

## 東京 23 区におけるヒートアイランド対策導入効果の数値予測

田村 英寿\* 石井康一郎 横山 仁 岩坪哲四郎\* 平口 博丸\*  
安藤 晴夫 山口 隆子 市野 美夏\*\* 秋山祐佳里\*\* 三上 岳彦\*\*\*  
(\*財電力中央研究所 \*\*非常勤研究員 \*\*\*首都大学東京都市環境学部)

### 要 旨

東京 23 区を対象として、夏季の晴天弱風日におけるヒートアイランド対策（緑化推進、保水性舗装、高反射率塗装、建物・道路交通排熱削減）の導入効果を三次元数値シミュレーションによって予測した。対策の導入規模は、2015、2030 年の各時点で想定される導入量をもとに設定した。2030 年時点で想定される対策の導入による東京 23 区平均気温の低下量は日中 0.5℃、夜間 0.2℃であるが、日中の都心部 1600ha の平均では 0.8℃と予測された。また、気温低下は都心の風下側で大きく現れやすいことが示された。

キーワード：ヒートアイランド、東京、緑化、人工排熱、数値シミュレーション

## Numerical Prediction of Heat Island Mitigation Effect in Tokyo

TAMURA Hidetoshi \*, ISHII Koichiro, YOKOYAMA Hitoshi,  
IWATSUBO Tetsusiro \*, HIRAKUCHI Hiromaru \*, ANDO Haruo,  
YAMAGUCHI Takako, ICHINO Mika \*\*, AKIYAMA Yukari \*\*,  
MIKAMI Takehiko \*\*\*

\* Central Research Institute of Electric Power Industry,

\*\* Associate Researcher, \*\*\* Tokyo Metropolitan University

### Summary

A three-dimensional numerical simulation is carried out in order to estimate the effect of heat island mitigation measures on decrease in air temperature in Tokyo. Here, four mitigation measures are assumed concerning with urban greening, water retentive pavement, high light-reflective paint, and reducing anthropogenic heat. The amount of these measures are assumed as expected values for Tokyo in 2015 and 2030, respectively. Numerical simulations are carried out for 2015, 2030, and the present time without introducing these mitigation measures. The difference between two numerical results with and without the measures reveals the effect of measures. As a result, decrease in area-averaged air temperature over Tokyo is predicted about 0.5℃ in daytime and 0.2℃ in nighttime at 2030. In central area of Tokyo (1600ha), on the other hand, temperature decrease is predicted about 0.8℃ in daytime. Furthermore, it is found that the remarkable decrease in temperature reveals on the leeward of central Tokyo.

**Key Words** : Heat island, Tokyo, Greening, Anthropogenic heat, Numerical simulation

## 1 はじめに

ヒートアイランド現象による夏場の都市の高温化は、熱中症搬送者数の増加や冷房エネルギー消費量の増大の一因となっている<sup>1)</sup>。さらに、都市の高温化は都市域やその周辺域の風系などにも影響を及ぼし、大気汚染物質濃度の上昇や局地的集中豪雨をもたらす要因としても懸念されている。

ヒートアイランド現象の実態を把握するためには、都市域での詳細な観測が有効である。東京都環境科学研究所と東京都立大学は2002年度より共同で、東京23区内を対象とした気温・湿度・風向・風速・気圧・降水量に関する高密度の気象観測(METROS100およびMETROS20)を開始しており、これまでに、時間帯毎の東京23区内の高温域の出現場所の特徴や、高温域と風向との関連性などを明らかにしている<sup>2,3)</sup>。

こうしたヒートアイランド現象の実態把握の一方で、東京都は現在、屋上緑化や保水性舗装といったヒートアイランド緩和に有効な対策技術の導入を進めている。こうした対策技術の導入推進にあたっては、その導入効果を事前に把握しておくことが重要である。とりわけ、対策技術の導入効果の大きさが時間帯によって異なると考えられること、さらに導入効果の空間的な現れ方が海陸風などの影響を受けると考えられることから、対策技術の効果の時空間的な現れ方に関する特性把握が重要と考えられる。

こうした目的に対して、仮想的な条件設定下での模擬的な実験により気温等の時空間的な分布を予測できる三次元数値シミュレーションは有効な手段である。そこで本研究では、東京23区を対象として、1) 緑化推進、2) 保水性舗装導入、3) 高反射率塗装導入、4) 道路交通排熱削減、5) 建物排熱削減の5つのヒートアイランド対策技術を取り上げ、2015年および2030年時点で想定されるこれらの対策の導入量に対し、三次元数値シミュレーションによって気温低減効果を予測した結果について報告する。

## 2 数値モデルと計算条件

### (1) 数値モデル

本検討に使用した数値モデルは(財)電力中央研究所で開発されたものである<sup>4)</sup>。数値モデルの概要および主要な計算変量を図1に示す。計算は「大気」の計算」と「地表・地中の計算」とに大きく分けられ、それぞ

れの概略は以下に述べる通りである。

大気計算では、数10～数100km四方の水平領域を対象として、1～数km程度の水平空間分解能で、風速や気温、比湿(水蒸気量)の空間的な分布、およびこれらの数日程度の時間的な変化が計算される。鉛直方向には地形に沿った座標系が用いられ、上空約5kmまでに下層ほど細かく約15層が設定される。

地表・地中の計算では、地表の熱収支式から大気への熱や水蒸気の輸送量および地中への伝熱量、地中0.5m(海中は2m)までの温度が計算される。水平計算格子間隔は大気よりも小さい値(500m程度)を設定することが可能である。また、市街域については、建物群の凹凸が日射・長波放射や風の遮へいに及ぼす熱的效果が簡易的にモデル化されている(以下、都市地表面モデル)。具体的には、各水平計算格子内の建物幅・間隔・高さの平均値を変数として、建物屋上・建物壁・道路毎の表面温度、および建物間の気温・比湿に関する水平格子内の平均値が計算される。

### (2) 計算条件

上述の数値モデルによる計算の実施にあたっては、計算領域や格子間隔を決めた上で、土地被覆分布等に関する地表の計算条件を設定する必要がある。まず計算領域について、本検討の着目対象は東京23区であるが、広域的な地形条件下で形成される風系の影響が

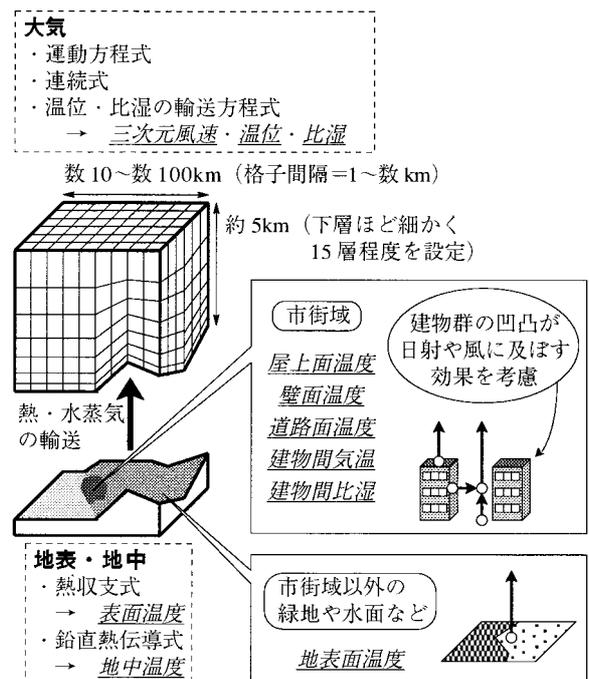


図1 数値モデルの概要(下線+斜体は計算変量)

重要と考えられるため、計算領域は図2に示す東西388 km×南北348 kmとした。水平計算格子の大きさは、東京23区を包括する35 km四方（以下、東京区部）内では全て1 kmとし、周縁部ほど粗く最大4 kmとなる可変格子とした。また、東京区部では、地表・地中の水平格子間隔は大気中の半分の500 mとするとともに、市街域に都市地表面モデルを適用した。

上述した計算領域内の地表の条件として、標高・土地被覆の分布が必要である。ここでは、国土地理院の国土数値情報（標高・土地利用）および細密数値情報（土地利用）をもとにそれぞれの分布を設定した。さらに都市地表面モデルを適用する東京区部では建物条件（高さ、幅、間隔の水平格子内平均値）の分布も必要である。ここでは、これらの分布を東京都都市整備局の地理情報システムと細密数値情報をもとに設定した。

さらに、上記の地表条件に加え、建物や道路からの排熱の分布も必要である。建物からの排熱は、夏季の排熱原単位（建物床面積あたりの排熱量）を各水平計算格子内の延べ床面積に乗じる方法で1時間毎の排熱分布を推定した。ただし、建物の用途や規模によ

ってエネルギーの消費特性や空調・給湯システムが異なるため、建物用途や床面積規模別（全部で31区分）に排熱原単位を設定し、格子内の区分毎の排熱量を全て足しあわせた。具体的な方法については、既報<sup>5)</sup>を参照されたい。なお、各計算格子内の上記区分別の延べ床面積は東京都都市整備局の地理情報システムより求めた。道路交通からの排熱は、道路交通センサをもとに、道路交通量の時空間分布を求め、これに単位交通量あたりの排熱原単位を乗じる方法で1時間毎の分布を推定した。なお、建物・道路交通ともに、排熱は顕熱、潜熱それぞれについて分布を推定し、前者は気温の上昇、後者は比湿の増加にそれぞれ寄与すると仮定した。

### 3 観測データとの比較による数値モデルの検証

対策技術の効果予測に先立って、前章で述べた数値モデルによる気温や風速の再現性の検証を試みた。ここでは、ヒートアイランドが発達しやすいと考えられる晴天弱風日であった2002年8月29日を対象として、METROSによる実測<sup>2)</sup>と計算結果とを比較検討した。

計算条件となる対象日の気象条件として、気象庁の高層気象観測データ（潮岬・輪島など6地点）より湿位・比湿の大気上端の境界値と計算初期の鉛直分布を、大手町の気象庁気象官署の日射量データより1時間毎の日射量をそれぞれ設定した。海水温度については、千葉県水産総合研究センターの東京湾海況情報などをもとに計算初期値と海中2 mの境界値を設定した。

地上45 mでの風速の計算結果をMETROS20の屋上風速と、また都市地表面モデルで計算される建物間気温をMETROS100の地上気温とそれぞれ比較した。早朝6時、日中14時、日没後の20時における風速と気温の計算結果と実測結果を図3、4に示す。なお、屋上風速の測定高度は地点毎に異なるため、ここでは都市の中立成層時を想定した指数則により地上高度45 mに換算した風速を図示してある。

風速（図3）については、早朝は弱風で、日中に北西向き（図3）の海風が発達し、日没後は北向きになるといった傾向が計算によって再現されている。気温（図4）については、実測に見られる局所的な高温・低温などの細かい分布までは計算で十分に再現できていないが、高温域が早朝に都心部、日中に北西部、日没後に都心

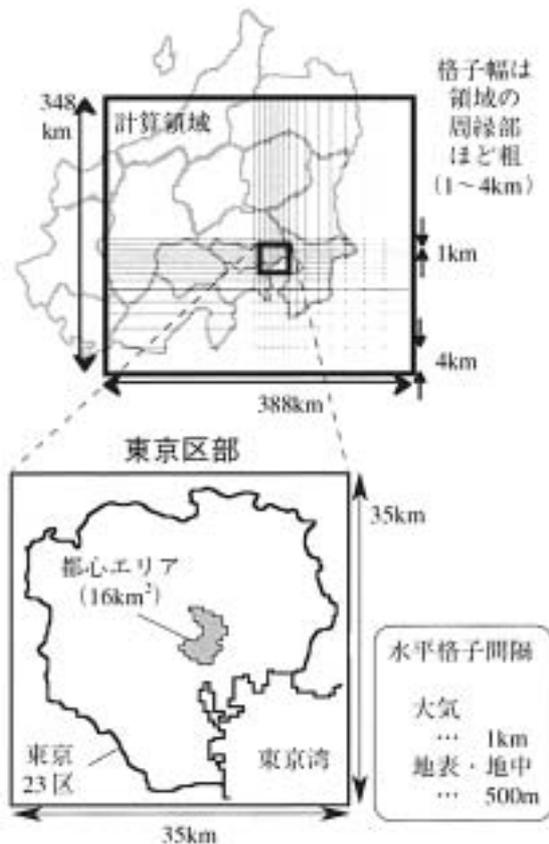


図2 水平計算領域と計算格子間隔

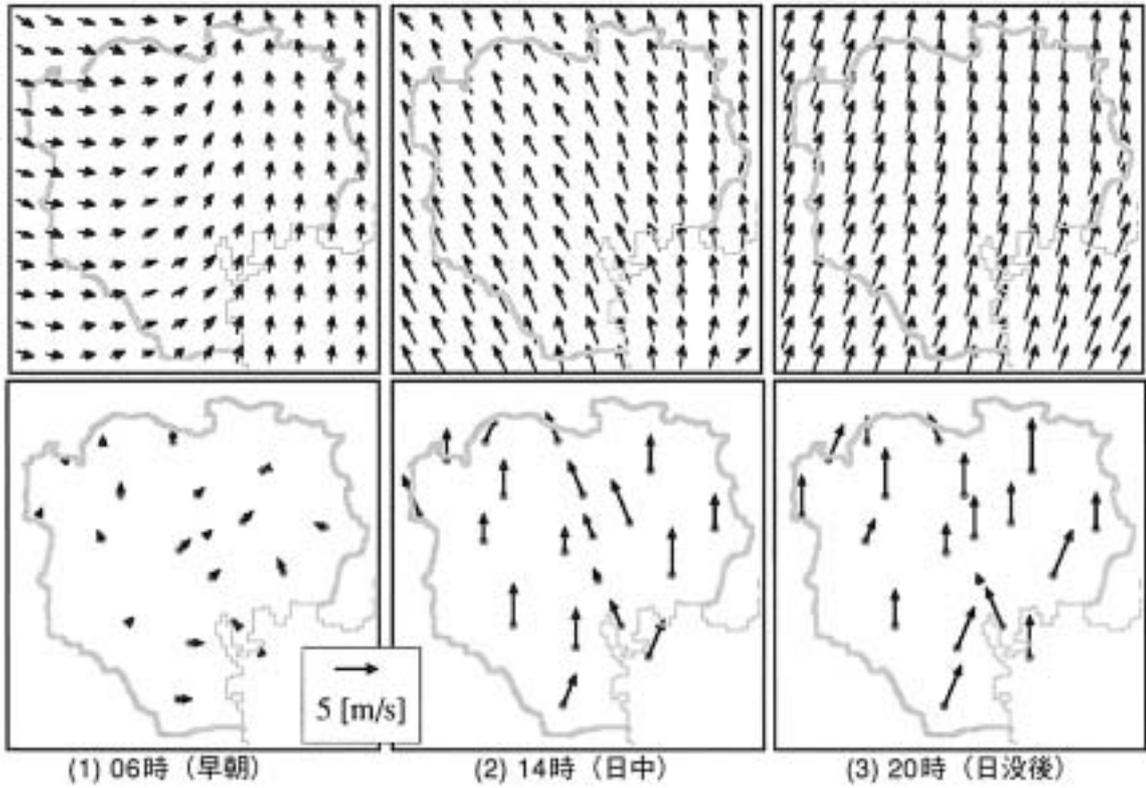


図3 2002年8月29日の風速分布  
(上：数値計算（地上約45m）、下：METROS20（指数則により地上45mに換算した値））

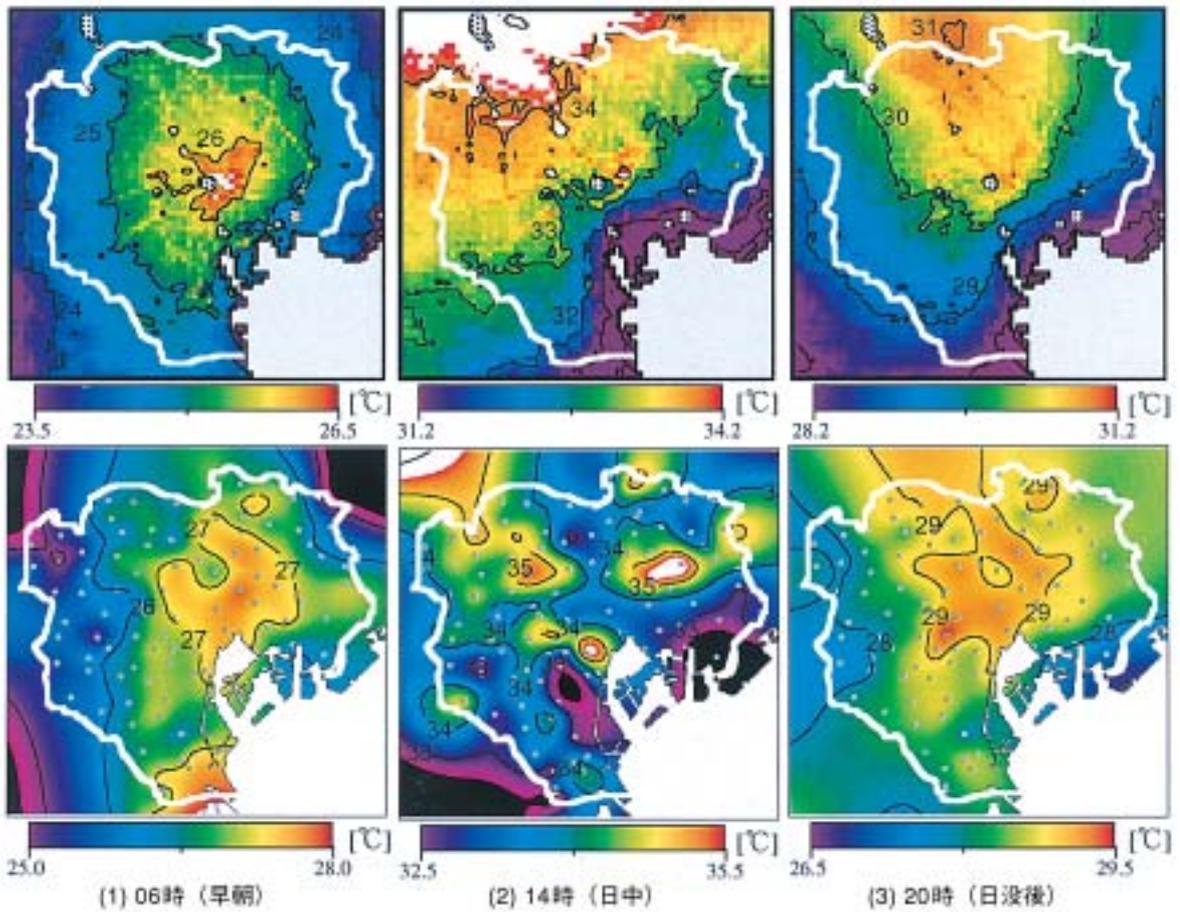


図4 2002年8月29日の気温分布  
(上：数値計算（建物間気温）、下：METROS100（地上1.5m）（カラーバーのレンジはいずれも3℃））

から北部に現れるといった傾向は計算で再現されている。三上ら<sup>3)</sup>は、日中の東京23区内において風下側が高温になりやすいことを指摘しているが、今回の数値計算でもこうした既往の知見と符合した結果が得られている。

#### 4 屋上緑化と保水性舗装の蒸発効率の推定

建物・道路表面の改変を伴うヒートアイランド対策を数値シミュレーションで評価するためには、日射反射率・熱容量・熱伝導率といった表面の物性値を計算入力条件として設定する必要がある。さらに、屋上緑化や保水性舗装では、表面からの蒸発散効果の度合いに関する変数である蒸発効率が熱的に非常に重要であるが、植物生理なども含めた複雑なプロセスからなるこの物性値を決定することは容易ではない。

そこで、ここでは東京都環境科学研究所で実施された屋上緑化、および東京都土木技術研究所で実施された保水性舗装の実証試験データ<sup>6,7)</sup>をもとに、実測と計算との比較による蒸発効率の推定を試みた。ただし本章では、2章で述べた数値モデルから都市地表面モデルだけを取り出した鉛直一次元モデルで表面の熱収支のみを計算しており、大気中の気温・比湿・風速は実測値をもとに時々刻々の値を既知の値として設定している。夏季晴天日（2003年8月25日）の屋上緑化について、実測結果と蒸発効率を4通りに変えた計算結果を図5に示す。このような変数の値を試行錯誤的に変えた計算結果と実測との熱収支の比較により、夏季

晴天日における屋上緑化および保水性舗装の蒸発効率をそれぞれ0.2、0.05程度と推測した。

#### 5 ヒートアイランド対策技術の導入効果予測

##### (1) 対策技術の導入量の想定

1章で述べた5種類のヒートアイランド対策技術について、2000年時点を対象導入前の基準としたうえで、2015年および2030年の各時点に想定される各対策技術の導入量を次のように想定した。

- 1) 緑化推進…表1のように、建物屋上（敷地面積1,000 m<sup>2</sup>以上）および市街域の地上の緑化を想定した。緑化植物は屋上・地上とも芝を想定し、物性値は東京都環境科学研究所の実測データ<sup>6)</sup>をもとに設定した。蒸発効率は4章の結果を用いた。2030年の緑化面積分布を図6(1)(2)に示す。屋上緑化面積は、敷地面積の大きな建物の多い都心や副都心で大きいことがわかる。
- 2) 保水性舗装導入…表1のように、図2に示す都心エリア（約16 km<sup>2</sup>）の道路に保水性舗装が導入された場合を想定した。物性値は東京都土木技術研究所の実測データ<sup>7)</sup>をもとに設定し、蒸発効率は4章の結果を用いた。2030年の保水性舗装面積分布を図6(3)に示す。
- 3) 高反射率塗装導入…表1のように、東京23区内の全屋上への導入を想定した。日射反射率は、文献値<sup>10)</sup>を参考に70%（導入前は10%）とした。2030年の高反射率塗装面積分布を図6(4)に示す。

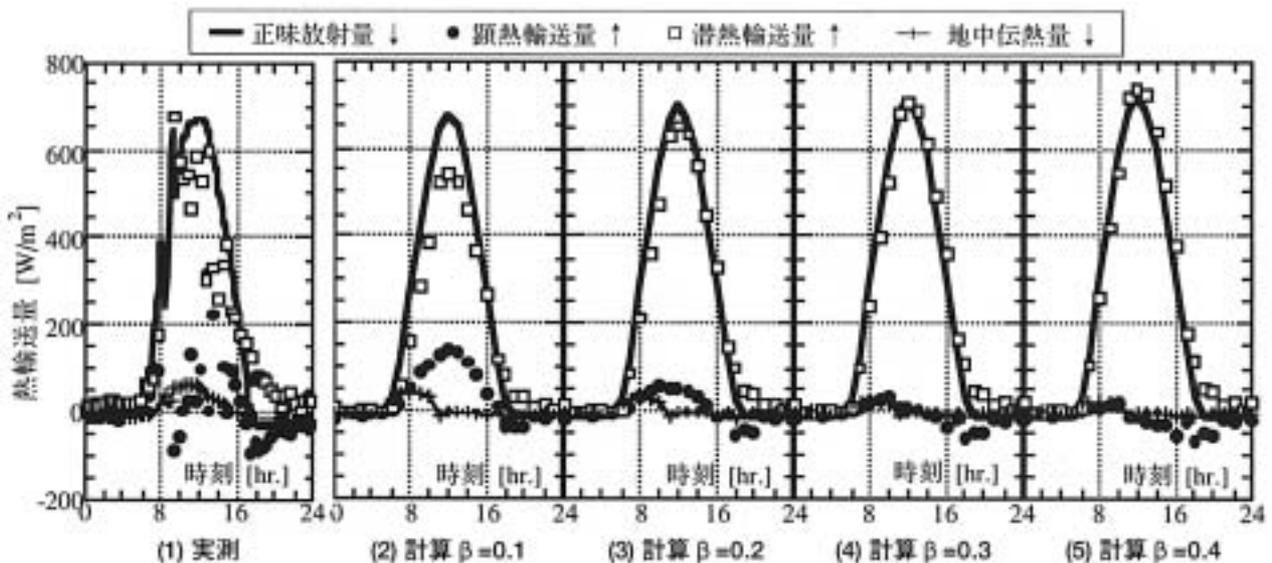


図5 2003年8月25日の屋上緑化（芝）の表面熱収支の実測結果（東京都環境科学研究所が実施）および蒸発効率（ $=\beta$ ）の値を4通りに変えた数値シミュレーション結果

表 1 各対策技術指導の考え方および東京 23 区内における導入量

対策技術	対策導入の考え方	2015 年導入量	2030 年導入量
1) 緑化推進	東京 23 区の現状のみどり率 (約 29%) に対し、東京都の資料 <sup>8),9)</sup> を参考に、2015 年に 3% 増 (うち、1,200ha が屋上緑化)、また 2030 年には 2015 年の 2 倍強の緑化を仮定した。緑化の対象としては、建物屋上 (敷地面積 1,000m <sup>2</sup> 以上) および市街域の地上の緑化を想定した。	屋上 1200.0 ha (全屋上のうちの 7.3%) 地上 685.5 ha (市街地地上のうちの 2.2%)	屋上 2463.0 ha (全屋上のうちの 15.0%) 地上 1565.2 ha (市街地地上のうちの 5.0%)
2) 保水性舗装導入	平成 15 年度の施工実績 (約 10ha) の半分の 5ha が東京 23 区内に毎年導入されると仮定した。また、普及面積に限られることから、図 2 に示す都心エリア (約 16km <sup>2</sup> ) のみに導入されると仮定した。	65.0 ha (都心エリア道路の 14.5%)	140.0 ha (都心エリア道路の 31.2%)
3) 高反射率塗装導入	東京 23 区内の全屋上を導入対象として、2015 年に 10%、2030 年に 20% 導入されると想定した。屋上緑化と較べてメンテナンスが不要であることを考慮し、導入率は屋上緑化よりもやや高めの値を想定した。	1642.0 ha (全屋上のうちの 10%)	3284.1 ha (全屋上のうちの 20%)
4) 道路交通排熱削減	米国における将来目標値 <sup>11)</sup> を参考に将来の燃費向上を考慮するとともに、2015 年時点で旅行速度の改善 (制限速度を上限として 5km/h 上昇) が進むとし、さらに 2030 年時点では旅行速度の改善に加えて、乗用車と 2.5t 以下の貨物車が全てハイブリッド車になると仮定した。	顕熱削減量 2.69 W/m <sup>2</sup> (削減率 24.5%) 潜熱削減量 0.15 W/m <sup>2</sup> (削減率 23.8%)	顕熱削減量 4.55 W/m <sup>2</sup> (削減率 41.5%) 潜熱削減量 0.26 W/m <sup>2</sup> (削減率 41.3%)
5) 建物排熱削減	建築物の省エネ性能の向上およびトップランナー方式の機器の普及による効率改善を想定し、国の資料 <sup>12),13)</sup> を参考に省エネ率を推定した。2015 年の省エネ率は、住宅、業務用とも 13%、2030 年は住宅が 21.5%、業務用が 26.5% である。	顕熱削減量 1.96 W/m <sup>2</sup> (削減率 10.9%) 潜熱削減量 0.76 W/m <sup>2</sup> (削減率 12.7%)	顕熱削減量 3.68 W/m <sup>2</sup> (削減率 20.4%) 潜熱削減量 1.53 W/m <sup>2</sup> (削減率 25.6%)

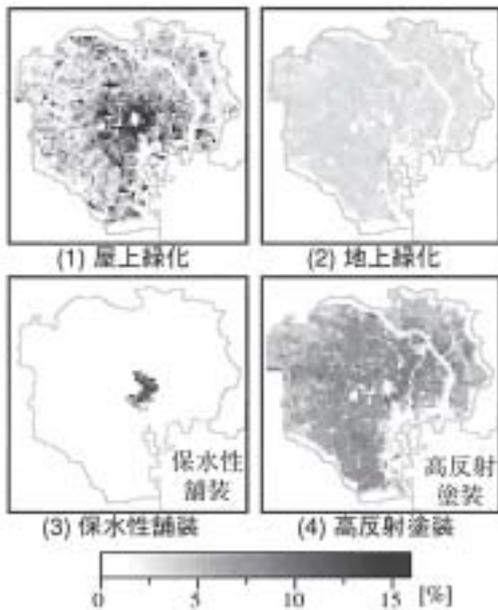


図 6 2030 年の各種対策の導入面積率の分布

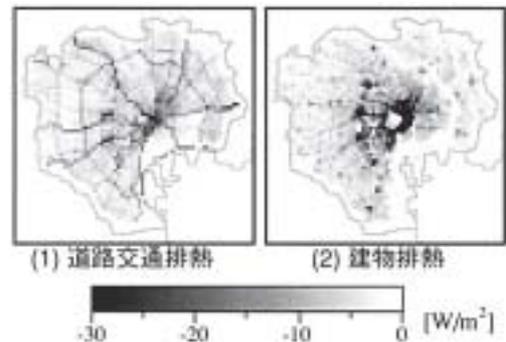


図 7 2030 年の顕熱排熱削減量の分布 (14 時)

- 4) 道路交通排熱削減…表 1 のように、燃費向上や旅行速度の改善、ハイブリッド車の普及による排熱削減を想定した。2030 年の 14 時における排熱削減量分布を図 7(1)に示す。
- 5) 建物排熱削減…表 1 のように、建築物の省エネ性能の向上およびトップランナー方式の機器の普及による効率改善による排熱削減を想定した。2030 年の 14 時における排熱削減量分布を図 7(2)に示す。

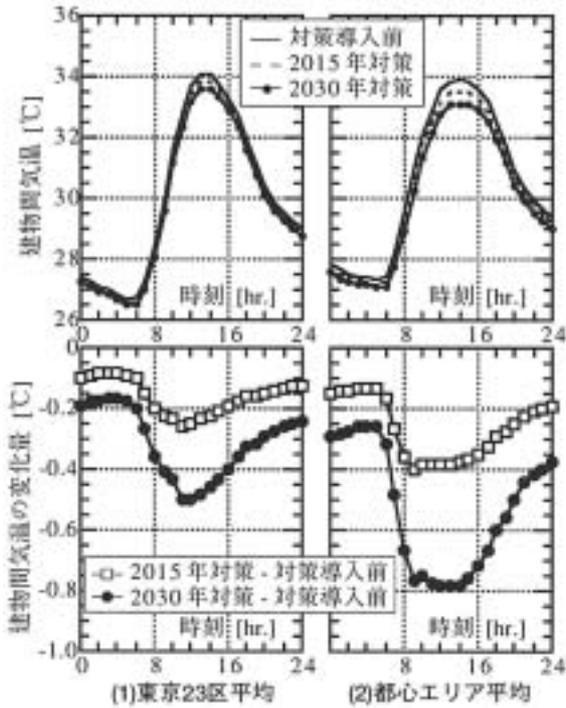


図8 建物間の気温（上）および対策導入後の気温変化量（下）の時間変化

(2) 対策技術の導入効果予測

3章と同じ晴天弱風日（2002年8月29日）の気象条件下で、対策導入前、および上記の5つの対策技術が全て導入された2015年、2030年の各条件下で計算を行い、2015、2030年の各時点について対策導入前との建物間気温の差分（以下、気温変化量）を対策技術の導入効果として考察対象とした。

図8は東京23区内平均および都心エリア平均の気温と気温変化量の時間変化である。2030年において、日中の23区内平均の気温低下量は約0.5℃であるが、都心エリア平均ではその2倍弱の約0.8℃である。これは保水性舗装を都心エリアのみに導入したことに加え、屋上緑化の対象となる敷地面積の大きな建物が都心に多かったこと、建物の排熱密度が高く排熱削減量が多かったことも理由である。また、日中の効果は夜間の2～3倍である。これは高反射率塗装と保水性舗装の効果が日中以外にほとんど見られなかったことに

表2 各対策技術を単独で導入した場合の日中14時の気温変化量（2030年時点想定）

対策技術	東京23区平均		都心エリア平均	
	導入率*	気温変化量	導入率*	気温変化量
(1) 緑化推進	6.5%	-0.20℃	13.5%	-0.24℃
(2) 保水性舗装導入	0.2%	-0.01℃	8.8%	-0.15℃
(3) 高反射率塗装導入	5.1%	-0.09℃	6.6%	-0.09℃
(4) 道路交通排熱削減	41.5%	-0.08℃	41.0%	-0.15℃
(5) 建物排熱削減	20.4%	-0.06℃	25.4%	-0.14℃

\* 導入率：(1)-(3)は対象領域の全面積に対する導入面積率、(4),(5)は顕熱排熱の削減率

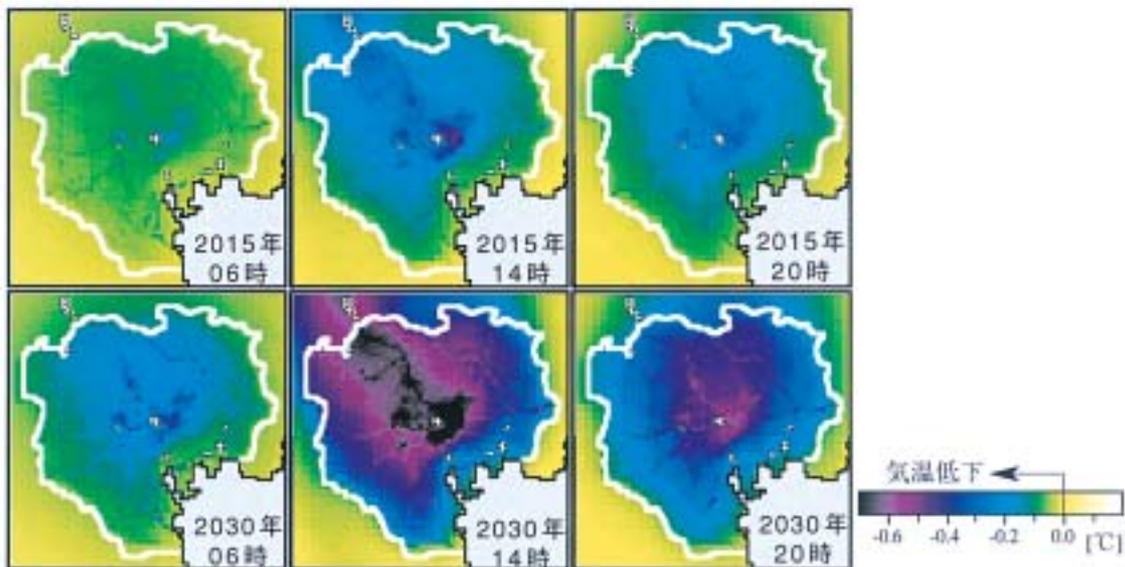


図9 建物間気温変化量の分布

加え、緑化や建物排熱削減の効果も夜間と較べて日中の方が大きかったことによる。2030年の効果は2015年の約2倍であり、両時期の各種対策技術の導入量の比がほぼそのまま結果に現れている。また、深夜から早朝の気温も、2030年において、23区平均で約0.2℃、都心エリア平均で約0.3℃低下しており、熱帯夜日数の減少が期待できる。

表2は2030年における個々の対策技術による日中14時の気温変化量である。今回の想定では緑化推進の効果が最も大きく、都心エリアでは保水性舗装や排熱削減の効果も大きいことがわかる。

図9は、早朝6時、日中14時、日没後20時の気温変化量の分布である。日中は都心部に加え、その北西部で大きな気温低下が見られる。これは日中14時の風向が北北西～北西向きであり(図3)、都心の気温低減効果が風下へ及んだことが考えられる。日没後の20時も、日中ほど顕著ではないが、都心の風下側にあたる北部で気温低下量が大きい。また、早朝や日没後の気温低下は幹線道路上で大きく、日中と比べて自動車交通排熱削減の寄与度が相対的に高くなっていることがわかる。

## 6 都市を自然状態に戻した条件下での数値シミュレーション

最後に、対策導入効果の最大値の目安として、都市を自然状態に戻した極端な条件下での気温低下量の予測を試みた。具体的にここでは、前章で検討対象としたヒートアイランド対策技術のうち、「緑化推進」および「排熱削減」に着目した以下の1)～3)の各ケースについて検討を行った。

- 1) 全緑化…市街地における建物屋上と地上の全面を芝で緑化した場合
- 2) 全排熱削減…全ての道路交通排熱および建物排熱をゼロとした場合
- 3) 全緑化+全排熱削減…上記の1)、2)とも実施した場合

全緑化+全排熱削減の導入前後における気温の時間変化を図10に示す。東京23区平均、都心エリア平均ともに、日中の気温は3℃以上低下している。また、早朝の気温も低下しており、東京23区平均で約1℃、都心エリア平均で約1.5℃である。その結果、早朝における都心エリア平均気温と東京23区平均気温との

差は、導入前(左右の図の実線同士を比較)と較べて導入後(左右の図の破線同士を比較)の方がかなり小さくなっており、全緑化と全排熱削減によって早朝の都心部の高温化が大きく軽減されることが示される。

続いて、日中における要因別の寄与度を比較するため、「全緑化」および「全排熱削減」それぞれの導入による早朝6時および日中14時の気温変化量を表3に示す。日中、東京23区平均では、全緑化による気温低下量は全排熱削減の約5倍であり、緑化の効果が大きいことがわかる。また、人工排熱密度の高い都心エリア平均では排熱削減の効果もやや大きい、緑化の効果の半分程度である。一方、早朝は、排熱削減の効果は日中と同程度であるが、緑化の効果は日中の約7分の1である。このため、早朝は排熱削減の方が効果は大きい。

## 7 おわりに

東京23区内を対象とした数値シミュレーションに

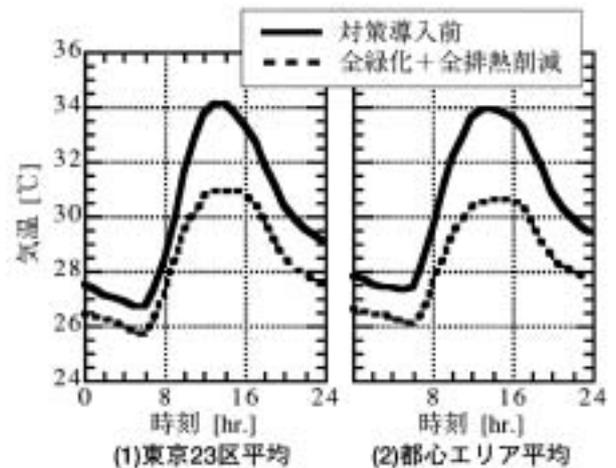


図10 「全緑化+全排熱削減」による建物間気温の時間変化

表3 対策導入に伴う気温変化量

(1) 6時		
ケース	東京23区平均	都心エリア平均
全緑化	-0.35℃	-0.30℃
全排熱削減	-0.57℃	-0.94℃
(2) 14時		
ケース	東京23区平均	都心エリア平均
全緑化	-2.53℃	-2.17℃
全排熱削減	-0.53℃	-1.01℃

より、2015、2030年時点を想定したヒートアイランド対策技術の導入効果を予測した。また、対策導入効果の最大値の目安として、都市を自然状態に戻した極端な条件下での気温低下量の予測も試みた。東京23区内においては日中の高温域が風下側に現れやすいことが指摘されている<sup>3)</sup>が、今回の検討により、対策技術の導入効果も都心部の風下側に大きく現れやすいことが示された。今後は、夏季の様々な風系条件下での効果の現れ方の違いについて検討する予定である。

#### 参考文献

- 1) 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、147p. (2001).
- 2) 安藤晴夫・塩田勉・森島済・小島茂喜・石井康一郎・泉岳樹・三上岳彦：2002年夏期における都区部の気温分布の特徴について、東京都環境科学研究所年報、pp.1-7 (2003).
- 3) 三上岳彦・安藤晴夫・横山仁・山口隆子・石井康一郎・塩田勉・森島済・小島茂喜・泉岳樹：東京都区内における夏期ヒートアイランドの時空間変動、東京都環境科学研究所年報、pp.11-17 (2003).
- 4) 田村英寿・水鳥雅文：建物周辺における熱環境予測手法の開発（その2）－東京23区を対象とした数値シミュレーション－、電力中央研究所研究報告、U99022 (1999).
- 5) 田村英寿・岩坪哲四郎・平口博丸：東京23区内を対象としたヒートポンプ給湯機による熱環境変化の数値解析、平成15年度空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、pp.721-724 (2003).
- 6) 横山仁・山口隆子・石井康一郎：屋上緑化のヒートアイランド緩和効果－軽量薄層型屋上緑化に関する検討－、東京都環境科学研究所年報、pp.3-10 (2004).
- 7) 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、東京都土木技術年報、pp.53-64 (2002).
- 8) 東京都：緑の東京計画、37p. (2000).
- 9) 東京都都市整備局：みどりの新戦略ガイドライン－中間のまとめ－、28p. (2005).
- 10) 井原智彦・松尾雅子・吉田好邦・松橋隆治・近藤裕昭：光高反射熱高放射塗料導入による建築－都市

連成環境におけるCO<sub>2</sub>排出削減効果の評価、エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集、vol.20、pp.355-358 (2004).

- 11) Reducing Greenhouse Emissions From U.S. Transportation  
[<http://www.pewclimate.org/docUploads/ustransp%2Epdf>] (2003).
- 12) 経済産業省総合エネルギー調査会、部会報告／需給部会・今後のエネルギー政策について報告書 (2001).
- 13) 環境省：平成16年度第1回地球温暖化対策技術検討会  
[[http://www.env.go.jp/earth/gijyutsu\\_k/16\\_01/index.html](http://www.env.go.jp/earth/gijyutsu_k/16_01/index.html)] (2004).