

自然教育園の微気象について (3)

環境要因の測定

三寺 光雄^{*}・菅原 十一^{**}・千羽 晋示^{**}

Report on the Micro-climate in the National Park for Nature
Study (3)

Mitsudera M., T. Sugawara and S. Chiba

はじめに

近年、都市の環境は、いちぢるしく悪化しているといわれている。そのために、植物や動物の種類数や個体数など、変化しはじめ、しかも、こうした現象は、局地的傾向からすでに広域化しているといわれている。

このことが事実とすれば、当然、自然教育園に存在する多くの動植物も、何らかの影響をうけているものと考えなければならない。

昨年より文部省の特定研究として、人間の生存と自然環境に関するプロジェクトが始められ、その一環として、都市生態系の特性に関する研究が、千葉大学沼田教授を中心に、実施されはじめている。幸い、本園はその研究対象地域として、とりあげられた。

われわれは、この機会に、園の生物群集の変化とその原因について解明するため、調査を実施した。ここでは主として、園内の環境要因について報告したい。

1. 調査の方法

すでに知られているように、東京都内における自然環境は、いちぢるしく悪化しており、そのため、生物群集の変化が見られるようになっている。

本園においても、近年、植物の枯死するものが目立ちはじめている。その一例は、スギ、アカマツなどに見られる。また、樹令300年から400年のスダジイなどでは、全体の24%がすでに回復不可能な状態になっている。このような現象は、はたして都市の環境悪化によるものであるか、その原因の解明が必要である。

本園の場合、その性格から、自然の状態を維持することを念頭において管理されているので、園内の環境悪化は、外部からの影響と考えなければならない。

われわれは、今回の調査にあたって、植物に大きな影響力を与えるものとして、大気汚染(亜硫酸ガス)に着目し、広域面から都内の大気汚染と植物被害についての

調査を試み、それと平行して、園内における植物の被害とその要因に関する調査を試みた。

2. 都内における植物被害

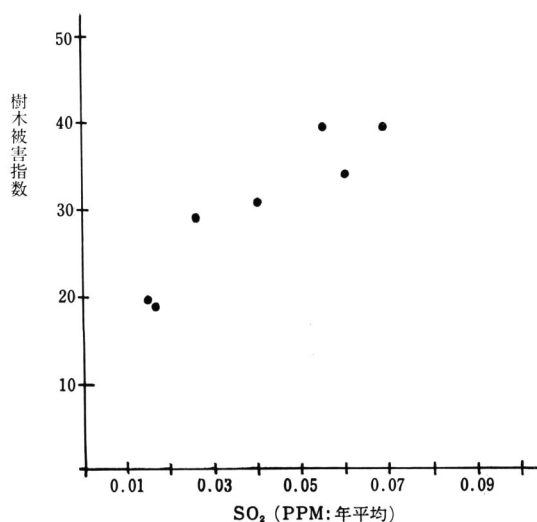
都市内でのアカマツ、スギ、モミなどの枯死の原因が、大気中の亜硫酸ガス濃度の増大によっていることは、早くから知られていた。このことについては、科学技術庁資源局の(大気汚染防止に関する総合研究)一環として、昭和40年農林省林業試験場が担当した“樹木に与える大気汚染の影響”によると、都内20カ所の公園緑地の、8種類、約3000本の樹木を対象として、葉の衰えがしらべられた。その結果では、江東、城北、城西地区で衰退がひどく、この地域ではマテバジイの付着煤塵量も多くなっているという。また、ケヤキは夏期における落葉が目立ちはじめており、7月上旬から落葉しはじめ、8月中旬には、ほとんど丸坊主になってしまうといわれている。

数年前、皇居の一番奥深い賢所の近くのスギの古木が枯れ、針葉樹林も全般的に痛みがひどいといわれている。昭和32年に、当時のお住いの御文庫と、宮内庁楽部の屋上で測定したところによると、降下煤塵量は1カ月13.23トンで、当時の練馬区石神井地区とほぼ同じだといわれている。それから、昭和41年では、18.47トンで、昭和32年の約1.4倍にもなっている。亜硫酸ガスについては、昭和41年の測定で、1平方メートル当たり、1日1.52ミリグラムで、この値は、大田区糞谷での値に近い。また、昭和44年の測定値では、1平方メートル当たり1日1.50ミリグラムで、荒川地区あたりの値とあまり変わっていない(資料は朝日新聞昭和45年7月24日による)。

一方、都内の樹木被害については、“都市環境保全のための基本的方向に関する調査報告”(科学技術庁資源調査会1971年)で調査されている。われわれは、この資

* 気象研究所

** 自然教育園



第1図 樹木被害とSO₂の関係

料にもとずき、亜硫酸ガスとの関係について検討した。亜硫酸ガスの資料は、東京都の観測資料(1967)によった。樹木被害の調査地点は、清澄公園、日比谷公園、上野公園、新宿御苑、大宮公園、多摩霊園、神代植物園などである。亜硫酸ガスの測定地は、その場所で測定されたものはない。したがって、亜硫酸ガス濃度の分布図を作成し、それから対象地点の亜硫酸ガス濃度を推定した(この値は、いずれも年平均値である)。

以上の資料によって、亜硫酸ガスと樹木被害の関係を示したのが、第1図である。これからわかるように、亜硫酸ガスと樹木被害との間には、かなり高い相関関係がみられる。第2図から第15図は、昭和32年から45年まで、各年度毎の亜硫酸ガス濃度の年平均値についての分布図である(・印は測定地点で、×印は自然教育園である)。

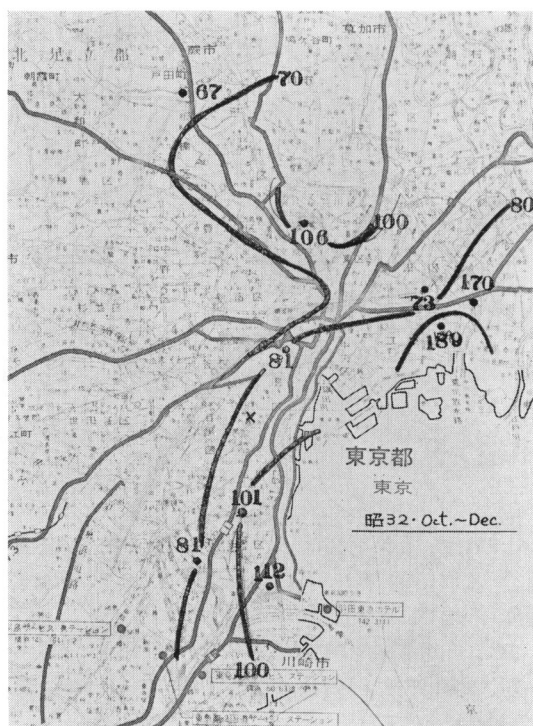
亜硫酸ガスと植物被害に関する研究は以前からあった。たとえば、農林省林業試験場の土井恭次氏らは、アカマツは亜硫酸ガス0.8ppmで24時間曝露した実験では衰退現象がみられ、72時間では、葉が茶色に枯れて、外にだしても、回復しないという。しかし、実際に都内では亜硫酸ガス濃度は、土井氏のいう実験の $\frac{1}{10}$ で、すでにアカマツなどは枯死しているのである。

アメリカの公衆衛生局が発表したAir Quality Criteria for Sulfur Oxidesによって検討してみると、都内の亜硫酸ガス年平均濃度0.05ppmの値は植物の生育障害をもたらすのに十分であることがわかった。

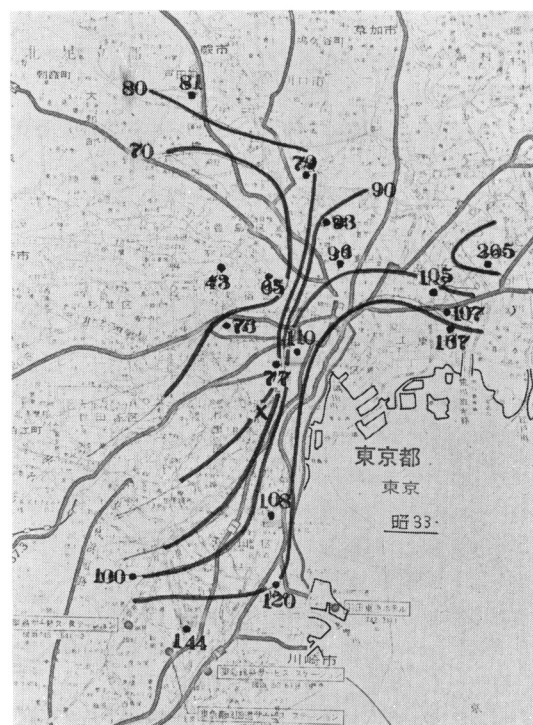
3. 自然教育園の植物被害とSO₂について

SO₂による植物被害の関係は、本来、濃度の変化と曝露時間が問題である。

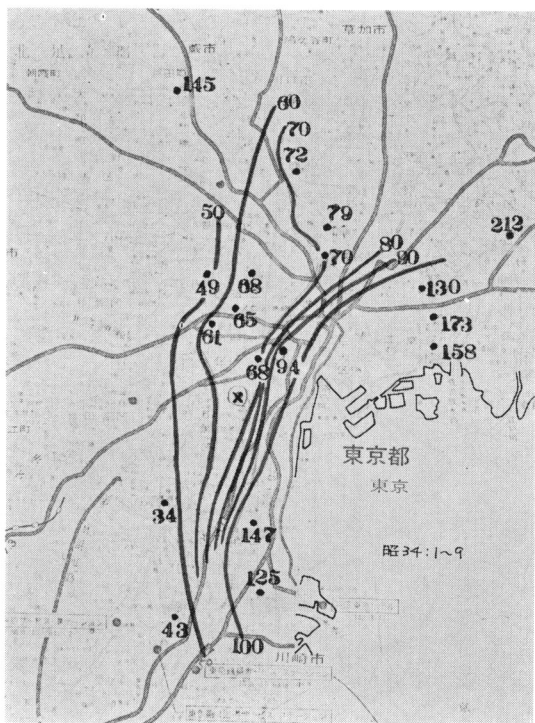
第2～15図 SO₂の自然教育園における経年変化



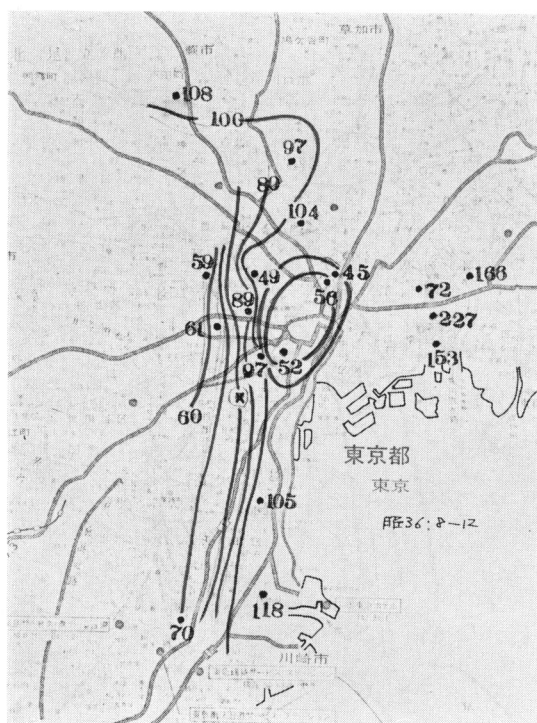
第2図



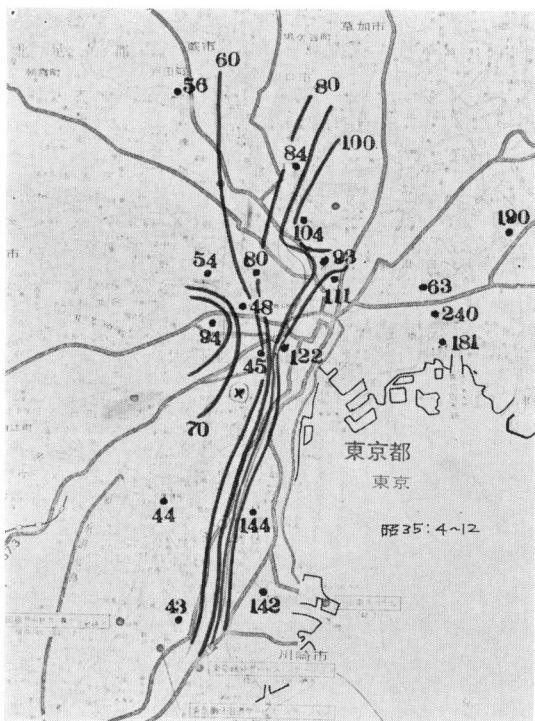
第3図



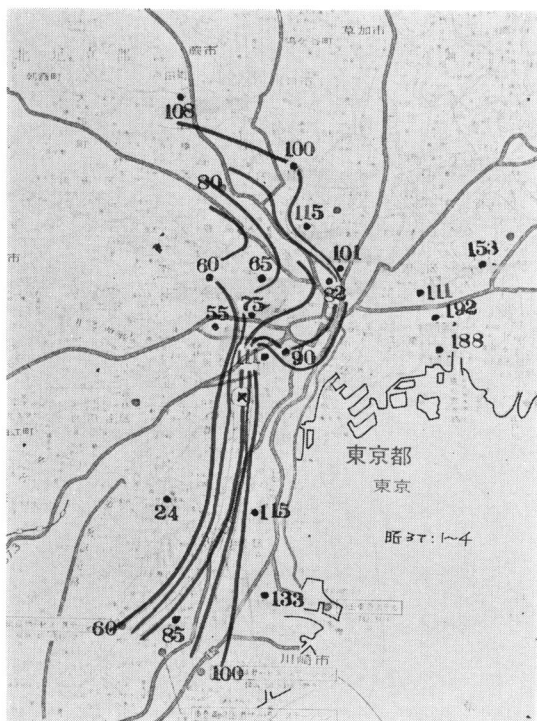
第4図



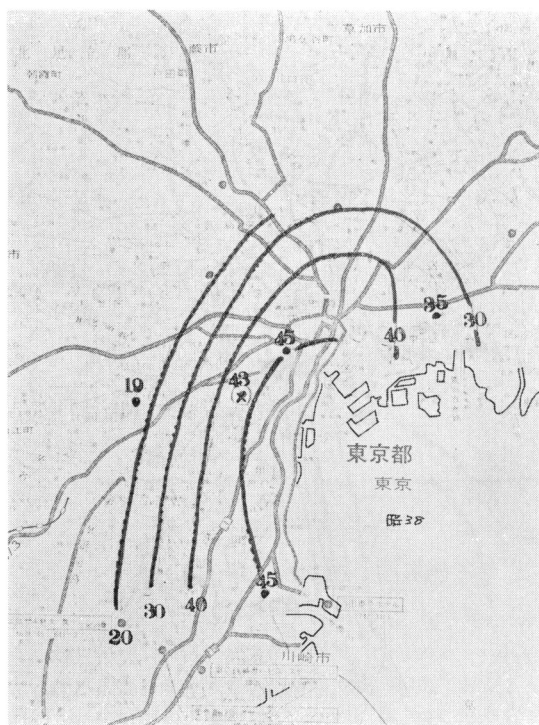
第6図



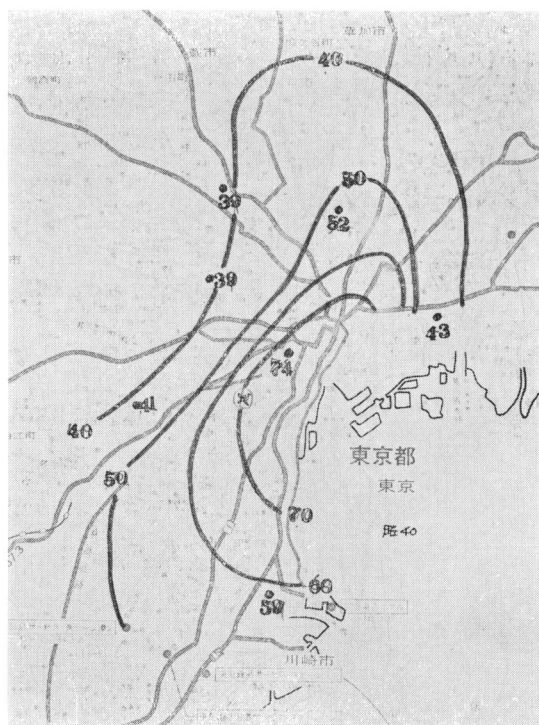
第5図



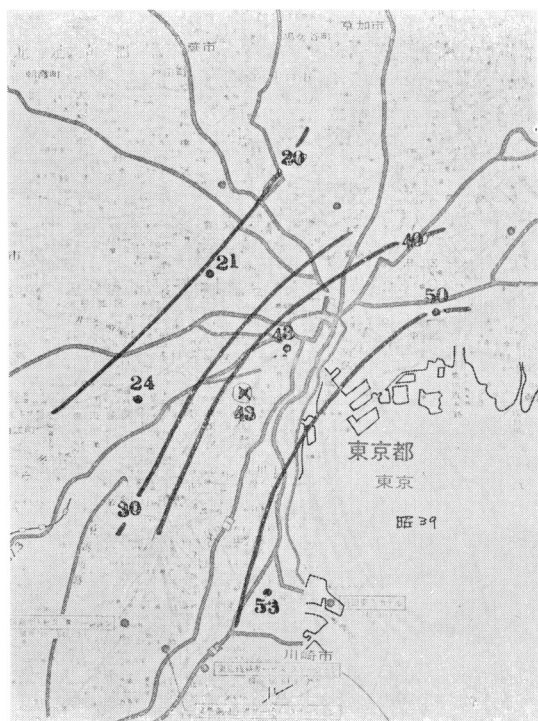
第7図



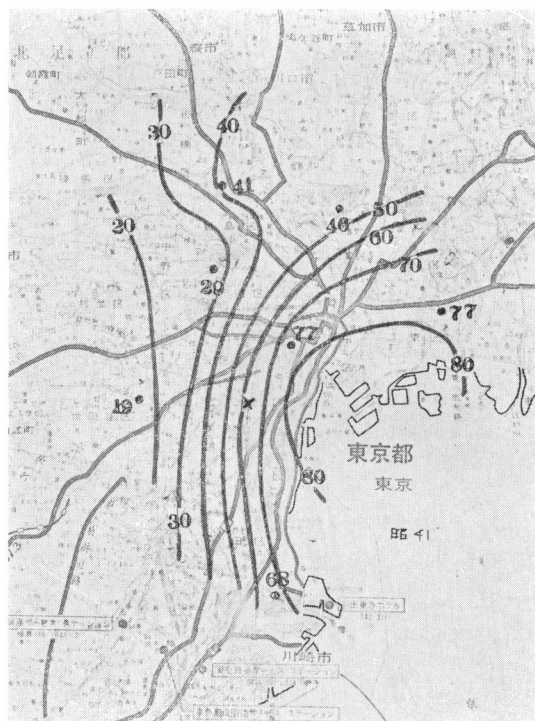
第8図



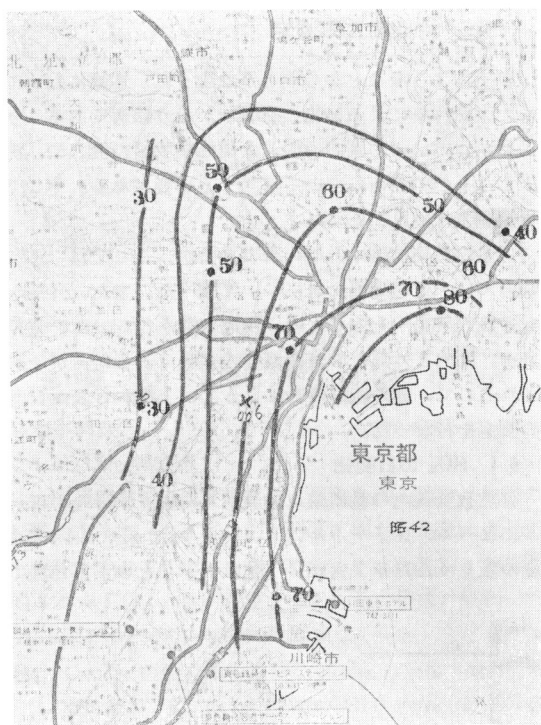
第10図



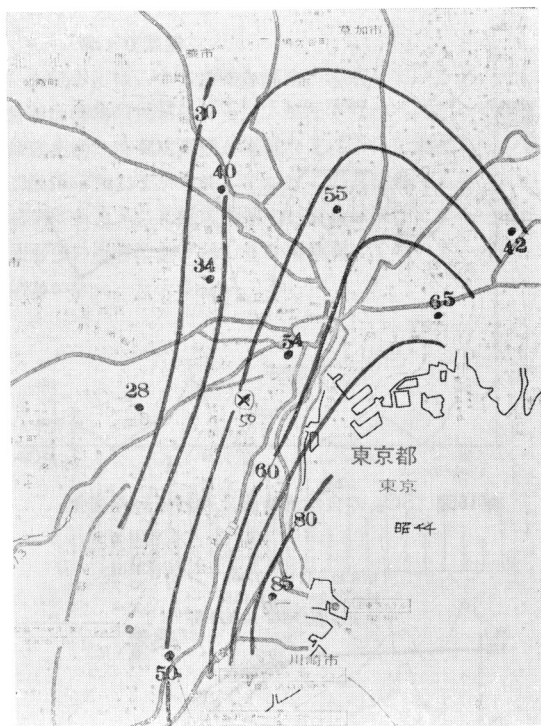
第9図



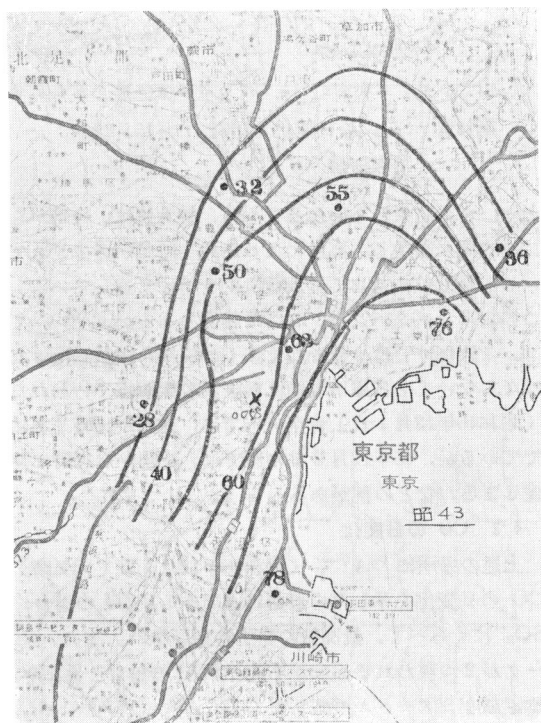
第11図



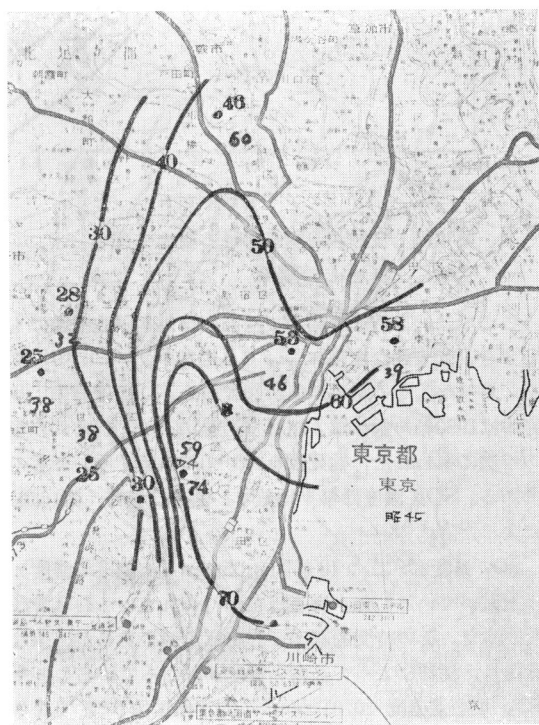
第12図



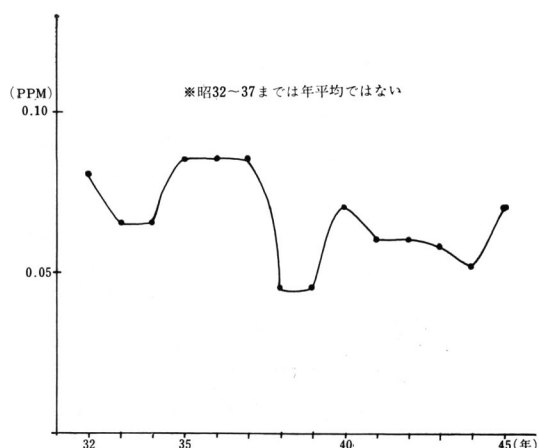
第14図



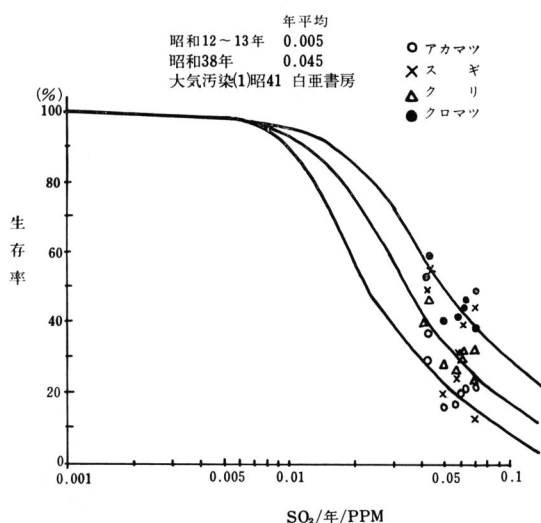
第13図



第15図



第16図 SO₂ の自然教育園における経年変化



第17図 自然教育園における樹木生存率と SO₂ との関係

ここでは、自然教育園内で行われた毎木調査資料にもとずき、代表的な樹種について、生存率と SO₂ の関係をしらべた。その結果が第17図である。この資料中、生存率は1950年の個体数（樹種別）を100として、それ以後の年次に現われた、枯死数を100～0の数値で示したものである。SO₂ 濃度は年平均値で、前述の資料（第16図）によった。

SO₂ 濃度は、この10年間0.05ppm（年間平均濃度）以上続いている。毎木調査は毎年行われているわけではないので、その時間的経過の詳細は不明であるが、少なくとも、樹種によって被害の程度が異なっていることや SO₂ が一定濃度（0.01ppm：年間平均）より高くなる場合、被害が発生していることなどその傾向からうかがえる。

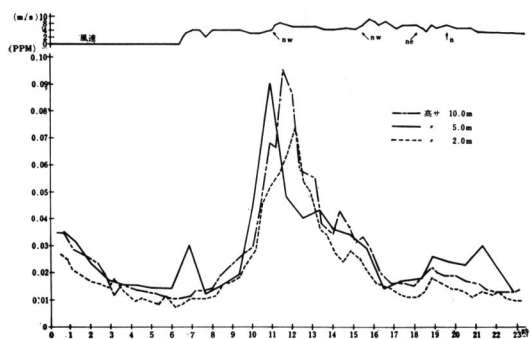
4. 汚染物質の測定

以上のようなことから明かなように、本園においても、大気汚染による植物の影響はかなり顕著であることがわかった。一方園内への、大気汚染物質の流入や、流入したものの滞留について検討する必要がある。そこで気流調査を試みた。

大気の汚染物質はいろいろであるが、ここでは SO₂、CO、CO₂、付着煤塵などについて調べた。また、外部からの流入の様子を知るため、風洞実験を行なった。夏期には、園内と外部との表面温度の差異による対流が予想されるので、赤外線温度計によって、上空から表面温度の測定を行なった。

4.1 SO₂ の日変化

自然教育園内の教研跡に設置された10メートルのポールによって、10メートル、5メートル、2メートル、各高度の値を（1971年7月15日：快晴）示したのが第18図で



第18図 SO₂ の日変化（1971. 7月15日快晴）
於教研跡

ある。この結果からわかるように、最大値は、11時から12時の間に発生し、高さによって発生時刻が多少ずれている。最低値に対して最高値は約9倍にも達している。このようなパターンが、この特徴であるかについては、これだけでは十分でなく多くの資料を検討しなければならない〔名古屋市瑞穂区瑞陵高校観測点で行われた（昭和46年12月1日）青空デーでは、最高が10時ごろにでているが、45年12月2日の値では、15時から16時に発生してる、などの例がある〕。

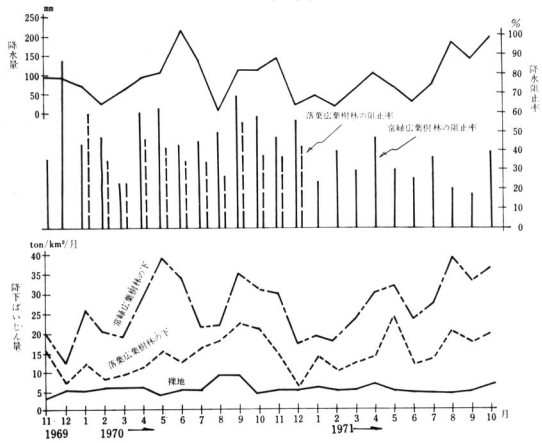
4.2 CO の日変化

上述の場所について（昭和46年12月1日：天気晴）CO の日変化を示したのが第19図である。CO の場合、SO₂ にくらべて、最高値の発生時刻が早い。また、ピークが2つ現われる傾向がある。SO₂ の場合と異なり、測定高度5メートルの値が最も多く、次に10メートル、2メートルの順になっているのが特徴である。しかしこれも、汚染源や風向などの詳細な観測によって検討する

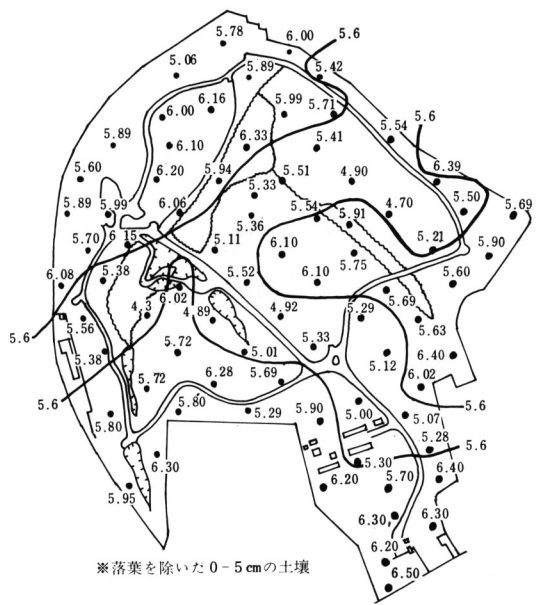
示した。測定は昭和45年11月5日、28日である。

4.4 降下煤塵量

大気中には、さまざまな煤塵が浮遊しているが、その付着は植物の種類によって、かなりちがう。ここでは常緑広葉樹、落葉広葉樹、裸地などについて測定した。第22図は昭和44年から46年にかけての月総量である。この結果によると、常緑広葉樹の付着量は裸地にくらべて、最も多いときで約8倍、また落葉樹にくらべて、約2.5倍多い。



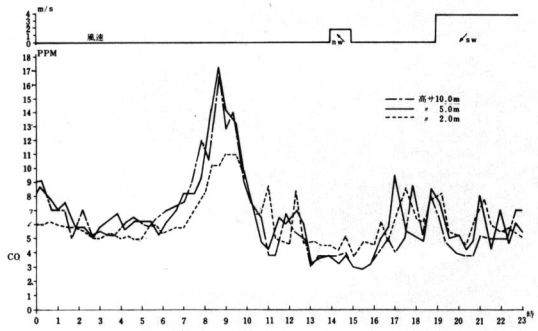
第22図 自然教育園の降下ばいじん量



第23図 自然教育園PH分布図(1971.12.4-12)

4.5 PHの分布

降下煤塵、酸性化した雨水などによって、土壌がどのように変化したかを明らかにすることは、植物などの変

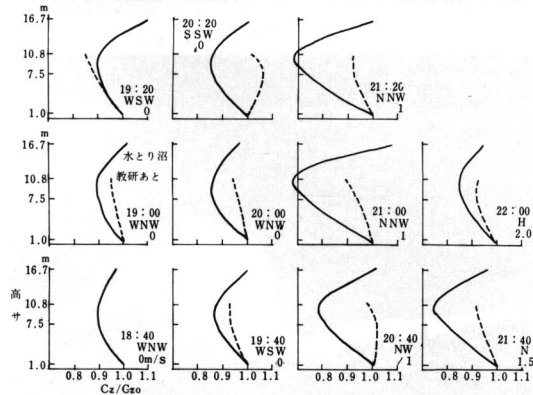


第19図 CO の日変化(1971.12.1晴)於教研跡

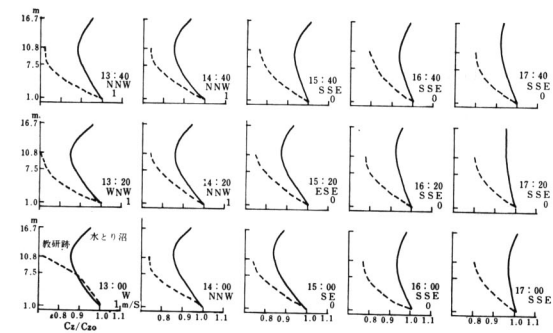
必要がある。

4.3 CO₂ の分布

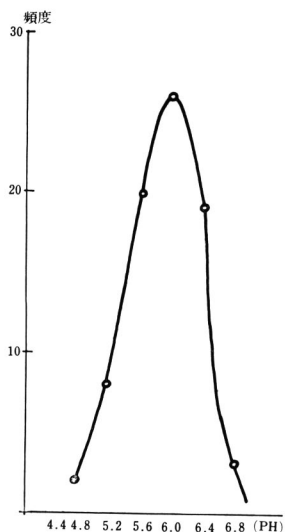
大気汚染物質の濃度変化は、気象条件、地形、地物の影響によって、さまざまに変わる。また、高度によっても変化する。ここでは、園内にある、水とり沼、教研跡の2点でCO₂の同時測定をした。その値は、第20-21図で示した。図中、Y軸には観測点(高さ)をとり、X軸はC_z/C₂₀の値である(ここでC₂₀は高度1mでのCO₂濃度値で、C_zは各高さでのCO₂の値である。教研跡での測定値は破線で示し、水とり沼の値は、実線で



第20図 自然教育園のCO₂垂直分布(1970.11.28)

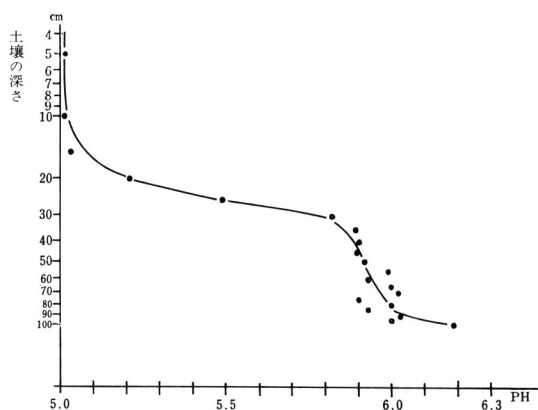


第21図 自然教育園のCO₂垂直分布(1970.11.5)



第24図 自然教育園における
PHの分布 (1971. 12.
4—12 (0—5.0cm))

化を考察する上で重要である。ここでは昭和46年12月4日～12日の期間中に園内の地表面(0センチメートル～5センチメートル)土壌PHの測定を行なった。その結果が第23図である。1つの傾向として、園内の平均的PHは、平均5.6～6.0である(第24図)。この値にくらべて、相対的に小さな値は園の中央部で、外縁は高いことがわかった。第25図は、松林における各深さ別の土壌のPHの値である。これによると、相



第25図 松林における各深さ別の土壌PH
(1971. 12. 12)

対的にはあるが、地表面の酸性化の傾向がみられる(試みに、宮城県川渡のススキ草原についてPHのプロフィル(佳山1970)をみると、深さによって、ほとんど変化していない)。

5. 気 流 調 査

園内の大気汚染質は、気象的な条件によって、外部から流入していることは明らかであるが、流入の1つの問題は、夏期、風の弱い場合、対流による空気交換である。園をとりかこんでいる道路や、周辺の建造物と、園内の緑地の表面温度に大きな温度差がみられる場合、当然、対流による空気交換が予測される。そこで、われ

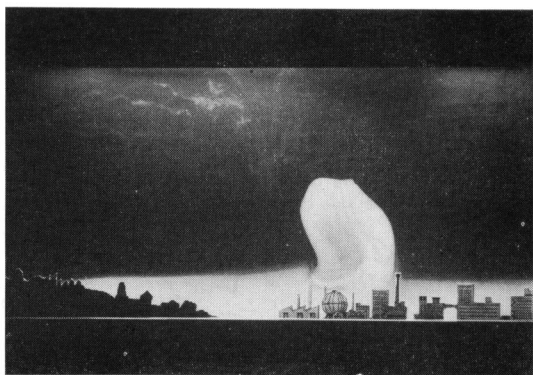


写真 1

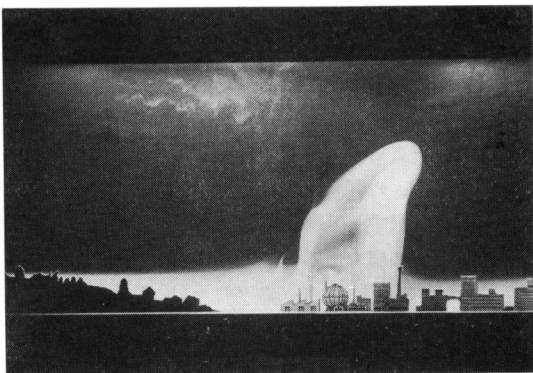


写真 2

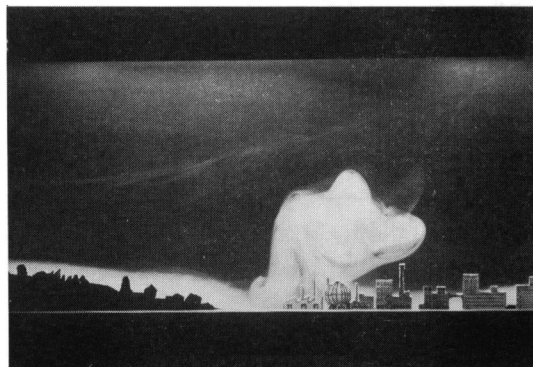


写真 3

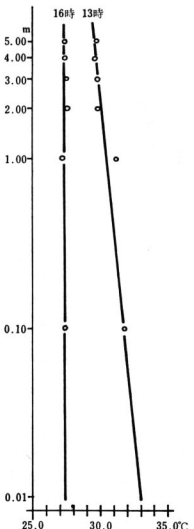
写真1～3 風洞による対流実験

われは、対流の様子を煙風洞実験でたしかめた。その結果が写真1～3である。

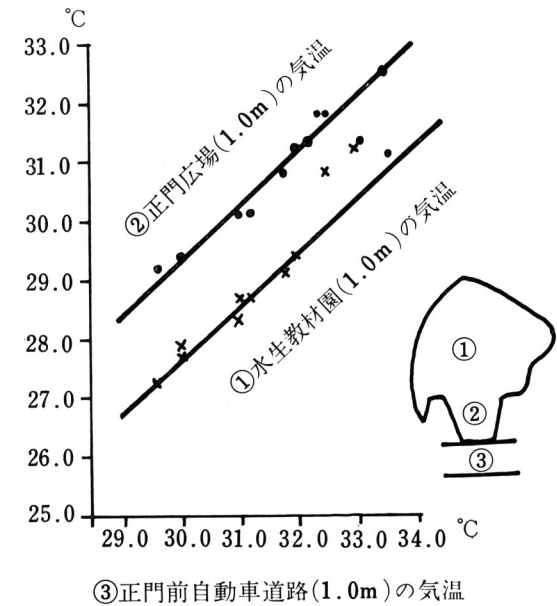
このような実験から問題になるのは、現地の表面温度の分布である。ここでは、赤外線温度計を使用し、ヘリコプターによって、高度500メートルの上空から測定した(昭和46年8月30日)。測定した方向と地点は、第26図で示した。その結果園内と外部との表面温度の差は10～15℃ 位あることが確認できた。この観測日は曇天であったので、晴天日には20～30℃ 位いが予想されるが、いずれにしても、風の弱い晴天時には、対流による

で得た図である)。

風の強い場合、園内での気流はどうなるのか汚染質が一方から園内に流入する様子を、煙風洞で実験したのが写真5～6である。これからわかるように、風下側に凹地形がある場合汚染質は滞留することがわかった。一方汚染質の滞留は、風の弱い場合にもおこる。そこで、園内の無風時間を月別に調べてみた〔ここでは各月15日間の平均(21600分)を100として、その割合で示した〕(第28図)。この結果によると、11月が最も多く、次いで夏期(7月～9月)が多いことがわかった。また、無風の継続時間を調べてみると、1～2時間程度のものが最も多い。次いで7～8時間が多い。無風期間が最も長く続いたのは、13～14時間であった(第29図)。



第27—2図 自然教育園内(水生植物教材園)の気温垂直分布
(1971.8.30)

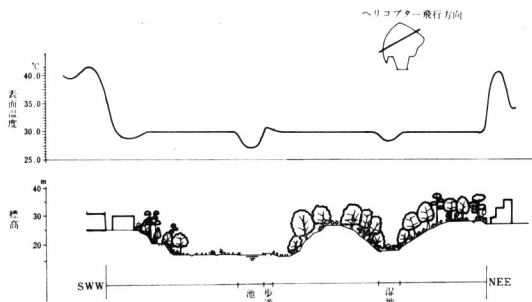


第27—3図 自然教育園内外の気温差

6. ま と め

今回の調査から次のような点が明らかになった。

1. 都内では植物の被害がはつきり現われてきていること。



第26図 自然教育園内外の表面温度
(1971.8.30, PM 1:10)

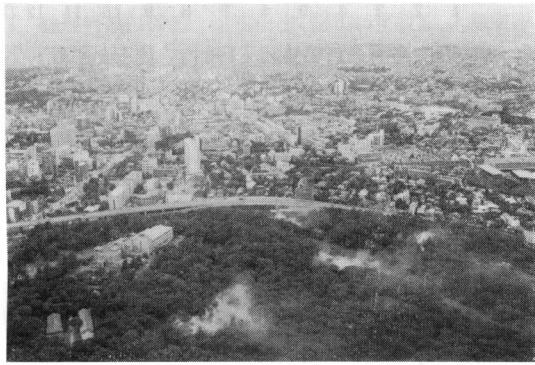
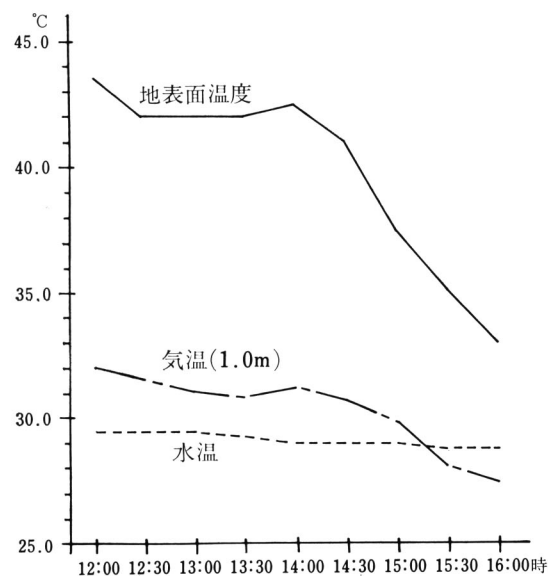


写真4 発煙による気流調査



第27—1図 自然教育園内(水生植物教材園)の温度
(1971.8.30)

交換がおこりうることがわかった。写真4は、園内の気流を調べるため、地表で発煙し、ヘリコプターから撮影したものである(第27—1～3図は8月30日の気象観測



写真5

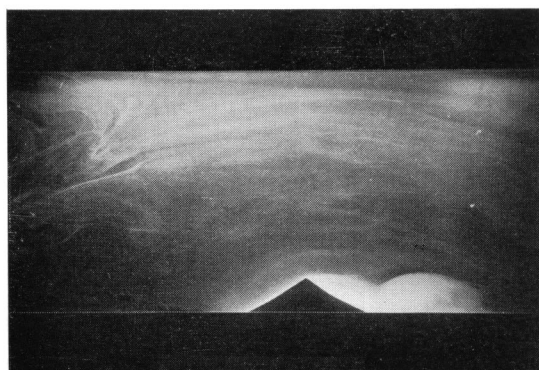


写真6

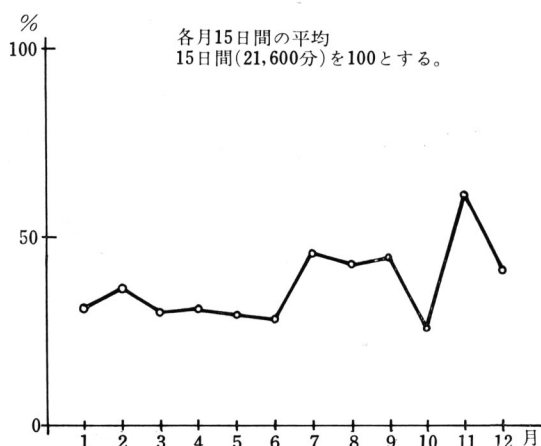
写真5～6 風洞による汚染質流入実験

2. 自然教育園内でも植物被害がみられること。
3. その原因の1つとして SO_2 濃度があげられる。
4. SO_2 に対する植物被害のうち被害の割合は樹種によって異なること。
5. 付着煤塵量は樹種によって異なること。
6. 土壌中のPHの分布に特徴があること。
7. 汚染質濃度分布は場所と高さによって変化する。
8. 夏期には園内外の表面温度差が顕著であること。
9. 汚染質の滞留条件として、無風による効果が考えられ、園内では無風時間は13～14時間に達することがある。

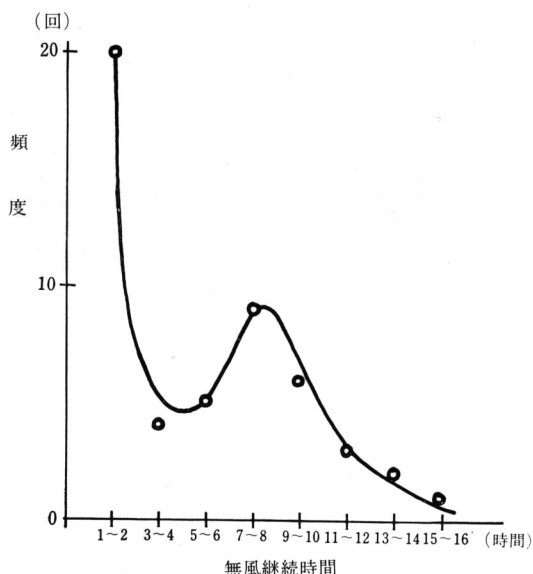
10. 無風の発生しやすいのは年間で11月が最も多いが、次いで夏期(7, 8, 9月)であること。

11. 風洞による発煙実験、現地での発煙実験から園内では汚染質の拡散はきわめて悪いこと。

今後の問題として園内での逆転層の分布、植物のSの含量と樹木別の分布、汚染質の空間分布など、また今までの観測資料の解析などが残されている。今回の調査は文部省科研費(都市生態系の特性に関する基礎的研究)の一部によった。また、地表面温度の測定について、ヘリコ



第28図 各月の無風時間(1969年' 於水とり沼)



第29図 無風継続状況(1970.10.30～6.12)

プターの使用を許された朝日新聞社および、研究班の協力をえたので感謝したい。

参考文献

1. 坂本藤良訳(1970): ニクソン大統領公害教書。
日本綜合出版
2. 三寺光雄(1969): 大気汚染物質の植物被害～発生原因の気象的解析(1), 昭44年第12回公害対策研究会テキスト。公害研究対策センター
3. 我妻 学編(1971): 環境(公害問題と環境破壊)。
ジュリスト No. 492
4. 経済評論(1970): 環境破壊と人間。日本評論社

5. 文部省特定研究報告集録(1972): 昭和40年人間生存と自然環境。
6. 科学技術庁資源局(1966): 大気汚染防止に関する総合研究。
7. 科学技術庁資源調査会(1971): 都市環境保全のための基本的方向に関する調査報告。
8. 大気汚染全国協議会第7回小委員会編(1967): 植物に関する大気汚染研究文献目録集。
9. 谷田沢道彦(1969): 亜硫酸の植物にたいする影響と被害測定基準。昭和44年第12回公害対策研究会テキスト。公害研究対策センター。
10. 東京都公害研究所編(1971): 公害と東京都。東京都広報室。
11. 総理府編(1970): 公害白書(昭和45年版)。大蔵省印刷局。
12. 総理府編(1971): 公害白書(昭和46年版)。大蔵省印刷局。
13. 公害と防災編集委員会(1966): 大気汚染(Ⅰ)。白亜書房。
14. 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 No. 1
15. 菅原十一・日吉房雄・千羽晋示・三寺光雄(1970): 自然教育園内の微気象について(2)。自然教育園報告 No. 2
16. 自然教育園(1971): 自然教育園生物相15年間の比較。都市環境保全研究会資料23。
17. 千羽晋示・奥田重俊(1972): 自然教育園の生物群集に関する調査報告。都市環境保全研究会資料40。