

# 蒸発冷却手法による都市街区単位のヒートアイランドポテンシャルの低減効果に関する数値解析

## Numerical Analysis on the Mitigating Effects of Evaporative Cooling Strategies on the Heat Island Potential for Urban Blocks

何 江\*<sup>1</sup>      梅干野 晁\*<sup>2</sup>  
1<sup>st</sup> Jiang He      2<sup>nd</sup> Akira Hoyano

\*<sup>1,2</sup> 東京工業大学大学院総合理工学研究科  
Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

Corresponding author: Jiang HE, kakohe.j.aa@m.titech.ac.jp

### ABSTRACT

The sensible heat flux emitted from an urban block is considered to be one cause of urban heat island formation and can be quantified by an index: the heat island potential (HIP). Two evaporative cooling strategies to reduce the sensible heat flux by lowering the urban surface temperature are focused in this paper. One strategy is to use a pavement with a capability of water-holding, and the other one is to use a water system for sprinkling the building surfaces that are coated with super-hydrophilic photocatalyst (TiO<sub>2</sub>). Four urban blocks with different land use were selected for quantitatively analyzing the mitigating effect of the two strategies on the HIP. As a result, it was found that the reduction effect of the HIP is influenced by spatial configurations (shadow distribution), etc. The analysis was carried out based on the numerical simulations using a thermal simulation tool developed by the authors' group. The results from the present study can provide useful findings for making an effective use of the two strategies in the urban/built environment design.

キーワード: ヒートアイランド, 都市街区, 蒸発冷却, 表面温度, 数値シミュレーション

**Key Words** : Urban heat island, Urban block, Evaporative cooling, Surface temperature, Numerical simulation

### 1.はじめに

都市ヒートアイランド現象の形成要因の一つとして、都市化による土地被覆の改変が挙げられる。即ち、郊外に比べ、市街地では日中に日射を受けて高温化する表面（地面や建物の外表面等）の増加により、表面から大気を暖める顕熱量が増大され、市街地の気温を上昇させることになる。そして、市街地の表面の多くはアスファルトやコンクリートのように日射吸収率が比較的高くかつ熱容量が大きい人工材料から構成されているため、日中に蓄積された日射受熱が夜間に放出され、熱帯夜の形成を促進させる。都市表面からの顕熱量を低減させるヒートアイランド現象の対策手法として、緑化や高反射塗料仕上げ、保水性舗装等が注目されており、近年これらの手法を推進するために2004年3月に発表されたヒートアイランド対策大綱<sup>(1)</sup>のように様々な政策や取り組み<sup>(2),(3)</sup>が実施されている。

これまでは上述したヒートアイランド現象対策手法に

よる表面温度と気温の低減効果について実測調査および数値解析による研究<sup>(4)-(7)</sup>が多くある。しかしながら、都市・建築熱環境の設計段階において屋外の空間形態やその構成材料を考慮した上でこれらの対策手法がヒートアイランド現象の緩和および屋外の熱環境改善に与える効果を同時に検討した事例が少ない。また、筆者らは、街区の全表面から大気への顕熱がヒートアイランド現象の形成要因として考えるときに都市空間を構成する被覆材料や空間形態等がヒートアイランド形成に及ぼす影響を定量的に予測・評価できる3D-CAD対応型・熱環境シミュレーションツール<sup>(8)</sup>を開発している。このシミュレーションツールを用いた筆者らの既往研究<sup>(9),(10)</sup>においては、多くの実在街区を対象とした検討結果から土地利用や土地被覆等が大気への顕熱流量等に与える影響が大きく異なることが確認された。そして、形成される熱環境には同一の土地利用であっても表面・断面構成材料等の違いによって大

表 1 解析対象街区の概要

街区記号	街区の用途	敷地面積 (㎡)	全表面積に対する比率 (%)				建物構造	建蔽率 (%)	容積率 (%)	緑被率 (%)		街区の特徴
			屋根	外壁	窓	地面				樹木	芝生	
A	商業業務地	4,841	19	56	19	6	RC造	59	354	0	0	中高層ビルが密集した街区
B	集合住宅地	4,196	33	44	9	14	//	41	143	3	0	住棟間が開放的な中低層集合住宅地
C	戸建住宅地	1,260	36	56	6	2	木造	83	166	0	0	木造戸建住宅が非常に密集した住宅地
D	商業住宅混在地	7,109	28	32	9	31	RC造, 木造	26	82	10	6	敷地内に公園を有する商業住宅混在地

きな差が生じている街区も見られた。

本研究では、蒸発冷却効果を有する保水性舗装と光触媒外装材利用散水システムに着目し、街区へ適用した場合に街区単位のヒートアイランド現象がどの程度低減されるかを定量的に把握することを目的とする。本報では、これらの蒸発冷却手法の冷却効果を評価できる計算プログラムを取り込んだ上記シミュレーションツールを用いて、実在の市街地から建物用途等が異なる四つの街区を解析モデルとして設定し、数値解析によって検討を行う。比較のため、同一の解析街区モデルにおいて高反射率塗料の利用を想定した場合の緩和効果についても検討する。

## 2. 研究の方法

### 2.1 解析手法の基本的考え方

ヒートアイランド現象については気温で議論される研究は多くあるが、本研究では、都市の全表面からの顕熱流量を規定する全表面温度及び気温等から算出される指標——ヒートアイランドポテンシャル (HIP) を用いて評価する。

HIPは、筆者らが既に提案した指標<sup>(11)</sup>であり、弱風日(上空風速は3m/s以下)を適用対象として街区内の全表面から大気側に対してどの程度の顕熱負荷を与えるかを温度の次元で示したものであり、下式で定義される。即ち、ある時刻において、街区内の外気温・外部風速を一定とし、街区の凹凸を含む全ての外表面を平坦な敷地として考えた場合の表面温度と気温との差を意味している。

$$HIP [^{\circ}C] = \frac{\int (T_s - T_a) ds}{A}$$

$T_s$ : 表面温度 [°C]     $T_a$ : 外気温 [°C]

$ds$ : 微小面積 [㎡]     $A$ : 街区の水平投影面積 [㎡]

### 2.2 シミュレーションツールの概要

街区内の全表面温度分布やHIP等の算出に用いるシミュレーションツールでは、解析対象街区の空間形態を再現した建物や樹木等の三次元モデル (3D-CAD) に、構成材料の熱的パラメータ (表面日射反射率や熱伝導率など) を入力する。上記3D-CADモデルに対して、均等メッシュ間隔 (本報では20cmメッシュとしている) で質点化を行い、気象条件等を与え、各質点について非定常熱収支を計算する。なお、自動車や空調室外機等からの人工排熱は計算対

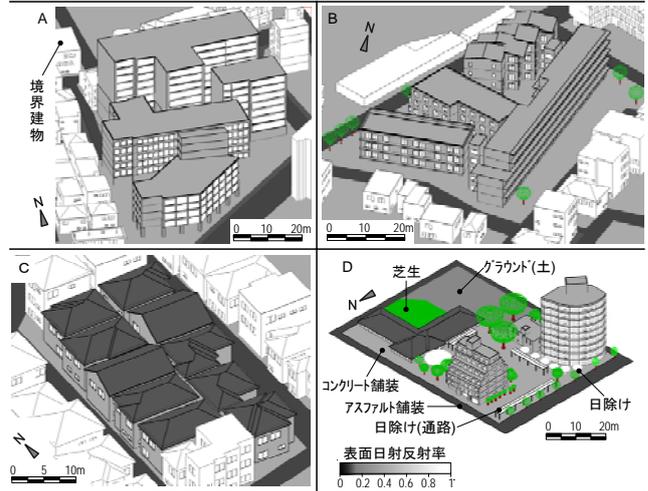


図 1 解析対象街区の外観 (3D-CAD モデル)

象外としている。

各表面質点における熱収支計算は次のように行われる (計算手法の詳細については文献8を参照されたい)。直達日射量はレイトレース法により、また反射日射量は、その面における直達日射量から、鏡面・拡散成分ともに一次反射までを計算する。天空からの放射成分は、いずれも別途計算される天空率をパラメータとし、天空日射量は気象条件の水平面天空日射量との積から、また大気放射量は Brunt の式で求まる放射量との積から算出する。周辺地物との長波長放射量の授受はモンテカルロ法に基づく。都市キャノピー空間内の気温・風速は一樣とし、対流熱伝達量は風速の関数としてユルゲスの式により計算する。部材断面方向の熱伝導は一次元として扱い、後退差分により15分間のタイムステップ毎に表面温度及び部材内断面温度分布を算出する。このとき、建物であれば外壁の断面構成を、地表であれば地中温度の日変化が殆ど無い深さ(地中1m)までの材料構成を計算上再現し、各構成層より細かな分割幅で一次元方向にメッシュ分割している。室温は、時間変化は考慮するが、建物内の空間分布は一定とする。

建物の境界条件である自然室温や暖冷房時室温、地中内部の温度境界条件等の設定については、既報<sup>(9),(10)</sup>と同様の方法を用いた。放射収支に影響を与えると予想される対象街区の境界(道路)に隣接する建物(図1の境界建物)も熱収支計算の対象とし、対象街区と隣接建物を含む領域を計算範囲としている。計算結果として、建物の外表面温度や地表面温度、その他の表面温度が出力される。街区内の全ての表面温度から算出された当街区のヒートアイラ

ンドポテンシャルの特別値も出力できる。

## 2.3 解析街区モデルの設定

東京都心部に存在する市街地から、建物用途や建物構造、建蔽率、容積率等が異なる商業業務地 (A)、集合住宅地 (B)、戸建住宅地 (C)、商業住宅混在地 (D) の四つの地区を解析モデルとした。表1と図1にそれぞれ全対象街区の概要とそれらの3D-CADモデルを示す。

街区Aは密集している四棟の中高層商業・オフィスビルから構成されている。街区の東・南側には幅の広いアスファルト舗装道路が走っている。敷地内には植栽がない。

街区Bは四棟の中低層集合住宅からなる。敷地内に駐車場があり、住棟の間隔は比較的広い。約3%の緑被率に相当する樹木が植えられており、敷地の東・西側境界近傍に点在している。

街区Cは高密度で密集している木造戸建住宅地である。敷地内の地面は非常に少なく、緑被率は0%である。

街区Dは敷地内に公園を有し、商業・オフィスビルと住宅が混在する街区である。敷地の西側は広幅員の南北道路に接している。東側に公共施設として利用されている一棟の低層木造建物があり、南側に2階建てRC造商業用ビルと10階建てRC造オフィスビルが一棟ずつ建っており、北側には一棟の7階建てRC造集合住宅がある。

対象街区の3D-CADモデルの作成は所在地の航空写真や都市計画GISデータ、実態調査データに基づいて行われた<sup>(10)</sup>。地表面や建物等の断面仕様と構成材料の熱物性値は、文献調査及び現地調査結果を参考に、表2のように設定した。

今回では、解析対象街区の空間形態として実在の街区を再現しているものを採用しているが、図1のように表面日射反射率や屋根・外壁断面構成仕様等の設定については同一構造 (RC造または木造) の建物は全て同様な値を使用している。また、各街区の周辺道路はアスファルト舗装とし、敷地内の地面はコンクリート舗装としている。

## 2.4 検討ケースの設定

各街区において、地面・建物の外表面の仕上げや散水有無等について以下のように5通りの状況を想定し、検討ケースは全20ケースと設定した。

### (1)現状 (ケース名: A1, B1, C1, D1)

高反射率塗料や蒸発冷却手法を利用しない状況を想定したケースとして、タイルとコンクリート仕上げ面の表面日射反射率は0.3、アスファルト舗装面は0.1とする。木造戸建住宅の傾斜屋根 (黒色スレート瓦葺き) の表面日射反射率は0.15とする。RC造と木造建物の外壁断面構成はそれぞれ表2の(a)・(b)とし、屋根は(c)・(d)とする。なお、アスファルト舗装道路とコンクリート舗装面の断面構成はそれぞれ表2の(e)と(f)に示す通りである。窓はフロートガラス (厚さは商業業務ビルでは8mm、住宅では6mm)

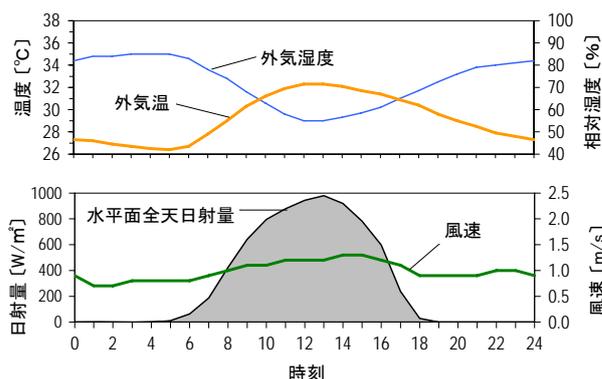


図2 計算対象日とした夏季晴天日の気象概要

とした。

### (2)高反射率塗料利用 (ケース名: A2, B2, C2, D2)

敷地内の地面及び建物の屋根・壁面へ高反射率塗料を利用したケースとして、これらの表面日射反射率は0.7とする。その他の設定条件は上記(1)と同様である。

### (3)保水性舗装利用 (ケース名: A3, B3, C3, D3)

敷地内の地面のみは蒸発冷却を有する保水性舗装とし、その他の設定条件は上記(1)と同様とする。対象とした保水性舗装体は、円井・梅干野らが既に試験体を用いた長期屋外実験等により開発した蒸発冷却舗装システム<sup>(14)</sup>であり、その舗装面の断面構成は表2の(g)に示す通りである。本解析には、既報<sup>(15)</sup>において提案したその熱・水収支モデル及び計算アルゴリズムを取り込んだ本シミュレーションツールを使用している。

### (4)建物等散水 (ケース名: A4, B4, C4, D4)

散水可能な建物の外壁及び傾斜屋根面 (戸建住宅) へ光触媒外装材を利用し、9:00から18:00までそれらの表面に散水する。商業業務建物のガラス面 (小さな窓を除く) も散水の対象とする。庇やベランダのある壁面は散水対象外とする。街区Dにおいては、屋外にある日除け通路の屋根 (膜材) も散水の対象とする。ここに対象とした光触媒外装材を用いた散水冷却システムは筆者らの既往研究<sup>(16)</sup>で検討した光触媒利用蒸発冷却システムであり、その熱・水収支モデルや計算アルゴリズム等を本解析に使用している。なお、その他の設定条件は上記(1)と同様である。

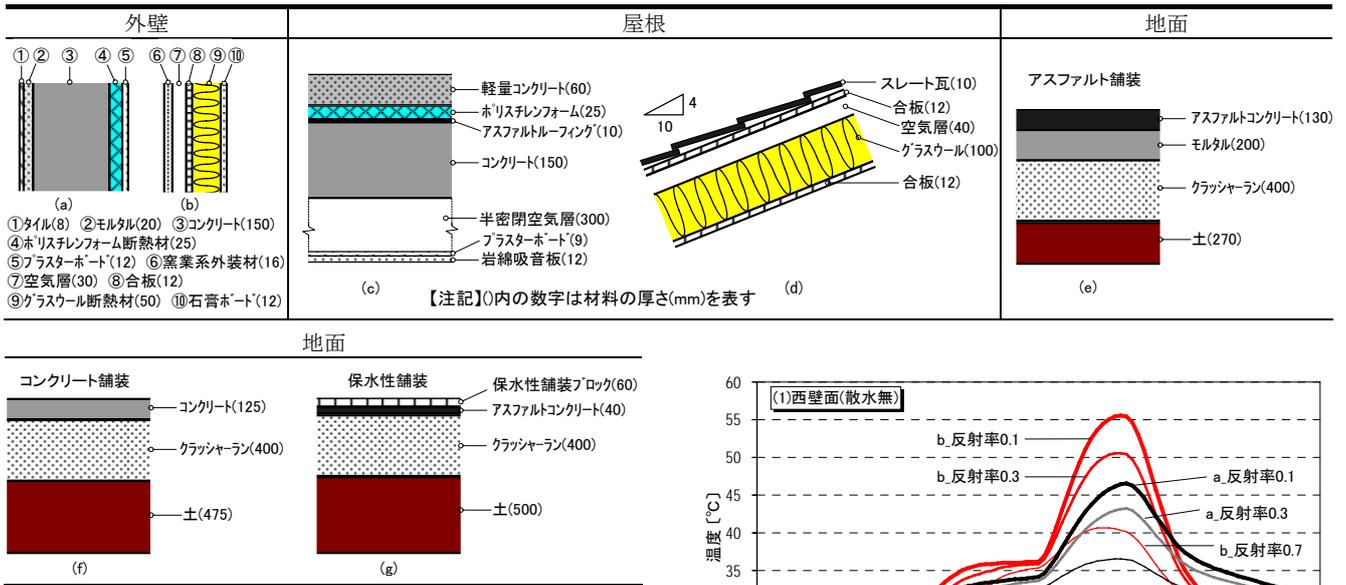
### (5)保水舗装+建物等散水 (ケース名: A5, B5, C5, D5) 上記(3)と(4)を組合せたケースとする。

## 2.5 計算諸条件

### (1)気象条件

ヒートアイランド現象が顕在化しやすいと考えられる東京の夏季晴天日 (8月5日) を計算対象日とし、この日の気象条件 (空気調和・衛生工学会方式の標準気象データを使用している) の概要を図2に示す。なお、以下はこの日を選定した主な理由である。①日中の気温が30°Cを超えており、夜間も25°C以上となる熱帯夜が形成されること。②日没後から深夜まで雲が多く発生し (夜間の平均雲量は8

表2 計算対象とした建物の屋根・外壁及び地面の断面構成概要



以上), それが大気への放射冷却を阻害すること。③日中の日射量が安定しかつ比較的多く, 風は比較的弱いこと。

(2)室内条件

室内冷房時間と冷房設定温度は, 冷暖房時間や冷暖房設定温度等に関する調査結果等<sup>(17)-(19)</sup>を参考に以下のように設定した。

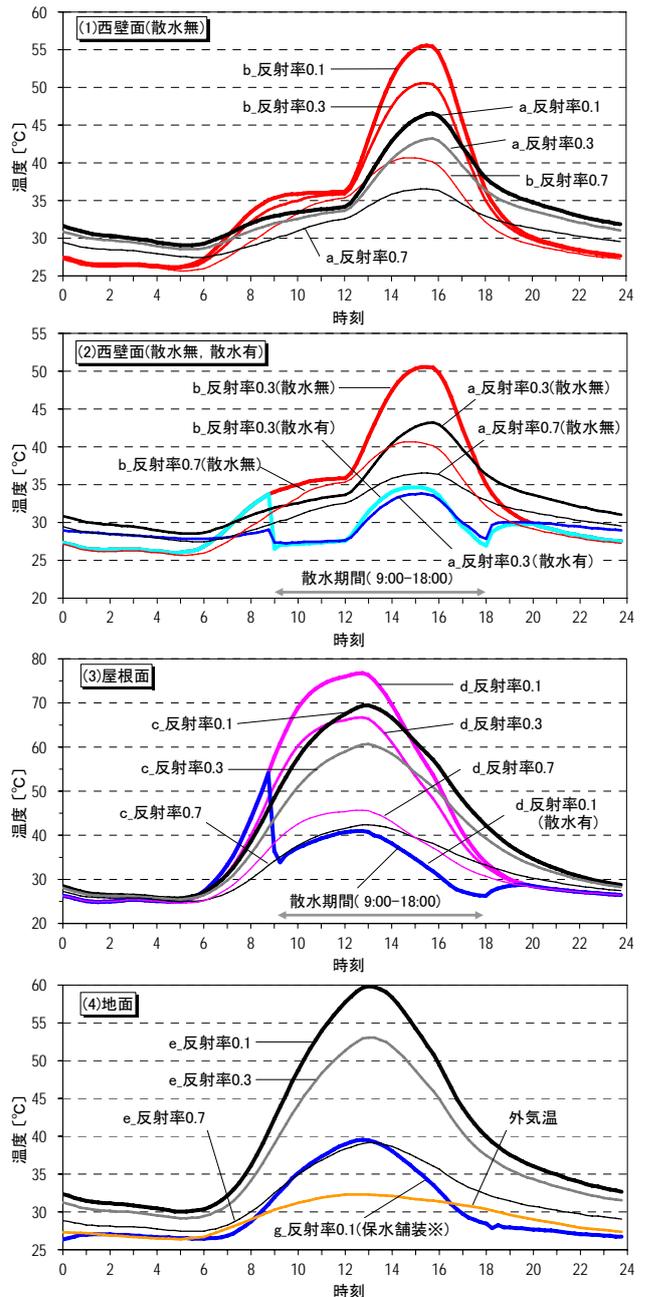
冷房時間: 商業業務ビルは8~22時, 住宅は19~24時  
 室温設定: 冷房時は26℃, その他の時間帯は自然室温

3.結果と考察

3.1 表面温度と表面構成材料等との関係

検討対象とした蒸発冷却舗装と散水冷却システム及び高反射率塗料仕上げによる表面温度の低減効果の特徴を把握するために, 表2に示した断面構成を有する屋根・外壁と地面の表面温度変化を計算し, その結果例を図3に示す。ここに取り上げた表面温度は周辺地物の日影等の影響を受けない場所の計算結果であり, 前述した夏季晴天日の気象データ及び室内条件を入力条件として使用した。また, 同図には, 真西に面している壁面(表2の(a)と(b)), 陸屋根面(表2の(c)), 真南に面している傾斜屋根(表2の(d)), 地面(表2(e)と(g))の計算結果を示している。

図3-(1)に示すように, 表面日射反射率の増加による日中の表面温度の低下量は木造建物の壁面(外壁(b))の方が大きい。例えば, 反射率を0.3から0.7に増加させた場合, 日中の表面温度低下の最大値は木造建物の壁面では約10℃, RC造建物の壁面(外壁(a))では約7℃である。この時の表面反射日射量が約204W/m<sup>2</sup>増加し, 壁体内への伝導熱量が約18W/m<sup>2</sup>減少した。また, 夜間では木造建物の壁面の蓄熱量は比較的少ないため日射反射率を増加しても表面温度は殆ど変化しない。これに対して, RC造建物の



図中の a~e, g は表2の断面構成(a)~(e), (g)を示す

保水性舗装: 前々日 23時から前日 0時まで十分に散水が行われ, 舗装体が飽和状態に達す。

図3 夏季晴天日における表面温度の算出結果例



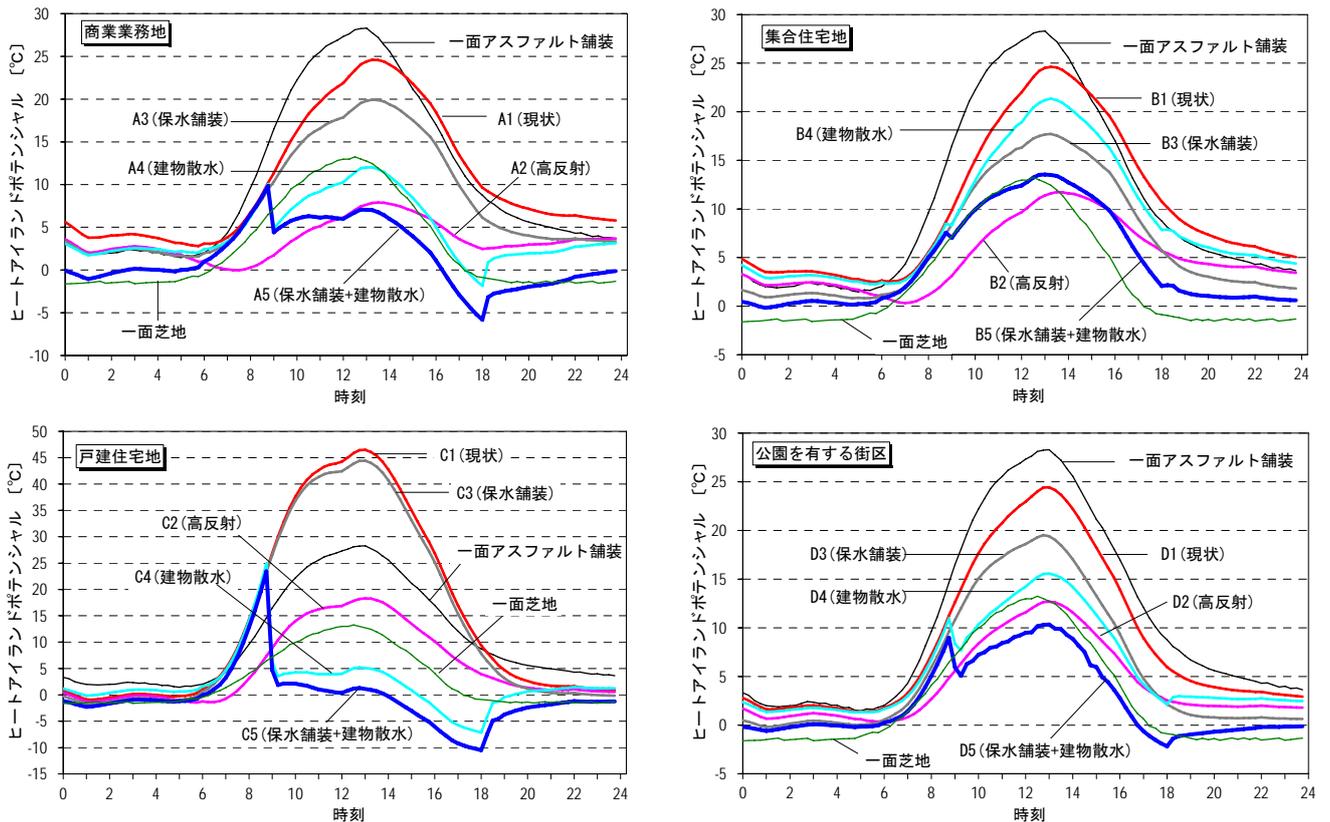


図5 夏季晴天日における各ケースのヒートアイランドポテンシャル(HIP)の時間変化

35°C低下する。反射率0.7の散水無し傾斜屋根面と比較してみると、散水開始時から正午までは散水有り屋根面の温度は若干低いが、正午から散水停止時(18:00)までは前者と後者との温度差は徐々に増大していき、最大で約7°Cに達す。即ち、日射量の少ない場合においても蒸発冷却の効果は期待できる。

アスファルト舗装面においては、反射率を0.1から0.7に増加させることにより、図3-(4)から読み取れるように、日中の表面温度は最大で20°C低下する。保水性舗装を適用した場合、日中では反射率が0.7である場合とほぼ同程度の温度低下が示される。夜間では、保水性舗装の方が1~3°C低い。午後16:30頃から深夜にかけては、蒸発冷却により保水性舗装の表面温度は外気温以下になっている。

### 3.2 街区における計算結果

#### (1) 街区全体の表面温度低下の特徴

各街区について上記夏季晴天日における表面温度分布の時間変化を計算した。ここでは、太陽高度が高く日影が最小となる正午12時と西壁面の受熱日射量が最大となる午後3時の表面温度分布の算出結果例を図4に取り上げた。

12時には、直達日射を受けている壁面では、散水なし(現状)の場合に表面温度分布はその時の外気温(32.3°C)を10°C近く上回っている。これに対して、散水により壁面温度は5°C前後低くなっている。直達日射が

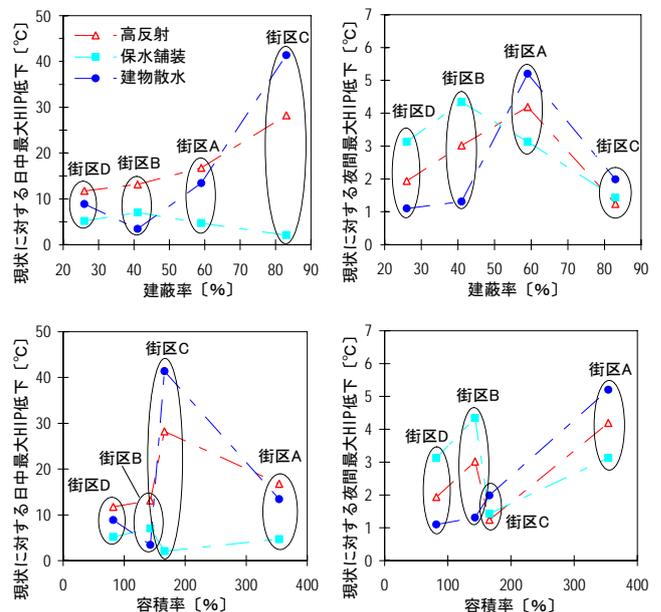


図6 最大HIP低下量との建蔽率・容積率との関係

当たらない壁面では、散水無しの場合に比べ散水有りの方が2~3°C低く、外気温以下であることがわかる。

街区Dにおける15時の表面温度分布画像で見られるように、地面が直達日射を受けた場合に高反射率塗料仕上げと保水性舗装の地表面温度には差が殆ど見られないが、日影の場合には保水性舗装の方が若干低くなっている。

#### (2) 各検討ケースにおけるHIPの低減効果

図5に全ケースのHIPの日変化を示す。同図には、参考

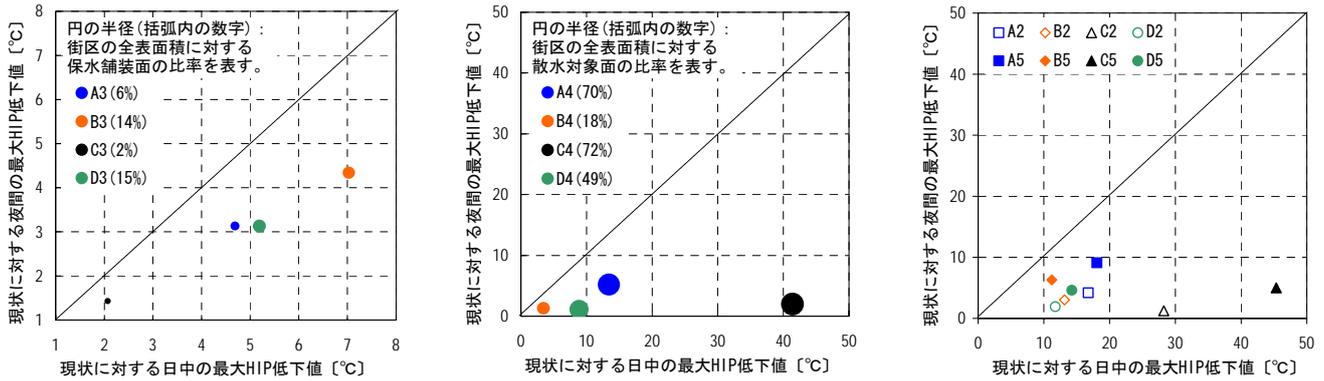


図7 現状に対する日中(9時~18時)と夜間(20時~5時)の最大HIP低下値との関係

のために平坦なアスファルト舗装地面と芝地のHIPも示している。以下、街区毎のHIPの日変化特徴を分析した上、土地利用や空間形態等との関係について考察する。

商業業務街区(街区A)では、現状(A1)に比べ、地面へ保水性舗装を適用した場合(A3)、HIPは日中5°C前後、夜間2°C前後低下している。建物等の外表面に散水した場合(A4)、日中と夜間のHIPの最大低下値はそれぞれ約13°C、4°C程度である。両蒸発冷却手法(A5)を利用すると、日中ではHIPは一面芝地よりも低く抑えられ、6°C前後である。そして、16時から18時(建物等散水停止時刻)にかけては、HIPは0°C以下に低下し、大きな低減効果が示されている。これは、この時間帯には蒸発冷却によって外気温以下に冷やされる表面が存在することによる結果である。

集合住宅地(街区B)では、地面へ保水性舗装を利用した場合(B3)、保水性舗装地面が全表面積に対する比率は比較的高いため、HIPの低下は建物等散水(B4)の場合よりも大きい。高反射率塗料利用の場合(B2)に比べ、両蒸発冷却手法を利用した場合(B5)のHIPは日出直後6時頃から午後4時まで高くなっているが、午後4時以降に逆転して低くなっていく。即ち、日が暮れ始める夕方以降では受熱日射量の低下に伴い高反射率塗料利用の効果が大きく低下するのに対して、蒸発冷却効果の低下は比較的小さく、継続的に発揮することができる。

戸建住宅地(街区C)では、地面が占める比率が非常に低いため、地面へ保水性舗装を利用した場合(C3)のHIPの低下効果は小さい。建物への散水手法(C4)により、HIPは大幅に低下し、日中では5°C以下に抑えられる。そして、14時から散水停止時刻18時までにはHIPは0°C以下に下がり、最低で-10°Cになる。この結果は以下の理由によると考えられる。図4に示したこの街区の表面温度分布画像で見られるように、直達日射が当たらない壁面は多くあり、これらの壁面に散水した場合には蒸発冷却によって表面温度が外気温以下に下げられるためである。

街区Dでは、全表面積に対する地面の比率は比較的高く、樹木も多く植えられている。即ち、日中では地面に多くの木陰が形成されている。地面へ保水性舗装を利用した場合(D3)、木陰空間にある舗装面は蒸発冷却によって一

日中外気温前後の温度に維持されている。その結果、夜間になると高反射率塗料利用の場合よりもHIPの低下効果は大きくなっている。

### (3) HIP低下と建蔽率等との関係

現状のケースに対して、各対策手法による日中(9時~18時)と夜間(20時~5時)の最大HIP低下値を算出し、その結果等を用いて図6と図7を作成した。最大HIP低下値と建蔽率・容積率との関係を示した図6によると、高反射率塗料を利用した場合(日中のみ)を除き、最大HIP低下値は建蔽率または容積率とは明確な比例関係が見られなかった。

図7は、各対策手法について日中と夜間の最大HIP低下値の関係を示すものである。保水性舗装を利用した場合(図7の左図)、街区の全表面積に対する保水性舗装面の比率が最も低い(2%)戸建住宅地(街区C)では、昼と夜の最大HIP低下値はそれぞれ2.1°C、1.4°Cである(顕熱流の最大低下量は23.6W/m<sup>2</sup>、13.9W/m<sup>2</sup>)。次いで保水性舗装面の比率が低い(6%)商業業務街区(街区A)では、昼と夜の最大HIP低下値はそれぞれ4.7°C、3.1°Cである(顕熱流の最大低下量は52.8W/m<sup>2</sup>、30.9W/m<sup>2</sup>)。保水性舗装面の比率が最も高い(15%)街区Dでは、昼と夜の最大HIP低下値はそれぞれ5.2°C、3.1°Cであり(顕熱流の最大低下量は58.4W/m<sup>2</sup>、30.9W/m<sup>2</sup>)、街区Aのそれらと近い低下値が示されている。一方、街区Bでは、保水性舗装面の比率は街区Dとほぼ同程度であるが、昼と夜の最大HIP低下値は街区Dよりも2~3°C高い。要するに、舗装面の比率の増大に伴い、HIP低下値が増大する傾向が示されている。しかしながら、街区Dのようにばらつきも見られる。これは、街区の空間構成(建物・樹木の日陰)等が影響しているものと考えられる。また、同図の中央の図に示すように、建物への散水手法についても同様なことが言える。

同図の右図によると、街区Bのように地面が比較的多く、建物に散水可能な表面が比較的小さいため、両蒸発手法を利用しても、高反射率塗料利用の場合に比べ、日中の最大HIP低下値は低い街区が存在する。しかし、夜間の最大HIP低下値は前者の方が大きい。その他の街区については、昼と夜の最大HIP低下値は両蒸発手法を利用した場合の方が大きい。

#### 4. まとめ

地面に蒸発冷却効果を有する保水性舗装と建物に光触媒外装材利用散水システムを利用した場合のヒートアイランドポテンシャル (HIP) の低減効果を定量化するために、実在の市街地から土地利用が異なる四つの街区モデルを対象に高反射率塗料利用等の場合と比較する数値解析を行った。以下、今回得られた新たな知見をまとめる。

地面や建物等の表面に上記蒸発冷却手法を適用した場合、夏季晴天日の日中においては日射を受ける表面の温度低下は高反射率塗料を利用した場合とほぼ同様である街区がある。しかし、午後2時以降から夕方まで(受熱日射量が時間と共に減少していく時間帯)表面温度の低下は蒸発冷却手法の方が大きい。一方、日影を受ける表面では表面温度の低下は昼夜ともに蒸発冷却手法を利用した場合の方が大きい。そして、夕方や夜間においては、表面温度は蒸発冷却によって外気温前後になる場合がある。その結果、夜間におけるHIPの低減には蒸発冷却手法を用いた方が効果的であることが明らかになった。

地面や建物等の表面への本蒸発冷却手法の適用によるHIPの低下量は必ずしも適用街区の建蔽率や容積率と正比例する関係が見られず、適用表面の比率の増加と共に増大する傾向が示されたが、適用場所の空間(日陰、樹木の下、等々)や表面・断面構成材料等の違いによってその低下効果が異なる街区も存在する。

#### 引用文献

- (1) ヒートアイランド対策関係府省会議(内閣官房都市再生本部, 経済産業省, 国土交通省, 環境省): ヒートアイランド対策大綱, 2004.3
- (2) 東京都環境局, 東京都のヒートアイランド対策, <http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/heat/>
- (3) 大阪市, 大阪市ヒートアイランド対策推進計画, 2005.3
- (4) 近藤靖史・長澤康弘・入交麻衣子, 高反射率塗料による日射熱負荷軽減とヒートアイランド現象の緩和に関する研究, 空気調和・衛生工学会論文集, 78(2000), pp.15-24.
- (5) 森山正和・河野仁・吉田篤正・宮崎ひろ志・竹林英樹, 都市における樹木のクールスポット効果に関する実測データ解析, 日本建築学会計画系論文集, 541(2001), pp.49-56.
- (6) 高偉俊・尾島俊雄, 街路空間における街路樹の日射遮蔽による熱環境に及ぼす影響に関するシミュレーション, 日本建築学会計画系論文集, 555(2002), pp.115-122.
- (7) 佐藤愛・吉田治典, 集合住宅周辺の樹木が屋外の温熱環境に与える影響に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 572(2003), pp.1-7.
- (8) 梅干野晃・浅輪貴史・中大窪千晶, 3D-CADと屋外熱収支シミュレーションを一体化した環境設計ツール, 日本建築学会技術報告集, 20(2004), pp.195-198.
- (9) 梅干野晃・浅輪貴史・高田真人・円井基史, 土地利用と熱環境対策からみた都市街区におけるヒートアイランドポテンシ

アルの特徴, 日本建築学会計画系論文集, 559(2002), pp.63-70.

- (10) 梅干野晃, 浅輪貴史, 村上暁信, 佐藤理人, 中大窪千晶: 実在の市街地の3D-CADモデリングと夏季における街区のヒートアイランドポテンシャル数値シミュレーションによる土地利用と土地被覆に着目した実在の市街地の熱環境解析その1, 日本建築学会環境系論文集, 612(2007), pp.97-104.
- (11) 梅干野晃・古賀和博・山下純一, サイドロッキング航空機MSSデータを用いた丘陵開発地域の顕熱流量の解析, 日本建築学会計画系論文集, 462(1994), pp.49-58.
- (12) 山村真司・梅干野晃・浅輪貴史, 建築外部空間デザインの設計支援を目的とした熱放射環境の予測手法の開発, 日本建築学会計画系論文集, 554(2002), pp.85-92.
- (13) 浅輪貴史・梅干野晃, 屋外の空間形態と構成材料を考慮した建築伝熱シミュレーションモデルの開発, 日本建築学会環境系論文集, 578(2004), pp.47-54.
- (14) 円井基史・梅干野晃・浅輪貴史・板津佳恵, 蒸発冷却舗装システムの基本性能に関する夏季屋外実験(都市熱環境改善に向けた蒸発冷却舗装システムとその予測評価手法の開発その1), 日本建築学会環境系論文集, 600(2006), pp.51-58.
- (15) 円井基史・梅干野晃・浅輪貴史・板津佳恵, 蒸発冷却効果を有する舗装体の表面濡れ状態に着目した熱・水収支特性の把握(都市熱環境改善に向けた蒸発冷却舗装システムとその予測評価手法の開発その2), 日本建築学会環境系論文集, 610(2006), pp.75-82.
- (16) 何江・梅干野晃, 光触媒外装建材を用いた蒸発冷却システムの都市・建築熱環境改善効果(第1報-数値シミュレーションによる評価手法に関する検討), 空気調和・衛生工学会論文集, 124(2007), pp.19-26.
- (17) 坊垣和明ほか9名, 全国的調査に基づく住宅の暖冷房時間および暖冷房期間に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 509(1998), pp.41-47.
- (18) 尾島俊雄研究室: 建築の光熱水原単位〔東京版〕, 早稲田大学理工学総研シリーズ3, 早稲田大学出版部, 1995.
- (19) 尾島俊雄, ヒートアイランド, 東洋経済新報社, 2002.

(Received July 3, 2007, Accepted November 7, 2007)