

1 はじめに

蒸暑気候にある我が国では、ヒートアイランド現象が顕在化し、日中の気温上昇に加え、熱帯夜の発生日数の増加をもたらしている。このような熱環境の悪化は、緑をはじめとした自然被覆が失われ、建物や舗装で地面が覆われるといった土地被覆の改変と、人間活動による膨大な人工発生熱がその主要な原因と言える。

現在、大都市では都市再生プロジェクトが進められており、そこでは、街の活性化と環境共生が旗印にあげられているが、現実には街の活性化の下に、従来どおりの機能性、経済性の追及に終始しているようにも見られる。一方、地方小都市においても、里山の緑を伐採し、水田を埋め立て、市街地の無秩序なスプロール化が進んでいる。特に、自動車社会に象徴される道路面積の増加や郊外の大規模商業施設等の広大な駐車場など、ヒートアイランド現象の大きな形成要因になっている。

このような状況を考えると、緊急のヒートアイランド対策も必要であるが、環境共生的な都市づくりに向けての長期的ビジョンが不可欠と言えよう。すなわちヒートアイランド対策は、今までの機能性、効率優先の都市づくりとライフスタイルを見直すことから始まる。

2 都市づくりと熱環境設計

これからの都市づくりの基本は、周囲への環境負荷をできる限り減らし、快適な生活環境を実現する環境共生的なアプローチであろう。そのためには、熱環境に配慮した屋外空間設計の実現が不可欠な要件である。

都市の中でヒートアイランド現象を引き起こす要因について、夏季に室内の冷房が行われている時を考えると、いろいろな要因が輻射して

いることがわかる。全表面からの顕熱や、屋内から換気で放出される顕熱は、冷房すればするほどヒートアイランドを抑制することになる。特にガラス窓などは顕著で、日射が当たらない面では外気温よりガラスの表面温度は低いこともあり、大気への顕熱量は減る。冷房に必要な投入エネルギーを同時に議論しなければならないことがわかる。室外機から大気に出る顕熱も、室外機が顕熱式か潜熱式かで大きく異なる。また、海水や河川水、または下水処理水を利用した熱交換システムを導入することによって、顕熱負荷を減らすことができる。すなわち、個々のヒートアイランド対策も総合的に評価しないと大きな誤りを犯すことになる。

これからの熱環境設計に必要な視点としては、地域性、空間、材料の3点が挙げられよう。すなわち、地面や建物外皮のデザインがキーワードとなる。そして、熱環境調整に有効な手法は、その土地の気候特性と大きく関わっている。そのため、環境共生的な熱環境設計の基本は、その土地の気候特性を見抜くことにある。我が国では、沖縄から北海道まで、そして海浜地帯と山岳地帯とは気候特性は大きく異なる。夏の暑さと同時に、冬の寒さにも対応しなければならないが、もっとも特徴的な気候特性として、夏季の蒸暑気候が挙げられる。蒸暑気候のもとでの設計規範を挙げると次のようになる。

①地面と建物に入射する強烈な日射を徹底的に遮蔽すること。そして、屋外の生活空間を日陰にすること。

②風の通り道を確保し、通風を促進すること。この対策としては、風の通りやすい街並みのデザインや、風を取り込みやすいよう建物配置を工夫することなどが挙げられる。

③緑の蒸散作用，湿った地表面の蒸発冷却や蓄冷などの効果を活用すること。そこは日陰にし，風を通すこと。

地面や建物外皮のデザインでは，上記の手法をただ単に多く取り込めばよいというわけではなく，これらの対策手法をうまく組み合わせ，時にはこれらの相乗効果ももたらされるような工夫が求められる。

3 熱収支数値シミュレーションによる熱環境設計支援ツール

熱環境設計の支援を目標として開発された「3D-CAD 対応型・屋外熱環境シミュレーションツール」^{1), 2)}を紹介し，次にこれを使用した例で，都市緑化の効果を示す。

本設計支援ツールは，設計の各段階で熱環境を評価できること，また，伝熱シミュレーション等の高度な専門知識を持たない設計者が，通常の設計行為の延長上で使用し，対策手法の効果を自ら評価できることを基本コンセプトとしている。そこで，3D-CAD ソフト上において入出力を完結するシステムが構築されている。

出力結果である全ての面の表面温度分布は，設計者や行政担当者はもとより一般の市民が熱環境対策の効果を視覚的に理解できるように，3D-CAD 上に貼り付けて表現される。これにより，自由な視点からの出力やアニメーション出力を可能とする。

熱環境の評価指標は以下の二つである。これらの指標は全ての面の表面温度分布から求められる。

(1) ヒートアイランドポテンシャル (HIP)

環境共生の基本のひとつは，敷地内の環境に配慮するだけでなく，開発行為によって周辺環境にできるだけ悪影響を与えないことである。そこで，対象地全体からの周辺環境への負荷を議論するためのひとつの指標として，大気を直接暖める要因である全表面からの顕熱負荷をヒートアイランドポテンシャル (HIP) で評価する（全表面からの顕熱流量の出力も可）。

(2) 屋外生活空間の平均放射温度 (MRT)

屋外生活空間の熱的快適性には温熱四要素が主に影響を及ぼすが，その一要素である熱放射について，居住域高さ（地上 1.5m）における平均放射温度 MRT を算出する。

4 ストリートキャニオンの緑化とその効果

ここでは一例として，我が国の都市づくりでは不可欠と言える都市緑化を取り上げて，そのヒートアイランド緩和効果を示す。都市を構成する街区やある敷地の熱環境設計のプロセスの中で，緑化手法が検討され，そしてその環境調整効果が議論されねばならない。

南北に通る幅員 20m の幹線道路と，その両側に立ち並ぶ商業ビルによって形成された，ストリートキャニオンと呼ばれる東京に実在する街並み (CASE1)，そこにできるだけ大きな樹冠を持つ樹木を植栽したり，屋上緑化を行った場合 (CASE2)，そして CASE3 は，図 1 に示すように道路に中央分離帯を作り，樹高 15m 程度の並木を配し，両側の建物はセットバックをさせてストリートキャニオンを解消して，ベランダや屋上を緑化した場合である。地面や建物を緑で優しく包むことができる。

気象条件は，同様に東京の夏季・晴天日で，商業ビルは冷房され，室温は日中 27℃ に設定している。

シミュレーションでは，全表面温度の日変化が得られるが，夏季・晴天日の 12 時と 20 時の表面温度分布を図 2 でみてみよう。12 時では，太陽高度が高いため，屋上や舗装道路などの地面の表面温度が高く，建物の立面の表面温度は低い。道路の表面温度は CASE1 では 60℃ 近くに達するが，CASE3 では，ほとんどが並木の日影になり，40℃ 前後に保たれている。ガラス窓の表面温度は冷房の影響で気温より低い値を示している。20 時の表面温度分布をみると，日中日射を受けた建物の屋上や，舗装道路で日射熱が蓄熱されているところでは，気温 30℃ よりはるかに高い 35℃ 前後を示しているところが目につく。これに対して，緑に包まれているところでは，ほとんどのところが気温相当である。

図3は3つのケースのHIPの日変化である。日中にHIPは高くなるが、CASE1でも20℃程度で、緑のほとんどない住宅地と比べそれほど高くない。これは、地面が建物で午前中日影にある部分が多いこと、建物の立面は午前中受けた日射熱が蓄熱されているところや、強くはないが日射が当たっている南面を除いては冷房の影響で表面温度が気温相当またはそれ以下であること、などが理由としてあられる。すなわち、夏の日中では、高層の建築が密集して立ち並ぶことによって、大気への顕熱負荷は極端に増えることはないことを示していると言えよう。CASE3のように、地面や建物を緑で包むことによって、日中のHIPは一面芝生に相当するまで抑えられる。

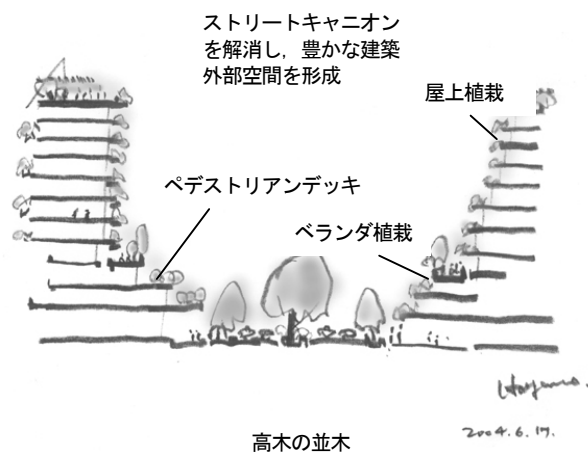


図1 道路には高木の並木を植栽し、建物はセットバックさせベランダを緑化した街並み

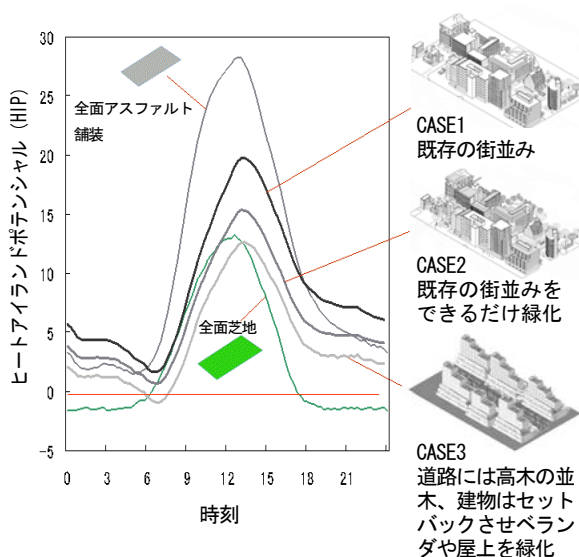


図3 南北道路とその周囲の街並み、夏季・晴天日のヒートアイランドポテンシャル (HIP) の日変化

夕方のHIPの3ケースによる差は、正午の7℃に比べて、5℃に及んでいる。CASE1では、日没頃から一面アスファルト舗装面よりHIPは高くなり、早朝までその傾向が続く。これが、今日の都市における熱帯夜の発生を助長している大きな要因であろう。日中は芝生相当のCASE3でも、夕方は芝生より5℃も高い。すなわち、日中の大気への顕熱負荷は緑化によって下げることができても、熱帯夜の発生を抑えることはいかに難しいかを物語っている。

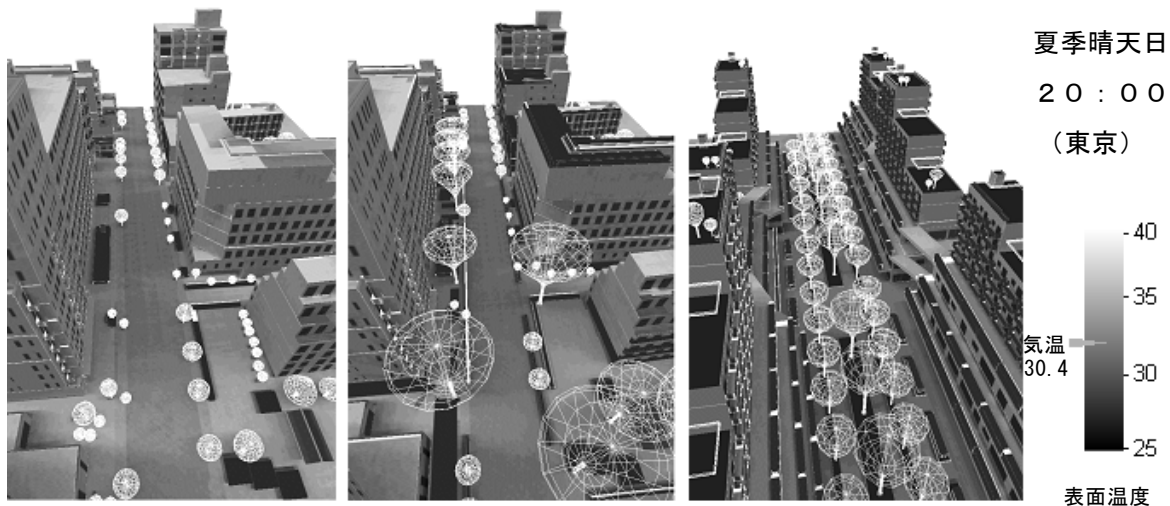
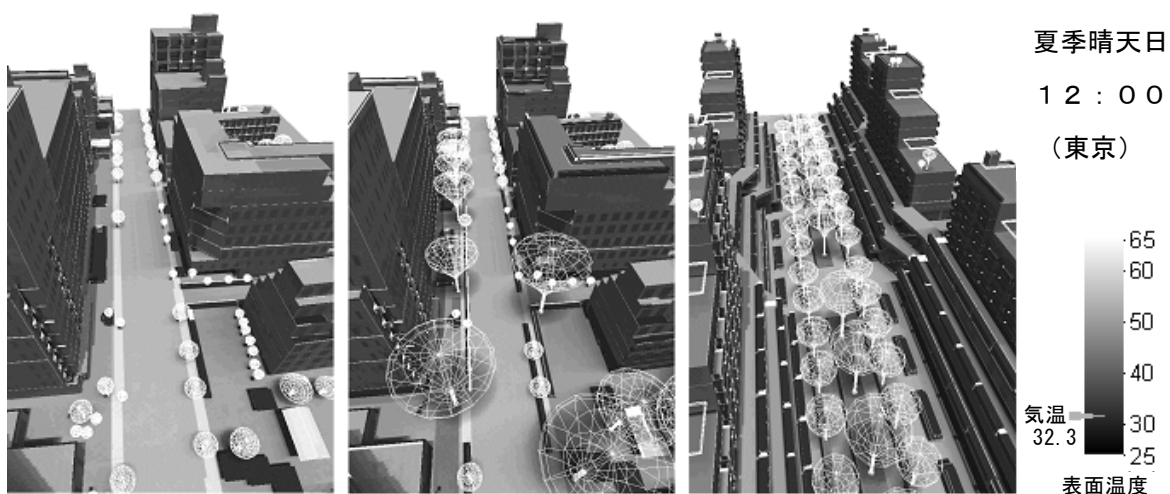
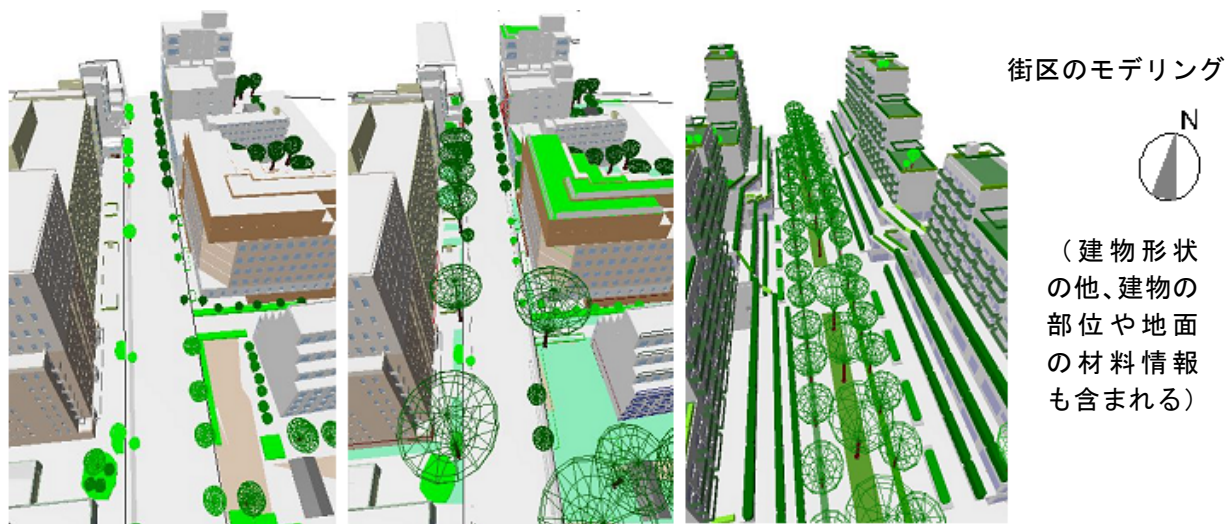
5 おわりに

以上、我が国の都市づくりを考える上で不可欠とも言える都市緑化に焦点を当てて、ヒートアイランド緩和効果を考えてみた。当然ながら、都市緑化も、都市構造との関係の中でその効果が議論されねばならないことが理解できよう。

「太陽の道と風の道を考えて街をつくるように!」と、ローマ時代の建築家ビトルビウスは「建築書」の中で述べている。近代の都市づくりは、経済性や効率が優先され、生活空間の微気候デザインには目が向けられなかったように思う。東京の下町でも、大正末期までは、江戸時代の面影が色濃く残っていたという。今、我々が見慣れている直方体の建物が乱立した街並みや、ストリートキャニオン、たかだか80年足らずのものである。ヒートアイランド対策の基本は、周囲への環境負荷をできる限り減少し、快適な生活環境を実現する環境共生的な都市づくりにあると言えよう。

引用文献

- 1) 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 第554号, 2002.4 pp85-92
- 2) 梅干野晃, 浅輪貴史, 中大窪千晶: 3D-CAD と屋外熱環境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 第20号, 2004.12, pp195-pp198



CASE 1

ストリートキャニオンが形
成されている既存の街並み
(南北方向の道路)

CASE 2

既存の街並みにできるだけ
並木や屋上緑化など緑化

CASE 3

道路には樹木の高い並木を植栽
し、建物はセットバックさせて
ベランダや屋上を緑化

図2 3種類の街並みの3D-CADと熱収支シミュレーションによる表面温度分布