

風洞を用いた市街地拡散実験

国立環境研究所 ○上原 清、 森口祐一
若松伸司

1、はじめに

都市における窒素酸化物大気汚染は昭和60年頃を底に再び漸増の傾向を示しているといわれる。特に交通量の多い沿道の大気汚染は深刻であるが、これといった決め手がない。本報では、汚染濃度の高い交差点周辺の街区高さが変わったとき、それにもなう市街地気流の変化によって汚染濃度の分布がどのように変化するかを、さらに風力を利用した換気塔の汚染濃度低減効果を風洞実験により調べた結果を報告する。

2、実験の概要

2、1 実験装置 風洞・国立環境研究所大気拡散風洞：測定部高さ2 m・幅3 m・長さ24 m、縦型密閉回流式。境界層・図1。実験風速 $U_{inf}=1.5\text{ m/s}$ 成層・中立。模型・縦横10 cm、高さ5 cmの発泡スチロール製の模型を縦横10 cm間隔で、風洞の床面に規則的に配置した。線源・トレーサースガス排出源として長さ1 m、外径5 mmのステンレスパイプに0.5 mmの穴を10 mm間隔で開けたものを用いた。トレーサースガス・ $\text{C}_2\text{H}_6: 2.0\% + \text{N}_2: 80\%$ 排出量・ $Q=400\text{ cc/min} \cdot \text{m}$ 図2に模型と線源の設置状況を示す。図より、線源は交差点を起点としてY方向に $S_y = \pm 1\text{ m}$ 、X方向風下側に $S_x = -1\text{ m}$ 風上側に $S_x = +12\text{ m}$ 設置した。風向は、互いに直交する一方の道路に主流が平行な場合を想定している。濃度測定・9 ch全炭化水素分析計（紀本電子） 濃度の測定結果はすべて無次元濃度・ $C_n = C/C_s (= Q/U L)$ で表示している。但しC：濃度、 C_s ：基準濃度、Q：単位時間・単位長さあたりのトレーサース排出量 $=400\text{ cc/min} \cdot \text{m}$ 、U：基準風速 $=1.5\text{ m/s}$ 、L：基準長さ $=5\text{ cm}$

2、2 実験方法

実験は次の3段階に分けて行った。

(1) 交差点風上側の道路汚染源の、交差点周辺の濃度分布に及ぼす影響を調べる。1) 交差点部分 $S_y = \pm 1\text{ m}$ 、 $S_x = \pm 1\text{ m}$ からのトレーサース排出

に加えて、 $S_x = 1 \sim 2\text{ m}$ 、 $2 \sim 4\text{ m}$ 、 $4 \sim 8\text{ m}$ 、 $8 \sim 12\text{ m}$ それぞれから排出されたときの交差点周辺のYZ断面の濃度分布を測定する。

2) 交差点の一角、図2のa位置に周囲の模型の8倍の高さの模型を設置し、交差点周辺・高さ25 mmのXY平面の濃度分布を測定し、交

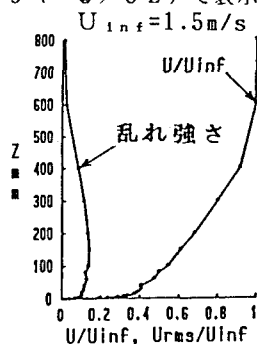


図1 風速分布

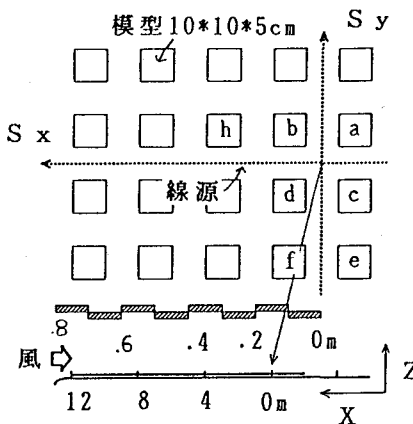
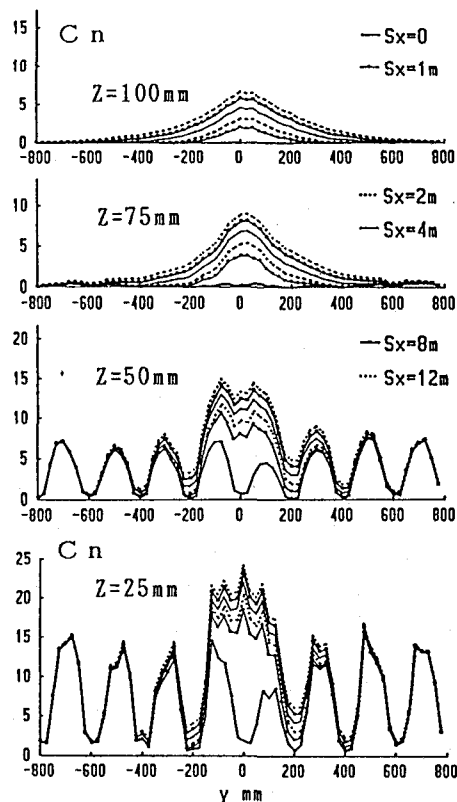


図2 模型と線源の設置状況

図3 S_x による濃度分布の差

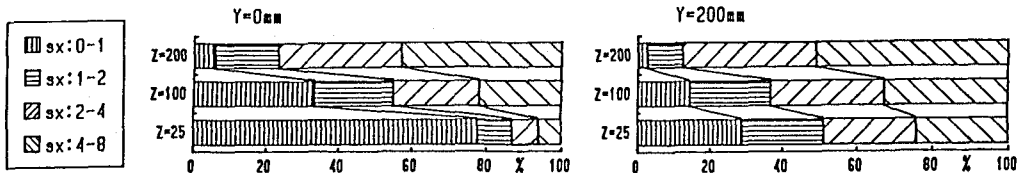


図4 Z=25,100,200mm の各高さの濃度に対する風上側排出源の寄与率
 差点部分の排出源のみの場合と、風上側汚染源が存在する場合の分布を比較する。測定点は、交差点を中心として、 $X \cdot Y = \pm 800$ mmの道路中心軸上に5 cmまたは10 cm間隔に約300点設けた。(2)前項の実験結果をふまえ、交差点周辺の街区高さが変わったときの濃度分布の変化と、風力換気塔による濃度の低減効果を調べる。測定位置は前項2)と同様である。

3、実験結果

3、1 交差点周辺の濃度に対する風上側道路汚染源の寄与 図3に風上側道路の長さ S_x を0、1、2、4、8、12 mに変化したときの交差点Y-Z断面の濃度分布を示す。図より高さZが増すにつれて風に直交する道路 S_y の寄与が小さく、逆に風上側道路の寄与が増加することがわかる。とくに $Z > 75$ mmでは、風上側道路の寄与のみとなる。図4に $Y = 0$ と200 mmの各高さの濃度に対する風上側道路汚染の寄与率を示す。この図からもZが増すにつれ風上側の寄与が増すことがわかる。この傾向は交差点から離れた場所($Y = 200$ mm)で強く現れる。風上側汚染源の有無によって、交差点周辺の濃度分布には図5

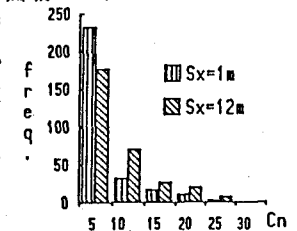


図5 風上側排出源の有無による濃度の差

○ ○ ○ ○ ○ : 濃度低下
 ● ● ● ● ● : 濃度不変
 ● ● ● ● ● : 濃度増加
 5,10,15,20 < Cn
 低 ← 濃度 → 高

濃度測定値の表示方法

に示すような差が生じる。図は交差点の一角が周辺街区の8倍の高さになったときのXY平面、 $Z = 25$ mm (模型高さの1/2)の濃度分布を測定し、すべての測定値を頻度分布と比較したものである。

3、2 交差点周辺の街区高さの変化による濃度分布の差 図6~11に交差点周辺の濃度分布を示す。測定はもっと広い範囲で行っているが、ここでは交差点周辺のみを示す。図6はすべての模型の高さが同じ、一様な高さの市街地の場合である。

図7より、街区a(斜線部)が周辺の8倍の高さになったとき、その前面や側面の濃度が低下しているが、逆に交差点から少しはなれた場所に濃度の増加が生じる。図8、9より、交差点から1ブロック離れた街区の場合には当然のことながらその影響は小さくなる。図10,11はそれぞれ交差点をはさんだ2街区、4街区の高さが8倍になった場合である。2街区の場合交差点風上側の濃度が増加し、4街区の場合には図で表示された場所の外側で濃度が増加している。いずれにしても濃度の増減の生じる傾向は1街区の場合と同じで、濃度が

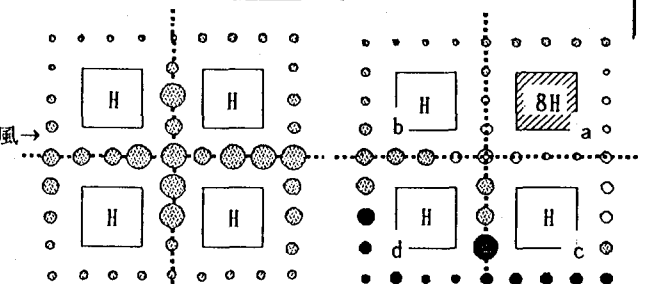


図6 すべての同じ高さ(H)

図7 位置a、街区高さ8H

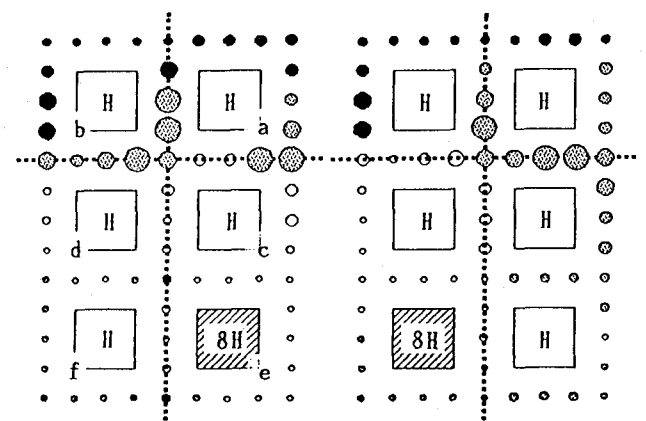


図8 位置e、街区高さ8H

図9 位置f、街区高さ8H

減少するのは高い街区によって風速の増加が予想される場所であり、濃度が増加するのは高い街区の存在により道路からの高濃度が流れ込む横道や、流れの停滞する位置と発生源が重なる場所である。

3、3 風力換気塔による濃度の低減効果

実験に使用した換気塔を図1 2に示す。

これは、風向方向に大きな開口を持つノズルのついた煙突状のもので、その形状から最適な風向以外には効果が望めないものであるが、風力換気の可能性を調べる意味であえてこの形を用いた。図1 3～1 8に結果を示す。図1 3は図6（街区高さ8H位置a）とその設置位置や大きさではほぼ対等に比較できるものであるが、両者には大きな差は認められない。この位置に設置されたときには、換気効果よりもその構造物が存在する影響の方が大きくなるためと思われる。図1 4は交差点直上に、図1 6は位置aとbの間の道路上に設置された場合であるが、いずれの場合にも交差点の濃度の低下は大きく、換気効果があるといえる。図1 5は位置aとcの間の道路上に設置された場合であるが、このときは逆に交差点の前後に濃度の増加する場所が生じている。以上の結果より換気効果は高濃度の生じている場所に設置された場合に大きくなる。また、換気塔の構造物自体が自然な通風を著しく妨げる場合には、逆効果になる。

4、結論

1) 交差点周辺の濃度分布に対する、風上側の道路汚染の寄与はZ、Yの大きい位置ほど大きい。交差点周辺を対象とした実験を行う場合、状況に応じて風上側汚染源を再現することが望ましい。2) 交差点周辺の街区が高くなったとき、濃度が減少するのは、街区によって風速の増加が予想される場所である。濃度が増加するのは、街区の存在によって道路からの高濃度が流れ込む場所や、流れの停滞する位置と発生源が重なる場所である。3) 風力換気塔の効果はそれが設置される場所によって大きく異なる。換気効果は高濃度の生じている場所に設置されたとき大きくなるが、換気塔の構造物自体が自然な通風を著しく妨げる場合には逆効果になる。謝辞 実験に当たっては、(株)計測情報システム 木村陽一、山尾幸夫両氏の全面的なご協力を得ました。ここに記して感謝の意を表します。

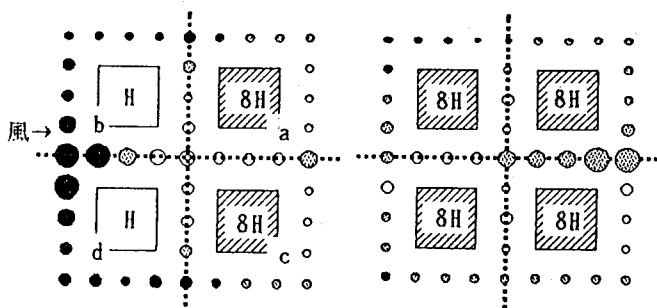


図1 0位置a+c、高さ8H 図1 1 位置a+b+c+d、高さ8H

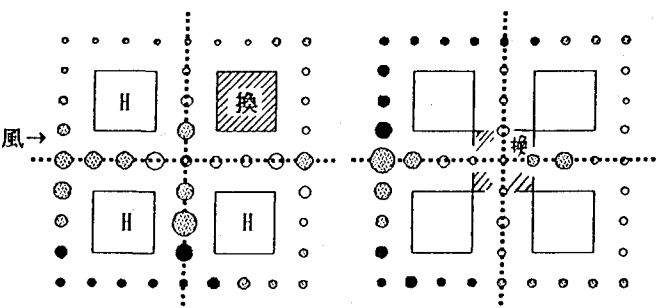


図1 3 換気塔位置a

図1 4 位置 交差点直上

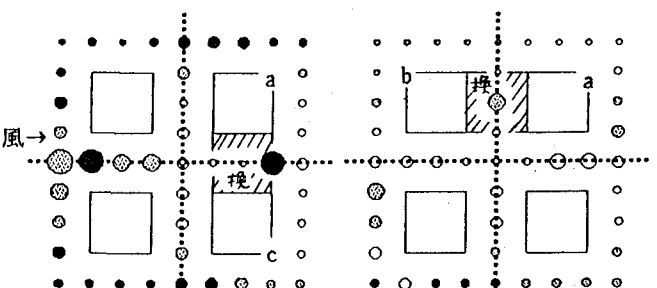


図1 5 位置 a c間の路上

図1 6 位置 a b間の路上

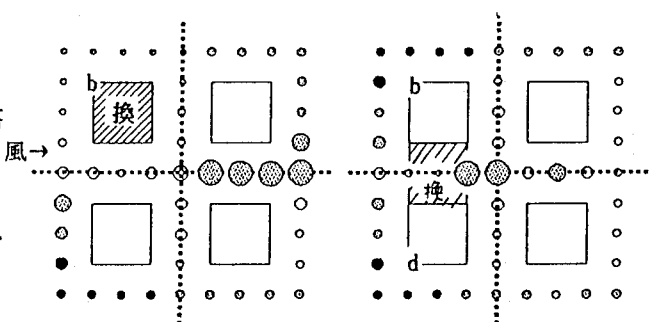


図1 7 位置 b

図1 8 位置 b d間の路上