

都市大気における汚染物質および道路粉じんの 3次元挙動とヒートアイランド*

齋藤武雄** 千葉秀樹***

要旨

都市におけるヒートアイランドの解析も、近年、漸く、その3次元解析が可能となり、3次元的構造(流れ、熱および物質について)が解明されようとしている。本研究は、実在都市を対象にヒートアイランドの3次元シミュレーションを行うとともに、最近、北国の諸都市で急速にクローズアップされ社会問題化しているスパイクタイヤ粉じんを含む道路粉じんの都市大気中の3次元流動挙動とヒートアイランドの相関を明らかにしたものである。

その結果、道路粉じんなどの浮遊粉じん微粒子および汚染物質(CO₂, NO_x, ...)の都市大気流動は、ヒートアイランド形成による都市風系と密接な連関をもつことを示した。

1. 緒言

都市での産業の発達と機能の集中は、都市への人口の集積を促し、都市環境の悪化を引き起こす結果となった。この都市環境の悪化を気象学の面から見ると、都市の高温化や大気汚染、日射量の変化、相対湿度の変化、都市特有の風系の発生などに特徴づけられる「都市気候」(urban climate)と呼ばれる都市独特の気候が諸都市で顕著になったことが指摘される。都市気候の中で、最も注目され研究が行われているのが、ヒートアイランド(heat island: 以下 HI と略記)と呼ばれる都市の高温化現象である。HI についての研究は大別すると、観測と数値解析によるものとに分けられ、さらに、数値解析によるものは、HI が形成されている状態での対流特性、温度分布に注目した力学モデルと、HI の主要因が都市と郊外での地表面における熱収支の違いを論じた熱収支モデルの2つに分けられる。

観測による研究において、草分け的なものは、19世紀初期の Howard (1918) のロンドンでの観測であり、そ

の後、今世紀にはいっても数多くの観測結果が報告されている。[Nkemdirim (1976), Bornstein (1968), Oke et al. (1972), 大喜多 (1960), 河村 (1977)]. 最近では、セントルイス市を中心とした、METROMEX PROJECT などに見られる大規模な3次元観測が行われている。[Peterson and Stoffel (1980), Shreffler (1979)]. また赤外線放射を利用したものとして、リモートセンシングがあげられ、アメリカの資源探査衛星 LANDSAT および日本の“ひまわり”などに活用されている。

初期の HI の数値解析では、都市を中心とする鉛直断面を考えた2次元モデルが主流であり、その中の力学モデルの代表的なものとしては、Estoque(1967, 1970), Bornstein (1975), 早川ら (1978, 1979) の報告がある。

これらの報告では、都市と郊外の気温差 ΔT (HI 強さ)、一般風の有無、都市の広がりなどが都市および、その周辺での温度分布や風速分布に与える影響を調べることに主眼がおかれている。

コンピュータの大型化、演算速度の向上に伴い HI に関する研究にも現象を3次元的に解析した報告も見られるようになってきた。その代表的なものとしては、セントルイス市を対象とした、Vukovich ら (1976, 1978, 1980) の一連の報告、関東全域を対象とした Takano (1978) の報告がある。また地形の起伏を考慮した数

* Three-dimensional behavior of pollutants and road particles in the urban atmosphere under the influence of heat island.

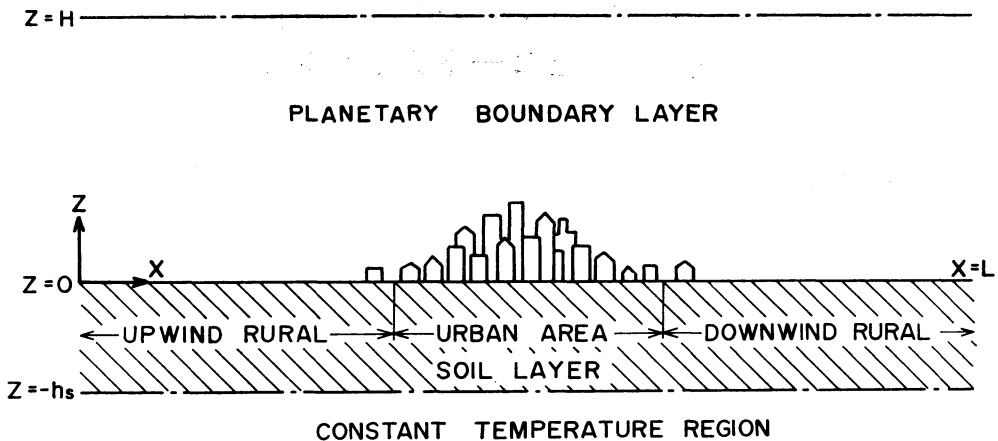
** Takeo Saitoh, 東北大学工学部.

*** Hideki Chiba, 東北電力株.

—1985年12月26日受領—

—1987年1月27日受理—

FREE ATMOSPHERE

第1図 数値モデルと座標系 ($x-z$ 面)

値解析には、Kikuchi ら (1981) の山谷風のシミュレーションがあり、仙台市を対象としたものには、遠藤 (1980)、斎藤 (1980)、斎藤・遠藤 (1981, 1983)、福田 (1982)、斎藤・福田 (1981, 1985) の報告がある。

熱収支モデルを扱ったものとしては、木村ら (1974)、Atwater (1972)、Terjng (1981) の研究が代表的である。これらの研究も、力学モデル同様、地表面粗度、大気透過率、蒸発面積などを熱収支式のパラメータとして解析し地表面熱収支の違いについて論じたものが大部分である。

本報は上記既報告に続いて、新たに、スパイクタイヤ道路粉じんの3次元大気流動シミュレーション結果を報告するものである。

近年、大都市における交通量の増大および道路のアスファルト舗装化により道路浮遊粉じん総量が顕著に増大している。とくに、降雪量の比較的小さい都市（たとえば仙台）における、冬期のスパイクタイヤ粉じんの降下ばいじん量は、 $100 \text{トン}/\text{km}^2/\text{月}$ を越える状況にあり、そのうち、人体に有害な影響を与えると見られる $10 \mu\text{m}$ 以下の粒径の微粒子も約40%程度含まれており、都市に居住する人間の健康上、極めて憂慮すべき状況下にある（仙台市公害白書、1982）。名古屋市の調査例では、これら、降下ばいじん量と肺がん死亡率との間に正の相関が認められている。

前報 [斎藤・遠藤(1983), Saitoh and Fukuda(1985)] で報告したように HI のひとつの特徴は、都市中心部に

向かって流れ込む求心流の風系であり、これにより、発生した道路粉じんが、中心部に濃縮、堆積される効果が予想される。本報では、この効果を定量的に把握するとともに、他の大気汚染成分（エアロゾル）の挙動についても論じ、都市計画への応用について言及する。

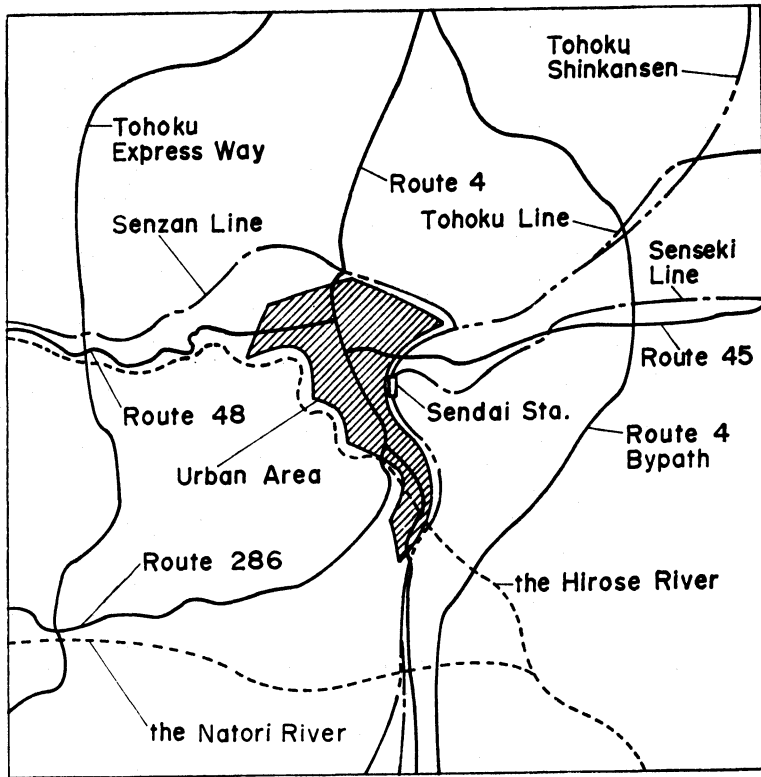
2. 3次元解析モデル

本章では、都市における排熱（車、暖冷房、工場など）や都市域の地表面性状変化などに起因して形成されるヒートアイランドの特性と、最近北国の諸都市で問題化しているスパイクタイヤ粉じんなどの道路粉じんの都市大気流動との関連を明らかにする目的で実在都市を対象にした3次元シミュレーションを行う。

第1図に都市モデルの鉛直断面と座標系を示す。大気境界層および、地層を計算対象として選び、厚さはそれぞれ 1.6 km および、 0.5 m とした。

次に第2図は、仙台市を対象とした計算領域を示す。仙台駅を中心とする東西南北の $15 \text{ km} \times 15 \text{ km}$ の領域を設定した。実際の人工熱消費密度の調査結果（第3図）をもとにして市街地、準市街地、および郊外の各領域を定めた。図には、そのうち市街地の領域を斜線部分で示してある。実際に計算で用いた区分は、例えば、第6図に示している。

なお、本計算に用いた諸データは、第1表に示した。汚染物質の初期分布としては、地表面の濃度は仙台市の観測データを用いた式で表した。



第2図 対象とする計算領域

第1表 計算条件および諸データ

・対象とした都市	仙台市
・計算領域	仙台駅を中心とする東西南北 15 km × 15 km の領域
・大気境界層厚さ	1.6 km
・地層厚さ	0.5 m
・時期	2月
・一般風の向き	北
・一般風の強さ	2 m/s
・人工熱	仙台市における実測値
・汚染源強度	Viskanta の式による
・地表面濃度	仙台市の観測値

$$Y(x, y, 0, 0) = Y_0 \exp\{-1.6z^+\}$$

ただし、 $Y_0 = 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$

鉛直方向に指数関数的に減少するとしている。

また、地表面での汚染源強度は、Viskanta ら (1976, 1980 a, 1980 b) が用いた値を採用した。第4図に、汚染源強度分布図を示す。市街地、準市街地、および郊外で、それぞれ異なる一定値を与えている。

解析にあたり次の仮定を導入した。

- (i) 静力学平衡が成立する。
- (ii) Boussinesq 近似が成立する。
- (iii) 境界層近似が成立する。
- (iv) 運動量, 熱, および成分保存に関する渦拡散係数は等しい (吉田・国友, 1983)。
- (v) 地表面の起伏は無視する。
- (vi) 地表面構成物の熱容量を考えない。

以上の仮定を用いると基礎式は次のようになる。(記号は本文末尾に示す)。

$$L[u] = -\frac{R_o}{E_c}(T + \Delta T) \frac{\partial \pi}{\partial x} + 2 \sin \phi \cdot v \quad (1)$$

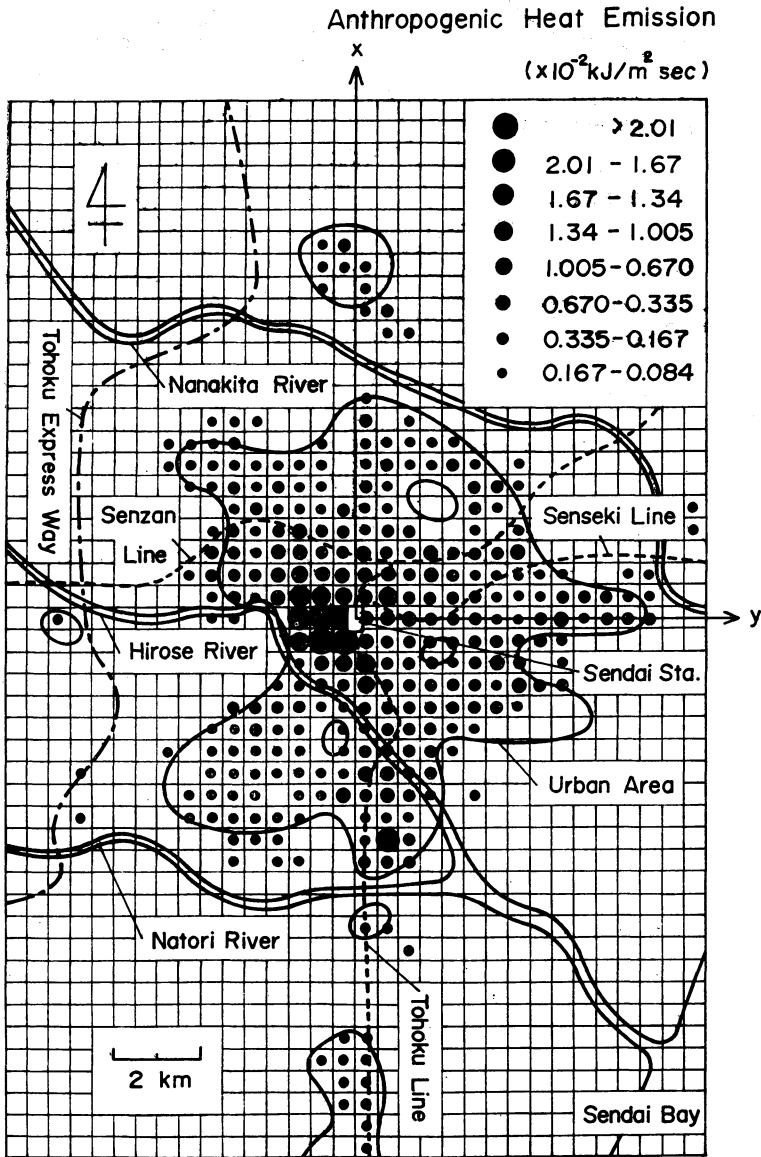
$$L[v] = -\frac{R_o}{E_c}(T + \Delta T) \frac{\partial \pi}{\partial y} - 2 \sin \phi \cdot u \quad (2)$$

$$L[T] = 0 \quad (3)$$

$$L[Y] = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{4L}{e^z} \frac{\partial w}{\partial z} \right) = -\frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) \quad (5)$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial z} = -\frac{gH_e z}{4C_p} (T(T_s - T_u) + T_u)^{-1} \quad (6)$$



第3図 人工熱消費密度分布図(仙台市, 1979)

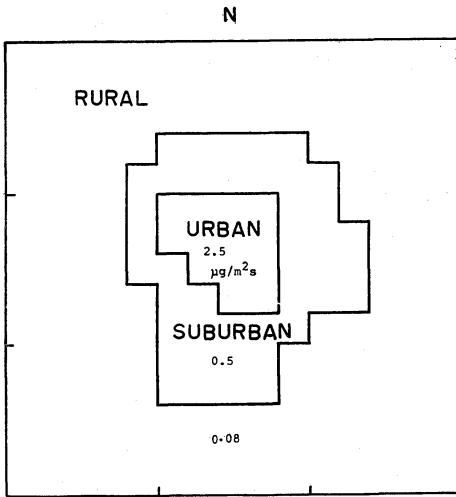
ただし、上式中 $L[\]$ は演算子を表し、次式で定義する。

$$L[\] \equiv \frac{\partial}{\partial t} + R_0 \left(u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + \frac{4L}{e^z} w \frac{\partial}{\partial z} \right) - \frac{16}{e^{2z}} \frac{\partial K_z}{\partial z} \frac{\partial}{\partial z} - \frac{16K_z}{e^{2z}} \left(\frac{\partial^2}{\partial z^2} - \frac{\partial}{\partial z} \right) \quad (7)$$

なお、上式は次の無次元数で、すでに無次元化されている。

$$\left. \begin{aligned} t^+ &= t\Omega, \quad (x^+, y^+) = (x, y)/L, \quad z^+ = \frac{z}{H}, \\ L^+ &= \frac{L}{H}, \quad (u^+, v^+, w^+) = (u, v, w)/u_g, \\ Y^+ &= \frac{Y}{Y_s}, \quad T^+ = \frac{\theta - T_u}{T_s - T_u}, \quad K^+_{z^+} = \frac{K_z}{\Omega H^2}, \\ \Delta T^+ &= \frac{T_u}{T_s - T_u}. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

(簡単のため+記号は省略してある)



第4図 道路粉じんおよび汚染物質の汚染源強度。それぞれの領域(市街地, 準市街地および郊外)では, 一定値をとる。単位: $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$

地表面付近の解像度を向上させるために, すでに

$$z^* = \ln(4z + 1) \quad (9)$$

の変換を行ってある。

上式に対する境界条件は次の通りである。

$$\left. \begin{aligned} x=0, L; & \quad \frac{\partial}{\partial x}(u, v, \pi, Y) = 0, \quad \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_+ = -\frac{\partial T}{\partial x} \Big|_- \\ y=0, L; & \quad \frac{\partial}{\partial y}(u, v, \pi, Y) = 0, \quad \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_+ = -\frac{\partial T}{\partial y} \Big|_- \\ z=0; & \quad u=v=w=0, \\ & \quad T=T_s, \quad m_p = -\frac{4\Omega H Y_s}{m_w e^z} K_z \frac{\partial Y}{\partial z} \\ z=H; & \quad u=w=0, \quad v=\text{const.}, \quad T=\text{const.} \\ & \quad \pi=\text{const.}, \quad Y=\text{const.} \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

また, 地表面での熱収支は次式によった。

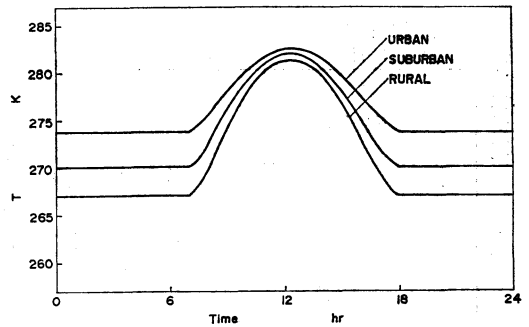
$$Q_a + Q_s + Q_e + HG = S + H + LE \quad (11)$$

上式で, Q_a は大気からの地表への放射, Q_s は日射量, Q_e は地表面から大気への赤外放射, HG は人工熱, S は地中への熱伝導, H は地表面と大気との乱流熱交換, LE は潜熱輸送である。おのおの次のように表される。

$$Q_a = \sigma T_s^4 (a + b\sqrt{e_s}) \quad (12)$$

$$Q_s = R_0 T_r^{1/\sin h} + \frac{1}{2} R_0 \sin h \frac{1 - T_r^{1/\sin h}}{1 - 1.4 \ln T_r} \quad (13)$$

$$Q_e = \phi \sigma T_s^4 \quad (14)$$



第5図 熱収支式から求めた地表面温度

$$S = -K_s \frac{\partial T}{\partial z} \quad (15)$$

$$H = -\frac{\gamma C_p K_0^3 U}{(\ln(z/z_0))^2} (T_H - T_0) \quad (16)$$

$$LE = -\frac{\gamma L K_0^3 U}{(\ln(z/z_0))^2} (q - q_0) \quad (17)$$

なお, HG で表わされている人工熱は遠藤(1983)の仙台圏の調査データ(第3図)と1981年の宮城県地域エネルギー開発利用報告書から決定した。また, 地中への熱伝導 S は, 地下0.5 m において温度の日変化はないものとして計算した。

渦拡散係数には, Estoque ら(1969)が提案した式を若干修正した Gutmann らの式を用いる。

すなわち,

$$K_z = \left\{ \begin{aligned} l^2 \left| \frac{\partial V}{\partial z} \right| (1 + \alpha R_i) & \quad R_i \leq 0 \\ l^2 \left| \frac{\partial V}{\partial z} \right| (1 - \alpha R_i)^{-1} & \quad R_i > 0 \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

ここで,

$$\left| \frac{\partial V}{\partial z} \right| = \left[\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right]^{1/2}, \quad \alpha = -3 \quad (19)$$

である。

l は, 混合距離に相当するもので次の Blackadar(1962)の表現を用いた。

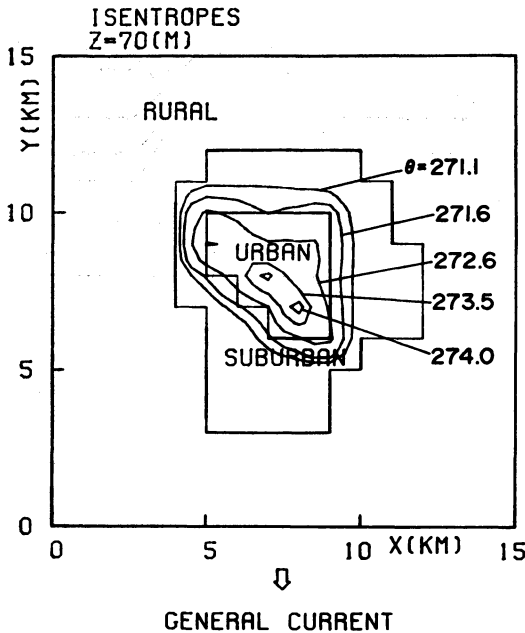
$$l = \frac{k_0(z+z_0)}{1 + \frac{k_0(z+z_0)}{\lambda}} \quad (20)$$

ここに,

$$\lambda = 0.00027 U_g f^{-1} \quad (21)$$

Richardson 数 R_i は, 早川ら(1978, 1979)の例にならって Gradient Richardson 数を用いる。

$$R_i = \frac{g \frac{\partial \theta}{\partial z}}{\theta \left(\frac{\partial U}{\partial z} \right)^2} \quad (22)$$



第6図 上空70mにおける等温位線図

ここに、

$$U = (u^2 + v^2)^{1/2} \quad (23)$$

3. シミュレーション結果

3.1 地表面温度の日変化

式(11)の熱収支式を解いて得られた冬期における市

街地、準市街地、郊外での地表面温度の日変化を第5図に示す。各領域とも、日の出後日射が大きくなるにつれて地表面温度が上昇し昼過ぎごろ最大になり、その後下降する。

地表面温度の日較差は、市街地より郊外のほうが大きく、ヒートアイランドの一般的な傾向に一致した(Bornstein, 1975)。

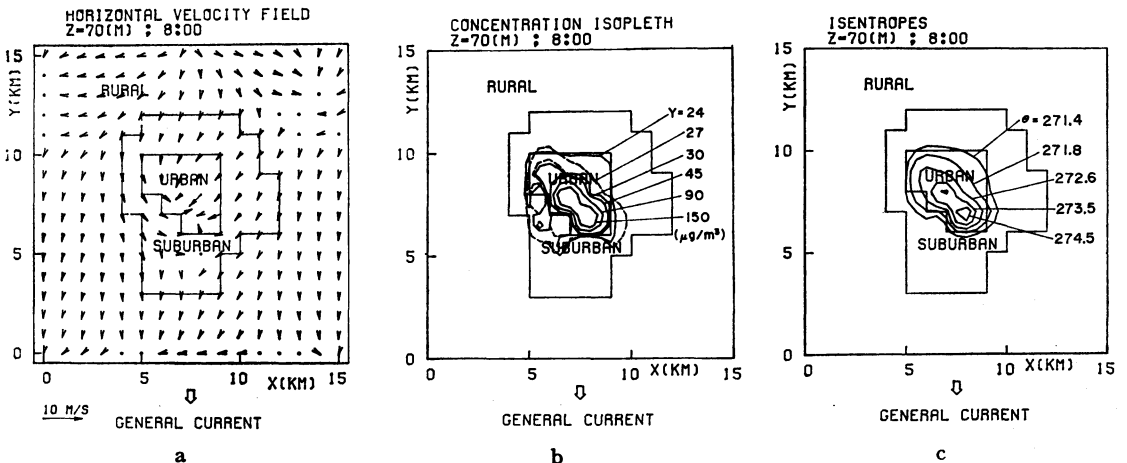
本研究においては、熱収支式から求められた温度変化を地表面での境界条件として与え、日の出の午前7時より計算を始めたが、日射が強くなると計算不安定を生じたために、10時までの計算結果を示した。

なお、粉じんの挙動の問題は、厳密にはストリートキャニオン (urban canyon) を含む取り扱いが必要であるが、本研究では、第1近似として、これらを見捨てた。

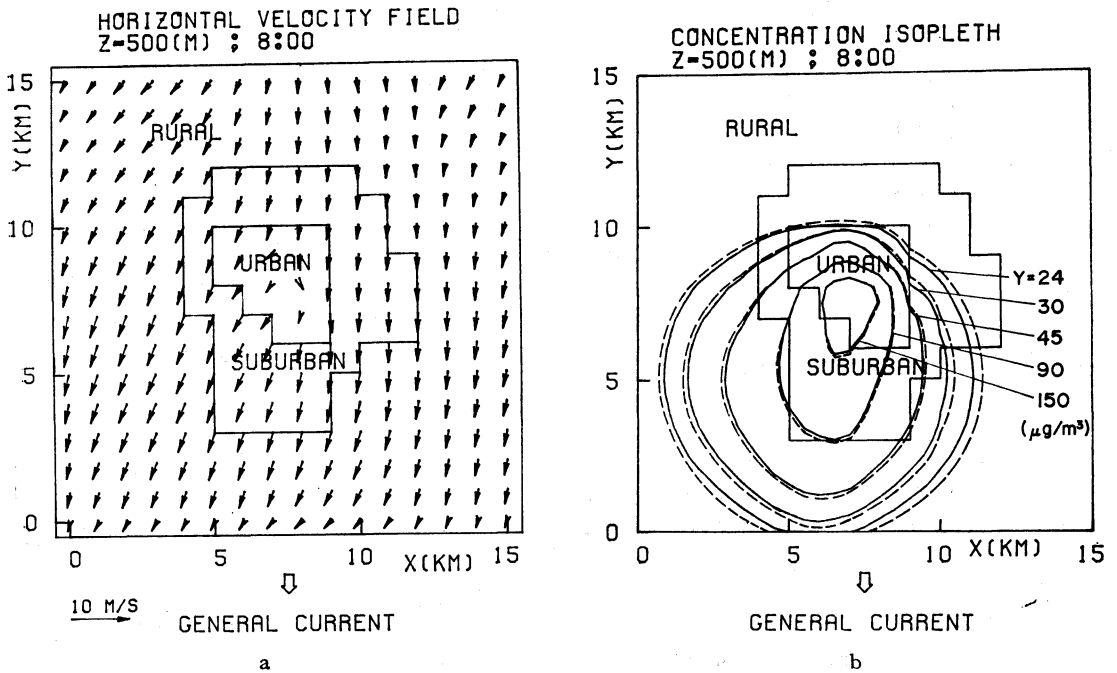
3.2 大気汚染物質の流動挙動

まず、第6図に冬の場合の上空70mにおける等温位分布を示す。一般風の強さは2m/sとし、風向は北とした。計算領域の大きさが異なり、また、気象条件も異なるので、直接的対比は困難であるが、この結果は、別に行った移動観測結果と比較すると、いくつかの定性的な共通点が見られる。すなわち都市の高温域が、図の左上から右下にかけて斜めに広がっていること、等温位線の混みぐあい似ていることなどである。

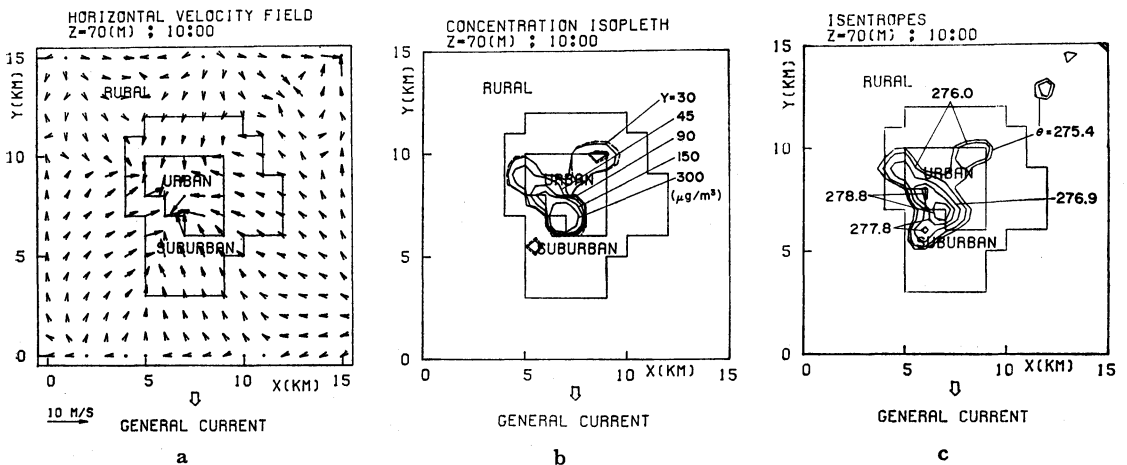
第7図～第11図に、それぞれ8時と10時の水平ベクトル線図と水平濃度分布図を示した。水平濃度分布図において、実線はエアロゾル、破線は道路粉じんの濃度分布



第7図 水平速度ベクトル線図 (a)、水平濃度分布図 (b)、および等温位線図 (c) (z=70m, 時刻8:00) 実線はエアロゾル、破線は道路粉じんを示す。



第8図 水平速度ベクトル線図 (a), と水平濃度分布図 (b)



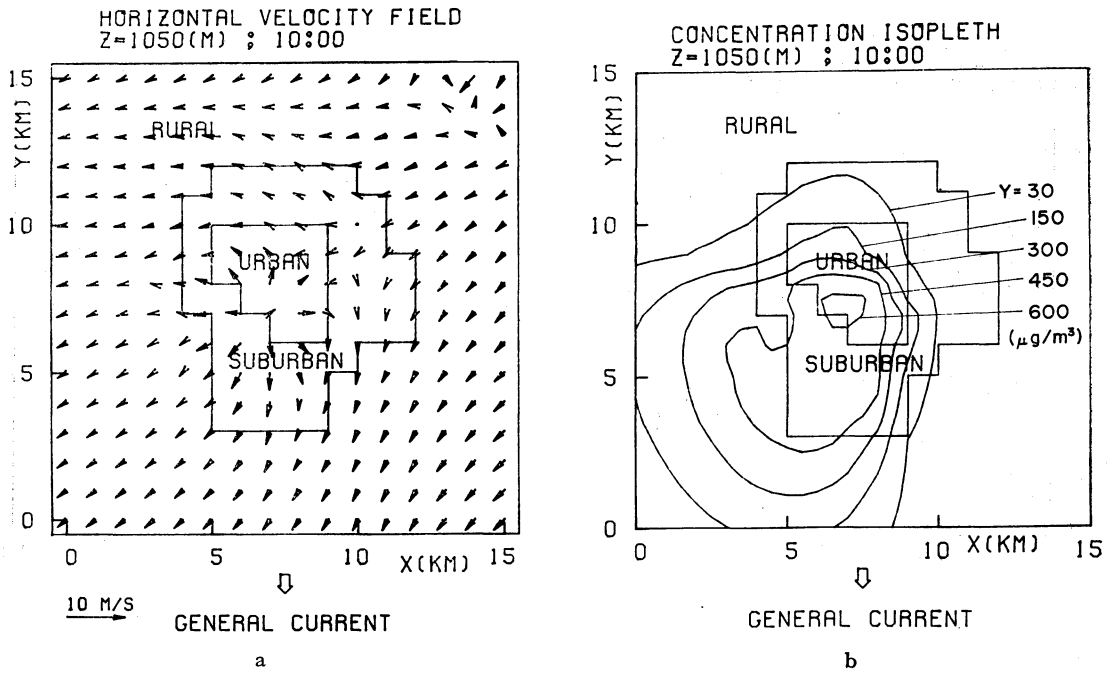
第9図 水平速度ベクトル線図 (a), 水平濃度分布図 (b) および等温位線図 (c) (z=70m時刻, 10:00)

を示してあり、道路粉じんの濃度は、式(4)の拡散係数をゼロとして求めた。

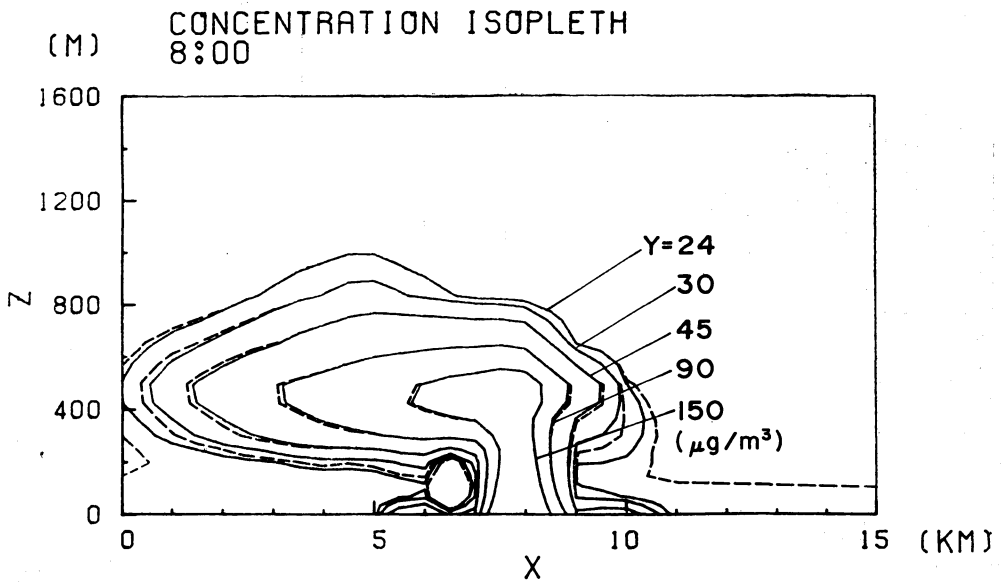
第7図(a), (b), (c)は、それぞれ午前8時の地上70mの水平速度ベクトル線図と水平濃度分布図および、等温位線図である。これらの図より、HI形成に伴い都市に吹き込む風が認められ、その風により汚染物質が集

積され都市での汚染濃度が高くなっているのがわかる。また等濃度線が都市の形状に沿って広がり、HI形成時の等温位線と似た傾向が見られる。

第8図(a), (b)は、それぞれ午前8時の地上500mの速度ベクトル線図と等濃度線図である。市街地に集積された汚染物質が、上空の卓越風により郊外に流されて



第10図 水平速度ベクトル線図 (a) と水平濃度分布図 (b) (z=1050m, 時刻 10:00)



第11図 鉛直断面濃度分布図 (X=7km, 時刻 8:00)

いるため、市街地上空とその風下で、汚染濃度が高くなっていることがわかる。

第9図(a), (b), および(c)は、それぞれ午前10時の地表70mでの水平ベクトル線図、等濃度線図、および等温位線図である。汚染物質は、8時と同様、都市域に集積しているが、8時より汚染物質濃度が高くなっていることがわかる。

第10図(a), (b)は、それぞれ午前10時の1050mでの水平ベクトル線図と等濃度線図である。これも8時と同じような濃度分布を示しているが、濃度が8時よりも高いことがわかる。また、汚染物質がかなり上空で広がっていることが知れる。

第11図には、午前8時の鉛直断面を示してある。この図からも、上空の卓越風により、汚染物質が風下に流されていることがわかる。上空では、拡散係数の影響が小さく、エアロゾルと粉じん濃度は、ほぼ一致することが認められる。

4. 結 言

本研究では、仙台市とその周辺を対象としたモデルを用いて、エアロゾルなどの大気汚染物質の流動、および道路粉じんの流動を考慮したヒートアイランドの3次元シミュレーションを行った。その結果、以下の知見が得られた。

(1) ヒートアイランドが生じているとき、大気汚染物質は、HIに伴う風によって運ばれ、集積し、市街地での汚染濃度が高くなりポリューションアイランド (pollution island) が形成されるのがわかった。また市街地に集積した汚染物質は、上昇気流によって舞い上り風下に流され、広範囲にわたって広がる流動過程がわかった。

(2) 本解析において、道路粉じんの濃度分布を求めるにあたり、拡散方程式の拡散係数をゼロと仮定して解いたが、上空では移流が支配的で、拡散係数の影響が小さくエアロゾルの濃度分布とほぼ一致する結果が得られた。道路粉じんのように粒径の大きいものは、風に舞い上げられても重力の作用で落下し、降下ばいじんとして集積されると思われるが、今後、そのような粒径の大きい粉じんの流動挙動を解析するには、さらに検討が必要である。

今後、数値的にさらに安定な3次元モデルを開発することにより、都市火災の流動解析や都市計画にも役立てていくことができよう。本研究に対し、貴重なご教示を戴いた東北大学 近藤純正教授ならびに本誌査読委員の

方々に深甚なる謝意を表します。

なお、数値計算には、東北大学大型計算機センター NEAC 2200 ACOS 1000を利用した。

記 号

a, b : 定数 C_p : 定圧比熱 E_c : Eckert数 e_s : 飽和水蒸気圧 f : Coriolis パラメータまたは相対湿度 g : 重力加速度 H : 鉛直方向スケール h : 太陽高度 K_z : 渦拡散係数 K_0 : Karman 定数 K_s : 熱伝導率 L : 水平方向スケール m_p : 表面における汚染物質流束 m_u : 市街地における汚染物質流束 q : 比湿 R_0 : Rossby 数または太陽定数 T : 温度 T_r : 大気透過率 T_s : 地表温度 T_u : $z=H$ の温度 t : 時間 U_g : 一般風の風速 $U = (u+v)^{1/2}$ u, v, w : x, y , および z 方向速度 x, y, z : 座標 z_0 : 地表面粗度 γ : 比重量 θ : 温位 σ : Stefan-Boltzmann 定数 ϕ : 緯度 $\pi = T/\theta$ ψ : 射出率 Ω : 地球自転速度

文 献

- Atwater, M.A. 1972: Boundary Layer Meteor., 3, 229-245.
 Bornstein, R.D., 1968: J. Appl. Meteor., 7, 575-582.
 ———, R.D., 1975: J. Appl. Meteor., 14, 1459-1477.
 Blackadar, A.K., 1962: J. Geophys. Res., 67, 3095-3102.
 Estoque, M.A. and Bhumralkar, C.M., 1969: Mon. Wea. Rev., 97, 850-859.
 ———, ———, 1970: Boundary Layer Meteor., 1, 169-194.
 遠藤光緑, 1980: 東北大学修士論文。
 福田浩三, 1982: 東北大学修士論文。
 Howard, L., 1918: Climate of London Deduced from Meteorological Observations, W. Phillips, London, 1.
 早川誠而, 1978: 農業気象, 34, 109-118。
 ———ほか2名, 1979: 天気, 26, 611-622。
 河村 武, 1958: 地理学評論, 31, 291-298。
 ———, 1977: 気象研究ノート, 133, 204-225。
 Kikuchi, Y. ほか2名, 1981: J. Meteor. Soc. Japan, 59, 723-738。
 木村建一ほか2名, 1974: 気象研究ノート, 119, 189-195。
 Nkendirim, L.C. 1976: J. Appl. Meteor., 15, 818-828。
 Oke, T.R. and Fuggie, R.F., 1972: Boundary Layer Meteor., 2, 290-308。

- Okita, T., 1960: J. Meteor. Soc. Japan., 38, 207-209.
- Peterson, J.T. and Stoffel, T.L., 1980: J. Appl. Meteor., 19, 275-283.
- Shreffler, J.H., 1979: J. Appl. Meteor., 18, 1512-1520.
- Saitoh, T., 1980: Future Oriented Proc., 5, 18-29.
- 齋藤武雄・遠藤光緑, 1981: 東北技術だより, 2, 24-32.
- ・福田浩三, 1981: 東北技術だより, 2, 32-39.
- ・遠藤光緑, 1983: 日本機械学会論文集, 49, 2035-2040.
- Saitoh, T. and Fukuda, K., 1985: Bulletin Japanese Society of Mech. Engrs. 28, 101-107.
- 仙台市, 1982: 仙台市公害白書, 12
- Takano, K., 1978: Sc.D. Thesis, Univ. Tokyo.
- Terjng, W.H., 1981: Boundary Layer Meteor., 21, 255-263.
- , 1980: Boundary Layer Meteor., 19, 93-118.
- Vukovich, F.M. and Dunn J.W., 1978: J. Appl. Meteor., 17, 1585-1594.
- , and King, W., 1980: J. Appl. Meteor., 19, 761.
- , Dunn, J.W., and Crissman, B.W., 1976: J. Appl. Meteor., 15, 417-440.
- Viskanta, R.A. et al., 1976: J. Heat Transfer, Trans. Ame. Soc. Mech. Engrs, 98, 662-669.
- , and Daniel, R.A., 1980: J. Appl. Meteor., 19, 53-70.
- , and Weirich, T.L., 1980: ASME paper No. 80-WA/HT-4, 1-13.
- 吉田篤正・国友 孟, 1983: 日本機械学会論文集, 49, 1.



日本放送協会 編
NHK 最新気象用語
ハンドブック

日本放送出版協会 1986年
A 5 版, 254頁, 2,000円

このごろは気象衛星ひまわりの雲画像, 降水確率, アメダス情報, 予想天気図などのTV放映が当たり前のようになってきた。私が気象庁に勤務していた昭和48年までの状況とはまさに様変わりを感じて, 技術革新の大波をひしひしと感じさせられる。一般の人々も同じ感じを持っているらしく, いろいろな有識者がメンバーになっている委員会などでの技術革新の枕言葉によく前記のことが引用される。

本書はこのような情勢に対応するために, 昭和39年に出版された「気象用語集」を改訂したもので, 内容は次の3部構成からなっている。

I 天気予報, 1 天気予報の新技术, 2 天気予報
3 天気予報のことば

II 日本のお天気, 1 四季, 2 一般気象

III 地震と火山

付録 (各種統計表)

I部の天気予報の新技术のところでは, 最新の気象観測・予報に係る人工衛星, レーダー, アメダス, 数値予報などに関する簡潔な解説がある。特に本書の真髄である「天気予報のことば」については, I部に12ペー

ジにわたって詳細な説明があり, さらに他のところでも特別な術語が出てくるたびに, 放送ではどのように扱うかの注意書きがある。これらは放送の利用者のみならず気象の専門家にとっても有益である。

II部では四季の典型的な気象現象に加えて, 酸性雨など最近問題になっている現象や大雨の降りやすい日・晴天率の高い日のような気象現象の起る確率の高い特異日についても具体的な日付など興味ある資料が掲載されている。

III部では, 地震のしくみ, 最近の大地震から東海地震予知計画, 火山まで広範にわたる解説がある。

付録には, 生物季節, 初霜・終霜, 初氷, 初雪, 過去の豪雪, 山火事の月別発生件数, 日本と世界の地震と火山の被害 (死者数) など合計8つの貴重な表があり, 資料としての価値も高い。本書はまた次の引用文からも分かるように気象の読物としても興味がある。

「星のささやき——屋外の気温が氷点下 50°C ぐらいに下がると, 人の息が耳のあたりで凍り, かすかな音をたてるという。シベリア東部のヤコートの人は, この音を「星のささやき」と呼んでいる。…中略…。ここでは気温が氷点下 40°C 以下に下がると大気中の水分が凍って町中ミルクをまいたような濃霧 (氷霧) が発生する。………」

広範なユーザーに理解してもらうための編集者の努力と気配りが本の隅々まで行き届いている良書である。

(千葉大学工学部 土屋 清)