

岡山市上空のNO_x層について

岡山大学教育学部

佐橋 謙

1 はじめに

よく晴れた冬の夜、岡山市上空にいわゆるヒートアイランドが発達することは筆者らの数年来の研究で確認されている（例えば1989）。このヒートアイランドが発達すると、郊外では形成されている接地逆転層の下部、すなわち地上付近で逆転が解消し、不安定ないし中立層が地上付近100 m程度の高さまで存在する。つまり地上から100 m程度の高さまでは拡散が容易に行われるがそれ以上の高度へは拡散されにくい、という状況が作られる。そのような状況下で、地上で発生したNO_xがどのように振舞うか、を知ることがこの研究の発端である。

2 エアサンプラの作製

上記のようなことを調べようとする、上空でのNO_x濃度を測定する必要がある。そのためには、上空で空気のサンプリングを行って地上に持ち帰り、適当な方法でNO_xの定量分析を行う必要がある。今までの類似の研究では、上空でのサンプリングにTV塔や航空機が使用されてきた（例えばGodwitch, 1992）。しかし、岡山ではヒートアイランドの発達する地域にこの目的に適当なTV塔はなく、航空機を使用するほど大規模な現象でもない。

そこで筆者らは、小型の係留気球に登載可能なエアサンプラを開発することにした。出来上がったものは、一個の重量が電源を含めて375 gで、約20分で20リットルのエアサンプルが採集できる。また、電源投入後採集開始までの時間は2分から30分までの間で、段階的に自由に設定でき、かつ空気吸引用のポンプの作動開始と終了を制御するための電子回路を含んでいる。この重量では筆者らが使用する係留気球システムでは4台まで登載することができ、1回の飛揚で地上を含めて5高度のエアサンプルの採取が可能である。

係留気球システムへの取り付けは、係留索にゴムベルトで巻き付けることにより、容易にしかも短時間で可能であり、気球の上昇時にあらかじめ決められた係留索の位置に取り付ける。取り外しは気球の下降時に順次取り外して行くことで可能である。

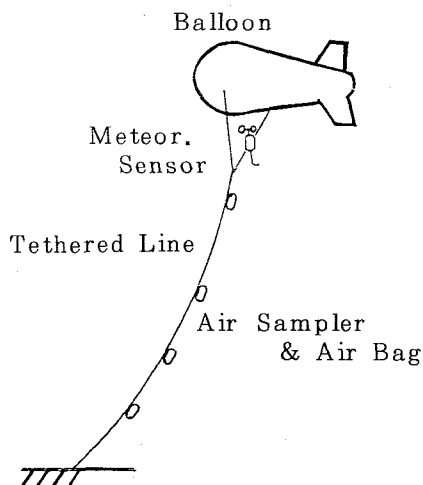
3 観測地の選定

このような目的のためには、ヒートアイランドの外側と内側との2箇所に観測点を設け、同時に比較観測を行うのが最上の方法であろうが、我々の持つ設備と人的資源をはるかに越える作業となる。そこで、ヒートアイランド内外2地点に観測点は設けるが、観測そのものは別の日に実行することにせざるを得なかった。それでも我々の過去の経験からすると、冬のよく晴れた静穏の夜はかならずヒートアイランドが発達することが知られており、その時にはヒートアイランドの外側では接地逆転が、内側では上空の逆転が発達しているので、このような方法で比較してもほとんど問題はないと考えられる。

ヒートアイランドの外側の観測点としては、岡山大学教育学部体育棟北側の運動場が使えるが内側が困難である。一般には、係留気球の最高到達高度と同じ水平方向の距離内に障害物がないことが良い条件とされているが、300 mまで飛揚させようという今回の場合それは不可能であるし、たとえそんな空き地があったとしたらそれによってヒートアイランドが影響を受けることが考えられる。次善の策は小・中学校などの運動場の利用である。幸い、岡山市に発達するヒートアイランドのほぼ中心に当たる深柢小学校の運動場がその付近で最も大きな空き地であり、そのような使用に対して管理者の理解も得られたので、そこを観測点として利用することにした。

4 観 測

観測システムは模式的に示すと第1図のようである。観測の手順は次の通りである。まず地上で2つのタイマの設定を行う。すなわち、一つは気球が指定高度に達した数分後にエアサンプラの吸引ポンプが働くように設定し、エアバッグに必要な容量の空気を吸引し終わった後、吸引ポンプの作動を停止するようにもう一つのタイマを設定する。次に気球の上昇を開始するが、気球があらかじめ決めた高度に達するまでの上昇中に気象センサからの気温、湿度、風向、風速、気圧の信号を地上で受信する。このとき、係留索上の指定位置にエアバッグを付けたエアサンプラを次々取り付けて



第1図 観測システムの模式図

行く。気球が地上を出発してから2つのタイマ設定時間を加えた時間の後、再び気象信号を受信しながら気球を下降させ、エアサンプラが地上に到着する都度それを回収する。

第2節で述べたように、我々のシステムでは気球の1回の飛揚で地上を含め5高度のエアサンプルしか収集できない。これではNO_x濃度の鉛直分布の詳細を知るのには不足であるので、気球の2回の連続した飛揚を1回の観測と考えることにした。そして、1回目のエアサンプル収集

高度と2回目のそれとを適宜変更するのである。こうすることによって、1回の観測で地上を別にして8高度のNO_x濃度が得られることになる。高度300mまでの飛揚には、上昇下降を含め約40分を要するので2回の飛揚では約1時間半を要することになる。従って、この1時間半の間に起こるNO_x濃度の時間変化を考慮しないことになる。この問題を解決するためには、大型の気球を使用して多数のエアサンプラを搭載すればよい。

第2節で述べたような方法でエアサンプラを気球に搭載したとき、そのサンプラで採取されたサンプルはどの高度なのかが問題である。基本的には係留索の長さによっているが、気球が風で流されたとき、係留索の長さは当然地上高度とは一致しなくなる。気球が風に流されたときの係留索の形を懸垂線と近似し、風速による係留索の長さを実際の地上高度との関係を数値計算によって求めたが、気球高度での風速が3m/s以下であれば、その差は5m以下であり、ほとんど問題にならないことがわかった。

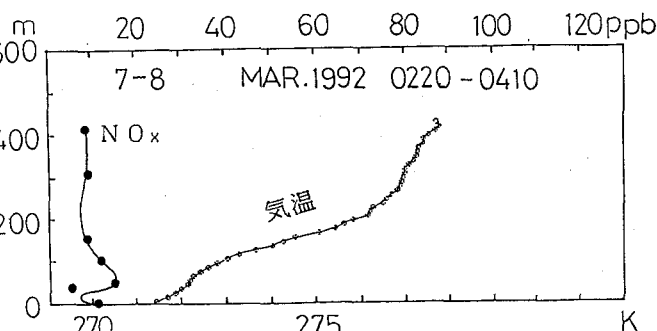
良く知られたように窒素酸化物は容易に化学変化を起こす。我々のサンプリングは夜間であるため、紫外線による光化学反応はあまり心配がないにしても、エアバッグの構成物質との反応は注意せねばならない。我々の行った予備実験によれば、我々の使用するエアバッグについては保管中に黒色ビニルシートで覆って置けば、6時間はその中の窒素酸化物は変化しないことが確かめられている。この6時間という値と、我々の使用するNO_x分析計の能力から、一晩の間の飛揚回数は作業がスムーズに行えて8回が限度である。前述のように、2回の飛揚で1個のプロファイルが得られるので、一晩の観測で4個のプロファイルが得られることになるが、実際には3個が最大であった。

係留索に取り付けたエアサンプラとエアバッグは、気球の下降に応じて地上で回収され、エアバッグは1回の飛揚毎に岡大津島キャンパス内の我々の実験室へ輸送し、直ちに分析作業にはいった。使用した分析計は、堀場製作所製 APNA-350s である。これはいわゆる乾式窒素酸化物分析法による分析計で、1サンプルの分析に約5分が必要であり、必要なサンプルは約10リットルである。結果としては、NOとNO₂の値が得られ、精度は±2ppbの程度である。

5 結果と結論

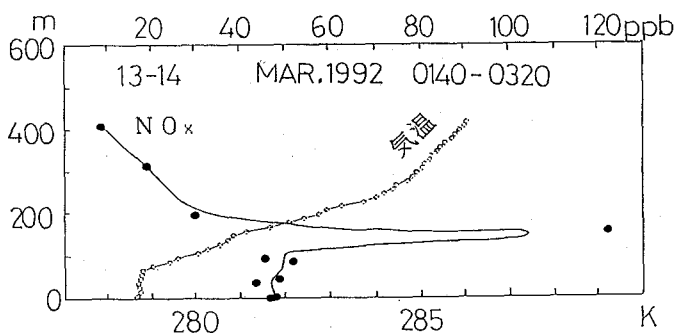
我々の得た結果の代表例を第2図、第3図に示す。第2図は岡山大学教育学部構内でのものでヒートアイランドの外側と考えられる場所。第3図は深砥小学校でのものでヒートアイランドの中心近くの場所である。

両図の気温(温位)を比較してみ



第2図 気温とNO_xの鉛直分布
(ヒートアイランドの外側)

ると、ヒートアイランド外側では地上 200 m 付近まで逆転層が発達しているのが見られるのに対し、内側では接地層では逆転は見られず、上空の逆転が地上 100 m くらいから 200 m くらいの間に存在するのが見られる。従って、これらの観測を実施した夜は第 1 節で述べたように、岡山市



第3図 気温とNOxの鉛直分布
(ヒートアイランドの内側)

市で見られるヒートアイランド発現時の代表的な気温の鉛直分布が出現しているとみてよい。

次に両図のNOx濃度の高度分布を見ると、接地逆転のあるヒートアイランドの外側ではNOx濃度は、地上高度と共に減少して行っているのに対して、接地逆転がなく上空に逆転のあるヒートアイランドの内側では、ちょうどその逆転層の高さの付近でNOx濃度の最大値が、地上での値の10倍もの大きさで出現しているのが分かる。

このような現象が起こる理由についてはまだ明かでないが、このようなNOxの高濃度層が上空に存在することは、今後の都市汚染の問題を考えるときに重要な要素となるであろう。

最後に係留ゾンデシステムに便宜を計らって頂いた京都大学原子炉実験所水間満郎氏、NOx分析計を無償で提供して頂いた株式会社堀場製作所にそれぞれ謝意を表したい。夜間観測に際して強力なチームワークを示した教育学部物理第二研究室の日枝隆司、末永明博をはじめとする歴代の院生、学生諸君の熱心な協力なしにはこの研究は遂行出来なかった。また、この研究に必要な経費の一部は平成2年度岡山大学教育研究特別経費によった。

引用文献

佐橋 謙 1989 : 移動観測による気温水平分布の観測値に含まれる誤差について。

岡山大学教育学部研究集録 81, 1-8。

Godwitch, W 1992 : Features of urban boundary layer structure from experimental profile measurements. Preprint of 2nd Tohwa University Symposium, CUTEST'92, Tohwa Univ. Fukuoka, JPN., PP.45-46.