

大気汚染に関する風洞実験 (7)

——都市模型による拡散実験——

京都大学工学部 正員 山本剛夫 ○西田薫

, 学生員 平松幸三

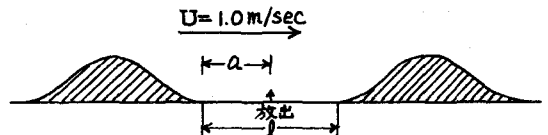
大 阪 市 正員 上田玄雄

まえがき

大気汚染防止対策の計画および実施にあたり大気乱流拡散の研究が必需である。このためには、汚染物質の拡散に影響を与える地形、気象条件、汚染物の排出条件とその分布、被害地域の分布などの要因をすべて考慮した理論式または実験式を確立することが重要であり風洞を用いた立体地形模型の実験を行なうことは問題解決への一方法と考えられる。本報告は、凹地形模型と立体地形模型とを使用して風洞実験を行ない、得られた結果を上記の観点から検討したものである。

1. 凹地形模型における拡散実験

二次元模型(正弦波状)を2台用いて凹地をつくり、模型間距離や放出口の位置を種々に変えて、塩化アンモニウム煙の写真撮影を行なった(Fig. 1)。これが



ら、気流の方向や乱れ、汚染物の拡散プロセスを定性的に観察した。平均風速は1 m/secで連続撮影の際は1秒間に最高4枚撮影した。

塩化アンモニウム煙による定性的観察では、凹地の底から出た汚染物は風上側の山の方へと移動するのが観察された。これは山の後方ではくわが起り気流が凹地内では逆に流れるためと考えられる。またエタングスの濃度測定でも同様な結果が得られた。放出口のある程度前方の模型から離れると逆流しなくなった。そのときの放出口の位置は模型によって生ずる渦が発達した結果、地面に達するところであった。盆地のような地形ではこのような汚染物の挽回が予想される。

2. 立体地形模型による拡散実験

使用した立体地形模型は1/1000縮尺の京都市域の都市模型であった。

2-1 乱流強度分布および風速分布 定温度型熱線風速計を用いて平均風速と乱流強度を測定した。表面が粗い表面上に一様流が流れる場合、表面の極く近くではまじつたため流れが一様でなくなる領域がある。この領域では流れのシア応力は高き方向になが一定となる。この領域を境界層という。地表面上を吹送る風によって同様に境界層が形成されるものと考えられる。風速の鉛直分布は大気が中立の場合、対数法則 $u = \frac{u_*}{\kappa} \ln \frac{z}{z_0}$ がよく成り立つといわれている。ここでは簡単のため実験の風速分布より一様流の速度の0.95になる点を求め、これを境界層とする。南風を測定した場合、境界層厚さは約20 cmであり、この高さにおける乱流強度は約5%である。北風を測定した場合はそれぞれ約20~25 cm, 約15%である。この境界層の内外で汚染物の拡散に差異が生じるものと思われる。

2-2. 濃度分布 鉛直方向濃度分布の測定結果では、汚染物の拡散範囲が地表によって制限され、放出口付近では正規性に近い分布を示しているが放出口から離れるに従い分布形が等濃度となる傾向にある。その形状は変らず濃度が減っていく。これらの分布形を予測するのは非常に困難であり、現在では高炉煙突から排出された汚染物質が鉛直方向にも正規性を仮定し地表面で完全反射するとして鉛直濃度分布を算出しているのが現状である。水平方向濃度分布の測定結果では分布形はほとんど正規性である。鉛直方向濃度分布の標準偏差 σ_z をプロットしたものがFig.2である。

Fig.2をみると、放出高15cmのときの拡がり比べて、放出高25cmのときの標準偏差は相当小さくなっている。これは境界層内では汚染物の拡散がはげしいためと考えられる。

3. 相似性の検討

模型と地形とが幾何学的に相似であり拡散現象および流れの状態も幾何学的に相似であるためには次の4つの相似関係が成立することが必要である。

①流れ全体の場の相似 ②排ガスの噴出および浮力効果の相似 ③拡散係数の相似 ④障害物で発生する渦の相似 今回は拡散実験を目的としたため①と③の2条件に主眼を置き、乱流レイノルズ数の一致と流れの残さを一致させることを検討する。

乱流レイノルズ数は

$$\text{乱流Re数} = \frac{Ux}{K_y} = Ux / \frac{\sigma_z^2 U}{2x} = 2 \frac{x^2}{\sigma_z^2}$$

水平方向の拡がり角 σ_z/x を θ とみると

$$\theta = \frac{\sigma_z}{x} = \sqrt{\frac{2}{\text{乱流Re数}}} \approx (\text{乱流Re数})^{-1/2}$$

上式より乱流Re数を一致

Table 1

させることにより野外実験と風洞実験とにおけるトレーサガス実験の拡散角を一致させることが出来る。すでに報告した模型実験と福島県小名次

	U	x	σ_y	σ_y/x	K_y
小名次地区	4.0 m/s	10 km	768 m	0.0768	118 m ² /s
	3.0	10	966	0.0966	139
	3.5	10	840	0.084	124
模型実験	0.95	999 mm	40.9 mm	0.041	10.7 cm ² /s
	3.0	1293	41.5	0.033	20.0
	6.0	2283	41.5	0.032	40.1

での実験データを用いて標準偏差 σ_y と比較して表わしたものがTable 1である。 σ_y/x について比較すると野外実験のものが風洞実験の値よりも大きい。これは野外では風向変動の影響により汚染物の蛇行による拡散のためと思われる。

あとがき

本研究は二次元模型を用いて凹地をつくり汚染物の拡散機構を定性的に研究し、また立体的地形模型を用いて拡散機構を推定し相似則について若干の考察を加えた。しかし、風洞実験と野外実験の相似については今後の重要な問題として残る。

(参考文献) 1) 河山本, 西田, 上田: 昭和43年度土木学会年次学術講演会概要集, 2) 日本気象協会: 小名次地区大気汚染調査