

大阪市の夏季における平日と休日の気温差

奥 勇一郎、榎元慶子

Weekday-Weekend Difference of Air Temperature in Osaka City in Summer

Yuichiro OKU and Keiko MASUMOTO

Abstract

In order to characterize the air temperature difference distribution between weekdays (days from Monday to Friday except for public holidays) and weekends (the other days) in Osaka City in summer, we have analyzed statistically air temperatures measured at more than 60 observation sites in the city which has been conducted by the Osaka City Environment Bureau. The temperature is lower on weekends than on weekdays by 0.51°C for daily minimum averaged during 9 months of July to September from 2009 to 2011, 0.50°C for daily mean, 0.41°C for daily maximum. There are no sites where satisfy a statistical confidence level of greater than 90%. As mentioned in many previous studies, we found that the air temperature temporal variance and its spatial distribution depend on whether weekday or weekend. This result implies the anthropogenic heat as a source of temperature variation depending on an economic activity difference between weekdays and weekends.

Key words: heat island, air temperature, weekday-weekend difference, anthropogenic heat, urban activity

I 緒言

ヒートアイランド現象の原因としては人工排熱の増加、地表面被覆の人工化、建築物の高密度化が挙げられている[1]。これらは、単に都市と郊外の気温差を形成するだけでなく、都市域内での気温分布の形成にも寄与する[2]。このうち人工排熱の気温分布への影響については、平日と休日の排熱量の差が平日と休日の経済活動の差に起因するという前提のもとで、平日と休日の気温あるいはその分布の差が様々な都市において評価されている[3,4]。基礎自治体がヒートアイランド対策を推進する上で、人工排熱による域内の気温分布の特性を把握することは、効果的な対策を講じるために必要不可欠である。

一方、大阪市では2005年度に策定し2011年に改訂した「ヒートアイランド対策推進計画」に基づいて各種の対策を講じている。同市環境局では「ヒートアイランドモニタリング調査」として、小学校の百葉箱を活用

して市内に気温観測網を構築し、気温による地域特性の把握に努めるとともに対策の推進による効果を検証している。この調査は2005年度より継続して毎年夏に実施しており、2009年度からは地点数を60地点に増やしてより詳細な調査が行われてきた。本稿では、この調査で蓄積されたデータをもとに、市域における平日と休日の気温差について調べた。

II データ

2009~2011年の各年7~9月に大阪市環境局が実施した「ヒートアイランドモニタリング調査」で得られた気温データを使用する。調査は表1および図1に示す市内小学校60地点の百葉箱に温度センサ(佐藤計量器製SK-LTH II-2)を設置し、10分間隔で気温の測定が行われた。観測地点の変更が3地点あるが、同じ区内における変更のため同一地点として扱った。また、解析の際の参考値として同期間における大阪管区気象台の日別値および10分値の気象データを使用した。

表1 観測地点一覧

番号	地点(小学校)名	区名	所在地	備考
1	扇町小学校	北区	扇町 2-7-24	2009年と2010年は旧大阪北小学校(曾根崎 2-15-14)
2	西天満小学校	北区	西天満 3-12-21	欠測(2010/7/1~7/28)
3	大淀小学校	北区	大淀中 4-10-33	欠測(2009/7/1~7/30)
4	都島小学校	都島区	都島本通 3-10-3	
5	桜宮小学校	都島区	東野田町 1-10-19	2009年は中野小学校(中野 3-10-5)
6	淀川小学校	都島区	毛馬町 3-5-39	
7	吉野小学校	福島区	吉野 3-10-5	欠測(2009/9/29~9/30)
8	四貫島小学校	此花区	四貫島 2-16-29	
9	島屋小学校	此花区	島屋 2-9-36	
10	南大江小学校	中央区	農人橋 1-3-3	
11	開平小学校	中央区	今橋 1-5-7	欠測(2009/7/21~7/24)
12	南小学校	中央区	東心斎橋 1-14-29	欠測(2010/7/29~7/31, 8/3~9/1)
13	玉造小学校	中央区	玉造 2-3-43	
14	堀江小学校	西区	北堀江 3-2-16	欠測(2011/8/27~8/28)
15	西船場小学校	西区	江戸堀 1-21-28	
16	日吉小学校	西区	南堀江 4-9-19	
17	九条南小学校	西区	九条南 2-13-17	
18	磯路小学校	港区	磯路 3-7-7	
19	築港小学校	港区	築港 1-10-38	
20	北恩加島小学校	大正区	泉尾 5-17-31	
21	鶴町小学校	大正区	鶴町 3-23-34	欠測(2010/7/1~7/29)
22	味原小学校	天王寺区	味原町 8-19	
23	大江小学校	天王寺区	四天王寺 1-9-18	欠測(2010/9/2~9/30)
24	大国小学校	浪速区	大国 1-9-3	
25	難波元町小学校	浪速区	元町 1-5-30	
26	佃南小学校	西淀川区	佃 5-12-12	
27	姫島小学校	西淀川区	姫島 1-10-4	
28	新高小学校	淀川区	新高 1-15-53	2009年は観測なし
29	塚本小学校	淀川区	塚本 3-5-6	
30	木川小学校	淀川区	木川東 3-7-32	欠測(2010/9/1~9/30)
31	豊新小学校	東淀川区	豊新 4-17-26	
32	大道南小学校	東淀川区	大道南 1-23-6	
33	深江小学校	東成区	深江南 1-4-6	
34	中道小学校	東成区	玉津 1-7-39	
35	田島小学校	生野区	田島 3-7-38	欠測(2011/7/10~7/14, 7/15~7/28)
36	巽東小学校	生野区	巽東 3-8-13	
37	生江小学校	旭区	生江 1-10-21	
38	清水小学校	旭区	清水 5-1-12	
39	聖賢小学校	城東区	新喜多 2-4-35	欠測(2011/7/5)
40	関目小学校	城東区	関目 6-5-5	欠測(2010/7/7, 7/14)
41	諏訪小学校	城東区	永田 2-15-5	
42	みどり小学校	鶴見区	緑 2-4-45	
43	茨田西小学校	鶴見区	横堤 5-13-61	
44	今津小学校	鶴見区	今津中 4-1-48	欠測(2009/7/1~7/24)
45	阿倍野小学校	阿倍野区	阪南町 2-17-21	
46	高松小学校	阿倍野区	天王寺町北 3-17-19	
47	清江小学校	住之江区	御崎 5-7-18	
48	南港光小学校	住之江区	南港中 4-4-22	
49	加賀屋小学校	住之江区	北加賀屋 2-5-26	
50	南住吉小学校	住吉区	南住吉 3-5-1	
51	苅田南小学校	住吉区	苅田 10-1-35	欠測(2010/7/1~7/28, 2011/9/3~9/5, 9/20~9/21)
52	長居小学校	住吉区	長居東 3-3-40	
53	田辺小学校	東住吉区	田辺 2-3-34	
54	矢田北小学校	東住吉区	照ヶ丘矢田 2-1-55	
55	長吉小学校	平野区	長吉長原 2-6-55	
56	加美北小学校	平野区	加美北 7-4-10	
57	喜連北小学校	平野区	喜連 1-7-4	2009年と2010年は瓜破小学校(瓜破 5-3-11)
58	加美南部小学校	平野区	加美南 1-9-17	
59	今宮小学校	西成区	天下茶屋 1-16-5	欠測(2011/8/29)
60	千本小学校	西成区	千本中 2-8-8	

観測地点の番号は図1の観測地点配置図の番号と対応している。

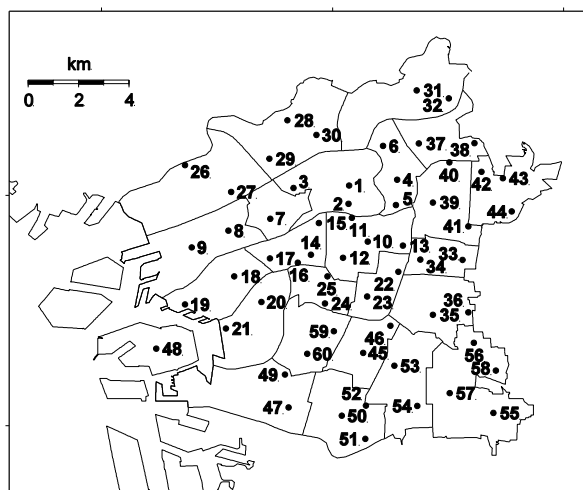


図1 観測地点配置図

観測地点の番号は表1の番号と対応している。

III 解析方法

降水による気温への影響を避けるため、調査期間の述べ9か月間のうち非降水日のみを解析対象日とする。降水日と非降水日の判別は大阪管区気象台における日別値データの天候欄に雨の記録がある日を降水日とし、その他の日を非降水日とした。平日と休日の区分は法律で定められた休日(日曜日および国民の祝日)と土曜日を休日とし、その他を平日とした。対象期間における非降水日日数と平日と休日の日数を表2に示す。調査期間における非降水日の割合は58.3%であった。また、非降水日における休日数の割合は年による極端

表2 解析対象期間における非降水日の日数

非降水日	2009年		2010年		2011年		合計	
平日	53	37	58	35	50	32	161	104
休日		16		23		18		57
降水日	39		34		42			115

な偏りはなくどの年も30~40%の範囲内であり、調査期間全体においては35.4%であった。

大阪管区気象台の10分値データから非降水日における平日と休日それぞれにおける気温等の平均的な日変化を調べた。結果を図2に示す。風配図に着目すると、休日は平日に比べて西風(海風)の頻度が5%ほど高く、逆に北東風が5%ほど低いことがわかる。時刻別に期間平均した休日の気温は平日に比べると若干低いことがわかった。

IV 結果

市内各観測地点において平日と休日それぞれの平均気温、平均日最低気温、平均日最高気温を求め、平日の平均値と休日の平均値の差をとり、その差の空間分布を調べた。同時に、これらの平均値の差が有意であるかどうかをt検定で判定した。結果を図3に示す。市域全体を通して眺めると、すべての地点において日平均気温だけでなく日最高気温や日最低気温においても休日よりも平日の方が高いことがわかる。しかし、信頼度90%で有意な差がみられる地点はなく、統計的に有意な差であるとは言えない。これは、全地点における気温の頻度分布で比較するとよくわかる。その頻度分

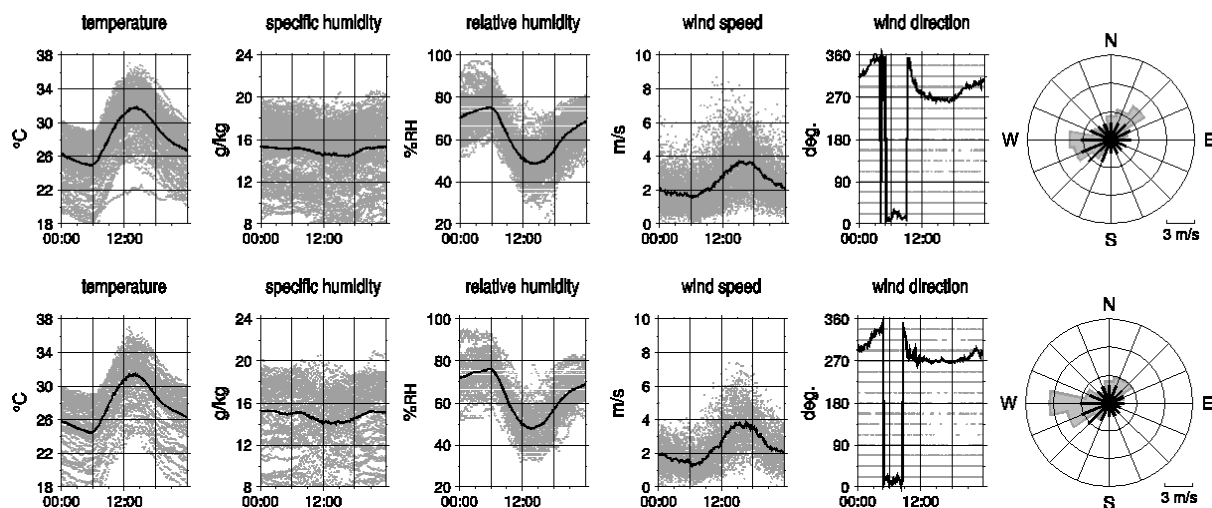


図2 大阪管区気象台における非降水日の平日と休日の気象要素の日変化と風配図

上段は平日、下段は休日、気象要素の日変化は左端から気温、比湿、相対湿度、風速、風向、右端は風配図をそれぞれ示す。気象要素の日変化については、大阪管区気象台における10分値を灰色の点で示しており、太い実線は各時刻における平均値を示す。風向は北風を0°、東風を90°とした。一方、風配図における中心から外側に伸びる棒線は16方位における平均風速を一目盛3m/sで示しており、灰色塗りは16方位における風向出現頻度の大きさを一目盛10%で示している。

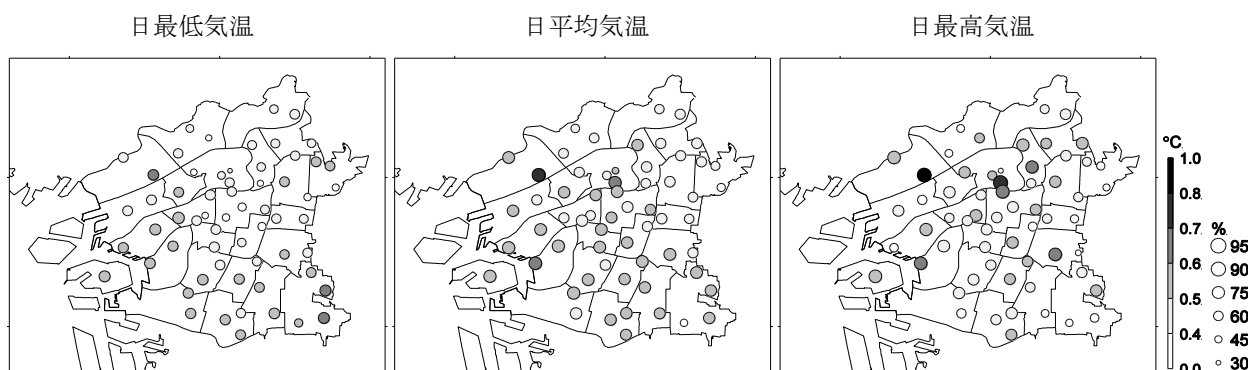


図3 平日と休日の気温差

正の値は平日が休日よりも気温が高いことを示す。気温差が有意であることの信頼度の大きさを丸印の大きさで示す。

布を図4に示す。休日の頻度分布では、その裾野が低温側でより広がりをもっており、これが休日の気温の平均値よりも平日のそれの方が高いという図3の結果の一因となっていることがわかる。全地点における平日と休日の気温差の平均は、日平均気温で0.50℃、日最低気温で0.51℃、日最高気温で0.41℃であった。先行研究[3]では0.1～0.15℃とあるが、本稿ではその3.3～4倍の差に達した。しかし、解析対象期間や観測地点が異なるため、3.3～4倍の差になった原因はわからない。

一方、市域内分布に着目すると、日最低気温の平日と休日の差は市の中心部が周縁部に比べて大きく、逆に日最高気温は市の周縁部が中心部に比べて大きくなる様子が見て取れる。日平均気温での市域内分布はほぼ一様である。

時刻別に全観測地点の平均を求め、平日と休日の差を求めた結果を図5に示す。図5より平均値で見ると休日より平日の方が常に気温が高いことがわかる。平日と休日の気温差が最大となる時間帯は17～19時で約0.7℃、次いで6時前後に約0.5℃の極大がみられる。一方で、気温差が最小となるのは12時前後で約0.3℃であった。

大阪とその周辺地域における気象庁の観測データを用いた解析[3]によると、日曜日の夜間が日曜日以外のそれに比べて気温が低いとの報告がある。近年では、韓国ソウル市における調査[4]においても、平日の気温が休日のそれに比べて高いとの報告がある。本調査の

結果は統計的に有意な差が認められなかったものの、定性的にはこれら先行研究の結果と合致する。

なお、調査期間における総観規模の気象要因で偶発的に平日と休日の気温差がある日を選択してしまっていないかを確認するために、大阪市から約15km東に位置する気象庁アメダス生駒山における同じ解析対象日の気温を調べた。アメダス生駒山では、日平均気温で平日が休日に比べて0.1℃高く、これは大阪市内の0.5℃に比べて十分小さい。また、日最高気温と日最低気温はそれぞれ0.1℃、0.04℃休日よりも平日の方が低かった。アメダス生駒山は標高626mの生駒山地にあり、大阪市域より人工排熱による気温への影響は相対的に小さいと考えられる。生駒山で平日と休日の気温差がほとんどみられなかったことから、対象とした期間がたまたま平日に気温の高い日を選んではいないことを示せた。

V 考察

図5の平日と休日における時刻別平均気温差の日変化の特徴は、いわゆる電力のロードカーブの平日と休日の差の特徴によく似ている。工場やオフィスにおける一般的な使用電力の日変化は、まず使用電力が少ない夜間から早朝にかけて次第に増加し、仕事が始まる9時前後から急増、午前の極大値に達する。正午前後に昼休みの極小値がみられ、その後再び増加し14時から16時ぐらいに1日の最大値がみられる。仕事終了する夕方から減少し深夜になると最小になる。

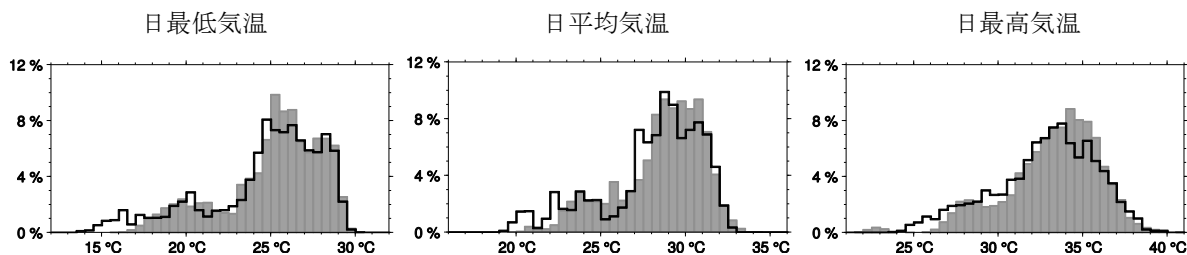


図4 気温の頻度分布

対象は全観測地点、全期間であり、灰色が平日、黒線が休日の気温分布をそれぞれ示す。

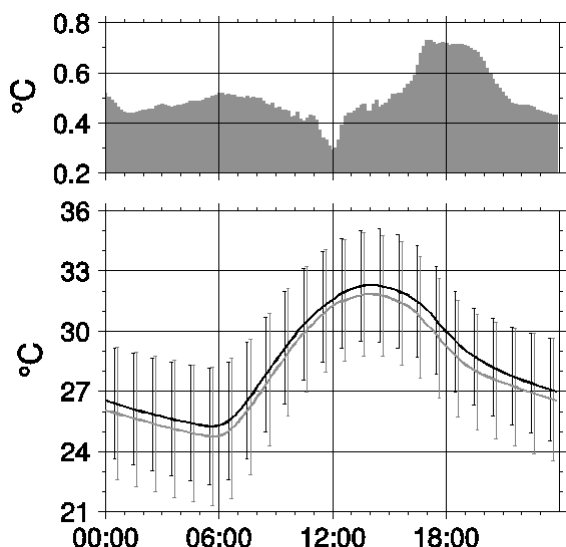


図5 平日と休日の時刻別気温とその差の日変化

上段は平日と休日の時刻別平均気温差の日変化、下段は平日(黒色線)と休日(灰色線)の時刻別平均気温とそのばらつき(標準偏差)をそれぞれ示す。

休日は仕事がないとすると、平日と休日の経済活動の差が平日と休日の使用電力差に反映される。これらの特徴と、図5の共通点は午前と午後の1日2回の極大があり午後の方が大きいこと、正午前後に極小がみられることが挙げられる。

実際に、大阪市内を対象に電力供給量の平日と休日の差を調査した先行研究[5]によると、住宅地においては平日および休日における時刻別供給特性がほとんど変わらないのに対して、業務地区では休日の昼間の供給量は平日に比べて約5分の1まで減少、飲食・娯楽街が中心の地区でも休日の夜は供給量が減少していることが示されている。

当然ながら、平日と休日の使用電力の差がそのまま平日と休日の人工排熱の差となり、これが直接の原因となって平日と休日の気温の差が生じているとは、今回の結果からだけでは言えない。しかしながら、小学校の百葉箱という人工排熱の影響を顕著に受けるとは考えにくい環境における観測データから、平日と休日の気温差がみられたことから、オフィス街や主要道路沿といった人工排熱の影響をより受けやすい環境では、平日と休日の気温差がより顕著になると考えられる。都市における暑熱環境の改善、対策を検討する上で、人工排熱と気温との関係を把握しておくことは重要であり、今後はこれを目的とした気温観測を実施することが求められる。

たとえば図6のような調査を行うことで、道路に近いところの気温は、交通量の多い平日の方が、相対的に少ない休日よりも気温が高くなると予想される。観測を行

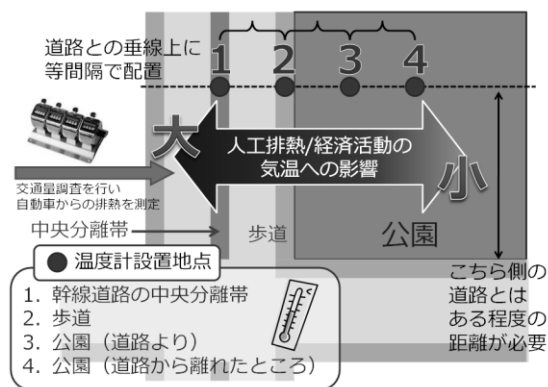


図6 人工排熱と気温の関係を調査するための観測例

う際には、アスファルト舗装や草地といった地表面被覆構造の違いによる局所的な気温への影響を考慮し、道路や公園内部にできるだけ多くの観測地点を設置する等、対策を講じる必要がある。気温差と交通量との関係、あるいは道路との距離との関係から、人工排熱の軽減に有効なヒートアイランド対策の検討が可能となり、さらに人工排熱の大きさを経済活動の大きさと見立てることで、暑熱環境を意識した新たなエネルギー施策を検討するための基礎資料となることが期待できる。

謝辞 本研究では大阪市環境局による「ヒートアイランドモニタリング調査」で実施された気温観測データを使用しました。大阪管区气象台およびアメダスの気象データは気象庁ホームページ掲載のものを使用しました。作図にはGMT (The Generic Mapping Tools) を使用しました。関係各位に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 木村富士男. 都市の熱汚染. 大気汚染学会誌 1992; 27-6: A87-A94.
- 2) 菅原広史, 池東旭, 遠峰菊郎. ヒートアイランド強度算定のための都市気温分布の検討: ソウル(韓国)の例. 天気 2005; 52-2: 119-128.
- 3) Fujibe T. Weekday-weekend Differences of Urban Climates Part 3: Temperature and Wind Fields around Tokyo and Osaka. Journal of the Meteorological Society of Japan 1988; 66-2: 377-385.
- 4) Kim Y H and Baik J J. Spatial and Temporal Structure of the Urban Heat Island in Seoul. Journal of Applied Meteorology 2005; 44: 591-605.
- 5) 西村伸也, 鍋島美奈子, 西岡真稔, 谷口一郎, 榎元慶子, 野邑奉弘. ヒートアイランドから見た大阪市場におけるエネルギー供給の時空間特性. 日本ヒートアイランド学会論文集 2006; 1: 15-22.