

4.4 大気汚染物質分布

4.4.1 はじめに

大気汚染物質の分布には反応と気象が同時に影響を及ぼす。このため大気汚染物質の長距離輸送が起こる様な場合には、気流の進入に伴って濃度のピークが移動する現象が観測される事が多い。ここでは光化学反応による大気汚染を中心に大気汚染物質分布の特徴を述べる。

4.4.2 都市から郊外への大気汚染の流れ

大気汚染の生成には化学反応と気象条件が複合的に影響を及ぼしている。我が国においては東京や大阪等の大都市地域では、大気汚染の固定発生源は臨海地域に集中している。またもう一つの発生源である自動車は都市地域に広がっている。さらに、海陸風に代表される局地気流の影響を強く受けるため、都心地域と郊外では大気汚染の出現の形態が異なる。都市圏における大気汚染の空間分布の概念図を図4.4.1に示す。

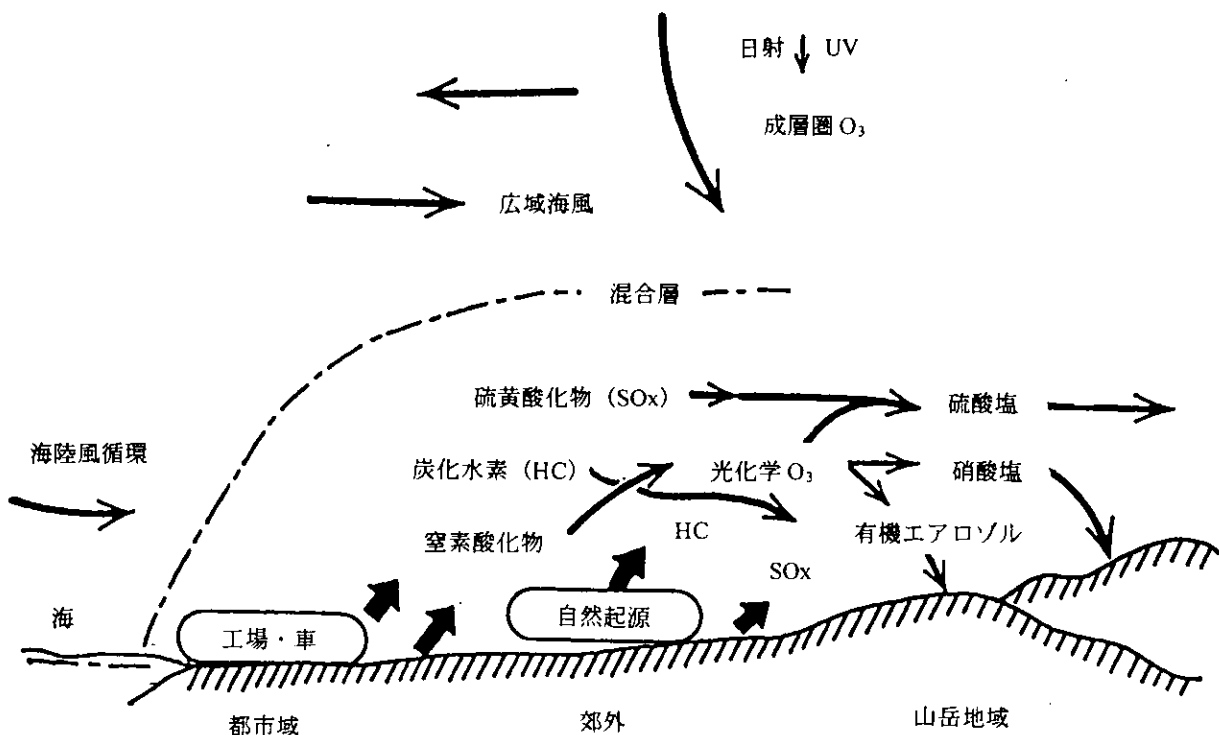
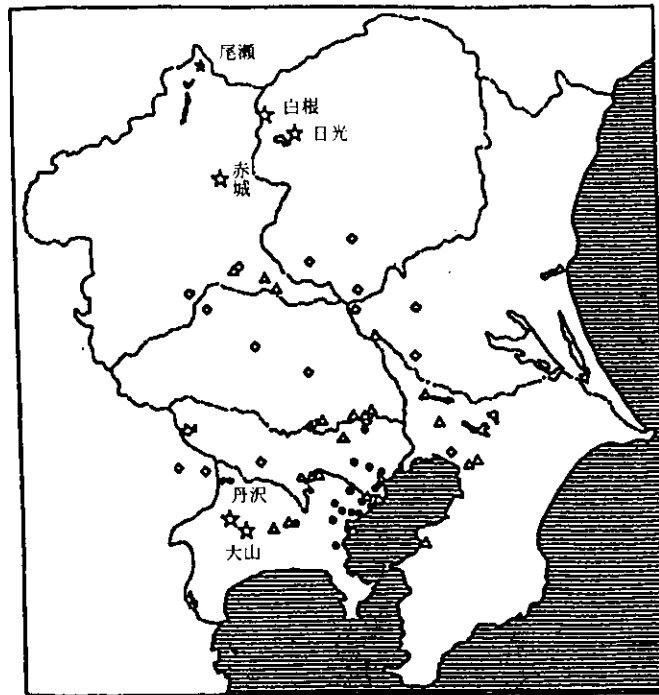


図 4.4.1 大気汚染の空間分布の概念図；都市域から郊外への大気汚染物質の輸送と化学変化

一般に都心地域においては一酸化窒素濃度が高くなりついで二酸化窒素が高くなってさらに郊外地域でオゾンやエアロゾルが高濃度になる。二次生成物の時刻変化と地域分布にはこの様な特徴がある。この様な分布には化学反応と気象条件がともに影響している。大気汚染物質の長距離輸送が起こる場合には気流の進入に伴って濃度のピークが移動する現象が観測される事が多い。また図4.4.2に関東地域における大気汚染の分布の解析例を示す。都市域から郊外への大気汚染物質の輸送と化学変化の様子がうかがえる。



- : NO₂ 年平均値上位測定局 (全国ワースト20に入るもの)
 - △ : SPM 年平均値上位測定局 (全国ワースト20に入るもの)
 - ◇ : Ox 1時間値が0.12 ppm (注意報発令レベル) を超えた日数が多い測定局 (全国ワースト20に入るもの)
 - ☆ : 近年、植物影響等が新聞等で指摘されたことのある地点
- (注) いずれも、平成4年度一般大気測定局データ

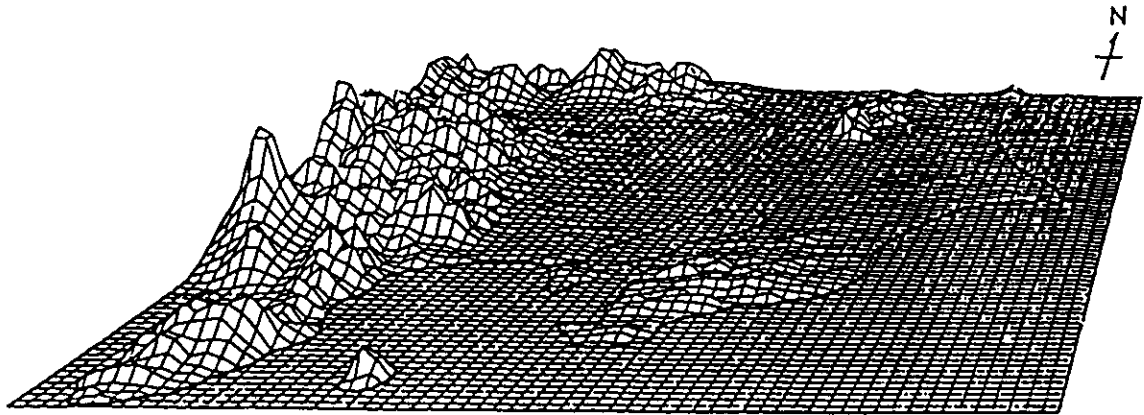
図4.4.2 関東地域に於ける大気汚染の分布の解析例

(柳下正治、真継博、大井通博；浮遊粒子状物質対策に係る総合戦略の策定に向けての考察、大気環境学会誌、31、(2) p.A26 (1996) から転載)

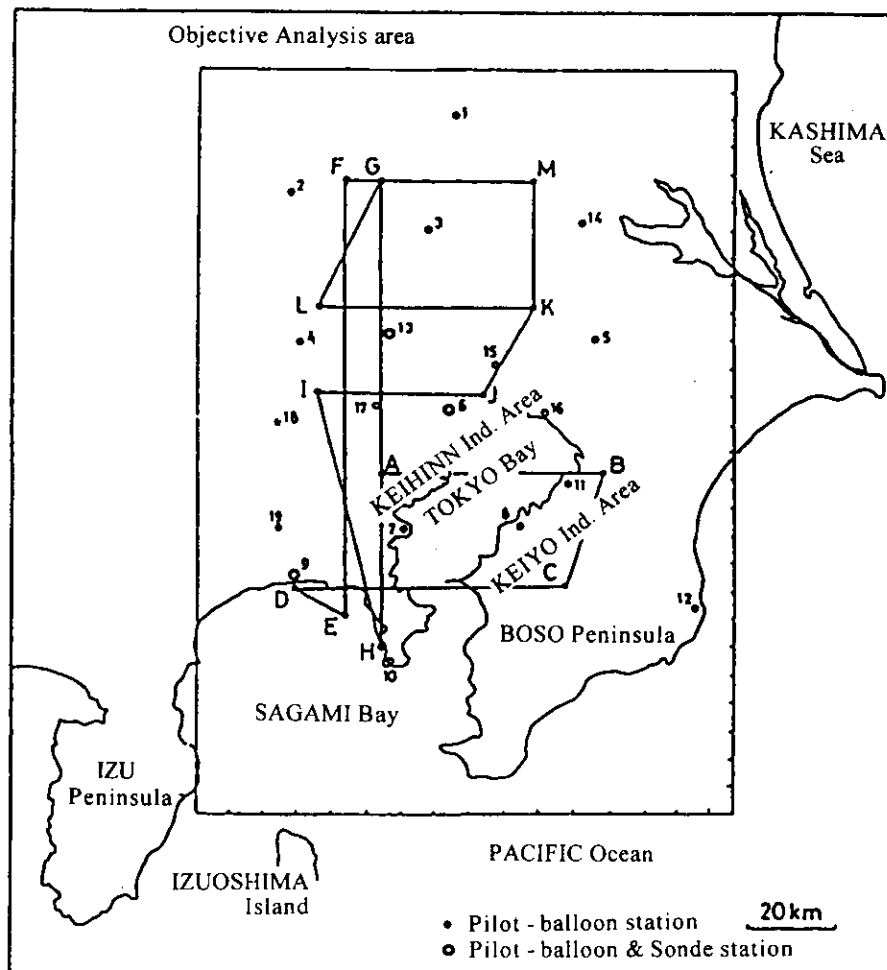
4.4.3 大気汚染の立体分布

大気汚染の立体分布は発生源の高さと汚染物質により異なる。ボイラーなどの固定発生源からの単独の排煙の立体分布に関しては、第10章の大気拡散予測モデルで述べる事にしてここでは、都市スケールの大気汚染の立体分布の特徴を示す。光化学大気汚染が発生した時の典型的な鉛直断面分布を図

4.4.3に示す。このように1979年7月31日から8月1日にかけての航空機観測の結果による O_3 と NO_2 の分布と海陸風循環や気温の垂直分布との間には密接な関連性があることが示されている。この日の混合層高度は1,500 m程度であったが、高濃度オゾンの垂直分布は混合層の内外で大きく異なり、その時間変化は海陸風の変化と良く対応している。また夜間から早朝にかけて、上空500~1,200 mの高度に前日に生成した120 ppb以上の高濃度の光化学オゾンが滞留していた。一般風が弱く局地的な海陸風循環が数日に亘り継続するような場合には、このような状況が繰り返される事により、汚染の蓄積が発生する。

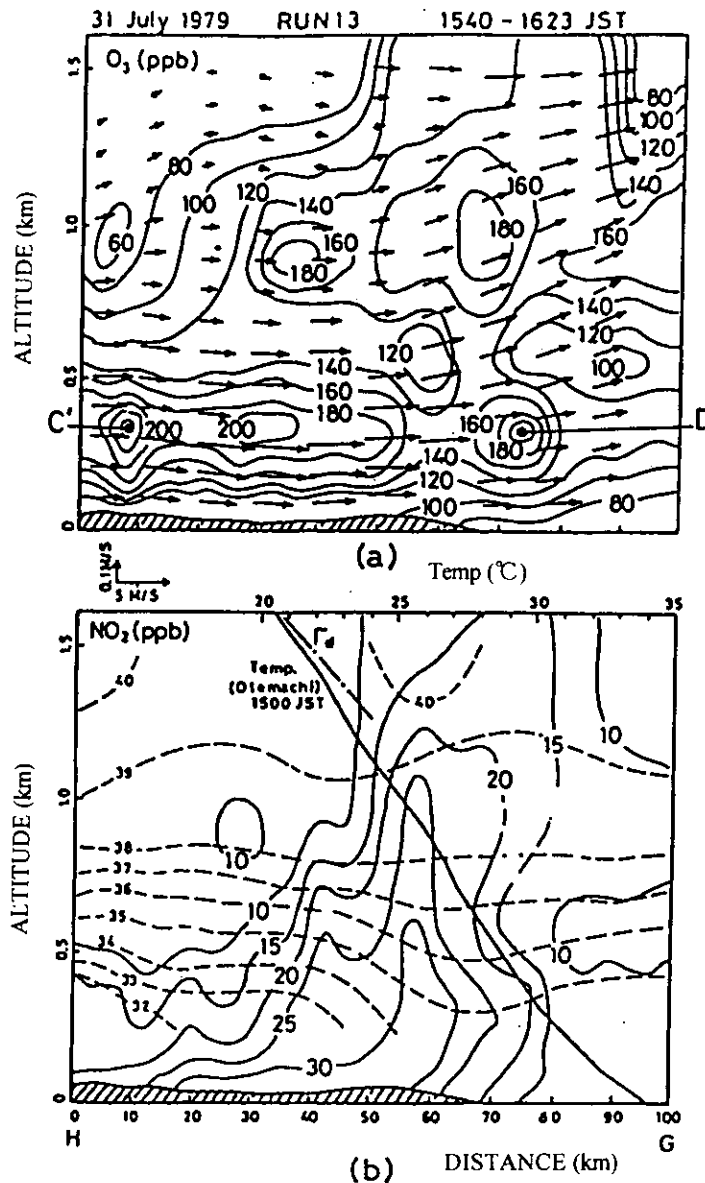


Topography of the Tokyo Metropolitan Area viewed from the south-east direction. Horizontal grid size is about 3 km square.



Map of Kanto District. flight paths and objective analysis area of wind field.

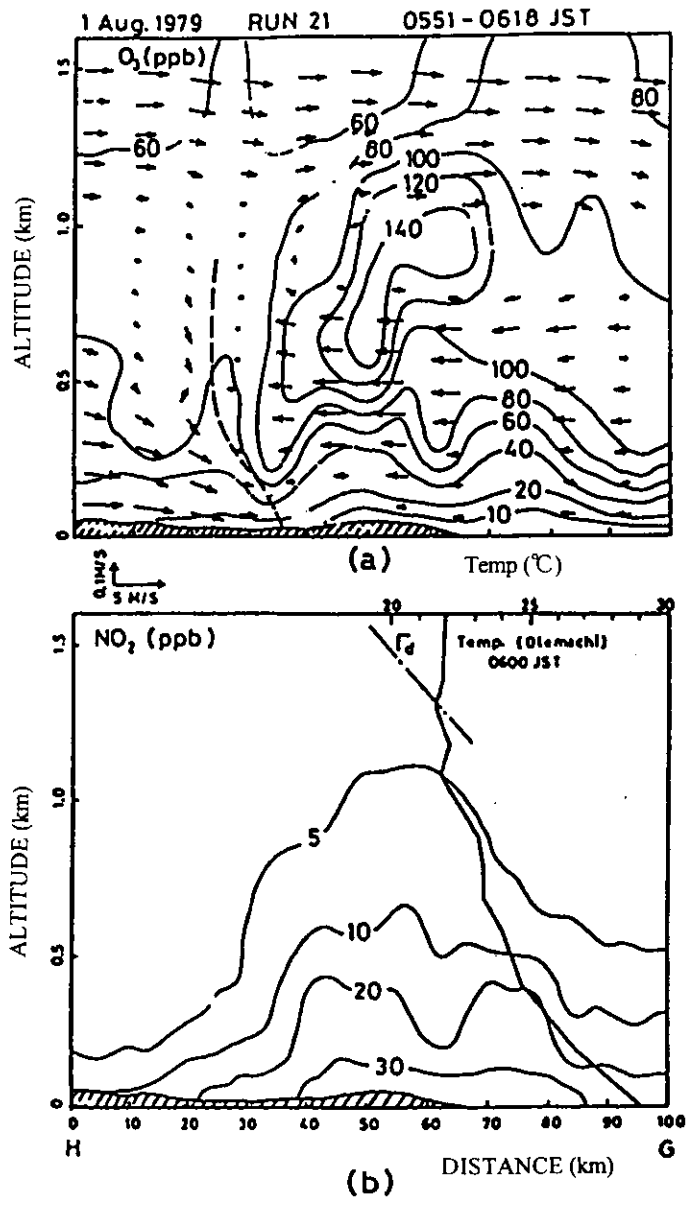
Pilot-balloon and sonde observation points are as follows: 1. Oyama; 2. Kumagaya; 3. Satte; 4. Iruma; 5. Inzai; 6. Otemachi; 7. Yokohama; 8. Sodegaura; 9. Chigasaki; 10. Miura; 11. Ichihara; 12. Ohara; 13. Urawa; 14. Tsukuba; 15. Nagareyama; 16. Tsudanuma; 17. Musashino; 18. Hachioji; 19. Atsugi.



Vertical distribution of pollutants in the afternoon of 31 July 1979 (RUN 13: 1450-1630JST. Cross-section H-G). (a) O₃ distribution and vertical wind profile (v and w components) calculated from the modified MATHEW method. Vertical wind component w is emphasized (see wind scale). The label C and D in (a) indicate the marked air masses of Trajectories C and D in Fig.10. (b)NO₂ distribution and potential temperature (dashed line) and temperature profile at Otemachi (1500JST).

図 4.4.3.1 関東地域に於ける大気汚染の立体分布の観測例

(Uno, I., Wakamatsu, S., Suzuki, M. and Ogawa, Y.: Three-dimensional behavior of photochemical pollutant over the Tokyo metropolitan area. Atmospheric Environment, 18, 751-761 (1984) から転載)



Vertical distribution of pollutants in the early morning of 1 August 1979 (RUN 21: 0445-0620 JST, cross-section H-G). (a) O_3 distribution and vertical wind profile (v and w components) calculated from the modified MATHEW method. The hard dashed line indicated the discontinuity line of wind and in the near of this line, the small downdraft wind zone are detected. (b) NO_2 distribution and temperature profile at Otemachi (0600 JST).

図 4.4.3.2 関東地域に於ける大気汚染の立体分布の観測例

(Uno, I., Wakamatsu, S., Suzuki, M. and Ogawa, Y.; Three-dimensional behavior of photochemical pollutant over the Tokyo metropolitan area. Atmospheric Environment. 18, 751-761 (1984) から転載)

4.4.4 広域大気汚染の分布

光化学オゾンの地域分布や時刻変化には気象条件が大きな役割を演じる。東京、大阪、名古屋などの日本の大都市は臨海地域に位置しているため海陸風の影響を強く受ける。日中は海風により大気汚染物質は化学反応をおこしながら内陸に輸送される。一酸化窒素は直ちに大気中のオゾンや RO_2 ラジカルと反応して二酸化窒素となるため一般に都心近傍において二酸化窒素のピークが出現する。更に内陸に輸送される過程で光化学オキシダントや二次生成エアロゾルの濃度が高くなる。もし反応性の高い炭化水素成分が多く排出されている場合には、光化学オキシダントやエアロゾルなどの二次生成大気汚染物質の生成速度が高まるためより都心に近いところで高濃度が発生する。また風速が大きい場合には大気汚染物質はより早く内陸に輸送される。この様に反応と気象が相互に影響して大気汚染濃度の時刻変化や地域分布を決める事となる。気象条件によっては、都市及びその周辺地域の大気汚染物質は、更に内陸へと輸送され広域大気汚染をもたらす。

大気汚染の内容は環境負荷の構造変化や社会システムの変化により大きく変わりつつある。我が国における大気環境問題は広域化、多様化しており、我々の生活スタイルとも極めて深い関連を持つ様になって来た。今日の都市域大気汚染発生源の主要なものは自動車である。自動車台数の増加と道路網の拡大により窒素酸化物などの大気汚染物質排出量は増大し広域化している。大気汚染物質の排出総量の増加が大気環境問題を質的に変えつつある。この事により東京を中心とした関東地域においても大阪を中心とした関西地域においても大気汚染は都心部から周辺地域へと拡大している。これに伴って光化学大気汚染や二次生成エアロゾルの濃度も都心地域よりも郊外地域で相対的に高濃度の出現率が増加している。また汚染物質も単体ではなく汚染物の相互関連性や有害化学物質を考慮に入れた影響評価が必要となっている。一方、国境を越えた大気環境問題も重視しなければならない。エアロゾルや酸性降下物に関しては中国や韓国を中心としたアジア地域における大気汚染物質排出量の急速な増大による海を越えての移流の寄与が無視出来なくなり、このためモニタリングとデータ解析が大変重要になっている。

4.4.5 大気汚染分布把握とモニタリング

環境基準または指針が定められている大気汚染物質に関しては1時間平均値を基準とした濃度測定による常時監視が行われており、全国で、平成6年度、一般環境大気測定局が1,728局、自動車排出ガス測定局が395局が稼働している。我が国では二酸化硫黄、二酸化窒素、光化学オキシダントの測定方法には吸収液を用いる湿式法が用いられて来たが、乾式法での測定も同等の方法として認められている。測定に当たっては測定器の校正方法の確立が必要である。また現在の大気汚染の測定局は公害対策の歴史的背景から主に高濃度の汚染を監視する事を目的として設けられて来たため、その多くは都市域に集中している。

これらの測定局の管理は行政区単位で行われているため必ずしも大気汚染の生成メカニズムを考慮した配置にはなっていない。汚染物質ごとに発生源の分布や寿命時間が異なるため、その配置の密度や範囲は汚染物ごとに検討する事が合理的である。大気汚染の測定の目的を明確化するとともに測定技術の進歩や社会的な必要性の変化に対応して測定方法、測定項目、測定密度等に関する見直しを測

定の整合性を確保しつつ適宜行う必要がある。VOCs成分の予測を行うためには、環境濃度の把握も大切である。しかし現在の我が国のモニタリングステーションにおいてはVOCs成分の測定は全く行われておらず、測定はNMHC（non-methane hydrocarbon：非メタン炭化水素）であり炭素の総数がFID（flame ionization detector）によりカウントされているのみである。今後はVOCs成分の中で重要な物質は体系的に自動分析し測定値を評価する必要がある。

(4.1) 参考文献

- 1) 森口實, 千秋鋭夫, 小川弘; 環境汚染と気象, 朝倉書店 (1990)
- 2) 環境庁; 南関東大気環境調査報告書 (1977)
- 3) Johnson, W. B., Ludwig, F. L., Dabbert, W. F. and Allen, R. J.: An Urban Diffusion Simulation Model for Carbon Monoxide, *J. of the Air Pollution Control Association*, 23, (6) 490-498 (1973)

(4.2) 引用文献

- 1) B.J.Finlayson-Pitts and J. N. Pitts, Jr.; "Atmospheric Chemistry", p.429, John Wiley & Sons, Inc., New York (1986)
- 2) H. B. Singh and P. L. Hanst; *Geophys. Res. Lett.*, 8, 941(1981)
- 3) B.J.Finlayson-Pitts and J. N. Pitts, Jr.; "Atmospheric Chemistry", p.550, John Wiley & Sons, Inc., New York (1986)
- 4) S.A. Penkett and K. A. Brice; *Nature (London)*, 319, 655 (1986)
- 5) J.G.Calvert, ed.; "SO₂, NO and NO₂ Oxidation Mechanism: Atmospheric Considerations", Butterworth, Boston (1984)
- 6) S.N. Pandis and J.H.Seinfeld; *J. Geophys. Res.*, 94, 1105 (1989)
- 7) W.B.De More, S. P. Sander, D. M. Golden, M. J. Molina, R. F. Hampson, M. J. Kurylo, C. J. Howard and A. R. Ravishankara; "Chemical Kinetics and Photochemical Data for Use in Stratospheric Modeling, Evaluation Number 9", p. 217 JPL Publication 90-1 (1990)

(4.3) 参考文献

- 1) 若松伸司; 大気汚染のシミュレーション, *空気調和・衛生工学*, 70, (11) 879-887 (1996)
- 2) 昭和 56 年度環境庁委託業務結果報告書, 光化学オキシダントに関する文献レビュー, 日本科学情報センター (1982)
- 3) Committee on Tropospheric Ozone Formation and Measurement; *Rethinking the Ozone Problem in Urban and Regional Air Pollution*, National Academy Press (1991)

(4.4) 参考文献

- 1) 柳下正治, 真継博, 大井通博; 浮遊粒子状物質対策に係る総合戦略の策定に向けての考察, *大気環境学会誌*, 31, (2) A23-A33 (1996)
- 2) Ohara, T., Uno, I. and Wakamatsu, S.; Recent Trend in Precursor Concentrations and Oxidant Distribution in the Tokyo and Osaka Areas, *Atmospheric Environment*, 30, 715-721(1996)
- 3) Ogawa, Y., Suzuki, M., Uno, I. and Wakamatsu, S.; Tree-Dimensional Behavior of Photochemical Pollutant over the Tokyo Metropolitan Area, *Atmospheric Environment*, 18, 751-761(1984)
- 4) Kurita, H., Muroga, H., Sasaki, K., Ueda, H. and Wakamatsu, S.; Long-Range Transport of Air Pollution under Light Gradient Wind Conditions, *J. Climate and Applied Meteor.*, 24, 425-434 (1985)