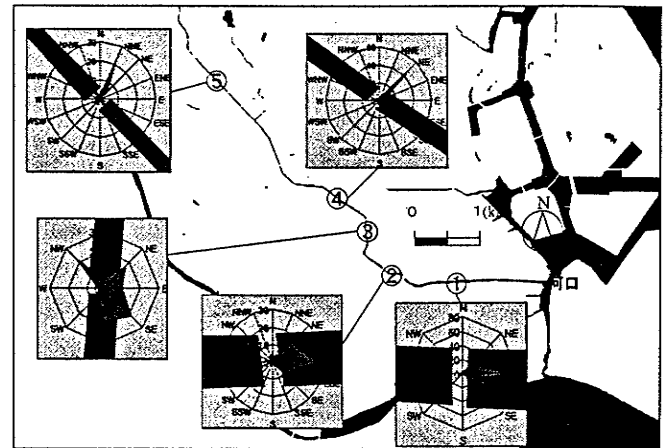


図9 風向、河川の方向の関係

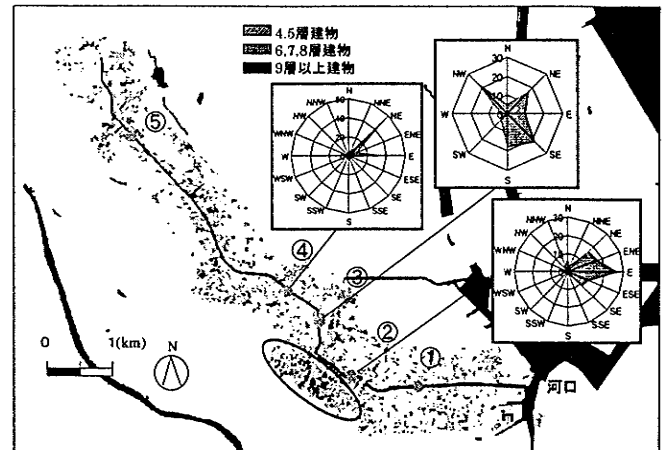


図10 河川周辺部の階高分布と風向の関係

熱収支は計算せずに解析を行った。図11に解析領域を示す。解析領域は海風遡上に最も影響を与えていると考えられる領域を選択した。建物形状は、街区データの建蔽率、容積率から簡略モデル化した。図11の斜線部の地区において実状モデルでは高さ22mのところを仮想モデルでは高さ7mに設定し解析を行った。これまでの結果より、解析領域内の最も河口寄りの地点では海風の遡上が起こっているものとして、流入条件を河川幅と同様の幅、高さ30mとして、河川方向に与えた。解析に於ける物体のデータを表4に、その他の解析条件を表5に示す。また、地上1.5 mでの流速の大きさをベクトルで表示した図を図12に示す。

2つのモデルの解析結果を比較すると、実状モデルのほうが河川の進路変化後の図12中で四角で囲った区域において仮想モデルよりもより大きな風速が確認できる。また、進路変化前の地点においては仮想モデルのほうが風速が大きくなっていることが確認できる。実状モデルの解析結果を見ると、河川の進路変化の際に風速を増していることが確認できる。また、仮想モデルの解析結果を見ると、河川の進路変化前に確認できた風速2m/s以上の風は河川の進路変更後には微弱になり、逆流している箇所も確認できる。

以上の解析結果より、河川の進路変化の際に、変化前の進路の南西側にある高さの高い(解析において

は22m) 建物は河川に於ける海風の遡上を助長する影響を与えることが分かった。その原因を簡潔に考察すると、比較的高い位置を遡上してきた海風が高い建物にぶつかった際、上方向と下方向に分流し、下方向に分流した風が低い位置を遡上してきた海風の遡上を助ける働きをしたことが考えられる。また、仮想モデルにおいてこの下に分流する風が少ないため、河川の進路変更前の風が影響を受けず、実状モデルよりも風速が大きくなったと考えられる。

4. 考察

以上より、呑川において海風は気温の観点からは河口から2700～3900m、絶対湿度、風向の観点からは河口から3900m～4650mまで遡上している可能性が考えられる。温度と絶対湿度それぞれの観点によって遡上距離が違うことに関しては、観測点の決定の際に土地利用は出来るだけ考慮したが、やはり観測点③の周辺部の土地利用の影響が考えられる。ここで、観測点③周辺部の特徴的な土地利用として、狭い公園と駐車場があり、双方とも温湿度に影響を与えている可能性がある。風向の実測結果も考慮すると、海風の河川遡上の影響は河口から3900m～4650mまで及んでいる可能性が高いと考えられる。

5. 結論と展望

5-1 結論

温湿度、風向の実測結果より、河川がほぼ直線状に伸びている2700mまでは海風の遡上は河川に沿って起こっていることが明確に確認できた。また、気温、湿度、風向の総合的な観点から見ると、海風は河川の方が曲がった後も遡上し、河口から3900～4650mまで遡上していると考えられる。その原因としては、河川の進路の変化に沿って並ぶ6層以上の高い建物が、海風の河川遡上を助けるような働きをしていると推測できる。

5-2 今後の展望

河口から2700～4500m間において観測点間の距離を短く設定した観測、河口からの距離別に風速の観測、河川上部で鉛直方向高さごとの観測。以上の実測を行うことで海風遡上の規模の詳細をより明確にする。同時に海風遡上による周辺部への冷却効果の詳細を明らかにすることで河川によるヒートアイランド緩和の可能性を調査する。

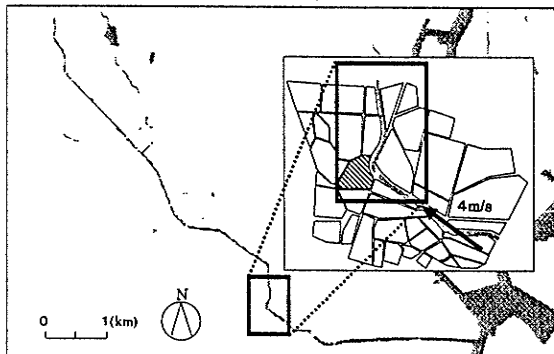


図11 解析領域

表4 物体データ

物体	鉛直方向位置 (mm)	高さ(mm)
1, 2層建物	6,000	7,000
3, 4, 5層建物	6,000	13,000
6, 7, 8層建物	6,000	22,000
9層以上建物	6,000	31,000
水面	0	1,000
地面	0	6,000
風流入パネル	1,000	30,000

表5 解析条件

解析範囲(m)	範囲(X,Y,Z)方向	(646, 870, 40)
流れ場	乱流	
解析モデル	標準k-εモデル	
定常/非定常解析	定常解析	
条件設定	風流入パネル Xmin面 Ymax面	流速境界 自然流出境界 自然流出境界
流速境界 (m/s)	流速(X,Y,Z成分)	(2.9, 2.9, 0)
属性	建物 地面 水面	障害物 障害物 流体
メッシュ	メッシュ数 (X,Y,Z方向) X,Y方向等比率 Z方向等比率 メッシュ限度幅(X,Y,Z)	452万(588, 700, 11) 自動 1.47 (1000, 1000, 1000)

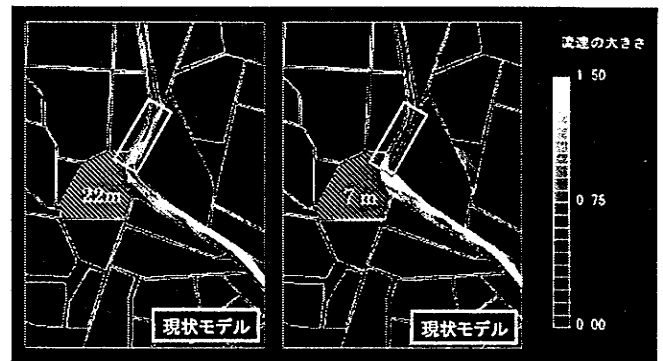


図12 解析結果(地上1.5m 垂直断面)

参考文献:

- 1) 村川三郎、関根毅、成田健一、西名大作: 都市内河川が周辺の暑熱環境に及ぼす効果に関する研究、日本建築学会計画系論報告書、第393号、pp. 25-34, 1988. 11
 - 2) 村川三郎、関根毅、成田健一、西名大作、千田勝也: 都市内河川が周辺の暑熱環境に及ぼす効果に関する研究(続報)水平及び鉛直的影響範囲の検討、日本建築学会計画系論文報告書415号、pp. 9-19, 1990. 9
 - 3) 橋本剛、堀越哲美: 海風の運河遡上による都市暑熱環境の緩和効果、日本建築学会計画系論報告書、第545号、pp. 65-70, 2001. 7
 - 4) 近藤純正: 水環境の気象学—地表面の水収支、熱収支—朝倉書店
- 注: 各建物、土地利用等のデータは東京都のGISデータを使用した

- *1 早稲田大学工学部建築学科
- *2 早稲田大学工学総合研究センター研修生
- *3 早稲田大学大学院修士課程
- *4 早稲田大学工学部助手・工務
- *5 早稲田大学工学総合研究センター教授・工博
- *6 早稲田大学教授・工博