

海風の運河遡上による都市暑熱環境の緩和効果

—名古屋市の堀川及び新堀川における事例—

THE COOLING EFFECT OF GOING-UP SEA BREEZE ON THE URBAN THERMAL ENVIRONMENT

—The case of Horikawa canal and Shin-Horikawa canal in Nagoya—

橋本 剛*1, 船橋恭子*2, 堀越哲美*3

Tsuyoshi HASHIMOTO, Kyoko FUNAHASHI and Tetsumi HORIKOSHI

The objective of this paper is to clarify the cooling effect of going-up sea breeze along the canal on thermal environment in the center of the city. Field observations of air temperature, humidity, wind direction and velocity were conducted in summer, 1994 and 1995 in Nagoya. These climatic conditions were measured at stationary points (the mouse of the canal and the center of the city), and moving observations points along the canal by car, around the canal on foot, and at the center of the city on foot. The sea breeze went up Horikawa canal up to 9~11km in daytime in the maximum. In that case, the stronger the sea breeze blow, the lower the air temperature in the center of the city was. In case of the sea breeze went up not so far, the cooling effect of sea breeze appeared only around the mouse of the canal. The wind velocity on the canal as a whole were stronger than that in the street. In the center of the city, cooling spots appeared in the boulevard and the small park. As a result, two canals in Nagoya can act as "Wind trail" which introduces cooling air to urban hot climate.

Keywords : canal, sea breeze, urban climate, air temperature, wind velocity, summer
運河, 海風, 都市気候, 気温, 風速, 夏季

1.はじめに

都市内河川には、水面としての冷却効果があるとともに、連続したオープン空間である「風の道」としても、都市の熱環境を緩和する効果があるといわれている。都市内河川や都市内河川に吹く海風が周辺熱環境に及ぼす影響に関する研究としては、村川ら^{1) 2)}による広島市における研究、片山ら³⁾による福岡市における研究、福岡ら⁴⁾による広島市、三次市、東広島市における研究がある。また、実験的研究としては成田⁵⁾によるものがある。村川ら^{1) 2)}や福岡ら⁴⁾は都市内河川周辺の熱環境観測の結果を報告しているが、河口付近や河口から河川軸に沿った観測は行っていない。河川を遡上する海風に関する検討としては、片山ら³⁾が観測を行っている。しかしながら、これらの報告は川幅の広い自然の河川に関するものであり、人工的に造られ川幅が比較的狭い運河に関する観測調査は見当たらない。また、本研究で対象とするような、運河に連続する広幅員街路に遡上する海風が都心部の熱環境に及ぼす影響についての報告は見当たらない。

名古屋市中心部には自然の河川が存在せず、3本の運河が流れているのみである。また、名古屋

市における海陸風に関しては大和田⁶⁾の研究があるが、都市内運河を遡上する海風に関するものはない。そこで本研究は、名古屋市中心部を流れる運河である堀川及び新堀川を調査対象運河とした。堀川は、延長16.2km、流域面積52.5km²をもつ運河であり、河口から13.6km上流付近までが潮位の影響を受ける感潮区間⁷⁾となっている。川幅は白鳥橋付近において約47m、中流から上流にかけて市街地中心部では約17~20mである。新堀川は名古屋

表1 観測日時及び観測概要

観測日		観測定点	定点観測開始時刻	定点観測終了時刻	移動観測開始時刻	観測対象	
1994年	夏季晴天日	7月27日	1, 21	5:00	翌日2:30	5:00, 11:00, 13:00, 15:00, 21:00, 23:00, 翌日1:00	新堀川*
		8月10・11・12日	1, 10, 21	11:00	翌日2:30	11:00, 13:00, 15:00, 21:00, 23:00, 翌日1:00	堀川* 新堀川*
		9月26日	4	13:00	15:00	13:00	堀川*
	夏季曇天日	9月22日	4	13:00	15:00	13:00	堀川*
1995年	梅雨期曇天日	7月14日	1, 21	5:00	翌日2:30	5:00, 11:00, 13:00, 15:00, 21:00, 23:00, 翌日1:00	新堀川* 新堀川周辺(D, E)
		7月20日	1, 21	5:00	翌日0:30	5:00, 11:00, 13:00, 15:00, 21:00, 23:00	都心部(C)
	夏季晴天日	7月27日	1, 21	5:00	17:00	5:00, 11:00, 13:00, 15:00, 21:00, 23:00, 翌日1:00	新堀川* 新堀川周辺(D, E)
		8月5日	1, 21	11:00	17:00	11:00, 13:00, 15:00	都心部(C)
		7月29日	1, 21	11:00	17:00	11:00, 13:00, 15:00	都心部(C)
		8月4日	1, 21	11:00	17:00	11:00, 13:00, 15:00	都心部(C)
		8月9日	A5	11:00	16:30	11:30, 13:00, 15:00	堀川周辺(A, B)
8月11日	A5	5:00	翌日5:00	11:00, 13:00, 15:00	堀川周辺(A, B)		
8月14日	A5	5:00	翌日5:00	11:00, 13:00, 15:00, 21:00, 23:00, 翌日1:00	堀川周辺(A, B)		

注) *については河川沿いの観測を行った。A~Eは図2参照。

*1 名古屋工業大学大学院都市循環システム工学専攻
大学院生・修士(工学)

*2 オフィスフナハシ

*3 名古屋工業大学 副学長, 教授・工博

Atelier H, M. Eng.

Office Funahashi

Vice-President & Prof., Nagoya Institute of Technology, Dr. Eng.

のほぼ中央から南へ流下して堀川に合流し、その延長は5.7km、川幅は約22~60mである。このように堀川及び新堀川は、既往の研究^{1)~4)}が調査対象としている自然の河川と比較すると川幅の狭い運河である。本研究は、川幅が比較的狭い都市内運河の「風の道」としての働きと、それらを遡上する海風が周辺市街地や都

心部の熱環境に及ぼす影響を明らかにしようとするものである。

2. 観測計画

観測日時及び観測概要を表1に示す。観測対象地域及び観測点を図1に示す。運河に隣接する市街地における観測ルート及び観

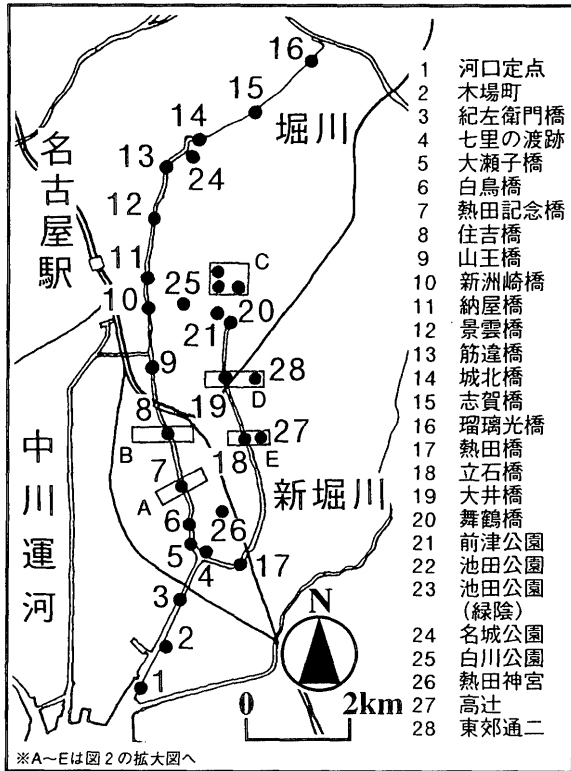


図1 名古屋市堀川・新堀川沿いの観測対象地域及び観測点



図3 河口定点における風向風速の経時変化

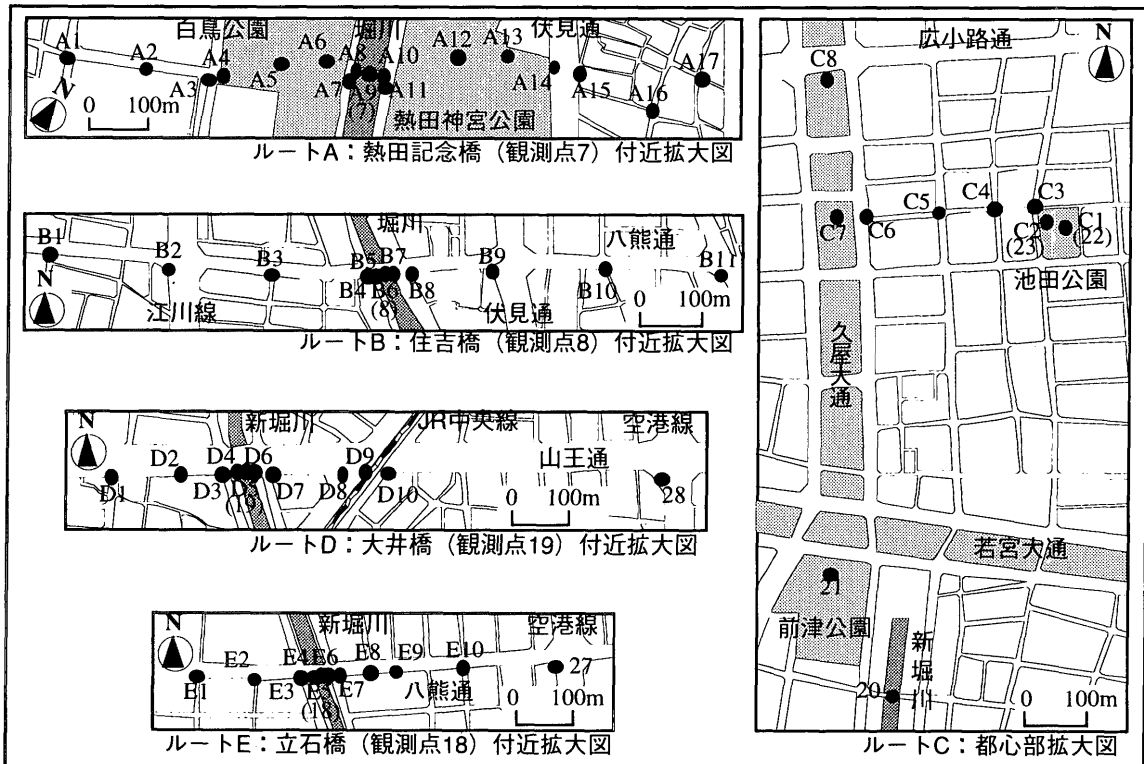


図2 運河に隣接する市街地における観測ルート及び観測点 (拡大図)

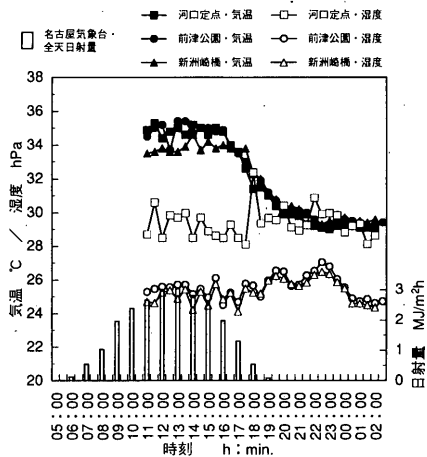


図4 定点観測結果 (1994年8月12日)

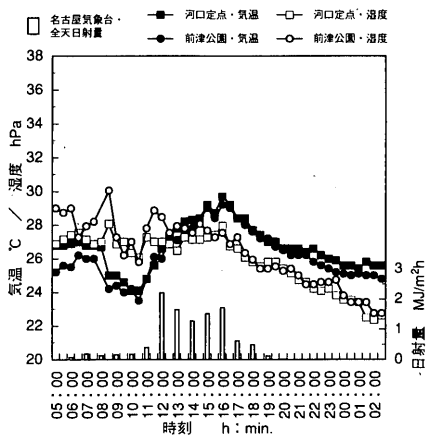


図5 定点観測結果 (1995年7月14日)

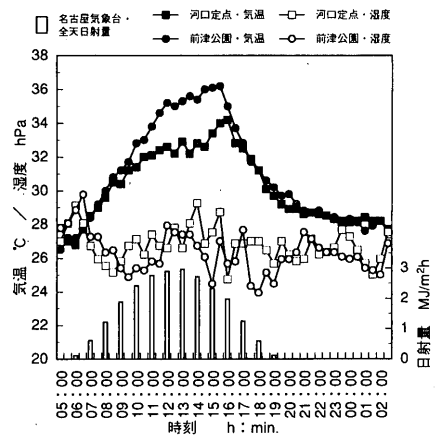


図6 定点観測結果 (1995年7月27日)

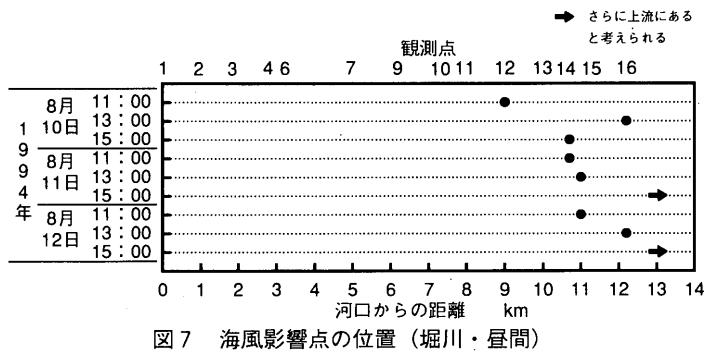


図7 海風影響点の位置 (堀川・昼間)

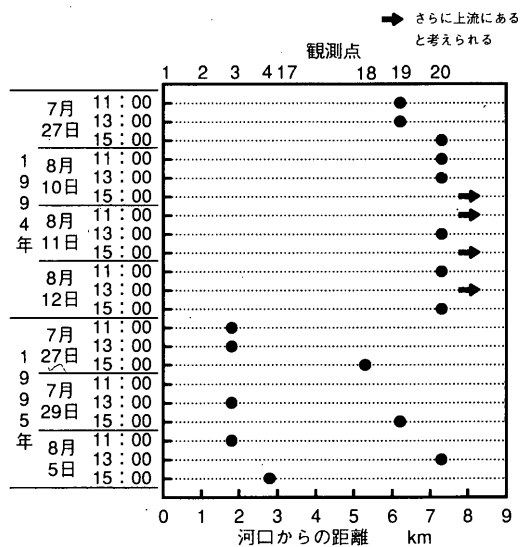


図8 海風影響点の位置 (新堀川・昼間)

測点を図2に示す。1994年には、堀川及び新堀川の upstream から downstream までの河川沿い(観測点1~20)を観測対象とし、海風が特に発達すると考えられる夏季の晴天日を中心に観測を行った。両運河の近くに存在する規模の異なる緑地(前津公園(観測点21)、名城公園(観測点24)、白川公園(観測点25)、熱田神宮(観測点26))においても同時に観測を行った。1995年には、新堀川の河川沿い(観測点1~4及び17~20)、新堀川周辺市街地(ルートD及びE)、新堀川と連続するオープン空間である久屋大通とこれに隣接する市街地中心部の栄四丁目付近(前津公園(観測点21)及びルートC)を観測対象とし、夏季の晴天日及び梅雨期の曇天日に観測を行った。新堀川上の観測点と河口からの距離がほぼ等しい主要街路の交差点(高辻(観測点27)及び東郊通二丁目(観測点28))と、都市内の大規模緑地である熱田神宮(観測点26)においても同時に観測を行った。さらに、堀川周辺市街地(ルートA及びB)においても観測を行った。観測時刻は、基本的には、最低気温出現時と考えられる早朝の5:00、最高気温出現時を中心とした海風が最も発達すると考えられる昼間の11:00、13:00、15:00、海風が弱まり陸風に変わると考えられる夜間の21:00、23:00、翌日1:00とし、日中のみの観測の場合も設けた。観測は定点における常時観測と自動車及び徒歩による移動観測を行った。1994年7月27日、1995年の7月14・20・27・29日、8月4・5日には、河口定点(観測点1)、前津公園(観測点21)を定点とした。1994年8月10~12日には、河口定点(観測点1)、新洲崎橋(観測点10)、前津公園(観測点21)を定点とした。1994年9月22・26日には、七里の渡跡(観測点4)を定点とした。1995年8月9・11・14日には、白鳥公園(観測点A5)を定点とした。定点観

測は、移動観測時には5分間隔で、それ以外の時間帯には毎時0分と30分に観測を行った。観測項目は、アスマン通風乾湿計及びデジタル式温湿度計を用いて気温及び湿度を、ピラム式風向風速計を用いて風向及び風速を観測した。

3. 結果

3-1. 定点観測結果

1994年及び1995年の7・8月各観測日の河口定点(観測点1)における風向風速の経時変化を図3に示す。1994年の7月27日、8月10~12日、1995年の7月27・29日、8月5日には、河口定点において昼間に海風が発達する様子が観測された。1994年8月12日、1995年7月14・27日の河口定点及び前津公園(観測点21)における気温及び湿度の定点観測結果と名古屋気象台における全日射量の観測結果をそれぞれ図4~図6に示す。1994年8月12日には、河口定点と前津公園における気温の経時変動には明確な差は認められなかった。1995年7月14日には、5:00~9:00及び22:00~翌日2:30において河口定点が前津公園よりも約0.5~1.0℃高温であった。1995年7月27日には、11:00~15:30において河口定点が前津公園よりも約2.0~3.0℃低温であった。

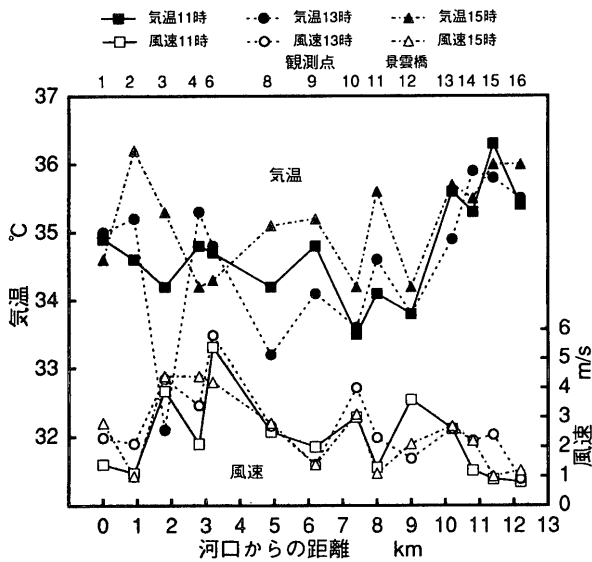


図9 河口からの距離と気温及び風速の関係
(1994年8月12日・昼間・堀川)

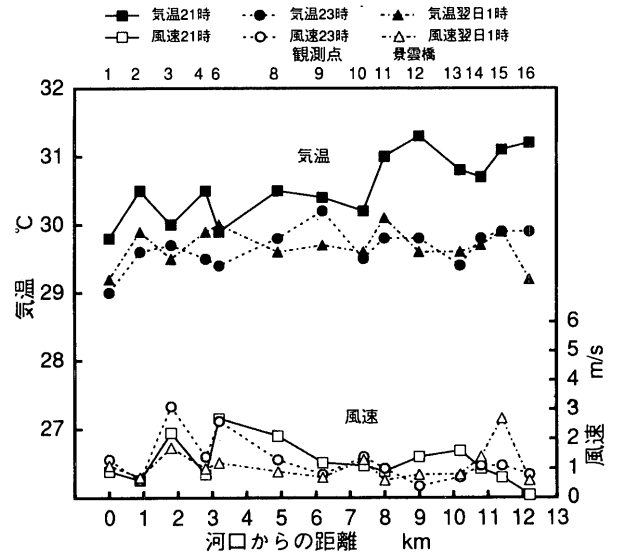


図10 河口からの距離と気温及び風速の関係
(1994年8月12日・夜間・堀川)

3-2. 海風の運河遡上

本研究では、地上1.5m高さ付近の生活域において海風が運河をどのように遡上するかを判定する目安となるような指標を設定した。すなわち、風の観測データにおいて風向が南よりであり、風速が1 m/s未満となる、最も河口に近い運河上の観測点を海風が最も遡上していると考えられる地点とした。これを海風影響点と仮に呼ぶこととする。各観測日の昼間の観測から求めた堀川上での海風影響点（以下「SIP」という。）の位置を図7に示す。1994年の観測における堀川でのSIPは、河口からの距離が9～11km程度の観測点に現れた。各観測日の昼間の観測から求めた新堀川上でのSIPの位置を図8に示す。1994年の観測における新堀川でのSIPは、新堀川上流終点である堀留近くの舞鶴橋（観測点20）に現れた。1995年の観測では、新堀川でのSIPは1994年の観測に比較して河口よりに現れた。

3-3. 河口からの距離と気温及び風速の関係

1994年8月12日昼間の堀川上の観測点における河口からの距離と気温及び風速の関係を図9に示す。景雲橋（観測点12）より上流の観測点において、河口からの距離が遠くなるほど風速が低下し、気温が上昇する傾向が認められた。1994年8月12日夜間の堀川上の観測点における河口からの距離と気温及び風速の関係を図10に示す。21時には8 km以上上流の観測点において1℃程度気温の高いことを除いて、河口からの距離に関係なく気温はほぼ一定であった。1995年7月27日昼間の新堀川上の観測点における河口からの距離と気温及び風速の関係を図11に示す。河口から新堀川上流端さらに久屋大通まで全体的にみると、河口からの距離が遠くなるほど風速が低下し、気温が上昇する傾向が認められた。1994年9月22・26日13:00の堀川上の観測点における河口からの距離と気温及び風速の関係を図12に示す。曇天日（1994年9月22日）には海風は観測されず、風速は全観測点において1.0m/s以下であった。気温は河口からの距離が約2 kmの紀左衛門橋（観測点3）を除いて、河口からの距離に関係なくほぼ一定であった。

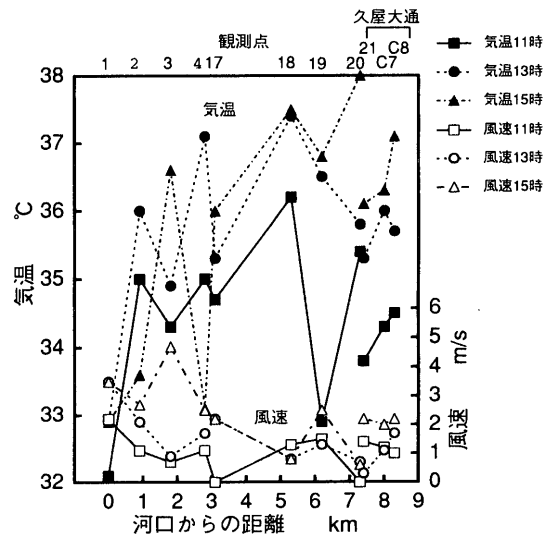


図11 河口からの距離と気温及び風速の関係
(1995年7月27日・昼間・新堀川)

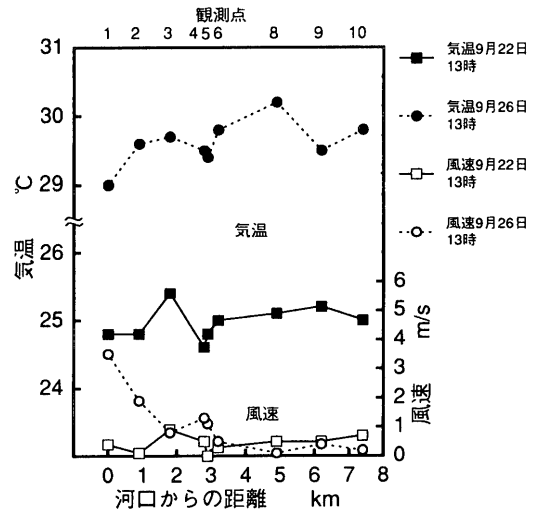


図12 河口からの距離と気温及び風速の関係
(1994年9月22, 26日・13:00・堀川)

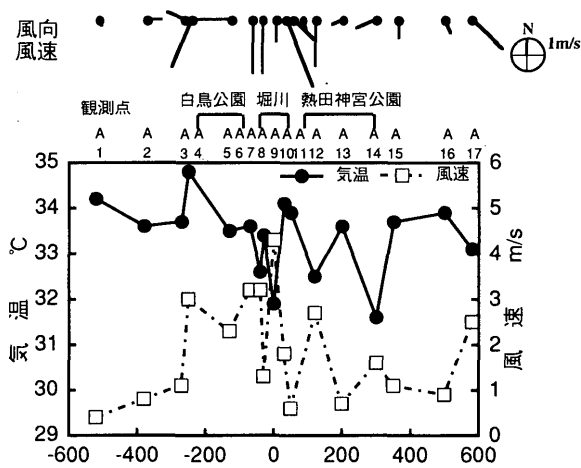


図13 熱田記念橋周辺における断面気温・風向・風速分布 (1995年8月14日・15:00)

1994年9月26日には木場町(観測点2)より下流において風速は1.5m/sを越え、海風と推測される。河口からの距離が3km以上の観測点では風速は1.0m/s以下に低下し、河口からの距離が遠くなるほど気温が緩やかに上昇した。

3-4 運河周辺における気温及び風向風速

1995年8月14日15:00の堀川にかかる熱田記念橋(観測点7)周辺における堀川に対する断面気温・風向・風速分布を図13に示す。熱田記念橋近傍は周辺市街地よりも風速が速かった。熱田記念橋近傍及び熱田神宮公園は周辺市街地よりも気温が低くなっていた。

3-5 都心部における気温及び風向風速

1995年7月27日15:00の都心部(栄四丁目)における断面気温・風向・風速分布を図14に示す。広幅員街路である久屋大通において海風が観測された。久屋大通では風速が強く、久屋大通及び都心部の建物の密集する市街地にある小規模緑地空間である池田公園では気温が相対的に低くなっていた。

4. 考察

4-1 海風の運河遡上による都市暑熱環境の緩和効果の考察

1994年の8月10~12日の昼間の堀川では、上流の観測点において、河口からの距離が遠くなるほど風速が低下し、気温が上昇する傾向が認められた(1994年8月12日昼間・図9)。これは、海風遡上(図7)の影響であり、SIPより下流では上流より低温である海風の遡上で暑熱環境が緩和される効果が現れたものと考えられる。上流では海風が発達していないので、そのことが河口からの距離が遠くなるほど風速が低下することに現れ、気温も低下しない。1994年7月27日、1995年の7月27・29日、8月5日の昼間の新堀川においても、河口からの距離が遠くなるほど風速が低下し、気温が上昇する傾向が認められた(1995年7月27日昼間・図11)。そこで、都心部への影響をみるために、河口定点と、新堀川上流端と久屋大通の結節点に位置し新堀川からの風の影響があると考えられる前津公園定点について、河口定点の風速と両定点間の気温差との関係を考察する。河口定点において海風が観測

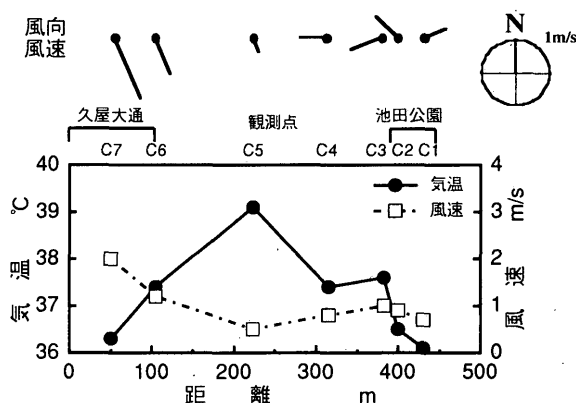


図14 栄四丁目における断面気温・風向・風速分布 (1995年7月27日・15:00)

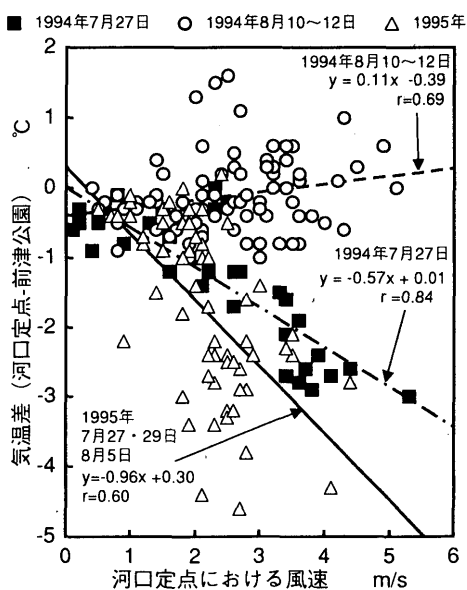


図15 河口定点の風速と、河口定点と前津公園との気温差の関係(海風時)

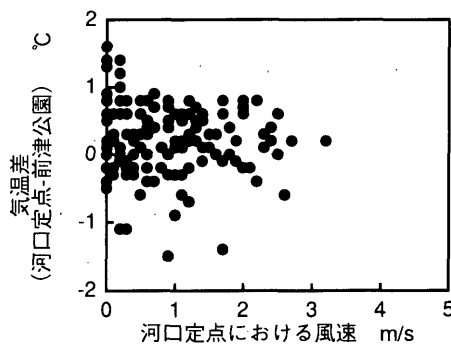


図16 河口定点の風速と、河口定点と前津公園との気温差の関係(非海風時)

された時の、河口定点での風速と、河口定点と前津公園との気温差の関係を図15に示す。1994年7月27日及び1995年夏季には、河口定点での風速が速くなるほど河口定点が前津公園よりも低温になる傾向が認められる。この場合は、海風の遡上が前津公園に達していないため、海風による暑熱環境緩和の効果が前津公園までもたらせられなかったものと考えられる。1994年8月10~12日には、河口定点での風速が速くなっても河口定点と前津公園との気

温差が生じない。これは、図8に示されるように海風が都心部にまで遡上し、海風による暑熱環境緩和の効果が前津公園でも現れたためと考えられる。河口定点において海風が観測されなかった時の、河口定点での風速と、河口定点と前津公園との気温差の関係を図16に示す。河口定点での風速は一部を除き2.5m/s以下で図15の風速に比べ遅く、河口定点と前津公園との気温差はほとんどない。これは、都心部と河口は共に高温で気温差がなく、海風による冷却がないことを示している。以上のことから、海風には相対的に低い気温の空気の移流による効果として、海風が運河を遡上して都市の暑熱環境を緩和する効果があると考えられる。また、図12に示したように、9月下旬（1994年9月26日）の観測日には海風の運河遡上は弱まり、曇天で高気温ではない観測日（1994年9月22日）には海風の運河遡上はみられない。

4-2 運河近傍と周辺市街地の熱環境の考察

運河近傍では周辺市街地よりも風速が速くなる傾向が認められた（熱田記念橋付近1995年8月14日15:00・図13）。そこで、運河にはほぼ直行する街路の観測点である熱田記念橋付近、住吉橋付近、大井橋付近、立石橋付近を対象に、運河近傍と運河周辺市街地（運河からの距離が200m以上）とで比較する。運河近傍における平均風速と運河周辺市街地における平均風速の関係を図17に示す。運河近傍では運河周辺市街地よりも風速が速くなる傾向がある。このことは、運河が市街地において風の通り道となっていることを示していると考えられる。

また、熱田記念橋近傍では周辺市街地よりも気温が低くなる傾向が認められた（1995年8月14日15:00・図13）。熱田記念橋付近における、運河近傍の平均風速と、運河近傍における平均気温と運河周辺市街地における平均気温の差の関係を図18に示す。昼間には、運河近傍において風速が速くなるほど気温が低下する傾向が認められる。熱田記念橋は、古墳等を有する比較的大きな緑地の熱田神宮公園に隣接している。このことから、運河に隣接して緑地が存在することにより、運河近傍において風による冷却効果がより顕著に現れると考えられる。

5. 結論

海風の運河遡上による暑熱環境の緩和効果を把握するとともに、運河を遡上した海風が運河周辺市街地や都心部の熱環境に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、名古屋市の堀川及び新堀川を調査対象運河として、1994年及び1995年の夏季に気温、湿度、風向、風速の観測を行った。その結果、夏季における名古屋市での海風の運河遡上距離を把握した。海風には相対的に冷涼な空気の移流による都市気温の冷却効果があり、海風が運河を遡上することにより都市の暑熱環境を緩和する効果が期待される。川幅が比較的狭い都市内運河でも、市街地における風の通り道としての機能を有していることを示した。都心部の運河に連続した広幅員街路でも風による冷却効果が現れ、海風を都心部に導くことにより、都心部の暑熱環境を改善する効果が期待できる。名古屋市における2つの運河が「風の道」として働き、海風の運河遡上は都市の暑熱環境を緩和する効果をもつことが示されたと考えられる。

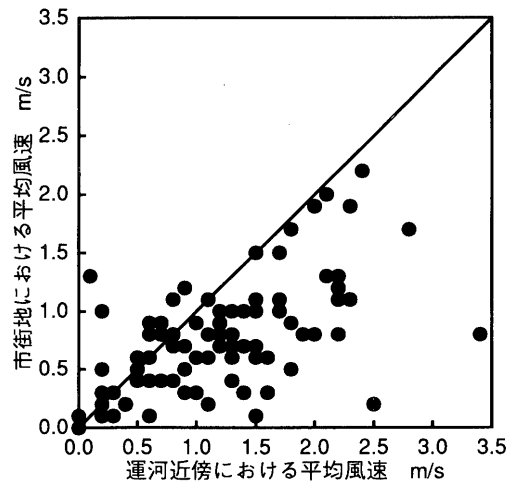


図17 運河近傍における平均風速と運河周辺市街地における平均風速の関係

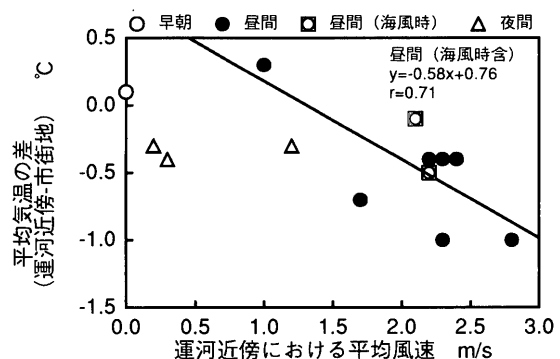


図18 運河近傍における平均風速と、運河近傍における平均気温と運河周辺市街地における平均気温の差の関係

謝辞

本研究を遂行するにあたり、実測に御尽力下さいました当時の名古屋工業大学社会開発工学科堀越研究室卒論生、及び大学院生の方々に感謝の意を表します。なお、本研究のデータ解析にあたり研究費の一部として平成9・10年度財団法人鹿島学術振興財団研究助成を受けたことを付記する。

注) 堀川の基本高水流量は河口付近で670m³/s、中流で230m³/s、上流端で55m³/sである。感潮河川であるため水位については干満の影響が大きい。

【引用文献】

- 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温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文報告集, 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温熱環境に及ぼす効果に関する研究(続報) 水平および鉛直の影響範囲の検討, 日本建築学会論文報告集, 第415号, pp.9-19, 1990.9
- 3) 片山忠久, 石井昭夫, 西田 勝, 林 徹夫, 堤 純一郎, 塩月義隆, 北山広樹, 高山和宏, 大黒雅之: 海岸都市における河川の暑熱緩和効果に関する調査研究, 日本建築学会計画系論文報告集, 第418号, pp.1-9, 1990.12
- 4) 福岡義隆, 高橋日出夫, 開発 一郎: 都市気候環境の創造における水と緑の役割, 日本生気象学会雑誌, 29(2), pp.101-106, 1992
- 5) 成田健一: 都市内河川の微気象の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, 日本建築学会計画系論文報告集, 第442号, pp.27-35, 1992
- 6) 大和田道雄: 伊勢湾岸の大気環境, 名古屋大学出版会, 1994
- 7) 名古屋市緑政土木局堀川総合整備室: 堀川のあらまし, 2000

(2000年6月8日原稿受理, 2001年2月7日採用決定)