

自然教育園内の微気象について(2)

正門附近の気流系の調査結果

菅原 十一^{*}・日吉 房雄^{*}
千羽 晋示^{*}・三寺 光雄^{**}

Report on the micro-climate in the National Park for Nature Study (2)

Sugawara T., Hiyoshi F., Chiba S. and M. Mitsudera

1 はじめに

近年産業人口の都市集中化、建築物の高密度化、高層化がめだって激しくなっている。

こうした現象にもなあって、武蔵野の面影を残す自然の急激な減少がめだつ。例えば昭和26年当時の東京都心より50 km圏の林野面積148,000 haに対し昭和35年では136,000 haと8%もの減少を見ており、¹⁾現時点ではさらに激減していることが推測される。

都市の膨張、生活構造の高度化は、都市環境の悪化をひき起し、とくに都市における大気汚染は、生物の生息環境の悪化をもたらす、その悪影響はしだいに進んできている。

年と共に発達する諸工業の動力熱エネルギーの需要の増大、モータリゼーションの進行にもなう排気ガスなどが、都市環境の悪化を拡大させている。こうした都市環境下での自然文化財の保全は、法律的なものだけではなく、技術的な面からの追求も重要であると考えられる。

自然教育園では、昭和39年の北西部地域をU字型に走る首都高速道路2号線の工事着工と同時に、園内の生物群集の動態、それをとりまく環境の変化と関連性について記録してきている。これらの結果は、自然教育園生物群集に関する調査報告など、その都度報告されている。

今回は、自然教育園の生態系について、保全という意味からの検討を試みたいと思うが、とくに道路からの排気ガスの影響などの問題について、その気流調査を試みたので、報告したい。

2 都市環境の悪化の現象

近年、都内にみられる樹木は、生育の減退、枯死、枯枝の増加、開花結実の遲延などがめだち、生理的な異常にもとづく現象が、急激に拡大している。³⁾⁴⁾

こうした現象をもたらしているのは、大都市と周辺の工業地帯から排出される大気汚染質の流入である。また、過密人口とそれにもなう暖房用燃料、さらに、交通量の増大と交通の渋滞などが、汚染質量の増加をもたらす主な原因となっている。

大気汚染による植物の被害は、特定の地域に集中的に分布したり、また広域的な被害分布を示すこともある。被害の現われかたは、急激的におこるものもあり、慢性的におこっている場合もある。

植物被害の程度は、植物の種類、生育時期、汚染質の量や質の変化と結びついており、その形態、内容とも種々様々といえよう。大気汚染による被害という場合、どのような物質が被害をもたらす主な成分であるかが大きな問題である。その主なものは次の通りである。

工業エネルギー、暖房用燃料としての石炭、重油などによってもたらされる物質、すなわち粉塵(酸化物や硫化物)、亜硫酸ガス(SO₂)、無水硫酸(SO₃)、酸化炭素(CO)、炭酸ガス(CO₂)、一酸化窒素(NO)、亜硝酸ガス(NO₂)、各種炭酸水素類などである。この他自動車などによる排気ガス、および漏洩ガスとして、一酸化炭素、窒素化合物、鉛化合物、炭化水素類などがあげられる。

自動車、石油精製などにより排出された炭化水素類、あるいは酸化物や亜硝酸ガスは、紫外線の影響で光化学反応によって、オゾン、オキシダントが形成される。

3 気象と大気汚染

大気汚染によってひきおこされる気象的現象として、直接的には日射量や紫外線の減少、視程の悪化などがあげられる。また、間接的には大都市の気温の上昇、それにもなう乾燥、雨量や霧日数の増加などもあげられる。大気汚染が日射量に減衰をもたらすことは、古くから知られていたことである。東京の場合、郊外(館野)との比較をしてみると、汚染のはなはだしいときは、日射の透過率にいちじるしい影響を与えている。

*国立科学博物館附属自然教育園**気象研究所

汚染物質の拡散に関連して、都市の建造物の影響も無視できない。都市の建築物の高層化、高密度化は、都市の風速分布を変化させている。これは、建築物の下層部で、平均風速の弱まりをもたらすし、都市の瞬間風速はいちじるしく強まることが知られている。さらに、都市においては、周辺から都心に向かって吹きこむ都市風の現象がみられ、この都市風による大気汚染は、いちじるしい。

大気汚染の発生は、気象条件ときわめて深い関係にある。煙突や自動車などから排出される物質は、大気乱流によって運ばれる。その過程で清浄な空気と混合して、汚染物質はうすめられるという働きがあり、したがって、一般的には汚染源から離れることによって、汚染物質の濃度が希釈されることが知られている。

つぎに、汚染物質は大気中で化学反応、あるいは光化学反応をひきおこす。また、粒状物質の凝集、凝結などの物理的変化がみられる。このような特性は、大気の状態によって異なることも知られている。

さらに、自浄作用として、降水の影響も大きい。また、粒状物質の落下、衝突、沈着、ガスの吸着などによる自浄作用も存在している。以上のような作用は、独自に作用するのではなく、複合された形でおこる。

大気中に滞留する汚染物質濃度は、その時の気象条件により、差異がみられる。運搬希釈作用を小さくする気象条件下では、被害は大きくなる。このような条件は、逆転層の形成時に顕著である。逆転層の発達に関東地方では秋から冬にかけて多いことが知られる。とくに、12月から1月にかけて、その発生頻度が高い。逆転層は地形の影響を大きくうける。逆転層の高度はさまざまなところにみられており、低いところでは数十センチ、高いところでは数百メートルにまで及んでいる。きわめて低い層に発達する逆転層は、空間的なひろがりも小さく、大気汚染への影響力は少ないが、30～100 m前後に生ずる逆転層はその影響力は大である。

例えば、1952年12月の有名なロンドン・スモッグでは、地上300 mの高さまで逆転層におおわれていたことが知られている。ロサンゼルス・スモッグは、夏から秋にかけて発生しやすく、その形態は沈降性の逆転層が常時上空に存在すること、同時に接地逆転層が生ずる場合、スモッグはさらに強まることが知られている。

汚染物質の拡散にとって、風と温度が主導的な役割りを果たしている。

気温差によって生じた接地層の逆転は、汚染物質の空間濃度を高める役割を果している。風は拡散希釈の作用を有している。汚染物質の濃度は、汚染源の風下にあたる地域では高濃度になることがよく知られている。

一方、風速が強い場合、拡散は大きくなる。その場合、

大気汚染は、一般的におこりにくい。逆に風速の弱い場合、汚染物質の拡散は小さいので、汚染物質は滞留する傾向を示し、そのために、汚染濃度は高まる結果をもたらす。

大気汚染にとって風向と風速は、切りはなすことができない。日本では、春から秋にかけて海陸風が発達することからも風向はより重要な要因となる。それは、臨海に分布する工業地帯の煙が、海から陸に向かって吹く風により、汚染物質が陸上をおおうこととなる。この現象は逆転層の形成による汚染とは別に、大きな問題となりつつある。

以上は、汚染に関与するマクロなスケールでの気象の問題であった。ミクロなスケールでの気象もまた、大気汚染に密な関係がある。それは、都市内の微気象が、自動車の排気ガスなどの滞留と関連していることからわかる。道路や建物の不規則な分布は、空気すみやかな交換現象を妨げているものと考えられる。この実態については、現在、十分な資料はないが、都市の建築物の高層化、高密度化が都市の風速や風向の分布をかえさせており、その結果が都市内の汚染物質濃度を高め、滞留現象の促進に関与していると考えられる。

4 自然教育園とその周辺の気流調査

この調査は、自然教育園生物群集を、汚染から保護するための目的で、はじめたものである。その主な問題点は、大気汚染による影響の診断と、その対策を検討することにある。しかし、このことは広範な資料と調査を必要とする。したがって、当面の課題としては、園の周辺から園内に流入する汚染物質が、自然教育園の生物群集にどのような影響を与えているのかを明らかにすること、さらに、今後どのように変化するかなどについて検討することにある。

以上の課題を検討するために、すでに気象観測機器、大気中のガス分析装置が園内に配置されており、その結果の一部はすでに報告されている(1969)。

今回は主として発煙による園内の気流調査を実施したので、その結果をとりまとめた。

4.1 自然教育園の地形と周辺の環境

自然教育園の地形については先の報告(1969)で詳細にのべられているので省くが、面積は約20 ha、周辺地域の環境は、東側に住宅地が隣接し、北方から西方にかけての外縁地域は、首都高速道路2号線で半円形にかこまれている。

園内の微地形は、3か所の湧水地を源として構成される谷地部と、これをとりまく台地によって形成されている。標高は、谷地部で約15m、台地部で36mで、その差は約20mある。

図1. 主風向が東風の場合の流れ、
地上15m, E. 4 m/sの場合。

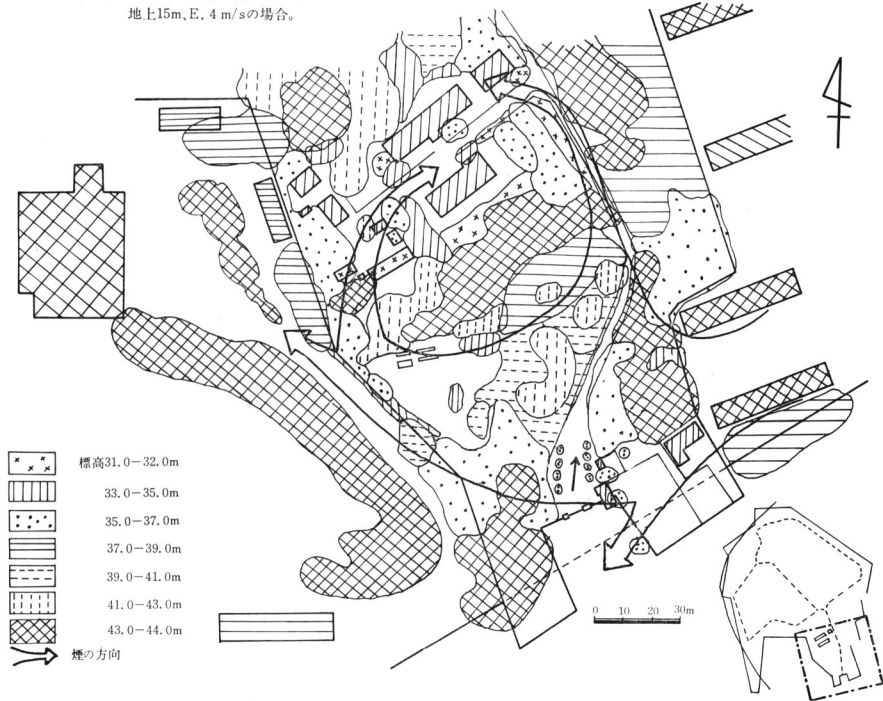


図2. 主風向が北風の場合の流れ、
地上15m, N.NE. 6 m/sの場合。

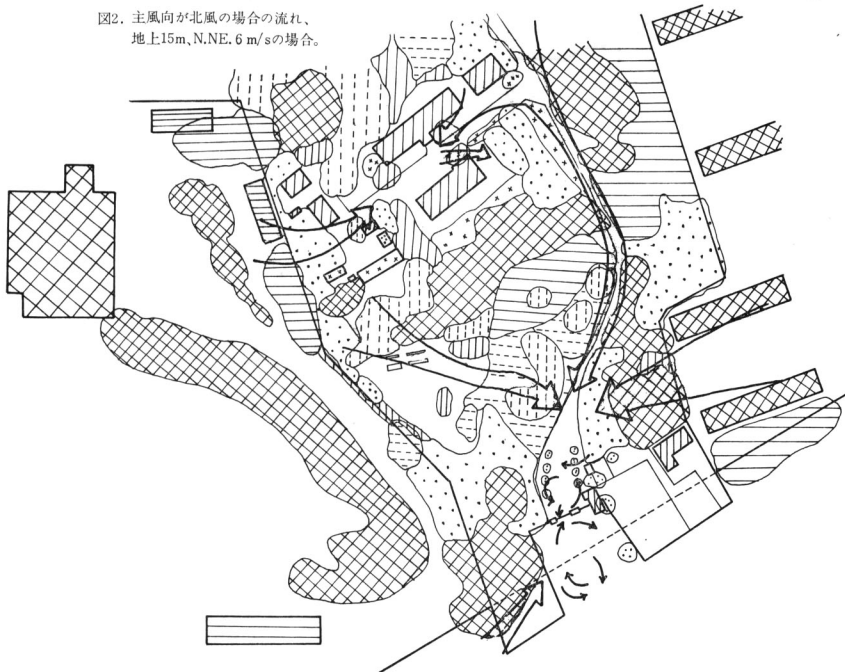
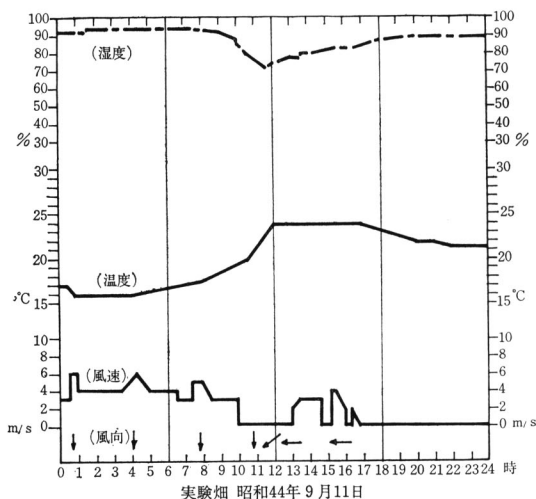
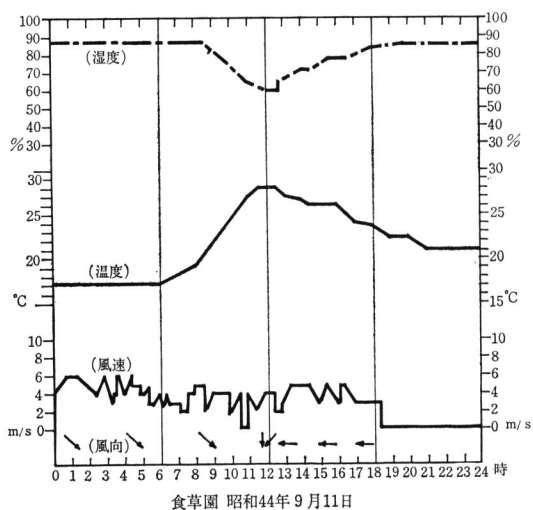


図3

昭和44年9月11日の温・湿度・風向・風速の日変化

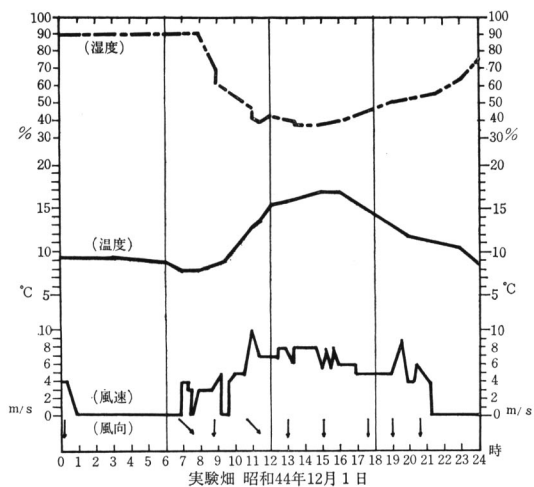


実験畑 昭和44年9月11日

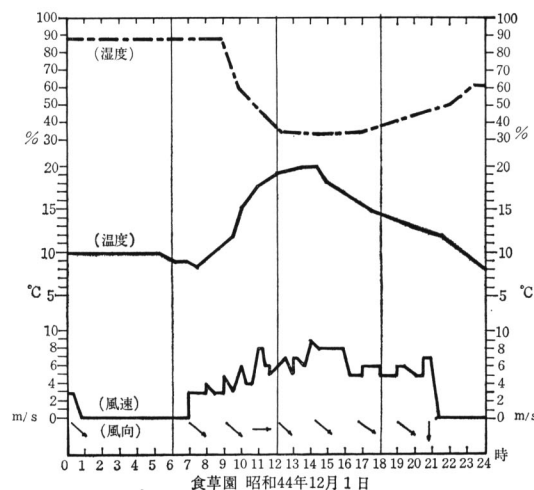


食草園 昭和44年9月11日

昭和44年12月1日の温・湿度・風向・風速の日変化



実験畑 昭和44年12月1日



食草園 昭和44年12月1日

4.2 自然教育園内の気候

園内の気候についてはまだ資料の累積がない。したがって詳細については、今後の問題であるが、昭和43年に観測された資料から、その特徴点をまとめてみると、つぎのとおりである。

(1) 気温について

園内6か所の観測地点についてその年平均気温を比較すると、園内では実験畑が最低を示している。この地点の環境条件としては、北側約20m附近より、スダジイ、ミズキなどの群落があり、南側約10m附近は小高い台地状を呈しており、比較的ひらけた地域である。展望台附近での年平均気温は園内でも最高を示している。この地点の環境条件は、園内北側の台地であり、その後方に、

緩かな傾斜地をなしている。

食草園、実験畑、苗畑、松林、展望台、裏門の6地点でおこなっている。園内での旬平均気温の最高最低の出現季節についてみると、まず最高は8月上旬である。また最低は12月上旬に現われる。

(2) 湿度について

6地点の湿度の変化の傾向は、略々同じである。しかし変化量からみるとそれぞれの特徴がある。

すなわち、冬季では苗畑で変動量が顕著に現われており、他の場所に比較して高湿度である。夏季では食草園が他の場所に比較して低くなっている。一方草地と森林地域との比較では、夏季には5~20%の差があり、林内が高いことがわかった。

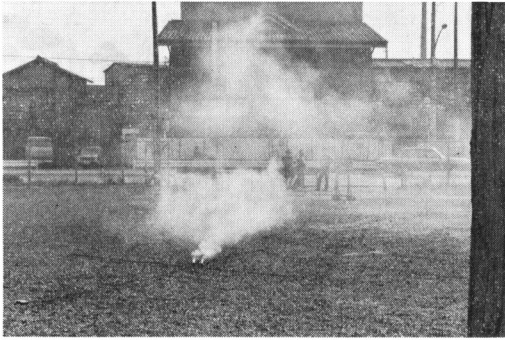
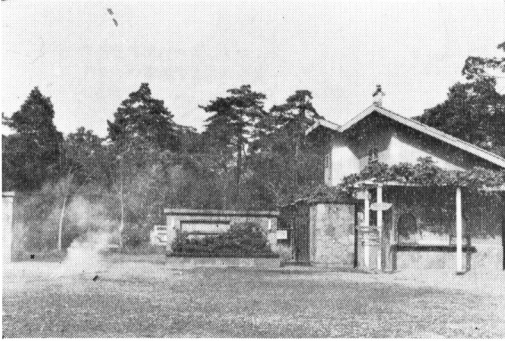


写真1 発煙筒による気流の調査

- (左上) 正門前広場・渦流が見られたが、一部園内に流入することも知られた。
- (左下) 正門前広場・煙は渦をまきながら上昇する。
- (右上) 園内道路・道路にそって主風向とは逆に園内に流入する。
- (右下) 林の中・地表面にそって林間をぬって流れる。

(3) 風について

風向は北風と南風の成分が年間をとおしてみられている。しかし、場所別にこまかくみると、それぞれ異なっており、とくに樹冠上部の風向は不安定である。食草園と実験畑は北西風の頻度が高い。園の全般的な傾向としては、4月から5月にかけて南よりの風が多く、9月頃より北よりの風が多くなる。

5 気流調査

気流調査の方法には、いろいろあるが、自然教育園の場合、園周囲の環境からその方法は可成りの制限をうける。例えば、発煙によるものでも、その煙量が多い場合には、交通の渋滞をひき起す可能性があるなどである。そのため、第1回での実験は線香の煙を使用し、第2回には小型発煙筒（日本カーリットKK製、保安炎筒ハイフレヤー5）を使用した。

測定にあたっては、 $\frac{1}{1000}$ の図面に観測地点を記し、煙の流れの方向、距り、拡散の状況など、それぞれ記入した。

発煙の位置は地面から高さ0.5、1.5、4.0 mである。観測の地域は、正門附近に集中して実施した(図1)。そ

図4

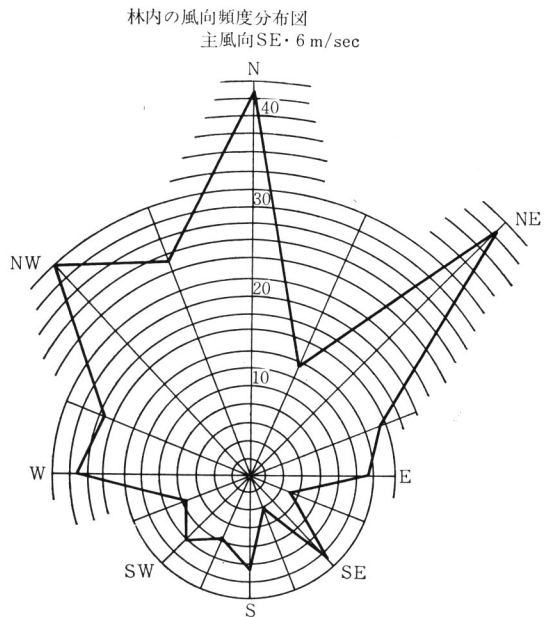
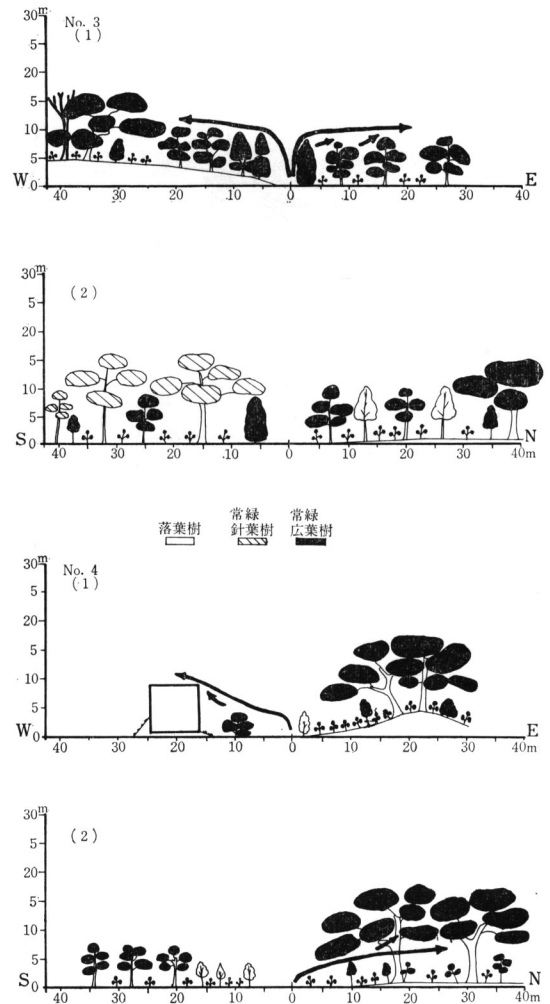
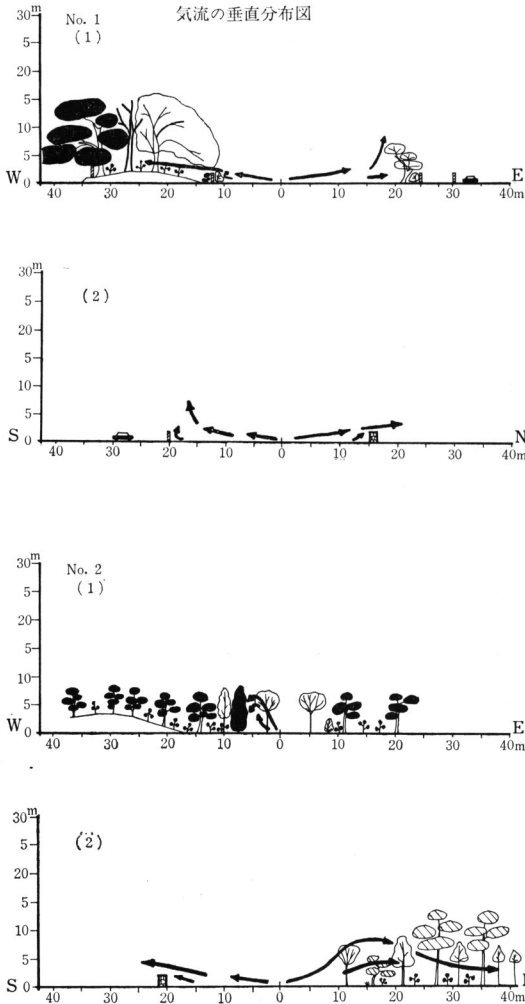


図5



の狙いは道路からの汚染物質の園内流入などに関連した気流調査を主とした。

5.1 気流調査の結果

今回の観測は、主風向が東風の場合と北風の場合について実施した。

主風向が東風の場合については、9月4日(平均風速6 m/sec)、9月11日(平均風速4 m/sec)の2回である。

この調査結果では、園内への気流は、東側に接して並ぶ宿舎(高さ約16m)からの影響が大であること。その風は、主に正門内広場を横切り、北西方向にぬけ、一部は西側迎賓館に、一部は園内事務所方向に右旋回していること。また正門内広場から一部は道路沿いに園内を北進し、一つは正門より外に出ていること。また正門内および外の両広場で、いちじるし渦がみとめられたこと、自動車の走り去るたびに、道路との接触部で気流が園内に流入することなどが観測された。

図1で示した、大きな流れは、各回の調査とも略々類似したパターンを示している。

主風向が北風の観測は、11月24日(平均風速6 m/sec)、と12月1日(平均風速6 m/sec)の2回調査を実施した。調査方法は第1回と同じようである。

この調査結果では、第1回の場合と逆の流れを示した地域もあるが、東側の宿舎方向からの流入は、主風向のいかんにかかわらず観測された。

さらに特徴的なことは、正門付近で渦が顕著であること、また、道路からの流入もみとめられたことである(図2)。

林内における風向頻度を求めてみると主風向が北西で平均風速6 m/secの場合、風向頻度の高いのは、北、北東、北西などほぼ北の成分が高くなっている。しかし、部分的にはまったく逆の頻度もみられ、渦流の存在することが知られる(図4)。

図6



つぎに、正門附近で発煙し、気流の分布を記録した。この結果水平分布ではかなり明らかな渦流がみとめられた。

気流の垂直調査で No. 1 地点は正門外側の道路に接した部分であるが、ここでは南北両側にコンクリート塀、東西両側に樹木があり、そのためある程度の気流の遮蔽作用がみられる。しかし、南北の分布は、北西風にもかかわらず、南側のコンクリート塀にぶつかったものは逆に北向き流れ、渦流の状態を示している。

No. 2 地点は正門内側広場である。ここでは東側住宅よりの気流によって、西側の樹木中に流れているのが知られ、南北両側では、No. 1 地点と同じく、遮蔽作用が認められる。

No. 3 地点では No. 2 地点とはちがい、主風向が北であるにもかかわらず、煙は西側林内に流れている。

No. 4 地点では No. 3 地点とおなじように西側に流れ、東風の成分が卓越していることを示している(図5)。

以上4点での結果から共通して示されることは、遮蔽物にそって気流が上昇し、拡散することである(No. 3, No. 4 の1図)。一方、常緑の林によって遮蔽されていても、その林床が貧弱な場合(No. 4 の2図)、あるいは常緑針葉樹、落葉樹林では(No. 2, No. 3 の2図) 林内

に煙が流入し、そのまま滞留することが認められる。

主風向が東風、および北風の場合、園外からの流入した空気は、一般的に下層では渦流をつくることが多い。

周辺の建物が園内の風向、風速の分布をかえており、したがって特殊な風道ができる。このことは東側の建物の影響による風が顕著であることがその例としてあげられる。

この特殊な風道の樹木の樹冠で破かきが目だち、その影響が知られる。

6 今後の問題

自然教育園内の微気象、とくに気流系については、わずかな調査であるから結論的なものを示し得ない。とくに今回は東風と北風の2つの成分のみの結果であり、主風向が南風、西風の場合、気流系がどのような変化を示すか、また強風時ではどうか、あるいは園内に逆転層が形成される場合の気流系の特徴など、今後の調査が必要である。

また、自然教育園周辺の道路の拡幅、建造物の高層化などにより、園に流入する気流の状態の予測など残された問題点が多い。

しかし、都市環境の中に存在する自然教育園の今後の問題としては、外縁をできるだけ幅広くとり、樹木の植栽によって園内の渦流を小さくすること、自動車などによる排気ガス類については、周辺の建築物、あるいは、遮断ベルトなどにより、直接の流入をできるだけさけるようにすることなど、これらの問題に対処する方策、あるいは、自然林の保全についての方策、経緯など、多面的な検討と処理が考りよされねばならない。

参考文献

- 菅原十一・日吉房雄・手塚映男(1969)：自然教育園内の微気象について(1)
自然教育園報告第1号 P. 25—32
- 科学技術庁資源調査会(1966)：自然休養地としての森林の保全開発に関する勧告
科学技術庁資源調査会勧告第19号
- 門田正也(1969)：ふっ化水素の植物に対する影響と被害判定基準
44年度第12回公害対策研究会テキスト P. 56—67
- 松岡義浩(1969)：最近の工業地帯における大気汚染質による植物影響と被害原因の動向
44年度第12回公害対策研究会テキスト P. 68—78
- 大気汚染(1965), vol. 1., No. 2