

2. 高速道路上のライダーによる大気汚染解析と観測

A Lidar Analysis on the Vertical Profile of the Atmospheric Pollution over a Highway

内藤 恵吉

田端 功

横田 良夫

K. Naito

I. Tabata

Y. Yokota

高橋 克己

伊藤 文夫*

山下 功*

K. Takahashi

F. Ito

I. Yamashita

細川 哲夫*

T. Hosokawa

気象研究所

Meteorological Research Institute

* 日本電気株式会社

Nippon Electric Company, Limited

序
自動車排出したエアロゾルをトレーサートする。高速道路上のライダーによる観測は、大気汚染についてきわめて重要である。我々は都下府中市の中央自動車道付近において、ライダー観測を行なった。この道路は地上より6m程の高さになっており、夜間でも自動車の交通量はかなり多いところである。ここで受信されるライダーエコーは高速道路上の大気汚染によるものと考えられる。ここでは、きわめて強い逆転の存在する場合を除き、高さと共に濃度が減少する場合のような上方拡散の様相を呈しているときについて発表する。

観測結果

図1は高速道路上のダスト、気温、風の鉛直分布を示している。10時頃までをみると、上限が200mの高度になっているが、9時15分の温度の鉛直分布では、200m付近に逆転層があり、9時30分の風の鉛直分布でも200mのところにシアーがあり、これに押えられているものである。10時過ぎから11時ごろまでは上限が400mになっている。11時8分の風の鉛直分布をみると、300mを越えたところにシアーがあり、さらに変化しているのだから、それ以上にあるものと思われる。11時過ぎから12時ごろまでは、600m付近に上限が

るが11時27分の温度でみると、800 mに逆転があり、600 m付近に逆減率の小さい層がある。12時を過ぎると、100 m近くまで上昇している。これからみて、明らかなように、温度の逆転層や安定層、風のシア層が上昇するとダストの鉛直輸送の上限も上昇することがいえる。この回にはないが、観測は18時までに行なわれ、次の日も行なつたが、同じような傾向を示している。図1の左側にa, b, c, d. とかいてあるのは、平均的に同じ相様を呈しているもの時間帯である。また、ライダーによつて認められる上方拡散は、日射の影響のない夜間でも200 m位の高度まで上昇することも少なくなくかつた。早朝など温度鉛直分布から求められる混合層高度がきわめて小であつても、上方拡散高度はそれをはるかに越えている。さらに、弱風時、境界層に強い逆転層や安定層が存在し、かつそれが高くないときは、その高度に層状雲に似た高濃度の大気汚染層が生じる。しかし、このような場合を除くと、あるいはこの層より下方では、一般にエロゾル濃度は高さと共に指数分布的に減少する。

解析結果

図2はダストのライダーエコー平均高度分布を示めたものである。a, b, c, d. とあるのは図1の左側の図、ライダーの観測結果のa, b, c, d. に対応するもので、時間帯に対する平均的濃度分布である。たゞ軸は直線目盛で、横軸は対数目盛である。したがつて、これは直線的関係になつていて、これらの濃度分布は指数分布 e^{-z/z_0} で表わされると考えられる。他の時刻の観測の場合も、同様に直線的関係になつていて、我々の観測では、ライダーで受信されるものは、よい近似でダストの濃度と比例すると考えられる。そこで、大気汚染の分布は濃度をC、高さをzとすると、(1)式のごとく表わされる。

$$C(z) \propto \exp(-z/z_0) \quad \text{--- (1)}$$

ここで z_0 はいわゆるScale Heightである。この式より z_0 が計算される。このようにして求めた z_0 を、温度の逆転層や風のシア層、混合層、地上風を考慮して一次式で表現することを考えた。(2)式は z_0 が100 m以上、(3)式はそれ以下の場合の一次回帰式である。

$$z_0 = 1.09 H_c - 18.1 W_s - 186 \quad (z_0 \geq 100 \text{ m}) \quad \text{--- (2)}$$

$$z_0 = 0.076 H_c + 0.73 W_s + 46 \quad (z_0 \leq 100 \text{ m}) \quad \text{--- (3)}$$

H_c は高度1500 m内に、逆転、風のシア、混合層何れかが存在すれば、その平均高度である。 W_s は地上風である。まず、 $z_0 \geq 100 \text{ m}$ の場合には、 H_c には強く依存している。また W_s に対しても強く依存している。であるから、 H_c が大きくなれば z_0 も大きくなり、地上風(W_s)に比例して z_0 が小さくなることも示している。このことは、今まで風速の影響は水平輸送効果のみ論ぜられていたが、鉛直輸送についても、その影響を考慮すべきであることを示めしている。
 $z_0 \leq 100 \text{ m}$ の場合には、 H_c はほとんど関係なく、地上風は相当影響することが示めされている。そして、+46とあるので、いわゆる接地気層以下となることはない、ということであらわしている。これは自動車道路なので、機械的な攪拌があり、それが温度や風、混合層等に左右されないで、ある高度まで拡散していることを示めしている。ここで、以上示めた実験式から求めたスケールハイト z_0 と、実際に観測したものと比較したのが図3である。スケールハイト z_0 が100 m以上の場合は、相関が0.73となり、割合あつている。100 m以上の場合は相関が0.31となつていて、これはスケールハイト z_0 が大きい場合とは別々の考え方を必要のあることを示めしている。つまり、 H_c 、 W_s の因子だけでなく、他のものが相当影響しているためと考えられる。

まとめ

- (1) 下層においてきわめて強い逆転がない限り、早朝および夜間においても100m~200mに達する上方拡散が多くみとめられる。これは自動車の交通量が常に多いので、攪拌による機械的乱流拡散が強いためと考えられる。
- (2) 200m程度から上の高度では、温度と風の鉛直分布の影響をうけるが、このとき日中は1000m付近まで上昇していたのがよくみられた。
- (3) 弱風時、接地気層より上方に強い逆転や混合層が存在し、かつそれがあまり高くないときは、その高度に層状雲に似た高濃度の大気汚染層が生じる。
- (4) 汚染の濃度分布は高度と共に指数関数的に減衰することが、ライダー観測により導びかれた。
- (5) スケールハイトZ₀を算出する式を導びいたが、100m以上の場合は、逆転層、風のシア、混合層の高さと地上風に強く影響されていることが明らかになった。その2つの気象要素を用いての実験式は非常によく実際のものと合っている。100m以下の場合はよい相関はみとめられなかった。これは、その他に自動車による攪拌作用、地形等の影響があるものと思われる。

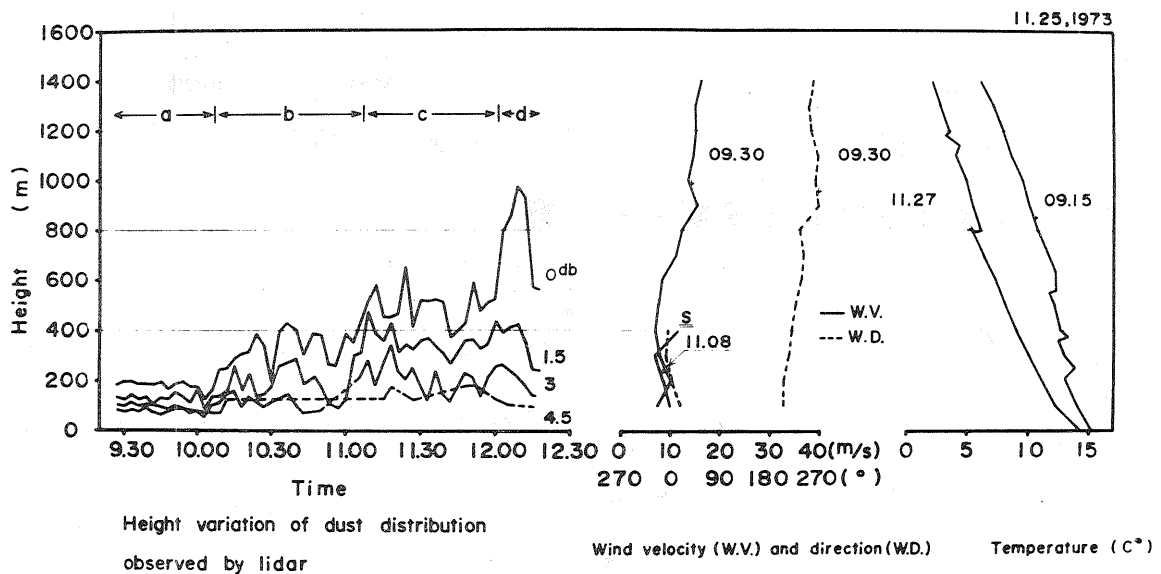
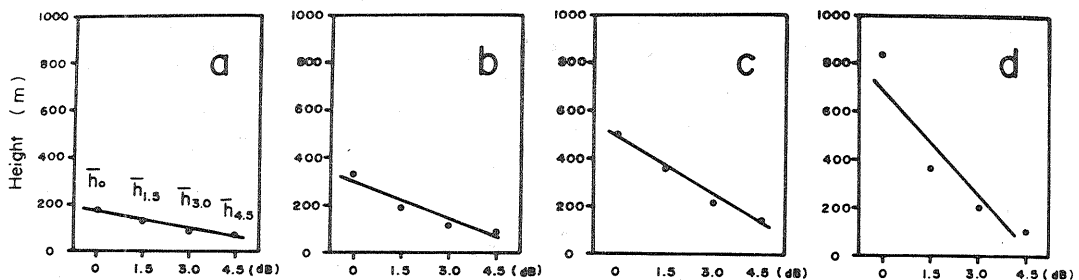


図1. 高速道路上のダスト、気温、風の鉛直分布



Observed distribution of echo intensity(9.30AM~0.20PM, Nov.25, '73)

図2. ダストのライダーエコー平均高度分布

Comparison of observed and calculated values of the scale height Z_0 .

Z_0 : Observed value

Z'_0 : Calculated value

$$Z'_0 = 0.076H_c + 0.73W_s + 46 \quad \text{for } Z_0 \leq 100\text{m}$$

$$Z'_0 = 1.09H_c - 18.1W_s - 186 \quad \text{for } Z_0 \geq 100\text{m}$$

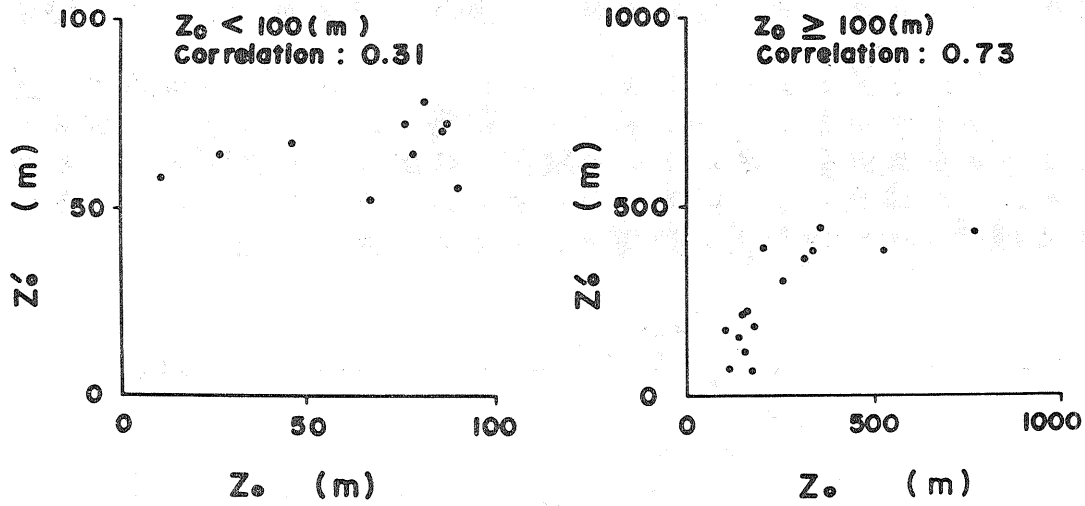


図3. (2)および(3)式と実測との比較