

豊橋技術科学大学 ○岡山 明人、北田 敏廣、石川 小霧

1. はじめに

本研究は、背後を山に囲まれた内湾地形という日本に典型的な領域での汚染物質の動態を調べたものである。対象とした伊勢湾・濃尾平野域では、1992年11月下旬に大気質に関する大規模な特別観測（航空機観測）が行われたが、これらのデータを用いて、期間中に見られた初冬の典型的な海陸風日に対する流れ場の日変化特性および汚染物質の輸送特性を調べた。

研究の手順は、まず客観解析により三次元の風の流れを一時間毎に二日分推定し、この流れ場の時間変化を基に、航空機観測によって得られた NO_x 、 SO_2 、SPM等の濃度分布の三次元空間におけるダイナミクスを推定した。客観解析に用いたデータは、地上風(約80点)、パイロットバルーン・レーウィンゾンデ(7点)、および浜松等の高層風データである。

得られた三次元流れ場は、平野部では夜から朝にかけて地上300mくらいまで周囲の山から流れ出した冷氣層が広がり、一方、昼間の混合層は地上~1000m程度の厚みを持っていた。汚染物質の輸送は、このような局地風の特徴を反映し、夜間に伊勢湾の北西部（四日市方向）から伊勢湾上に汚染物質が運びだされることが推測できたが、これは翌日午前中の航空機によるデータと合致していた。このような高濃度層は、夜では300m、昼では600m~1000mとそれぞれ陸地上の冷氣層および混合層厚さに対応していた。

2. 使用データ、解析方法等

解析には、1992年11月23日から1週間にわたって行われた濃尾平野・伊勢湾域における大規模な特別観測データ（中部国際空港計画のための調査）を使用した。特に解析対象日は、航空機による上空汚染調査が行われた11月24日と25日の2日間である。

本研究では、三次元流れ場を地上風、パイロットバルーン・レーウィンゾンデの観測風、および高層観測風を用いて、客観解析法¹⁾によって推定した。解析領域は、図1に示すような名古屋を中心とする濃尾平野とその周辺の山々および伊勢湾域を含んだ東西約96km、南北約110kmである。

航空機は、濃尾平野から伊勢湾北部をカバーするように、1日に早朝（7:30~9:30）、日中（11:30~13:30）、夕方（16:30~18:30）の3フライト行い、 SO_2 、 NO_x 、 O_3 、SPM、 CH_4 、非メタン炭化水素（GC-FIDによる成分分析）、気温、湿度、航空機の三次元位置座標を測定した。同時に地上では、愛知、三重、岐阜 3県にまたがる数十局の観測点で同種の化学物質が計測された（ただし、非メタン炭化水素の内訳分析はなし）。

最終的には、筆者らの地域規模大気汚染輸送・反応・沈着モデル^{2, 3, 4, 5)}により、2日間の汚染物質の動態を明らかにする予定である。今回のモデルは、炭化水素として新たに isoprene, α -pinene など植物起源の化学種に関する輸送、反応の部分が付加している。

3. 結果および考察

解析対象日である11月24日は、午前中、日本中央が帯状高気圧に覆われて気圧傾度が緩やかで、日本海の北方を前線を伴う低気圧が西から東へゆっくり移動したため一般風が北西方向から吹いた。午後になると、帯状高気圧が北東へ抜けたために一般風は南西風が変わった。25日では、午前中に、気圧の谷が近づいてきたが、伊勢湾周辺地域は帯状の高圧部に覆われたため天気が崩れることなく一般風は西風であった。午後には、気圧の谷が通過し、一般風が西風から北西風へと変わった。

3.1 流れ場

図2にレーウィンゾンデおよびパイバルによる上層気象の観測点を示す。夜間1時頃から早朝午前9時頃にかけて濃尾平野では、木曽川沿いに流下する斜面下降の北東風によって、下層部に厚さ300m程度の冷氣層が形

成される（図3a：一宮における風の鉛直分布の日変化）。このとき一般上層風は西ないし北西風であり風向が全く異なる。このような濃尾平野から伊勢湾に向かって流出するような形の下層流れは、図2の全域で見られる。

図3aには、日中、12時頃から午後にかけて、下層に南系の局地風（この一宮の場合は、谷風）が、高度600m程度まで見られる。さらに、高度1000m程度まで何がしかの影響が及んでいる。

初冬のこの時期では、海陸の気温差は、海風の発達に不都合なことが多く（図4参照：一宮の近く春日井での気温と伊勢湾の表層水温の日変化）、はっきりとした海風は四日市（図3b）と飛鳥に見られる程度であり、その厚みも高々500mである。むしろ、西ないし北西の一般風に対抗する弱風域としての性質を示している。

客観解析で得られた三次元流れ場も、むろん同様の傾向を示した。

3.2 濃度場

図5a, bは、11月24日の早朝フライト（7:30～9:30）で得られたNO_xの濃度を示す（図5a：高度600m，図5b：300m）。特徴的なことは、（1）高度600mで極めて低濃度であること、（2）高度300mの伊勢湾上で比較的高い濃度になっていることである。先述のように、早朝には、中部山岳から流出した冷氣層が300m程度の深さで濃尾平野を覆い、上層との間で物質交換が極めて妨げられた状態にあることが、600m高度での低濃度につながっている。さらに、高度300mの伊勢湾上でむしろ陸地上より高濃度であることは、汚染質を多量に含んだ陸地上的の冷氣が暖かい海上に流出し、海上下層部での熱的対流によって300mまで運ばれるからと推測される。

図6a, bは、図5a, bと同様に夕方（16:30～18:30）のフライト時のNO_xを示す。早朝と異なり、高度600mでもかなりのNO_x濃度が観測されており、陸地上での混合層の発達に基づく汚染質の上層への輸送を示している。図7a, bは、それぞれ、早朝および夕方でのNO_xの鉛直分布を示すものであるが、図7bの一宮でのプロファイルは、高度400mまでの目立った高濃度、高度1200m程度までの相対的高度を示唆している。高度400m程度までの高濃度が、先述の“谷風”層と対応するのに対して、高度1200mまでの相対的高度（図7aと比較すれば明らか）は、地表の影響を受ける一般的混合層の深さ（図3aの一宮での流れの鉛直分布参照）に対応しているように見える。伊勢湾上でも、この陸地上的の気塊の影響を受けて、1200m程度まで相対的高濃度を示している。

4. おわりに

本研究によって、初冬の海陸風場の発達およびその下での汚染物質輸送について以下のことが明らかとなった。（1）夜間から早朝にかけて、陸風、山風、熱源としての都市に向かう風などの局地風が局地的な地形特性に基づいて発達した。その深さは、たかだか300mであった；（2）この局地風によって、伊勢湾および名古屋の中心部に弱い収束場が形成された；（3）日中に海風が見られるが、濃尾平野の海風は時間も短く（16～18時の2時間程度）、風向も上層一般風（北西～南西風）の影響を強く受けていた；（4）日中の混合層の厚みは約600～1000m程度である；（5）航空機観測によって得られた汚染物質の濃度データは、午前中に伊勢湾上に汚染気塊の存在することを示し、その厚みが300m程度であることを示唆している；（6）この汚染気塊が陸風により濃尾平野および四日市方向から運び出されたものであることが流れ場より推定できた；（7）なお、陸地面の気温差から、海上に流出した汚染気塊の下層に混合層が発達することが予測され、これが数百mの高度までの物質輸送に寄与すると考えられる；（8）2日目も同様に伊勢湾上に汚染気塊が見られたが、より高層まで物質の輸送が観測されており、高気圧支配の下での汚染物質の領域内蓄積を示唆している。

（謝辞）

ここで使用したほとんどの図は（財）中部国際空港調査会の依頼を受けて（財）日本気象協会東海本部で作成されたものです。便宜をはかっていただいたことに対して深甚の謝意を表します。

（参考文献）

- 1) Kitada, T., Igarashi, K., and Owada, M. (1986) J. Climate Appl. Meteor., **25**, 767–784.
- 2) Kitada, T., Carmichael, G. R., and Peters, L. K. (1984) J. Climate Appl. Meteor., **23**, 1153–1172.
- 3) Carmichael, G. R., Peters, L. K., and Kitada, T. (1986) Atmos. Environ., **20**, 173–188.
- 4) Kitada, T. and Kitagawa, E. (1990) Atmos. Environ., **24A**, 1545–1559.
- 5) Kitada, T., Lee, P. C. S., and Ueda, H. (1993) Atmos. Environ., **27A**, 1061–1076.
- 6) 平成4年度 大気調査（上空）報告書：（財）日本気象協会東海本部（1993）

