

# 河川からの風が都市の熱環境に与える緩和効果

## CITY THERMAL ENVIRONMENT MITIGATION BY WIND FROM THE RIVER

加藤拓磨<sup>1</sup>・小田村康幸<sup>2</sup>・山田正<sup>3</sup>

Takuma KATO, Yasuyuki ODAMURA, Tadashi YAMADA,

<sup>1</sup>正会員 中央大学 理工学部土木工学科(〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)

<sup>2</sup>学生員 中央大学大学院 理工学研究科土木工学専攻(〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)

<sup>3</sup>フェロー会員 工博 中央大学 理工学部土木工学科(〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)

Meteorological observation was carried out to clarify the thermal environment mitigation effect in the areas near the rivers. It is said that the river has a cooling effect near that river. From this observation, the thermal environment mitigation effects were different between the land use and the wind speed and direction. The following results were obtained. 1)The temperature difference between two points in the low-rise residential area is large, in the high-rise residential area is small and the park area is the smallest. 2)The temperature difference in the wind characteristics is small in the row-rise residential area, large in the high-rise residential area and no difference in the park area .

*Key Words : Heat Island, Thermal Environment, Temperature, wind*

### 1. はじめに

ヒートアイランド現象の影響により都市部では熱帯夜、猛暑日を増加させ、熱中症患者や不眠症患者の増加といった人間への影響や空調機器の効率低下による電力需要の増加など都市固有の問題が顕在化している。都市部の大部分が建築物・舗装道路に覆われており、地表面温度が日射により加熱されやすくなっていることや都市での産業・交通などの人間活動により多量の熱が発生していることが主なヒートアイランド現象の原因として考えられている。この人間活動、都市基盤の都市化を原因とするヒートアイランド現象の対策には、人工排熱の低減や屋上緑化の促進、保水性舗装の普及<sup>1), 2)</sup>といった地表面被覆、都市形態の改善など多くの取り組みが行われている。また、「打ち水大作戦」など市民レベルの活動による取り組みが行われている<sup>3), 4), 5)</sup>。成田<sup>6)</sup>らは新宿御苑における微気象観測から緑地の冷気が周辺地域へ流出するにじみ出し効果の存在を明らかにした。神田<sup>7)</sup>らは明治神宮の森とその周辺において微気象観測を行い、森の内部の気温が周辺の街区よりも4 以上低く、神宮の森がクールスポットとなっていることを示し、また神宮の

森から周辺地域へ吹き出す森林風の存在を明らかにした。加藤<sup>8)</sup>らは東京都文京区の小石川後樂園周辺での微気象観測から晴天日の最高気温は公園内が公園外よりも6 低いことを示した。山田<sup>9)</sup>らは埼玉県栗橋において気象観測を行い、市街地中心部の気温と近接する利根川の気温を比較し最高気温で利根川上の気温のほうが2.5 低いことを示した。上記のようにいくつもの森林、河川の熱環境の緩和効果が報告されている。

これらが都市内の冷源として存在しているが風がなければその冷気は周囲ににじみ出られない。三上<sup>10)</sup>によると東京における風の道は一般的に陸地と海洋の温度差で生じるため、日中は海から陸に向かう海風、夜間は陸から海に向かう陸風が卓越する。また公園、水辺などのクールアイランド現象も周辺大気との温度差を引き起こし、風を生み出す。これらは大小の風の道があることで冷源から風下へにじみ出す。そして本研究では冷気が大量に生成され周辺大気を冷やすことが期待される荒川周辺で観測を行った。この観測サイトはスーパー堤防が整備され、その堤防の形状から風が河川から流入しやすい地域であると考えられる。著者らは冷源として存在する河川が周辺の熱環境に与える効果の検証を目的として観測を行った。

## 2. 観測概要

### (1) 観測サイト

図-1に観測対象地域の地図を示す。観測対象地域は東京都江戸川区平井地区、荒川右岸の河口から6kmから8km地点付近の約2km<sup>2</sup>である。この観測対象地域は荒川と旧中川の2つの河川に挟まれた地域であり、下流側は高規格堤防が整備され、堤内地側は公園、高層住宅地(写真-1)となっている。上流側は高規格堤防が未整備の地区であり、また低層住宅地域(写真-2)となっている。

高規格堤防とは計画を上回る洪水による壊滅的な被害を防ぐために作られたものである。その形状は市街地に盛土し堤防幅が堤防の高さの約30倍になっているため、堤防を越流することによる堤防の決壊を防ぐことができる。また高規格堤防は裏法面の勾配が3%以内の緩やかな勾配であることから、水が堤防高を越えても堤内に緩やかに流れ落ちるため被害が小さくなるだけでなく、河川からの風が市街地へ流入しやすい特性を持っており、周辺地域の熱環境が緩和される効果が期待されるため2007年7月12日から9月30日まで観測を行った。

観測機材配置図を図-2に示す。観測項目は温湿度、風向・風速、日射量である。土地利用状況の違いをみるために高規格堤防未整備地域(低層住宅地域)、高規格堤防整備地域(高層住宅地域と公園)の3地域に河川に対して横断方向に1測線ずつ設置し、それぞれ観測測線を低層住宅地域(ラインA)、高層住宅地域(ラインB)、公園(ラインC)とした。また、この観測サイトでは関東地方は日中海陸風の影響により南風が卓越し、河川を遡上する風が公園から市街地に入り込み熱環境を緩和する効果が期待されるため、河川に対して平行方向で3地域を横断する片側3車線の自動車道路を観測ラインDとした。それぞれのラインに数個の温度計と1台の風速計を設置した。観測機材配置の目的は荒川からの涼やかな空気を運ぶ風が土地利用の異なる3地域の熱環境にどの程度の効果をもたらすか明らかにするために河川に対して直交方向と平行方向に配置を行い、計27地点で地上から2.5mの高さで気象因子の計測を行った。

本論文では、高規格堤防未整備地域、整備地域(公園)、整備地域(高層住宅)の観測データから風向・風速の違いにより大気冷却効果がどのような影響をあたえるかについて述べる。

### (2) 解析対象日の選定

解析対象日の選定の一例として図-3に解析対象除外日、図-4に解析対象日とした日の日射量と気温の時系列を示す。図-3、4で示した日は両日ともに全天日射量が本観測を行った7月と8月の平均値より高く、かつ真夏日である。図-3をみると日射量が記録される5時付近から気温が上昇し始めるが7時半くらいから日射量が減少し気温



図-1 観測対象地域



写真-1 高規格堤防整備地域(南から北に向かって撮影)



写真-2 高規格堤防未整備地域(南から北に向かって撮影)

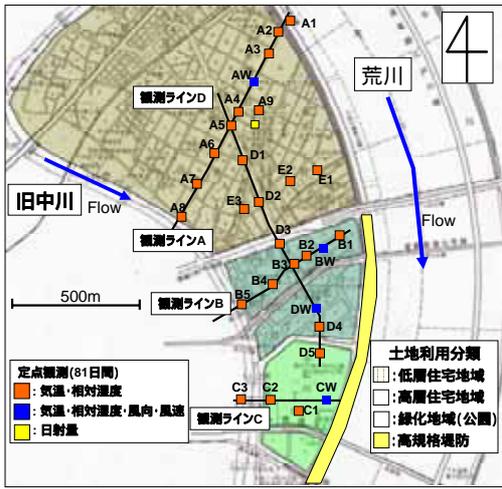


図-2 観測機材配置図

の変動が一定になる．その後，8時半から最高気温を示す14時くらいまでは徐々に気温が増加しているが，日射量の増減に伴い気温も激しく変動をしている．このことから，このような日は気温の変動が雲により日射を遮られたためなのか熱源・冷源からの大気移流によるものなのか判断不可になる．それに対して図-4では一日を通して日射量が安定して気温も日射量の増加に伴い上昇し，日射量の減少に伴い下がっている．そのため，このような日は気温を変動させる要因の一つである日射量を統一できると判断し，観測期間中で図-4に示した日と同様な日射量と気温の変動を示す6日間を解析対象日とした．

### (3) 解析データの選定

3章の観測結果で示す観測結果に使用したデータは日最高気温を記録した前後30分で計1時間の5分間ごとのデータである．図-4で夜間の全観測地点間の気温差は2以内であるのに対して14時付近は約4である．また最高気温を記録した時間の前後30分は全観測地点の気温が1以内なので，市街地内で気温が低い場所が冷源からの大気移流による熱環境緩和効果であるかどうか判断しやすいとして，その時間のデータを解析に使用した．

### (4) 解析方法

各観測ラインにおいて荒川に一番近い観測点が荒川からの冷涼な空気の効果を最も受けている観測点であると仮定し，その各観測点を基準点として各ライン上の観測点との気温差が風向・風速によりどのような効果を受けるか検討した．各ラインの基準点はそれぞれ，ラインAは河川敷上のA1，ラインB・C・Dは観測機材許可の問題で河川敷に機材を設置できなかったため基準点をB1，CW，D5とした．また，荒川からの風を捕らえるために風向風速計を荒川寄りに設置した．そのため旧中川寄りの観測ポイントにおける風の参照値はないが，ライン上には計測した風が吹いていると仮定し旧中川よりの観測点付近の風も同じ指標とみなした．

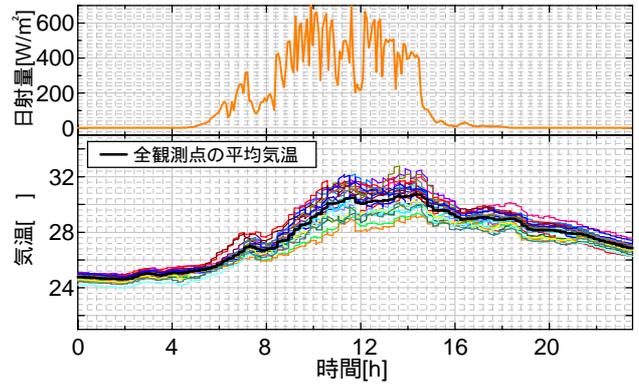


図-3 解析対象除外日の気温と日射量の時系列

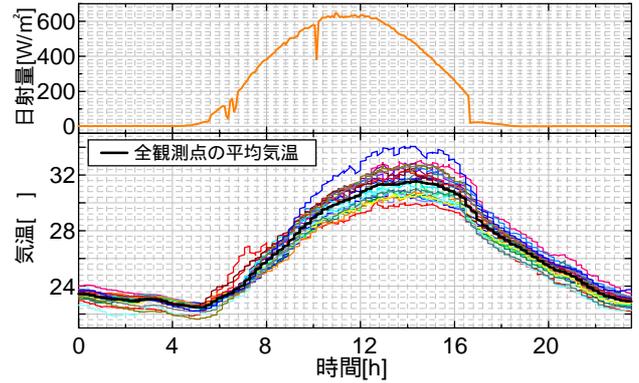


図-4 解析対象日の気温と日射量の時系列

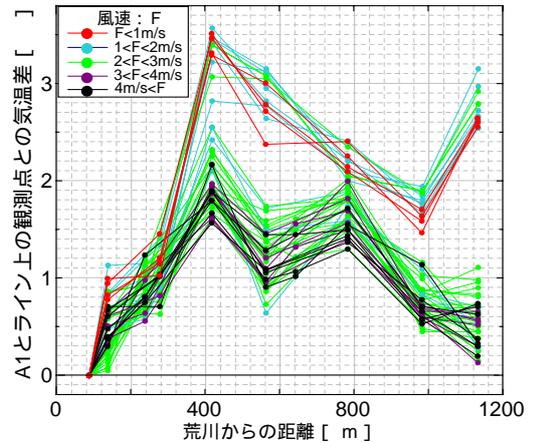


図-5 A1とライン上の気温差と風速の関係

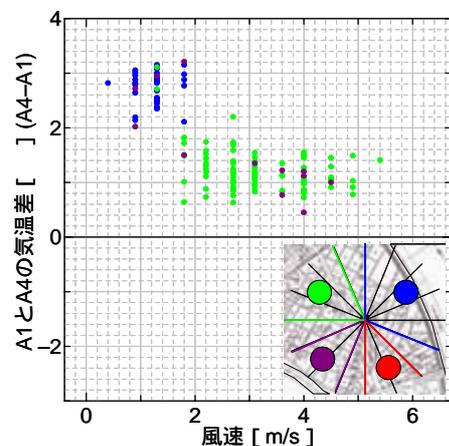


図-6 A1とA4の気温差と風向・風速の関係

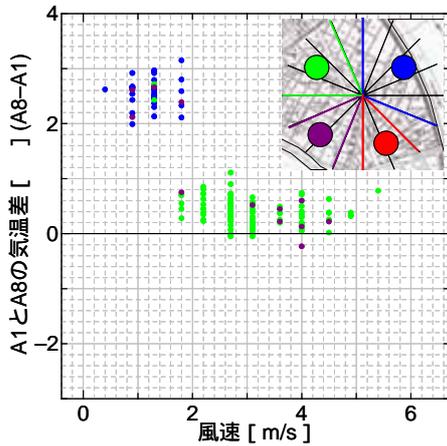


図-7 A1とA8の気温差と風向・風速の関係

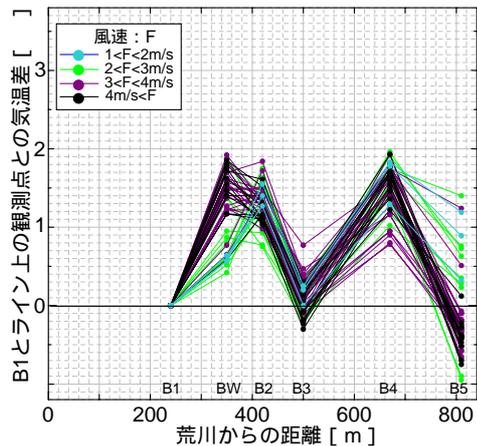


図-8 B1とライン上の気温差と風速の関係

### 3. 観測結果

#### (1) 低層住宅地域内における気温と風向・風速の関係

図-5に観測点A1とラインA上の観測点の気温差と風速の関係を示す。風速が1m/s以下の時はA1との気温差が最大で2.8 あるのに対して、風速が3m/s以上になると気温差とが2.2 以下になる。またA1とA8の気温差をみると風速が3m/s以上のときは気温差が常に0.7 以下であるが、風速が1 m/sから3m/sのときは気温差が1.1 以下の時と2.5 から3.2 になり、風速が1m/s以下のときは気温差が2.5 以上になる。これより風速が強くなると風の移流が大きくなるので周囲との気温差が小さくなると考えられる。

次に風速の強弱により気温差が大きくなるA4とA8とA1の気温差と風向・風速の関係を図-6と図-7に示す。風向・風速別によるA1とA4, A1とA8の気温差の変化をみると、荒川からの風である青で示した北から時計回りに南東方向の範囲にある風が吹いているときはA1がA4, A8より2 以上気温が低い。また市街地方向からの風である緑で示した北北東から反時計回りに西方向の範囲にある風が吹いているときは風速の強弱に関わらずA1とA4の気温差は0.8 から1.8 であり、A1とA8の気温差は1.2 以内である。

これらのことから冷源以外の方向からの風が吹いているときはA1とA4, A8の気温差はある気温の変動幅に収まることがわかった。また荒川からの風が吹いているときは冷気が観測ライン上に入り込み荒川に近い観測点ほど気温が低くなっていると考えられるがA1とA4, A8の気温差が変わらなかったことからA4以降荒川から離れた観測点では荒川からの冷気効果は弱いと考えられる。

#### (2) 高層住宅地域内における気温と風向・風速の関係

図-8に観測点B1とラインB上の観測点の気温差と風速の関係を示す。風速が3m/s以上のときはB1とBWの気温差が1.2 以上でB5との気温差は小さくなる傾向があるのに対し、風速が3m/s未満のときはB1とBWの気温差は0.9 以下でB1の気温のほうがB5の気温より高くなる傾向がある。また風速によらずB1とB3の気温差は0.7 以

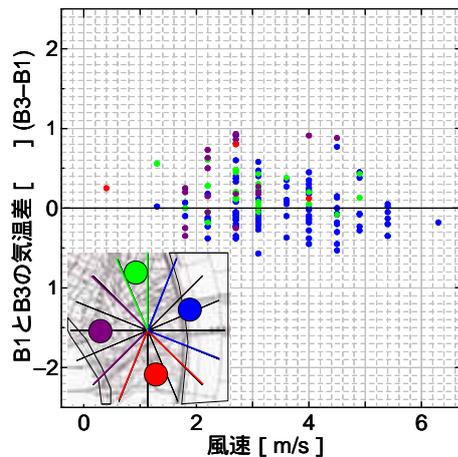


図-9 B1とB3の気温差と風向・風速の関係

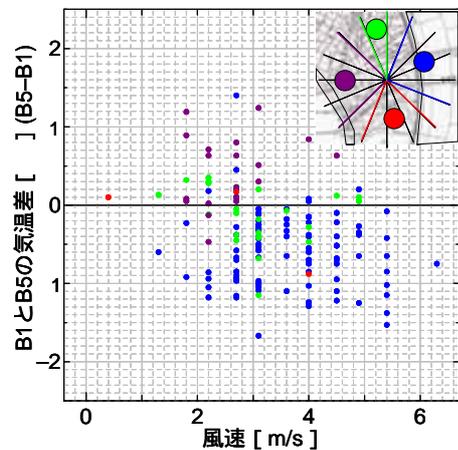


図-10 B1とB5の気温差と風向・風速の関係

内でありB1よりB3の気温が低くなる時がある。

ラインBはB1と観測ライン上の気温差が2 以内であるのに対してラインAはA1とライン上の気温差が3 以内であることから高層住宅地域は風の道があると考えられる。また低層住宅地域(ラインA)と同様に荒川に一番近い観測点と旧中川に一番近い観測点の気温差が小さいことから旧中川も荒川と同じく冷源となっていると考えられる。

次に基準点より気温が低くなる時があるB3と旧中川に近いB5の観測地点とB1の気温差と風向・風速の関

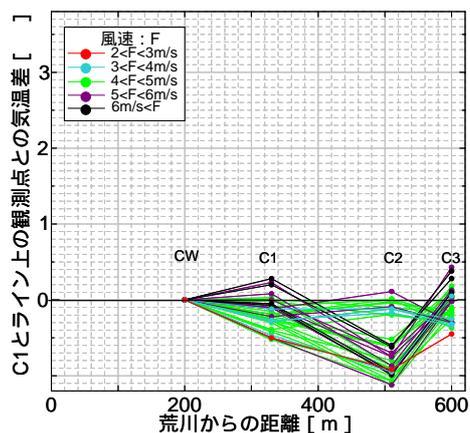


図-11 C1とライン上の気温差と風速の関係

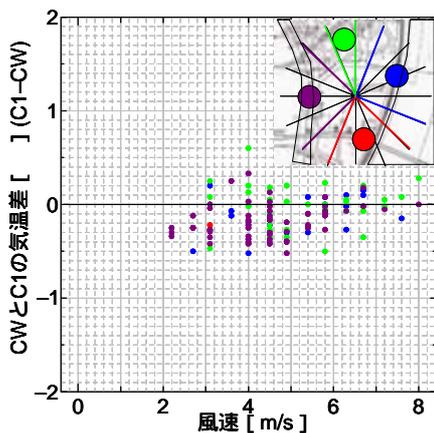


図-12 CWとC1の気温差と風向風速の関係

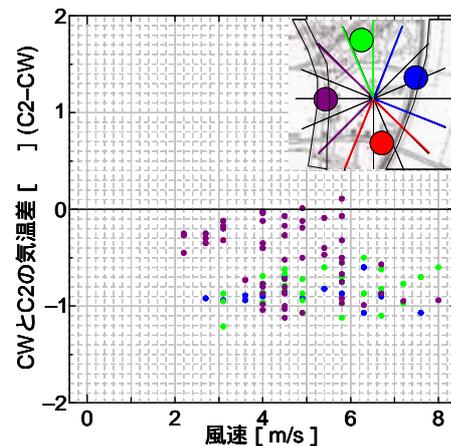


図-13 CWとC2の気温差と風向風速の関係

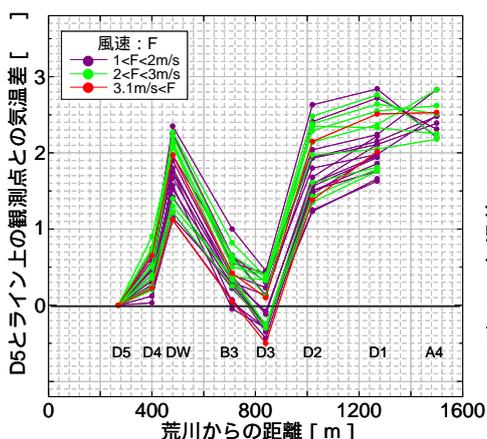


図-14 D1とライン上の気温差と風速の関係

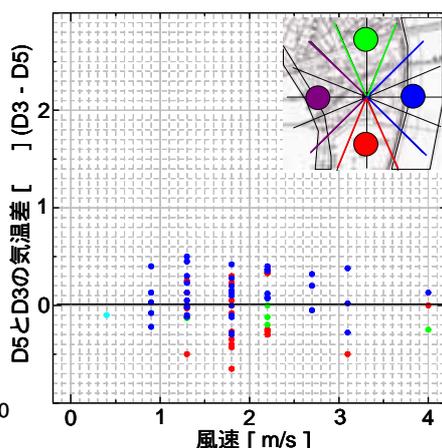


図-15 D5とD3の気温差と風向風速の関係

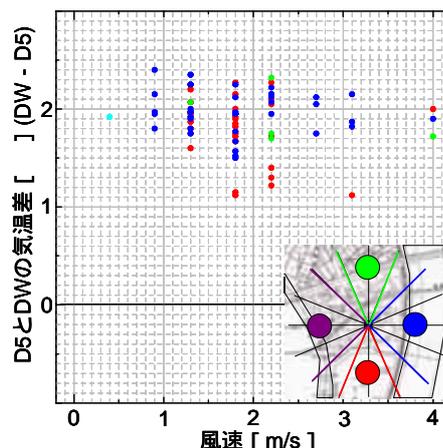


図-16 D5とDWの気温差と風向風速の関係

係を図-9と図-10に示す。風向・風速別によるB1とB3、B1とB5の気温差の変化をみると、B1とB3の気温差は市街地と旧中川からの風である緑と紫で示した北から反時計回りに南西の方向の範囲にある風が吹いているときはB3よりB1の気温が高い傾向があり、市街地だけからの風が吹いているときはB1とB5のどちらの気温が低くなるといった傾向はみられない。

また、赤で示した南風が吹いているときはB1よりB3の気温が低いことから公園から冷気が来ていると考えられ、B1とB5の気温差は旧中川からの風吹き3m/s以上あるときはB5よりB1の気温が低くなり、荒川からの風である青で示した北北東から時計回りに南東方向の範囲にある風が吹いているときはB1とB5の気温差はB1よりB5の気温が低くなる傾向がみられる。これは荒川からの風がライン上を吹くとB3では南からの冷涼な空気と合流するためにB1よりB5の気温が低いと考えられる。そして旧中川からの風が吹くときは南からの冷気と中川からの冷気が合流するためB5よりB1の気温が低くなると考えられる。

### (3) 公園内における気温と風向・風速の関係

図-11に観測点CWとライン上の観測点の気温差と風速の関係を示す。CWとライン上の気温差は風速の強さに

よらずCWとC1、C3の気温差は0.5 以内であり、気温差の一番大きいCWとC2を比べても1.2 以内である。これより風の移流をさえぎる建物がない公園では風が通りやすいため公園全体の気温差が小さいと考えられる。

次に公園の中心に設置したC1と旧中川に近いC2の観測地点とCWの気温差と風向・風速の関係を図-12と図-13に示す。風向・風速別によるCWとC1、CWとC2の気温差の変化をみると、旧中川からの風である紫で示した北西から反時計回りに南西方向の範囲の風が吹いているときに5m/s以下の風のときにCWとC2の気温差が0.5 以内なることがみられるが、それ以外の風のときに観測地点ごとの気温差に傾向はみられない。これは公園地域全体の気温分布は熱源や冷源からの風による影響を強く受けるため、どの地点も気温差が1.2 以内の気温分布となっているためと考えられる。

### (4) ラインDにおける気温と風向・風速の関係

図-14に観測点D5とライン上の観測点の気温差と風速の関係を示す。ラインDにおいてはD5とライン上の気温差は風速の強さによらないが、高層住宅地域内のDW以外の観測点では1 以内であるのに対して、低層住宅地域の観測点では1.2 から2.8 ある。

次に高層住宅地域でD5との気温差が最大で2.4度あ

たDWとD5より気温が低いときもあるD3の観測地点との気温差と風向・風速の関係を図-15と図-16に示す。風向・風速別によるD5とDW, D5とD1の気温差の変化をみると、荒川からの風である青で示した北東から時計回りに南東方向の範囲の風が吹いているときはDWよりD5の気温が常に低い、またD5とD3の気温差をみてもD1の気温がD3より低い傾向がある。

これはD5のほうが荒川に近い位置にあるため、河川からの冷気効果をより多く受けているからと考えられる。公園からの風である赤で示した南東から時計回りに南西までの方向の範囲の風が吹いているときにはD5とDWの気温差が小さくなる。荒川からの風が吹いているときはD5よりDWの気温差が1.5 から2.5 であったことから高層住宅地域では冷気が河川横断方向と公園方向からきていると考えられる。また低層住宅地域であるD2, D1, A4とD5の気温差が大きいのは高層住宅地域と低層住宅地域の間にある国道14号線により冷却効果が打ち消されていると思われる。そしてDWの観測点でD5の気温とDWの気温差が高いのはDWの観測地点が河川に対して横断方向の道路が河川堤防まで通っていないため河川横断方向の冷気が届いていないからだと考えられる。

#### (5) 土地利用ごとの気温の時系列

図-17に土地利用の異なる観測点の気温の時系列を示す。使用したデータは解析対象日6日間の気温データを相似体平均したものである。土地利用ごとの気温変化の特性をみるために荒川からの距離が280m前後であるA3, B1, D5, E1を選定した。最高気温が記録される13時から15時の時間帯をみると風道があるB1とD5の気温は同じであるに対してA3, E1の気温は1.8 以上高い。E1は低層住宅地域内の脇道であり風速は計測してないが、現場に行っても体感でも風は感じるができなかった場所であることから一番高い気温を示したと考えられる。これより風の道は熱環境改善の上で重要であるといえる。

#### 4. まとめ

河川からの冷涼な空気が市街地の熱環境を緩和する効果を検証する事を目的として観測を行い、堤内地側の土地利用が異なる影響で風の道の効果の違いについて以下の結果が得られた。

- 1) 土地利用の異なるどの地域においても荒川と旧中川の両河川に近いポイントほど気温が低く、距離が離れるにつれて気温が高くなることから河川の大きさによらず、水辺が存在することで冷源なる。
- 2) 低層住宅地域と高層住宅地域、公園において建蔽率が低い地域ほど荒川に一番近い観測点とライン上の気温差は低くなる。
- 3) 低層住宅地域では荒川から300mくらいの距離までは河川敷とライン上の気温差は風速のよらず1.5 以内

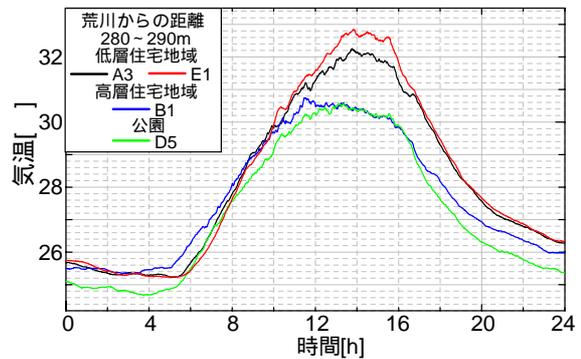


図-17 土地利用の異なる観測点の気温の時系列

で河川大気冷却効果がみられるがそれより距離が遠くなると、河川敷とライン上の気温差は風速が3m/s以上の時は2.2 以内、1m/s以下の時は最大で3.5 になる。

- 4) 高層住宅地域では川からの風が入り込める道が多い観測点ほど河川に近い観測点との気温差が低い。
- 5) 公園では風向風速によらず観測ライン上の気温差が最大で1.2 であったことから他の地域に比べて熱源・冷源からの風の道効果を大きく受けている。

謝辞：本研究の遂行にあたり平成19年度文部省科学研究費基盤研究 (B) (代表：山田 正 (中央大学) 課題番号：17360238)と江戸川区役所の助成を受け実施されたここに感謝の意を記す。

#### 参考文献

- 1) 峰岸順一・小林一雄・近江淳一・阿部忠行：保水性舗装の路面温度低減機能に関する検討，東京都土木技術研究所年報，平成14年度版，pp. 53-64, 2002.
- 2) 木内豪・吉中保・深江典之：遮熱性舗装による都市熱環境改善効果に関する考察，第25回日本道路会議，09059, 2003.
- 3) 狩野学・手計太一・木内豪・榊茂之・山田正：打ち水の効果に関する社会実験と数値計算を用いた検証，水工学論文集，第48巻，pp. 193-198, 2004.
- 4) 土屋修一・加藤拓磨・手計太一・山田正：打ち水による市街地の熱環境緩和効果，水工学論文集，第49巻，pp. 367-372, 2005.
- 5) 加藤拓磨・手計太一・土屋修一・山田 正：打ち水による熱環境緩和作用，水工学論文集，第52巻，pp. 277-282, 2008.
- 6) 成田健一，三上岳彦，菅原広史，本條毅：新宿御苑における蒸発効果と温熱環境の実測，環境情報科学論文集，Vol. 18, pp. 253-258, 2004. 11
- 7) 神田学，森脇亮，高柳百合子，横山仁，浜田崇：明治神宮の森の気候緩和機能・大気浄化機能の評価 (1)1996年夏期集中観測，天気44(10), pp. 713-722, 1997.
- 8) 加藤拓磨・手計太一・山田 正・日野幹雄：都市内緑地とその周辺における気温と湿度の鉛直・水平構造特性，水工学論文集，第50巻，pp. 505-510, 2008.
- 9) 山田裕之：埼玉県栗橋市における都市気温分布と緑地の夏季の気温低減効果について，造園雑誌，No. 56, Vol. 56, pp. 331-336
- 10) 三上岳彦：風と緑の効果と活用したまちづくり - 東京都内の「風の道」とヒートアイランド効果 - , 季刊環境研究, No. 141, 2006. (2008.9.30受付)