

論文の内容の要旨

論文題目 Improvement of Urban Thermal Environment by Managing Heat
Discharges

(排熱管理による都市熱環境の改善)

氏名 ダカール ソバカル
(Shobhakar Dhakal)

この学位論文では、都市の熱環境への排熱の影響を東京をケーススタディとして研究している。焦点は改善対策である。この学位論文の主な目的は、建物の全体的な熱バランスのメカニズムを研究すること、また建物と道路からのマイクロスケールの排熱影響をメソスケールの気候シミュレーションへ組み込むことである。まず第一に、東京での既存の土地利用を地理情報システム (GIS) を利用して調査する。建物使用、高さ、サイズによって床面積配分を、東京について各カテゴリーごとの代表的な建物を見いだすという観点から分析する。マイクロスケールの建物エネルギーシミュレーションモデルである DOE-2 (2.1 E 版) を用いて、各カテゴリーの建物の全体的な熱バランスメカニズムを調べ、それらの代表的な建物から外部環境に排出される潜熱と顕熱とを推定する。この研究では建物カテゴリーから 1 キロメッシュに排出される潜熱と顕熱を総計するために、GIS を基礎とする集中定数モデルが発展させてある。そして潜熱と顕熱の排出は東京全体で鉛直方向だけでなく水平方向にも推定される。コロラド州立大学のメソスケールモデル (CSUMM - NIES) を用い、メソスケールでの気候モデルに潜熱と顕熱の排出影響

をシミュレーションできるように境界条件を修正してある。都市熱環境への排熱の役割は地表面近くの気温における日変動や空間変動という観点から研究されている。すなわちエネルギーや地表面変形に関連し、種々のシナリオが定式化され、熱環境へのシナリオの影響が評価される。

個別空調方式を用いる小規模事務所ビルの場合、1平方床面積当たりのピーク排熱は107の W/m^2 で、午後5時に見られる。空調設備が稼動しておらず、太陽放射がすべて建物構造に吸収されるとき、正味の熱バランスは午前6-7時を除き常に正（熱が大気中に発せられる）であることがわかる。排熱が夜と早朝はわずか（ $20W/m^2$ 以下）であることがわかる。昼下がりには $20-70W/m^2$ 、午後2-6時には $80W/m^2$ よりもっと大きな値をとる。吸収式冷凍機を用いる大規模事務所ビルでは、ピークの排熱は約 $180W/m^2$ で、小規模事務所ビルと類似したパターンが見られる。個別空調方式を用いる商業施設、標準的な小規模百貨店は午後8時に $385W/m^2$ のピーク排熱値をもっていることがわかる。小さい負の排熱が深夜と早朝に観察される。吸収式冷凍機を用いる商業施設では、午後8時におよそ $700W/m^2$ のピーク排熱が推測される。戸建住宅は、建物構造が太陽放射を吸収する午前6時から午後4時までは排熱は大きく負の値をとる結果となった。戸建住宅は、午後4時の後のみ外気に熱を排出し、午後7時の $150W/m^2$ のピーク値に向けて次第に増加していく。アパートの場合には、午後7時に $80W/m^2$ のピーク排熱が見られ、午前6時から午後2時までは負の排熱である。。

空調設備の位置は建物の高さに沿ってそれぞれの階レベルでの熱バランスにおいて意味深い影響をもつと考えられる。

東京の全排熱は3つのキーとなる場所、丸の内、新宿と池袋に集中している。午後6時に新宿を含む1キロのメッシュで全排熱のピーク値は $677W/m^2$ と推定される。このとき大手町と池袋を含むメッシュはそれぞれ $608W/m^2$ と $496W/m^2$ である。

事務所ビルが午後5時におよそ 550 W/m^2 のピーク排熱を持つ一方住宅の排熱は午後7時に 100 W/m^2 のピーク値を持つ。

メソスケール気候シミュレーションを晴天日の東京において実行する。シミュレーションにより12時正午において海面温度でのピークと表面温度の差異が $5.3\text{ }^\circ\text{C}$ であることが示された。ヒートアイランドが午後6時をすぎた後、午前9時に丸の内の周りに観察される。東京の板橋地区（中央の業務地区から）との比較で、丸の内におけるヒートアイランド強度は午後6時に $0.9\text{ }^\circ\text{C}$ 、午後7時に $2.3\text{ }^\circ\text{C}$ となり、そして午後8時に $1.4\text{ }^\circ\text{C}$ に減少している。新宿と池袋地区におけるヒートアイランド強度は、大規模商業施設床面積のために午後7時から10時までもっと強くなる。努力が排熱の影響の評価めになされる。排熱により丸の内の深夜の気温が $3.4\text{ }^\circ\text{C}$ ほども増加する。影響は、午後6時を過ぎると $3\text{ }^\circ\text{C}$ を超えるが、昼間（午前9時から午後4時）に大きくても $1\text{ }^\circ\text{C}$ であり、より少ない。シミュレーション結果によると、空調設備を一階において下から排熱すると、ACシステムを1階の上に置くことによって、新宿、丸の内、池袋での地表面温度を午後には $0.2 - 0.4\text{ }^\circ\text{C}$ 上げる。増加のピーク値は新宿付近で午後6時で $0.6\text{ }^\circ\text{C}$ になる。温度増加はおよそ 0.3 度によって午後9-10までで激しく、約 $0.3\text{ }^\circ\text{C}$ である。同様に、建物の屋上に空調設備を置くことにより地表面近くの気温を減少させることは午後5時を過ぎた後では丸の内、新宿地区では非常に重要である。午後は、 0.2 度の減少が見られる。午後9時には $0.75\text{ }^\circ\text{C}$ 、それ以降は夜の安定層形成のため午前4時まで平均 $0.55\text{ }^\circ\text{C}$ の減少が観察される。

空調方式タイプと冷却効果を調査する。冷凍機を使っている建物を（ $10,000$ 平方メートル以上）冷却塔にかえて排熱することで、最大減少値が丸の内地区で $0.5\text{ }^\circ\text{C}$ 午後6時に得られる。このような対策の効果は、午前9時（およそ $0.45\text{ }^\circ\text{C}$ ）いっそう顕著で、日中はおよそ $0.35\text{ }^\circ\text{C}$ 、午後6-7時に最大で深夜と早朝には効果はない。。他方、相対湿度が潜熱のために日中1-2%増加することがわかる。さらに完全に空調方式の夕

イプをかえる影響をみるために調査を行う。東京で電気消費するすべての建物を個別方式の空調設備にかえることは、丸の内で午後6時に最大0.3℃の温度減少があることがわかる。しかし、冷却塔を用いた吸収冷凍機にかえることは、相対湿度を3%あげる一方午後6時に最大0.7℃の温度を下げるかもしれない。冷却塔をつけた吸収冷凍機は丸の内のようなオフィス街周辺で午後、0.4℃以上の温度減少させられることがわかる。莫大な熱が排出される場所を除き、すべての熱を地面へ排出することは、大抵の場所で表面温度を下げる事が出来る事がわかる。他のメッシュには午前3時に1.7℃のピークがあり、0.4 - 0.8℃の減少が夜にみられる一方、ある少しのメッシュでは0 - 0.28℃の上昇がみられる。

エネルギー関連のシナリオと比較すると、表面変形関連のシナリオはより広いエリアで温度を減らすことがわかる。効果は東京23区の北西と南西でより大きく、中央業務地区においてより小さいことがわかる。基本的に建物屋根と道路で、表面アルベドの緩やかな増加により東京23区で0.25℃以上、ある場所では最高0.4℃を減らすことができる。同様に、(屋根0.7と道路0.30のアルベドのように)建物アルベドを大きく変更することで、午後に0.7℃以上減らすことが出来る。正午では東京の北西のある場所では1.4℃のピーク減少がある。建物周りをすべて緑化すると東京23区の北西と南西においてもっと効率よく温度1℃以上度を減らすことがわかる。

結論として、異なった建物の全体の熱バランスがを推定する新しいアプローチがこの研究で提案される。そしてそれらのメソスケール気候への影響は都市熱環境改善の観点からの研究である。軽減対策の有効性が計画に依存するとわかった。。もし計画が丸の内のような市街地においてヒートアイランド効果を減少させるなら、エネルギー関連のシナリオが重要な役割を果たすだろう。建物の屋上に排出設備をつけるか、あるいは方式をすべて個別にするような単純な対策が夜に(午後6時)温度を少なくとも0.3℃下げることができる。他方、潜熱で排出することは午後の温度を少なくとも0.35℃下げること

能性を持っている。夜には少なくとも 0.6°C の減少させる可能性がある。相対湿度の増加はせいぜい3%である。実際的には疑問があるかも知れないが、地上表面にすべての排熱するような対策では、少なくとも 0.4°C 、日中温度を減らすことができる。ピークは夜に 1.7°C である。表面変形関連の対策は、エネルギー関連のシナリオと比較して、午後により広いエリアで温度を減減少することができるだろう。図2によりこのような側面を比較する。都市の熱環境を改善するためのどんな計画法案でも、このような対策が1つあるいはさらに多く組合せてなされることが必要である。

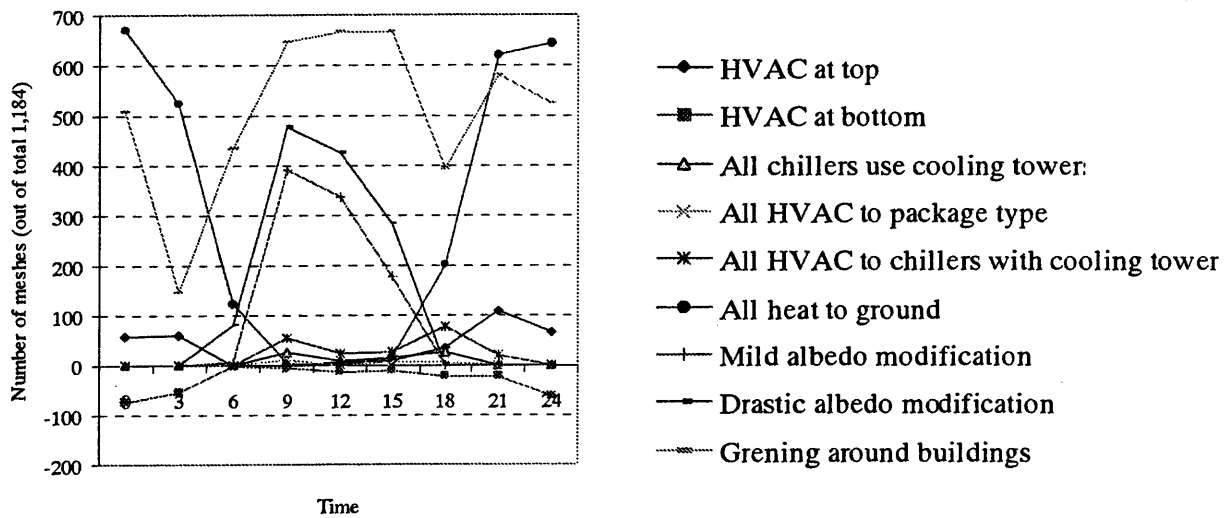


Figure 2 Number of meshes where temperature is reduced by 0.2 degrees in total 1184 meshes representing 32×37 kilometers