

CS - 135

臨海部の開発が都市の熱環境に与える影響

東京大学工学部 正 員 河原 能久
環境庁 正 員 〇川又孝太郎
東京大学工学部 正 員 玉井 信行

1. はじめに

開発が進むと環境にインパクトを与えるようになる。市街化や森林・緑地の減少など地表面の改変が進展し、エネルギー消費量が増加するにつれて、都市域の気温上昇が顕在化してきている。また、わが国の大都市は臨海部に立地しており、海陸風の都市域の気温に与える影響はかなり大きいものと考えられる。東京湾のウォーターフロント開発のように臨海部の開発が進むと、海風の進入が押さえられその気温緩和効果が減じられるものと推測される。本報告は、都市境界層を含む大気境界層を対象として、風系、熱および水蒸気輸送を解析する数値モデルを作成し、それを用いて臨海部の開発事業が夏期の都市域の熱環境に及ぼす影響を数値シミュレーションにより解析してものである。

2. 熱環境解析モデルの概要

ヒートアイランド現象の要因として、熱的要因(人工熱や地表面の熱的特性が変わることによる熱収支変化)と力学的要因(都市の建物による乱流強度の増加)が挙げられる。それらの要因をより正確に表現するために、大気境界層をエクマン層と接地層とに分け、それぞれにおける輸送過程を $k-\epsilon$ モデルに基づく渦粘性/拡散モデルおよび相似則に基づく接地層モデルで表現することとした。また、接地層モデル内では都市キャノピーや植物キャノピーのモデル化や混在化した土地利用の取扱いの精密化を行った。

2.1 エクマン層のモデル化

基礎方程式は連続の式、運動量方程式、温位および比湿に関する輸送方程式である。ブシネスク近似を適用し、大気中での熱、水蒸気の生成・消滅は無視できるものとした。乱流輸送を表現するために、 $k-\epsilon$ モデルと乱流拡散係数を用いた。ただし、標準 $k-\epsilon$ モデル中の2つの定数($c_\mu, c_{1\epsilon}$)の値を変更している。

2.2 接地層のモデル化

接地層内ではフラックスは高さに依らず一定と仮定することができる。接地層における風速の鉛直分布と温位の鉛直分布は大気安定度に依存する無次元シア関数を用いて記述される。接地層内の解析を行うためには地表面温度を知る必要があるが、そのために地表面における熱収支方程式(正味の日射量, 正味の長波放射, 顕熱フラックス, 潜熱フラックス, 人工熱量, 地中への熱伝導を考慮)を地中の熱伝導方程式と連立させて解く。ここではForce Restore Methodを用いた。

数値モデルにおいては、解析領域を数kmの格子に分けて計算する。しかし、その格子内部にはさまざまな土地利用が混在している。ここでは、各土地利用の地表面が他とは独立に大気の下層と運動量とエネルギーの交換を行うと仮定し、各土地利用の格子内における面積比率を重みとしてエクマン層下層の大気に伝えられる全フラックスを求めた。

3. 計算条件および結果

土地利用のパターンとして2ケースを想定し、2次元数値解析を行った。ケース-1では、海岸線から50kmまでは市街地化するが、それ以遠は草地であるとした。ケース-2では、臨海部が埋め立てられ、陸地に接している海側の土地が4kmにわたって建物密度の高い業務地になったものとした。なお、気象条件としては盛夏時の快晴で一般風がない場合を想定し、非定常計算により海陸風を形成させた。以下では午後3時における解析結果を示す。

図-1, 2は風速ベクトルを比較したものである。見やすさのために鉛直方向の風速を10倍拡大して表わしている。海風が陸地に侵入する様子や海風の先端部分で上昇流が起こっていることが読み取れる。CASE-1では、2, 3個のサーマルが沸き上

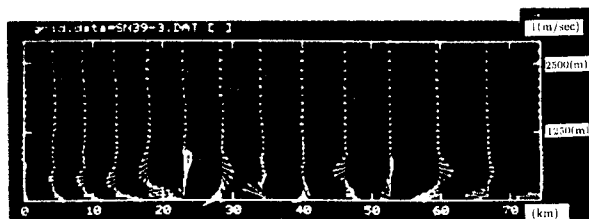


図-1 風速ベクトル (CASE-1)

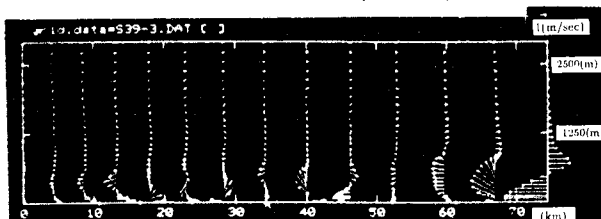


図-2 風速ベクトル (CASE-2)

がっており、その上昇速度は最大で 50cm/s に達している。CASE-2 では CASE-1 より鉛直方向の速度成分が大きくなっている。臨海部の開発が粗度の増加とともに、気温を上昇させるために周辺地域の大気の流れを大きくしていると考えられる。

図-3, 4 に地表面温度と地上 25m の気温、さらに接地層上端部の顕熱フラックスおよび潜熱フラックスの分布を示す。図-3 より、市街地のほうが草地よりも顕熱量が多いため気温が高くなっていることがわかる。なお、40km 付近でフラックスが小さいのは、ここがちょうど対流の下降部に当たっており上空に熱い空気が入り込んでいるためである。また、水面に隣接するグリッドでは顕熱量が大きくなっているが、これは海からの冷たい空気が上空に入り込んでいるためと考えられる。さらに、水面に近い程涼しい傾向がみられる。このように都市化による人工熱の増大や地表面の熱的性状の変化は直接的に地表面を加熱し、都市の気温を上昇させていることが分かる。CASE-2 の気温分布図を見ると気温の高い箇所が 3 地点生まれていることがわかる。また、地表面付近の顕熱輸送を CASE-1 のものと比べると、CASE-2 の方がやや多くなっている。海からの距離と気温との関係を見てみると開発地域の気温が一番高く、距離が離れるにつれて気温が低くなる傾向がある。

図-5 は市街地全域の平均気温の鉛直分布を比較したものである。図中には緑化策をとった場合の結果が含まれているが、臨海部の開発により 500m まで気温が上昇していることが確認される。

CASE-1 では海の影響が内陸にまで及んでいた。海岸部に開発した業務地は地表面粗度が大きく人工熱も多い。そのため海風の効果が内陸に及ぶのを妨げる働きをする。このように臨海開発事業に伴い後背地の都市の熱環境が悪化する可能性があることが知られる。

4. おわりに

都市域の熱環境を解析するためのモデルを構築し、数値シミュレーションを通して、臨海部の開発事業が海風を変化させ、既存の都市域の熱環境を悪化させる可能性があることを示した。今後は実際の土地利用データ、人工熱発生量データを入力して 3 次元解析を行うつもりである。

参考文献

- 1) Detering, H.W. and Etling, D.: Boundary-Layer Meteorol., 33, 1985.
- 2) Dawson, P.J., Stock, D.E. and Lamb, B.: J. Appl. Meteorol., 30, 1991.
- 3) Deardorff J.W.: J.G.R., 83, 1978.
- 4) Kimura, F. and Takahasi, S.: Atmos. Env., 25B, 1991.
- 4) 高橋俊二, 木村富士男, 鈴木基雄: 日本気候学会講演予稿集, 57, 1990.
- 5) Kimura, F.: J. Meteorol. Soc. Japan, 67, 1990.

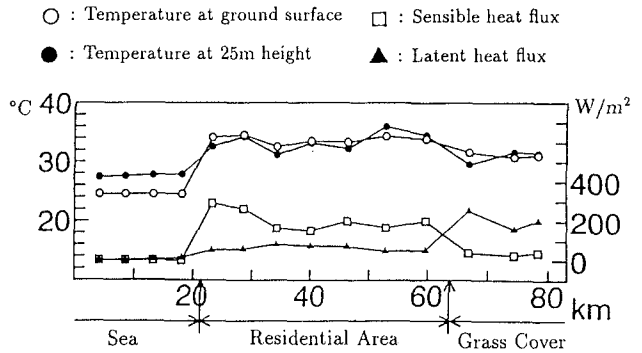


図-3 気温、熱フラックス分布 (CASE-1)

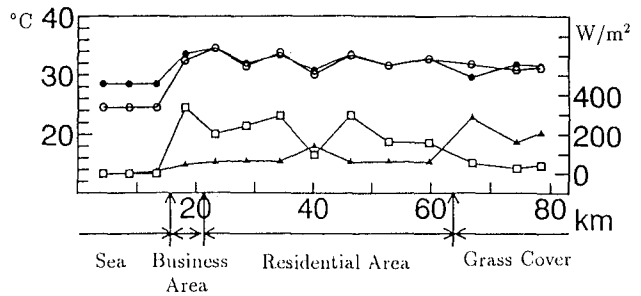


図-4 気温、熱フラックス分布 (CASE-2)

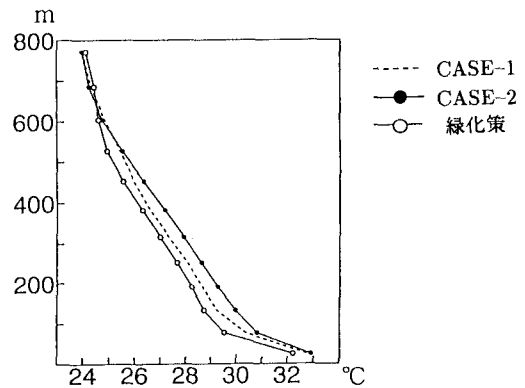


図-5 市街地の気温の鉛直分布