

## スモッグ現象のモデル実験\*

志 尾 弥\*\*

## 要 旨

冬期間は移動性高気圧の接近により逆転層が形成されやすい。札幌の様な北国の都市では都心部から放出される汚染物質は特にこの期間に多い。これが heat island 条件のもとでのどの様に広がり分布するか、チェックするためにモデル実験を行った。風洞箱を作りその中にドライアイスを含化したガス体（氷粒は融解させた）を混合して逆転層を箱の下部に人工的に作った。そして汚染物質の分布状態を写真解析したところ、夜間、郊外はむしろ都心部より汚染度が高いのであるまいかと思われる結果が出た。

## 1. まえがき

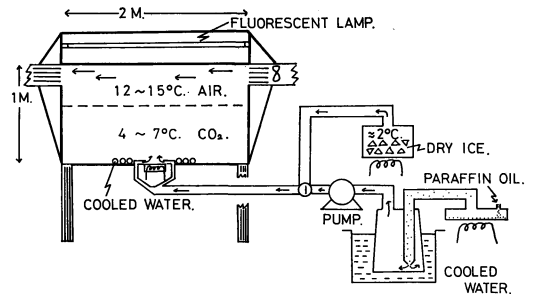
逆転層の有る場合地表近くでの汚染濃度が局地的に大きな値になると考えられる。そこでこの様な条件下で大気汚染分布状態を解明するの一つの手がかりとして室内実験によってスモッグ現象を再現し、種々の条件下で汚染分布状態を把握する方法が考えられる。スモッグ現象は逆転層が大気中に存在する時に発生するが、実験的に風洞の中で温度逆転層を部分的に作ることはかなり困難な仕事である。土屋達 (1973) は風洞内の空気にフロンガスを混合することにより気体の密度差を作り、これを利用して温度逆転の有る大気と類似の局所的な熱対流現象を再現した。しかしフロンガスは高価な上に、大気汚染物質としては大気中存在していない。そこで著者はこれらの点を改良するために下記の様な実験を行った。

## 2. 実験方法

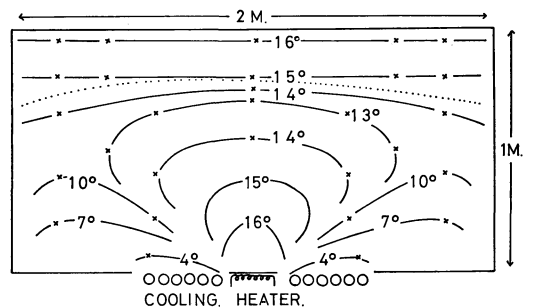
第1図に示した様な循環型の風洞を作った。中央に  $2 \times 2 \times 1$  m の箱があり、その上層に風速  $0 \sim 8$  m/s の空気の流れを作ることができる様にしてある。中央の箱の底面を大都市の中心部と郊外部に相当させるために底の中心部にオイルに浸したヒーターを入れた。

又、その周辺部を薄いゴム管でとり囲み、ゴム管に  $2^\circ\text{C}$  の冷水を流した。以上の方法により中心部と周辺部に接した空気の温度差を  $14^\circ\text{C}$  まで付けることができる。

次に逆転層を作るために密閉した容器にドライアイスを入れ、これをヒーターで加熱して発生する気体（炭酸



第1図 実験装置



第2図 逆転層を作り底面中央部 (heated island) を加熱、周辺部 (cooled outskirts) を冷却した時の風洞箱の垂直断面等温線、点線から下層が温度逆転層 (第3図(f)) に相当する状態。

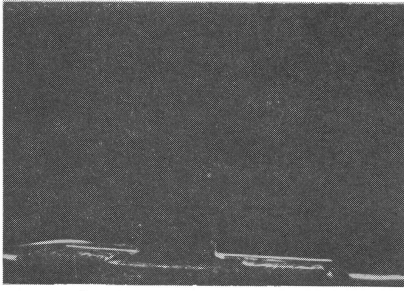
ガス) を風洞箱に導入する。逆転層の厚さはこの気体の量を調整することにより加減できる。この方法では気体の温度は  $1 \sim 2^\circ\text{C}$  になり、ドライアイスが昇華する時、生ずる氷粒が融解して、風洞箱内の対流を観察することができない。そこで、パラフィン油を加熱して煙を作り、これを貯蔵ビンに貯え冷却させた。さらにこれに

\* A model experiment on the polluted air flows over a heat island in a inversion layer.

\*\* H. Shio 北海道教育大学

—1975年4月11日受理—

—1975年6月23日改稿受理—



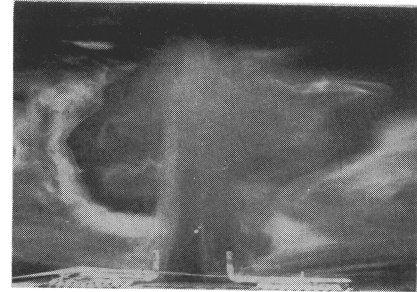
(a)



(e)



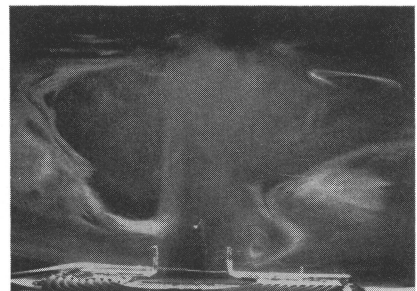
(b)



(f)



(c)



(g)



(d)



(h)

第3図 連続実験写真, (a) 逆転層が作られているが染料を入れていないので目に見えない. (b) 染料を底面中央部より放出, 底面中央部 (heated island) と底面周辺部 (cooled outskirts) より高さ10cm の点の温度差  $\Delta T=1.8^{\circ}\text{C}$ . (c)  $\Delta T=4^{\circ}\text{C}$  (d) 染料放出を中止,  $\Delta T 7^{\circ}\text{C}$ . (e)  $\Delta T=7.4^{\circ}\text{C}$  (f)  $\Delta T=7.6^{\circ}\text{C}$ . (g) ヒーターを切る,  $\Delta T 7.3^{\circ}\text{C}$ . (h)  $\Delta T=4.3^{\circ}\text{C}$ .

ドライアイスから作った気体を混合させて、混合気体の温度を1~2°Cにして、ゆるやかに風洞箱の底面中心部に送り込んだ。

3. 実験結果

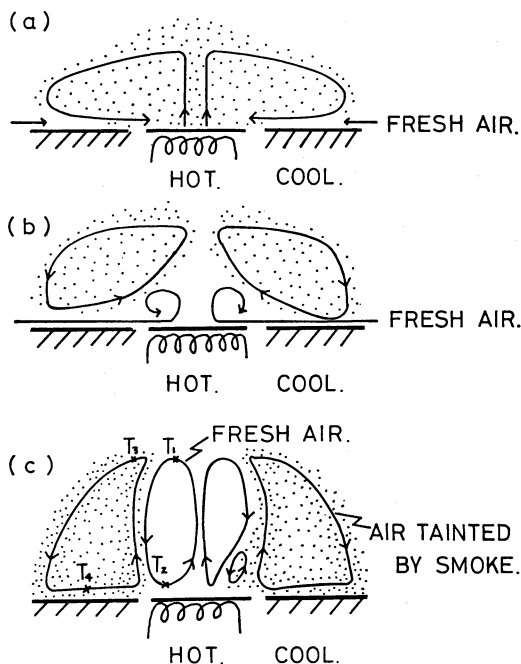
第2図は上記の様に作った風洞箱内の逆転層の垂直断面内の等温線の分布を示している。底面近くの気体の温度は中心部16°Cに対して、その周辺は4°Cであり、12°C中心部より低い。又、上層に温度逆転がある。

第3図(a)は高さ約50cm以下が逆転層になっている。底面近くの空気の温度は2°Cであり、逆転層より上の温度は14~16°Cである。煙を入ると逆転層の厚みがわかるが、この写真では煙を入れていないので逆転層は見えない。次に静かに煙を入れ同時にヒーターを入れたのが第3図(b)である。第3図(c)では逆転層のため煙が上まで登りきれないで中央部にもり上がりながら左右に広がって行くのがわかる。第3図(a)は煙の補給を断った状態である。中央底面に煙の無い部分がある。煙は周辺の底面に接した塊と、写真中央に浮いた塊からなっている。第3図(e)では煙は周辺に流れてしまい写真中央には見えない。逆転層の上層に右方向から微風(2cm/s以下)合を送った。第3図(f)では周辺の煙が底面中央部のすぐ手前で上昇している。底面中央部には煙は見られない第3図(g)の場合は、ヒーターを切った状態である。底面中心部の周辺右側に渦が見える。第3図は(h)底面中央部と周辺部との間の温度差が4→3°Cに小さくなって行く時の様子を示している。つぶれた提灯型の煙とその上部に濃い煙の塊がある。しかし、前の図と同様に底面中央部には煙は無い。中央部の底面より10cmのところ熱電対の感受部が見える。

4. 考察

移動性高気圧下にある冬期の夜間、札幌の中心部と約10km離れた郊外では温度差が5°C以上有ることが多い。札幌は昭和30年では人口38万であったが、20年後の今日では120万に増加した。そのため昭和30年ころの工業地域が半径4km以内の都心部に入ってしまう、住宅地域がそれを取り囲む型になった。この実験では都心部に汚染源がある昼間と汚染物質を放出しない夜間とで、逆転層内で昼間放出された汚染物質が夜間どんな分布をしているか、垂直断面についてモデル化したものである。

第4図(a)は第3図(c)、第4図(b)は第3図(e)、第4図(c)は第3図(g)の流跡線である。中心部から汚



第4図 汚れた空気の流動(第3図の写真に対応する流跡線の概念図)、(a)底面中央部より染料を放出した場合の染料分布、(b)染料の放出を中止した時点での染料分布、(c)染料の放出を止めてから数分後の染料分布。

染物質が放出されている間は第4図(a)のような煙の分布になるが、放出を中止すると、底面中心部には周辺のclearな空気のみ補給されるので第4図(b)の様な分布になると考えられる。第4図(c)の中に示した各点の温度( $T_1, T_2, T_3, T_4$ )が $T_1 > T_2 > T_3 > T_4$ の条件を満たすならば空気の流れは第4図(c)に示す様な2組の流跡線とそれにはさまれた小さな渦が生じ、周辺の汚染された空気の循環と中央部のclearな空気の循環とに分れるように思われる。以上の結果から夜間逆転層下では予想外の遠方地域に日中の汚染物質が沈降していると思われる。

文献

土屋巖, 樋口政男, 林陽生, 相馬精二, (1973): 成層風洞による逆転層内の熱対流の実験, 1973年度春季大会講演予稿集, 19.