

川崎市におけるクールシティ施策の 温暖化対策効果の算定システムの基本設計

土田 えりか¹・藤田 壮²・中山 忠暢³・角田 智彦⁴・高橋 克則⁵

1 東洋大学大学院 工学研究科 環境・デザイン専攻 (〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100)

E-mail:gd0600083@toyonet.toyo.ac.jp

2 正会員 工博(独)国立環境研究所 環境技術評価システム研究室(〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2)

東洋大学 工学部 環境建設学科 教授 (同上)

E-mail:fujita77@nies.go.jp

3 工博(独)国立環境研究所 環境技術評価システム研究室(同上)

4 (株)三菱総合研究所 科学技術研究本部 (〒100-8141 千代田区大手町2-3-6)

5 JFEスチール(株) スチール研究所スラグ・耐火物研究部 (〒260-0835 千葉県千葉市中央区川崎町1)

川崎市を算定対象として、ヒートアイランド現象がもたらす都市熱環境負荷を保水性舗装導入により低減し、それに伴う住宅空調電力削減量を環境改善効果とし算定を行った。算出に伴い、空調負荷の最も大きな要因となる外気温の設定においては、AUSSSMツールを用い、垂直方向の外気温空間分布を算出した。GISを用いた建物情報及び土地利用データによる都市モデルを構築し、都心密集ケース、低層住宅ケース別の外気温変化に伴う空調電力消費量を試算した結果、都心密集ケースでは8%、低層住宅ケースでは6%の電力削減効果が得られることが明らかとなった。

Key Words : *heat island, Water retentive pavement system, Geographical Information System(GIS), Revised-AUSSSM*

1. 研究の目的

ヒートアイランド現象の形成要因としては、都市化に伴う緑地や河川の減少や地表面の不透水性の影響が大きいことが知られている¹⁾。近年、都市部におけるヒートアイランド現象を緩和するために、建築物の屋上緑化等による都市の緑地化が推進されているが、緑化によるヒートアイランド緩和効果は、植栽の種類や灌水・日射条件および植物の生理状況等により異なり、また、私的建造物への普及を義務付けることとの社会的な困難さを考慮すると、その普及は限定的であるとの指摘もある。一方で、道路や広場などの地表面からの蒸発効果を高める技術にも注目が集まっており、舗装面の蒸発効果により、路面温度、舗装周辺の外気温の上昇を緩和する保水性舗装の社会的導入についての議論も活発になっている。

ヒートアイランド緩和効果の解析を行う上で、水収支の把握は非常に重要であり、特に蒸発量も含めてメソスケールレベルでの定量的評価が不可欠である^{2)・3)}。この蒸発による大気冷却効果を利用できる舗装技術のヒートアイランド抑制対策としての注目が高まってお

り、本研究で対象とする保水性舗装に関しても、蒸発能力や熱性能における冷却効果の解析が進められている^{4)・5)}。都市における保水性舗装導入効果の解析については、田中・三上ら(2005)⁷⁾が夏季における東京都23区を対象として保水性舗装及び高反射率塗装を建物・道路に導入した際の2015年から2030年の気温数値シミュレーションを行っている。この算定では東京23区内の平均気温が日中の都市部の中心で0.8℃低下すると予測されている。

ヒートアイランドの要因である都市域における空調排熱については、夏季の冷房負荷が現在もなお増加の一途をたどっている。電力需要のピーク形成にも影響を与えるため、発電の年間負荷率に対する影響が問題とされている。特に家庭での空調電力使用量は1965年度から2004年度までの伸び率が大きく⁸⁾、業務部門においては家庭部門に比べてエネルギー価格や経済状況の影響を強く受ける。そのため、本研究では、ヒートアイランド現象がもたらす熱負荷を保水性舗装の蒸発効果を用いて冷却し、それによって削減される家庭部門の空調使用エネルギー量を環境改善効果として算定する。

2. 保水性舗装を用いた環境改善効果の算定モデルの構築

(1) 都市熱環境を把握するための各モデルの設計

保水性舗装による環境改善効果を算出するためには、鉛直方向の外気温分布を定量的に把握し、建物空調負荷を算出しなくてはならない。空調負荷に大きく影響を与える気温上昇のメカニズムは都市によって異なるため、舗装面・建物配置や緑地・水辺等の自然環境といった地表面の構成や、建物におけるエネルギー消費の状況を考慮したモデルを構築する必要がある。

a) 外気温算システム

都市モデルを用いた温度分布の算定については、萩島・谷本ら(2001)⁹⁾が構築した、建築-都市-土壌連成系モデル(Architecture-Urban-Soil Simultaneous Simulation Model 以下 AUSSSM と略記)を用いる。AUSSSMは自然地被面からの蒸発、空調システムの性能、建物形状、建物断熱性能、内部発熱量、屋上芝生植栽をはじめとする因子を数値モデルに反映し、1次元サブモデルから都市高温化抑制手法と考えられる諸因子を網羅的にモデルに組み込んでいる点が特徴とされている。また、萩島・谷本ら(2002)により、このAUSSSMを用いて都市高温化要因の定量的な分析化が行われている¹⁰⁾。

b) 建物空調負荷算定システム

都市計画データ、土地利用データを用いて、外気温変化に伴う空調負荷を算出するために、都市・建物システムを構築する。気温を変動させる要因となる植生や水環境の面積率、風境を考慮する際に必要な建物立地を把握して、建物構造、主用途、階層を組み込んだモデルから建物の各階における空調負荷を算出する。

c) 大気冷却算定システム

保水性舗装は、雨水を一時的に保水し外気温上昇時に蒸発し大気を冷却する効果を有しており、日射吸収抑制機能と吸湿作用も兼ね合わせ、気乾時でも一定の効果を発揮する。

この保水性舗装を用いて2006年夏季に機能計測実験を行った。実験は保水性舗装、透水性舗装、芝を用いて、測定を行った(図-1)¹¹⁾。降水時の各舗装の表面温度の差はあまりみられないが、晴天時では保水性舗装と芝がほぼ同じ波形となり、透水性舗装はそれらと異なる挙動となった。全体的に表面温度は保水性舗装が低く、芝よりも低いケースも観測され、保水性舗装は芝と同等かそれ以上の性能といえる。

また、透水性舗装の表面温度は、晴天が継続すると他の材料と比較して高くなる傾向が見られた。これは、保水力が低く、一時的に水を含んでも、水分量が小さくなる時間が短いためである。

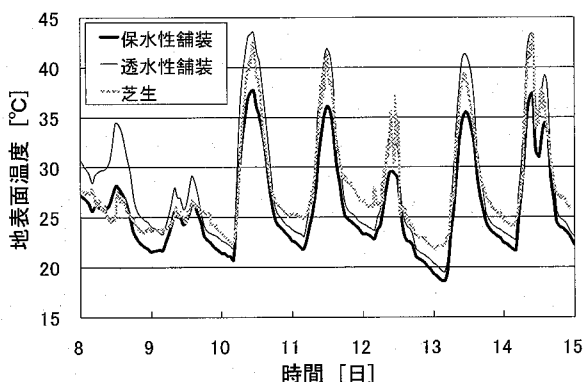


図-1 実測実験結果

表-1 保水性舗装の物性値

	アルベド	長波長放射率	気乾重量(g)	飽和含水量(g)
湿潤時	0.48	0.99	2.36	0.079
乾燥時	0.15	0.99	2.16	0.078

本研究では実験より得られた日射反射率等の物性値を用いてシミュレーションを行う(表-1)。

(2) 環境改善効果算出のためのモデルフレームの構築

都市環境の改善技術と施策の改善効果を定量的に算出するための統合モデルフレームを図-2に示す。

先に述べた AUSSSM システム、都市・建物システムを用いて空調負荷を算出し、現状を把握する。また、保水性舗装の導入可能面積を都市・建物モデルにより抽出し、保水性舗装を都市へ組み込んだ際の外気温変化を AUSSSM を用いて算出する。また、その結果をも

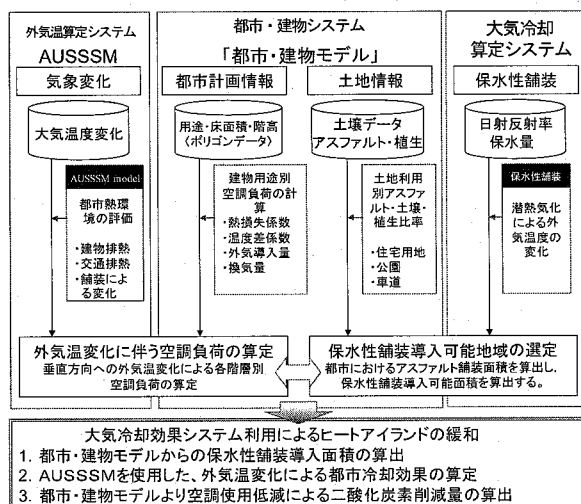


図-2 都市環境効果算出のための統合モデルフレーム

とに建物モデルを用いて空調使用エネルギー量を算出し、現状からの削減量を算定する。

3. 保水性舗装による大気冷却効果算定のための AUSSSM の変更

空調エネルギーの量を決定する要因である外気温について、本研究では AUSSSM を用いて鉛直方向への温度分布を算定する。AUSSSM は都市の大気・土壌・建物の3つのサブモデルから成り立っており、全体を完全連成系として取り扱っている。各サブモデルは基本的に1次元モデルにより構成されており、大気サブモデルでは鉛直1次元モデルを、土壌及び建築の各サブモデルでは1次元の熱伝導方程式を採用しており、建物サブモデルでは空調機器からの排熱量を考慮している。

AUSSSM には保水性舗装による都市の冷却効果を算定できるようなモデルは組み込まれていないため、筆者らは、AUSSSM の土壌モデルの水分拡散や重力透水、蒸発量を実験で用いた保水性舗装に相当するよう変更した。その上で、数値シミュレーションから得られた結果と、実測データとの検証により感度分析を行った(土田・藤田ら(2007)¹²⁾。感度分析に用いたグラフを図3に示す。

シミュレーション結果と観測値の変動傾向は、雨天時、晴天時で顕著な違いが見られた。中でも特に保水性舗装と芝生の値についてはよく一致しており、定性的には非常に高い感度があることが確認できた。

また、表面温度における定量的な誤差は、保水性舗装が約2.5℃、透水性舗装は約3~4℃、芝生は3℃程度であり、外気温冷却効果に対して十分小さいことが明らかとなった¹²⁾。

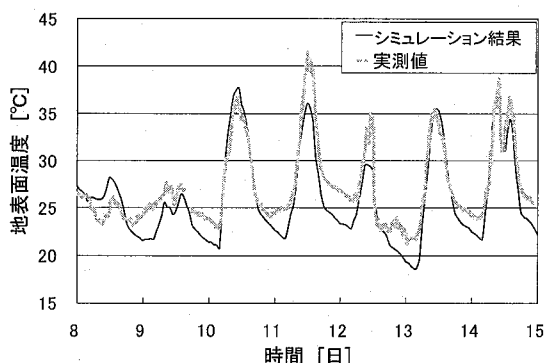


図3 保水性ブロック A1 の地表面温度の比較
(8月9日 16:40~19:03 の観測値が欠損)

4. 建物空調エネルギー算定プロセス

外気温が空調エネルギーに及ぼすプロセスを図4に示す。

建物周辺の舗装面による潜熱気化が外気温へ影響を及ぼし、それに伴い、垂直方向の外気温分布も変化する。この外気温と室内の温度差によって空調エネルギー量が決定する。

本研究では建物構造による影響を考慮するために、住宅に対して空調対象床面積を延べ床面積とする単室モデル¹³⁾を仮定し、空調エネルギー使用量を算出する。

また、建物構造別による熱貫流率パラメータの一覧を表2に示す。熱貫流率は、木造住宅・非木造住宅、戸建住宅・集合住宅を区別し算出を行う。なお、ここでの木造住宅は全て杉材を部材とした際の熱貫流率と

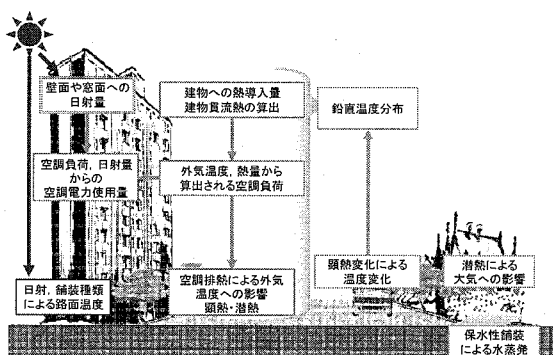


図4 外気温と建物の空調負荷の関係性

表2 算出に用いた熱貫流率一覧

建物構造	項目	区分	数値	単位
木造(杉)	壁の熱貫流率	戸建・集合	3.00	kJ/m ² hK
	屋根・天井・床の熱貫流率	戸建・集合	2.85	kJ/m ² hK
	ガラス窓の熱貫流率	戸建・集合	20.68	kJ/m ² hK
非木造	壁の熱貫流率	戸建・集合	4.77	kJ/m ² hK
	屋根・天井・床の熱貫流率	戸建・集合	6.48	kJ/m ² hK
	ガラス窓の熱貫流率	戸建・集合	20.68	kJ/m ² hK

表3 使用設定値一覧

記号	項目	区分	数値	単位
c, ρ_a	c : 空気の定圧比熱, ρ_a : 空気の密度	戸建・集合	1.21	kJ/m ³ ・h・K
α'	室内側対流熱伝導率	戸建・集合	14.38	kJ/m ² ・h・K
H	居室と外気の温度差係数	戸建・集合	1	
	居室と床裏の温度差係数	戸建・集合	0.6	
θ_i	室内設定温度	戸建・集合	26	℃
R_w	窓面積率	戸建 集合	24 16	%
Q_i	換気回数	戸建 集合	1.5 1	1/h
h	建物高さ	戸建 集合	2.7 3.4	m
ε	冷房成績係数	戸建・集合	3.17	

し、非木造住宅については、鉄筋コンクリート造と仮定する。

空調エネルギー算出式を以下に示す。住宅の空調負荷を求めるために、住宅における総熱貫流量を算出する。(5.1)式は壁、屋根、床、窓の各部位から出入する熱の総和であり、使用原単位については表2を用いた。また、温度差係数は壁、窓、屋根を1.0、外気に通じる床裏を0.7と設定した¹⁴⁾。

$$Kt = \sum KkAkHk + c\rho aV \quad (5.1)$$

Kt : 総熱貫流量 $[kJ/h \cdot K]$

Kk : 部位Kの熱貫流率 $[kJ/m^2 \cdot h \cdot K]$

Ak : 部位Kの面積 $[m^2]$

Hk : 温度差係数

c : 空気の定圧比熱 $[kJ/kg \cdot K]$

ρa : 空気の密度 $[kg/m^3]$

V : 建物の体積 $[m^3]$

$$QSH = Kt(\theta_r - \theta_c) \quad (5.2)$$

QSH : 空調負荷 $[kJ/h]$

Kt : 総熱貫流率 $[kJ/h \cdot K]$

θ_r : 外気温度 $[K]$

θ_c : 空調温度 (室内温度) $[K]$

5. ケーススタディの設計と評価

(1) 都市熱環境データベースの構築

対象都市の持つ地域特性から都市熱環境の特性値を算定するために地理情報システム(Geographic Information System: GIS)によるデータベースを構築する。データベースには建物用途データから建物住宅情報(主用途、構造、階層、建蔽率)、土地利用データから道路種別情報(幹線道路、一般道路他)、河川情報、植生データから森林、植生の各面積情報を組み込み、熱環境算定を行う(図-5)。

(2) データベースによる保水性舗装対象地域の選定

保水性舗装導入による都市熱環境緩和効果を算定するために、都市の高温化に影響の大きい建物配置、階高、地被特性などの環境条件の異なる2つの地域についてケーススタディを行う。

特性値を水平方向の外気温空間分布とし、グロス容積率、建物主用途、道路面積率、地被状態などの要素は川崎市における都市計画データより作成したデータ

ベースから抽出する。

ケーススタディを行うための地域は、オフィス等の高層建築物が多く密集する都心建築密集地域(都心密集ケース)、戸建住宅が多く立地する低層住宅密集地域(低層住宅ケース)を対象地域として選定する(図-6、図-7)。

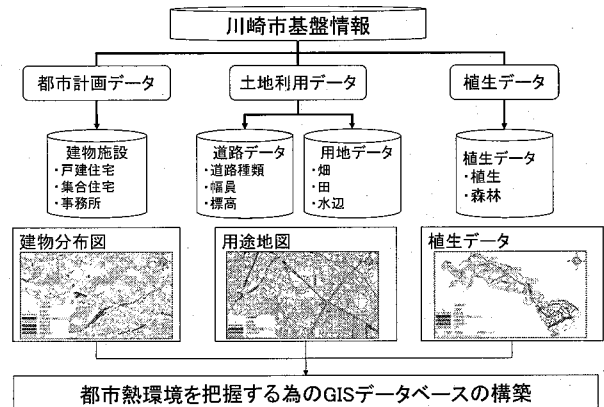


図-5 都市熱環境データベースの構成



図-6 ケーススタディに用いる都心密集ケースの土地利用分布



図-7 ケーススタディに用いる低層住宅ケースの土地利用分布

表4 対象地域における面積率

ケース	土地利用種類	面積(k㎡)	面積率(%)
	対象1kmメッシュ	1	100
都心密集ケース	建物構造物1階床面積	0.32	31.5
	建物構造物延べ床面積	0.93	92.8
	建物用地	0.63	62.6
	道路用地	0.3	29.7
	駐車場	0.06	6.4
	工事	0.02	1.9
	その他(鉄道用地)	0.01	1.3
	都市公園・緑地	0.02	2.4
	未利用地	0.005	0.5
低層住宅ケース	建物構造物1階床面積	0.23	23.3
	建物構造物延べ床面積	0.47	46.6
	建物用地	0.68	68.1
	道路用地	0.2	19.6
	駐車場	0.02	1.5
	工事	0.02	1.5
	その他(鉄道用地)	0	0
	都市公園・緑地	0.12	11.1
	河川	0	0.02
	田畑	0	0.02
	未利用地	0.01	1.37

都心密集ケースにおいては、戸建住宅が1,800戸、集合住宅が550戸立地し、住宅のみの平均階層は3階である。一方低層住宅ケースには戸建住宅が約1,100戸、集合住宅が250戸立地しており、平均的な階層は2階である。各対象地域についての面積率を(表-4)に示す。

(3) 道路舗装におけるバリエーション

道路舗装のパラメータ変化を表-5に示す。

評価Aでは通常のアスファルト舗装を設定することに対して、評価Bでは常にアスファルト表面の水分量が飽和している舗装を設定している。評価Cでは日射反射率に実験値を用いた保水性舗装の評価を設定し、前述の都心密集ケースと低層住宅ケースのそれぞれについて算出を行う。

(4) 選定地域におけるケーススタディの構築

2つの対象ケースについて、シミュレーション評価を行う。

表5 舗装パターン一覧

	名称	表面の水分量	日射反射率
評価A	アスファルト舗装(通常)	時間的に変化	0.10
評価B	アスファルト舗装(含水)	常に最大水分量	0.10
評価C	保水性舗装	時間的に変化	0.53

表6 AUSSSMの評価設定

パラメータ(変数)	都心密集ケース	低層住宅ケース
対象領域	1000m×1000m	1000m×1000m
グロス容積率	94.5%	44.8%
建物の階数	3階(3.4m階)	2階(3.4m階)
地面被覆率	アスファルト: 土壌: 芝 = 0.74 : 0.22 : 0.03	アスファルト: 土壌: 芝 = 0.37 : 0.48 : 0.14

表7 AUSSSMの計算条件一覧(全ケース共通)

日射反射率	壁	0.4
	土壌	0.3
	芝生	0.25
壁体構成	内断熱、断熱材厚	20mm
窓	窓面積率	35%
	透明ガラス	6mm
屋上仕様	屋上緑化	なし
交通排熱量	ピーク値 9.7W/m ² で日変動	
室内発熱量	ピーク値 顕熱 56W/m ² , 潜熱 13W/m ²	
空調設定	間欠空調	8~21時
	室内温度	26℃
	相対湿度	60%

対象ケースの設定値を表-6に示す。道路・駐車場・鉄道用地・建物用地(集合住宅・商業用地)をアスファルト、工事現場・未利用地・建物用地(学校・戸建住宅)を土壌、都市公園・緑地を芝と想定し、地表被覆率を算出する。低層住宅ケースに比べて都心密集ケースのアスファルト面積の比率が大きいため、都心密集ケースにおいて、より道路舗装条件の影響が強く現れる。

また、全ケースに共通する設定として、対象地域の住宅以外の建物も考慮してシミュレーションを行うために、表-3とは別の荻島・谷本ら(2001)⁹⁾の値を用いる(表-7)。

6. 評価

(1) AUSSSMによる評価結果

計6ケースをAUSSSMにより比較シミュレーション評価を行ったなかで、強い降雨を含めて多様な気象条件を示した8月8日~15日の1週間に焦点を当てて結果を示す。

高度1mの気温の時系列変化(図-8、図-9)より、アスファルトの含水や反射率の影響はアスファルトの割合が高い都心密集ケースに顕著に見られ、常に水分を含む評価Bでは通常のアスファルト(評価A)と比べて晴天時の昼間で2℃程度の気温低下効果が見られる。

また、評価Cでも同様に1℃程度の気温低下が見られる。これは保水性舗装の冷却効果だけでなく本研究

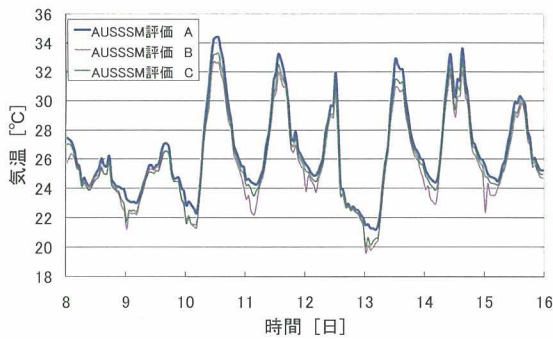


図-8 高度1mにおける都心密集ケースの気温の時系列変化

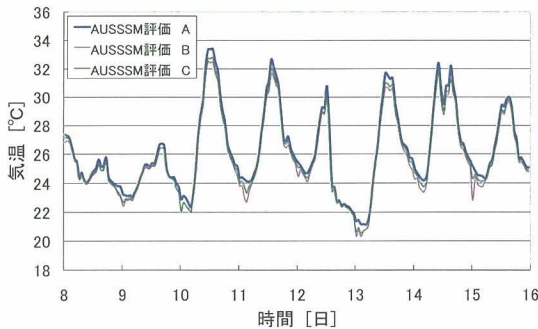


図-9 高度1mにおける低層住宅ケースの時系列変化

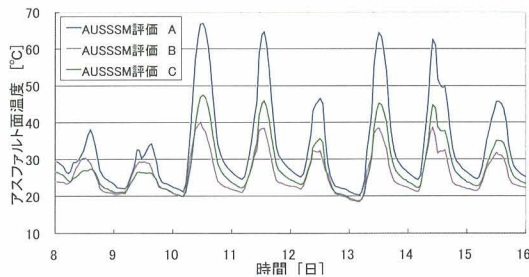


図-10 都心密集ケースにおけるアスファルト面温度の時系列変化

で対象とした保水性舗装の日射反射率の影響が大きくかわっている。

また、これらの気温低下は、最大で20～25℃にもなるアスファルト面での地表面温度低下による影響である(図-10)。

降雨のあった8月9日と晴天の8月10日について13時における気温の鉛直プロファイルと比較した(図-11, 図-12)。鉛直方向の各評価の気温差は晴天時に大きく、都心密集ケースの高度10mにおいて、評価Bでは評価Aと比較して0.2～0.3℃の気温低下が見られることが分かる。一方、日射反射率を大きくした評価Cでは0.1℃未満と高度10mでの気温低下効果は小さい。

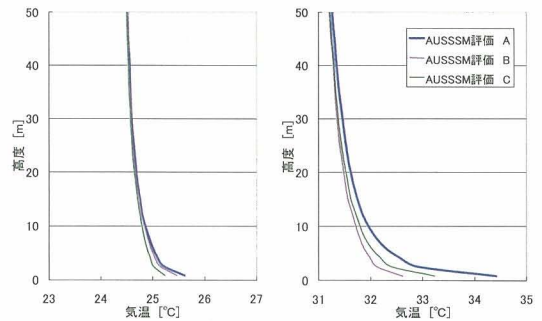


図-11 都心密集ケースにおける13時の気温鉛直プロファイルの比較(左:8月9日, 右:8月10日)

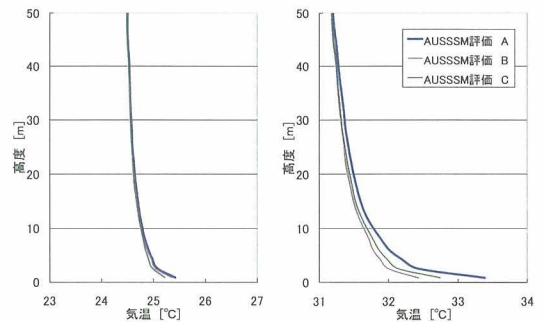


図-12 低層住宅ケースにおける13時の気温鉛直プロファイルの比較(左:8月9日, 右:8月10日)

(2) ケーススタディ結果の考察

6章で評価したケースに対して上記の外気温度空間分布より、8月の外気温度が28度を超える25日間、計214時間を空調使用期間とし、4章で述べた算出プロセスを用いてケースごとの外気温度変化に伴う空調使用エネルギー量の算出を行った。その際に算出した空調使用エネルギー削減量を環境改善効果の指標とした。

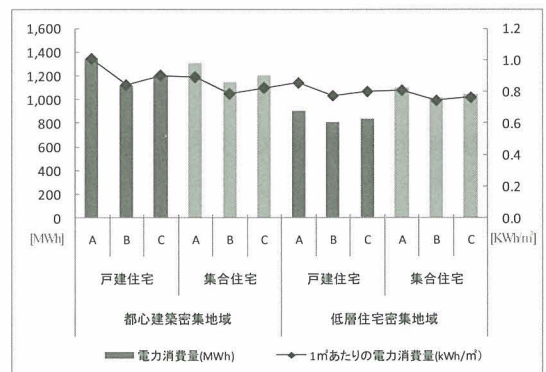


図-13 夏季におけるケース別空調電力使用量

各ケースにおける結果を図-13に示す。大気冷却能力が最も高い、常に飽和状態の湿潤化アスファルト(評価B)では、空調使用エネルギーが、各地域で約10%の削減効果が得られることが分かった。また、保水性舗装を導入した際の空調使用エネルギーは都心密集ケースでは8%、低層住宅ケースでは6%の削減効果が得られることがわかった。8月の降雨日数が5日間と短かったにもかかわらず、大きな削減効果が得られたのは、本研究で対象とした保水性ブロックの日射反射率が通常のアスファルトよりも大きいため、潜熱気化による冷却効果だけでなく、反射による舗装表面温度の低下が都市熱環境緩和に効果をもたらした結果である。

また、現状である評価Aにおいて、面積当たりの電力消費量が都心密集ケースと低層住宅ケースで差が見られるのは、前者の対象地域でのアスファルト舗装面積の割合が多いためである。

7. おわりに

本研究では、温暖化対策に向けたクールシティ施策としての保水性舗装技術に焦点をあてて、導入した際の都市熱環境改善効果の評価をGISデータベースを用いて実際の都市を対象として行った。その結果、都市への保水性舗装の導入を行った場合、家庭の外気温変化に伴う空調使用エネルギー削減量は都心密集ケースでは8%、低層住宅ケースでは6%となることが明らかとなった。また、本研究で対象とした保水性ブロックには通常のアスファルトと比較し高反射率特性を有するため、都市熱環境緩和効果が高いことも明らかになった。しかし、保水性舗装の本来の特性である潜熱気化による冷却効果は最大でも数日程度しか持続しないため、ヒートアイランドの顕著な夏場の降雨が期待できない時期には、雨水以外の散水が必要となってくる。

今後、この保水性舗装を常に湿潤化し、潜熱気化による冷却効果を維持するためには、圏域レベルでの地下水モデルを組み込み、水資源を有効に活用した都市熱環境緩和施策を確立することが課題となる。

また、これまでに著者ら¹⁵⁾¹⁶⁾は自然地や農地を対象として、プロセスベースの統合型流域モデルを開発してきており、今後、都市キャノピーモデルとの結合によって圏域レベルでの河川・湖沼・地下水等の水資源の有効利用によるクールシティ創出に向けた施策の効果検討を行う予定である。

謝辞：本研究は環境省地球環境研究総合推進費（研究代表：藤田 壮）及び文部科学省私立大学研究高度化事業産学連携研究「東洋大学地域産業共生研究センター」の一貫として行われた。

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，pp.23-39，2001.3
- 2) Grimmond, C.S.B., Oke, T.R., 1991. An evapotranspiration-interception model for urban areas. *Water Resour. Res.* 27(7), 1739-1755.
- 3) Dupont, S., Mestayer, P.G., Guilloteau, E., Berthier, E., Andrieu, H., 2006. Parameterization of the urban water budget with the submesoscale soil model. *J. Appl. Meteorol. Climatol.* 45, 624-648.
- 4) 萩原 伸治，：保水性建材の蒸発性能に関する実験 2005
- 5) 成田 健一，三坂 育正，国島 武史，中山 兼孝，若林 伸介：蒸発効率を用いた保水性舗装の性能評価，日本建築学会技術報告集No.20，pp.187-190. 2004
- 6) 西岡 信稔，鍋島 美奈子：保水性舗装材料の熱的性能に関する実験その2 2002
- 7) 田中 英寿，石井 康一郎，横山 仁，岩坪 哲四朗，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：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，東京都環境科学研究所年報，2005
- 8) (財)日本エネルギー経済研究所：エネルギー・経済統計要綱 2004
- 9) 萩島 理，谷本 潤，片山 忠久，大原 健志：改良・建築一都市一土壌連成系モデル(AUSSSM)による都市高温化の構造解析 第1報 モデルの理論構成及び標準解，日本建築学会計画系論文集，No.550，pp.79-86，2001
- 10) 萩島 理，谷本 潤，片山 忠久，大原 健志：改良・建築一都市一土壌連成系モデル (AUSSSM) による都市高温化の構造解析 第2報 数値実験による都市高温化要因の定量化，日本建築学会計画系論文集，NO550，pp.91-98，2002
- 11) 坂本義仁：ヒートアイランド対策用保水性ブロック性能評価試験 2006
- 12) 土田 えりか，堀 紘子，藤田 壮，中山 忠暢，角田 智彦，高橋 克則，坂本 義仁：大気冷却効果の評価システム，環境情報科学 21.2007(投稿中)
- 13) 上野 賢仁，柴田 学，谷川 寛樹，井村 秀文：都市域の家庭の夏季空調エネルギー負荷と家族形態との関連分析環境システム研究論文集 Vol.28pp.69-75.2000年
- 14) 省エネルギーハンドブック'93：監修/建設省住宅局住宅生産課，住宅局建築指導課他，pp.33，1992.12
- 15) Nakayama, T., Watanabe, M., 2004. Simulation of drying phenomena associated with vegetation change caused by invasion of alder (*Alnus japonica*) in Kushiro Mire. *Water Resour. Res.* 40(8), W08402, doi: 10.1029/2004WR003174.

- 16) Nakayama, T., Watanabe, M., 2006. Simulation of spring snowmelt runoff by considering micro-topography and phase changes in soil layer. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.* 3, 2101-2144.
- 17) Nakayama, T., Yang, Y., Watanabe, M., Zhang, X., 2006. Simulation of groundwater dynamics in North China Plain by coupled hydrology and agricultural models. *Hydrol. Process.* 20(16), 3441-3466, doi: 10.1002/hyp.6142.
- 18) Nakayama, T., Watanabe, M., 2007. Missing role of groundwater in water and nutrient cycle in the shallow eutrophic Lake Kasumigaura, Japan. *Hydrol. Process.* (in press).
- 19) Nakayama, T., Watanabe, M., Tanji, K., Morioka, T., 2007. Effect of underground urban structures on eutrophic coastal environment. *Sci. Total Environ.* 373(1), 270-288, doi: 10.1016/j.scitotenv.2006.11.03

PRELIMINARY DESIGN OF CALCULATION SYSTEM FOR THE DETERMINATION OF GLOBAL WARMING EFFECTIVENESS BY COOL CITY POLICY IN KAWASAKI CITY

Erika TSUCHIDA, Tsuyoshi FUJITA, Tadanobu NAKAYAMA, Tomohiko TSUNODA
and Katsunori TAKAHASHI

To mitigate the heat island phenomenon in Kawasaki, the reductions of housing air conditioning electricity consumption by the application of water retentive system were determined. By using AUSSSM tool, outdoor air temperature which is the major factor for air-condition load was set and the spatial distribution of outdoor air temperature in vertical direction was determined. An urban model consists of building usage and land use data was developed using GIS. The electricity consumptions for air-conditioning in high-rise and low-rise congested housing district areas were calculated, and 8% and 6% of electricity consumption reductions, respectively, could be expected.