

論文 (Original)

## 相模原市におけるヒートアイランドの形成・消滅過程

池貝隆宏  
(企画部)

### The process of formation and extinction of the heat islands in Sagami-hara city

Takahiro Ikegai  
(Planning Division)

#### Summary

We carried out observation of the air temperature in Sagami-hara city between June 22 and November 30 in 2007. As a result, we confirmed the heat islands was generated 57 times in Sagami-hara city. When the air temperature rises in the city, there are three kinds of patterns of the temperature transition named "type of overall high temperature", "type of summer heat island", and "type of winter heat island". The area where the heat island continued long was "area in east of Hashimoto Station" and "area in surrounding of Sagami-ohno Station". These areas were the central point of the heat islands in Sagami-hara city.

**Key Words :** heat island, observation of air temperature, air temperature transition pattern, process of formation and extinction

#### 1 はじめに

都市特有の環境問題であるヒートアイランドは、都市化の進展とともにその発生地域が各地に拡大しつつある。ヒートアイランドによる気温の上昇は、熱中症などの健康被害や日常生活の不快さを増大させるとともに、空調の稼働に伴う消費エネルギーの増加、集中豪雨の発生など様々なかたちで人間生活へ影響を与えるようになってきている。ヒートアイランドの抜本的な解決には、都市構造物の再配置など大規模な都市再開発が必要とされるが、その具体化は簡単ではない。次善の策として、ヒートアイランド現象を緩和する効果のある個別の施策を講ずることが重要となる。このような対策は、地域レベルの取組として地方自治体が地域の実態に応じて具体化していくことが必要となる。

このような取組を推進するための基礎情報として、神奈川県では、平成 17 年に既存の気象観測資料等を整理、解析したヒートアイランド現象実態調査報告書<sup>1)2)</sup>を作成し、県内のヒートアイランドの状況を俯瞰した。この報告書では、「ヒートアイランド現象の要因となる要素が比較的まとまって分布する地区」(以下、「要検討地域」という。)として、横浜市と川崎市を含む

県内 13 地区が抽出されている。

そこで、これらの地区において、実際にどの程度ヒートアイランド現象が発生しているかを明らかにするため、相模原市内で相模原市環境経済局環境保全部環境対策課との共同調査として気温分布の実態を調査し、都市スケールのヒートアイランド発生状況を評価したので、その結果を報告する。

#### 2 観測方法

##### 2.1 調査対象地域及び調査方法

相模原市は、Fig. 1 に示すように、神奈川県

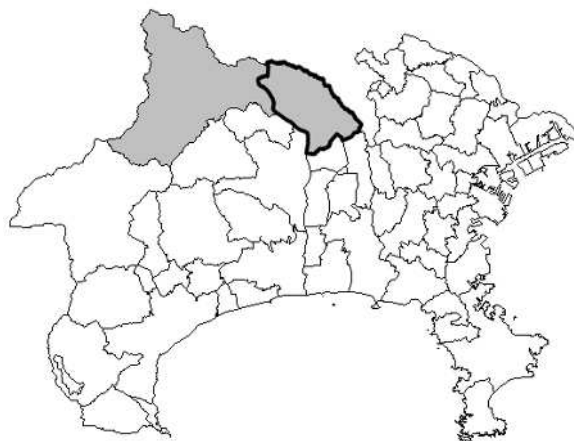


Fig. 1 observation area

北部に位置し，県内第三位の人口規模を有する都市である。太線で示した津久井地域を除く市の東部は市街化が進んだ中心地域であり，相模原台地上の平坦地にある。ここに要検討地域が 2 地区（相模原北部地区及び相模原南部地区）含まれていることから，この領域を調査の対象地域とした。

対象地域にある小学校等の公共施設 22 か所を観測点とし，原則として百葉箱内にデータロガー付きサーミスタ式温度計（(株)テスト製 testo174 型）を設置し，2007 年 6 月 22 日から 11 月 30 日まで，毎正時 1 時間ごとの気温を観測した。観測点間の平均距離は，約 1.7km である。観測点には，周辺環境から見てヒートアイランドが発生しないと考えられる地点を 1 地点含んでおり，ここを都市化が進んでいない郊外の観測点（基準点）とし，他の観測点との気温差を求めた。基準点とした観測点は，湘南小学校（相模原市城山町小倉）であり，西側から樹林地，東側から相模川に挟まれた地点に立地しており，周辺に大きな排熱源はない。観測点の標高差は最大で 75m であり，測定値の高度による補正は行っていない。

## 2.2 解析対象及びヒートアイランドの判定方法

本調査は，相模原市内でヒートアイランドが形成，消滅する過程を解析し，市内のどの地域でヒートアイランドが発生しやすいかを明らかにすることを目的とした。そのため，基準となる観測地点との気温差（これを「ヒートアイランド強度」とする。）及びその一日の推移からヒートアイランドの発生状況の確認を行い，ヒートアイランドが認められた場合には，その発生地域と広がり及びヒートアイランド強度を評価した。ヒートアイランドは昼間と夜間でその構造が異なっており<sup>3)</sup>，昼間は都市と郊外の気温差が比較的小さいが，高温域が広範囲に及び傾向がある。そのため，本調査のように数 km ~ 10 数 km の都市スケールの領域では，対象地域全体がより広い範囲の高温域に含まれてしまい，市内の温度差をとらえきれないケースがある。これに対し，夜間は都市と郊外の気温差が昼間に比べて大きくなる，という特徴がある。さらに，東京地域におけるヒートアイランドは，周辺部より 2 程度気温が高い島状の領域が夜か

ら翌朝まで継続するという特徴がある<sup>4)</sup>ことが指摘されている。そこで，本調査ではヒートアイランドを「夜間を中心として都市部に局限される高温域」と狭義に解釈し，「夜間（18:00 ~ 翌 6:00。以下，同じ。）において隣接する複数の観測点で基準点より 2.0 以上高い気温が観測され，その高温域が 2 時間以上継続して存在した場合」をヒートアイランドが発生したと判定した。

## 3 結果及び考察

### 3.1 全観測期間中における気温分布の特徴

観測期間中の各観測地点における月ごとの全測定値の平均として月平均気温を求めたところ，基準点は 11 月を除き月平均気温が最も低かった。11 月についても，最も低かった観測点との差は 0.3 であり，この地点を全観測点の中で最も都市化が進んでいない郊外の基準点として扱うことは適当であると考えられた。

観測期間中の夜間において，気温 25 以上を観測した延べ時間数の分布を Fig. 2 に示した。JR 橋本駅の東側及び小田急線相模大野駅周辺に，熱帯夜に該当する夜間最低気温が 25 以上になる時間が 500 時間を超える領域が見られ，対象地域の北西部では夜間気温が低くなる傾向が見られた。夜間気温の高い 2 地域は，要検討地域と判定された 2 地区にそれぞれ含まれていた。Fig. 2 には，平成 9 年の土地利用メッシュのうち，自然度の高い土地利用分布を 100m メッシュ単位で表示したが，ゴルフ場や緑地が集

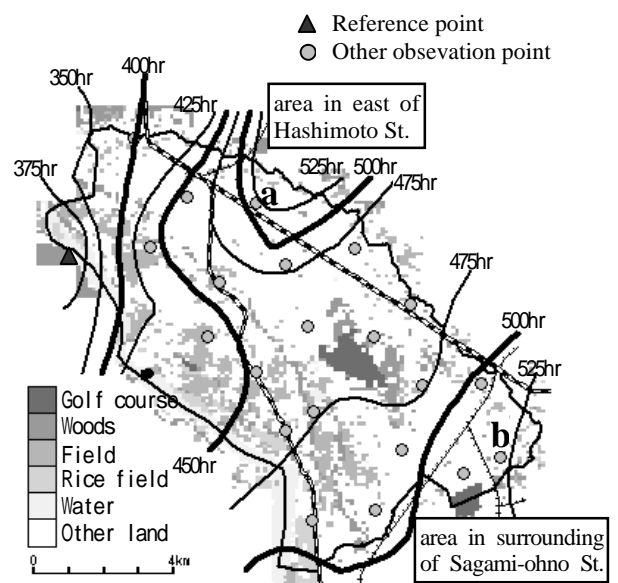


Fig. 2 total time distribution of temperature above 25 at nighttime

積している対象地域の中央部付近では，気温が低くなる傾向が認められた。

### 3.2 ヒートアイランドの発生日数

朝 6:00 からの 24 時間を一日として，2.2 に示した判定条件によりヒートアイランドが発生した日を月別に集計した結果を Fig. 3 に示した。この図において，夏日，真夏日，猛暑日等の判別は，海老名 AMeDAS 観測値によるものであり，6月の発生日数は 22 日以降の 9 日間の集計値である。

調査期間中，ヒートアイランドが観測された日は，57 日あった。9 月までは，ヒートアイランドが確認された日はすべて日中の最高気温が 25 以上であった。10 月にはいると，最高気温が 25 を下回ってもヒートアイランドが発生する日が認められた。8 月は，発生日数は最も多かったが，観測地点間の気温の差が比較的小さく，ヒートアイランド強度はそれほど大きくなかった。ヒートアイランド強度は夏季より秋季の方が大きくなる傾向が見られた。

暑さが本格化した梅雨明け（8 月 1 日）以降で真夏日 猛暑日または熱帯夜に該当した日（以下，「高温日」という。）は延べ 47 日あったが，このうちヒートアイランドが発生したのは延べ 29 日であり，熱帯夜となった日も半数が前述の判定基準によるヒートアイランドとはならなかった。高温日であってヒートアイランドにならない日は，対象地域全体が太平洋高気圧からの断熱圧縮により高温化した下降気流で形成されるより広い範囲の高温域に含まれた状態になっていたため，基準点と他の観測点の間に顕著な気温差が発生しなかったと推定される。

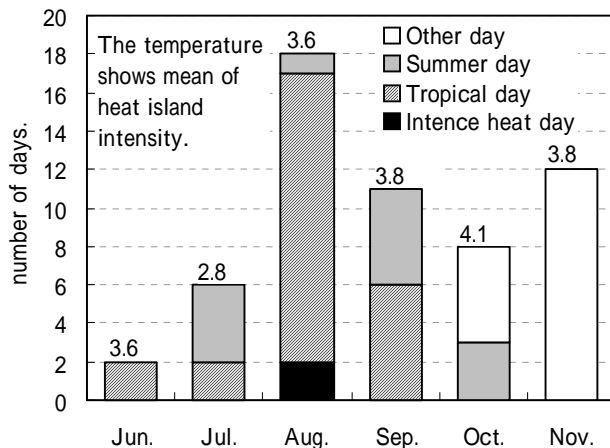


Fig.3 number of days of heat islands occurrence

### 3.3 ヒートアイランド発生時の気温の推移

各観測点の気温の推移を解析したところ，夕方から夜にかけての郊外と都市域の気温低下傾向の違いから，対象地域に高温域をもたらす気温の日変化の類型は 3 種類に区分された。この 3 類型をそれぞれ「全面高温型」，「夏型」及び「冬型」とした。各類型の代表的観測点の気温平均値の推移を Fig. 4 に示した。この図において，都市域の観測点である Urban-a 及び-b のプロットは，それぞれ Fig. 2 の a, b で示した夜間気温の高い JR 橋本駅東側地区及び小田急線相模大野駅周辺地区の観測点を表している。また，suburb は基準点を表している。Fig. 4 から，各類型の特徴を述べると，次のようになる。

全面高温型 ; どの地点も 13:00 から 14:00 頃に最高気温を示す。最高気温は 30 を超え，ほぼ同じ値を示す。その後，気温は低下を始めるが，気温の低下速度には大きな違いはなく，ほぼ同じような低下傾向を示す。そのため，郊外と都市域の気温差はほとんど拡大せず，市内に顕著な気温差は発生しない。

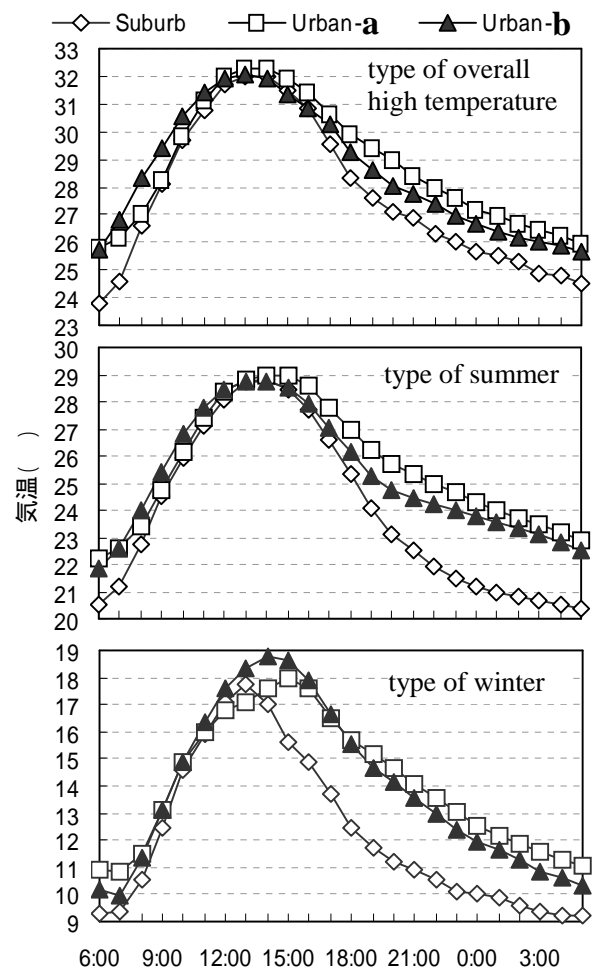


Fig. 4 air temperature transition pattern

夏型 ; どの地点も 13:00 から 14:00 頃に最高気温を示す。最高気温は、どの地点も 30 近くまで上昇し、ほぼ同じ値を示す。その後、気温は低下を始めるが、日中は気温の低下速度には大きな違いはないため、郊外と都市域の気温差はほとんど拡大せず、市内に顕著な気温差は発生しない。郊外では気温はその後順調に低下を続けるが、都市域では日没頃から低下速度が減少し、郊外との気温差が拡大し、ヒートアイランドの発生に至る。都市域の気温低下は、深夜を過ぎても緩慢であり、明け方までヒートアイランドが継続する。

冬型 ; 郊外では 13:00 頃に最高気温を示すが、都市域では最高気温を示す時刻が基準点より遅くなる。また、郊外の最高気温は都市域よりやや低い。そのため、郊外の気温が低下を始めると直ちに都市域との気温差が発生し、その気温差が解消しないまま夜になり、ヒートアイランドを形成する。郊外の気温はある程度まで低下するとその速度は緩慢になるが、都市域の気温の低下速度は夏型の場合ほど小さくならないため、基準点との気温差は次第に小さくなり、ヒートアイランドが消滅する。ヒートアイランドの継続時間は、夏型に比べて短い。

全面高温型は、高温日であってヒートアイランドにならなかった日のうち、夜間に降雨があり気温が低下した日を除いた 12 日が該当した。夏型は、ヒートアイランドが発生した日のうち、6 月から 9 月までの 37 日、10 月に 6 日及び 11 月に 2 日の 45 日が該当した。冬型は、秋季以降に多く見られる類型であり、10 月に 2 日及び 11 月に 10 日の 12 日が該当した。

これらの図から、3 か所の代表的観測点の推

**Table 1 fall speed of air temperature at the time of occurrence of heat islands**

		fall speed of air temperature ( /hr)		
		16:00 ~ 19:00	19:00 ~ 0:00	0:00 ~ 6:00
type of overall high temp.	Suburb	1.1	0.39	0.23
	Urban	0.72	0.39	0.22
type of summer	Suburb	1.2	0.58	0.17
	Urban	0.84	0.34	0.27
type of winter	Suburb	1.1	0.34	0.16
	Urban	0.97	0.54	0.30

移において大きく異なる点は、午後から夜間に

かけての気温の低下速度であるといえる。そこで、時間帯別の気温低下速度を求めた結果を Table 1 に示した。この表において、都市域の数値は、Fig. 4 の Urban-a と-b の平均値である。

全面高温型の場合は、日没以降に都市域と郊外の気温低下速度は等しいことから、夜間において市内に気温差の拡大は起こらない。夏型の都市域の気温低下速度をみると、夕方は郊外より 30% 小さいが、19:00 以降は速度がさらに小さくなり、郊外の 41% まで低下している。このため、この時間帯に郊外との気温差が拡大し、市内に顕著なヒートアイランドが形成される。冬型では、19:00 ~ 0:00 の都市域の低下速度は夏型の場合とは逆に郊外より 59% 大きい。郊外では夕方の比較的早い時間帯に気温が相当程度低下しているため、19:00 以降の低下速度はかなり小さい。Fig. 4 に示したように、都市域の気温推移曲線は郊外の場合より 2~3 時間程度後方(右側)にずれているため、19:00 以降も都市域では気温の低下が順調に継続している状況にある。以上のことから、夏型と冬型の最も大きな違いは、19:00 ~ 0:00 における気温低下速度にあるといえる。

### 3.4 平均的なヒートアイランドの形成、消滅過程

基準点と各観測地点との気温差の時刻別平均値から夏型と冬型のヒートアイランドの形成、消滅過程を求め、等温線を Fig. 5 に示した。図中網掛けで示した領域は基準点との気温差が 2 以上ある領域を表す。なお、等温線は対象地域内の観測値のみを利用して作成しているため、市境付近は誤差がやや大きくなっている可能性がある。Fig. 5 をもとに、ヒートアイランドの平均的な推移を示すと、次のようになる。

夏型ヒートアイランド ; 10:00~17:00 まで、基準点との気温差は平均で 0.5 以下を推移する。18:00 を過ぎると気温差が増加しはじめ、19:00 に気温差が 2.0 を超える地点が橋本駅東側地区に出現する。22:00 を過ぎると気温差 2.0 を超える地点が大幅に増加し、JR 相模線より東側の地域にヒートアイランドを形成する。気温差が最も拡大するのは 23:00 であり、ヒートアイランド強度は平均 3.6 になる。2:00 を過ぎた頃からヒートアイランドは縮小を始めるが、気温の高い領域は橋本駅

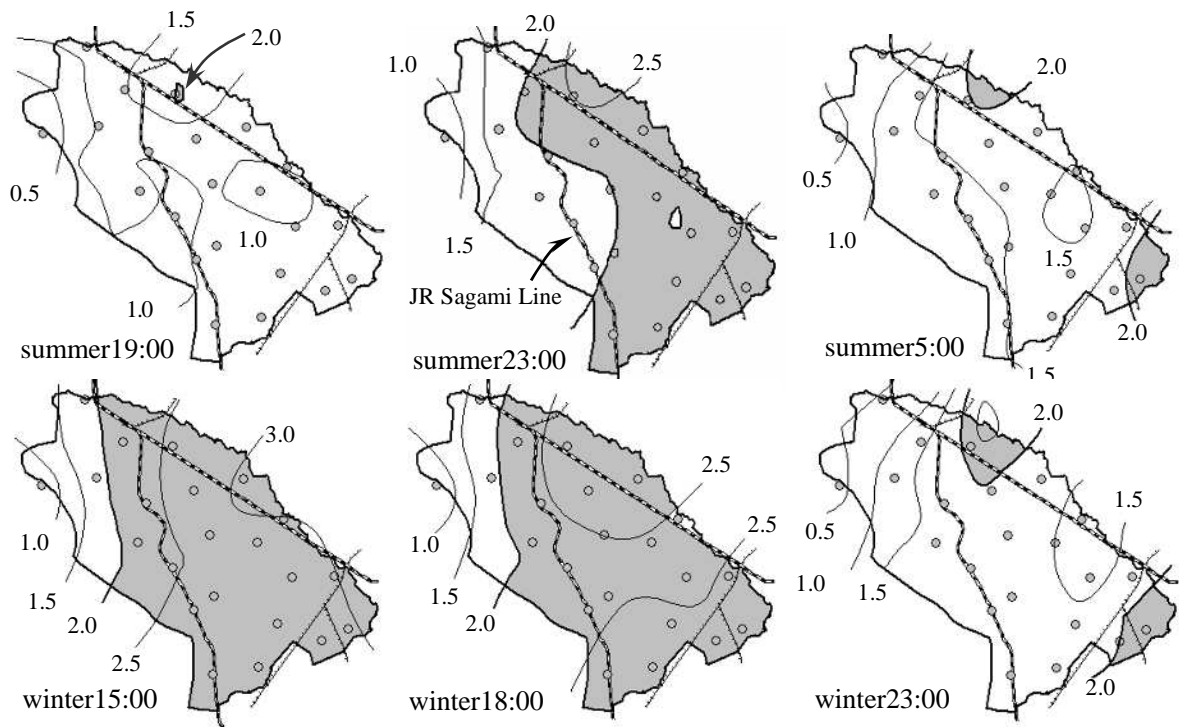


Fig. 5 The process of formation and extinction of heat islands

東側地区及び相模大野駅周辺地区に 5:00 過ぎまで残る。

冬型ヒートアイランド ; 10:00~13:00 まで、基準点との気温差は平均で 0.3 以下を推移する。しかし、14:00 を過ぎると気温差が急激に拡大し始め、15:00 には、平均 2.6 に達する。この時点で気温差 2.0 を超える地域は、北西部を除き対象地域の大半を占める。気温差の最大値は 16:00 の 2.6 であり、この後緩やかに減少するが、そのまま夜になり、ヒートアイランドが北西部を除き、対象地域の広い範囲に形成される。ヒートアイランド強度は平均 3.9 になる。ヒートアイランドの領域は時間の経過とともに縮小を続け、気温の高い領域は橋本駅東側地区及び相模大野駅周辺地区に残るが、23:00 を最後に消滅する。

### 3.5 ヒートアイランド形成の要因

#### (1) 人工排熱分布の推計

ヒートアイランドの発生機構を推定するため、対象地域周辺の排熱分布と風向、風速の関係を検討した。人工排熱分布と大気汚染常時監視測定局の風向風速データを用いて作成したヒートアイランド発生前後の都市環境気候図を Fig. 6 に示した。人工排熱分布は、ヒートアイランド現象実態調査報告書<sup>2)</sup>で算出した 500m メッシュの推計値を使用した。この人工排熱分布に、

Fig. 6 中に丸数字で表示した 6 局の大気汚染常時監視測定局におけるヒートアイランド発生前 3 時間のデータを解析した結果得られた主要な風向、風速の状況を重ねた。人工排熱分布の推計法の概要は、次のとおりである。

建物起源の排熱は、神奈川県都市情報システムによる用途別の延べ床面積のメッシュ別集計値に排熱原単位を乗じた。自動車起源の排熱は、幹線路については、道路交通センサスの一般交通量調査による道路別の車種別交通量に排熱原単位を乗じてメッシュ別に集計した。また、細街路については、細街路長のメッシュ別集計値の全県集計値に対する比率を求め、これに道路交通センサスの自動車起終点調査データから算

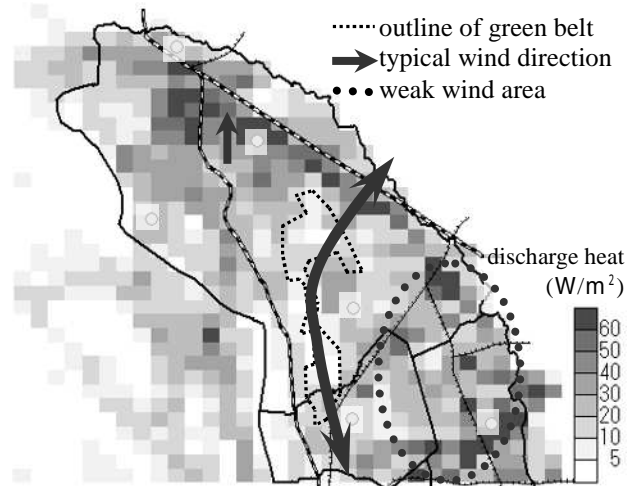


Fig. 6 Klima Atlas of Sagami-hara city

出した県全体の車種別細街路交通量に乗じてメッシュ別の細街路交通量を算出し、排熱原単位を乗じた。事業所起源の排熱は、神奈川県生活環境の保全等に関する条例の届出による燃料使用量に排熱原単位を乗じてメッシュ別に集計した。これらを合算し、500メッシュの排熱量としたものである。

(2) 風向、風速との関係

排熱分布を見ると、対象地域の高排熱地域は、主としてJR横浜線の南側、国道16号線沿いに集中しており、特に橋本駅南側の橋本台、相模原市役所周辺、相模大野駅周辺の排熱量が多い。

ヒートアイランド発生 の3時間前からヒートアイランドが消滅するまでの時間帯における6か所の測定局の風向と風速を調べたところ、Table 2に示すように、相模原市役所局では南風が吹き、相模大野駅周辺地区に最も近いの大和市役所局では、風が弱い状態になっていることがわかった。相模大野駅近傍には風速の観測記録がないため断定はできないものの、相模大野駅周辺でもこれと同様の状況が発生していることが考えられる。また、対象地域の中央部から南部にかけては、3:1でも述べたとお

Table 2 wind speed and direction during occurrence of heat islands

observation point	Heat island type	mean of wind speed	main wind direction
Sagamihara city hall	Summer	3.4 m/s	S
	Winter	2.8	S
Hashimoto	Summer	1.1	-
	Winter	1.0	WNW
Sagamidai	Summer	2.4	SSW
	Winter	1.9	SW
Zama city hall	Summer	3.1	SSE
	Winter	2.4	S
Tana	Summer	1.8	SSE
	Winter	1.6	NNW
Yamato city hall	Summer	0.9	WSW
	Winter	1.0	WSW

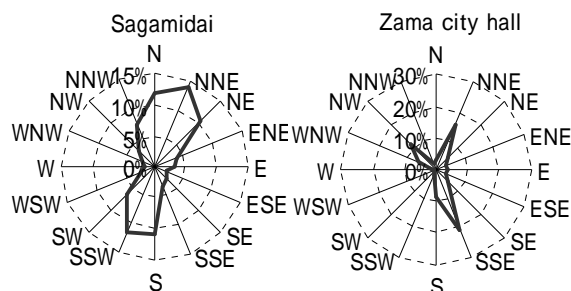


Fig. 7 wind rose of observation point and

り、Fig. 6に破線で示した緑地がベルト状に並んでいる。この緑地帯に隣接する図中及びの2か所の測定局の風向は、Fig. 7に示すように調査期間を通じ、ヒートアイランドの発生の有無にかかわらず、相模原台局では南南西～南西-北東～北北東の風、座間市役所局では南～南南東-北北東の風が卓越していた。このことからこの緑地帯上には、Fig. 6の太矢印で示すように風の道が存在すると推定された。

Fig. 8にヒートアイランド中心点近傍に位置するFig. 2のa, bで示した観測点を結んだ線を切断面とした場合の夏型ヒートアイランドの気温プロファイルを示した。3本の気温プロファイル曲線の屈曲点は、Fig. 6の風の道が通過する地点に該当している。ヒートアイランドの最盛期である23:00においても、この地点の気温は、ヒートアイランド中心点に比べて0.5程度低く、ヒートアイランドの縮小期には、気温の低下量が特に顕著である。この特徴は、冬型ヒートアイランドについても、ほぼ同様に確認できた。

この気温プロファイル切断面は、人工排熱の集積地域とほぼ重なっていることから、ヒートアイランドを打ち消す要因がないとすれば、切断面上に顕著な気温差は発生しにくいと考えられる。しかし、気温プロファイル曲線が下に凸の屈曲点を有するという事は、この地点にヒートアイランドを打ち消す要因が存在することを示唆している。

以上のことから、風の道の通過地点では、これに沿って吹く卓越風により、気温の低下速度が他の地点より大きくなり、この地点付近におけるヒートアイランド形成を抑制するとともに、ヒートアイランドの縮小期においては形成され

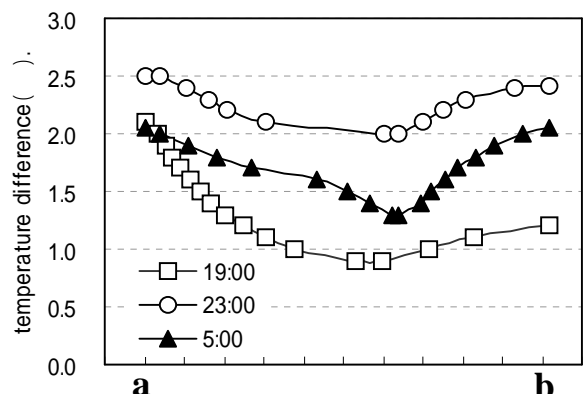


Fig. 8 air temperature profile of summer heat island

た高温域を分断する効果があると考えられる。その結果、最後までヒートアイランドが残るのが「橋本駅東側」及び「相模大野駅周辺」になる、と推定される。Fig. 2において、緑地帯周辺の気温が低くなる原因は、この卓越風によるものと考えられる。

緑地帯上の風の道を直接観測したデータはないが、Fig. 7及び Fig. 8は、風の道の存在の傍証になるものと考えられる。

### (3) 発生機構の推定

(1),(2)から、ヒートアイランドの中心地域である「橋本駅東側地区」及び「相模大野駅周辺地区」におけるヒートアイランドの発生機構の推定を試みた。その結果を次に示す。

橋本駅東側地区 ; 当地域は、相模原台地の北東の縁に位置し、北側は標高差 50~60m の多摩丘陵が急激に立ち上がる地形となっており、西から南側にかけて高排熱地域が帯状に連なっている。ヒートアイランドの発生前 3 時間から当地域の南側では南風が卓越し、ここで発生した熱負荷が当地域に供給されると考えられる。この熱負荷の供給により形成された高温気塊は、北側の多摩丘陵に遮られて他の地域には移流しにくいいため、当地域に滞留しやすい状況にあると考えられる。これにより、気温の低下速度が他の地域に比べて小さくなり、ヒートアイランドが発生する、と考えられる。

相模大野駅周辺地区 ; 当地域には、規模の大きな商業施設が集積し、大きな排熱源を形成している。当地域の西から北側を囲むように卓越風が吹いていると推定されるが、この風の道の内側では、ヒートアイランドの発生前後には風が比較的弱い状態になると考えられる。そのため、当地域で発生した熱が滞留しやすい状況となり、気温の低下速度が他の地域に比べて小さくなり、ヒートアイランドが発生する、と考えられる。

## 4 まとめ

ヒートアイランドは郊外と都市域の気温差の拡大という相対的な現象であり、郊外の基準点をどこにとるかによっても評価結果は変わってくる。本調査では、相模原市内でヒートアイランド対策を行う場合にはどこが重点地域になる

のかを明らかにすることを目的に実施した。本調査の対象地域の面積は約 90km<sup>2</sup>であり、この程度の広さの領域に自然度の高い地域が存在していれば、そこを基準とした気温観測を行うことにより、対象地域内で発生するヒートアイランド現象の全体像を把握できるといえる。

2007年6月22日から11月30日まで相模原市で実施した気温観測結果から明らかになったヒートアイランドの概要は、次のとおりである。

1) ヒートアイランドを「夜間を中心として都市部に局限される高温域」と狭義に解釈すると、相模原市においては調査期間中に57回のヒートアイランドが観測された。

2) 気温の日変化から高温域の形成過程をみると、「全面高温型」、「夏型」及び「冬型」の3種に区分された。夏型と冬型のヒートアイランドの最も大きな違いは、19:00~0:00における気温低下速度にあると考えられた。

3) 夏型、冬型ともに、ヒートアイランドの継続時間が長い地域は「橋本駅東側地区」及び「相模大野駅周辺地区」であった。これらの地域は、夜間気温 25 以上になる頻度が対象地域内で最も高い地域に該当しており、ヒートアイランドの中心地域であると考えられた。

4) 対象地域の中央部から南部にかけて、緑地がベルト状に並んでおり、これに沿って風の道が存在すると考えられた。その卓越風は、この付近におけるヒートアイランド形成を抑制するとともに、ヒートアイランドの縮小期においては形成された高温域を分断する効果を持つと考えられた。

### 参考文献

- 1) 神奈川県：平成 16 年度ヒートアイランド現象実態調査報告書 (2005)
- 5) 神奈川県：平成 17 年度ヒートアイランド現象調査報告書 (2006)
- 3) 気象庁：異常気象レポート 2005, 312-314 (2005)
- 4) 環境省、平成 12 年度ヒートアイランド現象の実態解析と対策のあり方について報告書, 3-4 (2001)

プロジェクト研究 [平成 19 年度]

課題名：地球温暖化及びヒートアイランド対策のための技術支援に関する調査研究