

2013年～2015年夏季の横浜市内の気温観測結果

－緑地による気温上昇緩和効果について－

松島由佳、小倉智代、山下理絵、内藤純一郎、関浩二（横浜市環境科学研究所）

Results of air temperature in the summer of 2013-2015 in Yokohama

-Mitigation effect on rise in air temperature by greenery area-

Yuka Matsushima, Tomoyo Ogura, Rie Yamashita, Junichiro Naito, Koji Seki
(Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：ヒートアイランド、気温分布、熱帯夜、真夏日、緑被率

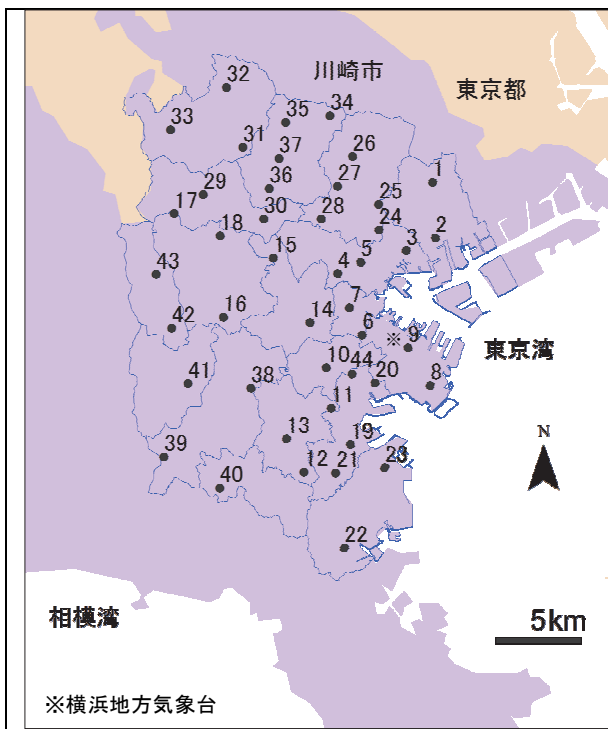
要旨

横浜市内の暑さの実態を把握するため、市内43地点で2013年～2015年夏季（7月～8月）に気温観測を行った。この結果、日中においては市内北東部、夜間においては市内東部（横浜港周辺）で高温となっていることが確認され、これらの傾向はいずれの年においても同様であった。これより、いずれの年も市内北東部及び東部において夏季に高温域となるヒートアイランド現象が生じているものと考えられた。また、市内観測地点周辺の緑地の割合と平均気温には負の相関がみられ、緑地には周辺の気温上昇を抑える働きがあることが示唆された。また、緑地による気温上昇緩和効果は、日中よりも夜間においてより大きくなっている可能性が示唆された。

1. はじめに

1931年～2015年の横浜地方気象台での観測結果から、最近100年あたりの横浜の平均気温上昇率は2.8℃となっており、都市化の影響が小さい中小都市の1.5℃と比べて大きくなっている¹⁾。これは、地球温暖化現象の影

響に加えて、ヒートアイランド現象の影響があるためと考えられている¹⁾。これらの影響によって、横浜の真夏日日数及び熱帯夜日数は増加傾向にあり、横浜市内の熱中症患者数も増加していることから、夏の暑さによる市民生活への影響が懸念されている^{1), 2)}。そこで、横浜市



No.	区	設置施設	No.	区	設置施設
1	鶴見	末吉小学校	23	金沢	並木第一小学校
2		生麦小学校	24	港北	港北小学校
3	神奈川	子安小学校	25		菊名小学校
4		三ツ沢小学校	26		新吉田小学校
5		斎藤分小学校	27		新羽小学校
6	西	東小学校	28	緑	小机小学校
7		平沼小学校	29		新治小学校
8	中	本牧南小学校	30	緑小学校	
9		北方小学校	31	青葉	東市ケ尾小学校
10	南	大岡小学校	32		荻子田小学校
11		上大岡小学校	33		恩田小学校
12	港南	港南台第一小学校	34	都筑	山田小学校
13		野庭すずかけ小学校	35		都筑小学校
14	保土ヶ谷	桜台小学校	36		都田西小学校
15		上菅田小学校	37		茅ヶ崎台小学校
16	旭	万騎が原小学校	38	戸塚	柏尾小学校
17		若葉台小学校	39		俣野小学校
18		四季の森小学校	40	栄	笠間小学校
19	磯子	杉田小学校	41	泉	東中田小学校
20		根岸小学校	42	瀬谷	原小学校
21		さわの里小学校	43		相沢小学校
22	金沢	六浦小学校	44	磯子	環境科学研究所

図1 観測地点

環境科学研究所では、夏の暑さの実態を把握するため、2002年から市内全域での気温観測を進めており、2013年～2015年においては、市内43地点で気温観測を行った。ここでは2013年～2015年夏季（7月～8月）の気温観測結果について報告する。

また、ヒートアイランド現象の主な原因には、人工排熱の増加、地表面被覆の人工化、都市形態の高密度化の3つが挙げられる。緑地が減り、アスファルトやコンクリート等の人工的な被覆面が増えることにより、地表面の温度が上昇するといわれている²⁾。一方、まとまった緑地には、都市を冷やす冷熱源としての効果があるといわれていることから^{3)、4)}、本報では、気温観測結果を用いて、緑地による気温上昇緩和効果について考察した。

2. 観測方法

2-1 観測場所と期間

気温観測は、市内の小学校43地点（図1）の百葉箱内で行った。なお、北方小学校は2015年のみ、環境科学研究所は2013年～2014年のみ測定した。観測期間は、2013年～2015年の各年で7月1日0時～8月31日23時までの1488時間ずつ行った。なお、2015年の杉田小学校については、機器不良のため1点（1時間分）を欠測とした。

2-2 観測機器

観測は、株式会社ティアンドデイ社製サーミスタ温度計TR-52iを百葉箱内に設置して行った。なお、測定は1時間ごとに行っており、測定値は毎正時の気温の瞬間値である。なお、温度計は設置時及びデータ回収時にアスマン標準温度計との比較・確認を行った。

2-3 解析手法

GISソフト（Arc GIS 10.2）を用いて、平均気温、真夏日及び熱帯夜日数について、最小二乗法（Kriging法）を用いて空間予測による補間処理を行い、市域における分布図を作成した。

3. 観測結果

本報では、直近5年間のうち、過去の結果と比較して顕著な高低がみられず平均的と思われる2015年の結果を中心として、記録的暑さを記録した2013年、比較的涼しかった2014年と比較することとした。

3-1 2015年夏の気象特徴

梅雨明け以降の7月下旬～8月上旬にかけて気温は平年（1981年～2010年）よりかなり高かったが、8月中旬から前線や低気圧の影響で曇りや雨の日が多くなり、8月下旬の気温は平年より低くまたはかなり低くなった。そのため、7月～8月の平均としてみると、過去の結果と比較して顕著な高低はみられなかった。2015年の各地点の観測結果を表1に、2013年～2015年の最高気温、真夏日日数、熱帯夜日数、平均気温については表2、観測結果から作成した各種分布図は図2にまとめた。

3-2 最高気温

2015年の全地点の最高値である最高気温は、都筑区長坂で8月7日14時に38.0℃が観測された。2013年～2015年では2013年8月11日14時に同地点で39.9℃が観測され、ここ数年最高気温は40℃近い値となっている。

3-3 真夏日日数

2015年の真夏日日数は、神奈川区三ツ沢中町、中区本牧元町、南区大橋町、港北区小机町で最も多い40日、旭区若葉台で最も少ない31日を観測し、観測地点間で最大9日の差があった。2013年～2015年で比較すると、2015年の真夏日日数は2013年と2014年の中間程度である。2013年～2015年の真夏日日数は26日～50日となっており、涼しいところでも7月～8月の半数近く、多いところでは8割近くの日数で真夏日が観測されていることになる。また、2015年の真夏日日数分布図（図2）によると、市内北東部（鶴見区、港北区、都筑区、神奈川区、西区、中区等）で真夏日が多く観測されており、これらの地域では、日中に高温となっているものと思われる。なお、この傾向は2013年～2014年においても同様にみられた。

3-4 熱帯夜日数

2015年の熱帯夜日数は、神奈川区新子安、西区平沼、港北区菊名で最も多い40日、緑区新治町で最も少ない11日を観測し、観測地点間で最大29日の差があった。2013年～2015年で比較すると、2015年の最大地点は40日であり、平均気温の高かった2013年の最大値39日とほぼ同等となっている。これより、平均気温の高低にかかわらず、夜間高温となっている地点が存在することがわかる。また、2015年の熱帯夜日数分布図（図2）においては市内東部である横浜港周辺（鶴見区、神奈川区、西区、中区、南区等）で多く観測されており、同地域は、夜になっても気温が下がりにくく、高温となっているものと思われる。なお、この傾向は2013年～2014年においても同様にみられた。

3-5 平均気温

2015年の平均気温は、港北区新吉田東ほかで最も高い27.2℃、旭区大池町、旭区若葉台で最も低い25.8℃を観測し、観測地点間で最大1.4℃の差がみられた。2013年～2015年で比較すると、平均気温の最大地点と最小地点の差は各年とも1.4℃～1.6℃とほぼ同様であった。

2015年の平均気温分布図（図2）をみると、市北部及び横浜港周辺（港北区、鶴見区、神奈川区、西区、中区、南区）で平均気温が高い傾向がみられた。一方、市内南部及び西部（港南区、旭区、緑区等）では、相対的に低温となっていた。この傾向は、2013年～2014年においても同様であった。

3-6 日中と夜間の平均気温

真夏日日数及び熱帯夜日数について市内における地域的違いがみられたことから、日中と夜間における各平均気温を算出した。なお、気象庁定義により、日中は午前9時～夕方18時、夜間は夕方18時～翌朝6時とした。この結果を図3に示す。この結果、日中の平均気温は、真夏日日数と同様に、市内北東部で高くなっており、これらの地域では日中に高温となっていると考えられる。一方、夜間の平均気温は、熱帯夜日数と同様に、市内東部である横浜港周辺で高くなっており、同地域は夜になっても気温が下がりにくく、高温となっているものと考えられる。なお、日中及び夜間のこれらの傾向は、2013年～2015年のいずれの年においても同様であった。

表1 各地点の観測結果 (2015年7月~8月)

No.	区	設置施設	最高気温(°C)	真夏日日数(日)	熱帯夜日数(日)	平均気温(°C)
1	鶴見	末吉小学校	36.8	37	37	27.0
2		生麦小学校	36.9	38	38	27.2
3	神奈川	子安小学校	37.2	37	40	27.2
4		三ツ沢小学校	36.9	40	38	26.9
5		斎藤分小学校	35.6	35	37	26.6
6	西	東小学校	37.0	36	38	26.8
7		平沼小学校	36.7	38	40	27.2
8	中	本牧南小学校	36.0	40	38	27.0
9		北方小学校	35.1	34	38	26.8
10	南	大岡小学校	36.6	40	39	27.1
11	港南	上大岡小学校	34.9	33	30	26.1
12		港南台第一小学校	34.5	33	26	25.9
13		野庭すずかけ小学校	35.2	33	32	26.1
14	保土ヶ谷	桜台小学校	37.0	38	34	26.7
15		上菅田小学校	35.6	34	30	26.4
16	旭	万騎が原小学校	34.6	33	25	25.8
17		若葉台小学校	34.5	31	23	25.8
18		四季の森小学校	36.0	35	23	26.1
19	磯子	杉田小学校	37.4	39	39	26.8
20		根岸小学校	35.7	37	37	26.8
21		さわの里小学校	35.7	36	22	26.0
22	金沢	六浦小学校	35.0	35	36	26.4
23		並木第一小学校	35.4	34	37	26.7
24	港北	港北小学校	37.0	38	40	27.1
25		菊名小学校	35.9	36	32	26.5
26		新吉田小学校	37.4	39	38	27.2
27		新羽小学校	37.1	37	29	26.5
28		小机小学校	36.8	40	30	26.6
29	緑	新治小学校	36.9	38	11	26.3
30		緑小学校	36.6	38	37	26.9
31	青葉	東市ヶ尾小学校	37.8	36	32	26.5
32		荏子田小学校	37.9	37	30	26.6
33		恩田小学校	37.5	36	27	26.4
34	都筑	山田小学校	37.6	37	32	26.7
35		都筑小学校	36.9	38	32	26.7
36		都田西小学校	37.2	36	31	26.7
37		茅ヶ崎台小学校	38.0	39	32	26.8
38	戸塚	柏尾小学校	34.4	32	34	26.2
39		俣野小学校	34.4	34	26	26.1
40	栄	笠間小学校	36.3	35	37	26.6
41	泉	東中田小学校	36.2	35	35	26.5
42	瀬谷	原小学校	36.8	36	27	26.6
43		相沢小学校	36.8	36	19	26.2
43地点の平均値			36.3	36	32	26.6
最低(最少)地点			34.4	31	11	25.8
最高(最多)地点			38.0	40	40	27.2

表2 2013年~2015年(7月~8月)の各地点の観測結果

観測年	2013年	2014年	2015年
最高気温	39.9 °C	37.0 °C	38.0 °C
真夏日日数	37~50 日	26~41 日	31~40 日
熱帯夜日数	16~39 日	7~31 日	11~40 日
平均気温	26.7~28.3 °C	25.7~27.1 °C	25.8~27.2 °C

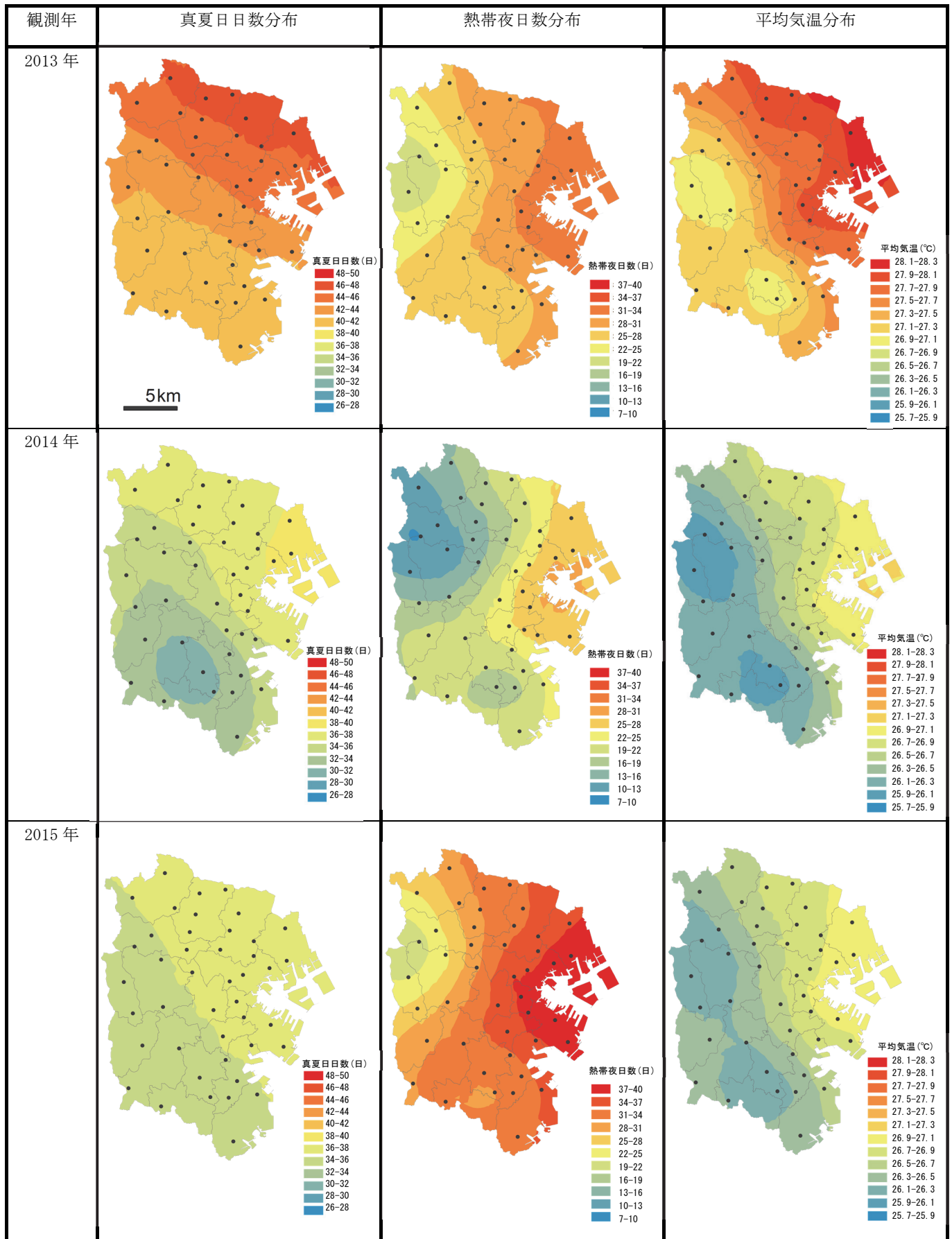


図2 各種分布図(2013年~2015年)

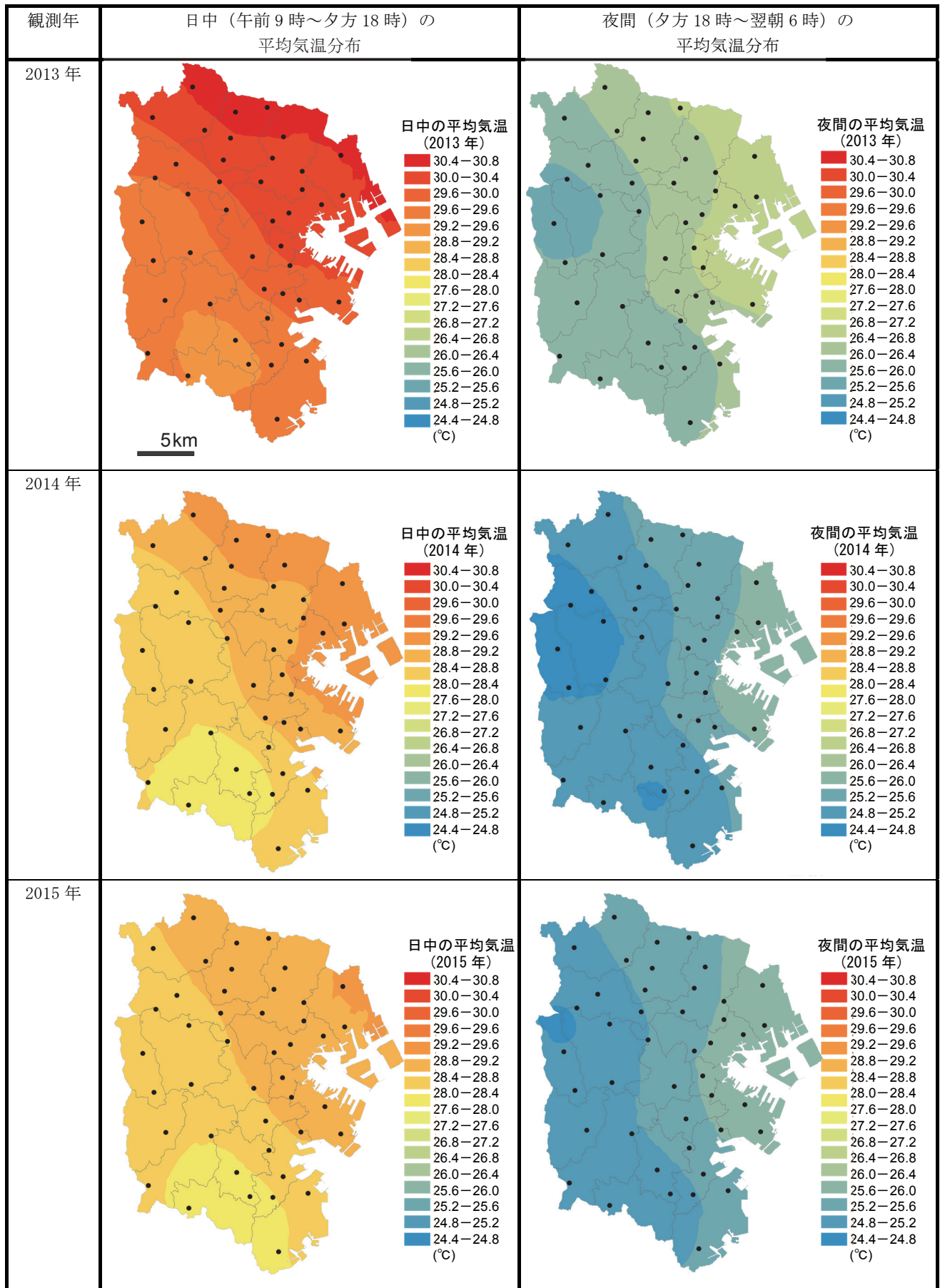


図3 日中と夜間の平均気温分布図(2013年～2015年)

4. 緑地による気温上昇緩和効果についての考察

市内の気温観測結果より、気温は地域によって大きく異なり、その傾向は年度間においても概ね同様であることが分かった。このような気候の地域差を生じる要因として、海岸と内陸といった水陸分布、海拔高度の差、斜面の方位、盆地、山、谷、丘陵等の地形、森林・田園・都市等の地被の影響、都市における人口熱や大気汚染等の人間活動等が重要と言われている⁵⁾。このうち、都市特有の気温上昇としてヒートアイランド現象が考えられ、この主な原因としては、人工排熱の増加（建物や工場、自動車等の排熱）、地表面被覆の人工化（緑地の減少とアスファルトやコンクリート面等の拡大）、都市形態の高密度化（密集した建物による風通しの阻害や天空率の低下）の3つが挙げられる³⁾。これらヒートアイランド対策の一つと考えられている緑地の効果について、多数の研究者が緑地には気温上昇の緩和効果があるという研究結果を報告している^{6)~8)}。そこで、本報では、市内の緑地と平均気温の相関について考察することとした。

4-1 市内の緑地分布

市ではまとまりのある緑地の総量の推移を中長期的に把握することを目的として、概ね5年ごとに、緑被率を調査している⁹⁾。分布図は航空写真から300m²以上のまとまりのある緑地を抽出して作製している。2014年に調査された300m²以上の緑地の分布図を図4に示す。

緑地は、市内西部に比較的多く分布しており、気温分布（図2）と緑地分布（図4）とを比較すると、まとまった緑地の多い地域で気温上昇が抑えられている傾向がみられる。

4-2 観測地点周辺の緑地分布

緑地が気温上昇に与える影響を定量的に考察するため、観測地点周辺の緑地の割合（以下、「緑地割合」という。）を求めることとした。環境省が行った皇居周辺での気温等の観測結果によると、緑地による気温低下の影響は、250m~350m程度の範囲であるとの報告¹⁰⁾がある。そこで、本報では、観測地点から半径300m以内の300m²以上の緑地割合を、観測地点周辺の緑地割合と定義した。2015年観測地点の半径300m円を図5に示す。

この結果、2015年の各観測地点から半径300mでの緑地割合は3~75%と観測地点によりかなり幅広く、全地点の平均は23%であった。

4-3 平均気温と観測地点周辺の緑地分布

4-2で算出した観測地点周辺の緑地割合と2015年7月~8月の平均気温の関係を図6に示した。

この結果から、観測地点周辺の緑地割合が大きいほど、平均気温が下がる傾向があることが示唆される。なお、この傾向は2015年単年のみの傾向なのかを確認するため、2013年及び2014年においても、同様に観測地点周辺の緑地割合と平均気温の関係を求めた。この結果を図7~図8に示す。この結果から、いずれの年においても、観測地点周辺の緑地割合が大きいほど、平均気温が下がる傾向がみられた。なお、2013年~2015年の近似曲線の傾きは、-0.017~-0.016とほぼ一致していた。これより、まとまった緑地には周辺の気温上昇を抑える働きがある可能性が示唆される。

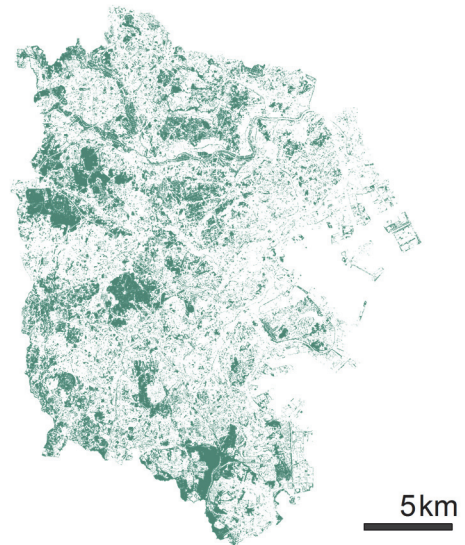


図4 市内の緑地分布（300m²以上の緑地）

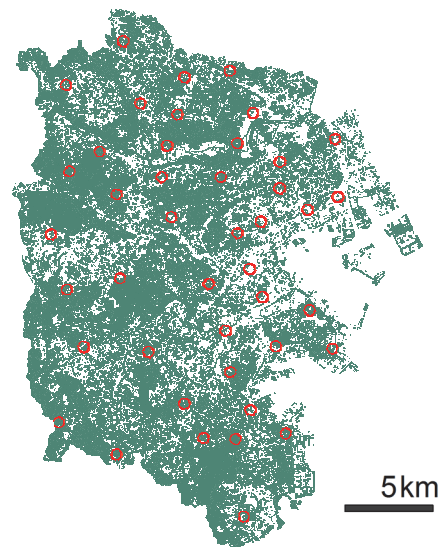


図5 観測地点半径300mの円と緑地分布（2015年）

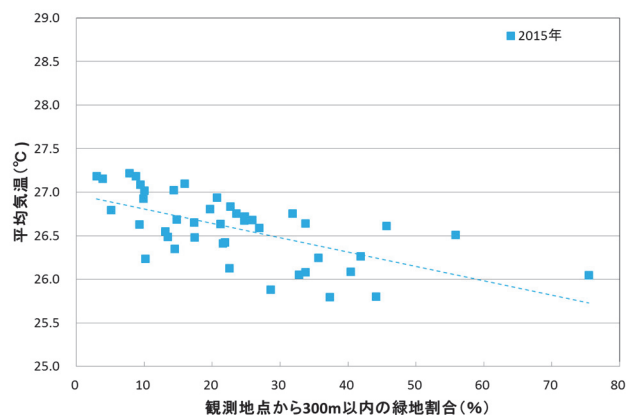


図6 平均気温と緑地割合の関係（2015年）

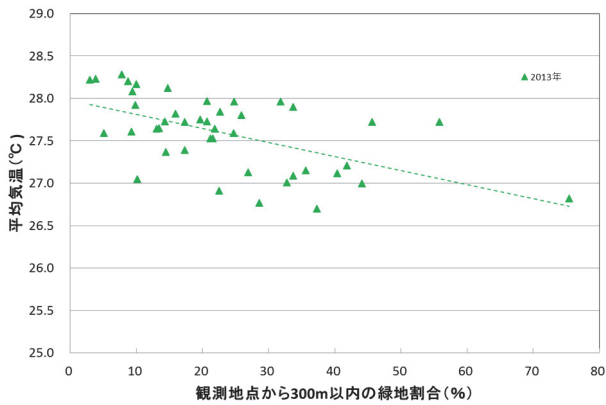


図7 平均気温と緑地割合の関係 (2013年)

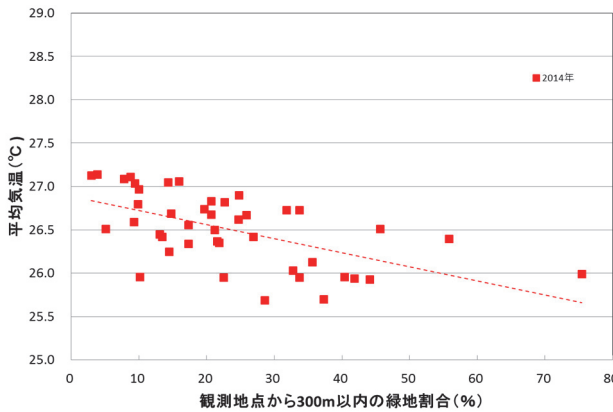


図8 平均気温と緑地割合の関係 (2014年)

4-4 日中及び夜間の平均気温と緑地割合

3-3~3-6において、日中高温になる地域と夜間高温になる地域に違いがみられたことから、日中と夜間の気温への緑地の影響を調べることにした。

そこで、2015年7月~8月の全日(0時~23時)の平均気温に加えて、日中(午前9時~夕方18時)と夜間(夕方18時~翌朝6時)の平均気温について、緑地割合との関係を図9に示した。

この結果、全日の平均気温の近似曲線の傾き-0.017に比べて、日中の近似曲線の傾きは-0.015とやや緩く、夜間では-0.019とやや大きい。また、相関係数は全日の0.63に比べて、日中では0.48と小さいが、夜間では0.67と大きくなっている。

なお、2013年及び2014年においても、2015年と同様に、観測地点周辺の緑地割合と全日、日中及び夜間の平均気温との関係を求めた。この結果を図10~図11に示す。

2013年~2015年の近似曲線の傾きは、全日では-0.017~-0.016、日中では-0.015~-0.013、夜間では-0.021~-0.019であり、ほぼ年によらず、一致していた。また、相関係数については、各年とも、全日は0.56~0.63、日中は0.33~0.48、夜間は0.65~0.69となった。

これより、緑地割合と平均気温の相関は、日中よりも夜間でより高くなっており、また、緑地が周辺の気温上昇を抑える働きは、市内においては日中よりも夜間においてより大きくなっている可能性が示唆される。

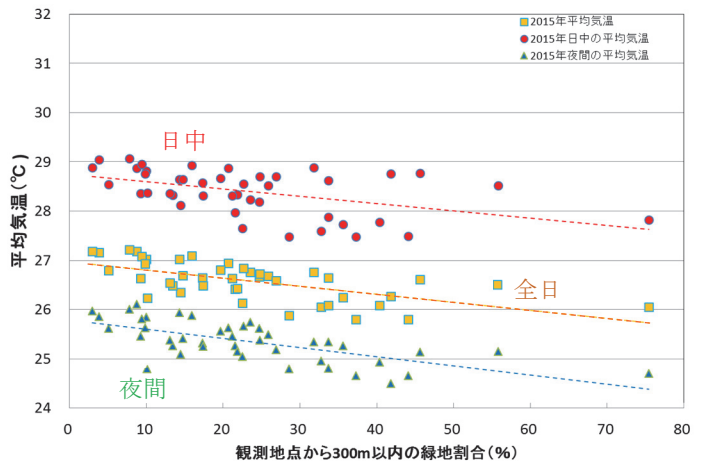


図9 全日、日中及び夜間の平均気温と緑地割合の関係 (2015年)

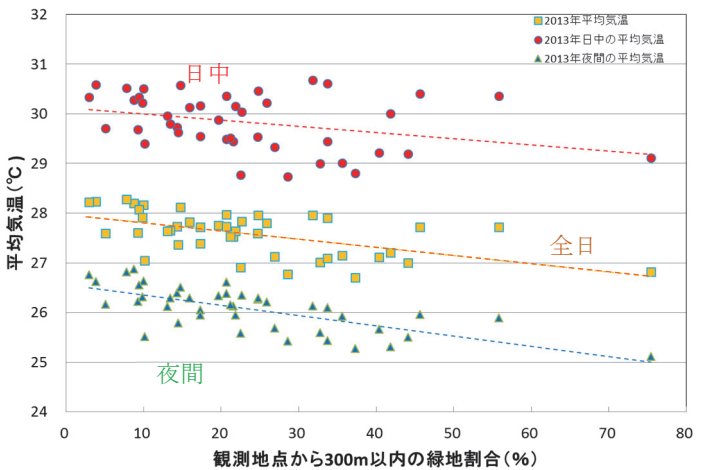


図10 全日、日中及び夜間の平均気温と緑地割合の関係 (2013年)

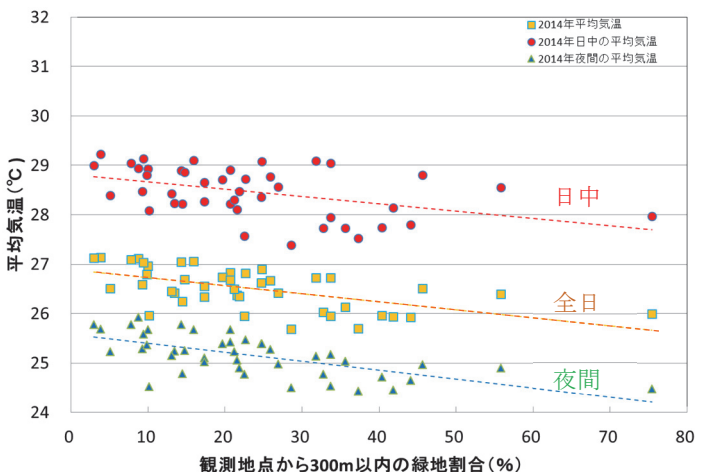


図11 全日、日中及び夜間の平均気温と緑地割合の関係 (2014年)

4-5 緑地以外の気候影響因子

ここまで見てきた平均気温と緑地割合との近似曲線において、近似曲線と平均気温のプロットは完全には一致しておらず、近似曲線とやや離れているプロットもみられる。このため、近似曲線と平均値との差を残差とし、各観測地点での2013年～2015年における残差の3年間の平均値を算出した。残差イメージを図12、残差のプラス側及びマイナス側に大きかった各5地点を表3に示す。

この結果、緑地割合から予想されるよりも平均気温の低い地点（残差マイナス側）と緑地割合から予想されるよりも平均気温が高くなっている地点（残差プラス側）とが存在していることがわかる。このように、平均気温の違いには、緑地割合だけでは説明しきれない影響因子があり、平均気温を押し上げる因子と平均気温を押し下げる因子が緑地以外に存在していることを示唆している。このため、市内で平均気温に地域差がみられた原因として、前述したような緑地以外の地形、地被の影響、人間活動等複数の因子が気温にどのような影響を与えているのかについて、今後考えていく必要があるものと考えられる。

5. おわりに

横浜市内の暑さの実態を把握するため、市内43地点で2013年～2015年夏季（7月～8月）の気温観測を行った。これらの観測結果から、最高気温、真夏日日数、熱帯夜日数、平均気温、日中（午前9時～夕方18時）と夜間（夕方18時～翌朝6時）の平均気温、観測地点周辺の緑地割合を解析した結果、次の知見が得られた。

- 1) 各年の市内の真夏日日数分布、熱帯夜日数分布、平均気温分布をみると、市内の夏季の気温は、年によって大きく異なっていることが確認された。
- 2) 真夏日日数分布及び日中の平均気温から、日中においては市内北東部で高温となっていることが確認され、これらの傾向はいずれの年においても同様であった。一方、熱帯夜日数分布及び夜間の平均気温から、夜間においては市内東部（横浜港周辺）で高温となっていることが確認され、これらの傾向はいずれの年においても同様であった。これより、いずれの年も市内北東部及び東部において夏季に高温域となるヒートアイランド現象が生じているものと考えられる。このため、今後も引き続き気温のモニタリングを行っていく必要があるものと思われる。
- 3) 市内の緑地割合と平均気温には負の相関がみられ、緑地には、周辺の気温上昇を抑える働きがあることが示唆された。また、日中と夜間とを比べると、緑地による気温上昇緩和効果は、市内においては、夜間により大きい可能性が示唆された。
- 4) 本報では、緑地による気温への影響について考察したが、気温の地域差発生への影響因子としては、水陸分布、海拔高度の差、斜面の方位、盆地、山、谷、丘陵等の地形、森林・田園・都市等の地被の影響、都市における人口熱や大気汚染等の人間活動等といった複数の気候影響因子が考えられる。今後、緑地以外の気候影響因子についても引き続き、調査・研究していきたい。

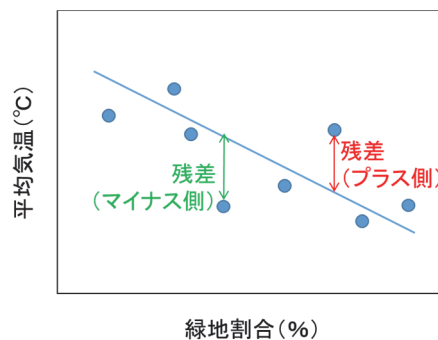


図12 平均気温と緑地割合の残差イメージ

表3 平均気温と緑地割合の残差上位5地点
(2013年～2015年の平均)

No.	観測地点名	残差の平均
43	相沢小学校	-0.70
12	港南台第一小学校	-0.70
16	万騎が原小学校	-0.60
13	野庭すずかけ小学校	-0.58
15	上菅田小学校	-0.38
32	荻子田小学校	0.36
26	新吉田小学校	0.38
37	茅ヶ崎台小学校	0.39
28	小机小学校	0.42
27	新羽小学校	0.51

謝 辞

本調査を行うにあたり、市内小学校43校に百葉箱内への気温計の設置の御協力をいただきました。この場を借りてお礼申し上げます。

文 献

- 1) 気象庁：ヒートアイランド監視報告（2015）
- 2) 国立環境研究所：熱中症患者速報平成27年度報告書（2016）
- 3) 環境省：ヒートアイランド対策ガイドライン（2012）
- 4) 菅原広史、成田健一、三上岳彦、本條毅、石井康一郎、都市内緑地におけるクールアイランド強度の季節変化と気象条件への依存性、天気、53、3-14（2006）
- 5) 気象ハンドブック編集委員会：気象ハンドブック、1979年版、133（1979）
- 6) 福岡義隆、高橋日出男、開発一郎：都市気候環境の創造における水と緑の役割、日生気誌、29、101-106（1992）
- 7) 山田宏之：埼玉県栗橋町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、56、331-336（1993）
- 8) 大和田道雄、中川由雅、岩田充弘、櫻井麻里、梅田佳子：名古屋市における熱帯夜の分布と緑地効果について、愛知教育大学研究報告、56、19-24（2007）
- 9) 横浜市：第10次緑地環境診断調査（平成26年度）
- 10) 環境省：皇居におけるクールアイランド効果の観測結果について、報道発表資料、2007年10月